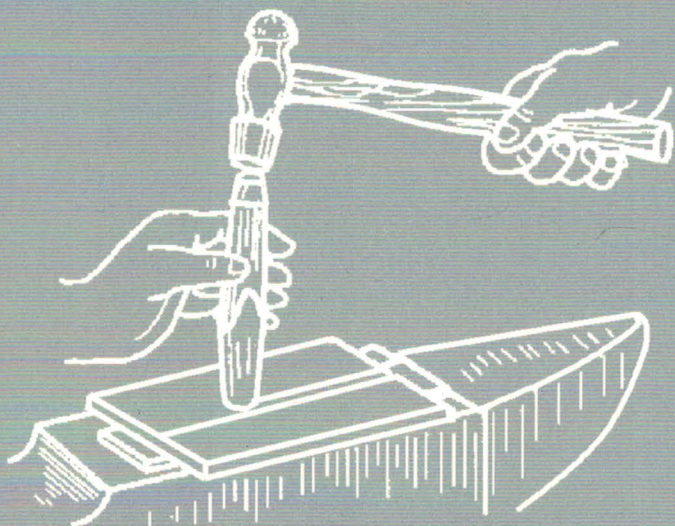




国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

依据最新《国家职业技能标准》编写



冷作钣金工(中级)

LENGZUO BANJIN GONG

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
徐靖宇 杨宏涛 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(中级)

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
徐靖宇 杨宏涛 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》中级的知识要求和技能要求,依照岗位培训和鉴定需要的原则编写的。本书的主要内容包括制图知识、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、技师学校、高职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:中级/徐靖宇,杨宏涛主编. —北京:机械工业出版社,2013.9

国家职业资格培训教材. 技能型人才培养用书

ISBN 978-7-111-43764-2

I. ①冷… II. ①徐…②杨… III. ①钣金工—职业培训—教材 IV. ①TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 197939 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:朱 华 侯宪国

版式设计:霍永明

责任校对:佟瑞鑫

封面设计:饶 薇

责任印制:李 洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.25 印张·374 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-43764-2

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材(第2版)

编 审 委 员 会

主 副 委	主 任 员	王瑞祥 李 奇 郝广发 杨仁江 施 斌 (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		
		荆宏智		李俊玲	张敬柱		
		徐靖宇		杨宏涛			
		李红星		庄 军	李永力	刘 静	张莉娟
总 策 划	本 书 主 编	李亚丁		王 建	李书卿	刘 盛	张徐
		田新生		徐东方	张杜	盛王	盛王
本 书 参 编	本 书 参 编						

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、贴近国家试题库的考点，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

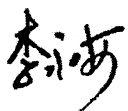
第1版 序一

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,提出批评指正。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》（中级）的知识要求和技能要求，按照岗位培训需要的原则编写的，是中级冷作钣金工职业资格培训教材，教材包括专业知识和技能训练两方面内容。

冷作钣金工是一个对理论知识、工作经验要求较强的工种。在编写过程中我们坚持以满足岗位培训需要为原则，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。在满足相应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。本书重点突出，图文并茂，深入浅出，通俗实用，便于读者学习、掌握。

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，书后附有试题库、模拟试卷样例及其答案，便于培训、鉴定和读者自学。

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 制图知识	1
第一节 识图	1
一、公差与配合知识	1
二、几何公差基础知识	7
三、表面粗糙度的基础知识	8
四、识读金属结构图的方法	9
第二节 绘图	17
一、结构件图样手工绘图的方法	17
二、测绘零、部件的知识	17
三、拆绘结构件装配图的方法	21
第三节 制图知识技能训练实例	22
训练 识读绘制支架图样	22
复习思考题	25
第二章 放样	27
第一节 结构放样	27
一、较大型结构的放样方法	27
二、结构件制作工艺分析方法	33
第二节 展开放样	38
一、展开构件形体分析方法	38
二、可展表面与不可展表面的判别	40
三、截交线的求作方法	40
四、相贯线求作方法	44
五、断面实形的应用及求取方法	49



六、方圆连接管、斜锥管、三通管的展开方法	51
七、展开放样时板厚处理知识	56
八、构件的计算展开知识	62
第三节 放样的技能训练实例	68
训练 1 裤形三通的下料	68
训练 2 方管直交斜圆锥管	70
训练 3 方管直交圆柱管	71
复习思考题	73
 第三章 下料	76
第一节 钻孔	76
一、麻花钻构造及切削部分的几何角度	76
二、标准麻花钻头的磨削方法	79
三、特殊孔的加工工艺与方法	80
四、复杂形状钻头的磨削方法	83
第二节 手工切割	86
一、气割过程、条件及设备	86
二、气割工艺	90
三、鑿子、剋子等常用工具的热处理方法	92
第三节 机械切割	93
一、剪刀切削刃的几何角度	93
二、常用剪床的传动原理	96
三、冲裁模具	100
四、等离子切割机工作原理与工艺	104
五、光电跟踪切割设备工作原理与工艺	107
六、常用切割设备的使用与维护知识	108
第四节 下料技能训练实例	110
训练 气割	110
复习思考题	111
 第四章 成形	113
第一节 手工成形	113
一、内、外拔缘成形原理与应用	113
二、手工拔缘的分类及操作要点	113
三、拱曲成形原理与工艺	119



第二节 机械成形	120
一、常用弯曲成形设备的结构、工作原理、故障诊断与维护方法	120
二、板材的变形过程和弯曲工艺	124
三、弯曲回弹和最小弯曲半径的确定	126
四、钢材加热对材料性能及加工工艺的影响	128
五、热弯曲方法与工艺	129
六、型钢和钢管的弯曲工艺	131
第三节 成形技能训练实例	143
训练1 板料的折弯	143
训练2 手工弯曲扁钢圈	144
训练3 管子煨弯	146
训练4 机械滚弯圆锥管	147
复习思考题	149
 第五章 装配	 151
第一节 一般结构件的装配	151
一、装配的准备工作	151
二、桁架类结构的装配工艺	153
三、箱体类的装配工艺	155
四、常压容器的装配工艺	156
第二节 装配工具的应用	159
一、装配夹具	159
二、装配吊具	165
三、装配胎具	168
第三节 装配技能训练实例	170
训练1 工形梁的装配	170
训练2 两圆筒正交组合件的装配	172
复习思考题	175
 第六章 矫正	 177
第一节 材料矫正	177
一、板材的机械矫正设备的工作原理与操作方法	177
二、型钢和焊接梁的机械设备矫正的工作原理与操作方法	179
三、钢材预处理流水线	180
第二节 构件矫正	181



一、对接板料的变形及矫正	181
二、型材和焊接梁变形的矫正	182
三、板架变形的矫正	182
四、箱体自由边缘的矫正	183
五、大型结构的矫正	183
复习思考题	184
第七章 连接	187
第一节 焊接	187
一、电弧焊接设备的种类与使用	187
二、焊接工具的使用	191
三、焊接变形及预防	192
四、焊接连接形式及适用	196
五、焊接原理及工艺	197
第二节 铆接	205
一、铆接设备和工作原理	205
二、铆接参数的确定	206
三、铆钉及其直径、长度与孔径的确定	206
四、铆接工艺方法	208
第三节 胀接	209
一、胀接原理	209
二、胀接结构形式与胀接工具	210
三、常压管件的胀接方法	212
四、影响胀接质量的因素	215
第四节 咬接	217
一、咬缝的连接形式	217
二、咬缝的咬接工艺	217
三、弯管的咬接工艺	219
第五节 螺纹联接	222
一、螺纹联接的防松措施	222
二、螺纹联接力矩控制方法	224
第六节 连接技能训练实例	225
训练 胀接	225
复习思考题	228



第八章 检验	231
第一节 构件质量检验	231
一、测量基准的选择方法	232
二、平面度的检测方法	233
三、垂直度的检测方法	234
四、同轴度的检测方法	235
五、角度的检测方法	236
第二节 焊接质量检验	237
一、焊接检测的职能	237
二、焊接检测的依据	237
三、焊接检测方法	237
四、外观缺陷	238
五、其他表面缺陷	239
复习思考题	240
试题库	241
知识要求试题	241
一、选择题 试题 (241) 答案 (283)	
二、判断题 试题 (257) 答案 (284)	
技能要求试题	263
一、两节直角锥柱弯头	263
二、圆管直交四棱锥管	264
三、圆锥直交圆柱 (一)	265
四、圆锥直交圆柱 (二)	266
五、方管斜交圆柱	267
六、机械滚弯圆锥管	268
模拟试卷样例	270
一、单项选择题 试题 (270) 答案 (285)	
二、判断题 试题 (281) 答案 (285)	
参考文献	286

第一章

制图知识



学习目标

1. 通过学习掌握识读桁架、箱体和容器结构图样
2. 能绘制结构件图样
3. 能将结构件装配图拆绘成零件图

第一节 识图

一、公差与配合知识

1. 互换性的概念

互换性是现代化生产的一个重要技术经济原则，它普遍应用于机械设备和各种家用机电产品的生产中。

在机械工业中，互换性是指制成的同一规格的一批零件或部件，不需作任何挑选、调整或辅助加工（如钳工修配），就能进行装配，并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。例如，一批螺纹标记为 M10-6H 的螺母，如果都能与 M10-6g 的螺栓自由旋合（见图 1-1），并且满足设计的连接可靠性要求，则这批螺母就具有互换性。又如，车床上的主轴轴承，磨损到一定程度后会影响到车床的使用，在这种情况下，换上一个相同代号的新轴承，主轴就能恢复原来的精度而达到满足使用性能的要求。这里轴承作为一个部件而具有互换性，如图 1-2 所示。

在日常生活中，互换性的例子也有很多。如自行车的内外胎破了，可以换上同规格的新胎，更换后仍可满足使用要求。又如电池没电了，换上一个同型号的



新电池, 电器就能恢复正常使用。



图 1-1 具有对应标记的螺栓和螺母可自由旋合



图 1-2 相同代号的轴承能替换已磨损的轴承并恢复精度

互换性原则广泛用于机械制造中的产品设计、零件加工、产品装配、机器的使用和维修等各个方面。

在使用和维修方面, 互换性有其不可取代的优势。当机器的零(部)件突然损坏时, 可迅速用相同规格的零(部)件更换, 既缩短了维修时间, 又能保证维修质量, 从而提高机器的利用率并延长机器的使用寿命。

在加工和装配方面, 当零件具有互换性时, 可以采用分散加工、集中装配。这样有利于组织跨地域的专业化厂际协作生产; 有利于使用现代化的工艺装备, 并可提高设备的利用率; 有利于采用自动线等先进的生产方式, 还可减轻劳动强度, 缩短装配周期。汽车的零件一般采用分散加工, 但汽车整体是集装装配的。

在设计方面, 采用具有互换性的标准件和通用件, 可以使设计工作简化, 缩短设计周期, 并便于应用计算机辅助设计。

零(部)件的互换性既包括其几何参数(如尺寸、形状等)的互换, 也包括其力学性能(如硬度、强度等)的互换。本书仅论述几何参数的互换性。

2. 几何量误差、公差和测量

要保证零件具有互换性, 就必须保证零件的几何参数的准确性(即加工精度)。零件在加工过程中, 由于机床精度、计量器具精度、操作工人技术水平及生产环境等诸多因素的影响, 其加工后得到的几何参数会不可避免地偏离设计时的理想要求, 而产生误差。这种误差称为零件的几何量误差。几何量误差主要包含尺寸误差、几何误差。

零件的几何量误差是否会使零件丧失互换性呢? 实践证明, 虽然零件的几何量误差可能影响到零件的使用性能, 但只要将这些误差控制在一定的范围内, 仍能满足使用功能要求, 也就是说仍可以保证零件的互换性要求。

为了控制几何量误差, 人们提出了公差的概念。所谓几何参数的公差就是零件几何参数允许的变动量, 它包括尺寸公差、几何公差等。只有将零件的误差控制在相应的公差内, 才能保证互换性的实现。



既然要用几何参数的公差来控制几何误差的大小,那么就必须合理地确定几何量公差的大小。而在现代化生产中,一种产品的制造往往涉及许多部门和企业,为了适应各个部门或企业之间在技术上相互协调的要求,必须有一个统一的公差标准,以保证互换性生产的实现。

公差与配合标准、几何公差标准、表面粗糙度标准等是我们国家制定的重要的技术基础标准,是保证互换性的基础。

除制定和贯彻公差标准之外,要保证互换性在生产实践中实现还必须有相应的技术测量措施。若测量结果显示零件的几何参数误差控制在规定的公差范围内,则此零件就合格,就能满足互换性的要求;若测量结果显示误差超过公差范围,零件就不合格,也就达不到互换的目的。因此,对零件的测量是保证互换性生产的重要手段。

另外,通过测量的结果,人们可以分析产生不合格零件的原因,及时采取必要的工艺措施,提高加工精度,减少不合格产品,提高合格率,从而降低生产成本并提高生产效率。

3. 基本术语及定义

(1) 尺寸

1) 公称尺寸。公称尺寸是图样规范确定的理想形状要素的尺寸。孔的公称尺寸用大写字母表示,轴的公称尺寸用小写字母表示。在设计中,公称尺寸根据产品的性能要求来确定,然后再标准化。

2) 实际尺寸。实际尺寸是通过测量得到的尺寸。孔的实际尺寸以 D_a 表示,轴的实际尺寸以 d_a 表示。

3) 极限尺寸。极限尺寸是尺寸要素允许的尺寸的两个界限。一般规定两个界限,其中较大的称为上极限尺寸,较小的称为下极限尺寸。极限尺寸是根据零件的使用要求确定的,它可能大于、等于或小于公称尺寸。

孔的上极限尺寸以 $D_{\max}$ 表示,下极限尺寸 $D_{\min}$ 以表示;轴的上极限尺寸以 $d_{\max}$ 表示,下极限尺寸以 $d_{\min}$ 表示。

(2) 公差 允许尺寸的变动量。公差表示一批零件尺寸允许变动的范围,这个范围大小的数量值就是公差,所以它是绝对值,不是代数值,零公差,负公差的说法都是错误的。公差等于上极限尺寸与下极限尺寸之代数差的绝对值,可用公式表示为:

孔的公差以 T_h 表示:

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$$

轴的公差以 T_s 表示:

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$$

公差的大小表示对零件加工精度高低的要求,并不能根据公差的大小去判断



零件尺寸是否合格。上、下极限偏差表示每个零件实际偏差大小变动的界限,是代数值,是判断零件尺寸是否合格的依据,与零件加工精度的要求无关,但是,上、下极限偏差之差的绝对值(公差)是与精度有关。公差是误差的允许值,是由设计确定的,不能通过实际测量得到。

(3) 公差带 公差带是由代表两极限偏差或两极限尺寸的两平行直线所限定的区域。取公称尺寸为零线(零偏差线),用适当的比例画出以两极限偏差表示的公差带,称为公差带图,如图 1-3 所示。在公差带图中,零线水平放置,取零线以上为正偏差,零线以下为负偏差。公差带的大小取决于公差的大小,公差大的公差带宽,公差小的公差带窄;公差带相对于零线的位置取决于某一极限偏差。公差和极限偏差的大小都是根据使用性能由设计确定的。

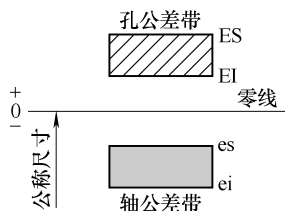


图 1-3 公差带

(4) 配合 公称尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系,称为配合。在孔与轴的配合中,孔的尺寸减去轴的尺寸所得之代数差,此差值为正时是间隙,以 X 表示,为负时是过盈,以 Y 表示,根据相互结合的孔、轴公差带的不同相对位置关系,可把配合分为间隙配合、过盈配合、过渡配合三种。

1) 间隙配合。间隙配合是具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合。孔的公差带必定在轴的公差带之上,如图 1-4 所示。

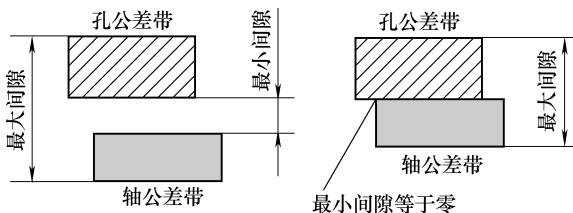


图 1-4 间隙配合

一批相配合的孔、轴的实际尺寸是不同的,装配后

间隙也是不同的。当孔为上极限尺寸、轴为下极限尺寸时,装配后会有最大间隙,以 $X_{\max}$ 表示;当孔为下极限尺寸、轴为上极限尺寸时,装配后会有最小间隙,以 $X_{\min}$ 表示。二者可用下列公式表示:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

2) 过盈配合。过盈配合是具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。孔的公差带必定在轴的公差带之下,如图 1-5 所示。

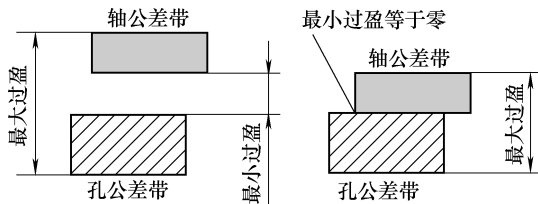


图 1-5 过盈配合

同样,一批相互配合的孔、轴的实际尺寸是变化的,每一对装配后的过盈也是变化的。当孔为上极限尺寸、



轴为下极限尺寸时, 装配后会有最小过盈, 用 $Y_{\min}$ 表示; 当孔为下极限尺寸、轴为上极限尺寸时, 装配后会有最大过盈, 用 $Y_{\max}$ 表示。

综合以上两种配合可得:

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

3) 过渡配合。过渡配合是可能具有间隙或过盈的配合。孔与轴的公差带相互交叠, 如图 1-6 所示。

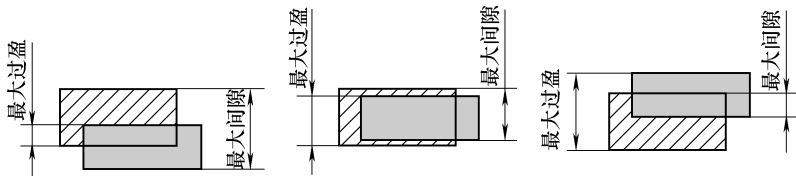


图 1-6 过渡配合

过渡配合介于间隙配合与过盈配合之间。某对孔、轴装配后, 不是有间隙, 就是有过盈, 绝不会又有间隙又有过盈。过渡配合的性质用最大间隙 ($X_{\max}$) 和最大过盈 ($Y_{\max}$) 表示:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$Y_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = EI - es$$

(5) 公差与配合的应用 公差与配合的应用, 就是如何经济地满足使用要求, 确定相配合孔、轴公差带的大小和位置, 即选择基准制、公差等级和配合种类。

1) 基准制的选择。基准制的选择与使用要求无关, 不管选择基孔制还是基轴制, 都可达到预期的目的, 实现配合性质。但从工艺的经济性和结构的合理性考虑问题, 对中、小尺寸应优先选用基孔制。

2) 公差等级的选择。确定公差等级应综合考虑各种因素, 如果选择公差等级过高, 当然可以满足使用要求, 但加工难度大, 成本高。选择公差等级过低, 加工容易, 成本低, 未必能保证使用要求。所以, 公差等级的选择应在满足使用要求的前提下, 尽量选用较低的公差等级。保证产品质量, 满足使用要求是选择时应首先考虑的因素, 然后再考虑如何能更经济, 选择比较合适的、尽量低的公差等级。一般情况采用类比法选择公差等级。

3) 配合种类的选择。配合种类的选择, 实质上是确定孔、轴配合应具有一定的间隙或过盈, 满足使用要求, 保证机器正常工作。当基准制、公差等级确定后, 基准孔或基准轴的公差带就确定了, 关键就是选择配合件公差带的位置, 即选择配合件的基本偏差代号。

选择配合件的基本偏差代号一般采用类比法, 根据使用要求、工作条件, 首先



确定配合的类别。对于工作时具有相对运动或虽无相对运动却要求装拆方便的孔、轴,应该选用间隙配合;对于主要靠过盈保持相对静止或传递载荷的孔、轴,应该选用过盈配合;对于既要求对中性高,又要求装拆方便的孔、轴,应该选用过渡配合。

在满足实际生产需要和考虑生产发展需要的前提下,为了尽可能减少加工零件的刀具、量具和工艺装备的品种及规格,在常用尺寸标准中规定了优先、常用和一般用途的轴公差带,如图1-7所示,圆圈中的轴公差带为优先的,方框中的轴公差带为常用的。在常用尺寸标准中还规定了优先、常用和一般用途的孔公差带,如图1-8所示,圆圈中的孔公差带为优先的,方框中的孔公差带为常用的。选择配合件基本偏差时应注意按优先、常用、一般的顺序选取。

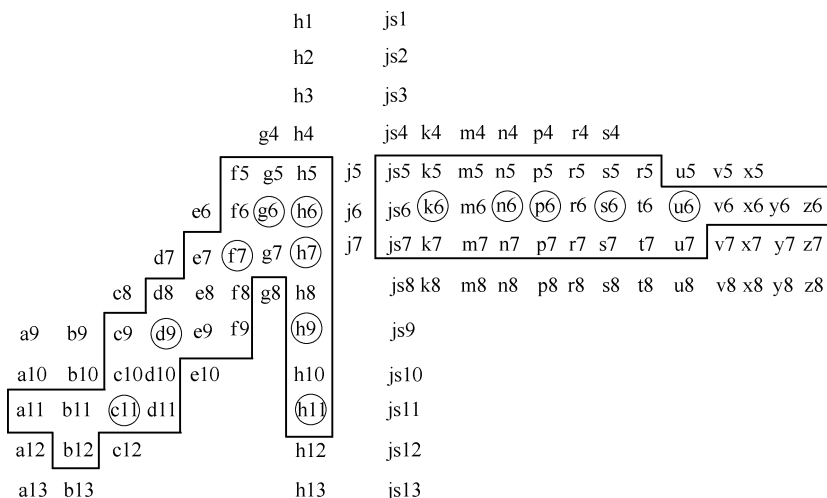


图 1-7 优先、常用和一般用途的轴公差带 (尺寸≤500mm)

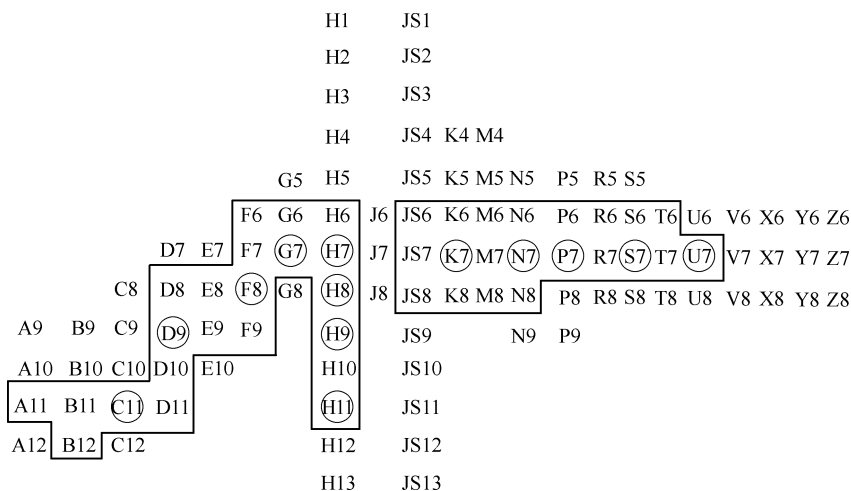


图 1-8 优先、常用和一般用途的孔公差带 (尺寸≤500mm)



二、几何公差基础知识

几何公差包括形状公差、方向公差、位置公差和跳动公差。
常见几何公差的分类、项目、符号见表 1-1。

表 1-1 常见几何公差的分类、项目、符号

分类	项目	符号	简要描述
形状公差	直线度		直线度是表示零件上的直线要素实际形状保持理想直线的状况，也就是通常所说的平整程度。直线度公差是实际直线对理想直线所允许的最大变动量。也就是在图样上所给定的，用以限制实际直线加工误差所允许的变动范围
	平面度		平面度是表示零件的平面要素实际形状，保持理想平面的状况。也就是通常所说的平整程度。平面度公差是实际表面对平面所允许的最大变动量。也就是在图样上给定的，用以限制实际表面加工误差所允许的变动范围
	圆度		圆度是表示零件上圆的要素实际形状，与其中心保持等距的情况。即通常所说的圆整程度。圆度公差是在同一截面上，实际圆对理想圆所允许的最大变动量。也就是图样上给定的，用以限制实际圆的加工误差所允许的变动范围
	圆柱度		圆柱度是表示零件上圆柱面外形轮廓上的各点，对其轴线保持等距状况。圆柱度公差是实际圆柱面对理想圆柱面所允许的最大变动量。也就是图样上给定的，用以限制实际圆柱面加工误差所允许的变动范围
	线轮廓度		线轮廓度是表示在零件的给定平面上，任意形状的曲线，保持其理想形状的状况。线轮廓度公差是指非圆曲线的实际轮廓线的允许变动量。也就是图样上给定的，用以限制实际曲线加工误差所允许的变动范围
	面轮廓度		面轮廓度是表示零件上的任意形状的曲面，保持其理想形状的状况。面轮廓度公差是指非圆曲面的实际轮廓线，对理想轮廓面的允许变动量。也就是图样上给定的，用以限制实际曲面加工误差的变动范围
方向公差	平行度		平行度是表示零件上被测实际要素相对于基准保持等距离的状况。也就是通常所说的保持平行的程度。平行度公差是指被测要素的实际方向与基准相平行的理想方向之间所允许的最大变动量。也就是图样上所给出的，用以限制被测实际要素偏离平行方向所允许的变动范围
	垂直度		垂直度是表示零件上被测要素相对于基准要素，保持正确的 90° 夹角状况。也就是通常所说的两要素之间保持正交的程度。垂直度公差是：被测要素的实际方向，对于基准相垂直的理想方向之间，所允许的最大变动量。也就是图样上给出的，用以限制被测实际要素偏离垂直方向，所允许的最大变动范围
	倾斜度		倾斜度是表示零件上两要素相对方向保持任意给定角度的正确状况。倾斜度公差是指被测要素的实际方向对于基准成任意给定角度的理想方向之间所允许的最大变动量
位置公差	对称度		对称度是表示零件上两对称中心要素保持在同一中心平面内的状态。对称度公差是指实际要素的对称中心面（或中心线、轴线）对理想对称平面所允许的变动量。该理想对称平面是指与基准对称平面（或中心线、轴线）共同的理想平面
	同轴度		同轴度是表示零件上被测轴线相对于基准轴线，保持在同一直线上的状况。也就是通常所说的共轴程度。同轴度公差是指被测实际轴线相对于基准轴线所允许的变动量。也就是图样上给出的，用以限制被测实际轴线偏离由基准轴线所确定的理想位置所允许的变动范围
	位置度		位置度是表示零件上的点、线、面等要素，相对其理想位置的准确状况。位置度公差是指被测要素的实际位置相对于理想位置所允许的最大变动量



(续)

分类	项目	符号	简要描述
跳动公差	圆跳动		圆跳动是表示零件上的回转表面在限定的测量面内, 相对于基准轴线保持固定位置的状况。圆跳动公差是指被测实际要素绕基准轴线无轴向移动地旋转一整圈时, 在限定的测量范围内, 所允许的最大变动量
	全跳动		全跳动是指零件绕基准轴线作连续旋转时, 沿整个被测表面上的跳动量。全跳动公差是指被测实际要素绕基准轴线连续的旋转, 同时指示器沿其理想轮廓相对移动时, 所允许的最大跳动量

三、表面粗糙度的基础知识

表面粗糙度是指加工表面具有的较小间距和微小峰谷不平度。其两波峰或两波谷之间的距离(波距)很小(在1mm以下), 用肉眼是难以区别的, 因此它属于微观几何形状误差。表面粗糙度越小, 则表面越光滑。表面粗糙度的大小, 对机械零件的使用性能有很大的影响, 主要表现在以下几个方面:

1) 表面粗糙度影响零件的耐磨性。表面越粗糙, 配合表面间的有效接触面积越小, 压强越大, 磨损就越快。

2) 表面粗糙度影响配合性质的稳定性。对间隙配合来说, 表面越粗糙, 就越易磨损, 使工作过程中间隙逐渐增大; 对过盈配合来说, 由于装配时将微观凸峰挤平, 减小了实际有效过盈, 降低了连接强度。

3) 表面粗糙度影响零件的疲劳强度。粗糙零件的表面存在较大的波谷, 它们像尖角缺口和裂纹一样, 对应力集中很敏感, 从而影响零件的疲劳强度。

4) 表面粗糙度影响零件的耐蚀性。粗糙的表面易使腐蚀性气体或液体通过表面的微观凹谷渗入到金属内层, 造成表面腐蚀。

5) 表面粗糙度影响零件的密封性。粗糙的表面之间无法严密地贴合, 气体或液体通过接触面间的缝隙渗漏。

6) 表面粗糙度影响零件的接触刚度。接触刚度是零件结合面在外力作用下, 抵抗接触变形的能力。机器的刚度在很大程度上取决于各零件之间的接触刚度。

7) 影响零件的测量精度。零件被测表面和测量工具测量面的表面粗糙度都会直接影响测量的精度, 尤其是在精密测量时。此外, 表面粗糙度对零件的镀涂层、导热性和接触电阻、反射能力和辐射性能、液体和气体流动的阻力、导体表面电流的流通等都会有不同程度的影响。

常见表面粗糙度符号见表1-2。

表 1-2 常见表面粗糙度符号

符号	说 明
	基本符号, 表示表面可用任何方法获得



(续)

符号	说 明
	基本符号加一短划,表示表面用去除材料的方法获得。如车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工、气割等
	基本符号加一小圆,表示表面不是用去除材料的方法获得。如铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等
	在上述三个符号的边上均可加一横线,用于标注有关参数和说明

表面粗糙度的特征、数值及应用举例见表 1-3。

表 1-3 表面粗糙度的特征、数值及应用举例

表面特征	表面粗糙度 (Ra) 数值	加工方法举例
明显可见刀痕	$Ra100$ 、 $Ra50$ 、 $Ra25$	粗车、粗刨、粗铣、钻孔
微见刀痕	$Ra12.5$ 、 $Ra6.3$ 、 $Ra3.2$	精车、精刨、精铣、粗铰、粗磨
看不见加工痕迹,微辩加工方向	$Ra1.6$ 、 $Ra0.8$ 、 $Ra0.4$	精车、精磨、精铰、研磨
暗光泽面	$Ra0.2$ 、 $Ra0.1$ 、 $Ra0.05$	研磨、珩磨、超精磨、抛光

四、识读金属结构图的方法

1. 桁架结构

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型钢杆件,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。

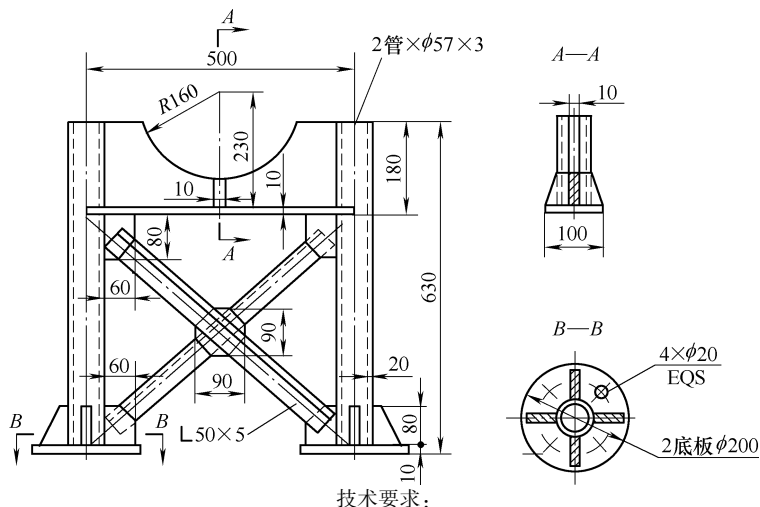
3) 桁架构件的图样一般只给出桁架构件上各杆件轴线的位置关系和结构外形的主要尺寸,而各杆件的长度在图样上往往并不完全标注。因此,准确地求出桁架各杆件的长度是桁架构件放样的主要内容。

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(见图 1-9)。

(2) 放样步骤与方法



技术要求:

角钢在连接板口的搭接长度不得小于 40mm。

图 1-9 简单桁架放样工件

1) 准备工作。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 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,板下面须用枕木或型钢垫起,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:

① 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。

② 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、花工场地等),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。

③ 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。

① 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,选择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。

② 划出构件基本线形,如图 1-10 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。

① 在基本线形图上划出连接板和未定杆件,如图 1-11 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。为提高工效,当杆件较长时,可以仅划出节点部位杆件线形图,而杆件的中间部分省去不划。

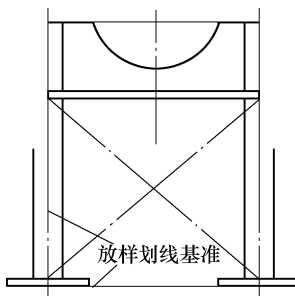


图 1-10 支架线形放样

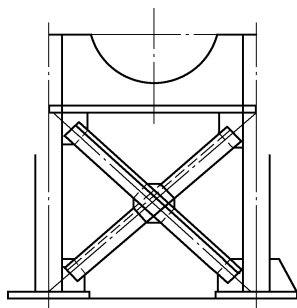


图 1-11 支架结构放样

② 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 1-12 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。

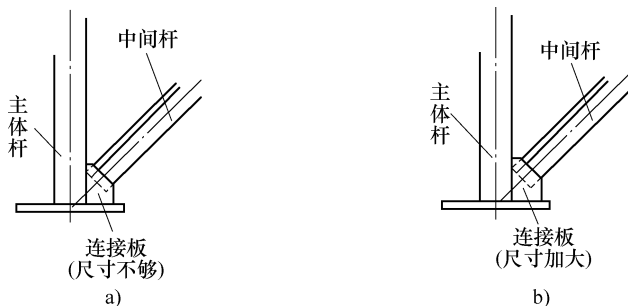


图 1-12 修正结构尺寸

a) 改动前连接板尺寸不够 b) 改动后加大连接板尺寸

③ 本工件需要制作的全部样板如图 1-13 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。各长度样杆,则可在样图上直接量取杆件长度制作。

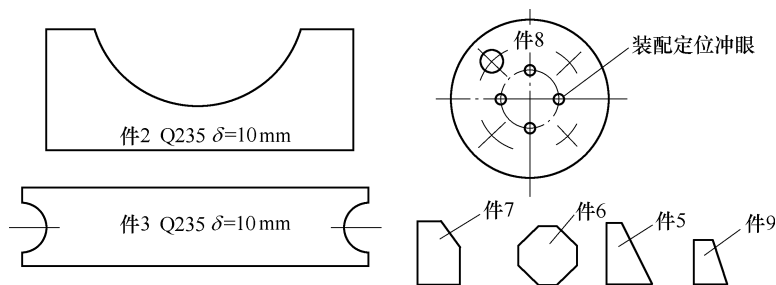


图 1-13 支架各样板

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、焊缝长度等)。

④ 若桁架采用地样装配法,样图上的重要位置线应打出样冲眼,并用白铅油做出标记。

3. 箱型结构

箱型结构对于大型钢结构件来说,是承载负荷大、位置重要的特殊结构,多采用大跨距、大高度的箱型梁(柱)结构形式,箱形梁具有较好的强度和刚度,稳定性较好,受力均匀,承载能力优于其他结构,并且箱型结构便于布置各种大型设备,如龙门吊主梁上可以布置上下小车行走机构轨道。

箱体结构也是某些机床产品上的重要部件,主要起到支承作用,它的垂直度、水平度及平面度要求较高。在生产中,工件一旦出现变形超差,矫正的工作量比焊接工作量还大,而且矫正后也难以完全达到产品图样要求。为了保证质量,在产品的技术准备中,需要根据产品的结构特点,结合焊接变形,制定合理而科学的加工装配工艺,以保证产品质量。

箱型结构制作中的最大难点就是变形控制,变形控制要采用逐步控制,避免累积。箱形结构质量控制过程中关键点是:划线下料精度和余量的控制,对接组对装配变形控制,焊接变形的预防、控制和矫正。从过程控制中关键点着手,力求把箱型结构变形降到最低。

例 电动机机座的制造

图 1-14 所示为电动机的机座。它由底板 10,立板 5、7、11,肋板 3、8 和面板 2、4 等组成。在底座的 A 平面安装电动机, B 平面安装减速箱, C 平面安装在基础上。

