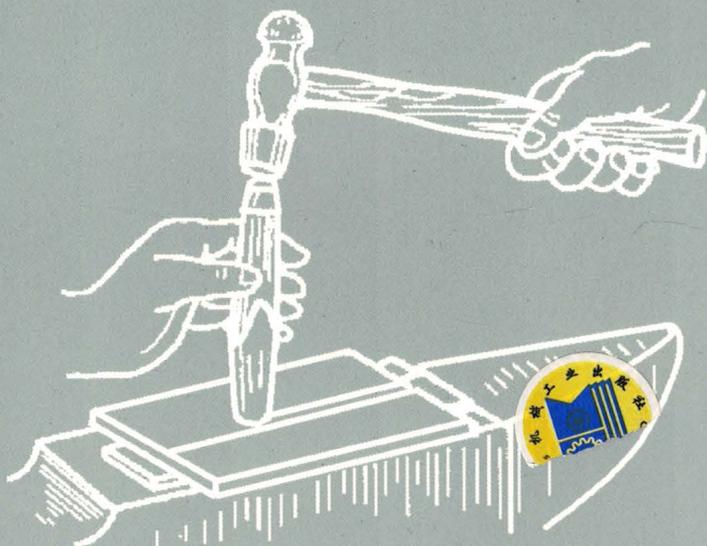




国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

依据最新《国家职业技能标准》编写



冷作钣金工(高级)

LENGZUO BANJINGONG

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
徐靖宇 左卫阳 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

冷作钣金工（高级）

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
徐靖宇 左卫阳 主编



机械工业出版社

本书依据最新《国家职业技能标准 冷作钣金工》(高级)的知识要求和技能要求,按照岗位培训和鉴定需要的原则编写。本书的主要内容包
括:识图与绘图知识、放样知识、下料知识、成形知识、装配知识、矫正
知识、连接和检验知识。书末配有与之配套的试题库、模拟试卷样例及其
答案,以便于企业培训、考核鉴定和读者自查自测。

本书主要用作企业培训、职业技能鉴定的教材,也可作为高级技工学校、
技师学院、职业院校和各种短训班的教学用书,还可供工程技术人员、
钣金工人和相关专业人员自学和参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

冷作钣金工:高级/徐靖宇,左卫阳主编. —北京:机械工业出版社, 2015. 3

国家职业资格培训教材

ISBN 978-7-111-50634-8

I. ①冷… II. ①徐… ②左… III. ①钣金工—技术培训—教材
IV. ①TG38

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第142098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:朱华 侯宪国 责任编辑:侯宪国

版式设计:赵颖喆 责任校对:薛娜

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2015年10月第1版第1次印刷

169mm×239mm·17印张·330千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-50634-8

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

国家职业资格培训教材（第2版）

编 审 委 员 会

主 任	王瑞祥				
副 主 任	李 奇	郝广发	杨仁江	施 斌	
委 员	(按姓氏笔画排序)				
	王兆晶	王昌庚	田力飞	田常礼	刘云龙
	刘书芳	刘亚琴	李双双	李春明	李俊玲
	李家柱	李晓明	李超群	李援瑛	吴茂林
	张安宁	张吉国	张凯良	张敬柱	陈建民
	周新模	杨君伟	杨柳青	周立雪	段书民
	荆宏智	柳吉荣	徐 斌		
总 策 划	荆宏智	李俊玲	张敬柱		
本 书 主 编	徐靖宇	左卫阳			
本 书 副 主 编	李咏梅	李红星	常 建	余仲寒	周慧英
	王高尚	徐 建			
本 书 参 编	苗青圃	张莉娟	杨洪涛	王宏奇	王 建
	蒋新军	李红波	张书卿	王永华	郑淑萍
	徐立宇	代 英	陈 立	董传翠	
本 书 主 审	张敬浩				
本 书 参 审	杜振华				

第2版 序

在“十五”末期，为贯彻落实“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，加快培养一大批高素质的技能型人才，机械工业出版社精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业工种，共172种，有十几个省、自治区、直辖市相关行业200多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和鉴定的专家参加编写。教材出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测，受到全国各级培训、鉴定部门和广大技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定和读者自学的需要，在“十一五”期间为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格鉴定考证培训及企业员工培训的品牌教材。

2010年，《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》、《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、《关于加强职业培训促就业的意见》相继颁布和出台，2012年1月，国务院批转了“七部委”联合制定的《促进就业规划（2011—2015年）》，在这些规划和意见中，都重点阐述了加大职业技能培训力度、加快技能人才培养的重要意义，以及相应的配套政策和措施。为适应这一新形势，同时也鉴于第1版教材所涉及的许多知识、技术、工艺、标准等已发生了变化的实际情况，我们经过深入调研，并在充分听取了广大读者和业界专家意见的基础上，决定对已经出版的《国家职业资格培训教材》进行修订。本次修订，仍以原有的大部分作者为班底，并保持原有的“以技能为主线，理论、技能、题库合一”的编写模式，重点在以下几个方面进行了改进：

1. 新增紧缺职业工种——为满足社会需求，又开发了一批近几年比较紧缺的以及新增的职业工种教材，使本套教材覆盖的职业工种更加广泛。

2. 紧跟国家职业标准——按照最新颁布的《国家职业技能标准》（或《国家职业标准》）规定的工作内容和技能要求重新整合、补充和完善内容，涵盖职业标准中所要求的知识点和技能点。

3. 提炼重点知识技能——在内容的选择上，以“够用”为原则，提炼出应重点掌握的必需的专业知识和技能，删减了不必要的理论知识，使内容更加



精练。

4. 补充更新技术内容——紧密结合最新技术发展，删除了陈旧过时的内容，补充了新的技术内容。

5. 同步最新技术标准——对原教材中按旧的技术标准编写的内容进行更新，所有内容均与最新的技术标准同步。

6. 精选技能鉴定题库——按鉴定要求精选了职业技能鉴定试题，试题贴近教材、贴近国家题库的考点，更具典型性、代表性、通用性和实用性。

7. 配备免费电子教案——为方便培训教学，我们为本套教材开发配备了配套的电子教案，免费赠送给选用本套教材的机构和教师。

8. 配备操作实景光盘——根据读者需要，部分教材配备了操作实景光盘。

一言概之，经过精心修订，第2版教材在保留了第1版教材精华的同时，内容更加精练、可靠、实用，针对性更强，更能满足社会需求和读者需要。全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在本套教材的调研、策划、编写过程中，得到了许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们已经尽了最大努力，但教材中仍难免存在不足之处，恳请专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材第2版编审委员会

第1版 序一

当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面的重要战略机遇期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才。“全国人才工作会议”、“全国职教工作会议”都强调要把“提高技术工人素质、培养高技能人才”作为重要任务来抓。当今世界，谁掌握了先进的科学技术并拥有大量技术娴熟、手艺高超的技能人才，谁就能生产出高质量的产品，创出自己的名牌；谁就能在激烈的市场竞争中立于不败之地。我国有近一亿技术工人，他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化成为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

科学技术是财富，操作技能也是财富，而且是重要的财富。中华全国总工会始终把提高劳动者素质作为一项重要任务，在职工中开展的“当好主力军，建功‘十一五’，和谐奔小康”竞赛中，全国各级工会特别是各级工会职工技协组织注重加强职工技能开发，实施群众性经济技术创新工程，坚持从行业和企业实际出发，广泛开展岗位练兵、技术比赛、技术革新、技术协作等活动，不断提高职工的技术技能和操作水平，涌现出一大批掌握高超技能的能工巧匠。他们以自己的勤劳和智慧，在推动企业技术进步，促进产品更新换代和升级中发挥了积极的作用。

欣闻机械工业出版社配合新的《国家职业标准》为技术工人编写了这套涵盖41个职业的172种“国家职业资格培训教材”。这套教材由全国各地技能培训和考评专家编写，具有权威性和代表性；将理论与技能有机结合，并紧紧围绕《国家职业标准》的知识点和技能鉴定点编写，实用性、针对性强，既有必备的理论和技能知识，又有考核鉴定的理论和技能题库及答案，编排科学，便于培训和检测。

这套教材的出版非常及时，为培养技能型人才做了一件大好事，我相信这套教材一定会为我们培养更多更好的高技能人才做出贡献！



(李永安 中国职工技术协会常务副会长)

第1版 序二

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相去甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训工作，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”、“八五”、“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技师考评培训教材”22种，以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种，基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强，覆盖面广，层次齐备，成龙配套等特点，受到全国各级培训、鉴定和考工部门和技术工人的欢迎。

2000年以来，我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》，其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定，将国家职业资格分为5个等级：初级（5级）、中级（4级）、高级（3级）、技师（2级）、高级技师（1级）。为与新的《国家职业标准》配套，更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要，我们精心策划编写了这套《国家职业资格培训教材》。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的，



为满足各级培训考工部门和广大读者的需要，这次共编写了41个职业的172种教材。在职业选择上，除机电行业通用职业外，还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师（含高级技师）四本教材，各等级合理衔接、步步提升，为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要，对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》《机械基础》《电工常识》《电工基础》《建筑装饰识图》等近20种公共基础教材。

在编写原则上，依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要，我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业，从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要，在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题，书末有与之配套的试题库和答案，以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷，同时还根据需求为20多种教材配制了VCD光盘。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性，我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的200多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字，做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”；增强实用性，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

教材中难免存在不足之处，诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教，批评指正。我们真诚希望与您携手，共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

本书是依据中华人民共和国人力资源和社会保障部 2009 年制订的《国家职业技能标准 冷作钣金工》（高级）的知识要求和技能要求，按照岗位培训需要的原则编写的，是高级冷作钣金工职业资格培训教材。

冷作钣金工是一个对工作经验要求较高的工种。在编写过程中我们坚持满足岗位培训需要的原则，基础知识以实用、够用为宗旨，突出操作技能，理论为技能服务，将操作技能与理论知识有机地结合，在满足《国家职业技能标准》要求的基础上，还充分反映当今的新知识、新技术、新工艺和新方法，进一步拓宽读者的知识面。本书内容力求突出重点，做到图文并茂、深入浅出、通俗实用，以便于读者学习、掌握。

本书主要包括：识图与绘图知识、放样知识、下料知识、成形知识、装配知识、矫正知识、连接和检验知识。本书采用了国家最新标准、法定计量单位和规范的名词术语，书末配有与之配套的试题库、模拟试卷样例及其答案，便于企业培训、考核鉴定和读者自查自测。

由于时间仓促，经验不足，书中难免存在缺点和错误，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

第2版序

第1版序一

第1版序二

前言

第一章 识图与绘图	1
第一节 识图	1
一、冷作结构件的特点	1
二、冷作结构装配图的特点	2
三、识图的方法和步骤	2
四、识图实例	3
第二节 绘图	4
一、零件图样的拆绘要点	4
二、图样拆绘举例	5
第三节 识图技能训练实例	8
训练 筒形旋风除尘器结构图样的识读与工艺分析	8
复习思考题	10
第二章 放样	11
第一节 结构放样	11
一、钢结构制造工艺分析方法	11
二、划线时加工余量的确定方法	17
三、结构件的局部结构工艺性处理方法	18
第二节 展开放样	20
一、复杂相贯构件展开方法	20



二、相贯构件结合部工艺处理方法	41
三、投影变换知识	42
四、不可展曲面的近似展开方法	44
第三节 放样技能训练实例	48
训练1 圆锥斜交圆柱	48
训练2 圆锥管垂直连接平行异径圆柱管	51
复习思考题	54
第三章 下料	55
第一节 机械切割	55
一、剪切力的计算	55
二、剪切质量分析和剪床调整方法	59
三、冲裁模的设计方法	60
第二节 下料工艺	77
一、冲裁件质量分析	77
二、数控切割程序编制与质量分析	78
第三节 下料技能训练实例	89
训练 剪切下料	89
复习思考题	92
第四章 成形	93
第一节 机械成形	93
一、滚弯卷板机辅助机具的设计制造方法	93
二、压弯模的制作、安装与调整方法	99
第二节 成形质量控制	102
一、手工成形质量分析方法及常见缺陷的防止方法	102
二、空间多角度弯管的夹角、料长的计算方法及弯管工艺	103
三、弯管模主要参数的确定方法	107
四、压弯件的缺陷及防止措施	110
复习思考题	113
第五章 装配	114
第一节 零、部件组合	114



一、冷作结构部件装配法的特点	114
二、冷作结构部件划分的方法	115
三、装配实例	115
第二节 装配夹、胎具应用	127
一、装配夹具的制作及应用	127
二、装配胎具的制作及应用	134
第三节 装配技能训练实例	137
训练 锅筒的装配	137
复习思考题	140
第六章 矫正	141
第一节 材料矫正	141
一、板材变形的原因及矫正	141
二、型材变形的原因及矫正	143
第二节 构件与结构矫正	144
一、构件连接后产生变形的原因与矫正	144
二、一般连接构件的变形矫正	145
三、焊接结构的变形原因与矫正	147
四、不同材质的构件变形的原因与矫正	148
复习思考题	150
第七章 连接	151
第一节 连接质量分析	151
一、焊接质量分析	151
二、铆接质量分析	153
三、铆接缺陷分析与防止措施	154
四、胀接质量分析	155
第二节 连接强度校核	157
一、焊接接头强度分析及校核方法	157
二、铆接接头强度分析及校核方法	161
复习思考题	166
第八章 检验	167



第一节 结构质量检验	167
一、测量基准转换及尺寸计算知识	167
二、金属结构制造、安装质量标准	169
三、常用测量仪器的使用规范	172
第二节 焊接质量检验	189
一、焊接质量检验知识	189
二、压力试验和致密性试验	201
三、破坏性检验	203
四、焊接接头力学性能检验的试样	207
五、其他性能检验	208
六、各项检验的目的	208
七、制件和产品的检验操作技能	209
复习思考题	212
试题库	213
知识要求试题	213
一、选择题 试题 (213) 答案 (255)	
二、判断题 试题 (226) 答案 (256)	
技能要求试题	229
一、异径裤形管	229
二、搭接多排 (交错) 铆接	232
三、偏心大小口的滚压成形	234
四、圆管 90°弯头的咬接	235
五、正螺旋叶片的展开	237
六、渐缩 90°四节弯头的成形	238
模拟试卷样例	241
一、选择题 试题 (241) 答案 (256)	
二、判断题 试题 (253) 答案 (257)	
参考文献	258

第一章

识图与绘图



培训学习目标 掌握桁架、机架、球罐等复杂结构图样的识读与分析方法；能识读复杂桁架类结构、机架类结构和复杂容器结构图样；能将结构图样拆绘成构件、零件图样。

第一节 识图

图样是沟通设计者和制造者之间的桥梁，是制造过程中的重要技术文件。冷作结构图样是机械加工图样中较复杂的一种。由于冷作结构有别于其他结构，因此，掌握冷作结构及其图样的特点，是读懂设计图样、顺利进行放样展开和装配工作的基础。

一、冷作结构件的特点

1) 冷作结构件的制造过程相对于机械加工的机件制造过程来讲，要求的加工精度较低，一般不需要加工，或者是为加工前做准备工作。

2) 冷作结构件所用的材料多数是板材或各种不同种类、不同规格的型材。所用材料的材质大多是焊接性较好的低碳钢。

3) 冷作结构件一般都是不可拆卸的永久性连接，只有特殊的零件、部件之间是螺栓联接的。

4) 组成冷作结构件的零件数量较多。

5) 冷作结构件多用于设备、机器的外露表面或使用在自然环境中。因此，这种结构一般都要进行防腐蚀处理。

6) 有些冷作结构件的外形尺寸比较大、几何形状比较复杂。因此，制造冷作结构件的工艺较为复杂。



7) 冷作结构件的焊接工作量较大。

二、冷作结构装配图的特点

基于冷作结构件的各种特点，绘制出的冷作结构装配图也比较复杂，冷作结构装配图是机械图样中比较复杂的一种。其特点如下：

1) 冷作结构装配图的图样幅面较大，图中所表达的零件、部件也比较多，而单件图较少。

2) 冷作结构装配图中所表达的零件、部件的形状有时很不规则，视图比较复杂。要从图中找出每一件的几何形状、尺寸大小比较困难。

3) 冷作结构图中部分零件、部件不能直接从图中给定的尺寸下料，还需进行放样展开；所以相贯线、截交线较多，也是比较难以绘制和读懂的。

4) 由于冷作结构图中零件、部件较多，单单用几个基本视图不能完整地表达清楚零件之间的相互关系。所以，经常有许多辅助视图、局部放大图等。

5) 冷作结构图中经常用到一些简便画法和特殊画法，如轴测方式画管路图等。

6) 目前，焊接是冷作结构件的主要连接方式，图中的焊接符号特别多。

三、识图的方法和步骤

若对一份冷作图样进行识读，通常应按以下的方法和步骤进行：

1. 通读

- 1) 通过标题栏了解构件的名称及其用途。
- 2) 通过图样的主要视图了解构件的大致轮廓，形成一个整体概念。
- 3) 通过明细表结合图样，了解构件的主要组部件或主要零件的概况。
- 4) 结合技术要求了解构件的制造要求和制造特点。

2. 详读

通过多方位的视图，结合明细表和技术要求，对主要组部件或主要零件进行进一步的详细研读，包括其形状、尺寸、结构特点、相互间的连接关系等。如果有部件图，应对部件图进行详细阅读；如果有装配工艺等指导性文件，应结合图样和技术文件进行详细的分析。通常在经过详读后，对图样了解后便可



以进行下一步工作。

3. 细读

结合明细表顺序对每一零件进行图、表对应的研读，要清楚每一件的形状、大小、材质、位置以及相互间的连接关系等。

需要指出的是：识读图样是冷作工必须掌握的基本技能，必须读懂图样、明确要求，才能开始进行放样展开或装配工作。切忌在未读懂图样前就盲目地动手操作，以免使工作无法顺利进行。总之，由于冷作结构件的复杂性，决定了冷作结构图的复杂程度。要想熟练、准确地读懂冷作结构图，除了要掌握机械制图的基本知识外，还需要大量实践，不断地增强三维空间概念，积累经验，逐步提高识图水平。

四、识图实例

下面结合廊架结构的图样来进一步说明识图的方法和步骤。

廊架结构中的廊架指的是桁架结构，是格构化的一种梁式结构。桁架结构常用于大跨度的厂房、展览馆、体育馆和桥梁等公共建筑中。由于大多用于建筑的屋盖结构，桁架通常也被称作屋架。

桁架结构图样的识读主要从以下几方面入手：

1. 阅读标题栏

了解结构的名称、材料、件数、绘图比例等内容。桁架结构主要由数量较多的各种型材装配而成，各型材的名称、规格、数量、尺寸往往在标题栏中详细列出。

2. 分析视图

想象结构形状。桁架结构多采用连接板连接型材，较多型材在视图中呈空间交叉排列，需要在识图过程中仔细想清楚空间结构形状。

3. 分析尺寸和技术要求

了解零件的制造方法和相关技术要求。桁架结构中较多连接板往往不反映实形，通常需要在放样过程中求取实形。标题栏中往往有较多的连接件未列明其规格尺寸，需要在阅读识图中作为重点标记，并在以后放样过程中通过计算或作图法求出零件实长。

常见桁架结构类型如图 1-1 所示。

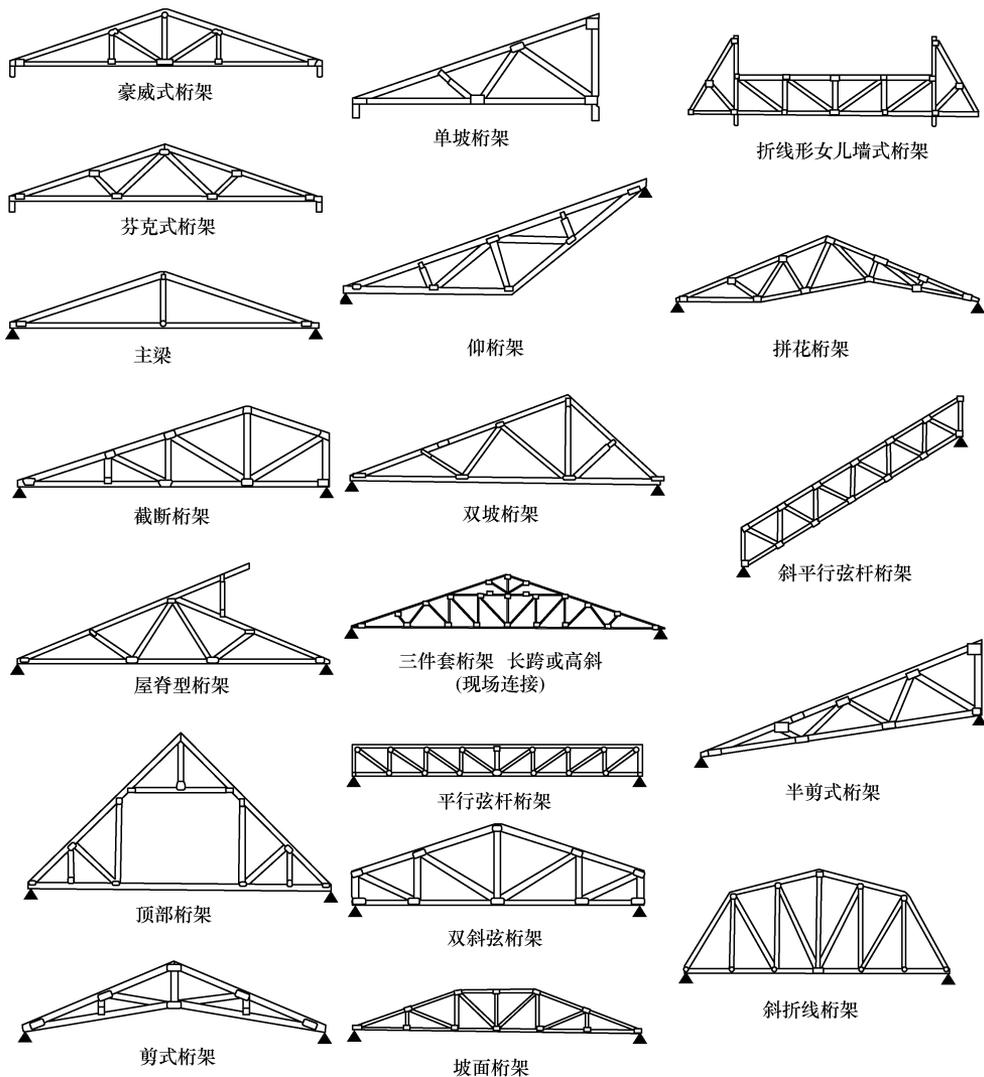


图 1-1 常见桁架结构类型

第二节 绘图

根据装配图样拆绘构件、零件图样，是冷作钣金工必须掌握的技能之一。

一、零件图样的拆绘要点

由于冷作钣金工的加工对象和加工工艺的特殊性，需要将成套的冷作钣金



构件或部件图样进行分析，并拆绘成便于加工的更简单的部件图或零件图样，以供加工和生产，保证构件或产品经过一系列加工生产后，最终达到技术要求。在拆绘时，应注意以下几个问题：

1) 将构件拆成若干部件组成时，各部件应有一个比较规则、完整的轮廓外形，其连接处不宜太复杂，以便于部件的加工、检测，及以后总体装配时的操作，保证构件的整体质量。

2) 图样上结合处的连接方式、接缝形式及原材料拼接等结构处理时，要根据技术要求、受力情况、加工工艺及生产条件等进行，如果结构处理会影响到技术要求，一定要通知有关技术部门进行技术处理，协调后才能进行加工。

3) 为保证部件的尺寸及公差、组成部件的各零件尺寸及公差应符合尺寸链的关系，即按拆分零件尺寸及公差制造零件，经组合装配后，部件尺寸应在技术要求所规定的尺寸和公差范围内。对于部件间连接处，特别是大型构件，由于冷作加工的特殊性，考虑到加工变形、焊接收缩等诸多因素，其尺寸通常采用加放余量法处理，否则易产生部件尺寸减小而使总体装配难度增加。

4) 对于图样上只有主要的技术尺寸而零件尺寸不详的部件或构件，通常结构简单、尺寸较小、总体尺寸要求不太高的可通过计算获得，而要求较高、尺寸较大的构件一般按实际尺寸放样后确定。

5) 对于切削加工（特别是大平面）、加热成形（如热压、热卷等）等削弱材料厚度的加工因素，应根据其加工情况，加放足够的加工余量，以防止构件成形或切削加工后，构件的厚度减小，造成构件的强度降低，影响产品的质量。

二、图样拆绘举例

1. 读工件图

熟悉图样，划分部件，确定展开和下料方法。

- 1) 划线工具一套。
- 2) 薄钢板或油毡纸一块（展开样板用料）。
- 3) 放样和装配平台。

2. 工艺分析

图 1-2 所示机壳是典型板架构件，是由侧板 1，风舌 2，风舌撑板 3，法兰

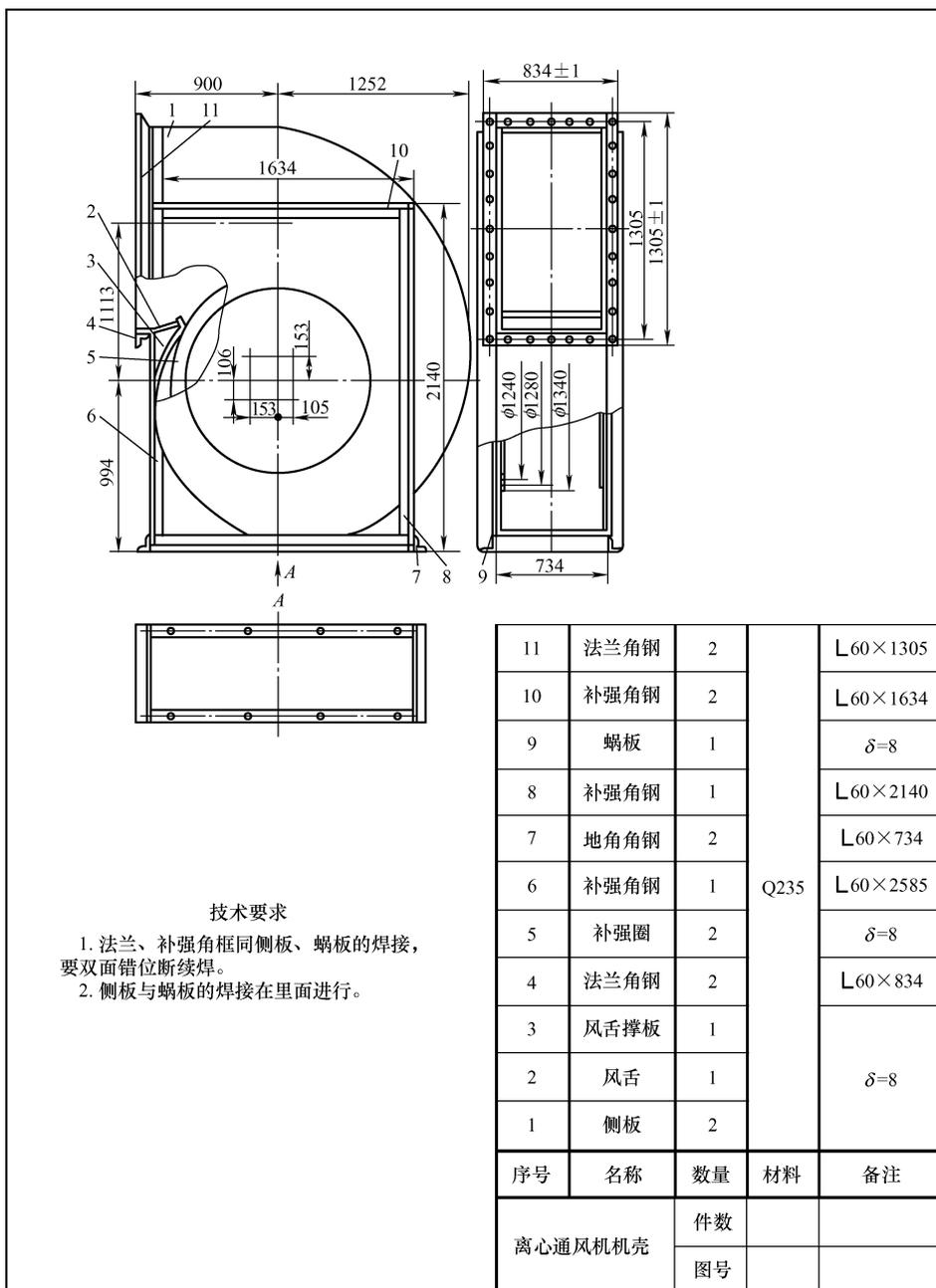


图 1-2 离心通风机机壳



角钢4、11，补强圈5，补强角钢6、8、10，地角角钢7和蜗板9共17个零件组成的。构件的外形尺寸大，结构较复杂。

3. 划分部件及放样

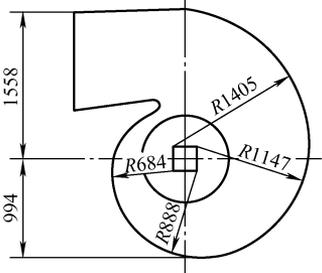
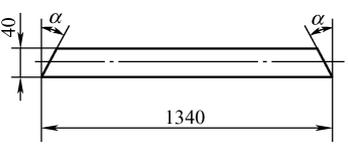
机壳零件划分样图见表1-1和表1-2。

表1-1 机壳零件划分样图一 (单位: mm × mm × mm)

序号	零件名称	线性放样	结构放样	展开放样
1	法兰角钢		L 50 × 50 × 5	
2	法兰角钢		L 50 × 50 × 5	
3	补强角钢		L 63 × 63 × 6	
4	补强角钢		L 63 × 63 × 6	
5	补强角钢		L 63 × 63 × 6	
6	地角角钢		L 63 × 63 × 6	
7	补强圈			6 × 1340 × 20
8	机壳			



表 1-2 机壳零件件划分样图二 (单位: mm × mm × mm)

序号	零件名称	材料	数据	零件尺寸/mm	号料方法
1	法兰角钢	Q235	2	L 50 × 50 × 5	锯割
2	法兰角钢		2	L 50 × 50 × 5	
3	补强角钢		2	L 63 × 63 × 6	
4	补强角钢		1	L 63 × 63 × 6	
5	补强角钢		1	L 63 × 63 × 6	
6	地角角钢		2	L 63 × 63 × 6	
7	侧板	Q235	2		气割
8	补强圈		2		剪切
9	风舌撑板		1	6 × 722 × 455	
10	风舌		1	6 × 722 × 612	
11	蜗板		1	6 × 5284 × 722	

第三节 识图技能训练实例

训练 筒形旋风除尘器结构图样的识读与工艺分析

1. 阅读标题栏

了解结构的名称、材料、件数、绘图比例等内容。如图 1-3 所示, 本构件共有 13 个零部件, 由形状、尺寸、厚度不同的 Q235 板材经成形装配而

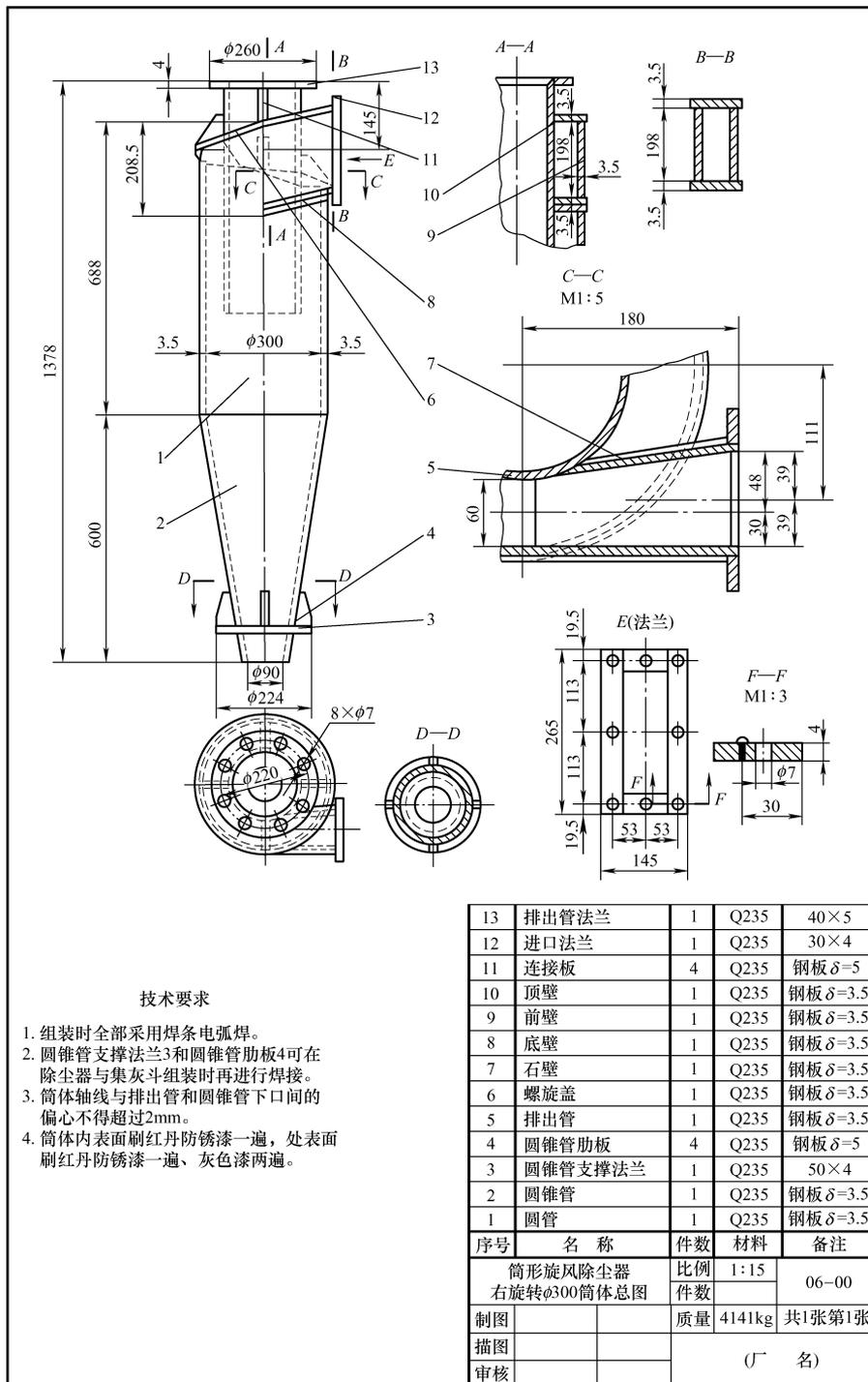


图 1-3 筒形旋风除尘器结构图



成。标题栏中列明了各零件的名称、数量、尺寸及材质，但形状和部分尺寸需要通过放样或计算取得。

2. 分析尺寸和技术要求，初步确定加工工艺

1) 本工件为除尘器设备，总体精度要求不高。但工件上有三个部位与其他结构有连接关系，除了圆锥管支撑法兰 3 在安装工地装配焊接外，其余两部位（排出管法兰 13、进口法兰 12）均为厂内装配、焊接。为保证其与相邻结构连接的准确性，制作中应达到较高的位置和尺寸精度。

2) 本工件虽属小型件，外形尺寸为 1378mm（高）×350mm（宽），但结构比较复杂，需要较大的放样场地；工件质量为 4.14t，各部件制作时需要起重设备；工件数量仅为一件，只能手工完成各部件成形，要制作手工冷弯胎具；工件上各部件均为 Q235 钢，工艺性好。

3) 了解各部件投影关系和尺寸要求。这里存在两个问题：排出管的高度尺寸、螺旋盖伸出圆筒的外伸量未给定。这些问题均需在放样中予以解决。

复习思考题

1. 简述冷作结构装配图的特点。
2. 零件图样的拆绘要点有哪些？

第二章

放 样



培训学习目标 能进行桁架、机架、球罐等复杂结构的制作工艺分析，并制定工艺流程；能绘制工业厂房、廊架等复杂桁架类结构、拱顶罐、球罐等复杂容器结构及机架类结构的图样；能绘制复杂相贯构件、偏心斜交相贯构件及带补料构件的展开图；能绘制不可展表面构件的近似展开图；能计算空间弯曲件的展开料长。

第一节 结构放样

一、钢结构制造工艺分析方法

1. 桁架构件放样

(1) 桁架构件工艺特点 所谓桁架构件，是指由各种型钢、杆件构成的各类承重支架结构，如屋架、管道支架、输电塔架。桁架构件放样具有以下特点：

1) 桁架构件的尺寸通常较大，其图样往往是按比较大的缩小比例绘制的，因而其各部尺寸（尤其是连接节点各部位的尺寸）未必十分准确。通过放样，核对图样上的各部尺寸是桁架构件放样的重要任务。

2) 由于桁架构件的基本组成零件是塑钢杆件，而且在桁架的制造过程中，这些杆件通常不再进行弯曲加工。所以，桁架构件放样，一般不含有展开放样的内容。

3) 桁架构件的图样一般只给出桁架构件上各杆件轴线的位置关系和结构外形的的主要尺寸，而各杆件的长度在图样上往往并不完全标注。因此，准确地求出桁架各杆件的长度是桁架构件放样的主要内容。

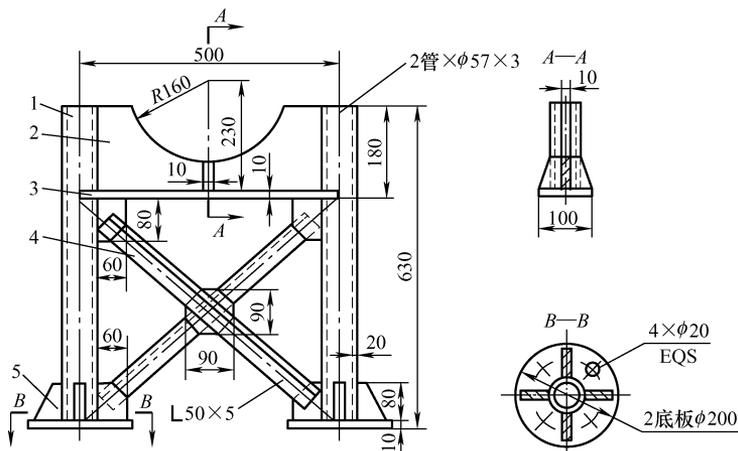
4) 桁架构件通常采用地样装配法进行装配。放样图必须按 1:1 的比例绘



制，而且要清楚地反映各杆件间的位置关系，同时做出装配所需的一些标记。

(2) 简单桁架构件放样

1) 放样构件图。放样构件图如图 2-1 所示。



技术要求：角钢在连接板口的搭接长度不得小于 40mm

图 2-1 简单桁架放样

2) 放样步骤与方法。

① 准备工作。放样准备工作主要包括准备放样平台和放样量具、工具。放样平台通常由厚度在 12mm 以上的低碳钢板拼制而成。钢板接缝应打平、磨光，板面要平整，板下面需用枕木或型钢垫起，且调平整。放样时，为使线形清晰，常在板面上涂带胶白粉。

② 识读施工图样。在识读图样的过程中，主要解决下列问题：

a. 了解工件的用途及一般技术要求，以便确定放样划线精度及结构的可变动性。本工件为一个管道支架，放样精度较高。因图样上未给出中间连杆长度，需要在放样中确定。

b. 了解工件的外形尺寸、质量、材质、加工数量等概况，并根据本厂的加工能力（如矫正设备、起重设备、施工场地等）选定施工方案。本工件为单件生产，外形尺寸小、质量轻，工厂加工能力容易适应。

c. 弄清楚各杆件之间的位置关系和尺寸要求，并确定可变动与不可变动的杆件。本工件各杆件轴线位置、地脚位置、圆弧托板的弧线位置是不可变动的。其他杆件尺寸，必要时可根据实尺放样情形，做适当改动。

③ 线形放样。

a. 确定放样划线基准。根据本工件要保证的几个主要尺寸要求，选支架底



平面轮廓线和任一主管件轴线为主视图的两个放样基准比较合适。

b. 划出构件基本线形, 如图 2-2 所示。构架结构以各杆件轴线位置为依据, 进行设计时的力学计算和分析。各杆轴线的位置对桁架的受力状态、承载能力影响很大。因此, 桁架结构中各杆件的轴线即是结构的基本线形, 应该首先划出。为保证桁架能有理想的受力状态, 在桁架的各节点处, 杆件轴线应相交(图样上有特殊要求者除外)。其次, 应划出主管、地脚板、上托板这些不可变动件的准确位置和必要的轮廓线。

④ 结构放样。

a. 在基本线形图上划出连接板和未定杆件, 如图 2-3 所示。这时应注意图样上所划出的杆件轴线是型钢的重心线, 而不是型钢宽度的中心线。为提高效率, 当杆件较长时, 可以仅划出节点部位杆件线形图, 而杆件的中间部分可省去不划。

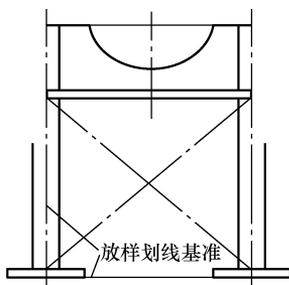


图 2-2 支架线形放样

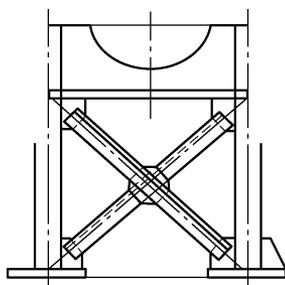


图 2-3 支架结构放样

b. 图样划好后, 在样图上确定中间杆尺寸, 并量取、记录。确定中间杆长度时, 要保证杆件与连接板搭接焊缝长度足以满足强度要求。当图样上出现杆件重叠或杆件在连接板上搭接过短时, 应修正图样所给的尺寸, 如图 2-4 所示。修正结构尺寸时, 应注意结构主体杆件及各轴线尺寸不得改动。

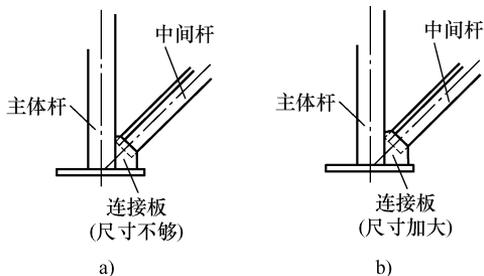


图 2-4 修正结构尺寸

a) 改动前连接板尺寸不够 b) 改动后加大连接板尺寸



c. 本工件需要制作的全部样板如图 2-5 所示。制作样板时, 可分不同情况, 采用直接划样法 (如地脚板) 或过渡划样法 (如连接板) 划出。各杆件长度样杆, 则可在样图上直接量取杆件长度制作。

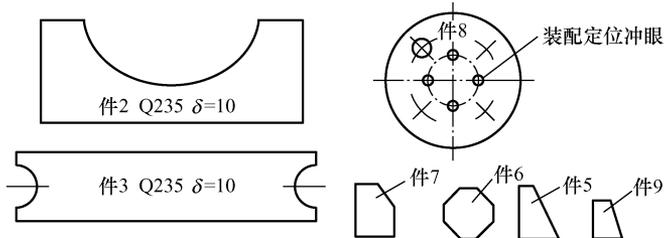


图 2-5 支架各样板

样板、样杆上应注明杆件的件号 (或名称)、数量、材质、规格及其他必要的说明 (如表示上、下、左、右的方位和焊缝长度等)。若桁架采用地样装配, 样图上的重要位置线应打出样冲眼, 并用白铅油做出标记。

2. 支架结构放样

(1) 煤气管道放样工件图 煤气管道放样工件图如图 2-6 所示。

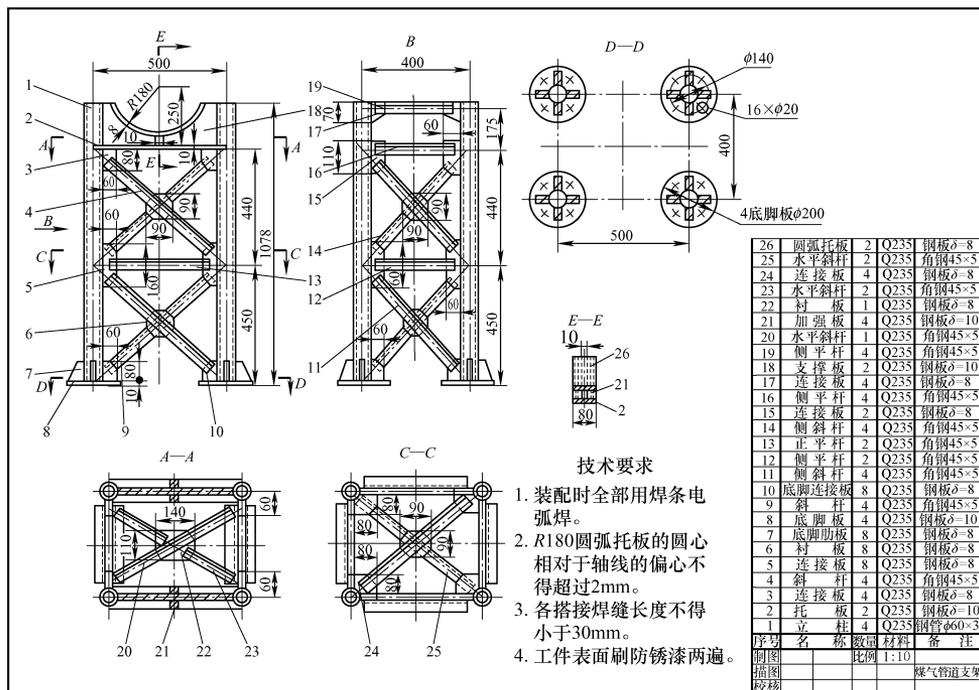


图 2-6 煤气管道支架



(2) 放样步骤与方法 支架主体的线形放样和结构放样分别如图 2-7 和图 2-8 所示。放样步骤与方法可参照简单桁架结构的放样。

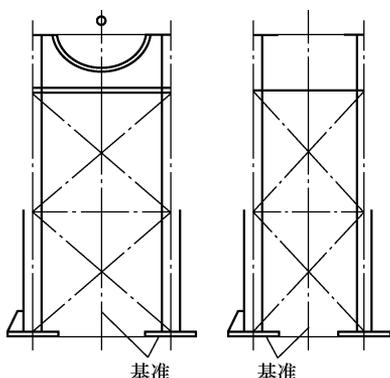


图 2-7 煤气管道支架主体线形放样

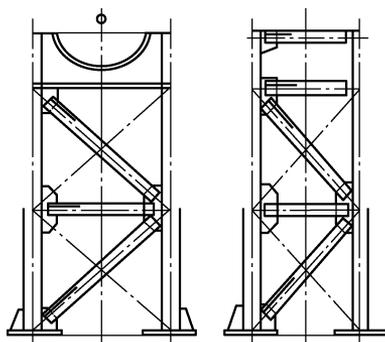


图 2-8 煤气管道主体结构放样

(3) 制作工件模型 利用黄板纸制作各杆件、板件，根据放样图做出工件模型。

3. 容器构件放样

(1) 容器构件放样的工艺特点

1) 容器构件的主体是由板材制成各种形状的壳体组合而成。为了得到容器构件用料的实际形状和尺寸，需要将组成容器构件的各个壳体展开。因此，展开放样是容器构件放样的主要内容之一。

2) 板厚处理是展开理论与实际展开放样之间的过渡环节。板厚处理得正确与否，直接影响构件形状、尺寸的正确性，是容器构件放样成败的重要影响因素。

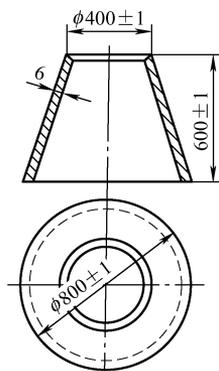
3) 容器构件无论外部形状还是内部结构，往往都比较复杂。因此，其制造工序多，工艺难度大，需要在放样中制作多种类型的样板，有时还需要绘制一些草图。

(2) 简单容器构件放样

1) 放样工件图。放样工件图如图 2-9 所示。

2) 放样步骤与方法。

- ① 准备工作与桁架构件放样相同。
- ② 识读分析工件图样。



技术要求

1. 用卡形样板测量圆度，间隙应小于1mm。
2. 上下两口平行度偏差应小于1mm。

图 2-9 圆锥筒工件



a. 本工件为简单容器构件, 但尺寸精度要求较高。
 b. 本工件尺寸较小, 不需要很大的作业场地; 工件质量轻, 加工过程中不需要起重设备; 工件仅为一件, 只能手工弯曲; 放样时要留取工件锥度, 以便制作弯曲胎具时参考; 工件材质为普通碳素结构钢 Q235A, 工艺性能好。

c. 图样上工件各部投影关系及尺寸要求清楚无误。

③ 线形放样。线形放样如图 2-10 所示。

a. 确定放样划线基准。主视图以中心线和锥筒底面轮廓线为放样划线基准; 俯视图以两中心线为放样划线基准, 如图 2-10a 所示。

b. 划出工件基本线形, 如图 2-10b 所示。因为工件为对称形状, 所以, 可以工件对称轴为界, 仅划出一半的基本线形。

④ 结构放样。

a. 确定圆锥筒分两半进行弯曲, 然后装配成一体。两部分连接位置定在中心线处; 因工件较薄, 连接焊缝不必开坡口。

b. 弯曲加工胎具数据。胎具长度可取为 700mm。

$$\text{粗算胎具锥度: 锥度 } \Delta = \frac{(800 - 400) \text{mm}}{600 \text{mm}} = \frac{2}{3} (\Delta 2:3)$$

c. 制作锥筒弯曲加工样板两个, 如图 2-11 所示。其中, 上口 (圆锥筒小口) 卡形样板直径为 ϕ_1 , 底口 (圆锥筒大口) 卡形样板直径为 ϕ_2 , 均由放样图量取。样板上要注明名称及相关尺寸。

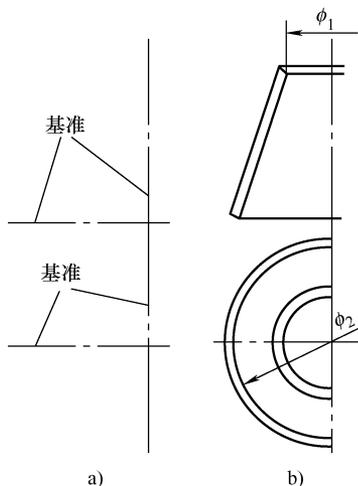


图 2-10 锥筒线形放样



图 2-11 锥筒弯曲加工样板

⑤ 展开放样。

a. 进行锥筒展开时, 上口展开长度、底口展开长度以及锥筒高度, 都以板



厚中心层为基准计算（本工件中心层即为弯曲中性层），这样处理后的放样图如图 2-12 所示。

b. 利用板厚处理得到的锥简单线投影图，画出锥筒展开图，如图 2-13 所示。

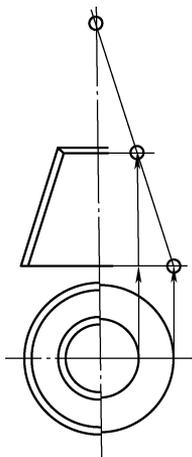


图 2-12 锥筒展开板厚处理

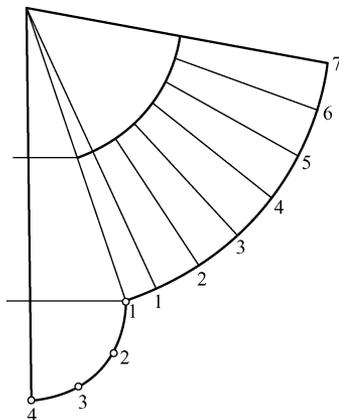


图 2-13 锥筒展开过程

c. 制作锥筒号料样板，如图 2-14 所示。

⑥ 根据工件图样，详细复核样图尺寸，检验放样过程以及各类样板等。

二、划线时加工余量的确定方法

产品在制造过程中要经过许多道工序。由于产品结构的复杂程度、操作者的技术水平和所采取的工艺措施都不会完全相同，因此在各道工序都会存在一定的加工误差。此外，某些产品在制造过程中还不可避免地产生一定的加工损耗和结构变形。为了消除产品制造过程中加工误差、损耗和结构变形对产品的形状及尺寸精度的影响，要在制造过程中采取加放余量的措施，即所谓工艺余量。

确定工艺余量时，主要考虑下列因素：

- 1) 放样误差的影响包括放样过程和号料过程中的误差。
- 2) 零件加工误差的影响包括切割、边缘加工及各种成形加工过程中的误差。
- 3) 装配误差的影响包括装配边缘的修整和装配间隙的控制、部件装配和总

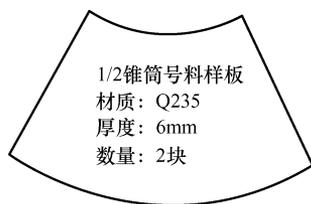


图 2-14 锥筒号料样板



装的装配误差以及必要的反变形值等。

4) 焊接变形的影响包括进行火焰矫正变形时所产生的收缩量。

1. 切削加工余量

冷作钣金加工后，若需进行切割加工，就必须在放样时留出供切削加工的余量，否则将无法加工。若放样切割后，边缘需经刨边或铣边，应在原尺寸的基础上加放 3 ~ 5mm 的余量。

2. 气割余量

气割时由于损耗部分材料形成较大的气割间隙或由于操作者技能水平的因素会造成边缘不齐，放样时需在零件间留出足够的气割间隙。通常自动气割加工余量为 3mm，手工气割为 3 ~ 5mm。

3. 焊接收缩余量

由于焊接或气割的热胀冷缩，操作结束后会引起构件尺寸的缩小，若构件上焊缝数量较多，就需加放焊接收缩余量，连续焊缝的纵向收缩量约为 0.2 ~ 0.4mm/m；横向收缩量约为 1 ~ 1.5mm/条。

4. 咬缝余量

板料咬缝连接处需要叠加压紧，不同的咬缝形式叠加量不同，要根据咬缝形式留出适当的余量。

5. 成形余量

由于材料的成形、加热等因素会造成材料的厚度减薄和其他尺寸的变化，应根据不同加工成形方法加放余量。如热压封头时，材料由于加热的收缩和氧化的损耗，成形过程中底部又受拉应力的作用会产生较大的减薄量，从而影响结构的安全性，因此要加放余量使成形后的最薄处符合技术要求的尺寸。每次加热板厚会减薄 0.2 ~ 0.5mm。

三、结构件的局部结构工艺性处理方法

结构处理主要是考虑原设计结构从工艺性角度看是否合理、优越，并处理因受所用材料、设备能力和加工条件等因素影响而出现的结构问题。结构处理涉及面较广，有时还很复杂，需要丰富的专业知识和生产实践经验，并对相关专业（如焊接、起重等）知识有所了解。下面就通过两个例子来对放样过程中的结构处理问题予以说明。

图 2-15a 所示为一离心式通风机机壳中的零件——进风口。它是由锥形筒翻边而成。从工艺性角度看，按此方案制作加工难度大，尤其是质量不易保证。某厂在制造该产品时，决定在不降低原设计强度要求的前提下，改为图 2-15b 所



示的三件组合形式（以图中双点画线为界）。其中， A 件为一个法兰圈，可由钢板切割而成； B 件为一个圆锥筒，可由滚板机滚制而成； C 件为一个弧形外弯板筒，可以分为两块压制而成。改进后的产品加工难度降低了，质量也容易得到保证，生产效率也有所提高。

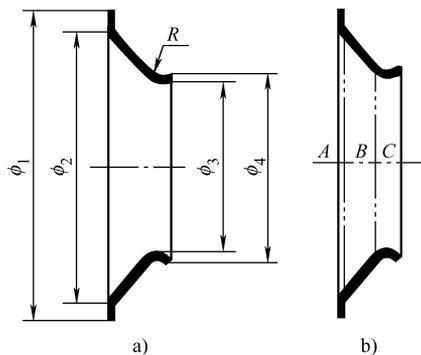


图 2-15 进风口

a) 设计结构 b) 三件组合结构

图 2-16 所示为某产品的一个部件——大圆筒，原设计中只给出了各部尺寸要求，但由于此大圆筒直径较大，其展开料长较长，需要由几块钢板拼制而成。所以，放样时就应考虑拼接焊缝的位置和接头坡口的形式。从保证大圆筒的强度、避免应力集中、防止或减小焊接变形的角度来考虑，采用图 2-17 所示的拼接方式应该是一个较好的方案。

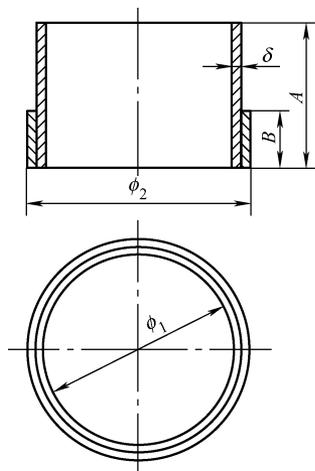


图 2-16 大圆筒

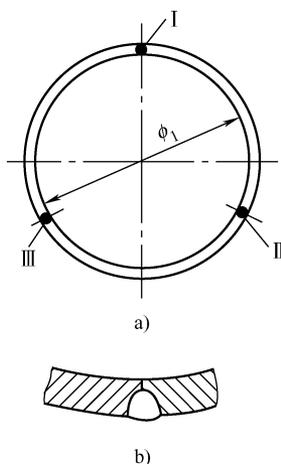


图 2-17 拼接位置及坡口形式

a) 拼接位置 b) 坡口形式



以上两例说明，结构处理中要考虑的问题是多种多样的，放样者要根据产品的具体情况和工厂的加工条件加以妥善解决。

第二节 展开放样

一、复杂相贯构件展开方法

1. 圆锥管正交圆柱管

圆锥管正交圆柱管如图 2-18 所示。

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形。如图 2-19 所示（圆口直径以中性层尺寸作图，板材厚度对构件长度和高度几乎无影响，可忽略不计），主要尺寸为高度、管径及管件夹角，是不可变动尺寸必须保证的。

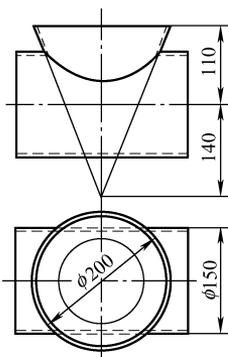


图 2-18 圆锥管正交圆柱管

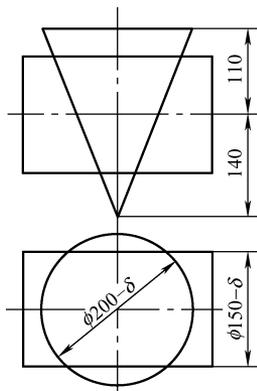


图 2-19 基本轮廓线形

2) 求取相贯线（素线法）。主视图上作出锥管管口局部翻转视图并六等分，定出锥管表面素线；作出局部左视图和表面素线，各素线与圆柱管口相交各点向主视图引水平线与对应素线得交点，光滑连接各点即为相贯线，如图 2-20 所示。

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界，将构件分割为正圆锥管和开切口的圆柱管两部分，分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 正圆锥的展开（放射线展开法）。素线与相贯线相交各点引轴线的垂直

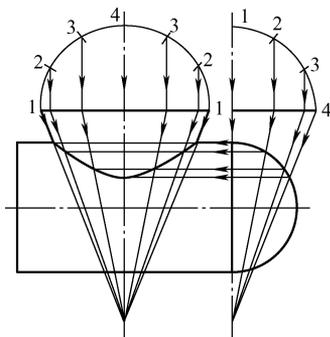


图 2-20 相贯线



线与轮廓线相交得各素线实长，以锥尖为圆心，各素线实长为半径分别作弧，交于以等分弧长确定各素线为展开间距的各线得交点，光滑连接各点得到展开图，如图 2-21 所示。

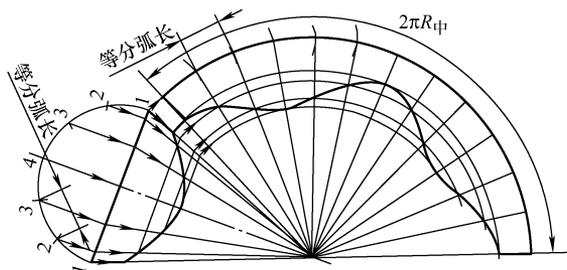


图 2-21 正圆锥的展开

2) 圆柱管的展开。采用平行线展开法进行展开，其展开图如图 2-22 所示。

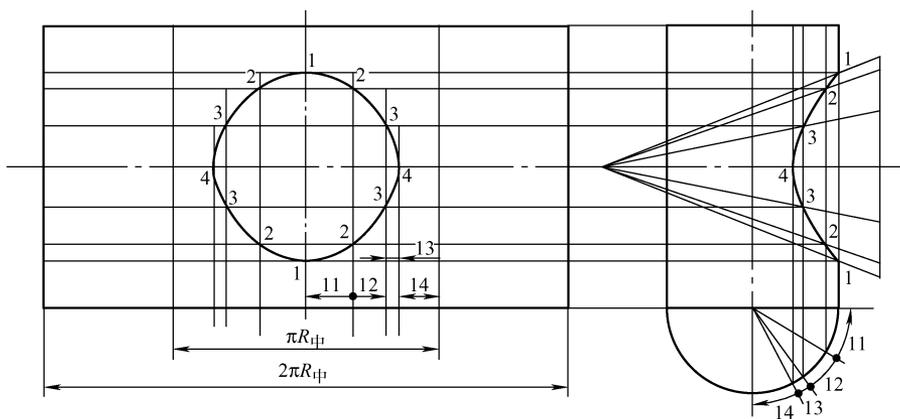


图 2-22 圆柱管的展开图

2. 圆锥管正交圆柱管（相切）

圆锥管正交圆柱管（相切）如图 2-23 所示。

(1) 线形放样 作出基本轮廓线形，如图 2-24 所示（圆口直径以中性层尺寸作图，板材厚度对构件长度和高度几乎无影响，可以忽略不计），主要尺寸为高度、管径及管件夹角，是不可变动尺寸，必须保证。

以辅助球面法求取相贯线，主视图上以两轴线交点为圆心，圆柱的半径为半径作圆；分别过圆锥左右两点做圆的切线并延长得锥尖；两切点直线连接与圆锥轴线，得交点为相贯线最前、最低点，直线连接圆柱与圆锥轮廓线的交点即为相贯线，如图 2-25 所示。

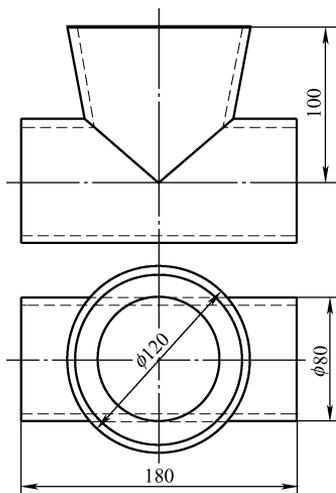


图 2-23 圆锥管正交圆柱管

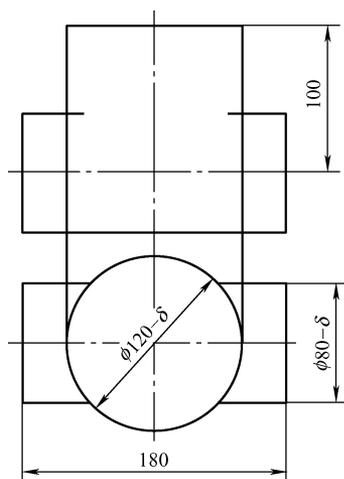


图 2-24 基本轮廓线形

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界，将构件分割为正圆锥台和开切口的圆柱管两部分，分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 圆锥台的展开（放射线展开法）。素线与相贯线相交各点引轴线的垂直线与轮廓线相交得各素线实长，以锥尖为圆心，各素线实长为半径分别作弧，交于以等分弧长确定各素线为展开间距的各线得交点，光滑连接各点得到展开图，如图 2-26 所示。

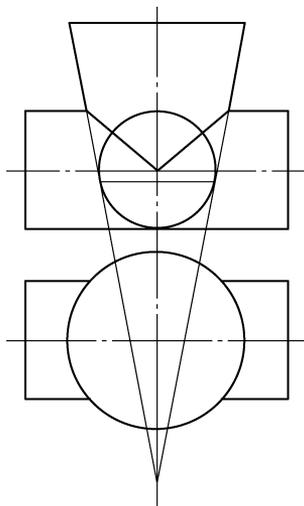


图 2-25 相贯线

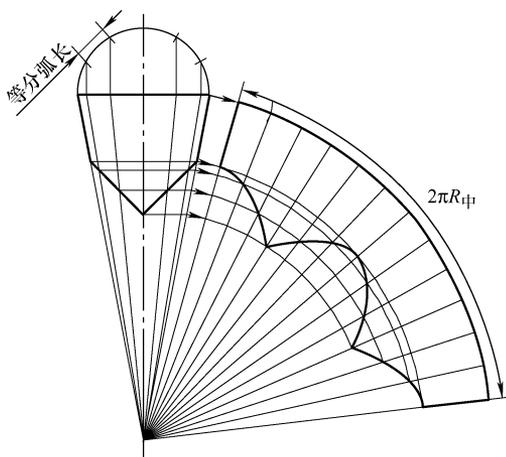


图 2-26 圆锥台的展开图



2) 圆柱管展开。采用平行线展开法进行展开, 圆柱管展开图如图 2-27 所示。

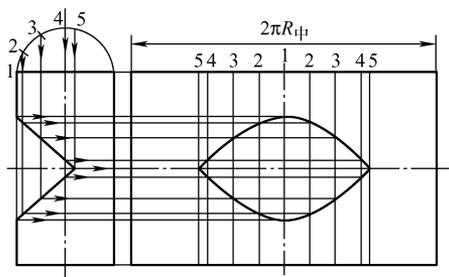


图 2-27 圆柱管展开图

3. 方管斜交圆柱

方管斜交圆柱如图 2-28 所示。

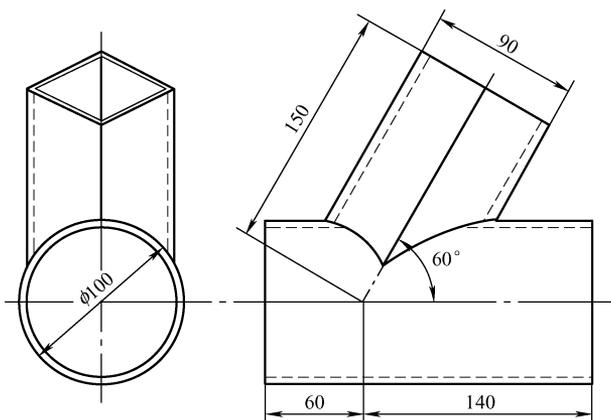


图 2-28 方管斜交圆柱

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形, 如图 2-29 所示(圆口直径以中性层尺寸作图, 板材厚度对构件长度和高度无影响, 忽略不计), 主要尺寸为高度、管径及管件夹角, 是不可变动尺寸, 必须保证。

2) 求取相贯线: 采用素线法求取的相贯线如图 2-30 所示。

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为方柱管和中间开切口的圆柱管两部分, 分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

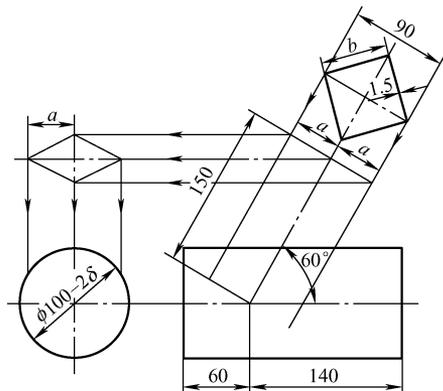


图 2-29 基本轮廓线形

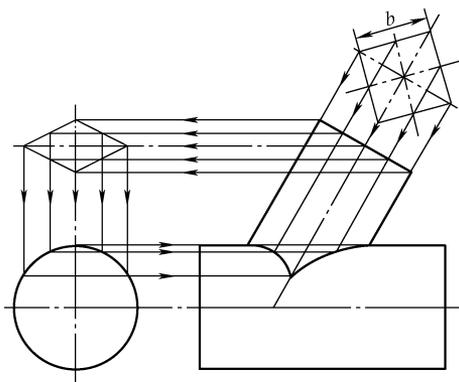


图 2-30 相贯线

1) 方柱管的展开（平行线展开法）。柱管应避免接口在棱线上，展开后应将样板分割为两块，展开图如图 2-31 所示。

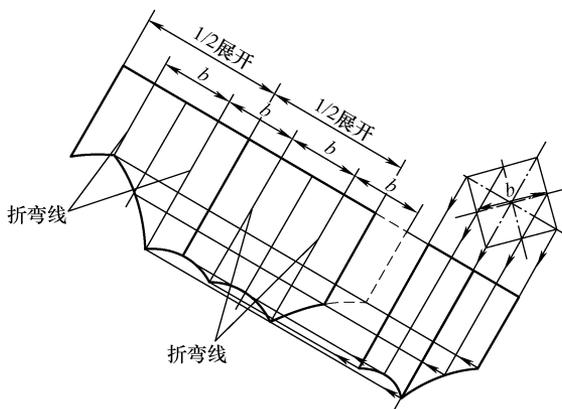


图 2-31 方柱管的展开图

2) 圆柱管展开：采用平行线展开法得到展开图，如图 2-32 所示。

4. 等径补料三通

等径补料三通如图 2-33 所示。

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形，如图 2-34 所示。（圆口直径以中性层尺寸作图，板材厚度对构件长度和高度无影响，忽略不计，主要尺寸为高度、管径及管件夹角，是不可变动尺寸，必须保证。

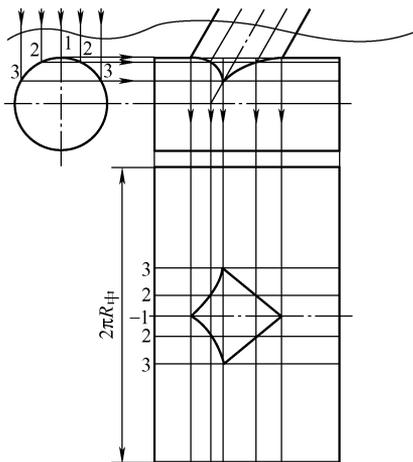


图 2-32 圆柱管展开图

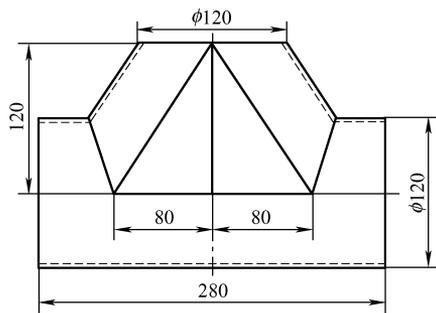


图 2-33 等径补料三通图

2) 求取相贯线。采用素线法求得相贯线, 如图 2-35 所示。

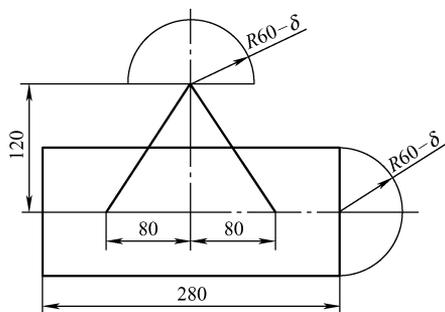


图 2-34 基本轮廓线形

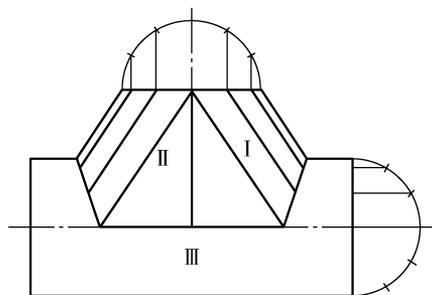


图 2-35 用素线法求取相贯线

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为件 I 和件 II (对称相等的两部分) 和件 III (中间开切口的圆柱管) 三部分, 分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 件 I (件 II) 的展开。件 I 为半圆柱被两平面截切, 沿素线方向作出断面实形求出展开弧长 $\widehat{1-1}$ 、 $\widehat{1-2}$ 、 $\widehat{1-3}$; 过素线与截交线相交各点引素线的垂线交于以展开弧长 $\widehat{1-1}$ 、 $\widehat{1-2}$ 、 $\widehat{1-3}$ 确定各素线为展开间距的各线得交点, 光滑连接各点得到展开图, 如图 2-36 所示。

2) 件 III 圆柱管的展开。用平行线展开法作出柱管表面素线, 从素线与相贯

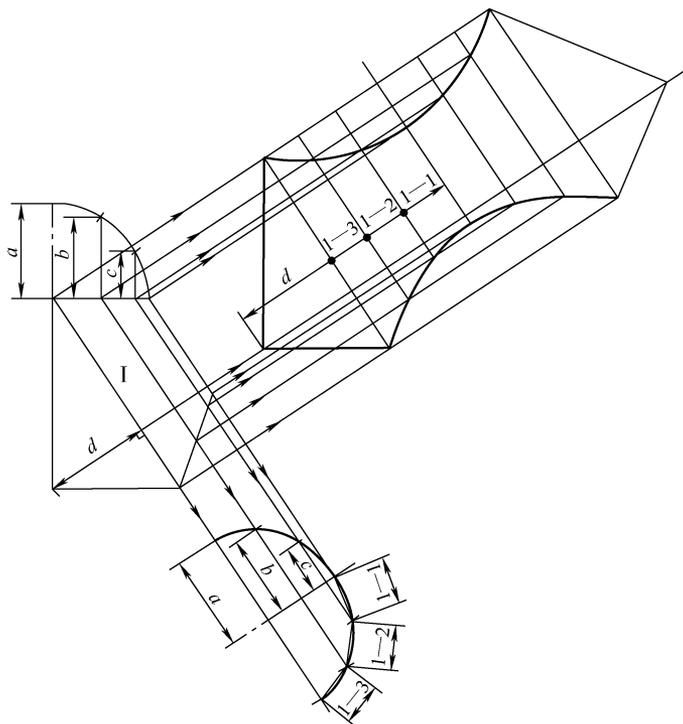


图 2-36 件 I (件 II) 的展开图

线的交点引素线的垂线，与对应素线在展开图上相交，用光滑曲线连接各点得展开图，如图 2-37 所示。

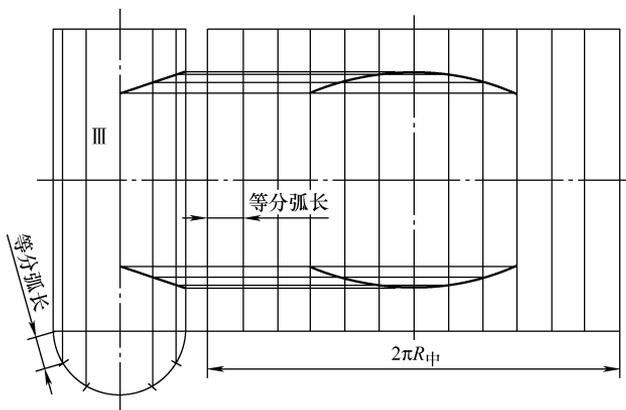


图 2-37 件 III 圆柱管的展开图

5. 裤形三通

裤形三通如图 2-38 所示。



(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形, 如图 2-39 所示。圆口直径以中性层尺寸作图, 板材厚度对构件高度无影响, 可忽略不计, 主要尺寸为高度、管径及管件夹角, 是不可变动尺寸, 必须保证。

