电厂燃料设备检修技术

冯利◎主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电厂燃料设备检修技术

主　编　冯　利
副主编　赵海兵
参　编　孙　峰　刘生光　张　涛　李建明

机 械 工 业 出 版 社

本书主要介绍了燃料设备检修基本技能和专业设备检修工艺。燃料设备检修基本技能部分主要介绍了与燃料设备检修密切相关的识图和绘图技能、机械零部件测量及装配技能、典型液压传动装置检修技能、电气检修技能；专业设备检修技能包括煤厂设备、输煤设备及燃料电气自动控制设备的结构原理、检修工艺及调试方法。每章、每节所举实例均为60MW电厂燃料设备的典型机构，使理论知识更加贴合实际。

本书可作为发电厂燃料设备检修人员的专业培训教材，也可作为高等院校电厂燃料专业的教学参考用书及电厂燃料专业技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

电厂燃料设备检修技术/冯利主编. —北京：机械工业出版社，2014.10
ISBN 978-7-111-47627-6

Ⅰ.①电… Ⅱ.①冯… Ⅲ.①火电厂-电厂燃料系统-检修 Ⅳ.①TM621

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第183680号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：张秀恩 责任编辑：张秀恩 王丹凤
版式设计：霍永明 责任校对：程俊巧 张莉娟
封面设计：陈 沛 责任印制：刘 岚
北京京丰印刷厂印刷
2015年1月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·20.25印张·559千字
0 001—3 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-47627-6
定价：59.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203	
策划编辑电话：(010)88379770	**封面无防伪标均为盗版**

前　言

自劳动和社会保障部全面启动国家高技能人才培训工程以来，为了加快电力行业高技能人才队伍建设，劳动和社会保障部与中国电力企业联合会共同启动了“电力高技能人才培训项目”，组织编写了《电力行业特有工种技师、高级技师培训规范》（以下简称《培训规范》），以指导电力行业高技能人才培训工作的开展。

依据《培训规范》的要求，在本书的编写过程中，编写人员积极组织了研讨，充分听取了电力行业专家有关编写的意见和建议；认真进行了职业能力分析，并结合本工种职业技能鉴定规范及新知识、新技术、新设备、新工艺的内容，采用模块化结构进行了编写。本教材内容主要针对技师培训需求，兼顾高级工、高级技师培训，以“适用为主、够用为度”的原则，突出了理论工艺知识与现场检修实际紧密结合的职业培训特点。

全书共包含四个单元，分别介绍了：

1）与燃料设备运行及检修有关的基础理论知识。

2）设备检修（包括大、中、小修工艺过程及质量标准）。

3）设备检修新工艺知识。

4）燃料电气设备的检修。

本书由国网河南省电力公司技能培训中心冯利担任主编，赵海兵任副主编，参加编写的还有孙峰、刘生光、张涛和李建明。全书由章明富和慧自洪主审。

本书的编写得到了国网河南省电力公司、河南省电力公司技能培训中心及河南省部分发电企业有关专家的大力支持，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编　者

目　录

前言

单元一　基础知识 …… 1

第一章　机械制图基础知识 …… 1
第一节　机械零件的识图和绘图 …… 1
第二节　装配图的识图 …… 5
第二章　应用机械基础 …… 11
第一节　常见四杆传动机构的应用 …… 11
第二节　齿轮传动概述 …… 13
第三节　常见齿轮传动轮系参数的计算 …… 17
第三章　液压传动及应用 …… 23
第一节　常见液压方向控制回路及应用 …… 23
第二节　常见压力控制回路及应用 …… 28
第三节　常见液压传动速度控制回路及应用 …… 39
单元一思考与练习 …… 45
单元一思考与练习参考答案 …… 46

单元二　通用机械检修工艺 …… 48

第四章　常用机械驱动装置的检修工艺与技能 …… 48
第一节　常用检修工具和量具的使用 …… 48
第二节　轴与轴承的检修 …… 59
第三节　联轴器的检修 …… 67
第四节　齿轮减速器的检修 …… 80
第五节　蜗杆减速器的检修 …… 89
第六节　行星摆线针轮减速器的检修 …… 92
第五章　常用液压机构的检修工艺 …… 97
第一节　常用液压泵及液压马达的检修 …… 97
第二节　控制阀及缸体的检修 …… 112
第三节　常用液压装置的检修与安装通则 …… 116
单元二思考与练习 …… 121
单元二思考与练习参考答案 …… 124

单元三　燃料机械设备的检修与安装 …… 127

第六章　输煤胶带机的检修与安装 …… 127
第一节　滚筒与托辊的检修 …… 127
第二节　输煤胶带的粘接和修补 …… 131
第三节　胶带机其他装置的检修 …… 137
第四节　输煤胶带机的大修及安装 …… 144
第七章　筛碎设备的检修 …… 154
第一节　筛煤设备的检修 …… 154
第二节　环锤式碎煤机的检修 …… 157
第八章　给配煤设备的检修 …… 162
第一节　振动给煤机的检修 …… 162
第二节　环式给煤机的检修 …… 167
第三节　叶轮给煤机的检修 …… 170
第四节　犁煤器及挡板的检修 …… 174
第九章　翻车机及卸车线的检修 …… 179
第一节　翻车机驱动装置的检修 …… 179
第二节　翻车机本体的检修 …… 184
第三节　翻车机压车机构的检修 …… 190
第四节　翻车机附属设备的检修 …… 196
第十章　斗轮堆取料机的检修 …… 205
第一节　斗轮回转机构的检修 …… 205
第二节　斗轮机悬臂架回转机构的检修 …… 214
第三节　斗轮机变幅机构的检修 …… 220
第四节　大车行走机构及附属设备的检修 …… 222
第五节　斗轮机液压驱动装置的检修 …… 227
第六节　斗轮机配重的调整 …… 232
单元三思考与练习 …… 235
单元三思考与练习参考答案 …… 238

单元四　燃料电气设备的检修 …… 241

第十一章　燃料设备运行系统的控制 …… 241
第一节　燃料系统常用电气设备及基本控制回路 …… 241
第二节　可编程序控制器在输煤系统中的应用 …… 250
第三节　输煤系统保护装置的选型及安装 …… 256
第四节　输煤设备的运行控制 …… 264

第五节　典型卸储煤设备的运行控制 …… 276
第十二章　燃料设备电气检修综述 …… 286
第一节　电气设备检修基本技能 …… 286
第二节　燃料设备常见电气故障及检修 …… 297
单元四思考与练习 …… 313
单元四思考与练习参考答案 …… 315
参考文献 …… 317

单元一　基 础 知 识

第一章　机械制图基础知识

第一节　机械零件的识图和绘图

一、零件图识图的基本要求

1）了解零部件、零件图与装配图之间的关系。

2）明确零件在部件中的位置、作用以及与其他零件的配合关系。

3）明确各个零件的形状、结构和设计、加工要求。

二、零件图的识图步骤

图 1-1 所示为燃料设备中常用的电动推杆装置中的一种，此电动推杆中主要包括轴套类零件和盘类零件，下面就以此装置中的几个零件为例来分析机械零件识图方法及步骤。

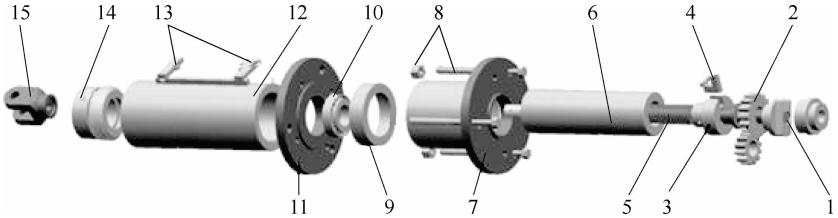


图 1-1　电动推杆实物装配图

1—凸缘联轴器　2—减速传动齿轮　3—推杆丝母　4—推杆行程限位装置　5—推杆丝杠
6—推杆活动套筒　7—右法兰盘　8—螺栓与螺母　9—推杆推力座圈　10—向心推力轴承
11—左法兰盘　12—推杆固定套筒　13—推杆行程限位开关
14—推杆丝杠支承座圈　15—推杆接头

以图 1-2 所示的推杆丝母零件图为例，介绍零件图的识图步骤。

1. 初识零件图

从标题栏可以看出，此零件名称为推杆丝母，材料为 QSn4-4-4。图形比例为 1∶1。

2. 视图分析

从电动推杆实物装配图（图 1-1）中可以看出，推杆丝母左端与推杆活动套筒内孔紧配合成一体，推杆丝杠转动，推杆丝母和推杆活动套筒一起移动，完成推杆的前进与后退。

（1）表达方法分析　为清晰地表达推杆丝母各部分形状及尺寸，此零件图采用了全剖主视图，按加工位置轴线水平放置。另外，还采用了局部剖视表达销孔位置（销孔与推杆活动套筒配钻）。

（2）结构分析　推杆丝母的基本形状为台阶圆柱，其外圆柱实体部分开有方槽，如图 1-2 所示，此槽内放置推杆行程限位装置。推杆丝母外圆上均布三个 M5 的定位孔，对推杆丝母进行定

位和紧固，起辅助紧固连接作用（推杆丝母的定位及推杆丝母与推杆活动套筒的紧固连接）。

（3）尺寸分析　推杆丝母以水平轴线作为径向尺寸基准，由此标出径向各部尺寸 ϕ40j11、Tr32×6、ϕ65mm。从实物装配图上可知 ϕ40j11 与推杆活动套筒采用过渡配合，且表面粗糙度较低，为 $Ra3.2\mu m$。

选择推杆丝母的左端面为 ϕ65mm 长度方向尺寸标注的基准，标注出 ϕ65mm 外圆柱面的长度 25mm、M5 的中心位置 45mm 和推杆丝母总长度 60mm。

推杆行程限位装置安装槽 $10^{+0.02}_{+0.1}$mm 公称尺寸的标注：以推杆丝母左端面为长度基准，标注长度尺寸 35mm。

以推杆丝母外圆上素线为高度方向辅助基准，标注杠杆安装槽的高度尺寸 15mm，其宽度尺寸（与限位装置配合）在左视图中标注。

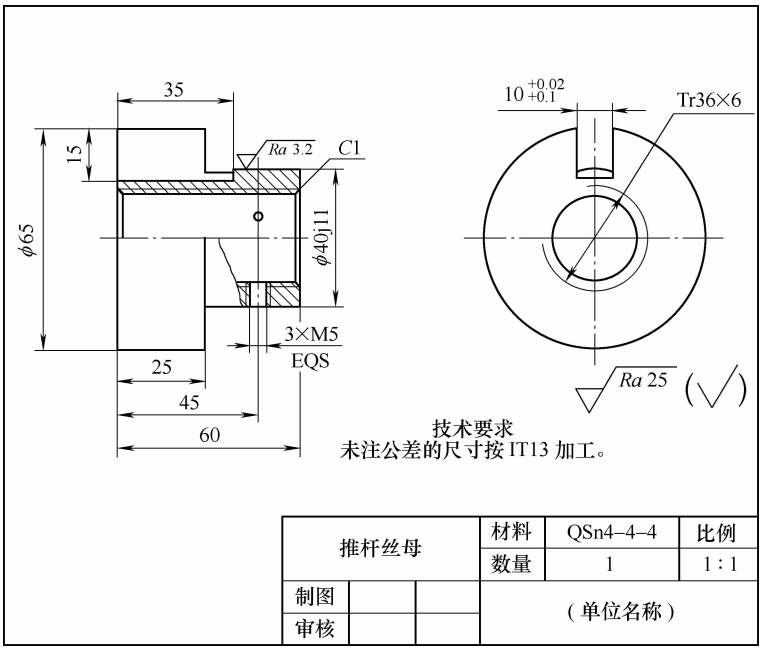


图 1-2　推杆丝母零件图

三、零件图的测绘

在设备检修工作中，常要修配或加工损坏的零件，而由于条件限制，有些零件需要检修人员自己绘制零件图。因此，绘制零件图就成为对检修人员技能素质的基本要求之一。

下面就以推杆接头为例分析零件图的绘制过程。

（一）零件图的测绘步骤

1）确定名称、材料、用途及与其他零部件的装配关系。推杆接头（图 1-1）一端用螺纹和推杆丝杠相连接，另一端用销轴与执行件（如挡板、犁煤器活动连杆等）形成活动铰接，传递运动和动力。

2）结构形状、工艺要求及技术要求。图 1-3a 所示为推杆接头实物，推杆接头右端为方形，左端为圆柱形，二者用球面圆弧过渡连接。由于推杆接头在设备运行时受较大的拉应力和扭转力矩的作用，故在连接部位采用了球面过渡连接。接头右端开有方槽，并加工有圆柱销孔，这两部位是与挡板侧面安装凸缘相配合的，且均采用间隙配合，方槽与安装凸缘方榫有较大配合间隙（防止工作时卡塞）。接头左端是内孔螺纹，与推杆丝杠相连接。

3）了解和分析零件的磨损情况和缺陷，具体测量后进行测绘工作，切忌原样照搬。推杆接头主要磨损部位是销孔和方槽，尤其是销孔，长时间运行后，直径往往会变大，导致圆度和圆柱度超差（俗称磨偏）。因此在测绘后，应按标准标注。

4）分析零件、确定形体表达方案。推杆接头基本形体属于叉类零件，按加工位置安放，即轴线水平，为了同时兼顾内外形体结构，应采用半剖视图较为合理。

5）测量零件上各形状尺寸及位置尺寸并做好相应记录。

6）绘制草图，标注尺寸。

7）复查形状及尺寸与实体零件是否相符，并做相应修改后绘出符合制图标准的零件图。

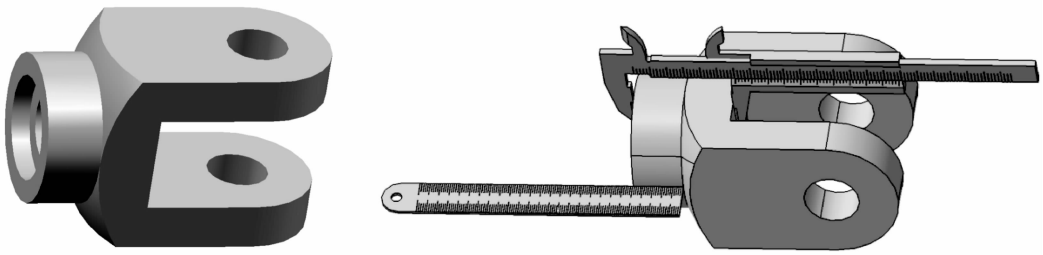
（二）推杆接头的测绘步骤

1）用钢直尺、游标卡尺、深度尺测量以下尺寸并做好相应记录（图 1-3b）。

①接头左端圆柱体长度、接头总长度、方槽长度。

②接头外圆柱体直径、右端方槽宽度。

③右端外形（长方体高度），方形内槽高度。



a)　　b)

图 1-3　推杆接头有关尺寸的测量

a）推杆接头实物　b）接头各尺寸测量方法

2）画出主、俯视图中心线和接头左端外圆柱面的投影外形，画出右端局部轮廓主俯视图线条，如图 1-4 和图 1-5 所示。

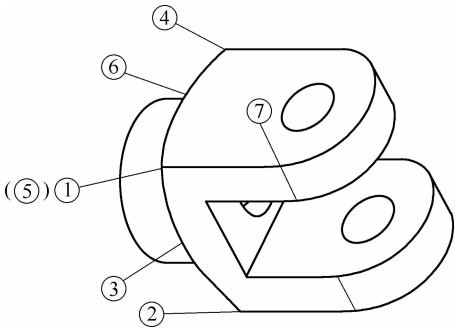


图 1-4　推杆接头实物图

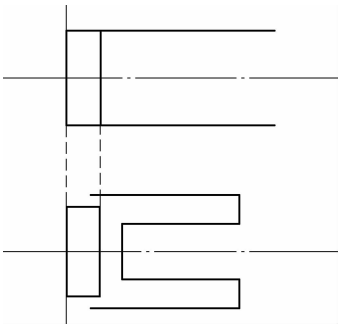


图 1-5　推杆接头主俯视图轮廓线

3）如图 1-6a、b 所示，用拓印法确定零件上某些关健点的投影位置（如图 1-4 中的点①～⑦，其中点①和点⑤重合）。

拓印法一：将被测表面涂上红印泥或紫色印泥，将其拓印在白纸上，得出零件投影图，并标出图 1-4 中关键点的位置。曲线的规律。

拓印法二：将被测表面的曲线部分平放在白纸上，用铅笔描出轮廓，并标出图 1-4 中关键点的位置。

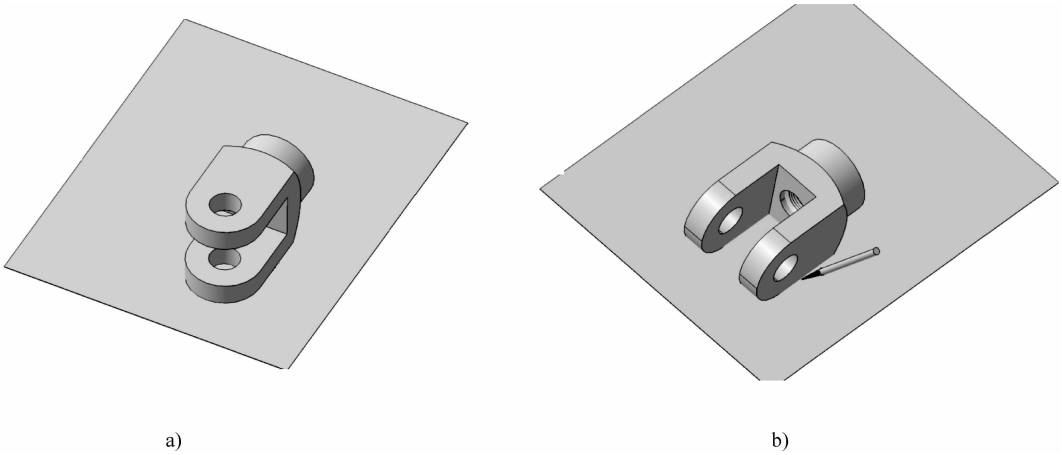


图 1-6　用拓印法确定推杆接头投影点的位置

a）拓印法一　b）拓印法二

4）用三点画弧法作出连接直线和连接圆弧，如图 1-7 所示。

5）用游标卡尺、内径千分尺、内卡钳等测量推杆接头与推杆套筒相配的螺孔尺寸（螺纹孔直径、螺纹孔深度、台阶孔直径和深度）并做好相应记录；画出螺孔线，测量推杆接头的铰销连接孔内径。注意，由于铰销连接孔已磨损，故在测量后，应按标准件圆整，画出铰销连接孔的中心线。

6）绘制成形的推杆接头草图，如图 1-8 所示。

7）将草图改为半剖视图，并擦去多余线条，如图 1-9 所示。

8）根据以上测绘过程可画出如图 1-10 所示的推杆接头零件图并标注尺寸。

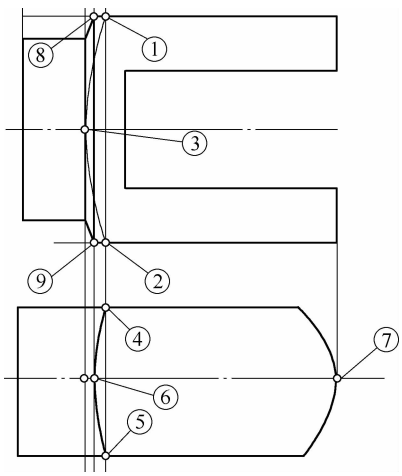


图 1-7　用三点划弧法画出轮廓线

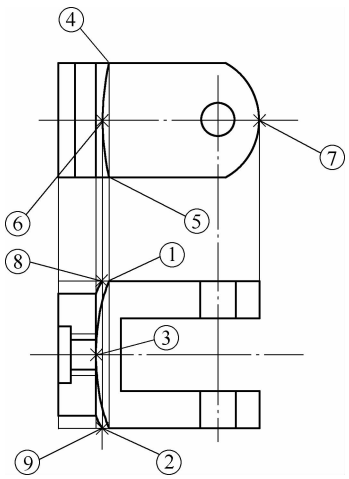


图 1-8　推杆接头草图

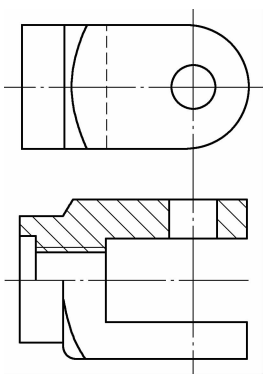


图 1-9　推杆接头铰销连接孔

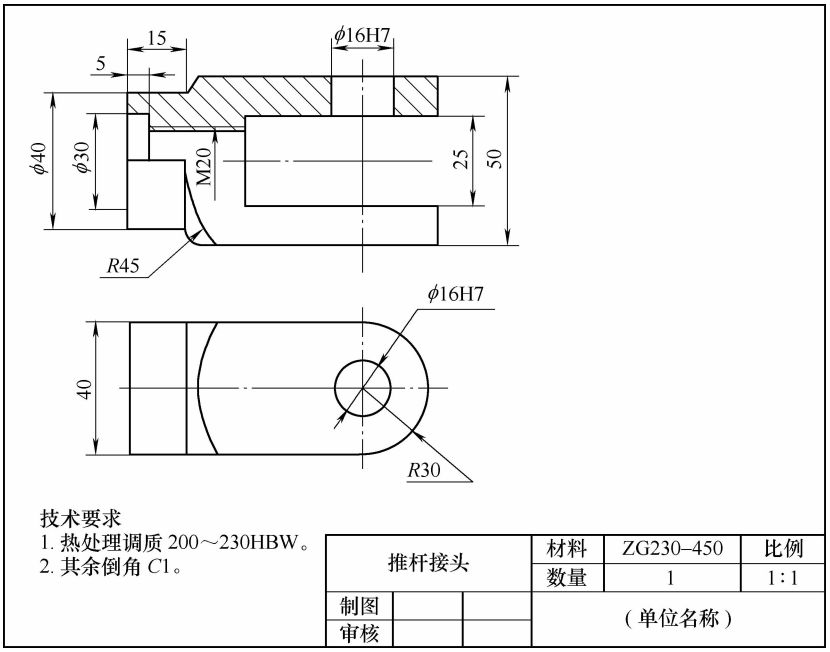


图 1-10　推杆接头零件图

第二节　装配图的识图

一、装配图的识图步骤

（一）概括了解

1）从标题栏了解装配体的名称。从装配体的名称联系生产实践知识，可以知道装配体的大致用途。例如：台虎钳一般是用于夹持工件的；减速器是在传动系统中起减速作用的；各种泵则是在气压、液压或润滑系统中产生一定压力和流量的装置等。

2）从标题栏了解绘图比例。通过比例，即可大致确定装配体的大小。

3）从明细栏中可了解零件的名称和数量，并在视图中找出相应零件所在的位置。

4）浏览所有视图、尺寸和技术要求，初步了解该装配图的表达方法及各视图间的大致对应关系，以便为进一步看图打下基础。

（二）详细分析

1. 装配体分析

分析装配体的工作原理、装配连接关系、结构组成及润滑、密封等情况。

2. 零件的结构形状分析

（1）零件结构分析的基本思路　对照视图，按零件的序号，将零件逐一从复杂的装配关系中分离出来，想象其结构形状。

（2）零件的分离方法

1）利用剖视图中剖面线的方向或间隔的不同，以及零件间互相遮挡时的可见性规律来区分零件。

2）对照投影关系时，借助三角板、分规等工具，提高看图速度和准确性。

3）对于传动件，可按传动路线逐一分析其运动方向、传动关系及运动范围。

（3）由简单到复杂分析零件

1）从标准件、常用件方面，大致了解装配体的结构概况。如从螺栓连接、销定位、键联结等入手，观察装配体的组成关系。

2）简单零件的分析。轴套类、轮盘类和其他一些简单零件，一般通过1~2个视图分析其结构。

3）复杂零件的分析。复杂零件可根据零件序号指引线所指部位，分析出该零件在该视图中的范围及外形，然后对照投影关系，找出该零件在其他视图中的位置及外形，并进行综合分析，想象出该零件的结构形状。

（三）归纳总结

一般可按以下几个主要问题进行归纳总结：

1）装配体的功能及传动路线。

2）装配体中各零部件的连接形式。

3）装配体中各配合件的配合性质。

4）为实现装配技术要求，装配图中的尺寸公差标注及几何公差标注特点。

5）装配图中各视图的表达重点。

上述识读装配图的方法和步骤仅是一个概括的说明。在实际读图时，几个步骤往往是平行或交叉进行的。因此，读图时应根据具体情况和需要灵活运用这些方法，通过反复的识图实践，逐渐掌握其中的规律，提高识读装配图的速度和能力。下面以圆柱齿轮（斜齿轮）减速器为例进行分析。

二、装配图识图实例

图1-11所示为圆柱齿轮减速器的装配图。

（一）概括了解

由装配图的标题栏和明细栏可知，减速器由25种主要零件组成，其中标准件十几种，主要零件是轴、齿轮、箱盖和箱体等。

减速器装配图采用主视图、俯视图两个基本视图，以及局部视图来表达减速器的内外结构和形状，清晰简明。按工作位置选择的主视图主要表达部件的整体外形特征，但不能表达主要装配关系。主视图上几处局部视图表示箱盖8和箱体9的结合情况，箱盖上其他零件的连接情况，以及油池盖、油堵头11等部位的局部结构。俯视图是沿箱体与箱盖结合面剖切的剖视图，集中反映了减速器的装配关系和工作原理。

主、俯视图上所标主要尺寸如下：

1）减速器的总体尺寸为150mm、335mm、740mm。

2）减速器中心距的规格尺寸为（100±0.035）mm。

3）减速器基座的安装尺寸为110mm、195mm。

4）减速器主要尺寸为

①主动轴组件。

ϕ25h6：主动轴输入端（与输入半联轴器配合）尺寸，基轴制6级精度。

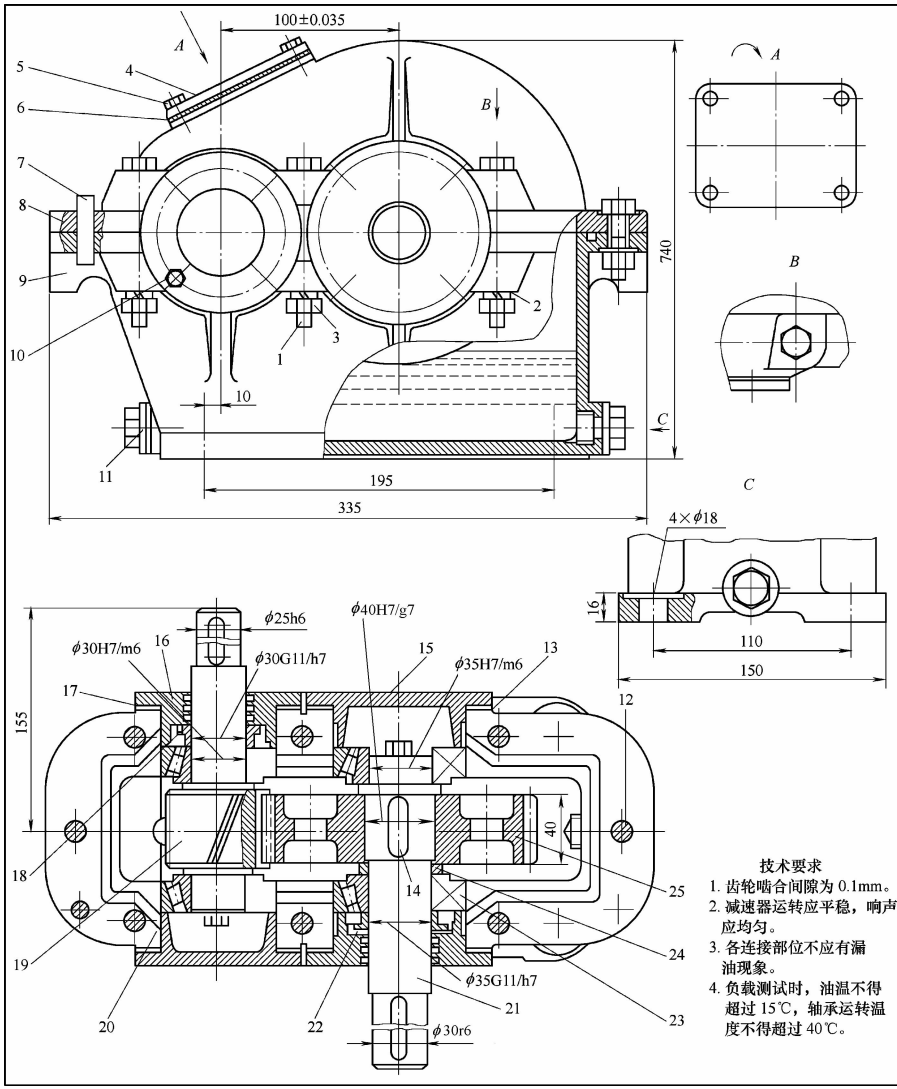
ϕ30G11/h7：轴颈ϕ30mm与挡油环之间形成基轴制间隙配合，基准轴7级精度，轴套配合孔精度等级为11级。

ϕ30H7/m6：前后轴颈ϕ30mm与30206圆锥滚子轴承内圈形成基孔制过盈配合（两处）。轴承内孔精度等级为7级，轴精度为6级。

②从动轴组件。

ϕ35H7/m6：前后轴颈ϕ35mm与30207圆锥滚子轴承内圈形成基孔制过盈配合（两处）。轴承内孔精度等级为7级，轴精度为6级。

ϕ40H7/g7：从动轴与齿轮形成基孔制间隙配合，齿轮内孔与配合轴颈精度均为7级。



序号	零件名称	数量	材料	备注
25	从动齿轮	1	45	
24	调整环	1	35SiMn	
23	圆锥滚子轴承	2	30207GB/T297	
22	挡油环	1	QSF	φ35 轴颈
21	从动轴	1	45	
20	圆锥滚子轴承	2	30206GB/T297	
19	主动轴	1	35SiMnNb	
18	挡油环	1	08F	φ30 轴颈
17	调整垫片	2	08F	主动轴端盖
16	端盖	1	HT200	主动轴端盖
15	端盖	1	HT200	从动轴端盖
14	键 12×8×30	1	GB/T1096—2003	
13	调整垫片	2	08F	从动轴端盖
12	螺栓	2	M10×40	
11	油堵头	2	Q215	
10	螺栓	16	M8×40	
9	箱体	1	HT200	
8	箱盖	1	HT200	
7	圆锥销	2	GB117−66−8×35	
6	垫片	1	90×70×2	
5	螺钉	4	M15×15	
4	油池盖	1	Q235	
3	螺母	8	M10	
2	垫片	8		
1	螺栓	6	M10×50	

减速器			比例		（图号）
			件数	1	
班级		（学号）	材料	成绩	
制图		（日期）	＜校名＞		
审核		（日期）			

图1-11　圆柱齿轮减速器的装配图

ϕ35G11/h7：轴颈 ϕ35mm 与挡油环形成基轴制间隙配合。基准轴 7 级精度，轴套配合孔精度等级为 11 级。

ϕ30r6：从动轴输出端轴颈（与执行机构相配合）尺寸，精度等级为 6 级。

（二）工作原理

减速器是通过一对或数对齿数不同的齿轮啮合传动，将高速旋转运动变为低速旋转运动的减速机构。

本减速器为单级传动圆柱齿轮减速器，即只有齿轮啮合传动。外部动力传递到主动轴 19（齿轮轴），主动轴齿轮旋转带动从动齿轮 25 旋转，并通过键 14 将动力传递到从动轴 21。由于主动齿轮的齿数比从动齿轮的齿数少得多，所以主动轴的高速转动，经齿轮传动降为从动轴的低速转动，从而达到减速的目的。

（三）装配体的结构分析

1）减速器主要结构分析。

减速器有两条主要装配干线：

一条以主动轴（齿轮轴）的轴线为公共轴线，小齿轮（斜齿轮传动）居中，由两个圆锥滚子轴承 20、挡油环 18、轴端密封装置及两个端盖 16、调整垫片 17 等装配而成。由于小齿轮的齿数较少，所以与轴做成整体，称为齿轮轴。

另一条主要装配干线是以与大齿轮配合的从动轴的轴线为公共轴线，大齿轮居中，由两个端盖、两个滚动轴承、一套轴封装置和一个调整环装配而成。调整环的主要作用是通过改变其轴向尺寸（环的厚薄）使两传动齿轮获得正确的啮合位置。

2）支承轴承形式。由于本减速器采用斜齿圆柱齿轮传动，主动轴及从动轴两端都采用了一对圆锥滚子轴承，用以承受斜齿轮传动过程中的径向载荷及轴向载荷。在减速器中，轴的轴向位置是靠轴承、端盖及调整垫片等零件共同确定的。从俯视图中可看出，齿轮轴上装有滚动轴承、挡油环等零件，轴承端盖分别顶住两个滚动轴承的外圈，滚动轴承的内圈靠紧在轴肩上，实现轴向定位。为了避免齿轮轴在高速旋转中因受热伸长而将滚动轴承卡住，在端盖与滚动轴承外圈之间必须预留间隙（0.2～0.3mm），间隙的大小可通过增、减调整垫片的厚度来控制。

3）减速器中各运动零件的表面需要润滑，以减少磨损，因此，在减速器的箱体中装有润滑油。为了防止润滑油渗漏，在一些零件或零件之间要有起密封作用的结构和装置。大齿轮应浸在润滑油中，其深度一般为两倍齿高，可用油标测定。齿轮旋转时将润滑油带起，引起飞溅和雾化，不仅润滑齿轮，还散布到各部位，这是一种飞溅润滑方式。从俯视图中可看出，端盖及毡圈等都能防止润滑油沿轴的表面向外渗漏。挡油环的作用是借助其旋转时的离心力，将环面上的油甩掉，以防飞溅的润滑油进入滚动轴承内而稀释润滑脂。

4）从主视图中还可看出，箱盖 8 与箱体 9 用螺栓 12 连接，以使轴径向固定，并通过压紧密封垫，保证减速器的密封性。圆锥销 7 使箱盖与箱体在装配时能准确定位对中。油池盖上装有油窗孔，由四个螺钉 5 加垫片 6 固定在箱盖上，通过油窗孔可观察油位，打开油池盖可加注润滑油。润滑油必须定期更换，卸下油堵头 11，污油通过放油孔排出。

（四）零件的结构分析

零件是组成机器或部件的基本单元，零件的结构形状、大小和技术要求，是根据该零件在装配体中的作用以及与其他零件的装配连接方式，由设计和工艺要求决定的。

从设计要求考虑，零件在机器或部件中通常是起容纳、支承、配合、连接、传动、密封及防松等作用，这是确定零件主要结构的因素。

从工艺要求考虑，为了加工制造和安装方便，零件通常有倒圆、退刀（越程）槽、倒角等结构，这是确定零件局部结构的因素。图 1-12 是减速器主动轴（高速轴）零件图，其中 ϕ30mm

前后轴颈分别与轴承 30206 内孔配合（如前所述），ϕ25mm 带键槽轴端与减速器动力输入端（如电动机及联轴器等）联结。

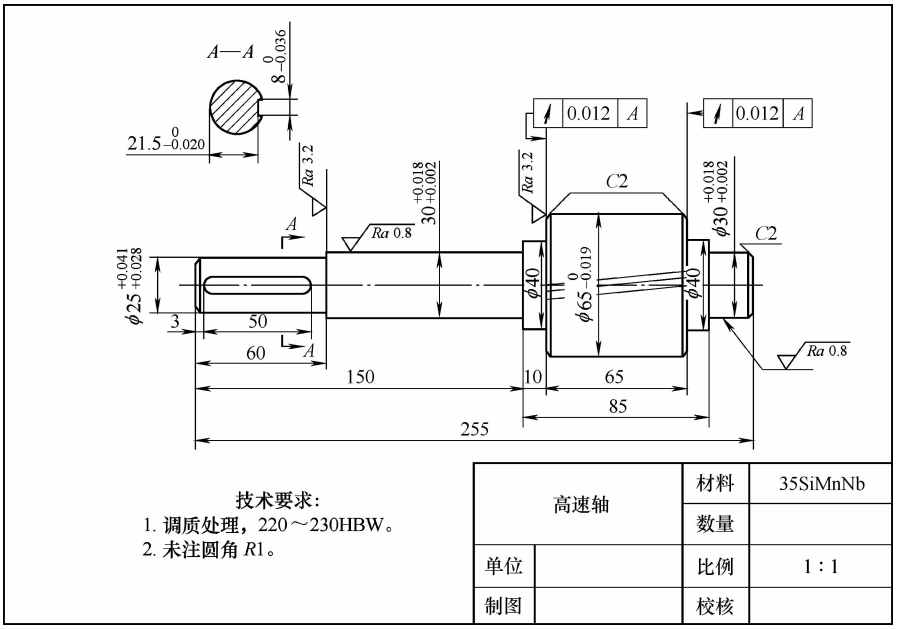


图 1-12　减速器主动轴（高速轴）零件图

图 1-13 是减速器从动轴（低速轴）零件图。其中 ϕ35mm 前后轴颈分别与轴承 30207 内孔配合（如前所述），ϕ30mm 带键槽轴端与减速器动力输出端（即执行机构）联结。ϕ40mm 带键槽轴颈与从动齿轮内孔配合。

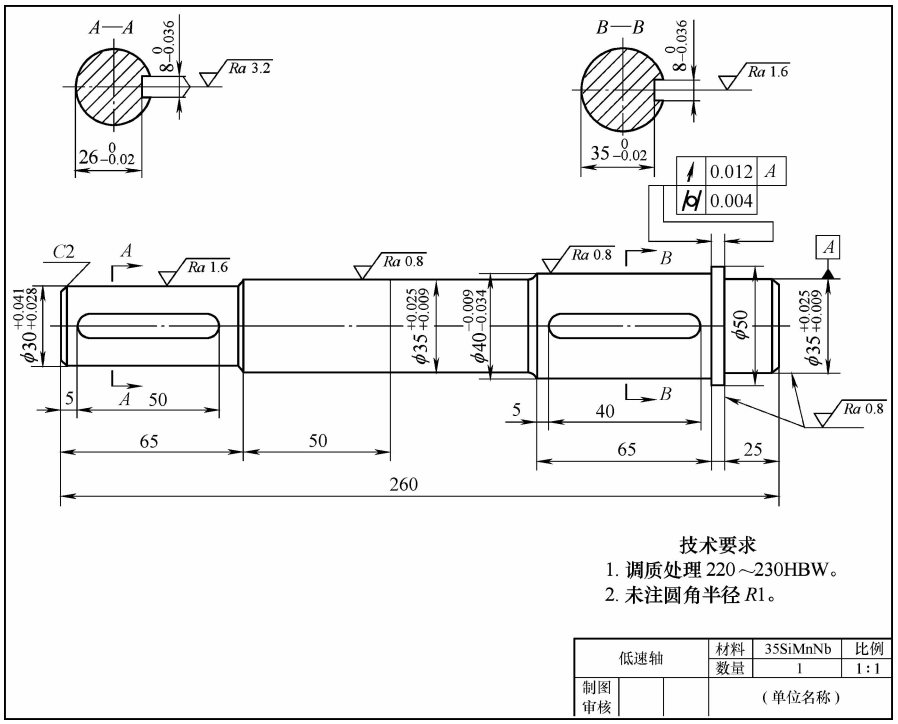


图 1-13　减速器从动轴（低速轴）零件图

图 1-14 是减速器箱体零件图，减速器箱体的主要作用是容纳、支承轴和齿轮，并与箱盖连接。

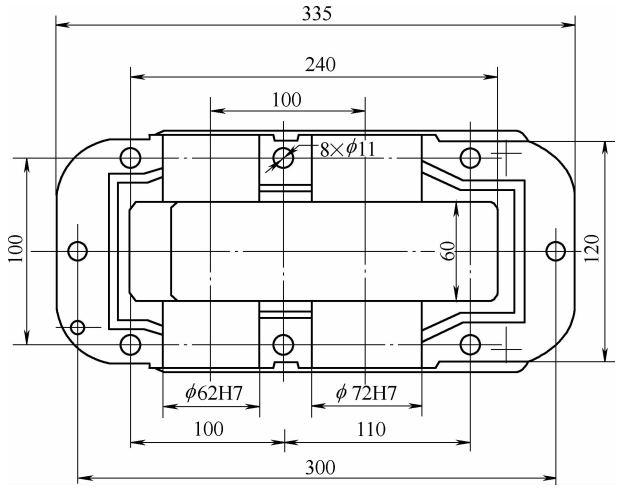


图 1-14　减速器箱体零件图

对照主、俯及局部视图可看出：箱体中间的长方形空腔是为了容纳齿轮和润滑油；箱体左面凸台上的圆孔可观察油池内润滑油的高度，下面凸台上的螺孔则是放油孔；箱体前后的半圆弧内圆柱面（ϕ62H7 和 ϕ72H7）分别用于安装主动轴轴承和从动轴轴承及其轴承端盖。

箱体与箱盖的连接面上加工有定位销孔和螺栓孔，箱体底板上有四个安装孔，在主视图上还可以看到左右两个小半圆孔，这是为了便于吊装而设置的挂绳用孔。

通过以上对装配体和零部件的结构分析，对装配图的识读有了更加全面和深入的理解，也为后续章节中关于减速器拆装工艺的学习打下了基础。

第二章　应用机械基础

第一节　常见四杆传动机构的应用

由四个构件用铰销（回转副）彼此铰接起来，且各构件彼此可做相对转动，用以传递确定的运动和动力的四杆机构称为铰链四杆机构（图 2-1）。它是最简单、最普遍的一种连杆机构，也是复杂连杆机构的基础，其他形式的四杆机构和多杆机构都是在此基础上演化、发展起来的。燃料设备中铰链四杆及其派生机构的应用实例还是较为常见的，现分析如下。

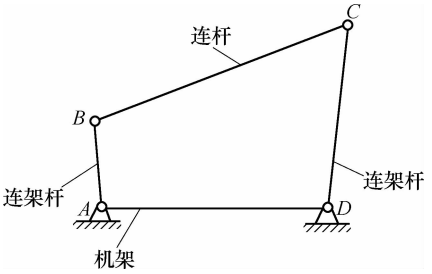
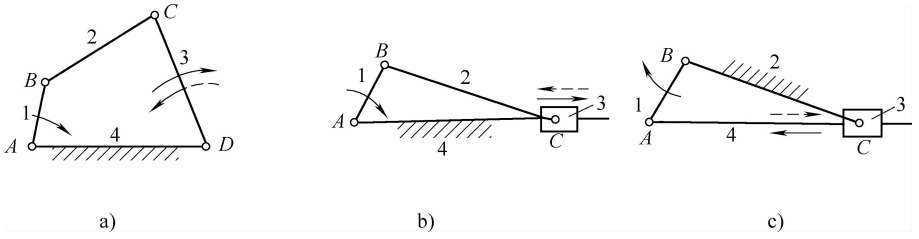


图 2-1　铰链四杆机构

在铰链四杆机构中，能做整周回转的杆件称为曲柄。铰链四杆机构中存在曲柄的几何条件是：四杆机构中最短杆与最长杆长度之和小于其余两杆长度之和。

一、曲柄摇杆机构及派生机构

在含有曲柄的铰链四杆机构中，若最短杆是连架杆，则形成曲柄摇杆机构，如图 2-2a 所示。图 2-2b、c 所示是其派生机构。



a)　　b)　　c)

图 2-2　曲柄摇杆机构及派生机构

a）曲柄摇杆机构　b）曲柄滑块机构　c）曲柄摇杆机构

图 2-3 所示的机构是输煤系统中常用的犁煤器中的一种，它的基本运动机构就属于曲柄滑块机构。

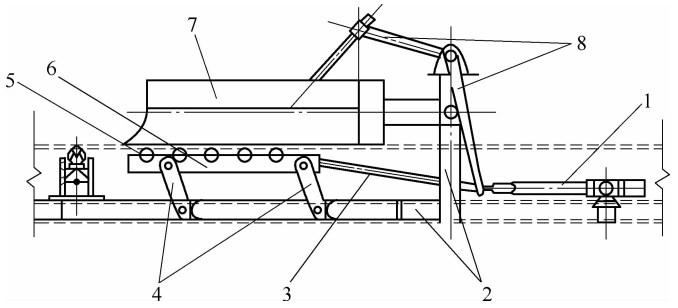


图 2-3　连杆托架式犁煤器机构

1—电动推杆　2—机架　3—连杆　4—双曲柄　5—托辊

6—滑块　7—犁刀　8—曲柄

二、双曲柄机构及派生机构

铰链四杆机构中，当最短杆是机架，两连架杆均为曲柄时，称为双曲柄机构，如图 2-4 所示。

图 2-5 所示为惯性筛的工作原理，惯性筛是双曲柄机构的具体应用实例。

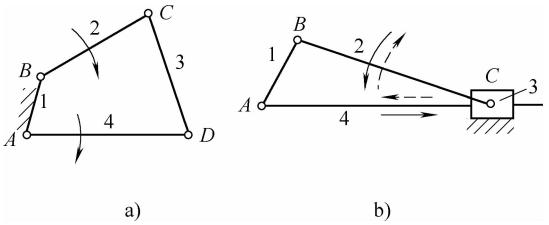


图 2-4　双曲柄机构的原理

a）双曲柄机构的工作原理　b）定块机构的工作原理

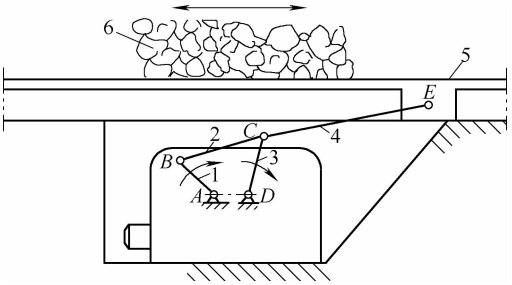


图 2-5　惯性筛的工作原理

1—主动曲柄　2、4—连杆　3—从动曲柄

5—筛子　6—料块

惯性筛为双曲柄机构：当主动曲柄 1 等速回转时，通过连杆 2 使从动曲柄 3 做变速转动，再通过连杆 4 使筛子 5 在往复运动开始时有较大的加速度，筛子 5 上的料块 6 因惯性而达到筛分的目的。

图 2-3 中的连杆托架式犁煤器滑床部分也是双曲柄机构，所以连杆托架式犁煤器是由曲柄滑块机构和双曲柄机构组成的复合机构。

三、双摇杆机构及派生机构

双摇杆机构是最短杆为连杆，两连架杆为摇杆，如图 2-6 所示。

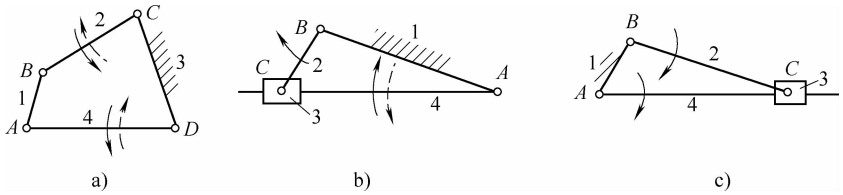


图 2-6　双摇杆机构的原理

a）双摇杆机构　b）曲柄转动机构　c）曲柄摆动机构

双摇杆机构的应用实例有煤仓闸门起闭机构和往复式给煤机。

1. 煤仓闸门启闭机构

图 2-7 所示的煤仓闸门起闭机构为关闭位置，开起时要下拉绳索 5，通过滑轮 4 改变绳索方向，拉动摇杆 1 的 E 处，使摇杆 1 顺时针摆动，并通过连杆 2 使闸门 3 也同向摆动，当摇杆 1 由位置 AB 摆至 AB_1 时，闸门 3 由位置 CD 摆至 C_1D，此时煤仓闸门完全开启。关闭时，由于闸门 3 的重心偏于垂线左方，利用重力即可使闸门 3 自动摆回至原来位置。

2. 往复式给煤机

图 2-8 所示为往复式给煤机的工作原理，曲柄滑块机构偏心轮 1 及连杆 2 带动筛板 3 向右移动，借助摩擦力，筛板 3 将煤送至落料斗上方；当偏心轮 1 反方向转动时，连杆 2 带动筛板 3 向左返回，由于筛板 3 向左返回的速度大于筛板向右移动的速度，即出现所谓的“急回”特性，故由于惯性，煤就落入了落料斗。这样，往复循环就实现了间歇地向落料斗输送煤料的目的。

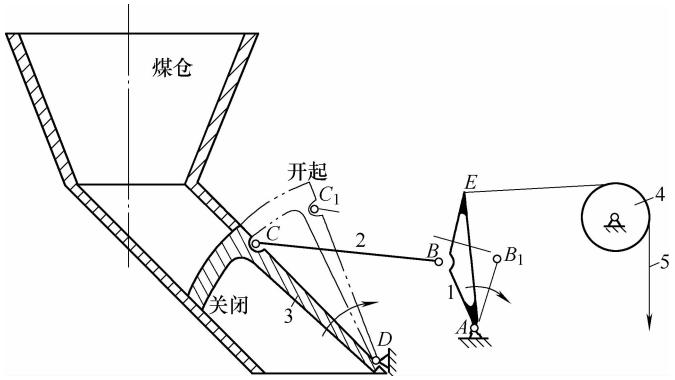


图 2-7　煤仓闸门起闭机构

1—摇杆　2—连杆　3—闸门　4—滑轮　5—绳索

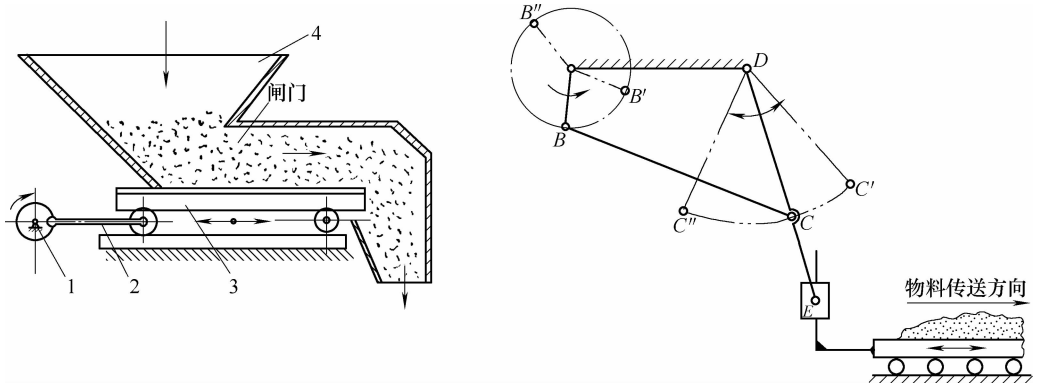


图 2-8　往复式给煤机的工作原理

1—偏心轮　2—连杆　3—筛板　4—落料斗

第二节　齿轮传动概述

齿轮传动机构与其他传动机构相比，具有传递运动准确可靠（即能保证恒定的传动比），传递速度范围较大，其最高圆周速度可达 300m/s，传动功率可达 10^5kW，使用效率较高，寿命长，结构紧凑等特点。电厂燃料设备驱动机构中基本上都采用了齿轮传动（各类齿轮减速器）。掌握齿轮的有关传动知识，对齿轮传动机构的检修及齿轮的更换都具有十分重要的意义。

一、常见齿轮传动的类型

常见齿轮传动的类型如图 2-9 所示，常用齿轮传动的种类如图 2-10 所示。

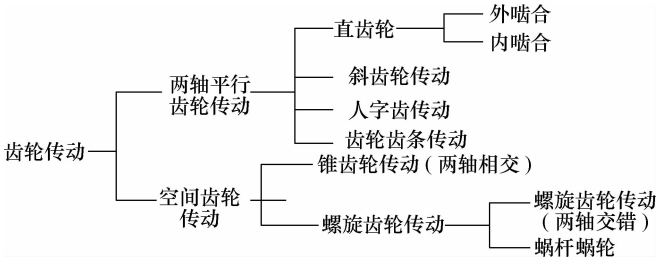


图 2-9　常见齿轮传动的类型

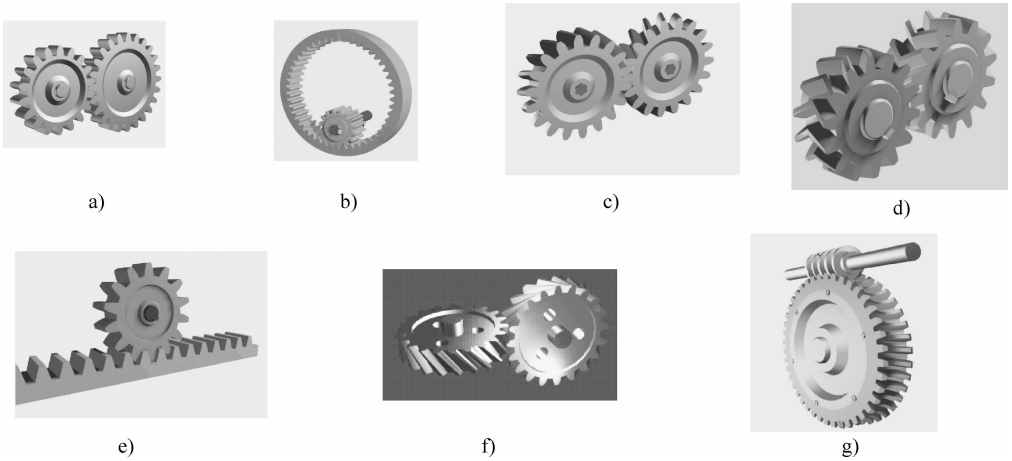


图 2-10　常用齿轮传动的种类

a）外啮合直齿轮传动　b）内啮合直齿轮传动　c）外啮合斜齿轮传动　d）人字齿传动
e）齿轮齿条传动　f）两轴相交错的斜齿轮　g）蜗杆传动

二、对齿轮传动的基本要求

1）制造及安装精度高于挠性件传动。

2）齿轮在传动过程中，要求其瞬时传动比恒定不变。

3）齿轮在传动过程中，要有足够的强度和刚度，能传递较大的载荷，且在使用寿命内不发生断齿、点蚀和过度磨损等现象。

三、齿轮传动常见失效现象

1. 疲劳点蚀

所谓疲劳点蚀，就是在靠近节圆（偏下）的齿面出现“麻坑”的现象。如图 2-11 所示的齿轮点蚀示意图，点蚀是由于轮齿表面的接触应力达到一定极限，加之齿轮材质和热处理等原因表面层产生一些疲劳裂纹，裂纹扩展出现小块金属剥落，形成小“麻坑”的现象。如果齿面硬度不适或接触应力过大，“麻坑”继续扩展就会造成齿面凹凸不平，从而引起振动和噪声，点蚀也因之加剧，最后使齿面失去传动能力，点蚀面积沿齿宽、齿高超过 60% 则应报废。在减速器齿轮传动中，疲劳点蚀是齿轮最常见的失效形式之一。为减少此现象的发生，在啮合齿轮的选择上，应注意齿轮的齿面硬度、相互啮合的齿轮的硬度差值以及加工精度。

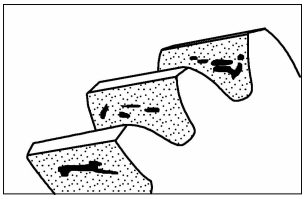


图 2-11　轮齿点蚀示意图

对于软齿面齿轮（齿面硬度≤350HBW 的齿轮），一般应使小齿轮齿面硬度较大齿轮齿面硬度高出 20 ~ 50HBW。对于硬齿面齿轮（齿面硬度 > 350HBW 的齿轮），主要从提高其加工精度方面（如提高齿轮的分度精度、降低齿面表面粗糙度等）提高其抗点蚀性能。硬齿面齿轮除具有较好的抗点蚀性能外，其综合力学性能也较好，燃料设备的驱动装置中已较多地使用了硬齿面减速器，故设备的运转性能都有很大提高。

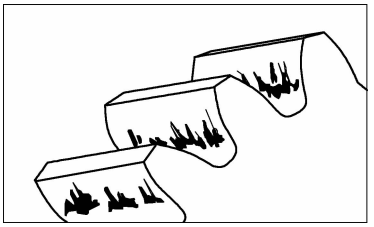


图 2-12　轮齿齿面磨损示意图

2. 齿面磨损

图 2-12 所示为轮齿齿面磨损示意图。轮齿的磨损有两种情况：一种是两相啮合轮齿表面对研造成的磨损（硬度低的轮齿磨损较快）；另一种是轮齿表面磨粒磨损。一般运行机

构的齿轮磨损后，齿厚不应小于原齿厚的70%，否则应更换齿轮。

3. 齿面胶合

齿面胶合（图2-13）就是由于重载高速、润滑不当或散热不良等原因在齿面沿滑动方向形成的伤痕。产生胶合时齿轮啮合面间的油膜被破坏，油温升高，导致齿面金属直接接触，一个齿面的金属焊接在与之相啮合的另一个齿面上，又由于齿面间做相对滑动，结果就在齿面上形成一些垂直于节圆的划痕。齿面胶合严重时，会使齿轮丧失传动能力。为了防止胶合，在低速重载的齿轮传动中应采用高黏度润滑油，或适当提高齿面的硬度和降低表面粗糙度。

4. 轮齿塑性变形

对于较软的齿面，由于过载，线摩擦系数过大，可使齿面产生塑性变形，塑性变形使主动齿轮在节线附近产生凹坑，如图2-14所示，这种变形呈现皱纹线状，也称为塑皱。

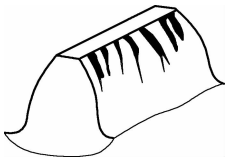


图2-13　轮齿胶合示意图

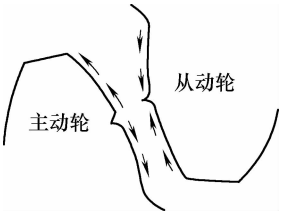


图2-14　轮齿塑性变形示意图

5. 轮齿折断

当齿轮工作时，由于危险断面应力超过极限应力，轮齿就可能部分或整齿折断。冲击载荷也可能引起断齿，断齿齿轮不能继续使用。减少齿轮轮齿断裂的主要措施是，使用时应考虑齿轮的整体强度及韧性，使齿轮齿根面应力不能超过许用应力；工作时应避免较大载荷和冲击载荷；安装时应注意安装精度。

四、常见齿轮几何参数的计算

1. 渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何参数

渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何参数见表2-1。

表2-1　渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何参数

名　称	代　号	计算公式	说　明
齿数	z		
模数	m	已标准化	反映齿轮尺寸大小和轮齿承载能力的参数，是计算齿轮尺寸的基本参数
压力角	α	已标准化，通常采用20°	指分度圆齿廓上的压力角
分度圆直径	d	$d=mz$	具有标准模数和标准压力角的圆称为分度圆，即与标准齿条相啮合时的节圆。在该圆上按齿距 $p=\pi m$ 等分齿
齿厚	s	$s=\frac{\pi m}{2}$	轮齿两侧在分度圆上所占的弧长
齿槽宽	e	$e=\frac{\pi m}{2}$	齿槽两侧在分度圆上所占的弧长
齿顶高	h_a	$h_a=m$	分度圆到齿顶的径向距离
齿根高	h_f	$h_f=1.25m$	分度圆到齿根的径向距离

（续）

名　称	代　号	计 算 公 式	说　明
全齿高	h	$h=2.25m$	齿顶到齿根间的径向距离
齿侧间隙	C_n		轮齿非工作表面间的法向距离，为储油和防止互相卡住用，由轮齿加工时的公差保证
中心距	a	$a=\frac{d_1+d_2}{2}=\frac{m}{2}(z_1+z_2)$	相啮合的一对齿轮轴心间的距离，标准齿轮在正确安装时即为两轮分度圆半径之和（标准中心距）

2. 渐开线标准斜齿圆柱齿轮几何参数

渐开线标准斜齿圆柱齿轮端面齿距与法向齿距的关系如图 2-15 及式（2-1）所示。

$$p_n=p_t\cos\beta \tag{2-1}$$

式中　p_n——端面齿距；

p_t——法向齿距；

β——螺旋角。

渐开线标准斜齿圆柱齿轮的几何参数见表 2-2。

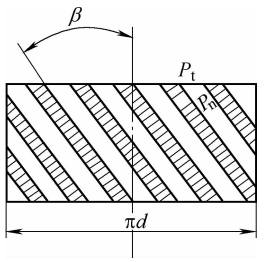


图 2-15　渐开线标准斜齿圆柱齿轮的端面齿与法向齿距

表 2-2　渐开线标准斜齿圆柱齿轮的几何参数

名　称	代　号	计 算 公 式
法向模数	m_n	$m_n=m$
端面模数	m_t	$m_t=m_n/\cos\beta$
法向齿距	p_n	$p_n=\pi m_n$
分度圆直径	d	$d=zm_t=zm_n/\cos\beta$
齿顶高	h_a	$h_a=m_n$
齿根高	h_f	$h_f=1.25m_n$
全齿高	h	$h=2.25m_n$
齿顶圆直径	d_a	$d_a=d+2h_a$
齿根圆直径	d_f	$d_f=d-2h_f$
标准中心距	a	$a=1/2(d_1+d_2)$

在后续章节中要讲到齿侧间隙的测量方法，在实际检修时，用压铅丝法或用百分表法测出的啮合侧隙为端面侧隙，需用式（2-2）换算成法向侧隙，即

$$C_n=C_t\cos\beta\cos\alpha_n \tag{2-2}$$

式中　C_n——法向侧隙；

C_t——端面侧隙；

β——螺旋角；

α_n——法面压力角。

五、销齿传动的特点

销齿传动（图 2-16）是属于定轴齿轮传动的一种特殊形式。其中，具有圆销齿的大轮称为销轮，另一个则称为齿轮。销齿传动有外啮合、内啮合和齿条啮合三种传动形式，齿轮齿廓曲线依次分别为外摆线、内摆线和渐开线。使用时，常以齿轮作为主动轮；销齿传动中通常以齿轮作为主动轮，当以销轮作为主动轮时，因齿轮齿顶先进入啮合而降低了传动效率，故很少用。

销齿传动适用于低速、重载机械传动和粉尘多、润滑条件差等工作环境较恶劣的场合，如电厂卸储煤设备中的翻车机（图 2-17）和斗轮机驱动装置。销齿传动几何参数见表 2-3。

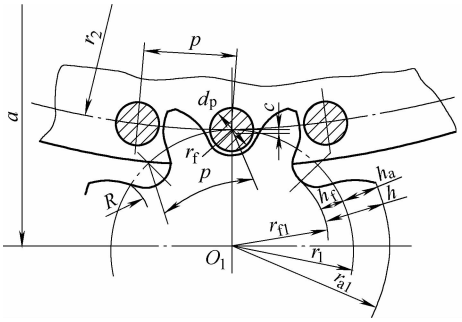
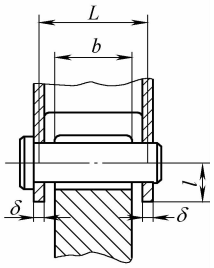


图 2-16　销齿传动



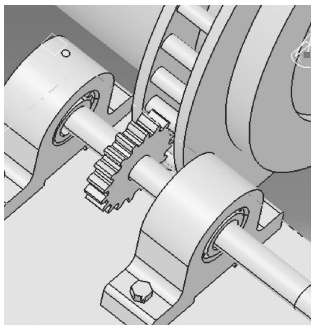


图 2-17　销齿传动实例
（转子式翻车机驱动机构）

表 2-3　销齿传动几何参数

项　　目	代号	公式及说明	项　　目	代号	公式及说明
齿轮齿数	z_1	一般取 $z_1=(9\sim18)$ 齿	齿轮齿顶高	h_a	$h_a=(0.8\sim0.9)d_p$
销轮齿数	z_2	$z_2=iz_1$	齿轮齿根高	h_f	$h_f=r_f+c$
传动比	i	$i=\dfrac{z_2}{z_1}$	齿轮全齿高	h	$h=h_a+h_f$
销轮销齿直径	d_p	根据设备驱动装置使用强度选定	齿轮齿廓过渡圆弧半径	R	$R=(0.3\sim0.4)d_p$
			齿轮齿顶圆直径	d_{a1}	$d_{a1}=d_1+2h_a$
			齿轮齿根圆直径	d_{f1}	$d_{f1}=d_1-2h_f$
齿距	p	一般取 $d_p/p=0.48$	中心距	a	$a=r_1+r_2=\dfrac{z_1+z_2}{2}p$
齿轮节圆直径	d_1	$d_1=\dfrac{pz_1}{\pi}$	齿轮齿宽	b	$b=\varphi d_p$
销轮节圆直径	d_2	$d_2=\dfrac{pz_2}{\pi}$	齿宽系数	φ	$\varphi=1.5\sim2.5$
齿轮齿根圆角半径	r_f	$r_f=(0.515\sim0.52)d_p$	销齿计算长度(夹板间距)	L	$L=(1.2\sim1.6)b$
齿轮齿根圆角半径中心到节圆距离	c	$c=(0.04\sim0.05)d_p$	销齿中心至夹板边缘距离	l	$l=(1.5\sim2)d_p$
			销轮夹板厚度	δ	$\delta=(0.25\sim0.5)d_p$

第三节　常见齿轮传动轮系参数的计算

一、定轴轮系及运动参数计算

（一）轴线相互平行的定轴轮系

图 2-18 所示为定轴轮系传动原理图，设 O_1 轴为主动轴，输出轴 O_5 为从动轴，齿轮齿数和转速分别为 z_1、z_2'、z_2、z_3、z_4、z_4'、z_5 和 n_1、n_2、n_2'、n_3、n_4、n_4'、n_5，单级齿轮传动的传动比分别为 i_{12}、i_{23}、i_{34}、i_{45}。此定轴轮系的轮系的总传动比为 i_{15}。于是有

$$i_{12}=\frac{n_1}{n_2}=-\frac{z_2}{z_1}$$

$$i_{2'3}=\frac{n_2'}{n_3}=\frac{n_2}{n_3}=-\frac{z_3}{z_2'}$$

$$i_{34}=\frac{n_3}{n_4}=-\frac{z_4}{z_3}$$

$$i_{4'5}=\frac{n_4'}{n_5}=\frac{n_4}{n_5}=+\frac{z_5}{z_{4'}}$$

$$i_{15}=i_{12}i_{2'3}i_{34}i_{4'5}$$

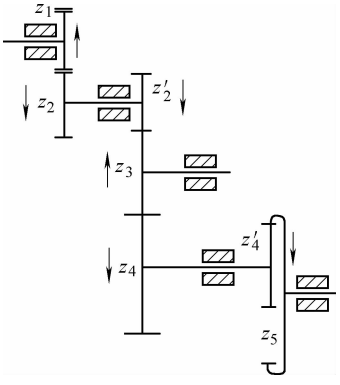


图 2-18　定轴轮系传动原理图

将以上各式两边连乘后得

$$i_{15}=\left(-\frac{z_2}{z_1}\right)\left(-\frac{z_3}{z_2'}\right)\left(-\frac{z_4}{z_3}\right)\left(+\frac{z_5}{z_4'}\right)=(-1)^3\frac{z_2z_4z_5}{z_1z_2'z_4'}$$

上式表明，定轴轮系的传动比等于轮系中各对啮合齿轮传动比的连乘积，其数值等于轮系中所有从动轮齿数连乘积与所有主动轮齿数连乘积之比。其正负号取决于外啮合齿轮的对数，奇数对外啮合取负号，表示首末两轮转向相反；偶数对外啮合取正号，表示首末两轮转向相同。

将以上情况推广，得出如下公式

$$i_{1k}=\frac{n_1}{n_k}=(-1)^m\frac{\text{所有从动轮齿数连乘积}}{\text{所有主动轮齿数连乘积}} \tag{2-3}$$

式中　i_{1k}——定轴轮系总传动比；

n_1——定轴轮系首轮转速；

n_k——定轴轮系末轮转速；

m——外啮合齿轮的对数。

（二）含有不平行齿轮轴线的定轴轮系

图 2-19 所示为含有锥齿轮传动的定轴传动轮系，其传动比为

$$i_{15}=-\frac{z_2z_3z_4z_5}{z_1z_2z_3'z_4'}=-\frac{z_3z_4z_5}{z_1z_3'z_4'} \tag{2-4}$$

其中，齿轮 2 对传动比没有影响，但能改变从动轮的转向，称为惰轮，也称为过轮或中介轮。

（三）定轴轮系输入与输出轴转向的判断（即首、末轮转向的确定）

1. 圆柱齿轮传动时的转向判断

如图 2-19 所示，箭头所指方向为齿轮上离操作者最近一点的速度方向。

1）外啮合时：两箭头同时指向（或远离）啮合点，头头相对或尾尾相对。

2）内啮合时：两箭头同向。

2. 锥齿轮传动时的转向判断

如图 2-19 所示，可见一对相互啮合的锥齿轮其转向用箭头表示时，箭头方向要么同时指向节点，要么同时背离节点。

3. 蜗轮蜗杆传动时的转向判断

由齿轮机构中蜗轮蜗杆的知识可知，一对相互啮合的蜗轮蜗杆其转向可用左右手定则来判断，如图 2-20 所示。

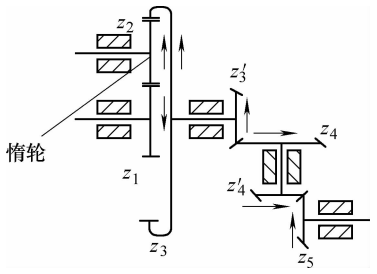


图 2-19　含有锥齿轮传动的定轴传动轮系

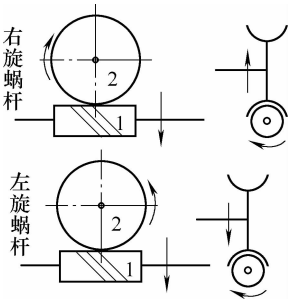


图 2-20　蜗杆传动及旋向判断

4. 交错轴斜齿轮传动时的转向判断

可用画速度多边形的方法来确定，如图 2-21 所示。

二、简单行星轮系传动比的计算

1. 行星轮系传动比的转化计算方法

行星轮系的传动比计算不能按定轴轮系进行，所以，一般地可将它转化成定轴齿轮传动机构进行计算。

如图 2-22 所示，将齿轮 A 固定，用一活动的系杆 H，以活动铰链形式将齿轮 B 与齿轮 A 啮合，并画出此行星机构简图。

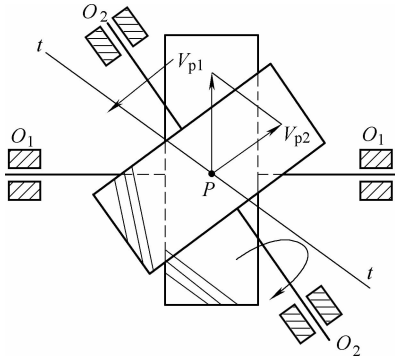


图 2-21　交错轴斜齿轮传动及旋向判断

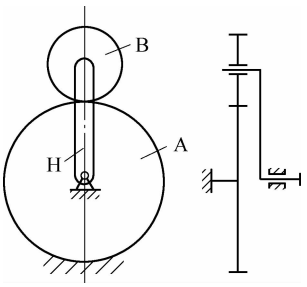


图 2-22　行星齿轮传动的转化计算

下面根据“一个机构整体的绝对运动并不影响机构内部各构件间的相对运动”这一基本原理，来推导行星齿轮传动比公式。如图 2-22 所示，齿轮 B 一边自转，一边绕齿轮 A 公转。设齿轮 B 自转转速为 n_{B0}，齿轮 B 的公转转速为系杆的转速 n_H（系杆绕支座 O 转动），且二者旋转方向相同。于是有：齿轮 B 总转速 $n_B = n_{B0} + n_H$，即 $n_{B0} = n_B - n_H$。

同理，若将齿轮 B 固定，则有 $n_{A0} = n_A - n_H$

因此，可得出公式为

$$i_{AB}^{H} = \frac{n_A^H}{n_B^H} = \frac{n_A - n_H}{n_B - n_H} = -\frac{z_B}{z_A} \tag{2-5}$$

其中，负号表示两齿轮的转向相反，若转向相同时，则为正号。

2. 典型行星轮系传动比的计算实例

图 2-23 所示为一典型大传动比行星轮系，齿轮 1 和齿轮 3 的传动比为 i_{13}，于是有

$$i_{13}^{H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = \frac{n_1 - n_H}{0 - n_H} = +\frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'}$$

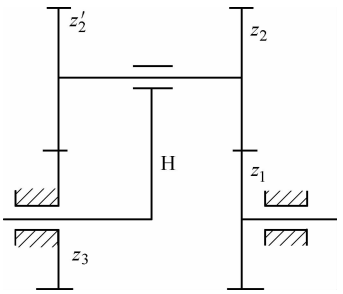


图 2-23　典型大传动比行星传动

3. 行星轮系传动比通用计算公式

将以上分析推广至一般情况，设平面行星轮系中共有 k 个齿轮，其转化轮系的传动比为

$$i_{1k}^{H} = \frac{n_1 - n_H}{n_k - n_H} = \pm\frac{\text{从 1 至 k 所有从动轮齿数连乘积}}{\text{从 1 至 k 所有主动轮齿数连乘积}} \tag{2-6}$$

关于符号：

1）在转化机构中，齿轮 1 和 k 转向相同时，公式右边取正号。

2）在转化机构中，齿轮 1 和 k 转向相反时，公式右边取负号。

三、蜗杆传动传动比的计算（图 2-24）

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \tag{2-7}$$

式中　i_{12}——单级蜗杆传动机构传动比；

ω_1、n_1——分别为蜗杆旋转的角速度和转速；

ω_2、n_2——分别为蜗轮旋转的角速度和转速；

z_1、z_2——分别为蜗轮齿数和蜗杆头数。注意：在蜗杆传动中，蜗杆头数一般不超过 8）。

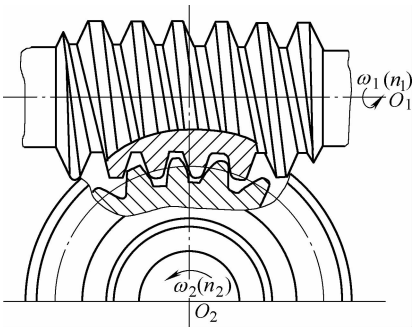


图 2-24　蜗杆传动参数

四、摆线针轮传动系统中传动比的计算

摆线针轮传动结构特点是行星轮齿廓曲线为摆线（称摆线轮），固定轮采用针轮。其传动比大（一级减速可达 135，二级可达 1000 以上）。

摆线针轮传动属于少齿差行星齿轮传动，其传动原理如图 2-25 所示。

传动比 i 可用下式求得

$$i=\frac{z_b}{z_b-z_g} \qquad (2\text{-}8)$$

式中　z_g——针齿销的个数；

z_b——摆线针轮的齿数。

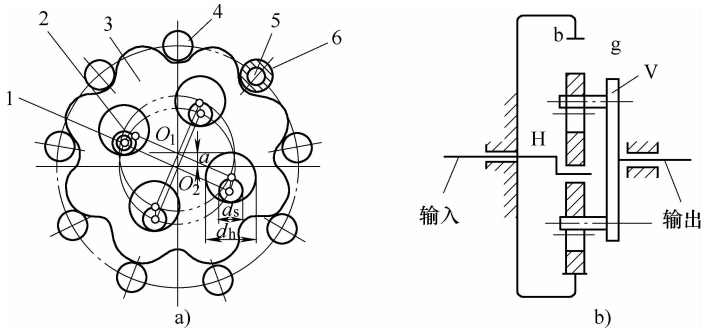


图 2-25　摆线针轮传动原理及类型

a）针齿壳作为输出件　b）摆线轮作为输出件

1—销轴　2—销轴套　3—摆线轮　4—针轮　5—针齿销　6—针齿套

一般情况下，$z_b-z_g=1$，有时在传动比较小时，$z_b-z_g=2$。通常摆线针轮行星传动为一齿差行星传动。在极少数传动比较小时，摆线针轮行星传动为二齿差行星传动。由式（2-8）可见，当 $z_b-z_g=1$ 时，$i=z_b$；当 $z_b-z_g=2$ 时，$i=z_b/2$。

五、机电传动系统概述

所谓机电传动是由电动机拖动，并通过传动机构带动生产机械运转的机电运动形式，这种运动形式通常也称为电力拖动形式。如图 2-26 所示，胶带机的驱动形式就是机电传动的典型实例之一。在后续章节中，这类驱动装置的检修与安装问题将是重点内容之一。

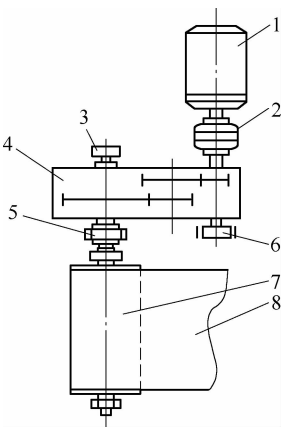


图 2-26　胶带机驱动部分示意图

1—电动机　2—液力偶合器　3—逆止器　4—减速器　5—联轴器　6—制动器　7—头部滚筒　8—胶带

（一）机电传动的稳态与动态

由图 2-27 可知，当电动机 M 的输出转矩 T_M 与负载产生的转矩 T_L 相平衡时，整个机电传动系统可维持恒速转动。此种运动状态，称为静态或稳态。稳态时电动机输出转矩 T_M 的大小，仅由电动机所带的负载（生产机械）决定。若 $T_M\neq T_L$

时，则整个机电传动系统的转速就会发生变化，即产生了加速或减速现象，也就是机电传动系统呈现出动态效应。需指出的是，下述关于机电传动有关参数的计算公式均是指在机电传动系统处于稳态（或静态）下，分析得到的。

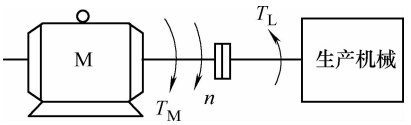


图 2-27　机电传动系统原理图

（二）输煤胶带机有关传动参数的计算

图 2-28 和图 2-29 所示是输煤胶带机驱动系统原理图和驱动滚筒传动参数，根据机电传动原理，运动及动力参数有关计算公式见表 2-4。

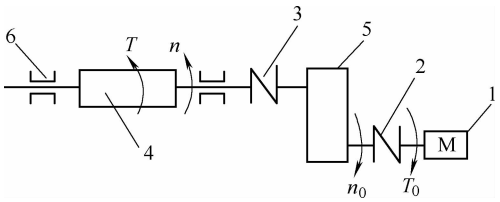


图 2-28　输煤胶带机驱动系统原理图

1—电动机　2、3—联轴器　4—驱动滚筒

5—减速机　6—轴承座

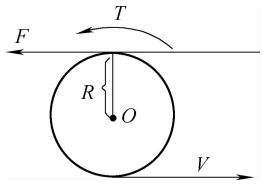


图 2-29　驱动滚筒传动参数

表 2-4　输煤胶带机有关传动参数计算公式

公式序号	公 式 内 容	公式中符号含义
式(2-9)	$P_0 = P_M \eta_0$	P_0：电动机输出功率(千瓦或 kW) P_M：电动机额定功率(千瓦或 kW) η_0：电动机本身效率
式(2-10)	$M_0 = 9550 \dfrac{P_0}{n_0}$	M_0：电动机输出转矩或减速器Ⅰ轴输入转矩(牛顿·米或 N·m) P_0：电动机输出功率(千瓦或 kW) n_0：电动机转速或减速器输入转速(转/分钟或 r/min)
式(2-11)	$P = P_0 \eta$	P：输出执行机构(此处为滚筒)功率(千瓦或 kW) P_0：电动机输出功率(千瓦或 kW) η：传动系统效率
式(2-12)	$M = 9550 \dfrac{P}{n}$	M：输出执行机构(此处为滚筒)转矩(牛顿·米或 N·m) P：输出执行机构(此处为滚筒)功率(千瓦或 kW) n：减速器输出转速或输出装置(此处为滚筒)转速(转/分钟或 r/min)
式(2-13)	$n = \dfrac{n_0}{i}$	n：减速器输出转速或输出装置(此处为滚筒)转速(转/分钟或 r/min) n_0：电动机转速或减速器输入转速(转/分钟或 r/min) i：减速器传动比
式(2-14)	$M = FD/2 = FR$	M：输出执行机构(此处为滚筒)转矩(牛顿·米或 N·m) F：驱动滚筒外缘处所受的驱动力(牛顿或 N) D：驱动滚筒直径
式(2-15)	$P = 1000FV$	P：输出执行机构(此处为滚筒)功率(千瓦或 kW) F：驱动滚筒外缘处所受的驱动力(牛顿或 N) V：胶带的线速度(米/秒或 m/s)

例如：图 2-28 所示的带式输送机传动装置，电动机输出功率为 8kW，电动机转速为 1450r/min，采取单级齿轮减速箱，两齿轮的齿数分别为 $z_1 = 20$，$z_2 = 40$，减速器的机械效率 $\eta = 0.9$，

胶带机驱动滚筒直径为1000mm，试求输出轴能传递的转矩 M、功率 P、滚筒外缘所受的驱动力 F 以及胶带线速度 V。

已知：$P_0 = 8\text{kW}$，$n_1 = 1450\text{r/min}$，$z_1 = 20$，$z_2 = 40$，$\eta = 0.9$。求 M、P、F、V

解：$P = P_0\eta = 8 \times 0.9\text{kW} = 7.2\text{kW}$，

由

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \text{得 } n_2 = \frac{n_1 z_1}{z_2} = \frac{1450 \times 20}{40}\text{r/min} = 725\text{r/min}$$

$$M = 9550\frac{P}{n_2} = 9550 \times \frac{7.2}{725}\text{N} \cdot \text{m} = 94.84\text{N} \cdot \text{m}$$

$$F = M \Big/ \frac{D}{2} = 94.84/0.5\text{N} = 189.68\text{N}$$

$$V = \frac{P}{F} \times 1000 = \frac{7.2}{189.68} \times 1000\text{m/s} = 37.96\text{m/s}$$

答：输出轴能传递的转矩为94.84N·m，功率为7.2kW，滚筒外缘上所受的力为189.68N，胶带线速度为37.96m/s。

第三章　液压传动及应用

第一节　常见液压方向控制回路及应用

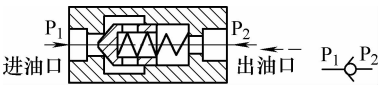
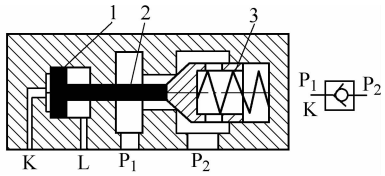
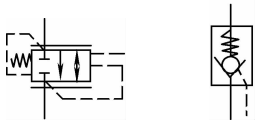
电厂燃料设备属于工程机械设备，其驱动机构具有输出功率大、转矩大、传输距离长等特点。要满足这些工作要求，不但需要配套的机械传动装置，更需要一些液压传动装置，而目前电厂燃料设备基本上都是这两种传动装置的组合。故要做好燃料设备的使用及检修工作，就必须掌握必要的液压传动技术。由于篇幅所限，本教材不再对液压元器件的工作原理进行详细介绍，而只重点分析常用液压回路及其在燃料运行设备上的应用问题。

一、常用方向控制阀的结构及工作原理

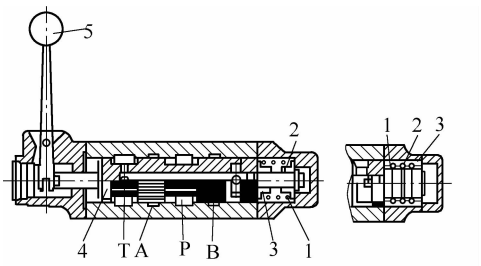
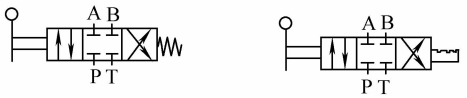
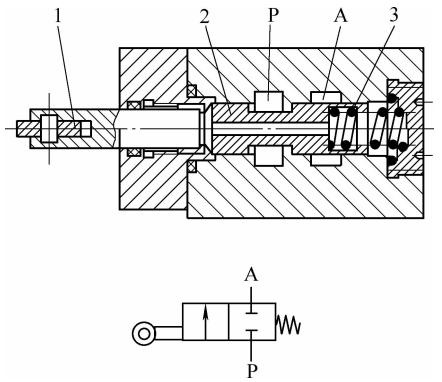
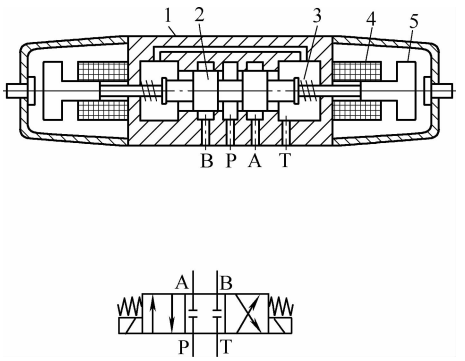
常用方向控制阀的结构及工作原理基本相同，均是通过操纵机构控制阀芯在阀体内做相对运动，使油路接通、关断或变换油流的方向，从而实现液压执行元件及其驱动机构的起动、停止或变换运动方向。

常用方向控制阀的结构及工作原理见表 3-1，表中从每种类型中列举了有代表性的实例加以说明。

表 3-1　常用方向控制阀的结构及工作原理

名称	图　例	工作原理
单向阀	 普通单向阀 （简易符号）　（详细符号） 带弹簧单向阀	当液压油按照实线箭头所示方向流动时，油压作用于阀芯上，克服弹簧力和摩擦力将阀芯开起，并通过阀芯上的径向孔、轴向孔从出油口流出。当液压油反向流动时（图中虚线所示），则油压和弹簧力一起使阀芯锥面压紧在阀座上，使阀口关闭
	 液控单向阀 K—控制油口　L—泄油口　P_1—进油口　P_2—出油口 1—活塞　2—顶杆　3—单向阀  详细符号　　简化符号	当控制油口 K 无液压油通入时，液压油只能从进油口 P_1 流向出油口 P_2，不能反向流动。当控制油口 K 有控制液压油通入时，在油压的作用下使活塞 1 右移，推动顶杆 2 顶开单向阀 3，进油口 P_1 和出油口 P_2 接通，液压油就可在两个方向自由通流

（续）

名称	图　例	工作原理
换向阀	 a) 弹簧复位式　　b) 钢球定位式  c) 弹簧复位式图形符号　　d) 钢球定位式图形符号 手动换向阀 1、3—定位套　2—弹簧　4—阀芯　5—手柄	1）利用手动杠杆来改变阀芯位置实现换向 2）手动操纵机构不动作时，4 个油口均不相通，阀芯处于中位机能（换向阀的中位机能见表 3-2） 3）手动控制操纵机构，滑阀相对阀体做轴向移动，液压油的流向即发生了改变。如由左位： P→A，B→T 切换至右位：P→B，A→T
	 二位二通机动换向阀（二位二通行程阀） 1—滚轮　2—阀芯　3—弹簧	图示为滚轮式二位二通常闭式机动换向阀，阀芯 2 在弹簧的作用下处于上位，油腔 P 与 A 关断。当外部机构压迫滚轮 1 时，阀芯 2 下移，油腔 P 与 A 接通
	 三位四通电磁换向阀 1—阀体　2—阀芯　3—弹簧　4—电磁线圈　5—衔铁	左侧电磁线圈接通，液压油的流向： P→A，B→T 右侧电磁线圈接通，液压油的流向： P→B，A→T 两电磁线圈均不接通时，4 个油口均不相通。换向阀处于中位机能（中位机能在后续内容中介绍）

（续）

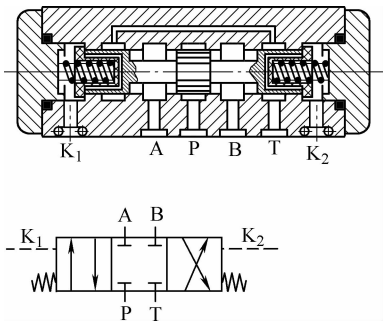
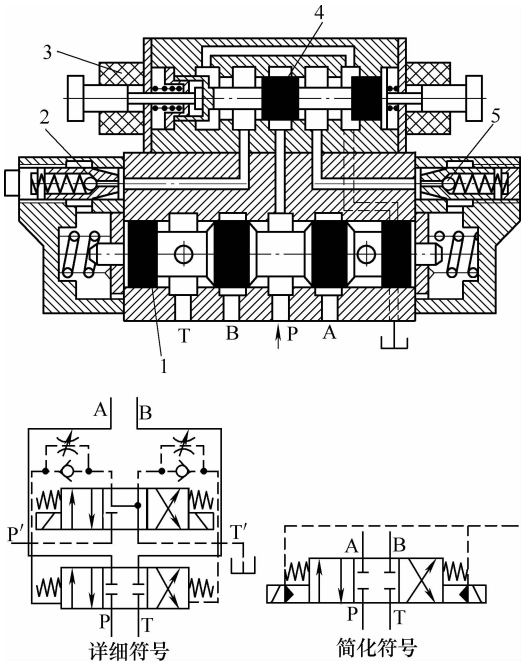
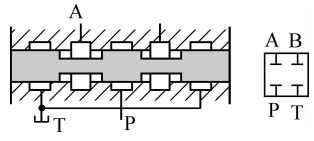
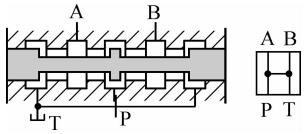
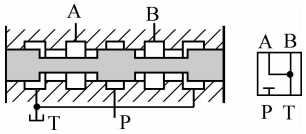
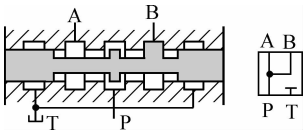
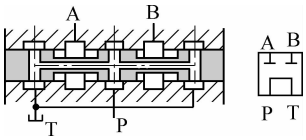
名称	图　例	工作原理
换向阀		液动换向阀是利用控制油路的液压油来改变阀芯位置的换向阀，阀芯是由其两端密封腔中液压油的压差来移动的。如左图所示三位四通液动阀结构，当液压油从 K_2 进入滑阀右腔时，K_1 接通回油，阀芯向左移动，使油口 P 和 B 相通，A 和 T 相通；当 K_1 接通液压油时，K_2 接通回油，阀芯向右移动，使油口 P 和 A 相通，B 和 T 相通；当 K_1 和 K_2 都通回油时，阀芯在两端弹簧和定位套作用下回到中间位置
	 1—液动阀阀芯　2—节流阀　3—电磁铁 4—电磁阀阀芯　5—单向阀	电液换向阀的工作原理是： 先导电磁阀左边的电磁铁通电后阀芯向右移动，来自主阀油口 P 或外接油口的控制液压油可经先导电磁阀的左腔和左单向阀进入主阀左端空腔，并推动主阀阀芯向右移动（主阀阀芯的移动速度可由右边的节流阀调节），使主阀 P 与 A、B 和 T 的油口相通；反之，由先导电磁阀右边的电磁铁通电，可使主阀 P 与 B、A 与 T 的油口相通；当先导电磁阀的两个电磁铁均不带电时，先导电磁阀阀芯在其对中弹簧作用下回到中位机能，此时主阀的 P、A、B 和 T 的油口均不通 液动换向阀两端控制油路上的节流阀可以调节主阀的换向速度

表 3-2　三位四通换向阀常用中位机能

名　称	图　示	作　用
O 型中位机能		各油口互不相通，液压缸实现自锁，液压泵不卸荷且保压，适用于一泵多缸的液压系统

（续）

名　称	图　示	作　用
H 型中位机能		各油口全连通，活塞在液压缸中能够浮动，液压泵卸荷
Y 型中位机能		系统不卸荷，液压缸左右两腔与进油路连通
P 型中位机能		液压油同时进入液压缸的两腔，回油口封闭。可实现差动连接
M 型中位机能		液压泵卸载，液压缸左右两腔封闭

二、换向回路原理及在燃料设备中的应用

（一）利用换向阀换向的换向回路

1. 利用换向阀换向的动作过程（图 3-1a）

1）左侧电磁线圈得电，泵输出的液压油进入液压缸 1 的左腔，活塞向右移动，右腔液压油经溢流阀流回油箱。

2）换向时，左侧线圈断电，右侧线圈得电，泵输出的液压油进入液压缸 1 的右腔，活塞向左移动，左腔液压油经溢流阀流回油箱。

3）电磁阀处于中位机能时，液压缸活塞停止运动，泵可依靠阀中位机能实现卸荷功能。液压缸左右两腔封闭。

2. 应用实例

图 3-1b 所示为摘钩平台的液压控制系统，其动作过程如下：

1）液压泵起动后，三位四通换向阀尚未动作（即阀芯在中间位置）时，液压油经过溢流阀、单向阀及三位四通换向阀的中间位置直接返回到油箱。此时，液压缸里未充油，摘钩平台不动作。

2）当液压泵起动后，三位四通换向阀左侧的电磁铁动作（阀芯在左侧位置）时，液压油经过溢流阀、单向阀和三位

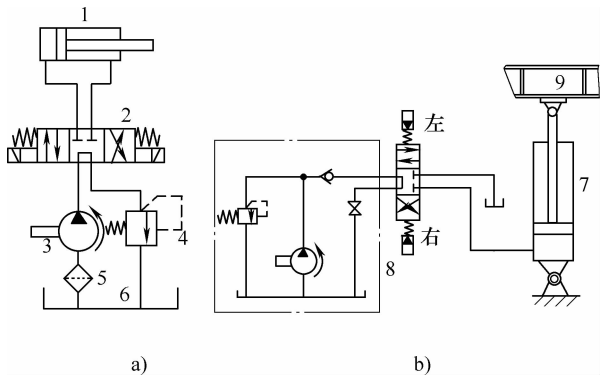


图 3-1　利用换向阀的换向回路原理及应用

a）换向阀换向回路　b）摘钩平台液压控制回路

1—液压缸　2—三位四通电磁换向阀　3—液压泵　4—溢流阀　5—滤油网　6—油箱　7—摘钩液压缸　8—液压站　9—摘钩平台

四通换向阀的左侧位置进入液压缸底部，液压缸充油，摘钩平台升起。当摘钩平台上升到终点时，限位开关发出信号，换向阀电磁铁动作，使阀芯回到中间位置。此时，泵输出的液压油通过溢流阀回到油箱，摘钩平台保持在升起状态。

3）三位四通换向阀右侧电磁铁动作（阀芯在右侧位置）时，液压油经溢流阀、单向阀和三位四通换向阀直接返回到油箱，不给液压缸充油。此时，液压缸在摘钩平台自重的作用下，将液压缸内原来充满的液压油，通过三位四通换向阀、截止阀压回到油箱，摘钩平台下降。当摘钩平台复位后，又发出信号，使换向阀动作，阀芯回到中间位置，等待下一次工作。

（二）利用双向液压泵进行换向的换向回路

1. 利用双向液压泵进行换向的动作过程

利用双向液压泵进行换向的换向回路的工作原理是：为了使液压执行机构获得双向动作，可通过改变液压泵的进出油方向来实现。具体过程是：当双向液压泵左侧油口排油时，液压缸活塞右行；通过改变液压泵进出油方向，使双向液压泵右侧油口排油时，液压缸活塞左行。

2. 应用实例

（1）液压推杆动作控制回路　如图 3-2 所示，电动机起动后，通过控制双向定量泵的进出油方向，可控制活塞杆（后连接推杆）实现前进和后退。

（2）斗轮机斗轮臂架回转液压控制回路　图 3-3 所示为 DQ3025 型斗轮机的斗轮臂架回转机构液压控制原理。回转液压泵采用了 ZB3-732 型双向变量柱塞液压泵，用以改变进出油方向，进而控制马达双向回转，从而使斗轮臂架实现双向回转，以适应堆取料作业要求（其详述参看单元三第十章第五节斗轮机液压驱动装置的检修）。

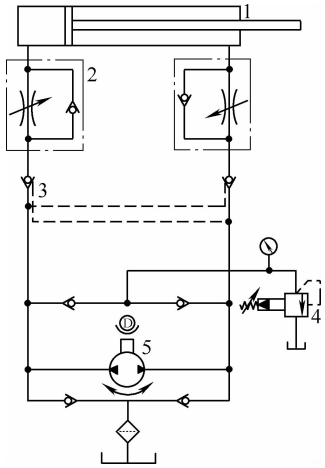


图 3-2　液压推杆动作控制回路
1—液压缸　2—单向节流阀　3—液控单向阀
4—溢流阀　5—双向定量泵

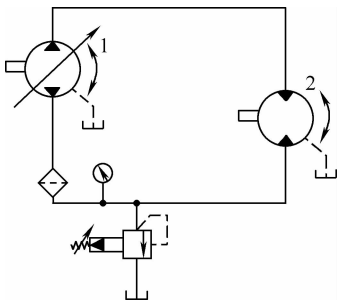


图 3-3　DQ3025 型斗轮机的斗轮臂架回转机液压原理图
1—ZB3-732 型双向变量泵
2—A892-1-4 型双向定量马达

（三）锁紧回路及应用

1. 利用换向阀中位机能的锁紧回路

图 3-4 所示的回路是利用三位四通换向阀的中位机能（O 型或 M 型）封闭液压缸两腔进、出油口，使液压缸锁紧。这种回路结构简单，不需要其他装置即可实现液压缸的锁紧。由于换向阀的泄漏，锁紧精度较差，所以经常用于锁紧精度要求不高、停留时间不长的液压系统中。

在燃料设备液压控制系统中，基本上皆采用 O 型或 M 型中位机能对液压缸进行锁紧，使液压缸停止工作时，保持浮动状态，而液压泵则处于不卸荷的供油状态。这样不但减少了起动时的冲击，使运行更加平稳，同时也降低了泄漏量。

2. 利用液控单向阀锁紧回路（液压锁）

当换向阀处于中位机能时（图 3-5），由于换向阀的中位机能是 H 型，液压泵卸荷，两个液控单向阀关闭，液压缸双向锁紧。这样，不但能使液压缸在任意位置停止，而且防止了停止后因其他外界原因（如自重）而产生窜动。

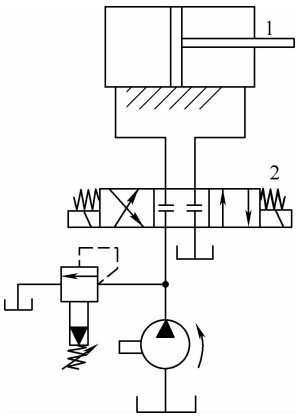


图 3-4　利用换向阀的中位机能锁紧回路
1—液压缸　2—三位四通换向阀（O 型中位机能）

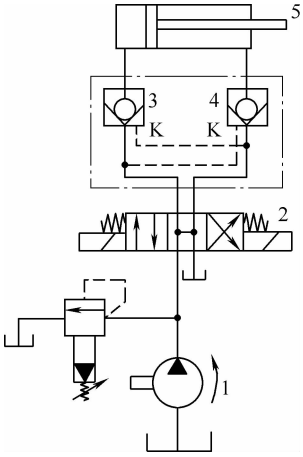


图 3-5　采用液控单向阀的锁紧回路
1—液压泵　2—换向阀（三位四通、H 型中位机能）
3、4—液控单向阀　5—液压缸

其具体工作过程是：当换向阀处于如图 3-5 所示位置时，液压泵 1 输出的油液经换向阀 2 流回油箱，此时在液控单向阀 3 和 4 的作用下，使液压缸 5 停止在某一位置上不动。当换向阀 2 左端带电时，液压泵 1 输出的油液经换向阀 2、液压单向阀 3 进入液压缸 5 的左腔，在液控单向阀 4 的作用下，使液压缸 5 右腔的油液无法排出，液压缸 5 内活塞不动作。此时液压缸 5 左腔油压升高，在此压力作用下，控制油路将液控单元阀 4 开起。液压缸 5 右腔的油液就可通过液控单向阀 4、换向阀 2 流入油箱，液压缸 5 的活塞向右运动。当换向阀 2 右端带电时，液压泵输出的油液经换向阀 2、液控单向阀 4 流入液压缸 5 的右腔，在液控单向阀 3 的作用下，使液压缸 5 左腔的油液无法排出，液压缸 5 内活塞不动作。此时液压缸 5 右腔油压升高，控制液控单向阀 3 开起。液压油通过液控单向阀 3、换向阀 2 流回油箱，液压缸 5 的活塞向左运动。由此可见，液控单向阀 3 和 4 可以使液压缸 5 在其行程的任何位置上双向锁紧。

液控单向阀的密封性好，泄漏少，所以锁紧精度高，其锁紧精度主要取决于液压缸的泄漏。这种锁紧回路常用于锁紧精度要求高且长时间锁紧的液压系统中。

3. 应用实例

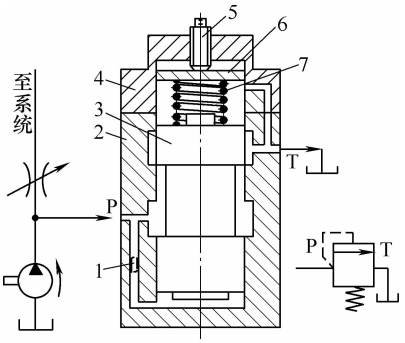
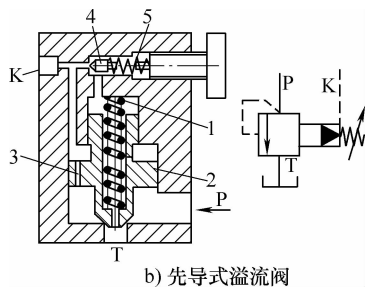
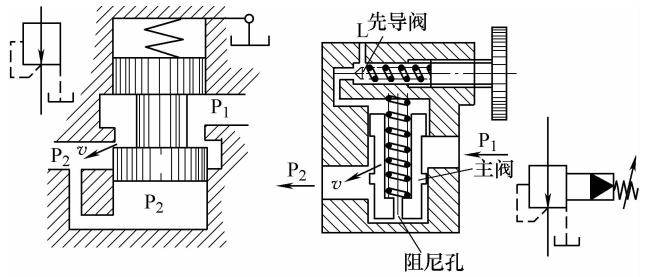
图 3-2 所示的液压推杆控制回路中就包含有液控单向阀的锁紧回路。液压推杆推动三通挡板且在要求的工作位置上停止，液压动能平衡三通挡板重量的同时，油路被内部液控单向阀锁死，这样既防止了挡板自重及挡板上部积煤重量而产生的窜动，也实现了双向锁紧。

此外，各型号翻车机靠车机构和斗轮机臂架仰俯控制油系统中都采用了液控单向阀的锁紧回路，其具体工作原理及调试方法在后续章节中有详细讲解，此处不再赘述。

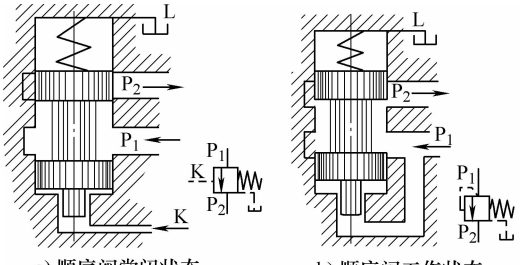
第二节　常见压力控制回路及应用

一、常用压力控制阀的结构及工作原理（表 3-3）

表 3-3　常用压力控制阀的结构及工作原理

名称	图　例	工作原理
溢流阀	 a)直动式溢流阀 1—阻尼孔　2—阀体　3—阀芯　4—阀盖 5—调节螺杆　6—弹簧座　7—调压弹簧	直动式溢流阀是依靠系统中的液压油直接作用在阀芯上与弹簧力相平衡,以控制阀芯的起闭动作 阀芯底部油压(泵的输出油压)大于弹簧调定压力,阀芯上移,进、出油口接通(P、T 接通)溢流 当系统压力继续升高,则阀芯上升加大阀口开度,使溢流量增大,进而使系统压力下降。压力随阀口溢流量的变化而恒定
溢流阀	 b) 先导式溢流阀 1—主阀弹簧　2—主阀芯　3—阻尼孔 4—先导阀阀芯　5—先导阀弹簧(调压弹簧)	先导阀(可为直动式溢流阀)控制溢流阀进口 P 处的压力恒定,主阀控制主油路的溢流。阻尼孔的阻尼作用,使主阀两端形成压差,以打开主阀口实现溢流 调节先导阀的调压弹簧,便可调节溢流压力 远程控制口 K 的作用:①实现卸荷。②使用远程调压阀后便可对系统的溢流压力实行远距离调节
减压阀	 c) 减压油路 减压阀的工作原理结构图和图形符号	减压阀是一种利用液压油流过阀口缝隙产生压降的原理,使出口压力低于进口压力的压力控制阀 减压阀在结构上与溢流阀基本相似,不同之处在于: 1) 非工作状态下,减压阀阀口常开,进、出油口相通;溢流阀阀口常闭,进、出油口不通 2) 减压阀检测的是阀出口压力,保证阀出口压力为定值;而溢流阀检测的是阀进口压力,保证阀进口压力恒定 3) 减压阀出口接某一低压支路,出口压力不为零;溢流阀的出口直接接油箱,压力近似为零 4) 由于减压阀出口压力不为零,为了保证减压阀的正常工作,减压阀弹簧腔的泄漏油和先导阀的回油需要专门的回油口,单独引回油箱;而溢流阀弹簧腔的泄漏油和先导阀的回油经阀体内流道直接接至出口

（续）

名称	图　例	工作原理
顺序阀	 a) 顺序阀常闭状态　　b) 顺序阀工作状态 直动式顺序阀图	顺序阀的结构和工作原理与溢流阀的基本相同 顺序阀与溢流阀相比较，相同的是，它们检测和控制的都是阀进口压力，并且处于常闭状态。不同的是，顺序阀的出口视具体工作不同可以直接接油箱，也可以接二次油路，前者弹簧腔的泄露油为内泄，后者为外泄；溢流阀的出油口与油箱相连。此外，由于顺序阀的进、出油口均为液压油，所以它的泄油口 L 必须单独外接油箱

二、常用压力控制回路

压力控制回路是利用压力控制阀作为回路主要控制元件，控制系统全局或系统局部压力，以满足执行元件输出所需要的力或力矩要求的回路。燃料设备尤其是煤厂设备属于工程机械设备，凡安装有液压控制系统装置的，运行中，均要保证有足够的力矩及功率输出。故压力控制回路中的调压与限压回路、减压回路、保压回路、卸荷回路和平衡回路等在燃料设备中都有应用。

液压系统的压力应当与负载相适应，这样不但能合理使用动力，减少不必要的动力消耗，而且对保护设备也起到了关键作用。譬如，翻车机在翻卸前其压车头对重车的压紧液压装置，其核心回路就是液压保压回路；煤厂斗轮机俯仰机构的液压装置，其核心回路是液压平衡回路等。

下面结合设备实际进行如下分析。

（一）调压回路

调压回路用于控制系统的工作压力，使它不超过某一预调的数值，或者使系统在不同的工作阶段有不同的工作压力。

调压回路主要包括单级调压回路、远程调压回路和多级调压回路等，由于在燃料运行设备液压控制系统中多用单级调压回路，故对这一回路作如下详细分析。

1. 基本调压回路

图 3-6 所示为基本调压回路，在此定量泵供油的液压回路中，系统压力会伴随着液压缸所受外界载荷的变化而变化，溢流阀起安全阀的作用，限定系统的最高工作压力。系统过载时，安全阀开启，定量泵输出的液压油经溢流阀流回油箱。溢流阀的调定压力必须大于液压缸的工作压力和管路上各种压力损失的总和。这种回路的效率较低，液压油容易发热，一般多用于流量不大的场合。

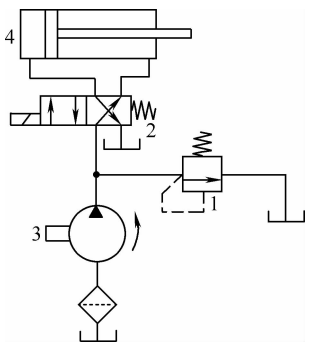


图 3-6　基本调压回路

1—溢流阀　2—二位四通阀

3—单向定量泵　4—液压缸

图 3-7 所示为夹轨器夹轨液压控制回路。从调压角度分析，它属于基本调压控制回路。在运行前，溢流阀都已调好，若因各种原因压力下降，则可正向调溢流阀，当压力表指示到合适压力时，将调节螺母锁紧。

2. 节流阀在进口的单级调压回路

图 3-8 所示为节流阀、溢流阀与定量泵组合构成单级调压回路，与基本调压回路相比，由于该回路包含进油口节流调速（关

于调速部分在下节中讲述），即调速阀调节进入液压缸的流量，定量泵提供的多余液压油经溢流阀流回油箱。在不受外界负载变化的影响下，溢流阀起溢流稳压作用以保持系统压力的稳定。

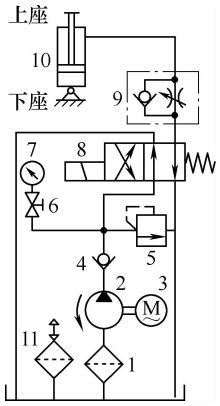


图 3-7　夹轨器夹轨液压控制回路

1—滤油器　2—液压泵　3—电动机　4—单向阀
5—溢流阀　6—开关　7—压力表　8—电磁换向阀
9—单向节流阀　10—液压缸（在斗轮机本体上）
11—油箱空气过滤器

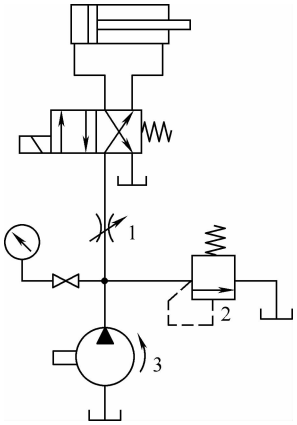


图 3-8　节流阀在进口的单级调压回路

1—节流阀　2—溢流阀　3—单向定量泵

图 3-9 所示为碎煤机大盖开起装置液压控制回路，系统调定压力（溢流阀调定压力）为 10MPa，碎煤机大盖开起压力为 6MPa（溢流阀的调定压力大于液压缸的工作压力和管路上各种压力损失的总和）。

3. 利用压力继电器的调压回路

图 3-10 所示为使用压力继电器的调压回路，其实质是用压力继电器来限制液压缸的最大工作压力，当液压缸上腔中的压力超过预定值后，压力继电器动作，使换向阀切换，活塞向上移动。液压缸上腔的压力不会超过压力继电器限定的数值。

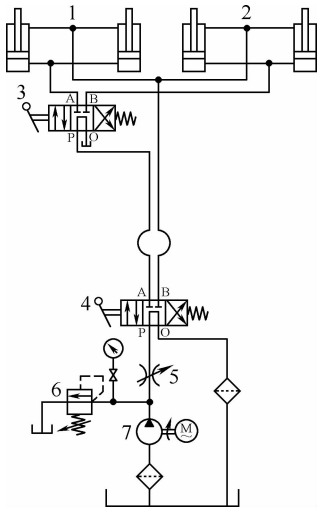


图 3-9　碎煤机大盖开起装置液压控制回路

1—前部液压缸　2—后部液压缸
3、4—手动三位四通换向阀
5—节流阀　6—溢流阀　7—液压泵

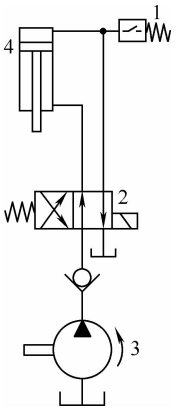


图 3-10　使用压力继电器的调压回路

1—压力继电器　2—二位四通换向阀
3—单向定量泵　4—液压缸

使用压力继电器的调压回路的典型应用实例是，斗轮机斗轮回转液压控制机构，当斗轮取料且被大块卡住时，压力继电器动作，切断电磁阀，斗轮停转以保护斗轮机构免受损坏。

（二）减压回路

减压回路是使系统中的某一部分油路具有较低的稳定压力。减压回路在控制油路、夹紧油路和润滑油路中应用较多。常用的减压方法是在需要减压的油路前串联一个定值减压阀。

如图 3-11 所示，供油压力根据主油路的负载由溢流阀 1 调定，夹紧液压缸 4 的工作压力根据负载由定值输出减压阀 2 调定。油路中的单向阀 3 用于主油路压力降低（低于减压阀 2 的调整压力）时防止液压油倒流，起短时保压的作用。为了保证二次压力的稳定，减压阀的最低调整压力不应小于 0.5MPa，最高调整压力至少应该比系统压力小 0.5MPa。如果减压回路上的执行元件需要调速时，调速元件应该放在减压阀的后面，这样可以避免减压阀的泄漏对执行元件的速度产生影响。

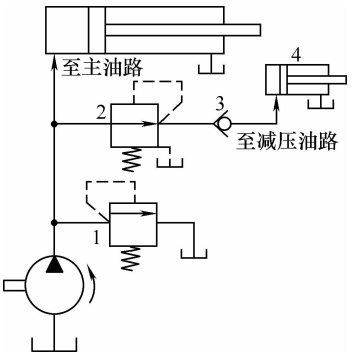


图 3-11　减压回路的工作原理
1—溢流阀　2—减压阀
3—单向阀　4—液压缸

如图 3-12 所示，减压回路的具体应用实例是，重车调车机液压控制回路。从主油路向摘钩液压缸支路的液压油要经过减压阀，其作用是降低主油路向摘钩液压缸的进油压力，以适应重车调车机摘钩动作的需要。

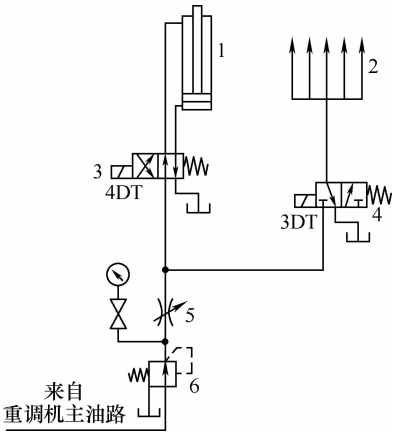


图 3-12　重车调车机的减压回路原理
1—摘钩液压缸　2—液压制动液压泵
3—二位四通换向阀　4—二位三通
换向阀　5—节流阀　6—减压阀

（三）卸荷回路

卸荷回路的作用是：在驱动液压泵的电动机不需频繁起停的情况下，当执行件在短时间内停止运动时，使液压泵在零压或者很低的压力下运转，以提高系统效率，减少液压油发热，延长液压泵和电动机的使用寿命。下面介绍几种常用的卸荷回路。

1. 利用三位四通换向阀中位机能的卸荷回路

利用三位四通换向阀的中位机能，如 M 型、H 型、K 型的换向阀处于中位机能时，使泵的输出液压油经换向阀的油口 P、T 直接流回油箱而卸荷，如图 3-13 所示。这种卸荷回路的切换压力冲击大，适应于低压小流量系统。如果在高压、大流量的系统中，则可采用 M 型、H 型、K 型的电液换向阀对泵进行卸荷。

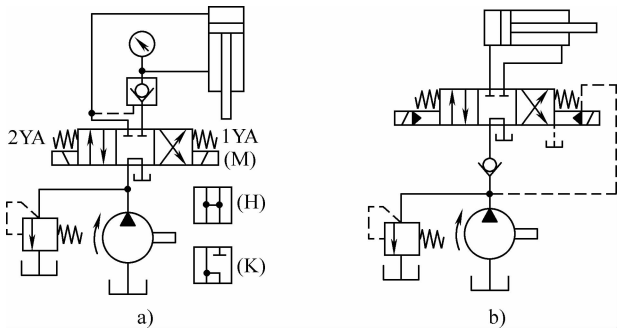


图 3-13　利用三位换向阀中位机能的卸荷回路

由于这种换向阀装有换向时间调节器，所以切换时压力冲击小，但是必须在换向阀前设置单向阀（或在换向阀回油口设置背压阀），从而使系统保持 0.2～0.3MPa 的压力供给控制油路使用。

利用三位四通换向阀的卸荷回路，在卸储煤设备的液压控制中有广泛的应用，在后续章节中将分别讲述。

2. 利用先导式溢流阀的卸荷回路

图 3-14 所示为二位二通电磁换向阀控制先导式溢流阀的卸荷回路。先导式溢流阀的遥控口通过二位二通电磁换向阀与油箱相通。当执行元件停止工作，二位二通电磁换向阀通电时，先导式溢流阀遥控口直接与油箱相通，其主阀全部打开，液压泵输出的油液全部回到油箱而卸荷。图 3-14 中的二位二通电磁换向阀只需采用小流量规格即可。

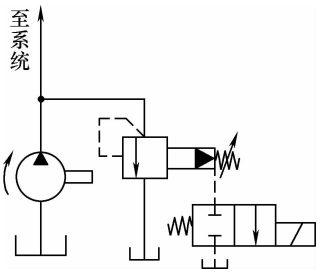


图 3-14　二位二通电磁换向阀控制先导式溢流阀的卸荷回路

图 3-15 所示为夹轮器夹轮的液压控制原理，它是典型的二位二通电磁换向阀控制溢流阀的卸荷回路。

夹轮器是翻车机卸车线中一常用运行设备。它的运行过程是：当重车调车机将一列重车牵至摘钩位时发出相应信号，夹轮液压缸自动夹紧第一节重车车轮，防止摘钩时重车的移动，其具体运行过程在第四单元第十一章第五节中有详细说明，此处重点介绍卸荷阀的卸荷功能，并分析其工作过程。

（1）动作过程分析

1）起动电动机，2DT 得电，液压缸动作（松开），松开到位后，限位开关 2xk 发出讯号，2DT 失电。

2）车辆到位后 3DT 得电，电磁换向阀 3 换向，液压缸动作（夹轮），当夹轮器完成夹轮动作后，即执行元件（夹轮器）处于停止运行状态时，限位开关 1xk 发出讯号，1DT 得电，二位二通电磁换向阀 10 导通，先导式溢流阀遥控口直接通油管，其主阀全部打开，泵输出的流量全部回到油箱而卸载。

液控单向阀 2 组成的液压锁，其作用是使液压缸动作到位（松开到位和夹紧到位）时，液压缸保持在锁紧位置，不能移动。液压锁功能可参看本章第一节。

3）作下次循环工作。

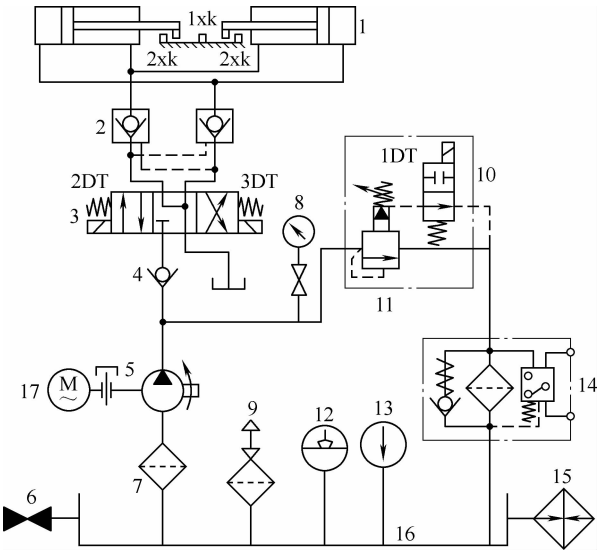


图 3-15　夹轮器夹轮的液压控制原理图

1—夹轮液压缸　2—液控单向阀　3—电磁换向阀　4—单向阀　5—叶片泵　6—直通式球阀　7—滤网　8—压力表　9—空气过滤器　10—二位二通电磁换向阀　11—电磁溢流阀　12—液位计　13—温度计　14—回油过滤器　15—加热器　16—油箱　17—电动机

（2）卸荷阀的功用　在此液压控制回路中，卸荷阀的主要作用是，控制夹轮液压缸安全夹轮力的整定以及保持液压系统压力的恒定。夹轮器投运前应正确地通过调整卸荷阀手柄，获得所需的安全压力值。其具体调试要求如下：

1）当油箱中的油位至油标上限时，打开卸荷阀手柄（卸荷手轮）并将卸荷阀调至卸荷状态。

2）接通电源，通过点动方式检查电动机旋转方向正确后，起动电动机，空载运行 5 ~ 10min（注此时应排空气）。

3）检查电动机、液压缸是否有异常噪声和振动，以及各阀件、管路连接处是否有漏油现象。若有，则应停机进行处理。

4）将卸荷手轮回转至最小开度（卸荷阀关闭状态），调节卸荷阀的调节螺钉，将压力调至 2MPa，运行 5 ~ 10min，无异常后，再调至系统的工作压力（根据说明书中的数据调整）。

5）系统压力调整正常后，应进行卸荷阀的安全压力整定。

①用卸荷阀将系统压力增高 0. 2 ~ 0. 5MPa。

②缓慢旋转卸荷阀的调节手轮至系统压力刚下降时（此时可听见卸荷阀的卸油管内有卸油声响）即可。

③再重新调节卸荷阀，将压力调整至原系统压力，即整个操作完毕。

6）系统调整完后，即可手动换向阀，使液压缸来回动作 3 ~ 5 次，无卡涩、冲击和爬行现象，即可认为动作正常。

7）按动作说明接通各电磁铁电源，通电操作正常后即可投入运行。

注意：断电停泵后，不允许瞬间起动，应将压力降至零后方可再次起动。

3. 采用卸荷阀的卸荷回路

图 3-16 所示为采用卸荷阀的卸荷回路，阀 6 是卸荷阀，多用于系统需要保压的卸荷回路中，常与蓄能器配合使用。液压泵输出的液压油经过单向阀 2，一部分经过换向阀 3 进入系统，一部分进入蓄能器。当执行元件停止工作时，系统压力不断升高，当升高到大于卸荷阀 6 的调整压力时，卸荷阀被打开，液压泵的输出油液经过卸荷阀全部回到油箱，实现卸荷。此时蓄能器补充系统的泄漏，维持系统的压力。

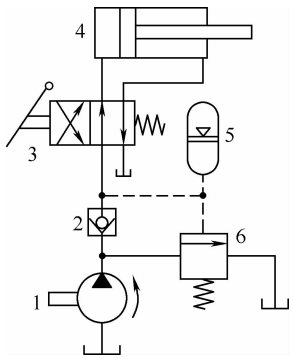


图 3-16　采用卸荷阀的卸荷回路
1—定量泵　2—单向阀　3—二位四通换向阀　4—液压缸　5—蓄能器　6—溢流阀

图 3-17 所示为重车调车机的液压控制原理，因重车调车机牵车臂起落时需要较大压力和流量的液压油，而牵车臂又处于间歇式工况，所以为降低液压泵排量及动力消耗，此液压控制回路采用了蓄能器与卸荷阀的充油方式。图 3-17 的左边部分控制回路即为蓄能器及卸荷阀组成的重车调车机的卸荷回路。除含有卸荷回路外，重车调车机的液压控制回路中还包含有平衡回路、调速回路、减速回路、减压回路等，关于重车调车机整个液压控制系统的工作原理在下节中有详细讲述。

（四）保压回路

保压回路的作用是使系统在液压缸不动或仅有微小位移的情况下，仍能保持其工作压力。具体地讲，保压回路的基本功能是满足保压时间、压力稳定、工作可靠、经济性等多方面的要求。

1. 液控单向阀保压回路

图 3-18 所示为利用液控单向阀的保压回路，当换向阀 3 右位接入回路时，液压油经换向阀 3、液控单向阀 4 进入液压缸 6 的上腔。当压力达到保压要求的调定值时，电接触式压力表 5 发出信号，使换向阀 3 切换至中位机能，这时液压泵 1 卸荷，液压缸上腔由液控单向阀 4 进行保压。当液压缸 6 上腔的压力下降到预定值时，电接触式压力表 5 又发出信号并使换向阀 3 右位接入回路，液压泵 1 又向液压缸 6 上腔供油，使其压力回升，实现补油保压。当换向阀 3 左位接入回路时，液控单向阀 4 打开，活塞向上快速退回。这种保压回路的保压时间长，压力稳定性较高，适用于保压性能要求较高的液压系统。

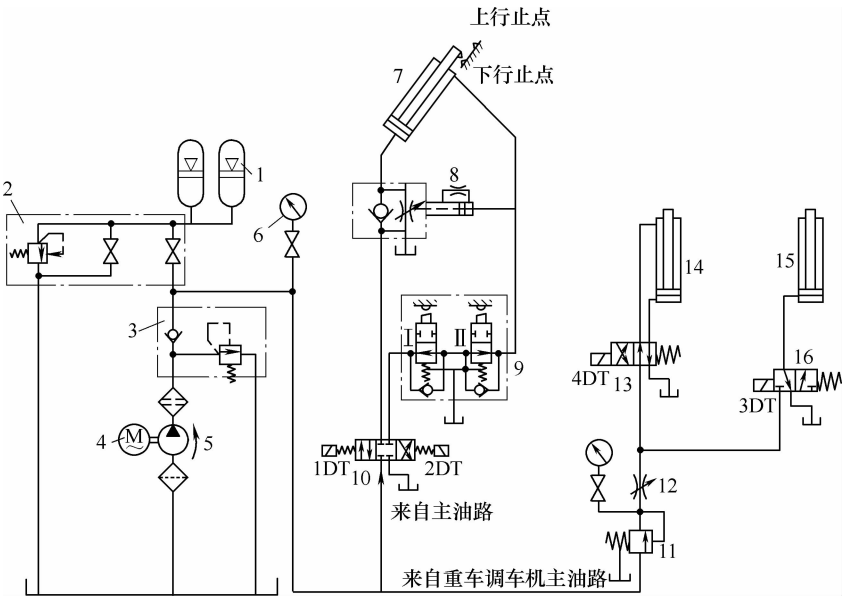


图 3-17　重车调车机的液压控制原理

1—蓄能器　2—溢流阀　3—卸荷阀　4—电动机　5—液压泵　6—压力表
7—大臂液压缸　8—平衡阀　9—行程减速阀　10—三位四通电磁换向阀
11—减压阀　12—节流阀　13—二位二通阀　14—摘钩液压缸
15—制动液压缸　16—二位三通阀

液控单向阀保压回路的典型实例是斗轮机尾车液压俯仰机构，如图 3-19 所示。在该系统中，液控单向阀的作用是使尾车液压缸在任意位置停留，保持上举推力，克服尾车头自重及其上煤的重量；单向节流阀的作用是回油节流调速，从而使液压缸平稳运行；两个溢流阀的作用是调压和保护。其工作原理在下节中有详细说明。

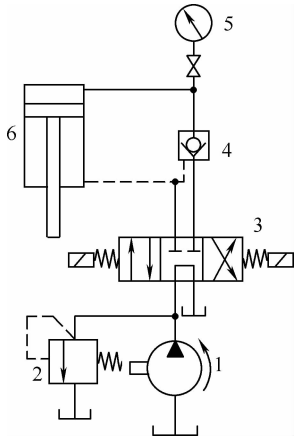


图 3-18　利用液控单向阀的保压回路

1—液压泵　2—溢流阀　3—换向阀
4—液控单向阀　5—电接触式压
力表　6—液压缸

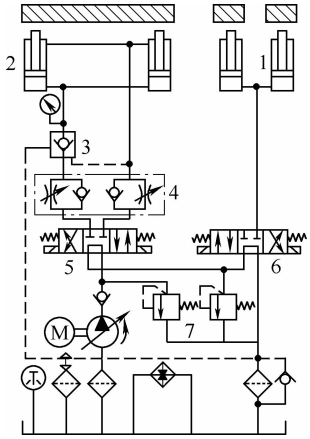


图 3-19　斗轮机尾车俯仰液压控制原理

1—摘钩液压缸　2—俯仰液压缸　3—液控单向阀
4—单向节流阀　5、6—三位四通电磁换向阀
7—溢流阀

2. 蓄能器保压卸荷回路

当系统需要保压时间更长且压力稳定性高时，可采用蓄能器来保压，它以蓄能器中的液压油

来补偿回路中的泄漏而保持其压力。图 3-20 所示为其工作原理，当主换向阀在左位工作时，液压缸前进（带负载工作），油路压力升高至调定值，压力继电器发信号使二位二通换向阀得电，液压泵即卸荷，单向阀自动关闭，液压缸则由蓄能器保压。蓄能器压力不足时，压力继电器复位使液压泵重新工作。保压时间的长短取决于蓄能器的容量，调节压力继电器的通断区间即可调节缸中压力的最大值和最小值。

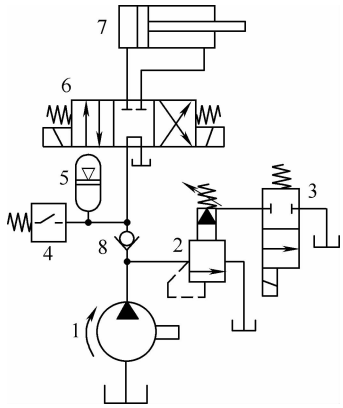


图 3-20　采用蓄能器的保压回路
1—液压泵　2—先导型溢流阀　3—二位二通电磁阀　4—压力继电器　5—蓄能器　6—三位四通电磁换向阀　7—液压缸　8—单向阀

采用蓄能器保压卸荷回路的工作过程如图 3-21 所示，ZFY—100 型翻车机液压压车系统中也包含了蓄能器保压卸荷控制回路（图 3-22），现简述其控制原理，其详细工作原理及调试方法将在后续章节有详细讲解。

翻车机在完成靠车、压车、翻转（正翻及回翻）和提钩等一系列动作过程时，要求油压无冲击并保持液压系统压力恒定，避免油路的振荡对液压元件的损坏。故在兼顾保压和安全卸荷两个环节中，此液压控制油路采用了典型的蓄能保压卸荷回路。在运行过程中，蓄能器的作用有三：①吸收了冲击压力，确保了系统压力不会升高；②作为紧急供油源使用，当液压系统发生故障时，蓄能器可放出能量，从而保证了油压系统的正常工作，压车钩可顺利提起；③补偿了油压系统的泄漏，保持了液压系统的压力恒定。

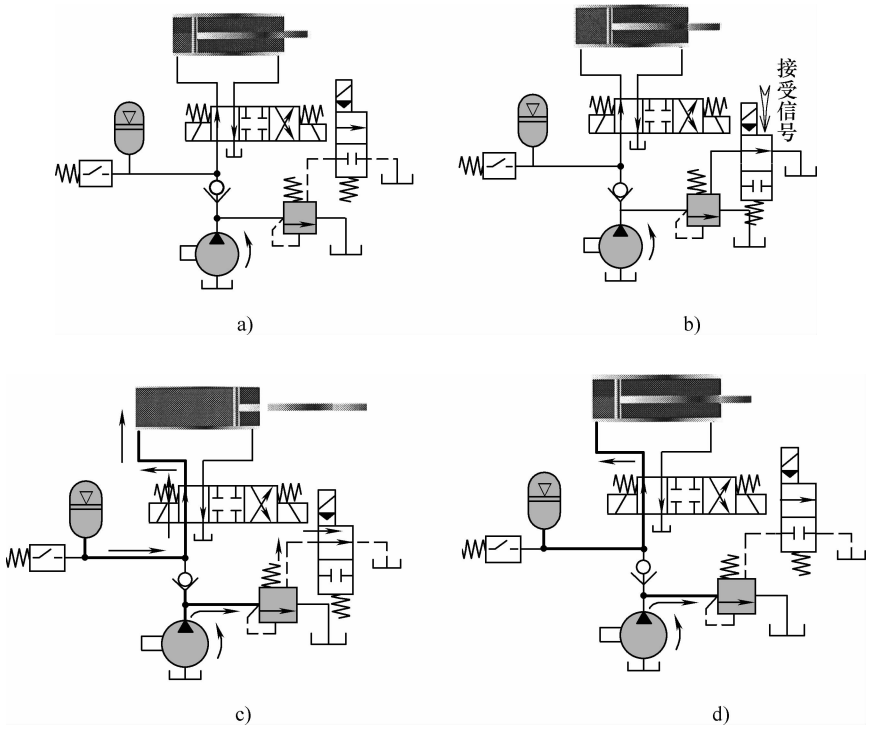


图 3-21　蓄能保压卸荷回路工作过程
a）换向阀在左位时，液压缸进油带负载前进　b）油路压力升高至调定值，压力继电器发讯使二通阀通电，泵即卸载　c）单向阀自动关闭，液压缸则由蓄能器保压　d）蓄能器压力不足时，压力继电器复位使泵重新工作

ZFY—100 型翻车机在翻卸过程中，系统压力达 6.5MPa，二位二通换向阀导通，溢流阀开启，液压泵卸荷；蓄能器充气压力为 2.5MPa。

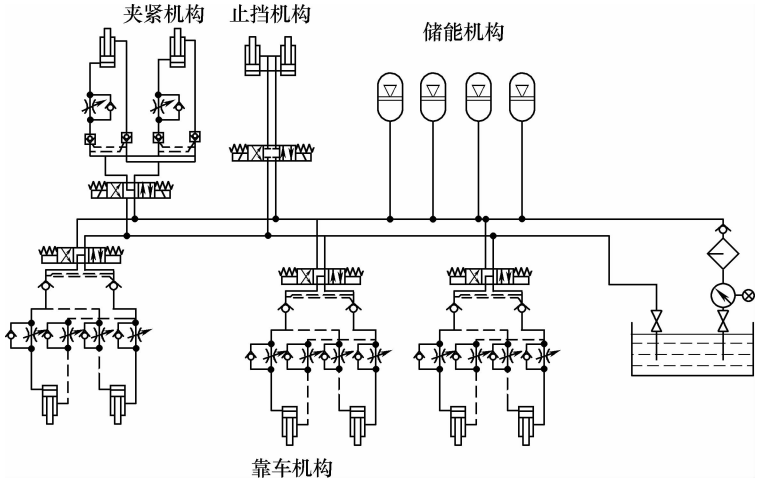


图 3-22　ZFY—100 型翻车机液压控制回路

（五）平衡回路

平衡回路的作用是，防止垂直或倾斜放置的液压缸及其工作部件，在上位停止时因自重的作用而下滑，或在下行运动中超速而使运动不平稳。平衡回路的工作原理是，在液压缸下行的回油路上设置适当的阻力，给液压缸下腔提供一定的压力，用以平衡自重。

1. 利用单向顺序阀的平衡回路

图 3-23 所示为利用单向顺序阀的平衡回路。当三位四通换向阀的左位接入回路时，液压缸活塞向下运动。由于顺序阀的存在，在回油路上存在一定的背压。只要使顺序阀的调整压力稍大于工作部件在液压缸下腔产生的压力，就可以使活塞平稳下落。当三位四通换向阀处于中位机能时，活塞停止运动。这种回路在活塞向下快速运动时，功率损失较大；锁住时，由于顺序阀的泄漏，活塞仍会缓慢下移。因而，只适应于工作部件质量不大、活塞锁住时定位要求不高的场合。

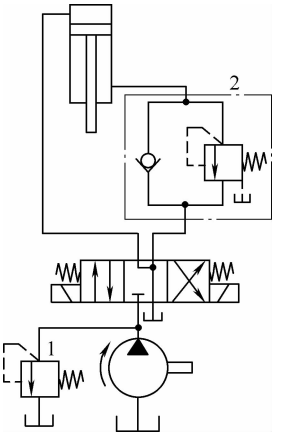


图 3-23　利用单向顺序阀的平衡油路

1—溢流阀　2—单向顺序阀

图 3-24 所示为 DQ8030 型斗轮机臂架俯仰液压控制回路，回路左侧部分为悬臂架俯仰液压控制回路，现结合液压平衡控制原理对俯仰工作过程进行分析，而其右侧悬臂架回转液压控制回路（容积调速回路）及斗轮回转液压控制回路（容积调速回路），将在单元三第十章第五节中详细分析。