1) 机座零件的放样尺寸及加工工艺。机座零件的放样尺寸及加工工艺见表 1-4。

2) 机座的装焊工艺过程。机座的装焊工艺过程见表 1-5。

3) 工艺要点分析,如图 1-14 和图 1-15 所示。

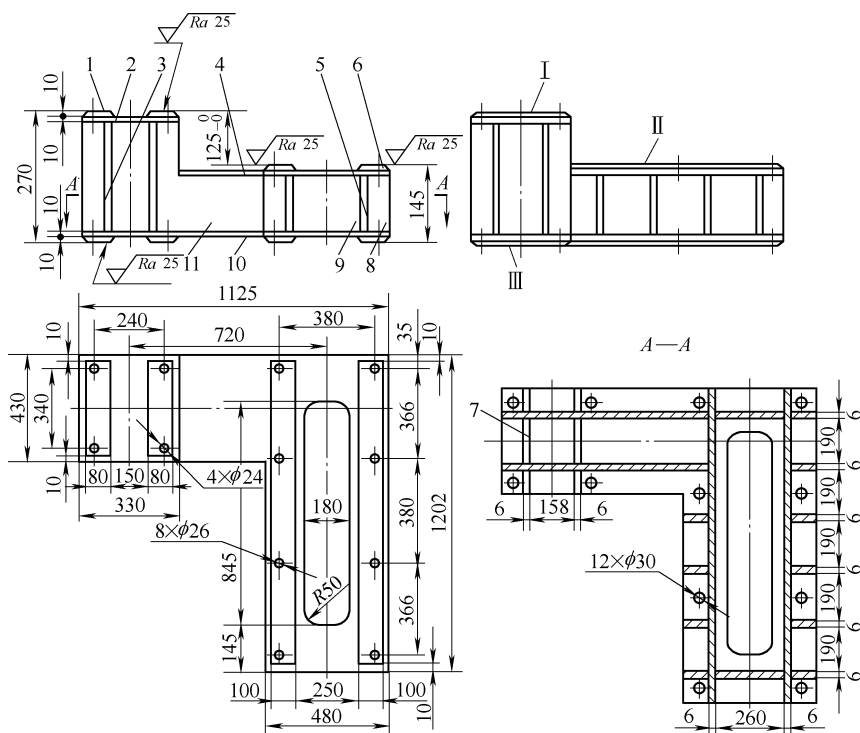


图 1-14 电动机机座

表 1-4 机座零件的放样尺寸及加工工艺

件号	名称	零件放样尺寸 (精度 $\pm 1\text{mm}$)	数量	加工工艺
1	垫板	16mm $\times$ 80mm $\times$ 410mm	4	划线、气割、矫平
2	面板	10mm $\times$ 330mm $\times$ 130mm	1	划线、剪切、矫平
3	肋板	6mm $\times$ 114mm $\times$ 230mm	4	划线、剪切、矫平
4	面板	10mm $\times$ 795mm $\times$ 1202mm	1	划线、剪切、矫平
5	立板	6mm $\times$ 105mm $\times$ 1202mm	2	划线、剪切、矫平
6	垫板	16mm $\times$ 100mm $\times$ 1182mm	4	划线、气割、矫平
7	立板	6mm $\times$ 100mm $\times$ 230mm	2	划线、剪切、矫平
8	肋板	6mm $\times$ 44mm $\times$ 105mm	10	划线、剪切、矫平
9	立板	6mm $\times$ 105mm $\times$ 230mm	2	划线、剪切、矫平
10	底板	10mm $\times$ 1125mm $\times$ 1202mm	1	划线、剪切、矫平
11	立板	6mm $\times$ 230mm $\times$ 839mm	2	划线、剪切、矫平



表 1-5 机座的装焊工艺过程

工序号	工序名称	说 明
1	划线	在底板 10 上, 划出立板 5、11 及肋板 3、8 的位置线 (见图 1-15a)
2	装立板 5、11	以底板为基准, 按线装配立板 5、11 并定位焊 (见图 1-15b)
3	装立板 7、9 和肋板 3、8	在按底板 10 上的位置线, 装配立板 7、9 和肋板 3、8, 并定位焊 (见图 1-15c)
4	装面板 2、4	在上述装配的基础上, 装配面板 2、4, 并定位焊 (见图 1-15d)
5	装垫板 1、6	在面板 2、4 和底板 10 上, 划出垫板 1、6 的位置线后, 按线装配并定位焊 (见图 1-15e)
6	焊接	按要求焊接所有的焊缝。焊后热处理, 消除应力, 然后矫正其变形, 再加工至要求的尺寸

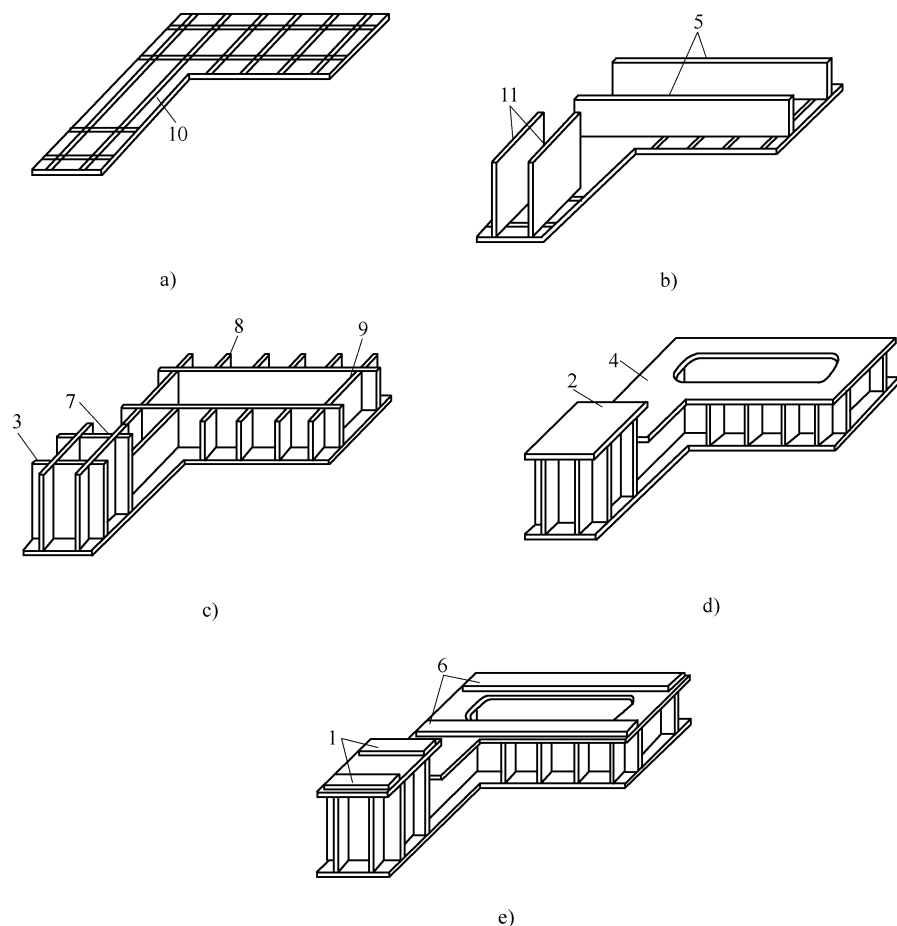


图 1-15 电动机机座的装配



① 底座的Ⅰ、Ⅱ两顶面不在同一平面上,而底面Ⅲ为平面,所以应以底板10为装配基准。

② 在底板10上装配立板与肋板时,应先装立板,后装肋板,才能保证装配的精度。

③ 垫板1、6表面需加工,所以坯料需留5~6mm的加工余量。

④ Ⅰ、Ⅱ两平面间的高度尺寸 $125^{+0}_{-0.5}$ mm,由切削加工保证;Ⅰ、Ⅲ两平面间高度尺寸270mm,由肋板3,立板7、11与立板的高度尺寸保证;Ⅱ、Ⅲ两平面间高度尺寸145mm,由立板5、9与肋板8的高度尺寸保证。

4. 容器结构

(1) 容器构件放样工艺特点

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。为得到容器构件用料的实际形状和尺寸,需将组成容器构件的各壳体展开。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。板厚处理正确与否,直接影响构件形状、尺寸的准确性,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,有时还要绘制一些草图。

(2) 例简单容器构件放样

1) 放样工件图。放样工件图如图1-16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。

a. 本工件为简单容器构件,但尺寸精度要求较高。

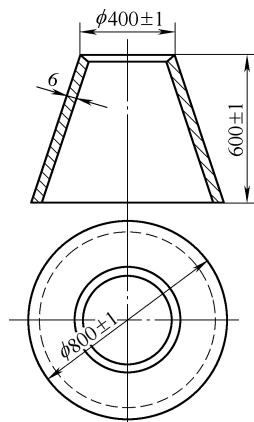
b. 本工件较小,不需要很大的作业场地;工件质量轻,加工过程中不需要起重设备;工件仅为一件,只能手工弯曲;放样时要留取工件锥度,以便制作弯曲胎具时参考;工件材料为普通碳素结构钢 Q235A,工艺性能好。

c. 图样上工件各部分投影关系及尺寸要求清楚无误。

3) 线形放样。线形放样如图1-17所示。

① 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1-17a所示。

② 划出工件基本线形,如图1-17b所示,因为工件为对称形状,所以,可



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1-16 圆锥筒工件



以工件对称轴为界, 仅划出一半的基本线形。

4) 结构放样。

① 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。

② 弯曲加工胎具数据: 胎具长度可取为 700mm。

粗算胎具锥度:

$$\angle = \frac{800 - 400}{600} = \frac{2}{3} \quad (\angle 2: 3)$$

③ 制作锥筒弯曲加工样板两个如图 1-18 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, 如图 1-17 所示。样板上要注明名称及相关尺寸。

5) 展开放样。

① 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), 处理后的放样图如图 1-19 所示。

② 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 1-20 所示。

③ 制作锥筒号料样板。制作锥筒号料样板如图 1-21 所示。

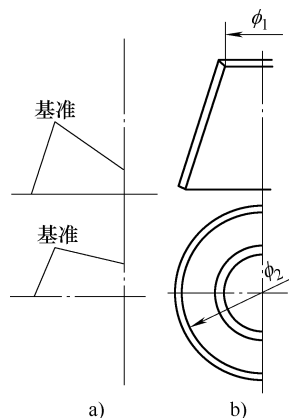


图 1-17 锥筒线形放样

a) 划基准线 b) 划基本线

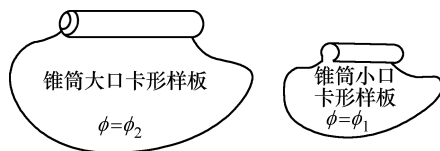


图 1-18 锥筒弯曲加工样板

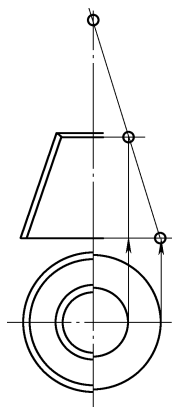


图 1-19 锥筒展开板厚处理

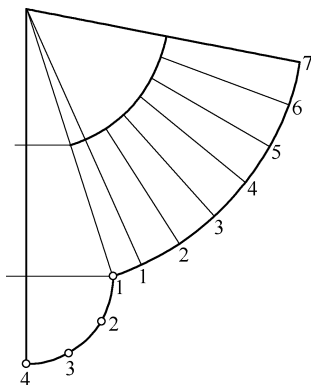


图 1-20 锥筒展开过程

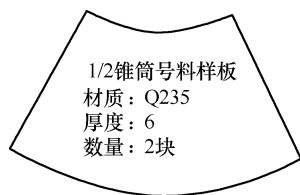


图 1-21 锥筒号料样板



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。

第二节 绘图

一、结构件图样手工绘图的方法

1. 绘制零件草图

首先画出零件草图(徒手画图), 然后根据零件草图画出零件工作图, 为设计机器、维修零件和准备配件创造条件。

了解零件名称、用途、材料、内外结构特点, 采用适当表达方案画出零件草图。由于测绘工作一般在现场进行, 经常采用目测的方法徒手绘制零件草图, 画草图的步骤与画零件图相同, 不同之处在于目测零件个部分的比例关系, 不用绘图仪器, 徒手画出各视图。为便于徒手绘图和提高工效, 草图也可画在方格纸上。

2. 量注尺寸

选择尺寸基准, 画出应标注的尺寸界限、尺寸线及箭头。最后测量零件尺寸, 将其尺寸数字填入零件草图中。应该把零件上全部尺寸集中一起测量, 避免错误和遗漏尺寸。

3. 绘制零件图

由零件徒手图来整理零件工作图时, 由于零件徒手图是在现场测绘, 时间有限, 有些问题表示清楚即可, 不一定完善。因此整理零件工作图时, 需对零件徒手图进行审查校核, 如表达方案的选择、尺寸标注等, 须经过复查、补充、修改后, 按零件图的要求, 整理成尺规图或计算机绘制的零件图。

二、测绘零、部件的知识

1. 零部件测绘的方法和步骤

根据现有零部件(或机器)画出其装配图和零件图的过程称为零部件测绘。在新产品设计、引进先进设备以及对原有设备进行技术改造和维修时, 有时需要对现有的机器或零、部件进行测绘, 画出其装配图和零件图。因此, 掌握测绘技术对工程技术人员具有重要意义。

(1) 部件的测绘

1) 了解和分析部件结构。部件测绘时, 首先要对部件进行研究分析, 了解其工作原理、结构特点和装配关系。

2) 画出装配示意图。装配示意图用来表示部件中各零件的相互位置和装配关系, 是部件拆卸后重新装配和画装配图的依据。装配示意图有以下特点:



- ① 只用简单的符号和线条表达部件中各零件的大致形状和装配关系。
- ② 一般零件可用简单图形画出其大致轮廓,形状简单的零件如螺钉、轴等可用线段表示,其中常用的标准件如轴承、键等可用国标规定的示意符号表示。
- ③ 相邻两零件的接触面或配合面之间应留有间隙,以便区别。
- ④ 全部零件应进行编号,并填写明细栏。

(2) 零件的测绘

1) 拆卸零件。机械设备的拆卸顺序一般是由附件到主机,由外部到内部,由上到下进行拆卸。拆卸时要遵循“恢复原机”的原则,即在开始拆卸时就要考虑再装配时要与原机相同,即保证原机的完整性、准确性和密封性。外部构件或不可拆的部分,如过盈配合的衬套、销钉、机壳上的螺柱,以及一些经过调整、拆开后不易调整复位的零件,应尽量不拆,不能采用破坏性拆卸方法。拆卸前要测量一些重要尺寸,如运动部件的极限位置和装配间隙等。

2) 画零件草图。零件草图一般是在测绘现场徒手绘制的,不要求与被测零件保持某种严格的比例。绘制草图时应注意以下几点:

① 草图上的零件视图表达要完整,线形分明,尺寸标注要正确,公差配合、几何公差的设计选择要合理。

② 对所有非标准件均要绘制零件草图,零件草图应包括零件图的所有内容,标题栏内要记录零件的名称、材料、数量、图号等。

③ 草图要忠实于实物,不得随意更改,更不能凭主观猜测,零件上一些细小的结构(如孔口、轴端倒角、小圆角、沟槽、退刀槽、凸台和凹坑等)也要表达清楚。对设计不合理之处,将来在零件图上更改。

④ 优先测绘基础零件,基础零件一般都比较复杂,与其他零件相关联的尺寸较多,部件装配时常以基础件为核心,将相关的零件装配其上,所以应特别重视。基础件的尺寸测量、精度等要准确无误。

⑤ 草图上允许标注封闭尺寸和重复尺寸,这是为了便于检查测量尺寸的准确性。

⑥ 草图上较长的线条可分段绘制,大的圆弧也可分段绘制。

(3) 根据装配示意图和零件草图画出装配图

2. 常用测绘工具、量具及测量零件尺寸的方法

(1) 测量零件尺寸的工具 测量零件尺寸的简单工具有:钢卷尺、钢直尺、外卡钳和内卡钳。测量较精密的零件时,要用游标卡尺(数显游标卡尺)、千分尺或其他精密量器,如图1-22所示。

(2) 常用测量方法

1) 测量线性尺寸(长、宽、高)一般可用钢卷尺、钢直尺或游标卡尺直接量得,如图1-23所示。

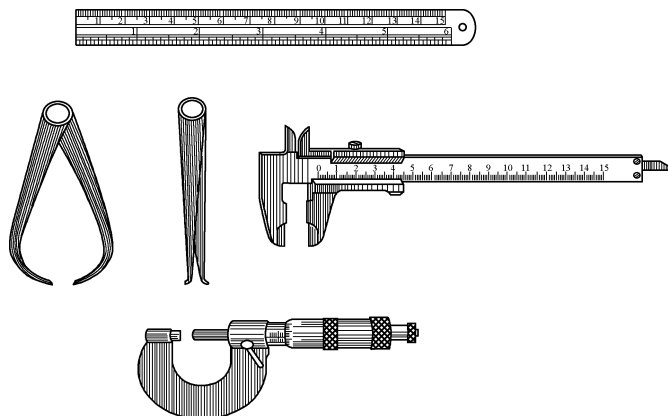


图 1-22 测量工具

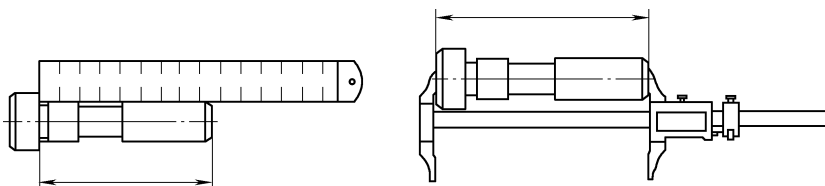


图 1-23 测量线性尺寸

2) 测量回转面的直径一般可用卡钳、游标卡尺或千分尺, 如图 1-24 所示。

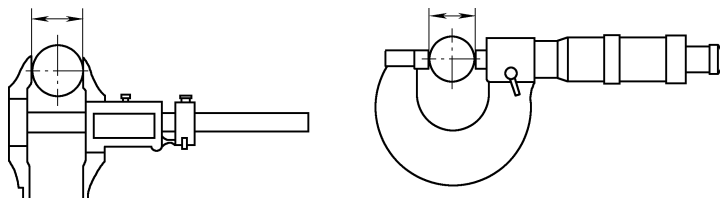


图 1-24 测量回转面的直径

3) 测量阶梯孔一般用卡钳如图 1-25 所示。

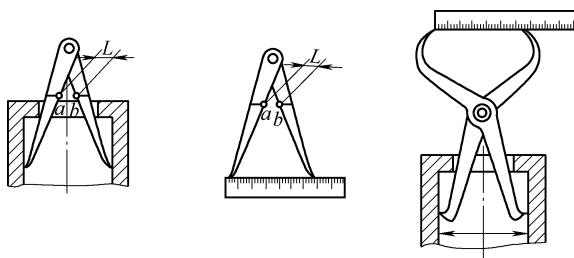


图 1-25 测量阶梯孔的直径



4) 测量壁厚一般可用钢直尺、游标卡尺、内外卡钳等,如图 1-26 所示。

5) 测量孔间距可用游标卡尺、卡钳或钢直尺测量,如图 1-27 所示。

6) 测量中心高一般可用钢直尺和卡钳或游标卡尺测量,如图 1-28 所示。

7) 测量圆角一般用圆角规测量。每套圆角规有很多片,一半测量外凸圆角,一半测量内凹圆角,每片刻有圆角半径的大小。测量时,只要在圆角规中找到与被测部分完全吻合的一片,从该片上的数值可知圆角半径的大小,如图 1-29 所示。

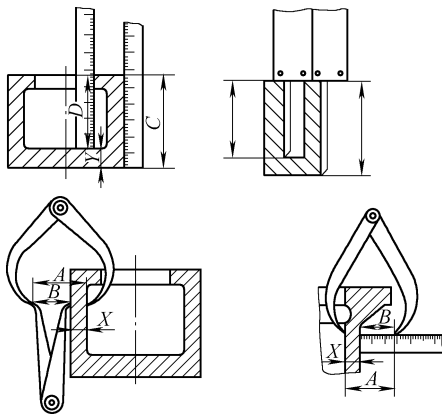


图 1-26 测量壁厚

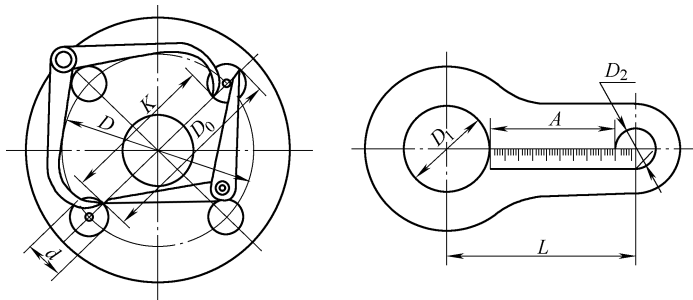


图 1-27 测量孔间距

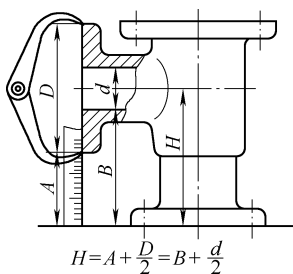


图 1-28 测量中心高

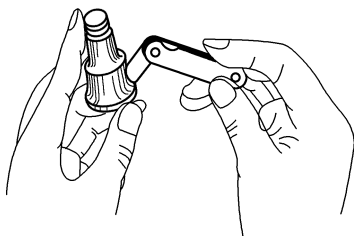


图 1-29 测量圆角

8) 测量角度可用量角规测量,如图 1-30 所示。

9) 测量曲线或曲面。曲线和曲面要求测得很准确时,必须用专门测量仪或量具进行测量。要求不太准确时,常采用下面三种方法测量:

① 拓印法。对于柱面部分的曲率半径的测量,可用纸拓印其轮廓,得到如



实的平面曲线, 然后判定该曲线的圆弧连接情况, 测量其半径, 如图 1-31a 所示。

② 铅丝法。对于曲线回转面零件的母线曲率半径的测量, 可用铅丝弯成实形后, 得到如实的平面曲线, 然后判定曲线的圆弧连接的情况, 最后用中垂线法, 求得各段圆弧的中心, 测量其半径, 如图 1-31b 所示。

③ 坐标法。一般的曲线和曲面都可用直尺和三角板定出曲面上各点的坐标, 在图上画出曲线, 或求出曲率半径, 如图 1-31c 所示。

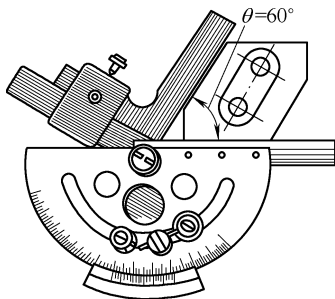


图 1-30 测量角度

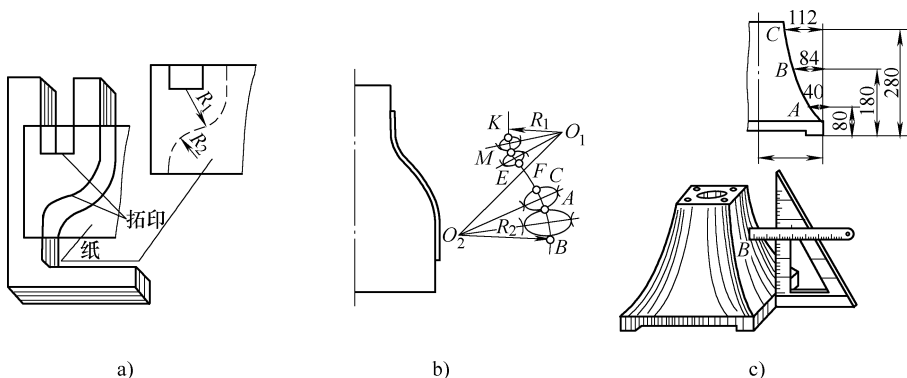


图 1-31 测量曲线和曲面

三、拆绘结构件装配图的方法

零件测绘是对现有的零件通过测量画出该零件工作图以达到再加工的目的。由装配图拆画零件图是由装配图确定零件的结构、形状和大小, 再画出零件图。两者既有区别又有联系, 既有不同之处, 又有相同之处。相同之处就是要正确表达零件的结构形状, 画出零件工作图, 使零件图能够真正用于制造和检验。不同之处是, 前者是通过实物进行测量画图, 后者是由装配图推定零件图。装配图拆画出零件图是设计过程中的重要环节, 是产品设计加工的重要手段。必须在全面看懂装配图的基础上, 按照零件图的内容和要求拆画零件图。下面就介绍拆绘零件图的一般方法步骤。

(1) 分析确定该零件的名称、主要功用、使用材料及零件的结构形状 拆画零件图前, 要对装配图所示的机器或部件中的零件进行分类处理, 以明确拆画对象。按零件的不同情况可分以下几类:



1) 标准件。大多数标准件属于外购件,故只需列出汇总表,填写标准件的规定标记、材料及数量即可,不需拆画其零件图。

2) 借用零件。借用零件是指借用定型产品中的零件,可利用已有的零件图,不必另行拆画其零件图。

3) 特殊零件。特殊零件是设计时经过特殊考虑和计算所确定的重要零件,如汽轮机的叶片、喷嘴等。这类零件应按给出的图样或数据资料拆画零件图。

4) 一般零件。一般零件是拆画的主要对象,应按照在装配图中所表达的形状、大小和有关技术要求来拆画零件图。

(2) 拟定合理的零件表达方案 在分析零件结构特征的基础上,按零件相对平稳的摆放位置或工作位置或主要加工位置确定零件的安放位置,确定主视方向,画出主视图(主视图的投影方向应能够反映零件的主要形状特征),再选定其他视图表达形式。

(3) 正确、合理地标注尺寸 首先,要选定好合理的尺寸基准,正确、完整、清晰、合理地标注尺寸。尤其要注意尺寸标注的合理性,因为尺寸标注从某种程度上隐含或限定加工顺序,与零件加工工艺过程有直接关系,对保证零件的加工质量及其重要。这一点应该说是最难把握的,需要有比较丰富的机械加工经验,这也是困扰教与学的难点问题,在进行零件测绘或拆图时应特别注意。

(4) 注写正确合理的技术要求 这一点同样重要,也需要有较全面的机械加工知识。零件表面粗糙度要根据零件表面的功用要求进行比对确定。对于零件的几何公差、尺寸偏差、工艺结构、热处理及表面处理都要根据零件各个部分要求,通过查表、参考同类产品进行合理确定。总的原则是在能满足使用要求的情况下,尽可能取较低的要求,以力求技术经济为原则。

◆◆◆ 第三节 制图知识技能训练实例

● 训练 识读绘制支架图样

绘制如图 1-32 所示支架的结构图样。

1. 操作前准备

- (1) 工具 划针、划规、钢直尺、粉线等。
- (2) 备料 油毛毡。
- (3) 设备 放样台。

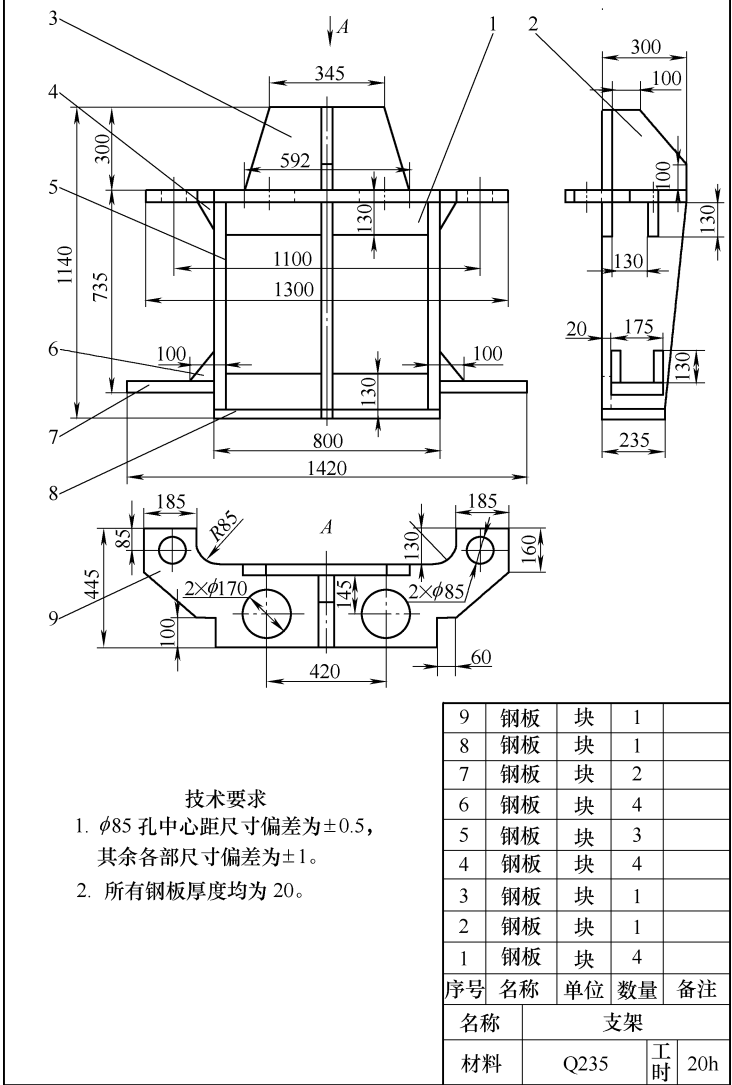


图 1-32 支架图

2. 操作要求

- 1) 识读工件图样，进行简单的工艺分析。
- 2) 绘制各零件真实形状和尺寸号料样板。
- 3) 对样板的规格、尺寸、平直度及表面质量作必要的检验，并核对零件数量。
- 4) 操作时间为 60min。



3. 操作工艺

(1) 形体分析 按照投影规律寻找相应线框的其他投影, 根据投影分析, 把点、线、面等基本元素按照原型匹配的法则, 想象出物体的原型。分析得出该形体是由底座、支撑、肋板和轴承四部分组成而成。仔细观察各定形、定位和总体尺寸, 搞清各组成部分的组合形式及相邻表面的连接关系, 想象出物体的整体结构形状, 才能不多线、不漏线, 按正确的作图方法和步骤画出组合体三视图。

(2) 确定基准 主视图的对称中心线和底面、俯视图的中心线和底板后轮廓线、左视图的轴线和底板轮廓线分别作为水平基准和垂直基准, 必须先确定下来, 方便下一步作图。

(3) 作图 按照形体分析法逐个画出各形体的投影, 从而得到整个组合体的三视图。为正确、迅速地画出组合体的三视图, 应注意以下几点:

1) 首先布置各视图, 画出作图基准线, 即对称中心线、主要回转体的轴线、底面及重要端面的位置线。

2) 画图顺序为: 先画主要部分, 后画次要部分; 先画大形体, 再画小形体; 先画可见部分, 后画不可见部分; 先画圆和圆弧, 再画直线。

3) 画图时, 组合体的每一个部分最好是三个视图配合画, 每部分应从反映形状特征和位置特征最明显的视图入手, 然后通过三等关系, 画出其他两面投影。而不是先画完一个视图, 再画另一个视图。这样, 不但可以避免多线、漏线, 还可提高画图效率。

4) 底稿完成后, 应认真检查, 尤其应考虑各形体之间表面连接关系及从整体出发处理衔接处图线的变化。确认无误后, 按标准线型描深。

(4) 尺寸标注

1) 正确。标注尺寸的数值应正确无误, 注法应符合国家标准规定。

2) 完整。标注的尺寸应能完全确定物体的形状和大小, 既不重复, 也不遗漏。

3) 清晰。尺寸布置应清晰, 便于标注和看图。

(5) 注意事项

1) 为使图形清晰, 应尽量将尺寸注在视图外面。相邻视图有关尺寸最好注在两视图之间, 以便看图。

2) 同一形体定形尺寸和定位尺寸要集中, 并尽量标注在反映该形体形状特征和位置特征较为明显的视图上。

3) 尺寸应尽量避免标注在虚线上。

4) 同方向平行并列尺寸, 小尺寸在内, 大尺寸在外, 间隔均匀, 依次向外分布, 以免尺寸界限与尺寸线相交, 影响看图。同一方向串联尺寸, 箭头应首尾



相连，排在同一直线上。

复习思考题

一、选择题

- 图样中极限尺寸就是（ ）。
A. 公称尺寸 B. 实际尺寸 C. 实测尺寸 D. 允许尺寸变动的两个界限值
- 基准轴公差带位于零线的（ ），上极限偏差为零。
A. 上方 B. 下方 C. 左方 D. 右方
- （ ）就是允许的尺寸变动量。
A. 公差 B. 尺寸公差 C. 形状公差 D. 位置公差
- 两个零件配合时有一定的空隙，可做相对运动，这种配合称（ ）配合。
A. 动 B. 间隙 C. 过盈 D. 过渡
- 对精度要求较高的零件，不仅要保证（ ）公差，还要保证形状和表面、轴线等基准相对位置的准确性。
A. 形状 B. 位置 C. 尺寸 D. 形位
- 在几何公差中圆柱度用（ ）符号表示。
A.  B.  C.  D. 
- 图样中符号表示（ ）。
A. 不需要加工 B. 表面粗糙度 C. 表面精度 D. 加工精度
- （ ）应从技术要求和相关技术参数里了解。
A. 加工工艺 B. 加工方法 C. 组装工艺 D. 施工工艺
- 几何公差是限制（ ）变动的区域。
A. 尺寸 B. 形状 C. 位置 D. 误差
- 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
- 图样中符号表示（ ）。
A. 不需要加工 B. 表面粗糙度 C. 表面精度 D. 加工精度
- 基准孔公差带位于零线的（ ），下极限偏差为零。
A. 上方 B. 下方 C. 左方 D. 右方
- 零件的几何公差可由尺寸公差、加工精度和（ ）予以保证。
A. 加工方法 B. 加工工艺 C. 生产工艺 D. 工艺过程
- 在几何公差中符号代表（ ）。
A. 角度 B. 倾斜度 C. 位置度 D. 平面度
- 零件或构件的（ ）简称几何公差。
A. 方位公差和几何形状 B. 位置公差和断面形状



- C. 表面形状和位置公差 D. 部分形状和方位公差
16. 尺寸线的图线是 ()。
- A. 粗实线 B. 细实线 C. 虚线 D. 轴线
17. 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
18. 相同要素简化画法用于具有若干相同结构,并按 () 分布的构件。
- A. 规律 B. 一定规律 C. 均匀 D. 标准
19. 能够准确地表达物体的形状、尺寸及其技术要求的图称为 ()。
- A. 图纸 B. 视图 C. 图样 D. 工艺图
20. 能够正确表达物体的真实形状和大小的投影称为 () 投影。
- A. 正 B. 水平 C. 中心 D. 平行
21. 较长的机件沿长度方向的形状一致,如轴、杆等,可采用 ()。
- A. 断开画法 B. 断面画法 C. 局部画法 D. 缩短绘制
22. 图纸大小都有相应的 () 标准。
- A. 企业 B. 行业 C. 机械制图 D. 国家
23. 工程施工时使用的完整技术图纸称为 ()。
- A. 图纸 B. 图样 C. 工艺图 D. 施工图

二、判断题

1. () 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。
2. () 国家标准规定配合的基准制就是基孔制和基轴制。
3. () 几何公差包括形状公差和位置公差。
4. () 表面粗糙度 (Ra) 符号 $\sqrt{3.2}$ 表示用任何方法获得的表面 Ra 的最大允值为 $3.2\mu\text{m}$ 。
5. () 国家标准规定配合有三种基准制。
6. () 表面粗糙度对使用等性能没有直接的影响。
7. () 几何公差是零件或构件的表面形状和位置公差的简称。
8. () 表面粗糙度是指零件加工后表面微观的不平度。
9. () 基本几何图形是由图形、直线、曲线和圆等线条组成。
10. () 一般零件用三个视图就能完全表达其全貌。
11. () 断开画法属于视图其他表示方法中的一种。
12. () 图纸的幅面有 5 种,必要时还可以加长。

第二章

放样



学习目标

1. 通过学习掌握识读桁架、箱体和容器结构图样。
2. 能绘制结构件图样。
3. 能将结构件装配图拆绘成零件图。
4. 能做出较复杂相贯件的展开图。
5. 能计算构件展开料长。

第一节 结构放样

一、较大型结构的放样方法

放样的方法有多种，但在长期的生产实践中，形成了以实尺放样为主的放样方法。随着科学技术的发展，又出现了比例放样、电子计算机放样等新工艺，并在逐步推广应用。但目前大多数企业广泛应用的仍然是实尺放样，即使采用其他新方法放样，一般也要首先熟悉实尺放样过程。

1. 实尺放样

实尺放样就是采用 1:1 的比例放样，根据图样的形状和尺寸，用基本的作图方法，以产品的实际大小，画到放样台上的工作。由于实尺放样是手工操作，所以要求工作细致、认真，有高度的责任心。

不同行业（如机械、船舶、车辆、化工、冶金、飞机制造等）的实尺放样各具特色，但就其基本程序而言，却大体相同。这里以常见的普通金属结构为主，来介绍实尺放样。

（1）线型放样 线型放样就是根据结构制造需要，绘制构件整体或局部轮



廓(或若干组剖面)的投影基本线型。进行线型放样时要注意:

1) 根据所要绘制图样的大小和数量多少,安排好各图样在放样台上的位置。为了节省放样台面积和减轻放样劳动量,对于大型结构的放样,允许采用部分视图重叠或单向缩小比例的方法。

2) 选定放样画线基准。放样画线基准,就是放样画线时用以确定其他点、线、面空间位置的依据。以线作为基准的称为基准线,以面作为基准的称为基准面。在零件图上用来确定其他点、线、面位置的基准,称为设计基准。放样画线基准的选择,通常与设计基准是一致的。

在平面上确定几何要素的位置,需要两个独立坐标,所以放样画线时每个图要选取两个基准。放样画线基准一般可按以下三种方式选择:

① 以两条互相垂直的线(或两个互相垂直的面)作为基准,如图 2-1a 所示;

② 以两条中心线为基准,如图 2-1b 所示;