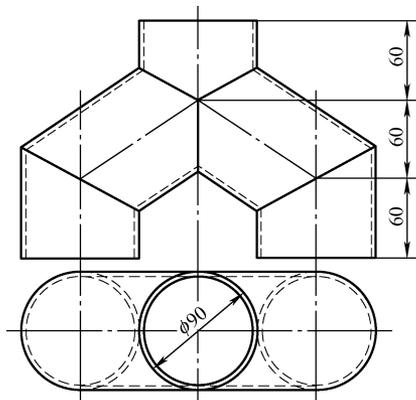


图 2-38 裤形三通

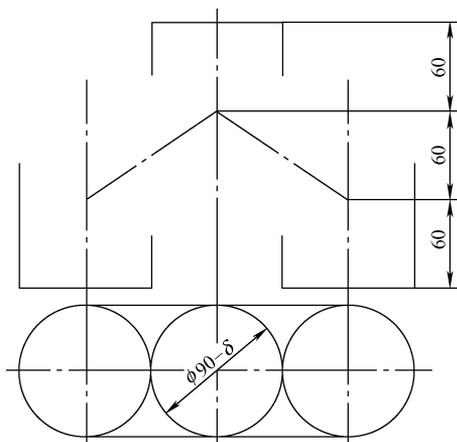


图 2-39 基本轮廓线形

2) 求取相贯线。以圆柱管轴线相交各点为圆心, $R_{\text{中}}$ 为半径作圆, 分别作各圆的公切线, 直线连接各公切线交点, 得到相贯线, 如图 2-40 所示。

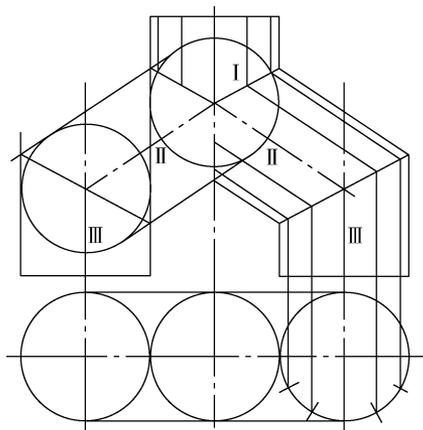


图 2-40 相贯线

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为管 I、管 II (两个) 和管 III (两个) 五部分, 分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样



1) 管 I 的展开。件 I 为半圆柱被两平面截切，用平行线展开法展开。做出管口局部翻转，并 6 等分，从各等分点分别引轴线的平行线，与圆柱轮廓线相交各点即为圆柱表面素线；展开基础线使之等于圆柱展开周长 $2\pi R_{中}$ ，并 12 等分，确定素线的展开位置，按顺序依次截得各表面素线实长，用光滑曲线连接各点得到展开图，如图 2-41 所示。

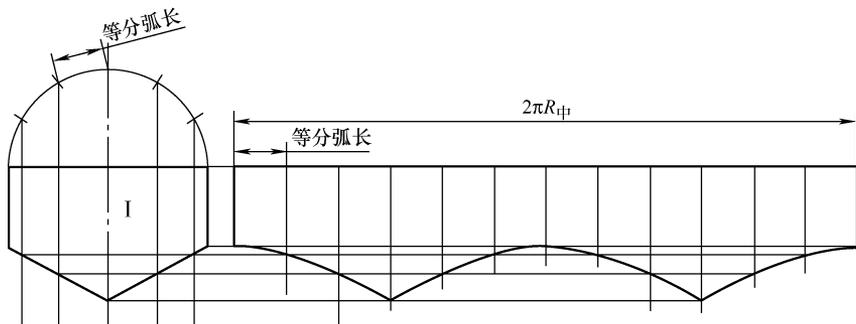


图 2-41 管 I 的展开图

2) 管 II 的展开：方法同上，所得的展开图如图 2-42 所示。

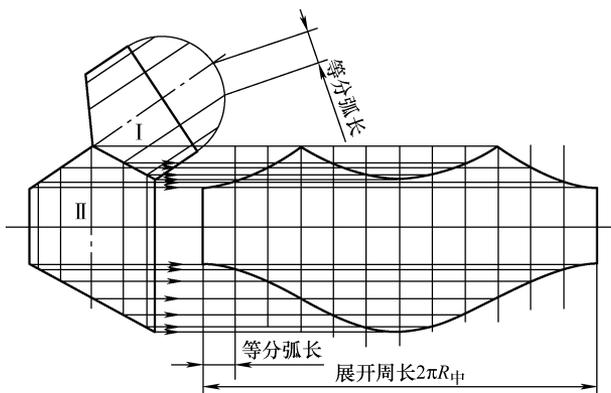


图 2-42 管 II 的展开图

3) 管 III 的展开。方法同上，所得的展开图如图 2-43 所示。

6. 方管直交斜圆锥管

方管直交斜圆锥管如图 2-44 所示。

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形，如图 2-45 所示。圆口直径以中性层尺寸作图，方管边长以内皮尺寸作图，板材厚度对构件高度几乎无影响，可忽略不计，主要尺寸为高度、管径及管件夹角，是不可变动尺寸，必须保证。

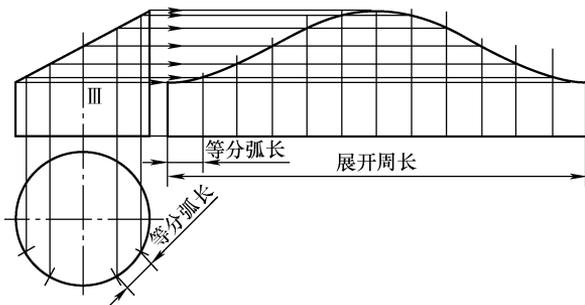


图 2-43 管Ⅲ的展开图

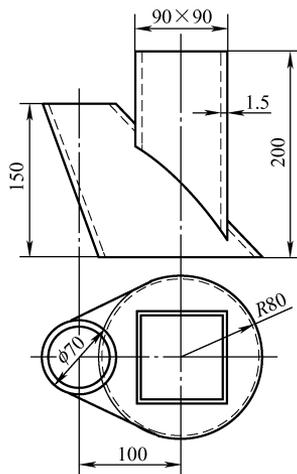


图 2-44 方管直交斜圆锥管

2) 求取相贯线。采用素线法求得的相贯线如图 2-46 所示。

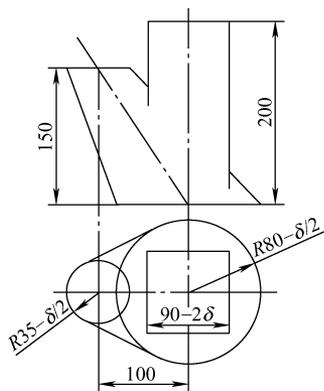


图 2-45 基本轮廓线形

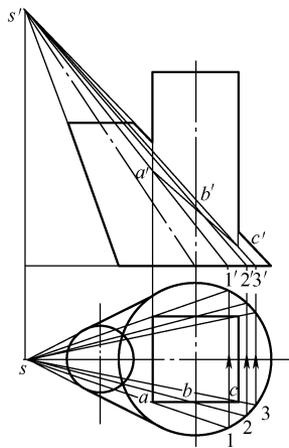


图 2-46 相贯线

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为开切孔的斜圆锥管和方柱管两部分, 分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 方柱管展开。采用平行线展开法进行展开。展开基础线使之等于方管展开长, 方管各棱线和中线与相贯线的交点分别引轴线的垂线, 与展开图对应各线得交点, 光滑连接各点得到展开图, 如图 2-47 所示。

2) 斜圆锥管展开: 用旋转法依次求得各素线及素线与切口和上口各交点的

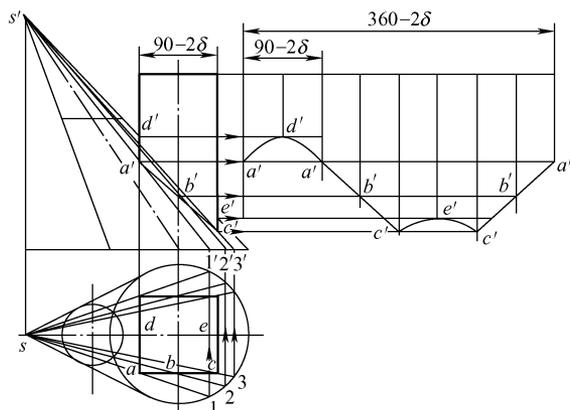


图 2-47 方柱管展开

实长，以放射线展开法展开，如图 2-48 所示。

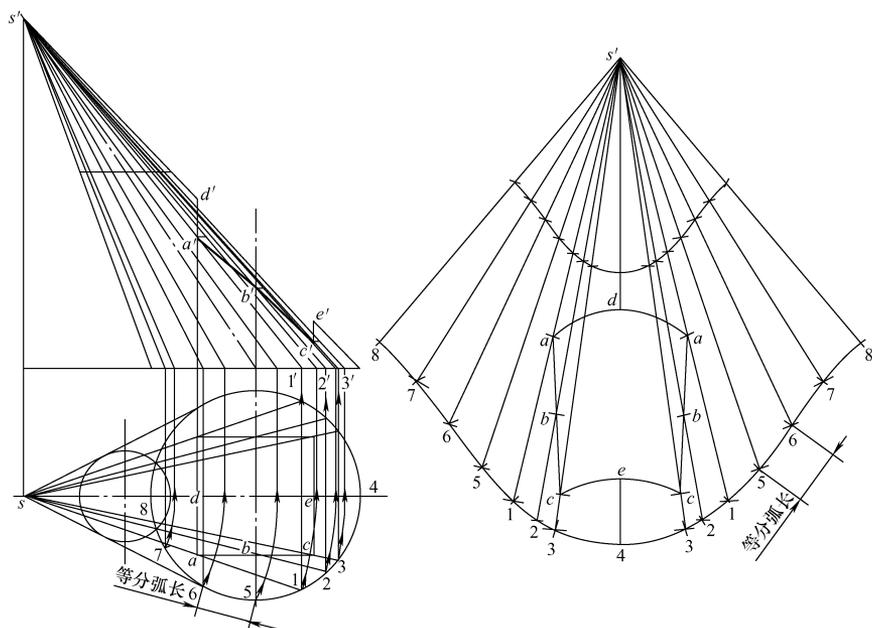


图 2-48 斜圆锥管展开

7. 方管斜交正圆锥台

方管斜交正圆锥台如图 2-49 所示。

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形，如图 2-50 所示。圆口直径以中性层尺寸作图，方管边长以内皮尺寸作图，板材厚度对构件长度和高度几乎无影响，可忽略不计，



主要尺寸为高度、管径及管件夹角，是不可变动尺寸，必须保证。

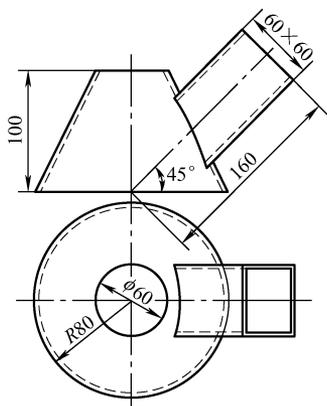


图 2-49 方管斜交正圆锥台

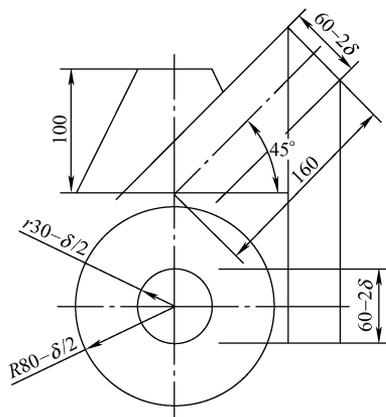


图 2-50 基本轮廓线形

2) 求取相贯线：采用辅助平面法求取相贯线。12 等分圆锥台下口轮廓线在俯视图上的投影，等分点分别与锥尖相连，确定圆锥表面素线；过方柱管上、中、下表面设截平面斜截圆锥台，分别用素线法求出截平面在俯视图上的投影；三个截平面与方柱管棱线的交点即为相贯线，如图 2-51 所示。

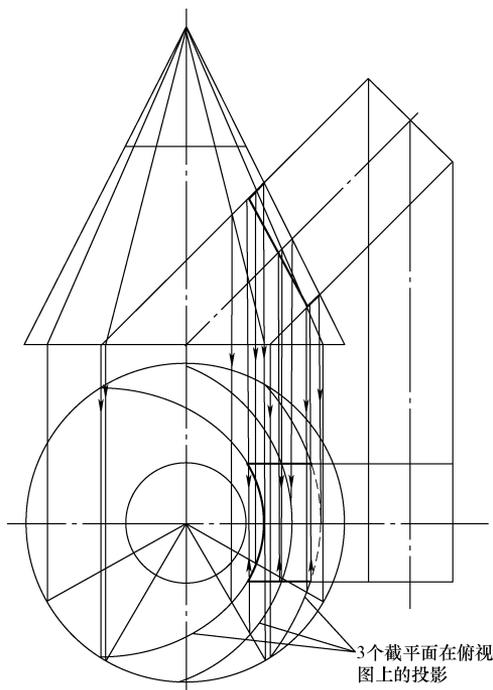


图 2-51 相贯线



(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为方柱管、开切孔的正圆锥台两部分, 分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 方柱管的展开。采用平行线展开法, 展开图如图 2-52 所示。

注意: 方柱管一次成形难度很大, 应该分为两部分分开制作, 成形后组装, 分块下料方法如图 2-53 所示。

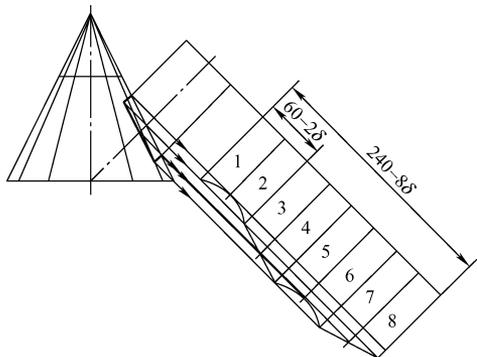


图 2-52 方柱管展开图

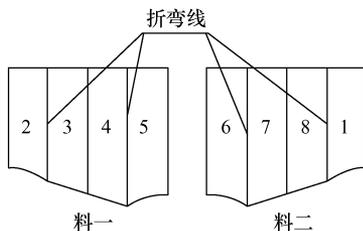


图 2-53 展开图

2) 圆锥台的展开。采用放射线展开法, 展开图如图 2-54 所示。

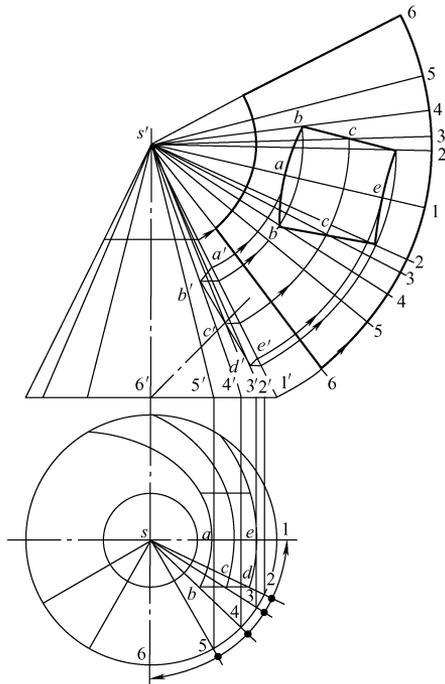


图 2-54 圆锥台的展开图



8. 四棱锥管直交圆柱管

四棱锥管直交圆柱管如图 2-55 所示。

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形, 如图 2-56 所示。圆口直径以中性层尺寸作图, 方口边长以内皮尺寸作图, 板材厚度对构件长度和高度几乎无影响, 可忽略不计, 主要尺寸为高度、管径及管件夹角, 是不可变动尺寸, 必须保证。

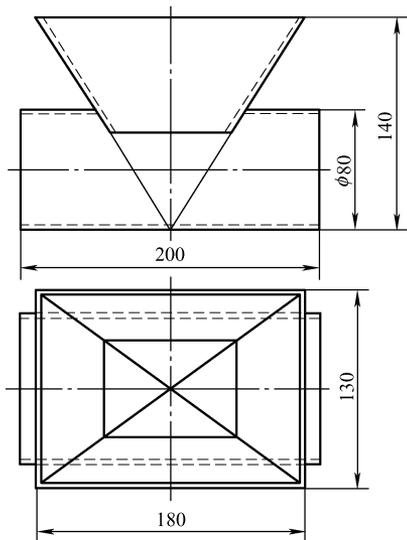


图 2-55 四棱锥管直交圆柱管

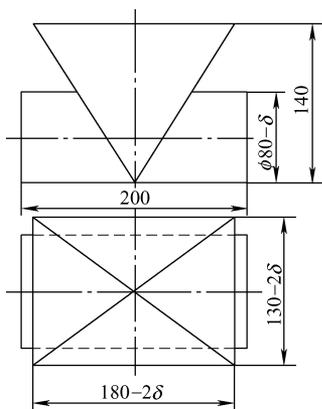


图 2-56 基本轮廓线

2) 求取相贯线 (素线法): 做出主视图的局部左视图, 相贯线与圆柱管局部投影积聚, 相贯线的最前、最低点直接得出; 自最低点向主视图引水平线与四棱锥棱线相交, 得相贯线在主视图上的投影; 以正投影规律求出相贯线在俯视图的投影, 完成作图。求取相贯线如图 2-57 所示。

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为四棱锥管、开切孔的圆柱管两部分, 四棱锥管应以宽度中线分割为前后对称两半, 便于加工成形。分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

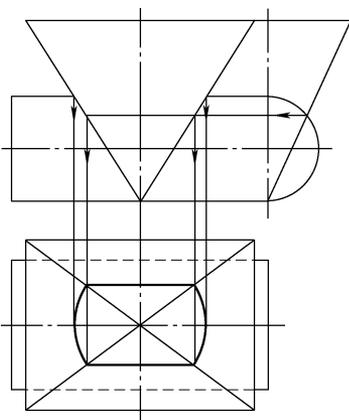


图 2-57 相贯线



(3) 展开放样

1) 四棱锥管的 1/2 展开。采用三角形展开法，展开图如图 2-58 所示。

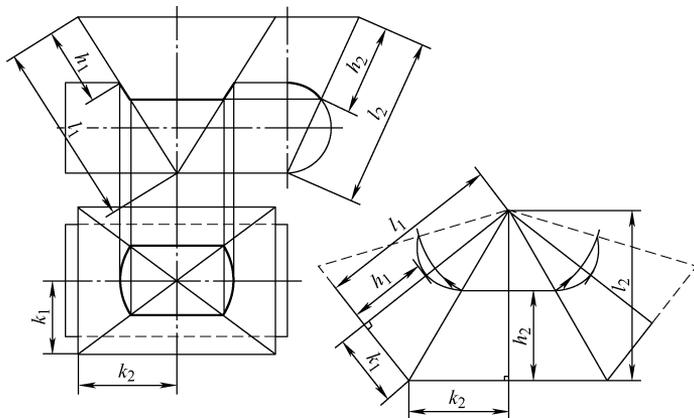


图 2-58 展开图

2) 圆柱管的展开：圆柱管的展开图如图 2-59 所示。

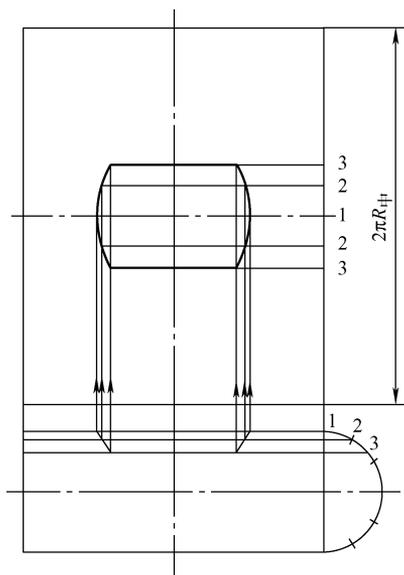


图 2-59 圆柱管的展开图

9. 方管直交圆锥管

方管直交圆锥管如图 2-60 所示。



(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形, 如图 2-61 所示。圆口直径以中性层尺寸作图, 板材厚度对构件长度和高度几乎无影响, 忽略不计, 主要尺寸为高度、管径及管件夹角, 是不可变动尺寸, 必须保证。

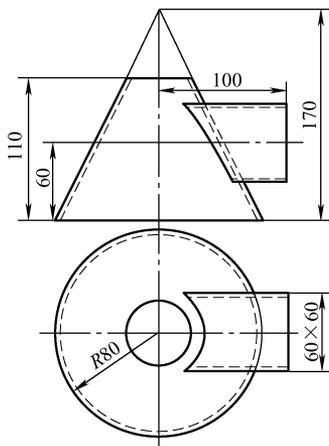


图 2-60 方管直交圆锥管

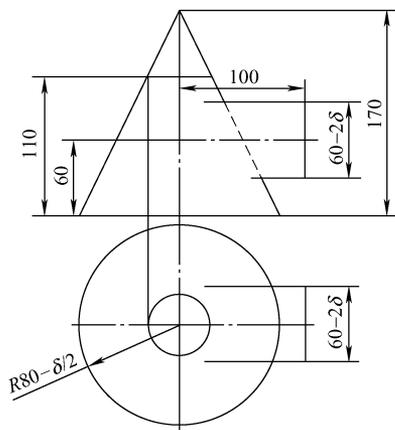


图 2-61 基本轮廓线形

2) 求取相贯线: 采用辅助平面法。分别过主视图上、中、下表面做辅助截平面, 做出截平面在俯视图的投影; 找到截平面与方管轮廓线的交点, 光滑连接即得如图 2-62 所示的相贯线。

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为方柱管和开切孔的正圆锥台两部分; 方柱管前后对称分割, 结合线位于宽度中线上, 便于加工成形。分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 方柱管的展开。采用平行线展开法进行展开, 展开图如图 2-63 所示, 注意 1/2 展开图必须添加左右两有效点, 以确定圆弧曲率。

2) 锥台的展开: 采用放射线展开法进行展开, 展开图如图 2-64 所示。

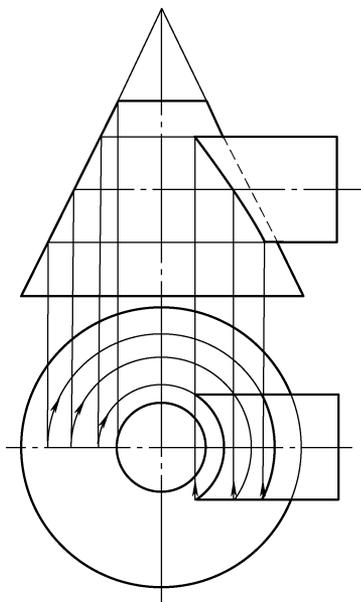


图 2-62 相贯线

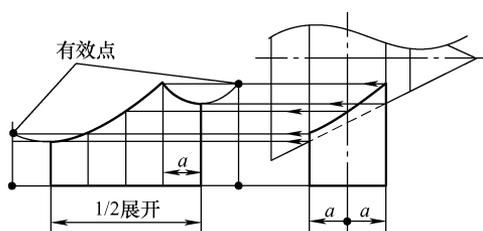


图 2-63 方柱管的展开图

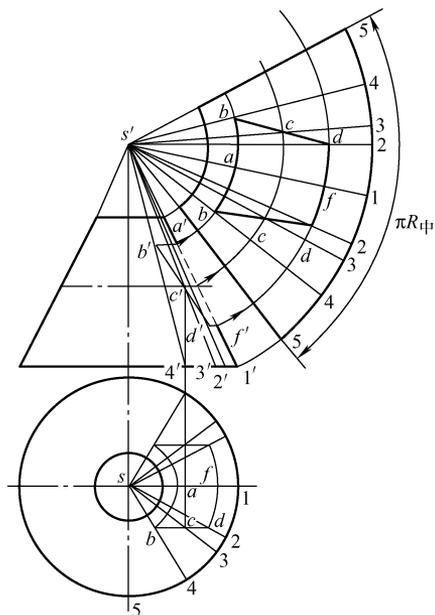


图 2-64 锥台的展开图

10. 两节直角锥柱弯头

两节直角锥柱弯头如图 2-65 所示。

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形, 如图 2-66 所示。圆口直径以中性层尺寸作图, 板材厚度对构件长度和高度无影响, 可忽略不计, 主要尺寸为高度、管径及管件夹角, 是不可变动尺寸, 必须保证。

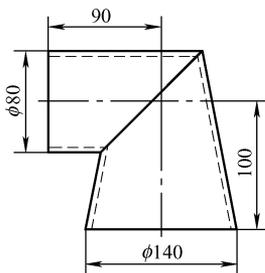


图 2-65 两节直角锥柱弯头

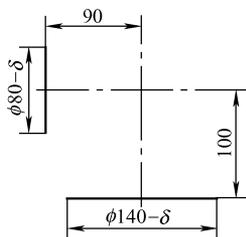


图 2-66 基本轮廓线形

2) 求取相贯线 (辅助球面法)。以两轴线交点为圆心, 圆柱管半径为半径画圆; 分别作圆柱、圆锥和圆的切线, 切点 ab 直线连接即为相贯线, 如图 2-67



所示。

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界，将构件分割为斜截圆锥台和斜截圆柱管两部分，分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 圆柱展开。用平行线展开法做出圆柱表面素线，自素线与相贯线的交点分别引轴线的垂直线与过等分底圆各点的垂直线。展开图如图 2-68 所示。

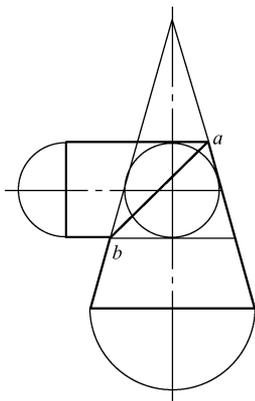


图 2-67 相贯线

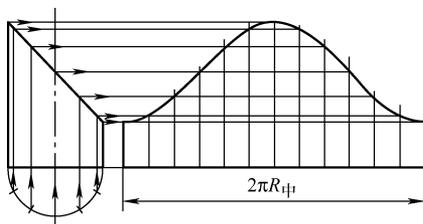


图 2-68 圆柱展开图

2) 锥台展开。采用放射线展开法进行展开，展开图如图 2-69 所示。

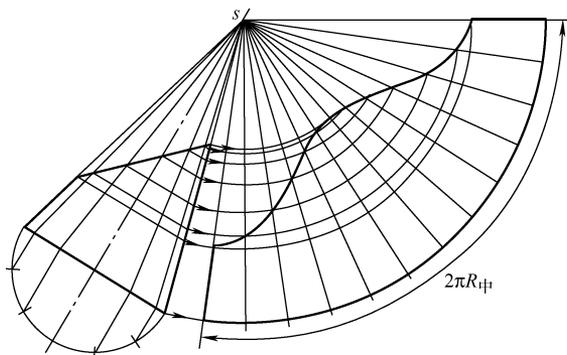


图 2-69 锥台展开图

11. 异径裤形管

异径裤形管如图 2-70 所示。



(1) 线形放样

1) 确定放样基准, 进行线形放样 (视图左右对称可只画出 1/2), 如图 2-71 所示。

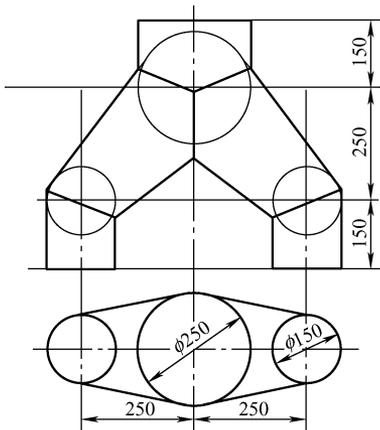


图 2-70 异径裤形管

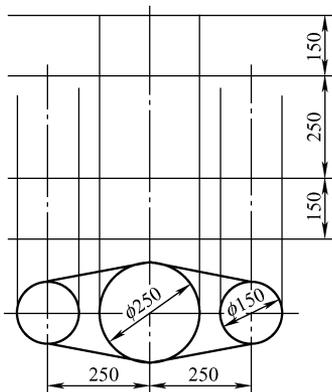


图 2-71 线形放样

2) 以各管轴线交点为圆心作出 $\phi 250$ 和 $\phi 150$ 圆, 并作出两圆的公切线, 如图 2-72 所示。

3) 公切线与轮廓线的交点为相贯线特殊点, 直线连接各点作出相贯线, 如图 2-73 所示。

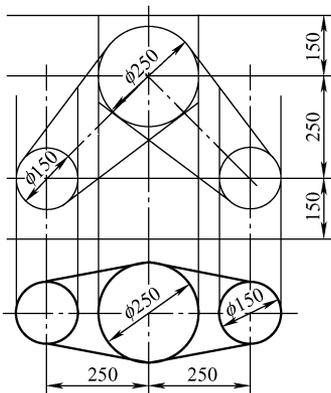


图 2-72 作两圆及公切线

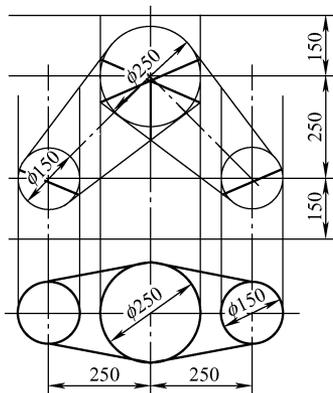


图 2-73 作相贯线

4) 擦除多余线段得到待展开图形, 以相贯线为界将形体分成斜截圆柱管 I、III 和斜截圆锥管 II, 如图 2-74 所示。



(2) 展开放样

1) 管 I 展开。直径 250mm 的圆柱管展开长为 $3.14 \times 250\text{mm} = 785\text{mm}$ ，如图 2-75 所示。

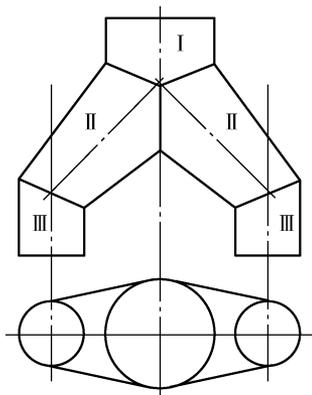


图 2-74 形体分类

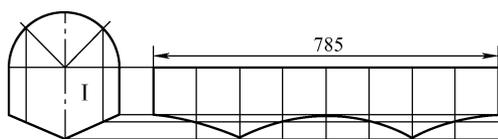


图 2-75 管 I 展开

2) 管 II 展开。管 II 为上下口斜截的正圆锥管，按正圆锥管展开后截取相应素线实长，如图 2-76 所示。

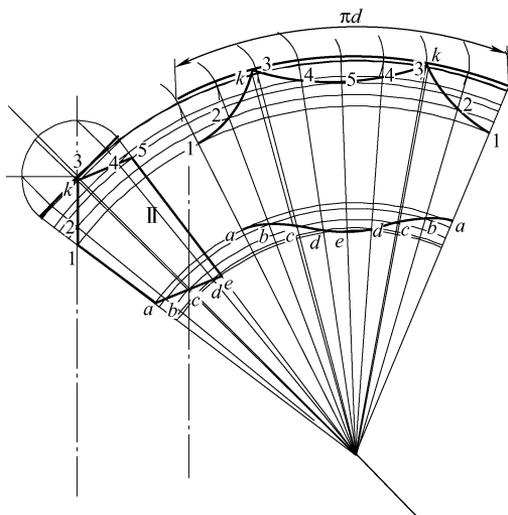


图 2-76 管 II 展开

3) 管 III 展开。展开方法同管 I。

12. 圆管直交四棱锥管

圆管直交四棱锥管如图 2-77 所示。

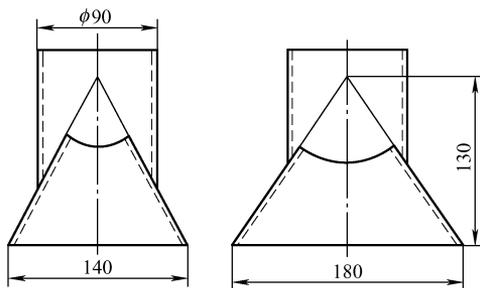


图 2-77 圆管直交四棱锥管

(1) 线形放样

1) 作出基本轮廓线形, 如图 2-78 所示。圆口直径以中性层尺寸作图, 板材厚度对构件长度和高度几乎无影响, 可忽略不计, 主要尺寸为高度、管径及管件夹角, 是不可变动尺寸, 必须保证。

2) 求取相贯线: 采用素线法求取的相贯线如图 2-79 所示。

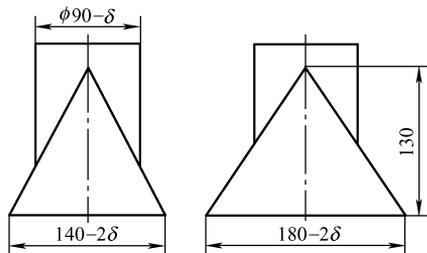


图 2-78 作出基本轮廓线形

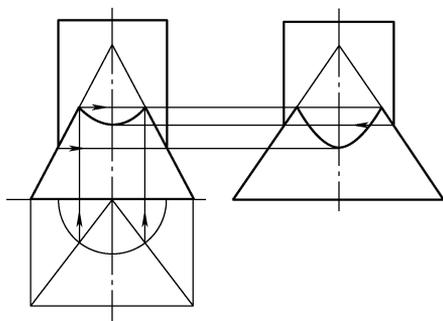


图 2-79 相贯线

(2) 结构放样 求出相贯线后以相贯线为界, 将构件分割为四棱台和圆柱管两部分, 分别以相应的方法展开并制作完成后装配。

(3) 展开放样

1) 圆柱管展开 (平行线展开法)。做出圆柱表面素线, 过素线与相贯线相交各点引平行线交于以等分弧长确定的各素线为展开间距的各线得交点, 光滑连接各点得到展开图, 如图 2-80 所示。注意: 1、2、...、6、7 之间距离为等分弧长, 点 a 、 b 是相贯

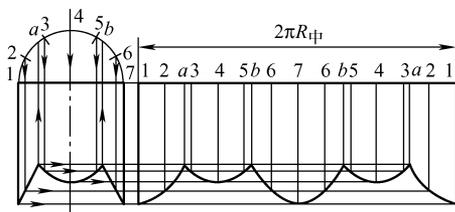


图 2-80 圆柱管展开图



线的转折点，也是与锥台四棱线的结合位置，必须做出。

2) 四棱台展开：采用三角形展开法进行展开，如图 2-81 所示。

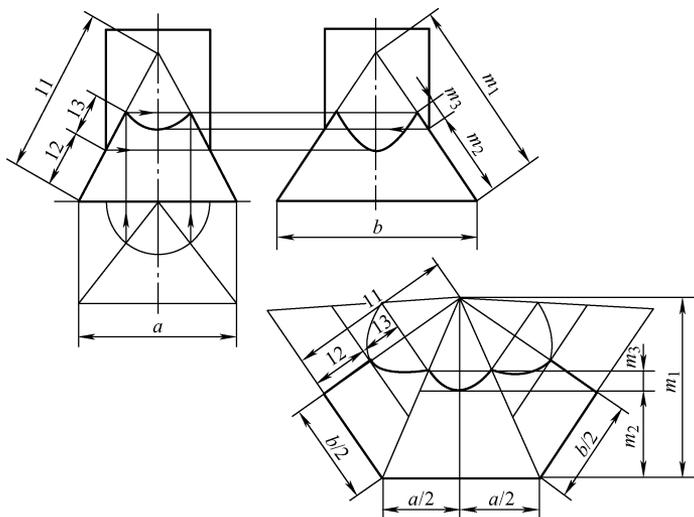


图 2-81 四棱台展开图

二、相贯构件结合部工艺处理方法

首先看 I 部位，它可以有三种连接形式，如图 2-82 所示。究竟选取哪种连接形式，工艺上主要从装配和焊接两个方面考虑。从构件装配方面看，因圆筒体（件 1）大而重，形状也易于放稳，故装配时可将圆筒体置于装配平台上，再将圆锥台（包括件 2、件 3）落于其上。这样，三种连接形式除定位外，一般装配环节基本相同。从定位方面考虑，显然图 2-83b 所示的连接形式最不利，而图 2-83c 所示的连接形式则较好。

从焊接工艺性方面看，显然图 2-83b 所示的连接形式不佳，因为内外两环缝的焊接均处于不利位置，装配后须依装配时位置焊接外环缝，处于横焊和仰焊之间；而翻过再焊内环缝时，不但需要仰焊，且受构件尺寸限制，操作甚为不便。再比较图 2-83a 和图 2-83c 两种连接形式，图 2-83c 的连接形式更为有利，其外环缝焊接时接近平角焊，翻身后内环缝也处于平角焊位置，均有利于焊接操作。

综合以上两方面因素，I 部位采取图 2-83c 所示连接形式为好。

至于 II 部位，因件 3 体积小，质量轻，易于装配、焊接，可采用图样所给的连接形式。

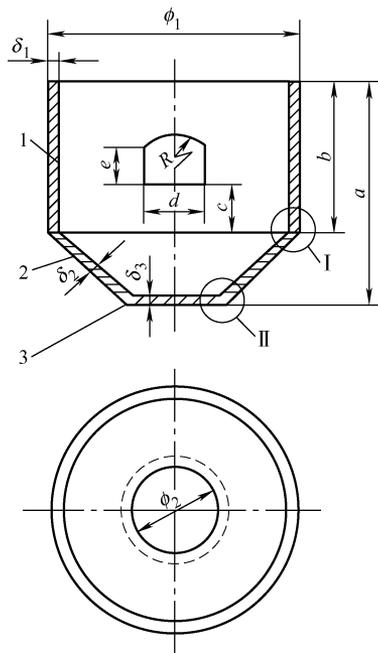


图 2-82 炉壳主体部件

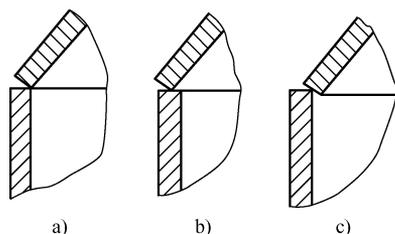


图 2-83 I 部位连接形式比较

a) 外环焊接 b)、c) 内外环焊接

三、投影变换知识

1. 空间夹角的求取

图 2-84 所示为一个矩形锥筒，为了加强其内角强度，在四个内角焊有角钢。为求角钢实际应张开的角度，需求出与锥筒两侧面垂直的断面实形，这便是工程中常见的两面角问题。

由立体几何知识可知，欲求实形的断面应与锥筒两侧面交线垂直，即这条交线应为所求平面（相当于一新投影面）的垂直线。本例所给的锥筒两侧面的交线为一般位置直线，而变一般位置直线为投影面垂直线，须经两次变换投影面才能实现。即第一次变换使一般位置直线变成投影面平行线，第二次变换再使投影面平行线变为投影面垂直线。具体作法如下：

由俯视图 AB 线上任意点 2 引 AB 线的垂线与底面两边相交于 1、3 点；由 1、2、3 点引投影连线得其正面投影 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 。2' 点至底边的高度为 h 。

第一次换面：在适当位置设置新投影轴与 AB 平行，并求出各点在新投影面上的投影 $1''$ ($3''$)、 $2''$ 、 A'' ，连接各点。这时锥筒两侧面交线 $2''-A''$ 为投影面平行线。

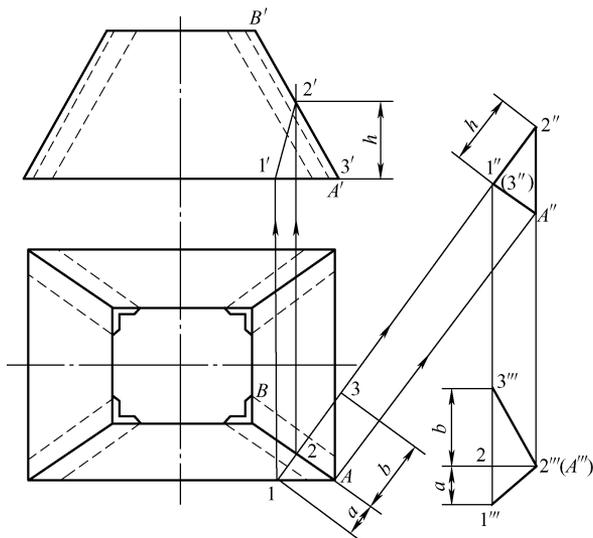


图 2-84 矩形锥筒加强角钢角度的求法

第二次换面：设新投影轴垂直于 $2''-A''$ ，并求出各点的新投影 $1'''$ 、 $2'''$ (A''')、 $3'''$ 。这时， $2'''-A'''$ 线投影为一个点，锥筒两侧面（部分）分别为 $2'''-3'''$ 和 $2'''-1'''$ 线，其夹角就是锥筒内侧角钢应张开的角度。

2. 断面实形的求法

图 2-85 所示的过渡连接管由曲面和平面组成，其中左面是半径为 R 的 $1/2$ 圆管，中间为三角形平面，右面为 $1/2$ 椭圆管。作这类连接管的展开时，一般需用换面法求出椭圆管与素线垂直的断面实形，用以确定展开长度。具体作法如下：

用已知尺寸画出主视图和顶部、底部 $1/2$ 端面图。由 O 点画剖切线 AA 垂直于右轮廓线并交于 $1'$ 点。3 等分顶圆断面 $1/4$ 圆周，得等分点 1、2、3、4。由等分点向下引垂线得与顶口线的交点，再由各交点引椭圆管表面素线交剖面迹线于 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 点。

设新投影轴与剖面迹线 AA 平行，并求出剖面迹线上各点在新投影面上的投影 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 。用光滑曲线连接各点，即得椭圆管部分的断面实形。

3. 空间夹角的求法

金属结构上经常有成各种空间角度的弯管，这类空间弯管弯曲时，需要检验弯曲角度的样板应在放样时做出。图 2-86 所示为一空间弯管，其右侧管成水平位置，投影 bc 反映实长；左侧管为一般位置，在视图中不反映实长。求这一弯管的空间夹角，可用二次换面法：即在第一次换面时，将弯管所在平面变成

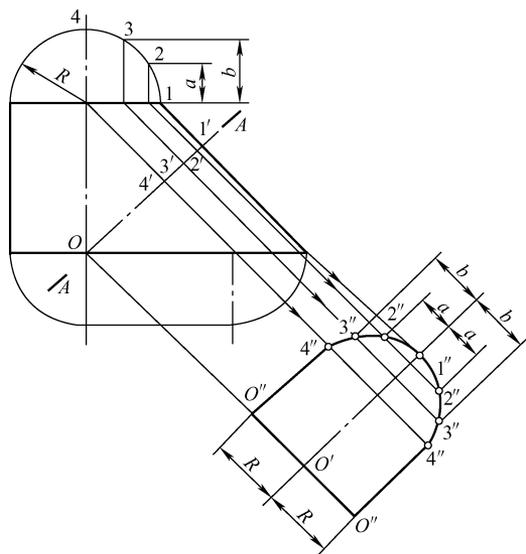


图 2-85 过渡连接管断面实形的求法

投影面的垂直面；第二次换面时，将该平面变成投影面的平行面，则弯管夹角的大小可求知。具体作法如图 2-86 所示。

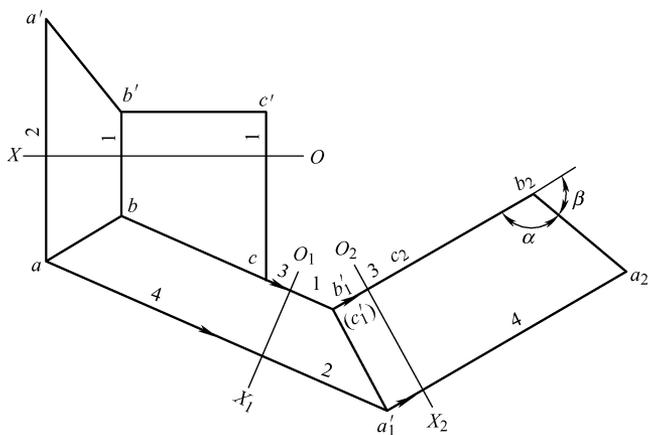


图 2-86 空间弯管夹角求法

四、不可展曲面的近似展开方法

1. 球面的近似展开

球面是典型的不可展曲面，只能作近似的展开。即假设球面由许多小块板



料拼接而成，而每一块板料可看成是单向弯曲可展的，于是整个球面便可以近似地展开。

球面分割方式通常有分瓣法和分带法两种。球面分割数越多，拼接后越光滑，但相应的落料成形工艺越复杂。分割数的多少应根据球的直径大小和加工条件而定。

(1) 球面的分瓣展开 球面分瓣展开法是沿经线方向分割球面为若干瓣，每瓣大小相同，展开后为柳叶形。球面分瓣展开的具体作法如下（见图 2-87）：

1) 用已知尺寸画出球面的主视图和 1/4 断面图，并在主视图中画出极帽和分瓣。四等分圆弧 15，等分点为 1、2、3、4、5。由等分点向上引垂线，得球面一瓣（近似视为柱面）的素线。

2) 用平行线法作出球面一瓣的展开图。

3) 以 $O-1$ 长为半径画圆，即为极帽的展开图。

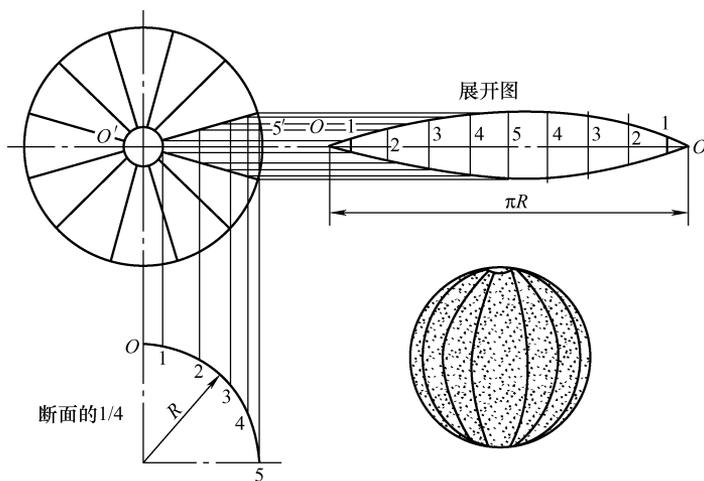


图 2-87 球面的分瓣展开

(2) 球面的分带展开 球面分带法展开是沿纬线方向分割球面为若干横带圈，各带圈可近似视为圆柱面或锥面，然后分别作出展开，如图 2-88 所示。具体作法如下：

1) 用已知尺寸画出球面的主视图，16 等分球面圆周，并由等分点引水平线（纬线）分球面为两个极帽、七个带圈。

2) 球面中间带视为圆筒，可用平行线法作出其展开图。

3) 球面其余各带圈可视为正截头圆锥管，用放射线法展开，展开半径为 R_1 、 R_2 、 R_3 。半径的求法：连接主视图圆周上 1—2、2—3、3—4，并向上延长

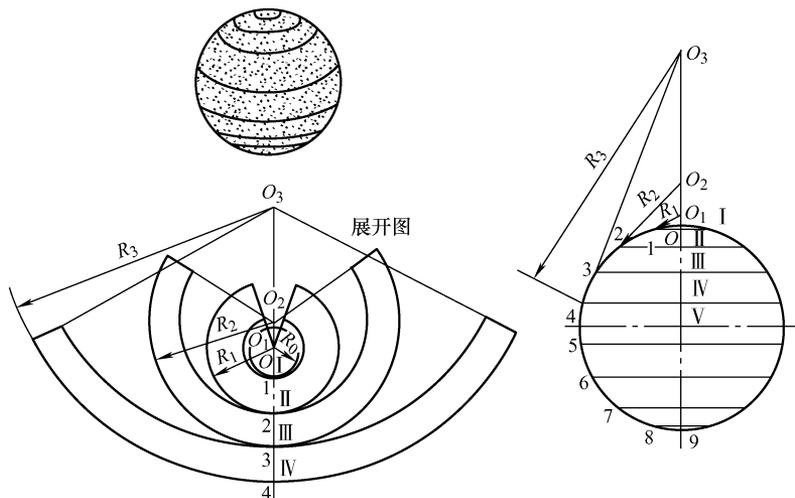


图 2-88 球面的分带展开

交竖直线于 O_1 、 O_2 、 O_3 ，得 R_1 、 R_2 、 R_3 。

4) 以主视图 $O-1$ 为半径画圆，即为极帽的展开图。

(3) 正螺旋叶片的近似展开 正螺旋叶片是圆柱形螺旋输送机的主要部件，它与螺紋一样有单、双线，左、右旋之分。单线螺旋螺距等于导程，双线螺旋螺距等于 $1/2$ 导程。螺旋叶片通常按一个螺距或稍大于一个导程的螺旋面展开下料，弯曲成形后，再在机轴上拼接成连续的螺旋面。正螺旋叶片的近似展开方法很多，这里介绍应用较多的 3 种方法。

1) 三角形法。三角形法是将螺旋面分成若干个三角形面，并将每一个三角形面近似地看作平面，求出实形。然后再将这些三角形的实形依次拼接在一起，即为螺旋面的展开图。具体作法如下（见图 2-89）：

① 用正螺旋面的内、外直径 d 、 D 画出俯视图，12 等分俯视图内、外圆周，等分点分别为 0、2、4、…、12 和 1、3、5、…、13。以点画线和细实线交替连接各点。在主视图取 h 等于螺距，并 12 等分，由等分点引水平线，与俯视图内、外圆周等分点所引上垂线得对应交点，区别内、外圆各点，将各交点连成两条螺旋线，完成主视图。

② 求实长，作展开。从主、俯视图不难看出，螺旋面上各三角形的细实线边为水平线，其水平投影反映实长，且各线实长相等；各点画线及内、外圆的等分弧为一般位置直线和曲线，投影不反映实长，可用直角三角形法求出。求出各线实长后，便可用其依次作出各三角形实长，完成展开图。

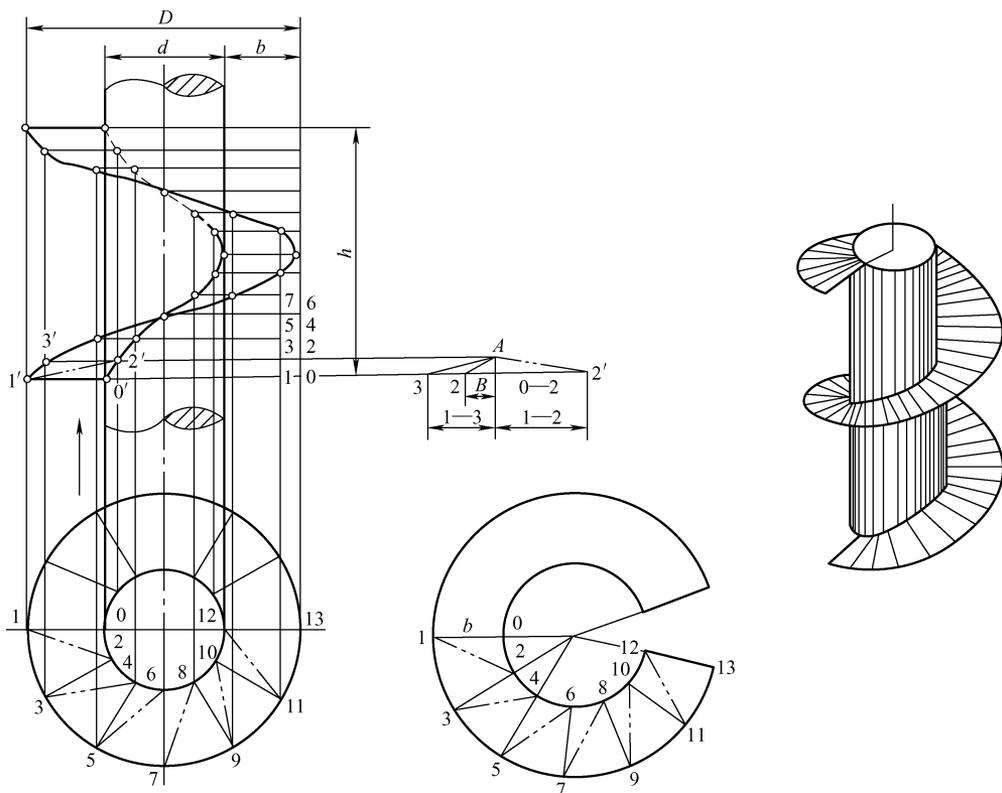


图 2-89 正螺旋叶片的近似展开

2) 简便展开法。由图 2-89 可知, 一个螺距的正螺旋面, 其展开图为一切口圆环。简便展开法是根据正螺旋面的外径 D 、内径 d 和螺距 h , 通过简单计算和作图, 求出螺旋面展开图中切口圆环的内、外径和弧长, 从而画出展开图。具体作法如下:

① 用直角三角形法求出内、外螺旋线的实长 l 及 L (见图 2-90a)。

② 作一直角梯形 $ABCE$, 使 $AB = L/2$, $EC = l/2$, $BC = 1/2(D-d)$, 且 $AB \parallel CE$, $BC \perp AB$ 。连接 AE 、 BC , 并延长两线相交于 O (见图 2-90b)。

③ 取 O 点为圆心, OB 、 OC 为半径画同心圆弧, $\widehat{BF} = L$, 连接 FO 交内圆弧于 G , 即得螺旋面的展开图。

3) 计算法。

由图 2-90 可知:

$$L = \sqrt{(\pi D)^2 + h^2}$$

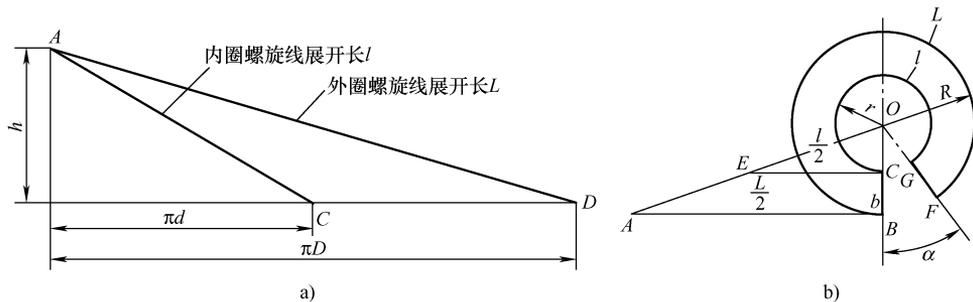


图 2-90 正螺旋叶片的简便展开法

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + h^2}$$

若展开图圆环的内、外径以 r 、 R 表示，则

$$\frac{\frac{l}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{r}{R} = \frac{r}{r+b}$$

整理后得

$$l(b+r) = Lr \quad lb = r(L-l)$$

$$r = \frac{lb}{L-l}$$

$$b = \frac{1}{2}(D-d)$$

$$\alpha = 360^\circ \left(1 - \frac{L}{2\pi R}\right)$$

◆◆◆ 第三节 放样技能训练实例

训练 1 圆锥斜交圆柱

圆锥斜交圆柱工件图如图 2-91 所示。

一、内容

主管与支管分块展开下料并成形，最后总装。

二、操作前准备

1. 工具

锤子、镊子、划针、划规、样冲、卷尺、锉刀、砂轮机，电动工具自备。



2. 备料

Q235A 钢板, $\delta = 1.5\text{mm}$; 油毛毡。

3. 设备

焊机、型台

三、操作要求

1) 手工下料, 手工成形, 成形后只允许锉刀手工修磨。

2) 主管结合线为最左端素线, 支管分两块下料成形, 接合缝只允许定位点焊。

3) 不得换料重做, 否则每块扣 10 分。

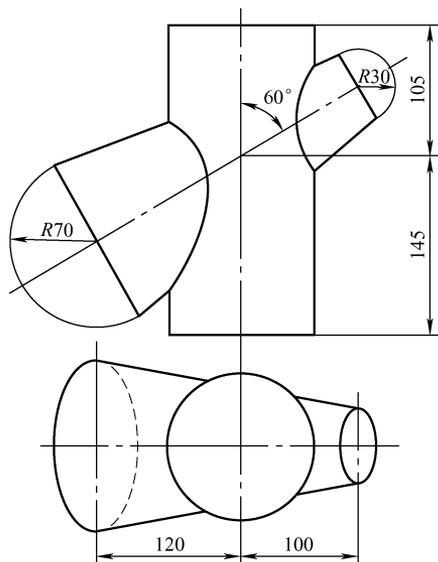


图 2-91 圆锥斜交圆柱工件图

四、评分标准

评分标准见表 2-1。

表 2-1 考核评分标准表

项 目	考评内容	配分	评分标准
主要项目	1. 锥管大小口直径 $\pm 0.5\text{mm}$	15	每个端口各占 5 分; 每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2.5
	2. 柱管直径 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	3. 各管口平面度	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	4. 主管高度 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	5. 支管长度 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	6. 相贯线间隙	10	每处间隙 0.5mm 扣 2 分
	7. 管纵缝间隙	10	每 0.5mm 间隙扣 2 分
	8. 表面质量	10	有明显锤痕、焊接缺陷等每处扣 2 分
安全文明生产	1. 遵守安全操作、文明生产	5	违反操作规程扣 5 分; 不按要求穿戴护品扣 5 分
	2. 遵守考场规则	5	违反考场规则扣 5 分
	3. 操作完成清理工作场地	5	不清理工位扣 5 分

五、操作工艺

1. 熟悉图样、工艺, 认真阅读技术要求及考核要求

通过审读图样, 本构件结构较为复杂, 尺寸精度要求较高, 需手工完成,



技术要求明确构件材质为 1.5mm 厚的 Q235 钢，工艺性好，便于成形和焊接。无弯形设备，手工一次成形难度较大，所以按照工件的结构将其分为三部分，即大小两个斜交的圆锥部分和开孔的圆柱部分。用钢板单独放样下料、成形、焊接后组对修配，进行装配连接。

2. 放样

(1) 线形放样

1) 确定线形放样基准，圆柱以中心线、直径为基准，下端口轮廓线以长度、高度为基准。圆锥管分别以中心线、直径为基准，轴线交点为长度方向基准。

2) 按要求做出构件基本轮廓线形。构件形状对称，为节省工时可只画出工件一半线形。

3) 基本轮廓线尺寸要进行板厚处理。

(2) 结构放样

1) 确定弯形后的接口方向与位置，连接位置确定在单侧，弯形后装配成一体，板较薄，焊缝不需要开坡口。

2) 制作上下口卡形样板，并注明内径尺寸。

(3) 展开放样

1) 组成构件的几何体较为简单，为圆锥管和圆柱管组合而成，圆锥管用放射线法展开，圆柱管用平行线法展开，注意展开精度。

2) 展开得到构件 1/2 号料样板，用剪刀剪切多余边料，锉刀修整边缘毛刺，用钢卷尺测量上下口展开弧长是否标准 ($\pi d/2$)。

3. 号料与下料

根据得到的样板在 1.5mm 钢板上号出三块坯料，注意上下口特殊点要用样冲打出标记。手工鏊切下料，锉削至符合尺寸要求。

4. 成形装配

1) 在型台上手工成形，将锥面上下口圆弧部分进行相等等分，画出弯曲曲线，使每条弯曲线与型台轴线平行，木锤敲击伸出部位；或用两圆钢成一定锥度固定于平台上，将划好线的坯料放置在圆钢上，沿板料弯曲线均匀锤击成形，锤击顺序是先槽头，后弯曲中间，弯形过程中随时用卡形样板检查弧度以免过卷或欠卷。成形接口定位焊，装配完成后用卡形样板检查上下口圆度，整形至符合标准。

2) 将圆柱管坯料表面等分平行线，按平行线在胎具（圆钢或槽钢）上进行弯曲成形，先弯曲两端，再弯曲中间部分，并经常检查弯曲弧度是否符合要求（可轻微过弯以便于修整），成形后接口定位焊，矫正圆度和成形均匀度。整形



至符合标准。

3) 按照尺寸要求对工件进行试装配, 对相贯部分的配合面进行修锉, 至配合缝隙及整体尺寸达到要求。

4) 将构件各部分装配, 配合面接口定位焊。检查各部位尺寸, 矫正焊接及装配产生的变形, 修整外形尺寸, 去毛刺, 锐边倒钝。

5. 清理检查交件

加工完毕检查工号等填写是否标准, 清理场地后交件。

六、注意事项

1) 放样时合理安排图形位置。

2) 号料时要注意划线方法, 避免误差出现。鏊切下料应根据个人操作水平留出适当加工余量。

3) 成形过程中应注意表面素线应与型台轴线平行, 避免错口、错边等缺陷产生, 平面与曲面交界处应无明显棱线, 成形后外表面应平整光滑无明显锤痕。

训练2 圆锥管垂直连接平行异径圆柱管

圆锥管垂直连接平行异径圆柱管如图 2-92 所示。

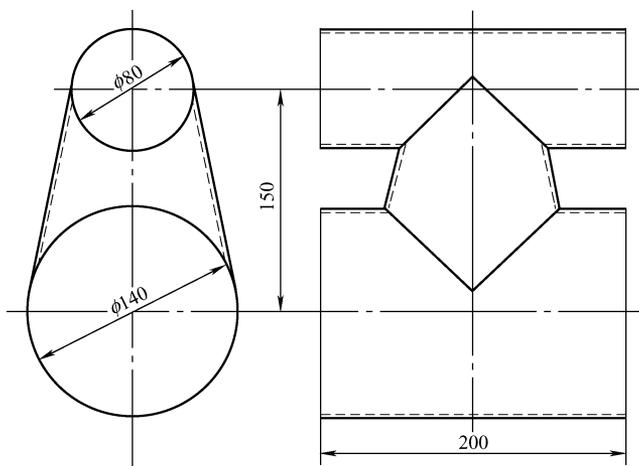


图 2-92 圆锥管垂直连接平行异径圆柱管

一、题目内容

主管与支管分块展开下料并成形, 最后总装。



二、操作准备

1. 工具

锤子、镊子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机，电动工具自备。

2. 备料

Q235A 钢板， $\delta = 1.5\text{mm}$ ；油毛毡。

3. 设备

焊机、型台。

三、操作要求

- 1) 手工下料，手工成形，成形后只允许锉刀手工修磨。
- 2) 主管结合线在最下素线。支管分两块下料成形。接合缝只允许定位点焊。
- 3) 换料重做，每块扣 10 分。

四、评分标准

评分标准见表 2-2。

表 2-2 考核评分标准表

项 目	考评内容	配分	评分标准
主要项目	1. 各管直径 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每端口各占 5 分；每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2.5
	2. 上下管平行度	10	每端口各占 5 分；每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2.5
	3. 连接管垂直度	10	每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	4. 各管口平面度	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	5. 主管高度 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	6. 平行管长度	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	7. 相贯线间隙	10	每处间隙 0.5mm 扣 2 分
	8. 各管纵缝间隙	10	每 0.5mm 间隙扣 2 分
	9. 表面质量	5	有明显锤痕、焊接缺陷等每处扣 2 分
安全文明生产	1. 遵守安全操作、文明生产	5	违反操作规程扣 5 分；不按要求穿戴护品扣 5 分
	2. 遵守考场规则	5	违反考场规则扣 5 分
	3. 操作完成清理工作场地	5	不清理工位扣 5 分



五、操作工艺

1. 熟悉图样、工艺、认真阅读技术要求及考核要求

通过审读图样，了解到本构件结构较为复杂，尺寸精度要求较高，需手工完成，技术要求明确。构件材质为 1.5mm 厚的 Q235 钢，工艺性好，便于成形和焊接。无弯形设备，手工一次成形难度较大，所以按照工件的结构将其分为三部分，即正交的圆锥部分和两个开孔的圆柱部分。用钢板单独放样下料、成形、焊接后组对修配，三部分进行装配连接。

2. 放样

(1) 线形放样

1) 确定线形放样基准，圆柱以中心线为直径基准，轴线为长度、高度基准。圆锥管分别以中心线为直径基准，轴线交点为长度方向基准。

2) 按要求做出构件基本轮廓线形。因构件形状对称，为节省工时可只画出工件一半线形。

3) 基本轮廓线尺寸要进行板厚处理。

(2) 结构放样

1) 确定弯形后的接口方向，连接位置确定在单侧，弯形后装配成一体，板较薄，焊缝不需开坡口。

2) 制作上下口卡形样板，并注明内径尺寸。

(3) 展开放样

1) 组成构件的几何体较为简单，为圆锥管和圆柱管组合而成，圆锥管用放射线法展开，圆柱管用平行线法展开，注意展开精度。

2) 展开得到构件 1/2 号料样板，用手剪剪切多余边料，锉刀修整边缘毛刺，钢卷尺测量上下口展开弧长是否标准 ($\pi d/2$)。

3. 号料与下料

根据得到的样板在 1.5mm 钢板上号出三块坯料，注意上下口特殊点要用样冲打出标记。手工鏊切下料，锉削至符合尺寸要求。

4. 成形装配

1) 在型台上手工成形，将锥面上下口圆弧部分进行相等等分，画出弯曲线，使每条弯曲线与型台轴线平行，木锤敲击伸出部位；或用两圆钢成一定锥度固定于平台上，将划好线的坯料放置在圆钢上，沿板料弯曲线均匀锤击成形，锤击顺序是先槽头，后弯曲中间，弯形过程中随时用卡形样板检查弧度以免过卷或欠卷。成形接口定位点焊。装配完成后用卡形样板检查上下口圆度，整形



至符合标准。

2) 将圆柱管坯料表面等分平行线，按平行线在胎具（圆钢或槽钢）上进行弯曲成形，先弯曲两端，再弯曲中间部分，并经常检查弯曲弧度是否符合要求（可轻微过弯以便于修整），成形后接口定位焊，矫正圆度和成形均匀度。整形至符合标准。

3) 按照尺寸要求对工件进行试装配，对相贯部分的配合面进行修锉，至配合缝隙及整体尺寸达到要求。

4) 将构件各部分装配，配合面接口定位焊。检查各部位尺寸，矫正焊接及装配产生的变形，修整外形尺寸，去毛刺，锐边倒钝。

5. 清理检查交件

加工完毕后，检查工号等填写是否标准，清理场地后交件。

六、注意事项

1) 放样时合理安排图形位置。

2) 号料时要注意划线方法，避免误差出现。锯切下料时应根据个人操作水平留出适当加工余量。

3) 成形过程中应注意表面素线应与型台轴线平行，避免错口、错边等缺陷产生，平面与曲面交界处应无明显棱线，成形后外表面应平整光滑无明显锤痕。

复习思考题

1. 容器构件放样的工艺特点有哪些？
2. 确定工艺余量时要考虑哪些因素？
3. 投影变换要考虑哪些内容？

第三章

下料



培训学习目标 能编制数控切割程序；能根据切断材料的断面进行质量分析并采取相应措施；能按构件的技术要求及结构类型制订下料工艺流程。

第一节 机械切割

一、剪切力的计算

剪切下料是利用上下刀刃为直线的刀片或旋转滚刀片的剪切运动来剪裁板料毛坯。它通常是在剪切机或滚剪机上完成的。

1. 剪切机工作原理

剪切机常用来剪裁直线边缘的板料毛坯。对被剪板料，剪切工艺应能保证剪切表面的直线性和平行度要求，并尽量减少板材扭曲，以获得高质量的制件。

如图 3-1 所示，上刀片 1 固定在刀架 2 上，下刀片 3 固定在下床面 4 上，床面上安装有托球 5，以便于板料 6 的送进移动，后挡料板 7 用于板料定位，位置由调位销 8 进行调节。液压压料筒 9 用于压紧板料，防止板料在剪切时翻转。棚板 10 是安全装置，以防工伤事故。

挡料板的调整可用手动或机动的方法。按样板手动调节的方法如图 3-2 所示。

(1) 调整前挡板 把后挡板靠紧下刀口，再把样板靠紧后挡板，将前挡板靠紧样板并固定住。松开后挡板，去掉样板，装上板料，进行剪切。

(2) 调整后挡板 将样板托平对齐下刀口，再把后挡板靠紧样板并固定住，去掉样板，装上板料进行剪切。

(3) 调整角挡板 先将样板放在台面上对齐下刀口，调整角挡板并固定。

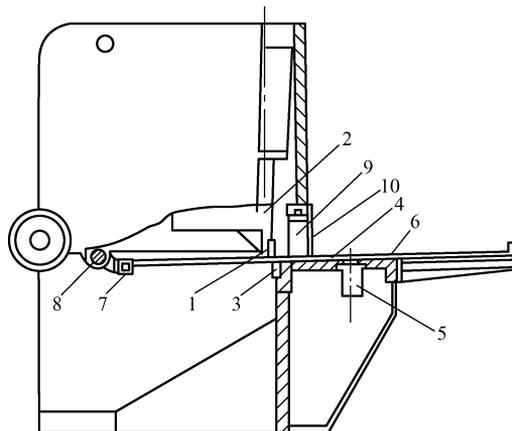


图 3-1 剪切机示意图

1—上刀片 2—刀架 3—下刀片 4—下床面 5—托球
6—板料 7—后挡板 8—调位销 9—压料筒 10—棚板

再根据样板调整后挡板，剪切时同时利用角挡板和后挡板。

斜口剪切过程如图 3-3 所示。剪切开始时，上刀刃和板料仅有一部分接触，然后板料一边被剪裂，当继续下行时便逐渐分离成两部分。

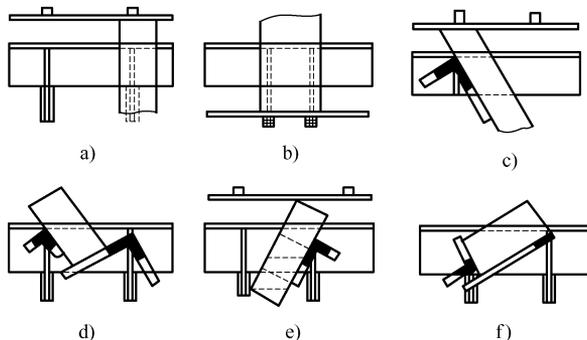


图 3-2 利用挡板剪料

a) 用后挡板 b) 用前挡板 c) 用角挡板和后挡板
d) 用两个角挡板 e) 用后挡板及角挡板 f) 用角挡板及前挡板

2. 影响剪切性能的基本参数

(1) 剪切力 平刃剪切机的剪切力为：

$$P = K_1 K_2 \sigma_b F$$

式中 K_1 ——比例系数， $K_1 = \tau_{\max} / \sigma_b$ ，当 $\sigma_b < 450\text{MPa}$ 时， $K_1 = 0.7 \sim 0.8$ ；



K_2 ——刀片的磨钝系数，取 1.15 ~ 1.20；

σ_b ——被剪金属的抗拉强度 (MPa)；

F ——被剪板料的断面积 (mm^2)。

斜刃剪板机的总剪切力要比平刃剪切机的小，它由三部分力组成：基本剪切力，被剪下部分板料的弯曲抗力以及板料在剪切区变形的弯曲抗力。总剪切力与剪切角的关系接近反比例，即随剪切角的增加而减小，常用公式如下：

$$P_2 = K \times 0.6 \sigma_b \delta \frac{h^2}{\tan \varphi} \left[1 + Z \frac{\tan \varphi}{0.6 \delta} + \frac{1}{1 + \frac{10 \delta}{\sigma_b y^2 x}} \right]$$

式中 K ——刀片的磨钝系数， $\sigma_b < 1000\text{MPa}$ 时， $K = 1.15 \sim 1.20$ ； $\sigma_b = 1000 \sim 1500\text{MPa}$ 时， $K = 1.5$ ；

σ_b ——被剪金属的抗拉强度 (MPa)；

δ ——被剪金属的伸长率；

h ——被剪板板厚 (mm)；

φ ——剪切角 ($^\circ$)；

y ——刀片间隙的相对值， $y = \Delta/h$ ； Δ 为刀片间隙 (mm)；

x ——压料脚距离的相对值， $x = c/h$ ，在初步计算时，可采用 $x = 10$ ； c 为压料脚轴线到下刀刃的距离 (mm)，从表 3-1 中查得；

Z ——弯曲系数，按图 3-4 上的曲线来确定。 Z 与被剪下条料的长度 L 、剪切角 φ ，被剪板厚 h 以及被剪金属的伸长率 δ 有关。当 $\lambda = L \tan \varphi / \delta h \approx 15$ 时， $Z = 0.95$ 。