斗轮机在堆取料作业时，悬臂架需做间歇性抬落运动，即要求悬臂架每落至一定高度后，需停留在此高度作业。体现在液压回路上，活塞上升到一定高度后，换向阀阀芯在中位机能（O 型中位机能），单向阀锁紧液压缸。顺序阀不动作，回油路不接通，活塞就不会下落，悬臂架就能保持在一高度作业。

当需悬臂架下落时，换向阀动作，只有当回油压力大于顺序阀调定压力时，顺序阀接通，才

能回油，悬臂架下落。下落至一定高度，换向阀断电，阀芯重新回到中位机能，液压缸又被锁死，悬臂架再次停留此高度作业。

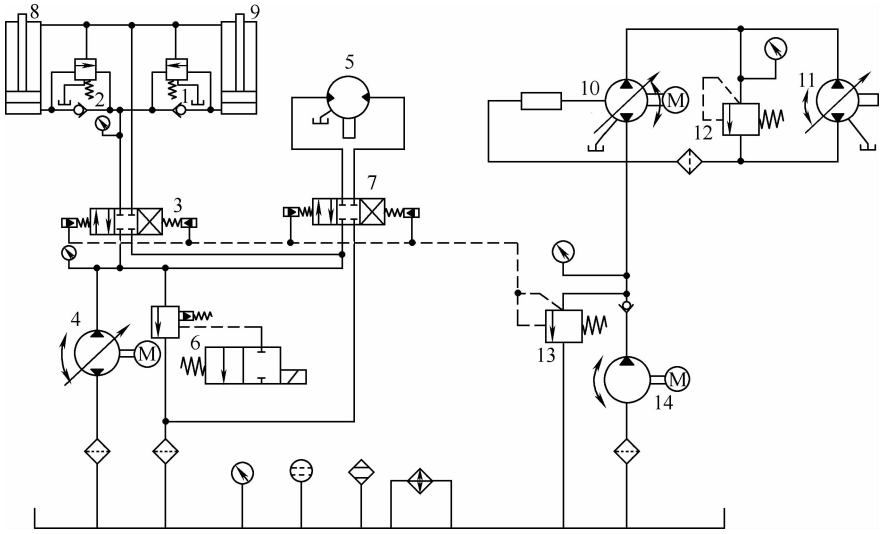


图 3-24　DQ8030 型斗轮机臂架俯仰液压控制回路

1、2—单向顺序阀（XD4F-L20H1）　3、7—电磁换向阀（4WEH16E50/6AG24N25L）　4—双向变量泵（40SCY14-1）　5—双向定量马达（NJM-G2）　6—卸荷阀（DBV20B-1-30/315AC24N24）　8、9—斗轮机悬臂俯仰液压缸　10、11—双向变量泵（NJM-E40J）　12—溢流阀（YF-F50H）　13—溢流阀 YF-L20B　14—齿轮泵（CB-B100）

2. 利用单向节流阀的平衡回路

图 3-25 所示为利用单向节流阀的平衡回路，单向节流阀不仅起到在液压缸活塞下行时，使液压缸下腔形成背压以平衡自重的作用，而且还起到调速的作用（如前所述的进油调速回路）。当换向阀处于中位机能时，液压缸上腔失压，液控单向阀迅速关闭，运动部件立即停止运动并锁紧。

（六）缓冲回路

在液压传动系统中，当迅速改变液流速度和方向时，如换向阀迅速换向、液压缸或液压马达迅速停止，在系统内会引起压力急剧增高，出现液压冲击现象。冲击现象的出现，会使系统的局部油压急剧升高，并有可能超过系统的最大工作压力若干倍，造成液压系统振动，损坏液压元件。尤其是各管道连接处和液压元件密封处，在液压冲击下，易发生泄漏。为消除和减少液压系统的冲击现象，多采取缓冲回路来实现这一目的。常用的缓冲回路有蓄能器消除液压冲击回路、溢流阀消除液压冲击回路和减速阀消除液压冲击回路等。

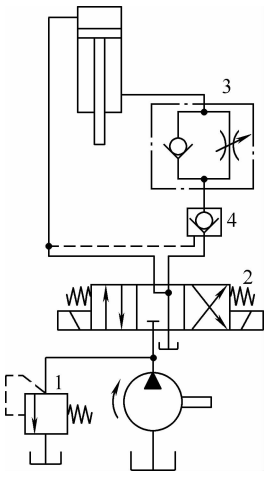


图 3-25　采用单向节流阀的平衡回路

1—溢流阀　2—三位四通电磁换向阀　3—单向节流阀　4—液控单向阀

缓冲回路的应用实例是 FZY—100A 型翻车机液压缓冲止挡器系统，它采用了蓄能器、溢流阀来消除止挡器接车过程中对液压缸的冲击，如图 3-26 所示。其工作原理是，当重车

按进车方向撞击止挡器时，活塞杆向右移动。液压缸右侧油压急剧增高，此时蓄能器吸收一部分压力能，以减少液压系统的冲击，同时溢流阀动作，卸压也减少了液压系统的冲击。

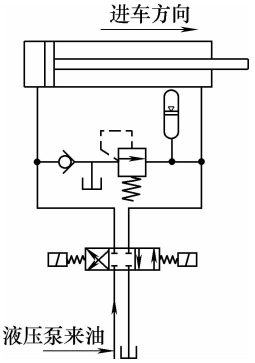


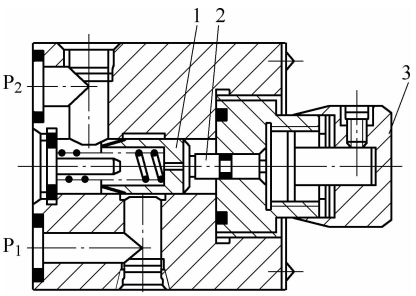
图 3-26　翻车机定位液压止挡器的控制原理

第三节　常见液压传动速度控制回路及应用

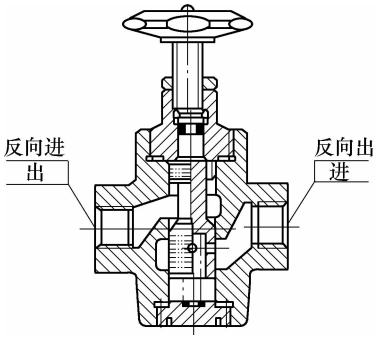
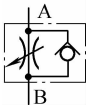
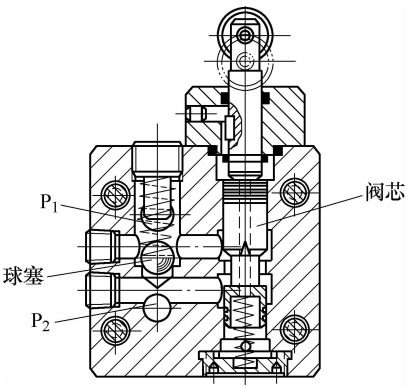
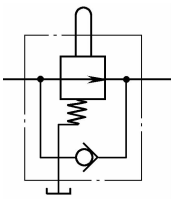
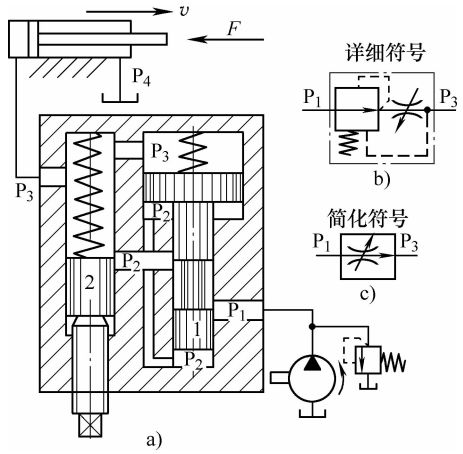
一、常用流量控制阀的结构及工作原理

液压传动中，通常采用流量控制阀（节流阀或调速阀）来调节液压传动速度的快慢，其基本工作原理是：在阀两端压差一定的情况下，通过改变调节阀工作开口的大小来调节通过阀口的流量，进而达到调节运动部件运动速度的目的。常用流量控制阀的结构及工作原理见表 3-4。

表 3-4　常用流量控制阀的结构及工作原理

名称	图　　例	工 作 原 理
节流阀	 普通节流阀 1—阀芯　2—阀杆　3—手柄 单向节流阀　可调节流阀（简单符号）　可调节流阀（详细符号） 节流阀的图形符号	节流通道呈轴向三角槽式。液压油从进油口 P_1 流入并经阀芯 1 左端的三角槽，从出油口 P_2 流出。调节手柄 3，并通过阀杆 2 使阀芯作轴向移动，以改变节流口的通流截面积来调节流量。阀芯在弹簧的作用下始终贴紧在阀杆上，这种节流阀的进出油口可互换 此阀的调节性能受负载的影响较大，负载大时，速度会变慢，反之则变快，因此调节精度不高

（续）

名称	图　例	工作原理
节流阀	 通用单向节流阀结构原理图  通用职能符号	单向节流阀是单向阀和节流阀并联而成的组合控制阀 当液压油从图示“进”口流入，“出”口流出时，该阀起单向节流作用。当液压油从图示“反向进”流入时，液压油推动阀芯向下移动，两口连通，液压油从“反向出”流出，起单向阀作用。液压油节流口采用轴向三角槽式结构。旋转阀上部调节机构，可改变节流口通流截面积的大小，以调节流量 由于单向节流阀只在一个方向起作用，故只能调节一个方向的速度，若要求调节反向速度，则要另接入一个单向节流阀，通过分别调节，可以得到不同的往复速度
	 单向行程节流阀结构原理图  职能符号	单向行程节流阀实质上是由一个用机械力操纵的节流阀和一个单向阀组合而成的。这种阀可使油压执行元件获得三种不同的速度： 1）快进。阀芯未被压下，液压油从油口 P_1 流向 P_2，不经节流口，执行元件快进 2）慢进。当行程挡块压在滚轮上时，使阀芯向下移动一定距离后，阀芯即将两沉割槽间的油路大部分遮断，而由阀芯上的三角槽孔起节流作用，因此执行元件慢进 3）快退。液压油从油口 P_2 进入时，单向阀阀芯被推开，液压油直接从油口 P_1 流出，不经过节流口，因此执行元件快退
调速阀		调速阀的工作原理是：在节流阀的进油口前串联一个定差减压阀，它可根据负载的变化自动调节进入节流口的油压大小，使节流口两端的压差保持恒定，从而保证输出流量的稳定性 当输入流量较小时，减压阀的阀芯处最下端，减压节流口开度最大，不起减压作用，此时调速阀的性能与节流阀相同 当输入流量增加后，减压阀出口 P_2 的油压提高，当提高的油压对阀芯的向上作用力大于阀芯上端 P_3 的油压与弹簧力之和时，减压阀芯上移，稳定在某一新的位置上，减压阀口减小，减压作用形成，减压阀进入工作状态；保证了节流阀节流口两端的压差（$p_2 - p_3$）基本不变，保证了通过调速阀的流量不发生变化，保证了液压缸速度的稳定性。P_1 由溢流阀调定，基本上保持恒定。调速阀出口处 P_3 的压力由液压缸负载决定

二、调速回路

在电厂燃料设备中，液压调速回路有节流调速回路和容积式调速回路，它们都属于无级变速型调速回路。

（一）节流调速回路

节流调速回路的工作原理是：通过改变回路中流量控制元件的通流截面积的大小，来控制流入或流出执行元件的流量，以达到调节执行元件运动速度的目的。

在电厂燃料设备中，常用的是定压式节流调速回路，即系统工作压力不随外界负载而变化。根据节流阀的安装位置，又可分为进油路节流调速和回油路节流调速两种。

1. 进油路节流调速

将流量阀装在执行元件的进油路上，称为进油路节流调速。图 3-27 所示是进油路节流调速原理，节流阀串联在液压泵的出口处，所以活塞前进和后退均属于进油路节流调速；也可将单向节流阀装在换向阀和液压缸进油腔之间，称为单向进油路节流调速。在进油路节流调速回路中，调节节流阀阀口的大小，便能控制进入液压缸的流量，进而起到调速的目的。

进油路节流调速的应用实例是，重车调车机大臂摘钩液压控制系统（图 3-28）。节流阀限制了进入摘钩液压缸的流量，从而控制了摘钩液压缸活塞的动作，使摘钩更加平稳。

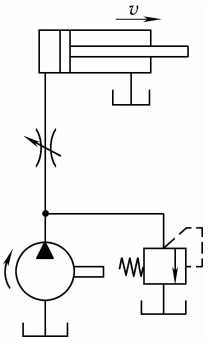


图 3-27　进油路节流调速原理

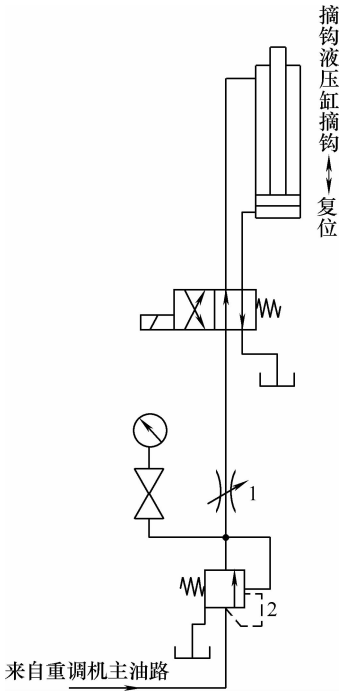


图 3-28　重车调车机进油路节流调速
1—节流阀　2—顺序阀

2. 回油路节流调速

把节流元件装在定量液动机的回油路上，以进行调速的液压系统，称为回油路节流调速，如图 3-29 所示。回油路节流调速也是依靠单向节流阀来实现调速的，在进油过程中，液压油不经节流阀，而经单向阀直接进入液压缸，在回油过程中，液压油经节流阀节流后流入油箱，控制了液压缸的运动速度，回油路节流调速在燃料设备液压控制回路的应用较多，如翻车机液压压车、斗轮机尾车头升降液压控制回路等。

图 3-30 和图 3-31 所示是斗轮机尾车头的升降原理，它既含有进油路节流调速又含有回油路节流调速。另外，此回路还采用了液控单向阀的保压回路。

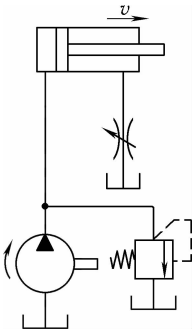


图 3-29　回油节流调速原理图

其具体工作过程如下所述：

（1）（尾车变幅升）回油路节流动作过程　如图 3-30 中的箭头所示，当电动机起动后，液压泵开始向系统供油，此时各电磁阀均处于不通电状态，其液压油经三位四通电磁换向阀 1、2 中位直接回到油箱。当操纵开关处于尾车“变幅升”位置时，三位四通电磁换向阀 1 左侧的电磁铁通电，液压油经三位四通电磁换向阀 1、单向节流阀 4 右侧的单向阀及液控单向阀 3 进入变幅缸的无杆腔，使活塞杆伸出，有杆腔的液压油经右侧单向节流阀 4 中的节流阀、三位四通电磁换向阀 1、2 中位流回油箱。

（2）（尾车变幅降）回油路节流动作过程　如图 3-31 中的箭头所示，当操纵开关处于尾车“变幅降”位置时，三位四通电磁换向阀 1 右侧的电磁铁通电，液压油经三位四通电磁换向阀 1 右侧、单向节流阀 4 左侧的单向阀进入变幅缸有杆腔，同时打开液控单向阀 3，使无杆腔的液压油经液控单向阀 3、左侧的单向节流阀 4 中的节流阀以及三位四通电磁换向阀 1、2 中位流回油箱。

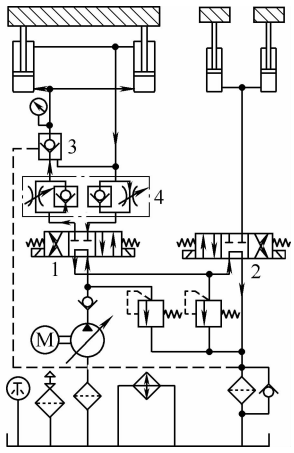


图 3-30 （尾车变幅升）回油节流动作过程
1、2—三位四通电磁换向阀　3—液控单向阀
4—单向节流阀

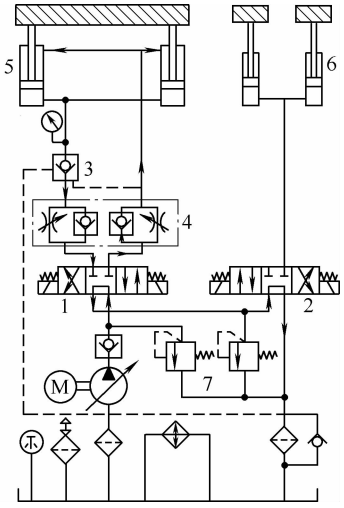


图 3-31 （尾车变幅降）回油节流动作过程
1、2—三位四通电磁换向阀　3—液控单向阀
4—单向节流阀　5—尾车变幅液压缸
6—尾车钩液压缸　7—溢流阀

（3）尾车钩液压缸动作过程　当操纵开关处于“脱钩”位置时，三位四通电磁换向阀 2 右侧电磁铁通电，液压油接通尾车钩液压缸 6，并使液压缸伸出；当操纵开关处于“挂钩”位置时，三位四通电磁换向阀 2 左侧电磁铁通电，液压油经溢流阀流回油箱，而尾车钩液压缸与油箱相通，靠自重使液压缸缩回。

在该系统中，液控单向阀的作用是使尾车液压缸在任意位置停留。单向节流阀的作用是回油路节流调速，从而使变幅缸平稳运行。两个溢流阀的作用是调压和起安全保护作用。

（二）容积调速回路

1. 容积调速回路的工作原理

容积调速回路的工作原理是：通过改变回路中变量泵或变量马达的排量，来调节执行元件的

运动速度。与节流调速回路相比，因为液压泵的输出液压油直接进入执行元件，没有溢流损失和节流损失，所以功率损失小；并且其工作压力随负载的变化而变化，所以效率高，发热少，适应于高速、大功率的系统。

2. 开式和闭式容积调速回路

按回路循环方式的不同，容积调速回路分为开式和闭式两种回路。开式回路中，液压泵直接从油箱吸液压油供给执行元件，执行元件将液压油直接流回油箱，油箱的结构尺寸较大，因此液压油可以得到充分的冷却，但是，空气和脏物容易进入回路。

闭式回路中，液压泵将液压油输出，进入执行元件，又从执行元件的回油路中吸液压油。这种回路结构紧凑，只需很小的补给油箱，且可以避免空气和脏物的进入，但是冷却条件差且泄漏较多（局部损失较大），因此这种闭式油路常需要加上一个补给液压缸。

容积调速回路按照动力元件与执行元件的不同组合，可分为变量泵和定量马达的容积调速回路（图 3-32a），定量泵和变量马达的容积调速回路（图 3-32b），变量泵和变量马达的容积调速回路（图 3-32c）三种基本形式。容积调速回路的实质就是采用变量泵改变流量或改变液压马达每转排量来实现调速的目的。

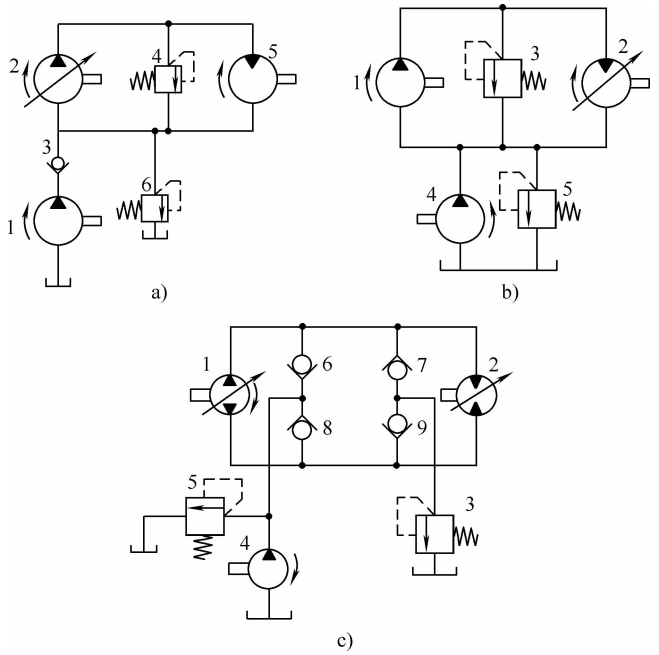


图 3-32　容积调速回路

a）变量泵-定量马达容积调速回路　b）定量泵-变量马达容积调速回路

c）变量泵-变量马达容积调速回路

a）1—定量泵（补油泵）　2—变量泵　3—单向阀　4—顺序阀　5—定量马达　6—溢流阀

b）1—定量泵　2—变量马达　3—顺序阀　4—定量泵（补油泵）　5—溢流阀

c）1—双向变量泵　2—双向变量马达　3—溢流阀　4—定量泵（补油泵）　5—溢流阀

6、8—左侧单向阀　7、9—右侧单向阀

容积调速回路的最典型实例是，斗轮机斗轮回转及臂架回转调速系统，其具体工作过程及调试方法将再单元三第十章第五节中做详细讲解。

三、减速回路

1. 利用行程阀和调速阀的减速回路

图 3-33 所示为利用行程阀和调速阀的减速回路，当二位四通电磁换向阀得电时，在活塞杆右端

的撞块压下行程阀之前，液压缸 1 中的活塞快速向右运动。当行程阀 2 的阀芯被压下后，液压缸右腔的液压油只能经调速阀 3 流出，实现减速。当二位四通电磁换向阀断电时，活塞快速返回。

2. 利用单向行程节流阀的减速回路

图 3-34 所示为利用单向行程节流阀的减速回路，当三位四通电磁换向阀在左位，二位二通电磁换向阀得电时，液压缸为差动连接，液压缸活塞快速向右运动。需要说明的是，液压缸右腔的液压油会有一部分经过调速阀回油箱，影响快进速度。因此，调速阀的节流口需要开得小些。当液压缸活塞向右快进到设定位置时，二位二通电磁换向阀断电，活塞减速，变为工进。

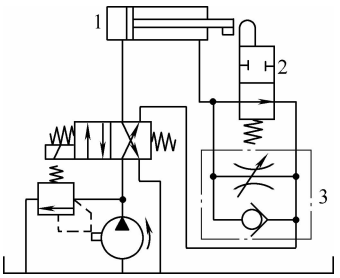


图 3-33　利用行程阀和调速阀的减速回路

1—液压缸　2—行程阀　3—调速阀

3. 利用行程阀减速

图 3-35 所示为利用行程阀的减速回路，当活塞到达行程终点前，撞块将行程阀的触头压下，使阀内通流截面积减小，活塞速度因此减慢。减速性能取决于撞块的设计；也可在阀芯上开一个轴向三角槽以提高减速和缓冲性能。

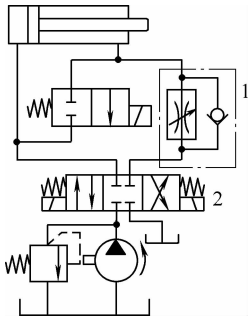


图 3-34　利用单向行程节流阀的减速回路

1—单向行程节流阀　2—三位四通电磁换向阀

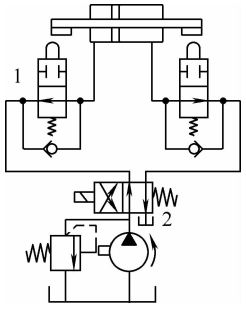


图 3-35　利用行程阀的减速回路

1—行程阀　2—二位四通阀

减速回路在燃料设备的应用实例是重车调车机的液压控制回路（图 3-17）。其具体工作原理如下：

（1）抬臂动作过程　三位四通电磁换向阀 10 左侧得电，来自主油路的液压油经过平衡阀 8 内的单向阀进入大臂液压缸 7 的下腔，活塞向上运动（大臂抬起运动），回油经过右侧行程减速阀 9（落臂到位）的下面单向阀，再流经行程减速阀 9 的左侧通路，经过三位四通电磁换向阀 10 的中位流回油箱。抬臂逐渐到位时，机械凸轮（或滚轮）压迫行程减速阀Ⅰ，大臂上行减速停止，减速阀Ⅰ截止。与此同时，大臂顶端限位开关动作，发出指令使三位四通电磁换向阀 10 断电，阀芯回中位，液压缸被平衡阀 8 的单向阀锁住，（此平衡阀可采用 FD 型号平衡阀），大臂平衡在抬起高度上，其附加的单向阀密封性能强，在管路损坏或控制失灵时，可防止大臂自由下落，造成事故。

（2）落臂动作过程　三位四通电磁换向阀 10 右侧得电，阀芯右移，液压油经过行程减速阀 9 的单向阀和行程减速阀Ⅱ（1 截止，2 导通），进入大臂液压缸 7 的上腔，下腔油液经平衡阀 8 流回油箱。当落臂即将到位时，滚轮碾压行程减速阀Ⅱ，大臂减速下行停止（行程减速阀Ⅱ截止），大臂下行限位开关动作，三位四通电磁换向阀 10 处于中位，大臂液压缸 7 同样被锁住。

大臂下行时，经平衡阀 8 的节流作用，增加了液压缸回油阻力，使活塞减速，达到了缓冲的目的。

关于重车调车机液压控制系统的调试方法在单元三第九章第四节中有详细讲述。

单元一思考与练习

一、填空题

1. 零件图视图分析包括_____等。

2. 在铰链四杆机构中，_____称为曲柄。铰链四杆机构中存在曲柄的几何条件是四杆机构中最短杆与最长杆长度之和_____其余两杆长度之和。

3. 双摇杆机构最短杆为_____，两连架杆为_____。

4. 常用方向控制阀的结构及工作原理基本相同，均是通过_____，从而实现液压执行元件及其驱动机构的起动、停止或变换运动方向。

5. 液控单向阀与普通单向阀的区别：_____。

6. O 型中位机能各油口互不相通，液压缸实现_____，液压泵不卸荷且保压，适用于一泵多缸的液压系统。

7. 溢流阀远程控制油口的作用是：1）_____。2）_____。

8. 从连接关系可知，溢流阀并联在液压主油路上，阀出口直接和_____相通。

9. 在节流调速回路中，调节_____的开度大小，便能控制进入液压缸的流量，进而起到调速目的。

10. 溢流阀的主要功能是，使液压控制系统的压力_____。在直动式溢流阀中，当系统压力继续升高时，其系统压力随阀口溢流量的变化而_____。

二、选择题

1. 从铰链四杆机构的工作原理分析，惯性筛属于四杆机构中的（　　）机构。

（A）双摇杆　　（B）曲柄摇杆　　（C）双曲柄　　（D）凸轮机构

2. 当铰链四杆机构中的最短杆是机架，两连架杆均为曲柄时便形成了（　　）机构。

（A）双摇杆　　（B）曲柄摇杆　　（C）双曲柄　　（D）曲柄滑块机构

3. 通常会采取提高齿面硬度，降低轮齿表面粗糙度来减少轮齿的（　　）。

（A）胶合　　（B）点蚀　　（C）强度　　（D）塑性

4. 通常把齿面硬度（　　）的齿轮称为硬齿面齿轮。

（A）＞250HBW　　（B）＞250HBW 且＜350HBW

（C）＞350HBW　　（D）＞500HBW

5. 传动系统的总传动比等于组成该系统的各级传动比的（　　）。

（A）和　　（B）差　　（C）积　　（D）商

6. 一般运行机构的齿轮磨损后，齿厚不应小于原齿厚的（　　）%，超过标准则应更换齿轮。

（A）50　　（B）70　　（C）80　　（D）100

7. 点蚀面积沿齿宽、齿高超过（　　）则应视为报废。

（A）40　　（B）60　　（C）80　　（D）100

8. 有一传动轴的传递功率为 P，转速为 n，确定外力转矩 M 的关系式是（　　）。

（A）$M=P/n$　　（B）$M=9550P/n$　　（C）$M=n/P$　　（D）$M=9549n/P$

9. 标准齿轮的压力角为（　　）。

（A）10°　　（B）20°　　（C）30°　　（D）40°

10. 齿轮传动中，对于较软的齿面，由于过载，线摩擦系数过大，可使齿面产生（　　）现象。

（A）磨损　　（B）塑性变形　　（C）断点　　（D）胶合

三、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. 含曲柄的铰链四杆机构中，若最短杆是连架杆，则形成双曲柄摇杆机构。（　　）

2. H 型中位机能各油口全连通，活塞在缸中能够浮动，液压泵不卸荷。（　　）

3. 摆线针轮传动的传动比较大，一般一级减速比最高可达 135。（　　）

4. 在摆线针轮减速器中，只有摆线轮能作为输出件使用。（　　）

5. 一对斜齿圆柱齿轮传动机构的正确啮合条件是：两斜齿圆柱齿轮螺旋角大小相等，旋向相反。（　　）

6. 齿轮疲劳点蚀最初出现在齿面的一头。（　　）

7. 齿轮胶合多发生在高速轻载的齿轮传动中。（　　）

8. 行星轮系的传动比计算不能按定轴轮系进行，所以一般地可将它变成定轴齿轮传动机构进行计算。（　　）

9. 销齿传动中，通常以齿轮作为主传动轮。（　　）

四、计算题

1. 已知一外啮合直齿标准圆柱齿轮，模数 $m=3$，小齿轮齿数 $z_1=19$，大齿轮齿数 $z_2=41$，试计算这对齿轮的标准啮合中心距 a 及传动比 i。

2. 有一蜗杆传动，蜗杆头数 $z_1=1$，蜗轮齿数 $z_2=60$，当蜗轮转速 $n_2=23.5\text{r/min}$ 时，求蜗杆的转速 n_1。

3. 已知如图 1 所示轮系轮的齿数，$z_1=57$、$z_2=68$、$z_2'=57$、$z_3=72$，求传动比 i_{13}^{H}。

4. 单级齿轮减速器中，电动机的功率为 8kW，转速为 1450r/min，减速箱中两个齿轮的齿数分别为 $z_1=20$，$z_2=40$，减速器的机械效率 $\eta=0.9$，试求输出轴能传递的转矩 M 和输出功率 P。

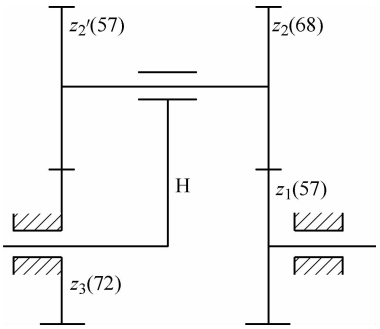


图 1　轮系

五、简答题

1. 简述蓄能器保压卸荷回路的工作原理。

2. 简述利用换向阀中位机能的锁紧回路与液控单向阀组成的锁紧回路各有何特点。

3. 简述平衡回路的作用和工作原理。

单元一思考与练习参考答案

一、填空题

1.（1）表达方法分析　（2）结构分析　（3）尺寸分析

2. 能做整周回转的杆件　小于

3. 连杆　摇杆

4. 操纵机构控制阀芯在阀体内做相对运动，使油路接通、关断或变换液压油的方向。

5. 设有控制油口，并能控制油液的反向流动

6. 自锁

7. 实现卸荷　使用远程调压阀后便可对系统的溢流压力实行远距离调节

8. 回油箱

9. 节流口

10. 保持恒定，恒定

二、选择题

1. B　2. C　3. B　4. C　5. C　6. B　7. B　8. B　9. B　10. D

三、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. ×　2. ×　3. ✓　4. ✓　5. ✓　6. ×　7. ×　8. ✓　9. ✓

四、计算题

1.

$$a = d_1 + d_2 = m(z_1 + z_2) = 3 \times (19 + 41)\,\text{mm} = 180\,\text{mm}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{41}{19} \approx 2.16$$

2.

由 $\dfrac{n_1}{n_2} = \dfrac{z_2}{z_1}$

得 $n_1 = \dfrac{z_2}{z_1} n_2 = 60 \times 23.5\,\text{r/min} = 1410\,\text{r/min}$

3.

$$i_{13}^{\text{H}} = \frac{n_1 - n_{\text{H}}}{n_3 - n_{\text{H}}} = \frac{n_1 - n_{\text{H}}}{0 - n_{\text{H}}} = \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'} = \frac{68 \times 72}{57 \times 57} \approx 1.51$$

4.

$$P = P_0' \eta = 8 \times 0.9\,\text{kW} = 7.2\,\text{kW}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{40}{20} = 2$$

$$n = \frac{n_0}{i} = \frac{1450}{2}\,\text{r/min} = 725\,\text{r/min}$$

$$M = 9550\,\frac{P}{n} = 9550 \times \frac{7.2}{725}\,\text{N} \cdot \text{m} = 94.8\,\text{N} \cdot \text{m}$$

五、简答题

1. 答：当主换向阀在左位工作时，液压缸前进（带负载工作），油路压力升高至调定值，压力继电器发信号使二位三通换向阀得电，液压泵即卸荷，单向阀自动关闭，液压缸则由蓄能器保压。蓄能器压力不足时，压力继电器复位使液压泵重新工作。保压时间的长短取决于蓄能器的容量，调节压力继电器的通断区间即可调节缸中压力的最大值和最小值。

2. 答：利用三位换向阀的中位机能（O 型或 M 型）封闭液压缸两腔进、出油口，使液压缸锁紧。这种回路结构简单，不需要其他装置即可实现液压缸的锁紧。由于换向阀的泄漏，锁紧精度较差，所以经常用于锁紧精度要求不高、停留时间不长的液压系统中。

两个液控单向阀关闭，液压缸双向锁紧，这样不但能使液压缸在任意位置停止，而且防止停止后因其他外界原因（如自重）而产生的窜动。

3. 答：平衡回路的作用是，防止垂直或倾斜放置的液压缸及其工作部件，在上位停止时因自重的作用而下滑，或在下行运动中超速而使运动不平稳。平衡回路的工作原理是，在液压缸下行的回油路上设置适当的阻力，给液压缸下腔提供一定的压力，用以平衡自重。

单元二　通用机械检修工艺

第四章　常用机械驱动装置的检修工艺与技能

第一节　常用检修工具和量具的使用

一、扳手的使用

扳手种类较多，根据用途可分为普通扳手、钩头锁紧扳手、力矩扳手等。

1. 活扳手及用法

图 4-1 所示为活扳手的构造，其具体使用注意事项如下所述。

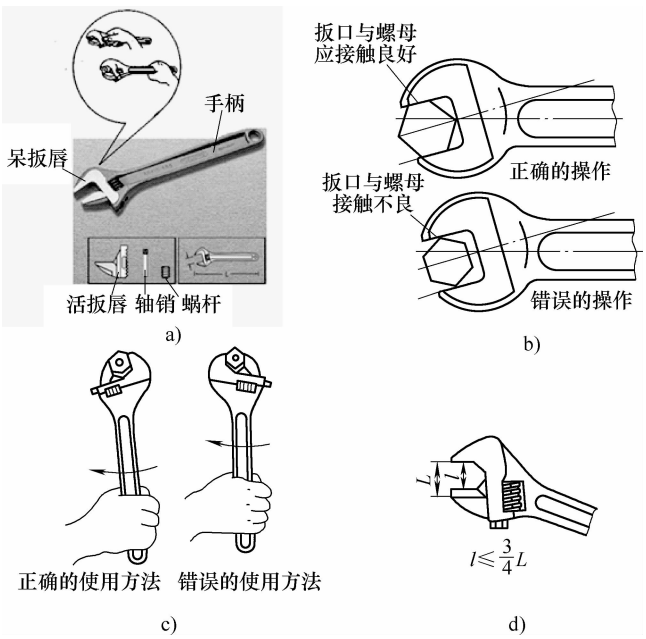


图 4-1　活扳手及用法

1）扳口的两内侧面应与螺母两对称侧面接触良好，否则不但不能将螺母松开或拧紧，而且易造成扳手损坏。若遇如图 4-1b 所示情况，应先修整螺母对边达到平面度要求，再用扳手进行拧松或拧紧操作。

2）使用扳手时，不允许用锤子锤击扳手手柄，以冲击力松紧螺母；不允许加套管（专用呆扳手除外），以增加扳转力矩。

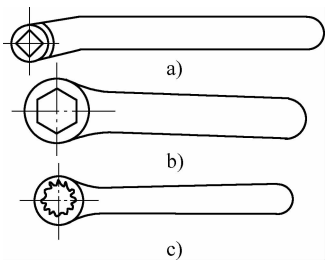
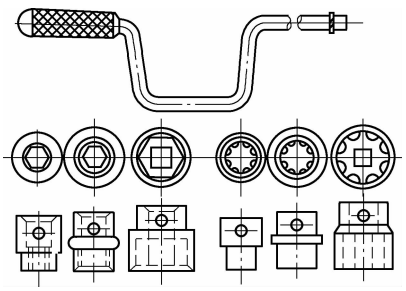
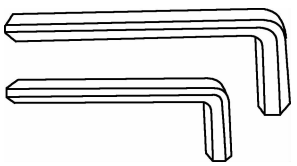
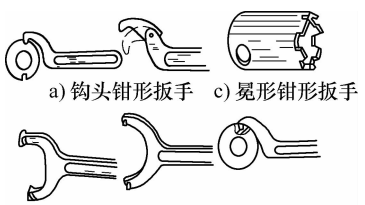
3）使用活扳手时，扳口应将螺母两对称侧面夹紧，且扳转力的方向应朝向呆扳唇，如图 4-1c 所示。

4）活扳手的使用开度不得超过扳手最大开度的 3/4，如图 4-1d 所示。

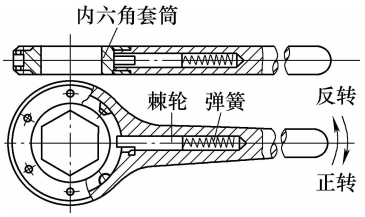
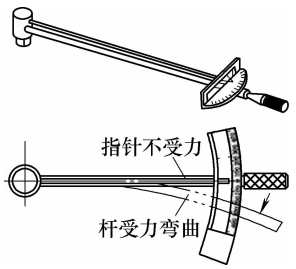
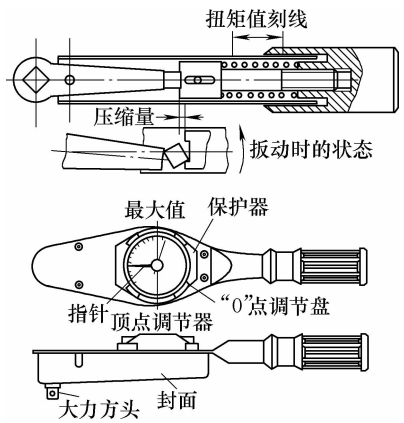
5）扳动扳手手柄的力应由小到大，均匀施力；如需用较大的力量扳动扳手时，应将未工作手臂抓牢一固定物，使身体保持平衡，不可没有依靠地用猛力扳动扳手，以防造成事故。

2. 其他常用扳手及使用（表 4-1）

表 4-1　其他常用扳手及用法

扳手名称	图　例	使　用
呆扳手 （开口扳手）		开口尺寸是与螺母或外六方螺栓对边间距的尺寸相适应的，并根据标准尺寸做成一套。常用六角螺母与呆扳手规格对照表如表 4-2 所示
整体扳手		1）根据螺母形状制成，与螺母规格成套使用 2）扳手本身具有强度大，转动螺母时施力均匀等特点 3）螺母在转动过程中不易打滑、受损，尤其是梅花扳手更具此特点 4）梅花扳手只要转过 30°，就可改变扳动方向，通常用于工作空间狭小的场合或拆装位于稍凹处的六角螺母或螺栓
成套套筒扳手		套筒扳手适用于拧转地位十分狭小或凹陷很深处的螺栓或螺母。其使用方法： 1）根据被扭转件选扳手规格，将扳手头套在被扭转件上 2）根据被扭转件所在位置大小选择合适的手柄 3）扭转前，必须把手柄接头安装稳定后才能用力，防止打滑、脱落伤人 4）扭转手柄时，用力要平稳，用力方向与被扭转件的中心轴线垂直
内六角扳手		内六角扳手是成“L”形的六角棒状扳手，也是成套一组，适用于螺钉头部为内六角的场合，一般规格为 M4 ~ M30 一套
钩头锁紧扳手		钩头锁紧扳手又称为月牙形扳手，用于松开或紧固厚度受限制的扁螺母以及定位圆螺母等

（续）

扳手名称		图　例	使　用
力矩扳手	棘轮扳手		拧紧螺母时，正转手柄，棘爪就在弹簧的作用下进入内六角套筒的缺口（棘轮）内，套筒便跟着转动；当反向转动手柄时，棘爪就从套筒缺口的斜面上滑过去，因而螺母（或螺钉）不会随着反转。将扳手翻转180°使用，即可松开螺母。棘轮扳手主要适用在拆装螺纹连接时，身体及两手不便同时用力的场合，如高空安装作业等，故在现场安装及检修工作中应用日益广泛
	指示式扭力扳手		指示式扭力扳手有一根长的弹性杆，其一端装着手柄，另一端装有方头或六角头，在方头或六角头套装一个可换的套筒并用钢珠卡住。在顶端上还装有一个长指针。刻度盘固定在柄座上，每格刻度值为1N（或 $kg \cdot m/s^2$）。当要求一定数值的旋紧力，或几个螺母（或螺钉）需要相同的旋紧力时，则用这种扳手 指示式扭力扳手只能指示拧紧时的扭矩值，而不能控制用力的大小，即不能控制扭矩的大小
	扭矩扳手		用扭矩扳手来拧紧连接螺母时，可有效地控制扭矩值。扭矩扳手在使用前应先将扭矩值调整好，当扭矩达到设定的扭矩值时，工具便会发出声响或灯光信号。扭矩扳手通常适用于对扭矩大小有明确规定的装配工作中。表4-3是常用钢制螺栓的紧固力矩值

操作者应熟悉常用六角螺母的对边距尺寸，只有这样才能快速判断所用扳手的规格。表4-2列举了常用六角螺母与呆板手规格对照表，表4-3是常用钢制螺栓的紧固力矩值。

表4-2　常用六角螺母与呆扳手规格对照表

螺母规格	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36	M42
呆扳手规格/mm	10	12	14	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	55	65

表4-3　常用钢制螺栓的紧固力矩值

螺栓规格	力矩值/N·m	螺栓规格	力矩值/N·m
M8	8.8～10.8	M16	78.5～98.1
M10	17.7～22.6	M20	98.0～127.4
M12	31.4～39.2	M24	156.9～196.2
M14	51.0～60.8	M30	458.8～589.6

二、孔加工机具的使用

1. 钻床的使用

图 4-2 所示为台式钻床，其钻孔直径一般在 13mm 以下，最小可加工孔的直径为 0.1mm。

台式钻床的使用方法：

1）先停车，后变速。松开紧定螺钉，电动机可向操作者方向移动，使胶带松开，进而改变胶带在塔轮上的位置，实现变速的目的。变速后，必须将电动机向远离操作者方向推到位，即将胶带张紧，然后将紧定螺钉拧紧。

2）松开手柄，摇动摇把，钻床头架就能沿立柱上下移动，以调整钻头的高度。调整完毕后必须将手柄锁紧。

3）钻孔时必须使主轴作顺时针转动（即正转）。

4）钻通孔时，必须在工件下面垫上垫块，以免钻坏工作台面。

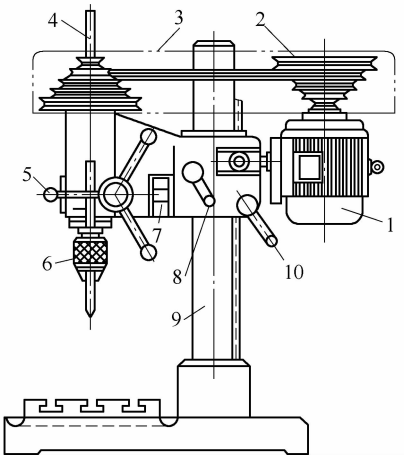


图 4-2　台式钻床

1—电动机　2—塔式三角带轮　3—安全罩　4—钻杆
5—进给手柄　6—钻夹头　7—开关　8—锁紧手柄
9—立柱　10—升降手柄

2. 手电钻及其使用方法

图 4-3 所示为手电钻，分为手枪式和手提式两种。根据钻孔最大直径，常用的规格有 6mm、10mm 和 13mm 三种。通常 6mm 和 10mm 两种规格的为手枪式，直径 13mm 以上的为手提式。从转速上看，小规格手电钻转速较高，如直径 6mm 的手电钻转速在 1200r/min 左右，而直径 13mm 的手电钻转速在 550r/min 左右，也有部分手电钻有调速功能。手电钻通常采用电压为 220V 的交流电动机（目前也有使用 12V 可充电电池的），配有钻夹头，用于夹持、紧固钻头。

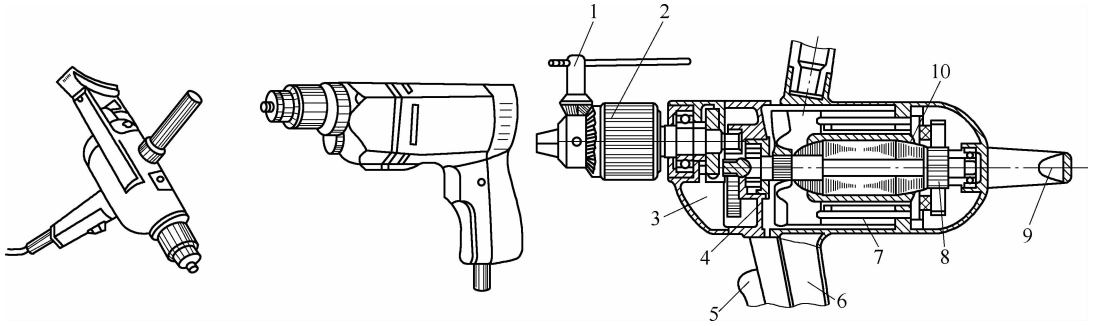


图 4-3　手电钻

1—钥匙　2—钻夹头　3—减速机构　4—风扇　5—开关　6—手柄　7—定子
8—整流装置　9—顶把　10—转子

使用手电钻时，先用钥匙拧松钻夹头，将选定的钻头柄部塞入钻夹头的三爪内，用钥匙旋紧钻夹头。工件应按要求划线打样冲眼并固定牢靠；要先进行试钻，使试钻出的浅坑在中心位置。操作要平稳，钻削进给压力不宜过大，并要经常退钻排屑。

手电钻的安全使用注意事项如下：

1）使用前应检查手电钻的技术状态是否完好，电缆线有无破损、开裂，有问题应及时修复或更换。

2）使用的电源要符合电钻标牌规定。

3）手电钻外壳要采取接零或接地保护措施。插上电源插销后，先要用试电笔测试，外壳不带电方可使用。

4）钻头必须锋利，钻孔时用力要适度，不宜过猛。

5）在钻削过程中，当手电钻的转速突然降低或停止转动时，应快速放松开关，切断电源，慢慢拔出钻头。当孔将要钻通时，应适当减轻手臂压力。

6）使用手电钻时要注意观察电刷火花的大小，若火花过大，应停止使用并进行检查与维修。

7）在有易燃、易爆气体的场合，不能使用手电钻。

8）不要在运行的仪表和计算机旁使用手电钻，更不能与操作的仪表和计算机共用一个电源。

9）在潮湿的地方使用手电钻，必须戴绝缘手套，穿绝缘鞋。

10）注意手电钻的维护与保养，保持换向器清洁，做到定期更换电刷和润滑油。

3. 冲击钻的使用

图 4-4 所示为冲击钻，其冲击作用是靠机械式冲击，无缓冲机构，故冲击装置易磨损。因此，若在只需做旋转运动作业时（如在金属板料或安装支架上钻削金属孔时），可把调节开关调到标记为“旋转”的位置，装上普通麻花钻头，即可作为普通电钻使用。但冲击钻主要应用在冲击场合，即把调节开关调到标记为“冲击”的位置，并换上前端镶有硬质合金的冲击钻头，就可用于冲打砌块和砖墙等建筑材料的电器安装孔，冲击电钻的加工孔径范围一般为 6 ~ 16mm。冲击钻的使用和保养方法与上述手电钻相同。

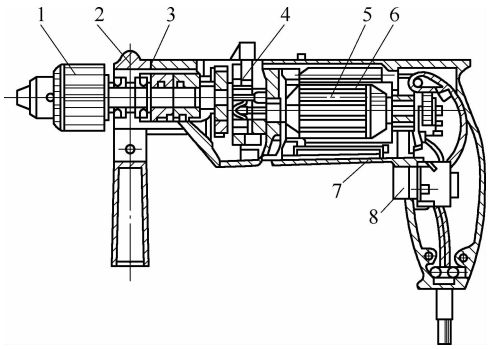


图 4-4　冲击钻

1—钻夹头　2—辅助手柄　3—冲击块　4—减速机构　5—电枢　6—定子　7—换向器　8—开关

三、磨削机的使用

1. 砂轮机

图 4-5 所示为砂轮机，主要是用于修磨刀具和工具，一般可分为普通式砂轮机和吸尘式砂轮机两种。

砂轮机的操作注意事项：

1）检查砂轮机托架与砂轮片的间隙，最大不得超过 3mm；托架的高度应调整到使工件的打磨处与砂轮片中心处在同一平面上。

2）检查砂轮机各零部件是否完好，电源线是否破皮，螺栓、螺母是否紧固可靠，特别是砂轮是否有裂纹等缺陷。

3）操作者应戴好防护眼镜。

4）起动砂轮机并判断其运行情况，如有无异常声响；砂轮旋转起来后，观察砂轮转向是否正确；砂轮机各机件有无振动及砂轮有无振摆等，如有异常应立即停机处理。

5）砂轮正面不准站人，操作者要站在砂轮的侧面。

6）保持砂轮侧面与防护罩内壁间 20 ~ 30mm 以上的间隙。

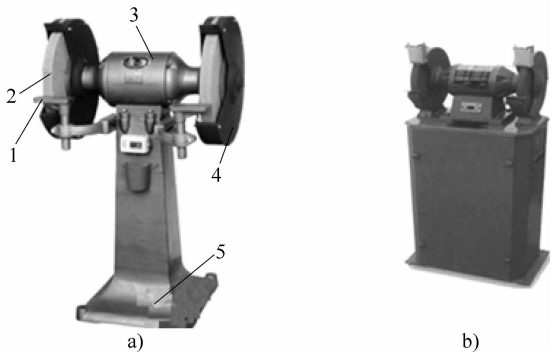


图 4-5　砂轮机

a）普通式砂轮机　b）吸尘式砂轮机

1—托架　2—砂轮片　3—电动机　4—防护罩　5—机座

7）磨削操作时，用力不得过大，工具应拿稳，防止在砂轮片上跳动。

8）砂轮机运转过程中，若发生异常，则应立即停机或切断电源。

9）砂轮片的有效半径磨损到原半径的1/3时必须更换。

2. 砂轮切割机

图4-6所示为砂轮切割机，其结构原理及操作方法都较为简单，但在使用过程中有些安全事项要引起注意。

图4-6　砂轮切割机

1）操作盒或开关必须完好无损，并有接地保护措施。

2）传动装置和砂轮的防护罩必须安全可靠，并能挡住砂轮破碎后飞出的碎片。端部的挡板应牢固地装在罩壳上，工作时严禁卸下。

3）切割机底座上四个支承轮应齐全完好，安装牢固，转动灵活。

4）使用时，将切割机放置于远离易燃源和爆炸源的空旷之处，周围应无人员往来，底座平稳地和地面接触，无悬空和晃动现象，且在切割时不得有明显的振动。

5）被切割工件应完全放置于夹紧装置的槽中（与底座接触），且下垂的一端要用楔块垫起，确保被割物水平放置。

6）夹紧装置应操纵灵活、夹紧可靠，手轮、丝杠、螺母等应完好，螺杆螺纹不得有滑丝、乱扣现象。手轮操纵力一般不大于6kg。

7）砂轮头架必须上下抬落自如，无卡阻现象。

8）砂轮切割机不能反转，否则切割火花易灼伤操作者。

9）操作者操纵手柄做切割运动时，用力应均匀、平稳，切勿用力过猛，以免过载使砂轮切割片崩裂。

10）严禁用切割机切割黏度较大的金属，如铜、铝等材料。

11）使用完毕，切断电源，整理放置好切割机。

12）更换砂轮片应注意以下两点：

①在更换砂轮切割片时，必须切断电源。新安装的砂轮切割片，要符合设备要求，不得安装有质量问题的割片，安装时要按安装程序进行。

②更换砂轮切割片后要试运行，检查是否有明显的振动，确认运转正常后方能使用。

3. 角向磨光机的使用及维护

（1）角向磨光机的结构组成　如图4-7所示，电动角向磨光机就是利用高速旋转的薄片砂轮

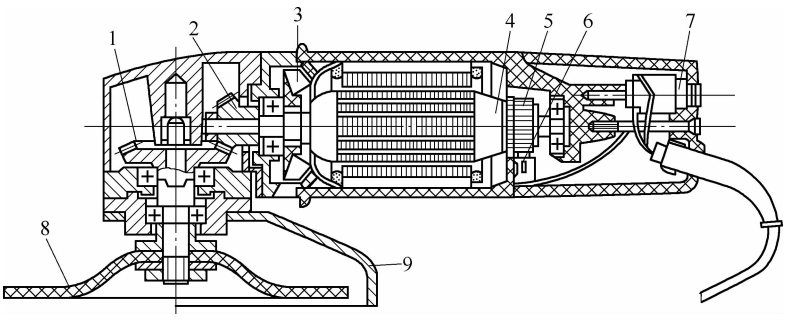


图4-7　角向磨光机的结构

1—大锥齿轮　2—小锥齿轮　3—风扇　4—转子　5—整流子　6—电刷
7—开关　8—砂轮片　9—安全罩

以及橡胶砂轮、钢丝轮等对金属构件进行磨削、切削、除锈、磨光加工，也可用于切割小尺寸的钢材。

（2）角向磨光机的使用及维护　如图 4-8 所示，在使用角向磨光机时，砂轮片应倾斜 15° ~ 30°（图 4-8a），并按图 4-8b 所示方向移动，以使磨削的平面无明显的磨痕，且电动机也不易超载，当用于切割小工件时，应按图 4-8c 所示方法进行操作。

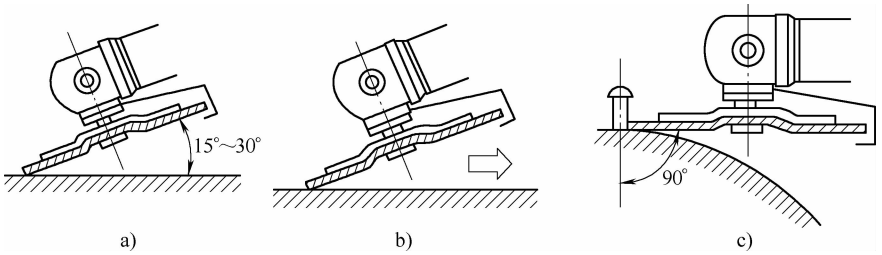


图 4-8　角向磨光机的使用

a）磨光机工作角度　b）磨光机工作移动方向　c）切割小工件方法

4. 电磨头的使用及维护

电磨头（图 4-9）使用时必须注意以下三点：

1）使用前应开机空转 2 ~ 3min，检查旋转声音是否正常。若有异常，则应排除故障后再使用。

2）新装砂轮应修整后使用，否则产生的惯性力会造成严重振动，影响加工精度。

3）砂轮外径不得超过磨头铭牌上规定的尺寸。

4）工作时砂轮和工件间的接触力不宜过大，更不能用砂轮冲击工件，以防砂轮爆裂，造成事故。

5. 电剪刀的使用及维护

图 4-10 所示为电剪刀，使用时，必须做到：

1）开机前应检查整机各部分螺钉是否紧固，然后开机空转，待运转正常后方可使用。

2）剪切时，两切削刃的间距须根据材料厚度进行调试。当剪切厚材料时，两刃口的间距为 0. 2 ~ 0. 3mm；剪切薄材料时，间距可按下式计算，即

$$S = 0.2 \times \text{板材厚度（mm）}$$

3）作小半径剪切时，须将两刃口间距调至 0. 3 ~ 0. 4mm。

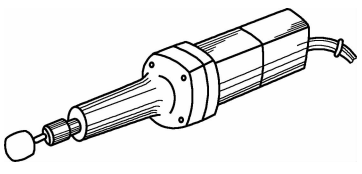


图 4-9　电磨头

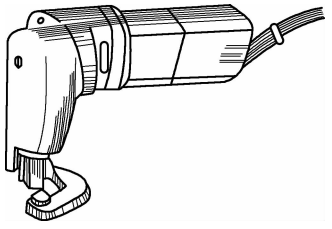


图 4-10　电剪刀

四、常用量具的使用

（一）常用游标量具的使用

1. 使用游标卡尺的注意事项

1）游标卡尺在使用前要检查零线是否对齐，如图 4-11 所示。

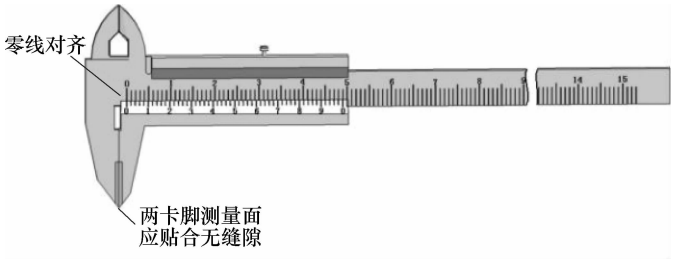


图 4-11　游标卡尺使用前应校准

2）用游标卡尺测量后，进行读数时，应水平拿着，并朝着亮光的方向，使人的视线尽可能和卡尺的刻线表面垂直，以免由于视线的歪斜造成读数误差。

3）游标卡尺使用时不得歪斜，如图 4-12 所示。

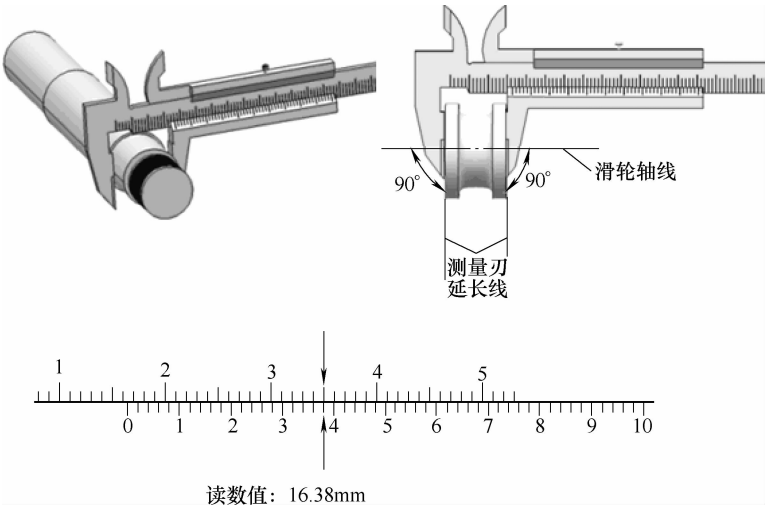


图 4-12　游标卡尺的外形测量

4）图 4-13 所示为用游标卡尺测量内孔时的注意事项。

2. 使用游标深度尺的注意事项

游标深度尺（图 4-14）的一般使用方法及注意事项如下：

1）将活动底座紧贴工件表面。

2）将尺框推下至被测底面。

3）旋紧紧固螺钉。

4）读出测量数值。

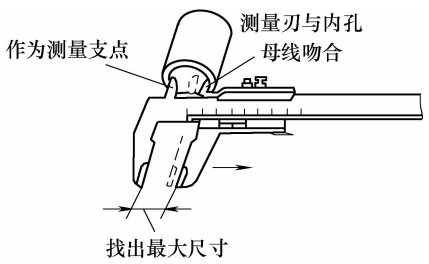


图 4-13　测量内孔的注意事项

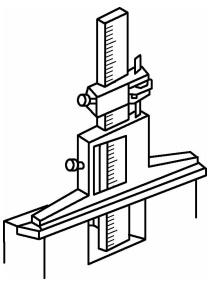


图 4-14　游标深度尺的使用方法

（二）常用微分量具的使用

1. 外径千分尺的使用方法及注意事项

1）使用前，应把外径千分尺的两个测砧面及被测量表面擦拭干净，转动测力装置，使两测砧面接触（若测量上限大于25mm时，在两测砧面之间放入校对量杆或相应尺寸的量块），接触面上应没有间隙和漏光现象，同时微分筒和固定套管要对准零位。

2）用外径千分尺测量零件时，应当手握测力装置的棘轮来转动测微螺杆，使测砧面保持标准的测量压力，即听到“嘎嘎”的声音，表示压力合适，并可开始读数。绝对不允许用力旋转微分筒来增加测量压力，使测微螺杆过分压紧零件表面，致使精密螺纹因受力过大而发生变形，损坏外径千分尺的精度。

3）使用外径千分尺测量零件时（图4-15），要使测微螺杆与零件被测量的尺寸方向一致。如测量外径时，测微螺杆要与零件的轴线垂直，不要歪斜。测量时，可在旋转测力装置的同时，轻轻地晃动尺架，使测砧面与零件表面接触良好。

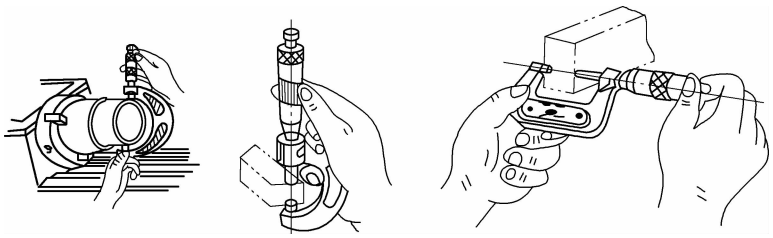


图4-15　外径千分尺的使用方法

4）用外径千分尺测量零件时，最好在零件上进行读数，放松后取出千分尺，这样可减少测砧面的磨损。如果必须取下读数时，应用锁紧装置锁紧测微螺杆后，再轻轻滑出零件。

5）在读取外径千分尺上的测量数值时，要特别留心不要读错。

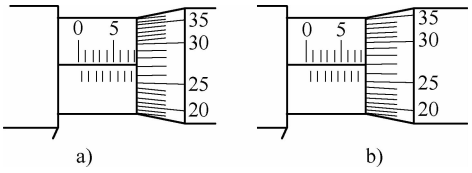


图4-16　千分尺读数时的注意事项

a）<0.5mm的读数方法　b）>0.5mm的读数方法

例如，图4-16a中，在固定套管上读出的尺寸为8mm，微分筒上读出的尺寸为27（格）×0.01mm=0.27mm，将以上两数相加即得被测零件的尺寸，即8.27mm；又如图4-16b中，在固定套管上读出的尺寸为8.5mm，在微分筒上读出的尺寸为27（格）×0.01mm=0.27mm，将以上两数相加即得被测零件的尺寸，即8.77mm。

2. 内径千分尺的使用方法及注意事项

内径千分尺是测量工件内径或槽宽尺寸的微分量具，图4-17所示为常用的两点内径千分尺，图4-17a所示的千分尺用于测量50~63mm的内尺寸。为了扩大其测量范围，内径千分尺附有成套接长杆（图4-17b）连接时去掉保护螺母，把接长杆右端与内径千分尺左端旋合，可以连接多个接长杆，直到满足需要为止。

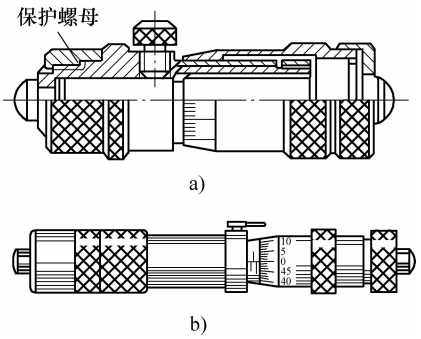


图4-17　内径千分尺

a）测量50~63mm的内尺寸　b）使用接长杆测量

使用内径千分尺的注意事项：

1）内径千分尺的读数方法与外径千分尺相同，但套筒上的刻线尺寸与外径千分尺相反，它的测量

方向和读数方向也都与外径千分尺相反。

2）测量内径时可先用其他量具粗测内径，确定是否使用接长杆并将内径千分尺调整到测量尺寸。

3）将内径千分尺轻轻放入被测孔内，利用手感，试测其接触松紧程度是否合适，切忌不能用力将内径千分尺的两端压向孔的内壁。

4）测量时使一端头贴紧孔壁不动，作为测量支点：

①另一端作左、右微量摆动，力求细心地将内径千分尺放在被测孔的直径方向上，以点接触，即测量出孔径的最大尺寸。

②另一端作前、后微量摆动，力求找出轴线方向的最小尺寸。

5）测量时可随时将内径千分尺拿出调整，重复上述测量过程，求其测量平均值。

（三）齿轮几何参数的测量

1. 用游标卡尺测量齿轮齿顶圆直径的方法

当齿数为偶数时，因测量点对称可直接测量出齿顶圆直径。但当齿轮齿数为奇数时（图 4-18），齿顶圆直径 $d_a = KD$，其中，D 为用游标卡尺测量奇数齿后所得测量值，乘以一个系数 K 后，可近似为齿顶圆直径理论值。系数 K 值可查阅齿轮有关技术资料。

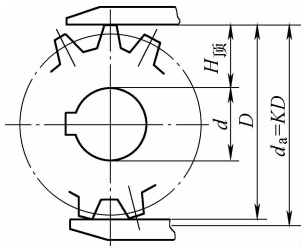


图 4-18　齿顶圆直径测量图

2. 用游标深度尺测量齿轮全齿高的方法

用游标深度尺测量齿轮全齿高的方法如图 4-19 所示。

3. 用游标齿厚卡尺测量固定弦齿厚

测量方法是先将齿高尺的游标调整到相应的尺寸（固定弦齿高尺寸）并用紧固螺钉紧定，再将齿厚尺卡在轮齿上，并以齿顶圆定位，放正卡尺后，调整主标尺，使两测量爪与齿轮两面相接触后读数，主标尺的数值与理论齿厚之差，即为齿厚差，如图 4-20 所示。通过此值可判断齿厚的磨损情况。固定弦齿高与固定弦齿厚的理论数据可参阅有关手册。

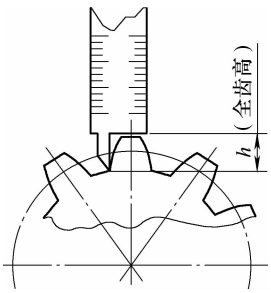


图 4-19　用游标深度尺测量齿轮全齿高

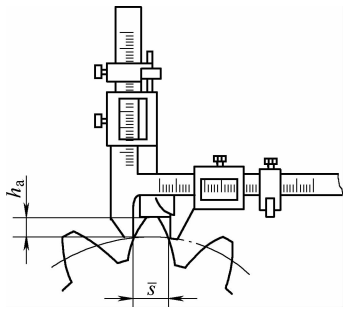


图 4-20　弦齿厚的测量

4. 用公法线千分尺测量齿轮公法线长度

公法线千分尺的两个测量爪跨过若干个齿（图 4-21 中 $k = 3$），与渐开线齿廓两侧切于 A、B 两点，根据渐开线的性质，A 点的法线和 B 点的法线都与基圆相切，而且是同一根线，则 AB 长度称为公法线长度，用 W 表示。公法线长度的标准理论数值可查阅相关机械设计手册。实际测量时，将公法线千分尺的两平行测量爪卡入相应的齿槽中，测得的公法线实际长度与理论长度之差，即为公法线的极限偏差，以此可推断齿轮的磨损量。

（四）百分表的使用

1）百分表（图 4-22）一般装在专用的表架上，它在表架上的上下、前后位置均可调节。表

架可放置在某一平整的位置上或依靠磁性座吸贴在某一相对位置上，夹持百分表对零部件的几何开关精度或位置误差进行测量。

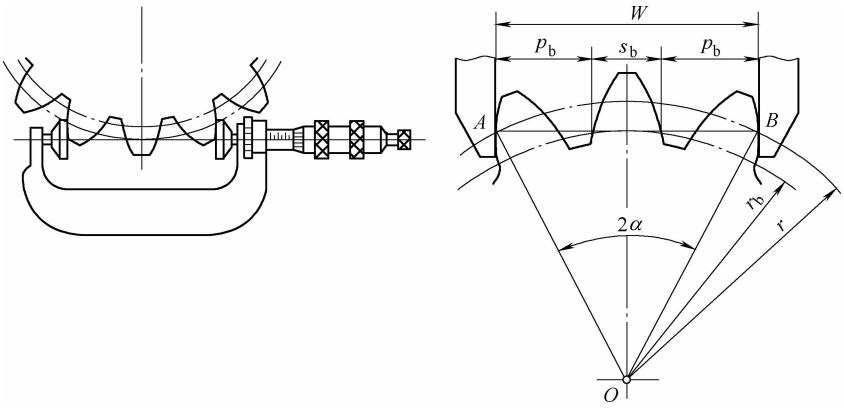


图 4-21　公法线长度的测量

2）在使用百分表进行测量之前，测杆、测头、表盘等要擦拭干净。

3）使用前，应检查测杆活动的灵活性。即轻轻推动测杆时，测杆在套筒内的移动要灵活，没有轧卡现象，每次松开后，指针能回到原来的刻度位置（和游标卡尺校核零位相似）。

4）测量时，表座必须吸牢，所有杠杆必须上紧、无晃动；指示表尽量竖直测量，测头必须垂直被测表面，如图 4-23 所示。

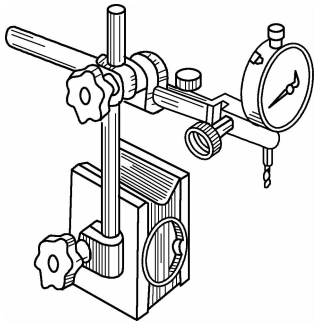


图 4-22　百分表的结构

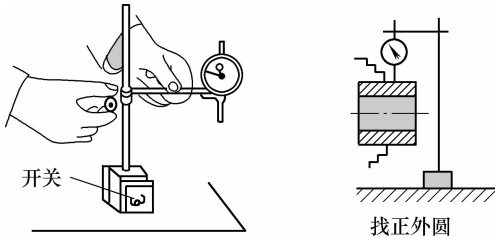


图 4-23　百分表的装夹

5）当用百分表测量轴有关精度时（如圆度、圆柱度、轴弯曲度等误差），百分表的位置应按图 4-24 所示放置，即测杆要垂直轴线，其中心通过轴心。

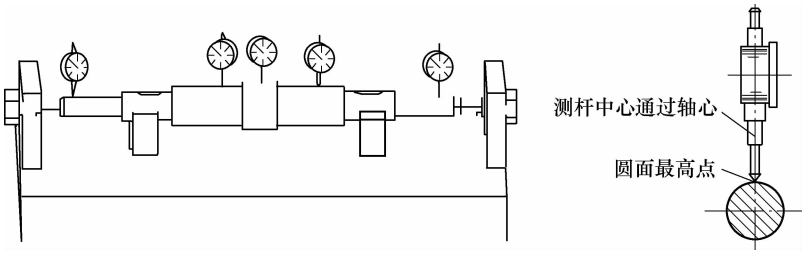


图 4-24　用百分表检测轴几何精度时的放置要求

6）为了在测量时能够读出负值，应预留 0.3 ~ 1mm 的压缩量（有时也将小表针调到量程中间位置），为方便读数，在测量前一般都转动活动表圈，让大指针指到刻度盘的零位。

7）不要使测头突然撞到工件上，也不要用百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的工件。

8）测量时，不要使测杆的行程超过它的测量范围，即在测量过程中测杆升降范围不能过大。

（五）水平仪的使用

1. 用水平仪测量安装基面水平度的方法

（1）普通水平仪误差的检验　水平仪由于长期使用产生误差，使气泡的基准线不准确（即水平仪放在标准水平面上时，两端气泡基准线不处在对称的格线位置），因此在使用前应对其进行分度值校验。

方法一：将一分度值为0.02mm/m的水平仪放在1m的长平尺上。在右端垫起0.02mm，平尺便倾斜一个角度，此时，水准器气泡移动距离正好为一个刻度，这表明此水平仪是精确的。

方法二：在精密平台上放置水平仪，并将其固定，观察其格数，然后原地旋转180°，再观察其格数。如两次格数一样且偏移方向相同，则说明水平仪没有误差；反之有误差，在测量时应加以注意和消除。

图4-25所示为用水平仪测量安装面的水平度，根据上述水平仪误差检测原理，若将水平仪放置于平尺上测量安装基面的水平度，则需将平尺与水平仪分别在原位掉头测量，共读数四次，四次读数的平均值即为安装基面水平度。对于使用精度符合要求的水平仪，水平仪可不用掉头，但平尺还需掉头一次。

（2）安装基面水平度的计算　安装基面水平度的计算公式为

被测基面水平度 H（mm）= 气泡整体偏离的实际格数 × 水平仪分度值 × 被测基面长度（m）

如图4-25所示，如用分度值为0.02mm/m的水平仪测量安装基面的水平度，安装基面长度为3500mm，气泡整体向右偏离的格数为6格，则安装基面的水平度值为

$$H = [(0.02/1000) \times 6 \times 3500]\text{mm} = 0.42\text{mm}$$

计算结果说明，安装基面的纵向右端比纵向左端高出0.42mm。

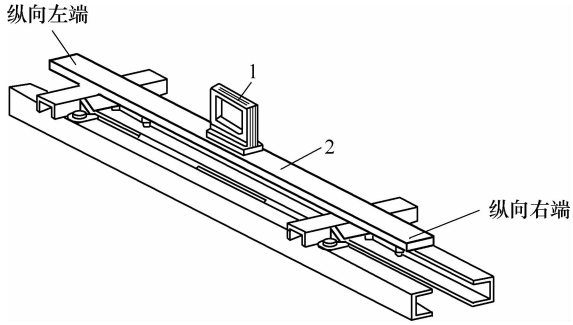


图4-25　用水平仪测量安装面的水平度
1—水平仪　2—水平尺

2. 使用水平仪的注意事项

1）动作要稳、避免振动，尽可能用过渡垫铁，防止磨损。

2）保证水平仪测量面与垫铁、被测面充分接触，被测面如有锈蚀、脏物，应立即清除。必要时可用细砂布，将被测面抛光，使用后应将水平仪底面抹油脂进行防锈保养。

3）合理制订测量段。

4）把水平仪轻轻地放在被测面上。若要移动水平仪时，则只能拿起再放下，不许拖动，也不要在原位转动水平仪，以免磨伤水平仪底面。

5）观看水平仪的格数时，视线要垂直于水平仪上平面。第一次读数后，将水平仪在原位（用铅笔画上端线）掉转180°再读一次，其水平情况取两次读数的平均值，这样即可消除水平仪自身的误差。

第二节　轴与轴承的检修

一、轴的检修

（一）轴的磨损检查

轴在长期使用后会有磨损，其主要磨损形式有表面接触磨损及轴弯曲。对轴进行相应的清洁

工作之后，可做如下的检查：

1）检查轴外圆表面有无裂纹和锈蚀等缺陷。

2）检查与其他零件配合的轴面是否有飞边、损伤、磨损。

3）检查轴上的键槽、螺纹是否有损伤。

4）轴弯曲变形情况的检查与分析。

5）加工的新轴还应校核轴的各部位尺寸及精度是否符合要求。

（二）轴的检修工艺

制订轴检修工艺时，要同时分析轴的材质、尺寸及磨损情况。可采取如下工艺对轴进行相应修复。

1. 轴颈磨损时的修复

1）镶套：当轴颈磨损严重而强度又允许时，可采用此方法。

2）焊补：当轴颈局部磨损或圆周磨损不严重，且轴受力不大时，可采用此方法，但焊补后必须进行退火处理，以便于机加工。

3）喷镀或刷镀：当轴颈磨损轻微（0.2mm 以内）时，可采用此方法，然后按图样进行加工。

注意：为了减少应力集中，在加工圆角时，一般应取图样规定的上限，只要不妨碍装配，圆角应尽量大些。

2. 轴的损坏形式及处理方法

1）对于受力较大或重要的轴，当其弯曲变形超过允许值时，必须及时更换。

2）发现轴上有裂纹时，应及时更换；对于受力不大的轴可进行焊补修复。

3）发现键槽缺陷时，应及时修理，必须及时更换新轴。

3. 轴弯曲后的校直方法

1）捻打直轴法。

2）局部加热直轴法。

3）热力机械直轴法。

4）内应力松弛直轴法。

4. 轴的检修质量标准（以燃料设备减速器轴为例）

1）轴的挠度不应超过 0.03mm/m。

2）轴表面应无裂纹、飞边、刮伤和锈蚀等缺陷。

3）轴上各部（包括轴面、键槽、螺纹等）应完好。

4）轴（特别是轴颈处）的圆柱度公差不应超过 0.05mm。

5）安装轴承时，重要部位的尺寸及配合公差必须加以校核并符合标准要求。

6）轴颈的同轴度、径向圆跳动公差以被检修设备规定的技术要求为准。

7）轴的表面粗糙度应符合相应的技术要求。

8）大修后的传动轴，其直线度公差应当小于 0.2mm。

二、滚动轴承的检修与安装

滚动轴承的检修主要包括轴承检查、轴承拆装、轴承游隙检查及调整等。

（一）滚动轴承的检查

1）轴承洗净擦干后检查其表面的粗糙程度，观察有无裂痕、锈蚀、脱皮等缺陷。

2）检查滚动体的形状和彼此尺寸是否相同，以及保持架的松动情况。

3）检查轴承旋转的灵活程度，用手拨动轴承旋转，然后任其减速自行停止。一个良好的滚动轴承在快速旋转时应转动平稳，无振动，略有轻微声响，停转后无倒转现象。

（二）滚动轴承的拆卸

拆卸轴承时，其拆卸力量及着力点都应直接加在待配合的内、外圈的端面上，而不能通过滚动体传递压力，这是拆卸轴承的基本原则。

1. 常规拆卸法（锤子拆卸、压力机拆卸、拉马拆卸）

1）当轴承外圈与轴承座孔为紧配合时，在拆卸时可先将轴拉出，然后将轴承按装配相反的方向打出或压出（注意：此时着力点应为轴承外圈）。

2）当轴承内圈与轴、外圈与壳体均为紧配合时，在拆卸时通常可将轴与轴承从轴承座孔中同时取出，然后再把轴承从轴上拆卸下来。

3）通常减速器内圈与轴配合较紧，故拆卸力的着力点应在内圈端面上。

2. 油加热法拆卸轴承

若轴承内圈与轴颈配合很紧时，为了不损坏配合面，可用热油加热轴承内圈，即用油壶将80～100℃的热油浇在轴承的内圈上，待内圈受热膨胀开始松动时，再用拆卸器将轴承卸下。

3. 破坏拆卸

若轴承已锈死，无法用常规拆卸法将其拆除，只能用破坏法将其拆掉，如图4-26所示。

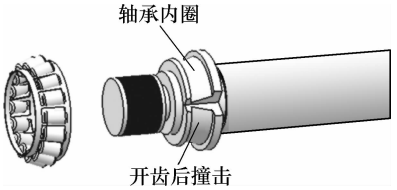


图4-26　用破坏法拆除轴承

（三）滚动轴承的装配工艺

1. 滚动轴承的装配原则

1）若以外圈作支承，内圈随轴一起转动时，则应先装内圈后装外圈。

2）若以内圈作支承，外圈随轴一起转动时，则应根据实际情况定顺序。一般情况下，凡是配合比较紧、装配工作比较复杂且对下一工序的组装有利的应先装。

2. 滚动轴承的加热装配

一般小型设备所用的滚动轴承均可在常温下安装。当轴承内圈与轴的配合有较大的过盈值，或大型轴承的安装，以及不能用压力安装的精密轴承时，都应采用加热安装。

轴承加热的方法一般采用热油加热。加热时，先将轴承浸入到装有矿物油的油桶中，加热时间一般为15～20min，使轴承与油同时达到所需的温度（80～100℃）。轴承与桶底不要接触，以免受热不均。除用油加热外，还可用高频发生器或恒温电热箱进行加热（加热温度不应超过120℃）。切记，绝不允许用明火或不可控的热源进行加热。加热后，对准套装部位迅速推入，再用铜棒敲打轴承内圈，使其安装到正确位置。

3. 推力球轴承的装配

安装推力球轴承时，除了应按一般装配原则之外，还必须检查轴承中不旋转的推力座圈（松圈）和壳体孔之间的游隙a，如图4-27所示。这游隙主要是为了补偿零件加工和安装上的误差，因为当旋转的和不旋转的推力座圈中心线有偏移时，此游隙可以保证其自动调整，否则将会引起轴承剧烈磨损。游隙a的值一般为0.2～0.3mm。

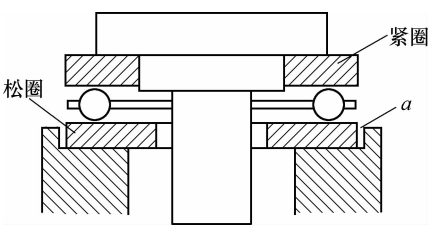


图4-27　推力轴承的装配

4. 滚动轴承装配游隙的调整

滚动轴承装配游隙的功用是，保证滚动体的正常运转和润滑以及补偿热膨胀。滚动轴承装配游隙调整的正确与否，不仅影响轴承本身的正常工作和使用寿命，而且也影响整台机器的运转质量。

（1）径向游隙不可调整的向心轴承装配原则　游隙不可调整的滚动轴承有：单列向心球轴

承、调心球轴承、圆柱滚子轴承（注意：这些轴承的游隙在出厂时已确定好，不能对其进行调整）。

装配在轴两端的径向游隙不可调，且轴的轴向位移是以两端盖限定的向心轴承时，其一端轴承紧靠端盖，另一端必须按随机技术文件留出轴向间隙 c（图 4-28）；无规定时，留出的间隙应为 0.2 ~ 0.4mm。

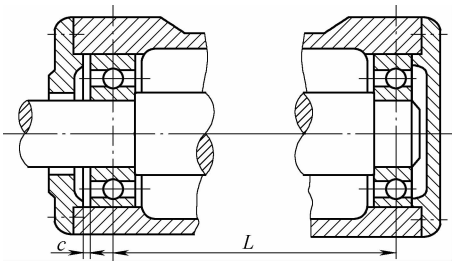


图 4-28　径向游隙不可调整的向心轴承的装配

（2）装配游隙调整方法　游隙可调整的滚动轴承有：角接触球轴承、单列向心推力圆锥滚子轴承、推力球轴承、单向推力圆锥滚子轴承等几种。这些滚动轴承的游隙一般都在安装和使用时调整，各种游隙可调整的滚动轴承的轴向游隙数值见表 4-4。

表 4-4　各种游隙可调整的滚动轴承的轴向游隙数值　　（单位：mm）

轴承内径	轴承宽度系列	轴向游隙		
		向心推力球	圆锥滚子轴承	双向推力球
小于 30	轻系列	0.02 ~ 0.06	0.03 ~ 0.10	0.03 ~ 0.08
	轻与中宽系列	—	0.04 ~ 0.11	—
	中与重系列	0.03 ~ 0.09	0.04 ~ 0.11	0.05 ~ 0.11
30 ~ 50	轻系列	0.03 ~ 0.09	0.04 ~ 0.11	0.04 ~ 0.10
	轻与中宽系列	—	0.05 ~ 0.13	—
	中与重系列	0.04 ~ 0.10	0.05 ~ 0.13	0.06 ~ 0.12
50 ~ 80	轻系列	0.04 ~ 0.10	0.05 ~ 0.13	0.05 ~ 0.12
	轻与中宽系列	—	0.06 ~ 0.15	—
	中与重系列	0.05 ~ 0.12	0.06 ~ 0.15	0.07 ~ 0.14
80 ~ 120	轻系列	0.05 ~ 0.06	0.06 ~ 0.15	0.06 ~ 0.15
	轻与中宽系列	—	0.07 ~ 0.18	—
	中与重系列	0.06 ~ 0.15	0.07 ~ 0.18	0.10 ~ 0.18

注：1. 当要求有较高的转动精密度或工作温度较低或轴的长度较短时，取表中较小值。

2. 当转动精度较低或工作温度较高或轴的长度较长时，则取表中较大值。

3. 在比较重要的情况下，必须校验轴的受热伸长量，必要时可采用超过表中规定的最大轴向游隙值。当轴向游隙确定后，即可调整游隙。

游隙可调整的滚动轴承，因其轴向游隙和径向游隙之间有正比例的关系，所以，只要调整好轴向游隙，就可获得需要的径向游隙，而且它们一般都是成对使用的（装在轴的两端或一端），因此，只要调整一个滚动轴承的游隙即可。

1）垫片调整法，如图 4-29a 所示。先把端盖处原有的垫片全部拆出，然后拧紧端盖的调整螺钉，一端用手缓慢地转动轴，当感觉到轴转动发紧时，就停止拧紧调整螺钉，此时轴承内无游隙。这时用塞尺测量端盖与壳体端面间的间隙 K。最后在端盖处加上轴向游隙 c 的垫片，此时的垫片厚度为 $K+c$，拧紧调整螺钉之后，轴承便产生了轴向游隙 c（c 按装配技术要求确定）。

2）螺钉调整法，如图 4-29b 所示。先把调整螺钉上的锁紧螺母松开，然后拧紧调整螺钉的止推盘，使轴转动时感到发紧即可，最后，根据轴向游隙的要求将调整螺钉倒拧一定的角度，并把锁紧螺母拧紧以防调整螺钉松动。

3）止推环调整法，如图 4-29c 所示。先把具有外螺纹的止推环拧紧，至轴转动发紧时，然后根据轴向游隙的要求将止推环倒拧一定的角度，最后用止动片固定即可。

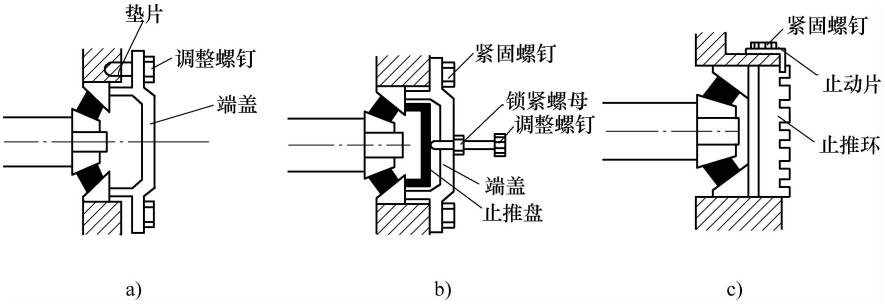


图 4-29　滚动轴承游隙的常用调整方法

a）垫片调整法　b）螺钉调整法　c）止推环调整法

（四）滚动轴承的安装质量标准

1）轴承型号应符合设计要求，外观应无裂纹和锈蚀等缺陷，轴承的总游动间隙应符合设备技术文件的规定。

2）轴承在轴颈上的装配紧力应符合设备技术文件的规定，内套与轴不得产生滑动，不得安装垫片。

3）轴承外圈与外壳间轴向及径向的配合，应符合设备技术文件的规定；膨胀端轴承应留有足够的热膨胀间隙，其热膨胀值无规定时可按式（4-1）计算，即

$$l=\frac{1.2(t+50)L}{100} \tag{4-1}$$

式中　l——热伸长值，单位为 mm；

t——轴周围介质最高温度，单位为℃；

L——轴承之间的轴长度，单位为 mm。

4）用热油加热轴承时，油温不得超过 100℃，在加热过程中轴承不得与加热容器的底接触。

5）安装轴承座应符合下列要求：

①轴承座应无裂纹、砂眼等缺陷，内外应无飞边及型砂。

②轴承座冷却水室或油室中的冷却水管在安装前必须经水压试验合格，试验压力应为冷却水最高压力的 1.25 倍。

③轴承座与台板的调整垫片，不应超过三片（绝缘片不在内），垫片的面积不应小于轴承座的支承面。

④轴与轴封卡圈的径向间隙应符合设备技术文件的规定，轴封应严密无渗漏。

⑤采用润滑脂润滑的滚动轴承的装油量，对于低速机械一般不大于整个轴承室容积的 2/3，对于 1500r/min 以上的机械不宜大于 1/2。

⑥油位计应安装牢固，不得漏油；油位计上端应与大气相通；密闭油室的呼吸器应清洁畅通；机械设备上的各种油位计在安装时应对其标注刻度进行复测；滚动轴承的底部滚子应浸入油液中 1/3～1/2。

三、滑动轴承的检修与安装

（一）整体式向心滑动轴承（轴套）的检修工艺

1. *轴套的拆卸*

现场对设备轴套进行检修时，首先将轴卸掉，用内径千分尺或内径百分表测量内孔变形及磨

损情况，若轴套内表面在轴向有个别处拉毛，或在纵向有丝纹以及在周向有一处环状拉毛时，可用刮刀刮削或用研磨的方法修整。若轴套内表面周向环状磨损超过一处，一般都要更换。

轴套在拉卸前，应先清理机体内孔，疏通油道，然后仔细检查是否有紧定措施，如果有，则须先行解除。因为用作紧定的螺钉往往较小，且往往被油污、油漆等遮盖，不易发现，如果漏拆，在拉卸轴套时，会造成轴套损坏。

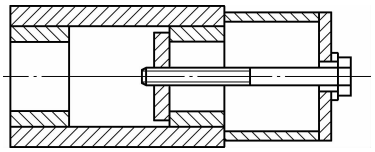


图 4-30　用拉拔工具拆卸轴套

现场有些设备的轴套由于受空间位置的限制，无法使用铜棒或锤子进行拆卸，可根据情况自行设计一些拉拔工具进行拆卸。图 4-30 所示为用拉拔工具拆卸轴套，拆卸此轴套可用一段内径略大于轴套外径，且长度长于轴套的套管和垫圈，搭成桥形拉头，中间插入螺栓，连接一块矩形板，旋紧螺栓将轴承拉出，轴套拉出后应检查尺寸，做好记录。

2. 轴套的装配

通常采用压入法装配轴套，当装配精度要求不高或无压入设备时，可考虑用敲击方法进行装配。注意用锤子敲击时，应垫上软质材料（如软铜棒、铝棒等），且应对称、均匀及缓慢地敲击。

其压入装配法的具体步骤如下：

1）更换新轴套时应先测量轴套尺寸，根据图样（或原配合）确定配合过盈值的大小。

2）将新轴套和轴承孔除掉飞边，擦拭干净并在配合处涂润滑油，以防发生轴套外圈拉毛或咬死等现象。

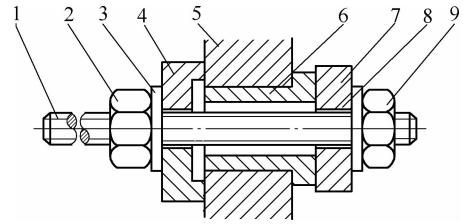


图 4-31　压轴套用拉紧工具

1—螺杆　2、9—螺母　3、8—垫圈

4、7—挡圈　5—机体　6—轴套

3）轴套的压装。压入轴套时，应用压力机压入或用拉紧夹具把轴套压入机体中，如图 4-31 所示。压入时，如果轴套上有油孔，则应与机体上的孔位对齐。

4）轴套的定位。在压入轴套后，对负载较大的滑动轴套，还要用紧定螺钉或定位销等固定。

5）轴套孔的修整。对于整体的薄壁轴套，在拆装后，内孔易发生变形，如内径缩小或呈椭圆形、圆锥形等，可用铰削、刮削、研磨（或珩磨）等方法，对轴套进行修整。

（二）剖分式滑动轴承的检修

1. 剖分式滑动轴承的拆卸（图 4-32）

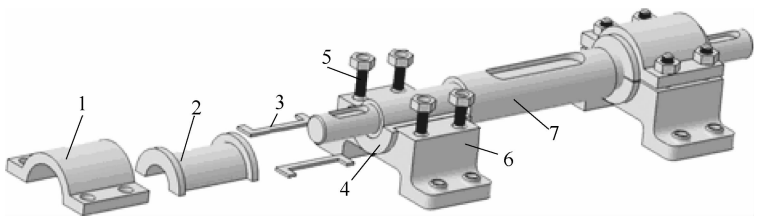


图 4-32　剖分式滑动轴承的结构

1—轴承座盖　2—上轴瓦　3—垫　4—下轴瓦　5—紧固螺栓及螺母

6—轴承座　7—传动轴

1）拆卸轴承上盖的紧固螺栓，卸下轴承上盖。

2）将传动轴吊出。

3）卸下轴承座盖与上轴瓦。

2. 剖分式滑动轴承的修配及组装

1）组装前应仔细检查各部尺寸是否合适，油路是否畅通，油槽是否合适。

2）圆形孔轴瓦修配时，其上、下轴瓦应分别和轴颈配刮，达到轴颈与轴瓦全长接触良好；配刮后通过加装调整垫片，达到规定的游隙。

3）近似于圆形孔的轴瓦（其水平直径大于垂直直径），需经机械加工后获得，机械加工后，在剖分面处无调整垫片的情况下，轴瓦与轴的顶隙及侧隙应达到规定值（一般根据设备转速与负载而定），如不符合要求，可继续配刮直至符合要求为止。

轴与轴瓦的油锲面也应由机械加工来保证，一般在组装时不宜修刮，并应注意油锲方向与主轴转动方向一致。

4）主轴外伸长度较长时，考虑到主轴由于自身重量产生的变形，应把前下轴瓦在主轴外伸端刮得低些，否则主轴可能会“咬死”。

5）轴瓦与轴承座的修配与组装：要求轴瓦外表面与座孔接触良好而均匀，不符合要求时，厚壁轴瓦以座孔为基准修刮轴瓦外表面，薄壁轴瓦不修刮，须进行选配，其过盈量应仔细检测。各部配合游隙达到要求后，将上轴瓦、下轴瓦分别装入轴承座盖和轴承座内，并将其与传动轴组装在一起。

3. 轴瓦配刮技术要求

滑动轴承的磨损超过标准时，应进行配刮处理，如果磨损严重时，则应进行更换。尤其注意在更换轴瓦或处理轴瓦过松时，不能因轴瓦的外径过小，在轴瓦外表面进行加垫处理，应当更换符合要求的轴瓦。

新加工的轴瓦（除薄壁轴瓦外）也要按规定间隙和接触精度要求，进行相应的修研和配刮，具体刮削工艺如下：

1）新加工的轴瓦及备件，应留有刮削余量，其要求有，孔径为 50 ~ 180mm 时留 0.04 ~ 0.08mm，孔径为 80 ~ 200mm 时留 0.1 ~ 0.15mm。

2）准备好三角刮刀、红丹粉和机油等必用的工具、量具和材料。测量出滑动轴承与轴的游隙，确定刮削余量、部位和刮削方式。

3）把显示剂薄而均匀地涂在轴面上，然后放在轴承里慢慢地转动，将轴取出后，检查接触点的分布情况。

4）将滑动轴承放稳进行刮削。刮削时采用刮刀前角等于零的方法，则刮削的切屑较厚，容易产生凹痕，适用于粗刮；有较小的负前角，则切屑较薄，能把点子很好地刮去，把表面集中的点子改变成均匀的点子；有较大的负前角，切屑极薄，不会产生凹痕，使刮削面很光滑。

5）最大亮点、重点全部刮去；中等的点子在中间刮去一小片，小的点子留下不刮。经第二次用显示剂研磨后，小点子会变大，中等点子分成两个点子，大点子则分为几个点，原来没有点子的地方会出现新点子，这样经过几次反复，点子就会越来越多。

6）在刮削过程中，应随时注意测量轴承与轴的游隙。刮削后，滑动轴承中间一段的接触点刮稀一些，两端的接触点刮密一些，这样可使轴承中间游隙略大些，两端配合较紧密些，有利于润滑。

7）滑动轴承刮好后，应用煤油进行清理。

（三）滑动轴承修配技术要求

1）轴瓦与轴承座的接触应均匀，配合为过盈配合，过盈量为 0.05 ~ 0.1mm。并应有防止转动的止动销或轴肩。

2）轴瓦与轴承盖的配合为过盈配合，其过盈值为 0.02 ~ 0.04mm。

3）用沉头螺钉固定的轴瓦，其沉头螺钉深度不小于瓦厚的50%，其螺钉头端面应低于轴瓦内表面25% ~30%的瓦厚。

4）压入轴承座内的轴瓦，其轴瓦端面应高于其结合端面的0.05 ~0.1mm。

5）轴瓦应无裂纹和飞边，滑动面、接触面应光滑。

6）轴承盖的加油孔应与上瓦的油槽对正，各油道畅通，无杂质堵塞。

7）轴瓦与轴承座的结合面应严密、干净、无杂质，不得有游隙和轴向位移。

8）两轴承座的水平差不大于两轴承座距离的1/1000。

9）每个轴承座的垫片不得多于3 片。

10）轴承座螺母应紧固，不得有松动。

11）加润滑油的油杯应完整，检修完后要加满合格的润滑油。在平常的维护中要按规定定期检查和加润滑油。

（四）滑动轴承的安装验收质量标准

1）轴瓦乌金面应光洁无砂眼、气孔和裂纹，不得有脱壳分离现象；表面呈银亮色光泽，无黄色斑点，如需补瓦面时，应选用与原瓦面相同的材质。

2）轴颈与轴瓦的配合应符合设备技术文件的规定，无规定时应符合下列要求。

①轴瓦与轴颈的接触面积应均匀且达到一定的密度，接触面积应大于70%，接触角为45° ~90°，用色印检查工作瓦面，接触不少于1 点/cm^2；轴颈在轴承内转动应灵活，无卡涩现象。

②轴颈与轴瓦配合间隙的检查与质量标准：

a. 用压铅丝检查法和塞尺检查法对滑动轴承间隙进行检查。

a）压铅检查法可测量径向顶部间隙。

b）塞尺检查法可测量径向侧间隙及轴向间隙。

c）对于整体式向心滑动轴承的径向顶部间隙一般也可用塞尺检查。

b. 轴颈与轴瓦配合间隙验收质量标准见表4-5。

表4-5　配 合 间 隙　　（单位：mm）

轴颈直径	50 ~80	80 ~120	120 ~180	180 ~250	250 ~300
顶间隙 s	0.1 ~0.16	0.12 ~0.20	0.16 ~0.28	0.20 ~0.40	0.30 ~0.60

注：侧间隙为 $s/2$。

a）图4-33a 所示为轴颈与轴瓦顶部和两侧间隙示意图。轴颈在装配的轴瓦内，其配合间隙一般应符合表4-5 之规定。

b）轴瓦端部与挡环间的轴向间隙如图4-33b 所示。其中，

- $a+b=0.30 \sim 0.40$mm；
- 承力轴承的膨胀间隙根据轴的热胀长度来决定，一般可按式（4-1）计算；
- 承力轴承另一侧的间隙 $d>b$；
- 推力环与推力轴承的平面应接触良好，用色印检查不少于1 点/cm^2；
- 间隙差公式为

$$|b_1-b| \leqslant 0.05\text{mm}$$

3）轴瓦与轴承外壳（即轴承座盖与轴

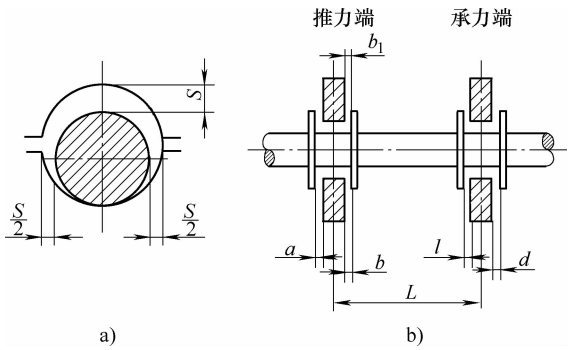


图4-33　滑动轴承安装间隙要求

a）轴颈与轴瓦顶部和两侧间隙示意图

b）轴瓦端部与挡环间隙示意图

承座）的配合：

1）轴瓦在轴承外壳内不得转动，一般有 0.02～0.04mm 的过盈紧力。

2）转子轴向定位的轴瓦端面与轴肩端面应接触良好，用色印检查不少于 1 点/cm^2。

第三节　联轴器的检修

联轴器的作用是传递转矩、吸收振动、缓和冲击。联轴器种类较多，燃料设备中常用的高速联轴器有弹性柱销联轴器、梅花盘式联轴器、液力偶合器（YOX 型）等；低速联轴器有齿轮联轴器和弹性柱销齿式联轴器（ZL 型）等。燃料设备常用联轴器的外形及结构如图 4-34 所示。

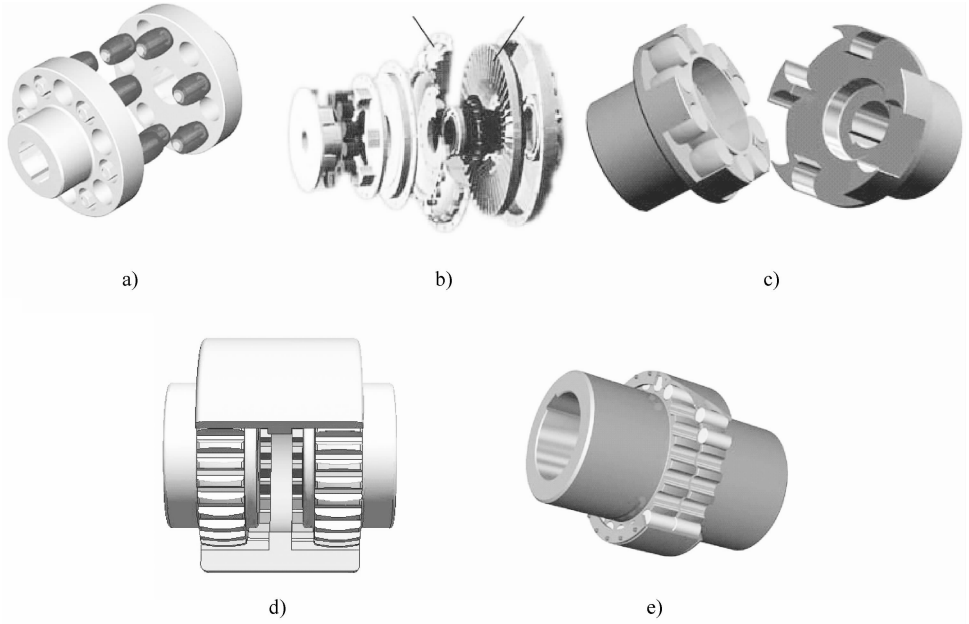


图 4-34　燃料设备中常用联轴器的外形及结构

a）弹性柱销联轴器（HL 型）　b）限矩型（YOX）液力偶合器结构图

c）梅花盘式联轴器（ML 型）　d）齿轮联轴器　e）弹性柱销齿式联轴器（ZL 型）

一、联轴器的检查、拆卸与装配工艺

联轴器运转时常出现的故障有转速不稳定，忽高忽低；转速过低，甚至出现闷车现象；运转时跳动量过大引起自身及设备的振动值过大、噪声过大；两半联轴器位置偏移；柱销变形或折断；弹性圈变形、断裂；连接齿磨损、胶合甚至折断；滑块磨损、胶合甚至折断；联轴器轴孔键连接失效；连接轴变形；连接轴孔磨损严重甚至胶合等。这些故障使运转设备振动加剧甚至超标，无法输出额定的转矩，甚至损坏设备。另外，联轴器损坏严重时，拆卸困难甚至无法拆卸。因此联轴器运转时要及时检查，定期检修。

1. 联轴器检修前的检查

1）弹性柱销联轴器在检修前，主要检查弹性柱销（或弹性胶圈）的缺损情况，若损坏严重，则应及时更换。用游标卡尺测量销孔后，装入弹性柱销（或螺栓带弹性胶圈），其间隙值一般在 0.5～1mm 之间，最大不应超过 1.5mm。且全部弹性柱销应在一个方向均匀受力。若半联轴

器的磨损严重（可查阅图样），可进行孔的补焊，并在机床上进行孔加工。

2）检查装于同一柱销上的弹性圈，其外径之差不应大于弹性圈外径偏差的1/2（表4-6）。

表4-6　弹性圈内外径　　（单位：mm）

柱销圆柱部分公称直径	联轴器孔的公称尺寸	弹性圈内径	弹性圈外径
10	20	10	19
14	28	14	27
18	36	18	35
24	46	24	45
30	58	30	56.5
38	72	38	70.5
46	88	46	86.5

3）用专用设备（如探伤仪等）检查半联轴器是否存在疲劳裂纹，日常检查维护时也可用锤子敲击，根据敲击声和油的浸润来判断裂纹部位，发现裂纹应及时更换新件。

4）检查联轴器安装螺栓的稳固性，也可用锤子敲击根据声音判断，或用扭矩或指示式扭力扳手检查松紧度。

5）齿轮联轴器螺栓不应松动、缺损，密封装置、挡圈等无损坏、老化现象。

2. 联轴器的拆卸注意事项

1）从轴上拆卸联轴器应使用专用工具，如拉码或专用拉拔工具。使用锤子敲击时，要垫上铜棒等软材质传递力量，禁止直接敲击联轴器的端面。若拆卸困难，可用火焰加热拆卸，火焰加热温度一般在250℃左右，齿轮联轴器应用矿物油加热到80～100℃。注意，加热部位应是联轴器与孔配合的外套，加热时用石棉或其他防护材料将轴包裹。

2）联轴器拆除后的检查与检修：

①检查联轴器有无变形飞边以及各处尺寸是否符合图样要求。

②可用砂布或细锉刀将轴头、轴肩等处的飞边清除掉，用细砂布将轴与联轴器的内孔的配合面打磨光滑。

③测量轴颈和联轴器内孔、键槽与键的配合尺寸，轴颈和内孔若不符合图样技术要求或质量标准，则应采取必要的检修手段：若轴有较大划伤，可采取研磨方法整修；孔内壁划伤但不影响配合时，也可采取研磨或刮削手段修复；若孔径扩大超过质量标准中的配合间隙要求，可采取喷镀和机加工的方法修复。键连接若不符合质量标准应重新锉配键。

④检修齿轮联轴器时应检查齿形，其齿厚磨损超过原齿厚的15%～30%时，应更换新件。

3. 联轴器的装配注意事项

1）测量键与键槽尺寸，将键装入键槽检查，使其松紧程度符合质量标准；分别测量轴颈与孔尺寸，将轴试装入孔内并符合质量标准。装配时，注意轴颈和联轴器内孔表面应涂上少许机油。

2）联轴器内孔和轴径配合过松时，不准用冲子打麻点、垫铜皮的方法解决。

3）安装圆锥联轴器的斜度与轴颈的斜度应相符合，装配后应加紧锁片。

4）装配联轴器时不准直接使用锤子敲击，应当垫上铜板等软质材料敲击，并对称施力。紧力过大时，应用压入法或温差法进行装配。

5）安装联轴器时，应考虑机械的轴向窜动，其端面距离应根据对轮直径留3～5mm。

6）装配弹性柱销联轴器时还应当注意：

①更换弹性圈时，不允许单个更换或部分更换弹性圈，而应全部更换。

②弹性圈上紧后，不应鼓起，应在自由状态。

7）一对新联轴器的圆周直径误差，应符合图样公差要求。两联轴器的连接孔应在一圆周上，孔距偏差应在±0°10′以内。

8）齿轮联轴器在装配时，应按内齿套及半联轴器（CLZ 型齿轮联轴器）上的加工定位线或定位孔进行装配，即定位线或定位孔必须重合，以保证装配后的传动精度。

4. 联轴器的装配质量标准

（1）弹性联轴器的装配质量标准　弹性联轴器的安装质量要求如图 4-35 所示，半联轴器的径向圆跳动、轴向圆跳动及同轴度公差见表 4-7。

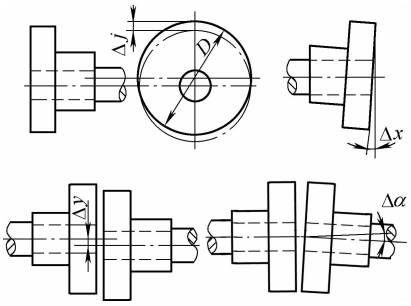


图 4-35　弹性联轴器的安装质量要求

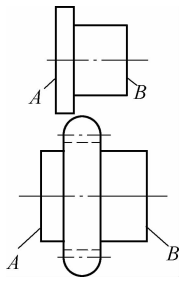
表 4-7　半联轴器的径向圆跳动、轴向圆跳动、同轴度偏差

D/mm	105	120	140	145	170	190	200	220	240	260	290	330	350	410	440	500
Δj	0.07					0.08					0.09			0.1		
Δx	0.16					0.18					0.20			0.25		
Δy	0.14					0.16					0.18			0.20		
$\Delta\alpha$	40															

（2）齿轮联轴器的装配质量标准（CL 型和 CLZ 型齿轮联轴器）

1）为了保证联轴器的正确装配，在装配两个内齿圈及半联轴器（CLZ 型联轴器）时，内齿圈和外齿轴套端面 A 或 B 对中心线的端面振摆公差应按表 4-8 中规定。

表 4-8　齿轮联轴器端面振摆公差　　（单位：mm）



直　径　D	摆　动　量
自 40～100	≤±0.01
>100～200	≤±0.02
>200～400	≤±0.04
>400～800	≤±0.08
>800～1200	≤±0.12

2）齿轮联轴器两外齿套间的最小端面间隙见表 4-9。

表 4-9　齿轮联轴器两外齿套间的最小端面间隙　　（单位：mm）

外形最大尺寸	130	155	230	250	270	330	350	370
间　　隙	2	3	4	5	6	7	7	8
外形最大尺寸	410	470	510	570	650	730	760	880
间　　隙	10	10	10	12	12	15	15	20

①当两轴中心线无径向位移时，在工作过程中因两连接轴的同轴度，引起的每一外齿轴套轴

线对内齿圈轴线的歪斜不应大于30′。

②当两轴中心线无倾斜时，CL型联轴器允许径向位移 y 值见表4-10。CLZ型联轴器允许径向位移值按式（4-2）计算

$$y_{max} = A\tan\alpha = A\tan 30' = 0.00873A \qquad (4\text{-}2)$$

$$A = A' - 1.5L$$

式中　A——中间轴两端连接的外齿轴套齿中心线间距离；

A'——中间轴的长度，单位为mm；

L——外齿轴套长度，单位为mm。

表4-10　　CL型联轴器的允许径向位移 y 值

编　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
径向位移	0.4	0.65	0.8	1.0	1.25	1.35	1.6	1.8	1.9	2.1
编　号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
径向位移	2.4	3.0	3.2	3.5	4.5	4.6	5.4	6.1	6.3	

（3）十字头联轴器同轴度公差（表4-11）

表4-11　十字头联轴器同轴度公差　　（单位：mm）

联轴器外形最大尺寸	两轴同轴度	
	径向位直	倾　斜
<300	0.10	0.4%
300～600	0.20	0.6%

二、联轴器找中心工艺

（一）找中心的原理

联轴器找中心的目的是使两半联轴器的中心处于同一平面上，且重合为一条直线。为此，必须满足以下两个条件：

1）使两个对轮中心重合（即使两对轮的外圆面重合）。

2）使两个对轮的结合面（即端面）平行。

图4-36a所示为找中心原理图，图4-36b所示为燃料设备驱动装置中常见找中心的实例。通常燃料设备驱动装置找中心时，是将减速器轴上的联轴器中心作为找中心的基准中心线，通过测量中心误差后，调整减速器两侧半联轴器水平方向的位置和竖直方向的位置。

（二）联轴器找中心前的必备条件（以图4-36b为例）

1）电动机和减速器中心必须正确。

2）联轴器一般按原配对使用，若其中一侧的半联轴器需要更换时，对新换的半联轴器必须进行精度测量，并且符合加工图样的精度、表面粗糙度及其他技术条件要求。

3）各半联轴器及分相配装的轴颈、键槽、键都应进行测量并确认正确。

4）影响测量值的各个面必须圆滑平齐，不得有凸凹不平。

5）电动机底座安装面应低于减速器底座安装面，并有前后、左右移动调整的余地。

（三）百分表法找中心工艺

用百分表法找中心精度高，一般要求有专用桥规或支承架，是大型转动设备现常采用的找中心方法。

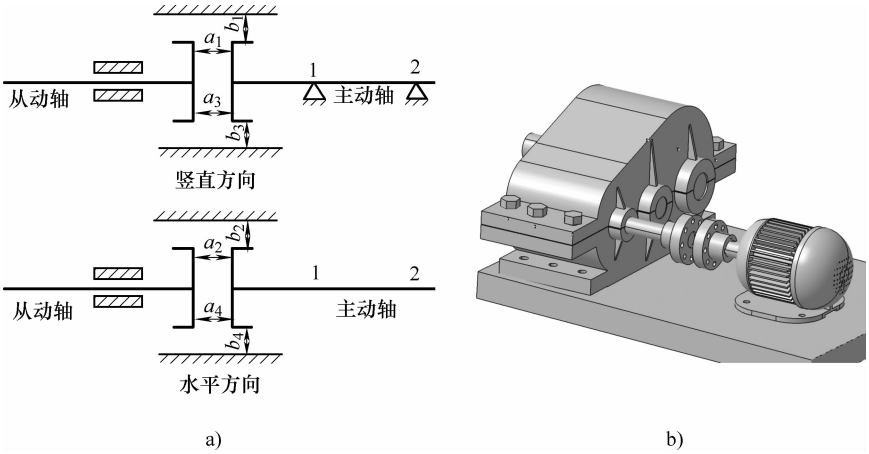


图 4-36　联轴器找中心原理及实例

a）找中心原理图　b）找中心实例

1. 找中心前的准备工作

1）在开始找中心前，应先调整好两对轮的端面间隙，一般为 2 ~ 3mm，允许偏差不大于 1mm。

2）拆除对轮上的附件及连接螺栓，并清除对轮上的油垢、锈蚀。在对轮上按原始位置对称装上两只活动销子（用百分表测量时，也可用两个桥规代替；用塞尺测量时，若其中一个用桥规代替，则只对称穿一个活动销子即可）。检查两转子是否处于自由状态，并准备好转子盘动装置。

2. 用百分表法找中心的方法及步骤

用百分表法找中心常用桥规及表架的安装形式如图 4-37 所示。安装桥规架时应注意：

1）桥规架要固定在非调整侧转子的对轮上，以减少推理上的错误。例如，减速器对轮找正时，应将桥规固定在减速器侧对轮上。

2）桥规要装牢固，并不影响对轮的转动和自由状态。

3）为保证桥规的测位准确，可在靠近轴承的轴表面刻划四条等分线，并在轴承端面上划一定位线，使每次转动角度一致。

4）调节三块百分表的指针，即小针调到 2 ~ 3 之间，大针对准 50。

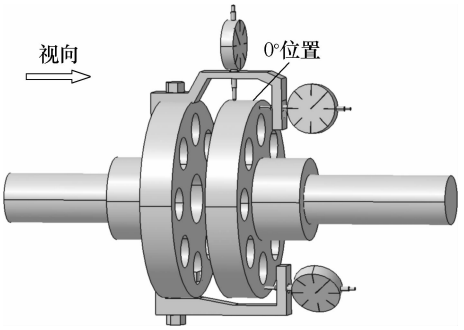


图 4-37　常用桥规及表架的安装形式

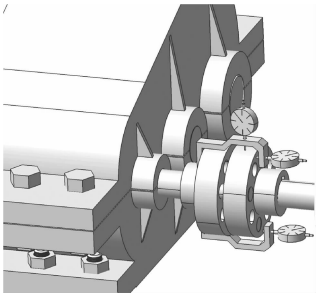
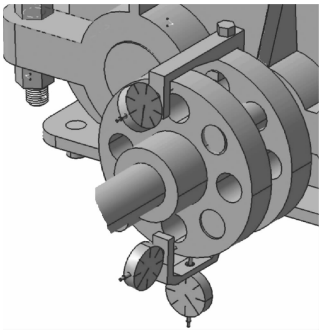
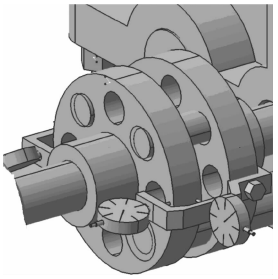
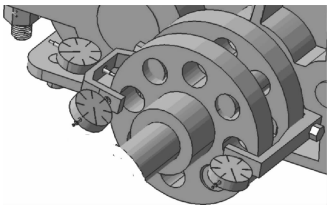
5）转动设备，每转一等分，记录下三块百分表的读数，并填入相应的表中。

6）三块百分表重新回到起始位置时，测量外圆的百分表读数应为 50；测量端面值的两表的读数差为 0。

7）检验测量数据的准确性。

8）将检测状态分为水平方向及竖直方向（便是后续垫铁厚度的计算和调整），分别测记数值，画出原始状态图并可计算偏差（表 4-12）。

表 4-12　检测状态及计算公式

状态	测量图例	状态图	计算偏差
竖直上下方向		b_1 a_1' 0° a_3'	1. 端面张口 $a_1=\frac{a_1'+a_1''}{2}$ $a_3=\frac{a_3'+a_3''}{2}$ $a_{13}=a_1-a_3$ 2. 外圆高低 $b_{13}=\frac{b_1-b_3}{2}$
		a_1'' 180° a_3'' b_3	
水平左右方向		a_4' 90° a_2' b_2	1. 端面张口 $a_2=\frac{a_2'+a_2''}{2}$ $a_4=\frac{a_4'+a_4''}{2}$ $a_{24}=a_2-a_4$ 2. 外圆高低 $b_{24}=\frac{b_2-b_4}{2}$
		b_4 a_4'' 270° a_2''	

9）画中心偏差图，如图 4-38 所示。

10）计算调整量。现以图 4-39 为例说明加垫厚度的计算方法，即计算公式为

$$\frac{\Delta y}{a_{13}}=\frac{l}{D}\qquad \Delta x=\frac{l_1}{D}a_{13}$$

$$\frac{\Delta x}{a_{13}}=\frac{l_1}{D}\qquad \Delta y=\frac{l}{D}a_{13}\tag{4-3}$$

x 处的垫铁厚度为 $b_{13}+\Delta x$；

y 处的垫铁厚度为 $b_{13}+\Delta y$。

此例为竖直方向上张口的实例，其他情况计算方法与此类似。

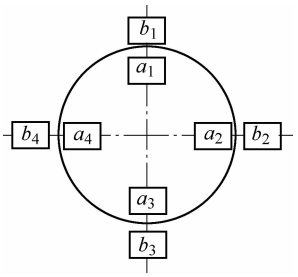


图 4-38　中心偏差图

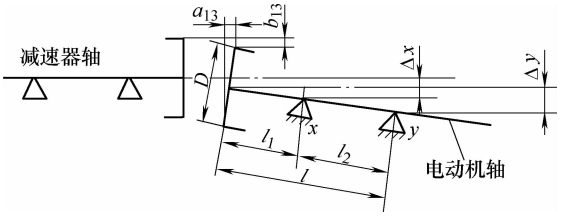
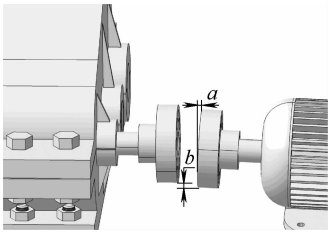
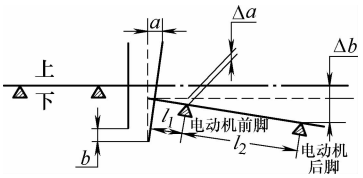
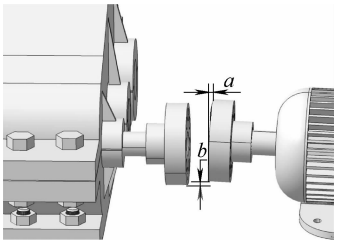
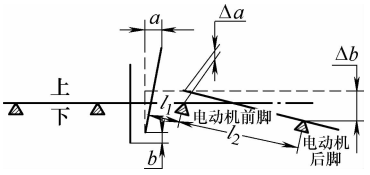
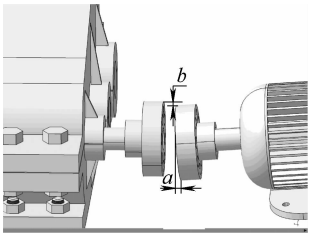
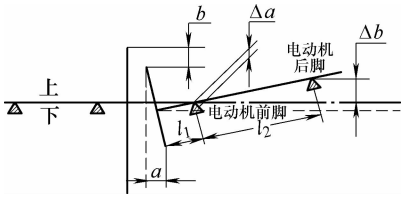


图 4-39　垫片厚度的计算方法

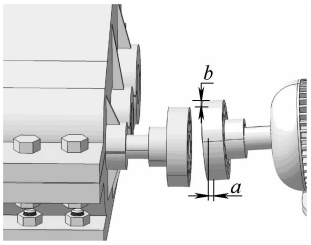
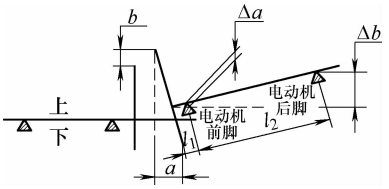
3. 中心状态与计算方法

竖直方向状态图及计算公式见表 4-13。

表 4-13　竖直方向状态图及计算公式

图　例	中心状态	计算公式
 电动机低上张口		Δ 前 $=\dfrac{\Delta a}{2}+\dfrac{l_1\times\Delta b}{D}$ Δ 后 $=\dfrac{\Delta a}{2}+\dfrac{(l_1+l_2)\times\Delta b}{D}$
 电动机高上张口		Δ 前 $=\dfrac{-\Delta b}{2}+\dfrac{l_1\times\Delta a}{D}$ Δ 后 $=\dfrac{-\Delta b}{2}+\dfrac{(l_1+l_2)\times\Delta a}{D}$
 电动机低下张口		Δ 前 $=\dfrac{\Delta b}{2}-\dfrac{l_1\times\Delta a}{D}$ Δ 后 $=\dfrac{\Delta b}{2}-\dfrac{(l_1+l_2)\times\Delta a}{D}$

（续）

图　例	中心状态	计算公式
 电动机高下张口		$\Delta 前 = -\frac{\Delta b}{2} - \frac{l_1 \times \Delta a}{D}$ $\Delta 后 = -\frac{\Delta b}{2} - \frac{(l_1 + l_2) \times \Delta a}{D}$

注：1. Δ前—电动机前脚所需垫层；Δ后—电动机后脚所需垫层；Δa—张口差数；Δb—电动机高低的差数；D—对轮直径；l_1—电动机侧联轴器轮端面至电动机前脚孔中心距离；l_2—电动机前脚孔中心至后脚孔中心距离。

2. 水平方向状态图及计算方法和竖直方向一样，不同之处在于水平方向的找正是用千斤顶或螺栓进行调整的。

（四）塞尺法找中心的方法（图 4-40）

用塞尺法找中心的方法步骤与百分表法基本相同，但是要切记二者测得的数值是相反关系，如图 4-41 所示。

测记方法、中心的调整及垫铁厚度的计算，均按前述方法进行。

（五）简易找中心法

利用刀口形直尺（或直尺）和塞尺测量联轴器的同轴度，以及利用楔形间隙轨或塞尺测量联轴器端面的平行度，这种方法适用于弹性连接的低转速、精度要求不高的设备或用于其他找中心法的粗找（图 4-42）。

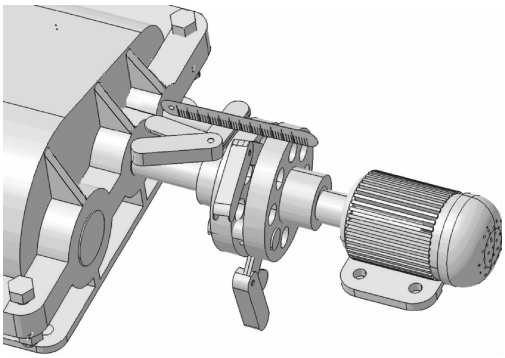


图 4-40　塞尺法找中心原理

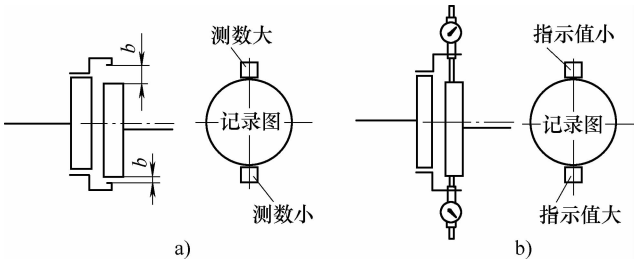


图 4-41　百分表测量与塞尺测量具有相反的指示值

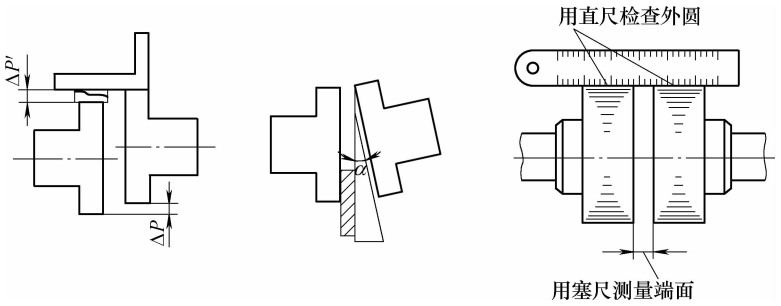


图 4-42　简易找中心的方法

1. 简易找中心法的基本原理及方法概述

简易找中心法的基本原理，是利用两对轮外圆面的高低误差，通过透射的光线来进行对轮上下、左右方向的调整，达到两轴中心一致的。用于对中心要求不太严格的设备，或用于其他找中心法的粗找。在找中心前，先检查联轴器两对轮的瓢偏与晃动，以及安装在轴上是否松动，若不符合要求则应及时修理；然后将修理好的设备安装在机座上，并拧紧设备上的地脚螺栓。

找中心时，用直尺平靠两对轮外圆面，用塞尺测量外圆及对轮端面四个方向的间隙，如图 4-43 所示。每转动 90°测量一次（两对轮同时转动），测记方法、中心的调整及垫铁厚度的计算，均按前述方法进行。调整时，一般先调整径向再调整轴向，且原则上是调整电动机的机脚，调整用的垫子（铁皮）应加在紧靠设备机脚的地脚螺栓两侧，最好是将垫子做成 U 形，让地脚螺栓卡在垫子中间，如图 4-43 所示。

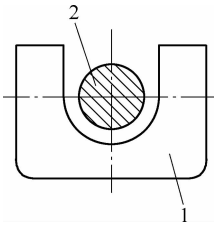


图 4-43　U 形垫的制作
1—调整垫　2—地脚螺栓

垫子垫好后，设备的四角和机座之间均应无间隙。切不可只垫对角两方，留下另一对角不垫紧，用调整地脚螺栓松紧的方法来调整联轴器的中心。

2. 简易找中心的方法

1）选用直角尺、钢直尺或锯条等较薄较直的量具。

2）将钢直尺靠在两个对轮的外圆面上，通过两个对轮之间的光线来调整调整端对轮的高低。

3）左右的调整方法同上下一样。

4）两个对轮端面之间的距离可借助塞尺来调整。

3. 找中心过程中的注意事项

1）使用此法找中心前，一定要知道该联轴器的中心标准是否能用此法。

2）在用塞尺和刀口形直尺找正时，联轴器径向端面的表面上都应该平整、光滑、无锈、无飞边。

3）量具要平直；光线不足时可用手电。

4）左右移动时要考虑输入、输出轴的长度。

5）对于最终测量值，电动机的地脚螺栓应是完全紧固，无一松动。

6）由于减速器的找正并没有完全具备良好的条件和工具，所以用调整垫调整时，每次加、减调整垫都应考虑电动机螺栓的松紧状况及其余量。

（六）联轴器中心误差的调整

1）分别在竖直和水平两个方向上，将钢直尺放在联轴器的外圆上进行观测，找出偏差方向后，先粗略地调整一下，使联轴器的中心接近对准，两个端面接近平行，为联轴器精确找正奠定基础。

2）装上千分表或用塞尺及其他附件，在联轴器外圆柱面及端面上测量中心的相对位置（简易测量可用直角尺、钢直尺及塞尺）。

3）固定从动机位置，再调整电动机，改变支承点处垫片或调整电动机位置，使中心趋于一致，经过调整，达到标准，固定好电动机。

4）根据经验，找正时先调整端面后调整中心，比较方便迅速，熟练以后端面和中心的调整可以同时进行。

三、液力偶合器的检修

（一）液力偶合器传动装置概述

液力偶合器是一种液力传递机构，其涡轮的造型犹如一台离心泵和一个液压涡轮，随着输入

的驱动力将泵驱动后，动能分配给偶合器中的油，在离心力的作用下，通过涡轮叶片向联轴器的外边运动，外部吸收了动能并产生一个总是与输入力矩相等的转矩，从而使输出端产生旋转，其摩擦力基本上等于零，因为此处无机械接触。

液力偶合器的核心部件包括泵轮体、涡轮体、转动外壳及勺管装置等，如图 4-44 所示。

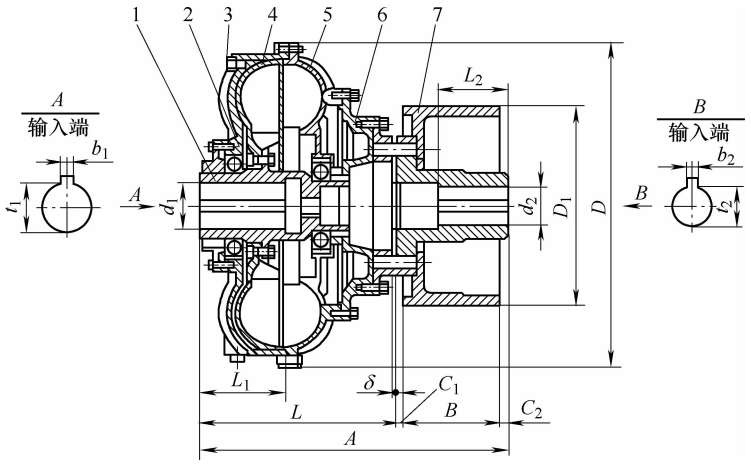
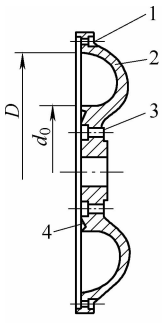


图 4-44　　限矩型（YOX 型）液力偶合器结构图

1—主轴套　2—转壳　3—易熔塞　4—泵轮　5—涡轮　6—后铺室　7—制动轮

（1）泵轮体　泵轮体包括叶片、流道、连接螺纹孔及进油槽等，如图 4-45 所示。泵轮是传递功率的重要部件，两叶片及中间流道的加工精度要求较高，否则会影响循环油量及传递功率。连接螺纹孔有泵轮与转动外壳连接用的和泵轮与泵轮轴连接用的两种。进油槽的作用是使油由进油孔进入各流道的流量比较均匀一些。

（2）涡轮体　涡轮的结构基本与泵轮结构相似，其上有通油孔、通气孔、进油孔、进油槽、叶片、带型线的流道及与涡轮轴连接的螺纹孔（图 4-46）。排油孔使排油室与循环圈内的压力平衡，在高滑差时，循环圆内液体迅速排出，以增加调速的机动性。通气孔是在调速过程中腔内油位升高或降低时供空气进出之用。涡轮叶片数量一般比泵轮叶片少或多 1 ~ 4 片，以免产生激振扰动。



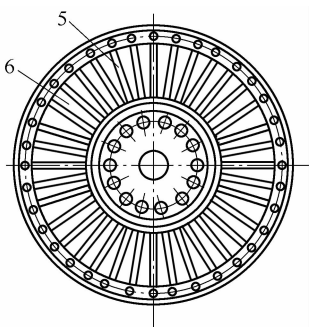


图 4-45　泵轮体结构图

1—转动外壳连接螺纹孔　2—型线

3—泵体轴连接螺纹孔　4—进油槽

5—叶片　6—流道

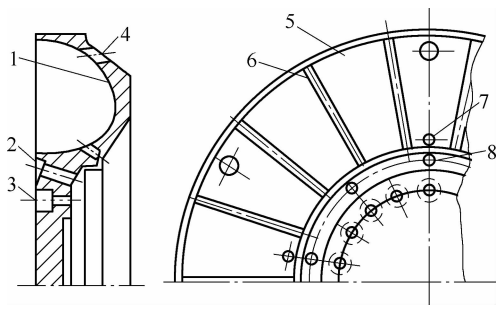


图 4-46　涡轮体结构图

1—型线　2—进油槽　3—涡轮轴连接螺纹孔

4—排油孔　5—流道　6—叶片　7—进

排气孔　8—进油孔

（3）转动外壳　转动外壳上有小叶片铆钉孔、易熔塞孔、与泵轮连接的螺纹孔和扩油孔（图 4-47）。小叶片铆钉孔是固定小叶片用的铆钉穿孔。小叶片的作用是当转动外壳旋转时带动室内油一起旋转，以提高油的离心力，使排油室与循环圆内压力接近，以取得液位平衡，并能提高勺管的排油压力。易熔塞孔内装有易熔块，当系统发生意外时，偶合器工作油温过高后熔化排油，起保护作用。

（4）勺管装置　勺管的作用在于吸取转动外壳中的工作油，通过上下移动来改变吸油量的大小，从而实现涡轮的变速。勺管及其传动装置如图 4-48 所示。

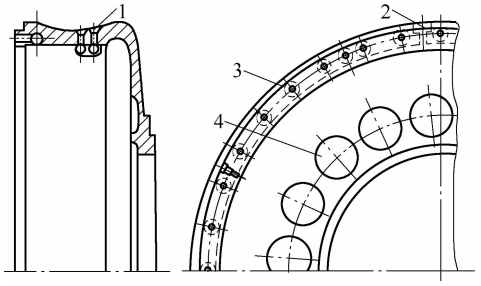


图 4-47　转动外壳结构图
1—小叶片铆钉孔　2—易熔塞孔　3—与泵轮连接的螺纹孔　4—扩油孔

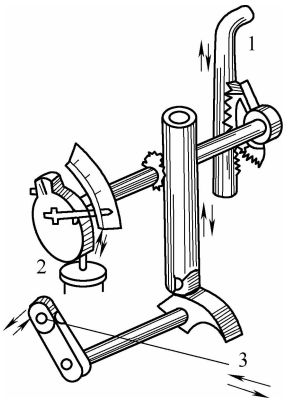


图 4-48　勺管及其传动装置
1—勺管　2—进油控制阀　3—连接执行机构

（二）液力偶合器的传动原理

液力偶合器采用了离心泵和涡轮机组合传动原理进行工作。泵轮像一台离心泵，使泵轮与涡轮之间形成的工作腔中的油，沿着泵轮对片流道内缘向外缘流动，并高速冲击涡轮，使之如涡轮机一样旋转，然后工作油沿着涡轮叶片流道外缘向内缘流动，开始下一次循环（图 4-49）。

