

常用起重机

安全操作与伤害事故防范

罗文正 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



常用起重机安全操作与 伤害事故防范

罗文正 编著



机械工业出版社

全书共 10 章, 主要介绍了起重机械的基本特点, 零部件的损坏机理及磨损、变形、断裂、蚀损等机理与防范, 起重机系统用零部件的安全技术及安全防护装置, 确保安全操作的基本条件, 常用的葫芦式、桥门式、流动式起重机的安全操作与故障排除, 各种机型的结构特征、机构原理, 维护保养、定期维护、项修和大修, 电气安全防范措施, 起重机械危险因素控制与伤害事故防范等内容。

本书供起重机械管理、安装、使用、维修人员参考, 也可供相关职业培训学校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

常用起重机安全操作与伤害事故防范/罗文正编著. —北京: 机械工业出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-111-50044-5

I. ①常… II. ①罗… III. ①起重机-安全技术 IV. ①TH21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 084913 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: 沈 红 责任编辑: 沈 红 版式设计: 霍永明

责任校对: 杜雨霏 封面设计: 陈 沛 责任印制: 刘 岚

涿州市京南印刷厂印刷

2015 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 19 印张 · 419 千字

0001 - 3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-50044-5

定价: 56.00 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

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

编辑热线: 010-88379778

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

起重机械是易发生事故概率较大的危险机械之一，也属特种设备范畴。

随着国民经济的飞速发展，起重机械不仅需要量不断增加，而且也向大型化、高速化、自动化和多功能复杂化方向发展。由于起重机械设计、制造、安装等过程存在一些不足，以及使用中的不规范和管理的松懈，导致起重机作业事故频繁发生。据统计，每年起重设备作业造成的人身伤亡事故占机械设备故障所引起伤亡事故的 1/4 左右，损失较大。起重作业事故造成的不仅是财产损失，还有大量的人员伤亡，不可小觑。

由于现今科技水平发展及人们辨识危险因素能力的限制，绝对避免起重作业事故不太可能，也不太现实。但是积极预防起重作业事故灾害的发生，提高企业的经济效益是每一个起重行业人员不可推卸的职责。

编者从事设备维修与管理工 30 余年，对发生在身边的各种险情、事故都记忆犹新，并终生难忘。故编者盼通过把亲身经历过的各种险情的预防措施编写成书，以警示广大从事起重作业的人员防范。

全书共 10 章，主要介绍了起重机械的基本特点，零部件的失效机理及磨损、变形、断裂、蚀损等机理与故障防范措施，起重机系统用零部件的安全技术及安全防护装置，确保安全操作的基本要求，常用的葫芦式、桥门式、流动式起重机的安全操作与故障排除，各种机型的结构特征、机构原理，维护保养、定期维护、项修和大修，电气安全防范措施，起重机械危险因素控制与伤害事故防范等内容。

如有不当之处，请同行们指正、批评，编者深表感谢！

编 者

目 录

前言

第 1 章 起重机械的概念与管理的基本点	1
1.1 起重机械的定义、用途及工作特点	1
1.2 起重机械的分类	2
1.3 起重机的基本参数	2
1.4 起重机的特性曲线	4
1.5 依法监督管理起重机械安全要点	5
1.5.1 依法监督管理起重机械生产环节	5
1.5.2 依法监督管理起重机械使用环节	6
1.5.3 监督检查环节是依法监督安全管理的保障	7
1.6 从业人员和用人单位应遵守的法律	8
第 2 章 失效与预防	10
2.1 磨损与预防	10
2.1.1 磨料磨损与预防	10
2.1.2 黏着磨损与预防	10
2.1.3 疲劳磨损与预防	11
2.1.4 典型磨损过程	11
2.2 变形与预防	12
2.3 断裂与预防	14
2.4 蚀损与预防	15
第 3 章 起重机械通用零部件安全技术	17
3.1 钢丝绳	17
3.1.1 钢丝绳材质	17
3.1.2 钢丝绳绳芯	17
3.1.3 钢丝绳钢丝	18
3.1.4 钢丝绳绕制方法	18
3.1.5 钢丝绳绳股形状与结构	19
3.1.6 钢丝绳的选用	20
3.1.7 钢丝绳绳端固定	22
3.1.8 钢丝绳安全检查	22
3.1.9 钢丝绳维护保养	24
3.1.10 钢丝绳的安全使用	24
3.1.11 钢丝绳报废	25
3.2 吊钩及其他吊具	28

3.2.1 吊钩	28
3.2.2 抓斗	30
3.2.3 起重电磁铁（电磁吸盘）	32
3.3 滑轮与卷筒	33
3.3.1 滑轮及滑轮组	33
3.3.2 卷筒	33
3.4 减速器与联轴器	36
3.4.1 斜齿圆柱齿轮减速器	36
3.4.2 蜗杆减速器	41
3.4.3 行星减速器	43
3.4.4 摆线针轮减速器	47
3.4.5 联轴器	48
3.5 制动器	50
3.5.1 制动器用途	50
3.5.2 制动器的结构原理及种类	50
3.5.3 制动器的维护保养与报废	55
3.6 车轮与轨道	56
3.6.1 车轮	56
3.6.2 轨道	58
第4章 起重机安全防护装置	60
4.1 安全防护装置的种类及技术要求	60
4.2 极限位置限制器	61
4.3 缓冲器	62
4.4 超载限制器	64
4.5 力矩限制器	68
4.6 防风、防滑安全装置	70
4.7 防碰撞装置	73
4.8 防偏斜装置	75
4.9 其他安全防护装置	76
第5章 葫芦式起重机的安全操作与故障排除	81
5.1 电动葫芦的发展及结构	81
5.1.1 回顾我国电动葫芦发展史	81
5.1.2 电动葫芦的结构、性能	81
5.2 葫芦式起重机	83
5.2.1 葫芦式起重机种类	83
5.2.2 电动单梁起重机的形式与结构	84
5.2.3 LX/LXC 型电动单梁悬挂起重机	87
5.2.4 电动葫芦门式起重机	89
5.2.5 电动梁式起重机的安全技术要求	90

5.2.6 电动梁式起重机的试验方法	93
5.3 葫芦式起重机的安全操作与安全检查	94
5.3.1 电动葫芦使用前的检查	94
5.3.2 葫芦式起重机的操作特点	95
5.3.3 葫芦式起重机的安全操作规程	96
5.3.4 葫芦式起重机的常规安全防护装置	96
5.3.5 葫芦式起重机的特殊安全保护措施	98
5.3.6 电动葫芦的安装与检查验收	100
5.3.7 电动葫芦式起重机的故障及排除方法	101
第6章 常用桥（门）式起重机的安全操作与故障诊断排除	104
6.1 桥（门）式起重机安全技术要求	104
6.1.1 桥（门）式起重机基本构成	104
6.1.2 桥（门）式起重机金属结构安全技术要求	104
6.1.3 起升机构	107
6.1.4 大车运行机构	108
6.1.5 小车运行机构	110
6.1.6 电气设备与电气线路	111
6.1.7 起重电磁铁与电动抓斗电路	114
6.2 门式、桥式起重机的共性与个性	115
6.2.1 门式起重机的特点与分类	115
6.2.2 门式起重机的构造	116
6.2.3 门式起重机的机构	118
6.3 桥（门）式起重机基本操作方法	120
6.3.1 开机准备	120
6.3.2 大、小车运行机构操作	120
6.3.3 起升机构的操作	121
6.3.4 稳钩的基本操作方法	124
6.3.5 物件翻转的操作方法	128
6.4 桥（门）式起重机司机安全操作规程	131
6.4.1 起重机司机应具备的基本条件	131
6.4.2 桥（门）式起重机司机安全操作规程	132
6.5 桥（门）式起重机故障诊断及排除方法	135
6.5.1 桥（门）式起重机机械故障的诊断方法	135
6.5.2 桥（门）式起重机电气故障常用检查法	136
6.5.3 桥（门）式起重机故障的排除	138
第7章 流动式起重机的安全操作与故障排除	144
7.1 流动式起重机的分类	144
7.2 流动式起重机起重结构的特点	146
7.3 流动式起重机的基本参数	149

7.4 流动式起重机的工作机构	150
7.4.1 流动式起重机的动力装置	150
7.4.2 轮式起重机的工作机构	150
7.5 履带起重机	168
7.5.1 概况介绍	168
7.5.2 履带起重机的结构特点、技术性能	169
7.6 流动式起重机的安全防护装置	177
7.6.1 力矩限制器	178
7.6.2 起升高度限位器	179
7.6.3 幅度指示器	180
7.6.4 水平仪	180
7.6.5 防止起重臂架向后倾翻的装置	181
7.6.6 支腿回缩锁定装置	182
7.7 流动式起重机的安全操作	182
7.7.1 流动式起重机的稳定性与安全	182
7.7.2 流动式起重机的危险因素及预防	184
7.7.3 流动式起重机的作业要求	186
7.7.4 支腿操作	186
7.7.5 起重作业	186
7.8 流动式起重机的常见故障及排除方法	189
7.8.1 流动式起重机的常见故障及应急措施	189
7.8.2 流动式起重机的常见故障及排除方法	190
第8章 起重机维护保养与检修	197
8.1 电葫芦式起重机日常维护保养	197
8.1.1 日常维护（检查）	197
8.1.2 日常保养	205
8.2 桥（门）式起重机维护保养、检修、润滑及漏油处理	205
8.2.1 桥（门）式起重机的检查制度	205
8.2.2 桥（门）式起重机的维护修理制度	206
8.2.3 桥（门）式起重机的维修保养制度	206
8.2.4 桥式起重机的维修实例	211
8.2.5 减速器漏油的维修	211
8.3 流动式起重机维护保养	212
8.3.1 汽车起重机维护保养	212
8.3.2 轮胎起重机的维护与保养	215
8.3.3 履带起重机的维护保养	218
8.4 起重机按需维修	224
8.4.1 小修	225
8.4.2 中修、大修	227

第9章 电气安全防范措施	229
9.1 电气安全技术的任务及特点	229
9.1.1 电能与用电安全	229
9.1.2 用电安全技术的基本内容	229
9.1.3 用电安全技术的特点	230
9.2 电气事故种类	230
9.2.1 触电事故	231
9.2.2 雷电事故	233
9.2.3 射频伤害	233
9.2.4 电气线路或设备事故	234
9.3 触电事故原因	234
9.4 电流对人的危害	235
9.5 影响触电的因素	236
9.6 安全电压与急救	238
9.6.1 安全电压	238
9.6.2 急救措施	239
9.7 电气绝缘、屏护、间距	240
9.7.1 绝缘	240
9.7.2 屏护	241
9.7.3 起重作业间距	241
9.8 电气设备的防火防爆	242
9.8.1 电动机防火	242
9.8.2 防止电气火灾和爆炸的措施	243
9.8.3 电气火灾的扑灭措施	246
第10章 起重机械危险因素控制与伤害事故防范	248
10.1 起重机械危险因素的辨识和控制	248
10.1.1 使用环境下的危险因素控制	248
10.1.2 设计方面的危险因素	250
10.1.3 制造方面的危险因素	250
10.1.4 维修保养方面的危险因素	250
10.1.5 使用方面的危险因素	250
10.1.6 人的危险因素	251
10.1.7 管理的危险因素	252
10.2 起重机械的常见事故类型及案例分析	252
10.2.1 起重机械的常见事故类型	252
10.2.2 典型事故案例及教训	253
10.2.3 常见事故发生的规律	256
10.3 起重作业事故的预防措施（本质预防）	257
10.4 应急管理	270

10.5 保险理赔（或保险补偿）	271
10.6 标准化作业	272
附录	274
附录 A 起重机吊运指挥信号	274
附录 B 起重挂钩工常用绳结形式	286
参考文献	291

第1章 起重机械的概念与管理的基本点

1.1 起重机械的定义、用途及工作特点

在《特种设备安全监察条例》中指出：起重机械是指用于垂直升降或者垂直升降并水平移动重物的机电设备，其范围规定为额定起重量大于或等于0.5t的升降机；额定起重量大于或等于1t，且提升高度大于或等于2m的起重机和承重形式固定的电动葫芦等。

起重机械广泛应用于厂矿、码头、车站、建筑工地等场所，完成物料的起重、运输、装卸、安装等作业。

起重机械的工作范围较大，危险因素较多，这就决定了它具有以下工作特点。

1) 起重机械通常都具有庞大的金属构架和比较复杂的作业机构，如桥式起重机能完成起升、大车运行和小车移动三种运动；门座式和塔式起重机能完成起升、变幅、回转和大车行走四种运动。作业过程中，常常是几个不同方向的运动同时操作，技术操作难度较大。

2) 所吊运的物件多种多样，载荷也是变化的。载重量达成百上千吨，距离也可几十米；物料形状很不规则，还有散粒、热熔状态及易燃易爆的危险物品，使吊运过程复杂而危险。

3) 大多数起重机械需要在较大的范围内运行，有的要装设钢轨和车轮（如桥式起重机、门座起重机等），有的要装设轮胎或履带在地面上行走（如汽车起重机、履带起重机等），还有的需要在钢丝绳上运行（如架空索道、缆索起重机等），活动空间较大，一旦发生事故，影响很大。

4) 暴露的活动零部件较多，且常与吊运作业人员直接接触（如吊钩、钢丝绳等），潜伏着诸多偶发的危险因素。

5) 作业环境复杂。起重机械运行在工矿企业、车站码头、建筑工地、运输、旅游等场所，这些作业场所常会遇到高温、高压、易燃、易爆、输电线路、强磁场等危险情况，都会对设备及人员构成威胁。

6) 有些起重机械，如升降机、电梯、索道等，直接载运人员在导轨、平台、钢丝绳上做升降、位移运动，存在许多偶发的危险因素。

7) 作业中常常需多人配合，共同协作，完成一项作业，因此要求指挥者、司索、司机业务熟练、动作协调、配合默契，指挥者应具有处理现场紧急情况的能力，做起来难度很大。

上述诸多危险因素的存在往往导致起重作业伤害事故频繁发生。根据有关资料统

计,我国每年起重作业伤害事故的因工死亡人数占全部工业企业因工死亡总人数的15%左右。为了保证起重机械的安全运行,国家将它列为“特种设备”加以特殊管理,许多工业企业都把管好用好起重设备作为安全生产工作的重要环节之一。

起重机械的制造、安装、使用、维修、检验诸环节的安全管理关系着起重机械的安全运行和使用寿命,所以对于起重设备的安全使用和操作人员的安全操作必须严格管理。

1.2 起重机械的分类

依据国标(GB/T 6974.1—2008),将起重机械分为轻小型起重设备、起重机、升降机等三大类。

(1) 轻小型起重设备 主要包括千斤顶、滑车、起重葫芦、绞车、悬挂单轨系统等。

(2) 起重机 起重机包括的品种很多,分类的方法也很多,主要有以下几种分类方法。

1) 按起重机的构造分为:桥架型起重机、缆索型起重机、臂架型起重机。

2) 按起重机的取物装置和用途分为:吊钩起重机、抓斗起重机、电磁起重机、冶金起重机、堆垛起重机、集装箱起重机、安装起重机、救援起重机。

3) 按起重机的移动方式分为:固定式起重机、运行式起重机、爬升式起重机、便携式起重机、随车式起重机、辐射式起重机。

4) 按起重机工作机构驱动方式分为:手动式起重机、电动起重机、液压起重机、内燃起重机、蒸汽起重机。

5) 按起重机使用场合分为:车间起重机、机器房起重机、仓库起重机、储料场起重机、建筑起重机、工程起重机、港口起重机、船厂起重机、坝顶起重机、船用起重机。

6) 按起重机回转能力分为:回转起重机、非回转起重机。回转起重机又分为全回转起重机和非全回转起重机两种。

7) 按起重机支承方式分为:支承起重机、悬挂起重机。

(3) 升降机 升降机的特点是重物沿垂直或倾斜的导轨升降,如电梯、扶梯、建筑施工升降机等。

1.3 起重机的基本参数

起重机的基本参数是说明其起重工作性能的指标,也是设计的依据,包括起重量、起升高度、跨度、幅度和各机构的工作速度等,是选用和使用起重机的主要技术依据。

1) 起重量 G 是指起重机安全工作的允许起吊货物的最大重量,包括抓斗、起重电磁铁等取货装置的重量,但吊钩、吊环等重量除外。起重量单位为吨(t),如起重量为20/5t,说明起重机的主钩起重量为20t,副钩起重量为5t。

2) 起升高度 H 是指起重机取物装置上下限位置之间的距离,单位为米(m)。

3) 跨度、轨距和轮距是指桥架型起重机大车运行轨道中心线之间的水平距离称为跨度 (S)。小车运行轨道和轨行式臂架起重机运行轨道中心线之间的水平距离称为轨距 (L)，轮胎和汽车起重机同一轴上左右车轮 (或轮组) 中心滚动面之间的距离称为轮距 (K)。

4) 幅度是指旋转臂架起重机处于水平位置时，回转中心线与取物装置中心铅垂线之间的水平距离称为幅度 (R)，单位为米 (m)。根据作业要求确定起重机幅度的最大值 $R_{\max}$ 和最小值 $R_{\min}$ 。

5) 工作速度是指起重机的起升、变幅、旋转及运行机构四个动作的速度 (v)，旋转速度以 $r/\min$ 为单位，其余以 $m/\min$ 为单位。

6) 外形尺寸是指起重机的外形 (长、宽、高) 尺寸，用以反映起重机的通行条件。

7) 工作级别是指起重机的分级是由起重机的利用等级和起重机的载荷状态所决定的，工作级别用符号 A 表示，分为 8 级，即 $A1 \sim A8$ (见表 1-1 ~ 1-3)。工作级别与起重量是两个不同的概念，起重量大，不一定是重级，起重量小，也不一定是轻级。如泵房、空压站、水电站的维修起重机、起重量可能很大，但使用却少，都属于轻级。一些热加工车间或装配车间的起重机的起重量并不大，却因工作繁忙使用时间过长，属于重级。要求司机和检修人员应在了解起重机工作级别后，根据其工作级别进行操作和检修，避免超出其工作级别而造成损坏事故。

表 1-1 起重机利用等级

利用等级	总的工作循环次数 N	附 注
$\bar{U}0$	1.6×10^4	不经常使用
$\bar{U}1$	3.2×10^4	
$\bar{U}2$	6.3×10^4	
$\bar{U}3$	12.5×10^5	
$\bar{U}4$	2.5×10^5	经常轻闲使用
$\bar{U}5$	5×10^5	经常中等使用
$\bar{U}6$	1×10^6	不经常繁忙使用
$\bar{U}7$	2×10^6	繁忙使用
$\bar{U}8$	4×10^6	
$\bar{U}9$	$>4 \times 10^6$	

表 1-2 起重机载荷状态

载荷状态	名义载荷谱系数 K_p	说 明
Q1—轻	0.125	很少起升额定载荷,一般起升轻微载荷
Q2—中	0.25	有时起升额定载荷,一般起升中等载荷
Q3—重	0.5	经常起升额定载荷,一般起升较重载荷
Q4—特重	1.0	频繁起升额定载荷

表 1-3 起重机工作级别

载荷状态	名义载荷谱系数 K_p	利用等级									
		U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9
Q1—轻	0.125			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2—中	0.25		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Q3—重	0.5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
Q4—特重	1.0	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			

1.4 起重机的特性曲线

流动式起重机的特性曲线是由许多与幅度相对应的额定起重量描绘出来的。起重机特性曲线的上部分是由起重臂的强度决定的，下部分是由整机稳定性决定的。特性曲线也是表示臂架型起重机作业性能的曲线（见图 1-1）。特性起重量曲线的横坐标为幅度，纵坐标为额定起重量。起升高度曲线是表示最大起升高度随幅度改变的曲线，其横坐标为幅度，纵坐标为起升高度。曲线 1 与曲线 3 是吊钩处于最低与最高两个极限位置的轨迹，曲线 2 表征了此类型起重机的起重量（ G ）与幅度（ R ）、起升高度（ H ）之间的关系，可通过直观查图的方法了解该起重机的起重性能，这是施工现场常用的方法。

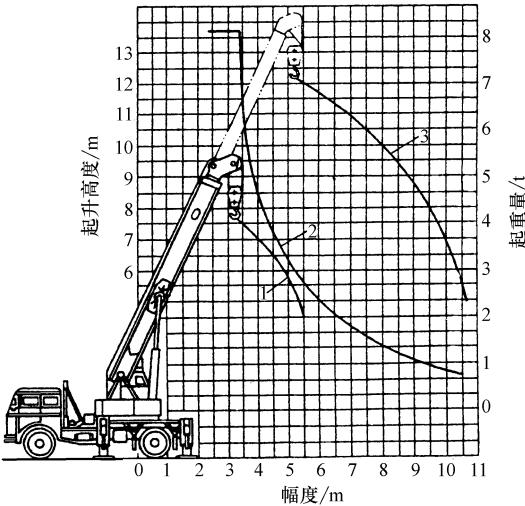


图 1-1 起重机特性曲线图

1—臂长 6.95m 起升高度曲线 2—起重量特性曲线
3—臂长 11.7m 起升高度曲线

起重机的起重性能有两种表示方法：一种是起重性能表（见表 1-4）；另一种是起重机的特性曲线图（见图 1-1）。

表 1-4 Q2—8 型汽车式起重机性能

臂长 6.95m			臂长 8.50m			臂长 10.15m			臂长 11.70m		
幅度/ m	起重量 /kN	起升高度/m	幅度/ m	起重量 /kN	起升高度/m	幅度/ m	起重量 /kN	起升高度/m	幅度/ m	起重量 /kN	起升高度/m
3.2	80	7.5	3.4	64	9.2	4.2	42	10.6	4.9	32	12.0
3.7	50	7.1	4.0	45	8.8	5.0	31	10.1	5.8	24	11.4
4.3	40	6.5	4.7	34	8.3	5.7	25	9.6	6.7	19	10.8
4.9	32	5.7	5.4	27	7.6	6.6	19	8.8	7.7	14	9.9
5.5	26	4.6	6.2	22	6.8	7.5	15	7.7	8.8	10	8.6
—	—	—	6.9	18	5.6	8.4	12	6.3	9.7	9	7.0
—	—	—	7.5	15	4.2	9.0	10	4.8	10.5	8	5.2

查看起重机的起重性能图表的目的有两点：①查某一臂杆长和幅度下起重能力的大小，用以核对是否满足起重量和起升高度的要求，确保是否安全。②如已知所吊重物的质量、吊装高度，要求选择合适的起重机臂杆长和幅度，以保证将吊装物吊装到设计的位置上。

由图 1-1 和表 1-4 可知，起重机随幅度增大，起重量将降低，起升高度也相应降低。

1.5 依法监督管理起重机械安全要点

依据起重机械自身具有的危险性、危害性和其工作特点，国家将其纳入特种设备管理的范畴。2003 年 3 月 11 日中华人民共和国国务院令 373 号公布《特种设备安全监察条例》，2009 年 1 月 24 日通过《国务院关于修改〈特种设备安全监察条例〉的决定》（国务院令 549 号公布），自 2009 年 5 月 1 日起施行。

还有 2004 年 2 月 1 日起施行的《建设工程安全生产管理条例》（国务院第 393 号令公布）和 2007 年 6 月 1 日起施行的《生产安全事故报告和调查处理》（国务院第 493 号令公布）。

除了国家的法律法规外，主管部门制定的贯彻执行国家法规的部门规章有：《起重机械安全监察规定》（国家质检总局令 92 号）、《建筑起重机械安全监督管理规定》（国家建设部令 166 号）、《特种设备作业人员监督管理办法》（国家质检总局 70 号）、《锅炉压力容器管道特种设备安全监察行政处罚规定》（国家质检总局令 14 号）、《特种设备事故报告和调查处理规定》（国家质检总局令 115 号）。还有《起重机械安全技术监察规程——桥式起重机》（TSGQ002—2008）等 33 个安全技术规范。

为了保证起重机械的安全运行应该从起重机械生产（包括设计、制造、安装、改造、维修）、使用、检验检测及其监督检查的三个环节上，加强起重机械安全的依法监督管理。

1.5.1 依法监督管理起重机械生产环节

1) 依据《特种设备安全监察条例》（国务院令 549 号）及《起重机械安全监察规定》（国家质检总局令 92 号），制造单位应当依法取得起重机械制造许可，方可从事相应的制造活动。起重机械制造许可证有效期为 4 年。许可证有效期届满而未换证的，不得继续从事起重机械制造活动。制造单位应当采用符合安全技术规范要求的起重机械设计文件。按照安全技术规范的要求，应当进行型式试验的起重机械产品、部件或者试制起重机械新产品、新部件，必须进行整机或者部件的型式试验。

起重机械制造过程应当按照安全技术规范等规定的范围、项目和要求，由制造所在地的检验检测机构进行监督检验。制造单位不得将主要受力结构件（主梁、主副吊臂、主支撑腿、标准节）全部委托加工或者购买并用于起重机械制造。

起重机械出厂时，应当附有设计文件（包括总图、主要受力结构件图、机械传动图和电气、液压系统原理图）、产品质量合格证明、安装及使用维修说明、监督检验证明、有关型式试验合格证明等文件。

2) 起重机械安装、改造、维修单位应当依法取得安装、改造、维修许可资格，方可从事相应的活动。起重机械安装、改造、维修许可证有效期为4年。起重机械安装、改造、维修许可证有效期届满而未换证的，不得继续从事起重机械安装、改造、维修活动。从事安装、改造、维修的单位应当按照规定向质量技术监督部门告知，告知后方可施工。对流动作业并需要重新安装的起重机械，异地安装时，应当按照规定向施工所在地的质量技术监督部门办理安装告知后方可施工。从事安装、改造、重大维修的单位应当在施工前向施工所在地的检验检测机构申请监督检验。安装、改造、维修单位应当在施工验收后30日内，将安装、改造、维修的技术资料移交使用单位。

1.5.2 依法监督管理起重机械使用环节

起重机械在投入使用前或投入使用后30日内，使用单位应当按照规定到登记部门办理使用登记手续。使用单位发生变更的，原使用单位应当在变更后30日内到原登记部门办理使用登记注销；新使用单位应当按规定到所在地的登记部门办理使用登记手续。起重机械报废的，使用单位应当到登记部门办理使用登记注销手续。

1) 起重机械使用单位应当履行下列义务：①使用具有相应许可资质的单位制造并经监督检验合格的起重机械；②建立健全相应的起重机械使用安全管理制度；③设置起重机械安全管理机构或配备专（兼）职安全管理人员从事起重机械安全管理工作；④对起重机械作业人员进行安全技术培训，保证其掌握操作技能和预防事故的知识，增强安全意识；⑤对起重机械主要受力结构件、安全附件、安全保护装置、运行机构、控制系统等进行日常维护保养，并做出记录；⑥配备符合安全要求的索具、吊具，加强日常安全检查和维护保养，保证索具、吊具安全使用；⑦制订起重机械事故应急救援预案，根据需要建立应急救援队伍，并且定期演练。

2) 使用单位应当建立起重机械安全技术档案。档案应包括以下内容：①设计文件、产品质量合格证明、监督检验证明、安装技术文件和资料、使用和护说明；②安全保护装置的型式试验合格证明；③定期检验报告和定期自行检查的记录；④日常使用状况记录；⑤日常维护保养记录；⑥运行故障和事故记录；⑦使用登记证明。

3) 旧起重机械应符合下列要求，使用单位方可投入使用：①具有原使用单位的使用登记注销证明；②具有新使用单位的使用登记证明；③具有完整的安全技术档案；④监督检验和定期检验合格。

起重机械承租使用单位，在承租使用期间应对起重机械的主要受力结构件、安全附件、安全保护装置、运行机构、控制系统等进行日常维护保养并记录，对承租起重机械的使用安全负责。

4) 禁止承租使用下列起重机械：①没有到登记部门进行使用登记的；②没有完整的安全技术档案资料的；③监督检验或定期检验不合格的。

5) 起重机械具有下列情形之一的, 使用单位应当及时予以报废并采取解体销毁措施: ①存在严重事故隐患, 无改造、维修价值的; ②达到安全技术规范规定的设计使用年限或报废条件的。

起重机械出现故障或发生异常情况, 使用单位应当停止使用, 并应进行全面检查, 消除故障和事故隐患后, 方可重新投入使用。

6) 根据安全技术规范《起重机械定期检验规则》(TSG Q7015—2008) 的规定, 在用起重机械定期检验周期如下: ①塔式起重机、升降机、流动式起重机每年一次; ②轻小型起重设备、桥式起重机、门式起重机、门座起重机、缆索起重机、桅杆起重机、铁路起重机、旋臂起重机、机械式停车设备每2年一次, 其中吊运熔融金属和炽热金属的起重机每年一次。

特种设备使用单位应当按照安全技术规范的定期检验要求, 在安全检验合格有效期届满前一个月向特种设备检验检测机构提出定期检验申请。

7) 实行《特种设备作业人员作业证》制度。根据《特种设备安全监察条例》(国务院令第549号) 规定从事起重机械作业人员及其相关管理人员, 应当按照国家有关规定经特种设备安全监督管理部门考试合格, 取得国家统一格式的《特种设备作业人员证书》, 方可从事相应的作业或管理工作。根据《特种设备作业人员监督管理办法》(国家质检总局令第70号) 规定, 取得《特种设备作业人员证书》的人员, 必须经用人单位的法定代表人聘用后, 方可在许可的项目范围内作业。《特种设备作业人员证书》实行复审制度, 持证人员应当在复审期满3个月前, 向发证部门提出复审申请。复审合格的由发证部门在证书正本上签章有效。

1.5.3 监督检查环节是依法监督安全管理的保障

根据《特种设备安全监察条例》(国务院令第549号) 及《起重机械安全监察规定》(国家质检总局令第92号) 规定, 国家及地方(县级以上) 特种设备安全监督管理部门有权对起重机械生产、使用单位及检验检测机构实施安全监察。

1) 特种设备安全监督管理部门根据举报或取得的涉嫌违法证据, 对涉嫌违反《特种设备安全监察条例》规定的行为进行查处时, 可以行使下列职权: ①向特种设备生产、使用单位和检验检测机构的法人、主要负责人和其他有关人员调查、了解与涉嫌从事违反《特种设备安全监察条例》的生产、使用、检验检测有关的情况; ②查阅、复制特种设备生产、使用单位和检验检测机构的有关合同、发票、账簿以及其他有关资料; ③对有证据表明不符合安全技术规范要求的或有其他严重事故隐患、能耗严重超标的特种设备, 予以查封或扣押。

2) 在申请办理许可、校准期间, 特种设备安全监督管理部门发现申请人未经许可从事特种设备相应活动或伪造许可、核准证书的, 不予受理或不予许可、核准, 并在一年内不再受理其新的许可、核准申请。

未经依法取得的许可、核准、登记的单位擅自从事特种设备的生产、使用或检验检测活动的, 特种设备安全监督管理部门应当依法予以处理。

3) 特种设备安全监察人员应当熟悉相关法律、法规、规章和安全技术规范,具有相应的专业知识和工作经验,并经国务院特种设备安全监督管理部门考核,取得特种设备安全监察人员证书。特种设备安全监察人员应当忠于职守、坚持原则、秉公执法。

4) 特种设备安全监督管理部门对特种设备生产、使用单位和检验检测机构实施安全监察时,应当有两名以上人员参加,并出示有效的特种设备安全监察人员证件。

5) 特种设备安全监督管理部门对特种设备生产、使用单位和检验检测机构进行安全监察时,发现有违反《特种设备安全监察条例》规定的行为或特种设备存在事故隐患时,应当以书面形式发出安全监察指令,责令有关单位及时采取措施,予以改正或消除事故隐患。当发现重大违法行为或严重事故隐患时,应当在采取必要措施的同时,及时向上级特种设备安全监督管理部门报告。

6) 特种设备安全监督管理部门依《特种设备安全监察条例》对起重机械生产、使用单位及检验检测机构安全监督检查的内容包括以下内容:①对起重机械生产环节的监督检查,包括针对起重机械生产(制造、安装、改造、维修)单位资质的合法性和有效性进行监督检查;对制造、安装、改造、重大维修的过程实施监督检验;对起重机械制造、安装、改造、维修活动进行日常监督检查;对起重机械制造、安装、改造、维修作业人员作业活动的合法性和有效性进行监督检查。②对起重机械使用单位的监督检查主要是:对投入使用的起重机械实施使用注册登记、定期检验、注销、安全管理制度等监督检查;并对起重机械使用情况进行日常监督检查;对起重机械司机、司索、指挥、安全管理等作业人员作业活动的合法性和有效性进行监督检查。③国务院特种设备安全监督管理部门应当组织对特种设备检验检测机构的检验检测结果、鉴定结论进行监督抽查。监督抽查结果应当向社会公布。

特种设备检验检测机构和检验检测人员不得从事特种设备的生产、销售,不得以其名义推荐或监制、监销特种设备,并监督。特种设备检验检测机构进行特种设备检验检测,发现严重事故隐患或能耗严重超标的,应当及时告之使用单位,并立即向特种设备安全监督管理部门报告。检验检测机构和其检验检测人员利用工作之便故意刁难特种设备生产、使用单位时,特种设备生产、使用单位有权向特种设备安全监督管理部门投诉,接到投诉的部门应当及时进行调查处理。

1.6 从业人员和用人单位应遵守的法律

1. 依据《中华人民共和国安全生产法》(以下简称《国家安全法》),从业人员享有四项权利

1) 知情、建议权。根据《国家安全法》第四十五条规定,生产经营单位的从业人员有权了解其作业场所和工作岗位存在的危险因素、防范措施及事故应急措施,有权对本单位的安全生产工作提出建议。

2) 批评、检举、控告权和合法拒绝权。根据《国家安全法》第四十六条规定,从业人员有权对本单位安全生产工作中存在的问题提出批评、检举、控告,有权拒绝违章

指挥和强令冒险作业。生产经营单位不得因从业人员对本单位安全生产工作提出批评、检举、控告或者拒绝违章指挥、强令冒险作业而降低其工资、福利等待遇或者解除与其订立的劳动合同。

3) 遇险停、撤之权。根据《国家安全法》第四十七条规定,从业人员发现直接危及人身安全的紧急情况时,有权停止作业或者在采取可能的应急措施后撤离作业场所。生产经营单位不得因从业人员在前款紧急情况下停止作业或者采取紧急撤离措施而降低其工资、福利等待遇或者解除与其订立的劳动合同。

4) 享受工伤保险和索赔权。根据《国家安全法》第四十八条规定,因生产安全事故受到损害的从业人员,除依法享有工伤社会保险外,还有依照有关民事法律获得赔偿的权利,从业人员有权向本单位提出赔偿要求。

2. 依据《国家安全法》,从业人员、用人单位应遵守以下安全生产义务

(1) 从业人员应遵守的安全生产义务

- 1) 遵章作业的义务。
- 2) 佩戴、使用劳动防护用品的义务。
- 3) 接受安全生产教育培训的义务。
- 4) 安全隐患报告义务。

(2) 用人单位应遵守的安全生产义务

- 1) 提供所需教育培训、监督及工作管理制度的义务。
- 2) 提供作业装置,作业装置的危险部位须设有效防护的义务。
- 3) 确保工作地点有充足的照明的义务。
- 4) 在工作地点提供急救设施的义务。
- 5) 遵守特种作业人员上岗规定。根据《国家安全法》第二十三条规定,生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训,取得特种作业操作资格证书,方可上岗作业。

3. 依据《中华人民共和国劳动法》相关规定,用人单位和从业人员应遵守以下义务

(1) 用人单位的义务

- 1) 为劳动者提供符合国家规定的劳动安全卫生条件和必要的劳动防护用品。
- 2) 依法参加工伤社会保险。

(2) 从业人员的义务

- 1) 经过专门培训并取得特种作业资格,持双证上岗,即具有技术等级证(特种作业资格证)和安全生产培训合格证(特种作业操作资格证)。
- 2) 劳动者在劳动过程中必须严格遵守安全操作规程。
- 3) 特种作业人员必须坚持持证上岗制度。基本条件有三个:①年龄满18周岁;②身体健康,无妨碍本职工作的疾病和生理缺陷(如近视、色盲、听觉障碍、癫痫病、高血压、心脏病、眩晕症、精神病和案发性昏厥等);③初中以上文化程度。

第 2 章 失效与预防

起重机械最基本的机构是起升、运行、旋转和变幅机构。除此之外，还有塔机的塔身爬升机构和汽车、轮胎等起重机专用的支腿伸缩机构。组成这些机构的零部件要承受力（风力和吊重）、高温、摩擦、磨损等多种作用；加之设计、制造、装配、使用等原因，在长期、频繁地运行中，零部件性能恶化、无法继续工作的现象称为失效。零件在规定的時間和使用条件下，丧失了完成规定的功能，称为“零件失效”。机器的故障和零件的失效密不可分，零件的失效最终必将导致机械设备丧失了规定功能的状态称为“设备故障”（即机械设备不能运转的毛病——停机了）。关键零件的失效会造成设备损坏、人身伤亡事故，甚至造成大范围的灾难性后果。因此有效地预防、监测、控制零件的失效，意义重大！

起重机械设备类型很多，其运行工况和环境条件差异很大，机械零件失效形式也很多，发生的原因也各不相同，按失效件的外部形态来分类，主要有磨损、变形、断裂、蚀损等四种较普遍的、有代表性的失效形式。

在生产实践中，最主要的失效形式是零件工作表面磨损的失效；而最危险的失效形式是瞬间出现裂纹和破断，叫作“断裂失效”，是起重机械有效预防的重中之重（详见 2.3 节）。

2.1 磨损与预防

摩擦与磨损总是相伴发生的，而摩擦的特性与磨损的程度密切相关。机械设备在工作过程中，有相对运动零件的表面上发生尺寸、形状和表面质量变化的现象称为磨损。

2.1.1 磨料磨损与预防

磨料磨损又称磨粒磨损，它是由于摩擦副的接触表面之间存在着硬质颗粒所产生的一种类似金属切削过程的磨损现象。其特征是在接触面上有明显的切削痕迹，危害性很大，是造成机械早期损坏的重要原因之一，它约占整个工业磨损损失的 50%。应采取以下积极措施来减少磨料磨损。

1) 减少磨料的进入。如配备燃油、机油过滤器；增加用于防尘的密封装置；在润滑系统中装入吸铁石、集屑房及油污程度指示器；经常清理更换燃油、机油过滤装置。

2) 增加零件的耐磨性。如选用耐磨性好的材料。对于要求耐磨又有冲击载荷作用的零件，可采用热处理和表面处理的方法提高表面硬度，又具有较好的韧性。

2.1.2 黏着磨损与预防

黏着磨损又称黏附磨损。摩擦副在重载条件下工作，因润滑不良、相对运动速度

高、摩擦等原因产生的热量来不及散发使摩擦副表面温度极高及材料表面强度降低，以至承受高压的表面凸起部分相互黏着继而撕裂下来，如咬死或划伤。

减少黏着磨损的措施：①控制摩擦副表面状态。金属表面经常存在吸附膜，但当有塑性变形后，金属滑移吸附膜被破坏，或者温度升高（100 ~ 200℃）到一定程度时吸附膜会破坏，这些都容易导致黏着磨损发生。为了减少黏着磨损，应根据其工作条件（载荷、温度、速度等），选用适当的润滑剂，或在润滑剂中加入添加剂等，以建立必要的润滑条件。②控制摩擦副表面的材料成分与金相组织。材料成分和金相组织相近的两种金属材料之间最容易发生黏着磨损，所以作为摩擦副的材料应当是形成固溶体倾向最小的两种材料，即选用不同材料成分和晶体结构的材料。如钢对钢，改成钢对铸铁、铜合金、巴氏合金等，可提高其抗粘着磨损的能力。

2.1.3 疲劳磨损与预防

疲劳磨损是摩擦副材料表面上局部区域在循环接触应力作用下产生疲劳裂纹，又由于裂纹不断扩展并分离出微片和颗粒而形成的一种磨损形式。

减少疲劳磨损的对策就是控制裂纹产生的扩展和因素，影响裂纹产生和扩展的因素主要有以下两种：①材质。钢中非金属夹杂物的存在最易形成裂纹，从而降低材料的接触疲劳寿命。②材料的组织状态、内部缺陷等对磨损也有重要的影响，即晶粒细小、均匀及碳化物呈球状分布均匀都有利于提高滚动接触疲劳寿命。对于未溶解的碳化物，可通过适当热处理使其趋于量少、体小、均匀分布，避免粗大或带状碳化物出现，有利于消除疲劳裂纹。硬度在一定范围内增加时，其接触疲劳抗力将随之增大，如轴承钢表面硬度为62HRC左右时，其抗疲劳磨损能力最大。对于传动齿轮的齿面，硬度在58 ~ 65HRC范围内最佳，而当齿面受冲击载荷时，硬度宜取下限值。

2) 表面粗糙度。适当提高表面粗糙度是提高抗疲劳磨损能力的有效途径，如将滚动轴承表面粗糙度由 $Ra0.40\mu\text{m}$ 提高到 $Ra0.20\mu\text{m}$ 时，则寿命可提高2 ~ 3倍；由 $Ra0.20\mu\text{m}$ 提高到 $Ra0.1\mu\text{m}$ 时，寿命可提高1倍；若提高到 $Ra0.05\mu\text{m}$ 以上，则对寿命的提高影响很小。

此外，表面应力状态、配合精度高低、润滑油性质等都对疲劳磨损的速度产生影响。如表面应力过大、配合间隙过小或过大、润滑油在使用中产生的腐蚀性物质等都会加剧疲劳磨损。

2.1.4 典型磨损过程

机械零件正常运行的磨损过程一般分为三个阶段，如图2-1所示，表示磨损过程的曲线称为磨损特性曲线。不同的机械零件由于磨损类型和工作条件不同，磨损情况也不一样，但磨损规律基本相同。

1. 磨合阶段（I阶段）

如图2-1所示的 O_1A 段，又称跑合阶段。新的摩擦副表面具有一定的表面粗糙度，在运行初期表面的塑性变形与磨损的速度也较快。随着磨合进行，摩擦表面粗糙峰逐渐

磨平，磨损减缓。曲线趋于 A 点，间隙增大到 s_0 。磨合阶段的轻微磨损为正常运行、稳定运转创造条件。合适的磨合载荷、相对运动速度、润滑条件等参数是尽快达到正常磨损的关键因素，应以最小的磨损量完成磨合。磨合阶段结束后，应清除摩擦副中的磨屑、更换润滑油，才能进入满负荷正常使用阶段。

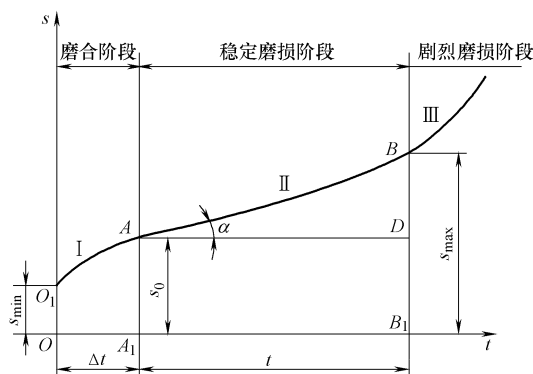


图 2-1 磨损特性曲线

2. 稳定磨损阶段（Ⅱ阶段）

如图 2-1 所示的 AB 段。摩擦表面的磨损量随着工作时间的延长而稳定、缓慢增长，属于自然磨损。在磨损量达到极限值以前的这一段时间是零件的耐磨寿命。它与摩擦表面工作条件、维护保养好坏关系极大。使用保养得好，可以延长磨损寿命，从而提高设备的可靠性与有效利用率。

3. 剧烈磨损阶段（Ⅲ阶段）

如图 2-1 所示的 B 点以右部分。经过 B 点后，摩擦条件发生了较大的变化，如温度升高，金属组织发生变化，间隙 s 变得过大，增加了冲击，润滑油膜易破坏，磨损速度急剧增加，机械效率下降，精度降低，出现异常的噪声和振动，最后导致零件失效，设备不能继续使用了。这一阶段应采取修复、更换等措施，防止设备故障与事故的发生。

2.2 变形与预防

机械零件在外力作用下，产生形状、尺寸的变化现象称为变形。变形失效分为弹性变形失效和塑性变形失效。弹性变形失效基本属于刚性问题，在设计和维修中都应该给予重视，无论是传动件、支承件、紧固件、基础件还是主要金属结构件，都应有足够的刚度，尤其是主梁、臂架等构件的刚度更为关键。材料的变形也分为弹性变形和塑性变形。弹性变形是可以恢复的变形，应力消除后，变形消失。当应力超过材料的屈服极限时会产生塑性变形，应力清除后，变形不能完全恢复的就是塑性变形。

应在以下四个阶段采取减少塑性变形的措施：

1. 设计阶段

设计时不仅要考虑零件的强度，还要重视零件的刚度和制造、装配、使用、拆卸、修理等问题。

1) 正确选用材料，注意工艺性能。如铸造的流动性、收缩性；锻造的可锻性、冷锻性；焊接的冷裂、热裂倾向性；机械加工的可切削性；热处理的淬透性、冷脆性等。

2) 合理布置零部件，选择适当的结构尺寸，改善零件的受力状况，如避免尖角、棱角，改为圆角、倒角；厚薄悬殊的部分可开工艺孔或加厚太薄的地方；安排好孔洞位

置,把盲孔改为通孔等;形状复杂的零件在条件许可时可采用组合结构、镶拼结构等。

3) 在设计中注意应用新技术、新工艺和新材料,减少制造时的内应力和变形。

2. 制造阶段

在制造中要采取一系列工艺措施防止和减少变形,如铸造的箱体零件毛坯存在的内应力是不稳定的,一般在一年至一年半内逐步消失。也可采用退火处理方式消除内应力,但要有详细的工艺做保障。锻造、焊接的毛坯都有很大的内应力,经热处理的零件也存在内应力。采用时效处理最好,而采用退火处理是迫不得已的办法了。

在制定机械零件加工工艺规程中,要在装夹、切削参数、冷却液及工步安排上采取减少变形的工艺措施。对于经过热处理的零件,注意预留加工余量和调整加工尺寸,这些对预防变形很必要。

3. 修理阶段

目前我国尚无统一的计划修理制度,有的采用小修、中修和大修三级修理制度,有的采用一级保养、二级保养和大修理的修理制度。下面就目前普遍采用的几种修理内容作介绍。

(1) 一级保养维护内容

1) 对起重机械的机械传动部分、电气设备部分和金属结构三大部分进行全面检查。

2) 对所有润滑点按各自的润滑周期进行清洗、换油润滑。

3) 对个别零部件进行拆检、更换或修理。

4) 对某些电气元件进行修理或更换。

5) 对有破损趋势的机电零部件,作为可预见性的修理内容做好技术准备工作,以便在下一周期检查、保养时修理。

(2) 二级保养维护内容

1) 包括一级保养维护的全部内容。

2) 对工作频繁、负荷较大的机电部件进行拆检、清洗、修理或更换,并润滑。

3) 按计划更换、修理前一期做好技术准备的机电部件。

4) 对起重机械的电气线路进行全面检查,更换部分老化接线和破损电气元件。

(3) 大修理内容

1) 将机械部分的各机构,包括减速器、联轴器、卷筒组、车轮组及取物装置等部件全部分解,更换损坏件和已达到报废标准的零部件,清洗后重新装配并加油润滑。更换钢丝绳、各机构制动器及其打开装置。

2) 对各机构的电动机进行分解、烘干、组装并加油润滑。更换破损严重的电动机;更换各机构制动器的打开装置;更换各机构中破损的凸轮控制器;检修或更换保护柜;更换全部线路的接线,重新配线安装;更换照明信号系统的控制板等。

3) 金属结构部分。对已经出现下挠或旁弯的主梁进行矫正修理,达到或接近出厂时的上拱值。将整台起重机械全部清洗干净并涂两遍漆加以保护。

经大修理后的起重机械要进行调试,并按静、动负荷试车程序进行鉴定,合格后方

可准许投入生产使用。

4. 使用阶段

加强设备管理，严格执行安全操作规程；加强机械设备的检查和维护，避免超负荷运行。严格遵守起重机械“十不吊”的规定。布置工作讲安全，检查工作讲安全，总结工作讲安全，安全警钟常敲！

2.3 断裂与预防

钢材破坏性质按照断裂前塑性变形的大小，分为塑性破坏和脆性破坏两种。产生了很大塑性变形后材料才出现断裂称为塑性破坏；当材料几乎不出现显著的变形情况下就突然断裂称为脆性破坏。前者由于变形大、有预兆易被人们发现，可采取修复措施；后者断裂前不发生塑性变形、没有预兆，是突然性发生的不易事先发觉，故脆性破坏极易造成事故，危害很大，必须尽量避免发生。

起重机械钢结构发生脆性破坏往往是多种因素造成的结果，主要因素有某些有害的化学成分、应力集中和低温等。预防钢材发生脆性破坏的方法有以下几种。

1. 控制有害化学成分

钢的基本元素是铁（Fe），在普通碳素结构钢中纯铁的含量约占 99%，另外含有碳（C）、锰（Mn）、硅（Si）、硫（S）、磷（P）等元素和氧（O）、氮（N）等有害气体，仅占 1% 左右。钢的化学成分对材料力学性能和可焊性影响很大，选用钢材时要特别注意。

碳是决定钢材性能的最主要元素。如果含碳量增加，则钢材的屈服点和抗拉强度都会提高，硬度也上升，但伸长率、冲击韧性会降低，同时，钢材的疲劳强度、冷弯性能和耐腐蚀性能也将明显降低。各类钢材的含碳量是有规定的，一般不超过 0.22%。锰是有益元素，能显著地提高钢材强度，并保持一定的塑性和冲击韧性，但含量过多也会降低钢的可焊性。一般在普通碳素钢中，锰含量为 0.25% ~ 0.65%。硅能提高钢的强度和硬度，但含硅量过多会降低钢材的塑性和冲击韧性以及可焊性。钢材中含硅量控制在 0.1% ~ 0.3%。硫是钢材中的有害元素。含硫量增大会降低钢材的塑性、冲击韧性、疲劳强度和耐腐蚀性。由于硫化物在高温时很脆，使钢材在热加工时易发生脆断（热脆），焊接时易开裂，因此硫含量必须严格控制，一般不超过 0.055%。磷和硫一样，也是有害元素。随着含磷量的增加，钢材的塑性和冲击韧性会降低，低温时尤为明显，可使钢材发生脆断（冷脆）。磷的含量也应严格限制，一般不超过 0.045%。氧和氮是钢中的有害气体。在金属熔化状态下从空气中进入，使钢变脆，造成材质不匀。在冶炼和焊接时应避免钢材受大气作用，使氧和氮的含量尽量减少。

为了改善钢的力学性能，可增加锰和硅的含量，也可掺入一定数量的钒（V）、钛（Ti）、铌（Nb）等合金元素，形成合金钢。如汽车吊的起重臂常用 16MnTi 低合金钢。

2. 减少应力集中

减少应力集中可以从以下几方面着手。

1) 设计。尽量减少应力集中,如尽量做到截面形状及尺寸变化平缓措施,减少应力集中现象。齿轮、带轮、车轮等,常采用压配合或热压配合方法装配在轴上。当轴受弯曲时,在这些机件的边缘处会产生严重的应力集中。为缓和这种现象,可将轴的配合部分适当加粗,并使加粗部分与其他部分有一个大圆角过渡。

2) 工艺。表面热处理强化,包括表面感应加热淬火、渗碳、渗氮和复合处理等,可得到软的芯部,硬的表层,在表层还存在残余压应力,由此降低应力集中的影响。也可采用喷丸强化工艺,使金属表层强化且产生大的残余压应力,从而降低应力集中的危害。另外还有滚压强化处理工艺,其效果也是降低应力集中的有害作用。

3) 使用。定期进行无损检测是发现裂纹的有效方法。用于高温环境的起重机,主梁上下翼缘板温差较大,由热应力引起的应力集中能加速疲劳损坏,使用中应采取下翼板下面加隔板隔温措施,同时要严格避免起重机超载运行和减少冲击。对在腐蚀条件工作的起重机应尽量减轻零件的腐蚀操作。

4) 修理。注意断裂件的断口保护,对照有关资料,以区别零件断裂的形式、原因、起源等。无论采用何种方法修理,都要注意人身安全,并要保质、保量地完成任务。在修理时拆卸和装配中避免零件表面的损伤,不磕不碰,采取措施减少零件的变形和应力集中。

3. 避免或减少低温下作业

温度变化直接影响钢材的力学性能。当钢材处在温度 200℃ 之内时,强度、塑性、韧性变化很小;当温度在 200 ~ 300℃ 时,强度和硬度提高,伸长率下降,钢材变脆,这种现象称为蓝脆现象;当温度超过 300℃ 时,强度明显下降;当温度超过 600℃ 时,强度几乎等于零。

温度下降时,钢材的强度显著提高,塑性、韧性下降,在一定的负温度下,钢材完全处于脆性状态,此时,如果存在应力集中,将加速脆性发展,导致钢材脆断。起重机械在野外作业时,应特别注意低温脆断问题,严禁在寒冷的早晨或 -20℃ 以下的温度中作业。如果工程需要,则只能在中午短期作业和吊 75% 的载荷。

2.4 蚀损与预防

蚀损即腐蚀损伤,是指金属材料与周围介质产生化学或电化学反应而造成表面材料损耗、表面质量破坏、内部晶体结构损伤,最终导致零件失效的现象。金属腐蚀普遍存在,能够造成巨大的经济损失。

1. 蚀损类型

机械零件的蚀损分为化学腐蚀和电化学腐蚀两种。

1) 机械零件的化学腐蚀。化学腐蚀是指单纯由化学作用而引起的腐蚀,腐蚀中不产生电流,介质是非导电的。化学腐蚀的介质有两种形式:一种是气体腐蚀,指在干燥空气、高温气体等介质中的腐蚀;另一种是非电解质溶液中的腐蚀,指在有机液体、汽油和润滑油等介质中的腐蚀,它们与金属接触时进行化学反应生成表面膜,在不断脱落

又不断生成的过程中使零件腐蚀。大多数金属在室温下的空气中能自发地氧化，在表面形成氧化物层后，可有效地隔离金属与介质间的物质传递，也就成为保护膜。如果氧化物层不能阻止氧化反应的进行，金属将不断地被氧化。

2) 金属零件的电化学腐蚀。电化学腐蚀是金属与电解质物质接触时产生的腐蚀，大多数金属的腐蚀都属于电化学腐蚀。发生电化学腐蚀需要三个基本条件：一是有电解质溶液存在；二是腐蚀区有电位差；三是腐蚀区电荷可以自由流动。

2. 减少机械零件蚀损的措施

1) 正确选材、合理设计。根据环境介质和使用条件，选择合适的耐腐蚀材料，如含有铬、镍、硅、铝、钛等元素的合金钢；在条件许可的情况下，尽量选用尼龙、塑料、陶瓷等材料。设计零件结构时应尽量使整个部位的所有条件均匀一致，做到结构合理、外形简化、表面粗糙度合适。

2) 覆盖保护层。在金属表面上覆盖保护层，把金属与介质隔离开，以防止腐蚀。常用的覆盖材料有金属或合金、非金属保护层和化学保护层等，例如涂漆。

3) 电化学保护。对被保护的机械零件接通直流电流进行极化，以消除电位差，使之达到某一电位时，被保护金属的腐蚀可以很小，甚至呈无腐蚀状态。

4) 添加缓蚀剂。在腐蚀性介质中加入少量缓蚀剂（缓蚀剂是指能减少腐蚀速度的物质），可减轻腐蚀。按化学性质的不同，缓蚀剂有无机缓蚀剂和有机缓蚀剂两种。

无机类能在金属表面形成保护，将金属与介质隔开，如重铬酸钾、硝酸钠、亚硫酸钠等。有机化合物能吸附在金属表面上，使金属溶解并抑制还原反应，减轻金属腐蚀，如胺盐、琼脂、动物胶、生物碱等。

在使用缓蚀剂防腐时，应特别注意其种类、浓度及有效时间。

第3章 起重机械通用零部件安全技术

3.1 钢丝绳

钢丝绳是一种具有高强度、高弹性、自重轻及挠性好的重要构件。钢丝绳具有挠性好，承载能力大，且传动平稳无噪声的特点；钢丝绳中的钢丝断裂是逐渐产生的，在正常工作条件下，一般不会发生整根钢丝绳突然断裂的现象，故工作可靠。因此钢丝绳不仅成为起重机械的重要零部件（如用于起重机械起升机构、变幅机构、牵引机构中作为缠绕绳，用于桅杆起重机桅杆的张紧绳，用于缆索起重机与架空索道的支持绳等），而且还大量地用于起重运输作业中的吊装及捆绑作业。

3.1.1 钢丝绳材质

钢丝绳的钢丝因为要求具有很高的强度与韧性，所以通常都采用含碳量为0.5%~0.8%的优质碳素钢制作，而且磷、硫含量不应大于0.035%。一般选用GB/T 699—1999《优质碳素结构钢》中的50钢、60钢和65钢。

3.1.2 钢丝绳绳芯

(1) 绳芯作用

1) 增加挠性、弹性及强度。在钢丝绳的中心设置绳芯，其目的是为了增强钢丝绳的挠性、弹性及挤压强度，有时为了钢丝绳的挠性与弹性更好，还应在钢丝绳的每一绳股中再增加一股纤维绳芯。

2) 便于润滑。在绕制钢丝绳时，将绳芯浸入一定量的防腐、防锈润滑脂，可起到润滑、减少磨损及防腐作用。

(2) 绳芯种类

1) 纤维芯。纤维芯通常是用剑麻、棉纱等纤维制成，并用防腐、防锈润滑油浸透，使它具有良好的挠性与弹性，以及良好的润滑、防锈、防腐、减磨功能。但纤维芯钢丝绳不适宜在高温环境及承受横向压力的情况下工作。

2) 石棉纤维芯。石棉纤维芯是用石棉纤维制成的，并用防腐、防锈润滑油浸透，其不但具有与纤维芯绳一样的良好挠性与弹性及润滑性，而且可耐高温，故适用于高温、烘烤环境中的冶金起重机缠绕绳。

3) 金属芯。金属芯是用软钢钢丝或软钢绳股制成，由于金属芯强度大，抵抗横向挤压能力强，因而它适宜用于多层缠绕的起重设备，如用在卷扬机、汽车起重机的缠绕

装置中。又由于其强度高，因此也适用于高温环境下的冶金起重机。由于金属芯绳自身润滑性差，近年来有采用螺旋金属管作为绳芯的，即在管中储有润滑油用来润滑钢丝。金属芯钢丝绳挠性及弹性均不如纤维芯钢丝绳，除了用于多层缠绕、高温环境之外，多用于起重设备的张紧绳或支持绳。

3.1.3 钢丝绳钢丝

(1) 钢丝的制造 利用优质碳素钢钢锭经过多次热轧制成直径大约为 $\phi 6\text{mm}$ 的圆钢，通常称为盘条（或盘钢），后再经过多次冷拔加工，使盘条变细达到所需要的直径为 $\phi 0.5 \sim 2\text{mm}$ 的细钢丝即为钢丝绳钢丝。在拔丝过程中钢丝通过反复变形强化可达到很高的强度与韧性（如 $1200 \sim 2000\text{N/mm}$ ）。

(2) 钢丝质量分级 钢丝的质量可根据钢丝韧性的高低，即耐弯折次数的多少分为三级：特级、Ⅰ级及Ⅱ级。特级钢丝能承受反复弯曲和扭转，用于载人升降机和冶金浇铸起重机；Ⅰ级钢丝能承受反复弯曲，但扭转的次数一般，用于普通起重设备；Ⅱ级钢丝用于起重运输作业中的吊装捆绑绳。

(3) 钢丝表面处理 在正常使用条件下，钢丝不做表面处理。当工作条件为潮湿有腐蚀的环境时，钢丝表面要进行防腐镀锌处理，并以“甲”“乙”进行标记，“甲”标记表示严重腐蚀条件，“乙”标记表示一般腐蚀条件。用于耐酸要求的场合时，钢丝表面应进行镀铅表面处理。

3.1.4 钢丝绳绕制方法

绝大部分钢丝绳是由钢丝捻成股，然后再由若干股围绕着绳芯捻成绳，这类钢丝绳称为双绕绳，并为起重机械大量采用。也有极少的钢丝绳为单股绳，也称单绕绳，就是直接由钢丝分内外层按不同捻绕方向绕制而成，这种单绕绳具有封闭光滑的外表面，耐磨且雨水不易浸入内部，适宜用做缆索起重机与架空索道的支承绳；但由于其挠性不好，不宜做缠绕绳。

双绕绳按捻向绕制方法不同分为以下类型。

(1) 交互捻钢丝绳 交互捻钢丝绳又称交绕绳，交绕绳的绳与股的捻向相反（见图 3-1a）。这种绳由于绳与股的扭转趋势相反，互相抵消而没有扭转打结、松散的趋势，使用方便，因此在起重机大量使用。

(2) 同向捻钢丝绳 同向捻钢丝绳又称顺绕绳，顺绕绳的绳与股捻向相同（见图 3-1b）。这种绳丝与丝之间接触较好，具有挠性好、寿命长的特点，但有扭转打结、易松散的趋向，只能用于张紧绳或牵引绳，不宜用于起升缠绕绳。

(3) 混合捻钢丝绳 半数股为左捻、半数股为右捻的绳，称为混合捻钢丝绳（见图 3-1c），这种绳为多层股不旋转钢丝绳，各相邻层股的捻向相反。它具有交互捻和同向捻的共同点，但制造工艺复杂，仅用于起重量较小、起升高度较大的起重机械，如塔式起重机。

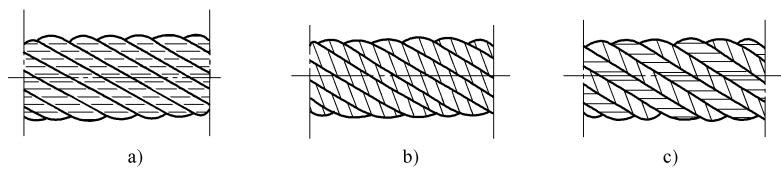


图 3-1 钢丝绳卷绕

a) 交互捻（交绕） b) 同向捻（顺绕） c) 混合捻

3.1.5 钢丝绳绳股形状与结构

(1) 股的形状

- 1) 圆股钢丝绳，制造方便，常被采用（见图 3-2a）。
- 2) 异型股钢丝绳，分为椭圆股（见图 3-2b）、三角股（见图 3-2c）及扁股等异型股绳。这种绳虽然制造工艺复杂，但却是一种起升缠绕性能良好的理想钢丝绳。

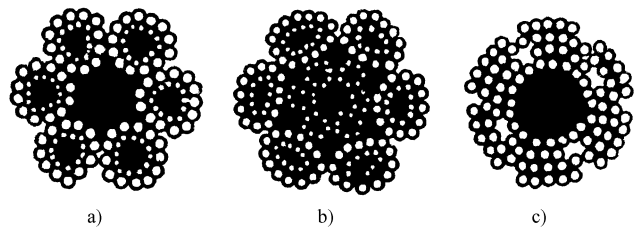


图 3-2 钢丝绳绳股形状

a) 圆股钢丝绳 b) 椭圆股钢丝绳 c) 三角股钢丝绳

(2) 股的构造 按着钢丝绳之间的接触状态的不同，股的结构也不同，可分为点接触、线接触和面接触。

1) 点接触钢丝绳。点接触钢丝绳的股是由直径相同的钢丝捻制而成（见图 3-3a）。这种钢丝绳的特点是比压较大，钢丝易磨损折断，使用寿命短。但这种绳绕性好，制造简单，成本低，曾为起重机械广泛应用。

2) 线接触钢丝绳。线接触钢丝绳的各股是由直径不相同的钢丝捻制而成，又称复合钢丝绳（见图 3-3b）。线接触钢丝绳又分为外粗式绳、粗细式绳和填充式绳（见图 3-4）。外粗式绳又称西尔式绳，即外层钢丝粗，内层钢丝细（见图 3-4a）。粗细式绳又称瓦林吞式绳，绳股中外层钢丝直径粗细交隔（见图 3-4b）。填充式绳的绳股在两层粗钢丝之间的孔隙中充填一根细钢丝，称为充填丝，既提高了钢丝绳的金属充满率，也增强了破断拉力（见图 3-4c）。

线接触钢丝绳（即复合钢丝绳）通过直径不同的钢丝适当配置，使每层钢丝的捻距相同，钢丝间形成线接触。其优点是绳股断面排列紧密，相邻钢丝接触良好，当钢丝绳绕过滑轮或卷筒时在钢丝交叉地方不至于产生很大的局部应力，有抵抗潮湿及防止有害物浸入钢丝绳内部的能力。

3) 面接触钢丝绳。面接触钢丝绳股中钢丝与钢丝之间是面接触, 由特制的异型钢丝绕制成股 (由股制成绳), 然后用挤压方法制成面接触型钢丝绳。(见图 3-3c)。其接触应力小、磨损小、强度大, 但挠性较差。一般也做成双捻钢线绳。

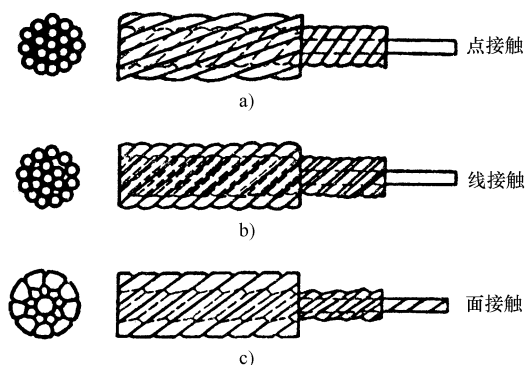


图 3-3 绳股构造

a) 点接触绳 b) 线接触绳 c) 面接触绳

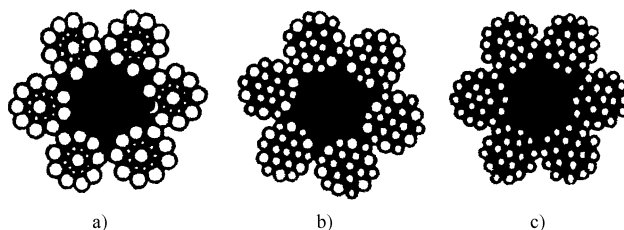


图 3-4 线接触钢丝绳

a) 外粗式 (S) b) 粗细式 (W) c) 填充式 (F)

(3) 股的数目 钢丝绳股的数目通常有 6 股、8 股和 18 股绳等, 其外层股的数目越多, 钢丝绳与滑轮槽或卷筒槽接触的情况越好, 寿命也越长。6 股绳是起重机械常用绳, 8 股绳多为电梯起升绳, 18 股绳为不旋转绳, 多用于起升倍率为 1:1 的单绳升降机中, 为某些港口装卸起重机或塔式起重机作用。

3.1.6 钢丝绳的选用

(1) 按用途选用钢丝绳

- 1) 普通起升、变幅缠绕绳应优先选用 6 股线接触交绕绳。
- 2) 起重机械用张紧绳、牵引绳应选用顺绕绳。
- 3) 缆索起重机或架空索道用的支承绳应选用单绕绳。
- 4) 在有腐蚀性的环境中工作时, 应选用镀锌钢丝绳。
- 5) 需要有耐酸要求的场合, 应选用镀铅钢丝绳。

6) 在高温环境中工作的起重机械, 应选用具有特级韧性石棉芯钢丝绳或具有钢芯的钢丝绳。

7) 电梯起升绳应选用 8 股韧性为特级的钢丝绳。

8) 起升倍率为 1:1 的港口起重机或塔式起重机, 应选用 18 股不旋转钢丝绳。

9) 电动葫芦起升绳多选用点接触的每股 37 丝的钢丝绳。

10) 捆绑绳多选用韧性较低的 II 级绳。

(2) 按钢丝绳许用拉力选择钢丝绳

1) 钢丝绳的破断力。钢丝绳做拉伸试验被拉断的拉力称钢丝绳的破断力, 按下式计算:

$$S_p = \varphi S_0$$

式中, S_p 为钢丝绳的破断力 (N); φ 为折减系数, 6×19 绳的 φ 为 0.85, 6×37 绳的 φ 为 0.82, 6×61 绳的 φ 为 0.80; S_0 为钢丝绳的钢丝破断拉力总和 (N), 可以不同类型规格钢丝绳性能表中查得, 也可近似计算, $S_0 \approx 500d^2$ (d 为钢丝绳直径 (mm))。

2) 钢丝绳安全系数。为了安全, 钢丝绳的许用拉力应有一定的储备能力, 储备能力的大小用安全系数 n 表示 (见表 3-1、表 3-2), 钢丝绳的许用拉力 $[S]$ 按下式计算:

$$[S] = \frac{S_p}{n}$$

表 3-1 机构钢丝绳安全系数

机构工作级别	M1 ~ M3	M4	M5	M6	M7	M8
安全系数 n	4	4.5	5	6	7	8

表 3-2 其他钢丝绳安全系数

其他 钢丝绳	支承动臂 张紧绳	缆风绳 张紧绳	吊装及 捆绑绳	双绳抓斗 起升、开闭绳	单绳马达 抓斗起升绳	手动葫芦 索引绳	手动桥车 索引绳
安全系数 n	4	3.5	6	6	5	4.5	4

3) 钢丝绳静载拉力。

① 起升绳的静载拉力按下式计算:

$$S_j = \frac{Q}{na}$$

式中, S_j 为钢丝绳静载拉力 (N); Q 为额定起重量及吊具重量的重力之和 (N); a 为起升机构钢丝绳分支数; n 为起升机构总效率, 取 $n = 0.80 \sim 0.90$ 。

② 吊装绳的静载拉力 (见图 3-5), 按下式计算:

$$S_j = \frac{Q}{z \cos \alpha}$$

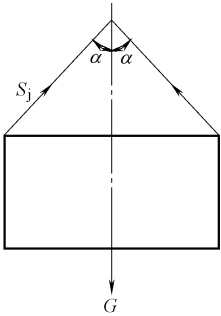


图 3-5 吊装绳受力图

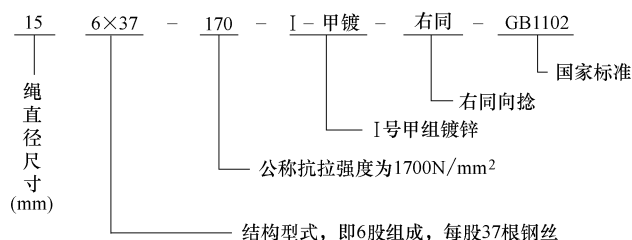
式中, S_j 为吊装绳静载拉力 (N); Q 为吊载重力 (N); z 为吊载绳分支数。

4) 钢丝绳选择。为了安全, 所选择的钢丝绳许用拉力 $[S]$ 应不小于钢丝绳的静载拉力 S_j , 即按 $[S] \geq S_j$ 计算。

(3) 钢丝绳标记示例 公称抗拉强度 1550N/mm^2 , 工号光面钢丝绳制成的直径 12mm 右向交互捻不松散瓦林吞型钢丝绳标记为:

钢丝绳 12 6W (19)—155—工—光—右交—GB 1102。

标记中的“光”“右”“交”可以省略不标。



3.1.7 钢丝绳绳端固定

钢丝绳在使用中需与其他承载构件连接传递载荷, 绳端连接处应牢固可靠, 常用的绳端固接方式 (见图 3-6)。

(1) 编结法 (见图 3-6a) 将钢丝绳绕于心形垫环上, 尾端各股分别编插于承载各股之间。每股插 4~5 次, 然后用细软钢丝扎紧, 捆扎长度为钢丝绳直径的 20~25 倍, 同时不应小于 300mm 。

(2) 绳卡固定法 (见图 3-6b) 当绳径 $d \leq 6\text{mm}$ 时, 可用三个绳卡; 当 $16\text{mm} < d \leq 20\text{mm}$ 时, 可用四个绳卡; 当 $20\text{mm} < d \leq 26\text{mm}$ 时, 可用五个绳卡; 当 $d > 26\text{mm}$ 时, 可用六个绳卡。钢丝绳卡间的距离一般不小于钢丝绳直径的 6~8 倍。绳卡的 U 形弯曲部分卡在绳头的一边为最好。这样在拧紧钢丝绳卡时, 被压偏的是绳头部分, 避免主绳被压偏而降低其使用寿命。

(3) 压套法 (见图 3-6c) 将绳端套入一个长圆形铝合金套管中, 用压力机压紧即可。当绳径 $d = 10\text{mm}$ 时, 约需压力 550kN ; $d = 40\text{mm}$ 时压力约为 720kN 。

(4) 斜楔固定法 (见图 3-6d) 利用斜楔能自动夹紧的作用来固定绳端, 这种方法装拆都很方便。

(5) 灌铅法 (见图 3-6e) 将绳端钢丝拆散洗净, 穿入锥形套筒中, 把钢丝末端弯成钩状, 然后灌满熔铅。此种方法操作复杂, 仅用于大直径钢丝绳, 如缆索起重机的支撑绳。

3.1.8 钢丝绳安全检查

(1) 安全检查周期

1) 日常观察: 起重机械的司机有责任在每个工作日中, 尽可能对钢丝绳任何可见

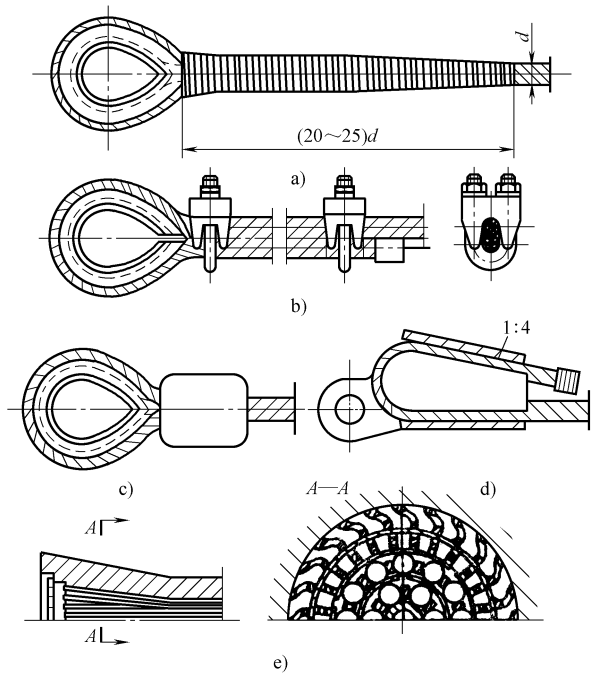


图 3-6 钢丝绳绳尾端固定

a) 编结法 b) 绳卡固定法 c) 压套法
d) 斜楔固定法 e) 灌铅法

部位进行观察，以便及时发现钢丝绳的损坏与变形，如有异常应及时通报主管部门进行处理。

2) 主管人员的定期安全检查：对于一般起重机械及吊装捆绑作业用的钢丝绳，每月至少进行一次安全检查；对建筑工地起重机械用的钢丝绳，每周至少进行一次安全检查；对吊运熔化或赤热金属、酸溶液、爆炸物、易燃物及有毒物品的起重机械用钢丝绳，每周至少应进行两次安全管理。

(2) 安全检查部位

1) 一般部位检查：①钢丝绳运动和固定的始末端；②通过滑轮组或绕过滑轮组的绳段，特别是负载时绕过滑轮的钢丝绳的任何部位；③平衡滑轮的绳段、与机械某部位可能引起磨损的绳段、有锈蚀等腐蚀及疲劳部分的绳段。

2) 绳端部位检查。绳端固定连接部位的安全可靠性对起重机械的安全是十分重要的，绳端部位应做如下安全检查：①从固定端引出的那段钢丝绳应进行检查，因为这个部位发生疲劳断丝或腐蚀都是极其危险的；②对固定装置的本身变形或磨损也应进行检查；③对于采用压制或锻造绳箍的绳端固定装置应检查是否有裂纹及绳箍与钢丝绳之间是否有产生滑动的可能；④检查绳端可拆卸的楔形接头、绳夹、压板等装置内部和绳端内的断丝及腐蚀情况，以确保绳端固定的紧固可靠性；⑤检查编制环状插口式绳头尾部

是否有突出的钢丝伤手。

如果绳端固定装置附近或绳端固定装置内有明显断丝或腐蚀，可将钢丝绳截短再重新装到绳端固定装置上，且钢丝绳的长度应满足在卷筒上缠绕的最少两圈要求。

(3) 安全检查内容 造成钢丝绳破坏的主要因素有：①钢丝绳工作时承受了反复的弯曲和拉伸而产生的疲劳断丝；②钢丝绳与卷筒和滑轮之间反复摩擦而产生的磨损破坏；③钢丝绳绳股间及钢丝间的相互摩擦引起的钢丝磨损破坏；④钢丝受到环境的污染腐蚀引起的破坏；⑤钢丝绳遭到机械破坏产生的外伤和变形。

所以，钢丝绳安全检查的重点应是疲劳断丝数、磨损量、腐蚀状态、外伤和变形程度以及各种异常和隐患。

3.1.9 钢丝绳维护保养

钢丝绳的维护保养应根据起重机械的用途、工作环境和钢丝绳的种类而定。维护的基本要求是：注意对钢丝绳的安全使用，注意日常观察和定期检查钢丝各部位异常和隐患。对钢丝绳的保养最有效的措施是对工作过的钢丝绳进行清洗和涂抹润滑脂。

当工作的钢丝绳上出现锈迹或绳上凝集着大量的污物时，为消除锈蚀、污物对钢丝绳的腐蚀破坏，应拆除钢丝绳进行清洗除污保养。清洗后的钢丝绳应及时涂抹润滑油或润滑脂，可将洗净的钢丝绳盘好投入到加热至 80 ~ 100℃ 的润滑油中泡至饱和使润滑油充分地浸透到绳芯中，可以大大改善钢丝之间及绳股之间的摩擦状况，从而降低了磨损破坏程度。如果钢丝绳上污物不多，可以直接在钢丝绳的重要部位（如经常与滑轮、卷筒接触部位的绳段及绳端固定部位）涂抹润滑油或润滑脂，以减少摩擦降低钢丝绳磨损量。

卷筒或滑轮的绳槽应经常清理污物，如果卷筒或滑轮绳槽部分有破裂损伤造成钢丝绳加剧破坏时，应及时对卷筒、滑轮进行修整或更换。

起升钢丝绳分支在四支以上时，空载时常常发生钢丝绳在空中打花扭转，此时应及时拆卸钢丝绳，让钢丝绳伸直在自由状态下放松，以消除扭结，然后再重新安装。

对于吊装捆绑绳，除了适当进行清洗浸油保养之外，主要的是要时刻注意加垫保护钢丝绳不被重物棱角割伤割断，还要特别注意捆绑绳尽量避免与灰尘、砂土、煤粉、矿渣、酸碱化合物接触，一旦接触应及时清除。

3.1.10 钢丝绳的安全使用

1) 新更换的钢丝绳应与原安装的钢丝绳同类型、同规格。如采用不同类型的钢丝绳，应保证新换钢丝绳性能不低于原钢丝绳，并能与卷筒和滑轮的槽形相符。钢丝绳捻向应与卷筒绳槽螺旋方向一致，单层卷绕时应设导绳器加以保护，以防乱绳。

2) 新装或更换钢丝绳时，从卷轴或钢丝绳卷上抽出钢丝绳应注意防止钢丝绳打环、扭结、弯折或粘上杂物。

3) 新装或更换钢丝绳时，截取钢丝绳应在截取两端处用细钢丝扎结牢固，防止切

断后绳股松散。

4) 运动的钢丝绳与机械某部位发生摩擦接触时,应在机械接触部位加适当保护措施;捆绑绳与吊载棱角接触时,应在钢丝绳与吊载棱角之间加垫木板或钢板保护措施,以防钢丝因机械割伤而破断。

5) 起升钢丝绳不准斜吊,以防钢丝绳乱绳出现故障。

6) 严禁超载起吊,应安装超载限制器或力矩限制器加以保护。

7) 在使用中应尽量避免突然的冲击振动。

8) 应安装起升限位器,以防过卷拉断钢丝绳。

3.1.11 钢丝绳报废

钢丝绳是起重机械的典型易损件之一,它的使用寿命由多种因素综合积累而成。造成钢丝绳损坏报废的因素按下列项目判定:断丝的性质和数量、绳端断丝、断丝的局部聚集、断丝的增加率、绳股断裂、外部及内部腐蚀、变形和由于热或电弧造成的损坏。

(1) 断丝性质与数量 对于6~8股的钢丝绳,断丝主要发生在外表;而对于多层绳股钢丝绳,断丝大多数发生在内部,且是不可见的断裂。各种典型的钢丝绳达到报废的断丝数见表3-3。当吊运熔化或赤热金属、酸溶液、爆炸物、易燃物及有毒物品时,表3-3中报废断丝数应减少一半。

表 3-3 报废断丝数

外层绳股 承载钢丝数 <i>n</i>	钢丝绳结构 典型例子	起重机械中钢丝绳必须报废时 与疲劳有关的可见断丝数							
		机械工作级别				机械工作级别			
		M1 及 M2				M3 , M4 , M5 , M6 , M7 , M8			
		交捻		顺捻		交捻		顺捻	
		长度范围				长度范围			
		<i>6d</i>	<i>30d</i>	<i>6d</i>	<i>30d</i>	<i>6d</i>	<i>30d</i>	<i>6d</i>	<i>30d</i>
<50	6 × 7	2	4	1	2	4	8	2	4
51 ~ 75	6 × 12	3	6	2	3	6	12	3	6
76 ~ 100	18 × 7 (12 外股)	4	8	2	4	8	15	4	8
101 ~ 120	6 × 19 , 7 × 19 、 6X (19) 、6W (19) 、 34 × 7 (17 外股)	5	10	2	5	10	19	5	10
121 ~ 140		6	11	3	6	11	22	6	11
141 ~ 160	6 × 24 , 6X (24) 、 6W (24) 8 × 19 、 8X (19) , 8W (19)	6	13	3	6	13	26	6	13
161 ~ 180	6 × 30	7	14	4	7	14	29	7	14
181 ~ 200	6X (31) , 8T (25)	8	16	4	8	16	32	8	16

(续)

外层绳股 承载钢丝数 n	钢丝绳结构 典型例子	起重机械中钢丝绳必须报废时							
		与疲劳有关的可见断丝数							
		机械工作级别				机械工作级别			
		M1 及 M2				M3 , M4 , M5 , M6 , M7 , M8			
		交捻		顺捻		交捻		顺捻	
		长度范围				长度范围			
		$6d$	$30d$	$6d$	$30d$	$6d$	$30d$	$6d$	$30d$
201 ~ 220	6W(35) 6W(26) 6XW(36)	8	18	4	9	18	38	9	18
221 ~ 240	6×37	17	19	5	10	19	38	10	19
241 ~ 260	—	10	21	5	10	21	42	10	21
261 ~ 280	—	11	22	6	11	22	45	11	22
281 ~ 300	—	12	24	6	12	24	48	12	24
> 300	6×61	$0.04n$	$0.08n$	$0.02n$	$0.04n$	$0.08n$	$0.16n$	$0.04n$	$0.08n$

注： d ——钢丝绳直径。

(2) 绳端断丝 绳端或附近出现断丝时，即使断丝数量没有达到表 3-3 中的报废断丝数，甚至断丝数量很少，这也表明该部位应力很高，有可能是由于绳端安装不正确造成的，应查明损坏原因。如果绳长允许，应将断丝的部位切去重新安装固定。

(3) 断丝的局部聚集 如果断丝紧靠一起形成局部聚集，即局部集中，则钢丝绳应报废。如果这种断丝聚集在小于 6 倍绳径范围内，或集中在任一支绳股中，即使断丝数比表 3-3 中报废断丝数少，钢丝绳也应报废。

(4) 断丝数增加率 在某些使用场合，疲劳是引起钢丝绳破坏的主要原因，断丝则是在使用一个时期以后才开始出现，断丝逐渐增加，其时间间隔越来越短。为了判断钢丝绳断丝的增加率，应仔细检查并记录断丝增加情况，根据这个增加规律确定钢丝绳未来报废日期。

(5) 绳股断裂 如果出现整根绳股断裂，钢丝绳应报废。

(6) 绳芯损坏引起绳径减小 钢丝绳的纤维芯损坏或钢芯断裂造成绳径显著减小时，钢丝绳应报废。微小的损坏，特别是当所有各绳股中应力处于良好平衡时，用通常的检验方法可能是不明显的。而这种情况会引起钢丝绳强度大大降低，因此有任何内部微小损坏的迹象时，均应对钢丝绳内部进行检验，一旦证实破坏，就应报废钢丝绳。

(7) 弹性减小 在与工作环境有关的情况下，钢丝绳的弹性会显著减小，若继续使用会是不安全的。钢丝绳的弹性减小是较难发现的，检验人员存任何怀疑时，应征询钢丝绳专业人员意见。弹性减小通常随下述现象发生：绳径减小；钢丝绳捻距伸长；由于各部分相互压紧而钢丝之间和绳股之间缺少空隙；绳股凹处出现细微的褐色粉末；虽然未发现断丝，但钢丝绳明显的不易弯曲和直径减小比单纯是由于钢丝磨损而引起的也要快得多。上述这些现象的情况会导致钢丝绳在动载作用下突然断裂，故应立即

报废。

(8) 外部及内部磨损 外部磨损即钢丝绳外层绳股的钢丝表面的磨损,是由于在压力作用下钢丝绳与滑轮和卷筒的绳槽接触摩擦造成的。这种现象在吊载加速和减速运动时,钢丝绳与滑轮接触的部位特别明显,并表现为外部钢丝磨成平面状。内部磨损及压坑情况是由于绳内各个绳股与钢丝之间的摩擦引起的,特别是当钢丝绳经受弯曲时更是如此。润滑不足或不正确的润滑以及还存在灰尘和砂粒都会加剧磨损。磨损使钢丝绳的断面积减小,强度降低,当外层钢丝磨损达到其直径的40%时,钢丝绳应报废。当钢丝绳直径相对于公称直径减小7%或更多时,即使未发生断丝,该钢丝绳也应报废。

(9) 外部及内部腐蚀 腐蚀在海洋或工业污染的大气中特别容易发生,它不仅减少了钢丝绳的金属面积,降低了强度,还将引起表面粗糙,并从中开始发展裂纹以致加速疲劳,严重腐蚀还会引起钢丝绳弹性的降低。

1) 外部腐蚀可用肉眼观察,当表面出现深坑、钢丝相当松弛时,应该报废。

2) 内部腐蚀比外部腐蚀难以发现,但通过对下列现象地考查还是可以识别的:①钢丝直径的变化。钢丝绳在绕过滑轮的弯曲部位直径通常变小,而静止段的钢丝绳常由于外层绳股出现锈蚀而引起钢丝绳直径的增加。②钢丝绳外层绳股间的空隙减小,还经常伴随出现外层绳股之间断丝。

一旦发现有内部腐蚀的迹象,则主管人员应对钢丝绳进行内部检验,若确认有严重的内部腐蚀,应立即报废。

(10) 变形 钢丝绳失去正常形状,产生可见的畸形称为变形,这种变形会导致钢丝绳内部应力分布不均匀。钢丝绳的变形从外观上区分,主要分为下述几种。

1) 波浪形(见图3-7a),这种变形不一定导致任何强度上的损失,但变形严重即会产生跳动,且造成不规则的传动,时间长了会引起磨损及断丝。出现波浪形时,在钢丝绳长度不超过25倍绳径的范围内,若 $d_1 \geq 4/3d$,则钢丝绳应报废(d 为钢丝绳公称直径, d_1 为钢丝绳变形后所包络的直径)。

2) 笼状畸形(见图3-7b),这种变形出现在具有钢芯的钢丝绳上。当外层绳股发生脱节或变得比内部绳股长的时候就会发生这种变形,出现笼状畸形的钢丝绳应立即报废。

3) 绳股挤出(见图3-7c),这种状况通常伴随笼状畸变一起发生。绳股被挤出说明钢丝绳不平衡,绳股挤出的钢丝绳应报废。

4) 钢丝挤出(见图3-7d),这种变形是因为一部分钢丝或钢丝束在钢丝绳背着滑轮槽的一侧拱起形成环状造成的,常因冲击载荷引起,当变形严重时应报废钢丝绳。

5) 绳径局部增大(见图3-7e),即钢丝绳直径有可能发生局部增大,并能波及相当长的一段钢丝绳。绳径增大通常与绳芯畸变有关(如在特殊环境中,纤维芯因受潮而膨胀),其必然结果是外层绳股产生不平衡,从而造成定位不正确。绳径局部增大的钢丝绳应报废。

6) 绳径局部减小(见图3-7f)。钢丝绳直径的局部减小常常与绳芯的断裂有关,应特别仔细检验靠绳端部位有无此种变形。绳径局部严重减小的钢丝绳应报废。

7) 部分被压扁 (见图 3-7g), 这是由于机械事故造成的, 严重时钢丝绳应报废。

8) 扭结 (见图 3-7h), 这是由于钢丝绳成环状在不可能绕其轴线转动的情况下被拉紧而造成的一种变形, 其结果是出现捻距不均而引起格外的磨损。严重时钢丝绳将产生扭曲, 以致只留下极小一部分钢丝绳强度。严重扭结的钢丝绳应立即报废。

9) 弯折 (见图 3-7i), 这是钢丝绳在外界影响下引起的角度变形, 有这种变形的钢丝绳应报废。

(11) 由于热或电弧作用而引起的损坏 钢丝绳经过特殊热力作用外表出现可识别的颜色时, 该钢丝绳应报废。

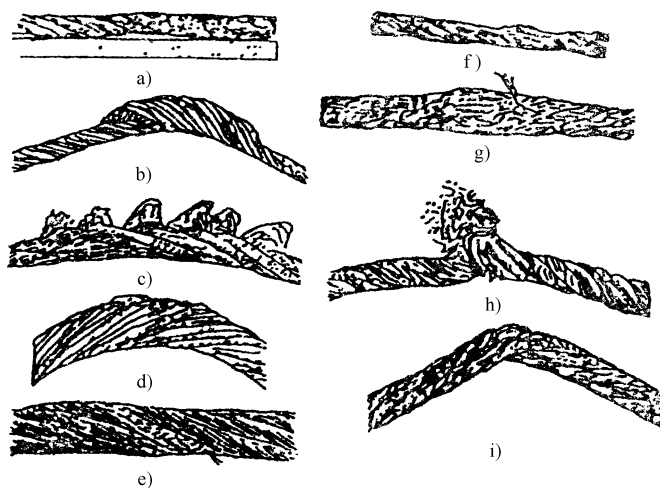


图 3-7 钢丝绳变形图

a) 波浪形 b) 笼状畸形 c) 绳股挤出 d) 钢丝挤出 e) 绳径局部增大, 绳芯外露
f) 绳径局部减少 g) 部分被压扁 h) (严重) 扭结 i) (严重) 弯折

3.2 吊钩及其他吊具

3.2.1 吊钩

吊钩是取货装置中使用最为广泛的一种, 它具有制造简单和使用性强的特点。吊钩分为两种: 锻造吊钩和板钩。

锻造吊钩选用强度较高、韧性较好的 20 优质碳素结构钢, 经锻造和冲压之后退火处理, 再进行机械加工。热处理后要求表面硬度为 95 ~ 135HB。板钩选用 16Mn 或 Q235 等低合金钢、普通碳素钢制造。板钩是由每块厚 30mm 的切成型板片铆合而成的, 一般用 Q235mm 钢板气割出型板。锻造吊钩和板式吊钩都为单钩与双钩 (见图 3-8)。单钩制造和使用均较方便, 因此起重量在 75t 以下的起重机械应用最为普遍。双钩由于受

力情况比较有利，常用于起重量较大或要求吊钩受力对称的地方，如 50 ~ 100t 的起重机械上。板式吊钩主要用于冶金起重机和大起重量（75t 以上）的起重机械上。

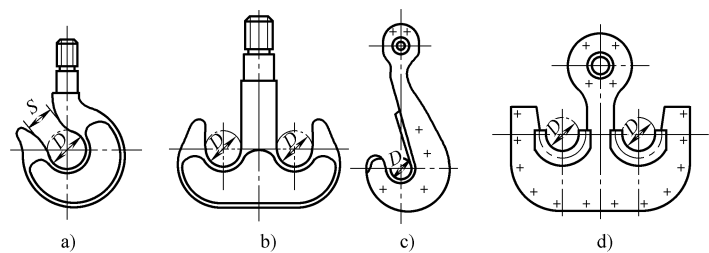


图 3-8 吊钩

a) 锻造单钩 b) 锻造双钩 c) 板式单钩 d) 板式双钩

(1) 吊钩危险断面 吊钩的危险断面如图 3-9 所示。

1) $B-B$ 断面 由于重物的重力通过钢丝绳作用在这个断面上，此作用力有切断吊钩的趋势，在该断面上产生剪切应力。钢丝绳或其他索具都吊挂 $B-B$ 处，这些索具经常对此处摩擦，该断面会因磨损而使其横截面积减小，从而增大了剪断吊钩的危险。

2) $C-C$ 断面 由于重物重力 Q 的作用，在该面上这个作用力有把吊钩拉断的趋势。这个断面位于吊钩柄柱螺纹的退刀槽处，该断面为吊钩最小断面，有被拉断的危险。

3) $A-A$ 断面 吊钩在重物重力 Q 的作用下，除了产生拉、切应力之外，还有把吊钩拉直的趋势。如图 3-9 所示，吊钩中心线以右的各断面除受拉伸之外，还受到力矩 M 的作用。

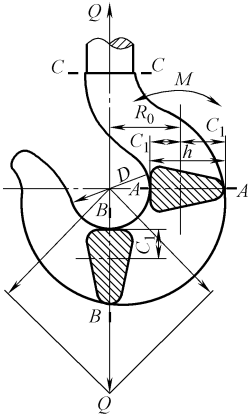


图 3-9 吊钩危险断面

在力矩 M 的作用下， $A-A$ 断面的内侧产生弯曲拉应力，外侧产生弯曲压应力。 $A-A$ 断面的内侧受力为 Q 力的拉应力和 M 力矩的拉应力叠加，外侧则为 Q 力的拉应力与 M 力矩的压应力叠加，这样内侧应力将是两部分拉应力之和，外侧应力将是两应力之差，即内侧应力将大于外侧应力，这就是把吊钩断面做成内侧厚、外侧薄的梯形或 T 字形断面的原因。

(2) 吊钩安全技术要求

1) 吊钩安全检查 在用起重机械的吊钩应根据使用状况进行定期检查，至少每半年检查一次，并进行清洗润滑。吊钩的检查方法是：先用煤油清洗吊钩体，后用 20 倍放大镜检查钩体是否有疲劳裂纹，尤其要对危险断面进行仔细检查；对板钩的衬套、销轴、轴孔、耳环等部件应检查其磨损情况；检查各紧固件是否松动。某些大型的、工作级别较高或使用在重要工况环境下的起重机械的吊钩，还要采用无损检测法检查吊钩

内、外部是否存在缺陷。

新吊钩在使用前,应根据吊钩上的标记进行负荷试验,确认合格后才允许使用。检验方法为:以递增方式逐步将载荷增至额定载荷的 1.25 倍,吊钩负载时间不少于 10min,卸载后吊钩不得有裂纹及其他缺陷,其开口度变形不应超过 0.25%。使用后有磨损的吊钩也应做递增的负荷试验,重新确定使用载荷值。

2) 吊钩报废标准 不准使用铸造吊钩。吊钩固定牢固,转动部位应灵活,钩体表面光洁,无裂纹、剥裂及有损伤钢丝绳的缺陷。钩体的缺陷不得补焊。为防止吊具自行脱钩,吊钩上应设置防止意外脱钩的安全装置。

当吊钩出现以下情况之一时应予以报废:①吊钩有裂纹时;②吊钩危险断面磨损量达原尺寸的 10% 时;③吊钩开口度比原尺寸增加 15% 时;④吊钩扭转变形超过 10° 时;⑤吊钩危险断面或吊钩颈部产生塑性变形时。

板钩部件出现以下情况应予以报废:①板钩衬套磨损量达原尺寸的 50% 时,衬套应报废;②板钩心轴磨损量达原尺寸的 5% 时,心轴应报废。

3.2.2 抓斗

抓斗是一种由机械或电动控制的自行取物装置,主要用于装卸散粒物料。若对抓斗的颚板进行必要的改造,抓斗还可用于装卸原木等其他物料。根据抓斗开闭方式不同,可分为单绳抓斗、双绳抓斗及电动抓斗,最常用的是双绳抓斗。

(1) 双绳抓斗 双绳抓斗构造如图 3-10 所示,由两个颚板 1、一个下横梁 2、四个撑杆 3 和一个上横梁 4 组成。另外还有使抓斗正常工作的支持绳(即起升绳)和开闭绳。支持绳与开闭绳分别绕到两个独立的卷筒上。支持绳直接固定在抓斗的头部,开闭绳在穿过下横梁的滑轮后固定在抓斗的头部上(即上横梁),滑轮组为开闭滑轮组,倍率为 2~6。

抓斗以张开的状态下降到物料堆上(见图 3-10a)。起升卷筒停止不动,开动开闭卷筒提升开闭绳,抓斗逐渐闭合(见图 3-10b),在自重作用下,抓斗颚板挖入料堆,抓取物料。当抓斗完全闭合后,立即开动起升卷筒,此时起升卷筒与闭合卷筒同时回转上升(见图 3-10c),将满载抓斗提升到

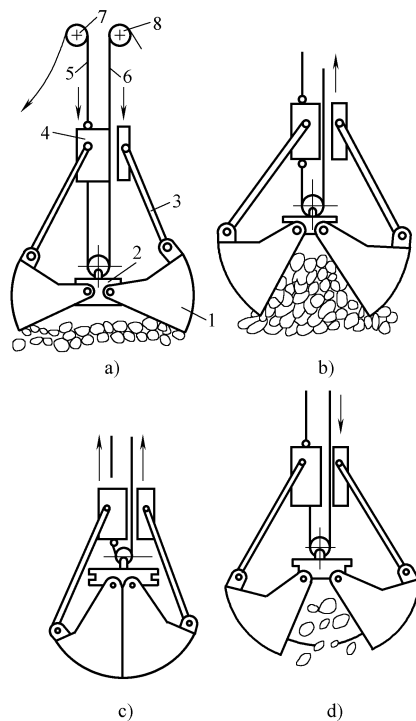


图 3-10 双绳抓斗构造及工作过程

a) 降斗 b) 闭斗 c) 升斗 d) 开斗

1—颚板 2—下横梁 3—撑杆

4—上横梁 5—起升绳 6—开闭绳

7—起升卷筒 8—开闭卷筒

一定高度。开动起重机械将抓斗移动到卸料地点，开动开闭卷筒下放开闭绳，支持绳维持不动，抓斗开始卸料（见图 3-10d）。总之，当起升绳与开闭绳速度相同时，抓斗就保持一定的开闭程度起升或下降；当起升绳与开闭绳速度不同时，抓斗就开、闭（见表 3-4 所示）。为使抓斗工作时稳定不易扭动，通常将支持绳和开闭绳成双布置，这时共有四根绳，故称为四绳抓斗，其原理与双绳抓斗的相同。

表 3-4 双绳抓斗工作过程

支持绳	降	停	升	停
开闭绳	降	升	升	降
抓斗动作	降	闭	升	升

双绳抓斗工作效率高，能抓取散碎物料的品种多，本身自重小，安装维修方便。

(2) 单绳抓斗 单绳抓斗只有一根工作绳，它起到双绳抓斗中支持绳和开闭绳的双重作用。单绳抓斗用于只有一个起升卷筒的普通起重机上。它的基本结构与双绳抓斗相同。单绳抓斗是靠特殊的闭锁装置来实现的，工作绳轮起支持绳和开闭绳的作用（见图 3-11）。其优点是可以作为普通吊钩起重机装卸散粒物料的备用装置。缺点是起重机有效的起升高度受到一定的限制，生产率比较低。单绳抓斗适用于装卸量不大的料场。

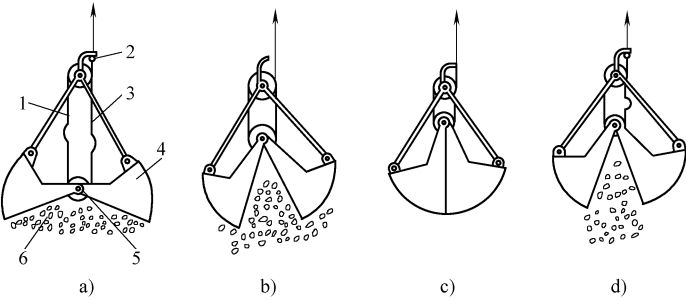


图 3-11 单绳抓斗工作原理

a) 升斗落于料堆上 b) 抓取物料 c) 起升 d) 升斗卸料
1—钢丝绳 2—钢球 3—开闭绳 4—抓斗 5—钢叉 6—料堆

(3) 电动抓斗（马达抓斗） 电动抓斗本身带有供抓斗开起和闭合的装置。如图 3-12 所示，是把标准电动葫芦装在抓斗头部作为开闭机构的电动抓斗。电动抓斗可作为普通吊钩起重机的备用取货装置。它的生产率比单绳抓斗高，但比双绳抓斗低。缺点是电动抓斗自重重大、重心高、易翻倒。

- 抓斗安全技术要求如下：
- 1) 刃口板应定期检查，发现裂纹应停止使用，有较大变形和严重磨损的刃口板应修理或更新。
 - 2) 铰链销轴应做定期检查，当发现销轴磨损量超过原直径的 10% 时，应更换销

轴；当衬套磨损超过原厚度的 20% 时，应更换衬套。

3) 双绳抓斗更换钢丝绳时，注意两套钢丝绳的捻向应相反，以防升降和开闭时钢丝绳在运行过程中互相缠绕或使抓斗回转摆动。

4) 抓斗闭合时，两水平刃口和垂直刃口的错位差及斗口接触处的间隙不得大于 3mm，最大间隙处的长度不应大于 200mm。

5) 抓斗张开后，斗口不平行差不得超过 20mm。

6) 抓斗起升后，斗口对称中心线与抓斗垂直中心线应在同一垂直面内，其偏差不得超过 20mm。

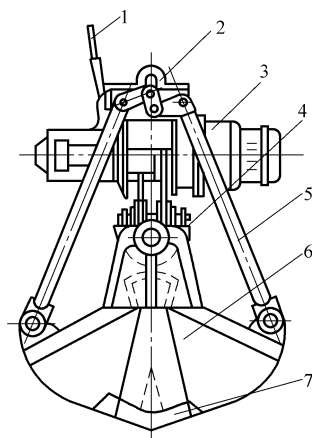


图 3-12 电动抓斗

1—电缆 2—吊环及上横梁 3—电动葫芦 4—动滑轮组及下横梁
5—撑杆 6—颧板 7—颧齿

3.2.3 起重电磁铁（电磁吸盘）

在装卸具有导磁性的黑色金属及其制品时，如果采用起重电磁铁（见图 3-13）作为取物装置，则可大大缩短钢铁材料及其制品的装卸时间和减轻装卸人员的劳动强度。在冶金厂、机械厂、冶金码头及铁路货场应用电磁吸盘装卸货物较多。它的缺点是自重重大、安全性能较差，且受温度及物料中锰、镍含量的影响较大。同时，起重电磁铁的起重能力与物料的形状和尺寸有关。