③ 以一个面和一条中心线为基准,如图 2-1c 所示。

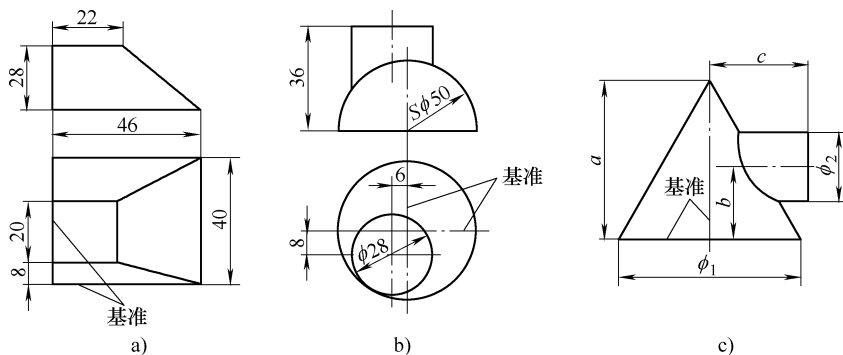


图 2-1 放样画线基准

应当指出,较短的基准线可以直接用钢直尺或弹粉线画出,而对于外形尺寸长达几十米甚至超过百米的大型金属结构,则需用拉钢丝配合角尺或悬挂线锤的方法画出基准线。目前,某些工厂已采用激光经纬仪作出大型结构的放样基准线,可以获得较高的精确度。作好基准线后,还要经过必要的检验,并标注规定的符号。

3) 线型放样时首先画基准线,其次才能画其他的线。对于图形对称的零件,一般先画中心线和垂直线,以此作为基准,然后再画圆周或圆弧,最后画出各段直线。对于非对称图形的零件,先要根据图样上所标注的尺寸,找出零件的两个基准,当基准线画出后,再逐步画出其他的圆弧和直线段,最后完成整个放样工作。



4) 线型放样以画出设计要求必须保证的轮廓线型为主,而那些因工艺需要而可能变动的线型则可暂时不画。

5) 进行线型放样,必须严格遵循正投影规律。放样时,究竟画出构件的整体还是局部,可依工艺需要而定。但无论整体还是局部,所画出的线型所包含的几何投影,必须符合正投影关系,即必须保证投影的一致性。

6) 对于具有复杂曲线的金属结构,如船舶、飞行器、车辆等,则往往采用平行于投影面的剖面剖切,画出一组或几组线型,来表示结构的完整形状和尺寸。

(2) 结构放样 结构放样就是在线型放样的基础上,依制造工艺要求进行工艺性处理的过程。它一般包含以下内容:

1) 确定各部接合位置及连接形式。在实际生产中,由于受到材料规格及加工条件等限制,往往需要将原设计中的产品整体分为几部分加工、组合。这时,就需要放样者根据构件的实际情况,正确、合理地确定接合部位及连接形式。此外,对原设计中的产品各连接部位结构形式,也要进行工艺分析,对其不合理的部分,要加以修改。

2) 根据加工工艺及工厂实际生产加工能力,对结构中的某些部位或构件给予必要的改动,如图 2-2a 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 2-2b 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,生产效率也将有所提高。

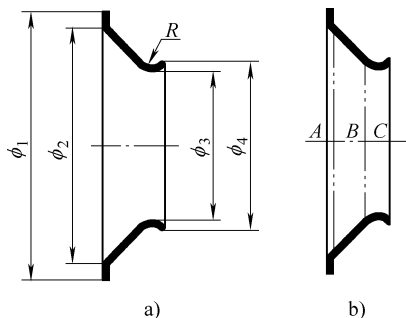


图 2-2 进风口

a) 设计结构 b) 三件组合结构

3) 计算或量取零、部件料长及平面零件的实际形状,绘制号料草图,制作号料样板、样杆、样箱,或按一定格式填写数据,供数控切割使用。

4) 根据各加工工序的需要,设计胎具或胎架,绘制各类加工、装配草图;制作各类加工、装配用样板。

这里需要强调的是:结构的工艺性处理,一定要在不违背原设计要求的前提下进行。对设计上有特殊要求的结构或结构上的某些部位,即便加工有困难,也要尽量满足设计要求。凡是对结构作较大的改动,须经设计部门或产品使用单位



有关技术部门同意,并由本单位技术负责人批准,方可进行。

(3) 展开放样 展开放样是在结构放样的基础上,对不反映实形或需要展开的部件进行展开,以求取实形的过程。其具体过程如下:

1) 板厚处理。根据加工过程中的各种因素,合理考虑板厚对构件形状、尺寸的影响,画出欲展开构件的单线图(即理论线),以便据此展开。

2) 展开作图。利用画出的构件单线图,运用正投影理论和钣金展开的基本方法,作出构件的展开图。

3) 根据作出的展开图,制作号料样板或绘制号料草图。

2. 放样过程分析举例

在明确了放样的任务和程序之后,下面列举一实例进行综合分析,以便对放样过程有一个具体而深入的了解。

如图 2-3 所示为一个冶金炉炉壳主体部件图样,该部件的放样过程如下:

(1) 识读、分析构件图样 在识读、分析构件图样的过程中,主要解决以下问题:

1) 弄清构件的用途及一般技术要求。该构件为冶金炉炉壳主体,主要应保证其有足够的强度,尺寸精度要求并不高。因炉壳内还要砌筑耐火砖,所以连接部位允许按工艺要求作必要的变动。

2) 了解构件的外部尺寸、质量、材质、加工数量等概况,并与本厂加工能力相比较,确定产品制造工艺。通过分析可知该产品外形尺寸较大,质量较大,需要较大的工作场地和起重能力。加工过程中,尤其装配、焊接时,不宜多翻转。又知该产品加工数量少,故装配、焊接都不宜制作专门胎具。

3) 弄清各部投影关系和尺寸要求,确定可变动与不可变动的部位及尺寸。还应指出,对于某些大型、复杂的金属结构,在放样前,常常需要熟悉大量图样,全面了解所要制作的产品。

(2) 线型放样 线型放样如图 2-4 所示。

1) 确定放样画线基准。从该件图样看出:主视图应以中心线和炉上口轮廓线为放样画线基准,而俯视图应以两中心线为放样画线基准。主、俯视图的放样面线基准确定后,应准确地画出各个视图中的基准线。

2) 画出构件基本线型。这里件 1 的尺寸必须符合设计要求,可先画出。件 3 位置也已由设计给定,不得改动,亦应先画出。而件 2 的尺寸要待处理好连接部位后才能确定,不宜先画出。至于件 1 上的孔,则先画后画均可。

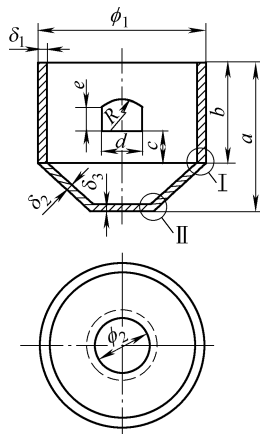


图 2-3 炉壳主体部件



为便于展开放样，这里将构件按其使用位置倒置画出。

(3) 结构放样

1) 连接部位 I、II 的处理。首先看 I 部位，它可以有三种连接形式，如图 2-5 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 2-5a 所示装配最为不利，而图 2-5b 所示装配的连接形式会造成圆锥台（件 2）尺寸超标，图 2-5c 所示装配的连接形式则较好。

从焊接工艺性方面看，显然图 2-5b 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，不但需要作仰焊，且受构件尺寸限制，操作甚为不便。再比较图 2-5a 和图 2-5c 两种连接形式，图 2-5c 的连接形式更为有利，它的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 2-5c 所示的连接形式为好。

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。

I、II 两部位连接形式确定后，即可按以下方法画出件 2，如图 2-6 所示。

以圆筒内表面 1 点为圆心，圆锥台侧板 $1/2$ 板厚为半径画一圆。过炉底板下沿 2 点引已画出圆的切线，则此切线即为圆锥台侧板内表面线。分别过 1、2 两点引内表面线垂线，使之长度等于板厚，得 3、4、5 点。连接 4、5 点，得圆锥台侧板外表面线。同时画出板厚中心线 1—6，供展开放样用。

2) 因构件尺寸（ a 、 b 、 ϕ_1 、 ϕ_2 ）较大，且件 2 锥度太大，不能采取滚弯成形，需分几块压制成形或手工煨制，然后组对。组对接缝的部位，应按不削弱构件强度和尽量减少变形的原则确定，焊缝应交错排列，且不能选在孔眼位置，如

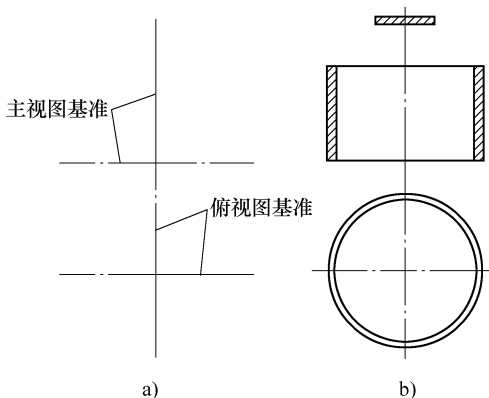


图 2-4 炉壳线型放样

a) 画基准线 b) 画放样图

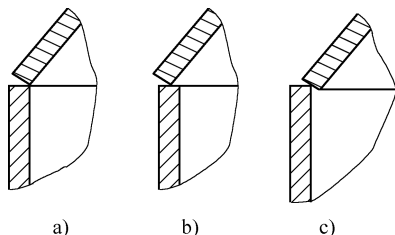


图 2-5 I 部位连接形式比较

a) 外环焊接 b)、c) 内外环焊接



图 2-7 所示。

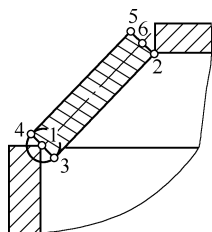


图 2-6 圆锥台侧板画法

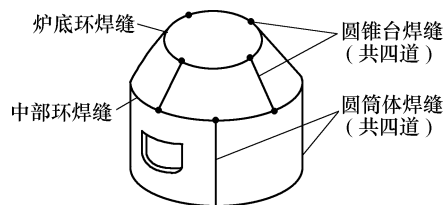


图 2-7 焊缝位置

3) 计算料长、绘制草图和量取必要的尺寸。因为圆筒展开后为一个矩形, 所以计算圆筒的料长时可不必制作号料样板, 只需记录长、宽尺寸即可; 做出炉底板的号料样板 (或绘制出号料草图), 这是一个直径为 2mm 的整圆, 如图 2-8 所示。

由于圆锥台的结构尺寸发生变动, 需要根据放样图上改动后的圆锥台尺寸, 绘制出圆锥台结构草图, 以备展开放样和装配时使用, 如图 2-8 所示。在结构草图上应标注出必要的尺寸, 如大端最外轮廓圆直径 ϕ' 、总高度 h_1 等如图 2-9 所示。

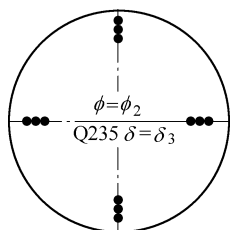


图 2-8 炉底板号料样板

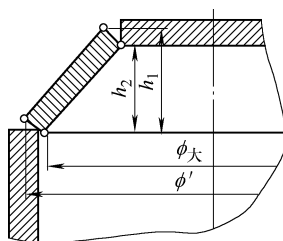


图 2-9 圆锥台结构草图

4) 依据加工需要制作各类样板, 圆筒卷制需要卡形样板一个, 如图 2-10a 所示, 其直径 $\phi = \phi_1 - 2\delta_1$; 圆锥台弯曲加工需要卡形样板两个, 如图 2-10b 和图 2-10c 所示, 其中 $\phi_{\text{大}}$ 在图 2-9 量取, ϕ_2 在图 2-8 中量取。制作圆筒上开孔的定位样板或样杆, 也可以采取实测定位或以号料样板代替。

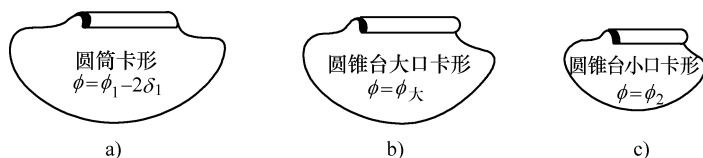


图 2-10 炉壳制作卡形样板



圆锥台若为压制成形,则需要考虑胎模形状和尺寸的设计及胎模制作。

(4) 展开放样

- 1) 做出圆锥台表面的展开图,并做出号料样板。
- 2) 做出筒体开孔孔形的展开图,并做出号料样板。

二、结构件制作工艺分析方法

1. 冷作结构件的特点

1) 冷作结构件的制造过程相对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和各种不同种类、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) 冷作结构一般都是不可拆卸的永久性连接,只有特殊的组件、部件之间是螺栓联接的。

4) 组成冷作结构的零件数量较多。

5) 冷作结构多用于设备、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。

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。

2. 冷作结构图的特点

基于冷作结构的各种特点,绘制出的冷作结构图也比较复杂,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,图中所表达的组件、部件和零件也比较多,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) 由于冷作结构图中组件、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,如轴测方式划管路图等。

6) 目前,焊接是冷作结构件的主要连接方式,图中焊接符号特别多。



3. 识图的方法和步骤

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

1) 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。

2) 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、材料、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。

4. 识图应用

下面结合两个冷作结构的图样来进一步说明识图的方法和步骤。

图 2-11 为一支撑座结构图图样,用上面介绍的识图方法和步骤进行识读。

(1) 通读

1) 首先明确这是一张部件图,通过总图(未画出)和部件图的标题栏,了解到构件的名称为支撑座,处于设备的下部,其用途为支撑主轴。

2) 通过图样的主要视图了解到构件的轮廓:由两件槽钢立放在底板上,是这一部件的主体,两块侧板和四块肋板构成对其支撑。

3) 通过明细表结合图样,了解到构件的主要零件是两件槽钢和底板。

4) 技术要求中提到该部件焊后要进行消除应力处理,这是由于其支撑主轴要求其在使用中保持稳定。

(2) 详读和细读 由于该部件比较简单,将详读和细读放在一起进行。

1) 底板 1 尺寸为 $10\text{mm} \times 400\text{mm} \times 900\text{mm}$,上面开有地脚孔,用以通过地脚螺栓固定在地基上,其他备件均装焊在底板上。

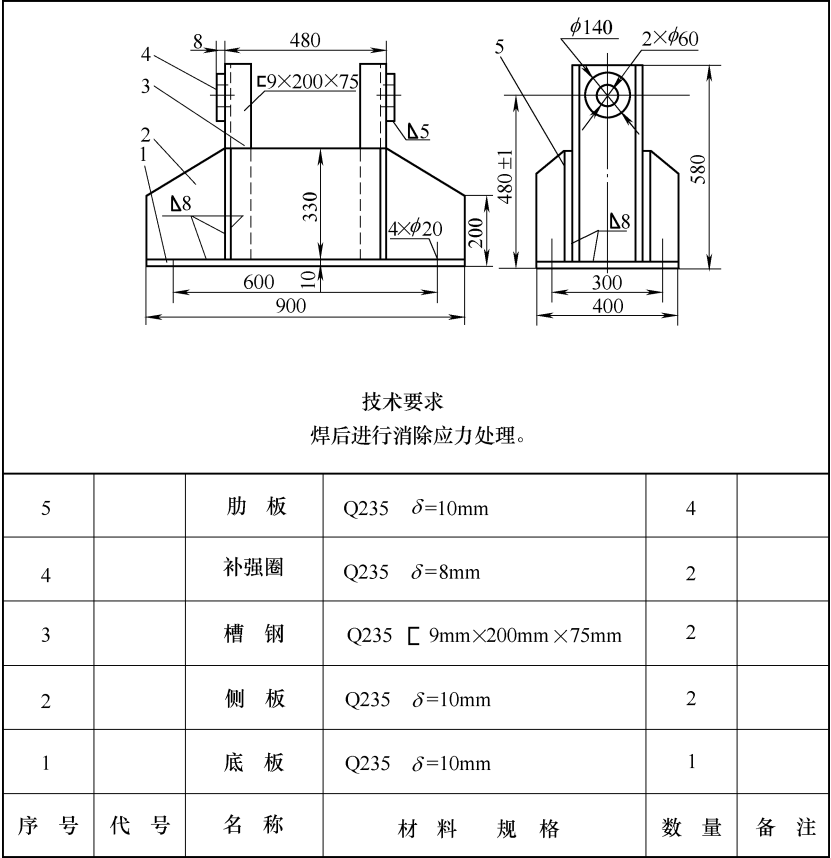


图 2-11 支撑座结构图

- 2) 槽钢 3 长度 = $580\text{mm} - 10\text{mm} = 570\text{mm}$ ，立放，凹侧相对装焊于底板中心线上。以槽钢背部确定装配尺寸，两槽钢相距为 480mm 。
- 3) 从左视图纵向看去，侧板 2 两件夹着槽钢立装焊于底板上，侧板的长度与底板相同，高度为 300mm ，两角割去 $130\text{mm}\times 210\text{mm}$ 的斜角。
- 4) 四块肋板 5 装焊于侧板外侧与底板的交角处，装焊位置如主视图所示。
- 5) 补强圈 4，装焊在槽钢下部开孔处。
- 从该构件的作用和特点来看，应注意以下几点：
- 1) 槽钢 3 与底板 1 之间的垂直度很重要，两槽钢直边的间距也很重要，装配时应特别加以注意。
- 2) 所有焊缝均为连续焊，为保证支承座牢固，焊脚尺寸应符合图样要求。
- 3) $2\times\phi 60\text{mm}$ 孔及其位置高度因牵扯到安装主轴，其位置精度很重要，但由于要采取进一步的机械加工，冷作装配时，只要保证有足够的加工余量即可。



4) 技术要求中,要求支承座在焊后进行消除应力处理。因此,支承座在装配、焊接后要进行矫正,矫正的重点是底板和侧板的焊后变形。同时,也要检查槽钢间距是否发生变化。

矫正后转下道工序进行消除应力处理和机械加工。

图 2-12 为一储油罐的结构图样,是一张比较典型的冷作结构图样。现仍以前面介绍的方法和步骤进行识读。

(1) 通读 通过标题栏和图样及技术要求看到,这是一个储存油品的储油罐,属于压力容器。

该结构是两端连接椭圆封头的圆柱形容器,罐体上部开有各种用途的管口,下部配有用于安装的鞍式支座,罐体一端有用于安装液位显示器的接管。

(2) 详读 对照零件编号和零件明细表,可以看出罐体主要由以下几类零件构成:

1) 筒体 12 由多节圆筒对接而成。筒体两端与椭圆封头对接,下部焊有鞍式支座,上部开有一系列的孔,焊有各种不同用途的接管。筒体有部件图。

2) 封头 13 共两件,是标准件。其中左边一件开孔焊有液位计接管。

3) 鞍式支座 14 共两件,作为部件提供。

4) 人孔法兰 4、5 是施工或检修的出入口。装配前,将接管与管口法兰焊好,作为部件提供装配。

5) 补强板 6 则作为单独零件提供给装配。

6) 液位计接管 1、2 的法兰规格相同,管子的规格也相同,只是长度不同,也是预先装配焊好提供的部件。

7) 接管 7、8、9、10、15 法兰相同而管子长度不同,同样需预先装配焊好后,作为部件提供装配。

(3) 细读 结合总图、部件图和工艺文件,进一步地查清一些重要的交接关系、装配尺寸等细节。

1) 标准中规定:相邻焊缝间隔必须大于 50mm。因为筒体 12 在制造时,由于钢板宽度、长度所限,有时要用多节筒体对接而成,必然存在着筒体对接的纵焊缝和环焊缝。在号料和制作筒体这一大部件时,要考虑将这些焊缝安排到合适的位置,以免和接管孔焊缝、补强圈焊缝、鞍式支座焊缝重叠或相距太近。

2) 技术要求中提到的焊接标准要明确,以备零件制作时加工焊接坡口,装配时核查焊接坡口和预留焊缝间隙等。这些内容往往在结构图样中,采用局部放大视图加以表达。例如,图 2-12 中局部放大视图 I 表达了人孔的接管与管口法兰之间的装配关系和焊接形式;局部放大视图 II 表达了人孔接管与筒体及补强圈的交接关系和焊接形式;局部放大图 III 则表达了其余同规格接管与筒体的交接关系和焊接形式。

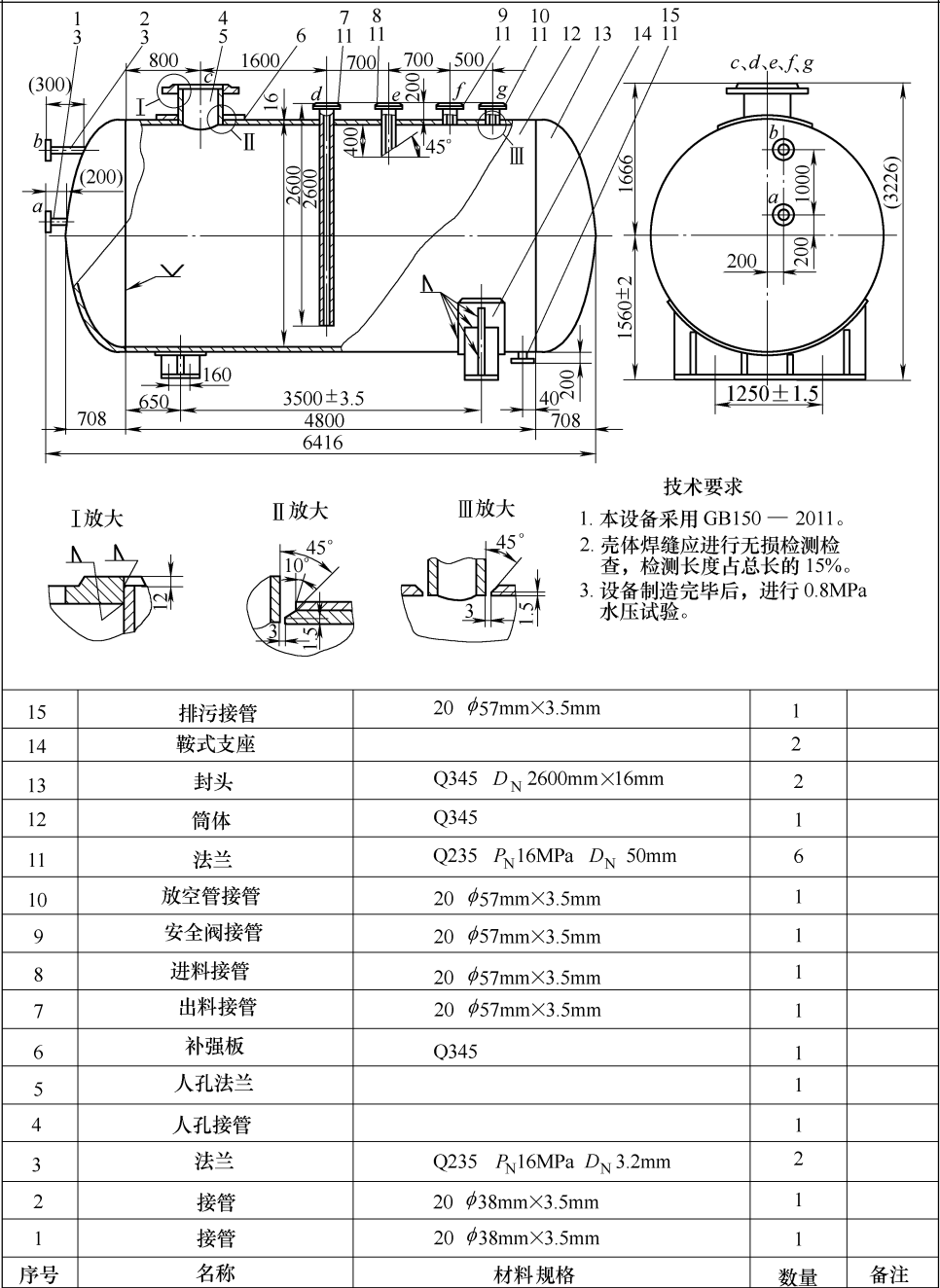


图 2-12 储油罐结构图

3) 构件的装配尺寸中，标有公差的尺寸是比较重要的尺寸。例如，图中鞍



式支座地脚孔的尺寸和罐体中心高度,因与提供给用户的安装尺寸有关,所以应加以保证。至于其他没有标注公差尺寸,应按图样展示的尺寸基准进行装配。装配过程中和装配后的检验,可按标准公差 IT14 级来要求。

第二节 展开放样

一、展开构件形体分析方法

将金属板壳构件的表面全部或局部按其实际形状和大小依次铺平在同一平面上,称为构件表面展开,简称展开。构件表面展开后构成的平面图形称为展开图,如图 2-13 所示。

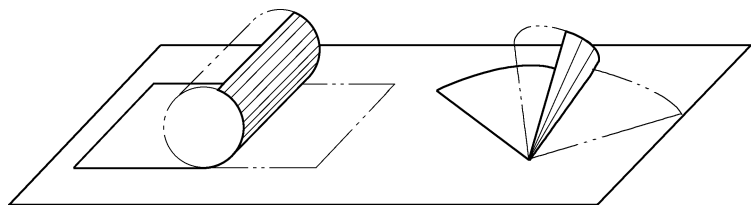


图 2-13 展开图

作展开图的方法通常有作图法和计算法两种,随着计算技术的发展和计算机的广泛应用,计算法作展开在工厂的应用已经普及。

研究金属板壳构件的展开,先要熟悉立体表面的成形过程,分析立体表面形状特征,从而确定立体表面能否展开及采用什么方式展开。任何立体表面都可看作是由线(直线或曲线)按一定的要求运动而形成。这种运动着的线,被称为母线。控制母线运动的线或面,被称为导线或导面。母线在立体表面上的任一位置叫做素线。因此,也可以说立体表面是由无数条素线构成的。从这个意义上讲,表面展开就是将立体表面素线按一定的规律铺展到平面上。所以,研究立体表面的展开,必须了解立体表面素线的分布规律。

1. 直纹表面

以直线为母线而形成的表面,称为直纹表面,如柱面、锥面等。

(1) 柱面 如图 2-14 所示。直母线 AB 沿导线 BMN 运动,且保持相互

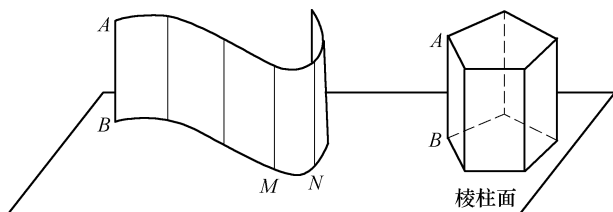


图 2-14 柱面



平行, 这样形成的面称为柱面。当柱面的导线为折线时, 称为棱柱面。当柱面的导线为圆且与母线垂直时, 称为正圆柱面。柱面有如下性质:

- 1) 所有素线相互平行。
- 2) 用相互平行的平面截切柱面时, 其断面图形相同。

(2) 锥面 如图 2-15

所示。直母线 AS 沿导线 AMN 运动, 且母线始终通过定点 S , 这样形成的面称为锥面, 定点 S 称为锥顶。

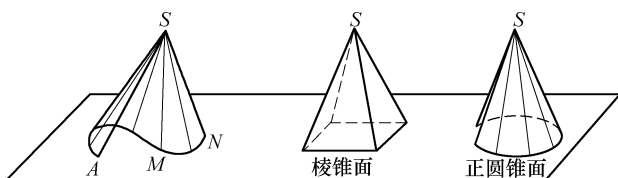


图 2-15 锥面

当锥面的导线为折线时, 称为棱锥面。

当锥面导线为圆且垂直于中轴线时, 称为正圆锥面。

锥面有如下特征:

- 1) 所有素线相交于一点。
- 2) 用相互平行的平面截切锥面时, 其断面图形相似。
- 3) 过锥顶的截交线为直线。

(3) 切线面 如图 2-16

所示。直母线沿导线 CMN 运动, 且始终与导线相切, 这样形成的面称为切线面, 其导线称为脊线。

切线面的一个重要特征是同一素线上各点有相同的切平面。切线面上相邻的两条素线一般既不平行也不相交, 但当导线上两点的距离趋近于零时, 相邻的两条切线便趋向同一个平面, 也就是切平面。

柱面和锥面也符合上述特征, 因此它们是切线面的一种特殊形式 (即脊线化为一点的切线面)。

需要说明的是: 像图 2-16a 所示明显的带有脊线的切线面并不常见, 在工程上常用的是它的转化形式。图 2-16b 所示的曲面 MAA_1M_1 是以圆柱螺旋线 NMQ 为导线的切线面的一部分。

2. 曲纹面

以曲线为母线, 并作曲线运动而形成的面称为曲纹面, 如圆球面、椭球面和圆环面等。曲纹面通常具有双重曲度。

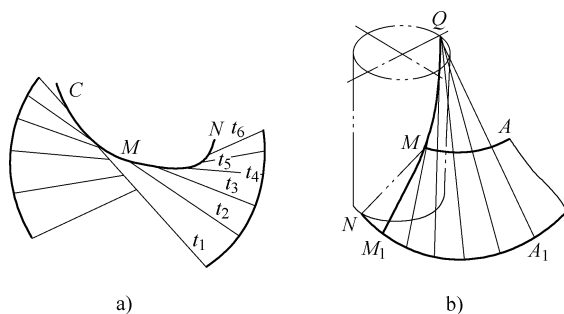


图 2-16 切线面

a) 带脊线的切线面 b) 以圆柱螺旋线为导线的切线面



二、可展表面与不可展表面的判别

就可展性而言,立体表面可分为可展表面和不可展表面。立体表面的可展性分析是展开放样中的一个重要问题。

1. 可展表面

立体的表面若能全部平整地摊平在一个平面上,而不发生撕裂或褶皱,称为可展表面。可展表面相邻两素线应能构成一个平面。柱面和锥面相邻两素线平行或是相交,总可构成平面,故是可展表面。切线面在相邻两条素线无限接近的情况下,也可构成一微小的平面,因此亦可视为可展。此外,还可以这样认为:凡是在连续的滚动中以直素线与平行面相切的立体表面,都是可展的。

2. 不可展表面

如果立体表面不能自然平整地摊平在一个平面上,称为不可展表面。圆球等曲纹面上不存在直素线,故不可展。螺旋面等扭曲面虽然由直素线构成,但相邻两素线是异面直线,因而也是不可展表面。

三、截交线的求作方法

平面与立体表面相交,可以看作是立体表面被平面截割。图 2-17 所示为一个平面与三棱锥相交,截割立体的平面 P 称为截平面,截平面与立体表面的交线 I、II、III 称为截交线。展开技术中研究平面与立体表面相交的目的是求截交线,因为能否准确求出平面与不同立体表面相交而形成的截交线,将直接影响构件形状及构件展开图的正确性。

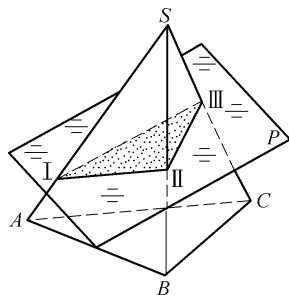


图 2-17 平面与平面立体表面相交

1. 平面与平面立体相交

平面与平面立体相交,其截交线是由直线组成的封闭多边形。多边形顶点的数目,取决于立体与平面相交的棱线的数目。求平面立体截交线的方法有以下两种:

1) 求各棱线与平面的交点——棱线法。

2) 求各棱面与平面的交线——棱面法。

两种方法的实质是一样的,都是求立体表面与平面的共有点和共有线。作图时,两种方法有时也可相互结合应用。

例 1 如图 2-18 所示,正垂面 P 与正三棱锥相交,求截交线。

如图 2-18 所示, P 为正垂面,正面投影 P_v 有积聚性,用棱线法可直接求出 P 平面与 SA 、 SB 、 SC 三条棱线的交点 I、II、III 的正面投影 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$,然后再求出各点的水平投影 1 、 2 、 3 。其中,点 II 所在 SB 线为侧平线,不能直接求



出 II 点的水平投影 2 点。为求 2 点, 可通过 2' 点作水平辅助线交 $s'c'$ 于 2'' 点, 再由 2'' 点引下垂线与 sc 线相交, 并由此交点引 bc 平行线交 sb 于 2 点, 即为 II 点的水平投影。连接 1-2-3-1 得 $\triangle 123$, 就是截交线的水平投影。

例 2 如图 2-19 所示为正垂面 P 与正四棱柱相交, 求截交线。

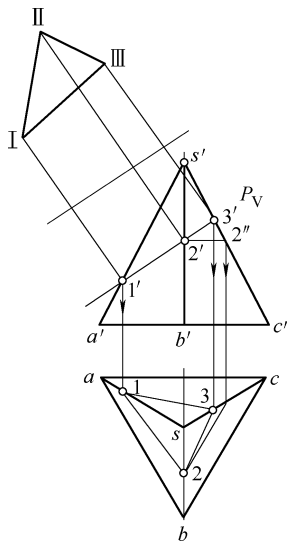


图 2-18 平面与正三棱锥相交的截交线

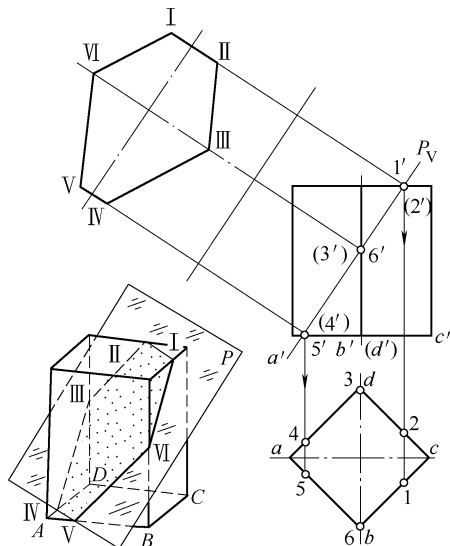


图 2-19 正垂面 P 与正四棱柱相交

如图 2-19 所示, 截平面 P 为正垂面, 利用 P_V 的积聚性可以看出, P 平面与四棱柱的顶面、底面及 BD 棱相交。四棱柱的顶面为水平面, 它与 P 平面相交, 其正面投影 1'(2') 积聚为一点; 水平投影 1—2 为可见直线。同理, 四棱柱的底面也是水平面, 它与 P 平面的交线也是正垂线, 正面投影 5'(4') 积聚为一点, 水平投影 5—4 也可直接按投影规律求出。 P 平面与 B 、 D 两棱线的交点 VI、III 的正面投影 6'、3' 和水平投影 6、3 可直接找出。将求出的交点顺次连接, 即得所求截交线。

以上两例在求出截交线后, 可利用换面法求出截断面实形。

2. 平面与曲面立体相交

平面与曲面立体相交, 截交线为平面曲线, 曲线上的每一点都是平面与曲面立体表面的共有点。所以, 若要求截交线, 就必须找出一系列共有点, 然后用光滑曲线把这些点的同名投影连接起来, 即得所求截交线的投影。

求曲面立体截交线, 常用以下两种方法:

1) 素线法。在曲面立体表面取若干条素线, 求出每条素线与截平面的交点, 然后依次相连成截交线。



2) 辅助平面法。利用特殊位置的辅助平面(如水平面)截切曲面立体,使得到的交线为简单易画的规则曲线(如圆),然后再画出这些规则曲线与所给截平面的交点,即为截平面与曲面立体表面的共有点,即可作出截交线。

下面将展开放样中最常见的曲面立体——圆柱和圆锥的截交线情况,分别介绍如下:

(1) 圆柱 如图 2-20 所示。平面与圆柱相交,根据平面与圆柱轴线的相对位置不同,其截交线可有如图 2-20 所示的三种情况:

1) 圆。截平面与圆柱轴线垂直,如图 2-20a 所示。

2) 平行两直线。截平面与圆柱轴线平行,如图 2-20b 所示。

3) 椭圆。截平面与圆柱轴线倾斜,如图 2-20c 所示。

例 3 正垂面与圆柱相交,求截交线。

如图 2-21 所示,由于截平面与圆柱轴线倾斜,所以截交线是椭圆。截交线的正面投影积聚于 P_V ,水平投影积聚于圆周。侧面投影在一般情况下为一个椭圆,需通过素线求点的方法作图。

先求特殊点。截交线的最左点和最右点也是最低点和最高点)的正面投影 $1'$ 、 $5'$ 是圆柱左右轮廓线与 P_V 的交点。其侧面投影 $1''$ 、 $5''$ 位于圆柱轴线上,可按正投影“高平齐”的规律求得。截交线的最前点和最后点(两点正面重影)的正面投影 $3'$ 位于轴线与 P_V 的交点,其侧面投影 $3''$ 、 $3'''$ 点在左视图的轮廓线上。然后,再用素线法求出一般点

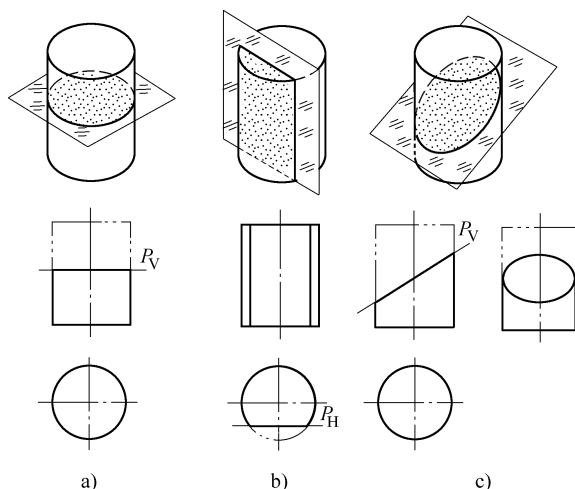


图 2-20 圆柱的截交线

a) 截交线为圆 b) 截交线为平行两直线 c) 截交线为椭圆

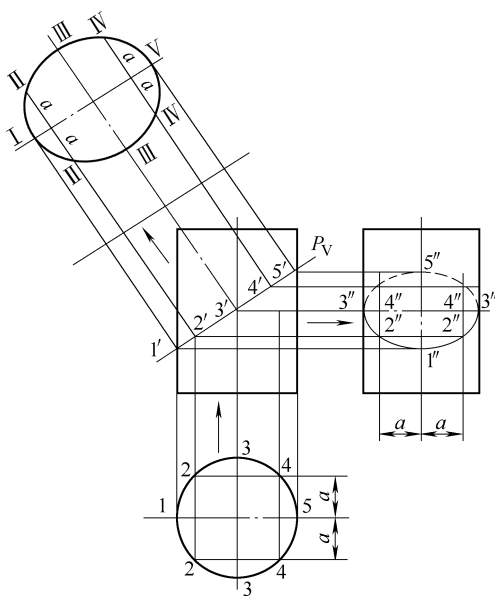


图 2-21 正垂面与圆柱的截交线



Ⅱ、Ⅳ的正面投影 $2'$ 、 $4'$ 和侧面投影 $2''$ 、 $4''$ 。通过各点连成椭圆曲线,即为所求截交线的侧面投影,然后用换面法可求得截交线的断面实形。