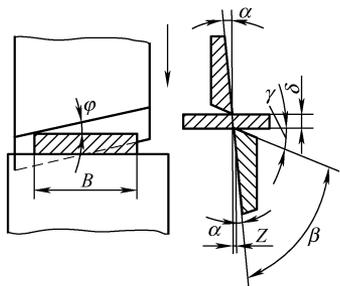


图 3-3 斜口剪床切料图

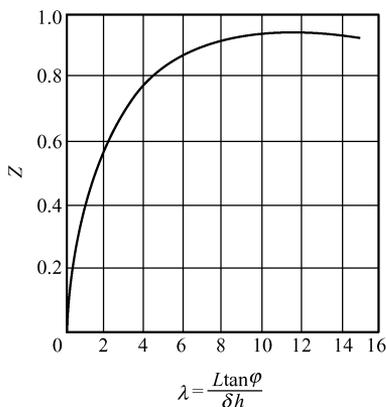


图 3-4 弯曲系数



表 3-1 压料脚轴线到下刀刃的距离

(单位: mm)

h	2.5 ~ 6.3	10 ~ 12.5	16 ~ 32
c	65	70	90

表 3-2 所列的数字是 $\sigma_b = 500\text{MPa}$, $\delta = 22\%$ 的斜刃剪切机的总剪切力, 可供初步选择。

表 3-2 斜刃剪切机的剪切力

剪切角 φ		当 h 为下值的最大剪切力/kN								
		2.5	4	6.3	10	12.5	16	20	25	32
3°	30'	—	—	—	—	—	—	—	—	2120
	20'	—	—	—	—	—	—	—	—	2200
	10'	—	—	—	—	—	—	—	—	2240
	0'	—	—	—	—	—	—	—	1500	2360
2°	50'	—	—	—	—	—	—	1000	1600	2500
	40'	—	—	—	—	—	—	1060	1650	2650
	30'	—	—	—	—	—	750	1120	1700	—
	20'	—	—	—	—	—	800	1180	1800	—
	10'	—	—	—	—	—	850	1320	2000	—
	0'	—	—	—	355	560	900	1400	2120	—
1°	50'	—	—	170	400	600	1000	1500	—	—
	40'	—	80	190	425	670	1060	1600	—	—
	30'	—	90	212	475	710	1180	—	—	—
	20'	37.5	95	224	530	800	1320	—	—	—
	10'	42.5	106	265	560	900	1500	—	—	—
	0'	50	125	300	670	1060	—	—	—	—
0°	50'	60	150	355	—	—	—	—	—	—
	40'	71	180	—	—	—	—	—	—	—
	30'	95	—	—	—	—	—	—	—	—

(2) 压料力 压料筒在剪切时可使压脚压紧板料, 防止板料翻转。压料力不足, 被剪板料在剪切过程中将产生位移, 使板边尺寸偏差增大; 压料力过大, 表面产生压痕, 增加了机架和压料梁上的载荷。

(3) 剪切角 剪切角对剪板条的变形影响很大, 剪切角小时剪切质量较好, 剪切角大时质量较差。剪切角小时剪切力大, 现代剪切机的剪切角为 $1^\circ \sim 3^\circ$ 。



机械传动和液压-机械传动的剪切机在大多数情况下剪切角是不可调的。液压传动的剪切机一般是可调的，调节之前，需将刀架行程量调到最大位置后，再按动剪切角增大或减小按钮，其数值在机器操纵板上显示。

3. 剪切机的刀架轨迹

刀架的运动轨迹基本上可分为以下4种：

(1) 刀架沿着垂线运动 如图3-5a所示，由于没有前倾角，因此上刀片断面必须做成菱形，只有两个刃（四个刃的矩形刀片也可用，但剪切质量差），这种刀架剪切的断口与板面不成直角。

(2) 刀架沿着前倾线（与垂线夹角为 $1^{\circ}30' \sim 2^{\circ}$ ）运动 如图3-5b所示，上刀片断面可做成矩形，具有四个刀刃，剪切的断口基本上与板面成直角。

(3) 刀架沿着圆弧线摆动 如图3-5c所示，剪切刀片断面宜做成菱形，只有两个刀刃，由于上刀片在剪切过程中略有前倾，因此剪切质量与上面的一种相仿。

(4) 刀架沿着圆弧线摆动 前倾角可达 30° ，因此可以剪出焊接坡口（见图3-5d）。

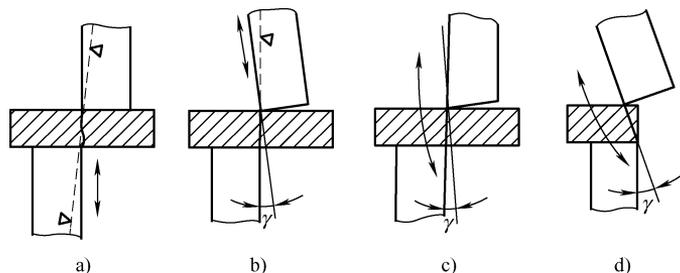


图3-5 刀架运动轨迹

二、剪切质量分析和剪床调整方法

剪切质量分析和剪床调整方法见表3-3。

表3-3 剪切质量分析和剪床调整方法

项 目	故障内容	原因分析	排除方法
1	剪不断	1. 剪切机上、下刀刃间隙过大 2. 剪切机刀口钝 3. 被剪板料太厚	1. 调整剪切机上下刀口的间隙 2. 剪切机刀口磨锐 3. 按规定剪切机范围剪切
2	尺寸超差	上刀刃与零件剪切线未对正	应按剪切线送进



(续)

项目	故障内容	原因分析	排除方法
3	剪切线间断不直	后一剪与前一剪未衔接好	压线连续剪切
4	剪裂	1. 凹角处未钻止裂孔或剪过线 2. 剪切时剪刀全部闭合, 咬伤零件	1. 钻止裂孔或留锉修余量 2. 剪刀不完全闭合, 留 1/4 再剪
5	毛刺	1. 剪切间隙不对 2. 剪刀变钝	1. 调整剪切机剪切刃口间隙 2. 剪刀磨锐

三、冲裁模的设计方法

冲裁工作在冷冲压加工中占有相当大的比重, 它广泛用于加工各种形状的平板零件, 如垫圈、挡圈及各种电器零件等, 也可用来为其他冷冲压工作切制坯料。

1. 冲裁工作的分离过程

冲裁工作是由凸模和凹模之间的相对运动来完成的, 凸模和凹模组成一组刃口, 把材料压在中间, 凸模逐步下降, 使材料分离。整个分离过程可以分成以下三个阶段, 如图 3-6 所示。

(1) 弹性变形阶段 (见图 3-6a) 凸模下压接触坯料, 材料在凸模下压力的作用下, 产生弹性压缩和弯曲, 并略微挤入凹模型孔中。坯料与凸凹模接触处出现很小的圆角, 这时材料的内应力没有超过弹性极限。

(2) 塑性变形阶段 (见图 3-6b) 凸模继续下压, 材料内应力超过了屈服强度, 部分金属被挤入凹模型孔内, 产生塑性剪切变形, 形成光亮的剪切断面。由于凸模与凹模之间存在间隙, 故材料在剪切变形的同时, 还受到弯曲和拉伸。在凸凹模刃口附近部分的材料由于应力集中, 出现微小的裂纹。

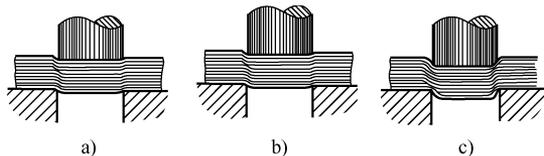


图 3-6 冲裁过程的三个阶段

(3) 断裂阶段 (见图 3-6c) 随着凸模继续下压, 凸凹模刃口部分材料的微小裂纹不断向材料内部扩展, 当上下裂纹重合时材料随即被拉断分离。



2. 冲裁间隙

冲裁模的凸模横断面，一般都小于凹模孔，凸模和凹模之间应保持适当的间隙。凸凹模间每侧的间隙称为单边间隙，两侧的间隙称为双边间隙，一般在模具设计制造中，若无特殊说明，冲裁间隙就是指双边间隙。

冲裁间隙是模具制造和调整中的一个重要工艺参数。间隙值的大小对冲裁后制件的尺寸精度、断面质量以及冲裁力和模具寿命等都有重要的影响。若间隙值合理，冲裁时凸凹模上下刃口处所产生的裂纹必能重合，冲制出的制件断面平整、光洁，没有粗糙的裂纹、毛刺、圆角等缺陷。制件靠近凹模刃口部分有一条具有小圆角的最亮狭带。靠近凸模刃口一端略成锥形，表面较粗糙，如图 3-7a 所示。

当间隙值过小时，冲裁力将增大，材料在凸凹模刃口处的裂纹无法重合，上下两裂纹中间的一部分材料，随着凸模继续下压，将被第二次剪切，使断面呈现有裂口和毛刺的双层切断面，如图 3-7b 所示。

当间隙值过大时，冲裁力将减少，材料在上下模刃口处的裂纹也不重合，但与间隙过小时的裂纹方向相反，制件断面上出现裂口和毛刺，如图 3-7c 所示。

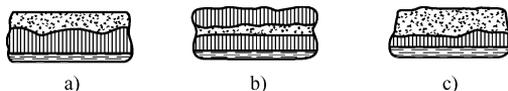


图 3-7 冲裁模间隙对切断面质量的影响

从表 3-4 中可知，间隙对冲裁制件的断面质量、尺寸精度、冲裁力以及模具寿命等都有很大的影响，所以在设计制造与调整模具时，必须正确地确定和调整间隙。

表 3-4 间隙对冲裁工作的影响

序号	项 目	影响情况				
		大间隙	较大间隙	正常间隙	较小间隙	小间隙
1	断面质量	圆角大，毛刺大，撕裂角大，只适用于一般冲孔	圆角大，稍有毛刺，断面质量一般，尚可使用	圆角正常，无毛刺，能满足一般冲压件要求	圆角小，毛刺正常，有二次剪切痕迹，断面近乎垂直	断面圆角小，毛刺正常，断面与料垂直
2	冲裁力	减	小	适中	增	大
3	模具寿命	增	大	适中	减	小
4	工件尺寸	外形尺寸小于凹模尺寸 内形尺寸大于凸模尺寸		尺寸合适	外形尺寸大于凹模尺寸 内形尺寸小于凸模尺寸	



生产实践证明，间隙被控制在一个适当的范围内，都能使冲裁工作得到合格的制件，并使冲裁力降低、模具寿命增长。这个间隙范围称为合理间隙。合理间隙的上限称为最大合理间隙 $Z_{最大}$ ，下限为最小合理间隙 $Z_{最小}$ 。通常在制造新模具时应采用最小合理间隙作为初始冲模间隙，以保证凸凹模冲裁时留有一定的磨损余量，提高模具的使用寿命。

冲裁各种不同厚度的材料，模具的冲裁间隙可按表 3-5 选用。

表 3-5 冲裁模双面间隙 (单位: mm)

材料厚度 t	45、T8、65Mn 12Cr18Ni9		Q215、Q235 35CrMo 硬硅钢 磷铜带、10		$T_1、T_2、T_3$ 08、10、15 半硬黄铜 半硬硅钢		1060、1200 软黄铜 软硅钢		红纸板 胶纸板 胶布板		纸板 皮革 云母纸	
	$Z_{最小}$	$Z_{最大}$	$Z_{最小}$	$Z_{最大}$	$Z_{最小}$	$Z_{最大}$	$Z_{最小}$	$Z_{最大}$	$Z_{最小}$	$Z_{最大}$	$Z_{最小}$	$Z_{最大}$
0.35	0.06	0.08	0.05	0.07	0.04	0.06	0.02	0.04	0	0.01	—	—
0.5	0.09	0.11	0.07	0.09	0.05	0.07	0.03	0.05	0.01	0.02	0.005	0.015
0.8	0.14	0.18	0.11	0.15	0.08	0.11	0.05	0.07	0.02	0.04	0.005	0.015
1.0	0.17	0.21	0.14	0.18	0.10	0.13	0.07	0.10	0.03	0.05	0.01	0.02
1.2	0.21	0.25	0.17	0.21	0.13	0.16	0.08	0.11	0.03	0.06	0.015	0.03
1.5	0.34	0.38	0.27	0.31	0.20	0.24	0.13	0.17	0.05	0.08	0.015	0.035
1.8	0.40	0.44	0.32	0.36	0.24	0.28	0.16	0.20	0.06	0.10	0.02	0.04
2.0	0.45	0.49	0.36	0.40	0.27	0.31	0.18	0.22	0.07	0.11	0.025	0.045
2.5	0.56	0.62	0.45	0.51	0.34	0.40	0.22	0.28	0.09	0.15	0.03	0.05
3.0	0.67	0.73	0.54	0.60	0.40	0.46	0.27	0.33	0.11	0.17	0.035	0.06
3.5	0.79	0.87	0.63	0.71	0.47	0.55	0.31	0.39	0.13	0.21	—	—
4.0	0.90	0.98	0.72	0.80	0.54	0.62	0.36	0.44	0.14	0.22	—	—
4.5	1.01	1.09	0.81	0.89	0.61	0.69	0.40	0.48	0.16	0.24	—	—
5.0	1.12	1.22	0.90	1.00	0.67	0.77	0.45	0.55	0.18	0.28	—	—
6.0	1.35	1.45	1.08	1.18	0.81	0.91	0.54	0.64	0.22	0.32	—	—
7.0	1.75	1.87	1.40	1.52	1.05	1.17	0.70	0.82	—	—	—	—
8.0	2.00	2.12	1.60	1.72	1.20	1.32	0.80	0.92	—	—	—	—
10	2.50	2.62	2.00	2.12	1.50	1.62	1.00	1.12	—	—	—	—
12	3.30	3.42	2.64	2.76	1.98	2.10	1.32	1.44	—	—	—	—
14	3.85	3.97	3.08	3.20	2.31	2.43	1.54	1.66	—	—	—	—



3. 冲裁模

(1) 冲裁模零件的分类 冲裁模的种类很多, 复杂程度也不同, 但不论其工作性质怎样, 组成模具的零件都是大同小异的。为简化设计和制造, 缩短生产周期, 通常可根据模具零件的共性进行分类, 然后再把其中的一部分零件进行标准化。组成模具的零件按其作用可分为工艺零件和结构零件两大类。

1) 工艺零件是指直接与制件成形有关的零件。它包括直接形成制件的成形件、确定坯料或半成品在模具中位置的定位件和从模具中取出制件的卸料件。

2) 结构零件是指把工艺零件连接起来, 而成为模具整体的零件。它包括安装成形件和传递冲压力的支撑件, 引导零件运动方向的导向件和起固定连接等作用的零件。

冲裁模零件的分类见图 3-8。

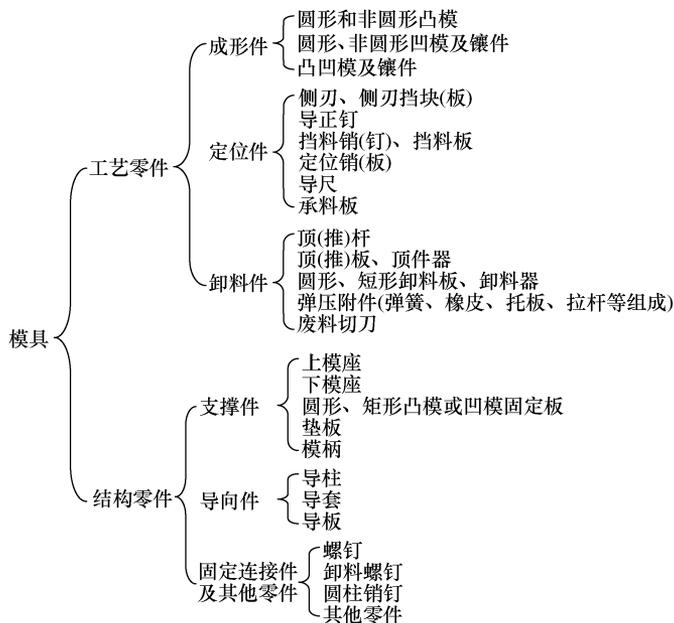


图 3-8 模具零件的分类

(2) 冲裁模的零部件

1) 成形件。主要包括凸模、凹模和凸凹模, 是整个冲裁模中的关键零件。由于凸、凹模是凸模和凹模的组合, 所以下面只介绍前两种成形件。

凸模可按以下三种方法来分类: ①按横剖面形状 (圆的、方的、长方的等); ②按刃边的形状 (平的或斜的); ③按它与上模座的固定方法 (用铆接或过盈配合)。



在实际生产中常见的凸模结构形式见表 3-6。

表 3-6 常见凸模结构形式

凸模形式	简图	特点和应用场合
轴台式凸模		加工简单、装修方便、有很好的冲裁性能，常用于落料、冲孔工作
圆柱式凸模		在长度方向具有相同的断面，常用于形状复杂的、中小型落料、冲孔工作
护套式凸模		凸模外装有护套，适用于冲制直径与材料厚度接近小孔

凹模按构造可分为整体式凹模和组合式凹模两种；按工作孔口的形式又可分为三种类型，如图 3-9 所示。

① 圆柱形孔口（见图 3-9a），其刃口强度较高，修磨后工作部分尺寸不变。它主要用于冲裁形状复杂或精度要求较高的制件。

② 锥形孔口（见图 3-9b），刃口经修磨后，工作部分尺寸略有增大，常用于精度要求不高，且形状简单的小型制件。

③ 具有过渡圆柱形孔口（见图 3-9c），制造方便但刃口强度较弱，常用于厚度小于 3mm 的小型制件。

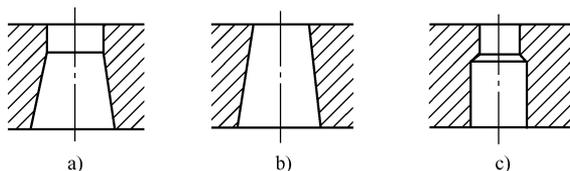


图 3-9 凹模工作孔的形式

组合式凹模如图 3-10 所示。它常用于冲裁形状复杂并带有突出部分或尖角的制件。其结构特点是型腔各面由各种镶块拼接而成，因此制造要比整体式凹模容易。而且在实际使用时，有可能将个别损坏的部分加以更换，而不需要将整个凹模报废。

2) 定位件。定位件的种类很多，常用的有挡料销、定位板和导正钉、导



尺等。

① 挡料销。挡料销分固定挡料销和活动挡料销两类，其作用是控制板料纵向送进距离。固定挡料销又分圆头挡料销和钩形挡料销两种，如图 3-11 所示，一般都装在凹模上。圆头挡料销应用较多，钩形挡料销则通常在定位孔离凹模孔口太近时使用，以保证凹模具有足够的强度。

活动挡料销有三种形式，如图 3-12 所示。

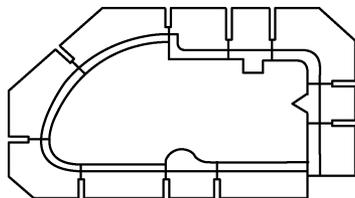
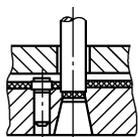
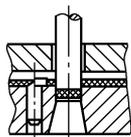


图 3-10 组合式凹模



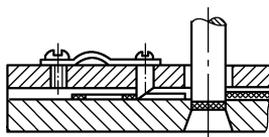
a)



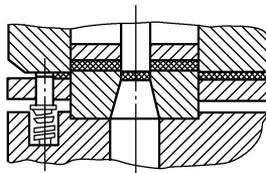
b)

图 3-11 固定挡料销

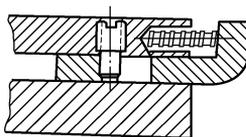
a) 圆头挡料销 b) 钩形挡料销



a)



b)



c)

图 3-12 活动挡料销

回带式活动挡料销如图 3-12a 所示。其销头一边制成斜面。送料时，条料靠斜面将挡料销抬起，当塔边越过后，挡料销在弹簧片作用下恢复原位，操作者将条料往回带，使塔边抵住挡料销而定位。

隐藏式活动挡料销如图 3-12b 所示。用于凸模装在下模的场合。临时挡料销如图 3-12c 所示，其通常装在导尺内，用于连续冲裁模中条料的首次定位。

② 定位板。定位板常用于毛坯料条或半成品的定位。图 3-13 所示为定位板的两种形式，图 3-13a ~ c 是以坯料外形定位的；图 3-13d、e 是以坯料内孔定位的。

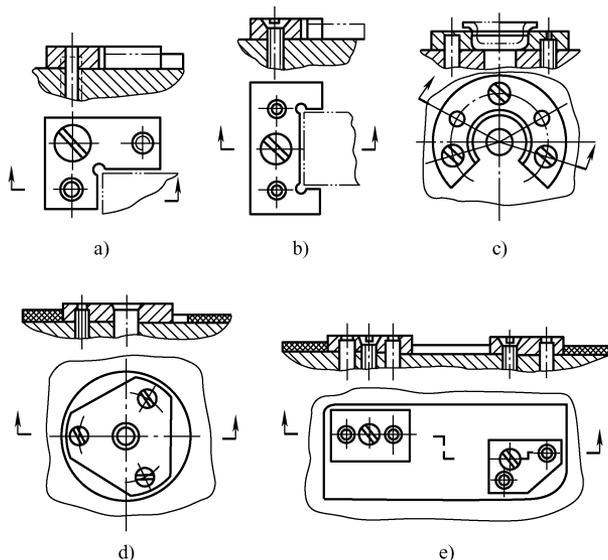


图 3-13 定位板

a ~ c) 以坯料外形定位 d)、e) 以坯料内孔定位

③ 导正钉。导正钉主要用于连续冲裁模上对条料进行精确定位，以保证冲裁后制品具有准确的内外形位置尺寸。导正钉的各种结构形式如图 3-14 所示。

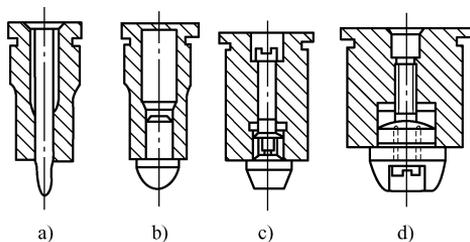


图 3-14 导正钉的结构形式

a) 用于直径 1.5 ~ 4mm 的孔 b) 用于直径 4 ~ 10mm 的孔
c) 用于直径 10 ~ 25mm 的孔 d) 用于直径 25 ~ 50mm 的孔

④ 导尺。导尺的作用是使条料在送进时具有正确的送料方向。它常用于有导板的简单冲裁模与连续冲裁模。导尺可以与卸料板做成整体的，如图 3-15a 所示；也可以做成单独的，如图 3-15b 所示。

在实际使用时两导尺之间的距离应等于条料的宽度加上 0.2 ~ 1.0mm 的间隙。间隙的作用是保证当条料宽度不均匀时不致被卡滞住。但当条料的宽度公差太大或塔边太小时，则可使用在导尺上装有侧压板的侧压装置。侧压装置的



构造形式如图 3-16 所示。基准导尺 4 用以引导条料移动，带槽导尺上开有缺槽，以容纳簧片 2 和压板 3，条料送进时压板在簧片 2 的作用下，将条料压在基准导尺 4 上。这种侧压装置因侧压力不大，故仅适用于材料厚度在 0.3 ~ 1mm 的落料工作。

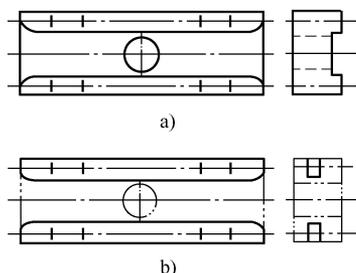


图 3-15 导尺的结构形式

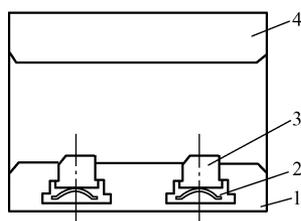


图 3-16 侧压装置的构造形式

1—带槽导尺 2—簧片 3—压板
4—基准导尺

3) 卸料件。卸料件的种类较多，在实际使用中常组装成卸料装置和顶件装置。

① 卸料装置。卸料装置分刚性卸料装置和弹性卸料装置两种。刚性卸料装置主要由卸料板组成。它的结构简单，卸料力较大，适用于平整度要求不高或厚板料制件的卸料。

常用的刚性卸料装置如图 3-17 所示。封闭式刚性卸料装置如图 3-17a 所示。它适用于冲裁厚度 $\delta > 0.5\text{mm}$ 的有导柱（或导板）的冲裁模。悬臂式刚性卸料装置如图 3-17b 所示。它适用于窄而长的制件，或在大型制件上进行冲孔或切口的冲裁模。

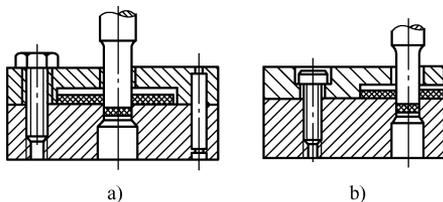


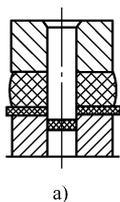
图 3-17 刚性卸料装置

常见的弹性卸料装置如图 3-18 所示。图 3-18a 所示是直接用橡皮卸料的，常用于压力机行程小无法安装卸料板的简易冲模。图 3-18b 所示为弹簧或橡皮作用下通过卸料板进行卸料。常用于材料较薄，制件要求整体的复合模。

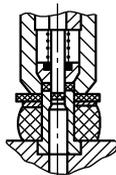
② 顶件装置。顶件装置分刚性顶件装置和弹性顶件装置两种。常见的刚性顶件装置如图 3-19 所示。其特点是顶件力大，工作可靠。使用时常装在上模。



弹性顶件器的典型构造如图 3-20 所示。其特点是工作平稳，无冲击现象。



a)



b)

图 3-18 弹性卸料装置

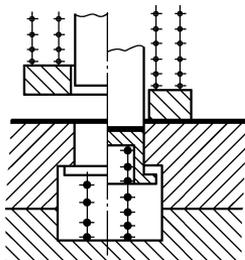


图 3-19 刚性顶件装置

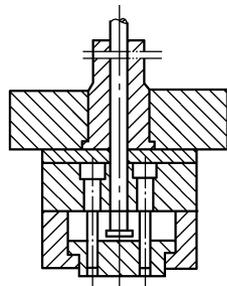


图 3-20 弹性顶件装置

4) 模架。模架是各种冷冲模标准零件的典型组合。它主要是由模座、导柱、导套及模柄等零件组成的。

① 模座。模座分上模座和下模座，它是整个模具的基础。上模座通过模柄安装在压力机的滑块上，下模座用压板和螺栓固定在工作台上。

模座已经列入标准化系列，模座的各种形式如图 3-21 所示。

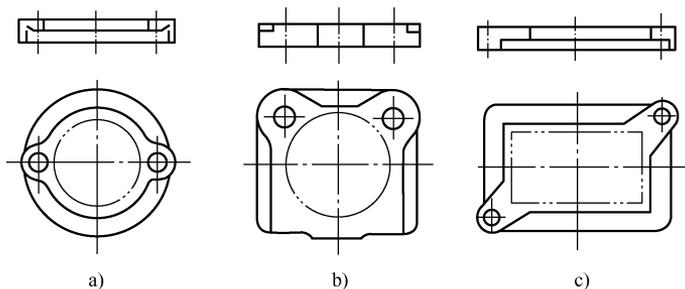
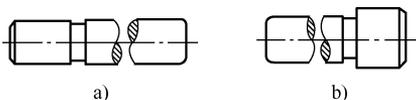


图 3-21 模座形式

② 导柱、导套。导柱、导套也已列入标准化系列，常用的导柱有两种形式，如图 3-22 所示。图 3-22b 所示的导柱一般用于单件生产的模具。它可以使上下模座的孔同时加工，以获得较高的同心度。



a)

b)

图 3-22 导柱形式

导柱在下模座上的布置见表 3-7。



表 3-7 导柱的布置

布置形式	示意图	应用特点
两个导柱在对角线上		① 分布对称, 受力平衡, 起模方便 ② 可以两个方向送料, 操作较方便
两个导柱在中部两侧		① 分布对称, 受力平衡, 起模方便 ② 只能一个方向送料
两个导柱在后倒		① 分布不对称, 受力不平衡, 起模不方便 ② 可以三个方向送料, 操作极方便
三个导柱在三个角上		① 分布不对称, 受力较不平衡, 起模尚容易 ② 一个方向送料较灵活, 适合于大型冲模
四个导柱在四个角上		导向精度高, 适合于精密和大型冲模

导套的结构如图 3-23 所示, 在导套内割有油槽, 以便润滑。

③ 模柄。模柄用以将上模座固定在压力机滑块上。常用的模柄有三种形式, 如图 3-24 所示。

带有下轴台的圆柱形模柄如图 3-24a 所示。其直径 D 一般为 20 ~ 60mm, 常用于模座厚度较大的各种冲裁模。

带螺纹的圆柱形模柄如图 3-24b 所示。其直径 D 一般为 20 ~ 60 mm, 适用于有导柱导套的冲裁模。

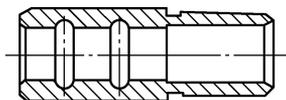


图 3-23 导套结构

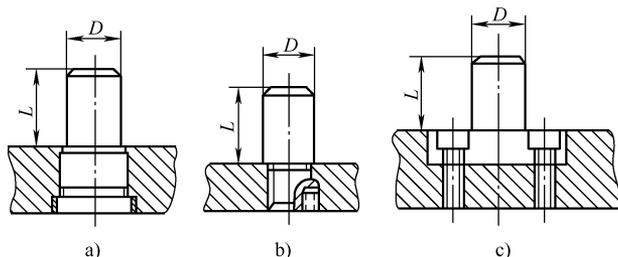


图 3-24 常用模柄的形式的冲裁模



螺钉固定的模柄如图 3-24c 所示，其直径范围较大，常用于大型模具。

4. 典型冲裁模的构造

(1) 冲裁模的分类 冲裁模的结构类型可按以下三方面来分类。

1) 按工序性质冲裁模可分为五类。

① 落料模。它使制件按照封闭的轮廓线与原材料完全分离。

② 冲孔模。它使废料沿封闭的轮廓与制件完全脱离。

③ 切断模。它使材料的一部分与另一部分分离，但切断并不是沿轮廓进行的。

④ 切口模。在制件封闭轮廓内切开一小部分（开口），但不脱离制件。

⑤ 切边模。它将制件（主要是指经拉深成形的制件）多余的毛边切掉，使制件得到一定的外形或尺寸。

2) 按工序的组合冲裁模可分为三类。

① 简单冲裁模。它一般由一个凸模和一个凹模组成，也可以由多个凸模和凹模组成，但在压力机每次行程中只能完成同一冲裁工序。

② 连续冲裁模也称级进模或步跳模。它能按一定的顺序在压力机一次行程中，在不同的位置上完成两个以上的冲裁工序。

③ 复合冲裁模。在压力机一次行程中，能在同一位置完成两个以上的冲裁工序。

3) 按导向形式冲裁模可分为三类。

① 敞开模。模具本身没有导向装置，工作时完全依靠压力机的导轨起导向作用。

② 导板模。装有导板作为导向装置，工作时靠导板来保证凸凹模的准确位置。

③ 导柱模。装有导套、导柱两种导向元件，用以保证凸凹模工作时的准确位置。

(2) 简单冲裁模 简单冲裁模按有无导向装置可分为敞开式、导板式和导柱式三种。下面分别介绍几种比较典型的结构。

1) 敞开式冲裁模。冲制圆形制件常用敞开式冲裁模，如图 3-25 所示。它由上模和下模两部分组成，上模为凸模是一个整体，通过模柄装在滑块 1 上，能随滑块上下运动。下模由凹模 4、下模座 6、卸料板 3 等组成，固定在压力机台面上。冲裁时板料放在凹模 4 上，滑块向下，凸模 2 就将制件与板料分离，制件从凹模孔中落下。冲裁后的板料由于弹性作用，卡在凸模上，在凸模上升时，板料也随同上升，但很快就被卸料板 3 挡住。当凸模 2 继续上升，板料便与凸模



2 脱开。

敞开式冲裁模的优点是结构简单，制造方便；冲裁时易于观察工作情况。但由于凸模的运动是依靠压力机导轨导向，不易保证凸凹模间的间隙，因此冲裁件的精度不高，模具装配调整麻烦，生产效率低，一般只适用于生产批量不大，制件形状简单，尺寸精度要求不高的冲裁工作。

2) 导板式冲裁模。导板式冲裁模为了保证凸凹模间具有均匀的间隙，提高制件的质量，可用带有导板的冲裁模。导板式简单冲裁模的结构如图 3-26 所示。凹模 2 上装有定位板 3，在定位板上装着导板 4，用螺钉与下模座紧固成一体。在冲裁过程中，凸模 5 始终在导板孔中运动。导板孔和凸模的配合一般为 $\frac{H7}{h6}$ ，从而起到导向作用。导板同时也起卸料板作用。它的优点是模具精度较高，使用寿命较长，安装调整容易，但与敞开式冲裁模相比制造复杂，且要求压力机行程要小，以保证冲裁时凸模不脱离导板孔。它在工作时由导柱、导套进行导向，故精度较高，在成批生产中应用十分广泛。

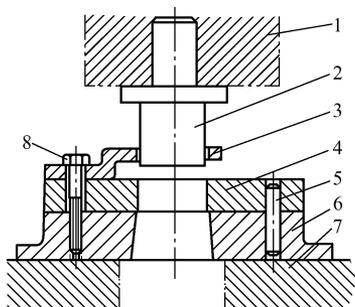


图 3-25 敞开式冲裁模

1—滑块 2—凸模 3—卸料板 4—凹模
5—销钉 6—下模座 7—压力机台面
8—螺钉

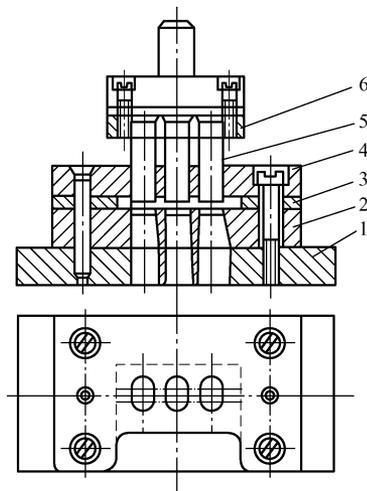


图 3-26 导板式冲裁模

1—下模座 2—凹模 3—定位板
4—导板 5—凸模 6—上模座

3) 导柱冲孔模。导柱冲孔模的结构如图 3-27 所示，该模具有两个导柱。工作时凹模 2 与凸模 5 的相对位置由导柱 4 和导套 7 引导。导柱的下端压入下模座 1 的孔内。导套压入上模座 8 的孔内。导柱与导套之间采用 $\frac{H7}{h6}$ 配合，当滑块



往下移动时，由于导柱在导套内滑动，保证了凹模与凸模相对的正确位置。

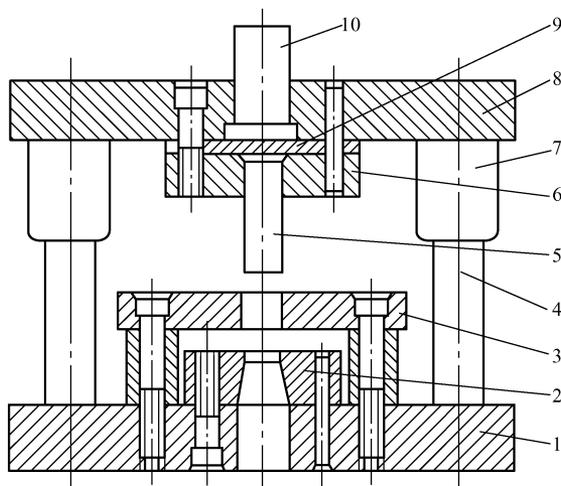


图 3-27 导柱冲孔模

1—下模座 2—凹模 3—固定卸料板 4—导柱 5—凸模
6—固定板 7—导套 8—上模座 9—垫板 10—模柄

导柱冲裁模的优点是由于导柱、导套的导向精度高，因此凸模和凹模之间的间隙均匀，且模具安装调整方便，冲裁后的制件精度高。一般适用于精度要求高的大批量制件冲裁。

(3) 连续冲裁模 冲制一个带有几个孔的零件，一般需要经过落料、冲孔等几道工序才能完成。如果这些工序都采用各种简单模具，则每一道工序就要制造一副模具。这样必然增加模具的制造数量和成本，而且由于中间工序增多，对于制件的精度来说，各部分的相对尺寸也不易保证。因此，在大量生产中，广泛应用具有连续作用的冲裁模来代替多副简单模具，以保证制件的精度，提高生产率，降低制件的成本。

连续冲裁模能在压力机滑块的一次行程中，完成两个以上的冲裁工序。工作时板料在模具上按一定的顺序，一定的方向进料，经若干次冲裁后，每冲一次就能在模具的不同位置上完成数种工序，而得到一个带孔的完整制件。

冲裁垫圈用的连续冲裁模的工作情况如图 3-28 所示。冲裁时，板料 3 自左往右送进，滑块第一次下降，冲孔凸模 8 冲孔，废料 7 从凹模 4 的孔中落下，滑块上升后，板料被导板 2 卸下。然后将板条送进一个步距 L ，当滑块第二次下降时，则再冲一个孔。当滑块第三次下降时，导正钉 5 插入冲好的孔中，使板料具有正确的位置（以保证垫圈内外圆同轴度），落料凸模 1 落料，使垫圈从凹模



4 的孔中脱落，以后滑块每下降一次即可冲出一只垫圈。

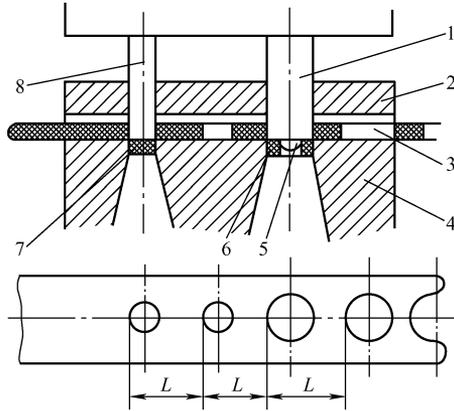


图 3-28 连续冲裁模的工作情况

- 1—落料凸模 2—导板 3—板料 4—凹模 5—导正钉
6—制件 7—废料 8—冲孔凸模

具有导板的冲孔落料用的连续冲裁模结构如图 3-29 所示。固定板 6 上装有凸模 5、10，当滑块上升时，带上凸模在导板的孔中滑动，导板兼有卸料板的作用，凹模 2 上装有挡料销 3，用来控制板料的送料步距。

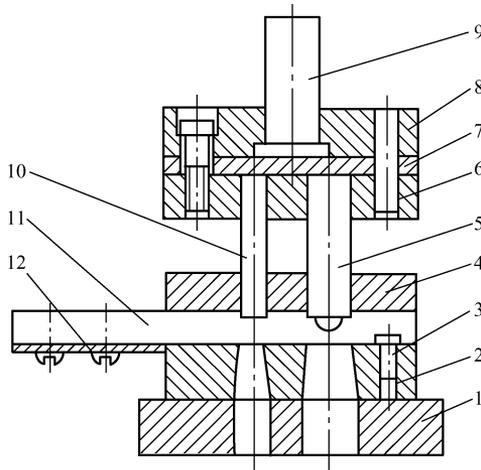


图 3-29 导板式连续冲裁模

- 1—下模座 2—凹模 3—挡料销 4—导板 5—落料凸模 6—固定板
7—垫板 8—上模座 9—模柄 10—冲孔凸模 11—导料板 12—承料板



具有弹簧卸料板的导柱式连续冲裁模结构如图 3-30 所示。导柱 3 紧配在下模座 1 的孔中，凹模 2 用螺钉和销钉与下模座紧固成一体，凹模上装有条导料板 14，用来引导板料，冲裁时板料的送料步距由固定挡料销 17 控制，凸模 11、12 上装有弹簧的活动卸料板。

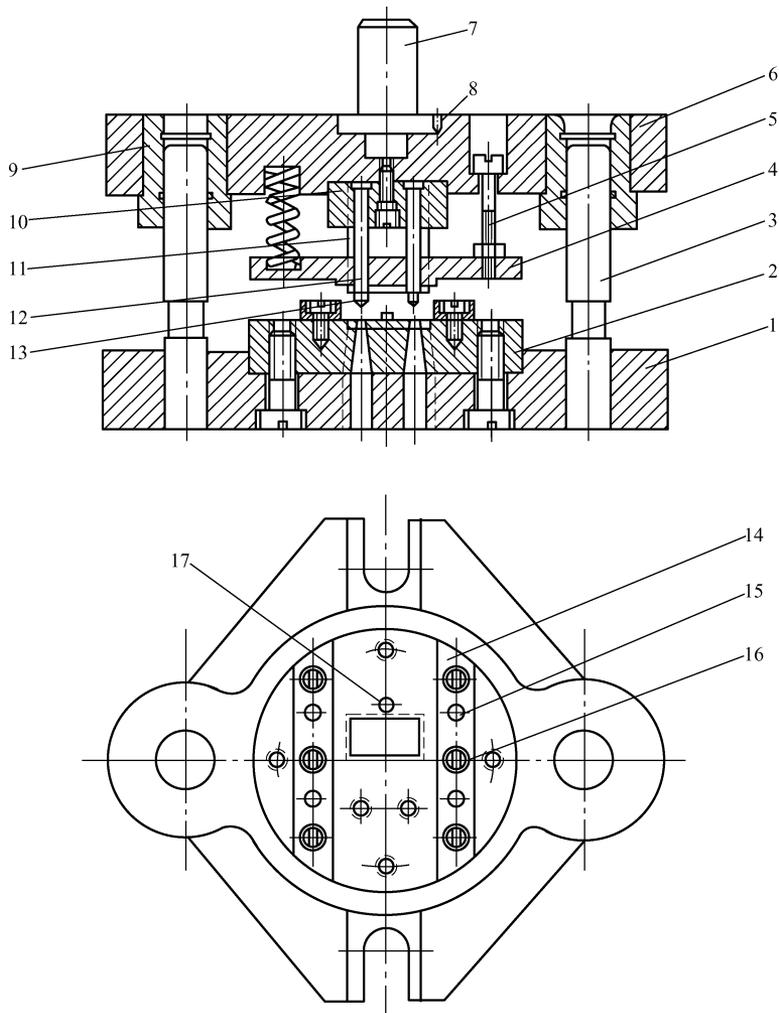


图 3-30 导柱式连续冲裁模

- 1—下模座 2—凹模 3—导柱 4—弹簧卸料板 5—螺钉 6—上模座 7—模柄
8—止动螺钉 9—导套 10—固定板 11、12—凸模 13—导正钉 14—导料板
15—销钉 16—螺钉 17—固定挡料销

当滑块下降时，卸料板将板料压紧在凹模上。滑块上升时，卸料板将卡在



凸模上的板料脱模。弹簧卸料板的优点是：当弹簧的力量足够大时，板料不会随凸模上升，而始终留在凹模上，因此冲制出的制件要比用固定卸料板平整。

连续冲裁模的优点是操作方便，生产率高，便于实现自动化，冲制出的制件精度高；缺点是结构复杂，制造和调整困难，所以常用在大量及成批生产中。

(4) 复合冲裁模 复合冲裁模与连续冲裁模一样也属于多工序模具。它与连续冲裁模的作用方式不同，连续冲裁模工作时需将板料移动到不同的凸模上进行，而复合冲裁模则不必移动板料，就能在同一位置上在滑块一次行程中完成两个以上工序。复合冲裁模在结构上的特点是具有一个既为落料凸模又为冲孔凹模的凸凹模。

冲制垫圈用的复合冲裁模的工作情况如图 3-31 所示。冲裁时，板料放在卸料板 7 上，当滑块下降时，冲孔凸模 1 随着落料凹模 2 下降，这时冲孔凸模在板料上冲出一个孔，同时落料凹模 2 与凸凹模 6 相互作用，进行落料。当滑块上升时，在顶件器 8 的作用下，制件从落料凹模的孔中和冲孔凸模上顶出来，而废料 5 则从凸凹模孔中落下，卸料板 7 在弹簧的作用下上升，将冲裁后的板料从凸凹模 6 上脱下，所以每当板料送一个步距 L 时即能冲出一个垫圈来。

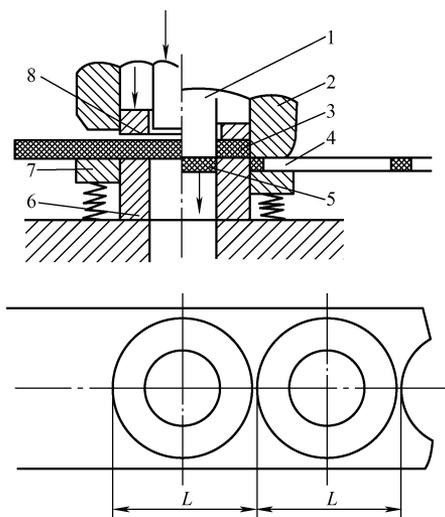


图 3-31 复合冲裁模的工作情况

- 1—冲孔凸模 2—落料凹模 3—制件 4—板料
5—废料 6—凸凹模 7—卸料板 8—顶件器

冲裁垫圈用的复合冲裁模结构如图 3-32 所示。冲裁时，板料放在卸料板 8 上，用装在卸料板上的两个导料销 21 导向，挡料销 25 与板料接触定位。滑块下



降时，落料凹模 7 先压下导料销 21 和挡料销 25，然后压紧板料，使卸料板和顶件器内的橡皮被压缩，进行冲裁。当滑块上升时，卸料板和 8 顶件器 20 靠橡皮的弹力分别将板料和制件从凸凹模 10 与冲孔凸模 5 上卸下，废料从凸凹模 10 的漏料孔中落下，同时导料销 21 和挡料销 25 伸出，即可继续进行冲裁工作。

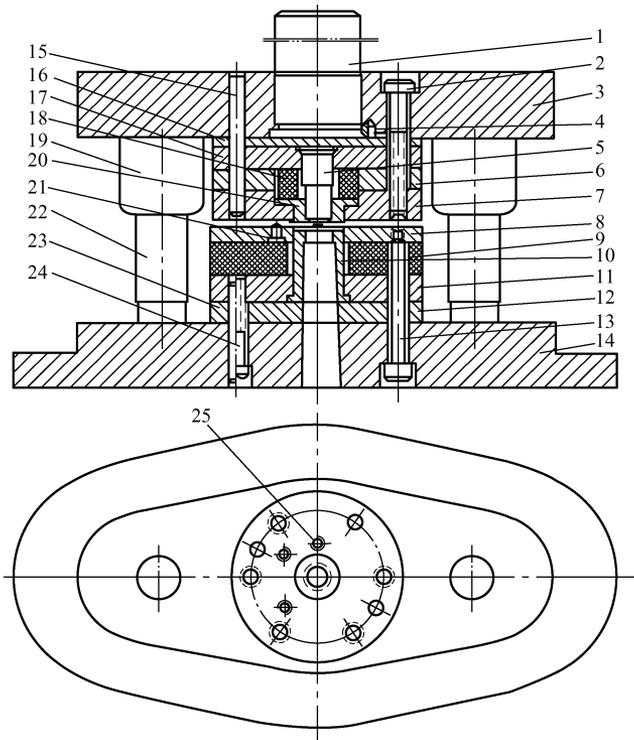


图 3-32 冲裁垫圈的复合冲裁模

- 1—模柄 2、24—螺钉 3—上模座 4、15、23—销钉 5—冲孔凸模 6—垫板 7—落料凹模
8—卸料板 9、18—橡皮 10—凸凹模 11、17—固定板 12、16—垫板 13—卸料螺钉
14—下模座 19—导套 20—顶件器 21—导料销 22—导柱 25—挡料销

带弹性缓冲器的正装复合冲裁模结构如图 3-33 所示。该模的特点是落料凹模 4 装在下模座 2 上，冲裁后制件卡在凹模 4 内由弹性缓冲器 1 通过顶杆 11 和顶件器 6 顶出。凸凹模 7 直接焊在模柄上。冲裁后卡在凸凹模内、外的废料可由顶杆 8 和卸料板 9 顶出。在正装式复合模上进行冲裁，由于板料一开始就被凸凹模与顶件器压紧，故冲出的制件较平整，一般常用于对平直度要求较高的薄板冲裁。

复合冲裁模的优点是结构紧凑、生产率高，冲出的制件具有较高的加工精

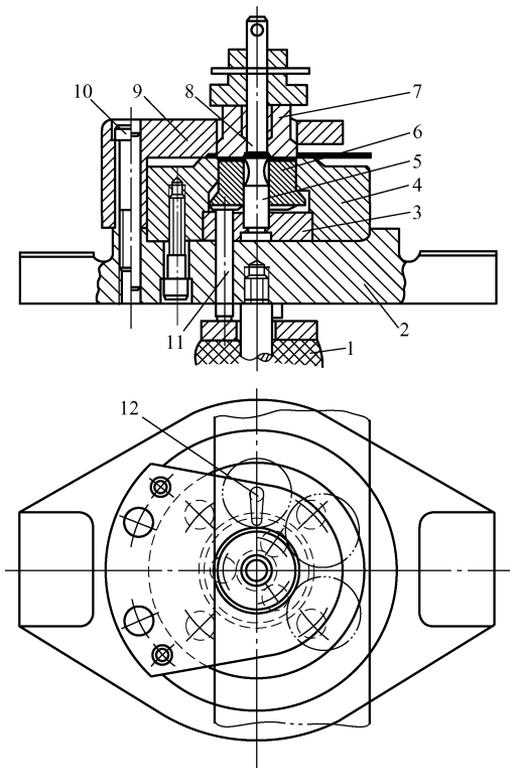


图 3-33 正装复合冲裁模

1—弹性缓冲器 2—下模座 3—固定板 4—落料凹模 5—冲孔凸模
6—顶件器 7—凸凹模 8、11—顶杆 9—卸料板 10—螺钉 12—挡料销

度，所以它常用于大量生产和大小不一的各种制件的批量生产中，特别是用在形状复杂，精度和表面粗糙度要求高的冲裁加工中。其缺点是构造复杂，对模具零件的精度要求较高，因而制造成本高，装配和调整都较困难。

第二节 下料工艺

一、冲裁件质量分析

冲裁件目前在制造业中已经大量应用，要求互换精度越来越高，且每一批次的制造量很大，要求质量一定要稳定，所以质量分析非常重要。

冲裁件常见的缺陷形式和产生原因一般有以下几个方面：



1. 制件有毛刺的原因

1) 凸凹模配合间隙过大或过小，或间隙不均匀，使侧件一边有带斜角的毛刺。

2) 凸凹模刃口不锋利。

3) 凸凹模刃口硬度过低。

4) 导柱、导套间的间隙过大，压力机安装精度不高，冲裁时使制件产生毛刺。

5) 凹模口有倒锥或凸肚，冲裁时挤出毛刺。

2. 制件不平整的原因

1) 凹模刃口有倒锥。

2) 顶料杆和制作接触面太少。

3) 导正钉与预冲孔配合过紧，将工件压出凹陷。

3. 卸料不正常的原因

1) 卸料机构不灵活，卸料板与凸模配合过紧，或卸料板倾斜，使卸料不正常。

2) 弹簧或橡皮弹性不足。

3) 凹模与下模座漏料孔没有对正，料无法排出。

4) 凹模刃口有倒锥，造成制件堵塞。

4. 凸凹模刃口相咬的原因

1) 上模座、下模座、固定板、凹模、垫板等零件的安装面不平行。

2) 导柱、导套间隙过大，使导向不准。

3) 凸模、导柱、导套等零件的安装垂直度误差太大。

4) 卸料板孔位不正确或歪斜迫使凸模产生移位。

5) 压力机滑块面与工作台面或模具安装面平行度误差太大。

6) 无导向装置的冲裁模，压力机滑块与导轨的间隙过大。

7) 冲裁时，由于送料机构发生故障或操作不注意，条料未送到位，使凸凹模因单边剪切而产生侧向推力，使凸模歪斜。

二、数控切割程序编制与质量分析

数控切割机由数控装置（专用计算机）和自动切割机组组成。它是利用计算机控制自动切割系统，按预定的切割程序进行切割的方法。数控切割省去了划线、放样、号料等工艺，直接切割出符合图样要求的零件，使生产效率大大提高。



1. 数控切割原理

为了能按图样上所需零件的形状、尺寸进行切割，首先要在计算机上编制零件的切割程序，然后程序员根据加工零件的几何形状及其组成的直线或曲线数据，用专用的编程语言依次输入计算机，计算机则按输入的编程语言和数据自动生成切割程序。然后按输入钢板原材料的尺寸，用专用的套料程序将多个零件的切割程序连接起来，按合理的切割位置和顺序形成钢板切割程序，并予以模拟显示，当确认后即可按其进行自动切割。

当专用的数控计算机根据输入的程序向自动切割机构发出工作指令后，控制自动切割机进行点火，钢板预热，钢板穿孔、切割和空行程等动作，完成整张钢板上所有零件的切割工作。

2. 数控切割的特点

数控切割与手工等切割工艺相比具有如下特点：

1) 数控切割实现划线、号料和切割的自动化，省去了划线、放样、号料等工序，减轻了劳动强度，提高了生产效率。

2) 数控切割件的表面粗糙度可达到 $Ra = 12.5 \sim 25 \mu\text{m}$ ，尺寸误差可以小于 1mm，提高了切割质量。高精确的切割保证了相同零件的形状和尺寸的一致性，在装配时无需对零件进行修正。同时，良好的切割质量还可以免去机械切削加工，降低了生产成本。

3) 数控切割上可安装 2~3 个全（半）自动旋转割炬，可以在切割零件的同时加工出 K 形或 V 形等坡口，省去了坡口的刨边或铣边工序，提高了生产率。

4) 良好的切割质量还给装配、焊接工序带来好处，使装配后得到的坡口、装配间隙均匀、准确，减少焊缝收缩的不均匀性和变形，使焊后的矫正工作量减少。

5) 数控切割机除了具有自动切割的功能外，还可以配置多种辅助装置，扩展其功能。

① 配喷粉划线器：输入程序后，在一次定位条件下，可以在零件上用喷粉划线方式，划出零件的压弯线、装配线等，以供加工之用。由于是程序控制，其划线精度较高且美观。

② 配标记冲眼器：在一次定位条件下，可以在零件的加工孔中心点、装配线或中心线等处自动打出冲眼标记，其效率和准确率均比手工操作高。

数控自动切割设备的缺点是：投资较高，还需要一批掌握切割机的编程人员和操作人员。切割时原材料的利用率较低，比手工操作低约 10%~15%。对于复杂形状或复杂曲线构成的零件，则编程具有一定的难度。



3. 数控切割机程序的编制

通常数控切割系统是按照事先编制好的加工程序（常用的绘图软件 AUTO-CAD），自动地对被加工零件进行加工。我们把零件的加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切割参数以及辅助功能，按照数控切割系统规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单，再把这程序单中的内容记录在控制介质上，然后输入到数控机床的数控装置中，从而指挥机床加工零件。

这种从零件图的分析到制成控制介质的全部过程叫数控程序的编制。数控切割设备与普通手用及半自动切割设备在加工零件时的区别在于数控切割设备是按照程序自动加工零件，而普通手用及半自动切割设备是需要由人来操作，我们只要改变控制机床动作的程序就可以达到加工不同零件的目的。因此，数控切割设备特别适用于加工小批量且形状复杂要求精度高的零件。

4. 火焰数控切割质量分析

切割精度是指被切割完的工件几何尺寸与其图样尺寸对比的误差关系，切割质量是指工件切割断面的表面粗糙度、切口上边缘的熔化塌边程度、切口下边缘是否有挂渣和割缝宽度的均匀性等。

(1) 影响钢板火焰切割质量的三个基本要素（气体、切割速度、割嘴高度）

1) 气体。

① 氧气。氧气是可燃气体燃烧时所必需的，以便为达到钢材的点燃温度提供所需的能量；另外，氧气是钢材被预热达到燃点后进行燃烧所必需的。切割钢材所用氧气必须要有较高的纯度，一般要求在 99.5%（体积分数）以上，一些工业发达国家的工业标准要求氧气纯度在 99.7%（体积分数）以上。氧气纯度每降低 0.5%（体积分数），钢板的切割速度就要降低 10% 左右。如果氧气纯度降低 0.8%~1%（体积分数），不仅切割速度下降 15%~20%，同时，割缝也随之变宽，切口下端挂渣多并且清理困难，切割断面质量亦明显劣变，气体消耗量也随着增加。显然，这就降低了生产效率和切割质量，生产成本也就明显地增加了，如图 3-34 所示。采用液氧切割，虽然一次性投资大，但从长远看，其综合经济指标比想象的要好得多。

气体压力的稳定性对工件的切割质量也是至关重要的。波动的氧气压力将使切割断面质量明显劣变。气体压力是根据所使用的割嘴类型、切割的钢板厚度而调整的。切割时如果采用了超出规定数值的氧气压力，并不能提高切割速度，反而使切割断面质量下降，挂渣难清，增加了切割后的加工时间和费用。

表 3-8 是国内常用的 GK1 系列快速割嘴（即采用拉伐尔喷管结构的割嘴）

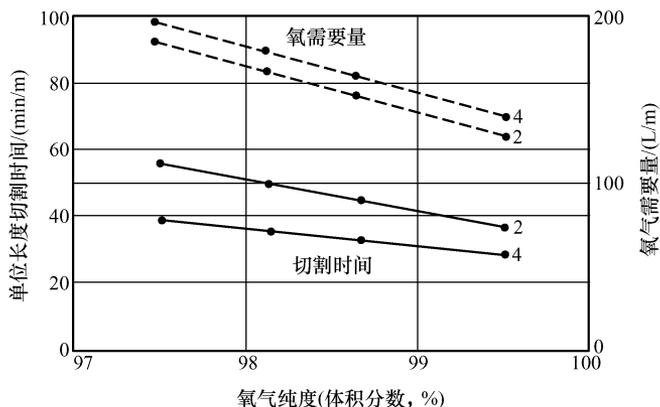


图 3-34 在相同的氧气压力下, 氧气纯度对切割时间和氧气消耗量的影响

的使用参数 (厂家可能随时对参数进行修改, 应以割嘴所附说明书为准, 此表仅供参考)。

表 3-8 GK1 系列快速割嘴的使用参数

板厚/mm	割嘴号	割缝半径/mm	预热时间/s	切割速度/(mm/min)
5 ~ 10	1#	1.0	10 ~ 13	500 ~ 700
10 ~ 20	2#	1.2	12 ~ 15	380 ~ 600
20 ~ 40	3#	1.4	14 ~ 17	350 ~ 500
40 ~ 60	4#	1.7	16 ~ 19	300 ~ 420
60 ~ 100	5#	2.0	18 ~ 25	200 ~ 320
100 ~ 150	6#	2.3	24 ~ 32	140 ~ 260
150 ~ 180	7#	2.5	31 ~ 40	130 ~ 180

注: 此表使用条件,

1) 切割氧压力均为 0.7 ~ 0.8MPa, 乙炔压力 > 0.294MPa, 预热氧压力约为 0.3 ~ 0.4MPa。

2) 氧气纯度 > 99.5% (体积分数)。

② 可燃性气体。火焰切割中, 常用的可燃性气体有乙炔、煤气、天然气、丙烷等, 国外有些厂家还使用 MAPP, 即“甲烷 + 乙烷 + 丙烷”。

一般来说, 燃烧速度快、燃烧热值高的气体适用于薄板切割; 燃烧热值低、燃烧速度缓慢的可燃性气体更适用于厚板切割, 尤其是厚度在 200mm 以上的钢板, 若采用煤气或天然气进行切割, 将会得到理想的切割质量, 只是切割速度



会稍微降低一些。

相比较而言，乙炔比天然气价格要贵得多，但由于资源问题，在实际生产中，一般多采用乙炔气体，只是在切割大厚板同时又要求较高的切割质量以及资源充足时，才考虑使用天然气。

通过调整氧气和乙炔的比例可以得到三种切割火焰：中性焰（即正常焰）、氧化焰、还原（碳化）焰，如图 3-35 所示。

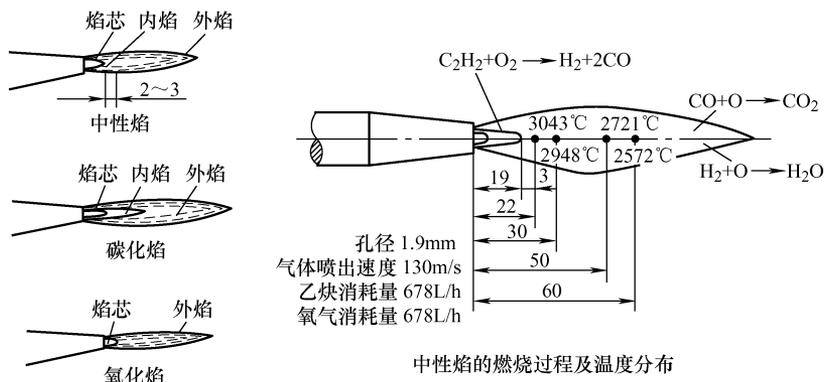


图 3-35 火焰类型

中性焰的特征是在其还原区没有自由氧和活性碳，有三个明显的区域，焰芯有鲜明的轮廓（接近于圆柱形）。焰芯的成分是乙炔和氧气，其末端呈均匀的圆形和光亮的外壳。外壳由赤热的碳质点组成。焰芯的温度达 1000°C 。还原区处于焰芯之外，与焰芯的明显区别是它的亮度较暗。内焰由乙炔未完全燃烧的产物（一氧化碳和氢）组成，还原区的温度可达 3000°C 左右。外焰即完全燃烧区，位于还原区之外，它由二氧化碳和水蒸气、氮气组成，其温度在 $1200 \sim 2500^{\circ}\text{C}$ 之间变化。

氧化焰是在氧气过剩的情况下产生的，其焰芯呈圆锥形，长度明显地缩短，轮廓也不清楚，亮度是暗淡的；同样，内焰和外焰也缩短了，火焰呈紫蓝色，燃烧时伴有响声，响声大小与氧气的压力有关，氧化焰的温度高于中性焰。如果使用氧化焰进行切割，将会使切割质量明显地恶化。

碳化焰是在乙炔过剩的情况下产生的，其焰芯没有明显的轮廓，其焰芯的末端有绿色的边缘，按照这绿色的边缘来判断有过剩的乙炔；内焰异常的明亮，几乎和焰芯混为一体；外焰呈黄色。当乙炔过剩太多时，开始冒黑烟，这是因为在火焰中乙炔燃烧缺乏必需的氧气造成的。



预热火焰的能量大小与切割速度、切口质量关系相当密切。随着被切工件板厚的增大和切割速度的加快，火焰的能量也应随之增强，但又不能太强，尤其在割厚板时，金属燃烧产生的反应热增大，加强了对切割点前沿的预热能力。这时，过强的预热火焰将使切口上边缘严重熔化塌边。太弱的预热火焰，又会使钢板得不到足够的能量，逼使减低切割速度，甚至造成切割过程中断。所以说预热火焰的强弱与切割速度的关系是相互制约的。

一般来说，切割 200mm 以下的钢板使用中性焰可以获得较好的切割质量。在切割大厚度钢板时应使用还原焰预热切割，因为还原焰的火焰比较长，火焰的长度应至少是板厚的 1.2 倍以上。

2) 切割速度。钢板的切割速度是与钢材在氧气中的燃烧速度相对应的。在实际生产中，应根据所用割嘴的性能参数、气体种类及纯度、钢板材质及厚度来调整切割速度。切割速度直接影响到切割过程的稳定性和切割断面质量。如果想人为地调高切割速度来提高生产效率和用减慢切割速度来改善切割断面质量，那是办不到的，只能使切割断面质量变差。过快的切割速度会使切割断面出现凹陷和挂渣等质量缺陷，严重的有可能造成切割中断；过慢的切割速度会使切口上边缘熔化塌边、下边缘产生圆角、切割断面下半部分出现水冲状的深沟凹坑等。

通过观察熔渣从切口喷出的特点，可调整到合适的切割速度。在正常的火焰切割过程中，切割氧流相对垂直的割炬来说稍微偏后一个角度，其对应的偏移叫后拖量，如图 3-36 所示。速度过低时，没有后拖量，工件下面割口处的火花束向切割方向偏移。若提高割炬的运行速度，火花束就会向相反的方向偏移，当火花束与切割氧流平行时，就认为该切割速度正常。速度过高时，火花束明显后偏，如图 3-37 所示。

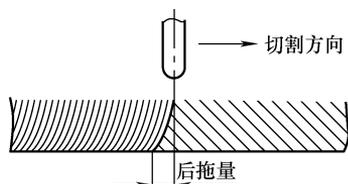


图 3-36 后拖量

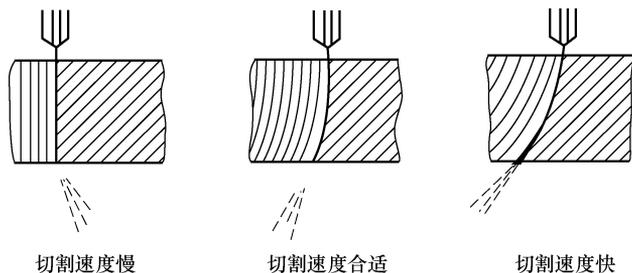


图 3-37 不同切割速度的后拖量



3) 割嘴与被切工件表面的高度。在钢板火焰切割过程中, 割嘴到被切工作表面的高度是决定切口质量和切割速度的主要因素之一。不同厚度的钢板, 使用不同参数的割嘴, 应调整相应的高度。为保证获得高质量的切口, 割嘴到被割工件表面的高度, 在整个切割过程中必须保持基本一致。

(2) 热变形的控制 在切割过程中, 由于对钢板的不均匀的加热和冷却, 材料内部应力的作用将使被切割的工件发生不同程度的弯曲或移位——即热变形, 具体表现是形状扭曲和切割尺寸偏差。由于材料内部应力不可能平衡和完全消除, 所以只能采取一些措施来设法减少热变形。

(3) 钢板表面预处理 钢板从钢铁厂经过一系列的中间环节到达切割车间, 在这段时间里, 钢板表面难免产生一层氧化皮。再者, 钢板在轧制过程中也产生一层氧化皮附着在钢板表面。这些氧化皮熔点高, 不容易燃烧和熔化, 增加了预热时间, 降低了切割速度; 同时经过加热, 氧化皮四处飞溅, 极易对割嘴造成堵塞, 降低割嘴的使用寿命。所以, 在切割前, 很有必要对钢板表面进行除锈预处理。

常用的方法是抛丸除锈, 之后喷漆防锈。即将细小钢丸用喷丸机喷向钢板表面, 靠钢丸对钢板的冲击力除去氧化皮, 再喷上阻燃、导电性好的防锈漆。

钢板切割之前的除锈喷漆预处理已成为金属结构生产中一个不可缺少的环节。

(4) 数控火焰切割质量缺陷与原因分析 在实际生产过程中, 经常会产生这样或那样的质量问题, 一般有以下几种缺陷: 边缘缺陷, 切割断面缺陷, 挂渣、裂纹等。而造成质量事故的原因很多, 如果氧气纯度保证正常, 设备运行正常, 那么造成火焰切割质量缺陷的原因主要表现在以下几个方面: 割炬、割嘴、钢材本身质量、钢板材质。

1) 上边缘切割质量缺陷。这是由于熔化而造成的质量缺陷。

① 上边缘塌边。现象: 边缘熔化过快, 造成圆角塌边。原因:

a. 切割速度太慢, 预热火焰太强。

b. 割嘴与工件之间的距离太大或太小, 使用的割嘴号太大, 火焰中的氧气过剩。

② 水滴状熔豆串, 如图 3-38 所示。现象: 在切割的上边缘形成一串水滴状的熔豆。原因:

a. 钢板表面锈蚀或有氧化皮。

b. 割嘴与钢板之间的距离太小, 预热火焰太强。

c. 割嘴与钢板之间的距离太大。



③ 上边缘塌边并呈现房檐状，如图 3-39 所示。现象：在切口上边缘，形成房檐状的凸出塌边。原因：

- a. 预热火焰太强。
- b. 割嘴与钢板之间的距离太低。
- c. 切割速度太慢；割嘴与工件之间的距离太大，使用的割嘴偏大，预热火焰中氧气过剩。

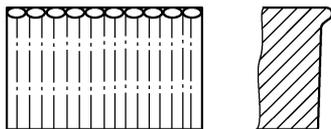


图 3-38 水滴状熔豆串



图 3-39 上边缘塌边并呈现房檐状

④ 切割断面的上边缘有挂渣，如图 3-40 所示。现象：切口上边缘凹陷并有挂渣。原因：

- a. 割嘴与工件之间的距离太大，切割氧压力太高。
 - b. 预热火焰太强。
- 2) 切割断面凹凸不平（即平面度差）。切割断面上边缘下方，有凹形缺陷，如图 3-41 所示。现象：在接受切割断面上边缘处有凹陷，同时上边缘有不同程度的熔化塌边。原因：

- a. 切割氧压力太高。
- b. 割嘴与工件之间的距离太大；割嘴有杂物堵塞，使风线受到干扰变形。

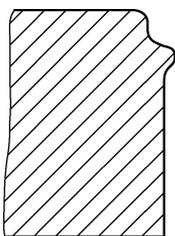


图 3-40 切割断面的上边缘有挂渣

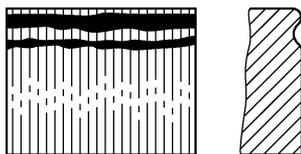


图 3-41 切割断面上边缘下方，有凹形缺陷

3) 割缝从上向下收缩，如图 3-42 所示。

① 现象：割缝上宽下窄。原因：切割速度太快；割嘴与工件之间的距离太大，割嘴有杂物堵塞，使风线受到干扰变形。

② 现象：割缝上窄下宽，成喇叭状，如图 3-43 所示。原因：



- a. 切割速度太快，切割氧压力太高。
- b. 割嘴偏大，使切割氧流量太大。
- c. 割嘴与工件之间的距离太大。

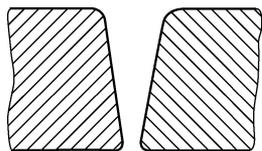


图 3-42 割缝从上向下收缩

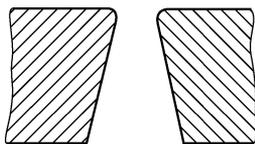


图 3-43 割缝上窄下宽

③ 切割断面凹陷，如图 3-44 所示。现象：在整个切割断面上，尤其中间部位有凹陷。原因：

- a. 切割速度太快。
- b. 使用的割嘴太小，切割压力太低，割嘴堵塞或损坏。
- c. 切割氧压力过高，风线受阻变坏。

④ 切割断面呈现出大的波纹形状，如图 3-45 所示。现象：切割断面凸凹不平，呈现较大的波纹形状。原因：

- a. 切割速度太快。
- b. 切割氧压力太低，割嘴堵塞或损坏，使风线变坏。
- c. 使用的割嘴太大。

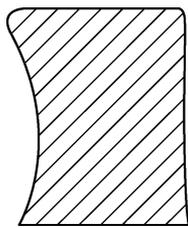


图 3-44 切割断面凹陷

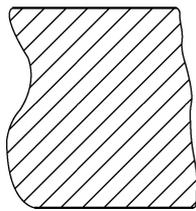


图 3-45 切割断面呈现出大的波纹形状

⑤ 切口垂直方向的角度偏差，如图 3-46 所示。现象：切口不垂直，出现斜角。原因：

- a. 割炬与工件表面不垂直。
- b. 风线不正。

⑥ 切口下边缘成圆角，如图 3-47 所示。现象：切口下边缘有不同程度的熔化，成圆角状。原因：



- a. 割嘴堵塞或者损坏, 使风线变坏。
- b. 切割速度太快, 切割氧压力太高。

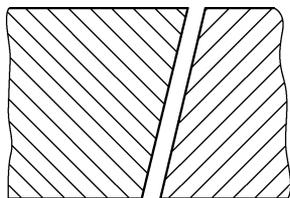


图 3-46 切口垂直方向的角度偏差

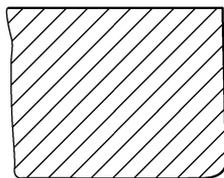


图 3-47 切口下边缘成圆角

⑦ 切口下部凹陷且下边缘成圆角, 如图 3-48 所示。现象: 接近下边缘处凹陷并且下边缘熔化成圆角。原因: 切割速度太快, 割嘴堵塞或者损坏, 风线受阻变坏。

4) 切割断面的粗糙度缺陷。切割断面的表面粗糙度直接影响后续工序的加工质量, 切断面的表面粗糙度与割纹的超前量及其深度有关。

① 切割断面后拖量过大, 如图 3-49 所示。现象: 切割断面割纹向后偏移很大, 同时随着偏移量的大小而出现不同程度的凹陷。原因:

- a. 切割速度太快。
- b. 使用的割嘴太小, 切割氧流量太小, 切割氧压力太低。
- c. 割嘴与工件的距离太大。

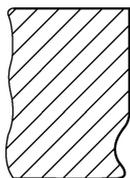
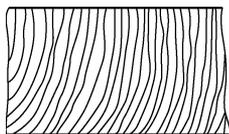
图 3-48 切口下部凹陷且
下边缘成圆角

图 3-49 切割断面后拖量过大

② 在切割断面上半部分, 出现割纹超前量, 如图 3-50 所示。现象: 在接近上边缘处, 形成一定程度的割纹超前量。原因:

- a. 割炬与切割方向不垂直, 割嘴堵塞或损坏。
- b. 风线受阻变坏。

现象: 在靠近切割断面下边缘处出现割纹超前量太大, 如图 3-51 所示。原因:

- a. 割嘴堵塞或损坏, 风线受阻变坏。



b. 割炬不垂直或割嘴有问题，使风线不正、倾斜。

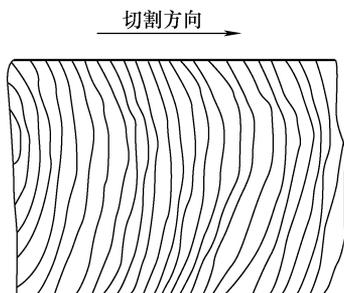


图 3-50 在切割断面上半部分，出现割纹超前量

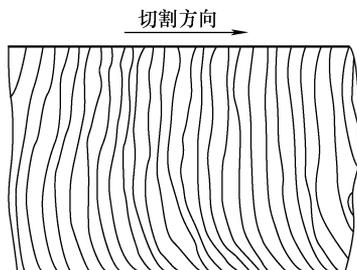


图 3-51 在靠近切割断面下边缘处出现割纹超前量太大

5) 挂渣。在切割断面上或下边缘产生难以清除的挂渣。

① 下边缘挂渣，如图 3-52 所示。现象：在切割断面的下边缘产生连续的挂渣。原因：

a. 切割速度太快或太慢，使用的割嘴太小，切割氧压力太低。

b. 预热火焰中燃气过剩，钢板表面有氧化皮锈蚀或不干净。

c. 割嘴与工件之间的距离太大，预热火焰太强。

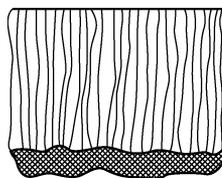


图 3-52 下边缘挂渣

② 切割断面上产生挂渣。现象：在切割断面上有挂渣，尤其在下半部分有挂渣。原因：合金含量太高。

6) 裂纹。现象：在切割断面上出现可见裂纹，或在切割断面附近的内部出现脉动裂纹，或只是在横断面上可见到裂纹。

原因：碳含量或合金含量太高，采用预热切割法时，工件预热温度不够，工件冷却时间太快，材料冷作硬化。

总之，数控等离子弧切割机是一种用于金属板材下料切割的机电一体化先进设备，已在造船、机械制造等行业获得了广泛的应用。可以切割各种形状复杂的工件，并具有切割速度快、效率高、切割面质量好、切割尺寸精确、工件热变形小等优点。切割的零件不需机械加工就可直接进行焊接和应用。但数控等离子弧切割机是用等离子弧进行切割，它与火焰切割相比，仍有一定的缺陷，主要体现在切割面的倾斜度较大，表面粗糙度没有火焰切割的好。影响数控等离子弧切割机切割质量的因素很多，除了切割机的设计参数外，还与操作控制、