起重电磁铁的安全技术要求：

1) 每班使用前必须检查起重电磁铁电源的接线部位和电源线的绝缘状态是否良好，如有破损应立即进行修复。

2) 起重电磁铁的外壳与起重机应有可靠的电气连接。

3) 起重电磁铁的供电电路应与起重机主回路分离。

4) 吊运温度高于 200℃ 的钢铁物料时，应使用专用的高温起重电磁铁。

5) 起重电磁铁在吊运物料，特别是吊运碎钢铁时，不允许在人和设备的上方通过。

6) 电磁铁式起重机要装设断电报警装置，以使操作人员在供电电源断电后及时采取防范措施。

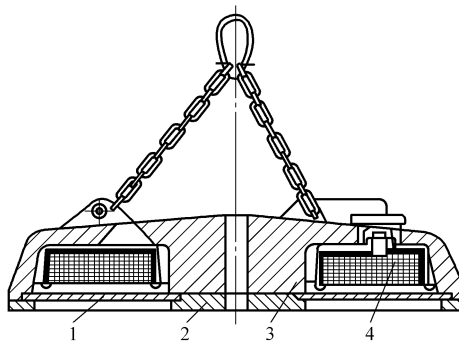


图 3-13 起重电磁铁组成

1—非磁性材料 2—极掌
3—铁壳子 4—线圈

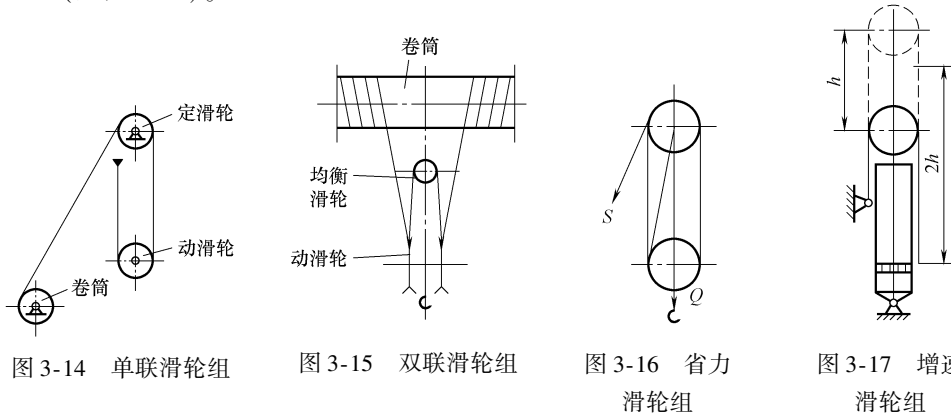
3.3 滑轮与卷筒

3.3.1 滑轮及滑轮组

在起重机械中，滑轮的主要作用是穿绕钢丝绳及改变钢丝绳的运动方向和省力。滑轮根据中心轴是否运动，分为动滑轮和定滑轮；根据制造方法，分为铸铁滑轮、铸钢滑轮、焊接滑轮、尼龙滑轮和铝合金滑轮等。滑轮组按构造形式可分为单联滑轮组（见图 3-14）和双联滑轮组（见图 3-15）。双联滑轮组用于桥式起重机中，单联滑轮组用于移动式起重机，而塔式起重机采用带有导向滑轮的单联滑轮组。滑轮组按工作原理分为：省力滑轮组（见图 3-16）和增速滑轮组（见图 3-17）。省力滑轮组应用在起升、变幅等机构中。增速滑轮组省时费力，起重作业中很少应用，常用于液压和气动的起升机构中。滑轮组省力的倍数（即滑轮组的倍率） m 的公式为

$$m = \frac{Z}{n}$$

式中， Z 为承载绳分支数； n 为绕入卷筒分支数，单联滑轮组 $n = 1$ ，双联滑轮组 $n = 2$ （见图 3-18）。



滑轮组的安全技术要求如下：①滑轮组润滑应良好，转动灵活，滑轮侧向摆动不得超过滑轮名义尺寸的千分之一。②滑轮罩及其他零件不得妨碍钢丝绳运行，应有防止钢丝绳跳出轮槽的防护装置。

滑轮有以下情况之一时，应报废：

①有裂纹或轮缘破损；②轮槽不均匀，磨损达 3mm 时；③轮槽壁厚磨损达原壁厚的 20% 时；④轮槽底部直径磨损量达钢丝绳直径的 50% 时；⑤滑轮轮槽表面光洁平滑，不应有损伤钢丝绳的缺陷；⑥起升链轮有裂纹或磨损量达到原尺寸的 20% 时。

3.3.2 卷筒

卷筒是用于起升、变幅机构上卷绕钢丝绳的部件。它除了卷绕、收存钢丝绳外，

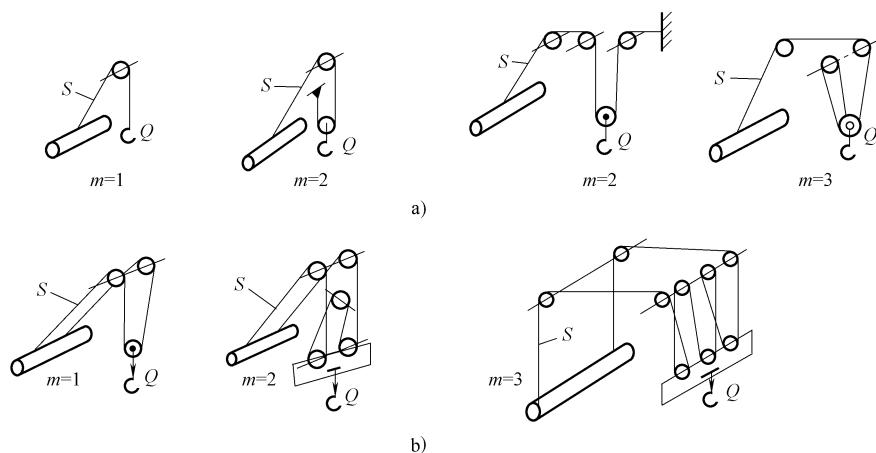


图 3-18 单、双联滑轮组倍率

a) 单联滑轮组倍率 b) 双联滑轮组倍率

还可传递动力，把旋转运动变为直线运动。大多数情况下，钢丝绳在卷筒上只绕一层，只有在起升高度很大，而卷筒长度又受到限制时才采用多层卷绕卷筒（如汽车起重机）。

桥式起重机卷筒上钢丝绳为一层卷绕，其卷筒表面加工成导向螺旋槽，有标准槽和深槽两种（见图 3-19）。只有当钢丝绳有脱槽危险时（如抓斗卷筒）才采用深槽螺旋槽。螺旋槽能增加钢丝绳与卷筒的接触面积，并保证钢丝绳排列整齐，防止相邻钢丝绳互相摩擦，从而提高钢丝绳的使用寿命。这是多层卷绕卷筒所无法比拟的。

卷筒一般采用不低于 HT300 的灰铸铁或球墨铸铁制造，大型卷筒也可用 Q235A 钢板焊成。卷筒部件常用的结构型式如图 3-20 所示，它主要由卷筒 1、轴 2、连接盘 3（见图 3-20a）或抗剪套 4、大齿轮 5、卷筒毂 6、轴承座 7、轴承 8、螺栓 9 等组成（见图 3-20b）。这两种结构型式的特点是卷筒轴只受弯矩而不受力矩。

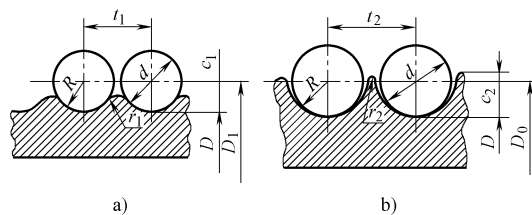


图 3-19 卷筒槽型

a) 标准型 b) 深槽型

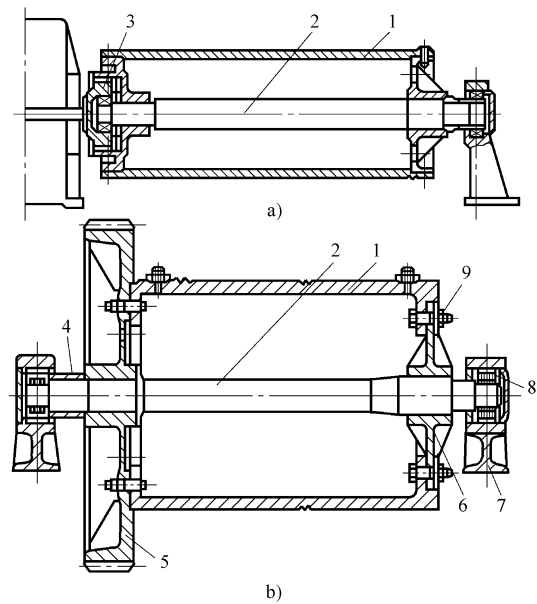


图 3-20 卷筒结构

1—卷筒 2—轴 3—连接盘 4—抗剪套 5—大齿轮
6—卷筒壳 7—轴承座 8—轴承 9—螺栓

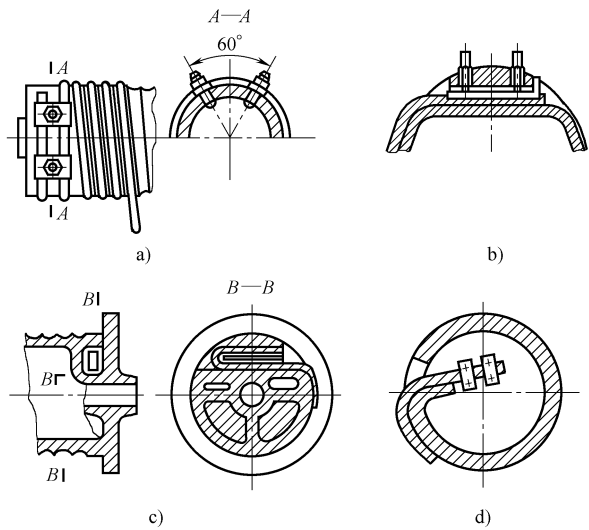


图 3-21 钢丝绳固定

钢丝绳在卷筒上的固定必须做到安全可靠，并便于检查和拆装。常用的固定方法如图 3-21 所示，图 3-21a、b、c 所示为用压板和压紧螺栓固定绳端，图 3-21d 所示为用楔

形块固定绳端，楔形块的斜度应在 1:4 ~ 1:5 之间，使其满足自锁条件。

在卷筒上钢丝绳一般要留 2 ~ 3 圈作为安全圈，以防钢丝绳受拉力直接作用在压板上造成事故。

多层缠绕的卷筒，其两端部应有凸缘，凸缘应当比最外层钢丝绳的直径高出 2 倍。

卷筒的安全检查有下面几项：①卷筒是承载及转动部件，其轴承要经常润滑，并定期检修，要求 1 ~ 2 月内做一次全检；②检查卷筒的圆柱面和筒毂有无裂纹；③卷筒上钢丝绳尾端的固定装置，应有防松和自紧的性能。对钢丝绳尾端的固定情况，应每月检查一次；④卷筒绳槽磨损深度不应超过 2mm，当超过 2mm 时，可重新车槽；⑤检查轮毂以及其上连接螺钉，轮毂上不得有裂纹，螺钉要紧固；⑥钢丝绳在卷筒上不应脱槽跑偏，当钢丝绳相对绳槽偏角过大时，钢丝绳就会与槽边产生摩擦，甚至跳槽，钢丝绳被切断。钢丝绳相对绳槽的允许偏角为 $\alpha \leq 4^\circ \sim 5^\circ$ ，当 $\alpha > 6^\circ$ 时，钢丝绳就可能跳槽。造成跳槽的原因有：吊钩滑轮组离卷筒的距离过小，此时可作适当的调整；也可能是由于吊钩滑轮组与卷筒安装位置偏斜；或是由于斜吊货物造成偏斜而使钢丝绳跳槽。

卷筒的报废标准：①有裂纹就应报废，换新卷筒；②卷筒壁磨损量超过原壁厚的 20% 时应报废。

3.4 减速器与联轴器

减速器是起重机械运行机构的主要部件之一，它的作用是传递转矩，减少传动机构的转速。减速器按传动类型可分为齿轮减速器、蜗杆减速器和行星减速器（摆线针轮减速器）。

3.4.1 斜齿圆柱齿轮减速器

1. 起重机用底座式减速器

此类减速器的型号为 QJR—D、QJS—D 和 QJRS—D，共有九种装配形式，（见图 3-22）和三种轴端形式。QJR—D 型减速器的公称传动比为 10 ~ 31.5；QJS—D 型和 QJRS—D 型减速器的公称传动比为 40 ~ 200。减速器的齿轮为斜齿圆柱齿轮。减速器的箱体底座用于固定减速器，具有刚度高的优点，适用于原来使用 ZQ 型减速器的起重机机构（见图 3-23）。

型号标记介绍：QJ——起重机减速器；R——二级齿轮传动；S——三级齿轮传动；RS——二、三级结合型齿轮传动；D——带底座。

减速器高速轴端为圆柱轴伸平键连接，输出轴端有三种形式：①P 型——圆柱形轴

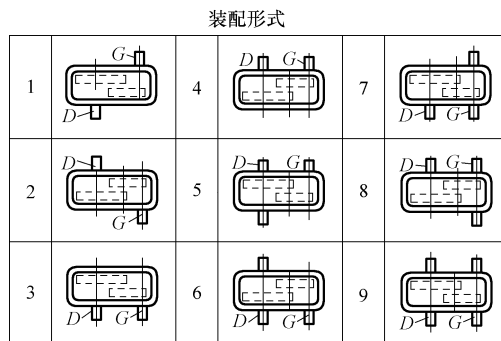


图 3-22 装配形式
G—高速轴 D—低速轴

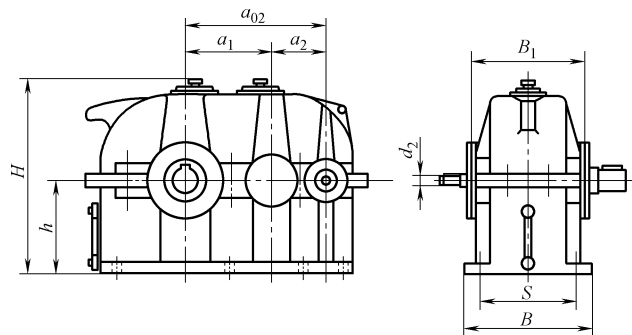


图 3-23 QJR—D 型减速器

伸，平键（单键）连接；②H 型——圆柱形轴伸，渐开线花键连接；③C 型——齿轮轴端（仅名义中心距为 236 ~ 560mm 的减速器具有这种轴端形式）。

2. 起重机用三支点减速器

起重机用三支点减速器就是三个支点 X 、 Y 、 Z ，其支撑形式如图 3-24 所示。这种减速器的优点是可以在一定的偏转角范围内调整、安装。安装形式有卧式（W）和立式（L）（见图 3-25）。

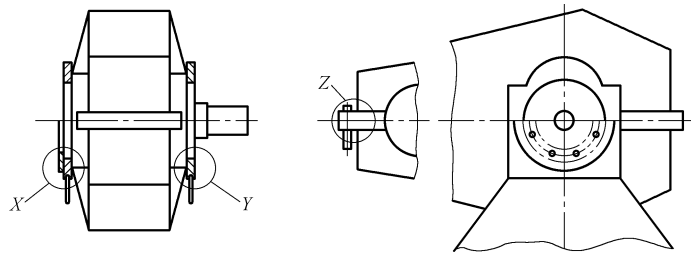


图 3-24 三支点减速器支撑形式

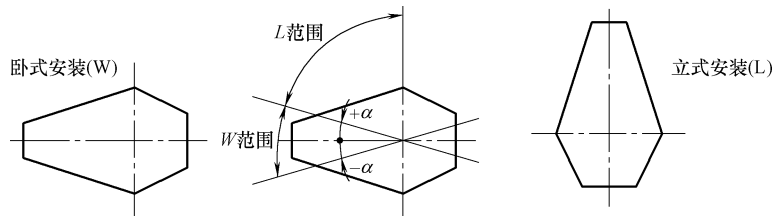


图 3-25 三支点减速器安装形式

三支点减速器的结构型式如图 3-26 所示。与底座式减速器相同的是，其型号标记均为 QJR—、QJS—、QJRS—，共有九种装配形式和三种轴端形式；不同的是，带底座式减速器一般为卧式安装，具有刚度高的优点，而三支点减速器稳定性好，有卧式和立式两种安装形式。

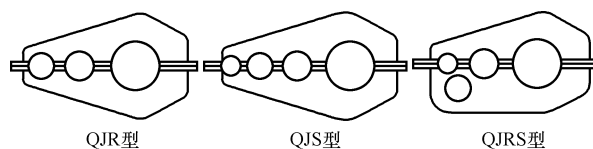


图 3-26 三支点减速器结构型式

3. 起重机用立式减速器

立式减速器的型号为 QJ—L, QJ—L 型立式减速器为三级传动, 有六种装配形式, 如图 3-27 所示。其公称传动比为 16 ~ 100, 轴端形式为高速轴和低速轴均采用圆柱形轴端, 平键连接。主要用于小车运行机构上。

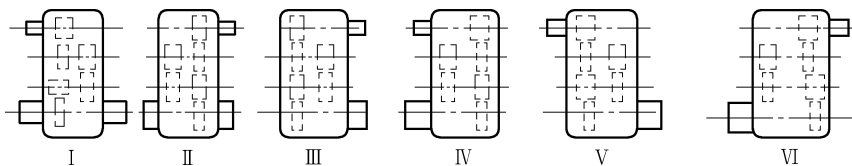


图 3-27 QJ—L 型立式减速器装配形式

4. 起重机用套装式减速器

套装式减速器主要适用于起重机的运行机构上, 其型号为 QJ—T, 结构型式为三级传动的立式减速器, 装配形式有四种 (见图 3-28)。

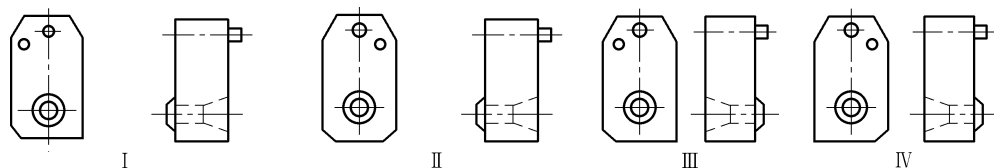


图 3-28 套装式减速器装配形式

QJ—T 减速器的轴端形式: 高速轴采用圆柱形轴伸, 平键连接; 低速轴采用空心式套轴, 锥形轴孔, 平键连接。

标记示例: 名义中心距 $a_1 = 200\text{mm}$, 公称传动比 $i = 40$, 装配形式为第Ⅲ种的起重机套装式减速器的标记为减速器 QJ—T 200—40Ⅲ (JB/T 8905.4—1999)。

5. 起重机用三合一减速器

起重机用三合一减速器主要用于起重量不大于 125t 的桥式、门式起重机的运行机构, 它采用渐开线圆柱齿轮、圆弧齿轮和圆锥齿轮传动, 配有带制动器的绕线电动机或带制动器的笼型电动机驱动, 其结构型式按电动机轴中心线与减速器输出轴中心线的相对位置可分为平行轴式和垂直轴式 (QSC) 两种, 结构如图 3-29、图 3-30 所示。其中平行轴式减速器按传动级数分为二级传动 (QSE 型) 和三级传动 (QSS 型) 两种减速器。

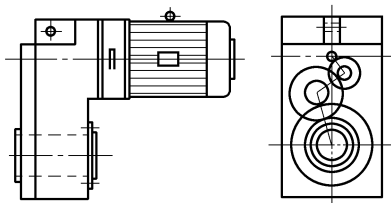


图 3-29 平行轴式减速器

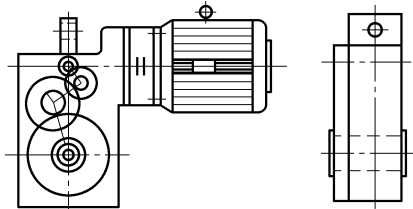
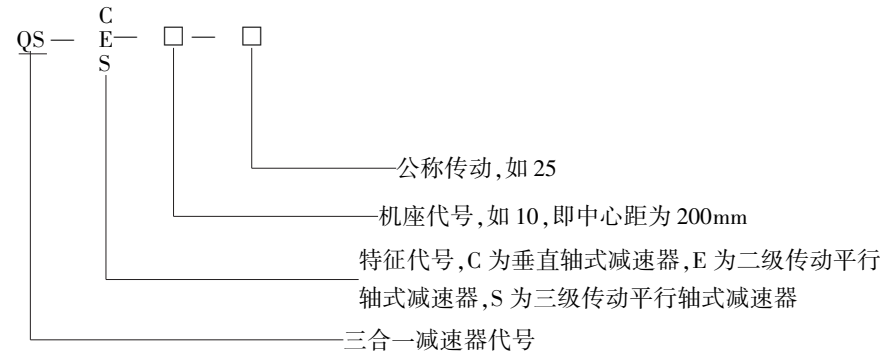


图 3-30 垂直轴式减速器

型号表示方法介绍：



6. 减速器安全技术要求

(1) 箱体

1) 材料：箱体采用铸铁件时，其力学性能应符合 GB/T 9439—2010 中 HT200 的规定。其中箱盖、箱座要进行自然时效或退火处理，以利消除铸件内应力。

三支点减速器采用焊接箱体，宜采用 Q235B 钢板（A₃）焊接，焊接箱体要对焊缝进行检查，主要焊缝应符合 GB/T 3323—2005 中规定的焊缝射线检测的Ⅱ级要求（焊缝内应无裂纹、未熔合和未焊透等缺陷）或 GB/T 11345—2013 中超声检测的 B 级检验中Ⅰ级的质量要求。焊接后应进行消除内应力的处理。

2) 错位量和密合性的要求：应按表 3-5 的规定符合技术要求。

表 3-5 错位量和密合性的要求 (单位：mm)

箱体总长度	≤600	≥600 ~ 1200	> 1200
上箱体与下箱体允许每边错位量	≤3	≤4	≤5
上箱体与下箱体自由结合后的密合性	≤0.05	≤0.1	≤0.15

分合面处的接触密合性检测时，塞尺塞入深度不得大于分合面的 $\frac{1}{3}$ ，并要求不准漏油。

(2) 齿轮、齿轮轴和轴 齿轮的齿圈应采用 35CrMo 钢的材料，调质硬度范围为 255 ~ 291HBW。轮齿部分要进行无损检测，不得有白点、裂纹和夹渣等缺陷。齿轮轴的材料为 42CrMo 钢，调质硬度范围为 291 ~ 323HBW。轴的材料为 45 钢（对于 QJ—L 和 QJ—T 型减速器采用 40Cr 钢，调质硬度为 241 ~ 286HBW）。花键轴和齿轮轴端的材

料为 40Cr 钢，调质硬度为 241 ~ 269HBW。尺寸公差带、位置公差及表面粗糙度应符合 JB/T 8905.1—1999 的要求。

(3) 装配要求 所有的静结合面均应涂密封胶，装配好的减速器不得渗油。用于减速器的分合面连接螺栓其强度等级不得低于 8.8 级，拧紧力矩应符合表 3-6 的规定。齿轮副的接触斑点要求为：沿齿高方向不得小于 40%，沿齿长方向不得小于 80%。

表 3-6 拧紧力矩

螺栓代号	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
拧紧力矩/N·m	43.1	74	181	352	618	1200	2050

(4) 减速器的润滑 卧式减速器采用油池飞溅润滑，立式减速器采用循环喷油润滑。减速器在空载试验时油温温升不得超过 25℃。负载时减速器油温温升不得超过 60℃，油池最高油温不得超过 80℃。

(5) 减速器噪声 减速器噪声标准见表 3-7。三合一减速器（QS 型）噪声标准见表 3-8。减速器噪声应符合表中规定。

表 3-7 减速器噪声标准

名义中心距/mm	≤280	>280 ~ 500	>500
噪声/dB(A)	80	85	根据传递功率查图的曲线

表 3-8 三合一减速器噪声标准

中心距/mm	125	160	200	250	315
机座代号	06	08	10	12	16
噪声/dB(A)	≤74	≤74	≤75	≤78	≤80

7. 齿轮减速器的安全检验

(1) 出厂检验

- 1) 检验其形式、外形尺寸、油漆及外观质量。
- 2) 空载试验，在额定转速下，正反方向各运转不少于 1h 后，做下列检验：①检查连接件、紧固件不得松动；②减速器的清洁度和密封性能应符合标准；③油温温升不得超标；④接触斑点符合标准要求；⑤噪声符合标准要求。

(2) 形式试验

- 1) 负载性能试验。
- 2) 超载试验。
- (3) 出示产品合格证明技术资料
- (4) 使用单位的检查
 - 1) 要经常检查地脚螺栓，不得有松动。
 - 2) 新减速器开始每季换一次油，使用一年后每半年至一年换一次油。
 - 3) 减速器内油温不应超过 65℃。
 - 4) 要经常监听齿轮的啮合声，正常时应均匀轻快，不得有噪声及撞击声。
 - 5) 传动齿轮出现下述情形之一时，应报废：①裂纹；②断齿；③齿面点蚀损坏达啮合面的 30%，且深度达原齿厚的 10% 时；④齿厚的磨损量达到表 3-9 所列数值时；

⑤吊运炽热金属或易燃易爆等危险品的起升机构，其传动齿轮的磨损限度达③、④项中数值的50%时报废。

表 3-9 齿轮齿厚允许磨损量比较的基准

用途		齿厚磨损达原齿厚的百分比(%)	
		第一级啮合	其他级啮合
闭式	起升机构	10	20
	其他机构	15	25
开式齿轮传动		30	

3.4.2 蜗杆减速器

1. 蜗杆减速器特点

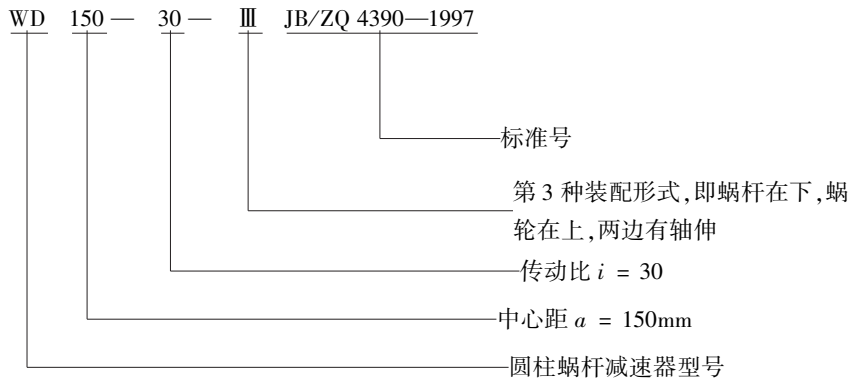
蜗杆减速器由蜗杆和蜗轮组成，用于传递交错轴间的运动和动力。通常两轴间的交错角 $\Sigma=90^\circ$ 。蜗杆减速器具有以下特点：①传动比大，且传动准确。设蜗杆头数为 Z_1 ，蜗轮齿数为 Z_2 ，当蜗杆旋转一周时，蜗轮必转过 Z_1 个齿，即旋转 Z_1/Z_2 周，其传动比为 $i=\frac{1}{Z_1/Z_2}=\frac{Z_2}{Z_1}$ 。通常 Z_1 较少（ $Z_1=1\sim4$ ），蜗轮齿数可很多，故可获得很大的传动比而使机构比较紧凑。单级蜗杆传动的传动比 $i\leq 100\sim300$ ，传递动力时常用 $i=7\sim60$ 。②传动平稳、无噪声。③可以实现自锁。④蜗杆传动的效率比较低。当 $Z_1=1$ 时，效率 $\eta=0.7\sim0.75$ ； $Z_1=2$ 时， $\eta=0.75\sim0.82$ ； $Z_1=3\sim4$ 时， $\eta=0.82\sim0.92$ 。具有自锁性能的蜗杆传动，当蜗杆为主动时 $\eta=0.4\sim0.45$ 。⑤蜗轮与蜗杆齿面间滑动速度较大，为了防止或减轻磨损及胶合，常需用青铜等贵重金属制造蜗轮，而钢制蜗杆齿面具有较高的硬度和光洁度。

蜗杆传动广泛地应用于冶金、矿山、起重运输、机床等各行业的机械设备中，其传递的功率不大（ $P\leq 50\sim60\text{kW}$ ），但结构很紧凑。

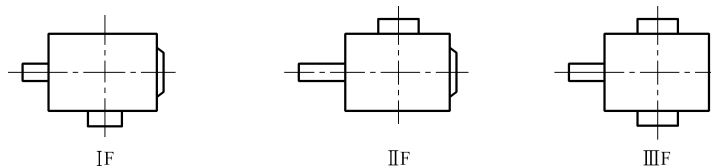
2. 几种典型蜗杆减速器

（1）圆柱蜗杆减速器 圆柱蜗杆减速器为一级传动的阿基米德圆柱蜗杆减速器，适用于蜗杆啮合处滑动速度不大于 7.5m/s ，蜗杆转速不超过 1500r/min ；工作环境温度 $为-40\sim40^\circ\text{C}$ ，并可正、反方向运转的场合。

1) 型号标记：



蜗杆减速器的装配形式（F—带风扇）有以下三种：



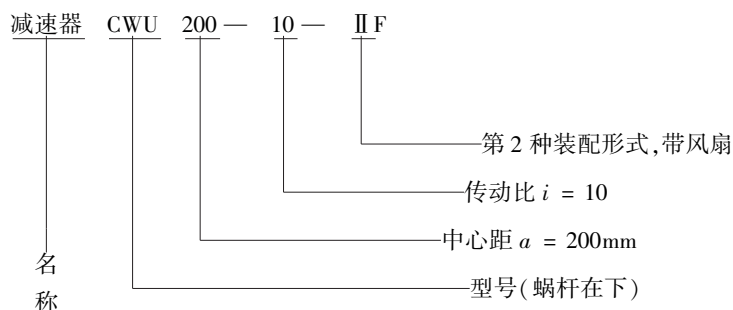
2) 基本参数：①中心距（mm）为 80、100、120、150、180、210、250、300、360。②模数 m （沿蜗杆轴线截面模数）为 2.5、3、3.5、4、4.5、5、6、7、8、9、10、12、14、16、18、20。

3) 传动比 i （略）。

(2) 圆弧圆柱蜗杆减速器（JB/T 7955—2010 替代 JB/T 7935—1999、GB/T 9147—1988）

CWU（蜗杆在下）、CWS（蜗杆在侧）、CWO（蜗杆在上）为单级圆弧圆柱蜗杆减速器，主要适用于冶金、矿山、起重运输、化工建筑等行业的机械设备的减速传动，蜗杆为圆环面包络圆柱蜗杆（ZC1 蜗杆）。标准减速器的工作条件：蜗杆转速不超过 1500r/min；工作环境温度为 $-40 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ；当工作环境温度低于 0°C 时，起动前润滑油必须加热到 0°C 以上，当工作环境温度高于 40°C 时，必须采取冷却措施；蜗杆轴可正、反两向运转。

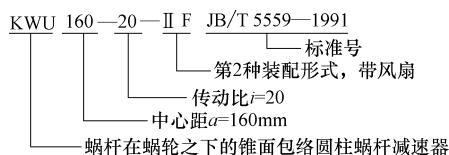
标记示例：



其他资料见有关产品样本。

(3) 锥面包络圆柱蜗杆减速器（JB/T 5559—1991） 此类减速器适用于冶金、矿山、起重、运输、化工、建筑及轻工等行业。工作条件为：蜗杆转速不超过 1500r/min；工作环境温度为 $-40 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，当工作温度低于 0°C 时，起动前润滑油必须加热到 0°C 以上或采用低凝固点的润滑油；可正、反双向运转。

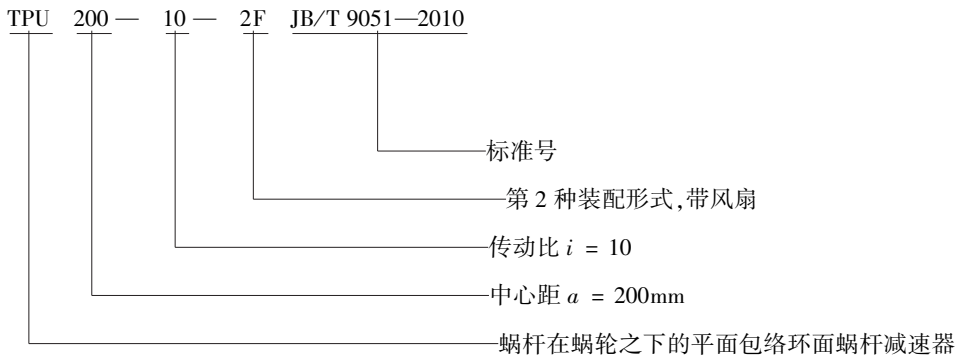
型号标记示例：



- KWO——蜗杆在蜗轮之上的锥面包络圆柱蜗杆减速器；
- KWS——蜗杆在蜗轮之侧的锥面包络圆柱蜗杆减速器

(4) 平面包络环面蜗杆减速器 (JB/T 9051—2010) 平面包络环面蜗杆减速器适用于蜗杆转速不超过 1500r/min、工作环境温度为 -40 ~ 40℃、蜗杆轴可正反两方向旋转的单面平面包络环面蜗杆减速器，主要应用于冶金、矿山、起重、运输、化工、建筑等行业的各种机械设备中。该类型减速器分 TPG (通用型)、TPU (蜗杆在蜗轮之下)、TPS (蜗杆在蜗轮之侧)、TPA (蜗杆在蜗轮之上) 四个形式及其系列。减速器型号中的“TP”表示以直齿或斜齿的平面蜗轮为产形轮展成的环面蜗杆传动，“G”表示通用型 (蜗杆可以在蜗轮之下、之上、之侧、立侧)，“U”“S”“A”分别表示蜗杆在蜗轮之下、之侧、之上。

标记示例：



3. 蜗杆减速器的安全技术要求

- 1) 机体和端盖：机体采用铸铁件，材料采用 HT200，并应进行时效或退火处理。轴承孔的圆柱度、同轴度及轴承孔端面与轴线的垂直度应符合技术条件的要求。机体不得渗漏油液。
- 2) 蜗杆、蜗轮和蜗轮轴：蜗杆采用 16MnCr 钢锻件，蜗轮轮缘材料采用铸造锡青铜 ZCuSn10Zn2，蜗轮轴采用 45 钢。
- 3) 装配要求：空载试验后检验蜗轮轴的接触斑点，要求沿齿长应不小于 50%，沿齿高应不小于 55%。机体等处涂漆完好，减速器腔内的清洁度应符合要求。减速器不应渗漏，减速器的噪声应控制在 70 ~ 75dB (A) 范围内。
- 4) 润滑蜗杆蜗轮啮合副应采用专用润滑油，轴承采用飞溅润滑。减速器油池温升不应超过 80℃，油池温度不得超过 100℃。

3.4.3 行星减速器

1. 轮系概念

轮系一般分为定轴轮系和周转轮系两种。在图 3-31a 所示的周转轮系中，内齿轮 3 以角速度 ω_3 绕固定轴线 O_3 转动；构件 H 带着齿轮 2 及轴线 O_2 以角速度 ω_H 绕固定轴线 O_H (即 O_1 、 O_3) 转动，因为齿轮 2 同时和齿轮 1、3 相啮合，所以轮 1 便在 ω_1 及 ω_H 这

两种运动共同作用下以 ω_1 的角速度绕固定轴线 O_1 转动。在这种轮系中只要给定 1、3 和 H 中任意两个构件的运动规律，余下的一个构件的运动就完全确定了。这种轮系也称为行星轮系。如图 3-31b 所示，使内齿轮 3 固定不动（即 $\omega_3 = 0$ ），只需知道构件 H 的运动规律，就能完全确定齿轮 1 的运动，反之亦然。这种轮系称为行星轮系。如果在如图 3-31a 所示的周转轮系中使臂架 H 固定不动，此时行星轮 2 只能绕其固定轴线 O_2 转动，绕轴线 O_H 的公转没有了，这样周转轮系就变成了定轴轮系（见图 3-31c）。

周转轮系不仅可以由圆柱齿轮所组成，也可以由圆锥齿轮所组成，但必须保证两个太阳轮的轴线 O_1 、 O_3 重合。

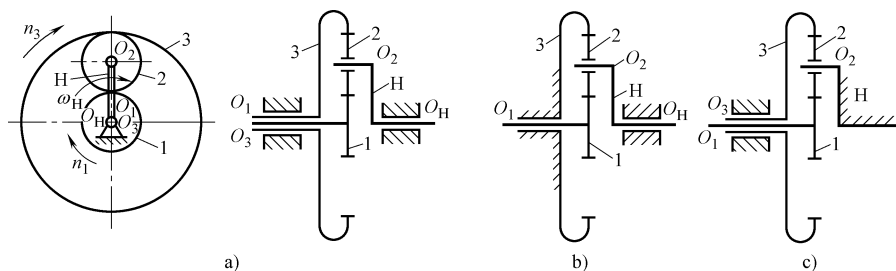


图 3-31 轮系分类

a) 周转轮系 b) 行星轮系 c) 定轴轮系

1、2、3—齿轮 H—构件

2. 行星齿轮减速器分类

行星齿轮减速器可根据基本构件分类，也可按齿轮啮合方式分类。行星齿轮传动的基本构件包括太阳轮（中心轮），用 K 表示；行星轮用 G 表示；转臂用 H 表示；输出轴用 V 表示。行星齿轮传动装置有 2K—H 机构、3K 机构、K—H—V 机构等（见图 3-34）。按齿轮啮合方式分为：内啮合用 N 表示；外啮合用 W 表示，G 表示公用行星轮。

(1) 2K—H 类轮系 拥有两个太阳轮（2K），一个转臂（H）的周转轮系属于 2K—H 类轮系。常用的 2K—H 类轮系的几种形式如图 3-32 所示。

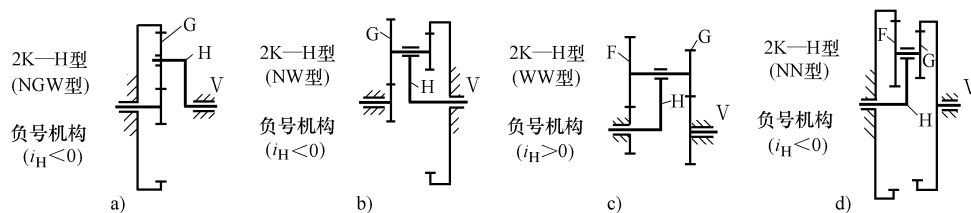


图 3-32 2K—H 类轮系机构简图

G—行星轮 H—转臂 V—输出轴 K—太阳轮

1) NGW 型轮系如图 3-34a 所示，该型轮系是由内、外啮合和公用行星轮组成，结构简单、轴向尺寸小、工艺性好、效率高。NGW 型轮系的传动比较小，但能多级串联

成传动比大的轮系，这样就克服了单级传动比较小的缺点，所以 NGW 型成为动力传动中应用最多、传递功率最大的一种行星传动。

2) NW 型轮系：如图 3-32b 所示，该型轮系由一对内啮合和一对外啮合齿轮组成，由于把行星轮做成双联齿轮，因此其为双排内外啮合，没有公用齿轮。与 NGW 型相比，NW 型的传动比范围大、效率相仿、轴向尺寸大、结构较复杂、工艺性差一些。当传动比大于 7 时，径向尺寸显著减小。

3) WW 型轮系：如图 3-32c 所示，该型轮系由双排两对外啮合齿轮组成。其突出的特点是能通过调整四个齿轮的齿数，轻易得到很大范围的传动比，但其效率低，并随传动比增加而急剧下降。

4) NN 型轮系：如图 3-32d 所示，该型轮系由双排两对内啮合齿轮组成。通过调整行星轮与中心轮的齿数关系，可以得到传动比范围比 NGW 型的大；但效率低，传动比大到一定程度会出现自锁。与 WW 型相比，NN 型轮系的尺寸紧凑、效率稍高，所以 NN 型轮系用于小功率、短时、间断工作制的传动装置中。

(2) 3K 类轮系 如图 3-33a 所示，该类轮系由 a、b、c 三个太阳轮、转臂 K 和双联行星轮组成。由于转臂 K 不承受外力矩，仅起支承行星轮的作用，故不是基本构件。三个太阳轮是基本构件，按拥有基本构件情况，将此类轮系称为 3K 类轮系。3K 类轮系可用圆柱齿轮组成，也可以用圆锥齿轮组成，但由圆锥齿轮组成的 3K 类轮系，由于工艺上很困难，且无实际使用价值，故不应采用。

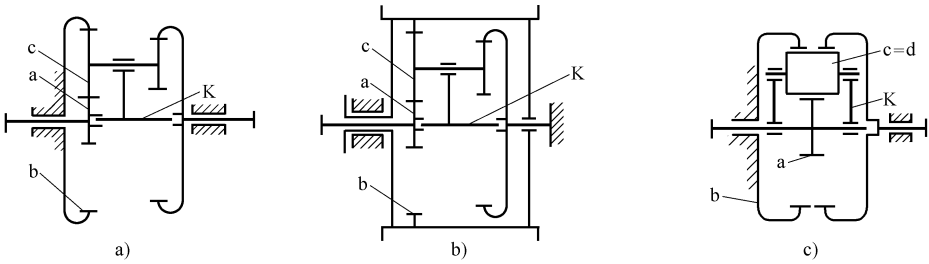


图 3-33 3K 类轮系机构简图 (NGWN 型)
a、b、c—太阳轮 K—转臂 d—行星轮

图 3-33 所示的 3K 轮系按啮合方式称为 NGWN 型。此型轮系可以以较小的尺寸实现小于 500 的传动比，且可以组成串联的多级 NGWN 型轮系。与 NGW 型轮系比较，NGWN 型轮系效率低，且随传动比的增加而显著降低，工艺性也差。该轮系只适用于小功率的、短時間断性工作制的动力传动装置。图 3-33a，是一个转动的太阳轮和一个固定的太阳轮共用一个行星轮；图 3-33b 为两个转动的太阳轮与同一个行星轮相啮合，且分别为输入、输出构件；图 3-33c 是 c 和 d 齿数相同的 NGWN 型轮系，工艺性比较好，但效率略有降低。

(3) K—H—V 类轮系 在图 3-34 所示的 K—H—V 类轮系中，基本构件为内齿太阳轮 b、转臂 H 和构件 V，按啮合组成属于 N 型，称为 N 型轮系。K—H—V 类轮系仅

有 N 型一种形式。如图 3-34a 所示，太阳轮内齿 b 固定，当转臂 H 输入运动时，行星轮 G 除被迫绕自身轴心轴自转外，还跟随转臂 H 绕主轴线公转。因行星轮与构件 V 不同心，所以必须借助于一个输出机构，才能把转动传给构件 V，这个输出机构称为 W 机构。常用的输出机构有销轴式、浮动盘式、滑块式等，应用得最多的是销轴式。如图 3-34b 所示，构件 V 固定，转臂 H 输入，太阳轮内齿圈 b 输出，如与卷筒连接，就成了行星卷扬了（汽车吊行星卷筒）。

N 型轮系的传动比是靠一对内啮合齿轮的齿数差实现的，当齿数差为 1（还有 2、3、4）时，即为一齿差行星传动，此时传动比最大，所以又称为少齿差行星齿轮传动。N 型轮系中的齿轮用渐开线齿形时，称为渐开线少齿差行星齿轮传动，其结构如图 3-35 所示。它由偏心轴（即系杆 H）1、行星齿轮

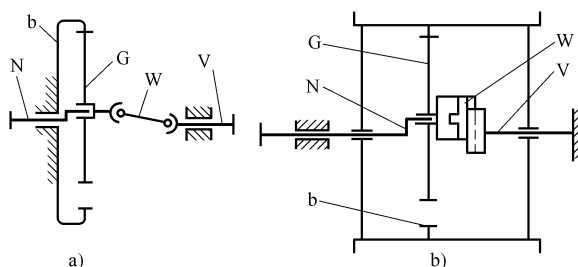


图 3-34 K—H—V 类轮系（N 型）

b—太阳轮 H—转臂 V—构件 W—输出机构 G—行星轮

2、内齿轮 3、销套 4、销轴 5、转臂轴承 6、输出轴 7 和壳体等零件组成。为了抵消轴上所受的轴向力和获得较好的平衡，该减速器采用了两个互成 180° 安装的行星齿轮 2，转臂也相应地制成 180° 的双偏心轴。

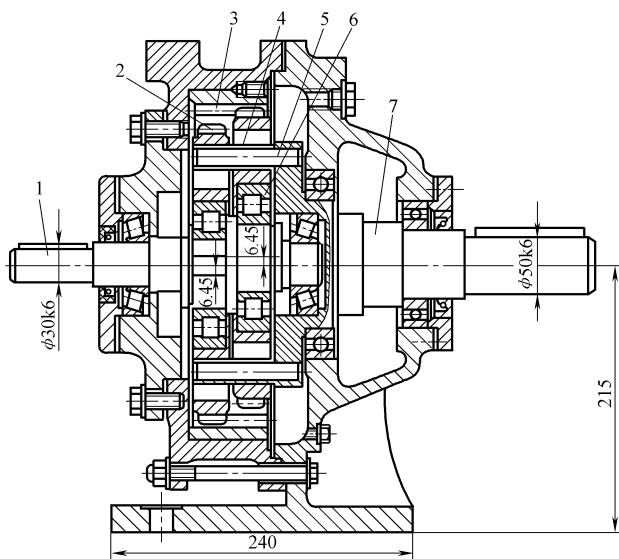


图 3-35 销孔式少齿差行星齿轮减速器

1—偏心轴 2—行星齿轮 3—内齿轮 4—销套
5—销轴 6—转臂轴承 7—输出轴

渐开线少齿差行星传动的优点：①传动比大，单级传动的 i 可达 135，两级传动可达 10000 以上；②结构简单，体积小，重量轻，与同功率传动比的普通齿轮减速器相比，重量可减轻 $\frac{1}{3}$ 以上；③加工方便，维修容易；④效率较高，单级减速器的效率可达 0.8 ~ 0.94。

渐开线少齿差行星传动的缺点：①因齿数差很少，为了避免轮齿发生干涉现象，必须采用变位齿轮，其几何尺寸计算比较复杂；②在制造上，对输出机构精度要求较高；③由于采用正变位齿轮，啮合角增大，齿轮所受径向力增大，故轴和轴承受载也较大。

此类减速器应用在起重、运输、仪表、轻化、化工及食品等工业部门。

N 型轮系中的齿轮除用渐开线齿形外，还有用针轮内齿、摆线外齿的，称为摆线针轮少齿差行星齿轮传动。

3.4.4 摆线针轮减速器

1. 摆线针轮减速器结构

摆线针轮减速器的结构如图 3-36 所示。

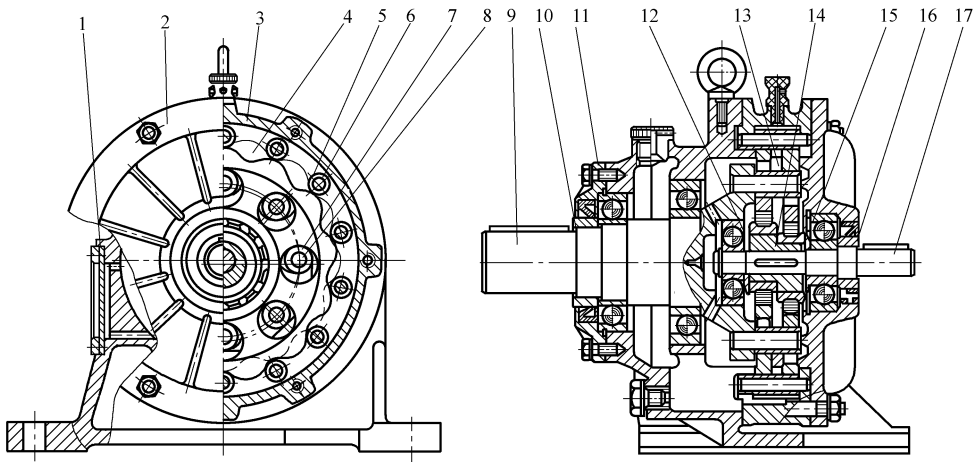


图 3-36 摆线针轮减速器

- 1—机座 2—端盖 3—太阳轮 4—摆线行星轮 5—针齿套 6—针齿销 7—销套
8—销轴 9—输出轴 10—紧固环 11—小端盖 12—垫圈 13—间隔环
14—双偏心套 15—垫圈 16—紧固环 17—输入轴

平行曲柄机构的构造如图 3-37 所示。

为了保证行星轮与输出轴的角速比恒等于 1，即使 $\omega_9 = \omega_4$ ，还应当使行星轮上销孔直径 d_k 等于输出轴圆盘上轴套的外径 d_i 加上两倍的偏心距 e ，即 $d_k = d_i + 2e$ 。

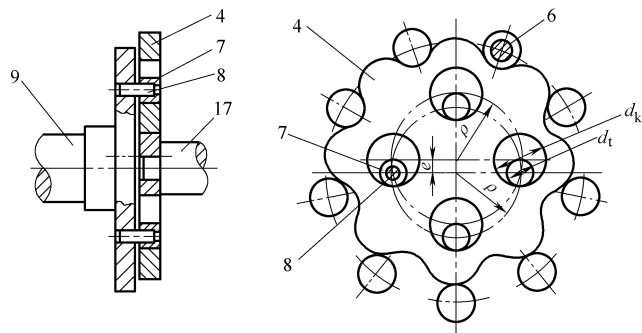


图 3-37 平行曲柄机构

4—摆线行星轮 6—针齿销 7—销套 8—销轴 9—输出轴 17—输入轴

2. 摆线针轮行星传动优点

1) 传动比范围大，单级传动比为 11 ~ 87，两级传动比为 121 ~ 5133，三级传动比可达 20339。

2) 传动效率高，单级传动可达 0.90 ~ 0.97。

3) 体积小、重量轻，与相同功率和传动比的普通齿轮减速器相比，体积和重量均可减少 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 。

4) 使用寿命长，因所有接触部分均为滚动摩擦，故寿命长，与普通齿轮减速器相比，寿命提高 2 ~ 3 倍以上。

5) 理论上，行星轮的全部轮齿和针轮都能同时接触，几乎有半数的齿可以传递载荷和运动，所以承载能力大，耐冲击，过载能力较大，同时传动平稳、无噪声。

3. 摆线针轮行星传动缺点

1) 摆线、针齿销、针齿套、柱销和柱销套等零件均需采用 GCr15 轴承钢制造。

2) 摆线齿轮加工比渐开线齿轮困难，需要专门机床和刀具。

3) 摆线针轮啮合中无可分性，对中心距要求严格，因此对零件制造精度要求较高。

4) 由于体积小，散热条件较差，尤其是大功率传动中，散热问题比较突出。

3.4.5 联轴器

联轴器是轴与轴之间的连接件，在起重机上是用来连接电机轴与减速器及传动轴之间的连接件。

1. 联轴器种类

联轴器按其工作性质可分为刚性联轴器和补偿联轴器两种，其中刚性联轴器不能补偿轴向和径向位移，而补偿式联轴器可以补偿轴向和径向位移。

起重机在工作时，由于桥架会产生弹性变形和水平旁弯，采用补偿式联轴器在箱形

结构的桥式起重机上（特别是集中驱动的大车运行机构）具有特殊的意义，它可以保证桥架在具有一定弯曲变形的状态下，起重机能有较好的运转性能。起重机上常用的补偿式联轴器主要有十字联轴器和齿轮联轴器。十字联轴器主要用于减速器低速轴出端与车轮之间的连接。20 世纪 80 年代起已不再采用十字联轴器，而是改用全齿轮联轴器。现代的起重机各机构中使用最多的是齿轮联轴器，如图 3-38、图 3-39 所示。

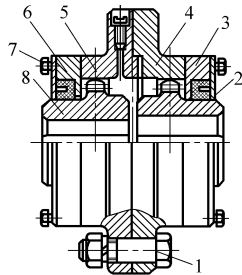


图 3-38 CL 型全齿轮联轴器

1—连接螺栓 2、8—外齿套 3、6—密封盖
4、5—内齿圈 7—橡胶密封圈

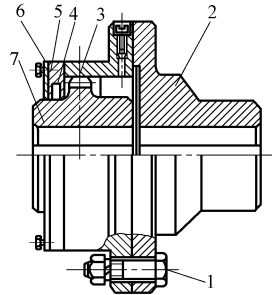


图 3-39 CLZ 型半齿轮联轴器

1—连接螺栓 2—半联轴器 3—内齿圈
4—橡胶密封圈 5—密封盖 6—压盖
7—外齿套

齿轮联轴器能补偿综合位移。其内齿做的较长，外齿做的较短，以补偿轴向位移，齿侧留有较大间隙及外齿齿顶做成球面（圆弧中心位于轴线上），用于补偿径向位移和角位移，为了增大补偿量有时还将外齿做成桶形齿，如图 3-40 所示。齿轮联轴器允许最大径向位移 $y=0.4 \sim 5.0\text{mm}$ （随直径改变），最大角位移 $d \leq 30'$ 。轮齿齿廓为渐开线，压力角等于 20° ，齿数为 $30 \sim 80$ 个，内外齿数相等。半齿轮联轴器用在浮动轴两端，或与制动轮结合成带制动轮的半齿轮联轴器。

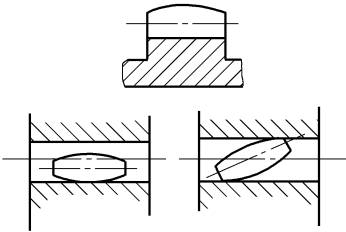


图 3-40 补偿综合位移

齿轮联轴器的优点是传递转矩大，允许被连接轴之间有较大偏移量，工作可靠；缺点是制造复杂，成本较高。

2. 联轴器的安全使用

齿轮联轴器在使用中的主要问题是齿的磨损。磨损的原因包括润滑不良、安装精度不高、相邻部件支座刚度不够、地脚螺栓及桥架变形等多种因素。具体安全使用要求为：①安装联轴器时两轴要对中，尽可能减少轴心线歪斜和径向位移；②联轴器的螺栓要拧紧，不得有松动；③联轴器的键应配合紧密，不得松动；④齿轮联轴器要定期润滑，一般 2~3 个月要求加注润滑脂一次；⑤齿轮联轴器齿宽接触长度不得小于齿宽的 70%，其轴向窜动不得大于 5mm；⑥齿轮联轴器的齿厚磨损达到原齿厚的 15% 时，应予以报废；⑦当齿轮联轴器出现裂纹或断裂时，应予以报废。

3.5 制动器

3.5.1 制动器用途

制动器是保证起重机械安全、可靠、准确运行的重要部件。起升机构中的制动器应能保证吊运的重物随时停在空中；运行机构中的制动器使其在一定时间内或一定的行程内停下来；露天作业或在坡道运行的桥式起重机上的制动器还有防止风吹动或下滑的作用。

一般是将制动器装在传动机构的高速轴上，即设在电动机轴或减速器的输入轴上。某些安全制动器则装在低速轴或卷筒轴上，以防传动系统断轴时物品坠落。另外，在特殊情况下，制动器还可根据工作需要实现降低或调节机构运行速度。

3.5.2 制动器的结构原理及种类

1. 制动器的结构原理

制动器通常由制动轮、带制动瓦的左右制动臂、主弹簧、辅助弹簧、拉杆、制动间隙调整装置及驱动部分组成。驱动形式一般有电磁驱动、液压驱动和液压电磁驱动。制动器的工作原理为驱动装置未动作前，制动臂上的瓦块在弹簧张力的作用下经过推动拉杆紧紧抱住制动轮，且相互之间摩擦力使制动轮保持停止的原状态。当通电驱动装置动作时，电磁铁（或液压装置）产生推拉力驱动推动拉杆，并使主弹簧被压缩，驱使左、右制动瓦块与制动轮分离，制动轮释放失去制动作用。当驱动装置失去动力时，主弹簧恢复原状态带动左、右制动瓦块抱紧制动轮，使制动轮连同轴一块停止运行，达到制动目的。

动力驱动的起重机械的起升、变幅、运行、旋转机构都必须装制动器。人力驱动的起重机械，起升和变幅机构必装制动器或停止器。

2. 制动器的种类

按其工作状态，制动器可分为：①常开式制动器，其经常处于松闸状态，需要制动时通过处力上闸制动；②常闭式制动器，其经常处于上闸状态，机构工作时借外力使制动器松闸；③综合式制动器，其在通电工作情况下为常开状态，可通过操作系统随意进行制动，断电不工作时制动器上闸成为常闭。

按其结构型式制动器可分为：带式制动器、块式制动器、液压瓦块制动器、盘式制动器、圆锥式制动器。

（1）带式制动器 带式制动器工作原理如图 3-41 所示，钢质制动带 2 紧抱住制动轮 1 的外表面，通过摩擦力矩使制动轮 1 停止转动。带式制动器上闸（制动带紧靠在制动轮上）是依靠制动器坠重 3 来实现的，松闸（制动带离开制动轮）是依靠电磁铁 4 来实现的（通电后吸起坠重杠杆向上转动）。

带式制动器制动力矩的大小取决于制动带在制动轮上的包角 α 、制动带与制动轮

之间的摩擦系数和制动的坠重的大小等。为了增加制动带与制动轮间的摩擦系数，需要在制动带的内表面上钉摩擦垫片，如皮革、石棉制动带和辊压带等。带式制动器的优点为结构简单、紧凑，并能随着包角的增加而产生较大的制动力矩，在制动过程中冲击小，故在某些移动起重机中仍有应用。其主要缺点为制动轴受很大弯曲力的作用；由于制动带的单位压力不均匀，因而摩擦垫片的磨损也不均匀；某些带式制动器不适用于逆转机构。由于带式制动器存在上述诸多缺点，故在许多地方已被结构更为合理的块式制动器所代替。

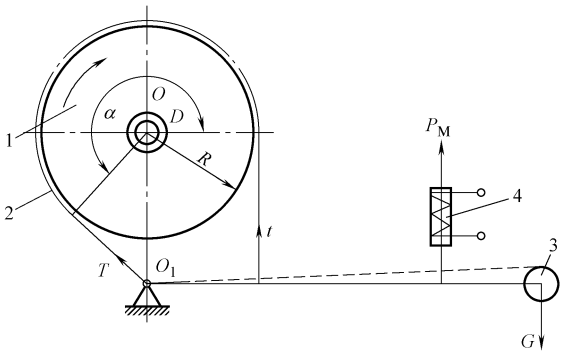


图 3-41 带式制动器工作原理

1—制动轮 2—制动带 3—坠重 4—电磁铁

(2) 块式制动器 块式制动器结构简单、工作可靠，因而在起重机械中得到广泛的应用。双瓦块常闭式制动器的松闸多用电磁铁来实现，根据用途和结构不同，可分为短行程和长行程两种。

1) 短行程电磁块式制动器。此种制动器结构如图 3-42 所示。

短行程制动器的调整：①主弹簧工作长度的调整。为了使制动器产生相应的制动力矩必须调整主弹簧，调整方法如图 3-43 所示。②电磁铁行程的调整（见图 3-44）。③制动轮间隙的调整。如图 3-45 所示。按表 3-10 的数据，把衔铁推在铁心上，制动瓦块即松开，然后调整螺栓来调整间隙，使两侧间隙相等。

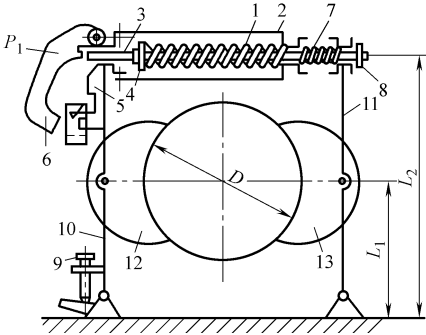


图 3-42 短行程电磁块式制动器

1—主弹簧 2—框形拉杆 3—推杆 4—螺母
5—电磁铁心 6—衔铁 7—副弹簧 8—螺母
9—调整螺母 10—左制动臂 11—右制动臂
12—左制动瓦块 13—右制动瓦块 P_1 —衔铁的吸力

表 3-10 短行程制动器制动瓦块与制动轮间隙 (单位: mm)

制动轮直径	100	200/100	200	300/200	300
允许间隙	0.6	0.6	0.8	1	1

短行程电磁块式制动器的特点：松闸、上闸动作迅速；制动器的质量轻，外形尺寸小；由于铰链少（与长行程相比），所以松闸器的此行程小；由于制动瓦块与制动轮之间是铰链连接，所以瓦块与制动轮的接触均匀，磨损也均匀，也便于调整。但短行程制动器由于动作迅速，吸合时的冲击直接作用在整个制动器的机构中，所以制动器上的螺

钉容易松动，导致制动器失灵，工作可靠性降低，因此必须经常检查调整；并且由于制动行程小、动作快，所以在惯性作用下起重机桥架往往产生剧烈振动。

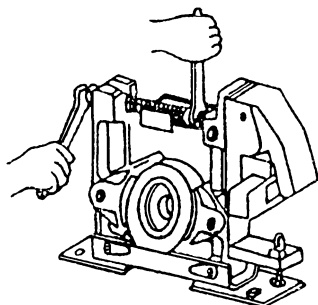


图 3-43 调整制动力矩

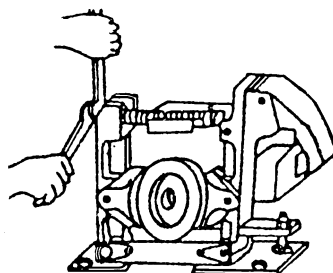


图 3-44 调整工作行程

2) 长行程电磁块式制动器。要求制动力矩大的机构多采用长行程电磁块式制动器，长行程电磁块式制动器靠弹簧和杠杆系统重力上闸，电磁铁松闸。其工作原理与短行程制动器相似，如图 3-46 所示。

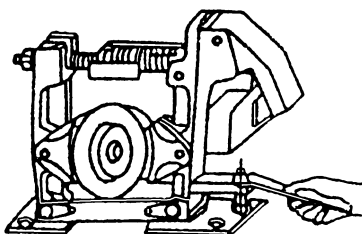


图 3-45 调整间隙

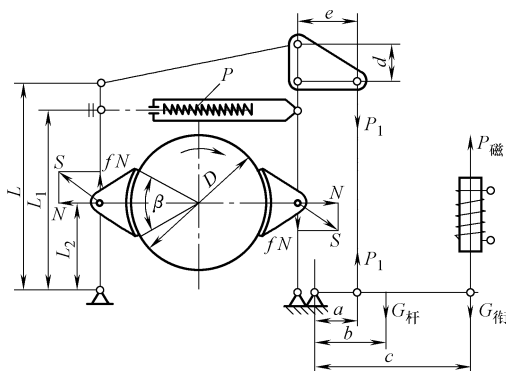


图 3-46 长行程电磁块式制动器工作原理

调整制动力矩的方法有：①调整主弹簧长度：如图 3-47 所示，用调整锁紧螺母 7 来调节主弹簧长度，然后用两个螺母锁紧。②调整电磁铁冲程：拧开螺母 2 和 3，转动螺杆 1 和 5。制动瓦块在磨损前，衔铁应有 25 ~ 30mm 的冲程。③调整制动瓦块与制动轮之间的间隙：抬起螺杆 1，制动瓦块自动松开，调整螺杆 5 和螺栓 9，以使制动瓦块与制动轮之间的间隙在表 3-11 所示的范围内，且两侧间隙应均匀。

表 3-11 长行程制动器制动瓦块与制动轮间隙

制动轮直径/mm	200	300	400	500	600
间隙/mm	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
液压推杆行程/mm	20	20 ~ 22	22 ~ 25	25	

长行程电磁块式制动器的特点：长行程电磁块式制动器结构简单，工作时制动力矩稳定，闭合动作较快，其制动力矩可通过调整弹簧的张力进行较为精确的调整，安全性较高。但因其电磁铁冲击力大，引起传动机构的振动。它的弱点正是液压瓦块式制动器的优点。

(3) 液压瓦块式制动器 液压瓦块制动器就是瓦块式制动器的松闸动作采用液压松闸器。其优点是制动器起动和制动平稳，没有声音，每小时操作次数可达 720 次。目前使用较多的是液压电磁推杆瓦块式制动器（见图 3-48）。液压电磁推杆瓦块式制动器的结构如图 3-49、图 3-50 所示。

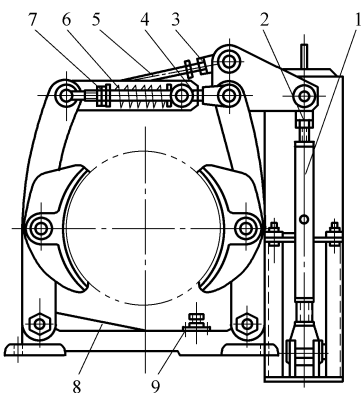


图 3-47 长行程电磁块式制动器的调整

- 1、5—螺杆 2、3—螺母 4—拉杆
6—主弹簧 7—锁紧螺母 8—底架
9—螺栓

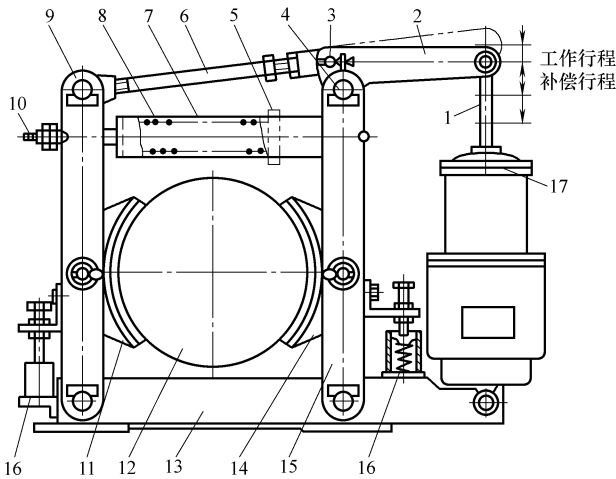


图 3-48 液压电磁推杆式制动器

- 1—推杆 2、10—拉杆 3、4—销轴 5—弹簧挡环 6—螺栓
7—弹簧架 8—主弹簧 9—左制动臂 11、14—瓦块
12—制动轮 13—支架 15—右制动臂
16—调整两侧松闸间隙相等的装置 17—液压松闸器

液压瓦块式制动器的调整：①制动力矩（即主弹簧工作长度）的调整与前述调整方法相同。②调整推杆工作行程。调整方法为松开推杆的锁紧螺母，转动推杆，在保证制动瓦块最小的退距的前提下，液压推杆的行程越小越好。调完后锁紧推杆上的锁紧螺母（符合表 3-11 所示的要求）。③调整制动瓦块与制动轮间的间隙。松开液压推杆上的锁紧螺母，用手抬起液压推杆到最高位置，再松开自动补偿器的锁紧螺母，旋动调整螺栓，使制动瓦块与制动轮间的间隙符合表 3-11 所示的要求。

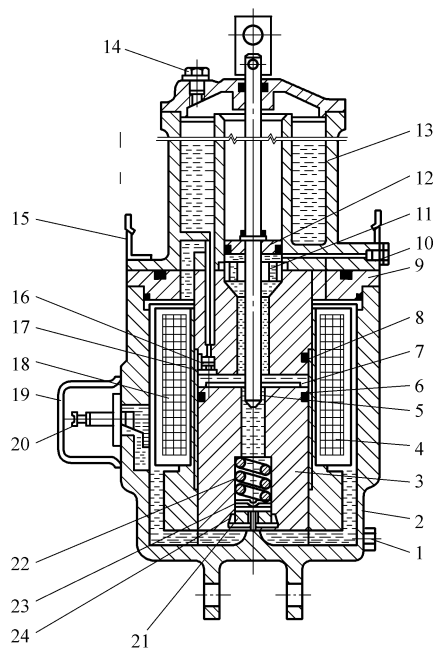


图 3-49 液压电磁铁结构

- 1—放油螺塞 2—底座 3—动铁心 4—绝缘圈
5—推杆 6—密封环 7—垫 8—引导套
9—静铁心 10—放气螺塞 11—轴承 12—活塞
13—液压缸 14—注油螺塞 15—吊耳
16—齿形阀片 17—齿形阀 18—线圈
19—接线盒 20—接线柱 21—下阀体
22—弹簧 23—带孔阀座 24—下阀片

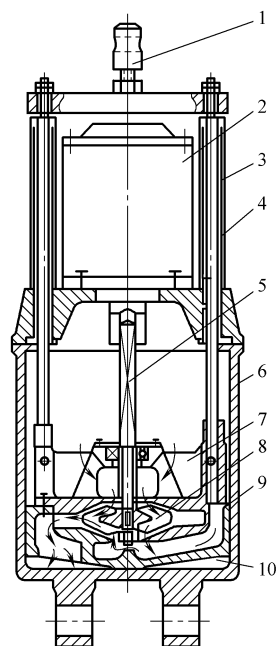


图 3-50 叶轮式液压推杆

- 1—连接头 2—空心轴电动机
3—推杆 4—防尘管 5—方轴
6—液压缸 7—活塞盖 8—叶轮
9—活塞 10—压力油腔

(4) 盘式制动器 盘式制动器由固定盘、转动盘、弹簧及电磁铁组成。上闸时由弹簧力的作用，使固定盘和转动盘压紧而产生制动力矩。松闸时电磁吸力克服弹簧压力而使固定盘与转动盘分开，制动轮转动（见图 3-51）。盘式制动器多用在 TV 型电动葫芦上。

(5) 锥形制动器 锥形制动器（见图 3-52）是用锥形盘代替圆盘的一种制动器，其制动原理如图 3-53 所示。CD 型、AS 型、DH 型电动葫芦均采用锥形制动器。电动葫芦在额定载荷下制动时，载荷下滑距离超过 1/100 额定起升高度时，制动器应进行调整。调整时先将轴端锁紧螺钉 1 拆下，再旋转调整螺母 2，调整后要试车观察电动机轴的窜动量，一般为 1.5mm 为宜。当反复调整载荷下滑距离仍达不到要求时，应检查锥形制动环是否已达到报废标准。当锥形制动环磨损达原厚度的 50% 或磨损量超过了电动机轴允许的最大调整量时，即应更换锥形制动环 4。

盘式制动器与锥形制动器的调整方法相似，只是摩擦制动片形式不同而已。

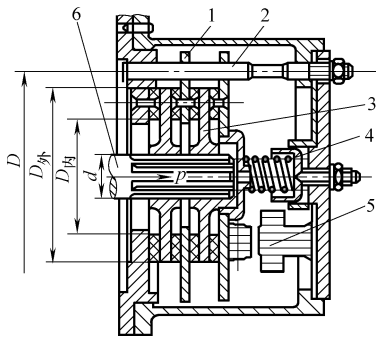


图 3-51 盘式制动器示意图

1—固定盘 2—导杆 3—转动盘
4—弹簧 5—电磁铁 6—电动机轴

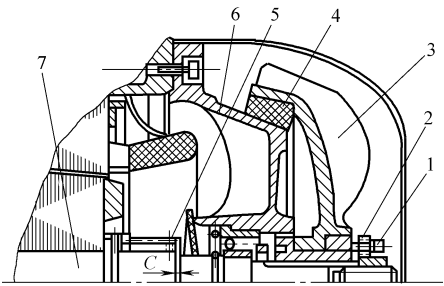


图 3-52 锥式制动器

1—锁紧螺钉 2—调整螺母 3—风扇制动轮
4—锥形制动环 5—弹簧 6—后端盖
7—电动机轴

3.5.3 制动器的维护保养与报废

经常地检查和保养制动器是一项非常重要的工作。在每个工作班开始工作前，均应检查起重机械的起升机构的制动器。

1. 检查要点

1) 注意检查制动电磁铁的固定螺栓是否松动脱落；检查制动电磁铁是否有剩磁现象。

2) 制动器各铰接点应转动灵活，无卡滞现象，杠杆传动系统的“空行程”不应超过有效行程的 10%。

3) 检查制动器的温度，一般不得高于环境温度 120℃。

4) 制动时制动瓦应紧贴在制动轮上，且接触面不小于理论接触面积的 70%；松开制动时制动瓦块上的摩擦片应脱离制动轮，两侧间隙应均等。

5) 液压电磁铁的线圈工作温度不得超过 105℃；液压推动器在通电后的油位应适当。

6) 电磁铁的吸合冲程不符合要求而导致制动器松不开制动时，必须立即调整电磁铁的冲程。

2. 制动器保养

1) 制动器的各铰接点应根据工况定期进行润滑工作，至少每隔一周润滑一次，在高温环境下工作的应每隔三天润滑一次；润滑时不得将润滑油沾到摩擦片或制动轮的表面上。

2) 及时清除制动轮与制动摩擦片之间的灰尘。

3) 液压电磁推杆制动器的驱动装置中的油液每半年更换一次。如发现油内有机械杂质，应将该装置全部拆开，用汽油把零件洗净，再进行装配，密封圈装配前应先用清洁的油液浸润一下，以保证安装后的密封性能。但在清洗时，线圈不许用汽油清洗。

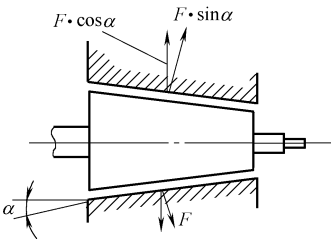


图 3-53 锥形制动原理

3. 制动轮维护

1) 制动轮的摩擦表面出现深度在 0.5mm 以上的环形沟槽时, 会使制动轮与摩擦片的接触面积减小, 导致制动力矩降低, 应拆下制动轮进行磨削加工, 再装配后可重新使用, 不必再经淬火热处理。

2) 制动轮的摩擦表面经修理加工后, 比原直径小 3 ~ 4mm 时, 应重新车削加工后经淬火处理, 磨削后才能使用。

3) 制动轮的制动表面不得沾染油污, 当有油污时, 应使用煤油清洗。

4. 制动装置零件的维修与报废

1) 制动器架各铰接点经磨损造成松旷, 导致无效行程超过制动驱动装置工作行程的 10% 时, 应对各铰接点进行修理。

2) 各铰链处的销轴, 其直径磨损超过原直径的 5% 或椭圆度超过 0.5mm 时, 均应更换销轴。更换时, 应修整销轴孔, 恢复圆度, 再根据孔径配制新的销轴。轴孔直径磨损超过原直径的 5% 时, 也应重新修整轴孔, 配制新的销轴。

3) 制动瓦块上摩擦片的磨损超过原厚度的 50%, 或有缺损和裂纹时, 应报废更换新的摩擦片, 更换时铆钉埋入制动摩擦片的深度应超过原厚度的 $\frac{1}{2}$ 。

4) 制动装置的零件出现裂纹时应报废。

5) 制动弹簧出现塑性变形时应更换。

6) 起升、变幅机构的制动轮, 当轮缘厚度磨损达原尺寸的 40% 时应报废。其他机构的制动轮, 轮缘磨损厚度达原厚度的 50% 时应报废。

7) 制动轮的轴孔与传动轴连接的键出现松动时, 应更换制动轮和传动轴。

8) 制动轮凹凸不平度达 1.5mm 时允许修理。修复后轮缘厚度要符合前面的第 6) 条要求时可继续使用, 否则应报废。

3.6 车轮与轨道

车轮是用来支撑起重机械和载荷、并在轨道上使起重机械往复运行的装置。轨道承受起重机械车轮的轮压, 并引导车轮运行。起重机械常用的轨道有四种, 即起重机专用钢轨、铁路钢轨、方钢轨道和工字钢轨道。轻小型起重设备的葫芦小车车轮和悬挂梁式起重机大车车轮通常在工字梁下翼缘上运行, 此时的工字梁即为起重机械的葫芦小车轨道和大车轨道。

3.6.1 车轮

车轮按轮缘形式可分为双轮缘、单轮缘和无轮缘三种。轮缘的作用是导向和防止车体脱轨。通常大车车轮采用双轮缘, 高度为 25 ~ 30mm; 小车车轮采用单轮缘, 高度为 20 ~ 25mm; 无轮车轮只能用于车轮两侧具有水平导向滚轮的装置中。适当增加轮缘高度, 可减少轮缘磨损。

车轮按踏面形式可分为圆柱形、圆锥形和鼓形轮三种。圆柱形车轮多用于从动轮,

也可用于主动轮。圆锥形车轮用作起重机大车驱动轮，通常锥度为1:10，安装时将车轮直径大的一端安装在跨度内侧，这样运行平稳，自动走直效果好。圆锥鼓形车轮踏面为圆弧形，主要用于电动葫芦悬挂小车和圆形轨道起重机，用以消除附加阻力和磨损。小车车轮采用单轮缘圆锥形踏面时，轮缘一端应安装在轨道的外侧。

1. 车轮损坏的几种情况及原因

车轮是最易磨损的零件之一。在工作中，车轮损坏的形式有踏面剥落、压陷、早期磨损以及轮缘的磨损和塑性变形等。

造成上述损坏形式的原因是：①表面淬火的车轮，由于硬化深度浅（约为4~5mm），车轮所承受的最大剪应力超过淬硬层的深度，踏面上出现大片剥落。②不淬火的车轮踏面，由于硬度低，工作时有局部塑性变形，从而出现鳞片状磨削，造成早期磨损。有时因制动力矩过大，制动时车轮在轨道上打滑，形成了局部磨损，使车轮踏面上出现深沟或车轮不圆等现象。③表面局部压陷多因铸造车轮踏面层下存在疏松、缩孔、砂眼等缺陷，在单位压力较大时就会出现凹坑。④轮缘的磨损和塑性变形是由于车轮或轨道安装的质量不佳等原因，造成车轮啃道，使轮缘逐渐磨损并产生塑性变形，接触部分的表面因冷缩硬化而呈鳞片状剥落，啃轨越重，磨损越快。

2. 车轮的安全技术要求

- 1) 检查车轮各个部位，包括车轮的踏面、轮缘和轮辐，发现裂纹时应更换车轮。
- 2) 车轮踏面的径向跳动不应大于直径的公差。
- 3) 车轮踏面在下列情况时允许修理：①圆柱形踏面的两主动轮的直径差为车轮直径为 $\phi 250 \sim \phi 500\text{mm}$ 时，不大于0.125mm；车轮直径为 $\phi 600 \sim \phi 900\text{mm}$ 时，不大于0.30mm。②圆柱形踏面的两从动轮的直径差为车轮直径为 $\phi 250 \sim \phi 500\text{mm}$ 时，不大于0.50mm；车轮直径为 $\phi 600 \sim \phi 900\text{mm}$ 时，不大于0.90mm。③圆锥形踏面直径偏差大于名义直径的1/1000时，应重新加工修理。④在使用过程中，踏面剥落、擦伤面积大于2cm、深度大于3mm时，允许修理，否则应更换。
- 4) 装配后的车轮组，车轮基准端面摆幅不得大于0.1mm，轮缘的壁厚偏差不应大于3mm，装配后的车轮组应转动灵活。

3. 车轮出现下列情形之一，应报废

- 1) 车轮有裂纹时应报废。
- 2) 车轮材质为球墨铸铁时，当车轮材质没有达到标准规定的球化要求、硬度、强度及延伸率时，应报废。
- 3) 车轮轮缘磨损厚度达原尺寸的50%时应报废。
- 4) 车轮轮缘厚度弯曲变形量达原厚度的20%时应报废。
- 5) 车轮踏面经磨损出现软点时应报废。
- 6) 车轮踏面磨损量达原尺寸的15%时应报废。
- 7) 车轮踏面因疲劳出现剥落时应报废。
- 8) 运行速度 $\leq 50\text{m/min}$ 时，车轮椭圆度达1mm时应报废；当运行速度 $> 50\text{m/min}$ 时，车轮椭圆度达0.5mm时应报废。

3.6.2 轨道

中小型起重机的小车轨道通常采用 P 型铁路钢轨或方钢，大型起重机的小车、大车可采用 P 型铁路钢轨和 QU 型起重机专用轨（见表 3-12）。

表 3-12 钢轨的选用

车轮直径/mm	200	300	400	500	600	700	800	900
起重机轨道	—	—	—	—	—	QU70	QU70	QU80
铁路轨道	P15	P18	P24	P38	P38	P43	P43	P50
方钢	40	50	60	80	80	90	90	100

葫芦式起重机的小车及悬挂式起重机的大车轨道常用工字钢作为轨道。

轨道固定分为小车和大车固定。小车轨道的固定常用如图 3-54 所示的压板方式固定。压板焊在主梁 4 的上盖板表面上，P 型轨的位置精度一般由厂家确定。以前有用方钢作为小车轨道，因对车轮磨损大，现已很少采用了，多用 P 型轨。大车轨道的固定分为室内和室外两种。室内大车轨道固定多采用混凝土中腿子柱子固定，也有采用金属支架固定的（对于小吨位）。其上用螺栓加压板固定，如图 3-55 所示。起重机室外轨道的固定同铁路轨道固定。

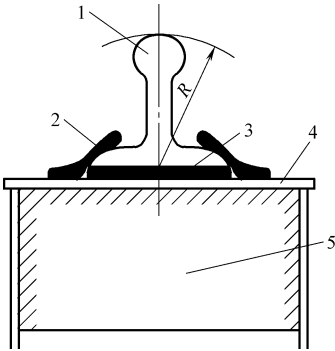


图 3-54 P 型轨固定示意图
1—P 型轨 2—压板 3—垫板
4—主梁 5—筋板

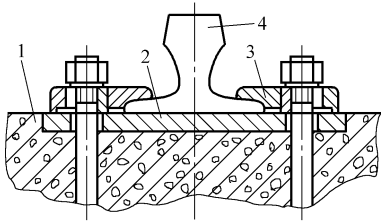


图 3-55 QU 轨固定
1—混凝土梁 2—垫板
3—压板 4—QU 轨

钢轨通常用含碳、锰较高的钢材制成，使它的断面具有足够的强度与韧性，同时顶面具有足够的硬度。轨道在长期的使用中会出现变形、垫板脱落或其他不正常现象，因此，应定期进行安全检查。

安检内容：

- 1) 检查钢轨、螺栓、夹板有无裂纹、松脱和腐蚀。如发现裂纹应及时更换新件，如有其他缺陷应及时修理。钢轨上的裂纹可用线路轨道探伤器检查。裂纹分为垂直于轨道的横裂纹、顺着轨道的纵向裂纹和斜向裂纹。如果产生较小的横向裂纹，可采用鱼尾板连接；斜向或纵向裂纹则要去掉有裂纹部分，换新轨道。
- 2) 钢轨顶面若有较小的疤痕或损伤时，可用电焊补平，再用砂轮修光。轨顶面和

侧面磨损（单侧）都不应超过3mm。

3) 鱼尾板的连接螺栓不得少于4个，一般应有6个。

4) 小车轨道每组垫铁不应超过两块，长度不应小于100mm，宽度应比钢轨底面宽10~20mm。两组垫铁间距不应小于200mm。垫铁与轨道底面实际接触面积不应小于名义面积的60%，局部间隙不应大于1mm（用塞尺检查）。

5) 轨道的调整：轨道的接头可做成直接头，也可以做成45°斜接头，一般接头的缝隙为1~2mm，在寒冷地区冬季施工或安装时应考虑温度缝隙一般为4~6mm。接头处两轨顶面高度差不得大于1mm，侧面直线度不大于2mm。

6) 两轨道同一截面高度差不得大于10mm。每根轨道沿长度方向，每2m测量长度不得大于2mm，全长上不得超过15mm。

轨道出现下列情形之一时报废。

1) 工字钢、H钢等悬挂型轨道的磨损量达到以下指标时应报废：支承车轮的轨道踏面（工字钢、H钢下翼缘上表面被车轮踏面磨损部位）的磨损量达原尺寸的10%时；支承车轮的轨道翼缘宽度磨损量达原尺寸的5%时。

2) 轻、重型起重机钢轨及方钢等支承型轨道的磨损量达到以下指标应报废：支承车轮轨道踏面的磨损量达原尺寸的10%时；轨道面宽度磨损量达原尺寸的5%时。

3) 起重机运行轨道有疲劳龟裂、疲劳剥落等缺陷时应报废。

4) 起重机运行轨道出现局部横向塑性变形或局部扭转等塑性变形，影响起重机正常运行，如果出现严重的啃轨、跑偏、蛇行等故障时应报废。

5) 起重机运行轨道的固定采用螺栓压板固定装置时，如果出现轨道固定松动、侧移等，经修理仍不能保证可靠牢固地固定时，螺栓压板固定装置应报废（原因找准）。

6) 起重机运行轨道的固定采用焊接连接或焊接压板装置时，如果固定连接焊缝有裂纹或开焊应补焊，如失去补焊意义了就应该报废焊接压板。

第4章 起重机安全防护装置

起重机的安全防护是指对起重机在作业时产生的各种危险进行预防的安全技术措施及安装必要的安全防护装置。安全防护装置是否配备齐全，装置的性能是否可靠，是起重机安全检查的重要内容。

按安全检查的要求，起重机、安全防护装置可分为“应装”和“宜装”两个要求等级。“应装”是强制必须装设的，属于“应装”要求的安全防护装置及设施，检查中如发现缺失、失灵，必须限期补齐、改正，以恢复功能。“宜装”是非强制性的要求，在条件不具备时暂不要求，有条件的建议最好安装。

4.1 安全防护装置的种类及技术要求

1. 安全防护装置的种类

按其作用来分，安全防护装置可分为以下四种。

(1) 安全装置 指通过自身的结构功能，限制或防止起重作业的某种危险发生的装置。安全装置可以是单一功能装置，也可以是与防护装置联用的组合装置。安全装置还可细分为：①限制起重量或起重力矩的装置，即起重量限制器、起重力矩限制器。②限制工作范围界限的装置，即起升高度限制器、行程限制器。③保证正常起重工作的装置，即制动器、极限力矩联轴器、起重机防碰撞装置、缓冲器、防滑装置、安全开关、紧急开关等。

(2) 防护装置 指通过设置实体障碍，将人与危险隔离。如走台栏杆、暴露的活动零部件的防护罩、导电滑线防护板、电气设备的防雨罩，以及起重作业范围内临时设置的安全栅栏等。

(3) 安全信息提示和报警装置 该装置是用来显示起重机工作状态的装置，也是人们用以观察和监控过程的手段。有些装置与控制调整联锁，有些装置兼有报警功能。属于此类装置的有：偏斜调整和显示装置、幅度指示仪、水平仪、风速风级报警器、登机信号按钮、倒退报警装置、危险电压报警器等。

(4) 其他安全防护措施装置 包括照明、信号、通信、安全色标等。

各种类型的起重机应该按国家标准规定装设安全防护装置，并在使用中及时检查、维护，使其保持正常工作性能。若发现性能异常，应马上修理或更换。

2. 安全防护装置的技术要求

安全功能是安全防护装置的基本功能，安全防护装置必须满足与其保护功能相适应的安全技术要求。

1) 安全防护装置零部件的强度和可靠性作为其安全功能的基础，应在规定的使用

期限内，不因零部件失效而使安全防护装置丧失主要安全功能。

2) 安全装置应具有切实的安全保护功能和足够的灵敏性，不应出现漏保护区；在危险事件发生时，能及时停止危险过程，或立即阻断可能对人造成伤害的通道。

3) 装置的结构形式设计合理，符合安全人机学要求，不可因为任何附加危险而成为新的危险源。显示安全装置的布置应遵从重要性原则，将对实现安全目标有重要影响的，布置在操作者方便观察的最佳位置，防止或减少误读导致的误判断、误操作。

4) 防护装置应是进入危险区的唯一通道。固定防护装置的结构要坚固耐用，防护装置有开口、间隙的部位应满足安全距离的要求，使人不可能从开口处接触危险或从间隙部位跌落。

5) 光电式、感应式安全装置应具有自检功能，当安全装置自身出现故障时，应使被防御的机器危险动作不能发生或停止执行，并触发报警器。

4.2 极限位置限制器

极限位置限制器的功能是保证工作机构在运动中，当接近极限位置时，自动切断前进的动力源并停止运动，防止行程越位。极限位置限制器有两类：一类是保护起升机构安全运行的升降极限位置限制器；另一类是限制运行机构的运行极限位置限制器。

1. 升降极限位置限制器

升降极限位置限制器的作用是当吊具上升到最高极限位置时，自动切断起升动力源，卷筒停止转动，吊具不再继续升高，避免吊具与横梁（臂架）相撞，拉断钢丝绳而发生坠落事故；当吊具下降至最低极限位置时，自动切断下降动力源，卷筒停止转动，吊具不再继续下降，保证钢丝绳在卷筒上的缠绕圈数不少于设定的圈数。

(1) 上升极限位置限制器 所有类型起重机的起升机构和变幅机构至少应装一套上升极限位置限制器。尤其在吊运炽热金属或易燃、易爆等危险品时，起升机构应设置两套上升极限位置限制器，且两套限位开关应有先后，并尽量采用不同结构形式和控制不同的断路装置。上升极限位置限制器主要有重锤式和螺杆式两种。

1) 重锤式起升高度限制器。重锤式起升高度限制器由一个限位开关和重锤组成，其工作原理如图4-1所示。

2) 螺杆式起升高度限制器（见图4-2）是由螺杆7、滑块9、限位开关13、壳体1等组成。此种限制器准确可靠，每次更换钢丝绳后，应重新调整限制器的停止位置，避免事故发生。

(2) 下降极限位置限制器 下降极限位置限制器是用来限制取物装置下降至最低位置时，能自动切断电源，使机构停止运行，以保证钢丝绳在卷筒上的缠绕不少于2圈的安全圈数。塔式或门座起重机的变幅机构、港口门座起

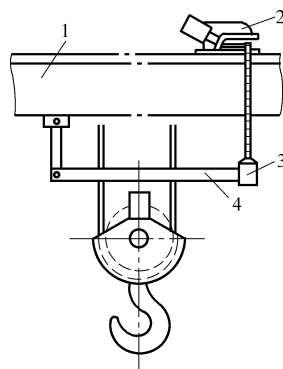


图4-1 重锤式起升高度限制器

1—小车架 2—开关

3—重锤 4—碰杆

重机的起升机构及其他有下限要求的机构应设置下降限位开关。

2. 运行极限位置限制器

运行极限位置限制器的作用是防止起重机驶近轨道末端时发生撞击事故，或两台起重机在同一条轨道上发生碰撞事故。轨道起重机的大车（小车）运行机构在轨道端头附近都必须设置运行极限位置限制器。限制器由限位开关和安全尺撞块组成（见图 4-3）。

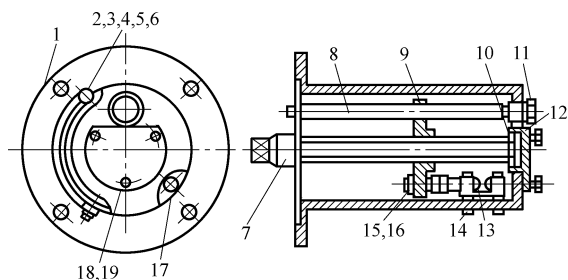


图 4-2 螺杆式起升极限位置限制器

1—壳体 2、3、4、5、6、14—螺钉、压板、
纸垫、弧形盖衬垫 7—螺杆 8—导杆 9—滑块
10—轴承 11—螺塞 12—端盖 13—限位开关
15、16、18、19—螺母、螺栓 17—橡胶圈

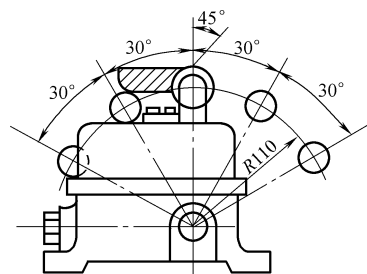


图 4-3 LX 系列限位开关外形图

3. 极限位置限制器的安全技术要求

1) 限位开关应有坚固的外壳，并应有良好的绝缘性能，密封性能较好，在室内或粉尘场所应能有效地防护。

2) 触点不应有明显的磨损和变形，应能准确地复位。

3) 限位开关动作灵敏可靠。

4) 上升极限位置限制器的动作距离，吊钩滑轮组与上方接触物的距离应不小于 250mm。

5) 桥式起重机、流动式起重机、塔式起重机、门座起重机和电动葫芦上都应装设上升极限位置限制器。凡有可能造成吊具越过下降极限位置工作的起重机，均应装设下降极限位置限制器。

4.3 缓冲器

缓冲器是一种吸收起重机与碰头止挡体相撞能量的装置。设置缓冲器的目的就是吸收起重机或起重小车的运行能量，以减缓冲击。缓冲器设置在起重机或起重小车与止挡体相碰撞的位置。在同一轨道上运行的起重机之间，以及在同一起重机桥架上双小车之间也应设置缓冲器。缓冲器类型较多，常用的缓冲器是实体式缓冲器，如橡胶缓冲器和聚氨酯缓冲器，弹簧式缓冲器及液压式缓冲器等。

1. 实体式缓冲器

(1) 橡胶缓冲器 橡胶缓冲器结构简单，但它所能吸收的能量较小，一般用于起

重机运行速度不超过 50m/min 的场合，主要起阻挡作用（见图 4-4）。

橡胶缓冲器的技术要求：①橡胶缓冲器的橡胶弹性体所选胶料的物理性能和力学性能指标应如下：断裂强度 $\geq 18\text{MPa}$ ，扯断伸长率 $\geq 450\%$ ，邵氏 A 硬度 67 度 ± 3 度，热空气老化系数（70℃ $\times$ 72h） ≥ 0.80 ，扯断永久变形 $\leq 20\%$ 。②橡胶弹性体不得有离层、裂纹、海绵状、缺胶、欠硫等缺陷，表面不应有气泡、明疤、凹痕等缺陷，更不能发生老化现象。③使用环境温度应在 $-30\sim 55^\circ\text{C}$ 范围内，且不应与油、酸、碱及其他有害物质相接触。

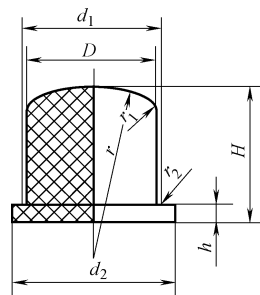


图 4-4 橡胶缓冲器

（2）聚氨酯缓冲器 聚氨酯泡沫塑料缓冲器吸收能量大，缓冲性能好，耐油、耐老化、耐酸碱腐蚀、耐高温和低温，绝缘又防爆，相对密度小而轻，结构简单、价格低、无噪声、无火花、安装维修方便、使用寿命长等优点，在国际上已普遍采用，在一般起重机上可替代橡胶和弹簧缓冲器。在防爆场所值得推广。

2. 弹簧缓冲器

弹簧缓冲器主要由碰头、弹簧和壳体等组成。其特点是结构较简单、使用可靠、维修方便。当起重机撞到弹簧缓冲器时，其能量主要转变为弹簧的压缩能，因而具有较大的反弹力。经改进的带止弹机构的弹簧缓冲器可防止反弹力（见图 4-5），适用的运动速度为 50~120m/min。

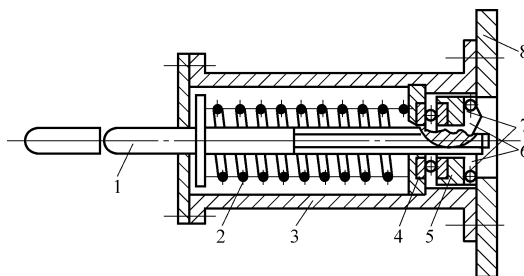


图 4-5 带止弹机构的弹簧缓冲器

1—顶杆 2—工作弹簧 3—外壳 4—推力轴承 5—回转盘
6—止弹掣子 7—弹簧 8—座架

弹簧缓冲器的安全技术要求：

①弹簧材料的力学性能应不低于 60Si2Mn 钢。②壳体材料应优先采用热轧无缝钢管，也可采用钢板卷制成形后焊接制造。③撞头和撞杆材料的力学性能不低于 45 钢。④弹簧缓冲器涂底漆一层，面漆两层。面漆均匀，光泽协调一致。⑤装配完好的缓冲器的撞头的压缩和复位应灵活、平稳。⑥检查弹簧外观，不应有裂纹和变形，还要检查撞头与止挡板的工作情况。⑦检查弹簧缓冲器外观质量、尺寸、焊接质量、涂漆质量等。⑧检查缓冲器的产品合格证。

3. 液压缓冲器

液压缓冲器的结构如图 4-6 所示。液压缓冲器能吸收较大的撞击

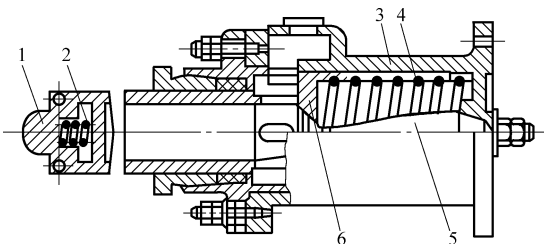


图 4-6 液压缓冲器结构

1—塞头 2—加速弹簧 3—壳体 4—复位弹簧
5—顶杆 6—活塞

能量，其行程可做得短小，故尺寸也较小。液压缓冲器最大的优点是没有反弹作用，故工作较平稳可靠。缺点是构造复杂，维修麻烦。

液压缓冲器的安全技术要求：①要注意经常检查密封，防止泄漏，泄漏严重时要及时处理。②要经常检查油面位置，防止失效。添加油液时必须对油液进行过滤，不允许有机械杂质混入，且加油时应缓慢进行，使油液中的空气排出缓冲器，确保缓冲器正常工作。

缓冲器在碰撞之前，机构运行一般应切断运行极限位置限制器的限位开关，使机构在断电且制动状况下发生碰撞，以减小对车体的冲撞和振动。

4.4 超载限制器

超载作业对起重机结构的危害很大，既会造成起重机主梁的下挠、主梁的上盖板及腹板出现裂纹和开焊，还会造成臂架和塔身折断的重大事故。由于超载破坏了起重机的稳定性，因此有可能造成整机倾覆的恶性事故。超载限制器也称起重重量限制器，是一种超载保护装置。其功能是当载荷超过额定值时，促使起升动作停止，从而避免超载。超载限制器广泛用于桥式类型起重机和升降机上。有些臂架类型起重机（如汽车起重机、轮胎起重机、履带起重机、塔式起重机）将超载限制器与力矩限制器结合使用。

按国标的规定，额定起重量大于 20t 的桥式起重机，大于 10t 的门式起重机及装卸桥、铁路、门座起重机，不论吨位都应装置超载限制器。汽车起重机、轮胎起重机，其起重量等于或大于 16t 的应装力矩限制器；履带起重机和起重能力等于 25t 的塔式起重机都应装置力矩限制器。

1. 超载限制器类型

(1) 按工作原理分类 超载限制器分为机械式、电子式超载限制器及液压超载限制器。

1) 机械式超载限制器就是利用杠杆、弹簧、凸轮等机构实现对超载的限制。

① 杠杆式超载限制器：

杠杆式超载限制器是利用杠杆平衡原理来实现对超载的限制，如图 4-7 所示。正常起重作业时，钢丝绳的合力对转轴 O 的力矩为 $M_1 = Ra$ ，与弹簧力 N 对转轴 O 的力矩 $M_2 = Nb$ 相平衡。当超载时， $M_1 > M_2$ ，使杠杆顺时针转动，撞杆 1 撞开限位开关 2，切断起升机构的电源，从而起到超载保护作用。

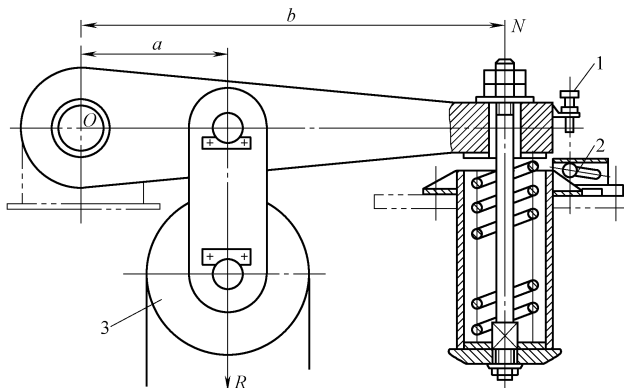


图 4-7 杠杆式超载限制器的原理

1—撞杆 2—开关 3—起升滑轮

② 弹簧式超载限制器：

图 4-8 所示为一种弹簧式超载限制器的示意图，超载限制器有三个滑轮，当正常作业

时，悬浮滑轮在弹簧的作用下固定不动。当超载作业时，钢丝绳的张力增加，在钢丝绳合力的作用下，促使悬浮滑轮4克服弹簧力而上浮，与悬浮滑轮相连接的撞杆6、7，撞开限位开关2、8。两个限位开关可以限制两个额定起重量，例如不同的幅度有不同的额定起重量等。

图4-9所示为弹簧式超载和起升高高度限制器示意图。当超载时，钢丝绳1拉力增加，压缩弹簧2带动限位开关撞杆3，撞开限位开关4，起到超载保护作用。当过卷扬位置时，吊钩抬起重锤，由于压缩弹簧伸张撞开限位开关4，起升作业停止，起到防止过卷扬位置的保护作用。

③ 偏心滑轮（凸轮）式超载限制器：图4-10所示为偏心滑轮式超载限制器示意图，其平衡轮安装在偏心轴上。正常作业时，偏心滑轮（平衡轮）产生的力矩 $M_1 = Re$ ，与弹簧对滑轮轴的力矩 $M_2 = Nb$ 相平衡。当超载时，偏心滑轮产生的力矩 $M_1 = Re$ 大于弹簧对滑轮轴的力矩 $M_2 = Nb$ ，即 $M_1 > M_2$ ，连杆带动限位开关撞杆，撞开限位开关，起到超载保护作用。

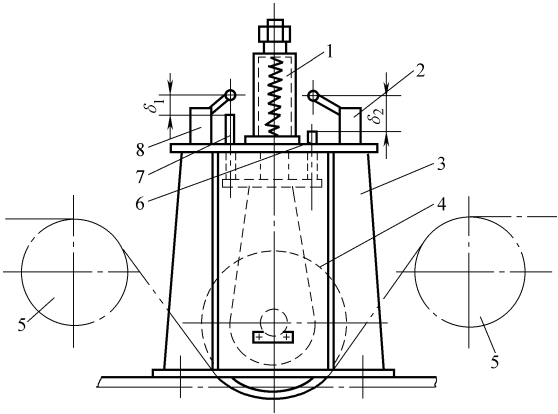


图4-8 弹簧式超载限制器示意图

1—弹簧罩 2、8—开关 3—支架 4—悬浮滑轮
5—导向滑轮 6、7—撞杆

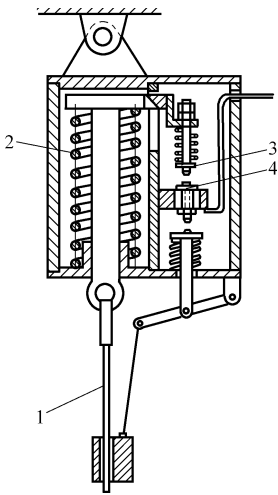


图4-9 弹簧式超载和起升高高度限制器示意图

1—钢丝绳 2—压缩弹簧
3—撞杆 4—限位开关

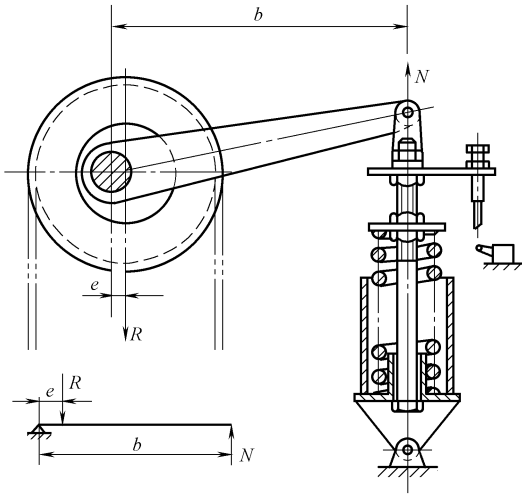


图4-10 偏心滑轮式超载限制器示意图

2) 电子式超载限制器由载荷传感器、测量放大器、显示器等部分构成。当载荷传感器受力时, 电桥输出的信号经过放大后驱动微型电动机旋转, 通过旋转角度反映出载荷的大小, 因此这类超载限制器又具有称量功能 (即电子秤)。当超载时, 可通过电路切断电源, 停止起升吊具的上升运动。图 4-11 所示为 QHK—1 型电子秤工作原理框图。超载控制和报警功能是通过载荷测量放大器输出不同电压信号来实现的, 与设定电压相比较, 当载荷达到额定值 (即设定载荷) 的 95% 时, 比较器通过控制继电器发出预警信号。当载荷超过额定载荷时, 比较器控制继电器发出报警信号并且切断上升方向的电路, 起到超载保护作用。传感器可以安装在平衡轮上, 也可以安装在钢丝绳上。图 4-12 所示为传感器的两种安装示意图。图 4-13 所示为安装在吊钩上电子秤, 起重量直接显示在屏幕上, 该电子秤的额定起重量为 15t, 精度可达到 $\pm 0.1\%$ 。

3) 液压超载限制器由油压缸、导管、布顿管和表盘等构成。当起吊载荷时, 压力

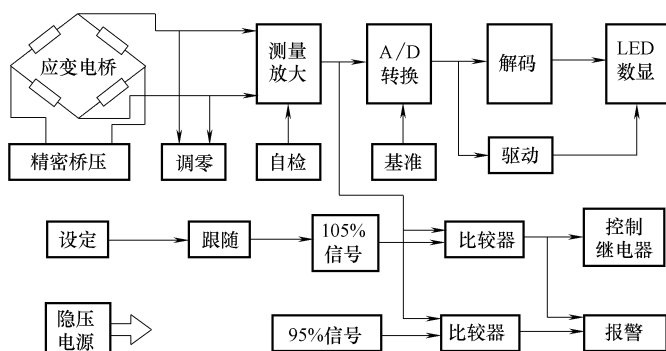


图 4-11 QHK—1 型电子秤工作原理框图

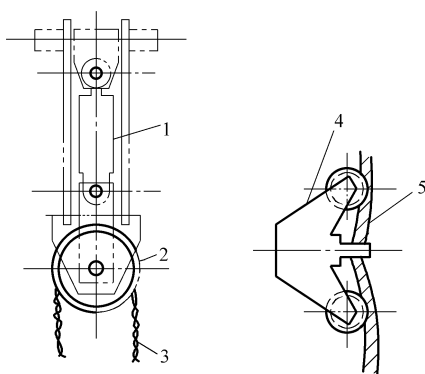


图 4-12 传感器两种安装示意图

1、4—过荷重计 2—滑轮 3、5—钢丝绳

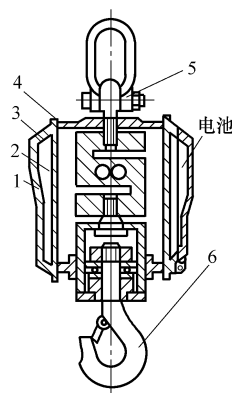


图 4-13 安装在吊钩上的电子秤

1—数显 2—线路板
3—箱体 4—传感器
5—吊环 6—吊钩

油使布顿管变形运动,从而带动扇齿轮,进而驱动小齿轮转动。由于指针与小齿轮同轴,这样就能在刻度盘上显示出起吊载荷的数值。

(2) 按功能分类 分为自动停止型、报警型和综合型。

1) 自动停止型超载限制器 当起升重量超过额定起重量时,自动停止型超载限制器能停止起重机械向不安全方向继续动作,同时允许起重机械向安全方向动作(安全方向是指吊载下降、臂架收缩、幅度减小及其这些动作的组合)。自动停止型一般为机械式超载限制器,多用于塔式起重机上。