(2) 圆锥 平面与圆锥相交,根据平面与圆锥的相对位置不同,其截交线分为五种情况:

- 1) 圆。截平面与圆锥轴线垂直,如图 2-22a 所示。
- 2) 椭圆。截平面与圆锥轴线倾斜,并截圆锥所有素线,如图 2-22b 所示。
- 3) 抛物线。截平面与圆锥母线平行而与圆锥轴线相交,如图 2-22c 所示。
- 4) 双曲线。截平面与圆锥轴线平行,如图 2-22d 所示。
- 5) 相交两直线。截平面通过锥顶,如图 2-22e 所示。

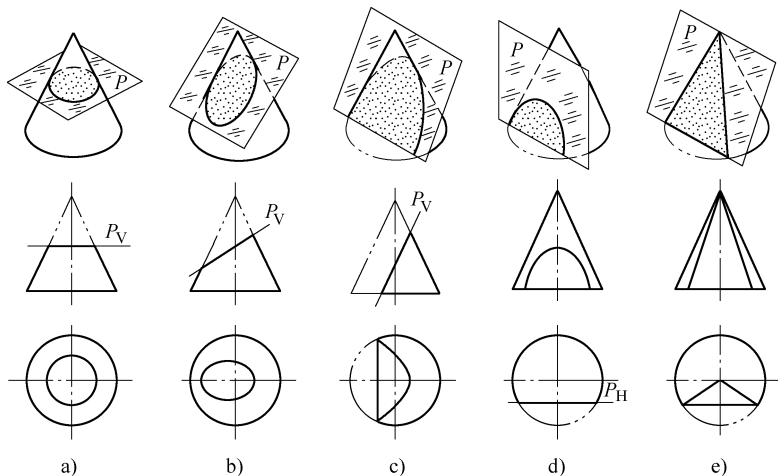


图 2-22 圆锥面的截交线

- a) 截交线为圆 b) 截交线为椭圆 c) 截交线为抛物线
d) 截交线为双曲线 e) 截交线为相交两直线

例 4 正垂面与圆锥相交,求截交线。

如图 2-23 所示,因为截平面 P 与圆锥轴线倾斜,并与所有素线相交,故知截交线为椭圆。截交线的正面投影积聚于 P_V ,而水平投影和侧面投影可用素线法或辅助平面法求出。本例选用素线法,具体作图如下:

先求特殊点。 P 平面与圆锥母线的正面投影交点为 $1'$ 、 $5'$,其水平投影在俯视图水平中心线上,按“长对正”的投影规律可直接求出 1 、 5 两点。 $1'$ — $5'$ 线的中点 $3'$ 是截交线的最前点和最后点(两点正面投影重合),可过 $3'$ 点引圆锥表面素线,并作出该素线的水平投影,则 $3'$ 点的水平投影必在该素线的水平投影上,可按“长对正”规律作出。同样的方法,求出一般点 $2'$ 、 $4'$ 对应的水平投影 2 、 4 。通过各点连成椭圆曲线,即得截交线的水平投影。

截交线的侧面投影,可根据其正面投影和水平投影,按正投影规律求出。



截面实形为椭圆,可用换面法求得。

四、相贯线求作方法

在展开放样中,经常会遇到各种形体相交而成的构件。如图 2-24 所示的三通管,即由两个不同直径的圆管相交而成。形体相交后,要在形体表面形成相贯线(也称表面交线)。在做相交形体的展开时,准确地求出其相贯线至关重要。因为相贯线一经确定,复杂的相交形体就可根据相贯线划分为若干基本形体的截体,可将它们分别展开。

由于组成相交形体的各基本形体的几何形状和相对位置不同,相贯线的形状也就各异但任何相交形体的相贯线,都具有以下性质:

- 1) 相贯线是相交两形体表面的共有线,也是相交两形体表面的分界线。
- 2) 由于形体都有一定的范围,所以相贯线都是封闭的。

根据相贯线的性质可知,求相贯线的实质就是在相交两形体表面找出一定数量的共有点,将这些共有点依次连接起来,如图 2-25 所示,即得到所求相贯线。求相贯线的方法主要有辅助平面法、辅助球面法和素线法。

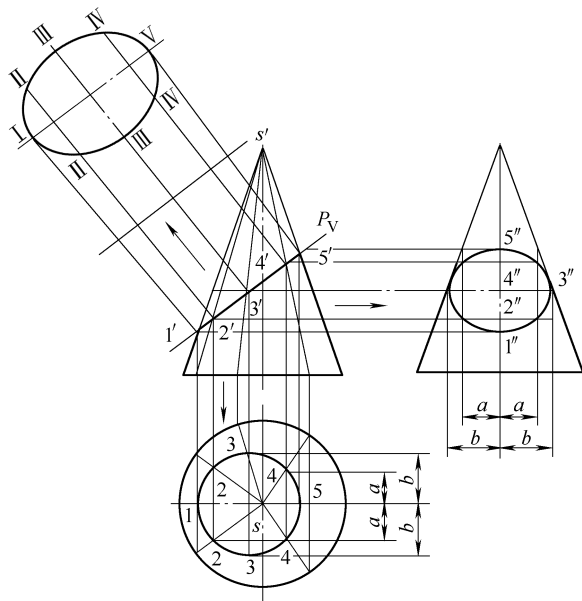


图 2-23 正垂面与圆锥的截交线

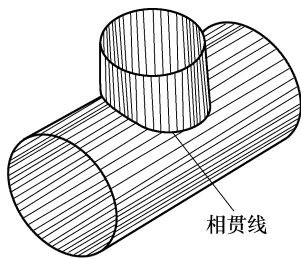


图 2-24 异径正交三通管

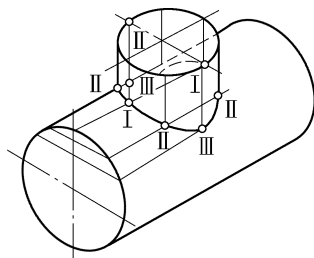


图 2-25 形体表面共有点构成相贯线

1. 辅助平面法

辅助平面法求相贯线,是以一个假想辅助平面截切相交两形体,然后作出两



形体的截交线，两截交线的交点即为两形体表面共有点。当以若干辅助平面截切相交两形体时，就可求出足够多的表面共有点，从而求出相交两形体的相贯线。

下面举例说明辅助平面法求相贯线的作图方法。

例5 求圆管正交圆锥管的相贯线。

分析：圆管正交圆锥管，相贯线为空间曲线。相贯线的侧面投影积聚成圆为已知，另外两面投影可用辅助平面法求得。具体作法如图 2-26 所示。

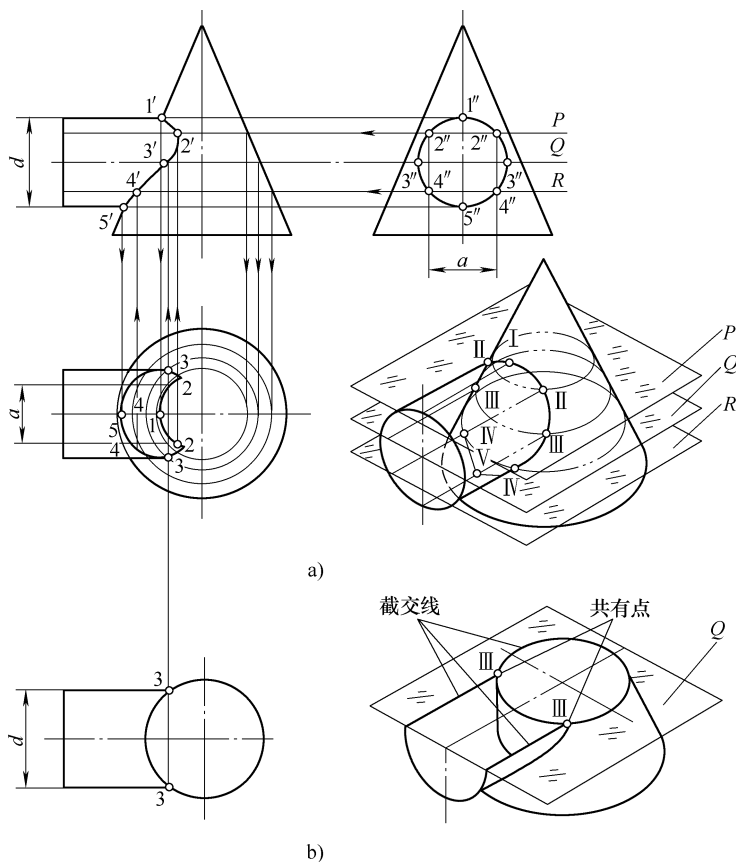


图 2-26 圆管与圆锥管正交相贯线的求法

a) 辅助平面作图法求相贯线 b) 特殊点的假想辅助平面截切

1) 相贯线的最高点和最低点的正面投影为圆管轮廓线和圆锥管母线的交点 $1'$ 、 $5'$ ，作正面投影时可直接画出。这两点的水平投影可由 $1'$ 、 $5'$ 点按正投影规则求出为 1 、 5 。

2) 相贯线的最前点和最后点的正面投影，在圆管轴线位置的素线上，其水平投影在圆管前后两轮廓线上。为准确求出这两点的投影，可假想用 Q 平面沿



圆管轴线位置水平截切相贯体(见图 2-26b),并在水平投影图上作出相贯体的截交线,求得两形体截交线的交点 3、3,即为相贯线的最前点和最后点。这两点的正面投影 3'点可由 3 点按投影规则在辅助平面 Q 的正面迹线位置上求得。

3) 一般位置点的投影可按上述方法设置辅助平面 P 、 R 截切相贯体来求得,它们在投影图中为 2'、4'和 2、4。

4) 各相贯点的正面投影和水平投影都求出后,便可用光滑曲线将其连接,以构成完整相贯线的投影。

例 6 求圆柱和球偏心相交的相贯线。

分析:圆柱面与球面偏心相交,相贯线为空间曲线。由于圆柱面轴线为铅垂线,因此相贯线的水平投影积聚成圆为已知。相贯线的正面投影,须用辅助平面法求得,具体作图过程如图 2-27 所示,不再详细说明。

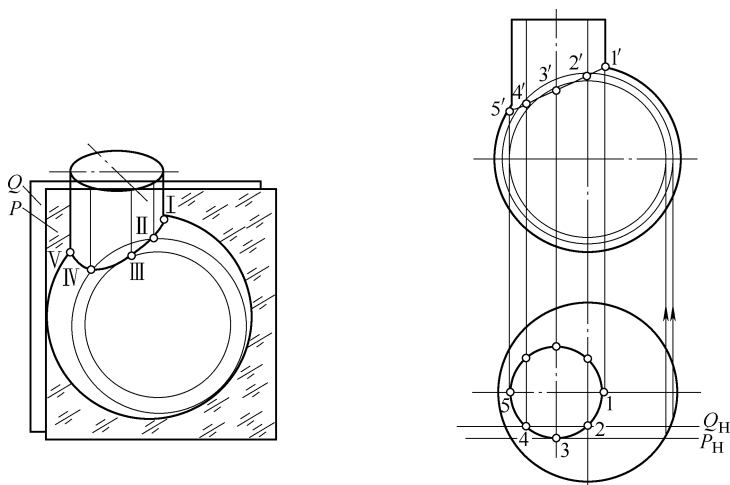


图 2-27 圆柱与球相贯

2. 辅助球面法

辅助球面法求相贯线的作图原理与辅助平面法基本相同,只是用以截切相贯体的不是平面而是球面。为了更清楚地说明其原理,先来分析回转体与球相交的一个特殊情况。图 2-28 所示为当回转体轴线通过球心与球相交时,其交线为平面曲线——圆,特别是当回转体轴线又平行于某一投影面,如图 2-28 所示。图 2-28 中所示为正面时,则交线在该投影面的投影为一条直线。回转体与球相交的这一特殊性质,为我们提供了用辅助球面作图的方法。

如图 2-29 所示,当两相交回转体轴线相交,且平行于某一投影面时,可以两轴线交点为球心,在相贯区域内用一个辅助球面(在投影图中为一半径为 R 的圆)截切两回转体,然后求出各回转体的截交线(这截交线在投影图中表现

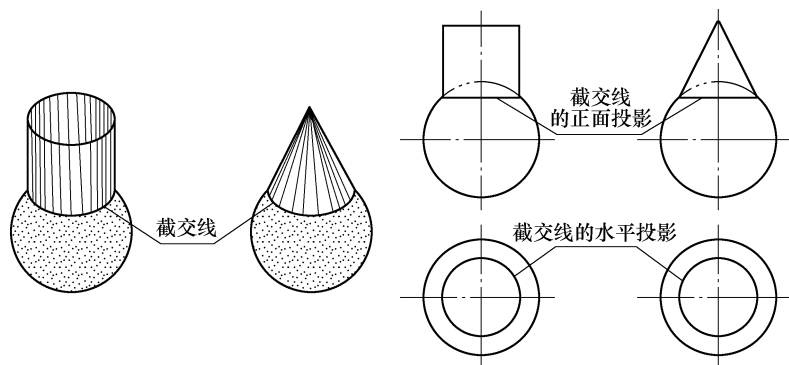


图 2-28 回转体与球相交的特殊情况

为直线), 两截交线的交点 A 、 B 就是相交两回转体的表面共有点, 即相贯点。当以必要多的辅助球面截切相贯体时, 就可求出足够多的相贯点。将各相贯点连成光滑曲线, 就是所求相贯线。这便是用辅助球面法求相贯线的作图原理。

例 7 求圆柱斜交圆锥的相贯线。

分析: 圆柱与圆锥斜交如图 2-30 所示, 相贯线为空间曲线。相贯线的最高点和最低点的正面投影 1、4 为圆柱轮廓线与圆锥母线的交点, 作投影图时可直接画出。由于相交两形体均为回转体, 而且轴线相交并平行与正面投影面, 相贯线上其他各点的正面投影可用辅助球面法求得。

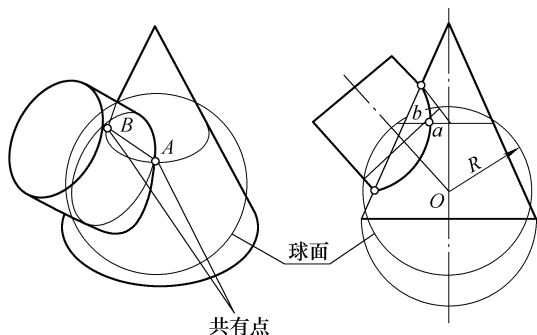


图 2-29 辅助球面法作图原理

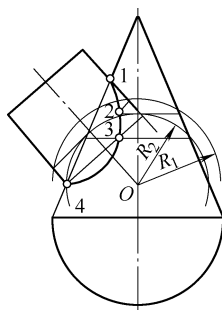


图 2-30 圆柱斜交圆锥的相贯线求法

具体作法: 以两回转体轴线交点 O 为圆心 (球心), 适宜长 R_1 、 R_2 为半径画两同心圆弧 (球面), 与两回转体轮廓线分别相交, 在各回转体内分别连接各弧的弦长, 对应交点为 2、3。通过各点连成 1—2—3—4 曲线, 即为所求相贯线。

应用辅助球面法求相贯线, 作图时应最大的和最小的球面半径有个估计。



一般来说,由球心至两曲面轮廓线交点中最远一点的距离,就是最大球的半径,因为再大就找不到共有点了。从球心向两曲面轮廓线作垂线,两垂线中较长的一个就是最小球的半径,因为再小的话,辅助球面与某一曲面就不能相交了。

3. 素线法

研究形体相交问题时,若两相交形体中有一个为柱(管)体,则因其表面可以获得有积聚性的投影,而表面相贯线又必积聚其中,故这类相交形体的相贯线,定有一面投影为已知。在这种情况下,可以由相贯线已知的投影,通过用素线在形体表面定点的方法,求出相贯线的未知投影。这种求相贯线的方法,称为素线法。下面举例说明这种方法的作图。

例8 求异径正交三通管的相贯线

分析:如图2-31所示为两异径圆管正交,相贯线为空间曲线。由投影图可知,支管轴线为铅垂线,主管轴线为侧垂线,所以支管的水平投影和主管的侧面投影都积聚成圆。根据相贯线的性质可知,相贯线的水平投影必积聚在支管水平投影上;相贯线的侧面投影必积聚在主管的侧面投影上,并只在相交部分的圆弧内。既然相贯线的两面投影都为已知,则其正面投影可用素线法求出。

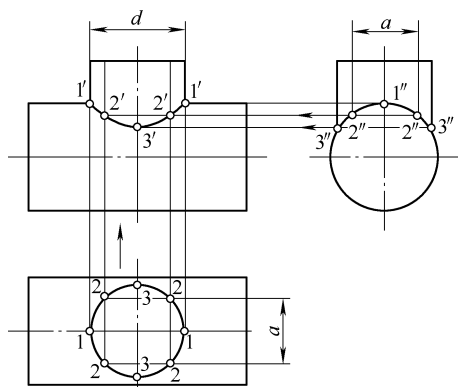


图 2-31 异径正交三通管的相贯线求法

具体作法:先作出相贯件的三面投影,并8等分支管的水平投影,得等分点1、2、3…;过各等分点引支管的表面素线,得正面投影1'、1',侧面投影1''、2''、3''…;由各点已知投影利用素线确定2'、3'、2'点,连接1'、2'、3'、2'、1'点,得到相贯线的正面投影。

工厂实际放样时,求这类构件的相贯线,均不画出俯视图和左视图,而是在主视图中画出支管1/2断面,并作若干等分取代俯视图;同时主管轴线任意端画出两管1/2同心断面;再将其支管断面分为与前相等等份,并将各等分点沿铅垂方向投影至主管断面圆周上,得相贯点的侧面投影;再用素线法求出相贯线的正面投影,从而简化了作图过程,如图2-32所示。

由上述可知,应用素线法求相贯线,应至少已知相贯线的一面投影。为此,须满足“两相交形体中有一个为柱体”的条件。但若相交形体中的柱体并不与已给的投影面垂直,投影则无积聚性。这时须先经投影变换,以求得柱体积聚性的投影(当然相贯线的一面投影也包含其中),然后再利用素线法求相贯线的未知投影。图2-33所示为圆柱斜交圆锥的相贯线,即用此法求得。

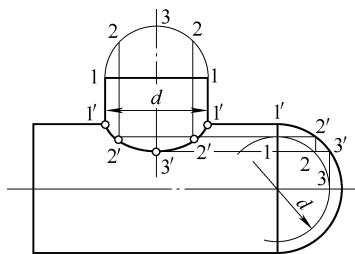


图 2-32 三通管相贯线的简便求法

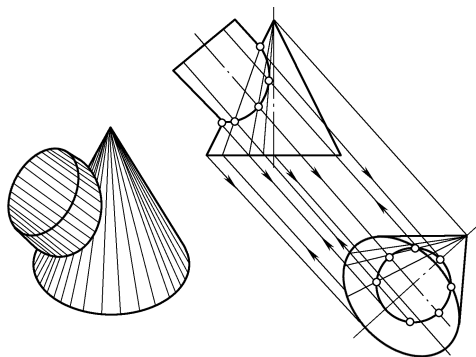


图 2-33 换面法与素线法结合求相贯线

4. 相贯线的特殊情况

回转体相交相贯线一般为空间曲线。如图 2-34 所示，当两相交回转体外切于同一球面时，其相贯线便为平面曲线，此时，若两回转体的轴线平行于某一投影面，则相贯线在该面上的投影为两相交直线。

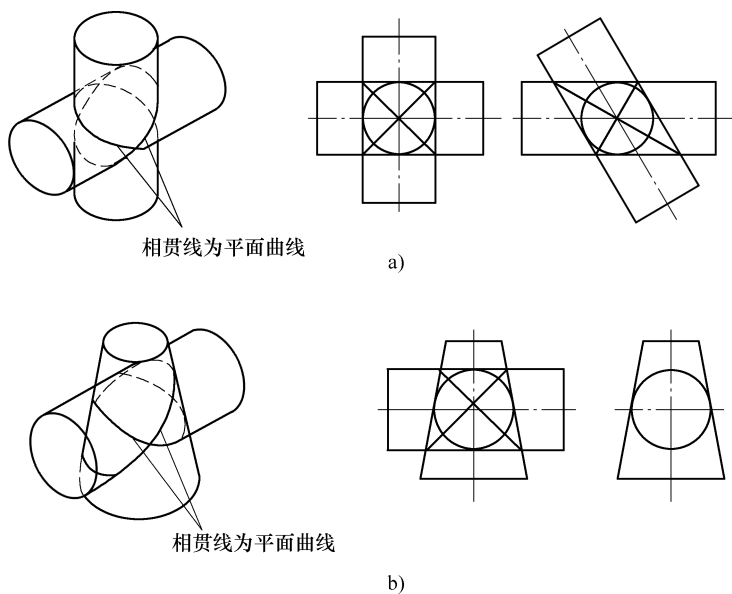


图 2-34 回转体相交的特殊情况

a) 两圆柱外切与同一球面 b) 圆柱与圆锥台外切与同一球面

五、断面实形的应用及求取方法

在放样过程中，有些构件要制作空间角度的检验样板，而这空间角度的实际



大小需通过求取构件的局部断面实形来获得。还有些构件往往要先求出其断面实形,才能确定展开长度。因此,准确求出构件的断面实形是放样技术的重要内容。

放样中求构件断面实形,主要是利用变换投影面法。下面举例介绍断面实形的求法及其应用。

例 9 求矩形锥筒内角加强角的张开角度。

分析:图 2-35 所示为一个矩形锥筒,为加强其内角强度,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 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 A'' 连出各线。这时锥筒两侧面交线 $2''-A''$ 为投影面平行线。

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。

例 10 圆顶腰圆底过渡连接管断面实形的求法。

分析:图 2-36 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、底的 $1/2$ 端面图。由 O 点画剖切迹线 $A-A$ 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。由等分点引下垂线得与顶口线交点,再由各交点引椭圆管表面素线交剖面迹线于

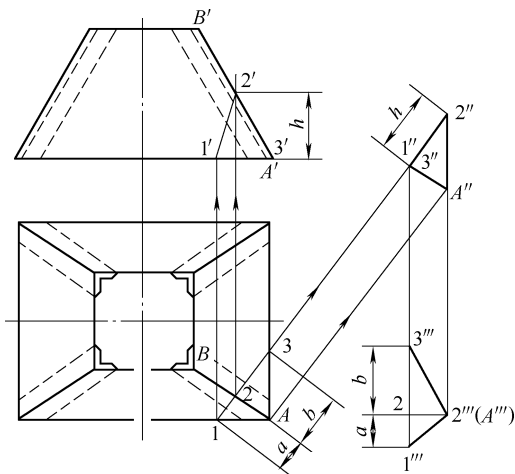


图 2-35 矩形锥筒加强角钢角度的求法



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。

例 11 求空间弯管夹角。

金属结构上经常有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 2-37 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知。具体作法如图 2-37 所示, 不再详细叙述。

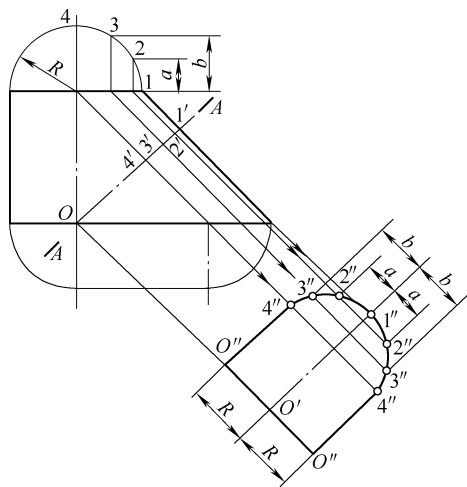


图 2-36 过渡连接管断面实形的求法

六、方圆连接管、斜锥管、三通管的展开方法

1. 方圆连接管

方圆连接管又称圆方过渡接头是工厂里应用较多的变口型连接管。它由四个全等斜圆锥面和四个等腰三角形平面组合而成, 通常用三角形法作出其展开图。具体作法如图 2-38 所示。

1) 用已知尺寸 a 、 d 、 h 画出主视图和俯视图。三等分俯视图 $1/4$ 圆周, 等分点为 1、2、3、4。连接各等分点与 B , 则以 B 为顶角的斜圆锥面分为三个小三角形, 其中 $B-1=B-4$, $B-2=B-3$, 并以 b 、 c 表示各线长度。

2) 由视图可知, 平、曲面分界线 $B-1$ 、 $B-4$ 和锥面上的辅助线 $B-2$ 、 $B-3$ 均不反映实长, 故用直角三角形法求出它们的实长 (见实长图)。

3) 用三角形法作出展开图。

2. 底口倾斜的圆方过渡接头的展开

如图 2-39 所示为底口倾斜的圆方过渡接头。由于底口倾斜, 使前后两平行

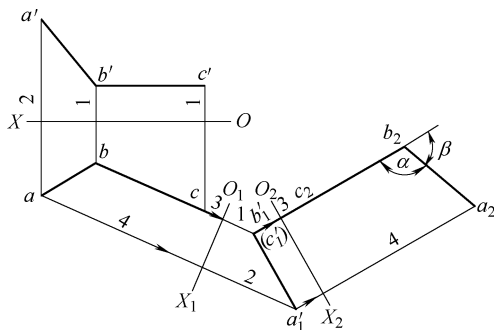


图 2-37 空间弯管夹角求法



面与圆口的切点偏离中线,从而改变了平、曲面分界线位置。因此,作这类管件的展开,需先求出前后两平面与顶圆的切点,以确定平、曲面分界线。具体展开作图方法如下:

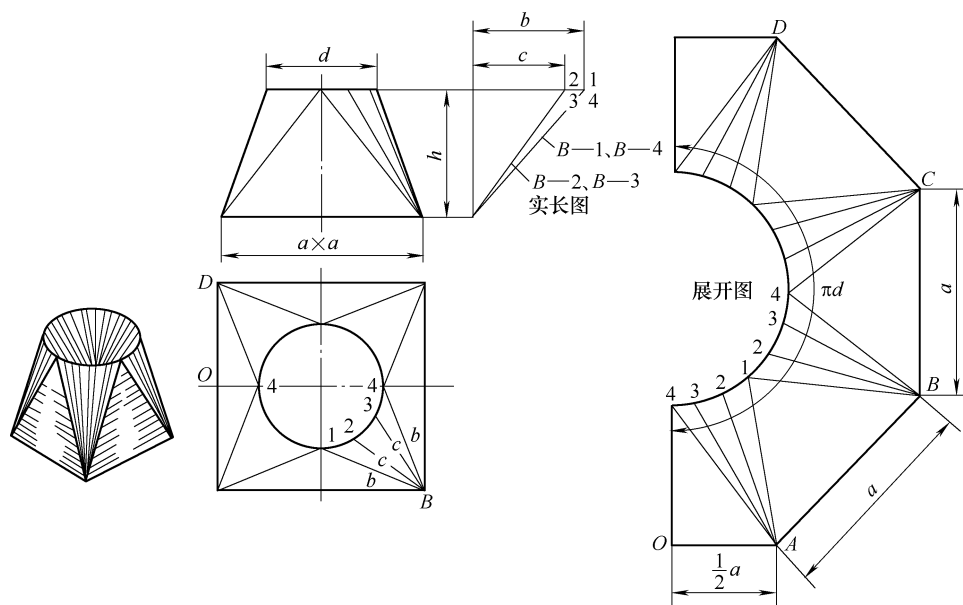


图 2-38 圆方过渡接头的展开

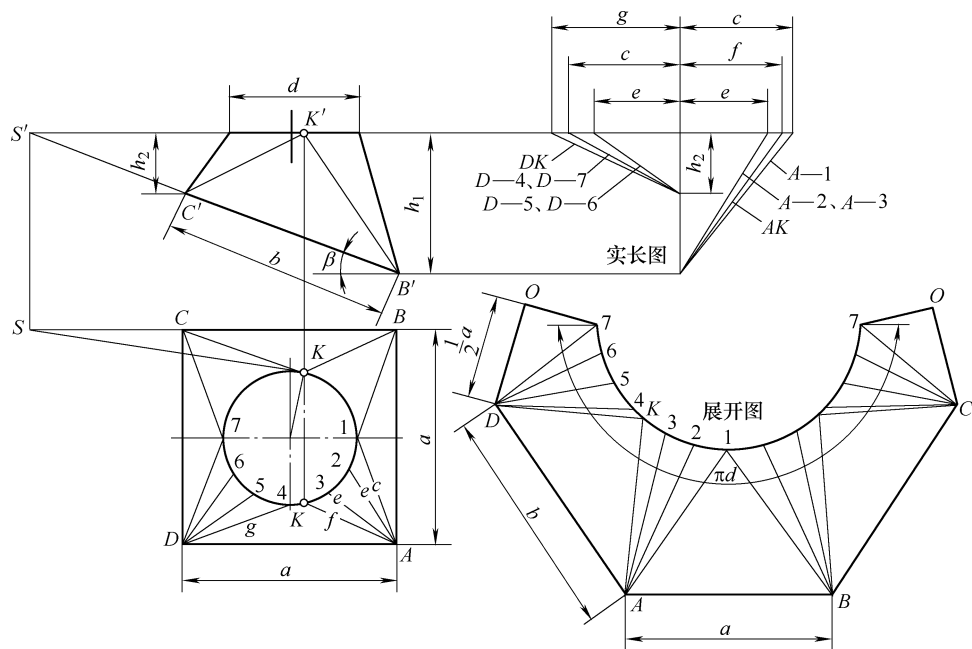


图 2-39 底口倾斜的圆方过渡接头的展开



1) 用已知尺寸 a 、 b 、 h_1 、 h_2 、 d 及 β 角画出主视图和俯视图。主视图 $B'C'$ 延长线与顶口延长线交于 S' 点。在俯视图的 BC 延长线上求出 S' 点的水平投影 S 点。由 S 点引圆的切线得切点 K ，再求出 K 点的正面投影 K' 。连接 BK 、 CK 及对应的 DK 、 AK ，即为前后两平面与相邻曲面的分界线，其正面投影也可相应画出。侧面平、曲面分界线可由 C 、 D 两点分别向 7 点连接， A 、 B 两点分别向 1 点连线而得。

2) 作辅助线将曲面部分划分成若干小三角形。

3) 求出视图中不反映实长的各线的实长。求实长时注意：由于接头底口倾斜，左、右两侧各线长度不等，应分别求出。

4) 用三角形法作出展开图。在展开图上， K 点位置要明确注出，以免连线出错。

3. 直角换向圆方过渡接头的展开

直角换向圆方过渡接头的展开方法与底口倾斜的圆方过渡接头基本相同。本例中前后两平面与圆口的切点，在左视图中已直接画出，不必另求。具体展开作图方法如图 2-40 所示，这里不再详细叙述。

4. 圆锥斜交圆柱管

图 2-41 所示为一个水壶状构件，由圆锥管和圆管相贯而成，相贯线为空间曲线。由于圆锥管和圆管均为回转体，且轴线相交，故可用辅助球面法求其相贯线。求相贯线与展开图的具体作法如下：

1) 用已知尺寸画出主视图轮廓线、圆管断面及圆锥管辅助断面。以两管轴线交点 O 为圆心，在形体相贯区内画三个不同半径 (R_1 , R_2 , R_3) 的圆弧，与两形体轮廓线分别相交。在各自形体内，分别连接各弧的弦，得对应交点 2、3、4。通过各点连成 1—5 光滑曲线，即为两管相贯线，完成主视图。

2) 用平行线法作出圆管孔口部分的展开图（圆管展开图略未画）。

3) 作壶嘴锥管展开图。为使图面清晰，将锥管移出视图单独画出，如图 2-42 所示。4 等分锥管辅助断面半圆周，等分点为 1、2、3、4、5。由各等分点引锥底的垂线，过各垂足向锥顶连素线。由各素线与锥管顶口线、相贯线的交点，分别引圆锥轴线的垂线交于 S —5 线各点，则各点至锥顶距离反映各素线对应部分的实长，然后用放射线法作出壶嘴锥管的展开图。

5. 异径 Y 形三通管的展开

异径 Y 形三通管可由不同形体的截体组合而成，如两圆锥管、两斜圆锥管或两切线面管等。对于不同形体所组成的 Y 形管，要用不同的方式来展开。这里仅以斜圆锥组成的 Y 形管为例，加以分析。

如图 2-43 所示，Y 形管两支管对称，因而其相贯线为对称中线，可以直接画出。展开作图步骤如下：

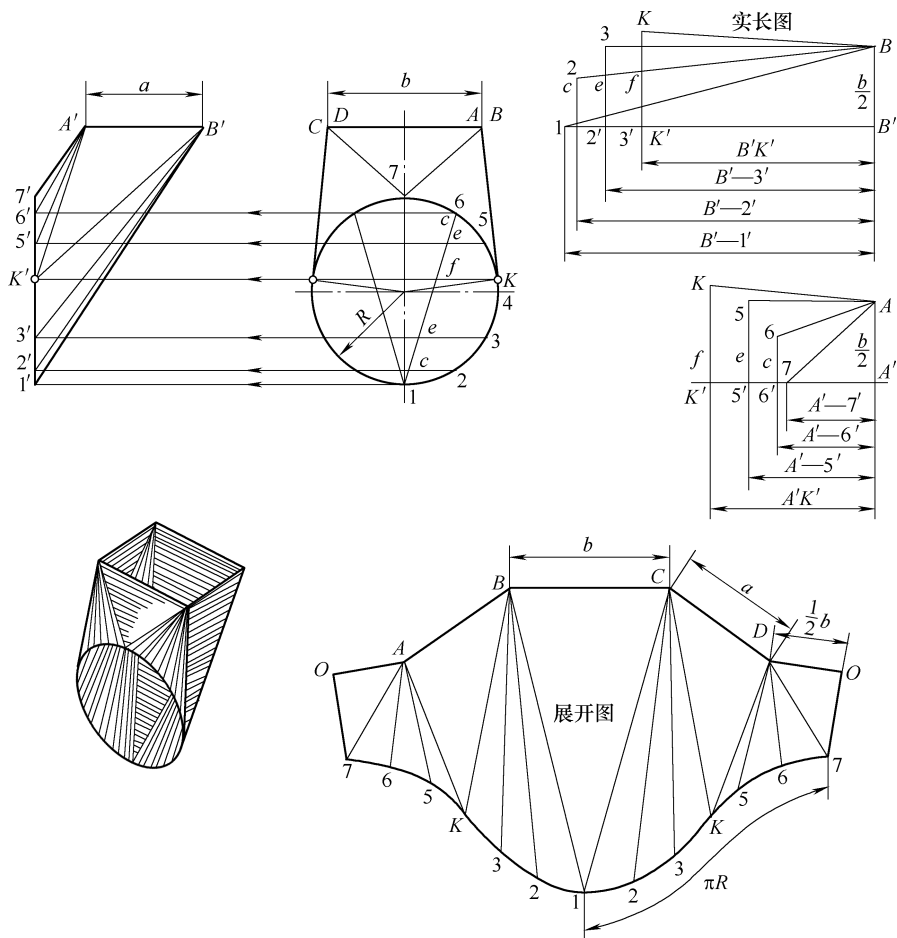


图 2-40 换向圆方过渡接头的展开

1) 为使图面清晰, 用已知尺寸画出 Y 形管的单支管主视图及底断面半圆周。六等分断面半圆周, 等分点为 1、2、3、~、7。连接各等分点与锥顶的水平投影 O 点, 得斜圆锥表面各素线的水平投影。

2) 用旋转法求出各素线实长。其中 $O-5$ 、 $O-6$ 、 $O-7$ 线的实长, 应以与相贯线的交点为界来确定。为此, 需作出 $O-5$ 、 $O-6$ 两素线的正面投影, 得与相贯线的交点, 由各交点向右引水平线求截切后线段实长。