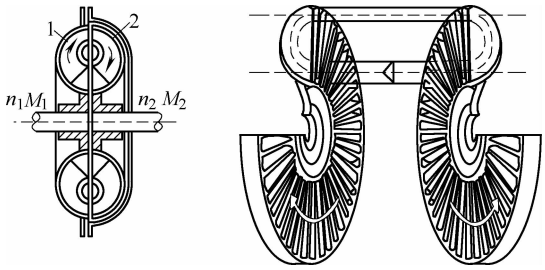


图 4-49　液力偶合器的传动原理
1—泵体　2—涡轮

液力偶合器的调速原理：当勺管径向滑移至外壳液压泵最大直径处，偶合器的工作腔不充油，输出轴以低转速旋转（图 4-50a）；随着勺管径向向内滑移，偶合器工作腔中充油渐多，输出轴转速逐渐增加（图 4-50b）；当勺管沿径向滑移至外壳油环最小直径处时，此时输出轴转速达到最大（图 4-50c）。故液力偶合器是通过勺管的径向滑移来实现输出轴的无级变速的。

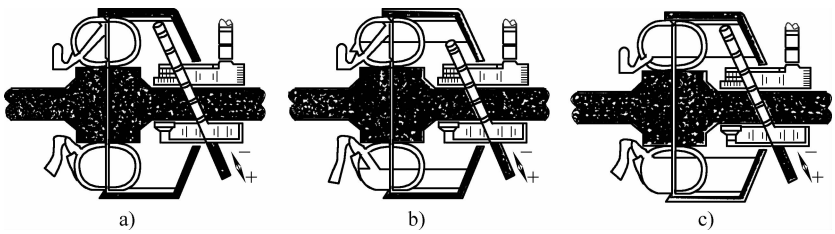


图 4-50　液力偶合器的调速原理

（三）液力偶合器的检修与安装

以限矩型（YOX 型）液力偶合器为例，液力偶合器的检修主要包括偶合器拆装与找正工艺、充油量的检查、易熔塞的更换等方面。下面就这些问题分别进行说明。

1. 液力偶合器的拆卸

1）首先拆除电动机地脚螺栓，再将电动机连同主动半联轴器移离偶合器，然后检查弹性（梅花节）块磨损情况，必要时予以更换。

2）将偶合器由工作机（减速器）输入轴端抽出，如果抽出困难时，可用专用的拆卸螺栓，螺母（其螺纹与偶合器轴中的拆卸螺孔配合）顶住从动机输出轴，把偶合器卸下来，或使用千斤顶和短轴等工具把其顶出。

3）拆卸时不允许用工具敲打、挤压偶合器的铸铝表面。

4）不允许用加热的方法拆卸偶合器。

液力偶合器拆下后应检查其油位、油量及渗漏油情况，若检查出结合面、轴端等处渗漏油，应及时解决密封问题。但要强调的是液力偶合器尽量不解体，以免破坏其密封和零部件。

2. 液力偶合器的安装

液力偶合器在安装前，必须首先校核其输入轴和输出轴的孔径、键槽宽、键槽深、键槽长的公称尺寸，只有这些参数与工作机相适应后才能进行装配和安装。

液力偶合器安装的关键技术环节是，轴的轴向固定及位置的找正，图 4-51 所示为燃料通用设备驱动装置安装示意图。通常的找正方法是：

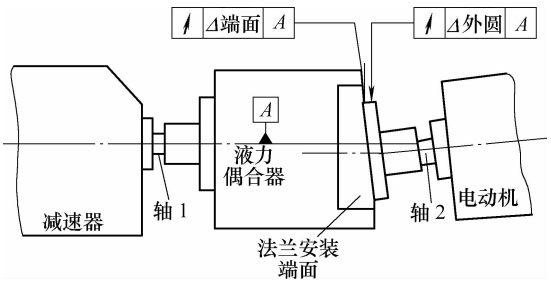


图 4-51　燃料通用设备驱动装置安装示意图

1）先根据（输出机构如滚筒、斗轮等）找正减速器位置（定轴 1 位置），然后将电动机移开，使其与工作机之间留有足够安装液力偶合器的空间位置。

2）把电动机和减速器上的键装好，并在轴上均匀涂抹润滑油。

3）将液力偶合器平稳地装在减速器的输入轴上，偶合器与工作机（减速机）输入轴一般选用间隙配合或过渡配合（0 ~ 0.03mm），故借助偶合器轴上的螺纹孔，用相应螺钉就能将偶合器平稳地与工作机输入轴连接。不允许用压板、锤子敲打，也不允许热装，以免损坏元件和密封。然后再将后辅室、螺塞、O 形圈拆开后，应用相应螺钉安装。因工作机高速轴为 1∶10 锥度，安装时，要用专用固定螺母来固定，以防液力偶合器松脱。为防止工作机输入轴轴向窜动，可应用螺孔对轴进行周向固定。

4）把液力偶合器主动联轴器装到电动机轴上（可热装），将其推入偶合器并连接，保证轴向间隙为 2 ~ 4mm。

5）把电动机的地脚螺栓初步上紧后进行相应测量。

用钢直尺沿主动联轴器、从动联轴器的外圆处测量其接触间隙，在周围多测几处，看其间隙是否相等，也可以从主动、从动联轴器相应端面处安装间隙的均匀度判断其安装误差，或用塞尺直接在主动、从动联轴器端面间隙测出误差，然后通过垫片、斜铁或弹性板对电动机进行找正，并逐渐达到电动机与工作机同轴度、精度要求（见表 4-14），具体找正方法同联轴器找中心。

6）安装完毕，还需用直角尺检查电动机和工作机的同轴度误差是否在公差范围内。同轴度误差可在弹性半联轴器的最大外径下测得，若要求精确，可用千分表测量。如超差，必须调整到误差范围内。

表 4-14　工作机与电动机的同轴度公差

规格型号 / 同轴度公差/mm / 转速/(r/min)	YOX150～320	YOX360～450	YOX500～660	YOX570～1150
<750	<0.5	<0.6	<0.8	<0.8
750～1200	<0.4	<0.5	<0.6	<0.7
1200～1500	<0.3	<0.4	<0.5	<0.6

注：角误差小于或等于40′。

7）对于回转精度要求较高的设备，还需用千分表找正圆跳动和端面圆跳动，如斗轮驱动装置要求这两项指标均小于0.1mm，最后把电动机和工作机地脚螺栓拧紧。

3. 液力偶合器充油量及油质检查

液力偶合器工作油的性能，直接影响偶合器传递转矩的能力，液力偶合器对工作油的总体要求是：工作油要有低的黏度，高的闪点，大的密度，腐蚀性小，抗老化性能强。

液力偶合器内充油量必须与工作机的传动力矩相对应，且在偶合器总容积的40%～80%之间。若充油过多，甚至充满，则液力偶合器在运转中会引起温升过高，且产生的压力会使偶合器损坏。若充油不足，则会使轴承得不到充分润滑而缩短使用寿命。

加油品质的具体要求为：黏度 $V=22\sim32mm^2/s$（-40℃）；密度 $\rho=0.86g/cm^2$（50℃）；闪点不低于180℃；凝点小于-10℃；推荐使用HU-20汽轮机油（22号涡轮油）或6号液力传动油。

表4-15所示为不同类型的液力偶合器的充油量，用80～100目/cm^2的过滤网过滤，按总充油量75%的充油量注入工作油，不得带进任何杂质。

表 4-15　不同类型的液力偶合器的充油量

型　　号	YOX450	YOX500	YOX650	YOX750	YOX1000
总充油量	18.7	25.6	60	85	185
最小充油量	7.5	10.2	24	34	74
最大充油量	15	20.4	48	68	148

4. 易熔塞的浇注工艺

偶合器由于使用维护不当（如工作机长期超载运行、制动时间过长、油量不足等原因），会造成易熔塞中低合金的熔化现象，实践证明，液力偶合器的油温超过134℃时，易熔塞中低合金开始熔化。易熔塞熔化后，应重新浇注易熔塞，其浇注工艺如下：

1）首先准备不锈钢小容器、电炉或炭炉，除去容器上油污，并清洗干净，将低熔点合金放在不锈钢器皿中加热至熔融。

2）将易熔塞本体除净油污后预热到100～120℃。将易熔塞合金溶液浇注入易熔塞并待其自然冷却。浇注时要用一金属小棒塞入易熔塞的小孔内（螺纹端），以防合金熔液流走。

3）待合金凝固后用金属棒锤打，合金厚度不得小于熔腔高度的70%，使用时不得渗漏。

4）为了方便，也可用电烙铁和焊锡在平台上将易熔塞修复，其厚度也不得小于熔腔高度的70%。

5. 关断销的安装

为了防止油温升高损坏密封，使油泄漏，须装配一关断销。当油温升高到可熔性部件的熔点

时，关断销释放并接触安装于继电器上的凸轮，发出报警信号或切断电动机电源。熔化后只需更换可熔性部件和关断销即可。

第四节　齿轮减速器的检修

圆柱齿轮减速器结构虽然较为简单，但作为基本操作技能，圆柱齿轮减速器的检修又是其他减速器检修的基础，因此作为检修操作工应熟练掌握其检修工艺。

一、圆柱齿轮减速器的检修程序

圆柱齿轮减速器的检修程序如图 4-52 所示。

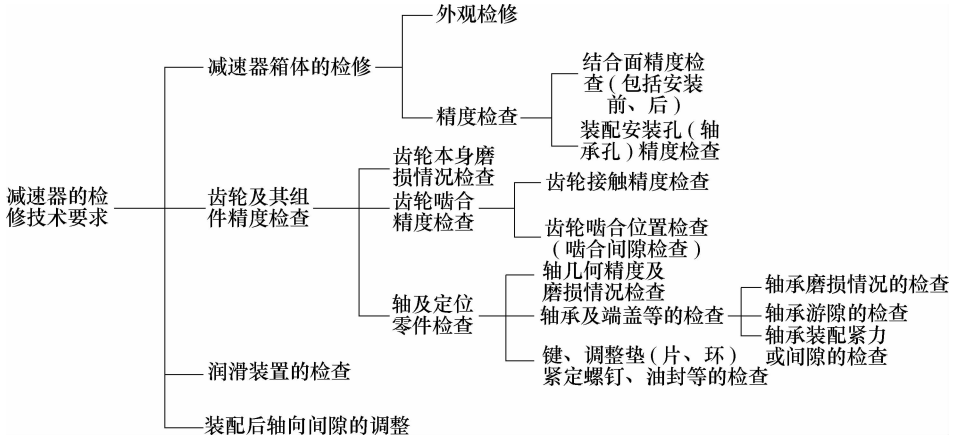


图 4-52　圆柱齿轮减速器的检修程序

（一）测量工作

减速器各部件拆卸后，经过对零部件进行认真清洗及去飞边后，可进行各项精度的检查。通常包含轴承间隙、齿侧与齿顶间隙、轴承紧力、结合面接触精度、齿轮接触精度等，并可用压铅丝法一次性同时进行。即首先在齿面上薄而均匀地涂上红丹粉，然后分别在齿面上、箱体结合面上按要求对称地放置铅丝（铅丝直径为 0.5 ~ 2mm，长为 15 ~ 20mm），将减速器上盖扣上，对称地紧固螺栓，各螺栓的紧力应一致。按电动机转动方向，旋转减速器输入轴一整圈，打开上盖后做如下工作。

1）减速器上、下箱体结合面间隙的测量：

①用外径千分尺测量各铅丝的厚度，做好记录。

②计算厚度差值，标出结合面最大间隙，如图 4-53a 所示。

2）如图 4-53b 所示，根据压铅丝结果，分析箱盖对各轴承的紧力，如果过大或过小，则应对结合面刮研修整。轴承紧力公式如下：

$$\text{轴承紧力} = \text{顶隙}\ c_1 - (c_2 + c_3)/2$$

注意：修刮结合面时，应对结合面间隙和轴承紧力情况进行综合判断，以确定修刮部位及修刮余量。

3）检查轮齿接触面积。

4）用千分尺逐一测量铅丝被压扁之后的厚度值，并计算其平均值，即为圆柱直齿齿轮的齿侧间隙，如图 4-53c 所示。

这里要强调的是，斜齿圆柱齿轮用上述方法测出的数值为端面侧隙，而检修质量标准中提及

的齿侧间隙为法向侧隙（表4-16），所以应将斜齿轮的端面侧隙变为法向侧隙，端面侧隙与法向侧隙的换算方法见式（2-2）。

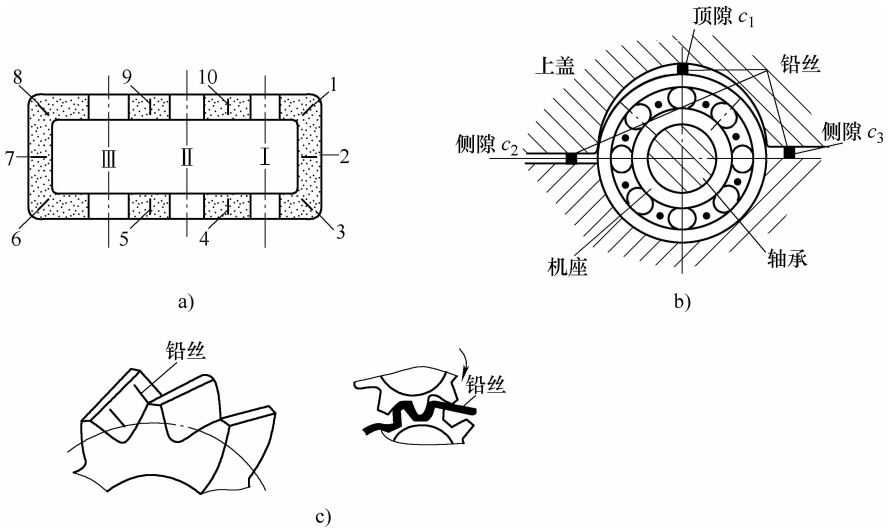


图4-53　用压铅丝法测量间隙或接触精度

a）用压铅丝测量减速器结合面　b）用压铅丝测量轴承间隙　c）压铅丝测量齿侧间隙

表4-16　中心距极限偏差

中心距/mm	极限偏差/cm	最小极限侧隙/cm	中心距/mm	极限偏差/cm	最小极限侧隙/cm
≤50	±60	85	>200～320	±120	210
>50～80	±80	105	>320～500	±160	260
>80～120	±9	13	>500～800	±180	340
>120～200	±105	170	>800～1250	±200	420

（二）零部件的检修

1. 齿轮与轴组件的检修

齿轮组件的检修可分为齿轮组件的检查测量与拆卸、零件检修及零件回装三个过程。

1）清洗并检查齿轮、轴等表面磨损情况并做相应记录。

2）用铜棒敲击法检查齿轮、键、轴等的配合情况，对磨损情况进行分析记录，以便检修。此项检修的重点是配合面的检查。

3）测定齿轮的轴向和径向晃动度，并作好相应记录。

4）用齿形样板检查齿形。按照齿廓制造样板，以光隙法检查齿形。根据测试结果判断轮齿磨损和变形程度。

5）检查平衡重块有无脱落。

6）轴上相配件的拆卸，推荐用拉力拆卸（图4-54）或局部加热法拆卸。

在拆卸齿轮的过程中，当齿轮与轴的配合紧力过大时，可先使用螺旋

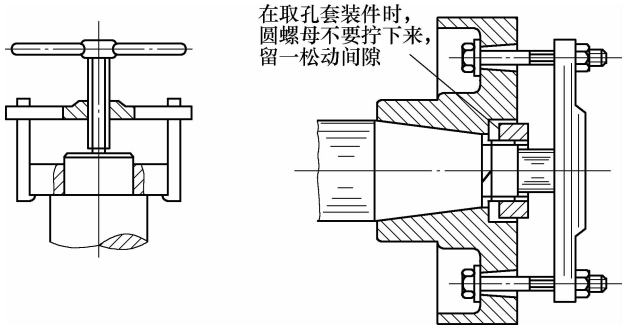


图4-54　用丝杠拉取套装件的方法

压力机、液压千斤顶和拉马等工具进行预顶拆卸，并用装有 120℃左右机油的油壶浇泼齿轮上。为使大部分热油浇在齿轮上，可用石棉带等将轴裹盖严，然后使用长嘴油壶浇泼（图 4-55）。

7）拆卸后对轴及其相配件作进一步测量和检查。检查测量部位主要包括：

①轴有无变形和裂纹，螺纹、键及键槽、止推锁紧装置等处有无缺陷。

②轴与轴承、齿轮、隔套及密封装置相配合的轴颈尺寸是否符合零件图的要求。

③齿轮内孔及键槽尺寸是否符合零件图的要求。

8）零件修复。

①用油石、砂条、细砂布对局部表面进行修整。

②对轴头因受力涨粗的部分进行修复。

③轴的修复（包括配合尺寸及配合表面修复、轴的矫直、键槽的修复等）。

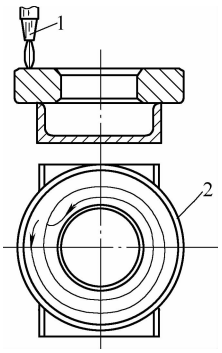


图 4-55　套装件的加热拆卸方法

1—火嘴　2—旋转工作台

④键与键槽的修复，即锉配键。

⑤对齿轮去飞边、孔口及键槽进行修复。

⑥轴承的清洗或更换及其他相配件（如轴套、销子、顶丝、锁母等）的修复。

2. 箱体的检修

箱体的检修主要包括箱体的清理，缺陷认定及修复，油封装置的检查与更换，箱体与箱盖接触精度的检查与修复。

（三）整体装配

在完成以上检修工作，用汽油洗净各部件后，即可进行齿轮箱的整体装配。

1. 装配的基本要求

1）保证正确的传动比（速比），使传递的运动准确、可靠，达到规定的运动精度。

2）保证传动时平稳，振动小，噪声小。

3）保证齿轮工作面接触良好。

4）保证规定的侧向间隙。

2. 装配方法和注意事项

装配时应按解体时的印记与解体相反的顺序依次就位，防止装反、装错。即应先装入转速最低的轴，然后依次装入转速高的轴。其具体装配过程如下所述。

1）装好相应组件。

2）按印记就位内部部件，就位时不得碰伤齿轮和轴承。

3）根据装配印迹所示轴承端盖位置和测记的轴向间隙值，对端盖内、外止口垫片厚度进行调整，以调整好轴向膨胀间隙和推力间隙。其具体确定方法有：

①按式（4-1）计算膨胀间隙。

②按如图 4-56 所示方法测量传动组件轴向间隙。

③根据测量的轴向间隙的原始数据，减去计算出的轴向膨胀间隙值，再加上轴承工作游隙预留值（根据轴承工作游隙值确定）即为端盖垫片的厚度。

④至于垫片应加在端盖的内止口，还是外止口，以及加多厚，均要根据具体计算差值及端盖结构而定。

4）测量轴承（外圈）紧力，如不符合规定要求可通过修整轴承座孔，或在结合面加垫等方式进行调整至设备规定值。

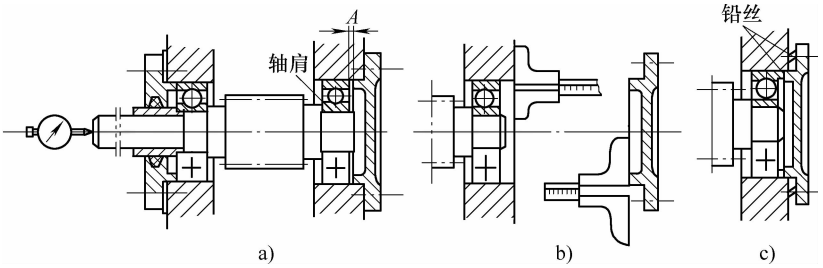


图 4-56　轴向间隙测量方法

a）用百分表测量　b）用游标深度卡尺测量　c）用压铅丝法测量

5）检查齿轮装配质量，复测及调整齿轮啮合间隙，使其径向圆跳动（以分度圆上弧长计算）和中心距在规定范围内。

6）检查齿轮啮合质量：用色印法复查齿轮啮合情况。从接触痕迹的位置，判断齿轮组装质量；从接触痕迹的大小，判断齿面的啮合好坏。如不符合要求可调整齿轮轴向位置。

7）装好箱体上盖和轴承端盖，密封填料压在轴上的力要适中，过紧则运转时会使轴发热。最后用手盘动轮轴，其旋转应轻便灵活，咬合平稳，无冲击碰撞等异常声响。

8）组装完毕和验收合格后，结合面应清理干净，在结合面上呈线状挤上密封胶。立即把清理干净的箱盖盖好，装上定位销，校正好上盖位置，然后对称地并且力量均衡地将全部螺栓紧固。

9）最后加入润滑油，把油孔盖装好。

对没有润滑油槽的齿轮箱，其轴承在装配时，要加上 1 号钙钠基润滑脂，加油时应用手从轴承一侧挤入，另一侧挤出。为了保证热位移的自由，滚动轴承外圈与轴承壳体间的工作面上应涂些润滑脂。

（四）提高密封性的措施

为了增强法兰结合面的严密性，可在结合面上涂洋干漆、油或 601 密封胶，然后均匀对称地拧紧螺钉。若要在垫片上涂洋干漆密封，以增加其严密性时，应注意其厚度。垫在接触面上的垫片，厚度是已确定好的，不得随便增减。

二、圆柱齿轮减速器的检修质量标准

（一）齿轮箱壳体和结合面的检修

1）减速器安装底座平面的平面度公差为 0.5 ~ 1mm。减速器的结合面应平行于底座平面，底座平面与减速器结合面的平行度允许偏差应小于 0.5mm/m，结合面的表面粗糙度应不低于 *Ra*6.3μm。

2）为了保证不漏油，上、下箱体结合面上任一处间隙用塞尺检测，不大于 0.03mm（螺栓拧紧后），结合面的表面粗糙度应不低于 *Ra*6.4μm。轴端法兰结合面应平整密合，无沟槽及伤痕，在自由状态下用 0.05mm 的塞尺塞不过（螺栓拧紧前）。

3）上、下箱体结合面应与孔系轴线在同一平面内，其平面度公差小于 0.02mm。

4）结合面应平滑，其平面度、直线度公差不得超过表 4-17 所示数值。

表 4-17　减速器结合面的直线度和平面度公差

结合面长度/mm	>100 ~250	>250 ~400	>400 ~1000	>1000 ~2500
公差/μm	>25 ~40	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120

5）结合面上的定位销与销孔接触面积应为 80% 以上。

6）齿轮箱完整，不得有较大变形和裂纹。

（二）轴承盖的检修

1）轴承盖应安装正确，回油孔畅通，螺栓紧力一致。

2）端盖与轴的间隙应四周均匀（间隙为 0.1 ~ 0.25mm），密封圈与轴配合紧密，密封填料填压紧密且与轴吻合，运行时不得漏油。

（三）齿轮组件的检修

1. 齿轮质量

齿轮啮合部位及面积标准见表 4-18。

表 4-18　齿轮啮合部位及面积标准

齿轮精度等级		5	6	7	8	9	10
接触面积	不小于（%）（齿高方向）	55	50	45	40	30	25
	不小于（%）（齿长方向）	80	70	60	50	40	30

1）齿面应光滑，不得有裂纹和飞边现象，各处几何尺寸应符合技术要求。

2）齿轮的外径和宽度应与图样规定的尺寸相符，偏差不得超过 ±0.5mm。可按图样做出样板（齿规）进行检查，要求齿形的偏差不大于 0.1mm，经公法线千分尺检查，齿距偏差不大于 0.2mm，必要时可按样板进行补修。

2. 齿轮啮合质量

1）接触斑点的分布位置，应趋近齿面中部。齿顶和两端部棱边处不准接触，否则应重新修研。其齿轮啮合沿齿长和齿高的接触百分比为：齿轮啮合沿齿长不小于 60%，沿齿高不小于 45%，其具体啮合要求见表 4-18。

2）齿顶间隙为齿轮模数的 0.25 倍。

3）齿轮轮齿的磨损量超过原齿厚的 25% 时，应更换新齿轮。

4）齿轮轴向圆跳动和齿顶圆的跳动公差，应根据齿轮的精度等级、模数的大小、齿宽和齿轮的直径大小确定。其中一般常用 6、7、8 级精度，齿轮直径为 80 ~ 800mm 时，径向圆跳动公差为 0.02 ~ 0.10mm；直径为 800 ~ 2000mm 时，径向圆跳动公差为 0.10 ~ 0.13mm；齿宽为 50 ~ 450mm 的齿轮，轴向圆跳动公差为 0.026 ~ 0.03mm。

5）齿轮节圆径向晃动与端面瓢偏（径向圆跳动量及轴向摆动量、齿轮与轴的装配情况）检查：

①齿轮的中心与轴的中心线重合。

②齿轮的端面与轴的中心线垂直。

③齿轮径向和轴向摆动量最大允许值为：径向不大于 1mm（即不应大于节圆直径的米数乘以 0.25mm）；轴向不大于 1.2 ~ 1.5mm（即不大于节圆直径值的 35%）。

6）当齿轮加有平衡重块时，平衡重块不得有脱落和松动现象。

7）齿轮与轴的配合质量，应根据齿轮的工作性质与设计的要求确定，一般的配合特性和使用范围可参考有关规定进行选用。齿轮应紧靠轴肩，无松动。

8）当附有键连接时，键的配合应符合国家标准，键的顶部应有一定间隙（视其大小在顶部留有 0.1 ~ 0.4mm 的间隙），当键的顶部间隙过大时，键底不准加垫，必须换上合格的键。

9）圆柱齿轮传动中心距极限偏差（沿齿轮的齿宽平面内，实际组装中心距与设计中心距之差）及齿轮啮合最小齿侧间隙数值见表4-16。

（四）轴承检修质量标准（参看本章第二节）

（五）其他

1）油位计指示清楚正确；通气孔、回油槽畅通。

2）油杯等加油装置应齐全、完好。

三、开式齿轮传动装置的检修

开式齿轮传动装置在检修前首先要做好解体工作，因各设备的开式齿轮传动装置的位置不同，故解体前一定要考虑其他机构的位置，需要挪动其他机构的，应在拆除前做好标记。其检修工艺如下。

1. 解体

齿轮拆卸前先切断电源，然后拆下齿轮和联轴器的防护罩，拆下电动机地脚螺栓和联轴器螺栓，将电动机移开。

（1）清理检查各部件　检查轴承座有无裂纹和齿轮有无异常现象。

（2）测量间隙　用塞尺或压铅丝的方法，测出齿顶或齿侧间隙，并做好记录。

（3）开式传动齿轮的拆卸及检修

1）将轴承座的位置，齿轮位置打好印记，以便回装时参考。

2）拆卸轴承座螺栓及其他连接紧固件，并妥善保管。

3）将各部件移位吊出，排放在指定的垫板上。

开式齿轮传动拆卸后，齿轮、轴及轴承和其他轴上零部件的具体检修工艺与圆柱齿轮减速器相同。

2. 组装就位

1）将组装好的齿轮部件逐一固定。

2）先把一组齿轮（一般是大齿轮）安装紧固。定位时须用塞尺检查轴承间隙是否均匀，不一致时应调整轴承座的左右或高低位置。

3）第二组齿轮应以第一组齿轮为基准调整确定位置。当齿顶间隙、轮齿中心位置、轴承座位置等适当后，将地脚螺栓初步紧固。

4）用涂色法检查齿轮啮合情况，然后进行调整。

5）将其他地脚螺栓完全紧固。

6）联轴器找中心。

7）把齿轮清洗干净后，用棉布擦干，均匀地加涂润滑脂，立即安装好齿轮防护罩。

3. 开式齿轮传动装置的安装质量标准

1）用色印法检查齿轮、蜗杆与蜗轮的啮合情况，一般沿齿高不少于50%，沿齿宽不少于60%，并不得偏向一侧。

2）齿轮啮合时，齿侧间隙及齿顶间隙应符合设备技术文件的规定，且齿顶间隙偏差不得超过模数的0.05倍。

3）机盖与机体的法兰结合面应结合紧密，不得漏油。

四、行星减速器的检修

图4-57a所示为行星减速器的原理及结构图，图4-57b所示为行星减速器用于斗轮旋转驱动装置的应用实例。行星减速器的检修质量标准与圆柱齿轮减速器的基本相同，但二者检修工艺有所区别，尤其是拆卸及组装方法应结合被驱动设备进行。

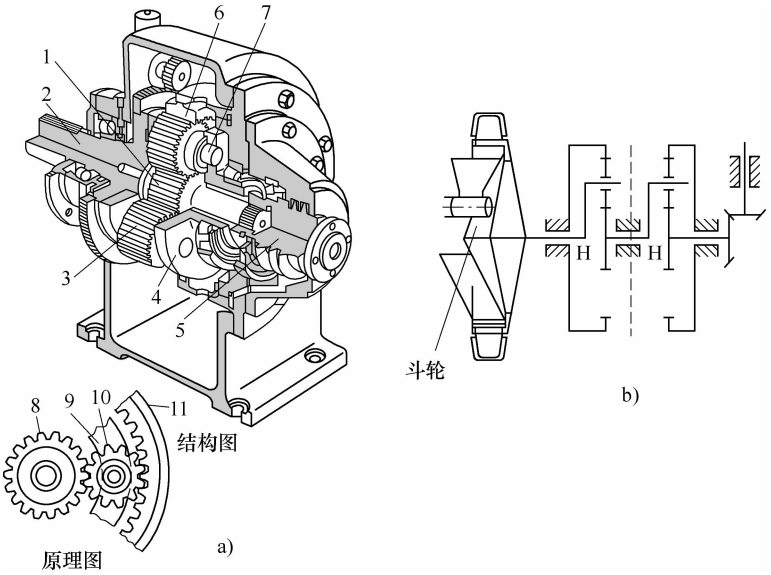


图 4-57　行星减速器的结构及应用

a）行星减速器的原理及结构图　b）斗轮行星减速器驱动装置

1—中心齿轮　2—低速轴　3、10—行星轮　4、9—行星架　5—高速轴

6—内齿轮　7—行星轮轴　8—太阳轮　11—齿圈

图 4-58 所示为重车调车机驱动装置，下面以此驱动装置中的行星齿轮减速器的检修实例，分析行星减速器的检修工艺。

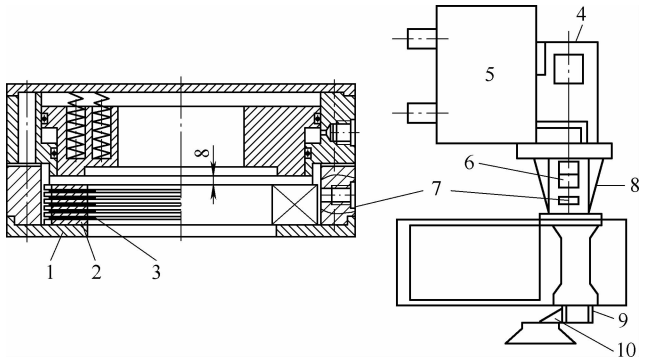


图 4-58　重车调车机驱动装置

1—端盖　2—摩擦片　3—缓冲隔套　4—驱动电动机　5—风机　6—联轴器

7—制动器　8—行星齿轮减速器　9—小齿轮　10—齿条

1. 拆卸电动机

在两个半联轴器上打上记号，若为柱销式联轴器，拆除两个半联轴器的传动销轴，若为齿轮联轴器，在相互啮合的内、外齿上做好标记。拆卸电动机与机座的连接螺栓并打标记，并将电动机从机座上吊出并放在适当的位置。做好标记后，将半联轴器拆下并检查，其具体方法详见本章第三节。

2. 拆卸并检测联轴器

做好标记后，拆卸减速器输入轴侧的联轴器并检查，其具体方法详见本章第三节。

3. 拆卸减速器

1）拆下制动器的进油管，用合适的螺塞将进油口堵上，并解开制动器上接近开关的电线。

2）卸下减速器上的放油螺栓，待润滑油完全流出后，装上放油螺栓。

3）卸下减速器与车架的连接螺栓，并在车架和减速器的对应位置上打标记。将减速器从车架上整体吊出，并移到检修位置。

4）卸下输出轴端的螺栓，卸下输出端驱动齿轮。

5）拆检液压多盘式制动器：拆开制动器盖螺栓，打开端盖。取出制动器盘片并检查制动器盘片的磨损情况。对弹性明显减小的碟形弹簧和磨损严重的摩擦片予以更换。拆开制动器与减速器相连的螺栓，卸下制动器外壳。检查更换损坏的密封环、弹簧等部件。

6）拆检减速器本体：

①在减速器各结合部分的端盖外打装配标记，拆下减速器中间结合位的连接螺栓，将减速器行星齿轮部分从减速器上卸下。清洗检查行星齿轮及轴承的磨损情况，并检查更换减速器齿轮输出端骨架油封，同时应检查更换减速器的油位计。

②拆开减速器上端盖螺栓卸下端盖，清洗检查齿轮、轴承。并检查更换主动轴和制动轴处的骨架油封。将齿轮清洗干净，检查、观察、测定齿轮的磨损，轴向、径向晃动、齿顶、齿侧的间隙等，并做好记录。

③更换齿轮（点蚀面积沿齿宽及齿高方向超过 60% 时，齿轮应予以报废；齿轮磨损后齿厚小于原齿厚的 70% 时，应予以报废；齿面点蚀面积超过齿全部工作面积的 30%，磨损超过齿厚的 10%，有断齿的应更换齿轮）：将需要更换齿轮的轴装配卸下来，卸下轴承及定位套，用压力机将齿轮压下来，再用压力机上将新齿轮装好。

④更换轴承（因磨损轴向间隙超过允许值可以调整，重新调整后达不到要求的应予以更换，轴承出现裂纹、疲劳剥落的小坑，保持架破坏，过度磨损等情况的，应更换轴承）：拆下旧轴承，用温差法把新轴承装到轴上（加热油为机械油，控制油温在 120℃左右；加热时间一般为 10～15min）。

⑤吊出机壳内部件时要做好印记，各部件要摆放整齐、稳妥，防止碰伤和错乱。对轴进行检查校正时，如需更换，则新轴应符合图样要求。

⑥检查减速器结合面，采用刮研等方法，消除因减速器使用后发生变形而造成的结合面不严。

4. 回装减速器

1）按拆卸的逆序装配。各轴承加注适量的润滑脂，检查各轴承的装配间隙符合要求，装配时各结合面端盖处注意密封。须更换的密封环、密封垫应及时更换，并在结合面处，使用密封胶来密封。

2）在输出轴端装上驱动齿轮，并在齿上涂润滑脂。将减速器吊装到车架基座上，上紧地脚螺栓。各轴承加注适量的润滑脂，用 2 号钙基润滑脂，占空腔的 1/2～2/3。

3）装配止动器：按拆卸的逆序装配。

4）联轴器装配：将两个半联轴器分别装在电动机和减速器轴上，调整安全联轴器的碟形弹簧压紧程度。

5）回装电动机：将电动机座装配到减速器上，将电动机吊装到电动机座上，并找正、紧固。

5. 减速器加注润滑油

天冷时油黏度号应小一些，天热时油黏度号应大些。加油量为油标最高位以下，最低位以上且检修结束后应做到：

1）油位计清洁明亮，油位计标记清楚、正确、不漏油，润滑油无变色现象。

2）齿轮运行平稳，无冲击和不均匀的杂声。

3）试运转的时间不少于30min，轴承无杂声，其轴承温度在规定数值内。

4）箱体无明显的振动。

5）减速器壳体清洁、无油垢，其结合面与轴承密封处无漏油。

6）记录齐全、真实、准确。

7）检修完工后，应清扫现场。

五、锥齿轮传动机构的检修

1. 锥齿轮传动装配时的调整

装配锥齿轮传动装置的关键环节是：两齿轮轴的轴向定位及侧隙的调整。小齿轮的轴向定位，常以小齿轮的安装基准面至大齿轮轴的距离为依据，测量小齿轮的安装位置（图4-59），大齿轮则以侧隙决定其轴向位置。

用背锥面作基准的锥齿轮，装配时可将背锥面对成齐平，来保证两齿轮正确的装配位置。也可以使两个齿轮沿各自的轴线方向移动，一直移到它们的假想锥体顶点重合在一起为止（图4-60）。在轴向位置调整好后，通常用调整垫圈厚度的方法，固定齿轮的位置。

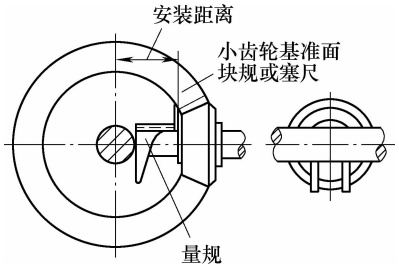


图4-59　以小齿轮定位

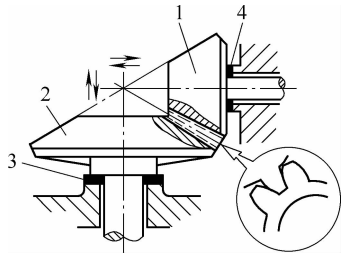


图4-60　以背锥面为基准进行装配及调整

1、2—锥齿轮　3、4—轴向位置调整垫片

2. 锥齿轮传动啮合精度的检查

（1）接触面积与接触部位的检查　图4-61所示为用涂色法检查锥齿轮啮合精度的情况。

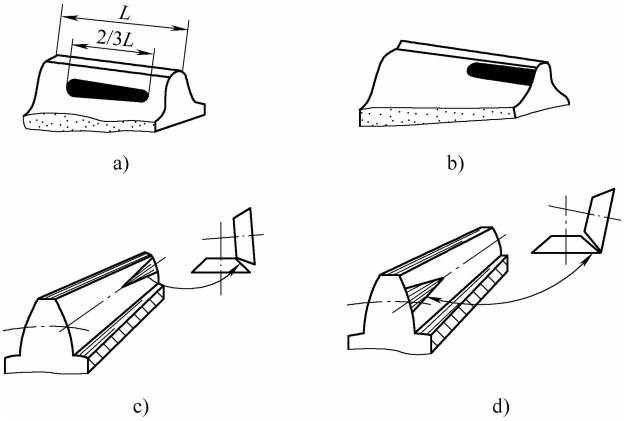


图4-61　锥齿轮传动齿面接触精度的检查

a）正确啮合　b）侧隙不足　c）夹角过大　d）夹角过小

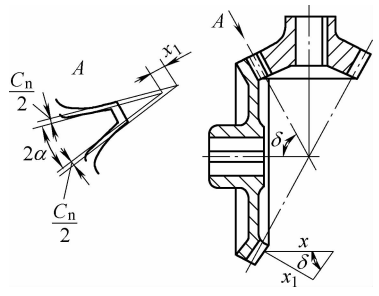


图4-62　直齿锥齿轮轴向调整量与侧隙的近似关系

（2）锥齿轮传动齿轮啮合间隙的检查　锥齿轮传动齿轮啮合间隙的检查方法同圆柱齿轮传动机构的基本相同，但直齿锥齿轮的侧隙 C_n 与齿轮轴向调整 x（图4-62）的近似关系为

$$C_n = 2x\sin\alpha\sin\delta \tag{4-4}$$

式中　α——压力角；

δ——节锥角；

x——齿轮轴向调整量。

可通过调整锥齿轮的轴向位置获得要求的齿侧间隙。

第五节　蜗杆减速器的检修

蜗杆减速器因其减速比及输出转矩大的特点，在工程机械上有着广泛的应用，如斗轮堆取料机悬臂回转机构和叶轮给煤机行走机构等，均采用了蜗杆传动形式输出运动和动力。因此掌握蜗杆减速器的检修工艺，也是燃料设备检修人员的必备技能之一。

一、蜗杆传动的检修技术要求

图 4-63 所示为蜗杆减速器结构，图 4-64 所示为蜗杆与蜗轮组件结构，其检修技术要求为：

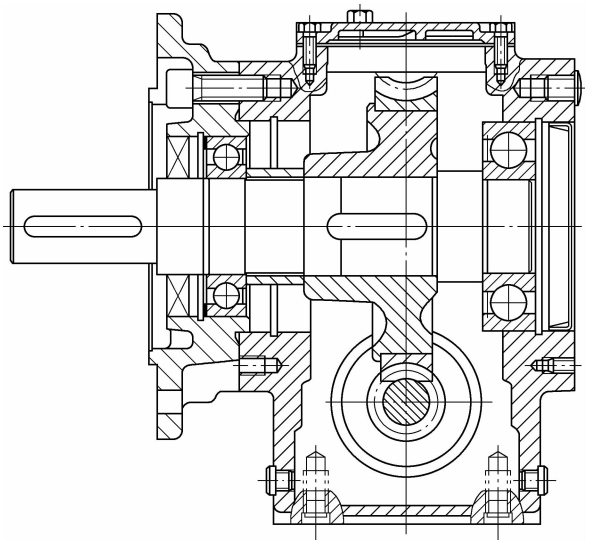


图 4-63　蜗杆减速器结构

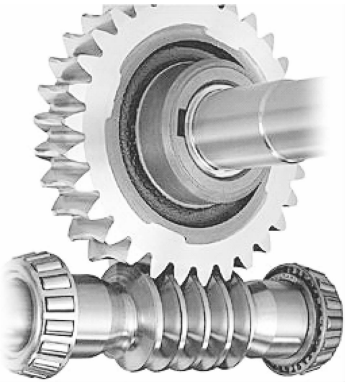


图 4-64　蜗杆与蜗轮组件结构

1）蜗杆轴中心线应与蜗轮轴中心线相互垂直，如图 4-65a 所示。

2）蜗杆、蜗轮的中心距要求准确，并有适当齿隙，如图 4-65b 所示。

3）蜗杆轴的中心线应在蜗轮齿弧中心的平面内，如图 4-65c 所示。

二、蜗杆减速器的检修工艺

蜗杆减速器中蜗杆与蜗轮组件的具体拆卸工艺（包括加热拆卸工艺）与齿轮减速器的相同，这里就不再赘述。下面仅对燃料设备驱动装置检修中，蜗杆减速器的装配及精度检查问题做如下分析。

1. 蜗杆传动轮齿接触精度的检查

用涂色法检查后，图 4-66a 属正确啮合情况，即接触部位及斑点应在蜗轮中部稍偏于轮齿旋出方向，受力后接触点将自行移至中部。图 4-66b、c 均属不正确啮合情

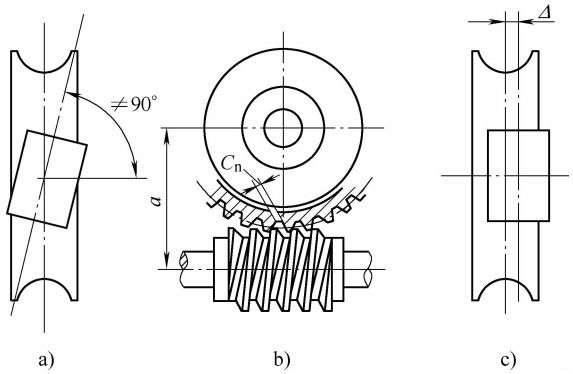


图 4-65　蜗杆减速器的检修技术要求

况，可以通过调整蜗轮两端的滚动轴承端盖的垫片厚度予以修复（图 4-67）。

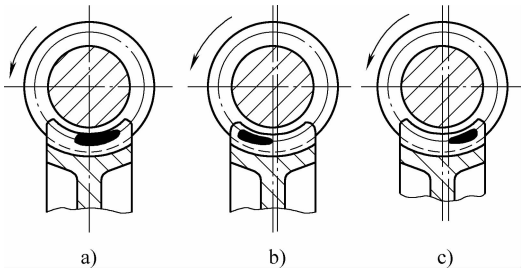


图 4-66　蜗杆减速器用涂色法检查啮合精度

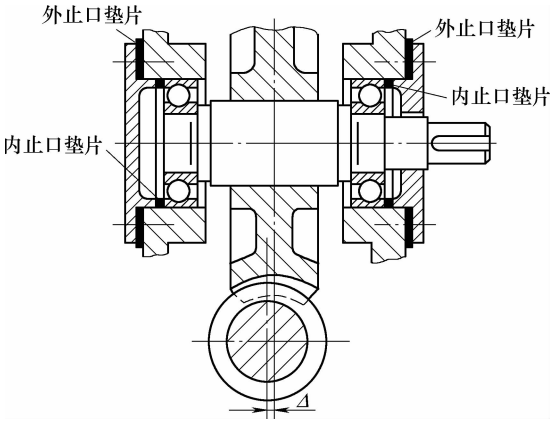


图 4-67　蜗杆减速器加垫调整方法

2. 蜗轮组件的装配

1）将蜗轮轴从箱体孔内穿入，将蜗轮套装到轴上。

2）将左、右两端轴承装到轴上。

3. 蜗杆的装配与调整

1）先将圆锥滚子轴承内圈装入蜗杆轴上形成组件。

2）将蜗杆组件装入箱体内，同时装入两端轴承外圈。

3）装入右端轴承盖并拧紧螺钉，用铜棒垫上软质材料轻击左端蜗杆轴，使右端轴承外圈与右端盖内止口紧密贴合。

4）装入左端盖，用木锤轻击，使端盖内止口紧靠轴承外圈，然后拧紧端盖上螺钉。

5）一边拧紧螺钉，一边可用手盘动蜗杆轴，当拧紧到盘动轴有发紧的感觉时为止。这时轴承的轴向间隙为零，用塞尺测量端盖外止口间隙 Δ 值（图 4-68），该值加上两端轴承所需的游隙值，即为左端盖外止口面应加垫片的厚度。

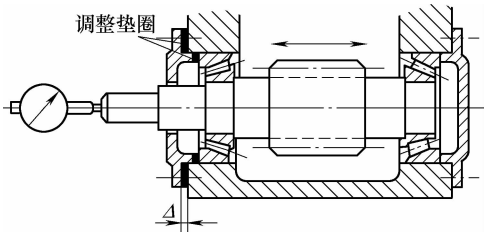


图 4-68　蜗杆轴向间隙的测量与调整

6）为保证蜗杆装配后的轴向间隙，应用百分表在轴端进行检查。

7）对于大容量、重载及高速的蜗杆减速箱，蜗杆轴应考虑热膨胀量。

4. 蜗轮轴向位置的调整

为获得要求的蜗轮对中精度、轮齿啮合位置精度（图 4-66）需要仔细调整蜗轮的轴向位置。

1）在蜗杆或蜗轮上涂色，手动旋转蜗杆轴，带动蜗轮旋转，判断接触部位是否符合要求，确定蜗轮轴移动方向。

2）蜗轮轴应向左移动，如图 4-67 所示。将蜗轮轴调整到正确位置后，将左、右端盖去掉，并按图 4-69 所示进行测量。

3）用游标卡尺或游标深度尺测量箱体孔端面到轴承端面的距离 L_1，再用游标卡尺测量端盖止口深度 L_2，L_2 与 L_1 的差值即为加垫厚度 Δ。若内、外止口都加垫片，可自行合理分配 Δ 值。如图 4-67 所示，根据印迹，蜗轮需向左移，则增加右端盖内止口垫片厚度，减薄左端盖外止口垫片厚度。

4）装上调整垫及左、右两端盖，旋拧紧固螺钉，紧固方法为左、右两端同时对称紧固螺

钉，且一边紧固，一边用手盘动蜗杆，应灵活无阻滞，且蜗轮在任何位置上，用手旋转蜗杆的转矩均应相同，无咬住现象。

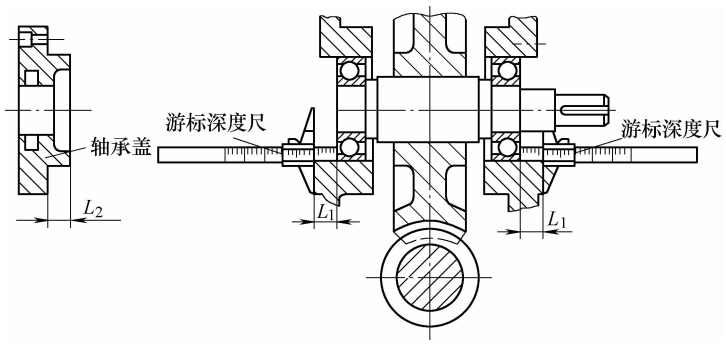


图 4-69　加垫厚度的测量

5）蜗杆与蜗轮装配齿侧间隙的检查方法有压铅丝法、百分表检测法及空程量大小判别法。

对于蜗杆与蜗轮传动用压铅丝法检测其齿侧间隙较为困难，但也可采用；对于要求传动精度不高的蜗杆传动，可用手转动蜗杆，根据转动时空程量的大小来判别侧隙的大小。

通常情况下，较常用百分表检测齿侧间隙。

如图 4-70a 所示，在蜗杆轴上固定一带量角器的刻度盘 2，百分表测头顶在蜗轮齿面上，手转蜗杆，在百分表指针不动的条件下，用刻度盘相对于固定指针 1 的最大转角判断侧隙大小。如果用百分表直接与蜗轮齿面接触有困难时，可在蜗轮轴上装一测量杆，如图 4-70b 所示。

空程角与侧隙有如下的关系（略去蜗杆升角的影响）。

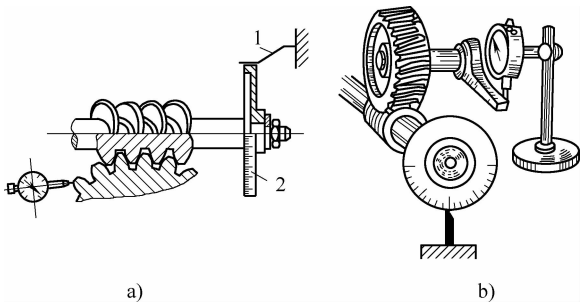


图 4-70　蜗杆传动齿侧间隙的百分表测量法

a）空程角检测方法一　b）空程角检测方法二

1—固定指针　2—刻度盘

$$\alpha = C_n \times \frac{360^\circ \times 60}{1000 \times z_1 \pi m} = 6.8 \frac{C_n}{z_1 m}$$

或

$$C_n = z_1 \pi m \frac{\alpha}{60} \tag{4-5}$$

式中　C_n——侧隙，单位为 mm；

z_1——蜗杆头数；

m——模数；

α——蜗杆空程传动角。

经检测后，齿侧间隙达不到质量要求，可通过少量移动蜗杆轴向位置来调整。

6）蜗杆与蜗轮接触面积主要由蜗杆与蜗轮的中心距来保证，见下述质量标准。

三、蜗杆减速器检修项目及质量标准

1. 蜗轮的检修质量标准

1）轮心无裂纹等损坏现象，当青铜轮缘与铸铁轮心配合，一般采用 H7/s6。当轮缘与铸铁轮心为精制螺栓连接时，螺栓孔必须铰制，与螺栓配合应符合 H7/m6。

2）蜗轮齿的磨损量一般不准超过原齿厚的 1/4。

3）蜗轮与轴的配合：一般为 H7/h6，键槽为 H7/n6，蜗轮径向圆跳动见表 4-19。

表 4-19　蜗轮径向圆跳动公差　　（单位：μm）

精度等级	蜗轮分度圆直径/mm								
	≤50	>50～80	>80～120	>120～200	>200～320	>320～500	>500～800	>800～1250	>1250～2000
7	32	45	50	58	70	80	95	115	140
8	50	65	80	95	110	120	150	190	220
9	80	105	120	150	180	200	240	300	360

2. 蜗杆的质量标准

1）蜗杆齿面无飞边、裂纹等缺陷。齿面的表面粗糙度不超过 *Ra*6.3μm。

2）蜗杆齿的磨损，一般不超过原齿厚度的 25%。

3）蜗杆齿的径向圆跳动公差（即蜗杆转一圈，由蜗杆旋转轴线至齿沟固定表面间的最大变动距离）列于表 4-20 中。

表 4-20　蜗杆径向圆跳动公差　　（单位：μm）

精度等级	蜗杆分度圆直径/mm				
	>12～25	>25～50	>50～100	>100～200	>200～400
7	16	18	20	26	36
8	25	28	32	42	55
9	40	45	50	65	90

3. 蜗轮与蜗杆组装的质量要求

1）装配好的蜗杆传动在轻微的制动下运转后，蜗轮齿面上分布的接触斑点应位于齿的中部，并且应符合表 4-21 的数值。

表 4-21　蜗杆减速器安装啮合接触斑点

精度等级	接触斑点(%)	
	沿齿高不小于	沿齿长不小于
7	60	65
8	50	50
9	30	35

2）新更换的蜗轮或蜗杆，应保证蜗杆齿与蜗轮齿的非结合侧面的间隙，其值应在表 4-22 的范围内。

表 4-22　蜗杆蜗轮的啮合侧隙

中心距/mm	≤40	>40～80	>80～160	>160～320	>320～630	>630～1250	>1250
侧隙/μm	55	95	130	190	260	380	530

第六节　行星摆线针轮减速器的检修

行星摆线针轮减速器是一种采用摆线针齿啮合行星传动原理的先进减速机构。因其结构紧凑、体积小、重量轻、减速比大等优点被广泛使用在设备传动系统中。近年来，行星摆线针轮减速器在火力发电厂燃料系统中，作为减速装置和动力输出也有较为重要的应用。如环式给煤机行走机构、斗轮堆取料机斗轮回转驱动机构和电动滚筒驱动机构等。熟练掌握摆线针轮减速器的拆装、维护及检修技术，是对燃料设备检修工的基本要求。

一、摆线针轮减速器的检修工艺

摆线针轮减速器的结构如图 4-71 所示。

1. 摆线针轮减速器的检修技术要求

1）修复装配前应清除飞边、尖棱和凹凸处，并且应清洁干净。

2）销轴装入输出轴销孔时，可采用温差法或压合法，不允许采用锤击法。

3）装配后销轴与输出轴轴线的平行度公差（水平方向、垂直方向）为 8 级。

4）为了保证连接强度，紧固环和输出轴的装配应用温差法。

2. 摆线针轮减速器的拆卸工艺（图 4-72）

1）拆卸前在机座、针齿壳、端盖上分别打上装配记号，记住其装配顺序和相对应的位置。

2）旋下放油螺栓，放出润滑油。取下输入端风扇罩，用自制拉马取下风扇叶。

3）拆下连接螺栓、螺母，用锤子、扁铲将减速器的输入部分与输出部分分开（即从机座与针齿壳结合面分开）。

4）输入部分的拆卸顺序：取出销套→取出上侧摆线轮→取出间隔环→取出弹性挡圈→取出滚动轴承→取出后挡圈→取出滚柱轴承及偏心套→取出下侧摆线轮→取出前挡圈→分开针齿壳与端盖→取出针齿销与针齿套→取出端盖内弹性挡圈→向里敲出带滚动轴承的输入轴（此处注意，在取摆线轮时可先涂色作记号，待摆线轮取下观察摆线轮原有标记的叠放位置，并作好记录）。

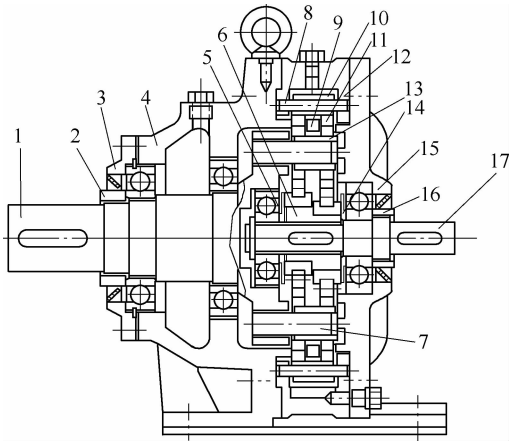


图 4-71　摆线针轮减速器的结构

1—输出轴　2—紧固环　3—油封盖　4—机座　5—后挡圈　6—偏心套　7—销轴　8—针齿销　9—间隔环　10—针齿套　11—摆线轮　12—针齿壳　13—销套　14—前挡圈　15—端盖　16—紧固环　17—输入轴

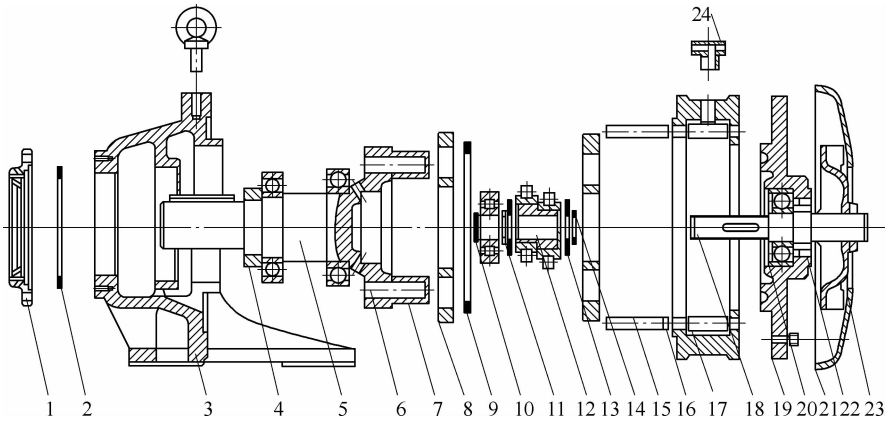


图 4-72　摆线针轮减速器的零部件分解图

1—压盖　2—止动环　3—机座　4—紧固环　5—输出轴　6—销轴　7—销套　8—摆线轮　9—间隔环　10—轴用挡圈　11、13、14—挡圈　12—双偏心套　15—针齿销　16—针齿套　17—针齿套　18—输入轴　19—法兰盘　20—孔用挡圈　21—风扇罩　22—轴封　23—风扇叶　24—通气帽

5）输出部分的拆卸顺序：取下油封盖→取出油封→取下止动弹性挡圈→敲出带轴套、滚动轴承的输出轴。

6）取出输出轴时，应用硬橡胶或枕木支垫好机座，向里敲出输出轴的轴端，把它从机座中取出，注意轴上需要垫上铜棒才可锤击。

7）若轴承、轴套符合要求时，则尽量不拆卸。

8）禁止从输出轴上取下销轴。

3. 摆线针轮减速器的装配工艺（图 4-73）

1）装配前应对已清洗好的、具有相对运动的零件表面及轴承涂润滑脂，以形成初润滑条件。

2）装配顺序与拆卸顺序相反。

3）把输出轴装入机座内时，不允许锤击销轴，应用铜棒对准输出轴的凹入部分，将其敲入。

4）按标记装配上、下摆线轮。

正常情况下两个摆线轮上均有标记，其标记相互位置有以下几种情况：

①两个标记面对面地重合。

②两个标记面对面地重合后，其中一片再旋转 180°，这种装法最多。

③两个标记同朝一面重合。

④两个标记同朝一面重合后，其中一片再旋转 180°。

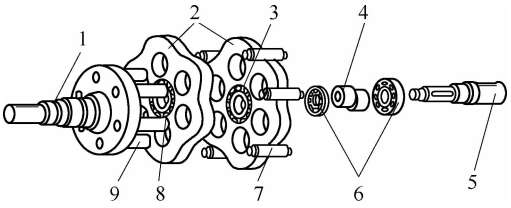


图 4-73　摆线针轮减速器主要部件分解图

1—输出轴　2—摆线齿轮　3—转臂轴承　4—双偏心套（转臂）　5—输入轴　6—输入轴轴承　7—针齿与针齿套　8—转臂轴承　9—销轴与销轴套

例如，该摆线针轮装配时，是将两摆线轮的标记面对面地重合，然后上面的摆线轮旋转 180°后进行组装。如果没有标记且拆装时又没做标记，那么就得多试几次，直到销套能垂直插入每个孔，再试组装。

5）紧固环和输出轴的装配应采用温差法进行，禁止直接敲入。

6）注意调整橡胶油封中弹簧的松紧，并涂润滑脂。

7）组装完后一定要用手转动高速轴，感受其运转是否顺畅，只有高速轴运转平顺才能表示装配是正确的，确定无故障后，即可注入摆线针轮润滑油。

二、摆线针轮减速器的检修质量标准

1）摆线针轮与针齿销、针齿壳、销轴、销套间的啮合面、配合面应光滑无裂纹，零件本身无裂纹和损伤。

2）机座、针齿壳、端盖无裂纹、变形，其结合面平整光洁。

3）输入轴、输出轴应光滑完好，与轴承配合处轴面圆柱度公差小于 0.03mm。

4）滚动轴承工作表面不许有暗斑、擦伤、脱皮等缺陷。

5）与油封配合的轴套表面光滑、无擦痕。

6）箱体座、针齿壳和法兰盘应无裂纹，经修补后不准有漏油现象。

7）结合面修理加工后，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$，装配结合后用 0.05mm 塞尺检查不得塞入。

8）当有裂纹时允许在不降低强度、紧密性和外表质量前提下，予以电焊修补，但焊补的铸件必须进行回火处理。

9）机体座各轴承孔磨损超过极限后，应按轴承配合要求修复，其表面粗糙度应不低于 $Ra1.6\mu m$，轴承孔尺寸公差为 J7，圆柱度公差为其直径公差的 1/4，与针齿壳配合的止口公差为 H7，其表面粗糙度应不低于 $Ra1.6\mu m$。

10）箱体座与针齿壳配合的端面对两轴承孔轴线应垂直，其垂直度公差为0.1mm。

11）针齿壳针齿中心圆的尺寸公差为H8，针齿销孔为H7，针齿壳与端盖配合的孔的尺寸公差为H7，与机体配合的尺寸公差为g6，表面粗糙度均为$Ra0.8\mu m$。

12）针齿壳针齿中心圆对与法兰端盖配合孔轴线的径向圆跳动公差等级为8级。

13）针齿壳针齿销孔轴线与法兰端盖配合端面的垂直度（以外圆为准）公差等级为6级。

14）针齿壳与机体配合止口的表面对与法兰端盖配合孔轴线的径向圆跳动公差等级为8级。

15）针齿壳两端面应平行，其平行度公差等级为6级。

16）摆线轮应无裂纹，齿面表面粗糙度一般为$Ra3.2\mu m$，中心表面的表面粗糙度为$Ra3.2\mu m$，轴孔的尺寸公差为H6，销孔的尺寸公差为H7。

17）偏心套两外圆的尺寸公差为JS，偏心套孔应为H7，表面粗糙度一般为$Ra3.2\mu m$，偏心距极限偏差为±0.02mm。

18）两偏心轴线对孔轴线的平行度公差为0.02mm。

三、摆线针轮减速器的常见故障分析及处理

1. 输入、输出轴的磨损

输入、输出轴的磨损主要是设备长时间运行后的自然磨损，可采用表面喷涂后，采用再加工技术修复其精度。

2. 偏心套内、外表面的磨损

偏心套内、外表面的磨损使摆线轮内孔与偏心套上轴承外滚子面间隙过大，可造成轴速下降，输出轴出力不足。解决办法是重新加工或更换偏心套。

3. 机座与针齿壳结合面或输入轴端盖与针齿壳结合面的漏油

原因一，可能是结合面螺栓松动或垫片损坏，只要拧紧结合面螺栓或重新更换垫片就能解决问题。原因二，减速器经多年运行，其壳体可能会发生变形，结合面达不到原来的精度要求，而发生漏油现象；如果是这样，通常采用表面研磨和刮研的办法进行修复。

四、有关摆线针轮减速器的局部技术改造问题

相对摆线针轮减速器内部，最容易损坏的轴承是输出端最外侧的轴承。这是因为多数型号的摆线针轮减速器输出轴的轴承腔（位于基座内的轴承空腔），其润滑条件较差，连通轴承内腔和针齿壳内腔的回油孔过小，过低，因此造成回油不畅，散热条件差，油质不良。总之，因输出轴的轴承润滑条件太差，造成输出轴最外端轴承时常损坏。为解决这一症状，通常同时采取两种措施：一是将轴承内腔和针齿壳内腔的连通回油孔扩大，即将ϕ8mm的回油孔扩至ϕ12mm；二是将基座上端的加油孔螺钉的材料（如果没有加油孔可自行加工出加油孔）改为铜合金，且在螺钉中部钻ϕ4mm的小孔，并用钎焊焊一细长铜弯头，出口向下作为放气孔（也起散热作用），如图4-74所示。经过以上措施，可大大减少输出轴外侧轴承的磨损。

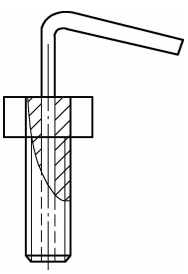


图4-74　自制加油孔螺母示意图

1. 针齿壳体排气孔的加装

针齿壳内由于输入轴带动偏心套、轴承、齿盘一起旋转，故会产生大量运动热，但目前摆线针轮减速器针齿壳外部都没有排气孔，所以导致针齿壳内运动热量无法释放，加剧了偏心套、轴承、销齿及齿套的磨损。因此可在针齿壳体外表面加工排气孔，其方法也是将针齿壳上的加油孔螺钉的材料改为铜合金，且在螺钉中部钻ϕ4mm的小孔，并用钎焊焊一细长铜弯头，出口向下作为放气孔。

2. 紧固套的磨损和骨架密封的损坏

摆线针轮减速器长期运行的过程中，由于输入、输出紧固套外圆表面和前、后骨架密封圈内

圈相互摩擦，不但导致骨架密封圈损坏漏油，而且由于紧固套外表面的磨损，间隙增大后也会产生漏油现象。那么紧固套外圆直径和骨架密封圈内圆直径有什么样的配合关系，才能减少这种漏油现象呢？经过调研实践证明，紧固套的外径比骨架内圆直径小 0.1 ~ 0.2mm，装配后二者相互配合最好（这是因为骨架密封圈本身具有一定弹性），即二者之间的磨损最少，同时也减少了漏油现象。

3. 输入轴与偏心套的连接键、键槽损坏后的处理

理论和实践都证明，偏心套及与输入轴的连接键所承受的工作载荷（剪力和转矩）较大，故偏心套的磨损和连接键及键槽的损坏现象也时有发生。若键槽磨损不能使用，可在轴上与原键槽对称之处，重新加工键槽，且须另配新键。

五、摆线针轮减速器的润滑问题

1）操作者不能仅从输出轴机座上方（此加油孔在油标的上方）加润滑油，应从输出轴机座上方和针齿壳上方两个加油孔定时加油润滑。

2）冬季时，润滑油可能会产生凝固现象，故可加适量汽轮机油（透平油）稀释。

3）第一次修理一月后换润滑油，以后每三个月换润滑油一次（至少每六个月换润滑油一次，最好在夏季与冬季各进行一次），每一年全面清洗保养一次（表 4-23）。

表 4-23　摆线针轮减速器润滑油选择表

机型号			安装形式		润滑油		
单级	两级	三级	卧式	立式	环境温度/℃	国产	进口
X0 ~ 4	X00 ~ 42	X420	润滑脂		-10 ~ +15	00	—
X5 ~ 7	X53 ~ 128	X742 ~ 1285	油浴式	摆线针轮泵	-10 ~ +5	40（30）	EP68
X8 ~ 12					0 ~ 35	70	EP150
					35 ~ 50		EP220 ~ 460

六、摆线针轮减速器的验收

1）运转平稳，无冲击和不均匀的声音，无卡阻现象。

2）试运转不少于 30min，轴承无杂声，其轴承温度不得超过 80℃。

3）减速器壳体应清洁，无油垢，其结合面与轴端密封处不得有漏油现象。

4）油位计指示正确、清楚、不漏油。

5）机座无明显振动现象。

6）防护罩安全牢固可靠。

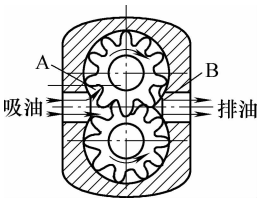
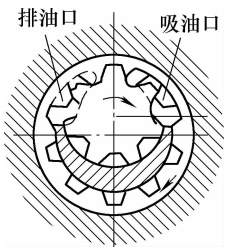
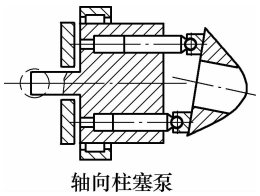
第五章　常用液压机构的检修工艺

第一节　常用液压泵及液压马达的检修

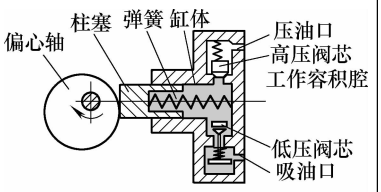
一、典型液压泵的工作原理及主要结构特点

液压泵将电动机输出的机械能转换为液压油的压力能，驱动执行元件（液压缸、液压马达等）进行工作，即压力能再次转化为机械能。典型液压泵的工作原理及主要结构特点见表 5-1。

表 5-1　典型液压泵的工作原理及主要结构特点

类型	结构、原理示意图	工作原理	结构特点
外啮合齿轮泵		当齿轮旋转时，在 A 腔，由于轮齿脱开使容积逐渐增大，形成真空，齿轮泵从油箱吸油；随着齿轮的旋转，充满在齿槽内的油被带到 B 腔，在 B 腔，由于轮齿啮合，容积逐渐减小，把液压油排出	利用齿和泵壳形成的封闭容积的变化，完成泵的功能，不需要配流装置，不能变量 结构最简单、价格低、径向载荷大
内啮合齿轮泵		当传动轴带动外齿轮旋转时，与此相啮合的内齿轮也随着旋转。吸油腔由于轮齿的脱开而吸油；油液经隔板后进入压油腔，压油腔由于轮齿啮合而排油	典型的内啮合齿轮泵主要由内齿轮、外齿轮及隔板等组成 利用齿和齿圈形成的容积变化，完成泵的功能。在轴对称位置上布置有吸、排油口。不能变量 尺寸比外啮合式略小，价格比外啮合式略高，径向载荷大
叶片泵		转子旋转时，叶片在离心力和液压油的作用下，尖部紧贴在定子内表面上。这样两个叶片与转子和定子内表面所构成的工作容积，先由小到大吸油后再由大到小排油	利用插入转子槽内的叶片间容积变化，完成泵的作用。在轴对称位置上布置有两组吸油口和排油口 径向载荷小，噪声较低流量脉动小
柱塞泵		柱塞泵由缸体与柱塞构成，柱塞在缸体内作往复运动，在工作容积增大时吸油，工作容积减小时排油。采用端面配油	柱塞的往复运动方向与缸体中心轴平行的柱塞泵

（续）

类型	结构、原理示意图	工作原理	结构特点
柱塞泵	 径向柱塞泵	柱塞泵由缸体与柱塞构成，柱塞在缸体内作往复运动，在工作容积增大时吸油，工作容积减小时排油。采用端面配油	柱塞的往复运动方向与驱动轴垂直的柱塞泵

二、常用液压泵的检修

（一）齿轮泵的检修

图 5-1 所示是常用齿轮泵结构，其检修工艺与质量标准如下。

1. 齿轮泵的检修项目

1）检查处理结合面的漏油情况，更换磨损的骨架油封。

2）检查轴承的磨损情况。

3）检查泵体和前、后端盖的磨损情况。

4）检查齿轮的磨损情况。

5）检查齿轮轴与联轴器的配合情况，不符合要求的进行检修。

6）检查处理联轴器的间隙及键与键槽的间隙。

2. 齿轮泵的检修质量标准

1）外壳不得破裂，泵体、轴封及前、后端盖结合面不得渗漏油。

2）泵体前后端盖结合面处要求光滑，表面粗糙度为 $Ra1.6\mu m$，表面不得划伤，泵体螺栓要对称紧固，紧力要均匀。

3）轴承、侧板及齿轮等磨损严重时，应根据实际情况进行检修调整。

4）轴挠度不得超过 0.04mm；滚针轴承不得有压伤、变形，滚针不得弯曲。

5）齿轮泵的装配间隙。

①齿轮轴向间隙应为 0.05 ~0.08mm。

②齿轮径向间隙应为 0.03 ~0.05mm。

③齿顶与泵体内腔之间的间隙为 0.15 ~0.20mm。

6）键与键槽的配合。

①键与轴上键槽的配合为 H9/h9 或 Ng/h9 ，装配时可用铜棒轻轻打入，以保证一定的紧力。

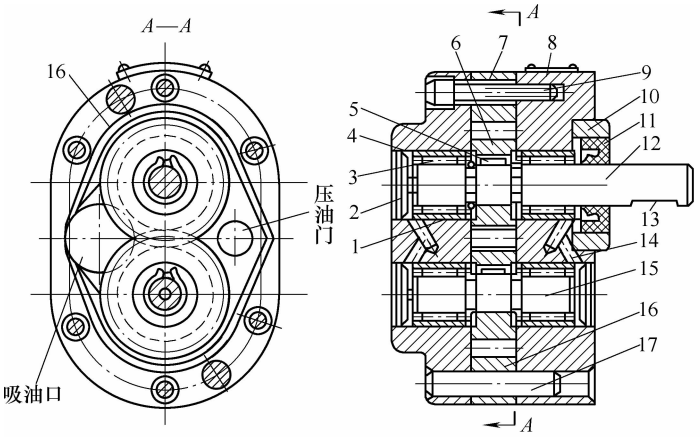
②键与轮毂槽的配合应为 D10/h9 ，装配时应轻轻推入轮毂槽。键装完后，键的顶部与轮毂的底部不能接触，应有 0.2mm 左右的间隙。

7）齿轮泵外表面光洁，无油垢、粉尘。任何杂物不得落入体内。

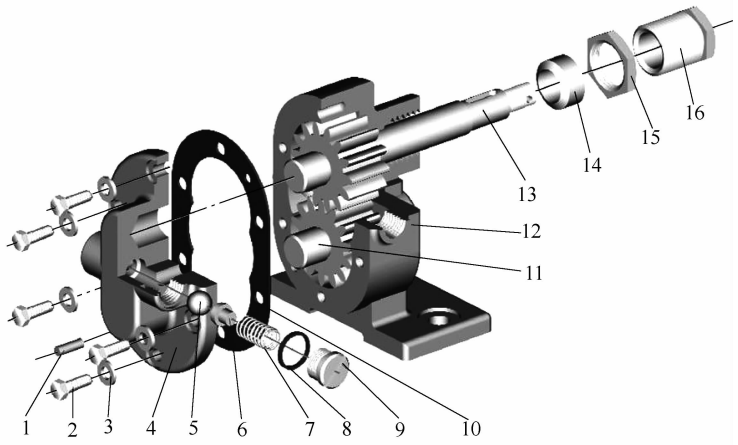
8）齿轮泵用手盘车，转动灵活无紧涩现象。液压泵试转后，不得反转，运行平稳无异常声响，振动不超过 0.03 ~0.06mm。

3. 齿轮泵的检修工艺过程

（1）齿轮的检修　齿轮泵使用较长时间后，齿轮各相对滑动面会产生磨损和刮伤。端面的磨损导致轴向间隙增大，齿顶圆的磨损导致径向间隙增大，齿形的磨损导致噪声增大。磨损拉伤不严重时可稍加研磨抛光再用；若磨损拉伤严重时，则需根据情况予以修理与更换。



a)



b)

图 5-1　常用齿轮泵结构

a）CB-B 齿轮泵结构图

1—轴承外环　2—堵头　3—滚子　4—后泵盖　5—键　6—齿轮　7—泵体
8—前泵盖　9—螺钉　10—压盖　11—密封环　12—主动轴　13—键
14—泄油孔　15—从动轴　16—泄油槽　17—定位销

b）齿轮泵实物分解图

1—圆柱销　2—螺栓　3—垫圈　5—泵盖　5—钢珠　6—钢珠定位圈
7—弹簧　8—小垫片　9—螺塞　10—垫片　11—从动齿轮轴
12—泵体　13—主动齿轮轴　14—填料
15—锁紧螺母　16—填料压盖

1）齿形修理。用细砂布或油石去除拉伤或已磨成多棱形部位的飞边，再将齿轮啮合面调换方位适当对研（装在后盖上，卸掉前盖泵体），清洗后可继续再用。但对用肉眼观察能见到的严重磨损件，应予以更换。

2）端面修理。轻微磨损的，可将两齿轮同时放在 0 号砂布上打磨，然后再放在金相砂布上擦磨抛光。磨损拉伤严重时可将两齿轮同时放在平面磨床上磨去少许，再用金相砂布抛光。此时泵体也应磨去同样尺寸，两轮齿厚度差应在 0.005mm 以内，齿轮端面与孔的垂直度、两齿轮轴

线的平行度都应控制在0.005mm以内。

3）齿顶圆检查及修理。齿轮泵的齿轮在径向不平衡力的作用下，一般会出现磨损。齿顶圆磨损后，对低压齿轮泵的容积效率（齿顶泄漏）影响不大，但对高中压齿轮泵，则应考虑电镀外圆或更换齿轮。

4）单个齿轮检修精度要求。齿形精度对于中高压齿轮泵为6～7级，中低压为7～8级。内孔与齿顶圆同轴度误差小于0.02mm，两端面平行度误差＜0.007mm，内孔、齿顶圆、两端面的表面粗糙度为$Ra0.4\mu m$。

（2）泵体的检修　泵体的磨损面主要是内腔与齿轮齿顶圆的接触面，且多发生在吸油侧。如果泵体属于对称型，可将泵体翻转180°后安装再用。

（3）前后盖的检修　装配后，前后盖与齿轮相对的接触端面可能存在磨损与拉伤，如磨损和拉伤不严重，可研磨端面修复。磨损拉伤严重的，可在平面磨床上磨去端面上的沟痕，若厚度减薄过大，应更换。

（4）泵轴（长、短轴）的修复

1）齿轮泵泵轴的失效形式主要是与滚针轴承相接触处产生磨损，如果磨损轻微，可抛光修复（并更换新的滚针轴承）；如果磨损严重，则需用镀铬工艺修复。

2）长短轴上的键槽对轴心线有平行度和对称度要求，装在轴上的平键与齿轮键槽的配合游隙不能过大，若泵轴键槽损坏严重，应相隔120°重新开槽。

3）齿轮不得在泵轴上径向摆动，轴颈与安装齿轮内孔同轴度为0.01mm，两轴颈的同轴度为0.02～0.03mm。

（5）压盖与堵头的检修　如图5-2所示，压盖与堵头一般无需修复，若在拆卸过程中，外径磨损小于要求的过盈量时，应重新加工，且压装后应达到配合过盈的精度要求，否则将会产生漏油故障。

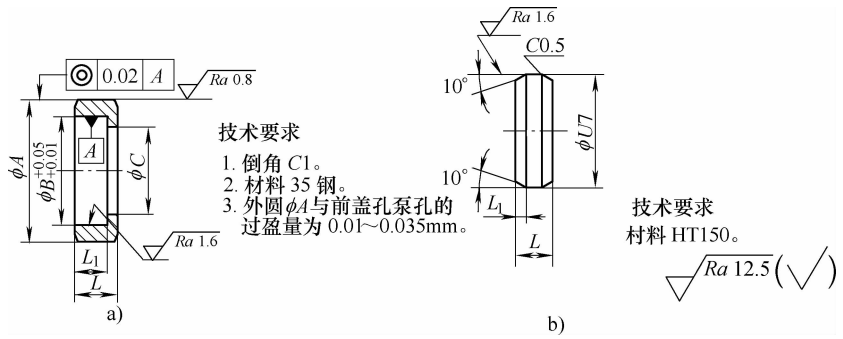


图5-2　齿轮泵压盖与堵头

a）齿轮泵压盖　b）堵头

（6）齿轮泵的装配注意事项

1）尽量保护原侧盖平面，若有损坏，应作出必要的测量记录，并在装配前恢复其精度要求。

2）清除各零件飞边，齿轮锐边用油石倒钝，但不能倒成圆角。禁忌用锉刀修磨，经磨削的零件要经退磁处理。所有零件经煤油仔细清洗后方可投入装配。

3）齿轮泵的轴向间隙由齿轮与泵体直接控制，泵体内壁与齿轮端面间隙一般为0.02～0.03mm。轴向间隙过小，发热严重，机械效率降低；轴向间隙过大，容积效率降低。装配时一般不在泵体与前后盖之间加垫片。

4）滚针轴承的滚针直径公差不能超过0.003mm，长度公差为0.1mm，滚针须如数装满轴承座圈。

5）装配时调整齿轮泵的径向间隙达到上述检修质量标准。

6）装配时油口要一一对应，O形密封圈要合适（进行必要的测量）。

7）齿轮泵前盖处装在长轴上的油封，其外端面应与法兰平齐，不可打入太深，以免堵塞泄油通道，造成困油，导致液压油从油封处泄漏。

8）齿轮泵的两定位销孔，一般液压件厂将其作为加工工艺基准。在齿轮泵维修装配时，如果在泵体和前、后盖这三个零件上先打入定位销，再拧紧6个压紧螺钉，往往会出现齿轮转不动的故障。正确的方法是：先对角交叉地拧紧6个压紧螺钉，一面用手转动长轴，若无轻重不一的现象，待转动灵活后，再配铰两销孔。

9）齿轮泵泵体不得装反，否则吸不上油，也容易将骨架油封冲翻。

（二）叶片泵的检修（以YB1型定量叶片泵为例）

1. 叶片泵工作原理分析

图5-3所示的是YB1定量叶片泵结构，其工作原理已在表5-1中说明。现详述其检修工艺与质量标准。

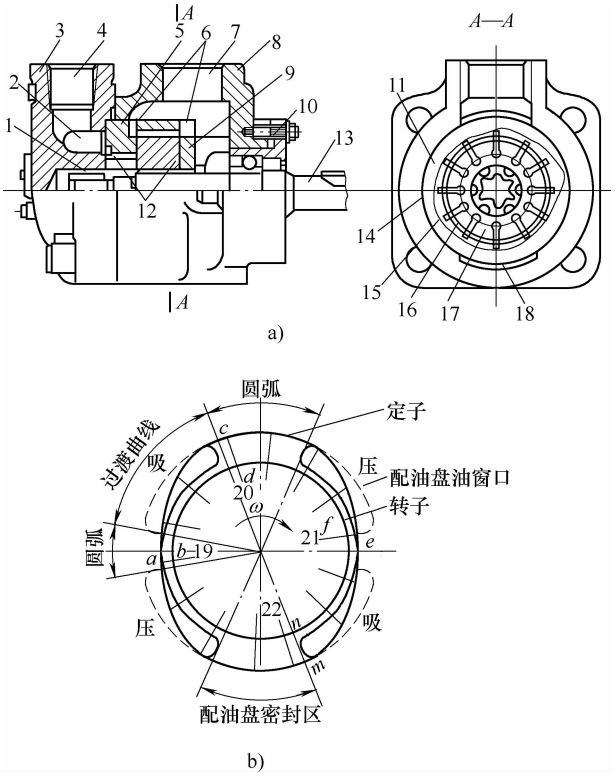


图5-3　YB1定量叶片泵结构

a）叶片泵的内部结构　b）叶片泵配油盘

1—滑动轴承　2—孔　3—泵盖　4—出油口　5、9—前、后配流盘

6—油窗口　7—进油口　8—泵体　10—滚动轴承　11—销子

12—环形槽　13—传动轴　14—定子　15—叶片

16—压油窗口　17—转子　18—流道

19、20、21、22—叶片

如图5-3所示，转子17的外表面、定子14的内表面（由四段圆弧、四段过渡曲线组成）及两端面的前、后配油盘5、9组成一环形空间。叶片19、20、21、22将环形空间分为四个密闭的区域*abcd*、*cdef*、*efmn*和*mnab*，它们通过配油盘上的窗口分别与吸油口及压油口相通。假定转子的旋转方向如图5-3所示，当叶片20沿内曲线外伸，使腔*abcd*容积增大，而叶片19沿内曲线内缩，使其容积减小，由于叶片20比叶片19伸出的长度长，两者之差使腔*abcd*容积增大，与该腔对应的*efmn*也是如此，该两腔便通过配油盘上的油窗口吸入油液。转子继续旋转，当相邻两叶片转至两油窗口之间时，其间的容积与吸、压油窗口都不沟通。转子再继续旋转，叶片20、22进入压油窗口区，由于内表面曲线的变化，使*cdef*、*mnab*两腔容积减小，油压增大，油液便通过压油窗口排出。这就是从吸油到排油的工作过程。转子继续旋转，便重复上述过程，产生连续的流量。

配油盘油窗口上的三角形槽称为卸荷槽，是当低压区向高压区过渡时，用以消除液压冲击，避免噪声等。

2. 叶片泵的检修质量标准

1）叶片与槽间隙为0.01～0.02mm，叶片在槽内应移动灵活、无卡阻。

2）叶片的高度差小于0.01mm，表面粗糙度为*Ra*0.02～0.05μm。

3）定子内孔表面粗糙度为*Ra*0.4μm，端面平行度误差为0.002mm，内柱面与端面垂直度误差为0.008mm。

4）配流盘表面粗糙度为*Ra*0.8～0.4μm。

5）转子端面平行度误差为0.003mm，端面表面粗糙度为*Ra*0.4μm，叶片槽表面粗糙度为*Ra*0.2μm。

3. 叶片泵的检修技术要求

1）定子一般是曲线表面，吸油腔曲线表面的磨损大。轻微磨损时，可用细砂布抛光，严重时可采用换位法，将定子翻转180°后使用。

2）叶片与定子内环表面接触的顶端与配油盘相对运行的两侧最易磨损，叶片可以通过精磨恢复其精度。磨修时，应将全部叶片装在一个夹具中同时加工。如果叶片仅顶端磨损严重，也可将其另一端换上来，磨损的一端作为根部使用。

3）装配前各零部件必须清洗干净，要求退磁。叶片在转子槽内应灵活移动，其间隙为0.013～0.018mm。一组叶片的高度尺寸差应控制在0.008mm以内。叶片的高度应低于转子高度0.005mm。转子及叶片在定子中应保持原装配方向，不得装反，轴向间隙应控制在0.04～0.07mm以内。装配后用手旋转主动轴，应平稳无阻滞现象。

4. 叶片泵的检修工艺过程

1）拆卸泵盖之前，必须用砂布（粒度较细的砂布或金相砂布）打磨泵轴上键槽上的飞边，以防止刮伤骨架油封，造成液压油泄漏。

2）拆卸时应做好对应部位的标记。

3）装配前用油石或砂条修整各零件上的飞边，并用煤油将各零部件清洗干净，不允许粘有任何污物，以免刮伤液压泵，造成装配故障。

4）检测叶片和转子上相配合的槽的尺寸，保证上述检修质量要求中的配合间隙。

5）转子在定子内的方向和叶片在转子槽内的方向不得装反。

6）子叶片在母叶片内及叶片在转子槽内的配合不得有卡涩现象，如个别配合松紧不均，可将叶片位置调换。

7）将转子组件装入泵腔后，应用手（或用呆板手卡住泵轴键槽）转动转子，仔细查看叶片在叶片槽内是否伸缩自如，同时检查叶片是否高出转子。若叶片高出转子，须打磨叶片，使之与

转子等高或略低于转子。

8）安装时不应使泵轴承受弯矩和轴向撞伤。

9）装泵盖时，应先在铜套内涂少许润滑脂，以便装配和保护骨架油封，在旋拧螺钉时，应严格按照对角顺序分两次拧紧，每个螺钉的拧紧扭矩应基本一致，以免泵盖与泵体结合面密封不严。各连接螺栓紧固后，用手盘动转子时，转动受力应均衡，无卡紧阻滞现象。

10）装联轴器时应采用热装，不能用力打击，以免损伤转子。

（三）轴向柱塞泵的检修

1. 斜缸式轴向柱塞泵的检修

电厂燃料设备中常用到的轴向柱塞泵有斜缸式（摆缸式）和斜盘式（直轴式）两种，如斗轮机上所用到的 ZB3-732 型、ZBSC-F481 型等斜缸式轴向柱塞泵，ZBSV ZBSV40 系列斜盘式轴向柱塞泵等。

（1）斜缸式轴向柱塞泵的工作原理　如图 5-4 所示，斜缸式轴向柱塞泵由柱塞缸体孔及配流盘构成密封的工作容积，后泵体及缸体相对球形盘（传动轴）有倾斜角；当传动轴旋转时，球形盘也随之旋转，进而使活塞带动缸体旋转。在旋转过程中，柱塞相对缸体孔产生轴向往复运动，引起工作容积的变化。再通过配油盘的吸压油完成容积式泵的工作循环。

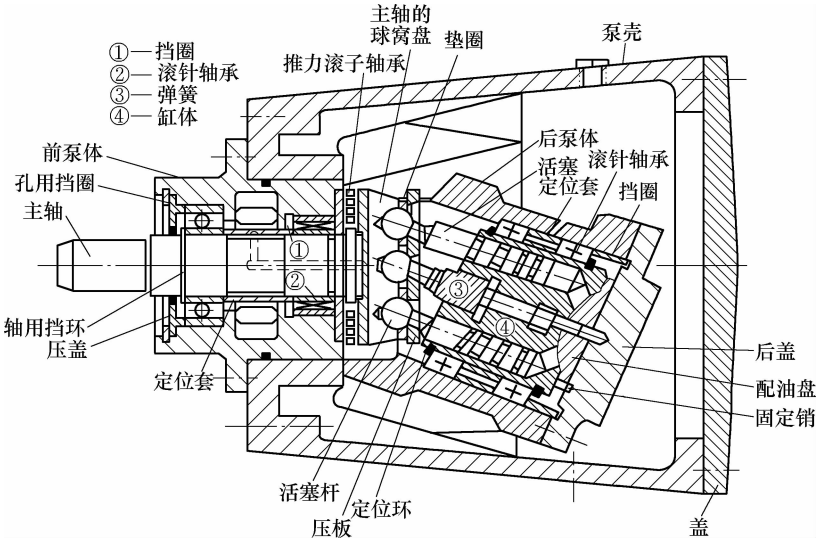


图 5-4　ZB3—732 型轴向柱塞泵

轴向柱塞泵都配有流量调节机构，不同型号的轴向柱塞泵流量调节机构有所不同，下面以斗轮机上用 ZB3-732 型斜缸式轴向柱塞泵为例，分析其流量调节原理。

ZB3-732 型斜缸式轴向柱塞泵流量调节机构如图 5-5 所示，该机构是液压操纵机构。其操纵过程如下：

当控制油从油孔Ⅰ进入 C 室时，在液压油的作用下，先导滑阀右移，并压缩弹簧，D 室油由孔Ⅱ回流，此时与滑阀相连的曲柄杆回转，从而带动缸体回转来改变缸体的倾斜角度。

当控制油从油孔Ⅱ进入 D 室时，滑阀反向运动，缸体反向偏转一个倾角。

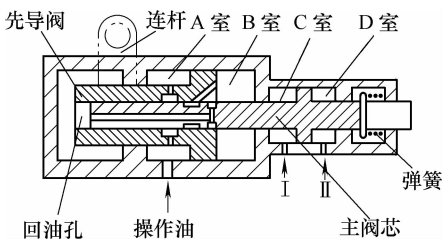


图 5-5　ZB3-732 型斜缸式轴向柱塞泵油量调节机构

（2）斜缸式轴向柱塞泵的检修项目

1）清洗检查泵体内全部零件，清除铜屑、铁屑等脏物。

2）对轴进行检查测量，尤其应对轴承配合处和对轮配合处进行检查。

3）清洗检查，测量前泵体支撑轴承和推力滚子轴承。对损坏的轴承应进行更换。

4）检测柱塞、缸体孔的磨损情况，对不符合标准的应进行更换。

5）检查压板、垫圈、柱塞杆与主轴的连接情况，发现松动的应进行紧固。

6）认真测量、检查配油盘，发现严重磨损的应进行更换。

7）应对液压泵流量调节机构进行解体检查。

8）处理各密封点的漏油故障。

（3）斜缸式轴向柱塞泵的检修工艺过程和注意事项

1）将泵壳内的油排尽，外部擦洗干净。将液压泵与系统分离并从泵架上卸下，将泵盖卸下，螺栓应保管好，结合面要清除干净。此时应将后泵体倾角调正为零。

2）将后泵体后盖螺栓卸下，将后盖卸下。

在操作过程中注意：可能将配油盘同时带出，配油盘前后接触面不得与任何物体碰击和划伤。将缸体外侧滚针轴承定位环卸下。

3）拆卸前泵体的紧固螺栓，将前泵体、主轴、柱塞、缸体一同从泵壳的前部拉出。

在操作过程中注意：在缸体、主轴等和壳体分离时，一定要有专人在泵体的后盖处，用手紧紧推住缸体的后部，使缸体与柱塞、芯杆等不脱离。

4）从后泵体的后部，将滚针轴承、定位套一同卸下。

5）将拆卸下的前泵体及附件，放在干净的木板上，将缸体取下。

在操作过程中注意：芯杆上的弹簧一起带出。拆下压板上的固定螺钉，将压板、七个柱塞和垫圈一同从主轴球窝盘上卸下。

6）拆卸前泵体孔用挡圈（有的液压泵此位置是用螺栓固定的）将轴承压盖及轴封一起卸下。拆卸前泵体轴承挡圈。

7）将主轴和前泵体分离。具体的拆卸方法是：用铜棒敲击主轴的前泵体对轮侧，力量要均匀平稳，使其轴连同推力轴承一同从右侧卸下。全部零件拆卸以后，要按先后顺序排放，不得混乱、丢失。对柱塞及相配合的柱塞孔要打好标记，最好配合存放，以备安装时参考。

8）全部零件用汽油清洗，并认真进行检查测量，对磨损严重的配合零件应进行更换。在全部零件测量、清洗和更换的件准备完毕后，方可进行安装。在安装过程中应按拆装的先后顺序和标记，将各零部件准确复位。如发现异常现象，应查明原因，否则不得盲目地安装。

9）组装时，首先将主轴、轴承压盖、轴承、滚针轴承、推力轴承、垫圈、柱塞、压板等零件与前泵体准确无误地装配在一起。并把 O 形胶环套入前泵体密封槽中。

10）把组装好的前泵体与后泵体结合时，应该做到：将泵壳放平，后泵体斜角摆正，滚针轴承的外套装入后泵体。将滚针轴承的内套定位在柱体上，并用挡圈锁死。柱体与七个柱塞装配在一起（柱塞装配以后应一直用手托住）。将装配在一起的前泵体、柱塞、缸体从泵壳的前部缓慢地送入后泵体；同时，在后泵体的后部应有人接应。

在操作过程中应注意：接者应用手轻轻推住缸体，不可用力拉，以免缸体滑下，缸体向后泵体运动的力应来源于前泵体。当缸体轴承与外套接触时，应转动主轴或缸体，使缸体顺利地滑进后泵体。前泵体与泵壳互相接触时，可能力有些紧（此处有 O 型密封环），应用铜棒轻轻敲击前泵体的外侧，使其到位。

11）将配油盘、后泵体后盖安装到位，四周螺栓均匀紧固。

12）泵体与壳体用螺栓连接并均匀紧固。后壳盖与壳体用螺栓连接，并采用可靠的锁紧措

施。

13）在全部操作过程中，工作人员禁止戴手套，不得将任何细小的杂物留在泵体内。

（4）斜缸式轴向柱塞泵的检修质量标准

1）主轴应光滑无磨损，表面粗糙度值 $Ra1.6\mu m$，轴不允许有裂纹、内伤等缺陷，轴的各段同轴度≤0.01mm。

2）球窝盘上的球窝与柱塞杆，芯杆球头接触面积不应小于球窝面积的60%。

3）柱塞杆的表面粗糙度值不应低于 $Ra0.8\mu m$，柱塞杆与柱塞连接牢固，摆动灵活可靠但不得有轴向窜动。

4）柱塞外圆与缸体孔配合间隙为0.025～0.035mm。缸体柱塞孔，柱塞外表面无纵向划痕和任何磨损。缸体端面与配油盘接触面积≥85%。而且两个腰形孔间，不得有任何划痕。其表面粗糙度不应低于 $Ra0.8\mu m$。

5）球轴承，滚针轴承，推力轴承内、外套，滚动体和保持架应无划痕、无斑点、无锈蚀，转动灵活无卡涩现象，轴承与轴配合间隙为0.003～0.023mm。

6）各端面、轴封处无漏油现象，泵体干净无污物。

7）流量调节机构转动灵活，能顺利完成流量的调节。

8）地脚螺栓均匀紧固，对轮找正同心度误差≤0.1mm，倾斜度≤10°，振动值≤0.06mm。

2. 斜盘式轴向柱塞泵的检修

（1）斜盘式轴向柱塞泵的工作原理　图5-6a所示为ZBSV40型斜盘式变量柱塞泵结构原理图，传动轴和缸体同心，缸体随主轴转动，并通过柱塞带动斜盘转动；如此在旋转过程中，柱塞相对缸体也轴向运动，实现吸、压油。

图5-6b所示是ZBSV40型斜盘式轴向柱塞泵流量调节机构原理图，其流量调节过程如下：

液压泵出口的液压油经单向阀后，通过底部油孔进入A室。当调节变量机构使先导滑阀上移时，孔2和孔3连通，B室的液压油经孔3到孔2进入泵体而泄压。此时在A室的液压油作用下使随动滑阀也上移，上移同时关闭孔2、孔3通路，达到新的平衡。随动滑阀上移并带动油量斜盘偏转，油量减少。当先导阀向下移动时，孔4和孔1相通，此时，A室液压油经先导阀阀芯1、孔4进入B室，由于B室活塞面积大于A室活塞面积，在B室的液压油作用下，随动滑阀也向下移动，移动的同时关闭孔1和孔4的通路。随动滑阀下移并带动油量斜盘偏转，油量增大。

（2）斜盘式轴向柱塞泵的检修项目

1）解体清洗检查泵体内全部零件，清除铜沫、铁屑等杂物。

2）清洗检查泵体支承轴承，液压缸体支承轴承，对损坏的轴承应进行更换。

3）检查、测量柱塞、缸体孔的磨损情况，对不符合标准的应进行更换。

4）检查压盘、铰轴、滑块的连接情况和磨损情况。

5）检查、测量配油盘的磨损情况。

6）测量、检查传动轴的弯曲和花键处的磨损情况。

7）清洗检查流量调节机构，对易损件的斜盘应详细检查。

8）检查测量泵轴，轴径与对轮的配合情况，间隙过大的应进行调整、修复。

9）处理泵体各密封点的漏油故障。

（3）斜盘式轴向柱塞泵的检修工艺过程和注意事项

1）将泵体内的油放净，外部擦洗干净。从传动轴内拧出拉紧螺栓。拆下后泵盖上面的8个螺栓。

2）将后泵盖从泵体上拆下。

在操作过程中应注意：拆后泵盖时应慢慢拿起后泵盖，防止斜盘从后泵盖上掉下，防止后泵

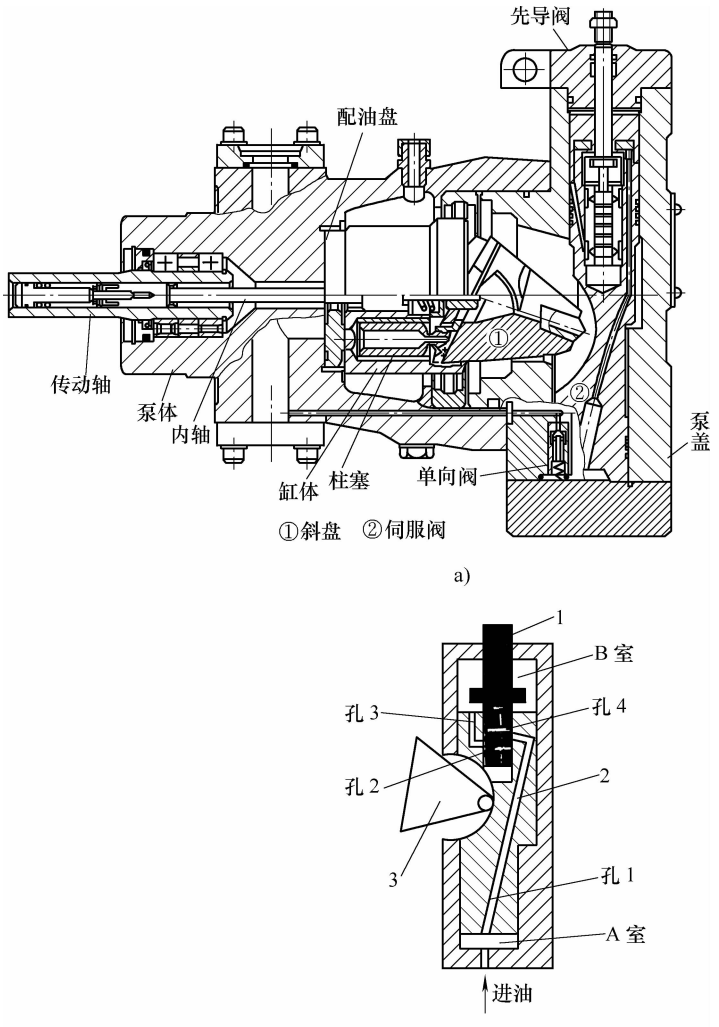


图 5-6　斜盘式变量柱塞泵内部结构及油量调节装置

a）ZBSV40 型斜盘式变量柱塞泵结构　b）ZBSV40 型斜盘式轴向柱塞泵流量调节机构

1—先导阀阀芯　2—油流阻尼孔　3—调节杠杆

盖上的两个 O 形密封环掉下。

3）从泵体内取出压盘及柱塞。从泵体内依次取出铰球、定位套、弹簧等。

在操作过程中应注意：铰球与定位套间装有调整垫，不要任意增减。

4）从泵体内将柱塞缸连同内轴一并取出。

在操作过程中应注意：取出柱塞缸时，有可能将配油盘一起吸附出，此时可以用汽油冲洗，然后慢慢滑移使其脱开。

5）在泵体内取出配油盘。

在操作过程应中注意：重新装配时应使配油盘与泵体贴平，两者之间不要涂机油。

6）拆卸手动伺服变量机构，将斜盘取出。

在操作过程中应注意：重新装配时，可用细钢丝（ϕ1 ~ ϕ2mm）从斜盘中间孔穿过，对正销子的小孔，便于斜盘插入销子。

7）拆卸上端盖的四个螺栓，取出活塞。拆卸下端盖的四个螺栓，将下端盖取下。

在操作过程中应注意：装配时不要忘记装两个单向阀弹簧及O形环，泵拆卸全部结束，应对全部零件进行清洗、检查、测量或修理。

在检修操作过程中还应注意：主要零件的工作表面，要防止碰击和划伤。对柱塞、缸体、配油盘、斜盘、压盘等都要认真检查测量，发现磨损严重，工作中出力损失过大的应更换新配件。对发现轻微磨损、卷边、飞边等，可对其进行精加工（磨制）或用油石研磨，但必须保证其配合间隙和工作效率。柱塞缸、配油盘伤损后，应对其工作面进行研磨，但必须注意其平面度、表面粗糙度和平行度。修研后应重新调整垫圈的厚度，保证铰球与定位套在装配后有0.2～0.5mm的轴向间隙。

8）在泵回装过程中，应严格按拆卸的先后顺序和标记进行，将各零部件准确复位。如发现异常现象，应查明原因，不得盲目安装。

9）装配过程中操作人员禁止戴手套，不得将任何杂物留在泵内。

10）安装联轴器时，配合紧力不得过紧，不得用重锤将对轮打入。

（4）斜盘式轴向柱塞泵的检修质量标准

1）泵体支撑轴承和缸体支撑轴承安装正确，间隙正常，转动灵活。

2）泵体内传动轴的弹簧压紧装置应完整、可靠，在转动中压板不得偏摆和歪斜。

3）柱塞与柱塞孔之间配合间隙为0.02～0.04mm，柱塞与柱塞孔表面粗糙度不应低于$Ra0.8\mu m$，而且不得有纵向划痕。柱塞在柱塞孔中伸缩自如，不得有紧涩现象。

4）配油盘与缸体，斜盘与滑块的接触面的表面粗糙度不应低于$Ra0.8\mu m$，配油盘两个腰形孔之间不得有任何划痕。

5）柱塞、滑块、压板连接牢固，滑块的磨损程度应不影响其强度。

6）柱塞全部安装后，用手盘车，要求转动灵活，无卡涩现象。各端面、轴封处无渗漏油，泵体干净、无污物。

7）泵体用地脚螺栓紧固，联轴器找正后同轴度公差小于0.1mm；振动幅度允许范围为0.03～0.05mm，并无异常声响。

8）柱塞泵流量调节机构，传动轻松灵敏，能顺利完成流量调节（O至最大），满足执行元件的流量及压力，检修结束后液压泵外表应涂油漆防锈。

三、常用液压马达的检修

液压泵的作用是将电动机输出的机械能转换为液压油的压力能，即输出高压力的液压油。反之，如果将高压力的液压油输入液压泵（如齿轮泵），则液压泵便可输出机械能（扭矩）而成为液压马达。即液压泵和液压马达原则上是可逆的，且结构上也有相似之处。

（一）齿轮液压马达的检修

和齿轮泵一样，齿轮液压马达由于密封性差、容积效率较低和低速稳定性差等缺点，一般多用于高转速低扭矩的场合。

关于齿轮液压马达的检修工艺及调整数据（如间隙、跳动量、窜动量等）与齿轮泵基本相同。齿轮液压马达检修后，还应符合以下参数要求：

1）齿轮液压马达两齿轮修复后，齿轮两端面与齿轮轴中心孔的垂直度误差为0.01mm，两端面的平行度误差为0.005mm。

2）齿轮端面的表面粗糙度为$Ra0.4\mu m$，齿轮齿面的表面粗糙度为$Ra0.6\mu m$，壳体修复后，壳体内壁的表面粗糙度为$Ra0.8\mu m$，壳体内壁孔两端面的平行度误差为0.005mm，端面的表面粗糙度为$Ra0.8\mu m$。

（二）轴向柱塞液压马达的检修

如图 5-7 所示，轴向柱塞液压马达不但转速较高，而且其变速范围较宽，且能和变量泵组成开式或闭式液压系统，在工程机械上有广泛的应用。

轴向柱塞液压马达的检修工艺也是包括拆装工艺、零部件修复工艺及设备安装工艺三部分，其中大部分检修工艺与轴向柱塞泵基本相同，故在此重点介绍零部件的检修标准。

1）回程盘表面研磨及抛光处理后，其平面度误差为 0.005mm；表面粗糙度为 $Ra0.4\mu m$。

2）柱塞磨损后经无心外圆磨床磨削后经电镀，再与柱塞孔相配研磨，二者配合游隙为 0.01 ~ 0.025mm。柱塞外圆圆柱度、圆度误差均不得超过 0.005mm，表面粗糙度为 $Ra0.2\mu m$。

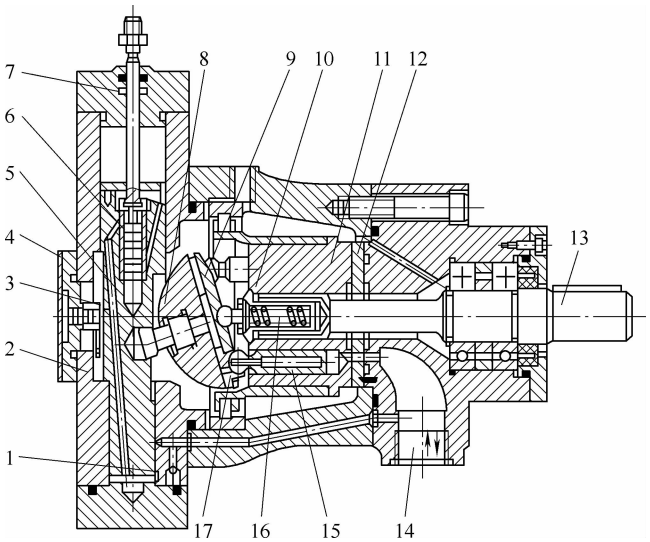


图 5-7　轴向柱塞液压马达

1—单向阀　2—变量壳体　3—变量活塞　4—刻度盘　5—销轴　6—伺服活塞　7—拉杆　8—变量头　9—回程盘　10—外套　11—缸体　12—配油盘　13—传动轴　14—进口或出口　15—柱塞　16—弹簧　17—滑靴

3）缸体：①缸体柱塞孔圆柱度及圆度误差不大于 0.005mm，表面粗糙度为 $Ra0.4\mu m$。②与配油盘相配面的平面度误差不大于 0.005mm，表面粗糙度为 $Ra0.2\mu m$；③与配油盘相配面对轴线垂直度误差不大于 0.01mm。④缸体柱塞孔对轴线平行度误差不大于 0.02mm，等分误差不大于 10′。

（三）径向柱塞液压马达的检修

1. 径向柱塞液压马达的种类、结构及特点

径向柱塞马达为低速大扭矩液压马达。低速液压马达按其每转作用次数，可分为单作用式和多作用式。

（1）单作用连杆型径向柱塞液压马达　它又称曲柄连杆低速大扭矩液压马达，该马达结构如图 5-8 所示，其外形呈五星状（或七星状）的壳体内均匀分布着柱塞缸。柱塞与连杆的一端铰接，连杆的另一端与曲轴偏心轮外圆接触。高压油进入部分柱塞缸头部，高压油作用在柱塞上的作用力对曲轴旋转中心形成转矩。另外部分柱塞缸与回油口相通。

曲轴为输出轴。配流轴与曲轴通过十字键连接在一起，配流轴随曲轴同步旋转，各柱塞缸依次与高压进油和低压回油相通（配流套不转），保证曲轴连续旋转。

如图 5-8a 所示，曲轴在图示位置按图示方向旋转时，Ⅰ缸准备进油，Ⅳ、Ⅴ缸的活塞在进入的高压油作用下向内移动，推动偏心轴转动。与此同时，Ⅱ、Ⅲ缸内与配流轴的回油口接通，活塞在曲轴作用下向外移动，进行排油。

由此可见，传动轴转一圈时，对于每一个活塞来讲，往复运动一次。因此，此种液压马达称为单作用径向柱塞液压马达。

当改变系统的流量时，马达的转速也随着改变；当改变马达的进出油口的方向时，由于高压柱塞作用在曲轴的另一个方向上，即可改变马达的转向。

优点：结构简单，工作可靠。缺点：体积大、重量大，低速稳定性较差。

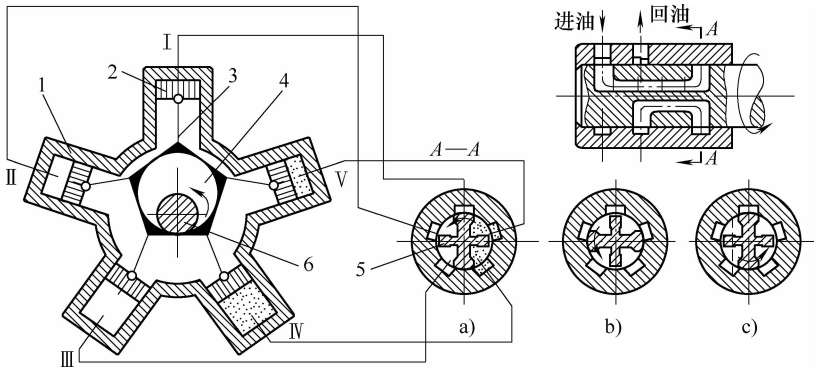


图 5-8　单作用连杆型径向柱塞液压马达的结构示意图

a）工作原理　b）曲轴逆时针旋转 90°　c）曲轴逆时针旋转 180°

1—壳体　2—柱塞　3—连杆　4—偏心轮　5—配流轴　6—曲轴

（2）多作用内曲线径向柱塞液压马达　该马达结构示意图如图 5-9 所示，缸体与输出轴通过螺栓连成一体，柱塞、横梁、两个滚轮组成柱塞组件，放于缸体径向孔中，配流轴（配油轴）固定不动。柱塞底部油腔的进、排油由配流轴控制，配流轴上有两组配油窗口，每组的窗口数同导轨曲线段数相同，两组配油窗口的位置应分别与导轨曲线上的工作区段和排油区段位置严格对应。

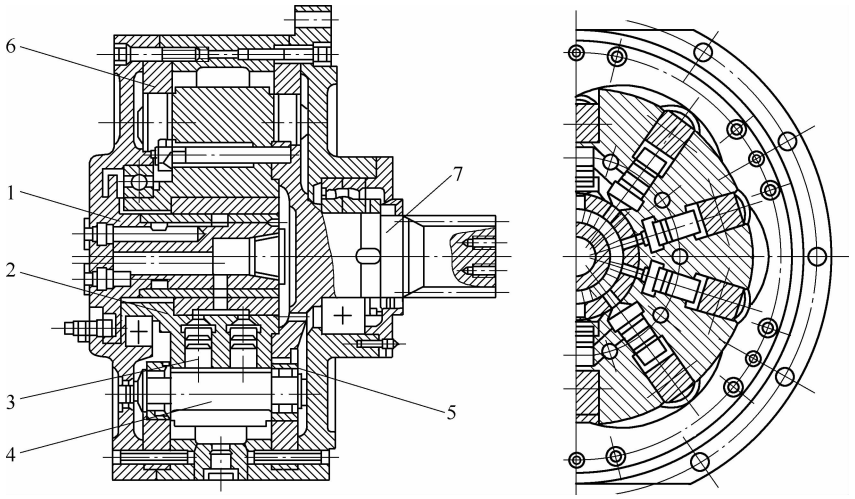


图 5-9　多作用内曲线径向柱塞液压马达结构示意图

1—配流轴　2—缸体　3—柱塞组　4—横梁　5—滚轮　6—定子　7—输出轴

如图 5-10 所示，转子体上有 10 个带滚轮的柱塞，定子体是由正弦曲线组成的八角形曲面。当高压油由配流轴的进油口通过配流轴的配油窗口分配到位于进油区段内的柱塞缸底部时，柱塞在油压的推动下，通过横梁传递给横梁两端的滚轮，使滚轮紧压在导轨曲面上，导轨曲面作用在滚轮上的反作用力分解出来的切向力，通过横梁侧面作用在转子缸体上，推动缸体并带动输出轴绕轴线旋转，从而输出转矩，将液压能转换为机械能。

多作用内曲线径向柱塞液压马达的结构特点如下：

1）当改变系统的流量时，马达的转速也随着改变，即通过调节液压泵的排量来实现无级调

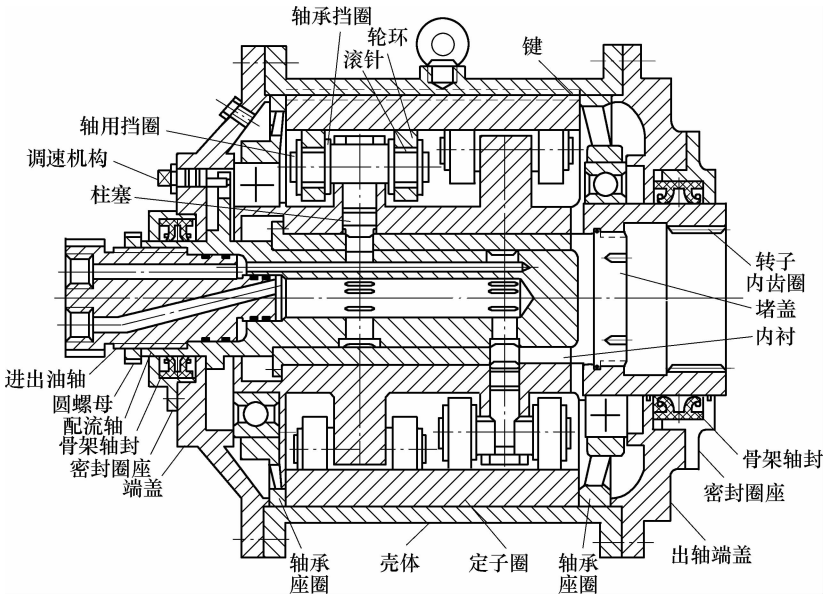


图 5-10　内曲线径向柱塞液压马达轴向剖面图

速，且起动时间不受限制，可按照要求的加速度起动。

2）与变频电动机比较，起动转矩大，调速方便，且电动机功率可减小，对电网冲击小。

3）可快速、频繁起停；当改变马达的进出油口的方向时，由于高压柱塞作用在曲轴的另一个方向上，即实现马达的正反转。

4）可以节省机械减速箱，可直接安装在被驱动轴上，体积紧凑、重量轻、惯性小。

5）设计平衡无死区，多点驱动，全滚动，无线性摩擦，效率高，噪声低。

6）马达惯性小，抗冲击载荷。

2. 内曲线径向柱塞液压马达的检修

（1）内曲线径向柱塞液压马达的检修项目

1）处理设备漏油，更换各部密封件。

2）检查轴承的损坏情况，对不符合标准的应进行更换。

3）检查缸体、柱塞、滚轮的磨损情况。

4）检查导轨的磨损情况。

5）检查测量配流轴、配流轴套的磨损情况。

6）清洗液压马达内全部零件，清除铜屑、铁屑等异物。

（2）内曲线径向柱塞液压马达的检修工艺

1）将液压马达放置在有吊装设备的场地，配流轴一侧朝上，将液压马达输出轴一侧（轴承压盖处）垫以木块。要将马达摆放平稳，不得歪斜。木块不得垫在输出轴上，马达内的残油要排尽，清洗马达外部箱体。

2）拆卸配流轴侧的轴承压盖螺栓，将轴承压盖取下。注意：轴承压盖要打好标记，并且不要损坏配流轴上的 O 形密封圈和密封垫，以备更换时参考。

3）将配流轴取下，取配流轴时应边转动边向外拉。如紧力较大，应在配流轴端面处焊制吊装环或利用出入孔螺纹安装吊装环，用导链向外拉。

4）配流轴组拆卸后，如没有特殊情况，配流轴组后密封盖和配流轴套可不拆卸，如必须拆

卸时，则应做好标记，解除各处连接螺栓和固定销，将密封盖和配流轴套卸下。注意：配流轴套外圆不允许被任何金属器械敲击或划伤。

5）将马达体后盖锁紧螺栓卸下，然后用三个吊装环均匀分布在后盖体螺孔中，用导链缓慢、平稳将后盖吊下，如紧力较大时可用铜棒敲击后盖外圆，将其卸下。注意：后盖拆卸前一定要打好标记，以备安装时参考。

6）马达解体到该步骤时，内部的转子（缸体、轴承、滚轮组、柱塞、导轨）已基本暴露在外面，这时可用吊装设备将转子吊出。如转子的紧力较大，则是马达输出轴端、轴承压盖处的O形密封圈和轴承紧力所致，所以应设法消除这种紧力。当转子从壳体内吊出时，滚轮组及柱塞一定要有专人看护，严禁滚轮及柱塞散落在地上。拆卸后的滚轮组、柱塞应和相对的缸体孔打好标记，不得混乱。

7）拆卸转子（缸体）上两侧的轴承，轴承的拆卸应用专用工具进行，而且作用力应施加在内套上。如果轴承紧力过大，应采用100 ~120 ℃ 的热油浇在内套上，使其膨胀后将轴承卸下。

8）定子、转子分解后，认真检查导轨的内曲面，如情况良好，导轨应不予拆卸，否则，应把导轨卸下，进行修整，拆卸导轨时应严格地打好标记，而且各结合面不得被任何金属器械敲打或划伤，以免组装后漏油。

9）对滚轮组进行检查，发现损坏的应进行拆卸，拆卸工艺是：首先拆卸轴用挡圈，取下外挡圈，将滚轮取下，同时滚针也一同卸下。注意滚轮中的滚针不要丢失。

10）全部零件分解后，应用汽油认真地清洗、检查，对损坏不严重的，尚可以修复的零件，应进行修复。如轴承压盖、密封盖、滚轮等。对损坏较严重、直接影响马达效率的高精度配合件，应予报废，所更换的新配件必须由生产厂家提供，如配流轴、配流轴套、轴承、缸体、柱塞、导轨等。

注意：如果马达重要部件大面积损坏，并且还有修复价值，最好将马达整体返回生产厂家修理。

11）在马达回装过程中，应严格按拆装顺序和标记进行，不得漏装、错装，在检修马达操作过程中，不得用铁器直接敲打液压件的表面，也不得在重要的结合面处打标记。在拆装过程中，如发现紧涩现象，应查明原因，否则拆装不得继续进行。

（3）内曲线径向柱塞液压马达的检修质量标准

1）滚轮外表面光滑无飞边，表面粗糙度应小于$Ra1.6\mu m$，滚动转动灵活，无紧涩现象，滚轮两侧锁紧涨圈牢固可靠，滚针轴承径向间隙为0.045 ~0.09mm，滚轮在转动时无轴向滑动现象。

2）柱塞表面光滑，表面粗糙度应小于$Ra0.8\mu m$，柱塞外圆柱圆柱度误差为0.01mm，圆度误差为0.01mm，柱塞外表面不得有纵向划痕，柱塞底部堵板粘结剂（环氧树脂）不得开裂。

3）缸体各柱塞孔表面粗糙度不超过$Ra0.8\mu m$，柱塞孔圆度、圆柱度误差不大于0.01mm。柱塞孔内表面不允许有纵向划痕。

4）柱塞孔与柱塞配合游隙为0.025 ~0.05mm，柱塞在柱塞孔内伸缩自如。

5）马达转子（缸体）上的轴承内孔与缸体配合过盈量为0.035 ~0.05mm。轴承和轴的间隙以纸垫调整，其间隙为0 ~1mm 。轴承内外圈、滚动体、保持架要求无损坏、无裂纹、无斑点和无锈蚀。

6）内曲线马达检修中，配流轴的外表面与内衬表面经过配研，其间隙在0.02 ~0.04mm 之间。

7）配流轴的外表面与配流盘内衬表面，应光滑接触，无飞边和沟痕，配合圆柱的圆柱度与圆度误差均不大于0.02mm，两者转动自如。

8）内曲线马达检修中，配流轴的外表面与内衬表面经过配研，其间隙在 0.02 ~ 0.04mm 之间。

9）马达壳体与两侧导轨应可靠地连为一体，并用销轴固定，各结合面不得有渗油现象。

10）所有部件的安装，应准确可靠地按标记、序号进行。各螺栓连接部位，应均匀坚固，并采取可靠的锁紧措施。马达装配后，应灌满液压油，经过 24h 的静压测试，各密封点应没有漏油现象。

11）马达试转，应运行平稳无噪声，而且经过调整较易达到额定转数与输出力。

第二节　控制阀与缸体的检修

一、液压控制阀的检修

燃料设备的液压控制回路中包含有多类控制阀，控制阀使用性能的优劣直接影响到设备的安全稳定及高效的运行，现就液压控制阀的一般检修工艺做如下阐述。

（一）液压控制阀的检修项目

1）检查测量阀芯与阀体的磨损情况。

2）检查阀体内弹簧的损坏情况。

3）清洗阀体、阀芯、通道及阻尼孔，清除内部金属粉末及其他杂物。

4）检查更换已磨损断裂的胶环和其他密封件，达到不漏油的目的。

（二）液压控制阀的检修质量标准

1）阀体所有密封环无老化、无变形、无裂纹，各密封点无泄漏。

2）流通部分的磨损面积不大于阀内的总通流面积的 1/3。

3）阀体内无杂物，各连接油孔、油路无堵塞。

4）阀体内部及阀芯工作面无沟槽、无麻坑。

5）针形先导阀顶部无倒钝、掉块现象。

6）各通流口，阻尼小孔畅通。

7）阀杆不得弯曲变形，应运动自如、无卡涩现象，电磁铁行程符合规定。

8）阀芯与阀孔配合精度通常在 0.008 ~ 0.025mm 范围内。

9）阀体与阀芯的间隙不大于 0.1mm。

10）调节弹簧及复位弹簧无锈蚀、无斑点、无裂纹、无变形、无刚度下降，对称复位弹簧性能一致。

11）调节机构的锁紧装置可靠，在任何状态下无松动。

12）在额定压力下，阀的内泄量不大于 15 ~ 20mL/min 或不得超过额定流量的 1% 。

（三）液压控制阀的检修工艺过程和注意事项

各类控制阀都是由阀体、阀芯和操纵机构三部分组成，仅结构与形状有区别，但检修工艺过程基本相同。

1. 液压控制阀的拆卸工艺过程及注意事项

1）当拆卸、检修节流阀时，必须采取防止大臂突然下降的措施，以防设备损坏和人员伤亡。

2）对检修和检查的阀，在系统解列之前，要进行认真的检查、清洗，并对检修前的状况进行记录。

3）将阀从阀座或连接管路上拆下。注意：阀底处的密封件或连接螺纹处的纯铜垫、石棉垫等不要丢失，以备安装更换时参考。

4）将阀从阀座或连接螺纹处卸下后，应将阀座孔或管路螺纹用白布包扎好或堵住，不得将任何细小的杂物落入系统。

5）拆卸阀体、阀盖之前，应认真做好标记，拆下的部件，应按先后顺序摆好，不得混乱和丢失。

6）在抽出阀芯时，用力方向与阀芯的轴心线应重合，不得歪斜，不得划伤密封面。抽出换向阀的阀芯时应记住阀芯的工作位置和方向。对于针形阀的顶尖部位要特别保护，不得将针形阀顶尖损伤。

7）零件全部拆卸后，要认真清洗。清洗阀体通道及阀芯平衡沟槽的油垢及杂物，清洗时要用干净的细白布擦洗，以免划伤配合面，单件清洗完后用压缩空气吹净。仔细清洗阻尼孔道并用压缩空气吹净。

8）拆卸后的检查及装配前的准备工作。

①检查密封圈是否破损等，不合格的要更换。发现阀体、阀芯磨损严重，间隙大于0.2mm；壳体裂纹漏油；阀芯弯曲变形，运动受阻；弹簧断裂、变形等都应报废，更换新的零件或整体更换。

②单向阀拆开后应检查阀口的严密性。

③液控阀拆开后，应仔细检查阀芯与阀座、导阀和主阀的锥形阀口是否漏油，通常用汽油作压力试验，如有泄漏必须进行研磨处理。

④节流阀阀口如有泄漏，应研磨处理。

⑤检查弹簧是否断裂或变形，小孔是否畅通无堵。清理阀内各处的飞边、油垢、锈蚀。

⑥将弹簧两端面磨平，使两端面和中心线垂直。

⑦在检修阀类元件的过程中，检修人员不得戴手套，不得用金属器械敲打或划伤阀座、阀芯及接触面和结合面，而应采用橡胶锤或垫以木板等进行操作。

2. 液压控制阀的装配工艺过程

1）对无损坏的零件，在清洗测量后应进行回装。在回装时应按先后顺序和标记进行，不得漏装、错装和反装。

2）装配时各配合面涂以干净的机油。注意换向阀油口不要对错，密封圈要装好，紧固螺栓的紧力要均匀一致。

3）阀体安装完毕后，应及时回装在系统上，否则，应将阀体内灌满液压油，并用布或螺塞将阀体上所有孔洞封死，以避免阀体内锈蚀和杂物侵入。

4）装配后应保证阀在阀体内的配合间隙应符合要求，在全行程上移动应灵活、无阻，若不能达此要求应重新查找原因并检修处理。

（四）压力阀的性能试验

1）压力阀性能试验前应将压力调节螺钉尽可能全部松开。在试运行时，调整压力调节螺钉，从最低数值逐步升高到系统所需工作压力，要求压力平稳地改变，工作正常，压力波动不超过0.15MPa。

2）当压力阀在设备上做平衡循环试验时，必须观察其运动部件换向时工作的平稳性，要求应无显著的冲击和噪声。

3）在最大工作压力时，不允许接合处有漏油现象。

4）溢流阀在卸荷位置时，其压力应不超过0.15～0.25MPa。

二、液压缸的检修

如图5-11所示是常见的燃料设备用液压缸结构，其检修工艺如下所述。

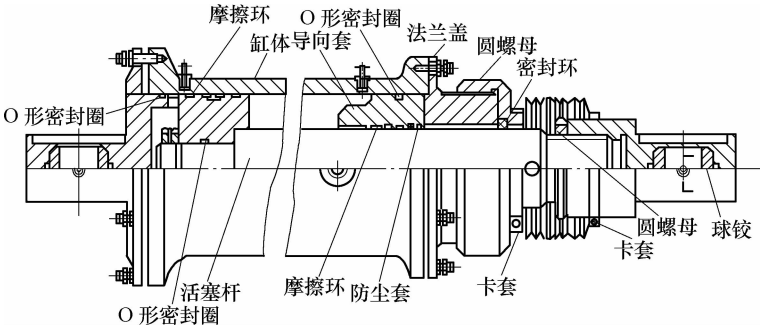


图 5-11　常见的燃料设备用液压缸结构

（一）液压缸检修安全措施及注意事项

1）被拆卸液压缸泄压时，必须观察设备有无变化，如有变化应立即停止作业。

2）起吊液压缸的钢丝绳在捆绑时应在油管附近加垫方，防止油管损坏。

3）在运输过程中，应将液压缸用垫方垫好，防止脱落。

4）当起吊活塞杆时，应避免将活塞杆划伤。

5）拔出活塞杆时，应平稳进行，防止将活塞杆碰伤。

6）拆卸液压缸上部的销轴和高空起吊作业过程中，必须系安全带。

7）液压缸在地面试压时，应注意平衡点发生的变化，防止液压缸翻倒。

8）如果液压缸销轴因锈蚀或其他原因过紧而使得拆卸困难需要加热，必须严格控制加热温度。防止液压缸因加热变形和活塞的密封件损坏。

（二）液压缸的检修项目

1）初步检查缸体漏油情况，并详细记录。

2）检查各部螺栓连接，对于不符合适用要求的要予以更换。

3）检查液压缸外接胶管、接头并进行耐压检测，依据检查结果和检修标准予以更换。

4）拆卸并检查液压缸上、下铰座的连接情况以及关节轴承，依据检查结果和检修标准予以检修或更换。

5）液压缸解体检查。

①检查并测量缸体内壁,针对磨损情况参照缸体标准精度,制订修理方案(涂镀及桁磨等)。

②检查并测量导向套的磨损情况，必要时进行更换。

③检查并测量缸体、活塞杆及防尘套、活塞及活塞环等，依据检查结果和检修标准予以检修或更换。

④检查液压缸上部密封（组合橡胶密封、骨架油封、O 形胶环、缸口法兰铝垫、石棉垫等)。如损坏或老化，应立即更换。

6）液压缸组装后，应进行打压试验。

（三）液压缸的检修质量标准

1）各密封件密封良好，无裂纹损伤；橡胶密封件无老化变质。

2）各连接件牢固无松动、变形及裂纹损伤，焊缝不得有裂纹。

3）缸体内孔的圆度、圆柱度误差不大于 0.01 ~ 0.02mm，轴线直线度误差在 500mm 长度上不大于 0.04mm。

4）缸体内表面粗糙度在 $Ra0.8\mu m$ 以下，无划痕、裂纹和飞边。

5）活塞杆表面光滑，不准有飞边和深槽。活塞杆的弯曲度应小于 0.03/500（全长弯曲度小

于0.15mm），如有弯曲必须矫正。

6）活塞皮碗不得有裂纹及纵向沟槽，磨损量不大于1mm；当皮碗失去原形时，要更换新皮碗。皮碗和缸体的紧力不可过大，以皮碗套在压盖上能用力推入缸筒为宜。

7）活塞杆防尘套完整无破损。

8）起导向作用的轴套表面粗糙度要求在 $Ra0.8\mu m$ 以下。

9）活塞杆与轴套之间为间隙配合，其最大间隙为0.11mm，最小间隙为0.04mm。

10）活塞无飞边、沟槽及裂纹损伤。

11）活塞对缸体内孔的同轴度小于外径公差的1/2，活塞圆柱度与圆度误差不大于外径公差的一半。活塞端面对中心线的垂直度误差不大于0.04mm。

12）活塞和活塞杆装配后，必须检查直线度和同轴度。活塞和活塞杆同轴度误差应小于0.04mm，若经调整仍达不到同轴度要求，则必须更换新的活塞。活塞组件固定及锁紧应牢固。活塞组件的松动会造成内泄漏，一旦脱出，会将活塞和活塞杆损坏。

13）活塞上的密封圈损坏容易造成高、低压油互通，应更换新密封圈。

14）活塞泄油孔必须畅通，装配后运动部件运动灵活、无振动，无卡涩现象，充液压油后无内、外泄漏。

15）缓冲器内部弹簧不准有裂纹和变形，安装后不许有径向和轴向的移动，缓冲器各回油孔应畅通无堵塞。

17）缓冲器充满液压油后，各密封点均无漏油现象。

18）缓冲器就位后应和设备可靠地联为一体，不得有任何松动现象。

液压缸上、下铰孔与铰轴为间隙配合，配合间隙0.20～0.30mm。应转动灵活。

19）液压缸的缸头安装时应使用力矩扳手，力矩符合要求。

20）液压缸的连接胶管无老化和损伤。

21）液压系统各部管子无变形和损伤。

22）在缸筒全长上反复移动活塞，不得有阻滞现象。

23）安装完后，用两倍使用压力往复运行五次应无泄漏。

（四）液压缸的检修工艺过程

1. 液压缸的拆卸工艺过程及注意事项

1）关闭被拆卸液压缸与液压站连接管的阀门，并使液压缸回路中的油压降为零；拆卸进出油管，安装拆卸工具，将销轴拆卸下来，将液压缸从设备上整体吊下。拆卸液压缸缸头螺栓，放尽缸内的存油。

2）缸体下部垫以适当高度的枕木后将液压缸水平放置于干净的检修场地上。要求摆放平稳，并做好防止滚动的措施。

3）拆除卡套上的六角头螺栓，拆除液压缸上部防尘密封罩，清理活塞杆露出部位上的灰尘与杂物。

4）松开锁紧圆螺母，将球头铰销及圆螺母从活塞杆上拆下清洗、检查，并检查密封环有无损坏及变形。

5）拆除液压缸上的法兰螺母，将上法兰拆下。取出导向套，清洗检查导向套上的各种油封。

6）在拆除活塞杆和活塞时，不能硬性将活塞杆组件从缸筒中拉出，应设法保持活塞杆组件和缸筒的轴心在一条线上缓慢拉出。其具体做法是：将球头铰销装回到活塞杆上，采用导链将活塞杆（柱塞杆）抽出，抽活塞杆时移动方向与缸体轴心线重合，以免造成活塞对缸内壁或导向套的擦伤，注意在拆卸活塞时应用特制的扳手。活塞杆头部应安装挂环或将头部绑扎，悬挂起

来，以免弯曲变形。

7）取出活塞杆后，将密封铜套、O 形密封圈、V 形组合密封圈，从缸体内顺次取出。将密封圈的安装方向作以标记，以备安装时参考。

8）液压缸全部解体以后，应进行全面的清洗（可配以空压气泵吹洗）、检查、测量。对缸内壁和活塞杆凹槽处，应用面团粘擦，以清除污泥、铁屑、铜屑等。

9）拆除、检查、更换液压缸各部位密封圈时，不得采用有可能将油封损坏的工具，拆下后应做好标记，以便安装。

2. 液压缸的组装工艺过程及注意事项

组装液压缸的工序与拆卸工序逆反。

1）安装前，必须检查轴端、孔端等处的加工质量，倒角要清除飞边，然后用煤油清洗干净并用压缩空气吹干。

2）活塞上的密封圈损坏容易造成高、低压油互通，应更换新密封。

3）液压缸密封圈不能装得太紧，特别是 V 形密封圈，如果太紧，活塞杆的运动阻力会增大。

4）在活塞杆回装过程中，应将缸体直立起，活塞杆吊起后应和缸体处于同一轴线上。活塞杆下落时应缓慢，当活塞密封圈与缸壁接触时，要特别小心，不得将密封圈翻背或划伤。装配时缸内壁应涂润滑油。