切割工艺等有关。

评定数控等离子弧切割质量好坏的主要判据是：切割面的倾斜度、切缝的割纹深度、挂渣多少等。一个优质的切割面其倾斜度应在 30° 以下，割纹深度应在 0.15mm 以下，且挂渣少，容易清除。在电压、电流稳定的条件下，影响切割质量的因素除了切割工艺、切割方法、电极、喷嘴本身质量的好坏等多种因素外，主要还有两个方面的原因：一是割嘴高度与稳定；二是切割速度与工作气压的匹配。

◇◇◇ 第三节 下料技能训练实例

训练 剪切下料

一、剪切工件图（见图 3-53）

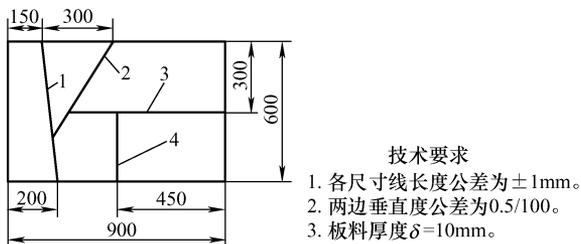


图 3-53 剪切工件图

二、剪切工艺特点分析

1) 工件有多条剪切线，在龙门式斜口剪床进行剪切时，其剪切顺序必须符合“每次剪切都能把板料分成两块”的原则。如图 3-53 所示工件的剪切顺序，可按剪切线序号进行剪切。

2) 因板料面积较大，剪切时不能一人操作，可安排三人配合作业。这时，应由本人指挥，使动作协调一致。

3) 本工件确定采用龙门式斜口剪床剪切。

4) 在龙门式斜口剪床上剪切工件，有多种工件对线定位方法，可灵活运用。

① 第一条剪切线，以直接目测对正法或灯影对正法剪切。



- ② 第二条剪切线，以角挡板对正法剪切。
- ③ 第三条剪切线，以后挡板对正法剪切。
- ④ 第四条剪切线，以前挡板对正法剪切。

三、剪切步骤与方法

1. 准备

根据剪切材料的性质、厚度，检查并调整剪刀的间隙。剪刀必须锋利，并应根据下料板厚调整好剪刀间隙，其值见表 3-9。

表 3-9 剪切参数的选择

钢板厚度/mm	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	20
剪刀间隙/mm	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8

2. 检查调整

检查调整好剪刀间隙后，开动空车运转，确认设备工作状态良好，方可上料。上料前，应将板料表面清理干净，并检查剪切线是否清晰无误。

3. 剪切线 1

将板料置于剪床床面上，推入剪口，目测剪切线两端，使其对正下剪刀刃口（见图 3-54）。然后，操作者双手撤离剪口至压料板之外，按下或用脚踩下开关，剪断板料。另外，也可利用灯影线进行对线，即在上、下剪刀的正上方，设置两个光源，利用灯光在板面上形成明暗分界线，调整钢板，使划线恰好与明、暗分界线重合，即表示刃口与剪切线对齐（见图 3-55）。

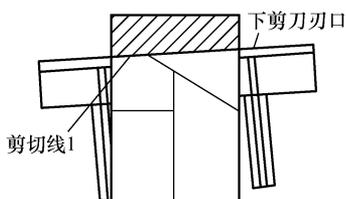


图 3-54 直接目测对正剪切

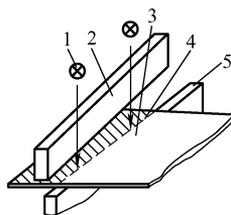


图 3-55 利用灯影线对正剪切线

- 1—光源 2—上剪刀 3—钢板
- 4—灯影线 5—下剪刀

4. 剪切线 2

调整、固定好角定位挡板，并以挡板为定位基准，将板料在剪床上放好，沿剪切线 2 剪断板料（见图 3-56）。



5. 剪切线 3

以后挡板定位剪切线 3 时, 后挡板的位置可通过以下两种方法确定:

1) 钢直尺直接测量使上下剪刀口至后挡板面的距离, 等于欲剪下部分板料的宽度尺寸。后挡板固定后要复检, 以确保定位准确。

2) 样板定位法把与欲剪材料等宽的样板置于下剪刀刃口与后挡板之间, 以确定后挡板位置。后挡板位置确定后, 即可以其定位, 剪断剪切线 3 (见图 3-57)。

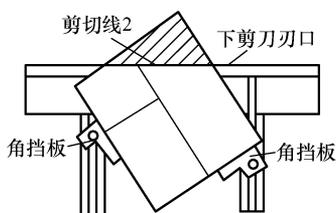


图 3-56 角挡板定位剪切

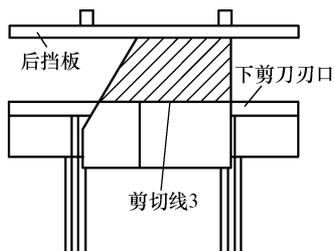


图 3-57 后挡板定位剪切

6. 剪切线 4

以前挡板定位剪切线 4 时, 确定前挡板位置的方法与确定后挡板位置的方法相同。前挡板定位剪切的情形如图 3-58 所示。

四、质量检查

1) 测量剪切工件各部分尺寸, 应符合图样要求。

2) 检查板料剪断面质量。

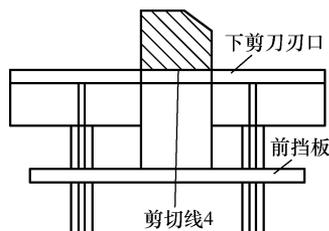


图 3-58 前挡板定位剪切

五、安全与注意事项

1) 开动剪床前, 对剪床各部分要认真检查, 并加注润滑油。启动开关后, 应检查操纵装置及剪床运转状态是否良好, 确认正常后, 方可使用。

2) 剪切作业中, 精力要集中。多人操作时, 剪切开关要由专人操纵, 严禁把手伸入剪口。

3) 不得剪切过硬或经淬火的材料。

4) 剪切前, 应清理一切妨碍工作的杂物。剪床床面上不得摆放工具、量具及其他物品。工作完成后, 剪切工件要摆放整齐, 并清理好工作现场。



复习思考题

1. 影响剪切性能的基本参数有哪些？
2. 简述冲裁模的分类。
3. 简述冲裁件常见的缺陷及产生原因。
4. 数控切割的特点有哪些？
5. 影响钢板火焰切割质量的基本要素是什么？

第四章

成 形



培训学习目标 能使用通用或专用机械设备进行冷、热成形；能根据成形要求和设备设计制造弯曲成形模具；能根据图样要求制作成形样板；能测量、检查弯曲件成形质量；能针对成形缺陷进行工艺分析并采取相应措施。

第一节 机械成形

一、滚弯卷板机辅助机具的设计制造方法

通过旋转辊轴使毛料（钢板等）弯曲成形的叫卷板，又称滚弯。

1. 卷板机的类型

卷板所用卷板机的种类较多，根据卷板机结构和原理，其分类见表 4-1。

表 4-1 卷板机的分类

分类方法	卷板机形式与类别	
按辊筒位置	立式	
	卧式	
按上辊受力形式	闭式（上辊有中部托辊）	
	开式（上辊无中部托辊）	有反压装置
		无反压装置
按辊筒数目及分布形式	四辊	
	三辊	对称式
		非对称式
按辊位调节方式	上调式	垂直上调式（机械或液压调节）
		横竖上调式（机械或液压调节）
	下调式	非对称下调式（机械或液压调节）
		对称下调式（含垂直下调式）（液压调节）
		水平下调式（液压调节）



卷板机的主要形式、特点及适用范围见表 4-2。

表 4-2 卷板机的主要形式、特点及适用范围

形 式	示 意 图	主 要 特 点	适 用 范 围 及 条 件
对称三辊		结构简单, 紧凑, 质量轻, 易于制造和维修, 投资小, 两侧辊可以做得很近, 成形较准确, 但剩余直边较大, 一般对称三辊卷板机减小剩余直边比较麻烦	(1) 配备预弯设备或用于不要求弯边的各种弯板成形 (2) 对于要求弯边的成形, 可用带弯边垫板的对称式弯板机
不对称三辊		剩余直边较小, 结构较简单, 但卷弯时坯料需调头卷弯, 操作不方便, 辊筒受力较大, 卷弯能力较小	卷弯厚度较薄、长度较短的筒节 (一般在 32mm × 3000mm 以下)
四辊		板料对中方便, 工艺通用性广, 可以矫正扭斜、错边等缺陷, 可以即位装配定位焊; 但辊筒多, 质量和体积大, 结构复杂, 上下辊夹持力使工件受氧化皮压伤严重, 两侧辊相距较远, 对称卷圆曲率不太准确, 操作技术不易掌握, 容易造成超负荷等误操作	重型工件卷弯及自动化水平和技术水平较高场合, 如自控或仿形弯板等
垂直下调式		结构简单、紧凑、剩余直边小。有时设计上辊可以轴向抽出, 上下料很方便; 但弯板时, 板料有倾斜动作, 对热弯及重型工件不安全, 长坯料必须先经初弯, 否则会碰地坪	冷弯中型或轻型工件
水平下调式		较四辊卷板机的结构紧凑, 操作简便, 剩余直边小, 坯料始终维持在同一水平上, 进料安全、方便, 上辊轴承间距较大、质量较大, 坯料对中不如四辊卷板机方便	特重型卷板机较理想的机型



(续)

形 式	示 意 图	主 要 特 点	适 用 范 围 及 条 件
横 竖 上 调 式		调节辊数少, 具有各种三辊机的优点, 而且剩余直边小, 但设计时结构不易处理	中型或重型卷板工件
立 式		消除了氧化皮压伤, 矩形板料可保证垂直进入辊筒间, 防止了扭斜。弯薄壁大直径、长条料等刚性较差的工件时, 没有因自重而下塌的现象, 样板测量较准确, 占地面积小; 但短工件只能在辊筒下部卷弯, 辊筒受力不均, 易成锥形, 工件下端面与支承面摩擦影响上下弯曲半径的均匀性, 卸料及工件放平较不方便, 非矩形坯料支持不稳定	表面精度要求高的工件或大直径薄筒、窄而长的板料等有自重下塌的工件的卷弯
闭 式		没有活动轴承机构, 结构较简单, 上辊加中间支承辊后可做得很细, 可卷弯直径较小的工件。上辊刚度好, 工件母线直线度好; 下辊行程大, 有足够位置装模具, 可做长折边机用。该卷板只能卷弯圆心角小于 180° 的弧形板	板宽 8m 以上非封闭弧形工件卷弯, 如船用、航空工业用卷板机

图 4-1 所示为机械调节对称三辊卷板机。它是一种常用的、能卷弯板料 $20\text{mm} \times 3000\text{mm}$ 以下的中、小型卷板机, 主要由上辊轴、下辊轴、机架和传动机构等四部分组成。卷板机的上、下辊轴用 50Mn 钢锻制而成, 具有较高的强度和硬度, 上辊轴的一端为可翻转的活动轴承支承, 用插销固定, 当工件成形后, 拔出插销再翻转活动轴承支承, 即可取出工件。

卷板机的传动是依靠一台电动机来实现下辊轴的转动和上辊轴的升降运动, 其传动系统如图 4-2 所示。电动机 15 通过齿轮 14 和 13 使减速机构的输入轴 I 转动, 又通过输入轴 I 上的齿轮 8, 使减速机构的输出轴 II 上的齿轮 17 和 21,

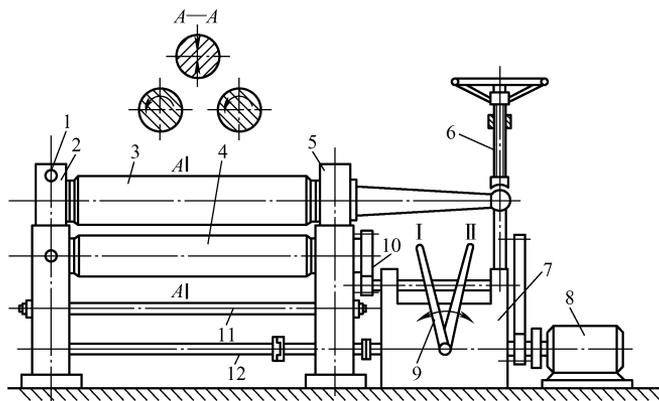


图 4-1 机械调节对称三辊卷板机

- 1—插销 2—活动轴承 3—上辊 4—下辊 5—固定轴承 6—卸料装置 7—减速器
8—电动机 9—操纵手柄 10—齿轮 11—拉杆 12—上辊压紧传动螺杆

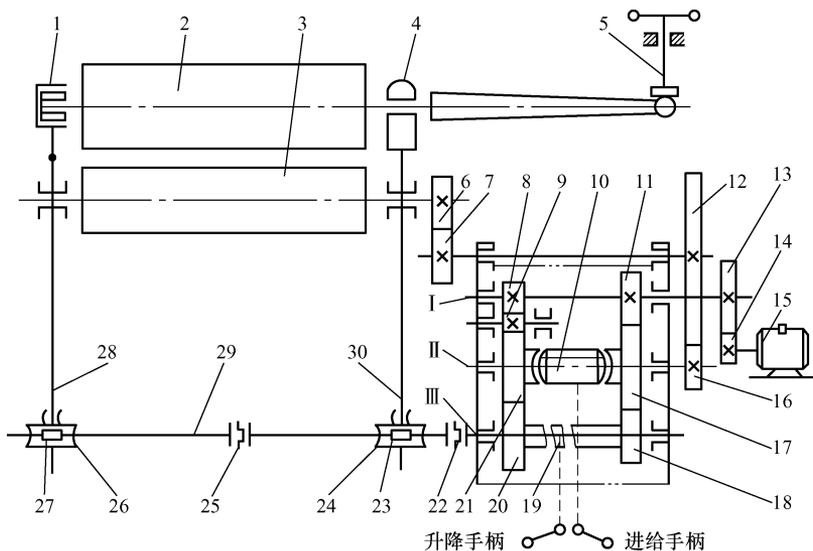


图 4-2 机械调节对称式三辊卷板机的传动系统

- 1—活动轴承座 2—上辊轴 3—下辊轴 4—固定轴承座 5—平衡丝杠
6、7、8、9、11、12、13、14、16、17、18、20、21—齿轮 10—摩擦式离合器 15—电动机
19—啮合式离合器 22、25—联轴器 23、27—蜗杆 24、26—蜗轮 28、30—升降丝杠 29—蜗杆轴

输出轴Ⅲ上的齿轮 18 和 20 做不同方向的旋转。这时由于离合器 10 和 19 均未闭合，所以减速箱的输出轴Ⅱ和Ⅲ都不会转动。当操纵升降手柄，可控制离合器



19 向齿轮 18 或 20 一侧闭合, 使输出轴 III 做正向或反向转动, 输出轴 III 又通过蜗杆 23、27 与蜗轮 24、26 及升降丝杠 28、30 使卷板机上的上辊轴 2 垂直升降, 以压弯板料。当操纵进给手柄控制离合器 10 向齿轮 17 或 21 一侧闭合, 可使输出轴 II 得到下向或反向的旋转, 而输出轴 II 又通过两级减速齿轮 16、12、7、6 带动卷板机的两根下辊轴 3 旋转, 从而使板料前后移动。

当卷弯锥形筒体时, 需要使上辊轴倾斜一定角度, 可将蜗杆轴 29 上的联轴器 25 脱开, 使输出轴 III 仅带动右侧的固定轴承座 4 升降, 而左侧活动轴承座 1 不动, 这样即可按卷弯锥体的斜度, 将上辊轴调整到相应的倾斜角度。

4/70 × 8000 型四辊卷板机为用于卷弯厚板的大型四辊卷板设备, 其传动系统如图 4-3 所示。卷板机的上辊轴 2 由功率为 180W 的电动机经主传动装置 7 及一对下齿轮 (主传动装置) 11 带动, 通过控制离合器可变换四种速比, 以获得四种卷弯速度。

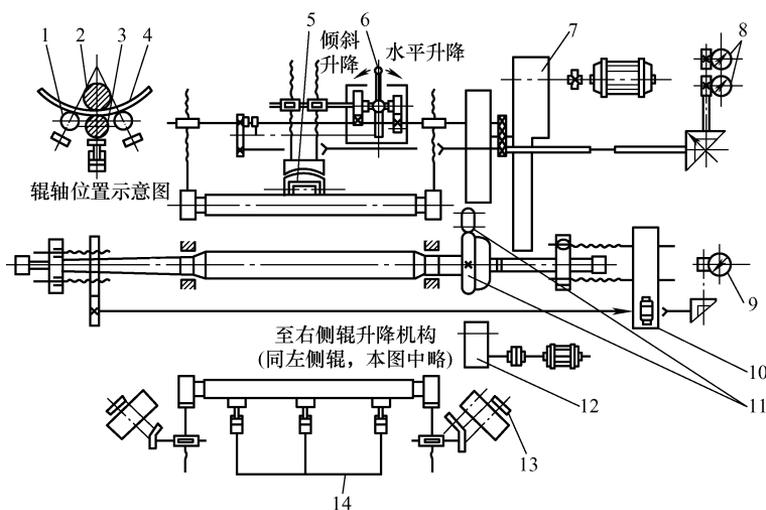


图 4-3 4/70 × 8000 型四辊卷板机传动系统

- 1—左侧辊轴 2—上辊轴 3—下辊轴 4—右侧辊轴 5—侧辊托 6—右侧辊倾斜调节手柄
7—主传动装置 8—侧辊指示器 9—反压力指示器 10—反压力调节机构 11—主传动齿轮
12—侧辊调节变速箱 13—下辊位置初调手轮 14—上顶力液压系统

左侧辊轴 1 和右侧轴辊 4 可沿 $36^{\circ}52'$ 的斜轨面移动升降, 按卷弯工件的直径调整其位置。侧辊轴的升降由功率为 80kW 的电动机经侧辊调节变速箱 12 和一对蜗轮、蜗杆传至螺母、螺杆等带动。两个侧辊由牙嵌式轴节控制, 可以同时上升和下降, 也可以单独动作。



上辊轴是做成抛物线形的，中部直径略微粗些，两端设有反压力机构。根据坯料的厚度和宽度调整反压力的大小，使卷弯后的工件直径在全长范围内相同。反压力机构由液压缸（压力为 5MPa）经丝杠机构加压于上辊轴的两端。反压力的大小，由反压力调节机构 10 来实现，其数值由反压力指示器 9 指示。

下辊轴 3 的上下运动，有手动和液压两套机构。预弯直边时的液压压力为 10MPa，卷弯时的压力为 5MPa。

为了便于卸下卷弯后的工件，后机架的上辊轴后仰轴承可打开和翻倒，并由液压缸支起上辊轴。

4/70 × 8000 型四辊卷板机的主要技术参数见表 4-3。

表 4-3 4/70 × 8000 型四辊卷板机的主要技术参数

项 目		技 术 参 数	项 目		技 术 参 数
最大卷弯厚度	热卷弯/mm	70	上辊直径/mm	780	
	冷卷弯/mm	40	侧辊直径/mm	590	
最小卷弯直径	热卷弯/mm	920	下辊直径/mm	690	
	冷卷弯/mm	1000	侧辊最大倾斜角 (°)	3	
最大卷弯宽度/mm		8000	工作缸液压/MPa	5, 10	
钢板最大屈服强度/MPa		280	主传动电动机/kW	180	
卷弯线速度/(m/s)		5, 6, 9, 10.5, 17.5	反压力用电动机/kW	11	
侧辊移动速度/(m/s)		0.24	侧辊升降用电动机/kW	80	
下辊移动速度/(m/s)		0.6	外形尺寸/mm	19840 × 7600 × 5080	
反压力/kN		200 ~ 1800	设备质量/kg	437000	

2. 卷板机辅助机具的设计制造

卷板机主要是对板料进行卷弯的机械设备，如果在辊轴制作一些简单的胎具，就可扩大卷板机的使用范围，弯曲一些尺寸较小的型钢或进行薄板折弯，以提高卷板机的利用率。

图 4-4a 所示为套于卷板辊轴上的套环，套环的内、外直径应根据不同卷板的辊轴直径而分两瓣制作，用螺钉连接成整体，以便于装卸，其结合面应留有间隙，这样旋紧螺钉可紧箍辊轴，防止卷弯时套环与辊轴相对滑动。套环的宽度应大于弯曲材料的宽度，套环应制作多个，以适用弯曲不同的型材，如图 4-4c 所示。对于圆钢和管子等材料，应制作相应截面的套环，以防卷弯时其截面变形，如图 4-4b 所示。

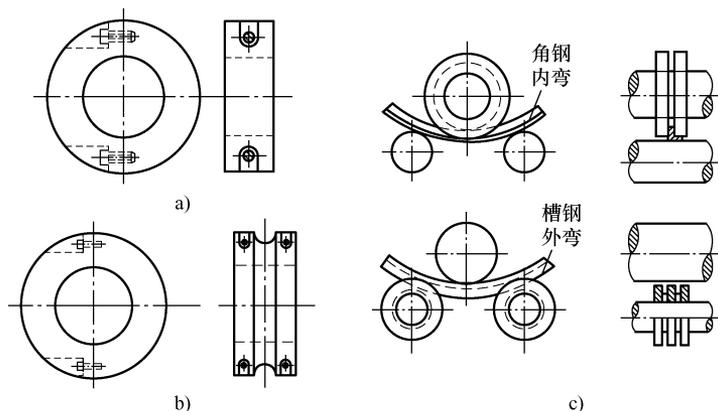


图 4-4 套环

a) 一般套环 b) 圆槽套环 c) 套环应用

如图 4-5 所示为安装在对称三辊卷机上用于薄板折弯的胎模具。凸模依靠环形夹固定于上辊轴上，下模固定于厚钢板，置于两下辊轴之上，用挡铁定位。折弯时，上辊下行，对板料加压进行折弯，由于其压力较小，所以只对长度不太长的薄板折弯。

模具安装时，先将上模固定于上辊轴，并调整使其与辊轴中心轴平行，然后将下模置于两下辊轴之上，让上模压下与下模配合良好，再移动挡铁，依靠下辊轴定位，并旋紧螺钉防止下模移位。

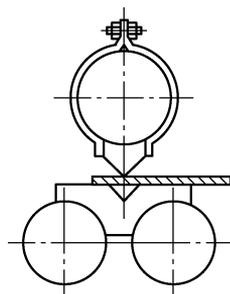


图 4-5 折弯胎模

二、压弯模的制作、安装与调整方法

利用模具对板料施加压力，使它弯曲成一定角度或一定形状的加工工艺称为压弯，压弯除自由压弯变形外，其他压弯成形基本上取决于模具的形状和尺寸，因而模具的优劣将直接影响到压弯的质量。

1. 压弯模

压弯模的结构形式很多，随弯曲件的形状、压弯数量和所用的压弯设备而定，一般采用单工序的简单压弯模。

(1) 单角压弯模 图 4-6a 所示为简单的单角压弯模的外形。压弯模工作部分的主要技术参数包括凹模、凸模的圆角半径，凹模的深度及模具的宽度等。

凸模的圆角半径 $R_{\text{凸}}$ 等于弯曲零件内壁的圆角半径，但不能小于材料的最小



弯曲半径，否则压弯件易出现弯裂现象。

凹模的圆角半径 $R_{凹}$ 板料的厚度而定， $R_{凹}$ 过小，压弯时所需的压弯力将增大，而且材料变形进入凹模时摩擦增加，表面易擦伤或出现裂痕，所以 $R_{凹}$ 不能小于 3mm；如果 $R_{凹}$ 过大，虽压弯时摩擦力、压弯力相应减小，但凹模的直边长度减小，压弯质量将下降。

凹模的深度由材料厚度和弯曲件边长而定，不能过小，否则材料两端的自由部分太多，压弯后回弹大而且不能平直；但也不能过大，否则会使模具的尺寸增大，压弯时还增加了凸模的工作行程。

单角压弯模的底部为防止氧化皮等杂质的堆积而影响压弯件质量，要留有空隙，一般在模具的底部开槽或制成较小半径的圆角。

(2) 双角压弯模 如图 4-6b 所示为双角压弯模，用于压制槽形工件，压弯时板料在凸模作用下两侧发生弯曲，并进入凹模成形。模具的主要技术参数包括凹模、凸模的圆角半径，凹模的深度，凸凹之间的间隙及模具的宽度等。

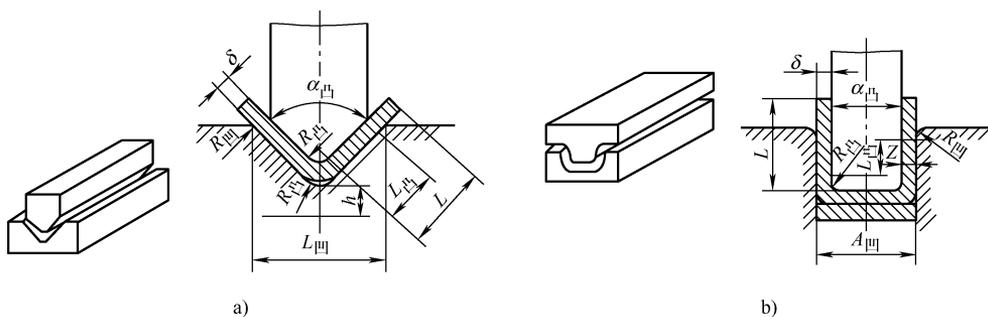


图 4-6 压弯模

a) 单角压弯模 b) 双角压弯模

凸模两侧的圆角半径 $R_{凸}$ 等于弯曲零件内壁的圆角半径，由于压弯时工件的圆角部分受到弯曲力矩和模具的摩擦拉应力的双重作用，外侧的拉应力很大，因而弯曲半径不能过小，更不能小于材料的最小弯曲半径，否则工件的外侧容易出现拉裂现象。

凹模的圆角半径 $R_{凹}$ 随板料的厚度而定，与单角压弯模的圆角半径 $R_{凹}$ 相比，双角压弯模可取得略大些，这样便于压弯时板料进入凹模，以减小摩擦力和压弯力，防止工件表面擦伤，提高压弯件的质量。

凹模的深度取决于压弯件的技术要求、弯边长度和材料的厚度，如果弯边长度不长或要求平直时，则凹模深度应大于零件的高度；如果弯边的长度较长，对平直度要求不高，通常模具深度取弯边长度的 $1/3 \sim 1/2$ 。



凸、凹模之间的间隙是压弯模的重要工艺参数，将直接影响到压弯件的形状、尺寸、表面质量等，如果间隙过大，虽然压弯力较小，但压弯后回弹量较大，将影响到压弯件的形状和尺寸；如果间隙过小，则压弯力和摩擦力增加，使材料变薄，表面质量下降。凸、凹模之间的单边间隙 Z 可通过下式计算：

$$Z = \delta + \Delta + c\delta$$

式中 Z ——凸、凹模的单边间隙 (mm)；

δ ——材料厚度 (mm)；

Δ ——材料厚度的上偏差 (mm)；

c ——间隙系数 (一般取 0.05 ~ 0.20)。

(3) 自由压弯模 自由压弯时，材料的弯曲半径主要取决于压弯力和下模的开口宽度，因而自由压弯模通常为一定范围内通用模具。如图 4-7 所示为自由压弯模的外形，该模具的上、下模均由圆钢和钢板构成，下模两圆钢的间距由板料的厚度和压弯半径而定。如果板料的厚度较厚，弯曲的半径较大，则下模两圆钢的间距应取得较大；反之，间距应小些。

2. 压弯模安装和调整

压弯模的结构形式较多，安装时应根据其不同结构特点，采用相应的安装方法。虽然模具的结构形式和安装方法有所不同，但其安装的步骤基本相似。

(1) 一般安装步骤

1) 根据压弯模的结构特点，找出其压力中心 (如果模具结构为对称分布，其压力中心在中心线上)，安装时尽可能让模具的压力中心与压力机滑块的中心重合，或让其偏离值最小。

2) 调整压力机的闭合高度，安装上模并固定，然后下移上模与下模闭合，并留出间隙，初步固定下模。

3) 进行试压，根据试压工件的形状、尺寸和表面质量等调整模具，最终使压弯件各项指标达到相关的技术要求。

(2) 单角压弯模的安装 除批量生产外，通常使用的单角压弯模一般无导向装置，安装时调整好压力机的闭合高度，根据对称原理找出上模的压力中心，使之对准压力机的滑块中心，并予以固定。而后放下上模与下模合模，用垫板留出间隙，防止上模顶撞或咬住下模而损坏模具，然后进行试压调整。通常，先留出较大的间隙，而后逐步调整、减小，直至压弯工件达到规定的技术要求。

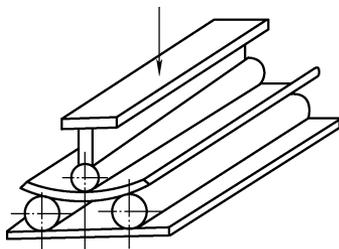


图 4-7 自由压弯模



(3) 双角压弯模的安装 对有导向机构的压弯模，由于上模和下模的位置全由导向机构决定，因而安装和调整比较简单，只需调整压力机的闭合高度，使之与模具的开闭行程相符。然后对准模具与压力机的压力中心，装上压模再进行试压，并予以调整。

对于无导向机构的模具，除调整压力机闭合高度、对准压力中心安装上模外，在安装下模时需用垫片衬出间隙再定位，然后进行试压。根据压弯件的形状和尺寸，调整上下模的间隙、合模行程、卸料、顶料、压边力等。其底部间隙调整与单角模具相似，也是先取较大值（材料厚度的1~1.2倍），然后再逐步减小，最终使整个压弯工件符合技术要求。

第二节 成形质量控制

一、手工成形质量分析方法及常见缺陷的防止方法

1. 手工成形质量分析方法

手工成形时，其成形质量的优劣往往是加工人员的操作技术水平的综合反映，它包括成形方法选取、手工工具的选用、锤击方式及操作员的熟练程度等多项因素。在对成形质量分析时，通常通过以下几个项目：

(1) 表面质量 手工成形时通常用锤子对材料施加外力使之成形的，锤子的使用方式和锤击力度的不当，均会在工件表面留下不良的痕迹，使工件的表面质量下降。例如，锤击的力度过小，材料不易成形，要使材料变形就要增加锤击次数，这样很容易使材料的表面硬化，给再变形带来了难度；力度过大，变形是明显了，但工件表面会留下明显的凹痕，如果变形过大还会引起局部的附加变形或截面变形，这样工件整体成形后，还需对其进行矫正。因此，手工成形时，要针对加工的工件选用适当质量、形状的锤子，如果工件表面质量要求较高，要选用型锤衬垫。

(2) 形状和尺寸 手工成形形状的正确与否，一般与锤击的方向、位置和顺序有关。手工成形时，通常在先变形区域划出锤击基准线。如折弯时划出折弯线，圆柱曲面弯曲时划出平行的区域线，圆锥曲面弯曲时划出放射形区域线等，以供锤击时作为方向基准，然后再接变形线锤击，使工件逐步变形。如果锤击偏离了所划定的弯曲方向，则工件成形后就达不到预定的要求，如圆柱曲面成形时，锤击方向与所划的平行线不重合或不平行，则工件就会歪斜，其接缝就无法对齐。



手工成形时,不同的工件成形顺序有所不同,通常以成形效果最好、不妨碍后面的成形为准。如封闭的圆筒工件,一般先将两边弯曲成形,待两边的弯曲半径达到要求时,再进行中间的弯曲成形,这样效果好、效率高;否则,已弯曲部分将妨碍锤击,使弯曲成形的难度加大。

常温下的手工冷成形由于材料的强度较高,塑性变形的抗力较大,相对塑性变形量较小,因而成形前后,相对材料的尺寸变化较小;当材料加热到高温进行热成形时,由于材料的塑性好,容易延伸,因而成形后材料的长度将增加,厚度减薄。

2. 常见缺陷及防止措施

手工成形的形式很多,有折弯、圆弧弯曲、放边、收边、拔缘、拱曲等。不同的工件,成形的方法和过程不同;操作者的技术水平不同,相应的成形质量也各不相同。表4-4为板料手工成形时常见的几种缺陷及防止措施。

二、空间多角度弯管的夹角、料长的计算方法及弯管工艺

目前,精密弯管件越来越被机械制造行业广泛采用。特别是空间形状复杂的弯管件,不仅对工艺设计提出了较高的要求,更重要的是对工艺设计中管件展开尺寸、弯曲中心角度、定位角度以及管件弯曲伸长量等有关参数的精确尺寸提出了较高的要求。采用作图法求作弯管的空间夹角和展开长度方法较简单,但精准度较差,而采用计算法就可大大提高精准度。

1. 空间多角度弯管的夹角计算

(1) 第一类型弯管空间夹角的计算 图4-8所示为空间弯管(中心线)的简图,若投影夹角1、2已知,求其空间夹角的计算步骤如下:

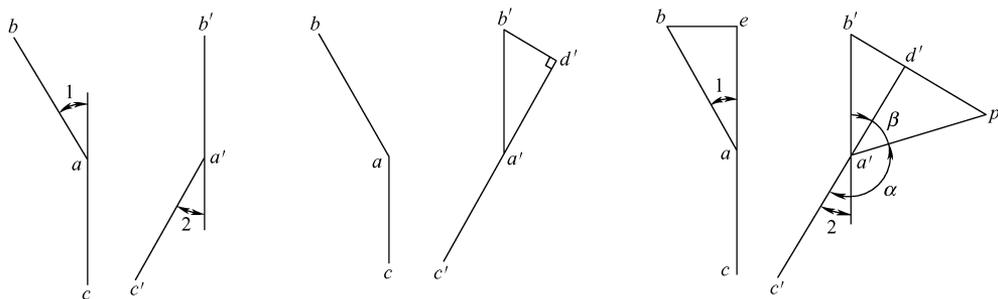


图4-8 空间弯管(第一类型)的简图

$$\cos \angle 1 = \frac{ae}{ab} = \frac{a'b'}{a'p}$$



表 4-4 常见板料手工成形的几种缺陷及防止措施

缺陷名称	简图	产生原因	防止措施
表面锤痕		<ol style="list-style-type: none"> 1) 锤击力度过大 2) 锤击时锤子与工件表面不垂直 3) 未用型锤衬垫 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 锤击力度要合适 2) 锤击时锤子与工件表面垂直 3) 对表面质量要求高的工件用型锤衬垫
旁弯		折弯线外侧锤击过多使纤维伸长而引起弯曲变形	折弯时锤击应均匀
歪斜		锤击线与弯曲基准线不平行	锤击线与弯曲基准线保持平行
局部凸起		<ol style="list-style-type: none"> 1) 锤击力度过大而引起局部凸起 2) 锤子与表面不垂直 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 锤子应与表面垂直, 锤击力度合适 2) 在整个弯曲线长度内的锤击力度应均匀
束腰		两端锤击过多而使纤维伸长, 造成两端直径变大	在整个弯曲线长度方向锤击的力度和密度应均匀
扭曲		放边时, 坯料与铁砧未平贴	锤击放边时, 坯料应平贴紧铁砧
边缘叠边		起皱波过高, 压缩变形时弯曲折叠造成叠边	收边时增加起皱波数量, 减小起皱波的高度
弯裂		<ol style="list-style-type: none"> 1) 表面质量太差 2) 冲剪边缘有毛刺等 3) 弯曲半径太小 4) 材料已发生冷作硬化 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 表面进行打磨等表面处理, 提高表面质量 2) 修整冲剪边缘毛刺 3) 适当加大弯曲半径 4) 材料硬化时, 应进行退火处理, 消除硬化
裂纹		<ol style="list-style-type: none"> 1) 打薄量超过材料的延伸率 2) 材料已发生冷作硬化 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 打薄量不能超过材料的延伸率 2) 材料硬化时, 应进行消除硬化的退火处理



$$a'b = a'p \cos \angle 1$$

在 $\triangle a'b'd'$ 中

$$\cos \angle 2 = \frac{a'd'}{a'b}$$

$$a'd' = a'b' \cos \angle 2 = a'p \cos \angle 1 \cos \angle 2$$

在 $\triangle a'pd'$ 中 $\cos \beta = \frac{a'd'}{a'p} = \frac{a'p \cos \angle 1 \cos \angle 2}{a'p} = \cos \angle 1 \cos \angle 2$

$\cos \angle 1$ 、 $\cos \angle 2$ 的值可由三角函数表查得； β 角大小可由 $\cos \beta$ 值通过查反三角函数表查得。对夹角 α 可按下式计算：

$$\alpha = 180^\circ - \beta$$

(2) 第二类型弯管空间夹角的计算 如图 4-9 所示为空间弯管的简图（属第二类型弯管），若已知投影夹角 $\angle 1$ 、 $\angle 2$ 、 $\angle 3$ ，则其空间夹角的计算步骤如下：

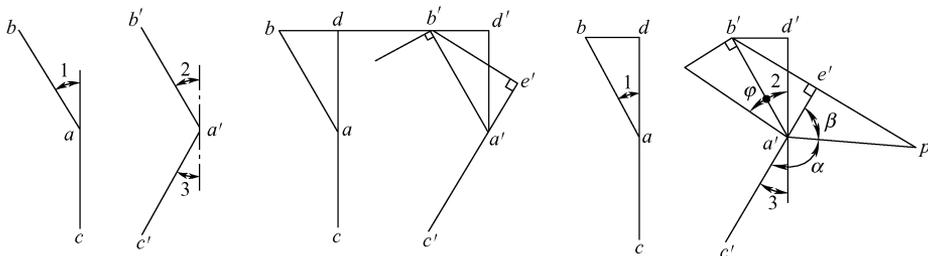


图 4-9 空间弯管（第二类型）的简图

在 $\triangle abd$ 中

$$\tan \angle 1 = \frac{bd}{ad}$$

$$ad = a'd', \quad bd = b'f'$$

$$\tan \angle 1 = \frac{b'f'}{a'd'}$$

在 $\triangle a'b'd'$ 中

$$\cos \angle 2 = \frac{a'd'}{a'b'}$$

在 $\triangle a'b'f'$ 中

$$\cos \phi = \frac{a'b'}{a'f'} = \frac{a'b'}{a'p}$$

$$\tan \phi = \frac{b'f'}{a'b'} = \frac{a'b' \tan \angle 1}{a'b'} = \tan \angle 1 \cos \angle 2$$

在 $\triangle a'e'p$ 中 $\cos \beta = \frac{a'e'}{a'p} = \frac{a'b' \cos(\angle 2 + \angle 3)}{a'p} = \cos \phi \cos(\angle 2 + \angle 3)$

空间夹角 α ：

$$\alpha = 180^\circ - \beta$$

2. 弯管工艺方法

空间弯管可采用手工弯管；也可采用机械弯管，对于数量较少的弯管一般



采用手工弯曲，而数量较多则用机械弯曲。机械弯管时，对于弯管的弯曲半径大于管子直径 1.5 倍，通常采用无芯弯管方法进行弯曲；而对管子直径较大且管壁较薄的管子则采用有芯弯管。

弯管形状的复杂程度不但取决于弯管的弯头数目，而且取决于弯头所在平面的数目，当所在平面数目越多则弯管越复杂，其弯管的难度也相应增加。空间弯管一般分段弯曲，其工艺步骤如下：

1) 计算空间弯管的料长和夹角，并计算各弯头所在平面与平面之间的夹角。

2) 根据各弯头的弯曲半径选取相应的弯曲模具。

3) 根据各弯头方向安排弯曲顺序，一般让已弯曲的弯头处于弯管机或弯曲平台的上方。

4) 按所选取的弯曲方法进行弯管。若选用手工弯管，则要进行灌砂、划弯曲区域线或加热区域线，管子进行加热，然后调整好待弯弯头与已弯弯头的夹角，再进行弯曲。如选取有芯弯管，则要选取弯管模和反变形滚轮（反变形槽）、划出弯曲区域线，上机调整好两弯头的夹角，用夹块夹紧管子进行弯曲。

管子弯好一个弯头后进行第二个弯头弯曲时，必须按两弯头所在的平面夹角进行定位，否则管子弯曲后无法达到技术要求。如图 4-10a 所示为手工弯管时的定位方法，定位时将管子 2 置于平台 1 上，将已弯管子的一端用起重钩吊起，使之与平台所成的夹角符合两弯头的夹角。为了检验管子定位的正确性，可用万能角度尺 4 与水平仪 5 等工具。检测时，将一平板 3 紧靠在倾斜的管子上，然

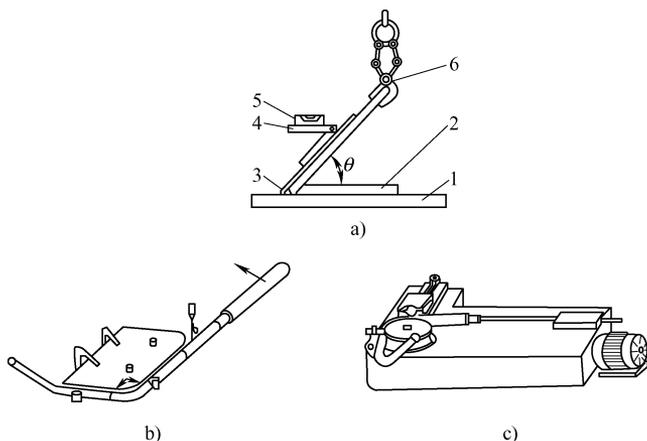


图 4-10 管子弯曲时的定位与弯曲

a) 管子定位 b) 手工弯管 c) 机械弯管

1—平台 2—管子 3—平板 4—万能角度尺 5—水平仪 6—吊钩



后将万能角度尺调至弯管要求的角度靠于平板上，改变管子的吊起程度，使万能角度尺上水平仪成水平位置，此时管子吊起的角度符合两弯头的夹角，即可定位进行弯曲。手工弯管和机械弯管如图 4-10b、c 所示。

三、弯管模主要参数的确定方法

近年来，无论工业还是民用均使用了大量的管件，弯管工艺应用越来越广泛，而为使管件保证足够的强度及较轻的重量，通常均由薄壁金属管制成。管件在弯曲时由于外侧受拉而变薄，内侧受压而增厚，使其截面发生畸变。为此必须有合适的弯管模具及其工艺参数。

弯管模具主要包括弯曲模、夹紧钳口、压料滑槽（随动模）和芯轴。

1. 弯曲模

弯管模具整体结构如图 4-11 所示，弯曲模如图 4-12 所示。

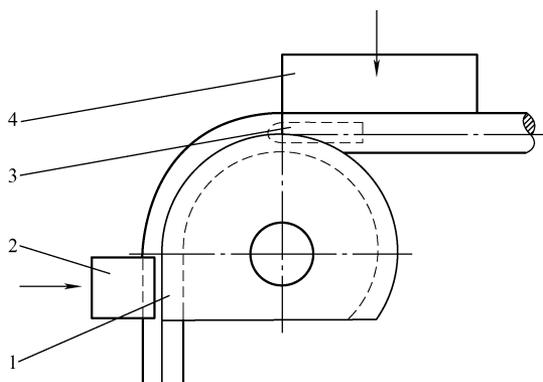


图 4-11 弯管模具结构示意图

1—弯曲模 2—夹紧钳口 3—芯轴 4—压料滑槽（随动模）

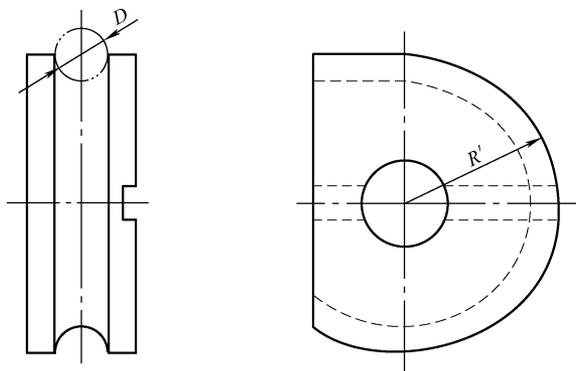


图 4-12 弯曲模



当所弯管件规格 (管件外径 D 、壁厚 δ 、弯曲半径 R 、屈服强度 σ_s 4 项简称四要素) 确定以后, 设计弯曲模时, 一般要考虑管材的回弹因素, 以确定模具的弯曲半径 R' :

$$R' = \frac{R}{1 + 2m \frac{\sigma_s}{E} R_x}$$

式中 R ——管件弯曲半径 (回弹后弯曲半径);

σ_s ——管件屈服强度 (N/mm^2);

E ——管件弹性模数 (N/mm^2);

R_x ——相对弯曲半径, $R_x = R/D$, D 为管件外径;

$m = K_1 + K_0/2R_x$, K_1 为管材截面形状系数, K_0 为钢材的相对强化系数。

通常, 为简便起见, 当 $R_x = 2 \sim 10$ 时, 还可按下列经验公式确定:

弯曲合金钢管时 $R_1 \approx 0.94R$; 弯曲碳钢管时 $R_1 \approx (0.96 \sim 0.98)R$; 当 $R_x \leq 1.5$ 时, 可不考虑回弹因素。

2. 夹紧钳口

夹紧钳口 (见图 4-13) 的设计主要取决于管件上相连的两个弯头的最小直线距离, 即夹紧钳口长度 L 的设计。 L 尺寸过小, 则不能夹紧管件, 弯曲时管件易打滑, 损伤外观, 影响弯曲角度。反之, L 尺寸过大, 当夹持管件时, 有可能将已成型的前一弯头夹扁, 这在弯管工艺中是不允许的, 所以, L 尺寸要选择合适的。通常, 可按经验公式确定该尺寸, 即 $L = (2 \sim 3)D$ 。

夹紧钳口夹持管件的松紧度一般由经验确定。夹持太紧, 管件外壁压痕, 夹持太松, 管件易打滑, 均影响弯管质量。一般经试弯管件后, 必须调整到最佳夹持状态。

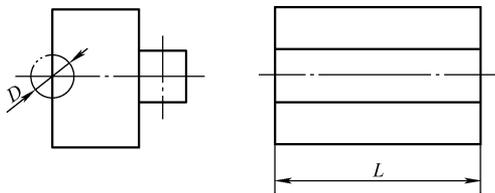


图 4-13 夹紧钳口

3. 压料滑槽 (随动模)

压料滑槽如图 4-14 所示, 在弯曲厚壁、大弯曲半径管件时, 常采用滚轮结构。该结构由于设计简单, 模具费用低而往往被采用。但它的弯管质量较差, 尤其在弯曲薄壁管件时, 容易出现内壁起皱, 上壁凹陷等弯管缺陷, 为改善这一状态, 一般要使用压料滑槽。

目前, 比较理想的结构是带随动液压缸的压料滑槽。根据所弯管件规格的不同, 随动模速度可自行调节, 比如, 随动模速度大于弯曲模速度; 随动模速

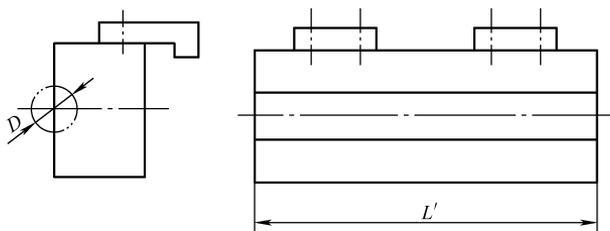


图 4-14 压料滑槽 (随动模)

度等于弯曲模速度；随动模速度小于弯曲模速度，直至能弯制出最理想的管件。

压料滑槽压紧力的大小一般由经验确定，该力过小，易引起管件内壁起皱，反之，该力过大，则管件外壁减薄明显，均影响弯管质量，一般经试弯管件后，必须将其调至适当状态。

压料滑槽的长度 L' 不易过大，尤其在数控弯管机中， L' 过长，会引起最后直段部分的送料不到位而使运行中的弯管机停机，在弯管工艺中是不允许的。通常情况下， L' 可接下列经验公式计算：

$$L' = \frac{2\pi R}{360^\circ} \alpha + 1.6D$$

式中 α ——所弯管件的最大弯曲角度。

4. 芯轴

有芯弯管应主要考虑芯轴的类型及工艺尺寸。

(1) 芯轴的类型 有芯弯管所采用的芯轴型式通常有圆头式、尖头式、勺形式、单向关节式、软轴式、万向关节式等。在弯管过程中，它们均起防扁、矫圆作用。当然，所选芯轴型式不一样，弯管质量也不尽相同。一般情况下，芯轴型式的选择要根据管件规格及所弯管件相邻两弯头之间的直线距离等条件决定，以求达到既满足弯管要求，又便于调整的目的。常用芯头型式如图 4-15 所示。

1) 圆头式：弯管质量没有明显要求时使用。其制造方便，费用低，防扁

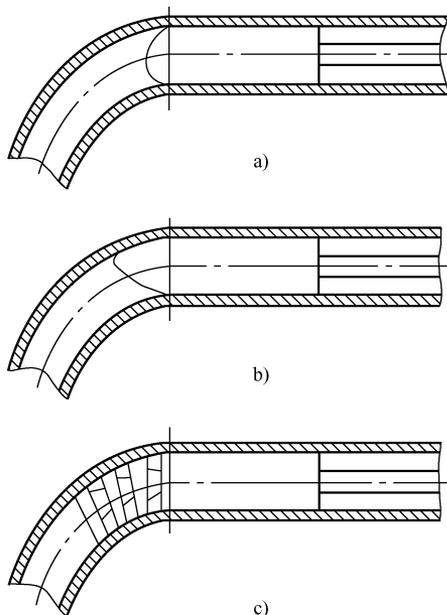


图 4-15 芯头型式

a) 圆头式 b) 尖头式 c) 万向关节式



效果差，如图 4-15a 所示。

2) 尖头式：能将芯轴向前伸进，以减小芯轴与管壁的间隙，防扁效果较好，且有一定的防皱作用，如图 4-15b 所示。

3) 万向关节式：弯管质量要求较高时使用。它可以深入管子内部，与管子一起弯曲，防扁效果最好。弯后随芯轴液压缸回位而抽出，可对管子进行矫圆，能在任意方向上进行弯曲，是目前最理想的模具之一，如图 4-15c 所示，但设计、制造难度大，费用高。

(2) 芯轴的工艺尺寸

1) 芯轴的直径 d 。当管件规格确定以后，芯轴的直径一般由经验确定，原则是应保证芯轴在管子内有一定的自由滑动间隙，该间隙一般为管子壁厚的 9%~12%，该间隙不能过大，过大会使内壁起皱、椭圆度大，反之，则会造成外壁减薄或断裂等缺陷。

2) 芯轴的超前量 e 。芯轴的超前量 e 直接影响弯管质量，应在弯管开始前经调试确定。一般的规律是，弯曲半径越小，超前量越小，反之，则越大，芯轴的超前量 e 可按下式确定：

$$e = \sqrt{2(R + d_0/2)x - x^2}$$

式中 d_0 ——管子内径；

x ——管子内壁与芯轴间的间隙， $x = d_0 - d$ 。

超前量确定后，一般经微调后即可进行弯管，并能保证弯管质量。

有芯弯管除应注意上述模具及工艺外，管件弯曲前必须对管内壁的氧化渣、锈蚀等杂物清除干净，使芯轴能顺利通过管内径。若所弯管件为电焊钢管，则要在芯轴上设计一道长槽，以便焊缝能顺利通过。弯曲时，尽可能使焊缝朝上，避开弯曲平面，以免管件破裂。同时，为保证弯管质量，正确的润滑是必不可少的，通常采用涂油润滑或喷油芯轴。

弯管质量与弯管模具的正确参数及其工艺选择有着密切的联系，严格控制这些参数及工艺措施，对弯管的质量和生产效率是重要保证。

四、压弯件的缺陷及防止措施

在压弯过程中由于多种因素的影响，会造成压弯件的弯裂、回弹、偏移、直边弯曲等缺陷，如图 4-16 所示。

1. 弯裂

弯裂与材料的力学性能、最小弯曲半径、材料的表面质量、切割表面质量及材料的纤维方向等诸多因素有关，为防止弯裂现象的出现，可采取以下措施：

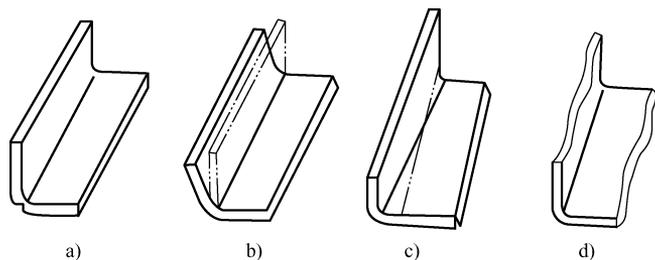


图 4-16 压弯件常见缺陷

a) 弯裂 b) 回弹 c) 偏移 d) 直边弯曲

- 1) 压弯件的弯曲半径应大于该材料的最小弯曲半径。
- 2) 对于弯曲半径较小的弯曲工件，应在退火后压弯，或采用热压弯工艺，以提高材料的塑性。
- 3) 提高切割断面质量或在切割后用砂轮打磨，以消除应力集中因素。
- 4) 放样排料时，应避免弯曲线与材料轧制纤维的方向一致。

2. 回弹

影响回弹的因素有材料的力学性能、压弯件的形状、弯曲角、相对弯曲半径、模具间隙等，减小压弯件回弹的方法有以下 3 种：

1) 修正模具的方法。通过修正模具的形状，让压弯件在成形时，增加其变形量，以抵消其回弹造成的变形。在单角模压弯时，将凸模的弯曲角由 α 减小至 α' ，减小了一个回弹角，如图 4-17a 所示；在双角压弯时，将凸模壁制成等于回弹角的斜度，如图 4-17b 所示，或将凸模的顶面做成圆弧曲面，利用曲面部分的回弹来补偿两直边的回弹，如图 4-17c 所示。

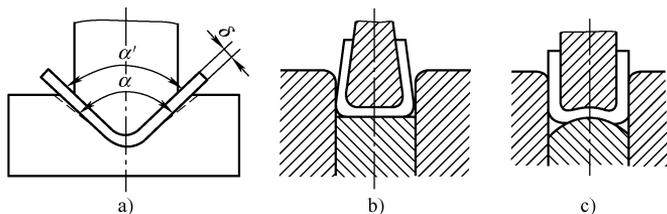


图 4-17 修正模具减小回弹

a) 减小弯曲角 b) 凸模斜壁 c) 凸模顶面圆弧形

2) 采用加压矫正法。在压弯终了时再增加较大的压力进行加压矫正，使圆角处材料处于受压向外延伸状态，从而减小回弹。为此将凸模做成如图 4-18 所示的形状，减少接触面积，以加大对弯曲部位的压力。



3) 用拉弯法减小回弹。在材料弯曲的同时施加拉应力,使断面上的压力区转变为拉力区,应力分布趋于均匀一致,从而显著地减少了材料的回弹量。增加拉应力的方法有多种,在弯制一般工件时,在影响表面质量较小的前提下,可采用减小凸模与凹模间隙的方法,或利用压边装置阻碍板料的自由流动,也可取得一定的拉弯效果,如图 4-19 所示。

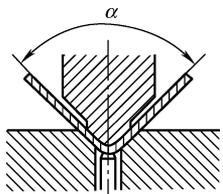


图 4-18 减小凸模接触面积

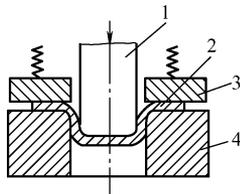


图 4-19 有压边装置的压弯

1—凸模 2—坯料 3—压边圈 4—凹模

3. 偏移

材料在弯曲过程中,沿凹模圆角滑动时会产生摩擦阻力,当两边的摩擦力不相等时,材料就会沿凹模左右滑动产生偏移,使弯曲工件不符合要求。

防止偏移的方法是采用压料装置或用孔定位,如图 4-20 所示。弯曲时模具中的压料装置将板料的一部分压紧,并随凸模一起下行,使板料逐步成形。压料装置应比凹模平面稍高一些,通常为 2~3mm。压料装置有压料板和压料杆等形式,为提高其摩擦力,在压料板、压料杆或凸模的表面制出齿纹、麻点或顶锥,以增加定位效果。

此外,还可以利用工件上的孔和销轴进行定位,然后进行弯曲成形,如图 4-20c 所示。

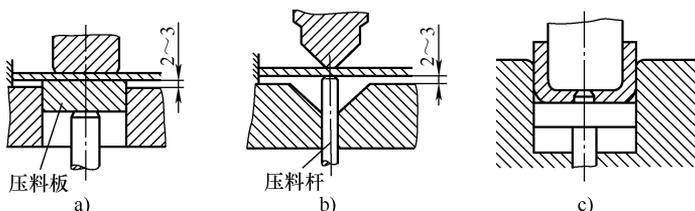


图 4-20 防止偏移的措施

a) 压料板 b) 压料杆 c) 孔定位

4. 直边弯曲不平

当弯曲工件的弯边长度较长,而凹模深度太小时,压弯后工件会发生弯边的不平,因此要适当加大凹模的深度。



复习思考题

1. 卷板机的主要形式有哪些?
2. 简述冲裁模的分类。
3. 简述压弯机的缺陷分析和防止措施。
4. 手工成形的常见缺陷有哪些?
5. 压弯件的缺陷有哪些?

第五章

装 配



培训学习目标 掌握工业厂房、廊架等复杂桁架、机架和拱顶罐、球罐等容器结构的装配方法；能根据装配技术要求制造工装夹具。

第一节 零、部件组合

产品是一个完整的总体，它是由一系列的零件构成的，零件是组成产品的基本单元。由若干个零件组合成一个独立的、比较完整的结构，称为部件。

对于大型复杂的产品，由于制造工艺、运输和安装等原因，在制造过程中，经常是将总体分成若干个部件，将各部件制作完成后，再进行产品的总体装配。这种作法称为“部件装配法”。在机械制造工业中，冷作金属结构件的制造普遍采用这种方法。

一、冷作结构部件装配法的特点

1) 划分组部后，可以进行平行分散作业，缩短了生产制造周期提高生产效率。对于批量生产的产品，有利于实现机械化和自动化生产，效果更为显著。

2) 划分组部后，部件体积相对较小、质量轻、制作相对容易一些。对工作场地的条件、设备和工艺装备的要求等也可降低。

3) 有利于提高产品质量。进行部件装配，便于对零件进行准确定位；便于采取反变形等减少焊接变形的措施。即使产生焊后变形，由于零部件小，矫正起来也容易一些。

4) 划分组部后，对一些相关工序有利。如机械加工小的零、部件比较容易。特别是焊接工序，因部件小容易翻转，可以将很多的立焊、仰焊变为平面焊；扩大了自动焊、半自动焊的应用；减少了高空作业的工作量等等。直接提



高了生产效率（用手工进行平焊、立焊、仰焊所花费工时的比例大致为 1:2:3）。

- 5) 方便运输。
- 6) 方便现场安装。

二、冷作结构部件划分的方法

多数产品各部分的作用和结构特点很明确，很容易划分组部。但也有些产品结构特殊，各部分没有明显的独立性，因此界线不明，难于划分。但终究能划分出合适的组部来。

划分部件时应从以下几点加以考虑：

- 1) 尽量使所划分的部件，都有一个比较规则的、完整的轮廓形状。
- 2) 部件与部件相连接处不宜太复杂，以便于装配时进行操作和校准尺寸。
- 3) 要充分考虑所划分组部的工艺性。
- 4) 分部件制作之后，能有效地保证总装配的质量，产品的总体结构要符合设计要求。

在生产实践中，部件装配法应用极广。例如，造船厂常把大的船体分为一定数量的平面分段和立体分段，先将它们分别建造好，然后进行总装。又如在制造通风机时，将机壳、叶轮、进风口、支架等划分为独立的部件，分别制作完后，再进行装配。即使一些界限不很明确的产品，也可以根据工艺方法的特点，将其划分成部件或组件。

总之，大型冷作结构件划分几个部件进行装配，要根据产品的复杂程度和实际情况来决定。

三、装配实例

1. 减速箱底座

图 5-1 所示为一大型机械的部件减速箱的底座图样，是典型的板材结构。从其总体结构的特点看，是属于外侧带有肋板的箱形梁结构，结构并不复杂。

现结合图样介绍减速箱底座的详细结构、装配方法及注意事项。

就零件的性质和用途划分，底座由四种零件构成：

1) 件 5、7、9、11 为箱形梁的腹板，也称减速箱底座的侧板，是该结构的主要承重支撑。通过主、俯视图可以很容易得到它们的形状、尺寸大小、相互间的交接关系以及具体位置等。

2) 件 2、4、10 为箱形梁的翼板，也称减速箱底座的盖板，其中 2、4 为上盖板，10 为下盖板。

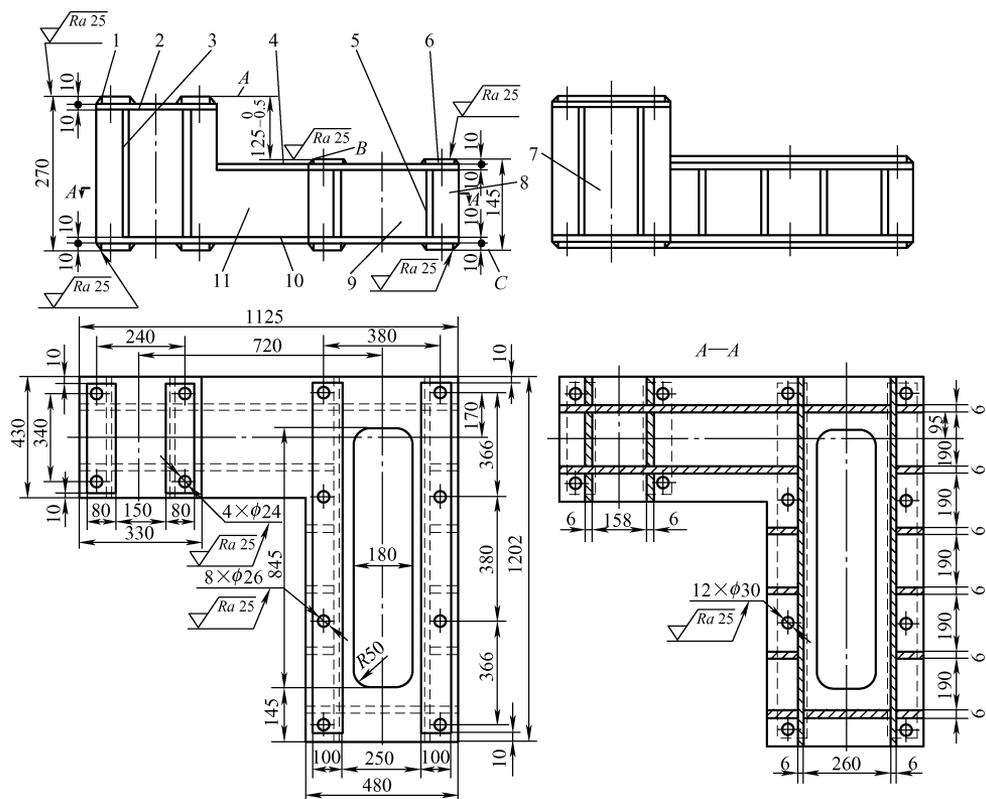


图 5-1 减速箱底座

1、6—垫板 2、4、10—翼板 3、8—肋板 5、7、9、11—腹板

在俯视图中真实地展示出了其形状和尺寸大小，在主视图中则展示出了其位置和其他件的交接关系。

3) 件 3、8 为箱形梁的肋板，是为了提高箱形梁的刚度而设。在主视图中展示出了其高度，在俯视图和 A—A 视图中展示出了其宽度和位置。

4) 件 1、6 为垫板，分别用于安装电动机和变速箱，上垫板分别开 $\phi 24\text{mm}$ 和 $\phi 26\text{mm}$ 的孔，下垫板则统一开 $\phi 30\text{mm}$ 的地脚孔。

在俯视图及 A—A 视图中可以看出垫板的形状、位置和尺寸大小及开孔情况。通过主视图看出，底座在装配完成后，需要进行切削加工，以保证安装精度。但加工部位仅限于垫板 1、6 上，加工后垫板的厚度为 10mm。所以，垫板在下料时应留有足够的加工余量。余量的大小应根据构件的大小来考虑，本结构单面余量取 4~8mm 即可。

用划线装配法进行变速箱底座的装配，其步骤如下：

1) 装配前，应将所有零件进行矫平和矫直，清理掉钢板特别是互相交接的



零件边缘的毛刺。

2) 根据构件的特点, 选择底板 8 为装配基准面, 将其平放在平台上。根据图样尺寸, 以中心线为基准划出所有侧板和肋板的位置线。

3) 检查无误后, 先装配侧板: 交替装配件 5、7 各两件, 再装配件 9 两件, 最后装配件 4 两件, 如图 5-2a 所示。操作时, 每装配一件, 都应以直角尺检验其与底板的垂直度, 符合要求后便可进行定位焊。

侧板装配后再用同样的方法程序装配所有的肋板件 3 和件 6, 如图 5-2a 所示。

4) 按要求对肋板 3、侧板 9 和 5 围内的焊缝进行焊接。焊后进行清理, 还要进行是否变形的检查, 需要的话, 还要进行矫正。

5) 进行盖板 2、10 的装配, 同时在盖板上划线装配垫板 1、11 (见图 5-2b、c)。

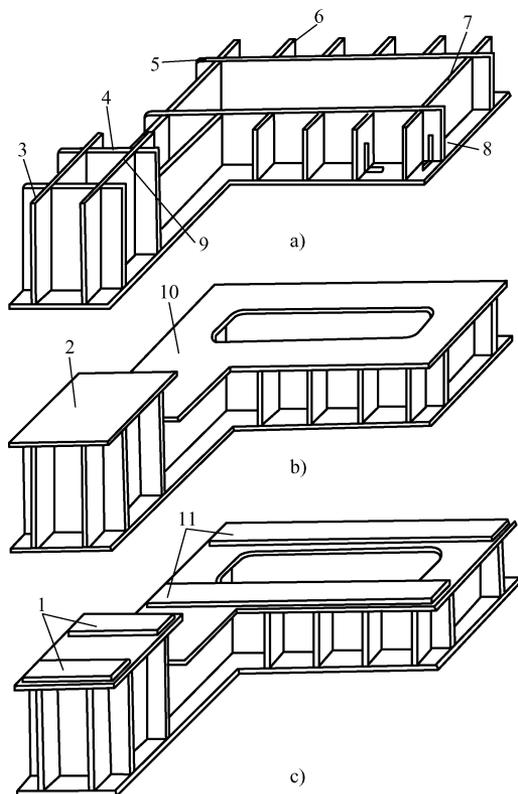


图 5-2 减速箱底座的装配顺序

1、11—垫板 2、10—盖板 3、6—肋板 4、5、7、9—侧板 8—底板

6) 翻转工件, 在底板上划线装配垫板 1、11。



至此，完成了变速箱底座的冷作装配。再次检查后便可交付焊接了。焊后按照工艺安排进行矫正、划线切削加工和划线钻孔。最终完成变速箱底座的制作。

2. 旋流器

图 5-3 所示为旋流器的冷作结构图。其主要结构为：圆柱筒加圆锥筒构成主体，筒体上部有带出水管的盖板，筒体侧部有与筒体相切的进水管，整个主体由二根角钢通过螺栓联接地脚板支撑。

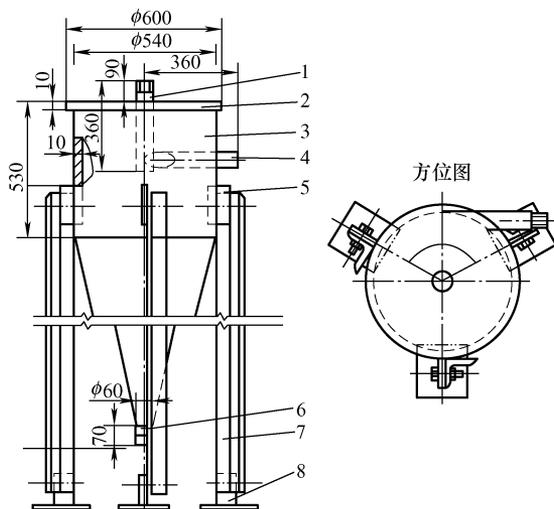


图 5-3 旋流器的冷作结构图

1—出水管 2—盖板 3—圆柱筒体 4—进水管 5—连接板 6—接管 7—角钢 8—地脚板

现结合图样介绍旋流器的详细结构、装配方法及注意事项。

(1) 组成 按零件的性质和用途划分，旋流器由以下零、部件构成：

1) 盖板。由出水管 1 和盖板 2 构成的一个组件。出水管外径 $\phi 60\text{mm}$ ，长度 $L = 360\text{mm}$ ；盖板厚度 $\delta = 10\text{mm}$ ，直径 $\phi 600\text{mm}$ 。之所以将盖板单独划为组件，是因为在制作圆筒和进水管的相贯件时，其焊缝需要进行焊后修磨处理的原因。

2) 圆柱筒体 3 和圆锥筒体构成旋流器的主体。圆柱筒体高度 530mm ，直径 $\phi 540\text{mm}$ ，厚度 $\delta = 10\text{mm}$ 。在相切位置插接进水管 4，圆锥筒体下端连接接管 6。

3) 支柱。由三根角钢 7、连接板 5 和地脚板 8 通过螺栓联接构成。连接板焊在圆柱筒体上，地脚板预埋在地基基础上。通过方位图看出，三个支柱在圆周上按 120° 均布。



(2) 旋流器的装配

1) 将出水管 1 和盖板 2 组装在一起, 两面焊好待用。组装时注意出水管与盖板的垂直度以及出水管伸出盖板上部的高度。

2) 组装圆柱筒体的进水管, 要保证进水管外皮与筒体的相切, 还要保证进水管的轴线与圆柱筒的轴线垂直, 如图 5-4 所示。

在这里需要注意的是, 为了不使圆柱筒体的纵焊缝在总装时与支柱的连接板 5 相碰, 在确定进水管位置时, 应同时确定三块连接板的位置。

进水管装好后即应进行焊接、清理和修磨, 需要矫形的还要进行矫形。

3) 组装圆锥筒体和接管。由于圆锥筒体的小口直径过小, 出于工艺需要, 圆锥管可用两节制成。组装时要注意锥筒的纵缝要错开, 对接环焊缝的错边量要符合要求。

4) 组装旋流器的主体圆柱管和圆锥管。可用立装环焊缝的方法: 将圆柱管扣放在平台上, 圆锥管扣在圆柱管上进行装配, 如图 5-5 所示。

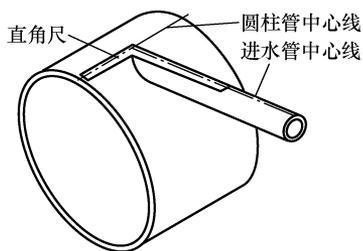


图 5-4 组装进水管

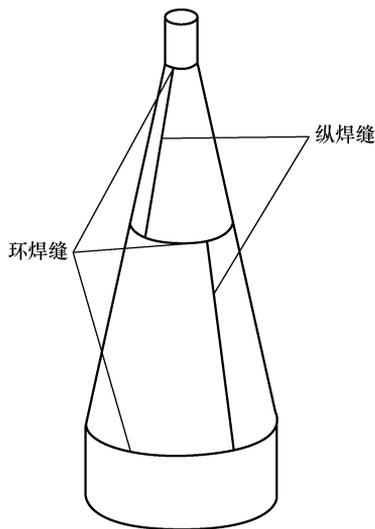


图 5-5 组装旋流器的主体

5) 组装上盖板, 在主体上划出连接板的位置并点焊上, 完成了旋流器的冷作装配。

其他各件角钢和地脚板可以单件的形式提供安装。

3. 单臂压力机机体

在冷作使用的冲压机械中, 大型液压机的机体大多采用厚钢板焊制的箱形结构。在压力机的使用条件下, 箱形结构具有质量轻、刚度好和恢复弹性好等



特点，是大型铸件不能相比的。在单臂开式压力机的机体结构中，全部采用的是这种结构。

单臂开式压力机的整体呈 C 形，上部安装液压缸，下部安装工作台。工作台多为带有 T 形槽的铸铁平台，用螺栓和销与机体下部相连。

图 5-6 为单臂压力机机体的装配顺序示意图。由于机体较高，重心也高，所以应先采用卧装的方法，零件定位容易稳定。待其成形后，再采用立装的方法，可以使装配工作的难度小一些。

1) 装配前，要对所有零件进行检查和清理，修磨好所有焊接坡口。

2) 将侧板 1 平放在平台上作卧装的装配基准。在其上分别划出顶板 2、面板 3、喉板 4、5 和后板 6 的位置线，并依次将其按线装配。要注意测量每块板相对基准侧板的垂直度和高度，无误后进行初步定位焊，构成一个槽形架（见图 5-6a）。

3) 将划好线的第二块侧板吊起，按线落放在槽形架上，进行第二块侧板的装配。装配过程中，要周边测量第二块侧板的高度，也即两块侧板的平行度。合格后进行槽形架与第二块侧板之间的定位连接。

4) 进行检查核对，无误后进行正式的定位焊连接。焊接量不宜过大，以免引起变形，以保证已装配完成的构件在吊起时不致散架变形为准。为安全起见，也可在一些关键位置加焊一些临时拉肋。

5) 将底板 10 平放在平台上作立装的装配基准。在其上划出两侧板 1、喉板 5、后板 6 以及支撑板 9、8 的位置线。翻转吊起已装好的机体部件，按线落放在基准底板上。周边测量垂直度，无误后可进行定位焊连接。同时可进行支撑板 9、8 和支撑肋板 7 的装配，如图 5-6b 所示。