3) 用放射线法作出斜圆锥管的展开图, 再去掉切缺的部分, 即为异径 Y 形三通管单支管的展开图。

6. 等径直交三通管的展开

等径直交三通管由轴线相交的两等径圆管相贯而成, 其相贯线为平面曲线。

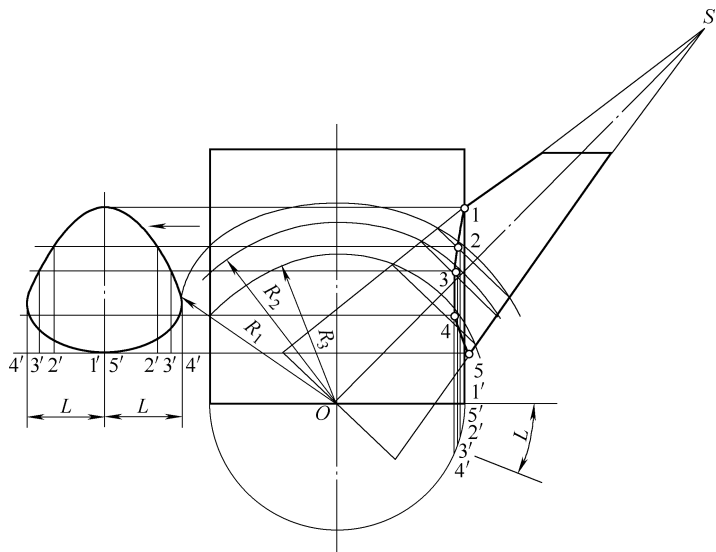


图 2-41 圆锥管与圆管斜交的展开

当两管轴线平行于投影面时,相贯线在该面上投影为相交两直线,作图时可直接画出。作出相贯线后,便可用平行线法将两管分别展开,具体步骤如图 2-44 所示。

7. 异径斜交三通管的展开

异径斜交三通管由轴线相交的两异径圆管相贯而成。异径管的相贯线为空间曲线,可用素线法求出。图 2-45 所示为异径斜交三通管求相贯线和作展开图的方法,图中以两圆管同心断面图取代左视图,使作图更方便快捷。具体步骤如图 2-45 所示。

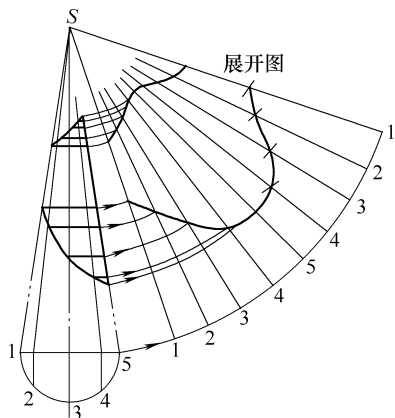


图 2-42 壶嘴锥管的展开

8. 等径直交三通补料管的展开

三通补料管是工业管道中常见的管件,可改善管道中流体在转折处的流动状态和减少管件上的应力集中。如图 2-46 所示,等径直交三通补料管通常采取左右对称的补料形式,补料部分由两个与三通管等径的半圆管和两个三角形平面构成,相贯线仍为平面曲线。当三通管轴线与投影平面平行时,相贯线的投影为相交直线。两个三角形平面与三通管轴线平行,视图中为投影面的平行面,故其投影反映实形。

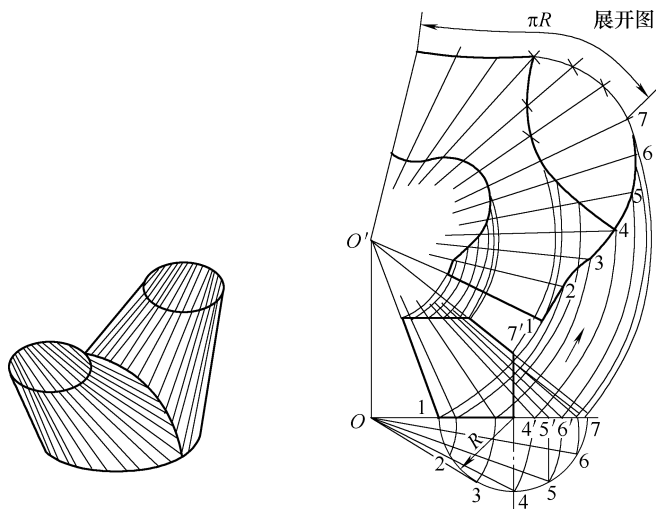


图 2-43 异径 Y 形三通管的展开

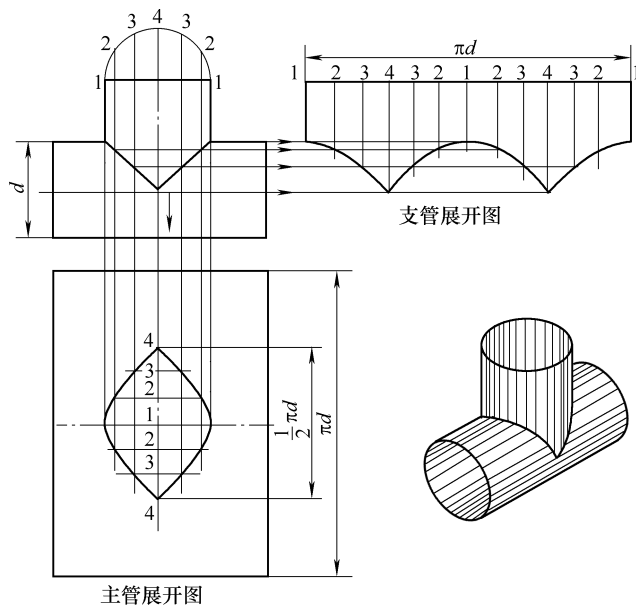


图 2-44 等径直交三通管的展开

组成三通补料管的各管的展开, 均可应用平行线法, 此处不再叙述。

七、展开放样时板厚处理知识

前面所述各种构件的展开, 都没有考虑板厚的影响。但在实际放样中, 一般当

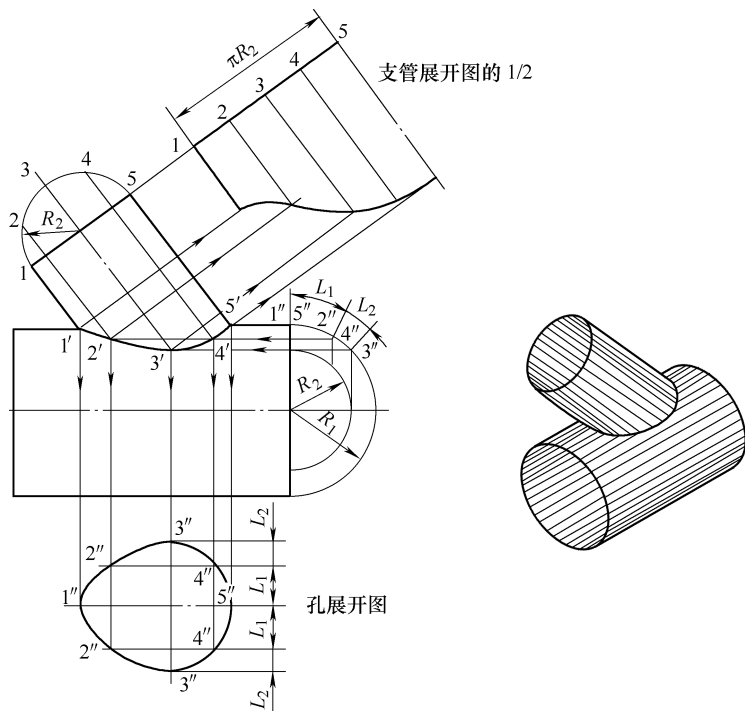


图 2-45 异径斜交三通管的展开

构件板厚 δ 大于 1.5mm 时, 作展开图时必须处理板厚对展开图尺寸的影响, 否则会使构件形状、尺寸不准确, 以至于造成废品。展开放样中, 根据构件制造工艺, 按一定规律除去板厚, 画出构件的单线图 (所谓理论线图), 这一过程称为板厚处理。板厚处理的主要内容是: 确定构件的展开长度、高度及相贯构件的接口等。

1. 板料弯形时的展开长度

(1) 圆弧弯板的展开长度 如图 2-47 所示, 当板料弯形成曲面时, 外层材料受拉而伸长, 内层材料受压而缩短, 在板厚中间存在着一个长度保持不变的纤维层, 称为中性层。既然圆弧弯板的中性层长度弯曲变形前后保持不变, 就应取其中性层长度作为圆弧弯板的展开长度。

板料弯形中性层的位置与其相对弯形半径 r/δ 有关。当 $r/\delta > 5.5$ 时, 中性层位于板厚的 1/2 处, 即与板料的中心层相重合; 当 $r/\delta \leq 5.5$ 时, 中性层位置将向弯形中心一侧移动。

中性层的位置可由下式计算:

$$R = r + K\delta \quad (2-1)$$

式中 R ——中性层半径 (mm);

r ——弯板内弧半径 (mm);

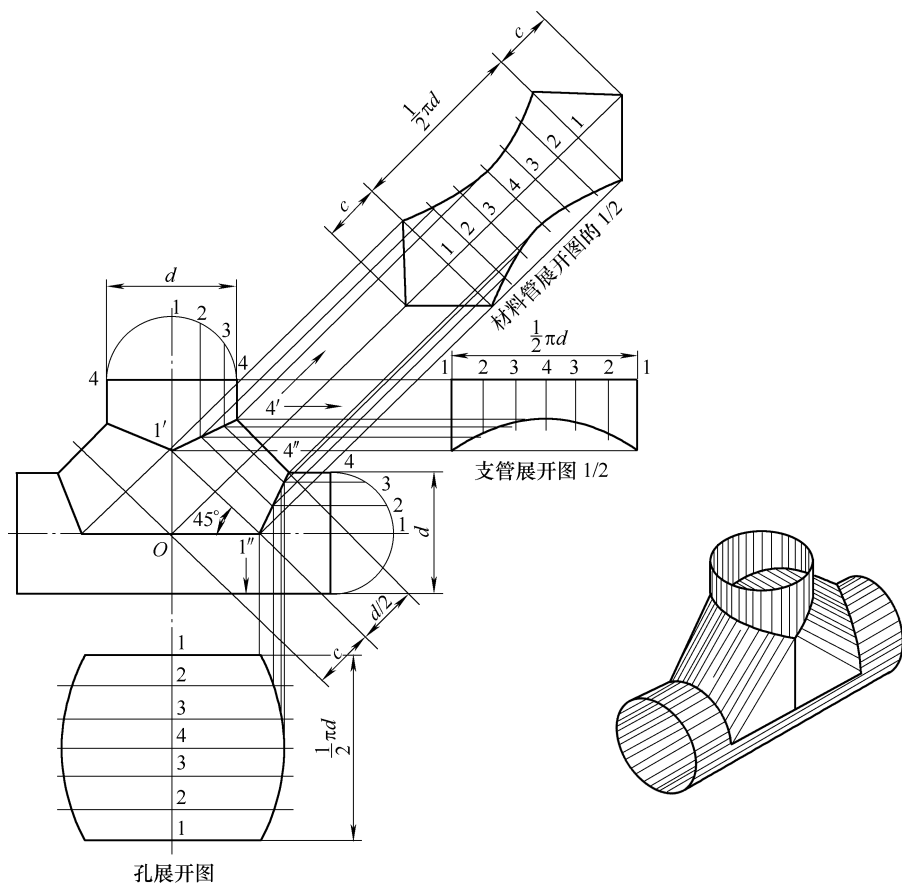


图 2-46 等径直交三通补料管的展开

δ ——板料厚度 (mm);

K ——中性层位置系数, 见表 2-1。

其他弯形情况下, 通常取 K 值。

(2) 折角弯板的展开长度 没有圆角或圆角很小 ($r < 0.3\delta$) 的折角弯板, 如图 2-48 所示。可利用等体积法, 确定其展开长度。

毛坯的体积:

$$V = LC\delta$$

弯形后的工件体积:

$$V_1 = (A + B)C\delta + \frac{1}{4}\pi\delta^2 C$$

若不计加工损耗, 则 $V = V_1$ 得:

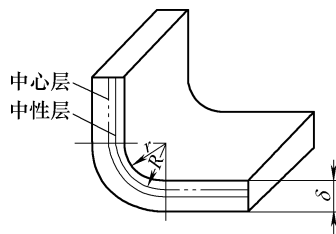


图 2-47 圆弧弯板的中性层



表 2-1 中性层位置系数 K 、 K_1 的值

$\frac{r}{\delta}$	≤ 0.1	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	> 5.5
K	0.23	0.28	0.3	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37	0.40	0.43	0.45	0.48	0.5
K_1	0.3	0.33	0.35			0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.47	0.475	0.48	0.5

注： K ——适于有压料情况的 V 形或 U 形压弯。

K_1 ——适于无压料情况的 V 形压弯。

$$L = A + B + \frac{1}{4}\pi\delta = A + B + 0.785\delta \quad (2-2)$$

由于实际加工时，板料在折角处及其附近均有变薄现象，因而材料会多余一部分，故式（2-2）需作如下修正：

$$L = A + B + 0.5\delta$$

若材料厚度较小，而工件尺寸精度要求又不高时，折角弯板的展开长度可按其内表面尺寸计算。

2. 单件的板厚处理

单件的板厚处理主要考虑如何确定构件单线图的高度和径向（长、宽）尺寸。下面举例说明不同单件的板厚处理。

（1）圆锥管的板厚处理 图 2-49a 所示为一个正截头圆锥管，其基本尺寸为 D_0 、 d_3 、 h 及 δ 由图中可以看出：以板厚中性层位置的垂直高度 h_0 作为单线图的高度，才能保证构件成形后的高度 h ；而为正确求出其展开长度，单线图大、小口直径均应取中性层直径，即为 D_2 、 d_2 。由此得到圆锥管展开单线图及各尺寸，如图 2-49b 所示，完成板厚处理。

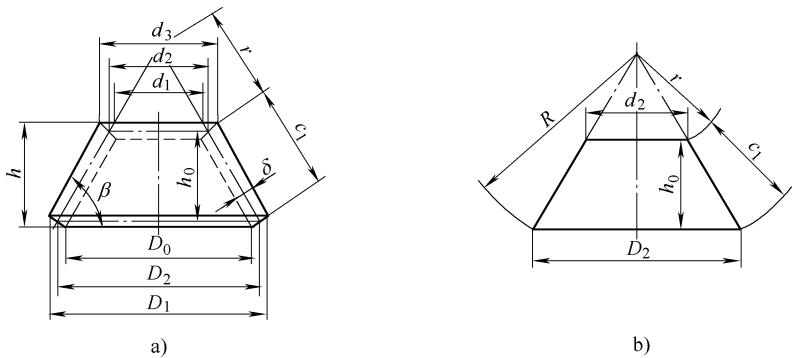


图 2-49 圆锥管的板厚处理

a) 圆锥管实样图 b) 圆锥管展开单线图

（2）圆方过渡接头的板厚处理 圆方过渡接头由平面和锥面组合而成，如



图 2-50a 所示, 其弯形工艺具有圆弧弯板和折角弯板的综合特征。因此板厚处理方法是: 圆口取中性层直径; 方口取内表面尺寸 (精度要求不高时); 高度取上下口中性层间的垂直距离。图 2-50b 所示为圆方过渡接头经上述板厚处理得到的展开单线图。

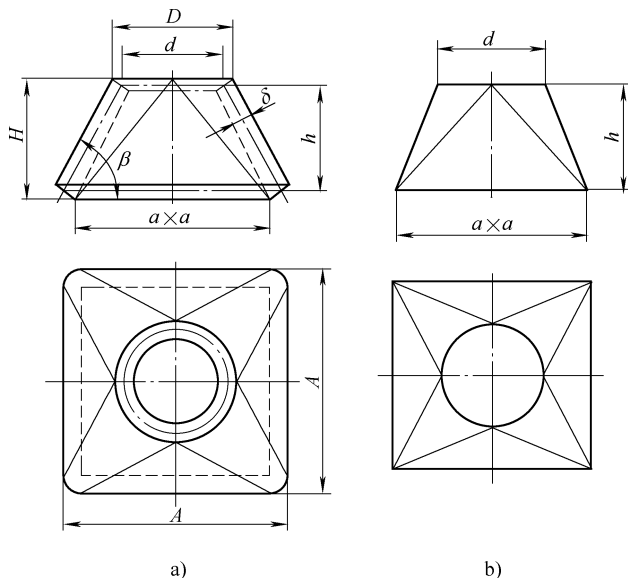


图 2-50 圆方过渡接头的板厚处理

a) 实样图 b) 单线图

3. 相贯件的板厚处理

相贯件的板厚处理, 除解决各形体的展开长度外, 还要重点处理形体相贯的接口线, 以便确定各形体表面素线的长度。下面举两例说明相贯件的板厚处理方法。

(1) 等径直角弯头

的板厚处理 厚板制成的两节等径直角弯头, 展开时若不经正确的板厚处理, 会造成两管接口处不平, 中间出现很大的缝隙, 而且两管轴线的交角和结构装配尺寸也不能保证, 如图 2-51a 所示。

正确的板厚处理方法是: 在保证弯头接口处为平面的前提下, 确定两管的实际接口线。由图 2-51b 可知, 弯头内侧两管外表面接触, 弯头外侧两管内表面接触, 中间自然过渡。所以, 展开单线图中, 以轴线位置为界, 弯头内侧要画出外表面素线, 弯头外侧则画出内表面素线, 并以此确定展开图上各素线高度 (长度)。此外, 圆管展开长度还应取中性层周长, 而各素线在展开长度方向的位置, 仍取其对应的中性层位置。具体作法如下:

1) 用已知尺寸画出弯头的主视图和实际接口线。

2) 以轴线为界画出内、外圆断面图, 并将其 4 等分, 得等分点 1、2、3、4、5。由等分点引上垂线, 得过各等分点的圆管素线及接口线的交点 1'、2'、3'、4'、5'。

3) 作展开。在主视图底口延长线上, 截取 $1-1' = \pi(D - \delta)$, 并 8 等分。由等分点引上垂线 (素线), 与由接口线上各点向右所引水平线相交, 对应交点连成光滑曲线, 即得弯头单管展开图。

以上两节等径直角弯头的板厚处理方法, 也适用于其他类似的构件, 如多节圆管弯头等。

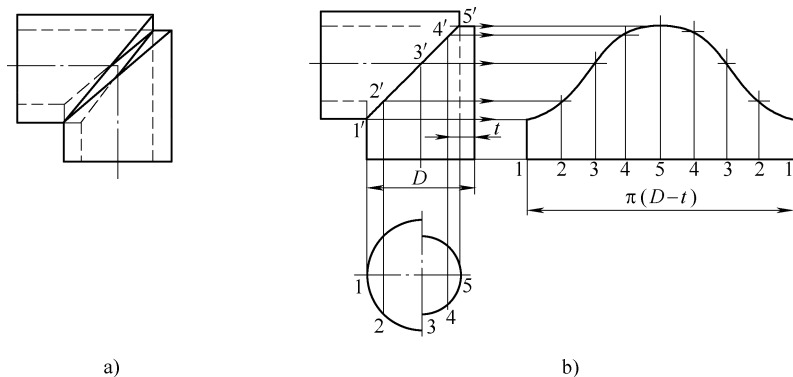


图 2-51 等径直角弯头的板厚处理
a) 未经正确的板厚处理 b) 经板厚处理的展开图

(2) 异径直交三通管的板厚处理 如图 2-52 所示为一个异径直交三通管，由左视图可知，两管相贯是以支管的内表面和主管的外表面相接触。因此，应以支管内柱面与主管外柱面相贯，求出实际接口线，并以此确定两管展开图上各素

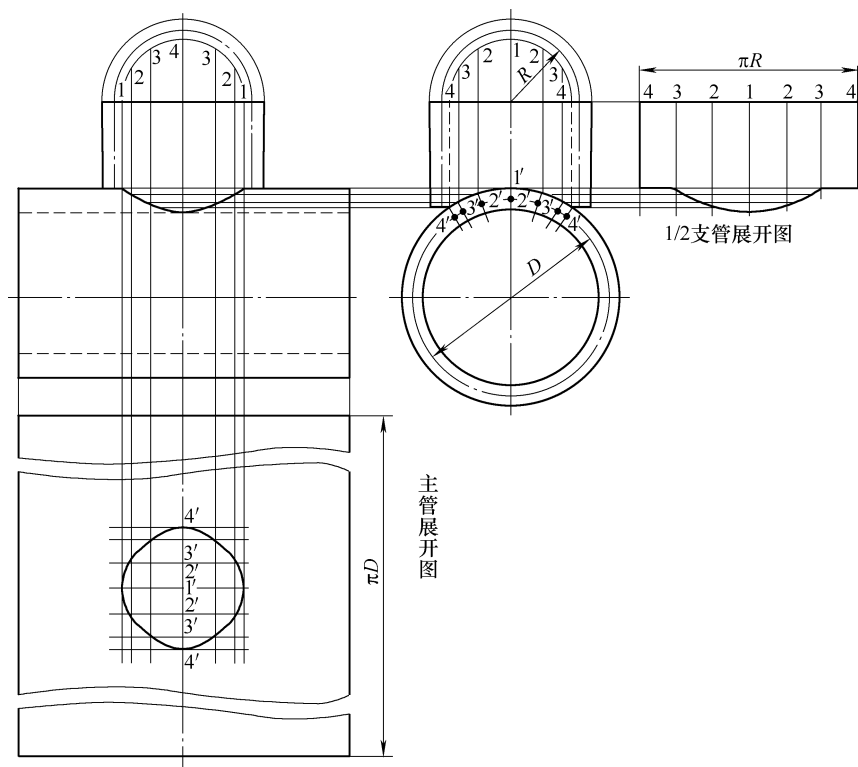


图 2-52 异径直交三通管的板厚处理



线的长度。此外,两管的展开长度及其素线的对应位置,仍以中性层尺寸为准。板厚处理的具体方法及展开作图如图 2-52 所示,不再详细说明。

八、构件的计算展开知识

在加工各种板材、型材弯形件时,需要准确计算出弯形件用料长度并确定弯曲线位置。这里举例介绍常见的各种类型弯形件的料长计算方法。

1. 板材弯形料长计算

板材弯形时中性层的位置按式 (2-1) 确定。

例 12 如图 2-53 所示为一板材弯形件,已知 $l_1 = 200 \text{ mm}$, $l_2 = 300 \text{ mm}$, $r = 60 \text{ mm}$, $\alpha = 150^\circ$, $\delta = 15 \text{ mm}$, 求料长 L 。

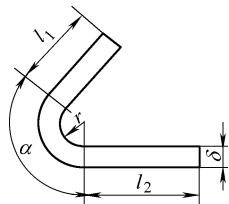


图 2-53 板材的弯形件

解: 由于相对弯形半径 $r/\delta = \frac{60}{15} = 4 < 5.5$, 从表 2-1 中得 $K = 0.45$ 。根据式 (2-1) 得中性层弯形半径为:

$$R_{\text{中}} = r + K\delta = (60 + 0.45 \times 15) \text{ mm} = 66.75 \text{ mm}$$

$$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} = \left(200 + 300 + \frac{3.14 \times 150^\circ \times 66.75}{180^\circ} \right) \text{ mm} = 674.66 \text{ mm}$$

2. 圆钢弯形料长计算

圆钢弯形时中性层位置按式 (2-1) 确定。

例 13 图 2-54 所示为一圆钢双弯 90° 件。已知 $l_1 = l_2 = 500 \text{ mm}$, $R_1 = 100 \text{ mm}$, $R_2 = 150 \text{ mm}$, $d = 12 \text{ mm}$, 求展开料长 L 。

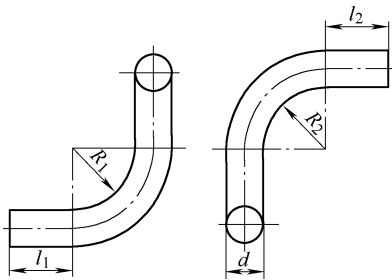


图 2-54 圆钢弯形件

解: 由于此件两个弯曲弧段的相对弯形半径均大于 5.5, 所以中性层与弯形件中心线重合。解得:

$$\begin{aligned} L &= l_1 + l_2 + \frac{\pi \alpha R_{1\text{中}}}{180^\circ} + \frac{\pi \alpha R_{2\text{中}}}{180^\circ} \\ &= \left[500 + 500 + \frac{3.14 \times 90^\circ \times \left(100 + \frac{12}{2} \right)}{180^\circ} + \frac{3.14 \times 90^\circ \times \left(150 + \frac{12}{2} \right)}{180^\circ} \right] \text{ mm} \\ &= 1411.34 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. 扁钢的弯形料长计算

扁钢弯形时中性层的位置按式 (2-1) 确定。

例 14 图 2-55 所示为一扁钢圈, 已知 $D_1 = 700 \text{ mm}$, $D_2 = 600 \text{ mm}$, $b = 50 \text{ mm}$, $\delta = 20 \text{ mm}$, 求料长 L 。



解：计算相对弯形半径 r/δ ，判定中性层是否偏移，在计算 r/δ 时， δ 的取值应按弯形方向取值。在此，应取 $\delta = b = 50\text{mm}$ 。

$$\frac{r}{\delta} = \frac{300}{50} = 6 > 5.5$$

中性层不发生偏移

$$L = \pi(D_1 - b) = [3.14 \times (700 - 50)] \text{mm} \\ = 2041\text{mm}$$

考虑到扁钢圈有一定的宽度，为使弯形后接缝能对齐，实际下料时，可按计算料长留出 30 ~ 50 mm 的加工余量，待扁钢圈弯好后再切去；或在下料时，在两端预先切出斜口，具体作法如图 2-56 所示。

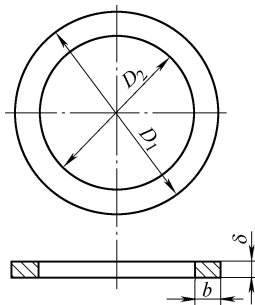


图 2-55 扁钢圈

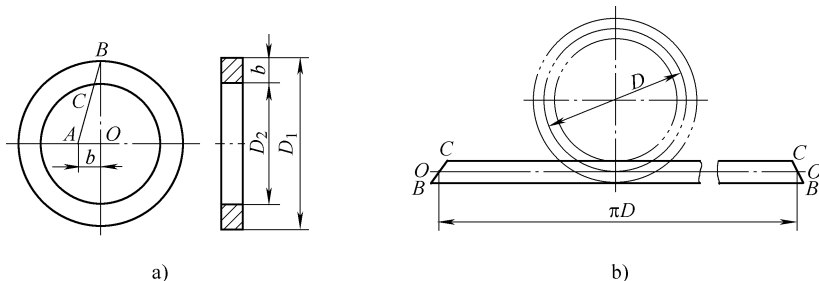


图 2-56 扁钢圈斜切口作法

a) 结构图 b) 展开图

1) 画互相垂直的中心线交点为 O ，以 O 点为圆心， D_1 、 D_2 为直径分别画扁钢圈的内圆和外圆，外圆与中心线的一个交点为 B 。

2) 取 $OA = b$ ，连接 AB 交内圆于 C 。

3) BC 即为所求扁钢圈两端切成的斜切口。

4. 角钢的弯形料长计算

角钢的断面是不对称的，所以角钢弯形中性层不在角钢截断面的几何中心，而在其重心位置上。

(1) 等边角钢内弯

例 15 图 2-57 所示为一等边角钢内弯工件，已知 $R = 500\text{mm}$ ， $\alpha = 150^\circ$ ，角钢规格为 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 4\text{mm}$ ，求展开料长 L 。

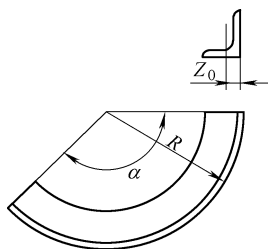


图 2-57 等边角钢内弯

解：中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R - Z_0$ ，查得 $Z_0 = 14.6\text{mm}$ ，则

$$L = \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} = \left[\frac{3.14 \times 150^\circ \times (500 - 14.6)}{180^\circ} \right] \text{mm} = 1270.13\text{mm}$$



(2) 等边角钢外弯

例 16 如图 2-58 所示, 已知等边角钢外弯 150° , 两端直边长度 $l_1 = l_2 = 150\text{mm}$, 内圆弧半径 $R = 100\text{mm}$, 角钢规格为 $45\text{mm} \times 45\text{mm} \times 5\text{mm}$, 求展开料长 L 。

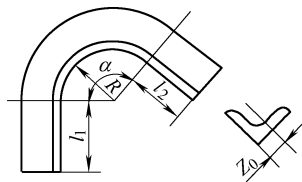


图 2-58 等边角钢外弯

解: 中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R + Z_0$, 查得 $Z_0 = 13\text{mm}$, 则

$$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} = \left[150 + 150 + \frac{3.14 \times 150^\circ \times (100 + 13)}{180^\circ} \right] \text{mm} = 595.68\text{mm}$$

(3) 不等边角钢长边内弯

例 17 图 2-59 所示为一不等边角钢长边内弯件, 已知两直边 $l_1 = 40\text{mm}$, $l_2 = 200\text{mm}$, 外圆弧半径 $R = 240\text{mm}$, 弯形角 $\alpha = 120^\circ$ 角钢规格为 $90\text{mm} \times 56\text{mm} \times 7\text{mm}$, 求展开料长 L 。

解: 中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R - Y_0$, 查得 $Y_0 = 30\text{mm}$, 则

$$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} = \left[40 + 200 + \frac{3.14 \times 120^\circ \times (240 - 30)}{180^\circ} \right] \text{mm} = 679.6\text{mm}$$

(4) 不等边角钢短边内弯

例 18 图 2-60 所示为一不等边角钢短边内弯件, 已知内圆弧半径 $R = 300\text{mm}$, 角钢规格为 $70\text{mm} \times 45\text{mm} \times 5\text{mm}$, 求展开料长 L 。

解: 中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R + 45 - X_0$, 查得 $X_0 = 10.6\text{mm}$, 则

$$L = 2\pi R_{\text{中}} = [2 \times 3.14 \times (300 + 45 - 10.6)] \text{mm} = 2100.03\text{mm}$$

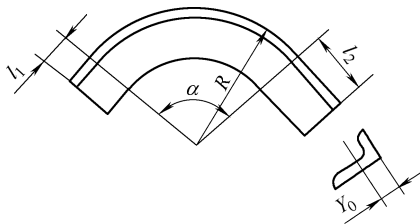


图 2-59 不等边角钢长边内弯

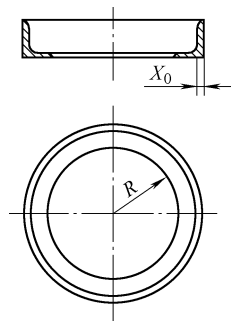


图 2-60 不等边角钢短边内弯

(5) 不等边角钢长边外弯

例 19 图 2-61 所示为一不等边角钢长边外弯件, 已知外圆弧半径 $R = 250\text{mm}$, 弯形角 $\alpha = 60^\circ$, 角钢规格为 $70\text{mm} \times 45\text{mm} \times 5\text{mm}$, 求展开料长 L 。



解：中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R - 70 + Y_0$ ，查得 $Y_0 = 22.8\text{mm}$ ，则

$$L = \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} = \left[\frac{3.14 \times 60^\circ \times (250 - 70 + 22.8)}{180^\circ} \right] \text{mm} = 212.26\text{mm}$$

(6) 不等边角钢短边外弯

例 20 图 2-62 所示为一不等边角钢短边外弯件，两直边 $l_1 = l_2 = 400\text{mm}$ ，内圆弧半径 $R = 200\text{mm}$ ，弯形角 $\alpha = 100^\circ$ ，角钢规格为 $63\text{mm} \times 40\text{mm} \times 6\text{mm}$ ，求展开料长 L 。

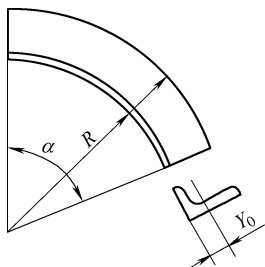


图 2-61 不等边角钢长边外弯

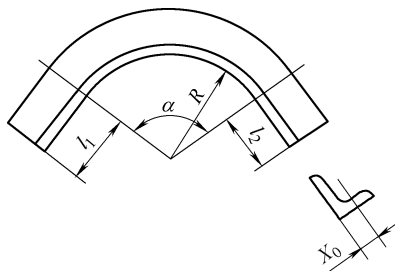


图 2-62 不等边角钢短边外弯

解：中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R + X_0$ ，查得 $X_0 = 9.9\text{mm}$ ，则

$$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} = \left[400 + 400 + \frac{3.14 \times 100^\circ \times (200 + 9.9)}{180^\circ} \right] \text{mm} = 1166.16\text{mm}$$

5. 槽钢弯形料长计算

槽钢弯形分为两种形式：一种是平弯，另一种是立弯（或称旁弯）。

(1) 槽钢平弯料长计算 槽钢平弯时，其中性层位置按式 (2-1) 确定。

例 21 已知槽钢平弯 90° （见图 2-63），两直边长度 $l_1 = 300\text{mm}$ ， $l_2 = 200\text{mm}$ ，内圆弧半径 $R = 400\text{mm}$ ，槽钢规格为 14a，求展开料长 L 。

解：中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R + Kh$ 查得 $h = 140\text{mm}$

$$\frac{R}{h} = \frac{400}{140} = 2.86, \text{查表 2-1 得 } K = 0.42$$

$$\begin{aligned} l &= l_1 + l_2 + \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} \\ &= \left[200 + 300 + \frac{3.14 \times 90^\circ \times (400 + 0.42 \times 140)}{180^\circ} \right] \text{mm} = 1220.3\text{mm} \end{aligned}$$

(2) 槽钢立弯料长计算 槽钢立弯时的料长计算，中性层以重心距为准。

例 22 图 2-64 所示为槽钢外弯工件，已知两直边长度分别为 $l_1 = 100\text{mm}$ ， $l_2 = 200\text{mm}$ ，内圆弧半径 $R = 500\text{mm}$ ，弯形角 $\alpha = 90^\circ$ ，槽钢规格为 14a，求该工件的展开料长 L 。

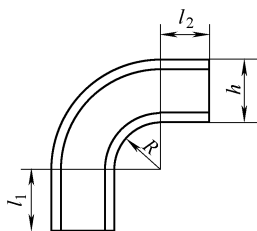


图 2-63 槽钢平弯

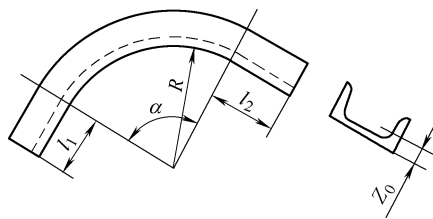


图 2-64 槽钢立弯

解：中性层弯形半径 $R_{\text{中}} = R + Z_0$ ，查得 $Z_0 = 16.7\text{mm}$ ，则

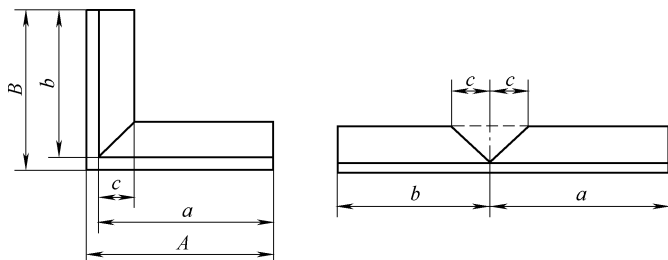
$$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi \alpha R_{\text{中}}}{180^\circ} = \left[100 + 200 + \frac{3.14 \times 90^\circ \times (500 + 16.7)}{180^\circ} \right] \text{mm} = 1111.22\text{mm}$$

6. 型钢切口弯形时料长及切口的确定

型钢若要弯成折角或小圆角，必须在型钢的适当位置作出一定形状的切口，才能完成弯形。因此，对型钢进行切口弯形时，除需计算其料长外，还要在放样中确定其切口的位置、形状和尺寸。

(1) 角钢弯形切口形状及料长

1) 角钢内折弯 90° 的料长及切口形状，如图 2-65 所示。

图 2-65 角钢内折弯 90° 的料长及切口形状

2) 角钢内折弯任意角的料长及切口形状，如图 2-66 所示（图中为锐角）。

3) 角钢内弯 90° 小圆角的料长及切口形状，如图 2-67 所示。其中图 2-67a 所示切口位于分角线上，图 2-67b 所示为其切口形状及料长；图 2-67c 所示为切口位于直角边线上，图 2-67d 所示为其切口形状及料长。

$$\text{图 2-67 中, } c = \frac{\pi}{2} \left(R + \frac{d}{2} \right)$$

式中 c ——弯形面的中心弧长 (mm)；

R ——内圆弧半径 (mm)；

d ——角钢的厚度 (mm)；

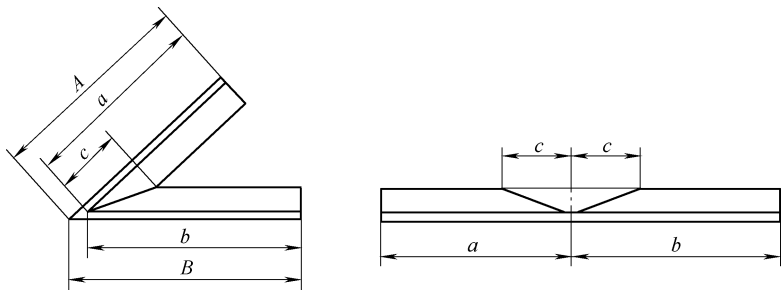
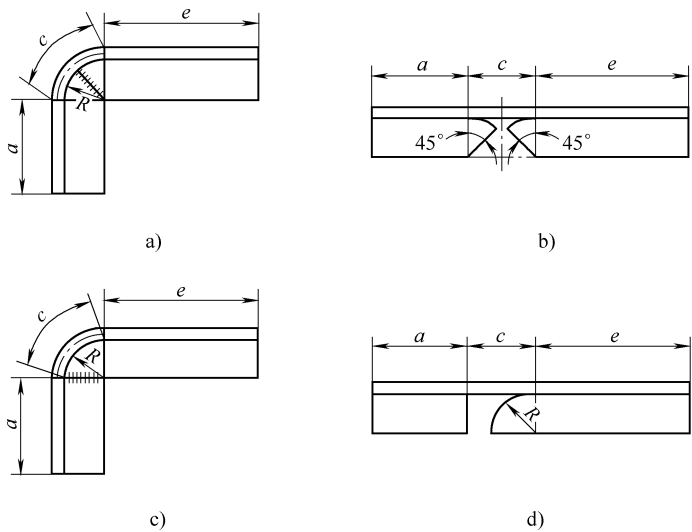