5）装配时要注意调整密封圈的压紧装置，使之松紧合适，保证活塞杆能用手来回拉动，而且在使用时不能有过多泄漏（允许有微量的泄漏）。

6）当缸体不能直立时，应将活塞杆用两个导链吊起，其活塞杆轴心线与倾斜的缸体轴心线应一致，然后将活塞杆缓慢推入缸体。注意：装入缸体时，不要忘记缸盖处的铝垫或石棉垫、防尘罩等。

7）螺栓的紧固。在压紧液压缸上盖时，螺栓一定要均匀紧固，不得歪斜，紧力也不可太大，以不漏油为原则，螺栓应有防止松动的措施。

8）安装液压缸上、下油管与液压站连接、注油、试压，合格后拆卸连接油管，并将液压缸上、下油口用油堵头（螺塞）旋紧，然后进行液压缸吊装。

9）在液压缸拆、装过程中，不得用铁器直接敲打和划伤缸内壁、活塞及活塞杆。在装配过程中，不允许任何杂物落入缸内。

3. 液压缸试运行标准

液压缸安装合格后可进行如下试运行：

1）运行时液压泵无异常振动，无异声，运转平稳。

2）试运行时，液压缸动作无卡涩，运行平稳，无爬行，各连接处无泄漏。

3）油管和连接软管一起作压力试验，2h 无泄漏。

4）液压系统在压力试验时不得漏油，系统 30min 不卸压。

第三节　常用液压装置的检修与安装通则

一、液压系统设备检修与安装通则

（一）液压系统设备检修通则

1）液压系统在检修前必须将全部油压卸掉。

2）液压管道出现严重变形、裂纹及划痕深度超过 0.5mm 时应更换。

3）管子的弯曲半径一般应为管子外径的 3 倍。

4）用滤油机抽油及向油箱加油时，应保证油质合格及滤网（或滤纸）等的清洁。加油油位应在高、低油位之间，且系统运行后不得低于最低油位。

5）不同出处和牌号的液压油，不得混用。

6）定期检查液压油的水分、杂质，酸碱性等清洁度指标，如超标应重新过滤，或更换新油。

7）各类阀的安装方向应与系统的运行方向一致，液压泵的旋转方向应与说明书所标注的一致。

8）液压系统在检修时，一般都应更换新的合格密封件。

9）定期检查蓄能器的压力是否在规定范围内，若未达到规定压力应及时补充。

（二）液压系统设备安装通则

1）安装前，要准备好适用的通用工具如专用工具，严禁诸如用螺钉旋具代替扳手、任意敲打等不符合操作规程的装配现象。

2）装配前，应合理确定拆卸顺序，逐步拆除管道备油口的密封件，以防止污物从油口进入元件内部。

3）对装入主机的液压件和辅件须经严格清洗，去除污物及防锈剂。

4）充分保证油箱盖、管口和空气过滤器的密封效果，以防未过滤的空气进入液压系统。

5）在油箱上或近油箱处，应提供说明油品类型及系统容量的铭牌。

6）保证设备所用液压油在注入系统前的清洁度。

7）严格执行装配技术要求，确保液压机构与执行机构的配合精度及密封性能。

8）联轴器在安装后其径向和轴向圆跳动量应达到规定的技术要求。

二、液压系统的安装工艺与技术要求

（一）液压泵和液压马达的安装工艺与技术要求

1）斜轴式轴向柱塞泵在额定或超过额定转速使用时，应能保证液压泵进油口压力为0.2～0.5MPa，在降速使用的场合，允许自吸进油，此时油箱的液面应高于液压泵入口0.5m以上。安装时尽量靠近油箱油面，以防出现吸油不足现象。

2）安装使用前先将高处的泄油孔接上油管，使壳体内的内漏油能畅通并泄回油箱。手动伺服变量结构的液压泵，调整壳体内油压低于0.15MPa，在此基础上把两个泄漏口均接上油管，低处输入冷却油，高处回油箱以保证起到冷却作用。

3）联轴器与输出轴的配合尺寸应合理选择，安装时不得使用铁锤敲击。

4）泵轴与电动机连接的联轴器安装不良是噪声和振动产生的根源，因而安装时一定要保证同轴度误差在0.1mm以内，且两轴线倾角不大于1°，一般多采用挠性连接（如采用弹性联轴器）。

5）液压泵和液压马达安装时，要尽量避免用V带或齿轮直接带动泵轴转动（单边受力），如必须用带轮等传动时，应设托架支承，以免液压泵承受过大的径向力。

6）液压泵与液压马达支架或底板应有足够的强度和刚度，防止产生振动。

7）泵吸油管不得漏气，以免空气进入系统，产生振动和噪声。

（二）液压缸的安装工艺与技术要求

1）液压缸安装时，先要检查活塞杆是否弯曲，特别对长行程液压缸。活塞弯曲会造成缸盖密封损坏，导致泄露、爬行和动作失灵。并且加剧活塞的偏磨损。

2）对行程较长的液压缸，活塞杆与铰支座的联结应保持浮动（以球面副相连），以补偿安装误差产生的应力和热膨胀。

（三）阀类元件的安装工艺与技术要求

安装前应参阅有关资料了解该元件的用途、特点和安装注意事项。其次要检查购置的液压件

外观质量，如内部锈蚀情况，检查是否为合格品，必要时返回制造单位修复或更换，一般不要自行拆卸。其安装步骤如下：

1）安装前，先用干净煤油或柴油（忌用汽油）清洗元件表面的防锈剂及其他污物，此时注意不可将塞在各油口的塑料螺塞拔掉，以免异物进入阀内。

2）对自行设计制造的专用阀应按有关标准进行性能试验、耐压试验等。

3）安装板式阀的元件时，要检查各油口的阀是否漏装或脱落，是否突出安装平面而有一定的压缩余量，各种规格同一平面上的密封阀突出量是否一致，需安装 O 形圈进行密封的阀，其油口密封连接处的沟槽是否拉伤，安装面是否碰伤等，作出处置后再进行装配。O 形圈涂上少许润滑脂可防止脱落。

4）板式阀的安装螺钉（多为四个）要对角逐次均匀拧紧，不要单钉独进，这样会造成阀体变形及底板上的密封阀压缩余量不一致，造成漏油和冲出密封阀的故障。

5）板式阀中的流量阀进、出油口对称，进、出油口易装反。压力阀中，阀安装底面各类阀外形相似，容易出现将溢流阀装成减压阀之类的错误。

6）对管式阀，为了安装与使用方便。往往有两个进油口或两个回油口，安装时应将不用的油口用螺塞堵死或作其他处理，以免运转时喷油或产生故障。

7）电磁换向阀一般宜水平安装，垂直安装时电磁铁一般朝上（两位阀），设计安装板时应做重点考虑。

8）溢流阀（先导式）有一遥控口，当不采用远程控制时，应用螺塞堵住。

（四）其他辅助件的安装工艺与技术要求

液压系统中的辅助元件，包括管路及管接头，过滤器、油冷却器、密封、蓄能器及液位计类仪表，它们的安装好坏也会影响到液压系统的正常工作，不容许有丝毫的疏忽。

在设计中，就要考虑好这些元件的正确位置及配置，尽量考虑到使用、维修和调整上的方便，并注意整齐美观，下面着重介绍油管的安装。

1. 液压管路的安装

管路的安装质量影响到漏油、漏气、振动和噪声以及压力损失的大小，并由此会产生多种故障，管路的安装应注意下列事项：

1）液压管路安装前必须进行酸洗，高压管路应经过耐压试验，试验压力推荐用 2 倍的工作压力。安装液压管路和液压元件时，须严格保持清洁，管路内不得有任意游离状的杂物，特别防止有一定硬度的颗粒状杂物。液压马达允许在满负荷工况下起动，但在液压系统中应设有安全阀，其调定压力不应超过液压马达的最高压力。

2）管路安装时不允许管路之间，管路与液压泵、液压马达之间存在应力，以防止接头漏油和损坏设备。

3）管路的敷设位置，应便于连接和检修，并应靠近设备的基础。管道的敷设应横平竖直，尽量避免交叉布置、倾斜布置，以利整齐美观。

4）在系统中，任何一段管路或管件，应能自由拆装，所以在系统中应合理布置三通和接头。

5）平行及交叉的管道间距，要求至少 10mm 以上，防止相互干扰及因振动引起管道的相互敲击碰擦现象。

6）在满足连接的前提下，管道尽可能短，避免急拐弯，拐弯的位置越少越好，以减少压力损失。

7）施工中在确定油管长度时，可先用钢丝模拟所需折弯的形状，再展直决定油管长度。完全按设计图的尺寸易导致长度误差大。经实测后，系统中的管道如果过长，应装支架加固，以防

振动。支架的最大距离为：30mm 以下钢管，最大支架距离为 200mm；70mm 以下的管子，最大支架距离 1000mm。

8）敷设软管时，其弯曲半径应大于或等于软管外径 10 倍。软管应有一定的长度余量，使其能较容易地变形和弯曲，而不应受到任何拉力。

9）油管可采用冷弯（钢管），热弯后的管子应将管内氧化皮去掉。

10）管路在安装时，管路和铁板不可直接接触，在两者之间应垫木块或橡胶垫等，以此消除振动。

11）吸油管宜短、粗些，一般吸油腔管路入口都装有过滤器，过滤器要求至少在油面以下 200mm，对于轴向柱塞泵的进油管，推荐管口不装滤油口，可将管口处切成 45°斜面，斜面孔朝向箱壁，这样可减少进油口处的雷诺数并防止杂质吸入液压泵。

12）液压系统的回油管尽量远离吸油管，并应插入油面之下，可防止回油飞溅而产生气泡并很快被吸入泵内，回油管口应切成 45°斜面以扩大通流面积，改善回油流动状态以及防止空气反灌进入系统内。

13）在闭式油路中，管路最高处应装有排气孔，用以排出管路中的空气，避免产生噪声及振动。

14）溢流阀的回油为热油，应远离吸油管，这样可避免热油未经冷却又被泵吸入系统，造成温升。

15）细管道应沿着设备的主体及管路的主体布置。

2. 油箱的安装

在开式液压系统中，油箱的容积量应不小于液压泵 3 ~ 5min 中的流量。在闭式液压系统中应不小于补油泵 3 ~ 6 min 中的流量，同时须使散热面积足够大，使油温在规定范围之内，必要时应采取冷却油温措施。

三、液压装置的性能试验

（一）液压泵的性能试验

1）在额定压力下工作时，能达到规定的输油量。

2）压力从零逐渐升到额定值，各部位不准有漏油。

3）正常运行状态下液压泵噪声、温升及振动控制在规定范围内。

4）在额定压力工作时，其压力波动值不得超过定值（详见液压泵铭牌）。

（二）液压缸的性能试验

1）在规定压力下，观察各结合处是否有渗漏。

2）往复运动是否有卡涩、爬行现象，运动速度是否正常。

3）正常运行状态下噪声、温升及振动控制在规定范围内。

（三）压力阀的性能试验

1）试验前尽可能全部松开压力调节螺钉，在试车时，缓慢调整压力调节螺钉，从最低数值稳步升高至系统所需的工作压力，压力波动不得超过 ±0. 15MPa。

2）当压力阀在设备中做循环试验（或调定压力阀工作压力）时，必须观察其运动部件换向时机构的平稳性，即工作机构应无显著的冲击和噪声。

3）在调试状态下，不允许结合处有漏油现象，达最大工作压力时，不允许结合处有渗油现象。

4）溢流阀在卸荷位置时，其压力不超过 0. 15 ~ 0. 25MPa。

四、液压系统的安全调试通则

（一）液压系统分析

根据设备使用说明书，全面了解液压设备的用途、技术性能、主要结构、设备精度标准、使

用要求、安全技术要求、操作使用方法、试车注意事项等内容。

其具体分析步骤如图 5-12 所示。

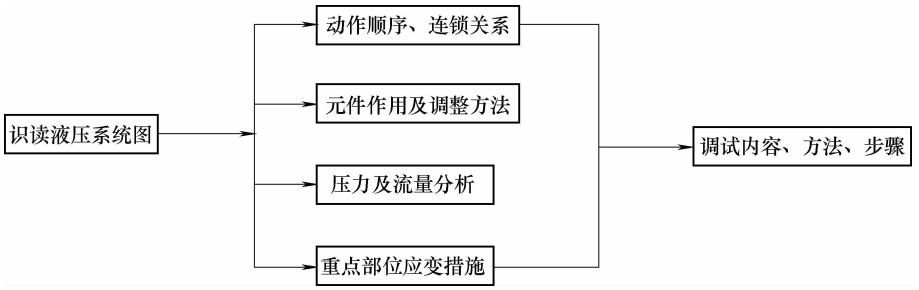


图 5-12　液压系统分析检测基本步骤

（二）液压系统调试前的准备

1）液压元件及管路的全面清洁。

2）加油口及运动副加油润滑。

3）液压泵及附件、控制阀及附件、液压缸、液压马达、管路及接头等连接是否正确、可靠。

4）电器元件的连接是否安全可靠。

5）各手柄动作切换位置（起动、停止、前进、后退、卸荷等）是否正确且切换自如；行程挡铁位置是否合适、可靠。

6）旋松溢流阀手柄，适当拧紧安全阀手柄，使溢流阀调至最低工作压力，流量阀调至最小流量。

7）合上电源。

（三）液压系统的调试工作

1. 分系统调试原则

1）先调整补油系统。待补油系统的压力、流量正常后，方可进行各单元闭式液压系统的调整。

2）变量液压泵的流量必须从零开始，从小到大逐渐调整流量，直到流量满足工作需要为止。

3）溢流阀的压力调整，必须从小到大逐步升高，直到满足系统工作压力为止。调压前将压力阀调节手柄旋松，才能起动液压泵。

4）节流阀的调整，可根据系统的要求从大到小进行调整直到满足工作速度为止。

5）液压元件各调整手轮的变化，必须一点一点地进行。

6）液压系统全部调整工作结束后，必须将各调整手轮卸掉，并将各元件所调整的位置，采取可靠的措施锁紧。

2. 液压系统的调试步骤

1）点动试车。点动液压泵开关，观察液压泵转向是否正确，若电源接反，马上纠正。待液压泵声音及振动值符合要求、无漏油并连续输出油液时，方可投入连续运转和进行空载调试。

2）空载试运。在无负荷（不连接外部负载）的情况下，低速空运转，时间不超过 30min。

3）调压升速。逐渐均匀升压、加速，具体操作方法：反复拧紧又立即旋松溢流阀、流量阀等的压力或流量调节手柄数次，并以压力表观察压力的升降变化情况和执行元件的速度变化情况，液压泵的发热、振动和噪声等状况，若发现问题应有针对性地分析解决。

4）单动循环：按照动作循环表，结合电气、机械部件，先调试各单个动作，再转入循环动作调试，检查各动作是否协调。对在调试过程中出现的复杂问题，如移动部件振动过大与爬行，换向阀无换向等问题，通常求助厂家解决。

5）满负荷调试。按液压设备的技术要求，进行最大工作压力和最（大）小工作速度试验，检查功率、发热、噪声、振动、调整冲击、低速爬行等方面的情况，检查各部分的漏油情况，空载时不漏的部位在压力增高时有可能漏油，若有此情况发生，应及时排除，并作出书面记录。

6）系统严密性试验的试验压力应为工作压力的1.5倍。

7）各种仪表均应经检验合格。

（四）试运要求

1）液压泵起动时，油温不得低于0℃，低于0℃时应先加热，达到正常油温才能起动，如无加热器，则应起动一会儿，停一下。应设有安全阀，其调定压力不应超过液压马达的最高压力。

2）液压系统工作时，噪声应≤2dB，如有超出应停止运行，待油温正常时再运行。液压泵进口油温不得大于60℃，油液温度应小于40℃。

3）第一次起动电动机时应点动，确定旋转方向正常后，才能正式运转。

4）液压马达允许在满载荷工况下起动，但需在液压系统中采取一些抗扰动的屏蔽措施。

5）整个系统应有可靠的自动控制或人工控制。

6）各种阀的压力应从小到大逐步调整到正常工作压力。

7）各种阀的试验压力为工作压力的1.5倍，并保压3min不得泄漏，试验应从小到大分挡进行，每挡间隔3MPa。

8）溢流阀仅作溢流阀用时（如补油系统），系统工作压力即为调定压力。溢流阀作为安全阀用时，其调定值一般按说明书规定，如说明书未作具体规定，必须使调定压力不得超过元件和管路所能承受的最大压力。如果系统工作压力远低于元件和管路的最大承受压力时，其调定值可按系统工作压力的1.2～1.5倍考虑。

9）整个系统运行前，如有手动操作模式，应先手动操作，待一切动作顺序符合要求时再进行空转试验，空运转试验10～20min。

10）整个系统运行时不得泄漏，若有异常响声，应停止运行并进行处理。

单元二思考与练习

一、选择题

1. 分度值为0.02mm的游标卡尺，当游标卡尺读数为0.06mm时，游标尺上第（　　）格与主尺刻线对齐。

（A）0　　（B）2　　（C）3　　（D）6

2. 规格为200mm×200mm，分度值为0.02mm/m的水平仪，当气泡移动一格时，水平仪两端高度差为（　　）mm。

（A）0.001　　（B）0.002　　（C）0.004　　（D）0.008

3. 在拆装工作中，对于空间狭小或拆装位于稍凹处的螺纹连接时，用（　　）拆装较为方便。

（A）活板手　　（B）梅花扳手　　（C）成套套筒扳手　　（D）棘轮扳手

4. 在拆装工作中，拧动M12螺母时应用规格为（　　）mm的呆扳手。

（A）10～12　　（B）12～14　　（C）14～17　　（D）17～19

5. 使用角向磨光机时，砂轮片应倾斜（　　）。

（A）5°～10°　（B）15°～30°　（C）30°～45°　（D）一定角度

6. 采用热装法装配轴承时，将轴承放入油中加热，温度不超过（　　）为宜。

（A）200℃　（B）150℃　（C）100℃　（D）250℃

7. 齿轮联轴器的齿厚磨损超过原齿厚的（　　）时，应更换新齿轮。

（A）5%～10%　（B）15%～30%　（C）35%～45%　（D）40%～70%

8. 联轴器找正中心的原则是（　　）。

（A）以机器或减速器为准，来找正电动机轴的中心

（B）以电动机轴的中心为基准，来找正机器或减速器的中心

（C）两种方法都可以

（D）根据具体情况而定

9. 装配叶片泵时，一组叶片的高度差不应超过（　　）mm 以内。

（A）0.003　（B）0.005　（C）0.008　（D）0.01

10. 斜缸式轴向柱塞泵柱塞与缸体柱塞孔的间隙在（　　）mm 之间。

（A）0.025～0.035　（B）0.03～0.05　（C）0.05～0.10　（D）0.10～0.20

11. 内曲线径向柱塞液压马达柱塞孔与柱塞配合游隙为（　　）mm。

（A）0.005～0.01　（B）0.01～0.02

（C）0.02～0.04　（D）0.025～0.05

12. 齿轮泵检修后，其振动值不得超过（　　）mm。

（A）0.01～0.03　（B）0.03～0.06

（C）0.04～0.08　（D）0.05～0.10

13. 齿轮液压泵齿顶和箱体内孔之间的间隙在（　　）mm 之间。

（A）0.05～0.07　（B）0.3～0.5

（C）0.15～0.20　（D）0.5～0.7

14. 泵轴与电动机连接的联轴器安装不良是噪声和振动产生的根源，因而安装时，一定要保证两轴线同轴度误差在（　　）mm 以内，且倾角不大于 1°。

（A）0.1　（B）0.3　（C）0.5　（D）0.6

15. 压力阀的性能试验要求，压力阀在正常工作时，其压力波动不得超过（　　）MPa。

（A）±0.15　（B）±0.3　（C）±0.35　（D）±0.5

16. 齿轮泵的轴向间隙由齿轮与泵体直接控制，泵体内壁与齿轮端面间隙一般为（　　）mm。

（A）0.02～0.03　（B）0.03～0.06　（C）0.04～0.08　（D）0.05～0.10

17. 斜轴式轴向柱塞泵在降速使用的场合，油箱的液面应高于液压泵入口（　　）m 以上。

（A）0.5　（B）1　（C）1.5　（D）2

18. 液压管路安装时，平行及交叉的管道间距，要求至少（　　）mm 以上，防止相互干扰及振动引起管道的相互敲击碰擦。

（A）5　（B）10　（C）20　（D）50

19. 系统严密性试验的试验压力应为工作压力的（　　）倍。

（A）1.5　（B）2　（C）2.5　（D）5

20. 溢流阀在卸荷位置时，其压力一般不超过（　　）MPa。

（A）0.15～0.25　（B）0.25～0.5

（C）1.5～2.5　（D）根据具体情况而定

二、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. 手电钻外壳要采取接零或接地保护措施。（　　）

2. 在潮湿的地方使用手电钻作业，必须戴绝缘手套，穿绝缘鞋。（　　）

3. 手电钻在日常维护和保养时，应定期更换电刷和润滑油。（　　）

4. 砂轮切割机使用注意事项规定，严禁用砂轮切割机切割铜铝材质。（　　）

5. 电磨头新装砂轮必须经过修整后才能使用，否则会产生惯性力造成电磨头的严重振动。（　　）

6. 拆卸轴承时，其拆卸力量即着力点都应直接加在待配合的内、外圈端面上，而不能通过滚动体传递压力，这是拆卸轴承的基本原则。（　　）

7. 若轴承内圈与轴颈配合很紧时，可用热油加热轴承内圈，待内圈受热膨胀开始松动时，再用拆卸器将轴承卸下。（　　）

8，游隙可调整的滚动轴承因其轴向游隙和径向游隙之间有正比例的关系，所以，只要调整好轴向游隙，就可获得所需要的径向游隙。（　　）

9. 滚动轴承游隙的调整方法有垫片调整法、螺钉调整法及止推环调整法。（　　）

10. 用热油加热装配轴承时，油温不得超过120℃，在加热过程中轴承不得与加热容器的底接触。（　　）

11. 压入轴套时，如果轴套上有油孔，应与机体上的孔位对齐。（　　）

12. 两瓦座的水平差不大于两瓦座距离的1/100。（　　）

13. 每个轴承底座的垫片不得多于5片。（　　）

14. 装配弹性柱销联轴器时，装入弹性柱销（或螺栓带弹性胶圈）的间隙值一般在0.5～1mm之间，最大不应超过1.5mm。（　　）

15. 装配检查装于同一柱销上的弹性圈，其外径之差不应大于弹性圈外径偏差的1/3。（　　）

16. 齿形联轴器加热拆卸时，注意加热部位应是联轴器与孔配合的内壁，加热时用石棉或其他防护材料将轴包裹。（　　）

17. 联轴器找正中心前，电动机底座的安装基准面应高于机械侧设备（如减速器）底座的安装基准面，并有前后、左右移动调整的余地。（　　）

18. 找正齿轮联轴器时，要求其同心度、径向位移小于0.3mm，倾斜角小于1°30′。（　　）

19. 液力偶合器内充油量必须与工作机的传动力矩相对应，且在偶合器总容积的40%～80%之间。（　　）

20. 液力偶合器检修后连续运转时，其工作油油温不得超过120℃（　　）。

21. 在拆装工作中，使用活动扳手时，应将螺母两对称侧面夹紧，且扳转力的方向应朝向活动扳唇。（　　）

22. 在拆装工作中，活动扳手的使用开度一般不得超过扳手最大开度的3/4。（　　）

23. 联轴器找正中心用垫片调整时，轴承座下部的垫片不得多于5片。（　　）

24. 齿轮泵检修后，齿轮轴向装配间隙一般为0.05～0.08mm；径向间隙一般应为0.03～0.05mm。（　　）

25. 轴向柱塞泵柱塞磨损后，也可在离柱塞尾端2/3处加工一个O形密封圈沟槽，经加工后再装上相应尺寸的O形密封圈，这种方法可以使轴向柱塞泵再使用一段时间。（　　）

26. 齿轮泵两轮齿厚度差、齿轮端面与孔的垂直度误差及两齿轮轴线的平行度误差都应控制在0.005mm以内。（　　）

27. 若齿轮泵轴的键槽损坏严重，应相隔120°重新开槽。（　　）

28. 装配齿轮泵前，应去除齿轮锐边飞边，禁用锉刀修磨。（　　）

29. 齿轮泵用滚针轴承的滚针直径公差不能超过 0.003mm。（　　）

30. 齿轮泵泵体不得装反，否则吸不上油，也容易将骨架油封冲翻。（　　）

31. 斜缸式轴向柱塞泵的检修质量标准规定，缸体端面与配油盘接触面积≥85%。（　　）

32. 对行程较长的液压缸，活塞杆与铰支座的联结应保持浮动（以球面副相连），以补偿安装误差产生的应力和补偿热膨胀的影响。（　　）

33. 电磁换向阀一般宜水平安装，高压管路应经过耐压试验，试验压力推荐用 2 倍工作压力。

34. 蜗轮与轴的配合一般为 H7/m6，键槽为 H7/n6。

35. 蜗杆及蜗轮齿的磨损量，一般不超过原齿厚度的 25%。（　　）

36. 减速器检修质量标准规定，上、下箱体结合面上任一处间隙用塞尺检测，不大于 0.01mm（螺栓拧紧后）。（　　）

37. 减速器检修质量标准规定，减速器齿顶间隙为齿轮模数的 0.25 倍。（　　）

38. 减速器的轴与轮毂采用键连接，在检修时，若顶部间隙过大，键底应加垫片，必须换上合格的键。（　　）

39. 减速器结合面上的定位销与销孔内壁接触面应为 80% 以上。（　　）

三、简答题

1. 简述滚动轴承加热装配的要点。

2. 简述摆线针轮减速器的检修质量标准。

3. 简述易熔塞的浇注工艺。

4. 简述锥齿轮传动装置的装配技术要求。

5. 在哪些情况下轴上套件需用加热拆卸法进行拆卸？

6. 简述蜗杆减速器的检修技术要求。

7. 液压控制系统中，溢流阀的调定值是如何规定的？

8. 装配叶片泵时，将转子组件装入泵腔后应做哪些检查？

9. 液压系统检修后，分系统调试的原则是什么？

10. 液压泵的性能试验的内容是什么？

单元二思考与练习参考答案

一、选择题

1. C　2. C　3. C　4. D　5. B　6. C　7. B　8. A　9. C　10. A

11. D　12. B　13. C　14. A　15. A　16. A　17. A　18. B　19. A　20. A

二、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. ✓　2. ✓　3. ✓　4. ✓　5. ✓　6. ✓　7. ✓　8. ✓　9. ✓　10. ×

11. ✓　12. ×　13. ×　14. ✓　15. ×　16. ×　17. ×　18. ×　19. ✓　20. ×

21. ×　22. ✓　23. ×　24. ✓　25. ✓　26. ✓　27. ✓　28. ✓　29. ✓　30. ✓

31. ✓　32. ✓　33. ✓　34. ×　35. ✓　36. ×　37. ✓　38. ×　39. ✓

三、简答题

1. 答：轴承加热一般采用热油加热的方法。加热时，先将轴承浸入到装有矿物油的油桶中，加热时间一般为 15～20min，使轴承与油同时达到所需的温度（80～100℃）。轴承与桶底不要接触，以免受热不均。除用油加热外，还可用高频发生器或恒温电热箱进行加热（加热温度不应

超过120℃）。绝不允许用明火或不可控的热源进行加热。加热后，对准套装部位迅速推入，再用铜棒敲打轴承内圈，使其安装到正确位置。

2. 答：1）摆线针轮与针齿销、针齿壳、销轴、销套间的啮合面、配合面应光滑无裂纹，零件本身无裂和损伤。

2）机座、针齿壳、端盖无裂纹、变形，其结合面应平整、光洁。

3）输入轴、输出轴应光滑完好，与轴承配合处轴面圆度误差应小于0.03mm。

4）滚动轴承工作表面不许有暗斑、擦伤、脱皮等缺陷。

5）与油封配合的轴套表面光滑，无擦痕。

3. 答：1）首先准备不锈钢小容器、电炉或炭炉除去容器上的油污，并清洗干净，将低熔点合金放在不锈钢器皿中加热至熔融状态。

2）将易熔塞本体除净油污后预热到100～120℃。将易熔塞合金溶液浇注入易熔塞并待其自然冷却。浇注时要用一金属小棒塞入易熔塞的小孔内（螺纹端），以防合金熔液流走。

3）待合金凝固后用金属棒锤打迫紧，合金厚度不得小于空腔高度的70％，使用时不得渗漏。

4）为了方便，也可以用电烙铁和焊锡在平台上将易熔塞修复，其厚度也不得小于容腔高度的70％。

4. 答：装配锥齿轮传动装置的关键技术环节是：两齿轮轴的轴向定位及侧隙的调整。小齿轮的轴向定位常以小齿轮的安装基准面至大齿轮轴的距离为依据，去测量小齿轮的安装位置，大齿轮则以侧隙决定其轴向位置。

用背锥面作基准的锥齿轮，装配时可将背锥面对成齐平状态，来保证两齿轮的装配位置正确。也可以使两个齿轮沿各自的轴线方向移动，一直移到它们的假想锥体顶点重合在一起为止。

5. 答：1）孔与轴的配合过盈值大而必须热卸时（火焰加热）。

2）套装件在轴上锈住，在常温下拆不下来时（火焰加热）。

3）工件的精度较高或有特殊要求时（热油加热）。

6. 答：1）蜗杆轴中心线应与蜗轮轴中心线相互垂直。

2）蜗杆、蜗轮的中心距要求准确，并有适当齿隙。

3）蜗杆的轴中心线应在蜗轮齿弧中心的平面内。

4）啮合间隙和啮合面应符合标准要求。

7. 答：溢流阀仅作纯溢流之用时（如补油系统），系统工作压力即为调定压力。溢流阀作安全阀用时，其调定值一般按说明书规定。如说明书未作具体规定，必须使调定压力不得超过元件和管路所能承受的最大压力。如果系统工作压力远低于元件和管路的最大承受压力时，其调定值可按系统工作压力的1.2～1.5倍考虑。

8. 答：将转子组件装入泵腔后，应用手（或用呆板手卡住泵轴键槽）转动转子，仔细查看叶片在叶片槽内是否伸缩自如，同时检查叶片是否高出转子。若叶片高出转子，须将叶片进行打磨，使之与转子等高或略低于转子。

9. 答：1）先调整补油系统。待补油系统的压力、流量正常后，方可进行各单元闭式液压系统的调整。

2）变量液压泵的流量必须从零开始，从小到大逐渐调整流量，直到流量满足工作需要为止。

3）溢流阀的压力调整，必须从小到大逐步升高，直到满足系统工作压力为止。调压前将压力阀调节手柄旋松，才能起动液压泵。

4）节流阀的调整，可根据系统的要求从大到小进行调整直到满足工作速度为止。

5）液压元件各调整手轮的变化，必须一点一点进行。

6）液压系统全部调整工作结束后，必须将各调整手轮卸掉，并将各元件所调整的位置，采取可靠的措施锁紧。

10. 答：1）在额定压力下工作时，能达到规定的输油量。

2）压力从零逐渐升到额定值，各部位无漏油。

3）正常运行状态下液压泵噪声、温升及振动控制在规定范围内。

4）在额定压力工作时，其压力波动值不得超过定值（详见液压泵铭牌）。

单元三　燃料机械设备的检修与安装

第六章　输煤胶带机的检修与安装

第一节　滚筒与托辊的检修

一、输煤胶带机工作原理及滚筒的布局形式

1. 输煤胶带机工作原理概述

如图 6-1 所示，胶带绕经主动滚筒和尾部的改向滚筒形成一个封闭的环形带，上下两段胶带都支承在托辊上，拉紧装置给胶带以正常运转所需要的张紧力。工作时主动滚筒通过它与胶带之间的摩擦力带动胶带运行，煤等物料在胶带上与胶带一起运动。胶带机一般是利用上段胶带运送物料，并且在端部卸料。特殊的是利用专门的卸料装置（如犁式卸料器等），可在任意位置卸料。

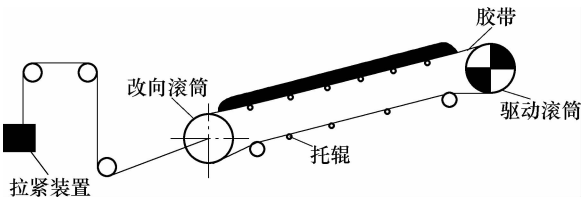


图 6-1　输煤胶带机工作原理图

2. 输煤胶带机滚筒的布局形式

输煤胶带机驱动装置按电动机数目可以分为单电动机驱动装置、双电动机驱动装置和多电动机驱动装置；按驱动滚筒的数目可以分为单滚筒驱动、双滚筒驱动及多滚筒驱动。每个驱动滚筒可配一个或两个驱动单元，驱动滚筒轴的末端通过弹性柱销联轴器与驱动单元连接。胶带机驱动装置的布置形式如图 6-2 及图 6-3 所示。

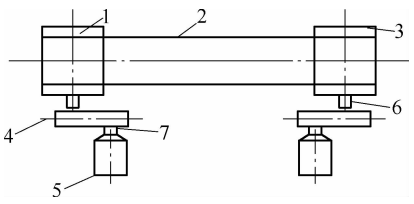


图 6-2　双电动机驱动装置示意图
1—改向滚筒　2—胶带　3—驱动滚筒
4—减速器　5—电动机　6—液力偶合器　7—联轴器

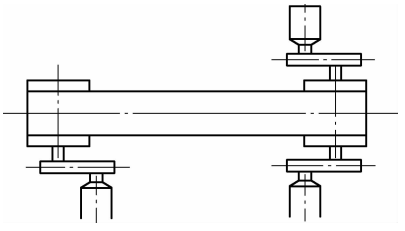


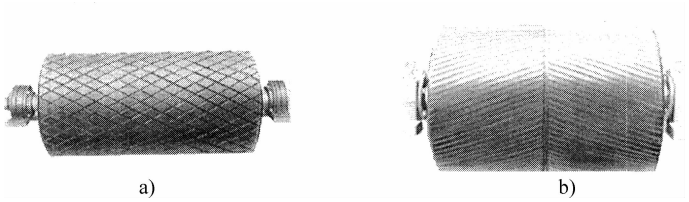
图 6-3　三电动机驱动装置示意图

二、胶面滚筒检修及滚筒轴的修复

（一）胶面滚筒的类型

滚筒表面附着胶粘层的目的是增加摩擦系数。

胶面滚筒按照花纹形式，可分为平面、人字形、菱形、平行等多种形式（图 6-4）。



a)　　b)

图 6-4　滚筒形式

a）菱形花纹　b）人字形花纹

胶面滚筒的胶面可以使用粘接包胶，也可以使用塑胶来制作胶面，还可以采用沉头螺钉固定挂胶的金属模块，这种使用沉头螺钉固定的胶面滚筒表面纹路以平行居多。

（二）胶面滚筒的力学性能

面胶：拉伸强度≥18MPa；拉断伸长率≥180%；拉断永久变形率≤25%。

底胶：拉伸强度≥30MPa，抗折断强度≥69MPa，耐热温度≥80℃，橡胶与金属黏附扯离强度≥3.9MPa。

橡胶与金属的黏附扯离强度不小于4MPa。

橡胶的邵尔A硬度：传动滚筒60~70°，改向滚筒50°~60°。

$\phi \leqslant 400$ 的滚筒厚度一般10mm左右。$\phi > 400$ 的滚筒厚度一般≥12mm左右。

（三）胶面滚筒的检修

胶面滚筒由筒皮、轮毂、辐板、轴、轴承、轴承座和胶面组成。

胶面滚筒的筒皮、轮毂、辐板若发生损坏，除选型存在偏差外，主要原因是滚筒本身的铸造偏差，如滚筒圆度或圆柱度超差、滚筒偏心距（质心到几何中心的距离）超差等。若滚筒发生损坏，应及时查明原因且按照滚筒的拆装工艺进行滚筒更换。

胶面滚筒轴承的检修方法同通用设备检修方法。

胶面滚筒的胶面故障是常见故障，主要是胶面老化、胶面与滚筒剥离、胶面两侧磨损等。针对该类型故障，可以更换滚筒，也可以重新包胶，推荐采用重新包胶。

滚筒包胶分为热胶包胶和冷胶包胶，根据现场使用情况，推荐使用冷胶包胶，具体步骤如下：

1）剥除原有胶粘层。

2）用角向磨光机将滚筒表面打磨出金属光泽。

3）用清洗剂将滚筒表面清洗干净。

4）将专用冷粘胶均匀涂刷在滚筒及预先准备的胶板表面。

5）待第一遍彻底干燥后，涂刷第二遍。

6）第二遍胶干燥到一定程度后，将胶板放在滚筒上面并同时用橡胶锤敲击表面，令其充分粘接牢固。

7）最后将橡胶修补剂填充到胶板接缝处并用力压实，待其完全固化后方可使用。

（四）滚筒轴的修复

胶面滚筒轴受胶带拉紧力的影响，承受单侧力。同样由于滚筒的工作环境存在潮湿、粉尘因素，轴承损坏频率高，维修更换不及时，容易造成轴的磨损或轴与轮毂间键的磨损。由于滚筒的直径比较大，主要是轮毂受力，轴的弯曲情况比较少见。

1. 滚筒轴的键磨损的修复

滚筒轴的键磨损的修复与一般键磨损的修复相似，即采取重新铣键槽并配键的方法进行修

复。

由于滚筒轮毂重新铣键槽比较困难，而且损坏频率不高，在重新装配时，可以使用平面锁固胶进行锁固。

2. 滚筒轴的磨损和修复

滚筒轴磨损后，修复的方法比较多，大体可以使用以下几种办法：

1）补焊。使用电焊将轴进行补焊，保温冷却后，重新车削轴径。车削时，要保证轴径与滚筒轴线的同轴度不大于0.1mm。为了降低车削的工艺难度，在补焊时，要把滚筒垂直放置，双人对焊，防止轴端焊接不均匀，不能损坏顶尖孔。补焊后如果出现轴端焊接不均匀，要补住顶尖孔，在车床上重新找正中心后车削轴径。

2）喷镀。若轴径磨损量比较小（0.30mm左右），可以采用喷镀的办法进行处理。喷镀后要退火，降低表面硬度后再进行车削。

3）垫铜皮。紧急情况下可以采用垫铜皮的办法复装轴承，为防止继续磨损，保留0.10～0.20mm的间隙，并使用锁固胶锁紧。

4）使用非金属修复剂冷修复。可以刷涂一定厚度的非金属修复剂，待凝固后，上车床车削轴径，也可以进行修复。该项工艺可由专业厂商完成。

考虑到滚筒轴的同轴度要求，目前，滚筒轴使用调心轴承的比较多。

三、托辊的检修

（一）托辊类型

托辊按照执行标准分类，可分为TD75系列托辊、TD62系列托辊和DTⅡ三种主要类型。

托辊按照形状分类，可分为平托辊、锥形托辊、梳形托辊、摩擦调心托辊。

托辊按照材料分类，可分为钢制托辊、铸铁托辊、尼龙托辊、陶瓷托辊、高分子材料托辊等。

托辊按照用途分类，可分为普通托辊、调心托辊、缓冲托辊、清扫托辊、逆止托辊、立柱托辊等。

（二）托辊结构概述

托辊由筒体、轴、密封装置三部分组成，托辊轴两端装有轴承及自润滑装置。托辊轴通常为通轴，少数托辊轴分为两截以减少材料消耗。图6-5所示是常见轻型托辊结构，图6-6所示是常见重型托辊（加强型托辊）结构。

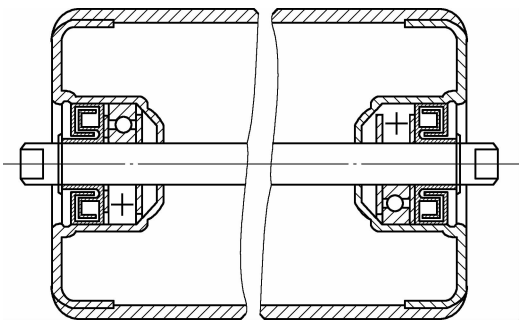


图6-5　常见轻型托辊结构

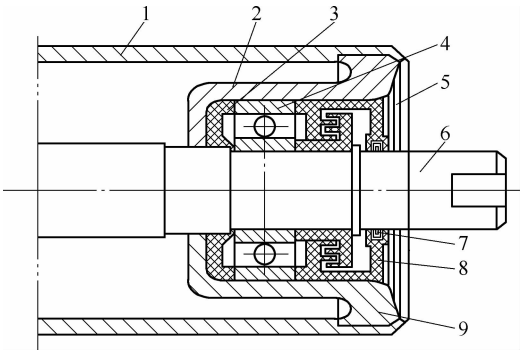


图6-6　常见重型托辊结构

1—筒体　2—轴承座　3—后密封圈　4—轴承　5—挡圈　6—轴　7—内密封圈　8—外密封圈　9—外密封圈盖

托辊密封装置以结构简单的曲路密封（迷宫密封）为主，部分类型托辊有密封圈、端盖等组成严密的轴端密封，还有一种可以加油润滑的托辊称为注油托辊。图 6-7 所示的托辊，其密封装置即为迷宫式密封。

常见缓冲托辊种类及结构如图 6-8 所示。

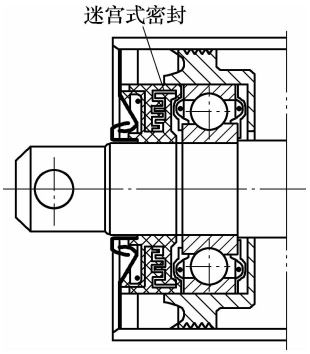


图 6-7　托辊常用迷宫式密封装置

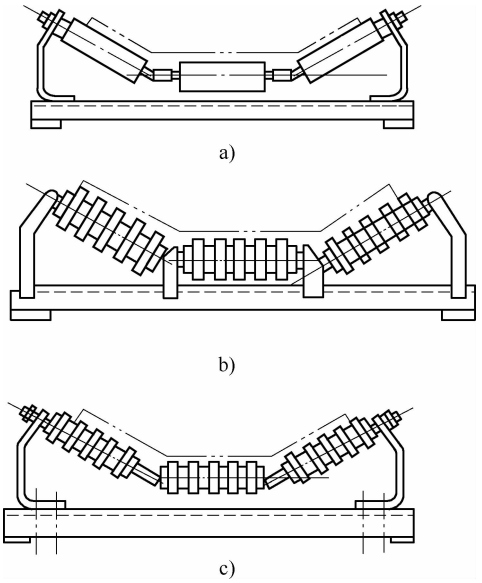


图 6-8　常见缓冲托辊种类及结构
a）弹簧板式缓冲托辊　b）橡胶圈式缓冲托辊　c）胶圈式缓冲托辊

（三）托辊主要失效形式

1）托辊腐蚀和磨损。托辊腐蚀和磨损是在输煤栈桥的高粉尘、高湿度环境下表面失效的主要形式。铸铁托辊和钢制托辊均容易发生磨损和腐蚀现象，而且磨损和腐蚀现象是相辅发生的。通常托辊在此失效条件下的寿命为 7 ~ 10 年。目前使用的新型陶瓷、尼龙、高分子托辊的寿命期限尚未有明确规定。

2. 托辊轴承损坏。托辊轴承损坏造成托辊的失效，其时间要远远小于筒体磨损和腐蚀寿命。托辊的工作环境是高粉尘、水冲洗，轴承损坏的频率很高，部分自润滑形式的回转结构同样会损坏。通常是粉尘堵塞，造成转动不灵活，继而是磨损、跳动，最终造成不能使用。托辊转动不灵活是托辊的主要失效形式，发生周期为 2 ~ 3 年。

（四）托辊的检修

托辊在生产过程中，部分新型托辊没有考虑拆卸的工艺和手段，维修的难度比较大，现就部分可拆卸托辊的检修工艺及标准进行说明。

1. 托辊的检修项目

1）托辊密封装置的检修。

2）托辊轴承的检修。

3）托辊轴的检修。

2. 托辊的检修工艺和质量标准

1）拆除两端卡簧和端盖。

2）拆除两端密封，拆除过程中防止密封损坏。

3）拆除一端轴承后，用铜棒敲击，推出整根托辊轴。轴承检修应执行轴承检修通用标准。对于托辊常用的6305、6306轴承，因安装时配合性质为间隙配合，故可以冷拆卸。

4）清洗检查轴承。

5）清洗检查托辊轴，托辊轴采用的生产工艺是直接拉拔成行，工艺精度比较低，以无明显弯曲为标准即可。

6）托辊回装前，轴承加油脂，加油脂标准为2/3轴承腔，考虑到托辊的工作环境，可以适当多加。

7）回装后质量标准。托辊转动无卡涩、无杂音；转动时，托辊面径向圆跳动不超过0.50mm，轴向窜动量不超过0.70mm；连续运转4h，密封无渗油；托辊以550r/min的转速连续运转200h，轴承润滑脂内无煤尘。

（五）托辊支架的检修

托辊支架变形后的检修按照托辊支架所属标准执行。托辊支架制作过程中，应采用点焊和对称焊接，防止长时间加热造成应力和变形。焊后的支架尺寸公差可以保持在1～2mm，以不影响安装工艺要求的标准为限度。

专业厂家在制作托辊支架时，由于生产量比较大，有尺寸标准的样件控制尺寸公差，成品质量比较高。建议大批更换时使用厂家成品，不推荐自行制作。少量支架局部维修时，可以现场维修。

第二节　输煤胶带的粘接和修补

一、输煤胶带概述

在输煤胶带机中，胶带既是承载构件，又是牵引构件，用于载运物料和传递牵引力。它贯穿输煤胶带机的全长，是胶带机中最重要的部件。目前常用的胶带按夹层物可分为织物芯胶带和钢丝绳芯胶带。

胶带在运行过程中承受的是拉力，因此在纵向上必须使织物有足够的强度，同时必须保证胶带具有足够的横向刚度，使胶带在两支承托辊之间保持槽形，以保证胶带不至于过分变形而引起撒料和增加运动阻力。

为满足上煤量需求，现场常用长距离、大运量的胶带机输送煤流，而一般的织物芯带强度已不能满足需要，因此，取而代之的是用一组平行放置的高强度钢丝绳作为带芯的钢丝绳芯胶带。钢丝绳芯胶带是以钢丝绳作带芯，外加覆盖橡胶制成的一种新型胶带。

目前我国生产的钢丝绳芯胶带所用的上、下胶面通常采用的是天然橡胶，胶带的中间是合成橡胶和天然橡胶的混合物。

随着胶带机的长期运行，胶带不可避免地会产生不同程度的磨损甚至断裂现象，对于长距离的胶带，断裂后常常需要采取一定的工艺措施进行粘接工作。

二、胶带粘接前的准备工作

（一）胶带粘接场地的选择

选择胶带粘接场地时，应考虑给胶带更换留下足够的空间位置。正确的选择方法是，既要有使用机械或人力的施展空间，新旧胶带又不能互相干涉。如果栈桥有外重锤悬挂，应首先考虑从重锤处铺开胶带并在该处进行置换。若使用的是牵引小车，可以考虑从胶带头部或尾部进行更换，以空间位置为第一选择要素。

（二）胶带牵引方式的选择

新旧胶带使用机械卡子连接后，可以使用车辆如装载机、卷扬机、专用卷胶带机等外在设备进行牵引，也可以使用胶带机驱动滚筒转动来带动胶带运转。但要注意以下事项：

1）使用车辆牵引，应注意车辆牵引速度，防止绳索卡塞后断裂，伤人或返工。

2）使用驱动滚筒转动时，要防止胶带摩擦生热造成损伤。

3）胶带粘接前的其他准备工作。

①胶带可以在允许的情况下按照需要长度定做，可以是200m/卷，也可以是130m/卷。

②不同胶带有不同的伸长量，不同材质胶带的适用现场条件也不相同，选择胶带时应考虑统一型号。

③胶带粘接前，如果条件允许，应考虑天气情况，潮湿、寒冷条件下不宜进行胶带粘接工作，室外或室内灰尘比较重的时候不宜在胶带上涂抹胶粘层。

（三）胶带的粘接工艺流程

胶带粘接流程如下：

1）前期准备：包括胶带更换的时间、场地、胶带置换手段的选择、粘接工艺的确定以及胶带的预先粘口。

2）新旧胶带置换。

3）胶带打口粘接。

4）胶粘层凝固及胶带试运行。

三、胶带的连接方法及工艺步骤

（一）机械连接方法及工艺步骤

机械连接主要采用带扣（钩爪）连接，带扣除常见的齿形带扣外，还有很多种类型，新型专利也不断涌现，如图6-9所示，连接工艺步骤如下：

1）裁剪胶带。沿胶带垂直方向裁剪胶带，胶带切口与胶带轴线垂直度误差小于2mm/m。

2）安装带扣。带扣打紧后，应确保扣钉穿透胶带，扣身与胶带连接紧密无缝隙，销轴弯曲灵活。

3）胶带试运转。带扣试运转时，应检查是否出现单面跑偏现象或与胶带附件（如刮煤器、清扫器等）干涉。

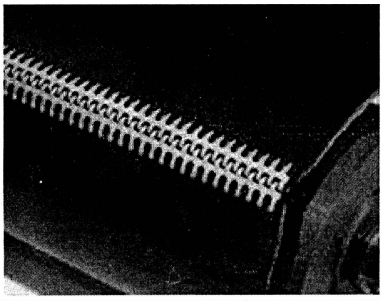


图6-9　带扣

4）带扣的适用要求。带扣通常适用于短、窄胶带连接或临时事故处理，带扣由于对胶带存在多点穿透，在局部强度上低于胶带粘接强度（钩爪的连接低于胶带强度的40%，带扣的连接强度一般低于胶带强度的90%），带扣金属连接的寿命也低于粘接胶带。在安装有犁煤器的胶带上不宜使用带扣。不推荐把带扣连接作为胶带的标准常用连接手段。

（二）冷粘方法及工艺步骤

冷粘胶带是电厂常用的粘接工艺，近年来有被热粘工艺取代的趋势。

由于现场人员通常对冷粘工艺较为熟悉，故本书只重点强调冷粘接过程中的一些注意事项：

1）冷粘存在封口的问题，为了防止接口进水，冷粘后的胶带要使用封口胶进行封口。

2）冷粘应尽量使用斜口。胶带经过多个滚筒的反复曲张，在交变作用力下，斜口受力情况要好于直口；在滚筒处，直口接口的瑕疵更加容易扩大。

3）冷粘胶带应做好粘接时间标记，定期加强检查。

4）冷粘胶带排口时，应按照从内向外的顺序，逐点紧密锤击，充分排除空气。若出现鼓泡，应及时局部破口排气。

5）不同伸长比例的胶带不宜相互粘接。

6）冷粘接后的加压推荐值为0.3～0.8MPa。

（三）胶带硫化胶接工艺及质量标准

1. 粘接前的准备工作

1）准确核实胶带的截断长度，使胶带粘接后拉紧装置有不少于3/4 的拉紧行程，覆盖胶较厚的一面应为工作面。

2）接头与胶接口制作要求及类型。

①胶接口的工作面应顺着胶带的前进方向，两个接头间的胶带长度应不小于主动滚筒直径的6 倍。

②接头类型及特点。接头按照阶梯的形式大体可分为斜角形（一般为45°左右）和直角形（注：帆布层为四层及以下的胶带不宜采用直角形接头）。直角形接头在滚筒处反复弯曲，受力条件不好，而斜角型受力情况较好，但斜角型接头尖角处容易翘起。

目前电厂常用直角形接头，其主要原因是，斜角形接头裁剥难度高于直角性接头。但根据实际使用情况对比，在技术条件允许的情况下，推荐使用斜角形接头。

2. 热胶法（加热硫化法）粘接工艺

采用热胶法处理的接头强度可以达到原胶带自身原始强度的85% ~90% 。

（1）接头准备

1）将接头选择在易于存放并且运输方便的地点进行。在把胶带拉松固定后，在拆去上托辊的机架上，密排放置方木或厚木板，然后依次放下机架、水压板、隔热板、下热板、报纸，以此作为接头作业的平台。

2）检查硫化机设备、水压板及手压泵是否能用；机架，预紧螺栓，螺母是否齐全。热控箱一次、二次导线，电源线是否好用；夹紧机构，钢丝砂轮机，电源及照明灯是否完好；测量工具及其他工具，消耗材料，安全器具是否齐备。

3）胶糊制备。胶料接头使用覆盖胶和芯胶两种生胶胶片。生胶片的保存期：夏天为3 个月，冬天为6 个月，接头使用的胶片应在使用期限以内。GX1250 型、1200mm 宽胶带所使用覆盖胶的尺寸：4mm（厚度）×1260mm（宽度），胶料密度为1100kg/m^3。芯胶尺寸：2mm（厚度）×1260mm（宽度），胶料宽度为1160kg/m^3。另外要有1mm（厚度）×1260mm（宽度）的胶料为尼龙、帆布带，当然在实际操作中覆盖胶也可和芯胶选用相同的材料。

把芯胶胶片剪成细小的碎块，按胶料∶汽油 =1∶3 的比例和120 号航空汽油混合，经常搅拌至完全溶解为止。为防止汽油过量挥发，每次搅拌后要将胶糊桶盖好。胶糊一般宜在接头前3 天制备，每个接头可制备5kg 胶糊。

（2）接头制作　接头形式较多，下面推荐两种常用的方法。

1）对接式（图6-10）。阶梯层数 = 带芯层数 -1 ，在接头制作方面应注意：

①对接时的台阶倾向应按胶带运行方向确定，如图6-11 所示。

②采用对接式时，由于胶带带芯层数的改变，使得每个台阶长度也随之改变，具体尺寸见表6-1。

表6-1　对接式接头尺寸参数

胶带宽/mm	带芯层	接头台阶数	台阶长度/mm
1000	5	4	150
1000	6	5	120
1200	5	4	180
1200	6	5	150
1400	5	4	150
1400	6	5	150

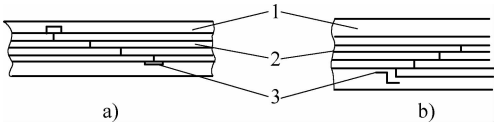


图 6-10　胶带接头方法

a）对接　b）搭接

1—覆盖胶　2—胶布层　3—布条

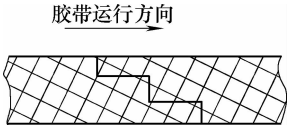


图 6-11　胶带对接时的台阶倾向

2）搭接式。阶梯层数 = 带芯层数。

搭接式接口强度比对接式高 30%，由于胶带芯层数的改变，使得每个台阶长度也随之改变，具体尺寸见表 6-2。

表 6-2　搭接式接头尺寸参数

胶带宽/mm	带芯层	接头台阶数	台阶长度/mm
1000	5	5	120
1000	6	6	120
1200	5	5	150
1200	6	6	140
1400	5	5	150
1400	6	6	150

现推荐三级全搭接法接头制作工艺如下。

为防止胶带接头偏斜，要在每条胶带的两头标出胶带中心线。划中心线时，应根据胶带的实际宽度来测量中心点。中心线可用小刀轻轻划出或用蜡笔画出以防擦掉。然后，再把接头固定（可用铁钉钉在接头平台木板上，但须使两头中心线重合）。

下面按照已确定的接头形式、接头长度，在两个胶带接头上画出接头线，如图 6-12 所示。以 GX1250 型胶带为例，S 为胶带搭接长度，S'约为 400mm，则三级全接接头长度：$S = 3S' + 250$，即 1450mm。

制作胶带接头时，通常两端都做成斜角。斜角的角度与硫化机加热板的角度相同，均为 70°，画好斜线后依此斜线向接头方向平移 25mm，再画一条斜线，按此斜线进行切割，刀要割到钢丝绳，然后从边部起沿钢丝绳边缘向接头方向切割覆盖胶和芯胶，继续切割钢丝绳端部胶，注意钢丝绳端部处的覆盖胶应切割成 30°的斜坡（图 6-13）。用钳子钳住钢丝绳端部，向外用力抽取出一定长度的钢丝绳（其长度略大于 S），按同样方法和抽取长度顺次抽出其余钢丝绳。

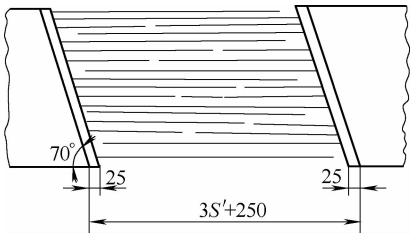


图 6-12　胶带接头剥切线的画法

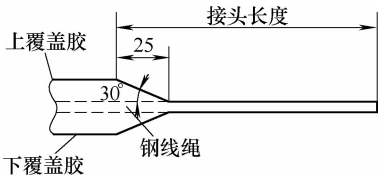


图 6-13　将钢丝绳端部覆盖胶割成 30°斜坡

胶带 1 和胶带 2 采取三级全搭接，抽取钢丝绳后，按图 6-14 所示的截断尺寸，用压钳截断胶带 1 和胶带 2 外露的钢丝绳。

用电动钢丝轮打磨钢丝绳所附橡胶，但应注意，尽量使钢丝绳免受损伤。具体要求是：钢丝绳根部间的橡胶面、斜坡面和邻接斜坡的覆盖胶表面，都要仔细打磨成粗糙面，且覆盖胶表面打磨宽度为25～30mm，打磨后用刷子将杂物清除干净。

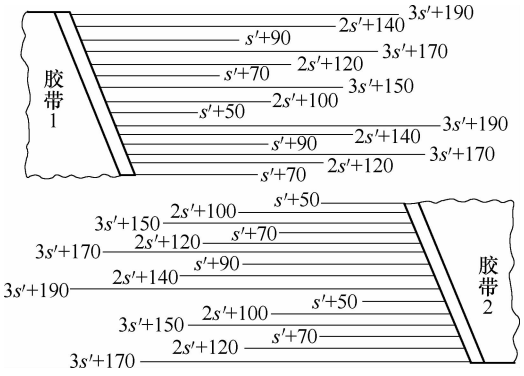


图6-14　三级全搭接钢丝绳截断尺寸

（3）接头硫化及粘接过程　应当指出，胶带粘接工作开始前，应作粘接头的粘接试验，试验的粘接头总的扯断力不应低于原胶带总扯断力的80％。当粘接头扯断的力符合质量标准后，就可以开始进行硫化粘接了，下面重点强调接头的硫化过程。

1）用汽油涂刷钢丝绳及打磨过的所有表面，干燥后涂刷芯胶糊两遍，第一遍干燥后再涂第二遍。

2）重新检查胶带两端中心线是否在同一直线上，若不在，应重新调整。

3）在下加热板上铺一层报纸，然后铺上覆盖胶胶片至斜坡面上缘。

4）用汽油涂刷下覆盖胶胶片，干燥后铺贴下芯胶胶片至斜坡面。

5）用芯胶胶糊均匀涂刷下芯胶胶片一遍，干燥后，选择接头形式后排列钢丝绳，要求各根钢丝绳排列均匀及伸长量一致。

6）将芯胶胶片用汽油清擦一遍，干燥后均匀涂刷芯胶胶糊一遍，干燥后将涂刷面朝下铺贴在钢丝绳上，贴至斜坡面。

7）用汽油清擦上覆盖胶胶片，干燥后将涂擦面朝下贴在芯胶上，贴至斜坡面上缘。做此项工作时，要注意GX1250型胶带厚度为19mm，钢丝绳直径为ϕ5mm，所以覆盖胶和芯胶厚度之和不能大于16mm。

8）在上覆盖胶表面垫一层报纸，将宽出胶带的胶料割去，顶好边部垫铁，盖上薄铁板，放上加热板、隔热板及加压板，安装上机架，紧固螺钉并接通各管路，接头部边缘应距热板边缘100mm以上，两边夹紧板螺钉上紧。

9）垫铁厚度：垫铁用50～75mm宽的平铁板，厚度比冷压后带体厚度薄0.5～1.0mm即可。

10）冷态加压5min，其间可升、降压一至两次以帮助排除接头内的空气。然后放压启开上热板检查有无缺胶等现象。如有则进行修补，再合上热板硫化。

11）接通热源硫化，先低压预热3min（加压压力一般为0.5MPa）后升压（一般为1.47MPa），待温度达到标准温度后时开始计算硫化时间。硫化时间及温度一般应符合表6-3的规定。

表6-3　硫化时间及温度

胶带层数	硫化温度/℃	硫化持续时间/min
3	143	12～15
4	143	18～20
5	140	25
6	140	30
8	138	35

（续）

胶带层数	硫化温度/℃	硫化持续时间/min
10	138	45
12	138	55

注：1. 温升不宜过快，根据胶带层数一般在 60 ~ 90min。

2. 硫化温度达到 120℃时，应紧一次螺钉（保持一定的夹紧力）。

3. 硫化完成后，当温度降到 75℃以下时可拆除硫化机具。

4. 若拆除硫化设备后，发现有气泡，要用锥子穿刺排气，如发现严重缺胶，则要用生胶补齐进行二次硫化。

（4）采取热胶法粘接胶带的注意事项　整个硫化面硫化前应保持清洁，若有污物，附着时需用溶剂充分清洗。各胶带厂生产的胶接材料不可混用；胶料要在干燥阴凉处密封保存，过期的不能使用。

1）热胶法的工具比较沉重，工字形铝材、加压板、加热板等虽然有各种轻小型新产品，但要注意在加压过程中防止材料刚度不足造成的拱起变形，影响硫化质量。

2）加热硫化过程中同样要考虑施工环境的因素，尽量避免在低温、潮湿、粉尘环境下操作。

（5）热胶法粘接胶带的质量标准

1）接头强度保持率应在 90% 以上。

2）平均有效间距（指接头部位相邻两钢丝间的胶厚）应大于 0.25d（d 为钢丝绳直径）。

3）硫化结束后，胶带内部不应有较大气泡或较大变形。

4）接头表面平整，不能有缺胶、多层、凸凹等缺陷。

5）其他参见冷粘接胶带质量标准的有关部分。

3. 冷胶法粘接工艺

冷胶法的整个胶接工艺过程可在常温条件下进行，而且能够快速固化，接头强度满足使用要求。冷胶法粘接剂的配方见表 6-4。

表 6-4　常用冷胶粘接剂的配方

种类	主要成分重量比		溶液配比
通用型氯丁胶-叔丁酚甲醛树脂	氯丁胶 N-A	100	醋酸乙酯∶汽油（120 号）= 3∶1
	氧化镁	10	
	氧化锌	10	
	醋酸钠	0.5	
	叔丁酚甲醛	5	
	树脂	5	
	促进剂 DM	1	
氯丁胶-酚醛树脂	氯丁胶 GN-A	100	酚醛树脂 4 胶料∶溶剂 = 5∶1
	氧化镁	5	
	氧化锌	5	
	酚醛树脂	4	
氯丁胶-槽法炭黑	氯丁胶 GN-A	100	醋酸乙酯∶汽油（120 号）= 1∶1
	槽法炭黑	35	
	防老剂 4010	1	
丁腈胶	丁腈 1-26 橡胶	5	硫化乙酰胺∶醋酸乙酯 = 1∶7
	氧化锌	5	
	氧化镁	4	

冷胶法的技术要求及工艺过程如下所述。

（1）冷胶法的工艺过程　对胶带进行胶接时，接头形式和尺寸对接头强度影响很大，应注意选择。冷胶法一般选用阶梯对接接头形式（图 6-15）。这种接头粘接工艺简单，外廓平整，强度可接近原胶带强度。为了便于计算下料，斜口角多为 63°30′和 73°30′（因 cot63°30′≈1/2，cot73°30′≈1/3）。向接口涂抹粘接剂时要注意在接口的四周（边部）多刷一些，凸凹不平处要填满，涂胶量控制在 900～1200g/m^2。一般涂两遍胶，第一遍胶厚约为 0.1mm，第二遍胶厚为 0.2～0.3mm。涂胶之后在常温下放置 20～30min，然后合拢，并用木锤敲打密实，再用 300～800N 的压力压固，约保持 6～10h 后，经检查无工艺缺陷，即可启用。其他操作事项同胶带的普通冷粘接工艺。

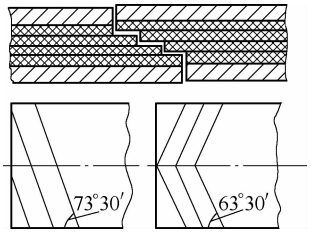


图 6-15　阶梯对接接头形式

（2）冷胶法的技术要求

1）无论采用何种粘接剂，均要严格遵照其说明，按配比调配均匀，但调配时间不宜过早，以防挥发失效。

2）配胶时，要事先计算好使用量，分两次涂完，刷胶时，其涂刷方法及要求同热胶法。

3）固化时间应根据实际环境的试验而定，粘接场所的环境温度低于 5℃时不宜进行冷胶接工作。

4）固化时胶带接头应有适当的、均匀的夹紧力。

四、胶带的修补

胶带在使用过程中，可能出现边缘磨损、胶面磨损等小的缺陷，更换胶带难免费工、费时，可以使用专用的修补材料进行修补。

胶带修补时，按照如下步骤。

1）将破损部位进行打磨处理。

2）在预先准备好的胶条和胶带上涂抹专用修补胶。

3）待胶干燥到一定程度后粘接胶条。

4）驱赶气泡。

5）在胶条周围也刷涂修补胶作封堵接口用。

6）待晾干后即可使用。

7）胶带修补时需要注意以下几点：

①修补处胶带的耐磨度与原有胶带相仿，但修补处的胶带与织物层的附着力低于原有胶带。

②胶带透气后修补的仅仅是橡胶层，修补处的韧度、强度远远低于原有胶带。

③胶带横向撕裂处不推荐修补。

④如出现大面积（大于破损处横截面积 10%）破损，不推荐修补。

第三节　胶带机其他装置的检修

一、常用拉紧装置的检修

胶带的拉紧装置主要有重锤滚筒拉紧、尾部小车拉紧、尾部丝杠（推杆）拉紧三种方式。

（一）重锤滚筒拉紧装置的检修

图 6-16 所示是重锤滚筒拉紧装置结构，重锤滚筒拉紧装置检修项目包括滚筒的检修、滑道（滑杆）的检修、重锤配重的调整。

1）重锤改向滚筒的常见故障是轴承损坏，其检修方式与其他位置滚筒轴承的检修相似。

2）滑道（滑杆）的检修。滑杆的变形会影响重锤的正常上下运动，应在变形大于2%时进行检修，校正直线度。对于滑杆本身刚度不足的，在运行过程中出现大幅度振颤的，应进行加固。重锤滑杆有的采用槽钢制作，高度高于4m以上，刚度明显不足，建议使用 ϕ150mm 左右的钢管。

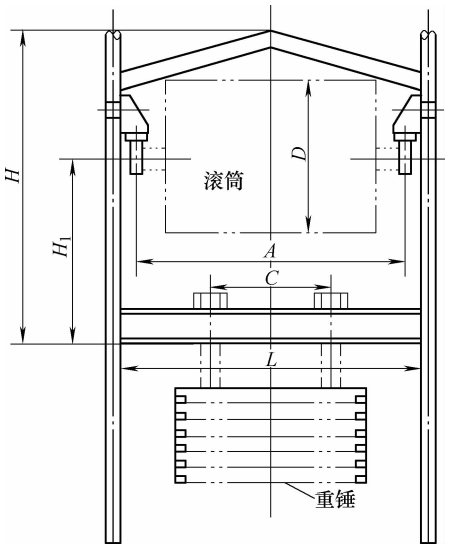


图 6-16　重锤滚筒拉紧装置结构

重锤滑杆与重锤改向滚筒之间应保持足够的距离，滑杆的刚度越差，可能造成的跑偏越严重。

（二）尾部小车拉紧装置的检修

尾部小车拉紧装置主要由拉紧小车、牵引机构、配重悬挂部分组成，如图6-17所示。

1. 拉紧小车的检修项目

1）车轮及轴承的检修。

2）轨道的检修。

2. 检修标准

1）小车非拉紧状态下滑动无异常卡涩。

2）轨道中心与胶带基架中心同轴度不大于1%；两轴线夹角不大于30′。

（三）拉紧装置的检修与维护

1. 张紧轮和导向轮的检修与维护

1）轮辐无裂纹，绳槽应完整无损，绳槽的磨损深度应小于10mm。

2）铜套与轴的磨损，最大间隙应小于0.5mm。

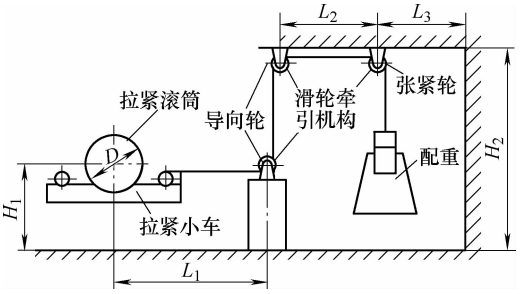


图 6-17　尾部小车拉紧装置

3）轴的定位挡板应牢固可靠，地脚螺栓无松动。

2. 拉紧小车的检修维护

1）车架无明显变形，各焊缝无开裂。

2）车轮的局部磨损量小于5mm。

3）轴的直线度误差应小于0.5‰。

3. 配重装置的检修维护

1）配重架无明显变形及开焊，地脚螺栓无松动。

2）张紧绳和保险绳完好，每个固定绳头的绳卡子不少于3个。

3）满载工作时，张紧绳放绳长度应保证配重底面离基础地面的距离大于100mm；保险绳的长度应能保证张紧绳卡子在进入张紧导向轮绳槽前100mm时，保险绳必须受拉力。

（四）尾部丝杠（推杆）拉紧装置的调整

尾部丝杠拉紧属于无缓冲拉紧，通常用于随时调整的较短胶带的拉紧，类似装置还有定位螺栓拉紧、推杆拉紧等。

尾部推杆拉紧还可以称作即时的胶带跑偏自动调整装置。控制原理如图6-18所示，布置如图6-19所示。

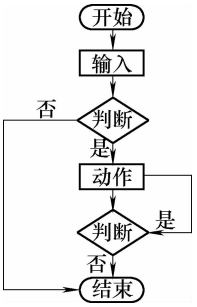


图 6-18　控制原理

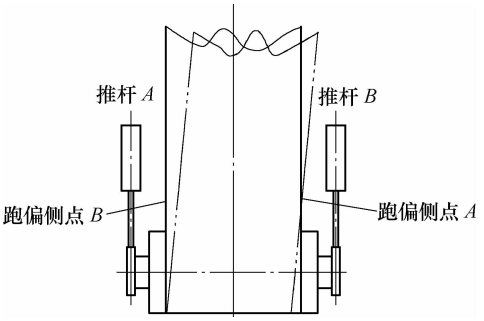


图 6-19　尾部跑偏调整器布置

跑偏自动调整原理：当测点 *A* 感应到跑偏后，经过延时判断信号真假，然后控制推杆 *A* 和推杆 *B* 以相反方向动作一定距离后，系统等待一段时间，判断跑偏信号是否仍然存在，若存在，继续动作。同理，测点 *B* 侧感应到跑偏后，执行相同程序的动作。

该方式的自动调整还可以把 *A* 或 *B* 侧改为铰接，另外一侧配置推杆。整个滚筒固定在滑座上，先通过基本的拉紧后，再通过控制推杆细微、自动调整尾部跑偏。

二、牵引机构的检修

牵引机构主要由滑轮和钢丝绳组成。

（一）牵引机构的检修项目

1）定滑轮的检修。

2）钢丝绳的维护与检查。

（二）检修质量标准

1. 钢丝绳的检修标准

1）钢丝绳无死弯；锈蚀不超过钢丝直径的 40%。

2）钢丝绳断丝数在一个捻节距内超过总数的 10% 时，应更换。

3）钢丝绳在更换和使用当中不允许钢丝绳呈锐角折曲，以及因被夹、被卡或被砸而发生扁平和松断股现象。

4）钢丝绳在工作中严禁与其他部件发生摩擦，尤其不应与穿过构筑物的孔洞边缘直接接触，防止钢丝绳损坏和断股。

5）使用的钢丝绳要定期（一般每 6 个月）涂抹油脂，以防止其生锈或受到干摩擦。

6）严禁钢丝绳与电焊线接触，防止电弧烧伤。

7）需要注意的是：若胶带长期无伸长，应定期（3～6 个月）调整钢丝绳弯曲位置，防止出现永久变形。

2. 滑轮的检修质量标准

1）铸铁滑轮轮缘完好无裂痕，铸钢滑轮无锐利突起，塑料滑轮无变形，焊接滑轮无开裂；滑轮座连接处，焊接无开焊，螺栓连接无松动；滑轮转动灵活，润滑正常；滑轮槽磨损不超过钢丝绳直径的 15%。轮槽壁的磨损不应超过原厚度的 1/3，否则应进行更换或经电焊修补后再机加工。

2）滑轮的轮辐如发生裂纹，轻微时可进行补焊。但补焊前必须把裂纹打磨掉，并采取焊前预热，焊后消除应力处理，以防变形。

3）改向滑轮的轴孔一般都嵌有软金属轴套（如钢瓦套等），其磨损的深度不应超过 5mm，其损坏的面积应小于 0.25cm^2。

4）改向滑轮应定期检查并加油润滑（一般每月进行一次）。

5）改向滑轮的侧向摆动不得超过 D_0/1000（D_0为滑轮的中径）。

3. 配重悬挂部分的调整

配重悬挂部分的调整按照胶带张力计算进行调整。

三、制动器的检修

（一）制动器的类型

制动器按照用途可分为停止式和调速式。按照构造特征可分为块式、带式和盘式三种。按照操纵方式可分为手动、自动和两者兼而有之。按照工作状态可分为常闭式和常开式。

一般常用的制动器有：闸带制动器、盘式制动器和闸瓦制动器。

常用闸瓦制动器又分为电磁制动器、电动液压推杆制动器、液压电磁铁制动器，电厂燃料设备常用制动器为 YWZ 系列电动液压推杆制动器（图 6-20）及 YDWZ 系列液压电磁制动器（图 6-21）。

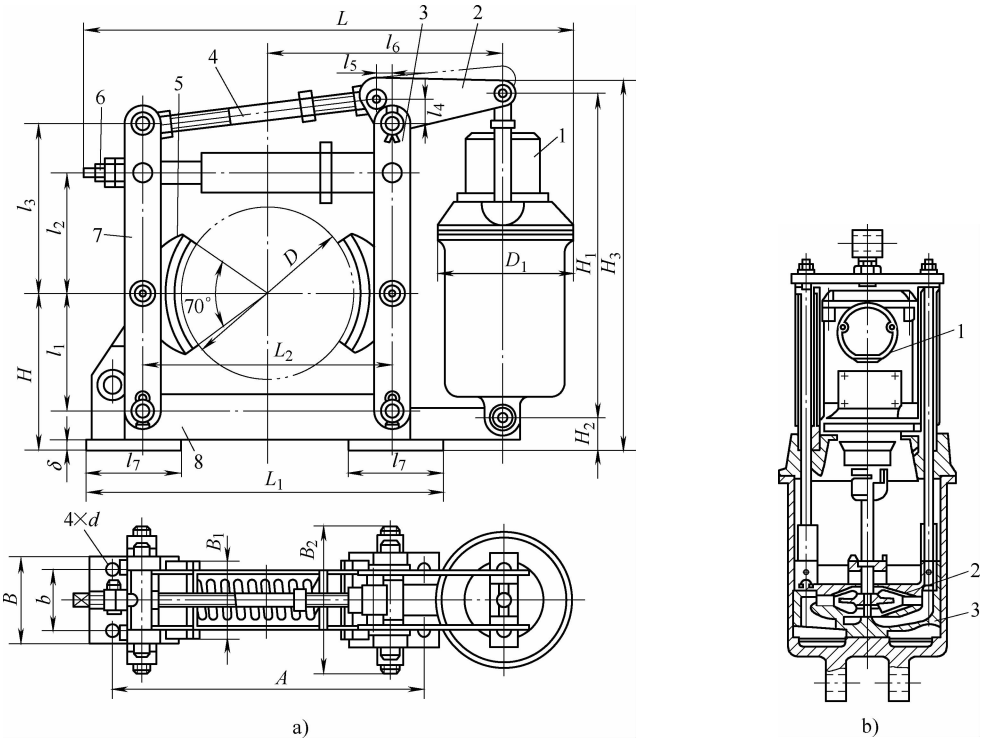


图 6-20　YWZ 系列电动液压推杆制动器

a）YWZ 系列电动推杆制动器

1—电动液压推杆　2—杠杆　3—制动臂　4—拉杆　5—闸瓦

6—调节螺钉　7—制动臂　8—底座

b）YT1 形电动液压制动器

1—电动机　2—离心泵叶轮　3—活塞

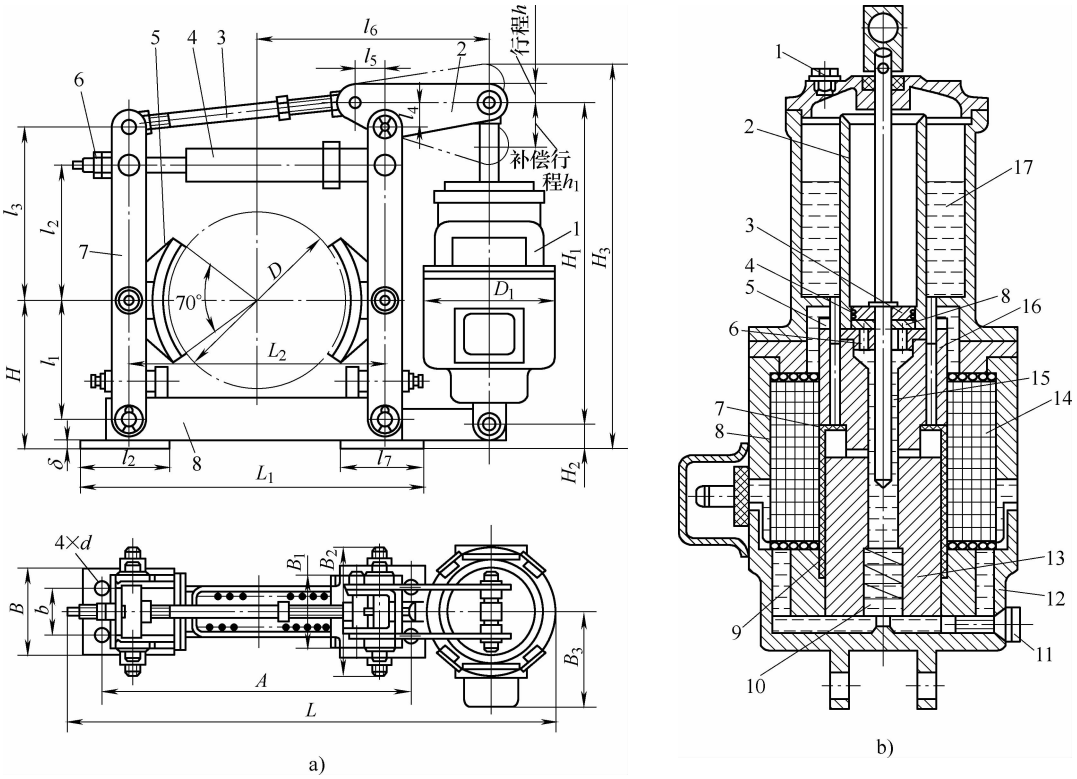


图 6-21　YDWZ 系列液压电磁制动器构造

a）YDWZ 制动器本体部分

1—液压电磁铁　2—杠杆　3—拉杆　4—套板及主弹簧　5—闸瓦　6—主弹簧调节螺母　7—制动臂　8—底座

b）MY1 型液压电磁铁结构示意

1—加油口　2—推杆　3—活塞　4—密封圈　5、6—通油孔　7—齿形阀片　8—钢垫片

9—钢套　10—动铁心阀　11—放油螺钉　12—下缸体　13—动铁心　14—线圈

15—油腔　16—静铁心　17—上缸体

（二）制动器的调整

1）调整前的注意事项

2）制动器调整前，应检查制动器的中心高度是否和制动轮中心高度相同，并使其两制动臂垂直于制动器安装平面。调整过程中制动瓦片表面及制动轮表面不得粘有油污。

3）调整步骤及方法。

①制动力矩的调整。首先旋转主弹簧调节螺母，改变弹簧长度，从而获得不同的制动力矩。调整时应以主弹簧架侧面的两条刻线为依据，当弹簧座位于两条线中间时，即为额定制动力矩，调整时注意拉杆的右端不能顶住弹簧架的销轴。

②制动瓦打开间隙的调整。调整时应使两侧制动瓦打开的间隙相等。若间隙不相等则应调整螺钉，如果左侧制动瓦打开间隙过大，而右侧较小时，则应旋紧左边螺钉，反之则按相反的方向调整。

③调整杠杆。先旋动拉杆，使杠杆连接制动器销轴的中心线和拉杆销轴的中心线处于同一水平线上。当装上电磁液压制动器后，应检查电动液压制动器的补偿行程。

④调整要求。检查制动器松开时，闸瓦片应均匀地离开制动轮。闸瓦与制动轮的间隙要一致，新更换的闸瓦片与制动轮的最大间隙不应超过表 6-5 的数值。

表 6-5　闸瓦片与制动轮的允许间隙　　（单位：mm）

制动轮直径	200	300	400	500
间隙	0. 70	0. 70	0. 80	0. 80
轴向跳动量	0. 11	0. 20	0. 25	0. 25

（三）YT1 型电动液压制动器的检修

1. 检修工艺及质量标准

2. 拆卸及检修

1）从制动器上拆下电动液压推杆。

2）打开放油螺塞，放尽缸内油液。

3）按顺序将梁、弹簧装置、推杆套及电动机拆下。

4）拆去上盖螺栓，将叶轮与活塞拉出。

5）检查内部各部件不应有损坏，轴承应良好，各螺栓应紧固无松动，并用煤油清洗后方可装配。

6）各部密封应完好，损坏的密封垫应更换，油位显示窗应清晰，活塞及缸体内壁应无拉毛及严重磨损，对飞边应用细砂布打磨。

3. 组装

1）放好密封垫，将叶轮、活塞与上盖组装为一体。

2）将活塞推入缸内，使盖与缸体结合好，对称紧固螺栓。

3）旋紧放油螺塞，加入液压油，按顺序装好电动机、弹簧和横梁。

4. 检修质量标准

1）叶轮旋转应灵活。

2）圆柱弹簧无卡涩现象。

3）推杆及活塞上、下运动无卡涩。

4）各结合面处密封完好无泄漏，油位视窗清晰。

5）加油标准及要求：按规定选择油种（表 6-6）

表 6-6　推动器选用油类

周围环境温度/℃	推荐使用油类	周围环境温度/℃	推荐使用油类
20 ~ 40	L-AN32 全损耗系统用油	－15 ~ 0	#25 变压器油
0 ~ 20	#10 变压器油	－25 ~ －15	#10 航空液压油

（四）MY1 型液压电磁铁制动器的检修

1. 拆卸及检修

1）将液压电磁铁制动器由制动器上拆下。

2）将制动器放油螺塞打开，放尽内部油液。

3）按顺序将制动器上缸体、静铁心、线圈、动铁心等和底座拆开。

4）检查缸体内各油道，不应有异物和杂质，用煤油将各部件清洗干净。

5）检查橡胶密封圈，不应被压扁及变形，弹簧卡圈不得变形，尺寸应符合要求。

2. 组装

1）按顺序将制动器动铁心、线圈、静铁心、上缸体等装于制动器缸体内。

2）线圈上、下端应各有两块月牙形橡胶垫不得漏装，并使静铁心压住线圈，防止线圈窜动，月牙形橡胶垫的位置要与底座的两孔相垂直。

3）动铁心阀门处，应注意各零部件装配位置。

4）压片的方向不能装反，不可遗漏放置隔磁环，液压缸的两凸仓、静铁心的两孔及下缸体的两孔均在同方向，以保证对正外油路的方向。

5）组装好后加入液压油，方法：先把推杆放在最低位置，然后松开放气螺塞和注油孔螺塞，缓慢地向液压缸内加油，一直到油从放气孔溢出时，再把放气螺塞拧住。拧上放气螺塞后，继续缓慢加油，一直到离注油孔 40～50mm。静置几分钟后，再拧开放气螺塞排气，完全排净后拧紧放气螺塞，检查油位，如果没有达到上述高度，应继续加油到合格为止。

3. 检修质量标准

1）各部密封良好，无泄漏。

2）推杆动作灵活，无卡涩现象。

3）注意要垂直安装，与铅垂线倾角不大于 5°。

4）安装时应有一定的补偿行程，其高度不大于表 6-7 的规定。

5）加油标准。在环境温度高于 -10℃时，用#25 变压器油；环境温度低于 -10℃时，用#10 航空液压油。所选用加入的油液，应十分清洁，不允许有杂质混入。

表 6-7　MY1 型液压电磁铁技术规范

液压电磁铁型号	额定推力/N	额定行程/mm	补偿行程/mm
MY1—25	245	20	50
MY1—50	491	22	90
MY1—100	981	25	110
MY1—200	1962	30	120

（五）制动轮及闸瓦检修验收质量标准

1. 制动轮

1）检修或更换新的制动轮，其表面硬度应达到 HRC45～55，淬火层深度应达到 2～3mm。

2）当制动轮磨损达 1.5～2mm 或是表面过于粗糙、闸带铆钉擦伤深度超过 2mm 时，必须重新进行机加工或热处理。

3）重新加工后的制动轮其壁厚必须保证大于原厚度的 70 %，否则应更换。

4）机加工后的制动轮其表面粗糙度值应达到 $Ra1.6\mu m$。

5）装配好的制动轮其轴向圆跳动量不得超过表 6-8 的规定。

表 6-8　制动轮装配后的跳动量　　（单位：mm）

制动轮直径	≤200	>200～300	>300～800
径向圆跳动量	0.1	0.12	0.18
轴向圆跳动量	0.15	0.2	0.25

2. 制动瓦

1）闸瓦磨损量超过原厚度的 50% 时应更换。

2）更换闸瓦时，首先将准备好的石棉制动带加热到 100℃左右，而后弯压在闸瓦上，并用铜钉或铝钉铆接。闸瓦与石棉制动带的接触面积应大于其全部面积的 75%，铆钉沉入瓦片的深度不小于瓦片厚度的 50%。

3）闸瓦中心与制动轮中心误差（即同轴度）不大于 3mm。

4）当制动器松开时，闸瓦与制动轮的倾斜度和平行度不应超过制动轮宽度的1%。

3. 制动架

1）制动架各部分动作要灵活，销轴不能有阻、卡现象。

2）销轴及其他轴的磨损超过原直径的5%，圆度误差超过0.5mm时，需更换。

3）各轴孔的磨损超过原尺寸的5%时，要重新加工孔，并配上合适的轴可继续使用，轴孔磨损量过大后，应进行补焊加工。

4）各转动部位应定期检查，加油润滑。

5）各部位调整螺母应紧固，不应有松动现象。

第四节　输煤胶带机的大修及安装

一、输煤胶带机概述

如图6-22所示，输煤胶带机由胶带、驱动装置、滚筒、机架、托辊、导料槽、落煤管、清扫器、拉紧装置、制动装置等组成。

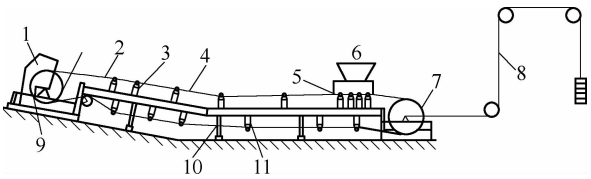


图6-22　输煤胶带机结构布局

1—头罩　2—驱动滚筒　3—上托辊　4—胶带　5—缓冲托辊
6—料斗　7—改向滚筒　8—拉紧装置　9—清扫器
10—中间架　11—下托辊

输煤胶带机主要用于沿水平和倾斜方向输送物料，线路的布置形式随安装地点的不同而异，一般可分为三类：水平方向输送物料、倾斜方向输送物料以及水平和倾斜方向输送物料。

输煤胶带机倾斜布置时，应对倾斜角度有一定的限制，其水平允许倾角取决于被输送物料与胶带（表面特征和材料）之间的动摩擦系数、胶带的断面形状（平形或槽形、圆形）、物料的堆积角、装载方式和胶带的运动速度。

为了保证物料在胶带上不向下滑移，胶带的倾角应比物料与胶带之间的静摩擦角小10°~15°。在正常情况下，当采用倾斜向上布置时，与水平面的倾角一般不超过18°。对输送破碎后的物料，其最大允许倾角可达到20°。若向上输送，且须采用大倾角时，可采用花纹胶带的胶带机，最大倾角可达30°。若向下输送时，则一般允许倾角为向上输送倾角的80%。

如前所述，针对胶带机上主要机构（滚筒、托辊、胶带、制动器及拉紧装置等）的检修问题进行了分析和总结，此节内容重点分析胶带机的大修及安装。

二、输煤胶带机的大修

（一）大修项目及内容见表6-9。

表6-9　输煤胶带机大修项目及内容

大修项目	项目内容	周期/年
大修减速器	1）轴承的检查、鉴定，不符合技术要求时更换 2）齿轮与轴的检查、鉴定、修理，必要时更换 3）油封的检查与更换、鉴定、消除渗漏，必要时更换 4）更换润滑油，检查与补充适量的润滑油 5）消除振动杂声 6）联轴器找正	4~5
检修托辊及滚筒	1）托辊的检查和更换 2）滚筒的检查和检修；轴承的检查和修理；检查胶面	2~3

（续）

大修项目	项目内容	周期/年
检修托辊支架	1）按照安装工艺要求检查支架的变形和位移程度，若超出标准，则进行调整和更换 2）若有因支架引起的跑偏，则进行调整，适当位移部分支架	4～5
大修拉紧装置	1）检查保养拉紧装置的转动部分 2）检查钢丝绳，按照钢丝绳报废及保养标准执行 3）检查拉紧装置的钢结构部分的变形情况，校正和防腐	4～5
更换胶带	胶带的更换可以根据实际使用情况，分别执行。对于大倾角的胶带，应按照周期更换。对于平胶带，可以根据胶带的破损情况，自行执行更换标准，进行胶带局部更换或整体更换。具体更换标准如下 ①边缘磨损严重，造成撒煤或跑偏 ②胶带胶层磨损，漏出帆布层 ③胶带胶面出现严重破损，粘煤后，刮煤器不能去除，造成大量带煤现象 ④胶带多次粘接后，长度不足，需要更换部分胶带 ⑤胶粘层出现老化，横向裂纹占横截面的40%以上 ⑥胶带出现分层剥离现象，层间开胶鼓泡 ⑦胶带中间开裂 ⑧胶带使用超过7年，弹力不足，出现卷边现象 ⑨胶带的补口、粘口过多，维护量超过2次/月时，可以考虑更换	5

（二）大修工艺及质量验收标准

1. 减速器部分的大修工艺及验收标准

1）清理现场及机壳，拆卸联轴器及放油，并作好装配印记和解体准备。

2）作好检修前、检修后的技术记录，检修中更换的零件要详细记载，拆卸的零件要妥善保存。

3）对轴、轴承、键和联轴器的检查修理应执行通用部分的要求（详见单元二第四章）。

4）作好核对图样工作，无图样的应作好测绘工作，以便制作备品。

5）轴在发生扭曲变形时应更换，发现有裂纹时应报告技术主管进行技术鉴定，研究是否可以继续使用。

6）对圆柱齿轮传动轴，其平行度和倾斜度，1m内应在表6-10规定的范围内。

表6-10　齿轮传动轴的安装要求

传动装置	平行度/mm	倾斜度/mm	传动装置	平行度/mm	倾斜度/mm
减速器	0.3以下	0.25以下	模数为6～14	0.8以下	0.8以下
开式齿轮传动	0.4以下	0.3以下	模数为14～20	0.6以下	0.5以下
模数为6以下	1以下	0.8以下			

7）齿轮的磨损、顶隙、侧隙、啮合接触面积的检查应按通用部分规定执行（详见单元二第四章）。

8）有下列情况，不管齿轮的磨损程度如何，应立即更换：

①齿根有一处或几处疲劳裂纹。

②因疲劳剥落而损坏的齿轮工作面积超过齿轮全部工作面积的30%，以及剥落的坑沟深度超过全齿厚度的10%。

9）对于镶嵌式齿轮（如齿形联轴器）应检查配合的紧密性，齿圈和轮壳的固定螺钉应牢

固。

10）组装减速器时，各轴的推力侧轴承外圈应与端盖止口无间隙、紧密接触。通过增减调整隔套的厚薄来调整齿轮间隙，通过增减端盖法兰与外壳之间衬垫的厚薄来保证轴承游隙，原则上以轴的膨胀量为准。

11）组装减速器前，应对齿轮及箱体进行最后清洗。

12）装配箱体和箱盖时，应将上下结合面擦拭干净，不允许有旧垫的痕迹，以0.05mm的塞尺不得塞入为准，然后涂上油漆或其他密封液，以防漏油。

13）新更换的齿轮组，齿轮与轴的装配间隙为0.03mm，齿面接触均匀，接触面积应大于整个齿面的2/3以上，主动轮与从动轮的端面差不超过2mm。

14）检修及减速器定位找正时，使用的垫片不应超过3片（每个支点），其总厚度不得大于2mm。

15）加油：组装减速器时，各部轴承应加适量的润滑脂，组装后应加入充分的润滑油，油量以油位计或油标尺规定值为准，或以润滑油浸没最低齿轮一个全齿高为准。

16）试运标准：一般减速器检修后，应空载试运行2h，结合面应不漏油、不渗油，端盖密封处应不漏油、无杂声，温度不超过70℃，各处振动合乎规定标准。

注意事项：推力轴承侧隙的调整尤为重要，侧隙大，容易造成油封磨损；侧隙小，容易造成轴承发热。减速器推力轴承侧隙应保持0.20mm左右。

2. 滚筒大修工艺及验收标准

1）清理现场及滚筒，拆开滚筒轴承端盖，检查并保养轴承，必要时进行更换。

2）检查胶面磨损、老化情况，若胶面的磨损量超过4mm，或发生胶面剥离现象，须重新包胶。

3）滚筒检修后试运转4h，轴承温度不超过室温+15℃，无杂声及振动。

4）滚筒转动平稳，不使胶带跑偏。

（三）胶带机大修的其他注意事项

1）胶带机的大修时间应控制在4天以内，以防止胶带因长期停用对运行侧胶带产生安全隐患。工作的主要重点在减速器部分，减速器大修项目应在两天以内完成解体和重装。

2）胶带大修前，应对运行侧胶带仔细检查，对胶带接口、减速器运行状况、当前煤质进行调查分析，确认运行侧胶带不会出现异常。煤质情况主要是确认煤中含杂物量，以不引起划伤胶带为准。

3）除考虑大修胶带机运行侧胶带安全外，还要考虑运行侧不能切换的所有胶带的运行状况。建议对胶带加装双侧互相切换的三通，作为备用，增加胶带检修期间的安全系数。

4）胶带机大修应考虑到悬空胶带下部桥架的防腐以及桥架的变形，应定期（间隔5年）做防腐；每2~3年，目视检查桥架变形，每6~8年由有资质的部门检测桥架的变形量，做出安全评估。

三、输煤胶带机的机械安装及试运行

（一）安装前的准备工作

1）安装前应根据验收流程对所有部件进行验收，并熟悉安装技术要求和胶带机图样要求，按基础图，检查基础尺寸、安装平面精度等是否符合要求，尤其是预埋件与预留孔的位置以及标高一定要符合设计要求。

2）对照装配图装箱单清点零部件数量，检查其质量，如有损伤或质量问题应进行修整或更换。

3）熟悉整机及各部件（配套件、外购件）的产品说明书，了解安装、调试方法，技术要

求，注意事项及专用工具等。

4）金属构件的检查

①检查构架的长、宽、高尺寸，其偏差不大于10mm。

②检查构架弯曲变形不大于其长度的1/1000，全长不大于10mm。

③构架型钢无扭曲变形。

④对气垫带式输煤机的金属构架还应符合下列要求：

气室主要工作面应光滑无变形，气孔开设均匀合理，符合设计要求，并不得有飞边、堵塞和漏开现象。

气室扭曲变形不大于长度的1/1000，全长不大于10mm。

5）托辊的检查

托辊表面应光滑无毛刺，轴承应有润滑脂，转动应灵活，否则应解体检修。

6）胶带的检查

胶带的规格（厚度、宽度、帆布层数和覆盖胶厚度等）应符合设计规定，胶面无硬化和龟裂等变质现象。

（二）安装工艺

1. 安装要点

（1）安装胶带机的机架　机架的安装是从头架开始的，然后顺次安装各节中间架，最后安装设尾架。在安装机架之前，首先要在胶带机的全长上拉引中心线，因保持胶带机的中心线在一直线上是胶带正常运行的重要条件，所以在安装各节机架时，必须对准中心线，同时也要兼顾机架本身的找正。机架对中心线的允许误差为±0.1mm/m（机长），但在胶带机全长上对机架中心的误差不得超过35mm。当全部单节安装并找正后，可将各单节连接起来。

（2）安装驱动装置　安装驱动装置时，须使胶带机的传动轴与胶带机的中心线垂直，使驱动滚筒的宽度中心线与胶带机的中心线重合，减速器的轴线与传动轴平行。同时，所有轴和滚筒都应找正。轴的水平误差，根据胶带机的宽窄，允许在0.5～1.5mm的范围内。在安装驱动装置的同时，可以安装拉紧装置，拉紧装置的滚筒轴线，应与胶带机的中心线垂直。

（3）安装托辊　在机架、传动装置和拉紧装置安装之后，可以安装上、下托辊的托辊架，使胶带具有缓慢变向的弯弧，转弯段的托辊架间距为正常托辊架间距的1/3～1/2。托辊安装后，应使其回转灵活轻快。

（4）胶带机的最终找正要求　为保证胶带始终在托辊和滚筒的中心线上运行，安装托辊、机架和滚筒时，必须满足下列要求：

1）所有托辊必须排成行，且互相平行，并保持横向水平。

2）所有的滚筒排成行，且互相平行。

3）支承结构架必须呈直线，而且保持横向水平。为此，在驱动滚筒及托辊架安装后，应对胶带机的中心线和水平作最后找正。

4）将机架固定在基础上，胶带机固定后，可装设给料和卸料装置。

5）铺设胶带时，先将胶带铺设在空载段的托辊上，围抱驱动滚筒后，再铺设在重载段的托辊上。铺设胶带时可使用0.5～1.5t的手摇绞车。

6）在拉紧胶带进行连接时，应将拉紧装置的滚筒移到极限位置，对小车及螺旋式拉紧装置要向传动装置方向拉移；而垂直式拉紧装置则要使滚筒移到最上方。在拉紧胶带前，应安装好减速器和电动机，倾斜式输送机要装好制动装置。

2. 安装顺序

图6-23所示为输煤胶带机结构图，其安装的一般顺序应为：画中心线—安装头部支架13、

中间架11、尾部支架8—安装下托辊10及改向滚筒6—胶带铺设在下托辊10上—安装上托辊2—安装拉紧装置7、传动滚筒14及驱动装置，胶带绕过头尾滚筒—胶带接头—张紧胶带—安装弹簧清扫器12、逆止器、导料槽5及护罩等辅助装置。

注意：上述前两步操作（画中心线、安装机架）的实际意义是找正胶带机安装的基准（基础）位置，而安装基准位置的找正核心问题又是驱动滚筒与从动滚筒安装位置的找正。具体地讲，现场安装找正的方法有两种：①用地规、直角尺、钢直尺、细钢丝（或琴弦）来进行找正安装。②用经纬仪来找正安装。目前在具体安装施工时，要求用第二种方法来找正安装。

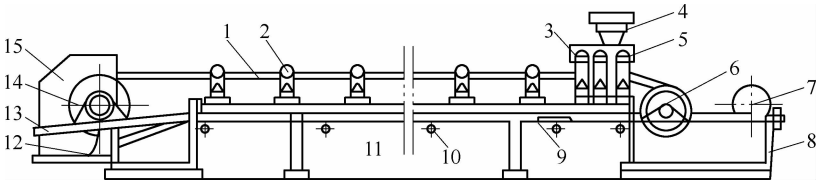


图6-23　输煤胶带机结构图

1—胶带　2—上托辊　3—缓冲托辊　4—头部漏斗　5—导料槽　6—改向滚筒
7—拉紧装置　8—尾部支架　9—空段清扫器　10—下托辊　11—中间架
12—弹簧清扫器　13—头部支架　14—传动滚筒　15—头部护罩

3. 用经纬仪来找正安装胶带机的具体步骤

1）根据胶带机布局设计要求，固定胶带机支架。

①一般以厂房框架或接口位置确定胶带机支架的中心位置，根据设计要求，用经纬仪测定头、尾机架中心点，确定胶带机支架中心线。

②根据胶带机支架安装尺寸，确定支架地脚螺栓的安装位置。

③安装胶带机支架，预固定地脚螺栓。

④调整胶带机支架位置，使其达到支架安装技术要求的规定。

⑤固定支架地脚螺栓，校核各安装技术指标。

2）以胶带机支架为基准，固定主动滚筒。

按技术要求先粗固定一个轴承座，大概放置另一个轴承座，在主动滚筒轴上套装轴承，吊装滚筒，先将主动滚筒一头轴承装进粗固定的轴承座内，再将另一个轴承座套装进主动滚筒另一头轴承上。将经纬仪架设在中间支架中心线位置，通过测量，找正主动滚筒轴线长度方向中心点与支架中心重合，并达到相应技术要求，测量标高达到相应技术要求，最后精确固定两个轴承座位置。

3）以主动滚筒为基准，固定联轴器、减速器和动力源。

4）以主动滚筒为基准，固定从动滚筒，其方法同2）。

5）以主动滚筒为基准，固定托辊。

（三）常用胶带机的安装技术要求

1. 检测各项精度指标

钢结构的质量对整机的性能有很大影响，安装时要检测下列各项精度指标：

（1）机架中心线的直线度（表6-11）

表6-11　机架中心线的直线度

机长/m	<100	100～300	300～500	500～1000	1000～2000	>2000
直线度/mm	10	30	50	80	150	200

另外，在任意25m长度范围内，机架中心线的直线度不得大于5mm，对可逆运行的带式胶带机，因其胶带跑偏可能性较大，应提高安装精度，其中心线直线度控制在上述数值2/3以内。

（2）头、尾机架的安装技术要求

1）头、尾机架中心线与胶带机纵向中心线同轴度误差为±3mm。

2）头、尾机架安装位置的标高偏差为±10mm。

3）头、尾机架中心线平行度误差为±5mm。

（3）关于轴承座及地脚螺栓的安装要求见表6-12。

表6-12　轴承座及地脚螺栓的安装要求　　（单位：mm）

带　宽	≤800	>800
两侧轴承座底面平面度	1.0	1.5
两侧轴承座螺栓孔距偏差	±1.5	±2.0
孔对角线长度之差（$x-y$）	≤3.0	≤4.0

（4）中间架安装的技术要求

1）中间架支腿的垂直度或对建筑物地面的垂直度不应超过间距的0.3%。

2）中间架在铅垂面内的直线度应小于间距1‰。

3）中间架接头处，左右、高低的偏移量均不应超过1mm。

4）中间架间距的偏差不应超过±1.5mm，相对标高差不应超过间距的0.2%。

2. 驱动装置的安装技术要求

驱动装置的总体安装要求是：传动轴中心线与机架中心线应垂直，使传动滚筒宽度的中心与机架的中心线重合，减速器的轴线与传动轴线平行。同时，所有轴线和滚筒都应找正。根据胶带机的宽窄，轴的倾斜度误差为0.5～1.5mm。具体安装要求如下：

1）驱动装置应在制造厂组装完毕，现场可将整体部件与传动滚筒相连。对于体积大，重量大而不易运输的驱动装置，可将部件分别发往现场进行组装，并按各自的使用说明书（电动机、减速器、制动器、逆止器、液力偶合器、联轴器、电动滚筒等）进行去污、清洗、清点安装调试。

2）按总图或胶带机基础图核对基础的位置尺寸、平面精度及其他要求。

3）需在现场组装的驱动单元，首先将机架放在需固定的地基位置上。

4）各组件的地脚可用金属垫片进行高度调整，每处不得超过三片。

5）制动器的安装（参看单元三第六章第三节）。

6）安装调试后、起动前的检查。

①各润滑处所注入的润滑油牌号、数量是否符合要求。

②检查液力偶合器中注入的油质量、数量是否与传动功率相匹配。

③检查制动器瓦与制动轮的间隙是否符合要求，制动力矩是否调整到与工作机械相匹配。

④检查减速器输入轴的转向，逆止器的转向是否符合要求。

⑤用手转动各部分的机械是否灵活，有无卡住现象。

3. 传动滚筒和改向滚筒的安装技术要求

1）安装滚筒前应检查轴承座内润滑脂的情况，保证轴承内充满锂基润滑脂，轴承座充脂量达到空腔容积的2/3。

2）传动滚筒为人字形沟槽胶面时，注意沟槽方向要与胶带运行方向一致。防止胶带跑偏，且有利于沟槽排水，排污物。

3）在吊装过程中采取必要的保护措施，不得损伤滚筒胶面。

4）安装时可在滚筒轴承座底下加垫片，或调整机架上的调节螺钉等方式调整滚筒位置，保证轴线和中心线符合表 6-13 所列的公差范围。

表 6-13　滚筒轴承座的安装技术要求

项　目	公　差　值
滚筒轴线与水平面的平行度	1/1000 滚筒轴线长度
滚筒轴线与机架中心线的垂直度	2/1000 滚筒轴线长度
滚筒中心线与机架中心线的对称度	≤3 mm
多滚筒驱动时传动滚筒轴线的平行度	0.4mm

4. 托辊的安装技术要求

1）应按带式胶带机总图，将各种托辊安装在指定位置。

2）安装前倾托辊时，前倾方向要与胶带运行方向一致，注意空载段的前倾方向要与空载段的胶带运行方向一致。

3）托辊安装后，辊子应转动灵活。

4）安装时要求托辊辊子（调心托辊和过渡托辊除外）上表面位于同一平面上（水平或倾斜）或者在一个公共半径的弧面上（胶带机弧段托辊），其相邻三组托辊辊子上表面的高度低差不得超过 2mm，每 100m 长度范围内不得超过 5mm，托辊横向中心与带式胶带机纵向中心线的同轴度误差不应超过 3mm，托辊架的轴线应与胶带机中心线垂直。有凹凸弧的胶带应根据设计要求缓慢变向。

5. 胶带的安装技术要求

1）在吊运和环绕胶带的过程中不得损伤胶带。

2）胶带接头：推荐采用硫化接头，因为胶带接头是胶带的薄弱环节，接头质量差，接头效率就会降低，容易造成断带等恶性事故，接头对接不正是造成胶带跑偏的主要原因，因此必须保证胶带的接头质量，接头用胶接材料必须与本体一致。接头对接时要按照胶带制造厂商提供的资料，在专业人员的指导下进行精心作业。

3）接头两端胶带的中心线在 10m 范围内的偏差为 ±3mm，安装技术要求见 GB 50231—2009《机械设备安装工程施工及验收通用规范》。

4）胶接最后一个接头时，应将拉紧滚筒在距离极限位置 100 ~ 150mm 处固定，再拉紧胶带，直到空载段胶带运行时产生的挠度小于空载段胶带全长的 2/1000 为止。

6. 清扫器的安装技术要求

1）所有清扫器安装后，其刮板与胶带的接触长度不得小于刮板全长的 85%。

2）安装 H 型刮板清扫器时，应使其刮片延长线稍高于滚筒中心线，以免胶带运转时引起清扫器支架振动。

3）对于 H 型、P 型等硬质合金清扫器，安装时应使各组刮板保持在同一平面内。H 型清扫器每组刮片与胶带的接触压力控制在 60 ~ 80N，P 型控制在 40 ~ 60N。

4）安装空载段清扫器时，应保证橡胶刮板磨光后金属架不能与胶带接触，橡胶刮板位置调节后再确定合适的链条长度。

（四）气垫胶带机的结构及安装技术要求

1. 气垫胶带机的结构

气垫胶带机（图 6-24）主要由头部滚筒、尾部滚筒、普通胶带、驱动装置、曲面犁式卸料

机、鼓风机、气室、回程托辊、缓冲过渡槽形托辊等组成。头（尾）部滚筒、驱动装置、托辊及一些辅助设施（如清扫器、机架、导料槽、护罩）全部采用 TD75 型的部件。

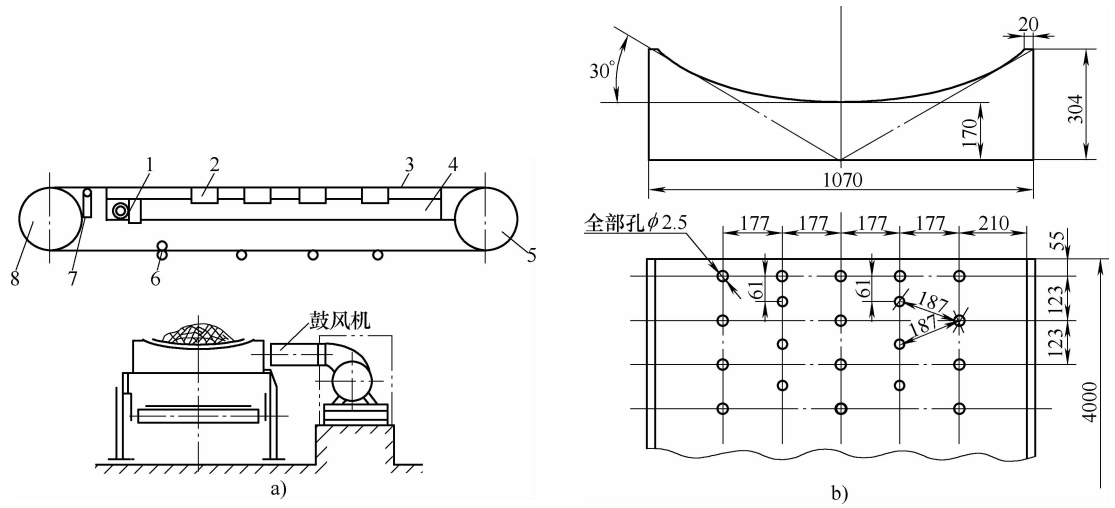


图 6-24　气垫胶带机结构图

a）气垫胶带机结构组成　b）气室尺寸及喷气孔布置示意图

1—鼓风机　2—曲面犁式卸料机　3—普通胶带　4—气室　5—头部滚筒

6—回程托辊　7—缓冲过渡槽形托辊　8—尾部滚筒

鼓风机主要是用于向气室提供充足的压缩空气，使胶带获得一个向上的浮力，离开气室盘槽一定距离（约 0.52mm），形成与气体之间的摩擦，减小摩擦力。与普通胶带机相比，在电动机功率相同的情况下，采用气垫胶带机不但可以增大输送量，而且可增大原煤提升角，最大提升角可达 30°。

气室是气垫胶带机的重要组成部分。它由钢板压制成形，并通过校正，然后将其组焊而成。用它来替代普通胶带机的上托辊，它的结构具有良好的承载能力，气室盘槽上钻有若干个气孔，由气孔喷出压缩空气，使胶带与盘槽之间形成气膜。

曲面犁式卸料器是将卸料器犁刀做成与盘槽弧面相近的形状。犁体部分由钢板组焊而成，用电动推杆控制其起落。

2. 气垫胶带机的安装技术要求

1）全部滚筒、托辊、驱动装置安装后应运转灵活。

2）应将胶带拉紧滚筒放在最前方位置，并尽量拉紧胶带。

3）导料槽与胶带间的压力要调整适当。

4）安装驱动装置时，应注意电动机轴线和减速器高速轴线同心。

5）安装弹簧清扫器时，空载段清扫器要保证压簧的工作行程有 20mm 以上，并使扫下来的物料能落入漏斗。各种物料的清扫性能不同，适当调整压簧达到既能清扫黏着的物料又不致引起阻力过大。

6）气室的安装技术要求

①安装气室时，应保证气室连接处的密封性良好，不能有漏气现象。

②盘槽连接后表面要保证平整光滑，头、尾、中盘槽的高度要比槽形托辊的高度低 2mm。

③气室中心与设计中心的偏差不大于 1mm。

④相邻气室的连接，其工作面的同心度偏差应小于1mm。

⑤横向水平度偏差不大于2mm。

⑥纵向起伏平面度偏差全长不大于10mm。

（五）带机空载试运转

胶带机各部件安装完毕后，首先进行空载试运转。运转时间不得小于2h，并对各部件进行观察、检验及调整，为负载试运转作好准备。

1. 空载试运转前的准备工作

1）检查基础及各部件连接螺栓是否已紧固，基础上焊接的焊缝有无漏焊等。

2）检查电动机、减速器、轴承座等润滑部位是否按规定加入足够量的润滑油。

3）检查电气信号、电气控制保护、绝缘是否符合电气说明书的要求。

4）点动电动机，确认电动机转动方向正确。点动电动机前对装有液力偶合器的驱动单元，可让液力偶合器暂不充油，对未装液力偶合器的驱动单元，可先拆开高速轴的联轴器。

2. 空载试运转中的观察内容及设备调整

试运行过程中，要仔细观察设备各部分的运转情况，发现问题及时调整。

1）观察各运转部件有无干涉现象，特别是与胶带干涉时要及时处理，防止损伤胶带。

2）观察胶带有无跑偏，如果跑偏量超过带宽的5%，应进行调整。

3）检查设备各部分有无异常声音和异常振动。

4）减速器、液力偶合器以及其他润滑部位有无漏油现象。

5）检查润滑油、轴承等处温升情况是否正常。

6）制动器、各种限位开关、保护装置等动作是否灵敏可靠。

7）清扫器刮板与胶带的接触情况。

8）拉紧装置运行是否良好，有无卡死等现象。

9）基础及各部件连接螺栓有无松动。

（六）胶带机带负载试运转

设备通过空载试运转并进行必要的调整后进行负载运转，目的在于检测有关技术参数是否达到设计要求，对设备存在的问题进行调整。

1. 加载方式

加载量应从小到大逐渐增加，先按20%的额定负载加载，通过后再按50%、80%、100%的额定负载进行试运转，在各种负载下试运转的连续运行时间不小于2h。另外，应根据系统工艺流程要求决定是否进行110%～125%额定负载下的满载起动和运转试验。

2. 试运转中可能出现的故障及排除方法

1）检查驱动单元有无异常声音，电动机、减速器轴承及润滑油、液力偶合器等处的温升是否符合要求。

2）检查滚筒、托辊等旋转部件有无异常声音，滚筒轴承温升是否过大，如有不转动的托辊应及时调整或更换。

3）观察物料是否位于胶带中心，如有落料不正和偏向一侧现象，可调整漏斗中可调挡板的位置来解决。

4）起动时胶带与传动滚筒间是否打滑，若有打滑现象，可逐渐增大拉紧装置的拉紧力，直到不打滑为准。

5）在负载试运转过程中，经常出现胶带跑偏现象，如果跑偏量超过带宽的5%，则应进行调整，调整方法为：

①首先检查物料在胶带上的对中情况，并作调整。

②根据胶带跑偏位置，调整上、下分支托辊和头尾滚筒的安装位置。

③如果胶带张力较小，适当增加拉紧力对防止跑偏有一定作用。

上述方法无效时，应检查胶带及接头中心线直线度是否符合要求，必要时应重新安装接头。

6）检查各种清扫器的清扫效果和振动是否过大等，并按说明书进行调整。

7）按说明书对各种保护装置进行试验，保证其动作灵敏可靠。

8）测量带速、胶带跳动量、起动、制动时间等技术参数是否符合设计要求。

9）测量额定载荷下稳定运行时电动机的工作电流值，多电动机驱动时，可用工作电流值判断各电动机功率均衡情况，相差较大时，可用调节液力偶合器充油量的方法进行调整和平衡。

10）对各连接部位进行检查，如有螺栓松动应及时紧固。

第七章　筛碎设备的检修

第一节　筛煤设备的检修

一、固定筛的检修

固定筛的检修主要是筛板的检修和筛体的密封。

1. 筛板的检修

当落料高度较大时，固定筛的筛板通常会在落料冲击 力的作用下造成损坏。因此，制作筛条时可以考虑使用轻型钢轨焊接。为了保证焊接后焊口质量，除采用碱性焊条外，钢轨尾部应同时使用短节钢轨连接，形成一个整体。

固定筛筛条的间距按照规定应保持在 25 ~ 30mm 之间。根据实际使用情况，煤中含有杂物（电线、绳子等）较多，筛条堵塞严重，效率低于 30% 时，应调整筛条间距为 50 ~ 70mm，或根据使用碎煤机破碎出力的要求，筛条间距大于需要破碎煤块直径的 10 ~ 20mm。

2. 固定筛的密封

根据固定筛的使用情况，应采取橡胶、毛毡、海绵等密封物堵塞观察孔四周出现的缝隙。固定筛堵塞率比较高，密封门开闭频率高，密封件损坏快。可以考虑单独二次封闭固定筛，在固定筛外部，间距 50cm 处建立全封闭区。

为防止固定筛粉尘外溢，应加装除尘器除尘。通常选择小型布袋除尘器除尘，不推荐直接使用风机产生负压进行除尘。

二、滚轴筛的检修

（一）滚轴筛简介

滚轴筛是通过一系列平行布置的滚轴同向转动，来筛分煤流的设备。滚轴筛根据滚轴在垂直方向上布置的高度变化，形成一定的坡度，配合滚轴上的筛片布置，来实现不同目的的筛分。

滚轴筛的类型有 GS 系列滚轴筛（图 7-1）、变角等厚滚轴筛煤机（图 7-2）及滚轴式除木器（除大块器）（图 7-3）等。

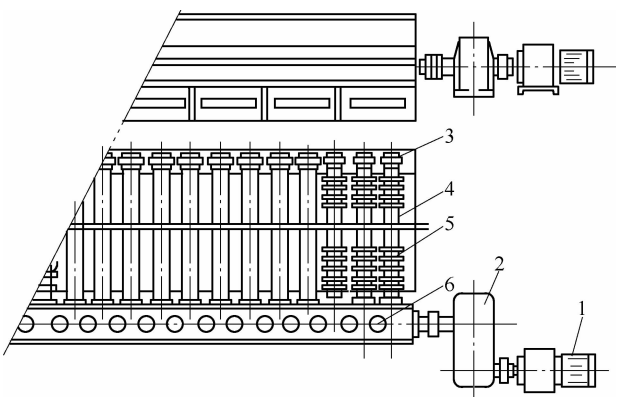


图 7-1　GS 系列滚轴筛

1—电动机　2—减速器　3—轴承座

4—滚轴　5—筛盘　6—齿轮箱

（二）滚轴筛的检修

滚轴筛的检修主要包括滚轴距离的调整、传动系统的检修和滚轴的检修。

1. 辊距的调整

滚轴距离的调整，对于链传动，可以调整链条节数作为调节手段，使用压链轮压紧防止跳链。滚轴距离的调整应保持技术要求的尺寸间距，误差为 1 ~ 2mm，相邻滚轴轴线的平行度误差不大于 0. 3mm/m。

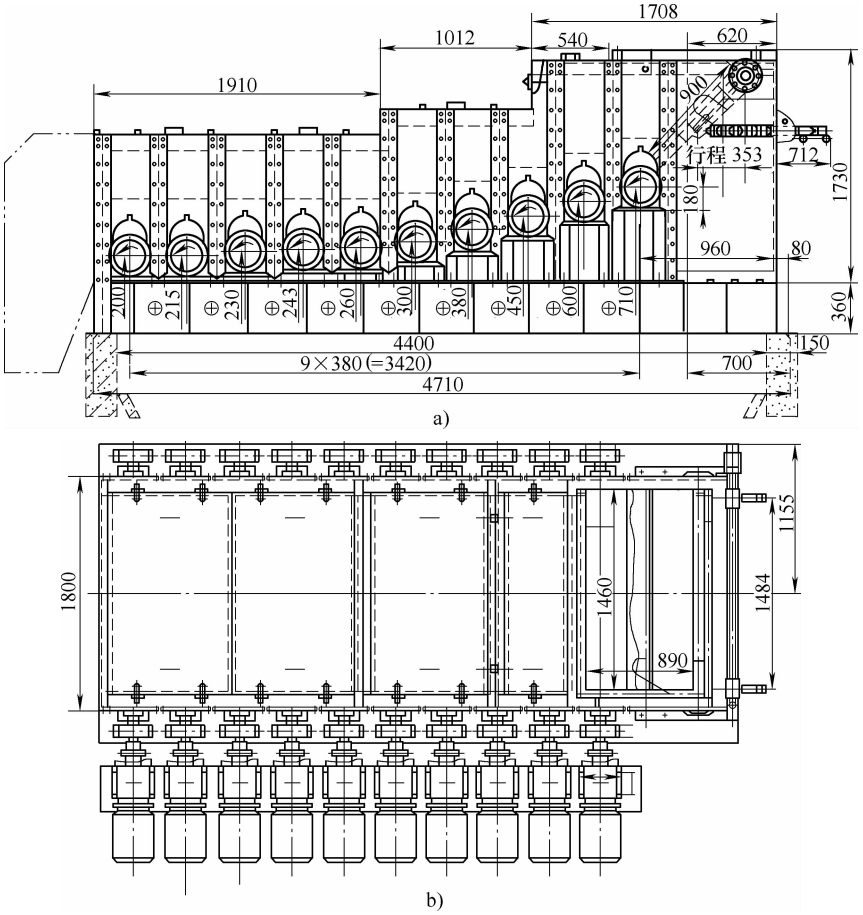


图 7-2　变角等厚滚轴筛及安装尺寸

滚轴距离的调整还应满足下列原则：

1）滚轴筛的间隙控制，应根据滚轴转速和煤流中煤块粒度比例来分配。滚轴间距应小于进入碎煤机破碎的煤块直径的 8～15mm。

2）满足输送量，如果堵煤，造成输送量不足，则应扩大间距。

3）满足磨煤机对煤块的直径要求。使用筛煤设备的目的就是通过筛选，破碎大块。因此，当煤块的粒度大于磨煤机的要求时，应减小间距。

4）当上述两条相冲突时，应在满足第二条的前提下，兼顾第三条，同时积极重新选型筛煤设备，并进行改造。

2. *传动系统的检修*

传动系统的检修见通用设备检修部分。

3. *滚轴的检修*

（1）链轮的检修　链轮出现掰齿、磨损量大于

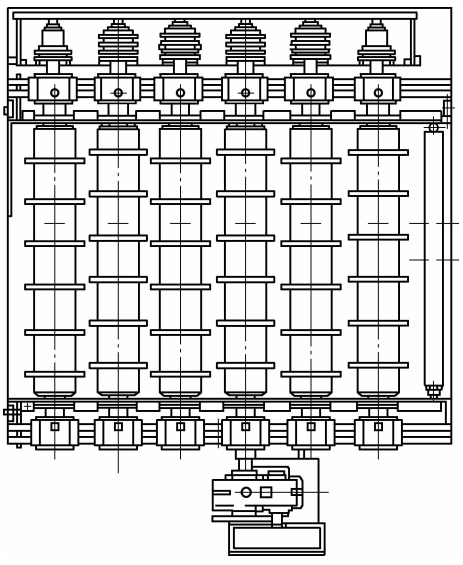


图 7-3　除木器

25%时，应更换链轮；链轮出现松动时，应重新配键或更换链轮。

（2）轴承面的检修　可以参考滚筒轴的检修。限于安装位置，滚轴轴承座的强度通常不足，应着重考虑加固。

（3）筛片的检修　滚轴筛片的布置和形状，关系着落料粒度和煤流在滚轴筛上的运动轨迹，应及时更换磨损的筛片，安装脱落的筛片。

三、振动筛的检修

（一）振动筛简介

振动筛是在固定筛的基础上，通过驱动偏心、弹簧等结构形成一定波形的振动，达到筛选目的的筛煤设备。主要形式及工作原理如图 7-4 所示。

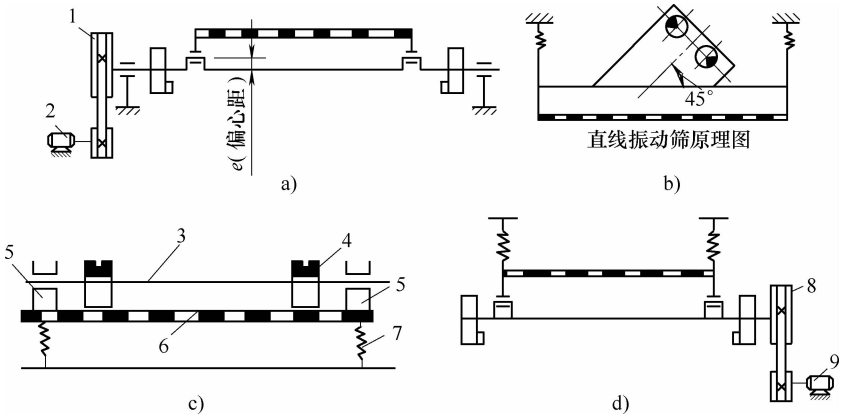


图 7-4　振动筛的工作原理

a）偏心振动筛工作原理图　b）直线振动筛原理图　c）惯性振动筛工作原理图

d）自定中心振动筛原理图

1、8—带轮　2、9—电动机　3—筛轴　4—偏心块　5—轴承座　6—筛板　7—弹簧

简单结构的振动筛应用比较少，通常使用多层不同间距的筛板，来分层处理不同粒度的物料，提高筛选效率。

振动筛在振动过程中，由于激振器的圆形振动，存在向前的作用力，在物料落下的同时，大块物料继续在筛板上振动前进，最终不能落下的物料，进入碎煤机。为保证足够的前进速度和位移，筛板通常倾斜布置。

（二）惯性共振概率筛的结构及工作原理

1. 惯性共振概率筛

惯性共振概率筛的结构如图 7-5 所示。

2. 惯性共振概率筛的工作原理

惯性共振概率筛兼有利用概率统计选料和共振法落料的两大特点。

惯性共振概率筛为双质体的共振系统，利用两台同步电动机作振源，使筛网作大振幅的机械振动，伴随着物料在筛网上的跳动和滑动，使物料加速分离，筛选出的大颗粒物料进入碎煤机入口进行破碎，中、小颗粒物料被下层筛面重新分离后进入下道工序。

概率筛具备不同间距的多层倾斜筛板，在振动落料时，多层筛选，对物料适应性强，既提高了筛煤效率，又缩短了结构长度。

（三）振动筛的检修工艺

振动筛通过电动机带动偏心块振动达到整体振动的比较多，使用偏心支承的比较少，主要是

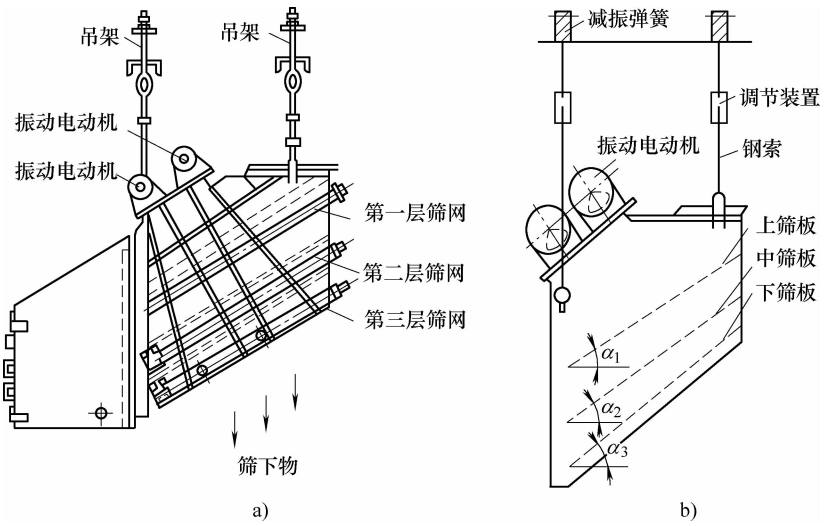


图 7-5　惯性共振筛的结构

a）惯性共振概率筛结构示意图　b）概率筛结构示意图

因为偏心支承的故障率高所致。

振动筛的检修主要集中在激振器上。检修工艺如下：

1）从设备上拆离激振器。拆离前应检查激振器座是否有变形、开焊、松动等现象，若有，需进行修复，或重新制作，加固支承座。

2）拆除激振器电动机和带轮。

3）检查带轮的情况，若发现带轮槽磨损超过 10%，则进行更换；若发现带轮在轴上有松动、键槽磨损，则应按照配键和轴修复的要求进行修复。

4）拆卸检查双侧偏心块，对于花键或双键连接的偏心块，拆卸前打上装配印记，防止配重发生变化，影响平衡；若发现轴与轴套磨损，则需修复，修复方法同普通轴的修复；若单键键槽磨损，则双侧应在同一轴线上重新开键槽；若双键或花键磨损，磨损量为 0.2 ~ 0.4mm，产生晃动，则应更换激振器轴，也可以使用乐泰胶粘接，凝固 24h；若磨损量大于 0.4mm，则必须更换轴。

5）对于单电动机无传动的激振器，检修时，只检查偏心块的磨损情况。

6）对于双电动机的激振器，应检查同步情况和转动方向，安装对应位置，确定偏心振动时，双激振器不对基础产生剪切力，即振动只在需要方向上产生，其他方向的振动应相互抵消。具体执行检修方案拆卸时，应做好原始位置的印记，防止错位。

7）对于单电动机，双偏心块的激振器，由于靠一对齿轮来保证同速同步，在检修齿轮时，应预先做好装配印记，或仔细检查生产厂家对齿轮做的印记，安装时，确保准确安装。若发现齿轮磨损量超过 0.2 ~ 0.3mm，应进行更换。

为保证振动筛的正常振幅，每隔 3 ~ 5 年，应更换减振用弹簧。

第二节　环锤式碎煤机的检修

环锤式碎煤机是电厂近年来最常用的碎煤设备。它的破碎率高，煤块经过碎煤板破碎后，随环锤转动，强制通过筛板下落，因此通过性好。环锤式碎煤机的破碎粒度可调，而且可以除去煤

中钢丝等杂物，适应性强。

环锤式碎煤机的机构图和锤环结构如图 7-6 所示。

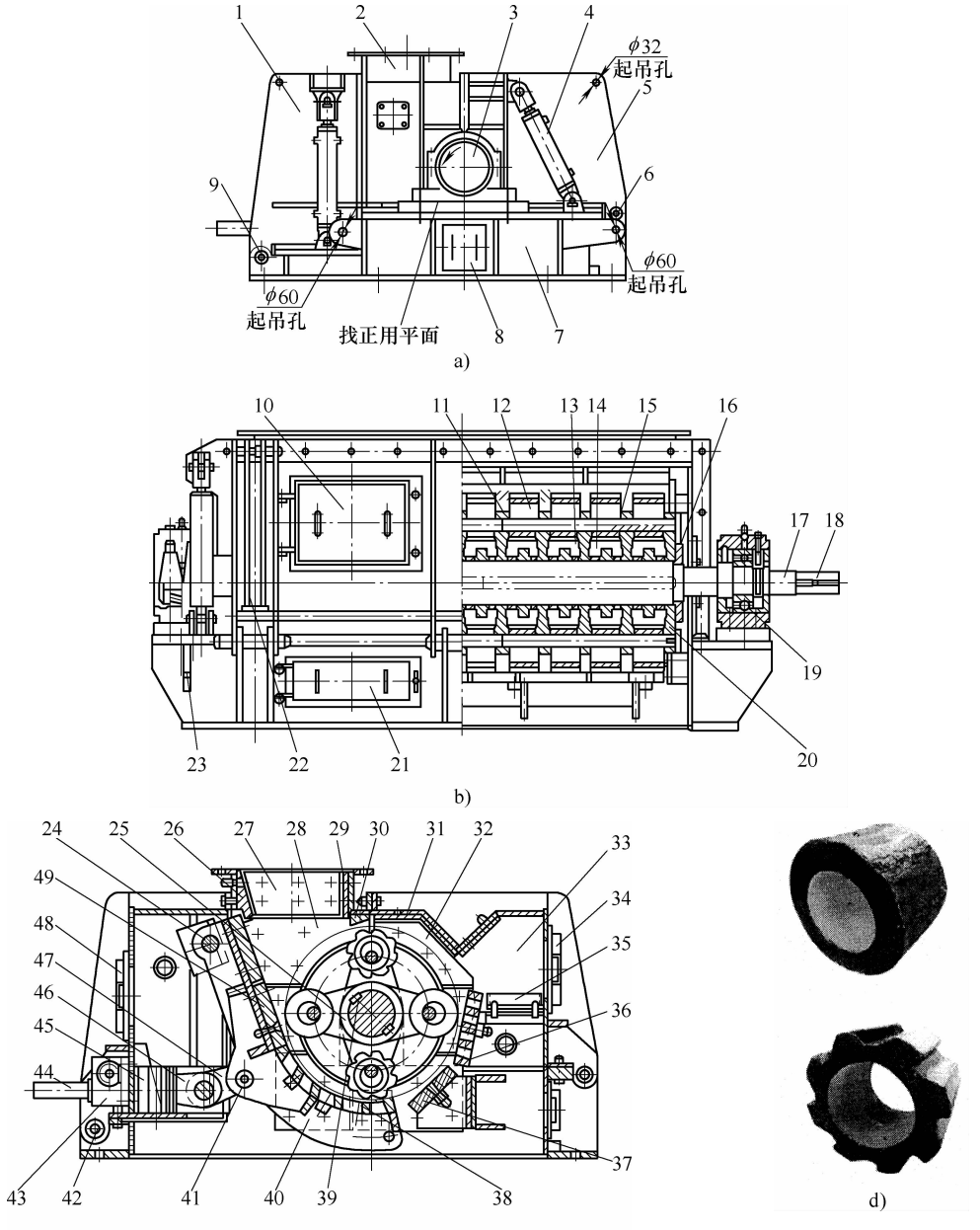


图 7-6　环锤式碎煤机和环锤结构

a）、b）、c）环锤式碎煤机结构图　d）环锤实物图

1—后视盖　2—中间体　3—转子　4—液压系统　5—前机盖　6、9、42—圆柱销　7—下机体　8—侧视门　10、34—前视门　11—摇臂　12—齿环锤　13—圆环锤　14、25—间隔环　15—环轴　16—锁紧螺母　17—主轴　18、39—键　19—轴承　20—圆盘　21—下检查门　22—支柱　23—起吊板　24—悬挂轴　26、27、28、29、31、32—衬板　30—风量调节装置　33—除铁室　35—除铁室筛子　36—上拨料板　37—下拨料板　38—筛板　40—筛板架　41—连接销　43—调节机构　44—蜗杆　45—调节垫片　46—铰链头　47—连杆　48—后视门　49—破碎板

一、HS 系列环锤式碎煤机的检修项目

1）壳体完整性的检查、检修，包括弃铁室的检修，护板、衬板的更换。

2）检查转子的磨损情况，包括锤环、摇臂、圆盘、环轴的磨损情况，检修或更换。

3）检查碎煤板、大孔、小孔筛板的磨损情况，检修或更换碎煤板、筛板。

4）检查轴承和联轴器。

5）检修内部其他构件，包括调节器的检修和间隙调整。

6）更换密封。

环锤式碎煤机除常规的检修项目外，还有单个环锤的更换，单个摇臂、环轴的更换项目。

二、检修工艺及技术标准

（一）环锤的组配

环锤式碎煤机在经过一定时间运行后，环锤会发生一定程度的磨损，当磨损量超过环锤厚度的 40% 时，强度会降低，会因强烈敲击发生碎裂，造成失衡，产生振动，应及时处理。常规的作法是更换全部的环锤。