至此，已完成压力机机架的冷作装配，转焊接工序进行整体焊接。

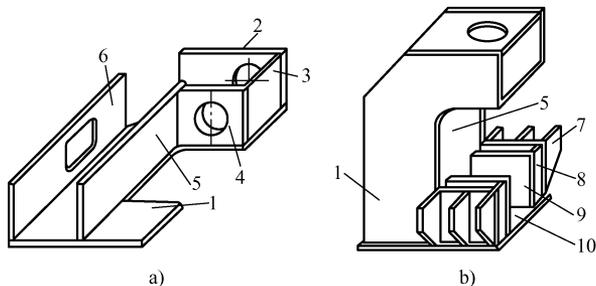


图 5-6 单臂压力机机架的装配顺序

1—侧板 2—顶板 3—面板 4、5—喉板 6—后板 7—肋板 8、9—支撑板 10—底板



由于整个机体呈箱形结构，刚度较好，可有效地防止焊接变形。在焊接过程中，可随时翻转、变换机体的位置，合理安排焊接顺序，尽量采用平焊的操作方法，以进一步减小焊接变形的可能和保证焊接质量。

4. 球罐

球罐是一种圆球形的冷作结构。球形结构具有结构合理（相同质量材料的前提下，球形结构的容积最大）、承压能力强的特点。因而球罐多用于石油、化工等行业，作为储存气、液体的容器。

但也应当看到，由于球形结构的特殊性，以及用作容器（特别是压力容器）的特殊要求，球罐的材料选用、零部件制作、装配焊接、现场安装等，要求和复杂程度也相对高一些。

(1) 组成 图 5-7 为一大型球罐的外形和结构示意图。球罐主要由球体 5、支柱 4 和平台扶梯 1 构成，附属装置有喷淋装置 3 和消防装置 2。

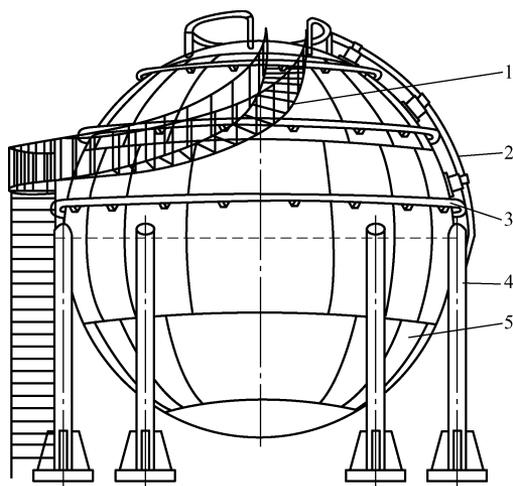


图 5-7 球罐

1—平台扶梯 2—消防装置 3—喷淋装置 4—支柱 5—球体

1) 球体。球体 5 是球罐的主体。在第一章的不可展曲面近似展开一节中，曾经介绍了对球体表面近似展开的三种方法，同时也介绍了对球体表面的三种分瓣（块）形式。

图 5-7 所示的是一大型球罐，使用的是分块法。用六条纬线将整个球面划分为七个区：上、下极区，两个温带区，两个寒带区和赤道带区；再用等距经线将除上、下极区外的各区，划分为交错排列的块。

2) 支柱。支柱 4 是球罐的承重支撑。支柱的结构形式为圆管，通常可用钢



管直接制作，大型球罐的支柱也有用钢板卷制而成的。为了制造、运输和安装的方便，大型球罐的支柱往往采用上、下两节的结构形式，连接处用内径销定位。

支柱的支撑位置多采用赤道正切的形式：即管子轴线与球罐赤道垂直相切。

3) 平台扶梯。平台扶梯 1 是球罐的附属装置。用作操作者在球罐安装、使用和检修时上、下的通道。平台扶梯多用角钢、钢管和花纹钢板制作。

平台设置在球罐的顶部，周边有护栏；扶梯则采用单向或变向螺旋盘升的形式，设置在球罐的外围。

4) 喷淋装置。喷淋装置 3 是球罐的安全附属装置。球罐的安装使用环境多为露天。夏季，在阳光的直接照射下，球罐表面温度升高，势必会造成罐内储存介质的升温膨胀而发生事故。喷淋装置的作用，就是在需要时对罐体进行降温的，这在球罐用于带压储存易燃、易爆和有毒等特殊物质时尤为必要。

喷水管用普通钢管制成，沿罐体的中、上部周边设置。

5) 消防装置。消防装置 2 是球罐的安全附属装置。

(2) 球罐主体的装配方法和注意事项 球罐的装配方法有多种，常用的装配方法有半球法、分带装配法和分瓣装配法等。究竟采用何种方法，要根据球罐的大小、球体表面的分瓣（块）形式，以及具体的生产条件和安装条件来确定。

(3) 半球法 对于采用纬圆法和分块法划分球面、容积为 120m^3 以下的小型球罐，都可采用半球法。其具体作法是：先预制成两个半球，然后再装配成一个整球。这种方法具有可充分利用室内作业设备条件好等优点，但对起重和运输条件要求较高。

半球法的具体装备方法如下：

1) 温带预装。

① 首先在平台上设温带预装模架一副，模架用 20mm 的环板（上口内靠模）和由工字钢制成的支柱所组成。柱顶与环板之间用螺栓联接，必要时可作调整。

② 在平台上划出温带下口圆口线及等分界线，在每一瓣片大口外侧焊上销环。

③ 按试装的编号顺序逐个将瓣片吊到模架上，调整瓣片对接纵缝的错边及拼装间隙。使用背骨式夹具将夹具钩在瓣片的上口，其下端与平台销环固定牢固。在夹具的两侧打入楔铁进行调整。确认符合温带组装技术要求后，便可分别实施定位焊，如图 5-8 所示。

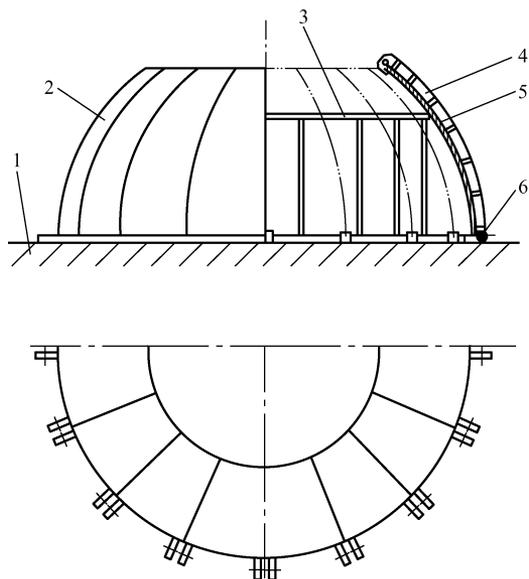


图 5-8 温带的预装配

1—平台 2—球面分块 3—内模架 4—专用夹具 5—楔铁 6—销环

2) 极顶预装。上、下极顶由 3 块瓣块组成, 组装时, 分别将瓣块置于模架上, 用专用夹具夹住, 如图 5-9 所示。调整拼装间隙和错边, 符合要求后进行定位焊。为防止产生焊接变形, 可在极顶内弧焊防变形肋板。

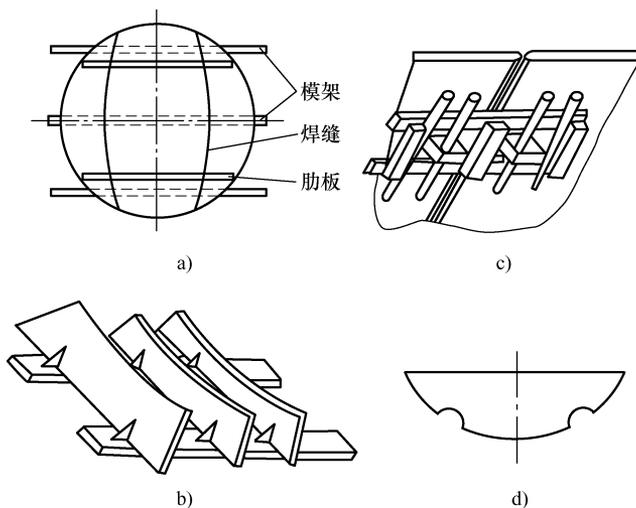


图 5-9 极顶的预装配

a) 极顶装配 b) 装配模架 c) 专用夹具 d) 防变形肋板



3) 半球预装。在组装好的半球温带上, 利用定位或其他加工手段加工好坡口, 然后在温带小口内侧焊上若干挡块, 将极顶合上, 经检测符合要求时实施定位焊。

4) 配装柱脚。在下半球上装配上柱脚。

5) 球罐合拢。将下半球固定在平台上或安装基础上, 在下半球大口内侧焊上定位挡块。吊起上半球, 实施中环缝的对接。按图样要求排好分瓣纵缝的位置, 调整好对口间隙和错边, 检查无误后便可实施定位焊了。

(4) 分带装配法 将分块按划分的纬带逐带进行装配的方法, 称为分带装配法, 如图 5-10 所示。分带装配法比较灵活, 对于小型球罐, 可以在地面平台上进行装配和焊接成球罐的各带, 然后吊装各带合拢成整个球罐, 称为球罐的分带装配。

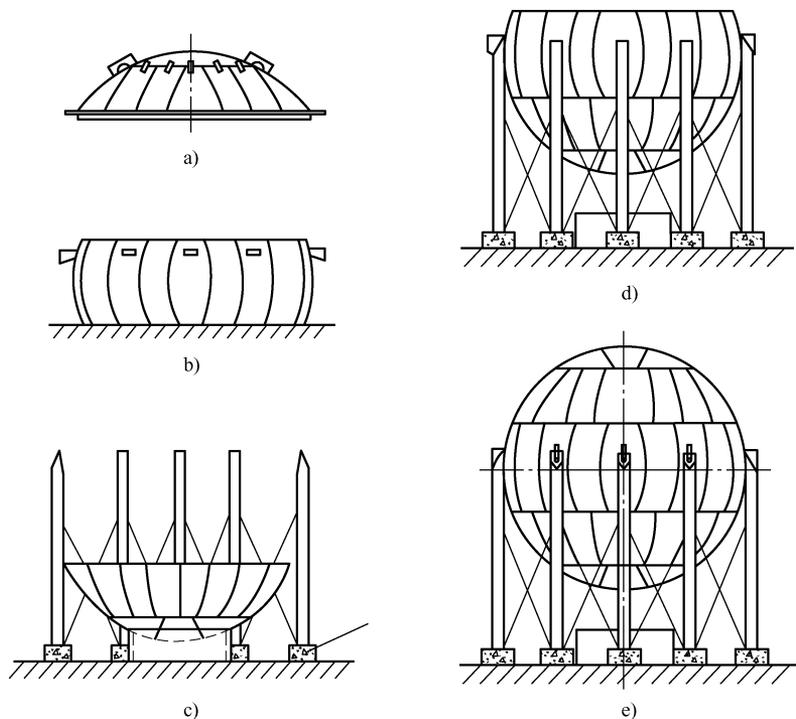


图 5-10 球罐的分带装配

- a) 拼装上、下极顶 b) 拼装赤道带和温带
c) 安装柱脚, 顺序安装下极顶和下温带 d) 安装赤道带 e) 安装上温带和上极顶

分带装配法的操作方法和半球装配法类似。分带装配法可适用于采用纬圆法和分块法划分球面的中、小型球罐的装配。



对于大型球罐，则可在安装现场进行逐件、逐带的装配，如图 5-11 所示。具体步骤如下：

1) 先将支柱与赤道带分块用专用的模架拼装成柱脚，如图 5-11a 所示。

2) 按图样在安装基础上树立起柱脚，如图 5-11b 所示。测量无误后，吊装其余的赤道带分块，装配完成赤道带，如图 5-11c 所示。赤道带也是安装其余各带的基准。

3) 分别逐件吊装下温带和上温带的分块，装配完成下温带和上温带，如图 5-11d、e 所示。

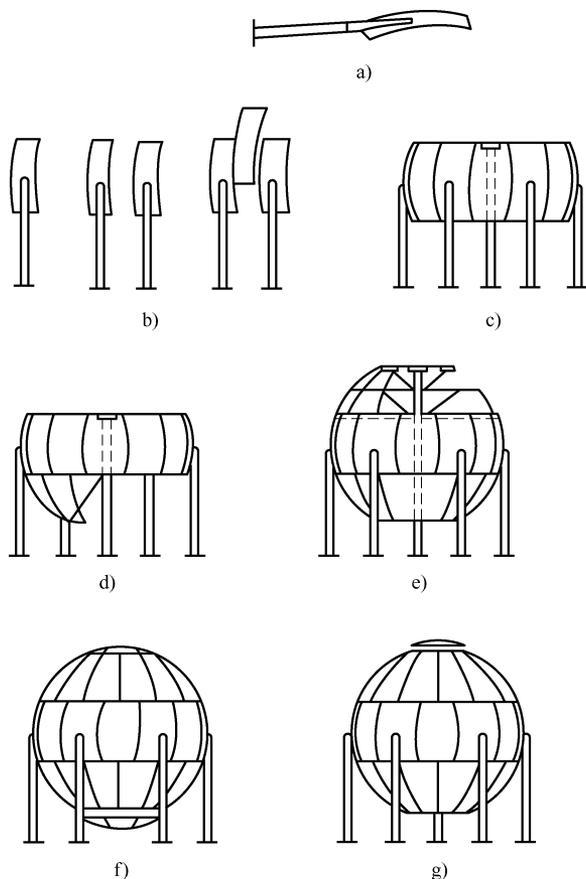


图 5-11 球罐的分块、分带装配

- a) 用模架拼装成柱脚 b) 在安装基础上树立柱脚 c) 装配完成赤道带
d)、e) 装配完成下温带、上温带 f)、g) 球罐主体装配

4) 先吊装下极顶，再吊装上极顶，完成球罐主体装配，如图 5-11f、g



所示。

球罐的分块、分带装配有下列优点：

1) 大量安装工作是在现场进行，且采用的是分块吊装的形式，故对运输和起重的要求条件不高。

2) 由于先安装赤道带，其重力直接由柱脚承担，稳定性好，有利于装配工作的顺利进行。

3) 辅助工装少，因而消耗材料也少。

但是，这种方法也有其不利的一面：装配时的高空作业量大，给焊接带来一定的困难等。

(5) 分瓣装配法 将划分的单块球瓣逐块吊起，在空中安装成整体球罐的装配方法，称为分瓣装配法。显然，这种方法仅适用采用分瓣划分球面的球罐，如图 5-12 所示。

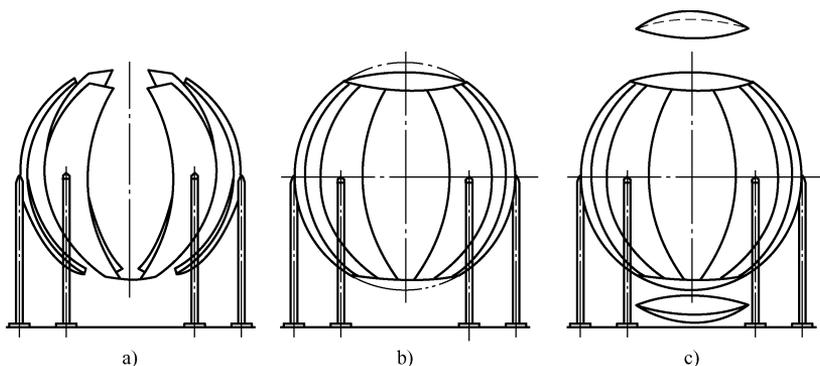


图 5-12 球罐的分瓣装配

a) 定位安装带支柱的分瓣 b) 安装其余分瓣 c) 顺序吊装下、上极顶

由于制作条件的限制，分瓣不可能做得太大，所以，分瓣装配法常常在中、小型球罐的制造中采用。

不管采用那种装配方法，在装配前和装配过程中，都应重点注意以下几点：

1) 零、部件的制作要准确。半球和事先装配好的纬带属于部件，每一单瓣和单块是零件。部件装配完后要按要求进行认真检查，确认符合要求后方可用于装配。而零件在下料制作的每一工序，都应当认真进行检查，以免在装配时发现问题而影响装配工作的顺利进行。

2) 对于首次生产的产品，每一件瓣（块）片的下料样板、压形模具、拼装模具等，都必须经过工艺验证。

3) 分阶段的试装是必要的，有利于在正式安装前发现问题。



4) 由于球罐多属压力容器,冷作在各工序也都必须执行标准。严格按图样、按工艺、按标准进行各工序的作业。

◆◆◆ 第二节 装配夹、胎具应用

一、装配夹具的制作及应用

1. 装配三要素——支承、定位与夹紧

装配的三要素包括支承、定位与夹紧。

(1) 支承 支承解决了零部件放在何处组装问题。零部件是放车平台上组装,还是放在某一构件上组装,不论在哪里组装,总得要有一个基准面来支承工作物,所以,支承是组装的第一要素。

(2) 定位 定位组装不是将零件随意组合起来,而是要使每个零件都能获得正确的定位,不能让其自由运动。只有当所有的零件都已达到正确定位的时候,钢结构产品的几何形状和各部分的尺寸也就达到图样提出的技术要求了。简言之,定位是约束零件的自由度,把零件控制在一个所需要的位置上。

(3) 夹紧 夹紧的目的就是通过外力促使零件获得正确的定位。由于产品由很多零件组成的,其中某些零件还不是十分平直的,要把这些零件正确地装配起来,单靠定位是不行的,同时还需要夹紧。也就是说,有了定位之后还需要对零件施加一种外力——夹紧力。这种夹紧力通常是用刚性夹具来实现的。只有在刚性夹具的作用下,零件才能达到正确的定位,所以,夹紧是组装的第三个要素。

改进夹具应注意下列问题

- 1) 夹紧可靠,定位正确。
- 2) 结构简单,进料方便,尽量采用标准件和通用件。
- 3) 便于操作,夹紧松开容易、可靠,安放工件应方便,不得妨碍工作。
- 4) 经久耐用,磨损后便于修理。
- 5) 安全性好,生产效率高。

在组装过程中,按着六点定位的原理,利用一定的工具调整零部件之间的远近、左右、高低和一定的角度,使它符合图样所规定的相互位置,这就是定位工作。常见的定位方法如下:

(1) 划线定位 有中心线定位、结合线定位、边线定位等方式。有些板料或型钢可画中心线定位,如图5-13a所示为工字钢用中心线定位。安装连接位置



画出定位线定位，叫结合线定位，如图 5-13b 所示。

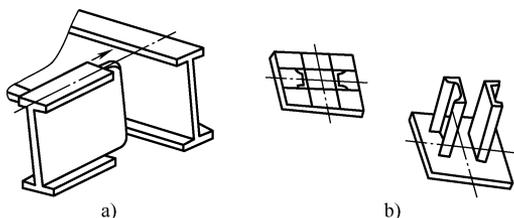


图 5-13 划线定位

a) 中心线定位 b) 结合线定位

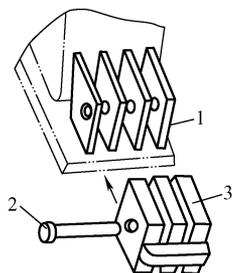


图 5-14 圆销定位

1—耳板 2—圆销 3—定位板

(2) 圆销和辅助孔定位 有孔的零件可用圆销定位。如图 5-14 所示为圆销控制四块耳板的孔在同一轴线上，定位板用来控制耳板的间隙。若没有孔的零件，在设计时为考虑到总装的方便，在部件与部件连接位置备有辅助孔，总装时用少数螺栓联接，以保证定位准确和安装方便。

(3) 挡铁定位 挡铁分临时固定挡铁和活动挡铁。焊临时固定挡铁之前要先划线，以确保挡铁的位置，然后将挡铁进行定位焊，如图 5-15 所示。

(4) 样板定位 图 5-16 所示为样板定位的一种方式。图中双点画线表示临时隔板，它本身应很规矩，组装时与零件用定位焊焊住，当工件施焊时，它起支持作用，焊后待工件冷却，将临时隔板去掉，这样可保证工件变形较小，适用于数量不多的生产。

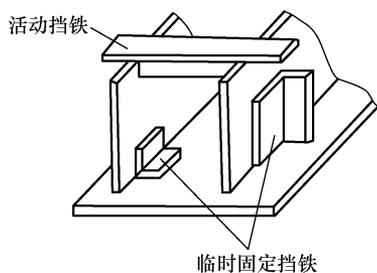


图 5-15 挡铁定位

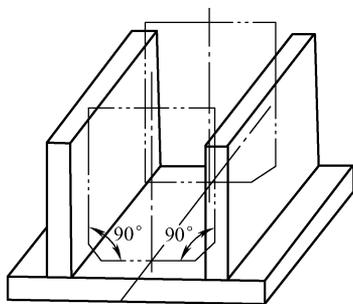


图 5-16 样板定位

(5) 胎具定位 使用胎具将零部件组合定位工件的主要部件互相连接处的焊缝在胎具上焊完，工件完全定形后才能从胎具中取出。用作定位胎具形式很多。



2. 夹紧

(1) 夹紧装置 常见的夹紧装置有压紧夹具、拉紧夹具和推撑夹具。压紧夹具又分为机械式、气压式及磁铁式等类型。其中以机械式压紧器压紧力稳定可靠,但有的动作时间长、效率低,工人劳动强度大。气压和液压及磁铁式压紧器的动作时间短、效率高,但有时易出故障。拉紧夹具和推撑夹具具有千斤顶、拉紧器和推撑器等。

常用的夹具装置有夹紧、压紧、拉紧、螺旋推撑器、磁铁夹具和偏心夹具。作为调节范围更大的夹具有肘节式和手动夹具,它适用于中薄板拼装。其特点是夹紧快,夹紧范围大。图 5-17 所示为肘节式手动夹具。

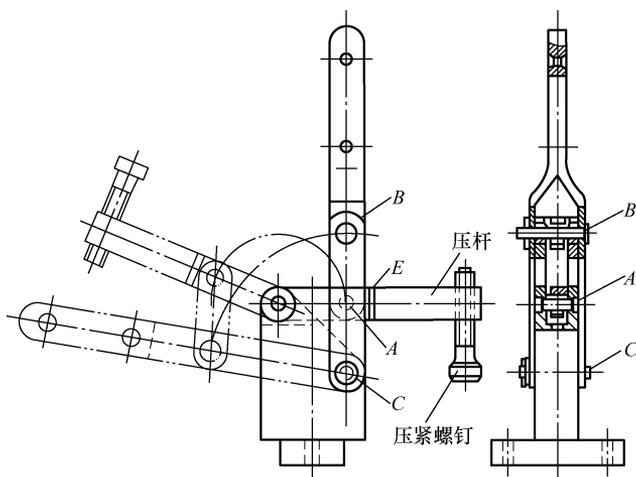


图 5-17 肘节式手动夹具

图中双点画线表示松开位置,粗实线表示工作位置。其工作原理:当销 B 位于销 A 和 C 的连线上时,处于压紧位置,此时压力最大。为防止工作时自动松开,连杆应紧靠压杆凸肩 E 处,使销 B 稍偏离 A 和 C 的连线。压紧螺钉可随工件高度和压紧力而调节。

(2) 常用夹具的结构和用途 夹具在装配时对工件的作用有四种方式:夹紧、压紧、拉紧、顶紧。根据组成夹具元件特性不同可分下列几种:

1) 丝杠夹具。弓形螺旋夹具的结构如图 5-18 所示。可根据装配工件的具体情况来设计夹具,图 5-18a~d 代表着四种不同类型,主要是 H 和 B 不同。图 5-18a 所示结构主要要求丝杠行程 H 大,而弓形的进深 B 很小。图 5-18b 所示结构 H 与 B 要求都比较大。图 5-18c 所示结构主要是 B 大,而 H 很小。图 5-18d 所示结构是要求弓形下部能适应工件的形状,如带圆弧部分可以躲开槽



钢的翼板。弓形螺栓夹具的开口高度 h 和喉深 b ，可根据具体使用要求及特点来选择。弓形螺旋夹具的选用和制作要以轻巧，坚固，适用为原则，多用于手工操作，不能过于笨重。

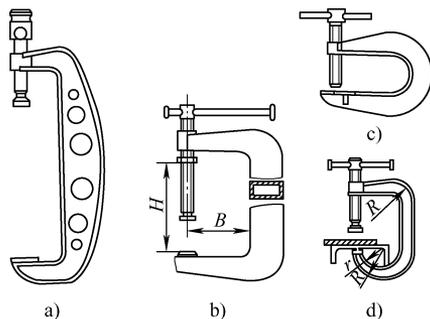


图 5-18 弓形螺旋夹具的几种形式

2) 螺旋拉紧器。螺旋拉紧器一般是用有左、右螺纹的丝杠和螺母，加圆管钩具等零件制成的。它不仅用于组装，也可用于矫正钢结构的产品。

图 5-19 所示的拉紧器左右螺纹丝杠是分开的，两个螺母用适当长度的扁钢或角钢连在一起，钩具和丝杠做成一体，用撬棍拨动扁钢即可使丝杠钩具向中心位移而拉紧工件。

图 5-20 所示的拉紧器左、右丝杠是做成一体的，拉紧器的钩具通过圆管连接在螺母上，使用时用撬棍拨动丝杠即可拉紧装配的工件。

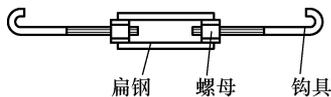


图 5-19 螺旋拉紧器

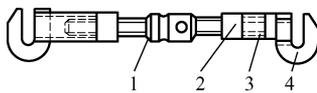


图 5-20 转动丝杠拉紧装置

1—丝杠 2—螺母 3—圆管 4—钩具

图 5-21 所示是两种简易的螺旋拉紧装置。图 5-21a 所示需将短角钢临时定位焊在两个要装配的工件上，然后用扳手拧动螺母即可拉紧工件。图 5-21b 所示拉紧器是直接钩住工件，拧动螺母即拉紧工件。

3) 螺旋推撑器。螺旋推撑器即丝杠顶具，是起顶紧或撑开作用的，如图 5-22 所示。

图 5-22a 所示为最简单的丝杠顶具，它由丝杠、螺母、圆管三种零件组成。这种丝杠头是尖的，因此只适用于顶厚板或较大的型钢。

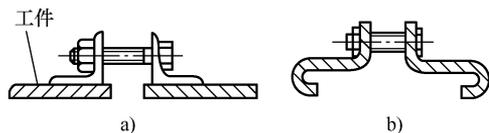


图 5-21 简易拉紧装置

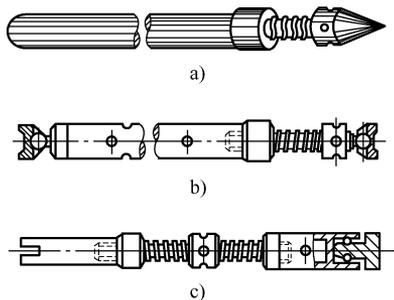


图 5-22 螺旋推撑器

图 5-22b 所示的顶具，与前者有所不同，即在丝杠的头部增加了压块，顶压工件时不会伤板，也不会打滑，而且它的另一端也装配有压块，当操作过程中转动丝杠不方便时，可以转动圆管，同样能推动丝杠前进。适用于筒体工件的操作。

图 5-22c 所示顶具，是用具有正反螺纹的丝杠制成的。

4) 楔条夹具。是利用楔条的斜面将外力转变为夹紧力，从而达到夹紧目的的夹紧工具。楔条夹具中的楔条夹紧有两种基本形式：一种是楔条直接作用于工件上，要求被夹紧的工件表面较平稳，光滑，而且容易擦伤工件表面；另一种是楔条通过中间元件把作用力传递到工件上，改进了楔条与工件表面的接触情况。

为保证楔条夹具在使用中能自锁，楔条（或楔板）的楔角应小于摩擦角，一般采用 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。若需要增加楔条夹具的作用效果，可在楔条下面加入垫铁，不可为了增加楔条厚度而随意加大楔角。

图 5-23 所示是楔条夹具的几种使用情况。图 5-23a 是用楔口夹板直接将型钢和板料夹紧。图 5-23b 所示为由 II 形夹板和楔条联合使用夹紧零件。图 5-23c 所示为带嵌板的楔条夹具，楔条的截面形状可以做成矩形或圆形。这种夹具主要用于对齐板料，因为使用了嵌板，所以只在板料对接处留有间隙的情况下才能使用。图 5-23d 所示的角钢斜楔夹具，也常在装配中使用。

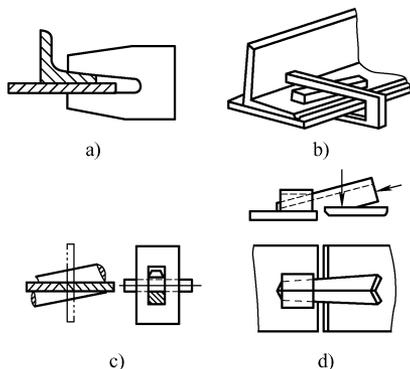


图 5-23 楔条夹具的使用

5) 杠杆夹具。如图 5-24 所示为杠杆夹具，是利用杠杆的增加力作用夹紧



零件的, 由于它制作简单, 使用方便, 通用性强, 故在装配中应用较多。此外, 撬杆也常作杠杆夹具使用。

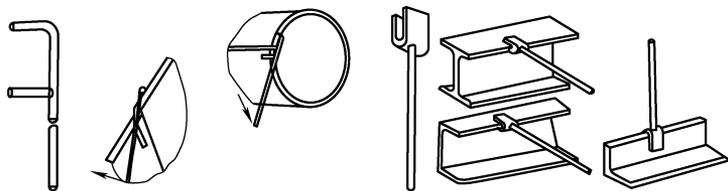


图 5-24 杠杆夹具的应用

6) 偏心夹具。偏心夹具是利用一种转动中心与几何中心不重合的偏心零件来夹紧的。生产中应用的偏心夹具, 根据工件表面的形状不同, 分为圆偏心轮和曲线偏心轮两种形式。前者制造容易, 应用较广。偏心夹具一般要求能自锁。图 5-25 所示为圆偏心轮夹具。它是带有偏心孔的圆偏心轮, 套在固定轴上, 并可绕轴转动。圆偏心轮中心和轴心间距离 e 叫偏心距, 圆偏心轮上接有手柄以便操作。当偏心轮绕轴转动时, 横杆绕支点旋转, 从而把工件夹紧, 图 5-25a 所示是弹簧作为支点, 而图 5-25b 所示是以固定销轴为支点。偏心夹具的优点是动作快, 缺点是夹紧力小, 只能适用于无振动或振动小的场合。

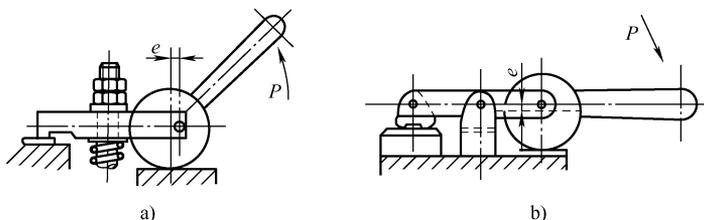


图 5-25 偏心夹具

7) 气动夹具。气动夹具是利用压缩空气通过机械运动施加夹紧力的夹紧装置。它的结构主要由气缸和夹紧件两部分组成。常用的气缸构造是单向气动和双向气动两种。

单向气动气缸如图 5-26a 所示。它主要由缸体、前盖、活塞、活塞杆、密封环、压垫、弹簧和后盖组成。单向气动气缸的特点是只有一个方向进气来推动活塞工作, 而活塞复位由弹簧的弹复力来推动。由于弹簧做得不能太长, 致使单向气缸的有效行程较小。图 5-26b 所示为双向气缸。它的特点是, 可在活塞两面进气, 活塞的进退都用压缩空气推动。双向气缸由于不用回程弹簧, 所以有效行程可以较长, 适用范围较大。气动夹具气缸的安装方式有固定式和非固



定式的，并可根据使用需要安装成卧式、立式和倾斜式。

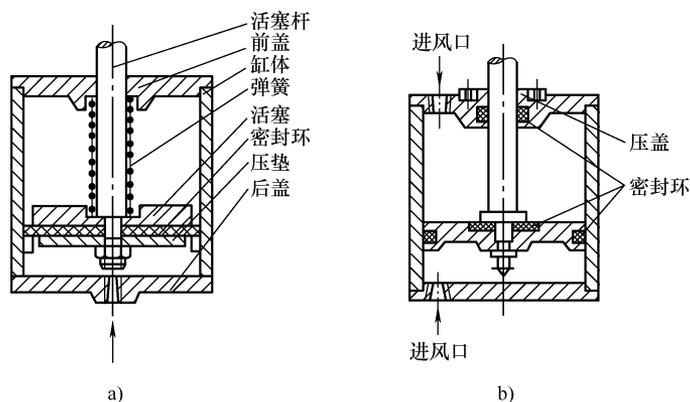


图 5-26 气动夹具气缸结构

气动夹具的工作方式有直接作用式和间接作用式两种。图 5-27a 所示为直接作用式气动夹具。当气缸内的压缩空气推动活塞杆运动时，装在活塞杆外端部的夹紧压板就直接压紧工件。图 5-27b 所示为间接作用式气动夹具，它的夹紧压板与气缸活塞杆之间增加一杠杆，可以改变压紧力方向或增加压紧力。装配工作中，可根据实际情况选择气动夹具的工作方式。

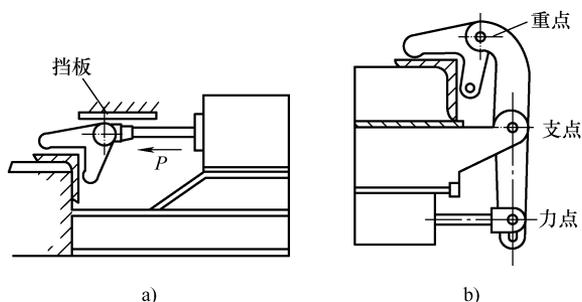


图 5-27 气动夹具的工作方式

8) 液压夹具。其工作原理与气动夹具相似，工作方式也基本相同。液压夹具的优点是比气动夹具具有更大的压紧力，压紧可靠，工作平稳；缺点是液体易泄漏，且辅助装置多，维修不便。在薄板结构装焊中，广泛采用气动、液压联合夹具，这种夹具的特点是气动灵敏、反应迅速等优点用于控制部分；液压工作平稳，能产生较大的动力等优点用于驱动部分。

9) 磁铁夹具。磁铁夹具是用磁力来吸住工件的夹具。电磁铁的形式有许多种，图 5-28a 所示是利用两个电磁铁拉住压马，并用压马上的丝杠对工件实行顶



压，使丁字梁和钢板靠严。图 5-28b 所示是利用电磁铁作支点，通过杠杆把工件压紧。

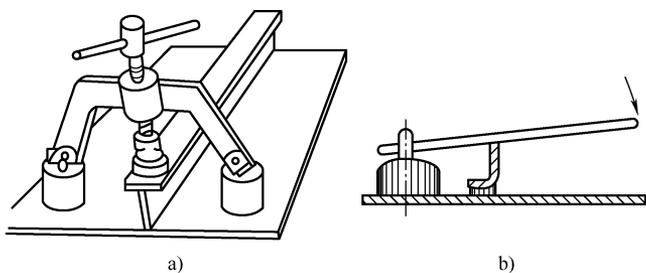


图 5-28 磁铁夹具

二、装配胎具的制作及应用

1. 筒体工件拼装胎的制作

筒体的对接技术要求主要有两点：对接后筒体的直线度；两节对接环缝的错边值。

小直径筒体工件对接，可以利用平台槽、V 形架或平直的槽钢来进行装配。当筒节工件较大时，可制作专用筒形工件拼装胎来进行装配。筒节工件拼装胎使用示意图，如图 5-29a 所示。

自制筒形工件拼装胎，如图 5-29b 所示。支承底板根据实际情况确定，T 形槽的设置是为了使两辊轴间距可调，以适用不同直径的筒形工件。轴辊用刚度较好的无缝钢管制作，两端配以轴头。长度较长时，可以考虑在轴辊中部下边设置可随动的轴承支承，以克服由于筒形工件较重而使辊轴产生弯曲。使用时，筒体的转动可以人工推动或用撬杠撬动。

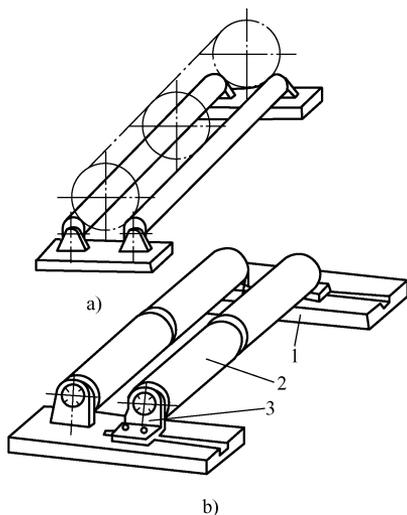


图 5-29 自制筒形工件拼装胎

1—支承底板 2—辊轴 3—轴承

当筒节对接时，某一筒节直径有偏差，需要调整滑边量时，可在轴辊上加垫解决。

2. 屋架胎的制作

桁架结构的装配胎大部分是根据桁架的形状、尺寸制作的。成批生产的屋架，可采用屋架胎进行装配，如图 5-30 所示。



其主要步骤如下:

1) 将屋架的实际尺寸和形状画在装配平台上, 并把安装胎模板的位置确定好。

2) 制作胎模板。胎模板的形式可以按图 5-30 所示 A—A 剖面。在胎模板上装有卡兰压紧器。胎模板上的切口要求准确, 高度要一致。

3) 安装胎模板。胎模板的安装要依据装配平台上画的屋架线。安装后要拉线进行位置检查, 符合施工图样要求后才能进行屋架装配。

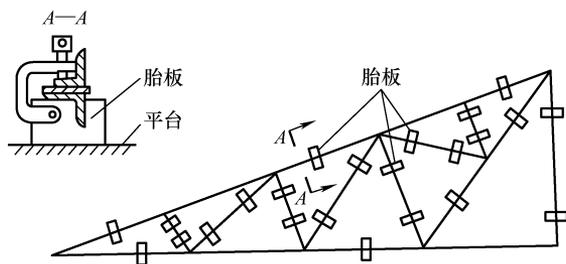


图 5-30 屋架装配胎

3. 罐顶胎的制作

图 5-31 所示为弧形罐顶结构。它由许多钢板和加强肋组合而成。胎架制作步骤如下:

(1) 确定胎模板的位置和数量 胎模板的位置和数量的选择要结合罐顶结构的特点, 胎模板应设在加强筋的位置上, 如图 5-32 所示。而环缝位置应在模板之处如图 5-33 所示, 这样可将钢板牢牢地固定在模板上, 减少焊缝处的变形。

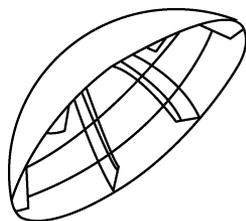


图 5-31 罐顶结构

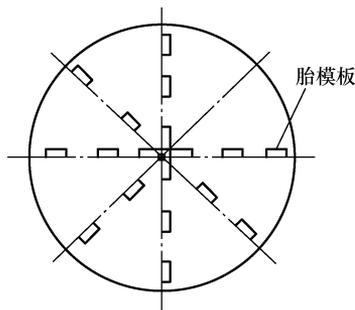


图 5-32 胎模板平面位置图

(2) 胎膜的制作 罐顶大型罐顶胎模的制作可按下列步骤进行制作:

1) 将顶盖的侧示图画在平台上。在这个实样下取一条基线, 这线就是胎模

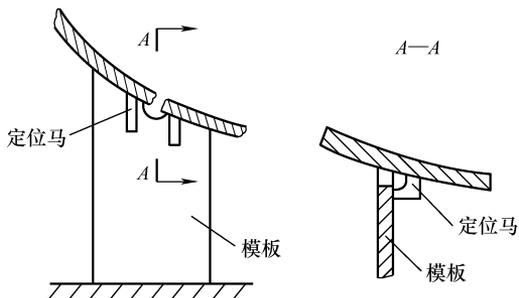


图 5-33 油罐盖板固定在模板上

的基线，并平行于顶盖平面。胎模的高度应该是在胎底架下施工方便为原则。

2) 在平台的基线上，确定胎模的位置。将钢板放在找出的位置上，依照实样的弧度和基线截割模板的上下两端，如图 5-34 所示。然后编上号码，以备安装。在模板上应画出检验线，并平行于基线，此线可供安装时检查模板的水平情况。

对于较小的罐体，模板可以制成整块的，直接在平台上组立，用样板截割线型即可。制造胎模合拢胎时必须考虑加工留量，不但能符合图样形状并应保证其尺寸留量要求。

3) 胎模的安装。在装配平台上将罐顶盖的平面图画出，以便找出胎模板的安装位置。模板应按确定的位置进行安装，并垂直于平台。另外，可用水平管检查模板上的水平标志线是否在同一平面上。对于较高的模板要焊上支撑梁，使胎架有足够的强度，不至于发生变形。最后进行铺板、找正、拼接，在顶盖板上画出加强肋安装线，进行加强肋的装配。如图 5-35 所示。

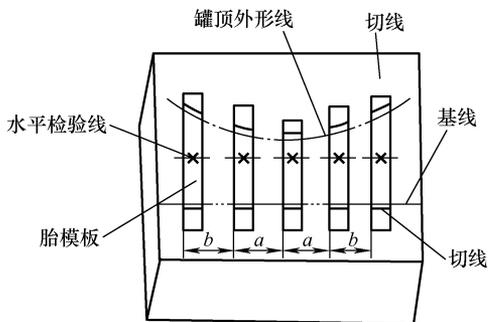


图 5-34 模板的截取

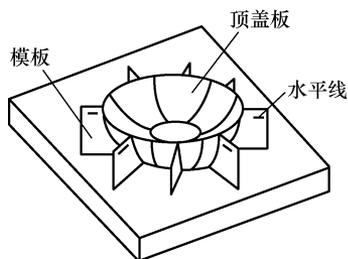


图 5-35 顶盖装配



第三节 装配技能训练实例

训练 锅筒的装配

一、锅筒的装配工件图如图所示（见图 5-36）

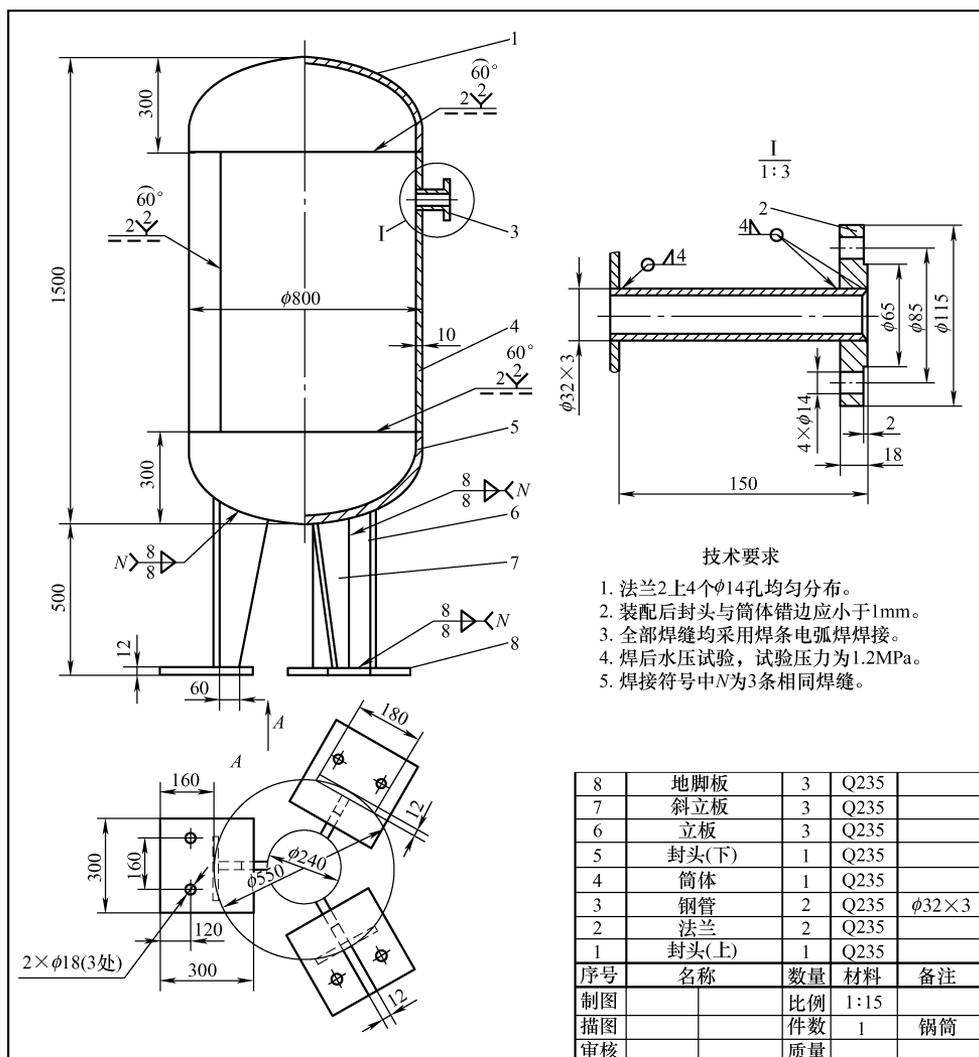


图 5-36 锅筒装配工件图



二、熟悉图样、工艺、认真阅读技术要求及考核要求

1) 识读工件图样，进行简单的工艺分析。本工件为压缩空气储锅筒，由筒体和封头等零件组合装焊而成。锅筒属于压力容器，装配、焊接的技术要求较高。严格控制筒体与封头对接环缝的间隙及确保筒体与封头的同轴度，是主要的装配工艺要求。

为了便于焊接和焊接变形的矫正，本工件应采取先部件装焊，再整体总装的装配方法。部件划分如下：

法兰 2 和钢管 3 组成部件 A (2 件)；立板 6、斜立板 7 和地脚板 8 组成部件 B (3 件)；封头 (上) 1、筒体 4 和封头 (下) 5 组成部件 C。

2) 准备装配夹具，其中应有数量较多的楔条夹具。

3) 准备装焊滚轮架，以规格较大的槽钢或工字钢代替滚轮架亦可。

三、装配步骤与方法

1. 装配部件 A

按图样要求装配法兰 2、钢管 3，使两者保持垂直，然后以定位焊固定，进行焊接。

2. 装配部件 B

先在斜立板 7 上划出立板 6 的位置线，将两者按线装配定位，矫正好垂直度，定位焊固定（见图 5-37a、b）。然后，在地脚板 8 上划出立板 6、斜立板 7 的位置线，再按线定位，矫正好立板 6 与地脚板 8 的垂直线，定位焊固定，成为部件 B（见图 5-37c）。

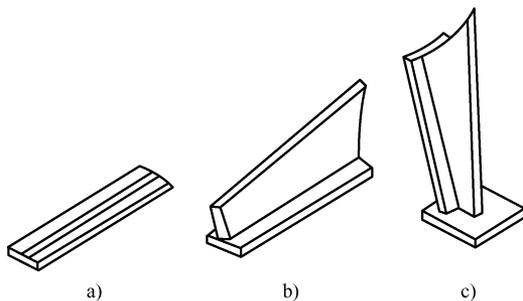


图 5-37 锅筒部件 B 的装配

3. 装配部件 C

将筒体 4 卧放在滚轮架上，装配封头 1、5 和筒体 4。由于封头刚度大，不



易产生变形,故装配中应以封头为基准,进行环缝对接,达到两者错边小于1mm的技术要求。局部错边过大处,要用楔条夹具予以调整。部件C的上述装配过程,如图5-38所示。部件C装配后,按图样要求将部件A装配在部件C上。然后,在滚轮架上完成环缝接。

4. 总装

在装配平台上按图样给定的位置、尺寸固定部件B,再吊起部件C(含部件A)置于部件B上。然后,以封头5曲面轮廓为基准,修正部件B上部结合线,并调整筒侧与基准面(平台面)的垂直度和接管方向,矫正后定位焊接,完成锅筒总装(见图5-39)。

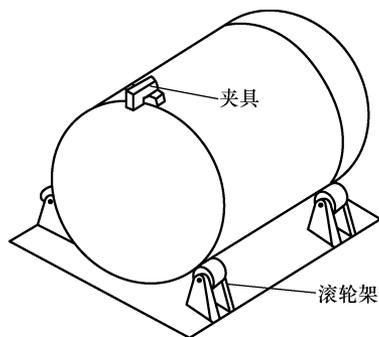


图 5-38 部件 C 的装配

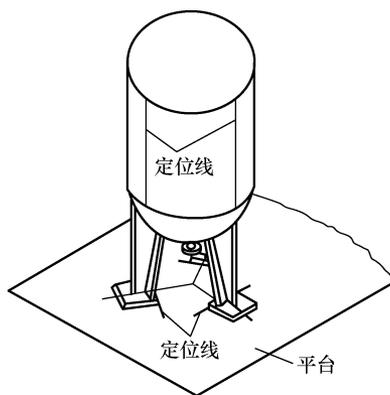


图 5-39 锅筒总装配

四、评分标准

评分标准见表 5-1。

表 5-1 考核评分标准表

项目	考评内容	配分	得分	
主要项目	划分部件并确定各零件规格型号、对需要展开零件进行展开开放样或求取零件实形	1. 确定封头 1 (上)、5 (下) 尺寸及加工工艺	5	
		2. 确定法兰 2 形状尺寸及技术要求	2	
		3. 确定钢管 3 型号规格计长度	2	
		4. 确定筒体 4 展开图及焊接坡口形式等	5	
		5. 确定立板 6 实形、板厚及件数	2	
		6. 确定斜立板 7 实形、板厚及件数	2	
		7. 确定地脚板 8 实形、板厚及件数	2	



(续)

项目	考评内容	配分	得分	
主要项目	装配部件 A	1. 按图样要求装配法兰 2、钢管 3	5	
		2. 法兰 2、钢管 3 垂直度	2	
		3. 定位焊固定并焊接	5	
	装配部件 B	1. 斜立板 7 与立板 6 装焊后垂直度	5	
		2. 立板 6 与地脚板 8 的垂直度	5	
		3. 件 6、7 与地脚板 8 的定位尺寸	5	
	装配部件 C	1. 筒体 4 与封头 1、5 的同轴度	5	
		2. 错边 $\leq 1\text{mm}$ ，超差不得分	2	
		3. 按技术要求焊接	5	
	总装	1. 部件 A 与 C 定位装焊	5	
		2. 在装配平台上按图样给定的位置、尺寸固定部件 B	5	
		3. 熟练吊装部件 C 置于部件 B	5	
		4. 筒侧与基准面（平台面）的垂直度	5	
		5. 按技术要求焊接	5	
		6. 1.2MPa 水压试验 24h	5	
安全	1. 遵守安全操作、文明生产	5		
文明	2. 遵守考场规则	3		
生产	3. 操作完成清理工作场地	3		

五、装配质量检验

- 1) 检验锅筒筒体与地脚板平面的垂直度。
- 2) 检验三个地脚板的平面度、位置、尺寸。
- 3) 检验接管方向和尺寸。

复习思考题

1. 冷作结构部件划分要考虑的问题有哪些？
2. 装配的三要素是什么？
3. 常见的夹紧装置有哪些？

第六章

矫 正



培训学习目标 能掌握各种原材料变形的矫正；能分析构件连接后产生变形的原因；能选择合适的矫正方法矫正构件的变形。

第一节 材料矫正

矫正就是通过外力或加热，使钢板较短的纤维伸长，或使较长的纤维缩短，最后使各部分的纤维长度趋于一致，从而消除钢材的弯曲、扭曲、凹凸不平等变形。

矫正根据外力的来源和性质分为手工矫正、火焰矫正和机械矫正等；按矫正材料的温度分为热矫正和冷矫正。对于不同的材质、截面及尺寸，不同的生产条件，所采用的矫正方法也有所不同。

一、板材变形的原因及矫正

板材变形有中部凸起变形、边缘波浪变形、弯曲变形、翘曲变形及其他综合复杂的变形，矫正时应针对不同的板厚、不同的变形，采用适当的矫正方法。

1. 薄钢板矫正

薄钢板根据其轧制温度的高低分为热轧钢板和冷轧钢板，通常使用的薄钢板为冷轧钢板，由于材质的不均匀、轧制时轧辊弯曲、轧辊间隙不一致等诸多因素，会造成板料内部存在较大的应力。虽经退火处理，消除了大部分应力，但还有一部分残余应力存在。当板料中的残余应力在外界因素的引发下释放，将使板料的变形加剧，产生新的变形，或使变形复杂化。例如，当薄钢板加热到一定温度再冷却，由于材料的加热收缩，再加上部分残余应力的释放、叠加，将使板材的变形加大，或使变形复杂化，因此薄钢板应尽可能采用常温下的冷矫正。



薄钢板由于厚度较薄，如果矫正时让其受到压应力，则极易产生失稳现象（板料发生弯曲），使矫正效果大大下降，所以薄钢板矫正以延伸其纤维长度为主，即将较短的纤维伸长，使其与较长纤维的长度趋于一致，从而达到矫正的目的。

当用板料矫正机进行矫正时，如果选用轧辊数目较多或有成对导向辊的矫正机，就可获得较好的矫正效果；如果选用轧辊数较少的矫正机，就将数块薄板叠加或与较厚的板料叠加，一起送入矫正机进行矫正，以增加板料的刚度，获得较好的矫正效果。

手工矫正时，采用锤展延伸法使较短的纤维延伸来进行矫正。如果薄板的变形较复杂（多种形式的综合变形），一般先矫正板料的中部，通过锤展延伸将多种变形转变为集中的中部凸起变形，然后再锤击四周进行矫平。否则，矫正效率将大大下降。

2. 厚钢板矫正

厚钢板的刚度大，受压时不易产生失稳现象，因而矫正时以压缩变形为主，让较长的纤维缩短，与较短的纤维趋于一致，从而矫平钢板。厚钢板矫正可采用手工矫正、机械矫正或火焰矫正。

手工矫正时，通常将纤维较长的凸面处于向上位置，直接锤击凸起部分，让较长的纤维在压应力作用下缩短，以矫正原先的变形；也可以利用压力机、千斤顶和刚性架或拉杆等辅助工具配合，对变形部位加压矫正。

当用板料矫正机进行机械矫正时，一般选用压力较大、有5~7根轧辊的矫正机，如果所选矫正机的轧辊是平行分布的，矫正时钢板可在矫正机中往复运动，直至钢板矫平。如果板料的屈服强度较高或厚度不大，应选用上辊能调整到一定角度的矫正机，这样板料在开始进入矫正机时能产生较大的变形，以后逐步减小变形量，直至板料平整地出矫正机，以提高矫正效率。

当采用火焰矫正时，应根据板料厚度、变形情况选取相应的火焰能率、加热的位置和形状，以及相应的加热速度。加热的位置应选择变形区域的纤维较长处，火焰能率随着板料厚度的增加而加大，加热炬移动的速度以加热深度为板厚的 $1/3 \sim 1/2$ 为宜。对于变形较小的，选取点状加热；对于变形较大的，应选用线状加热，以获得较好的矫正效果。

进行火焰矫正时，为增加收缩量，提高矫正效率，一般可辅以喷水冷却或施加外力（如锤击、加压力等）的方法；对于淬硬倾向较大的材料，或内应力较大的构件，可辅以喷水雾冷却或在空气中自然冷却的方法。



二、型材变形的原因及矫正

1. 型材的矫正

型材根据断面的复杂程度分为简单断面型材和复杂断面型材，圆钢、方钢、扁钢等为简单断面型材，复杂断面型材有角钢、槽钢、工字钢等。型材的变形形式有弯曲、扭曲、局部变形和综合变形等。对于不同断面形状、不同尺寸、不同的变形状况，矫正的方法有所不同。对于复杂断面的型材，除矫正长度方向的变形外，还要使断面形状达到要求。

(1) 型钢局部变形矫正 型钢局部变形有凹陷、外凸和局部弯曲三种状态，由于变形区域不大，一般采用手工矫正或火焰矫正。手工矫正时需要在其反面用垫铁或大锤垫衬，然后锤击，以获得较好的矫正效果。局部变形矫正后往往易引起整体弯曲，因而还需对弯曲进行矫正。对于表面要求不高的较厚的型钢，可采用火焰矫正。矫正时加热位置取在弯曲部分的外侧，加热形状一般取点状或三角形，如果加热后再用锤击方法加大其收缩量，则矫正效果更佳。

(2) 型钢整体变形矫正 型钢整体变形通常在压力机或撑直机上利用反变形原理进行矫正，矫正时应根据型钢不同的截面，选用相应的衬块衬垫，防止整体变形矫正后出现局部的截面变形。

型钢整体变形的矫正也可采用火焰矫正。矫正时先找出变形区域，根据变形情况划分出加热区域、加热形状和加热数量，然后进行热矫正。对于截面形状对称的型钢，其对称面应尽可能同时进行加热，防止在矫正过程中，出现新的变形。

对于工作量很大的型钢矫正，应选用多辊型钢矫正机，由于矫正机的辊轮是按型钢截面形状而选定的，这样在矫正整体变形的同时其截面也得以矫正，因而矫正效率将大大提高。

当型钢变形是局部和整体的综合变形时，一般先矫正局部变形，而后再矫正整体变形。

2. 管材的矫正

管材主要为弯曲变形，由于矫正时其截面较易出现变形，因而矫正时与管子相接触部分应是和管子外径相配的圆弧形，以减少管子的截面变形。

手工矫正时（特别是现场施工），一般借助于螺旋顶弯器，其与管子接触的顶压块和两边拉杆均为圆弧形，这样可减少管子的截面变形。当管子的直径较大时，可将管子加热，进行热矫正。用压力机进行矫正时，其垫块和压块均为与管子相配的圆弧形。



此外，管子也可采用多辊型钢矫正机进行矫正，其辊轮应选用半径与管子相当的半圆形槽轮，防止矫正时产生截面变形。

当矫正管子的数量较多且对直线度和截面形状要求较高时，应选用专用的双曲线辊子圆料矫正机。矫正时管子在双曲线辊子的作用下做螺旋运动，在矫直的同时矫圆，矫正的效率很高；但对于弯曲变形程度较大的管子，应进行预矫正，因为直接进入矫正机进行矫正会使管子摆动过大而容易造成事故。

第二节 构件与结构矫正

一、构件连接后产生变形的原因与矫正

影响一般构件连接后变形的主要因素有很多，一般来说有以下4种：

1. 加热程度的影响

由于焊接应力与变形的影响使得焊缝金属受热后各部分的收缩不均匀，因此，焊接时焊件的受热与变形有极大的关系，受热程度越大，则变形越大；反之则越小。而焊件的加热程度取决于所采用的焊接参数，若采用大的焊接电流和较小的焊接速度的情况下，则焊件受热大，变形也大。因此，有时为了减少焊件的变形而选用较小的焊接电流，在用相同焊接参数的前提下，用间断焊缝代替连续焊缝，这样减轻了焊件的受热程度，使变形减少。

2. 焊缝的位置

焊缝在焊件中所处的位置不同，对焊件变形的影响也各有不同。

3. 装配和焊接顺序

在装配前，应对构件的焊缝进行实际而合理的分析。在同一结构上通常存在许多条焊缝，应该先焊哪条焊缝，后焊哪条焊缝才能使变形减少到最小，这涉及焊接顺序问题，对结构复杂的焊件是先装配整体后焊接，还是分成若干简单的部件分别焊接后再装配，这是很关键的。图6-1所示为工字梁的焊接顺序。

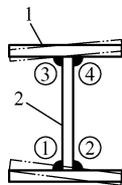


图6-1 工字梁的焊接顺序

1—翼板 2—腹板

正确的焊接顺序是先焊①、②焊缝的部分焊缝。在多层焊时，先对①、②进行打底焊，然后倒装焊③、④焊缝，待焊完后再翻转，完成①、②的焊缝盖面，这样就可以抵消原来的焊接变形，最后再翻转完成③、④焊缝的盖面焊。这样使结构刚度较高，又能获得对称的加热，焊接变形可减少到最小。



在复杂结构的焊接中，一般采用把复杂结构划分成若干个简单的部件，分别进行焊接。这样，在焊接简单部件时，产生的变形便于矫正和控制，最后将焊接的部件进行总装焊接，以减少焊接变形。

4. 构件的刚度因素

在实际操作中，焊接变形的大小取决于构件的刚度，而构件的刚度取决于以下几个方面：

(1) 构件的形状 从构件抵抗拉伸、压缩的能力来分析，截面大，刚度也高，则变形就小，所以厚钢板比薄钢板变形小。

(2) 构件的尺寸 对短而粗的构件来说，因为其抗拉强度高，焊接后纵向伸缩和横向伸缩较小，不易引起弯曲变形，而较长、较细的构件就容易产生弯曲变形。

(3) 构件的材料 对强度较高的材料，如合金钢、不锈钢等，因为其材料硬度和刚度较高，其变形相对于同类尺寸或厚度的材料来说就小。

二、一般连接构件的变形矫正

1. 变形后的矫正方法

工件装配焊接以后，虽然采取了种种控制措施来防止或减少变形，往往还是难以完全避免变形的产生。当变形量超出允许范围时，就必须进行矫正，使之符合质量要求。矫正的实质是让变形的工件产生相反的新的变形，以抵消工件焊接后受热产生的变形。

常用的矫正方法有机械矫正和火焰矫正两大类。

(1) \square 形结构件的矫正 如图 6-2 所示为立板偏向一边的 \square 形钢制结构件，因焊缝集中在构件中性轴的一侧，焊接后构件焊缝收缩产生旁弯变形。矫正时，在上、下侧板的凸部选择若干个位置，同时采用三角形加热，即可矫正 \square 形结构件的旁弯，其火焰矫正示意图如图 6-2 所示。

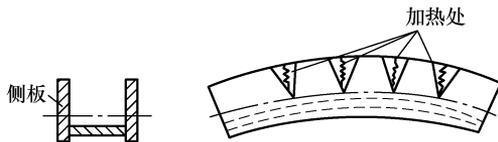


图 6-2 \square 形钢制结构件的火焰矫正示意图

(2) 箱形梁的矫正 箱形梁焊接不当常会出现角变形、上拱和旁弯等变形。矫正时，可先矫正角变形，再矫正上拱变形，最后矫正旁弯，若施加外力则更



好。矫正箱形梁的加热位置和加热形状如图 6-3 所示。

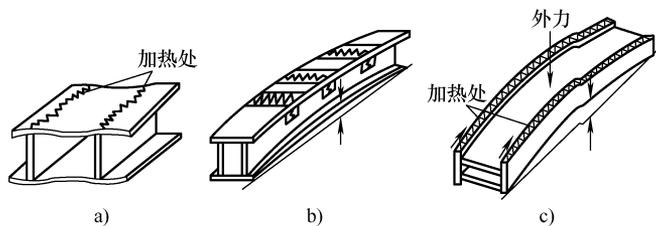


图 6-3 矫正箱形梁的加热位置和加热形状

a) 角变形 b) 上拱 c) 旁弯

如图 6-4 所示为箱形梁焊接后产生扭曲的矫正示意图。

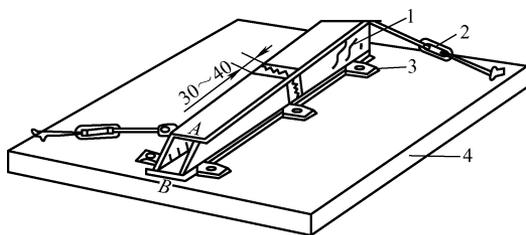


图 6-4 箱形梁扭曲的矫正示意

1—加热线 2—拉紧螺栓 3—E 板螺栓 4—平台

箱形梁刚度较高，矫正时必须施加外力协助，先把箱形梁放在平台 4 上，并用压板螺栓 3 压紧，然后在箱形梁中部上翼板处进行加热，加热宽度为 30 ~ 40mm，加热温度和速度的大小可根据扭曲程度而定。变形较大，加热温度高些，可采用 2 ~ 3 把焊炬同时加热矫正。若扭曲很大，可在中部腹板处同样加热，加热后应立即调节拉紧螺栓。

若尚有扭曲，则可在 A、B 两端的腹板处加热。A 端在左板加热，B 端在右板加热，加热线 1 倾斜约 40°角。在加热后拧紧螺栓。冷却后若尚有扭曲，可再重复一次，但加热位置应与前一次的加热位置错开。

(3) 圆筒体的矫正 圆筒体焊接后，在拼焊缝处常会产生内凹和外凸等缺陷，一般采用火焰矫正和使用卷板机矫正。

如图 6-5 为火焰矫正筒体纵变形的示意图。

在纵缝处进行线状加热，宽度为 8 ~ 20mm，温度为 600℃左右，并在筒内用螺杆或千斤顶向外顶压，经两次线状加热后基本上能矫正筒体的内凹变形。

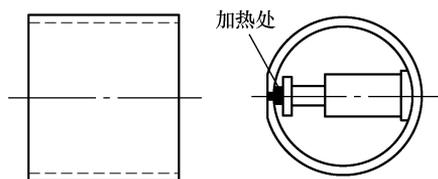


图 6-5 火焰矫正筒体纵缝内凹变形的示意图

厚壁筒体焊接后，常会产生局部圆弧过大、过小或椭圆等缺陷。矫正时先将筒体竖直放在平台上，下面垫上木块，用圆弧板找出过大、过小处。然后分别在筒体内、外壁沿纵缝进行线状加热，加热后自行冷却，一次不行可进行多次，直至达到技术要求为止。图 6-6 为厚壁筒体的火焰矫正示意图。



图 6-6 厚壁筒体的火焰矫正示意图

2. 减少矫正工作量的途径

由于矫正是一个费时、费力又要求技术性较高的工作，所以，选择好减少矫正工作量的途径是很必要的。

- 1) 尽量使用橡皮成形代替手工成形，同时提高橡皮成形的单位压力。
- 2) 可采用新的淬火液减小淬火的变形量。
- 3) 推广采用一步成形法，即在新淬火状态下成形，减少矫正工作量。
- 4) 采用空气锤等相关机械来辅助矫正变形。

三、焊接结构的变形原因与矫正

构件在连接后出现的变形，以焊接最为明显，焊接后出现的变形主要有角变形、波浪变形和整体变形。

1. 角变形

角变形产生的主要原因是焊缝截面形状上下不对称，使焊缝横向收缩上下不均匀，特别是对 V 形坡口和 X 形坡口尤为突出，这主要是由于热量上、下分布不均匀。对丁字形接头，则由于左右热量分布不均匀而造成角变形，如



图 6-7 所示。

2. 波浪变形

波浪变形主要表现在焊接薄板时，由于焊缝的纵向收缩使薄板连接的焊缝处（即中间部分）热量分布较高，而非焊接部分热量分布较低，焊缝处的热量在向外发散时，受到距离焊缝较远、温度较低的金属区域的抑止，就会失去稳定性，产生波浪变形，如图 6-8 所示。

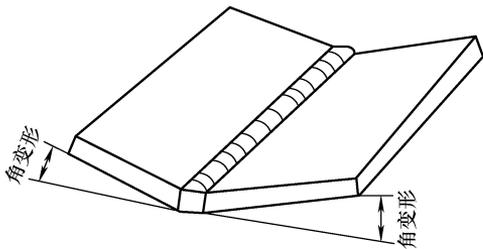


图 6-7 材料的角变形

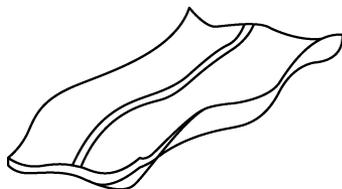


图 6-8 材料的波浪变形

3. 整体变形

整体变形表现在材料的纵向缩短和横向缩短、弯曲变形和扭曲变形等诸多方面，其中材料的纵向缩短和横向缩短主要是由焊接受热后的纵向收缩和横向收缩引起的。弯曲变形是由于焊缝的纵向收缩引起的；扭曲变形则是由于焊接时焊接顺序和焊接方向不合理而引起的。

四、不同材质的构件变形的原因与矫正

材质是泛指材料的强度、硬度、塑性等性能的综合体现。钢材中随着含碳量和合金元素含量的变化，其性能也有差异。因而，矫正时，应根据材料的含碳量、合金含量，运用适当的方法予以矫正。

1. 碳素钢和合金钢材料的矫正方法

(1) 碳素钢材料的矫正方法 碳素钢材为常用的一般结构钢材，其牌号有 Q215、Q235 等，随着含碳量的增加，材料的强度、硬度的提高而塑性有所下降。此类钢材塑性较好，淬硬倾向和冷作硬化倾向均较小，因而可进行冷、热各种矫正。手工、机械、火焰矫正均可，矫正的变形量可较大，不易产生硬化现象。加热矫正时，可进行快速的水冷却，使矫正效率提高，不会发生淬硬现象。碳素钢材料塑性较好，出现变形时，一般可采用手工矫正、机械矫正和火焰矫正。手工矫正时，对材料的厚、薄、软、硬分别采用反向弯曲矫正法、反向扭曲矫正法和锤展伸长法；机械矫正时，可通过使用专用机械和通用机械来



进行矫正；火焰矫正时，可采用线状、点状和三角形矫正法。对一些较大的构件，亦可采用整体加热，再进行弯曲矫正。

(2) 合金钢材料的矫正方法 合金钢材料由于塑性较差，刚度较好，出现变形时，直接采用手工矫正或机械矫正会出现断裂现象。因此，矫正方法以火焰加热为主，并在加热的基础上再配以手工矫正或机械矫正，则效果更好。但有时由于材料规定温度的限制使加热温度不宜太高，必要时可先进行退火处理，达到一定的温度后再矫正，这样既可保持一定的刚度又能达到矫正的目的。在一般压力容器材料中，这种方法使用最多。

1) 低合金结构钢。低合金结构钢常用于质量要求较高的结构，其牌号有 Q390 (15MnV)、Q345 (16Mn) 等。由于低合金结构钢含有固溶强化的合金元素，与碳素钢相比，其强度高，而塑性相当，但淬硬倾向和冷作硬化倾向较碳素钢材大，因而矫正时，一般在常温状态下采用手工矫正或机械矫正，而如果采用热矫正和火焰矫正，一般不用快速的水冷却，以防产生淬硬现象。

2) 不锈钢等高合金钢。不锈钢、耐热钢等高合金钢材由于含有大量的不同合金元素，会体现出特殊的性能。例如，常用的不锈钢其耐腐蚀性能良好，强度不高，塑性较好，但冷作硬化倾向很大。当材料加热到一定温度时，易使内部组织发生变化，造成耐腐蚀性能的下降。因此，不锈钢等高合金钢材一般采用常温下的冷矫正，以尽可能地减少其变形次数，防止钢材的硬化。如果进行热矫正，就应根据其性能特点，在矫正后进行相应的热处理，以提高其特殊的性能。

2. 厚、薄材料的矫正方法

(1) 较厚材料的矫正 较厚材料的矫正一般在有条件的情况下采用专用机械（如专用矫正机）和通用机械（水压机、油压机）进行。但是在缺乏专用机械的情况下，有时也采用千斤顶和一些辅助工具、器材来进行矫正，并配以火焰矫正，同样也能达到较好的效果，特别是对弯曲变形和扭曲变形的矫正，使用得更多。

(2) 较薄材料的矫正 较薄材料的矫正一般选用手工矫正和水火矫正。因为材料较薄，其弹性好，若采用机械矫正，效果欠佳。采用手工和水火矫正时，可对其变形区域材料的松紧、长短进行判断，并锤击其紧缩部位，使其伸长松弛，特别是对一些已装配成形而又变形的构件或产品，采用水火矫正（点状矫正）的效果更好，而且不会损坏构件或产品其他部分。



复习思考题

1. 常见的板材变形有哪些？
2. 影响构件连接后变形的主要因素是什么？
3. 简述焊接结构变形的种类。

第七章

连 接



培训学习目标 能对各种连接方法产生的缺陷进行质量分析，并采用相应的预防措施；能进行焊接、铆接及胀接接头进行强度校核。

第一节 连接质量分析

一、焊接质量分析

焊接内部缺陷有裂纹、气孔、夹渣、未焊透与未熔合等。

1. 裂纹

裂纹产生的原因有工件刚度过大，焊件有淬硬倾向，焊材选用不当，焊条受潮，焊件坡口有杂物等。裂纹是在焊接应力及其他致脆因素共同作用下，焊接接头中局部区域的金属原子结合力遭到破坏而形成的新界面所产生的缝隙。

裂纹产生于焊缝或母材中，如图 7-1 所示，其中裂纹 4、5、6 为热影响区纵裂纹。

裂纹是最严重的缺陷，它使焊件截面减小，造成应力集中，尤其在动载荷作用下，即使微小的裂纹也容易扩展成宏观裂纹造成结构破坏，产生严重事故。

2. 气孔

气孔是由于焊条受潮、电弧过长、工件有污物而造成的。气孔包括缩孔。气孔是熔池中的气泡在凝固时未能逸出而残留下来所形成的空穴。气孔可能是单个存在的球形、条形和虫形体，也可能是链状或孔群状的形体，如图 7-2 所示。气孔的存在减少了焊缝工作截面的致密性，在某些结构的焊缝中允许存在少量的气孔。

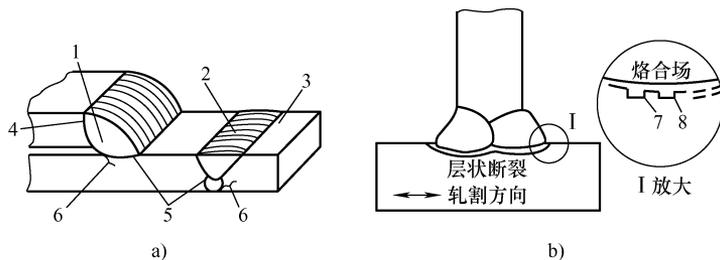


图 7-1 裂纹（裂纹及可能出现的部位和分类）

a) 裂纹部位 b) 热影响区

1—焊缝纵裂纹 2—焊缝横裂纹 3—热影响区横裂纹
4—焊道下裂纹 5—焊趾裂纹 6—焊根裂纹 7—剪切墙 8—平台

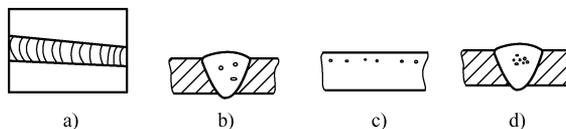


图 7-2 焊缝中的气孔示意图

a) 外部气孔 b) 内部气孔 c) 连续气孔 d) 密集气孔

3. 夹渣

夹渣是由于焊接过程中熔渣清理不干净、焊接电流太小、焊速过大等造成的。当熔化金属凝固时，熔渣来不及自熔池中浮出而残留在焊缝金属中就会形成夹渣，具体原因有电弧保护及熔池金属保护不好，焊件边缘有油污、铁锈，多层焊时前道焊缝未清理干净等。