图 2-66 角钢内弯任意角料长及切口形状



c —弯形面的中心弧长 (mm)

R —内圆弧半径 (mm) d —角钢的厚度 (mm)

图 2-67 角钢内弯 90° 小圆角的料长及切口形状

a)、b) 切口位于分角线及其切口形状、料长

c)、d) 切口位于直角边线及其切口形状、料长

(2) 槽钢弯形切口形状及料长

1) 槽钢平弯任意角圆角其料长及切口形状, 如图 2-68 所示。

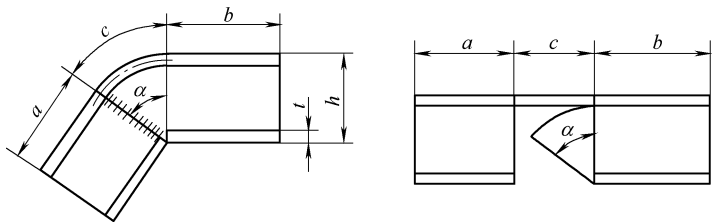


图 2-68 槽钢平弯任意角圆角料长及切口形状



$$c = \frac{\pi \alpha \left(h - \frac{t}{2} \right)}{180}$$

式中 c ——弯形立面的中心弧长 (mm);

h ——槽钢面宽 (mm);

t ——翼板厚度 (mm);

α ——弯形角 ($^{\circ}$)。

2) 槽钢弯制矩形框其一半料长及切口形状, 如图 2-69 所示。

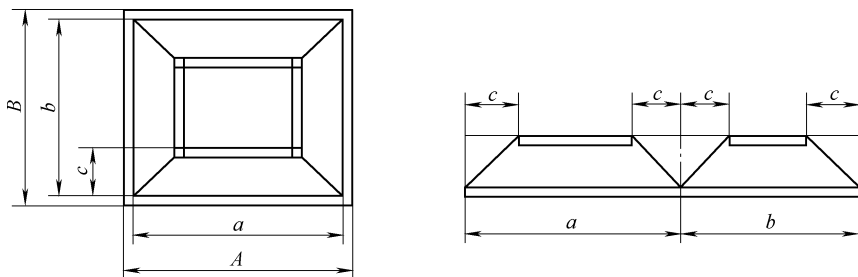


图 2-69 槽钢弯制矩形框料长及切口形状

◆◆◆ 第三节 放样的技能训练实例

● 训练1 裤形三通的下料

如图 2-70 所示将各管分块展开下料并成形, 最后总装。

1. 操作前准备

(1) 工具 锤子、錾子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板, 450mm × 200mm × 2mm; 油毛毡。

(3) 设备 焊机、型台。

2. 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) 各管结合线必须错开 180°, 接合

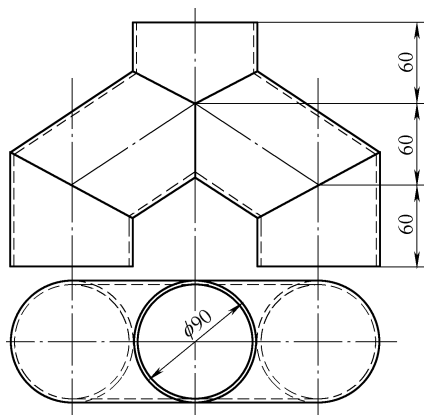


图 2-70 裤形三通



缝只允许定位焊。

3) 操作时间为 300min。

3. 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、技术要求明确构件材质为 2mm 厚的普通低碳钢, 工艺性好; 工件为相贯件, 尺寸精度要求较高, 单件需手工完成。手工成形难度较大, 装配精度较高; 构件两腿左右对称, 可共用样板组配成形。

(2) 样板制作 (油毛毡)

1) 线形放样。

① 确定线形放样基准, 以中心线和下口轮廓线为长度、高度基准。

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。

2) 结构放样。

① 确定工件相贯线并以相贯线为界划分为五部分, 各管件结合线需要互相交错 180° 。

② 制作管口卡形样板, 并注明内径尺寸; 量取主要素线 (各管最前、后、左、右素线) 长度并记录 (相对弯曲半径 $r_{\text{内}}/\delta$ 很大, 板厚可以忽略不计)。

3) 展开放样。

① 各管件均为斜截圆柱管, 适用平行线展开法展开。

② 展开得到主管和左 (右) 腿号料样板, 用手剪仔细剪除多余边料, 线性尺寸测量展开弧长、主要素线长度是否标准。

(3) 号料与下料 根据得到的样板在 2mm 厚的钢板上号出五块坯料, 注意各特殊点要用样冲打出标记。手工鋸切下料, 锉削至符合尺寸要求。

(4) 成形装配 在型台上分别将各管成形, 使每条素线与型台轴线平行, 木锤敲击伸出部位, 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。成形后在结合线定位焊后用卡形样板检查管口圆度并修形至符合标准, 后修整各管口平面度, 在不改变主要素线长度的前提下将各管口修平。按几何尺寸要求将各管件装配完成后用卡形样板检查上下口圆度, 整形至符合标准。

(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。

(6) 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。鋸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,成形后外表面应平整光滑无明显锤痕。

• 训练2 方管直交斜圆锥管

如图 2-71 所示将锥管与柱管分块展开下料并成形,最后总装。

1. 操作前准备

(1) 工具 锤子、錾子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta = 2\text{mm}$; 油毛毡。

(3) 设备 焊机、型台。

2. 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) 锥管结合线在最左素线。支管分两块下料成形。接合缝只允许定位焊。

3) 操作时间为 300min。

3. 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、技术要求明确构件材质为 2mm 厚的普通低碳钢,工艺性好;工件为相贯件,尺寸精度要求较高,单件需手工完成。手工成形难度较大,装配精度较高;锥柱相贯夹角须在视图中求取;柱管前后对称,一次成形难度较大,需分为前后两块成形组配后与锥管装配。

(2) 样板制作(油毛毡)

1) 线形放样。

① 确定线形放样基准,以俯视图中中心线为长度、宽度基准。

② 按几何尺寸做出构件基本轮廓线形。构件形状前后对称,为节省工时可只画出工件一半线形。

2) 结构放样。

① 素线法求取工件相贯线并以相贯线为界划分为锥、柱管,锥管件结合线在最左素线、柱管结合线以宽度中心线将柱管等分为前后对称两部分。

② 制作管口卡形样板并注明内径尺寸;量取主要素线(锥管最前、后、左、右素线;柱管四条棱线)长度并记录(锥管相对弯曲半径 $r_{\text{内}}/\delta$ 很大,板厚可以忽略不计;柱管以内皮长度作板厚处理及确定展开料长)。

3) 展开放样。

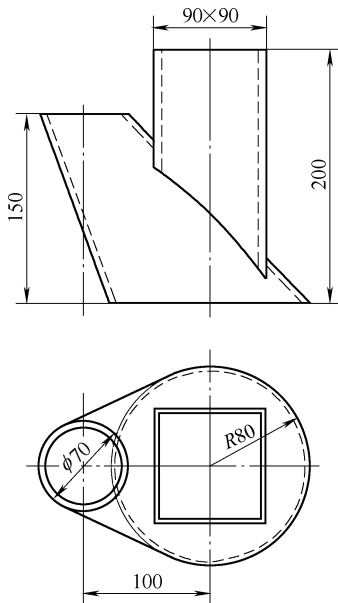


图 2-71 工件图



① 柱管件用平行线展开法展开、锥管放射线法展开。

② 展开得到锥管和柱管号料样板，用手剪仔细剪除多余边料，线性尺寸测量锥管上下口展开弧长、主要素线长度及柱管棱线高度、展开长度是否标准。

(3) 号料与下料 根据得到的样板在 2mm 厚的钢板上号出三块坯料，注意各特殊点要用样冲打出标记。手工铰切下料，锉削至符合尺寸要求。

(4) 成形装配 在型台上将锥管成形，使每条素线与型台轴线平行，用木锤敲击伸出部位，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；台虎钳上折弯柱管，注意前后两半折弯方向应该相反。成形后在结合线处定位焊后用卡形样板检查锥管管口圆度并修形至符合标准；检查柱管边长、直线度及对角线尺寸；后修整各管口平面度，在不改变主要素线长度的前提下将各管口修平。按几何尺寸要求将两管件装配完成后用卡形样板检查上下口圆度、角度、平面度等，整形至符合标准。

(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。

(6) 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。铰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，成形后外表面应平整光滑无明显锤痕。

• 训练3 方管直交圆柱管

如图 2-72 所示将主管与支管分块展开下料并成形，最后总装。

1. 操作前准备

(1) 工具 锤子、铰子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板， $\delta = 2\text{mm}$ ；油毛毡。

(3) 设备 焊机、型台。

2. 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。接合缝只允许定位焊。

3) 操作时间为 300min。

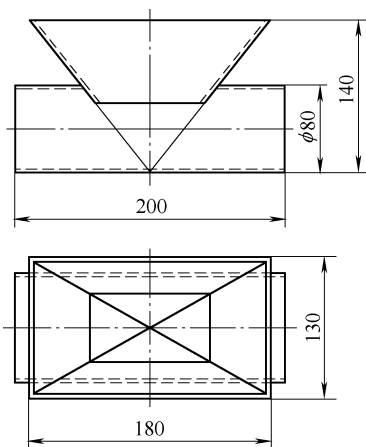


图 2-72 方管直交圆柱管



3. 操作工艺

(1) 熟悉图样、工艺、认真阅读技术要求及考核要求 审读图样、技术要求明确构件材质为 2mm 厚普通低碳钢,工艺性好;工件为相贯件,尺寸精度要求较高,单件需手工完成。手工成形难度较大,装配精度较高;锥柱相贯夹角须在视图中求取;棱锥管前后对称,一次成形难度较大,须分为前后两块成形组配后与圆柱管装配。

(2) 样板制作(油毛毡)

1) 线形放样。

① 确定线形放样基准,以俯视图中中心线为长度、宽度基准。

② 按几何尺寸做出构件基本轮廓线形。构件形状前后对称,为节省工时俯视图可只画出工件一半线形即可。

2) 结构放样。

① 素线法求取工件相贯线并以相贯线为界划分为锥管、柱管,圆柱管结合线在最下素线、棱锥管结合线以宽度中心线分为前后对称两部分。

② 制作管口卡形样板,并注明内径尺寸;量取主要素线(锥管结合线、棱线;圆柱管最上素线距孔口)长度并记录。(圆柱管相对弯曲半径 $r_{\text{内}}/\delta$ 很大,板厚可以忽略不计;棱锥管以内皮长度作板厚处理及确定展开料长)。

3) 展开放样。

① 圆柱管用平行线展开法展开、棱锥管放射线法展开。

② 展开得到锥管和柱管号料样板,用手剪仔细剪除多余边料,线性尺寸测量圆柱管展开弧长、主要素线长度及棱锥管棱线高度、展开长度是否标准。

(3) 号料与下料 根据得到的样板在 2mm 厚钢板上号出三块坯料,注意各特殊点要用样冲打出标记。手工錾切下料,锉削至符合尺寸要求。

(4) 成形装配 在型台上将圆柱管成形,使每条素线与型台轴线平行,用木锤敲击伸出部位,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;台虎钳上折弯棱锥管。成形后在接合线定位焊后用卡形样板检查柱管管口圆度并修整至符合标准;检查棱锥管边长、直线度及对角线尺寸;后修整各管口平面度,在保证主要素线尺寸的前提下将各管口修平。按几何尺寸要求将两管件装配完成后用卡形样板检查管口圆度、角度、平面度等,整形至符合标准。

(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。

(6) 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。錾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, 成形后外表面应平整光滑无明显锤痕。

复习思考题

一、选择题

- 冷作钣金产品一般体积较大, () 较差, 易变形。
A. 韧性 B. 刚度 C. 弹性 D. 缩性
- 装配连接是将成形后的零件或构件按 () 要求进行组装。
A. 图纸 B. 图样 C. 工艺 D. 技术
- 冷作钣金工施工时一般需要拼接的构件, 图样上通常不予标出, 这就需要按 () 合理安排拼接方式。
A. 实际情况 B. 进料情况 C. 受力情况 D. 技术要求
- 平行法适用于素线相互 () 的构件的展开。
A. 平行 B. 垂直 C. 倾斜 D. 交叉
- 展开棱台体、圆台体一般用 () 法。
A. 旋转 B. 三角形 C. 平行线 D. 放射线
- 取角度样板放样时可根据实际情况采取 () 比例。
A. 2:1 B. 1:2 C. 1:5 D. 一定
- 加工成形是按放样划的轮廓线, 进行 () 并加工成一定形状。
A. 拼接 B. 焊接 C. 切割分离 D. 矫正
- () 放样、展开放样是最基本、应用最广的。
A. 实尺 B. 比例 C. 作图 D. 计算机
- 冷作钣金图样中剖视图、局部放大图、() 等较多。
A. 局部剖视 B. 省略画法 C. 不按比例 D. 简单画法
- 冷作钣金工在划线过程中通常较短直线采用直尺和角尺划出, 而较长直线一般用 ()。
A. 长直尺划出 B. 延长线 C. 分段划出 D. 粉线弹出
- () 应从技术要求和相关技术参数里了解。
A. 加工工艺 B. 加工方法 C. 组装工艺 D. 施工工艺
- 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
- 平行线法适用于 () 侧表面展开。
A. 棱柱体 B. 棱柱体及其截体 C. 锥体 D. 锥体及其截体
- 三角形法适用于 () 表面展开。
A. 天圆地方 B. 斜圆锥 C. 组合件 D. 相贯件
- 为了准确地反映结构的实际形状和尺寸, 放样比例是 ()。
A. 一定的比例 B. 1:1 C. 1:2 D. 2:1



16. 画()图的过程称为展开放样。
A. 展开 B. 视 C. 主视 D. 放样
17. 放射线法适用()表面展开。
A. 天圆地方 B. 棱柱体 C. 棱锥体 D. 圆柱体
18. 对一些不可展曲面进行近似展开,大多采用的是()法。
A. 平行线 B. 放射线 C. 三角形 D. 旋转
19. 放样可以作为制造样板,加工和()工作的依据。
A. 拼接 B. 组对 C. 装配 D. 连接
20. 画()图的过程称为展开放样。
A. 展开 B. 视 C. 主视 D. 放样
21. 展开棱台体、圆台体一般用()法。
A. 旋转 B. 三角形 C. 平行线 D. 放射线
22. 冷作钣金加工板厚大于()mm时,都要进行板厚处理。
A. 1.5 B. 2 C. 2.5 D. 3
23. 以折弯的()尺寸为展开依据的是折弯构件特点。
A. 中心层 B. 中性层 C. 内侧 D. 外侧
24. 依据板厚的()尺寸作为展开依据的是圆弧形构件。
A. 测量 B. 内径 C. 外径 D. 中心线
25. 异径直交三通管大圆管上孔的展开时,应以()尺寸为准。
A. 外层 B. 内层 C. 接触 D. 1/2
26. 异径斜交三通管支管长度以中心线为界一半以()高度为准,另一半以内层高度为准。
A. 内层 B. 1/2 C. 外层 D. 中性层
27. 展开中消除板厚对()的影响就是板厚处理。
A. 构件 B. 表面 C. 尺寸 D. 形状
28. 冷作钣金工对板厚处理的最小厚度是()mm。
A. 2 B. 2.5 C. 0.5 D. 1.5
29. 依据板厚的()尺寸作为展开依据的是圆弧形构件。
A. 内径减一个皮厚 B. 中心线 C. 外径 D. 内径
30. 相贯构件板厚处理时,以连接处()部位尺寸为展开依据。
A. 里皮 B. 外皮 C. 接触 D. 中心
31. 三节90°弯管的板厚处理每节圆管的展开弧长以板厚的()尺寸为准。
A. 中心层 B. 内层 C. 接触 D. 外层减二个皮厚
32. 板厚处理以()尺寸为展开依据的是矩形管。
A. 内侧加两个皮厚 B. 内侧 C. 外侧减一个皮厚 D. 外形
33. 按()对弯曲件展开计算料长。
A. 外层减一个皮厚 B. 内层加一个皮厚 C. 中性层 D. 中心层
34. 折弯构件以折弯的()尺寸为展开的依据。



- A. 内侧 B. 外侧 C. 内侧加一个皮厚 D. 外侧减一个皮厚

35. 圆锥管的上下口取其板厚的 () 为展开依据。

- A. 内径加二个皮厚 B. $1/4$ C. 外径 D. $1/2$

36. 方圆过渡管板厚处理高度取板厚 () 高度。

- A. 里皮 B. 外皮 C. 中心 D. 斜

37. 异径直交三通管大圆管上孔的展开时, 应以 () 尺寸为准。

- A. 外层 B. 内层 C. 接触 D. $1/2$

38. 展开计算的依据是 ()。

- A. 中心层 B. 中性层 C. 内层 D. 外层

39. 方圆过渡管的板厚处理, 圆口周长以板厚的 () 尺寸为准。

- A. $1/2$ B. $1/4$ C. 内径 D. 外径

40. 异径直交三通管大小圆管展开长度均以板厚的 () 为准。

- A. $1/2$ B. 内层 C. 外层 D. 接触

41. 圆锥管的展开高度通常取板厚的 () 高。

- A. 里皮 B. 外皮减二个皮厚 C. 中心线 D. $1/4$

42. 方圆过渡管的板厚处理, 方口以板厚 () 尺寸为准。

- A. 外层 B. 里层 C. 里层加皮厚 D. 外层减皮厚

二、判断题

1. () 方圆过渡管板厚处理时, 圆口周长以板厚的 $1/2$ 尺寸为准。
2. () 展开计算的依据是中心层。
3. () 板厚处理相贯构件时, 以连接处接触部位尺寸为展开依据。
4. () 异径斜交三通管支管长度以中心线为界一半以内层高度为准, 另一半以外层高度为准。
5. () 冷作钣金工对板厚处理的最小厚度是 1mm 。
6. () 矩形管的板厚处理是按内侧尺寸作为展开依据。
7. () 三节 90° 弯管的板厚处理其高度尺寸以中心线为界, 一半为内层高度为准, 另一半以外层高度为准。
8. () 异径直交三通管大圆上孔的展开在以小管直径的外层尺寸为准。
9. () 材料利用率是指材料上零件的面积与材料总面积之比。
10. () 方圆接管一般用直角梯形法展开。
11. () 由两个或两个以上的基本几何体组成的构件叫相贯体。
12. () 冷作钣金图样中有些非主要简单的零件则不予反映。
13. () 冷作钣金图样中有些零件尺寸不予标注, 而是通过计算或放样求出的。
14. () 画在平面上的基本视图称展开图。
15. () 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。
16. () 直角三角形法是求实长线的唯一方法。

第三章

下料



学习目标

1. 掌握孔的加工方法。
2. 掌握钻头刃磨方法。
3. 掌握气割操作。
4. 掌握扁铲、剋子热处理工艺。
5. 掌握剪床操作工艺及设备的维护保养。
6. 掌握冲床操作工艺及设备的维护保养。
7. 掌握等离子切割工艺。

第一节 钻 孔

一、麻花钻构造及切削部分的几何角度

1. 麻花钻构造

麻花钻是最常用的一种钻头，它由柄部、颈部和工作部分组成，如图 3-1 所示。

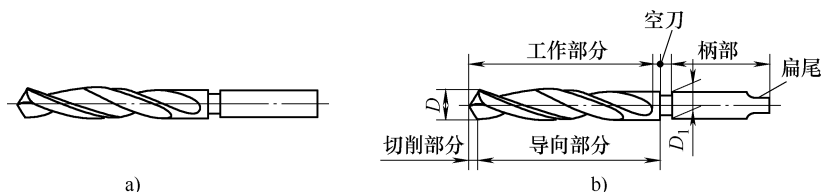


图 3-1 标准麻花钻
a) 直柄钻头 b) 锥柄钻头



(1) 柄部 柄部是钻头的夹持部分, 用来传递钻孔时所需的转矩和轴向力, 并使钻头的轴线保持正确的位置。

(2) 空刀 磨削钻头时砂轮退刀用, 一般在该表面上刻印商标、钻头直径和材料牌号。

(3) 工作部分 由切削部分和导向部分组成。切削部分包括横刃及两条主切削刃, 起着主要的切削作用。两条相对的螺旋槽用来形成切削刃, 并起着排屑和输送切削液的作用; 导向部分在切削过程中可保持钻头垂直的切削方向和具有修光孔壁的作用, 同时还是主切削刃的后备部分。

2. 切削部分的工作角度

在图 3-2 中, 钻孔时的切削平面为图中的 $P_p - P_p$, 基面为图中的 $P_r - P_r$ 。

(1) 顶角 2ϕ 钻头两主切削刃在其平行平面 $M-M$ 上的投影所夹的角称顶角。

标准麻花钻的顶角 $2\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$ 。此时两主切削刃呈直线形。 $2\phi > 118^\circ$ 时, 则主切削刃呈内凹形; $2\phi < 118^\circ$ 时, 主切削刃呈外凸形。

顶角影响主切削刃上切削力的大小。顶角越小, 则轴向力越小, 同时使钻头外缘处的刀尖角 ε_r 增大, 有利于散热和提高钻头寿命。但顶角减小后, 在相同的条件下, 钻头所受的切削转矩要增大, 而且切屑卷曲厉害, 排屑不便和妨碍切削液的进入。

顶角的大小可根据所加工材料的性质, 由钻头刃磨时决定, 一般钻硬材料要比钻软材料选用得大些。

(2) 螺旋角 ω 主切削刃上最外缘处螺旋线 (称为第一副后刀面) 的切线与钻头轴线之间的夹角称为螺旋角。

标准麻花钻的螺旋角, 直径在 10mm 以上的, $\omega = 30^\circ$; 直径在 10mm 以下的, $\omega = 18^\circ \sim 30^\circ$ 。直径越小, ω 也越小。

在钻头的不同半径处, 螺旋角的大小是不等的, 从钻头外缘到中心逐渐减小。螺旋角越小, 在其他条件相同时, 钻头的强度越高。螺旋角一般以外缘处的数值来表示。

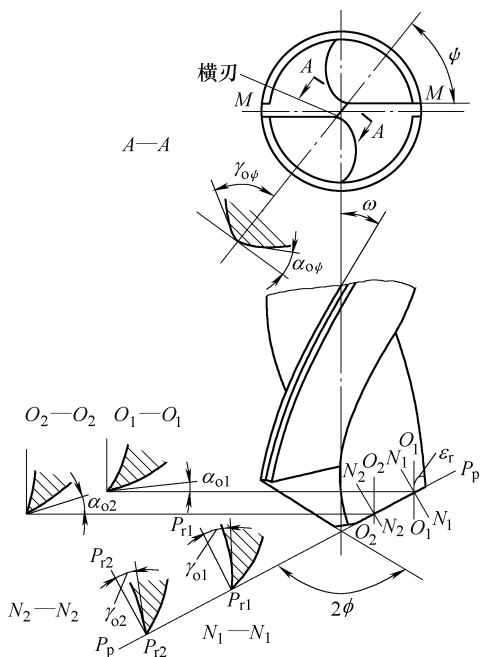


图 3-2 麻花钻的工作角度



(3) 前角 γ_o 。它是在正交平面 N_1-N_1 或 N_2-N_2 (通过主切削刃上选定点并同时垂直于切削平面和基面的平面) 内, 前刀面与基面之间的夹角 (γ_{o1} , γ_{o2})。

钻头的前角在外缘处最大 (一般为 30° 左右), 自外缘向中心逐渐减小 (图中 $\gamma_{o1} > \gamma_{o2}$), 在中心钻头直径的三分之一范围内为负值。接近横刃处的前角为 -30° , 在横刃上的前角 $\gamma_{\omega\phi} = -54^\circ \sim -60^\circ$ (图中 $A-A$ 剖面)。前角的大小与螺旋角有关 (横刃处除外)。螺旋角越大, 前角越大。在外缘处的前角与螺旋角数值相近。

前角的大小决定着切除材料的难易程度和切屑在前刀面上的摩擦阻力。前角越大, 切削越省力。

(4) 后角 α_o 。它是在假定圆柱截面 O_1-O_1 或 O_2-O_2 内, 后刀面与切削平面之间的夹角 (α_{o1} 或 α_{o2})。

主切削刃上每一点的后角也是不等的。与前角相反, 在外缘处最小, 越近中心则越大 (图中 $\alpha_{o2} > \alpha_{o1}$)。一般麻花钻外缘处的后角按钻头直径大小分为:

$D < 15\text{mm}$	$\alpha_o = 10^\circ \sim 14^\circ$
$D = 15 \sim 30\text{mm}$	$\alpha_o = 9^\circ \sim 12^\circ$
$D > 30\text{mm}$	$\alpha_o = 8^\circ \sim 11^\circ$

钻心处的后角 $\alpha_o = 20^\circ \sim 26^\circ$, 横刃处的后角 $\alpha_{\omega\psi} = 30^\circ \sim 36^\circ$ 。

后角越小, 钻孔时钻头后刀面与工件切削表面之间的摩擦越严重, 但切削刃强度较高。

在钻孔过程中, 随着钻头的进给运动, 后角会相应减小, 且因切削表面呈螺旋形, 越靠近中心, 切削表面的螺旋升角越大, 后角的减小量越大。所以, 刃磨后角时, 越靠近中心应磨得越大, 以适应在工作时后角的变化。

后角的内大外小与前角的内小外大相对应, 恰好保持切削刃上各点的强度基本一致。钻硬材料时为了保证刀刃强度, 后角可适当小些; 钻软材料时, 后角可稍大些。但钻非铁金属材料时, 后角不宜太大, 否则会产生自动扎刀现象。

(5) 横刃斜角 ψ 横刃与主切削刃平行的轴平面 $M-M$ 的夹角称为横刃斜角。标准麻花钻的横刃斜角 $\psi = 50^\circ \sim 55^\circ$ 。当刃磨后角时, 近钻心处的后角磨得越大, 则横刃斜角就越小。所以, 如果横刃斜角刃磨准确了, 则近钻心处的后角也就准确了。

(6) 横刃长度 b 横刃长度太短时会降低钻头的强度, 太长则钻削时进给力增大, 对钻削不利。标准麻花钻的横刃长度 $b = 0.18D$ 。

(7) 钻心厚度 d 钻头的中心厚度称为钻心厚度。钻心厚度过大时, 横刃长度也增大, 切削时轴向力要增大。所以, 钻头的钻心做成锥形, 由切削部分逐渐向柄部增厚, 达到了等强度的效果。标准麻花钻的钻心厚度约由 $d = 0.125D$ 增



厚至 $d=0.2D$ 。

(8) 副后角 副切削刃上副后刀面与孔壁切线之间的夹角称为副后角。标准麻花钻的副后角为 0° ，即副后刀面与孔壁是贴合的。

二、标准麻花钻头的磨削方法

1. 刃磨要求

1) 钻头切削刃用钝后，为了恢复其切削能力，必须进行刃磨。刃磨时，只磨两个后刀面，但同时应保证后角、顶角和横刃斜角都达到正确的角度。

2) 两主切削刃长度与钻头轴线组成的两个 κ_r 角应相等。图 3-3 所示为钻头刃磨正确和不正确对加工后所得孔的情况：图 3-3a 所示为正确；图 3-3b 所示的两个 κ_r 角磨得不相等；图 3-3c 所示为主切削刃长度不一致；图 3-3d 所示为两个 κ_r 角不对称，主切削刃长度不一致。上述缺陷在加工时均将使钻出的孔扩大或歪斜。

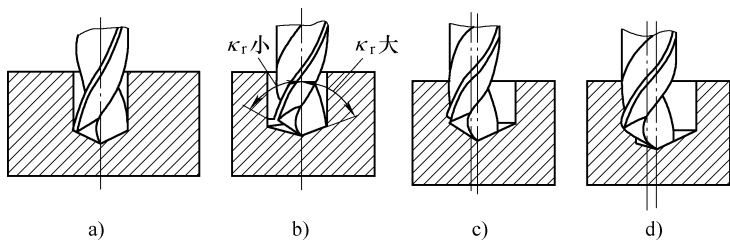


图 3-3 钻头刃磨对加工的影响

3) 两个主后面应刃磨光滑。

4) 刃磨砂轮一般采用粒度为 F46 ~ F80，硬度为中软级 (KR_1 、 LR_2) 为宜。砂轮旋转必须平稳，跳动量大的砂轮片必须进行修整。

2. 标准麻花钻的刃磨及检验方法

1) 两手握法。右手握住钻头前部，左手握住柄部，如图 3-4a 所示。

2) 钻头与砂轮外缘的相对位置。钻头轴线与砂轮圆柱素线在水平面内的夹角等于钻头顶角的一半，被刃磨部分的主切削刃处于水平位置，如图 3-4b 所示。

3) 刃磨动作。将主切削刃在略高于砂轮水平中心平面处先接触砂轮，如图 3-5b 所示。右手缓慢地绕钻头轴线由下向上转动，同时适当施加刃磨压力，使整个后面都磨到。左手配合右手作缓慢的同步下压运动，这样便于磨出后角。其下压的速度及幅度随所需后角大小而变，为保证钻头近中心处磨出较大后角，还应作适当的右移运动。刃磨时两手动作配合要协调、自然。按此法不断反复，两个后面经常轮换，直至达到刃磨要求。

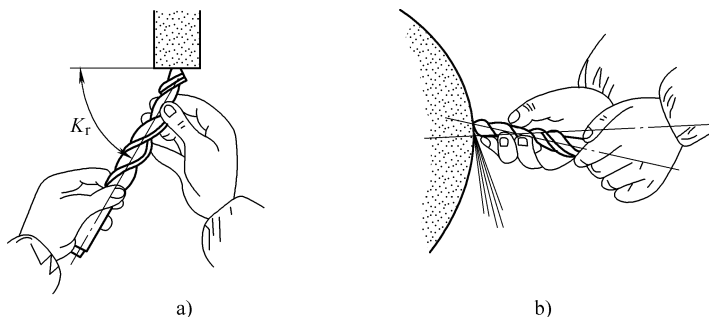


图 3-4 钻头刃磨时与砂轮的相对位置

4) 钻头冷却钻头刃磨压力不宜过大, 并要经常蘸水冷却, 防止因过热退火而降低硬度。

5) 刃磨检验钻头的几何角度及两主切削刃的对称等要求, 可用检验样板进行检验, 如图 3-5 所示。但在刃磨过程中应经常采用目测的方法, 目测检验时, 把钻头切削部分向上竖立, 两眼平视, 由于两主切削刃一前一后会产生视觉差, 往往感到左刃(前刃)高而右刃(后刃)低, 所以要旋转 180° 后反复看几次, 若结果一样, 说明对称了。钻头外缘处后角是否符合要求, 可通过目测对外缘处靠近刃口部分的后刀面倾斜情况来进行判断。近中心处后角的要求, 可通过控制横刃斜面的合理值来保证。

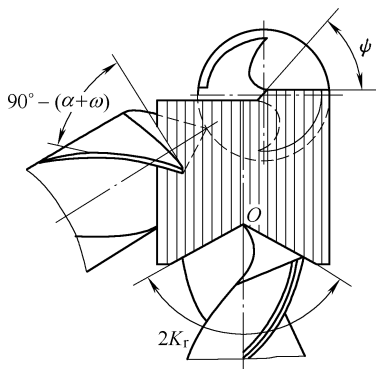


图 3-5 用样板检验刃磨角度

3. 注意事项

- 1) 钻头用钝后必须及时修磨锋利。
- 2) 钻头的刃磨技能是学习的重点和难点, 必须不断练习, 做到刃磨姿势、动作及钻头几何形状和角度正确。
- 3) 钻头刃磨时施加压力不宜过大, 用力要均匀, 并且要经常蘸水冷却。

三、特殊孔的加工工艺与方法

1. 在圆柱形工件上钻孔的方法

在轴类或套类等圆柱形工件上, 钻出与工件轴线垂直并通过轴线的孔, 是钳工经常要遇到的一项工作。

当钻孔轴线与工件轴线的位置度和同轴度要求较高时, 可做一个定心工具,



如图 3-6 所示。钻孔前，先找正钻床主轴中心与安装工件的 V 形块的中心位置，使它们保持较高的位置度要求。其方法是：先用百分表来测量定心工具圆锥部分与钻床主轴的同轴度误差，误差应在 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 之内。然后使圆锥部分与 V 形块贴合，并用压板把 V 形块位置固定。在端面上划出所需的中心线，用直角尺找正端面的中心线使其保持垂直，如图 3-6b 所示。换上钻头并让钻尖对准钻孔中心后，把工件压紧。接着试钻一个浅坑，看中心位置是否正确。若有误差，可借正工件再试钻。如果找正和钻孔工作认真细心，钻孔中心线与工件轴心线的位置度误差可控制在 0.1mm 以内。

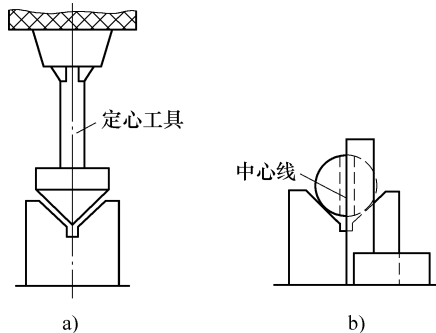


图 3-6 在圆柱形工件上钻孔

当位置度要求不太高时，可不用定心工具，而利用钻头的钻尖来找正 V 形块的中心位置。然后再用直角尺找正工件端面的中心线，并使钻尖对准钻孔中心，进行试钻和钻孔。

2. 在斜面上钻孔的方法

用标准钻头在斜面上钻孔，由于钻头在单面径向力的作用下，钻头两切削刃将产生严重的偏切削现象，因此钻头势必会产生偏歪、滑移而钻不进工件，即使有时能勉强钻进，钻出的孔也难于保证其中心的直线度和圆度，甚至造成钻头折断。

为此，可采取以下方法纠偏：

1) 先用立铣刀在斜面上铣出一个平面，如图 3-7 所示，然后再打样冲眼钻孔。

2) 用铰子在斜面上铰出一个小平面后，先用中心钻钻出一个较大的锥坑，或先用小钻头钻出一个浅孔，再钻孔时钻头的定心作用加强，就不容易偏歪了。用中心钻的目的是它的刚度好，不易偏歪。用小钻头先钻浅孔时，为了保证钻头有较好的刚度，也要选用较短的钻头，同时使钻头在钻夹头中的伸出部分尽量要短。

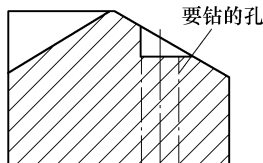


图 3-7 先用立铣刀铣出平面

3. 钻半圆孔的方法

钻半圆孔时也会产生偏切削现象，所以也不能采用一般的钻削方法。

当所钻的半圆孔在工件的边缘时，可把两个工件结合起来钻；若只需一块时，则可用一块相同的材料与工件合在一起钻孔。

在钻壳体与其相配衬套之间的骑缝螺钉孔时，如图 3-8 所示。由于两者材料



一般都不相同,钻孔时,钻头往往要向软材料一边偏移,影响钻孔质量。所以孔中心的样冲眼要打在略偏于硬材料的一边,以抵消因切削阻力不同而引起的钻头向软材料方向偏移,可使钻孔中心处于两个工件的中间。

在钻骑缝螺钉孔时,应尽量用短的钻头,钻头伸出在钻夹头外面的长度也要尽量短,以增强钻头刚度;钻头的横刃要尽量磨窄,以加强定心作用,减少偏斜现象。

钻半圆孔时,如果采用如图 3-9 所示的半孔钻,则效果较好。这种钻头是把标准麻花钻的钻心修磨成凹凸形,以凹为主,突出两个外刃尖,使钻孔时切削表面形成凸肋,限制了钻头的偏移,因而可以进行单边切削。钻孔时宜用低速手动进给。

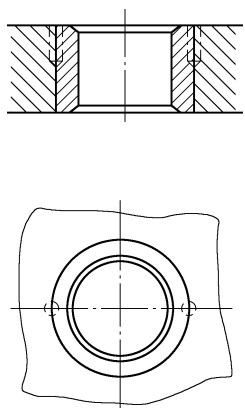


图 3-8 钻骑缝螺钉孔

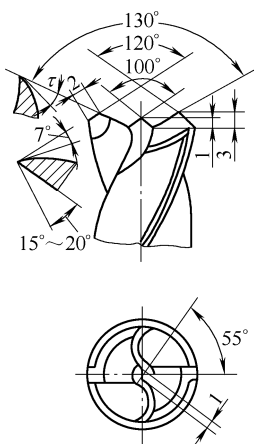


图 3-9 半孔钻

4. 用电钻进行钻孔的方法

用电钻进行钻孔时,除应遵守电钻使用安全规则外,还必须注意以下几点:

1) 电钻在使用前,须开空机运转一分钟,检查传动部分是否运转正常。若有异常,应排除故障后再使用。

2) 使用的钻头必须锋利。后角应磨得稍大一些,约 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$,顶角 2ϕ 等于 $90^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 。