1. 组配方法及步骤

1）将需要组配的环锤分别称重，在每一个环上标明其重量，并按其对称及平衡要求将重量相等或重量相近的环锤布置好。

2）分别计算对称两排环锤的总重量，使其重量差小于 170g。若达不到要求，要反复平衡或通过更换环锤等方法，保证对称两排环锤达到宏观平衡。

3）对每一排环锤进行平衡及重量调整，以每一排中间为基准，两侧对应环锤找平衡。经过反复计算、调整后，应使其重量尽可能保持一致，最后将稍重一些的环锤放置于电动机侧。

4）在更换、安装前，进一步校核四排环锤的重量差和平衡。在破碎段长度内，以其中心为界，将四排环锤一分为二，计算其总重量及差值，在不破坏每排平衡及两排对称平衡的基础上，调整到四排总体对称为宜。

2. 组配技术要求

1）相对应的两排环锤的单个重量相等，其重量差应小于 150g。同时要保证同一排内两侧对称环锤的重量相等或相近。

2）对应两排环锤的总重相等或相近，总重量差应小于 170g。

3）处理不同重量环锤时，应将稍重一些的环锤放置于靠近电动机一侧。

3. 组配注意事项

1）因环锤铸造过程中存在一些缺陷，重量差难免存在，因此在每次组配环锤时，应尽可能多准备一些，以便于选择。

2）若对应两排的齿环或圆环总重量相等，但两轴相对应的单个环锤重量不等，特别是在转子两侧的单环锤不等，这种情况下，对应于轴中心，虽然在静止情况时是平衡的，但当转子旋转时（即动态情况下），每个不平衡的环锤，所产生的离心力是不相等的。这样转子转动时，由于不平衡离心力的作用，就会产生振动。所以每个环与其相对应 180° 轴上的环锤的重量误差，在轴向和径向上应当最小，其最大误差应小于 150g。

4. 更换步骤

1）采取相应安全措施后，用起重装置打开碎煤机前机盖。

2）转动转子，使转子对准开口处，卡住转子，使其不能转动。

3）用专用起吊装置（或专用工具）将这一排环锤全部夹住或吊住。拆下环轴末端挡盖，并将环轴取出。这样一排环锤在环轴取出过程中就逐个地被吊出拆下。

4）将已配置好的一排环锤用专用起吊工具放置好并调整就位，装好一排环锤后将环轴装

好，第一排环锤至此更换完毕。

5）松开转子，使其转动至第二排环锤开口处，按以上方法进行第二排环锤的更换。这样逐个地将四排环锤全部拆、装完毕。

（二）碎煤板、筛板的更换

碎煤板、筛板的磨损超过60%或有破损时，应进行更换。更换碎煤板时，执行如下步骤：

1）拆除碎煤机上盖，即拆除其他上部壳体设施。

2）吊出转子。

3）在碎煤机内铺设架板等防坠落设施。

4）解除固定碎煤板、筛板的螺栓。通常碎煤板磨损到60%后，沉头螺栓的头部已经磨损完毕或大部磨损，其他螺栓锈蚀，故需要使用乙炔焰切割。

5）安装新的碎煤板和筛板。

6）回装转子并调整间隙。

7）回装机壳。

（三）更换碎煤板、筛板时的注意事项

1）在煤的杂物较少，且煤湿粘程度高的情况下，可以不安装筛板。

2）碎煤板的沉头螺栓应与碎煤板焊接到一起，起到加强作用。

3）应预估碎煤板和筛板的磨损周期，并有备件。

（四）转子轴承和联轴器的检修

转子和轴承的检修除同通用检修工艺要求外，还应有如下注意事项：

1）碎煤机的轴承，由于承载载荷大，应使用热装，装配紧力的间隙控制在0.15～0.20mm之间。过大容易造成轴承或轴径的损坏，过小容易造成轴承松动。

2）碎煤机轴承的安装应考虑预紧力，碎煤机的温升小于80℃，轴承的工作游隙会有相应的0.05mm左右的变化，在安装轴承时，轴承轴向压紧后，应留出（通过后退旋转调隙装置）0.2～0.3mm作为工作游隙。

3）碎煤机的润滑脂应使用二硫化钼。

4）安装碎煤机的联轴器后，应运行2～4h后，重新检查螺栓松动情况并紧固。

（五）碎煤机的其他检修项目及工艺

1）碎煤机环轴的检修。碎煤机环轴磨损后，若不能及时更换，会造成重大的设备损坏，应及时更换。碎煤机在更换环轴时，工艺同环锤的更换，但环轴应成对更换，必要时全部更换，以达到平衡的目的。环轴两端的紧固螺钉应使用带钢号的螺钉。

2）碎煤机单个环锤的更换。由于碎煤机发生意外情况，可能造成单个环锤的破损或丢失，此时，碎煤机振动加大，应考虑单独更换环锤。更换单个环锤工艺同环锤全部更换的工艺，但更换前，应认真和旧环锤对比重量后，实施更换，重量差应低于0.1kg。

3）摇臂及两侧挡板的处理。碎煤机一旦进入韧性强的物料，就容易造成摇臂根部开裂，进而造成振动大的后果；两侧挡板的磨损属于正常现象。在生产现场时，不鼓励更换摇臂和挡板，应返厂大修转子，重新配平衡。

4）碎煤机密封的检修。碎煤机由于内部转子的转动，粉尘容易溢出，应及时更换密封装置，防止出现粉尘污染。可以使用海绵、毛毡等密封材料。碎煤机的粉尘应从“治本”考虑，在适当位置安装布袋式除尘器，通过风机在碎煤机内形成微负压，并防止排放污染。

5）破碎板为方形板，边缘磨损后可互换位置或旋转90°继续使用。

（六）碎煤机检修的质量标准

碎煤机检修后应符合以下技术标准：

1）碎煤机振动量不应大于0.03～0.04mm。
2）碎煤机稳定运转6h后，轴承温度低于80℃。
3）碎煤机运转时，内部无金属摩擦、撞击等杂声。
4）碎煤机破碎煤后的颗粒度小于等于规定颗粒度。
5）碎煤机的轴承每年应清洗2次。
6）碎煤机联轴器虽然为挠性连接，但应保证同轴度和角度误差低于0.3mm。
7）碎煤机检修后，机体应完整，密封良好，结构规整。
8）碎煤机的检修不应造成基础的变动，若需要变动，应由土建专业人员批准并校核。

第八章　给配煤设备的检修

第一节　振动给煤机的检修

一、电磁振动给煤机的结构及工作原理

电磁振动给煤机是通过电磁力的吸合和释放来实现预定轨迹振动的一种给煤设备。电磁振动给煤机的结构简图如图 8-1 所示。

电磁振动给煤机机体的安装角度通常为 10° ~ 15°，振动幅度可以调整。

电磁振动给煤机激振器的结构简图如图 8-2 所示。线圈 7 送电后，产生电磁力，吸合衔铁 4，停电后，在板弹簧 3 的作用下回复原来位置，从而产生振动，配合机体装配时的倾角，产生向前上方的振动，促使煤流前进。

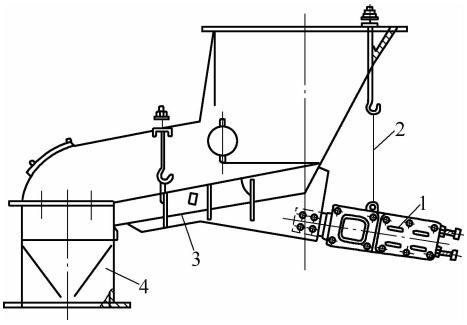


图 8-1　电磁振动给煤机的结构简图

1—电磁振动器　2—减振装置　3—料槽　4—落煤管

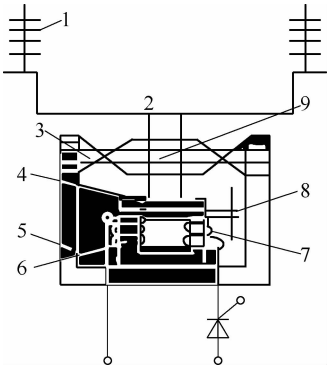


图 8-2　电磁振动给煤机激振器的结构简图

1—减振器　2—槽体　3—板弹簧　4—衔铁

5—壳体　6—铁心　7—线圈

8—气隙　9—连接叉

电磁振动给煤机的结构简单，运动部件少，振动可靠，不会由于装配原因产生其他方向的偏振力，但电磁振动给煤机由于线圈的存在，铁心发热，且由于电磁场衰减快，振动给煤机的振幅比较小，电磁铁和衔铁的直接接触，也存在机械上的敲击损伤。

二、电磁振动给煤机的检修

电磁振动给煤机的检修包括激振器和机体检修两部分。

（一）料槽的检修

1）将料槽内的煤排空或将料槽闸门关闭。

2）将激振器的支承固定牢固。

3）用起吊工具将料槽吊住。

4）松开连接叉与推力板螺栓。

5）松开前减振器，将料槽卸下。

6）卸下料槽后，根据磨损情况进行局部更换或整体更换。

7）检修完毕后用起吊工具将料槽复位。

8）将减振器与料槽连接。

9）将连接叉与推力板用螺栓紧固。

10）将激振器的支承取掉。

11）拆取起吊工具，打开闸门，调整角度。

（二）板弹簧的更换

1）松开两侧气隙盖板和两侧端盖螺栓，取下气隙盖板和两侧端盖。

2）将激振器壳体上、下两面检修螺栓紧固，固定连接叉。

3）松开激振器两端及中部压紧螺栓。

4）将左右压板及中间压板做好标记。

5）取出压板及板弹簧。

6）若板弹簧断裂，则应更换同规格的板弹簧。

7）检修完毕后将板弹簧回装，组装时注意钢纸垫的位置，并将两边垫和中间垫分别垫好。

8）将各压板按位置装好。

9）调整好板弹簧位置，使板弹簧中心线和连接叉中心线对正。

10）将激振器两边及中部压紧螺栓紧固。

11）将激振器壳体上、下检修螺栓松开。

12）调整好间隙，将气隙盖板和两侧盖板装好。

（三）激振器的检修

1. 线圈的更换

1）松开两侧气隙盖板，将气隙盖板和两侧盖板装好。

2）拆开线圈接线，松开振动器后部调整螺栓和铁心组固定螺母，拆下铁心组。

3）松开线圈固定螺栓，将线圈拆下进行更换。

4）更换线圈后，紧固线圈固定螺栓，并将铁心组装入壳体内。

5）调整螺栓与铁心组连接、接好线圈线，调好气隙并固定好。

6）将气隙盖板装好。

2. 连接叉和激振器整体的更换

1）将料槽支承固定，用起吊工具将激振器吊住，松开推力板与连接叉螺栓和后减振器吊杆。

2）将激振器吊下即可更换激振器。

3）更换连接叉：卸掉板弹簧即可将连接叉取出更换。

4）激振器部分组装。

5）将连接叉装入激振器壳体。

6）安装板弹簧组。

7）激振器用起吊装置吊入原位。

8）装好后减振器吊杆。

9）将连接叉与推力板螺栓固定。

10）将料槽支承拆除，拆除激振器起吊工具，调整角度。

3. 检修质量标准

1）板弹簧压紧螺栓用力拧紧，无松动。

2）两铁心平行对齐。

3）各处螺栓无松动。

4）检修后，振动声音正常，撞击声低于标准要求。

5）激振器出力达到额定要求。

6）振幅、电流达到规定要求。

7）各处铁心气隙要求一致，并符合规定要求。

4. 检修时的注意事项

1）板弹簧应每 2 ~ 3 年检查更换。

2）减震器每 3 ~ 4 年进行一次检查和更换。

三、电动机振动给煤机的检修

电动机振动给煤机是利用电动机驱动偏心块转动产生偏心振动力，带动给煤机以一定频率和振动轨迹运动的给煤设备。目前，主要使用的是自同步惯性振动给煤机。自同步惯性振动给煤机主要有两种形式，①是单电动机带动一对齿轮啮合的双偏心块振动，②是双电动机各自带动偏心块振动。单振动电动机的应用不多，主要原因是振幅不可调。

单电动机振动给煤机的结构和工作原理如图 8-3 所示。

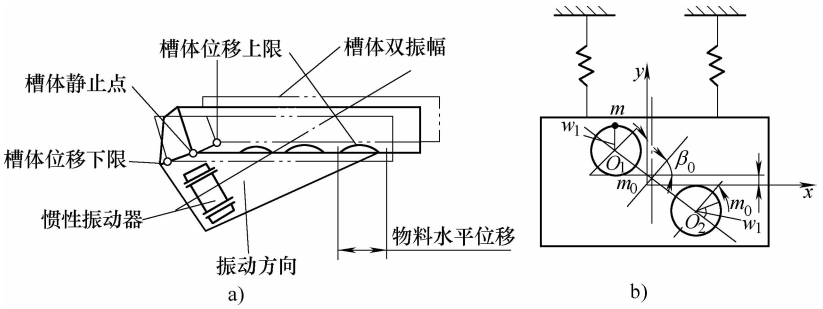


图 8-3　电动机振动给煤机的结构和工作原理

a）电动机振动给煤机的结构　b）电动机振动给煤机的工作原理

安装电动机振动给煤机时，通常有一定的倾角，倾角为 5° ~ 10°。

单电动机振动给煤机的检修主要包括机体检修和激振器的检修。

（一）机体检修项目及检修工艺

1）将料槽内的煤排空或将料槽闸门（防汛挡板）关闭。

2）将激振器的支承固定牢固。

3）用起吊工具将料槽吊住，松开连接螺栓和减振器，将料槽卸下。

4）卸下料槽后，根据磨损情况进行局部更换或整体更换。

5）组装时，用起吊工具将料槽复位。

6）将激振器与料槽连接，将激振器与推力板用螺栓紧固。

7）将激振器的支承取掉。

8）拆取起吊工具，打开闸门，调整角度。

（二）弹簧（悬吊式）的更换

1）拆卸时，吊住机体和激振器。

2）松开弹簧连接钢丝绳，拆卸弹簧。

3）检查弹簧在自由状态下的尺寸，若塑性变形超过 5%，则更换弹簧。

4）组装时，将弹簧回装至安装位置，并进行调整，使板弹簧中心线与悬吊钢丝绳中心线重合，夹角小于 30′。

5）将激振器两边压紧螺栓紧固，与钢丝绳良好连接，连接标准同钢丝绳连接标准。

6）将激振器及机体的起吊工具去除。

7）若为支承式弹簧，可支起机体及激振器，卸除弹簧压板，取出弹簧。安装弹簧时，压板固定弹簧，应无偏斜，各处弹簧初始压紧力保持一致。

（三）激振器的检修

1）卸下激振器胶带，吊下激振器。

2）解体激振器侧端盖，检修啮合齿轮，若啮合齿轮的磨损超过齿轮厚度的10%，则成对更换。

3）检查润滑油和润滑脂的润滑情况。

4）如需要拆卸啮合齿轮，需要打好啮合印记。

5）检查轴承磨损情况，必要时更换。

6）回装激振器，紧固螺栓。

（四）检修质量标准

1）弹簧位置准确，与钢丝绳连接可靠，绳夹子不少于3个。

2）两激振块啮合位置准确。

3）各处螺栓无松动。

4）检修后，振动声音正常，无撞击声。

5）激振器轴向窜动量小于0.3mm。

6）出力达到额定要求。

7）振幅、电流达到规定要求。

8）若有机体振动产生局部歪斜或整体倾斜现象，则需调整对应点的弹簧初始拉紧力或弹性力。

（五）单电动机振动给煤机的检修注意事项

1）弹簧的弹性经过一定时间的使用，会产生变化，应每3~4年进行检查更换。

2）拆卸一对啮合齿轮时，应打装配印记，不可凭印象安装。

3）成对更换齿轮时，应固定两偏心块后再更换齿轮，保证初始位置不变。

4）调整振幅时，应咨询厂家，结合给煤机安装角度，进行调整，避免出现横向拉力（垂直于传动轴轴线方向的力）不能抵消，造成给煤机异常振动，产生轴承损坏、螺栓松动等现象。

5）啮合齿轮轴承的润滑应保持畅通。单电动机振动给煤机靠胶带驱动偏心块，对轴承的影响比较大，要保持良好润滑，从而提高轴承寿命。

（六）双电动机振动给煤机的检修

由于单电动机振动给煤机使用一对啮合齿轮驱动偏心块，对检修的工艺要求比较高，而且电动机通过胶带驱动主动轴，产生了横向拉力，对机械传动造成不利影响，双电动机振动给煤机的结构较为合理。

双电动机作为激振器的振动给煤机主要分为两种，一种是双振动电动机作为振动源，由于结构简单，本书不单独介绍。

双振动电动机的偏心块经过调整不同角度，可以形成不同的振幅，达到不同负载的给料能力。调整原理示意图如图8-4所示。

双振动电动机作为激振器的振动给煤机的结构简单，但电动机直接带动偏心块振动，加上双电动机刚性连接，受力情况复杂，损坏率比较高，多用于较小出力的振动给煤机。

双电动机作为激振器的振动给煤机的另外一种形式是双电动机通过联轴器分别驱动偏心块旋转，达到振动给料的目的。由于偏心块在静止条件下，自然下垂，可以不必考虑初始角度的问题，仅通过控制电动机的安装位置，即可控制给煤机以要求的轨迹进行振动，具有结构简单，检

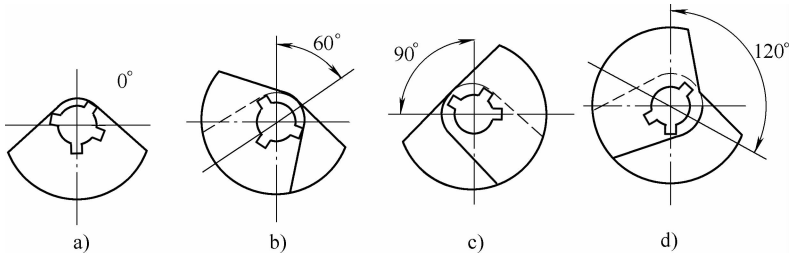


图 8-4　双电动机振动给煤机偏心块调整原理示意图

修方便的特点。结构安装图如图 8-5 所示。

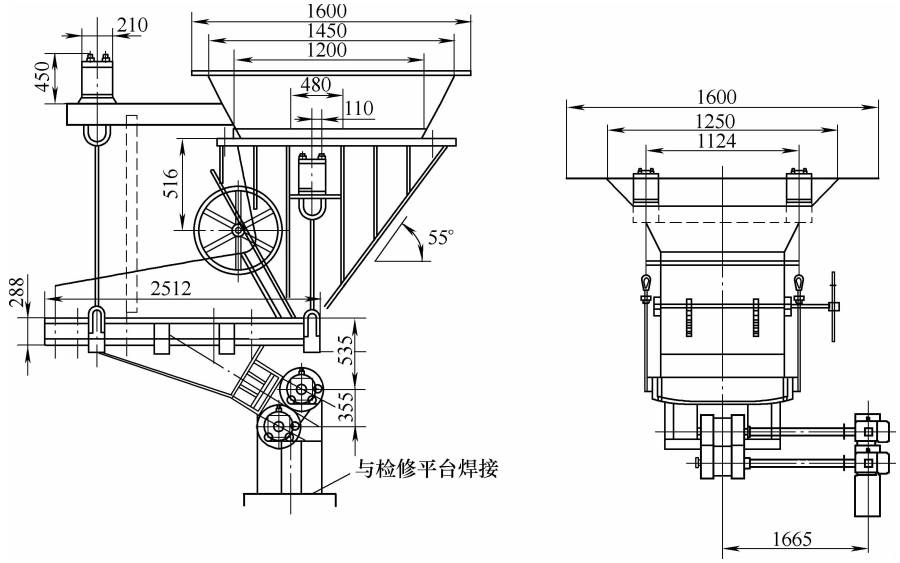


图 8-5　双电动机振动给煤机的结构安装图

双电动机通过联轴器驱动偏心块的振动给煤机检修和单电动机通过啮合齿轮驱动双偏心块的检修基本一致。但在该振动给煤机检修时，应注意以下事项：

1）电动机基础确定了振动轨迹的可靠性，应保持基础不变，若需要调整振幅，应配合基础的高低和给煤机倾斜角度，共同调整，确保不出现横向余力，造成设备的加速损坏。

2）悬挂弹簧应每 3 ~ 4 年检查和更换，避免由于弹簧初始变形量影响设备的初始状态，造成振动轨迹变化过大。

四、检修振动给煤机的其他注意事项

1）振动给煤机由于倾角小（防止自然流煤），容易积煤，可以考虑将底部增加不锈钢的衬板，以镜面为佳，也可以使用相似效果的高分子衬板。

2）振动给煤机由于振动本身，偏心块容易造成轴承损坏，故应保证轴承的润滑，以方便及时加注润滑脂为准。

3）振动给煤机各部位的螺栓，在振动条件下，容易松动，要在检修后，带载荷运转 2 ~ 3 个班后，重新紧固一遍；每隔 2 ~ 3 月，应进行检查。

4）振动给煤机的钢架基础和水泥基础，应每半年进行一次检查，发现开焊、开裂，应及时修复。

第二节　环式给煤机的检修

环式给煤机是火力发电厂贮煤罐（筒仓）下常见的一种给煤机械。犁煤车是环形车体，环内固定有三个（或更多）可以改变与环体夹角的三个犁体，环形车体用车轮支承在一条（或两条）环形轨道上，并用靠轮作水平方向的止挡。环形车体上有环形布置的直齿条。犁煤车由三台驱动站同步驱动，三台驱动站在圆周上以间隔120°分布，驱动站由电动器和减速器组成，减速器出轴端的直齿轮带动环形直齿条运动。由于是直齿条与直齿轮啮合传动，环形车体在直径方向允许有小距离的浮动。犁煤车的犁体可以上下转动，向上由电动推杆牵引。当犁体下落到给煤车上时，可以把给煤车上的煤全部犁到车旁的落煤斗里。犁体可通过调节犁体角度的大小来改变其伸入煤层的深度，进而调节给煤量。

卸煤车也是环形车体，上部是承煤台，用车轮支承在两条环形轨道上，并用靠轮作水平方向的止挡。传动系统同犁煤车。旋转方向与犁煤车相反，旋转速度约为犁煤车的3倍，高速有利于将煤层在承煤盘上均匀、连续分布。卸煤车安装两台卸料器，卸料器由两端支座支承横跨卸煤车（或安装在卸煤车上方横梁上），并根据卸煤车的旋转方向与平台形成一定角度，便于向外侧的落煤口卸料。犁体由电动推杆牵引。卸料器抬起时，处于非工作状态，可让煤层通过；卸料器落下时，处于工作状态，将持煤平台上的煤层犁到卸煤车外侧的落煤斗内，由相应的胶带送走。两台卸煤犁安装在两个位置，分别对应地下的两条胶带，可以互相切换。

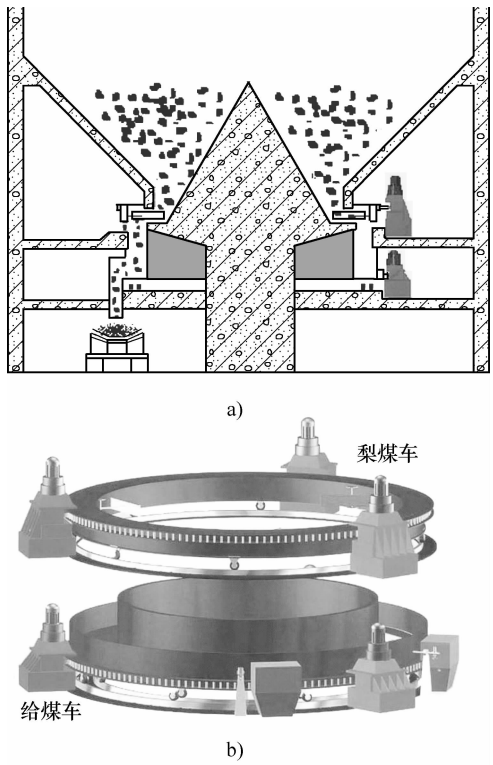


图8-6　环式给煤机的结构

a）环式给煤机给煤示意图　b）犁煤车和给煤车结构

犁煤车和卸煤车具有工频、变频两种运行方式，可互相切换。装有交流变频调速装置，可以通过改变其频率从而改变两车体的转速，使出力在规定范围内变化。

环式给煤机的结构如图8-6所示。

一、环式给煤机的结构

（一）结构组成

环式给煤机主要由犁煤车、给煤车（又称卸煤车）、驱动装置、定位导向装置（水平定位轮、水平轮、靠轮）、行走机构（支承轮组）及环形轨道、卸料器、料斗、密封装置（密封罩）、交流变频调速系统及电控系统组成，如图8-7所示。

（二）结构特点

1）采用销齿传动。与一般齿轮齿条传动相比，具有结构简单、容易加工、传动平稳、强度高、拆修方便、维修量小、使用寿命长等优点。销齿传动适宜低速、重载和粉尘多、润滑条件差等恶劣工作环境。

2）犁煤车、给煤车均由水平轮定位，能更好地防止回转车体产生偏心转动，使驱动机构避免承受水平力，并避免车轮运行中的啃轨现象，减小驱动装置和轨道在运行中的冲击载荷。同时

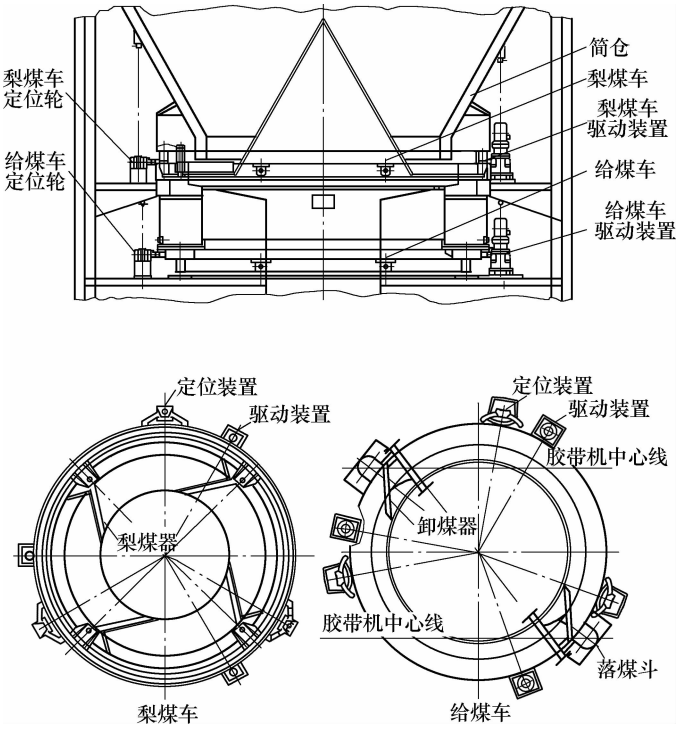


图 8-7　环式给煤机的结构及在贮煤罐中的安装布局

减少漏煤和清扫工作量。

3）卸煤器的犁煤板由电动推杆牵引，工作时由犁煤板自重压在给煤车承煤盘上，使承煤盘受力均匀，电动推杆不受力，犁煤效果好。

4）由于犁爪犁下的煤与给煤车平台之间有一定高度，煤流在下落过程中产生一定量的粉尘。为防止粉尘向外扩散而污染环境，沿给煤车内、外圆周分别设有两圈环形密封罩，使煤流与粉尘被密闭在一个空腔内。密封装置采用橡胶接触密封，可方便调整和更换橡胶板。

二、环式给煤机的检修项目

（一）环式给煤机齿轮齿条的检修

环式给煤机齿轮和齿条属于开式传动，磨损快，应建立磨损的周期模型，当磨损量大于齿厚的 30% 时，应进行更换。

磨损是逐步进行的，随着齿厚的磨损，环式给煤机整体有逐步下沉的趋势，应及时调整齿顶间隙，防止由于齿顶间隙过小造成的机械卡死。调整齿顶间隙，以减速器整体的升降为主要手段。

需要强调的是，齿轮比齿条的磨损快，齿轮的更换应同时更换同一层所有的齿轮。同理，更换齿条时，也应该更换同一层全部周长的齿条，以保证啮合间隙（包括顶隙和侧隙）。

（二）环式给煤机车轮的检修

环式给煤机车轮和侧向轮在与轨道的相对运动中，存在轴承损坏，视车轮的磨损情况，应及时检查和更换。更换车轮的步骤如下：

1）设备停电。

2）使用千斤顶顶起更换车轮的局部结构，顶起高度以 3 ~ 5cm 为宜，过高容易引起结构的变形，过低不易工作。

3）拆除车轮及车轮附属机构，进行检修。

4）检修完毕后，回装车轮，回落顶起结构。

5）环式给煤机检修后试运要求，连续运转4h，无噪声，电动机及轴承温度不超过60℃。

（三）环式给煤机的检修注意事项

1）若为双轨，更换车轮时，应更换一对车轮，防止由于车轮本身径向磨损后，新更换车轮单轮受力。

2）当所有车轮的磨损量均超过车轮淬火厚度，且导致磨损加快时，或有单个车轮先行损坏，此时，应考虑更换所有车轮。

3）侧向轮检修完毕后，应检查与侧面轨道的接触情况，若全周长强烈接触，应及时向内侧调整，确保所有侧向轮均匀接触侧面轨道，防止轨道不均匀受力。

4）由于安装轨道时存在误差，侧向轮的接触是不连贯的，但全长接触长度不应低于80%，非接触点最大间隙不超过0.5cm。对于有大间隙不接触点和强烈接触点，应及时调整侧向轮。若非接触或强烈接触点长度超过20%，应调整轨道。

5）更换车轮后，双车轮的位置关系，要符合普通行走小车轮的技术要求，具体数据见设备使用说明。

（四）环式给煤机轨道的调整和更换

环式给煤机由于长期使用，轨道踏面会发生磨损，应及时更换。若轨道基础发生迸裂，轨道错位，应及时调整和重新固定轨道。在轨道更换或调整中，应遵循以下工艺：

1）车体的起吊。车体起吊后，才能进行轨道的检修；车体起吊时，起吊点不应低于4个；起吊后，不应长期悬挂，应使用枕木等支承，支承点跨度不大于2m，防止结构因自重变形。车体也可使用千斤顶整体顶起，顶起点应不少于8个，顶起后，垫枕木支承。

2）轨道检修时，应检查轨道的弯曲半径是否符合要求，测量的弯曲半径误差不大于2cm。累计误差（全周长）不大于车轮踏面宽度的20%。

3）轨道的施工应按照规范，经验认为，接缝宽度控制在2～8mm，平面度误差不大于20mm。

4）轨道施工完毕，放下车体时，应考虑轨道中心和车体中心的重合，经验误差不应大于3～5cm，应根据三台减速器定位轨道和车体中心。

5）犁煤车的检修，应对犁的位置打印记。犁的调整，最好是下空筒仓后再进行调整，确保角度一致，以避免由于深入煤中长度不均匀，产生不能抵消的力量，作用的车体和轨道上，损坏设备或轨道基础。

三、环式给煤机的改造

若环式给煤机的胶带落煤口为一个，则可以增加一个胶带纵向的落煤口，以增大出力。早期的筒仓设计是，只向双侧胶带各有一个落煤口；新的筒仓设计是，向双侧胶带各有两个落煤口。增加一个落煤口后，相应也要安装卸料器，改变减速器、电动机的容量，可以成倍增加出力。改造时应注意以下几点：

1）不应以提速为改造手段，因提速后的离心力，对轨道基础影响大，对设备的磨损量也大。

2）改造时，犁煤车也可以对称增加犁的数量，多向下拨煤，提高效率。

3）对于早期设计的筒仓，对地板上开孔时，应由专业队伍执行，进行可靠加固。

4）改造后可能由于落煤点的增加，引起下段胶带运行初始条件的变化，应及时调整。

5）电厂筒仓有配煤的作用，改造的环给应同样出力可调，达到控制配煤比例的效果。

第三节　叶轮给煤机的检修

一、叶轮给煤机的结构及工作原理

叶轮给煤机主要用于火力发电厂缝隙式煤沟，通过设备沿轨道前后行走和拔煤叶轮的转动，将煤沟槽两侧的原煤连续、均匀地拔到煤沟输煤胶带上，能在行走中给煤，也可定点给煤。图 8-8 所示为叶轮给煤机的基本结构。

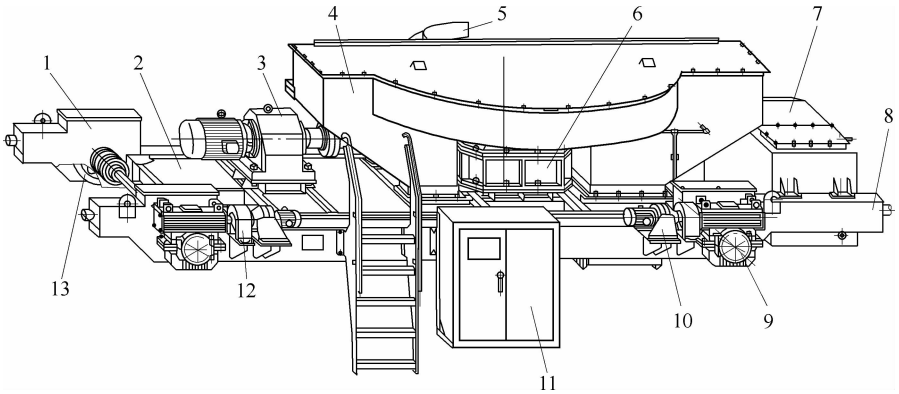


图 8-8　叶轮给煤机的基本结构

1—副边梁　2—中部架　3—主减速器　4—煤斗　5—叶轮
6—锥齿轮减速器　7—除尘系统　8—主边梁　9—蜗杆
减速器　10—行走减速器　11—电控箱
12—联轴器护罩　13—车轮

叶轮给煤机按照拔煤传动机构的位置，可以分为在叶轮的下方的结构形式（图 8-9），和在叶轮的上方的结构形式（图 8-10）两种。

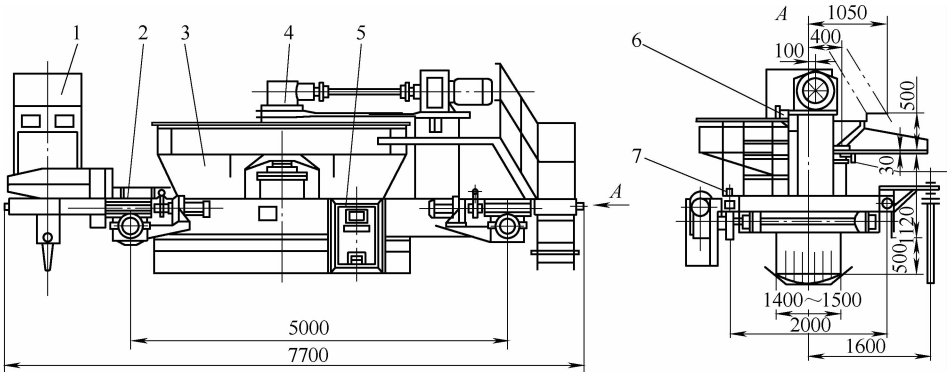


图 8-9　QSG 型上传动叶轮给煤机

1—除尘器　2—行走机构　3—拨煤机构　4—换向齿轮
5—电控箱　6—机架提升装置　7—安全保护装置

叶轮给煤机按照钢结构形式，可分为桥式和门式两种结构，如图 8-10、图 8-11 所示。

叶轮给煤机按照取料形式，可分为单侧给煤机（图 8-9 ~ 图 8-11）和双侧给煤机（图 8-12）两种形式。

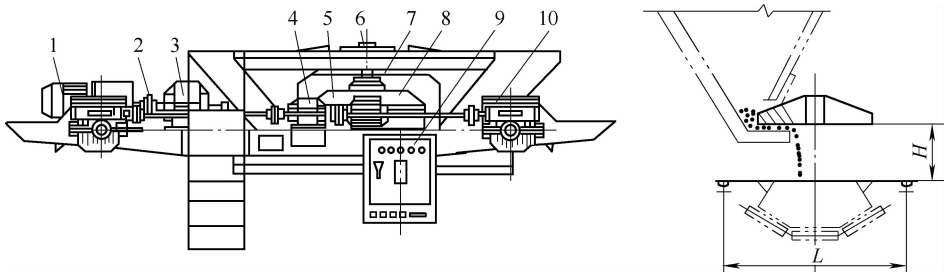


图 8-10　QYG 型桥式叶轮给煤机

1—主电动机　2—蜗杆减速器　3—圆柱齿轮减速器　4—ZQ 减速器
5—齿轮联轴器　6—叶轮　7—行走电动机　8—锥齿轮减速器
9—电控箱　10—蜗杆减速器

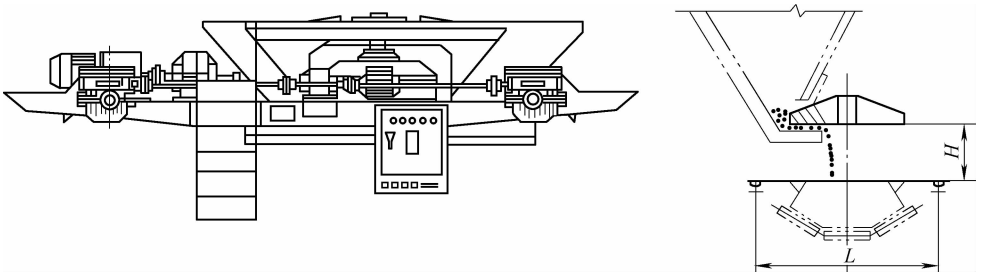


图 8-11　MYG 型门式叶轮给煤机

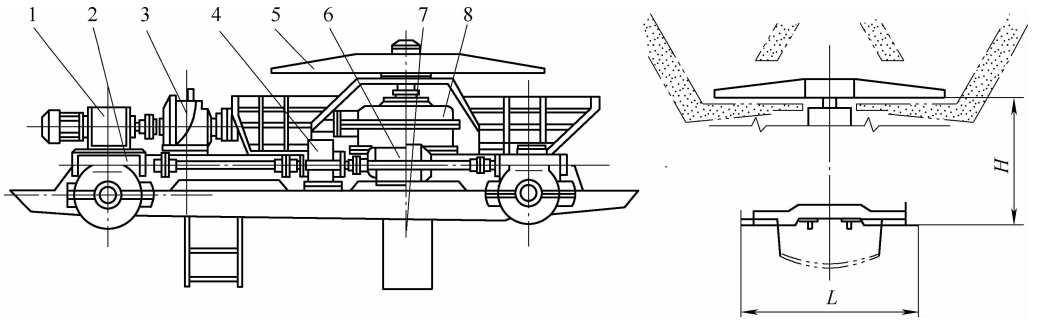


图 8-12　SYG 型双侧叶轮给煤机

1—主电动机　2—蜗杆减速器　3—行星摆线针轮减速器　4—ZQ 减速器
5—叶轮　6—行走电动机　7—电控箱　8—锥齿轮减速器

根据使用的减速器不同，又可分为普通圆柱齿轮减速器配合锥形齿轮传动（图 8-13a）和行星齿轮减速器（或摆线针轮减速器）配合锥形齿轮传动（图 8-13b）等形式。

行星齿轮传动是行星减速器（或摆线针轮减速器）直接安装在叶轮轴的上方或下方，通过输出轴直接驱动叶轮转动，具有减速器构效率高、体积小等特点。

二、叶轮给煤机的故障及其处理

（一）行走掉道

掉道是门式叶轮给煤机常见故障，原因是轨道刚性差，变形后产生行走掉道。

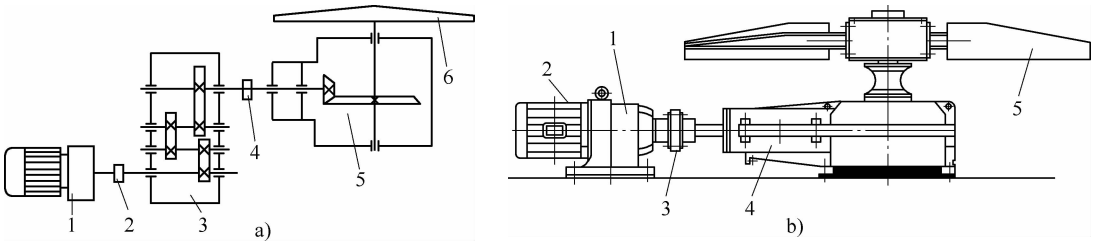


图 8-13　叶轮给煤机主传动

a）圆柱齿轮减速器配合锥齿轮传动

1—主电动机　2—安全联轴器　3—减速器　4—十字滑块联轴器　5—锥齿轮减速箱　6—叶轮

b）摆线针轮减速器配合锥齿轮传动

1—摆线针轮减速器　2—电动机　3—联轴器　4—锥齿轮减速器　5—叶轮

叶轮给煤机的轨道距离筒仓比较高，使用钢构架支承钢轨，容易产生变形，因此，为了防止掉道，应做好以下工作：

1）叶轮给煤机小车轮的调整。要保证小车轮的外倾、前束角度为 2° ~4°。

2）轨道支承钢结构的加强。轨道支承钢结构的加强包括支承槽钢内部焊接加强肋，支承钢结构加固两方面的工作。

3）防止轨道杂物。小车轮前的清道板应定期检查，方便清扫轨道杂物，防止车轮走高后掉道。

4）做好电气方面的保护，当叶轮被异物卡住后及时跳闸，防止掉道。

5）对于无轮缘的小车轮，应安装侧向轮，并调整间隙，间隙不大于 5mm。

（二）缠绕杂物

叶轮给煤机由于叶轮旋转，容易缠绕煤中的钢丝绳、炮线等杂物，且不易解脱。杂物缠绕过多，容易造成机械卡死，从而造成叶轮给煤机故障。

叶轮给煤机缠绕杂物的问题，建议安装防缠绕装置，推荐使用基于阿基米德螺线原理制作的防缠绕装置。该装置由于在叶轮轴上安装边缘符合阿基米德螺线的钢套，杂物按照切线自然流出，从而起到防缠绕的目的。

（三）叶轮轴承损坏

叶轮给煤机轴承损毁，特别是叶轮给煤机支承轴承损坏，造成的检修量增大是常见故障之一，故障表现：除异常温升和噪声外，还表现在叶轮旋转时阻力增大，甚至出现“转不动”等现象。

叶轮给煤机的轴承由于在叶轮下方，处于粉尘、潮湿环境中，且不易保养，损坏比较快，因此，对于该处轴承，应重点防护，并在引出的润滑脂加注点上，每半月加注一次润滑脂。

（四）叶轮损坏

叶轮给煤机在运行中，除叶轮正常磨损外，还会发生单个或几个叶轮扭曲变形的故障，此故障是由于叶轮运转中碰到异物卡住造成的。

叶轮损坏后，需要立即更换，防止扭曲后刚度失稳的叶轮继续变形，造成事故扩大。

（五）在某一位置不拨煤不继续走

叶轮给煤机还会出现在某一位置不拨煤不继续行走的现象。这种现象发生的原因比较多，主要原因：①是行走方向出现密度较大的堆积，叶轮给煤机掘进力不足。②是叶轮给煤机轨道在局

部有上煤变形，造成叶轮给煤机行走阻力增大，结合叶轮掘进阻力，造成该现象发生。

为及时发现轨道变形，应每 3 个月检查一次轨道情况，检查项目包括轨道平行度、轨道间距、单一轨道的平直度，单一轨道的平面度，此外还包括小车轮的调整。

三、叶轮给煤机的检修项目

（一）检修项目

1）解体检查各减速器及其油质油位、修理或更换不合格零件。

2）解体检查各个传动联轴器，更换不合格零件。

3）检查叶轮的破损情况和变形情况，更换耐磨衬板。

4）拆除叶轮主轴，清洗检查轴承及轴封，必要时更换。

5）解体检修行走轮组及传动轴和轴承。

6）检查煤斗的破损及变形情况，进行修复或补焊，消除漏煤现象。

7）检查轨道的直线度和轨距的平行度。消除螺栓的松动和焊缝的开裂。

8）检查修理导料槽，保证输料畅通，不撒煤、不堵煤。

9）解体检查喷雾泵，疏通喷雾管、喷嘴，清理水槽、水箱和泵以及进水管、单向阀等。

10）更换各部润滑油及润滑脂。

（二）检修工艺

1）将需检修的叶轮给煤机行驶到端头检修场地，停放在合适位置后，办理停电手续。

2）拆除电动机联轴器连接件。

3）清理叶轮上和各部位的积煤、杂物、挂好吊装工具。

4）拆除叶轮保护罩螺钉，将保护罩分部吊下。

5）拆除锥齿轮箱底座螺钉，放净箱内存油，将叶轮和锥齿轮箱（组合件）整体吊下进行解体检修。

6）将主减速器底座螺钉拆除，放净箱内存油，整体吊下进行解体检修（也可以只将上盖吊下就地检修）。

7）吊下或就地检修起重机减速器和各齿轮联轴器。

8）检查行走轮磨损情况及键的配合情况是否有松动现象。

9）检查行走轮轴的轴承（更换轴承应列为非标准项目）。

10）将起重机减速器内存油放净后，进行解体检修。

11）各部件解体清洗、检查、修理，合乎质量标准后，即可组装。各部分组装完毕后，可就位复装，复装工序和拆卸时相反。

12）送电、试车及验收。

（三）检修过程中的注意事项

1）叶轮给煤机的叶轮驱动电动机和减速器间、减速器和最终传动间使用长轴连接的比较多。长轴连接的优点是抗振性好，由于长轴存在挠性，对找正的要求低一些，但相对而言，找正产生的细小偏差的放大效应也比较强，因此，相应机械间的找正仍然要按照标准进行，不能超过偏差，找正允许的偏差表见表 8-1 及表 8-2。

表 8-1　找正联轴器时的允许偏差表

联轴器形式	联轴器直径/mm	同轴度/mm	端面平行度/mm/m
十字滑块式	≤300	0.1	0.80
挠性爪式	>300～600	0.2	1.20
弹性圆	105～260	0.05	

（续）

联轴器形式	联轴器直径/mm	同轴度/mm	端面平行度/mm/m
柱销式	290 ~ 500	0. 10	0. 20
	170 ~ 185	0. 30	0. 50
	220 ~ 250	0. 45	
齿轮式	290 ~ 430	0. 65	1. 00
	490 ~ 590	0. 90	
	680 ~ 780	1. 20	1. 50
	900 ~ 1250	1. 50	2. 00

表 8-2　弹性联轴器同心度公差　（单位：mm）

转速/（r/min）	不大于 3000	不大于 1500	不大于 1000	不大于 500
径向端面公差	0. 06	0. 08	0. 15	0. 15

2）叶轮磨损到一定程度，出现大面积变形或摩擦面磨损超过 35% 时，需要进行更换。更换叶轮时，应成套整体更换。若需要单个更换，应对称位置成对更换，以保持平衡。

3）小车轮应成对更换，检修后应调整小车轮，防止走偏，加大对轮缘的压力。

4）检修轨道时应严格按照标准进行。

5）若减速器为行星减速器，应检查更换主支承轴承。

（四）工艺标准

1）叶轮耐磨衬板磨损不得超过原厚度的 1/3；叶片不得有裂纹和扭曲变形现象。

2）更换的耐磨衬板需贴紧在叶轮爪上，焊接焊缝每段 6 ~ 8mm 且断续焊接，或每隔 100mm 焊 20mm。

3）叶片固定螺钉应完整无损，无松动现象。

4）叶轮保护罩和下煤斗或挡煤板，均不得有明显变形和撒煤现象。

5）叶轮回转时，其摆动量不大于 10mm。

6）轨道的检修应按照轨道安装标准执行。

7）整车运行时声音应正常，无卡涩、敲击声。

8）各轴承连续运转 4 ~ 6h，其温度低于 65℃。

第四节　犁煤器及挡板的检修

一、犁煤器的结构及工作过程

图 8-14 所示为槽角可变式电动犁煤器（滑床式犁煤器），根据犁刀的结构，犁煤器又可分为双侧犁刀和单侧犁刀两种，在单元一第二章第一节中已经分析过此装置的工作原理，现结合拨煤过程将其工作原理描述如下。

当电动推杆电动机正转时推杆推出，犁刀下落，驱动杆带动滑动框后移，边托辊落下，使托架上的托辊成平形，胶带在犁煤机上截面处于水平状态，犁刀与胶带面接触、紧贴，处于工作状态，来煤通过犁刀卸入料斗，部分细小的煤留在胶带上，通过副犁刀将煤末卸入料斗；当电动推杆电动机反转时，此时推杆返回，犁刀抬起，驱动杆带动滑动框架前移，边托辊升起，使托架上的托辊成槽形，胶带上的煤流便正常通过，不被卸落，也不向外溢煤。

输煤系统中的配煤工作，除对电气部分有较高的要求外，同时还对犁煤器的机械驱动机构有

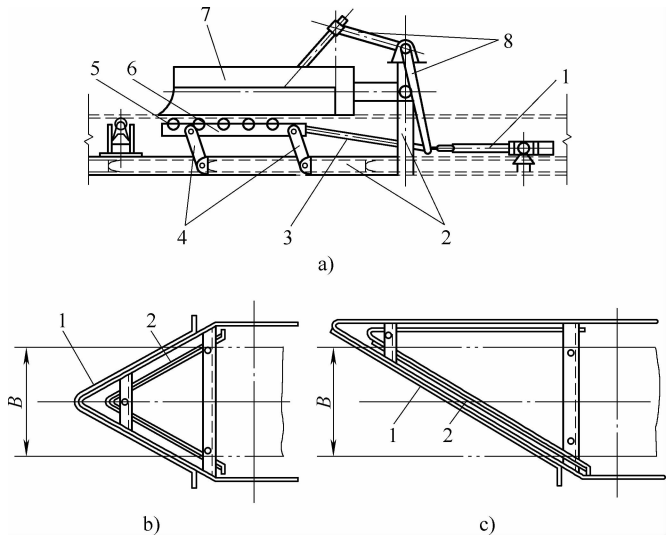


图 8-14　槽角可变式电动犁煤器

a）连杆托架式犁煤器机构

1—电动推杆　2—机架　3—连杆　4—双曲柄　5—托辊

6—滑块　7—犁刀　8—曲柄

b）单侧组合犁刀　c）双侧组合犁刀

1—主犁刀　2—副犁刀

较高的要求。犁煤器的机械驱动机构常用的有电动推杆式和液压推杆式两种，对程序配煤来说，必须要保证机械部分灵活、无卡涩，犁刀的抬、落速度能够满足现场要求且可靠到位。

二、电动推杆及电液推杆的检修

（一）电动推杆的安装与检修

1. 电动推杆的结构与工作原理

图 8-15 所示为电动推杆的基本结构，它的工作原理如下所述。

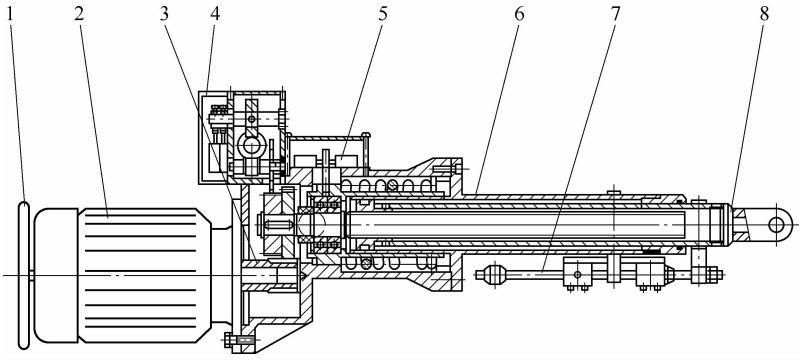


图 8-15　电动推杆的基本结构

1—手轮　2—电动机　3—减速器　4—内置行程开关组件　5—过载保护开关

6—导套组件　7—外置行程开关组件　8—推杆

电动机起动后，通过一对齿轮带动螺杆转动，与螺杆相啮合的螺母，沿固定在导套内壁上的导轨移动，推杆与螺母用螺钉连接在一起，螺母前移将推杆推出，反之当电动机反转时，推杆被

收回，同时，电动推杆内装有滑座、弹簧、拨杆及安全行程开关等组成的过载保护装置，在外部载荷超出了弹簧载荷或推杆行程达到了极限位置时，弹簧因变形量增加，通过滑座、顶销触动行程开关，使推杆自动停机，达到超载保护作用，避免了电动机及构件的损坏。

2. 电动推杆的使用注意事项

推杆外壳没有安装轴时，可配制支架或吊架安装于适当位置，推杆端部有销轴，连接套与被推构件相连接。支架及连接套为推杆附件，可委托厂家配制或自制，推杆装设的安全开关必须串接在电动机电源线路中，以达到过载保护作用。根据实际情况，使用时必须安装行程开关，以控制推杆工作。电动推杆内部的安全保护开关，不得作为行程开关使用。

1）推杆内部的过载行程开关要与外部的限位开关一起接到继电器的跳闸回路当中，否则不能起到自动保护作用。内部的行程开关只起到过载保护作用，不得直接代替限位开关使用，否则将影响其使用寿命。

2）推杆与被推构件连接后，连接部位灵活自如时方可通电使用，以免损坏部件。

3）工作环境温度在 -10 ~ +60℃之间，相对湿度在 85% 以下。

4）必须装上防尘罩，以免污染机件的活动部分。要定期更换导套内的轴承润滑脂。

3. 电动推杆的检修工艺

1）将电动推杆从设备上拆下。

2）拆下电动机、限位开关、安全开关和拨杆。

3）将减速装置进行解体拆卸。清洗检查齿轮和轴承有无缺陷和损坏。

4）拆卸螺杆、导套、滑座及螺母并清洗干净。

5）检查螺杆有无弯曲和磨损，螺杆弯曲时应找正，无法找正或磨损严重的应更换。

6）检查铜螺母，铜螺母磨损严重造成与螺杆配合过松时应更换铜螺母，对新更换的螺杆和铜螺母应实配，若过紧应对铜螺母进行车削加工。

7）检查滑座有无磨损，滑座与壳体的配合间隙在 0.10 ~ 0.30mm 之间，若间隙过大应更换滑座。滑座油槽处应清理干净，无杂物堵塞。

8）检查导套内侧导轨有无变形扭曲现象，导轨焊接处有无开裂现象，若有可进行补焊，其方法为：在导套无缝钢管处选择好位置后钻孔，同时在导轨相应位置也钻孔（一般无缝钢管处钻 6mm 通孔，导轨可钻 4mm、孔深 2mm 即可）后，补焊、刮平。

9）检查弹簧，应完整、无裂纹。

10）检查防尘罩，破损时应缝补或更换。

4. 电动推杆的检修质量标准

1）各处紧固件应牢固可靠。

2）齿轮减速装置及滚动轴承的检修可参见第二单元第四章的有关内容。

3）各接触相对运动部位应加注润滑脂，减速装置内的加注量为整个空间的 70%。

4）电动推杆检修后、未通电前，盘动电动机风扇叶，推杆应运动自如，伸缩灵活。

5）推杆前端装设的防尘罩要装好，不得有杂物、灰尘浸入。

6）安全开关及行程开关应无损坏。

7）通电空载试运行，限位开关安装位置正确，机体内应无异常噪音，电动机温度正常，推杆行程应符合铭牌规定标准。

（二）电液推杆的检修

图 8-16 所示为电液推杆的结构，其液压控制部分的工作原理见单元一第三章第一节，检修工艺如下所述。

1）将电动推杆从设备上拆下，拆下电动机、安全保护开关和拨杆。

2）将电液推杆解体，清洗加油；解体检查密封件和轴承，当磨损严重时应以更换。

3）组装时推杆应无卡涩现象。

4）不得直接用机内安全保护开关代替限位开关

5）各种密封件及防尘罩应完整无损，如损坏应更换。

6）滑动架弯曲严重时，应进行修整；滑动板自身要求平直，两滑动板要求平行，直线度误差不得超过 2～3mm，平行度误差不得超出 3mm。

7）详见内部液压元件的检修和安装质量标准。

8）无渗油、自降现象。

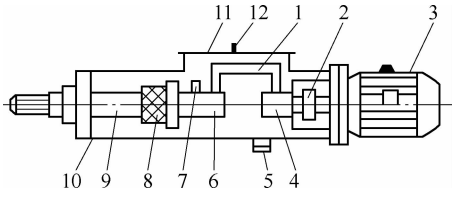


图 8-16　电液推杆的结构

1—油管　2—联轴器　3—电动机　4—双向泵　5—放油口　6—油路集成块　7—溢流阀调节螺钉　8—过滤器　9—液压缸　10—外壳　11—盖板　12—气孔

三、犁煤器的检修

1）犁刀与胶带表面应保持水平，不得一侧压紧另一侧有空隙，或有犁板前紧后松现象；防磨板不得刮损胶带，磨损后应及时更换。

2）检查水平托辊组及托板，当发现托辊不转时，应打开两端密封装置，清理加油，发现轴承损坏时应更换；当托辊壁厚小于原厚度的 2/3 时，应更换。

3）犁头磨损到距胶带接触面有 2～3mm 间隙时，应以调整或更换。

4）驱动杆变形应修整，变形严重时应更换。

5）推杆弯曲变形时应校直和找正。

6）犁刀与胶带间隙以不漏煤为标准。

7）托辊轴承需转动灵活，无异声。

四、挡板的检修

挡板安装在三通落煤管内，通过推杆的前行及后退，带动挡板切换到甲侧或乙侧，以实现输煤线路的交叉切换，图 8-17 所示为挡板在三通挡板在落煤管中的安装位置及结构布局。

挡板的检修包括推杆（电动推杆或液压推杆）和挡板体的检修，推杆的检修如前所述，下面主要介绍挡板体的检修。

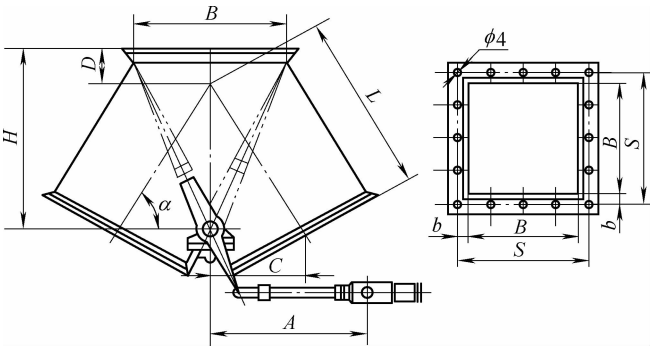


图 8-17　三通挡板在落煤管中的安装位置及结构布局

（一）挡板体的检修

1. 挡板体的清理和检查

1）清除挡板上的积煤及锈蚀。

2）检查挡板的磨损情况。

2. 挡板体的更换

若挡板磨损超过规定限度时，已无补焊价值，可按以下步骤更换：

1）在挡板上用钢筋焊一个 U 形吊钩，把手拉葫芦挂在挡板上部落煤筒的一个适当位置上，钩住 U 形吊钩，并稍带力。

2）拆下挡板轴两端所有与之配合的零件。

3）拆下挡板下部的挡板轴定位螺栓。

4）用铜棒垫在轴的一端，锤子击打铜棒；拆下挡板轴。

5）用割炬将三通分流处的落煤筒钢板割断，其尺寸应能使挡板通过。

6）缓缓放下手拉葫芦，将挡板放在地上。

7）将焊好的新挡板吊升到落煤筒内其工作位置。

8）将轴用铜棒穿入挡板，拧紧定位螺栓。

9）将轴两端与之配合的零件装上。

10）用电焊将拆装口封上即可。

3. 挡板轴轴承及附件的检查和更换

1）拆下轴端压盖。

2）拆下转动臂。

3）将端盖取下，检查端盖有无磨损。

4）用汽油清洗轴承，检查轴承有无损坏，若无损坏涂上润滑脂即可。

5）若轴承损坏，可按以下步骤拆卸及组装：

①用拉码将轴承及轴承座一并拉下。

②拆卸三通结合处压盖螺栓，将压盖取下，检查其损坏情况。

③将轴另一端轴承及压盖拆下。

④检查轴的弯曲及磨损情况。

4. 轴承及附件的安装

1）将压盖用螺栓紧固，更换两端压盖密封毡。

2）把轴承座套在轴上，用铜棒抵住其内套，用锤子击打铜棒，将轴承装入。

3）更换轴承端盖密封毡，将端盖用螺栓装在轴承座上。

4）紧固轴承座螺栓。

5）将转动臂轴套用铜棒打入。

6）另一端安装步骤同上。

5. 将转动臂与电动推杆用销子连接起来，检修工作完成。

（二）挡板体的检修质量标准

1. 在检修过程中控制的质量标准

1）拆卸后用游标卡尺及内径千分尺测量滑座与壳体的配合，精度要求为 D3/d3。

2）电动推杆充油量为 40% ~70%；

3）用塞尺测量挡板与三通壁的侧面间隙，其大小为 2 ~5mm。

4）轴承注入二硫化钼锂基润滑脂，注入量为轴承空腔的 2/3。

2. 零件更换标准

1）电动推杆内部齿轮如有断齿应更换。用齿形样板检查轮齿磨损量，在齿厚方向上的磨损量大于 2. 5% 时应更换。

2）电动推杆解体后检查丝杠与螺母之间的间隙，若间隙过大，有松动现象，应更换螺母。

3）挡板磨损超过原厚度的 1/2 时应更换，穿孔总面积超过原面积的 1/4 时应更换。

4）抽出挡板轴，用煤油清洗后打磨检查，挡板轴如有裂纹应更换。

5）挡板轴承拆卸后检查，如有裂纹、疲劳剥落的小坑、保持架损坏或过热变色等现象应更换。

3. 验收质量标准

1）电动推杆运转平稳，无过载现象。

2）挡板运动正常，无卡滞，无金属摩擦声。

第九章　翻车机及卸车线的检修

第一节　翻车机驱动装置的检修

翻车机及卸车线因其卸车效率高，工作环境优于其他卸煤设备且便于实现自动化控制而被广泛应用于大机组燃煤电厂。根据翻卸形式翻车机可分为转子式翻车机（被翻卸的车辆中心与翻车机转子的回转中心基本重合）和侧倾式翻车机（翻车机回转中心远离被卸车辆中心）两种。转子式翻车机的代表型号有 KFJ—1、KFJ—2、KFJ—3、ZFJ—100、FZ15—100、FZ1—2B 等。侧倾式翻车机的代表型号有 CFH—1、CFH—2、KFJ—1A 等。虽然翻车机类型不同，但其驱动装置的形式基本相同。

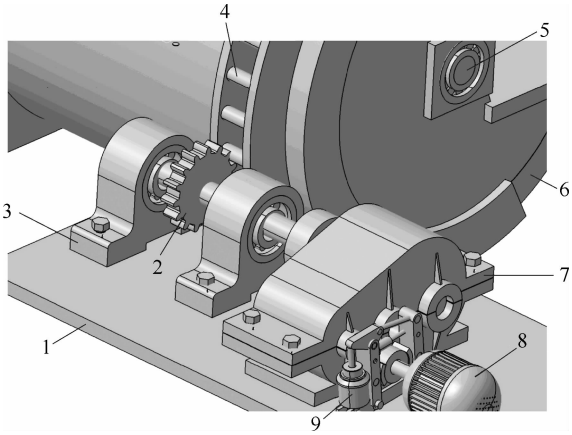


图 9-1　翻车机驱动装置结构示意图一

1—地基基础　2—传动齿轮　3—轴承座　4—圆柱销齿轮传动
5—同步轴　6—回转盘　7—减速器　8—电动机　9—制动器

图 9-1 所示为翻车机驱动装置结构示意图一，此结构由电动机、制动器、减速器、轴承及轴承座、回转盘驱动齿轮等组成，回转盘驱动齿轮和翻车机回转盘（端盘）上的圆柱销齿轮相啮合，实现翻车机的正向翻转或反向回翻。

图 9-2 所示为翻车机驱动装置结构示意图二，在此驱动装置中，齿圈是由多个弧形块状齿条组成的，固定于翻车机的回转盘上，回转盘驱动齿轮和翻车机回转盘上的齿圈相啮合，实现翻车机的正向翻转或反向回翻。

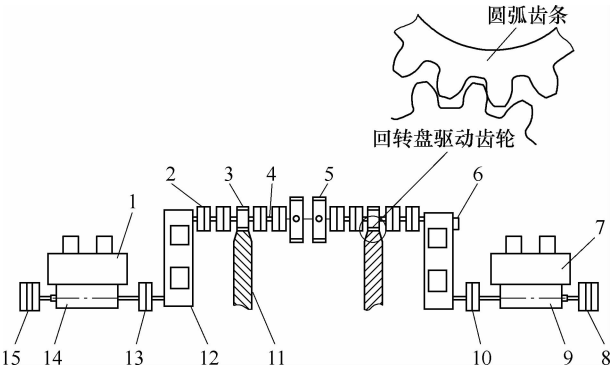


图 9-2　翻车机驱动装置结构示意图二

1、7—风机　2—齿轮联轴器　3—小齿轮　4—同步轴　5—轴承座
6—编码器　8、15—制动器　9、14—驱动电动机
10、13—联轴器　11—齿圈　12—减速箱

现针对以上两种翻车机驱动装置的检修作如下分析。

一、翻车机驱动装置的大修工艺

（一）大修前的准备工作

1）检修前将设备工况和测试损坏情况等记入台账。

2）根据检修项目，制订大修方案和技术安全措施，制订工期、材料计划（即备品备件的准备）等。

3）根据项目办理检修工作票。

（二）大修前的测量

翻车机驱动装置检修前，应先对其基准部件进行实际测量并作好相应记录。

1）检测回转盘驱动齿轮与齿条（或回转盘驱动齿轮与圆柱销齿轮）的啮合位置、啮合间隙及接触情况。

图 9-3 所示为回转盘驱动齿轮与齿条啮合情况检测示意图，图 9-4 所示为回转盘驱动齿轮与圆柱销齿轮啮合情况检测示意图。啮合间隙可采用压铅丝法、塞尺法或打表法（可参看第二单元第四章第四节），齿轮接触面积可采用色印法检查，啮合位置可采用深度尺、钢直尺或拉线法进行测量，获得以上测量数据后作好原始记录。表 9-1 为回转盘驱动齿轮啮合情况检测记录。

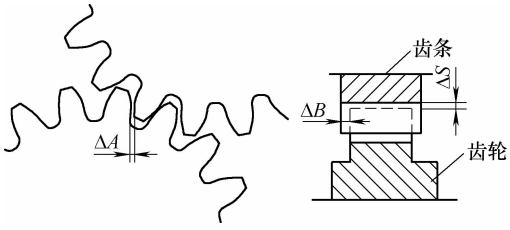


图 9-3　回转盘驱动齿轮与齿条啮合情况检测示意图

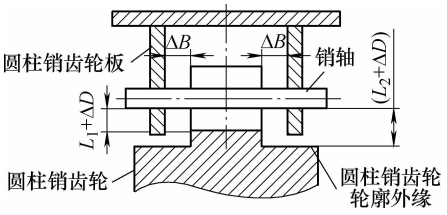


图 9-4　回转盘驱动齿轮与圆柱销齿轮啮合情况检测示意图

表 9-1　回转盘驱动齿轮啮合情况检测记录

检验项目		实际测量值	质量标准
回转盘驱动齿轮与齿条啮合	齿条与回转盘驱动齿轮顶隙（ΔS）		7.25^{+1}_{0}mm
	齿条与回转盘驱动齿轮侧隙（ΔA）		$1.1^{+0.9}_{+0}$mm
	齿条与回转盘驱动齿轮齿面平行度 ΔB		0.1～0.3mm
	齿宽接触斑点		≥30%
	齿高接触斑点		≥25%
回转盘驱动齿轮与圆柱销齿轮啮合	顶隙 ΔD		±1mm，带括号尺寸为间接测量
	侧隙 ΔB		≥5mm
	齿宽接触斑点		≥30%
	齿高接触斑点		≥25%

2）对联轴器、轴承座等位置作出相应标记。

（三）翻车机驱动装置的解体及技术安全措施

1. *转子式翻车机驱动装置的解体及技术安全措施(以 ZFJ—100 翻车机的大修解体为例)*

1）驱动装置解体前应检查活动平台，保证无车及其他杂物。

2）将翻车机平台调至零位。

3）作防止机构转动的安全措施。如图 9-5 所示，当将驱动装置拆下后，由于转子偏重的作用，转子会向偏重一侧回转，若无安全措施，则会发生事故。故在驱动装置拆除前应做好防止转子向一侧自由转动的安全措施。

①检查非检修侧制动器的制动状态，保证制动可靠。

②用钢管在转子两端盘处支承，每处支承的方法应是：钢管一端支于圆柱销齿轮上，另一端支于地基上；用 10t 导链水平拉出，导链一端绑于顶梁或斜梁上，另一端绑在墙柱上。

③底梁支承的 4 个点用 4 个机械千斤顶调整。即驱动装置拆卸前 4 个机械千斤顶均调整至一

定顶力状态。

4）作好上述解体拆卸前的安全措施后，可依次拆开电动机联轴器及齿形联轴器，然后拆卸电动机、减速器、传动回转盘驱动齿轮两侧轴承座，最后拆卸回转盘驱动齿轮。作以上拆卸工作时，切记逐级作好各传动部件的标记，只有这样才能给检修后的复位打好基础。

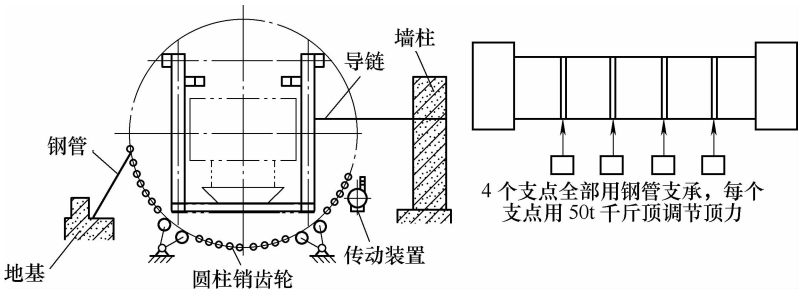


图 9-5　ZFY—100 型转子式翻车机解体拆卸的安全措施

2. 侧倾式翻车机驱动装置的解体及技术安全措施

侧倾式翻车机解体驱动装置时，一般将本体（重心）落于重车调车机一侧，使驱动部件不受力，这时便可进行解体工作。

方法一：断开翻车机控制电源，将翻车机两端的驱动电动机的制动器用手动同时完全打开，让翻车机自由翻转 15°～30°，用钢丝绳（两组）将进车端和出车端固定在翻车机下部的柱子上，或用卷扬机等固定装置将翻车机本体固定，拆卸电动机与减速器连接的制动器，便可对减速器进行解体检修。

检修或更换回转盘驱动齿轮、驱动大轴及轴承、齿形联轴器等部件时，需进一步将齿形联轴器解体、轴与轴承解体，吊出驱动大轴，并分别对上述驱动部件进行检修。

方法二：若翻车机上部与下部同时需要做检修或维护工作，则可将 2 个 50t 千斤顶支于翻车机底梁根部，将翻车机平台四角顶平，再用工字钢固定转子圆盘两端，然后进一步将驱动部件解体，并分别进行各部件检修。

（四）驱动装置的安装与检查调整

驱动装置各部件的具体检修工艺见单元二所述，这里不再赘述，下面重点分析驱动装置的回装与调整问题。

驱动装置各部件检修后，达到要求的质量验收标准，便可进行相应的装配和调整。其安装顺序为：回转盘驱动齿轮与圆柱销齿轮安装就位（或回转盘驱动齿轮与齿条安装就位）—轴承及轴承座的安装及调整—齿形联轴器的找正（即减速器的找正）—电动机的安装—制动器的安装及找正。

安装时应控制好回转盘驱动齿轮与齿条（或圆柱销齿轮）的侧隙和顶隙。安装驱动装置后，可利用起重机拖动回转机构进行局部回转，检验其齿面啮合状况。对于圆柱销齿轮传动，由于圆柱销齿轮板的阻隔，顶隙不易控制与测量，可用间接测量法来达到要求，即用回转盘驱动齿轮轮毂至销轴的距离间接测量进行控制。需要强调的是，为保证整个回转盘驱动齿轮在齿宽上啮合，用塞尺检查时，塞尺应从两边插入，插入深度≤10mm，两边插入深度差≤1mm。

具体操作过程：根据齿轮与齿盘啮合技术要求（表 9-1）确定轴位置—确定轴承座位置—确定输出侧半联轴器（与传动回转盘驱动齿轮相连接）的位置—通过联轴器找中心确定减速器地脚位置—通过找中心找正电动机位置。

驱动装置找正的具体操作过程如下：

如图 9-6 所示，减速器结合面、联轴器水平间隙、联轴器和轴承座水平间隙分别为 C、D、A、B。假设回转盘驱动齿轮位置固定，通过鼓形齿式联轴器找正减速器的位置。

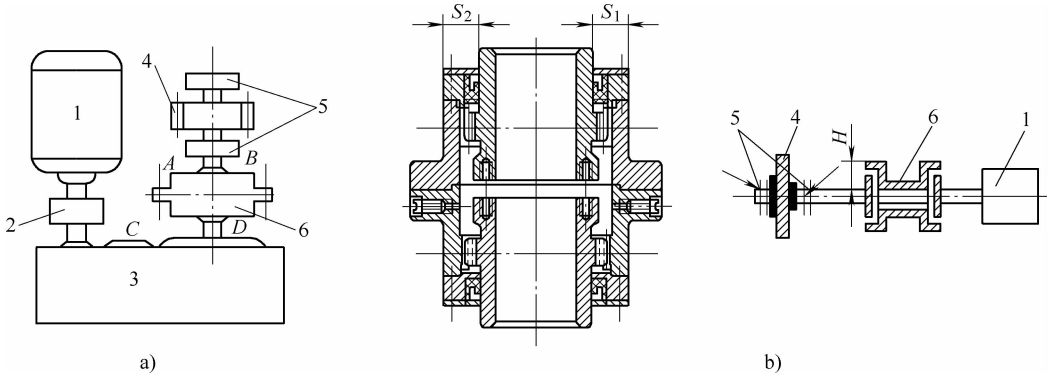


图 9-6　驱动装置的安装

a）驱动装置图　b）鼓形联轴器结构

1—电动机　2—联轴器　3—减速器　4—回转盘驱动齿轮　5—轴承座　6—鼓形齿式联轴器

1. 先进行初步找正

打开减速器上盖，先确定减速器高低，然后确定减速器输出轴和回转盘驱动齿轮轴是否存在左右偏差，最后确定输出轴和回转盘驱动齿轮轴的平行度。

1）减速器的高低可以通过轴心标高计算来确定，先计算回转盘驱动齿轮轴的水平高度，然后推算减速器的高度。

2）减速器输出轴和回转盘驱动齿轮轴是否存在左右偏差，可以先吊入输出轴（未装联轴器），通过输出轴和回转盘驱动齿轮轴的简单直尺测量来确定。该方法也可以简单确定减速器输出轴的高低。

3）确定减速器输出轴和回转盘驱动齿轮轴的平行度，即是否存在减速器的摆尾，可以先吊入输出轴，通过简单测量输出轴端面和回转盘驱动齿轮轴端面间隙来确定；也可以测量减速器输出轴轴承座端面和回转盘驱动齿轮轴承座端面的距离来确定。

这 3 项初步确定的位置中，第 2 项准确度最差，是后期找正的主要关注点。

减速器的高低误差应在初步找正时控制在 1mm 以下，因后期找正中对高低的进一步确定难度比较大。

确定减速器是否存在摆尾时，使用轴端面找正后在长度方向上的累计误差比较大（轴端面直径小），会对电动机的找正带来不利影响；测量减速器输出轴轴承座端面和回转盘驱动齿轮轴承座端面距离时，由于位置和测量工具的限制，只能达到毫米级别，故需要进一步精确找正。

2. 减速器找水平

减速器找水平应在找高低时一并进行，通过使用水平仪器，确定减速器的水平度。减速器在长度方向上的水平度可以有一定的误差，误差可以控制在 4mm/m 以内，但在轴线方向上水平度必须控制在 2mm/m 以内，最好控制在 1mm/m 以内，折算成端面的倾斜后，对找正的误差影响更小。

3. 进一步精确找正

进一步找正是减速器装配联轴器后的找正。

（1）减速器摆尾　减速器出现摆尾后，联轴器外壳必然出现扭动，从而出现累积误差。通过测量 A、C、B、D 的间隙，即可得出相关数据，数字表现为不等。发现偏差后，应及时调整减

速器尾部或头部的位置，调整间隙。最终使 $A+C$ 和 $B+D$ 的差值控制在 0.5mm 以内，此时可以忽略端面不光洁造成的误差（此时该误差即使较大，也不会超过许用偏差量）。

（2）减速器左右偏差　减速器出现左右偏差后，同样会引起联轴器外壳的扭动，发生累积误差。此时 $A+C$ 和 $B+D$ 虽然近似，但此时若 $A>B$，则 $C<D$，或相反。对于该类型的偏差，可以调整减速器的左右位置来消除偏差。直至 A 和 B 近似或 C 和 D 近似。

（3）减速器高低的偏差　当减速器左右偏差找正完成后，即可进行减速器高度方向上位置偏差的找正。高低的偏差，可以按照减速器左右偏差的测量方法来处理，但如果下方的间隙不容易测量，也可以通过测量联轴器外壳到轴的距离来测定。先测量左右方向上的距离（图 9-6），得出平均值 S，然后测量上部的距离 H，若小于平均值则说明减速器高，反之则说明减速器低。考虑到齿轮联轴器的齿间距，联轴器外壳肯定有下沉，当 $S-H\leqslant 0.7$ 或 $H-S\leqslant 0.5$ 时，则可以认为减速器高低偏差符合要求。

4. 需要说明的问题

1）鼓形齿式联轴器的找正精度比较低，是因为齿顶弧度造成的适应度大。

2）鼓形齿式联轴器的找正数值，认为不考虑联轴器本身的加工变形和测量端面的不平整。

3）测量端面存在不平整时，应测量附近 2～3 个点，取平均值。测量时避免使用内卡钳卡尖触碰凸凹点。

4）鼓形齿式联轴器找正前应盘动减速器，使联轴器位置处于随机状态。

5）找正时，应按照所述顺序执行，部分步骤可以合并，但要避免后一个步骤测量值的变动影响前一个步骤的测量值，特别是影响差值。

6）初步找正时应打开减速器上盖，以下箱体为基准进行找正。

（五）翻车机驱动部件的检修验收质量标准

开式齿轮传动装置的检修质量标准、减速器检修质量标准见单元二第四章第四节，联轴器找中心质量验收标准见表 9-2～表 9-5。

表 9-2　齿轮联轴器的检修质量标准

检修项目及内容	相关标准	检测方法
齿轮联轴器外齿轴套与轴的配合	H6/h7	游标卡尺或千分尺
齿轮联轴器外齿轴套、内齿圈，铰制孔螺栓等零件	不得有变形或裂纹	外观检查
齿轮联轴器的齿厚磨损	不得超过原齿厚的 20%	游标卡尺或千分尺
齿轮联轴器的装配精度	应达到表 9-4 的规定	千分表检查

注：如果条件允许，齿轮联轴器都可以按外齿轴套轴向圆跳动为 0.15mm，径向圆跳动为 0.10mm 来进行装配。

表 9-3　齿轮联轴器的装配精度

检修项目及内容	相关标准		检测方法
外形最大直径 D	两轴的同轴度不应超过		端面间隙不超过
	径向圆跳动	轴向圆跳动	
170～185	0.3	0.5/1000	2.5
220～250	0.4		
250～430	0.65	1/1000	5
490～590	0.90	1.5/1000	5
680～780	1.20	1.5/1000	7.5

表 9-4　制动轮联轴器的检修质量标准

检修项目及内容相关标准	相关标准	检测方法
制动轮和半联轴器与相应孔配合	H6/h7	游标卡尺及深度尺
制动轮和半联轴器	不得有裂纹和变形	外观检查
制动轮磨损	≤1.5～2mm	游标卡尺
尼龙柱销磨损	≤原直径的 10%	游标卡尺
制动轮和半联轴器装配精度达到表 9-5 的规定		百分表或千分表

表 9-5　制动轮和半联轴器的装配精度　（单位：mm）

制动轮外径	200	315	400	500
轴向圆跳动	0.16	0.18	0.20	0.25
径向圆跳动	0.14	0.16	0.18	0.20

第二节　翻车机本体的检修

如前所述，各类型翻车机本体结构除压车机构外，基本上大同小异。由于翻车机作业环境较差，且运行中不断产生撞击、振动，使得翻车机在交变载荷下工作，因此对于翻车机本体，不管是各类联系梁还是托车梁、回转盘、（夹）压车臂、轨道等，经过长期运行后都会有不同程度的损坏现象。

翻车机本体钢架结构主要损坏形式有变形、裂纹、焊口开裂、疲劳断裂等，发生的部位常在应力集中处，如弯曲、铰接、铆接、焊接等部位以及直接承受冲击载荷处。因此，不论中、小修理还是翻车机的大修理，对于翻车机本体尤其是钢结构件应做好认真细致的检查及修理工作。

一、FZ15—100 型翻车机的本体检修

图 9-7 所示为 FZ15—100 型翻车机的本体结构，其金属结构件的主要损坏形式有变形、裂纹、焊口开裂、疲劳断裂等，发生的部位常在应力集中处，如弯曲、铰接、铆接、焊接等部位以及直接承受冲击载荷处。因此应检查回转盘、底梁、压车梁、平台等金属构架有无裂纹及变形，连接处有无松动并做好相应记录。

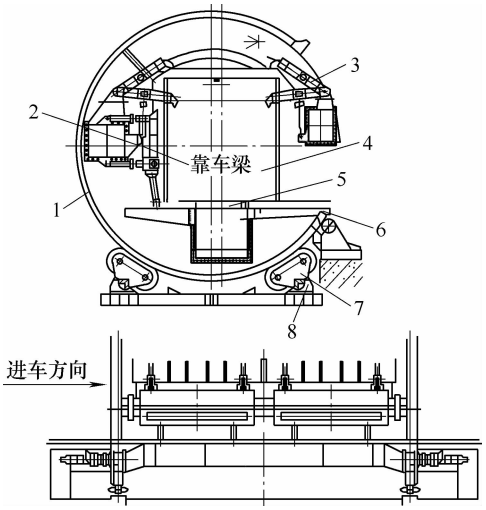


图 9-7　FZ15—100 型翻车机的本体结构
1—回转盘　2—靠车梁　3—压车梁　4—车辆
5—翻车机平台　6—底梁　7—支承滚轮
8—滚轮支承装置

（一）金属结构架的检修

金属结构架检修后，应达到如下要求：各部件无变形、开裂、锈蚀，无大面积油漆脱落，各连接部位无错动、焊缝无裂纹，连接螺栓无松动、断裂。

（二）平台钢轨的检查（翻车机平台在零位时）

用钢直尺及钢丝拉线、光学测量仪（如光学平直仪、经纬仪等）检查钢轨的直线度及扭曲情况。具体技术标准参见表 9-6。

表 9-6　翻车机平台钢轨的检验方法及质量标准

检测项目	检测标准/mm	检验方法
两轨道之间的距离偏差（轨道中心的平行度）	≤ ±3	拉吊线
平台上轨面与基础上轨面的高度差	≤3	水平仪或经纬仪测量
平台钢轨直线度	≤3	经纬仪测量
平台上挠度	0 ~ 12	经纬仪测量
钢轨端头与基础钢轨端头的横向差	≤3	钢直尺
翻车机平台钢轨与地面钢轨接头间隙	进车端：1 ~ 3	
	出车端：3 ~ 5	

（三）转子端盘的检查（翻车机在零位时）

转子端盘检修前先进行测量，再决定是否进行调整。

1. 翻车机端盘的安装精度（表 9-7）和安装参数图（图 9-8）。

表 9-7　翻车机端盘的安装精度

检验项目	检测标准/mm	备　　注
端盘平面度（轨道中心线）	≤3	以轨底槽沿为基准
端盘圆度	≤3	以轨底面为检测面
端盘纵向中心线与水平面垂直度	≤3	如图 9-8 所示
齿条接头处节距偏差	±0. 1	
两端盘中心距偏差 ΔA	±3	至少测量 4 个点
两端盘对旋转中心垂直度 ΔB	<5 ~ 6	直径范围内
轨道标高偏差 ΔC	±3	测量两端与地面轨高度差
轨道水平偏差	≤5	测量两端与地面轨水平差
轨道与地面轨间隙	6	误差在 0 ~ 2 之间
小纵梁位置偏差 ΔD	±10	3100 ± ΔD
靠车梁位置偏差 ΔE	±10	2950 ± ΔE

2. 端部滚动止挡的检修

如图 9-9 所示，端部滚动止挡共两组，每一组端部滚动止挡由一个止挡座和一个滚轮组成，安装在翻车机两端的端盘与基础侧墙之间，以限制翻车机轴向窜动（特别是在驱动装置、滚轮装置移位情况下，起到最后保护作用）。

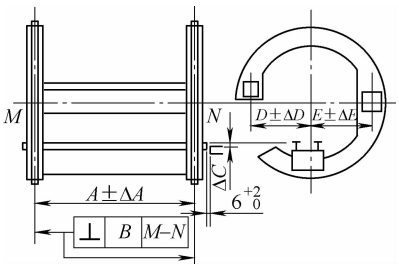


图 9-8　翻车机端盘的安装参数

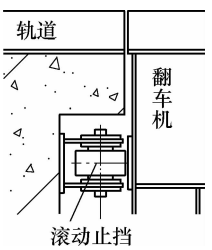


图 9-9　端部滚动止挡的结构

有些型号的翻车机还在传动底座上设有下部滚动止挡座，通过端环同样限制其转子轴向窜动。

1）端环上的周向止挡完好。

2）翻车机在零位时，调整端环上周向止挡垫片，使端环上的止挡座与地面之间保持 20mm 间隙。

3）调整端部滚动止挡，使固定在基础上的止挡与平台上的止挡座的间隙，达到进车端为 6mm，出车端为 0。

（四）滚轮装置的检修工艺

1. 支承滚轮的结构

如图 9-7 和图 9-10 所示，滚轮支承装置一共有四组，每组滚轮支承装置上有两个支承滚轮，两个支承滚轮由可以摆动的平衡梁连接，以保证每个支承滚轮与轨道接触。进车端的两组滚轮支承装置上的滚轮带轮缘，用以限制回转盘的轴向窜动。支承滚轮用于承载翻车机本体及翻卸车辆的重量，并随本体回转。

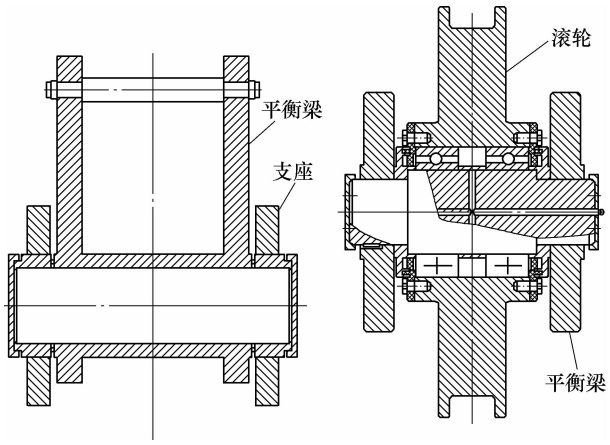


图 9-10　支承滚轮结构示意图

2. 滚轮支承装置的拆卸与安装工艺

1）滚轮支承装置检修前的安全措施同前述驱动装置的检修。

2）用千斤顶将翻车机需要拆卸的滚轮支承装置的一端顶起，拆下支承装置的地脚螺栓并支承装置移出，用起重机配合导链将其吊出放在平稳位置。

3）按照滚轮支承装置加油孔侧朝外的原则，吊装滚轮并按标记就位，如图 9-11 所示，通过垫片调整找正滚轮组的位置。注意：a、b、c、d 点应在滚轮中心的连线上，尽量靠近滚轮，且 $oa = ob = oc = od$，公差为 ±0.5mm，对角线距离差的绝对值不得大于 5mm。找正后，按图样要求检验支承滚轮底座安装的尺寸偏差，检验标准见表 9-8。

3. 支承滚轮磨损情况的检查与检修质量标准

1）支承滚轮不得出现裂纹，磨损深度不得大于 2mm ，滚轮内孔圆度误差不得大于 0.2mm 。

2）支承滚轮轮体完好无裂纹，踏面均匀、磨损正常，轮缘完好、内侧无磨损及啃轨痕迹。

3）滚轮支承装置的滚动轴承轴向总间隙为（0.5 ± 0.2）mm，滚轮支承装置与驱动装置内的滚动轴承一般在大修期间应予以更换（或者至少应准备相应备品）。

4）保证每端四个轮子在同一平面内，并且该平面应与翻车机中心线垂直，误差≤ ± 1mm。一端的轮子中心平面应与另一端的轮子中心平面平行，其平行度误差在 5m 范围内≤2mm，两中心平面距离偏差 $\Delta D \leqslant \pm 3$mm；底座上打印标记处两对角线距离偏差≤3mm，同时两端轮子应在同一水平面内，其高度差≤2mm；通过垫片组调整，保证所有轮子均与轨道接触良好。

4. 翻车机支承滚轮安装精度的检查方法及标准（表 9-8 和图 9-11）。

表 9-8　翻车机支承滚轮安装精度的检查方法及标准

项　　目	检测标准/mm	检验方法
1）两组支承滚轮中心线距离偏差 ΔD	±3	经纬仪或一级精度的钢卷尺加弹簧秤
2）两组滚轮中心线偏差 ΔB	≤2	经纬仪或一级精度的钢卷尺加弹簧秤
3）四组滚轮支承标高偏差 ΔC	≤2	水平仪或水平尺
4）同一底座上两组滚轮支承标高偏差 ΔA	≤2	经纬仪或一级精度的钢卷尺加弹簧秤
5）两对角线距离之差的绝对值 $\lvert E - E' \rvert$	≤3	拉钢丝或用经纬仪

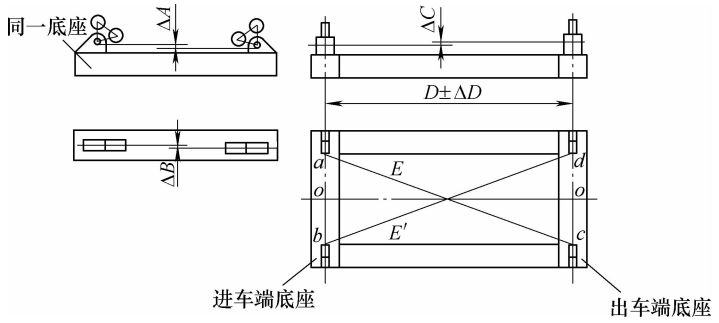


图 9-11　支承滚轮装置安装数据

二、ZFY—100 型翻车机本体结构的检修

ZFY—100 型翻车机本体结构和 FZ15—100 型基本相似，图 9-12 所示为 ZFY-100 型翻车机的本体结构。该结构是一个中空圆形的钢结构体，其两端各有一个转子端盘，转子端盘之间用转子桥梁连接。转子端盘与构架端连接处全部采用铆钉连接。转子桥的左右两侧各有四个立柱，每对立柱上安装有一套压车装置。翻卸侧立柱间有缓冲的靠车板。转子端盘的外圆表面安装有开式齿轮滚道，两端盘的滚道安放在两组滚轮上，由传动装置带动转子旋转。整个转子桥架的重心设计成偏心的，重心靠近翻转侧的下方。为减少偏重，在两端盘的上方装有平衡块。平台是由两根工字梁拼焊而成的，沿平台纵向铺设有钢轨和护轨。

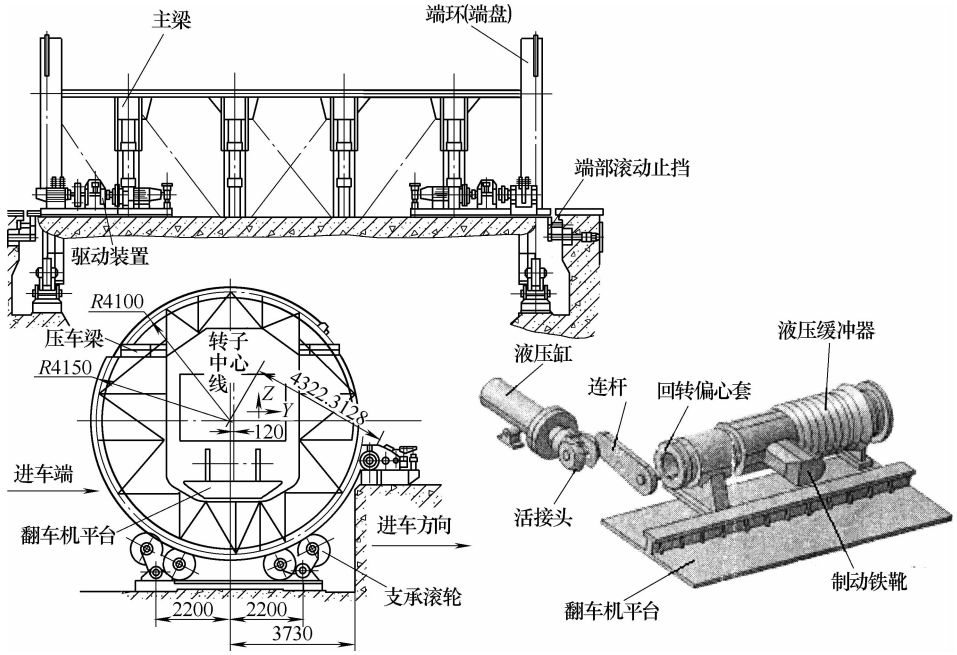


图 9-12　ZFY—100 型翻车机的本体结构

（一）翻车机平台的检修

1. 检修项目

1）定位止挡器。将回复弹簧、止挡靴、滑块、轴承座、大轴逐个拆下，并进行详细测量检查，定位铜块磨损超过原厚度的 1/3 时应更换，滑块孔与轴的间隙大于 3mm 时应更换。

2）认真检查钢轨的固定情况和护轨板，如发现固定压板脱落，坡口开焊，都应及时处理；

如发现钢轨断裂或有裂纹应进行更换。

3）认真检查车辆回挡装置，如回挡器磨损过大应更换，弹簧断裂应更换。

2. 检修质量标准

1）平台钢轨应牢固固定在平台上，不允许有任何方向上的移动，平台上的钢轨在翻车机处在零位时应与基础钢轨对准，其左右误差不大于3mm，高度误差不大于3mm，平台钢轨与基础钢轨纵向间隙在5～10mm范围内。

2）推车器滑道干净无杂物，推车器行走轮转动灵活，推车器推车体无裂纹、无断裂，连接处涂以适当的机油，推车器的绳轮、卷筒转动灵活无紧涩现象。

3）平台下部进出车侧定位轮应无歪斜现象。止挡块升降灵活自如，缓冲器伸缩自如，蓄能器充氮压力应不小于3MPa，不应有刮轴现象，止挡滑块不应与平台有摩擦现象。

（二）本体钢结构的检修

1. 检修项目

1）回转盘主梁四周有无疲劳断裂及焊缝开裂现象。

2）回转盘与底梁连接处（焊缝）有无疲劳断裂及焊缝开裂现象。

3）压车缸缸座板与立柱连接处有无疲劳断裂及焊缝开裂现象。

4）压钩立柱上、下部位有无疲劳断裂及焊缝开裂现象。

2. 检修措施

若发现上述部位有异常变化，则应立即采取措施，具体的检修方法有：对不重要部位的结构件开焊可直接进行平焊或角焊；对较重要部位的结构件开裂，应采取在断裂部位上再压一块钢板或在断裂部位焊制加强肋板，以增加重点部位结构件的局部强度；对开裂部位较严重、裂纹长度超过250mm，或裂纹在两条以上，最好采取更换钢板的措施进行处理，但采取各种方法都必须慎重，放样要准确，结构要合理。

以上结构件的焊接，都应采用直流焊机进行，焊条为J507，钢板采用Q345，焊接工艺应符合焊接标准。

三、CFH—2型侧倾式翻车机本体的检修

侧倾式翻车机和转子式翻车机本体检修的相同之处不再叙述，现只将二者检修的不同之处做如下详述。图9-13所示为CFH—2型侧倾式翻车机的本体结构。

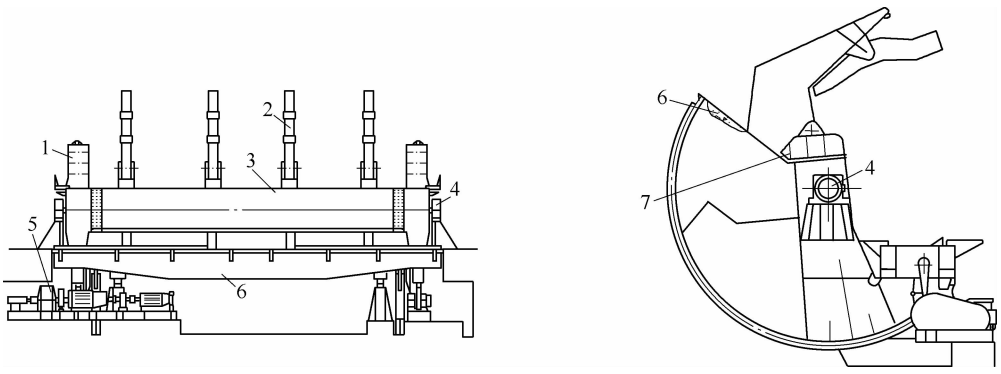


图9-13　CFH—2型侧倾式翻车机的本体结构

1—端盘　2—压车机构　3—托车梁　4—主轴承　5—传动装置　6—翻车机平台　7—挡煤板装置

（一）CFH—2型侧倾式翻车机本体的检修内容

1）平台钢轨与地面钢轨接头要求上下偏差为±3mm，左右偏差为±5mm，接头间隙为5～

10mm。由于地面钢轨受火车机头和重车调车机制动的影响，靠近接头处的地面钢轨会向翻车机本体端倾斜，造成接头间隙越来越小，甚至碰撞，当间隙过小时，应将地面钢轨去掉一段，以维持正常间隙。

2）主轴承底座受力较大，如果长期承受较大的交变载荷或振动等，可能造成地脚螺栓松动，一旦出现松动，应及时拧紧。如果反复出现松动，应认真分析原因，找出根源，采取措施，彻底根治。

3）均横梁压车板上的螺栓由于受弹簧反复压缩释放能量的影响，再加之靠车、压车摩擦力的影响，很容易造成螺栓折断、弹簧丢失，应及时检修或更换，否则容易造成车辆脱轨。

4）主轴承承担整个翻车机翻卸重量，其轴承腔应尽量充满润滑脂以免灰尘进入，主轴背面的锁紧装置及压板，由于装配紧力不均或其他原因，有可能造成松脱，从而造成端盘与止推套间隙的变化，使齿轮侧面与端盘销齿板摩擦而造成事故，一旦出现间隙变化，要检查锁紧螺栓或压板螺栓是否松脱 。

5）压车机构的棘齿块上如果堆积煤灰或异物，会造成棘爪楔入齿块，而出现夹不住现象，造成脱轨。前后凸轮、棘爪都是灵活可动的，如果在轴和套之间进入水和煤灰等异物，会造成转动不灵活或卡死，一旦发现转动不灵活，应及时进行修理，恢复其活动状态，否则易造成车辆脱轨或出现设备事故。

6）翻车机结构高强度螺栓连接不得松动，主要钢结构出现变形或裂纹，要及时修理，避免出现事故。

（二）转子回转主轴承的检修

1. 主轴承中心轴线的检测

转子回转主轴承及轴承座承受了翻车机回转部分、平台、压车机构及敞车（包括物料）等全部重量，同时在翻转时确定了翻转中心的位置，故此装置是翻车机定位、安装的基准部件之一，它的维护及保养直接关系到翻车机的安全运行。主轴、轴承及轴承座清洗后，可按表 9-9 的规定进行测量。

表 9-9　主轴承中心线的检测

检测项目	检测标准/mm	检测方法
两端主轴轴承座中心线水平偏差	≤0.5	经纬仪
两端主轴轴承座标高偏差	≤1	同上
两端主轴轴承中心距偏差	±5	同上
两端盘销齿板对主轴中心对称度	≤8	同上

2. 主轴锁紧螺栓的检查与紧固

1）观察表面油漆是否剥落，若有剥落现象应即时涂刷。

2）螺栓、螺母、垫圈及防松装置不得有变形、裂纹现象，螺纹应完好。

3）在螺纹连接处，用厚度为 0.03mm 的塞尺片检查螺栓与机体结合面间隙，其插入深度不得大于 20mm。

4）紧固螺栓应用专用力矩扳手，分初拧和终拧两个阶段，初拧时应达到规定扭矩值（按厂家产品说明书确定）的 75%，终拧一般以目测尾部梅花头拧断为止。

（三）活动平台的检修

如前所述，侧倾式翻车机平台和转子式翻车机平台的框架结构与支承形式都基本相同，故平台钢轨的检修安装技术要求，端盘齿条、回转盘驱动齿轮和端盘销齿的检修标准及其啮合技术要求都是一样的，在此不再赘述，现只将 CFH—2 型侧倾式翻车机平台检修中规定的技术要求列举如下。

1）检查平台下面支承滚轮的转动情况，要求其活动自如，其外圆磨损不得大于 2mm。

2）检查活动平台导向杆，要求导向杆无弯曲变形和脱槽现象，若弯曲度超标应检修或更换。

3）检查平台钩子与轴的磨损情况，严重时应更换，开口销不得缺损。

4）平台下的凸凹定锥位应能准确定位，接触面积≥80%。

（四）翻车机活动平台的检修质量标准

1）构件及焊缝不得出现裂纹。

2）构件不得有严重变形。

3）构件不得有连接面松动。

4）平台钢轨的距离为1435^{+6}_{-5}mm。

5）钢轨直线度误差≤2mm。

6）钢轨两端平面度误差≤5mm。

7）平台上拱度为0～12mm。

8）两端主轴承座中心线水平偏差≤0.5mm。

9）两端主轴承座中心标高偏差≤1mm。

10）两端主轴承座中心距误差为±5mm。

11）平台下两个滚筒应活动自如，其磨损量≤2mm。

12）凸凹定位销对位准确，接触面面积＞80%。

13）两端棘爪应能同时楔入棘齿块，左右间隙差≤3mm。

14）两地面止挡滑动面磨损量≤2mm。

15）左右凸轮板滑动面磨损量≤2mm。

第三节　翻车机压车机构的检修

翻车机压车机构是翻车机安全、可靠及稳定运行的关键环节之一，也是维护、检修及安装的重点部位之一，因此对翻车机压车机构原理及特点的掌握是翻车机检修的前提。故本节在着重分析了各种类型翻车机压车机构的基础上，提出了一些检修与安装方法，现将各类翻车机压车机构的原理及检修和安装方法归纳如下。

一、机械压车机构

翻车机机械压车机构的形式主要有四连杆摇臂压车机构（KFJ—3型翻车机，钢丝绳传动），锁钩式压车机构（M_2型、ZFJ—100型翻车机，钢丝绳传动，双回转点），夹钳压车机构（M6271型侧倾式翻车机）。下面以CFH—2型侧倾式翻车机机械压车机构为例讲述。

（一）CFH—2型侧倾式翻车机机械压车机构的工作原理

CFH—2型侧倾式翻车机的机械压车装置为重力压车加机械锁紧装置，其工作原理如下：

图9-14所示为CFH—2型侧倾式翻车机机械压车机构及动作过程示意图。

此压车机构由均衡梁4、压车臂5、压车梁3、棘爪装置2、棘齿块6和地面止挡1组成。均衡梁的中部与压车臂由圆销连接，其两端压住被翻卸的车辆，在外侧的一端有弹簧装置，其作用有二：①是当车辆侧梁有高低不平时使4个均衡梁、8个压车点受力无效。②是当车内物料卸空后，车辆的转向架摇枕弹簧回位时起到补偿作用，以免车辆的侧梁受到过大的压力。压车臂是一个轴线为折线的杠杆，中点与托车梁上的支承座用圆轴连接，上端与均衡梁用圆轴连接，使压车力能平均地压在车辆上。压车臂的下端是一个矩形法兰，用高强度螺栓与压车梁刚性相联。整套压车机构有4个压车臂和均衡梁，由压车梁把它们连成一体。压车梁的两端各有一套棘爪装置，在翻车过程中起锁定压车机构位置的作用。棘齿块用螺栓固定在端盘上，与棘爪装置配合锁定压车机构。地面止挡用地脚螺栓固定在地面基础上，它是用于挡住棘爪装置中的凸轮使棘爪离开棘

齿块，原来锁定的压车机构就松开了。

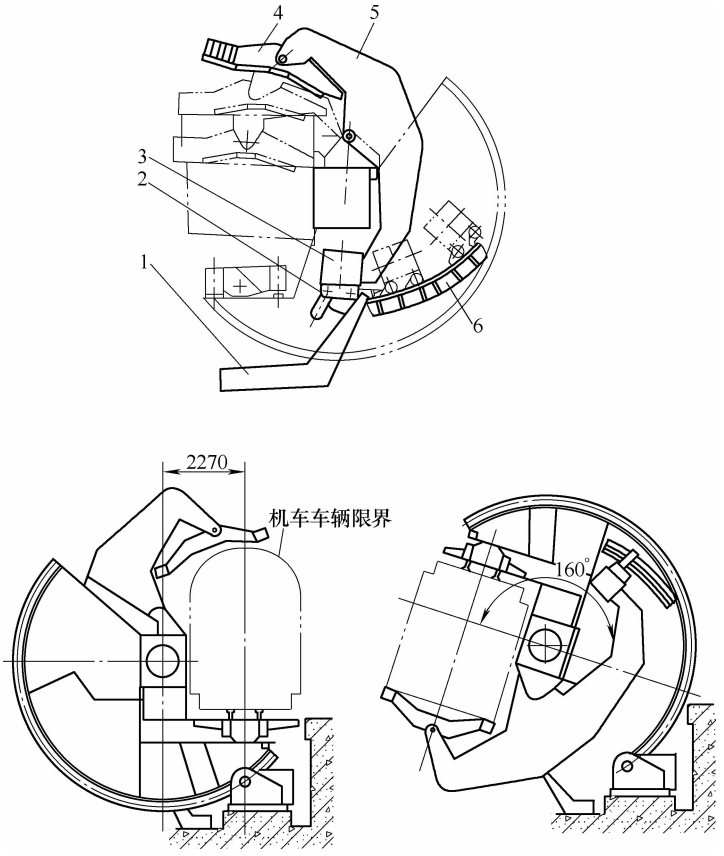


图 9-14　CFH—2 型侧倾式翻车机机械压车机构及动作过程示意图
1—地面止挡　2—棘爪装置　3—压车梁　4—均衡梁　5—压车臂　6—棘齿块

（二）CFH—2 型翻车机机械压车装置的检修

如前所述，由于在压车时压车靴受到较大的冲击力作用，故压车靴与均衡梁部件损坏比较严重，如压车靴与均衡梁连接螺栓损坏、缓冲弹簧断裂，甚至压车靴脱落、均衡梁变形等，故压车靴与均衡梁部件是压车装置检修的重点。图 9-15 所示为压车靴与均衡梁结构图，其具体检修内容如下。

1. 压车靴与均衡梁的检修

1）检查压车靴与均衡梁连接螺栓有无损坏，若螺杆根部焊缝开焊，则应及时补焊修理，若螺杆损坏严重则应及时更换。

2）检查压车靴丝杠缓冲弹簧，出现断裂时，应及时更换，若有局部开焊应及时补焊修理。

2. 压车锁紧装置的检修

1）检查棘爪装置轴与衬套的磨损情况及

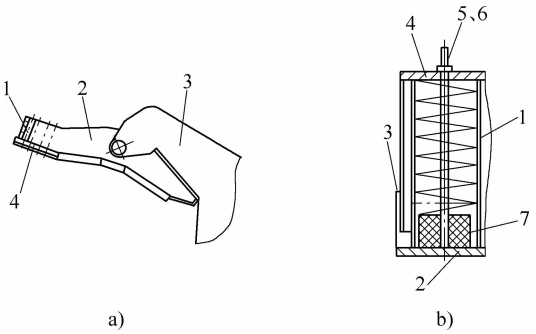


图 9-15　压车靴与均衡梁结构图
a）CFH—2 型机械压车装置的组成
1—压车靴　2—压车靴弹簧　3—均衡梁　4—压车臂
b）压车靴装置的构成
1—弹簧导套　2—压车靴底板　3—护板　4—均衡梁前臂　5—螺杆　6—螺母　7—缓冲橡胶

配合间隙。磨损严重时，应进行修复或更换，轴与衬套间隙为 0.05 ~ 0.1mm。

2）检查棘齿块与端盘的连接情况及棘齿磨损程度，磨损严重时应进行更换。

3）检查压车梁、压车臂、均衡梁钢结构，出现开焊、裂纹时，应进行焊补修理。各处销轴与自润滑轴承应转动灵活，磨损严重时应进行更换。

3. CFH—2 型侧倾式翻车机机械压车机构的安装与检修质量标准

1）两端棘爪应能同时楔入棘齿块，左右误差≤5mm。

2）两端地面止挡滑动面磨损量≤2mm，左右凸轮板滑动面磨损量≤2mm。

3）棘爪止挡与主轴承中心偏差为 3 ~ 5mm。

4）后凸轮板与地面止挡角度为 1° ~ 3°。

5）左右端盘棘爪与棘齿块间隙差为 3 ~ 5mm。

6）棘爪止挡上平面标高偏差为 1.5 ~ 3mm。

7）压车梁两端棘爪孔与主轴承中心偏差为 3 ~ 5mm。

8）均衡梁压车面对钢轨水平面高度差为 5 ~ 10mm。

9）压车臂均衡梁孔与中心钢轨水平面高度差为 5 ~ 10mm。

二、液压压车机构

相对机械压车机构而言，液压压车机构较为平稳，压车力较大且有一定的缓冲吸振作用，故对机构和车辆产生的磨损较小，减少了检修工作量，同时也延长了设备使用寿命，为设备安全、可靠地运行提供了保证。但由于液压传动系统的自身特点，要求日常检查及维护工作要到位。

（一）C 型转子式翻车机的压车机构

图 9-16 所示为 C 型转子式翻车机的压车机构简图，其液压压车原理如图 9-17 所示，其转子主要由两个 C 型端环 1、前梁、后梁 6 和平台 2 组成，前梁、后梁和平台与两端环用高强度螺栓连接。端环外缘装有滚圈和齿圈，转子借助滚圈在支承滚轮 7 上滚动。后梁上装有靠车板 4，在车皮进入翻车机后由液压缸驱动，靠车板从侧面向车皮靠紧，用于翻车过程中支承车皮并避免冲击。压车装置 5 由压车架和液压系统组成，倾翻侧的压车机构与后梁铰接，非倾翻侧的压车机构与前梁铰接，压车机构可绕铰接点上下摆动，由上向下压紧车皮，在翻车过程将车皮稳固在平台和靠板上，避免冲击。

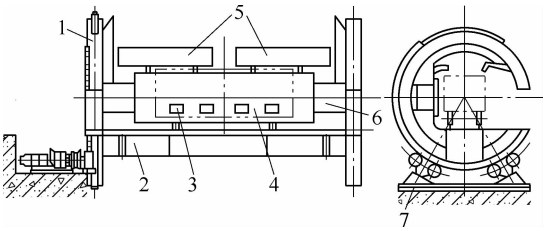


图 9-16　C 型转子式翻车机压车机构简图

1—C 型端环　2—平台　3—振动器　4—靠车板

5—压车机构　6—后梁　7—支承滚轮

翻车机在翻卸过程中，一般都有压车和靠车两个工作过程，其动作顺序如下：

1）起动电动机，空转几分钟后，待达到系统内循环平衡。

2）重车在翻车机上定位后，2DT、3DT 得电，压车梁开始压车。1XK 发信号，压车梁压紧到位，2DT、3DT 失电。

3）4DT、9DT 得电，靠车板开始靠车，4XK 发信号，靠车板靠紧到位，4DT、9DT 失电。

4）翻卸开始，5DT、6DT 得电，释放弹簧的弹性势能，待翻车机转到 110°时，5DT、6DT 同时失电。

5）翻车机回翻到零位后，4DT、8DT、5DT、7DT 得电，靠车板开始松开，3XK 发信号，靠车板松靠到位，4DT、8DT、5DT、7DT 失电。

6）1DT、3DT、5DT、6DT 得电，压车梁开始松压。2XK 发信号，压车梁松压到位，1DT、3DT、5DT、6DT 失电。

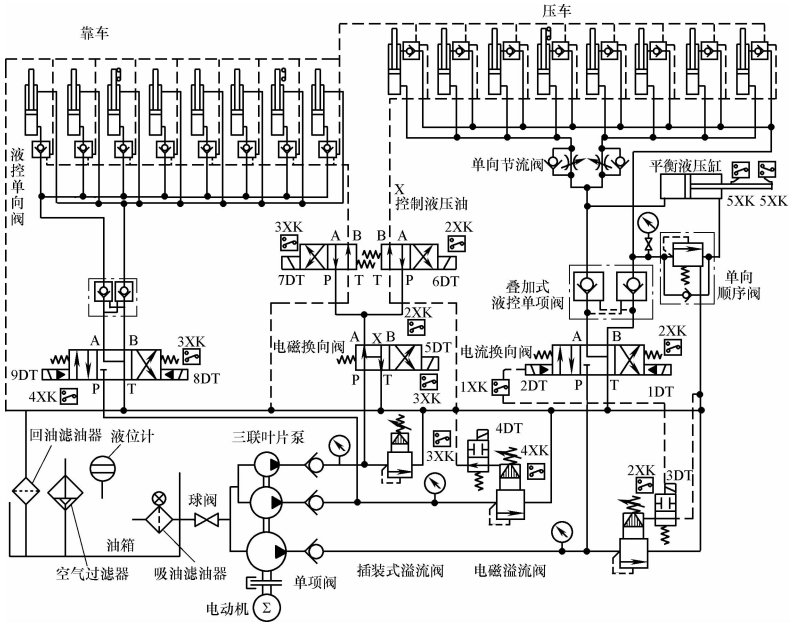


图 9-17　C 型转子式翻车机液压压车原理图

7）重车调车机推空车，进入下一个循环。

1. 下面仅对其压车机构液压系统进行简单分析

C 型转子式单车翻车机压车液压缸为双作用单杆活塞式液压缸，其原理如图 9-17 所示。2DT 通电，压车梁压车，1DT 通电，压车梁松压；翻车机在零位时，电液换向阀处中位，叠加式液控单向阀封闭（即液压锁），压车梁升起后，可防止压车梁下滑；有重车时，承载弹簧呈压缩状态，卸车后，部分弹簧势能需要释放。翻车机压车梁压车完毕后，在翻卸过程中，弹簧的反作用力对翻车机会产生不利影响，为克服这一反作用力，翻车机在翻卸 0～100°之间，压车缸上的液控单向阀开启（控制口 X 供给压力），压车缸有杆腔液压油通过单向顺序阀进入平衡液压缸有杆腔，平衡液压缸活塞杆缩回。同时，平衡液压缸无杆腔液压油补充到压车缸无杆腔中，压车缸活塞杆伸出，压车梁松压，松压距离由单向顺序阀设定。翻车机在继续翻卸或回翻时，压车缸上的液控单向阀关闭，压车缸被锁紧，压车梁也处于不动状态；翻车机在零位时，压车梁松压，压车缸活塞杆伸出，同时平衡液压缸活塞杆伸出进行复位。

C 型转子式单车翻车机压车机构液压系统能同时完成多缸动作，采用液控单向阀锁紧回路，用顺序阀、液压缸组成平衡回路。

翻卸过程中，弹簧的释放由 5XK 控制。

2. C 型转子式翻车机本体液压系统的调试

1）油箱注油至油标上限，约为油箱容积的 2/3（注：液压油必须经滤油网过滤后方可注入油箱）。

2）将进油口、回油口管路球阀打开，将所有溢流阀均调到开口最大状态。

3）检测电动机绝缘应大于 1MΩ，接通电源，点动电动机，观察电动机旋转方向（从电动机轴端处看应为顺时针方向旋转）。

4）起动电动机，空载运行 5～10min（注意，此时为排系统内空气，检测电动机空转电流约 15A，判断液压泵有无异常噪声、振动以及各阀件管路连接处是否有漏油现象，否则应停机进行

处理）。

5）调整压车回路、靠车回路，控制回路压力至参考压力值。调整控制回路压力时，需要让电磁换向阀处于工作状态，否则无法调定。

6）待系统压力调整至正常后，进行平衡液压缸回路顺序阀压力调整，其压力设定高于压车回路压力 2MPa 左右。

7）所有压力调整过程中，应使压力均匀上升至调定值。

8）调整压力完毕后，再通电进行调试。

9）试压完毕，在整机空载运转前，应对液压系统先试运转。点动升降液压装置，调整上限、下限位置，固定行程开关。试运转中应无局部发热、压力不稳定、管道振动等异常现象。

10）所有液压缸在运动中均应无卡涩、冲击、爬行现象，才可认为动作正常。

11）手动控制进行空车试验，确认翻转正常，各部件动作安全可靠，然后进行重车翻转试验，空车翻转试验应不少于 3 ~5 次。

12）各项试车合格后，交由运行人员使用。若未能达到要求，则应由检修人员处理，处理完毕后，继续按上述要求作试验，直至达到投用要求。

注意：①不要随意改动各压力值。②平衡液压缸起着释放车辆弹簧势能的作用（车辆卸完物料后，由于重量减轻，被压缩的弹簧将有一个向上的反弹力），在正翻 0° ~110°之间，每个压车液压缸将释放 20mm 左右，相应平衡液压缸活塞杆将回退 80mm 左右距离。在正翻 0° ~100°之间，如平衡液压缸无回退动作或在翻卸前压车过程中平衡液压缸有回退动作，均属于不正常现象，必须迅速停机处理，否则将导致压车液压缸断裂或油管爆裂等严重事故。

3. 机械压车装置的检修质量标准

1）压车装置夹紧架完好，无开焊及变形，与车帮接触部位安装的橡胶缓冲垫完好。

2）调整垫片组，使同侧夹紧架上的缓冲垫位于同一平面内，误差≤3mm。

3）靠板体、耐磨板、撑杆等无开焊及严重磨损，靠车板两端的挡板无严重磨损。

4）靠板上的振打器完好，其振动板凸出靠板平面 20mm。

5）当靠板面与撑杆平行时，检查靠板面与平台轨道面的垂直度，其允许偏差≤ ±5mm。

6）压车及靠车装置各铰点动作灵活，无卡阻现象，所有液压接头处均不得有渗、漏油现象。

7）各种弹簧折断和失效要予以更换。

（二）ZFY—100 型转子式翻车机的压车机构

图 9-18 所示为 ZFY—100 型转子式翻车机压车机构，图 9-19 所示为其液压压车回路。压头形式较简单，这里不在赘述，在此主要分析它的液压驱动部分的工作原理。

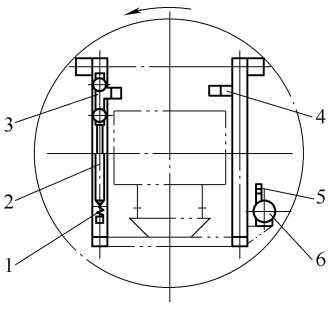


图 9-18 ZFY—100 型转子式翻车机压车机构

1—液压泵 2—液压缸 3、4—压车梁 5—销齿机构 6—机械驱动装置

1. 结构及组成

四个压头分别利用翻车机靠帮侧和驱动侧的立柱进行安装，由导向轮导向，由标准液压缸控制提升和下降。油箱和控制阀置于驱动侧的平台上。

2. 液压回路分析

整个液压控制回路主要由压车回路、靠车回路及平台止挡器抬落控制回路三部分组成，其中压车回路及靠车回路工作原理相同。现在此重点分析转子式翻车机液压压车油系统。

（1）换向回路 翻车机压车压头升降切换回路和平台止挡器升降切换回路，其工作过程如下：

当翻车机准备工作时，先起动液压泵，向蓄能器储油，并

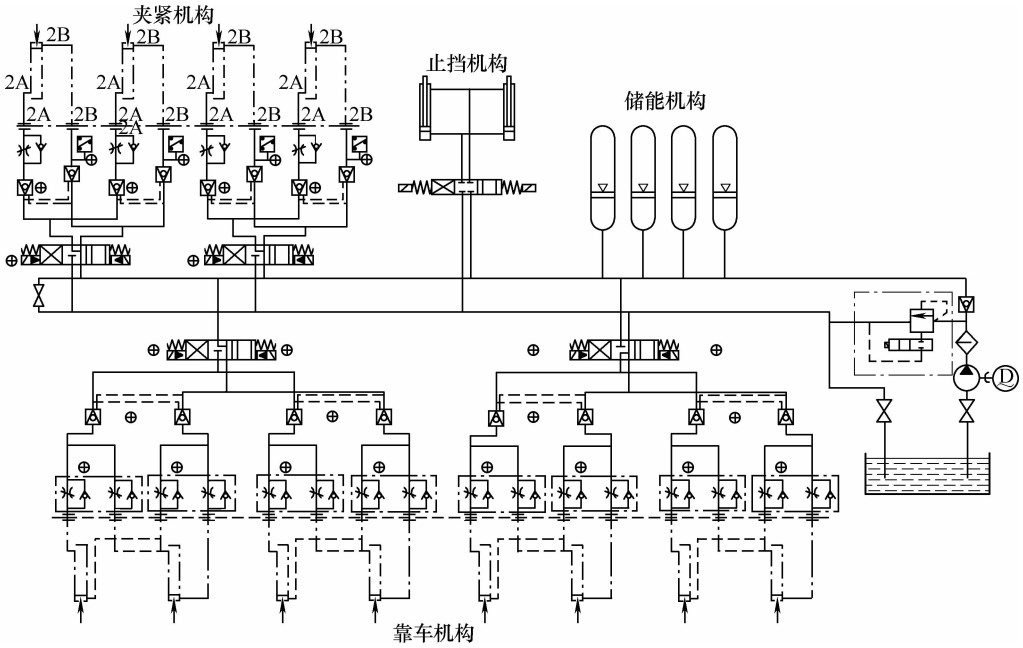


图 9-19　ZFY—100 型转子式翻车机液压压车回路

将压头装置升至上极限位置，翻车机平台止挡器抬起，发出允许进车的信号后，一辆重车以一定的初速度溜进翻车动平台，首先靠车，然后电动机起动，转子回转，当转子回转至 5°时，重车和平台在重力作用下继续移向靠车梁，控制压头液压缸的三位四通电磁换向阀接电换向，液压油通过液力控制单向阀进入液压缸上部，液压缸下部液压油通过单向节流阀缓慢回入油箱，压头下降。待压头接触重车的车帮上沿时，三位四通电液换向阀换向到中位，停止向液压缸供油，液控单向阀锁紧液压缸，使之没有泄漏。在一般情况下，翻车机回转到 70°（重车开始向下落料）时，各种不同高度的重车均已压住，且压头液压缸压力已达设定值。翻车机继续回转（为了防止掉车事故，在 70°时进行压力检索。若因某种原因在 70°时压头液压缸的压力没有达到设定值，则翻车机停止翻转，处理故障。到 155°时，停止回转，待煤全部卸下后起动反转；当回转到 70°时，控制压头的三位四通电液换向阀通电换向，向液压缸的下部供油，液压缸中活塞向上滑动，液压缸上部液压油通过液力控制单向阀（此时单向阀是开放状态）回入油箱。

提升压头到最高位置时停止。当翻车机回到水平位置时，推出空车，准备下一个工作循环。

用继电器控制或 PLC 控制电磁换向阀，可实现二者的联锁关系。即平台止挡器先升起，重车在平台上定位后压头落下压车；重车翻卸后压车压头先升起，平台止挡器再落下。

（2）锁紧回路　其工作原理参看单元一第三章第一节所述，液控单向阀即为锁紧回路的主要元件，当压头压住铁路重车车帮上沿后，三位四通电磁换向阀换向至中位，不再向液压缸进油时，液控单向阀关闭，由于液控单向阀没有泄漏，所以压头可被长时间锁紧，不会因铁路重车的重力作用而下滑，起到了保证翻车机安全运行和保护铁路重车不被损坏的作用。

（3）回油调速回路　回油时通过对单向节流阀的调整，可控制压车压头缓慢下滑，减少对车辆的损坏。适当调节单向节流阀的开度，就能方便地调节压头同步下降；待压头调节同步后，旋紧单向节流阀的锁紧螺母，即可安全工作。

由上述动作过程可知，由于翻车机的翻卸过程是在牢固压车基础上的翻卸过程，因此液控单向阀与单向节流阀在回路中的作用有三：①是调速作用，即回油调速；②是锁紧作用，压车后锁

紧液压缸；③是平衡作用，翻卸至一定角度时平衡压头重量。

（4）保压卸荷回路　由蓄能器、二位二通电磁换向阀及溢流阀（图 9-19 中所标为先导式电磁溢流阀）、单向阀组成，其具体工作原理见单元一第三章第二节所述。

（5）增速回路　由于压车机构液压缸的动作属间歇运动，即在正向回转 0° ~ 70°和反向回转 70° ~ 0°时压头液压缸才需要供油，其余为停歇时间；而液压缸工作时，要求在 9s 内完成压车，故为了满足翻卸不同高度铁路重车的要求，压头液压缸的行程较大，供油时所需流量也很大。为了提供系统流量，在液压系统中采用以蓄能器为主元件的增速回路，当液压缸工作时，由液压泵和蓄能器共同向液压缸供油，以提高液压缸的运动速度，当液压缸不需要供油时，液压泵向蓄能器储油。其主要优点是电动机及液压泵的功率可适当减小，同时也减少了系统的发热量及液压系统的冲击现象。

3. ZFY—100 型转子式翻车机本体液压系统的调试

1）油箱注油至油标上限，约为油箱容积的 2/3（注：液压油必须经滤油网过滤后方可注入油箱）。

2）将进油口、回油口管路球阀打开，将所有溢流阀均调到开口最大状态。

3）检测电动机绝缘应 > 1MΩ，接通电源，点动电动机，观察电动机旋转方向（从电动机轴端处看应为顺时针方向旋转）。

4）起动电动机，空载运行 5 ~ 10min（注意，此时为排系统内空气检测电动机空转电流约 15A，判断液压泵有无异常噪声、振动以及各阀件管路连接处是否有漏油现象，否则应停机进行处理）。

5）主油路试验压力为 6. 5MPa，试压时注意压力表的压力变化，按分级升压试验压力（p = 2. 5MPa、4MPa、5. 5MPa、6. 5MPa）逐渐升高调试，不能一次突然升至 6. 5MPa，每升一级应保持 10min，并进行系统检查观察压力是否稳定，如有异常应停运检查。

6）控制换向阀的四个压力表的电接点压力值为 2MPa，在安全压车的前提下可以适当上、下调动。主油路压力表电接点压力值为 5MPa。电磁溢流阀主阀溢流压力为 6. 5MPa，压车锁紧液压回路工作调定压力为 14MPa（可根据阻力大小或缓冲效果调定），靠车板液压缸调定压力为 16MPa。

7）活塞式储能器和皮囊式蓄能器的充气压力为 2. 5MPa，用随机充气用具充入氮气。

8）调整压力完毕后，再通电进行调试。在整机空载运转前，应对液压系统先试运转。点动升降液压压车装置，调整上限、下限位置，固定行程开关。试运液压缓冲定位器，调整活塞行程。

9）所有液压缸在运动中均应无卡涩、冲击、爬行现象，才可认为动作正常。

10）空重车进入，调试液压缓冲定位装置，手动控制液压压车装置压车，观察压车情况。观察压力继电器是否动作可靠。

11）手动控制进行空车试验，确认翻转正常，各部件动作安全可靠，然后进行空车翻转试验，空车翻转试验应不少于 3 ~ 5 次。

12）各项试车合格后，交由运行人员使用。若未能达到要求，则应由检修人员处理，处理完毕后，继续按上述要求作试验，直至达到投用要求。

第四节　翻车机附属设备的检修

一、300kN 齿轮传动重车调车机的检修

重车调车机分为齿轮、齿条驱动形式的重车调车机和钢丝绳卷扬驱动的重车调车机两种形

式。下面以前者为例阐述其检修问题。

图 9-20 所示为重车调车机的结构，齿轮、齿条驱动形式的重车调车机，其主要检修部位包括：行走机构（包括驱动装置、齿条、行走齿轮、导向轮、行走道轨等）、调车臂及车钩、整个液压控制部分（包括大臂抬落及行走制动）、电缆部分（电缆支架及电缆小车）等。表 9-10 所示为重车调车机的检修项目。

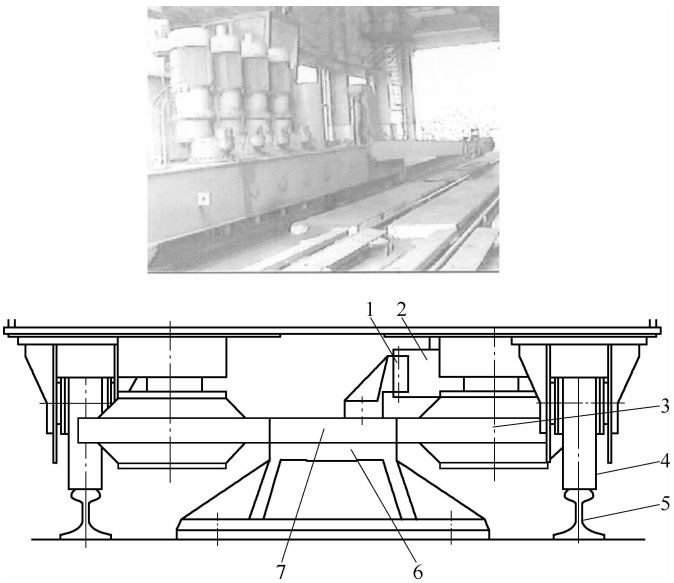


图 9-20　重车调车机的结构

1—齿条　2—齿轮　3—导向轮　4—行走车轮

5—行走轨道　6—导向轨道　7—导向块

表 9-10　重车调车机的检修项目

检修部位	检修项目
车体	车体钢结构的检查与焊补
行走装置	1）行走轮、导向轮的解体、清洗、检查与修理 2）行走轮支腿的检查与修理 3）行走轮、导向轮轨道的检查紧固与找正
传动装置	1）立式行星齿轮减速器的解体检修 2）片式液压制动器的解体检修 3）摩擦限矩安全离合器的检查与调校力矩 4）地面齿条的检查紧固与找正 5）传动齿条的检查与修理
牵车臂体	1）牵车臂体的检查修理与补焊 2）牵车钩头的检查修理与补焊 3）推车钩头的检查修理 4）销轴及滑动轴承座的检查修理
液压系统	液压系统的调试

（一）重点检修的内容及要求

1. 驱动齿轮与地面啮合齿条的调整

图 9-21 所示为重车调车机行走驱动装置的结构图，驱动齿轮与地面齿条的啮合精度是靠 4 个导向轮的调整来实现的，由于地面导向块的安装误差和地面齿条的安装误差，当 4 个导向轮调整不当时，容易造成齿轮与齿条啮合间隙过大或过小，甚至造成传动齿轮被卡住。为此，齿轮与齿条的侧隙不按精度等级确定，并要求在啮合过程中最小的侧隙保证在 0.5 ~ 1mm 之间，侧隙的大小依靠偏心的导向轮来控制，即通过调整导向轮的偏心距来调整驱动齿轮与齿条的啮合侧隙。

导向轮偏心距的调整既要满足驱动齿轮与齿条啮合侧隙的要求，又要考虑重车调车机安全运行的要求（防止重车调车机运动时发生偏转和掉道）。因此，300kN 齿轮传动重车调车机导向轮与导向块的间隙值 c 为 4 ~ 6mm。检修人员也可根据本设备的运行状况参考此值后，作适量调整。

调整导向轮偏心距前，首要工作是测量导向轮轮面与导向块的总间隙，测量时，先把导向轮偏心距调到最大，用千斤顶顶动车体，当驱动齿轮靠住齿条时，再将另一侧的导向轮调到与导向块接触，然后测量导向轮与导向块的间隙值（图 9-21）。

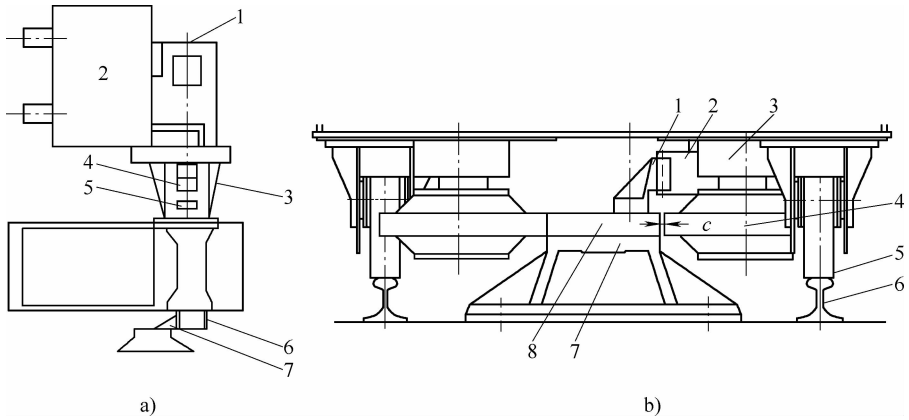


图 9-21　重车调车机行走驱动装置的结构图

a）1—驱动电动机　2—风机　3—行星减速器　4—联轴器　5—制动器　6—驱动齿轮　7—地面齿条

b）1—齿条　2—驱动齿轮　3—减速器　4—导向轮　5—行走车轮　6—行走轨道　7—导向轨道　8—导向块

为了保证驱动齿轮轴线与导向块上平面垂直（参看下述重车调车机检修及验收质量标准），并使驱动齿轮与齿条接触情况符合要求（参看下述重车调车机检修及验收质量标准），必须仔细调整 4 个导向轮的高度，其调整方法是加垫片和调整弹簧螺母。

为了保证传动小齿轮的轴线与水平面垂直，使接触情况符合要求，必须仔细调整 4 个轮子的高度，或者加垫片，或者调整弹簧螺母导向轮与导向轨之间的间隙为 4 ~ 6mm。

由于地面齿条在整个长度上安装误差较大，在调整传动齿轮与地面齿条间隙时，应使调车机在所有的位置上都应满足上述要求。为此，在运行调整时，应使调车机在轨道上行走，此时不得用调车机自身的动力驱动，而应使用外来动力使调车机移动，而且应注意停车。为了使调车机移动方便，可先将减速器上的片式摩擦制动器的上盖撤掉（图 9-22）。