夹渣会降低焊缝强度，对于某些结构，在保证焊缝强度和致密性的条件下，也允许存在尺寸不大的夹渣，如图 7-3 所示。



图 7-3 夹渣

4. 未焊透与未熔合

未焊透与未熔合是由焊接过程中焊接电流过小、焊缝过大、坡口角度过小、钝边太厚、间隙过小、焊条直径过大、焊条角度不正确、电弧偏移等因素造成的，如图 7-4 所示。

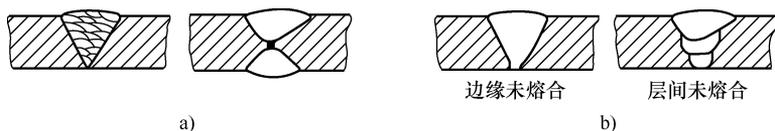


图 7-4 未焊透与未熔合

a) 未焊透 b) 未熔合

未焊透是指焊接时接头的根部未完全熔透，未熔合是指焊料与金属未能熔合。未焊透与未熔合均会使接头强度减弱，容易引起裂纹。

二、铆接质量分析

铆接可分为冷铆、热铆和拉铆三种方式，在铆接前应在钢板上先如工出铆钉孔，铆钉孔的大小应根据铆接方式确定。

冷铆时，铆钉直径一般不超过 13mm，手工冷铆一般适用于直径小于 8mm 铆钉的铆接，铆接铆钉时，正常的压缩空气压力，一般小于表 7-1 中所列的数值。

表 7-1 压缩空气压力与铆钉直径的关系

铆钉直径/mm	13	16	19	>22
压缩空气压力/MPa	1.6	2	2.3	2.75

拉铆时，钉孔直径应比铆钉直径大 0.1mm 左右，过大会影响连接强度，应根据心棒的直径选定铆钉枪头的孔径，并调整导管位置螺母松紧，使心棒能自由插入导管的拉夹中，其内孔与心棒选用间隙配合，然后将铆钉穿入钉孔中，套上风动拉铆枪，按动扳钮，将心棒拉断，拉铆即告完成。拉铆可铆接复杂的构件和容器，但拉铆必须应用特制的抽芯铝铆钉，因此仅用于轻载构件的连接。

热铆是将铆钉加热到高温再铆接的方法，若用铆钉枪铆接，铆钉的加热温度一般为 1000 ~ 1100℃；用铆接机铆接时，铆钉的加热范围为 650 ~ 670℃。除铆钉加热外，热铆的操作过程基本与冷铆相同，但在穿铆钉前应注意去除铆钉表面的氧化皮，穿钉要迅速，铆接要快，争取铆钉在较高温度下完成铆接工作。

热铆时，由于铆钉受力膨胀变粗，且钉杆易于镦粗，为了穿钉方便，通常铆钉孔直径比铆钉直径大 5% ~ 10%。铆钉孔加工时，应先钻孔，留 1 ~ 2mm 的余量，待装配后，用铰刀加工到要求的孔径。

铆接变形有钉头偏移或钉杆歪斜，钉头局部未与工件表面贴合，板料接合



面有缝隙，钉头形成凸斗及磕伤板料，钉杆在孔内弯曲，钉头有裂纹，钉头周围有过大的帽缘和钉头有伤痕等。

- 1) 铆钉头偏移或钉杆歪斜，如图 7-5 所示。
- 2) 铆钉头局部未与板件表面贴合，如图 7-6 所示。

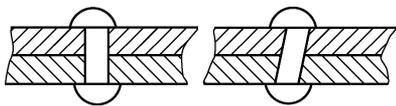


图 7-5 铆钉头偏移或钉杆歪斜

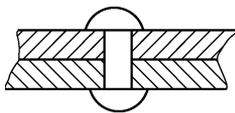


图 7-6 铆钉头局部未与板件表面贴合

- 3) 板料接合面之间有缝隙，如图 7-7 所示。
- 4) 铆钉头形成凸斗及磕伤板料，如图 7-8 所示。



图 7-7 板料接合面之间有缝隙



图 7-8 铆钉头形成凸斗及磕伤板料

- 5) 铆钉杆在钉孔内弯曲，如图 7-9 所示。
- 6) 铆钉头有裂纹，如图 7-10 所示。

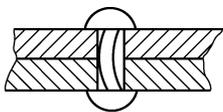


图 7-9 铆钉杆在钉孔内弯曲

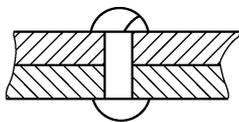


图 7-10 铆钉头有裂纹

- 7) 铆钉头周围有过大的帽缘，如图 7-11 所示。
- 8) 铆钉头有伤痕，如图 7-12 所示。

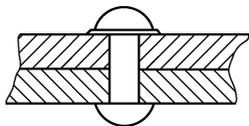


图 7-11 铆钉头周围有过大的帽缘

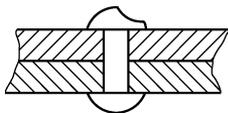


图 7-12 铆钉头有伤痕

三、铆接缺陷分析与防止措施

1. 铆钉头偏移或钉杆歪斜

产生该缺陷的主要原因是铆钉枪在操作时与板面不垂直，这样在压缩机的



风压下，使铆接钉杆与钉孔产生不在同一轴线的偏移，而使钉杆歪斜。由于预钻孔时，钉孔本身就歪斜，在铆接时亦形成歪斜。这要求预钻孔时，必须保证钉孔的垂直。

2. 铆钉头局部未与板件表面贴合

产生该缺陷的主要原因是罩模偏斜，罩模在和铆钉头连接时，必须轴心一致，并保持铆钉枪与钉杆的垂直。

3. 板件接合面间有间隙

产生该缺陷的主要原因是铆接前螺栓未固定，过早拆除或本身板料之间相互贴合不严以及孔径过小。因此，铆接前应紧固螺栓至两板料之间贴紧，并且检查板料之间本身是否平整，若不平整先予以矫平。

4. 铆钉头形成凸斗及磕伤板料

产生该缺陷的主要原因是罩模直径过大、钉杆长度不足。因此，合理的计算钉杆长度，选择合适的罩模可防止此类缺陷。

5. 铆钉杆在钉孔内弯曲

产生该缺陷的主要原因是钉孔直径过大，钉杆直径偏小。因此，铆接前选用适当直径的铆钉与钉孔板配合，可以防止钉杆在钉孔内弯曲。

6. 铆钉钉头有裂纹

产生该缺陷的主要原因是铆钉材料塑性差，加热温度不当。要预防此类缺陷，首先必须检查材质，试验铆钉的塑性，控制好加热温度。

7. 铆钉头周围有过大的帽缘

产生该缺陷的主要原因是钉杆太长，罩模直径太小，铆接时间过长。因此应正确选择钉杆长度，选取合适的罩模和减少打击次数，消除的方法是更换铆钉。

8. 铆钉头有伤痕

产生该缺陷的主要原因是罩模击在铆钉头上并不是完全接触，防止的方法是铆接时紧握铆钉枪，并控制好铆钉枪的跳动（压缩空气运用要适当）。

四、胀接质量分析

1. 胀接前的备料和准备工作

胀接前的备料和准备工作是十分重要的，胀接前首先要对胀接的管子进行加工成形（如矫直、弯管等），然后编号，对管板也要进行编号和清理、抛光工作，胀管前还必须对管子管端进行退火处理及抛光打磨加工，同时要选择好相适应的胀管机和胀管器，并准备好扁形楔铁（定位用，可用焊接头加工后代



替)、始胀和终胀的样板及锤子等辅助工具。

2. 制定初胀和复胀的工艺步骤

初胀时,尽量选择对称合理、变形小的胀接步骤。对于对称结构,必须同时进行胀接,并以对称中心管排为定位基准,两端对称胀接,防止渐次胀接出现的挠曲变形和几何形状失准。

3. 制定胀接后的致密性检测和气压试验工作

在初胀和复胀及整个装配工序完成之后,必须制定与之相适应的水压试验,并要达到一定的压力要求,一般水压为工作压力的1.5倍左右。气压试验时,则需通过把胀接结构内的水加热至所需温度,来观察蒸汽压力的稳定性,并将其压力保持一定的时间,同时观察连接处是否漏气、漏水。若压力太高而漏气、漏水时,可适当放掉一些蒸汽,然后在规定的压力下,继续查看是否有漏气、漏水现象。

4. 胀接质量的检验

(1) 胀接质量分析 胀接质量的好坏将直接关系到产品的质量,因此,要了解胀接可能产生的缺陷及产生的原因,预先采取措施,尽量避免产生缺陷。

胀接缺陷有多种,胀接质量上的表现就是连接强度不够或接头致密性不好。而影响胀接质量的因素很多,如管子与管板孔之间的间隙、胀接面的粗糙度、胀管方法、胀管器及胀紧力的大小等。表7-2列出了一些影响胀接质量的因素及其可能造成的缺陷和纠正预防措施。

为了避免产生缺陷而影响胀接质量,在正式胀接前,应试胀几个接头进行验证,无误后方可进行正式胀接。

表 7-2 胀接可能产生的缺陷、影响、原因及纠正预防措施

缺陷现象	缺陷影响	原因	纠正和预防措施
胀接不牢、有间隙、接头松动	胀接强度和致密性	① 胀管器规格不对 ② 管板孔大 ③ 管端硬度高	① 检查、更换胀管器 ② 加强管板加工控制 ③ 对管端退火处理
胀接长度不够	胀接强度	操作方法不当,未胀到位	严格遵守工艺规程
胀偏,管口一边大、一边小	胀接强度和致密性	操作方法不当,胀管器未摆正	严格遵守工艺规程
过胀,管与管板连接根部凸起过大	接头强度	① 工艺参数有问题 ② 胀管器规格不对	① 检验工艺参数 ② 更换胀管器



(2) 胀接质量的检验内容 主要有胀接接头是否严密和胀接接头是否过胀两个方面。若胀接接头太松不严密,则水压试验时就会出现漏水、漏气现象。卸掉压力和降温后,根据所做的记号,对漏水、漏气的管子、管板继续复胀,直到胀紧为止。检查时,如果胀接接头过胀,则管子和管板的连接处的内表面会产生起皮、粗糙(不光滑)和压痕等现象,这样会影响管子和管板的工作寿命。一般应对此类管子进行拆除和更换,并再次通过水压和气压试验来复验更换后的管子是否漏水、漏气。有时这种水压和气压试验要进行2~3次,直到管子不再漏气、漏水为止。

◆◆◆ 第二节 连接强度校核

一、焊接接头强度分析及校核方法

计算焊接强度,就是计算焊接接头的强度和焊缝承载力的大小,所以与焊接接头的形式和焊缝的形式有直接关系。

1. 焊接接头形式

一般焊接接头有搭接接头、对接接头、角接接头、T形接头四种形式。焊接接头形式的选择,是根据焊件的厚度、结构形式、强度要求以及施工条件等情况决定的。

(1) 搭接接头 两块钢板相叠而在顶端边缘进行焊接的接头,称为搭接接头,如图7-13a所示。

根据结构形式和对强度的要求不同,搭接接头有开I形坡口、圆孔内塞焊与长孔内角焊三种形式。

I形搭接接头,一般用于厚度12mm以下的钢板,其重叠部分为3~5倍板厚,并采用双面焊接。这种接头强度较差,故很少采用。

当遇有双层钢板的面积较大时,为了保证结构强度,可根据需要选用圆孔内塞焊或长孔内角焊。特别是在被焊结构的狭小处以及密闭的焊接结构,选用圆孔内塞焊或长孔内角焊更为合适。圆孔和长孔的大小及数量,要根据板厚和对结构的强度要求而定。

(2) 对接接头 两块钢板的边缘相对,并且表面在一个平面上焊接的接头,叫对接接头(见图7-13b)。对接接头在各种冷作结构中,是采用最多的一种接头形式。

按照焊件厚度和坡口形式的不同,对接接头可分为开I形坡口、V形坡口、

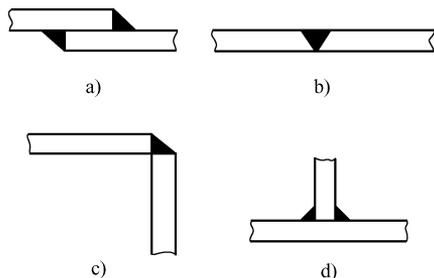


图 7-13 各种接头形式

a) 搭接接头 b) 对接接头 c) 角接接头 d) T形接头

X形坡口、单边U形坡口和双边U形坡口5种形式。钢板厚度在6mm以下的一般开I形坡口。

(3) 角接接头 两块钢板成直角或某一角度，而在板的顶端边缘上焊接的接头，称为角接接头（见图7-13c）。角接接头一般用于焊接不重要的场合。

(4) T形接头 两块钢板成T形结合的接头，称为T形接头（见图7-13d）。这种接头形式用途也比较广，特别在造船厂，船体结构大约70%是采用这种形式接头的。

2. 焊缝形式

焊缝形式分类方法很多，一般按空间位置可分平焊缝、立焊缝、横焊缝、仰焊缝四种形式，如图7-14所示。按结构形式可分为对接焊缝、角焊缝、塞焊缝三种。按焊缝断续情况，又可分为连续焊缝和间断焊缝两种形式。间断焊缝只适用于强度要求不高，以及不需要密闭的结构焊接。

3. 焊接接头的强度计算

焊接接头的强度计算是根据等强度原理考虑的，即焊缝的截面面积要相等于焊接件的截面面积。

如果焊件受纵向拉力时，焊接接头承受的拉力计算公式为

$$F = [\sigma_p]A$$

式中 $[\sigma_p]$ ——焊件基本金属在拉伸时的许用应力（MPa）；

A ——焊件的横截面面积（ mm^2 ）。

如果焊件受纵向压缩力作用时，焊接接头承受的压力计算公式为

$$F = [\sigma_c]A$$

式中 $[\sigma_c]$ ——焊件基本金属在压缩时的许用应力（MPa）。

如果焊件以梁的形式受弯曲力作用时，焊接接头承受的力矩计算公式为

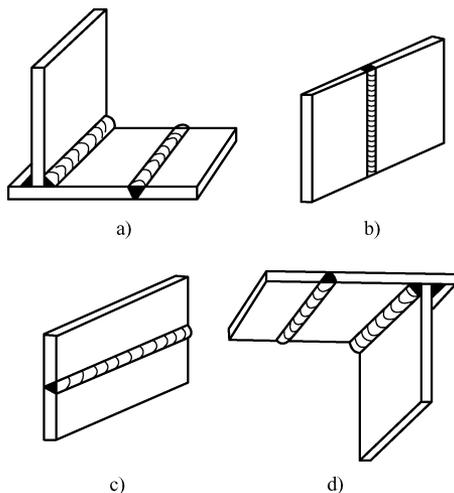


图 7-14 焊缝按空间位置的分类

a) 平焊缝 b) 立焊缝 c) 横焊缝 d) 仰焊缝

$$M = [\sigma_p] W$$

式中 W ——焊件的截面矩量，或称为截面系数。其值等于截面对中性轴的惯性矩除以离中性轴最远纤维的距离。各种型钢的截面矩量可在材料手册中查出。

(1) 搭接接头的焊缝情况与强度计算

1) 搭接接头的焊缝情况。搭接焊缝是利用角焊缝形成的，如图 7-15 所示。角焊缝的方向与作用力的方向垂直称为正面焊缝，如图 7-15a 所示；如果是平行的，则称为侧面焊缝，如图 7-15b 所示；如果有一定角度，就称为斜焊缝，如图 7-15c 所示；如果包含正面和侧面两种焊缝，就叫组合焊缝，如图 7-15d 所示。

焊条电弧焊时，搭接角焊缝横截面的形状有两种，如图 7-16 所示。

① 正常的。即焊缝的横向截面呈等腰三角形，焊脚尺寸 K 等于板厚 δ ，如图 7-16a 所示。

② 凹面的。即截面呈底边比高度大的曲线三角形，焊缝金属和基本金属平缓连接，如图 7-16b 所示。

在搭接焊缝中，正面焊缝的搭接宽度 c 不得小于 5δ 。

从图 7-16 中可以看出，作用力 F 的作用线通过角焊缝时，会产生弯折，因此应力集中较严重，在焊缝根部上往往形成强烈的应力，易于开裂破坏。这种情况，反应在正常的等腰三角形焊缝中最为严重。因此，在承受动载荷时，应采用凹形焊缝。

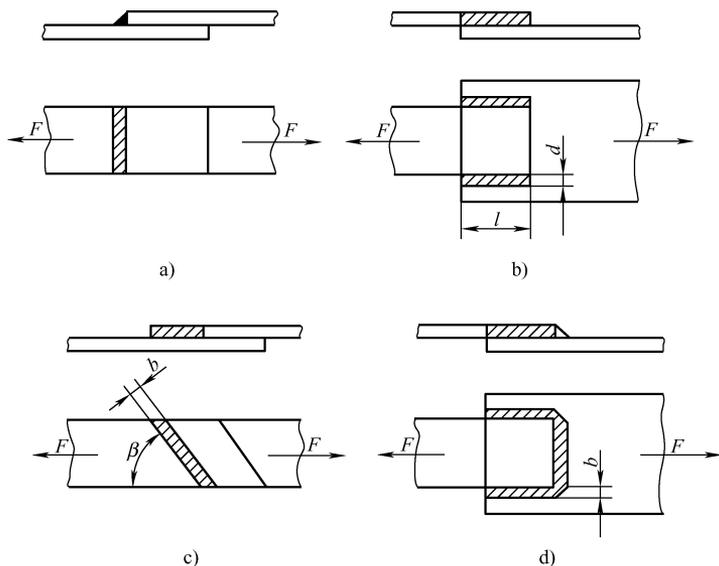


图 7-15 搭接焊缝的种类

a) 正面焊缝 b) 侧面焊缝 c) 斜焊缝 d) 组合焊缝

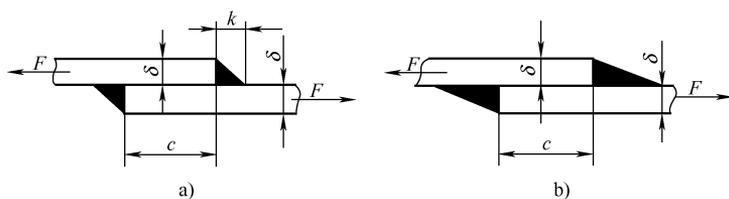


图 7-16 搭接角焊横截面的形状

为了不使侧面焊缝中产生过分不均匀的应力，一般规定：侧面焊缝的长度应 $< 60\delta$ ，正面与斜焊缝的长度应 $> 40\text{mm}$ 。

2) 搭接接头的强度计算。正面焊缝在承受拉力或压力时，它的破裂通常是沿着直角平分的最小截面开始的。但是，考虑到偏心力矩的存在和局部应力集中，使焊缝工作条件变坏，所以焊缝的许用应力取值较低，使它等于许用切应力。在普通工程中，正面焊缝的强度是按剪切力进行计算的，这种方法是近似、假定性的。

如图 7-17 所示的搭接接头形式中，由一道正面焊缝构成搭接接头时，它的许用承受力计算公式为

$$F = 0.7[\tau']l\delta$$



式中 $[\tau']$ ——焊缝金属的许用切应力 (MPa);

l ——焊缝工作长度 (mm)。

由两道搭接焊缝焊接时, 它的许用承受力为一道焊缝的 2 倍。

(2) 对接接头的强度计算 如果焊件受拉伸作用, 则许用拉力为

$$F = [\sigma_p] \delta l$$

如果焊件受压缩作用, 则许用压力为:

$$F = [\sigma_c] \delta l$$

(3) T 形接头强度计算 因为 T 形接头主要用于受弯曲作用的焊件中, 所焊接钢板没有焊透, 在留有缝隙的情况下, 焊缝计算采用最小面积的截面, 计算强度采用角焊缝的抗剪强度。

图 7-18 所示为焊缝受弯曲力矩 M 作用时, 它的强度计算公式为

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

式中 M ——弯曲力矩 ($\text{N} \cdot \text{mm}$);

W ——焊缝截面矩量 (mm^3)。

$$W = \delta h^2 / 6$$

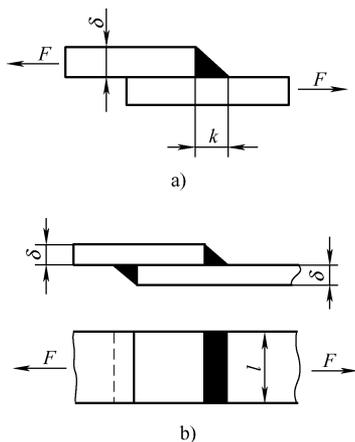


图 7-17 搭接角焊缝

a) 一道正面焊缝 b) 二道搭接焊缝

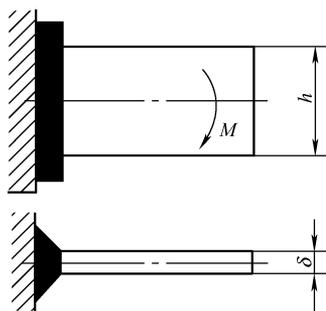


图 7-18 在弯曲力矩作用下的 T 形接头

二、铆接接头强度分析及校核方法

1. 铆钉的受力分析

当被连接的板件受到外力作用时, 板件将力传递给铆钉, 铆钉这时受到大



小相等、方向相反而且相距很近的一对平行力 F 的作用,如图 7-19a 所示,使铆钉受剪切和挤压。

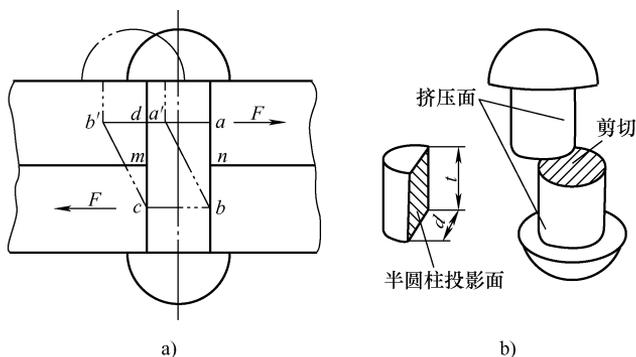


图 7-19 铆钉的受力情况

(1) 剪切 铆钉在外力的作用下,首先产生剪切变形,如图 7-19a 所示 ab 剖面相对 cd 剖面产生了 $a \rightarrow a'$ 的滑移,这时矩形 $abcd$ 变成了平行四边形 $a'b'cb$,使直角改变。这样的变形就是剪切变形。

在铆钉中与外力平行的剖面上,存在着一个抵抗变形的内力 F_1 ,根据力的平衡条件 $F_1 = F$,将此内力称为铆钉的抗剪力,假如抗剪力在剖面上是均匀分布的,则单位面积上的抗剪力则为该种铆钉材料的切应力。切应力通常用 τ 表示。

$$\tau = \frac{F_1}{A}$$

式中 τ ——切应力 (MPa);

F_1 ——剪切力 (N);

A ——受剪切的剖面积 (mm^2)。

严格来说,铆钉杆受剪切力作用时,切应力 τ 并不是均匀分布的,因为铆钉杆受剪切力的同时,还伴随着弯曲、挤压等变形,为了简化计算,习惯上仍然假定切应力是均匀分布的。

(2) 挤压 当铆接件受到外力作用时,铆钉在受剪切的同时,还伴随着局部受挤压现象,铆钉和被铆接材料在半圆柱面的接触面上同时受挤压,并且挤压应力 σ_c 只发生在接触的表面层。

挤压应力分布是较复杂的,为了简化计算,一般采用下面的公式计算挤压应力:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A_c}$$



式中 σ_c ——挤压应力 (MPa);

F_c ——挤压力 (N);

A_c ——挤压面积 (mm^2)。

铆钉与被铆接材料的接触面是半圆柱面, 计算挤压面积是半圆柱面的投影面, 如图 7-19b 所示。

2. 铆接件的受力分析

在铆接结构中, 由于受外力作用, 铆接件常常被破坏。通过铆钉的受力分析了解到, 铆接件对铆钉产生剪切力和挤压力, 这些力也作用在铆接件上。

当铆接件本身的强度大于铆钉的强度时, 铆钉被拉长, 铆接力大大减弱, 从而出现铆钉松动现象, 严重时铆钉被剪断; 若铆钉强度大于铆接件的强度时, 则铆接件的钉孔被拉长或拉裂。因此, 在设计铆接结构时, 要根据等强度的原则进行计算。但考虑到维修时的方便, 更换铆钉比更换板料铆接件要容易得多, 同时成本也低。所以, 板料铆接件的强度应略比铆钉的屈服强度大一些。

3. 铆接强度的计算

铆接强度与下列因素有关:

1) 铆接强度与铆钉直径和数量有关。在一定条件下, 铆钉直径越大、数量越多, 强度也就越大; 反之就越小。

2) 铆接强度与铆钉长度、铆接件总厚度有关。铆接件越厚、铆钉越长, 铆接强度越低。

3) 铆钉孔的大小或多少也直接影响铆接强度。一块板料由于开了一个孔, 其强度就要减弱, 开孔越多越大, 铆接件本身的强度就越低。

4) 铆接强度与铆接形式有关。对接时, 双盖板要比单盖板的强度提高 1 倍。

从以上情况分析, 影响铆接强度的因素是复杂的, 怎样合理地设计铆接件, 应从多方面考虑, 比如铆钉的钉距、边距、排距以及铆钉排列方式等。

铆接强度是根据被铆接零件之间的摩擦阻力决定的, 铆接得越严密, 被铆零件之间的摩擦力越大, 铆接强度越高。所以, 铆钉在铆接件上, 并不是直接受剪切的, 只有当铆接件所受的外力大于摩擦力时, 铆钉才开始受到挤压和剪切。如果外力还在不断地增加, 铆接件或铆钉就可能被破坏。所以, 在设计铆接结构时, 必须进行铆接的强度计算。

大量实验证明, 当铆接件承受载荷时, 作用力主要是依靠被铆接件之间的摩擦阻力来传递的。当外力逐渐增大到克服了铆接件之间的摩擦阻力之后, 被铆接件之间发生滑移, 使铆钉杆压紧孔壁而承受剪切力的作用。



(1) 铆钉强度的计算 如果铆接件钢板的厚度较大, 而铆钉的直径较小时, 则可能发生铆钉杆被切断。需要计算铆钉是否合适。

假定全部铆钉都受同样的载荷, 则一只铆钉承受的切应力计算公式为:

$$\tau = \frac{F}{nA}$$

式中 τ ——单只铆钉承受的切应力 (MPa);

F ——铆接部位承受的载荷 (N);

n ——铆钉数量 (只);

A ——单只铆钉的截面积 (mm^2)。

实际应用中, 通过计算铆钉承受的切应力, 小于或等于所选铆钉的许用切应力, 便可认定铆钉可以承受载荷。

例 1 — 铆接接头承受载荷 $F = 100\text{kN}$; 铆钉数量 $n = 3$, 铆钉孔直径 $d = 20\text{mm}$; 铆钉的许用切应力 $\tau = 145\text{MPa}$ 。试计算铆钉的选用是否合适, 如图 7-20 所示。

解: 该例中, 只要计算出铆钉实际所承受的切应力 τ' 小于或等于所选铆钉的许用切应力 τ , 便说明铆钉可以承受载荷。

将已知条件代入计算公式。

$$\tau' = \frac{F}{nA} = \frac{100000}{3 \times 10^2 \times 3.1416\text{mm}^2} \approx 106\text{MPa} < \tau' = 145\text{MPa}$$

$\tau' < \tau$, 说明铆钉强度足够。

可以根据已知条件, 推算出适用铆钉的最小直径。

$$\text{由式 } \tau = \frac{F}{nA} \text{ 得 } A = \frac{F}{n\tau} \text{ 而 } A = \frac{\pi d^2}{4}, \text{ 故 } d = \sqrt{\frac{4F}{n\pi\tau}}$$

仍以例 1 所给定的条件, 来计算合适的铆钉。

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 100000}{3 \times 3.1416 \times 145}} \text{mm} \approx 17.1\text{mm}$$

通过计算, 得出此例中铆钉的最小直径为 17.1mm, 选 $d = 18\text{mm}$ 较为合适。

(2) 铆接接头强度的计算 如果连接件钢板厚度较薄, 而铆钉的直径较大时, 则在前方的金属因压应力过高而出现塑性变形, 使钉孔逐渐形成椭圆形, 在这种情况下, 连接的钢板将发生被铆钉拉裂。需要计算铆接接头的抗拉强度。

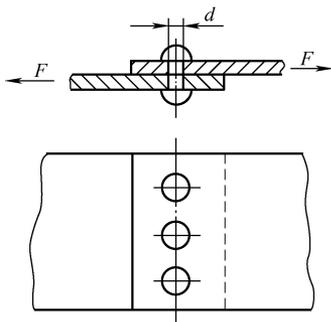


图 7-20 铆钉受力计算



由抗拉强度的概念得知

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

式中 σ ——抗拉强度 (MPa);

F ——载荷 (N);

A ——拉伸方向上的截面积 (mm^2)。

钢板的截面积等于板厚 δ × 板宽 b 。但由于板宽上开了 n 个直径 d 的铆钉孔, 所以, 实际板宽应减去 n 个开孔直径的总和。

$$\sigma = \frac{F}{\delta(b - nd)}$$

实际应用中, 用上式便可以计算铆接接头的抗拉强度是否符合所承受载荷的要求。

例 2 —铆接接头如图 7-21 所示, 已知载荷 $F = 100\text{kN}$, 铆钉孔直径 $d = 20\text{mm}$, 铆钉数 $n = 4$, 铆件板宽 $b = 240\text{mm}$, 铆件板厚 $\delta = 10\text{mm}$, 铆件许用拉应力 $\sigma = 155\text{MPa}$ 。试计算该铆接接头的抗拉强度能否承受 100kN 的载荷。

解:

将已知条件代入下式

$$\sigma = \frac{F}{\delta(b - nd)}$$

则

$$\sigma = \frac{F}{\delta(b - nd)} = \frac{100000}{10 \times (240 - 4 \times 20)} \text{N/mm}^2 = 62.5 \text{MPa}$$

通过计算得出, 在 100kN 的载荷作用下, 该铆接接头承受的拉应力为 62.5MPa , 远远小于铆件许用拉应力 155MPa 。说明该铆接接头的强度足够。

现仍以例 2 所给定的条件来计算该例中板材所能承受的最大载荷和铆钉所能承受的最大载荷, 以及该铆接接头所能承受的最大载荷。

解:

1) 板材所能承受的最大载荷按下式计算

$$F_{\text{板}} = \sigma \delta (b - nd)$$

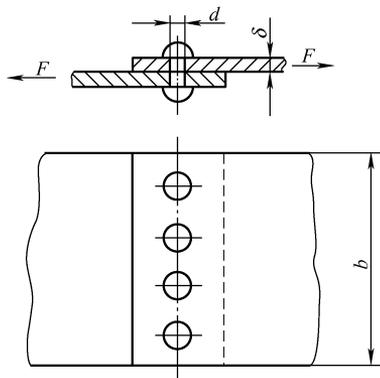


图 7-21 铆接接头受力计算



代入给定条件

$$F_{\text{板}} = 155 \text{N/mm}^2 \times 10(240 - 4 \times 20) \text{mm}^2 = 248000 \text{N} = 248 \text{kN}$$

计算结果，该例中板材所能承受的最大载荷为 248kN。

2) 铆钉所能承受的最大载荷按下式计算

$$F_{\text{板}} = \frac{\tau n \pi d^2}{4}$$

式中 τ ——铆钉许用抗剪应力为 145MPa。

代入给定条件

$$F_{\text{板}} = 145 \text{N/mm}^2 \times 4 \times 3.1416 \times 100 \text{mm}^2 = 182000 \text{N} = 182 \text{kN}$$

计算结果，该例中铆钉所能承受的最大载荷为 182kN。

由此来看，该例中铆钉所能承受的最大载荷即为该铆接接头所能承受的最大载荷。

实际应用中，按照各种可能的破坏形式，根据各部分零件强度相等的原则来确定钢板的规格、铆钉的规格和铆钉的数目等。

复习思考题

1. 常见焊接内部的缺陷有哪些？
2. 常见铆接的缺陷有哪些？
3. 铆接强度与哪些因素有关？

第八章

检 验



培训学习目标 能根据质量标准及技术要求对金属结构进行质量检验；能在基准转换时根据技术要求进行相关检验尺寸转换；能按技术要求检验焊接质量；能按技术要求对结构进行致密性检验。

第一节 结构质量检验

一、测量基准转换及尺寸计算知识

1. 测量基准的转换

基准是零件上用于确定其他点、线、面位置的依据，图样上的基准是设计人员根据技术要求和相应的技术参数等而设定的，通常在产品制造中所选取的划线基准、放样基准、装配基准及测量基准等均应与设计基准一致。这样产品在制造中能按设计的要求和技术参数进行制造和检验，掌握零件的形状和尺寸的变化，最终产品加工后容易保证其形状和尺寸与设计要求的相关技术参数相一致性，便于制造出合格的产品。但在实际生产中，由于诸多因素的影响，不可能完全以设计基准为基准，这就需要变换基准位置，再进行划线、放样、装配等，这时测量基准也应作相应的转换，以便于操作。

不同工件的结构特点、不同的技术要求、不同的生产条件和方式，测量基准转换的方法各不相同，其转换时应考虑以下问题：

1) 采用转换后的测量基准进行测量，应保证其测量的准确度，并最终符合技术要求。

2) 便于测量操作，误差要小。测量基准通常与定位基准相重合，如在平台上进行立体划线、装配时，一般均以平台作为测量基准。如图 8-1 所示为用钢板组合的工字梁，要求翼板与腹板垂直。如果装配时以翼板为测量基准，测量



腹板与翼板的垂直度就很不方便。如果转换以装配平台为测量基准，使工字钢卧装，用厚度相等的垫块衬垫，再用直角尺测量翼板的垂直度，则既容易测量，又能保证测量的准确度。

2. 尺寸计算知识（尺寸链的计算）

冷作钣金零件加工后要进行组合和装配，装配精度的优劣将直接影响到构件及产品的工作性能和使用寿命，而装配精度取决于各零件的加工精度。因此零件加工时，要提高其加工要求，这将造成加工的困难，加大制造的成本，这不符合生产的经济性，所以在大多数情况下按经济加工精度来加工零件。在组合、装配时，采取一定的工艺措施，如选配、修配、调整等来达到构件或产品的装配精度，这样既降低了零件的加工精度，减少了生产成本，又满足了构件整体要求。

当构件的装配精度完全依赖于零件的加工精度时，则装配时其零件完全可以互换，称完全互换法；当构件的装配精度不完全取决于零件的加工精度时，其组合时要采取一定的工艺措施，如选配法、修配法和调整法等，这些都是冷作钣金加工经常采用的方法。

对构件有关尺寸所组成的尺寸链进行分析，根据构件的装配精度，合理分配各组成环公差的过程，称为解尺寸链，它是保证构件的制造、装配精度、降低生产成本的重要依据。

如图 8-2a 所示为由外框、构件 1 和构件 2 组成焊接构件，如果要求装配间隙为 0.5 ~ 3mm，其尺寸链简图如图 8-2b 所示。其中构件 1 尺寸 A_1 和构件 2 尺寸 A_2 是减环，外框尺寸 A 是增环尺寸， A_Δ 为封闭环，其计算步骤如下：

$$A_\Delta = A - (A_1 + A_2) = 900 - (600 + 300) = 0\text{mm}$$

可见该环基本尺寸无误。

$$\text{封闭环公差：}\delta_\Delta = (3 - 0.5)\text{mm} = 2.5\text{mm}$$

$$\text{公差分配：}\delta_1 = 1.0\text{mm}, \delta_2 = 0.5\text{mm}$$

$$\delta = \delta_\Delta - (\delta_1 + \delta_2) = [(2.5 - (1 + 0.5))]\text{mm} = 1\text{mm}$$

各尺寸公差：

$$A_1 = 600_0^{+1.0}\text{mm}$$

$$A_2 = 300_0^{+0.5}\text{mm}$$

$$A = 900_{+0.5}^{+1.0}\text{mm}$$

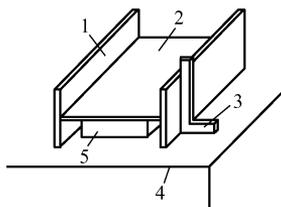


图 8-1 装配工字梁的测量基准转换

1—翼板 2—腹板 3—直角尺
4—平台 5—垫块

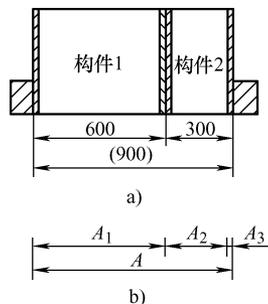


图 8-2 焊接构件

a) 焊接构件 b) 尺寸链简图



经上述计算可知,如果尺寸链各环均按上述计算值进行加工,则在装配时不需修配和调整,就能保证达到规定的要求,但对加工的难度和要求提高了。一般冷作钣金生产中按经济加工精度进行加工,然后在装配中采用修配法调整,例如,上述焊接构件若按 IT14 等级加工,通过查阅标准公差值可得 $\delta_1 = 1.75\text{mm}$, $\delta_2 = 1.3\text{mm}$, 则构件 1 和构件 2 的尺寸按 $A_1 = 600_{0}^{+1.75}\text{mm}$ 、 $A_2 = 300_{0}^{+1.3}\text{mm}$ 加工,外框尺寸在装配时可修整而定。

二、金属结构制造、安装质量标准

冷作金属结构的产品种类非多,一般无法定统一的质量标准。而压力容器一类冷作产品由于其产品的特殊性,有关部门制定了相关的产品质量分等及检查方法。大多数冷作结构产品可以参照其规定进行产品质量分等和检验。

产品的质量分等,是根据产品的制造质量、试验结果报告和用户使用结果来进行分等的,分为优等品、一等品和合格品三个等级。

1. 优等品

1) 产品主要零、部件的关键检查项目,见表 8-1 所列,合格率要达到 100%。

表 8-1 产品主要零、部件的关键检查项目

序 号	类 别	检 查 项 目	备 注
1	压力和致密性试验	压力试验	① 按图样要求进行 ② 试验报告要齐全
2	致密性试验		
3	主要零、部件的材质	筒体	① 符合图样要求 ② 材质证明要齐全、有效 ③ 材料及材料代用批准手续要符合“规程” ④ 理化性能试验报告、金相检验报告、无损检测试验报告要完备、准确 ⑤ 材料标记在制造过程中按规定进行了移植并具有可追溯性
4		封头	
5		顶盖	
6		筒体顶部附件	
7		筒体底部附件	
8		筒体上接管	
9		连接法兰	
10		主螺栓	
11		主螺母	
12		其他受压件	



(续)

序号	类别	检查项目	备注
13	焊接质量	焊接材料	① 符合图样和工艺规定 ② 要有合格焊工的焊接记录 ③ 要有合格焊材（焊丝、焊条、焊剂）的牌号、批号记录
14		焊缝无损检测	① 焊缝的检测部位应有永久性标识，具有可追溯性 ② 焊缝的探伤检查必须全部合格
15		产品焊接试板	① 试板管理应符合规定 ② 力学性能试验必须全部合格，试验报告应规范，具有可追溯性
16	热处理		① 热处理应符合设计要求，工艺应符合标准 ② 热处理报告应规范管理，具有可追溯性

2) 产品主要零、部件的主要检查项目，见表 8-2 所列，合格率要 $\geq 95\%$ 。

表 8-2 产品主要零、部件的主要检查项目

序号	检查项目	说明
1	筒体圆度	—
2	筒体直线度	—
3	筒体、封头装配时焊缝间距	—
4	筒体纵、环焊缝错边量	对于优等品、一等品是必保的
5	筒体对接焊缝棱角	对于优等品、一等品是必保的
6	管口方位、管口高度和管口倾斜度	—
7	受压件螺栓、螺母的几何尺寸	—
8	受压件螺栓、螺母的螺纹精度和表面粗糙度	—
9	受压件螺栓、螺母的热处理	检查热处理记录
10	封头厚度	—
11	受压件法兰的几何尺寸	包括孔精度，当合格率低于 85% 时，应对不合格的 15% 进行评审，以决定此项合格与否
12	受压件法兰的密封面质量	



(续)

序 号	检 查 项 目	说 明
13	法兰螺孔与设备中心线位置应跨中	—
14	密封件的几何尺寸和表面质量	—
15	设备总体尺寸	绘制竣工图
16	焊工标记	永久性标记
17	无损检测标记	永久性标记
18	对接焊缝宽度	① 同一条对接焊缝的最宽与最窄之差不得超过 4mm ② 焊缝宽度合格率 $\geq 80\%$ 为合格,其余 20% 应不影响美观
19	对接焊缝余高	—
20	角焊缝	图样无规定时,取焊件薄者之厚度。当补强圈的厚度 $\delta_1 \geq 8\text{mm}$ 时,焊角高度 $= 0.7\delta_1$ 且不小于 8mm
21	焊缝和热影响区表面	不得有裂纹、气孔、夹渣和弧坑等缺陷
22	焊缝咬边	优等品、一等品的主要焊缝不允许有咬边,咬边的打磨深度不得大于 0.5mm
23	焊缝返修次数	优等品同一部位的返修次数最多为一次,一等品同一部位的返修次数最多为二次
24	焊缝打磨和机械损伤	打磨焊缝表面消除缺陷或机械损伤后的厚度,应不小于母材的厚度
25	焊缝上的熔渣及两侧飞溅物	焊缝上的熔渣及两侧飞溅物必须清除,封头、筒体表面氧化皮必须清除
26	产品表面机械损伤	制造中应避免钢板表面的机械损伤,对严重的尖锐伤痕应进行修磨,使其圆滑过渡。钢板的修磨深度不大于钢板的负偏差值
27	内部清洁情况	完工后,产品内部不允许有任何残留物。优等品和一等品内部应按要求吹干
28	涂装	油漆漆膜应均匀,不应有气泡、夹杂、龟裂、剥落和皱皮等缺陷。产品出厂时应保证涂装完整
29	包装	产品的所有零件、附件应齐全无误。机械加工表面应注意防锈包装应完整、牢固
30	产品铭牌	产品铭牌应固定于指定位置,铭牌内容要齐全、正确
31	产品合格证	随机所带技术文件应齐全,产品合格证要有效



3) 主要检查项目中的不合格项, 经评审确定, 不得影响产品的性能、使用寿命和安全。

4) 产品主要经济、技术指标接近或达到国际先进水平, 用户反馈质量稳定, 在国内同类产品中是享有盛誉的名牌产品。

2. 一等品

1) 同优等品第一项。

2) 见优等品第二项, 项目合格率 $\geq 90\%$ 。

3) 主要检查项目中的不合格项, 经评审确定, 一般不影响产品的性能、使用寿命和安全。

4) 用户反映产品好用、耐用是质量较好的产品。

3. 合格品

1) 同优等品第一项。

2) 见优等品第二项, 项目合格率 $\geq 85\%$ 。

3) 主要检查项目中的不合格项, 经评审确定, 基本不影响产品的性能、使用寿命和安全。

三、常用测量仪器的使用规范

测量仪器使用得是否合理, 不但影响量具本身的精度, 还直接影响零件尺寸的测量精度, 甚至发生质量事故, 对国家造成不必要的损失。所以, 我们必须重视量具仪器的正确使用, 对测量技术精益求精, 务使获得正确的测量结果, 确保产品质量。

1. 使用游标卡尺测量零件尺寸时的注意事项

1) 测量前应把卡尺揩干净, 检查卡尺的两个测量面和测量刃口是否平直无损, 把两个量爪紧密贴合时, 应无明显的间隙, 同时游标和主尺的零位刻线要相互对准。这个过程称为校对游标卡尺的零位。

2) 动尺框时, 活动要自如, 不应有过松或过紧, 更不能有晃动现象。用固定螺钉固定尺框时, 卡尺的读数不应有所改变。在移动尺框时, 不要忘记松开固定螺钉, 亦不宜过松, 以免掉落。

3) 测量零件的外尺寸时, 卡尺两测量面的连线应垂直于被测量表面, 不能歪斜。测量时, 可以轻轻摇动卡尺, 放正垂直位置, 如图 8-3 所示。否则, 量爪若在如图 8-3 所示的错误位置上, 将使测量结果 a 比实际尺寸 b 要大; 先把卡尺的活动量爪张开, 使量爪能自由地卡进工件, 把零件贴靠在固定量爪上, 然后移动尺框, 用轻微的压力使活动量爪接触零件。若卡尺带有微动装置, 此时



可拧紧微动装置上的固定螺钉，再转动调节螺母，使量爪接触零件并读取尺寸。决不可把卡尺地两个量爪调节到接近甚至小于所测尺寸，把卡尺强制地卡到零件上去。这样做会使量爪变形，或使测量面过早磨损，使卡尺失去应有的精度。

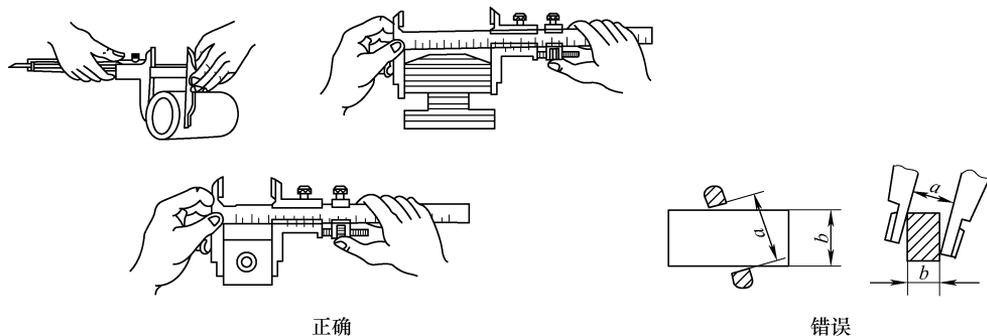


图 8-3 测量外尺寸时正确与错误的位置

测量沟槽时，应当用量爪的平面测量刃进行测量，尽量避免用端部测量刃和刃口形量爪去测量外尺寸。而对于圆弧形沟槽尺寸，则应当用刃口形量爪进行测量，不应当用平面形测量刃进行测量，如图 8-4 所示。

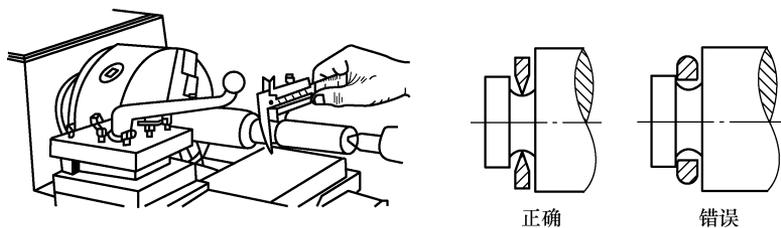
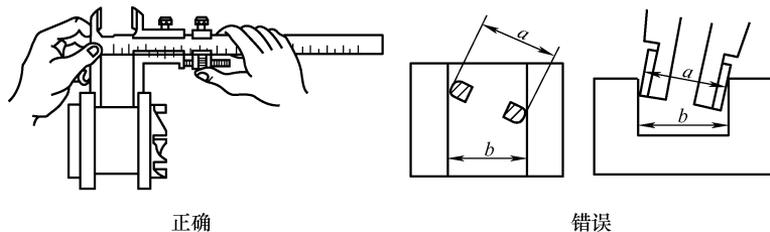


图 8-4 测量沟槽时正确与错误的位置

测量沟槽宽度时，也要放正游标卡尺的位置，应使卡尺两测量刃的连线垂直于沟槽，不能歪斜，否则，量爪若在如图 8-5 所示的错误的位置上，也将使测量结果不准确（可能大也可能小）。

4) 当测量零件的内尺寸时（见图 8-6），要使量爪分开的距离小于所测内尺寸，进入零件内孔后，再慢慢张开并轻轻接触零件内表面，用固定螺钉固定尺框后，轻轻取出卡尺来读数。取出量爪时，用力要均匀，并使卡尺沿着孔的中心线方向滑出，不可歪斜，以免使量爪扭伤、变形和受到不必要的磨损，同时会使尺框走动，影响测量精度。

卡尺两测量刃应在孔的直径上，不能偏歪。图 8-7 所示为带有刃口形量爪



正确

错误

图 8-5 测量沟槽宽度时正确与错误的位置

和带有圆柱面形量爪的游标卡尺，在测量内孔时正确的和错误的位置。当量爪在错误位置时，其测量结果，将比实际孔径 D 要小。

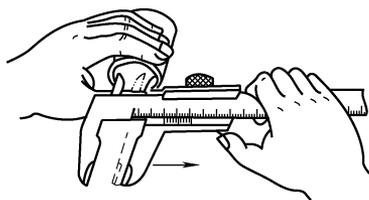
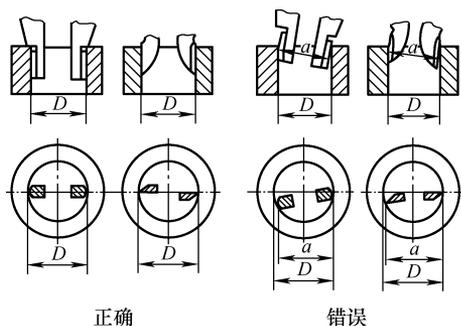


图 8-6 内孔的测量方法



正确

错误

图 8-7 测量内孔时正确与错误的位置

5) 下量爪的外测量面测量内尺寸时若用图 8-8 和图 8-9 所示的两种游标卡尺测量内尺寸，在读取测量结果时，一定要把量爪的厚度加上去。即游标卡尺上的读数，加上量爪的厚度，才是被测零件的内尺寸，如图 8-10 所示。测量范围在 500mm 以下的游标卡尺，量爪厚度一般为 10mm。但当量爪磨损和修理后，量爪厚度就要小于 10mm，读数时这个修正值也要考虑进去。

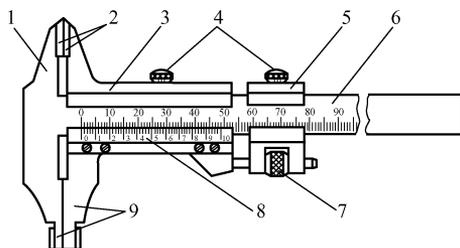


图 8-8 游标卡尺的结构型式之一

1—尺身 2—上量爪 3—尺框 4—紧固螺钉 5—微动装置
6—主尺 7—微动螺母 8—游标 9—下量爪

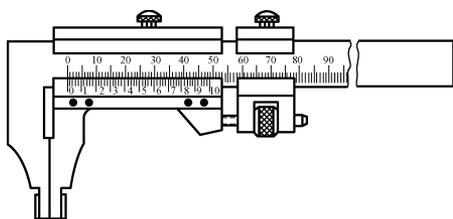


图 8-9 游标卡尺的结构型式之二

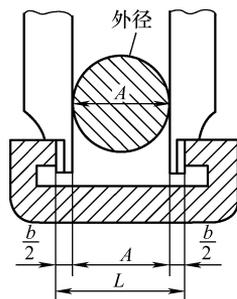


图 8-10 测量 T 形槽的宽度

6) 游标卡尺测量零件时, 不允许过分地施加压力, 所用压力应使两个量爪刚好接触零件表面。如果测量压力过大, 不但会使量爪弯曲或磨损, 且量爪在压力作用下产生弹性变形, 使测量的尺寸不准确 (外尺寸小于实际尺寸, 内尺寸大于实际尺寸)。

在游标卡尺上读数时, 应把卡尺水平的拿着, 朝着亮光的方向, 使人的视线尽可能和卡尺的刻线表面垂直, 以免由于视线的歪斜造成读数误差。

7) 为了获得正确的测量结果, 可以多测量几次。即在零件的同一截面上的不同方向进行测量。对于较长零件, 则应当在全长的各个部位进行测量, 获得一个比较正确的测量结果。

2. 高度游标卡尺的使用规范

高度游标卡尺如图 8-11 所示, 用于测量零件的高度和精密划线。它的结构特点是用质量较大的基座 4 代替固定量爪 5, 而可移动的尺框 3 则通过横臂装置测量高度和划线用的量爪, 量爪的测量面上镶有硬质合金, 提高量爪使用寿命。高度游标卡尺的测量工作, 应在平台上进行。当量爪的测量面与基座的底平面位于同一平面时, 若在同一平台平面上, 主尺 1 与游标 6 的零线相互对准。所以在测量高度时, 量爪测量面的高度, 就是被测量零件的高度尺寸, 它的具体数值, 与游标卡尺一样可在主尺 (整数部分) 和游标 (小数部分) 上读出。应用高度游标卡尺划线时,

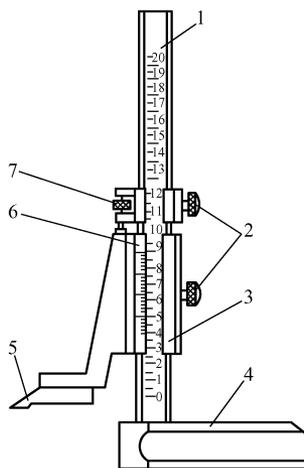


图 8-11 高度游标卡尺

1—主尺 2—紧固螺钉 3—尺框 4—基座
5—量爪 6—游标 7—微动装置



调好划线高度，用紧固螺钉 2 把尺框锁紧后，也应在平台上进行先调整再进行划线。百分尺使用得是否正确，对保证精密量具的精度和产品质量的影响很大，指导人员和实习的学生必须重视量具的正确使用，使测量技术精益求精，务必获得正确的测量结果，确保产品质量。

3. 使用百分尺测量零件尺寸时的注意事项

1) 使用前，应把百分尺的两个测砧面擦干净，转动测力装置，使两测砧面接触（若测量上限大于 25mm 时，在两个测砧面之间放入校对量杆或相应尺寸的量块），接触面上应没有间隙和漏光现象，同时微分筒和固定套筒要对准零位。

2) 转动测力装置时，微分筒应能自由灵活地沿着固定套筒活动，没有任何轧卡和不灵活的现象。若有活动不灵活的现象，应送计量站及时检修。

3) 测量前，应把零件的被测量表面揩干净，以免有脏物存在时影响测量精度。绝对不允许用百分尺测量带有研磨剂的表面，以免损伤测量面的精度。用百分尺测量表面粗糙的零件也是错误的，这样易使测砧面过早磨损。

4) 百分尺测量零件时，应当手握测力装置的转帽来转动测微螺杆，使测砧表面保持标准的测量压力，即听到嘎嘎的声音，表示压力合适，并可开始读数。要避免因测量压力不等而产生测量误差。

绝对不允许用力旋转微分筒来增加测量压力，使测微螺杆过分压紧零件表面，致使精密螺纹因受力过大而发生变形，损坏百分尺的精度。有时用力旋转微分筒后，虽因微分筒与测微螺杆间的连接不牢固，对精密螺纹的损坏不严重，但是微分筒打滑后，百分尺的零位走动了，就会造成质量事故。

5) 使用百分尺测量零件时，如图 8-12 所示，要使测微螺杆与零件被测量的尺寸方向一致。如测量外径时，测微螺杆要与零件的轴线垂直，不要歪斜。测量时，可在旋转测力装置的同时，轻轻地晃动尺架，使测砧面与零件表面接触良好。

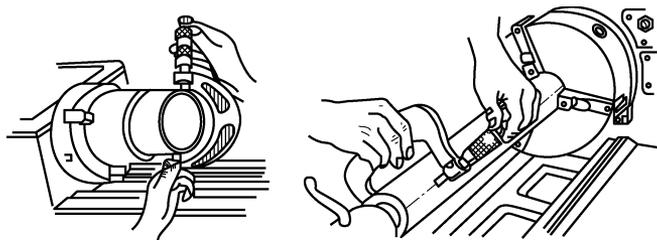


图 8-12 在车床上使用外径百分尺的方法



6) 用百分尺测量零件时, 最好在零件上进行读数, 放松后取出百分尺, 这样可减少测砧面的磨损。如果必须取下读数时, 应用制动器锁紧测微螺杆后, 再轻轻滑出零件, 把百分尺当卡规使用是错误的, 因这样做不但易使测量面过早磨损, 甚至会使测微螺杆或尺架发生变形而失去精度。

7) 在读取百分尺上的测量数值时, 要特别留心不要读错 0.5mm。

8) 为了获得正确的测量结果, 可在同一位置上再测量一次。尤其是测量圆柱形零件时, 应在同一圆周的不同方向测量几次, 检查零件外圆有没有圆度误差, 再在全长的各个部位测量几次, 检查零件外圆有没有圆柱度误差等。

9) 对于超高温的工件, 不要进行测量, 以免产生读数误差。

10) 用单手使用外径百分尺时, 如图 8-13a 所示, 可用大拇指和食指或中指捏住活动套筒, 小指勾住尺架并压向手掌上, 大拇指和食指转动测力装置就可测量。

用双手测量时, 可按图 8-13b 所示的方法进行。

值得提出的是几种使用外径百分尺的错误方法, 比如用百分尺测量旋转运动中的工件, 很容易使百分尺磨损, 而且测量也不准确; 又比如为了快一点得出读数, 握着微分筒来挥转, 如图 8-13c 所示, 也会破坏百分尺的内部结构。

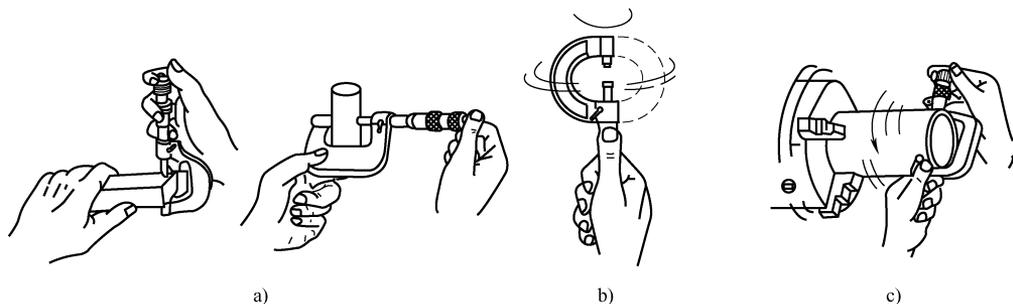


图 8-13 使用图

a) 单手使用 b) 双手使用 c) 错误使用

4. 量块使用时的注意事项

1) 用前, 先在汽油中洗去防锈油, 再用清洁的麂皮或软绸擦干净。不要用棉纱头去擦量块的工作面, 以免损伤量块的测量面。

2) 清洗后的量块不要直接用手去拿, 应当用软绸衬起来拿。若必须用手拿量块时, 应当把手清洗干净, 并且要拿在量块的非工作面上。

3) 量块放在工作台上时, 应使量块的非工作面与台面接触。不要把量块放在蓝图上, 因为蓝图表面有残留化学物, 会使量块生锈。



4) 要使量块的工作面与非工作面进行推合, 以免擦伤测量面。

5) 量块使用后, 应及时在汽油中清洗干净, 用软绸擦干后, 涂上防锈油, 放在专用的盒子里。若经常需要使用, 可在洗净后不涂防锈油, 放在干燥缸内保存。绝对不允许将量块长时间的粘结在一起, 以免由于金属粘结而引起不必要损伤。

5. 百分表和千分表的使用方法

由于千分表的读数精度比百分表高, 所以百分表适用于尺寸精度为 IT6 ~ IT8 级零件的校正和检验; 千分表则适用于尺寸精度为 IT5 ~ IT7 级零件的校正和检验。百分表和千分表按其制造精度, 可分为 0、1 和 2 级三种, 0 级精度较高。使用时, 应按照零件的形状和精度要求, 选用合适的百分表或千分表的精度等级和测量范围。

使用百分表和千分表时, 必须注意以下几点;

1) 使用前, 应检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时, 测量杆在套筒内的移动要灵活, 没有任何卡滞现象, 且每次放松后, 指针能恢复到原来的刻度位置。

2) 使用百分表或千分表时, 必须把它固定在可靠的夹持架上 (如固定在万能表架或磁性表座上, 如图 8-14 所示), 夹持架要安放平稳, 免使测量结果不准确或摔坏百分表。

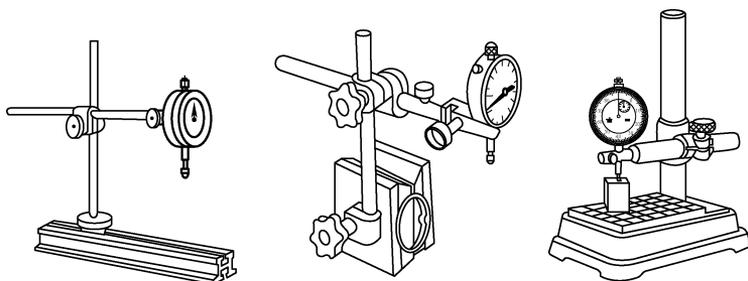


图 8-14 安装在专用夹持架上的百分表

用夹持百分表的套筒来固定百分表时, 夹紧力不要过大, 以免因套筒变形而使测量杆活动不灵活。

1) 用百分表或千分表测量零件时, 测量杆必须垂直于被测量表面, 如图 8-15 所示。即使测量杆的轴线与被测量尺寸的方向一致, 否则将使测量杆活动不灵活或使测量结果不准确。

2) 测量时, 不要使测量杆的行程超过它的测量范围; 不要使测量头突然撞在零件上; 不要使百分表和千分表受到剧烈的振动和撞击, 亦不要把零件强迫



推入测量头下，免得损坏百分表和千分表的机件而失去精度。因此，用百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的零件是错误的。

3) 用百分表校正或测量零件时，如图 8-16 所示。应当使测量杆有一定的初始测力。即在测量头与零件表面接触时，测量杆应有 0.3 ~ 1mm 的压缩量（千分表可小一点，有 0.1mm 即可），使指针转过半圈左右，然后转动表圈，使表盘的零位刻线对准指针。轻轻地拉动手提测量杆的圆头，拉起和放松几次，检查指针所指的零位有无改变。当指针的零位稳定后，再开始测量或校正零件的工作。如果是校正零件，此时开始改变零件的相对位置，读出指针的偏摆值，就是零件安装的偏差数值。

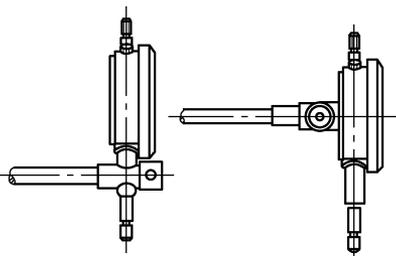


图 8-15 百分表安装方法

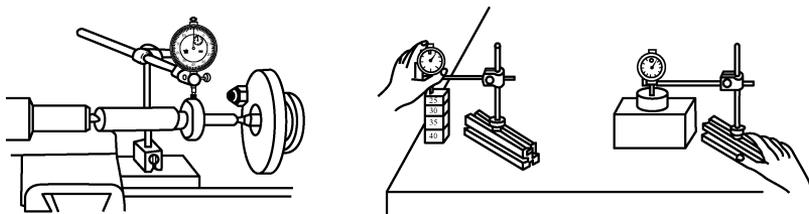


图 8-16 百分表尺寸校正与检验方法

4) 检查工件平整度或平行度时，如图 8-17 所示。将工件放在平台上，使测量头与工件表面接触，调整指针使摆动 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 转，然后把刻度盘零位对准指针，跟着慢慢地移动表座或工件，当指针顺时针摆动时，说明了工件偏高，反时针摆动，则说明工件偏低了。

当进行轴测的时候，就是以指针摆动最大数字为读数（最高点），测量孔的时候，就是以指针摆动最小数字（最低点）为读数。

检验工件的偏心度时，如果偏心距较小，可按图 8-18 所示方法测量偏心距，把被测轴装在两顶尖之间，使百分表的测量头接触在偏心部位 $\frac{1}{2}$ 处（最高点），用手转动轴，百分表上指示出的最大数字和最小数字（最低点）之差的就等于偏心距的实际尺寸。偏心套的偏心距也可用上述方法来测量，但必须将偏心套装在心轴上进行测量。

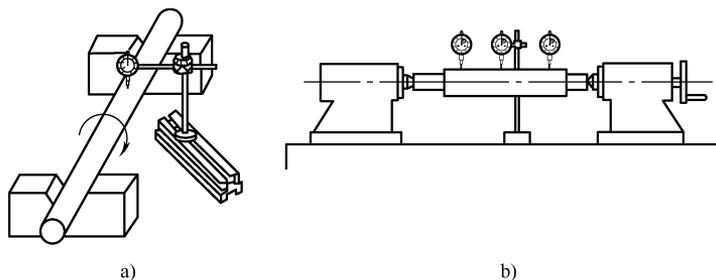


图 8-17 轴类零件圆度、圆柱度及跳动

a) 工件放在 V 形铁上 b) 工件放在专用检验架上

偏心距较大的工件，因受到百分表测量范围的限制，就不能用上述方法测量。这时可用如图 8-19 所示的间接测量偏心距的方法。测量时，把 V 形铁放在平板上，并把工件放在 V 形铁中，转动偏心轴，用百分表测量出偏心轴的最高点，找出最高点后，工件固定不动。再用百分表水平移动，测出偏心轴外圆到基准外圆之间的距离 a ，然后用下式计算出偏心距 e ：

$$\frac{D}{2} = e + \frac{d}{2} + a$$

$$e = \frac{D}{2} - \frac{d}{2} - a$$

式中 e ——偏心距 (mm)；

D ——基准轴外径 (mm)；

d ——偏心轴直径 (mm)；

a ——基准轴外圆到偏心轴外圆之间最小距离 (mm)。

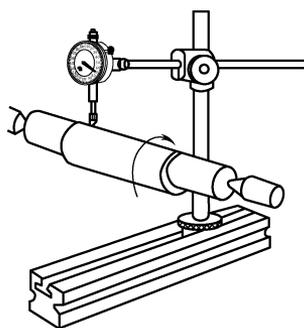


图 8-18 在两顶尖上测量偏心距的方法

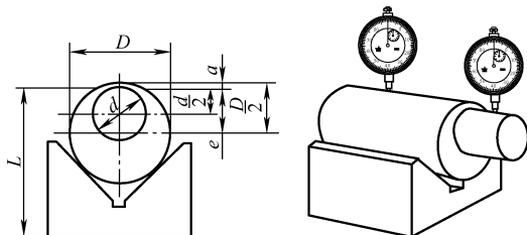


图 8-19 偏心距的间接测量方法



用上述方法, 必须把基准轴直径和偏心轴直径用百分尺测量出正确的实际尺寸, 否则计算时会产生误差。

5) 检验车床主轴轴线对刀架移动平行度时, 在主轴锥孔中插入一检验棒, 把百分表固定在刀架上, 使百分表测头触及检验棒表面, 图 8-20 所示。移动刀架, 分别对侧母线 *A* 和上母线 *B* 进行检验, 记录百分表读数的最大差值。为消除检验棒轴线与旋转轴线不重合对测量的影响, 必须旋转主轴 180° , 再同样检验一次 *A*、*B* 的误差分别计算, 两次测量结果的代数和之半就是主轴轴线对刀架移动的平行度误差。要求水平面内的平行度偏差只许向前偏, 即检验棒前端偏向操作者; 垂直平面内的平行度偏差只许向上偏。

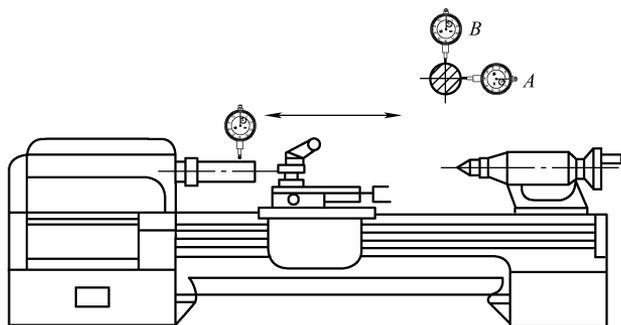


图 8-20 主轴轴线对刀架移动的平行度检验

A—侧母线位置 *B*—上母线位置

6) 检验刀架移动在水平面内直线度时, 将百分表固定在刀架上, 使其测头顶在主轴和尾座顶尖间的检验棒侧母线上 (见图 8-21 位置 *A*), 调整尾座, 使百分表在检验棒两端的读数相等。然后移动刀架, 在全行程上检验。百分表在全行程上读数的最大代数差值, 就是水平面内的直线度误差。

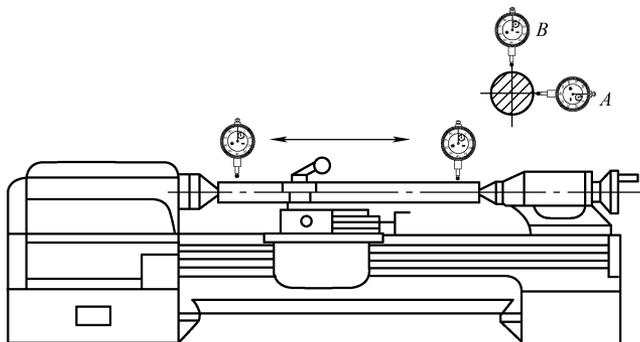


图 8-21 刀架移动在水平面内的直线度检验



7) 在使用百分表和千分表的过程中, 要严格防止水、油和灰尘渗入表内, 测量杆上也不要加油, 免得粘有灰尘的油污进入表内, 影响表的灵活性。

8) 百分表和千分表不使用时, 应使测量杆处于自由状态, 免使表内的弹簧失效。如内径百分表上的百分表, 不使用时, 应拆下来保存。

6. 条式水平仪

常用水水平仪分条式和框式, 其规格见表 8-3。图 8-22 是常用的条式水平仪。条式水平仪由作为工作平面的 V 形底平面和与工作平面平行的水准器 (俗称气泡) 两部分组成。工作平面的平直度和水准器与工作平面的平行度都做得很精确。当水平仪的底平面放在准确的水平位置时, 水准器内的气泡正好在中间位置 (即水平位置)。在水准器玻璃管内气泡两端刻线为零线的两边, 刻有不少于 8 格的刻度, 刻线间距为 2mm。当水平仪的底平面与水平位置有微小的差别时, 也就是水平仪底平面两端有高低时, 水准器内的气泡由于地心引力的作用总是往水准器的最高一侧移动, 这就是水平仪的使用原理。两端高低相差不多时, 气泡移动也不多, 两端高低相差较大时, 气泡移动也较大, 在水准器的刻度上就可读出两端高低的差值。

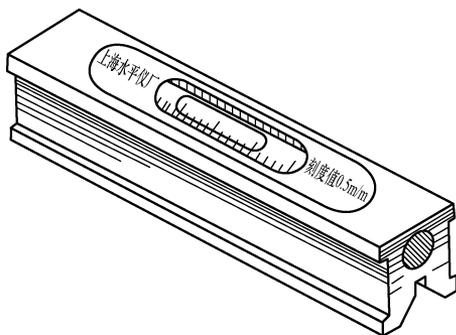


图 8-22 条式水平仪

表 8-3 水平仪的规格

品 种	外形尺寸/mm			分 度 值	
	长	宽	高	组别	mm/m
框式	100	25 ~ 35	100	I	0.02
	150	30 ~ 40	150		
	200	35 ~ 40	200		
	250	40 ~ 50	250	II	0.03 ~ 0.05
	300		300		
条式	100	30 ~ 35	35 ~ 40		
	150	35 ~ 40	35 ~ 45		
	200	40 ~ 45	40 ~ 50	III	0.06 ~ 0.15
	250				
	300				



7. 框式水平仪

图 8-23 所示是常用的框式水平仪，主要由框架 1 和弧形玻璃管主水准器 2、调整水准 3 组成。利用水平仪上水准泡的移动来测量被测部位角度的变化。

框架的测量面有平面和 V 形槽，V 形槽便于在圆柱面上测量。弧形玻璃管的表面上有刻线，内装乙醚（或酒精），并留有一个水准泡，水准泡总是停留在玻璃管内的最高处。若水平仪倾斜一个角度，气泡就向左或向右移动，根据移动的距离（格数），直接或通过计算即可知道被测工件的直线度、平面度或垂直度误差。

水平仪的读数方法有直接读数法和平均读数法两种。

(1) 直接读数法 以气泡两端的长刻线作为零线，气泡相对零线移动格数作为读数，这种读数方法最为常用，如图 8-24 所示。

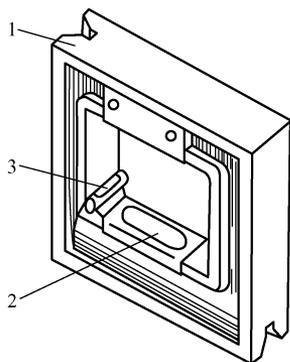


图 8-23 框式水平仪

1—框架 2—主水准器 3—调整水准

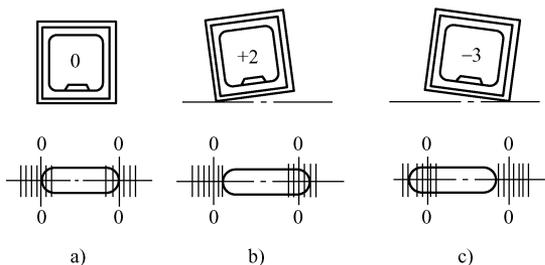


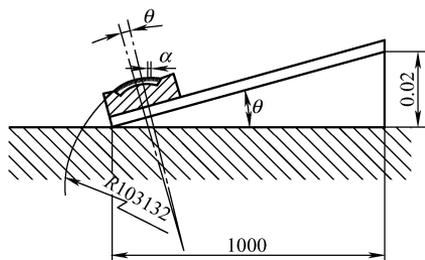
图 8-24 直接读数法

图 8-24a 表示水平仪处于水平位置，气泡两端位于长线上，读数为“0”；图 8-24b 表示水平仪逆时针方向倾斜，气泡向右移动，图示位置读数为“+2”；图 8-24c 表示水平仪顺时针方向倾斜，气泡向左移动，图示位置读数为“-3”。