2) 报警型超载限制器 能显示出起重量,并能在起重量达到额定值的95%~100%时发出报警的声光信号。

3) 综合型超载限制器 能在起重量达到额定起重量的95%~100%时,发出报警的声光信号。当起升重量超过额定值时,能停止起重机械向不安全方向继续动作。

2. 超载限制器的安全技术要求

1) 机械式超载限制器的综合误差不应超过 $\pm 8\%$,电子式超载限制器的综合误差不应超过 $\pm 5\%$ 。

2) 当载荷达到额定起重量的90%时,应能发出提示性报警信号。

3) 起重机械设置超载限制器后,应根据其性能和精度情况进行调整或标定。当起重量超过额定值时,能自动切断起升动力源,并发出禁止性报警信号。

3. 超载限制器的安装调试检验

当装置初次安装在起重机时,起重机经过拆装或转移工作场地后重新安装使用时,装置经过拆装、重新使用时,对装置工作性能有怀疑时,应做安装调试检验。调试方法和程序按制造厂规定,调试内容应包括以下几点。

1) 设定点的标定。

2) 检验装置综合误差。

① 对额定起重量不变的起重机,吊起重物后停止起升,逐渐加载至装置动作,实测起重量。

② 对额定起重量随幅度变化的起重机,测试点应不少于两点。其中;a. 允许带载变幅的,对应每个测试点准备试验重物,以小于测试点的工作幅度起吊,逐渐增加工作幅度使装置动作,实测工作幅度后在起重特性表上查出对应的额定起重量。如果实测工作幅度在起重特性表上不能直接查到相应额定起重量时,应按起重机制造厂提供的计算方法和其他规定的方法计算出额定起重量(以下同)。b. 不允许带载变幅的,对应每个测试点的工作幅度,吊起重物后停止起升,逐渐加载使装置动作,实测起重量。实测工作幅度后,在起重特性表上查出对应的额定起重量。

对应每个测试点应重复试验三次,综合误差应符合上述安全技术要求中的第一条规定。具有显示动能的装置,同时检测显示误差,应不超过5%。具有预警信号的装置,同时检测预警信号。

3) 检验装置最大超载防护能力任选起重机的一种状态,缓慢起吊110%额定起重量,装置应能执行其设计的自动停止、报警或综合型中的一种功能。

安装调试过程中,主管安全和设备的负责人应在现场。检测数据必须经现场两人以

上核对无误，并记入安装调试报告，装入起重机的档案。安装调试后，对装置“设定点”调节部分应加封记，严禁非主管人员调动。

4.5 力矩限制器

臂架式起重机的工作幅度可以变化，而且工作幅度是臂架式起重机的一个重要参数。起重量与工作幅度的乘积称为起重力矩。当起重量不变，工作幅度越大时，起重力矩就越大。当起重力矩不变时，起重量与工作幅度成反比。当起重力矩大于允许的极限力矩时，会造成臂架折断，甚至会造成起重机倾覆。

起重机械设置力矩限制器后，根据其性能和精度情况进行调整或标定，当载荷力矩达到额定起重力矩时，能自动切断起升动力源，并发出禁止性报警信号。

按图规规定：履带式起重机起重量等于或大于 16t 的汽车起重机和轮胎起重机，以及起重能力等于或大于 $25\text{t} \cdot \text{m}$ 的塔式起重机均应设置力矩限制器；其他类型或起重能力较小的臂架式起重机在必要时也要设置力矩限制器。

1. 力矩限制器种类

力矩限制器有机械式、电子式两种。

(1) 机械式力矩限制器 图 4-14 所示为机械式力矩限制器。吊钩钢丝绳固定套 5 与杠杆 4 铰接，超负荷时钢丝绳拉动杠杆 4，从而压迫另一杠杆 3 产生移位，杠杆 3 克服弹簧 2 之力，触动限位开关 1，切断电源。

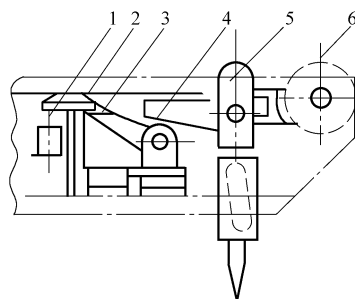


图 4-14 机械式力矩限制器

(2) 电子式力矩限制器

如图 4-15 所示，电子式力矩限制器由载荷检测器、臂长检测器、角度检测器、工况选择器和微型计算机组成。当起重机进入工作状态时，将实际各参数的检测信号输入计算机，经过运算、放大、处理后，显示相应的数值，并与事先存入的额定起重力矩值比较。当实际值达到额定值的 90% 时，发出预警信号；当超载时，则在发出警报信号的同时停止起重机向危险方向动作（如起升、伸

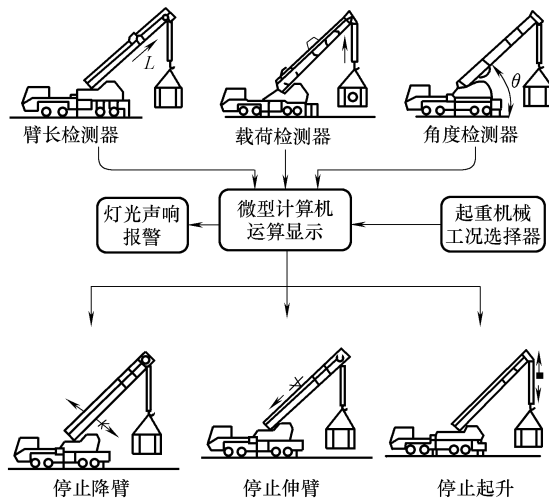


图 4-15 电子式力矩限制器原理

缩臂及回转)。

2. 力矩限制器的使用与维护

正确使用和维护起重机的力矩限制器,可以减少因超载超幅引发的事故,保障起重设备的安全运行。

(1) 对操作人员和维护人员的培训

1) 基本原理:当起重机通电后,重量、幅度、高度等传感器将各自的信号通过屏蔽电缆线输送到主机,仪器内部的微处理器对输入的信号和人工设置的各种起重工况参数自动进行计算和判断处理后,将重量、幅度、高度等数据通过液晶屏幕显示出来,将控制信号传输到中间继电器,不断循环。

2) 传感取力机构的安装方式:由于不同类型的起重机所安装的取力机构都不一样,要掌握其不同的安装方法。

3) 仪器的调试:力矩限制器在使用一段时间后,由于磨损或多或少出现一些偏差,就需要进行调试。应先在厂家指导下调试一至二次,以后只要认真阅读使用说明书,基本上能正确调试。

4) 要掌握系统常见的故障的分析和处理。

5) 使用方法:掌握面板上按键的功能,且一些常用按键的功能操作者一定要熟记在心。

6) 重视力矩限制器的拆装工作:在设备拆迁时,起重机操作人员或专职电工一定要妥善处理好装置的显示仪表、连接线缆、取力装置部件及传感器等。最好在拆卸前做上标记,轻拆轻放,妥善保管,不要相互压挤、碰撞,以免造成损坏。安装应按原来的次序和位置复原,然后进行调试和标定。

7) 保持操作人员、维修人员稳定:起重机一般都有好多种工况曲线,只要起重臂长度、吊重等有一个参数发生变化,力矩限制器就要调用与之相适应的曲线。这些变动需要熟悉的人员来操作。如果人员不固定、调整不当,力矩限制器会在失效状态下工作,则后果不堪设想。所以力矩限制器的使用与维护也如诸多专用设备一样要求,做到定人、定机、定责,一定要保持人员相对固定。

8) 定期地进行重量、幅度的调试和标定:由于力矩限制器的取力部件因长期使用后会造成磨损或受其他自然环境的影响,使显示重量误差偏大,因此每隔一段时间应对系统的精度进行定期检查,发现偏差超出国标范围时就要对重量重新调整和标定,并将有关资料建档存查。周期设定为3~6个月,以此保证起重机的安全使用。

(2) 使用和维护保养的注意事项

1) 力矩限制器虽然属于安全保护装置,但不可因装有本装置而忽视起重机的安全操作规程。

2) 力矩限制器仅限于载荷或力矩的保护,只要综合误差保持在10%的范围内就能满足技术规范所规定的使用要求,因此不能把它作为计量衡具使用。

3) 动载晃动会引起显示值跳动,当吊重稳定后即可读出称重数值。

4) 起吊与落钩称重数值稍有差异,这是由于滑轮组与起重绳间摩擦力方向改变所致,属于正常现象。

5) 控制箱中集中了电源、超载和超幅的连接线,在控制箱连接线拆装时要注意接头标号,以免接错线而损坏仪器输出端口。

6) 下(交)班时要关闭主机电源,防止电子元件长时间处于高温状态,加速老化程度。

7) 一定要避免显示仪器直接遭受日晒雨淋。

8) 非维护人员不要随意调整仪器面板的按键和取力装置的调节螺栓,如出现异常,应由专业技术人员按使用说明书上介绍的方法对故障进行处理,仍无法排除故障时应向厂家咨询。

4.6 防风、防滑安全装置

露天工作的轨道式起重机,如龙门式起重机、装卸桥、门座起重机及塔式起重机等,由于其迎风面积大,易被大风吹走或吹翻,如果大风使轨道端点与阻碍物相撞,将会引起起重机脱轨及倾翻的严重事故,所以必须安装可靠的防风、防滑安全装置。常见的防风装置有夹轨器、锚定装置和铁鞋。

1. 夹轨器

夹轨器应用于各类露天轨道起重机,其工作原理是利用夹钳夹紧轨道头部的两个侧面,通过结合面的夹紧摩擦力将起重机固定在轨道上,使起重机不能滑移。按夹钳臂施力方式的不同,夹轨器可分为手动式夹轨器、手动电动式夹轨器、电动式夹轨器。

(1) 手动式夹轨器 图 4-16 ~ 图 4-23 所示均为手动式夹轨器,其中图 4-17、图 4-18 是常用的手动夹轨器,图 4-17 所示是通过水平放置的螺母、螺杆来夹紧的手动式夹轨器,图 4-18 所示是塔吊通常使用的一种手动式夹轨器,图 4-19 所示是一种带滑槽机构的手动式夹轨器,图 4-20 所示是一种自锁式手动夹轨器,图 4-21 所示是门座起重机采用的一种手动式夹轨器。

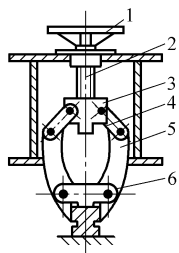


图 4-16 常用手动式夹轨器 (一)

1—手轮 2—螺杆
3—螺母 4—连杆
5—夹轨臂 6—连接板

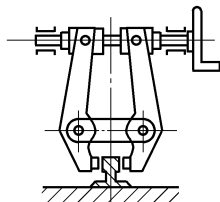


图 4-17 常用手动式夹轨器 (二)

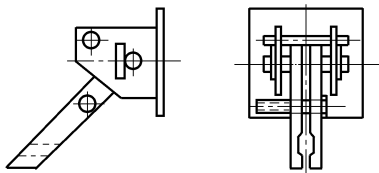


图 4-18 塔吊常用的手动式夹轨器

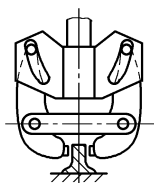


图 4-19 带滑槽机构的手动式夹轨器

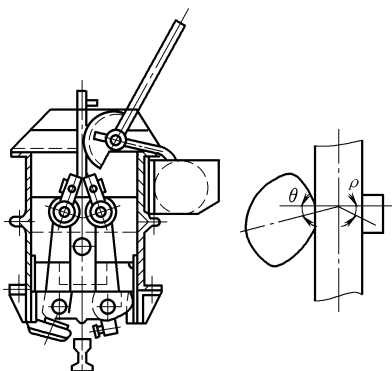


图 4-20 自锁式手动夹轨器

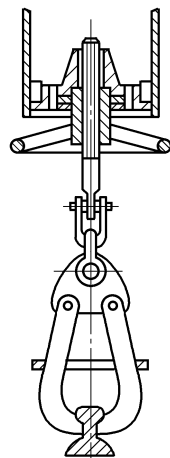


图 4-21 门座起重机常用的手动式夹轨器

(2) 手动、电动两用夹轨器 图 4-22 所示为手动、电动两用防风夹轨器，其夹紧力是由电动机通过螺杆螺母传动，压缩弹簧防止夹钳松弛。退夹钳时，当螺母退到一定路程时，终点开关被触动使运行机构通电运行。当遇到电气故障或停电时，采用手动上钳。

(3) 电动式夹轨器 电动式夹轨器操作方便，夹紧力大，工作可靠，易于实现自动上钳；但自重大，结构复杂，仅用于大型龙门起重机或门座起重机上。常见的有垂锤式和强簧式。图 4-23 所示是电动重锤式夹轨器，图 4-24 所示为电动式夹轨器。弹簧式夹轨器的工作可靠性较重锤式夹轨器高，且工作平稳性也好。

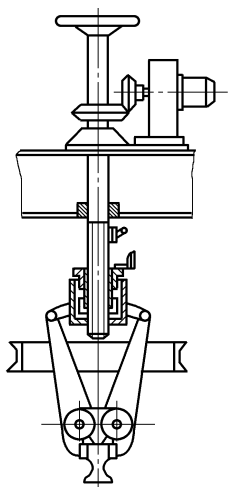


图 4-22 手动、电动两用防风夹轨器

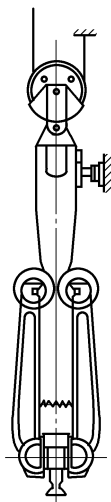


图 4-23 电动重锤式夹轨器

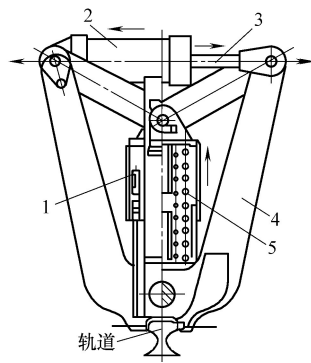


图 4-24 带液压系统的电动式夹轨器
1—联锁开关 2—液压缸 3—活塞杆 4—夹钳 5—弹簧

2. 防风铁鞋

防风铁鞋有手动和电动两种。图 4-25 所示是手动式防风铁鞋，它将铁鞋和锚链锚固功能结合在一起，通过一个自锁功能装置将夹轨装置固定到轨道上，以防止铁鞋和轨道之间产生滑动，同时锚链一端连在起重机上，一端连在铁鞋上，相当于将起重机锚固到轨道上。图 4-26 所示是电动式铁鞋止轮式防风装置，它依靠止轮板与钢轨之间的摩擦起防风作用。止轮板的厚度对防风作用很重要，厚度小了，起重机的车轮在风力不大时，很容易爬到止轮板上，给工作带来麻烦；厚度过大时，车轮又爬不上，起不到防风作用。

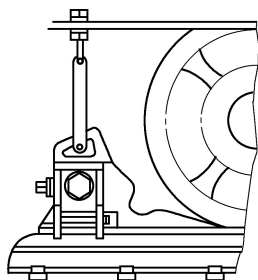


图 4-25 手动式防风铁鞋

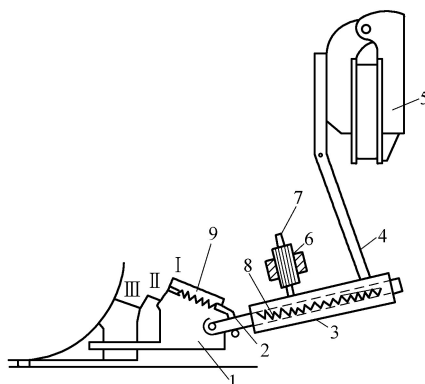


图 4-26 电动式铁鞋止轮式防风装置

1—止轮板 2—滑杆 3—滑槽 4—杠杆
5—制动电磁铁 6、7—电磁铁 8、9—弹簧

3. 锚定装置

为了抵御特大风力，使起重机不被风吹翻或吹走，在起重机上还需设置锚定装置。通常在轨道上每隔一段相应的距离设置一个。当大风袭击时，把起重机开到设有锚定装置的位置，用锚柱将起重机与锚装置固定，可起到保护起重机的作用。但是锚定装置由于在遇到大（暴）风突然袭击时，很难及时地做到停车锚定，即必须将起重机开到设有锚定位置后才可锚定，故常作为自动防风夹轨器的辅助设施配合使用。对于露天工作的起重机，当风速超过 6 级（风速为 $10.8 \sim 13.8 \text{ m/s}$ ）时必须采用锚定装置。

锚定器有插板式、插销式和链条式等。插板式锚定器如图 4-27 所示。转动杠杆臂使锚定板插入地基上的锚定座内就可将起重机械临时固定。现代广泛采用插板式锚定器。

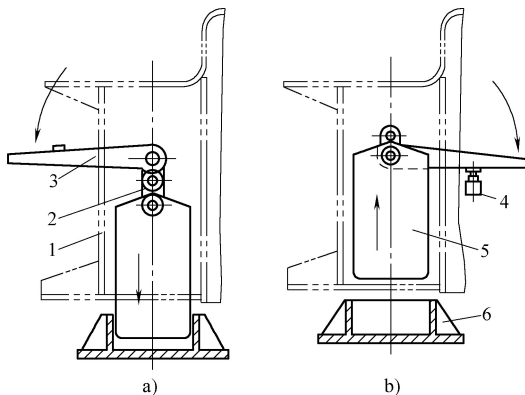


图 4-27 插板式锚定器

a) 锚定位置 b) 打开位置

1—起重机构 2—连杆 3—杠杆臂 4—电器开关
5—锚定板 6—锚定座

锚定器一般是手动的，电开关与起重机联锁，以保证锚定器作用时起重机不能运行。图 4-28 所示为插销式锚定器，它是将销轴 2 插入起重机底部 1 和地基上的支架销孔 3 内进行锚定，锚定力不如插板式大。图 4-29 所示为链条式锚定器，它是用链条把起重机与地锚连起来，链条间有调紧装置 4，使用比较安全可靠。

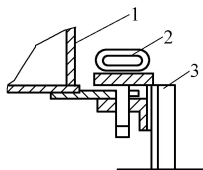


图 4-28 插销式锚定器
1—起重机械底部 2—销轴
3—支架销孔

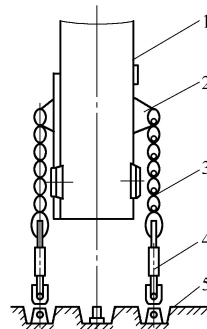


图 4-29 链条式锚定器
1—支腿 2—连接板 3—锚链
4—调整装置 5—锚固点

4. 防风装置的安全技术要求

1) 露天作业完后的起重机和在天气预报有暴风雨之前，应将起重机锚定起来，同时还配合夹轨器、铁鞋等防风装置。

2) 夹轨器的防爬作用一般应由其本身构件的重力（如重锤等）的自锁条件或弹簧的作用来实现，而不应只靠驱动装置的作用来实现防爬。

3) 起重机运行机构制动器的作用应比防风装置动作时间略微提前，即防风制动时间（夹轨器动作时间）应滞后于运行制动时间，这样才能消除起重机可能产生的剧烈颤动。

4.7 防碰撞装置

由于生产上的需要，常常有几台起重机同时同一轨道上运行的情况，容易发生碰撞，单凭司机判断避免碰撞事件的发生很难！当运行速度超过 120m/min 时，应在起重机上设置防碰撞装置（电气互锁装置）。防碰撞装置有超声波式、电磁波式及激光式等。

1. 超声波式防碰撞装置

超声波式防碰撞装置是利用回波测距原理，测出起重机之间或起重机与墙壁（止挡装置）之间的距离，当起重机进入规定范围时，发出报警信号，继而切断起重机运行机构的电源，起到保护作用。整套装置由防撞检测器、控制盒及反射板等构成。检测器一般安装在走台上，反射板安装在另一台起重机（或墙壁）的相对位置上，控制盒安装在司机室内。图 4-30 所示为检测器和反射板的安装位置图。

起重机运行速度与检测距离的设定值：运行速度为 60 ~ 90m/min、90 ~ 120m/min、> 120m/min 时设定的检测距离分别为 4 ~ 7m、8 ~ 12m、10 ~ 30m。

检测器一方面发射超声波脉冲，同时还能接收反射回来的超声波脉冲。图 4-31 所示为检测器原理框图。超声波脉冲在空气中的传播速度为 $v = 340\text{m/s}$ ，从发射到收

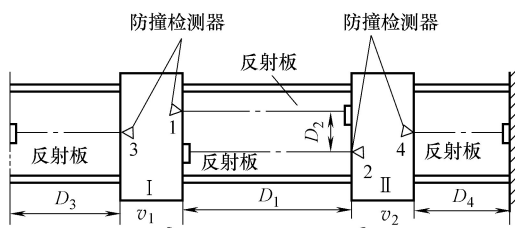


图 4-30 检测器和反射板的安装位置图

回反射波时间为 t ，两个超声波发射器的距离为 L ，则 $L = \frac{vt}{2}$ 或 $t = \frac{2L}{v}$ 。当反射体进入 L 距离以内时，就能检测出该物体。此装置同样可以用于防止不同高度起重机间的相互干涉，每台起重机需备两套超声波发射器和反射器。为避免超声波发射器接收到自己发射信号的反射波，发射和反射要用不同的频率。报警检测距离为 8 ~ 12m，制动距离为 6 ~ 8m。

2. 电磁波（微波）式防冲撞装置

电磁波式防冲撞装置的检出距离为 5 ~ 120m，灵敏度较高，动作误差时间为 1s。它不受太阳光、水银灯光、风声、金属敲击声的影响，可以工作在有尘、烟和蒸汽环境中。要求环境温度不超过 $-10 \sim 60^\circ\text{C}$ 的范围。使用电磁波的频率为 10.525kHz，发射角 $\theta = 30^\circ$ ，危险距离 $L_0 = \sqrt{50^2 - D^2}$ ，图 4-32 所示为电磁波式防冲撞装置布置图。

除此之外，还有激光式防冲撞装置，检出距离一般为 2 ~ 50m 左右。

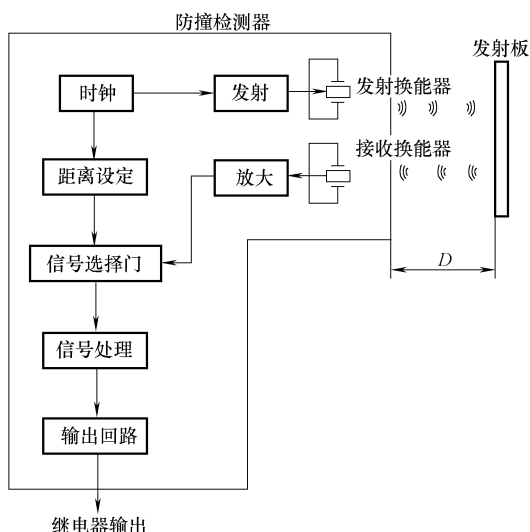


图 4-31 检测原理框图

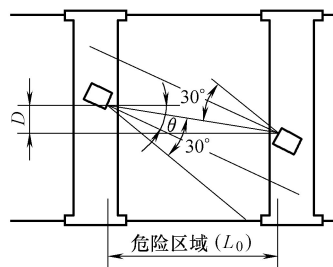


图 4-32 电磁波式防冲撞装置布置图

4.8 防偏斜装置

对于大跨度的门式起重机和桥式起重机，由于车轮制造和安装的偏差、传动机构的偏差以及运行阻力的不同，常使起重机偏斜运行，如门式起重机一个支腿超前，另一个支腿滞后。偏斜运行的门式起重机，其运行阻力是正常运行阻力的数倍。运行阻力的增加可使起重机运行时发生啃轨现象，严重时可使起重机金属结构和运行机构受到损坏。门式起重机运行的偏斜量一般控制在跨度的5‰以内。对于跨度 $s = 40 \sim 70\text{m}$ 的门式起重机，其允许偏斜量 $\Delta = 200 \sim 300\text{mm}$ ；对于跨度 $s = 100 \sim 120\text{m}$ 的门式起重机和装卸桥，其允许偏斜量 $\Delta = 500 \sim 600\text{mm}$ 。起重机运行偏斜量超过允许值时，应由防偏斜装置进行调整。

1. 凸轮式防偏斜装置

图4-33所示为凸轮式防偏斜装置原理图，防偏斜装置安置在靠近门式起重机的柔性支腿处，图4-34所示为控制开关布置图，图4-35所示为控制开关关系图。

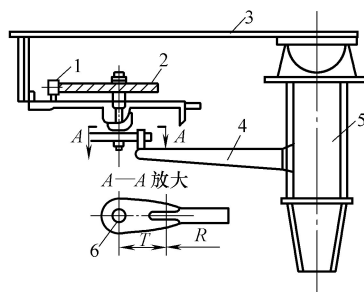


图4-33 原理

1—开关 2—凸轮 3—桥架
4—转动臂 5—柔性支腿 6—叉子

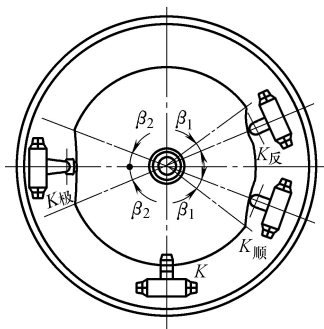


图4-34 开关布置

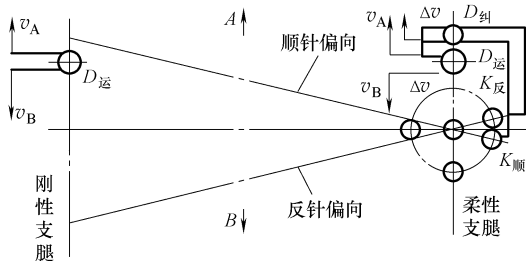


图4-35 控制开关动作

纠偏电动机通过运行机构差动传动能使柔性支腿的速度增加或减小10%左右，调整速度的能力是有限的。当桥架与柔性支腿转角为 β_1 时（见图4-34），纠偏电动机是在运行中自动调整的。如果起重机运行的偏斜量越来越大，当偏斜量达到极限值（跨度的7‰）时，即转角达到 β_2 时，极限开关 $K_{\text{极}}$ 动作，超前支腿的运行机构断电，两个支腿对齐后才能重新接通。

2. 自动纠偏装置

国产200t/66.5m造船门式起重机上装有偏斜指示装置和电轴纠偏系统。运行纠偏装置装在柔性腿与主梁铰接的球铰连接处，如图4-36所示。在主梁1的下盖板上焊有一根拨杆3，当主梁与柔性支腿不垂直时（即有偏角），拨杆3拨动拨叉4，拨叉4又通

过增速齿轮对 5 来带动自整角机 2，达到自整角机传输信号的目的。调节大车电动机转速，使门机在运行时自动地得到纠偏控制。当偏斜量超过一定值时，限位开关 6 动作，系统停电，人工按一下纠偏按钮，大车就自动回到正常状态。

3. 钢丝绳式偏斜调整装置

钢丝绳的两端连接于桥架上，钢丝绳中部通过连接在柔性支腿上的滑轮连接于开关系统。当起重机运行无偏斜时，开关两边的钢丝绳长度相等，开关系统无信号输出；当起重机运行出现偏斜时，开关两边的钢丝绳长度不一致，开关系统通过电气线路在显示屏上反映出偏斜量。

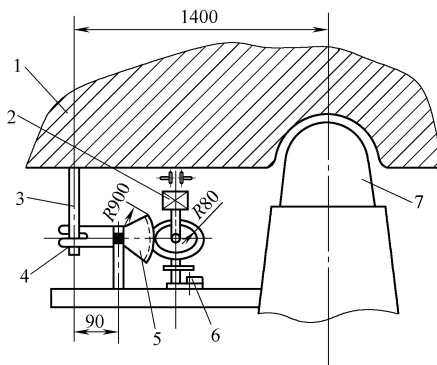


图 4-36 国产自动纠偏装置传动形式

1—主梁 2—自整角机 3—拨杆 4—拨叉
5—增速齿轮对 6—限位开关 7—柔性腿球铰

4.9 其他安全防护装置

1. 幅度指示器

也称变幅限位或幅度指示器。一般的动臂起重机的起重臂上都挂有一个幅度指示器，它是一个固定的圆形指示盘，在盘的中心装一个铅垂的活动指针。当变幅时，指针指示出各种幅度下的额定起重量。当臂杆运行到上下两个极限位置时，分别压下限位开关，切断主控电路，变幅电动机停车，达到限位作用。

2. 支腿自动调平装置

汽车式起重机作业时必须打支腿，并且要保证四个支腿在一个水平面上，不然有可能发生翻车事故。如果装有支腿自动调整装置，则可避免此类事故的发生。

支腿自动调平装置由水平检测器、PC 控制器、换向阀、开关阀等组成。

重力摆式水平检测器由重力摆和金属桶体构成，金属桶体安装在上回转支撑平面上，当车体（支腿）处于水平时，重力摆铅垂，与各触头不接触，支腿液压缸停止工作。当车体（支腿）处于倾斜时，重力摆会与支腿较低一侧的触头接触，于是产生一个电信号，输入 PC 控制器，自动驱动电磁阀，使低位的支腿液压缸的活塞伸出，经过几次调整，车体将自动处于水平状态，重力摆与八个方向的触头均脱离接触，并发出信号，起重机可以正常作业。重力摆放在硅油池中，增加阻尼，缩短重力摆的衰减时间。

3. 防止起重臂触电装置

臂架型起重机在输电线附近作业时，如果操作不当，臂架、钢丝绳等过于接近甚至碰触电线，则会造成触电事故。为了防止这类事故，我国自 20 世纪 80 年代开始研制危险电压报警器。下面介绍国产 QA—1 型起重设备多功能监控装置的技术参数。

1) 高度限位感应距离：吊钩距离主设备 1.5m 时，报警并制动。

2) 接近电力线感应距离: 对于 220 ~ 380V, 1.5m 时报警; 对于 10kV, 5 ~ 8m 时报警。

3) 工作电压: 发射机为 7 ~ 24V, 接收机为 12 ~ 36V。

4) 信号传输距离: 50m。

5) 环境温度: -20 ~ 50℃。

6) 报警并制动反应时间小于 1s。

该装置是采用电磁感应原理制成的, 由发射机和接收机两部分组成。发射机安装在起重臂端, 接收机安装在司机室内。发射机的电源是自动控制, 当起重机臂抬起角度 10° 时, 电源自动接通, 发射机处于工作状态。接收机的电源采用车体电源, 只要司机接通动力, 接收机即处于工作状态, 同时与限位电磁阀联锁。当起重机臂距离电力线 1.5m (220 ~ 380V) 时, 则能发出警报, 并能切断继续向危险方向的动力源。

4. 防止吊臂后倾装置

当流动式起重机和动臂变幅起重机 (用柔性钢丝绳牵引吊臂进行变幅的起重机) 遇到突然卸载情况时, 会产生使吊臂后倾的力, 造成吊臂超过最小幅度, 发生吊臂后倾事故。所以, 这种类型的起重机均应安装防后倾装置。

图 4-37 所示为防后倾装置图。保险绳采用已计算好长度和强度的钢丝绳。一端固定在转台上, 另一端固定在吊臂上, 以钢丝绳长度限定吊臂的倾角。保险杆的上端铰接在吊臂上, 下端铰接于转台上, 随吊臂的倾俯而伸缩, 在其套筒内有缓冲弹簧, 对吊臂有缓冲、减振和限位作用, 克服了钢丝绳易被拉断的缺点。

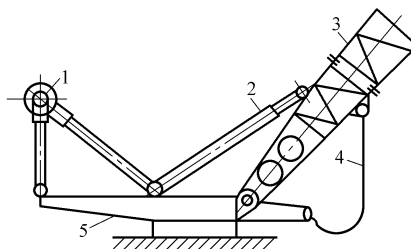


图 4-37 防后倾装置

1—人字架 2—保险杆 3—臂架
4—保险绳 5—中间插节段

5. 倒退报警装置

流动式起重机向倒退方向运行时, 倒退报警装置可发出清晰的报警声音信号和明灭相间的灯光信号, 提示机后人员快速避开。

6. 防倾翻安全钩

单主梁桥式、门式起重机是在主梁的一侧进行起吊重物的, 重物会对小车产生一个倾覆力矩, 虽然由垂直反滚轮或水平反滚轮产生的抗倾覆力矩使小车保持平衡, 不致倾覆, 但只靠这种方式不能保证起重机在风灾、意外冲击、车轮破碎、检修等情况下的安全, 因此这种类型的起重机还应安装安全钩 (见图 4-38)。

7. 回转锁定装置

回转锁定装置是指臂架起重机处于运输、行驶或非工作状态时, 锁住回转部分,

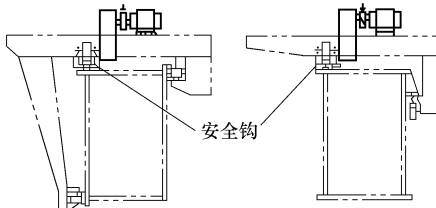


图 4-38 安全钩

使之不能转动的装置。

回转锁定器常见形式、有机械、液压锁定器两种。机械式锁定器结构简单，通常是用锁销插入方法、压板顶压方法或螺栓紧定方式等。液压式锁定器通常用双作用活塞式液压缸对转台进行锁定。

8. 联锁保护装置

1) 进入桥、门式起重机的门和从司机室登上桥架的舱口门，应能联锁保护；当门打开时，应断开由于机构动作可能会对人员造成危险的机构联锁电源。

2) 司机室设定在起重机的运动部分上时，进入司机室的通道口应能联锁保护，当通道口的门打开时，应断开由于机构动作可能会对人员造成危险的机构电源。

3) 当既可以电动，也可以手动驱动时，相互间的操作转换应能联锁。

4) 夹轨器等制动装置和锚定装置应能与运行机构联锁。

5) 回转锁定装置应能与回转机构联锁。

6) 对小车在可俯仰的悬臂上运行而工作的起重机，悬臂俯仰机构与小车运行机构应能联锁，待俯仰悬臂放平稳后小车方能运行。

9. 零位保护

桥式起重机的起升、大车运行和小车运行等三个工作机构是由三个操作装置分别控制的，必须设零位保护。其保护作用是只要有一个机构的控制器不在零位（即零档），所有机构都不能起动；只有在先将各机构控制器置于零位情况下，工作机构的电动机才有可能起动。零位保护是用来防止在起重机开始运转时或失电后又恢复供电时，司机在没有思想准备情况下起动总开关，某个或几个机构突然运转造成的意外伤害。

10. 紧急开关

所有起重机械必须装有在紧急情况下可迅速断开总电源的紧急开关或装置，并应设置在司机操作方便的地方。

联锁保护、行程限位、零位保护、紧急开关等常常联合在起重机的控制电路中发挥作用，只要有一个装置处于非正常状态，起重机就不能起动或停止向发生危险的方向运行。

11. 检修吊笼或平台

需要经常在高空进行起重机自身检修作业的起重机应装设安全可靠的检修吊笼或平台，其可靠性不得低于司机室。

12. 轨道清扫器

当物料有可能积存在轨道上成为运行障碍时，在轨道上行驶的起重机和起重小车，在台车架下面和小车架下面都应装设轨道清扫器，其扫轨板底面与轨道顶面之间的间隙为5~10mm。

13. 导电滑线安全防护

1) 桥、门式起重机司机室位于大车滑触线一侧，在有触电危险的区段，通向起重机电梯子与滑触线间应设置防护板进行安全隔离。

2) 桥、门式起重机大车滑触线应设置防护装置，以防止小车在端部极限位置时因

吊具或钢丝绳摇摆而与滑触线意外接触。

3) 多层布置的桥式起重机, 下层起重机应采用电缆或安全滑触线供电。

14. 防护罩

正常工作或维修时, 为防止异物进入或防止其运行对人员可能造成危险的零部件, 应设有保护装置。起重机上外露的、有可能伤人的运动零部件, 如开式齿轮、联轴器、链轮、链条等, 都应装设防护罩。

15. 轨道端部止挡

起重机运行轨道的端部及起重机上小车运行轨道的端部应设置轨道端部止挡。其强度应具有防止起重机脱轨的良好性能。止挡体应与设置在大车、小车车架上的缓冲器相互配合。

16. 防小车坠落保护装置

塔式起重机工作年份太久时, 有可能因磨损过度或其他原因使车轮脱轨, 或因小车轮轴断裂而引起小车坠落, 所以塔式起重机的变幅小车应设置防小车坠落保护装置, 即使轮轴断裂小车也不致坠落。这种装置可在小车支架的边梁上加四块槽形卡板, 每个角用一块, 使臂架主弦杆导轨嵌入其中, 每边留出约 5mm 的间隙, 平时使用时卡板并不接触导轨, 一旦小车轮轴断裂, 卡板就会与导轨接触, 确保小车运行时不能脱离臂架轨道。

17. 风速仪

臂架根部铰点高度大于 50m 的塔式起重机应安装风速仪。当风速大于 6 级 (10.8 ~ 13.8m/s) 风速时, 应能发出停止作业的警报。风速仪应安装在起重机顶部至吊具最高位置间的不挡风处。

18. 安全色标

采用以对比色为背景的安全色能提醒人们注意, 以便迅速发现危险部位并做出尽快反应; 或在非正常状态下准确识别并及时采取行动, 以避免危险减少事故的发生。

(1) 警告标志 警告标志提示人们注意可能发生的危险, 一般采用黄黑相间倾斜条纹标志, 如果标志背景使效果减弱, 允许使用红白相间标志。要求设置警告标志的地方有:

- 1) 吊钩滑轮组侧板、取物装置和起重横梁。
- 2) 臂架类型起重机回转尾部及平衡重。
- 3) 动臂式臂架型起重机的臂架头部。
- 4) 起重机外伸支腿和排障器。
- 5) 除流动式和铁路起重机外, 与地面距离小于 2m 的司机室和检修吊笼的底边、台车均衡梁和下横梁两侧。
- 6) 桥式起重机的端梁外侧 (有人行通道时) 和两端面, 移动式司机室的走台与梯子接口处的防护栏杆。

7) 夹轨器、大车滑线防护板。

(2) 语句提示与警告 警告语和提示语一般采用黄色背景上黑色文字, 属于这种

要求的地方有以下几处。

- 1) 流动式起重机的基本臂两侧用文字标志：“起重臂下严禁站人”；
- 2) 流动式起重机的回转尾部两侧用文字标志：“作业半径内注意安全”；
- 3) 各类起重机械的额定起重量，用大字标牌设置在结构的醒目位置，如桥式类型起重机的主梁、臂架起重机的臂架上。

(3) 禁止和停止标志 禁止和停止标志是制止或在一般情况下不准人们的某种行动而设置的标牌，一般采用红色标志。要求设置这种标志的地方有：①开关；②缓冲器、扫轨板、轨道端部止挡和上升极限位置限制器；③车滑线、电缆卷筒。

第5章 葫芦式起重机的安全操作与故障排除

葫芦式起重机是指以电动葫芦为起升机构的起重机，其优点是结构轻巧紧凑，操作使用简易方便，用途广泛，适用场合众多。由于少数葫芦式起重机采用司机室操纵，大部分是采用地面操纵形式，一般没有专职操作人员，更没有专门的司索、指挥人员，往往是操作人员兼司索工作，因而潜在的事故因素比其他类型的起重机更为严重。

5.1 电动葫芦的发展及结构

5.1.1 回顾我国电动葫芦发展史

TV 型电动葫芦是在 20 世纪 50 年代仿苏联 TB 型钢丝绳电动葫芦研制出的我国第一代电动葫芦。它既可以单独悬挂在单轨架空悬挂轨道上吊运重物，又可以与 A571 型电动单梁起重机及 17K 型电动单梁悬挂起重机配套使用。TV 系列产品在 20 世纪 50 年代、60 年代是电动葫芦的主导产品，70 年代逐渐被 CD 型电动葫芦所替代，80 年代趋近淘汰。目前尚有少许数量 TV 型电动葫芦在使用，其维护保养工作必须做好。

20 世纪 60 年代我国自行设计出了单、双速 CD、MD 型钢丝绳电动葫芦，目前此型号用得很普遍，其工作安全可靠，起升速度较高，一般为 $8\text{m}/\text{min}$ ，国内大量定型生产的是 0.5t、1t、2t、3t、5t、10t 六种起重量的电动葫芦。

DH 型电动葫芦的电动机安装在卷筒内部，可缩短电动葫芦的外形长度，但检修困难。DH 型电动葫芦属于重级工作制，性能超过 TV 型，此种型号使用不太普遍。

AS 型钢丝绳电动葫芦是 20 世纪 80 年代引进德国 STAHL 公司技术生产的新产品，该产品适用的起重量是 0.32 ~ 63t，起升高度为 3 ~ 120m，起升速度常速为 $1.5 \sim 24\text{m}/\text{min}$ 以及慢速为 $0.25 \sim 4\text{m}/\text{min}$ ，工作级别为 M3 ~ M6，防护类型为 IPS4。AS 型电动葫芦作为我国第三代电动葫芦的代表，已成为促进所有电动葫芦式起重机更新换代的核心。

5.1.2 电动葫芦的结构、性能

电动葫芦是由两个机构和一个系统组成的。两个机构是起升机构和运行机构，一个系统是电气控制系统。起升机构又称葫芦本体，是由驱动装置——电动机、传动装置——减速器、制动装置——制动器和取物缠绕装置——吊钩滑轮组、卷筒、钢丝绳等组成。运行机构又称运行小车，由驱动装置——电动机、传动装置——减速器、制动装置——制动器和车轮装置——车轮组成。电气控制系统包括电源引入器、控制电动机正反转的磁力起动器、起升限位开关和手动按钮等。标准型电动葫芦的基本结构如图 5-1 ~ 图 5-3 所示。上述三代电动葫芦的基本性能参数见表 5-1。CD 型电动葫芦为单速起升，结构如图 5-2 所示；MD 型电动葫芦为双速起升，结构如图 5-3 所示。

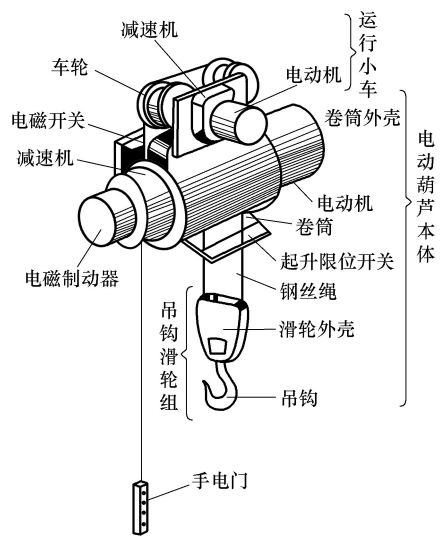


图 5-1 TV 型电动葫芦结构

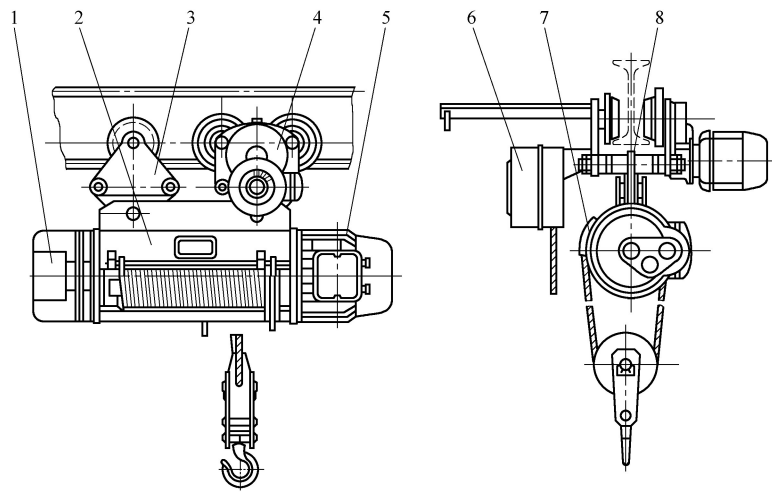


图 5-2 CD 型电动葫芦结构

1—减速器 2—卷筒 3—双轮小车 4—电动小车 5—起升电动机 6—控制箱 7—吊钩 8—连接架

表 5-1 电动葫芦基本性能参数

型号	起重量/t	起升高度/m	起升速度/m/min	运行速度/m/min	工作制度或工作级别
TV	0.5 ~ 10	6 ~ 40	4 ~ 8	20 ~ 30	JC = 25%
CD、MD	0.1 ~ 10	6 ~ 30	8/0.8	20 ~ 60	JC = 25%
AS	0.32 ~ 63	3 ~ 120	1.5 ~ 24 1.5/0.25 ~ 24/4	8 ~ 25 16/4 ~ 40/10	1Am ED = 40%

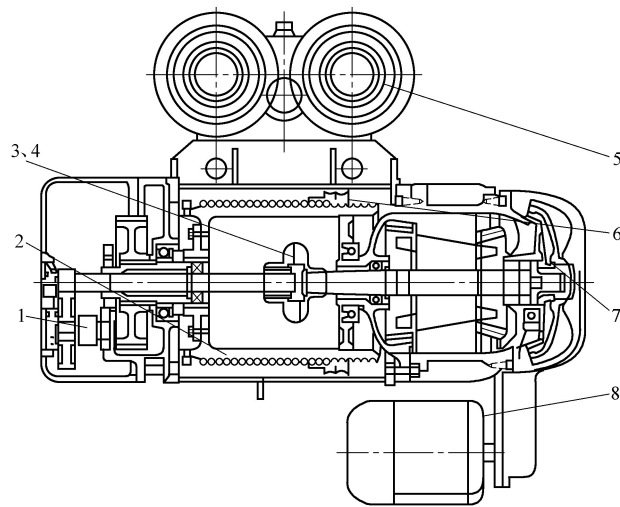
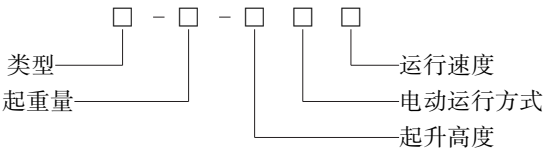


图 5-3 MD 型电动葫芦结构

1—减速器 2—卷筒 3—弹性联轴器 4—中间轴装置
5—双轮小车 6—导绳器 7—电动机 8—慢速驱动装置

电动葫芦的标记方法如下：



例如起重量 3t、起升高度 6m、电动运行式、运行速度 20m/min 的 CD 型电动葫芦标记为：CD1-3-6D20。

TV 型与 CD 型电动葫芦结构的不同之处在于 CD 型采用带锥形制动器的锥形转子电动机，型号为 ZD₁21-4 至 ZD₁51-4（见图 3-52）。TV 型电动葫芦的电动机转子不是圆锥形，是圆柱形，与多片圆盘式电磁制动器分开安装。电动葫芦本体的一端安装电磁制动器，本体的另一端安装电动机（见图 5-1）。

5.2 葫芦式起重机

5.2.1 葫芦式起重机种类

由电动葫芦构成的起重机称为葫芦式起重机，可分为葫芦梁式起重机、葫芦门式起重机、臂架起重机等。

- (1) 葫芦梁式起重机
 - 1) LD 电动单梁起重机 (JB/T 1306)。
 - 2) LX 电动单梁悬挂起重机 (JB/T 2603)。
 - 3) LZ 抓斗电动单梁起重机。
 - 4) LL 吊钩抓斗电动单梁起重机。
 - 5) LB 防爆电动梁式起重机 (JB/T 10219)。
 - 6) LXB 防爆电动单梁悬挂起重机。
 - 7) LF 防腐电动梁式起重机。
 - 8) LC 电磁电动梁式起重机。
 - 9) LY 冶金电动梁式起重机。
 - 10) LH 电动葫芦桥式起重机 (JB/T 3695)。

- (2) 葫芦门式起重机
如 MH 电动葫芦门式起重机。

- (3) 葫芦臂架起重机
 - 1) BZ 定柱式旋臂起重机。
 - 2) BB 壁行式 (爬升式) 起重机。
 - 3) BX 臂上旋臂起重机。

此外, 还有手动单轨起重机 (本书略)。下面主要介绍电动单梁起重机、LX/LXC 型电动单梁悬挂起重机和电动葫芦门式起重机。

5.2.2 电动单梁起重机的形式与结构

1. 电动单梁桥式起重机的基本形式

(1) 按操纵形式分类

1) 地面操纵: 操作人员在地面控制按钮, 操纵起升、下降、横向运行和纵向运行动作。起重机运行速度 $\leq 45\text{m/min}$ 。运行电动机为笼型电动机。跟随式操纵也属于地面操纵。

2) 司机室操纵: 操作人员在司机室内控制按钮或控制器, 操纵起升、下降、横向运行和纵向运行动作。起重机运行速度 $> 45\text{m/min}$ 为好。运行电动机为绕线转子电动机或双速笼型电动机。司机室有开式和闭式之分。

3) 滑道式操纵: 通过扁电缆可以在滑道中横向自由移动, 操作人员在地面进行操纵, 可以不随吊物横向移动, 较为安全 (也属于地面操纵)。

4) 遥控操纵: 操作者在一特定场所, 一边监视起重机动作, 一边操纵按钮或在操纵台上进行操纵控制。

(2) 按起重机结构型式分类

1) 按主梁结构型式分, 有工字钢主梁、组合型主梁 (圆管加工字钢、箱形加工字钢等) 和箱形单主梁。

2) 按端梁结构型式分, 有型钢组合式端梁和箱形端梁。

3) 按主、端梁连接结构分,有焊接连接和螺栓加减载凸缘,螺栓加减载轴和高强度螺栓连接之分。

4) 按运行机构分,有集中驱动与分别驱动。分别驱动的典型形式是“三合一”运行机构。

5) 按电源引入形式分,有软缆引入方式、滑接线引入方式和内藏安全保护滑触线方式。

2. 电动单梁起重机的结构特征

电动单梁起重机由桥架、电动葫芦和电气系统构成。

桥架用来支承和移动载荷,由金属结构和运行机构组成。金属结构包括主梁、端梁及主端梁连接三部分。运行机构由驱动装置(电动机)、传动装置(减速器)、制动装置(制动器)和车轮装置四部分组成。电动葫芦负责升降和横向移动载荷。电气系统由主回路和控制回路组成。

国产电动单梁起重机有以下三代产品:第一代产品为20世纪50年代仿苏A571型电动单梁起重机,与TV型电动葫芦配套使用;第二代产品为20世纪70年代我国自行设计的LD型电动单梁起重机,它与CD、MD型电动葫芦配套使用;第三代产品为20世纪80年代为了与引进的AS型电动葫芦配套使用,而自行设计开发的LDT型电动单梁起重机。

1) 第一代A571型电动单梁起重机。其桥架由桁架式金属结构和集中驱动的运行机构组成,主梁是由型钢组成的桁构梁,结构型式简单适用,建筑高度大。主桁架用来保证垂直刚度,水平桁架用来保证起重机的水平刚性,副桁架用来保证传动轴的刚性。端梁由型钢组焊而成。运行机构为集中驱动形式,传动效率低,当有歪斜跑偏时,易造成啃轨磨损,甚至会出现爬轨掉道故障。主梁与端梁之间的连接采用焊接连接形式。配套使用的电动葫芦只适宜选用TV型电动葫芦。当选用其他形式的电动葫芦时应注意电动葫芦的轮压大小,以防因轮压大造成工字钢主梁及工字钢轨道下翼缘的下塌事故。电气控制系统采用380V电压,很不安全(见图5-4)。

2) 第二代LD型电动单梁起重机。其主梁由冷弯压制的 $\cap$ 型槽钢与工字钢组焊成实腹梁。当起重量为5t时,工字钢为特制加厚异型工字钢,这种形式的主梁结构简单,工艺性好。端梁为箱形结构,主端梁之间采用螺栓加减载凸缘连接结构,拆装方便,便于运输贮存,此种连接形式中螺栓只承受拉力,剪切力由减载凸缘承担。运行机构为分别驱动形式,尽管制动时难以保证绝对同步,但起重机两端车轮制动时有少量超前滞后现象是允许的。分别驱动的优点是能减轻因车轮歪斜跑偏造成的啃道磨损等故障,不易出现车轮爬轨掉道故障。运行机构的驱动装置,地面操纵的为0.8kW锥形笼型电动机,制动器为平面制动器;司机室时采用1.5kW锥形绕线转子电动机,制动器为锥形制动器。其结构如图5-5所示。

3) 第三代LDT型电动单梁起重机。其结构如图5-6所示,主梁采用H型工字钢或箱形组焊梁,结构简单,刚性好。端梁为“三合一”标准端梁,由组焊的箱形梁与“三合一”运行机构组成。主梁与端梁之间的连接为螺栓加减载凸缘连接形式。运行机构由“三合一”驱动装置与车轮装置构成(见图5-7)。

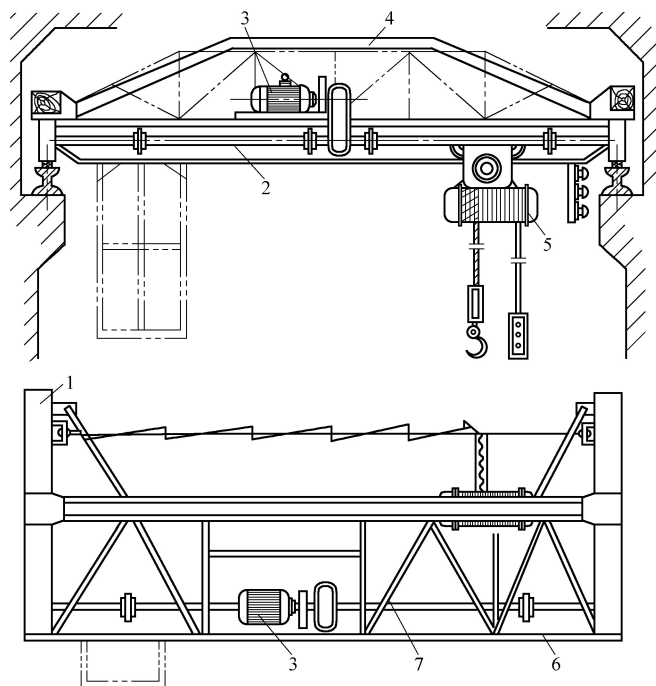


图 5-4 A571 型电动单梁起重机

1—端梁 2—工字形主梁 3—大车运行机构 4—垂直辅助桁架 5—电动葫芦
6—走台栏杆（主视图中用双点画线表示） 7—水平辅助桁架

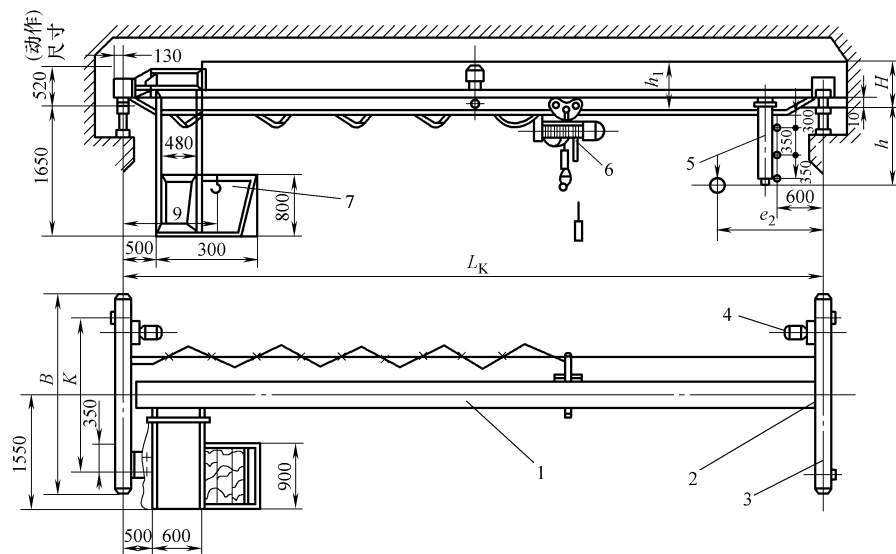


图 5-5 LD 型电动单梁起重机

1—主梁 2—主、端梁连接 3—端梁 4—运行机构 5—电气系统 6—CD 型电动葫芦 7—司机室

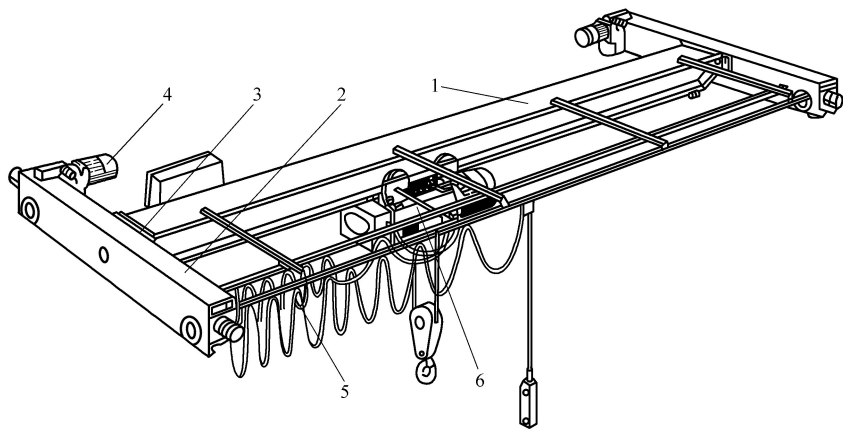


图 5-6 LDT 型电动机单梁起重机

1—主梁 2—端梁 3—主端梁连接 4—“三合一”运行机构 5—扁电缆滑道操纵系统 6—AS 型电动葫芦

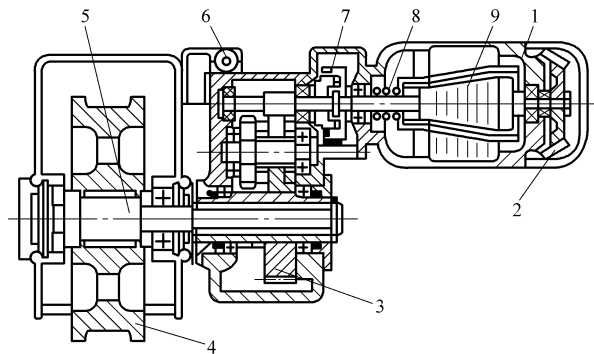


图 5-7 DEMAG “三合一”运行机构

1—锥形电动机 2—锥形制动器 3—减速器 4—车轮 5—车轮轴
6—扭力矩支承 7—联轴器 8—压力弹簧 9—锥形转子

“三合一”驱动装置系由锥形电动机 1、锥形制动器 2 和（QS 型）减速器 3 构成。车轮轴通过花键与减速器 QS 型的输出齿轮连接，驱动起重机大车行走。

AS 型电动葫芦为引进产品，具有下列安全装置：①电动机热保护装置；②上下双向断火保护装置；③起重量数字显示装置；④起重量限制报警装置；⑤错相保护功能，即使电动机错相接线，也不会造成事故。在上升极限位置限制器上增加一对开关触头。

操纵控制系统采用了低压操纵，安全可靠，同时又采用了扁电缆滑道式控制，操作人员可不随吊物横向移动，对操作人员的人身安全更有保障。

5.2.3 LX/LXC 型电动单梁悬挂起重机

1. 分类

电动单梁悬挂起重机是把起重电动葫芦悬挂安装在主梁（工字钢）下翼缘下，并

且沿其运行。电动单梁悬挂起重机结构如图 5-8 所示。

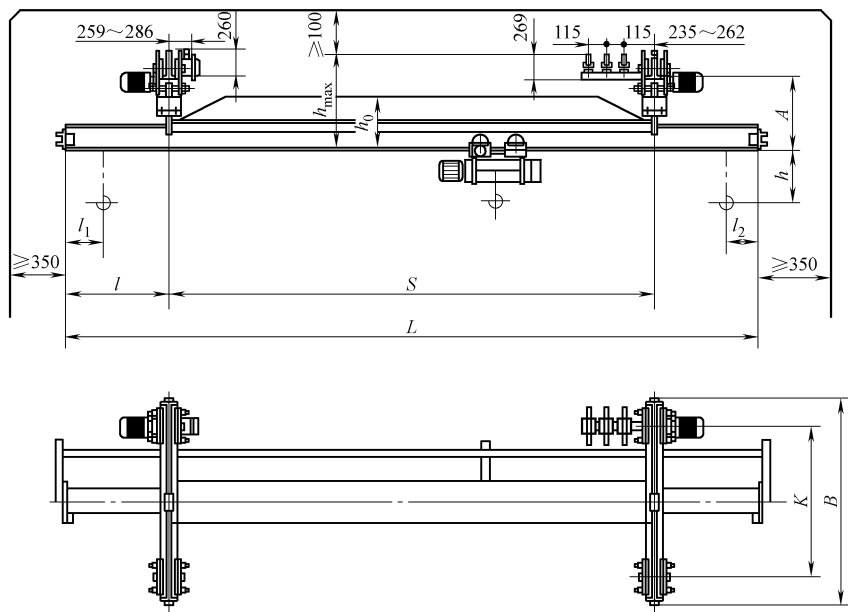


图 5-8 LX 型电动单梁悬挂起重机外形图

当把起重电动葫芦安装在主梁（工字钢）下方时，此类的电动单梁悬挂起重机称为 LX 型电动单梁悬挂起重机（见图 5-9a）。当把起重电动葫芦悬挂安装在主梁（工字钢）侧面时，这样的电动单梁悬挂起重机称为 LXC 型电动单梁悬挂起重机（见图 5-9b）。

电动单梁悬挂起重机用于起重量为 10t、跨度为 16m 以内的厂房和仓库，不适合在有爆炸危险腐蚀性介质的场所。环境温度不超过 40℃，吊运物品辐射热温度不超过 300℃。主梁一般采用工字钢，也可以是工字钢加槽钢组合梁。主梁材料同 LD 型电动单梁起重机。

2. 基本参数

- 1) 起重机的额定起重量 (G_n) 为：0.5t、1t、1.6t、2t、2.5t、3.2t、4t、5t、6.3t、8t、10t。
- 2) 起重机的跨度 (s) 为：4m、5m、6m、7m、8m、9m、10m、11m、12m、13m、14m、15m、16m。
- 3) 主梁悬臂长 (L) 为：0.25m、0.5m、0.75m、1m。
- 4) 起重机的基距 W 一般为 $1/8s \sim 1/5s$ ，但一般不小于 $s/6$ 。
- 5) 起重机的起升高度为：3.2m、4m、5m、6.3m、8m、10m、12.5m、16m、20m。
- 6) 起重机的起升速度规定为，0.5 ~ 12.5m/min。
- 7) 起重机的运行速度规定为，8 ~ 40m/min。

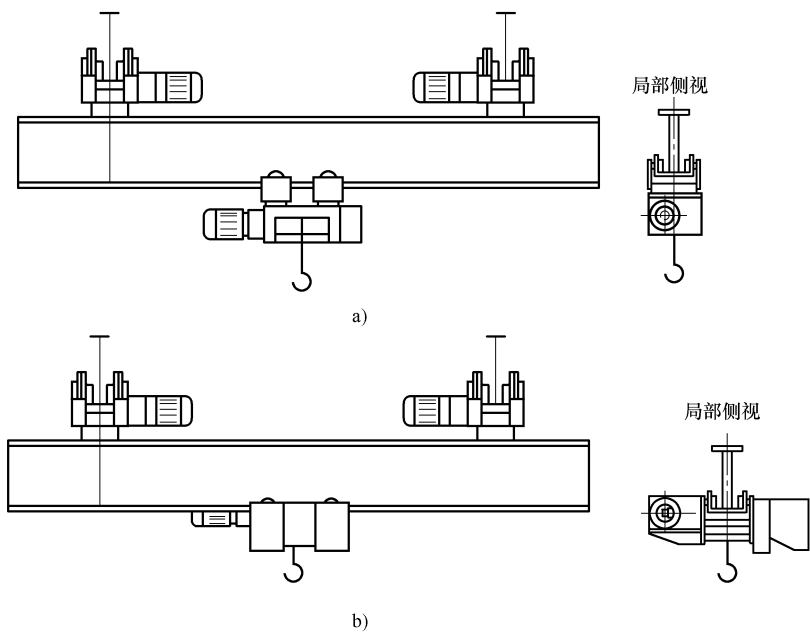


图 5-9 电动单梁悬挂起重机分类图

a) LX 型电动单梁悬挂起重机 b) LXC 型电动单梁悬挂起重机

8) 电动葫芦运行速度，规定为 8 ~ 40m/min。

5.2.4 电动葫芦门式起重机

1. 分类

1) 按取物装置可分为：①电动葫芦吊钩门式起重机，型号为 MH；②电动葫芦抓斗门式起重机，型号为 MH_z；③电动葫芦电磁门式起重机，型号为 MHC。

2) 按结构可分为：无悬臂、单悬臂或双悬臂结构；主梁一般采用箱形、桁架或组合主梁结构，支腿采用双刚性支腿，跨度大时也可采用一刚一柔性支腿。

2. 基本参数

1) 起重量规定有：2t、3t、5t、8t、10t、12.5t、16t。抓斗和电磁起重机的起重量包括其取物装置的自身重量。

2) 起升高度根据取物装置的不同而不同。吊钩起升高度为：6.3m、8m、10m、12.5m。抓斗、电磁吸盘起升高度为：6.3m、8m、10m。

3) 跨度 s 规定为：6m、10m、14m、18m、22m、26m、30m、35m、40m。

4) 悬臂有效长度：当跨度 s 为 10 ~ 14m 时，悬臂有效长度 L_1 、 L_2 为 3 ~ 5m；当跨度 s 为 18 ~ 26m 时，悬臂有效长度 L_1 、 L_2 为 5 ~ 7m；当跨度 s 为 30 ~ 40m 时，悬臂有效长度 L_1 、 L_2 为 7 ~ 10m。

5) 工作速度：当起重量为 2 ~ 5t/8 ~ 16t 时，起重机运行速度分别为 20 ~ 63m/min、

20 ~ 50m/min。小车运行工作速度为 10 ~ 40m/min。起升机构工作速度为 4 ~ 12.5m/min。

6) 工作级别。葫芦门式起重机工作级别为 A2 ~ A5。与取物装置、使用场地、使用程度有关。它们的关系见表 5-2。葫芦门式起重机的安全技术要求与 LD 型电动单梁起重机相同。

表 5-2 葫芦门式起重机工作级别表

取物装置	使用场地	使用程度	工作级别
吊钩	电站、仓库	不经常使用	A2 ~ A3
	车站、码头、货场 生产车间	不经常使用	A3 ~ A4
		较频繁使用	A5
抓斗 电磁吸盘	散料货场 装卸车皮 废钢铁料场	不经常使用	A3 ~ A4
		较频繁使用	A5

5.2.5 电动梁式起重机的安全技术要求

1. 材料

起重机金属结构件的材质，碳素结构钢按 GB/T 700 《碳素结构钢》，低合金结构钢按 GB/T 1591 《低合金高强度结构钢》，牌号选用应符合或不低于表 5-3 的规定。

表 5-3 电动单梁起重机金属结构材料

构件类别		重要构件		其余构件
工作环境温度		$\geq -20^{\circ}\text{C}$	$-20 \sim 25^{\circ}\text{C}$	$-25 \sim 40^{\circ}\text{C}$
钢材牌号	$\sigma \leq 20$	Q235-B、F	Q235-D	Q235-A、F
钢材牌号	$\sigma > 20$	Q235-B	16Mn ₂	Q235-A、F

注：1. 重要构件指主梁、端梁、小车架。

2. 要求 -20°C 时冲击吸收能量不小于 27J，订货时提出或补做试验。

2. 焊接

1) 主梁及小车架的受拉区的对接焊缝应进行无损检测，射线检测时应不低于 GB/T 3323—2005 《金属熔化焊焊接接头射线照相》中规定的 II 级，超声检测时应符合 GB/T 11345 《焊缝无损检测 超声检测技术、检测等级和评定》中的 I 级。

2) 焊缝外部不得有裂纹、孔穴、固体类夹渣、未熔合、未焊透等目测可见的明显缺陷，焊缝质量评定级别应符合 JB/T 5000.3 的规定，对接焊缝为 BS 级，角焊缝为 BK 级。

3) 焊接用的焊条、焊丝与焊剂应与被焊接件材料相适应。

3. 桥架（起重机运行机构组装完成后）

1) 主梁腹板的局部平面度：①腹板高度不大于 700mm 时，以 500mm 平尺检查，腹板的受压区应不大于 3.5mm，腹板的受拉区应不大于 5.5mm；②腹板高度大于 700mm 时，以 1000mm 平尺检查，腹板的受压区应不大于 5.5mm，腹板的受拉区应不大于 8mm。

- 2) 主梁上拱度 F 应为 $(1/1000 \sim 1.4/1000)s$, 最大上拱度应位于跨度中部 $s/10$ 范围内 (见图 5-10)。
- 3) 主梁的水平弯曲值 $f \leq s_z/2000$, 此值在腹板上离主梁顶面 100mm 处测量。对 LDP 型起重机, 只允许向主轨道侧凹曲, 参数如图 5-10 所示。

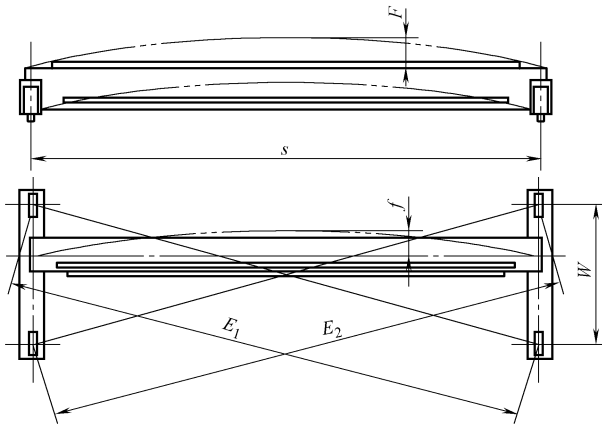


图 5-10 主梁偏差图

- 4) 起重机跨度偏差 Δs : 当 $s \leq 10\text{m}$ 时, $\Delta s = \pm 2\text{mm}$; 当 $s > 10\text{m}$ 时, $\Delta s = \pm [2 + 0.1(s - 10)]\text{mm}$ 。跨度偏差见表 5-4。

表 5-4 跨度偏差表

s/m	7.5 ~ 10	> 10 ~ 15	> 15 ~ 20	> 20 ~ 25	> 25 ~ 30	> 30 ~ 31.5
$\Delta s/\text{mm}$	± 2	± 2.5	± 3	± 3.5	± 4	± 4.5

- 5) 以装车轮的基准点测得的对角线差 $|E_1 - E_2| \leq 5\text{mm}$ (见图 5-10), 此值允许在运行机构组装前控制。
- 6) 基距 W 为 $(1/8 \sim 1/5)s$, 但一般不小于 $s/6$, 如图 5-10 所示。
- 7) 基距偏差 ΔW : 当 $W \leq 3\text{m}$ 时, ΔW 为 $\pm 3\text{mm}$; 当 $W > 3\text{m}$ 时, ΔW 为 $\pm W/1000$ (见图 5-10)。

4. 装配

- 1) 起重机总装后, 车轮垂直偏斜 $\tan \alpha = 0.0005 \sim 0.0030$ (见图 5-11)。
- 2) 起重机总装后, 车轮轴线水平偏斜 $\tan \varphi = -0.0015 \sim +0.0015$ (见图 5-12)。
- 3) 起重机总装后, 四个车轮着力点高度差 Δh (见图 5-13) 应符合表 5-5 的规定。

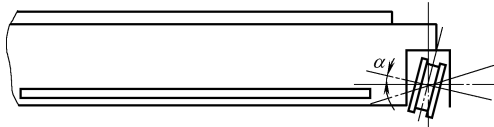


图 5-11 车轮垂直偏斜图

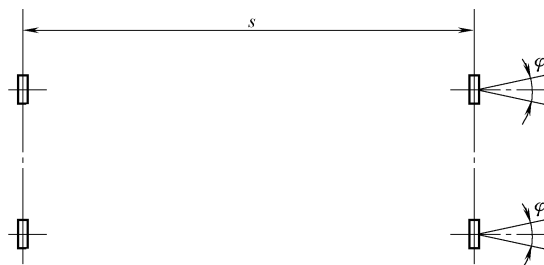


图 5-12 车轮水平偏斜图

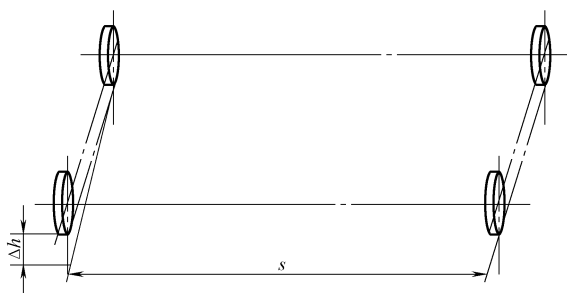


图 5-13 车轮着力点偏差图

表 5-5 着力点高度差表

跨度 s/m	公差 $\Delta h/\text{mm}$	跨度 s/m	公差 $\Delta h/\text{mm}$
≤ 10	± 2	$> 20 \sim 25$	± 5
$> 10 \sim 15$	± 3	$> 25 \sim 31.5$	± 6
$> 15 \sim 20$	± 4		

5. 安全、卫生

- 1) 司机室必须安全可靠，司机室与悬挂或支撑部分的连接必须牢固。
- 2) 司机室的顶部应能承受 $2.5\text{kN}/\text{m}^2$ 的静载荷。
- 3) 司机室内净空高度应不小于 1.8m ，司机室的围栏高度应不小于 1050mm 。
- 4) 在高温、有尘环境下工作的起重机，应设封闭式司机室。
- 5) 司机室的门一般应向里开或采用滑动式拉门，司机室外面有走台时，允许门向外开。
- 6) 司机室应有良好的视野及适度的空间，力求使司机感觉舒适，操纵方便。
- 7) 司机室应设有舒适可调的座椅、门锁、灭火器和电铃或警报器，必要时还应设置通信联系装置。
- 8) 司机应能方便可靠地接通和断开起重机总电源（照明信号除外）。
- 9) 起重机应采用低压（ 36V 或 42V ）操纵。
- 10) 进入起重机的门和司机室到桥架上的门必须设有电气联锁保护装置，当任何一

个门开时，起重机所有机构应均不能工作。

(1) 采用联动控制台时，零位档应明显或备有零位自锁，手柄的操纵方向应与起重机和小车运行机构的运行方向一致。

(2) 起重机在非密闭性厂房内、无其他外声干扰和起升高度不小于 5m 的情况下，在地面上测量整机噪声不得大于 85dB (A)。

5.2.6 电动梁式起重机的试验方法

1. 目测检查

目测检查应检查所有重要部件的规格或状态是否符合要求。

1) 要检查各机械、电气设备、安全装置、控制器、照明和信号系统。

2) 要检查起重机金属结构及其连接件、梯子、通道、司机室；所有的防护装置；吊钩；钢丝绳及其固定件；滑轮组及其轴向固定件。

3) 检查时，不必拆开任何部件，但应打开在正常维护和检查时应打开的盖子，如限位开关的盖子等。

4) 目测检查还应包括检查必备的证书是否经过审核。

2. 合格试验

1) 接通电源，开动各机构，使小车沿主梁全长往返运行一次，无任何卡阻现象，开动并检查其他机构，均应运转正常，控制系统和安全装置应灵敏准确。

2) 经过 2~3 次的逐渐加载直至额定起重量，做各方向的动作试验，应达到表 5-6 所列项目的要求。

表 5-6 电动单梁起重机合格试验表 (JB/T 1306)

序号	项 目	计量单位	要求值	极限偏差	备 注
1	载荷起升高度	m	名义值	-5%	名义值即设计值,以下同。
2	吊钩极限位置	m	名义值	±2%	—
3	载荷起升速度	m/min	名义值	±5%	双速时对慢速不考核
4	起重机及小车运行速度	m/min	名义值	±15%	—
5	额定载荷下降制动时的制动下滑量	m	≤s/100	—	s 为 1min 内稳定起升距离
6	起重机的静态刚性测主梁跨中静挠度	mm	见 JB/T 1306	—	—
7	起重机的水平刚性测主梁的水平弯曲值	mm	见 JB/T 1306	—	—
8	起重机的动态刚性测满载下降制动时主梁跨中的自振频率	Hz	见 JB/T 1306	—	—
9	起重机的噪声	dB(A)	见 JB/T 1306	—	—
10	电控设备中各电路的对地绝缘电阻	MΩ	见 JB/T 1306	—	—
11	限位器的可靠性	—	能准确停车	—	—
12	主要受力构件漆膜附着力	—	见 JB/T 1306	—	—

3. 载荷起升能力试验

(1) 静载试验 试验前, 应将空载小车停放在主梁端部极限位置, 在跨中测出测量主梁挠度的基准点。

然后将小车开到主梁跨中, 起升 $1.25G_n$ 的试验载荷, 距地面 100 ~ 200mm 高度处, 悬空时间不少于 10min, 卸载后将小车开至主梁端部后再检查有无永久变形。如此重复三次, 第一、二次允许主梁有少许变形, 第三次主梁不得再产生永久变形。将小车开至主梁端部, 检查主梁实有上拱度应不小于 $0.8s/1000$ 。

静载试验结束后, 起重机各部分均不应有永久变形、裂纹、油漆剥落、连接处松动或损坏等质量问题。

(2) 动载试验 起重机各机构的动载试验应先分别进行, 然后做联合动作的试验, 同时开动两个机构。

试验载荷为 $1.1G_n$, 按起重机相应的工作级别, 对每种动作应在整个运动范围内做反复启动和制动, 对悬挂着的试验载荷做空中启动时, 试验载荷不应出现反向运动。按其工作循环, 试验时间应延续 1h。

如果各部件能完成其功能试验, 并在随后进行的目测检查中没有发现松动和损坏, 则认为这项试验合格。

5.3 葫芦式起重机的安全操作与安全检查

5.3.1 电动葫芦使用前的检查

操作人员在使用电动葫芦之前应检查下面事项:

- 1) 在操作者步行范围内和重物通过的路线上应无障碍物。
- 2) 手控按钮上下、左右前后方向应动作准确灵敏, 电动机和减速器应无异常声响。
- 3) 制动器应灵敏可靠。
- 4) 电动葫芦运行轨道上应无异物。
- 5) 上下限位器动作应准确。
- 6) 吊钩止动螺母应紧固。
- 7) 吊钩在水平和垂直方向转动应灵活。
- 8) 吊钩滑轮应转动灵活。
- 9) 钢丝绳应无明显缺陷, 在卷筒上排列整齐, 无脱开滑轮槽迹象, 润滑良好。
- 10) 吊辅具无异常现象。
- 11) 电动葫芦的工作环境温度应为 $-25 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。
- 12) 一般的电动葫芦不适用于充满腐蚀性气体或相对湿度大于 85% 的场所, 不能代替防爆葫芦, 不宜吊运熔化金属或有毒、易燃和易爆物品。
- 13) 工作完毕后, 应关闭电源总开关, 切断主电源。

14) 应设专门维修保养人员, 于每周对电动葫芦主要性能和安全状态检查一次, 发现故障及时排除。

15) 电动机风扇制动轮上的制动环不许沾有油垢, 调整螺母应紧固, 以免因制动失灵而发生事故。

16) 电动葫芦各润滑部位应加适量的润滑油, 润滑油要清洁不含杂质。润滑油2个月更换一次。对起升和运行减速器在使用前一定要加足够的润滑油, 起重减速器内注入68、100工业齿轮油。

5.3.2 葫芦式起重机的操作特点

葫芦式起重机操作多为地面操作, 次之是操纵室操作, 还有少量采用遥控操作、无线电操作及自动程序控制等。通常人的正常步行速度为4km/h, 即66.6m/min。一般地面操纵的葫芦式起重机运行的最大速度取人的正常步行速度的70%左右, 即45m/min, 当起重机运行速度 $\leq 45\text{m/min}$ 时采用地面操纵, 而运行速度 $> 45\text{m/min}$ 时采用操纵室操作。

(1) 地面操纵 地面操纵的葫芦式起重机是通过手动按钮(俗称手电门)进行操纵的。当操纵固定电动葫芦作业时, 手电门上有两个按钮, 常称“二豆”手电门, 只能操纵吊载的起升与下降; 当操纵悬挂轨道电动葫芦作业时, 手电门上有四个按钮, 常称“四豆”手电门, 则能操纵吊载的起升、下降和左右横行; 当操纵电动单梁起重机作业时, 手电门上应有六个按钮, 常称“六豆”手电门, 可以操纵吊载的起升、下降、左右横行和前后运行。手电门上设有机械联锁保护装置, 新型手电门还设有总电源开关或电钥匙, 还有低压(36V或42V)手电门和双速手电门。

根据手电门安装部位和其安装方式的不同, 地面操纵形式有以下几种:

1) 固定式手电门操纵。这是一种旧式的操纵形式, 只有在跨度小或地面上有长期固定障碍物、操作人员的横向位移被限定在某一个范围内时才被采用。

2) 跟随式手电门操纵, 此种操纵形式是目前地面操纵普遍采用的形式。优点是操作人员距离吊载近, 观看清楚, 排除干扰及故障快; 缺点是操作人员被限定在吊载近处, 容易造成吊载碰撞冲击、砸伤等人身事故。

3) 滑道式手电门操纵, 如图5-14所示。这种操纵方式可根据操作人员的实际需要, 自由地掌握与吊载的远近, 既安全又方便, 是较好的地面操作方式之一。

(2) 操纵室操纵 当起重机运行速度 $v > 45\text{m/min}$ 时, 应安装操纵室进行操作。根据需要操纵室有开式、闭式之分, 开门方向有侧面开门和端面开门。为防止触电, 操纵室应该安装架设在非电源滑线一侧。

(3) 遥控操纵 当操作现场环境条件不允许操作者直接按动由起重机悬吊的手电门按钮时, 要求操作者与葫芦式起重机分开在不同

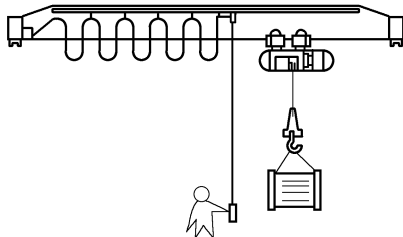


图5-14 滑道式手电门操纵

的场所，一边监视起重机的动作，一边操纵按钮使起重机作业，这种形式的操纵称为遥控操纵。除此而外，还可以采用无线电操纵、程序控制（PLC）等。

5.3.3 葫芦式起重机的安全操作规程

- 1) 不得超载起吊作业。
- 2) 吊载不得在人员上方通过。
- 3) 不得侧向斜吊。
- 4) 不得利用起升限位器作起升停车使用。
- 5) 不得在正常作业中使用缓冲器达到停车的目的。
- 6) 不得在吊载中调整制动器。
- 7) 不得在作业中进行检修与维护。
- 8) 不得在有剧烈振动时进行起吊、左右、前后、移动等动作。
- 9) 不得在吊重不明时作业，如吊拔埋物及斜拉等作业。
- 10) 不得随意拆改葫芦式起重机上任何安全装置。
- 11) 不得在制动器失灵、限位器失灵、吊钩螺母防松装置损坏、钢丝绳损伤已达到报废标准等影响安全的情况作业。
- 12) 不得在捆绑吊挂不牢、吊载不平衡、易滑动、易倾翻状态下作业；重物棱角处与吊装钢丝绳之间未加衬垫时，不得吊装作业。
- 13) 不得在工作场地昏暗、无法看清场地与被吊物状况下作业。
- 14) 在作业中注意观察吊载附近是否还有其他人员，以防发生撞冲事故。
- 15) 注意观看吊钩是否在吊载的重心之上。
- 16) 在吊载处于狭窄的场所或易倾倒位置的重物时注意不宜盲目操作。
- 17) 在吊载作业中应随时观看前后、左右、上下各方位的安全性。
- 18) 确认处于易见方位且安全再进行操作。
- 19) 确认手电门按钮标记后再按钮。
- 20) 确认吊具或吊装绳真正处于正确吊装状态，没有其他物牵挂，再进行操作。
- 21) 发现故障时立即切断总电源。
- 22) 发现故障时应及时与安全维修人员联系，迅速排除故障与隐患。
- 23) 重物接近或达到额定载荷时，应先做小高度、短行程试吊后，再平稳地进行起升与吊运。
- 24) 重物下降至距地面 300mm 处时，应停车观察是否安全后再下降。
- 25) 无下降限位器的葫芦式起重机，在吊钩处于最低位置时，卷筒上的钢丝绳必须保证有不少于两圈的安全圈数。

5.3.4 葫芦式起重机的常规安全防护装置

1. 机械安全装置

- (1) 防脱钩装置 吊钩应设有防止吊载意外脱钩的保护装置，即采用带有安全爪

式的安全吊钩（见图 5-15）。

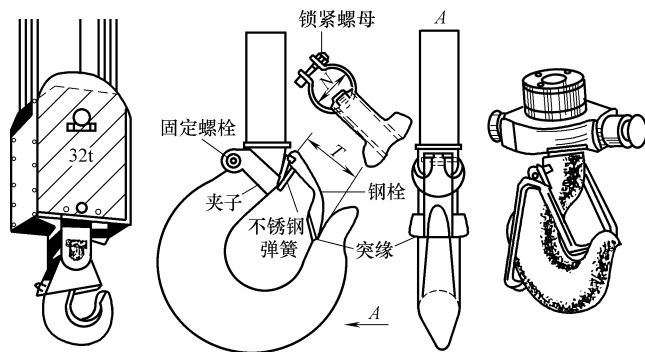


图 5-15 吊钩安全装置图

(2) 导绳器 为防止乱绳引起的事故，电动葫芦的起升卷筒大部分都设有防止乱绳的导绳器，导绳器为螺旋式结构。卷筒相当于螺杆，卷筒正反旋转时导绳器一方面压紧钢丝绳不得乱扣，同时又向左右移动，导绳器上有拨叉拨动升降限位器拨杆上的挡块，达到上下极限位置时断电停车。

(3) 制动器 目前，我国三代电动葫芦服役于各项工程当中，CD、MD 型电动葫芦和引进产品 AS 型电动葫芦，它们的制动器为锥形制动器，且均为机械式制动器，依靠弹簧压力及锥形制动环摩擦力进行制动。小车和地面操作的大车运行机构、司机室操纵的大车制动器均为锥形制动器。

(4) 止挡（即阻进器） 在葫芦式起重机主梁（单梁式起重机）两端适当位置（控制极限尺寸）设有带有缓冲器的止挡（止挡与缓冲器为一体），以阻止葫芦小车车轮运行而停车；在电动葫芦桥式起重机主梁上两端适当位置设有止挡，以阻止小车横行至极限位置而停车；在梁式起重机大车运行轨道两端设有止挡，以阻止起重机停在极限位置上。

(5) 缓冲器 为减缓葫芦式起重机与止挡碰撞产生的冲击力对起重机及吊载的冲击振动，缓冲器一般是装设在单梁起重机端梁上和装在起重机小车架端梁的端部上。过去的缓冲器是采用硬木，如今多采用橡胶的聚氨酯缓冲器。

2. 电气安全防护装置

(1) 升降极限位置限制器 以往采用的起升限位器为重锤式，重锤式限位器只能控制起升到最高极限位置时断电停车，不能起到下降极限位置的控制。目前绝大部分的升降限位器为双向限位，与导绳器配合使用。

(2) 运行极限位置限位器 运行极限位置限位器又称行程开关。在葫芦式起重机的起重小车和起重机的端梁装设行程开关，在起重小车轨道和起重机大车运行轨道端适当位置装有一安全尺，当行程开关碰到安全尺，立即断电停车至极限位置。

(3) 安全报警装置 安全报警装置往往与超载限制器配合使用，一般为当载荷达到额定起重量的 90% 时，能发出提示性报警信号。

(4) 超载限制器 为防止超载起吊重物造成事故,电动葫芦上一般应设有不同类型的起重量限制器。目前使用的超载限制器按构造原理大致可分为机械式的弹簧压杆式、杠杆式和摩擦片式,测力传感式、电流检测式和载荷计量式。目前推荐采用和广泛使用的是测力传感超载限制器。

(5) 相序保护 相序保护又称错相保护。错相保护是与上升极限位置限制器配合使用的。这样即使电动机错相接线,也不会造成事故。

5.3.5 葫芦式起重机的特殊安全保护措施

特殊环境下使用的葫芦式起重机除了应必备常规安全保护措施外,还应具有适应特殊环境下使用的特殊安全保护措施。

1. 在易燃易爆场合下使用

在易燃易爆场合下使用专用的防爆葫芦式起重机,应具有以下特殊安全保护措施:①所有的电气元件不得有裸露部分;②防爆葫芦式起重机常温绝缘电阻值不小于 $1.5M\Omega$;③轨道接地连接电阻值不大于 4Ω ;④所有的防爆电气设备(开关箱、手电门、行程开关及接线盒等)均应具有国家指定的防爆检验单位颁发的在有效期内的防爆合格证;⑤为防止因机械摩擦或碰撞产生火花及危险温度而造成的危险,对防爆葫芦式起重机裸露的具有相对摩擦运动的部分应采取限速措施,如钢丝绳与卷筒的卷入线速度和葫芦小车及大车在轨道上的运行线速度均不得大于 $25m/min$;⑥钢丝绳表面不得有断丝现象;⑦运行轨道接头处应光滑平整,车轮运行中不应有冲击现象。⑧当工作环境中的金属障碍物较多时,为避免吊钩与金属障碍物发生碰撞,应在吊钩滑轮侧板外表面标出警告字样,如“禁止碰撞”“触电”等;⑨制动器均应安装在具有隔爆性能的外壳内部。

2. 在吊运有毒、危险、贵重物品的场合下使用

葫芦式起重机普遍使用在国防系统单位中,主要用于吊运军用导弹、航天火箭,以及在核电站中吊运有放射性的核燃料核乏料和核废料,而这些物品要么十分贵重,要么十分危险,因此要求葫芦式起重机动作要一稳再稳,安全再安全。用于此种场合的葫芦式起重机必须具有以下特殊的安全保护措施:

(1) 断轴保护 为防止万一电动机轴断裂及第一制动器制动失效而造成吊载失落事故,应在起升卷筒轴上增设第二制动器(机械式)加以保护。

(2) 断绳保护 为防止钢丝绳突然断裂造成吊载失落事故,采取单一事故保护措施。单一事故保护装置由卷筒、钢丝绳、滑轮组、平衡梁等组成。

(3) 双起升极限位置限位保护 在常规起升限位器上再增加一层限位保护,即双限位双保险。当第一层限位保护失灵时,第二层能弥补上限位保护作用。

(4) 双行程限位保护 在各运行机构行程限位装置上,再加一层第二限位保护,达到双保险作用。

(5) 超速保护 在电动葫芦起升卷筒的中心轴上装有一光电编码器,编码器将卷筒转速转化为脉冲信号传出,当超速 10% 时自动切断电源,达到安全目的,同时发出光、电信号。

(6) 地震保护 运行机构增设水平导向轮,用来抵抗地震横向冲击;在端梁上增设护钩装置,用来抵抗地震上抛冲击,上抛时护钩将钩住轨道。

3. 在吊运高温或熔化金属的场合中使用

虽然要求普通的葫芦式起重机不得吊运熔化的金属,但仍有不少用户用葫芦式起重机吊运轻小的高温金属件或小型熔化金属包。用于冶金行业的葫芦式起重机必须具有以下特殊安全保护措施:①各机构应采取双驱动方式,当一个驱动装置发生故障时,另一个驱动装置能起到整机继续驱动,以防停机时熔化金属凝固于金属包内;②各机构应采取双制动方式,当第一制动器失灵失效时,第二制动器制动器动作,保证能继续制动功能;③因在高温下作业,电动机及主要电器的绝缘等级必须达到 H 级以上(允许工作温度为 180℃,而 F 级允许工作温度为 155℃,B 级允许工作温度为 130℃,E 级允许工作温度为 120℃,A 级允许工作温度为 105℃,Y 级允许工作温度为 90℃);④各机构工作级别不得低于 M6;⑤钢丝绳绳芯必须采用石棉芯。

4. 在高压电源下作业的场合中使用

在吊运电解铜、电解铝等的作业中,当采用葫芦式起重机吊运高压电极或吊钩有可能触及高压电源时,可能会发生触电事故,从而造成操作者伤亡或设备毁坏事故。为此,在这种场合必须使用专用的绝缘葫芦式起重机。

专用绝缘葫芦式起重机通常是采用在吊钩与滑轮组间、小车架与车轮间、大车端梁与车轮间。或者是吊钩与滑轮组间、卷筒与小车架间、小车车轮轴与小车架端梁车轮轴孔之间的三级绝缘。绝缘材料为二甲苯树脂玻璃布或环氧酚醛玻璃布等,其绝缘电阻应大于 1MΩ。

5. 在有粉尘环境中使用

- 1) 应采用闭式司机室进行操作,以保护司机的人身健康。
- 2) 起重机上的电动机及主要电器的防护等级应相应提高,通常情况下葫芦式起重机电机及电器的防护等级为 IP44,根据粉尘程度的大小,应相应增强其密封性能,防尘能力等级应提高到 IP54 防尘防溅型或 IP64 尘密防溅型等级。

6. 在潮湿环境中使用

在正常情况下,当工作环境相对湿度不大于 85% 时,葫芦式起重机的防护等级为 IP44,目前要求适应湿度较大的场合越来越多,要求相对湿度为 100% 的场合也不少,甚至如核电站还有用高压水冲洗核设备的核粉尘污染,所采用的起重设备的防护等级必须提高,所以在相对湿度大于 85% ~ 100% 的使用场合工作时,起重机的电动机与电器防护等级应为 IP55 防尘防喷水型等级。

在潮湿环境中,对 10kW 以上的电动机还应采取增设预热烘干装置。

露天作业的葫芦式起重机的电动机及电器上均应增设防雨罩。

7. 在高温环境中使用

- 1) 司机室应是闭式装有电风扇或安装空调的司机室。
- 2) 电动机绕组及机壳上应埋设热敏电阻等温控装置,当温度超过一定界限时,能断电停机加以保护,或在电动机上增设强冷措施(如在电动机上增设一专用电风扇)。

8. 在寒冷环境中使用

寒冷季节中在室外使用的葫芦式起重机应有以下安全防护措施：

- 1) 采用闭式司机室，司机室内应设取暖装置。
- 2) 及时清除轨道、梯子及走台上的冰雪，以防滑倒摔伤。
- 3) 起重机主要受力杆件或构件应采用低合金钢或不低于 Q235-C 普通碳素钢（指在 -20°C 以下）的材质（见 2.3 节）。

5.3.6 电动葫芦的安装与检查验收

1. 电动葫芦的安装技术要求

1) 电动葫芦在安装前要仔细检查各零部件是否齐全、有无损坏，并按说明书要求进行安装。

2) 根据选用工字钢型号规格的不同，调整电动小车的垫圈数量，注意保证两侧轮缘与工字钢间要有 $3 \sim 5\text{mm}$ 的间隙。工字钢轨道调整垫数量见表 5-7。

表 5-7 工字钢轨道调整垫数量表

（单位：个）

吨位/t	规格																															
	16	18	20	20	22	22	25	25	28	28	32	32	32	36	36	36	40	40	45	45	45	50	50	50	56	56	56	63	63	63		
			a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
0.5,1	0	2	3	4	6	6	7	8	9	9																						
2,3			0	1	3	3	4	5	6	6	8	8	9	9	10	10	11	11	12	13	13	14										
5,10									2	2	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15	16	16	

- 3) 电动葫芦所使用的工字钢轨道两端要装设防脱轨装置。
- 4) 电动葫芦所使用的工字钢轨上应装设地线，其接地电阻不得大于 5Ω 。
- 5) 电动葫芦安装完毕后，应进行一次全面的安全性能检查并应达到设计指标要求。

2. 电动葫芦的检查验收

新安装电动葫芦的验收要求无负荷、静负荷和动负荷试验全部合格。

(1) 无负荷试验 接通电源，不吊挂载荷，开动电动机进行反正转试验，在试验时应检查限位器、按钮和电磁制动器等电器设备的灵敏性，同时还应检查减速器的声音、油温、齿面接触情况以及操纵线路的正确性。

(2) 静负荷试验 先以额定负荷开到距地表面 100mm 处，空悬 10min ，检查传动机构和制动器工作是否平稳可靠，声音是否正常；然后以超额定负荷 25% 进行试验，其方法、条件均与额定负荷试验相同。

(3) 动负荷试验 静负荷试验结果良好后，再以超额定负荷 10% 进行动负荷试验。反复开动起升、下降和运行机构，此后各机构应动作平稳、无跳动现象，车轮与钢轨应全部接触，吊钩无抖动，制动器无噪声，制动平稳可靠，温升正常。制动电磁铁温升不许超过 85°C ，制动下滑应在规定的范围内，制动距离 $s \leq v/100$ ，单位为 m ， v 为起升速度，单位为 m/min 。

5.3.7 电动葫芦式起重机的故障及排除方法

电动葫芦式起重机的故障及排除方法见表 5-8。

表 5-8 电动葫芦式起重机故障诊断排除表

序号	项目	常见故障	故障原因	排除方法
1	电动机	空载时电动机不能启动	1) 电源未接通 2) 按钮失灵, 接触不良 3) 电磁开关箱中的熔断器、接触器等元件失效 4) 限位器未复位 5) 按钮接线折断	1) 接通电源 2) 更换按钮 3) 整修有关的电器元件 4) 复位限制器 5) 调整或重接按钮线
		空载旋转, 有载不转	1) 转子断条, 转子铸铝铝条粗细不均匀 2) 电动机单相运转	1) 更换电动机 2) 重新接线
		电动机勉强启动, 噪声大或有异常响声	1) 超载过多 2) 电源电压过低 3) 制动器未完全脱开 4) 接线、电磁线圈等有断裂等	1) 按规定吊载 2) 调整电源电压 3) 调整制动器间隙 4) 重新接线
		烧包 (定子绕组烧毁)	绝缘等级低, 多为漆包线有外伤	更换电动机
		过热	1) 超载过多 2) 电压波动 (降压) 太大 3) 起、制动过于频繁 4) 制动器间隙太小	1) 按规定吊载 2) 调整电源电压 3) 应适当减少起制动次数 4) 重新调整制动器间隙
2	减速器	减速器噪声大 (超过标准)	1) 缺油, 润滑不良 2) 零件有磕碰, 制造装配精度低 3) 齿轮、轴承等件磨损严重	1) 加足润滑油 2) 修整齿轮齿面的磕碰, 改进装配质量 3) 更换齿轮、轴承
		减速器箱体碎裂	多因起升限位器失灵, 吊钩滑轮外壳直接撞击卷筒外壳, 造成吊钩偏摆打裂箱体	更换或修理起升限位器, 及时更换减速器箱体
3	制动器	制动失灵	1) 电动机轴断 2) 锥形制动环装配不当, 出现磨损台阶	1) 更换电动机轴 2) 更换制动环, 并正确装配
		重物下滑或运行明显刹不住车	1) 制动间隙太大 2) 制动环严重磨损超过规定未更换 3) 电动机轴或齿轮轴轴端紧固螺钉松动 (CD 型常见)	1) 调整制动间隙 2) 更换制动环 3) 把电动机卸下, 按紧松动的紧固螺钉
		制动时发出刺耳声音	制动轮与制动环间有相对摩擦, 接触不好	重新调整制动器或车削一下制动环, 使锥度相符
4	卷筒装置	导绳器破裂	斜吊	按安全规程操作
		外壳带电	轨道未接地或接地线失效	加装或接通接地线

(续)

序号	项目	常见故障	故障原因	排除方法
5	钢丝绳	拉断	1) 起升限位器失灵被拉断 2) 超载过多 3) 已达到报废程度仍在使用	1) 修理或更换限位器 2) 按规定吊载 3) 更换钢丝绳
		变形	1) 无导绳器, 造成钢丝绳被挤压变形 2) 斜吊造成乱绳而变形	1) 应装导绳器 2) 按安全规程操作
		磨损	1) 斜吊造成钢丝绳与外壳磨损 2) 滑轮绳槽、卷筒绳槽与钢丝绳不相匹配	1) 不要斜吊 2) 合理选择钢丝绳
		空中扭转	在地面缠绳时, 未把钢丝绳放松伸直	让钢丝绳在放松状态下缠绳
6	手电门	按钮动作失灵, 按下不能复位	1) 按钮弹簧疲劳破坏 2) 灰尘污物过多 3) 悬挂电缆断线或接线松落	1) 更换弹簧 2) 保持清洁 3) 更换电缆或重接线
		按钮动作与标志不符	电源相序接错	将三根导线中未接地的两根对调
		触电	1) 采用铁壳手电门 2) 非低压手电门	1) 采用塑料手电门 2) 采用低压 (36V、42V) 手电门
7	交流接触器	线圈断了	疲劳破坏	更换接触器
		触点粘连	磁铁接触面的防锈油或凡士林未能清除, 特别在冬天低温下更易造成触点粘连	清除磁铁接触面上的防锈油或凡士林
		触点烧毁	触点接触面质量太差	选择接触面质量好的接触器
8	起升限位器	负荷升降时不能限位	1) 电源相序接错, 接线不牢 2) 限位杆的停止块松脱	1) 重新接线, 修整 2) 紧固停止块于需要的位置上
9	葫芦运行小车	车轮打滑	工字钢轨道面或车轮踏面上有油、水等污物	消除轨道或车轮上的污物
		小车三条腿	1) 工字钢下翼缘不规整 2) 运行小车制造装配精度低, 三条腿现象严重	1) 进行火焰修整 2) 按制造装配精度要求进行检查并修整
		轮缘爬轨	1) 阻进器或缓冲器不对称 2) 运行小车主被动侧重量不平衡, 造成被动侧车轮翘起易爬轨	1) 重新调整缓冲器、阻进器为对称结构 2) 在被动侧加配重
10	起重机运行机构	起动时, 主动车轮打滑	1) 轨道面或车轮踏面有油、水污物 2) 车轮装配精度差、出现三条腿、主动车轮轮压太小或悬空	1) 清除污物, 必要时在轨顶面撒砂子 2) 改进车轮装配质量, 或火焰矫正桥架

(续)

序号	项目	常见故障	故障原因	排除方法
10	起重机运行机构	启动、制动时,有明显的不同步、扭动、侧向滑移	1)因磨损造成车轮踏面直径尺寸相差较大 2)分别驱动的制动电动机制动间隙相差较大	1)更换车轮 2)由一个人调整两侧驱动电动机的制动间隙
		制动时刹不住车	1)制动器间隙太大 2)制动环磨损已达到极限而未更换	1)调整制动器间隙 2)更换制动环
		运行中,出现歪斜、跑偏、啃轨、磨损	1)轨道架设质量差 2)起重机桥架几何精度差 3)车轮槽宽与轨顶面宽间隙配合不当 4)车轮直径尺寸相差较大	1)检查轨道跨度、标高差等,并进行修整 2)检查起重机跨度、跨度差对角线差,并修整 3)调整车轮与轨道侧隙 4)检查车轮直径,必要时换车轮
		运行中,出现卡轨、爬轨、掉轨或正常的蛇行、扭摆、冲击、振动	1)轨道与桥架跨度配合不当 2)轮槽与轨道顶面配合不当 3)起重机三条腿现象严重 4)起重机跑偏现象严重 5)轨道接缝质量差	1)检查起重机和轨道几何精度,并修复 2)调整车轮与轨道侧隙 3)、4)必要时,进行起重机大修 5)修整轨道接缝
11	主梁	主梁上拱度消失,甚至出现下挠	1)超载起吊 2)疲劳过度	1)按规定吊载 2)火焰烘烤修复
		主梁工字钢下翼缘下塌	1)超载起吊 2)工字钢下翼缘磨损过度而变薄,局部弯曲强度减弱	1)在工字钢下翼缘下表面贴板补强 2)下塌超过一定极限,无法修复时应报废
12	操纵室	振动与摇晃	1)操纵室本身刚性差 2)起重机主梁刚性差 3)起重机运行振动冲击大	1)加强操纵室刚性 2)适当提高主梁刚性 3)修复轨道缺陷,增加减振装置
13	电气	起重机行程开关失灵	1)短路 2)接线不对	重新接线
		电源引入装置滑轮滑脱	1)塑料滑轮磨损严重 2)滑线架设支承不当	1)换成耐磨塑料滑轮 2)修整滑线支承装置
14	减速器密封	渗、漏油	1)油封疲劳破坏、失效 2)减速器加油过多	1)更换新油封,紧固减速机密封螺钉 2)将油全部放掉,重新按规定的油量加油
15	锈蚀	零部件裸露表面锈蚀严重	1)裸露的机械零件未进行镀锌或发蓝处理,或未涂防锈漆或漆层剥落严重 2)金属结构件涂漆质量太差,剥落严重	1)更换经过镀锌,发蓝等处理的裸露零件,涂上防锈性能好的漆层 2)重新涂防锈性能好的漆层
16	操作	误操作	1)操作者技术素质差 2)操作者精神不集中	1)加强教育与培训 2)加强企业管理力度