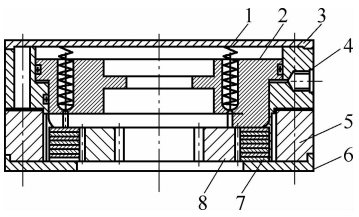


图 9-22　片式摩擦制动器

1—制动弹簧　2—活塞　3—上盖

4—液压缸　5—内花键齿轮

6—下支座　7—动/静摩擦片

8—外花键齿轮

2. 片式摩擦制动器的检修

片式摩擦制动器（常闭式摩擦制动器）是一种弹簧制动液压释放型摩擦片式制动器，如图9-22所示，它由活塞、液压缸、动/静摩擦片、内/外花键齿轮、制动弹簧等构成。一组动/静摩擦片分别与外花键齿轮（制动齿轮）和内花键齿轮通过花键相联结。电动机不工作时，制动器摩擦片受弹簧力作用处于常闭状态；工作时，液压油推动活塞克服弹簧力使摩擦片放松，解除制动状态。这种制动器响应快，安全平稳、可靠、操作简便。

片式摩擦制动器的检修主要是摩擦片的检修及减速器的检修，片式摩擦制动器有7个内片，8个外片。其检修要求是：定期检查摩擦片的磨损情况。由于磨损而造成的摩擦片总释放间隙不应大于8mm。当排孔出现连续排烟现象时，应更换密封圈。检查车体各部位焊缝，出现开焊与裂纹时应及时焊补修理。当制动器的工作次数超过10^5次时，应更换弹簧。

减速器的检修内容及检修质量标准见单元二第四章第四节。

3. 重车调车机液压系统的调试

（1）重车调车机工作过程的分析　图9-23所示为重车调车机的工作过程，为实现此工作过程中的功能，重车调车机采用了相应的液压控制回路，如图9-24所示。此液压控制系统由蓄能器保压卸荷回路、减速回路、顺序动作回路、进油节流调速回路等主要回路组成。

从工作机构分析，重车调车机液压控制回路主要包括：大臂升降回路、摘钩回路、湿式摩擦片制动回路。

1）重车调车机大臂升降回路具体工作过程在单元一第三章第三节中已作了详细分析，这里不再赘述。

2）摘钩回路的具体工作过程为：来自主油路的液压油通过减压阀减压（调定压力值为2MPa）再经进油节流调速后，通过三位四通电磁换向阀控制摘钩和复位。

3）片式摩擦制动器制动回路的工作过程为：来自主油路的液压油通过减压阀减压（调定压力值为2MPa）再经进油节流调速后，通过二位三通电磁换向阀控制片式摩擦制动器制动和松开。

4）蓄能器保压卸荷回路的作用是：当系统压力不足时蓄能器补充系统油压力。

（2）重车调车机液压系统的调试

1）调试前应将压力调整阀全部拧松，流量控制阀适当拧紧，以免压力突然超出调定范围，导致运动速度过快而损坏元件。

2）接通电源，起动电动机，查看转动方向与规定方向是否一致，相反时应更正电源与电动机的接线。

3）电动机转向正确后，检查液压泵工作是否正常，如杂声大，应停车检查。若运转正常，则必须空运转几分钟后方可开始调试。

4）调整卸荷阀。在调整卸荷阀之前应将溢流阀（蓄能器下端）手轮（泄压手轮）逐渐拧紧至关闭，截止阀手柄拔到向下垂直方向，否则系统压力调不上来，或者出现频繁的卸荷，并伴有明显冲击声。以上工作完成之后，顺时针缓慢地调整卸荷阀手轮，同时开启集成块上部中间的压力表开关（压力表开关按钮行程为4mm），观察压力上升情况，调整过程中缓慢转动手轮，压力表显示压力无上升现象，此时卸荷阀已开始卸荷，并非卸荷阀失灵，待系统压力下降至额定压力的15%～17%时，继续拧动手轮，压力表显示压力将再次上升，如果此时显示压力已接近要求调定压力的85%时，应停止拧动手轮，待系统压力稳定后，观察压力表数值。若此值低于要求调整压力的85%，可继续调整。首次调整压力应将压力调至超出额定压力15%～20%，高出部分（额定压力的15%～20%）即为安全溢流阀的调定压力。缓慢拧松安全溢流阀手轮观察压力表，如果显示压力开始有下降的趋势，则停止转动溢流阀手轮，然后逆时针拧松卸荷阀手轮，使系统压力达到规定值，系统大臂起落回路压力即调试完毕。

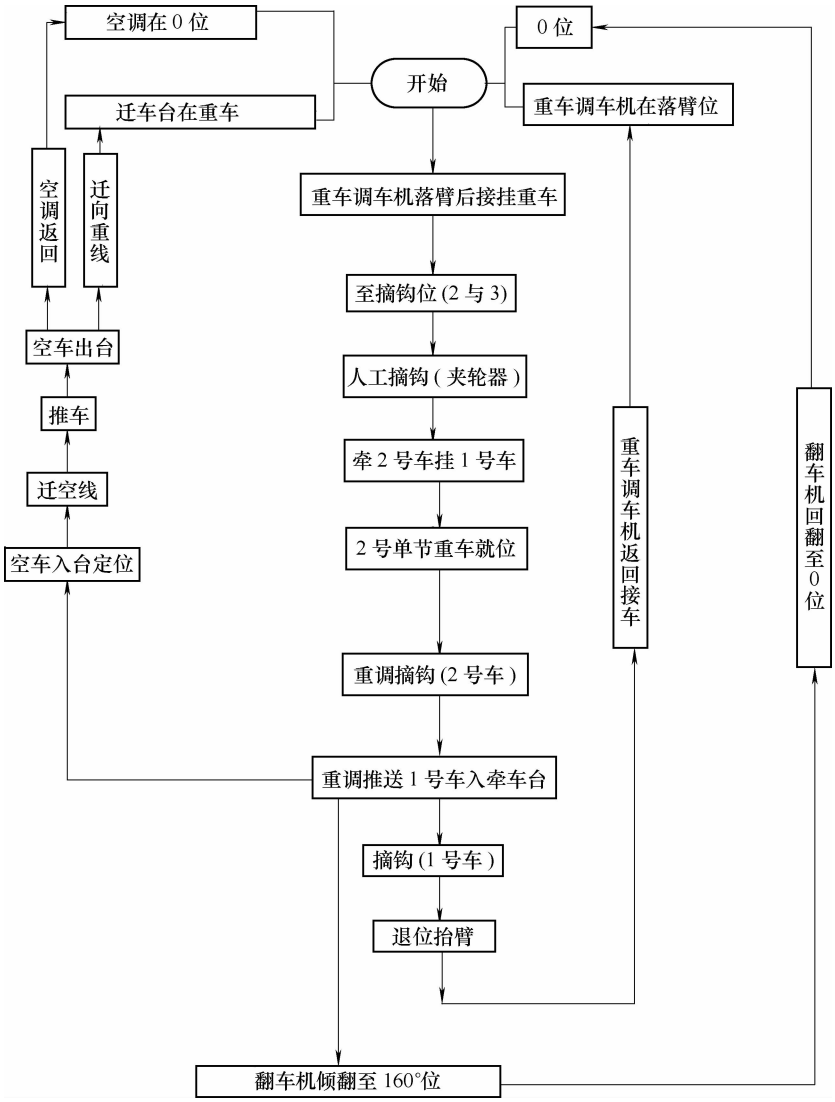


图 9-23　重车调车机的工作过程

5）调整摘钩与制动系统压力。系统摘钩和制动回路的压力分别由集成块左右两侧减压阀控制，其压力显示装置分别由同侧的压力表开关控制和显示。将压力表开关手柄拉出，开关即开启，然后缓慢拧动减压阀手轮，直到压力表显示压力达到规定值。

6）摘钩速度的调整。用手动使摘钩换向阀反复换向，同时调整节流阀手轮（手轮顺时针旋进速度减慢，反之速度增加），观察摘钩速度，直到摘钩平稳无冲击。

7）大臂升降终端缓冲装置的调整。由液压控制图中可见，缓冲装置由两个串联在大臂液压缸无杆腔管道中的单向减速阀控制，调整凸轮块高度即可控制缓冲量，以大臂升降终端平滑停止，无冲击为准，单向行程节流阀杆行程不得超过 13mm，凸轮块对节流阀杆滚轮压力角不得大于 30°，大臂缓冲调整其方向控制阀应用手动调试才安全。

重车调车机液压系统检修质量验收标准见表 9-11。

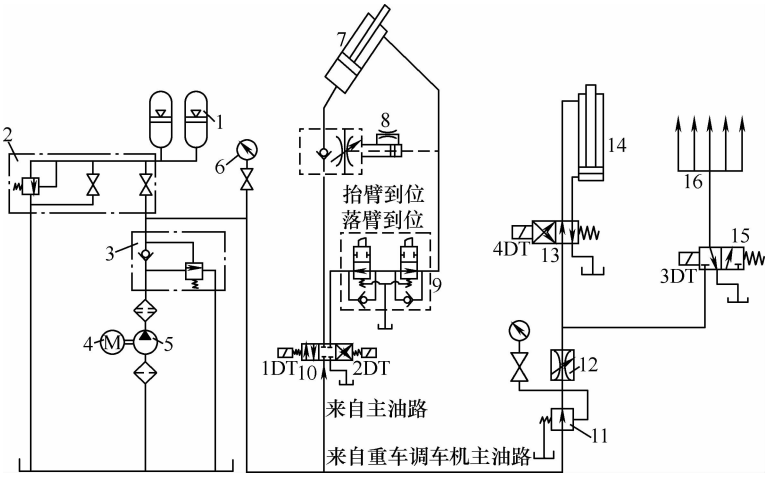


图 9-24　调车机液压控制回路

1—蓄能器　2—溢流阀　3—卸荷阀　4—电动机　5—液压泵　6—压力表
7—大臂抬落液压缸　8—平衡阀　9—行程减速阀　10—三位四通电磁换向阀　11—减压阀　12—节流阀　13、15—二位二通阀
14—摘钩液压缸　16—制动器

表 9-11　重车调车机液压系统检修质量验收标准

检修项目	参数要求			备　注
	4.7m 臂长	4.7m 臂长	摆动液压缸臂长	参数单位
起落臂工作压力	11	9	9～11	MPa
系统流量	45	36	36～45	L/min
抬臂时间	22	18	12	s
落臂时间	14	10	8	s
摘钩工作压力	2	2	2	MPa
摘钩时间	≤2	≤2	≤2	s
制动工作压力	4	4	3	MPa
制动时间	0.2	0.2	0.2	s
油液	YB—N—46	YB—N—46	YB—N—46	YB—N—46
蓄能器压力	5.5	4.5	4.5～5.5	MPa

（二）重车调车机检修及验收质量标准

1）构件及焊缝不得出现裂纹、严重变形及连接松动现象。

2）行走轮、导向轮转动灵活、无异常响声，表面无裂纹及轮面剥落现象。

3）行走轮、导向轮轮面磨损不得超过 2mm，导向轮轮面与导向轨总间隙为 4～6mm。

4）重车调车机行走轨直线度、平行度、平面度、标高偏差均≤3mm。

5）重车调车机中心线、翻车机中心线和行走轨中心线偏差均≤3mm。

6）立式减速器的液压抱闸在规定油压下应起落正常（起落杆应有明显的上下运动），制动灵敏。

7）液压抱闸标志杆上下运动正常、制动可靠，抱闸温升≤45℃，制动工作压力≤4MPa，制

动时间≤0.2s。

8）起落臂应平稳，无异常冲击。

9）弹簧无折断和疲劳失效。

10）弹性摩擦离合器拧紧力≤18MPa。

11）导向块全长直线度与齿顶平行度误差均≤3mm。

12）齿条齿顶直线度≤3mm，导向块导向面对水平面垂直度≤1mm。

13）加工齿条时，齿轮齿条啮合的接触斑点占原齿长25%，原齿高的20%；铸造齿条时，齿轮齿条啮合的接触斑点占原齿长20%，原齿高15%。

14）摘钩工作压力为2MPa，摘钩时间≤2s。

15）轴及轴瓦磨损超过3mm时应进行更换。

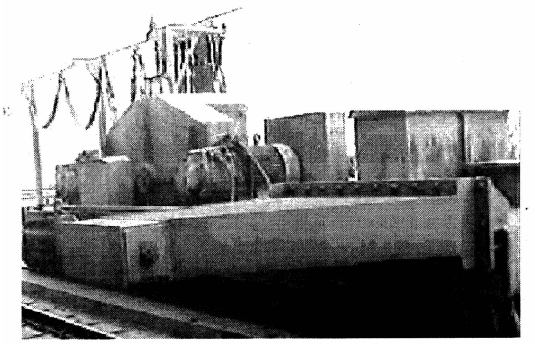


图9-25　空车调车机

二、空车调车机的检修

图9-25所示为空车调车机。和重车调车机一样，空车调车机也分为齿轮、齿条驱动形式和钢丝绳牵引驱动两种形式。下面以后者为例总结其检修问题。空车调车机的检修项目主要包括：车体及行走装置（包括车体、推车臂、行走轮、导向轮部件及轨道）的检修和传动装置及卷扬装置的检修。空车调车机的检修项目见表9-12。

表9-12　空车调车机的检修项目

机　　构	检修项目
车体与行走装置	1）车体钢结构的检查与焊补 2）行走轮及导向轮的解体、清洗、检查与修理 3）行走轮、导向轮轨道的检查紧固与找正 4）推车臂及推车钩头的检查修理与焊补
传动装置	1）减速器（两台）及各联轴器的解体检修 2）大齿圈与卷筒的检查与修理 3）齿轮轴、轴承、轴承座的清洗检查与修理 4）制动器（两台）的检查与修理 5）钢丝绳的检查、润滑或更换 6）张紧装置的检查修理与调整 7）长滚轮的检查与修理

传动装置中减速器驱动部分及钢丝绳滚筒的检修见通用机械检修部分，下面仅对钢丝绳的更换要点作以下提示：

调整两侧张紧装置丝杠，使张紧轴伸至最长位置，拆开钢丝绳绳头；打开卷筒、传动齿轮上盖，抽出旧钢丝绳，盘好后妥善处理；松开制动器，用外力把空车调车机推至行程尾部（或头部）；先把一根钢丝绳两端分别固定在尾部（或头部）张紧装置上和空车调车机卷筒相应的绳槽上，用楔子、楔套、绳卡和压板固定牢固；再用外力将空车调车机推至行程头部（或尾部），用相同的方法把另一根钢丝绳（两绳的长度相同）固定在相应位置，注意穿钢丝绳时，应避免两绳交叉、缠绕在一起；钢丝绳装好就位后，用调整张紧装置张紧轴的伸出位置来对钢丝绳进行预紧。空车调车机的检修质量标准与重车调车机相同。

三、迁车台的检修

图 9-26 所示是迁车台示意图，迁车台的检修包括：车体与行走装置的检修、驱动装置的检修和车辆定位装置的检修。车辆定位装置的检修又包括：迁车台双向定位器、地面止挡器及液压缓冲器的检修。

（一）检修项目及内容

1）行走减速器的解体检修。

2）单向、双向定位器的检查、清理、加油，并更换损坏部件。

3）液压缓冲器的检修。

4）钢丝绳的检查、加油，必要时进行更换。

5）检查平台、起重机车架的金属架构有无裂纹、变形等现象，必要时进行修理。

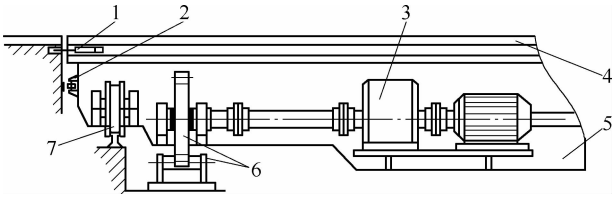


图 9-26　迁车台示意图

1—插销装置　2—滚动止挡　3—减速器　4—轨道
5—车架　6—齿轮齿条（销齿）　7—行走轮

6）检查推车器钢丝绳卷筒的磨损情况，并进行修理。对其转动轴承等部位，进行清洗。

7）对推车器小轮、行走轮进行检查、加油，必要时给予更换。

8）对平台上车辆轨道和迁车台行走轨道进行找正和紧固。

9）对各结合部位紧固螺栓进行全面检查和紧固。

10）检查夹轨连杆机构是否能协调动作，夹轮间隙是否合适。

11）迁车台液压控制机构的检修。

（二）迁车台的检修质量标准

金属构架及轨道检修质量标准与调车机相同。其他装置的检修质量标准如下所述。

1）迁车平台端面的挡辊与基础上挡板的间隙不大于 10mm，与基础钢轨不得有卡住现象。

2）车辆定位装置应动作灵活，当迁车台以 0.6m/s 以下速度进入时，不得越位和卡死。

3）地面安全止挡器能阻止车辆自动进入迁车台坑，夹轮器能灵活地挟持车轮。

4）行走轮转动灵活、无异常响声且不跑偏，车辆踏面不得有裂纹，且磨损深度≤2mm。

5）车架两端限位滚轮圆度误差为 0.5mm，磨损深度≤3mm，滚轮与导向轨间隙为 2～6mm。

6）以迁车台下部定位销座定位的迁车台，其定位上下挡座距为 30mm；以迁车台端部楔形插销装置定位的迁车台，其插销装置应插入、退出灵活，钢轨对位准确。

7）销齿板直线度、两排销齿中心距误差均≤3mm，销齿齿顶平面度误差≤2mm，销齿和销齿轮顶隙为（5±1）mm。

8）销齿允许磨损量小于等于原直径的 1/10，销齿轮齿厚磨损不得超过原齿厚的 1/10，且不得有裂纹。

9）夹轮器夹紧和松开过程应平稳无卡塞，夹紧时不得擦伤车轮。夹轮器放松时，制动轨两轨间距≥160mm。

10）夹轮器夹紧时间≤3s，制动轨开口夹紧后，两轨间距≤130mm。

11）缓冲器动作要灵活，不漏油，活塞杆垂直于基础，加油量为缓冲器内容积的 3/4。

（三）迁车台液压系统控制原理

图 9-27 所示为迁车台液压系统控制原理，其动作过程如下：

1）起动电动机。

2）3DT 得电，插销液压缸动作，插销伸出，迁车台准确定位，传感器发出信号，3DT 失电。

3）1DT 得电，夹轮器液压缸动作，车轮被夹紧，空车固定，传感器发出信号，3DT 失电。

4）4DT 得电，插销液压缸动作，插销缩回到位，传感器发出迁空车信号，4DT 失电。

5）迁车台迁向空车线。

6）重复 2）动作，2DT 得电，夹轮器液压缸动作，车轮松开到位，2DT 失电，空车调车机推车。

7）重复 4）动作，迁车台迁向重车线。

8）作下次工作循环。

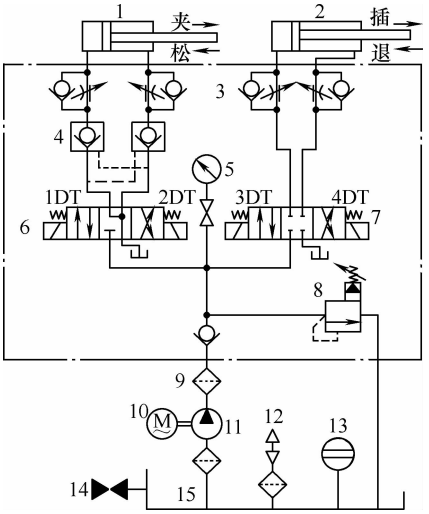


图 9-27　迁车台液压系统控制原理图

1—夹轮器液压缸　2—插销液压缸　3—单向节流阀

4—单向阀　5—压力表　6、7—电磁换向阀

8—溢流阀　9—过滤器　10—电动机

11—液压泵　12—空气过滤器

13—液位计　14—放油阀

15—油箱

第十章　斗轮堆取料机的检修

第一节　斗轮回转机构的检修

目前，斗轮堆取料机是国内火力发电厂燃料系统（卸车线、上煤线）功能较为强大的设备之一，它兼有煤厂贮煤、盘煤和直接通过系统胶带机上煤的功能。因此斗轮机在我国火力电厂中有着广泛的应用。

一、斗轮堆取料机主要结构

如图 10-1 所示和图 10-2 所示，斗轮机主要由金属构架、尾车、悬臂胶带机、行走机构、斗轮及斗轮驱动装置、仰俯机构（或变幅机构）、回转机构、电气液压系统及其他辅助装置构成。

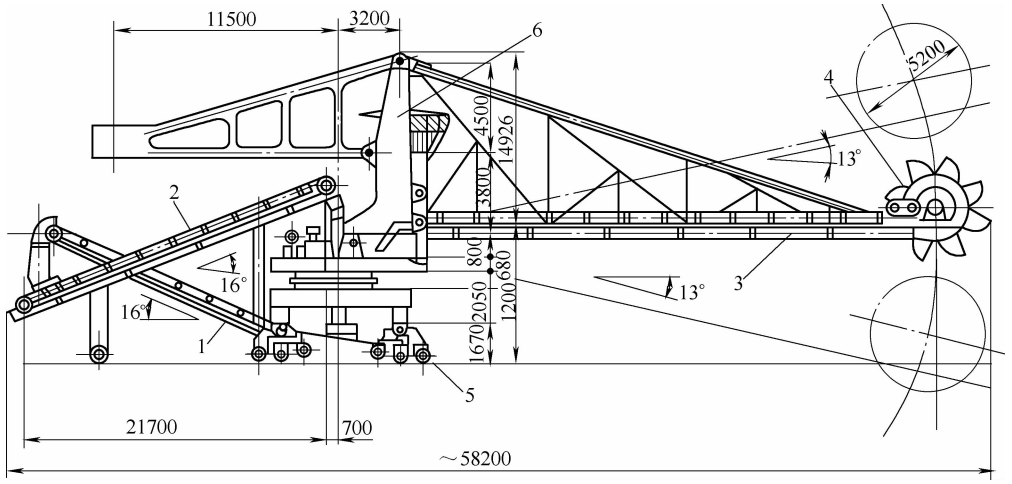


图 10-1　DQ8030 型斗轮堆取料机结构图

1—主胶带机　2—进料胶带机　3—悬臂胶带机　4—斗轮及斗轮驱动机构　5—驱动台车　6—门架

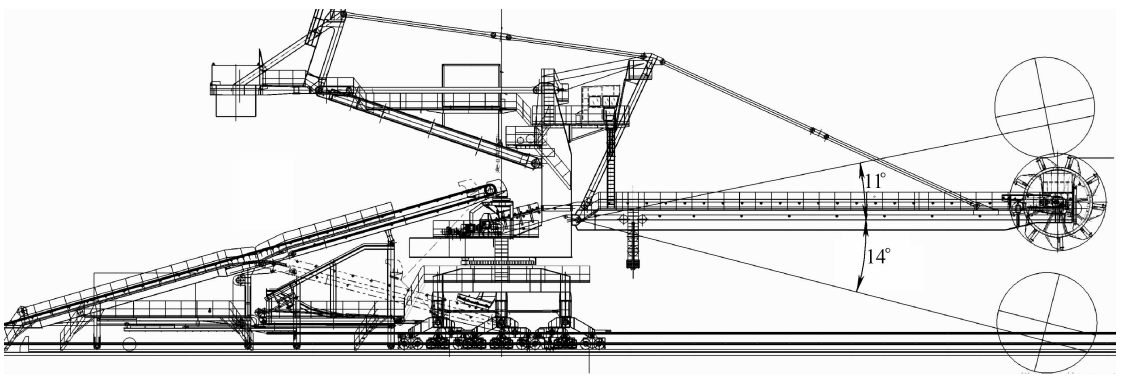


图 10-2　DQ1000/1200・30 型斗轮堆取料机结构图

（1）金属构架　金属构架主要包括门架（门座架和门座平台）、回转盘、门柱、臂架（悬臂架）尾车架、平衡架（配重箱架），其间采用铰接。金属构架大多采用箱形结构，也有用型钢桁架，板梁结构和管梁结构的。

（2）主胶带机　也称进出料胶带机，位于尾车之上。主胶带机的胶带与煤场露天胶带机上的胶带连成一体。它依靠尾车上两组液压缸或卷扬机构的作用完成仰俯动作，保证斗轮机的堆取料功能的发挥。

（3）悬臂胶带机　悬臂胶带机装在悬臂架上，是斗轮机的重要部件，它采用大功率风冷式电动滚筒。液压拉紧装置装于悬臂和门柱铰接部位。悬臂胶带机正转时，可堆料，当斗轮取料时，胶带机反转，将斗轮取到的料经尾部落煤管落到煤场露天胶带机上。在胶带机中部采用了锥形自动调正托辊，解决了反、正转胶带跑偏问题。

（4）斗轮及斗轮驱动机构　斗轮采用半格式结构。斗轮边缘均焊接有耐磨的牙。可在冬季破碎煤堆不大于 100mm 的冻煤层。斗轮驱动机构由液压马达、72 × B732 型自变量泵等部件组成。斗轮位于悬臂梁一侧，借助于溜煤板将斗轮取出的煤输送到悬臂胶带机上。

（5）悬臂仰俯机构　斗轮机的悬臂梁常采用液压系统以铰链为轴心作上下仰俯运动；还可以采用卷扬、三角架、辅助架等多种方式驱动前臂架作仰俯运动。

（6）回转机构　回转机构由连接门座和转盘的大型交叉滚子轴承（或圆锥滚轮）及安装在转盘上的回转蜗轮、驱动机构等组成。它的驱动动力由内曲线液压机构、变量泵、阀体和管路组成，能实现无级变速。回转机构目前还有采用台车支承装置的，但其维护和检修量较大。

（7）行走机构　它由两组从动台车和驱动台车组成。驱动台车上装有双速电动机，斗轮机空车不进行堆取料作业时，行走速度可达 30m/min。而在堆取料作业时行走速度约为 5m/min。

（8）自动夹轨机构　它由操纵室顶上的风速仪与自动夹轨器组成。当风速超过允许值时，风速仪与控制仪表相连通，使夹轨器自动动作，夹住轨道，防止在刮大风时设备沿轨道滑移，此时全机电源切断。

（9）受电装置　斗轮通过布置在轨道内侧的地沟滑线受电。

（10）液压系统　斗轮机各部分的液压缸、液压泵、阀门与电动机组成液压系统，成为整体回路。

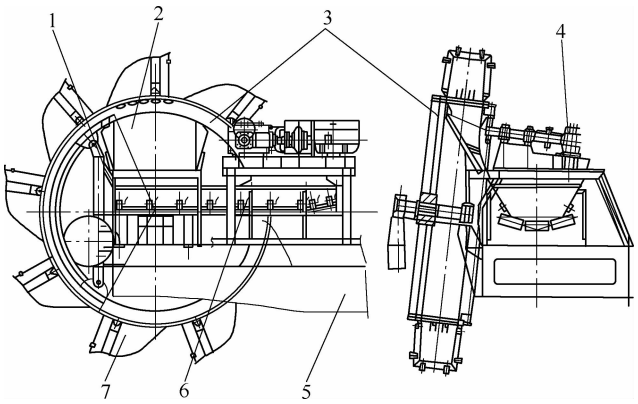


图 10-3　斗轮回转机构

1—圆弧挡板　2—溜料导料装置　3—轮体　4—驱动装置
5—前臂架　6—导料槽　7—斗子

二、斗轮回转机构的组成

斗轮回转机构主要由斗轮及驱动装置组成，如图 10-3 所示。

斗轮轮体类型可分为有格式斗轮、无格式斗轮及半格式斗轮三种（图 10-4）。

三、斗轮回转驱动机构的形式

（1）液压驱动方式　同液压系统提供的高压油直接驱动低速大转矩液压马达，带动斗轮轴及轴上斗轮转动的一种驱动方式。采用液压驱动，斗轮转速可实现无级调速和过载保护，同时具有质量轻等特点。

（2）机械驱动方式　机械驱动是用电动机、液力偶合器、减速器进行驱动的方式。其中减速器按结构形式又分为行星减速器和平行轴减速器。

（3）机械液压联合驱动方式　由液压系统提供的高压油驱动液压马达，再经过圆柱齿轮减

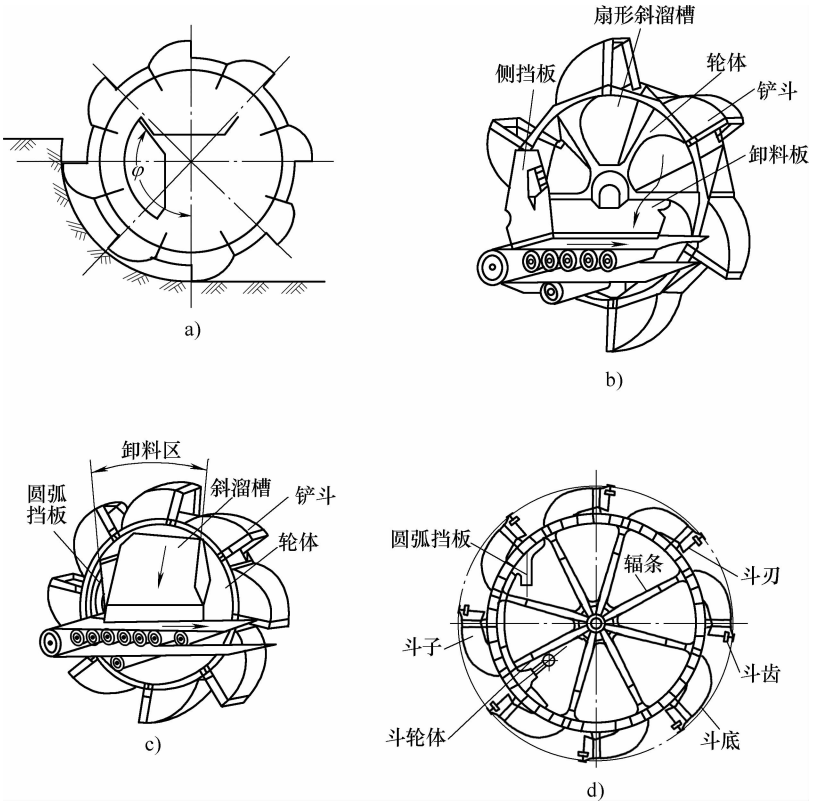


图 10-4　斗轮轮体的格式

a）、c）半格式斗轮　b）有格式斗轮　d）辐条式结构的无格式斗轮

速将动力传递给斗轮轴。这种传动不仅具有液压传动的优点，而且传动效率较高。

（4）关于斗轮驱动装置的连接

一般电动机轴与减速器高速轴采用液力偶合器连接，或者通过联轴器与液力偶合器连接，后者对同心度要求较低，抗振性能也较好。

减速器输出轴（低速轴）与斗轮的连接形式有：

1）减速器（或液压电动机）输出轴与斗轮轴采用涨环及压缩盘连接（图 10-5）。

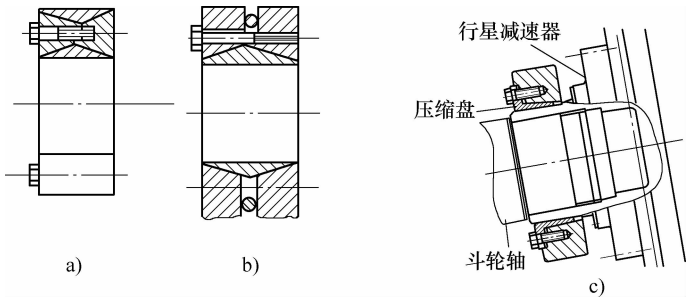


图 10-5　涨环及压缩盘连接

a）涨环连接一　b）涨环连接二　c）压缩盘连接

2）开式齿轮减速器驱动机构的组成如图 10-6 所示，图 10-7 所示为齿轮 1 与斗轮销齿相啮合带动斗轮回转的结构形式。

从目前的使用情况来看，由于涨环和压缩盘结构具有能传递较大的功率和转矩，以及能起到机械过载保护作用的特点，因此应用较广。但这种结构也存在如下缺陷：斗轮长期过载运行后，压缩盘连接处轴与套会发生打滑现象，进而发生严重胶合。这样，一是降低了减速器的出力，使输出轴达不到要求的转矩输出；二是一旦发生故障，就很难拆卸，给检修工作带来很大困难。

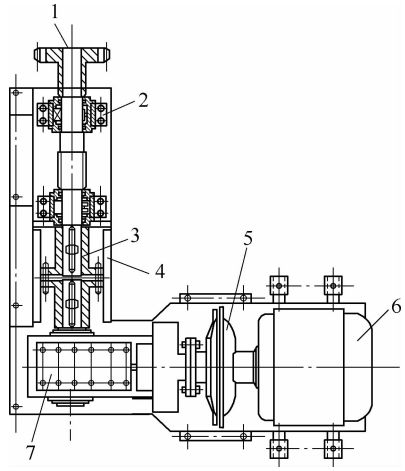


图 10-6　开式齿轮减速器驱动机构的组成
1—齿轮（与斗轮销齿啮合）　2—轴承及轴承座　3—滚子链联轴器　4—联轴器罩　5—液力偶合器　6—电动机　7—开式齿轮减速器

四、斗轮回转机构的检修

与其他机构相比，斗轮回转机构故障率较高，其主要原因是现场作业环境差，再加之煤质不良的因素，导致斗轮回转机构工作负载大，因此斗轮机构磨损较为严重。

斗轮回转机构的重点检修与安装工艺包括：斗轮体、销齿及开式传动装置、行星减速器、联轴器及液力偶合器等的检修工艺。

（一）斗轮回转机构检修前的准备工作

斗轮回转机构在检修前必须做好前期安全措施及准备工作，其具体要求有：

1）了解故障情况，如斗轮的转速与出力情况，斗轮减速器的泄漏及振动情况，驱动部分高速端的泄漏及振动情况等。

2）了解驱动部件运行时的温度、振动、噪声和结构件的磨损及腐蚀情况。

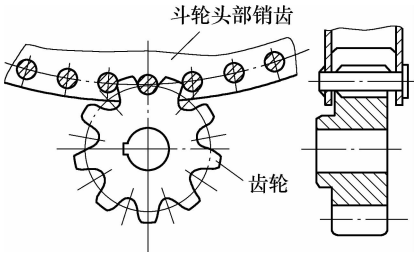


图 10-7　具有销齿传动的斗轮头驱动机构

3）检修驱动机构，但不整体拆除时，悬臂架可水平放置，必要时可将斗轮搭在平实的煤堆上，并在地面设置斗轮固定装置，此固定装置须将斗轮头固定牢固（可做专用架子支承并固定斗轮头）。斗轮机行走用铁靴掩住，防止设备意外滑行。

4）大臂落地，切记做好锚定及其他安全工作。在拆卸驱动机构时，应先校核配重，在悬臂架斗轮支承大轴与悬臂架中心处悬挂配重，用两台 2t 手拉葫芦将斗轮机悬臂固定在地锚上或用推煤机绑定臂架，这样可防止拆除部件时，悬臂跷起。

（二）斗轮回转机构的检修项目及质量标准（表 10-1）

表 10-1　斗轮回转机构的检修项目及质量标准

检修部位	检修项目	质量标准
斗轮体	斗轮体磨损情况的检查	1）磨损严重时整形或补焊 2）变形、变薄或磨损严重应予以更换
	斗齿磨损情况的检查	1）短缺、损坏的要补齐或更换 2）斗齿头部磨损超过 1/2 时应更换
	溜料板磨损情况的检查	磨损严重即造成取煤量降低的应修补或更换
	检查斗轮与静止部分的摩擦情况	磨损部位严重时应及时校正
	溜煤板与斗轮间的间隙	不大于 30mm

（续）

检修部位		检修项目	质量标准
驱动机构	机械部分	销齿啮合情况的检查（对于图 10-7 所示的斗轮）	1）销轴磨损超过 20% 时，应及时更换 2）与销齿相啮合的齿轮磨损不超过 GB/T 10095.1—2008 和 GB/T 10095.2—2008 的规定，否则应更换
		斗轮轴的检查	1）斗轮轴应进行调质处理 2）轴承及涨圈安装处的直径尺寸精度不得低于 h6 级 3）安装轴承及涨圈处的表面粗糙度不得大于 $Ra1.25\mu m$ 4）斗轮轴进行超声波检测检验不得有缺陷
		联轴器及液力偶合器的检修	见通用部分的检修质量标准，超标应及时修理及更换
		胀紧联结套	1）涨环各处的配合尺寸偏差应符合 GB/T 1801—2009 中的 7 级精度 2）涨环内外圆配合面的同轴度和轴向全跳动应为 GB/T 1184—1996 中的 9 级精度 3）热处理硬度要求：锥套热处理硬度应为 40～45HRC，压环调质硬度应为 229～269HBW 4）锥套和压环表面应镀铬，镀层厚度应不小于 0.015mm，镀层表面粗糙度应为 $Ra0.4\mu m$
		传动减速器的检修	见通用部分的检修质量标准，超标应及时修理及更换
		制动器	除按通用检修质量标准执行外，还应达到 1）制动轮对轴线的径向圆跳动精度不得低于 9 级 2）制动面热处理硬度为 35～45HRC，深度为 2～3mm 3）制动轮上不得有裂纹，制动面上不得有影响使用性能的缺陷，其缺陷不得补焊
	液压部分		除按通用检修质量标准执行外，还应达到 1）缸体内径配合处的尺寸精度不得低于 H8 级 2）缸体内径、活塞杆外径的表面粗糙度不得大于 $Ra1.25\mu m$ 3）活塞杆表面要镀硬铬，镀层厚度不得小于 0.03mm。镀层表面粗糙度不得大于 $Ra0.63\mu m$

五、斗轮的检修与安装工艺

（一）斗轮轮体的检修

1. 拆卸方法

拆卸斗子前，为避免不平衡引起斗轮转动，如前所述首先要将斗轮轮体固定，然后松开斗子尾部螺栓，卸下斗耳上的销轴，即可取下斗子。斗齿一般是用楔子固定在齿座上的，拉出楔子，即拆下斗齿。

导料板与胶带机的间距是可调的，调整时，折下导料板上的楔子即可。应保证导料板下胶带既能被压住又能与悬臂胶带机的胶带接触良好，否则导料板应予以更换。

圆弧挡板上的衬板用螺钉固定，如果衬板的磨损程度达到更换时，可卸下螺钉即可拿出衬板。

2. 斗齿与斗刃的焊接工艺

斗齿（ZGMn13）与斗刃（16Mn）焊接时，焊缝处经常出现裂纹，甚至斗齿掉落，严重影响斗轮堆取料机的出力，维护费用大。选用如下焊接工艺制造或维修，可以避免上述缺陷。

1）选用 J507 焊条，其规格为 ϕ4mm，焊前焊条在 400℃下烘干 2h，放入焊条保温箱内，随用随取。

2）斗刃 16Mn 板削薄磨平，斗齿 ZGMn13 经 1000～1100℃水韧处理。

3）选用直流电焊机，直流反接。

4）选择合理的焊接顺序，先焊斗齿根部焊缝，再焊两侧焊缝。

5）焊前焊件经氧乙炔焰预热 300℃ 。

6）选用适宜的焊接参数：焊接电流为 160～180A，电弧电压为 23～25V，焊接速度为 12～16cm/min ，边焊边锤击焊缝，以松弛应力。

7）焊后立即用冷水激冷，减少焊缝在 300 ～800℃ 之间的停留时间，防止因碳析出而在熔合区产生冷裂纹。

（二）斗轮回转销齿的检修

斗轮回转系统采用销齿传动，关于销齿传动的原理参看课题单元一第二章第二节。销齿传动的外在传动形式可看成开式齿轮传动。由于斗轮长期在高负载下运行，销齿及与其相啮合的轮齿在接触面上会出现较为严重的磨损，该现象属于正常的故障，处理方法主要有三点：

1）在齿轮和销轴上涂抹润滑脂，降低摩擦系数。涂抹润滑脂时应保证接触面涂抹均匀，发现有金属剥落，应即时涂抹润滑脂。对于恶劣环境下的润滑脂夹杂煤粉，应及时清理并涂抹新润滑脂。

2）销轴的安装。当销轴发生磨损量大于直径的 20% 时，若无相应备品，可以让销轴转动 90°后，继续使用。销轴的固定块同样转动 90°后安装。

3）销轴的更换。当磨损量超过 20% 时，且已转动使用过，应及时更换销轴。斗轮回转销齿检修的质量标准见表 10-2。

表 10-2　斗轮回转销齿检修的质量标准　　（单位：mm）

项目	公差或配合				备　注
	齿距 P				
	10π	20π	30π	50π	
齿轮的制造公差与配合					
两相邻齿同侧面齿距 P	±0.05	±0.10	±0.15	±0.20	
齿顶圆直径 d_{a1} 的公差	h8				
齿顶圆周对轴孔中心的跳动量	≤0.10～0.15				P 较小时，取小值；P 较大时，取大值
齿面与轴孔轴线平行度偏差	0.05～0.10				P 较小时，取小值；P 较大时，取大值
销轮的制造公差与配合					
销齿孔中心距（齿距的公差）	±0.15	±0.25	±0.40	±0.55	
销齿与夹板孔的公差	H7/h6				
节圆直径 d_2 的公差	h9～h10				d_2 较小时，用 h10，d_2 较大时，用 h9
节圆对轴孔中心的跳动量	≤0.50～1.50				P 较小时，取小值；P 较大时，取大值
销齿齿面硬度	齿面硬度应不低于 40HRC，有效硬化深度应不小于 2mm				
与销齿相啮合齿轮的齿面硬度	齿面硬度应不低于 50HRC，有效硬化深度应不小于 2mm				
销齿与相啮合齿轮的齿面表面粗糙度	表面粗糙度为 GB/T 1031—2009 中的 Ra6.3μm				

（三）斗轮头涨环的检修工艺

如前所述，斗轮头的驱动若采用涨环连接在拆装时，应注意保护各配合面不受损伤，且装配时应留出涨环的预紧量。其检修工艺步骤为：

1）在拆卸涨环时，先松开全部螺钉，取下镀锌的螺钉和垫圈，将拉出螺钉旋入前压环的辅助螺孔中，轻轻敲击拉出螺钉的头部，使涨环松动，然后拉动螺钉，即可将涨环拉出。

2）按设计规定检验涨环尺寸；清除表面污物、锈蚀；涨环轻微损伤时可进行修补，若磨损严重应更换。在涨环表面均匀涂一层不含二硫化钼等添加剂的润滑油。

3）按拆卸标记，在大轴上找出两台轴承的位置。

4）在大轴的一个定点位置可先进行涨盘预紧安装试验，测出涨盘轴承的滑动量。根据所测得的滑动量，在大轴定位（作标记）并留出滑动量，再安装涨盘轴承。

5）涨环装入孔内应防止倾斜，涨环螺栓应用扭力扳手对称、交叉、均匀地拧紧涨环螺钉；拧紧力矩应符合设计规定。无规定时，可按《胀紧联结套 型式与基本尺寸》JB/T 7934—1999 中的“胀紧联结套形式及其螺钉拧紧力矩规定”进行拧紧。拧紧时先以 1/3 拧紧力矩值拧紧；再以 1/2 拧紧力矩值拧紧；最后以拧紧力矩值拧紧；并以拧紧力矩值检查全部螺钉。

6）防护套安装后，应在涨环外露端面及螺钉头部涂上一层防锈油脂；在腐蚀介质中工作的涨环，应采用专门的防护装置以防涨环锈蚀。

（四）斗轮轮体的安装

因斗轮堆取料机大多采用单侧重力式卸料方式，且兼有堆料及取料功能，所以为使斗轮在挖取物料时臂架受力好，斗子卸料快，斗轮的安装应按如图 10-8 所示位置安装。

1. 安装要求

1）水平面内的安装位置：斗轮体轴线与臂架中心线相交一个角度，即 4°～6°（图 10-8a）。

2）在垂直平面内的安装位置：斗轮体的轴线与水平面构成的夹角，一般取 7°～8°（图 10-8b）。

3）圆弧挡板安装在轮体圆周内侧，与轮体之间留有 5～10mm 的间隙。

4）轴承外圈与端盖每侧留 1.5mm 的间隙。

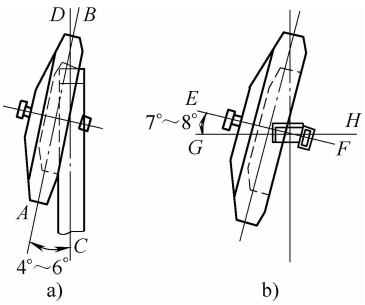


图 10-8　斗轮体的安装

2. 安装质量标准

1）安装时应保证斗轮与两轴承座同轴度要求。

2）应按图样要求调整轮体与圆弧挡板、轮体与溜料板之间的间隙。

3）连接涨环（或压缩盘）的高强度螺栓，必须用扭力扳手对称逐个拧紧，使力矩逐渐加大，直至达到图样要求。

4）轮体内圆对旋转中心轴线的径向圆跳动应为轮体内圆直径的 1/1000，且最大不超过 8mm。

5）轮体对旋转中心轴线的轴向圆跳动应为轮体端面外圆直径的 1/500，且最大不得超过 10mm。

3. 斗轮机构的安装方法

1）在地面平台上组装斗轮机构。

2）斗轮机构安装顺序：安装斗轮轴及轴承座—安装斜溜槽支架及斗体—安装圆弧挡板及其他支架—安装斗轮轮体—安装驱动装置。

3）装配时，端盖与轴承座接触面要涂密封胶，应涂 2/3 内腔的润滑脂；迷宫密封处应涂满润滑脂，装配后要求轴转动灵活无卡阻现象。

4）装配时轴承应均匀的涂上润滑脂，涂油量为轴承内腔的1/3。

5）胀紧套与斗轮轴联结。胀紧套装配前，用酒精或丙酮清洗轴的外径及输出轴内孔，并保证连接面上无任何润滑物或其他杂物，涨环的收缩环套到输出轴前，要清洗该表面。

6）涨环就位后立即用手拧紧3～6个等间距的螺栓，拧紧时要保证两个法兰盘相互平行，随后用手拧紧其余的螺栓，最后用扭力扳手顺时针或逆时针均匀地拧紧所有的螺栓，每个螺栓每次拧紧约90°，一直达到每个螺栓的拧紧力矩值。

六、开式齿轮回转驱动装置的检修

图10-6及图10-7所示是销齿传动斗轮驱动装置结构图，其中开式齿轮传动装置中齿轮与斗轮销齿的啮合质量，直接影响到斗轮的出力及驱动各部件的传动平稳性，现就这一问题从运行故障着手进行如下分析，且总结出检修要点。

与销轴相啮合的传动齿轮由于表面热处理条件好，磨损远小于销轴的磨损，但仍然有磨损。其更换标准执行普通开式齿轮磨损更换标准或低于此标准。

（一）故障一：传动有异常声音

齿轮销轴传动时会出现异常声音，表现为减速器内部的异常敲击声音或齿轮销轴接触面的异常摩擦声和抖动。该异常不会发生在全周长，而是发生在局部位置。其原因有：

1）由于齿轮每转动一个齿，产生的周长方向上的位移是固定值，若局部销轴间距发生变化，且变化大于开式齿轮传动间距时，会发生齿轮和销轴间为赶位移而产生的强制转动或制动，从而产生抖动，该抖动沿传动路线传回减速器，发生敲击声。

2）在装配减速器时，轴承侧隙（轴向间隙）掌握不好，间隙大，传动时产生敲击。

3）发生传动异常声音时，应根据实际情况分别处理。上述原因可能同时具有，应执行以下检修步骤。

①通过盘动减速器，调整齿轮侧隙。对于有调整机构的减速器，可以不必开盖调整。调紧后，松开0.2mm左右，作为轴承的工作间隙。对于没有外部调整机构的减速器，应开盖测量出轴承轴向间隙值，配适当的调整环进行调整。

②测量销轴的间距。若发现异常声音点为销轴间距变化过大引起，应局部更换或调整销轴底板。销轴间距变化量应控制在小齿轮齿距±1mm以内为佳。销轴间距的变化也是销轴、齿轮磨损的主要原因。

（二）故障二：齿轮发生偏磨或接触点不正

引起齿轮发生偏磨或接触点不正的原因有两个，①是位置原因，②是受力原因。

若齿轮位置与销轴位置不正确，会发生偏磨或接触点不正的问题，解决方法是：在调试中，通过涂抹红丹油逐步调整。接触面积应为全齿长的50%～70%，全齿高的30%～50%，接触位置为节线位置，接触面积应大于整个齿面的2/3以上。

若齿轮位置正常，发生偏磨的主要原因是驱动装置输出轴和齿轮轴位置存在径向偏差或角度偏差，故应从减速器找正上找原因。

若销轴本身存在较大的圆度误差，则会发生局部位置上的偏磨或接触点不正，此时，要进行局部销轴底板的更换或找正，推荐由厂家执行。

（三）故障三：开式齿轮回转驱动机构振动过大

回转驱动机构在工作时，还有可能发生振动过大现象，并伴有销齿与齿轮结合面的大面积剥落。该类型的故障主要发生在以下几种场合。

1）原本齿轮传动改为齿轮与销齿传动，斗轮机斗轮回转体外新增加的齿轮与销齿驱动方式，发生振动过大的原因主要是销齿安装精度低或斗轮回转体圆度超差造成的。

2）回转机构安装在刚性结构薄弱、负载大的位置发生振动过大现象，主要原因是结构在大

负载下的变形造成了啮合精度的降低，结构变形包括销轴底板变形、减速器底座变形等，此种情形下应着力加强结构的刚性。

3）双侧齿轮销轴传动不同步造成的过大振动，除传动本身的不同步外，还包括机构扭转变形造成的不同步，应分别处理。传动机构不同步造成的振动，应从制动器延迟时间、制动力矩、初始位置、阻力测试等方面找原因，条件合适，可以采用变频控制同步或采用同步轴。机构扭转造成的不同步，应找正机构。若是因找正出现的偏差而造成的振动，应重新找正。

七、行星减速器回转驱动机构的检修

行星减速器回转驱动机构如图 10-9 所示。

1. 行星减速器的解体

1）做好斗轮臂及斗轮头的锚定工作（如前所述）。

2）施工前用白色油漆将减速器外部各部位做好标记，如减速器端盖的原始位置、收缩盘与轴之间的原始位置等。

3）将减速器与电动机连接的联轴器保护罩拆除，用扭力扳手将连接联轴器的螺栓拆除，并在检修卡上记录好螺栓松动时的力矩值。

4）用扭力扳手将减速器的四个地脚螺栓拆除，并记录好螺栓松动时的力矩值，将用油漆做好原始记号的减速器的两个定位销拆除。

5）图 10-10 所示为压缩盘的结构示意图。拆卸压缩盘时，用扭力扳手将压缩盘的连接螺栓拧松但不拆掉，以防止压缩盘松脱时崩脱，用四块楔木塞在两压缩盘缝的四侧，用手锤使楔木均匀受力，使两压缩盘松脱。

6）将减速器底板的顶紧螺栓拧紧，使减速器底板与斗轮机之间有所松动，以减小它们之间的摩擦力。

7）将密封端盖上的六角头螺栓拆除，用顶紧螺栓将密封端盖顶出，顶紧螺栓拧紧时受力要均匀，对油封、密封套筒进行检查，并用游标卡尺和塞尺测出各部分间隙，并在检修卡上做好记录。

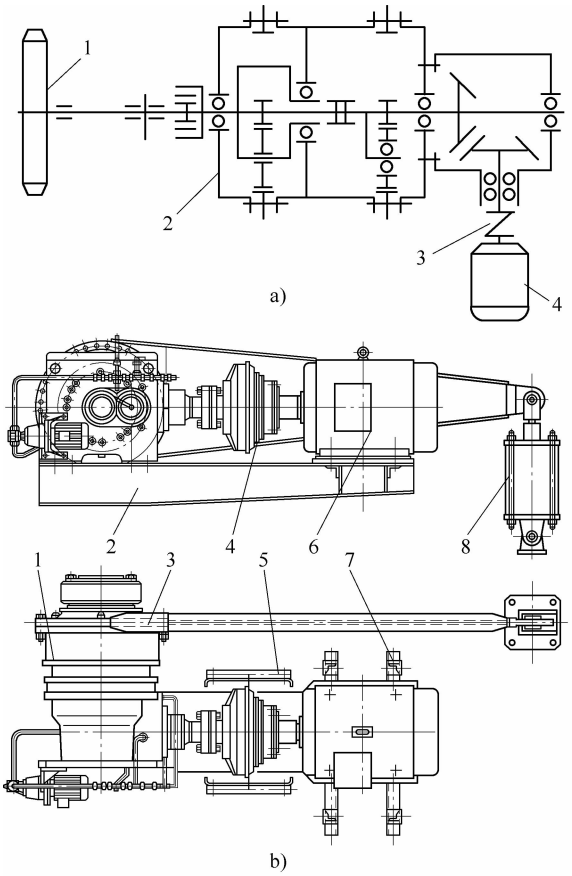


图 10-9　行星齿轮减速器回转驱动机构

a）斗轮机械驱动装置原理

1—斗轮　2—行星减速器　3—偶合器　4—电动机

b）斗轮机械装置设备构成

1—减速器　2—驱动装置支座　3—限矩杆　4—液力偶合器　5—偶合器罩　6—电动机　7—电动机罩　8—限矩装置

8）拆下减速器与过载保护之间的连接销子，用两台 50t 液压千斤顶将减速器与传动轴分离，在顶升过程中，千斤顶受力一定要均匀。

9）用钢丝绳吊住减速器，至钢丝绳微微用上力为止，拆下涨环部分，将减速器整体拉出。

10）用 8t 汽车起重机将减速器吊至地面，起吊过程中，要做好防护措施，防止将别的设备碰坏。

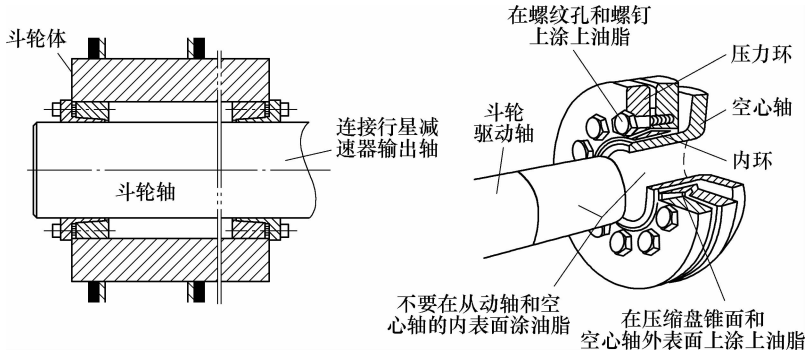


图 10-10　压缩盘的结构示意图

11）用 3t 铲车将减速器运至检修车间。

2. 行星减速器检修前的准备工作

1）在检修车间，将使用的工具及消耗性材料准备好。

2）在施工场地上铺设一层透明塑料布，然后在塑料布上铺一层 5mm 厚的橡胶板，用以堆放零件，并防止油污弄脏地面，做到文明施工。

3）用起重机将减速器水平吊至地面，两头用木板垫平，防止减速器倾斜。

4）用铜丝刷对减速器的表面进行清理，将减速器表面、顶紧螺栓孔内的杂质及汽化物清除干净。

3. 关于行星减速器的检修及质量标准（见单元二第四章第四节）

4. 行星减速器的安装要点

1）用铲车将减速器运至斗轮机旁，用 8t 汽车起重机吊装就位，用两台 50t 千斤顶做推力，将斗轮转动轴承插入减速器输出花键轴内。

2）将减速器基座找正，安装定位销、地脚螺栓，恢复斗轮机栏杆，连接联轴器。

3）液力偶合器找正方法如图 10-11 所示，找正要求为：用百分表测量主动端法兰对被动端法兰的轴向圆跳动及径向圆跳动值，要求均小于 0. 1mm。

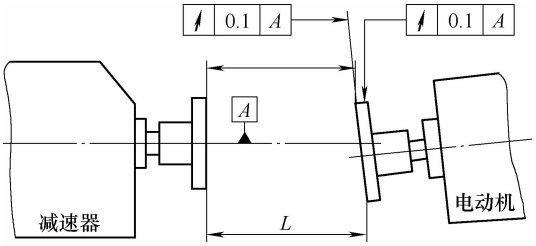


图 10-11　液力偶合器的找正方法

4）减速器安装后要按相关技术要求，进行检查、清洗、加油后，才可以进行试车。

第二节　斗轮机悬臂架回转机构的检修

一、斗轮机臂架回转机构概述

斗轮机臂架回转机构由悬臂架回转支承机构和回转驱动机构组成。回转支承装置有三种形式，分别为回转大轴承支承（图 10-12）、圆锥滚轮支承（图 10-13），回转台车支承（图 10-14）。表 10-3 是三种支承装置的特点及应用。斗轮机臂架回转驱动机构又分为机械驱动及液压驱动两种类型，如图 10-15 所示。

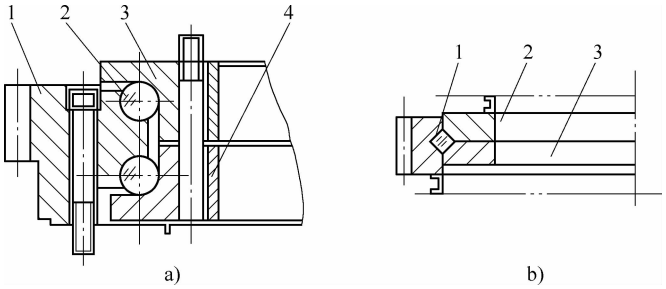


图 10-12　回转大轴承支承装置

a）滚珠轴承支承装置

1—轴承外齿圈　2—滚珠　3—内上圈　4—内下圈

b）交叉滚子轴承支承装置

1—滚柱　2—内上圈　3—内下圈

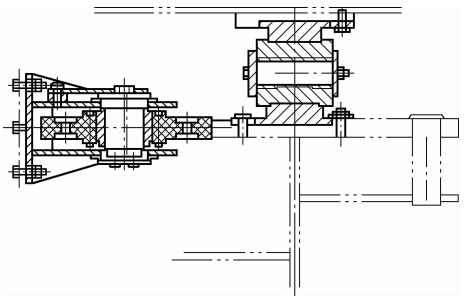


图 10-13　圆锥滚轮支承装置

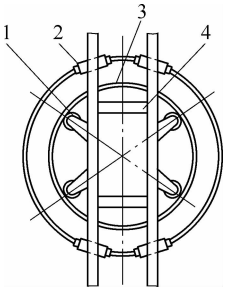


图 10-14　回转台车支承装置

1—水平导轮　2—台车　3—轨道　4—回转平台

表 10-3　三种支承装置的特点及应用

种　　类		特点及应用
回转大轴承支承	滚珠轴承支承（大钢球式支承）	轴承外圈（带齿）与门座平台内齿圈啮合，与回转门柱一体的轴承内圈分上下座圈且用高强度螺栓连接，滚珠为传动体 此结构紧凑、简单，承载能力小，用于生产能力较小的堆取料机
	交叉滚子轴承	与滚珠轴承支承装置原理相似，结构紧凑，利用集中润滑，安全性能高，维修、更换困难大，应用较广
圆锥滚轮支承		整机重心高度低，检修方便，制造成本低，对工作负载适应性能强，是目前推广的一种支承形式
回转台车支承	水平导轮式台车支承	易于维修及更换，便于实施润滑及保养，结构笨重，整机跨度大，是目前应用较为广泛的一种支承装置
	转柱式台车支承	垂直支承装置的使用性能与水平导轮式基本相同，只能用于堆料机

二、斗轮机臂架回转机构的检修

斗轮机臂架回转机构的检修主要包括：回转支承机构和回转驱动机构的检修，由于回转驱动机构的检修问题主要是通用机构的检修，具体检修方法及质量标准参看通用设备的检修部分（单元二第一章内容），这里不再赘述。下面着重针对回转支承机构的检修进行分析。

（一）回转支承机构的检修项目及质量标准

斗轮机回转支承机构的检修主要包括：支承部件的检修及导轨的检修，根据不同的支承方式，现作说明见表 10-4。

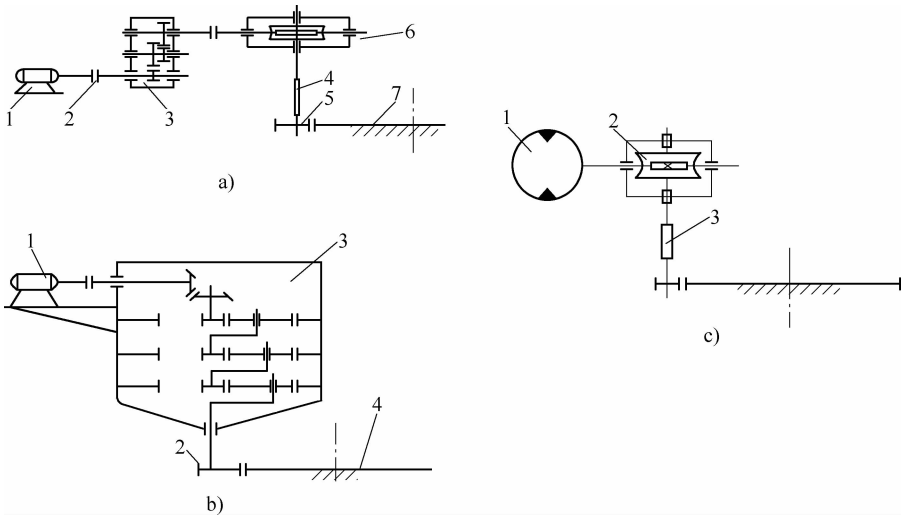


图 10-15　斗轮机臂架回转驱动机构

a）斗轮机臂架回转驱动机械装置一

1—电动机　2—联轴器　3—减速器　4—安全联轴器　5—回转驱动小齿轮　6—蜗轮箱　7—回转台销齿

b）斗轮机臂架回转驱动机械装置二

1—电动机　2—传动齿轮　3—行星减速器　4—回转齿圈

c）液压回转驱动装置

1—液压马达　2—蜗杆减速器　3—传动轴套

表 10-4　斗轮机回转支承机构检修项目与质量标准

检修项目		检修内容	质　量　标　准
回转台车支承	回转台车	回转台车车轮、回转轮铜套、回转台车轴的变形及磨损的检修	1）车轮淬火后，踏面和轮缘内侧表面硬度为 300～380HBW 2）车轮上不得有裂纹、踏面和轮缘内侧表面不得有影响使用性能的缺陷，其缺陷不得补焊 3）台车轮轴油道应畅通，并根据轴的磨损情况，进行相应的检修 4）回转台车轮内孔与铜套配合为 H7/m6，车轮轴与铜套配合为 H8/d8，铜套磨损超过 1mm 时应更换 5）车轮铜垫有严重挤压变形时应更换
	台车垂直支承	支承道轨内外侧变形、扭曲及磨损情况的检修	1）支承车轮轨道顶面的平面度公差≤10mm 2）支承车轮轨道半径尺寸的偏差应为 ±5mm，且其圆度公差应为 4mm 3）回转支承轨道接头处高度差≤1mm，且接缝应与轨道半径成 45°夹角 4）支承台车对角线差值≤10mm 5）回转支承中心对门座中心位置度公差≤5mm 6）台车组安装精度应符合表之规定
	水平支承	水平导轮的磨损及与水平导轨（回转机构内滚道）配合情况的检修	1）水平导轮轮毂与铜套配合为 H7/m6，铜套与偏心轴配合为 H8/d8，小轴头与铜垫配合为 H7/g6 2）水平导轮与水平导轨的间隙≤2mm，同时要求四个水平导轮不能同时紧靠在水平导轨上，即回转时有三个水平导轮与水平导轨接触，达到运转平稳，无侧向滑移等要求 3）铜套无明显磨损、烧损现象 4）水平导轨半径尺寸的偏差应为 ±3mm（或半径 R 偏差≤1/1000R），且其圆度公差应为 ±4mm

（续）

检修项目		检修内容	质　量　标　准
滚动轴承支承		交叉滚子轴承、座圈及高强度连接部位、传动齿轮及驱动装置	1）检修后用塞尺检查齿轮与齿圈齿侧间隙为0.6～1.5mm 2）回转支承螺栓应采取高强度螺栓（65Mn），安装螺栓时不允许使用弹性垫圈，应使用平垫圈；螺栓预紧力应为螺栓材料屈服强度的0.7倍。螺栓拧紧力矩应符合斗轮机安装说明书的要求 3）回转支承座圈上平面水平偏差不大于4mm 4）座圈对门座中心的位置度公差不得大于 ϕ5mm
回转销齿		回转销齿销轮啮合间隙检查调整	销齿销轮的啮合间隙在正常情况下，是根据模数的大小决定的，但根据实际情况，销齿存在椭圆度，所以在调整间隙时，要选择在椭圆长轴处进行，齿根间隙为0.25m（m为模数），齿侧间隙为0.03～0.04m

根据上述检修项目可知回转支承机构中轨道部分主要是安装精度的检测及修复。

（二）回转台车的检修工艺

回转台车支承机构的具体结构如图10-16和图10-17所示，其车身承受了门柱、悬臂架及配重的综合重量，以及回转时的冲击和倾翻力矩，故磨损及变形十分严重。现将其检修问题作如下归纳和总结。

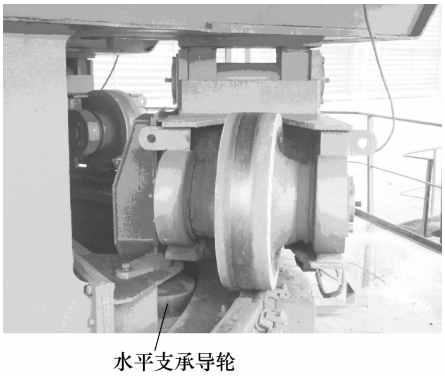


图10-16　斗轮机台车内滚道水平轮支承机构

图10-17　DQ5030型斗轮机台车回转机构

1. 拆卸前的准备工作

1）拆卸时首先应充分了解各部件的构造。

2）将斗轮机悬臂架回转至顺胶带方向，作好斗轮堆取料机锚定工作（有时使用铁靴），斗轮轮体着地。悬臂架放置于专用门架上并安全固定（也可提前堆煤至臂架高度2m左右，压实后作悬臂支架）。将配重吊下，放在指定地点。

3）检查行走夹轨器确已夹紧，行走驱动制动器在制动位置，在行走轮下加入楔木。

4）沿轨道方向用 ϕ20mm粗钢丝绳，作拉紧固定；分为两组、每组一端固定于门梁侧，一端固定在地面基础之上，两组钢丝绳中间各连接一手拉葫芦，以便在顶升过程中调节钢丝绳松紧。

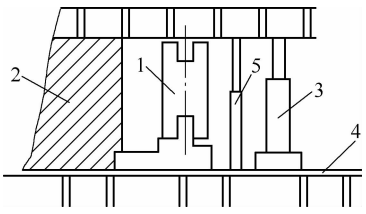


图10-18　回转台车支承装置更换示意图

1—台车　2—门柱　3—千斤顶　4—门座架平台　5—高度坐标尺

5）清除积煤及污油垃圾。

6）作起顶用千斤顶试验，确定无泄漏现象。

2. 拆卸工作（图10-18）

1）拆除前做好各部件的原始安装尺寸和记号的记录。

2）拆除防尘罩。

3）拆下回转传动用的行星减速器，取下传动小齿轮（与回转盘销齿相啮合）。

4）检查各项工作，确认已具备起顶要求。

5）起顶、拆卸台车。一般选择无风的晴天进行正式起顶工作，起顶工作最好当天完成。

6）检查千斤顶及附具。

7）用方钢（两根槽钢焊接而成）或 ϕ125mm × 10mm 厚度钢管（管子两端用厚度为 30mm 的钢板堵住），在内定位轮（水平支承导轮）的四个间隙处穿过，并顶住上部的拱梁。

8）把四个 100t 千斤顶放在门座下的道轨上，千斤顶底座用专用底座并用硬木垫平，顶部垫钢板（$\delta \geqslant$20mm）。

9）检查起顶工器具，试顶 1mm。

10）均匀缓慢地顶升门柱（门柱顶起高度：导轨顶面到台车支承轮上台板的距离加 50mm），注意升起千斤顶时，保持近前臂架一侧的两只千斤的顶开高度稍高于远离悬臂架的两只千斤顶，顶 3mm 后检查各部情况，并上紧千斤顶自锁螺母。

11）在回转台车底面塞入预备好的钢板。

12）在回转平台上装好两只 2t 葫芦，均匀缓慢地拉出回转台车。

13）若只检修台车轮轴，可将千斤顶（根据上部机构重量合理选择）放置于门座上，具体位置在欲拆卸的台车轮正下方，千斤顶上放支承物（如用枕木加槽钢），将该回转台车稍微顶起，用导链固定车轮，取出车轮轴，检修车轮铜套及铜垫。

3. 台车的检修工艺

台车拉出后便可进行检修，其检修项目主要包括：车轮体、车轮轴及滑动轴承的检查与检修。其检修质量标准见表 10-4。

（1）水平导轮的调整（或水平支承的调整）　水平导轮与水平导轨接触间隙过小时，水平导轮因受力过大容易被卡住；间隙过大时，水平导轮因长期不转动被锈死。图 10-19 所示，转动偏心轴，可调整水平导轮与水平导轨的接触间隙。为保证水平导轮正常工作，应使水平导轮与水平导轨保持一定的间隙，其间隙调整的具体技术要求见表 10-4。

水平导轮与导轨接触间隙的调整虽然简单，但应注意水平导轮在斗轮臂回转角度范围内，应与导轨内圆周面均匀接触，即不能出现有些地方间隙大，有些地方间隙小的情况。否则，不但会使水平导轮圆周外表面及导轨内表面磨损加剧，而且影响斗轮大臂回转的稳定性。故在调整水平导轮与水平导轨的接触间隙前，应用图 10-20 所示的标准圆弧样板分段测量导轨内滚道表面的弧度，以确定其磨损及变形情况，若磨损及变形严重，应考虑先检修内滚道表面（焊接及抛光），待内滚道表面达到要求弧度时，再进行接触间隙的调整。

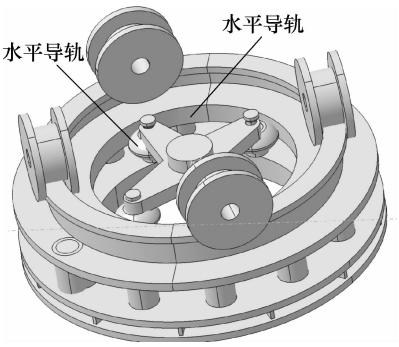


图 10-19　斗轮机门柱水平支承

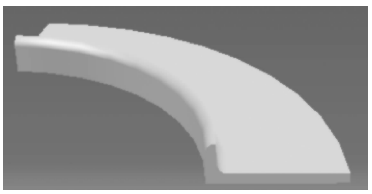


图 10-20　测量回转机构内滚道表面弧度样板

（2）销齿的检查与更换　磨损严重的销齿应进行更换（表 10-4）。

关于轮体、车轮轴及滑动轴承的检修见机械检修通用部分，这里不再分析。

4. 回转台车支承装置的复装

1）台车支承装置检修完毕后可对其进行回装，其回转顺序按解体拆卸顺序相反的过程进行。

2）按要求固定驱动装置，并按表 10-4 的标准对驱动装置进行位置调整。

3）拆除拆卸平台。

4）去除锚定葫芦及钢丝绳，去除行走轮下楔木。

5）清理现场。

（三）滚动轴承回转支承机构的检修工艺

图 10-21 所示为滚动轴承回转支承机构示意图。

随着斗轮机的长期使用，斗轮臂架回转轴承滚道磨损量加大，甚至出现滚道破裂现象，运行斗轮机时，会出现回转卡涩、扭动，平台剧烈振动并伴随异常声响甚至臂架无法回转等现象，此时应及时更换回转轴承。和回转台车取出方法类似，通常将门柱顶升后进行轴承的更换。

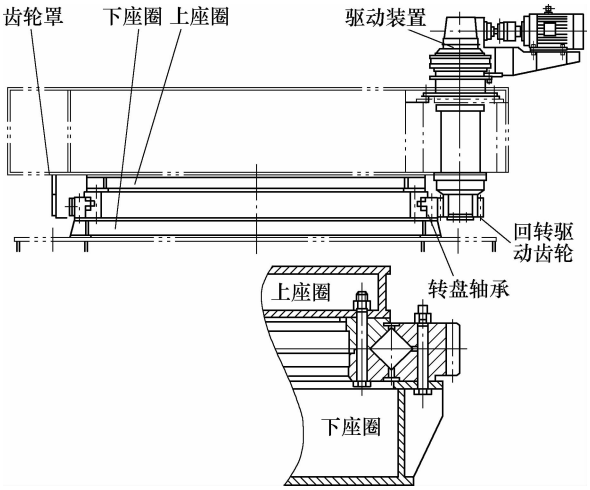


图 10-21　滚动轴承回转支承机构示意图

1. 轴承更换前的准备工作

1）除按照台车检修前的准备工作进行外，更换滚动轴承前，为保证固定平台的回转中心与回转平台的回转中心，在顶起和降落过程中不产生过大的偏移，以及上、下座圈与固定平台及回转平台连接螺栓的顺利穿入，可在上、下顶升座钢板的四角焊接定位心轴和导向套。

2）拆卸电缆、落煤筒，搭脚手架，以便拆卸大轴承的连接螺栓。

3）四只千斤顶顶起时稍稍吃力后，拧紧定位销法兰 4（图 10-22）上的双头螺柱 9，拆卸大轴承的连接螺栓，仅留外圈四角各一个螺栓。

4）拆卸行星小齿轮，松开定位销法兰 4 上的 16 个双头螺柱。

2. 拆卸过程

1）四角千斤顶同步顶起，通过标尺测量，高度误差不超过 2mm。调整两侧钢丝绳松紧度，待起升高度达 200mm 时停止。在定位销法兰 4 与导向套 5 的法兰之间放实调整垫铁。拧紧定位销法兰 4 上的双头螺柱。将 100t 千斤顶贴上封条。

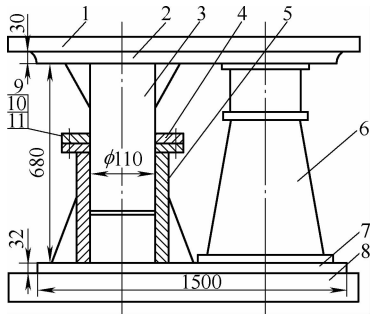


图 10-22　门柱顶升方法

1—回转平台　2、7—钢板　3—定位销轴　4—定位销法兰　5—导向套　6—100t 千斤顶　8—固定平台　9—M24 双头螺柱　10—螺母　11—垫片

2）用专用夹具卡住大轴承四角，拆卸仅留的四个螺栓。用四只 5t 千斤顶将大轴承顶高 230mm，大轴承与下座圈之间用实木垫紧，安装大轴承专用滑轨，如图 10-23 所示。

3）将大轴承放在专用滑轨上，用 2t 手拉葫芦将大轴

承朝与悬臂架垂直方向水平滑出 5 ~ 6m。

4）安装大轴承专用吊环螺栓和钢丝绳，用汽车起重机将大轴承吊下。

5）将新大轴承吊到滑轨上，用 2t 手拉葫芦将其拉入回转平台下方到位。

6）用专用夹具卡住新大轴承四角，用四只 5t 千斤顶将大轴承顶高 20 ~ 30mm，拆卸专用滑轨。落下大轴承，装外圈 52 个螺栓，但此时不要拧螺母。

7）将大轴承顶起，校对内圈与回转平台上座圈连接孔位置，安装螺栓并拧紧。

8）放下大轴承，拧紧外圈 52 个螺栓。

9）安装回转小齿轮，拆卸定位销轴和导向套及钢丝绳。

10）接通回转中心电缆，接通仰俯液压缸进出油管接头。

11）仔细检查后，送电试车，试车正常后，安装大轴承上的加油嘴及齿轮护罩，焊接回转机构左、右限位架。

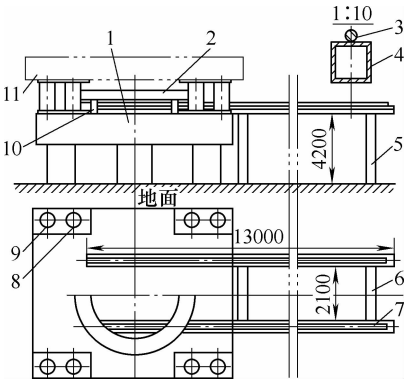


图 10-23　更换轴承工作示意图

1—回转平台　2—回转轴承　3—圆钢　4—槽钢　5—支腿　6—横梁　7—专用滑枕　8—定位销轴承　9—100t 千斤顶　10—5t 千斤顶　11—回转平台

第三节　斗轮机变幅机构的检修

斗轮机变幅机构（也称俯仰机构）由悬臂梁、配重架、变幅机构等组成。常见的有两种形式，即机械变幅机构（图 10-24）和液压变幅机构（图 10-25）。

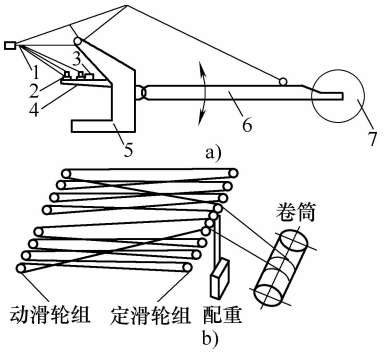


图 10-24　斗轮机机械变幅机构

1—动滑轮组　2—定滑轮组　3—卷扬机构　4—平衡架　5—门柱　6—悬臂架　7—斗轮

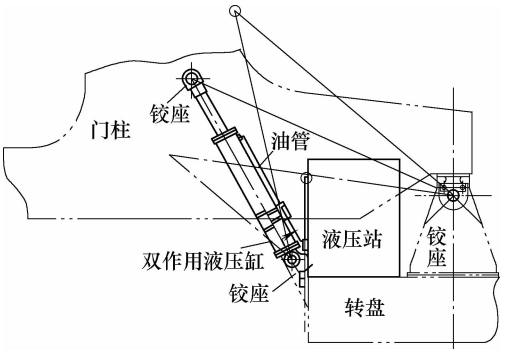


图 10-25　斗轮机液压变幅机构

一、机械变幅机构概述

图 10-25 所示，斗轮堆取料机的悬臂架以门柱的支承点为轴心，通过卷扬机构、钢丝绳牵引配重架尾部的动滑轮组带动前臂架一起实现仰俯动作。

采用钢丝绳俯仰形式的俯仰机构，一般都使用双钢丝绳相互独立工作的方式。其绳头固定在平衡杆上，以自动调整两根钢丝绳的长短，使其受力相等。钢丝绳绳头的固定方式安全可靠。钢丝绳及其滑轮的布置符合有关规范的要求，绳轮有防钢丝绳脱槽的措施。如图 10-26 所示，驱动装置为机械式、外传动方式，并配备安全可靠的制动系统。

二、机械变幅机构的检修

（一）金属构架的检修

金属构架的主要检查项目有：构架油漆剥落、腐蚀情况的检查；各焊接点，尤其是重要支承点是否有开焊、变形现象；各螺栓、铆钉连接是否松动、断裂或丢失；各箱体结构是否变形等。

1. 金属构架的焊接工艺

（1）焊缝的检查

1）焊缝高度应符合图样要求。

2）焊缝及热影响表面不得有裂纹、气孔、弧坑和夹渣等缺陷。

3）焊缝咬边。当板厚小于 10mm 时，不得大于 1mm，咬边连续长度不大于 100mm。两侧咬边总长不得超过焊缝总长的 10%。

4）焊缝应呈圆滑过渡至母材的几何形状，焊缝转角处应饱满。

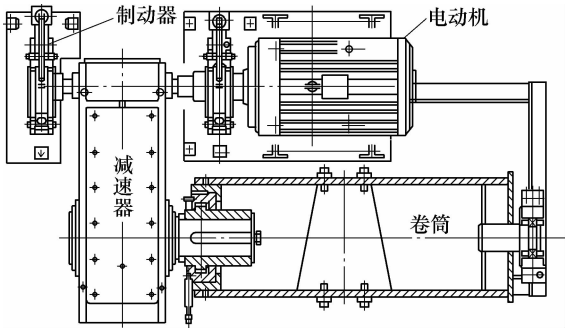


图 10-26　钢丝绳变幅机构驱动装置

（2）焊接注意事项

1）重要构件的连接接口处应开坡口。

2）焊接材料的型号、规格应符合设计图样及焊接工艺要求，一般 Q235A 构件可采用 E4303 焊条，16Mn 构件采用 E5015 焊条。异种材料构件之间的焊接，一般按强度较强的金属基体选用焊条。

3）烘干的焊条置于空气中超过 4h 时应重新烘干，但烘干次数超过三次的焊条仅能作为次要件焊接使用。

4）所有焊缝焊前必须彻底清除边缘（不小于 10mm）的水迹、油污、铁锈、油漆等杂物，直至露出金属光泽。

5）焊缝药皮应清理干净，焊瘤应铲除。

6）露天施焊时，凡遇雨、雪、大雾等特殊气候，无安全措施不允许焊接。

2. 高强度螺栓的连接工艺

1）连接前必须清理连接表面的污物、油漆及氧化皮等减少摩擦力的杂物，并用钢丝刷去浮锈，但不准用砂轮打磨。

2）安装高强度螺栓时，严禁强行穿入螺栓（如用锤子敲击）。如不能自由穿入时，应用铰刀修整，修整后孔的最大直径应小于 1.2 倍螺栓直径。修孔时为了防止铁屑落入迭板缝中，铰孔前应将四周螺栓全部拧紧，使迭板紧密贴紧后再进行。严禁气割扩孔。

3）安装高强度螺栓时，构件的摩擦面应保持干燥，不得在潮湿环境下作业。

4）拧紧高强度螺栓时，应用力矩扳手，且扳前必须找正，其力矩误差不得大于 ±5%，合格后方能使用。找正用的力矩扳手，其力矩误差不得大于 ±3%。

5）高强度螺栓的拧紧应分为初拧、复拧和终拧紧。

6）对成组螺栓的拧紧，应按照从中间向两边，按对角方向对称逐次拧紧的方式进行。

7）关于高强度螺栓预紧力的要求：用力矩扳手紧固高强度螺栓，控制力矩以达到要求的预紧力。根据 GB/T 1228—2006 ~ GB/T 1230—2006 的标准，高强度六角头螺栓的紧固力矩可按下式确定，即

$$M = KD_g d \tag{10-1}$$

式中　M——拧紧螺栓所需的力矩值；

K——力矩系数（0.11～0.15）；

D_g——预紧力；

d——螺栓直径。

K 由试验确定，一般取 0.11～0.15，D_g 可按设备施工规范要求选取或参考《钢结构工程施工质量验收规范》。

（二）变幅装置其他机构的检修

1）变幅装置其他机构驱动的检修主要包括：驱动卷筒、钢丝绳、滑轮组及其他连接件的修理及更换。

2）关于斗轮机液压变幅机构的检修问题见单元三第十章第五节。

第四节　大车行走机构及附属设备的检修

斗轮堆取料机大车行走装置采用轮轨式结构，由电动机、减速器、开式齿轮、行走车轮组、制动器或带制动的联轴器、夹轨器、钢轨组成，其结构如图 10-27 所示。

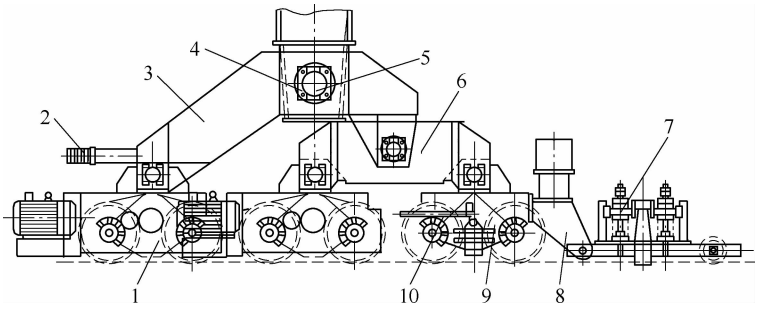


图 10-27　大车行走机构结构图

1—主动台车　2—缓冲装置　3—大平衡梁　4—卡板　5—销轴　6—不平衡梁
7—夹轨器　8—夹轨器支架　9—从动台车组　10—锚定装置

一、行走机构的检修

斗轮机行走机构为轮轨式结构，其主要特点是支承台车结构。支承台车用以承受斗轮机的自重与输送物料的重量，并传给轨道。为了减少轮压，承载较大的斗轮机行走机构都采用较多的车轮。另外，为使每个支腿下的各个车轮都与轨道接触，使轮压均匀，采用了均衡台车的结构。

支承台车由均衡梁、销轴和车轮组成。根据车轮数目，均衡台车的种类有两轮均衡（图 10-28）、三轮均衡台车（图 10-29）、四轮均衡台车、八轮均衡台车等几种形式。

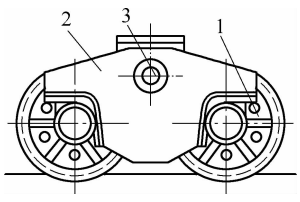


图 10-28　两轮均衡台车结构

1—车轮　2—均衡梁　3—驱动装置

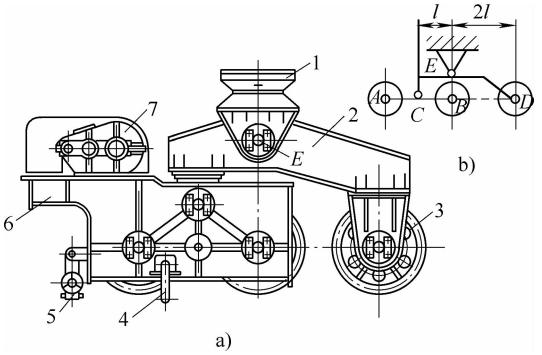


图 10-29　三轮均衡台车结构

a）结构图　b）原理图

1—转向支承轴承　2—第二层均衡梁　3—从动车轮
4—终点限位开关　5—夹轨器　6—第一层均衡梁
7—减速器

（一）行走台车的检修项目及技术要求

1. 车轮检修的技术要求

1）轮径磨损超过10mm时，应更换车轮。

2）轮缘磨损不得超过原厚度的40%。

3）所有车轮都必须同时与轨道接触，每个车轮垂直于轮轴的轴线，车轮对钢轨的垂直偏差小于2mm。

2. 行走轮轴与轴承的检修

行走轮轴检修质量标准见轴检修部分。

（1）采用滚动轴承时的安装间隙要求

1）3526轴承的安装间隙为0.06～0.10mm。

2）316轴承的安装间隙为0.015～0.04mm。

3）内侧轴承不应有轴向间隙。

4）出轴侧轴承应留有轴向间隙1～1.5mm。

（2）行走机构胀套装配技术要求　图10-30所示为单个行走车轮内部结构。

1）胀套在未套于轴颈前，切勿拧紧锁紧螺钉。

2）在减速器空心轴装配前，必须仔细地用酒精或丙酮清洗轴的外径及空心轴内径，保证连接面无任何润滑剂。胀套套到空心轴外表面前，必须仔细清洗表面，并涂上一薄层润滑油。

3）胀套准确地安装在减速器空心轴头上之后，即可用手拧紧3～4个等间距的螺栓，拧紧时要保证两个法兰盘相互平行，随后用手拧紧所有螺栓。

4）使用扭力扳手依次均匀地拧紧所有螺栓，每个螺栓每次约拧90°，直到达到规定的力矩值（根据设备说明书规定的力矩值）。在拧紧最后一周时，力矩增加5%。

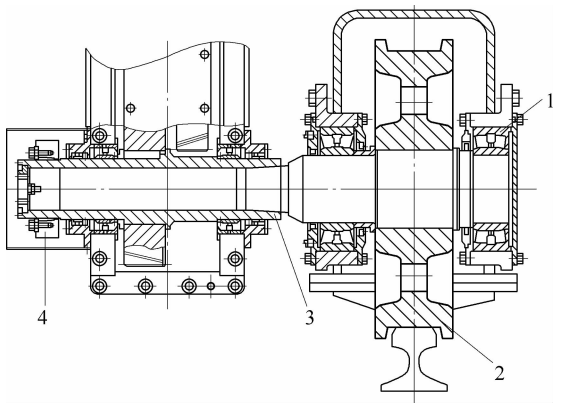


图10-30　单个行走车轮内部结构

1—调心滚子轴承　2—行走台车　3—空心轴

4—胀套及调整装置

（3）台车驱动齿轮啮合情况的检查　图10-31所示为台车齿轮驱动结构图，其啮合齿轮具体安装要求如下。

1）齿顶间隙不超过2.5mm。

2）齿侧间隙不超过0.5～0.6mm。

3）啮合斑点分布的面积：沿齿高方向大于40%，沿齿宽方向大于60%。

4）轮缘无局部严重磨损，且各轮缘磨损程度基本相同，车轮在运转时与其他部件不摩擦。

5）各车轮轴线的平行度均小于2mm。

（4）斗轮堆取料机行走轨道的检查（表10-5）

（5）齿轮联轴器的找正

1）行走机构齿式联轴器的齿轮磨损量不超过原齿厚度的20%～30%。

2）两半联轴器同心度公差、径向位移量均小于0.3mm，两啮合齿轮轴线倾斜角小于30′。

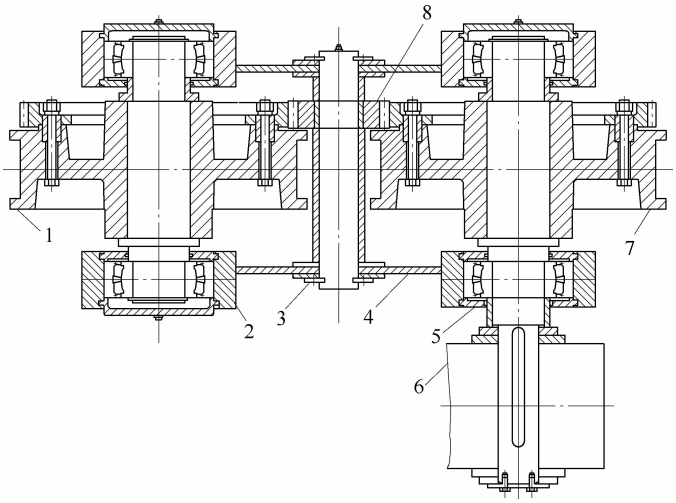


图 10-31　台车齿轮驱动结构图

1—带齿轮车轮Ⅱ　2—剖分式轴承座　3—卡板　4—台车架　5—润滑孔　6—减速器
7—带齿轮车轮Ⅰ　8—中间传动齿轮（惰轮）

表 10-5　斗轮堆取料机走行轨道的检查

项目	安装基准	简　　图	测量方法	技术要求
跨度	公差为 ±5mm		钢卷尺测量	公差为 ±10mm
直线度	在 30m 内 公差为 ±6mm	12 30 000	经纬仪或 钢琴弦测量	公差为 ±20mm
局部直度	公差为 1/500	2 1m	经纬仪或 钢琴弦测量	公差为 1/400
左右高度差	公差为 1/2000		水平仪或 经纬仪测量	公差为 1/1500
左右交叉局部高度差	在 10m 长度内公差为 5mm	4 10m　10m	钢琴弦或经纬仪测量	在 10m 长度内 公差为 8mm
总坡度	在全长公差为 1/2000	5 10m	水平仪或经纬仪测量	公差为 1/2000
局部坡度	10m 内公差为 1/2000			公差为 1/1500
接头位置度	顶面或侧面公差为 0.5mm	1	钢直尺测量	顶面或侧面 公差为 1mm

（续）

项目	安装基准	简　　图	测量方法	技术要求
接缝间隙	公差为5mm，但夏季高温时不能接触	≤5	钢直尺测量	公差为5mm
轨枕倾斜度	公差为1/50（0°9′）	水平仪 A B	A、B的平行度应事先检验标定，水平仪测量	公差为1/30（0°55′）

（二）台车驱动装置的检修

图10-32所示为行走台车驱动装置结构图，三级立式减速器装于斗轮机两侧的驱动台上，立式布置，其输出轴为空心轴，轴内孔带1:10的锥度（图10-30）与台车传动轴相配合。

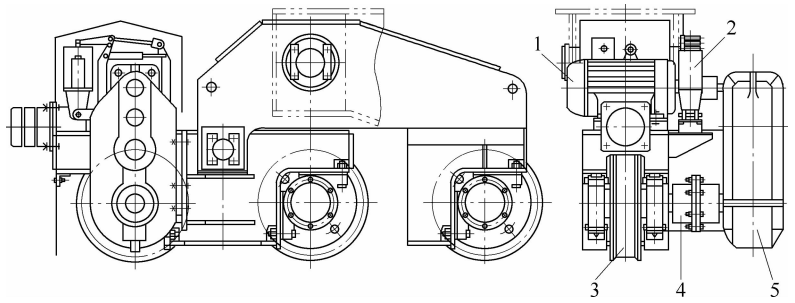


图10-32　行走台车驱动装置结构图

1—电动机　2—带制动轮的齿轮联轴器　3—行走轮　4—弹性联轴器　5—立式减速器

现驱动部分的减速器多采用立式正交轴硬齿面减速器，其特点是减速器、制动器、电动机为整体结构，并有一套强制润滑系统。夹轨器、风力警报及机械驱动采取联动。当风速超过20m/s时，驾驶室发出声光信号；当风速达到25m/s时，夹轨器自动夹轨。夹轨器未松开时，设备不能起动。为了缩短无负载空行程的走车时间，驱动电动机都采用双速电动机，快速为无负载行走速度，可达30m/min，慢速为工作速度，通常为5m/min。

斗轮机台车行走驱动装置长期运行后，由于机构的磨损，如车轮与轨道的磨损变形，造成车轮歪斜；减速器长期运行后，由于地脚螺栓及其他紧固件松动，造成输入轴扭转，甚至损坏齿形联轴器、减速器或电动机等。现将其检修工艺及技术要求作如下表述。

斗轮机台车行走驱动装置的检修包括：减速器的解体检修、轴承的检修及联轴器的检修等。驱动部件的具体检修工艺见通用设备检修部分，这里不再赘述，现将减速器的拆装过程作如下重点介绍。

1）用起吊装置通过减速器头部的起吊环，将减速器垂直吊住，以钢丝绳微微吃力为宜。

2）利用铜棒和锤子打出减速器耳环上的销轴，利用倒链、撬杠等工具，把减速器水平向外侧移动，从驱动轴上取下。

3）检修减速器。

4）减速器装配过程是：垂直吊住减速器，将减速器低速轴套在驱动轴上，用专用套管打入，紧固。固定螺母，锁紧止退垫，减速器低速轴轴承用压盖固定，再固定减速器柱销，以上、下轴传动灵活，箱体无移动为原则。

二、夹轨器的检修

（一）常用夹轨器的类型及工作原理

夹轨器的作用是为防止斗轮机在强风作用下沿轨道滑行。它通常采用与斗轮机底部结构连接在一起的夹钳，夹住轨道头部的两个侧面来防止滑行。夹轨器分手动式和电动液压式两种（图10-33）。手动夹轨器一般为螺杆式，结构简单，但夹紧力小、动作慢，主要用于在挡风面积不大的中小型或临时性用途的工程机械的行走机械上。

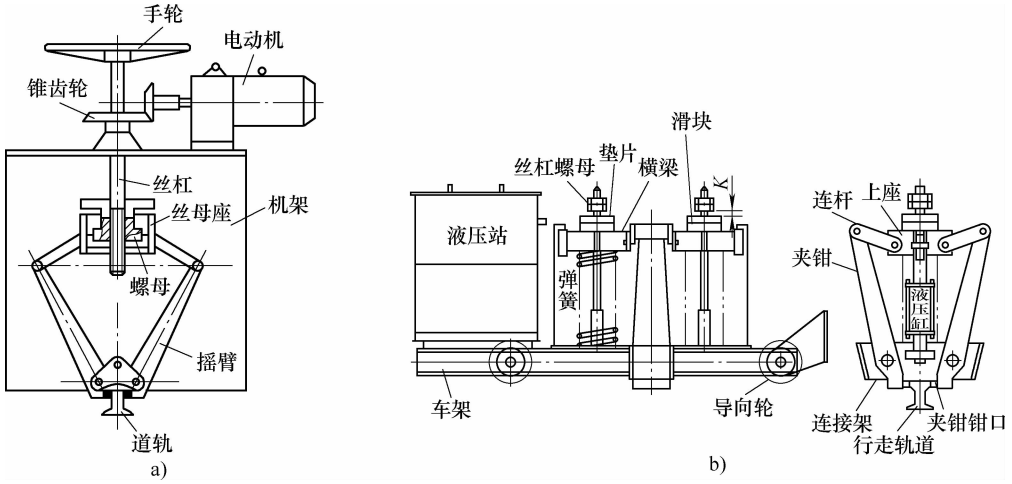


图 10-33　夹轨器液压控制原理图

a）手动夹轨器　b）电动液压夹轨器

弹簧式电动液压夹轨器是目前在斗轮机上采用较多的一种夹轨器。夹轨器的夹紧是以弹簧为动力，通过横梁、连杆、夹钳等实现对钢轨的夹紧；夹轨器夹钳的张开靠其自身的液压系统完成。

弹簧式电动液压夹轨器通过风速仪与斗轮机实现电气联锁，当风速仪检测的风力超过保证斗轮机正常作业的风级（通常相当于6～7级）时，斗轮机断电，夹钳夹住轨道。这种夹轨器的工作可靠性较高。

液压夹轨器液压控制系统如图10-34和图10-35所示，其工作原理如下：

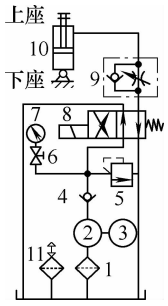


图 10-34　夹轨器液压控制原理图一

1—滤油器　2—液压泵　3—电动机　4—单向阀　5—溢流阀　6—开关　7—压力表　8—电磁换向阀　9—单向节流阀　10—液压缸（位在本体上）　11—空气过滤器

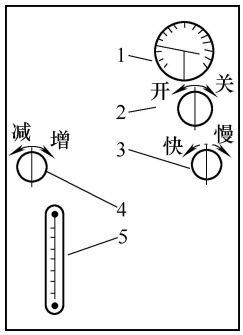


图 10-35　夹轨器液压控制原理图二

1—压力表　2—压力表开关　3—单向节流阀手柄　4—溢流阀手柄　5—油位计

当上座上移，活塞杆也同步上移，通过电磁换向阀，液压缸上腔油返流到油箱，上座上移过程中，通过连杆把夹钳向外侧推开，同时夹钳钳口的张开角度逐步减小，直至紧压钢轨两侧产生

正压力，使钳口与轨道接触面间产生摩擦力，即防滑力，当防滑力足够大时，设备被制动。

设备在轨上走行前，夹轨器必须松开，这时，起动液压泵，其输出的油液经单向阀、电磁换向阀回到油箱，当换向阀油路换向成交叉形时，若油压低，则经单向节流阀回油箱；若油压升高，则油液克服压簧的弹力、经单向阀、换向阀、单向节流阀，进入液压缸上腔，活塞下移，带动上座向下移动，钳口张开。

安装后，节流阀、溢流阀都已调好，若因各种原因，压力下降，则可正向调节溢流阀，待压力表指示到合适压力时，用双螺母紧固。若上升、下降速度慢，可调整节流阀的调节螺钉，顺时针拧，液压缸动作加快；逆时针拧，液压缸动作减慢。

（二）夹轨器的检修质量标准

1）锥齿轮：

①齿轮无裂纹，锥齿无其他明显异常，轮齿磨损应小于原齿厚的20%。

②大端齿顶间隙为1mm，啮合线在节圆线上。

③啮合斑点沿齿高和齿宽方向均大于40%，且啮合接触不得偏向一侧。

2）主轴：

①主轴的弯曲度小于全长的1/1000。

②主轴梯形螺纹部分应完好，无断扣、咬扣、斑剥等缺陷，磨损应不大于标准规定。

③空心油道应清洁、畅通。

3）主轴螺母：

①螺纹应完好无损，牙型磨损量小于原螺纹的1/3，否则应予更换。

②螺母衬套与螺母体配合紧密，无松动，定位销螺栓紧固，且与端面平齐。

③螺母体应完好无裂纹，螺孔中螺纹无损伤。

④装在螺母中间连杆上的销子应转动灵活，且无局部磨损；销子完整无弯曲。

⑤连接主轴螺母和滑块的四根螺栓无断裂、弯曲和其他明显损伤。

⑥滑块在主轴螺母上应固定牢靠，四根螺栓长短一致。

⑦当螺栓头与滑块接触时，涡卷弹簧应为自由状态（无预压缩量），且弹簧上端面与主轴螺母下端面无间隙。

4）螺栓头部应涂以明显的颜色，以便检验涡卷弹簧的压缩量。

5）钳夹各销轴应灵活而无松动，定位销牢固可靠且平整，各销轴与孔的配合均为H9/f9。

6）两闸瓦平行且高低一致，闸瓦沿销轴应有一定的活动量，以便增加适应能力。新换的闸瓦除应满足几何尺寸外，其表面硬度应为280～320HRC。

7）限位开关的调节行程应符合以下规定：将涡卷弹簧压缩30mm时为下限点，将主轴螺母由下限点上行185mm锁定时为上限点。

8）各润滑点和防锈蚀部位全部涂注钙基润滑脂。

9）各结合螺栓紧力均匀可靠，密封罩完整，无变形，导轨槽平直光滑；行程指示牌完整、鲜明。

10）夹轨钳制动器（电动、手动）灵活可靠，限位动作准确，锥齿轮啮合平稳，无异常噪声。

第五节　斗轮机液压驱动装置的检修

从目前斗轮机的使用情况来看，斗轮机各主要工作机构（包括斗轮头部回转驱动、斗轮臂架回转驱动、斗轮臂架仰俯驱动及尾车头升降机构）采取液压驱动方式较相应的机械驱动方式具有工作安全平稳，能输出较大功率及转矩，便于实现自动控制等优点，故斗轮机液压驱动是今

后斗轮机的发展方向。现针对各机构液压驱动装置进行如下分析。

一、斗轮机液压回转调速系统

DQ 系列斗轮堆取料机液压控制回路如图 10-36 所示，它的回转调速系统（包括斗轮头及斗轮机臂架回转）采用工程机械上常用的闭式容积式调速控制回路（具体工作原理参看单元一第三章第三节）。其具体工作过程如下所述。

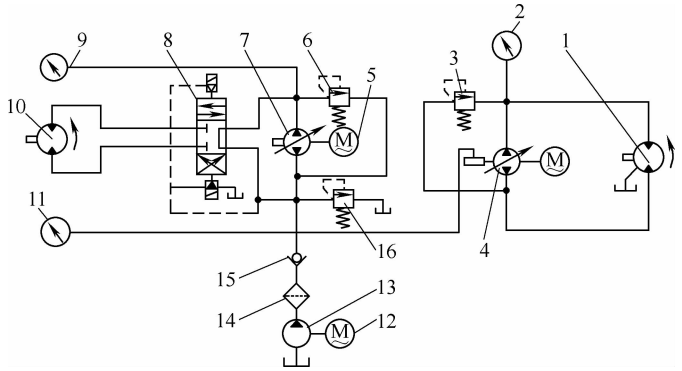


图 10-36　DQ3025 型斗轮堆取料机液压控制回路

1—NJF—40 型双作用马达　2、9、11—油压表　3—YF—F50H 型溢流阀　4—ZB3—732 型双向变量泵　5、12—电动机　6—YF—B20H 型溢流阀　7—ZBSV40 型变量泵　8—三位四通电磁换向阀　10—NJM—2 型双向变量马达　13—CB—B100 型齿轮泵　14—滤油网　15—DF—B20K 型单向阀　16—Y—100H 型溢流阀

（一）回转油系统的组成

1. 主机液压系统

主机液压系统在主油路上并联两个闭式液压调速回路且左右基本同形（不包括仰俯油系统）。右边主油路和支油路共同构成了斗轮回转液压控制系统，而左边主油路和支油路共同构成了斗轮机悬臂架回转液压控制系统。这两个油路均为变量泵和定量马达组成的容积调速回路。

2. 补油系统

补油系统的元件有 CB—B100 型齿轮泵 1 件、ZU-63 ×20S 型过滤器 1 件，Y100—B 溢流阀 1 件、DF-B20K 型单向阀 1 件、油箱 1 件。

电动机驱动齿轮泵从油箱中将油打入泵中，并从出口排出，经过滤器过滤后供油至斗轮及悬臂架回转液压系统。主机系统液压泵的使用压力在 0.5MPa 以上（一般调整到 0.9 ~ 1.5MPa），但是一定要注意的是，只有当补油压力达到 0.9 ~ 1.5MPa 时，才能起动斗轮回转液压泵电动机和悬臂回转液压泵电动机。但调节泵的流量时，必须将补油压力调整到 2.0MPa。

（二）回转油系统的工作原理

1. 斗轮回转油系统的工作原理

斗轮回转油系统包括：斗轮回转液压主油路和液压补油路两部分。液压主油路由 ZB3-732 型双向变量泵、YF-F50H 型溢流阀、NJM-40 型液压马达、压力表等组成；液压补油路组成元件同以上所述。

其回路工作原理是：当电动机接通电源后旋转，再通过联轴器带动液压泵旋转。液压泵在额定转速下工作，液压油通过油管路作用于液压马达。液压马达在液压油的作用下，作旋转运动，并通过减速装置、驱动斗轮旋转，完成取煤作业。YF-F50H 型溢流阀在系统中起限压保护作用。当系统压力超过溢流阀调整压力时（额定工作压力为 16MPa），溢流阀主阀开启，使一部分液压油通过管路回到液压泵的进油管，从而使系统压力降低，起到保护作用。当系统压力低于溢流阀

调整压力时，溢流阀主阀关闭，使系统正常工作。由于斗轮回转液压泵采用了双向变量泵，故可通过改变进出油方向，改变斗轮回转方向；通过调整液压泵出油口大小，调整斗轮回转速度（见本课题斗轮机液压系统的调试）。

2. 斗轮机臂架回转液压控制回路

液压元件由 ZBSV40 型变量泵、NJM-20 型液压马达、34DYF-B20H-T_{22}型三位四通电磁换向阀、YF-B20H 型溢流阀等组成。

其回路工作原理是：起动补油泵，当补油压力达到规定值时（0.9～1.5MPa），起动电动机及回转液压泵，输出液压油。当右边电磁铁带电，三位四通换向阀 P、A 相通，B、O 相通。液压油通过三位四通换向阀、油管道进入液压马达。液压马达在液压油作用下，作旋转运动。通过蜗杆减速器和齿轮驱动回转机构，使悬臂架回转。当左边电磁铁带电，三位四通换向阀 P、B 相通，A、O 相通。液压油通过三位四通换向阀、油管道进入液压马达。液压马达在液压油作用下，作反方向旋转。通过蜗杆减速器、齿轮驱动回转机构，使悬臂架反方向回转。回转系统的溢流阀与斗轮回转系统的溢流阀一样，起限压保护作用。当系统压力超过溢流阀调整压力时（额定工作压力为 6～12MPa），部分液压油通过油管路回到油箱。

（三）斗轮机液压调速系统的调试

1. 压力试验（关于液压系统压力试验的内容及安全措施参看单元二第五章第三节所述）

2. 斗轮机液压调速系统的调试方法

1）严禁在斗轮机油系统工作时，对液压泵、溢流阀等液压元件进行调试。

2）向系统送油，并将系统中有关的放气阀打开，以排净空气。在排除液压元件中的空气时，可使液压元件在无负载状态下反复动作以便排净空气。若空气已排净，可将放气阀关闭。此时再排空气时，应会有油液从阀中喷出。

3）调整溢流阀前，应先将液压油加满，然后按下面方法进行调整。

①先进行补油系统的调整。待补油系统的压力（系统工作压力为 0.9～1.5MPa）、流量正常后，方可进行各单元闭式油系统的调整。

②变量泵的流量必须从零开始，从小到大逐渐调整流量，直到流量满足工作需要为止。

3. 斗轮回转速度的液压调试

如图 10-36 所示，为了达到斗轮需要的转速（0～10r/min），需改变液压泵的流量，其方法可通过液压泵流量调节机构进行调整，具体操作详见单元二第五章第一节。

4. 液压元件的调试注意事项

1）调整溢流阀的压力时，必须从小到大逐步升高，直到满足系统工作压力为止（按回转工作压力进行调整），且调压前将溢流阀调节手柄放松后，才能起动液压泵。

2）节流阀的调整，可根据系统的要求从大到小进行调整，直到满足工作速度为止（以工作平稳、无冲击为原则）。

3）液压元件各调整手轮的变化，必须一点一点地进行。

4）液压系统全部调整工作结束后，必须将各调整手轮卸掉，并将各元件调整的位置，采取可靠的措施锁紧。

二、斗轮机臂架变幅（仰俯）液压控制系统

（一）斗轮机臂架变幅（仰俯）液压控制原理

1. 含顺序阀的液压仰俯平衡回路

图 10-37 所示为 DQL1000/1200·30 型斗轮堆取料机仰俯油系统，其工作原理如下所述。

（1）系统组成　该系统由下列元件组成：ZBSV—10 型轴向柱塞泵（1 台）、YF—L20C 型溢

流阀（1 件）、34DYM—B20H—TZZ 型电液换向阀（1 件）、双作用仰俯液压缸（2 个）、XDF—B20F 型单向顺序阀（安装在液压缸上）等组成。

（2）工作原理　当 ZBSV40 型泵起动后，由补油系统供应的低压油液进入该泵的进油口，从泵出口排出的高压油经换向阀（P、A 相通，O、B 相通）和单向顺序阀中的单向阀进入液压缸上腔，这时安装在液压缸下腔油口上的单向顺序阀中的顺序阀被由上腔引入的高压油打开，此时液压缸活塞在高压油推动下向下运动。当换向阀中的滑阀处于中间位置时，油路被切断，液压缸停止动作。换向阀处于另一位置（P、B 相通，O、A 相通）时，活塞向上运动。安装在液压缸上的单向顺序阀起远控单向阀的作用，当换向阀处于中间位置时，切断顺序阀的油液，顺序阀即处于关闭状态，液压缸中的油液不能流出，起到液压锁的作用，保证设备不会在油管断裂时发生重大事故。

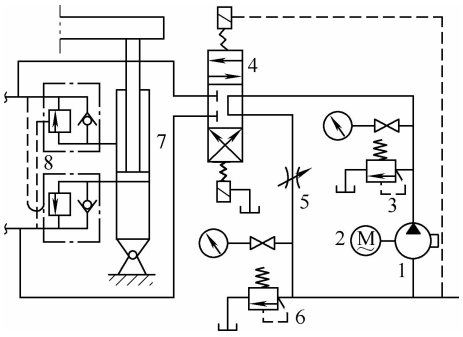


图 10-37　DQL1000/1200 · 30 型斗轮堆取料机仰俯油系统

1—轴向柱塞泵（ZBSV—10 型）　2—电动机　3—溢流阀（YF—L20C 型）　4—电液换向阀（34DYM—B20H—TZZ 型）　5—节流阀　6—溢流阀（P—B63 型）　7—变幅液压缸　8—单向顺序阀（XDF—B20F 型）

2. 采用液控单向阀和节流阀控制的斗轮机变幅机构（以 DQL1500/1500 · 35 型斗轮堆取料机为例）

（1）系统组成　如图 10-38 所示，该系统由油箱、液压泵、电动机、阀等组成。液压泵采用恒压变量泵。液压泵站完成液压系统的起动、停止、卸荷（超压保护）控制，并通过平稳回路使变幅液压缸在任意位置停留及保持，其系统的压力、流量可在允许范围内任意调节；当环境温度过低时，可对油液加温；当超温、超压及过滤器堵塞时，可提供报警信号，从而实现超载保护。

（2）工作原理　当电动机 8 起动后，柱塞变量泵 9 开始向系统供油，此时各电磁阀均处于停电状态，柱塞变量泵 9 供出的油液经电磁阀 14 中位直接回到油箱。当操纵开关处于“变幅升”位置时，电磁阀 14 右侧电磁铁和电磁阀 15 同时通电，柱塞变量泵 9 的来油经电磁阀 14、叠加式双联单向节流阀 16 右侧的单向阀，及每个锁块右侧的液控单向阀进入变幅缸的无杆腔，使活塞杆伸出，有杆腔的油液经液控单向阀 18 的左侧，单向节流阀 16 中左侧的节流阀，最后经电磁阀 14 回油箱。当操纵开关处于“变幅降”位置时，电磁阀 14 左侧的电磁铁和电磁阀 15 同时通电，其油液流动方向与“变幅升”相反。

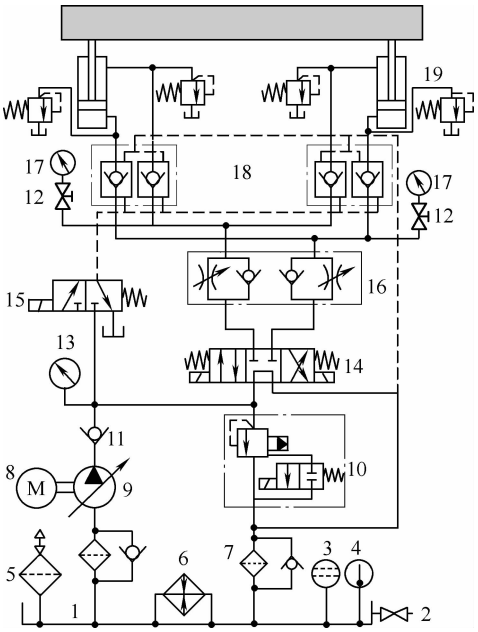


图 10-38　俯仰液压原理图

1—油箱　2—放油截止阀　3—液位指示计　4—电接点压力式温度计　5—空气过滤器　6—加热器　7—直回式回油过滤器　8—电动机　9—柱塞变量泵　10—卸荷阀　11—单向阀　12—压力表开关　13—电接点压力表　14、15—电磁阀　16—叠加式双联单向节流阀　17—压力表　18—液控单向阀（液压锁）　19—溢流阀

（二）俯仰液压系统调试方法

1. 压力调节方法

如图 10-38 所示，调节压力时应首先调节溢流阀 19 的调压螺杆，使其处于旋松状态（逆时

针旋转），然后使泵供油，再进行调节，调节时需使电磁阀 14 供电，并使变幅缸处于某一端的极限位置。如果不具备使变幅缸处于某一端极限位置的条件，可关闭叠加式双联单向节流阀 16 的节流阀口（调节完后立即打开）。完成上述工作后即可调压，逐渐拧紧（顺时针旋转）调压螺杆，使其达到设定值，压力调定后，用螺杆上的螺母锁紧固定。

2. 流量的调节

流量的调节可由恒压变量泵的变量机构实现自动调节（调斜盘角度）。

3. 俯仰升降速度的调节

俯仰升降速度的调节，可通过调节叠加式双联单向节流阀 16 中的节流阀来实现。该系统为出口节流调速。左侧节流阀调上升速度，右侧节流阀调下降速度。一般情况下该阀应调至使俯仰下降速度略高于上升速度，且液压系统与悬臂架不振动为宜。

（三）液压变幅机构的检修

俯仰液压缸有两种结构，一种是采用只受压力的单作用液压缸，另一种是受拉压的双作用液压缸，后者被较多地采用。如图 10-39 所示，液压变幅机构由双作用液压缸、带关节轴承的铰座等组成，而液压系统则由俯仰液压站及管路附件等组成。液压变幅机构的检修主要是指液压控制回路的故障排除及液压元件的检修问题，关于具体检修方法及要求见单元二第五章所述，下面简述其检修工艺及质量标准。

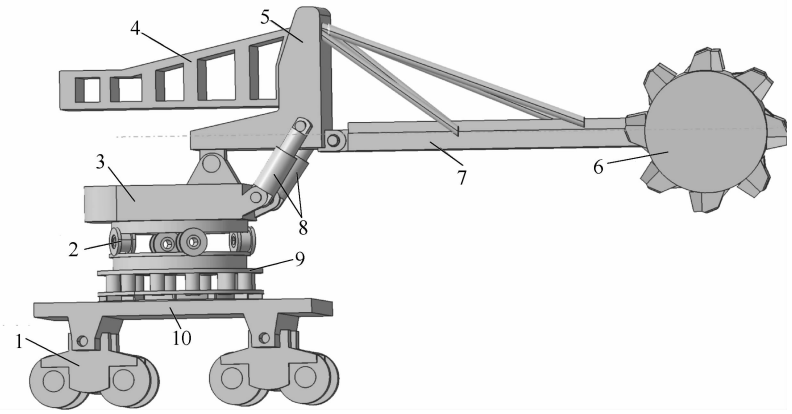


图 10-39　斗轮机液压变幅机构（图中未画臂架回转驱动机构）

1—台车组　2—回转台车　3—门柱平台　4—配重架　5—门柱　6—斗轮　7—悬臂架

8—变幅液压缸　9—回转盘　10—门座架

1. 检修工艺

1）液压缸拆卸时，要使悬臂架处于水平位置，并固定，可将斗轮放在高煤堆上，再在悬臂架下合适的位置用倒链连挂 1 ~ 2 个推煤机，以防止悬臂架倾斜，造成设备损坏。拆下液压缸后严禁增减后悬梁上的配重块，严禁在悬臂架上进行其他设备的拆卸检修工作，严防破坏整机平衡。

2）在打销子时，要用倒链将液压缸固定，以防止液压缸倾斜。

3）在吊装液压缸时，要用钢丝绳捆住缸体，不得直接吊起活塞杆。

4）液压缸安装后应牢固，液压缸的安装面和活塞杆的活动面要保持足够的平行度与垂直度要求。

5）液压缸安装完毕，必须将缸内空气排出，并充足液压油后，方可拆除固定悬臂架的设施。

2. 检修与安装质量标准

1）液压驱动装置的检修质量标准参看单元二第五章第三节。

2）俯仰液压缸支承点的位置度误差小于或等于 10mm。

3）液压缸轴线的垂直度误差不大于 1‰，位于门柱两侧的铰座同心度误差不大于 1‰。

4）俯仰液压缸对悬臂架中心线的对称度误差为 10mm。

5）液压缸支承铰轴中心线对臂架中心线的垂直度误差在铰轴长度内应小于或等于 2mm。

6）必须对行程、负载和装配条件加以充分考虑，以防活塞柱在外伸工况时产生不正常的弯曲。

7）支座式液压缸的支座若不采用键或销承受切应力时，则地脚螺栓必须能经受全部应力，不致引起危险。

8）安装液压缸时，若结构允许，进、出油口位置必须在最上面，液压缸必须装有使其能自动放气或装有方便的放气口。

9）门柱两侧液压缸活塞柱的升降应同步，升降高度应一致。

（四）关于液控单向阀泄油方式的改造

由图 10-38 及图 10-39 可知，斗轮机悬臂架由两刚性连接的并联液压缸驱动。由于斗轮式堆取料机俯仰装置的工作负载可使液压缸伸出或缩回，且工作负载均有垂直方向的分量，所以液压回路宜采用液控单向阀和节流阀组成的平衡回路。又由于斗轮机臂架在某些情况下承受的负载超越其承受能力，因而采用双向的液控单向阀来控制。

从目前的使用情况来看，已有的斗轮机液控单向阀多采用内泄式，内泄式液控单向阀的结构如图 10-40 所示。

经实践证明，如果回路采用内泄式液控单向阀和节流阀组成的平衡回路来控制俯仰装置的动作，由于斗轮机特殊的结构及工作条件，很难调整节流阀的开度，使其达到一个稳定的工作点，尤其是液压缸返回的工作过程，根本无法调节；而液压缸伸出的工作过程虽然在理论上是可以调节的，但调节量与负载的变化以及活塞两腔的作用面积有关，调节起来也是十分困难的。因而采用上述内泄式液控单向阀和节流阀组成的俯仰装置液压回路，必然会引起斗臂的剧烈振动。故可将液控单向阀的泄油连接方式作如下改进（图 10-41）：

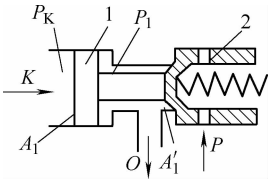


图 10-40　内泄式液控单向阀的结构

1—控制阀芯　2—主阀芯

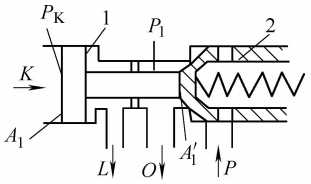


图 10-41　外泄式液控单向阀的结构

1—控制阀芯　2—主阀芯

1）控制阀芯、阀杆处增加密封装置。

2）阀杆处连接一外泄油口，即将液控单向阀由内泄式改为了外泄式。经此改进后，消除了斗轮机臂架的振动，提高了斗轮机运行的稳定性和安全性。

第六节　斗轮机配重的调整

斗轮机配重的调整影响设备的正常使用和安全运行。实际工作中，斗轮机长期运行后，配重往往会变轻，当斗轮机配重过轻时，会导致取料斗轮斗接地力过大（所谓接地力是指俯仰系统在某一俯仰角度时斗轮由地面承受的载荷大小，此时俯仰系统的液压缸或钢绳不受力），引起仰俯出力过大，轮斗磨损加快，机械损伤严重。当斗轮机在迎风、大仰角情况下工作时，斗轮机的

前倾倾向严重，甚至在使用过程中出现回转台车背向悬臂侧悬空的现象，更严重时拉毁防翻装置，因此存在极大的安全隐患。

当斗轮机配重过重时，则取料斗的挖掘力不足，不能适应系统大载荷工作的需要。当斗轮机在迎风、大仰角工作时，斗轮机的后倾倾向严重。故斗轮机合理配重的调整是保证斗轮机在大风天气下不出重大事故和正常取料的根本保证。

斗轮机配重量的调整主要采用两种方法：一种是接地力的测量方法；另一种是液压缸受力测量法。但不管采用何种方法，其原理从本质上是完全相同的。现以接地力测量法为例对斗轮机配重的调整作以下分析。

一、斗轮机配重的基本原理

斗轮机配重是为了平衡前部悬臂的重量，使整个旋转部分的重量比较均衡的压在回转台车上，从而保证回转部分稳定。斗轮机门座以上的回转部分可简化为四杆机构工作原理图，如图10-42 和图 10-43 所示。

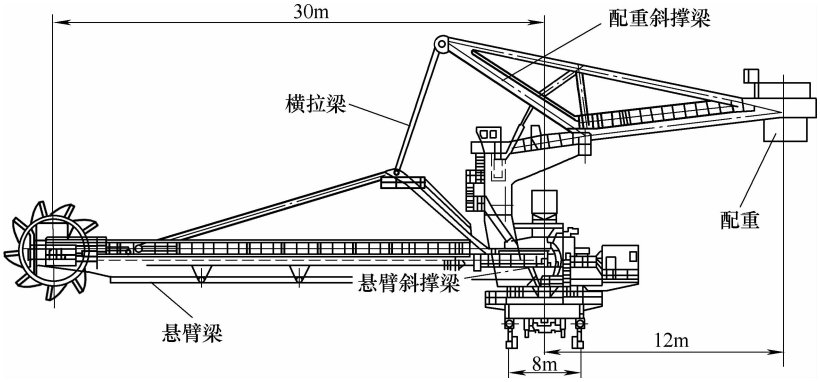


图 10-42　斗轮机工作原理图

通过简化图形，可以得到杆件 3、4、5 所组成的四连杆机构，如图 10-44 所示。

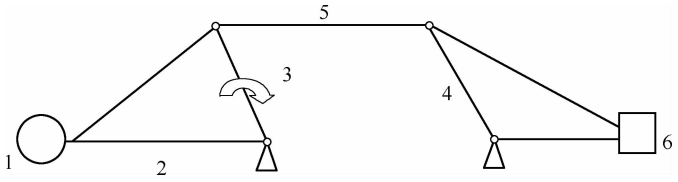


图 10-43　斗轮机臂架回转部分简图
1—斗轮　2—悬臂梁　3—悬臂斜撑梁
4—配重斜撑梁　5—横拉梁　6—配重

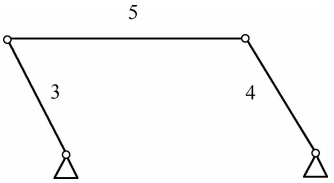


图 10-44　斗轮机臂架回转部分原理图

由于杆件 3 的长度与杆件 4 的相当，杆件 5 的长度与基座两点间的距离相当，故此四连杆机构为平行四边形，可得出以下结论：悬臂俯仰角度与配重俯仰角度相同。也就是说，存在下列公式，且与角度无关，即

$$F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2 - F_3 \times L_3 \tag{10-2}$$

式中　F_1——斗轮机接地重量；

L_1——斗轮机接地重量力臂；

F_2——斗轮机悬臂总重量；

L_2——斗轮机悬臂总重量力臂；

F_3——配重重量；

L_3——配重重量力臂。

设 $F_1 \times L_1 = M_1$；$F_2 \times L_2 = M_2$；$F_3 \times L_3 = M_3$，则有

$$M_1 = M_2 - M_3 \tag{10-3}$$

因此，在不考虑摩擦，且悬臂处于任何角度时，都可以调整斗轮机的配重。

二、斗轮机配重的测量

为了保证正常工作，斗轮机悬臂前端接地力应保证在 2 ~ 2.5t 之间，测量方法有两种：计算法和实际测量法。

（一）计算法和实际测量法

计算法主要用于斗轮机设计过程中的配重核算，实际测量法则用于现场的调整。由于没有斗轮机详细的各部件重心分配和重量，因此在生产实践中主要采用实际测量法。

（二）斗轮机配重的实际测量法

斗轮机配重的实际测量有两种方法：水平吊重测量法和接地压力测量法。

1. 水平吊重测量法

将斗轮机悬臂梁起升到水平位置，用 50t 起重机吊住斗轮减速器大轴位置进行称重，以仰俯钢丝绳不受力为准，直接从起重机吊重仪表读数。悬臂梁自下而上升到水平位置和自上而下降到水平位置，共计测量 5 次，取算术平均值。然后取标准重物，同一起重机起重臂抬升到相同角度，伸出相同长度后吊重 3 次，取算术平均值。根据标准重物测得的读数除以标准重量，计算出起重机仪表的误差比例。以配重测量值除以该比值，得到配重实际值。这种方法比较简单，易于现场实现，实际值近似于计算法所得的结果。

2. 接地压力测量法

在斗轮机斗轮减速器大轴位置处安装触地杆，长度以下部取料斗中心线为准；在地面安装小型地秤，高度以斗轮机悬臂梁降到正常取料高度为准；测量时以触地杆压在地秤上，测量多次，取算术平均值。

3. 现场实际测量法确定配重实例分析

某电厂在斗轮机第一次大修时，观察到配重电动机出力大，料斗磨损比较严重，通过了解斗轮机安装时的情况，发现斗轮机配重失衡。在进一步了解得知，斗轮机安装施工过程中，在尾部加配重块时，使用 2t 手拉葫芦起吊斗轮减速器大轴位置处吊环，发现该手拉葫芦未受到破坏，则认为配重合格，这种测量方法非常粗糙，它首先忽略了起重工具的安全系数（载物时，安全系数为 6 ~ 8，载人时，安全系数为 12 ~ 14，手拉葫芦的安全系数至少为 3），该方法只能够测量出接地力小于 6t 的情况；其次危险性比较大，如果前面配重过大造成手拉葫芦破坏，易损伤人身或设备。由于未采用正确的测量方法，导致尾部配重少于应配值。

为了正确配重，采用了水平吊重测量法，经过测量和误差系数调整，5 次测量重量分别为 5.5t、5.7t、5.4t、5.7t、5.6t，计算算术平均值为 5.58t，减去吊钩重量 0.5t，结果为 5.08t，大于标准值 2.58 ~ 3.08t（接地力理论上在 2 ~ 2.5t 之间），根据前面公式说明配重过轻，需要增加配重。

若煤场采用汽车上煤，煤层比较硬，为了保证一定的挖掘力，建议将接地力调整到 3 ~ 4t，也就是说，增加配重后，可使接地力最多减少 2.08t（接地力减少量在 1.08 ~ 2.08t 之间）。

DQ1200/1200 · 30 配重力臂为 12m，悬臂梁力臂长 30m。根据式（10-2）和式（10-3），现将接地力调整至 3t，如上所述，现将接地力减少 2.08t，则应增加的配重值为

$$\Delta = \frac{2.08 \times 30}{12}\text{t} = 5.2\text{t}$$

若将接地力调整至4t，则应增加的配重值为2.7t。

故经计算可以得出需增加的配重值在2.7t～5.2t之间。

计算出需增加的配重量之后，可采取如下施工方案：

将左右配重沙箱中的沙子取出，换成钢球。钢球每个重1kg，共计回填钢球4000个，重达4t，减去沙子重量，实际增加重量约为3.7t，即减少接地力1.48t，接地力经计算后，理论值为3.6t，实际测量值为4.5t（配重不按照比例减少，主要是由于机械间的摩擦导致），故完成配重调整。

三、斗轮机配重块的更换

斗轮机在长期使用后，水泥配重块会因出现裂纹，而不断有小碎块坠落，为了保证安全，需要更换配重块。取下配重块后，悬臂梁前端将产生10t左右的前倾力，必须采用可靠支撑。为了防止在大风天气下，斗轮机滑行或悬臂梁偏转，该支撑的稳定性必须好，以避免悬臂梁脱出，支撑跌落，造成设备损伤或人员伤亡。为此，可以制订以下技术安全及施工措施：

1）配重安装前应当完成除配重外安装的全部工作量，以确保设备重量分布的正确性。安装配重时应当左右对称逐渐安装，减少配重的偏载。

2）斗轮机停靠地面（进料）胶带一端。

3）斗轮机悬臂梁旋转至与进料胶带不少于20°夹角，起升到水平位置。

4）在悬臂梁侧煤场用煤构筑7m×7m的平台，平台高度与煤场钢丝护栏等高。

5）制作支承平面，采用长枕木构造，以井字形打底后铺设上层平面。

6）斗轮机悬臂梁支承架采用两根直径为335mm，长为2.5m的圆管为柱，底板为1000mm×1000mm×20mm的钢板，底板与钢管连接处焊加强肋。

7）现场安装好主支承柱后，将两底板用#12槽钢连接，两主支承柱用#12槽钢焊接成十字架连接并固定。

8）斗轮机作好防风措施。

9）为了防止意外，造成设备和人身损失，在支承架安装完毕后，用煤将支承架埋设至斗轮机取料斗距煤面0.5m处，即增加支承架的稳定性，又可以在悬臂梁意外下落时有一定缓冲。

10）更换的配重块按照原水泥配重块的外形尺寸制作铁箱，内部灌水泥。铁箱重2.6t，为了保持取料斗的接地力，必须少量灌装水泥，保持新配重略高于原配重1t以内。

11）在施工中，先把斗轮机悬臂梁可靠支承后，通过轻度爆破，去除尾部开裂的水泥配重块，把新配重块安装到原来位置。

12）重新用水平吊重测量法测量并调整配重，得到配重为4.05t，如果在使用中配重过轻，应向两边铁箱中加配钢球；如果配重过重，则将钢球去除一部分。

单元三思考与练习

一、选择题

1. 胶带粘接工作开始前应作胶接头的粘接试验，试验的胶接头总的扯断力不应低于原胶带总扯断力的（　　）。

（A）30%　　（B）50%　　（C）60%　　（D）80%

2. 胶带硫化粘接前应准确核实胶带的截断长度，并使胶带粘接后拉紧装置留有不少于（　　）的拉紧行程。

（A）1/3　　（B）1/2　　（C）3/4　　（D）3倍

3. 托辊回装标准规定，托辊转动时轴向窜动量不超过（　　）mm。

（A）0.1　　（B）0.5　　（C）0.7　　（D）1

4. 胶面滚筒的力学性能表明：橡胶与金属的黏附扯离强度不小于（　　）MPa 的强度值。

（A）2　　（B）3　　（C）4　　（D）5

5. 胶带冷粘接时推荐使用的加压值为（　　）MPa。

（A）0.1～0.3　　（B）0.3～0.8　　（C）0.8～1　　（D）1～1.5

6. 采用气垫带式输送机，可增大提升角，即原煤提升角可达（　　）。

（A）15°　　（B）25°　　（C）30°　　（D）45°

7. 安装托辊转弯段的托滚架间距为正常托辊架间距的（　　）。

（A）1/5～1/3　　（B）1/3～1/2　　（C）1/2～1　　（D）1～2

8. 采用热胶法处理的接头强度可以达到原胶带自身原始强度的（　　）。

（A）45%～60%　　（B）60%～75%　　（C）75%～80%　　（D）85%～90%

9. 制动器闸瓦中心与制动轮中心同轴度误差不大于（　　）mm。

（A）1　　（B）3　　（C）6　　（D）10

10. 翻车机平台钢轨与地面钢轨接头要求上下偏差为±3mm，左右偏差为（　　）。

（A）±3mm　　（B）±5mm　　（C）±8mm　　（D）±10mm

11. 检修翻车机时，应检查翻车机活动平台下面两滚轮的转动情况，要求其活动自如，其外圆磨损不得大于（　　）。

（A）1mm　　（B）2mm　　（C）3mm　　（D）4mm

12. 翻车机平台钢轨与地面钢轨接头间隙要求进车端（　　）。

（A）1～3mm　　（B）3～5mm　　（C）5～10mm　　（D）10～15mm

13. CFH—2 型侧倾式翻车机压车锁紧装置中，两端棘爪应能同时楔入棘齿块，两端间隙差小于等于（　　）mm。

（A）1　　（B）3　　（C）5　　（D）10

14. CFH—2 型侧倾式翻车机压车锁紧装置中，均衡梁压车面对钢轨水平面高度差应为（　　）。

（A）1～3mm　　（B）3～5mm　　（C）5～10mm　　（D）10～15mm

15. C 型转子式翻车机在正翻 0°～110°区间内，相应平衡油缸活塞杆将回退（　　）mm 行程。

（A）50　　（B）80　　（C）100　　（D）120

16. 重车调车机传动齿轮与地面齿条的最小啮合侧隙应保证在（　　）mm 之间。

（A）0.1～0.2　　（B）0.3～4　　（C）0.5～1　　（D）2～3

17. 重车调车机片式摩擦制动装置的检修中规定：由于磨损而造成的摩擦片总释放间隙不应大于（　　）mm，当排孔出现连续排烟现象时，应更换密封圈。

（A）2　　（B）5　　（C）8　　（D）12

18. 斗齿头部磨损超过（　　）时，应更换。

（A）1/3　　（B）1/2　　（C）2/3　　（D）3/4

19. 检修标准中规定：斗轮溜煤板与斗轮间的间隙应不大于（　　）mm。

（A）10　　（B）20　　（C）30　　（D）50

20. 对于销齿啮合传动的斗轮，检修标准规定：销轴磨损超过（　　）%时，应及时更换。

（A）10　　（B）20　　（C）30　　（D）50

21. 斗轮安装位置要求：在水平面内，斗轮体轴线与臂架中心线交角应为（　　）。

（A）4°～6°　　（B）8°～10°　　（C）10°～15°　　（D）30°

22. 斗轮机回转台车支承轨道半径的偏差应为 ±5mm，且其圆度误差应小于（　　）mm。

（A）±1　　（B）±2　　（C）±3　　（D）±4

23. 斗轮机臂架回转滚动轴承支承装置检修时要求：座圈对门座中心的位置度不得大于（　　）mm。

（A）ϕ5　　（B）ϕ10　　（C）ϕ10　　（D）ϕ30

24. 斗轮体的圆弧挡板应安装在轮体圆周内侧，与轮体之间留有（　　）mm 间隙。

（A）2～5　　（B）5～10　　（C）10～15　　（D）30

25. 斗轮机仰俯液压缸支承铰轴中心线对臂架中心线的垂直度误差，在铰轴长度内应小于或等于（　　）mm。

（A）2　　（B）4　　（C）6　　（D）10

26. 胶带机安装质量标准规定：头尾机架安装位置标高偏差 ±（　　）mm。

（A）5　　（B）10　　（C）15　　（D）20

27. 胶带机大修标准规定：金属构架长、宽、高方向尺寸偏差不大于（　　）mm。

（A）5　　（B）10　　（C）15　　（D）20

二、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. 气垫胶带机与普通胶带机相比，在电动机功率相同的情况下，可以增大输送量。（　　）