(2) 平均读数法 由于环境温度变化较大，使气泡变长或缩短，引起读数误差而影响测量的正确性，可采用平均读数法，以消除读数误差。

平均读数法读数是分别从两条长刻线起，向气泡移动方向读至气泡 endpoint 止，然后取这两个读数的平均值作为这次测量的读数。

图 8-25a 表示，由于环境温度较高，气泡变长，测量位置使气泡左移。读数时，从左边长刻线起，向左读数“-3”；从右边长刻线起，向左读数“-2”。





取这两个读数的平均值，作为这次测量的读数值：

$$\frac{(-3) + (-2)}{2} = -2.5$$

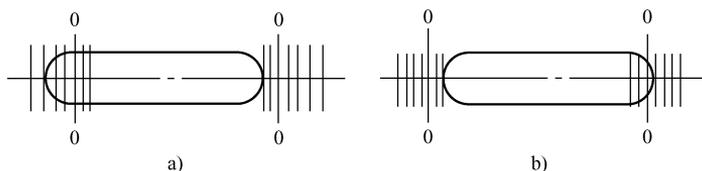


图 8-25 平均读数法

图 8-25b 表示，由于环境温度较低，气泡缩短，测量位置使气泡右移，按上述读数方法，读数分别为“+2”和“+1”，则测量的读数值是：

$$\frac{(+2) + (+1)}{2} = +1.5$$

(3) 框架水平仪的使用方法

1) 框架水平仪的两个 V 形测量面是测量精度的基准，在测量中不能与工作的粗糙面接触或摩擦。安放时必须小心轻放，避免因测量面划伤而损坏水平仪和造成不应有的测量误差。

2) 用框架水平仪测量工件的垂直面时，不能握住与副侧面相对的部位，而用力向工件垂直平面推压，这样会因水平仪的受力变形，影响测量的准确性。正确的测量方法是用手握持副侧面内侧，使水平仪平稳、垂直地（调整气泡位于中间位置）贴在工件的垂直平面上，然后从纵向水准读出气泡移动的格数。

3) 使用水平仪时，要保证水平仪工作面和工件表面的清洁，以防止脏物影响测量的准确性。测量水平面时，在同一个测量位置上，应将水平仪调过相反的方向再进行测量。当移动水平仪时，不允许水平仪工作面与工件表面发生摩擦，应该提起来放置。如图 8-26 所示。

4) 当测量长度较大工件时，可将工件平均分成若干尺寸段，用分段测量法，然后根据各段的测量读数，绘出误差坐标图，以确定其误差的最大格数。如图 8-27 所示。床身导轨在纵向垂直平面内直线度的检验时，将方框水平仪纵向放置在刀架上靠近前导轨处（见图 8-27 中位置 A），从刀架处于主轴箱一端的极限位置开始，从左向右移动刀架，每次移动距离应近似等于水平仪的边框尺寸（200mm）。依次记录刀架在每一测量长度位置时的水平仪读数。将这些读数依次排列，用适当的比例画出导轨在垂直平面内的直线度误差曲线。水平仪读数为纵坐标，刀架在起始位置时的水平仪读数为起点，由坐标原点起作一折线

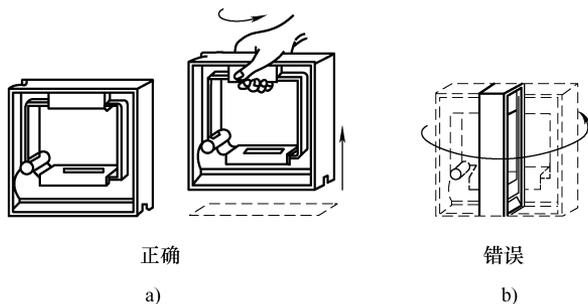


图 8-26 水平仪的使用方法

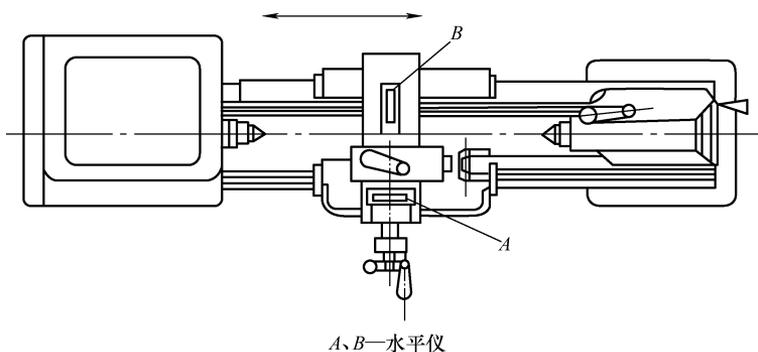


图 8-27 纵向导轨在垂直平面内的直线度检验

段，其后每次读数都以前折线段的终点为起点，画出应折线段，各折线段组成的曲线，即为导轨在垂直平面内直线度曲线。曲线相对其两端连线的最大坐标值，就是导轨全长的直线度误差，曲线上任一局部测量长度内的两端点相对曲线两端点的连线坐标差值，也就是导轨的局部误差。

例 1 一台床身导轨长度为 1600mm 的卧式车床，用尺寸为 200mm × 200mm、精度为 0.02mm/1000mm 的方框水平仪检验其直线度误差。

将导轨分成 8 段，使每段长度为水平仪边框尺寸（200mm），分段测得水平仪的读数为：+1、+2、+1、0、-1、0、-1、-0.5。根据这些读数画出误差曲线图（见图 8-28）。作图的坐标为：纵轴方向每一格表示水平仪气泡移动一格的数值；横轴方向表示水平仪的每段测量长度。作出曲线后再将曲线的首尾（两端点）连线 I—I，并经曲线的最高点作垂直于水平轴方向的垂线与连线相交，那段距离 n 即为导轨的直线度误差的格数。从误差曲线图可以看到，导轨在全长范围内呈现出中间凸起的状态，且凸起值最大在导轨 600mm 至 800mm 长度处。

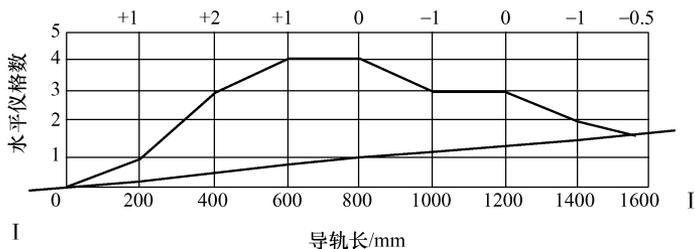


图 8-28 导轨在垂直平面内直线度误差曲线图

将水平仪测量的偏差格数换算成标准的直线度误差值 δ

$$\delta = nil$$

式中 n ——误差曲线中的最大误差格数；

i ——水平仪的精度（0.02mm/1000mm）；

l ——每段测量长度（mm）。

按误差曲线图各数值计算得

$$\delta = 3.5 \times 0.02\text{mm}/1000\text{mm} \times 200\text{mm} = 0.014\text{mm}$$

5) 测量大型零件的垂直度时，如图 8-29a 所示，用水平仪粗调基准表面到水平。分别在基准表面和被测表面上用水平仪分段逐步测量并用图解法，如图 8-30 所示。确定基准方位，然后求出被测表面相对于基准的垂直度误差。

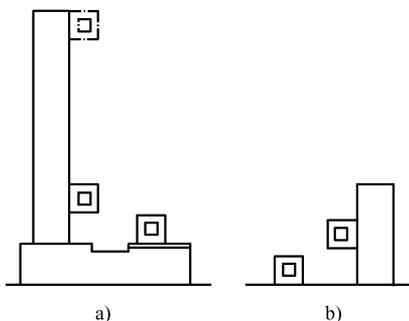


图 8-29 水平仪垂直度测量

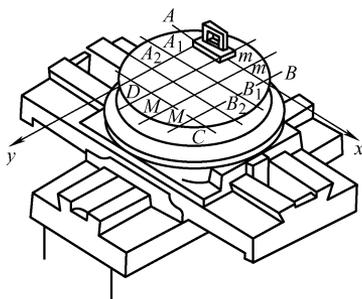


图 8-30 图解法

6) 测量小型零件时，如图 8-29b 所示，先将水平仪放在基准表面上，读气泡一端的数值，然后用水平仪的一侧紧贴垂直被测表面，气泡偏离第一次（基准表面）读数值，即为被测表面的垂直度误差。

7) 水平仪使用后，应涂上防锈油并妥善保管好。

8. 光学合像水平仪

光学合像水平仪，广泛用于精密机械中，测量工件的平面度、直线度和找



正安装设备的正确位置。

(1) 合像水平仪的结构和工作原理 合像水平仪主要由测微螺杆、杠杆系统、水准器、光学合像棱镜和具有 V 形工作平面的底座等组成, 如图 8-31 所示。

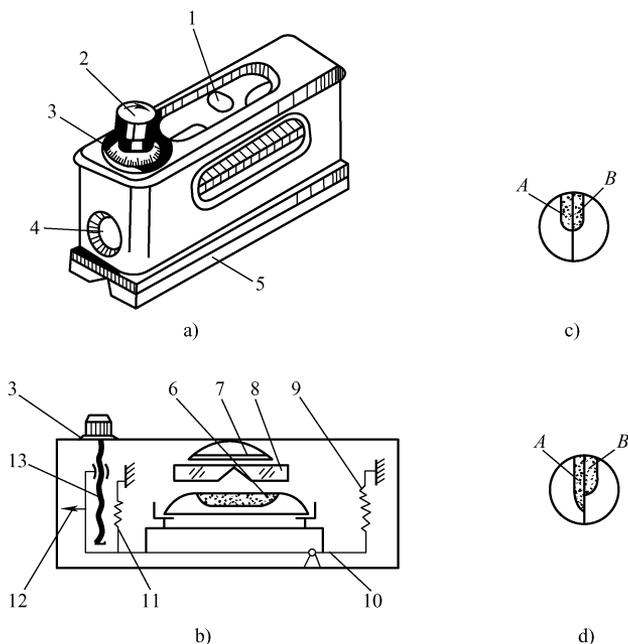


图 8-31 数字式光学合像水平仪

1、4—窗口 2—微分盘旋钮 3—微分盘 5—水平仪底座 6—玻璃管 7—放大镜
8—合成棱镜 9、11—弹簧 10—杠杆架 12—指针 13—测微螺杆

水准器安装在杠杆架的底板上, 它的水平位置用微分盘旋钮通过测微螺杆与杠杆系统进行调整。水准器内的气泡圆弧, 分别用三个不同方向位置的棱镜反射至观察窗, 分成两个半像, 利用光学原理把气泡像复合放大 (放大 5 倍), 提高读数精度, 并通过杠杆机构提高读数的灵敏度和增大测量范围。

当水平仪处于水平位置时, 气泡 A 与 B 重合, 如图 8-31c 所示。当水平仪倾斜时, 气泡 A 与 B 不重合, 如图 8-31d 所示。

测微螺杆的螺距 $P=0.5\text{mm}$, 微分盘刻线分为 100 等份。微分盘转过一格, 测微螺杆上螺母轴向移动 0.005mm 。

(2) 使用方法 将水平仪放在工件的被测表面上, 眼睛看窗口 1, 手转动微分盘, 直至两个半气泡重合时进行读数。读数时, 从窗口 4 读出毫米数, 从微



分盘上读出刻度数。

例2 分度值为 $0.01\text{mm}/1000\text{mm}$ 的光学合像水平仪微分盘上的每一格刻度表示在 1m 长度上，两端的高度差为 0.01mm 。测量时，如果从窗口读出的数值为 1mm ，微分盘上的刻度数为 16 ，这次测量的读数就是 1.16mm ，即为被测工件表面的倾斜度，在 1m 长度上高度差为 1.16mm 。如果工件的长度小于或大于 1m 时，可按正比例方法计算： 1m 长度上的高度差 \times 工件长度。

（3）使用特点

1) 测量工件被测表面误差大或倾斜程度大时，使用框式水平仪，气泡就会移至极限位置而无法测量，光学合像水平仪就没有这一弊病。

2) 环境温度变化对测量精度有较大的影响，所以使用时应尽量避免工件和水平仪受热。

9. 正确地使用精密量具是保证产品质量的重要条件之一

要保持量具的精度和它工作的可靠性，除了在使用中要按照合理的使用方法进行操作以外，还必须做好量具的维护和保养工作。

1) 在机床上测量零件时，要等零件完全停稳后进行，否则不但使量具的测量面过早磨损而失去精度，还会造成事故。

2) 测量前应把量具的测量面和零件的被测量表面都要擦干净，以免因有脏物存在而影响测量精度。用精密量具如游标卡尺、百分尺和百分表等，去测量锻铸件毛坯，或带有研磨剂（如金刚砂等）的表面是错误的，这样易使测量面很快磨损而失去精度。

3) 量具在使用过程中，不要和工具、刀具（如锉刀、榔头、车刀和钻头）等堆放在一起，以免碰伤量具。也不要随便放在机床上，避免因机床振动而使量具掉下来损坏。尤其是游标卡尺等，应平放在专用盒子里，以免使尺身变形。

4) 量具是测量工具，绝对不能作为其他工具的代用品。例如，拿游标卡尺划线，拿百分尺当小锤头，拿钢直尺当一字螺钉旋具，以及用钢直尺清理切屑等都是错误的。把量具当玩具，（如把百分尺等拿在手中任意挥动或摇转等）也是错误的，都是易使量具失去精度的。

5) 温度对测量结果影响很大，零件的精密测量一定要使零件和量具都在 20°C 的情况下进行测量。一般可在室温下进行测量，但必须使工件与量具的温度一致，否则，由于金属材料的热胀冷缩的特性，使测量结果不准确。

温度对量具精度的影响亦很大，量具不应放在阳光下或床头箱上，因为量具温度升高后，也量不出正确尺寸。更不要把精密量具放在热源（如电炉，热交换器等）附近，以免使量具受热变形而失去精度。



6) 不要把精密量具放在磁场附近,例如磨床的磁性工作台上,以免使量具感磁。

7) 发现精密量具有不正常现象时,如量具表面不平、有毛刺、有锈斑以及刻度不准、尺身弯曲变形、活动不灵活等等,使用者不应当自行拆修,更不允许自行用锤子敲、锉刀锉、砂布打光等粗糙办法修理,以免反而增大量具误差。发现上述情况,使用者应当主动送计量站检修,并经检定量具精度后再继续使用。

8) 量具使用后,应及时擦干净,除不锈钢量具或有保护镀层者外,金属表面应涂上一层防锈油,放在专用的盒子里,保存在干燥的地方,以免生锈。

9) 精密量具应实行定期检定和保养,长期使用的精密量具,要定期送计量站进行保养和检定精度,以免因量具的示值误差超差而造成产品质量事故。

◆◆◆ 第二节 焊接质量检验

一、焊接质量检验知识

压力容器类冷作结构发生破坏的主要原因之一,就是由于结构中存在缺陷。检测可以把在制造过程中超标的缺陷检验出来,以确保产品的质量。并且,检测还可以在检修设备时检查出是否原有允许的缺陷或新产生的缺陷在使用过程中发展成为超标缺陷。因此,检测对于压力容器的生产质量的优劣及其安全使用,有着非常重要的意义。

冷作结构成品检验的方法很多,总的来讲可分为破坏性检验和无损检验两类。

属于无损检验的有无损检测、压力试验和致密性试验。

属于有损检验的有力学性能试验、金相组织检验、化学成分分析和晶间腐蚀试验等。

压力容器是典型的冷作结构产品,下面以对压力容器检验为例,结合 GB 150—2011《压力容器》标准和 JB 4730《承压设备无损检测》标准,介绍对冷作结构产品检验的方法。

1. 无损检测

无损检测是检验材料和机械产品中内在缺陷的各种非破坏性方法的统称。无损检测是利用声、光、热、电、磁和射线等与被检物体的相互作用,在不损伤被检物体的内外部结构和使用性能的情况下,来探测材料、构件和设备所在



的表面或内部的缺陷，并可决定其位置、大小、形状和种类的一种检测手段。无损检测是一种不损坏被检验对象（产品）而能了解其内在或表面质量的一种物理方法。

无损检测的常用方法有：肉眼检验、射线检测、超声波检测、磁粉检测、渗透检测等几种。其中肉眼检验无须使用任何装置，而直接用肉眼进行检验、常用于不太重要的场合和初检工作。

无损检测技术广泛地应用在国民经济的许多领域。在压力容器等特殊冷作结构的制造生产中，无损检测技术主要用来对钢材或结构的焊接部位（焊缝）进行探查缺陷的检验。

无损检测在生产中的应用：

- 1) 制造厂家用于对产品质量的监控。
- 2) 产品的使用者用以对产品进行验收。
- 3) 对在用设备进行监控检查。

压力容器类冷作结构发生破坏的主要原因之一，就是由于结构中缺陷的存在。检测可以把在制造过程中超标的缺陷检验出来，以确保产品的质量。并且，无损检测还可以在检修设备时检查出是否原有允许的缺陷或新产生的缺陷在使用过程中发展成为超标缺陷。因此，检测对于压力容器的生产质量优劣及安全使用，有着非常重要的意义。

（1）渗透检测和荧光渗透检测 渗透检测俗称着色探伤，是用黄、绿色的荧光渗透液或者红色的着色渗透液，来显示放大的缺陷图像的痕迹，从而用肉眼检查出工件表面的开口缺陷的方法。它是利用某些液体具有良好的渗透性，对材料表面缺陷进行渗透，当显像液喷洒在被检物体表面时，残留在缺陷内的渗透液会被吸出来，形成缺陷痕迹，从而达到探伤的目的。

渗透检测的工作原理是基于渗透性液体的毛细作用，渗入工件表面的微小裂纹中，然后清除工件表面的剩余液体，在工件上再涂上一层吸附强的吸附剂，经一定时间后，由于吸附剂的毛细作用，把渗入工件缺陷中液体吸出来，显示出缺陷的形状、位置和大小。渗透检测的具体作法是：将擦拭干净的被检部位涂以渗透剂（或浸入渗透剂），具有良好流动性和渗透性极强的渗透剂，便渗入到焊件表面的裂缝中去。随后，将被检部位再次擦拭干净，涂以显现粉，侵入裂缝的渗透剂，遇到显现粉便呈现出缺陷的位置和形状来。

渗透检测适用于探测金属材料和致密性非金属材料的缺陷，能发现表面开口的裂纹、折叠、疏松、针孔等。通常也能确定缺陷的位置、大小和形状，但难以确定缺陷的深度。不能用于检测疏松的多孔性材料的缺陷。



在渗透液中加入一些荧光物质，便是有明亮对比度的荧光渗透检测，若在渗透液中加入红色染料，便是着色探伤。

1) 着色探伤。着色探伤是先将被探测的焊缝表面及其附近 25mm 内的污垢、熔渣、飞溅、氧化皮及锈蚀等清除干净。再用清洗气雾剂将被检测区域表面洗净，以除去表面油污和灰尘等，然后烘干或晾干。用渗透气雾剂喷涂至已清洗的工件表面（渗透 10 ~ 30min），有时为探测细小的缺陷，也可将被检工件区域预热 40 ~ 50℃ 后再渗透。用清洗剂喷涂工件表面，待 3 ~ 5min 后用清水洗净多余的渗透剂，并用洁净的丝绸将其擦干。将摇匀的显影剂均匀地喷涂在被检测区域的表面，并使之自然干燥。当工件表面上有缺陷时，在白色显影剂上便会显示出红色缺陷图像的裂纹或小气孔。

2) 荧光渗透检测。荧光渗透探伤的程序与着色探伤基本相同。不同的是所用的渗透剂为荧光型渗透剂，而在暗室内用紫外线灯照射，当有缺陷时，便会显示出明亮的荧光图像。

荧光渗透检测的原理是利用被吸附于缺陷中的荧光物质，受到紫外线的照射发出荧光来发现缺陷的。其具体方法是：将被检部位侵入（或涂以）煤油与矿物油的混合液数分钟，然后取出擦干。由于混合液的渗透力很强，所以，极细微的裂缝中仍有残留混合液。此时，撒上荧光物质粉，再擦拭干净，但在缺陷的空隙中，仍有少量荧光物质粉依附于混合液而存在。在暗室中用紫外线光源发出的紫外线进行照射，渗入缺陷里的荧光物质就发出荧光，显现出缺陷的位置和形状。

渗透检测常用的着色剂有：苏丹红 IV 号、128 烛红、刚果红等，荧光渗透检测常用的荧光物质有：发绿光的 CaS、发黄绿光的 ZnS、发蓝光的 CaMo_4 等。

渗透检测和荧光渗透检测的特点是：设备简单、实用经济、显示缺陷直观和可以同时显示不同方向各类缺陷。同时，它们不受材料磁性的限制，可以检查各种金属、非金属、磁性、非磁性材料及零件的表面缺陷。但这两种探伤方法，操作工序相对比较繁杂，只能检查受检部位表面的缺陷，对于表层以内的缺陷，渗透检测和荧光渗透检测就无能为力了。

(2) 磁粉检测 磁粉检测是将被检物体磁化后，在被检部位均匀地撒上磁粉，利用缺陷部位所产生的磁极，对磁粉吸附力较强的特性，来探测被检物体内部缺陷的一种无损检测方法。

磁粉检测的方法是：首先将被检部位充磁，将工件磁化，被检工件中便有磁力线通过。这时，在被检部位表面散布磁粉（磁粉平均粒度为 5 ~ 10 μm ），观察磁粉在磁力线作用下形成的形状、多少和厚薄痕迹，判断缺陷的大小和位置。



当工件无缺陷时或当被检部位断面尺寸相同、内部材料均匀时，磁力线分布均匀，因而磁粉的分布也是均匀的。当被检物由于截面形状不同或者工件中有裂纹、气孔和夹渣时，则磁力线因各段磁阻不同而产生弯曲，磁粉的分布也随磁力线而呈现弯曲。当缺陷位于焊缝表面或接近于表面时，则磁力线不仅在焊缝内部弯曲，而且将穿过表面而形成“漏磁”。这时，磁粉就会被吸附在“漏磁”处，表现出一定形状的磁粉痕。当缺陷是线状缺陷时，若磁力线与线状缺陷垂直，显现得最清楚；若磁力线与线状缺陷平行，则显现不出来。为此，变换磁力线的方向，可以达到最佳灵敏度，如图 8-32 所示。

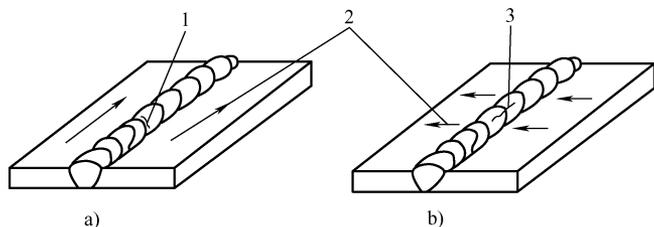


图 8-32 磁粉检测检验线状缺陷时的充磁方向

a) 纵向充磁检测横向裂纹 b) 横向充磁检测纵向裂纹

1—横向裂纹 2—磁力线 3—纵向裂纹

磁粉检测的磁力线，具有一定的方向性。当线状缺陷与磁力线垂直时，磁粉才集中积聚在缺陷上。当线状缺陷与磁力线平行时，其灵敏度最小。因此为了有效地检测线状缺陷等，对于每个工件的被检测区域至少应作 2 次以上的检测，且检测磁力线的方向应相互垂直。

为了便于观察，常用磁粉的颜色有黑色、红色及白色。还可用荧光磁粉，这样在紫外线照射下显现缺陷更明显。

磁粉检测适用于探测铁磁性材料、碳素钢、铁、钢、镍、钴等材料及合金和某些合金工件的表面和近表面的裂纹、折叠、夹层、夹杂、气孔等缺陷，以及对这些材料进行焊接后，焊缝表层的裂纹、夹渣、气孔等的检测。灵敏度比较高，结果比较可靠。一般能确定缺陷的位置、大小和形状，但难以确定缺陷的深度，对非铁磁性材料不能检测。

磁粉检测的特点是：操作简便、灵敏度高、结果可靠。但随着缺陷埋藏深度的增加，其灵敏度迅速降低。另外，磁粉检测局限于铁磁性材料应用，而对于有色金属、奥氏体钢、非金属材料等非铁磁性材料是无法应用的。

(3) 射线检测 射线能穿透普通光线不能穿透的物质，并在物质中表现出



有一定规律的衰减作用。射线还能对某些物质产生光学作用，如使照相胶片感光，或使某些化学元素和化合物产生荧光等。射线检测就是根据射线的上述特性，利用射线对适应各种物质的穿透力来检测物体内部缺陷的一种方法。它是根据被检物体与内部缺陷介质对射线能量衰减程度的不同，而引起射线透过物体后的强度差异，在感光材料上获得缺陷投影所产生的潜影，经过处理后获得缺陷的图像，从而对照标准来评定物体的内部质量。

射线检测适用于探测体积型缺陷，如气孔、夹渣、缩孔、疏松等。它对锻件和型材中的缺陷检测不适用。

射线检测的原理如图 8-33 所示，当射线透过被检物质时，若被检物质内部完好，质地均匀，则射线衰减的强度无差异，作用于底片上感光均匀，暗房处理后胶片上灰度均匀。

若被检物内部有缺陷，如有夹渣、气孔、裂缝等，则射线穿透时，衰减的强度发生了变化。有缺陷部位的射线强度高于无缺陷部位，这是由于缺陷部位吸收的射线粒子少的缘故。作用于底片上感光就不均匀，暗房处理后，有缺陷的部位通过的射线强度大，而形成的黑度较大，由此来判断缺陷的存在。

射线检测有 X 射线检测、 γ 射线检测和高能 X 射线检测。它们的基本原理相同，只是射线源不同。X 射线或 γ 射线就本质而言与可见光相同，都属于电磁波。但因波长不同，所以性质也有所差异。波长越短，射线越硬，穿透力越强。反之，穿透力越弱。

X 射线检测通常用于板材厚度 70mm 以下的对接焊缝，其灵敏度比 γ 射线高，透视时间短，速度快。但 X 射线检测设备比较复杂，费用也比较大。 γ 射线检测则多用于 70mm 以上的大厚度材料的对接焊缝。 γ 射线穿透能力比较强，能透照 300mm 的钢板，设备轻便、操作简单，但照射时间较长。当被检物体厚度小于 50mm 时，显示缺陷的灵敏度较低。

下面主要介绍 X 射线检测原理。

X 线探伤原理，如图 8-34 所示。由 X 光管产生的 X 光束，穿过焊缝与放置在工件下面的胶片起作用。但由于 X 光对金属及内部的缺陷有着不同的穿透率（即 X 光对缺陷的穿透率大，对金属的穿透率小），穿透率大的地方，使胶片强力感光，穿透力小的则反之。凡有缺陷的地方，便会在胶片上呈现出黑色阴影，

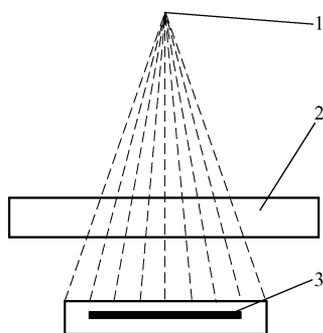


图 8-33 射线检测原理

1—射线 2—被检物质 3—底片



阴影的大小与形状，反映了焊缝内缺陷的大小与形状。阴影在胶片上所在的位置，则就是对应于缺陷在焊缝上的位置。

1) X 射线检测的缺陷判定技能用上述方法摄制出来的焊缝胶片，即可根据阴影的位置形状和大小，来判断焊缝是否有气孔、未焊透、夹渣及裂纹等缺陷。

各种焊缝缺陷在 X 射线胶片上的判定列于表 8-4。

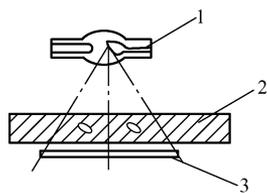


图 8-34 射线探伤

1—射线源 2—工件
3—装在暗盒里的胶片

表 8-4 焊缝缺陷在 X 射线胶片上的判定

缺陷名称	简图	缺陷判定	缺陷名称	简图	缺陷判定
气孔		胶片上的阴影黑化程度不同，中心处黑度较大，逐渐向边缘减小，且外形呈有规则的小圆点	未焊透		胶片上的阴影，为一条有规则连续或断续的黑直线
裂纹		胶片上的阴影呈形状鲜明的直线形或曲线形的细黑线，两端尖细、中部较宽	焊瘤		胶片上的阴影为不同形状的白色斑点
夹渣		胶片上的阴影呈不同形状的黑影，黑度均匀，并带有棱角	凹坑		胶片上的阴影为模糊的边缘，其中部的黑化程度较大，逐渐向边缘减小

2) 缺陷位置的确定与返修。根据 X 光胶片上所表现出的缺陷位置、性质，只能确定缺陷的长度与宽度，但对缺陷的埋藏深度及其本身的厚度，从胶片上是反映不出来的。目前一般缺陷返修的方法，只能用碳弧气刨或风铲等工具进行去除后再补焊。

3) 射线检测（超声检测）抽检率及合格级别。国家标准《压力容器安全技术监察规程》规定，压力容器的无损检测按《承压设备无损检测》执行。



对压力容器对接接头进行全部（100%）或局部（20%）无损检测；当采用射线检测时，其透照质量不应低于 AB 级，其合格级别为Ⅲ级，且不允许有未焊透；当采用超声波检测时，其合格级别为Ⅱ级。

对规定进行全部（100%）无损检测的压力容器、第三类压力容器、焊缝系数取 1.0 的压力容器以及无法进行内外部检验或耐压试验的压力容器，其对接接头进行全部（100%）无损检测；当采用射线检测时，其透照质量不应低于 AB 级，其合格级别为Ⅱ级；当采用超声检测时，其合格级别为Ⅰ级。

公称直径大于等于 250mm（或公称直径小于 250mm，其壁厚大于 28mm）的压力容器接管对接接头的无损检测比例及合格级别应与容器壳体主体焊缝要求相同；公称直径小于 250mm，其壁厚小于等于 28mm 时仅做表面无损检测，其合格级别为Ⅰ级。

有色金属制压力容器焊接接头的无损检测合格级别，射线透照质量按相应标准或由设计图样规定。

压力容器的对接接头的无损检测比例，一般分为全部（100%）和局部（ $\geq 20\%$ ）两种。对铁素体钢制低温容器，局部无损检测的比例 $\geq 50\%$ 。

符合下列情况之一时，压力容器的对接接头必须进行全部射线或超声检测：

- ① GB 150 及 GB 151 等标准中规定进行全部射线或超声检测的压力容器。
- ② 第三类压力容器。
- ③ 第二类压力容器中易燃介质的反应压力容器和储存压力容器。
- ④ 设计压力大于 5.0MPa 的压力容器。
- ⑤ 设计压力大于等于 0.6MPa 的管壳式余热锅炉。
- ⑥ 设计选用焊缝系数为 1.0 的压力容器（无缝管制筒体除外）。
- ⑦ 疲劳分析设计的压力容器。
- ⑧ 使用后无法进行内外部检验或耐压试验的压力容器。

⑨ 符合下列之一的铝、铜、镍、钛及其合金制压力容器：介质为易燃或毒性程度为极度、高度、中度危害的；采用气压试验的；设计压力大于等于 1.6MPa 的。

国家行业标准《承压设备无损检测》标准详细规定了 X 射线和 γ 射线检验钢材对接焊缝的技术要求及射线评定质量标准，并对缺陷进行分类定级。焊接方法包括焊条电弧焊、气体保护焊、电渣焊及气焊，照相厚度范围为 2~120mm。

焊缝在透视检验之前，必须进行表面检查。其不规则程度应不妨碍底片上缺陷的辨认。例如，咬边、焊瘤等，否则应在射线照相前加以修整。



焊缝质量根据缺陷数量的规定分成四级。

I 级焊缝内不准有裂纹、未熔合、未焊透以及条状夹渣。

II、III 级焊缝内不准有裂纹、未熔合以及双面焊和加垫板的单面焊中的未焊透。

焊缝缺陷超过 III 级的为 IV 级。

长宽比小于或等于 3 的缺陷定义为圆形缺陷，包括气孔、夹渣和夹钨。评定圆形缺陷，可按表 8-5 进行换算。

表 8-5 圆形缺陷换算表

缺陷长度/mm	≤1	1~2	2~3	3~4	4~6	6~8	>8
点 数	1	2	3	6	10	15	25

各级圆形缺陷的限量按表 8-6 的规定。

表 8-6 圆形缺陷的分级

评定区 A/mm × B/mm	10 × 10			10 × 20		10 × 30
	母材厚度 δ/mm	≤10	>10 ~ 15	>15 ~ 20	>25 ~ 50	>50 ~ 100
I	1	2	3	4	5	6
II	3	6	9	12	15	18
III	6	12	18	24	30	36
IV	点数多于 III 级或缺陷长度大于 δ/2					

I、II、III 级焊缝中气孔的点数，多者用于厚度上限，少者用于厚度下限，中间厚度的气孔点数用插入法决定，可按数字修约法推算至整数。

母材厚度小于或等于 20mm，单个气孔（包括点状夹渣）的尺寸超过母材厚度的 1/3 时，即作为 IV 级。

产品的射线检测级别要求是由产品设计部门规定的，一般在图样中标出。

(4) 超声波检测 与普通声波一样，是一种直线传播的线性声波。声波是弹性介质的机械振动，人耳所能感受的振动频率为 16 ~ 20000Hz，故 20000Hz 以上的弹性振动称为超声波，是一种人耳听不见的高频率声波，它能在金属的内部传播，并在遇到两种介质的界面上，发生反射和折射。在检测中所用的超声波频率为 0.5 ~ 10MHz。

利用探头发射出的 1MHz ~ 5MHz 的超声波脉冲，射入被检物体内部，当超声波碰到该物体的另一侧底面时，会立即反射回来被探头所接收。如果物体内部



存在缺陷，射入的超声波在碰到缺陷时，也会立即反射回来被探头所接收，根据二者反射回来的声波信号之间的差异，就可在荧光屏上检测出缺陷的大小和位置，这种检测方式称为超声波探伤。

超声波检测特别适用于检测面积型缺陷，如裂纹、白点、分层和焊缝未熔合等。它对粗晶材料，形状复杂和表面粗糙的工件不适用。

超声波检测工作原理如图 8-35 所示。

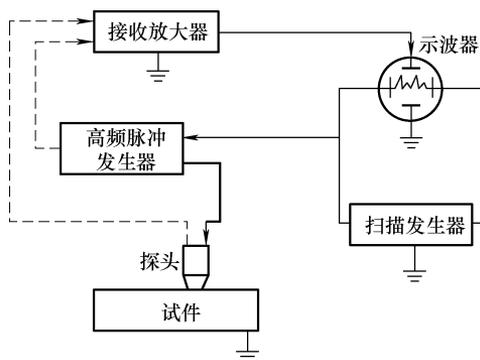


图 8-35 超声波检测工作原理

扫描发生器发出一个信号，作用在高频脉冲发生器上，产生一个高频电流脉冲，它同时作用在超声波发射探头和接收放大器上。作用在接收放大器上的高频脉冲信号经放大后，加在示波器的垂直偏向板上，在荧光屏上形成第一个脉冲（始脉冲）。高频电流脉冲作用在探头上，由于探头内装有压电晶体，能把接受的高频交变电压脉冲转变成超声波，射向工件并在其中传播。在传播方向上遇到缺陷时引起反射，一部分未遇到缺陷的超声波传到工件底面也同样引起反射，接收探头接到这些反射后，就把这两个波束转变成两个高频电流脉冲，通过接收放大器放大，加到示波器的垂直偏向板上，便在荧光屏上形成第二（缺陷）脉冲和第三脉冲（底脉冲）。检验时根据荧光屏上是否有第二脉冲，以及这几个脉冲之间的位置，确定工件上是否有缺陷和缺陷在厚度方向的位置。

超声波在传播过程中，当遇到两种不同介质的界面或不同密度的材料时，便会在交界面上发生折射或反射。反射式探伤法是利用超声波在工件的传播中，能分别在工件的内部缺陷及其背面发生反射，而反射回来的超声波在通过超声波接收器之后，又将声波转为电能，在荧光屏上显示三者各自的波形图，如图 8-36 所示。

超声波检测与射线检测相比，具有灵敏度高、灵活方便、周期短、成本低、效率高和对人体无害等优点。缺点是要求工件表面平滑光洁，辨别缺陷能力较

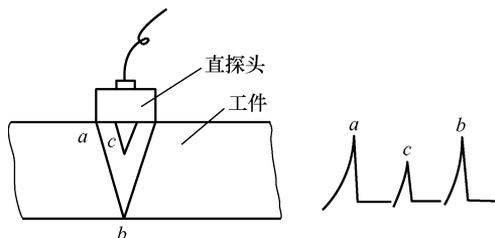


图 8-36 超声波检测

a—始脉波 b—底脉波 c—缺陷脉波

差，对于缺陷反映不直观等。由于超声波检测的上述特点，因此特别适用于厚度较大的焊缝或工件的检测。

1) 直探头检测法

① 耦合剂的选择。在检测时，为了克服探头与工件表面之间的空气膜，使超声波顺利传入工件，在工件表面需要涂耦合剂。对耦合剂的要求，应符合下列几点：

- a) 透声性良好，耦合介质的声阻抗应高一些。
- b) 对工件应无腐蚀作用，对后道工序加工无影响。
- c) 流动性好，来源方便，价格又低廉。
- d) 对操作人员的健康无损害。

目前一般常用的耦合剂，有机油和水等。

② 检测操作。先将超声波探伤仪放在钢板上，用探头沿垂直于钢板的轧制方向，作间距为 100mm 的平行线移动，并用水或机油作为耦合剂检测。当监视到有缺陷波形出现时，还应在其两侧进行探查，以确定缺陷面积，并用显示笔记录在钢板上。

③ 缺陷的判定。

- a) 当荧光屏上无底脉波而只有缺陷波的多次反射。
- b) 当荧光屏上缺陷波和底脉波同时存在。
- c) 当荧光屏上无底脉波而只有缺陷脉波的多个紊乱的缺陷脉波。

2) 斜探头检测 检验焊缝时若焊缝表面和钢板的表面不平，须磨平后，才能用直探头。但在某些情况下，焊缝不能磨平，只可选用斜探头。

焊缝检测时，应将其两侧一定宽度范围内的飞溅、污垢及突起的氧化皮等清除干净，否则将会影响检测的灵敏度和准确性，同时在探头与工件表面之间，应涂上耦合剂（机油）等。



3) 超声波探伤的抽检率和合格级别的规定。用于制造压力容器壳体的碳素钢和低合金钢钢板, 凡符合下列条件之一的, 应逐张进行超声检测:

- ① 盛装介质毒性程度为极度、高度危害的压力容器。
- ② 盛装介质为液化石油气且硫化氢含量大于 100mg/L 的压力容器。
- ③ 最高工作压力大于等于 10MPa 的压力容器。
- ④ 国家标准和行业标准中规定应逐张进行超声检测的钢板。
- ⑤ 移动式压力容器。

钢板的超声检测应按《承压设备无损检测》的规定进行。用于①、②、⑤所述容器的钢板的合格等级应不低于Ⅱ级; 用于③所述容器的钢板的合格等级应不低于Ⅲ级, 用于④所述容器的钢板, 合格等级应符合标准中相应的规定。

(5) 压力容器焊接头检测方法的选择要求

1) 压力容器壁厚不大于 38mm 时, 其对接接头应采用射线检测; 由于结构等原因, 不能采用射线检测时, 允许采用可记录的超声波检测。

2) 压力容器壁厚大于 38mm (或不大于 38mm, 但大于 20mm 且使用材料抗拉强度规定值下限不小于 540MPa) 时, 其对接接头若采用射线检测, 则每条焊缝还应附加局部射线检测。无法进行射线检测或超声波检测时, 应采用其他检测方法进行附加局部无损检测。附加局部检测应包括所有的焊缝交叉部位, 附加局部检测的比例为原无损检测比例的 20%。

3) 对有无损检测要求的角接头、T 形接头, 不能进行射线或超声波检测时, 应做 100% 表面检测。

4) 铁磁性材料压力容器的表面检测优先选用磁粉检测。

5) 所有焊缝的交叉部位以及开孔区将被其他元件覆盖的焊缝部分必须进行射线检测, 拼接封头 (不含先成形后组焊的拼接封头)、拼接管板的对接接头必须进行 100% 无损检测, 拼接补强圈的对接接头必须进行 100% 超声波或射线检测, 其合格级别与压力容器壳体相对应的对接接头一致。拼接封头应在成形后进行无损检测, 若成形前进行无损检测, 则成形后应在圆弧过渡区再做无损检测。

6) 经过局部射线检测或超声波检测的焊接接头, 若在检测部位发现超标缺陷时, 则应进行不少于该条焊接接头长度 10% 的补充局部检测。若仍不合格, 则应对该条焊接接头全部检测。

上述四种无损检测方法, 所能检测到焊缝的缺陷形状、内外表面深度各不相同, 因此必须根据缺陷的特征, 选择最适宜的检测方法, 见表 8-7。



表 8-7 焊缝的不同缺陷对检测能力的比较

缺陷特征 检测方法	平面（裂纹 未焊透）	球形 （气孔）	圆柱形 （夹渣）	线性（表 面裂纹）	圆形（表面 缺陷、针孔）	特 点
射线检测	一般	好	好			可明确地看到缺陷的形状、大小，数量和分布位置，判定能力强，但对于如发纹一类缺陷，不能发现。胶片能长期保存，对工件表面无要求
超声检测	好	一般	一般			检测灵敏度高、检测厚度大，对缺陷的定性困难，只能用当量表示。要求工件表面必须平整
磁粉检测				好	一般	对表面裂纹灵敏度高，能直观缺陷所在位置，但只能检测表面及离表面一定距离的缺陷，对缺陷深度难易确定，不宜用于非铁磁材料
渗透检测				好	好	设备简单，适应性强，亦适用于非铁磁材料，但只能检测表面开口性缺陷，对工件表面必须打磨到一定的粗糙度

（6）检测方法的选择和结果的评定 每一种检测方式都有其自身的特点，在实际应用中，应根据被检测对象的材质、加工方法、使用状况、周围环境等因素，预计会产生什么缺陷以及其性质、形状和分布情况，然后选择最合适的检测方法来进行检测。

无损检测的目的是为了保证产品的经济性和安全性，因此检测时必须做出正确的判断。为此，往往需要多种检测手段同时使用，再结合材料性质、加工工艺等来进行综合分析，才能对测试的结果做出正确的判断。值得注意的是，并非被检测对象中，只要有缺陷存在就是不合格品，事实上有些被检测对象中允许存在一定性质和一定大小的缺陷。



二、压力试验和致密性试验

各种用来储存液体或气体的容器及压力容器，在制造完工后，按规定要进行压力试验和致密性试验。压力试验的目的是检验结构（包括焊缝）的强度，致密性试验是为了检验结构有无泄漏，有些试验方法（如气压试验和气密性试验），由于方法相似，故常常同时进行。究竟进行哪些试验和具体的试验要求，在设计图样中都有详细规定。

压力试验是检验受压容器、锅炉锅筒、管件等能否承受工作压力，焊缝和接口是否泄漏的主要手段。压力试验有水压试验和气压试验两种，因产品设计结构或使用等原因不能进行水压试验时，才采用气压试验。

1. 水压试验

水压试验的目的是检验结构的强度，同时也有检验致密性的作用。水压试验的方法是：将水充入容器内加压，以检查泄漏、耐压、被破坏等性能。水压试验既可检验产品的耐压强度，又可检验产品的密封性。

水压试验的压力一般为工作压力的 1.25 ~ 1.5 倍。试验用的水温，对碳钢应不低于 5℃，其他合金钢应不低于 15℃。水压试验的产品经消除应力处理后方能进行，试验用的压力计至少要有两只同时使用。

水压试验步骤：

- 1) 用水将容器注满，并堵塞好容器上的一切开孔。
- 2) 用水泵把容器内的水压提高至试验压力，见表 8-8 的规定。
- 3) 保压 30min 后，将压力降至试验压力的 80%，并保持足够长的时间，以对所有焊缝和连接部位进行渗漏检查，若有渗漏，修补后应重新试验。

表 8-8 压力容器试验压力的规定

产品种类		试验压力
内压力容器		1.25 p 且不小于 $p + 0.1\text{MPa}$
外压力容器	带夹套	夹套内试验压力按内压力容器
	不带夹套	以 1.5 p 做内压试验
真空容器		以 0.2MPa 做内压试验

注：1. p 为设计压力。

2. 夹套的实验压力确定后，必须校核容器在该实验压力（外压）下的稳定性。

2. 气压试验

气压试验应在水压试验合格后，在有关安全部门的监督下进行。是空气做



介质的压力试验，试验时用空气压缩机将压缩空气通入容器内并缓慢升压（在任何位置设置打压孔和压力表孔即可进行），至规定实验压力的10%时（一般情况下气压试验的试验压力为1.15倍的设计或工作压力），碳素钢和低合金钢容器的环境温度不低于15℃，其他钢种环境温度按图样规定。保压5min，然后对容器的所有焊缝和连接部位进行初次泄漏检验，若有泄漏，修复后重新试验。检查方法是：在焊缝处和连接部位涂抹肥皂水，小型容器亦可浸入水中，观察其有无气泡涌出。

初次泄漏检查合格后，再继续缓慢升压到规定试验压力的50%，其后按每级为规定试验压力的10%的级差，逐级增至规定的实验压力。保压10min后，再将压力降至规定试验压力的80%，并保持足够长的时间进行泄漏检查，若有泄漏，修复后再按上述规定重新试验。

有时，有的产品在其图样中不作气压试验的规定，而选择水压试验后进行气密性试验。气密性试验是致密性试验的一种方法，和气压试验的作法类似。通常，气密性试验的试验压力取设计压力的1.05倍。

3. 致密性试验

盛装易燃、易爆、有毒或强挥发性介质的容器应做致密性试验来检验容器的密封性。致密性试验主要是检查焊缝是否有渗漏。因为焊缝中有些未熔合的贯穿壁厚的微小缝隙，用射线检测是很难发现的，况且各种产品的无损检测不一定全部检查的。有些致密性试验方法还用于在制造过程中不能打压，又要求密封性好的构件。

致密性试验有很多方法，常用的有气密性试验、煤油渗透试验和氨渗透试验。

1) 气密性试验是检查容器严密性的主要手段。水压试验不能代替气密性试验。已经做过气压试验的并经检查合格的容器，可不必再进行气密性试验，因为气密性试验压力低于气压试验。为了保证气密性试验的安全性，容器必须先经水压试验合格后才能进行气密性试验，气密性试验与气压试验一样，所不同的是试验压力规定为工作压力的1.05倍。

2) 煤油渗透试验是在常压下进行的，试验时在产品所有焊缝（容易检查）的一面涂上石灰水溶液（白粉浆），待干燥后再在另一面涂上煤油，若焊缝中有细微的裂纹或穿透性气孔等缺陷，渗透性极强的煤油就会渗过缝隙，在石灰（白粉）的一面形成明显的油渍，由此即可确定焊缝的缺陷位置。经0.5h后白粉上没有油渍为合格。

煤油渗漏试验适用于不受压容器或压力较低容器的致密性检验。



3) 氨渗透试验是在焊缝的一面（一般是容器的内壁）用渗透性比空气强的氨气作为渗透剂，焊缝的另一面（一般是容器的外壁）贴上用 5% 硝酸亚汞或酚酞水溶液浸渍过的纸条，当焊缝上有穿透性的微小缝隙时，氨气通过缝隙与溶液起化学反应，便在纸条上出现红色或蓝黑色的斑点，由此可确定缺陷的位置。

三、破坏性检验

破坏性检验是保证压力容器或其他重要焊接结构制造质量的手段之一。

破坏性检验是采用机械方法对焊缝或焊接接头试样做破坏性的检验，主要方法有力学性能试验、化学成分分析、金相组织检验及晶间腐蚀试验。

力学性能试验项目很多，有拉伸、剪切、冲击、扭转、硬度、疲劳和弯曲等。标准中规定，对焊接接头应进行拉伸、弯曲和常温冲击的试验。

1. 试板制备

试板是用来切取试样的。标准中对产品焊接试板有如下要求：

1) 试板的材料必须合格，且与容器用材具有相同牌号、相同规格和相同的热处理状态。

2) 试板应由施焊容器的焊工，采用施焊容器时相同的条件和相同焊接工艺焊接。

3) 试板的长度 L 一般为 400 ~ 600mm。

4) 试板焊缝应进行外观检查 and 无损检测，然后在合格部位截取试样。

试样在试板上截取的方式如图 8-37 所示，试板两端舍弃部分的长度随焊接方法和板厚而异，一般手工焊应不少于 30mm，自动焊和电渣焊不少于 40mm。

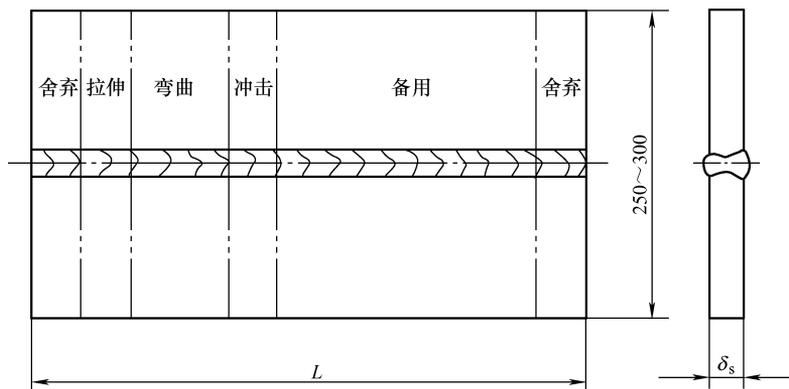


图 8-37 试板



若有引弧板和引出板时，也可以少舍弃或不舍弃。

试样的截取一般采用机械切割法，也可采用等离子弧切割或其他火焰切割的方法，但必须去除热影响区。

试样的类别和数量见表 8-9 的规定。

表 8-9 试样的类别和数量

类 别			数 量
拉伸			1
弯曲	$\delta \leq 20\text{mm}$	面弯	1
		背弯	1
	$\delta > 20\text{mm}$	侧弯	2
冲击		焊缝金属	3
		热影响区	3

2. 拉伸试验

拉伸试验是为了测定焊接接头或焊缝金属的抗拉强度、屈服点、断面收缩率和伸长率等力学性能指标，是测定焊接接头及焊缝金属性能的重要检验方法。试验系用拉伸力将试样拉伸，一般拉至断裂，以便测定力学性能。

钢板焊接接头拉伸试样的形状和尺寸如图 8-38 所示。试样宽度 $b \geq 25\text{mm}$ 。

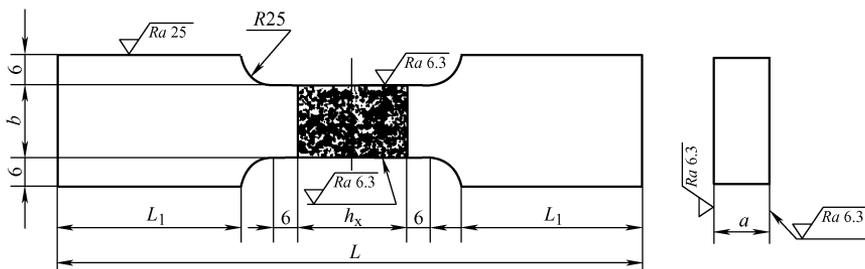


图 8-38 拉伸试样

当因试验机能力限制而不能进行全板厚的拉伸试验时，则应将试板厚度等分后作为试样厚度，该试样厚度应较接近图 8-38 所示拉伸试样能试验的最大厚度。

根据试验条件可采用全板厚的单个试样，也可用多片试样。采用多片试样时，应将焊接接头全厚度的所有试样组成一组作为一个试样。



拉伸试样上的焊缝余高用机械加工的方法去除，使之与母材平齐。试样棱角应导圆，圆角半径不得大于1mm。

3. 弯曲试验

将一定形状和尺寸的试样放置于弯曲装置上，以规定的弯曲半径将试样弯曲到所要求的角度后，卸除试验力检查试样承受变形的性能。

焊接接头弯曲试验的目的，是测定焊接接头弯曲时的塑性。以试样任何部位出现第一条裂纹时的弯曲角度作为评定标准。也可以将试样弯到技术条件规定的角度后（如90°、120°、180°），再检查有无裂纹作评定。

钢板焊接接头弯曲试样形式如图8-39所示；试样尺寸见表8-10。

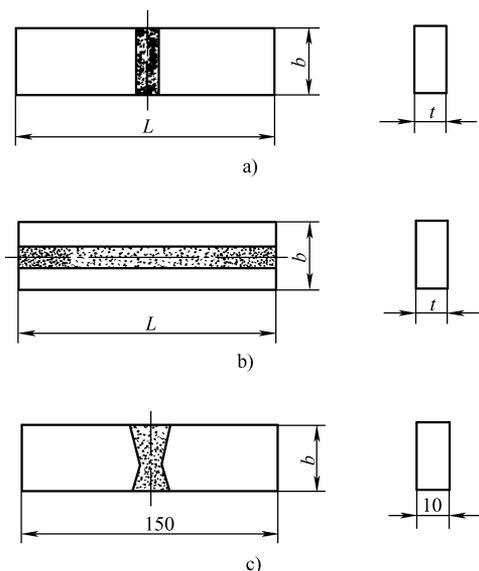


图 8-39 弯曲试样

a) 面弯和背弯试样 b) 纵弯试样 c) 侧弯试样

表 8-10 弯曲试样尺寸

试样厚度 δ	试样长度 L	试样宽度 b
δ_s	$5.5\delta + 100\text{mm}$	30mm

侧弯试样尺寸如图8-39c所示，试样宽度 $b = \delta_s$ 。

试样上焊缝余高或垫板应采用机械方法去除，试样拉伸表面应齐平，并尽可能保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。试样棱角应倒圆，圆角半径不得大于2mm。



4. 冲击试验

用规定高度的摆锤对处于简支梁状态的缺口试样进行一次性打击，测量试样折断时的冲击吸收功。

冲击试验的目的，是为了测定焊缝金属或基本金属焊接热影响区在受冲击载荷时对抗折断的能力，冲击试验通常是在一定温度下（例如常温、低温）进行。

试样的形式和尺寸如图 8-40 所示。

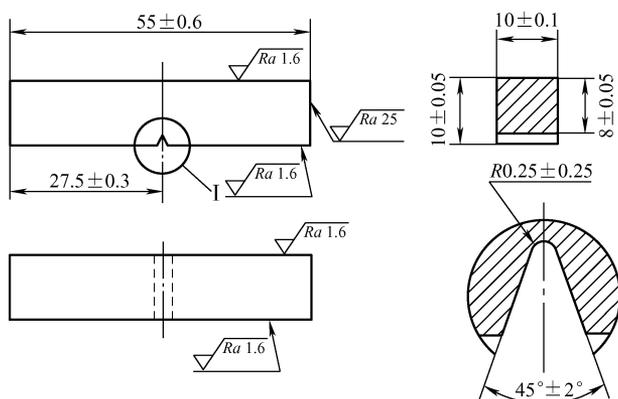


图 8-40 冲击试样的形状和尺寸

试样的刻槽应尽可能开在焊缝侧面，如有要求，可开在熔合线或热影响区内。

在不同厚度的几种典型焊接试件上，切取试样规定如下：

一般按图 8-41a 或图 8-41b 所示切取试样。当厚度较大或产品有特殊要求时，可按图 8-41c 所示或图 8-41d 所示切取。

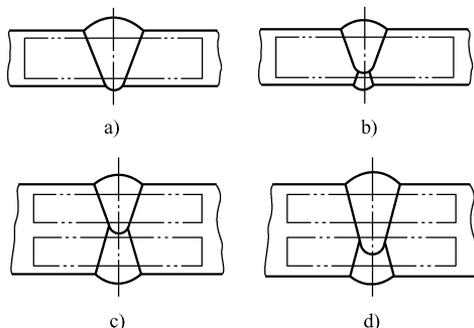


图 8-41 冲击试样的截取位置



对冲击试验和试验机的要求以及计算方法,应按 GB/T 229 — 1994 《金属夏比缺口冲击试验方法》标准的规定执行。

四、焊接接头力学性能检验的试样

1. 需要设置焊接试板的产品

- 1) 移动式压力容器 (批量生产的除外)。
- 2) 设计压力不小于 10MPa 的压力容器。
- 3) 现场组焊的球形储罐。
- 4) 使用有色金属制造的中、高压容器或使用 σ_b 不小于 540MPa 的高强钢制造的压力容器。
- 5) 异种钢 (不同组别) 焊接的压力容器。
- 6) 设计图样上或用户要求按台制作产品焊接试板的压力容器。
- 7) 标准中规定应每台制作产品焊接试板的压力容器。

2. 试样板的规格

当试板厚度 $\delta_s < 20\text{mm}$ 时, $L = 650\text{mm}$; $\delta_s \geq 20\text{mm}$ 时, $L = 500\text{mm}$, 具体试样板如图 8-37 所示。

3. 制备产品焊接接头试样的要求

1) 产品焊接试板的材料、焊接和热处理工艺,应在其所代表的受压元件焊接接头的焊接工艺评定合格范围内。

2) 产品焊接试板应由焊接产品的焊工焊接,并于焊接后打上焊工和检验员代号钢印。

3) 圆筒形压力容器的纵向焊接接头的产品焊接试板,应作为筒节纵向焊接接头的延长部分 (电渣焊除外),采用与施焊压力容器相同的条件和焊接工艺连续焊接。

4) 凡需经热处理以达到恢复材料力学性能和弯曲性能或耐腐蚀性能要求的压力容器,其试板应随产品同炉进行热处理。

5) 产品焊接试板需经外观检查和射线 (或超声) 检测,若不合格允许返修。若不返修,可避开缺陷部位截取试样。

4. 焊接接头力学性能试样的截取

1) 试样应在经无损检测合格的焊接试板上截取,并要求此焊缝位于试样的中段。试样的长度方向还应与焊缝垂直。

2) 试板两端舍去部分长度随焊接方法和板厚而异,一般手工焊不小于 30mm; 自动焊和电渣焊不小于 40mm。若有引弧板和引出板时,也可以少舍弃



或不舍弃。

3) 试样的截取一般采用机械切割法，也可用等离子弧切割或其他火焰切割的方法，但应去除热影响区。

4) 根据不同试验项目的要求，对试样进行加工，打上钢印或其他永久性的标志。

5) 对焊接管子的拉伸试样，对于焊管外径大于或小于 30mm 时，可截取整根管子为拉伸试样；对于外径大于 300mm 时，可切取纵向板形试样，即在管子轴的对称方向上，分别截取两个试样作同一检验项目，当需作弯曲试样时，在管子轴的对称方向所截取的两个试样中，其一作背弯试样，其二则作面弯试样。

五、其他性能检验

1. 金相检验

金相检验主要是检验高温、高压容器和管子的焊缝质量，这种检验有两种方法。

第一种方法是宏观组织检验。将焊接试板用机械加工的方法截取截面，再用金相砂纸按由粗到细的顺序磨光。然后用适当的浸蚀剂浸蚀，使焊缝金属和热影响区有一个清晰的界限，观察焊缝中是否有裂纹、疏松、未焊透、气孔和夹渣。

第二种方法是微观组织检验。将磨光后的试板放在 1000 ~ 1500 倍的显微镜下，观察焊缝或母材的各种缺陷和组织状态。

2. 晶间腐蚀倾向试验

有抗腐蚀要求的不锈钢及其复合材料，应作晶间腐蚀倾向试验，以测试其抗酸、碱腐蚀的性能，保证容器的使用寿命。

要求做晶间腐蚀倾向试验的奥氏体不锈钢压力容器，可从产品焊接试板上切取检查试样，试样数量应不少于 2 个。试样的形式、尺寸、加工和试验方法，应按 GB 4334—2008《金属和合金的腐蚀 不锈钢钢晶间腐蚀试验方法》进行。试验结果评定，按产品技术条件或设计图样的要求。

六、各项检验的目的

1) 抗拉强度试验的目的是检查焊缝或原材料的屈服强度 σ_b 、屈服点 σ_s 、伸长率 δ_5 是否符合要求。

2) 弯曲试验的目的是将试件弯曲到规定的角度，观察弯曲部位产生裂纹的



情况，并以此鉴定焊缝承受弯曲的能力。

3) 压扁试验，对于管子的焊接接头，通常用压扁试验代替弯曲试验。压扁试验的目的与弯曲试验相同，它是将管子压扁至外壁间的距离为规定的 H 值时，对焊缝进行检查，观察裂纹的尺寸和位置。一般认为沿焊缝出现的裂纹长度不超过 3mm、宽度不超过 0.5mm 为合格。

4) 冲击试验是检查金属及焊缝的冲击值 α_k ，它是衡量材料韧性的指标。冲击韧度是材料的一个重要性质，它表示材料受外载荷突然冲击时，能迅速产生塑性变形的能力。

5) 金相检验的目的是检查金属的金相组织及其内部显微缺陷。

七、制件和产品的检验操作技能

产品制造时，产品的形状位置和尺寸公差检验是一道重要的工序。形状位置和尺寸公差的准确程度，对制造机械设备来说，不仅会影响到组装或工地总装的可能性，而且还会由于连接的问题等因素而影响使用的经济性、安全性和使用寿命。为此在制造产品的过程中，必须遵守工艺规程，并对各道工序的重要部位，进行质量管理，控制不符合形状位置和尺寸公差标准的产品，不应将不合格流向下道工序。待产品装配完工后，还要进行全面的最终形状位置与尺寸公差的检测。

几何尺寸检验，贯穿在从零件下料开始直到加工成形和部件组装完成的整个过程。对各个环节的检验是保证产品形状位置和尺寸公差合格的必要条件。机械产品的种类繁多，形状位置和尺寸公差在制造中的要求各有不同。因此，检验的内容、要求和手段也各不相同。下面仅对一些主要产品作分析。

1. 钢结构的检验

钢结构构件主要部件是柱与梁的检验，表 8-11 为钢柱、梁质量标准及检验方法。

表 8-11 钢柱、梁质量标准及检验方法 (单位: mm)

名称	检验项目	简图	公差范围	检测方法
柱	长度		柱 $\Delta L \leq \pm 3$	用钢卷尺测量



(续)

名称	检验项目	简图	公差范围	检测方法
柱	柱脚底板翘曲		$\Delta f \leq 3$	将柱卧放于平台, 且垫上两块相同高度的垫块, 用直角尺测量
	翼缘板倾斜度		$b \leq 400$ 时, $\Delta f \leq b/100$ $b > 400$ 时, $\Delta f \leq 5$	将柱卧放于平台, 且垫两块相同高度的垫块, 用直角尺测量
	腹板中心线偏移		接合部位 $l_1 \leq 2$ 其他部位 $l_2 \leq 3$	用钢直尺直接测量
梁	长度		端部口板封 $\Delta L \leq -5$ 其他形式 $\Delta L \leq L/2500$ 且 ≤ 10	用钢卷尺测量
	端部高度		$H \leq 2000$ 时, $\Delta h \leq \pm 2$ $H > 2000$ 时, $\Delta h \leq \pm 3$	
	侧弯失高 (Δf_1) 和扭曲 (h_1)		$\Delta f_1 \leq L/2000$, 且 ≤ 10 $h_1 \leq H/250$	将钢直尺放置于凹面处, 用钢皮尺测量
	腹部不平直度		当 $\delta < 14$ 时, $\Delta f_2 \leq 3L/1000$ $t \geq 14$ 时, $\Delta f_2 \leq 2L/1000$	
	翼缘板倾斜度		$\Delta f_1 \leq 2$	将梁卧放于平台, 且垫上两块相同高度的垫块, 用直角尺测量



2. 产品的最终检验

产品的最终检验,包括产品相互连接尺寸的检验和特性尺寸检验两个内容。

1) 钢结构的连接尺寸检验,一般是指柱的底脚螺栓孔对底板中心轴线的偏差,如图 8-42 所示, $e \leq 1.5\text{mm}$ 。柱底面到牛腿支承面距离的偏差是一般柱底面到牛腿距 $L_1 \leq 10\text{mm}$ 时, $\Delta L \leq \pm 5\text{mm}$, $L_1 > 10\text{mm}$ 时, $\Delta L \leq \pm 8\text{mm}$ 。

2) 容器连接尺寸的检验一般是指法兰螺栓孔、支承座等。

① 接管法兰。法兰的螺栓孔应与壳体主轴线或铅垂线跨中布置。有特殊要求时,应在图样上注明。如图 8-43 所示。法兰面应垂直于接管或圆筒的主轴中心线。接管法兰应保证法兰面的水平或垂直(有特殊要求的应按图样规定),其偏差均不得超过法兰外径的 1% (法兰外径小于 100mm 时,按 100mm 计算),且不大于 3mm。

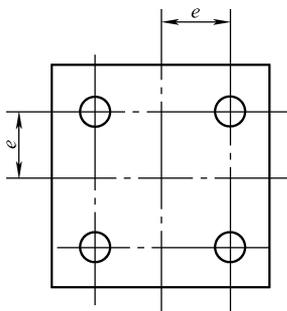


图 8-42 底脚螺栓孔对底板中心轴线的偏差

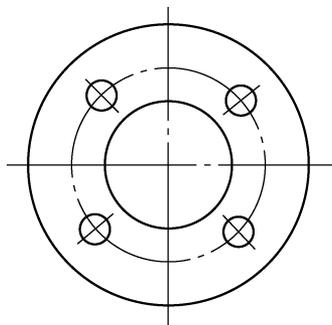


图 8-43 法兰螺栓孔

② 支承座位置。由于支承座位置是直接 with 基础连接的。如果与基础偏移大,一方面会影响容器的就位。另一方面还会影响连接管路的尺寸限制乃至受阻。所以对支承座位置尺寸的检验,同时还应对接管与支承座位置的相对尺寸检验。直立容器的底座圈、底板上地脚螺栓孔应跨中均布,中心圆直径偏差、相邻两孔弦长偏差和任意两孔弦长偏差均不大于 2mm。

3) 特征尺寸的检验。特征尺寸主要是指影响强度、安全性和使用性的尺寸。最终检验时,应对容器的直度、圆度进行检验。

产品的使用性能是指影响容积和传热方面的尺寸。如容积的检测可由周长和轴向测量值计算所得。也可用通水试验的水量测定,以及一些传动设备的传动机构测定。

3. 产品附件的检验

产品的附件检验包括容器的水位指示器、容器的压力超负荷的安全阀等在



紧急情况下，能否排放等一系列的检测。

复习思考题

1. 简述测量基准转换时应考虑的问题。
2. 产品的质量主要分哪几个等级？
3. 常用无损检测的种类有哪些？

试 题 库

知识要求试题

一、选择题

1. 冷作钣金工的加工对象和加工工艺的要求的特殊性, 需要将成套冷作钣金构件或不见图样进行分析, 并拆绘成便于加工的简单部件图或 () 图样。

- A. 平面 B. 立体 C. 机构 D. 零件

2. 图样拆绘要点不包括: ()。

- A. 各部件连接处不宜太复杂
B. 通常采用加放余量法处理
C. 尺寸较大的构件一般按实际尺寸放样后确定
D. 尺寸较小的构件一般按实际尺寸放样后确定

3. 储气包图样的拆绘部件不包括: ()。

- A. 封头 B. 管接头 C. 筒体 D. 底座

4. 储气包的支脚由三块钢板组装而成, 成 () 均布支承汽包。

- A. 60° B. 90° C. 120° D. 240°

5. 构件备料估算时, 不同材料的计算方法不同, 一般板料按面积计算, 其材料是标准、规格化的 ()。

- A. 矩形 B. 三角形 C. 梯形 D. 圆形

6. 构件备料估算时, 型材、管材等因其截面是一定的, 则按 () 计算。

- A. 宽度 B. 面积 C. 长度 D. 厚度

7. 碳素钢的密度为 () kg/cm^3 。

- A. 7.75 B. 7.8 C. 7.85 D. 7.9

8. 不锈钢的密度为 () kg/cm^3 。

- A. 7.7 B. 7.75 C. 7.8 D. 7.85

9. 钢管质量的简易计算公式为: ()。

- A. $m = 0.02466\delta(D - \delta)L$ B. $m = 0.02466\delta(D - \delta)/L$



- A. 3 B. 4 C. 5 D. 6
26. 材料的 () 增大, 焊缝收缩量也随之增大。
A. 膨胀系数 B. 合金含量 C. 收缩系数 D. 含碳量
27. 碳素钢椭圆封头拉深后的减薄量最大处约为原厚度的 ()。
A. 6%~8% B. 8%~10% C. 6%~10% D. 7%~9%
28. 构件不可展表面的素线呈 () 状或双向为曲线, 不能自然平整地展开摊平在一个平面上。
A. 平行 B. 垂直交错 C. 倾斜 D. 交叉
29. 组成 () 的基本几何轴线斜交或偏离的构件是偏斜交相贯构件。
A. 五通管 B. 相交体 C. 三通管 D. 相贯体
30. 一般用 () 来求得圆锥五节渐缩弯管的相贯线。
A. 角度等分线 B. 等分圆周 C. 展开法 D. 切线法
31. 方圆三节 90° 渐缩弯管相贯线的长度要通过 () 求得, 它的宽窄则由 90° 三等分而得。
A. 作图计算 B. 重合断面图 C. 等分角度 D. 断面图
32. 弯管在投影的二视图上反映 () 的实际长度, 但不反映弯管的实际夹角是第一类立体弯管。
A. 某几段 B. 二段 C. 一段 D. 各段
33. 平行与投影面的多通接管可 () 求作其相贯线。
A. 用辅助圆 B. 用切面法 C. 直接 D. 用辅助法
34. 一般用 () 可求得裤三通管的相贯线。
A. 等分角度 B. 切线 C. 三角形 D. 辅助圆
35. 相贯线在主、俯视图上都集中于 () 上的构件是异径渐缩五通管。
A. 大小管 B. 中心线 C. 五个圆 D. 相贯线
36. 正圆柱螺旋面, 一般用 () 作展开图。
A. 旋转法或放射线法 B. 直角梯形法或简便展开法
C. 放射线法或三角形法 D. 三角形法或简便展开法
37. 所谓立体弯管就是管子的弯头在空间弯曲时不在一个 () 的弯曲。
A. 空间内 B. 直线内 C. 平面内 D. 曲面内
38. 多通接管平行于投影面时可 () 求作其相贯线。
A. 直接 B. 用辅助切面法 C. 连接投影面 D. 用辅助圆
39. 将立体弯管归纳成 () 种类型是根据其在图样上的投影特征划分的。



- A. 九 B. 六 C. 四 D. 三
40. 裤形三通管的相贯线一般采用 () 法求得。
A. 切线 B. 等分圆周 C. 划线 D. 放射线
41. 切口附近金属受剪切力作用发生 () 而产生塑性变形, 它是在材料剪切过程中发生的。
A. 内拉变形 B. 内拉弯曲 C. 挤压弯曲 D. 挤压变形
42. 板厚、刀片间隙、刀片锐利程度、() 都是剪切中影响材料硬化区的因素。
A. 剪切力、剪切速度 B. 上刀刃斜度、压紧力
C. 剪切速度、压紧力 D. 剪切形式、上刀刃斜度
43. 按板厚的 () 进行估算调整剪刀片间隙进行剪切。
A. 5%~8% B. 2%~7% C. 3%~5% D. 3%~7%
44. () mm 是实际剪切 2~6mm Q235 碳钢时刀片间隙。
A. 0.1 B. 0.15 C. 0.2 D. 0.25
45. 硬化区宽度在 () mm 之间的被剪钢板厚度一般小于 25mm。
A. 2.5~3.5 B. 3.5~4.5 C. 1.5~3.5 D. 1.5~2.5
46. 利用上下两剪刀的 () 来切断材料的加工方法称为剪切。
A. 相对摩擦 B. 剪切力 C. 绝对运动 D. 相对运动
47. 龙门剪床剪刀片的间隙、() 等是其调整的主要内容。
A. 压料装置 B. 电动机功率 C. 压料力 D. 刀片斜度
48. 冲裁件金属剪切时受 () 作用, 金属纤维断裂而形成了断裂带。
A. 压应力 B. 延伸力 C. 回弹力 D. 拉应力
49. 构件断面上形成 () 的原因是冲裁间隙过小。
A. 断裂带减小 B. 第一光亮带
C. 断裂带增加 D. 第二光亮带
50. 冲裁时, 凸模处的裂纹 () 扩展的原因是冲裁间隙过大。
A. 向中间 B. 向外 C. 向里 D. 在间隙内
51. 冲裁件尺寸与凹模尺寸不一致的原因是冲裁结束后的 ()。
A. 尺寸精度 B. 回弹现象 C. 冲裁精度 D. 板材厚度
52. 材料的相对厚度越大, 冲裁时弹性变形量 ()。
A. 越大 B. 越小 C. 速度越快 D. 速度越慢
53. 凸凹模间隙对冲裁件的 () 影响很大。
A. 冲裁精度 B. 尺寸精度 C. 断面质量 D. 表面质量