第6章 常用桥（门）式起重机的 安全操作与故障诊断排除

6.1 桥（门）式起重机安全技术要求

6.1.1 桥（门）式起重机基本构成

桥（门）式起重机由大车和小车两部分组成。小车上装有起升机构和小车运行机构，整个小车沿装于主梁盖板上的小车轨道运行；大车部分是由起重机桥架（或龙门架）及司机室（或称操纵室）所组成。大车桥架上装有大车运行机构和小车输电滑线（或小车电缆）及电气设备（电气控制屏、电阻器）等。司机室内装有起重机控制操纵装置及电气保护柜、照明开关柜等。

按组成功能分，则桥（门）式起重机由金属结构、机械传动机构和电气传动控制三大系统组成。

桥（门）式起重机的金属结构是起重机的骨架，所有机械、电气设备均装于其上，是起重机的承载结构，使起重机构成一个机械设备的整体。

桥（门）式起重机的机械传动机构是起重机动作的执行机构，如吊物的升降和移动都是由相应的机械传动机构的运转来实现的。机械传动机构是由起升机构、小车运行机构和大车运行机构三部分构成。

起重机的电气传动控制是由电气设备和电气线路所组成。电气设备是由各机构电动机、制动器组成驱动装置、电气控制装置及电气保护装置等构成；电气线路是由主回路、控制回路和照明信号回路所组成。

6.1.2 桥（门）式起重机金属结构安全技术要求

桥（门）式起重机的金属结构是由起重机桥架、小车架和司机室三部分组成。它是起重机的承载结构，具有足够的强度、刚度和稳定性，是确保起重机安全运转的重要因素之一。

1. 桥（门）式起重机桥架构成

随着我国工业的不断发展，各种不同类型的桥架结构也被不断创新，下面以应用十分广泛的箱形结构为例进行介绍。

箱形结构桥架的构成如图 6-1 所示，它是由主梁 1、端梁 3、走台 4 和防护栏杆 2 等组成。主梁和端梁均是由钢板拼焊成的箱形断面结构，故称为箱形结构。箱形结构主梁如图 6-2 所示，端梁结构如图 6-3 所示，同样为箱形结构。端梁的作用是把两主梁刚性

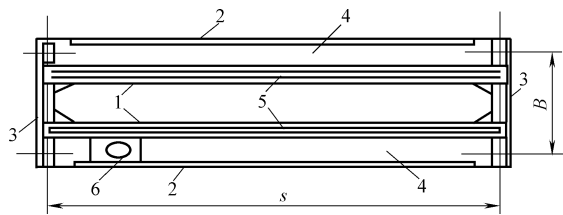


图 6-1 箱形结构桥架

1—主梁 2—防护栏杆 3—端梁 4—走台 5—传动梁 6—支座

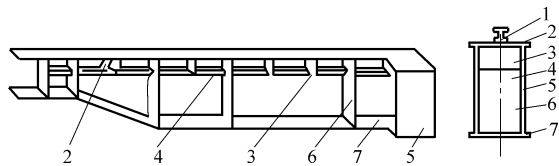


图 6-2 箱形结构桥架的主梁

1—轨道 2—上盖板 3—短加强筋板 4—角钢 5—腹板 6—长加强筋板 7—下盖板

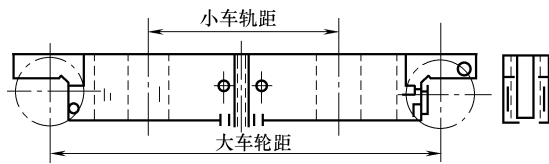


图 6-3 端梁结构

地连接起来，以保证桥架的强度和刚性。

司机室（或称操纵室）是起重机司机操纵起重作业的工作室，由角钢桁架和钢板刚性焊接而成，通常有敞开式和封闭式两种，按工作环境和场合而选用，前面窗口必须开阔宽敞、视野广。司机室安装在主梁的一端，特殊使用的场合也有安装在小车架下，此时可随小车移动，更方便司机操纵起升机构。

2. 桥（门）式起重机金属结构安全技术要求

1) 主梁的安全技术要求：①为了提高主梁的承载能力，改善主梁的受力状况，抵抗主梁在载荷作用下的向下变形，提高主梁的强度和刚度，在制造时，主梁跨中应具有 $F = s/1000$ 的上拱度，其允差为 $\begin{matrix} +0.3F \\ -0.1F \end{matrix}$ ，并要求由两端向跨中逐步拱起而呈“弓”形状

态。门式起重机除了两支腿段间跨中应有 $(0.9/1000 \sim 1.4/1000) \cdot s$ 的上拱度外，若支腿外有悬臂，那么有效悬臂处的上翘度，应为 $(0.9/350 \sim 1.4/350) L_1 (L_2)$ ，如图6-4所示， s 为桥式起重机跨度。②主梁跨中的旁弯度不得大于 $s/2000$ ，且不允许向内弯只允许向走台方向弯曲。③主梁的刚度要求。所谓主梁的刚度是表征主梁在载荷作用下抵抗变形能力的重要指标。通常规定为：在主梁跨中起吊额定载荷其向下变形量 $f \leq s/700$ ，卸载后变形消失，即无永久变形，则可认为该主梁刚度合格。此项为测定桥式

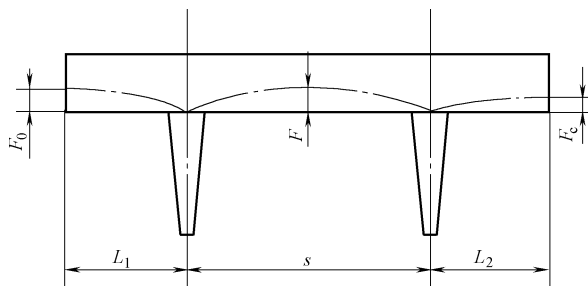


图 6-4 门式起重机悬臂和上翘度

起重机负荷能力的重要指标，是起重机安装或大修后必测的重要项目之一。

凡是在载荷作用下，主梁产生的向下永久变形（从原始拱度算起）称为主梁下挠。

2) 端梁中部具有 $B/1500$ 上拱度， B 为端梁两轮间的轴距。

3) 走台应采用防滑性能好的网纹钢板，室外安装的起重机走台应有排除积水的出水孔。走台上通道的宽度不小于 500mm。

4) 走台外侧安装的防护栏杆高度不应小于 1050mm，并应设有间距为 350mm 的水平横杆，护栏的底部应设有高度不小于 70mm 的围护板。

5) 操纵室与桥架连接必须牢固、安全可靠，其顶部应能承受不小于 2.5kN/mm^2 的静载荷。

6) 桥（门）式起重机金属结构的安全检查与维护：①每年应对主梁的拱度进行检查和测量；②每年应对主梁的刚度进行检查和试验，即在跨中起吊额定负荷，测定其向下变形量是否超过 $s/700$ ，有无永久变形，以鉴定主梁的刚度是否合格，不合格者应予以修复或降级使用；③定期对起重机金属结构主要部位进行检查，如主梁的焊缝、主梁与端梁连接的焊缝及端梁连接螺栓等；④每 3~4 年应对金属结构在清除污垢、锈渍的基础上，进行全面涂漆保护；⑤在运转过程中，注意对起重机金属结构的保护，严防主梁遭受严重的冲击，避免金属结构受到剧烈碰撞；⑥工作完毕后，小车应置于起重机跨端，不允许小车长时间停于跨中。

3. 起重机金属结构主要构件报废标准

1) 主要受力构件，如主梁、端梁等构件，失去整体稳定时应报废。

2) 主要受力构件发生锈蚀时，应对其进行检查和测量鉴定，当承载能力降低至原设计承载能力的 87% 以下时，如不能修复则应报废。

3) 当主要构件发生裂纹时，应立即采取阻止裂纹继续扩张及改变应力的措施，如不能修复则应报废。

4) 当主要受力构件断面腐蚀量达到原厚度的 100% 时，如不能修复与加固，则应报废。

5) 主要受力构件因产生塑性变形，使工作机构不能正常安全工作时，如不能修复，则应报废。

6) 对于桥式起重机，当小车位于跨中起吊额定载荷时，主梁跨中的下挠值在水平

线下超过 $s/700$ 时，如不能修复，则应报废更新。

根据国标 GB 6067.1—2010 的要求，以上均应报废更新处理。

6.1.3 起升机构

1. 起升机构的构成及其工作原理

(1) 起升机构的构成 常见起升机构构成如图 6-5 所示。

(2) 起升机构的工作原理 如图 6-5 所示，电动机 1 通电后（制动器 11 打开）产生电磁转矩，通过齿轮联轴器 2、传动轴 3 及制动轮联轴器 4 将转矩传递至减速器 5 的高速轴，经齿轮传动减速后再由减速器将转矩输出，并经齿盘接手及内齿圈 6、带动卷筒组 7 做定轴转动，使绳端紧固在卷筒上的钢丝绳 9 做绕入或绕出运动，从而使系吊于钢丝绳上的吊钩组 10（或其他取物装置）做相应的上升或下降运行，进而实现吊物的上升或下降运动。为使吊物能安全可靠地停于空中任一位置而不坠落，在起升机构减速器高速轴端安装制动轮及相应的常闭式制动器 11，以便在断电时实现制动。

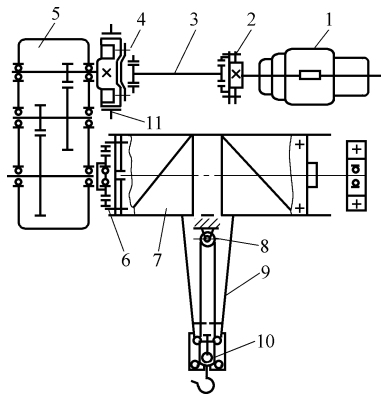


图 6-5 常见起升机构构成
1—电动机 2—齿轮联轴器 3—传动轴
4—制动轮联轴器 5—减速器 6—齿盘接手及内齿圈 7—卷筒组 8—定滑轮组
9—钢丝绳 10—吊钩组 11—制动器

2. 起升机构的安全技术要求

1) 起升机构必须安装常闭式制动器，其制动安全系数理论上应符合表 6-1 的规定。吊运液态金属、易燃易爆物或有毒物品等危险品的起升机构必须安装两套制动器，每套制动器的制动安全系数不小于 1.25。

表 6-1 常闭式制动器制动安全系数 K

起升机构工作级别	M1 ~ M4	M5	M6、M7	M8
制动安全系数 K	1.5	1.75	2	2.5

制动器的安全检查与维护应注意以下两点：①制动器的调整标准。理论上应按表 6-1 提供的制动安全系数 K 值进行调整，但 K 值之测定较为困难，实际工作中，常用的方法在 3.5 小节中已介绍过，即通过对主弹簧、磁铁冲程及闸瓦间隙的调整，使其达到：在空载时，撬开制动器而松闸，吊钩组可缓慢起动下落并逐步加快，这说明制动器已完全打开而无附加摩擦阻力；当起吊额定负荷（ G_n ）以常速下降时，断电后其制动下滑距离应符合： $s_{制} \leq v_{起}/1000$ ，式中， $v_{起}$ 为额定起升速度（m/min）。实践证明，这种方法作为调整起升机构制动器的调整标准是安全可靠的。②起升机构制动器工作必须确保安全可靠，一般应每天检查并调整一次，在正式工作前应试吊以检验其是否安全可靠，冶金起重机起升机构制动器应每班检查调整一次，各铰接点应每天注油润滑，以确保制动器动作灵活、工作可靠。

2) 起升机构必须安装上升、下降双向断电限制器。即①上升限制器的安装位置应能保证当取物装置顶部距离定滑轮组最低点不小于 0.5m 处断电停机。②下降限位器的设置应能确保取物装置下降到最低位置处断电停机,且此时在双联卷筒上每端所剩余钢丝绳圈数不小于两圈。③还要经常检查限位器工作的可靠性、动作的灵敏可靠性;失效时,必须停机检修,不得“带病”工作,以防钩头冲顶断绳坠落事故发生。

3) 吊钩必须安装有防绳扣脱钩的安全闭锁装置。

4) 起重量 $G_n = 10\text{t}$ 以上的龙门起重机和 $G_n = 20\text{t}$ 以上的桥式起重机必须安装超载限制器。

5) 起升机构操作时的安全技术要求:①当起吊较重的吊物时,严禁急速推控制器手柄的猛烈起动,以消除过大的惯性力对机构和主梁的冲击。②对于用凸轮控制器操纵的起升机构,在长距离下降重载时,应以最慢的下降速度下降吊物,以防飞逸事故和刹不住车的危险事故发生;对于短距离的重载下降时,可采用手柄推至上升第 1 档的反接制动方式下降吊物,这样操作较为安全。

6.1.4 大车运行机构

1. 大车运行机构的传动形式、构成及工作原理

1) 大车运行机构的传动形式可分为两大类:一种为分别驱动形式(见图 6-6a),另一种为集中驱动形式(见图 6-6b)。与集中驱动形式相比,分别驱动形式的自重较轻,通用性好。便于安装和维修,运行性能不受吊重时桥架变形的影响,故目前桥式起重机获得较广泛地采用。集中驱动形式只用于小起重量和小跨度的桥式起重机上。

2) 大车运行机构组成如图 6-6 所示,由电动机 1、齿轮联轴器 2、4、6、传动轴 3、

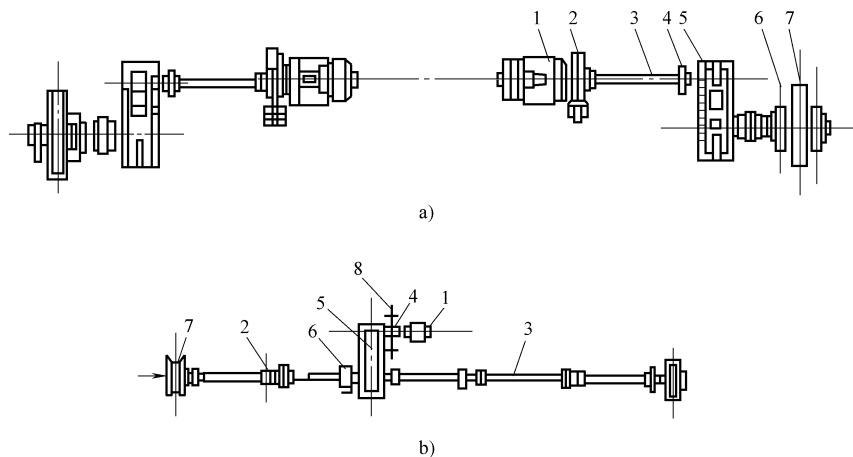


图 6-6 大车运行机构传动形式

a) 分别驱动形式 b) 集中驱动形式

1—电动机 2—制动轮联轴器 3—传动轴 4—高速轴齿轮联轴器 5—减速器
6—低速轴齿轮联轴器 7—车轮组 8—制动器

减速器5、车轮组7及制动器8等构成。有电动机经减速器传动所带动的车轮组称为主动车轮组。无电动机带动只起支承作用的独立车轮组称为被动或从动车轮组。

3) 大车运行机构工作原理：如图6-6所示，当电动机1通电时产生电磁转矩（此时常闭制动器8打开，电动机运转），通过制动轮联轴器2、传动轴3、高速轴齿轮联轴器4将转矩传入减速器5内，经齿轮减速传动后传递给低速轴齿轮联轴器6并带动车轮组7中的车轮转动，在大车轮与轨道顶面间产生的附着力作用下，使大车主动车轮沿大车轨道顶面滚动，进而带动整台起重机运行。

2. 大车运行机构的安全技术要求

1) 大车运行机构必须安装制动器且应调整得当，以便在起重机断电后使其在允许制动行程范围内安全停车，其允许制动行程（又称制动距离） $s_{制}$ 可按下面经验公式确定：

$$v_{大车}^2/5000 \leq s_{制} \leq v_{大车}/15$$

式中 $v_{大车}$ ——大车额定运行速度（m/min）。

$s_{制} \geq v_{大车}^2/5000$ ——限制大车之最小制动行程，即制动器不能调得太紧，制动力矩不能过大，以防止在停车时产生过大的制动惯性力而影响大车运行性能、吊物大幅游摆及对传动机构的冲击。

$s_{制} \leq v_{大车}/15$ ——限制大车之最大制动行程，即制动器不能调得太松，制动力矩太小，起重机滑行过大，以确保起重机能在规定的允许范围内安全停车，防止碰撞事故发生，起到保护起重机桥架和建筑物免遭冲击的作用。

实践证明，按 $v_{大车}^2/5000 \leq s_{制} \leq v_{大车}/15$ 公式作为调整大车制动器的标准是行之有效的。

2) 制动器每2~3天应检查并调整一次，分别驱动的运行机构，两端制动器应由一个人调整协调一致，以防止制动时发生起重机扭斜和啃道现象。运行时要求两端制动器完全打开而无附加摩擦阻力，确保起重机正常运行。

3) 起重机端梁上应安装行程限位器，并相应在大车行程两端安装限位安全尺，以确保在大车行至轨道末端前触碰限位器转臂并打开限位器的常闭触头而断电停车；同一轨道上每两台起重机间亦应相应安装限位尺，当两车靠近并在碰撞前触碰对方限位器转臂而断电停车，或安装防碰撞的互感器，以防止两台起重机带硬性碰撞事故的发生。

4) 桥式起重机每端梁的端部必须安装弹簧式或液压式缓冲器，并于起重机每条轨道末端承轨梁上安装止挡体（俗称车挡），既能防止起重机脱轨掉道，又可吸收起重机运动的动能，起到缓冲减振并保护起重机和建筑物不受损害的作用。车挡严禁安装或焊在轨道上。

5) 带有锥形踏面的大车主动轮，必须配用顶面呈弧形的轨道，且用于分别驱动的传动形式，锥度的大端应靠向跨中安装，不得装反，否则不能起到运行时的自动对中作用，反而导致大车偏斜。

6) 大车车轮前方应安装扫轨板，扫轨板之下边缘与轨道顶面的间隙为10mm，用

以清除轨道上的杂物，以确保起重机安全运行。

7) 操作的安全技术要求：①为防止启动时因惯性力而产生的吊物摆动，对地面作业人员及设备的危害事故发生，要求在开动大车后，先回零位一次，然后在吊向前摆时再顺势快速跟车一次的方法，这样可消除吊物的摆动，对于重载采用此法效果极为显著，做到了起车稳、行车稳的操作。②为防止停车时吊物摆动，要求司机应掌握大车的运行特性、制动行程距离，应在预停位置前合适距离回零断电，使车在制动滑行后停车，如果操作得当，会做到既平稳而又准确。③除遇到紧急情况（如碰人或设备）以外，严禁开反车制动停车。

6.1.5 小车运行机构

1. 小车运行机构传动形式构成及原理

1) 小车运行机构传动形式：中小型起重机小车运行机构均采用集中驱动形式（见图 6-7a），大起重量起重机的小车运行机构通常采用分别（或称分开）驱动形式（见图 6-7b）。

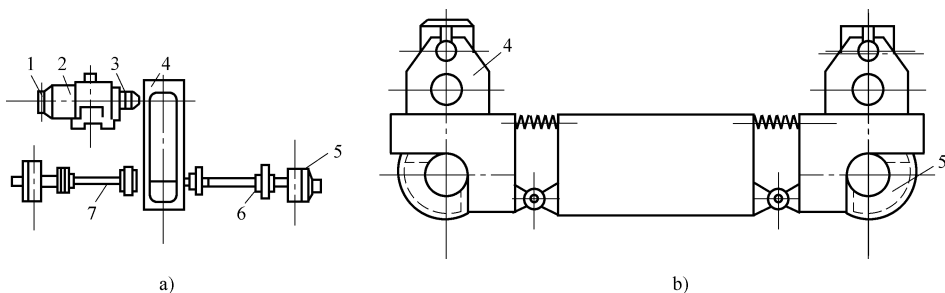


图 6-7 小车运行机构传动

a) 集中驱动形式 b) 分别驱动形式

1—制动器 2—电动机 3—高速轴联轴器 4—立式减速器 5—车轮组 6—低速轴联轴器 7—传动轴

2) 小车运行机构的组成及工作原理。如图 6-7a 所示为小车运行机构，由电动机 2、高速轴联轴器 3、立式减速器 4、车轮组 5、低速轴联轴器 6 及传动轴 7 等构成，在电动机轴上安装制动轮及相应的制动器 1。小车运行机构工作原理同大车运行机构工作原理。

2. 小车运行机构的安全技术要求

1) 小车运行机构必须安装制动器，以确保断电后在允许制动行程范围内安全停车。

允许制动行程应符合下式规定：

$$v_{\text{小车}}^2/5000 \leq s_{\text{制}} \leq v_{\text{小车}}/20$$

式中， $v_{\text{小车}}$ 为小车额定运行速度（m/min）。

2) 制动器应每 2~3 天检查并调整一次。

3) 小车行程的两终端必须安装限位器。相应在小车架底部应装有限位安全尺，以

确保在小车行至终端时触碰限位器转臂而打开常闭触头断电停车。

4) 小车架上必须安装弹簧或液压式缓冲器，并在主梁两端相应部位焊有止挡板，使之与缓冲器的碰头对中相碰撞，既能阻止小车继续运行，又能起缓冲减震作用。

5) 在主梁上盖板端部应焊有止挡板，防止小车脱轨掉道。

6) 小车运行时各车轮踏面应与轨顶全面接触，主动轮踏面与轨顶间隙不应大于 0.1mm；从动轮不应大于 0.5mm。小车出现“三条腿”故障时，必须予以修复，不得“带病”工作，以防事故发生。

7) 小车车轮为单轮缘时，轮缘应靠近轨道双侧安装，尤其是在修理后重新安装时不得装反了。

8) 小车轮前应安装扫轨板，其底边缘与轨顶间隙为 10mm。

9) 操作小车的安全技术要求同大车。

6.1.6 电气设备与电气线路

1. 桥式起重机电气设备

桥式起重机电气设备包括各机构电动机、制动电磁铁、操作电器和保护电器等。

(1) 电动机 桥式起重机各机构应采用起重专用电动机，它要求具有较高的机械强度和较大的过载能力。应用广泛的是绕线式异步电动机，这种电动机采用转子外接电阻逐级切除方式运转，既能限制起动电流过大确保起动平稳，又可提供足够大的起动转矩，并能适应频繁起动、正反转、制动、停止等工作的需要。YZR 和 YZ 新系列已取代 JZR2 和 JZ2 老系列成为常用电动机型号。

(2) 制动电磁铁 制动电磁铁是起重机制动器的打开装置。起重机上常用的打开装置有以下四种：单相电磁铁（MZD1 系列）、三相电磁铁（MZS1 系列）、液压推动器也称液压推杆（TY1 系列）和液压电磁铁（MY1 系列）。其中 MZD1 系列仅用于小起重量起重机上。现代广泛采用的是 TY1 系列和 MY1 系列。

(3) 操作电器 又称控制电器，它包括控制器、接触器、控制屏、电阻器等。

1) 主令控制器。主要用于大容量电动机或工作繁重、频繁起动运转的场合（如抓斗操作）。它通常与控制屏配合使用，即由主令控制器发出指令，使置于控制屏中相应接触器动作，实现主电动机的起动、正反转、调速与制动停止等工作程序。常用型号为 LK14、LK15、LK16 系列，其额定电流为 10A，而 LK18、LK22 等新系列将取代它们。

2) 凸轮控制器。主要用于小起重量起重机各机构的控制中，通过它自身触头的接通与分断来实现电动机的正反转、调速与停止。要求控制器具有足够的容量和开闭能力，熄弧性能好，动静触头接触良好，操作应灵活、轻快，档位清楚，零位手感明确，工作可靠。便于安装、检修与维护。KTJ15、KTJ16、KTJ17 系列凸轮控制器将取代 KT10、KT12、KT14 系列老产品。

3) 电阻器。电阻器在起重机各机构中用来限制电动机的起动电流，实现起动平稳和调速之用。要求应有足够的导电能力，各部分连接必须可靠，以防断裂。

(4) 保护电器 桥式起重机的保护电器包括保护柜、控制屏、过电流继电器、各

机构行程限位器、紧急断电开关、各种安全联锁开关及熔断器等。对保护电器的要求是：动作灵敏，工作安全可靠，确保起重机安全运转。

2. 电气线路

桥式起重机的电气线由三部分构成，即照明信号电路、主电路和控制电路（见图 6-8）。

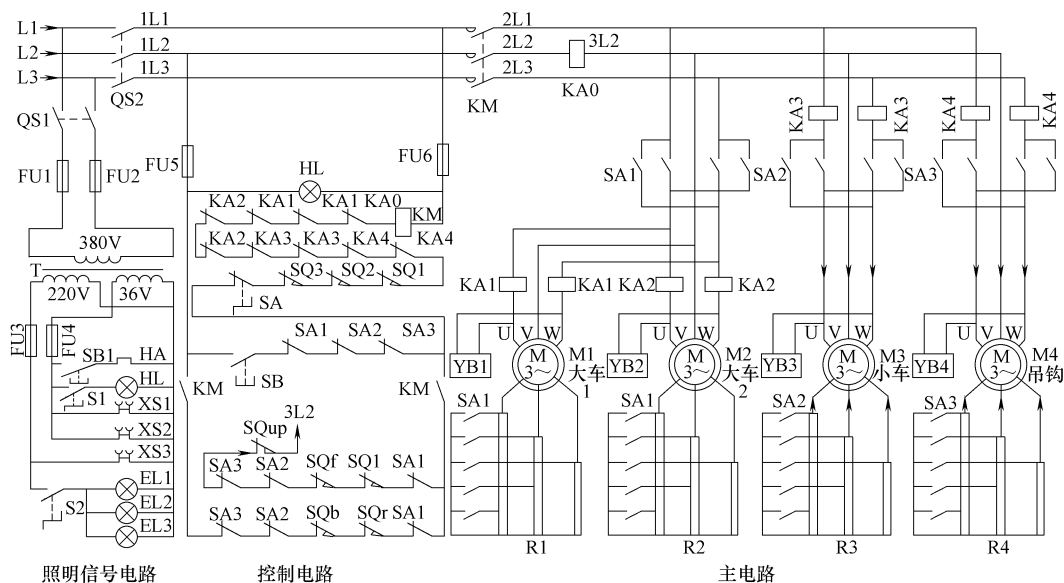


图 6-8 小吨位天车整机电路

如图 6-8 所示，起重机（也称天车）的电源 L1、L2、L3 由滑线引入，QS2 是控制电路和主电路的刀开关，QS1 是照明信号回路的刀开关，QS1 设置在 QS2 之前是为了保证在检修控制电路和主电路、拉开 QS2 时，起重机的整车照明、信号、检修用插座等依然有电。整车的运行机构由四台电动机驱动，其中大车采用分开驱动，是用两台电动机来传动的，所以设置两台电动机 M1 和 M2，小车电动机是 M3，吊钩电动机是 M4。大车用凸轮控制器 SA1 控制两台电动机，小车用 SA2、吊钩用 SA3 控制，其凸轮控制器触点分合表如图 6-9 所示。

上述是小吨位起重机整机电路的概述。

(1) 主电路 主电路可分为电动机定子电路和电动机转子电路两部分。主电路的控制方式是由电动机的容量、操作频率、工作繁重程度、工作机构数量等多种因素决定的，一般有三种控制类型：定子、转子电路均由凸轮控制器控制；定子、转子电路均由接触器控制；定子电路由接触器控制，而转子电路由凸轮控制器控制。小吨位桥式起重机（即天车）的定子、转子电路都是由凸轮控制器控制的。

(2) 控制电路 在起重机电路中，控制电路也叫作连锁保护电路，如图 6-10 所示。

控制电路的作用。控制电路起到电动机短路与过载保护、失压（零压）保护、零位保护、位置保护、舱口安全保护、紧急处理等保护作用。

大车																
SA1	正转			零位			反转									
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5					
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
2							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
4							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
17							*	*	*	*	*					

小车																
SA2	正转			零位			反转									
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5					
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
12							*	*	*	*	*					

吊钩																
SA3	正转			零位			反转									
	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5					
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
2							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
4							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
10							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
12							*	*	*	*	*					

图 6-9 小吨位天车凸轮控制器触点分合表

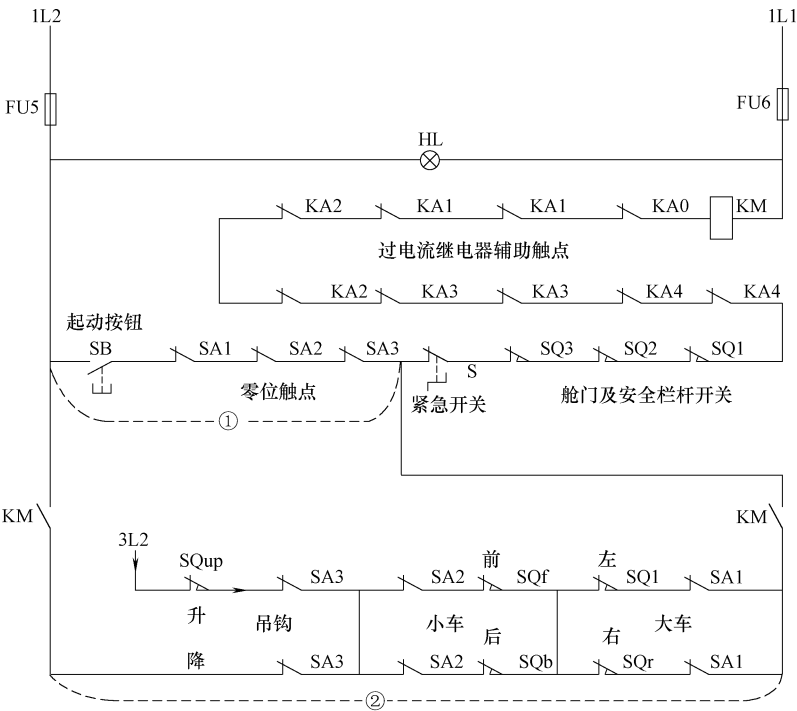


图 6-10 天车控制电路

1. 起重电磁铁控制电路

2. 电动抓斗电路

图 6-11 起重电磁铁控制电路

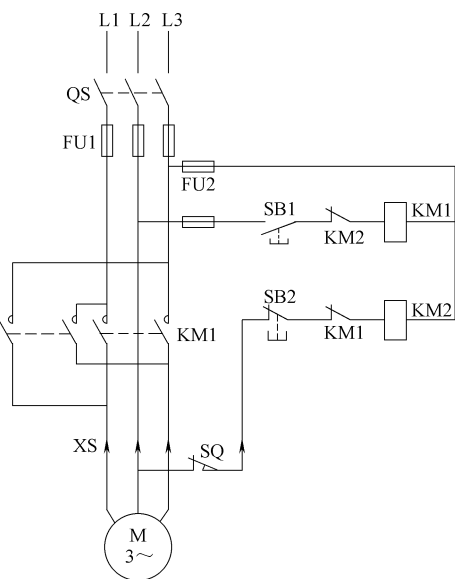


图 6-12 电动抓斗电路

6.2 门式、桥式起重机的共性与个性

6.2.1 门式起重机的特点与分类

1. 门式起重机特点

门式起重机是桥架通过两侧支腿支承在地面轨道或地基上的桥架型起重机，又称龙门起重机；也可以说，门式起重机就是带腿的桥式起重机。门式起重机由于工作空间较大，可以直接从船舶、火车、汽车上装卸转运货物，因此广泛地应用在露天料场、露天仓库、组合场、码头、车站等场所。

门式起重机的桥架一侧直接支承在高架或高建筑物的轨道上，另一侧通过支腿支承在地面轨道或地基上时为半门式起重机。门式起重机一般由支腿、上横梁、下横梁、起重小车、运行机构等组成。门式起重机种类较多，其组成部分是不一样的。

2. 门式起重机分类

门式起重机按照用途不同，可分为通用门式起重机和专用门式起重机（包括造船门式起重机、水电站门式起重机、集装箱门式起重机、装卸桥等，本书不再赘述）。

通用门式起重机按主梁形式可分为单主梁和双主梁两类。单、双主梁门式起重机均有吊钩式、抓斗式、电磁式、抓斗吊钩式、抓斗电磁式、三用等几种类型。其中吊钩门式起重机又有单小车、双小车之分。

（1）单主梁门式起重机 单主梁门式起重机具有结构简单、制造和安装方便、自重轻的特点，多为偏轨箱形梁结构。与双梁门式起重机相比，其整体刚度略差一些。一般在起重量 $\leq 50\text{t}$ 、跨度 $\leq 35\text{m}$ 的条件下常采用单主梁门式起重机。

1) L形单主梁门式起重机（见图6-13）的支腿与下横梁组成L形，其制造、安装方便、受力情况好，自重较轻，但货物过腿空间相对小一些。

2) C形单主梁门式起重机（见图6-14）。C形单主梁门式起重机的支腿与下横梁为一体，成C形。因为其具有结构自重大的缺点，以及支腿需设接头和运输条件的限制，所以制造不太方便。但它具有货物过腿空间大的优点，常在铁路货场中使用。

单主梁门式起重机的小车有两种形式：

1) 垂直反滚轮式小车。如图6-15a所示，这类起重机的小车是垂直反滚轮式，其主梁上镶装与小车轮相对应的主车轮轨道和垂直反滚轮轨道。当小车负载时，加大了小车倾翻力矩，主车轮轮压较大。对于吊钩门式起重机，在起重量不高于20t的情况下，才会采用这种形式。

2) 水平反滚轮式小车。如图6-15b所示，此类起重机的小车为水平反滚轮式小车，

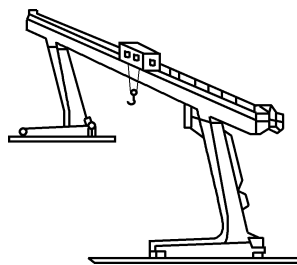


图6-13 L形单主梁门式起重机

其主梁两侧镶装与小车水平轮相对应的上下水平轨道，垂直轮压较小。这种形式在起重量为 32t、50t 的吊钩单梁门式起重机或在 5t、10t 的单梁抓斗门式起重机上采用。

(2) 双主梁门式起重机 双主梁门式起重机的品种比单主梁门式起重机多。它具有承载能力强、跨度大、整体稳定性好、整体刚度大的优点，但整体自重较大，造价高。它分为主梁为箱形梁与桁架式两种门式起重机。

1) 主梁为箱形梁的双主梁门式起重机，(见图 6-16)，其主梁为偏轨箱形梁，支腿多设上拱架，支腿形成超静定框架，解决了小车及货物“过腿”问题。与桁架式双主梁门式起重机相比，它的制造工艺简单，运输和安装方便、可靠，整体刚度好，自重较大。

2) 主梁为桁架的双主梁门式起重机(见图 6-17)，其结构自重轻是它的突出特点。由于其制造工艺性差，运输不方便，安装困难，整体刚度不好，因此它的应用受到一定程度的约束，但在风力较多的地区，使用单位可以就地制造和安装调试，使用效果也可以。

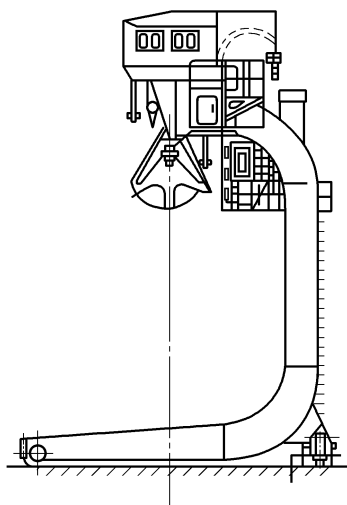


图 6-14 C 形单主梁门式起重机

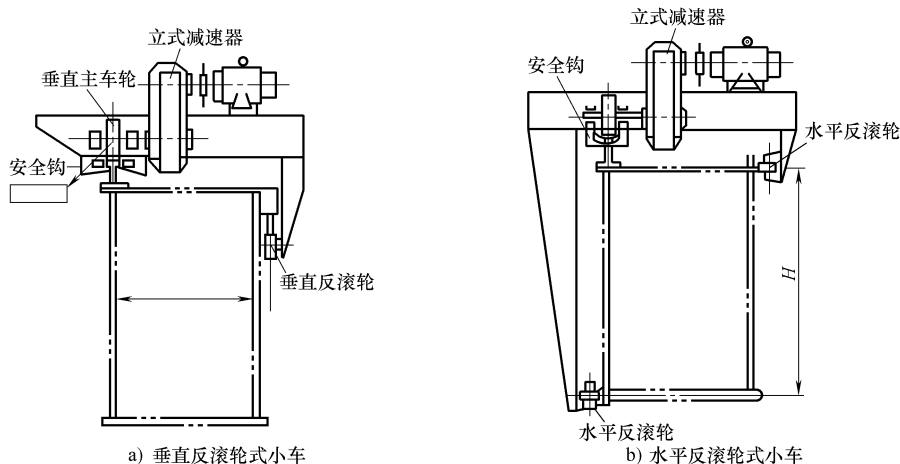


图 6-15 单主梁门式起重机小车的分类

6.2.2 门式起重机的构造

尽管门式起重机种类繁多，但构造却大同小异，都是由电气设备、小车、大车运行

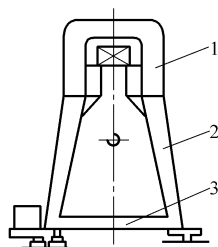


图 6-16 主梁为箱形梁的
双主梁门式起重机

1—上拱架 2—支腿 3—下横梁

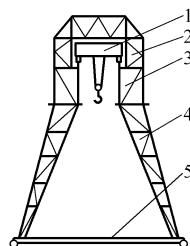


图 6-17 主梁为桁架的
双主梁门式起重机

1—小车 2—马鞍 3—主梁 4—支腿 5—下端梁

机构、门架和大车导电装置五大部分组成。

1. 电气设备

门式起重机的动力源是电力，靠电力进行拖动、控制和保护。门式起重机的电气设备大部分安设在司机室和电气室内。如无电气室设备，则可放在门架走台上。一般的司机室、电气室固定在主梁下面，不随小车移动，但抓斗门式起重机、装卸桥等的司机室和电气室是随小车一起移动的。门式起重机电气方面的拖动原理、电气设备、电气保护、电气控制等与桥式起重机区别不大。

2. 小车

门式起重机的小车由小车架、小车导电架、起升机构、小车运行机构、小车防雨罩等组成，以实现小车沿主梁方向的移动、取物装置的升降及吊具自身的动作。小车形式根据主梁形式的不同而异。

1) 双主梁门式起重机的小车形式与桥式起重机小车形式基本相同，都属于四支点形式。

2) 单主梁门式起重机的小车分为垂直反滚轮式小车和水平反滚轮式小车两种。①垂直反滚轮式小车又称两支点小车（见图 6-15a），两个垂直反滚轮安装在一平衡架上，主车轮与垂直反滚轮皆无轮缘，其运行靠水平轮防跑偏；②水平反滚轮式小车又称三支点小车（见图 6-15b），两个上水平轮安装在一个平衡架上，与小车架尾部铰接，起均衡轮压作用。两个下水平轮各安装在小车反滚轮支腿上。为防止小车突发性倾翻，垂直反滚轮式小车和水平反滚轮式小车的车架尾部都设有高强度的安全钩。

3. 大车运行机构

门式起重机的大车运行机构采用分别驱动方式。车轮分为主动车轮和从动车轮。车轮的个数与轮压有关，主动车轮占总车轮数的比例是以防止起动和制动时车轮打滑为前提确定的。一般门式起重机的驱动为 1/2 驱动，也有 1/3 驱动、2/3 驱动或全驱动的。

4. 门架

门式起重机的门架是指金属结构部分，主要包括主梁、支腿、下横梁、梯子平台、走台栏杆、小车轨道、小车导电支架、操纵室等。可分为单主梁门架和双主梁门架

两种。

(1) 单主梁门架 单主梁门架由一根主梁、两个支腿（两个都是刚性支腿，或一个是刚性支腿，另一个是挠性支腿）、两个下横梁、自地面通向司机室和主梁上部的梯子平台、主梁侧部的走台栏杆、小车导电滑架、小车轨道、司机室、电气室（也可能没有）等部分组成。单主梁门架的主梁、支腿、下横梁大多数为板梁结构。

(2) 双主梁门架 双主梁门式起重机门架的主梁多为两根偏轨，一般为板梁箱形结构，也有桁架结构。箱形梁两主梁间有端梁连接，形成水平框架。根据跨度不同，支腿与主梁之间的连接分为刚性连接和挠性连接。刚性连接的刚性支腿与主梁之间用螺栓紧固，支腿除了与主梁下部座板连接，还要与主梁侧部座板连接。双梁门式起重机不单独设置走台，主梁上部作走台用，栏杆、小车导电滑架皆安装在主梁上盖板上。桁架式主梁若为四桁架式，则走台铺设在上水平桁架上。双主梁门架其余的构成同单主梁门架。

5. 大车导电装置

大车导电装置是用来将地面电源引接到起重机上来实现起重机的拖动、控制和保护的。大车导电装置种类较多，导电形式由使用单位在订货时提出。

6.2.3 门式起重机的机构

1. 起升机构

(1) 门式起重机起升机构的主要形式及构成

- 1) 吊钩门式起重机的起升机构与桥式起重机的起升机构基本相同。
- 2) 抓斗门式起重机的起升机构与桥式起重机四绳抓斗的起升机构基本相同（见图 6-18）。
- 3) 电磁门式起重机的起升机构和三用门式起重机的起升机构基本相同（见图 6-19），即装有吊钩、电磁盘、电动抓斗三种取货装置，根据不同的工作需要，可任选

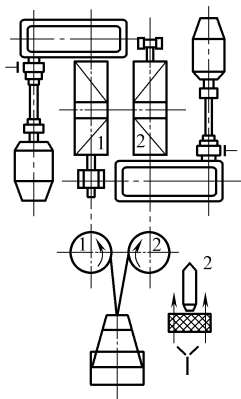


图 6-18 抓斗起升机构

1—抓斗开闭机构 2—抓斗升起机构

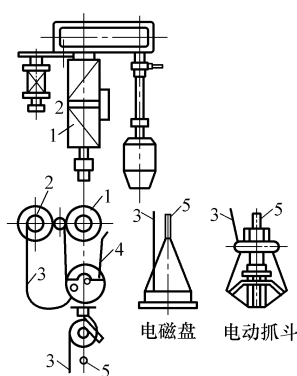


图 6-19 电磁三用起升机构

1—卷筒 2—电缆卷筒 3—电缆
4—钢丝绳 5—电磁盘或电动抓斗

一种吊具。电磁门式起重机的起升机构是在吊钩门式起重机起升机构的基础上发展起来的。它在减速器出轴上加个链轮，在卷筒旁设置一带外齿的电缆卷筒，电磁吸盘挂在吊钩上，随之升降。电磁吸盘上设电源插座。电缆一端插入电磁吸盘，另一端缠绕到电缆卷筒上，电缆随吊钩同步升降。如果吊钩上不挂电磁盘，换挂上电动抓斗就成为三门式电动抓斗起重机了。电动抓斗使用交流电，而电磁盘使用直流电，使用时要通过转换开关变更电源。这种门式起重机适用于物料种类经常改变的情况。

(2) 门式起重机起升机构的突出要点 门式起重机的起升机构与桥式起重机的起升机构形式类同，采用的零部件也基本相同。单主梁门式起重机起升机构的布置必须保证在小车不承载时，小车自重的重心在主梁外侧，且重心到主轨道距离不少于 150mm。小车架上应设有防止意外倾翻的安全钩（见图 6-15）。

2. 小车运行机构

门式起重机的小车运行机构分为双主梁小车运行机构和单主梁小车运行机构。

(1) 双主梁小车运行机构 门式起重机的双主梁小车运行机构与桥式起重机的小车运行机构相同。

(2) 单主梁小车运行机构 单主梁小车分为垂直反滚轮式和水平反滚轮式（见图 6-15），它们的小车运行机构是类同的，即由电动机、制动器、套装减速器、传动轴、联轴器、轴承箱、车轮、导向轮、垂直反滚轮、有安全钩的平衡梁、水平轮等组成。如果条件允许且空间不受限制，最好在套装减速器与电动机之间加一传动轴。这两种小车的主轨道上都有两个车轮，一个为主动车轮，一个为从动车轮，驱动机构只是一套。当垂直轮压太大时，也有使用三个垂直轮的。

3. 大车运行机构

(1) 大车运行机构车轮的布置 一般的门式起重机大车运行机构的车轮为四个，布置在下横梁的四个角上。同一轨道上两轮中心距称为轮距，轮距与跨度之比为 $1/4 \sim 1/6$ 之间。当车轮轮压大时，可采取增加四个角上车轮数量的形式。两个车轮组成一个平衡台车，与下横梁铰接。如果四个车轮同在一个角，可由两个平衡台车组成一个大的平衡台车与下横梁铰接（见图 6-20）。



图 6-20 车轮的布置形式

(2) 大车运行机构的驱动形式 门式起重机的大车运行机构采用的是分别驱动的形式。当不需设平衡台车时，其驱动形式为两种：一种是采用标准立式减速器的形成，如图 6-21a 所示；另一种是采用套装减速器的形式，如图 6-21b 所示。

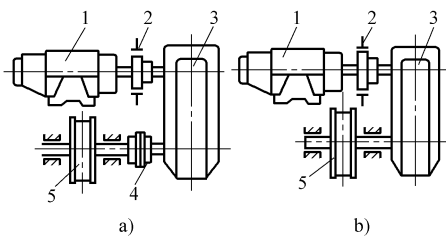


图 6-21 没有平衡台车的门式起重机的驱动形式

a) 采用标准立式减速器的驱动形式

b) 采用套装减速器的驱动形式

1—电动机 2—制动器 3—立式减速器

4—低速轴联轴器 5—驱动轮

由于套装减速器制造、安装方便，因此被广泛采用。但是，这种传动形式是靠车轮轴与减速器的输出减速芯轴套装后支

承减速器的，如果空芯轴有加工误差，则会引起减速器的跳动。为阻止这个跳动，减速器上部安装固定锁轴。锁轴座焊接在下横梁上，当跳动大时，锁轴座会被撕裂。制造厂家将锁轴与座的连接设计成连杆式的，效果较理想，解决了锁轴座撕裂问题。如果需设平衡台车，则门式起重机的驱动形式如图 6-22 所示。两个车轮可均为主动轮，也可一个为主动轮。若两车轮均为主动轮，除了车轮上需加齿圈外，两轮之间还要加一过轮。减速器的出轴上有开式齿轮，经另一过轮，将转矩传递到车轮上。国际上有采用三合一结构的驱动形式（见图 6-23），即减速器、制动器、电动机合为一体。也有电动机在减速器上方的。

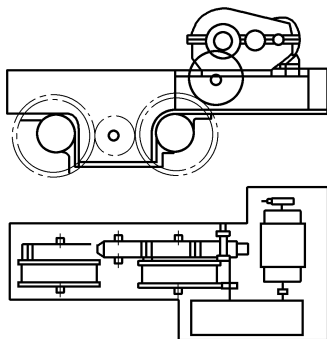


图 6-22 平衡台车的驱动形式

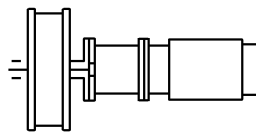


图 6-23 三合一驱动形式

6.3 桥（门）式起重机基本操作方法

6.3.1 开机准备

一般送电的总电源箱放在地面，当电源开关合上后，司机室内控制箱上电源指示灯亮。此时，应把所有的电气连锁闭合，如司机室、走台门等关上，并合上起动开关和将所有控制器手柄放到零位；然后合上控制箱上的刀开关，开始起重作业。

6.3.2 大、小车运行机构操作

作为起重机司机，应了解自用起重机的种类、技术性能、主要结构、电气设备与线路的构成、特点与工作原理。了解和掌握这些内容的目的是为了合理使用和安全操作。

1. 大、小车运行机构操作方法

大、小车运行的起动、制动、调速和换向是由操纵控制器手柄（手轮）来实现。

控制器中间位置为零档（即零位），是停止档，其左右各有五档，把手柄推离零档，大车或小车就起动运行。手柄向左，大车就向左运行（小车向前运行）；手柄向右，大车就向右运行（小车向后运行）。大车（或小车）运行的快慢与各档位置有关，1 档最慢，2 档其次，3 档、4 档、5 档逐渐加快，5 档速度最快，接近额定速度。

牢记以下几点操作要领：

1) 平稳启动与加速。为了运行平稳，减少冲击，避免吊物摆动，必须逐档推转控制器手柄，每档应停留3s以上，大车（或小车）从静止加速到额定速度（第5档）应在10~20s内，严禁从零档快速转至5档。

2) 根据运行距离的长短，选择合适的运行速度。①长距离吊运一般应逐档加速到第5档，以最高速度运行，提高生产效率。②中距离吊运应选择2、3档的速度运行，避免采用高速行驶，以至行车过量。③短距离吊运应采用第1档并伴随断续送电开车的方法，以减少反复启动与制动。

3) 平稳并准确停车。停车前应逐档回零，使车速逐渐减慢，并且在回零后再短暂送电跟车一次，然后靠制动滑行停车。司机应掌握大、小车在各档停车后的滑行距离，能够做到在预定停车位之前的某一点处断电滑行。这样既准确又节电，并可消除停车制动时的吊物摆动。

2. 大、小车运行机构的安全操作技术要求

1) 启动、制动不要过快过猛。严禁快速从零档扳至第5档或从第5档扳回零位，避免突然快速启动、制动引起吊物摆动，造成事故。

2) 尽量避免反复启动。反复启动会使吊物摆动，还会超过起重机的工作级别，增大疲劳程度，加速设备损坏。

3) 严禁开反车制动停车。如欲改变大车（或小车）的运行方向时，应在车体运行停止后，再把控制器手柄扳到反向。

以上是用凸轮控制器操作大、小车运行机构的方法，适用于中、小型起重机。对于大型起重机采用主令控制器控制大、小车运行的操作方法与上述方法基本相同，但配合PQY型^①控制屏的主令控制器为3—0—3档操作。

6.3.3 起升机构的操作

1. 用凸轮控制器控制起升机构的操作方法

(1) 起升操作

1) 轻载起升，起重量 $G \leq 0.4G_n$ （ G_n ——额定起重量）。①从零档向起升方向逐级推档，直至第5档每档停留时间1s左右，从静止加速到额定速度（第5档），一般要经5s以上。②当吊物将提升到预定高度时，应把手柄逐级扳回到零档，每档停留1s左右，使电动机逐渐减速，直至制动停车。

2) 中载起升，起重量 $G = (0.5 \sim 0.6)G_n$ 。①启动并缓慢加速，把手柄推到起升方向第1档，停留2s左右，再逐级加速，每档停留1s左右，直至第5档。②平稳减速与制动的操作与轻载操作相同。

3) 重载起升，起重量 $G \geq 0.7G_n$ 。①当手柄推到起升方向第1档时，由于负载转矩

^① 1974年全国统一设计了PQY型（平移机构系列）、PQS型（升降系列）、PQZ型（抓斗系列）交流控制屏。

大于该档电动机的起升转矩，电动机不能起动运转，应迅速把手柄推到第2档，把物件逐渐吊起。如果手柄推到第2档后，电动机仍不起动，就意味着被吊物件超过额定起重量，应停止起吊。物件吊起后再逐级加速，直至第5档。②当物件将提升到预定高度时，应把手柄逐档扳回零档，在第2档停留时间应稍长些，以减少冲击。但在第1档位不能停顿，应迅速扳回零位，否则重物会下滑。

(2) 下降操作 下降手柄在第1、2、3、4、5档的速度逐级减慢，与上升时各档位置速度的加快正好相反。

1) 轻载 ($G \leq 0.4G_n$) 下降时，可将控制器手柄推到下降第1档，此时被吊物件以大约1.5倍的额定起升速度下降。

2) 中载 [$G = (0.5 \sim 0.6)G_n$] 下降时，将控制器手柄推到下降第3档较为合适，不应以下降第1档的速度高速下降，以免发生事故。

3) 重载 ($G \geq 0.7G_n$) 下降时，将控制器手柄推到下降第5档，以最慢速度下降。当被吊物到达应停位置时，应迅速将手柄由第5档扳回零档，中间不要停顿，以避免下降速度加快及制动过猛。重载下降操作还应注意以下两点：①不能将手柄置于下降方向第1档，因为此时被吊物下降速度有可能高达额定起升速度的两倍，这是极其危险的。不仅电动机要发生故障，而由于下降速度过快，重量大的被吊物体会产生很大的动能，造成刹不住车的溜钩事故。②长距离的重载下降时，禁止采用反接制动方式下降，即手柄置于上升方向第1档，此时电动机起动转矩小于吊物的负载转矩，重物拖拉着电动机逆转，电动机转子电流很大，有可能烧毁电动机，所以要禁止。

2. 用主令控制器控制起升机构的操作方法

配合 PQS 型控制屏的主令控制器，在上升和下降两个方向上各有三个档位，其上升操作与凸轮控制器操作基本相同，而下降操作不相同。

1) 轻载短距离慢速下降时，把主令控制器手柄推到下降第2档。

2) 轻载和中载长距离下降时，把主令控制器手柄推到下降第3档，此时吊物快速下降。

3) 重载短距离慢速下降时，先把主令控制器手柄推到下降第2档或第3档，然后迅速扳回下降第1档，即可慢速下降。

4) 重载长距离下降时，先把主令控制器手柄推到下降第3档，使重物快速下降，当吊物接近落放点时，将手柄扳回下降第1档，放慢下降速度，这样更安全。

3. 起升机构的安全操作技术要求

1) 吊钩左右前后找正每次吊运物件时，要把吊钩对准被吊物件的重心；或正确估计被吊物件的重量和重心，然后将吊钩调至适当的位置进行起吊。要根据钩头吊挂重物后钢丝绳的左、右偏斜情况而向左、右移动大车，使钩头对准物件的重心，这是吊钩左右找正的方法。吊钩的前后找正，要靠移动小车来实现，因为钢丝绳在司机的前方，钢丝绳的偏斜情况不太容易看出，待启吊重物后缓慢升起，再根据吊物前后侧绳扣的松紧不同，前后方向移动小车，使前后两侧绳扣松紧一致，达到了吊钩前后找正的目的。

2) 平稳起吊。钢丝绳拉直后，应先检查吊物、吊具和周围环境确实无误，再进行

起吊。起吊过程应先用低速把物件吊起，当被吊物件脱离周围的障碍物后，再把手柄逐档推到最快档，使物件以最快的速度提升。严禁快速推档、突然起动，以避免吊物碰撞周围人员和设备，以及拉断钢丝绳，造成人身或设备事故。

3) 被吊物起升后，高出地面最高障碍物0.5m为宜，然后开动小车移到吊运通道，再沿通道吊运直达卸货点。吊运中不得从地面人员和设备上空经过，防止发生意外事故。若吊运中必经需要通过地面人员所站位置的上空时，要发出信号，待地面人员躲开后方可通过。

4) 当物件吊运到应停放的位置时，应对正预定停点后下降，下降时要根据吊物距离落点的高度来选择合适的下降速度。在吊物降到接近地面时，要开动起升机构慢慢降落至地面，不要过快、过猛。吊物放置地面后，不要马上落绳脱钩，必须在证实吊钩放稳且经地面指挥人员发出落绳脱钩信号后，方可落绳脱钩。

4. 起升机构制动器突然失灵的操作方法

在实际操作中，有时会碰到制动突然失灵的现象，即控制器手柄转到零档，吊钩或车体仍在运行。当遇到此情况时，特别是起升机构制动器突然失灵时的正确处置方法如下：

1) 司机应该沉着、冷静，正确判断并采取相应应急措施。

2) 先从机械方面着手，即进行一次点车或反向操作，使吊物上升到一定高度后（能上升，千万不可断电），手柄再放到零档，若重物又开始下滑，说明机械故障不能消除，应立即发出紧急信号，同时寻找物体可以落降地点。如当时物体所处位置可以降落，就要把控制器手柄放到下降速度最慢一档让物件降落，决不允许让物件自由坠落。如果当时的情况不允许直接降落物体，就要迅速地把控制器手柄转到上升速度最慢的一档，严禁将控制器转到上升速度最快一档。因为转矩变化大时，会使过电流继电器触点脱开，将电源切断，促使重物立即自由坠落，造成更大的事故，所以必须根据实际情况，通过连续几次重复地上下操作，能使大、小车把物件运到可以降落的地点。

3) 再从电气方面入手，即若在点车或反向操作之后，重物仍在下滑，可以认为这种失灵是由电气原因造成的。这时，应立即拉下紧急开关和保护箱刀开关切断电源，使制动器合闸制动，将吊物停住。然后查明原因，排除故障。

5. 起吊操作中判断超载或故障的方法

当控制器手柄放到上升第2档仍不能起动负载时，司机应当及时把控制器手柄放到零档，然后分以下两种情况进行分析。

1) 询问、估计载荷是否超载，若有超载可能，就不允许再起吊。

2) 如果询问、估计载荷不可能超载时，就说明起升机构有故障，不能再起吊，应请有关机电维修人员来检查维修。

6. 吊运中突然停电的处理方法

在吊运过程中突然停电时，司机应首先把控制器手柄放到零档，并拉下控制箱刀开关，然后询问停电原因。

1) 若短时间停电，就在司机室耐心等待。

2) 若长时间停电, 就要设法撬开制动器放下载荷。

7. 操纵机构突然失灵的处理方法

先立即拉下紧急开关, 再拉下刀开关切断电源待查。

8. 桥(门)式起重机操作中突然着火的处理方法

司机应先立即拉下紧急开关, 再拉下刀开关切断电源, 然后用干粉或二氧化碳灭火器灭火。如果烟火很大、灭不了时, 应及时撤离后立即报警。

9. 操作电磁吊时, 突然有人闯入禁区的处理方法

在有人闯入禁区时, 如果其还未到吊物下方, 司机应立即发出紧急信号阻止其继续闯入; 若其已闯入到吊物下方, 司机应保持良好的心态, 并保持原来的操作状态, 让闯入者离开危险区域。

10. 操作中, 突然有人发出紧急信号(不一定规范)的处理方法

司机应该立即停止工作, 将手柄放到零档或拉紧急开关, 再拉刀开关切断电源。

6.3.4 稳钩的基本操作方法

稳钩是桥式起重机司机应掌握的基本操作技能之一, 也是每一个吊运工作循环中必不可少的工作环节。所谓稳钩, 是指天车司机在吊运过程中, 把由于各种原因引起摇摆的吊钩或被吊物件稳住。为了较好地掌握稳钩操作技能、提高稳钩操作的技术水平、迅速消除摇摆, 首先要了解吊钩或吊物产生摇摆的各种影响因素及吊物的平衡原理, 然后采取相应的操作方法, 把处于摇摆状态的吊钩稳住。

1. 产生摇摆的原因

桥式起重机的大、小车运行机构和起升机构, 由于起动或制动过快、过猛, 起吊时吊钩距吊物重心较远、操作不当, 或地面工作人员(即司索工)捆绑物件位置偏斜、绳扣过长且两侧绳扣分支不等, 都将产生摇摆和抖动。

当吊物静止于垂直位置时, 其受力情况如图 6-24 所示。如果桥式起重机大、小车起动运行中都能保持吊物本身的重力和钢丝绳时吊物的拉力大小相等、方向相反, 吊物就不会摇摆。但在实际操作中, 因为物体运动而产生的惯性, 吊物在大车或小车起动的瞬间不能保持静止状态下的平衡, 所以必然产生摇摆, 尤其是大、小车起动过快、过猛时, 这种摇摆更为明显。在大车或小车起动瞬间, 吊物具有力图保持其原来的状态的惯性, 而大车或小车移动时, 吊物不在吊钩与小车吊点 O 的垂直连线 OG 上, 如图 6-25 所示。此时吊物受重力 Q 和钢丝绳拉力 F 两个力作用, 但这两个力大小不相等, 且不在同一条直线上, 重力 Q 垂直向下, 拉力 F 指钢丝绳方向。 F 力可分解成垂直分力 F_1 和水平分力 F_2 , F_1 与 Q 平衡, 而 F_2 使吊物以 O 点为圆心, 以 OG 为半径来回摇摆。

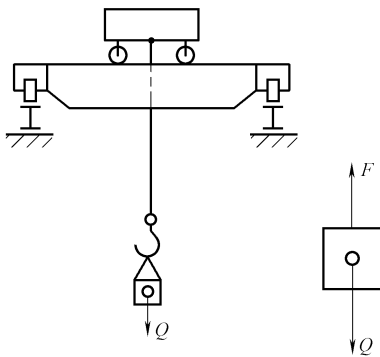


图 6-24 吊物平衡时的受力情况

此外，突然或快速制动也会产生摇摆，其原因和摇摆情况与起动瞬间完全相同。

吊物摇摆本身隐藏着极大的不安全因素，不仅容易碰撞周围人员及设备，而且可能造成吊物散落，其危害是可想而知的。同时，吊物摇摆还直接影响起吊工作质量和生产效率，因为它不能被准确、及时地投落在预定地点。

了解了吊物摇摆产生的原因后，一旦产生摇摆，司机应该熟练地用稳钩方法，及时消除吊物摇摆。

2. 稳钩的基本方法

稳钩的基本方法有八种。

(1) 前后摇摆的稳钩 吊物前后摇摆，即沿小车轨道方向来回摇摆时，可起动小车向吊物摇摆的方向跟车，如果跟车及时、适量，一次跟车即可消除摇摆。如果一次跟车未能完全消除摇摆，可按上述方法往返跟车一次，直到完全消除摇摆为止。

(2) 左右摇摆的稳钩 吊物左右摇摆，即沿大车轨道方向来回摇摆时，可起动大车沿吊物摇摆的方向跟车，如图 6-26a 所示。当吊物接近最大摆动幅度时（吊物摆动到这一幅度即将往回摆动），停止跟车，这样正好使吊物处在垂直位置，如图 6-26b 所示。跟车速度与跟车距离应根据吊物的摇摆位置及摇摆幅度确定。如果一次跟车未完全消除摇摆，可向回跟车一次。如果跟车速度、跟车距离选择合适，一般 1~2 次跟车即可将吊物稳住。

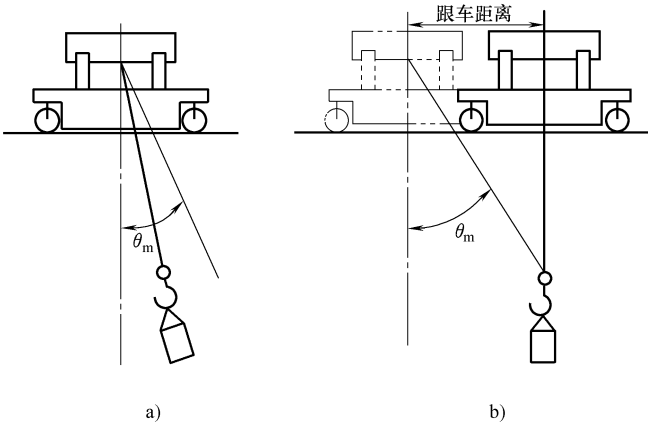


图 6-26 左右摇摆稳钩

a) 向前跟车 b) 停止跟车

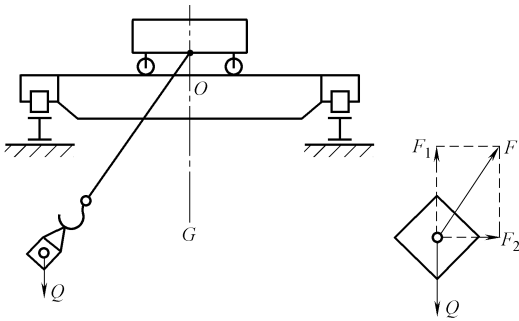


图 6-25 吊物不平衡时的受力情况

(3) 起车稳钩 起车稳钩是保证桥式起重机运行时平衡的关键。当大车或小车启动时，尤其是突然启动和快速推档时，车体已向前运行一段距离 s ，吊物通过挠性的钢丝绳与车体连接，由于惯性作用而滞后于车体一段距离 s ，从而相对离开了原来稳定的平衡位置 OG 垂线而产生摇摆，如图 6-27 所示。

吊物越重，起车越快，摇摆就越严重。所以，大车或小车启动时应逐渐加速，力求平稳，从而减小吊物摇摆幅度。此外，在吊物质量较大、起车又较快时，应在启动开车、吊物滞后于车体时及时扳转大车或小车手柄回零档使之制动，待吊物向前摇摆并越过吊物与车体的相对平衡位置垂线 OG 时，马上再启动向前跟车。如果跟车时机掌握好，车速选择适当，就可使车体与吊物处于 OG 铅垂线位置上而无相对运动，即以相同速度运行，也就消除起车时的吊物摇摆。

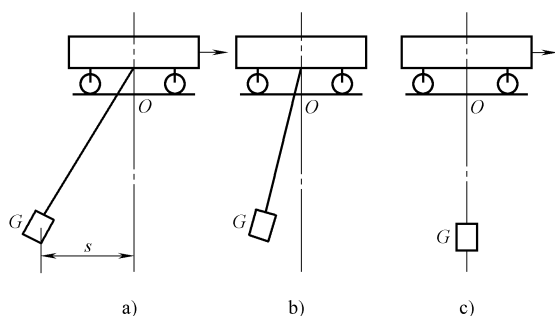


图 6-27 起车稳钩示意图

a) 起车 b) 停车 c) 二次起车

(4) 原地稳钩 若大车或小车的车体已经到达预定停车地点，但因操作不当、车速过快、制动过猛，吊物并没有停下来，而是前后或左右摇摆，如果此情况下落钩卸放吊物，由于卸放吊物落点不准确，前后或左右摇摆极不安全，因此容易造成事故。对于这种情况，司机应采用原地稳钩的操作方法，如图 6-28 所示。当吊物向前（或左）摆

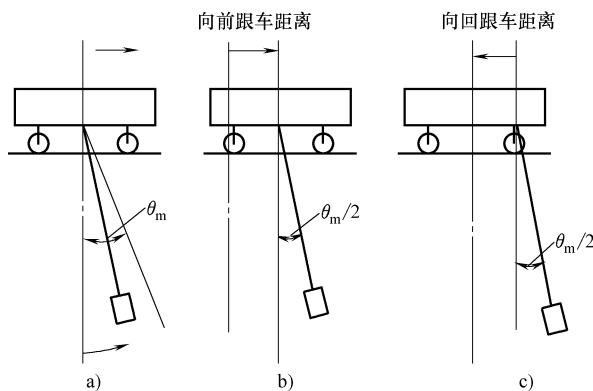


图 6-28 原地稳钩示意图

a) 起车 b) 向前跟车 c) 返回跟车

动时，起动大车（或小车）向前（或左）跟车到吊物最大摆幅的一半，待吊物向回摇摆时再起动车（或小车）往回跟车，这一点是原地稳钩操作的关键点。根据车体制动情况，恰当地掌握好吊物摇摆的角度，通过来回跟车（一般1~2次），即可将吊物稳定在应停放的位置。这种原地稳钩操作对缩短一个吊运工作循环时间，提高桥式起重机工作效率有着非常重要的实际意义。

（5）运行稳钩 运行过程中，当吊物向前摇摆时，应顺着吊物摇摆的方向加大控制器的档位，使车速加快，运行机构跟上吊钩的摆动；而当吊钩向回摆动时，则应减少控制器的档位，使车速降低，使吊物跟上车体运行速度，以减少吊物的回摆幅度。在运行过程中，通过几次反复加速、减速、跟车，就可以使吊物与运行机构同时平稳地运行。

（6）停车稳钩 尽管在起动和运行时吊物很平稳，但如果停车时掌握不好停车的方法，往往会产生停车时的吊物摇摆。此时需要司机采用停车稳钩的方法来消除摇摆，如图6-29所示。吊物在平稳运行时与车体的相对速度为零，即两者以相同的速度运动。当即将到达吊物预停位置停车制动时，车体因机械制动而在短距离内停止，但吊物因惯性作用仍然以停车前的初速度向前运动，从而产生了吊物的前后（或左右）摇摆运动。消除这种摇摆的方法是：在桥式起重机与预定停车位置还有一段距离时，应将控制器手柄逐档扳回零档，在桥式起重机逐渐减速的同时，适当地制动1~2次，在吊物向前进方向摇摆时，立即以低速档瞬动跟车1~2次，即可将吊物平稳地停在预定地点。

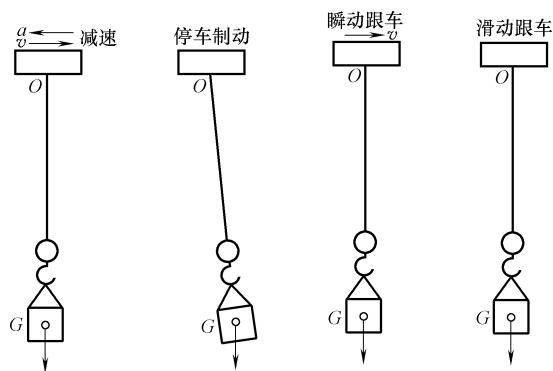


图6-29 停车稳钩示意图

（7）稳抖动钩 桥式起重机吊运过程中经常会遇到抖动钩的情况，抖动钩表现为吊物大幅度前后摆动，而吊钩以小角度在吊物一个摆角之内抖动几次。产生抖动的原因有：吊物的钢丝绳长短不一；吊物重心偏；操作时吊钩没有对正吊物的重心。上述情况有时很难避免。稳抖动钩的方法是：当吊物向前慢速大幅度摆动，而吊钩小角度快速抖动，且吊钩抖动的方向与吊物大幅度摆动的方向相同时，快速跟钩，即快速将控制器手柄推回零档；当吊物向回摆动，而吊钩小角度向回抖动时，向回快速跟钩，快速将控制器手柄推回零档。这样每往返跟车一次，抖动的摆角角度就减少许多，如果能熟练掌握上述跟车操作顺序，操作得当，则一般只需2~3次，即可将抖动钩稳住了。

(8) 稳圆弧钩 在吊运或起动时,因操作不当或某些外界因素的作用而使吊物产生弧形曲线运动,即圆弧钩。稳这种圆弧钩的操作方法是:采用大、小车综合运动跟车法,即沿吊物运动方向,根据吊物运动曲线弧度状况操纵大、小车控制器手柄,改变控制器速度档位,使小车产生相应的曲线运动,从而消除圆弧状的吊物摇摆。

总之,以上几种稳钩方法是最基本的方法。桥式起重机的工作特点是经常由静止到快速运动,又由快速运动到制动停止,因此吊物因惯性存在而产生摇摆是客观存在的,而且吊钩摇摆的情况又是千变万化的。采用哪一种方法稳钩,要根据具体情况而定,也可综合采用多种稳钩方法。另外,桥式起重机司机应在掌握稳钩操作技术的基础上,进一步掌握大、小车制动滑行距离,这对提高稳钩操作的效果和发挥操作技术有着十分重要的意义。

6.3.5 物件翻转的操作方法

翻转工件是起重机司机在工作中经常进行的操作。常见的有地面翻转、游翻、带翻和空中翻四种。地面翻转一般用单钩进行。空中翻转要用双钩配合进行。

1. 地面翻转

地面翻转也叫兜底翻。兜底翻适用于一些不怕碰撞的铸锻毛坯件。操作中应注意以下几个要领。

1) 被翻转的物件兜挂方法要正确,绳索应兜挂在被翻转物件的底部或下部。一般死圈扣的锁点放在被翻转物件下部远离重心的位置,如图 6-30a 所示。绳索兜底部时如图 6-30b 所示。

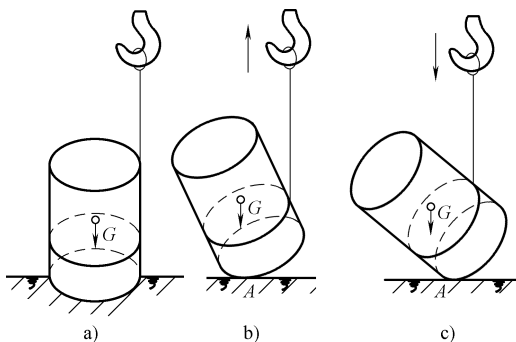


图 6-30 兜底翻物件操作示意图

2) 绳扣系牢后,推动起升机构控制器手柄,使吊钩逐步提升。随着物件以 A 点为支点的逐渐倾斜,校正大车(或小车)的位置。以保证吊钩与钢丝绳时刻处于垂直状态,如图 6-30c 所示。

3) 当被翻转物件倾斜到一定程度,其重心 G 超过地面支承点 A 时,物件的重力倾斜力矩使物件自行翻转,这时应迅速将控制器手柄扳至下降方向第 1 档,使吊钩以最快的下降速度落钩,如果此时吊钩继续提升,则会造成物件的抖动和对车体的冲击,这样不仅翻转工作受阻,而且很危险,所以必须及时快速落钩。

翻转一些机加工件时,为了防止碰撞,需要加挂副绳,如图 6-31a 所示。这条副绳缚在被翻转物件的上部,长度适

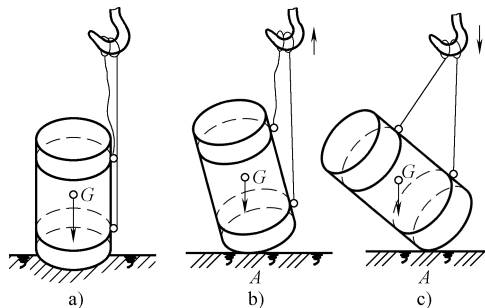


图 6-31 加挂副绳的兜翻示意图

当，在物体翻转前，副绳处于松弛状态。当吊钩提升物体逐渐倾斜时，副绳的松弛程度逐渐减少，如图 6-31b 所示。当物体重心 G 超过地面的支承点 A 、且物体可以自行翻转时，副绳恰好刚刚拉紧受力，此时继续提升，将被翻转物体略微提高，使其离开地面，然后落钩。在物体下角部位与地面接触后继续落钩，使物体逐渐翻转落地，如图 6-31c 所示。

2. 游翻操作

对于一些不怕碰撞的盘状、扁形工件的翻转采用游翻操作尤为适合。其操作过程是：根据被翻转物件的形状和尺寸，先把已吊挂稳妥的被翻转物件提升至稍离地面位置，快速开动大车或小车，人为地使物件开始摇摆至最大摆角的瞬间，立即开动起升机构，以最快的下降速度把物件快速降落。在被翻转物件的下角部位与地面接触后（见图 6-32），吊钩继续下降，物件在重力矩的作用下自行倾倒，在钢丝绳的松弛度足够时即停止下降，此时往回迅速开动大车或小车，调整车体位置，以达到当被翻转物件翻转完成时，钢丝绳处于铅垂状态。

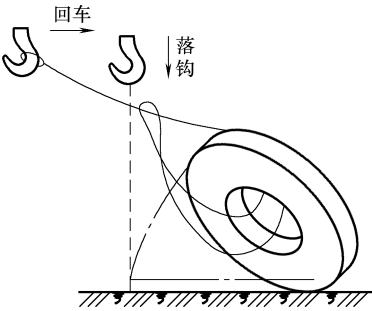


图 6-32 物件游翻示意图

游翻操作时要防止物件与周围设备碰撞，要掌握好翻转时机，动作要快、要准。

3. 带翻操作

对于怕碰撞的物件，如已加工好的齿轮、液压操纵板等精密件，一般都采用带翻操作来实现其翻转，如图 6-33 所示。

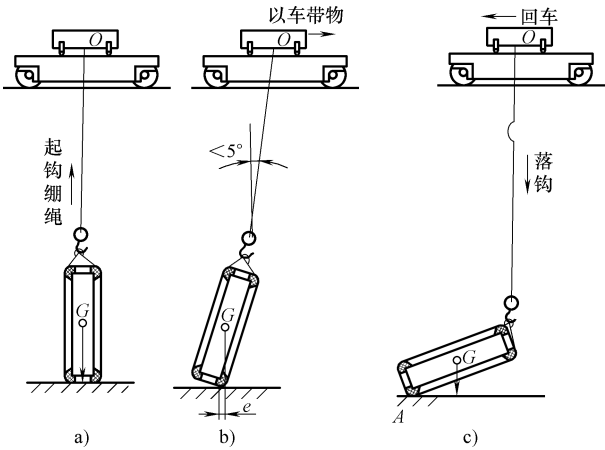


图 6-33 带翻操作示意图

a) 起升细绳 b) 开车带物件 c) 落钩翻转

带翻的具体操作方法是：首先把被翻转物件吊离地面，然后慢慢降落，至被翻转物件与地面刚刚接触时迅速开动大车或小车，通过倾斜绷紧钢丝绳的水平分力，使物件以

支点 A 为中心做倾翻运动。当物件重心 G 超过支点 A 时, 物件在重力矩作用下, 会自行倾倒。在被翻转物件自行倾倒时, 要顺势开动起升机构落钩并控制其下降速度, 落钩时要使吊钩保持垂直。带翻操作实际上是利用运行机构的斜拉操作方法进行翻转, 但翻转时斜拉的角度不宜过大, 一般不大于 5° 。如果角度过大, 则不能进行带翻操作, 遇到这种情况可以在被翻转物件的下面垫上枕木, 以改变被吊物件的重心。如果这种方法也不能使斜拉角度减小, 则必须采取其他的措施。

需要强调的是, 带翻操作中被翻转的物件必须是扁形或盘形物件, 起吊后的重心位置必须较高, 底部基面较窄。另外, 在操作过程中, 要使吊钩保持垂直, 在带翻拉紧钢丝绳成一定角度以后, 不允许起升卷扬, 以免钢丝绳乱绕在卷筒上, 或从卷筒上脱落而绕在转轴上绞断钢丝绳。翻转物件时, 车体的横向运动和吊钩的迅速下降等彼此要配合协调。

4. 空中翻转

(1) 翻转 90° 的操作法 浇包的翻转就是物件翻转 90° 的一个实例。其操作方法是: 将主钩挂在被翻转物件 (如浇包) 的上部吊点上, 用来担负浇包的吊运, 副钩挂在下部吊点上, 用来使浇包倾翻, 如图 6-34 所示。起吊时两钩同时提升, 并开动大、小车把浇包运至浇铸位置。然后两钩同时下降, 将浇包降到适于浇铸的合适高度时, 慢速提升副钩, 使浇包底部逐渐上升, 同时主钩继续下降并调整小车的位置, 以确保在浇包翻转的同时, 使浇包的浇嘴时刻对准浇口, 并使倒出的钢液准确地注入浇口。在浇铸过程中, 主、副钩都应采用慢速档, 缓慢地倾倒钢液, 以防钢液冲坏砂模。

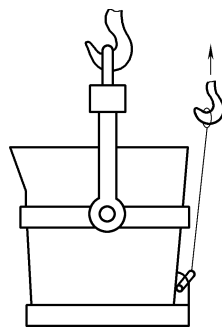


图 6-34 浇包空中
翻转 90° 示意图

(2) 翻转 180° 的操作法 在很多情况下, 如工艺安装、机件加工或设备检修, 需要把工件翻转 180° , 其操作方法如图 6-35 所示。首先用两套较长的吊索同挂于图 6-35a 中的 B 点, 吊索 1 绕过物件的底部后系挂在主钩上, 而吊索 2 则直接系挂在副钩上。系挂妥当后, 两钩同时提升, 使物件离开地面约 $0.3 \sim 0.5\text{m}$, 然后停止副钩而继续提升主钩, 此时工件将在空中绕 B 端逐渐向上翻转。为使 B 点始终保持距离地面 $0.3 \sim 0.5\text{m}$ 的距离, 在主钩逐渐提升的同时, 继续降落副钩。在主、副钩缓慢而平稳的协调动作下, 可将工件翻转 90° , 如图 6-35b 所示。在物件翻转 90° 后, 副钩继续慢速下降, 主钩继续上升, 以防止工作触碰地面。经过这样连续动作, 工件上部则依靠在副钩的吊索上, 随着副钩的下降, 工件的 A 端就会绕 B 端顺时针方向转动, 使工件安全地翻转 180° , 如图 6-35c 所示。

上面介绍了几种翻转物件的操作方法, 在各种物件的翻转过程中, 需要注意以下几点: ①根据被翻转物件的形状、质量、结构特点及对其翻转程度的要求, 结合现场起重设备的起重能力等具体条件, 确定安全、合理的翻转吊运方案; ②正确估计被翻转物件的质量及重心位置和正确选择物件的系挂吊点是确保物件翻转工艺过程安全而顺利完成的关键; ③根据确定的物件翻转吊运方案, 正确捆绑被翻转物件, 选择适当的吊点;

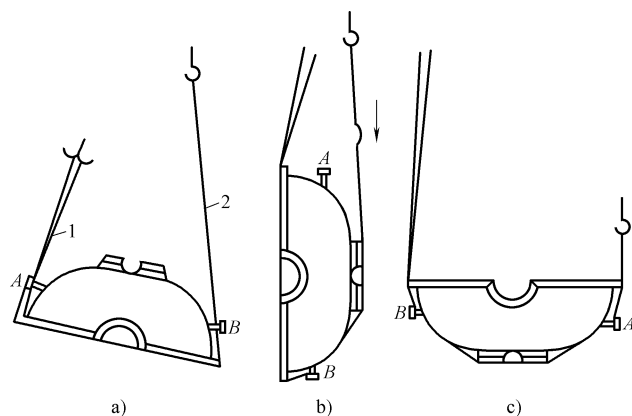


图 6-35 物件空中翻转 180°示意图

a) 主钩提升 b) 翻转 90° c) 翻转 180°

1、2—吊索

④必须熟练掌握操作方法、操作程序，各机构必须协调配合；⑤物件翻转时不能危及地面作业人员安全；⑥物件翻转时不能造成对天车的冲击和振动；⑦不能碰撞翻转区域内的其他设备和物件；⑧不能碰撞被翻转物件，特别是些精密物件。

6.4 桥（门）式起重机司机安全操作规程

6.4.1 起重机司机应具备的基本条件

(1) 身体素质 起重机的司机必须是年满 18 周岁且身体健康者，具体要求如双目裸眼视力不低于 0.7 且无色盲，无听觉障碍，无癫痫、高血压、心脏病、眩晕症和突发性昏厥等妨碍起重作业疾病及生理缺陷等。

(2) 知识技能 除了身体条件外，起重机司机还必须具有一定的理论知识和基本技能，必须了解工作原理，熟悉起重机的构造、安全装置的功能及其调整方法，掌握操作方法及维修保养技术等。一般要求初中以上文化程度，而且还要经过正规培训。培训包括理论培训和实际操作能力培训两个方面。重点是提高其安全操作和预防事故的实际能力。

参加基础理论知识培训时间一般不得少于 750 个课时（5 个月）。应了解掌握的内容主要包括：机械基础知识及简单的机械制图知识；起重机的构造及工作原理；操作和使用起重机所必需的力学知识；液压传动的基本知识；物体质量目测知识；吊具、索具的种类、选择、使用方法、报废标准及吊重的捆扎方法；指挥信号；安全操作规程及使用保养知识；有关登高作业、电气安全、消防及有关的一般救护知识；有关法规、法令、标准、规定等。操作技能实习时间不得少于 150 个课时（1 个月）。

实习操作主要包括：对所使用的起重机的操作与日常维护技术；对所使用的起

重机的一般故障的判断与排除等。

(3) 审核认证 起重机司机和起重指挥除身体和理论技能经检查考试符合要求外,还必须持证上岗,因此在经过专业培训和考核后,还必须经省、市劳动部门的考核与认证,并取得地、市级以上质量技术监督行政部门颁发的特种设备作业人员资格证书及驾驶证后,方能使用操作。一般情况下新手应在有经验司机直接监督下学习满半年以上,确实具备起重机司机的各项条件后,才能独立上岗操作。离开起重机操作岗位一年以上的人员,必须重新进行安全技术考核,合格者方可从事起重作业。

(4) 职业道德 除了上述三个方面外,起重机司机还必须具备良好的职业道德,要本着对生命财产安全高度负责的精神,忠于职业操守。例如当重物处于悬挂状态时,不得离开工作岗位;起重机司机操作时必须集中注意力,不能与其他人闲谈;作业时严格遵守操作规程和指令;身体不适或精神不佳时,不操作起重机,尤其严禁酗酒和酒后驾驶操作等。

6.4.2 桥(门)式起重机司机安全操作规程

1. 起重机司机在作业前的职责

起重机司机作业前应遵守交接班制度,做好交接班工作,进行安全检查、润滑保养及其他准备工作。

(1) 安全检查

1) 检查保护箱的总电源刀开关是否已切断,严禁带电检查。

2) 检查操作系统的控制情况。合上刀开关,接通电源,当按下起动按钮后,所有指示灯应全亮,信号铃应有响声;接触器的触头和控制器的触点接触应良好。

3) 使用前应对起重机进行必要的安全检查。日常检查主要针对起重机的重要机电零部件,如吊钩、钢丝绳、滑轮、联轴器、各机构制动器、控制器、各电气设备的接线、各机构限位器及各种安全开关动作是否灵敏可靠等进行检查。

4) 进行空车试运转几次,查看大车有无啃道现象;限位开关、行程开关是否灵活有效;制动器的工作是否灵敏;各机构有无异常声响。

5) 了解电源供电是否有临时断电检修等情况。检查完起重机各机构、各机电零部件后,接班司机应将检查结果记录于交接班手册中。

(2) 润滑保养 交接班司机应按规定向各个润滑点上加注润滑油脂。润滑的原则:凡是有轴和孔、属于动配合部位以及有相对运动的接触面的机械部分,都要定期加油润滑。

润滑时需要注意以下几点:①润滑油脂在使用中,必须保持清洁。使用前发现杂质或脏物时决不能使用。使用中注意润滑油脂的变化,如发现已经变质失效时,应及时更换。②经常认真检查润滑系统的各部位密封状态和输脂情况。③温度较高的润滑点要增加润滑次数,并装设隔温或冷却装置。④按具体情况选用适宜的润滑材料,不同牌号的润滑油脂不能混合使用。⑤各机构没有注油点的转动部位,应视其需要,用加油工具把油加进各转动缝隙中去,以减少磨损和防止锈蚀。⑥潮湿的地方不宜选用钠基润滑脂

(吸水性强,易失效),而应选用锂基润滑脂或复合铝基润滑脂。⑦更换油脂时务必做到彻底除旧换新,更换油脂的机构应该清洗干净,并且封闭良好。

(3) 开车前要做的工作

- 1) 司机应穿好绝缘鞋和工作服,工作室地面要求铺有橡胶板或木板等绝缘材料。
- 2) 了解电源供电和是否有临时断电检修等情况。走台上存放的零配件开车前必须清走。
- 3) 断开隔离开关,检查起重机各机构情况,各开关是否正常,制动器是否正常,各部位的固定螺栓是否松动,车上有无散放的各种物品。
- 4) 在露天工作的门式机,应打开夹轨器或其他固定装置。
- 5) 检查运行轨道上及轨道附近有无妨碍运行的物品。
- 6) 在主开关接电之前,司机必须把所有控制器手柄扳至零档,并将从司机室通向走台的门和各通路上的门关好。
- 7) 车上应有 1211 灭火器或干粉灭火器。司机必须学会正确使用灭火器灭火,保存生命和财产的安全。

2. 起重机司机在作业过程中的职责

- 1) 在主开关接电之前,将所有控制器手柄扳至零档,从司机室通向走台的门和各通路上的门必须关好。

需要注意的是,当电源断路器上加锁或有告示牌时,应由其本人除掉后方可闭合主电源;必须在确认走台或轨道上无人时,才可以闭合主电源。

- 2) 每班第一次作业前,必须进行负荷试吊,即将额定载荷的重物提升离地面 0.5m 的高度,然后下降以检查起升制动器工作的可靠性。

3) 在下列情况下,司机应发出警告信号:①起重机起动后,即将开动前;②接近同层其他起重机时;③在起吊下降吊物时;④吊物在吊运中接近地面工作人员时;⑤在吊运通道上方吊物运行时;⑥在吊运过程中,起重机设备发生故障。

- 4) 不准利用极限位置限制器及联锁开关等安全装置来作为断电停机手段。不准用紧急开关代替普通开关。

5) 操纵电磁吸盘或抓斗起重机时,禁止任何人员在移动吊物下面工作或通过,应划出危险区并立警示牌,以引起人们重视。

- 6) 司机要做到“十不吊”:①指挥信号不明确或违章指挥不吊;②超载不吊;③工件或吊物捆绑不牢不吊;④吊物上有人或有浮置物不吊;⑤安全装置不齐全、不完好或有动作不灵敏、失效者不吊;⑥工件埋在地下,与地面建筑物或设备有钩挂不吊;⑦光线阴暗,视线不清不吊;⑧棱角物件无防护切割隔离保护措施不吊;⑨斜拉歪拽工件不吊;⑩浇包过满有洒落危险不吊。

7) 在开动任何机构控制器时,不允许猛烈迅速扳转手柄,应逐步推档,确保起重机平稳起动运行。变换大、小车运动方向时,必须将手柄置于零档,使机构完全停止运转后,方能反向起动。当吊钩接近上升极限位置限制器,或大、小车临近终端及与相邻的起重机靠近时,速度应缓慢。

- 8) 起重机大、小车在正常作业中, 严禁开反车制动停车。
- 9) 在操作中, 司机只听专职指挥员的指令进行工作, 但对任何人发出的停机信号必须立即执行, 不得违反。
- 10) 作业时严禁有人上下起重机, 不得在吊载作业中检修或调整制动器等装置。
- 11) 有主、副吊钩的起重机, 应把不工作的吊钩开到接近上限位的高度。在主、副钩换用或两钩高度相近时, 主、副钩必须单独作业, 以免两钩相撞。不工作的吊钩不准悬挂其他吊具及吊物。
- 12) 有两个吊钩的起重机不准两钩同时吊挂两个物件。
- 13) 不准同时操作三个控制器手柄, 即不能同时开动大、小车及卷扬机构。
- 14) 严禁吊运的货物从人头上通过, 应沿吊运安全通道移动。起重机由起吊位置在到达吊运通道前的运行中, 吊物应高出其越过地面最高设备 0.5m 为宜。当吊物到达通道后, 应降下吊物使其以离地面 0.5m 的高度随车移运。在某些场合下, 吊物必须通过地面作业人员所在的上空时, 司机必须连续发出警铃信号, 待地面人员安全躲开后, 方可开车通过。
- 15) 在操作过程中, 如发现不正常现象, 或听到不正常声音时, 应将物体降落稳妥后, 停机即刻检查, 排除故障。遇到突然停电或电压下降, 都必须将手柄放至零档上, 在起吊物体没有放下时, 司机应通知地面人员离开, 但司机不得离开岗位。
- 16) 当吊物到达指定的停放位置时, 吊物必须对准指定位置后方可起落钩。落钩下降吊物, 可根据具体情况采取对控制器相应的操作方法, 严禁快速下降, 应平稳落地, 待指挥人员发出吊物放置稳妥安全信号后, 方可落绳脱钩。
- 17) 要求起重机司机应做到起动稳、运行稳和停车稳的“三稳”操作。具体操作如下: ①起动稳。大、小车起动后先回零档一次, 当吊物向前摆动时, 迅速跟车一次, 即可使吊物当其重力线与钢丝绳均处于铅垂位置时达到与车体同速运行而消除摆动。②运行稳。在大、小车运行中如发现吊物有摆动现象, 则可顺着吊物的摆动方向, 顺势加速跟车, 使车体跟上超前的吊物, 以达到平衡状态而消除摆动。③停车稳。在大、小车将到达指定位置前, 应将控制器手柄逐步拉回以使车速逐渐减慢, 并有意拉回零档后再短暂送电跟车一次, 使吊物处于平衡而不摆动状态, 最后靠制动滑行停车。

3. 起重机司机在作业完毕后的职责

- 1) 应将吊钩升至接近上极限位置的高度, 不准吊挂吊具、吊物等。
- 2) 电磁吸盘和抓斗起重机应将吸盘或抓斗放在地面上, 不得在空中悬吊。
- 3) 将起重小车停放在主梁远离大车滑触线的一端, 不得置于跨中部位, 大车应开到固定停放位置。
- 4) 所有控制器手柄应回零档, 将紧急开关扳转断路, 拉下保护柜刀开关, 关闭司机室门后下车。
- 5) 露天工作的起重机应采取措施固定牢靠, 以防被大风吹跑。
- 6) 起重机司机在下班时应应对起重机进行检查, 将工作中发生的问题及检查情况记录在交接记录本中, 并交给接班司机。

6.5 桥（门）式起重机故障诊断及排除方法

按其构成功能分，桥（门）式起重机则由金属结构、机械传动和电气控制三大系统组成。组成这些结构、机构的元器件、材料、零部件要承受吊重、风力、高温、摩擦、磨损等多种作用；加之设计、制造、装配、使用、维修等原因，在长期、频繁地运行中，材料、元器件、零部件性能会发生恶化，无法在规定的时间和使用条件下，继续完成它的功能，称其为零件失效。

按相关标准规定的故障定义为：失效是产品丧失规定的功能。对于可修复的产品通常称为故障。故障（或失效）指的是在评判产品时它所处的技术性能状态。若产品不能完成规定的功能，它所处的性状是故障（或失效）。

桥（门）式起重机整体及其机电零部件和金属结构，在过载应力、重复应力、环境腐蚀等多种因素的作用下，产生变形、振动、声响、发热、泄漏、污染等缺陷（即故障模式）。通过人们的经验观察和简单仪器的测量这些变化异常缺陷的征兆参数，可预测将要发生的故障。

6.5.1 桥（门）式起重机机械故障的诊断方法

机械故障诊断的分类方法很多，按诊断的目的、要求进行分类，可分为功能诊断、运行诊断、简易诊断。

功能诊断是针对新安装或刚维修后的机械，检查它们的运行工况和功能是否正常，并根据检测和判断的结果对其进行调整。功能诊断的主要目的是观察机械能否达到规定的功能。

运行诊断是针对正常运行中的机械，监视其故障的发生和发展而进行的诊断。运行诊断的目的是为了发现正常工作中的机械是否发生异常现象，以便及早发现、及早排除故障。

简易诊断是用比较简单的仪器和方法对机械运行状态进行诊断，给出正常或异常的判断，相当于人的初级健康诊断。简易诊断简单易行，且方法比较成熟，主要用于力学性能的监测、故障劣化趋势分析及早期发现故障等，如借助电子听诊器、水准仪等。

桥（门）式起重机的机械故障检查（即诊断）技术主要是指在起重机运行中或仅拆卸局部零部件的情况下，根据其运行状态，采用经验判定法和仪器测定法，判断产生机械故障的部位和原因，并制定预防措施的综合技术。

1. 经验判断法

桥（门）式起重机的异常振动和响声是最常见的故障，且在起重机的故障中占有很高比例。引起这类故障的原因很多，但只要对一些常见的故障根据振动、声响的产生、传播与辐射原理，运用人的眼、耳、鼻及手等感觉器官对振动与声响进行分析，经过几次实践经验的积累，就能准确、迅速地找到故障发生部位，使起重机故障排除收到事半功倍的效果。

(1) 经验判断法的程序 经验判断法是用看、听、闻、摸和经验结合起来判断起重机振动与声响的故障。检查人员要在故障地方及相邻的机械零件周围走一走、听一听,并注意观察一些明显的特征。判断时,尽可能使故障机械在不同工况下反复运行几次,用对比的方法来协助查找故障根源,就会逐渐掌握故障的特性和规律,这对提高维修质量很关键。

经验判断法一般可以参照下列程序进行:①首先对最可疑的机构或系统在不同的工况下分别单独开动,确定故障是属于起重机的哪个机构,哪个系统。②然后在起重机振动与响声故障机构或系统区域周围,根据异常振动的强弱程度,分析判断故障随载荷、提升动作幅度、运行速度等不同工况的变化规律。③从响声的方向,将诸如撞击声、咔咔声、轰隆声、雷鸣声、嗡嗡声、尖叫声等异常响声与正常噪声加以对比区别,确定振动与响声在机构或系统中发生的部位。判断振动强弱时可用两只手分别去触摸系统中两个相邻的零部件,从感觉上获得振动与响声随时间变化而变化的规律。④根据振动及声辐射的规律,寻找和确定系统中哪个零部件是声辐射体,或哪些零部件、结构件是受激振动体,确定振动或声源。⑤根据振动与响声故障的具体情况,确定现场维修方案。一般采用从简到繁和机电联合修理原则将故障一一排除。⑥最后要认真做好检修后的检验工作。

(2) 机械故障发生规律及处理这些故障应注意的事项

1) 可感觉到的振动一般来源于低频率的微弱振动,因响声较弱,难以从机械系统的正常运行中将噪声分辨清楚;不能感觉到的振动几乎均来源于高频振动,高频振动是产生强烈噪声的根本原因。

2) 因为起重机机构或系统的振动与响声故障在停机状态下是无法诊断的,所以起重机的振动与响声故障源在没有确定之前,切忌随意拆卸,避免检修过程复杂化。

3) 重视故障系统中零部件特征。在查找起重机振动与响声故障时,应细心研究故障系统中零部件的形状特征、动刚度、材料阻尼力、壁厚、表面积和表面平滑程度这些特点。通常以阻尼力低、动刚度小、薄壁且与空气接触面积大、绕本身轴线做旋转运动的壳形件容易诱发振动,再通过壁面向外辐射异常响声而成为发声器。

4) 实践证明,强烈的响声或剧烈振动往往是由于机械连接或接头松动、电气元件接触不良、三相电源电压不平衡引起系统产生机械和电磁振动等而引起的,只要借助于电工仪表和简易仪器,再配合经验就能收到很好的效果。因而可以将“松动”“接触不良”“电磁振动”等视为振动与响声故障的查找突破口。

2. 仪器诊断法

仪器诊断法是指利用各种仪器对机械的运行状态进行诊断,找到发生机械故障的部位和原因的方法。下面介绍常用的诊断仪器。

6.5.2 桥(门)式起重机电气故障常用检查法

桥(门)式起重机电气系统发生故障时,维修人员首先也要用问、看、听、嗅等手段对故障进行分析,做到心中有数。

“问”就是询问操作司机或现场负责人故障发生时的现象，查询故障前当事人是否对设备做过任何调整或更换元件。

“看”就是注意观察每个元器件是否正常工作，观看显示器上的各种信号指示是否正确，看电器元件外表颜色是否改变等。

“听”就是听电器及线路在工作时有无怪声。

“嗅”就是嗅电气线路及元器件有无异味。

自动控制的桥（门）式起重机，控制线路图虽不太复杂，但电气控制系统故障却不少。处理电气故障时，要先易后难，先外后内，综合考虑，联想判断，弄清因果，有的放矢，顺藤摸瓜，逐一排除。在处理桥（门）式起重机电气故障时应该牢牢记住“因果定律”，即故障原因与结果和条件是严格对应的。查找这类故障时，应有序地对它们之间的关系进行联想和判断，逐一排除疑点直到故障完全排除。

在上述思想指导下，查找电气故障应采取以下八种方法。

1) 程序检查法：起重机是按照一定程序运行的，特别是可编程序控制器控制的起重机，它的每个工作环节都有一个独立的控制电路。程序检查法就是要确认故障发生在哪个控制环节，是起升机构还是运行机构或回旋、变幅机构，尽量缩小故障范围，明确排除故障的方向，这种方法适用于有触点的控制系统。

2) 电阻测量法：在断电情况下，用万用表的电阻档测量电气（子）电路的阻值是否正常，或电气线路的通断情况，判断有无故障，因为每个电气元件的正反向阻值不同，任何一个电气元件也都有一定阻值。连接电气元件的线路或开关，电阻值不是零就是无穷大，所以测量它们的阻值大小和通断情况就可以判断电气（子）元件的好坏。

3) 电位测量法：在通电情况下，用测量各电气（子）元器件的两端电位的方法来确定故障部位。在正常工作情况下，起重机送电安全电路中，电路中各点的电位是一定的，电流从高电位流向低电位。通过用万用表测量控制电路上有关点的电位是否符合规定值的方法，就可以判断出故障部位，然后查找电位变化的原因，进而排除故障。

4) 短路连接法：当怀疑某处、某个触点或某些触点有故障时，可以用导线把某触点或某些触点短接后通电，观察故障现象是否消失。若消失，则证明短接点即故障点，更换故障元器件（如触点）后，拆除短接线。但采用短路法只能查找“与”逻辑关系触点的断点，禁止用此法查找不同极性、不同相序的故障，否则将会导致短路，造成严重后果。

5) 断路法：有时起重机控制线路还可能出现一些特殊故障，查找此类故障的最好方法就是断路法，即将怀疑有故障的触点断开，如果故障消失，就说明判断正确。用这种方法可以判断或逻辑关系的故障点。

6) 替代法：按以上方法查找出故障出自于某触点或某块电路板时，将怀疑有问题的元件或线路板取下，用新的元件或线路板替代，若故障消失，则判断正确；反之需继续查找。故障确认后，立即换上新元件或新电路板就行了。

7) 经验排除故障法: 如前所述, 维修者应在实践中不断吸取教训、总结经验。这些可以帮助我们及时准确地排除故障, 因为任何故障都是有规律的, 一旦掌握这些规律, 就可以做到手到患除, 收到立竿见影的效果。

8) 测试接触不良法: ①观察电控柜上的电压表上显示的设备运行过程中的电压, 若某项电压偏低且波动较大, 则有可能是虚接。②用点温计测试每个连接点的温度, 若某点温度过高, 即可拆开某点, 打磨接触面或拧紧螺钉。③用低压大电流测试虚接部位。将总电源断开, 再将控制柜内电源断开, 装一套大电流发生器, 用一段 10mm^2 导线 (铜芯) 做测试线, 把测试导线搭接在检查点两端, 将调压器缓慢升压。当短接电流达 50A 时记录输入电压值, 然后对每一嫌疑处都要测试一次, 记录每个接点的电压值, 若哪一处电压高, 即说明该处接触不好。

6.5.3 桥 (门) 式起重机故障的排除

桥 (门) 式起重机在使用过程中, 机械零部件、电气控制元件和液压系统元件不可避免地会发生故障。导致同一故障的原因不可能是一一对应的关系, 所以要对故障进行分析, 准确地查找确切的故障原因, 并采取相应的消除故障的方法去排除。下面主要介绍桥 (门) 式起重机的金属结构、机械零部件、电气元件的故障排除方法, 见表 6-2。

表 6-2 桥 (门) 式起重机故障诊断排除表

序号	项目	常见故障	故障诊断(原因)	排除方法
1	金属结构	主梁接焊缝或桁架接点焊缝有开焊处	1) 原焊接质量差, 有气孔、漏焊等焊接缺陷 2) 长期超载使用 3) 焊接工艺不当, 产生过大的焊接残余应力	1) 用优质焊条补焊 2) 严禁超载使用 3) 采用合理的焊接工艺
		主梁腹板有波浪变形	1) 焊接工艺不当, 产生焊接内应力所致 2) 超负荷使用, 使腹板失稳所致	1) 采用火焰校正方法消除变形, 并用锤击, 平整波浪消除内应力 2) 严禁超载使用
		主梁腹板或盖板出现疲劳裂纹	长期过载使用所致	裂纹小于 0.1mm 时, 可用砂轮将其磨平; 若裂纹较大时, 可在裂纹的两端钻 $\phi 8\text{mm}$ 小孔, 然后沿裂纹两侧开 60° 坡口, 再以优质焊条补焊。重要受力部位应用加强板补焊
		主梁旁弯变形	制造时焊接工艺不当, 焊接内应力与工作应力叠加所致或运输存放不当所致	用火焰校正方法在主梁的凸起侧, 火烤加热, 并适当配合使用顶具或拉具, 以增加校正效果