3) 钻孔前,孔中心的样冲眼须冲得大一些。这样,钻头就不易偏离中心。

4) 钻孔时,先试钻一浅坑,若与所划的钻孔圆周线不同心,可依靠钻进方向作适当调整,使偏离旋转中心较远处多切去一些,予以借正中心。待试钻达到同心要求后才可继续钻下去,此时,两手用力要均匀,不宜用力过猛,钻进方向必须与孔轴线保持一致。当孔将要钻穿时,应相应减小压力,以防发生事故。



四、复杂形状钻头的磨削方法

通过实践证明,麻花钻的切削部分存在以下几个问题:

1) 大直径钻头横刃较长,横刃前角为负值。因此在切削过程中,横刃处于挤刮状态,使进给力增大。据试验,钻削时 50 % 的进给力和 15 % 的转矩是由横刃产生的。横刃长了,定心作用不良,使钻头容易发生抖动。

2) 主切削刃上各点的前角大小不一样,使切削性能不同。靠近钻心处的前角是一个很大的负值,切削条件很差,处于刮削状态。

3) 钻头的棱边较宽,副后角为 0° ,所以靠近切削部分的一段棱边,与孔壁的摩擦比较严重,容易发热和磨损。

4) 主切削刃外缘处的刀尖角 ε_r 较小,前角最大,刀齿薄弱。而此处的切削速度又最高,故产生的切削热最多,磨损极为严重。

5) 主切削刃长,而且全宽参加切削。切削刃各点切屑流出的线速度相差很大,切屑卷曲成很宽的螺旋卷,所占体积大,容易在螺旋槽内堵住,排屑不顺利,切削液也不易加注到切削刃上。

由于麻花钻存在上述一些问题,所以通常可对切削部分进行修磨,以改善其切削性能。于是,各种复杂形状钻头就诞生了。

1. 群钻

群钻是革新后的一种效率高、寿命长、加工质量好的钻头。

标准群钻主要用来钻削钢材(碳钢和各种合金结构钢)。它的应用最广,同时又是其他群钻的基础。

(1) 标准群钻 标准群钻的结构形状如图 3-10 所示。标准群钻与标准麻花钻不同的地方,主要有以下三点:

1) 磨有月牙槽。形成凹圆弧刃,并把主切削刃分成三段:外刃——AB 段;圆弧刃——BC 段;内刃——CD 段。磨出圆弧刃后,形成三段主切削刃,能分屑和断屑,减小切屑所占空间,使排屑流畅;圆弧刃上各点前角比原来增大。减小切削阻力,可提高切削速度;钻尖高度降低。这样可使横刃磨得较为锋利,且不致影响钻尖强度;在钻孔过程中,圆弧刃在孔底切削出一道圆环肋。它与钻头棱边共同起着稳定钻头方向的作用,进一步限制了钻头的摆动,加强了定心作用,有利于提高进给量和孔的表面

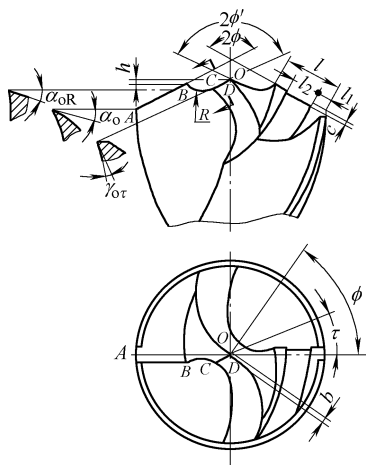


图 3-10 标准群钻



质量。

2) 横刃磨短。使横刃缩短为原长的 $1/5 \sim 1/7$ 。同时新形成的内刃上前角 γ_{or} 也增大。钻孔时进给力减小, 使机床负荷减小, 钻头和工件产生的热变形小, 提高了孔的质量和钻头寿命; 内刃前角增大, 切削省力, 可加大切削速度。

3) 磨出单边分屑槽。磨出单边分屑槽能使宽的切屑变窄, 减小容屑空间, 排屑流畅。而且容易加注切削液, 降低了切削热, 减小工件变形, 有利于提高钻头寿命和孔的表面质量。

由于标准群钻在结构上具有上述特点, 故与标准麻花钻相比, 其切削性能大大提高。

(2) 钻薄板的群钻 图 3-11 所示为薄板群钻切削部分的几何形状。

用标准钻头钻薄板工件时, 由于钻心先钻穿工件后, 立即失去定心作用并使进给力突然减小。加上工件的弹动, 会使钻出的孔不圆, 出口处的毛边很大, 而且常因突然进给过多而产生扎刀或钻头折断事故。

薄板群钻又名三尖钻。两切削刃外缘磨成锋利的刀尖, 而且比钻心尖的高度低 $0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 。钻孔时钻心尚未钻穿, 两切削刃的外刃尖已在工件上划出圆环槽。起到良好的定心作用, 从而大大提高了钻孔的质量。

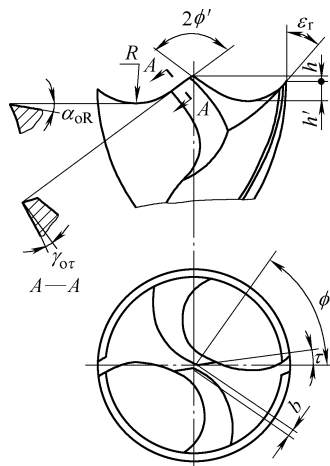


图 3-11 薄板群钻

2. 硬质合金钻头

由于高速切削的发展, 硬质合金钻头也得到了广泛的应用。硬质合金钻头是在钻头切削部分嵌焊一块硬质合金刀片, 如图 3-13 所示。它适用于高速钻削铸铁、高锰钢及淬硬钢等坚硬材料。硬质合金刀片材料是碳化钨类 K30 (YG8)。

硬质合金钻头切削部分的几何参数一般是: $\gamma_o = 0^\circ \sim 5^\circ$, $\alpha_o = 10^\circ \sim 15^\circ$, $2\phi = 110^\circ \sim 120^\circ$, $\psi = 77^\circ$, 主切削刃磨成 $R2\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ 的小圆弧, 以增加强度。

使用硬质合金钻头时, 进给量要小一些, 以免刀片碎裂。两切削刃要磨得对称。遇到工件表面不平整或铸件有砂眼时, 要用手动进给, 以免钻头损坏。

3. 钻头的修磨

为适应钻削不同的材料而达到不同的钻削要求, 以及改进标准麻花钻存在的一些问题, 需要改变钻头切削部分形状时, 所进行的磨削工作称为修磨。如图 3-12 所示。

(1) 修磨横刃 如图 3-12a 所示。其目的是把横刃磨短, 并使靠近钻心处的前角增大。一般直径在 5mm 以上的钻头均须修磨。修磨后的横刃长度为原来的



1/3 ~ 1/5。修磨后形成内刃，内刃斜角 $\tau = 20^\circ \sim 30^\circ$ ，内刃处前角 $\gamma_{or} = 0^\circ \sim 15^\circ$ 。横刃经修磨后，减小了进给力和挤刮现象，定心作用也可改善。

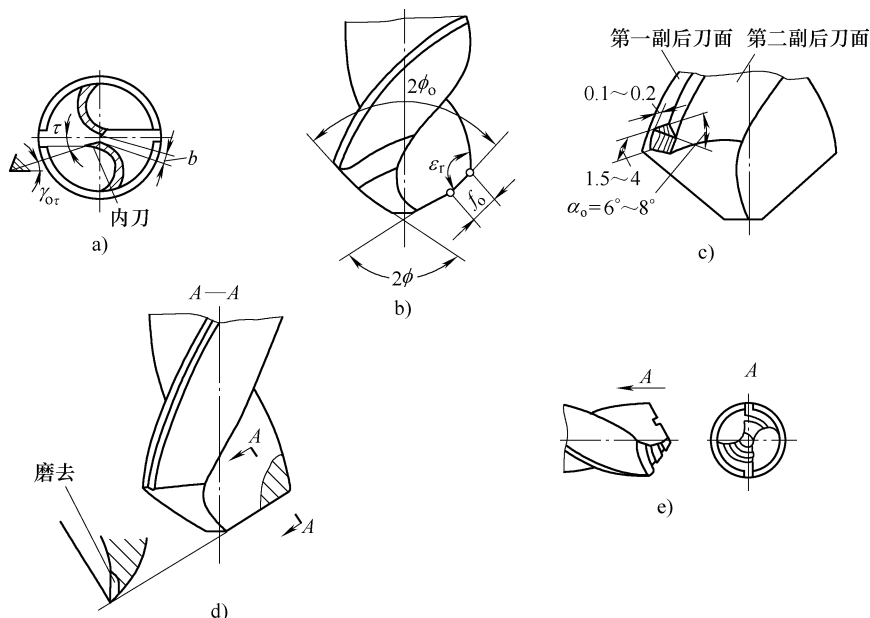


图 3-12 麻花钻的修磨

a) 修磨横刃 b) 修磨主切削刃 c) 修磨棱边 d) 修磨前刀面 e) 修磨分屑槽

图 3-13 所示为修磨横刃时，钻头与砂轮的相对位置。修磨时，要先使刃背接触砂轮，然后转动钻头磨至切削刃的前刀面而把横刃磨短，并同时控制所需的内刃前角 γ_{or} 和内刃斜角 τ 等的数值。修磨横刃的砂轮圆角半径要小，砂轮直径也最好小一些，否则不易修磨好，有时还可能把钻头上不应磨去的地方被磨掉。

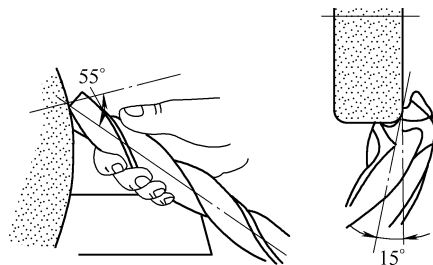


图 3-13 修磨横刃的方法

(2) 修磨主切削刃（修磨顶角） 如图 3-12b 所示，其目的可增加切削刃的总长度和刀尖角 ϵ_r ，改善散热条件，增加刀齿强度，增强主切削刃与棱边交角处的抗磨性。从而提高钻头寿命，同时也有利于减小孔壁表面粗糙度数值。

一般 $2\phi_0 = 70^\circ \sim 75^\circ$ ， $f_0 = 0.2D$ 。

(3) 修磨棱边 如图 3-12c 所示，其目的是减小对孔壁的摩擦，提高钻头寿命。修磨棱边是在靠近主切削刃的一段第一副后刀面上，磨出副后角 $\alpha'_0 = 6^\circ \sim$



8°, 并保留棱边宽度为原来的 $1/3 \sim 1/2$ 。

(4) 修磨前刀面 如图 3-12d 所示, 其目的是在钻削硬材料时可提高刀齿的强度; 在钻削黄铜时, 还可避免由于切削刃过分锋利而引起的扎刀现象。修磨时, 将主切削刃和副切削刃交角处的前刀面磨去一块 (阴影部位), 以减小此处的前角。

(5) 修磨分屑槽 如图 3-12e 所示, 其目的是为了使宽的切屑变窄, 排屑顺利。修磨时, 在两个后刀面上磨出几条相互错开的分屑槽。直径大于 15mm 的钻头都可磨出。如果有的钻头在制造时, 前刀面上已制有分屑槽, 那就不必再开槽。带分屑槽的钻头尤其适用于钻削钢料。

(6) 磨圆弧刃 磨制各类群钻时, 在主切削刃中部大都磨有圆弧刃。磨圆弧刃时, 钻头与砂轮的相对位置如图 3-14 所示。钻头的切削刃应置于水平位置, 并接触于砂轮的中间平面上。钻头轴线与砂轮中间平面的夹角就是圆弧刃的后角 α_R 。磨削过程中, 钻头不能上下摆动, 但可作图中所示的微量转动。同时要控制所要求的圆弧半径 R 、内刃顶角 2ϕ 、横刃斜角 ψ 、外刃长度 l 和钻头尖高 h 等参数。

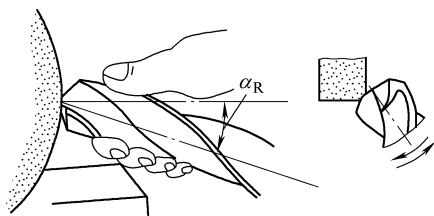


图 3-14 磨圆弧刃的方法

第二节 手工切割

一、气割过程、条件及设备

氧乙炔焰气割是冷作工常用的一种下料方法。气割与机械切割相比具有设备简单、成本低、操作灵活方便、机动性高、生产率高等优点。气割可切割较大厚度范围的钢材, 并可实现空间任意位置的切割, 所以, 在金属结构制造及维修中, 气割得到广泛的应用。尤其对于本身不便移动的大型金属结构, 应用气割就更能显示其优越性。

气割的主要缺点是劳动强度大, 薄板气割时易引起工件变形, 切口冷却后硬度极高, 不利于切削加工等, 而且对切割材料有选择性。

1. 气割的过程及条件

气割是利用气体火焰的热能将工件待切割处加热到一定温度后, 喷出高速切割氧气流, 使待切割处金属燃烧实现切割的方法。氧乙炔焰气割就是根据某些金属加热到燃点时, 在氧气流中能够剧烈氧化 (燃烧) 的原理实现的。金属在氧气



中剧烈燃烧的过程就是金属切割的过程。

(1) 氧乙炔焰气割的过程由以下三个阶段组成:

1) 金属预热。开始气割时, 必须用预热火焰将欲切割处的金属预热至燃烧温度(燃点)。一般碳钢在纯氧中的燃点为 $1100 \sim 1150^{\circ}\text{C}$ 。

2) 金属燃烧。把切割氧喷射到达到燃点的金属上时, 金属便开始剧烈地燃烧, 并产生大量的: 氧化物(熔渣)。由于金属燃烧时会放出大量的热, 使氧化物呈液体状态。

3) 氧化物被吹除。液态氧化物受切割氧流的压力而被吹除。上层的金属氧化时, 产生的热量能传至下层金属, 使下层金属预热到燃点, 切割过程由表面深入到整个厚度, 直至将金属割穿。同时, 金属燃烧时, 产生的热量和预热火焰一起, 又将邻近的金属预热至燃点, 沿切割线以一定的速度移动割炬, 即可形成割缝, 使金属分离。

(2) 金属材料进行气割的条件

1) 金属材料的燃点必须低于其熔点。这是保证切割在燃烧过程中进行的基本条件。否则, 切割时金属将在燃烧前先行熔化, 使之变为熔割过程, 不仅割口宽, 极不整齐, 而且易于粘连, 达不到切割质量要求。

2) 燃烧生成的金属氧化物的熔点, 应低于金属本身的熔点, 同时流动性要好。否则, 就会在割口表面形成固态氧化物, 阻碍氧流与下层金属的接触, 使切割过程不能正常进行。

3) 金属燃烧时, 能放出大量的热, 而且金属本身的导热性要差。这是为了保证下层金属有足够的预热温度, 使切割过程能连续进行。

满足上述条件的金属材料有纯铁、低碳钢、中碳钢和普通低合金钢。而铸铁、高碳钢、高合金钢及铜、铝等有色金属及其合金, 均难以进行氧乙炔焰气割。

例如, 铸铁不能用普通方法气割, 是因为其燃点高于熔点, 并产生高熔点的二氧化硅, 且氧化物的粘度大、流动性差, 高速氧流不易把它吹除。此外, 由于铸铁的含碳量高, 碳燃烧时产生一氧化碳及二氧化碳气体, 降低了切割氧的纯度, 也造成气割困难。

2. 气割设备

(1) 氧气瓶 氧气瓶是储存和运送高压氧气的容器, 如图 3-15 所示。常用氧气瓶容积为 40L, 工作压力为 15MPa, 可以储存 6m^3 氧气。氧气瓶瓶体上部装有瓶阀, 通过旋转手轮可开关瓶阀并能控制氧气的进出流量。瓶帽旋在瓶头上, 以保护瓶阀。

按规定, 氧气瓶外表应漆成天蓝色, 并用黑漆标明“氧气”字样区别于其他气体。应正确地使用和保管好氧气瓶, 否则会有爆炸的危险。在使用氧气瓶时



应遵守下列使用要求:

1) 氧气瓶在使用时应直立放置, 安装必须平稳可靠, 防止倾倒。只有在特殊情况下才允许卧放, 但瓶头一端必须垫高, 并防止滚动。

2) 氧气瓶开启时, 操作者应站在出气口的侧面, 先拧开瓶阀吹掉出气口内杂质, 再与氧气减压器连接。开启和关闭氧气瓶阀时用力不要过猛。

3) 氧气瓶内的氧气不能全部用完, 至少要保持 $0.1 \sim 0.3 \text{ MPa}$ 的压力, 以便充氧时便于鉴别气体性质及吹除瓶内的杂质, 还可以防止使用中可燃气体倒流或空气进入瓶内。

4) 氧气瓶不应与其他气瓶放在一起; 气割工作场地和其他火源都要距氧气瓶 5 m 以外。

5) 禁止撞击氧气瓶; 严禁瓶嘴沾染油脂。

6) 夏季露天操作时, 氧气瓶应放在阴凉处, 要避免阳光的强烈照射; 冬季阀门冻结时, 严禁用火烤, 应用热水或水蒸气解冻。

7) 定期对氧气瓶进行检查。

(2) 乙炔瓶 乙炔瓶是一种储存和运输乙炔用的压力容器, 外形与氧气瓶相似, 但构造较复杂。乙炔瓶的构造如图 3-16 所示, 其主体是用优质碳素结构钢或低合金结构钢经轧制而成的圆柱形无缝瓶体, 瓶体外表漆成白色, 并用红漆标注“乙炔”字样。在瓶内装有浸满丙酮的多孔性填料, 使乙炔气能稳定、安全地储存在瓶内。使用时, 溶解在丙酮内的乙炔分解出来, 通过乙炔瓶阀流出, 而丙酮仍留在瓶内, 以便溶解再次压入的乙炔。乙炔瓶阀下面的填料中心部分长孔内放有石棉, 其作用是帮助乙炔从多孔填料中分解出来。

乙炔瓶内的多孔性填料通常采用质轻而多孔的活性炭、木屑、浮石及硅藻土等合制而成。由于乙炔是易燃、易爆的危险气体, 所以在使用时必须谨慎, 除必须遵守氧气瓶的各项使用要求外, 还应遵守下列要求:

1) 乙炔瓶不能遭受剧烈振动或撞击, 以免瓶内的多孔性填料下沉而形成空洞, 影响乙炔的储存, 甚至造成乙炔瓶爆炸。

2) 乙炔瓶在使用时只能直立放置, 不能横放。卧放会使丙酮流出, 甚至会通过减压器而流入乙炔胶管和割炬内, 引起燃烧或爆炸, 这是非常危险的。

3) 乙炔瓶体的温度不应超过 $30 \sim 40^\circ\text{C}$, 因为乙炔瓶温度过高会降低丙酮对

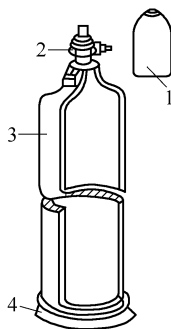


图 3-15 氧气瓶
1—瓶帽 2—瓶阀
3—瓶体 4—瓶座

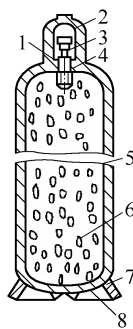


图 3-16 乙炔瓶
1—瓶口 2—瓶帽
3—瓶阀 4—石棉
5—瓶体 6—多孔性填料
7—瓶座 8—瓶底



乙炔的溶解度,导致大量乙炔逸出,使瓶内的乙炔压力急剧增高,不利于安全生产。因此,乙炔瓶应放在远离热源的地方。

4) 乙炔减压器与乙炔瓶阀的连接必须可靠,严禁漏气,否则会形成乙炔与空气的混合气体,一旦触及明火就可能造成爆炸事故。

5) 工作时,使用乙炔的压力不能超过 0.15MPa,输出流量不能超过 $1.5 \sim 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

6) 乙炔瓶内的乙炔不能全部用完,当高压表的读数为零,低压表的读数为 0.01~0.03MPa 时,应立即关闭瓶阀。

7) 开启瓶阀时应缓慢,一般只需开启 3/4 圈即可。乙炔瓶阀冻结时,不能用明火烤,只能用 40℃ 以下的温热水解冻。

由于乙炔瓶阀的阀体旁侧没有连接减压器的侧接头,因此必须使用带有夹环的乙炔减压器,如图 3-17 所示。

(3) 氧气减压器 氧气减压器是用来调节氧气工作压力的装置。在气割工作中,所需氧气压力有一定的规范,要使氧气瓶中的高压氧气转变为工作需要的稳定的低压氧气,就要由减压器来调节。

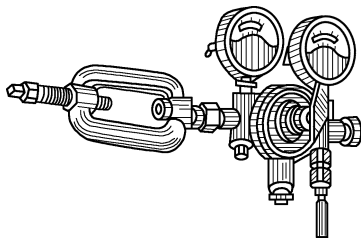


图 3-17 乙炔减压器

减压器的的工作原理如图 3-18 所示。松开调压手柄(逆时针方向),活门弹簧闭合活门,高压气体就不能进入低压室,即减压器不工作,从气瓶来的高压气体停留在高压室的区域内,高压表量出高压气体的压力,也是气瓶内气体的压力。拧紧调压手柄(顺时针方向),使调压弹簧压紧低压室内的薄膜,再通过传动件将高压室与低压室通道处的活门顶开,使高压室内的高压气体进入低压室,此时的高压气体进行体积膨胀,气体压力得以降低,低压表可量出低压气体的压力,并使低压气体从出气口通往焊炬。如果低压室气体压力高了,向下的总压力大于调压弹簧向上的力,即压迫薄膜和调压弹簧,使活门开启的程度逐渐减小,直至达到焊炬工作压力时,活门重新关闭;如果低压室的气体压力低了,向上的总压力小于调压弹簧向上的力,此时薄膜上鼓,使活门重新开启,高压气体又进入到低压室,从而增加低压室的气体压力;当活门的开启度恰好使流入低压室的高压气体流量与输出的低压气体流量相等时,即稳定地进行气焊工作。减压器能自动维持低压气体的压力,只要通过调压手柄的旋入程度来调节调压弹簧压力,就能调整气焊所需的低压气体压力。

(4) 橡胶软管 氧气和乙炔通过橡胶软管输送到割炬中去,橡胶软管是用优质橡胶掺入麻织物或棉织纤维制成的。氧气胶管允许工作压力为 1.5MPa,孔径为 8mm;乙炔胶管允许工作压力为 0.5MPa,孔径为 10mm。为便于识别,按 GB 9448—1999 的规定,氧气胶管采用黑色,乙炔胶管采用红色。氧气胶管与乙

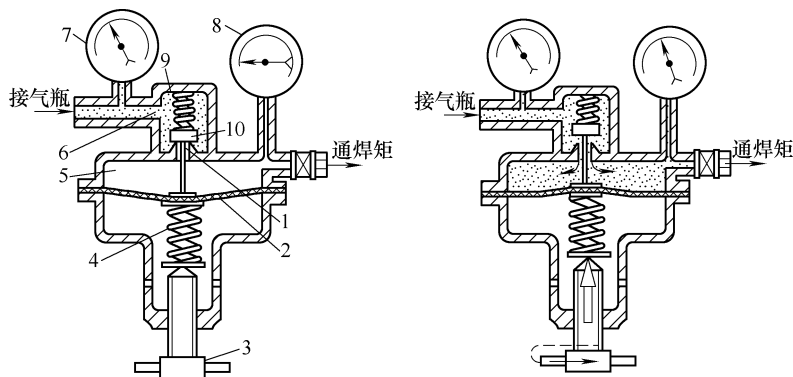


图 3-18 减压器的的工作示意图

- 1—通道 2—薄膜 3—调压手柄 4—调压弹簧 5—低压室 6—高压室
7—高压表 8—低压表 9—活门弹簧 10—活门

快胶管的强度不同,不能混用或互相代替。

(5) 割炬 割炬的作用是使乙炔与氧气以一定的比例和方式混合,形成具有一定热量和形状的预热火焰,并在预热火焰的中心喷射切割氧气进行气割。割炬的种类很多,按形成混合气体的方式可分为射吸式和等压式两种,按用途不同又可分为普通割炬、重型割炬及焊割两用炬。就目前应用情况来看,仍以射吸式割炬应用较为普遍。图 3-19 为射吸式割炬外部结构示意图。

射吸式割炬的工作原理如图 3-20 所示,打开氧气调节阀,氧气由通道进入喷射管,再从直径细小的喷射孔喷出,使喷嘴外围形成真空,造成负压,产生吸力。乙炔在喷嘴的外围被氧流吸出,并以一定比例混合,经过射吸管和混合气管从割嘴喷出。

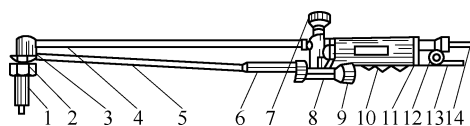


图 3-19 射吸式割炬外部结构

- 1—割嘴 2—割嘴螺母 3—割嘴接头
4—切割氧气管 5—混合气管 6—射吸管
7—切割氧开关 8—中部整体 9—预热氧开关
10—手柄 11—后部接体 12—乙炔开关
13—乙炔接头 14—氧气接头

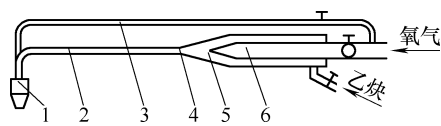


图 3-20 射吸式割炬工作原理

- 1—割嘴 2—混合气管 3—切割氧气管
4—射吸管 5—喷嘴 6—喷射管

气割时,应根据有关规范,选择割炬型号和割嘴规格。

二、气割工艺

1. 气割前的准备

(1) 场地准备 首先检查工作场地是否符合安全生产的要求,然后将工件垫



平。工件下面应留有一定的空隙，以利于氧化铁渣的吹出。工件下面的空间不能封闭，否则会在气割时引起爆炸。工件表面的油污和铁锈要加以清除。

(2) 检查切割氧流线（风线） 其方法是点燃割炬，并将预热火焰调整好；然后打开切割氧阀门，观察切割氧流线的形状。切割氧流线应为笔直而清晰的圆柱体，并有适当的长度，这样才能使工件切口表面光滑干净，宽度一致。如果切割氧流线形状不规则，应关闭所有的阀门，熄火后用透针或其他工具修整割嘴的内表面，使之光滑无阻。

2. 气割工艺参数

影响气割质量和效率的主要气割工艺参数如下：

(1) 火焰能率 预热火焰能率用可燃气体每小时消耗量（L/h）表示，它由割炬型号及割嘴号码的大小来决定。割嘴孔径越大，火焰能率也就越大。

火焰能率的大小应根据工件厚度恰当地选择。火焰能率过大，使割缝边缘产生连珠状钢粒，甚至边缘熔化成圆角，同时背面有粘附的熔渣，影响气割质量；火焰能率过小，割件得不到足够的热量，气割过程易中断，而且切口表面不整齐。

(2) 氧气压力 氧气压力应根据工件厚度、割嘴孔径和氧气纯度选定。氧气压力过低时，金属燃烧不完全，切割速度降低，同时氧化物吹除不干净，甚至割不透；氧气压力过高时，过剩的氧气会对切割金属起冷却作用，使气割速度和表面质量降低。一般情况下，割嘴和氧气纯度都已选定，则割件越厚，切割时所使用的氧气压力越高。

(3) 气割速度 气割速度必须与切口整个厚度上金属的氧化速度相一致。气割速度过小，会使切口边缘熔化，切口过宽，割薄板时易产生过大的变形；气割速度过大，则会造成切口下部金属不能充分燃烧，出现割纹深度增大的现象，甚至割不透。手工气割时，合理的气割速度可通过试割来决定。一般以不产生或只有少量后拖量的情况为宜。

(4) 预热火焰 氧乙炔气割时的预热火焰，根据氧气和乙炔气的混合比不同，分为碳化焰、氧化焰、中性焰三种。气割采用的是氧气和乙炔气比例适中、火焰中两种气体均无过剩的中性焰或轻微氧化焰，在切割过程中要随时观察和调整火焰，以防止发生碳化焰。中性焰的温度沿轴线分布的情况如图 3-21 所示，其最高温度可达 3000℃ 左右，且对高温金属氧化或碳化作用极小。

手工气割有关工艺规范的确定，可参考

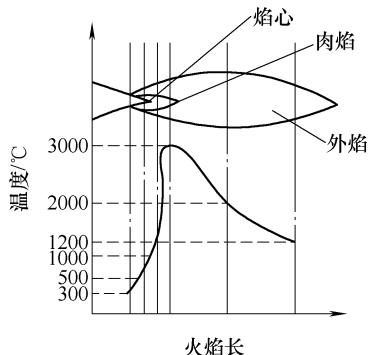


图 3-21 中性焰的温度分布



表 3-1。

表 3-1 手工气割工艺规范

板材厚度/mm	割炬气体压力/kPa			
	型 号	割嘴代号	氧气	乙炔
3.0 以下	G01—30	1 ~ 2	300 ~ 400	1 ~ 120
3.0 ~ 12	G01—30	1 ~ 2	400 ~ 500	
12 ~ 30	G01—30	2 ~ 4	500 ~ 700	
30 ~ 50	G01—100 G01—300	3 ~ 5	500 ~ 700	
50 ~ 100		5 ~ 6	600 ~ 800	
100 ~ 150		7	800 ~ 1200	
150 ~ 200		8	1000 ~ 1400	
200 ~ 250		9	1000 ~ 1400	

3. 气割操作

气割操作时，首先点燃割炬，随即调整好预热火焰，然后进行切割。

开始气割时，先预热钢板的边缘至略呈红色，将火焰局部移出边缘线以外，同时慢慢打开切割氧阀门。待预热的红点在氧流中被吹捧时，应迅速开大切割氧阀门。当有氧化铁渣随氧流一起飞出时，证明已割透，即可按预定速度进行切割。

在切割过程中，有时因割嘴过热或氧化铁渣的飞溅，使割嘴堵住或乙炔供应不及时，割嘴头部处产生鸣爆并发生回火现象。这时应迅速关闭预热氧和切割氧阀门，阻止氧气倒流入乙炔管内，使回火熄灭。若此时割炬内仍然发出“嘶嘶”的响声，说明割炬内回火尚未熄灭，应迅速将乙炔阀门关闭或拔下割炬上的乙炔软管，使回火的火焰气体排出。处理完毕，应先检查割炬的射吸能力，然后方可重新点燃割炬，继续切割。

切割临近终点时，嘴头应略向切割前进的反方向倾斜，使钢板的下部提前割透，以求收尾时割缝整齐。当到达终点时，应迅速关闭切割氧阀门，并将割炬抬起，再关闭乙炔阀门，最后关闭预热氧阀门。

三、錾子、刨子等常用工具的热处理方法

1. 淬火准备

- 1) 准备焦炭炉、焦炭等。
- 2) 准备水槽并装好冷却水。
- 3) 准备火钳子等工具。

2. 淬火操作

刨子的淬火过程分为淬火和余热回火两个阶段。淬火时，将刨子竖直放在焦



炭炉中，其切削刃部稍埋入焦炭中。当剋子的切削刃部高 20 ~ 30 mm 加热至 770 ~ 800℃（樱红色）时，用火钳子将剋子从炉中取出，迅速垂直放入水中 5 ~ 8mm 深，并沿水面缓缓移动，以加速冷却，提高淬火硬度，并使淬硬部分与不淬硬部分无明显界线，以防断裂。

当剋子露出水面的部分刚呈黑色时，由水中取出，利用上部余热回火（相当于低温回火）。这时，要注意观察剋子刃部的颜色。一般刚出水时剋子刃部的颜色为白色，刃口的温度逐渐上升后，颜色也随之改变，由白变黄，再由黄变蓝。当刃部呈现黄色时，将剋子全部放入水中冷却，这种回火温度称为“黄火”；当剋子刃部呈现蓝色时，全部放入水中冷却，这种回火温度称为“蓝火”。实践证明，冷作用的剋子采用介于“黄火”和“蓝火”之间的回火温度时，剋子的硬度及韧性即符合要求。

3. 硬度检查

1) 用一把六七成新的中齿平锉，沿着剋子的前面，稍加压力向前推进，如果感到有一定的阻力，并有铁屑锉下，则硬度不够；若感到很光滑，响声清脆，无铁屑锉下，则硬度合适。

2) 手握剋子的顶部，以剋子刃口在废钢板边缘砍下，若刃口无损，表明剋子硬度、韧性适宜，若有崩裂则太硬；若剋刃下凹变形，说明其硬度不足。

◆◆◆ 第三节 机械切割

一、剪刀切削刃的几何角度

剪切加工的方法很多，但其实质都是通过上、下剪刀对材料施加剪切力，使材料发生剪切变形，最后断裂分离。因此，为掌握剪切加工技术，就必须了解剪切加工中材料的变形和受力状况、剪切加工对剪刀几何形状的要求及剪切力的计算等基础知识。

冷作工在生产中使用较多是图 3-22 所示的斜口剪。这里仅对斜口剪的剪切过程、剪切受力、剪刀几何参数等加以分析，并介绍剪切力的计算方法。

1. 剪切过程及剪断面状况的分析

剪切时，材料置于上、下剪刀之间，在剪切力的作用下，材料的变形和剪断过程如图 3-23 所示。

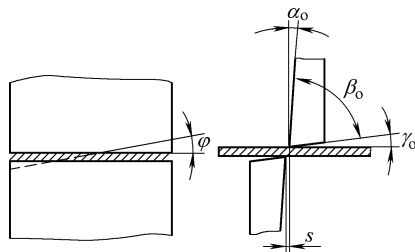


图 3-22 斜口剪剪刀几何形状

γ_0 —前角 α_0 —后角
 β_0 —楔角 s —剪刀间隙 φ —剪刀斜角



在剪刀口开始与材料接触时,材料处于弹性变形阶段。当上剪刀继续下降时,剪刀对材料的压力增大,使材料发生局部的塑性弯曲和拉伸变形(特别是当上、下剪刀间隙偏大时)。同时,剪刀的刃口也开始压入材料,形成塌角区和光亮的塑剪区,这时在剪刀口附近金属的应力状态和变形是极不均匀的。随着剪刀压入深度的增加,在刃口处形成很大的应力和变形集中。当此变形达到材料极限变形程度时,材料出现微裂纹。随着剪裂现象的扩展,上、下刃口产生的剪切裂缝重合,使材料最终分离。

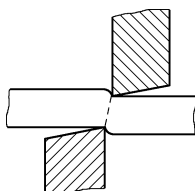


图 3-23 剪切过程

图 3-24 所示为材料剪断面,它具有明显的区域性特征,可以明显地分为塌角、光亮带、剪裂带和毛刺四个部分。塌角 1 的形成原因是当剪刀压入材料时,刃口附近的材料被牵连拉伸变形的结果;光亮带 2 由剪刀挤压切入材料时形成,表面光滑平整;剪裂带 3 则是在材料剪裂分离时形成,表面粗糙,略有斜度,不与板面垂直;而毛刺 4 是在出现微裂纹时产生的。

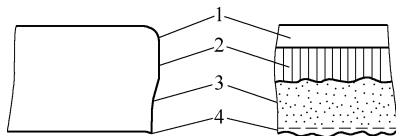


图 3-24 剪断面状况

1—塌角 2—光亮带 3—剪裂带 4—毛刺

剪断面上的塌角、光亮带、剪裂带和毛刺四个部分在整个剪断面上的分布比例,随材料的性能、厚度、剪刀形状、剪刀间隙和剪切时的压料方式等剪切条件的不同而变化。

剪刀口锋利,剪刀容易挤压切入材料,有利于增大光亮带,而较大的剪刀前角 γ ,可增加刃口的锋利程度。

剪刀间隙较大时,材料中的拉应力将增大,易于产生剪裂纹,塑性变形阶段较早结束,因此光亮带要小一些,而剪裂带、塌角和毛刺都比较大。反之,剪刀间隙较小时,材料中拉应力减小,裂纹的产生受到抑制,所以光亮带变大,而塌角、剪裂带等均减小。然而,间隙过大或过小均将导致上、下两面的裂纹不能重合于一线。间隙过小时,剪断面出现潜裂纹和较大毛刺;间隙过大时,剪裂带、塌角、毛刺和斜度均增大,表面极粗糙。

若将材料压紧在下剪刀上,则可减小拉应力,从而增大光亮带。此外,材料的塑性好、厚度小,也可以使光亮带变大。

综合上面分析可以得出,增大光亮带,减小塌角、毛刺,进而提高剪断面质量的主要措施是:增加剪刀刃口锋利程度,剪刀间隙取合理间隙的最小值,并将材料压紧在下剪刀上等。

2. 斜口剪剪切受力分析

根据斜口剪剪刀的几何形状和相对位置,材料在剪切过程中的受力状况如



图 3-25 所示。

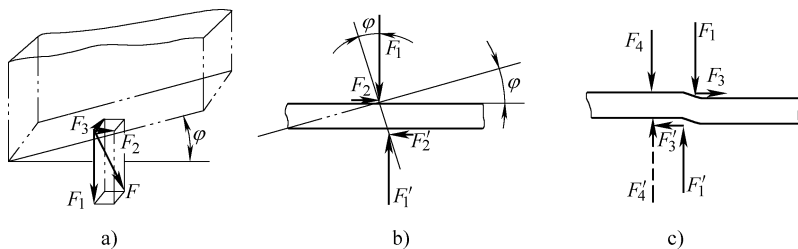


图 3-25 斜口剪剪切受力分析

由于剪刀具有斜角 φ 和前角 γ_0 , 使得上下剪刀传递的外力 F 不是竖直地作用于材料, 而是与斜刃及前刀面成垂直方向作用。这样, 在剪切中作用于材料上的剪切力 F 可分解为纯剪切力 F_1 、水平推力 F_2 及离口力 F_3 。图 3-25a 所示为剪切力的正交分解情况, 图 3-25b 和图 3-25c 所示为剪切力正交分解后的两面投影。