2. 滚筒包胶分为热胶包胶和冷胶包胶，根据现场使用情况，推荐使用热胶包胶。（　　）

3. 由于滚筒轮毂重新插键槽比较困难，而且损坏频率不高，在重新装配时，可以使用平面锁固胶进行锁固，推荐使用乐泰系列。（　　）

4. 安装胶带机时，要求头尾机架中心线对输送机纵向中心线重合度误差应不超过 3mm。（　　）

5. 胶带机安装质量标准规定：中间架间距的偏差不应超过 ±1.5mm，相对标高差不应超过间距的 1%。（　　）

6. 输煤胶带机金属机架的长、宽、高尺寸偏差不应大于 10mm。（　　）

7. 滚筒检修后试转 4h，轴承温度不超过室温 +15℃，无杂声及振动。（　　）

8. 带式输送机带负载试运转时，加载量应从小到大逐渐增加，先按 10% 额定负载加载通过后，再按 30%、50%、100% 额定负载进行试运转。（　　）

9. 气垫胶带机安装时应将胶带拉紧滚筒放在最前方位置，并尽量拉紧胶带。（　　）

10. 胶带机托辊安装后应检查，托辊横向中心与带式输送机纵向中心线的重合度误差应不超过 10mm。（　　）

11. 钢丝绳断丝数在一捻节距内超过总数的 5% 时，应更换。（　　）

12. 环式给煤机轨道施工规范要求：接缝宽度控制在 2～8mm，平面度误差不大于 10mm。（　　）

13. 制动瓦闸瓦磨损量超过原厚度的 50% 时应更换。（　　）

14. C 型转子式翻车机液压压车机构压力补偿回路中，单向顺序阀的整定压力值设定高于压车回路压力 2MPa。（　　）

15. 斗轮机大车行走机构中，轮颈磨损超过 10mm 或轮缘磨损超过原厚度的 50% 时，均应更换车轮。（　　）

16. 叶轮磨损到一定程度，出现大面积变形或摩擦面磨损超过 50% 时，需要进行更换。（　　）

17. 叶轮回转时，其摆动量不大于 10mm。（　　）

18. 双振动电动机的偏心块经过调整不同角度，可以形成不同的振幅，达到不同负载的给料

能力。（　　）

19. 翻车机本体支承滚轮装置检修时，应保证每端四个辊子在同一平面内，且该平面应与翻车机中心线垂直，误差≤ ±3mm。（　　）

三、简答题

1. 简述采取热胶法粘接胶带的注意事项。

2. 简述带式输送机的最终找正要求。

3. 简述胶带机滚筒大修工艺及验收标准。

4. 图 3 所示为输煤胶带机尾部张紧装置调偏机构，试述其工作原理。

5. 简述环式给煤机轨道施工规范的要求。

6. 简述电磁振动给煤机的检修质量标准。

7. 简述叶轮给煤机的检修工艺标准。

8. 简述翻车机本体驱动装置的安装顺序。

9. 简述翻车机本体金属结构架的检修的技术要求。

10. 简述 C 型转子式翻车机液压压车机构中平衡液压缸的工作过程。

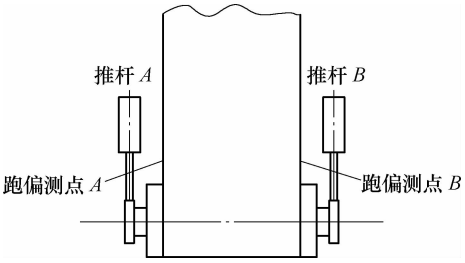


图 3　输煤胶带机尾部张紧装置调偏机构

11. 简述重车调车机大臂升降终端缓冲装置的调整方法。

12. 简述斗轮轮体的安装质量标准。

13. 简述斗轮机变幅液压系统的检修与安装质量标准。

14. 简述斗轮机配重块更换时的技术安全及施工措施。

单元三思考与练习参考答案

一、选择题

1. D　2. C　3. C　4. C　5. B　6. C　7. B　8. D　9. A　10. B　11. B　12. A　13. B　14. C　15. B　16. C　17. C　18. B　19. A　20. B　21. A　22. D　23. A　24. B　25. A　26. B　27. B

二、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. ✓　2. ×　3. ✓　4. ✓　5. ×　6. ✓　7. ✓　8. ✓　9. ✓　10. ×　11. ×　12. ×　13. ✓　14. ✓　15. ×　16. ×　17. ✓　18. ✓　19. ×

三、问答题

1. 答：

（1）整个硫化面硫化前不能弄脏，反之需用溶剂充分清洗。各胶带厂生产的粘接材料不可混用；胶料要在干燥阴凉处密封保存，过期的不能使用。

（2）热胶法的工具比较沉重，工字形铝材、加压板、加热板等，虽然有各种轻小型新产品，但要注意在加压过程中防止材料刚度不足造成的拱起变形，影响硫化质量。

（3）加热硫化过程中同样要考虑施工环境的因素，对于低温、潮湿、粉尘环境下的操作要着力避免。

2. 答：为保证胶带始终在托辊和滚筒的中心线上运行，安装托辊、机架和滚筒时，必须满足下列要求：

（1）所有托辊必须排成行，且互相平行，并保持横向水平。

（2）所有的滚筒排成行，且互相平行。

（3）支承结构架必须呈直线，而且保持横向水平。为此，在驱动滚筒及托辊架安装后，应

对输送机的中心线和水平作最后找正。

（4）将机架固定在基础上，带式输送机固定后，可装设给料和卸料装置。

（5）铺设胶带时，先将胶带铺设在空载段的托辊上，围抱驱动滚筒后，再铺设在重载段的托辊上。铺设胶带时可使用0.5～1.5t的手摇绞车。

3. 答：

（1）清理现场及滚筒，拆开滚筒轴承端盖，检查保养轴承，必要时可进行更换。

（2）检查胶面磨损、老化情况，若胶面的磨损量超过4mm，或发生胶面剥离现象，重新包胶。

（3）滚筒检修后试转4h，轴承温度应不超过室温+15℃，无杂声及振动。

（4）滚筒转动平稳，不引起滚筒原因造成胶带跑偏。

4. 答：当测点*A*感应到跑偏后，经过延时判断信号真假，然后控制推杆*A*和推杆*B*以相反方向动作若干距离后，系统等待一段时间，判断跑偏信号是否仍然存在，若存在，继续动作。同理，测点*B*侧感应到跑偏后，执行相同程序的动作。

该方式的自动调整还可以把*A*或*B*侧改为铰接，另外一侧配置推杆。整个滚筒固定在滑座上，先通过基本的拉紧后，再通过控制推杆细微、自动调整尾部跑偏。

5. 答：

（1）侧向轮轮面与轨道的接触长度不应低于80%，非接触点最大间隙不超过0.5cm。

（2）对于有大间隙非接触点和强烈接触点，应及时调整侧向轮。

（3）若非接触或强烈接触点长度超过20%，则应调整轨道。

6. 答：

（1）板弹簧压紧螺栓用力拧紧，无松动。

（2）两铁心平行对齐。

（3）各部分螺栓无松动。

（4）检修后，振动声音正常，撞击声低于标准要求。

（5）出力达到额定要求，不自流。

（6）振幅、电流达到规定要求。

（7）铁心间隙要求各处一致，并合乎规定要求。

7. 答：

（1）叶轮耐磨衬板磨损不得超过原厚度的1/3；叶片不得有裂纹和扭曲变形现象。

（2）更换的耐磨衬板需贴紧在叶轮爪上，焊逢采用$K=6\sim8$mm断续焊，每隔100mm焊20mm。

（3）叶片固定螺钉应完整无损，无松动现象。

（4）叶轮保护罩和下煤斗或挡煤板，均不得有明显变形和撒煤现象。

（5）叶轮回转时，其摆动量不大于10mm。

（6）轨道检修应按照轨道安装标准执行。

（7）整车运行声音正常，无卡涩、敲击等异常声响。

（8）各轴承连续运转4～6h，温度应低于65℃。

8. 答：安装顺序为小齿轮与销齿安装就位（或小齿轮与齿块安装就位）—轴承及轴承座的安装及调整（调整间隙）—齿形联轴器的找正（即减速器的找正）—电动机的安装—制动器的安装及找正。

9. 答：金属结构检修后，应达到各部件无变形、开裂、锈蚀，无面漆大面积脱落，各连接部位无错动、焊缝无裂纹，连接螺栓无松动、断裂。

10. 答：平衡液压缸起着释放车辆弹簧势能的作用（车辆卸完物料后，由于重量减轻，被压缩的弹簧将有一个向上的反弹力），在正翻 0° ~ 110°区间，每个压车液压缸将释放 20mm 左右，相应平衡液压缸活塞杆将回退 80mm 左右的距离。在正翻 0° ~ 100°区间，若平衡液压缸无回退动作或在翻卸前压车过程中平衡液压缸有回退动作，则属于不正常现象，必须迅速停机处理，否则将导致压车液压缸断裂或油管爆裂等严重事故。

11. 答：重车调车机大臂升降终端缓冲装置，由两个串联在大臂液压缸无杆腔管道中的单向减速阀控制，调整凸轮块高度即可控制缓冲，以大臂升降终端平滑停止，无冲击为准，单向行程节流阀杆行程不得超过 13mm，凸轮块对节流阀杆滚轮压力角不得大于 30°，大臂缓冲调整其方向控制阀应用手动调试才安全。

12. 答：

（1）安装时应保证斗轮与两轴承座的同轴度要求。

（2）应按图样要求调整轮体与圆弧挡板、轮体与溜料板之间的间隙。

（3）连接涨环（或压缩盘）的高强度螺栓，必须用力矩扳手对称逐个拧紧，使力矩逐渐加大，直至达到图样要求。

（4）轮体内圆对旋转中心轴线的径向圆跳动应为轮体内圆直径的 1/1000，且最大不超过 8mm。

（5）轮体对旋转中心轴线的轴向圆跳动应为轮体端面外圆直径的 1/500，且最大不超过 10mm。

13. 答：

（1）俯仰液压缸支承点的位置度误差小于或等于 10mm。

（2）液压缸轴线的垂直度误差不大于 1‰，位于门柱两侧的铰座同心度误差不大于 1‰。

（3）俯仰液压缸对悬臂架中心线的对称度误差为 10mm。

（4）液压缸支承铰轴中心线对臂架中心线的垂直度误差在铰轴长度内应小于或等于 2mm。

（5）必须对行程、负载和装配条件加以充分考虑，以防活塞杆在外伸工况时产生不正常的弯曲。

（6）支座式液压缸若不采用键或销承受切应力时，则地脚固定螺栓必须能经受全部应力，不致引起危险。

（7）安装液压缸时，若结构允许，进、出油口位置必须在最上面，液压缸必须装有使其能自动放气或装有方便的放气口。

（8）门柱两侧液压缸活塞柱的升降应同步，升降高度应一致。

14. 答：

（1）斗轮机停靠地面（进料）胶带一端。

（2）斗轮机悬臂梁旋转至与进料胶带不少于 20°夹角，起升到水平位置。

（3）在悬臂梁侧煤场用煤构筑 7m × 7m 的平台，平台高度与煤场钢丝护栏等高。

（4）制作支承平面，采用长枕木构造，以井字形打底后铺设上层平面。

（5）斗轮机悬臂梁支承架采用两根直径为 335mm，长为 2.5m 的圆管为柱，底板为 1000mm × 1000mm × 20mm 的钢板，底板与钢管连接处焊加强肋。

（6）现场安装好主支承柱后，将两底板用#12 槽钢连接，两主支承柱用#12 槽钢焊接成十字架连接并固定。

（7）斗轮机作好防风措施。

（8）为了防止意外，造成设备和人身损失，在支承架安装完毕后，用煤将支承架埋设至斗轮机取料斗距煤面 0.5m 处，即增加支承架的稳定性，又可以在悬臂梁意外下落时有一定缓冲。

单元四　燃料电气设备的检修

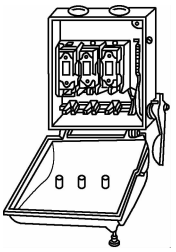
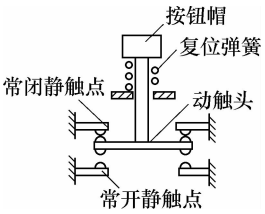
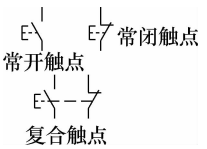
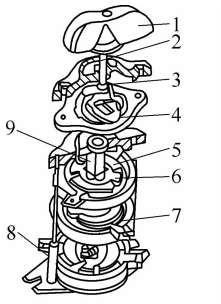
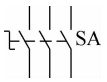
第十一章　燃料设备运行系统的控制

第一节　燃料系统常用电气设备及基本控制回路

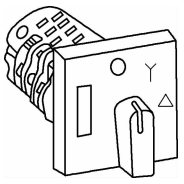
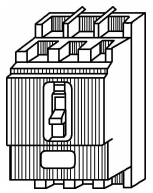
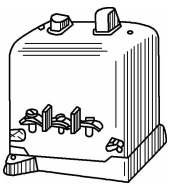
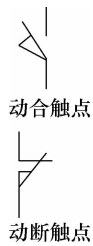
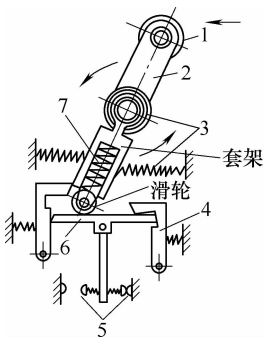
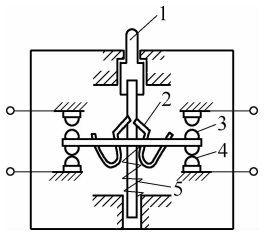
一、燃料系统常用电气设备

燃料系统常用电气控制设备类型如表 11-1 所示。

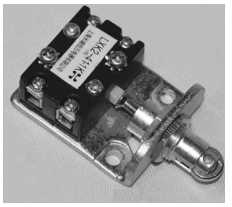
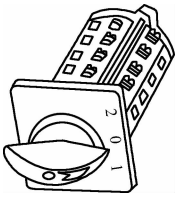
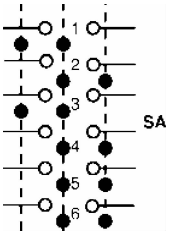
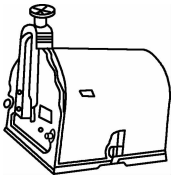
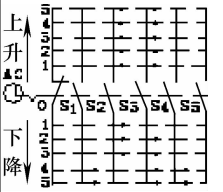
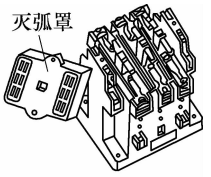
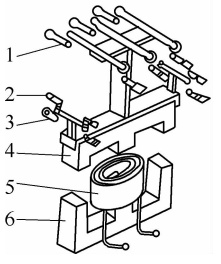
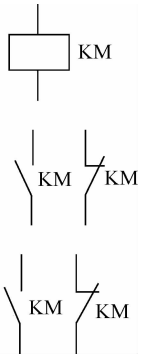
表 11-1　常用电气控制设备

名称	图示	特点及用途	符号
HH 系列封闭式负载开关		适用于额定工作电压 380V、额定工作电流 600A，频率 50Hz 的交流电路，可作为手动不频繁接通和分断带负载的电路，也可作为线路末端的短路保护之用	
控制按钮		控制按钮常与接触器或继电器配合，对电动机实现远距离的自动控制，用于实现控制线路的电气联锁	
组合开关	 HZ10 系列组合开关 1—手柄　2—转轴　3—弹簧　4—凸轮 5—绝缘垫板　6—动触片　7—静触片 8—接线柱　9—绝缘柱	组合开关常用于交流频率 50Hz、电压 380V 以下的电气线路，其使用场合为手动不频繁接通和分断电路、接通电源和负载、测量三相电压、改变负载连接方式，控制小容量交、直流电动机的正反转和星—三角形起动和变换转向等	

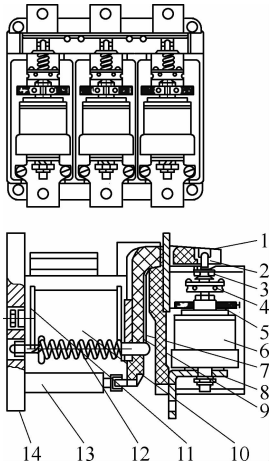
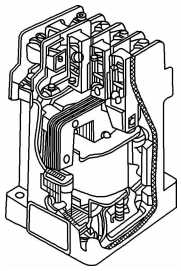
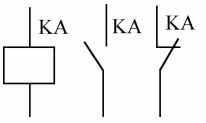
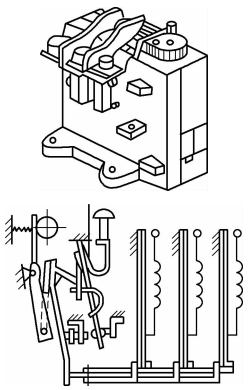
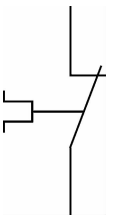
（续）

名称	图示	特点及用途	符号
组合开关	 3LB 或 3LT 系列组合开关	组合开关常用于交流 50Hz、380V 以下的电气线路，其使用场合为手动不频繁接通和分断电路、接通电源和负载、测量三相电压、改变负载连接方式，控制小容量交、直流电动机的正反转和星—三角形起动和变换转向等	
断路器	 DW10 系列  DZ10 系列	空气断路器可用于保护交、直流低压电网内电气设备，使之免受过电流、逆电流、短路和欠电压等不正常情况的危害，同时也可用于不频繁起动电动机以及操作或转换电路之用 万能限流断路器用于 50Hz、380V、不频繁转换的配电网络中，分配电能和控制电动机用，它具有过载，欠电压和短路保护功能	 动合触点 动断触点
行程开关	 滚轮式行程开关 1—滚轮　2—上转臂　3、7—弹簧 4—压板　5—触点　6—横板  微动式行程开关 1—推杆　2—弹簧　3—动合触点 4—动断触点　5—压缩弹簧	机械式行程开关用于控制机械设备的行程及限位保护。将行程开关安装在预先设定的行程位置，当机械设备运动到预设位置时，撞击行程开关联动装置，行程开关发出信号，通过控制电路中的继电器和接触器来控制电动机的工作状态 机械直动式行程开关触点的分合速度取决于生产机械的运行速度，不宜用于速度低于 0.4m/min 的场所 滚轮式行程开关是当被控机械上的撞块撞击带有滚轮的撞杆时，撞杆转动，带动凸轮转动，顶下推杆，使微动式行程开关中的触点迅速动作。当机械运动返回时，在弹簧的作用下，各部分动作部件复位	 动合触点 动断触点

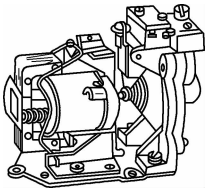
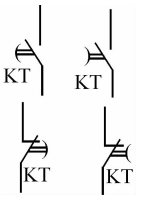
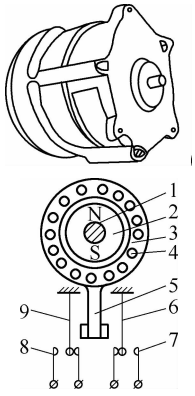
（续）

名称	图示	特点及用途	符号
接近开关	 LXK2-411K 型行程开关	接近开关可用于行程控制和限位保护，也可用于高速计数、测速、液面控制、检测金属体的存在、检测零件尺寸、无触点按钮及用作计算机或可编程序控制器的传感器等 接近开关的工作过程是，当某种物体与之接近到一定距离时，发出“动作”信号（不须施以机械力）并通过控制电路中的继电器和接触器来控制电动机的工作状态 接近开关的一般感应距离为 5 ~ 12mm	
万能转换开关	 LW5 系列万能转换开关	万能转换开关是一个多段式能够控制多回路的电器，可作为故障隔离、电气联锁、电源控制之用。也可用于小型电动机的起动和调速。图示的系列转换开关是一种组合式凸轮转换开关，适用于交、直流电压 500V 以下的电路。常用的有 LW5、LW6 系列	
主令控制器		主令控制器主要用于频繁地按顺序操纵多个控制回路，并通过接触器来实现控制电动机的起动、制动、调速和反转	
接触器	  1—常开主触点　2—常闭辅助触点 3—常开辅助触点　4—衔铁 5—吸引线圈　6—铁心	接触器是利用电磁力自动打开或闭合回路的电器，它可远距离频繁接通或断开交、直流电路，并具有欠电压释放的保护功能，它具有体积小、性能可靠、寿命长等特点	

（续）

名称		图示	特点及用途	符号
CKJ5-250 型交流真空接触器		 1—摇臂　2—拉杆　3—触头弹簧 4—调节杆　5—动导夹块　6—真空灭弧室 7—绝缘框架　8—连接板　9—衔铁 10—吸合线圈　11—磁轭　12—反力弹簧　13—辅助触头　14—底座	真空接触器通常由绝缘框架、金属底座、传动拐臂、电磁系统、辅助开关和真空开关管等部件组成。操作线圈通电，衔铁吸合，转动动臂在触头弹簧和真空自闭力共同作用下，动触头闭合，接触器处于闭合状态；操作线圈断电，反力弹簧使衔铁释放，转动动臂，拉开真空开关管动触头，使接触器处于分断状态	
继电器	中间继电器		中间继电器是用于增加控制电路中的信号数量或将信号放大的继电器。当中间继电器线圈接收输入信号（通电或断电），控制电器触头动作。其具有多触头、耐电流值大、动作灵活等特点	
	热继电器		热继电器是利用电流的热效应来切断电路的保护电器，它的作用是保护电动机免受长期过载的危害	

（续）

名称		图示	特点及用途	符号
继电器	时间继电器		时间继电器是按整定时间长短进行动作的控制电器。它可根据需要调整时间间隔，接通或断开被控制的电路，以控制设备的各种动作	
	速度继电器	 1—转轴　2—转子　3—定子　4—绕组 5—摆锤　6、9—簧片　7、8—静触点	速度继电器是一种可以按照被控电动机转速的大小使控制电路接通或断开的电器。速度继电器常与接触器配合实现对电动机的反接制动	 常开触点 常闭触点

二、燃料运行系统基本控制回路

现燃料设备运行控制系统中，继电器控制回路通常用于起动控制回路（自保回路）、电动机正反转控制回路、含限开关（机械式行程开关或电子接近开关）的控制回路和保护回路。

（一）起动控制回路（自保回路）

1. 工作原理

电动机起动控制回路原理如图 11-1 所示，其工作过程为

合上 QS→按下 SB2 按钮→KM 线圈带电→
- →主触头 KM 闭合→电动机旋转
- →辅助按钮触头 KM 闭合→回路自保持

SB2 按钮回弹断开

按下 SB1 按钮→KM 线圈断电→触头 KM 断开→电动机停转→SB1 按钮回弹闭合

这种闭锁回路在输煤设备上得到了非常广泛的应用，如在调试、试运、故障处理及就地操作时，往往手动起停，几乎输煤线上的所有设备都设有这样的就地操作装置。为了免除电动机、控制电器等电气设备及操作者受到不正常工作状态的有害影响，使工作更为可靠，在自动控制线路中，必须具有完成各种保护作用的保护装置，如热继电器、断路器。

（二）电动机正反转控制回路

1. 工作原理

电动机正反转控制回路原理如图 11-2 所示。按下 SB2 按钮，正转接触器线圈得电并自锁，电动机正转。KM1 的一个动断触点串联在接触器 KM2 线圈的控制回路内，它此时先断开，切断了接触器 KM2 线圈的回路；此时若再按下 SB3 按钮，接触器 KM2 受 KM1 的动断触点互锁不能动作，这样就防止了电源相间短路的发生。

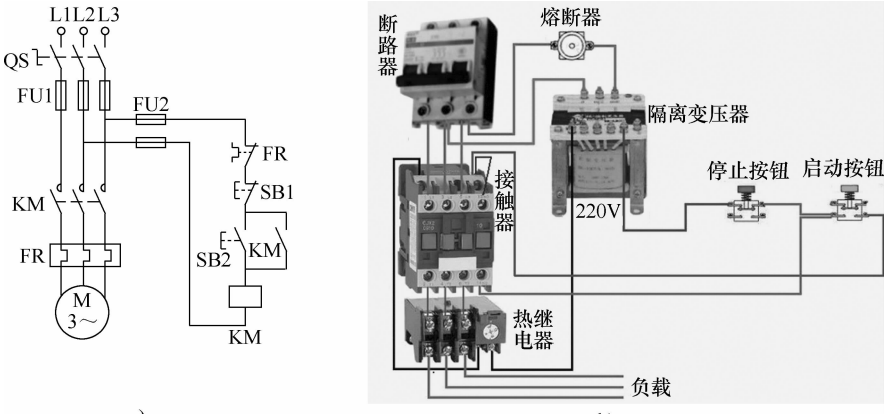


图 11-1　电动机起动控制回路原理

a）电气元件图　b）实物接线图

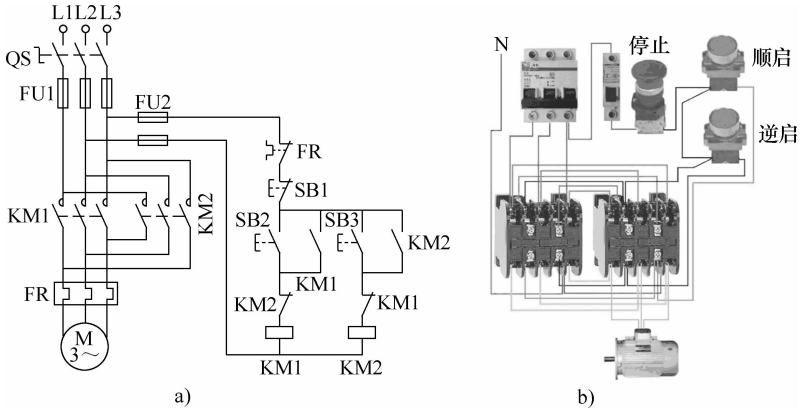


图 11-2　电动机正反转控制回路原理

a）电气元件图　b）实物接线图

反转时，先按下停止按钮 SB1，令 KM1 断电释放，KM1 常开触点复位断开，电动机停转，KM1 的动断触点恢复，为反转作准备。再按下 SB3 按钮，KM2 线圈才能得电，电动机反转。

2. 应用举例

图 11-3 所示为翻车机本体运行（翻卸过程）电气控制原理，从图中可见，翻车机低速翻转（对应正翻起始位置与回翻终了位置）或高速翻转都含有电动机正反转控制回路，其作用就是通过互锁触点（接触器的常闭触点：2KMF1、2KMR1、2KMF2、2KMR2）互相制约，来达到正反转相对独立运行。

（三）含限位开关（机械式行程开关或电子接近开关）**的控制回路**

1. 行程控制回路

行程控制回路就是当运动部件到达一定行程位置时，采用行程开关（或电子接近开关）来进行控制的回路。如图 11-4 所示，1XWK 和 2XWK 为限位开关，装在预定的位置上。当按下 ZQA，接触器 ZC 线圈得电动作，电动机正转起动，运动部件向前运行，当运行到终端位置时，装在运动物体上的挡铁碰撞行程开关 1XWK，使 1XWK 的常闭触点断开，接触器 ZC 线圈断电释放，电动机断电，运动部件停止运行。此时，即使再按 ZQA，接触器 ZC 线圈也不会得电，故保证了运动部件不会越过 1XWK 所限定的位置。当按下 FQA 时，电动机反转，运动部件向后运动至挡铁碰撞行程开关 2XWK 时，运动部件停止运动。若中间需停车，可按下停止按钮 TA。

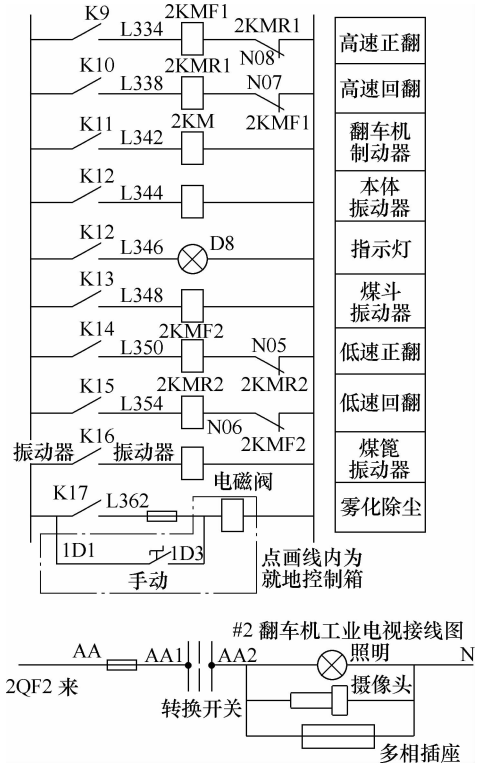


图 11-3　翻车机本体运行（翻卸过程）电气控制原理

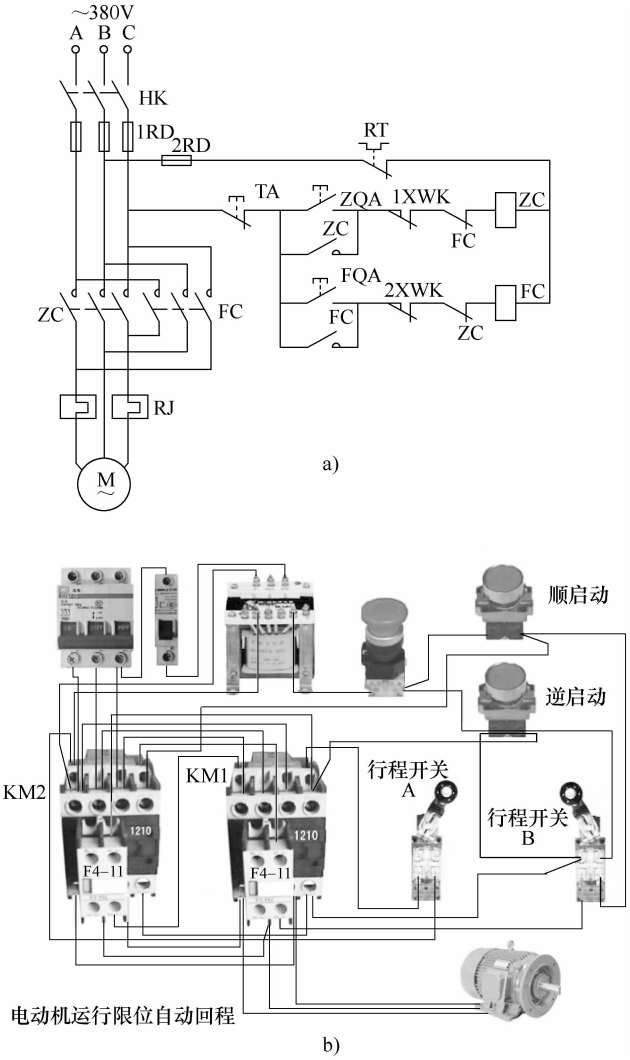


图 11-4　电动机行程控制回路原理
a）电气元件图　b）实物接线图

行程控制回路在燃料设备的电气控制中应用较多，如输煤线上的三通挡板控制，叶轮给煤机、斗轮机、装卸桥、调车机的行走机构及各设备上的升降机构，其行程位置都是用行程限位开关（机械式行程开关或电子接近开关）来控制的。

例如，图 11-5 所示为叶轮给煤机运行电气控制原理，图中行走机构采用限位开关控制的行程机构。其工作原理如下：

1）叶轮给煤机运行状态下，常开触头 K2 处于闭合位置，按下起动按钮 3QA，接触器 KM3 得电后，回路自锁（3AQ 断开），常闭触点 K3 断开，常开触点 K3 闭合（叶轮给煤机左行与右行互锁）。叶轮给煤机左行。当行至规定位置后，限位开关 1XK 动作，KM3 断电，常开触点 K3 断开，左行停止。常闭触点 K3 闭合，为右行做准备。

2）同理，按下动断按钮 4QA，KM4 得电后，常闭触点 K4 断开，常开触点 K4 闭合，控制回路自锁（4QA 断开）；大车右行，当行至规定位置时，2XK 动作，KM4 断电，常开触点 K4 断电，右行回路断开，右行停止，常闭触点 K4 闭合，准备下一个工作循环。

3）3TA 为急停按钮，如当叶轮行走中突遇异常情况可随时停机。

2. 顺序动作控制回路

顺序动作回路是在行程控制的基础上，通过接触器或中间继电器的转换，控制某一动作的优先权及动作的先后顺序的。其控制原理与行程控制原理基本相同。

（1）工作原理　如图 11-6 所示，按下起动按钮 2SB 后，继电器 1K 得电并自锁，进行第一个程序，且 1K 的另一动合触点闭合，为 2K 得电作好准备。当第一个程序工作结束后，行程开关 1ST 被压合，2K 得电并自锁，进行第二个程序。同时由于 2K 的一个动断触点打开，使 1K 断电。其他程序的转换则以此类推。

（2）重车调车机四记轴电气控制回路　如前所述，空车驶出翻车机平台是翻车机翻转的联锁条件之一。重车调车机牵车臂前钩牵引空车驶出翻车机平台时，通常都设有空车移动位置检测装置，其控制回路通常为四记轴电气控制系统，如图 11-7 所示。

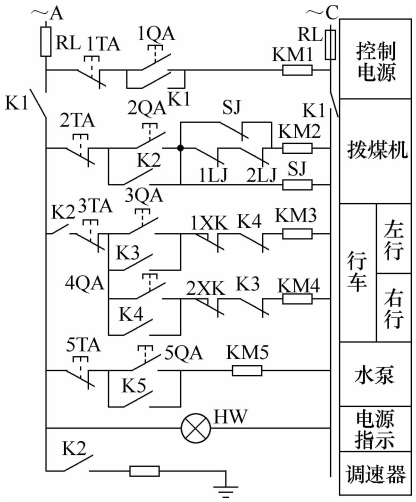


图 11-5　叶轮给煤机运行电气控制原理

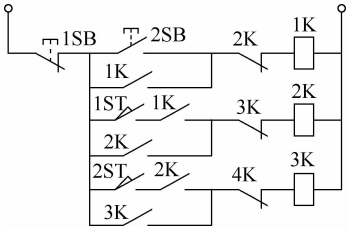


图 11-6　顺序动作控制回路原理图

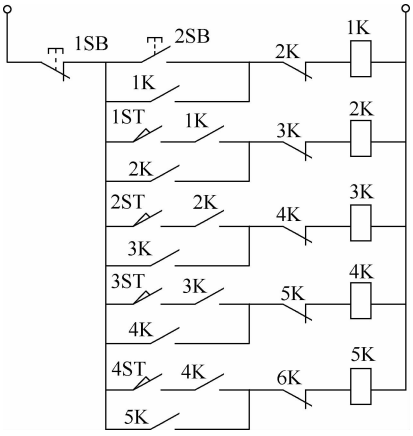


图 11-7　重车调车机行程位置控制原理

其工作原理为：牵引空车移动至Ⅰ位时，1ST 限位动作（触点结合），线圈 2K 得电，常闭触点 2K 断开，常开触点 2K 闭合，记轴位置一次。当空车行至Ⅱ位时，限位开关 2ST 动作，线圈 3K 得电，常闭触点 3K 断开，切断上一回路，常开触点 3K 闭合，记轴位置两次。以此类推，共记轴四次。空车驶出翻车机平台的电信号通过传感器传至上位机，以提供翻车机翻转的必要条件。

（四）保护回路

输煤电动机一般采用短路保护、失压保护、过载保护、限位保护、联锁保护、过电流保护、行程保护、压力保护、零位保护等。

1. 短路保护

一般采用熔断器作为短路保护装置，有的采用自动断路器。其作用是在电动机发生短路故障时，熔断器的熔丝熔断，从而切断电源，以避免短路电流烧毁电动机。

2. 失压保护

一般采用磁力起动器和自动断路器。磁力起动器的电磁线圈在起动电动机的控制回路中起失

压保护作用。自动断路器上装有失压脱扣装置。

失压保护的作用是为在电源电压过低及断电情况下切断电动机电源，以防止由于电源电压过低，而引起电动机转速下降，电流增加而烧毁电动机，或断电后又恢复送电，电动机又自行起动而发生意外。

3. 过载保护

一般采用热继电器作为电动机的过载保护装置。有的采用自动断路器的热脱扣器。

过载保护的作用是为避免电动机长期过载运行而烧毁电动机。一般热继电器的电流整定值应为电动机额定电流的1.2倍，当电动机过载20%，时间在20min左右内热继电器才动作。在电动机短时间过载时，热继电器不动作。

4. 零压或欠电压保护（零位保护）

零位保护的作用在于以上因电源电压消失或降低而可能发生的不允许故障。如运行的设备可能因某种原因使外部一次电源跳闸，暂时停止供电，对于手控电器，如工作转换手柄、开关等，若操作不慎，忘记将其置于零位，则当电源重新供电时，电动机就会自行起动，而造成事故。如果在回路中增设如图11-8所示的自动控制回路，在电源暂停供电或电压降低时，接触器线圈应会失电，触点断开，电动机脱离电源而得到保护。之后当电源电压恢复时，不重按起动按钮，电动机应不会自行起动。

零位保护电气原理：当主令控制器置于零位时，LWJ得电，其常开触点闭合并自锁，当手柄置于正转或反转时，即LK2或LK1闭合，正转接触器ZC得电或反转接触器FC得电动作。若运行时，突然断电，电动机停转，同时LWJ常开触点断开。若突然送电，由于手柄不在零位，LWJ不得电，其常开触点仍在断开位置，控制回路不通，因此ZC或FC仍不得电动作，即只有将手柄置于零位，才能实现正转或反转控制操作。

零位保护的具体应用实例是斗轮机或装卸桥运行操作的零位保护装置，如图11-9所示，其工作原理如下：

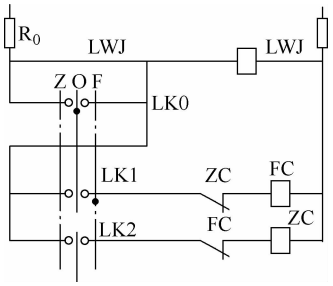


图11-8　零位保护电气原理

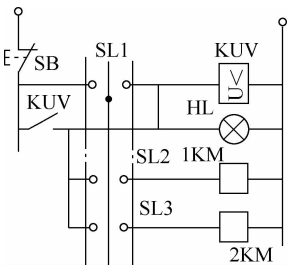


图11-9　斗轮机零位保护电气原理

SL是主令控制器，只有当SL的手柄在零位时，SL1接通，这时零电压继电器KUV接通，而后转动手柄（向右或向左），即可将1KM或2KM接通（1KM和2KM是控制电动机正、反转的接触器线圈），起动电动机。如果电源电压消失，则KUV断电而断开其触点，因1KM或2KM断电，电动机停转，当电源电压恢复时，只有把SL转回到零位时，电动机才能再起动。

5. 联锁保护

联锁是保证系统安全运行而在输煤系统各设备之间设立的最基本相互关系，从而保障输煤系统各台设备能按照一定的运行关系起停，达到互相制约的目的。联锁保护装置在燃料运行设备中有广泛的应用，现以输煤胶带机起停联锁为例进行说明。

输煤胶带机正常起停顺序为：按逆煤流的方向起动，按顺煤流方向停机。

图 11-10 所示为输煤胶带机联锁运行电气原理，其控制原理如图 11-11 所示。

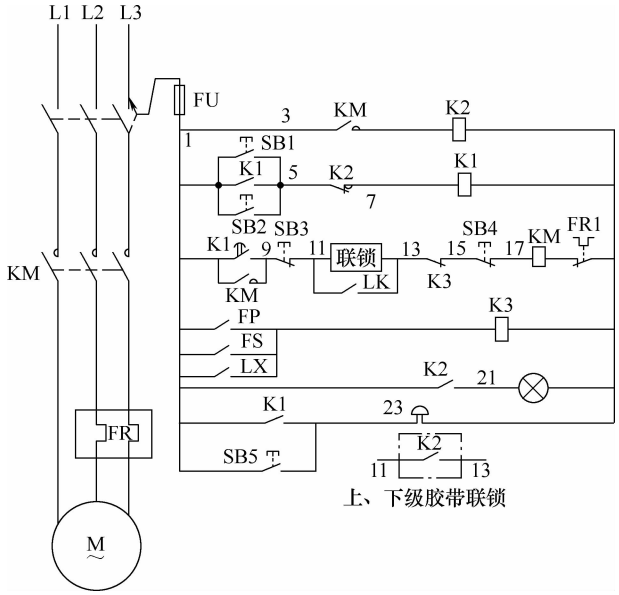


图 11-10　输煤胶带机联锁运行电气原理

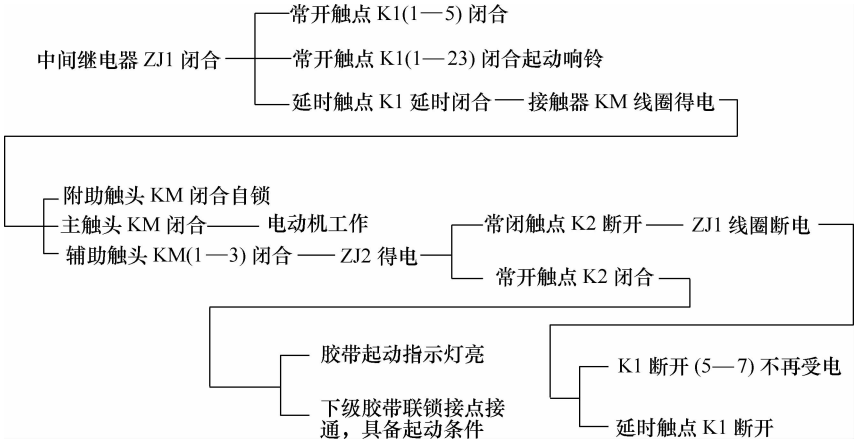


图 11-11　输煤胶带机联锁运行控制原理

1）该段胶带联锁接点（11 ~ 13）已通，具备起动条件。

2）就地控制按钮 SB1 或远程操作控制按钮 SB2 动作。

3）SB3 是就地停止按钮，SB4 是远程集控停止按钮，如有异常，操作停止按钮，可使主回路（9 ~ 17）断电，电动机停转。

FP 是防跑偏装置，FS 是防撕裂装置，LX 是事故拉线开关，即如遇异常（胶带严重跑偏、胶带撕裂或其他故障），其保护装置接点闭合，电磁线圈 K3 得电，常闭触点 K3 断开，主回路（9 ~ 17）断电，电动机停转。

第二节　可编程序控制器在输煤系统中的应用

对于输煤系统开关量顺序动作的电气控制，可采用继电器—接触器控制方式，但由于继电器

控制采用硬接线方式装配而成，只能完成既定的功能，且适应性、可靠性及设计、安装等方面都较为繁琐。此外，电气元件本身精度较低且易磨损和老化，一旦发生电气元件故障从而造成控制回路故障，查找故障原因及处理工作都较为困难，直接影响了设备的运行可靠性和运行效率。故目前多采用 PLC 自动控制技术。

一、可编程序控制器（PLC）的工作原理

1. PLC 的硬件组成及内部结构

PLC 系统硬件组成如图 11-12 所示，内部结构如图 11-13 所示。PLC 的基本组成与一般的微机系统类似，是一种以微处理器为核心的、用于控制的特殊计算机。PLC 的基本组成包括硬件与软件两部分。

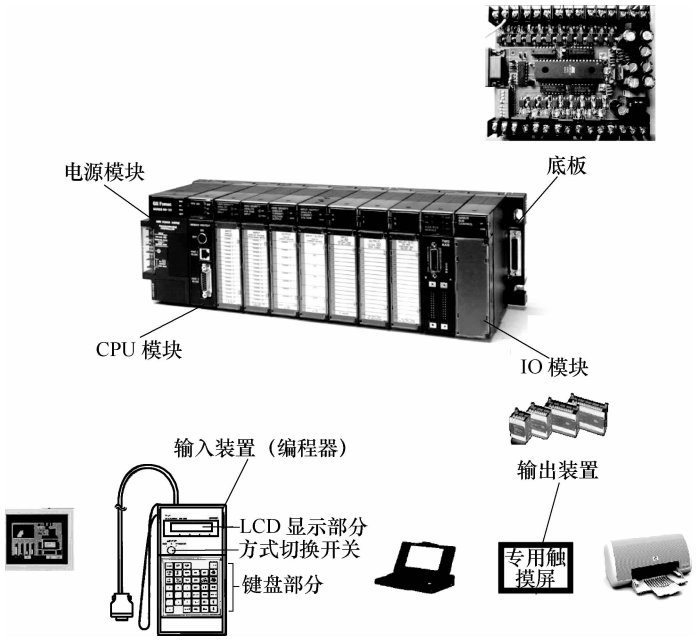


图 11-12　PLC 系统硬件组成

1）PLC 的硬件：中央处理器（CPU）、存储器、输入接口、输出接口、通信接口、电源等。

2）PLC 的软件：系统程序和用户程序。

2. PLC 工作过程概述

可编程序控制器是在其硬件的支持下，通过执行反映控制要求的用户程序来完成控制任务的。这与计算机的工作原理是一致的。但如果单纯像计算机那样工作，从头到尾顺序的执行用户程序是不能完全体现控制要求的。主要原因是原来电气控制系统工作时，各被控电气是并行关系，当使用程序进行控制时，各被控电气的动作是串行关系。

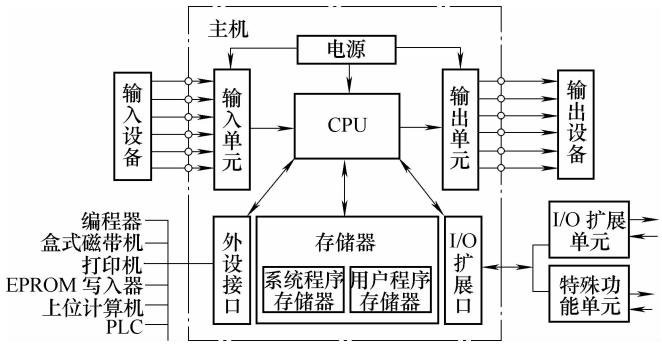


图 11-13　PLC 系统内部结构

由于可编程序控制器不能只顺序的执行程序就可达到控制要求，因此，采用对整个程序循环

执行的工作方式，即循环扫描，也就是用户程序执行完一次后，又返回去执行第二次、第三次等直至停机。图 11-14 所示为 PLC 系统周期循环扫描的工作原理。

可通过编程器或其他输入设备将用户程序输入并储存在 PLC 的用户存储器中。当 PLC 开始运行时，CPU 根据系统监控程序的规定顺序扫描，完成各输入点的状态或输入数据的采集、用户程序的执行、各输出点的更新、编程器键入响应及显示更新等功能。

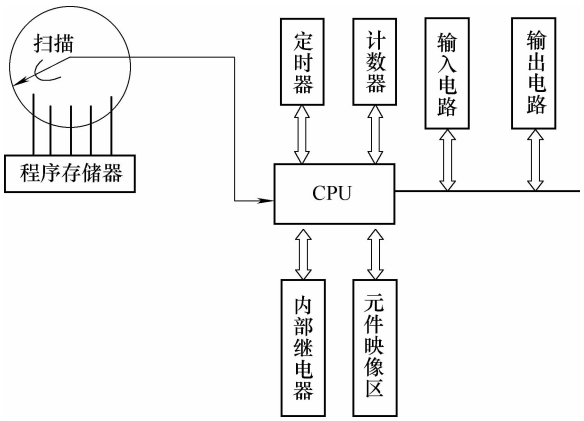


图 11-14　PLC 系统周期循环扫描的工作原理

3. 可编程序控制器扫描工作过程

PLC 的扫描工作过程分为三个阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段。由这三个阶段构成 PLC 的一个扫描周期。在每一个循环扫描周期内，定时将现场全部有关信息采集到控制器中，储存在系统准备好的一定区域——随机存储器的某一地址区，称为输入映像区。执行用户程序所需的现场信息都从输入映像区中调用，而不直接到外设调取。同样，对被控对象的控制信息，也不采用形成一个就去输出改变一个的控制方法，而是先把它们储存在随机存储器的某一个特定区域，称为输出映像区。当扫描结束后，将所存被控对象的控制信息集中输出，改变被控对象状态。那些在一个扫描周期内没有发生变化的变量状态，就输出一个与前一个周期同样的信息，不引起外设的变化。输入映像区和输出映像区统称 I/O 映像区。

（1）输入采样阶段　在输入采样阶段，PLC 以扫描方式顺序读入所有输入端的状态，并存入内存中各对应输入映像区相应的寄存器，接着进入程序执行阶段。在非输入采样阶段，无论输入状态如何变化，输入映像寄存器的内容保持不变，直到进入下一个扫描周期的输入采样阶段，才会重新读入输入端的新内容。

（2）程序执行阶段　在程序执行阶段，根据 PLC 梯形图程序扫描原则，PLC 按梯形图控制逻辑先左后右、先上后下的顺序扫描并执行。若遇到跳转指令，则根据跳转条件是否满足来决定程序的走向。若指令中的元件为输出元件号，则用当时输出映像寄存器的状态值进行计算。若程序的结果为输出元件，则将运算结果写入输出映像寄存器。对于元件映像寄存器来说，每一个元件会随着程序执行的进程而变化。

（1）输出刷新阶段　在所有程序执行完毕后，输出映像寄存器中所有输出继电器的状态在输出刷新阶段均被转存到输出锁存器中，并通过一定方式输出，从而驱动相应外设。

只要 PLC 处在 RUN 状态，它就反复的循环工作。PLC 的扫描周期也就是 PLC 完成一个完整的工作周期，即从读入输入状态到发出输出信号所用的时间。它与程序的步数、时钟频率以及所用指令的执行时间有关。一般输入采样阶段和输出刷新阶段只需要 1 ~ 2ms，所以扫描时间主要由用户程序的执行时间决定。

4. PLC 对输入/输出的处理

根据 PLC 的工作特点，PLC 在输入/输出方面应遵守：

1）输入映像寄存器的数据取决于输入端子板上各输入点在上一个刷新期间的接通/断开的状态。

2）程序的执行取决于用户所编程序和输入/输出映像寄存器的内容及其他各元件映像寄存器的内容。

3）输出映像寄存器的数据取决于输出指令的执行结果。

4）输出锁存器中的数据由上一次输出刷新期间输出映像寄存器中的数据决定。

5）输出端子的接通/断开状态由输出锁存器决定。

5. PLC 编程语言

可编程序控制器（PLC）的控制既要有硬件，又要有软件，目前常用的 PLC 编程语言有以下四种：梯形图编程语言、指令语句表编程语言、功能图编程语言和高级编程功能语言，梯形图语言是目前常用的基本程序设计语言。

图 11-15 所示是常见电动机起停自保持控制回路。其中 SB1 为起动按钮，SB2 为停止按钮，KH 为热继电器。

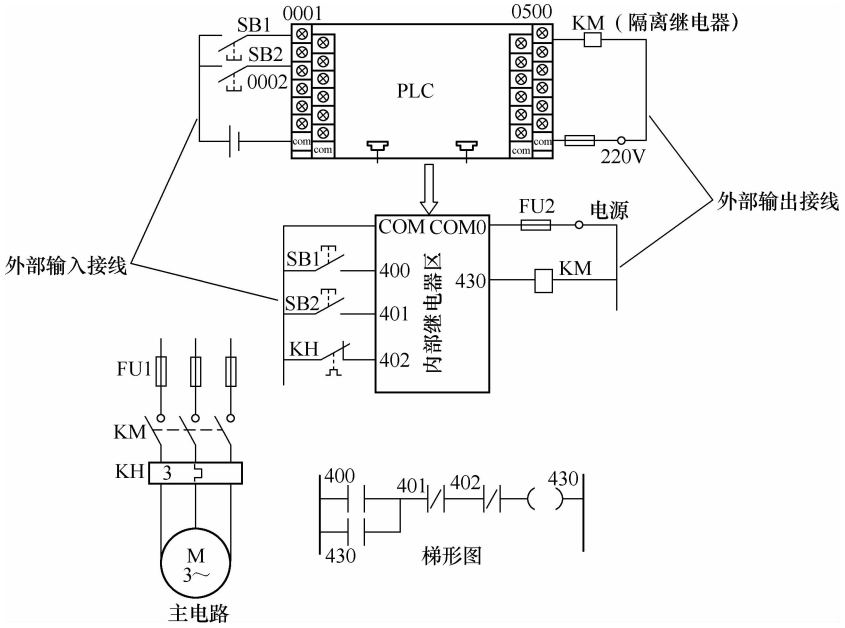


图 11-15　电动机起停自保控制回路

可以形象地认为，在 PLC 内部有一个软继电器区，梯形图中的常开点（用—┤├—来表示）及常闭点（用—┤/├—来表示）分别受控与外部输入接点的闭合和断开，且和输出线圈（用—( )—表示）组成内部逻辑控制回路。外部信号通过输入接口（Input）传递至 PLC 内部，PLC 通过周期性扫描和运算，控制内部回路输出指令性电信号，并通过输出接口（Output）输出，进而控制输出继电器接通或断开，在此例中即电动机起动或停止。实际各种控制回路的梯形图较此例复杂，由于篇幅所限，此处就不再详细说明了。

二、PLC 的选型

大型 PLC 市场主要由欧美产品占领，如德国西门子公司（SIEMENS），美国艾伦—布拉德利公司（Alien—Bradley）（以下简称 A—B 公司）、GE 公司、莫迪康公司（Modicon）、法国的 TE 公司（Telemecanique）等。而中小型 PLC 市场主要由日本的产品占领，如三菱（Mitsllbishi）、欧姆龙（OMRON）、东芝（Toshiba）、富士（Fuji）等。

（一）系统规模

首先应确定系统是用 PLC 单机控制，还是用 PLC 形成网络，由此计算 PLC 输入、输出点数，并且在选购 PLC 时要在实际需要点数的基础上留有一定冗余量（10%）。

（二）确定负载类型

根据 PLC 输出端所带的负载是直流型还是交流型，是大电流还是小电流，以及 PLC 输出点动作的频率等，从而确定输出端采用继电器输出，还是晶体管输出，或晶闸管输出。不同的负载选用不同的输出方式，对系统的稳定运行是很重要的。

（三）存储容量与速度

尽管国外各厂家的 PLC 产品大体相同，但也有一定的区别。目前还未发现各公司之间完全兼容的产品。各个公司的开发软件都不相同，而用户程序的存储容量和指令的执行速度是两个重要指标。一般存储容量越大、速度越快的 PLC 价格就越高，但应该根据系统的大小合理选用 PLC 产品。

（四）安装与布线

1. 安装位置

PLC 不能与高压电气安装在同一个开关柜内。与 PLC 装在同一个开关柜内的电感性元件，如继电器、接触器的线圈应并联 RC 消弧电路。PLC 应远离强干扰源，如大功率晶闸管装置、高频焊机和大型动力设备等。

2. 连接线

通常，按钮、限位开关、接近开关等外接电气部件提供的开关量信号对电缆无严格要求，故可选用一般电缆。若信号传输较远，可选用屏蔽电缆；模拟信号和高速信号线也选用屏蔽电缆。

3. 布线

信号线与功率线应分开布线。电源电缆应单独走线；不同类型的线应分别装入不同的管槽中，信号线应装入专用电缆管槽中，应尽量靠近地线或接地的金属导体。当信号线长度超过 300m 时，应采用中间继电器转接信号或使用 PLC 的远程 I/O 模块。

电源线与 I/O 线也应分开走线，并保持一定的距离，若要在同一线管槽中布线，应使用屏蔽电缆。交流电路用线与直流电路用线应分别使用不同的电缆。

4. 信号传输

通常，当模拟量输入、输出信号距 PLC 较远时，应采用 4 ~ 20mA 或 0 ~ 10mA 的电流传输方式，而不是电压传送方式。传送模拟信号的屏蔽线，其屏蔽层应一端接地。为了泄放高频干扰，数字信号线的屏蔽层应并联电位均衡线，并将屏蔽层两端接地。

5. 电源

保证 PLC 可靠地工作是工程追求的目标之一。在系统设计时，应采取提高可靠性的措施，以消除干扰的影响，保证系统正常运行。

电源干扰主要是通过供电线路的阻抗耦合产生的。电源是干扰进入 PLC 的主要途径之一。若有条件，可对 PLC 采用单独的供电回路，以避免其他设备起停对 PLC 的干扰。在干扰较强或对可靠性要求很高的场合，可在 PLC 的交流电源输入端加接带屏蔽的隔离变压器和低通滤波器。隔离变压器可以抑制从电源线窜入的外来干扰，低通滤波器可以吸收电源中的大部分“飞边”干扰。

动力部分、控制部分、PLC 与 I/O 电源应分别配线，如图 11-16 所示。隔离变压器与 PLC、I/O 电源之间采用双绞线连接。系统的动力线应有足够截面，以降低线路压降。

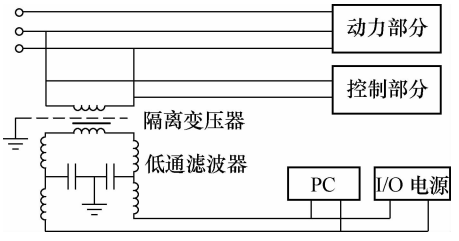


图 11-16　PLC 配线方式

三、输煤程序控制系统工作过程概述

如图 11-17 所示，输煤程序控制系统主要由 PLC

系统和上位机监控管理系统构成，同时加以工业电视监视系统和广播呼叫系统的辅助，以达到对设备控制、联锁保护、系统实时监控管理、事故报警、事故自诊断、煤量计量等功能的实现。系统以 PLC 为核心，通过 PLC 的 I/O 接口对控制系统中设备进行数据采集和控制。其 PLC 采用双机热备配置，当主机发生故障时，备用机马上进行切换，其切换时间不超过 PLC 的一个扫描周期，保证在切换过程中不丢失数据和不中断操作程序。上位机系统则是以工控机为核心进行控制操作、管理、监控，整个输煤系统的运行操作和监视全部在上位机实现。

上位机通过通信接口与 PLC 相连接，实时地从 PLC 内存中获取运行状态数据，刷新系统实时数据库，对实时数据进行分析判断，当发现故障时，产生报警信息，并将这些数据以图形方式在 CRT 上显示。同时作为人机接口设备，上位机接受操作命令并通过通信接口送至 PLC（这些命令同样作为输入信号保存至 PLC 内存相应位置），从而实现对 PLC 的直接控制。

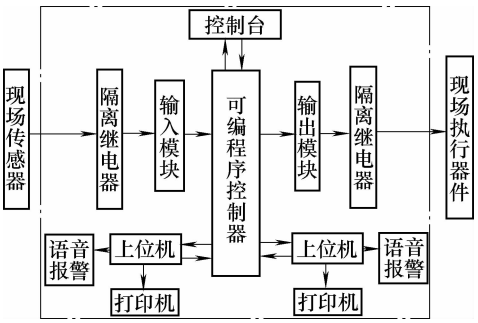


图 11-17　输煤程控的内部结构布局

注：现场传感器是指受控设备的各种保护信号、现场各种设备的运行回答信号、原煤仓的各种煤位信号等；现场执行元件是指二次控制回路接线中的继电器、接触器等。

一般来说，在通信过程中 PLC 是被动的，每一次通信都由上位机发起与终止，但也可由 PLC 发起。在控制系统中，上位机通常仅用于编程、修改参数、数据显示、系统管理等方面，并直接参与 PLC 的控制，而不直接参与设备的控制过程，现场的控制执行者是 PLC。因此，在上位机发生故障时，PLC 可脱机运行，并不影响生产过程的正常运行，大大提高了系统的可靠性。

四、输煤系统的控制特点

火力发电厂输煤设备通常在高粉尘及脏物的恶劣环境中运行，且随着高参数、大机组的不断推出，输煤负载大大增加，如一台 600MW 机组在额定负载下运行，每小时锅炉耗煤量通常在 200t 以上。因此为确保系统的安全稳定运行，应保持输煤设备有完好的状态，并符合严格的安全联锁起、停要求。

（一）输煤系统的控制内容

输煤系统具有开关量顺序控制的特点，即控制器将相互关联的各个设备（给配机、胶带机、三通挡板、犁煤器等）集中起来，按照预先拟定的上煤路线和时间，顺序地、有步骤地使各关联设备依次进行一系列操作，有组织地完成输煤任务。其具体控制内容为：

1）选择上煤线路后对胶带、三通挡板位置（甲侧或乙侧）、犁煤器抬落等进行切换。

2）选择配煤方式后对犁煤器抬落位置、移动胶带机（包括伸缩头装置）、斗轮机等进行切换。

3）输煤系统保护装置的监控。为实现输煤系统安全、稳定及高效的运行，不但需要对相应程序进行切换，而且应对相应保护装置进行监控。

（二）可编程序控制器在输煤系统中的控制功能

输煤系统主要控制对象是给煤设备、上煤设备、配煤设备、除尘设备及辅助设备等。具体内容如下：

1）预选煤流及程序起动功能。

2）程序停机功能。

3）联锁自动功能。

4）联锁手动功能。

5）保护停机功能。

6）设备运行状态显示功能。

7）联锁保护功能。联锁保护就是利用被控对象之间相互依存的逻辑关系，使被控对象相互牵连，形成联锁效应，从而实现自动保护功能。如胶带机正常运行时，下级胶带（如 3 号胶带）未起动，上级胶带（如 2 号胶带）不能起动的联锁；三通挡板或犁煤器未切换到位，胶带机不能起动等联锁。

8）故障监测及防护功能。为确保输煤线安全稳定及高效运行，输煤系统设置了必要的保护装置。当输煤系统出现运行故障时，控制系统能自动检测，且发出预警信号及故障停机信号，运行监控人员配合检修人员针对故障进行必要的处理，待故障排除后将控制系统复位，从而确保了输煤系统的正常运行。

五、上位机、PLC 使用和维护注意事项

1）上位机运行中不可强行关机或关掉电源，防止数据丢失，破坏操作系统。

2）系统正常运行中，程控系统不得无故退出。

3）上位机及 PLC 故障时，严禁起动程控系统。

4）如果电源柜的电源出现跳闸，则重新上电前应检查现场是否有接地、短路等问题。

5）插、拔模块时，必须关掉所有电源，以免损坏模块。

6）更换电源模块时，必须检查电源挡设置是否正确。

7）插各种航空插头时必须关掉电源，以免发生短路，损坏设备。

第三节　输煤系统保护装置的选型及安装

一、输煤系统保护装置概述

带式输送机保护装置主要是指拉绳开关、跑偏开关、堵料开关、打滑开关、防撕裂开关、料流开关、以及煤仓料位仪等，它们主要用于胶带机输送系统的设备运行状态的检测报警、紧急停机以及联锁控制等。图 11-18 所示为某一条胶带机保护装置的布置图。

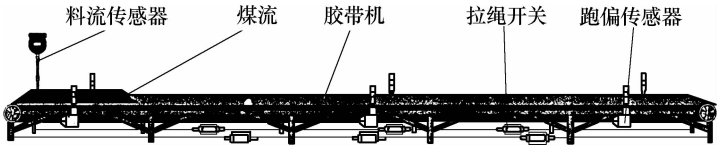


图 11-18　胶带机保护装置的布置图

1）选择的产品应符合现场环境要求。如防尘、防水、抗振等性能。特别是要充分考虑防水性能，因为大部分的带式输送机的现场是露天的，而且经常需要用水冲洗。最好对样品进行模拟测试后再作出选择。

2）选择触点开关动作灵活、触点开合分明的产品。触点开合似断非断、似合非合，是保护开关的最大缺陷，容易引起设备误起、误停，甚至会危害到设备及人身安全。

3）安装开关本体时应考虑合适的位置、方向及角度，尽量使动作机构不易受到粉尘、污水的污染；确保安装工艺质量，接头应紧固可靠、接线孔应密封良好。

4）在控制系统中合理判断保护开关报警信号的可信度。比如可以通过延时程序将瞬时扰动信号过滤，同时通过料位开关和料位仪的信号判断煤位等。胶带机设备不宜短时间反复起停，保护装置在故障状态下要可靠动作，但不能经常误动，否则影响设备寿命甚至损坏设备，同时也会给运行操作带来不必要的麻烦。

二、输煤系统常用保护装置的选型及安装

（一）拉绳开关的选型与安装

拉绳开关是用于带式输送机紧急停机的一种现场操作保护装置。目前广泛应用的拉绳开关为无源机械式双向拉绳开关。拉绳开关按照一定间隔（约40m）固定安装于带式输送机两侧支架上，相互之间系上拉绳。紧急情况下，可以在带式输送机沿线任意位置拉动拉绳，触发拉绳开关动作，实现紧急停机。图11-19所示为事故拉线开关的基本形式。

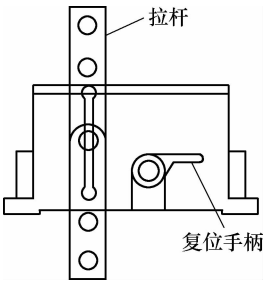


图11-19　事故拉线开关的基本形式

1. 选型原则及注意事项

1）根据不同应用场合，选择合适的动作灵敏度（操动力）的拉绳开关。最好选择可以调节操动力大小（动作拉力一般在100～400N）的产品。

2）选择带就地动作状态指示的产品。现在绝大多数产品都能够指示动作状态，有的甚至是声光指示。使用没有动作状态指示或者指示不明显的产品，将会给检修、调试以及运行操作带来极大的不便。

3）根据现场情况和运行条件选择自动复位或手动复位的产品。如果现场巡检人员少，胶带较长，可以选择能自动复位的产品；当选择自动复位的产品时，最好在控制系统内能够实现动作捕捉记忆功能，以便确定动作开关的具体位置，并且从控制逻辑上防止开关自动复位后马上自动重启设备。有些产品可以在安装时设定为自动复位或手动复位，如果有条件最好选择带有远程动作指示和远程复位的产品。

2. 安装方法及注意事项

1）根据产品特性选择合理的安装间距、配置粗细合理的钢丝绳。钢丝绳的托架要求尽量光滑，托架间距不宜太长（托架间距一般应选择在2～3m）。部分厂家声称其产品安装间距可达100m甚至更长，但实际工程中应尽量控制在50m之内，避免过长的拉绳由于自重过重、阻力过大，影响操作和开关的复位。拉绳并非越粗越好（一般钢丝绳的直径不必也不宜超过5mm），应该与开关动作操动力大小匹配，事实上过粗过重的钢丝绳会造成开关处于半动作状态，不但容易误动，而且容易造成开关机构元件劳损。

2）对于可以调节操动力的产品要合理整定动作灵敏度。调节操动力大小时，综合考虑现场环境条件（如振动、户外风吹等）以及胶带倾斜坡度、开关的安装间距、拉绳自重等因素。

3）钢丝绳不宜过紧，防止轻微触碰引起开关误动。安装时要考虑环境温度变化对拉绳长度的影响。根据经验，拉绳松紧度以侧向拉开15～25cm的距离时触发拉绳开关动作为宜。

4）应该在胶带机双侧安装拉绳开关。这是为了充分保证紧急操作的便利性，也是为了安全考虑。

5）选择合适的安装高度。主要应根据现场情况，尽量保证现场人员可以方便快速地触动拉绳。

6）选择合适的接线方式。拉绳开关通常都有常闭、常开触点各1个，一般使用常闭触点。由于拉绳开关数量较多，为了节省电缆，通常一条带式输送机所有拉绳开关的常闭触点串联后接入带式输送机的分合闸控制回路；对于很长的带式输送机，有时采用将沿线拉绳开关分段分组接入的方式。

7）拉绳开关一定要接入胶带机就地电气控制回路，并尽量避免使用过多的中间继电器来转接信号，拉绳回路电源应使用对应的胶带机控制电源。这是确保拉绳开关能够可靠停机的重要保证之一。

（二）跑偏开关的选型与安装

图 11-20 所示的跑偏开关是用于检测带式输送机运行过程中，输送带跑偏程度并进行报警的一种保护装置，也用于在胶带严重跑偏时自动触发紧急停机。目前广泛应用的跑偏开关为无源机械式两级跑偏开关。跑偏开关按照一定间隔（约 50m）固定安装于带式输送机两侧支架上，跑偏开关的滚轮部分在受到偏离中心运转的胶带的边沿挤压后产生偏转，当滚轮偏转到一定角度时触发开关动作。

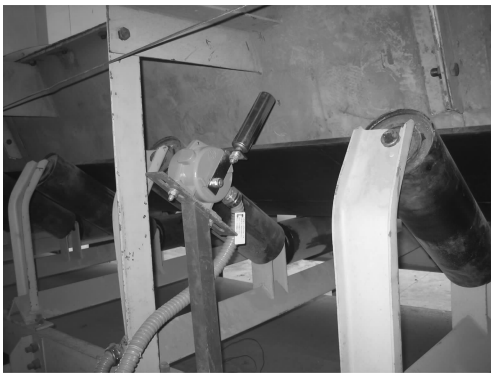


图 11-20　跑偏开关

1. 选型原则及注意事项

1）尽量选择二级或多级跑偏开关，可以检测胶带不同的跑偏程度，为控制系统提供更多的信息。

2）优先选择开关本体带动作记忆及动作状态指示的产品。由于胶带机是动态运转的，具备此功能，可以便于确定胶带发生跑偏的具体位置、分析跑偏原因，也便于设备调试和维护。

3）若有条件可以选择非接触式跑偏开关。非接触式跑偏开关使用光电接近开关代替滚轮检测胶带是否跑偏。其优点是寿命长、易于维护，缺点是价格昂贵。

2. 安装方法及注意事项

图 11-21 所示为跑偏开关的安装位置及要求。

1）选则合理的安装间距。胶带跑偏多发生在头尾两端，所以在距离胶带机头尾各 15m 之内就应该安装跑偏开关，胶带机中部的跑偏开关安装间距一般应尽量控制在 50m 之内。

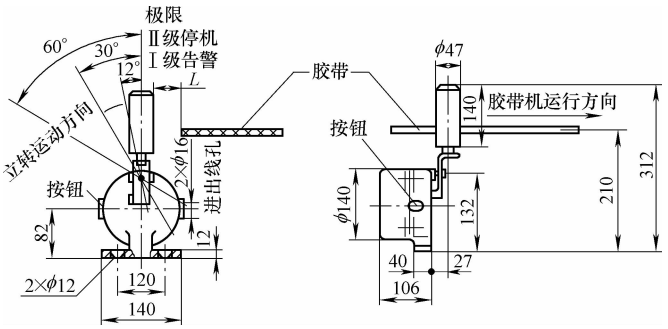


图 11-21　跑偏开关的安装位置及要求

2）根据胶带机设备工艺要求选择合理的跑偏范围。一般不允许胶带跑偏位移超出胶带宽度的 1/5，不允许胶带跑偏擦碰到侧面的固定机构，胶带头尾两端允许跑偏的范围至少应控制在滚筒两侧的支承机构之间。

3）跑偏开关的安装支架应该制作成可以沿胶带侧向调节跑偏开关位置的结构。这样是为了根据现场实际情况小范围调整允许跑偏的范围。

（三）堵料开关的选型与安装

堵料开关是安装在落料斗或储料仓内检测料位的一种保护装置。带式输送机系统中两条输送机之间通常是通过管状落料斗连通，运行中当落料斗出口因各种原因受堵时物料会很快堵满整个落料斗乃至大量溢出。在落料斗中安装堵料开关，可以在堵料事故发生的初期报警并触发紧急停机，从而避免大量堵料造成胶带打滑、驱动电动机过载等严重后果。

图 11-22 所示为侧压型阻旋式堵煤装置的外形及安装，阻旋式料位控制器的叶片是利用传动轴与马达信号源相接，在未接触物料时，马达保持正常运转，当叶片接触物料时，马达会停止转动，机构会同时输出信号而测出料位高度或料仓堵塞信号。

1. 选型原则及注意事项

1）一般选择接触式的堵料开关。实际工程应用表明，在电厂输煤系统中，非接触式的堵料

开关比较容易误动作，影响设备正常控制与运行。接触式的堵料开关的缺点是容易损坏、工作寿命较短。

2）可以选择具有动作后延时报警功能的堵料开关，并且动作延时报警时间可以调整和设定。该功能可以过滤短时间物料冲击扰动，避免引起设备不必要的停机。

3）尽量选择带动作指示的产品。由于堵料开关的触动机构是在落料斗的内侧，难以观察，开关外部本体上带动作指示对于现场检查是非常有用的。

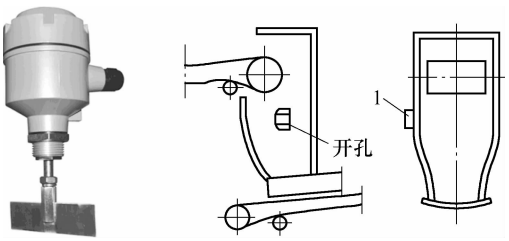


图 11-22　侧压型阻旋式堵煤装置的外形及安装

2. 安装方法及注意事项

1）选择合适的安装位置。一般不应安装在物料可能直接冲击到的位置，通常安装在落料斗的侧面；还要选择合适的安装高度，既要高于正常运行状态下物料临时滞留的高度，又不能太接近落料斗上部。选择合适的安装位置，才能保证准确及时地检测到堵料状态。

2）对于需要通电工作的堵料开关，应该采用跟随胶带机的起停而起停的工作方式，以延长其工作寿命。

（四）打滑开关的选型与安装

胶带打滑是燃料输送系统中常见的运行故障之一，造成胶带打滑的原因主要有拉紧重锤重量过轻或拉紧机构卡死，胶带过载，胶带非工作面有水等。胶带打滑若不及时停机将影响生产，造成胶带堵煤。

打滑开关的保护原理是：打滑保护一般和测速装置成套配备。测速装置在胶带运行时检测带速，在测速装置中设定胶带打滑值，当带速低于此值时发出报警并停止胶带运行。

测速装置有磁电式和光电式两种。图 11-23 所示为磁电式测速装置，在胶带运行时，速度传感器中磁通量的变化产生感应电动势。当带速变化时，感应电动势发生变化，通过感应电动势的变化来判断胶带是否打滑。光电式是在胶带正常运行时，光的变化是一定的，所反应的电量也是一个定值，当胶带打滑时，光的变化引起电量的变化。速度检测装置一般可安装在尾部从动滚筒、托辊和胶带非工作面上，很多打滑开关装置还能实时提供胶带线速度或滚筒转速的信号显示和输出。

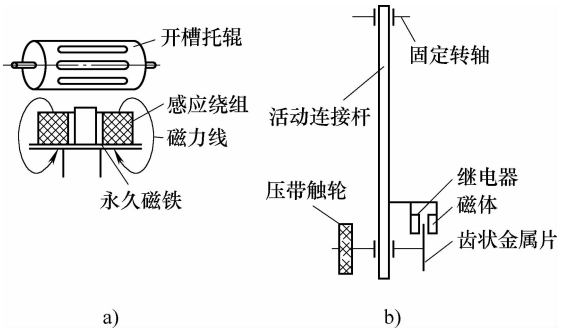


图 11-23　磁电式测速装置

a）FYH 型速度信号发生器　b）速度信号传感器工作原理图

1. 选型原则及注意事项

1）实际工程经验表明，通过检测从动滚筒转速来判断胶带是否打滑的非接触式的打滑开关比较适合在火电厂输煤系统中使用，但是其价格相对比较昂贵。

2）应根据被测胶带机的实际运动速度选择测量范围相对应的产品。通常胶带机正常运行时的线速度为 2.5 ~ 4m/s，滚筒转速为 50 ~ 300r/min（与滚筒直径大小有关）。

3）除了同时检测滚筒转速和胶带速度，并进行比较的对比式打滑开关之外，最好选用可以自动避开胶带机起动时的低速状态的产品。由于输煤胶带的打滑报警实际上是低速报警，所以在胶带机起动过程中应该屏蔽打滑报警，可以采用胶带机起动时延时检测的方法（即起动开始后

延时一段时间待胶带机达到正常转速后接通打滑开关工作电源），但是实现起来比较麻烦。有些产品可以自动避开胶带机起动时的低速状态：胶带机起动的同时给打滑开关供电，打滑开关得电工作后延时一段时间才开始正常检测胶带速度。

4）若有条件，则应尽量选择带实际速度显示并可以远程传送速度信号的产品。

2. 安装方法及注意事项

测速装置的安装示意图如图 11-24 所示，其安装注意事项如下：

1）根据不同产品选择合适的安装方式。

2）非接触式打滑开关应尽量安装在远离强电磁场干扰的位置，并罩上金属罩。

3）打滑报警的设定值应进行现场实测后设置。每个胶带机的速度参数一般都不相同，实际工作中的胶带运转速度还会受到胶带机安装方式及其结构的影响，所以必须逐一设置每条胶带机打滑开关的动作报警值。

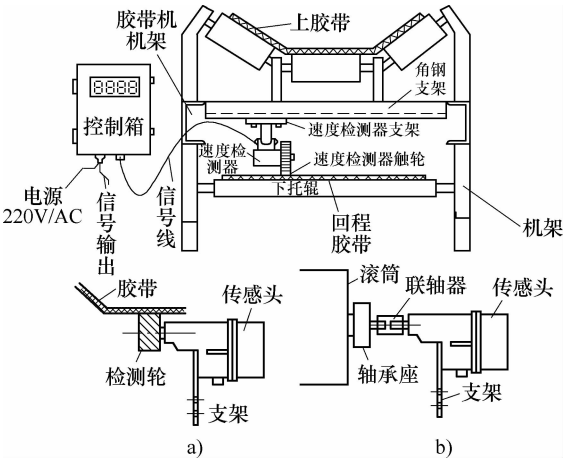


图 11-24　测速装置的安装示意图

a）胶带速度检测　b）滚筒速度检测

（五）防撕裂开关的选型与安装

防撕裂开关（图 11-25）是检测胶带纵向撕裂并报警的一种保护装置，可用于胶带发生撕裂时自动触发紧急停机。大部分撕裂发生在胶带尾部落料斗出口，由于物料中的大块硬物卡在落料斗出口而刮伤甚至刺穿胶带，有些撕裂是由于胶带支架和托辊变形等原因造成的。按照不同的检测手段和工作原理划分，安装于胶带下方的防撕裂开关可分为光电式、导电橡胶式和拉线式三种；安装于胶带尾部落料斗出口的防撕裂开关可分为挡板式和振动感应式等。

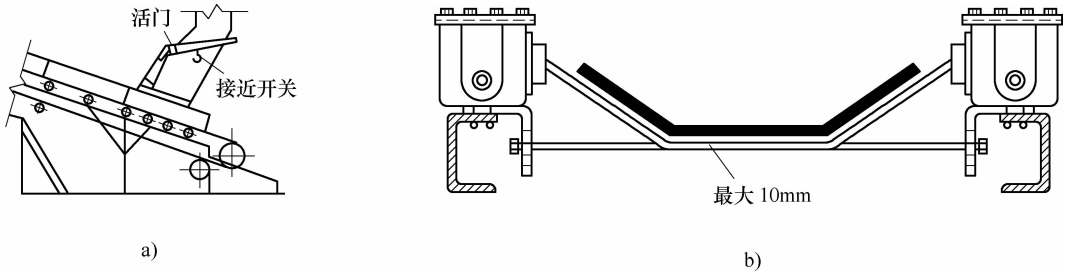


图 11-25　防撕裂装置安装示意图

a）活动挡板式防撕裂开关　b）下托式防撕裂开关

1. 选型原则及注意事项

1）胶带的撕裂大部分发生在落料斗出口处，比较有效的检测手段是在落料斗出口处安装活动挡板式防撕裂开关。活动挡板式防撕裂开关的优点是可以在第一时间甚至在撕裂发生前就可以检测并报警；缺点是只能检测由于物料中的大尺寸硬物可能造成的撕裂，并且安装、维护麻烦，容易卡堵。

2）对于胶带接头较多、脱皮较多的胶带机，不宜选择下托式防撕裂开关。由胶带机上翘引起的脱皮可能会造成开关误动。

3）选择在短时间扰动下可以自动复位的产品，过滤非撕裂扰动。由于输煤系统现场环境复杂、物料中的杂物多、胶带上常有脱皮现象等，选择可以在短时间扰动下自动复位的产品，能够

避免不必要的保护停机。

2. 安装方法及注意事项

1）活动挡板式防撕裂开关的活动挡板应该进行耐磨处理，并应做到便于拆卸更换。

2）下托式防撕裂开关的钢丝绳或导电橡胶管等检测部分应与胶带保持合理的安装距离，既要保证能够检测到撕裂发生，又要避免距离太近时胶带晃动引起的误动。

（六）料流开关的选型与安装

料流开关是检测胶带上是否有物料的保护装置，有的产品可区分不同流量大小，在流量超大时还可以提供超载报警。料流开关有时还用于触发降尘、除尘设备，如水喷淋装置和除尘器等联锁工作。按照不同的检测手段和工作原理划分，主要有安装在胶带上方的悬臂式或链锤式料流开关（图 11-26a）和安装在胶带下方的称重式料流开关（图 11-26b）两种。

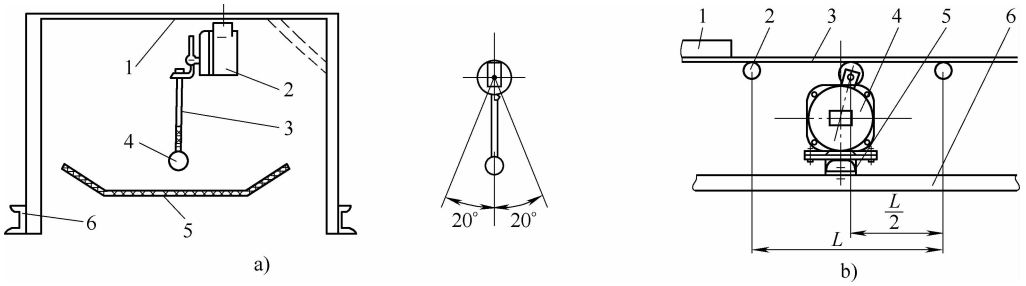


图 11-26　料流开关安装示意图

a）悬挂式料流开关

1—安装支架　2—检测体　3—链条　4—金属球　5—胶带　6—机架

b）称重式料流开关

1—导料槽　2—托辊　3—胶带　4—检测器　5—安装架　6—中间架

1. 选型原则及注意事项

1）优先选择非接触式料流检测开关。接触式料流开关的寿命短、易变形，甚至其检测机构受到物料冲击后会掉进物料中。

2）选择接触式料流检测开关时，要选择结构坚固的产品，以保证能够长期承受物料的冲击。

3）称重式料流开关也是一种比较理想的检测开关。称重式料流开关的检测机构安装于胶带下面，通过检测胶带上物料施加给胶带的压力判断料流流量的变化。这种料流开关的工作原理类似于胶带秤，优点是不会对物料产生污染，可以反映物料流量的细微变化，缺点是价格昂贵。

2. 安装方法及注意事项

图 11-27 所示为料流开关的安装示意图，其具体安装注意事项为：

1）根据不同的产品类型选择合适的安装方式。

2）安装于胶带上部的料流检测开关，特别是接触式的料流检测开关，应该采用门字型支架，保证结构结实稳固。

（七）料位开关（料位仪）的安装

电厂输煤系统通常是通过料位开关和料位仪结合实现煤仓料位检测。由于在煤仓下部安装料位检测设备比较麻烦，并且检修也不方便，目前大部分电厂在煤仓顶部安装料位仪，以检测料位的变化并实现低料位的监测与报警，同时在煤仓顶部落料口附近安装料位开关，用于检测高料位并报警。若采用阻旋式料位仪和超声波料位仪结合使用，通常是原煤仓当中每个犁煤器下面用一个阻旋式料位仪作为高煤位信号，原煤仓中心用一个超声波料位仪作为料位高低显示和低煤位信

号控制。

1. 超声波料位仪的安装

超声波料位仪属于非接触检测仪器，可以定点和连续测量，具有测量精度高，不受光线、粒度等影响，传播速度也不受被测物料介电常数、电导率及腐蚀性影响特点。超声波料位仪在使用时，其量程应该大于现场实际测量的距离。通常，实际测量范围超出量程以外时，超声波料位仪显示的料位数据是没有意义的。

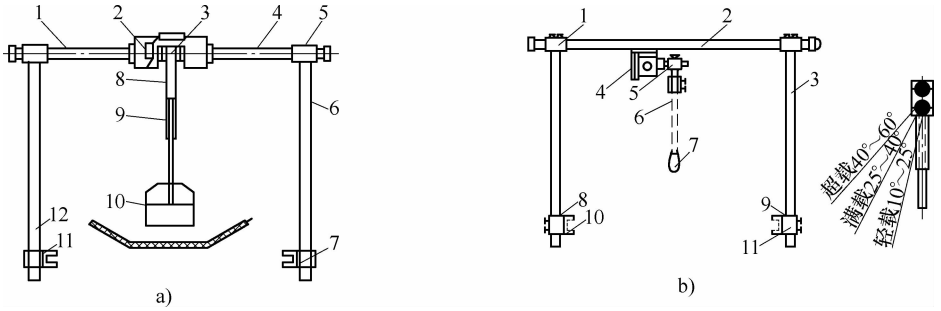


图 11-27　料流开关的安装示意图

a）悬臂式料流开关安装示意图

1—左横梁　2—调位盘　3—限位板　4—右横梁　5—上锁紧管　6—支臂　7—下锁紧管　8—摆杆　9—调位栓　10—摆臂板　11—胶带　12—机架

b）链锤式料流开关安装示意图

1—上锁紧管　2—横梁　3—支臂　4—传感器　5—限位管　6—钢丝绳　7—钢球棒　8—机架　9、10—焊接点　11—下锁紧管

1）超声波料位仪正确的安装位置是：探测器发射面要对正料面，发射的超声波声柱要避开进料口的料流和仓里的固定构件。例如，图 11-28a 的安装位置是错误的，图 11-28b 的安装位置是正确的。

2）超声波料位仪的换能器不宜安装过深。通常，超声波料位仪的换能器附近有一个约 1m 的盲区。如果安装过深，再加上探头自身具有一定长度，则可能会在煤仓内煤位较高时进入超声波料位仪探头的测试盲区，造成料位数据不准确，影响运行判断和控制操作。

3）尽量使换能器远离料仓进料口，但不能紧贴仓壁，如图 11-29 所示选择定位。

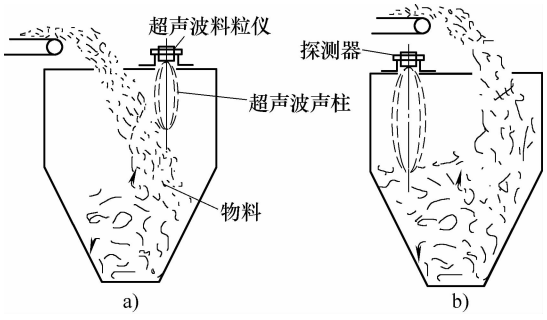


图 11-28　超声波料位仪的安装位置

a）超声波料位仪错误的安装方法　b）超声波料位仪正确的安装方法

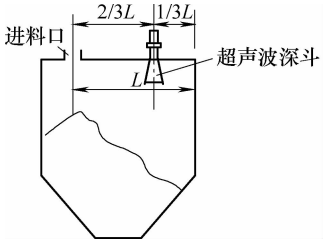


图 11-29　换能器的安装位置

4）换能器超声波发射范围内不要有容易引起干扰信号的障碍物（如横梁、人梯、检修通道等）。

5）换能器周围应没有较大的高频噪声源。

6）尽量避免机械振动。

7）图 11-30 所示为超声波料位仪换能器的安装形式，目前采用较多的是平板法兰安装和立管安装。换能器法兰盘推荐安装尺寸见表 11-2，立管推荐安装尺寸见表 11-3。

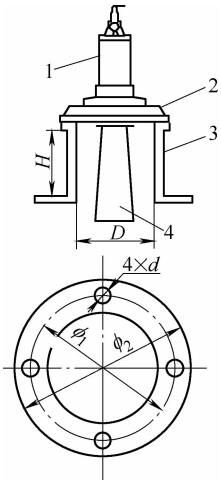


图 11-30　超声波换能器的安装尺寸

1—换能器　2—法兰盘　3—立管　4—超声波探头

表 11-2　换能器法兰盘推荐安装尺寸

法兰内径	换能器型号	立管最大高度 H/mm	立管最大直径 D/mm
4″	TR—30 TR—60	152	102
6″	TR—30 TR—60	241	152
10″	TR—90 TR—200	394	254

表 11-3　立管推荐安装尺寸

（单位：mm）

法兰内径	ϕ_1	ϕ_2	d
4″	190.5	228	19
6″	241	279	22
10″	362	406	25

2. 阻旋式料位仪的安装

图 11-31 所示为阻旋式料位仪的结构及安装位置。工作时若无物料与之接触，料位仪内部电动机带动旋转叶片正常旋转，料位仪触点开关无动作。当物料料位上升接触到旋转叶片并阻止叶片正常旋转时，旋转电动机立即断电，料位仪触点开关动作，输出一开关信号。

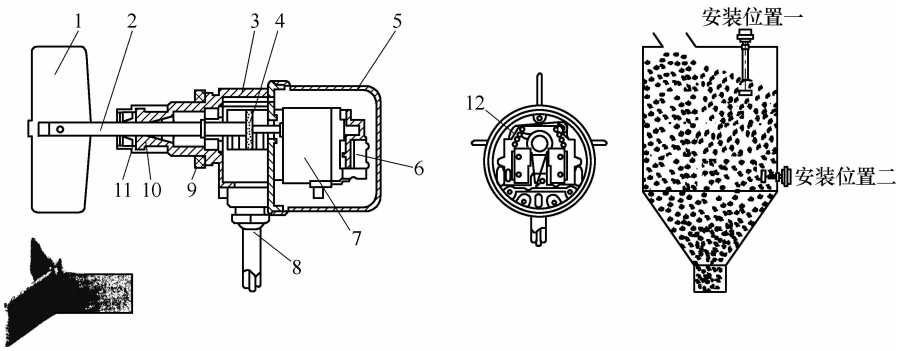


图 11-31　阻旋式料位仪的结构及安装位置

1—叶片　2—传动轴　3—本体　4—磁铁　5—外壳　6—微动开关　7—电动机

8—电缆线　9—固定螺母　10—轴承　11—油封　12—扭力弹簧

阻旋式料位仪的安装注意事项

1）如图 11-32 所示，阻旋式料位仪分料仓侧壁安装和料仓顶部安装两种形式，但不管采用哪种安装形式，在安装料位仪时都应避免进料时物料对旋转叶片的直接冲击。

2）如图 11-33 所示，安装时可用安装板安装（便于安装和维修时叶片拆装），也可用螺纹接头安装。图 11-33a 所示型号主要用于料仓侧面安装；图 11-33b 所示型号用于需要使用加长轴及轴护罩的料仓顶部的安装。

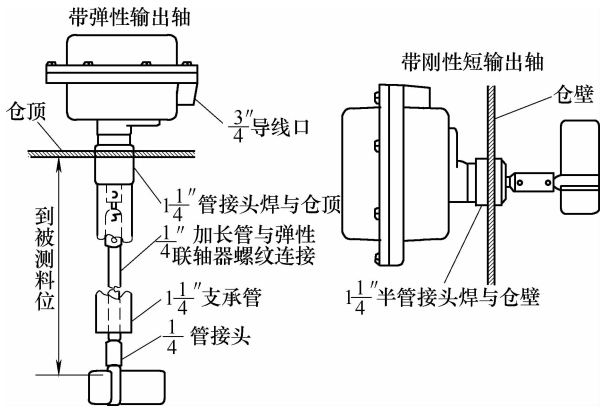


图 11-32　阻旋式料位仪的安装

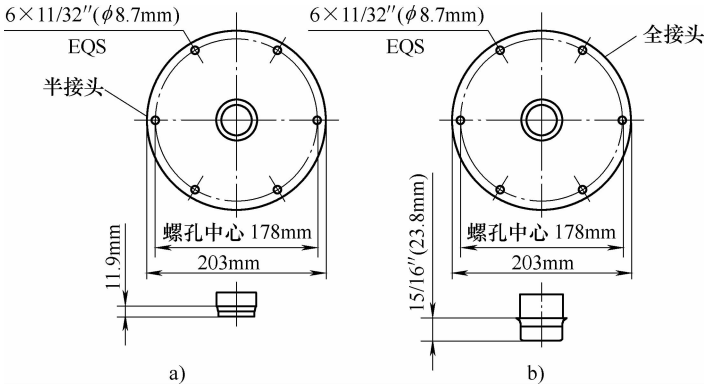


图 11-33　阻旋式料位仪安装板的安装

a）用于侧壁安装的安装板和半管连接头　b）用于顶部安装的安装板和全接头

3）一般情况下，侧壁安装和检测高料位时的顶部安装用刚性联轴器接头连接输出轴，顶部安装检测较低料位时，需采用加长轴，用弹性联轴器接头连接输出轴。

4）阻旋式料位仪接线端子图如图 11-34 所示。

5）同时安装高料位开关和高高料位开关时，应该使它们之间保持足够的距离，防止相互碰撞和缠绕。

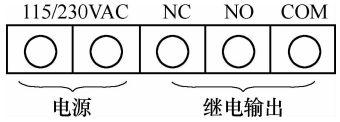


图 11-34　阻旋式料位仪接线端子图

第四节　输煤设备的运行控制

一、控制方式概述

输煤系统的控制方式有程序控制和就地手动控制。其中程序控制方式有：程序自动、联锁手动、解锁手动（试机），三种方式互为联锁；在程序控制方式下的配煤方式有两种：程序配煤和手动配煤，两种配煤方式同样互为联锁。

（一）上煤控制方式

1. *程控自动方式*

根据所选的正确流程，在程序的自动控制下，自动从受煤点按逆煤流方向依次延时进行设备起动，直到煤源设备；同样根据程序的停机指令，从煤源设备开始按顺煤流方向依次自动延时停机。在运行中当设备发生可检测到的故障时，按程序自动联锁停止故障设备至煤源设备。

在现场设备运行状态正常的情况下，自动控制为系统的最佳运行方式，在此方式下，设备的空载运行时间最短，操作员的操作步序最少，并可在流程相互不矛盾时方便地实现多路运行。

2. 联锁手动方式

对要起动的流程中设备按逆煤流方向一对一的起动，按顺煤流方向一对一停车。设备发生故障时，按程序自动联锁停止故障设备至煤源设备。同样在联锁手动方式下，可以在流程相互不矛盾时方便地实现多路运行。

“程序自动”和“联锁手动”方式可进行无挠动切换，从“程序自动”可以转换到“联锁手动”，反之，亦可切换而胶带系统的运行均不受转换干扰。

在自动或联锁手动方式下，可对处于停机状态下的设备试机起停。

3. 解锁手动方式

设备之间解除联锁关系，可以任意起停某一台设备。因设备间已经不存在联锁关系，此方式下设备绝不可带负载运行，只作单机试运或检修调试使用。

4. 就地手动控制

系统中各设备均可通过现场就地的转换开关切换到就地方式，此时脱离程控。就地控制时主控室对设备不起控制作用，CRT 上仅有设备状态指示，同时各设备间无任何联锁。该控制方式一般不作运行使用，只有在设备检修后的试运工作或系统联锁失灵的情况下方可使用。但当采用此种控制方式时，为了保证安全，其设备起停也应遵循联锁的基本原则。

（二）配煤控制方式

配煤分为程序配煤、手动配煤和就地配煤三种方式。

1. 程序配煤

程序配煤是自动配煤方式，在此方式下系统根据煤位信号和犁位信号，完全由程序按逻辑关系自动控制犁的抬落，完成煤仓配煤。

2. 手动配煤

手动配煤是由操作员根据煤位和犁位信号，在上位机上对犁煤器进行一对一抬落，手动操作控制来完成煤仓的配煤。手动配煤保护信号仍然有效，在设备出现故障时，自动连跳相关设备。

3. 就地配煤

就地配煤是由值班员根据煤仓情况就地通过控制箱对相应的犁煤器一对一的抬落操作。就地配煤方式只在程控系统出故障时采用，一般不予使用。

二、输煤系统控制实例分析

图 11-35 所示为某燃煤发电厂机组容量为 2 ×630MW，其燃运过程如下所述。

（一）燃料生产线介绍

1. 燃料生产线概述

铁路专用线运来的燃煤由两台翻车机翻卸后进入翻车机煤斗，再由煤斗下部的胶带给煤机送入#1 胶带机；由汽车运来的燃煤卸至汽车卸煤沟，由汽车卸煤沟下部的叶轮给煤机将煤拨到#2 胶带机上，再由#2 胶带机流向#3 胶带机，#3 胶带机和#11 胶带机上的煤流在#11 胶带中部汇聚，经除大块机后流向#5 胶带机，来自#5 胶带机的煤流在#4 转运站可进行分流，根据需要，进行切换，选择的上煤方式有：

1）选择方式一：煤流经缓冲滚筒进入#7 胶带机，再经伸缩头切换装置，煤流分路到#8 胶带继续上煤。

2）选择方式二：#5 胶带煤流经#6 胶带，进入贮煤罐：根据上煤量、混配煤方式及要求，贮煤罐可进行适时存贮煤及配煤操作。若选择配煤，通过变送器，调节环式给煤机回转频率，进行

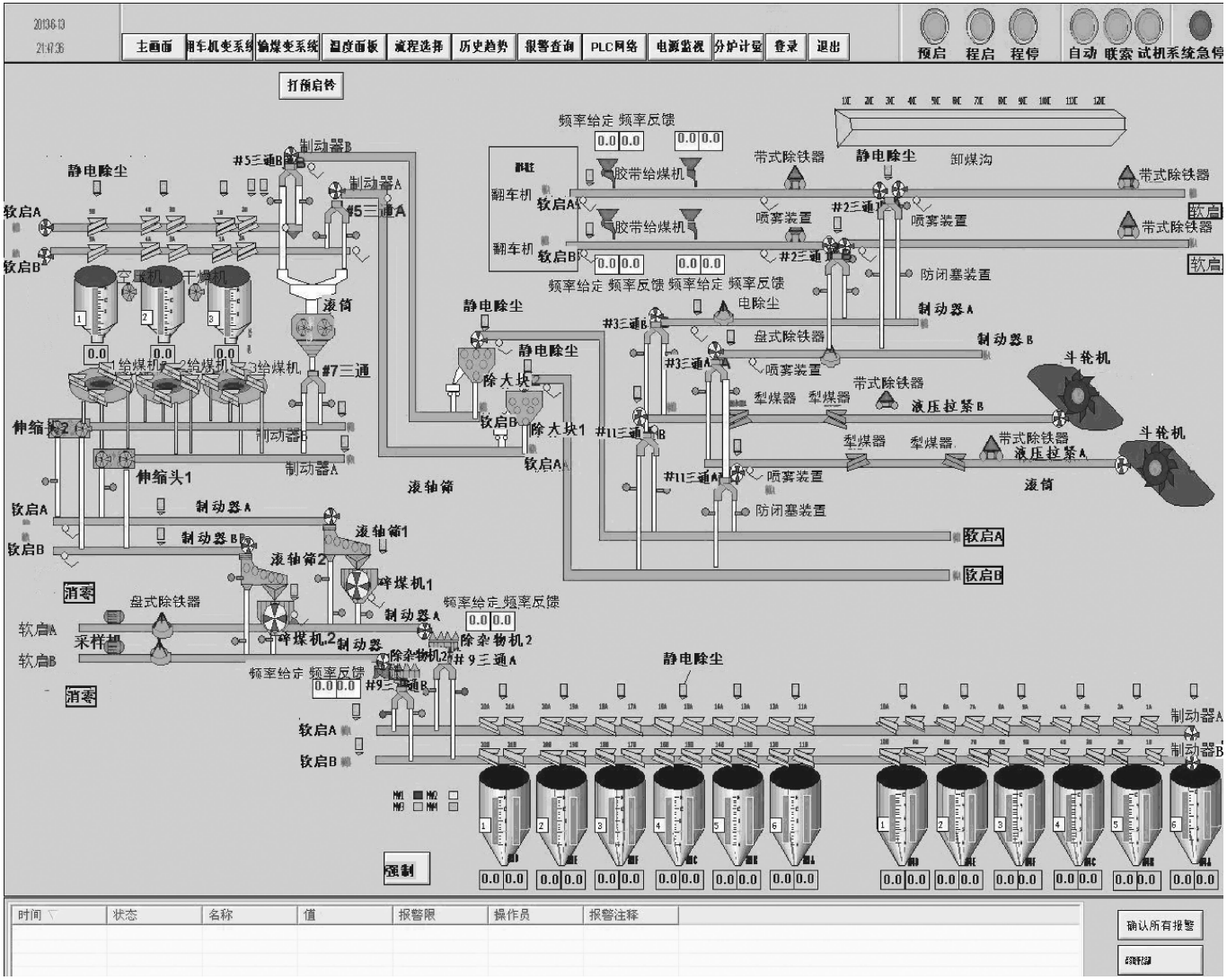


图11-35　某燃煤发电厂机组容量为2×630MW输煤系统

配煤后继续向#7 胶带上煤。

煤流经#8 胶带、筛碎设备（图 11-35 所示为滚轴筛与碎煤机）后进入#9 胶带，经除杂物装置甲乙两侧各分两路，根据上煤量，选择好上煤路径后，煤流到#10 胶带，选择了配煤方式后，向原煤仓进行配煤操作。

另外，#3 胶带机另一侧挡板可通往#4 胶带，而#4 胶带与两煤场斗轮机联锁，可实现双向煤流输送操作，即实现向煤场堆料、斗轮取料向#4 胶带上煤及煤的掺配。

2. 输煤系统流程

输煤系统主要包括上煤系统、配煤系统及辅助系统等。其中上煤系统和配煤系统从运行状态来看，既相互交叉又相互独立。从控制的角度来看都是独立控制，互不干扰，如图 11-36 所示。

（1）程控上煤

1）由筒仓经环式给煤机经#7 胶带，#8 胶带、#9 胶带、#10 胶带上至原煤仓。

2）直接上仓分为三种：

①由火车经翻车机卸煤再由胶带给煤机至#1 胶带、#3 胶带、#4 胶带、#5 胶带缓冲滚筒到#7 胶带、#8 胶带、#9 胶带、#10 胶带上至原煤仓。

②由汽车卸煤沟经叶轮给煤机至#2 胶带、#3 胶带、#4 胶带、#5 胶带缓冲滚筒到#7 胶带、#8 胶带、#9 胶带、#10 胶带上至原煤仓。

③由煤厂经斗轮取煤至#11 胶带、#4 胶带、#5 胶带缓冲滚筒到#7 胶带、#8 胶带、#9 胶带、#10 胶带上至原煤仓。

（2）程控配煤

1）原煤仓配煤。

2）环式给煤机配煤。如将#1 原煤仓落煤为低挥发低热值；#2 原煤仓落煤为低挥发高热值；#3 原煤仓落煤为高挥发高热值。

3）火车、汽车和煤场（斗轮）配煤方式。

4）环式给煤机与筒仓配煤。

5）火车、汽车、煤场掺配。

（二）燃料程控系统介绍

燃料程控系统由卸运煤系统、储煤系统、取煤系统、配煤系统、煤水处理系统等组成，储煤系统由斗轮机实现或汽车直接翻卸，配煤系统由犁煤器实现。整个系统包含一个集中控制室和四个远程站，分别布置在：输煤综合楼，煤仓间，#4 转运站，含煤废水处理室。

燃料输送控制系统含一个燃料程控室和四个远程分站，主机站和各远程分站间采用光纤冗余通信。控制主机采用施耐德 Modicon Quantum 系列 PLC，控制模式按上位机加双机热备 PLC，并设冗余通信总线。设三台上位机，可以三机运行，三机可同时操作或其中一台作为管理机。服务器配置的软硬件能满足燃料程控系统监控的要求，还包括网络接口设备、实时数据库驱动接口软件、防火墙软件等。与全厂信息系统的接口在保证数据正确传输的同时，还能保证燃料程控系统监控网络的安全性，并阻止来自全厂信息系统的任何操作及有意或无意的破坏和病毒侵害。

上煤程控系统具有以下特点：

1）上煤系统可以集中控制和就地控制，并具有联锁、调节控制、运行程序、监控和报警功能。上煤系统以微机程序控制为主，集中单独控制为辅，就地控制只用于检修后的单机起、停或调试。

2）控制系统有足够的冗余度，当工作主机故障退出运行时，备用主机可以进行无惯性的切换，保证控制系统按既定控制方式无扰动运行。

3）燃料程控系统的运行方式有集中和就地两种。集中控制又分为自动和手动，在上位机上有集中自动和集中手动控制方式的切换按钮。

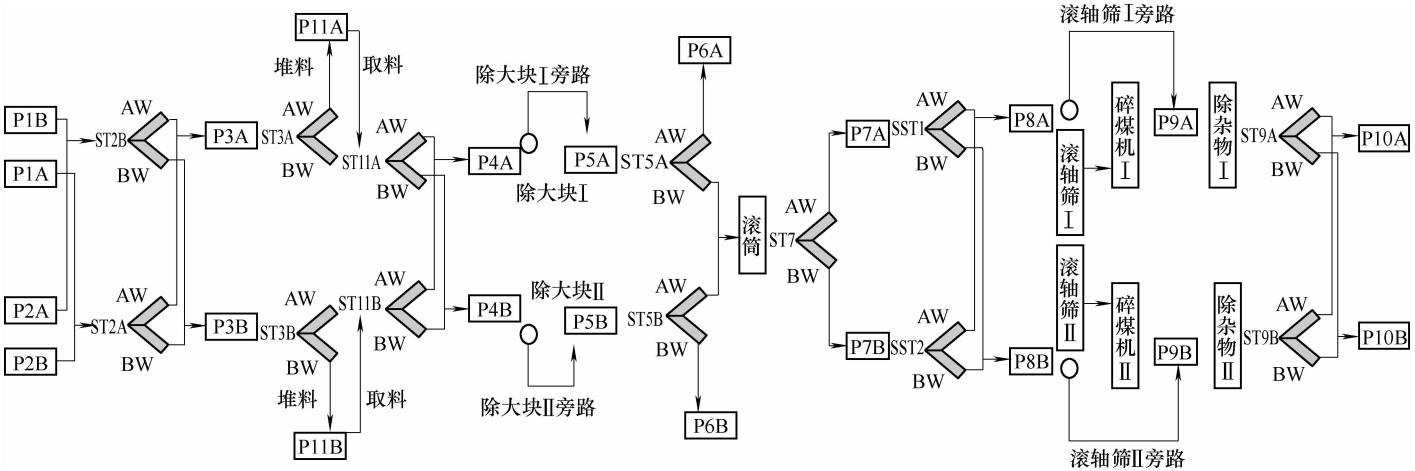


图11-36　输煤系统上煤流程

4）当主要设备发生故障时，在上位机 LCD 上将弹出报警窗口并闪光。

（三）输煤控制系统 PLC 网络系统配置设备介绍

输煤系统程控的配置根据厂家的不同也各不相同，但总体架构变化不大。在具体参数上，PLC 选型上也各不相同，下面以 2×630MW 电厂输煤运行实例进行如下分析。

1. 工控机

配置 3 台工控机，CPU 主频：≥2.6GHz，硬盘：≥500GB，显示器：22" 彩色 LCD，内存：≥2GB。PLC 配置 2 套可编程序控制器，双机双缆热备用，CPU 及总线均采用冗余配置，总线采用双缆热备。CPU 的容量满足扩展要求，CPU 的负载率在正常情况下小于 30%，事故情况下小于 50%。I/O 点数满足系统要求，并留有 10% 的备用量，机柜空槽余量为 20%。CPU 型号为 140CPU67160，当工作 PLC 出现故障时，备用 PLC 能自动投入工作，其自动切换时间≤48ms。

2. 软件

1）上位机操作系统软件：WindowsXP。

2）监控软件开发版：InTouch10.0。

3）监控软件运行版：InTouch10.0。

4）编程软件：Unity Pro。

3. 设备信号介绍

根据运行需要，系统信息输送及反馈过程为：PLC 通过 I/O 站向各设备发送起停命令，各设备选择运行状态参数和获取故障信息，并通过 I/O 站反馈至 PLC。操作员可在程控室的上位机上操作和监控各设备。

4. PLC 主机站电源

燃料程控系统 PLC 主机站的电源采用单相二线制，双路集中供电方式，双路互为备用，配有浪涌保护。工作电源由两路厂用电提供，当工作回路发生故障时，能自动切换到备用回路。电源切换时不影响程控系统及设备的正常运行。电源柜上有两路交流电源的切换开关、切换试验按钮、电流表、电压表和运行指示灯，设有“电源切换装置故障”及各路“电源消失”等报警信号，并输出到 PLC 系统。

2×630MW 输煤系统程控电源双路切换电路如图 11-37 所示。

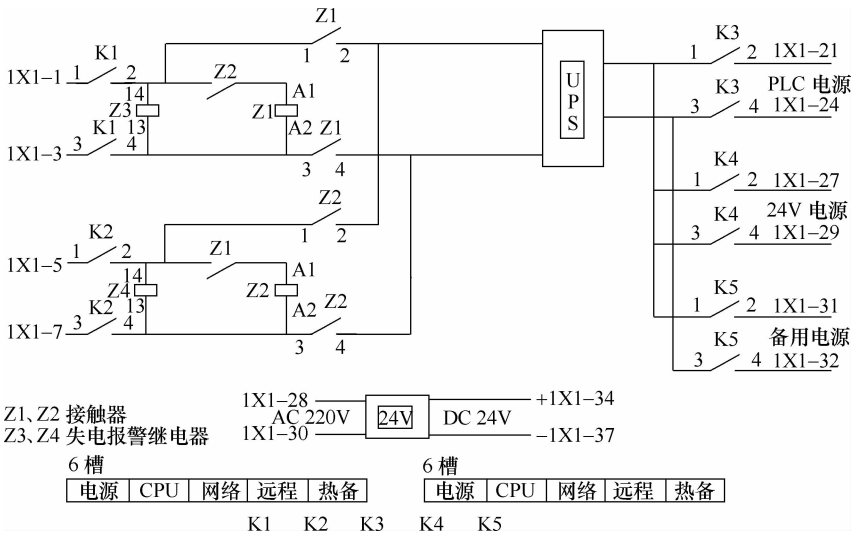


图 11-37　2×630MW 输煤系统程控电源双路切换电路

5. 远程 I/O 站电源

输煤综合楼、#4 转运站、原煤仓、含煤废水处理远程站电源由各自的主控配电室提供两路 AC220V 电源，且配置失电自动切换装置，在电源故障或消失时发出报警信号。煤仓层远程 I/O 站还提供煤位计、就地控制箱及保护装置电源。当系统失去所有电源时，所有设备控制在跳闸位置，与系统紧急跳闸情况相同，以防当电源恢复时设备自行起动。

6. 继电器柜

在本控制系统中，继电器柜有输入继电器和输出继电器两种。它们的主要作用是：

1）隔离现场返回的信号，防止干扰控制器，向控制器和模拟屏发出信号。

2）扩大控制器的接点容量。当系统全部启动时，由于输出模板的接点容量小，易于因发热而损坏。用控制器的输出接点驱动输出继电器，用输出继电器起动一次设备的控制回路。

3）当控制器故障且无备用时，可以用手动按钮集中控制输出继电器输出指令，起动设备。

7. 系统工艺模拟屏

模拟屏是根据工艺流程和自动程序控制的要求，用塑料模块组合成具体形状再配合粘结各种颜色的有机玻璃模型制成的功能齐全的模拟显示系统。它的显示发光元件用专用的晶体管发光元件，具有发光性能好、功率消耗低、寿命长等特点。

模拟屏具有以下功能：

（1）整条输煤胶带发光流动显示　整条胶带用彩色有机玻璃制成。当胶带头部单灯闪光时，显示该设备准备程序启动；当单灯停止闪光而进行正常显示时，表示胶带电动机已合闸带电；当胶带空载运行时，红色光带顺胶带运行方向流动发光；当胶带负载运行时，煤流信号动作，绿色光带与红色光带同时顺胶带运行方向流动发光；当胶带出现打滑、过载慢转时，红色光带停止流动发光，同时声响报警，带有事故字样的光标显示。

（2）胶带跑偏显示　当胶带跑偏并且跑偏值超过允许值时，跑偏开关动作，发出报警信号，同时带有事故字样的光标显示。

（3）落煤筒堵煤信号显示　当落煤筒发生堵煤时，相应的位置在模拟屏显示发光，同时声光报警。

（4）犁煤机位置信号显示　用双色发光元件显示，即抬起位置时用红色显示，落下时用绿色显示。

（5）煤仓煤位信号显示　各原煤仓均设有高、中、低煤位显示信号。当原煤仓的高煤位信号全部出现过一次时，满煤指示信号灯发光，同时有报警信号。

（6）给料机起动信号显示　当某台给料机起动时，相应的给料机起动信号发光显示。

（7）除铁器、除尘器指示信号显示

当除铁器、除尘器起动时，相应的单色起动指示灯发光。

（8）其他显示功能　模拟屏除具有以上显示功能外，还有振动、超温、开关跳闸、划伤胶带等事故报警显示功能。

（四）输煤程控系统网络配置结构

整个输煤系统的程控网络配置如图 11-38 所示，整套网络全部采用 SIEMENS 的设备，这样可以使用现场总线技术，实现完全的分布式结构，并充分获得这一先进技术所带来的好处。

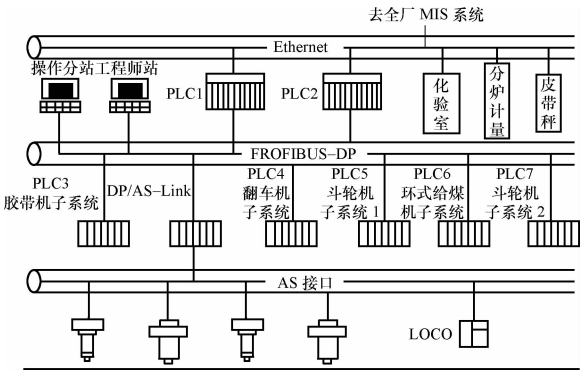


图 11-38　输煤程控系统的网络配置

网络最上层是以太网，2 台 PLC 直接挂接在网上，实现双机热备，以便可靠地将输煤系统的状态和参数传送至全厂 MIS 系统（管理信息系统，Management Information System）。同时通过以太网将化验站、分炉计量和胶带秤的煤计量信息也送至 MIS 系统。

网络第 2 层是 Profibus-DP（通过传输协议实现控制系统与子系统的高速通信连接）通信网，5 台 PLC 分别属于输送机子系统、翻车机子系统、斗轮机子系统 1、环式给煤机子系统、斗轮机子系统 2，在运行各子系统的同时通过 Profibus-DP 网络与 PLC1 和 PLC2 进行通信，以便接收参数或发送状态。操作员站和工程师站连接在 Profibus（一种国际化、开放式、不依赖于设备生产商的现场总线）上作为监控站，可完成远程编程、修改参数及在线监控功能。

网络第 3 层为远程 I/O 接口（输入/输出接口）。此层中采用了 AS-I（与传感器和执行器直接连接的数据总线）传输总线，即远方现场的一些执行器、传感器或小型模块可通过 DP/AS-Ⅰ链接器和 Profibus-DP 网络进行通信，以便接收参数或发送状态。

网络的具体配置如下：

PLC1、PLC2：采用 S7-400 系列 CPU415-2DP，外加以太网通信模块 CP342-1；

PLC3、PLC4、PLC5、PLC6 和 PLC7：采用 S7-300 系列 CPU315。

操作员站和工程师站：采用功能强大的 PG760 台式计算机，与通常的 AT/Micro DOS/Windows PC 兼容。PG760 有集成的 MPI 接口。选择 CP5411 网卡可连接到 Profibus-DP 上。配置 STEP7 编程软件包可作为编程设备使用。使用 PG760 通常还要配置 WINCC 等软件包作为监控操作站使用。

三、典型设备的运行控制系统分析

（一）输煤胶带机的程序控制系统分析

现以某 2×630MW 机组输煤系统中的#14 胶带为例进行程控系统的分析。

1. 控制系统原理

如图 11-39 所示，具体工作原理如下：

外部输入信号（起动、停止指令；运行、跑偏、拉线等反馈信号）后，先起动输入继电器，通过输入继电器隔离后将指令或反馈信号送入 PLC 输入端，参与逻辑控制，同时用输入继电器的另一对干接点起动模拟屏上的相应设备指示。

经过程序运算后，PLC 控制相应输出端，输出的信号先起动输出继电器，经过输出继电器隔离、增容后起动相应的设备（继电器、接触器、电磁阀线圈、指示灯等），同时用输出继电器另一对干接点起动模拟屏上的相应设备指示。

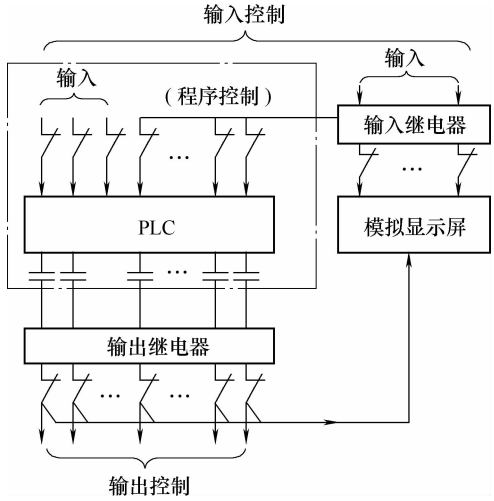


图 11-39　控制系统原理图

2. 控制系统接线

如图 11-40 所示，V1—V2、V3—V4、V5—V6 之间的接点来自 PLC 程控柜内的输出继电器的一对干接点，用来起动就地的电气设备。

V0—V21、V0—V22、V0—V23、V0—V26 等之间的干接点为就地的反馈信号，该信号送入程控柜后，先起动输入继电器，再经输入继电器隔离后送入 PLC，参与逻辑控制。

3. 程控柜柜内布置、点序控制及接线说明

（1）程控柜柜内布置（图 11-41）

（2）程控柜柜内点序控制（表 11-4）

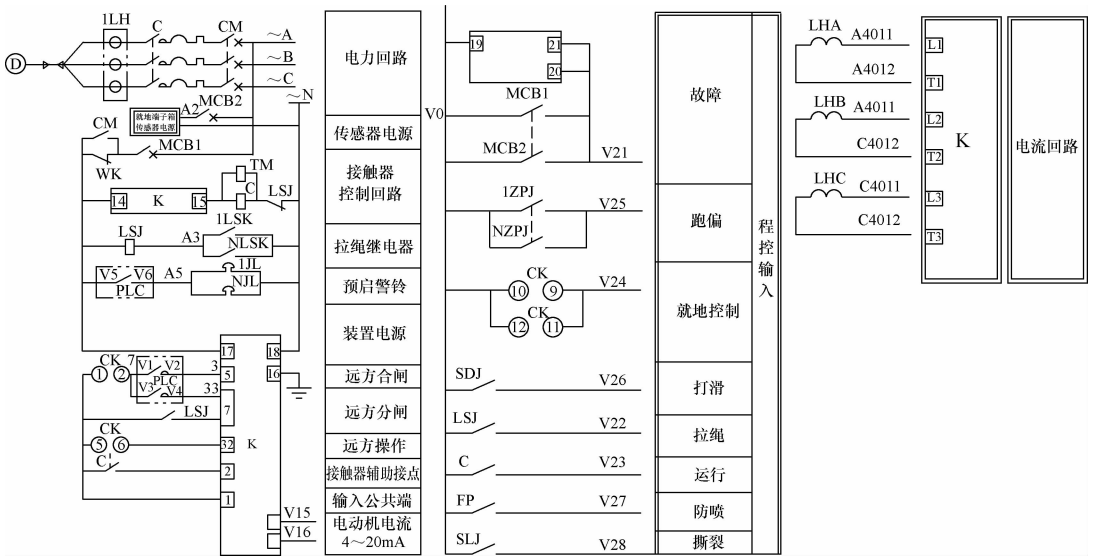
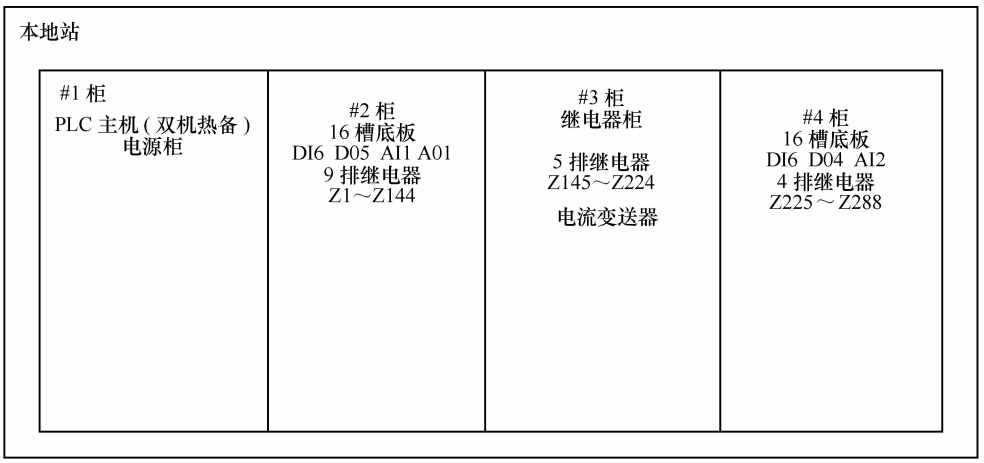


图 11-40　就地设备接线图



#2 柜

电源模块 CPS11420	远程 I/O 模块 CRA93200	开关量输入 (32 点) DAI75300 1	开关量输入 (32 点) DAI75300 2	开关量输入 (32 点) DAI75300 3	开关量输入 (32 点) DAI75300 4	开关量输入 (32 点) DAI75300 5	开关量输入 (32 点) DAI75300 6	开关量输出 (32 点) DDO35300 1	开关量输出 (32 点) DDO35300 2	开关量输出 (32 点) DDO35300 3	开关量输出 (32 点) DDO35300 4	开关量输出 (32 点) DDO35300 5	模拟量输入 (16 点) ACI04000 1	模拟量输出 (8 点) ACO13000 1	16 槽

#4 柜

电源模块 CPS11420	远程 I/O 模块 CRA93200	开关量输入 (32 点) DAI75300 7	开关量输入 (32 点) DAI75300 8	开关量输入 (32 点) DAI75300 9	开关量输入 (32 点) DAI75300 10	开关量输入 (32 点) DAI75300 11	开关量输入 (32 点) DAI75300 12	开关量输出 (32 点) DDO35300 6	开关量输出 (32 点) DDO35300 7	开关量输出 (32 点) DDO35300 8	开关量输出 (32 点) DDO35300 9	模拟量输入 (16 点) ACI04000 2	模拟量输出 (16 点) ACI04000 3	16 槽

图 11-41　程控柜柜内布置

表 11-4　程控柜柜内点序控制

DI3-25	120	DI725	#14 甲胶带故障
DI3-26	121	DI726	#14 甲胶带拉绳
DI3-27	122	DI727	#14 甲胶带运行
DI3-28	123	DI728	#14 甲胶带就地控制
DI3-31	124	DI729	#14 甲胶带跑偏
DI3-32	125	DI730	#14 甲胶带打滑
DI3-33	126	DI731	#14 甲胶带防喷
1X2-RD4	127		COM
Z34-5	128	DO450	#14 甲胶带合闸
Z34-9	129		
Z35-5	130	DO451	#14 甲胶带跳闸
Z35-9	131		
Z36-5	132	DO452	#14 胶带警铃(共用)
Z36-9	133		
AI1-15	134	AI75	#14 甲胶带电动机电流
AI1-16	135		
DI3-34	136	DI732	#14 乙胶带故障
DI3-35	137	DI733	#14 乙胶带拉绳
DI3-36	138	DI734	#14 乙胶带运行
DI3-37	139	DI735	#14 乙胶带就地控制
DI3-38	140	DI736	#14 乙胶带跑偏
DI4-1	141	DI737	#14 乙胶带打滑

（3）程控柜柜内 PLC 模块布置　本柜继电器共 42 个，编号为：Z1～Z42（3 排），如图 11-42 所示。

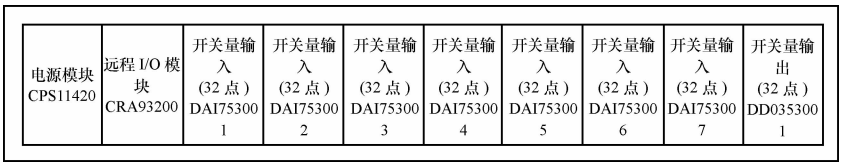


图 11-42　PLC 模块布置构图

（4）PLC 输入、输出模块端子接线说明

1）DI1 至 DI7 的 9、19、29、39 全部短接到 1X1-26；

2）DO1 至 DO3 的 10、20、30、40 全部短接到 1X1-34；

3）DO1 至 DO3 的 9、19、29、39 全部短接到 1X1-37；

4）Z1～Z42 所有的 13 短接到 1X1-38；

5）AO1 的 2、6、12、16、22、26、32、36 全部短接到 1X1-39；

6）D01 的 1～8 分别接 Z1～Z8 的 14；

7）D02 的 1～8 分别接 Z33～Z40 的 14；

8）D01 的 11 ~ 18 分别接 Z9 ~ Z16 的 14；

9）D02 的 11 ~ 18 分别接 Z41 ~ Z48 的 14；

10）D01 的 21 ~ 28 分别接 Z17 ~ Z24 的 14；

11）D02 的 21 ~ 28 分别接 Z49 ~ Z56 的 14；

12）D01 的 31 ~ 38 分别接 Z25 ~ Z32 的 14；

13）D02 的 31 ~ 38 分别接 Z57 ~ Z64 的 14。

（二）叶轮给煤机变频调速系统分析

1. 叶轮给煤机运行控制系统概述

叶轮给煤机是通过设备沿轨道在预设的缝沟间前后行走、驱动装置带动拔料叶轮的转动，将缝沟间两侧物料连续均匀的拨到缝沟内输送胶带上，能在行走中给料，也可定量给料，来实现物料均匀的输送。同时，通过工业电视监控，将叶轮给煤机的运行状况及行走位置发送到控制室，以便运行人员随时掌握设备运行情况。

叶轮给煤机的控制主要是行走位置及叶轮变频调速系统的控制。行走回路采用继电器控制，有就地操作和远方操作两种控制方式。控制原理如前所述，这里主要针对叶轮的变频调速系统的原理及常见故障进行分析。

叶轮给煤机电源一般采用滑触线或托缆的方式供电。主电动机采用变频调速控制方式，通过改变变频器控制回路接线，可方便地实现叶轮电动机正、反转互相切换。当叶轮叶片在运行中被杂物卡死时，可反转电动机，易于杂物的清除，缩短了故障处理时间。

2. 叶轮给煤机变频调速原理及运行过程分析

变频器接线如图 11-43 所示，其工作过程如下所述。

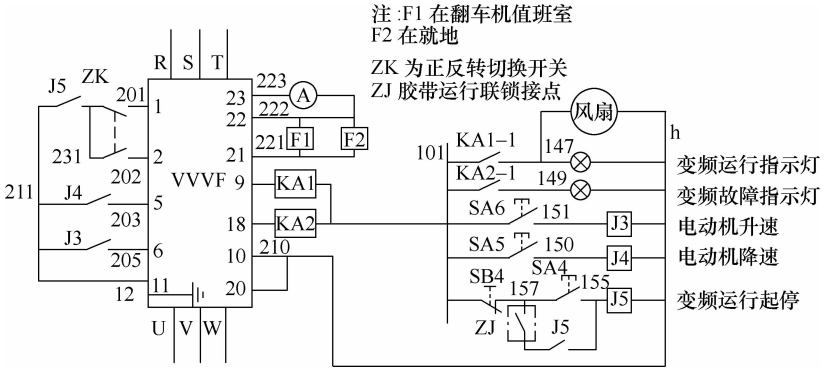


图 11-43　叶轮给煤机的变频接线

1）首先通过切换开关 ZK 选择叶轮给煤机的转向为正向（反向只在检修调试时使用），按下起动按钮 SA4，则 J5 线圈励磁，其触点闭合后变频起动运行，同时继电器 KA1 励磁，变频器运行指示灯亮，变频柜内的冷却风扇开始运行。若下一级胶带已经运行，则触点 ZJ 闭合，变频器通过触点 ZJ 和 J5 实现自保持运行。若在运行中下一级跳停，则联跳叶轮给煤机。停止时按下 SB4，继电器 J5 线圈失磁，其接点打开，变频器停运。

2）变频器启动后，按下 SA6 继电器 J3 励磁，其接点闭合，变频开始升速，升到所需的转速后松开按钮，继电器 J3 失磁，其触点断开，变频停止升速并以现有的转速保持运行。减速过程同升速一样。

3）变频器运行时其电流和转速信号以 4 ~ 20mA 模拟量输出，可外接电流表和转速表在远方监视变频器运行状态。当变频器故障时，继电器 KA2 励磁，其触点闭合，发出变频故障信号。

同时关断输出，停止电动机运行。

变频器的运行及升降速由外部继电器控制，可在远方操作变频器起停及升降速。转速及电流信号送入控制室供运行人员调整负载、监视运行。需注意的是：叶轮给煤机的运行必须与下方胶带联锁运行，当胶带机因故停运时，联锁叶轮给煤机，以防止给煤机溢煤。如图 11-43 所示，胶带运行触点 ZJ 串联与给煤机主电动机自保持回路中，当胶带停运时，叶轮给煤机联锁跳闸。

四、环式给煤机的工作原理

环式给煤机采用 PLC 控制，分自动运行和调试两种工作方式，调试方式仅用于检修人员检修及调试时使用。在自动方式下，PLC 可根据环给下部胶带的运行方式，自动选择卸煤器的工作方式，并控制卸煤器的抬落。当卸煤器落犁到位后即可按顺序自动起动卸煤车和犁煤车运行。卸煤车为工频运行，犁煤车有工频和变频两种运行方式，可通过切换开关选择不同的运行方式。环式给煤机和犁煤车 PLC 接线图如图 11-44 所示，其电气控制图如图 11-45 所示。

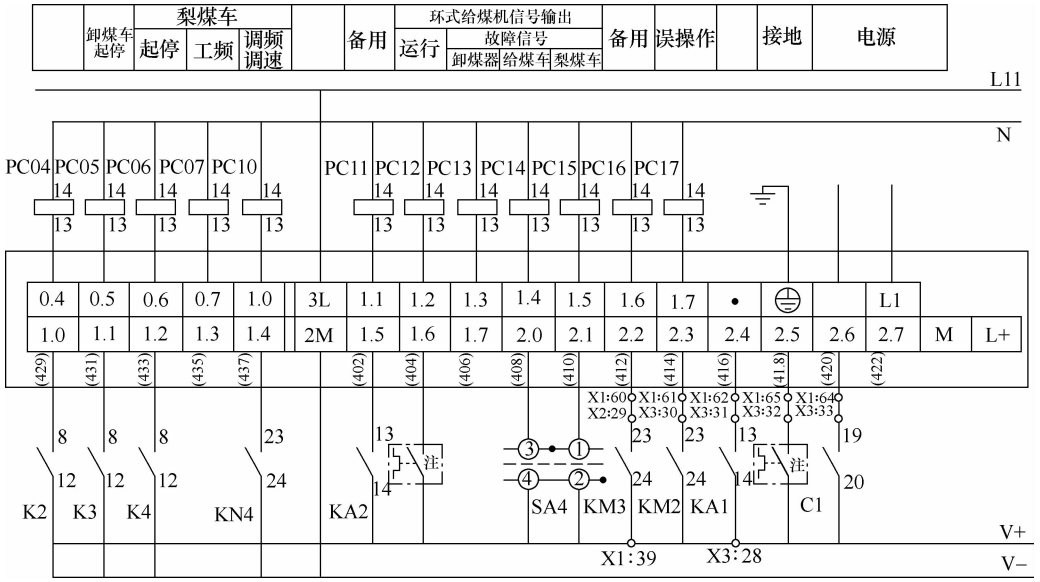


图 11-44　环式给煤机和犁煤车 PLC 接线图

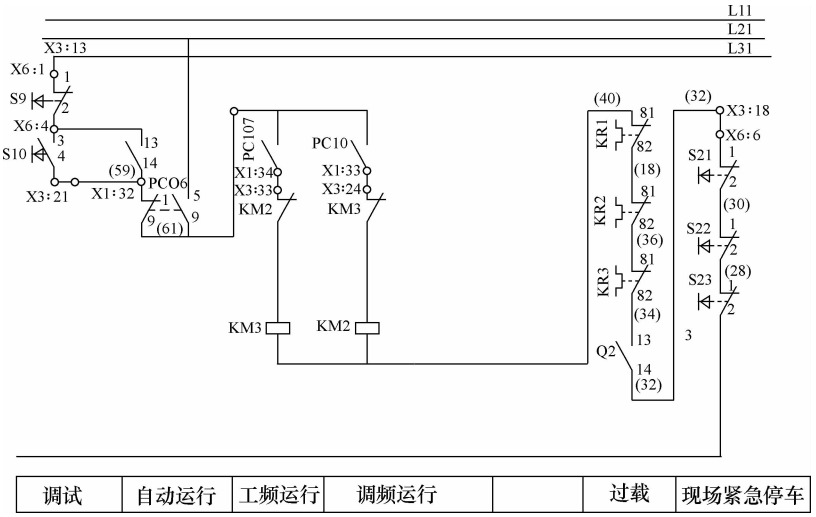


图 11-45　环式给煤机和犁煤车电气控制图

其动作过程如下：

（1）调试方式　在调试方式下 PLC 输出点 Q0.6 关断输出，继电器 PC06 失磁，其常闭触点闭合，然后选择犁煤车的运行方式，如选择工频运行，则 PLC 输出点 Q0.7 输出，继电器 PC07 励磁，同时在程序内闭锁 Q1.0 关断输出。按下 S10 按钮，KM3 接触器吸合，通过其触点自保持，犁煤车在工频方式下运行。在运行中若热偶 KR1、KR2、KR3 中任何一个动作，接触器 KM3 失磁，犁煤车停运。在每台犁煤车电动机旁各设置一事故停车按钮，其常闭触点串联接入接触器线圈回路，在紧急状态下，按下任一紧急停车按钮，接触器均可失磁，停止犁煤车运行。