(续)				
序号	项目	常见故障	故障诊断(原因)	排除方法
1	金属结构	主梁下挠	长期超载运行、热辐射作用、材质疲劳或运输存放不当等都会导致主梁下挠	1)采用火焰法,在顶起主梁的条件下,于主梁下方用乙炔焰烘烤加热,冷却后使主梁拱起,为巩固校正效果,在下盖板下面焊以槽钢加固,下沉变形可消除 2)采用预应力拉杆法,在不具备火焰矫正法环境下,突显它的特点 3)采用综合法,即用预应力加火焰烘烤来处理主梁下挠变形矫正 上述三种方法,各有其特点,要根据现场实际情况选用
2	制动器	制动不灵,起升机构溜钩,运行机构溜车,断电后制动滑行距离过大	1)制动器杠杆系统中有的活动铰链被卡住 2)制动轮工作表面有油污 3)制动瓦衬严重磨损,铆钉裸露 4)主弹簧调整不当或弹簧疲劳、老化、张力太小、制动力矩过小所致 5)电磁铁行程调整不当或长行程制动器其水平杠杆下面有支承物 6)液压推杆制动器叶轮旋转不灵活	1)加油润滑各铰接点 2)用煤油清洗制动轮工作表面 3)更换制动瓦衬 4)调整主弹簧的张力或更换已疲劳的主弹簧 5)按技术要求调整磁铁冲程,或清理长行程制动电磁铁工作环境 6)检修推动机构和电器部分
		制动力矩不稳定	1)制动轮直径不圆度超差 2)制动轮与减速器输入轴不同心	1)重新车制制动轮 2)调整两轴同心度使其一致
		打不开,制动力矩过大,表现为电动机“没劲”	1)制动瓦衬胶粘在制动轴上 2)活动铰链被卡住 3)主弹簧张力过大 4)制动螺栓弯曲,未能触碰到动衔铁 5)电磁铁线圈烧毁 6)液力推动器油液使用不当 7)液力推动器的叶轮卡住 8)电压低于额定值80%,电磁铁吸力不足	1)用煤油清洗制动轮工作面及瓦衬 2)清除卡住点杂物,加油润滑铰链 3)调整主弹簧,使其符合要求 4)调整制动螺杆 5)更换烧毁线圈 6)更换适宜工作环境的油液 7)检查电器部分和调整驱动机构 8)测量电磁铁线圈电压值,查明电压降低原因并予以解决

(续)				
序号	项目	常见故障	故障诊断(原因)	排除方法
2	制动器	制动瓦衬发生焦味、冒烟,瓦衬迅速磨损	1)制动瓦衬与制动轮间隙不均匀,在机构运转时,瓦衬仍压在制动轮上,摩擦生热冒烟 2)辅助弹簧失效,推不开制动臂,瓦衬始终压在制动轮上 3)制动轮工作表面粗糙	1)调整制动器,以达到间隙均匀,运转时瓦衬能脱开制动轮 2)更换辅助弹簧 3)重新车削制动轮粗糙工作表面
3	吊钩组	吊钩组坠落	1)上升限位失效,造成钩头冲顶强断,促使吊钩组坠落 2)重载时猛烈起动,惯性力大 3)严重超载或钢丝绳严重损坏	1)马上修复上升限位器,使其动作灵活可靠 2)遵守安全操作规程,平稳起动 3)严禁超载,或更换新绳
		钩头歪斜、转动不灵活	推力轴承损坏	更换推力轴承
		滑轮损坏	上升限位失效或操作不当,游摆碰撞所致	修好上升限位器,遵守操作规程,提高操作技术
4	减速器	周期性颤动和响声	齿轮周节误差过大或齿面磨损严重致使齿侧间隙过大而引起振动	更换已损坏的齿轮
		减速器在桥梁上振动,声响巨大	1)减速器底座紧固螺栓松动 2)减速器输入轴或其输出轴与其连动件不同轴 3)减速器底座支承结构刚性差	1)紧固螺栓 2)调整同轴度,使其符合标准 3)加固支承结构,使其刚度增大
5	大车运行机构	大车车轮啃轨咬道	1)两主动车轮直径不等,超出公差,造成两侧车轮线速度不等,导致车体扭斜而咬轨 2)传动系统中两侧传动间隙相差过大,造成大车起动不同步 3)车轮安装精度差,车轮水平方向偏斜超差过大,引导车体走斜;车轮垂直度偏差过大,导致车轮踏面直径出现相对差而使车体走斜发生啃轨现象 4)金属结构变形,引起大车桥架对角线超差,桥架出现菱形,导致运行大车啃轨	1)重新车制或更换两主动车轮,让两个直径一样 2)检查传动键连接、螺栓连接、齿轮联轴器啮合等状况,消除过大间隙,使两端传动一致 3)调整车轮安装精度,若 l 和 h 分别为测量弦长,使水平偏斜度小于 $L/1000$,垂直度偏差小于 $h/1000$ 4)可用火焰校正法恢复桥架几何精度,达到设计标准

(续)

序号	项目	常见故障	故障诊断(原因)	排除方法
5	大车运行机构	大车车轮啃轨咬道	5) 大车轨道安装精度差,标高、跨度均不符合安装技术要求 6) 轨道面有油污或冰雪 7) 分别驱动的两端电动机转速不等 8) 两端串入的电阻器有断裂,致使两侧在运行的速度不等,导致车体扭斜啃轨	5) 调整大车轨道,使其达到安装技术要求 6) 消除油污或冰雪 7) 更换电动机 8) 检查更换电阻器,确保两电动机同步
6	小车运行机构	小车运行时打滑	1) 轨道上面有油污或冰雪 2) 轮压不均,尤其主动轮压太小 3) 同一截面内两轨道标高差过大,严重超过允许值 4) 笼型电动机起动过猛	1) 消除油污或冰雪 2) 调整车轮轴的高低位置以增大主动轮的轮压 3) 调整轨道的标高差达到标准 4) 改变电动机起动方式或更换为绕线转子电动机
		小车“三条腿”运行	1) 小车轨道安装不符合技术要求 2) 小车架变形 3) 车轮直径偏差过大 4) 车轮安装精度不符合标准要求 5) 小车轮轴不在同一水平面上,出现“瘸腿”现象	1) 调整小车轨道,使其符合标准要求 2) 用火焰法校正小车架,达到设计要求 3) 按图样要求加工车轮 4) 按车轮安装标准调整安装精度 5) 调整小车车轮轴的水平位置
7	电动机	电动机在运转中均匀过热	1) 电动机接电持续率低于机构工作类型要求,因经常超载运行而过热 2) 在电源电压较低情况下工作 3) 机械传动系统中有卡塞环节	1) 减少起重机工作次数,降低载荷或更换与工作类型相符的电动机 2) 当电压低于额定电压的 80%,禁止工作 3) 检查、消除卡塞物
		转子温度升高,定子有大电流冲击,电动机在额定负载时不能达到全速运转吃力	1) 绕组端头、中性点或并联绕组间接触不良 2) 转子绕组与集电环间接触不好 3) 电刷器械中有接触不良处 4) 转子电路中有接触不良处	1) 检查焊接处,接地处,消除缺陷 2) 检查转子绕组与滑集电环连接处确保其接触良好 3) 检查并调整电刷器械 4) 检查连接导线的紧固螺栓是否松动,对各加速接触器主触头或凸轮控制器转子触头接触不良处修调;检查电阻器阻丝通断状况,消除断路处或更换损坏的电阻器

(续)

序号	项目	常见故障	故障诊断(原因)	排除方法
7	电动机	电动机运转中振动	1)电动机轴与减速器输入轴不同心 2)轴承损坏或严重磨损 3)转子轴有弯曲变形	1)调整二者同轴度 2)更换损坏的轴承 3)检修(调整)转子轴或更换
		电动机在运转中声音不正常	1)定子相位错移 2)定子铁心未压紧 3)轴承损坏	1)检查接线系统,消除故障点 2)检查定子铁心,压紧或更换定子铁心 3)更换轴承
8	电器线路部分	推合保护柜刀开关,按下起动按钮 SB,控制回路熔断器熔丝烧断	控制回路中的该相接地或发生相间短路	用绝缘电阻表检查该相接地部位并予以消除,用万用表检查相间短路处并排除
		推合保护柜刀开关,按下起动按钮 SB,接触器不吸合(即所谓不上闸)	1)电源无电压 2)熔断器 FU1 或 FU2 熔丝断 3)控制器手柄有不在零位者 4)紧急开关 SE 及各联锁触头 SQ1 ~ SQ4 有未闭合者 5)各过电流继电器的常闭触点 KA0 ~ KA4 有未闭合者 6)主接触器线圈 KM 烧断或其接线断路	检查电路各环节相应接通即可起动
		起重机起动后,按钮脱开后,接触器就释放(即俗称“掉闸”)	通常是由于接触器 KM 的两个常开联锁副触点接触不良,未能以②号电路取代①号电路接入电路所致(见图 6-12)	调整触头压力,确保其接触良好,确保②号电路起动后接入控制回路中即可解决
		当某机构控制器手柄扳转后,接触器即释放	1)通常是由于保护该电动机的过电流继电器整定值调整过小所致 2)机构电动机有相间处或对地短路处,强大短路电流使其过电流继电器动作,打开常闭触点而使控制回路断电 3)该机构传动系统某环节卡住而使该电动机过载	1)按 $I_{\text{整定}} = (2.25 \sim 2.5) I_{\text{额定}}$ 调整该电动机过电流继电器的整定电流值 2)检查短路处并排除之 3)检修机械传动系统,消除卡塞地方
		终点限位开关动作后,主接触器不释放	1)终点限位开关电路中发生短路而使限位失效 2)限位开关接线错乱,控制方向错误	1)检查该部分电路及限位常闭触点,消除短路故障 2)按原理图正确接线

(续)

序号	项目	常见故障	故障诊断(原因)	排 除 方 法
9	控 制 器	控制器在工作中发 生卡住现象	1)触头焊住 2)机构定位发生故障	1)更换触头 2)更换控制器
		触头烧焦	1)动、静触头接触不好 2)控制器容量小 3)相间有短路处,强大的电流 将触头烧焦	1)修整触头,调整触头压力,确 保接触良好 2)更换容量大一级的控制器 3)用万用表检查相间短路处并 消除之
10	交 流 接 触 器	线圈发热	1)线圈过载 2)闭合时,动、静铁心极面间 有间隙	1)减小动触头弹簧压力 2)消除产生间隙的原因(如弯 曲、卡塞、极面脏污等)
		接触器工作中响声 很大	1)线圈过载 2)动、静铁心极面脏污 3)动、静磁铁极面相对位置错 移,磁路受阻 4)动磁铁转动部分卡住	1)减小动触头弹簧压 2)清洗极面去掉油污 3)调整动、静磁铁位置,确保磁 路畅通 4)对磁铁铰接轴、孔加润滑油, 消除附加阻力
		动作迟缓	动、静磁铁极面间隙过大	调整缩小动、静磁铁极面间的 距离

第 7 章 流动式起重机的安全操作与故障排除

流动式起重机是将臂架形式的起重装置置于可行驶的底盘上，在带载或空载下，沿无轨路面或铁道运行，依靠自重或支腿保持稳定，利用变换起重吊臂的长短或仰角的大小来改变起升高度和工作幅度的一种起重机械，这种起重机也称为自行杆式起重机、自行动臂式起重机。流动式起重机具有操作方便、机动灵活、转移迅速等特点，因而在国防工业、建筑施工、工矿企业、石油化工、水利建设、码头、车站等各行各业中被广泛应用于物料的装卸、搬运及设备与构件的安装。

7.1 流动式起重机的分类

按其运行方式、性能特点及适用范围，流动式起重机可分为四种类型：汽车起重机、轮胎起重机、履带起重机和专用流动式起重机。其中以汽车起重机使用得最为广泛。

1. 汽车起重机（见图 7-1）

汽车起重机是以改装的汽车底盘或专用底盘为运行部分，车架多数采用弹性悬架。汽车起重机的行驶状态和起重作业状态分别使用不同的司机室。它具有行驶速度快、机动性强的特点，适用于长距离地迅速转换作业场地。汽车起重机不能吊载行驶，且车身长，转弯半径大，因此通过性能较差。

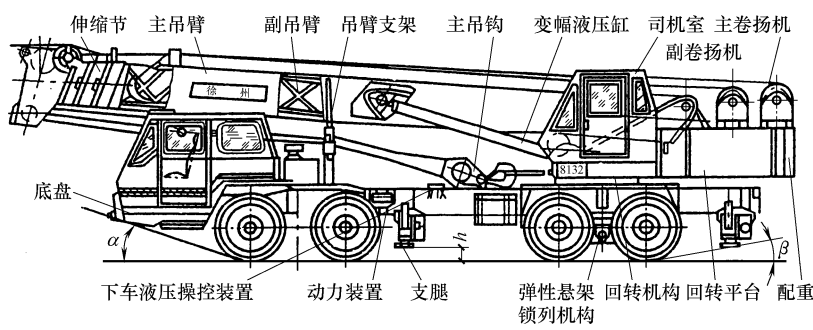


图 7-1 汽车起重机总体结构

2. 轮胎起重机（见图 7-2、图 7-3）

轮胎起重机使用特制的运行底盘，车架为刚性悬架，可以吊载行驶，上、下车采用同一个司机室。由于轮胎起重机的轮距与轴距相近，因此既能保证各向倾翻稳定性一致，又增加了机动性。轮胎起重机的通过性好，可以在 360° 的范围内进行全周作业，适用于建筑工地、车站、码头等相对稳定的作业场合。

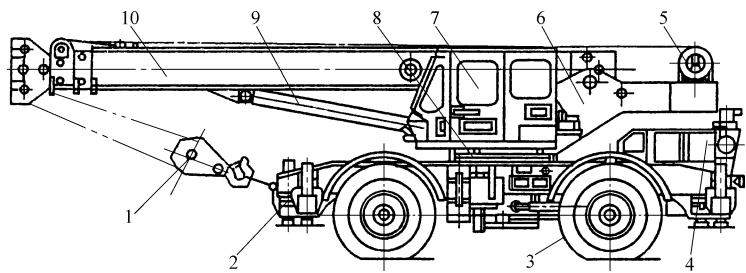


图 7-2 QLY25 型轮胎起重机外形结构

1—吊钩 2—支腿 3—行走系 4—动力系统 5—起升机构 6—回转平台 7—司机室 8—回转机构 9—变幅液压机 10—主臂及伸缩机构（副吊臂装在主臂右侧）

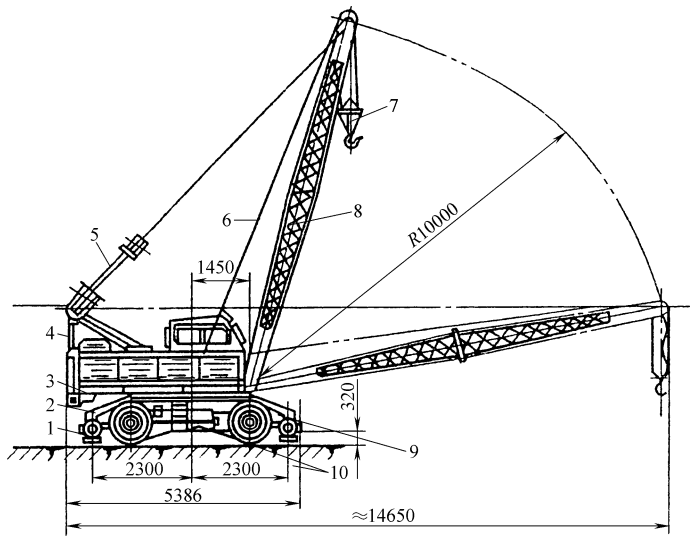


图 7-3 轴距较短的轮胎起重机

1—支腿 2—行走系 3—回转机构 4—变幅机构 5—起升机构
6—钢索 7—吊具 8—吊臂 9—驱动桥 10—动力系统

20 世纪 80 年代末期出现了一种兼有汽车起重机和轮胎起重机两者优点的高速越野轮胎起重机（也叫全路面起重机）。它既有汽车起重机的运行速度，也有轮胎起重机的通过性能，所以适用于更为广泛的场合。

3. 履带起重机（见图 7-4）

履带起重机是以履带及其支撑驱动装置为运行部分的流动式起重机。由于履带的接地面积大，又能在松软的路面上行走，因此它具有地面附着力大、爬坡能力强、转弯半径小、甚至可在原地转弯、作业时不需要支腿支承、可吊载行驶等特点。

4. 专用流动式起重机

专用流动式起重机是指那些作业对象或作业场地不变的流动起重设备，如码头用于

吊装集装箱的门式轮胎集装箱起重机、装于汽车底盘上的高空作业车等，也有将铁道起重机归为专用。

7.2 流动式起重机起重结构的特点

流动式起重机由起重臂、回转平台、车架和支腿组成。

1. 起重臂

起重臂是起重机最主要的承载构件。流动式起重机的起重臂分为桁架臂和伸缩臂两大类。

(1) 桁架臂 桁架臂由只受轴向力的弦杆和腹杆组成，采用挠性的钢丝绳变幅机构，变幅拉力作用于起重臂的前端，使臂架主要受轴向压力，自重引起的弯矩很小，因此桁架臂自重较轻。一套桁架臂可由多节臂架组成，作业时可根据需要进行组合。通常转移作业场地时，起重机上随机的臂架不宜过长，必须将长的吊臂拆成数节，另做运输，因此到达作业场地后，准备时间较长。这类起重臂用于不经常转移作业的起重机，如轮胎起重机和履带起重机（见图 7-3、图 7-4）。

(2) 伸缩臂 伸缩臂由多节箱型焊接板结构套组成（见图 7-5），通过装在臂内部

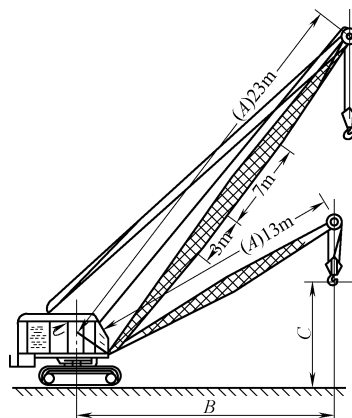


图 7-4 W100 $\frac{1}{2}$ 型履带起重机

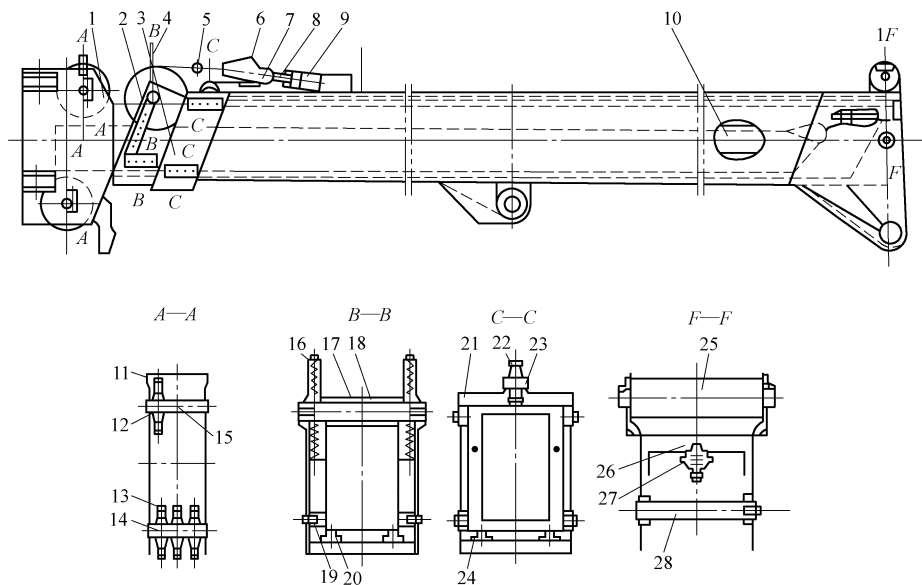


图 7-5 伸缩式起重臂

- 1—三级臂 2—二级臂 3—基本臂 4—挡绳架 5—绳架 6—楔形 7、23—销轴
8—环首螺钉 9—螺母 10、13、16、22、26—滑轮 11—臂架体 12—轴承
14、15、18、27、28—轴 17—挡套 19、20、21、24—滑块 25—卷筒

的伸缩液压缸或液压缸牵引的钢丝绳来使伸缩臂伸缩，达到改变起重臂的长度。伸缩臂既可以满足起重机转场行驶时臂架长度较短，保证了它具有良好的机动性，又尽量地缩短了起重机进入起重作业状态的准备时间，所以汽车起重机、全路面起重机、现代轮胎起重机和某些履带起重机都采用了这种形式的臂架。伸缩臂要求有很大的抗弯强度，它的自重较大。为扩大作业范围，在主臂（伸缩）的顶端装设副臂（桁架型），也是常见的。

2. 回转平台

回转平台又称转台（见图 7-1）。在起重机工作时，回转平台是起重臂的后铰点，它也为变幅机构或变幅液压缸提供足够的约束，同时将起升载荷的作用通过回转支承装置传递到起重机底架上。要求回转平台有足够的强度和刚度。另外，对于运行速度较高的流动式起重机，其回转平台还要能承受整个回转部分自重及起重机运行时的动载作用。

3. 车架（见图 7-6）

车架是整个起重机的基础结构，其作用是将起重机工作时作用在回转支撑装置上的载荷传递到起重机的支撑装置（支腿、轮胎、履带）上。这就要求车架应有足够的强度和刚度。轮胎起重机、履带起重机和采用专用底盘的汽车起重机的车架也是运行部分的骨架。通用底盘的汽车起重机的车架是专为承受起重作业时的载荷而设置的，通过紧固件固定在汽车底盘上。车架也是安装支腿的安装基础。

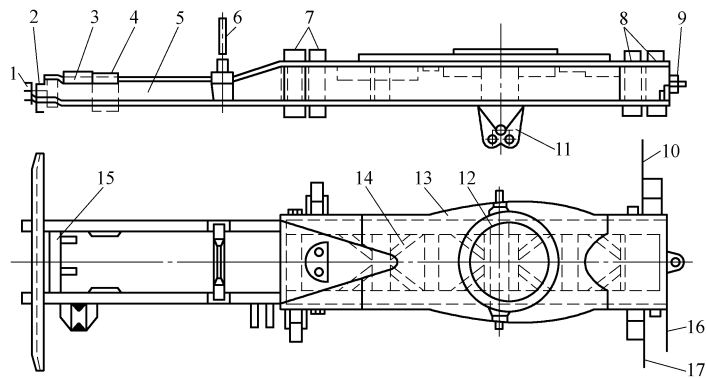


图 7-6 QY16 型汽车起重机专用底盘车架

- 1—前托钩 2—保险杠 3—转向机构支座 4—发动机支架板 5、6—起重臂支架
7、8—支腿架 9—牵引钩 10—右尾灯架 11—平衡轴支架 12—圆垫板
13—上盖板 14—斜梁 15—横梁 16—左尾灯架 17—牌照灯架

4. 支腿

支腿结构是安装在车架上可以折叠或收放的支撑结构。它的作用是在不增加起重机外形尺寸的条件下，为起重机进行起重作业时提供较大的支撑跨距，提高了起重机的稳定性。

(1) 蛙式支腿 (见图 7-7) 这是一种折叠式的支腿结构, 也是最早的支腿形式。由固定部分、活动部分、液压缸和支腿盘组成。其特点是结构简单、液压缸数量少、重量轻、布置方便、操作简单, 但支腿可实现的跨距较小, 支腿盘下放过程中有水平移动。这种形式的支腿对地面的适用性较差, 尤其是在高低不平的地面上。蛙式支腿多用于中、小吨位的早期产品上。

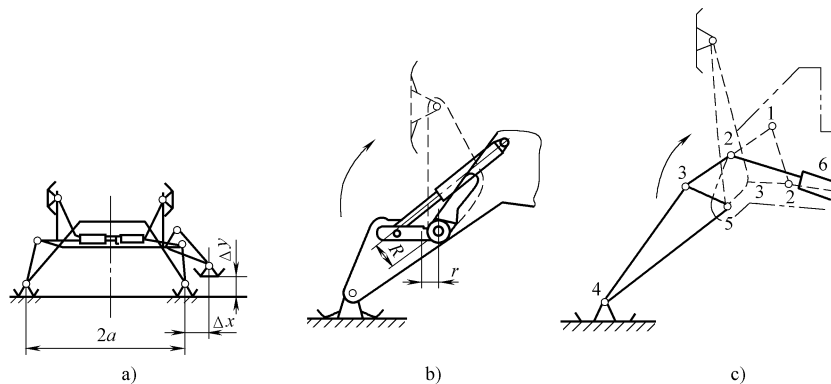


图 7-7 蛙式支腿

a) 普通蛙式支腿示意 b) 滑槽式蛙式变腿 c) 四连杆式蛙式支腿

1~5—铰接点 6—液压缸

(2) H 型支腿 (见图 7-8) 这种支腿由固定在车架上的箱形固定支腿和套装在固定支腿内的一节或多节活动支腿及垂直支腿构成。通过安装在支腿内的水平液压缸来驱动活动支腿的收放。垂直支腿的升降是由垂直液压缸带动的。H 型支腿受力明确, 对地面的适应性好, 且易于调平, 如今其已逐步地取代了蛙式支腿, 其应用广泛, 特别是应用在中、大吨位的流动式起重机上。

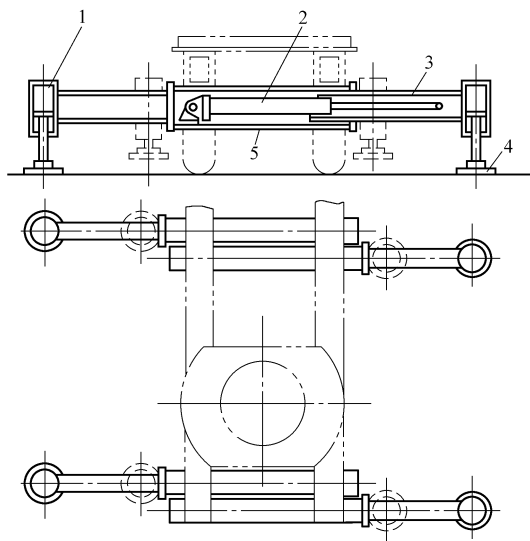


图 7-8 H 型支腿机构

1—垂直支撑液压缸 2—水平伸缩液压缸

3—伸缩支腿 4—承脚 5—固定套梁

(3) X 型支腿 (见图 7-9) 这种支腿的水平伸缩部分与 H 型支腿类似, 所不同的是其控制支腿垂直运动的垂直液压缸不像 H 型支腿那样安装在活动支腿端部, 而是铰接在固定支腿 4 上。固定支腿可以在垂直液压缸的作用下绕其端部的铰点转动。从而实现支腿盘的升降。

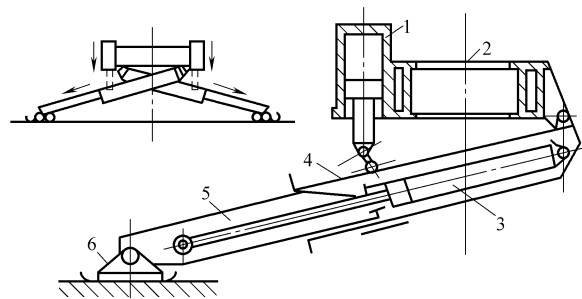


图 7-9 X 式支腿

1—垂直液压缸 2—车架 3—伸缩液压缸 4—固定支腿 5—伸缩腿 6—支脚

其优点是稳定性有所改善，但结构不利于底盘的通过性能。还需注意的一点是，支腿下放时，支腿盘接地后随着支腿的继续向下支，支腿盘将有一定的水平移动，使用时注意支腿的最终支撑位置。

(4) 辐射式支腿（见图 7-10） 在大型起重机上广泛应用辐射式支腿，其特点是回转支撑装置承受的全部力和力矩直接作用在支腿结构上，减轻整个底盘的重量。辐射式支腿也是由垂直液压缸和伸缩液压缸完成其收放及回转动作的。平时支腿收藏在下车的两侧，支腿回转可采用手动来实现，也可通过支腿液压马达经行星减速器、小齿轮和齿圈传动来实现支腿转动，且操纵方便省力。

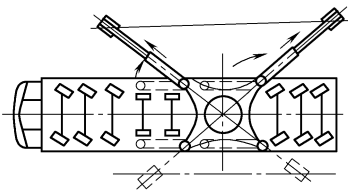


图 7-10 辐射式支腿

5. 配重

在如图 7-1 所示的汽车起重机总体结构图中，起重机回转平台尾部挂有适当重量的铁块，即配重，以保证起重机工作稳定。大型起重机行驶时，可卸下配重，另外装车运输。中、小型汽车起重机的配重包括在上车回转部分内。当吊物重量增加时，考虑到履带起重机的强度和刚度的允许，为了增强履带吊的整车的稳定性，在回转部分的后边另挂配重（编者使用过，效果可以）。

7.3 流动式起重机的基本参数

在第 1 章中的 1.3 中介绍了起重机械的基本参数，即起重量 G 、起升高度 H 、跨度 s 、轨距 L 和轮距、作业幅度 R 、工作速度 v 、外形尺寸和工作级别等 7 个基本参数。又在 1.4 中介绍了起重机特性曲线，以及起重量 G 与起升高度 H 及幅度 R 的关系。除此外，流动式起重机还应有以下几个参数。

(1) 支腿跨距 支腿跨距是指流动式起重机作业时外伸出横向尺寸，它决定流动式起重机的稳定性能。

(2) 通过性参数 通过性参数是指流动式起重机能通过道路能力的参数。有接近角 α 、离去角 β 、最小转弯半径 r 、最小离地间隙 h 、最大爬坡角等 (α 、 β 、 h 见图 7-1)。

(3) 轴荷 轴荷是指起重机单轴的最大负荷。我国定为 12 ~ 13t。

(4) 自重 自重是指流动式起重机在非工作状态下整机本身的总重量。它是衡量起重机经济性能的一项综合性指标。

7.4 流动式起重机的工作机构

7.4.1 流动式起重机的动力装置

流动式起重机通常以内燃机作为原动机，但在一些作业场地相对固定、范围较小的情况下，有采用外接电源作为动力源、各机构用电动机驱动的。对于采用内燃机为原动力的流动式起重机，原动力机向机构传递动力的方式有三种：液压传动、电力传动和机械传动。

1) 液压传动是现代流动式起重机广泛采用的传动方式。优点是：元件尺寸小、重量轻、结构紧凑；调速范围大，可实现无级调速；反应速度快，动特性好；运转平稳，液压油的弹性可实现缓冲；操纵方便，易于实现自动控制；液压元件的标准化、系列化，成本下降。液压传动的缺点：传动效率低，一般在 80% 以下；制造安装不当还会发生外漏；环境温度对其传动效果影响大；系统出现故障不易处理等。

2) 电力传动的传动方式机构布置简单，调速性能好，操纵方便；各机构的过载能力强，且维护简单。但因电动机的重量大，成本较高，这种传动方式多用于作业范围相对固定的轮胎起重机和履带起重机上。

3) 机械传动方式的结构自重较大，布置困难，承受超载的能力差。由于原动机不能逆转，传动装置中还必须为每个工作机构设置逆转装置，使机构复杂化。如 Q5 型汽车起重机采用的是机械传动，发动机为动力源，现已少见了。

7.4.2 轮式起重机的工作机构

轮式起重机的工作机构包括起升机构、回转机构、变幅和伸缩机构和支腿机构。

1. 起升机构

起升机构用来实现货物的升降，因此它是任何起重机械不可缺少的部分，是起重机械最重要最基本的机构。起升机构工作的好坏，直接影响整台起重机械的性能与安全。起升机构主要由驱动装置、传动装置、卷扬系统、取物装置与制动装置等组成。另外根据需要还可安装如起升高度限位器、起重力矩限制器、重量指示器等。

(1) 起升机构的组成及传动形式 起重机构的组成及传动形式如图 7-11 所示。

(2) QY16 型起重机的起升机构 由图 7-12 可知，高压油驱动液压马达转动，经两

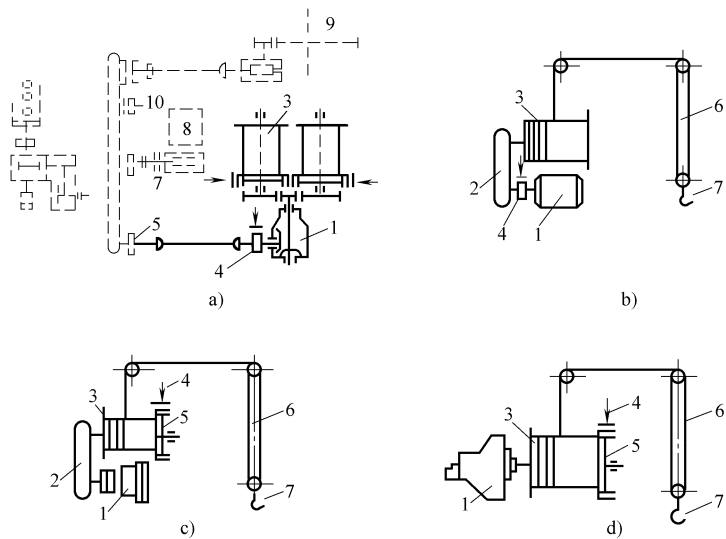


图 7-11 起升机构

a) 机械传动 b) 电动传动 c)、d) 液压传动

1—电动机或液压马达 2—减速器 3—起升卷筒 4—制动器 5—离合器 6—钢丝绳
滑轮组 7—吊钩 8—变幅机构 9—回转机构 10—传至下车的动力轴

级齿轮减速，带动两根卷筒轴 6 同向转动；卷筒 9 由滚动轴承支承在卷筒轴上，并通过接盘 10 与制动毂 11 连成一体；离合器 12 固定在卷筒轴上，当它与制动毂接合时，卷筒就和卷筒轴一起转动，实现吊钩升降；两卷筒及离合器、制动轴的结构完全相同。离合器、制动器的结构如图 7-13 所示。

(3) QY16 型起重机的起升油路 QY16 型起重机起升油路如图 7-14 所示。一般起升机构液压回路的理论简图如图 7-15 所示。

1) 油液驱动升降工况。操纵阀总成的主或副卷扬手柄在图 7-14 位置①时，从蓄能器来的液压油，由 P、F 口经液控单向阀进入离合器液压缸，使离合器与卷筒结合。当起升联手柄后拉时，经合流的工作油液由 m 口经平衡阀进入起升电动机 I 口，驱动电动机转动，同时自起升联 P' 口（控制油路）流出的另一路油液经操纵阀总成 B 口，推动液动阀接通 P、H，关闭 O、H 通道。此时，蓄能器液压油不但进入离合器液压缸（P、F 口），同时也经过 P、H 通道和制动总泵进入制动器液压缸，放松制动器，使卷筒得以旋转，吊钩升起。由电动机 II 由排出的低压油，经 L 口进入组合阀，再由 O 口通过过滤器、中心回转体流回液压箱。当起升联手柄恢复中位时，P₁、P₂ 口与 O 口相通，泵 1、泵 2 卸荷，起升电动机停止转动，同时从组合阀 P' 口进入操纵阀总成 B 口的油液压力消失，液控阀杆复位，使 P、H 通道关闭，H、O 相通。在制动弹簧力的作用下，制动液压缸泄油，并使卷筒制动。当起升联手柄前推时，液压油从 L 口流向起升电动机 II 口，驱动电动机反转，重物下降。同时电动机 I 口处的液压油进入

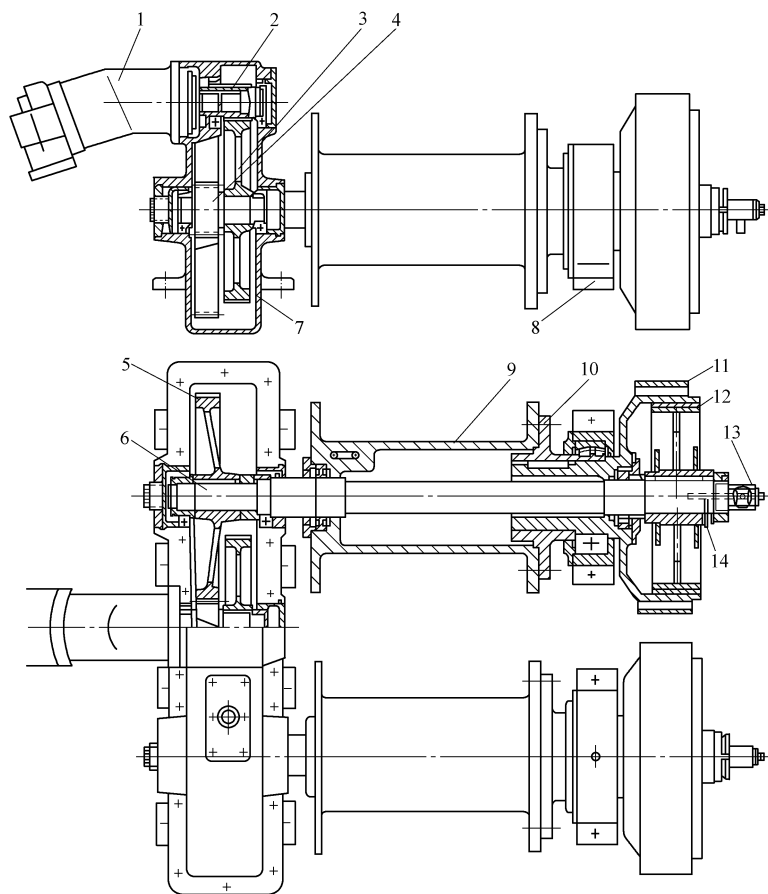


图 7-12 起升机构

- 1—液压马达 2—齿轮套 3—齿轮 4—齿轮轴 5—齿轮 6—卷筒轴 7—减速器
8—轴承座 9—卷筒 10—接盘 11—制动毂 12—离合器 13—转套 14—通油管

平衡阀控制口通道，使电动机排出的油液经平衡阀、组合阀及过滤器、中心回转体流回液压箱。

2) 重力下降工况。将操纵阀总成主或副卷扬手柄置于位置②，此时操纵阀总成 G 口与 P 口、F 口与 H 口、O 口与 H 口相通。从蓄能器来的液压油经 P、G 口进入液压助力阀，同时打开液控单向阀的液控口，使离合器卸荷，离合器片与卷筒脱开。进行重力下放时，踩下制动踏板，液压助力阀借助蓄能器来的液压油，推动制动总泵活塞（见图 7-16），总泵油液推动制动器液压缸活塞，压缩制动弹簧，松开制动器。此时，吊钩靠自重实现重力下降。起升电动机Ⅳ口是其内部泄油通道，通过 a 口（中心回转体 a 口）回油。该通道必须畅通，否则将导致电动机损坏。起升油路中平衡阀的作用是防止重物下降时因自重拖动电动机加速旋转，使下降速度失控。

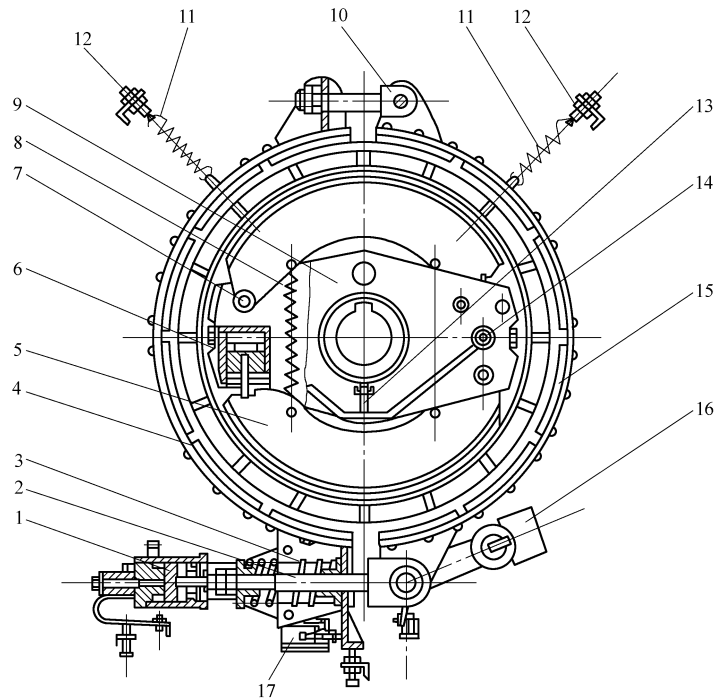


图 7-13 起升机构离合器与制动器

1—作用液压缸 2—叉头拉杆 3—制动弹簧 4—左制动带 5—离合器蹄 6—作用
液压缸 7—销轴 8—拉簧 9—离合器盘 10—铰接螺栓 11—回位弹簧
12—调节螺钉 13—通油管 14—接头 15—右制动带 16、17—支架

(4) QY12B 型、QLY8 型起重机的起升机构

1) QY12B 型起重机的起升机构。QY12B 型起重机的起升机构主要由 ZBD75 型液压马达、二级齿轮减速箱、槽式卷筒及滑轮组组成，其结构示意图如图 7-17 所示。起升机构工作时，液压马达通过二级齿轮减速箱带动卷筒转动，使吊钩实现上升或下降。卷筒上装有常闭式带式制动器，液压马达转动时，制动器液压缸将制动带松开，机构不工作时，制动器是闭合的，即起升操纵阀在中位时，由弹簧力使制动器起制动作用。为了控制货物自由下降速度，制动器装在卷筒上，它的制动力矩由人随意控制。

2) QLY8 型起重机的起升机构。QLY8 型液压轮胎起重机的起升机构如图 7-18 所示。起升机构装在吊臂尾部，由 ZBD40 型液压马达、蜗杆减速器、卷筒、制动器等组成。机构工作时，液压马达通过蜗杆减速器带动卷筒转动，通过钢丝绳的收、放实现货物的上升与下降。该机构所用制动器为自动式载重制动器，如图 7-19 所示，其制动力是由载重本身产生的。该制动器由棘轮 2、压盘 5、摩擦盘 6、顶盘 7、液压缸活塞（图中未画）等组成。摩擦盘 6 用导向键与蜗杆轴连接。当吊钩上吊有重物时，起升钢丝绳受重物作用产生拉力，无论是重物升、降、停，蜗轮、蜗杆啮合处受力面始终在同一侧

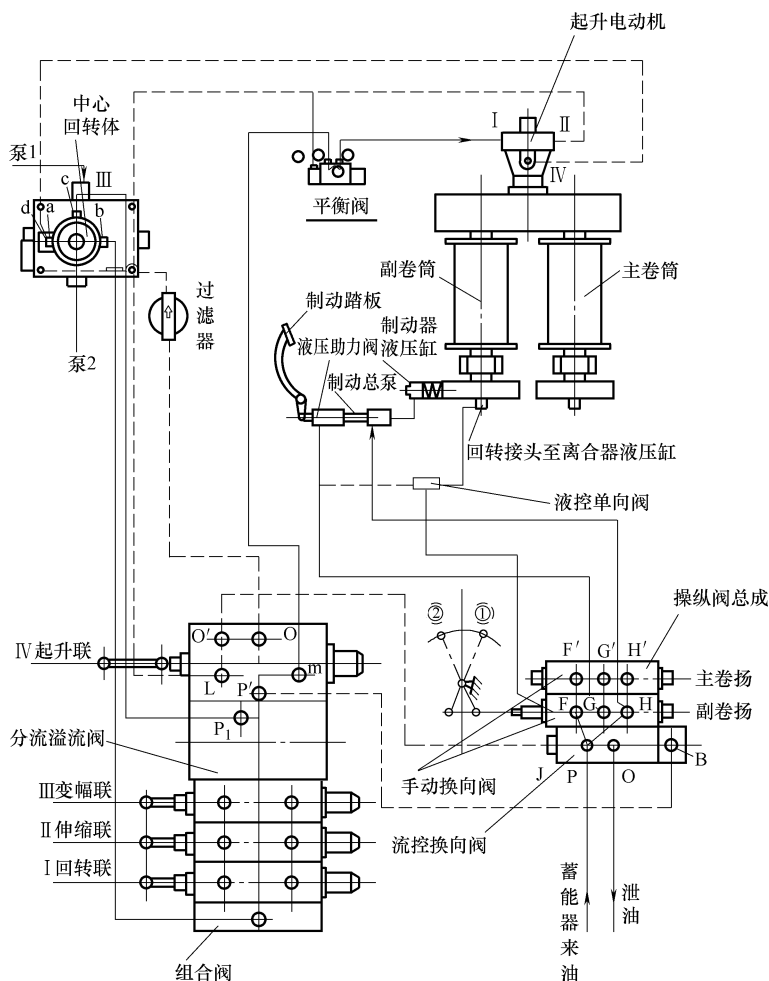


图 7-14 QY16 型起重机起升油路

面，而且在蜗杆上产生一个轴向力（向左），其大小随载荷大小而变化。当重物上升时，蜗杆上产生轴向力，通过轴向力作用在压盘 5 上，并使其产生轴向移动，从而使压盘 5、摩擦盘 6、棘轮 2、顶盘 7 互相压紧。棘轮 2 随蜗杆一起转动，在起升动作终止后，在重物作用下棘轮 2 反转，被棘爪 3 卡住而制动。当重物下降时，液压缸油腔与液压油路相通（起升时液压缸油路与回油路相通），产生推力（向右），作用在蜗杆轴上。这时推力、轴力方向相反，抵消了全部或部分轴力，使制动摩擦力矩减小。此时来自液压马达输出油形成的扭矩，克服残余的摩擦力矩，使压盘 5、摩擦盘 6、棘轮 2 产生滑动，蜗杆反转，重物下降。在重物下降终止时，推力消失，棘爪 3 支持住棘轮 2。由于轴向力的作用，压盘 5、摩擦盘 6、棘轮 2、顶盘 7 间又有制动力矩产生，故蜗杆不能转动，制动器又执行制动作用。

2. 回转机构

回转机构是指起重机的回转部分相对于非回转部分实现回转运动的装置，是汽车、轮胎起重机的主要工作机构之一。它的作用是扩大作业区域面积，特别是与变幅机构（包括伸缩机构）、行走机构配合工作，其作业区域相当宽广了。回转机构由回转支撑装置与回转驱动机构两部分组成。支撑装置把起重机的转动部分支撑在机架上，驱动装置带动起重机的转动部分回转。

(1) 回转支撑装置 回转支撑装置是保证起重机回转部分有确定的回转运动，并能承受起重机各种载荷引起的垂直力、水平力及倾翻力矩的装置。流动式起重机大多采用转盘式回转支撑装置，即将回转部分装在一个大转盘上，通过滚动体支撑于固定车架上。

这种广泛应用的滚动轴承式回转支撑装置的优点是：结构紧凑；装配与维护简单，密封与润滑条件良好；轴承间隙小，工作平稳，消除了大的冲击；回转阻力小，磨损小，寿命长；轴承中央可以作通道，对起重机的总体布置带来一些方便。

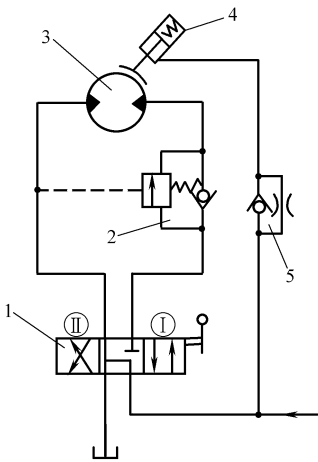


图 7-15 起升机构的液压回路
1—换向阀 2—平衡阀 3—液压马达
4—制动液压缸 5—单向节流阀

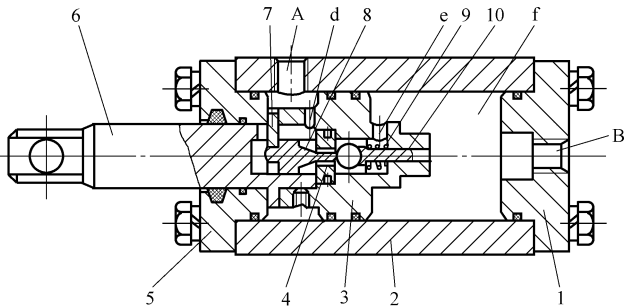


图 7-16 制动总泵

1—后盖 2—缸体 3—活塞 4—阀座 5—前盖 6—推杆 7—推板 8—顶杆 9—弹簧 10—球阀芯

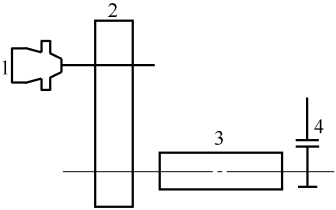


图 7-17 QY12B 型起重机的起升机构示意图
1—液压马达 2—减速箱
3—卷筒 4—制动器

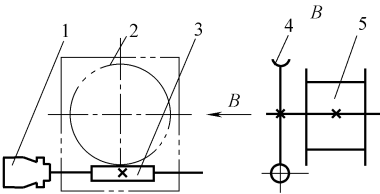


图 7-18 QLY8 型液压轮胎起重机的起升机构示意图
1—液压马达 2—减速器 3—蜗杆
4—蜗轮 5—卷筒

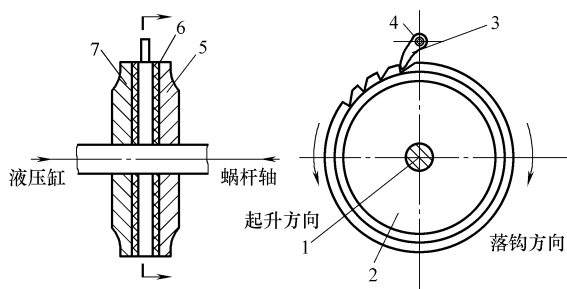


图 7-19 自动式载重制动器

1—轴 2—棘轮 3—棘爪 4—棘爪轴 5—压盘 6—摩擦盘 7—顶盘

缺点是：对材料与加工工艺要求高，成本较高，损坏后不便修理；对于与之连接的其他金属结构刚度要求高，以免使轴承早期损坏。

1) QY16 型起重机的回转支撑装置。QY16 型起重机的回转支撑装置如图 7-20 所示，它既是起重机整体旋转部分的支撑装置，又是上车和底盘的连接部件。回转支撑装置的上下外圈与回转平台连接，内齿圈与底盘车架连接。在上下外圈与内齿圈组成的正方形截面圆周轨道上，相互交叉排列着 98 个滚子，滚子与滚子之间装有隔离块，上下外圈之间垫有调整垫，以调整上下外圈与内齿圈之间的轴向间隙，保证转动平稳、灵活。

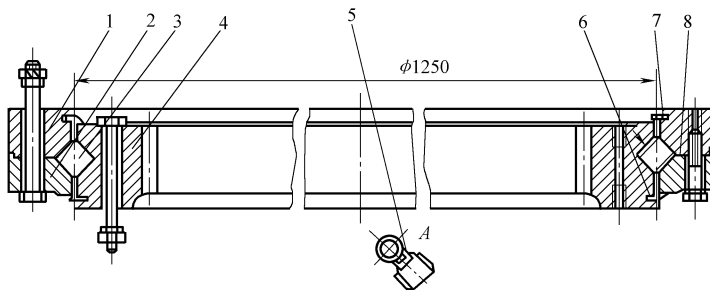


图 7-20 QY16 型起重机的回转支撑装置

1—上外圈 2—下外圈 3—滚子 4—内齿圈 5—隔离块 6、7—密封 8—调整垫

2) QY12B 型起重机的回转支撑装置。QY12B 型起重机回转支撑装置如图 7-21 所示，它与 QY16 型起重机的回转支撑装置的区别是滚动体形式不同，其他均相同。回转支撑的上下外圈与回转部分连接，内齿圈与车架连接，以便实现回转平台回转。

(2) 回转驱动装置

1) 机械驱动。早期生产的 Q5 型汽车起重机的回转机构是机械驱动。起重机各工作机构都装在解放汽车底盘上，回转平台由支撑装置支撑，其驱动路线是发动机→动力分配箱→浮动联轴器→蜗轮、蜗杆→极限力矩联轴器→小齿轮→大齿圈。由于小齿轮绕大齿圈的转动，从而实现上部结构回转。

2) 液压马达驱动。QY16、QY12B、QLY8 型起重机的回转机构都是液压马达驱动。驱动线路是液压马达→弹性联轴器→齿轮（蜗轮）减速器→回转小齿轮。小齿轮与固定在车架上的内齿圈相啮合，使回转平台旋转。

QY16 型起重机回转机构如图 7-22 所示。回转机构安装在回转平台的中部，它由液压马达 1、弹性联轴器 2、蜗杆减速器和回转小齿轮 11 等组成。高压油使液压马达旋转，经弹性联轴器、齿轮、蜗杆减速器传给小齿轮，小齿轮与固定在车架上的内齿圈相啮合，使回转平台旋转。液压马达反转时，回转平台也将反向转动。QY12B 型起重机的回转机构与 QY16 型基本相同。驱动线路是 ZBD40 型液压马达→弹性联轴器→齿轮→蜗轮减速器→回转小齿轮。回转小齿轮与固定在底架上的内齿圈开式啮合，使回转平台回转。QLY8 型起重

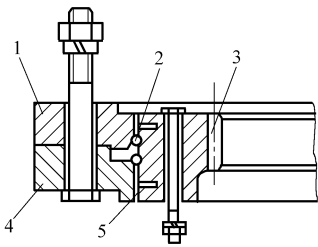


图 7-21 QY12B 型起重机的回转支撑装置

1—上外圈 2—钢球 3—内齿圈 4—下外圈 5—密封圈

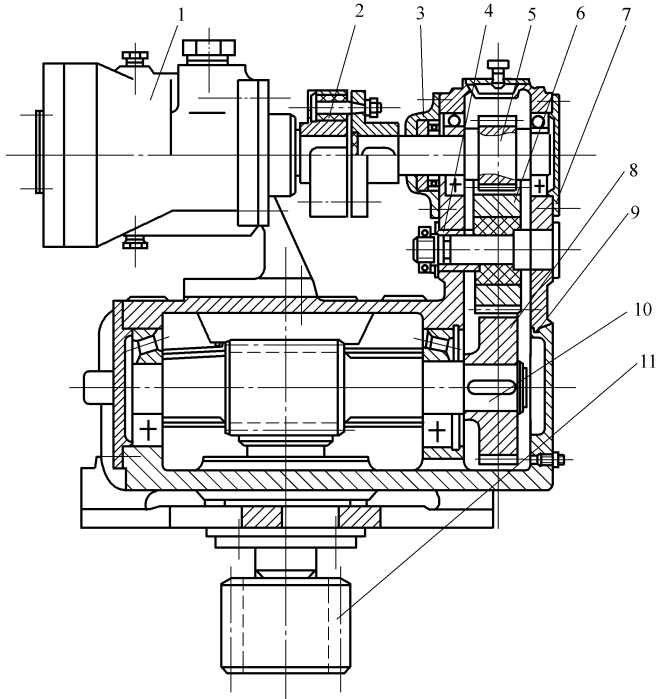


图 7-22 QY16 型起重机回转机构

1—液压马达 2—弹性联轴器 3—油封 4—O 形密封圈 (30×3.5)
5—齿轮轴 6—齿轮 7—O 形密封圈 (46×3.5) 8—齿轮
9—O 形密封圈 (110×3.5) 10—蜗杆 11—小齿轮

机的回转机构如图 7-23 所示。回转机构由液压马达、齿轮、蜗杆减速器、小齿轮、内齿圈组成。减速器固定在底架上，内齿圈及回转平台固定在滚子转盘上。由小齿轮的转动，带动内齿圈转动，即回转平台旋转。

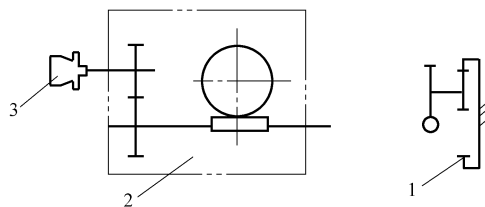


图 7-23 QLY8 型起重机的回转机构示意图

1—内齿圈 2—减速器 3—液压马达

3) 电动机驱动。QLD16 型轮胎起重机的回转机构如图 7-24、图 7-25 所示。图 7-24 中的回转机构由电动机、减速箱、小齿轮、大齿圈组成。该回转机构是由电动机将动力经减速器传递到主动小齿轮上。小齿轮既作自转又沿着固定在大齿圈公转，从而带动整个上部转动部分做全周回转。回转机构所装制动器为常闭带式制动器，结构型式为综合式或双带式。它的特点是正、反转力矩相同。

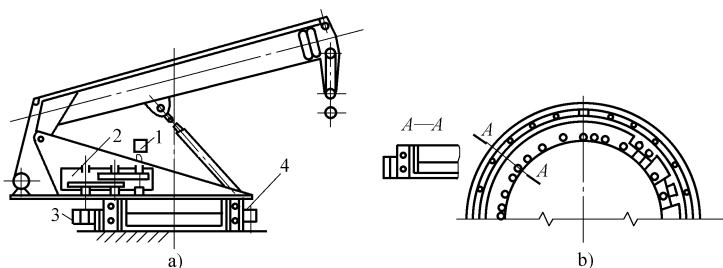


图 7-24 QLD16 型轮胎起重机的回转机构

a) 回转机构 b) 回转支撑装置

1—电动机 2—减速箱 3—小齿轮 4—大齿圈

(3) QY16 型起重机的回转油路（见图 7-26）来自液压泵 2 的液压油，经中心回转体 b 口进入组合阀 P_2 口。当将回转联手柄前推时，液压油经 e 口→Y 口，驱动回转液压马达，使上车部分向右旋转，液压马达低压回油从 X 口进入组合阀 f 口，再从 O 口经过过滤器通过 d 口，经中心回转体流回油箱。液压马达内泄油自 N 口经中心回转体 a 口流回油箱。当将回转联手柄后拉时，上车部分向左旋转，其油流方向是：泵 2 来的液压油→ P_2 →f→X；液压马达低压回油从 Y→e→O 过滤器→d→油箱。液压马达内泄油自 N 口经中心回转体 a 口流回油箱。

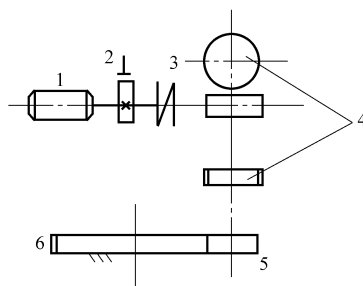


图 7-25 QLD16 型轮胎起重机的回转机构示意图

1—直流电动机 2—制动器 3—弹性联轴器 4—减速器 5—小齿轮 6—齿圈

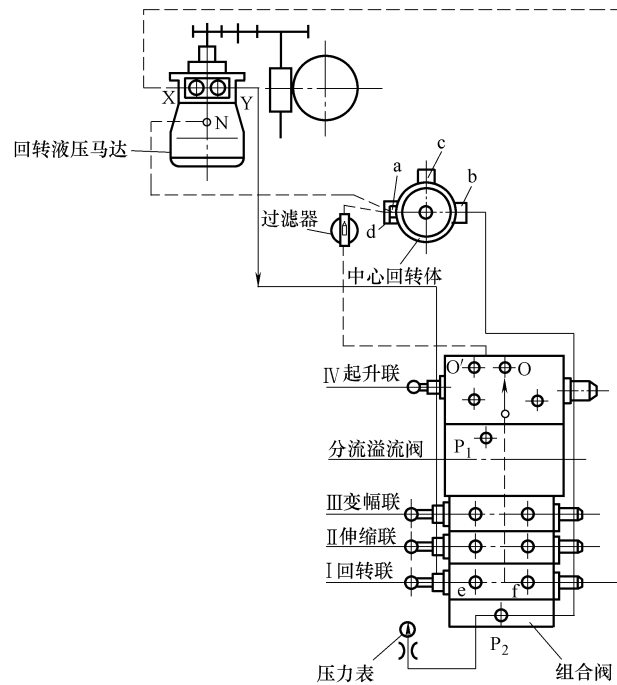


图 7-26 QLY 型起重机的回转油路

3. 变幅、伸缩机构

按流动式起重机特性曲线来说，应将变幅 R 与伸缩尺寸 H 合为与起重量 G 之间的安全特性来确定，因此将两机构合并为变幅伸缩机构，或称为变幅机构。以 QY16、QY12B、QLY8 型起重机为例介绍变幅机构。

(1) QY16 型起重机的变幅机构 QY16 型起重机的变幅机构由主吊臂、副吊臂、变幅液压缸、伸缩液压缸组成。

1) 变幅液压缸：双向变幅液压缸支撑吊臂，并使吊臂变幅。起重变幅范围，主臂为 9.8 ~ 23.5m，副臂为 7m。变幅液压缸行程 2130mm，缸径 $\phi 140\text{mm}$ ，活塞杆直径 $\phi 110\text{mm}$ 。双向作用变幅液压缸结构如图 7-27 所示。

2) 伸缩液压缸：吊臂伸缩液压缸结构如图 7-28 所示。伸缩液压缸的活塞杆与基本臂铰接，缸筒与二节臂铰接。伸缩液压缸行程 6850mm，缸径 $\phi 125\text{mm}$ ，活塞杆直径 $\phi 100\text{mm}$ 。

3) 主吊臂、副主臂：QY16 型汽车主吊臂由基本臂（根段）、二节臂（中间段）、三节臂（飞段）组成，如图 7-29 所示。主吊臂由低合金钢板焊接而成，形状为箱形结构，各节臂间（两侧和上下间）用滑块支撑。主吊臂全缩回时长 9.8m，全伸出时长 23.5m。基本臂铰接在转台上，中部铰点与变幅油缸连接，上前方有固定拉索的拉索座，下部有固定副臂及钢丝绳的吊耳。二节臂与三节臂采用同步伸缩，用一个单级液压

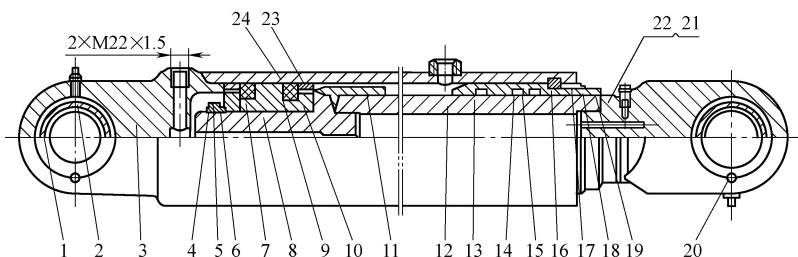


图 7-27 双向作用变幅液压缸结构

- 1—铜套 2—油杯 3—缸筒 4—挡圈 5—套环 6—卡键 7—活塞 8—O 形密封圈 70×3.1
9—挡圈 10—挡板 11—隔套 12—活塞杆 13—导向套 14—O 形密封圈 (120×5.7)
15—挡圈 16—卡键 17—套 18—挡圈 19—防尘圈 20—螺钉 21—垫圈 22—堵塞
(M10×1) 23—尼龙套 24—Y 形密封圈 (140×1100)

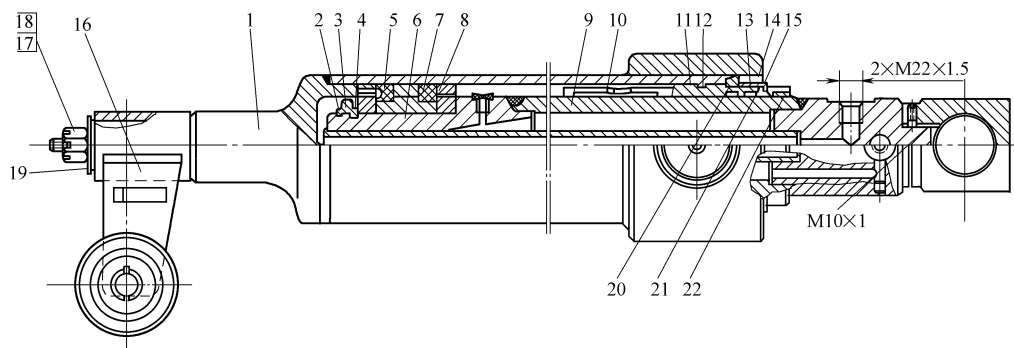


图 7-28 吊臂伸缩液压缸结构

- 1—缸筒 2—挡圈 3—套环 4—卡键 5—Y 形密封圈 (125×9.5) 6—O 形密封圈
(70×5.7) 7—挡圈 8—活塞 9—活塞杆 10—隔套 11—导向套 12—O 形密封圈
(125×3.1) 13—O 形密封圈 (110×5.7) 14—挡圈 15—套 16—支架
17—螺母 18—开口销 19—垫圈 20—卡键 21—挡圈 (11.5) 22—防尘圈

缸和一套钢丝绳滑系统完成，如图 7-30 所示。副吊臂结构如图 7-31 所示，副臂由两根主杆 5 以及拉杆 6、吊耳 8、爪钩 10、滑轮 11 等组成。主杆 5 用低合金钢焊接而成，全长 7m。副吊臂不工作时位于基本臂侧面。

(2) QY12B、QLY8 型起重机的变幅机构 QY12B、QLY8 型起重机的变幅机构基本上与 QY16 型起重机的变幅机构类似，都由主吊臂、变幅液压缸、吊臂伸缩液压缸等组成，幅度的改变也是由液压缸变幅和伸缩臂变幅实现的，只不过吊臂为两节臂 (QY16 型起重机为三节臂)。QY12B 的吊臂长度可从 8.5m 连续伸长到 13.2m；QLY8 的吊臂长度可从 3.2m 连续伸长到 7m。在起重机起重特性许可的范围内可在任意长度上吊重。

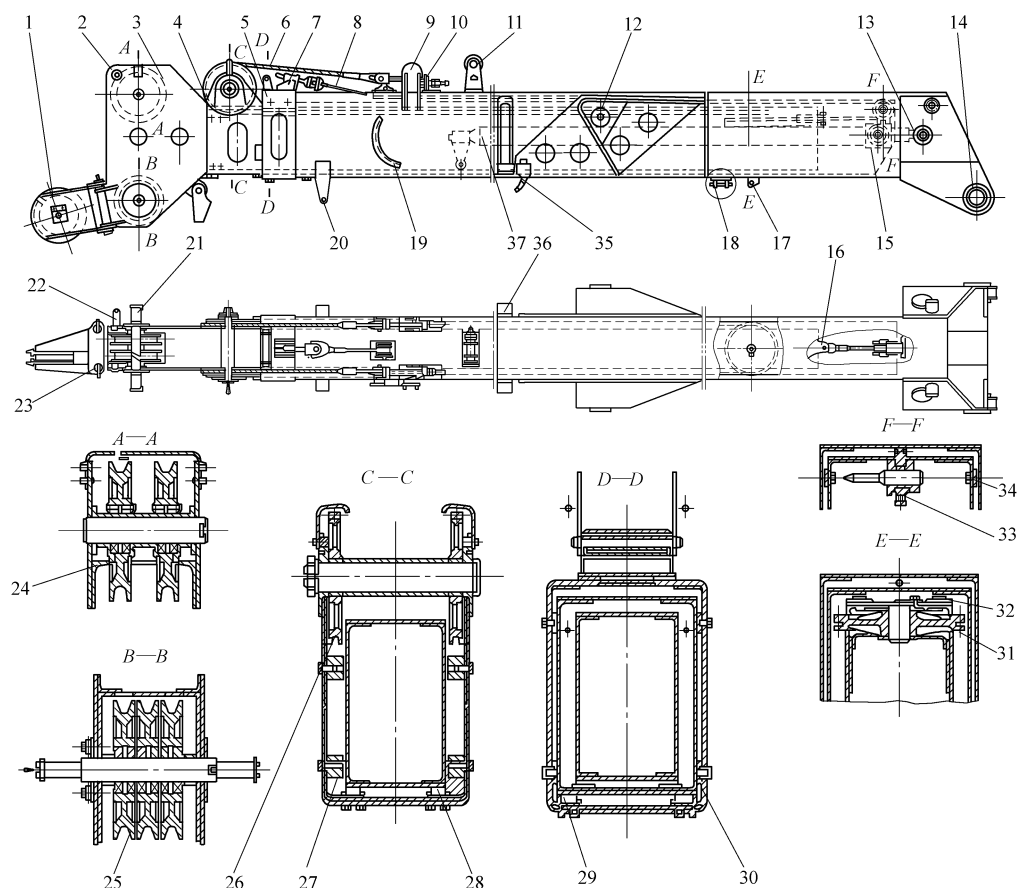


图 7-29 QY16 型汽车主吊臂

- 1、24—导向滑轮 2—销钉 3—三节臂（飞段） 4—二节臂（中间段） 5—基本臂（根段） 6—粗拉索
7—细拉索座 8—细拉索 9—导绳架 10—粗拉索座 11—托辊 12—变幅铰点 13—基本臂
伸缩铰点 14—铰孔 15—二节臂伸缩铰点 16—拉耳 17、22—耳板 18—弹簧插销
19—导绳架 20—吊耳 21—外伸轴头 23—插销 25—滑轮组 26—伸出滑轮
27、30、34—滑块 28、29、32—滑板 31—平衡滑轮 33—缩回滑轮
35—限位行程开关 36—支耳 37—伸缩液压缸

(3) QLD16、Q5 型起重机的变幅机构 QLD16、Q5 型起重机的变幅机构为钢丝绳变幅机构，主要由变幅卷筒、滑轮组等组成，如图 7-32 所示。此种结构传动可靠，操作方便，但结构复杂，自重大，适用于不经常变幅的变幅机构。

(4) QY16 型起重机吊臂伸缩油路操作 伸缩油路操作如图 7-33 所示。来自液压泵 2 的液压油经中心回转体 b 口进入组合阀 P_2 口。当伸缩联手柄前推时，液压油从 i 口→限速锁（作用及工作原理与平衡阀相同）A 口→伸缩液压缸无活塞杆的 P 腔，推动缸筒前移，实现吊臂外伸。此时有杆腔油液从 II 口→经伸缩 g 口（虚线），穿过组合

阀,从O口经过滤器及中心回转体d口→流回油箱。当伸缩联手柄后拉时,吊臂回缩,油流按上述相反方向流动,即泵2来的液压油→ P_2 口→g口→II口→伸缩液压缸有杆腔,带动缸筒(吊臂)回缩,低压油从伸缩缸无杆腔→I口→限速锁B口→A口→i口→O口→经过滤器及中心回转体d口→流回油箱。

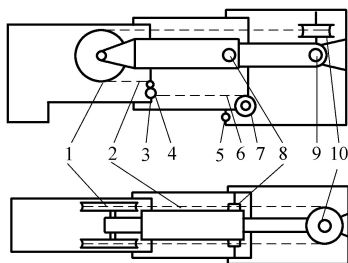


图 7-30 同步伸缩

1、7—滑轮 2—伸出钢丝绳 3~5、8、9—销轴 6—回程钢丝绳 10—平衡滑轮

(5) QY16 型起重机变幅油路(见图 7-34) 来自泵 2 的液压油经中心回转体 b 口进入组合阀 P_2 口。当变幅联手柄后拉时,液压油经 j 口进入限速锁 A 口,再以 B 口流

出到变幅液压缸无活塞杆腔,推动活塞使活塞杆上升,吊臂仰起。此时变幅液压缸有杆腔低压回路经组合阀 k 口(虚线)→O 口→过滤器→中心回转体 d 口流回油箱。当变幅联手柄前推时,吊臂落下,油流按上述相反方向流动。即泵 2 来的液压油→ P_2 口→k 口→变幅液压缸有杆腔(虚线示)。低压油自变幅液压缸无杆腔经限速锁 B、A 口→组合阀 j、O 口→过滤器→中心回转体 d 口流回油箱。限速锁实际上是一个平衡阀,其作用是锁死液压缸回路,支撑吊臂工作,以及防止管路破裂吊臂突然落下或缩回造成事故。伸缩油路和变幅油路中限速锁开锁只有压力值不同,其结构完全相同。

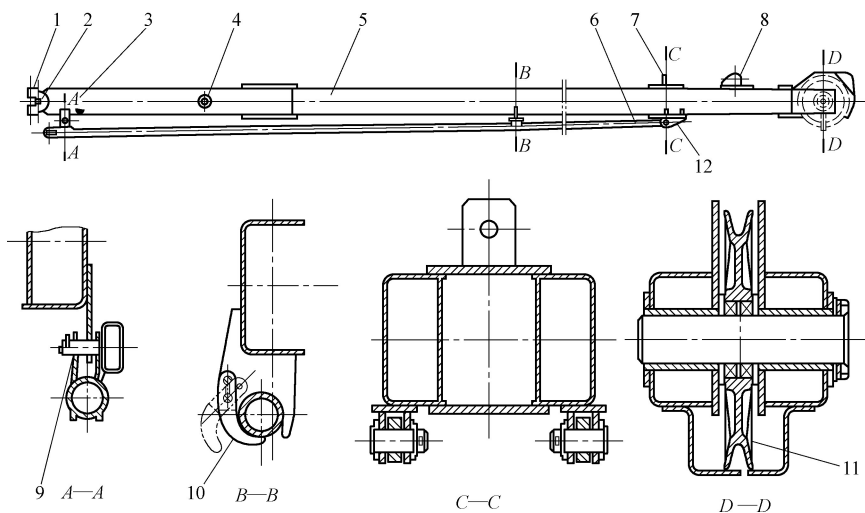


图 7-31 副吊臂结构

1、9—销轴 2—蹄形套 3—耳板 4—销孔 5—主杆 6—拉杆 7—插座
8—吊耳 10—爪钩 11—滑轮 12—拉杆座

4. 支腿机构

H 型支腿（见图 7-8）形式是中大型起重机（如 QY12、QY16、QY30 等）上常用的支腿形式。

（1）QY16 型起重机支腿结构 该型支腿结构由水平活动支腿 1、固定支腿 3、水平液压缸 4、垂直液压缸 2、双向液压锁 7、滑槽 12、支腿 9、管路等组成，如图 7-35 所示。固定支腿 3 固定在底盘上，内装有水平活动支腿 1。水平活动支腿 1 内装有水平液压缸 4，缸筒端用销 10 铰接于固定支腿 3 上，活塞杆 6 端用销 5 与水平活动支腿 1 铰接。这样水平液压缸 4 的伸缩动作即可带动水平活动支腿 1 在固定支腿 3 内相对移动。垂直支腿固定于水平活动支腿 1 端部，由垂直液压缸 2 与支脚 9 组成。在液压缸推动下，活塞杆 8 伸出，通过支脚 9 可将起重机支起。为了防止因自重或其他外力使活塞杆回缩，在四个垂直液压缸中均装有双向液压锁 7。水平液压缸、垂直液压缸的动作分别由手动换向阀组的水平支腿操纵阀、垂直支腿操纵阀控制。

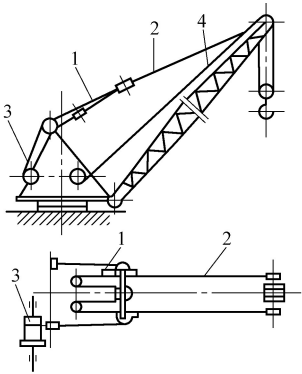


图 7-32 钢丝绳变幅机构

1—吊臂变幅绳 2—悬挂吊臂绳
3—变幅卷筒 4—起升绳

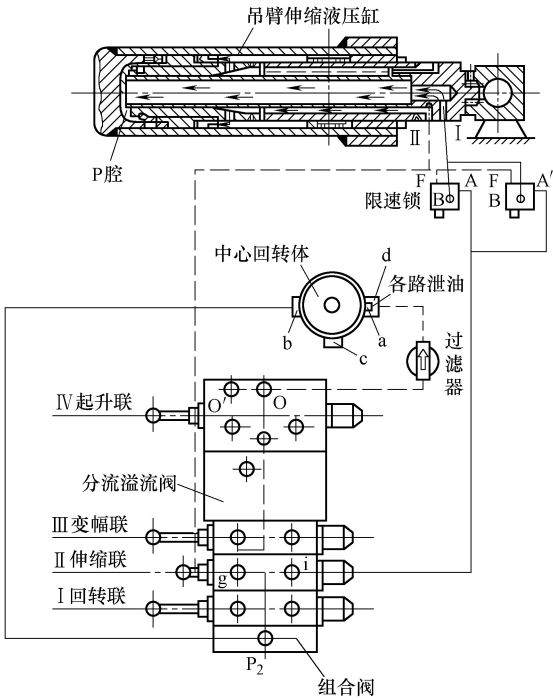


图 7-33 吊臂伸缩油路

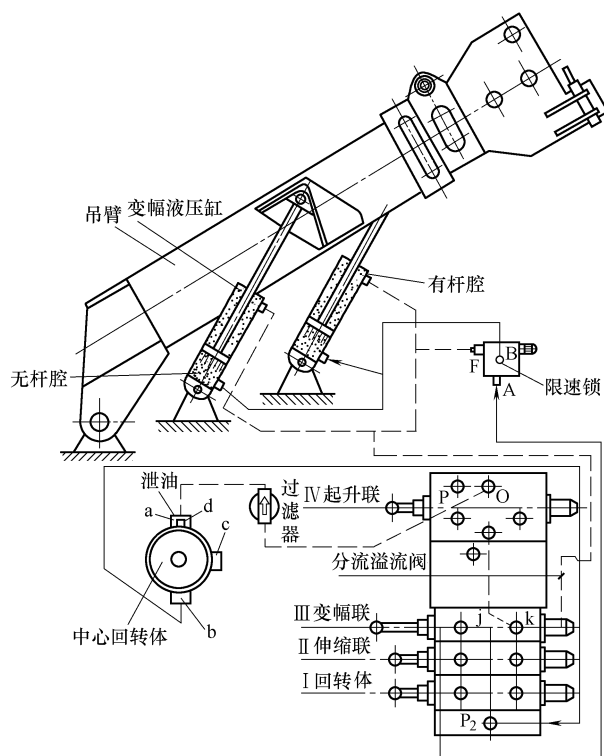


图 7-34 变幅油路

(2) 双向液压锁结构及作用 双向液压锁由堵头、阀体、钢球、推杆、阀座、弹簧座、弹簧、O形密封圈及隔垫构成如图 7-36 所示。

双向液压锁的工作原理如图 7-37 所示，当换向手柄前推时（见图 7-37a），液压油从 P_1 口进入液压锁 a 腔（见图 7-37b），顶开右侧钢球，液压油流向（经 w 口）液压缸无活塞杆腔。与此同时，进入 a 腔的液压油又推动双向锁活塞向左运动，顶开左侧钢球，使液压缸有活塞杆腔的油液经 b 腔自 P_2 口流回油箱，让支腿伸出。当换向手柄后拉时，油液反向流动，即液压油从 P_2 口进入液压锁 b 腔（见图 7-37c），顶开左侧钢球，液压油经 v 口流向液压缸有活塞杆腔。同时，进入 b 腔的液压油又推动双向锁活塞向右运动，顶开右侧钢球，使液压缸无杆腔的油液经 w 口、a 腔、 P_1 口回油流回油箱。支脚在液压缸有杆腔的液压油作用下回缩。当换向手柄处于中位时（见图 7-37a）， P_1 、 P_2 口均无液压油，推杆、活塞处于中间位置，钢球在弹簧及支腿液压缸液压油作用下，紧压阀座，切断 w、v 通道，达到锁死支腿垂直液压缸的目的。

双向液压锁的功能是当起重机作业时，保证支腿放出后不能自行收缩，可避免在油路软管发生破损等意外情况下由于支腿失去作用而造成事故；同时又能防止起重机在行走或停车时，支腿自动下落。

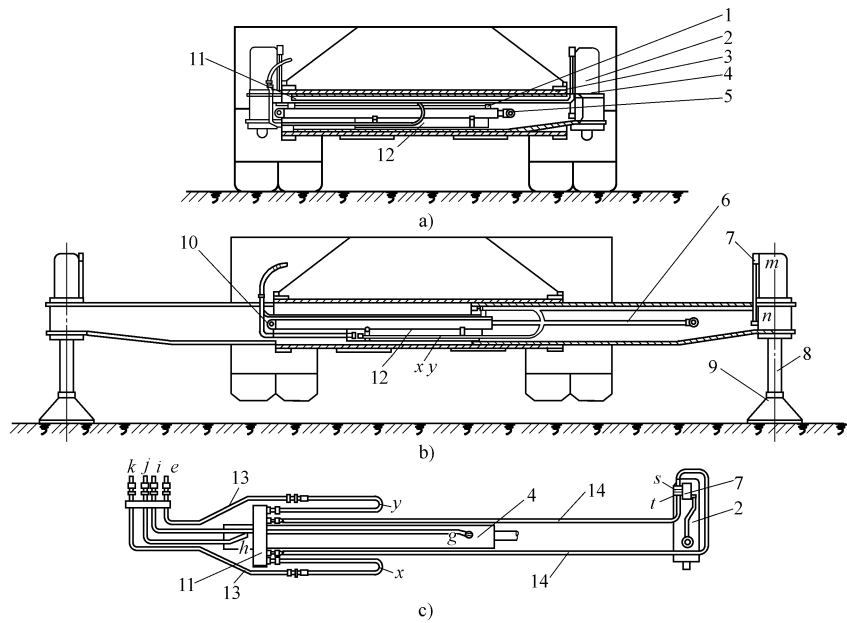


图 7-35 支腿结构及工作状态

a) 支腿缩回状态 b) 支腿伸出状态 c) 管路展开示意

1—水平活动支腿 2—垂直液压缸 3—固定支腿 4—水平液压缸 5、10—销 6、8—活塞杆
7—双向液压锁 9—支脚 11—双二通接头 12—滑槽 13、14—硬管

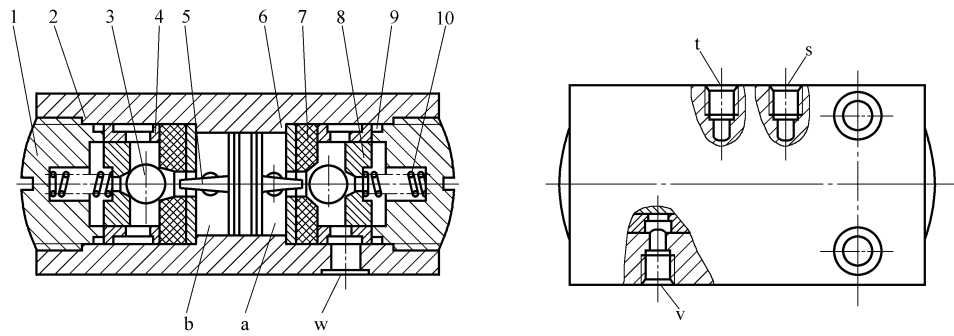


图 7-36 双向液压锁

1—堵头 2—阀体 3—钢球 4—隔垫 5—推杆 6—垫圈 7—阀座
8—弹簧座 9—O 形密封圈 (20×2) 10—弹簧

(3) QY16 型起重机支腿油路系统 QY16 型起重机的支腿油路系统在底盘上的固定支腿 3 内, 如图 7-38 所示。图 7-38 中 I 为旋阀, II 为手动换向阀组, 由溢流阀 f_1 、水平支腿操纵 f_2 和垂直支腿操纵阀 f_3 组成。

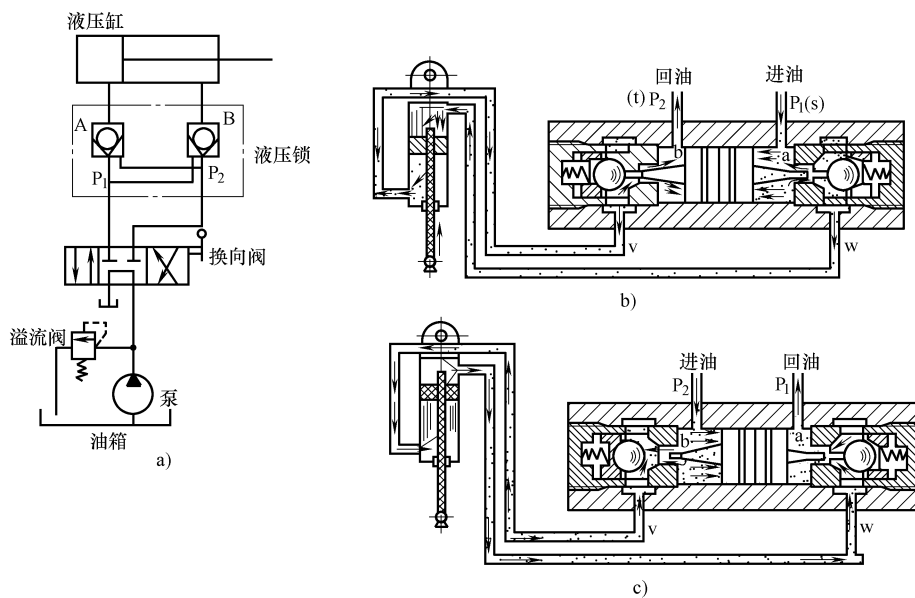


图 7-37 双向液压锁原理图

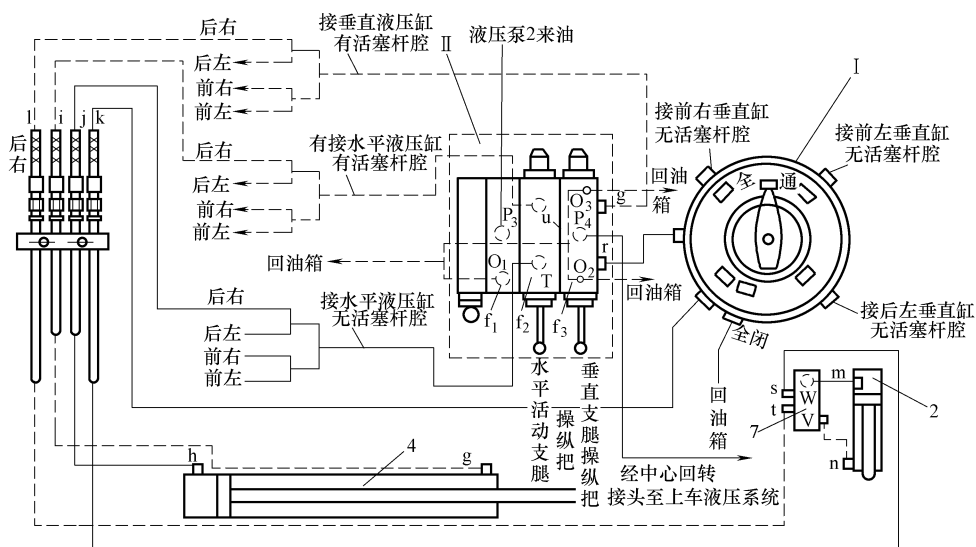


图 7-38 QY16 型起重机支腿油路

I—旋阀 II—手动换向阀组 2—垂直液压缸 4—水平液压缸 7—双向液压锁

带溢流阀的手动换向阀组及旋阀所处位置不同,油液流动线路不同:

1) 手动换向阀 f_2 、 f_3 的手柄均处于中间位置时,动力液压油经 $P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow$ 中心回转体引向上车油路。

2) 手动换向阀 f_2 手柄向前推,水平支腿伸出。进油路线:动力液压油经 $P_3 \rightarrow T \rightarrow$ 分4路经 j 管 $\rightarrow h \rightarrow$ 水平液压缸4的无活塞杆腔。回油路线:水平液压缸有活塞杆腔 $g \rightarrow$ 管 $i \rightarrow$ 分4路汇合至 u 口 $\rightarrow P_4 \rightarrow$ 上车油路 $\rightarrow$ 油箱。

3) 手动换向阀 f_2 手柄向后拉,水平支腿缩回。进油路线:动力液压油经 $P_3 \rightarrow u$ 口 $\rightarrow$ 分4路经 i 管 $\rightarrow g$ 口 $\rightarrow$ 水平液压缸有杆腔。回油路线:水平液压缸无杆腔油液由 h 口 $\rightarrow$ 管 $j \rightarrow$ 分4路汇合至 $T \rightarrow P_4 \rightarrow$ 上车油路 $\rightarrow$ 油箱。

4) 旋阀旋钮处于全通位置,手动换向阀 f_3 的手柄向前推,垂直支腿伸出。进油路线:动力液压油经 $P_3 \rightarrow r \rightarrow$ 旋阀 $\rightarrow$ 分4路经 k 管 $\rightarrow$ 双向液压锁7的 $s \rightarrow w \rightarrow m \rightarrow$ 垂直液压缸无杆腔。回油路线:垂直液压缸有杆腔油液由 $n \rightarrow v \rightarrow t \rightarrow$ 管 $L \rightarrow$ 分4路汇合至 $g \rightarrow O_3 \rightarrow$ 油箱。

5) 旋阀旋钮处于全通位置,手动换向阀 f_3 手柄向后拉,垂直支腿缩回。进油路线:动力液压油经 $P_3 \rightarrow g \rightarrow$ 分4路经 L 管 $\rightarrow$ 双向液压锁7的 t 口 $\rightarrow v \rightarrow$ 垂直液压缸 n 口 $\rightarrow$ 垂直液压缸有杆腔。回油路线:垂直油缸无杆腔油液由 m 口 $\rightarrow w \rightarrow s \rightarrow$ 管 $k \rightarrow$ 分4路汇合至旋阀 $\rightarrow$ 换向阀组 $r \rightarrow O_2 \rightarrow$ 油箱。

6) 旋阀旋钮处于全闭状态。即旋阀各个出油口均不通,各支腿不动作。

(4) QY12B、QLY8 型起重机的支腿结构 QY12B、QLY8 型起重机的支腿结构与 QY16 型起重机的支腿结构基本相同,不再介绍了。QY12B 型起重机的支腿结构还装有稳定器。其结构如图 7-39 所示。稳定器由安装在车架两侧的杠杆和稳定器液压缸组成。其工作原理:未放支腿时,由于车重的作用,将板簧2压缩,节臂4的自由端下移;当操纵升降缸放支腿时,液压油同时将稳定器液压缸的活塞杆推出,使滑块6镶于导轨架

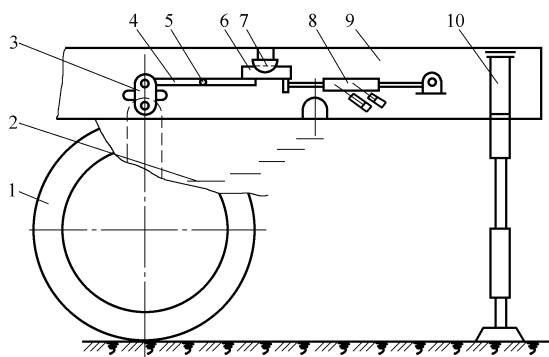


图 7-39 稳定器结构示意图

1—后轮 2—板簧 3—拉杆 4—节臂 5—轴 6—滑块
7—导轨架 8—稳定器液压缸 9—车架 10—后支腿

7 与节臂 4 之间；当支腿支起车架时，板簧 2 被节臂 4 和滑块 6 所限制，而不能恢复自由状态，使车架与地面不再接触，以保证起重作业时有较好的稳定性，当收起支腿时，稳定器油缸将滑块收回，以保证行驶时板簧起作用。稳定器液压缸与支腿升降液压缸系并联油路，当放出支腿时，由于稳定器液压缸只要克服摩擦阻力，那么稳定器液压缸先动作，支腿升降液压缸后动作；当收支腿时，由于车重的作用，升降液压缸先动作，稳定器液压缸后动作。

还有一种液压缸钢丝绳稳定器，如图 7-40 所示，当液压缸 1 不工作时，钢丝绳 2 下垂，底盘上桥与桥架之间的弹簧可保证在起重机行驶时起缓冲作用。支腿撑地后，稳定器液压缸 1 外伸，钢丝绳 2 抬起车轮轴 3、4，使悬架弹簧压紧，轮胎不能落地。当不用支腿吊重时，需要用稳定器将板簧锁紧，使其失去弹性，如同刚性悬架一样，保证吊重行驶稳定。

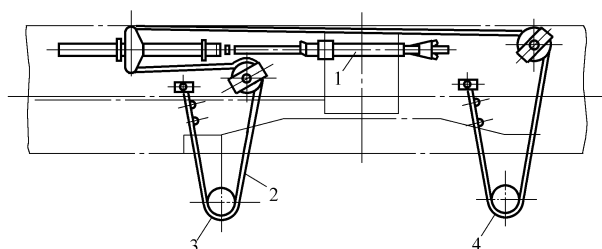


图 7-40 钢丝绳稳定器

1—液压缸 2—钢丝绳 3、4—车轮轴

7.5 履带起重机

7.5.1 概况介绍

我国从 20 世纪 70 年代起生产的履带起重机基本上均由单斗挖掘机改装，如 W50₂¹、W100₂¹、W200₂¹、W—4 及 QU25 等。QU25 履带起重机是由 W1001 型内燃单斗挖掘机改进的。其最大起重量为 25t，主起重臂长为 28m，鹅头臂长为 5m，内燃机的功率增至 110kW，其余参数与 W1001 履带起重机相同。

W50₂¹、W100₂¹、W200₂¹ 履带起重机中，1 表示内燃机驱动，2 表示电动机驱动，其中 1 使用较多。W1001 采用 6146 型柴油机为动力，最大起重能力为 15t，最大起升高度为 16m，最大变幅半径为 17m。起重臂为角钢焊接而成的桁架结构，基本臂长为 13m，通过加装中间节，可接长到 23m。该机稳定性能好，一般用于工业厂房、五层以下的楼房、露天仓库、车站及港口等场所的装卸或安装工作（图 7-41）。

W-4 型履带起重机由 W—4 单斗挖掘机改装而成。采用交流电动机-直流发电机一直流电动机系统，分别驱动起升、回转、变幅及行走机构。其最大起重量为

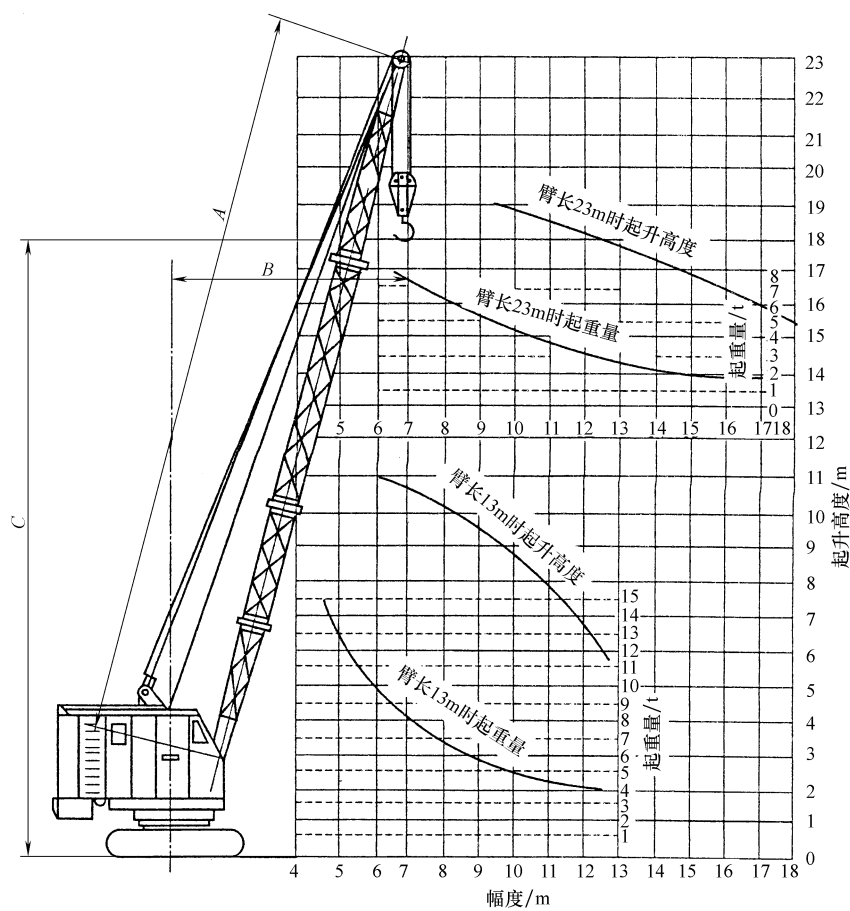


图 7-41 W100₂ 履带起重机的外形尺寸及起升高度
A—臂长 B—幅度 C—提升高度

63t，最大提升高度为 45m，最大变幅半径为 41m。其外形尺寸如图 7-42 所示，起重性能曲线如图 7-43 所示。W-4 型履带起重机的起重臂为管材焊接而成的桁架结构，全长 45m，共七节。头部架和尾部架各长 7.5m，五段中间节各长 6m，可组成 21m、27m、33m、39m 及 45m 等不同长度。该机在各组相应部位装设有多种保险装置，工作较为安全可靠，操作方便，稳定性较好，但不允许带载荷变幅。即使在空载情况下也不宜经常变化幅度，否则将会使变幅机构的蜗轮剧烈磨损，会缩短使用寿命。

7.5.2 履带起重机的结构特点、技术性能

履带起重机的结构基本相同，都是由动力装置、工作装置、回转装置、行驶系统、传动系统及安全装置等组成，如图 7-44 所示。

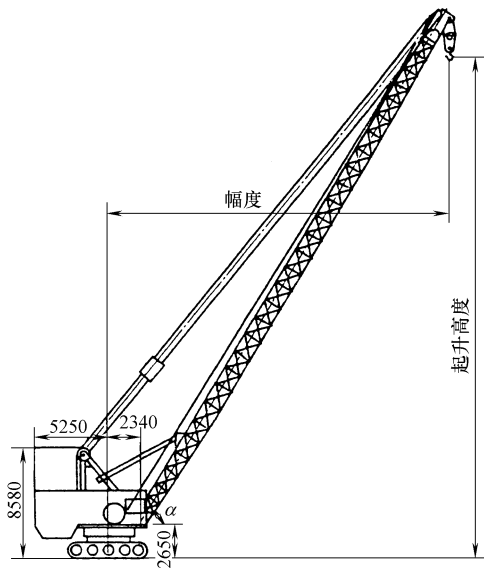


图 7-42 W-4 型履带起重机外形尺寸
(α 为起重臂角)

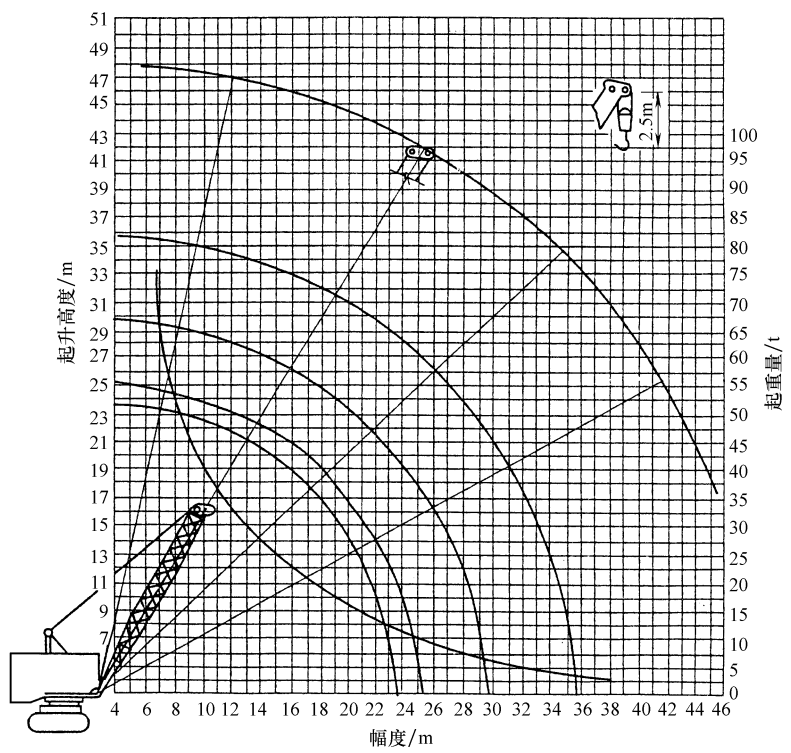


图 7-43 W-4 型履带起重机特性曲线

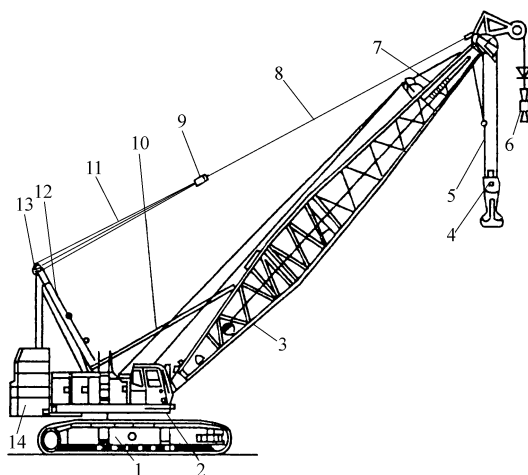


图 7-44 履带起重机的结构

- 1—下部行走体 2—上部回转体 3—下部基节吊臂 4—主吊钩 5—主卷筒钢丝绳
6—副吊钩 7—上部吊臂 8—拉臂钢丝绳 9—拉臂绳滑轮组 10—吊臂后仰防止装置
11—变幅钢丝绳 12—A 形架 13—A 形架滑轮组 14—配重

1. 起重臂

履带起重机都采用桁架式起重臂，用来支撑起升钢丝绳、滑轮组的钢结构。它可俯仰以改变起重机的工作半径，并直接铰接在上部回转平台上。起重臂上、下两节为基本臂，并有多节标准臂，可根据施工需要在基本臂基础上接长，必要时还可在主臂顶端装一个副臂，以扩大作业范围。例如，QY50 型起重机的基本臂长为 13m，加节后可达 52m。早期起重臂各节间大多用法兰螺栓连接，现在大多采用销轴连接，适用于无缝钢管制作的桁架臂。起重臂断面均呈矩形，有较好的侧向稳定性。

2. 起升机构

机械式起重机的起升机构是由主传动装置通过带形离合器接合，使起升卷筒旋转。通过卷筒的正、反转来收放卷筒钢丝绳，使吊钩升降。液压式起重机由液压马达通过一对减速齿轮减速后，驱动起升卷筒。

3. 变幅机构

履带起重机是由变幅卷筒收放变幅钢丝绳，通过固定在双足支架上的复式滑轮组，以及一端固定在滑轮组上、另一端固定在起重臂顶端滑轮轴上的拉臂绳，使起重臂升降。机械式起重机的变幅卷筒是由主传动装置通过蜗杆减速器驱动。液压式起重机的变幅卷筒是由液压马达通过减速齿轮驱动。

4. 回转装置

(1) 回转平台 回转平台又称上部机架，它是动力装置和各工作装置安装和连接的基础。平台前部装有起重臂和操纵系统，中后部装有柴油机和固定变幅机构的双足支架，下底面装有回转支撑装置的上座圈。后部装有配重箱（块）。

(2) 回转支撑 回转支撑除完成回转作业外,还能将上部各种载荷传到下支撑架,当回转平台旋转时,保持机身平衡。

1) 机械式起重机回转支撑。图 7-45 所示为滚子夹套式回转支撑,它是用多个直径较小的圆柱形或圆锥形滚轮通过座圈固定而成的,每个滚轮的间距均相同。回转时滚轮在滚道上滚动,座圈也随之转动。

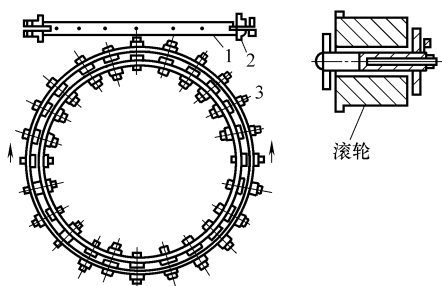


图 7-45 滚子夹套式回转支撑

1—滚轮座圈 2—滚轮 3—滚轮轴

2) 液压式起重机回转支撑。图 7-46 所示为滚动轴承式回转支撑,它由上下座圈、滚动体、隔离环、密封装置及大齿圈等组成。滚动体有滚柱和钢球两种。按滚动体的排数分有单排、双排两种。单排可承受不同方向的轴向载荷、径向载荷和倾翻力矩;双排能承受较大的轴向载荷和倾翻力矩。

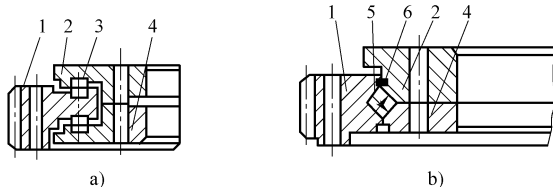


图 7-46 滚动轴承式回转支撑

a) 双排球式 b) 单排柱式

1—大齿圈 2—上座圈 3—滚球 4—下座圈 5—滚柱 6—密封

(3) 回转机构 机械式起重机是由主传动装置竖轴下端的圆柱齿轮和回转传动齿轮啮合,通过离合器驱动回转小齿轮沿回转大齿轮旋转,使回转平台随之转动。液压式起重机是由液压马达通过一组减速齿轮,驱动回转小齿轮,实现机身回转。