54. 冲裁零件的断面有 () 个明显的区域。
 A. 九 B. 六 C. 四 D. 三
55. 冲裁件断裂带是剪切时受 () 作用金属纤维断裂而形成的。
 A. 拉应力 B. 压应力 C. 塑性变形 D. 延伸力
56. 冲裁时, 模具刃口处裂纹 () 扩展的原因是冲裁间隙过小。
 A. 向边缘 B. 向外 C. 向里 D. 向间隙外
57. 冲裁时材料的弹性变形量 (), 其相对厚度越大。
 A. 速度越快 B. 变化越小 C. 越大 D. 越小
58. 冲裁件断面的光亮带是金属在剪切 () 时形成的。
 A. 塑性变形 B. 弹性变形
 C. 拉应力作用 D. 压应力作用
59. 冲裁结束后 () 易造成冲裁件的尺寸与凹模尺寸不一致。
 A. 凸模精度 B. 凹模精度 C. 发生回弹现象 D. 加工精度
60. 冲裁时, 材料的 () 决定了材料的弹性变形量的大小。
 A. 强度 B. 弹性 C. 性质 D. 性能
61. 被测切割切面的最高点和最低点, 按切割 () 作两条平行线的距离是气割面平面度。
 A. 方向 B. 宽度 C. 垂直方向 D. 厚度
62. 选择合适的割嘴、检查 () 及氧气压力、保持割炬与板面垂直是防止气割倾斜的有效措施。
 A. 乙炔 B. 火焰能率 C. 风线 D. 切割速度
63. 利用 () 等离子焰流将切口金属及氧化物熔化并将其吹走而完成的过程是等离子弧切割。
 A. 高压弧柱 B. 低压高温 C. 低压高速 D. 高温高速
64. 可以切割任何高熔点金属、有色金属和 () 的是等离子弧。
 A. 电木 B. 非金属材料 C. 陶瓷 D. 腈纶
65. 切割厚度可达 () mm 是等离子弧切割。
 A. 200 ~ 300 B. 100 ~ 200 C. 100 ~ 150 D. 150 ~ 200
66. 切口 ()、切割质量好、切速高、热影响小、工件变形小是等离子弧切割的特点。
 A. 无挂渣 B. 熔化快 C. 无氧化 D. 较窄
67. 等离子弧切割电流应根据喷嘴孔大小而定, 即 $I = () d$ 。
 A. 70 ~ 100 B. 80 ~ 100 C. 90 ~ 120 D. 90 ~ 110



68. 喷嘴与工件的距离为（ ） mm 是等离子弧切割时对一般厚度工件而言。

- A. 8~10 B. 8~12 C. 6~8 D. 6~10

69. 光电跟踪自动切割机由光电跟踪台和（ ）组成。

- A. 自动切割机 B. 自动气割装置
C. 纵横向传动机构 D. 架体

70. 可以省去在钢板上（ ）的工序是光电跟踪自动气割的特点。

- A. 绘图 B. 划线放样 C. 定位 D. 划线

71. 一般光电跟踪自动切割机只能切割小于（ ） m 的零件。

- A. 4 B. 3 C. 2 D. 1

72. 气割质量要求是气割切口间隙较窄且宽窄一致、切口边缘（ ）未熔化或熔化很小。

- A. 两侧 B. 一侧 C. 棱角 D. 中心

73. 气割平面平面度、切口纹深度和缺口（ ）三项参数指标是评定切割质量的标准。

- A. 角度 B. 熔渣脱落程度 C. 最小间隙 D. 宽度

74. 造成气割缺陷的原因是工艺参数选择错误或（ ）。

- A. 割嘴选择错误 B. 材质不对 C. 操作不当 D. 氧气过大

75. （ ）、切割速度太慢、割嘴割件太近是气割时产生上缘熔化的主要原因。

- A. 切割压力太低 B. 氧气压力过大
C. 切割压力太高 D. 预热火焰太强

76. 由数控装置（专用计算机）和（ ）组成了数控切割机的基本结构。

- A. 传动机构 B. 自动切割机
C. 自动旋转割炬 D. 自动气割装置

77. 切割面质量包括综合气割面平面度、切口纹深度和缺口（ ）三项参数指标。

- A. 熔渣脱落程度 B. 最小间隙 C. 熔化度 D. 最大间隙

78. 气割时氧气压力过高和（ ）是产生内凹的主要原因。

- A. 切割速度过慢 B. 火焰能率太弱
C. 切割速度过快 D. 火焰能率太强

79. （ ）℃是等离子弧切割电弧的温度。

- A. 15000~20000 B. 15000~30000



- A. 扭斜、卷圆半径
B. 束腰、歪斜
C. 卷圆曲率、错边
D. 扭斜、错边
92. 冷弯（ ）工件是垂直下调式卷板机的适用范围。
A. 大型
B. 中型或重型
C. 小型
D. 中型或轻型
93. 开式、闭式卷板机是按（ ）分类的。
A. 下辊受力形式
B. 上辊受力形式
C. 辊位调节方式
D. 反压装置
94. 按（ ）是立式、卧式卷板机的分类方法。
A. 上辊受力形式
B. 辊筒位置
C. 下辊受力形式
D. 辊位调节方式
95. 凸凹模的（ ）、凹模深度及模具的宽度等是单角压弯模工作部分的主要技术参数。
A. 强度
B. 圆角半径
C. 硬度
D. 刚度
96. 凸凹模的（ ）、凹模的深度、凸凹模之间的间隙及模具宽度等是双角压弯模的主要技术参数。
A. 结构
B. 强度
C. 硬度
D. 圆角半径
97. 压弯模的重要工艺参数是凸凹模之间的（ ）。
A. 垂直度
B. 几何尺寸
C. 结构尺寸
D. 间隙
98. （ ）决定了单角压弯模凹模的圆角半径。
A. 断面形状
B. 板材厚度
C. 零件要求
D. 凸模角度
99. 材料在压弯过程中产生偏移现象是沿凹模圆角两边产生的（ ）不相等时，材料就沿凹模左右滑动的现象。
A. 拉应力
B. 压应力
C. 回弹力
D. 摩擦力
100. 弯曲零件内壁的圆角半径（ ）单角压弯模凸模的圆角半径。
A. 近似于
B. 大于
C. 小于等于
D. 等于
101. [材料厚度 + 材料（ ） + 间隙系数] 乘以板厚是压弯模的单边间隙计算公式。
A. 抗剪强度
B. 厚度的上偏差
C. 抗拉强度
D. 抗弯强度
102. 压弯过程中防止上偏移的方法是采用压料装置或（ ）。
A. 增大压力
B. 调整间隙
C. 用孔定位
D. 挡铁定位
103. 通过修正模具的形状、增加压弯件（ ）以抵消其回弹造成的变形。
A. 变形量
B. 成形尺寸
C. 塑性变形
D. 矫正力



- A. 塑性 B. 强度 C. 弹性 D. 硬度
117. 厚度在 () mm 以下有色金属适用于旋压成形加工。
A. 1.5~2 B. 2 C. 4 D. 3
118. 封头有 () 两种旋压方法。
A. 立式和卧式 B. 立式和锥体式
C. 卧式和锥体式 D. 开式和闭式
119. 内滚轮的回转是依靠封头内壁之间的 () 而进行的旋转。
A. 回转力作用 B. 纵向作用力
C. 摩擦力作用 D. 横向作用力
120. () 筒形件适用于旋压收口。
A. 厚板的闭式 B. 小直径的闭式
C. 薄板的开式 D. 大直径的开式
121. () 一般适用于制造鼓形空心旋转体零件。
A. 旋压成形 B. 靠模胀形 C. 旋压胀形 D. 模具成形
122. 利用局部加热板料所产生的角变形与 () 变形达弯曲成形的是水火弯板。
A. 板厚 B. 截面 C. 纵向 D. 横向
123. 单位加热 () 材料所得到的能量就是单位线能量。
A. 宽度上 B. 面积内 C. 厚度上 D. 长度上
124. ()、加热速度、水的流量等是水火弯曲成形的规范。
A. 加热宽度 B. 加热深度 C. 火焰能率 D. 加热温度
125. 一般采用 () 加热方式对工件水火弯曲成形。
A. 三角形和线状 B. 线状 C. 连续 D. 点状
126. 水火弯曲冷却后的温度控制在 ()℃。
A. 70~80 B. 70~85 C. 75~78 D. 78~80
127. 水火成形过程中,加热的终止点应距板边 () mm,目的是为了
避免板料边缘收缩时起皱。
A. 90~120 B. 80~130 C. 80~120 D. 70~110
128. 焊接过程中溶渣清理不干净,焊接 (),焊速过大等是产生夹渣
的原因。
A. 错边量太小 B. 错边量太大 C. 电流过大 D. 电流过小
129. 焊接时接头的 () 未完全熔透就是未焊透。
A. 坡口钝边 B. 根部 C. 中部 D. 坡口角度



130. 焊接中未熔合是指 () 未能熔合。
 A. 焊道与金属 B. 焊料与金属 C. 焊缝与金属 D. 母材之间
131. 使接头强度减弱, 容易 () 的主要原因是未焊透与未熔合缺陷。
 A. 引起裂纹 B. 焊道超宽 C. 产生咬边 D. 产生夹渣
132. 铝与铝合金焊接、镁与镁合金焊接、() 焊接等都是有色金属的焊接。
 A. 铍 B. 碳 C. 硅 D. 锌
133. 铝合金的主要合金元素是铜、镁、硅和 () 等。
 A. 铬、锰 B. 锌、锰 C. 镍、钛 D. 钛、铬
134. 电弧稳定, 焊接接头强度、() 较好是钨极氩弧焊的特点。
 A. 弹性、延伸率 B. 塑性、强度
 C. 硬度、韧性 D. 塑性、韧性
135. 铆钉直径小于 () mm 的铆接一般适用于手工冷铆。
 A. 8 B. 10 C. 5 D. 3
136. 铆钉直径一般不超过 () mm 时适用冷铆。
 A. 8 B. 10 C. 12 D. 13
137. 当铆钉直径为 13mm 时压缩空气压力为 () MPa。
 A. 1.8 B. 1.6 C. 1.4 D. 1.2
138. 用铆钉枪铆接时铆钉的加热温度为 () °C。
 A. 900 ~ 1100 B. 1000 ~ 1100 C. 900 ~ 1000 D. 850 ~ 1000
139. 铆钉加热温度为 () °C 时适用铆接机热铆。
 A. 650 ~ 670 B. 650 ~ 700 C. 600 ~ 650 D. 600 ~ 670
140. 热铆时通常铆钉直径比铆钉孔直径小 ()。
 A. 3% ~ 5% B. 5% ~ 8% C. 8% ~ 10% D. 8% ~ 15%
141. 热铆时通常铆钉孔直径比铆钉直径大 ()。
 A. 3% ~ 5% B. 5% ~ 7% C. 5% ~ 10% D. 7% ~ 10%
142. 加工铆钉孔时, 钻孔留 () mm 的余量, 待装配后, 用铰刀加工到要求的孔径。
 A. 1 ~ 3 B. 1 ~ 2 C. 2 ~ 3 D. 3 ~ 4
143. 铆钉头形成凸头主要是钉杆长度不足, () 所造成的。
 A. 罩模压力过小 B. 顶模压力过大
 C. 顶模直径过小 D. 罩模直径过大
144. 铆钉周围出现过大的帽缘主要是钉杆太长, 罩模 () 引起的。



- A. 直径太小、铆接时间过长 B. 直径太大、铆接时间过长
C. 直径太小、铆接时间过短 D. 直径太大、铆接时间过短
145. 材料（ ）差，加热温度不当是铆钉头出现裂纹的主要原因。
A. 强度 B. 硬度 C. 刚度 D. 塑性
146. 拉铆时铆钉直径应比铆钉孔直径小（ ）mm 左右。
A. 0.1 B. 0.2 C. 0.1~0.3 D. 0.2~0.5
147. 对管子端部进行（ ）及抛光打磨是胀接前的一项重要工作。
A. 热处理 B. 调质 C. 退火 D. 回火
148. 初胀时尽量选择（ ）的步骤。
A. 对称错开、局部变形小 B. 对称错开、变形大
C. 对称合理、变形大 D. 对称合理、变形小
149. 一般胀接后的水压试验压力为工作压力的（ ）倍。
A. 3 B. 1.5 C. 2 D. 2.5
150. 胀接程度的检验主要是检验胀接接头的（ ）两个方面。
A. 过胀和胀裂 B. 过胀和欠胀
C. 严密和胀裂 D. 过胀和严密
151. （ ）工作是胀接后的主要试验项目。
A. 煤油渗透检验和气压试验 B. 水压试验和气压试验
C. 致密性检测和水压试验 D. 致密性检测和气压试验
152. 由于焊缝（ ）上下不对称，焊缝横向收缩上下不均匀而产生了角变形。
A. 坡口形式 B. 间隙 C. 坡口角度 D. 截面形状
153. 碳素钢材料一般不采用（ ）矫正。
A. 锤展伸长法 B. 手工 C. 机械 D. 火焰
154. 碳素钢材料一般不采用（ ）矫正。
A. 火焰 B. 手工
C. 机械 D. 反向扭曲法
155. 矫正合金钢材料的变形时以（ ）为主。
A. 机械矫正 B. 拉力矫正 C. 手工矫正 D. 火焰加热
156. 较厚材料的矫正方法一般采用机械矫正和（ ）。
A. 水火矫正 B. 火焰矫正 C. 手工矫正 D. 千斤顶
157. 较薄板料的矫正一般采用手工矫正和（ ）。
A. 火焰矫正 B. 水火矫正 C. 压力矫正 D. 机械矫正



158. 波浪变形主要表现在焊接 () 时。
 A. 厚板 B. 薄板 C. 线能量大 D. 线能量小
159. 扭曲变形的预防措施主要是掌握好焊接顺序和 ()。
 A. 焊缝角度 B. 焊接方向 C. 焊缝宽度 D. 焊接电流
160. 弯曲变形是由于焊缝的 () 引起的。
 A. 高度 B. 纵向收缩 C. 焊接电流 D. 横向收缩
161. () 一般与测量基准相重合。
 A. 尺寸基准 B. 定位基准 C. 划线基准 D. 装配基准
162. 解尺寸链是对构件尺寸链进行分析, 根据装配 (), 合理分配各组成环公差的过程。
 A. 要求 B. 过程 C. 精度 D. 公差
163. 利用被吸附于 () 中的荧光物质, 受紫外线照射发出荧光来发现缺陷是荧光渗透检测的原理。
 A. 内部 B. 夹渣 C. 缺陷 D. 构件
164. 苏丹红Ⅳ号、() 烛红和刚果红是渗透检测常用的着色剂。
 A. 138 B. 128 C. 136 D. 126
165. 无损检测是在不损坏检验对象的情况下, 对零部件 () 进行检查的检验。
 A. 缺陷 B. 裂纹 C. 内部缺陷 D. 外部缺陷
166. 用特殊射线能穿透物质的特性并在穿透中表现出有一定规律的 () 来进行检测是射线检测的原理。
 A. 渗透性 B. 感光性 C. 衰减性 D. 增强性
167. γ 射线来源于镭、() 等放射性元素。
 A. 钴或钚 B. 钚或铀 C. 钨或钚 D. 钴或铀
168. 超声波是一种在金属中传播的高频波, 其频率为 $f > ()$ Hz。
 A. 20000 B. 25000 C. 30000 D. 35000
169. 利用超声波对介质两界面发生 () 的特性进行检测的是超声波检测。
 A. 反射和映射 B. 反射和折射
 C. 照射和反射 D. 折射和照射
170. 超声波检测时缺陷的脉冲和被测件底面反射的脉冲有 () 上的差异。
 A. 时间 B. 曲线高度 C. 曲线宽度 D. 曲线形状



10. () 龙门剪床其调整内容包括剪片刀的间隙、压料装置等。
11. () 实际剪切 2 ~ 6mm Q235 碳钢时的刀片间隙为 0.3mm。
12. () 在剪切过程中, 由于切口附近金属受剪切力作用发生挤压扭曲而产生塑性变形。
13. () 在剪切过程中, 由于切口附近金属受剪切力作用发生挤压弯曲而产生塑性变形。
14. () 当剪切过程中压料力不足以平衡离口力时, 易产生内拉现象。
15. () 剪切是利用上下两剪刀的剪切力来切断材料的加工方法。
16. () 影响剪切断面质量的因素有上剪刀片的剪切力、剪刀刃磨损情况等。
17. () 剪切过程中影响材料硬化区的因素有板厚、刀片间隙、剪切力、刀片的锐利程度、压紧力等。
18. () 剪切过程中压料力大小不足以平衡离口力, 易产生弯曲现象。
19. () 冲裁结束后发生的冲裁精度造成冲裁件的尺寸与凹模尺寸不一致。
20. () 冲裁时, 材料的弹性变形量取决于材料的塑性。
21. () 材料的相对厚度越小, 冲裁时弹性变形量越小。
22. () 凸凹模间隙对冲裁件的断面质量影响很大。
23. () 用冲裁所得零件的断面有两个明显的区域。
24. () 凸凹模间隙对冲裁件的尺寸精度影响很大。
25. () 气割时产生内凹的原因是切割压力过高和切割速度太慢。
26. () 等离子弧切割厚度可达 150 ~ 200mm。
27. () 气割面平面度是指被测切割面的最高点和最低点, 按切割垂直方向作两条平行线的距离。
28. () 等离子弧切割的电源基本上都是直流电源。
29. () 手工成形折弯件产生旁弯的原因是折弯线外侧锤击过多, 使纤维伸长而引起的。
30. () 手工成形的形状正确与否一般与锤击的力度、位置和顺序有关。
31. () 手工成形折弯件产生扭曲的预防措施是锤击放边时, 坯料应贴紧铁砧。
32. () 零件拉深次数取决于每次拉深时允许的极限变形程度。
33. () 机械弯管对管子弯曲半径较大、管壁较薄的管子一般采用有芯弯管。



34. () 不对称三辊卷板机的主要特点是无剩余直边。
35. () 双角压弯模的主要技术参数包括凸凹模的几何尺寸、凸凹模之间的间隙及模具宽度等。
36. () 压弯过程中防止上偏移的方法是采用压料装置或用孔定位。
37. () 材料在压弯过程中，沿凹模圆角两边产生的压力相等时，材料就会沿凹模左右滑动产生偏移。
38. () 机械弯管时，对于弯管的弯曲半径大于管子直径 1.5 倍，通常采用无芯弯管方法进行弯曲。
39. () 对称式三辊卷板机的主要特点是剩余直边较小。
40. () 双角压弯模的主要技术参数包括凸凹模的圆角半径、凹模深度、凸凹模之间的间隙及模具宽度等。
41. () 旋压一般用于加工厚度在 3mm 以下的有色金属。
42. () 对于制造鼓形空心旋转体零件一般采用拉深成形。
43. () 水火弯曲成形的加热方式一般采用线状加热。
44. () 为保证整体装配质量，支座装配后其垫板与筒体必须后装焊。
45. () 装配的工艺要领包括熟悉图样、掌握技术标准、严格执行工艺路线和装配中的材料管理。
46. () 电动机底座装配焊接后的焊缝中焊缝高为厚件的厚度。
47. () 根据受力分析，圆柱形容器的纵向焊缝所受应力要比环向焊缝所受应力大 1.5 倍。
48. () 根据压力容器工作压力的高低可分为常压、低压、中压、高压和超高压。
49. () 不锈钢焊接时一般用长弧，尽量采用较小的热输入进行焊接。
50. () 裂纹是在焊接应力及其他淬硬倾向等因素共同作用下产生的。
51. () 夹渣产生的原因是焊接过程中溶渣清理不干净，焊接电流太大，焊速过大等。
52. () 铆钉头出现裂纹的原因主要是材料韧性差，加热温度不当。
53. () 铆钉头形成凸头主要是罩模直径过小，钉杆长度不足所造成的。
54. () 铆钉周围出现过大的帽缘主要是钉杆太长，罩模直径太大，铆接时间过长引起的。
55. () 初胀时尽量选择对称错开变形小的步骤。
56. () 胀接前对管子端部进行正火处理及抛光打磨。
57. () 胀接后的主要试验项目是水压试验和气压试验。



58. () 胀接程度的检验主要是检验胀接接头的欠胀和过胀两个方面。
59. () 拉铆时铆钉孔直径应比铆钉直径大 0.3mm 左右。
60. () 扭曲变形的预防措施主要是掌握好焊接顺序和焊接电流。
61. () 角变形主要是由于焊缝坡口形式上下不对称, 焊缝横向收缩上下不均匀而产生。
62. () 较薄板料的矫正一般采用手工矫正和水火矫正。
63. () 弯曲变形是由于焊缝的横向收缩引起的。
64. () 碳素钢材料应采用机械矫正和反向扭曲法矫正。
65. () 碳素钢材料一般可采用手工矫正、机械矫正和火焰矫正。
66. () 合金钢材料的矫正方法以手工矫正为主。
67. () 解尺寸链是对构件尺寸链进行分析, 根据装配要求, 合理分配各组成环公差的过程。
68. () 基准是零件上用于确定其点、线、面、尺寸的依据。
69. () 测量基准一般与设计基准相重合。
70. () 解尺寸链是保证构件的制造、装配尺寸, 合理降低生产成本的重要依据。
71. () 荧光渗透检测的原理是利用被吸附于气孔中的荧光物质, 受紫外线照射发出荧光来发现缺陷的。
72. () 磁粉检测时应变换磁力线的位置, 可以使磁粉显现达到最佳灵敏度。
73. () 射线检测的底片上气孔多呈现成圆形或条形黑点。
74. () γ 射线能照透 300mm 钢板。
75. () 射线检测 I 级焊缝内不准有裂纹、未熔合、未焊透及条状夹渣。
76. () 射线检测 II、III 级片焊缝内不准有裂纹、未熔合、双面焊和加垫板的单面焊中的夹渣。

技能要求试题

一、异径裤形管

1. 考核要求

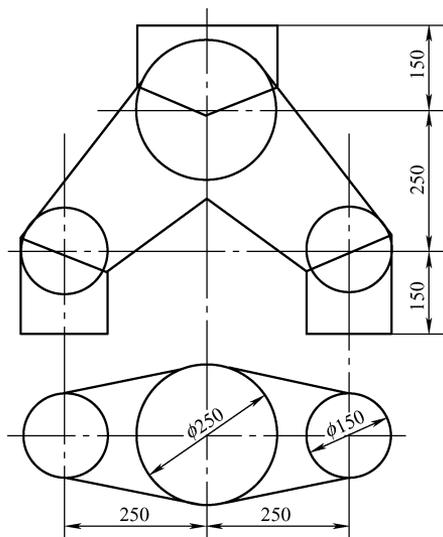
- 1) 因相对弯曲半径较大, 用中心层尺寸作图。



2) 展开圆时，以中径为基准八等分圆周。

准备时间 10min，正式操作时间 125min，计时从正式操作开始，至操作完毕结束。规定时间内全部完成，每超时 1min，从总分中扣 2 分；总超时 10min，停止考核。

工件图如题图 1 所示。



题图 1 异径裤形管

2. 准备要求

(1) 考场准备

- 1) 考核场地规范无干扰。
 - 2) 照明良好，光线充足。
 - 3) 考生按所抽考号，按顺序就岗。
 - 4) 考场各项安全设施齐全。
 - 5) 设工位 1 个，同时容纳 1 人鉴定。
- (2) 材料准备 划规、直板尺、直弯尺、划针、手剪刀及钢卷尺等。

3. 评分标准

评分标准见题表 1。



题表 1 评分标准

序号	考核项目	评分要素	配分	评分标准	检验结果	扣分	得分	备注
1	准备工作	工具、劳动保护准备及安全文明生产	6	少一件扣 2 分，不安全操作不得分，不文明行为一次扣 2 分				
2	求作结合线	主、俯视图	10	偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分				
		大、小圆管断面	4	圆心、半径选取不正确每处扣 2 分				
		公切线	6	切点位置选取不正确，每处扣 2 分				
		连交点得结合线	10	连线不正确，每条线扣 2 分				
3	大圆管展开图	8 等分展开圆周	4	展开长度偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分；等分点位置偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分				
		取点	8	每点位置偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分				
		光滑连接各点	6	每一不光滑处扣 1 分				
4	圆锥管展开图	8 等分展开圆周	4	展开长度偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分；等分点位置偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分				
		取点	8	每点位置偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分				
		光滑连接各点	6	每一不光滑处扣 0.5 分，最多扣 1 分				
5	小圆管展开图	8 等分展开圆周	4	展开长度偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分；等分点位置偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分				
		取点	8	每点位置偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 2 分				
		光滑连接各点	6	每一不光滑处扣 0.5 分				
6	样板	轮廓线	10	边缘有明显缺陷，此项不得分；每一不光滑处扣 1 分				
7	考核时限	超时		每超时 1min 从总分中扣 5 分；超时 10min 停止操作				
合计			100					

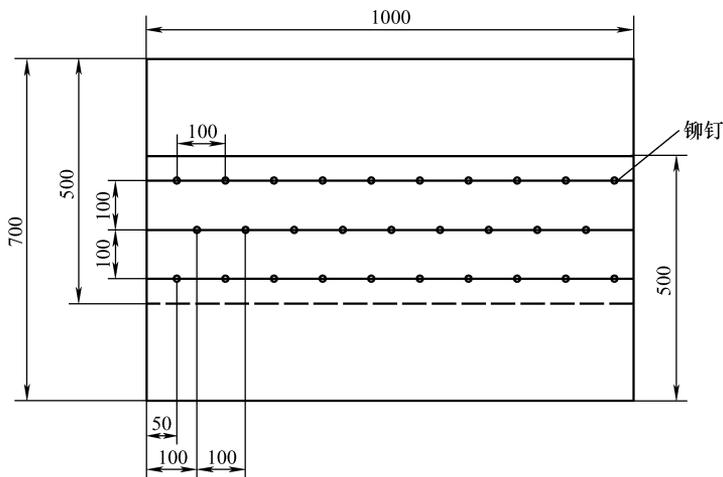


二、搭接多排（交错）铆接

1. 考核要求

准备时间 10min，正式操作时间 125min，计时从正式操作开始，至操作完毕结束。规定时间内全部完成，每超时 1min，从总分中扣 2 分；总超时 10min，停止考核。

工件图如题图 2 所示。



题图 2 搭接多排（交错）铆接工件图

2. 准备要求

(1) 考场准备 教室一间，30~50 人。

- 1) 考核场地整洁规范无干扰。
- 2) 照明良好，光线充足。
- 3) 考生按所抽考号，按顺序就岗。
- 4) 考场各项安全设施齐全。
- 5) 设工位 1 个，同时容纳 1 人鉴定。

(2) 材料准备 铆钉、钻头、钢板、手电钻及手锤等。

3. 评分标准

评分标准见题表 2。



题表 2 评分标准

序号	考核项目	评分要素	配分	评分标准	检验结果	扣分	得分	备注
1	准备工作	工具、劳动保护准备及安全文明生产	6	少一件扣 2 分，不安全操作不得分，不文明行为一次扣 2 分				
2	铆钉直径和铆钉长度的确定	铆钉的直径	5	公式应用错误不得分				
		铆钉的长度	5	铆钉的长度选择错误不得分				
3	铆钉的布置	铆钉的排列方式	8	未选择多派交叉排列不得分				
		铆距、排距和边距的选取	18	铆距选取不正确扣 6 分；排距选取不正确扣 6 分；边距选取不正确扣 6 分				
4	手工铆接	钻孔	10	钻孔直径小于铆钉直径扣 5 分；未将两搭接板固定好，孔歪斜或钻孔错位扣 5 分				
		冲漏	16	不能确定板下方的铆钉位置是否正确扣 8 分；铆钉未穿透板料扣 8 分				
5	检验	铆合	17	用漏冲将铆钉顶严、顶紧，然后用手锤锤击伸出孔外的铆钉。操作错误扣 5 分；将其打成粗帽状或打平操作错误扣 6 分；对制件的外观质量有要求时，应将铆钉的钉头用窝子窝成半圆头，操作错误扣 6 分				
		钉头缺陷	15	钉头偏移扣 3 分；钉头四周未与板料表面结合扣 3 分；钉头局部未与板料表面结合扣 3 分；钉头过长扣 3 分；钉头过小扣 3 分				

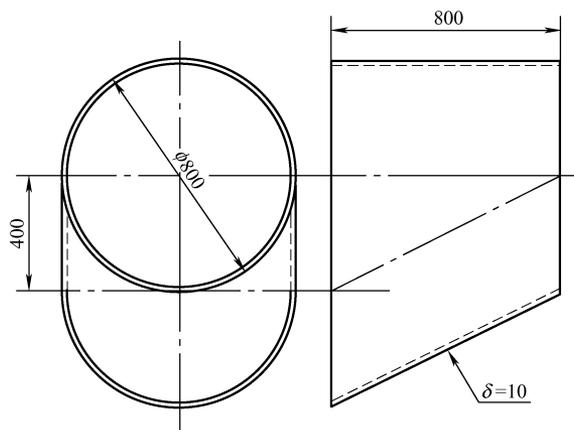


三、偏心大小口的滚压成形

1. 考核要求

准备时间 10min，正式操作时间 65min，计时从正式操作开始，至操作完毕结束。规定时间内全部完成，每超时 1min，从总分中扣 2 分；总超时 10min，停止考核。

工件图如题图 3 所示。



题图 3 工件图

2. 准备要求

(1) 考场准备

- 1) 考核场地规范无干扰。
- 2) 照明良好，光线充足。
- 3) 考生按所抽考号，按顺序就岗。
- 4) 考场各项安全设施齐全。
- 5) 教室一间。

(2) 材料准备 油毡纸、纸张、划规、直板尺、直弯尺、划针、手剪刀及钢卷尺等。

3. 评分标准

评分标准见题表 3。



题表 3 评分标准

序号	考核项目	评分要素	配分	评分标准	检验结果	扣分原因	得分	备注
1	机械成形	工具、劳动保护准备及安全文明生产	10	少一件扣 2 分，不安全操作不得分，不文明行为一次扣 2 分				
2		筒体下料计算公式	15	写出公式得 10 分；计算正确得 5 分				
3		下料注意事项	5	合理排板下料，错误不得分				
4		样板制作	10	写出样板半径；错一个扣 5 分				
5		滚圆压头注意事项	10	曲率过大过小，椭圆鼓肚大小口扭曲等缺陷答出一种得 2 分				
6		对口间隙	10	手工焊 $2\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ，自动焊 $0 \sim 1\text{mm}$ ，对一种得 5 分				
7		错边量	10	A 类焊缝、B 类焊缝 $\leq 1/4$ 板厚，对一种得 5 分				
8		焊缝要求及外观检查	10	焊缝两侧 20mm 以内打磨，焊缝表面不得有裂纹夹渣气孔等缺陷，答对一条得 5 分				
9		两端面最大最小直径差	10	内径的 1% 且不大于 25mm，答对满分错不得分				
10		两端面棱角度偏差	10	$E = \text{皮厚}/10 + 2\text{mm}$ 且不大于 5mm，答对满分，错不得分				
11		时间定额		每超时 1min 从总分中扣 5 分；超时 10min 停止操作				
合计			100					

四、圆管 90°弯头的咬接

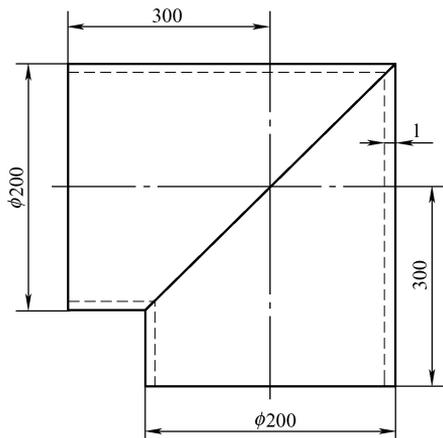
1. 考核要求

准备时间 10min，正式操作时间 185min，计时从正式操作开始，至操作完毕结束。规定时间内全部完成，每超时 1min，从总分中扣 2 分；总超时 10min，停



止考核。

工件图如题图 4 所示。



题图 4 圆管 90°弯头的咬接工件图

2. 准备要求

(1) 考场准备

- 1) 考核场地规范无干扰。
 - 2) 照明良好，光线充足。
 - 3) 考生按所抽考号，按顺序就岗。
 - 4) 考场各项安全设施齐全。
 - 5) 设工位 1 个，同时容纳 1 人鉴定。
- (2) 材料准备 白铁皮、油毡纸、砧铁、手锤、钢板尺和铁剪刀等。

3. 评分标准

评分标准见题表 4。

题表 4 评分标准

序号	考核项目	评分要素	配分	评分标准	检验结果	扣分	得分	备注
1	准备工作	工具、劳动保护准备及安全文明生产	6	少一件扣 2 分，不安全操作不得分，不文明行为一次扣 2 分				



(续)

序号	考核项目	评分要素	配分	评分标准	检验结果	扣分	得分	备注
2	下料	画展开图	15	尺寸偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 5 分				
		画线	8	偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 4 分				
		下料	15	偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 5 分				
3	手工成形	成形尺寸	12	尺寸偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 4 分				
		上下口水平度及扭曲度	12	放置平台上，间隙偏差 $\pm 1\text{mm}$ ，每超差 1mm 扣 4 分				
		咬合质量	32	有一处不严密扣 4 分；局部凹凸不平有褶皱扣 4 分；咬合后的外轮廓线为椭圆，有一处超标扣 4 分；咬合宽度有一处大于 6mm 扣 4 分；若有一次返工现象扣 4 分				
4	考核时限	超时		每超时 1min 从总分中扣 5 分；超时 10min 停止操作				
合计			100					

五、正螺旋叶片的展开

1. 考核要求

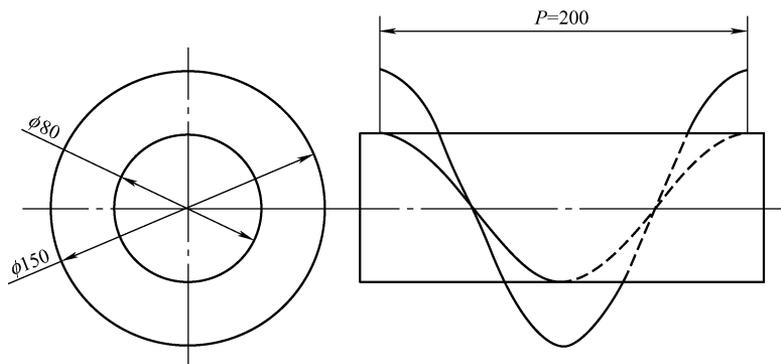
- 1) 自主选择下料方式，手工成形，成形后只允许锉刀手工修磨。
- 2) 叶片与导圆柱接合缝只允许定位焊。
- 3) 换料重做，每块扣 10 分。
- 4) 操作时间 300min 。准备时间 10min ，正式操作时间 300min ，计时从正式操作开始，至操作完毕结束。规定时间内全部完成，每超时 1min ，从总分中扣 2 分；总超时 10min ，停止考核。

工件图如题图 5 所示。

2. 考前准备

(1) 考场准备

- 1) 考核场地规范无干扰。
- 2) 照明良好，光线充足。



题图 5 工件图

- 3) 考生按所抽考号，按顺序就岗。
- 4) 考场各项安全设施齐全。
- 5) 设工位 1 个，同时容纳 1 人鉴定。

(2) 材料准备 铁皮、钢管、油毡纸、砧铁、手锤、钢板尺、铁剪刀、镊子、划针、划规、样冲、锉刀、砂轮机、振动剪、焊机等。

3. 评分标准

评分标准见题表 5。

题表 5 考核评分标准表

项目	考评内容	配分	评分标准
主要项目	1. 叶片外径 $\phi 150\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$	15	每端口各占 5 分；每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2.5 分
	2. 叶片内径 $\phi 80\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$	15	每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	3. 导程 $200\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$	15	每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	4. 叶片宽度 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	5. 叶片任意点与导圆柱垂直度	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	6. 结合缝间隙	10	每 0.5mm 间隙扣 2 分
	7. 表面质量	10	有明显锤痕、焊接缺陷等每处扣 2 分
安全文明生产	1. 遵守安全操作、文明生产	5	违反操作规程扣 5 分；不按要求穿戴护品扣 5 分
	2. 遵守考场规则	5	违反考场规则扣 5 分
	3. 操作完成清理工作场地	5	不清理工位扣 5 分

六、渐缩 90° 四节弯头的成形

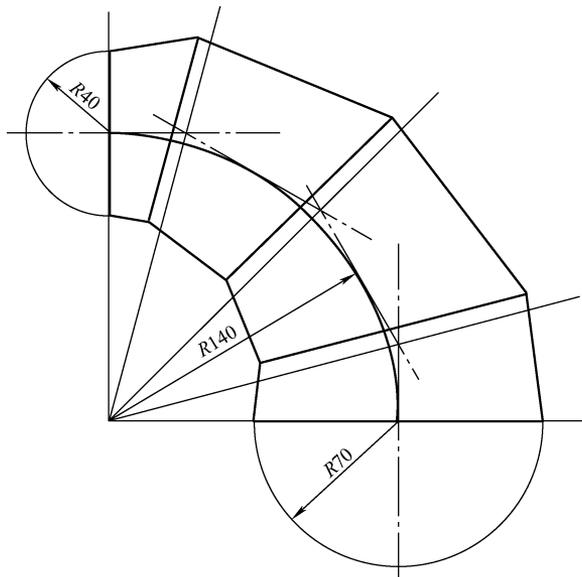
1. 考核要求

- 1) 手工下料，手工成形，成形后只允许锉刀手工修磨。



- 2) 各管纵缝必须错开 180° ，结合缝只允许定位焊。
- 3) 换料重做，每块扣 10 分。
- 4) 操作时间 300min。准备时间 10min，正式操作时间 300min，计时从正式操作开始，至操作完毕结束。规定时间内全部完成，每超时 1min，从总分中扣 2 分；总超时 10min，停止考核。

工件图如题图 6 所示。



题图 6 工件图

2. 考前准备

(1) 考场准备

- 1) 考核场地规范无干扰。
 - 2) 照明良好，光线充足。
 - 3) 考生按所抽考号，按顺序就岗。
 - 4) 考场各项安全设施齐全。
 - 5) 设工位 1 个，同时容纳 1 人鉴定。
- (2) 材料准备 Q235A 钢板、油毡纸、砧铁、手锤、钢板尺、铁剪刀、鏊子、划针、划规、样冲、锉刀、砂轮机、振动剪和焊机等。

3. 评分标准

评分标准见题表 6。



题表 6 考核评分标准表

项目	考评内容	配分	评分标准
主要项目	1. 管口直径 $\pm 0.5\text{mm}$	15	每端口各占 5 分；每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2.5 分
	2. 管口圆度 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	3. 管口平面度	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	4. 弯头角度 $90^\circ \pm 0.5^\circ$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	5. 弯曲半径 $140\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	6. 结合线间隙	10	每处间隙 0.5mm 扣 2 分
	7. 管纵缝间隙	10	每 0.5mm 间隙扣 2 分
	8. 表面质量	10	有明显锤痕、焊接缺陷等每处扣 2 分
安全文明生产	1. 遵守安全操作、文明生产	5	违反操作规程扣 5 分；不按要求穿戴扣 5 分
	2. 遵守考场规则	5	违反考场规则扣 5 分
	3. 操作完成清理工作场地	5	不清理工位扣 5 分



9. 投影分为两类, 一类称为中心投影, 另一类称为 () 投影。
A. 正 B. 水平 C. 侧 D. 平行
10. 图纸和图样的根据区别在于有无 ()。
A. 视图 B. 工程图 C. 技术图 D. 加工图
11. 基准轴公差带位于零线的 (), 上偏差为零。
A. 上方 B. 下方 C. 左方 D. 右方
12. 形位公差是限制 () 变动的区域。
A. 尺寸误差 B. 形状误差 C. 位置误差 D. 形位误差
13. 表面粗糙度评定参数中轮廓算术平均偏差用符号 () 表示。
A. R_t B. R_x C. R_a D. R_z
14. Q235B 钢中, S 含量 $\leq 0.045\%$, P 含量 \leq ()。
A. 0.035% B. 0.040% C. 0.045% D. 0.050%
15. 冷作模具具有较高的硬度和耐磨性, 一定的韧性和抗 () 等特性。
A. 蠕变 B. 变形 C. 疲劳 D. 氧化
16. 共析、过共析钢淬火加热温度为 $A_{c_1} +$ ()。
A. 20℃ ~ 40℃ B. 30℃ ~ 40℃
C. 30℃ ~ 50℃ D. 30℃ ~ 60℃
17. 中温回火后的材料具有较高的弹性极限和 ()。
A. 强度极限 B. 屈服强度 C. 耐磨性 D. 红硬性
18. 天然橡胶加硫磺硫化后, 当硫的含量较少时, 橡胶比较 ()。
A. 柔软 B. 耐油 C. 容易成形 D. 耐酸碱
19. 氟橡胶耐高温和耐腐蚀性好, () 及高真空性能优良。
A. 抗老化 B. 抗辐射 C. 力学性能 D. 化学性能
20. 陶瓷一般可分为传统陶瓷和 () 陶瓷两大类。
A. 耐配 B. 高温 C. 耐腐蚀 D. 特种
21. 构件相邻两条素线构成一个平面或单向弯曲的曲面是 () 表面。
A. 可展 B. 不可展 C. 近似展开 D. 拉直展开
22. 上传动龙门剪床适用于剪切厚度在 () mm 以上的钢板。
A. 4 B. 5 C. 6 D. 8
23. 砂轮机开始切割时不能用力过猛, 待其温度到达 () 后, 再均匀进给完成切割。
A. 高温 B. 要求 C. 熔点 D. 燃点
24. 气割设备在工作时 () 是保证正常工作的安全附件。



- A. 减压器 B. 回火保险器 C. 乙炔开关 D. 氧气开关
25. 润滑脂一般用于 () 机械的润滑。
- A. 低速重载 B. 中速旋转 C. 高速旋转 D. 往复抽拉
26. 杠杆夹具是利用 () 原理对工件进行夹紧的。
- A. 力矩 B. 力臂 C. 支点 D. 杠杆
27. 借料划线时, 应首先测量出毛坯的 () 确定借料的方向和大小。
- A. 尺寸大小 B. 加工余量 C. 误差程度 D. 几何形状
28. 钢和塑性材料底孔直径的经验公式为 $(D = d - p)$, 其中 d 为 ()。
- A. 螺纹外径 B. 螺纹大径 C. 底孔直径 D. 螺栓直径
29. 闸刀开关由于不设专门的灭弧装置, 所以不宜分断 (), 不宜频繁操作。
- A. 额定电流 B. 额定电压 C. 负载电流 D. 负载电压
30. 倒顺开关主要用于 () kW 以下的小容量异步电动机正反转的手动控制。
- A. 3 B. 4 C. 5 D. 6
31. 按动作方式行程开关可分为瞬动型和 () 型两种。
- A. 接触 B. 蠕动 C. 微动 D. 旋转
32. 毛坯、半成品应按 () 堆放整齐。
- A. 品种 B. 大小 C. 几何形状 D. 规定
33. 将成套图样拆绘成便于加工的更简单部件或零件图样, 以供 ()。
- A. 加工和施工 B. 加工和组对
C. 施工和生产 D. 加工和生产
34. 储气包图样可拆绘成支脚、()、封头等部件图。
- A. 钢管、筒体 B. 支脚底板、筒体
C. 法兰、管接头 D. 筒体、管接头
35. $M = () \delta(D - \delta) l$ 是钢管的质量计算公式。
- A. 0.2466 B. 0.0246 C. 0.02466 D. 0.0266
36. 材料的强度、硬度、() 等性能的综合体现就是材质。
- A. 刚度 B. 密度 C. 弹性 D. 塑性
37. 各种冷热矫正适用一般淬硬倾向和 () 均较小的材料。
- A. 刚度 B. 韧性
C. 合金含量 D. 冷作硬化倾向
38. 管材矫正时其 () 的变形是预防的重点。



- A. 椭圆 B. 管壁厚 C. 矫正过量 D. 截面
39. 剪切 16mm 以下低碳钢刨、铣最小加工余量是 () mm。
A. 7 B. 6 C. 5 D. 4
40. 气割各种厚度材料时, () mm 是刨、铣加工的最小余量。
A. 4 B. 5 C. 6 D. 8
41. 造成构件尺寸缩小和变形的主要原因是焊接时材料的 ()。
A. 热胀冷缩 B. 焊接应力 C. 冷收缩 D. 尺寸
42. 焊接后每米的纵向收缩量近似值为 () mm 的是对接焊缝。
A. 0.3 ~ 0.4 B. 0.2 ~ 0.3 C. 0.1 ~ 0.2 D. 0.15 ~ 0.3
43. 焊接后每米的纵向收缩量近似值为 () mm 的是连续焊缝。
A. 0.5 ~ 0.8 B. 0.3 ~ 0.5 C. 0.1 ~ 0.3 D. 0.2 ~ 0.4
44. 每米的纵向收缩量近似值为 () mm 的是间断焊缝。
A. 0.1 ~ 0.2 B. 0.1 ~ 0.3 C. 0 ~ 0.2 D. 0 ~ 0.1
45. 钢板热卷后原厚度的减薄量约为 ()。
A. 3% ~ 5% B. 5% ~ 8% C. 4% ~ 6% D. 5% ~ 6%
46. 球形封头拉深后最大变薄量的位置在 ()。
A. 边缘 B. 中上部 C. 中下部 D. 底部
47. 不可展表面的素线呈 () 状或双向为曲线。
A. 平行 B. 倾斜 C. 交叉 D. 垂直交错
48. 正圆柱螺旋面, 一般用 () 作展开图。
A. 旋转法或放射线法 B. 直角梯形法或简便展开法
C. 放射线法或三角形法 D. 三角形法或简便展开法
49. 偏斜交相贯构件是指组成 () 的基本几何轴线斜交或偏离的构件。
A. 几何体 B. 相交体 C. 相贯体 D. 三通管
50. 一般用 () 求得圆锥五节渐缩弯管的相贯线。
A. 角度等分线 B. 等分圆周 C. 展开法 D. 切线法
51. 方圆三节 90° 渐缩弯管相贯线的长度要通过 () 求得, 它的宽窄则由 90° 三等分而得。
A. 等分圆周 B. 断面图
C. 作图 D. 重合断面图
52. 将立体弯管归纳成 () 种类型是根据其在图样上的投影特征划分的。
A. 四 B. 三 C. 二 D. 一



53. 多通接管与投影面平行时可 () 求作其相贯线。
A. 连接投影面
B. 直接
C. 用换面法
D. 用辅助切面法
54. 相贯线在主、俯视图上都集中于 () 上的构件是异径渐缩五通管。
A. 大小管
B. 中心线
C. 五个圆
D. 相贯线
55. 切口附近金属受剪切力作用发生 () 而产生塑性变形, 它是在材料剪切过程中发生的。
A. 内拉变形
B. 内拉弯曲
C. 挤压弯曲
D. 挤压变形
56. 硬化区宽度在 () mm 之间的被剪钢板厚度一般小于 25mm。
A. 2.5 ~ 3.5
B. 3.5 ~ 4.5
C. 1.5 ~ 3.5
D. 1.5 ~ 2.5
57. 龙门剪床其调整内容包括剪刀片的间隙、() 等。
A. 上刀片斜度
B. 下刀片斜度
C. 压料装置
D. 压料力
58. 剪切 2 ~ 6mm Q235 碳钢时刀片间隙为 () mm。
A. 0.1 ~ 0.3
B. 0.1 ~ 0.32
C. 0.1 ~ 0.40
D. 0.1 ~ 0.42
59. () 现象的产生是剪切过程中压料力大小不足以平衡离口力引起的。
A. 弯曲
B. 翻翘
C. 外拉
D. 内拉
60. 冲裁结束后, () 易造成冲裁件的尺寸与凹模尺寸不一致。
A. 凸模精度
B. 凹模精度
C. 发生回弹现象
D. 加工精度
61. 冲裁时, 材料的弹性变形量 (), 其相对厚度越大。
A. 越小
B. 变化越小
C. 越大
D. 变化越大
62. 凸凹模间隙直接影响到冲裁件的 ()。
A. 尺寸精度
B. 表面质量
C. 成形质量
D. 截面形状
63. 冲裁所得零件的断面有 () 个明显的区域。
A. 三
B. 四
C. 五
D. 六
64. 金属在剪切 () 时形成了冲裁件断面的光亮带。
A. 弹性变形
B. 挤压应力
C. 塑性变形
D. 拉伸应力
65. 冲裁件断裂带是剪切时受 () 作用金属纤维断裂而形成的。
A. 延伸力
B. 拉应力
C. 应力
D. 挤压应力
66. 冲裁时, 凸模处的裂纹 () 扩展的原因是冲裁间隙过大。
A. 向中间
B. 向外
C. 向里
D. 在间隙内
67. 冲裁时, 模具刃口处裂纹 () 扩展的原因是冲裁间隙过小。
A. 向内
B. 向外
C. 向间隙外
D. 向中间



68. 气割质量要求是气割切口间隙较窄且宽窄一致、切口边缘（ ）未熔化或熔化很小。

- A. 下侧 B. 上侧 C. 两侧 D. 棱角

69. 气割时氧气压力过高和（ ）是产生内凹的主要原因。

- A. 切割速度过慢 B. 火焰能率太弱
C. 切割速度过快 D. 火焰能率太强

70. （ ）、切割速度太慢、割嘴割件太近是气割时产生上缘熔化的主要原因。

- A. 火焰能率太强 B. 预热火焰太弱
C. 预热火焰太强 D. 火焰能率太弱

71. 利用（ ）等离子焰流将切口金属及氧化物熔化并将其吹走而完成的过程是等离子弧切割。

- A. 高压弧柱 B. 低压高温 C. 低压高速 D. 高温高速

72. 等离子弧切割可以切割任何高熔点金属、有色金属和（ ）。

- A. 非金属材料 B. 橡胶 C. 尼龙 D. 塑料

73. 等离子弧切割电源基本上都是（ ）电源。

- A. 220V B. 直流 C. 交、直两用 D. 交流

74. 等离子弧切割电流应根据喷嘴孔大小而定，即 $I = () d$ 。

- A. 70 ~ 100 B. 80 ~ 100 C. 90 ~ 120 D. 90 ~ 110

75. 光电跟踪自动切割机由光电跟踪台和（ ）组成。

- A. 纵横向传动机构 B. 传动机构
C. 自动切割机 D. 自动气割装置

76. 可以省去在钢板上（ ）的工序是光电跟踪自动气割的特点。

- A. 移动设备 B. 划线 C. 放样 D. 定位

77. 一般光电跟踪自动切割机只能切割小于（ ）m 的零件。

- A. 4 B. 3 C. 2 D. 1

78. 手工成形折弯件锤击（ ）时，坯料应贴紧铁砧是预防产生扭曲的主要措施。

- A. 收边 B. 拔缘 C. 弯曲 D. 放边

79. 锤击力（ ）或锤子与表面不垂直是造成手工成形局部凸起的主要原因。

- A. 过小 B. 偏斜 C. 不匀 D. 过大

80. 按（ ）是立式、卧式卷板机的分类方法。



- A. 辊受力形式 B. 正压装置 C. 辊筒位置 D. 反压装置
81. () 是不对称三辊卷板机的主要特点。
- A. 剩余直边较大 B. 上辊筒受力较小
C. 上辊筒受力较大 D. 剩余直边较小
82. 对中方便可以矫正 () 等缺陷是四辊卷板机的主要特点。
- A. 扭斜、卷圆半径 B. 束腰、歪斜
C. 卷圆曲率、错边 D. 扭斜、错边
83. 冷弯 () 工件是垂直下调式卷板机的适用范围。
- A. 大型 B. 中型或重型
C. 小型 D. 中型或轻型
84. 凸凹模的 ()、凹模深度及模具的宽度等是单角压弯模工作部分的主要技术参数。
- A. 强度 B. 圆角半径 C. 硬度 D. 刚度
85. 弯曲零件内壁的圆角半径 () 单角压弯模凸模的圆角半径。
- A. 近似于 B. 大于 C. 小于等于 D. 等于
86. () 决定了单角压弯模凹模的圆角半径。
- A. 断面形状 B. 板材厚度 C. 零件要求 D. 凸模角度
87. 双角压弯模的主要技术参数包括凸凹模的 ()、凹模深度、凸凹模之间的间隙及模具宽度等。
- A. 几何尺寸 B. 圆角半径 C. 形状 D. 结构
88. 凸凹模之间的 () 是压弯模的重要工艺参数。
- A. 间隙 B. 垂直度 C. 几何尺寸 D. 结构
89. 压弯凸凹模的单边间隙计算公式是 [材料厚度 + 材料 () + 间隙系数] 乘以板厚。
- A. 抗剪强度 B. 疲劳强度 C. 厚度的上偏差 D. 抗弯强度
90. 通过修正模具的形状, 为抵消压弯件的回弹造成的变形, 增加其 ()。
- A. 成形尺寸 B. 弹性变形 C. 加压矫正 D. 变形量
91. 压弯过程中防止上偏移的方法是采用压料装置或 ()。
- A. 尺寸定位 B. 挡铁定位 C. 销轴定位 D. 用孔定位
92. 材料在压弯过程中产生偏移现象是沿凹模圆角两边产生的 () 不相等时, 材料就沿凹模左右滑动。
- A. 内应力 B. 外力 C. 摩擦力 D. 弯曲力



93. 衡量拉深变形程度的一个重要参数是 ()。
- A. 材料强度 B. 材料刚度 C. 拉深系数 D. 拉深次数
94. 拉深系数就是拉深件的 () 除以坯料直径的比值。
- A. 中性层直径 B. 内径 C. 壁厚 D. 外径
95. 拉深系数表示了拉深 () 的大小。
- A. 材料伸长率 B. 变形程度
C. 弹性变形 D. 极限变形程度
96. 机械弯管对管子 () 较大、管壁较薄的管子一般采用有芯弯管。
- A. 直径 B. 内径 C. 弯曲半径 D. 弯曲回弹
97. () 是橡皮成形零件弯边的二种分类。
- A. 折线弯边、波浪线弯边 B. 角度弯边、直线弯边
C. 直线弯边、曲线弯边 D. 折线弯边、曲线弯边
98. 橡皮成形过程中毛坯边缘被拉伸程度超过材料的 () 是形成凹曲线弯边开裂的主要原因。
- A. 抗拉极限 B. 压缩率 C. 强度极限 D. 伸长率
99. 橡皮成形过程中影响边缘开裂的其他因素是退火处理后的 ()、毛坯厚度和边缘表面质量等。
- A. 韧性 B. 塑性 C. 硬度 D. 强度
100. 旋压一般用于加工厚度在 () mm 以下的碳钢。
- A. 1.5~2 B. 2~3 C. 3 D. 4
101. 封头旋压方法有 () 两种。
- A. 卧式和平式 B. 立式和卧式
C. 平式和锥体式 D. 开式和闭式
102. 内滚轮的回转是依靠封头内壁之间的 () 而进行的旋转。
- A. 回转力作用 B. 纵向作用力
C. 摩擦力作用 D. 横向作用力
103. () 筒形件适用于旋压收口。
- A. 厚板的闭式 B. 小直径的闭式
C. 薄板的开式 D. 大直径的开式
104. () 一般适用于制造鼓形空心旋转体零件。
- A. 旋压成形 B. 靠模胀形 C. 旋压胀形 D. 模具成形
105. 所谓单位线能量就是指单位加热 () 材料所得到的能量。
- A. 厚度上 B. 宽度上 C. 长度上 D. 高度上



106. 水火弯曲成形的规范包括 ()、加热速度、水的流量等。
- A. 单位线能量 B. 加热温度 C. 加热面积 D. 火焰能率
107. 冷却后的水火弯曲过程温度应控制在 ()℃。
- A. 75 ~ 78 B. 78 ~ 80 C. 75 ~ 80 D. 78 ~ 85
108. 一般采用 () 加热方式对工件水火弯曲成形。
- A. 三角形和线状 B. 线状 C. 连续 D. 点状
109. 水火成形过程中, 加热的终止点应距板边 () mm 的余量, 目的是为了
- 避免板料边缘收缩时起皱。
- A. 90 ~ 120 B. 80 ~ 130 C. 80 ~ 120 D. 70 ~ 110
110. ()、划分部件、装配现场设备、零部件质量检查是装配的准备工作。
- A. 分析图样 B. 计算尺寸 C. 熟悉图样 D. 看部件图
111. ()、严格执行工艺路线和装配中的材料管理是装配的工艺要领。
- A. 分析图样、掌握装配工艺 B. 熟悉图样、掌握技术要求
- C. 熟悉图样、掌握图样 D. 熟悉图样、熟悉技术标准
112. 为保证整体装配质量、支座装配后其垫板与筒体必须 ()。
- A. 后装焊 B. 先下料 C. 先装焊 D. 后下料
113. 电动机底座装焊后, 为 () 一般需要进行热处理。
- A. 矫正变形 B. 稳定构件尺寸
- C. 减少焊后变形 D. 消除焊接应力
114. 电动机底座的各焊缝高度应为 () 的厚度。
- A. 立板 B. 厚件 C. 薄件 D. 平板
115. 电动机底座装焊中整形是矫正装焊过程中的变形达到 () 要求。
- A. 尺寸 B. 形状 C. 结构 D. 工艺
116. 电动机底座装焊工艺中热处理的目的是 ()。
- A. 稳定构件尺寸 B. 消除焊接应力
- C. 便于矫正 D. 便于整形
117. 油箱的试漏方法有 ()、涂煤油等方法。
- A. 盛水 B. 盛水打压 C. 空气试验 D. 渗透检测
118. 油箱试漏的目的是检查焊缝的 ()。
- A. 强度 B. 密封性 C. 缺陷 D. 质量
119. 油箱属于 () 储液容器。
- A. 低压 B. 中压 C. 常压 D. 高压



120. () 是球形容器的受力特点。
A. 应力大 B. 受力均匀 C. 受力不均匀 D. 应力小
121. 纵向焊缝所受应力要比环向焊缝所受的大 () 倍, 是圆柱形容器的焊缝的受力特点。
A. 2.5 B. 2 C. 1.5 D. 1
122. 中压容器规定压力范围为 () MPa。
A. $0.1 < P < 1.6$ B. $1.6 < P < 10$ C. $10 < P < 100$ D. ≥ 100
123. () 是压缩空气储罐的主要作用。
A. 稳压和缓冲 B. 储存和储液
C. 储气和缓冲 D. 储存和稳压
124. 封头坯料的拼缝离封头的中心距离不应超过封头直径 ()。
A. 1/2 B. 1/3 C. 1/4 D. 1/5
125. 筒节组对时, 两节筒体的纵缝错开距离不小于 100mm, 并且应大于 () 倍筒节的厚度。
A. 9 B. 7 C. 5 D. 3
126. 筒节上管孔中心线应距纵、环缝不小于管孔直径的 () 倍。
A. 1.8 B. 1 C. 0.8 D. 0.5
127. () 是高压容器按结构层的分类。
A. 单层结构和挠带结构 B. 热套结构和单层结构
C. 多层结构和单层结构 D. 层板结构和单层结构
128. 12.5kW 电机组锅筒零件与主体装焊预热温度大于或等于 () $^{\circ}\text{C}$ 。
A. 150 B. 200 C. 250 D. 300
129. 焊接应力及 () 共同作用下产生了裂纹。
A. 淬硬倾向 B. 其他致脆因素
C. 电弧过长 D. 磁偏吹
130. 焊条受潮、()、工件有污物是造成焊接中产生气孔的主要原因。
A. 电流不当 B. 间隙不当 C. 电弧过短 D. 电弧过长
131. 焊接中气孔的存在减少了焊缝工作截面和接头 ()。
A. 检验的致密性 B. 强度的致密性
C. 厚度 D. 内在质量
132. 焊接过程中溶渣清理不干净, (), 焊速过大等是夹渣产生的原因。
A. 焊缝坡口不适当 B. 焊缝间隙不当
C. 焊接电流过小 D. 焊接电流过大



133. 焊接时接头的 () 未完全熔透就是未焊透。
- A. 坡口钝边 B. 根部 C. 中部 D. 坡口角度
134. () 未能熔合就是焊接中的未熔合。
- A. 焊料与金属 B. 焊缝与金属
C. 板材之间 D. 坡口与金属
135. 使接头强度减弱, 容易 () 的主要原因是未焊透与未熔合缺陷。
- A. 焊道超高 B. 引起裂纹 C. 产生气孔 D. 产生夹渣
136. 铝与铝合金焊接、镁与镁合金焊接、() 焊接等都是有色金属的焊接。
- A. 铍 B. 碳 C. 硅 D. 锌
137. 铜、镁、硅和 () 等是铝合金的主要合金元素。
- A. 锰、锌 B. 锌、钛 C. 镍、铬 D. 锰、铬
138. 电弧稳定, 焊接接头强度、() 较好是钨极氩弧焊的特点。
- A. 塑性、弹性 B. 塑性、韧性
C. 刚度、延伸率 D. 塑性、延伸率
139. 一般用 () , 并尽量采用较小的热输入进行焊接的方法称不锈钢焊接。
- A. 灭弧和断弧 B. 短弧 C. 连弧和灭弧 D. 长弧
140. 铆钉直径小于 () mm 的铆接一般适用于手工冷铆。
- A. 8 B. 10 C. 5 D. 3
141. 铆钉直径一般不超过 () mm 时适用冷铆。
- A. 8 B. 10 C. 12 D. 13
142. 当铆钉直径为 13mm 时压缩空气压力为 () MPa。
- A. 1.8 B. 1.6 C. 1.4 D. 1.2
143. 拉铆时铆钉孔直径应比铆钉直径大 () mm 左右。
- A. 0.3 B. 0.2 ~ 0.3 C. 0.1 ~ 0.2 D. 0.1
144. 铆钉加热温度为 () °C 时适用铆接机热铆。
- A. 650 ~ 670 B. 650 ~ 700 C. 600 ~ 650 D. 600 ~ 670
145. 热铆时通常铆钉直径比铆钉孔直径小 () 。
- A. 3% ~ 5% B. 5% ~ 8% C. 8% ~ 10% D. 8% ~ 15%
146. 加工铆钉孔时, 钻孔留 () mm 的余量, 待装配后, 用铰刀加工到要求的孔径。
- A. 1 ~ 3 B. 1 ~ 2 C. 2 ~ 3 D. 3 ~ 4



147. 铆钉周围出现过大的帽缘主要是钉杆太长，罩模（ ）引起的。
A. 直径太小、铆接时间过长 B. 直径太大、铆接时间过长
C. 直径太小、铆接时间过短 D. 直径太大、铆接时间过短
148. 对管子端部进行（ ）及抛光打磨是胀接前的一项重要工作。
A. 退火 B. 正火 C. 回火 D. 渗碳
149. 初胀时尽量选择（ ）的步骤。
A. 对称错开、局部变形小 B. 对称错开、变形大
C. 对称合理、变形大 D. 对称合理、变形小
150. 一般胀接后的水压试验压力为工作压力的（ ）倍。
A. 3 B. 1.5 C. 2 D. 2.5
151. 胀接程度的检验主要是检验胀接接头的（ ）两个方面。
A. 过胀和胀裂 B. 过胀和欠胀
C. 严密和胀裂 D. 过胀和严密
152. 扭曲变形的预防措施主要是掌握好焊接顺序和（ ）。
A. 焊缝角度 B. 焊接方向 C. 焊缝宽度 D. 焊接电流
153. 碳素钢材料一般不采用（ ）矫正。
A. 锤展伸长法 B. 手工 C. 机械 D. 火焰
154. 矫正合金钢材料的变形时以（ ）为主。
A. 正向弯曲 B. 火焰加热 C. 水火矫正 D. 反向弯曲
155. 采用机械矫正和（ ）一般是对较厚材料的矫正。
A. 压力矫正 B. 手工矫正 C. 拉力矫正 D. 火焰矫正
156. 采用手工矫正和（ ）一般是对较薄板料的矫正。
A. 拉力压力矫正 B. 机械矫正 C. 火焰矫正 D. 水火矫正
157. 产品被检部位若有吸收射线、（ ）较少、底片上感光量增大，证明被检部位内部有缺陷。
A. 原子 B. 粒子 C. 光子 D. 分子
158. 焊缝内不准有裂纹、未熔合、未焊透及（ ）是射线检测 I 级片的评定标准。
A. 咬边 B. 2mm 以下气孔 C. 圆形夹渣 D. 条状夹渣
159. 在底片呈现（ ）、波浪状黑色条纹，有时也成直线条纹的呈现特征是裂纹。
A. 连续 B. 略带曲折 C. 断续 D. 有规律
160. 在底片上多呈现（ ）黑点特征的是气孔缺陷。



- A. 圆形或椭圆形
B. 圆形或点状
C. 圆形或线状
D. 椭圆形或线形

二、判断题（对画√，错画×，每题0.5分，满分20分。）

161. () 办事公道是指从业人员在进行职业活动时要做到助人为乐，有求必应。
162. () 职业纪律中包括群众纪律。
163. () 服务也需要创新。
164. () 阶梯剖和旋转剖都属于视图的其他表示方法。
165. () 零件在加工中允许在一个范围内存在误差，这个允许的变动量称为加工误差。
166. () 切削机加工的切削刀具应采用低密度合金材料。
167. () 优质碳素结构钢牌号用1位数字表示。
168. () 一般碳素工具钢碳的质量分数 $>0.7\%$ 。
169. () 不锈钢是特殊性能钢家族中主要成员。
170. () 碳纤维、石墨纤维复合材料比强度高，线胀系数大。
171. () 冷作钣金是以板材、管材、型材为原料，通过加工成为成品的综合加工工艺。
172. () 放射线法的展开原理是将构件表面由锥顶起作一系列放射线。
173. () 直角三角形法是求实长线的唯一方法。
174. () 对称式三辊卷板上辊是主动的。
175. () 锯条的安装应使齿尖的方向朝后。
176. () 板牙的结构有封闭式和开槽式。
177. () 安全用电的原则是不接触高压带电体，不靠近低压带电体。
178. () 旋转部件是机械设备产生危险的根源。
179. () 在图样拆绘过程中，必须保证形状和位置公差。
180. () 碳素钢椭圆封头拉深后的减薄量最大处约为原厚度的 $7\% \sim 9\%$ 。
181. () 影响剪切断面质量的因素有上下剪刀片的间隙、剪刀刃磨损情况等。
182. () 造成气割缺陷的原因是工艺参数或火焰不对。
183. () 等离子弧切割的特点是切口较宽、切割质量好、切速度、热影响小、工件变形小。
184. () 手工成形折弯件产生旁弯的原因是折弯线外侧锤击过多，使



纤维伸长而引起的。

185. () 手工成形筒形构件产生歪斜的原因是锤击线与弯曲基准线不平行。

186. () 材料的韧性越好，拉深率可取得越小。

187. () 橡皮成形就是用橡皮代替所有成形模具进行压料。

188. () 为防止在卷板过程中产生裂缝，下料时毛坯弯曲方向应与钢板压制方向一致。

189. () 铜的密度为 7.8g/cm^3 。

190. () 用铆钉枪铆接时铆钉的加热温度为 $900 \sim 1100^\circ\text{C}$ 。

191. () 胀接后的主要试验项目是水压试验和气压试验。

192. () 角变形主要是由于焊缝截面形状上下不对称，焊缝横向收缩上下不均匀而产生。

193. () 波浪变形主要出现在焊接薄板时。

194. () 弯曲变形是由于焊缝的横向收缩引起的。

195. () 解尺寸链是对构件尺寸链进行分析，根据装配要求，合理分配各组成环公差的过程。

196. () 解尺寸链是保证构件的制造、装配尺寸，合理降低生产成本的重要依据。

197. () 渗透检测其工作原理是基于原子间有间隙。

198. () 荧光渗透检测的原理是利用被吸附于气孔中的荧光物质，受紫外线照射发出荧光来发现缺陷的。

199. () X 射线检测一般用于检测厚度小于 25mm 的材料。

200. () 未焊透缺陷在底片上反映的特征是呈现一条断续或连续的直线细纹。

答案部分

知识要求试题答案

一、选择题

- | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1. D | 2. D | 3. D | 4. C | 5. A | 6. C | 7. C | 8. B |
| 9. A | 10. A | 11. D | 12. C | 13. D | 14. D | 15. B | 16. B |
| 17. D | 18. D | 19. D | 20. A | 21. B | 22. D | 23. B | 24. A |
| 25. B | 26. A | 27. B | 28. D | 29. D | 30. D | 31. B | 32. D |
| 33. C | 34. C | 35. B | 36. D | 37. C | 38. A | 39. D | 40. A |
| 41. C | 42. B | 43. B | 44. C | 45. D | 46. D | 47. C | 48. D |
| 49. D | 50. D | 51. B | 52. B | 53. B | 54. D | 55. A | 56. D |
| 57. D | 58. A | 59. C | 60. C | 61. A | 62. C | 63. D | 64. B |
| 65. D | 66. D | 67. A | 68. C | 69. A | 70. D | 71. D | 72. C |
| 73. C | 74. C | 75. D | 76. B | 77. B | 78. C | 79. D | 80. C |
| 81. D | 82. D | 83. B | 84. C | 85. A | 86. C | 87. C | 88. C |
| 89. D | 90. D | 91. D | 92. D | 93. B | 94. B | 95. B | 96. D |
| 97. D | 98. B | 99. D | 100. D | 101. B | 102. C | 103. A | 104. C |
| 105. A | 106. D | 107. D | 108. D | 109. B | 110. A | 111. A | 112. B |
| 113. A | 114. D | 115. A | 116. D | 117. D | 118. A | 119. C | 120. B |
| 121. C | 122. D | 123. D | 124. C | 125. B | 126. D | 127. C | 128. D |
| 129. B | 130. B | 131. A | 132. A | 133. B | 134. D | 135. A | 136. D |
| 137. B | 138. B | 139. A | 140. D | 141. C | 142. B | 143. D | 144. A |
| 145. D | 146. A | 147. C | 148. D | 149. B | 150. D | 151. D | 152. D |
| 153. A | 154. D | 155. D | 156. B | 157. B | 158. B | 159. B | 160. B |
| 161. B | 162. C | 163. C | 164. B | 165. A | 166. C | 167. D | 168. A |
| 169. B | 170. A | 171. C | 172. C | 173. A | 174. B | 175. D | 176. D |



二、判断题

- | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. √ | 2. √ | 3. × | 4. × | 5. × | 6. √ | 7. √ | 8. × |
| 9. × | 10. × | 11. × | 12. × | 13. √ | 14. √ | 15. × | 16. × |
| 17. × | 18. × | 19. × | 20. × | 21. × | 22. × | 23. × | 24. √ |
| 25. × | 26. √ | 27. × | 28. √ | 29. √ | 30. × | 31. × | 32. √ |
| 33. √ | 34. × | 35. × | 36. × | 37. √ | 38. × | 39. √ | 40. × |
| 41. √ | 42. × | 43. √ | 44. × | 45. √ | 46. × | 47. × | 48. × |
| 49. × | 50. × | 51. × | 52. × | 53. × | 54. × | 55. × | 56. × |
| 57. × | 58. × | 59. × | 60. × | 61. × | 62. × | 63. × | 64. √ |
| 65. × | 66. × | 67. √ | 68. × | 69. × | 70. × | 71. × | 72. × |
| 73. × | 74. × | 75. × | 76. √ | | | | |

模拟试卷样例答案

一、选择题

- | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1. B | 2. D | 3. D | 4. A | 5. B | 6. B | 7. D | 8. C |
| 9. D | 10. A | 11. B | 12. D | 13. C | 14. C | 15. C | 16. C |
| 17. B | 18. A | 19. B | 20. D | 21. A | 22. B | 23. C | 24. B |
| 25. A | 26. D | 27. C | 28. B | 29. C | 30. C | 31. B | 32. D |
| 33. D | 34. D | 35. C | 36. D | 37. D | 38. D | 39. D | 40. A |
| 41. A | 42. D | 43. D | 44. D | 45. D | 46. D | 47. C | 48. D |
| 49. C | 50. D | 51. D | 52. B | 53. B | 54. B | 55. C | 56. D |
| 57. D | 58. D | 59. D | 60. C | 61. A | 62. A | 63. A | 64. C |
| 65. B | 66. D | 67. C | 68. D | 69. C | 70. C | 71. D | 72. A |
| 73. B | 74. A | 75. C | 76. B | 77. D | 78. D | 79. D | 80. C |
| 81. D | 82. D | 83. D | 84. B | 85. D | 86. B | 87. B | 88. A |
| 89. C | 90. D | 91. D | 92. C | 93. C | 94. D | 95. B | 96. A |
| 97. C | 98. D | 99. C | 100. A | 101. B | 102. C | 103. B | 104. C |
| 105. C | 106. D | 107. B | 108. B | 109. C | 110. C | 111. C | 112. C |
| 113. D | 114. C | 115. A | 116. B | 117. A | 118. B | 119. C | 120. B |
| 121. D | 122. B | 123. D | 124. D | 125. D | 126. C | 127. C | 128. B |
| 129. B | 130. D | 131. B | 132. C | 133. B | 134. A | 135. B | 136. A |
| 137. A | 138. B | 139. B | 140. A | 141. D | 142. B | 143. D | 144. A |



145. D 146. B 147. A 148. A 149. D 150. B 151. D 152. B
153. A 154. B 155. D 156. D 157. B 158. D 159. B 160. A

二、判断题

161. × 162. ✓ 163. ✓ 164. × 165. × 166. × 167. × 168. ✓
169. ✓ 170. × 171. ✓ 172. ✓ 173. × 174. × 175. × 176. ✓
177. × 178. × 179. × 180. × 181. ✓ 182. × 183. × 184. ✓
185. ✓ 186. × 187. × 188. × 189. × 190. × 191. × 192. ✓
193. ✓ 194. × 195. × 196. × 197. × 198. × 199. × 200. ×

参 考 文 献

- [1] 陆秋生. 冷作钣金工 (初级技能 中级技能 高级技能) [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004.
- [2] 劳动和社会保障部教材办公室. 冷作钣金工 (高级) [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2008.
- [3] 谷定来. 冷作工技能训练 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [4] 梁绍华, 梁继舟. 钣金工放样技术基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [5] 徐靖宇, 等. 冷作钣金工 (高级) 考前辅导 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [6] 徐靖宇, 等. 冷作钣金工 (高级) 国家职业资格取证问答 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.



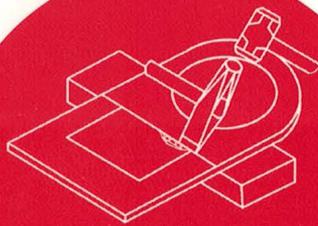
领你入门 帮你取证踏上理想之岗 教你技能 助你成功步入人才殿堂

- ▶ 覆盖面广——多工种多层次 任你选
- ▶ 实用性强——重专业重技能 上手快
- ▶ 编排科学——分级别分领域 易培训
- ▶ 检测便捷——题库试卷答案 全具备

更多职业技能培训、鉴定教材，
请关注：机械工人之家



机械工业出版社微信公众号



咨询热线

机械工业出版社技能教育分社

社长电话：(010)88379083 88379080

传 真：(010)68329397

营销编辑：(010)88379534 88379535

QQ 476472813



免费电子课件索取方式：

网上下载：www.cmpedu.com

邮箱索取：jnfs@cmpbook.com

QQ索取：476472813

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

ISBN 978-7-111-50634-8

上架指导：工业技术 / 工程机械 / 机械加工

ISBN 978-7-111-50634-8



9 787111 506348 >

定价：39.80元