（2）自动方式　首先选择犁煤车运行方式，若选择变频运行，则 PLC 输出点 Q1.0 输出，继电器 PC10 励磁，同时在程序内闭锁 Q0.7 关断输出，继电器 PC07 不能吸合。选择自动方式运行，当对应于运行侧胶带的卸煤器落犁到位后，且卸煤车在运行状态中，PLC 输出点 Q0.6 输出，继电器 PC06 励磁，其常开触点闭合，则接触器 KM2 自动励磁，犁煤车以变频方式开始运行。

第五节　典型卸储煤设备的运行控制

一、翻车机卸车线的运行控制

翻车机卸车线控制实例分析（以 FZ—1A 型翻车机为主体的折返式卸车线为例说明，图 11-46）

图 11-46　翻车机卸车线

翻车机卸车线的运行设备主要包括：翻车机本体设备、起重机设备（重车调车机或重车定位机）、迁车设备（迁车台、空车调车机或推车器等）及附助设备（摘钩平台及夹轮器等）。为使翻车机卸车线平稳、安全及高效的运行，其控制系统通常按设备顺序联锁的方式进行设计，主要又包括四个控制部分，即调车机往返控制系统、翻车机翻转控制系统、迁车台往返控制系统及空车运送系统，采取 PLC 控制方式将上述控制系统有机地连接在一起，各系统既相互独立运行又通过联锁条件相互制约。

（一）系统全线自动的运行工艺流程图

下面以 FZ1-2A C 型翻车机全线自动运行的工艺流程图（图 11-47）为例，说明翻车机系统运行控制工艺流程绘制的一般思路。

图 11-47 重点描述的是翻车机、重车推车器（重车调车机或推车器）、迁车台及空车推车器等设备的运行联锁关系。其总体运行联锁关系可以如下归纳。

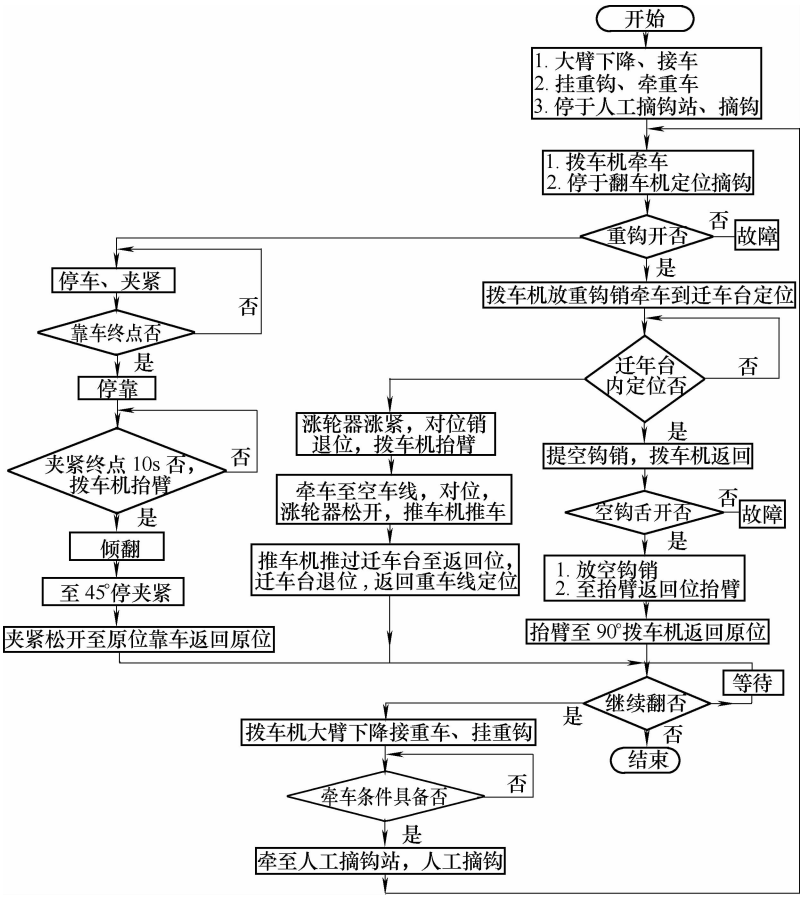


图 11-47　FZ1-2A C 型翻车机全线自动运行的工艺流程图

1. 牵重车联锁条件

1）迁车台与翻车机平台准确对轨。

2）翻车机平台在零位。

3）翻车机压车装置和靠车装置在原位（返回终点位）。

4）重车夹轮器已松开。

2. 迁空车联锁条件

1）迁车台与空车线准确对轨。

2）空车线上无空车。

3）空车夹轮器已松开。

3. 翻车机翻卸联锁条件

1）重车调车机已离开翻车机平台。

2）翻车机平台在零位。

3）压车梁已压到位。

4）靠车板已靠到位。

4. 翻车机翻卸工艺流程（图 11-48）

（二）翻车机 PLC 控制系统的构成

1. 输入回路

（1）电源回路　PLC 供电电源一般为 AC85～240V（也有 DC24V），适应电源范围较宽，但为了抗干扰，应加装电源净化元件（如电源滤波器、1∶1 隔离变压器等）。图 11-49 所示为重车调车机接线原理图。

（2）PLC 上 DC24V 电源　PLC 产品上一般都有 DC24V 电源，但该电源容量小，为几十毫安至几百毫安，用其带负载时要注意容量，同时作好防短路措施（因为该电源的过载或短路都将影响 PLC 的运行）。

（3）外部 DC24V 电源　若输入回路有 DC24V 供电的接近开关、光电开关等，而 PLC 上 DC24V 电源容量不够时，要从外部提供 DC24V 电源；但该电源的“—”端不能与 PLC DC24V 的“—”端以及“COM”端相连，否则会影响 PLC 的运行。

（4）输入的灵敏度　各厂家对 PLC 的输入端电压和电流都有规定，如日本三菱公司 F7n 系列 PLC 的输入值为：DC24V、7mA，起动电流为 4.5mA，关断电流小于 1.5mA。因此，当输入回路串联二极管或电阻（不能完全起动），或者并联电阻或有漏电流时（不能完全切断），就会有误动作，灵敏度下降，对此应采取措施。另一方面，当输入器件的输入电流大于 PLC 的最大输入电流时，也会引起误动作，应采用弱电流的输入器件，并且选用输入为共漏型输入的 PLC，Bp 输入元件的公共点电位相对为负，电流是流出 PLC 的输入端。

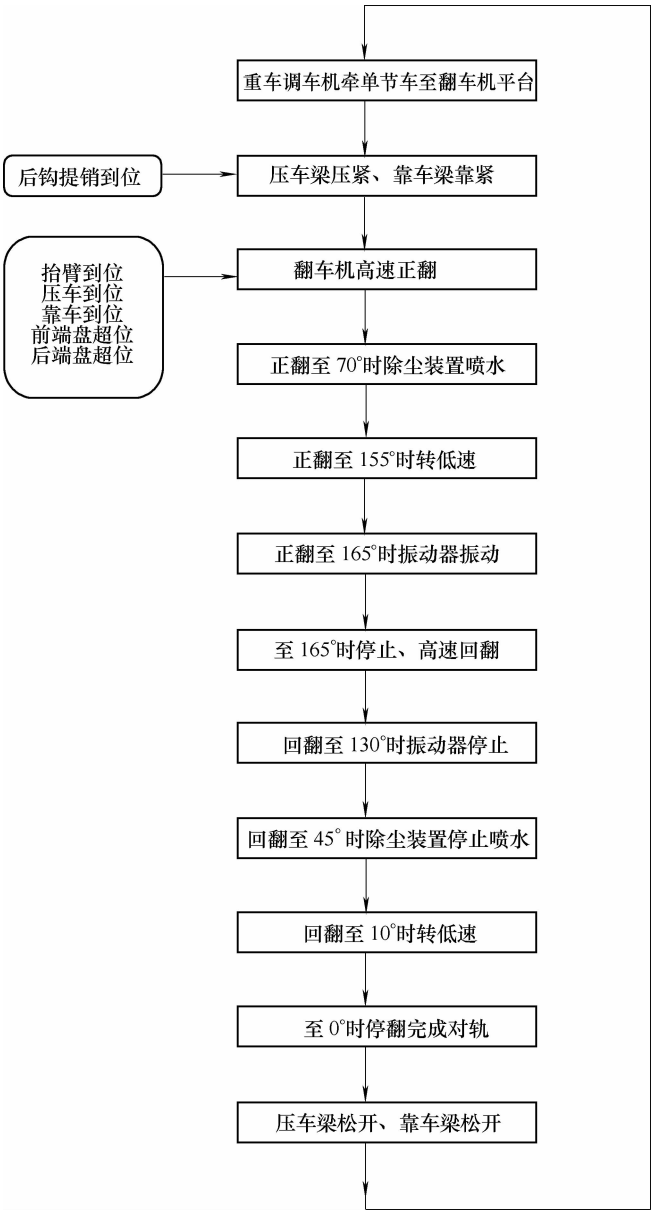


图 11-48　翻车机翻卸作业流程图

2. 输出回路（图 11-50）

（1）继电器输出　其优点是不同公共点之间可带不同的交、直流负载，且电压也可不同，带负载电流可达 2A/点；但继电器输出方式不适用于高频动作的负载，这是由继电器的寿命决定的。其寿命随带负载电流的增加而减少，一般在几十万次至上百万次之间，有的公司产品可达 1000 万次以上，响应时间为 10ms。

（2）晶闸管输出　带负载能力为 0.2A/点，只能带交流负载，可适应高频动作，响应时间为 1ms。

（3）晶体管输出　最大优点是适应于高频动作，响应时间短，一般为 0.2ms 左右，但它只能带 DC5～30V 的负载，最大输出负载电流为 0.5A/点，但每 4 点不得大于 0.8A。

当系统输出频率为6次/min以下时，应首选继电器输出，因其电路设计简单，抗干扰和带负载能力强。当频率为10次/min以下时，既可采用继电器输出方式，又可采用PLC输出驱动达林顿晶体管（5～10A），再驱动负载，可大大减小PLC继电器的输出电流，延长PLC寿命。当采用晶体管输出时，一般需要放大功率，且要做好防短路措施。

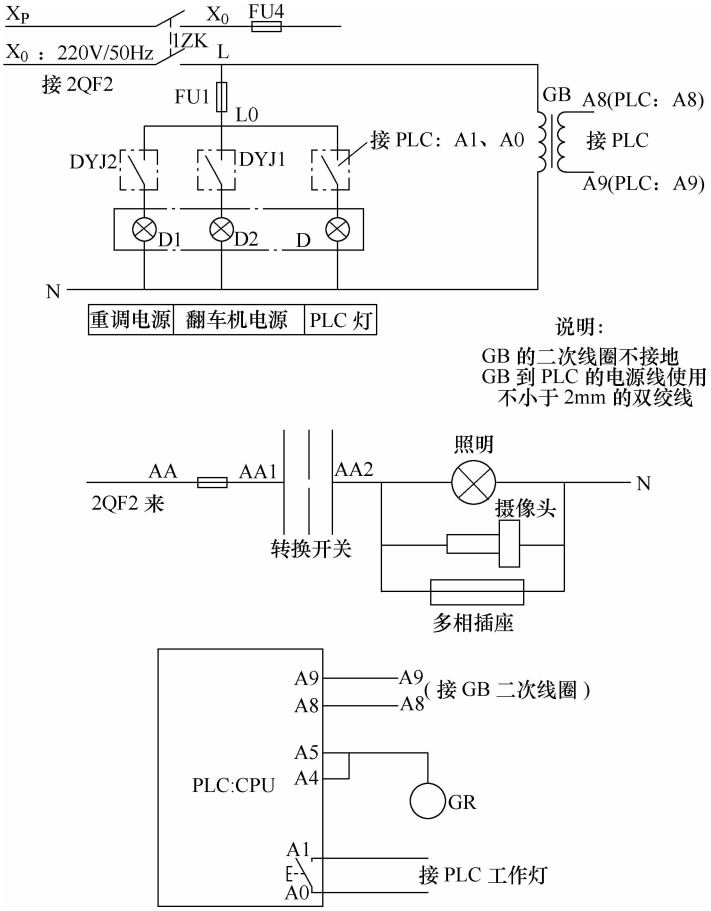


图11-49　重车调车机接线原理图

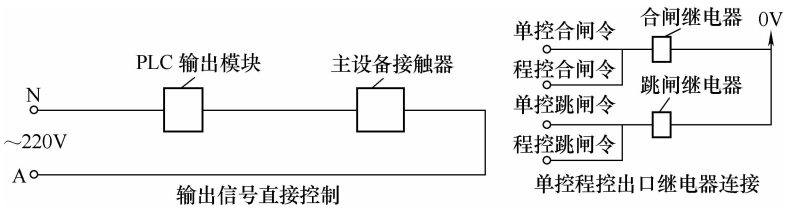


图11-50　输出回路

3. 抗干扰与外部互锁（以翻车机程控输出为例）

当PLC输出带感性负载，负载断电时会对PLC的输出造成浪涌电流的冲击，为此，对直流感性负载应在其旁边并接续流二极管，对交流感性负载应并接浪涌吸收电路，可有效保护PLC。当两个物理量的输出在PLC内部已进行软件互锁后，在PLC的外部也应进行互锁，以加强系统的可靠性，如图11-51所示。

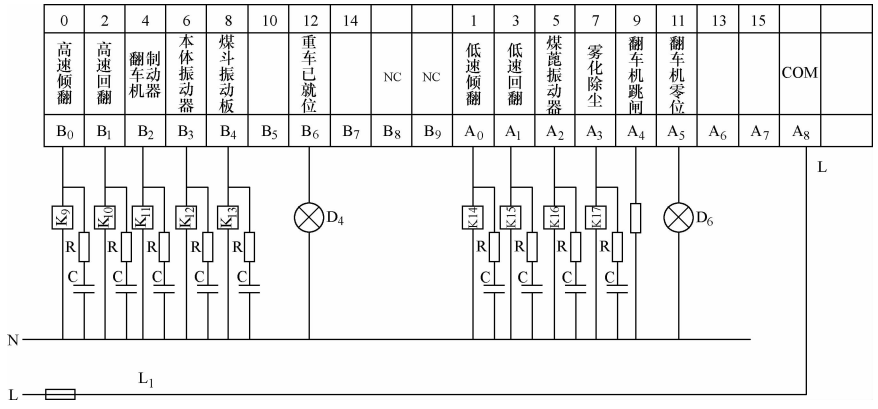


图 11-51　翻车机程控输出回路

4. “COM”点的选择

不同的 PLC 产品，其“COM”点的数量是不一样的，有的一个“COM”点带 8 个输出点，有的带 4 个输出点，也有带 2 个或 1 个输出点的。当负载的种类多，且电流大时，采用一个“COM”点带 1 ~2 个输出点的 PLC 产品；当负载数量多而种类少时，采用一个“COM”点带 4 ~8 个输出点的 PLC 产品。这样会对电路设计带来很多方便，每个“COM”点处加一熔丝，1 ~2 个输出时加 2A 的熔丝，4 ~8 点输出的加 5 ~10A 的熔丝，因 PLC 内部一般没有熔丝。

5. PLC 外部驱动电路

对于 PLC 输出不能直接带动负载的情况下，必须在外部采用驱动电路：可以用晶体管驱动，也可以用固态继电器或晶闸管电路驱动，同时应采用保护电路和浪涌吸收电路，且每路有显示二极管（LED）指示。印制电路板应做成插拔式，易于维修。

6. 程序存储

调试好的 PC 用户程序经常是存储在用锂电池作后备电源的 RAM 中，一般情况下，这种方式是保险的，但在强干扰的环境下，RAM 中的用户程序也有可能被改写或冲掉。目前，常用的作法是，将调试好的程序用 PC ROM 写入器将用户程序写到 EPROM 中长期保存，在系统运行时，应对 EP ROM 加上写保护，以防止被改写。

（三）重车调车机 PLC 程序编写示例

以重车调车机程控输出单元为例做如下说明。

1. 外部接线及控制程序说明（图 11-52）

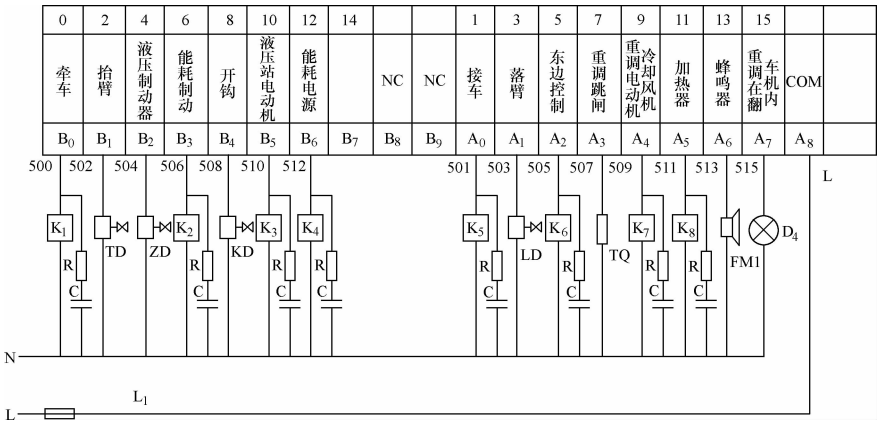


图 11-52　重调机 PLC 输出单元接线图

2. 重调机控制程序说明

（1）重调机抬臂程序（图 11-53）

指令说明：

HR0.05 为重调机牵重车到位后触点闭合；HR 属于掉电保持触点，即使切断 PLC 电源，触点仍能保持接通。

TIM0.18 为重调机牵车到位后延时闭合。

DIFU（13）为上升沿微分指令，收到置位信号后其触点在一个扫描周期内闭合，然后断开。

KEEP（11）为保持继电器，收到置位信号后其触点变位并保持，当电源掉电或收到复位信号后其触点恢复原状态。

5.04 为制动器输出；0.09 为抬臂按钮；5.01 为接车输出；5.00 为牵车输出；0.13 为抬臂到位；0.00 为停止按钮；5.02 为抬臂输出；0.10 为落臂指令。

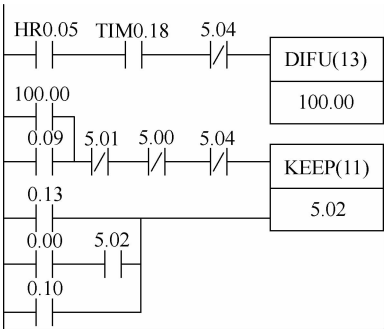


图 11-53　重调机抬臂程序

当重调机牵车到达翻车机平台上的指定位置后，HR0.05 触点接通，经过 TIM0.18 延时 DIFU（13）100.00 的触点在一个扫描周期内闭合一次，发出自动抬臂的指令或按下抬臂按钮，触点 0.09 闭合，使 5.02 闭合输出开始抬臂，当抬臂到位感应住抬臂到位的终端开关后，使自保持继电器 5.02 复位，停止抬臂。在抬臂的过程中按下落臂按钮或停止按钮，均能使 5.02 复位，停止抬臂。在进行抬臂操作时要求重调机不能行走且制动器已制动，即输出点 5.01、5.00、5.04 均无输出。

（2）重调机牵车程序（图 11-54）

指令说明：0.11 为牵车指令；20.00 为接车辅助；20.01 为接车辅助；0.15 为能耗开关断开；5.01 为接车输出；HR0.00 为重调停止；0.13 为抬臂到位；1.00 为翻车机在零位；HR0.05 为牵车到终点；1.01 为迁车台对准；0.01 为重调机动力开关跳闸；253.15 为第一次扫描接通将 20.01 复位，以防 PLC 上电后设备误动。

当重调能耗开关断开且重调未接车时，按下牵车按钮 0.11 闭合，重调机开始牵车，牵车到位后 HR0.05 闭合，将 20.01 复位，重调停止。

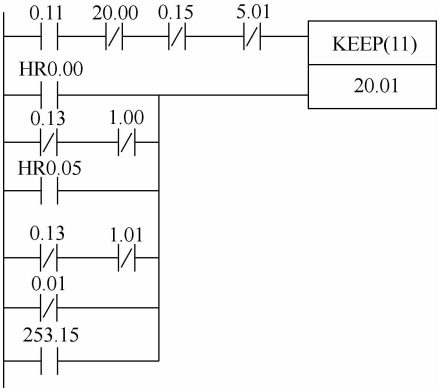


图 11-54　重调机牵车程序

以下条件出现时将使 20.01 复位，停止重调牵车：

1）牵车过程中按下停止按钮，HR0.00 闭合。

2）牵车到位后感应到位的接近开关，HR0.05 闭合。

3）翻车机不在零位（1.00 闭合）且重调大臂未抬臂到位（0.13 闭合）。

4）迁车台对轨不准（1.01 闭合）且重调大臂未抬臂到位（0.13 闭合）。

5）重调机动力电源跳闸 0.01 闭合。

（3）重调机落臂程序同抬臂程序，接车程序同牵车程序。

（四）翻车机系统的电动机控制

1. 变频调速

图 11-55 所示为翻车机变频器主回路基本结构原理图。

由图可知，主电路都采用交—直—交电路，信号源通过整流后变为直流电，经过阻抗元件吸

收振荡，最后由逆变器经正弦脉宽调制（SPWM）输出正弦脉冲电压。通常翻车机低压通用变频输出电压为380～650V，输出功率为0.75～400kW，工作频率为0～400Hz。

随着变频技术的发展，翻车机系统的变频器均可采用工厂宏进行控制，工厂宏所有的传动命令和参数设定都可以通过控制盘按键或一个外部控制地给出。当前的控制地是由控制盘来选择的。传动单元为速度控制方式。给定信号连接到模拟输入口，起动、停止和转向信号分别连接到数字输入。默认情况下，运转方向为Forward。通过数字输入口可以选择3个恒度值；可以预设2个加速/减速斜坡，根据数字输入口的状态来选择使用斜坡。在控制端子板上有2个模拟输出（速度和电流）信号和3个继电器输出信号（准备、运行和反转故障）。控制盘默认的实际显示信号是Frequency，Current和Power。

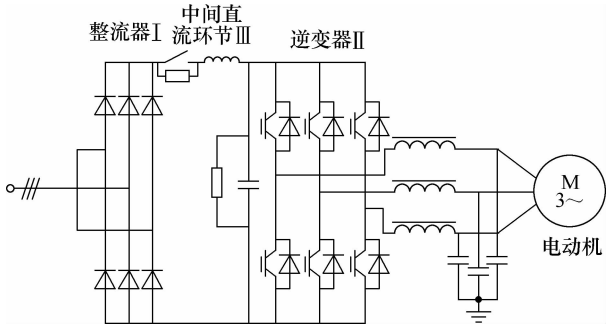


图11-55　翻车机变频器主回路基本结构原理图

翻车机系统各设备的变频速度如下所述。

1）翻车机正翻的常速为50Hz，低速为10Hz，停机速度为0Hz；翻车机回翻的常速为50Hz，低速为7Hz，停机速度为0Hz。翻车机驱动采用一台变频器拖动两台电动机的方式。

2）重车调车机前行的牵整列重车常速为40Hz，牵单节重车及推空车入迁车台常速为50Hz。对位的低速均为10Hz，停机速度为0Hz；重车调车机返回的常速为60Hz，低速为10Hz，停机速度为0Hz。重车调车机驱动采用一台变频器拖动五台电动机的方式。

3）迁车台运行常速为50Hz，低速为10Hz，停机速度为0Hz。迁车台驱动采用一台变频器拖动一台电动机的方式。

4）空车调车机运行的常速为50Hz，低速为10Hz，返回速度为50Hz，停机速度为0Hz，当空车与空车调车机距离在减速光电开关感应距离内时速度为25Hz；空车调车机驱动采用一台变频器拖动两台电动机的方式。

2. 翻车机电气保护装置

（1）电气柜　整套电气设备的电气柜都采用电力部标准设计柜，各电气柜都有接地保护。

（2）电气元件　各个控制柜内的断路器、交流接触器、热继电器等元件的选择应满足设备运行要求。

（3）电动机　各部套的驱动电动机都选用冶金、起重系列变频电动机，以满足翻车机系统工作环境恶劣、工况繁杂及负载变化的要求。各部套电动机有短路保护、过载保护和接地保护。

（4）干扰　为防止外部干扰信号干扰PLC，PLC输入模块电源使用隔离变压器，输入信号使用瑞联抗干扰端子，提高PLC的抗干扰能力。变频器配置滤波器，提高抗干扰能力。

（5）运行报警　为方便设备的操作运行和检修维护，既可在集控台的上位机软手操作（集中手动和自动），也可在就地操作箱台上就地操作（就地手动和调试）。在集控台和就地操作箱台上都设置了急停按钮，可在紧急故障时使用。按任何位置的停止按钮可停止本部套的动作，按急停按钮可断本部套电源（跳本部套主断路器），同时停止翻车机系统的所有动作。各部套制动器打开主电动机运转时，运行警笛声光报警。当变频器、热继电器等发生故障时，蜂鸣器报警。

（6）翻车机电动机的电流检测　在翻车机控制柜内增设两个电流互感器分别检测两台翻转电动机电流，0～20mA电流信号经电流变送器成为4～20mA电流信号送入PLC模拟量模块，通过组态，将电流动态曲线在上位机显示器翻车机系统操作画面中显现。

（7）翻车机电动机的速度检测

1）失速保护：飞车事故时电动机电流几乎等于0，故通过PLC逻辑编程：当任意一台电动机电流持续3s小于30A时，程序判断为失速飞车，迅速发出停车抱闸命令。

2）断销保护：设备运行时，若某台电动机与减速器之间连接的尼龙销发生断裂，驱动翻车机的电动机由两台变成一台，输出转矩减少一倍，也会导致飞车事故发生。此时，断销侧电动机以空载运行，电流值很小，而另一侧电动机过载运行，电流急剧上升。根据该特点，当两台电动机的检测电流值持续2s相差25A时，PLC程序判断为断销故障停车抱闸。

电流互感器：LMZ1—0.5 200/5A；电流变送器：RTA1—225。

（8）电气控制联锁　翻车机PLC程序中设置了相关的电气联锁程序，确保各部套的井然有序运行。

二、斗轮机的运行控制

（一）斗轮堆取料机的联锁与保护装置

为了保证斗轮堆取料机的安全运行，必须有必要的安全保护措施，堆取料机有下列联锁保护措施：

1）起重机走动与夹轨器联锁。夹轨器不松开控制回路电源不通，设备不能操作。

2）采用液压驱动的斗轮机（如DQ8030型斗轮机），补油泵、回转液压泵及变幅液压泵联锁。补油泵起动后压力升至0.9～1.5MPa，回转液压泵才可起动，且回转液压泵起动后，才可起动变幅液压泵。

3）斗轮电动机与悬臂胶带机取料联锁。取料时按逆煤流方向起动，即先起动煤场胶带，再起动尾车胶带，最后起动斗轮旋转。正常停机时，按顺煤流方向停机，即先停斗轮，再停尾车胶带，最后停煤场胶带。

4）悬臂胶带与堆料胶带联锁。堆煤时，待煤场胶带起动后，再起动尾车胶带，最后起动悬臂胶带，联锁堆料胶带（辅助尾车）起动；正常停机顺序与上述过程相反。

5）斗轮事故联锁。运行中，斗轮系统发生异常时（如斗轮被异物卡住时），发出事故声响，断开主控制回路。

6）某一台电动机温升超过允许值时，热电偶发出信号，控制回路就会中断总电源。

7）若遇七级以上大风，测风仪可报警且自动夹轨。

8）若高压电缆遇到煤块堆压时，电缆卷筒超出正常压力可断电停机。

9）斗轮机悬臂变幅限位（防撞拉线）被撞击后只能回转。

10）斗轮机堆取料涉及的相关胶带机均设有防跑偏及事故拉线开关，其保护功能与上煤胶带机的功用相同。

（二）斗轮机自动堆取料的控制（PLC程控方式运行）

斗轮堆取料机的控制方式有两种：手动控制和自动控制。

手动控制就是将斗轮堆取料机的所有电气控制开关，集中到斗轮堆取料机的操作台上，由值班驾驶员按照其工作方式以一定的起动顺序对设备进行单一的起动控制。

这种控制方法主要用于设备检修后的调整试验和复位以及自动控制故障时作后备控制。

斗轮堆取料机自动堆取料，就是将斗轮堆取料机的所有与取煤工作顺序控制有关的设备，按工作方式编好程序，通过选择运行方式开关，进行自动堆取料操作。

1. 斗轮堆取料机程序控制硬件设置

图11-56所示为斗轮堆取料机PLC硬件布局的典型实例。此控制系统采用了主从站系统（斗轮机驾驶室控制站与地面控制中心相结合），以双绞线或同轴电缆取代了传统的双芯电缆线，提高了系统抗干扰能力。驾驶室配有PC主机柜、风速仪、电话机、操作台，操作台台面上布置有

各种转换开关、按钮、指示灯、电流电压表及触摸屏。

触摸屏可以显示各种故障信息，并且可以进行查询。运行时，还可以显示悬臂胶带机、回转机构驱动装置和斗轮机构驱动装置的电流，便于驾驶员控制；在斗轮堆取料机上通常设置有摄像机，在驾驶室内设置有显示器，驾驶员在视线不好的天气里，可借助摄像机对斗轮堆取料机进行更加准确的控制。

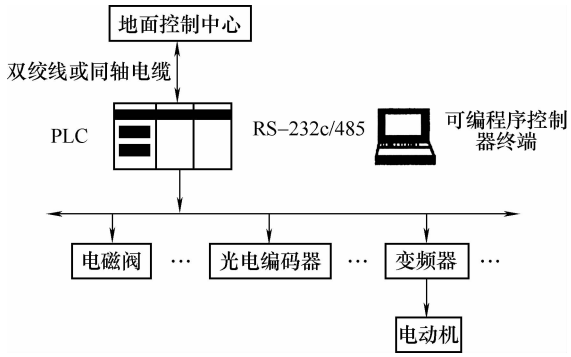


图 11-56　斗轮堆取料机 PLC 硬件布局简图

2. 斗轮堆取料机自动堆取煤的技术设定

为确保斗轮机自动堆取煤的稳定性和安全性，同时减少设备振动对工作机构的磨损，应尽可能使斗轮处于等量取料状态。为此斗轮机悬臂回转电动机通常经电磁调速电动机进行调速，即悬臂回转角度发生器（随电动机旋转）回转一周，其上编码器输出定量脉冲数至 PLC 输入端，经回转变频器变频（输出 0 ~ 50Hz 变频电压），控制电动机，使臂架旋转速度应按 $1/\cos\phi$ 变化。

3. 位置检测装置

为实现斗轮机自动控制，必须控制斗轮机悬臂架的回转和变幅角度及大车行走位置，故在斗轮堆取料机上设定了相应的位置检测装置，即位置检测传感器，在斗轮机自动运行过程中，这些传感器不间断地将位置输入信号传送至 PLC，以使 PLC 扫描运算后输出指令，控制斗轮机运行。斗轮机位置检测传感器布局如图 11-57 所示。

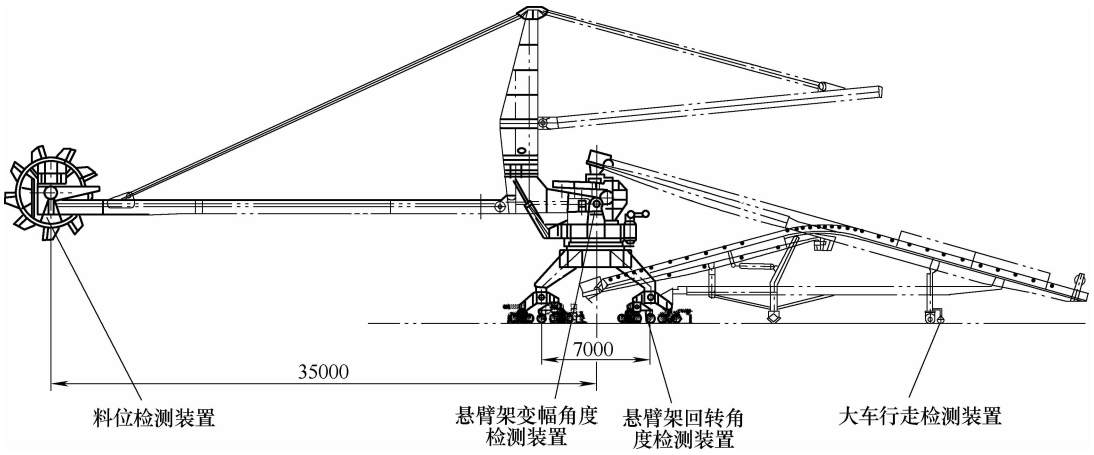


图 11-57　斗轮机位置检测传感器布局

1）悬臂架变幅角度检测装置内装有绝对式编码器（TDR—K1024—YS）的信号发送装置，每位信号相当于变幅角度的 1/32°，当悬臂变幅进，编码器发出信号，输入 PLC，经过处理后，在操作台显示出当前悬臂的角度位置。

2）悬臂架回转角度检测装置内装有绝对式编码器（THD—K1024—YS）的回转信号发送装置，编码器精度为 2^{10} 位，每位信号相当于回转角度 0. 35°。信号输入 PLC 参与回转角度设定的控制。

3）大车行走检测装置内装有增量型旋转编码器（TRD—J60—HZC）。大车每行走一段距离，编码器发出一个脉冲信号，输入到 PLC 处理后，在操作台的显示器上显示出大车的地址位置，

显示精度为0.1m。在自动堆取料控制作业中，可通过触摸屏上的进给量设定来设定行走进给量。

4. 定点自动堆料

如图11-58所示，定点堆料法是指斗轮机在堆料时悬臂的仰角和水平角度不变，待煤堆到一定高度时，悬臂架回转某一角度，或悬臂架不动，大车行走一段距离，继续堆料。

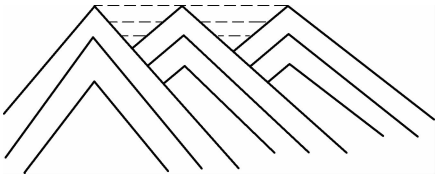


图11-58　定点堆料示意图

在定点自动堆时，堆料到一定高度后，料位器发出信号，悬臂起升一高度，该高度的设定是在调试时，通过PLC检测变幅信号装置的角度变化值，再通过运算得出头部变化高度值来实现的。

5. 自动取煤工艺

（1）程序运行参数设定

1）将“工作方式”开关转到自动后，进行程序控制参数和设定。

2）用“进给量”拨码盘设定行走机构每次微动距离。

3）将悬臂架回转到两端取料的起始位置（驾驶员自行定位），分别按下设置“左角度”和“右角度”按钮，即设定左右转动角度。

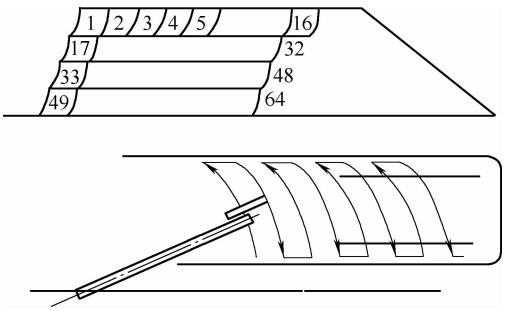


图11-59　分层分段自动取料作业示意图

（2）自动取料工艺

1）分层分段自动取料。分层分段自动取料作业示意图如图11-59所示，首先由驾驶员单动操作斗轮机行走，旋转、俯仰装置把斗轮置于料堆顶层作业开始点上（单动定位运转），然后按旋转控制开始取料，每达到旋转范围时行走机构微动一个设定距离（进给量），按照设定地供料段长度L_m（或设定的旋转次数）取完第一层后，进行换层操作，每层的旋转角度由物料的安息角及层数决定；俯仰高度由层数设定（一般小于2.6m），行走机构由进给量决定。当取完最下一层后进行换段操作，把斗轮置于第二段最顶层的作业开始点上，重复进行取料，供料段长度L_m的设定以臂架不碰及堆料为原则。

2）旋转分层不分段堆料作业。此作业效率最高，可以避免作业过程中由于堆料塌方而造成设备的斗轮和臂架过载的危险，适用于较低、较短的料堆，在作业中臂架不会碰及料堆。

6. PLC自动控制内部逻辑运算过程（控制算法PLC程序流程）

控制算法PLC程序流程是编制自动程序的基础，图11-60所示为斗轮机控制算法PLC程序流程图。

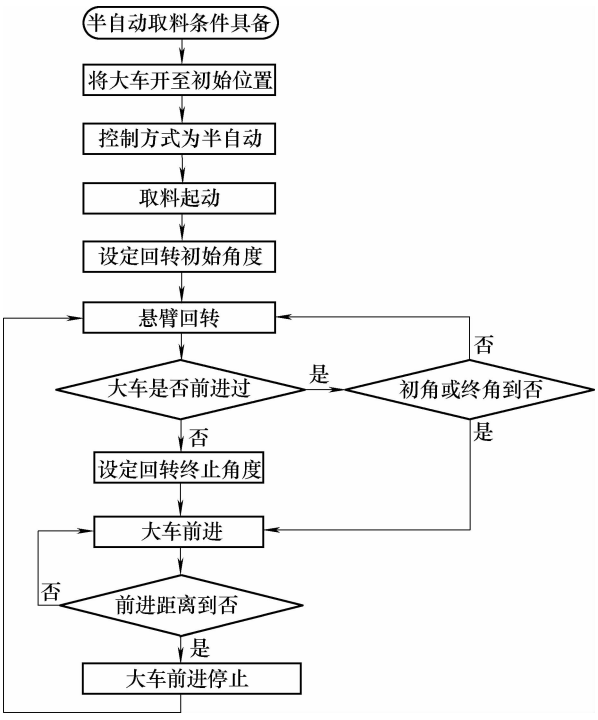


图11-60　斗轮机控制算法PLC程序流程图

第十二章　燃料设备电气检修综述

第一节　电气设备检修基本技能

一、电气检修的安全防护

燃料运行设备常用的电压有：交流 6kV（某些胶带机上用电压）、380V，直流 24V、5V 等。正确掌握电压、电流对人体的危害是十分必要的。

1. 安全电流及其有关因素

安全电流就是人体触电后最大的摆脱电流。我国规定安全电流为 30mA（50Hz 交流），但触电时间不能超过 1s（1000ms），因此安全电流值也称为 30mA · s。如果通过人体电流不超过 30mA · s 时，对人身机体不会有损伤，如果通过人体电流超过 30mA · s 时，对人体有致命危险，而达到 100mA · s 时一般要致人死命。燃料运行设备中通常设置带漏电保护器，设备的漏电电流为 30mA。

2. 安全电压和人体电阻

安全电压就是不致使人直接至死或致残的电压。根据 GB/T 3805—2008 规定，安全电压等级见表 12-1。

表 12-1　安全电压等级　　（单位：V）

额定值	空载上限值	说　明
42	50	在有触电危险的场所使用的手持电动工具
36	43	在矿井、多导电粉尘等场所使用的行灯等
24	29	可供某些具有人体可能偶然触及的带电体设备选用
12	15	
6	8	

燃料运行设备所处区域属于潮湿粉尘的场合，因此在维修时，采用的照明灯通常为 36V 行灯。从电气安全的角度来说，安全电压与人体电阻是有关系的，人体电阻由体内电阻和皮肤电阻两部分组成。体内电阻约为 500Ω，与接触电压无关。皮肤电阻随皮肤表面的干湿状态及接触电压而变。从人身安全的角度考虑，人体电阻一般取下限值 1700Ω（平均值为 2000Ω）。由于安全电流取 30mA，而人体电阻取 1700Ω，因此人体允许持续接触的安全电压为

$$U = 30\text{mA} \times 1700\Omega \approx 50\text{V}$$

此值称为一般正常作业环境条件下，允许持续接触的安全特低电压。

3. 触电防护

根据人体触电的情况将触电防护分为直接触电防护和间接触电防护两类。直接触电防护是指对直接接触正常带电部分的防护，如对带电导体加隔离栅栏或保护罩等。间接触电防护是指对故障时可带危险电压而正常时不带电的外露可导电部分（如金属外壳、框架等）的防护，如将正常不带电的外露可导电部分接地，并装设接地故障保护，用以切断电源或发出报警信号等。

4. 电气安全用具

（1）基本安全用具　基本安全用具的绝缘足以承受电气设备的工作电压，操作人员必须使用它，才允许操作带电设备，如操作隔离开关的绝缘钩棒（俗称令克棒）和用于装拆熔断器熔管的绝缘操作手柄等。

（2）辅助安全用具　这类安全用具的绝缘不足以完全承受电气设备工作电压的作用，但操作人员使用它，可使人身安全有进一步的保障，如绝缘手套、绝缘靴、绝缘地毯、绝缘垫台、高压验电器、低压试电笔、临时接地线及“禁止合闸，有人工作”，“正在维修”等标识牌等。

燃料运行设备大部分电气元件属于低压设备，在电气设备操作上，常用辅助安全用具来保障人身安全。

二、常用电气检测表计的使用技能

（一）万用表的使用技能

万用表一般可用于测量直流电流、直流电压、交流电压、交流电流和电阻。有的还可测量功率、电感和电容等。

1. 万用表使用前的准备工作

（1）机械调零　万用表使用前，应检查指针是否在零位，若不在零位，可用螺钉旋具左右旋转调零螺钉，使指针指到零位。

（2）接好表笔　红色表笔接在“+”插孔，黑色表笔接在“-”插孔中。注意，使用中应以表笔插入孔的符号为准，而不能以表笔颜色为准。

（3）识别刻度表标度尺　指针式万用表刻度盘上的标度尺可用于不同的测量对象，如图 12-1 所示。下面以 MF50—1 型万用表为例，说明读取万用表上数据的方法。

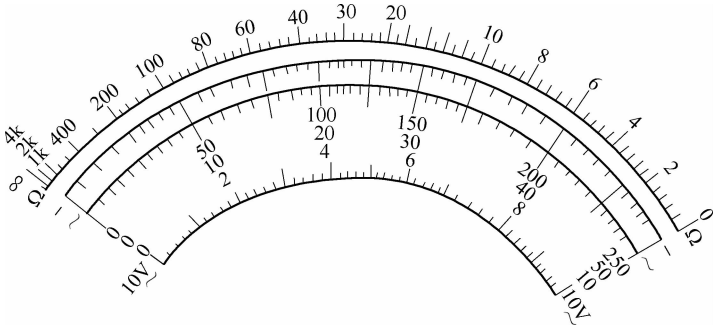


图 12-1　万用表的刻度盘

1）交直流公用标度尺下面有 50、100、150、200、250 和 10、20、30、40、50 两组数字，它们分别包含以下挡位内所有的数据。

5 个直流电流挡：0～100μA；0～2.5mA；0～25mA；0～250mA；0～2.5A。

5 个直流电压挡：0～2.5V；0～10V；0～50V；0～250V；0～1000V。

3 个交流电压挡：0～50V；0～250V；0～1000V。

其中除 0～250mA；0～250V（直）；0～250V（交）；0～50V（直）；0～50V（交）五挡可以从标度尺的上下排直接读取数据外，其余各挡都要根据这两组数字中较方便的一组进行换算。

2）对于是上排数字十进位倍的 0～2.5mA；0～2.5V（直）；0～2.5A；0～25mA 四挡在读取数据时，可根据不同挡次，分别缩小 100 倍或 10 倍。

例如：转换开关选择 2.5mA 挡时，由于 2.5 是 250 缩小 100 倍的值，所以标度尺上 50、100、150、200、250 这组数字都应同时缩小 100 倍，分别为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5，这样换算后就

可以迅速读取数据。

3）对于是下排数字整数倍的 0 ~ 10V；0 ~ 1kV（直）；0 ~ 100μA；0 ~ 1kV（交）四挡，在读取数据时就要以标度尺右边的 50 为根据，将整组数字分别缩小或扩大相应的倍数。

例如：转换开关选择 10V 挡时，由于 50 是 10 的 5 倍，所以 10、20、30、40、50 分别除以 5 后为 2、4、6、8、10。这样换算后再读取数据就十分方便。

对于 1kV（交），最好选用 10V（交）专用标度尺读取数据，因为只要将读取的数据扩大 100 倍即可，比用交、直流公用标度尺上的数字进行换算快得多。

2. 万用表的使用方法

（1）测量交流电压　将转换开关转到“$\underset{\sim}{V}$”符号，测量交流电压时不分正负极，所需量程由被测量电压的高低来确定。如果被测量电压的数值范围预先不知道，可选用表的最高测量范围 500V，指针若偏转很小，再逐级调低到合适的测量范围。

（2）测量直流电压　将转换开关转到“$\underline{V}$”符号，测量直流电压时正负极不能搞错，“ + ”插口表棒接至被测电压的正极，“ - ”插口表棒接至被测电压的负极，不能接反，否则指针会因逆向偏转而被打弯。

如果无法辨别被测电压的正负极，可选用较高的测量范围挡，用两根表棒很快地碰一下测量点，看清表针的偏转方向就可辨别被测电压的正负极。

（3）测量直流电流　将转换开关转到“mA”或“μA”符号的适当量程位置上，然后按电流从正到负的方向，将万用表串联到被测电路中。

（4）测量交流电流　将转换开关转到“mA”或“μA”符号的适当量程位置上，将万用表串联到被测电路中。

（5）测量电阻

1）把转换开关转到“Ω”符号的适当量程位置上。

2）先将两根表棒短接，旋动调零旋扭，使表针指在电阻刻度的“0”上。

3）用表棒测量电阻。

4）面板上 ×1、×10、×100、×1k、×10k 的符号表示倍率数。所测电阻的阻值 = 表针的读数乘以倍率数。

3. 万用表的使用注意事项

1）转换开关的位置应选择正确。选择测量种类时，要特别细心，若误用电流挡或电阻挡测电压，轻则表针损坏，重则表头烧毁。选择量程时也要适当，测量时最好使针在量程的 1/2 到 2/3 的范围内，读数较为准确。

2）端钮或插孔选择要正确。红色表棒应插入标有“ + ”号的插孔内，黑色表棒应插入标有“ - ”号的插孔内。在测量电阻时注意万用表内干电池的正极与面板上“ - ”号插孔相连，干电池的负极与面板上“ + ”号插孔相连。

3）当测量线路中的某一电阻时，线路必须与电源断开，否则会烧坏万用表。

4）严禁在测电流和电压时旋动转换开关，以免产生电弧，烧坏开关触点。

5）万用表使用完毕后，应将转换开关旋到交流电压的最高挡上。

6）长期不用的万用表，应将电池取出。

（二）钳形电流表的使用

交流电流表或万用表都可以测量线路中的电流，但必须先把电路断开，再将电流表（或万用表）接入电路才能测量，这不仅不方便，而且会造成停电，同时万用表只能测较小的电流，而钳形电流表可以在不切断电路的情况下直接测量线路中的大电流。

1. 钳形电流表的结构及测量原理

钳形电流表主要由一个钳形活动铁心电流互感器和一个整流式仪表组成。具体由铁心、表头、量程开关、张开手柄及线圈组成。

图 12-2 所示为 MG31—2 型交流钳形电流表的原理。

在测量时，将钳形表的磁铁套在被测导线上，导线作为电流互感器的一次绕组（1 匝），它的二次绕组接在整流式仪表上。利用电磁感应原理，二次绕组中便会产生感应电流，经分流、整流后，由指示仪表 M 显示出来。

指示仪表 M 的刻度盘按一次电流数值显示，电流互感器的电流比为 $I_1/I_2 = N_2/N_1$

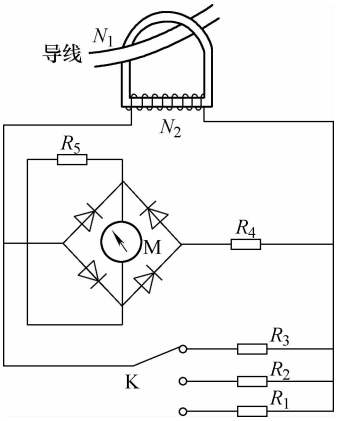


图 12-2　MG31—2 型交流钳形电流表的原理

2. 钳形电流表的使用方法

1）估算出电流值范围。正确选择测量挡位。若无法估算，应移出导线，从高挡位依次向低挡位调整。调挡时不许带电进行!!!

2）检查表针是否回零，未回零时应调零。

3）测量较小电流时，如果钳形表量程较大，可将被测量导线在钳形表口内绕几圈，然后再测量读数。此时线路中实际的电流值为

线路实际电流值 = 表读数/导线在钳形表上的匝数

4）张开铁心，将被测导线钳入铁心的中央位置，闭合铁心后，就可直接从刻度盘上读取数据。

3. 钳形电流表的使用注意事项

1）远离强磁场（如变压器铁心、外壳；电动机外壳；带电导体等）。

2）使用前应检查绝缘是否良好。

3）被测量电压不能超过最大量程（一般钳形表只适用于低压电路 600V）。

4）不能在测量中切换开关。

5）测量时，每次只能测量一根导线，严禁同时钳入两根及以上导线。

6）测三相电流时，应保持测量条件的一致性（包括握钳姿势、导线位置、环境条件等）。

7）测量完，应将选择开关拔至空挡或量程最高挡。

（三）绝缘电阻表的使用技能

绝缘电阻表是专门用于测量电气设备或供电线路绝缘电阻的可携式电工仪表。因为它的标尺刻度以兆欧（$1M\Omega = 10^6\Omega$）为单位，故又称为兆欧表，如图 12-3 所示。

1. 绝缘电阻表的结构及选用

绝缘电阻表由两大部分组成，即手摇发电机和磁电式比率计组成。

手摇发电机由摇动手柄带动线圈，切割磁力线产生出交流高压，经二级管整流，提供测量用直流高电压。按发电机输出电压的高低，可分为 250V、500V、1000V、2500V 和 5000V 等几种。

绝缘电阻表的选择原则是：绝缘电阻表的额定工作电压应与被测设备的工作电压相对应，即应根据所测量设备的绝缘要求来选用绝缘电阻表的最高电压和测量范围。具体选择方案见表 12-2。

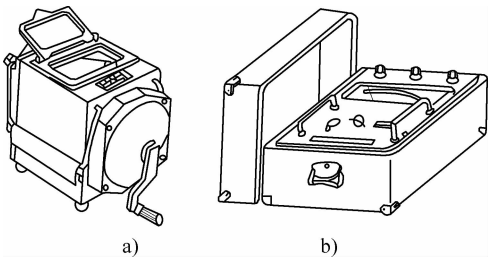


图 12-3　绝缘电阻表

a）ZC—11 型绝缘电阻表　b）ZC—30 型晶体管绝缘电阻表

表 12-2　绝缘电阻表的选择方案

测量对象	被测绝缘额定电压/V	绝缘电阻表额定电压/V
绕组绝缘电阻	500 以下	500
	500 以上	1000
电力变压器、电动机绕组绝缘电阻	500 以上	1000 ~ 2500
发电机绕组绝缘电阻	380 以下	1000
电气设备绝缘电阻	500 以下	500 ~ 1000
	500 以上	2500
绝缘子		2500 ~ 5000

2. 绝缘电阻表测量误差的消除

绝缘电阻表上的 G 端钮接在保护环上，即可消除因表面漏电流产生的误差。

对于表面潮湿或脏污的电气设备或线路，需要用屏极（G），其接线方式如图 12-4 所示。从图中可以看出，流经表面的漏电流 I_{js} 经屏极直接回到发电机，不经过电流动圈，消除了 I_{js} 对测量的影响。同时，由于 G 极和 L 极之间的电位差较小，它们之间的漏电流很小，这就有效地避免了表面脏污所造成的影响。

3. 绝缘电阻表的使用方法

（1）使用前的检查

1）绝缘电阻表的检查。使用前要检查指针的“0”与“∞”位置是否正确。检查方法是，先使“L”、“E”两端子开路，将绝缘电阻表放在适当的水平位置，摇动手柄至发电机额定转速后，指针应指在“∞”位置上。若不能达到“∞”值，则说明测试用引线绝缘不良或绝缘电阻表本身受潮。应用干燥清洁的软布，擦拭“L”端与“E”端子间的绝缘，必要时将绝缘电阻表放在绝缘垫上，若还达不到“∞”值，则应更换测试引线。然后再将“L”、“E”两端子短路，轻摇发电机，指针应指在“0”位置上。若指针不指零，则说明测试引线未接好或绝缘电阻表有问题。

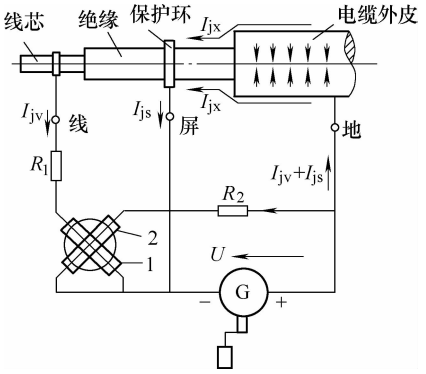


图 12-4　消除表面泄漏电流示意图

2）被测电气设备、线路的检查。被测电气设备、线路应全部切断电源；检查有电容的设备或线路是否进行放电（绝对不允许带电操作）。

（2）绝缘电阻表接线及测量

1）测量照明或电力线路对地的绝缘电阻如图 12-5 所示，E 接线端可靠接地，L 接线端与被测线路相连。

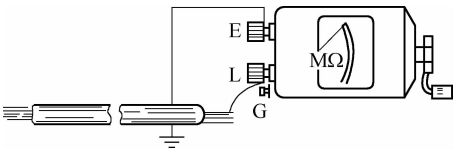


图 12-5　测量线路对地的绝缘电阻

2）测量电动机的绝缘电阻，将绝缘电阻表的接地端 E 接机壳，L 接线端接电动机的绕组，如图 12-6 所示，然后进行摇测。

3）测量电缆的绝缘电阻，测量电缆的线芯和外壳的绝缘电阻时，除将外壳接 E，线芯接 L 外，中间的绝缘层还需和 G 相接，如图 12-7 所示。

（3）绝缘电阻表的测量方法

1）测量时，转动手柄要平稳，应保持120r/min的转速。电气设备的绝缘电阻随着测量时间的长短不同，通常采用1min后的指针指示为准，测量中如果发现指针指零，应停止转动手柄，以防表内线圈过热而烧坏。

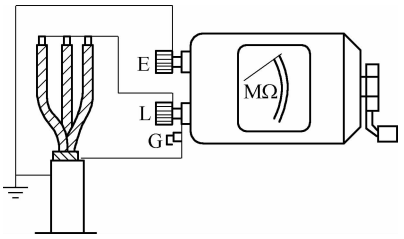


图12-6　测量电缆绝缘电阻

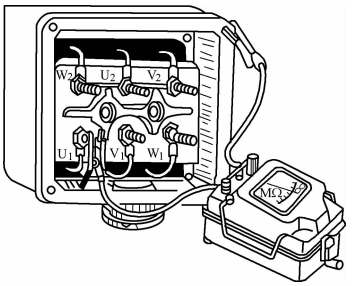


图12-7　测量电动机的绝缘电阻

2）在绝缘电阻表停止转动和被测设备放电以后，才可用手拆除测量连线。

3）绝缘电阻表的测试引线应选用绝缘良好的多股软线，“L”、“E”两端子引线应独立分开，避免缠绕在一起，以提高测试结果的准确性。

4. 绝缘电阻表的测量注意事项

1）将被测设备脱离电源，并对设备放电，清扫干净。

2）绝缘电阻表所使用的两根连接线应是绝缘良好的单根导线，最好用两种颜色，并不要互相缠绕，最好不使连接线的绝缘与被测设备或地面接触，以免因漏电而增加误差。

3）双回路架空线路或母线，当一路带电时，不得在另一回路测量，以防感应高压而损坏仪表或危害人身安全，雷电时禁止在停电的高压架空线路上进行测量。

4）严禁在有人工作的线路上进行测量。

5）在绝缘电阻表没有停下来时或被测设备设有进行放电之前，切勿用手触及被测设备或绝缘电阻表的接线柱。

6）测量时，把表放平，以120r/min的恒速转动绝缘电阻表待指针稳定后，再读取电阻值。

7）记录测量时的温度及天气情况。

三、导线连接技能

（一）导线连接基本工艺

在电气检修操作过程中，经常会遇到导线不够长，要进行支路安装的情况，即要把两根导线连接起来，这种连接就称为导线连接，其连接处也称为接头。

1. 导线连接技术要求

1）连接要紧密（使接头处的接触电阻最小）。

2）连接处的机械强度要与非连接处相同；连接处的绝缘强度要与非连接处相同。

2. 导线连接的工序

1）剥切导线。

2）导线连接。

3）接头焊接或压接。

4）恢复绝缘。

（二）导线绝缘层剥切方法

1. 导线的剥切方法

导线的剥切方法通常有单层剥切法、分段剥切法和斜削剥切法三种。

（1）单层剥切法　单层剥切法适用于塑料导线绝缘层的剥切（图 12-8a）。

（2）分段剥切法　分段剥切法适用于多层绝缘层导线的剥切（图 12-8b）。

（3）斜削剥切法　斜削剥切法适用于多股导线绝缘层的剥切（图 12-8c）。

2. 剥切导线绝缘层操作注意要点

1）小直径导线应用剥线钳剥切绝缘层。

2）大直径或多股导线绝缘层剥切时，应使刀口向外倾斜 45°角切入绝缘层，严禁刀刃垂直切入（图 12-9）。

3）割伤芯线会降低线芯机械强度，同时还会因导线截面小而增加电阻，故操作时应该避免出现割伤芯线现象。

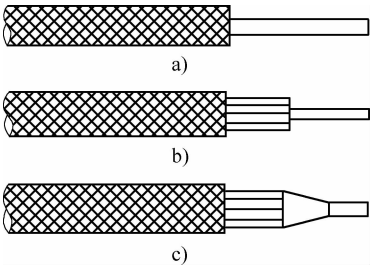


图 12-8　导线的剥切方法

a）单层剥切法　b）分段剥切法　c）斜削剥切法

（三）导线连接的基本方法

1. 单股导线的绞接

单股导线的直径在 2.6mm 以下时，可采用绞接法连接，如图 12-10 所示，其方法步骤如下所述。

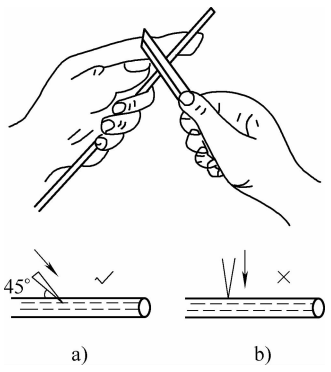


图 12-9　使用电工刀剥切绝缘层的方法

a）正确削法　b）错误削法

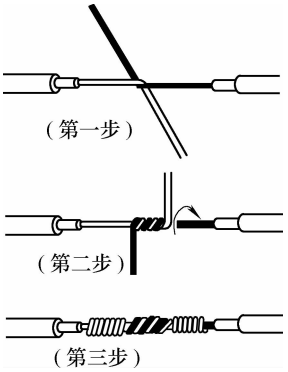


图 12-10　单股导线的绞接方法

1）把两个相等长度的芯线绞绕 2～3 圈。

2）任选一侧线头，把绞绕后该侧的线头扳直，按绞绕方向把线头在对应的芯线上紧密地缠绕 5～6 圈，用钢丝钳剪去余下的芯线，并钳平芯线的末端。

3）将另一侧线头按步骤 2）的方法操作即可。

4）单股导线的绞接注意事项：

①芯线绞绕一定要作到左右手力量一样，绞绕成“麻花”形状。

②扳直缠绕时，要作到线芯缠绕紧密。

2. 单股导线的绑接

单股导线直径在 2.6mm 以上时，不宜采用绞接法，可用绑接法对导线进行连接，如图 12-11 所示，其方法步骤如下所述。

1）两导线端部略弯起，将两线合并，在两导线凹缝处加一根辅助线。

2）用 ϕ1.6mm 的裸线作绑线。绑接线从中间开始，向右侧缠绕 5～6 圈。

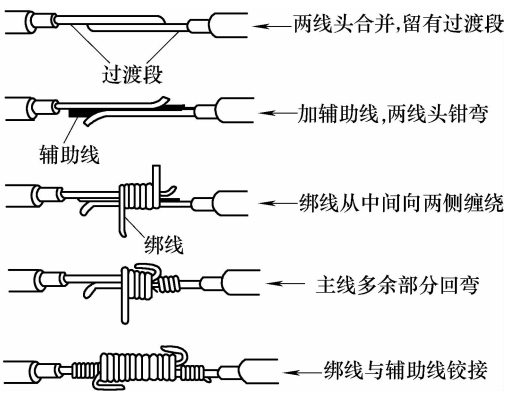


图 12-11　单股导线的绑接方法

3）绑线绕至弯头部时，把主线回弯，紧贴在缠绕层上；绑线再缠绕5圈，把余下的绑线和辅助线绞合在一起，互相绞成5～6圈“麻花”。

4）另一侧按步骤2）3）进行操作。

3. 多股导线的绞接连接

多芯导线（如7根芯线的导线）应采用如下方法连接，如图12-12所示。

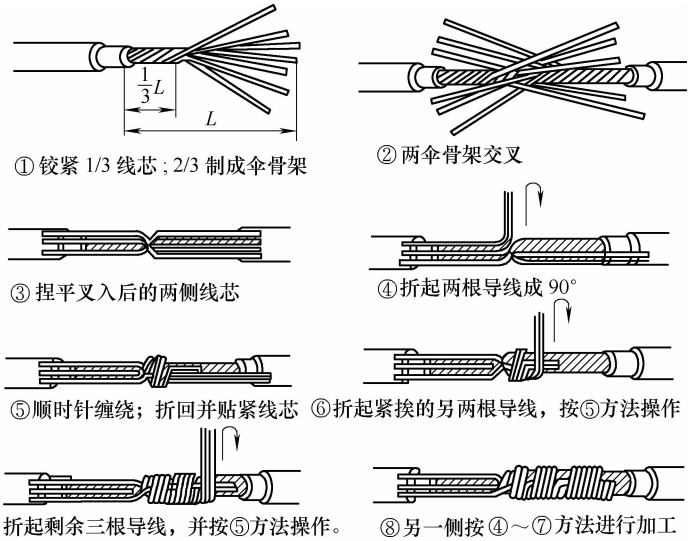


图12-12　多股导线的绞接方法

1）先将剥去绝缘层的芯线头散开并拉直，再把靠近绝缘层1/3线段的芯线绞紧，然后把余下的2/3芯线头分散成伞状，并将每根芯线拉直。

2）把两伞骨状线端隔根对叉，必须相对插到底。

3）捏平叉入后的两侧所有芯线，并应理直每股芯线和使每股芯线的间隔均匀；同时用钢丝钳钳紧叉口处消除空隙。

4）先在一端把邻近两股芯线在距叉口中线约3根单股芯线直径宽度处折起，并形成90°。

5）接着把这两股芯线按顺时针方向紧缠2圈后，再折回90°并平卧在折起前的轴线位置上。

6）把紧挨平卧前邻近的两根芯线折成90°，并按步骤5）方法加工。

7）把余下的3根芯线按步骤5）方法缠绕至第2圈时，把前4根芯线在根部分别切断，并钳平；接着把3根芯线缠足3圈，然后剪去余端，钳平切口，不留飞边。

8）另一侧按步骤4）～7）方法进行加工。

四、常见电气元件的故障分析及处理

（一）常见低压开关的故障现象及处理方法（表12-3）

表12-3　常见低压开关的故障现象及处理方法

设备类型	故障现象	产生原因	处理方法
负载开关	合闸后单相或两相无电	1. 夹座弹性消失或开口过大 2. 熔丝熔断或接触不良 3. 夹座、动触头氧化或有污垢 4. 电源进线或出线头氧化	1. 更换夹座 2. 更换熔丝 3. 清洁夹座或动触头 4. 检查进出线头

（续）

设备类型	故障现象	产生原因	处理方法
负载开关	动触头或夹座过热或烧坏	1. 开关容量太小 2. 分、合闸时动作太慢造成电弧过大，烧坏触头 3. 夹座表面烧毛 4. 动触头与夹座压力不足 5. 负载过大	1. 更换较大容量的开关 2. 改进操作方法 3. 用细锉刀修整 4. 调整夹座压力 5. 减轻负载或调整较大容量的开关
	封闭式负载开关的操作手柄带电	1. 外壳接地线接触不良 2. 电源线绝缘损坏碰壳	1. 检查接地线 2. 更换导线
按钮	按下起动按钮时有触点感觉	1. 按钮的防护金属外壳与连接导线接触 2. 按钮帽的缝隙间充斥铁屑，使其与导电部分构成通路	1. 检查按钮内连接导线 2. 清理按钮及触头
	按下起动按钮，不能接通电路，控制失灵	1. 接线头脱落 2. 触头磨损松动，接触不良 3. 动触头弹簧失效，使触头接触不良	1. 检查起动按钮连接线 2. 检修触头或调换按钮 3. 重绕弹簧或调换按钮
	按下停止按钮，不能断开电路	1. 接线错误 2. 尘埃或机油、乳化液等流入按钮而造成短路 3. 绝缘击穿而发生短路	1. 更改接线 2. 清扫按钮并相应采取密封措施 3. 调换按钮
组合开关	手柄转动后，内部触头未动作	1. 手柄的转动连接部件磨损 2. 操作机构损坏 3. 绝缘杆变形 4. 轴与绝缘杆装配不紧密	1. 调换手柄 2. 修理操纵机构 3. 更换绝缘杆 4. 紧固轴与绝缘杆
	手柄转动后三幅触头不能同时接通或断开	1. 开关型号不对 2. 修理开关时触头装配不正确 3. 触头失去弹性或有尘污	1. 更换开关 2. 重新装配 3. 更换触头或清除污垢
	开关接线柱相间短路	因铁屑或油污附着在接线柱间形成导电将胶木烧焦或绝缘破坏形成短路	清扫开关或调换开关
断路器	手动操作断路器不能闭合	1. 电源电压太低 2. 热脱扣的双金属片尚未冷却复原 3. 欠电压脱扣器无电压或线圈损坏 4. 储能弹簧变形，导致闭合力减小	1. 检查线路并调高电源电压 2. 待双金属片冷却后再合闸 3. 检查线路，施加电压或调换线圈 4. 调换储能弹簧 5. 重新调整弹簧反力

（续）

设备类型	故障现象	产生原因	处理方法
断路器	电动操作断路器不能闭合	1. 电源电压不符 2. 电源容量不够 3. 电磁铁拉杆行程不够 4. 电动机操作定位开关变位	1. 调换电源 2. 增大操作电源容量 3. 调整或调换拉杆 4. 调整定位开关
	电动机起动时断路器立即分断	1. 过电流脱扣器瞬时整定值太小 2. 脱扣器某些零件损坏 3. 脱扣器反力弹簧断裂或落下	1. 调整瞬时整定值 2. 调换脱扣器或损坏的零部件 3. 调换弹簧或重新装好弹簧
	分励脱扣器不能使断路器分断	1. 线圈短路 2. 电源电压太低	1. 调换线圈 2. 检修线路调整电源电压
	欠电压脱扣器噪声大	1. 反作用弹簧力太大 2. 铁心工作面有油污 3. 断路环断裂	1. 调整反作用弹簧 2. 清除铁心油污 3. 调换铁心
	欠电压脱扣器不能使断路器分断	1. 反力弹簧弹力变小 2. 储能弹簧断裂或弹簧力变小 3. 机构生锈卡死	1. 调整弹簧 2. 调换或调整储能弹簧 3. 清除锈污
行程开关	运动体碰撞开关，触头不动作	1. 开关位置安装不合适 2. 触头与运动体接触不良 3. 触头内部连接脱落 4. 若是杠杆偏转后，触点仍不动作，则是行程开关位置过低	1. 校验开关位置后，重新安装开关 2. 清理触头接触表面 3. 检查并重新连接线路 4. 将开关调整至合适位置
	行程开关复位后，常闭触点不能闭合	1. 触杆被卡，运动受阻 2. 触头脱落 3. 弹簧弹力不足或被卡 4. 触头歪斜	1. 清理开关内的杂物 2. 找正并固定触头位置 3. 更换弹簧或清理杂物 4. 找正并固定触头位置

（二）交流接触器常见故障及处理

交流接触器是一种电磁式断路器，它主要用于远距离控制功率较大，起动频繁的电动机及其他负载，是电力系统中最常用的控制电器；它故障时易造成设备与人身事故，须设法排除。

1. 普通型交流接触器的常见故障现象及处理方法（表 12-4）

表 12-4　普通型交流接触器的常见故障及处理

故障现象	处　理　方　法
线圈通电后，接触器不动作或动作不正常	线圈控制线路断路；看接线端子有没有断线或松脱现象，如有断线更换相应导线；如有松脱紧固相应接线端子
线圈损坏	用万用表测线圈的电阻，如电阻为 $+\infty$，则更换线圈
热继电器动作后未复位	用万用表电阻挡测热继电器的两个常闭触点之间的电阻值，如为 $+\infty$，则按下热继电器的复位按钮即可
线圈额定电压比线路电压高	换上适应控制线路电压的线圈

（续）

故障现象	处　理　方　法
触头弹簧压力或释放弹簧压力过大	调整弹簧压力或更换弹簧
按钮触头或辅助触头接触不良	按钮清理触头或更换相应
触头超行程过大	调整触头超程
线圈断电后，接触器不释放或延时释放	1. 磁系统中柱无气隙，剩磁过大。将剩磁间隙处的极面锉去一部分，使间隙为0.1～0.3mm，或在线圈两端并联一只0.1μF的电容 2. 启用的接触器铁心表面有油或使用一段时间后有油腻。将铁心表面防锈油脂擦干净，铁心表面要求平整，但不宜过光，否则易于造成延时释放 3. 触头抗熔焊性能差，在起动电动机或线路短路时，大电流使触头焊牢而不能释放，其中以纯银触头较易熔焊。交流接触器的主触头应选用抗熔焊能力强的银基合金，如银铁，银镍等
控制线路接错	按控制线路图更正接错部位
线圈过热烧损或损坏	1. 线圈动作频率和通电持续率超过产品技术要求时，更换为相应动作频率和通电持续率的线圈 2. 铁心极面不平或中柱气隙过大时，清理极面或调整铁心，更换线圈 3. 机械损伤，运动部分被卡住时，修复机械部分，更换线圈 4. 环境温度过高，或空气潮湿或含有腐蚀性气体使线圈绝缘损坏时，更换安装位置，更换线圈
电磁铁噪声过大	1. 短路环断裂时，更换短路环或铁心 2. 触头弹簧压力过大，或触头越行程过大时，调整弹簧触头压力或减小超行程 3. 衔铁与机械部分的连接销松动，或夹紧螺钉松动时，装好连接销，紧固夹紧螺钉
相间短路	1. 接触器堆积尘埃太多或粘有水气，油垢使绝缘破坏时，接触器要经常清扫，保持、清洁、干燥 2. 灭弧罩破裂，或接触器零部件被电弧烧损而言碳化时，更换灭弧罩，或更换损坏的部件

2. 交流真空接触器的常见故障现象及处理方法（表12-5）

表12-5　交流真空接触器的常见故障及处理

故障现象	产生原因	处理方法
通电后拒合	1. 有异物卡住衔铁 2. 辅助常闭触点接触不良 3. 整流器损坏 4. 供电线路或合闸线圈断线 5. 电磁线圈断路 6. 真空灭弧室损坏	1. 清除异物 2. 修理或更换辅助触点 3. 更换整流器 4. 检查线路并调换 5. 更换电磁线圈 6. 更换损坏的真空管
接触器无法保持吸合状态，呈连击状态（打枪）	1. 控制电压过低 2. 辅助触点转换不合理 3. 衔铁与铁心结合不紧密 4. 保持线圈烧坏或断线 5. 机械锁扣位置不合理	1. 调整到额定电压 2. 适当调整打板与辅助开关间隙 3. 微调铁心固定板，使铁心和衔铁结合紧密 4. 检查线路并接好或更换线圈 5. 调整机械锁扣位置

（续）

故障现象	产生原因	处理方法
动作反应慢	1. 电源电压过低 2. 有卡阻现象 3. 分闸弹簧反力不合适 4. 铁心固定螺栓松动	1. 调整到额定电压 2. 在运动部件结合面加少量润滑油脂 3. 调整弹簧反弹力 4. 紧固螺栓
线圈发烫或烧坏	1. 控制电压值有误 2. 辅助开关闭触点转换未打开 3. 线圈长期受潮或腐蚀性气体侵害	1. 调整额定电压 2. 适当调整打板与辅助开关的间隙 3. 更换线圈

第二节　燃料设备常见电气故障及检修

一、燃料运行设备常用电动机的检修

燃料运行设备常选用防爆性能较好的鼠笼式电动机，如胶带机滚筒的驱动电动机、犁煤器及三通挡板的驱动（电动推杆或电液推杆）电动机等。卸储煤设备因经常带负载频繁起停，多选择绕线式电动机，如斗轮机各运动机构（行走机构、回转机械、俯仰机构等）用驱动电动机、翻车机运行系统（翻车机本体、重车调车机、空车调车机、迁车台等）用驱动电动机。下面就以绕线式电动机的检修为例，将其检修工艺及技术要求做如下阐述。

（一）电动机解体、抽转子

1）解体前应作好记号（包括：接线记号、对轮位置、大小盖各部螺钉、地脚垫片等），记号应明显可靠，以免组装发生错误。同时应测量并记录电动机绝缘。

2）对轮的拆卸，应根据对轮紧力的大小，分别先用丝杠拉马、千斤顶或液压拉马进行拆卸，但应保护好轴中心顶尖孔及对轮。对轮特别紧的，可用加热法拆卸，但加热前对轮应处于受力状态，然后用大号烤把迅速均匀加热、加热温度应不超过 200～250℃。一般对轮与轴的配合为紧配合，其平均间隙接近于零。

3）拆装电动机螺钉时，应尽量使用呆扳手、梅花扳手，防止损坏螺钉的六方头。端盖有顶丝孔的，应用顶丝顶开端盖再行拆盖，以保护好电动机和端盖的止口。

4）拆端盖时一般应先拆球体轴承一侧，后拆柱体轴承一侧（安装时顺序相反），要防止端盖脱离轴承碰伤线圈。小容量电动机的端盖可用手抬，大容量电动机的端盖可用抬杆抬上或用倒链、起重机吊下。

5）抽转子的方法：30kW 以下的小型电动机可由两人直接用手将转子抬出，对 40kW 以上的大型电动机，可在轴伸端套上一节内径略大于轴颈的钢管（但轴上必须包以布片或厚纸板之类的软质垫层，以防止损伤轴颈表面），可以人抬或用起重设备将转子抽出。抽装转子时注意不得碰伤铁心和定子线圈（包括转子绕组）。转子抽出后，应用木板或枕木将转子垫起，不得使风叶和短路环受力，并应防止转子滚动。

（二）定子的检查及修理（绕线式电动机与鼠笼式电动机相同）

1）电动机检修解体前应测量其定子绕组的绝缘电阻值，对 1kV 以下的低压电动机用 1kV 的绝缘电阻表测量，其绝缘电阻不低于 0.5MΩ。对于 1kV 及以上的高压电动机，用 2.5kV 的绝缘电阻表测量，同时记录绝缘吸收比 R60”/15”，其绝缘电阻应不低于 1MΩ/kV，吸收比不得小于 1.3。

2）高压电动机大修时，由高压试验班进行交流耐压试验，一般在电动机大修后进行，如绝

缘太低也可干燥后进行。交流耐压标准为6kV电动机试压9kV 1min耐压试验。高压电动机容量在500kW以上的，还应作2.5倍额定电压的直流耐压试验，并测量其泄漏电流值，其相同差别一般不大于100%。20μA以下者，各相间应无显著差别。

3）低压电动机大修时，100kW以下不重要的电动机，可不作交流耐压试验，由检修人员用2500V绝缘电阻表摇测1min代替耐压试验。但有异常情况时，或重要的电动机，应由高压试验班进行试验，标准为1.5倍额定电压，但不低于1kV。

4）电动机的三相直流电阻测量，1kV及100kW以上的电动机其直流电阻的标准为：在20℃时，三相绕组直流电阻值之差，不得超过最小值的2%，并应注意相同组别的历年相对变化。中性点未引出的可测量线间电阻，1kV及100kW以上的电动机各线间直流电阻的差应不超过最小值的1%。对于低压绕线式电动机，转子绕组的交流耐压试验，大修时可用2.5kV绝缘电阻表摇测1min耐压试验。同时也应测量起动电阻器的直流电阻，其值与制造厂数值或最初测量的结果比较，相差不应超过10%。

5）定子吹灰清扫，用0.15~0.2MPa的压缩空气吹净线圈、铁心及机壳内的灰尘。压缩空气必须经过过滤器，以除去水分和油份。对吹不掉的油泥、污垢，可用干布沾四氯化碳或酒精清擦，或用带电清洗剂清洗，还可用竹片等剔除污垢，但不得使用金属工具，以免损伤绝缘。

6）定子全面检查：铁心有无松动、锈蚀、过热、定转子摩擦、个别硅钢片凸出及齿部压铁松动现象。有铁心松动处，可插入薄绝缘片处理；有锈蚀处应除锈并涂以绝缘清漆处理；若硅钢片个别凸出及齿部压铁松动等情况，应向班长汇报，以研究处理。必要时可作铁心发热试验，以检查铁心短路点。

7）检查槽楔及垫条有无松动、断裂、窜出、枯焦等现象，要保证槽楔压紧线圈。

8）检查线圈表面及引线有无损伤，通风沟内线圈绝缘是否膨胀，端部线圈绑线及间隔垫片是否松动脱落，线圈及接头处有无过热现象。发现绑线及间隔垫片松动脱落应补齐垫片重新帮扎。接头部位有过热现象或直流电阻不合格，均需剥开绝缘，检查接头焊接是否良好。对绝缘损伤处，轻微的可用气干绝缘漆涂之，严重的应重包扎绝缘。检查引出线全长绝缘应无破裂、焦枯，焊头不脱焊、不流锡、不氧化，引线头首端应有永久性的相别记号。

9）检查机座、端盖、风挡应无裂纹，止口无损伤，风挡固定良好，螺钉应齐全。对端盖上的裂纹，小型电动机可用电焊焊补，大型电动机端盖及机座，因不易加热焊补较难，一般可用钻孔、加夹板铆接等方法加固处理。伤口有扩大趋势时，须及时修整。

10）电动机受潮后绝缘电阻值下降，且低于规定值时，需进行干燥处理。电动机干燥方法有很多，要根据现场具体条件和电动机的具体情况而定，常用的干燥方法有以下几种。

外部干燥法：有灯泡法、热风干燥法、干燥室烘干法、电阻器加热及煤油蒸气加热干燥法。内部干燥法：铜损干燥法和铁损干燥法。

（三）绕线式电动机转子的检查及修理

1）绕线式转子的检验项目包括：测量转子回路的绝缘电阻（包括起动电阻或调速电阻控制器等）的测量；大修时用2.5kV的绝缘电阻表摇测1min代替耐压试验。

小修时转子绕组可与其起动设备一起测量，用500V的绝缘电阻表测量其绝缘电阻值不得低于0.5MΩ；测量转子三相绕组直流电阻的相互差别不应超过1%；转子绑线对绕组和绑线对地的绝缘电阻、刷架对地的绝缘电阻，均不得小于0.5MΩ。

2）滑环表面质量检查

滑环表面应无烧伤，轻微烧伤可用细纱布打磨。测量滑环晃度不得超过0.2mm，若晃度超标或烧伤深度大于0.5mm，则应车光，但不得多车，车后滑环表面粗糙度应为$Ra1.6\mu m$，晃度值应小于0.05mm，在车床上找中心时偏心度不得超过0.02mm。车光前后均测量滑环直径。

3）转子吹灰清扫并检查转子绕组绑线应无断裂，空心轴内引线绝缘无焦枯、破损、接线鼻子接触良好，且不脱焊。

（四）电刷及刷握的检修调整

1. 刷架的检修与调整

刷架应固定牢固，绝缘良好，500V 绝缘电阻表测量其绝缘电阻不低于 5MΩ，刷架与引线接触良好，无过热现象。

2. 刷握的调整

调整刷握时，应调整其下边沿距滑环表面为 2～3mm，且与刷架固定接触良好，电刷压力为 0.0147～0.0196MPa（即为 150～200g/cm^2），同环上电刷压力应一致，相差不应超过 10%。

电刷长度应适当，应不短于 5mm（接触面至铆钉边），牌号应相同且合适。电刷与滑环的接触应吻合，其在刷握内隙为 0.1～0.2mm。刷握架等部件应清洁，但不必每次将修都打磨，以免造成间隙过大。

（五）鼠笼式电动机转子的检查与修理

1）用 0.2～0.3MPa 的压缩空气吹净转子积灰，并擦净油泥、污垢。

检查转子铜导体与端部短路环的焊接是否开焊，铸铝转子及端环是否流铝和裂纹。对铜导体开裂者，可用铜焊条补焊，但补焊时应作好防护措施，防止烤坏铁心，铸铝端环裂纹，可剔槽用铝焊补。对 2 级和 4 级电动机如焊点多且集中的补焊后，应找平衡。对 1000r/min 及以下电动机，一般不致影响平衡。

2）对槽内导体不可见部分，如怀疑有断裂（如铁心松散变形、过热等），可用开口变压器测试，或对鼠笼通大电流，在转子槽上撒铁屑试验。铸铝转子铝条断裂应返电动机修理厂修理。铜条断裂可现场更换（单鼠笼或双鼠笼的下层导体为纯铜，双鼠笼的上层导体是黄铜，短路环均为纯铜）。对黄铜－纯铜的焊接应用银焊（含银 40% 左右）。

3）当转子断条占全部笼条的 1/7 左右时，会造成转矩严重下降，故必须修复。

4）检查转子铁心表面有无摩擦、锈蚀、松动，在轴上嵌装是否牢固，对锈蚀处应除锈，涂以绝缘漆。对铁心有磨擦者，应检查轴是否弯曲，可在车床上用千分表检查或在定子内盘动转子检查间隙变化来确定，如弯曲则应消除。轴有裂纹，应汇报班长，研究处理。

（六）电动机验收与试运

电动机在检修全部组装结束及开关等均已检修完毕，并检查无遗留问题，应进行整体验收。

电动机验收时，检修记录应齐全，试验有结论，环境卫生良好，还应说明计划项目完成情况，计划外项目内容，尚遗留的问题。

电动机大修验收后，应作空载试运行不少于 1h。试运中应检查空载电流、铁心温度（应不大于 60℃），滚动轴承、滑动轴承的轴承温度均不大于 80℃，且无异常声响，检查轴承振动值及轴向窜动值，不得大于表 12-6 及表 12-7 的值，并作记录。

表 12-6　轴承振动值标准

同步转速/（r/min）	3000	1500	1000	750 及以下
振动值（双振幅）/mm	0.05	0.085	0.1	0.12

表 12-7　轴向窜动值（指滑动轴承）标准

容量/kW	10 以下	10～20	30～70	75～120	125 以上
窜动值/mm	±0.5	±0.75	±1	±1.5	±2.0

一般电动机在额定电压下空载电流为额定电流的 20%～35%（10kW 以下电动机空载电流大

一些），任一相电流与三相电流的平均值偏差应小于平均值的10%，可参考表12-8中的值。

表12-8　额定电压下空载电流参考值

空载电流/A　电动机容量/kW　极数/个	0.125以下	0.125～0.5	0.5～2	2～10	10～50	50～100	100以上
2	65～90	45～70	35～55	25～45	20～35	18～30	18～30
4	70～90	60～80	40～60	30～50	25～35	20～30	
6	80～95	65～85	45～65	35～60	25～40	20～30	
8	85～95	70～85	50～65	35～65	35～45	25～35	

（七）电动机检修中常见缺陷及处理方法

1）在轴承室与轴承配合松动的地方，应采取刷镀方式来恢复紧力，一般情况下不允许使用打麻点的方式增加紧力。

2）严禁在联轴器松动的情况下，用打麻点来增加预紧力，如果轴有磨损，需刷镀或堆焊后进行机加工处理，在轴未磨损的情况下，说明老联轴器的尺寸已不符合要求，要求机械提供合适的新联轴器。新联轴器安装前，需要对联轴器与轴的配合间隙进行复测，要求有0.02～0.03mm紧力。若不合格要求，则更换联轴器或修整联轴器。联轴器的安装采用加热的方法。

3）键的配合。键不应一次加工而成，而应采用稍大于键槽尺寸的键坯手工加工制作。例如：10×8的键槽，应采用12×8或11×8的键坯加工，以配合磨损后的键槽。

4）卧式电动机在未连机械的情况下，轴向振动应不大于0.03mm，如果空试大于0.03mm，应考虑轴承问题或轴承装配问题。

5）电动机在运行中振动过大的原因及处理方法如下：

①转子不平衡（如转子上配重螺钉脱落，使重心不在转子中心轴上），应找正动平衡。

②带轮不平衡，应找正静平衡。

③胶带盘轴孔偏心，可车正并镶套。

④转轴弯曲。应更换转轴，或车直镶套（热套）。

⑤安装基础不平，或固定不稳，应重新安装，固定平稳。

⑥笼型转子导条断裂、或绕线转子绕组断路，使负载电流时大时小地振荡，应检查修复。

⑦联轴器装配不正或有松动，应找正紧固联轴器。

⑧被带作业机械失去平衡，应找正动平衡。

⑨定子绕组有局部故障，旋转磁场不平衡而引起振动，应检查修复。

二、变频器的安装、参数设定及故障排除

变频器的静态稳定性好，调速范围大，运行效率高，安装使用方便，在改善交流异步电动机的起动与调速性能方面得到较好的应用。在输煤系统中变频器代替电磁滑差离合器调速，使叶轮给煤机和筒仓犁煤车的煤量调速系统变得简单可靠。变频器用于翻车机、斗轮机堆取料等系统，在运行过程中，改善了起动性能，使设备运行更平稳，对机械部分起到了较好的保护作用。下面就变频器的安装、使用及维护作如下介绍。

（一）变频器的安装技术要求

1. 对主回路进行安装前绝缘电阻的测试

如图12-13所示，测量时，必须把变频器所有的进线端（R、S、T、E）和出线端（U、V、

W）都连接起来，然后再进行测量。

2. 对控制回路进行安装前绝缘电阻的测试

测量时，应用万用表的高阻挡进行测量，禁止用兆欧表或其他有高电压的仪表进行测量。

3. 变频器安装时对环境温度的要求

变频器一般适用在 -10～40℃环境中工作，环境温度若高于40℃时，每升高1℃，变频器应降低额定功率的5%使用。

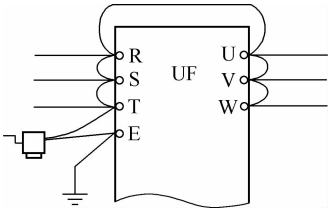


图 12-13　主回路绝缘电阻的测试

4. 变频器安装时对安装现场的要求

1）无腐蚀、无易燃易爆气体、液体。

2）无灰尘、漂浮性的纤维及金属颗粒。

3）安装场所的基础、墙壁应坚固无损伤、无振动。

4）要避免阳光直射。

5）无电磁干扰。

5. 变频器的安装空间及通风要求

变频器内部装有冷却风扇以强制风冷，为了使冷却循环效果良好，所以必须将变频器垂直安装。将多台变频器安装在同一装置或控制箱里时，为减少相互热影响，建议要横向并列安装。

（二）变频器的接线

1）信号线与动力线必须分开走线。使用模拟量信号进行远程控制变频器时，为了减少模拟量受来自变频器和其他设备的干扰，应将控制变频器的信号线与强电回路（主回路及顺控回路）分开走线。距离应在30cm以上。即使在控制柜内，同样要保持这样的接线规范。该信号与变频器之间的控制回路线最长不得超过50m。

2）信号线与动力线必须分别放置在不同的金属管道或者金属软管内部。连接PLC和变频器的信号线如果不放置在金属管道内，极易受到变频器和外部设备的干扰；同时由于变频器无内置的电抗器，所以变频器的输入和输出级动力线对外部会产生极强的干扰，因此放置信号线的金属管或金属软管一直要延伸到变频器的控制端子处，以保证信号线与动力线彻底分开。

3）模拟量控制信号线应使用双股绞合屏蔽线，电线规格为0.75mm^2。在接线时一定要注意，电缆剥线要尽可能的短（5～7mm），同时对剥线以后的屏蔽层要用绝缘胶布包起来，以防止屏蔽线与其他设备接触引入干扰。

4）为了提高接线的简易性和可靠性，推荐信号线上使用压线棒端子。

5）接线的注意事项：

①控制回路与主回路的接线，以及与其他动力线、电力线应分开走线，并保持一定距离。

②变频器控制回路中的继电器触点端子引线，与其他控制回路端子的连线要分开走线，以免触点闭合或断开时造成干扰信号。

③为了防止噪声等信号引起的干扰，使变频器产生误动作，控制回路采用屏蔽线。

④检查电线的线屑，尤其是金属屑、短断头及其螺杆、螺母是否掉落在变频器内部。

⑤检查螺杆是否拧紧，电线是否有松动。

⑥检查端子接线的裸露部分是否与别的端子带电部分相碰，是否触及了变频器外壳。

⑦在安装、测试、维修过程中，常需要进行端子接线。切记不要将电源线接到变频器的输出端子上；也不要将变频器输出端子排上的“N”端子误认为电源中性线端子。

⑧变频器接地端子E（G）接地电阻越小越好，接地导线截面应不小于2mm^2。长度应控制在20m。在雷电活跃地区，如果电源是架空进线，应在进线处装设变频专用避雷器，或按规范要求在离变频器20m的远处预埋钢管保护接地。

（三）变频器参数的设定

1. *U/f* 类型的选择

U/f 类型的选择包括最高频率、基本频率和转矩类型等。最高频率是变频器—电动机系统可以运行的最高频率。由于变频器自身的最高频率可能较高，当电动机容许的最高频率低于变频器的最高频率时，应按电动机及其负载的要求进行设定。基本频率是变频器对电动机进行恒功率控制和恒转矩控制的分界线，应按电动机的额定电定电压设定。转矩类型是指负载是恒转矩负载还是变转矩负载。用户根据变频器使用说明书中的 *U/f* 类型图和负载的特点，选择其中的一种类型。通常根据电动机的实际情况和实际要求，最高频率设定为 83.4Hz，基本频率设定为工频 50Hz。负载类型：50Hz 以下为恒转矩负载，50 ~ 83.4Hz 为恒功率负载。

2. 调整起动转矩

调整起动转矩是为了改善变频器起动时的低速性能，使电动机输出的转矩能满足生产起动的要求。转矩提升量的公式为

转矩提升量 =（0Hz 输出电压/额定输出电压）/100%

在异步电动机变频调速系统中，转矩的控制较复杂。在低频段，由于电阻、漏电抗的影响不容忽略，若仍保持 *U/f* 为常数，则磁通将减小，进而减小了电动机的输出转矩。为此，在低频段要对电压进行适当补偿以提升转矩。可是，漏阻抗的影响不仅与频率有关，还和电动机电流的大小有关，准确补偿是很困难的。近年来国外开发了一些能自行补偿的变频器，但所需计算量大，硬件、软件都较复杂，因此一般变频器均由用户进行人工设定补偿。针对现使用的变频器，转矩提升量设定为 1% ~5% 之间比较合适。

3. 设定加、减速时间

电动机加速度取决于加速转矩，而变频器在动、制动过程中的频率变化率则由用户设定。若电动机转动惯量、电动机负载变化按预先设定的频率变化率升速或减速时，有可能出现加速转矩不够，从而造成电动机失速，即电动机转速与变频器输出频率不协调，从而造成过电流或过电压。因此，需要根据电动机转动惯量和负载合理设定加、减速时间，使变频器的频率变化率能与电动机转速变化率相协调。检查此项设定是否合理的方法是，按经验来进行加、减速时间设定。若在起动过程中出现过电流，则可适当延长加速时间；若在制动过程中出现过电流，则适当延长减速时间。另外，加、减速时间不宜设定过长，时间太长将影响生产率，特别是频繁起动、制动时。通常将加速时间设定为 15s，减速时间设定为 5s。

4. 频率跨跳

U/f 控制的变频器驱动异步电动机时，在某些频率段电动机的电流、转速会发生振荡，严重时系统无法运行，甚至在加速过程中出现过电流保护动作使得电动机不能正常起动，在电动机轻载或转动量较小时更为严重。因此变通变频器均备有频率跨跳功能，用户可以根据系统出现振荡的频率点，在 *U/f* 曲线上设置跨跳点及跨跳点宽度。当电动机加速时可以自动跳过这些频率段，保证系统正常运行。

5. 过负载率设置

该设置用于变频器和电动机过负载保护。当变频器的输出电流大于过负载率设置值和电动机额定电流确定的过载设定值时，变频器则以反时限特性进行过负载保护（OL），过负载保护动作时变频器停止输出。

6. 电动机参数的输入

变频器的参数输入项目中有一些是电动机基本参数的输入，如电动机的功率、额定电压、额定电流、额定转速、极数等。这些参数的输入非常重要，将直接影响变频器中一些保护功能的正

常发挥，一定要根据电动机的实际参数正确输入，以确保变频器的正常使用。

（四）变频器常见故障及处理方法

1. OC. 过电流故障

过电流故障可分为加速、减速、恒速过电流。其可能是由于变频器的加减速时间太短、负载发生突变、负载分配不均，输出短路等原因引起的。这时一般可通过延长加减速时间、减少负载的突变、外加能耗制动元件、进行负载分配设计、对线路进行检查。如果断开负载变频器还是过电流故障，则说明变频器逆变电路已坏，需要更换变频器。

2. OV. 过电压故障

首先要排除由于参数问题而导致的故障，如减速时间过短，以及由于再生负载而导致的过压等，然后检查输入侧电压是否有问题，最后检查电压检测电路是否出现了故障，一般的电压检测电路的电压采样点，都是中间直流回路的电压。现以三肯 SVF303 为例，它由直流回路取样后（530V 左右的直流），通过阻值较大电阻降压再由光耦进行隔离，当电压超过一定值时，显示“5”过电压（此机器为数码管显示），此时可以检查电阻是否氧化变值，光耦是否有短路现象等。

3. UV. 欠电压

首先可以检查输入侧电压是否有问题，然后检查电压检测电路，故障判断和过电压相同。

4. FU. 快速熔断器故障

在现行推出的变频器大多推出了快熔故障检测功能（特别是大功率变频器），以 LG030IH—4 型变频器为例，它主要是对快熔前面、后面的电压进行采样检测，当快熔损坏以后必然会出现快熔一端电压为零，此时隔离光耦动作，出现 FU 报警。可通过更换快熔解决问题。特别应该注意的是在更换快熔前必须判断主回路是否有问题。

5. OH. 过热

主要原因是变频器内部散热不好。可以检查散热风扇及通风通道。

6. SC. 短路故障

可以检测变频器内部是否有短路现象。以安川 616G5A45P5 为例，检测内部线路，若无短路现象，可以检测功率模块，在驱动电路正常的情况下，通常更换功率模块，即可修复机器。

7. OL. 过载故障

过载故障包括变频过载和电动机过载。其可能是加速时间太短，电网电压太低、负载过重等原因引起的。一般可通过延长加速时间、延长制动时间、检查电网电压等。负载过重，所选的电动机和变频器不能拖动该负载，也可能是由于机械润滑不好引起。若是前者则必须更换大功率的电动机和变频器；若是后者则要对生产机械进行检修。

三、输煤系统常见程控故障及处理方法

输煤系统故障分为现场被控制设备（外围设备及元件）故障和 PLC 故障。按照故障的发生频率将其使用期分成三个阶段，即运行初期、稳定期以及衰老期。从系统的调试安装到运行大概一年时间，这段时期就是运行初期。这个时期内的机械还处于一个磨合阶段，一些电子元器件由于在电气干扰中无法经受初期的考验而磨损，所以相对来说这段时间的故障比较多；而进入稳定期后，虽然仍会有一些故障产生，但其发生频率相对减少；当过了稳定期后，控制系统就进入一个衰老期，由于长期的电气元器件品质因数下降、机械的磨损等原因，系统又进入一个故障频发期。

如前所述，输煤程控系统的外围设备和元件主要包括两类：一类是以电动机为核心的通用控制元件，即各类低压电器开关（按钮、熔断器、断路器、主令控制器及转换开关等）接触器、

继电器、变频器等；另一类是以保护信号采集与检测（传感器元件）为核心的保护装置，即限位装置、拉绳、跑偏、低速、过电流、堵煤等。第一类元器件的检修及故障处理在前面已经详细介绍了，下面首先以输煤胶带机的运行为例，分析传感器元器件的故障排查方法。

（一）就地装置（电源输入元件及传感器元件）**的排查**

输煤胶带机的运行程序控制能否顺利进行，其就地传感器元件工作正常与否起着关键的作用，就地传感元件误发信号或发生损坏故障时，程序控制就无法进行，因此必须加强对外围传感器元件的定期检查、更换，随时注意观察其工作是否正常。其具体排查步骤如图 12-14 所示。

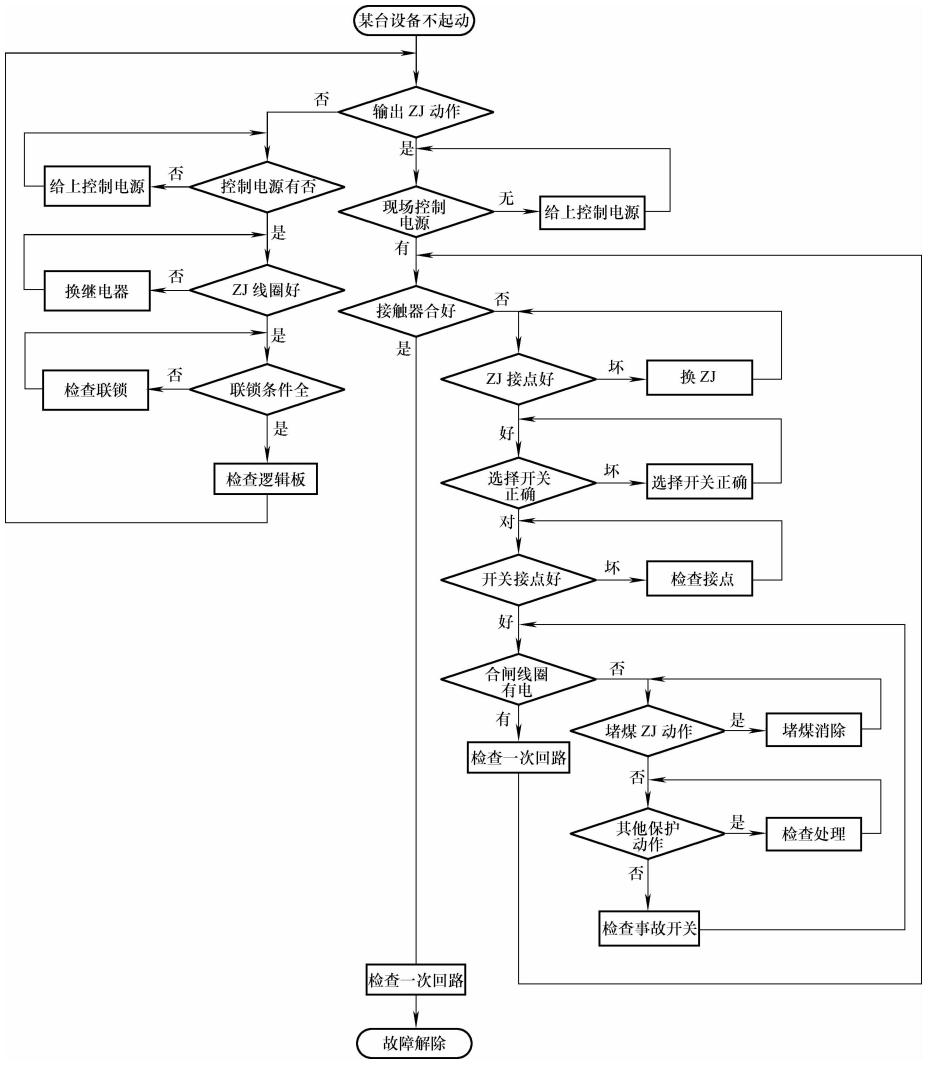


图 12-14　就地装置排查流程图

例如，如某台设备无法起动，检修流程如下所述。

步骤 1. 检查程控合闸继电器 ZJ 是否动作，若 ZJ 无动作，则应依次检查下列情况：

1）程控电源是否正常。

2）ZJ 继电器线圈是否完好。

3）检查程控逻辑是否满足起动条件（下行设备反馈的运行信号正常、挡板位置反馈信号正常；无闭锁起动的保护信号）。

4）若 ZJ 动作，则检查就地操作电源是否正常。

步骤 2. 检查电动机接触器是否吸合，若接触器不吸合，则应依次检查下列情况：

1）合闸继电器 ZJ 接点好坏。

2）程控/就地选择开关在相对应的正确位置。

3）接触器线圈完好无损坏。

4）无闭锁起动的保护信号（如事故拉线开关、堵煤保护、跑偏保护、防撕裂保护、传动带打滑保护）。

5）若接触器吸合正常，则检查一次回路，排除故障。

（二）PLC 控制系统的故障排查

1. PLC 程控故障形式

（1）硬件故障　如电源故障、上位机故障、PLC 模块故障等。

（2）软件故障　如操作系统故障、应用软件故障及软件加密狗损坏等。

2. PLC 控制系统故障排查的总体思路和要求

PLC 系统包括主机箱、I/O 模块、扩展机箱、CPU 以及相关的外部和网络设备。虽然 PLC 控制系统的机器本身具有可靠性高、抗干扰能力强、使用方便、寿命长等优点，但由于生产过程中环境因素和人员自身素质的影响及外围设备故障等，不可避免地出现异常现象。值班人员必须认真监视，作好记录。出现异常时，要进行正确的判断，采取果断措施。

在进行故障处理的过程中，工作人员应熟悉下列要求：

1）熟悉全过程的生产工艺和对控制系统的要求。

2）熟悉生产设备的工作原理、性能及安装位置、调整要求。

3）熟悉控制系统的技术要求和控制原理。

4）了解系统故障前的工作过程和各种模拟信号反映。

5）在熟悉以上要求的基础上，可参照 PLC 控制系统故障检查顺序图（图 12-15）进行故障查找。

3. PLC 控制系统的故障排查步骤

（1）总体检查　根据总体检查流程图找出故障点的大方向，逐渐细化，以找出具体故障。

例如，如某台设备程控无法起动检修流程如下所述：

1）单台设备无法起动后，首先检查该设备 PLC 输入回路，检查起动信号是否正常，有无闭锁起动的保护信号。

2）若输入信号正常，则就地手动起动设备，若不能起动，则应检查就地闭锁起动的保护设备，如堵煤开关、事故拉线、跑偏等。

3）手动起动正常后，说明就地控制部分正常无故障，就可进行 PLC 空试运行。若空试故障，则应检查 PLC 的输入输出接线，或进行逻辑检查。

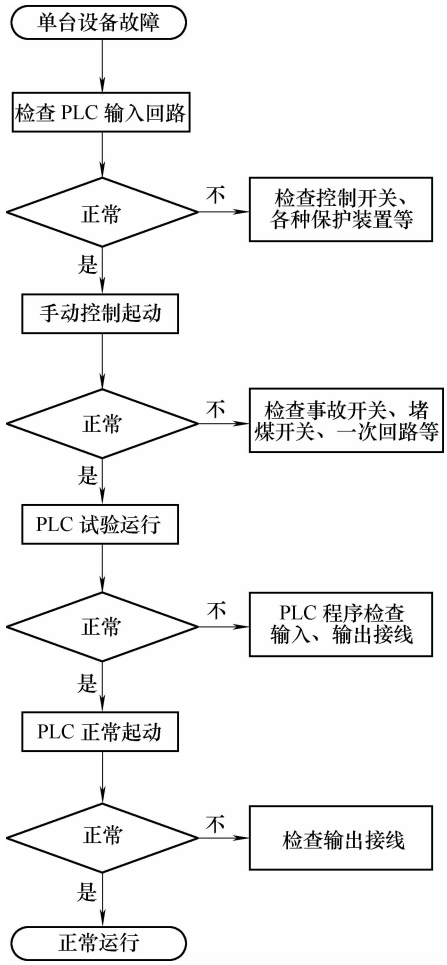


图 12-15　PLC 控制系统故障检查顺序图

4）空试正常后即可正常起动。

（2）电源灯不亮　电源灯不亮时，需对供电系统进行检查，检查流程图如图 12-16 所示。

检查流程说明：

1）当 PLC 电源指示灯不亮时，检查电源是否送电。

2）若电源已送指示灯仍不亮，则检查供电电压是否合格，并调整电压到合格范围内。

3）若指示灯仍不亮，则检查 PLC 电源模块内熔丝是否熔断。

4）更换熔断器后若指示灯仍不亮，则检查 PLC 的电源接线是否正确。

5）以上检查均正常后，若电源指示灯仍不亮，则证明电源模块损坏，更换模块。

（3）PLC 上电后不能正常工作　PLC 上电后不能正常工作，检查流程如图 12-17 所示。

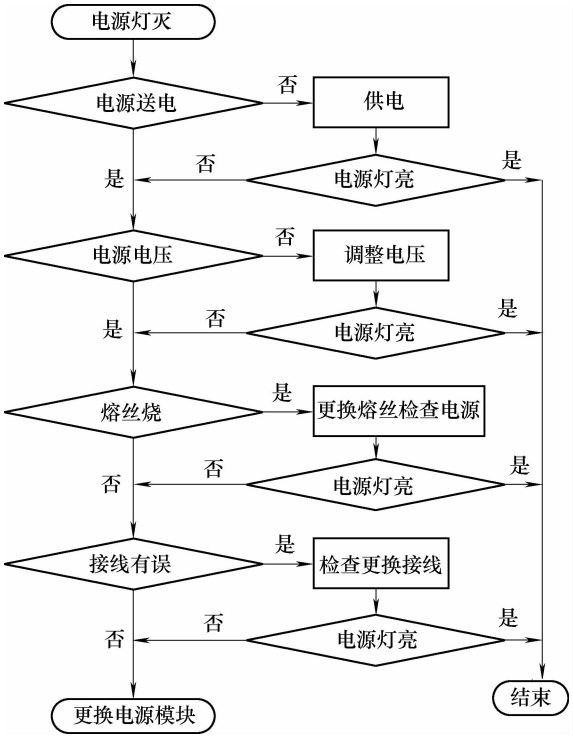


图 12-16　PLC 电源故障诊断程序 1

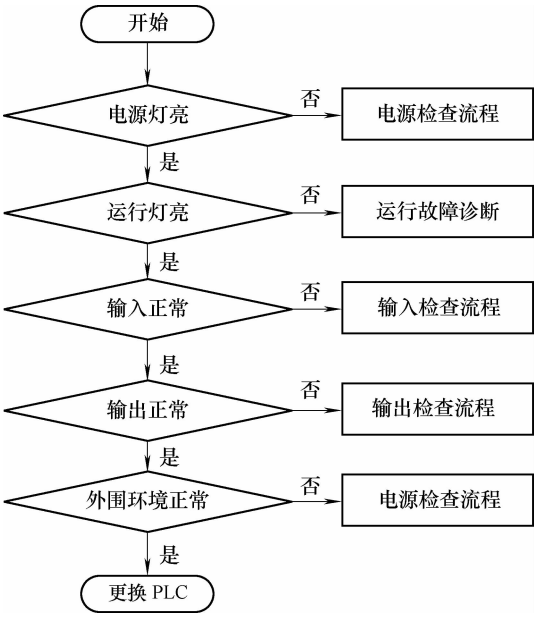


图 12-17　PLC 电源故障诊断程序 2

检查流程说明：

1）检查电源指示灯是否点亮，若不亮则进行电源检查流程。

2）电源灯点亮后，检查运行指示灯是否点亮，若不亮则进行运行故障诊断或检查 PLC 运行开关是否投入。

3）运行灯点亮后，检查输入信号是否全部正常，若输入异常则检查外部输入电路或 PLC 输入点。

4）检查输出信号是否全部正常，若输出异常则检查 PLC 输出模块、外部输出电路或程序。

5）以上检查完成后 PLC 仍不能正常工作，应判断 PLC 损坏，更换 PLC。

（4）输入输出故障检查　输入输出是 PLC 与外部设备进行信息交流的通道，其是否正常工作，除了和输入输出单元有关外，还与连接配线、接线端子、保险管等元件状态有关。检查流程图如图 12-18 及图 12-19 所示。

输入单元检查流程：

1）PLC 上电后检查输入指示灯，若指示不正常，则用万用表检查输入端电压。

2）若电压指示正常，同时编程器检查程序内输入信号通断状态正常，而输入指示灯不亮，则证明输入端发光二极管损坏，更换二极管。

3）若电压指示不正常，在断开外部接线后接入模拟输入，再检查，接入模拟量后指示仍不正常，更换输入模块。

4）接入模拟量后指示正常，说明输入模块正常无故障，这时则应检查外部输入接线，确认并排除外部故障点。

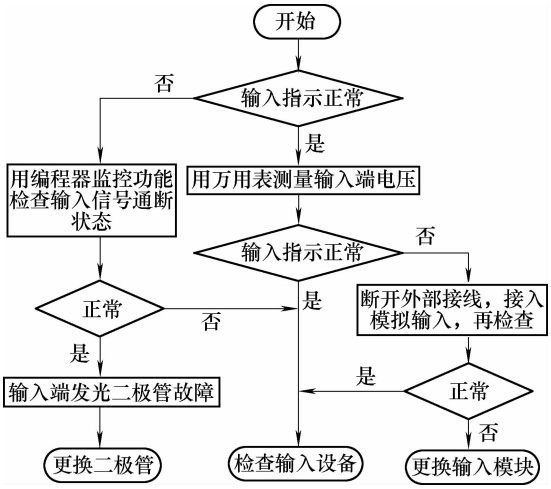


图 12-18　PLC 输入故障诊断

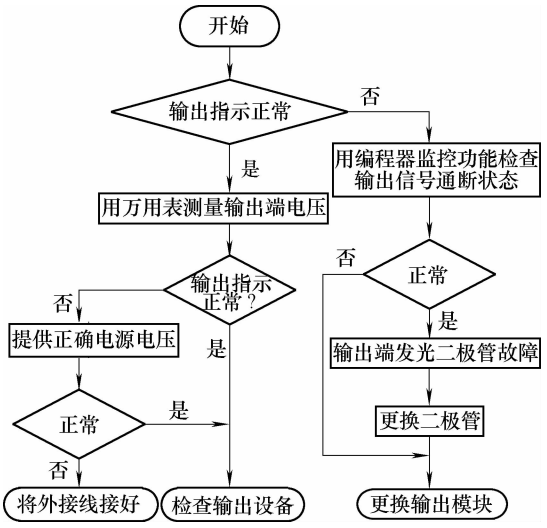


图 12-19　PLC 输出故障诊断

输出单元检查流程：

1）PLC 上电后检查输出指示灯，若指示不正常，则用万用表检查输出端电压。

2）若电压指示正常，应检查输出单元外部回路接线。

3）若输出指示正常，同时编程器检查程序内输出信号通断状态正常，而输出指示灯不亮，则证明输出端发光二极管损坏，更换二极管。

4）若输出指示不正常，同时编程器检查程序内输出信号通断状态正常，应更换输出模块。

5）若电压指示不正常，应检查输出单元电源接线，并恢复正常供电。

6）接入模拟量后指示正常，说明输入模块正常无故障，这时则应检查外部输入接线，确认并排除外部故障点。

（5）模拟显示系统常见故障及处理方法（表 12-9）

表 12-9　模拟显示系统常见故障及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
图象不清晰	1. 镜头积尘较多 2. 信号电缆接地不良 3. 周围有大功率用电设备 4. 监视器故障	1. 清理镜头 2. 通知检修处理 3. 通知检修处理 4. 通知检修处理
无图象	1. 电源故障 2. 摄像头故障 3. 信号电缆断路 4. 监视器损坏	通知检修处理

（三）可编程序控制器（PLC）的检修质量要求

1）检查盘内端子是否有积尘，如有用毛刷擦试干净。

2）检查盘内端子是否有锈蚀现象，如有将其更换。

3）检查各端子号是否完全和清晰，如有缺损，补充掉落的端子号。

4）检查接线是否动，如有松动紧固之，并将端线排列整齐。

5）检查盘内各元件的符号，如有脱落，核对图样，更新贴好。

6）检查盘线槽盖板是否齐全整齐，如有损漏，应补充完善。

7）检查盘内各模件面板是否松动，如有松动将其拧紧。

8）检查盘内各模件上是否有积尘，如有用毛刷或用不起毛的钢布擦干净。

四、输煤胶带机常见程控故障及处理方法

输煤胶带机典型的程控运行故障点多集中于外部电气设备上，尤其是信号输入、输出接点及保护装置，故作为检修教材，此处只针对这两方面的故障提出分析和处理方法。

输煤胶带机常见程控故障及处理方法见表 12-10 所示。

表 12-10　输煤胶带机典型程控故障及处理方法

故障现象	原因分析	处理方法
输煤胶带机不能起动	1. 操作保险熔断 2. 未收到下一条胶带运行信号 3. 拉线开关动作 4. 跑偏开关动作 5. 防撕裂保护动作 6. 接触器线圈损坏	1. 更换保险 2. 检查下一级胶带接触器辅助触点 3. 检查拉线 4. 检查跑偏开关 5. 检查防撕裂保护 6. 更换接触器
远程站失电：远程站控制设备在上位上显示就地，程控不能操作	系统电源失电，直流供电电源故障	查找原因，恢复电源（一般情况下都是双电源）
远程站控制设备在上位上显示就地，程控不能操作。上位机主画面变色，死机	通信系统（同轴电缆、以太网）中断： 1. 同轴电缆断、接头松动、分支器坏、通信模块坏 2. 光纤断、光端机故障、以太网转接器坏（电源、接口、接头）双绞线断	检修或更换
程控画面上不显示胶带运行信号	1. 胶带运行信号未反馈至程控柜 2. 程控信号保险熔断	1. 检查胶带接触器辅助接点 2. 更换信号保险

五、叶轮给煤机常见电气故障及处理方法

如前所述，叶轮给煤机电气控制部分的主要特征是叶轮拨车臂的变频调速控制（为适应上煤负载的调整以及掺配煤）和叶轮行走位置的电气检测装置，后者大多采用以传感元器件的电气二次控制回路，其检修内容与本章第三节已经详述，此处只针对叶轮变频控制方面的故障及处理方法加以说明。

叶轮给煤机控制回路常见故障及处理方法见表 12-11。

六、翻车机卸车线运行设备常见电气元件的安装、维护及故障处理

围绕翻车机翻转为核心的控制系统，主要包括了调车机往返控制系统、翻车机翻转控制系统、迁车台往返控制系统及空车运送系统，其系统既相互独立运行又通过联锁条件相互制约、

PLC 程序控制方式就是将上述控制系统有机地连接在一起，以实现翻车机的自动翻卸作业。

表 12-11　叶轮给煤机控制回路常见电气故障及处理方法

故障现象	原因分析	处理方法
变频器跳闸	1. 变频器输出过电流 2. 未受到胶带连锁信号 3. 变频器运行继电器接点接触不良	1. 检查电动机、电缆，排除接地或短路故障；检查机械部分是否卡涩造成电动机过电流 2. 检查胶带机运行接点导通情况 3. 更换继电器
电动机不能升降速	检查升降速继电器及其控制回路是否断线	更换继电器；恢复回路
电动机过热	1. 电动机过载 2. 电动机散热效果差	1. 检查机械部分是否卡涩造成电动机过电流；检查电动机转速是否过高，造成过载 2. 检查扇叶和电动机风道是否堵塞；电动机变频运行时转速降低，造成冷却效果差，增加外部冷却方式

从控制的角度分析，翻车机卸车线和输煤线虽然都属于开关量顺序控制，但从安全作业方面来看，翻车机卸车线上设备的定位精度要求比输煤线设备高得多。

由于翻车机卸车线涉及的设备数量较输煤系统少，故输入和输出接点数量较输煤系统少，翻车机 PLC 程控设计也因此较为简单。所以翻车机卸车系统的监控重点是 PLC 外围电气元件的运行可靠性。

（一）翻车机卸车线电气设备的安装事项

电气安装是整个工程中的一个重要环节，电气安装水平决定着系统技术性能，因此，电气安装应由具有安装资格的安装公司严格按照国家有关标准执行。下面提出几点电气安装注意事项。

1）场内所有电气元件或电气包装箱、设备随机资料、图样应妥为保管，不许露天存放，应考虑妥善的防雨、防尘、防潮措施。控制柜、操作台搬运时，严禁倒置，并防擦伤柜台体表面、碰坏柜台表面元件。

2）安装前应仔细阅读设备随机的电气图样资料并制订合理的安装计划，以便科学高质量的完成整个系统的电气安装。

3）各种电气元件除严格按国家标准执行外，应严格遵守设备随机图样及资料，不明之处应及时与有关单位联系，寻求解决办法。有关限位开关、接近开关及其他检测元件安装位置应查阅相应的图样，电路安装遵照设备随机电气图样。

4）电线管不能直接焊于车体上，应通过托架或管夹来固定，活动部位采用金属软管，所有接近开关安装走线及软管应留有足够的余量，以便调试时调整。

5）电线管内不许有接头，穿管时电线绝缘皮不得有破损。

6）编码器为精密检测元器件，安装时严禁重大冲击。

7）翻车机机旁操作箱及摘钩处机旁操作箱应本着便于就地操作的原则合理布局，夹轮器机旁操作箱切不可安装于室内，应考虑摘钩人员方便安全的操作。

8）线路敷设时要将动力线，控制线分开，以免产生干扰。此处要特别注意。

（二）电气元件的检查维修

1. 翻车机系统电气维护与检修要求

1）当翻车机系统出现问题，检修时必需把翻车机系统从自动运行方式切换为手动方式，保证人员与设备的安全。

2）由于变频器是强干扰源，容易对现场信号产生干扰，造成误信号，影响翻车机的安全运

行，要求操作运行人员在设备运行进行监护，保证设备安全运行。

3）现场合闸时，要特别注意安全，并戴好绝缘手套。

2. 翻车机系统电气维护与检修内容（表 12-12）

表 12-12　翻车机系统电气维护与检修内容

检修场所	检修内容	检修周期	
		日常	定期
维修检查空间	看检修空间是否放置有废品、工具、危险品等	✓	✓
控制柜体	▲有无损伤、变色、生锈	✓	✓
	有无振动、有无异常声响	✓	✓
	有无因地面陷下、隆起等造成的倾斜	✓	✓
	螺栓类有无松动、脱落	□	✓
	柜内有无浸水、结露或其他痕迹		✓
	是否附着污损、异物、尘埃		✓
电源电压	主回路、控制回路电压是否正常	✓	✓
电气柜门	▲开、闭是否流畅	□	✓
	把手是否好用	□	✓
	合页、插销的螺栓是否松动		✓
铭牌	▲有无松动、脱落、破损	□	✓
	有无因污损而文字不清	□	✓
主回路引入、引出母线部	▲螺栓类有无松动、脱落	□	✓
	绝缘瓷瓶、压板、绝缘物等有无破裂、变形		✓
	接线部或绝缘部有无因过热而恶化变色	□	✓
	有无异物、尘埃附着		✓
	导体间及和金属部分的绝缘距离有无异常		✓
控制回路及端子	▲端子接线有无松动		✓
	绝缘物有无破损及损坏		✓
	是否因过热而变色	□	✓
	端子有无破损或附着异物		✓
	端子排上的端子号和电线套上的数字号是否清晰可读		✓
接地回路	▲接地部有无因振动而松动、是否确实接好	□	✓
	电线有无腐蚀或折断		✓
电缆引入引出部	▲螺栓类有无松动		✓
	电缆外皮有否被卡破		✓
	有无老鼠等小动物侵入的痕迹	□	✓
配线用断路器 接触器 热继电器	▲有无异常声响		✓
	端子部的螺栓有无松动		✓
	端子部、接触部有无因过热而变色	□	✓
	绝缘部有无附着异物、尘埃，有无破损、变形		✓
	开、断动作是否正常，触点接触是否良好		✓

（续）

检修场所	检修内容	检修周期	
		日常	定期
变压器、电抗器	▲有无异常声响		✓
	端子部螺栓有无松动、异物、尘埃附着	□	✓
	铁心是否有锈和损伤		✓
	绝缘物是否有裂纹、破损、变形及过热变色	□	✓
电阻器	▲是否因过热而产生异味		✓
	绝缘瓷瓶、绝缘物等有无裂痕、破损、异物、尘埃附着		✓
	螺栓、螺钉有无松动	□	✓
	电线是否接近发热部分	□	✓
	有无断线		✓

注：1. 日常维修中的“□”表示开门检修时进行。

2. ▲表示容易出现的故障。

（三）翻车机常见电气运行故障及处理方法（表 12-13）**、重车调车机常见电气故障及处理方法**（表 12-14）**和迁车台常见电气运行故障及处理方法**（表 12-15）

表 12-13　翻车机常见电气运行故障及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
翻车机不翻转	翻车机变频电动机出现驱动故障	复位驱动故障
	翻车机光电管遮挡，无信号	擦拭或调整光电管
	漏斗高料位	等待料位正常后在翻车
	液压站停机	排除液压故障重新起动
翻车机在翻转时突然停止	压车器或靠车板接近开关已坏	更换新的接近开关
	压车器或靠车板电磁阀已坏，不能动作	更换新的电磁阀
	出现驱动故障	复位驱动故障
翻车机返回突然停机	水平开关误动作	重新调整水平开关
	出现变频驱动故障	复位驱动故障
翻车机翻转超程	翻车机主令控制器故障	调整主令控制器点位，或更换主令控制器
	翻转极限位置设置偏大	重新调整极限位
翻车机返回超程	翻车机主令控制器故障	调整主令控制器点位，或更换主令控制器
	翻转极限位值设置偏大	重新调整极限位值

表 12-14　重车调车机常见电气运行故障及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
重车调车机挂钩后不前行	翻车机水平开关误动作	调整或更换
	翻车机主令控制器显示不在零位	检查翻车机是否在水平位，重新翻车回到零位
	压车器无回收信号或靠车板无回收信号	查处相应信号开关，进行排除
	闭钩接近开关信号不好用	更换闭钩接近开关

（续）

故障现象	故障原因	处理方法
重车调车机前行时突然停车	重车调车机变频电动机出现故障	复位变频驱动故障
	液压站停止工作	查处原因，重新起动
重车调车机摘钩后不前行	摘钩按钮不好用	修理或更换按钮
	定位位置偏差较大	手动操作，使其停止合适位置
重车调车机不能自动摘钩	钩头销子坏	更换新钩头销
	摘钩液压缸或电磁阀坏	维修或更换液压缸或电磁阀
重车调车机摘钩不前行	松钩接近开关信号不好用	更换松钩接近开关
重车调车机不返回	重车调车机抬臂接近开关信号不好用	更换抬臂接近开关
重车调车机前行超程	前行停车极限位置设置偏大	重新调整极限位置
	重车调车机行程开关故障	整行程开关位置，或更换行程开关
重车调车机后行超程	后行停车极限位置设置偏大	重新调整极限位置
	重车调车机行程开关故障	整行程开关位置，或更换行程开关

表 12-15　迁车台常见电气运行故障及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
对轨不准	开关感应距离过大	调整接近开关位置
无插销到位信号	插销未插入插销座	到位信号发出后溜放距离改变，调整到位信号发出时间
	液压站停止工作	查处原因，重新起动
迁车台不前行	插销拔出信号不好用	检查或更换接近开关

空车调车机电气故障分析与处理方法同重车调车机，这里不再赘述。

七、斗轮机常见故障及处理方法

如前所述，斗轮机程控运行状态主要指自动堆取煤操作，其程控部分相对简单较输煤胶带机简单，其程控故障及处理方法与胶带机基本相同，这里不再赘述。由于斗轮机工况下常处于高负载运行状态，其主要电气故障是电动机的超负载运行故障，现将其故障形式及处理方法列举在表 12-16 中。

表 12-16　斗轮机常见运行故障及处理方法

设备	故障现象	故障原因	处理方法
电动机	整台电动机过热	工作制度超过额定值而过载	减少工作时间
	定子铁心局部过热	在低压下工作，铁心与钢片间发生局部短路	当电压降低时，减少负载。清除飞边或其他引起短路的地方，涂上绝缘漆
	转子温度升高，定子有大电流冲击，电动机在不能达到全速额定负载下	绕线端头中性点或并联绕组间接触不良	检查所有焊接接头，清除外部缺陷
		绕组与滑环连接不良	检查绕组与滑环的连接状况
		电刷器械中有接触不良	检查并调整电刷器械
		转子电路中有接触不良处	检查连接导线对接触器或控制器转子电路，触头接触不良处进行修整检查电阻状况，断裂者予以更换

（续）

设备	故障现象	故障原因	处理方法
电动机	电动机工作时的振动	电动机轴与减速器轴之间不同心	找正电动机、减速器的同心度
		轴承磨损	检查并修理或更换轴承
		转子变形	检查并修整
	电动机工作时不正常	滚动轴承磨损	更换轴承
		键损坏	修正或更换新键
交流接触器及继电器	线圈发高热	线圈过载	减少可动触头的压力或更换控制器
		磁导体可动部分接触不上静止部分	清除引起磁体可动部分动作不正常的原因
	产生较大声响	线圈过载	减少可动触头弹簧的压力
		磁导体工作表面脏污	清除脏污
		磁导体弯曲	调整磁导体的位置
		磁导体的自动调整系统卡住	清除附加的磨擦
	动作迟缓	磁导体的动静部分过远	缩短两者距离
		器械底板上下部不对中	
	断电时磁铁掉不下来	触头压力不均	调整触头弹簧压力
	触头过热或烧灼	触头动静块间压力不够	调整触头弹簧压力
		触头脏污	清除脏污或更换触头滑块

单元四思考与练习

一、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. 机械直动式行程开关触点的分合速度取决于生产机械的运行速度，不宜用于速度高于0.4m/min 的场所。（　　）

2. 接近开关的一般感应距离为 5～12mm。（　　）

3. 联锁是保证系统安全运行而在输煤系统各设备之间所设立的最基本相互关系，从而保障输煤系统各台设备能按照一定的运行关系起停，达到互相制约的目的。（　　）

4. “胶带机正常运行时，下级胶带（如 3 号胶带）未起动，上级胶带（如 2 号胶带）不能起动”，此为输煤系统的联锁保护功能。（　　）

5. 可编程序控制器是以循环扫描的工作方式进行程序处理的。（　　）

6. 在干扰较强或对可靠性要求很高的场合，可在 PLC 的交流电源输入端加接带屏蔽的隔离变压器和低通滤波器。隔离变压器可以抑制从电源线窜入的外来干扰，低通滤波器可以吸收掉电源中的大部分“飞边”干扰。（　　）

7. 隔离变压器与 PLC、I/O 电源之间采用双绞线连接。系统的动力线应有足够截面，以降低线路压降。（　　）

8. 配煤控制方式分为“程序配煤”、“手动配煤”和“就地配煤”三种方式。（　　）

9. 我国规定安全电流为 30mA（50Hz 交流），但触电时间不超过 1s（1000ms），因此安全电流值也称为 30mA·s。（　　）

10. 根据人体触电的情况将触电防护分为直接触电防护和间接触电防护两类。（　　）

11. 绝缘电阻表的选择原则是：应根据所测量设备的绝缘要求来选用绝缘电阻表的最低电压和测量范围。（　　）

12. 测量电气设备带电性能时，被测电气设备、线路应全部切断电源；检查有电容的设备或线路是否进行放电（绝对不允许带电操作的）。（　　）

13. 绝缘电阻表在测量时，把表放平，以120r/min的恒速转动绝缘电阻表待指针稳定后，再读取电阻值。（　　）

14. 对于低压绕线式电动机，转子绕组的交流耐压试验，大修时可用5kV绝缘电阻表摇测1min耐压试验。（　　）

15. 在雷电活跃地区，如果电源是架空进线，应在进线处装设变频专用避雷器，或按规范要求在离变频器20m的远处预埋钢管保护接地。（　　）

二、选择题

1. 万能转换开关适用于交、直流电压（　　）V以下的电路。

（A）300　　（B）500　　（C）1000　　（D）1500

2. 输煤胶带机钢丝绳松紧度，以侧向拉开（　　）cm的距离时，触发拉绳开关动作为宜。

（A）5～15　　（B）15～25　　（C）30～50　　（D）50

3. 胶带跑偏多发生在头尾两端，所以在距离胶带机头尾（　　）m之内就应该安装跑偏开关，胶带机中部的跑偏开关安装间距一般应尽量控制在50m之内。

（A）15　　（B）30　　（C）50　　（D）150

4. 根据胶带机设备工艺要求选择合理的跑偏范围。一般不允许胶带跑偏位移超出胶带宽度的（　　）。

（A）1/5　　（B）1/3　　（C）1/2　　（D）2/3

5. 燃料运行设备所处区域属于潮湿粉尘的场合，因此在维修时，采用的照明灯通常为（　　）V行灯。

（A）12　　（B）24　　（C）36　　（D）50

6. 人体允许持续接触的安全电压约为（　　）V，此值称为一般正常作业环境条件下允许持续接触的安全特低电压。

（A）36　　（B）50　　（C）100　　（D）120

7. 万用表选择测量量程时要适当，测量时最好使表针在总量程的（　　）的范围内，读数较为准确。

（A）1/5～1/3　　（B）1/3～1/2　　（C）1/2～2/3　　（D）2/3以上

8. 对于低压绕线式电动机，应测量起动电阻器的直流电阻，其值与制造厂数值或最初测量的结果比较，相差不应超过（　　）。

（A）1%　　（B）5%　　（C）10%　　（D）20%

9. 变频器一般适用在－10～40℃工作环境中。环境温度若高于40℃时，每升高1℃，变频器应降额（　　）使用。

（A）1%　　（B）5%　　（C）10%　　（D）20%

10. 变频器接地端子E（G）接地电阻越小越好，接地导线截面应不小于2mm^2，长度应控制在（　　）m。

（A）5　　（B）10　　（C）15　　（D）20

三、简答题

1. 简述普通型交流接触器线圈通电后，接触器不动作或动作不正常的处理方法。

2. 简述交流真空接触器运行时，线圈发烫或烧坏的主要原因及处理方法。

3. 简述可编程序控制器在输煤系统中的控制功能。

4. 简述输煤运行系统中，设置故障监测装置及防护装置的作用。

5. 简述上煤系统的控制方式有哪些？

6. 输煤电动机常用哪些保护回路？

7. 简述用万用表测量电阻的方法。

8. 简述电动机大修后的质量验收标准。

9. 简述变频器接模拟量控制信号线的注意事项。

10. 简述可编程序控制器（PLC）的检修质量要求。

单元四思考与练习参考答案

一、判断题（正确的打“✓”，错误的打“×”）

1. ×　2. ✓　3. ✓　4. ✓　5. ✓　6. ✓　7. ✓　8. ✓　9. ✓　10. ✓　11. ×　12. ✓　13. ✓　14. ×　15. ✓

二、选择题

1. B　2. B　3. A　4. A　5. C　6. B　7. C　8. C　9. B　10. D

三、简答题

1. 答：线圈控制线路断路；看接线端子有没有断线或松脱现象，如有断线则更换相应导线；如有松脱则紧固相应接线端子。

2. 答：

主要原因	处理方法
（1）控制电压值不对	（1）调整额定电压
（2）辅助开关闭触头转换未打开	（2）适当调整打板与辅助开关的间隙
（3）线圈长期受潮或腐蚀性气体侵害	（3）更换线圈

3. 答：

（1）预选煤流及程序起动功能。

（2）程序停机功能。

（3）联锁自动功能。

（4）联锁手动功能。

（5）保护停机功能。

（6）设备运行状态显示功能。

（7）联锁保护功能。

4. 答：为确保输煤线安全稳定及高效运行，输煤系统设置了必要的保护装置。当输煤系统出现运行故障时，控制系统能自动检测，且发出预警信号及故障停机信号，运行监控人员配合检修人员针对故障进行必要的处理，待故障排除后将控制系统复位，从而确保了输煤系统的正常运行。

5. 答：上煤系统常用控制方式有：程控自动方式、联锁手动方式、解锁手动方式及就地手动控制。

6. 答：输煤电动机一般采用短路保护，失压保护和过载保护；还有限位、联锁保护，过电流、行程、压力、零位保护等。

7. 答：

（1）把转换开关转到“Ω”符号的适当量程位置上。

（2）先将两根表棒短接，旋动调零旋钮，使表针指在电阻刻度的“0”Ω上。

（3）用表棒测量电阻。

（4）面板上×1、×10、×100、×1K、×10K的符号表示倍率数。所测电阻的阻值=表头的读数乘以倍率数。

8. 答：电动机大修验收后，应作空载试运行不少于1h。试运中应检查空载电流、铁心温度应不大于60℃，轴承温度滚动轴承应不大于80℃，滑动轴承不大于80℃，且无异常声音，检查轴承振动值及轴向窜动值，应符合电动机技术文件要求。

9. 答：变频器接模拟量控制信号线应使用双股绞合屏蔽线，电线规格为0.75mm^2。在接线时一定要注意，电缆剥线要尽可能的短（5～7mm），同时对剥线以后的屏蔽层要用绝缘胶布包起来，以防止屏蔽线与其他设备接触引入干扰。

10. 答：

（1）检查盘内端子是否有积尘，如有用毛刷擦拭干净。

（2）检查盘内端子是否有锈蚀现象，如有将其更换。

（3）检查各端子号是否完全和清晰，如有缺损，补充掉落的端子号。

（4）检查接线是否动，如有松动紧固之，并将端线排列整齐。

（5）检查盘内各元件的符号，如有脱落，核对图样，更新贴好。

（6）检查盘线槽盖板是否齐全整齐，如有损漏，应补充完善。

（7）检查盘内训模件面板是否松动，如有松动将其拧紧。

（8）检查盘内各模件上是否有积尘，如有用毛刷或用不起毛的钢布擦干净。

参 考 文 献

[1] 国家经济贸易委员会电力部，中国电力企业联合会标准化中心．电力技术标准汇编（火电部分第 8 册）[M]．北京：中国电力出版社，2002.

[2] 中国华电电站装备工程（集团）总公司，电力工业部电力机械局．火力发电厂设备手册：第二册 [M]．北京：中国电力出版社，1998.

[3] 徐德，孙同景．可编程序控制器（PLC）应用技术 [M]．济南：山东科学技术出版社，2001.

[4] 邵明亮，于国飞，耿华，等．斗轮堆取料机 [M]．北京：化学工业出版社，2007.

[5] 张强．燃料设备检修 [M]．北京：中国电力出版社，2004.

[6] 赵鸿逵．热力设备检修基础工艺 [M]．北京：中国劳动出版社．1992.

[7] 秦曾煌．电工学：上册 [M]．北京：高等教育出版社，1999.

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 一般工业技术／燃料设备／检修技术

ISBN 978-7-111-47627-6

策划编辑◎张秀恩 / 封面设计◎陈沛

ISBN 978-7-111-47627-6
9 787111 476276 >

定价：59.00元