5. 行驶系统

履带起重机行驶系统的功用是支持机体并实现起重机的行驶,以及作业所需的行驶、前进、后退、转弯等动作。液压式履带起重机行驶系统(见图 7-47)包括:下机架、伸缩液压缸、行走液压马达、行星减速器;驱动轮、支重轮、托带轮、张紧轮(导向轮)、履带(俗称四轮一带);张紧机构。四轮一带及张紧装置都装在履带架上。

机械式或电动式履带起重机行走系统的结构与液压式履带起重机相类似,

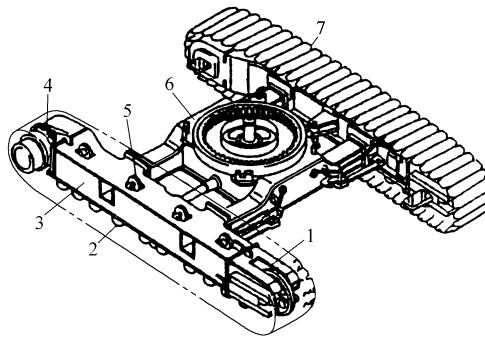


图 7-47 履带起重机行驶系统

1—张紧轮 2—支重轮 3—履带架 4—驱动轮
5—托带轮 6—下机架 7—履带

不同的是机械式行走传动是由上部机械传动机构通过行走竖轴，经锥齿轮副，再经通过左右链轮和链条（或减速器）使驱动链轮转动，拖动履带滚动，并在水平锥齿轮和链轮轴上装有牙嵌离合器，以控制履带的直行和左右转弯。

(1) 下机架（行走架） 下机架是回转平台和台车架（履带架）之间的连接构件，其功用是将机体重量全部或部分通过履带架传到支重轮上，再通过履带传给地面。下机架由底架、横梁及履带架组成。下机架有组合式和整体式两种。整体式因刚性好而得到广泛应用。超大型履带起重机为了运输方便而需要分解，因此常设计成组合式的，也有在横向设计成可伸缩式的。机架可分为弹性悬架、半刚性悬架及刚性悬架。机体重量完全经弹性元件传给支重轮与机架，称为弹性机架；一部分重量经弹性元件传给支重轮，而另一部分重量经刚性元件传给支重轮的，称为半刚性机架；机体重量完全经刚性元件传给支重轮的，称为刚性机架。对于行驶速度较低的履带起重机，为了保证作业稳定性，通常采用半刚性或刚性机架。图 7-47 所示为刚性机架。

(2) 履带 履带的功用是支撑起重机的全部重量，并保证车辆具有足够的驱动力。履带是由几十块履带板和链轨等零件组成。履带的结构基本上分为四部分：履带的下面为支撑面，上面为链轨，中间为与驱动链轮相啮合的部分，两端为连接铰链。根据履带板结构不同，分为整体式（见图 7-48a）和组合式（见图 7-48b）。整体式履带板结构简单、制造方便、拆装容易、重量较轻，机械式起重机都采用铸钢平面整体式履带板。组合式履带板具有更换零件方便的优点，当某零件损坏时，只需单独换掉该零件，无需将整块履带板报废。同时，组合式履带的板节距小，能减少履带轨链对各轮的冲击和磨损，提高行走速度。液压式履带起重机都采用短肋轧制组合履带板。

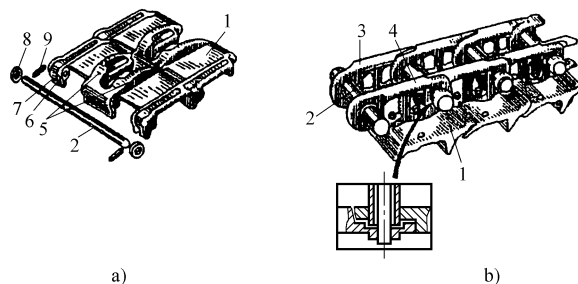


图 7-48 履带板

a) 整体式 b) 组合式

1—履带板 2—履带销 3—左链轨 4—右链轨 5—导轨 6—销孔 7—节销 8—垫圈 9—锁销

(3) 履带张紧轮（导向轮） 张紧轮的功用是支撑履带和引导它正确运动。张紧轮轴与张紧装置连接成一体，它们一起使履带保持一定的张紧度，并缓和从地面传来的冲击力，从而减轻履带在运动中的振动避免引起剧烈的冲击和额外功率消耗，以及加速履带销和销套的磨损。履带张紧后，还可以防止它在运动中脱落。导向轮的轮面为光面，中间有挡肩环作为导向用，两侧的环面则支撑轨链，起支重轮作用。机械式履带起重机张紧装置一般采用螺栓调整。液压式履带起重机采用带辅助液压缸的弹簧张紧装置，调

整时只需用油枪将润滑脂压入液压缸，使活塞外伸，一端推动导向轮，另一端压缩弹簧使之预紧。如果履带太紧需要放松，可拧开注油嘴，从液压缸中放出适量润滑脂。超大型履带起重机一般采用双液压缸张紧。图 7-49 所示为单液压缸张紧装置。

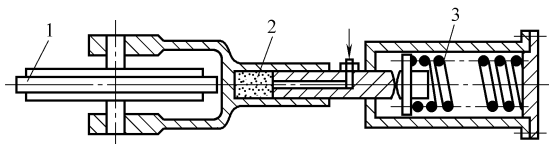


图 7-49 单液压缸张紧装置

1—导向轮 2—张紧液压缸 3—缓冲弹簧

(4) 驱动链轮 驱动链轮转动时推动履带向前行走。起重机行走时，导向轮应在前，驱动轮在后，这样既可缩短驱动段的长度和减少功率损失，又可提高履带寿命。机械传动的起重机需要一套复杂的由锥齿轮、离合器及传动轴等组成的装置使驱动轮转动。液压传动只需两个液压马达，通过装有制动器的行星减速器，分别使左、右驱动链轮转动。由于两个液压马达可以分别操纵，因此起重机的左右履带可以同步前进、后退；或一条履带驱动，另一条履带止动的转弯；还可以两条履带向相反方向驱动，实现原地旋转。驱动链轮与履带的啮合方式一般有节销式和节齿式两种。图 7-50 所示为节销式啮合驱动轮。这种啮合方式的履带销所在的圆周近似等于驱动轮节圆，驱动轮轮齿作用在履带销上的压力通过履带销中心。节齿式啮合，即驱动轮的轮齿与履带的节齿相啮合，这种啮合方式大多用于采用整体式履带板的起重机上。

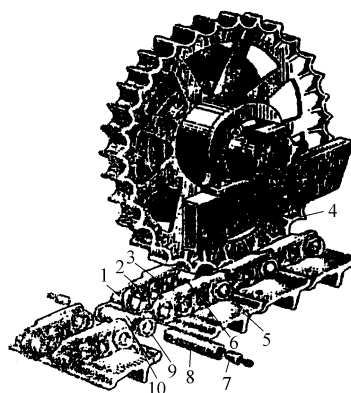


图 7-50 节销式啮合驱动轮

1—履带板 2—左链轨 3—右链轮
4—驱动轮 5—履带销 6、10—销套
7—锥形塞 8—活销 9—锁紧销垫

(5) 支重轮 支重轮是用来支撑机体重量，并在履带的链轨上滚动，使机械沿链轨行驶的。它还用来夹持履带，轮上凸缘使其不沿横向滑脱，并在转弯时迫使履带在地面上滑移。支重轮承受的

载荷很大，且工作条件恶劣，即经常在尘土和泥水中工作，因此要求它的轮缘耐磨、密封可靠，支重轮两端安装了浮动油封，且不需要经常注油。支重轮分为单边支重轮（见图 7-51）和双边支重轮（见图 7-52）两种。双边支重轮中间的凸缘用来承受侧向力。根据每侧履带架上的支重轮数目不同，所使用的单边和双边支重轮数目不尽相同，但每侧所用双边支重轮不少于两个，且不能并列布置在最前与最后。

(6) 托带轮（见图 7-47）托带轮的功用是托住履带，不使其下垂过大，并在其上滚动，防止履带横向脱落和运动时的振动。一般起重机的托带轮与支重轮通用，但数量少于支重轮，每边只有 1~2 个，或多个固定在履带架上方。

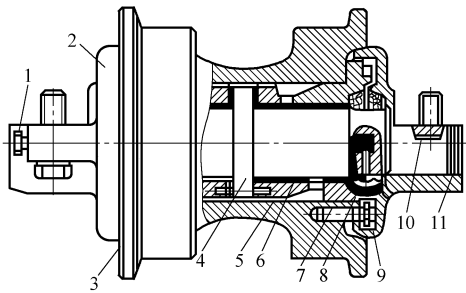


图 7-51 单边支重轮

1—油塞 2—支重轮外盖 3—支重轮 4—轴
5—轴承座 6—轴瓦 7—O 形密封圈 8—浮
动轴封 9—内盖 10—平键 11—挡圈

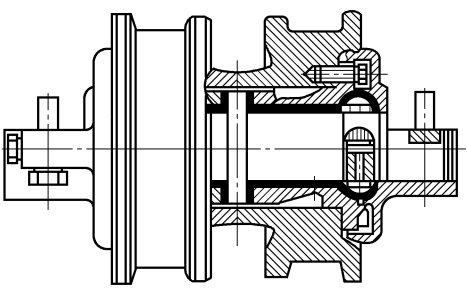


图 7-52 双边支重轮

6. 传动系统

QU25 履带起重机技术性能见表 7-1，其机械传动如图 7-53 所示。QUY50 履带起重机液压传动如图 7-54 所示，其技术性能见表 7-2。

表 7-1 QU25 履带起重机技术性能

项 目		参 数	项 目		参 数	备 注
最大起重量	主钩	25t	臂长	主臂	13 ~ 28m	—
	副钩	3t		副臂	4m	—
起升高度	主臂	26m	功率		110kW	含 149.6ps (1kW = 1.36ps)
	副臂	30m				

表 7-2 QUY50 履带起重机技术性能

项 目		技 术 数 据	备 注
最大起重量		55t	幅度 3.7m
基本臂自重		48t	—
主臂长度		13 ~ 52m	—
固定副臂长度		6 ~ 15m	—
固定副臂最大起重量		5t	—
固定副臂安装角度		10°, 30°	—
(主臂 + 固定副臂)最大长度		(43 + 15)m	—
卷筒单绳速度	主起升	120m/min	卷筒第 4 层
	副起升	120m/min	卷筒第 4 层
	变幅	60m/min	卷筒第 4 层
回转速度		0 ~ 3r/min	—

(续)

项 目		技术 数 据	备 注
行走速度		0 ~ 1.6km/h	—
爬坡能力		40%	—
接地比压		0.066MPa	—
外形尺寸(长×宽×高)		6800mm×3300mm×3020mm	—
发 动 机	额定功率	132kW	转速 2200r/min
	最大输出转矩	750N·m	转速 1300r/min
	排放标准	EUStage III	—
履带轨距×接地长度×履带板宽度		2540mm×4700mm×760mm	履带架缩回
		3540mm×4700mm×760mm	履带架伸出

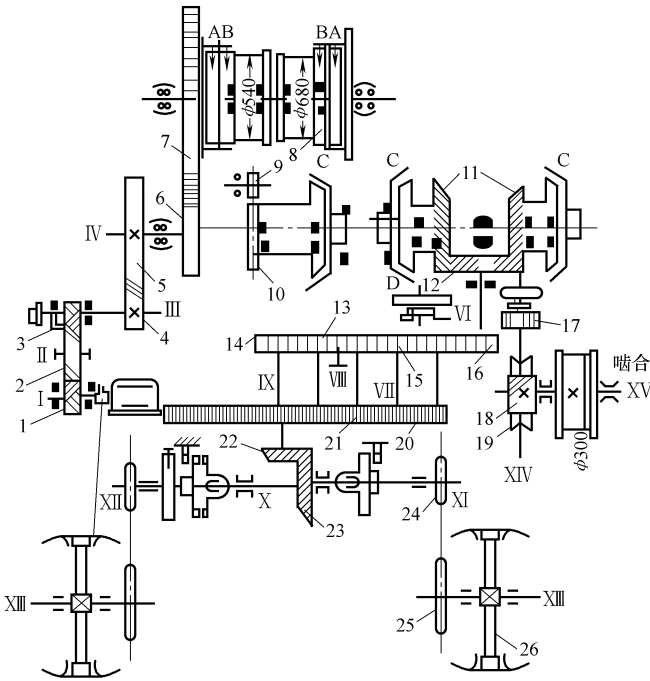


图 7-53 QU25 起重机机械传动系统

1、2、3—减速器齿轮 4、5—开式齿轮 6、7—主卷筒传动齿轮 8、9、10—推拉链轮
11、12—逆转锥齿轮 13、14—行走中间传动齿轮 15—回转中间传动齿轮 16—主传
动立轴齿轮 17—变幅机构齿轮 18、19—蜗杆副 20—回转小齿轮 21—回转大齿轮
22、23—行走锥齿轮 24、25—行走链轮 26—驱动轮 A、B、C—摩擦离合器 D—制动器

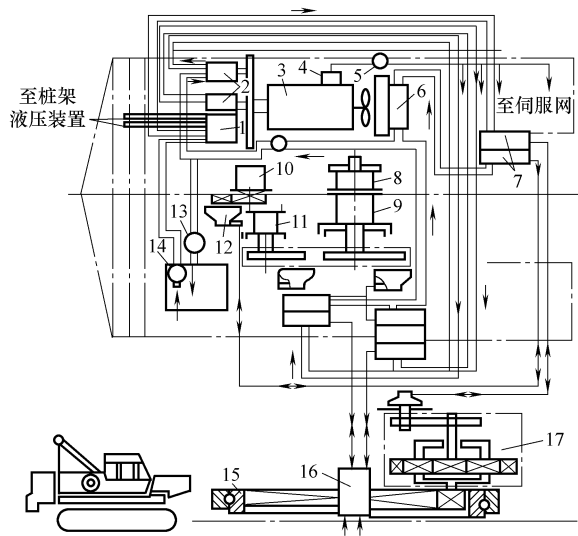


图 7-54 QUY50 起重机液压传动系统

1、2—变量泵 3—柴油机 4—叶片泵 5、14—过滤器 6—油冷却器 7—操纵控制阀
8—副卷筒 9—主卷筒 10—第三卷筒 11—起重臂变幅卷筒 12—定量液压马达
13—单调阀 15—回转支承装置 16—中心回转接头 17—回转传动机构

7.6 流动式起重机的安全防护装置

根据 GB 6067—2010《起重机械安全规程》的要求，流动式起重机应按表 7-3 所列的安全防护装置进行设置。设置它们的目的是为了保证起重机安全工作，预防和防止因操作失误等造成重大安全事故。可参见第 4 章内容。

表 7-3 安全防护装置在流动式起重机的设置要求

序号	安全防护装置名称	汽车起重机	轮胎起重机	履带起重机
1	起重力矩限制器	应装		
2	起升高度限位器	应装		
3	下降深度限位器	应装		
4	幅度指示器	应装		
5	防止臂架向后倾翻的装置	应装(油缸变幅除外)		
6	垂直支腿回缩锁定装置	应装	—	
7	回转锁定装置	应装		
8	作业报警装置	应装		
9	暴露的活动零部件防护罩	应装(有伤人可能的)		

续表

序号	安全防护装置名称	汽车起重机	轮胎起重机	履带起重机
10	电气设备的防雨罩	应装(室外工作的防护等级不能满足要求时)		
11	风速风缓报警器	应装(起升高度大于 50m 时)		
12	水平仪	应装		

7.6.1 力矩限制器

力矩限制器是大、中型轮式起重机和履带式起重机，特别是超大型起重机必不可少的安全保护装置。目前已广泛使用的力矩限制器能同时对各机构的运行情况进行检测、比较、判断及进行有效的控制，减少操作者的失误。有的全自动超载防止装置（简称 ACS）还具有自身监视和自诊断功能。力矩限制器的基本组成为检测装置、运算装置、控制装置、状态显示装置及电源，如图 7-55 所示。

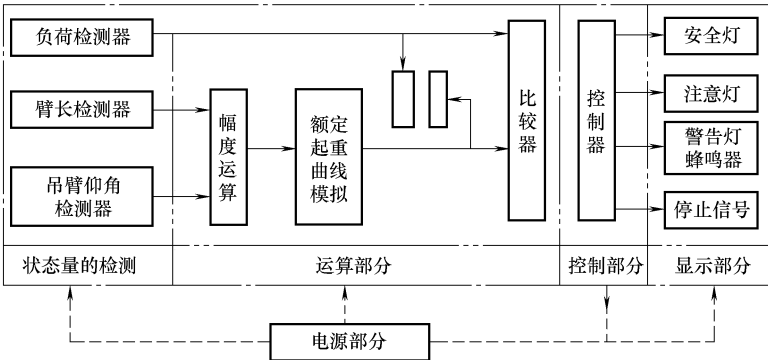


图 7-55 起升重量限制器的组成框图

1. 检测装置

检测装置的作用是通过检测元件（测力传感器、角度传感器、长度传感器）将起重机的实际工作状态参数（如臂长、臂架角度和负荷）检测出来，并输入到全自动超重防止装置主体的运算部分。

2. 运算装置

运算装置由计算机和其他电器装置组成，接受检测装置传来的信号，经过运算及与预先存储于全自动超重防止装置主体内的总力矩极限值进行比较，然后发出控制指令。

3. 控制装置

控制装置根据运算装置发出的不同控制指令控制各工作部分实现动作或紧急停止，以及控制显示装置显示工作状态。如起重机是在安全范围内作业，绿灯应该亮起；若总力矩实际值达到与极限值相差 5% 时，蜂鸣器应报警。若该实际值达到极限值时，则红灯亮，同时，自动停止装置就会动作，即起重机的动作均被自动停止。此时只能进行减少力矩的动作，如减少吊重、幅度，进而让起重机作业恢复为安全状态。

4. 状态显示装置

一般仪表和自动超载防止装置主体都装在司机室内，采用大屏幕液晶屏显示各种工作状态，并具有良好的人机对话界面。由电源为安全装置提供动力。

轮式和履带式起重机的全自动超重防止装置（ACS）构成如图 7-56、图 7-57 所示。图 7-58 所示为日本加藤汽车起重机上 ACS 数字式作业性能显示器。

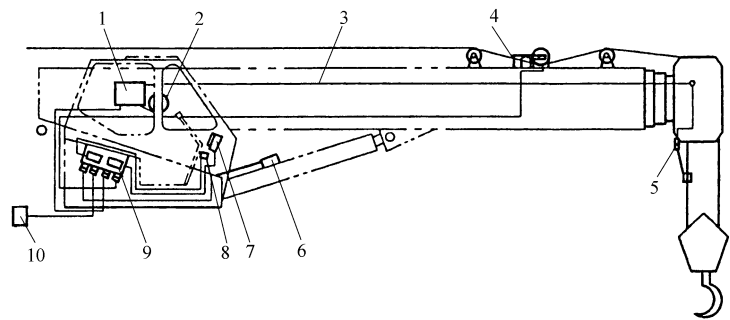


图 7-56 汽车起重机起升重量限制器组成部件示意图

1—臂杆长度和角度检测部 2—绕线筒 3—过卷防止电路软线 4—载荷检测 5—过卷检测
6—吊重实际值检测 7—显示屏 8—操作部 9—全自动超重防止装置主体 10—自动停止装置

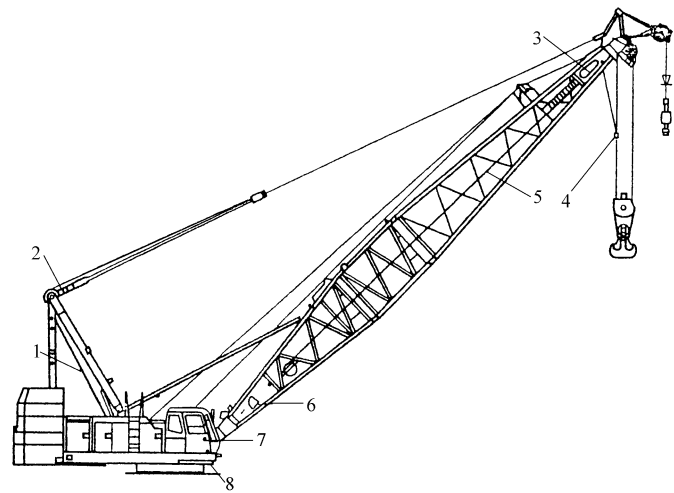


图 7-57 履带式起重机全自动超重防止装置组成部件示意图

1、5—配线 2—载荷传感器 3—吊臂中继盒 4—过卷检测
6—吊臂角度传感器 7—力矩限制器 8—主体中继盒

7.6.2 起升高度限位器

起升高度限位器也称上升极限位置限制器，一般安装在吊臂头部，由电气限位开关、链索和重锤组成，如图 7-59 所示。在正常情况下，悬于链索端部的重锤拉动限位

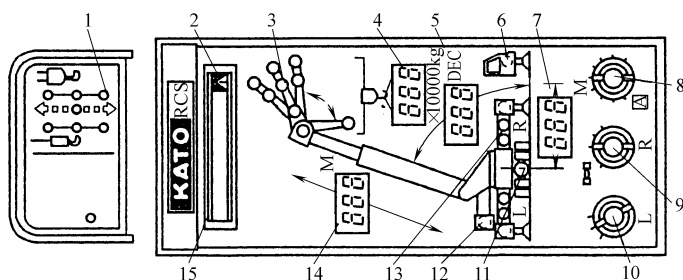


图 7-58 ACS 数字式作业性能显示器

- 1—卷筒运行指示灯 2—故障指示灯 3—吊臂作业状态显示器 4—极限载荷指示器（实际载荷指示器）
5—杆件角度显示器 6—前侧吊指示灯、前侧千斤顶指示灯 7—工作半径显示器 8—吊臂作业状态
转换开关 9—右侧支腿状态转换开关 10—左侧支腿状态转换开关 11—支腿状态指示灯 12—配
重指示灯 13—右支腿支起状态指示灯（左边为左支腿支起状态指示灯） 14—臂杆长度显示器
（最大提升高度显示器） 15—安全度指示器（绿灯—安全）

开关使其闭合。当起重钩上升到极限位置时，吊钩滑轮架接触重锤，并推其上移，使其限位开关释放开起，报警并切断电路，吊钩停止上升，进而防止吊钩与起重臂相撞，起升钢丝绳被拉断。调整链索长度可以控制报警时间长短。

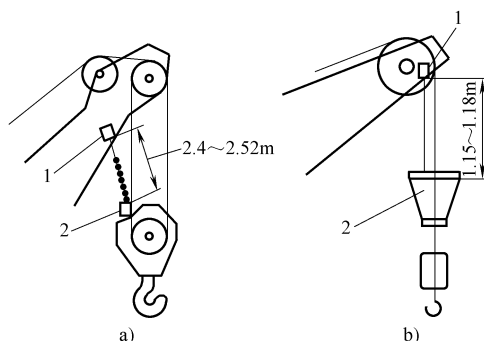


图 7-59 起升高度限位器

- a) 主钩过卷保护装置 b) 副钩过卷保护装置
1—过卷保护微动开关 2—重锤

7.6.3 幅度指示器

幅度指示器也称臂架仰角指示器，在具有变幅机构的流动式、塔式和门座起重机等起重机应装置。幅度指示器是用来指示起重机吊臂的仰角（幅度）以

及在该仰角（幅度）下的额定起重量的装置。它有多种具体结构型式，概括起来有两种：一种是电子带角度传感器的幅度指示仪，这种指示器可以随时正确显示幅度；另一种是采用一个重力摆针和刻度盘，盘上刻有相应仰角（幅度），当起重臂改变角度时，重力摆针显示出与吊臂的夹角发生变化。图 7-60 所示为 QY16 型起重机幅度指示器。

7.6.4 水平仪

简单的支腿调平装置是一个圆形水平仪，装于下车车架支腿操纵手柄附近。水平仪也叫支腿调平装置。支腿自动调平装置可自动控制起重机回转平台处于水平状态，如图 7-61 所示。该装置装于轮式起重机下车车架四个支腿支脚中心的对角线交叉处。支腿工作时，水平液压缸先动作，接着垂直液压缸动作，起重机车架升起。与此同时，控制

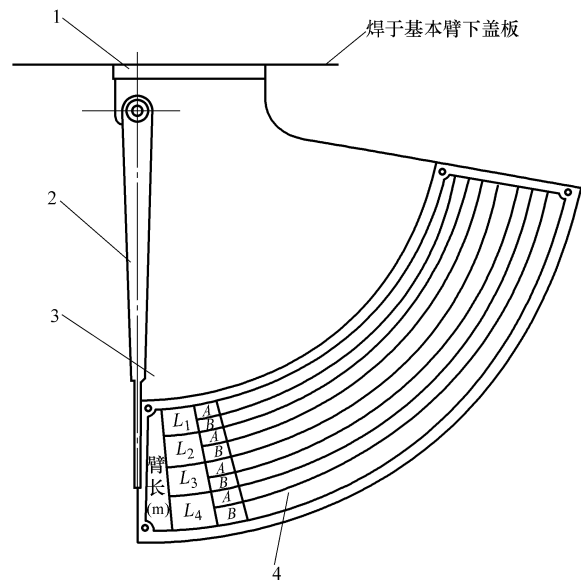


图 7-60 QY16 型起重机幅度指示器

1—垫板 2—指针 3—底板 4—指示板 L_1 —基本臂 (9.8m) L_2 —中长臂 (16.65m) L_4 —主臂 + 副臂 (30.5m) L_3 —全伸臂 (23.5m) A—幅度 B—起重量

电磁阀的水平检测器测出整个起重机的倾斜情况，检出信号送到控制箱中的比较回路，得到控制箱信号后支腿自动调平装置使起重机处于较低一方的垂直液压缸动作，纠正了起重机的倾斜。起重机处于水平状态后，全部垂直液压缸的动作自动停止，水平显示灯点亮。

如果支腿有一个或两个没有与地面接触，自动调平装置的接地检测器可根据支脚的压力情况发出判断和动作信号，从而使起重机的全部支腿铰座在确实接地情况下处于水平状态下作业。

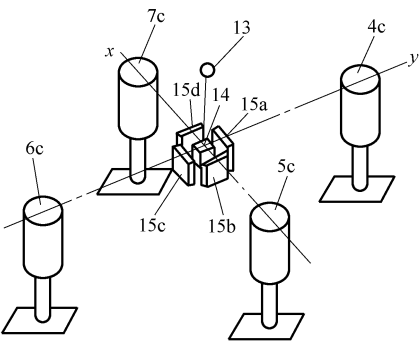


图 7-61 支腿自动调平装置

4c ~ 7c—垂直液压缸 15a ~ 15d—固定接点
13—水平检测器 14—可动接点

7.6.5 防止起重臂架向后倾翻的装置

桁架起重臂起重机需安装防止起重臂过卷（超过最大仰角）的保护装置，其基本结构就是一个凸轮安装在桁架起重臂根部，当起重臂接近最大仰角时，凸轮动作，打开限位开关，发出报警，并切断变幅卷扬机的动力，停止继续变幅。

7.6.6 支腿回缩锁定装置

支腿回缩锁定装置简称液压锁。带有支腿作业的起重机，其垂直支腿必须装有液压锁，液压锁的结构及作用已在 7.4.2 节中作了介绍。除了采用双向液压锁以外，还有简单的机械锁定装置为手动锁销或螺旋锁紧螺母。

7.7 流动式起重机的安全操作

7.7.1 流动式起重机的稳定性与安全

流动式起重机最严重的事故就是翻车事故。造成翻车事故的根本原因就是丧失稳定，所以起重机的稳定与安全的关系十分密切。流动式起重机的稳定性可分为行驶稳定性和工作状态稳定性。

1. 行驶状态稳定性

行驶状态稳定性可分为纵向行驶稳定性和横向行驶稳定性。

(1) 纵向行驶稳定性 纵向行驶时会在两种情况下丧失稳定性：一是起重机爬坡时，由于坡度大，导致前轮轮压为零，转向系统失去控制，从而使起重机丧失行驶稳定；二是起重机爬坡时，当车辆下滑力（沿坡面分力）接近驱动轮上的附着力时，车轮不能上爬而打滑。产生这两种情况都是危险的。操作中要注意不要强行爬坡，以防止纵向行驶失稳。

(2) 横向行驶稳定性 汽车起重机转弯时产生的离心力为 $P_{\text{离}} = Gv^2/gR$ 。速度越大，产生的离心力也越大，它与速度的平方成正比。转弯回转半径越小，离心力也越大。当车速（ v ）过高时，容易造成向外翻车，也可能产生横向滑动，所以起重机在转弯时，要根据路面（横向坡度）情况控制速度，以防横向失去稳定，造成翻车事故。

在水平面上不产生横向滑移的最大速度为

$$v_{\text{max}} = \sqrt{g\varphi R}$$

式中 g ——重力加速度；

φ ——附着系数；

R ——转弯半径。

2. 工作状态稳定性

工作状态稳定性分为静态稳定性和动态稳定性。

(1) 静态稳定性（见图 7-62） 静态稳定性安全系数是稳定力矩与倾翻力矩之比，即

$$K_1 = \frac{M_{\text{稳}}}{M_{\text{倾}}} = \frac{G_2 l_2 + G_3 (l_3 + l_2) + G_4 (l_4 + l_2) - G_1 (l_1 - l_2)}{(G + G_{\text{吊}})(R - l_2)}$$

式中， $(G + G_{\text{吊}})$ 为起重重量加吊具重量； G_1 为起重臂重量； G_2 为下车重量； G_3 为上车重量； G_4 为平衡重量； R 、 l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 的尺寸如图 7-62 所示；静态稳定安全系数 $K_1 \geq 1.4$ 。

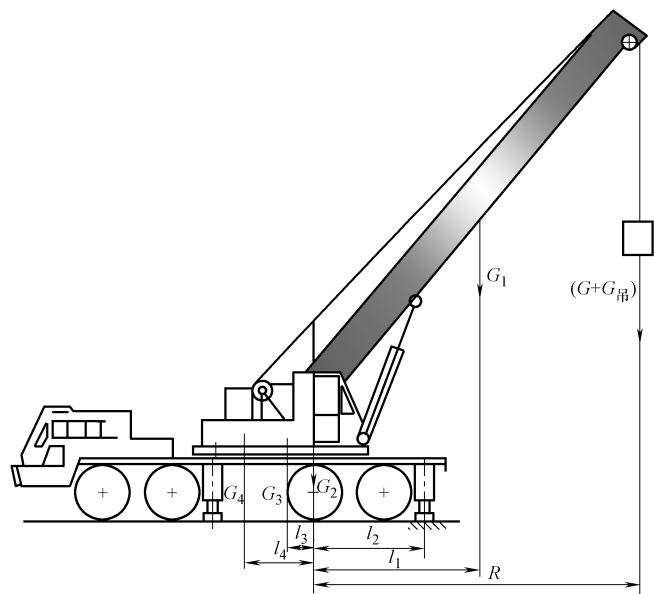


图 7-62 静态稳定性计算示意

(2) 动态稳定性 动态稳定性是指除考虑起吊载荷和起重机自重之外，还应考虑风力、坡度、惯性力、离心力对稳定性的影响。

1) 风力影响。只考虑不利于稳定性工作的风力，它与起重臂长度有直接关系。据资料介绍，以风速 10m/s 为例，若起重臂长度为 10m，由风力产生的倾翻力矩为 1800N·m；若臂长为 20m，倾翻力矩为 8000N·m；若臂长为 30m，倾翻力矩为 20000N·m。所以规定当风速超过 6 级（10.8～13.8m/s）时，要停止作业。

2) 坡度的影响。起重机作业时不允许有坡度，但实际工作中却很难避免坡度的影响。经计算得知，起重机倾斜 1°时，起重能力要降低 7.4%；倾斜 2°时降低 14.3%；倾斜 3°时降低 19.8%。所以基础要夯实，并垫上合格的木板，再看水平仪的数据合格后，才允许作业。

3) 惯性力的影响。起重机在工作过程中可能会发生突然起吊和下降的情况，因为突然启动和制动都会产生不利于稳定的惯性力，所以操作中要努力避免这些不利于稳定的因素。

4) 离心力的影响。起重机回转时，由于离心力把吊物向外抛，因此会产生一个不利于稳定的力矩。离心力为

$$P_{离} = \frac{(G + G_{吊})n^2R}{900 - n^2h}$$

式中，(G + G_吊) 为起重量加吊具重量；n 为回转机构转速；R 为幅度；h 为吊物至起重臂端的高度。

动态稳定性系数应满足下式：

$$K_2 = \frac{M_{\text{稳}}}{M_{\text{倾}}} \geq 1.15$$

5) 起吊方位的影响。在一般情况下,起重机后方的稳定性好于侧面的稳定性。当在后方起吊重物回转向侧面时,要注意起重机失稳。

7.7.2 流动式起重机的危险因素及预防

流动式起重机不同于其他起重机的特点是起重机本身具有的流动性。由于流动式起重机作业环境随时随地变化,且作业范围大、转换速度快、自身结构复杂、金属结构安全系数控制严格、操纵难度大,所以危险因素较多,包括:起重机在停机时及作业中有发生倾翻的危险;起重机在作业环境中的危险;起重机在安装、修理、调整、使用不正确发生的危险等。

1. 造成倾翻的因素及预防事项

1) 作业场地地面不平、下陷,整机不水平,易造成起重机倾翻。预防措施为夯平、调水,即:①不要接近崖边或软弱的路肩行进或作业;②对不够坚实地面应予夯实,以便履带起重机停放或作业,用支腿的起重机,其支腿下方地面不平时应使用形状规则的方垫木垫平,木块大小要根据起重机大小而定;③起重机不作业时,一定要停在水平且结实的地面上。

2) 在有风情况下的工作环境中,起重机应注意的事项:①风速一般在上空较大,起重臂或被吊物体起升得较高时要注意风力的影响。对于迎风面积较大的吊物,起吊后要注意从后面吹来的风,此时起重机倾翻的危险性很大。②在大风中作业要注意风向、吊物形状、周围环境等,相应调整操作方法。③在大风环境中,起重机的停放应使上车与履带或轮胎的纵向成同一方向,且机械背面向风。同时,要扣上制动器和锁(包括起重制动器、回转停车制动器、主副卷筒锁、变幅卷筒锁等),并停止发动机工作。④在风速达到 10.8 ~ 13.8m/s (表现为大树叶枝摇摆,电线呼呼有声,举伞有困难)的强风环境下,起重机必须停止工作。汽车和轮胎起重机应停放在避风处或库内,履带起重机应把起重臂降至地面,扣上回转锁和回转制动器,与此同时关闭发动机或断开电力输送线路。

3) 起吊作业中应注意的预防事项:①应严格按起重机的起重量特性曲线图和起重量性能表(在司机室内)实施作业。起吊重物不能超过规定的工作幅度和相应的额定起重量,严格禁止超载作业!②不允许用起重机吊拔拉力不明的埋置物体,不准抽吊交错挤压的物品,冬季不能吊拔冻住的物体。③斜拉和斜吊都容易造成倾翻。④不要随意增加平衡块的重量或减少变幅钢丝绳的支数。⑤避免上车突然启动或制动,尤其起吊物品重量大、尺寸大、起升高度大时更要注意。

4) 起重机在起升和行走时应注意的预防事项:①汽车起重机不允许吊着载荷行走。履带和轮胎起重机一定要在允许的起重量范围内吊重行走,运行通过的路面要平整坚实,行走速度要缓慢均匀,按路面情况要及时换挡,不要急制动和急转向,以避免吊重物摆动。同时吊臂应置于行驶方向的前后。②起重臂长度较大的履带起重机的水平起

重臂，一定要置于履带的纵方向，并在前进方向上。行走时起重臂仰角应限于 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，过大会产生摇摆，有后倾危险。

5) 起重作业前要检查力矩限制器、水平仪等安全装置。

2. 流动式起重机在作业环境中的危险因素及预防事项

1) 工作场地昏暗，无法看清场地、被吊物体状态和指挥信号时，应停止工作。

2) 起重机不允许在暗沟、地下管道和防尘洞等地面上作业。

3) 起重机作业时，臂架、吊具、辅具、钢丝绳及吊物等与输电线的最小距离应不小于 1.5m（线路电压 $< 1\text{kV}$ ）和 3m（电压为 $1 \sim 35\text{kV}$ ）。

4) 起重机作业区附近不应有人做其他工作。发现有人走近时应利用警号或喇叭示警。

5) 起重作业场所内的建筑物、障碍物要经测量后确定是否符合起重机的行走、回转、变幅等的安全距离。

3. 流动式起重机在安装、修理、调整、使用不正确等情况下存在的危险因素及预防事项

1) 起重臂因局部失稳产生永久变形，即使变形很小，也是十分危险的。可修复时应请专业厂进行，修复后须经试验检测合格后方可使用。如不能修复或修复价值不高，应该报废。

2) 使用安全防护装置应注意的事项：①起升高度限位器的导线布置及追加布线，应特别注意其使用的可靠性。报警装置的重锤位置应按说明书限制的尺寸安装。②自动停止解除开关必须处于接通状态。否则整机将处于无保护状态。③钢丝绳变幅的幅度限制器调整时应做到：起重臂位于仰角 80° 时能使开关接通。当微动开关和断路器之间的导线断开或脱落时，幅度限制器将起作用，不能变幅。

3) 分解桁架起重机的起重臂应注意的预防事项：①即使把变幅滑轮组和下部已连接起来，若没有支架或没有张紧变幅绳，在分解时，起重臂仍然有下落的危险。②在没有连接好变幅滑轮组和拉绳的情况下进行分解工作，将引起重大事故。尤其是在拔销的时候，操作人员绝对不能进入起重臂的下方。③在变幅滑轮组和拉绳仍然相连接的情况下如果卸出起重臂连接销，则起重臂有落下的危险。变幅滑轮组一定要安装在下部架上，下部架下垫以支架，然后才能拆卸起重臂连接销。④拆卸起重臂架连接销时，一定要使变幅绳有适当的张力。如果太松弛，在卸下连接销时，起重臂也有落下的危险。

4) 起重机操作时应注意的预防事项：①升降、变幅、行走与回转诸动作的复合操作是很危险的，应避免复合操作。②桁架起重机绝对不能在低于双足支架位置下进行工作。在变幅钢丝绳连接着起重机底架时，绝对不能让起重架的头部离开地面。③一般情况下不允许两台或两台以上的起重机同时起吊一个重物。特殊情况下需要使用时必须做到：钢丝绳应保持垂直；各台起重机的升降、运行应保持同步；各台起重机所承受的载荷均不得超过各自的额定起重能力。如达不到上述要求，应降低额定起重能力至 80%；也可由现场技术负责人根据实际情况降低额定起重能力使用，且在吊运时现场指导。

7.7.3 流动式起重机的作业要求

1) 起重机作业司机必须经过培训实习,经特种设备行政管理部门考核合格,获得《特种设备作业人员资格证》,方可上岗作业,严禁无证人员进行起重作业。

2) 起重机必须经安全监察部门安全检验合格,换发准用证,并在其有效期内方可实施起重作业。

3) 起重司机应检查各限位装置、限制装置等安全防护装置齐全有效,制动装置及离合器操纵装置等齐全有效,钢丝绳安全状态应符合安全要求。严禁起重机存在安全隐患的情况下进行作业!

4) 不得在高压线附近进行作业。当需要时应遵守相关的安全操作规程,同时应有专人监护下进行作业。

5) 作业场地应有良好的照明。

6) 允许作业的风力一般规定在五级以下。遇到下雨或打雷、下雪的天气要停止作业。

7) 在化工区域作业时,应使起重机的工作范围与化工设备保持必要的安全距离。

8) 在易燃易爆区工作时,应按规定办理相关手续,对起重机的动力装置、电气设备等采取可靠的防火、防爆措施。

9) 在人员杂乱的现场作业时,应设置安全护栏或有专人警戒。

10) 司机身体不适或精神不佳时不得操纵起重机。严禁起重作业人员酒后作业!

7.7.4 支腿操作

1) 支腿伸出前:①应了解地面的承压能力,合理选择垫板材料,接地面积及接地位置,以防止作业时支腿沉陷下去;②应挂上停车制动器;③应拨出支腿固定销。

2) 支腿伸出时要注意伸出的顺序,一般先伸出后支腿,再伸出前支腿;收腿时顺序相反。

3) H型支腿架不宜过高,通常以轮胎脱离地面少许为宜。

4) 架设支腿时应注意观察,应使回转支撑基座面处于水平位置。

5) 当上车有发动机设置的起重机,在下车支腿支撑完毕后,应把下车发动机熄火,且将驱动器置于空档位置。

6) 支腿架设完成后,正式实施起重作业前应再次检查垂直支腿的接地情况,应使各支腿着地踏实,不得出现三支腿现象。

7) 实施起重作业中不得调整支腿,当必须调整时,应将被吊物体落地停止起重作业,在调整好支腿后,重新进行起重作业。

7.7.5 起重作业

1. 司机登机后要检查的内容

1) 检查作业条件是否符合要求。

- 2) 查看影响起重作业的障碍因素,特别是特殊环境中实施的起重作业。
- 3) 检查配重状态。
- 4) 确定起重机各工作装置的状态,按 GB/T 5972—2009 相应条款对吊钩、起重机钢丝绳、起升及吊装捆绑钢丝绳进行作业前检查及查看滑轮组的倍率与被吊物体是否匹配,并检查制动器的制动鼓的磨损情况。
- 5) 检查起重机技术状况,特别应检查安全防护装置的工作状态,装有电子力矩限制器或安全负荷指示器的应对其功能进行检查。
- 6) 只有确认各操作杆在中立位置(或离合器已被解除)以后,才能进行起吊。
- 7) 气温在 -10°C 以下时,要进行充分预热,液压起重机应保持液压油在 15°C 以上方可开始工作。发动机在预热运转中要检查油路、水路、电路和仪表,出现异常时要及时排除。
- 8) 对于设有蓄能器的应检查其压力是否符合规定的要求。设置有离合器的起重机,应利用离合器操纵手柄检查离合器的功能是否能正常工作。注意推入离合器以后一定要锁定离合器。
- 9) 松开吊钩、仰起臂架、低速运转各工作机构。
- 10) 平稳操纵起升、变幅、伸缩、回转各工作机构及制动踏板,同时观察各部分仪表、指示灯是否显示正常。待各部分功能正常了方可作业。

2. 变幅操作

- 1) 变幅时注意不得超出安全仰角区。
- 2) 向下变幅时的停止动作必须平稳。
- 3) 带载变幅时,要保持被吊物体与起重臂的距离,要防止被吊物体碰撞支腿、机体与变幅液压缸。
- 4) 起重臂由水平位置变幅起升时能减少起重力矩,是安全的;起重臂带载向水平位置倾倒变幅将增大起重力矩,存在倾翻的危险。
- 5) 臂架正常使用的工作角度范围一般为 $30^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。除特殊情况外,尽量不要使用 30° 以下的角度。
- 6) 在起升重物时,变幅钢丝绳会变形伸长,工作半径也会跟着增加,特别是起重臂较长时,幅度的变化就会更大。作业时要充分考虑到这一变化。
- 7) 桁架式起重机的臂架在大仰角起吊较重物件时,如果将重物急速下落,有可能使起重臂反向摆动,甚至倒向后方,因此在注意起重臂的角度的同时,还要使被吊物体缓慢下落。

3. 臂架伸缩操作

- 1) 臂架伸出时应注意防止超出力矩限制范围。
- 2) 在保证工作需要的基础上,尽量选用较短的臂长实施起重作业。
- 3) 一般情况下,尽量不要带载伸缩臂架,因为这样会加剧臂架间滑块的磨损,缩短滑块的使用寿命。必须带载伸缩时,要遵守起重量与工作幅度的规定,以防止超载或倾翻。

4) 在臂架伸缩时应同时操纵起升机构, 注意保持吊钩的安全距离。严防起升钢丝绳发生过卷。

5) 对于同步伸缩的起重机, 当前一节臂架的行程长于后一节臂架时应视为不安全状态, 应予以修正和检修。

6) 对于程序伸缩的起重机, 必须按规定编好程序后才能开始伸缩。

4. 起升操作

1) 要求严格做到“十不吊”。即: ①指挥信号不明或违章指挥不吊; ②超载不吊; ③工件捆绑不牢不吊; ④吊物上面有人不吊; ⑤安全装置不灵不吊; ⑥工件埋在地下不吊; ⑦光线阴暗视线不清不吊; ⑧棱角物件无防护措施不吊; ⑨斜拉工件不吊; ⑩六级以上强风不吊。

2) 检查滑轮倍率是否合适, 配重状态与制动器的功能, 倍率改变后的滑轮组必须保持吊钩旋转轴与地面垂直。

3) 严格按起重机特性曲线图和起重量性能表(在司机室内的金属标牌标出)的规定起吊物件。如果物件较重时, 应先将其吊离地面 100 ~ 200mm, 然后查看制动、起吊索具、支腿状态及整机稳定性等, 发现可疑现象应放下吊物, 认真进行检查, 判断为无危险后再进行起升作业, 起升操作应平稳, 不使机械受到冲击。

4) 在起升过程中, 如果感到起重机有倾翻征兆或存在其他危险时, 应立即将吊物落地。

5) 即使起重机上装有高度限位, 司机操作时也要注意防止钢丝绳过卷。

6) 起吊物件较轻、高度较大时, 可用油门调速及双泵合流等措施提高功效。

7) 吊装的物件即将就位时应采取发动机低速运转、单泵供油、节流调速等措施进行微动操作。

8) 空钩时可采用重力下降以提高工效。在扳动离合器杆之前, 应先用脚踩住踏板, 防止吊钩突然快速自由下落。

9) 带载重力下降时, 带载重量不应超过工况额定起重量的 20%, 并应控制好下降速度; 当停止重物下降时, 应平稳地增加制动力, 使重物逐渐减速停止; 紧急制动可能使起重臂和变幅液压缸, 以及卷扬机构受损, 甚至造成倾翻事故。

10) 当被吊的物件落下低于地表面时, 要注意卷筒上的钢丝绳应有不少于三圈的安全圈, 以防止发生反卷事故。

11) 起升机构不能只用液压马达制动器维持重物在空中, 因为时间较长时液压马达内部会漏油, 促使重物下落。必须靠支持制动器来支持被吊的重物。如果长时间保持重物的空中支持时, 应锁定起升卷筒。

12) 当起升钢丝绳不正确地缠绕在卷筒或滑轮上时, 切不可用手去挪动, 应该用金属棒来调整。

13) 操作者应清楚知道起重机所处工况允许起吊的起重量, 也应了解被吊件重量; 当起吊物重量不明、但认为有可能接近起重机所处工况的临界起重量时应进行试吊, 即先将重物稍微升起, 检查起重机的稳定性, 确认安全后, 方可起吊。

14) 自由落钩时,一定要解除离合器,利用制动器,一面制动,一面落钩。

15) 在作业中如发生发动机突然停止,则没有设置补充液压油的蓄能器的起重机的液压会下降,离合器会脱开,操作制动器会有沉重的感觉,应当立即锁定制动器及起升卷筒锁,解除离合器。

16) 司机暂时停止操作或离开司机室时,要把起吊重物放到地面,并锁定起升卷筒锁,解除离合器。

5. 回转操作

1) 在回转作业前,应注意观察车架及回转平台尾部的回转半径内是否有人或障碍物;臂架的运行空间内是否有架空线路或其他障碍物。

2) 回转作业时,应首先鸣喇叭示警,然后解除回转机构的制动或锁定,平稳地操纵回转操作杆。

3) 回转速度应缓慢,不得使用油门加速,突然加速会产生载荷振动,不利于安全。

4) 当被吊物体回转到指定位置前,应首先缓慢收回操作杆,让被吊重物慢慢地停止回转,要避免突然制动而使被吊重物产生摆动。严禁在重物摆动状态下进行回转操作。

5) 被吊重物未完全离开地面前不得进行回转操作。

6) 在同个工作循环中,回转操作应在伸缩臂操作和变幅操作之前进行。

7) 在起吊较重物体进行回转操作之前,应再次逐个检查支腿的工况。这一点很重要,因为经常发生由于臂架回转时个别支腿发软或地面支承不良而酿成事故的情况。

8) 在起吊较重物体回转时,可在被吊物体两侧上系以索引拉绳用以防止重物摆动。

9) 在岸边码头作业时,起重机不得快速回转,防止因惯性力发生落水事故。

10) 若发动机突然停机时,要提起回转制动杆,锁定回转锁。

11) 起重机不用时,一定要锁定回转锁,提起回转制动,扣上制动器。

7.8 流动式起重机的常见故障及排除方法

7.8.1 流动式起重机的常见故障及应急措施

1) 起升机构失灵,吊物不能放下。当条件允许时,可以慢落吊臂让被吊物体落地。如不能使用此法落地时,可缓慢松开制动器,让卷筒慢慢放下吊物。必要时还应松开起升电动机的进油和回油接头。

2) 变幅机构失灵,吊臂落不下来。一旦出现这种状态时应首先放下吊物,然后将变幅液压缸的上腔接头拧松,再将下腔的管接头略微拧松,使油液从松动处缓慢排出,吊臂靠自重可自行缓慢落下。

- 3) 伸缩机构失灵,吊臂不能缩回。处理办法与变幅机构失灵处理办法相同,但在拧松管接头前应将吊臂仰起到吊臂的最大仰角位置。
- 4) 支腿不能回收。松开液压锁的紧固螺钉,拧松支腿油缸的上、下腔管接头,抬起支腿即可。

7.8.2 流动式起重机的常见故障及排除方法

流动式起重机的常见故障及排除方法见表 7-4。

表 7-4 流动式起重机的常见故障及排除方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
一、起重臂系统			
1	起重臂伸缩速度缓慢、无力	1) 液压动力系统故障 2) 手动控制中的溢流阀故障 3) 伸缩臂控制阀中溢流阀的故障 4) 分流器故障	逐项检查、调整,解体、清洗、调节或更换有损坏的元件或组件
2	吊臂自动回缩	1) 伸缩液压缸故障 2) 平衡阀故障	检查、调整、更换元件
3	起重臂伸缩振动(如发动机转速达到一定,起重臂不再振动时,则认为该吊臂是正常的)	1) 起重机的结构不合理 2) 起重臂的伸缩液压缸不正常	1) 起重臂箱体的滑动表面与滑块之间润滑不充分时应涂抹润滑脂;滑块的表面变形过大或损坏时应更换有缺陷的滑块;起重臂滑动表面损坏时应更换有缺陷的吊臂节或研磨损伤表面 2) 检查处理液压缸不正常现象
4	各节起重臂伸出长度无法补偿	1) 液动阀(阀主体或电磁阀)伸缩臂控制阀,特别是电磁阀故障 2) 电路故障	1) 应清洗过滤器、更换电磁铁、解体更换阀总成 2) 检查处理线路故障
5	伸臂时,起重臂垂向弯曲变形或侧向弯曲变形过大	1) 滑块磨损过多 2) 滑块的磨损使调整垫已不够调整用 3) 起重臂箱体的局部屈曲或变形	1) 检查更换滑块 2) 增加调整垫 3) 更换不合格的起重臂
6	桁架起重臂臂架几何尺寸和形状误差超过允许值	1) 组装起重臂的接长架顺序错误 2) 起重臂各节臂架连接螺栓未拧紧 3) 臂架变形	1) 调换桁架起重臂 2) 检查拧紧 3) 检查各节臂,有永久变形的臂架可修复,如不能修复,应报废
7	臂架连接不牢	1) 臂架螺栓孔加工不符合要求 2) 臂架变形	修复

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
二、起升机构			
1	起升机构不动作	1) 上车操纵阀故障 2) 液压马达故障 3) 平衡阀故障 4) 起升制动器故障	1) 检查处理上车操纵阀 2) 检查处理液压马达 3) 更换平衡阀弹簧或总成 4) 更换或调整弹簧等件
2	起升机构起升无力、动作缓慢	1) 液压马达故障 2) 溢流阀故障 3) 四联阀内渗漏 4) 管道阻塞或泄漏进气 5) 油箱油量不足	1) 检修或更换液压马达 2) 检修或更换溢流阀 3) 检修或更换四联阀 4) 疏通或紧固管道并排气 5) 添加足够液压油并排气
3	起升机构运动出现间断	单向阀故障	清洗、检查或更换单向阀
4	落钩时载荷失控	单向阀故障	清洗、检查或更换单向阀
5	起升制动器打不开	1) 梭阀卡死或内泄 2) 制动器活塞密封不良	1) 检修或更换梭阀 2) 检查制动器, 更换密封
6	起升高度超限, 过卷铃不响	1) 过卷继电器损坏 2) 电铃损坏	1) 检修或更换继电器 2) 检修或更换电铃
7	起升机构制动失灵(溜钩)	1) 液压马达和换向阀磨损严重 2) 卷扬制动失效 3) 平衡阀故障	1) 检修液压马达、换向阀 2) 检修制动器 3) 拆修或更换平衡阀
8	放绳时有振劝	1) 平衡阀失灵 2) 有空气进入液压系统	1) 拆解修复或更换平衡阀 2) 排除系统内空气
三、回转机构			
1	起动回转操作振动	1) 制动阀小孔旋进量不足 2) 蓄能器充气压力过大或过小	1) 调整到不再发生振动为止 2) 调整气体压力或更换蓄能器
2	操作中回转电动机动作迟钝或发出噪声以及异常振动	1) 液压马达轴承损伤 2) 柱塞与液压缸筒发生咬住或卡滞 3) 轴损伤	1) 更换轴承 2) 柱塞环与缸筒体成组更换 3) 更换轴
		1) 减速器轴承损伤 2) 齿轮损伤 3) 两齿轮间渗入杂质	1) 更换减速器轴承 2) 分解清洗或更换易损件 3) 清除杂质
		控制阀: 1) 过载溢流阀预设压力过小 2) 制动阀滑阀不良 3) 溢流阀滑阀工作面脏污	1) 调整为规定压力 2) 分解清洗或更换(成组)滑阀和套筒 3) 更换密封圈
		1) 制动器调整不良 2) 制动瓦与制动轮间有杂质	1) 分解检查 2) 调整好制动器(按说明书)

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
3	漏油	液压马达： 1)O 形密封圈损伤 2)油封损伤 3)六角沉头螺栓松开	1)更换 O 形密封圈 2)更换油封 3)旋紧到规定转矩
		减速器： 1)O 形密封圈损伤 2)油封损伤 3)壳体龟裂 4)螺栓和螺母松开	1)更换 O 形密封圈 2)更换油封 3)更换壳体 4)旋紧到规定转矩
		控制阀： 1)O 形密封圈损伤 2)固紧螺栓松开	1)更换 O 形密封圈 2)旋紧到规定转矩
4	回转制动阀锁不紧	1)制动器制动瓦与制动轮之间的间隙调整不当 2)制动瓦磨损严重 3)制动瓦和制动轮有油或有水	1)调整或更换制动瓦 2)更换制动瓦 3)分解并清洗
5	回转操作中流量异常增大	1)过载溢液阀预设压力降低 2)制动阀回转流量调整螺钉松动 3)自由锁紧阀的止回阀座部表面沾灰尘或损伤 4)制动阀滑阀座部表面沾灰尘或损伤 5)O 形密封圈损伤	1)调整为规定的压力值 2)调整为规定的旋转流量 3)分解清洗或更换止回阀和套筒 4)分解清洗或更换制动阀和阀座 5)更换 O 形密封圈
		液压马达： 1)液压马达止回阀座部表面沾灰尘或损伤 2)液压马达内部泄漏量增大	1)分解清洗或更换止回阀 2)修复或更换液压马达
四、伸缩机构			
1	自动下沉	1) 液压缸活塞油封过度磨损内泄 2)平衡阀有内泄漏 3)活塞杆的 O 形密封圈损坏	1)检查、更换密封 2)拆解清洗平衡阀或更换 3)更换 O 形密封圈
2	不能回缩	1)平衡阀故障 2)送油管有泄漏,油管内有空气	1)拆洗检查平衡阀或更换 2)先排除泄漏后排气
3	伸缩时抖动	1)伸缩缸平衡阀内弹簧损坏 2)伸缩臂液压缸上的托滚损坏 3)伸缩臂与基本臂间摩擦面润滑不良 4)伸缩臂与基本臂间滑块严重磨损	1)拆洗检查平衡阀或更换 2)检查修复或换新的托滚 3)加注润滑脂 4)更换新滑块

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
4	不能外伸	1) 释放阀调定压力太低 2) 电液换向阀故障	1) 重新检查调整 2) 检查修复或更换
5	次序混乱	先导电磁换向阀发信号装置故障	检查发信号装置及其控制电路
6	工作无力速度缓慢	1) 速度调节阀调节不良 2) 高温中整个回路效率低 3) 泵效率降低或容量不足 4) 转换阀及配管口径较小 5) 液压缸活塞密封件不良	1) 检查修复或更换 2) 检查温升是否正常, 查找异常原因 3) 检查修复液压泵或换新 4) 检查、修复或更换 5) 更换活塞密封
7	停止伸缩有时蠕动	1) 因转换阀转换时间误差增大 2) 阀动作不良或空气混入	1) 检查回路中阀的口径和转换时间 2) 检查转换阀, 修复或更换, 并排气
8	外、内部漏油	1) 密封件与活塞杆磨损或有斑点 2) 壳体螺栓安装不好 3) 液压缸头侧衬垫损伤 4) 软管、接头未拧紧 5) O 形密封圈磨损或损坏	1) 修复或更新 2) 重新紧固 3) 更换 4) 重新检查紧固 5) 更换

五、变幅机构

1	仰臂速度慢或不能仰臂减幅	溢流阀故障, 通常是密封不好, 导致油液有一部分溢流回油箱	清洗密封面, 检查溢流阀弹簧 必要时对研密封偶件, 恢复溢流阀功能
2	俯臂增幅出现点头甚至振油现象	平衡阀中的控制活塞的阻尼孔堵塞不畅, 滑阀内漏严重	拆检平衡阀的控制活塞, 清洗通畅各阻尼小孔和径向小孔
3	吊臂停止位置不准确	故障原因同上	排除方法同上。如果装复试机还不行, 则可以更换密封圈或适当加大阻尼孔的直径
4	吊臂不能可靠地锁定在中途某位置	1) 平衡阀故障 2) 变幅液压缸活塞油封磨损严重	1) 检查平衡阀工作弹簧, 清洗单向阀密封面, 必要时对研密封偶件 2) 拆卸变幅液压缸, 更换活塞油封
5	保压能力下降	平衡阀中的单向阀故障	解体清洗、更换阀组件

六、支腿机构

1	升降液压缸和伸缩油缸动作缓慢和力量不够	1) 手动控制阀中的溢流阀或单向阀动作不良 2) 液压泵故障	1) 解体检查清洗处理有关阀件 2) 解体检查清洗处理液压泵
---	---------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
2	起重机行走时升降油缸或伸缩液压缸自行伸出	1)手动控制阀内部的控制单向阀失灵 2)液压缸自身故障	1)更换 O 形密封圈 2)检查修理轻微的活塞与阀体之间划伤,严重划伤时要更换其组件 3)清洗检查处理液压缸自身故障
3	工作时升降液压缸自行缩回	1)液压缸自身有故障 2)液压缸上的液控单向阀可能失灵	1)解体清洗故障液压缸 2)更换损坏的密封圈、弹簧 3)单向阀和阀体之间的密封面清洗、研对,严重时更换其组件
4	前支腿液压缸动作缓慢和力量不够	溢流阀故障	1)弹簧损坏时,应更换 2)调节螺钉松动了,应拧紧并重调 3)如果阀动作不正常,则应更换阀芯总成
七、液压履带起重机(见图 7-63)			
1	液压系统中温度偏高	1)系统压力太高 2)油冷却系统故障 3)液压泵超载工作	1)调整安全阀压力 2)检修或更换元件 3)消除超额
2	液压马达有噪声及振动	1)吸进空气 2)气穴 3)连接太松或错位	1)排除空气,检查油箱油面 2)检查低压溢流阀及油的黏度 3)整位并紧固,检查密封及轴承
3	液压马达动作缓慢	1)油压不足,流量太低 2)油的黏度太大 4)液压马达磨损	1)按需要重新调整 2)提高油温,如油黏度仍太大,则应换油 3)检修或更换液压马达
4	液压系统中供油不足或油量过大	1)流量控制阀调整不当 2)安全阀、卸载阀调整不当 3)系统外漏	1)按需要重新调整流量 2)按需要重新调整安全阀、卸载阀的安全、卸载值 3)紧固连接接头,排除空气
5	工作装置动作不稳,管路剧烈振动	1)压力不稳定 2)系统中有空气 3)背压阀阀芯不灵活	1)调整安全阀,清洗过滤器或换新油 2)拧紧接头,排出空气,更换密封件 3)检修清洗背压阀或更换

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
6	液压油泡沫太多	1) 油号不对,黏度不合适 2) 安全阀磨损或损坏	1) 更换合适的液压油 2) 检修清洗安全阀或更换
7	软管破裂	1) 软管规格不对 2) 软管弯曲半径不合适	1) 换上符合规格的软管 2) 按正确的弯曲半径装设新管
8	转向速度不正常	1) 安全阀调整不当 2) 液压马达供油不足 3) 回转支承磨损	1) 重新调整安全阀 2) 清洗过滤器,排除漏损 3) 检查修复回转支承
9	各减速器发热或有响声	1) 润滑油面太低 2) 油封损坏、漏油 3) 齿轮磨损过大	1) 添加润滑油 2) 更换油封 3) 更换磨损齿轮
10	工作机构制动器打滑	1) 制动带与制动鼓间隙过大 2) 制动带有油污 3) 制动带磨损	1) 调整间隙 2) 清除油污 3) 更换制动带
11	行走机构行走不平稳	1) 履带张拉太紧或太松 2) 托带轮或支重轮损坏	1) 调整履带张紧度 2) 修复或更换托带轮、支重轮
12	履带跑偏或啃轨	1) 履带支架变形 2) 履带销轴严重磨损 3) 支重轮的凸缘磨损 4) 导向轨、支重轮中心不在同一直线上	1) 调整履带支架 2) 更换履带销轴 3) 检修或更换支重轮 4) 校正、调整导向轮和支重轮的中心,使其在同一直线上
13	履带板裂纹或损坏	由于工作场地有坚硬的物体,使某一节链板受局部压力所造成	应及时检查,修复或更换受损的履带链板

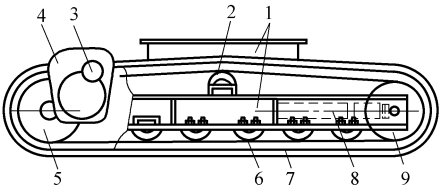


图 7-63 液压式履带起重机行走装置

1—行走架 2—托带轮 3—液压马达 4—减速器 5—驱动轮
6—支重轮 7—履带 8—张紧装置 9—导向轮

八、履带起重机电气系统

1	直流发电机不发电	1) 励磁回路断路或接触不良 2) 剩磁消失 3) 极性接错 4) 电枢与励磁绕组短路 5) 其他机构原因	1) 检查励磁绕组、变阻器等接线处是否松脱或接错,电刷弹簧是否松动 2) 进行充磁 3) 检查接线 4) 用毫伏表测试是否短路 5) 检查机械的有关连接部分
---	----------	---	--

(续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
2	电动机运转有异常响声	1) 轴承磨损过多 2) 铁心硅钢片松动	1) 更换轴承 2) 压紧硅钢片
3	电动机电刷跳火明显	1) 换向器表面不光滑、不圆, 电刷接触不良或表面过脏 2) 刷握装置松动或不正 3) 电刷与刷握配合太紧或压力不均 4) 中性面位移 5) 换向极短路或极向接反 6) 过载运行或载前波动大 7) 换向器片间云母凸出	1) 车光或用“00”砂纸打光换向器表面, 让电刷接触良好 2) 修正刷握装置 3) 调整弹簧压力 4) 调整中性面 5) 测试检查换向极线路 6) 控制电动机负荷 7) 挖修云母, 使之低于两换向片至少 0.5mm
4	电动机过热	1) 电动机超负荷 2) 通风不好 3) 转子与定子相摩擦 4) 轴承润滑不良	1) 降低负荷 2) 改善通风条件 3) 检查转子与定子间隙, 更换轴承 4) 加强润滑
5	电动机满载达不到额定转速	1) 转子电路中有接触不良处 2) 制动器未能全松角 3) 有机械卡阻处	1) 检查线路, 使之接触良好 2) 调整制动器 3) 消除卡阻物, 使之自由转动
6	制动电磁铁有噪声	1) 磁铁表面太脏、间隙过大 2) 磁铁的硅钢片松动 3) 电磁线圈有短路	1) 清除污物, 调整间隙 2) 压紧硅钢片 3) 检查线圈通路或重绕线圈
7	限位开关不起作用	1) 限位开关或电路有短路或断路 2) 控制线路接线有误	1) 查出短(断)路点, 加以排除 2) 找出接线错误处, 正确接线

第 8 章 起重机维护保养与检修

前面介绍了电葫芦式、桥（门）式、移动式等常用起重机的结构特征、机构原理及安全操作规程（包括排除各种故障的方法）等内容，但这些作为保证设备正常运行、延长使用寿命、确保安全生产、不断提高设备利用效率来说还远远不够，因此每个起重机司机都必须按维护保养规范，每天认真负责地做好日常保养、一级保养、二级保养、加足润滑油的工作，并积极参加设备的检测和维修作业。

8.1 电葫芦式起重机日常维护保养

8.1.1 日常维护（检查）

1) 新安装、经过大修、闲置一年以上后重新使用的电动葫芦起重机，使用前应根据有关安装试车的规定进行试车检查。

2) 根据月检要求，应对整机性能的噪声、满载起升机构及下降下滑、葫芦小车运行、大车起、制动、运行状态及制动、渗漏及绝缘等大项目进行检查，此外还应对各个零部件进行分项检查。检查的目的只有一个，即及时发现隐患，立即排除。一时解决不了的故障，留在检修处理。

按使用频繁程度及易损件等确定检查周期，一般分为三个等级：一级为每个月必须检查一次；二级为每三个月必须检查一次；三级为每六个月必须检查一次。检查的内容要求见表 8-1。

3) 年检查。正常工作的电动葫芦式起重机应每年进行一次全面的安全检查。检查的内容除了包含月检查的全部内容要求外，还应重点检查运行轨道状态、起重机桥架的主梁、端梁、运行机构及电动葫芦等检查。

年检与月检内容的不同之处在于检查的内容多了（年检 90 项，月检 78 项），且重点不一。月检是检各个组成部分磨损、变形、噪声、制动、电器接触及绝缘；年检除包括了月检内容外，还突出了对金属结构件中的主梁、端梁、起重机运行机构、电动葫芦及大车运行轨道状态的检查内容。年检内容要求，见表 8-2。

表 8-1 电葫芦式起重机月检表

序号	月检项目		月检查内容要求
1	整机性能	整机噪声检测	用声级计(分贝仪)检测起升、下降、运行时的噪声,声级计相当于听诊器,可通过测量噪声的大小来观察和分析各机构是否有异常
2		满载起升机构检查	在满载起升时,目测主梁或吊载是否有异常振动,倾听各机构是否有异常响声,如有可能,则手触各齿轮箱、电动机是否有异常发热,分析这些异常的原因,并排除这些异常现象。

(续)

序号	月检项目	月检查内容要求
3	满载下降下滑检查	满载下降中停车,观察下滑量是否太大,如下滑量太大,应及时调整起升制动器间隙,直到制动正常为止
4	葫芦小车运行检查	观察葫芦运行小车在横行中是否有爬坡吃力,运行打滑、车轮悬空、啃轨,甚至有轮缘爬轨等现象。如有上述现象,应检查主梁是否刚性太差,轨道面上是否有油污,运行小车制造、装配精度是否太差等
5	起重机(大车)起制动检查	检查起重机在起动、制动时,是否有明显的不同步现象,如有,应及时由同一人员调整大车运行制动器间隙,分别驱动的两个制动器根据手感一样地调整
6	起重机运行中的检查	察看起重机在运行中是否有异常蛇行、扭动、侧向滑移、歪斜跑偏、啃道、异常响声等现象,做好记录,查找原因
7	起重机运行中的制动检查	检查运行制动器制动动作是否灵敏,是否有刹不住车滑行距离太大的现象
8	检查起重机车轮的着力点(三条腿)	观察起重机的四个车轮中是否有悬空现象,运行中是否有个别车轮似转非转、出现三条腿的现象
9	渗漏检查	观看起升减速器、大小车运行减速器是否有渗、漏油现象
10	整机绝缘性能检查	用500V绝缘电阻表分别测量各机构主回路、控制回路(低压控制除外)对地的绝缘电阻均应 $\geq 0.5\text{M}\Omega$
11	表面涂装检查	察看起重机各部分表面是否有锈蚀、脱漆、损伤等缺陷
12	运行范围内的通过性检查	检查起重机整个运行范围是否有障碍物,起重机与土建侧面和顶面的间隙是否太小,与电灯、配线管及其他土建上物品是否有接触的危险,起重机与带电电源裸线是否靠得太近
13	运行止挡(阻进器)检查	阻进器是否有变化、损伤、脱离的危险,采用螺栓固定时,螺栓是否有松动,采用焊接固定时,焊缝是否有龟裂
14	轨道变形检查	从上下、左右方向检查整根轨道是否有异常的、已超过轨道安装技术要求的弯曲变形
15	轨道安装检查	检查轨道接缝处是否有变形,固定螺栓是否松动,轨道是否有侧面移动,焊缝是否有龟裂,垫板、连接板是否有松动
16	轨道磨损检查	检查运行轨道踏面和侧面,工字钢轨道翼缘踏面和翼缘端部是否有局部严重磨损部分或出现剥落和变形等现象
17	主、端梁焊缝检查	察看主梁、端梁上的焊缝是否有裂纹
18	主梁磨损与变形检查	检查主梁工字钢轨道翼缘踏面和侧端是否有严重磨损部分,翼缘是否有塑性变形(翼缘下塌部分)
19	主、端梁连接检查	主、端梁之间采用螺栓连接时,检查螺栓是否有松动
20	主梁上轨道检查	对于主梁上采用支承型轨道时,要检查轨道是否有异常弯曲变形,检查轨道压板连接螺栓是否有松动,检查焊缝是否是裂纹
21	检查主梁上的运行止挡	检查主梁上的小车运行止挡是否有变形、损伤、脱落的危险,连接螺栓是否有松动,焊缝是否有裂纹
22	检查主、端梁上的缓冲器	安装在主梁止挡上和端梁端部上的抗撞击的缓冲器及连接螺栓不得有松动,缓冲器不得有龟裂、破损、裂纹等缺陷
23	电动机发热检查	检查起升、运行电动机是否有过热现象,如果有,应分析原因是超载过多还是电压波动(降压)太大,或是起、制动过于频繁,制动间隙太小,制动轮与制动环(片或块)之间有摩擦
24	电动机结构性检查	检查起升、运行电动机是否起动勉强、噪声太大或有异常响声,如果有,应分析是否超载过多、电源电压过低、制动器未完全脱开或接线有虚接、断裂等原因

(续)

序号	月检项目		月检查内容要求
25	电动机 制动器	磨损状态检查	对于锥形制动电动机,应打开电动机罩观察锥形制动环或平面制动环的磨损状态,可以用手轴向推动风扇轮看窜动量是否太大,窜动量大证明磨损严重,窜动量不得大于 4mm,应能调整到窜动量为 1.5mm,否则应报废更换制动环;对于平面制动器、互块制动器的材料,当磨损量达到原始厚度的 50% 时应报废更换
26		制动性能检查	检查起升机构中制动器在重物下降时是否刹不住车,下滑太大;检查运行机构制动器在运行中是否刹不住车滑行太大,当有上述现象时,应及时调整制动器的制动性能
27		制动器电动机结构性检查	检查各制动器锁紧螺母(锥形制动器)是否有松动、电磁瓦块制动器连杆机构各铰接部分磨损状态、弹簧是否松动、是否制动时发出尖叫声,如果有尖叫声应检查制动轮与制动环(片或块等)之间是否有相对摩擦或接触不良等缺陷,弹簧是否有塑性变形
28	减 速 器	检查齿轮传动的声响	检查各传动机构的齿轮声响是否有异常,异常声响是由缺油润滑不良、齿轮、轴承磨损严重、齿面有磕碰外伤、齿轮加工和装配精度造成的
29		电动机结构性检查	检查各减速器连接或固定螺栓是否有松动,是否有漏油现象;检查起升减速器箱体是否有被吊钩偏摆砸裂现象(起升限位器失灵造成)
30	卷 筒 装 置	磨损状态检查	察看卷筒绳槽磨损状态,检查是否有异常磨损
31		卷筒外壳检查	察看卷筒外壳是否有外伤(当起升限位器失灵时最容易造成吊钩滑轮顶伤外壳)
32		导绳器检查	检查导绳器是否有破裂、空钩下降时钢丝绳能否顺利地由导绳器出绳口处排出
33		结构性检查	检查卷筒上压绳板是否松动、卷筒连接螺栓是否松动、导绳器连接螺栓是否松动、导绳器的导向滑块移动是否顺利
34	钢 丝 绳	断丝检查	观察钢丝绳是否有断丝现象,当断丝在一个导程之内断丝数超过钢丝绳总数的 10% 时应报废
35		磨损状态检查	钢丝绳磨损后的直径减小量不得超过公称直径的 7%,否则应报废
36		变形检查	因斜吊造成的挤伤变形或出现扭结的钢丝绳应报废
37		腐蚀检查	检查钢丝绳外表不得有锈蚀现象,钢丝径向磨损量达原直径的 40% 时应报废,外表应持有一定量的润滑油,但不得有过多的污物
38		空中扭转故障检查	观看钢丝绳在空中(特别是四绳以上者)是否有打花扭转现象,这是由于缠绕时钢丝绳未能在放松状态下进行缠绕造成的
39		结构性检查	对钢丝绳工作的重要部位和安全环节必须做到经常检查,如钢丝绳各固定部位是否有松动的危险,与滑轮、平衡滑轮接触部位不得缺油、啃绳
40	承 载 链 条	裂纹检查	应检查链环不得有裂纹,如有裂纹应报废
41		磨损状态检查	链环直径磨损达原直径的 10% 时应报废
42		变形检查	链条发生塑性变形伸长达原长度的 5% 时应报废
43	吊 钩 与 滑 轮	裂纹检查	吊钩、滑轮和滑轮外壳均不得有裂纹
44		磨损状态检查	吊钩钩口、滑轮槽均不得有异常的磨损,钩口磨损量超过原高 5% 时应报废
45		结构性检查	察看滑轮是否有破损,吊钩螺母是否有未锁紧的危险,外壳连接螺栓和挡轴板固定螺栓是否有松动危险,平衡滑轮固定螺栓是否有松动等
46		变形检查	吊钩钩口不得有异常变形
47		回转检查	检查链轮,滑轮能否灵活回转

(续)			
序号	月检项目		月检查内容要求
48	车轮	磨损检查	车轮踏面及轮缘内侧表面均不得有异常磨损
49		裂纹检查	车轮表面不得出现异常裂纹
50	传动轴与联轴器	变形检查	检查传动轴是否有变形、震动等现象
51		支承检查	检查传动轴支座螺栓是否有松动以及供油等情况
52	司机室	检查联轴器的 工作状态	察看联轴器的磨损状态、固定状态、运转状态等是否有异常
53		固定状态检查	检查司机室固定连接螺栓是否有松动,采用焊接连接时焊缝是否有裂纹
54		工作状态检查	通风、取暖、照明等是否正常合理,司机室是否摇晃严重
55	标牌	检查醒目度、项目	观察标牌位置是否合理、清晰醒目,项目是否齐全
56		检查固定状态	检查吨位牌、铭牌固定螺栓或铆钉是否有松动
57	电源引入装置	馈电裸滑线安全 检查	检查起重机馈电裸滑线与周围设备的安全距离是否符合有关规定要求,是否有相应的安全保护措施
58		滑线面检查	察看滑线的滑触面是否有腐蚀、锈蚀缺陷,如有应及时用钢刷、砂纸打磨,以保证导电性能
59		绝缘装置检查	检查滑线的支撑绝缘子不得有破损,连接部位不得松动
60		检查软缆引入 装置	当电源采用软缆引入时,应检查支撑软缆的拉紧钢丝(或钢丝绳)的磨损状态和张紧状态
61		滑触线安全标志 检查	检查供电主滑线(电源滑线)在非导电接触间是否涂有红色油漆安全标记,在适当位置是否装置有表示带电的指示灯
62	集电器	磨损状态检查	检查集电器滑轮、销轴或吊线环的磨损状态,不得有异常磨损
63		固定状态检查	集电器与电缆的连接螺栓不得有松动,集电器的绝缘体,固定应安全可靠
64		集电器滑轮回转 状态检查	集电器滑轮应能灵活而平稳地回转,如有摩擦声响或回转困难应及时供油润滑
65		集电器弹簧检查	集电器的弹簧不得因生锈或疲劳而丧失弹力
66	机内接线	机内接线外表 检查	从集电器至电动机和各电器的配线称之为机内接线,机内接线包括橡胶软缆配线,所有的配线不得有外伤
67		固定连接检查	所有的电器固定连接螺栓不得有松动,所有的机内配线固定连接螺栓不得有松动,配线管在机体上的固定要牢固
68		软缆移动检查	检查作为电源引入的软缆在移动中是否有异常弯曲和扭转
69		扁电缆伸缩性能 检查	检查扁电缆是否因材质或老化伸张改缩困难,柔软性是否变差
70	电磁接触器	触点及铁心检查	打开电磁开关箱,察看触点和铁心是否有异常磨损损伤、铁心端面是否平整清洁
71		配线固定检查	检查各配线固定螺钉是否有松动
72		接触器动作检查	动作应灵敏可靠,触点接触紧密,无粘连、卡阻故障
73	手电门	外观检查	按钮标志应明显,手电门开关盒无外伤
74		结构性检查	手电门悬挂软缆上下端连接部位附近不得出现破损,联锁应无故障,内部绝缘要完全可靠,不得有断线等故障
75		动作检查	检查起升限位开关动作是否灵敏安全可靠
76		触点检查	检查开关的触点是否有损伤和磨损状况,损伤严重、磨损严重时应及时更换,以保证安全使用
77		配线固定检查	检查接线固定连接螺钉是否有松动
78		限位位置检查	吊钩滑轮组起升至上极限位置,起升限位开关应能立即动作,此时吊钩滑轮阻最高距卷筒最低点距离应保证有 50mm 以上的距离

表 8-2 电葫芦式起重机年检表

检查项目			检修标准	
运行轨道	起重机运行轨道状态	1	轨道踏面清洁状态	不得集聚灰尘、铁屑,也不得附有油污和污水
		2	轨道跨度检测	支承型轨道: $s \leq 10\text{m}$ 时, $\Delta s = \pm 2\text{mm}$; $s > 10\text{m}$ 时, $\Delta s = \pm [3 + 0.25(s - 10)]\text{mm}$; 梁式悬挂起重机轨道; $\Delta s = \pm 3\text{mm}$ (s ——跨度, Δs ——跨度偏差)
		3	轨道倾斜度	$\leq 1/1000$
		4	同一截面两轨道标高差	3 ~ 5mm
		5	同一侧轨道支撑点标高差	$\leq L/1000$ (L ——支撑点间距)
		6	轨道接缝间距	接缝间距 $\leq 2\text{mm}$
		7	轨道裂纹与变形检查	轨道不得有裂纹和塑性变形
		8	轨道接缝错位检查	踏面上下、左右相错不得 $\leq 1\text{mm}$
		9	轨道踏面疲劳检查	轨道踏面不得有剥落疲劳破坏
		10	轨道磨损检查	支承型轨道;磨损量 $\leq$ 原尺寸的 10% ; 悬挂型轨道;踏面磨损量 $\leq$ 原尺寸的 10% ; 宽度均 $\leq$ 原尺寸的 5%
		11	轨道固定安装检查	螺栓不得有松动;焊缝不得有裂纹
起重机桥架	主梁	12	主梁外观安全技术检查	不得有外观和异常变形;锈蚀量 $\leq$ 原板材厚度的 10% ; 漆层不得有剥落
		13	焊缝安全技术检查	焊缝不得有裂纹
		14	主梁跨中上拱度检查	上拱度 $F = (0.9 \sim 1.3)s/1000$
		15	主梁旁弯检查	旁弯值 $f \leq s/2000$
		16	主梁葫芦运行轨道的磨损状态检查	对于主梁工字钢轨道,踏面磨损量 $\leq$ 原尺寸的 10% ,宽度磨损量 $\leq$ 原尺寸的 5% ;对于葫芦双梁小车轨道,采用轻轨或方钢轨道时,踏面和侧面磨损量 $\leq$ 原尺寸的 10%
		17	主梁工字钢轨道翼缘局部弯曲变形	工字钢主梁其承载翼缘不得有明显的下塌塑性变形
		18	葫芦双梁小车轨距检查	小车轨距为 $\pm 3\text{mm}$
		19	起重机运行轨道固定安装检查	采用螺栓固定连接轨道时,螺栓不得有松动;采用焊接固定轨道时,焊缝不得有裂纹
	端梁	20	端梁外观安全技术检查	不得有外伤和异常变形,锈蚀量 $\leq$ 原材料厚度的 10% ,漆层不得有剥落
		21	焊缝安全技术检查	焊缝不得有裂纹
		22	轮距偏差	当轮距 $K \leq 2.5\text{m}$ 时,其轮距偏差 $\Delta K = \pm 3\text{mm}$; 当轮距 $K > 2.5\text{m}$ 时,其轮距偏差 $\Delta K = 5\text{mm}$
	起重机运行机构	23	运行电动机异常检查	电动机不得有起动力勉强、噪声太大或有异常声响
		24	运行制动器检查	制动器应安全可靠灵敏 当制动器零部件出现下列情况时应报废更换:裂纹;制动环或制动片等材料磨损量达原厚度的 50% ;弹簧出现塑性变形;小轴或轴孔直径磨损量达原直径的 5% 制动轮的制动摩擦面不应有妨碍制动性能的缺陷或沾染油污 当制动轮轮缘厚度磨损达原厚度的 50% 、轮面凸凹不平达 1.5mm 时应报废
		25	运行减速器安装状态	固定连接螺栓不得有松动
		26	运行减速器外观检查	外壳不得有外伤、破损

(续)

检查项目			检修标准
起 重 机 运 行 机 构	起 重 机 桥 架	27	运行传动齿轮安全技术检查 当齿轮出现下列情况之一时应报废： 齿轮出现裂纹； 齿轮出现断齿； 齿面点蚀损坏达啮合面的 30% ,且深度达原齿厚的 1% ； 第一级啮合齿轮磨损达原齿厚的 15% ,其他级啮合齿轮齿厚磨损达原齿厚的 25% ,开式齿轮达原齿厚的 30%
		28	运行减速器密封检查 不得有渗、漏油现象
		29	键连接检查 键及键槽不得有松动、变形
		30	轴的磨损状态 磨损量应 $\leq$ 原轴径的 2%
		31	轴承的检查 检查是否涂有油脂、不得有破损、安装不得有松动
		32	油封检查 不得有老化变质；与轴或孔的接触面不得有损伤
		33	齿轮联轴器检查 出现下列情况之一时应报废： 裂纹； 断齿； 齿厚的磨损达原齿厚的 20%
		34	齿轮表面安全技术检查 出现下列情况之一时应报废： 裂纹； 轮缘厚度磨损量达原厚度的 50% ； 轮缘厚度弯曲变形达原厚度的 20% ； 踏面厚度磨损达原厚度的 15% ； 当运行速度 $\leq 50\text{m}/\text{min}$ 时，圆度达 1mm ； 当运行速度 $> 50\text{m}/\text{min}$ 时，圆度达 0.5mm
		35	两侧车轮直径差 踏面直径差 $\leq 1\%$
		36	车轮轴的磨损状态 磨损量 $\leq$ 原轴径的 2%
		37	轴承检查 不得有破损或裂纹
电 动 葫 芦	制 动 器	38	跨度偏差 Δs $s \leq 10\text{m}; \Delta s = \pm 2\text{mm};$ $s > 10\text{m}; \Delta s = [2 + 0.1(s - 10)]\text{mm}。$ 且 $\Delta s_{\text{max}} = \pm 10\text{mm}$
		39	桥架对角线差 同侧轮距 $W \leq 3\text{m}; E_1 - E_2 \leq 5\text{mm};$ $W > 3\text{m}; E_1 - E_2 \leq 6\text{mm}$ (E_1, E_2 为对角车轮距离)
		40	车轮着力点高度差 Δh $s \leq 10\text{m}; \Delta h = \pm 2.5\text{mm};$ $10 < s \leq 15\text{m}; \Delta h = \pm 3.5\text{mm};$ $15 < s \leq 20\text{m}; \Delta h = \pm 4.5\text{mm};$ $20 < s \leq 25\text{m}; \Delta h = \pm 5.5\text{mm}$
		41	电动机温升检查 对于 E 级绝缘的电动机温升不得超过 115℃
		42	电动机异常检查 检查电动机是否有起动勉强或有异常声响
电 动 葫 芦	制 动 器	43	制动性能检查 制动性能应安全可靠,刹车灵敏
		44	制动器零件安全技术检查 出现下列情况之一时应报废： 裂纹； 制动衬料(平面制动环、锥形制动环或瓦块式制动片)厚度磨损达原厚度的 50% ； 弹簧(螺旋式、碟形弹簧等)出现塑性变形； 销轴或轴孔直径磨损达原直径的 5%

(续)

检查项目			检修标准
电 动 葫 芦	制 动 器	45	制动轮安全技术检查 制动轮的制动摩擦面不应有妨碍制动性能的缺陷或沾染油污 出现下列情况之一时应报废： 裂纹； 起升制动轮轮缘厚度磨损达原厚度的 40%，运行制动轮磨损达原厚度的 50%； 轮面凸凹不平度达 1.5mm
		46	安装状态检查 连接螺栓不得有松动
	减 速 器	47	减速器外观检查 不得有破损缺陷
		48	密封质量检查 不得有渗油、漏油现象
		49	异常检查 不得有异常声响、异常发热
		50	齿轮安全技术检查 出现下列情况时应报废： 裂纹； 断齿； 齿面疲劳点蚀损坏达啮合面 20%，深度磨损达原齿厚的 5%； 齿轮齿厚磨损达原齿厚的：第一级齿轮起升齿轮为 10%，运行齿轮为 15%，其他级齿轮起升为 15%，运行为 20%，开式齿轮为 25%
		51	减速器其他零件检查 键连接不得有松动变形 齿轮轴的磨损量≤原轴径的 1% 其他轴的磨损量≤原轴径的 2% 轴承不得有裂纹和破损 油封不得老化变质，与轴孔的接触面不得有损伤
	卷 筒 装 置	52	钢丝绳尾端固定状态检查 卷筒上钢丝绳尾端压板螺栓不得有松动和异常
		53	导绳器工作状态检查 当空钩下降时，钢丝绳应能自由地从导绳器的出绳口排出
		54	卷筒检查 出现下情况之一时应报废： 裂纹； 筒壁磨损达原壁厚的 20%
	滑 轮	55	滑轮槽外观检查 滑轮槽应光洁平整，不得有损伤钢丝绳的缺陷
		56	铸造滑轮安全技术检查 出现下列情况之一应报废： 裂纹； 轮槽不均匀磨损达 3mm； 轮槽壁厚磨损达原壁厚的 20%； 因磨损使轮槽底部直径减少量达钢丝绳直径的 50%； 其他有损害钢丝绳的缺陷
	钢 丝 绳	57	钢丝绳润滑状态检查 钢丝绳应保持良好的润滑状态
		58	钢丝绳安全技术检查 根据 GB/ T 5972，钢丝绳的安全程序检查与报废内容主要有以下十一个方面：①断丝的性质与数量；②绳端断丝；③断丝的局部聚集；④断丝的增加率；⑤绳股断裂；⑥绳股损坏引起的绳径减小；⑦弹性减小；⑧外部和内部磨损；⑨外部和内部腐蚀；⑩变形；⑪由于热或电弧造成的损坏
承 载 链 条		59	链条外观检查 不得有明显的腐蚀
		60	链条安全技术检查 出现下列情况之一时应报废： 裂纹； 发生塑性变形，伸长达原长度的 5%； 链环直径磨损达原直径的 10%

(续)

检查项目			检修标准
电 动 葫 芦	吊钩	61 吊钩安全技术检查	出现下列情况之一时应报废： 裂纹； 危险断面磨损达原尺寸的 5%； 开口度比原尺寸增加 15%； 扭转变形超过 10°； 危险断面或吊钩顶部产生塑性变形
	葫芦运行车轮	62 车轮安全技术检查	出现下列情况之一时应报废： 裂纹； 轮缘厚度磨损达原厚度的 50%； 踏面磨损达原踏面最大直径的 50%
		63 轮缘与工字钢翼缘的间隙极限	最大间隙不得大于车轮踏面宽度的 50%
电 气 部 分	电源引入装置	64 馈电裸滑线安全检查	年检要求同月检的 57、58、59、60、61 项
		65 滑触面检查	
		66 绝缘装置检查	
		67 软缆引入装置检查	
		68 滑触线安全标志检查	
	集电器	69 磨损状态	年检要求同月检的第 62、63、64、65 项
		70 固定状态	
		71 集电滑轮回转状态	
		72 集电器弹簧检查	
	机内接线	73 接线外表检查	年检要求同月检的 66、67、68、69 项
		74 固定状态	
		75 软缆移动检查	
		76 扁电缆伸缩性能检查	
	电磁接触器	77 触点和铁心检查	年检要求同月检的 70、71、72 项
		78 配线固定状态	
		79 接触器动作检查	
	手电门	80 外观检查	年检要求同月检的 73、74 项
		81 故障与异常检查	
试 车	空载试车	82 动作检查	年检要求同月检的 75、76、77、78 项
		83 触点检查	
	额定负荷试验	84 配线固定状态	
		85 限位位置检查	
		86 空载试运转	
		87 安全装置检查	
		88 额定负荷试验	
	超载试验	89 超载试验	主梁垂直下挠不得超过各种葫芦式起重机相应标准中的规定值 超载 25% 起吊载荷, 卸载后主梁不得有永久变形、裂纹、油漆剥落、松动、损坏等现象
		90 动载试验	起吊 1.1 倍额定载荷于跨中, 只做起升、下降和大车运行, 在规定时间内各机构动作应灵活、平稳可靠无异常

- 4) 为确保电动葫芦的可靠性与寿命, 必须对葫芦进行定期润滑和维护保养。
- 5) 钢丝绳的使用、保养和报废: 钢丝绳是电动葫芦起升机构的关键组成部分, 它直接影响电动葫芦的安全使用, 常因磨损、断丝而报废, 因此必须始终处于良好的润滑状态, 并应定期检查其末端的固定情况。

8.1.2 日常保养

- 1) 操作手柄或控制箱: 操作按钮的接触点应保持良好的接触, 操作手柄或控制箱的外绝缘符合安全操作要求, 不应有使操作人员感电的可能。
- 2) 动力电缆: 电缆的外绝缘符合电缆安全技术要求, 滑线移动不受阻碍, 挂接牢固。
- 3) 运行轨道: 轨道梁固定压板齐全, 螺栓不应有松动现象, 轨道的磨损量不超过技术标准要求的极限值。
- 4) 钢丝绳: 对钢丝绳进行定期润滑保养, 钢丝绳表面应保持清洁, 钢丝绳断丝数和拉伸磨损量应在技术标准控制范围内。
- 5) 减速机: 对减速机的润滑油进行化验, 确保油质符合要求, 油位保持在规定的范围内, 检查各部密封点, 密封良好不漏油。
- 6) 限位器: 对上升极限位置限位器和下降极限位置限位器进行调试, 保持限位器处于良好的运行状态, 能够有效动作。
- 7) 制动器: 调整制动环的间隙, 使制动环的间隙均匀, 更换不合格的衬垫; 检查制动环的各连接件是否连接牢固可靠, 各部件的力学性能均符合技术要求。
- 8) 吊钩: 检查吊钩的主要受力断面的磨损量是否超出安全使用标准, 不符合标准要求的吊钩不准“带病”运行, 必须更换。
- 9) 端部止挡器: 检查端部止挡器应固定牢固, 螺栓不应有松动现象, 止挡器的材料不应有老化或疲劳和变形现象。
- 10) 电动葫芦要设立专人操作及维护, 不能谁需要谁操作。
- 11) 应区分常规与特殊环境下的使用及维护。严格按照安全技术要求进行操作、维护保养。

8.2 桥(门)式起重机维护保养、检修、润滑及漏油处理

桥(门)式起重机运行状态直接关系到人身及设备安全, 所以做好起重机的检查与维护工作是企业安全生产管理的重点, 也是确保起重机安全运行的重要环节。

8.2.1 桥(门)式起重机的检查制度

确保桥(门)式起重机安全运转的首要任务是做好起重机的检查工作和建立如下的检查制度。

1) 日(班)检制度。日(班)检制度应与司机交接班制度结合进行,主要由交接班司机共同对起重机的重要机、电零部件(如吊钩、钢丝绳、各机构制动器、控制器、各机构限位器及各种安全开关)动作是否灵敏、可靠等进行检查,并于下班前15min清扫设备,保持良好的卫生环境。

2) 周检制度。周检制度是指由操纵该起重机的几位司机在每周末共同对起重机进行全面检查,其检查内容包括对各机构传动零部件、保护柜的各电气元件、操作电器及其连接部分的紧固状况逐个进行检查。检查完毕后清扫设备,保持良好的卫生环境。

3) 月检制度。月检制度要求起重机司机与维修人员(电工、钳工)共同对起重机进行检查,包括对各机械传动机构、电气设备及电气装置、桥架结构进行检查,对各主要机、电零部件拆解并详尽检查,对存在的破损件应及时更换,对于尚未达到报废标准还能工作的机、电零部件应制订预修计划,为下一期的检查保养工作做好准备。

4) 半年检查制度。半年检查制度可与起重机的一级保养结合起来,由司机与维修人员共同进行,在全面拆检整台起重机的同时,对起重机各部分进行维护和保养,完成预期安排的机、电修理工作,以确保起重机的机械、电气和金属结构处于完好状态。

5) 年度检查制度。年度检查制度可与起重机的二级保养结合起来进行,除半年检的全部内容外,还应检查金属构件有无裂纹、焊缝有无锈蚀及大小车轮磨损状况,测量大车跨度及大车轨道跨度差,测量主梁的静挠度并进行静、动负荷试车,对起重机进行全面润滑。

8.2.2 桥(门)式起重机的维护修理制度

1) 事故性修理。一般是指在日常检查和维护时未能发现而突然出现的机件损坏事故。对于这种突发生的机件损坏,必须停机检修。因为它不仅影响生产,而且危险性极大,有时甚至会造成人身或设备事故,所以要求检查制度必须健全,计划预修要有科学性。应该尽可能将这种突发性事故发生的概率降低到最低限度,最好杜绝其发生。

2) 预见性修理。预见性修理往往与起重机的检查和维护保养工作结合起来进行,通常是在前一期检查和保养时发现零部件出现了问题或征兆,或有破损趋势,在不影响安全生产的前提下,可在两相邻检查保养间隔期内,做好零部件的准备工作,在进行下一周期的检查和保养时予以更换解决。

3) 计划性修理。计划性修理是维护保养起重机的中心环节,是指根据起重机的工作状况和各种机构的负荷情况,对起重机的保养修理内容和时间做出计划,并按计划实施。

8.2.3 桥(门)式起重机的维修保养制度

目前,我国尚无统一的维修保养制度,有的采用小修、中修、大修制度,也有的采用一级保养、二级保养和大修理的维修保养制度。不管哪种方法,都离不开日常保养和润滑保养,因为它们的基础,是根本。下面主要介绍日常保养,一、二级保养,大修理内容及润滑保养维护。

1. 日常保养

- 1) 清扫司机室和机身上的灰尘和油污。
- 2) 检查制动器的间隙是否符合要求。
- 3) 检查联轴器上的键及连接螺栓是否紧固。
- 4) 检查警报系统和安全装置是否符合标准的要求。
- 5) 检查制动衬及钢丝绳的磨损情况。
- 6) 检查控制器的触头是否密贴吻合
- 7) 做好日常保养记录, 包括检查维护人员和设备故障状况及维护状况。若遇紧急情况应及时上报, 安排相应的检修, 并根据设备运行状况建议进行其他保养或维护。

2. 一级保养

- 1) 一级保养每月进行一次。
- 2) 给滚动轴承加润滑油。
- 3) 检查控制屏、保护盘、控制器、电阻器及各接线座的接线螺钉是否紧固。
- 4) 检查所有线路的绝缘情况。
- 5) 检查减速器的油量、制动液压电磁铁的油量及润滑情况。
- 6) 对设备的防腐材料更新或补涂。
- 7) 对重要的部件进行更换或无损检测, 保养后要进行试运行。
- 8) 根据此情况提出二级保养计划, 并记录检查维护状况。

3. 二级保养

- 1) 二级保养时间应半年进行一次。
- 2) 对所有滚动轴承进行清洗, 并清除油污, 加足润滑脂。
- 3) 检查所有电气设备的绝缘情况。
- 4) 检查控制屏、保护盘、控制器、电阻器及各接线座的接线螺钉是否紧固。
- 5) 检查减速箱的油量及液压电磁铁油量与润滑状况, 并及时更新或补足油量。
- 6) 检查钢丝绳及易损件的状况, 并及时更换。
- 7) 对重要部件进行检查或无损检测, 必要时及时更换。
- 8) 检查防腐状况, 并及时更新或补涂。
- 9) 检查钢丝绳接头及在卷筒上的固定状况。
- 10) 做好检修及保养记录, 并签字。同时对设备状况进行评估, 必要时进行大修或报废处理。
- 11) 对于超期服役的零部件, 保养时间要缩短, 并及时监控和做出评估。

4. 大修理内容

1) 将机械部分的各机构, 包括减速器、联轴器、卷筒组、车轮组及取物装置等部件全部分解, 更换损坏件和已达到报废标准的零部件, 清洗后重新装配并加油润滑。更换钢丝绳、各机构制动器及其打开装置。

2) 对各机构电动机应进行分解、烘干, 组装并加油润滑; 更换破损严重的电动机; 更换各机构制动器的打开装置; 更换各机构中破损的凸轮控制器; 检修或更换保护

柜；更换全部线路的接线，重新配线安装；更换照明信号系统的控制板等。

3) 对于金属结构部分，对已经出现下挠或旁弯的主梁进行矫正修理并加固；把整台起重机全部清洗干净并涂两遍保护漆。

4) 经大修理后的起重机要进行调试，再经静、动负荷试车程序鉴定，合格后方可准许投入生产使用。

5. 润滑保养

设备中任何可动的零部件，在其做相对运动的过程中，相接触的表面都存在着摩擦现象，因而造成零部件的磨损，其后果是导致设备运转阻力增大、运转不灵活、寿命降低、工作效率下降。

润滑就是在具有相对运动的两物件接触表面加入第三种物质（润滑剂），达到控制和减少摩擦，从而使设备正常转动，延长零部件使用寿命，提高设备的工作效率，这就是润滑保养的目的。

润滑的原则：凡是有轴和孔、属于动配合部位及有相对运动的接触面的机械部分，都要定期进行润滑。

由于起重机的工作场合、工作类型不同，因此对各润滑部位的润滑周期应灵活确定。在高温环境中工作的起重机一般应在经常检查的同时就进行润滑，所以润滑周期应较短，以保证起重机的正常运转。

正确地选择润滑材料是搞好润滑工作的基本条件。

采用适当的方法和装置把润滑材料送到润滑部位是搞好润滑工作的重要手段，对提高设备工作性能及使用寿命起着极为重要的作用。

起重机各机构的润滑方式分为分散润滑和集中润滑两种。

中小型起重机一般采用分散润滑。润滑时使用油枪或油杯对各润滑点分别注油。分散润滑的优点是：结构简单、润滑可靠、维护方便；所用润滑工具易于购置，规格标准，成本较低等。缺点是：润滑点分散，添加油脂时要占用一定时间；外露点多，易受灰尘覆盖或异物堵塞等。

大起重量吊车及冶金专用起重机多采用集中润滑。集中润滑分手动泵加油和电动泵集中加油两种。集中润滑可以定时定量润滑，从一个地方集中供应多个润滑点，直接或间接地减少维护工作量，提高安全程度和保持环境卫生。缺点是：结构复杂、成本高。

润滑点的分布：①吊钩滑轮轴两端的轴承及吊钩螺母下的推力轴承；②定滑轮组的固定心轴两端（在小车架上）；③钢丝绳；④卷筒轴的轴承；⑤各减速器的齿轮及轴承；⑥各齿轮联轴器的内外齿套；⑦各轴承箱（包括车轮组角型轴承箱）；⑧各制动器的销轴处；⑨各制动电磁铁的转动铰接轴孔；⑩各接触器的转动部位；⑪大、小车集电器的铰链销轴处；⑫各控制器的凸轮、滚轮的铰接轴孔；⑬各限位开关、安全开关的铰接轴孔；⑭各电动机的轴承；⑮抓斗上、下滑轮轴承，导向滚轮及各铰接轴孔。

润滑材料分为润滑油、润滑脂和固体润滑剂三大类。①润滑油是应用最为广泛的液体润滑剂，吊车上常用的润滑油有全损耗系统用油、齿轮油、气缸油等。②润滑脂是指胶状润滑材料，俗称黄油、干油，它是由润滑油和稠化剂在高温下混合而成的，实际上

是稠化了的润滑油，有的润滑脂还加有添加剂。③固体润滑剂常用的有二硫化钼、石墨、二硫化钨等。

润滑油的主要性能指标是润滑油的黏度，它表示润滑油油层间摩擦阻力的大小，黏度越大，润滑油的流动性越小，越黏稠。全损耗系统油牌号与黏度见表 8-3。从表 8-3 中可以看出，润滑油新标准的牌号就是润滑油在 40℃ 时黏度的平均值。如 AN46 的黏度就是 $41.4 + 50.6$ 的平均值（92/2）。

表 8-3 全损耗系统油牌号与黏度

牌号	原机械油 旧牌号	黏度/ $\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$	牌号	原机械油 旧牌号	黏度/ $\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$
L - AN5	4	4.14 ~ 5.06	L - AN32	20	28.8 ~ 35.2
L - AN7	5	6.12 ~ 7.48	L - AN46	30	41.4 ~ 50.6
L - AN10	7	9.00 ~ 11.0	L - AN68	40	61.2 ~ 74.8
L - AN15	10	13.5 ~ 16.5	L - AN100	50	90.0 ~ 110
L - AN22	14	19.8 ~ 24.2	L - AN150	80	135 ~ 165

润滑脂的主要性能指标是工作锥入度（或称针入度），它表示润滑脂内阻力的大小和流动性的强弱。工作锥入度小则润滑脂不易被挤跑，易维持油膜的存在，密封性能好，但因摩擦阻力大而不易充填较小的摩擦间隙。重载时应选用工作锥入度小的润滑脂，即硬的润滑脂；轻载时应选用工作锥入度大的润滑脂，即软的润滑脂。对于用油泵集中给润滑脂的设备所使用的润滑脂，工作锥入度一般不应小于 27mm，太小了泵送有困难。

润滑脂的另一性能指标是滴点，指润滑脂受热后开始滴下第一滴时的温度，它是表示润滑脂耐热性能的，一般使用温度应低于滴点 20 ~ 30℃，甚至 40 ~ 60℃，以保证润滑的效果。

起重机上常用的润滑脂有钙基、钠基、（复合）铝基、锂基等种类。钙基润滑脂耐水性好，耐热能力差，适用于工作温度不高于 60℃ 的开式与空气、水汽接触的摩擦部位上。钠基润滑脂对水较敏感，所以在有水或潮湿的工作条件下，不要用钠基润滑脂。但钠基润滑脂比钙基润滑脂的耐温高，可在 120℃ 温度下工作。（复合）铝基润滑脂有抗热、抗潮湿的特性，没有硬化现象，对金属表面有良好的保护作用。锂基润滑脂有良好的抗水性，可适应 20 ~ 120℃ 温度范围内的高速工作。石墨钙基润滑脂有极大的抗压能力，能耐较高温度，抗磨性好。

起重机上常用润滑脂的牌号及其性能见表 8-4，起重机典型零部件的润滑材料及添加时间见表 8-5。

表 8-4 起重机上常用润滑脂的牌号及其性能

名称	代号、型号	工作锥入度/ $\times 10^{-1}\text{mm}$	滴点($\geq$)/℃
钙基润滑脂 (GB/T 491—2008)	1 号	310 ~ 340	80
	2 号	265 ~ 295	85
	3 号	220 ~ 250	90
	4 号	175 ~ 205	95

(续)			
名称	代号、型号	工作锥入度/ $\times 10^{-1}$ mm	滴点($\geq$)/ $^{\circ}\text{C}$
复合钙基润滑脂 (SH0370—1995)	ZFG—1	310 ~ 340	180
	ZFG—2	265 ~ 295	200
	ZFG—3	220 ~ 250	220
	ZFG—4	175 ~ 205	240
钠基润滑脂 (GB 492—1989)	ZN—2	265 ~ 295	160
	ZN—3	220 ~ 250	160
通用锂基润滑脂 (GB 7324—2010)	1 号	310 ~ 340	不低于 170
	2 号	265 ~ 295	不低于 175
	3 号	220 ~ 250	不低于 180
合成复合铝基润滑脂 (SH/T 0378—1992)	ZFU—1H	310 ~ 340	235
	ZFU—2H	265 ~ 295	235
	ZFU—3H	220 ~ 250	235
	ZFU—4H	175 ~ 205	235
石墨钙基润滑脂 (SH/T 0369—1992)	ZC—5	—	80

表 8-5 起重机典型零部件的润滑材料及添加时间

零部件名称	期限	润滑条件	润滑材料
钢丝绳	1 ~ 2 个月	1) 润滑脂加热到 80 ~ 100 $^{\circ}\text{C}$ 浸涂, 至饱和为宜 2) 不加热涂抹	1) 钢丝绳麻芯脂 2) 涂合成石墨钙基润滑脂或其他钢丝绳润滑脂
减速器	新使用时每季度换油一次, 以后可每半年至一年换油一次	夏季 冬季(不低于 - 20 $^{\circ}\text{C}$)	L—CKD 齿轮油
齿轮联轴器	每月一次	1) 工作温度在 - 20 ~ 50 $^{\circ}\text{C}$ 2) 高于 50 $^{\circ}\text{C}$ 3) 低于 - 20 $^{\circ}\text{C}$	1) 采用以任何元素为基体的润滑脂, 但不能混合使用, 冬季宜用 1 号、2 号; 夏季宜于 3 号、4 号 2) 用通用锂基润滑脂, 冬季用 1 号, 夏季用 2 号 3) 采用 1 号、2 号特种润滑脂
滚动轴承	3 ~ 6 个月一次		
滑动轴承	酌情而定		
卷筒内齿圈	每大修时加油一次		
电动机	年修或大修	一般电动机	合成复合铝基润滑脂
		H 级绝缘和湿热地带	3 号通用锂基润滑脂
开式齿轮	半月一次, 每季或半年清洗一次	—	开式齿轮油
液压电磁铁或液压推杆	每年换油一年	1) 高于或等于 - 10 $^{\circ}\text{C}$ 2) 低于 - 10 $^{\circ}\text{C}$	1) 25 号变压器油 2) 10 号航空液压油

润滑保养必注意以下几点:

- 1) 润滑剂在使用过程中必须保持清洁。使用前查看仔细, 发现杂质或脏物时不能使用, 使用过程中发现已变质失效时, 应及时更换。
- 2) 温度较高的润滑点要增加润滑次数, 并应设置隔温或冷却装置。
- 3) 不同牌号的润滑脂不能混合使用。

4) 没有注油点的转动部位可用加油工具把油加进各转动缝隙中去,以减少磨损。如有可能在检修中加改注油孔。

5) 潮湿地方不应选用钠基润滑脂,因其吸水性强而易失效。

6) 更换油脂时,务必做到彻底除旧换新,清洗干净,封闭良好。

8.2.4 桥式起重机的维修实例

编者曾在一家年产60万t的水泥厂工作过,其联合储库安装有四台跨度为28.5m、抓斗10t的双梁桥式起重机,在使用过程中工人师傅们反映小车吊载向两端行走费劲(电动机运转时发出吭哧吭哧的声响)。在停机期间,用水准仪测量起重机主梁的上拱度值时发现:一台起重机主梁的上拱度值为+10mm和+8mm;另一台起重机主梁的上拱度值为-22mm和-25mm,说明此台起重机主梁的下挠接近极限,其余两台起重机主梁的上拱度值分别为-16mm、-15mm和-25mm、-17mm。使用水管连通器和测拱器测量的结果都差不多。

这三台双梁桥式起重机的主梁下挠变形原因有以下四个方面:

1) 结构应力的影响。起重机金属结构的各个部件存在着不同方向与性质的应力,这些应力有的来自于载荷作用,有的则由制造的工艺和焊接焊缝及其附近的金属不均匀的收缩而产生的。起重机在使用过程中,这些应力趋于均匀化以致消失,从而引起结构塑性变形。

2) 起重机运输、存放及吊装的影响。此例中桥架为长而大的结构件,塑性很大,不合理的运输、存放、起吊和安装都能引起桥架结构的变形。

3) 使用方面的影响。起重机是在一定条件下设计的,超载和不合理的使用都将引起桥架变形。本例中联合储库的隔仓虽然打掉了,但其根基的钢筋没有完全清除干净,留有残根弯在仓底,当料少时抓斗会抓到残根而将钢丝绳崩断(司机夜晚干活时,在粉尘大且照明设施又不好的情况下难免发生崩断钢丝绳事故)。

4) 高温影响。水泥熟料在窑内的温度是1400℃,经冷却机冷却后到联合储存料仓的温度最低是600℃,有料色呈红暗色(A3钢的屈服极限 σ_s 在600℃以上接近于零)。

矫正主梁变形的有三种:火焰矫正加固法,预应力矫正法和综合法(即预应力矫正法加上火焰矫正加固法)。鉴于现场条件的限制,此例采用预应力矫正法修理三台主梁变形的起重机。

因为本例在修理时采用的是现场不停电施工,所以要格外注意安全问题,应该做到严格落实相关安全措施并做好监督检查工作。同时,起重作业人员与设备修理人员应该统一指挥,统一调度,发现安全问题及时沟通、改正。

8.2.5 减速器漏油的维修

根据实际情况和工作环境的不同,对于减速器漏油提出以下几种处理方案。

1) 在减速器的壳体结合面加垫或加铅丝的方法。这种方法容易增大轴承孔的径向间隙,使轴承不易被压紧,从而容易产生定位不好。

2) 在结合面上加白铅油。这种方法除了有上述加垫缺点之外,还因为白铅油干得慢,容易被机油冲掉而造成结合面更加不平,因此也不是很有效。

3) 涂漆片的方法。这种方法适用于减速器壳体的结合面及端盖下部的漏油。对于减速器壳体结合面的间隙不太大时,用起来比较好,且对消除漏油有比较明显的效果。但其缺点即每当打开减速器壳体时,均需仔细清除结合面和油沟里的污物,再重新涂漆。

4) 开回油沟,即在减速器下半壳体轴承孔的最低部位开回油沟。把油沟开成斜坡式,越靠近壳体内壁越深,回油沟的宽度在 5mm 左右较为合适。这种方法与涂漆片同时使用,对消除减速器端盖的漏油比较有效。在开回油沟的同时,也应对减速器的端盖进行开回油沟处理。

5) 刮研减速器两半壳体的结合面。此种方法是解决减速器壳体结合面漏油的有效方法,也是最彻底的一种方法。但这种方法要求技术操作水平高,费工又费时。对于新制造的减速器壳体不易采用这种方法。因为新减速器壳体在使用一段时间后,不免要产生变形,所以虽经过刮研,但在一定时间之后又会产生漏油现象。使用几年的减速器壳体可以采用这种方法。这是由于长时间的时效,使其内应力逐渐消除,壳体的变形处于稳定状态,故刮研之后不会再产生明显的变形。

有的单位利用在机油中加润滑脂(黄油)的方法来解决漏油问题。这种掺和的做法会增加油的黏度,给齿轮的转动带来大的阻力,且造成油温升高,还可能导致漏油。要想彻底解决漏油问题,还是采用刮研办法较好。

目前,国内外制造厂均采用在减速器结合面加密封胶的方法解决减速器漏油问题。还有许多单位采用二硫化钼润滑剂解决减速器漏油问题,也能取得很好的效果。

8.3 流动式起重机维护保养

8.3.1 汽车起重机维护保养

1. 汽车起重机的日常维护保养

汽车起重机的日常维护保养内容和技术要求见表 8-6。

表 8-6 汽车起重机日常维护保养内容和技术要求

序号	维护部件	维护内容	技术要求
1	发动机	检查	高、低速运转正常,无杂音、烟色淡灰,无漏油、漏水、漏气,油料和冷却水充足
2	蓄电池、发电机、起动机及仪表	检查	工作状态要良好,仪表正常,开关有效
3	液压油箱	检查、加油	无污染、无泄漏,液面高度符合要求
4	液压元件	检查	无卡滞、无渗漏,动作准确,作用可靠
5	操纵机构	检查、调整	无偏斜、卡滞,作用可靠
6	离合器	检查	无油污、不抖动,作用有效
7	制动器	检查、调整	无油污、无卡滞,作用可靠
8	锁定装置	检查	无缺损、无偏斜,作用可靠

(续)

序号	维护部件	维护内容	技术要求
9	主、副起重臂	检查	无明显变形、损伤,伸缩正常
10	各机构及结构件	检查、紧固	无明显变形、开焊、松动等不正常现象
11	钢丝绳、滑轮、吊钩	检查	无明显磨损、扭结,滑轮无卡滞
12	轴销及衬套	检查、润滑	无明显松旷,每 8h 加注润滑脂
13	各润滑点	检查、补充	检查各润滑点,补充润滑脂
14	安全保护、警示装置	检查	要求正常有效
15	各主要部位连接件	检查、紧固	无松动、失落、损伤
16	整机	清洁	机容整洁,无妨碍视线情况,操作室无杂物

日常维护保养,由汽车起重机司机独自完成,如发现独自一人完不成的话,应报告领导解决。

2. 汽车起重机的月度维护保养

汽车起重机的月度维护以专业、维修人员为主,同时需要司机参加,维护内容和技术要求见表 8-7。

表 8-7 汽车起重机月度维护保养内容和技术要求

序号	维护部件	维护内容	技术要求
1	各工作机构减速器	检查、添(换)油	新机工作 150h 换油一次,以后 1500h 或一年换一次润滑油,无异响和过热现象
2	伸缩臂滑块	检查、润滑	尾部上滑块、销轴四个油嘴第一次工作 150h 润滑一次,以后每工作 100h 润滑一次;一节和二节臂头部可调滑块及二、三节臂的运动摩擦面定期涂抹润滑脂
3	发动机及联轴器	参照履带起重机	参照履带起重机相应技术要求
4	液压油箱	检查、油质快速分析,滤芯清洁或更换	油箱无污染,管道畅通,开关严密;油质快速分析,达 10 级时过滤,达 12 级时更换;滤芯每 50h 清洁,1200h 更新
5	销轴及衬套	检查、润滑	磨损不超限,每 8h 加润滑脂
6	回转机构	1) 检查、紧固回转机构螺栓 2) 调整制动器间隙	1) 拧紧力矩符合规定 2) 回转制动器间隙调为 0.25mm
7	起升机构	1) 检查钢丝绳 2) 检查、紧固连接螺栓 3) 调整制动器	1) 钢丝绳达到报废标准时更换 2) 按规定的力矩值紧固连接螺栓 3) 制动片和制动鼓间隙为 0.8 ~ 1mm
8	液压元件	检测管道密封性,检查液压泵、液压马达、液压缸、阀、蓄能器	各管道无破损,接头不渗漏;液压泵和液压马达运转平稳,无异常噪声及过热;液压缸磨损不超,不渗漏;阀类无渗漏,无卡滞;蓄能器压力有效
9	主、副起重臂及滑轮、吊钩	检查	起重臂无显著变形、损伤,滑轮无卡滞、滑轮和吊钩磨损不超限
10	操纵机构	检查、调整	无损伤、变形,操纵轻便,回位灵活
11	各润滑点	检查、添加	检查各传动齿轮油质、油量,各注油点加润滑脂,排除泄漏
12	安全保护、警示装置	检查、试验	传动灵活,警示标志完整,力矩限制器误差不大于 45%
13	整机性能	检查、试验	各传动机构无异常,仪表指示准确,制动、离合可靠,机容整洁,附件齐全,支腿作用良好

3. 汽车起重机的年度维护保养

汽车起重机的年度维护由技术人员、维修人员执行，司机配合。年度维护保养内容和技术要求见表 8-8。

表 8-8 汽车起重机年度维护保养内容和技术要求

序号	维护部件	维护内容	技术要求
1	发动机和联轴器	参照履带起重机	参照履带起重机相应项目的技术要求
2	液压油箱	检查、油质快速分析、滤芯清洁、更换	油箱无污染、管道畅通,开关严实;油质快速分析,达 10 级时过滤,超 12 级时换油;滤芯无破损、无堵塞
3	主机架及紧固件	检查、紧固	无损伤、变形,各附件齐全,连接牢固
4	操纵机构	检查、调整	无卡滞、松旷现象,操作轻便,回位灵活
5	液压元件	1)管道 2)液压缸 3)液压泵、液压马达 4)操作阀、蓄能器	1)各处接头无渗漏、软管无破损、龟裂、老化 2)活塞杆工作面无损伤,不均匀磨损度不大于 0.2mm,密封良好,内泄量小于 1.5mL/min 3)液压泵、液压马达无损伤,无外渗漏、过热、异响 4)操作阀无损伤、变形及外渗漏,操作轻便,回位灵活;蓄能器充压 6.5MPa
6	回转机构	检查齿轮、齿圈磨损情况,紧固螺栓,加注润滑脂	齿轮、齿圈磨损不超过 0.25mm,拧紧固定螺栓(拧紧力矩按说明书规定值和允差),注满润滑脂
7	主、副起重臂	检测	无损伤、变形,伸缩正常
8	钢丝绳、滑轮、吊钩	检测	绳缆端头固结牢固,磨损、断丝不超过规定;滑轮转动灵活,轴承无松旷;吊钩断面磨损不超过原尺寸的 3%
9	螺栓、管接头	检查、紧固	执行全部不解放紧固,按规定力矩允差 $\pm 10\%$
10	各润滑点	检查、更换	按规定牌号及容量更换
11	整机涂覆面	除锈、补漆	表面整洁,无起泡、锈蚀现象
12	轴销及衬套	检查	无弯曲、损伤,磨损量不大于 1mm
13	整机性能	检查、试验	各工作机构运转平稳;各液压系统无过热、无异响、无渗漏;各仪表指示准确;各安全保护装置有效,各制动器和离合器工作有效

4. 汽车起重机液压系统维护保养

液压系统能否正常运行，与维护的好坏关系密切。在液压系统的维护中，防止油液污染最为重要。据资料统计，70% 的液压系统故障，直接是由于油液性能差和污染造成的；流动式起重机的大部分故障，也大多出现在液压系统。因此，为保证液压系统工作正常，防止设备出现早期损坏，对液压系统的维护是十分重要的。液压系统的维护应贯彻预防为主、定检维护的原则。定检维护分为日常维护、月度维护、年度维护。

(1) 日常维护 日常维护是各级维护的基础，属于防范性的例行维护，以检查、清洁为中心，是降低液压系统故障最为重要的环节。通过例行检查，可较早期地发现一些异常现象及故障预兆。例如外渗漏、压力波动、温升较大、声音异常，以及油液变色、

有味等。日常维护应在出车前、工作中和收车后进行。

1) 出车前维护内容: ①应仔细检查车辆液压系统连接是否松动、漏油、漏气, 活塞杆有无划伤, 液压泵的低压吸油管连接是否可靠, 液压油箱通气孔是否通畅等。②检查液压油箱的油面是否合格, 若油液不足, 应添加同牌号的油液。检查油液颜色、气味、黏度是否异常。一旦油液出现褐色、乳白色和有异味, 说明已变质, 不能再使用。③检查液压油散热器的工作情况, 清除散热片上的油污、尘土、油泥等影响散热效果的物质。④检查各液压泵和液压马达的固定螺栓是否松脱, 液压泵驱动轴的轴头密封是否良好。机械长期停用或更换液压泵和液压马达后, 运转前应先注满油, 以防空转。

2) 作业中维护。作业中维护是指在液压系统进入稳定运行状态后, 除随时注意油温、压力、声音等情况外, 还应注意观察液压缸、液压马达、换向阀、溢流阀等元件的工作情况, 以及系统的泄漏等, 一旦出现异常, 应马上停机维护。

3) 收车后维护。收车后维护内容仍是以检查、清洁为主。维护、保养、拆卸液压油箱加油盖、过滤器盖、检测孔、油管等部位时, 应先彻底清洁后再打开; 如发现液压缸活塞杆上有击伤的小点, 要及时用油石将小点周围棱边磨光, 以防破坏活塞密封。

(2) 月度维护 月度维护应以专业维修人员为主, 司机参加进行。目的是尽早发现潜在故障隐患, 并进行排除或修复, 提高液压系统的寿命和可靠性。维护内容包括: 规定作定期维护的基础部件; 日常检查中发现的不利现象而又未及时排除的; 潜在的故障预兆等。作业的重点应是检验和快速分析液压油质(油液达10级时过滤, 12级时更换), 滤芯清洁或更换, 以及空气污染情况测定。工程机械运行250h后, 不管滤芯状况如何均应更换。

(3) 年度维护 年度维护应以技术人员和专业维修人员为主, 司机参加进行。主要是对液压系统油道和液压泵、液压马达、液压缸、操作阀、蓄能器等元件的技术性能进行全面测定, 找出问题, 进行维修或更换; 对油质进行实验室分析, 如油液性能符合要求, 可继续使用, 否则更换。

8.3.2 轮胎起重机的维护与保养

1. 轮胎起重机的例行保养

例行保养简称例保, 轮胎起重机每工作8~10h后就要进行例行保养。例行保养的内容主要是清洁、润滑、检查与调整、紧固。这些内容每日由司机独自完成。两班或三班制作业时, 应每班一次。

1) 清洁。对于起重机机体、各工作机构、传动机构、司机室内外、发动机及附属设备、电气设备等, 清除其尘土、油垢、污物。

2) 润滑。检查润滑系统, 按例行保养润滑规定部位做注油保养。润滑工作要做到油路畅通、油量充足、注油器齐备完好。各部位使用的润滑油、润滑脂的规格、用量、加注方法等, 按该机润滑表进行。

3) 检查与调整。检查和调整气压操纵零件、部件, 使操纵有效灵敏, 管路、阀门不得有漏气现象; 检查调整空压机的V带, 使V带张紧适度, 不得有打滑现象; 检查

液压管路及管接头,查看有无泄漏现象;检查液压油箱油量,不足时要添加;检查钢丝绳有无严重锈蚀,以及钢丝绳磨损、断丝情况;检查吊钩表面是否有裂纹或破口;检查轮胎气压,不足时应充气补压;检查蓄电池电解液面应高出极板顶面 10 ~ 15mm,环境温度为 15℃ 时,电解液相对密度为 1.28;检查电气配线连接是否牢固;检查照明灯、供电装置是否齐全、完好;检查各工作机构的操纵手柄位置是否正确、灵活、可靠。发动机的检查另作说明。

4) 紧固。紧固钢丝绳夹和套,紧固轮毂螺栓、制动鼓与轮毂的连接螺栓,紧固吊臂支承连接螺栓,紧固回转盘螺栓等。

2. 轮胎起重机的一级保养

一级保养时间间隔按机械运转作业时间确定,一般为 1 ~ 2 个月,但作业班次多的可按小时确定。一级保养内容除包括例行保养的全部内容外,还应包括以下内容。

1) 按照起重机润滑表规定的一级保养,或时间为 50h 的项目进行润滑作业。润滑的部位包括:钢丝绳、齿轮联轴器、制动器各支点;限位器各转轴;回转大齿轮、转盘、销轴、托辊、卷筒轴、吊钩滑轮轴承、转向主销、万向联轴器轴承,以及油底壳、喷油泵壳的润滑油加注。

2) 检查喷油泵的泵油压力,应达到 15000 ~ 25000kPa;检查喷油时间、喷油量,其均匀度不大于 3% ~ 4%。

3) 检查油水分离器和储气筒,放出积存在分离器集水杯和储气筒中的积水。

4) 检查各传动机构、行走机构的制动器及摩擦离合器。要求制动、离合正常,调整间隙适当,对损坏的部件或磨损严重的轮和衬瓦要进行更换。如 QY12B 型起重机行走机构制动器,制动踏板的自由行程不大于 25mm;蹄片与制动鼓间的间隙为 15 ~ 20mm。

5) 检查变幅限位器,保证动作灵敏可靠,在 80° 仰角时切断气路,停止变幅动作,否则应进行调整。

6) 检查支腿焊缝及人字架焊缝,发现开焊、裂纹,应及时修复。

7) 检查油压、气压及低压报警装置,若有故障应予以排除。

8) 检查操纵传动系统和操纵控制系统。

9) 检查支腿控制器和锁定装置。

10) 检查金属结构、车架及吊臂支撑连接情况,紧固各部连接螺栓和紧固件。

11) 检查回转、变幅、起升机构,检查额定载荷表及起升机构与变幅机构的锁定装置,以保证安全。

12) 检查吊钩。先用煤油清洗吊钩本体,检查有无裂纹。若发现裂纹应予以报废;若与钢丝绳接触处的垂直平面磨损出沟迹深度,当超过原高度的 10% 时应报废此吊钩。检查拉板、横梁等零件,应连接完好。拉板孔磨损严重时,可用优质焊条补焊修复;若吊钩表面硬化,可做一次退火处理,对 20 钢锻钩,退火温度为 500 ~ 600℃;检查心轴磨损量,若其磨损量超过公称直径的 3% ~ 5%,则应换心轴;吊钩钩尾及螺纹部分不能有裂纹及变形,否则应更换;吊钩不得扭曲变形,吊钩开口变形量超过厚度尺寸的 15% 时应更换或报废。

3. 轮胎起重机的二级保养

二级保养作业间隔时间一般为3~6月,有的以小时计,按各个厂家规定执行。二级保养的内容除包括例行保养作业、一级保养作业内容外,还包括以下内容。

1) 发动机、起动机、水泵轴、蜗杆轴承、卷筒轴承、主(副)卷筒支座轴承的润滑,蜗杆轴承及小齿轮支承轴承的润滑;行走减速器、变幅减速器、卷筒减速器等更换润滑油;清洗工作液压油箱和过滤器,视情况更换液压油。

2) 检查传动机构,如离合器、变速器、万向联轴器、前后桥、差速器。更换变速器、差速器齿轮油。

3) 检查空气过滤器,并清除灰尘、油泥。

4) 检查消声器、排气管。

5) 检查转盘齿轮是否磨损严重或有断齿。

6) 检查钢丝绳。检查钢丝绳应由有实践经验的人员,根据使用得到的预期寿命、目前作业环境的优劣、提升载荷的频率、使用程度和承受冲击载荷的情况,来决定是第一个二级保养检查,还是第二个二级保养检查。检查人员对检查情况应做出是否允许继续使用的决定。若检查出以下情况,应根据报废标准做出判定报废或更新:①钢丝绳变形,即扭结、压坏、乱股、松股、绳芯突出、局部直径变小、外股不匀;绳股破断或切断、断丝、绳芯断裂。②失去绳芯、内部或外部腐蚀;表面磨损,使钢丝绳直径减小到低于公称直径。③端部接头处钢丝严重腐蚀或破断。④严重腐蚀、破断、弯曲、磨损或使用不当的绳端接头。

4. 轮胎起重机液压系统的维护保养

轮胎起重机液压系统的维护保养应满足以下十点要求。

1) 液压元件表面应经常保持清洁,以便检查和发现故障。液压系统元件尽量少拆卸,以免元件损坏或落入污物。必须拆卸检修时,应在清洁的室内进行,并严格保持元件清洁,以免脏物堵塞油路,甚至损坏元件。

2) 因检修而必须拆卸液压元件或管道时,应先了解其构造、工作原理,记住拆下零件、密封件的位置和数量。不要划伤弄脏,特别是阀杆、阀芯、阀体、阀套等更要注意,因为它们都是密封件,要求很严。密封件一旦损坏应更换。换新件时,在装配前将零件用煤油或汽油洗净,干燥后涂以工作油液(液压油)。装配时,从各位置拆出的零件应装在原来的部位。装配后如有条件应经过调试,再装到起重机上使用。

3) 液压系统用油须选用适当,并保持清洁。

① 气温在15℃以上的地区,采用40号低凝点液压油;气温在15℃以下的地区,采用10号航空液压油。

② 新使用的起重机,在工作满200h后,应清洗液压油箱及过滤器,并更换新油。以后每次进行二级保养时清洗一次,是否换油根据具体情况确定,因为起重机说明书上给出的换油周期是平均数,所以要因地制宜,灵活掌握。在多风沙、灰尘场地作业,应适当缩短清洗换油周期。

③ 油箱、过滤器必须用煤油或汽油清洗,清洗后晾干,然后再用工作液压油清洗

一次，方可装入工作液压油。

④ 灌油时，不得把油箱加油口滤网取下。

4) 换油方法：先将油箱清洗晾干后装入新油，再将油箱上的回油塞拆下，接入另一容器，使液压泵工作，并依次操纵各机构；用新油将旧油顶出，使整个油路系统都充满新油后，将回油管接到油箱上，同时补充油箱中新油至离箱顶 20 ~ 30mm。

5) 液压系统中存有空气时，可能产生跳动、回弹、噪声，以及动作不灵等现象，此时可使机构往复运动多次，排出空气。如仍排不尽时，可拧下油管接头，排出空气。

6) 吸油管不许漏气，不许堵塞，否则会吸入空气，产生噪声、起泡沫等现象。吸油管应保持在油箱油面以下，以免油箱内油液产生气泡而吸入液压泵。为避免吸入空气，油箱中应加足油液。

7) 使用 L—AN32 全损耗系统用油时，油液温度不得超过 65℃；使用 10 号航空液压油时，油液温度不得超过 50℃。如有过热现象，应检查液压系统是否堵塞，溢流阀作用是否灵活等。

8) 经常检查各软管情况，发现有明显损坏时应及时更换。

9) 软管改用钢管时应选用同规格的 20 号无缝钢管，内孔必须除锈清洗。

10) 液压系统用油应满足下面要求：①适宜的黏度和良好的黏温特性，在环境温度变化范围内黏度变化要小，要求在 $(11.5 \sim 66) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。②具有良好的化学稳定性。由于油液与空气接触，在温度升高时会发生氧化变质，产生胶质和沥青质，会堵塞油路，因此，要加入各种适当的化学稳定剂。③具有良好的抗乳化性和抗泡沫性。油中不应含有水和其他产生气泡的物质，否则会使油液发生乳化，降低油的润滑性能。④具有良好的润滑性能及较高的油膜强度，使液压传动系统中各摩擦表面获得足够的润滑。⑤油中不允许有沉淀现象。⑥具有较高的闪点，以满足防火的安全要求。

8.3.3 履带起重机的维护保养

1. 履带起重机的日常维护

履带起重机的日常维护由操作人员在每班前、中、后进行。表 8-9 列出了履带起重机日常维护作业的项目和技术要求。

2. 履带起重机的月度维护

履带起重机的月度维护由维修人员执行，操作人员配合进行。表 8-10 列出了履带起重机月度维护作业的项目和技术要求。

3. 履带起重机的年度维护

履带起重机的年度维护由技术人员、专业维修人员执行，操作人员配合进行。表 8-11 列出了履带起重机年度维护作业项目和技术要求。

表 8-9 履带起重机日常维护作业的项目和技术要求

部位	序号	维护部件	作业项目	技术要求
发 动 机	1	曲轴箱机油量	检查、添加	停运后,曲轴箱油面不低于标尺刻度的 1/4
	2	水箱、水泵	检查	不漏水,不堵塞,不缺水,水泵不松旷

(续)

部位	序号	维护部件	作业项目	技术要求
发 动 机	3	风扇传动带	检查	不打滑,不抖动
	4	管路及密封	检查	接头不松动,不渗漏
	5	紧固件	检查	无缺损,松动现象
	6	开关及仪表	检测	仪表正常,开关有效
	7	发动机工作状态	检查	无杂声,运转正常,烟色淡灰
	8	燃油箱	检查、添加	无污染,无泄漏
主 体	9	液压油箱	检查	无泄漏,油面高度符合要求
	10	操作机构	检查	踏板、拉杆、开关无卡滞,作用可靠
	11	离合器	检查	不打滑,不抖动,离合迅速
	12	制动器	检查	无油污,制动有效
	13	锁定装置	检查	无缺损,偏斜,作用可靠
	14	回转装置	检查、润滑	无松动,运转平稳,制动有效
	15	轴承及销套	检查	不松旷,运转平稳
	16	各机构及结构件	检查	运转正常,无异味,无异响,无缺损
起 重 装 置	17	液压元件	检查	动作正常,无过热、泄漏现象
	18	起重臂及双足支架	检查	无明显变形、损伤、锈蚀
	19	钢丝绳及滑轮组	检查	无明显缺损、变形、扭结、锈蚀
	20	吊钩	检查	无明显伤痕、卡滞
	21	起升卷筒	检查	运转正常
	22	构件及紧固件	检查、紧固	无松动,无缺损
行 走 装 置	23	履带	检查、调整	张紧适度,无偏磨
	24	引导轮、支重轮、托带轮	检查、润滑	无泄漏,啃边现象
	25	驱动轮及减速器	检查、润滑	无异响,无渗漏
	26	构件及紧固件	检查	无松动,无缺损
电 器 仪 表	27	安全保护、警示装置、仪器仪表、传感运算装置	检测	装备齐全,指示准确,灵敏可靠
整 机	28	整机	检查、清洁	机容整洁,附件齐全,操纵室明亮无杂物,操作轻便,运转正常

表 8-10 履带起重机月度维护作业的项目和技术要求

部位	序号	维护部件	作业项目	技术要求
发 动 机 和 联 轴 器	1	润滑油过滤器及油质	检查、快速分析	过滤器无破损、堵塞,工作 250h 后换油;润滑油快速分析,不合格时更换油
	2	柴油过滤器	检查、清洁、更换	无堵塞、破损,工作 250h 后清洁,工作 1000h 后更换油
	3	空气过滤器	检查、清洁	清除尘土
	4	水泵及风扇传动带	检查、调整	水泵轴不松旷,风扇传动带松紧适度
	5	水箱	检查、添加	无油泥、堵塞及损伤
	6	润滑油散热器	检查、清洁	无渗漏,清洁壳体及散热片
	7	管路及密封	检查	接头无松动,破损、渗漏
	8	开关及仪表	检测	开关灵活有效,仪表指示准确
	9	联轴器及减速器	检查	传动平稳,缓冲有效
	10	工作状态	检测	起动迅速,运转平稳,烟色呈淡灰色

(续)				
部位	序号	维护部件	作业项目	技术要求
主体	11	液压油箱及油质	检查、快速分析	油量适当,油质清洁度达 10 级时应过滤,达 12 级时应换油
	12	滤网及滤芯	检查、清洁	无破损、堵塞,清洁滤芯,工作 1000h 后换新品
	13	管道及密封	检查、紧固	无松动、破损、渗漏现象
	14	液压元件	检查	运转正常,无过热、噪声、泄漏现象
	15	操作机构	检查	无变形、松旷、偏斜,开关有效,回位弹簧正常
	16	离合器	检查、调整	无破损,无油垢,离合迅速
	17	制动器	检查、调整	无破损,无油垢,制动迅速
	18	锁定装置	检查	无缺损、偏斜、卡滞现象
	19	回转机构	检查	支承螺栓无松动,齿轮无偏磨,回转平稳,制动有效
行走装置	20	主机架及构件	检查、紧固	无明显损伤、锈蚀、脱焊、松动现象
	21	履带及调整装置	检查、调整	张紧适度,无啃边现象
	22	导向轮、支重轮托带轮	检查、润滑	无偏磨、漏油现象,补充润滑脂
	23	驱动器及减速器	检查	无异响、过热、泄漏现象
	24	行走架	检查	无明显损伤、变形、脱焊现象
整机	25	整机	检查、清洁	机容整洁,附件齐全,操作轻便,运转正常

表 8-11 履带起重机年度维护作业项目和技术要求

部位	序号	维护部件	作业项目	技术要求
发动机和联轴器	1	润滑系统	1) 油质分析 2) 油压检测 3) 检查轴承间隙	1) 润滑油化验,如不符合要求,更换油 2) 润滑油压力怠速时不低于 0.05MPa,高速时为 0.3 ~ 0.4MPa 3) 检查、紧固曲轴轴承和连杆轴承
	2	冷却系统	1) 水箱清洁 2) 润滑油散热器检查 3) 水泵及风扇检查	1) 检查水箱水垢情况,严重时清除除垢 2) 无堵塞、破损,必要时清洗 3) 水泵轴承不松旷、不漏水;风扇传动带不打滑,不抖动。
	3	供电系统	1) 柴油箱及过滤器 2) 液压泵、油嘴调整 3) 测定油耗率	1) 清洗油箱及过滤器 2) 校验液压泵、油嘴。喷油压力为 16MPa,雾化良好,断油迅速,各缸供油量差不大于 5% 3) 耗油率应为 200g/(kW·h)
	4	曲轴连杆机构	1) 检测气缸压缩压力值 2) 检测曲轴箱窜气量	1) 转速 500r/min 时,气缸压缩压力不低于标准值的 80%,各缸压力差不超过 8% 2) 压缩空气压力 0.8MPa 充入气缸后,进气口、排气口、加油口,水箱等处无漏气声和气泡
	5	配气机构	1) 检测气门间隙 2) 排气管、消声器清洁	1) 冷车状态进气门间隙为 0.3mm,排气门为 0.35mm 2) 清除积炭,使管道畅通,消声效果好

(续)				
部位	序号	维护部件	作业项目	技术要求
发动机和联轴器	6	紧固件	检查	无缺损,无松动
	7	联轴器及减速器	检查	缓冲无损伤,无异响及过热,润滑充分
	8	工作状态	检查	1)怠速 450 ~ 500r/min,额定功率在转速 2200r/min 时符合技术要求 2)怠速运转稳定,加速迅速,无异常振动,无过热,烟色浅灰或深灰
主体	9	液压油箱、过滤器散热器	1)检测液压油性能 2)检查管道密封	1)液压油工作温度 70 ~ 80℃ 油量 2000l (按机型有所不同),黏度变化在10% ~ 15% 范围内,水分含量不大于质量分数 0.1% ,清洁度在 9 ~ 12 级以内。 2)管道畅通,密封良好,无渗漏
	10	操纵机构	检查、调整	无变形、损伤、松旷,操作灵活可靠
	11	起升、变幅卷筒及离合器	检查、调整	卷筒转动平稳,钢丝绳不乱卷;离合器接合面不少于 75% ,间隙调整 0.5 ~ 1mm,新片厚 12mm,磨损 5mm 更换
	12	各制动器	检测鼓、带(片)	摩擦面无锈蚀,油污,接合面不小于 80% ,离合间隙 0.8 ~ 1.2mm,作用可靠,推杆调整范围 203 ~ 210mm
	13	回转支承及机构	检查	螺栓无松动,大小齿轮不偏磨,清除污垢涂脂;转动平稳,无抖动,制动可靠
	14	主机架及操纵室	检查	1)主机架无明显损伤、变形、裂纹、脱焊 2)操纵室视线明亮,门窗开闭灵活,附件齐全,室内无杂物
	15	液压元件:管道、液压缸、液压泵、液压马达、各操纵阀及蓄能器	检查	1)管道各接头无渗漏,软管无龟裂,老化 2)活塞杆无损伤,锈蚀,镀层无脱落,磨损量不大于 0.3mm,密封不渗漏 3)液压泵及液压马达运转无异响,不渗漏,工作温度不高于环境温度 20℃ 4)各操纵阀作用良好,不渗漏
行车装置	16	履带及调整装置,导向轮,托带轮、驱动轮及减速器	检查、调整	1)履带张紧在两托带轮向下垂 30mm 左右,张紧装置无卡滞变形 2)四轮一带表面尺寸磨损量不超过 10 ~ 20mm,不得啃边 3)四轮轮轴及轴承不松旷、不渗漏 4)减速齿轮无异响,润滑充分,传动平稳
	17	行车架及紧固件	检查、紧固	1)行车架无变形,裂纹、开焊、锈蚀 2)各紧固件无松动
工作装置	18	吊钩、滑轮组、钢丝绳	检测	1)吊钩螺纹不得滑扣、松旷,主要断面不得有啃边,磨损量不大于 3% 2)滑轮不得变形、缺边、轴承卡滞,磨损量应小于钢丝绳直径的 25% 3)钢丝绳固结可靠,无扭结、硬变,磨损量不大于公称直径的 7% ,断丝不超过 10% ,涂抹润滑脂

(续)

部位	序号	维护部件	作业项目	技术要求
工作装置 电器及仪表	19	起重臂及支架	检测直线度	1)起重臂直线度不超过 2/1000,无损伤,脱焊、变形 2)双脚支架无变形,损伤
	20	蓄电池	测定电解液密度、容量	1)清洁壳体,极柱牢固,涂凡士林 2)高频放电检查,单格容量 1.75V 以上 稳定 5s 电触液密度符合要求
	21	电气回路、警笛、照明、刮水器	检查、测定	1)各回路接头牢固,导线标色正确,无短路断路、绝缘良好 2)灯具、音响完整齐全
	22	仪表、仪器	检查	接线牢固,指针走动平稳,回位正确
	23	发电机、起动机	检测	1)壳体无损伤,轴承间隙小于 0.1mm 2)转动平稳、无噪声,定子温度不超过 40℃
	24	安全防护装置	检测	1)触点、触臂、滚轮清洁,传动灵活,角度、字码清晰 2)起重臂变幅 30° ~ 80°,吊钩过卷间距 1.7m,警报可靠,警示线条清楚
	25	润滑	检查、化验、添加	全部润滑点加脂,润滑油化验、添加或更换
整机	26	整机性能	检查、空载运转、重载运转	1)车容整洁,附件完整,无明显锈蚀脱漆 2)液压系统及各传动机构无过热,异响现象 3)信号、仪表指示正确,离合器离合迅速,起升、变幅、回转、行走等机构运转平稳 4)带标定载荷多次连续升降、变幅、回转等动作,制动可靠
	27	全部紧固件	检查、紧固	按规定力矩紧固各连接件

4. 履带起重机液压系统污染的测定、控制与维护要点

(1) 液压油污染的测定

1) 类比测定法。指从系统中抽取油样和新油对比,通过看、闻、摸来估测油液污染程度。表 8-12 列出液压油污染的分析与处理。

表 8-12 液压油污染分析与处理

方法	现象	原因分析	处理措施
看	颜色变淡	混入了其他油液	查黏度,超标准则换油
	乳白色	混入了空气、水、清洗液	加脱乳剂、消泡剂后稍运转,如仍超标则换油
	黑褐色	已反应、生成沥青类杂质	静止存放后取上层油,重新过滤后使用
	有小黑点	混入灰尘、铁锈等	静止存放后取上层油,重新过滤后使用,严重时换油
	沉淀物有亮点	混入金属粉末或元件磨损	静止存放后取上层油,重新过滤后使用,严重时换油
闻	有臭味	已氧化变质	更换液压油
摸	光滑感差	润滑性降低	过滤后补充新油
	无黏性感	无润滑性能	更换液压油

2) 过滤测定法。从系统中抽取油样和新油少许, 分别滴在 240 目的滤纸上, 数分钟后, 比较两滤纸所形成的图形, 即可判断出污染程度, 据此采取相应措施。表 8-13 列出了液压油在滤纸上的图形分析与判断处理。

表 8-13 液压油在滤纸上的图形分析与判断处理

序号	滤纸图形分析	判断处理
1	油滴中心呈浅褐色, 外圈不明显, 扩张性很强, 不溶污物少	纯净油
2	油滴中心颜色很淡, 外圈有深圈, 扩张性很强, 不溶污物中等	污染较轻, 可继续使用
3	油滴有分布均匀的暗色中心, 外圈清晰	污染较重, 建议不再使用
4	油滴呈均匀暗色, 外圈很清晰, 颜色随污染而加深。	污染严重, 应换油

(2) 空气污染的测定

1) 直接测定法。由于油箱的油位太低, 液压泵在吸油时若出现吸油管或过滤器露出油面而吸入空气, 则真空油表读数会很低, 压力表跳动不稳, 回油管处排出大量气泡, 表明系统内已有空气进入, 产生污染。这种方法可直接观察到, 称直接测定法。

2) 涂油测定法。在系统工作前, 将液压泵、吸油管接头, 以及系统中各密封处等可能进气的部位, 清洗干净并擦干, 涂上一层润滑脂, 抹平形成保护膜, 然后起动柴油机使系统运转。系统中若压力能使进气点的保护膜出现因吸破而形成皱褶、开裂或错位等状态, 则说明这一点可能进气。在此基础上再涂上一层较稠的润滑脂, 若再被吸破, 则证明该点确为进气点。

(3) 污染物的控制

1) 固体污染物的控制。液压系统中的固体污染物很可能在起重机制作和装配中已存在, 需要在初期走合后换油液时认真处理。例如: 将主要进油钢管进行酸洗, 再用温水洗净; 胶管则用清洗液高压冲洗, 然后用高压空气将所有管路、接头、液压元件等吹干净, 重新组装。以后在起重机使用过程中, 还应注意下列事项: ①要保证液压系统清洁, 使之无油泥、铁屑及纤维等杂质, 并认真过滤和定期清洗滤网。②液压系统经过维修组装后, 应用液压油在系统中循环清洗一遍, 将油放净后, 再加入新油。放出后的油经沉淀过滤后待用。③如有需要研磨或焊接的部件, 要认真处理好, 防止将研磨粉末或焊渣等混入系统内。④尽可能不在粉尘和风沙大的环境下拆装液压元件和维修、检查液压系统。

2) 液体污染物的控制。起重机在露天施工和停放时, 要严格防止雨雪等通过油箱的通气孔、加油孔等进入油箱内部; 加油后要认真盖好油箱盖, 并经常检查。

(4) 液压系统的维护要点

1) 液压元件表面应经常保持清洁, 以便及时检查和发现故障。液压系统都由精密零件组成, 使用中应尽可能少拆卸, 以免损伤零件配合表面, 或使杂物落入其中。当必须进行拆卸时, 应注意原配合表面不要变更, 并应由熟悉液压系统构造和工作原理的有维修经验人员, 在清洁的室内进行维护保养工作。

2) 液压油一般规定为半年更换一次, 可根据油质测定情况提前或延长。换油时,

首先将油箱中的旧油放出，先用煤油清洗油箱，再用液压油清洗一次，待晾干后装入新油。然后将总回油管从油箱中拆下，并接到另一容器。起动柴油机以低速运转，接合液压泵动作，并依次操纵各机构，用新油将系统中的旧油顶出。待整个系统全部充满新油时，停止液压泵运作，再将总回油管接入油箱。在各回路换油的同时，应注意不断向油箱中补充新油，以防液压泵吸空。

3) 不同品种、不同牌号的液压油，不得混合使用，也不得随意代用。应根据气温的变化，更换相应的液压油牌号。

4) 液压系统中存有空气时，会产生振动、噪声或动作失灵等现象，应及时排除空气，特别是更换液压油时更应注意。排除系统中空气的方法是使机构往复运动，并打开相应的放气螺塞，直到将空气放干净为止。

5) 液压油箱内，在液压泵吸油口还装有网式过滤器，在回路中还装有过滤精度较高的纸质过滤器。工作过程中应经常检查过滤器，使之保持清洁。

8.4 起重机按需维修

通过当班起重机司机填写的《起重机电检卡》（见表 8-14），检查起重机各主要零部件的正常与不正常及处理的情况，由车间设备员和主管科室专管人员（机械和电气的技术人员）共同分析设备运行趋势，一个星期内至少两次讨论分析。对于情况不明的异情，要请有经验的技师和司机、设备员及相关人员同去现场查看（运转或停车检查），与此同时，还要带上简易的测温仪器、电子振动听诊器、笔式测振仪等，凭借五官和仪器的检查，加上运行分析和讨论，确定故障部位及原因，按需确定计划预防维修。由主管部门的相关人员落实更换易损件的来源及组织施工队伍和施工中的安全措施、技术要求等。在竣工验收中更要注意设备和人身的安全，这当然离不开安全部门的管理与监督。

表 8-14 起重机电检卡

检查部位	检查内容	标准与要求	检查结果		备注
			大车	小车	
车轮	1) 有无异常声音 2) 螺钉有无松动	1) 滚动轴承没有产生杂音, 轴承润滑好, 无发热 2) 弹簧垫有压紧			
减速器	1) 有无异常声音 2) 润滑是否良好 3) 螺钉有无松动	1) 用旋具检查声响的来源(齿轮、轴承) 2) 润滑良好, 无断续嘶哑声音、减速器没有发热 3) 螺钉无松动			
联轴器	1) 有无异常声音 2) 螺钉有无松动	1) 齿轮无严重磨损, 传动轴无窜动, 无异常声音 2) 螺钉无松动			

(续)

检查部位	检查内容	标准与要求	检查结果		备注
			大车	小车	
制动器	1) 液压推动器有无漏油, 推升动作是否顺畅 2) 螺钉有无松动 3) 制动轮有无跳动 4) 调整是否适宜	1) 上升到位, 上升顺畅 2) 螺钉紧固良好, 制动轮无跳动或松动 3) 制动架无摆动, 制动轮无轴向窜动 4) 开闭灵活, 制动平稳可靠, 不溜钩			
吊钩	1) 吊钩螺钉有无裂纹 2) 吊钩固定是否牢固	1) 外观仔细观察 2) 轴端挡板无松动, 螺母紧固销无断裂			
缓冲器	1) 支座有无裂纹 2) 缓冲性能是否良好	1) 外观检查 2) 弹簧弹性良好, 无断裂			
吊梁	1) 横梁有无裂纹及弯扭 2) 吊环有无裂纹 3) 卡板是否松脱	1) 横梁无裂纹变形(仔细检查) 2) 定期更换(仔细检查) 3) 螺钉无松动, 卡板无脱落			
滑轮	1) 轮缘有无缺损 2) 外罩有无损坏 3) 滑轮轴固定是否牢靠	1) 无崩裂 2) 无变形、无裂纹 3) 锁紧圆螺母紧固情况良好			
钢丝绳	1) 有无断丝、断股打结 2) 钢丝绳压板是否松动 3) 润滑是否良好	1) 在 75mm 长度内断丝数不超过 12 条; 无断股 2) 压板螺钉无松动 3) 仔细检查			
卷筒	1) 连接螺钉有无松动 2) 轴承座有无异常现象	1) 仔细检查 2) 无异常声响, 不发热, 无振动			
铆链	1) 磨损是否严重 2) 有无裂纹	1) 铆链磨损量不超过原直径的 10% 2) 仔细检查			

点检人/日期: _____ 设备管理员/日期 _____

说明: 1. 每次点检要重点检查起重机交接班记录本记录的项目;
2. 检查结果填写时, 良好、正常、无超标等填“√”有损坏、不正常等填“×”;
3. 对填有“×”的要求在备注栏填写处理过程或处理建议。

按需维修可分为小修、中修和大修。

8.4.1 小修

1. 小修（不同于一级保养）

小修是指排除机械运行和保养时发现的故障，通过修理和更换零部件，使机械恢复正常工作。小修是局部进行，花费时间少，即损坏什么修什么；一般安排在节假日进行，地点是设备现场。执行者是维修钳工、电工及铆焊工，司机参加，科室相关人员和安全部门管理员也要关心查看。

保养是通过清洁、润滑、紧固、检查和调整的方法，减少机件的磨损，而达到设备使用寿命的措施（一般起重机使用寿命在 10 年或 10 年以上，取决于金属结构不产生疲劳损坏的工作年限）。保养应在使用过程中进行。

一级保养是起重机运行至规定的时间后,由司机进行的保养作业。作业主要内容为清洁、检查、紧固起重机外部螺栓和螺母,按规定部位加添润滑料,调整制动器及操作机构等。重点是润滑和紧固。

2. 小修的主要目的

- 1) 延长大修周期和使用寿命。
- 2) 维持设备完好标准,巩固设备的完好率。
- 3) 更换已经磨损的零件,清除隐患和缺陷,确保正常使用。
- 4) 操作者(司机)参加检修,进而熟悉设备结构、性能,学习检修技术,达到“三好”“四会”的要求。

3. 小修的内容

小修的内容和要求除包括执行定期保养(一级)的内容和要求外,还需补充下面内容。

(1) 机械部分

- 1) 检查清洗各齿轮减速器及液压制动器的液压缸,检查各机械传动装置磨损情况,进行修理或更换。
- 2) 检查钢丝绳的磨损程度,进行保养或更新。
- 3) 检查大小车车轮是否有啃道现象,进行调整或修理。
- 4) 检查制动器各销轴、制动轮、制动带等磨损情况,进行调整或更换。
- 5) 吊钩和吊挂装置进行无损检测,修理不良处所,更换磨损到极限的零件。
- 6) 检查各联轴器 and 轴的磨损情况,按实况进行修理或更换。
- 7) 按润滑要求,进行全面的润滑、换油或加油。
- 8) 检修过程中换下的零部件不得乱放,要集中起来带下地面。

(2) 电气部分

- 1) 检查电器箱、电阻箱、电磁制动器、保护盘、磁力控制盘、限位开关及整修线路。
- 2) 检查电动机并清洗加油。
- 3) 根据情况修复或调换部分电气零件。
- 4) 测量电动机转子、定子线圈、电磁制动器线圈,限位开关接线板、接线柱的绝缘电阻,应符合要求。
- 5) 用扳手拧紧电动机、电阻器各部分螺钉(包括地脚螺钉)。
- 6) 清除电动机内的油垢,刮净灭弧罩内的电弧痕迹(或铜屑)及黑灰。
- 7) 在各传动部分加润滑油。
- 8) 调整限位开关内桥式接触点与静接点,调整或更换主令控制器桥式触头的压簧等符合要求。

小修是对起重机进行全面性的检查、清洗和调整,修复或更换已磨损的易损件和不能正常使用到下次修理的各种零部件,消除各种缺陷和隐患,确保使用到下次修理。起重机的小修质量应按完好状态要求完成。为了检验小修质量,竣工后要求进行负荷试

验,即检查行走、卷扬、变幅、回转、支腿机构的速度、平稳性、声响、温升及有效性,且要求各部位不应有漏油、漏水、漏气、漏电等现象。

4. 司机在小修中应注意的事项

1) 在查找故障时,必须断电,拉下刀开关,合上检验专用红灯;绝对不允许带电打开电气护罩。在检修时必须取下控制线路的熔断器,并挂上警告牌,以防有人送电发生事故;绝对不允许在起重机运行时进行检修。

2) 在检修时,必须保证足够的照明,其电压应在 36V 以下,并在灯泡外加防护罩;绝对禁止使用 220V 的电源照明。

3) 在检修过程中,如果需要带电测试或检修时,必须确认起重机带电部件、元件附近无其他人员后方能送电。带电检修时,必须有班组长或有丰富经验的人员监护,其职责是防止维修人员违章操作和发生突发事故,并做好一旦发生危险立即切断电源的准备。带电检修时要穿戴好绝缘鞋和手套,且所有靠近带电体的地方应采取隔离措施。

4) 检修时换下来的零部件不得乱放,更不允许从机架上扔下来,应在检修完后带下(如用袋装)地面。

5) 在检修时如果需要接临时线或压缩气管时,必须固定在指定位置,防止工作人员不小心绊倒。

6) 检修所需要的零部件及工具,应用专用的工具袋上下携带,不允许一手提工具或零部件、一手扶梯上下。较大的零部件应用滑车或绳索传递,物件下面应指定专人监护,不准其他人员通过或停留。

7) 司机只能进行职责范围内的检修工作,不允许未经许可大拆大卸,更不允许任意改动零部件的位置或工作程序。

8.4.2 中修、大修

1) 中修是指用部分解体的修理方式,修复或更换已磨损的零部件,校正起重机的几何坐标,恢复并保持起重机的性能。

有人将二级保养也称为中修,其实两者是有区别的,中修作业内容除包括二级保养作业内容外,还包括部分组件的解体修理、校正起重机的几何坐标,从技术上恢复保持起重机的作业性能,而二级保养作业是难以实现这些的。

执行中修任务的应是机修车间或专业维修单位的修理工人,地点为现场或车间。

2) 大修是指全部解体,拆卸检查每个部件,修理可修的零件,更换不可修的零件或个别部件及更换清洁润滑油。大修作业包括:拆卸减速器、电动机的零件进行清洗、检查、测绘等,并要留有检测记录(检测人、技术负责人签字);更换老化的电线和损坏的电气元件;对起重钢丝绳和拉杆、拉臂架钢丝绳进行检查或更换;起重机上所有仪表按有关规定检查、维修、校验和更换;最后的除锈、涂漆工序不可忽视,一定要保障质量两年不脱落。

大修作业应由有起重机安装、维修许可证书有效期内的单位承担,并应报告当地质量监管部门,实行依法监督。

大修的质量验收应分空载试验、满载试验，并按生产厂家的说明书达到的工作性能，还应有监督检验证明合格。

按需维修的小修、中修、大修模式不同于以往计划预修制中的小修、中修和大修。其理由有四点：

1) 按需维修的小修、中修及大修是以当班设备运行作业点检卡为第一手资料，并以现场用五官、简易仪器的检查为依据，加之亲临现场的司机、车间设备员及专业技术人员讨论分析，确定设备故障位置及原因判断，是来源于设备实际技术状况的，实事求是的维修。

2) 按需维修的小修、中修、大修是以设备实际运行技术状况为依据的，它提示了人们的操作水平、保养检查等管理问题的改进及故障预防的措施。

3) 避免发生计划预修制那样在既定的时间周期把能用与否的零件全部更换的情况，应暂时不换也能安全运行到下个维修周期的零件继续运转使用，以降低了维修成本。

4) 按需维修模式的顺序可根据起重机类型、新旧程度、作业环境、使用频率、按章操作及细心维护的不同而定，有的起重机在十年寿命期中不经过大修，只经过几次小修或项修，完全可能维持起重机的全寿命周期中不出重大的设备事故的情况。

第9章 电气安全防范措施

电能是国民经济的重要能源，随着国家全面建设小康社会的快速发展，电几乎进入到人们生产和生活的所有领域。生产离不开电，生活也离不开电，因此必须重视用电安全问题。

9.1 电气安全技术的任务及特点

9.1.1 电能与用电安全

作为动力电能，不断地提高工农业生产的机械化、自动化程度，有效地促进了国民经济各行各业的技术改造，大幅度地提高了劳动生产率。利用电能还可以保证产品质量的稳定性，改善劳动者的劳动条件，为劳动者提供清洁和安全的环境。电能也是提高人民生活水平和建设精神文明的工具。现今我国电化教育和家用电器越来越普及，特别是互联网的普及使人民的生活用电越来越多，电能的广泛应用加速了科学技术的发展，改变了科学技术的状况。

在用电的同时，人们会遇到各种各样的安全问题。电能是由一次能源转换得来的二次能源，在应用这种能源时，如果处理不当，在传递、控制、驱动等过程中将会遇到障碍，即会发生事故，严重的将导致生命损失或重大经济损失。如电能直接作用于人体，将造成电击；电能转化为热能作用于人体，造成烧伤或烫伤；电能离开预定的通道构成漏电或短路，都可能造成触电或火灾等事故的发生。因此，在用电的同时，必须充分考虑用电安全问题。

9.1.2 用电安全技术的基本内容

电气安全技术主要包括两方面的任务；一方面是研究各种电气事故，研究各种电气事故发生的机理、原因、构成、规律、特点和防治措施；另一方面是研究用电气的方法来解决安全生产问题，即用电气监测、电气检查和电气控制方法来解决生产中的安全问题。

在安全生产领域中，用电安全工作显得非常重要和突出。在所有工伤事故中，用电事故占有不小的比例。据有关安全生产管理部门统计，在全国工矿企事业单位的因工伤死亡人数中，触电死亡人数约占6%~8%，排行第5~6位，如果加上农村用电死亡人数和非生产触电死亡人数，数字会更大、更惊人。

在我国用电安全方面的标准和规范尚不十分完善、用电制度也不够健全等情况下，用电安全工作者必须做更多的工作，认真研究标准和规程的运用及管理制度的落实。

9.1.3 用电安全技术的特点

用电安全技术具有抽象性、广泛性、综合性和严重性等特点。

1. 抽象性

由于电具有看不见、听不见、嗅不着的特性，比较抽象，以致用电事故往往带来某种程度的神秘性，使人一下子难以理解。例如物体打击能使人受伤，甚至使人丧命，这很容易理解，但是一根很细的电线能使人电击致死，静电火花能引起爆炸之类的用电事故，与前者比较起来难理解得多。电磁辐射更有感觉不到的特点，而且从受到伤害到发病之间有一段潜伏期，人们可能在相当长的时间内对周围严重的电磁环境没有察觉。用电伤害的这一特征无疑会增加危害的严重性。抽象的特点会加大技术上的难度，并加大安全培训教育的难度。

2. 广泛性

用电安全技术的这一特点可从两个方面来理解：一方面是电的应用极为广泛，没有电的广泛应用，现代化的生产和生活都不可能实现的，随着社会的发展和进步，电力作为关系着国计民生的重要行业需要有一个大的发展；另一个方面就电气设备而言，必须特别注意研究防止各种电气伤害的危害，如一些家用电器的使用，将会带来触电、火灾等危险，电动工具、医疗电器的广泛使用会增加触电的危险，各种高频设备的使用会带来辐射伤害的问题等。这就告诉人们，在生产和生活中处处要用电，处处会遇到电气安全问题。

3. 综合性

用电安全技术是一项综合性的工作，有工程技术工作的一面，也有组织管理的一面。两者是相辅相成的，有着十分密切的联系。在工程技术方面，用电安全技术的重要任务是完善传统的用电安全技术，研究新式的用电安全技术和自动防护技术，研究新出现的用电安全技术问题，研究电气安全检测和监测技术以及研究获得各种安全条件的电气方法等。在管理方面需要做很多的工作，应当加强各部门的协调，逐步实现系统化电气安全，引进安全系统工程的理论和方法，加强对人机工程的研究等。

4. 严重性

电力工业的高速发展必将促进安全用电工作的开展，用电事故的严重性决定了用电安全的迫切性。从相关安全管理部门的统计数据看，我国电气火灾已大约超过火灾总数的20%，电气火灾造成的经济损失所占比例还要更高一些。因此，电气事故的严重性必将引起用电作业人员及用电安全管理人员的高度重视。

9.2 电气事故种类

电气事故可以按照不同的方式分类。按照灾害形成，可分为人身事故、设备事故、火灾事故、爆炸事故等；按照电路状况，可分为短路事故、断线事故、接地事故、漏电事故等。事故是由外部能量作用于人体或系统内能量而发生故障造成的，能量是造成事

故的基本因素。从这个角度出发，电气事故大致可以分为以下几类。

9.2.1 触电事故

触电事故是由电流的能量造成的，触电是电流对人体的伤害。电流对人体的伤害可分为电击和电伤。

电击是电流通过人体内部，破坏人的心脏、神经系统、肺部的正常工作而造成的伤害。人身触及带电的导线、漏电设备的外壳或其他带电体，以及由于雷击或电容器放电，都可能导致电击。触及正常带电体的电击称为直接电击，触及故障带电体的电击称为间接电击。

电伤是电流的热效应、化学效应及机械效应对人体外部造成的局部伤害，包括电弧烧伤、烫伤、电烙印等。

绝大部分触电事故是电击造成的，通常所说的触电事故基本上是指电击。按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，触电可分为以下几种情况。

1. 直接接触触电

(1) 单相触电 人体接触电气设备的任何一相带电导体所发生的触电称为单相触电。中性点直接接地的电网及中性点不接地的低压电网都能发生单相触电，如图 9-1、图 9-2 所示。

(2) 两相触电 人体同时接触带电的任何两相电源，不论中性点是否接地，人体受到的电压是线电压，触电后果往往很严重。两相触电一般比单相触电事故少一些，如图 9-3 所示。

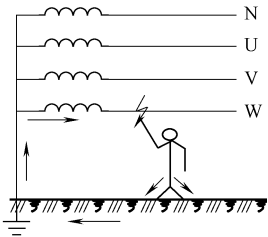


图 9-1 中性点直接接地单相触电

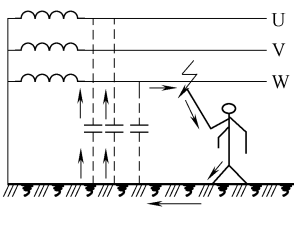


图 9-2 中性点不接地单相触电

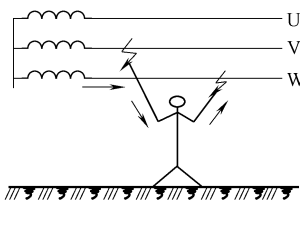


图 9-3 两相触电

2. 间接接触触电

当电气设备的绝缘在运行中发生故障而损坏时，使电气设备本来在正常工作状态下不带电的外露金属部件（外壳、构架、护罩等）呈现危险的的对地电压，当人体触及这些金属部件时，构成间接触电，也称为接触电压触电。

在低压中性点直接接地的配电系统中，电气设备发生磁壳短路将是一种危险的故障。如果该设备没有采取接地保护，一旦人体接触外壳时，加在人体上的接触电压近似等于电源对地电压，这种触电的危险程度相当于直接接触触电，完全有可能导致人身伤亡。

3. 跨步电压触电

U_e —对地电压 I_e —接地电流 QF—油断路器

 φ_2 ——人右脚所站处的电位 (V)。

1) 带电导体,特别是高压导体故障接地或接地装置流过故障电流时,流散电流在

附近地面各点产生的电位差可造成跨步电压触电。

2) 正常时有较大工作电流流过的接地装置附近, 流散电流在地面各点产生的电位差可能造成跨步电压触电。

3) 防雷装置遭受雷击, 或高大设施、高大树木遭受雷击时, 极大的流散电流在其接地装置或接地点附近地面产生的电位差可造成跨步电压触电。

4. 剩余电荷触电

电气设备的相间绝缘和对地绝缘都存在电容效应。由于电容器具有储存电荷的性能, 所以, 在刚断开电源的停电设备上都会保留一定量的电荷, 称为剩余电荷。假如此时有人触及停电设备, 可能会遭受到剩余电荷电击。并且, 大容量电力设备和电力电缆、并联电容器等在摇测绝缘电阻后或耐压试验后都会有剩余电荷的存在。设备容量越大、电缆线路越长, 这种剩余电荷的积累电压越高。因此, 在摇测绝缘电阻或耐压试验工作结束后, 必须注意充分放电, 以防剩余电荷电击。

5. 感应电压触电

带电设备的电磁感应和静电感应作用能使附近的停电设备上感应出一定的电位, 其数值的大小决定于带电设备电压的高低、停电设备与带电设备两者接近程度的平行距离、几何形状等因素。感应电压往往是在电气工作者缺乏思想准备的情况下出现的, 具有很大的危险性。在电力系统中, 感应电压触电事故屡有发生, 甚至造成伤亡事故。

6. 静电触电

静电电位可高达数万伏至数十万伏, 可能发生放电, 产生静电火花, 引起爆炸、火花, 也能造成对人体的电击伤害。由于静电电击不是电流持续通过人体的电击, 而是由于静电放电造成的瞬间冲击性电击, 能量较小, 通常不会造成人体心室颤动而死亡, 但往往造成二次伤害, 如从高处坠落或其他机械性伤害, 同样具有很大的危险性。

9.2.2 雷电事故

雷电事故是指发生雷击时, 由雷电放电而造成的事故。雷电放电具有电流大 (可达数十千安至数百千安)、电压高 (300 ~ 400kV)、陡度高 (雷击冲击波的波首陡度可达 500 ~ 1000kA/μs)、放电时间短 (30 ~ 50μs)、温度高 (可达 20000℃) 等特点。雷电释放出的能量可形成极大的破坏力, 除可毁坏建筑设施和设备外, 还可能伤及人、畜, 甚至引起爆炸和火灾, 造成大规模停电等。所以, 电力设施和高大建筑物都需考虑防雷措施。

9.2.3 射频伤害

射频伤害即电磁场伤害, 是由电磁场的能量造成的。人体如果在交频电磁场作用下吸收辐射能量, 则会受到不同程度的伤害, 其症状主要是引起人的中枢神经功能失调, 明显表现为神经衰弱症状, 如头晕、头痛、乏力、睡眠不好等, 还能引起自主神经功能失调症状, 如多汗、食欲不振、心悸等。此外, 还发现部分人有脱发、视力减退、伸直手臂时手指轻微颤动、皮肤划痕异常、男性性功能减退、女性月经失调等症状, 以及心

血管系统有某些异常的情况。在特高频电磁场照射下，心血管系统症状比较明显，如心动过速或过缓、血压升高或降低、心悸、心区有压迫感、心区疼痛等。

9.2.4 电气线路或设备事故

电气线路或设备故障可能发展成为事故，并可能危及人身安全。

1. 用户影响系统的事故

这类事故的发生有三种情况：一种是由于用电单位内部发生电气设备或线路事故，造成公用网络及其他单位停电，或引起系统波动，甚至电网解列的重大事故，例如用户的大型起重吊装设施触及系统高压电网，造成接地或短路事故，引起系统变电站跳闸甚至系统的电网解列；另一种是由于用户内部发生短路事故，继电保护柜越级跳闸，造成上级变电所停电，使系统网络上的其他用户停电；第三种情况是由于用户出了重大短路事故，使部分地区电压大幅度下降，迫使其他用户电气开关低电压释放，使用户用电设备大量停止运转。

2. 用户全厂范围停电事故

这类事故是指由于用户本身内部原因，造成全厂停电并影响生产事故。

3. 重大设备损坏事故

这类事故是指大型用户（供电容量在 10000kVA 及以上的工矿企业）的一次设备发生损坏的事故，如受电主变压器以及电源侧的主断路器等电气设备的损坏，这类设备损坏时，必然导致全厂停电，造成重大经济损失。

9.3 触电事故原因

发生触电事故的原因很多，主要有以下几个方面。

1. 电气设备安装不合理

电气设备安装不合理情况如室内外配电装置的最小安全净距不够；室内配电装置各种通道的最小宽度小于规定值；架空线路的对地距离及交叉跨越的最小距离不符合要求；电气设备的接地装置不符合规定；落地式变压器无围栏；电气照明装置安装不当，相线未接在开关上，灯头离地面太低；电动机安装不合格；导线穿墙无套管；电力线和广播线同杆架设；电杆梢径过小等。

2. 违反安全工作规程

违反安全工作规程情况如非电气工作人员操作和维修电气设备；带电移动或维修电气设备，带电登杆或爬上变压器台作业；在线路带电情况下，砍伐靠近线路的树木；在导线下面修建房屋、打井、堆柴；使用的行灯和移动式电动工具不符合安全规定；在带电设备附近进行起重吊装作业时，安全距离不够；在全部停电和部分停电的电气设备上工作，来完成针对来电后作业的组织措施和技术措施，申请送电后又进行工作；带负荷分合隔离开关或跌开式熔断器；带临时接地线合闸隔离开关和油断路器；带电把两路电源误并列等误操作；私自乱拉乱接临时电线；低压带电作业的工作位置、活动范围、使

用工具及操作方法不正确等。

3. 运行维修不及时

运行维修不及时情况如架空线路被大风刮断或外力扯断,造成断线接地或与电话线、广播线搭连,电杆倾倒,木杆腐朽等没有及时修复;电气设备外壳损坏,导线绝缘老化破损,致使金属导体外露等没有及时发现和修理。

4. 缺乏安全用电常识

缺乏安全用电常识情况如家用电器不按使用说明书中的要求接线;私设电网防盗和用电捕鱼、捕鼠;将湿衣服晒在电线上;用活树当电线杆等。

5. 发生触电事故的规律

(1) 农村触电事故多于城市 主要原因是农村用电条件差、设备因陋就简、技术水平低、缺乏安全用电知识。

(2) 季节性明显 一年当中,春冬两季触电事故较少,夏秋两季,特别是七、八、九三个月,触电事故较多,主要原因是此期间雷雨多,空气湿度大,降低了电气设备的绝缘性能,并且人体多汗,皮肤电阻下降,易导电,衣着单薄,身体裸露部分较多,增加了触电的机会。

(3) 单相触电事故多 据统计资料表明,单相触电事故占触电事故总数的70%以上。

(4) 触电事故多发生在电气连接部位 触电事故多发生在分支线、电缆线、灯头、插头、电线接头、熔断器、接触器等处。

(5) 低压触电事故多于高压触电事故 主要原因是低压电网广,低压设备多,人们接触的机会多,有些人对低压电气设备有麻痹大意思想,设备一旦有缺陷,容易发生触电事故。据统计资料介绍,低压设备引起的触电事故占触电事故总数的80%以上。

(6) 与用电环境有着密切的关系 在高温高湿、多粉尘及有腐蚀性气体的用电环境中,触电事故极易发生。

9.4 电流对人的危害

触电对于人体的伤害形式可分为电击和电伤两种。

1. 电击

电流直接通过人体的伤害称为电击。电流通过人体内部造成人体器官的损伤,破坏人体内部细胞的正常工作,主要表现为生物学效应。电流通过人体,会引起麻感、针刺感、压迫感、打击感、痉挛、疼痛、呼吸困难、血压异常、昏迷、心律不齐、窒息、心室颤动等症状。

2. 电伤

电流转换为其他形式的能量作用于人体的伤害称为电伤。电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人造成的伤害。

(1) 电灼伤 灼伤是电流的热效应造成的伤害,分为电流灼伤和电弧烧伤两种。

电流灼伤是人体与带电体接触，电流通过人体由电能转换成热能造成的伤害。电弧烧伤是由弧光放电造成的烧伤，分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤两种情况。直接电弧烧伤是带电体与人体之间发生电弧，有电流流过人体的烧伤；间接电弧烧伤是电弧发生在人体附近对人体的烧伤，包括熔化了了的炽热金属溅出造成的烫伤。

(2) 电烙印 人体与带电体接触的部位留下的永久性斑痕称为电烙印，斑痕处皮肤失去弹性，表皮坏死。

(3) 皮肤金属化 由于电流的作用使熔化和蒸发了的金属微粒渗入了人体的皮肤，从而使皮肤变得坚硬和粗糙，并呈现特殊的颜色，这种情况称为皮肤金属化。皮肤金属化多是在弧光放电时发生和形成的，在一般情况下，此种伤害是局部的。

(4) 机械性损伤 机械损伤是指当电流作用于人体时，由于中枢神经反射和肌肉强烈收缩等作用导致的机体组织断裂、骨折等伤害。

(5) 电火眼 当发生弧光放电时，由红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害称为电火眼，主要表现为角膜炎或结膜炎。

9.5 影响触电的因素

影响触电的因素有以下六点。

1. 通过人体的电流值

通过人体的电流越大，热的生理反应和病理反应越明显，引起心室颤动所需的时间越短，致命的危险性越大。按照人体呈现状态，可将通过人体的电流分为三个级别：①感知电流和感知阈值，即在一定概率下，通过人体引起人有任何感觉的最小电流，称为该概率下的感知电流，感知电流的最小值称为感知阈值。概率为 50% 时，成年男子平均感知电流为 1.1mA，成年女子约为 0.7mA。②摆脱电流和摆脱阈值。当通过人体的电流超过感知电流时，肌肉收缩增加、刺痛感觉增强、感觉部位扩展。当电流增大到一定程度时，由于中枢神经反射和肌肉收缩、痉挛，触电人将不能自行摆脱带电体。在一定概率下，人触电后能自行摆脱带电体的最大电流称为该概率下的摆脱电流，摆脱电流的最小值称为摆脱阈值。摆脱电流与人体生理特征、电极形状、电极尺寸等因素有关。概率为 50% 时，成年男子摆脱电流约为 15.5mA，成年女子约为 10.5mA；概率为 99.5% 时，成年男子约为 22.5mA，成年女子约为 15mA。③室颤电流和室颤阈值。通过人体引起心室发生纤维性颤动的最小电流称为室颤电流，室颤电流的最小值称为室颤阈值。室颤电流是短时间内使人致命的最小电流。室颤电流受电流持续时间、电流途径、电流种类、人体生理特征等因素的影响。当电流持续时间超过心脏搏动周期时，人的室颤电流约为 50mA；当电流持续时间短于心脏搏动周期时，人的室颤电流约为数百毫安；当电流持续时间在 0.1s 以下时，如电击发生在心脏易损期，500mA 以上的电流可引起心室颤动。

2. 电流作用于人体的时间

电流在人体内作用的时间越长，电击危险性越大，主要原因有以下三点：①人体电

阻减少。电击持续时间越长，人体电阻由于出汗、击穿、电解而下降，电击危险性越大。②能量增加。电流持续时间越长，体内积累外界电能越多，伤害程度增强，表现为室颤电流减少。③中枢神经反射增强。电击持续时间越长，中枢神经反射越强烈，电击危险性越大。

工频电流对人体的作用见表 9-1。当发现有人触电时，应迅速使触电者摆脱带电体。

表 9-1 工频电流对人体的作用

电流/mA	电流持续时间	生理效应
0 ~ 0.5	连续通电	没有感觉
0.5 ~ 5	连续通电	开始有感觉,手指、手腕等处有麻感,没有痉挛,可摆脱带电体
5 ~ 30	数分钟以内	痉挛,不能摆脱带电体,呼吸困难,血压升高,是可以忍受的极限
30 ~ 50	数秒 ~ 数分钟	心脏跳动不规则、昏迷,血压升高,强烈痉挛,时间过长而引起心室颤动
50 ~ 数百	低于心脏搏动周期	受强烈刺激,但未发生心室颤动
	超过心脏搏动周期	昏迷,心室颤动,接触部位留有电流通过的痕迹
超过数百	低于心脏搏动周期	在心脏易损期触电时,发生心室颤动、昏迷,接触部位留有电流通过的痕迹
	超过心脏搏动周期	心脏停止跳动,昏迷,可能致命的电灼伤

3. 电流在人体内流通途径

人体在电流的作用下是没有绝对安全途径的。电流通过心脏会引起心室颤动，乃至心脏停止跳动而死亡；电流通过中枢神经及有关部位，会引起中枢神经强烈失调而导致死亡；电流通过头部，会严重损伤大脑，亦可能使人昏迷不醒而死亡；电流通过脊髓会使人截瘫；电流通过人的局部肢体也可能引起中枢神经强烈反射而导致严重后果。

通过心脏的电流越多时，电流路线越短的途径是电击危险性越大的途径。不能认为局部的触电是无危险的。

4. 人体本身的状况

人的健康状况和精神神态对于触电的轻重程度有着极大的关系，患有心脏病、肺病、内分泌失调、中枢神经系统疾病及酒醉者等，其触电的危险性最大。因此，对于电气工作人员要经常或定期进行严格的身体检查。

5. 电流种类影响

不同种类电流对人体伤害的构成不同，危险程度也不同，但各种电流对人体都有致命危险的共性。

(1) 直流电流作用 在接通和断开瞬间，直流感知阈值约为 2mA，300mA 以下的直流电流没有确定的摆脱阈值，300mA 以上的直流电流将导致不能摆脱或数秒至数分钟后才能摆脱带电体。电流持续时间超过心脏搏动周期时，直流室颤电流为交流的数倍；电流持续时间在 200ms 以下时，直流室颤电流与交流电流大致相同。

(2) 冲击电流作用 作用时间不超过 0.1 ~ 10ms 的电流称作冲击电流。按其波形

可分为方脉冲、正弦脉冲和电容放电脉冲三种。

冲击电流对人体的作用有感知阈值、疼痛阈值和室颤阈值，没有摆脱阈值。

6. 人体的阻抗值

人体阻抗包括皮肤阻抗和体内阻抗。皮肤阻抗在人体阻抗中占有较大的比例，人体的阻抗不是固定不变的，与以下若干因素有关。

(1) 皮肤状况 皮肤潮湿和出汗时，以及带有导电的化学物质和导电的金属尘埃，特别是皮肤破损后，人体阻抗急剧下降。人们不应该用潮湿、有汗、沾污的手去操作电气装置。

(2) 接触电压 接触电压增加时，人体阻抗明显下降。

(3) 电源频率 人体阻抗与电源频率的关系如图 9-5 所示。

(4) 接触面积 人体阻抗与人体接触带电体的接触面积有关，从图 9-5 中可以看出这种关系是人体阻抗与接触面积成反比关系。

(5) 其他因素 体内阻抗与电流途径有关，女子的人体阻抗比男子的小，儿童的比成人的小，青年的比中年人的小；遭受突然的生理刺激时，人体阻抗可能明显降低；环境温度高或空气中氧含量不足等，都可使人体阻抗下降。

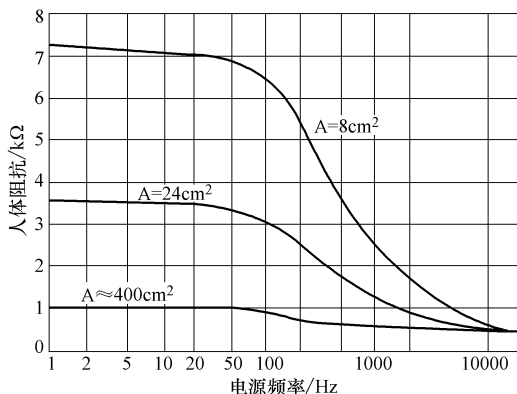


图 9-5 人体阻抗与电源频率的关系

注：A 为接触面积。

9.6 安全电压与急救

9.6.1 安全电压

国家标准 GB/T 3805—2008《特低电压（ELV）限值》的制定是为了防止因触电而造成的人身直接伤害的。电气设备采用安全电压来防止触电事故，应根据使用环境、人员和使用方式等因素选用《安全电压》所列的不同等级的安全电压额定值。国家标准将“安全电压”额定值分为 42V、36V、24V、12V 和 6V 五个等级，并明确规定了当电气设备采用了超过 24V 的安全电压时，必须采取防直接接触带电体的保护措施。

我国规定 36V 为普通安全电压值，凡危险及特别危险环境里的局部照明灯、危险环境里的手提灯、危险及特别危险环境里的携带式电动工具，均应采用 36V 安全电压。

对于潮湿而又触电危险性较大的环境，人体电阻应按 650Ω 考虑，通过人体的电流可按 30mA 考虑，则安全电压 $U = 30\text{mA} \times 10^{-3} \times 650\Omega = 19.5\text{V}$ 。

凡特别危险环境里以及在金属容器、矿井、隧道里的手提灯，国家规定应采用 12V

安全电压。

9.6.2 急救措施

1. 人体触电后的表现

(1) 假死 所谓假死,即触电者丧失知觉,面色苍白、瞳孔放大、脉搏和呼吸停止。假死可分为三种类型:①心跳停止,尚能呼吸;②呼吸停止,心跳尚存,但脉搏很微弱;③心跳、呼吸均停止。由于触电时心跳和呼吸是突然停止的,虽然中断了供血供氧,但人体的某些器官还存在微弱活动,有些组织的细胞新陈代谢还在进行,加之一般体内重要器官并未损伤,只要及时进行抢救,触电者极有被救活的可能。

(2) 局部电灼伤 触电者神志清醒,电灼伤常位于电流进出人体的接触处,进口处的伤口常为一个,出口处的伤口有时不止一个。电灼伤的面积有时较小,但较深,有时可深达骨骼,大多为三度灼伤,灼伤处是焦黄色或褐黑色,创面与正常皮肤有明显的界线。

(3) 伤害较轻 触电者神志清醒,只是有些心慌、四肢发麻、全身无力、一度昏迷,出冷汗或恶心呕吐,但未失去知觉等。

2. 急救方法

(1) 急救原则 急救的原则是:迅速、就地、准确、坚持。

1) 迅速。动作要迅速,切不可惊慌失措,要争分夺秒、千方百计地使触电者脱离电源,并将触电者移到安全地方。

2) 就地。要争取时间,在现场(安全地方)就地抢救触电者。

3) 准确。抢救的方法和施行的动作姿势要正确。

4) 坚持。急救必须坚持到底,直到医务人员判定触电者已经死亡,再无法抢救时,才能停止抢救。

(2) 脱离电源

1) 脱离低压电源的方法:①拉开触电地点附近的电源开关。但应注意,普通的电灯开关只能断开一根导线,由于安装不符合标准,可能只断开零线,而不能断开电源,人体触及的导线仍然带电,不能认为已切断电源了。②如果距开关较远,或断开电源有困难,可用带有绝缘柄的电工钳,或用干燥木柄的斧头,铁锹等利器将电源线切断,此时应防止带电导线断落触及其他人体。③导线搭落在触电者身上或在身下时,可用干燥的木棒、竹竿等挑开导线,或用干燥的绝缘绳索套拉导线或触电者,使其脱离电源。④触电者由于肌肉痉挛,手指紧握导线不放松或导线缠绕在身上时,可首先用干燥的木板塞进触电者身下,使其与地绝缘,然后再采取其他办法切断电源。⑤触电者的衣服如果是干燥的、又没有紧缠在身上、不至于使救护人员直接接触及触电者的身体时,救护人员才可以用一只手抓住触电者的衣服,将其拉脱电源。⑥救护人员可用几层干燥的衣服将手裹住,或站在干燥的木板、木桌椅或绝缘橡胶垫等绝缘物上,用一只手拉触电者的衣服,使其脱离电源。千万不要赤手直接去拉触电者,以防造成群伤触电事故。

2) 脱离高压电源的方法: ①立即通知有关部门停电。②戴绝缘手套, 穿绝缘鞋, 使用相应电压等级的绝缘工具, 拉开高压跌落式熔断器或高压断路器。③抛掷裸金属软导线, 使线路短路, 迫使继电器保护装置动作, 切断电源, 但应保证抛掷的导线不触及触电者和其他人员。

(3) 现场施救 触电者脱离电源后, 应立即就近移到干燥通风的场所, 根据情况迅速进行现场施救, 同时通知医务人员到达现场, 并做好送往医院的准备工作。

现场施救按以下办法进行: ①触电者所受伤害不太严重。触电者神志清醒, 只是有些心慌、四肢发麻、全身无力, 或一度昏迷, 但未失去知觉, 此时应使触电者静卧休息, 不要走动, 同时应严密观察。如发现呼吸或心跳很不规律甚至接近停止时, 应赶快请医生前来或送医院诊治。②触电者的伤害情况较严重。触电者无知觉, 无呼吸, 但心脏有跳动, 应立即进行人工呼吸(口对口(鼻)人工呼吸法); 如有呼吸, 但心脏跳动停止, 则应立即采用胸外心脏按压法进行救法。

以上两种施救办法, 应由医务人员或经过训练的人员施救。

(4) 外伤处理 在现场施救中, 也应对触电者由于电伤和摔跌造成的局部外伤做适当处理, 防止细菌侵入感染及摔跌骨折刺破皮肤、周围组织、神经和血管, 避免引起损伤扩大, 同时可减轻触电者的痛苦和便于转送医院。

伤口出血以动、静脉出血的危险性为最大。动脉出血的血色鲜红且状如泉涌; 静脉出血的血色暗红且持续溢出。人体总血量大致有 4000 ~ 5000mL, 如果出血量超过 1000mL, 可能引起心脏停止跳动而死亡, 所以, 触电者有出血状况时要立即设法止血。

常用的外伤处理方法有: ①对于一般性的外伤表面, 可先用无菌生理食盐水或清洁的温开水冲洗后, 再用适量的消毒纱布、防腐绷带或干净的布类包扎, 经现场救护后送医院处理; ②压迫止血是动、静脉出血最迅速的止血法, 即用手指、手掌或止血橡皮带在出血处的供血端将血管压瘪在骨骼上面而止血, 同时迅速送往医院处理; ③如果伤口出血不严重, 则可用消毒纱布或干净的布类叠几层盖在伤口处压紧止血; ④对触电摔伤四肢骨折的触电者应首先进行止血、包扎, 然后用木板、竹竿、木棍等物品临时将骨折肢体固定并速送医院处理。

9.7 电气绝缘、屏护、间距

绝缘、屏护和间距是最为常见的用电安全措施, 是各种电气设备都必须考虑的通用安全措施。绝缘、屏护和间距的主要作用是防止人体触及或过分接近带电体而造成触电事故及防止短路、故障接地等电气事故的安全措施。

9.7.1 绝缘

绝缘是用绝缘物把带电体封闭起来。良好的绝缘是保证设备和线路正常运行的必要条件, 也是防止触电事故发生的重要措施。

绝缘材料一般指电阻率在 $10^9 \Omega \cdot m$ 以上的材料, 分为气体绝缘、液体绝缘和固体

绝缘三种绝缘材料。

1. 气体绝缘材料

电气设备的绝缘结构可以应用空气或其他气体作为绝缘介质，如线路的线间绝缘、电器的电气间隙等。空气在正常状态下是良好的绝缘介质，但其击穿电压与大多数液体及固体介质相比是不高的。

2. 液体绝缘材料

常用的液体绝缘材料有变压器油、电容器、油和电缆油。

变压器油的介电强度为 16 ~ 21kV/mm (20℃时)，主要用于变压器及油断路器的绝缘和散热。

电容器油的介电强度为 20 ~ 23kV/mm (20℃时)，主要用于电容器的绝缘、散热及储能。

电缆油中的高压充油介电强度大于等于 20kV/mm (20℃时)，用于高压电缆，35kV 油介电强度为 14 ~ 16kV/mm (20℃时) 用于低压电缆。

3. 固体绝缘材料

固体绝缘材料是应用最广泛的绝缘材料，包括：无机绝缘材料，如云母、瓷件、石棉等；有机绝缘材料，如棉纱、纸、橡胶等；混合绝缘材料，如绝缘压塑料、绝缘薄膜、复合材料等。

9.7.2 屏护

电气屏护是采用屏护装置控制不安全因素，屏护装置包括遮挡和障碍。遮挡可防止无意或有意触及带电体，障碍只能防止无意触及带电体。屏护还有防止电弧烧伤、防止短路和便于安全操作的作用。

屏护不直接与带电体接触，可采用绝缘材料，也可采用金属材料，但是，必须满足下面的要求：①所有材料应有足够的机械强度和阻燃性能，并安装牢固；②金属屏护装置应有良好的接地或接零措施；③屏护装置上应有明显的标志作为警示牌，如“切勿触及，生命危险！”“止步，高压危险！”“当心触电！”等；④屏护装置应与带电体保持足够的安全距离。

遮挡是最常用的屏护装置，如安装在室外地上的配电变压器，以及安装在车间或公共场所的配电装置，都要装设遮挡作为屏护。

在邻近带电体的作业中，要在工作人员与带电体之间设置临时遮挡，以保证检修工作的安全，这种检修用遮栏常采用干燥的木材或者其他绝缘材料制成。

9.7.3 起重作业间距

起重机严禁越过电力线进行作业。在临近带电体处吊装时，起重臂及吊件的任何部位与带电体（在最大偏斜时）的最小安全距离见表 9-2。

表 9-2 起重机与带电体的最小安全距离 (单位：m)

电压等级/kV	<1	1 ~ 10	35 ~ 63	110	220	330	500
最小安全距离	1.5	2.0	3.5	4.0	6.0	7.0	8.5

9.8 电气设备的防火防爆

9.8.1 电动机防火

1. 电动机起火原因

1) 电动机短路故障。电动机定子绕组发生相间、匝间短路或对地绝缘击穿,引起绝缘燃烧起火。

2) 电动机过负荷。电动机长期过负荷运行,被驱动机械负荷过大及机械卡住使电动机停转,产生过电流,引起定子绕组过热而起火。

3) 电源电压太低或太高。电动机起动时,若电源电压太低,起动转矩小,使电动机起动时间长或不能起动,引起电动机定子电流增大,绕组过热而起火;运行中的电动机,若电源电压太低,电动机转矩变小而机械负荷不变,引起定子过电流,使绕组过热而起火;若电源电压大幅下降,运行中的电动机停转而烧毁;若电源电压过高,磁路高度饱和,激磁电流急剧上升,使铁心严重发热引起电动机起火。

4) 电动机起动时间长或短时间内多次连续起动,定子绕组温升急剧升起,引起绕组过热而起火。

5) 电动机缺相运行。电动机运行中一相断线或一相熔断器熔断,造成缺相运行,引起定子绕组过载发热而起火。

6) 电动机轴承润滑油不足或润滑油脏污,使轴承损坏卡住转子,导致定子电流增大,使定子绕组过热而起火。

7) 接线端子接触电阻过大产生高温,或接头松动产生电火花而起火。

8) 电动机吸入纤维、粉尘而堵塞风道,热量不能排放,或转子与定子摩擦,引起绕组的温度升高而起火。

2. 电动机防火措施

1) 根据电动机的工作环境,对电动机进行防潮、防腐、防爆处理,安装时要符合防火要求。

2) 电动机周围不得堆放杂物,电动机及其起动装置与可燃物之间应适当保持距离,以免引起火灾。

3) 电动机应按规定的起动次数和起动间隔时间,尽量少起动;避免频繁起动,以免让定子绕组过热而起火。

4) 检修后及停电超过七天以上的电动机,起动前应测量其绝缘电阻是否合格,以防投入运行后,因绝缘受潮发生相间短路或对地击穿烧毁电动机。

5) 发现电动机缺相运行,应立即切断电源,防止电动机缺相运行,引起过载发热起火。

6) 加强运行监视。电动机运行时,要监视电动机的电流、电压不超过允许范围;

监视电动机的温度、声音、振动，轴转动应正常、无焦臭味；电动机冷却系统应正常。防止上述影响因素的出现，免得引起电动机过载发热而起火。

7) 电动机一旦起火，应立即切断电源，使用电气设备专用灭火器进行灭火，如用二氧化碳、四氯化碳、“1211”灭火器或蒸气灭火。一般不用干粉灭火器灭火。若使用干粉灭火器灭火时，要注意不使粉尘落入轴承内，必要时可用消防水喷射成雾状灭火，严格禁止将大股水注入电动机内。

9.8.2 防止电气火灾和爆炸的措施

为了防止电气火灾和爆炸的发生，应从以下四点采取措施。

1. 排除可燃易爆物资

1) 防止可燃易爆物质的泄漏。可燃易爆物质的跑、冒、滴、漏是火灾和爆炸发生的根源，所以，对存有可燃易爆物质的生产设备、容器、管道、阀门应该严加密封，杜绝易燃易爆物质的泄漏，消除火灾、爆炸的事故隐患。

2) 打扫环境卫生，保持良好通风。这不仅是美化、净化环境的需要，而且还是防火防爆的举措之一。经常清扫泄漏可燃易爆物质，保持良好通风，清除爆炸混合物，将可燃易爆气体、蒸汽、粉尘、纤维的浓度降到爆炸浓度以下，能达到有火不燃、有火不爆的效果。

2. 排除电气着火源

排除电气着火源就是清除或避免电气线路、电气设备在运行中产生电火花、电弧和高温。排除电气着火源的措施有以下七项。

(1) 排除电气线路产生着火源 在火灾和爆炸危险场所，电气线路必须满足下列七项规定：

- 1) 所有电气线路及有剧烈振动的设备接线都要采用铜芯绝缘导线或电缆。
- 2) 各类线路导线截面应满足以下要求：①正常情况下能形成爆炸性混合物的场所导线截面不小于 2.5mm^2 ；②正常情况下不能形成，而仅在不正常情况下能形成爆炸性混合物的场所导线截面不小于 1.5mm^2 ；③正常情况下不能形成，仅在不正常情况下能形成爆炸性混合物以下各场所导线截面不小于 4mm^2 ；④所有照明线路和正常情况下不能形成，仅在不正常情况下能形成爆炸性混合物的场所的所有线路导线截面不小于 2.5mm^2 。
- 3) 在有爆炸危险的场所，移动式电气设备应采用中间无接头的橡皮软线供电。
- 4) 所有工作零线应与相线具有同等绝缘强度，并处于同一护套或管子中。
- 5) 所有绝缘导线或电缆的额定电压不得低于电网的额定电压，且不得低于 500V。
- 6) 绝缘导线严禁明敷，均应穿钢管。当电缆明敷时，应采用铠装电缆。
- 7) 在火灾危险场所，可采用非铠装电缆或钢管配线；在生产过程中，场所中有不可能形成爆炸性混合物的、但可能引起火灾危险的悬浮状、堆积状可燃粉尘或可燃纤维，对于 500V 以下的线路可采用硬塑料管配线。

(2) 合理选用电气设备 根据危险场所的级别，合理选用电气设备类型，特别是

在易燃易爆危险场所应选用防爆型电气设备，对防止火灾、爆炸具有重要意义。在易燃易爆危险场所，应尽量不用或少用携带式电气设备。

(3) 按规范安装危险场所的电气设备 易燃易爆危险场所电气设备的安装应严格密封、连接可靠、防止局部放电（接线盒内裸露带电部分之间、裸露带电部分与金属外壳之间应保持足够的电气间隙和漏电距离）、防止局部过热（有隔热措施）。

(4) 保持电气设备与危险场所的安全距离 满足下列四项要求：①为防止电火花或危险温度引起火灾，各类开关、插销、熔断器、电热器具、照明器具、电焊设备、电动机等都应根据需要，避开易燃物质；②室外变、配电装置与爆炸危险场所的建筑物、易燃易爆液体储气罐、液化石油气罐之间应保持必要的防火距离，必要时应加装防火隔墙；③10kV 及以上的变、配电所不应设置在有爆炸危险场所或火灾危险场所的正上方或正下方；④10kV 及以下架空线路，严禁跨越火灾或爆炸危险场所，当线路与火灾爆炸危险场所接近时，其水平距离不小于杆塔高度的 1.5 倍。

(5) 保持电气设备正常运行 加强设备的运行管理，防止设备过热过载运行；应定期对设备进行检修、试验，防止机械损伤和绝缘破坏而造成设备短路。

(6) 电气设备可靠接地或接零 在可燃易爆危险场所，所有电气设备金属外壳必须可靠接地或接零，以便电气设备发生碰壳接地短路时能迅速切除着火源。具体要求有如下两点：①在爆炸危险场所，所有电气设备的金属外壳必须可靠接地或接零，并与金属管道、建筑物的金属结构连接成整体，以防止在金属导体间产生不同电位而引起放电；②在爆炸危险场所，应使用专门的接地（或零）线，不得利用金属管道、建筑物的金属构架、工作零线等作为专用的接地线（或零线）。

(7) 合理应用保护装置 在火灾和爆炸危险场所，除将电气设备可靠接地（或接零）外，还要应有比较完善的保护装置、监测和报警装置，从技术上完善防火防爆措施，具体要求有如下六点：①在易发生火灾和爆炸危险的场所，电气设备应装设短路、过载保护装置。过电流保护装置的动作电流在不影响电气设备正常工作的情况下，应尽量整定得小一些，以提高其动作的灵敏度。对于爆炸危险场所的单相线路，应安装双极开关，以便同时断开相线和零线。②凡突然停电有引起火灾和爆炸危险的场所，必须有双电源供电，且双电源之间应装有自动切换联锁装置，当一路电源中断，可保持供电不中断。③对有通风要求的易发生爆炸危险的场所，通风装置和其他设备间有联锁装置，当设备启动时，应先启动通风装置，后投入其他设备；停止工作时，应先切除工作设备，后断开通风设备。④在易发生火灾和爆炸危险的场所，应装设自动检测装置，当危险场所内爆炸性混合物接近危险浓度时，发出信号或报警，以便工作人员及时采取措施，排除危险。⑤必要时装设漏电保护装置，当漏电流达到动作电流时，此装置迅速切断电源。⑥在易发生爆炸危险的场所，供电系统由中性点不接地系统供电时，该供电系统应装设绝缘监视装置，以便当该供电系统发生单相接地时，能发出接地信号，并迅速处理。

3. 土建及消防的防火防爆要求

1) 电气建筑采用耐火材料。变电室、变压器室应满足耐火等级（分别为二级和一

级), 隔墙应用防火绝缘材料制成, 门应用不可燃材料制成, 且门向外开。

2) 充油设备间采用防火隔墙。充油设备之间应保持防火距离, 当间距不能满足时, 应设置能耐火的防火隔墙。

3) 充油设备装设储油和排油设施。为防止充油设备在发生火灾时火势蔓延, 对充油设备设置了储油和排油设施。这些设施有隔离板、防爆墙围成的间隔、防爆小间、挡油墙坎、储油池等。

4) 生产现场设置消防设备, 如灭火机和消防工具等。

4. 防止和消除静电火花

(1) 控制静电产生 摩擦和冲击会产生静电, 在生产中应选择适当工艺和操作法, 防止静电。

1) 适当选择工艺设备和工具的材料, 以减少静电的产生和积累; 用导电性能好的材料作传动带; 防止传动带打滑; 以齿轮传动代替传动带以减小摩擦。

2) 限制流体流速和摩擦强度, 从而限制静电荷的产生。为了限制烃类燃油在管道内流动时产生静电, 要求其流速与管径满足下式关系:

$$u^2 D \leq 0.64$$

式中 u ——燃油流速 (m/s);

D ——管径 (m)。

3) 减小物料的冲击和分裂。实验证明, 人字形管口和 45° 斜管口造成的冲击和分裂比平管口小, 产生的静电也小。

4) 消除油罐或管道内的杂质, 从而减少附加静电。

(2) 采取静电接地 所谓静电接地是通过接地装置将静电荷泄入大地, 以消除导体上的静电。

1) 静电感应导体的接地。当导体上的静电是由静电感应引起时, 如果只在导体的一端接地, 则只能消除接地端的静电荷, 而导体另一端的静电荷不能消除。为彻底消除导体上的感应静电, 导体的两端应同时接地。如输油管道的两端都应接地。

2) 加工、储存、运输各类易燃易爆液体、气体、粉体的设备的接地。运输汽油的油罐汽车在行车中汽车底盘上会产生高压静电, 所以, 底盘应通过金属链条将油罐与地面连通, 以泄放静电荷。

3) 危险场所旋转机械的接地。带轮、滚筒、电动机等旋转机械, 除机座接地外, 其转轴通过集电环电刷接地, 且采用导电性润滑油。

4) 同一场所多个带静电金属物体的接地。同一场所两个及两个以上带静电的金属物件, 除分别接地外, 它们之间应作金属性等电位连接, 以防止相互间存在电位差而放电。

(3) 采取静电屏蔽接地 静电屏蔽接地就是用金属丝或金属网在绝缘体上缠绕若干圈后再进行接地。绝缘体上的静电不能用导体直接与接地体相连构成接地, 而应采用 $10^6 \sim 10^8 \Omega$ 的高电阻接地。绝缘体采用静电屏蔽接地后, 其上的静电得到限制, 防止绝缘体静电放电。

(4) 采用抗静电添加剂 抗静电添加剂是指具有良好吸湿性能和导电性能的化学药剂,如碱金属和碱土金属构成的盐类等。实验证明,在易起静电材料中加入极微量的抗静电添加剂,可大大提高材料的静电泄放能力,消除产生静电的危险。

(5) 采用静电中和器 静电中和器(又称静电消除器)是借助静电中和器提供的电子和离子来中和物体上异性静电荷的设备。按照原理不同,分为感应式、高压式、离子流式和放射线式等类型的静电中和器。

(6) 提高空气湿度 随着工作环境相对湿度增加,绝缘体的表面将结成一层薄薄的水膜,使绝缘体的表面电阻大为降低,加速静电的泄放。从消除静电危害来看,工作环境湿度在70%以上为好,当相对湿度低于30%时,可考虑增湿来消除静电积聚。增湿的方法有:安装空调器、喷雾器或悬挂湿布等。

9.8.3 电气火灾的扑灭措施

发生电气火灾后,应采取以下扑灭措施。

1. 切断电源

发生电气火灾时,首先设法切断着火部分电源,并应注意以下几点。

1) 切断电源时应使用绝缘工具操作。因为发生火灾后,开关设备可能受潮或被烟熏,绝缘强度大大降低,所以拉闸时应使用可靠的绝缘工具,以防操作中发生触电事故。

2) 如果线路带有负荷,应先切除负荷,再切断现场电源。

3) 注意拉闸顺序。对于高压设备,应先断开断路器,后拉开隔离开关;对于低压设备,应先断开磁力起动器,后拉开刀开关。

4) 剪断低压电源导线。剪断位置应选在电源方向的支持绝缘子附近;剪断非同相导线时,应在不同部位剪断。

2. 断电灭火

在着火电气设备的电源切断后,扑灭电气火灾的注意事项如下。

1) 灭火人员应尽可能站在上风侧进行灭火。

2) 灭火时若发现有毒烟气时,应戴防毒面具。

3) 灭火过程中,如果灭火人员身上着火,应采取就地打滚或撕脱衣服,以及用湿麻袋或湿棉被覆盖在着火人身上等措施。

4) 灭火过程中应防止全厂停电。

5) 灭火过程中,应防止上部空间可燃物着火落下危害伤人和设备安全;在屋顶上灭火时,要防止坠落及坠入火海中。

6) 室内着火时,切勿急于打开门窗,以防空气对流加重火势。

3. 带电灭火

在来不及断电,以及由于生产或其他原因不允许断电的情况下,需要带电灭火时,注意事项如下。

1) 根据火情选用灭火剂。由于未停电,因此应选用不导电的灭火剂,如喷粉灭火机使用的二氧化碳、四氯化碳、二氟一氯、一溴甲烷(1211)、二氟二溴甲烷或干粉等

灭火剂都是不导电的，可直接喷射带电灭火。泡沫灭火器使用的灭火剂有一定导电性，且对电气设备的绝缘有腐蚀作用，不宜用于带电灭火。

2) 采用喷雾水枪灭火。用喷雾水枪带电灭火时，由于通过水柱的泄漏电流较小，比较安全。若用直流水枪灭火，通过水柱的泄漏电会威胁到人身安全，因此直流水枪的喷嘴应接地，灭火人员应戴绝缘手套、穿绝缘鞋或均压服。

3) 灭火人员与带电体之间应保持的安全距离。用灭火时，水枪喷嘴至带电体距离为：110kV 及以下不小于 3m；220kV 及以下不小于 5m。用不导电灭火剂灭火时，喷嘴至带电体的最小距离为：10kV 不小于 0.4m；35kV 不小于 0.6m。

4) 高空设备灭火时，人体位置与带电体之间的仰角不得超过 45°，以防导线断路危及灭火人员安全。

5) 若有带电导线落地，应划出 $R = 20\text{m}$ 的警戒区，防止他人步入。如果有灭火人员在该区内，则应单脚或双脚拼在一起跳出危险区，防止跨步电压触电。

第 10 章 起重机械危险因素 控制与伤害事故防范

起重机械是一种危险性较大的生产设备，其作业中常常有事故发生。在生产和施工过程中发生的大量的起重机械伤害事故案例提醒人们必须充分认识和高度重视起重机械的危险性（危害化）。

想解决起重机械发生事故问题，首先要调查清楚造成安全生产事故的主要原因是什么；其次应该认识到贯彻落实安全生产法律法规是事故预防的保障，安全生产管理是事故预防的关键，然后应该知道安全生产事故应急救援可以有效降低事故损失；最后应该加强安全生产责任落实和事故调查与处理，通过事故的调查与处理结果，反思安全生产管理工作，进而制订最佳的事故预防对策。从过去的实践中验证了上述的方方面面缺一不可。而这些正是编者要在本章讨论的主体想法，供从事起重行业的同行们讨论、交流。

10.1 起重机械危险因素的辨识和控制

10.1.1 使用环境下的危险因素控制

1. 天气影响

大风对于户外作业的葫芦起重机、桥（门）式起重机、流动式起重机及门座、塔式起重机等是一种威胁（危害）。风载荷随机性较大，有时说来就来，无法预料。经常刮风的区域应注意每天上、下午都要收听天气预报。风具有很大的能量，例如风速为 8.0 ~ 10.7m/s 的 5 级风，物体表面上的风载荷为 40 ~ 71.6kg/m²；风速为 20.8 ~ 24.4m/s 的 9 级风，物体表面上的风载荷为 270 ~ 372kg/m²，有可能刮倒塔机。风力等级、风速与风压对照表见表 10-1。

表 10-1 风力等级、风速与风压对照表

风级	风类	风速/(m/s)	风压(10N/m ²)	风 的 特 性
0	无风	0 ~ 0.2	0 ~ 0.025	静,烟直上
1	软风	0.3 ~ 1.5	0.056 ~ 0.14	人能辨别风向,但风标不能转动
2	轻风	1.6 ~ 3.3	0.16 ~ 6.6	人面感觉有风,树叶有微响,风标能转动
3	微风	3.4 ~ 5.40	7.2 ~ 18.2	树叶微枝摇动不息,旌旗展开
4	和风	5.5 ~ 7.9	18.9 ~ 39	能吹起地面灰尘和纸张,树的小枝摇动
5	清风	8.0 ~ 10.7	40 ~ 71.6	有叶的小树摇摆,内陆的水面有小波

(续)

风级	风类	风速/(m/s)	风压(10N/m ²)	风 的 特 性
6	强风	10.8~13.8	72.9~119	大树枝摇摆,电线呼呼有声,举伞有困难
7	疾风	13.9~17.1	120~183	全树摇动,迎风行走感觉不便
8	大风	17.2~20.7	185~268	微枝折毁,人向前行感觉阻力甚大
9	烈风	20.8~24.4	270~372	建筑物有小损坏,烟囱顶部及屋顶瓦片移动
10	狂风	24.5~28.4	375~504	陆上少见,有则可使树木拔起或将建筑物摧毁
11	暴风	28.5~32.6	508~664	陆上少见,有则必是重大损毁
12	飓风	>32.6	>664	陆上少见,其摧毁力极大

注: 1. 天气预报中确定风力分级测量的风速是离地 10m 的平均风速。

2. 遇到 6 级及以上的强风时, 应该停机不作业。

防范措施: ①当塔机安装高度超过周围建筑物高度的 10m 以上时, 应装风速仪; 风速超 10m/s 时应停机。②露天作业的起重机应时刻注意观察天气变化, 要及时准确掌握风情、雨情及温度变化。③下大雨、刮大风、低于 -20℃ 时一律停机作业, 将塔机开到安全停机位置, 并打上防风铁鞋, 锁定锚定装置。将流动式起重机开到库内或避风场所。露天作业的葫芦起重机、桥(门)式起重机均应停机作业, 并应开到一端避风。④锁好门窗, 盖好防雨防雪用品, 拉下电源刀开关, 疏通积水通道, 并汇报请示领导。

2. 低温影响

-20℃ 是普通结构钢冷脆断裂的临界转变温度, 另外一般橡胶密封圈在过低温度下也容易硬化, 起不到密封作用。对于在北方严寒地区使用的起重机械, 低于 -20℃ 的温度是一种危险的有害因素。

防范办法: 在设计时必须考虑起重机械在使用环境条件下的材料特性和温度要求。在低于 -20℃ 温度下使用的起重机械应该需要高质量的钢材、高质量的密封材料及高标准的焊接工艺, 并降低应力集中区(参见第 2 章中的 2.3 内容)。

3. 潮湿、酸雨和腐蚀气体的环境影响

在这样环境下使用的起重机械, 其油漆涂层很容易被破坏, 钢结构的腐蚀很快, 降低了钢结构的强度和刚度, 缩短机械使用寿命, 因此需要更高质量的油漆涂层和加强维护保养措施, 从而降低或减少潮湿、酸雨和腐蚀气体对起重机械钢结构的影响。

4. 沙尘暴影响

在此环境下使用的起重机械各机构的润滑性能会变坏, 零部件磨损加剧, 故障增多, 使用寿命降低, 所以加强防护勤保养(维护)是必需的措施。

5. 材料影响

现场材料、构件形状各异, 有的重心不易掌握, 捆扎有一定难度, 会在空中滑脱或偏斜, 造成附加冲击力存在着危险有害因素。

防范措施: ①试吊找重心; ②多捆扎几道; ③起吊中注意上升速度慢、稳; 大车回转要平稳; 小车变幅更要平稳。

6. 场地影响

施工场地狭窄，垂直、水平方向障碍物多；有的群机作业，各起重臂工作范围重叠干涉，存在着碰撞、相挂的危险有害因素。

防范措施：必须制订切实有效的防碰撞和相挂的安全措施。

10.1.2 设计方面的危险因素

1) 有些结构件未考虑现场实体使用效果，只考虑节省水泥材料，如有些单位的联跨厂房牛腿立柱向的水平连接梁中间有空隙，为了躲开行车，维修人员只能站在空隙连接梁上，很不安全。

2) 有的电动抓斗工具设计单薄，对口处未有锰钢件，使用几个月后，抓斗就得维修加固。如果在封口处安上锰钢刃口材质，寿命就可以延长。

3) 减速机一般是厂家外购件，振动和漏油是普遍问题。将四点支撑固定改为三点支撑固定较好，可减小振动。漏油的主要原因是没有回油沟槽，或有回油沟槽但效果也不好，设计时除了考虑回油沟槽外，还应考虑铸铁箱体时效、端盖尺寸公差及密封问题。

4) 安全系数大与小的问题。有的厂家为了节省材料，采用截面尺寸较小的起重臂，即安全系数较小；也有的厂家选择截面尺寸较大的起重臂，即安全系数又较大。

10.1.3 制造方面的危险因素

1) 个别企业没有配套加工设备，如开卷机、平板机、数控切割机、CO₂ 气体保护焊机、对焊机等，制造质量难以保障。

2) 手工焊接工艺质量差，如焊缝高度、宽度、饱满度不够。

3) 钢材无喷砂除锈工艺，油漆质量难保障。

4) 外委的加工件没有合格检验手续。

5) 外购的电气件质量欠佳。

6) 有的生产厂家无法保障售后服务，导致起重机械出现的问题无法及时解决。

10.1.4 维修保养方面的危险因素

1) 不能坚持定人、定时、定点、定量、定质地对设备进行润滑和其他维护保养工作。

2) 维修保养人员业务素质低，不能落实维修保养规程，不按正确的程序和工艺进行维修保养作业。

3) 没有小修、中修、大修计划，只在发生故障后进行维修。

4) 小修、中修、大修前没有制订维修方案和安全措施。

5) 没有做好维修保养记录；维修保养后没有进行验收试车。

10.1.5 使用方面的危险因素

1) 轨道、基础、地面不符合标准要求。如轨道接缝大，运行中引起冲击；石子填

充不足,轨道枕松动,轨道变形,引起车轮啃轨或脱轨;路基处理不当;轨道下沉,造成轨道起重机倾斜;地面不平、不实,地基松软,导致流动式起重机使用中发生倾覆等事故。

2) 平衡配重固定螺栓松动;压重固定不牢,使起重机械运行中配重、压重跌落,均会造成起重机械倾覆事故。

3) 行走行程限位开关失灵、碰尺离止挡太近、止挡固定不牢,会造成起重机械行走超出极限行程而脱轨事故。

4) 轨道起重机不装扫轨板或扫轨板间隙太大不起作用,轨道上有散落的石子,会造成起重机脱轨。

5) 轨道起重机停机时,没有夹紧夹轨器、没有拉缆风绳,会造成起重机被大风刮跑。

6) 轨道起重机行走车轮轮缘磨损严重损坏,会造成吊车行走中脱轨。

7) 起重机械未按规定安装风速仪(龙门起重机起吊高度达到12m以上,其他起重机起吊高度达到超过周围建筑物高度10m以上),故当大风来临时,由于起重机械没有报警和风速指示,所以司机无法采取防风措施,会使起重机械处于危险状态中。

8) 起重机械未按规定安装力矩限制器或重量限制器,甚至在超载安全装置失灵又未及时维修,则当起吊重物已超载时,司机尚不知道时就会造成事故。

9) 起重机械不安装高度限位器或该装置失效,会造成起升卷扬过卷事故。

10) 起升钢丝绳或吊索具断丝、磨损严重、裂纹损坏、吊钩危险断面磨损超限,会造成起吊作业中重物突然高空坠落事故。

11) 吊重物捆绑不牢、重心找不准,且吊绳夹角不符合要求,以及盲目起吊,均会造成吊重空中移动、偏心、滑落等事故。

12) 司机操作动作迅猛、越级换挡;或突然打反车,以及紧急制动,均会造成惯性力、冲击力突然加大而发生事故。

13) 起重机械的起升制动器摩擦片磨损超限,制动轮磨出沟来又不及时修复,会造成起吊重物空中溜钩。

14) 司机、指挥作业中精力不集中,观察指挥不细,会造成操作或指挥失误而发生事故。

15) 多机作业无安全监护措施,会导致发生碰撞概率大。

16) 流动式起重机斜拉、斜吊或起吊面积较大的重物,不注意风速,会造成折臂事故。

17) 起重机械的登机梯子、栏杆松动,踏步不防滑,无踢脚板,平台地板锈蚀严重等,没有及时修复,登机人员即有可能发生高空坠落事故。

10.1.6 人的危险因素

1) 新人多,业务素质差,经验不足,蛮干,无意识违章。

2) 麻痹大意、精神松懈、随意性强,不按规章操作,习惯性违章。

- 3) 精神不集中、反应迟钝或精神紧张、过于敏感。
- 4) 对于设备的使用要求不清楚，且不懂又不问。
- 5) 不遵守安全规程、不听指挥和监督，且在工作中吵闹、打架、吃零食等。
- 6) 作业人员有疾病、心理障碍、视觉及听觉有缺陷等。
- 7) 作业人员情绪不佳，如人际关系不合、工作压力大等。
- 8) 作业人员无责任心、无事业心。

10.1.7 管理的危险因素

- 1) 领导对设备安全意识认识不足，也不够重视；不抓安全生产措施和安全制度的落实。
- 2) 没有建立、健全设备安全体系、设备安全岗位责任制和相关管理制度，管理混乱，如以租代管、以包代管。
- 3) 虽然体系、制度建立了不少，但无针对性、无适应性、无操作性，不切合实际。
- 4) 安全管理缺少岗位或人员配置且素质低，开展工作效果差。
- 5) 没有认真进行相关人员的安全培训和专业操作培训。
- 6) 设备安全维护缺少投入，检测仪器缺乏；无检修计划；设备安全检查不认真，不能及时发现设备隐患。

10.2 起重机械的常见事故类型及案例分析

起重机械事故是指在进行各种起重作业（包括吊运、安装、检修、试验）中发生的重物（包括吊具、吊重或吊臂）坠落、夹挤、物体打击、起重机倾翻、触电等事故。起重机械事故可造成重大人员伤亡或财产损失，不仅给国家和人民财产造成巨大的经济损失，同时也给事故受害者及其家庭带来痛苦和沉重的负担。

依据不完全统计，随着起重设备和非熟练人员的增加，起重机械事故有增加的趋势。如何防止事故的发生，不仅关系到个人的生命安全，而且对安全生产、促进改革开放、实现中国梦，社会稳定具有重大意义。

10.2.1 起重机械的常见事故类型

1. 重物坠落

吊具或吊装容器损坏、物件捆绑不牢、挂钩不当、电磁吸盘突然失电、起升机构的零件故障（特别是制动器失灵、钢丝绳断裂）等都会引发重物坠落，或起重机械金属结构件的失效、破坏、坠落，造成严重后果。

2. 挤压

起重机轨道两侧缺乏良好的安全通道或与建筑结构之间未留出足够的安全距离，使运行或回转的金属结构对人员造成夹挤伤害；运行机构的操作失误或制动器失灵引起溜车，造成碾压伤害等事故。

3. 高处坠落

人员离开地面大于2m的高度进行起重机械的安装、拆卸、检查、维修或操作等作业时，以高处坠落造成的伤害事故。

4. 起重机械失稳倾翻

起重机械失稳有两种类型：一是由于操作不当（如超载、臂架变幅或回转速度过快等）、支腿未找平或地基沉陷等原因使倾翻力矩增大，导致起重机械倾翻；二是由于坡度或风载荷作用，使起重机械沿着路面或轨道滑动，导致脱轨翻倒。

5. 触电

起重机械在输电线附近作业时，其任何组成部分或吊物与高压带电体距离过近，感应带电或触碰带电体，都可以引发触电事故。

6. 其他伤害

其他伤害包括：人体与运动零部件接触引起的绞、碾、戳等伤害；液压起重机的液压元件破坏造成高压液体的喷射伤害；飞出物体的打击伤害；装卸高温液体金属、易燃易爆、有毒、腐蚀等危险品的伤害，还有由于坠落或包装捆绑不牢破损引起的伤害事故等。

10.2.2 典型事故案例及教训

1. 绑扎事故

1985年某日上午，某货场装卸工用门式起重机进行木材倒垛作业。在绑扎一捆圆木时，绑扎方法不正确，吊索夹角过大。门式起重机起吊后，整捆圆木呈现一头高、一头低，低端的捆绑绳向内滑动。但这时他们并没有停止将圆木放下重新绑扎，而是怀着侥幸心理继续指挥门式起重机继续向运圆木的拖拉机处运行。当门式起重机在拖拉机上将圆木向拖斗下降时，整捆圆木的低端刚接触拖斗，绑扎的绳索便松动脱钩，几根圆木同时散落射出，其中一名装卸工被射出的圆木击中胸部，导致心脏破裂，送医院后经抢救无效死亡。

造成这起事故的主要原因是：绑扎方法错误，吊起后发现出现吊索间夹角过大、吊物不平衡、捆绑绳滑动等现象时，没有及时指挥放下重新绑扎，而是强行吊运。究其根本原因就是安全生产意识薄弱。即在场作业人员（包括装卸工杨某、司机等），在发现了多处明显违反操作规程现象时都没有停止作业，而是贪图方便省事强行进行吊运，致使吊物在下降时绑扎绳松脱而造成事故。

应吸取的教训：①发现违规现象（如绑扎方法错误）一定要纠正，一定要制止不安全生产的行为。②安全意识的培养不是一两天的事，而是要靠长期培养教育，才能使其在思想里扎根，成为起重作业人员的行为准则。

2. 脱钩事故

1985年某日上午8时，某市运输公司起重大队司索工在装木料时，因挂钩脱掉，木材砸在自己身上以致死亡。

造成这起事故的直接原因是：吊挂不牢脱钩。从司索工本身来讲，主要原因还是安全意识不强。

应吸取的教训：作业人员在吊装木料时，一次能吊多少应做到事先心中有数。在吊装前，应根据木材形状是圆形还是方形来考虑吊装方式的安全性、科学性。司索工在操作时应加强自我保护意识，站在正确的位置，应确认挂钩吊物挂牢方可起吊。

3. 断裂事故

1987年某日，某厂维修车间起重工四人配合拆检叉车。当拆到平衡块时，由于油管接头的凸出使得平衡块受阻而无法拆卸，试用了几种方法都无效，这时他们采用钢丝绳将平衡块绑扎住，并想用桥式起重机起升吊钩将钢丝绳往上拉的方式进行拆卸，但拉了几次也拆不下来。这时他们便叫其中一人拉紧钢丝绳，其他人检查到底是什么原因。当一人检查到一油管时，发现是油管伸出阻碍了拆卸作业，他便将左手伸进平衡块底下想把油管抽出。而就在这瞬间，钢丝绳在平衡块的棱角处由于未有软物衬垫而被其棱角剪断，平衡块则随即跌落，将此人的左手压断。

造成这起事故的原因是：①用钢丝绳绑扎吊挂时，没按规定在棱角处用软物做衬垫，以致钢丝绳被割断造成伤害事故。②当要伸手进入被吊起的平衡块底之前没用硬物先将平衡块支撑好，以致当钢丝绳被割断时因无支撑而造成事故的发生。

应吸取的教训：这一事故告诉作业人员，在起重吊装作业中，对任何不安全的因素都不能掉以轻心，麻痹大意就出事故。

4. 吊耳断裂事故

1993年某日上午10时，某造船厂在制造一艘80客位交通艇的过程中，由指挥员指挥两台门座式起重机协调共同起吊该艇的604分段，同步由南至北向主船体移动，行进约有50m。在越过船台上正在制造的一艘拖轮时，其一侧吊索的吊耳（吊耳是其自制的）突然断裂，致使604分段倾斜坠落、砸在拖轮上，并将正在作业的装配工一人砸伤致死，另一人砸成重伤。

这起事故的主要原因是：①违规操作。安全操作规程中明文规定吊物不准从人头上通过，作为指挥员和起重机司机都应清楚知道这一点。当所吊的604分段越过拖轮之前，应连续鸣铃警示其上作业人员，使其远离危险区，这样才不会发生上述悲剧。②使用不合格的吊具。本例中的吊耳是用 $\delta=8.5\text{mm}$ 厚的钢板自制的，未对其进行拉力、剪力及焊缝强度等方面的科学计算而盲目使用。经核算该吊耳的剪应力、拉应力都远远超过该材料的许用应力值，是根本就不能使用的。

应吸取的教训：①作业人员必须严格遵守安全操作规程；②起重机下面的作业人员应随时注意自我保护，远离危险区，不可心存侥幸；③自制吊具未经科学计算时不能使用，经检定合格后方可使用。

5. 指挥责任事故

1992年某日上午，在某单位承建的油厂码头浇注现场，作业人员指挥履带式起重机吊运混凝土罐作业。当时履带式起重机的旋转中心到目的地的旋转半径为16m，额定起重量为1.9t，而每个吊罐的起重量（吊罐本身再加上混凝土的总质量）为2.2t。第一罐放下后，接着吊第二罐，其落点在第一罐落点外1m处，亦即旋转半径为17m。起重机司机将第二罐吊到第一罐落点上方停下，作业人员指挥司机向外下降并变幅，准备

在第二个落点就位。司机按指挥操纵吊臂下降,这时吊臂突然坠落,吊罐将两个跳板砸断。正站在跳板上的指挥人员同时跌落到墩内,被夹在吊罐与侧模之间,送医院后经抢救无效死亡。

造成这起事故的原因是:①作业人员违章指挥。在履带式起重机超负荷的情况下,指挥变幅严重违反了重载时不准变幅的规定,造成吊臂折断、机损人亡的惨痛后果。②指挥人员站位不当。他站在危险区域内进行指挥作业,致使出现事故时躲避不及受到伤害。③履带式起重机司机盲目服从指挥人员的错误指挥,在超负荷、违反安全操作规程的情况下进行作业,造成伤害事故的发生。

应吸取的教训:在生产实践中确立“安全第一”的思想,坚决反对违章指挥、盲目作业等不安全行为;操作中,司机有权拒绝服从违章指挥。

6. 违章作业事故

1992年某日中午,某运输公司起重工与20t汽车起重机司机配合,将一重约5t的机器从大货车上卸下。起重工把四个钢丝绳扣挂上主钩后,指挥起重机司机旋转吊臂移动货物,同时起重工爬上货车,并从车厢与货物之间的空隙通过,此时吊臂刚好转至他的头顶上方,起重机司机在没有放松副钩钢丝绳情况下伸长吊臂,致使副钩钢丝绳被拉断,副钩从离地8.8m高处坠落,在车厢栏杆上反弹后击中起重工头部,被送到医院后经抢救无效死亡。

造成这起事故的原因是:①起重机司机违反安全操作规程。在吊臂延伸之前,本应先放松副钩钢丝绳,使副钩下降2~3m才能延伸吊臂,而起重机司机并没有这样做,以致在伸臂过程中将副钩钢丝绳扯断造成重大伤亡事故。②起重工安全意识淡薄。他既是操作者又是指令者,在作业中违反安全操作规程,不戴安全帽且在吊臂旋转范围危险区域内工作,导致在事故中身亡。

应吸取的教训:违章作业是万万不可行的,往往就是因为安全意识淡薄、麻痹大意而造成不可挽回的损失。

7. 粗心大意导致的事故

1987年某日夜晚,某港口码头装卸工人正在进行卷纸的卸船作业。工作过程是用胶质的千斤绳穿过卷纸的中轴孔打码,然后将千斤绳两端挂上吊钩,用起重机将卷纸吊落到停在码头拖车的平板上,再由拖车运至堆场。

作业至第二天早6时35分左右,此时在现场指挥人的指挥下,起重机吊着一码卷纸在平板卡上放平稳后,由司索工摘钩。摘钩完毕,其将上一码的一条胶质千斤绳两端同时挂上吊钩,即向指挥人示意可以起钩。现场指挥人随即向起重机司机发出全速起升的信号。吊钩迅速上升中,只听见司索工大叫“快松”,同时见他头朝下随着吊钩上升。在起重机司机还没有反应过来的时候,司索工已经跌落在码头外侧面的护堤上,紧接着跌入江中。待将其打捞上来时,已经死亡。

事后检查发现那条由司索工挂上吊钩的千斤绳中穿着一个包装卷纸的铁皮圈。当吊钩上升时司索工的右腿正站在铁皮圈的中间,铁皮圈套着其右腿将其吊起。当他被吊至空中时铁皮圈承受不了其体重而断开,致使其摔下来并掉进江中淹死。

这起事故的主要原因是：①粗心大意。挂钩前不做检查，起升时不注意观察周围环境变化，缺乏自我保护意识。司索工在未检查清楚是否安全的情况下就向指挥现场指挥人示意可以开始作业，导致发生事故造成自己死亡。②指挥不当。现场指挥人忽视瞭望，指挥不当，在一开始起钩就要求全速起升是错误的，以致发现险情时来不及停机补救，使得司索工在发现危险后也无法排除。如果现场指挥人是先指挥缓慢上升，待被吊物将离开地面时检查无误后再发出全速起升的信号，司索工有可能会有时间将右腿从铁皮圈中挣脱出来而避免死亡。

应吸取的教训：在工作中要加强安全生产的意识，应该认真细致，不能马虎。

8. 挤压事故

1991年某日下午临近下班时间，某厂装卸人员赶卸大货车上的铸件。由于场地狭窄，装卸人员卸下的铸件竖立放置。当起重机吊卸第二件铸件准备放置时，由于吊运不稳，左右摆动，撞到已卸下的第一件铸件，将正从那里经过的一人压至重伤。

造成这起事故的原因是：①卸下的物件放置不当。如果装卸人员在作业中按技术要求去做，即将铸件横放，并使其重心降低；且在铸件与地面接触不到的地方用物件垫好，铸件受到碰撞也不会翻倒。②没有落实工作现场安全防范措施。按安全操作规程规定，作业现场的危险区域内禁止其他人员站立或靠近。在场地狭窄的地方作业时，应该在危险区域竖立警示牌或派人监守，禁止人员通过。本例的作业人员因为没有这样做，所以造成铸件翻倒伤人。③事故违规操作。安全操作规程规定，被吊物件左右摇摆不稳时不应靠近人或物，以防撞伤撞倒。但在这起事故中由于抢时间，还未吊稳的情况下就放置在被吊物件，导致撞伤人的事故发生。

应吸取的教训：抢时间赶任务的作业中最容易发生事故，因为此时作业人员的注意力都集中在完成任务上，忽视了安全操作规程。作业人员还应从中吸取经验教训，即越是忙、时间紧，就越要讲安全，按章办事，只有这样才能防止事故的发生。

10.2.3 常见事故发生的规律

1. 容易发生事故的生产情况

- 1) 生产任务繁重。
- 2) 生产现场狭窄混乱。
- 3) 工作计划不周详或临时增添新任务。
- 4) 作业中出了差错需要重新做。

2. 发生事故的年龄段概况

1) 18~30岁。这个年龄段的人精力充沛，接受新事物快，但容易冲动、好冒险，如果经验不足，则最容易出事故。

2) 31~45岁。这个年龄段的人精神稳定，有一定的工作经验，自我控制能力强，不易冲动和冒险，通常较少出事故。

3) 46~60岁。这个年龄段的人身体各部分机能开始衰退，反应不够灵敏，动作相对较慢，有时认为经验足而易产生骄傲、麻痹的思想，故相对较易出事故。

3. 容易发生事故的日期段

1) 节假日前后。这段时间应酬较多,作业时常会精力不集中,加上休息不好,较易出现事故。

2) 每年的7~9月。这段时间天气炎热,人易休息不好,精神状态差,加上工作环境相对变坏,最容易出事故。

3) 每年年底。为完成年度计划、赶任务,作业人员加班加点,容易疲劳,较易出事故。

4. 容易发生事故的时间段

1) 刚开始进行作业时。此时作业人员思想较为放松,还没有进入工作状态,容易发生事故。

2) 临近天黑的时候。这段时间,一般人都想快点干完工作,故作业繁忙紧张,加之照明不足,很容易发生伤害事故。

3) 深夜。这段时间人最疲劳,反应迟钝,工作环境也变差,也较容易发生事故。

4) 临近作业结束下班时。这段时间工作将要告一段落,人较疲劳,思想放松,精力不集中,最容易出事故。

有关管理人员应根据各个时间段内事故发生的概率大小,采取不同的安全措施,减少或避免事故的发生,如班前安全提示、防暑降温、增设照明设备、现场设置专职安全监督员注意员工精神状态等措施。特殊情况下,领导要亲临现场。

10.3 起重作业事故的预防措施(本质预防)

起重伤害事故发生的原因是多方面的,但根本的原因多是由于管理制度不到位、不落实等物力因素和人的不安全行为共同作用的结果所引发的^①。

物力不安全因素有:领导不重视安全教育,贯彻各种安全法规不力,企业管理混乱,制度不严,设备维护保养不良,安全装置不全、不完好等。

人的不安全行为有:操作者违反安全操作规程,违章指挥和违反劳动纪律(即“三违”)。其中操作者违反安全操作规程是引发事故的主要原因,也是共同的原因。因此,要有针对性地从各方面采取相应措施进行综合治理,才能取得良好的效果。通常应做到以下六个方面。

1. 认真贯彻“安全第一,预防为主”的方针

宣传贯彻国家的法律法规,例如《中华人民共和国安全生产法》;《特种设备安全监察条例》(国务院549号令公布);《起重机械安全监察规定》(国家质监总局92号令);《起重机械安全规程 第1部分:总则》(GB 6067.1—2010);《起重机械安全技术监察规程——桥式起重机》(TSG Q 0002—2008);《桥式起重机修理技术标准》(DB11/T

^① 由于物的不安全状态和人的不安全行为共同作用的结果而造成事故称为本质事故。故需从物力(包括环境)、人员方面进行的预防,称本质预防,或本质预防措施。

106—1998)等。

正确认识安全在作业中的重要性,提高作业人员安全生产的思想意识,克服将安全生产与经济效益对立起来的错误思想倾向、麻痹思想和侥幸心理。

2. 加强安全管理

建立健全各项规章制度,严禁违章指挥、违章作业。在制订施工计划的同时要制订相应的安全计划;布置生产工作的同时布置安全工作;检查工作进度时要检查安全是否落实。

1) 根据《特种设备安全监察条例》(国务院令 549 号)规定,起重机械使用单位应当履行的义务:①使用具有相应许可资质的单位制造并经监督检验合格的起重机械;②建立健全起重机械使用安全管理制度;③设置起重机械安全管理机构或配备专(兼)职安全管理员从事起重机械安全管理工作;④对起重机械作业人员进行安全技术培训,保证其掌握操作技能和预防事故的知识,增强安全意识;⑤对起重机械主要受力结构件、安全附件、安全保护装置、运行机构、控制系统等进行日常维护保养,并做出记录存案;⑥配备符合安全要求的索具、吊具,加强日常安全检查和维护保养,保证索具、吊具安全使用;⑦制订起重机械事故应急救援预案,依据需要建立应急救援队伍,并应定期演练。

2) 使用单位应建立起重机械安全技术档案,档案内容包括:①设计文件、产品质量合格证明、监督检验证明、安装技术文件和资料、使用和维护说明;②安全保护装置的形式试验合格证明;③定期检验报告和定期自行检查的记录;④日常使用状况记录;⑤日常维护保养记录;⑥运行故障和事故记录;⑦使用登记证明。

3) 旧起重机械应符合下列要求,使用单位方可投入使用:①具有原使用单位的使用登记注销证明;②具有新使用单位的使用登记证明;③具有完整的安全技术档案;④监督检验和定期检验合格。

4) 禁止承租使用下列起重机械:①没有到登记部门进行使用登记的;②没有完整的安全技术档案资料的;③监督检验或定期检验不合格的。

5) 起重机械具有下列情形之一的,使用单位应当及时予以报废并采取解体销毁措施:①存在严重事故隐患,无改造、维修价值的起重机械;②达到安全技术规范规定的设计使用年限或报废条件的。

起重机械出现故障或发生异常情况时,使用单位应当停止使用,并应进行全面检查,消除故障和事故隐患后,方可重新投入使用。

3. 加强对起重作业人员的管理和培训

要求做到以下十点。

1) 指挥人员应熟悉《起重机械安全规程》和《起重机械吊具与索具安全规程》,对于指挥的起重机械,必须在熟悉技术性能和工作原理后方可指挥。指挥时必须严格执行指挥信号标准,并与起重机司机联络时做到准确无误。

2) 司机接班时,应对制动器、吊钩、钢丝绳和安全装置进行检查。当发现功能不正常时,应在操作前排除。

- 3) 开车前, 必须鸣铃或报警。操作中接近人时, 亦应给予断续铃声或报警。
- 4) 操作应按指挥信号进行。对于紧急停车信号, 不论何人发出, 都应立即执行。
- 5) 当起重机械上或其周围确认无人时, 才可以闭合主电源, 闭合主电源前, 应使所有控制器手柄置于零档。当电源电路装置上加锁或有标牌时, 应由有关人员除掉后方可闭合主电源。
- 6) 工作中突然断电时, 应将所有控制器手柄置于零档。
- 7) 起重机械运行时, 指挥人员不能干涉起重机械司机对手柄或旋钮的选择, 同时禁止人员上下, 禁止在轨道上或走台上行走, 更不准从事检修工作。
- 8) 在轨道上露天作业的起重机械, 当工作结束时, 应将起重机械锚定住; 当风力大于6级时, 应停止工作, 并将起重机械锚定住。在沿海作业的起重机械, 当风力大于6级时, 应停止作业, 并将起重机械锚定住。
- 9) 起重机械作业人员在工作中, 要严格遵守“四必须”“五个好”“六不挂”“九不准”和“十不吊”。

“四必须”是指: ①所吊重物接近或达到额定起重量时或起吊危险物品(如液态金属、有害物、易燃易爆物)和贵重物品前, 必须进行小高度、短行程试吊, 以检查制动器性能是否完好; ②无下降极限位置限制器的起重机械, 吊钩在最低位置时, 卷筒上的钢丝绳必须保持设计规定的安全余留圈数; ③起重机械工作时, 其各个部位、吊具、辅具、所吊重物, 钢丝绳和缆风绳与输电线必须保持足够的安全距离; ④流动式起重机工作前, 必须按说明书要求平整好作业场地基础夯实, 并牢固地打好支腿。

“五个好”是指: ①思想集中好; ②上下联系好; ③机器设备检查好; ④吊物扎紧摆放好; ⑤配合指挥好。

“六不挂”是指: ①起重量或被吊物重量不明不挂; ②被吊对象重心位置不清不挂; ③尖棱利角和易滑物件无衬垫不挂; ④吊具与配套工具不合格不挂或符合报废标准的不挂; ⑤包装松散、捆绑不良不挂; ⑥违章指挥、冒险作业或无令指挥的不挂。

“九不准”是指: ①不准利用极限位置限制器停车; ②非紧急情况不准利用打反车进行制动; ③不准在起重作业过程中进行检查维修; ④不准带载调整起升、变幅机构制动器; ⑤不准带载增大作业幅度; ⑥吊物不准从人的头顶上方通过; ⑦吊物和起重臂下不准站人或通行; ⑧任何人不准随同被吊物或设备升降; ⑨不准带异常情绪违章作业。

“十不吊”是指: ①超过额定负载不吊; ②指挥信号不明确、重量不清、光线暗淡不吊; ③吊索和附件捆绑不牢、吊挂不稳或不平衡可能引起吊物滑动时不吊; ④被吊物站人或浮放有活动物品时不吊; ⑤吊具、索具、起升结构或零部件有影响安全工作的缺陷或损伤时不吊; ⑥埋置在地下的物件不吊; ⑦氧气瓶、乙炔发生器等危险品不吊; ⑧重物棱角刃口处与捆绑钢丝绳之间未加垫时不吊; ⑨歪拉、斜挂重物不吊; ⑩违章指挥、遇有直接危及与影响安全作业的事故隐患或危害因素时不吊。

流动式起重机选用

正确、合理选用流动式起重机, 是保证吊装工程安全的关键环节。

(1) 流动式起重机特性曲线的构成 如图10-1所示, 起重机的起重性能由起重机

的机构承载能力、臂架结构的承载能力和整体稳定性三个方面综合决定的。

1) 当机构一旦设计确定, 机构承载能力就已确定, 与起重机的幅度、起升高度无关。在特性曲线上表现的是一根水平线, 如图 10-1 曲线 1 所示。

2) 臂架的高度和倾斜的角度影响其承载能力, 与起重机的幅度和起升高度有关, 如图 10-1 曲线 2 所示。

3) 起重机的整体稳定性与其幅度有关, 如图 10-1 曲线 3 所示。

4) 起重机的特性曲线是上述三根曲线的包络线。

特性曲线的构成对科学、正确地使用流动式起重机非常重要。编者过去的单位

曾选用波兰进口的履带起重机 (由 3m^3 电铲自带的吊臂改装), 吊装中为了增强起重臂的承载能力和整机稳定性, 另加挂配重装置, 按曲线 1 来说, 机构承载能力并没有加强, 但这种增大吊装重量的做法是暂时的, 不应盲目地增大, 以免会使机构超载而发生事故。

(2) 特性曲线 (或起重性能表) 应用 选择流动式起重机必须依据其特性曲线, 下面介绍两个实例。

[例 1] 某工程吊装一台设备, 该设备重 3t (30kN), 设备基础高 6m , 设备自身高 2m , 经初步设计, 要求吊索高 1.5m , 现场条件要求幅度不得小于 5m , 现工地有一台额定起重量为 8t (80kN) 的起重机, 其特性曲线如图 10-2 所示, 问该起重机能否吊装该设备?

1) 确定吊装的起升高度 H :

$$\begin{aligned} H &= \text{基础高度} + \text{设备高度} + \text{吊索高度} \\ &= 6\text{m} + 2\text{m} + 1.5\text{m} = 9.5\text{m} \end{aligned}$$

2) 确定需要的臂长。根据幅度 R 和起升高度 H 查起升高度曲线, 得: 需要采用 11.7m 臂长, 其在 $R=5.5\text{m}$ 时的最大起升高度为 12m , 大于要求的 9.5m , 起升高度满足要求。

3) 确定起重重量是否满足要求。依据 $R=5.5\text{m}$ 查起重机特性曲线, 得: 起重机的额定起重量为 2.7t (27kN), 小于该设备重量 3t , 不能满足要求。

4) 结论: 该起重机不能吊装该设备。

此例是一台小型起重机, 只有两节臂。事实上, 现代起重机都比较大, 我国最大的流动式起重机已达到 1250t , 主臂总长 108m , 副臂总长 108m , 用于吊装的臂长很多, 仅用一条起重重量特性曲线已不能满足要求。如果将曲线改制成表格形式, 称为《特性

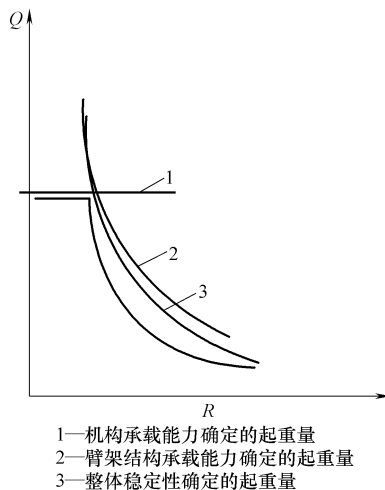


图 10-1 特性曲线的构成

(续)

幅度/m	工作情况																			
	臂长/m																			
	15		18		21		24		27		30		33		36		39		42	
	工作方式																			
	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿	打支腿	不打支腿
8	19.6	5.8	19.5	5.6	19.3	4.5	19.1		18.9											
9	16.3	4.8	16.1	4.6	15.9	3.6	15.7		15.5	16.1										
10	13.8	4.1	13.6	4	13.4	3	13.2		13		13.5	13.3								
11.5	11.1	3.2	10.9	3	10.7	2.2	10.5		10.3	10.7		10.5		10.3		10.1		10		
13	9.2	2.6	9	2.4	8.8	1.6	8.6		8.4	8.7		8.5		8.3		8.1		7.9		
14.5			7.6	2	7.4	1.2	7.2		7	7.2		7		6.8		6.6		6.4		
16					6.2	0.9	6.1		5.9	6		5.8		5.6		5.4		5.2		
17.5							5.2		5	5.1		4.9		4.7		4.5		4.3		
19									4.2	4.3		4.1		3.9		3.7		3.5		
21											3.5	3.3		3.1		2.9		2.7		
23												2.6		2.4		2.2		2		
25																1.7		1.5		

注：1. 起升钢丝绳直径 $d=23.5\text{mm}$ ，最大许用拉力为 4t 。
2. 当起重臂长 15m 不打支腿工作时，允许在平坦路面上按不打支腿额定起重量 75% 吊重低速行驶。
3. 重力下放时，吊重不得超过额定负荷的 $1/3$ 。

[例2] 某工程需要吊装一台设备，已知设备重 8t (80kN)，设备基础高 12m ，设备高 3m ，吊索高 2m ，为不使起重机臂与设备相碰撞，要求幅度 R 不得小于 15m ，现工地有一台额定起重量为 40t 的起重机，其起升高度曲线如图 10-3 所示，起重性能表见表 10-2。问该起重机能否吊装该设备？

1) 确定吊装要求的起升高度 H ：

$$\begin{aligned} H &= \text{基础高度} + \text{设备高度} + \text{吊索高度} \\ &= 12\text{m} + 3\text{m} + 2\text{m} = 17\text{m} \end{aligned}$$

2) 确定需要的臂长，依据幅度 R 、起升高度 H 查起升高度曲线，得需采用 24m 臂长，其 $R=15\text{m}$ 时的最大起升高度为 18.8m ，大于吊装要求的 17m 。

3) 确定起重量是否满足要求。取 $R=16\text{m}$ ，臂长 24m ，打支腿，查《起重机性能表》，得：起重机的额定起重量为 6.1t (61kN)，小于设备的重量 8t (80kN)，不能满足要求。

4) 结论：此起重机不能吊装该设备。

上述步骤是简单的特性曲线的应用事例，它没有考虑设备的几何尺寸和环境或地基

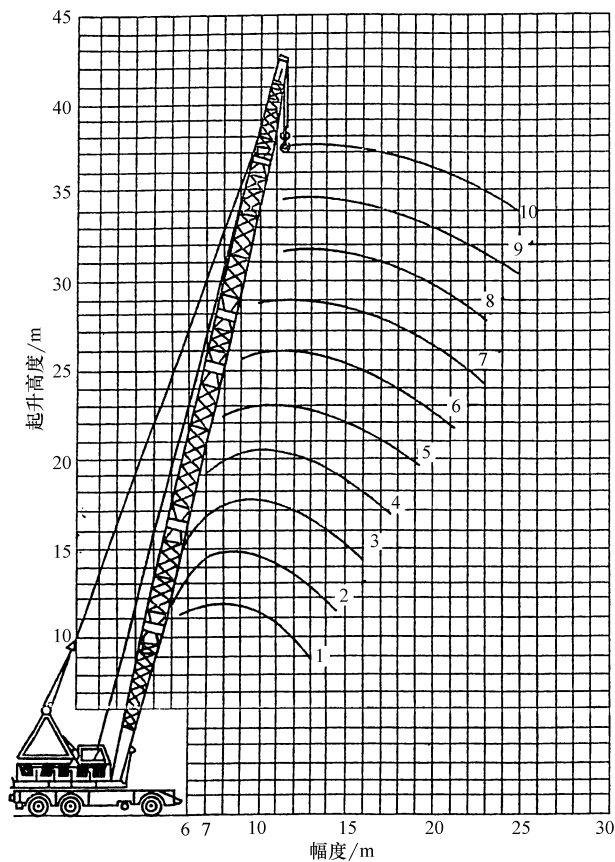


图 10-3 40t 起重机特性曲线

1—15m 臂长 2—18m 臂长 3—21m 臂长 4—24m 臂长 5—27m 臂长 6—30m 臂长
7—33m 臂长 8—36m 臂长 9—39m 臂长 10—42m 臂长

的影响，事实上这些都是不可避免的，它使得特性曲线的应用更为复杂，步骤也有所不同。实际应用时应请有关人员专门计算校核，这里就不介绍了。

4. 对员工进行职业道德教育

为了提高广大职工的文明意识，促进良好的社会风尚，目前各行业都结合行业特点开展职业道德教育，职业道德教育是精神文明建设的重要组成部分。

开展职工道德教育的作用是：①引导职工敬业爱岗、关心企业改革、致力企业发展、尽主人责、出主人力、勤奋工作、努力完成本岗位各项任务；②引导职工严格执行岗位职业道德规范、诚实守信、用语文明、服务优质、履行承诺；③引导职工增强集体观念、关心他人、互相帮助、团结协作、无私奉献、积极参加各种公益活动和劳动；④引导职工刻苦学习、钻研技术、掌握过硬操作技能，对工作质量精益求精；⑤引导职工学法、知法、懂法、遵章守纪、文明操作、安全生产、消除各类隐患，杜绝责任事故

的发生；⑥引导职工遵守社会公德、讲究家庭美德、人人成为好职工、社会的好公民、家庭中的好成员。

开展职业道德教育的目的：①全面促进职工的文明意识不断提高，使职工形成文明健康的工作和生活方式，让职工的思想观念发生巨大变化，使全体劳动者明确自己的职业目的和道德义务，树立正确的人生观、价值观、道德观；②树立解放思想、实事求是的观念，以开放的思维关注社会，以积极的态度投身于改革开放新形势下的全面建设小康社会的事业中，为祖国的经济发展做出自己的贡献。

(1) 几个职业道德的概念。

1) 什么是道德？道德是在一定的社会条件下为了调整人与人之间以及人与社会之间的关系所倡导的行为规范的总和。道德是一种意识形态，它通过各种形式的教育和社会舆论的力量，使人们具有善与恶、美与丑、荣誉与耻辱、正义与非正义等概念，并逐步形成一定的习惯和传统，以指导或规范人们的行为。

2) 什么是职业道德？人们在社会生活中对社会所承担的一定职责和从事的专门业务，称为职业。从事一定职业的人在工作和劳动过程中必须遵循的与其特定职业活动相适应的行为规范，称职业道德。

职业道德是从事一定职业的人在职业岗位上同其他社会成员发生联系的过程中逐渐形成和发展起来的行为道德规范。它是一般社会道德在职业活动中的具体体现。职业道德是职工必须遵循的基本道德。职业道德是通过公约、守则等形式，促使职工忠于职守、钻研业务、服从领导、团结协作、克己奉公，从而推动各项工作顺利完成。

各个行业都有各自不同特点的职业道德，如营业员有以“优质服务”为主要内容的职业道德，医务人员有以“救死扶伤”为主要内容的职业道德，特种作业人员的职业道德体现在“遵章守纪、服从指挥、安全第一”的内容上。

3) 道德与法律的区别。法律是强制执行的，任何人违犯法律都可由执法机关强制进行处罚；道德则不同，它是建立在人们自觉遵守的基础上，通过人们的评价实现的。道德不同于法律，不是由国家机关强制执行的，而是依靠传统习惯、内心信念、教育示范、社会舆论等力量来维持的。

4) 社会主义道德的核心和基本原则。全心全意为人民服务是社会主义道德的核心，是评价人们行为是否道德的最根本标准。集体主义精神是社会主义道德的基本原则。

5) 社会主义职业道德的基本要求：①努力学习、不断提高思想觉悟，树立全心全意为人民服务的思想，以社会主义主人翁的态度完成本职工作；②发挥集体主义精神，爱岗敬业，维护集体荣誉，团结协作，为国家的经济腾飞做出贡献；③忠于职守、钻研技术、不断提高业务能力，以优良的技能提高工作质量；④辛勤劳动、勤俭朴素，正确处理国家、集体、个人三者之间的利益关系，以对社会负责的态度完成本职工作；⑤自觉遵章守纪，严格执行安全操作规程，创造安全、文明的工作环境；⑥起重作业人员应增强自我保护意识和群体相互保护意识。

(2) 起重作业人员应遵循的职业道德规范 起重机械的司机、司索人员及指挥人

员、电工、电气焊工等都属于特殊作业工种，他们对社会所承担的职责有着一定的特殊性，他们的工作一旦出现失误，将对社会造成巨大危害。特种作业工种的每一个职工都必须对自己职业的重要性有足够的认识，不断提高自己的政治思想素质、心理素质和身体素质，以完成所承担的特殊使命的工作。要求他们的职业行为有以下几点。

1) 树立全心全意为人民服务的精神。起重机械的司机、司索人员及指挥人员的工作特点是共同肩负着安全吊运和保护人民生命及国家财产的重任，必须牢记为人民服务的宗旨，实行为人民服务的原则。

2) 树立社会主义团结协作的精神。起重吊运作业是起重机械司机、司索工和指挥人员三个工种协同作业才能完成的工作。三个工种人员必须互相配合、互相关心、互相协作。在复杂的作业环境中，除要加强自我安全保护意识外，更应想到他人的生命安全，如果三个工种有一方只图自己一时方便，则往往会造成不必要的事故损失，所以要求每个司机、司索工及指挥人员必须做到：不伤害自己、不伤害他人，同时也不被他人伤害，更不能危及国家财产的安全。起重吊运作业中加强人与人之间的团结、互助、协作是保证安全的重要因素。

3) 树立“安全第一”的主导思想。由于起重机械司机、司索工及指挥人员工作的特殊性及其吊运中的危险性，因此要求他们在岗位上时刻不能忘记“安全”，从思想上充分认识“安全第一”的重要意义，在作业中要一丝不苟地严格按操作规程和规章制度办事。

4) 敬业爱岗、奋发图强。每一个起重机械司机、司索工和指挥人员都要努力培养对自己本职工作的感情，热爱自己的本职工作，这样才能在工作实践中兢兢业业，刻苦钻研吊运技术，做好设备、工具的维护保养，在工作中自觉执行操作规程和各项规章制度，出色地完成社会和人民赋予的光荣职责。

5) 刻苦学习，钻研业务。一个人能力的大小往往与本身的知识、技能有关。不断地刻苦学习，在工作实践中不断总结经验教训，努力钻研业务，就会不断增长才干，不断提高自己为社会做贡献的技能。

6) 遵章守纪、文明生产。遵章守纪要做到遵守法规、厂规、社会公德。首先要遵守劳动纪律，要遵守规定的劳动时间，做到上班不迟到，下班不早退，有事先请假，不无故旷工。起重吊运工作是一项集体劳动，在统一的劳动时间内协调和分工作业，需要司机、司索工、指挥人员都必须坚守自己的岗位，才能保证作业正常进行。

遵章守纪还要求做到服从分配、听从指挥、严按工艺规程和操作规程做好每项工作。

除遵章守纪外，在作业过程中还要贯彻文明生产的制度，要文明用语、文明操作、文明待人，使生产井然有序，生产场地清洁整齐。

5. 加强指挥人员与司索工、司机的安全操作管理，加强指挥人员与司机的配合，设置专职安全监督员

(1) 指挥人员职责及要求

1) 指挥人员应根据 GB 5082—1985《起重吊运指挥信号》的信号要求，用手势信

号、旗语信号及音响信号与起重机司机进行联系。

2) 指挥人员发出的指挥信号必须清晰、准确。

3) 指挥人员应站在司机看清指挥信号的安全位置上。当跟随负载运行指挥时,应随时指挥负载避开人员和障碍物。

4) 指挥人员不能同时看清司机和负载时,必须增设中间指挥人员以便逐级传递信号。当发现错传信号时,应立即发出停止信号。

5) 负载降落前,指挥人员必须确认降落区域安全时,方可发出降落信号。

6) 多人捆绑同一负载时,在起吊前,应先做好呼唤应答,确认绑挂无误后,方可由一人负责指挥。

7) 用两台起重机吊运同一负载时,指挥人员应双手分别指挥每台起重机,以确保同步吊运。

8) 开始起吊负载时,应先用“微动”信号指挥。待负载离开地面 100 ~ 200mm 稳妥后,再用正常速度指挥。必要时,负载降落前,也应使用“微动”信号指挥。

9) 指挥人员应佩戴鲜明的标志,如标有“指挥”字样的臂章、特殊颜色的安全帽、工作服等。

10) 指挥人员所戴手套的手心、手背要易于辨别。

(2) 指挥人员使用信号的基本规定

1) 指挥人员使用的手势信号均以本人的手心、手指或手臂表示吊钩、臂杆和机械位移的运动方向。

2) 指挥人员使用的旗语信号均以指挥旗的旗头表示吊钩、臂杆和机械位移的运动方向。

3) 在同时指挥臂杆和吊钩时,指挥人员必须分别用左手指挥臂杆,右手指挥吊钩。当持旗指挥时,一般左手持红旗指挥臂杆,右手持绿旗指挥吊钩。

4) 当两台或两台以上起重机同时在距离较近的工作区域内工作时,指挥人员使用音响信号的音调应有明显区别,并要配合手势或旗语指挥,严禁单独使用相同音调的音响指挥。

5) 当两台或两台以上起重机同时在较近距离工作区域内工作时,司机发出的音响应有明显的区别。

6) 指挥人员用“起重吊运指挥语言”指挥时,应讲普通话。

(3) 指挥人员安全技术操作规程

1) 吊运指挥人员必须年满 18 周岁(含 18 周岁),视力在 0.8 以上,无色盲,听力能满足工作条件的要求,身体健康。

2) 指挥人员必须经安全技术培训及劳动部门考试合格,并发给安全技术操作证后,方可从事指挥。

3) 指挥人员必须严格执行 GB 5082—1985《起重吊运指挥信号》,与司机联络时做到准确无误。

4) 指挥人员应熟知 GB 6067.1—2010《起重机械安全规程 第 1 部分:总则》和

LD 48—1993《起重机械吊具与索具安全规程》。

- 5) 指挥人员必须熟悉所指挥的起重机的技术性能后方可指挥。
 - 6) 指挥人员不能干涉起重机司机对手柄或旋钮的选择。
 - 7) 负责载荷的重量计算和索具、吊具的正确选择。
 - 8) 指挥人员负责对可能出现的事故采取必要的防范措施。
 - 9) 指挥人员应佩戴鲜明的标志和特殊颜色的安全帽。
 - 10) 指挥人员在发出吊钩或负载下降信号时, 应有保护负载降落地点的人身、设备安全措施。
 - 11) 在开始指挥起吊负载时, 用微动信号指挥; 待负载离开地面 100 ~ 200mm 时, 停止起升, 进行试吊, 确认安全可靠后。方可用正常起升信号指挥重物上升。
 - 12) 指挥起重机在雨、雪天气作业时, 应先经过试吊, 检验制动器灵敏可靠后, 方可进行正常的起吊作业。
 - 13) 在高空指挥时, 指挥人员应严格遵守高处作业安全要求。
 - 14) 指挥人员选择指挥位置时应注意几点: ①应保证与起重机司机之间视线清楚; ②在所指定的区域内, 应能清楚地看到负载; ③指挥人员应与被吊运物体保持安全距离; ④当指挥人员不能同时看见起重机司机和负载时, 应站到能看见司机的一侧, 并增设中间指挥人员传递信号。
- (4) 起重司索人员安全技术操作规程
- 1) 合理穿戴好劳保用品: ①工作服的袖口、下襟口必须系好, 严禁穿短裤和裙子在现场操作; ②操作者必须戴安全帽及手套; ③必须穿好劳保鞋。
 - 2) 工作前, 应检查吊具、索具及工具是否完好可靠, 不准超负荷使用。
 - 3) 起升重物前, 应检查连接点是否牢固可靠。
 - 4) 应仔细检查所用绳索、链条及吊具是否完好可靠。达到下列程度的吊具、绳索和链条不准使用: ①链条的链环直径磨损 5%; ②链条的链环已拉直变形; ③链条的链环已有裂纹; ④钢丝绳折断钢丝超过规定的根数; ⑤钢丝绳被烧毁或断了一股; ⑥钢丝绳表面的钢丝磨损、腐蚀达钢丝直径 40% 以上时; ⑦带有裂纹、磨损、锈蚀的吊具。
 - 5) 在起吊前, 必须明确吊物的重量, 吊物的重量要符合起重设备和吊具的负重。如对吊挂物的重量不清楚, 不准盲目吊挂。禁止超负荷起吊。
 - 6) 所选择的起重工具, 必须适合吊物重量。绳索与链子的长短和粗细应符合要求。分绳间角度不大于 120°。
 - 7) 在捆绑、起吊重物时, 必须遵守下列安全条例: ①工作时要戴手套; ②不准使用端头散开的绳索, 如果绳索的端头已散开, 则必须用钢丝扎紧; ③禁止用手去校正被重物张紧的绳索和链条; ④在移动、捆绑绳索及链条时, 不得将手或手指放在重物下面; ⑤人不准在吊起的重物下面停留或通过。
 - 8) 必须使天车吊钩对准起吊重物; 禁止歪拉斜吊和用天车吊拨埋在地下的重物; 禁止在吊车及吊钩运动着的时候进行吊挂。
 - 9) 起吊的重物必须捆绑牢固, 重心要正, 受力要平衡, 钢索不准绕结、扭歪。

- 10) 捆结带有锐边的吊件时, 要用木板、棉麻织物或其他软物垫好。
 - 11) 如果起吊物件的捆绑处有油污, 应擦净。
 - 12) 不准用锤子敲击挂在吊钩上的捆扎好重物的钢绳索和链子。
 - 13) 使用横梁起吊时, 重量必须平衡的分布在吊横梁的两端。
 - 14) 捆扎重物, 如果绳子或链子还余一段, 则必须把它绕在吊钩上, 不得脱落伤人。
 - 15) 起吊重物上的附件不牢靠时, 必须在重物起吊之前固紧或拿下。
 - 16) 起重工必须按照统一规定的手势信号、旗语信号、音响信号指挥。多人作业时, 要由专人负责指挥, 起吊时通知其他人离开现场。
 - 17) 重物被吊起 100 ~ 200mm 高时, 指挥应发出停止信号, 待检查捆扎是否牢靠后, 方可发出继续起吊信号。
 - 18) 吊物应高于离开其移动空间的设备、工位器具或建筑物上 0.5m 以上。
 - 19) 吊物在水平方向移动时, 起重工应跟在吊物后面, 观察吊物移动路线上的情况, 并时刻注意不准吊物在人头上停留和经过。
 - 20) 不允许用起重机械吊人, 不允许用人的力量来平衡重物。
 - 21) 起重工应将重物落放到平坦地点。禁止将重物落放到管道、电缆沟以及不坚固的盖板上面。
 - 22) 在吊物降落之前, 应预先放好垫木, 以便绳索或链条能顺利地重物下抽出来。
 - 23) 在起吊重物就位固定前, 司索人员不得离开工作岗位, 不准在索具受力或吊物悬空时中断工作。
 - 24) 装卸时, 应做到轻装轻放, 重不压轻, 大不压小, 堆放平稳, 捆扎牢固。
 - 25) 堆放零件不可歪斜, 高度要适当, 对易滑动件要用木块垫塞。不准让堆放件堵塞通道。
 - 26) 起吊装箱件时, 应先检查箱体底脚是否牢固完好, 按吊线标志吊挂, 并经试吊确认稳妥后方可起吊。
 - 27) 在高栏板车厢及火车装卸货物时, 起重机械司机无法看清车厢内的指挥信号时, 应设中间指挥, 正确传递信号。
 - 28) 遇到暴雨、雷电、大雾或六级以上大风的天气时, 严禁进行露天起重、搬运。
 - 29) 箱子或零件码放超高不许挂钩吊运。
 - 30) 作业结束切断电源, 摘下钢丝绳、清理现场, 填写交班日记。
- (5) 起重机司机的职责及其要求
- 1) 司机必须听从指挥人员的指挥, 当指挥信号不明时, 司机应发出“重复”信号询问, 明确指挥意图后, 方可开车。
 - 2) 司机必须熟练掌握标准规定的手势信号及有关的其他指挥信号, 并与指挥人员密切配合。
 - 3) 当指挥人员所发出的指挥信号违反标准的规定时, 司机有权拒绝执行。
 - 4) 司机在开车前必须鸣铃示警, 必要时, 在吊运中也要鸣铃, 通知受负载威胁的

地面人员撤离。

5) 在吊运过程中, 司机对任何人发出的“紧急停止”信号都应服从。

(6) 起重司机安全技术操作规程 在前面的第5章、第6章、第7章中已介绍了电动葫芦式、桥(门)式、流动式起重机司机的安全技术操作规程了。这里不重述了。

(7) 指挥人员与司机之间的配合要求

1) 指挥人员发出“预备”信号时(右手臂伸直向上, 手心朝前; 或右手持旗向上举; 音响一长声), 要目视司机, 司机接到信号时, 应回答“明白”信号。当指挥人员听到回答信号后, 方可进行指挥。

2) 指挥人员发出“要主钩”“要副钩”“微动范围”手势或旗语时(要主钩手势, 右手握拳, 轻触头顶; 要副钩, 左手握拳, 小臂向上不动, 右手轻触左手肘关节), 要目视司机, 同时发出“预备”音响信号, 司机接到信号后, 要准确操作。

3) 指挥人员在发出“工作结束”手势或旗语时(双手五指伸开, 额前交叉; 两旗拢起, 额前交叉), 要目视司机, 同时可发出“停止”音响信号, 司机接到信号后, 应回答“明白”信号方可离开岗位。

4) 指挥人员对起重机要求微微移动时, 可根据需要, 重复发出信号。司机应按信号要求。缓慢平稳操纵起重机。

(8) 起重作业现场必须设专职安全监督员

起重作业现场必须设专职安全监督员, 环视周围, 纵观全面, 随时发现和消除不安全因素, 制止不安全行为, 是为避免发生事故的不可忽视的一个举措。

6. 建立科学的设备维护保养和检查制度, 保持设备处于良好运行状态

特种设备的起重机械按国务院令549号《特种设备安全监察条例》决定, 执行第27条: “特种设备使用单位对在用特种设备应当至少每月进行一次自行检查, 并作出记录。特种设备使用单位在对在用特种设备进行自行检查和日常维护保养时发现异常情况的, 应当及时处理。”

起重机械在使用过程中, 由于内在原因、外界因素等影响, 会出现各种各样的问题。通过经常性的维护保养和定期检查, 可以及时发现一些问题并及时处理, 促进设备安全运行, 提高设备使用寿命, 促进企业经济效益的提升。

对于起重机械的日、周、月、半年、年度检验内容归结如下。

(1) 每日作业前检查 检查的内容包括检查制动器、离合器的可靠性; 钢丝绳在卷筒、滑轮上的缠绕应无串(脱)槽或重叠现象; 继电器滑块在滑线上的接触情况; 起重机大、小车导轨状态; 空载运行检查各操纵系统, 起升限位开关、行程开关、超载保护装置和各种报警装置的可靠性。

(2) 周检查 周检查的内容包括检查制动器轮、闸、带的磨损情况及制动力的大小; 频繁使用的起重钢丝绳的磨损、断丝情况; 联轴器上键的连接及螺钉的紧固情况; 控制器、接触器触头的接触及腐蚀情况。

(3) 月检查 月检查的内容包括检查安全防护装置、警报装置、制动器、离合器等有无异常; 钢丝绳压板、绳卡等的紧固及钢丝绳、起重链条的磨损和润滑情况; 吊

钩、抓斗等吊具有无损伤；电动机、减速器、轴承座、角轴承箱底脚螺钉的紧固及电动机电刷的磨损情况；配线、集电装置配电、开关和控制器等有无异常情况；管口处导线绝缘层的磨损、减速器润滑油的油量等。

(4) 半年检查 半年检查的内容包括检查控制屏、保护箱、控制器、电阻器及接线座、接线螺钉的紧固情况，端梁螺栓的紧固情况，制动器液压电磁铁油量及油质情况，所有电气设备的绝缘情况。

(5) 年度检验 年度检验应由企业设备部门组织专业人员进行，主要内容有以下六项。

1) 结构部分，主要检查主梁下挠、水平旁弯情况，主梁与支腿连接处的变形等，以及上下盖板和腹板有无裂纹、腐蚀等情况。

2) 机械部分，主要检查减速器、开式齿轮、联轴器、轴承座的连接及运转情况。

3) 电气部分，主要检查电气配线、控制装置和电动机等动力装置的布置状况及控制、拖动功能的有效性。

4) 易损件部分，主要检查钢丝绳、起重链条等吊具、索具的安全性能。

5) 设备基础部分，主要检查支撑起重设备的厂房墙壁、柱子及移动式起重机台车架等。

6) 额定载荷试验。企业应每年进行一次，并按 GB/T 5905—2011《起重机 试验规范和程序》等有关标准的要求进行。对起重重量较大的设备，可以结合吊运相当于额定起重量的重物进行。对停用一年以上、遇四级以上地震、经受八级以上风力（露天起重机）、发生重大设备事故后的起重设备，使用前均应进行上述试验。

对各种机型的检查与维护、修理的事项，参见前面的第 5~8 章的相关内容。

10.4 应急管理

由于起重作业存在诸多的危险因素，有时人们难以及时辨识控制，加之自然灾害的发生和客观存在着多种不确定性，因此在采取上述事故的本质预防措施后，还免不了会发生预想不到的事故。对待事故的态度应做到：一是从思想上不惧怕；二是从行动上要积极面对（应急管理），按事故发生的过程查找事故的主要原因，追究主要责任人的法律责任，制定防止事故的安全措施，将事故的损失降到最低；三是在事后通过事故分析，让职工受到深刻的安全教育。

起重作业现场一旦突发危情灾害时，现场起重作业人员在来不及请示、汇报的前提下，现场领导（安全监督员、技术人员或班组长等）应该迅速动用现场一切可利用的物资，果断地采取积极的、主动的、有针对性的应急安全措施，及时消除险情，或将事故消灭在萌芽状态，或避免事态扩大，以及防止事故损失加重。绝不能允许抱侥幸心理去冒险作业，或采取等、拖及不作为、不负责任的消极态度，以至贻误或失去应急处理的有利时机，加重不良后果的损失。

应急管理包括应急预防、应急准备、应急响应和应急恢复四个阶段，这是一个动态的管理过程。

“应急预防”是前提，通过预先采取的预防措施，可以达到降低或缓解事故影响或后果的严重程度。当发现事故迹象、事故隐患或危险时，立即采取有效措施，避免故障扩大为事故，或使事故损失减为最小。

“应急准备”是应急管理过程中的应急响应前的准备过程，包括应急体系的建立，有关部门和人员的职责落实，应急预案的编制、应急设备与物资的准备和维护等。从事事故防范的效果来看，有准备比无准备发生事故的概率低，早准备比晚准备防范的效果好。

“应急响应”是应急管理过程的中心环节，是指万一发生起重作业危情或作业事故时，现场作业人员应积极参与救援行动，并在事故发生后，要对事故的发生有个完整的交代，即完成《事故调查报告》。它包括事故发生单位概况；事故发生经过和事故救援情况；事故造成的人员伤亡和直接经济损失；事故发生的原因和事故性质；事故责任的认定及对事故责任者的处理建议；事故防范和整改措施。

“应急恢复”是指在事故发生后，按《事故调查报告》中提到“防范、整改措施”预案，恢复到企业事故前的生产正常状态。

通过对发生事故的调查、分析与处理，使人们充分地认识到“预防事故”是多么的重要。预防有两层意义：一是事故的预防工作，即通过安全管理和安全技术等手段，如巡检、维护保养、项修及大修等技术手段和各种规章制度的制定、落实及技术培训等管理手段，就可能防止一些事故发生；二是在假定事故必然发生的前提下，通过预先采取的预防措施，达到降低或缓解事故影响或后果的严重程度。当发现事故迹象、事故隐患或危险、危害因素出现时，立即采取有效的措施，避免故障扩大为事故，使事故损失减到最少。

10.5 保险理赔（或保险补偿）

对起重作业事故的分析表明：虽然事故的发生都是由各种原因引起的，但这些原因中的85%左右都与管理紧密相关。举一个有关梯子的事例，如某单位一位员工在储藏室内登梯取物时因梯子断裂而受伤。经分析，其原因可能是：没有要求对梯子进行常规检查（管理缺陷）；员工也不知道该检查规则的存在（管理失误）；采购部门购买时未充分考虑梯子的用途和质量（管理失误）；财务部门没有提供足够的资金购买合适的梯子（管理失误）等。上述任何一个原因都与管理者的疏忽、失误或管理系统的缺陷紧密相关。

现在，“安全第一”的口号几乎已经响遍了各个角落，安全之所以放在特殊的位置上，正是由于其与效益的关系就像水与舟的关系，即“水能载舟，亦能覆舟”。只有良好的安全管理才能保证良好的经济效益，企业才能继续发展。

从控制事故的效果来说，安全管理也是举足轻重的。一方面控制事故所采取的手段，包括管理、技术手段，都是由管理部门选择确定的；另一方面在有限的资金投入及有限的技术水平的条件下，通过管理手段控制事故无疑是最有效最经济的一种方式。控

制事故的最佳手段是通过技术手段解决问题，这在很大程度上可避免人为的失误，但经济条件和现有的技术水平又使这类方法受到很大程度的制约。

控制事故可以说是安全管理的核心，而控制事故最好的方式就是实施“事故预防”，即通过管理、技术手段的结合手段（如贯彻安全第一，建立健全各项规章制度及其落实执行，加强对作业人员的管理与培训及设专职安全监督员，加强对起重作业人员道德教育，建立科学的设备维护保养制度等）实施起重作业事故的“本质预防”。消除事故隐患，控制住人与物的不安全因素，保障劳动者的安全，这也是“预防为主”的本质所在。

由于受到技术水平和经济条件的限制，有些事故是不可避免的。所以，控制事故的第二种手段就是“应急管理”措施，即通过现场抢救、疏散、控制等手段，控制事故的蔓延，把事故的损失减少到最小。

既然有事故的发生，必然要有经济上的损失。对于一个企业一个重大事故在经济上及人员稳定上的打击都是相当沉重的，有时甚至是致命的。因而在实施事故的“本质预防”（10.3 中的六条措施）和“应急管理”的基础上，通过购买企业的财产、设备、工伤、责任等保险（保险公司按国家规定给予参保企业一定比例地保险理赔金）可缓解企业的经济压力，为企业发生事故后恢复生产提供助力，这就是控制事故的第三种手段——保险理赔。

10.6 标准化作业

构成企业生产安全事故的原因多种多样，归结起来有四个，即人的不安全行为、物的不安全状态、危险的环境、松懈的安全管理。由于安全管理松懈，人的不安全行为得不到及时有效的纠正，物与环境的危险得不到及时有效的消除，就不可避免地会发生各种事故。从理论上讲，事故的发生是由于在事故发生前存在危险行为或危险因素，只要认识到了并采取了制止危险行为的发生或控制了危险因素的发展，事故就可以避免。

从许多企业的实践表明，员工的不安全的行为是造成事故多发的一个重要因素，大多数事故是由于违章造成的。全面推行岗位作业标准化模式，作业有程序、动作有标准、管理有章法，限制、约束人为的失误，把可能发生的伤害减少到最低限度，是杜绝和减少事故发生的有效途径。

各个企业可根据本单位实情，参照表 10-3 的模式制定适宜本单位机型的标准化作业法。

表 10-3 桥式起重机安全操作作业标准

操作程序	操作作业标准	安全要点
1. 检查 1.1 大桥	1.1.1 缓冲器螺钉无松动和开焊 1.1.2 轮沿磨损不超过 2/3	各检查部位正常、完好、防护装置齐全有效，劳动防护用品穿戴齐全，严禁酒后作业

(续)

操作程序	操作作业标准	安全要点
1. 检查 1.1 大车 1.2 小车 1.3 卷扬	1.1.3 减速器底脚无松动 1.1.4 制动器轴销无缺损 1.1.5 电动机无异常 1.1.6 滑线接触良好、无损坏 1.1.7 润滑部位、润滑良好 1.2.1 栏杆无断裂、开焊 1.2.2 地脚螺栓无松动 1.2.3 润滑部位、润滑良好 1.3.1 定滑轮无破损,钢丝绳无分岔、跳槽 1.3.2 主卷、小车制动器轴销无缺陷 1.3.3 动滑轮无破损,钢丝绳无分岔 1.3.4 钩梁无断裂和脱销 1.3.5 润滑部位润滑良好	1. 各检查部位正常、完好、防护装置齐全有效,劳动防护用品穿戴齐全,严禁酒后作业 2. 司机必须持证上岗作业 3. 梯子必须保证牢稳,上、下梯子时要扶稳抓牢
2. 试车	2.1 各起升三次,限位器灵敏可靠 2.2 降落时,制动器灵敏可靠,声音正常 2.3 各往返一次,控制器逐级加快 2.4 观察大小车与制动器是否同步运行	1. 限位准确 2. 制动器良好 3. 控制器与所控制部分同步
3. 操作 3.1 起吊 3.2 行走 3.3 落物	3.1.1 听从专人指挥 3.1.2 鸣铃 3.1.3 瞭望确认 3.1.4 拉紧吊绳、吊链、挂钩,人员离开 3.1.5 控制器逐级加快,缓缓提升 3.1.6 起升到安全高度鸣铃,听从专人指挥 3.2.1 走安全通道 3.2.2 吊物高于障碍物 0.5m 3.2.3 吊物离开人水平距离大于 1.6m 3.2.4 遇人鸣铃,遇设备或人员绕行 3.2.5 两车同行,保持 2m 以上安全距离 3.2.6 遇停车信号,立即停车 3.3.1 确认落物环境 3.3.2 听从专人指挥 3.3.3 下落要缓、稳、准、平	1. 所吊物体不许超重吊重要物体或液体金属时,吊起 0.5m 高后要试主、副卷扬制动器的可靠性。不许歪钩、斜吊。捆绑方法不当,时不吊。遇人必须鸣铃 2. 严格遵守“十不吊”“六不挂”“九不准”
4. 停车 4.1 位置 4.2 收尾	4.1.1 大车停在梯子处 4.1.2 小车停在司机室一端 4.1.3 吊钩停在距顶点开关 1m 左右 4.1.4 抓斗停稳放置于地面 4.2.1 所有控制手柄恢复零位 4.2.2 拉下电源开关 4.2.3 锁好门,下车交班	1. 停车后,电源开关必须拉下上锁 2. 露天作业的吊车做好防风、雨、雪、水的工作,保证道路畅通

附录

附录 A 起重机吊运指挥信号

下列指挥信号适用于桥式起重机（包括冶金起重机）、门式起重机、装卸桥、缆索起重机、铁路起重机、履带起重机、浮式起重机、桅杆起重机、船用起重机等。不适用于矿井提升设备、载人电梯设备。

1. 信号说明

- 1) 通用手势信号——指各种类型的起重机在起重吊运中普遍适用的指挥手势。
- 2) 专用手势信号——指具有特殊的起升、变幅、回转机构的起重机单独使用的指挥手势。
- 3) 吊钩（包括吊环、电磁吸盘、抓斗等）——指空钩以及负有载荷的吊钩。
- 4) 起重机“前进”或“后退”——“前进”指起重机向指挥人员开来；“后退”指起重机离开指挥人员。
- 5) 前、后、左、右——在指挥语言中，均以司机所在位置为基准。
- 6) 音响符号①“——”表示大于1s的长声符号；②“●”表示小于1s的短声符号；③“○”表示停顿的符号。

2. 指挥人员使用的信号

(1) 手势信号

1) 通用手势信号。

①“预备（注意）”：手臂伸直置于头上方，五指自然伸开，手心朝前保持不动（见图 A-1）。

②“要主钩”：单手自然握拳，置于头上，轻触头顶（见图 A-2）。



图 A-1



图 A-2

③ “要副钩”：一只手握拳，小臂向上不动，另一只手伸出，手心轻触前只手的肘关节（见图 A-3）。

④ “吊钩上升”：小臂向侧上方伸直，五指自然伸开，高于肩部，以腕部为轴转动（见图 A-4）。

⑤ “吊钩下降”：手臂伸向侧前下方，与身体夹角约为 30° ，五指自然伸开，以腕部为轴转动（见图 A-5）。



图 A-3

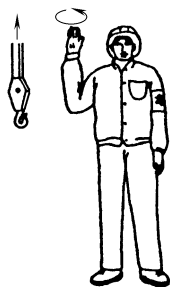


图 A-4

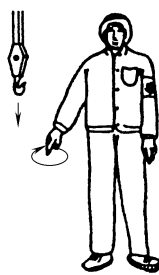


图 A-5

⑥ “吊钩水平移动”：小臂向侧上方伸直，五指并拢手心朝外，朝负载应运行的方向，向下挥动到与肩相平的位置（见图 A-6）。

⑦ “吊钩微微上升”：小臂伸向侧前上方，手心朝上高于肩部，以腕部为轴，重复向上摆动手掌（见图 A-7）。

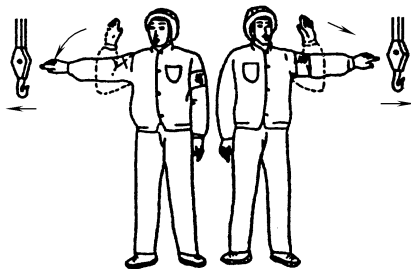


图 A-6



图 A-7

⑧ “吊钩微微下降”：手臂伸向侧前下方，与身体夹角约为 30° ，手心朝下，以腕部为轴，重复向下摆动手掌（见图 A-8）。

⑨ “吊钩水平微微移动”：小臂向侧上方自然伸出，五指并拢手心朝外，朝负载应运行的方向，重复做缓慢的水平运动（见图 A-9）。

⑩ “微动范围”：双小臂曲起，伸向一侧，五指伸直，手心相对，其间距与负载所要移动的距离接近（见图 A-10）。

⑪ “指示降落方位”：五指伸直，指出负载应降落的位置（见图 A-11）。

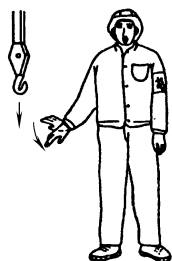


图 A-8

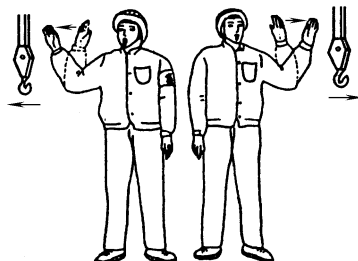


图 A-9

⑬“停止”：小臂水平置于胸前，五指伸开，手心朝下，水平挥向一侧（见图 A-12）。



图 A-10

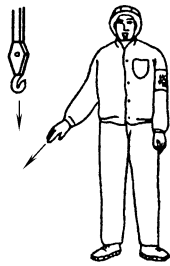


图 A-11

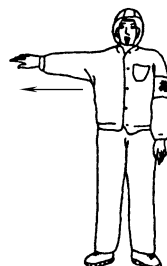


图 A-12

⑭“紧急停止”：两小臂水平置于胸前，五指伸开，手心朝下，同时水平挥向两侧（见图 A-13）。

⑮“工作结束”：双手五指伸开，在额前交叉（见图 A-14）。

2) 专用手势信号。

①“升臂”：手臂向一侧水平伸直，拇指朝上，余指握拢，小臂向上摆动（见图 A-15）。

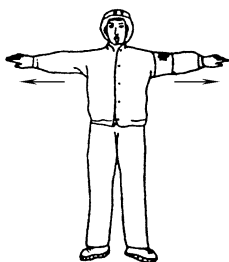


图 A-13

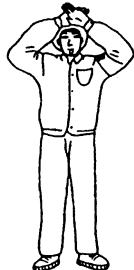


图 A-14

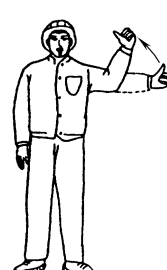


图 A-15

② “降臂”：手臂向一侧水平伸直，拇指朝下，余指握拢，小臂向下摆动（见图 A-16）。

③ “转臂”：手臂水平伸直，指向应转臂的方向，拇指伸出，余指握拢，以腕部为轴转动（见图 A-17）。

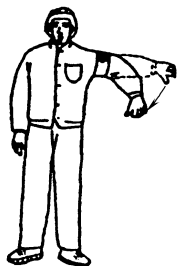


图 A-16

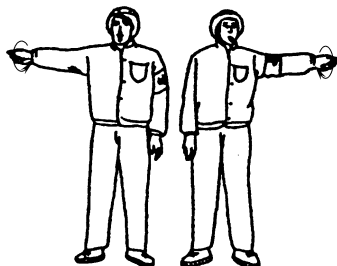


图 A-17

④ “微微升臂”：一只小臂置于胸前一侧，五指伸直，手心朝下，保持不动。另一只手的拇指对着前手手心，余指握拢，做上下移动（见图 A-18）。

⑤ “微微降臂”：一只小臂置于胸前一侧，五指伸直，手心朝上，保持不动。另一只手的拇指对着前手手心，余指握拢，做下上移动（见图 A-19）。



图 A-18



图 A-19

⑥ “微微转臂”：一只小臂向前平伸，手心自然朝向内侧。另一只手的拇指指向前只手的手心，余指握拢做转动（见图 A-20）。

⑦ “伸臂”：两手分别握拳，拳心朝上，拇指分别指向两侧，做相斥运动（见图 A-21）。

⑧ “缩臂”：两手分别握拳，拳心朝下，拇指对拇指，做相向运动（见图 A-22）。

⑨ “履带起重机回转”：一只小臂水平前伸，五指自然伸出不动。另一只手小臂在胸前做水平重复摆动（见图 A-23）。

⑩ “起重机前进”：双手臂先向前伸，小臂曲起，五指并拢，手心对着自己，做前后运动（见图 A-24）。

⑪ “起重机后退”：双小臂向上曲起，五指并拢，手心朝向起重机，做前后运动（见图 A-25）。

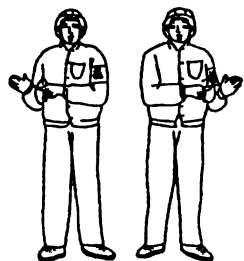


图 A-20



图 A-21



图 A-22

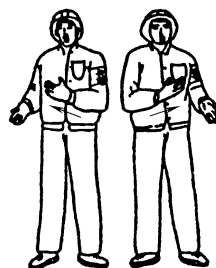


图 A-23

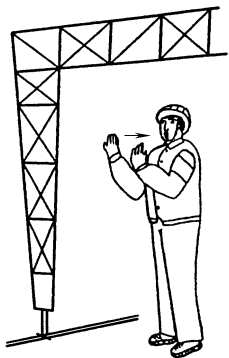


图 A-24

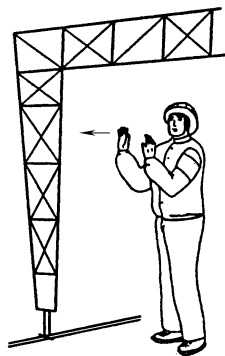


图 A-25

⑫“抓取”（吸取）：两小臂分别置于侧前方，手心相对，由两侧向中间摆动（见图 A-26）。

⑬“释放”：两小臂分别置于侧前方，手心朝外，两臂分别向两侧摆动（见图 A-27）。

⑭“翻转”：一小臂向前曲起，手心朝上。另一只手小臂向前伸出，手心朝下，双手同时进行翻转（见图 A-28）。



图 A-26



图 A-27



图 A-28

3) 船用起重机(或双机吊运)专用手势信号。

① “微速起钩”：两小臂水平伸向侧前方，五指伸开，手心朝上，以腕部为轴，向上摆动。当要求双机以不同的速度起升时，指挥起升速度快的一方，手要高于另一只手(见图 A-29)。

② “慢速起钩”：两小臂水平伸向侧前方，五指伸开，手心朝上，小臂以肘部为轴向上摆动。当要求双机以不同的速度起升时，指挥起升速度快的一方，手要高于另一只手(见图 A-30)。

③ “全速起钩”：两臂下垂，五指伸开，手心朝上，全臂向上挥动(见图 A-31)。



图 A-29

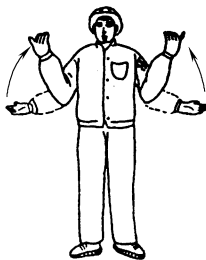


图 A-30



图 A-31

④ “微速落钩”：两小臂水平伸向侧前方，五指伸开，手心朝下，手以腕部为轴向下摆动。当要求双机以不同的速度降落时，指挥降落速度快的一方，手要低于另一只手(见图 A-32)。

⑤ “慢速落钩”：两小臂水平伸向侧前方，五指伸开，手心朝下，小臂以肘部为轴向下摆动。当要求双机以不同的速度降落时，指挥降落速度快的一方，手要低于另一只手(见图 A-33)。

⑥ “全速落钩”：两臂伸向侧上方，五指伸出，手心朝下，全臂向下挥动(见图 A-34)。

⑦ “一方停止，一方起钩”：指挥停止的手臂作“停止”手势；指挥起钩的手臂则作相应速度的起钩手势(见图 A-35)。



图 A-32



图 A-33



图 A-34

⑧“一方停止，一方落钩”：指挥停止的手臂作“停止”手势；指挥落钩的手臂则作相应速度的落钩手势（见图 A-36）。

(2) 旗语信号

1) “预备”：单手持红绿旗上举（见图 A-37）。

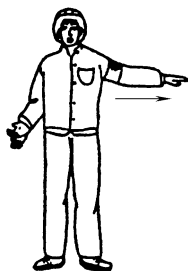


图 A-35

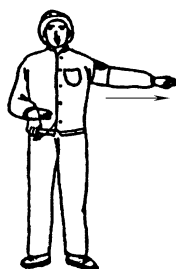


图 A-36



图 A-37

2) “要主钩”：单手持红绿旗，旗头轻触头顶（见图 A-38）。

3) “要副钩”：一只手握拳，小臂向上不动，另一只手拢红绿旗，旗头轻触前只手的肘关节（见图 A-39）。

4) “吊钩上升”：绿旗上举，红旗自然放下（见图 A-40）。



图 A-38



图 A-39



图 A-40

- 5) “吊钩下降”: 绿旗拢起下指, 红旗自然放下 (见图 A-41)。
 6) “吊钩微微上升”: 绿旗上举, 红旗拢起横在绿旗上, 互相垂直 (见图 A-42)。
 7) “吊钩微微下降”: 绿旗拢起下指, 红旗横在绿旗下, 互相垂直 (见图 A-43)。



图 A-41



图 A-42



图 A-43

- 8) “升臂”: 红旗上举, 绿旗自然放下 (见图 A-44)。
 9) “降臂”: 红旗拢起下指, 绿旗自然放下 (见图 A-45)。



图 A-44



图 A-45

- 10) “转臂”: 红旗拢起, 水平指向应转臂的方向 (见图 A-46)。
 11) “微微升臂”: 红旗上举, 绿旗拢起横在红旗上, 互相垂直 (见图 A-47)。
 12) “微微降臂”: 红旗拢起下指, 绿旗横在红旗下, 互相垂直 (见图 A-48)。

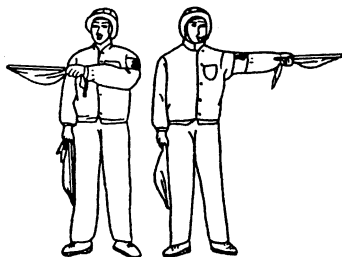


图 A-46



图 A-47

13) “微微转臂”：红旗拢起，横在腹前，指向应转臂的方向；绿旗拢起，横在红旗前，互相垂直（见图 A-49）。



图 A-48

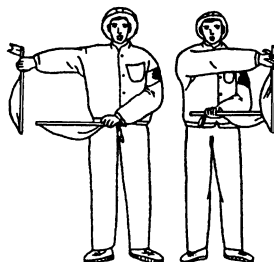


图 A-49

14) “伸臂”：两旗分别拢起，横在两前，旗头外指（见图 A-50）。

15) “缩臂”：两旗分别拢起，横在胸前，旗头对指（见图 A-51）。

16) “微动范围”：两手分别拢旗，伸向一侧，其间距与负载所要移动的距离接近（见图 A-52）。



图 A-50

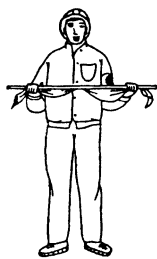


图 A-51

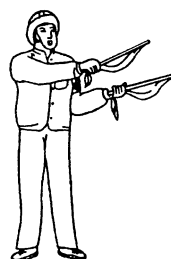


图 A-52

17) “指示降落方位”：单手拢绿旗，指向负载应降落的位置，旗头进行转动（见图 A-53）。

18) “履带起重机回转”：一只手拢旗，水平指向侧前方，另一只手持旗，水平重复挥动（见图 A-54）。



图 A-53

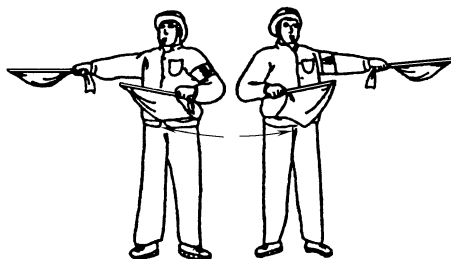


图 A-54

19) “起重机前进”：两旗分别拢起，向前上方伸出，旗头由前上方向后摆动（见图 A-55）。

20) “起重机后退”：两旗分别拢起，向前伸出，旗头由前方向下摆动（见图 A-56）。

21) “停止”：单旗左右摆动，另外一面旗自然放下（见图 A-57）。



图 A-55

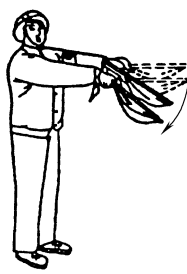


图 A-56

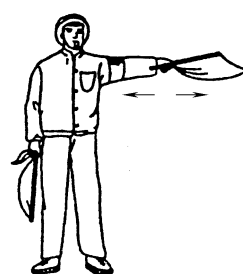


图 A-57

22) “紧急停止”：双手分别持旗，同时左右摆动（见图 A-58）。

23) “工作结束”：两旗拢起，在额前交叉（见图 A-59）。

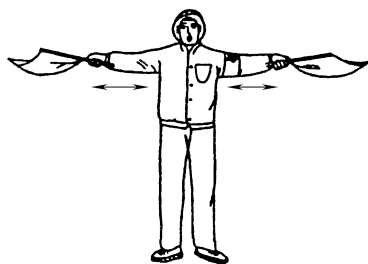


图 A-58



图 A-59

(3) 音响信号

- 1) “预备”、“停止”：—长声—。
- 2) “上升”：二短声●●。
- 3) “下降”：三短声●●●。
- 4) “微动”：断续短声●○●○●○●○。
- 5) “紧急停止”：急促的长声——。

(4) 起重吊运指挥语言

- 1) 开始、停止工作的语言（见表 A-1）。
- 2) 吊钩移动语言（见表 A-2）。
- 3) 转台回转语言（见表 A-3）。

表 A-1 开始、停止工作的语言

起重的状态	指挥语言	停止和紧急停止	停
开始工作	开始	工作结束	结束

表 A-2 吊钩移动语言

吊钩的移动	指挥语言	正常向后	向后
正常上升	上升	微微向后	向后一点
微微上升	上升一点	正常向右	向右
正常下降	下降	微微向右	向右一点
微微下降	下降一点	正常向左	向左
正常向前	向前	微微向左	向左一点
微微向前	向前一点		

表 A-3 转台回转语言

转台的回转	指挥语言	正常左转	左转
正常右转	右转	微微左转	左转一点
微微右转	右转一点		

4) 臂架移动语言（见表 A-4）。

表 A-4 臂架移动语言

臂架的移动	指挥语言	正常升臂	升臂
正常伸长	伸长	微微升臂	升一点臂
微微伸长	伸长一点	正常降臂	降臂
正常缩回	缩回	微微降臂	降一点臂
微微缩回	缩回一点		

3. 司机使用的音响信号

- (1) “明白” 服从指挥，一短声●。
- (2) “重复” 请求重新发出信号，二短声●●。
- (3) “注意” 长声——。

4. 信号的配合应用

(1) 指挥人员使用音响信号与手势或旗语信号的配合

- 1) 在发出 2.3.2 “上升” 音响时，可分别与“吊钩上升” “升臂” “伸臂” “抓取” 手势或旗语相配合。
- 2) 在发出 2.3.3 “下降” 音响时，可分别与“吊钩下降” “降臂” “缩臂” “释放” 手势或旗语相配合。
- 3) 在发出 2.3.4 “微动” 音响时，可分别与“吊钩微微上升” “吊钩微微下降”

“吊钩水平微微移动”“微微升臂”“微微降臂”手势或旗语相配合。

4) 在发出 2.3.5 “紧急停止”音响时,可与“紧急停止”手势或旗语相配合。

5) 在发出 2.3.1 “预备”、“停止”音响信号时,均可与上述未规定的手势或旗语相配合。

(2) 指挥人员与司机之间的配合

1) 指挥人员发出“预备”信号时,要目视司机,司机接到信号在开始工作前,应回答“明白”信号。当指挥人员听到回答信号后,方可进行指挥。

2) 指挥人员在发出“要主钩”“要副钩”“微动范围”手势或旗语时,要目视司机,同时可发出“预备”音响信号,司机接到信号后,要准确操作。

3) 指挥人员在发出“工作结束”的手势或旗语时,要目视司机,同时可发出“停止”音响信号,司机接到信号后,应回答“明白”信号,方可离开岗位。

4) 指挥人员对起重机械要求微微移动时,可根据需要,重复给出信号。司机应按信号要求,缓慢平稳操纵设备。除此以外,如无特殊要求(如船用起重机专用手势信号),其他指挥信号,指挥人员都应一次性给出。司机在接到下一个信号前,必须按原指挥信号要求操纵设备。

5. 对指挥人员和司机的基本要求

(1) 对使用信号的基本规定

1) 指挥人员使用手势信号均以本人的手心、手指或手臂表示吊钩、臂杆和机械位移的运动方向。

2) 指挥人员使用旗语信号均以指挥旗的旗头表示吊钩、臂杆和机械位移的运行方向。

3) 在同时指挥臂杆和吊钩时,指挥人员必须分别用左手指挥臂杆,右手指挥吊钩,当持旗指挥时,一般左手持红旗指挥臂杆,右手持绿旗指挥吊钩。

4) 当两台或两台以上起重机同时在距离较近的工作区域内工作时,指挥人员使用音响信号的音调应有明显区别,并要配合手势或旗语指挥。严禁单独使用相同音调的音响指挥。

5) 当两台或两台以上起重机同时在距离较近的工作区域内工作时,司机发出的音响应有明显区别。

6) 指挥人员用“起重吊运指挥语言”指挥时,应讲普通话。

(2) 指挥人员的职责及其要求

1) 指挥人员应根据本标准的信号要求与起重机司机进行联系。

2) 指挥人员发出的指挥信号必须清晰、准确。

3) 指挥人员应站在使司机能看清指挥信号的安全位置上。当跟随负载运行指挥时,应随时指挥负载避开人员和障碍物。

4) 指挥人员不能同时看清司机和负载时,必须增设中间指挥人员以便逐级传递信号,当发现错传信号时,应立即发出停止信号。

5) 负载降落前,指挥人员必须确认降落区域安全时,方可发出降落信号。

6) 当多人绑挂同一负载时,起吊前,应先做好呼唤应答,确认绑挂无误后,方可由一人负责指挥。

7) 同时用两台起重机吊运同一负载时,指挥人员应双手分别指挥各台起重机,以确保同步吊运。

8) 在开始起吊负载时,应先用“微动”信号指挥,待负载离开地面 100 ~ 200mm 稳妥后,再用正常速度指挥。必要时,在负载降落前,也应使用“微动”信号指挥。

9) 指挥人员应佩戴鲜明的标志,如标有“指挥”字样的臂章、特殊颜色的安全帽、工作服等。

10) 指挥人员所佩戴手套的手心和手背要易于辨别。

(3) 起重机司机的职责及其要求

1) 司机必须听从指挥人员指挥,当指挥信号不明时,司机应发出“重复”信号询问,明确指挥意图后,方可开车。

2) 司机必须熟练掌握本标准规定的通用手势信号和有关的各种指挥信号,并与指挥人员密切配合。

3) 当指挥人员所发出信号违反本标准的规定时,司机有权拒绝执行。

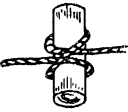
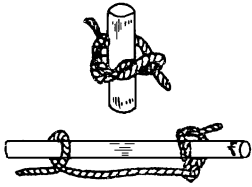
4) 司机在开车前必须鸣铃示警,必要时,在吊运中也要鸣铃,通知受负载威胁的地面人员撤离。

5) 在吊运过程中,司机对任何人发出的“紧急停止”信号都应服从。

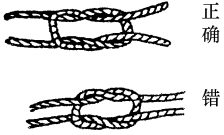
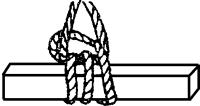
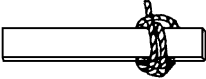
附录 B 起重挂钩工常用绳结形式

对起重挂钩工来说,了解各种捆绑方法是十分重要的。捆绑即绳索的打结,捆绑好坏的标志,主要是结的是否牢固,是否滑脱。这对起重作业的生产安全是十分重要的。因此,每一个起重挂钩工都必须熟悉与掌握捆绑知识,常见的捆绑方法见表 B-1。

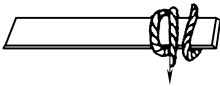
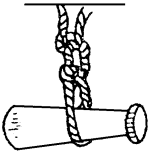
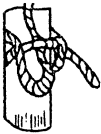
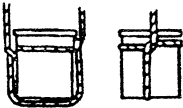
表 B-1 常见的捆绑方法

绳结名称	图示和特点说明	
扭固结 (丁香活结)		此结越拉越紧,适用于桩头和吊运圆形物件
圆材结(重运结、抛材结)		此结用来曳引木头或在装置圆材时,供吊升无头的各种圆形物体

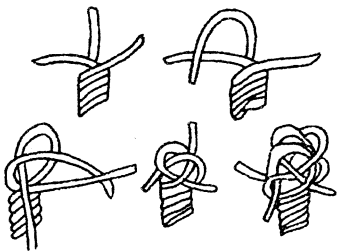
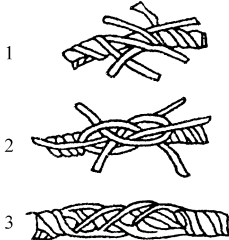
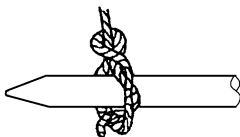
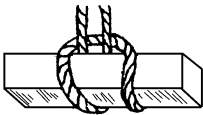
(续)

绳结名称	图示和特点说明	
对拔结 (交叉型结)	 正 确 错	此结用于钢丝绳不够时相接之用
双编结		此结牢固,两端有拉力嵌接绳用
绕式死结圈		此结强力结紧,能紧紧与重物相结合,不容易解开
“8”字形结		
提狗结		
双头圈结(双头罗马结、双套结)		
杠棒结 (抬物结)		用于水平起吊圆柱形物体绑扎,易绑易拆
单头杠棒结 (缩吊索结)		
串脚手板结		

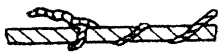
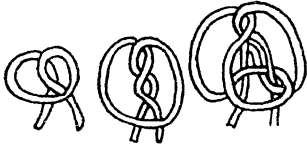
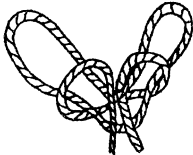
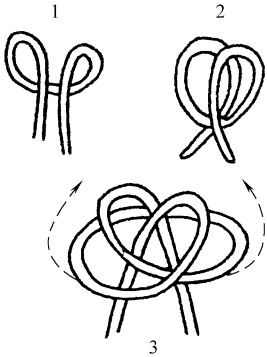
(续)

绳结名称	图示和特点说明	
脚手板结		
单钩上压结		硬性钢绳压在钩子上
猫脚爪		比单钩上压结牢固
双绕压结		垂直提升,水平拖拉均可使用,灵活方便
小艇结		拖进小艇时用,拖其他物件也可用
立桶结		用于圆形物体
绳针结		用于临时性固定,或拨起固定物

(续)

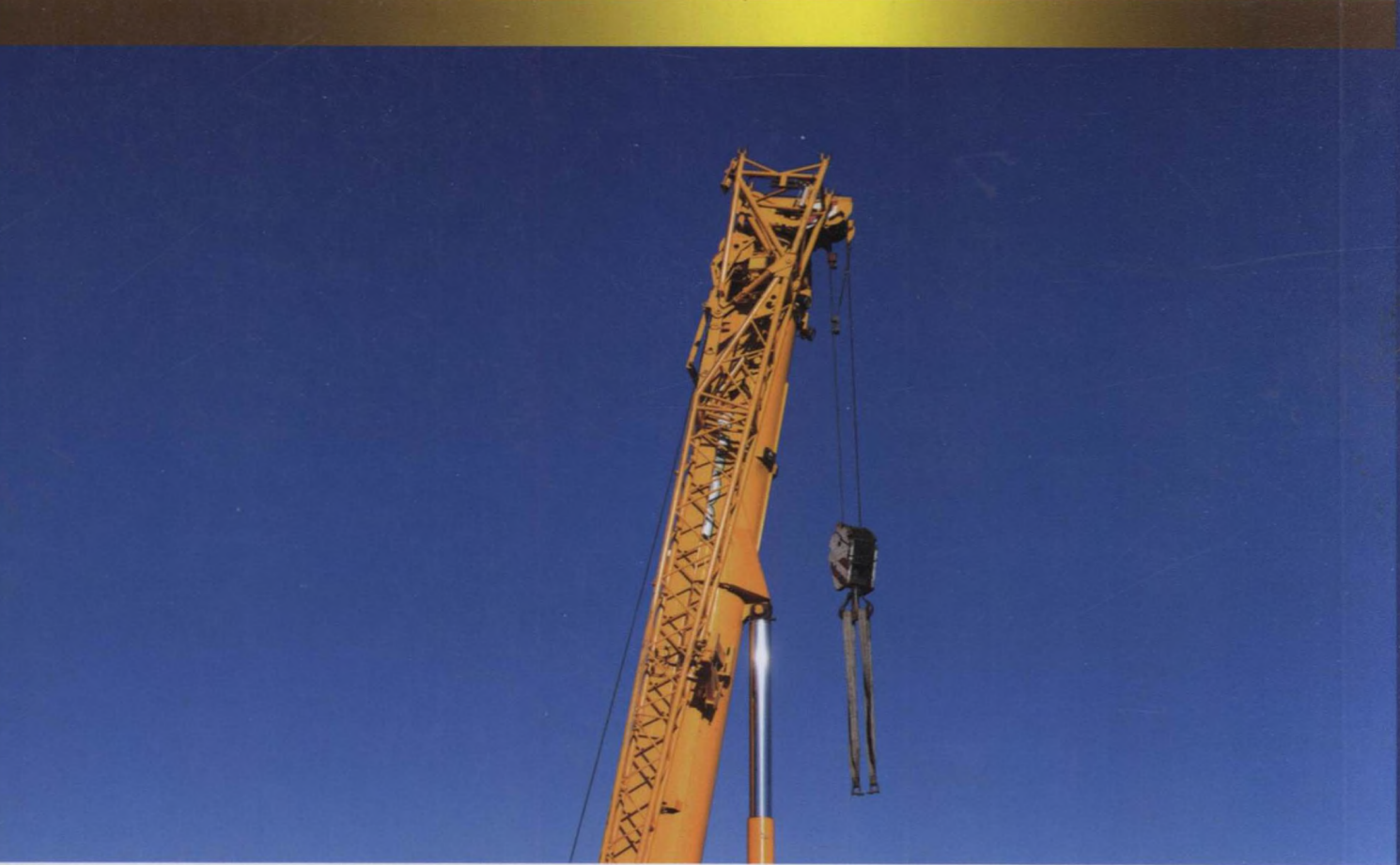
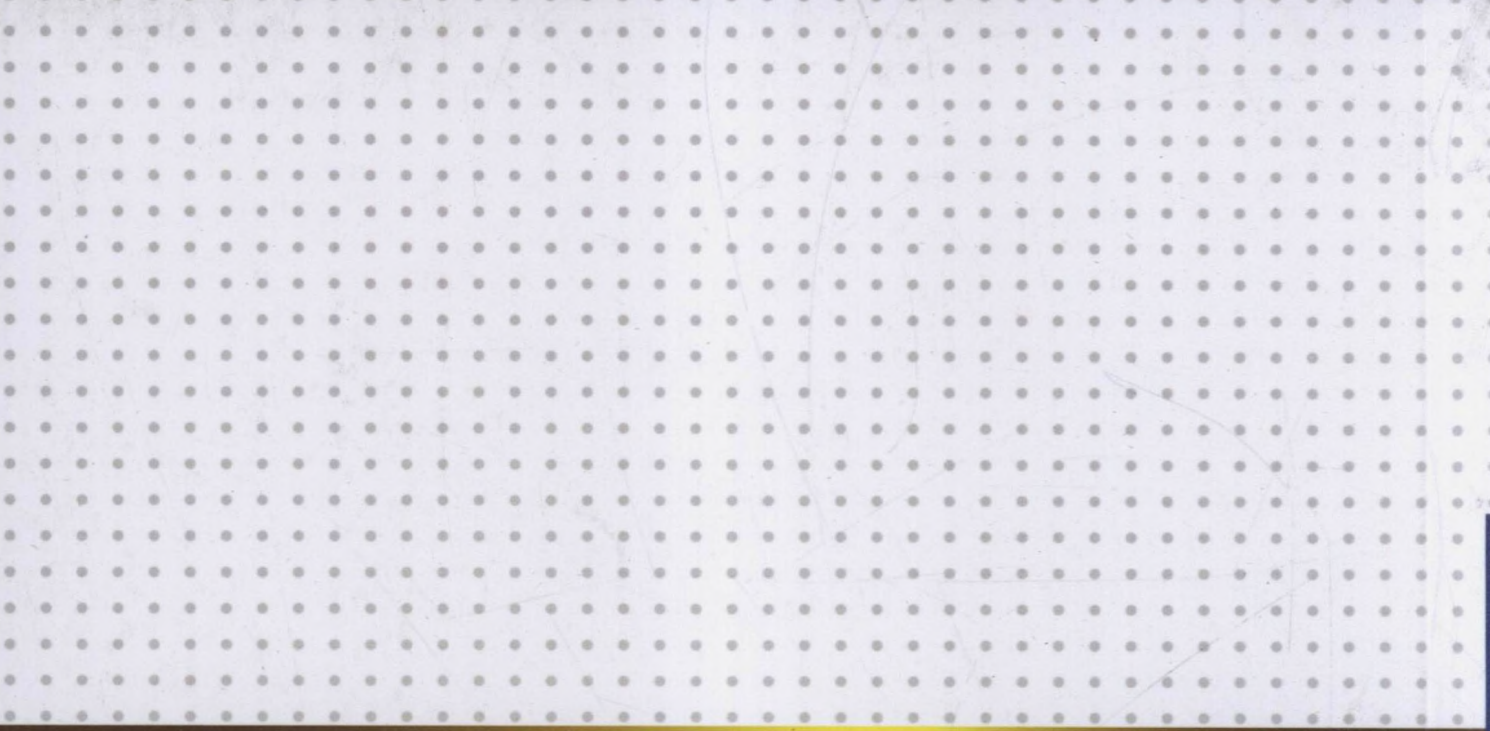
绳结名称	图示和特点说明	
绳头结		
绳套 (百果头)		在每一股穿过以后,必须抽紧,在各股穿过以后用槌槌紧,使表面平整。完成绳套后,剪去多余部分
绳子 短绞接		1. 把分散的绳头相互交叉,一股压一股地向对面拉紧 2. 对岔的绳头穿入对面的穿绳股,穿入时,总是穿入一股,压住一股 3. 全部完成绳套,须穿三道以上(3是完成后的情形)
单头圈结 (罗马结、拉结、吊板结)		1. 牢固,易拉紧 2. 不管受力大小,绳圈大小不变 3. 使用方便,解结便当
普通用绳结		牢固,最适用于吊长圆形状物件
死固结		结法简便,适用于吊小长方形物件

(续)

绳结名称	图示和特点说明	
倒盘结		绑扎细长杆件
制索结		在植物性绳索的索具上使用
缩短结油瓶结	 	吊装圆柱形物体不易滑脱
坐身结(高头结、水手结)	 	

参考文献

- [1] 顾必冲, 黎启飞. 起重运输机械可靠性 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1993.
- [2] 上海市纺织工业局. 起重机械安全技术 [M]. 北京: 纺织工业出版社, 1988.
- [3] 单淑梅, 张勇忠. 起重机司机 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [4] 李绍红, 战淑红. 起重司索指挥作业 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [5] 《全国特种设备作业人员安全技术培训教材》编委会. 起重机司机 [M]. 2 版. 北京: 气象出版社, 2011.
- [6] 罗振辉, 等. 起重机械与司索指挥 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2006.
- [7] 王秀民. 起重机械安全技术培训实用教程 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2009.
- [8] 中国机械工程学会设备与维修工程分会《机械设备维修问答丛书》编委会. 起重设备维修问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [9] 郝友军. 起重机维修速成图解 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2009.
- [10] 吴先文. 机械设备维修技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [11] 刘爱民, 等. 起重机械安装与维修实用技术 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2003.
- [12] 谷惠勇, 邱洪伟. 起重机械操作与维护 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2009.
- [13] 机械设计手册编委会. 机械设计手册 减速器和变速器 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [14] 贾名著, 王景山. 汽车式轮胎式起重机实用技术 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1994.
- [15] 谭延平, 田留宗, 谭喜文. 汽车起重机日常使用与维护 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [16] 崔碧海. 起重技术 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2006.
- [17] “现代企业安全操作规程标准与技术丛书”编委会. 桥式起重机安全操作规程标准与技术 [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009.
- [18] “现代企业安全操作规程标准与技术丛书”编委会. 流动式起重机安全操作规程标准与技术 [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009.
- [19] 白公. 电工实用技能手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [20] 张晨辉, 林亮智. 润滑油应用及设备润滑 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2002.



地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社微信公众号 机械工业出版社制造业资讯 机械工业出版社科普平台

上架指导 工业技术 / 起重运输机械

ISBN 978-7-111-50044-5

策划编辑◎沈红 / 封面设计◎陈沛

ISBN 978-7-111-50044-5



9 787111 500445 >

定价：56.00元