在剪切过程中, 由于 φ 角的存在, 材料是逐渐被分离的。若 φ 角增大, 材料的瞬时剪切长度变短, 可减小所需的剪切力; 但从受力图上又可看出, φ 增大, 纯剪切力 F_1 则减小, 而水平推力 F_2 增大, 当 φ 角增大到一定数值时, 将因水平推力 F_2 过大, 使材料从刀口中推出而无法进行剪切。因此, φ 角的大小, 应以剪切时材料不被推出为限。其受力条件为:

$$F_2 \leq 2F_1 f \quad (3-1)$$

式中 f ——材料的静摩擦系数, 一般钢与钢的静摩擦系数取 $f=0.15$ 。

由式 (3-1) 可以求出 φ 角的极限值:

$$\begin{aligned} F_2 &= F_1 \tan \varphi \\ F_1 \tan \varphi &\leq 2F_1 f \\ \tan \varphi &\leq 2f = 0.30 \end{aligned}$$

所以

$$\varphi \leq 16^\circ 42'$$

同时, 由于离口力 F_3 的存在, 剪切材料待剪部分将有向剪断面一侧滑动的趋势。尽管 γ 角增大有利于使剪刀口锋利, 但过大的 γ_0 角将导致离口力 F_3 过大, 而影响定位剪切, 这是必须限制 γ_0 角的一个重要原因。

此外, 由于水平推力 F_2 和离口力 F_3 的双向力的作用, 在剪切过程中, 被剪下的材料将发生弯扭复合变形, 在宽板上剪窄条时尤其明显。故从限制变形的角度看, φ 角和 γ_0 角亦不宜过大。

从图 3-25c 还可以看出, 由于存在剪刀间隙, 且剪切中随着剪刀与被剪材料接触面的增大, 而引起 F_1 、 F_1' 力作用线的外移, 将对材料产生一个转矩。为不便材料在剪切过程中翻转, 提高剪切质量, 就需要给材料施以附加压料力 F_4 ,



如图 3-25c 所示。

3. 斜口剪剪刀的几何参数

根据以上对剪切过程、剪断面状态和剪切受力情况的分析,并考虑实际情况与理想状态的差距,确定斜口剪剪刀几何参数如下:

(1) 剪刀斜角 φ 剪刀斜角 φ 一般在 $2^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 。对于横入式斜口剪床, φ 角一般为 $7^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 对于龙门式斜口剪床, φ 角一般为 $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$ 。

(2) 前角 γ_0 前角 γ_0 是剪刀的一个重要几何参数,其大小不仅影响剪切力和剪切质量,而且直接影响剪刀强度。前角 γ_0 值一般可在 $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$,依据被剪材料性质不同而选取。冷作工剪切钢材时,斜口剪 γ_0 值通常为 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 。

(3) 后角 α_0 后角 α 的作用主要是减小材料与剪刀的摩擦,通常取 $\alpha_0 = 1.5^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 。 γ_0 角与 α_0 角确定后,楔角 β_0 也就随之而定。

(4) 剪刀间隙 s 剪刀间隙 s 是为避免上下剪刀碰撞,减小剪切力和改善剪断面质量的一个几何参数。合理的间隙值是一个尺寸范围,其上限值称为最大间隙,下限值称为最小间隙。剪刀合理间隙的确定,主要取决于被剪材料的性质和厚度,见表 3-2。各种剪切设备均附有很具体的间隙调整数据铭牌,可作为调整剪刀间隙的依据。

表 3-2 剪刀合理间隙的范围

材料	间隙 (以板厚的%表示)	材料	间隙 (以板厚的%表示)
纯铁	6 ~ 9	不锈钢	7 ~ 11
低碳钢	6 ~ 9	铜 (硬态、软态)	6 ~ 10
中碳钢	8 ~ 12	铝 (硬态)	6 ~ 10
硅钢	7 ~ 11	铝 (软态)	5 ~ 8

二、常用剪床的传动原理

1. 常用的剪切机械

剪切机械的种类很多,冷作工较常用的有龙门式斜口剪床、横入式斜口剪床、圆盘剪床、振动剪床和联合剪冲机床。

(1) 龙门式斜口剪床 龙门式斜口剪床如图 3-26 所示,主要用于剪切直线切口。它操作简单,进料方便,剪切速度快,剪切材料变形小,剪断面精度高,所以在板料剪切中应用最为广泛。

(2) 横入式斜口剪床 横入式斜口剪床如图 3-27 所示,主要用于剪切直线。剪切时,被剪材料可以由剪口横入,并能沿剪切方向移动,剪切可分段进行,剪切长度不受限制。与龙门式斜口剪床比较,它的剪刀斜角 φ 较大,故剪切变形大,而且操作较麻烦。一般情况下,用它剪切薄而宽板料较好。

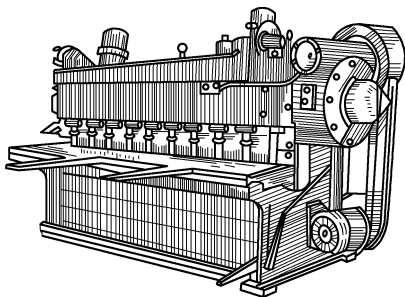


图 3-26 龙门式斜口剪床

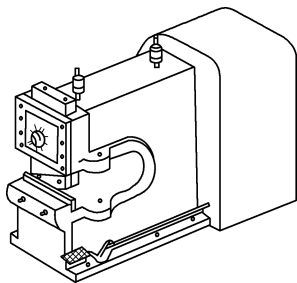


图 3-27 横入式斜口剪床

(3) 圆盘剪床 圆盘剪床的剪切部分由上、下两个滚刀组成。剪切时，上、下滚刀作同速反向转动，材料在两滚刀间边剪切、边输送，如图 3-28a 所示。冷作工常用的是滚刀斜置式圆盘剪床，如图 3-28b 所示。

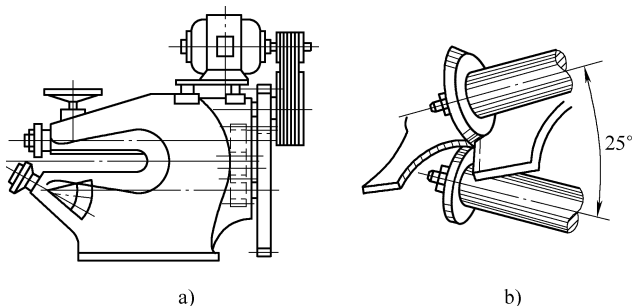


图 3-28 圆盘剪床

圆盘剪床由于上、下剪刀重叠甚少，瞬时剪切长度极短，且板料转动基本不受限制，适用于剪切曲线，并能连续剪切。但被剪材料弯曲较大，边缘有毛刺，一般圆盘剪床只能剪切较薄的板料。

(4) 振动剪床 振动剪床如图 3-29 所示，它的上、下刃板都是倾斜的，交角较大，剪切部分极短。工作时上刃板每分钟的往复运动可达数千次，呈振动状。

振动剪床可在板料上剪切各种曲线和内孔，但其刃口容易磨损，剪断面有毛刺，生产率低，而且只能剪切较薄的板料。

(5) 联合剪冲机床 联合剪冲机床通常由斜口剪、型钢剪和小冲头组成，可以剪切钢板和各种型钢，并能进行小零件冲压和冲孔。

2. 剪切机械的简单分析

作为剪切机械的操作者，应该具有对

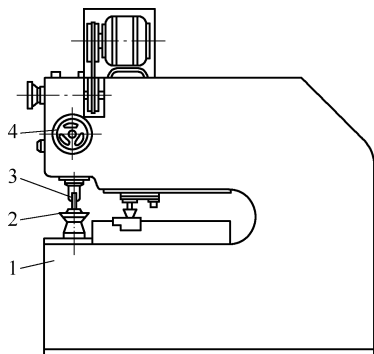


图 3-29 振动剪床

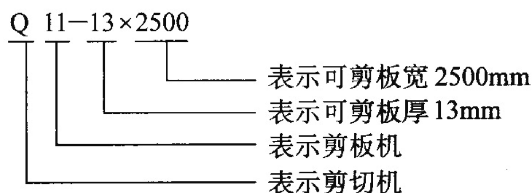
1—床身 2—下剪刀
3—上剪刀 4—升降柄



所用的剪切机械进行简单分析的能力,这有助于掌握、改进剪切工艺方法,正确维护、保养和使用剪切机械。

(1) 剪切机械的类型和技术性能 可根据其结构形式初步判断剪切机械属于何种类型,再对其型号所表示的意义作详细了解。

剪床的型号表示了剪床的类型、特性及基本工作参数等。例如, Q11—13 × 2500 型龙门式剪板机,其型号所表示的含义为:



机床编号的国家标准已作了数次改动,因此对于不同剪床型号所表示的含义,应根据剪床的出厂年代,查阅有关的国家标准。

各种类型的剪切设备,其技术性能参数通常制成铭牌钉在机身上,作为剪切加工的依据。在设备使用说明书上,也详细记载设备的技术性能。因此,只要参阅剪床铭牌或使用说明书,即可了解其技术性能。

(2) 剪切机械的传动关系 分析剪切机械的传动关系,通常要利用其传动关系示意图。首先要在图中找出原动件和工作件的位置,然后按照原动件—传动件—工作件的顺序,顺次找出各部件间的联系,从而弄清楚整个系统的传动关系。

图 3-30 所示为 Q11—20 × 2000 型龙门式斜口剪床的传动系统示意图。在这个系统中,电动机是原动件,曲轴连带滑块是工作件,其他均为传动件。

工作时,首先是电动机带动带轮空转,这时由于离合器处于松开位置,制动器处于闭锁位置,故其余部分均不运动。踏下脚踏开关后,在操纵机构(图中未画出)的作用下,离合器闭合,同时制动器松开,带轮通过传动轴上的齿轮,带动工作曲轴旋转,曲轴又带动装有上剪刀的滑块沿导轨上下运动,与装在工作台上的下剪刀配合,进行剪切。完成一次剪切后,操纵机构又使离合器松开,同时使制动器锁闭,从而使曲轴停转。

在传动系统中,离合器和制动器要经常检查调整,否则,易造成剪切故障。

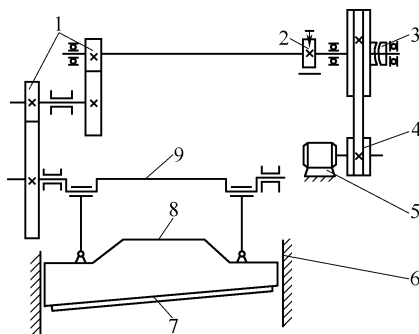


图 3-30 Q11—20 × 2000 型剪床传动系统示意图

- 1—齿轮 2—制动器 3—离合器
- 4—带轮 5—电动机 6—导轨
- 7—上剪刀 8—滑块 9—曲轴



例如,引起上剪刀自发地连续动作或曲轴停转后上剪刀不能回原位等,甚至会造成人身和设备事故。

(3) 剪切机械的操纵原理 剪切机械的操纵机构,主要是控制离合器和制动器的动作。分析剪床的操纵原理,就是要分析踏下脚踏开关后,操纵机构如何使离合器及制动器动作,从而完成一个工作循环。这种分析,通常利用操纵机构示意图进行,若能在分析过程中与剪床上操纵机构的实际工作状况相对照,更有助于理解。

图 3-31 为 Q11—20×2000 型剪床的操纵机构示意图。已知离合器与离合杠杆相连,当杠杆逆时针转动时,离合器闭合,反之则打开;制动器与连杆相连,连杆向下运动时,制动器松开,反之则闭锁。

剪切时,踏下脚踏开关后,电磁铁将起落架和启动轴分离,重力锤通过连杆 7 使主控制轴作逆时针方向旋转。主控制轴的旋转又带动连杆 4 向下运动,离合杠杆绕支点逆时针转动,从而迫使制动器松开,便离合器闭合,剪床主轴开始旋转。这时抬起脚踏开关,则电磁铁因断电而不再起作用。随着剪床主轴的旋转,剪床主轴上的凸轮使回复杠杆运动,并带起落架下落,重新与启动轴咬合。各部件上述动作方向,如图 3-31 中箭头所示。

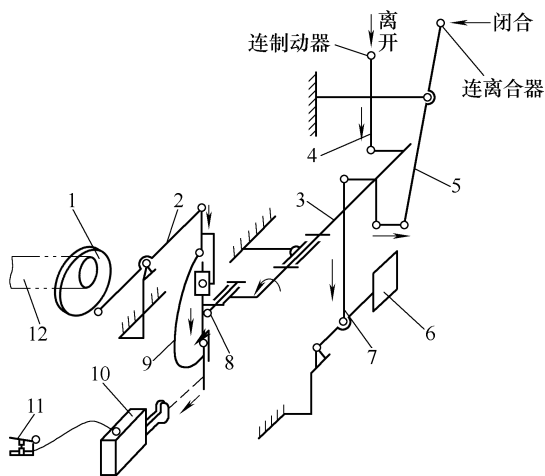


图 3-31 Q11—20×2000 型剪床操纵机构示意图

- 1—凸轮 2—回复杠杆 3—主控制轴
4、7—连杆 5—离合杠杆
6—重力锤 8—启动轴 9—起落架
10—电磁铁 11—脚踏开关 12—剪床主轴

当剪床主轴旋转过 180°后,回复杠杆开始带动起落架及启动轴上升回复原位。而启动轴的上升又带动主控制轴顺时针方向旋转,并使连杆 4 向上运动,离合杠杆顺时针转动,从而迫使离合器松开,制动器闭锁,剪床主轴停止转动,完成一个剪切工作循环。上述回复过程中,图 3-31 中各部件运动方向与箭头所指方向相反。

(4) 剪切机械的工艺装备 为满足剪切工艺的需要,剪切机械通常设置一些简单的工艺装备。图 3-32 所示为一般龙门式斜口剪床的工艺装备。

压料板可防止剪切时板料的翻转和移动,以保证剪切质量。压料板由工作曲轴带动,在上剪刀与板料接触前压住板料,完成自动压料,也可利用手动偏心轮等达到压紧目的,而成为手动压料式。栅极是安全装置,用来防止手或其他物品



进入剪口而发生事故。前挡板和后挡板在剪切时起定位作用。在剪切数量较多、尺寸相同的零件时,利用挡板定位剪切,可提高生产效率并能保证产品质量。在床面上,也可以安装定位挡板。

有些工厂结合本厂的具体情况,对自用剪床进行了设备改造,以提高自动化程度,如自动上、下料,自动送进、定位(对剪切线)、压紧等。

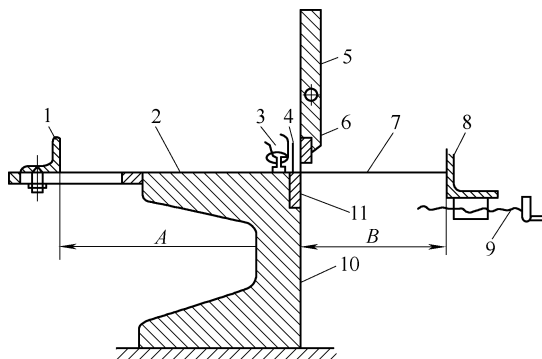


图 3-32 龙门式斜口剪床的工艺装备

1—前挡板 2—床面 3—压料板 4—栅板
5—剪床滑块 6—上刀片 7—板料
8—后挡板 9—螺杆 10—床身 11—下刀片

三、冲裁模具

冲裁加工的零件多种多样,冲裁模具的类型也很多,冷作工常用的是在冲床每一冲程中只完成一道冲裁工序的简单冲裁模。这里,以简单冲裁模为主,介绍有关冲裁模具的一些知识。

1. 冲裁模结构

冲裁模具的结构形式很多,但无论何种形式,其结构组成都要考虑以下 5 个方面:

1) 凸模和凹模。这是直接对材料产生剪切作用的零件,是冲裁模具的核心部分。

2) 定位装置。其作用是保证冲裁件在模具中的准确位置。

3) 卸料装置(包括出料零件)。其作用是使板料或冲裁下的零件与模具脱离。

4) 导向装置。其作用是保证模具的上、下两部分具有正确的相对位置。

5) 装夹、固定装置。其作用是保证模具与机床、模具各零件间连接的稳固、可靠。

图 3-33 所示为一简单冲裁模,其结构即由上述的 5 部分组成:

1) 凸、凹模:凸模固定在上模板上,凹模固定在下模板上。

2) 定位装置:由图中导料板和定位销组成,固定在下模板上,控制条料的送进方向和送进量。

3) 导向装置:由图中导套和导柱组成。工作时,装在上模板上的导套在导柱上滑动,使凸模与凹模得以正确配合。

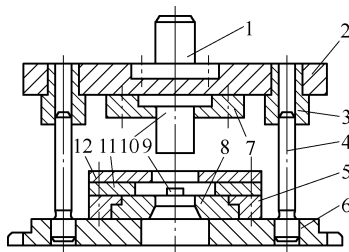


图 3-33 简单冲裁模

1—模柄 2—上模板 3—导套
4—导柱 5、7—压板 6—下模板
8—凹模 9—定位销 10—凸模
11—导料板 12—卸料板



4) 卸料装置：图中刚性卸料板。当冲裁结束凸模向上运动时，连带在凸模上的条料被刚性卸料板挡住落下。此外，凹模上向下扩张的锥孔有助于冲裁下的材料从模具中脱出。

5) 装夹、固定装置：图中的上模板、下模板、模柄、压板及图中未画出的螺栓、螺钉等，都属装夹、固定装置。靠这些零件将模具各部分组合装配，并固定在冲床上。

当然，不是所有的冲模都必须具备上述各类装置，但凸、凹模和必要的装夹、固定装置是不可缺少的。冲裁模具还可根据不同冲裁件的加工要求，增设其他装置。例如，为防止冲裁件起皱和提高冲裁件断面质量而设置的压边圈等。

2. 冲裁模间隙

冲裁模的凸模尺寸总要比凹模小，其间存在一定的间隙。冲裁模间隙是指冲裁模中凸、凹模之间的空隙。凸模与凹模间每侧的间隙称为单面间隙，用 $Z/2$ 表示；两侧间隙之和称为双面间隙。用 Z 表示。若无特殊说明，冲裁模间隙都是指双面间隙。

冲裁模间隙的数值等于凸、凹模刃口尺寸的差值。设凸模刃口部分尺寸为 d ，凹模刃口部分尺寸为 D ，如图 3-34 所示，则冲裁模具间隙 Z 可用式 (3-2) 表示：

$$Z = D - d \quad (3-2)$$

冲裁模间隙是一个重要的工艺参数。合理的冲裁模间隙除能保证工件良好的断面质量和较高的尺寸精度外，还能降低冲裁力，延长模具的使用寿命。

合理的间隙值是一个尺寸范围，其上限称为最大合理间隙 $Z_{\max}$ ，下限称为最小合理间隙 $Z_{\min}$ 。

凸模与凹模在工作过程中，必然会有磨损，使凸、凹模的间隙逐渐增大。因此，在制造新模时，应采用合理间隙的最小值。但对于尺寸精度要求不很高的冲裁零件，为了减小模具的磨损，可采用大一些的间隙。

合理间隙的大小与很多因素有关，其中最主要的是材料的力学性能和板厚。

钢板冲裁时的合理间隙值，可从表 3-3 可以看出：

3. 凸模与凹模刃口尺寸的确定

冲裁件的尺寸、尺寸精度和冲裁模间隙，都决定于凸模和凹模刃口的尺寸和公差。因此，正确地确定凸、凹模刃口尺寸及其公差，是冲裁模设计中的一项重要工作。

冲裁分为落料和冲孔，从板料上沿封闭轮廓冲下所需形状的工件或工序件的冲裁称为落料；从工序件上冲出所需形状的孔（冲去部分为废料）的冲裁称为冲孔。在冲裁件尺寸的测量和使用中，都是以光面的尺寸为基准。由前述冲裁过程

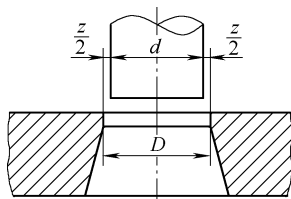


图 3-34 冲裁模间隙



可知,落料件的光面是因凹模刃口挤切材料产生的,而孔的光面是凸模刃口挤切材料产生的,如图 3-35 所示。

表 3-3 钢板冲裁时的合理间隙值 (单位: mm)

材料厚度 /mm	08、10、35 09Mn、Q235A		Q345 (16Mn)		40、50		65Mn	
	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
小于 0.5	极小间隙							
0.5	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060
0.6	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072
0.7	0.064	0.092	0.064	0.092	0.064	0.092	0.064	0.092
0.8	0.072	0.104	0.072	0.104	0.072	0.104	0.064	0.092
0.9	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126
1.0	0.100	0.140	0.100	0.140	0.100	0.140	0.090	0.126
1.2	0.126	0.180	0.132	0.180	0.132	0.180		
1.5	0.132	0.240	0.170	0.240	0.170	0.230		
1.75	0.220	0.320	0.220	0.320	0.220	0.320		
2.0	0.246	0.360	0.260	0.380	0.260	0.380		
2.1	0.260	0.380	0.280	0.400	0.280	0.400		
2.5	0.360	0.500	0.380	0.540	0.380	0.540		
2.75	0.400	0.560	0.420	0.600	0.420	0.600		
3.0	0.460	0.640	0.480	0.660	0.480	0.660		
3.5	0.540	0.740	0.580	0.780	0.580	0.780		
4.0	0.640	0.880	0.680	0.920	0.680	0.920		
4.5	0.720	1.000	0.680	0.960	0.780	1.040		
5.5	0.940	1.280	0.780	1.100	0.980	1.320		
6.0	1.080	1.440	0.840	1.200	1.140	1.500		
6.5			0.940	1.300				
8.0			1.200	1.680				

所以,在计算凸、凹模刃口尺寸时,应按落料和冲孔两种情况分别考虑,其原则如下:

1) 落料时,因落料件的光面尺寸与凹模刃口尺寸相等或基本一致,所以应先确定凹模刃口尺寸,即以凹模刃口尺寸为基准。又因落料件尺寸会随凹模刃口的磨损而增大,为保证凹模磨损到一定程度仍能冲出合格零件,故凹模刃口基本尺寸应取落料件尺寸公差范围内的最小极限尺寸。落料时,凸模刃口的公称尺寸则是在凹模刃口公称尺寸上减去一个最小合理间隙。

2) 冲孔时,因孔的光面尺寸与凸模刃口尺寸相等或基本一致,所以应先确定凸模刃口尺寸,即以凸模刃口尺寸为基准。又因冲孔件的尺寸会随凸模刃口的磨损而减小,故凸模刃口公称尺寸应取冲孔件尺寸公差范围内的最大极限尺寸。

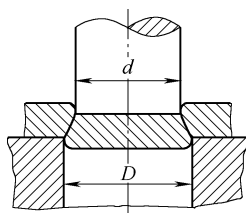


图 3-35 冲裁件尺寸与凸、凹模尺寸的关系



冲孔时，凹模刃口的公称尺寸则是在凸模刃口公称尺寸上加上一个最小合理间隙。

根据上述原则，得到冲模刃口各尺寸关系式：

落料

D_凹 = (D_max - XΔ)^{+δ_凹}_0 (3-3)

D_凸 = (D_凹 - Z_min)^{δ_凸}_0 = (D_max - XΔ - Z_min)^{0}_{-δ_凸} (3-4)

冲孔

d_凸 = (d_min + XΔ)^{0}_{-δ_凸} (3-5)

d_凹 = (d_凸 + Z_min)^{+δ_凹}_0 = (d_min + XΔ + Z_min)^{+δ_凹}_0 (3-6)

式中 D_凹、D_凸——落料凹、凸模公称尺寸 (mm)；
d_凸、d_凹——冲孔凸、凹模公称尺寸 (mm)；
D_max——落料件的最大极限尺寸 (mm)；
d_min——冲孔件的最小极限尺寸 (mm)；
Δ——落料件、冲孔件的制造公差 (mm)；
Z——最小合理间隙 (mm)；
δ_凸、δ_凹——凸、凹模制造公差 (可由表 3-4 查得) (mm)。
X——磨损系数，在 0.5 ~ 1.0，它与冲件精度有关，可查表 3-5 或按下面关系选取：

- 冲件精度为 IT10 公差等级以上时，X = 1；
- 冲件精度为 IT11 ~ IT13 公差等级时，X = 0.75；
- 冲件精度为 IT14 公差等级以下时，X = 0.50。

表 3-4 规则形状（回形、方形）冲裁凸、凹模的制造公差

(单位：mm)

公称尺寸	δ _凸	δ _凹
≤18	0.020	0.020
>18 ~ 30		0.025
>30 ~ 80		0.030
>80 ~ 200	0.025	0.035
>120 ~ 180	0.030	0.040
>180 ~ 260		0.045
>260 ~ 360	0.035	0.050
>360 ~ 500	0.040	0.060
>500	0.050	0.070



根据上述计算公式,可以将冲件与凸、凹模刃口尺寸及公差分布状态用图 3-36 表示。

从图中还可以看出,无论是冲孔还是落料,当凸、凹模按图样分别加工时,为了保证间隙值,凸、凹模的制造公差必须满足下列条件:

$$\delta_{\text{凸}} + \delta_{\text{凹}} \leq Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}$$

式中 Z_{max} ——最大合理间隙 (mm)。

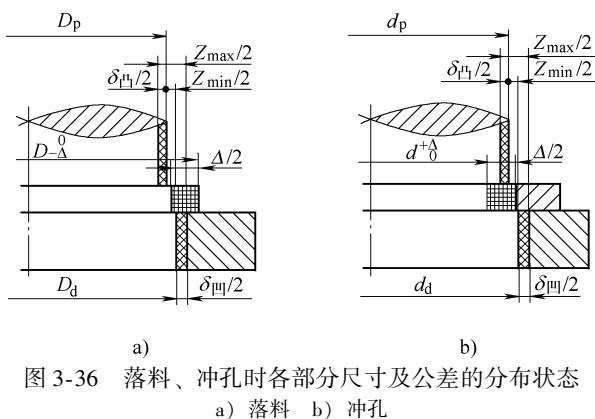


图 3-36 落料、冲孔时各部分尺寸及公差分布状态

a) 落料 b) 冲孔

表 3-5 磨损系数

材料厚度/mm	非圆形			圆形	
	1	0.75	0.5	0.75	0.5
	制件公差 Δ				
≤ 1	<0.16	$0.17 \sim 0.35$	≥ 0.36	<0.16	≥ 0.16
$>1 \sim 2$	<0.20	$0.21 \sim 0.41$	≥ 0.42	<0.20	≥ 0.20
$>2 \sim 4$	<0.24	$0.25 \sim 0.49$	≥ 0.50	<0.24	≥ 0.24
>4	<0.30	$0.31 \sim 0.59$	≥ 0.60	<0.30	≥ 0.30

实际上,目前工厂广泛采用“配作法”来加工冲模,尤其是对于 Z_{max} 和 Z_{min} 差值很小的冲模或刃口形状较复杂的冲裁模更是如此。应用配作法,落料时应先按计算尺寸制造出凹模,然后根据凹模的实际尺寸,按最小合理间隙配制凸模;冲孔时则先按计算尺寸制造出凸模,然后根据凸模的实际尺寸,按最小合理间隙配制凹模。配作法的特点是模具的间隙由配制保证,工艺比较简单,不必校核 $\delta_{\text{凸}} + \delta_{\text{凹}} \leq Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}$ 的条件,并且在加工基准件时,可适当放宽公差(通常取 $\delta = \frac{1}{4}\Delta$),使加工容易进行。

四、等离子切割机工作原理与工艺

1. 等离子和等离子弧的产生及特点

(1) 等离子和等离子弧的产生 原子运动速度加快,使带负电荷的电子脱离带正电荷的原子核,成为自由电子,而原子本身就成了带正电的离子,这种现象就叫电离。若使气体完全电离,得到全是由带正电的正离子和带负电的电子所组成的电离气体,称为等离子体或等离子。

等离子体是物质固态、液态和气态以外的第四态。由于等离子体全部由离子



和电子组成,所以等离子体具有极好的导电能力,可以承受很大的电流密度,并能受电场和磁场的作用。等离子体还具有极高的温度和极好的导热性,能量又高度集中,这有利于熔化一些难熔的金属或非金属。普通的焊接电弧,由于能量不够集中,气体电离得不够充分,因此它实际上只能称为不完全的等离子体。

通过对电弧进行强迫压缩,使弧柱截面收缩,弧柱中的气体几乎达到全部离子体状态的电弧,称为等离子弧。

等离子弧实际上就是一种高度压缩了的电弧。由于电弧经过压缩,能量密度大,温度高(10000~30000℃或更高),弧柱中心部分附近的气体都电离成离子及电子。而普通的电弧没有经过压缩,这就是二者质的区别。

等离子弧既可用来进行焊接,也可用来进行切割。

(2) 等离子弧的特点

1) 由于等离子弧有很高的导电性,能承受很大的电流密度,因而可以通过极大的电流,故具有极高的温度。又因其截面很小,则能量高度集中。用于切割的等离子弧,在喷嘴附近温度最高可达30000℃。

2) 等离子弧的截面很小,从温度最高的弧柱中心到温度最低的弧柱边缘,温差非常大。

3) 由于各种强迫压缩作用,以及电离程度极高和放电过程稳定,所以,圆柱形的等离子弧挺直度好。

4) 喷嘴中通入的压缩气体在高温作用下膨胀,又在喷嘴的阻碍作用下压缩力增加,从喷嘴喷出时速度很高(可超过声速)。所以等离子弧有很强的机械冲击力。这一点特别有利于切割,可使切口窄而且平齐。

5) 由于等离子弧中正离子和电子所带的正、负电荷数量相等,故等离子弧呈中性。

2. 等离子弧切割的原理和特点

(1) 等离子弧的切割原理 等离子弧切割是利用高温、高冲击力的等离子弧为热源,将被切割的材料局部迅速熔化,同时,利用压缩产生的高速气流的机械冲刷力,将已熔化的材料吹走,从而形成狭窄切口的切割方法。它是属于热切割性质,这与氧乙炔焰切割在本质上是不同的。它是随着割炬向前移动而完成工件切割,其切割过程不是依靠氧化反应,而是靠熔化来切割材料。

(2) 等离子弧切割的特点

1) 应用面很广。由于等离子弧的温度高、能量集中,所以能切割各种高熔点金属及其他切割方法不能切割的金属,如不锈钢、耐热钢、钛、钨、铸铁、铜、铝及其合金等。在使用非移动等离子弧时,由于割件不接电,所以在这种情况下还能切割各种非导电材料,如耐火砖、混凝土、花岗石、碳化硅等。

2) 切割速度快,生产效率高。它是日前采用的切割方法中切割速度最



快的。

3) 切口质量好。等离子弧切割时,能得到比较狭窄、光洁、整齐、无熔渣、接近于垂直的切口。由于温度高,加热、切割的过程快,所以此法产生的热影响区和变形都比较小。特别是切割不锈钢时能很快通过敏化温度区间,故不会降低切口处金属的耐蚀性;切割淬火倾向较大的钢材时,虽然切口处金属的硬度也会升高,甚至会出现裂纹,但由于淬硬层的深度非常小,通过焊接过程可以消除,所以切割边可直接用于装配焊接。

4) 成本较低。特别是采用氮气等廉价气体时,成本更为低廉。

3. 等离子弧的发生装置

图 3-37 所示为产生等离子弧的装置。

电极接直流电源的负极,工件接正极,在电极和工件间加上一较高的电压,经过高频振荡器的激发,使气体电离形成电弧,然后将氩气或氮气在很高的压力与速度下,围绕电弧;吹过电弧放电区域,由于电弧受热压缩、机械压缩和磁压缩的作用,弧柱直径缩小,能量集中,弧柱温度很高,气体电离度很高,这种高度电离的离子流则以极高的速度喷出,形成明亮的等离子焰流。

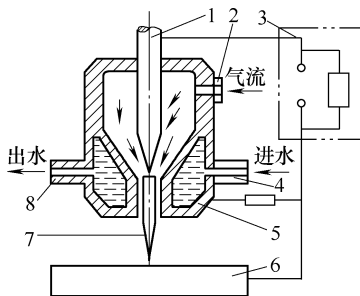


图 3-37 产生等离子弧的装置图
1—钨极 2—进气管 3—高频振荡器、电源
4—进水管 5—喷嘴 6—工件
7—等离子弧 8—出水管

所谓热压缩作用是指气体流量及不同性质气体对电弧的压缩作用,气体通过弧柱时,气体要吸收很多热能而后电离成离子弧,当离子弧在通过用水冷却的枪体喷嘴时,贴近喷嘴壁面的气体电离度急速下降,导电能力很差,形成一个圆柱形绝缘绝热层,保护喷嘴内壁。气体流量加大时,已离子化的等离子流被压缩到弧柱的中心部位,弧柱直径显著缩小,电流密度明显增高。

通入不同的气体对电弧的压缩性有不同的影响,氢的压缩作用最大,氮其次之,氩更次之。由于氮气价格低廉,且切割速度及质量比较稳定,故获得广泛应用。

机械压缩作用是指喷嘴的尺寸和形状对弧柱的压缩影响。若喷嘴直径缩小时,弧柱直径相应被压缩而减小。

当离子流在加速电场中运动时,可以看成是无数根导体。而两根平行同向电流的导体,在电磁力作用下会使两根导线互相靠近,导体直径越小,在电流不变的情况下,电流密度越大,电磁力越大。而在热压缩和机械压缩作用下,弧柱直径缩小,同时又相应产生很大的磁压缩,使电弧变得更细,这种压缩作用通常称为磁压缩作用。



4. 等离子弧切割工艺

等离子弧切割的气体一般用氮气或氮氢混合气体,也可用氩气或氩氢、氩氮混合气。氩气由于价格昂贵,使切割成本增加,所以基本不用。而氢气作为单独的切割气体易燃烧和爆炸,所以也未获得应用。但氢气的导热性较好,对电弧有强烈的压缩作用,所以采用加氢的混合气体时,等离子弧的功率增大,电弧高温区加长。如果采用氮氢混合气体,便具有比使用氮气更高的切割速度和厚度。

切割电极采用含钍质量分数为 1.5% ~ 2.5% 的钍钨棒,这种电极比采用钨棒作电极的烧损要小,并且电弧稳定。因钍钨棒有一定的放射性,而铈钨极几乎没有放射性,等离子弧的切割性能比钍钨棒好,因此也有采用的。

为了利于热发射,使等离子弧稳定燃烧,以及减少电极烧损,等离子弧切割时一般都把钨极接负,工件接正,即所谓正接法。

等离子弧切割内圆或内部轮廓时,应在板材上预先钻出直径约为 12 ~ 16mm 的孔,并由孔开始切割。等离子弧切割时,为了保证安全,应注意下列几个方面:

1) 等离子弧切割时的弧光及紫外线,对人的皮肤及眼睛均有伤害作用,应注意加强保护措施(穿工作服、戴面罩等)。

2) 等离子弧切割时,产生大量的金属蒸气和气体,吸入人体内常产生不良的反应,所以工作场地必须安装强制抽风设备。

3) 电源要接地,割枪的手把绝缘要好。

4) 钍钨极是钨与氧化钍经粉末冶金制成。钍具有一定的放射性,但一根钍钨棒的放射剂量很小,对人体影响不大。大量钍钨棒存放或运输时,因剂量增大,应放在铅盒里。在磨削钍钨棒时,产生的尘末若进入人体则是不利的,所以在砂轮机磨削钍钨棒时,必须装有抽风装置。

五、光电跟踪切割设备工作原理与工艺

光电跟踪仿形气割机是一种高效率自动化气割机床,它可省掉在钢板上划线的工序,而直接进行自动气割。它是将被切割零件的图样,以一定比例画成缩小的仿形图,制成光电跟踪模板,光电跟踪仿形气割机通过光电跟踪头的光电系统自动跟踪模板上的图样线条,控制割炬的动作轨迹与光电跟踪头的轨迹一致,以完成自动气割。由于跟踪的稳定性好、传动可靠,因此大大提高了气割质量和生产效率,减轻了工人的劳动强度,故光电跟踪仿形气割机的应用日趋扩大。

光电跟踪仿形气割机是由光学部分、电气部分和机械部分组成的自动控制系统。在构造上可分为指令机构(跟踪台和执行机构)、气割机两部分。气割机放置在车间内进行气割,为避免外界振动和噪声等干扰,跟踪台应放置在离气割机



100m 范围内的专门工作室内。气割机由跟踪台通过电气线路进行控制。

光电跟踪仿形气割机若装上数控系统, 数控和光电结合, 其性能更加优越。当光电跟踪仿形切割时, 所切割图形即存入计算机, 下次就可直接切割, 再不用仿形和编程, 操作十分方便。表 3-6 是光电跟踪仿形气割机的主要技术参数。

表 3-6 光电跟踪仿形气割机的主要技术参数

切割厚度/mm	5 ~ 100
切割速度/(mm/min)	50 ~ 1200
切割范围/mm	2500 × 7400
轨道长度/mm	9000 (根据需要可加长)
跟踪精度/mm	0.3
割缝补偿范围/mm	±2

目前, 仿形图样画成和零件同样大小 (1:1 比例) 的光电跟踪仿形切割机, 用于切割形状复杂的零件, 效果很好。

光电跟踪仿形气割机的切割精度和表面粗糙度与数控切割相比相差无几, 所不同的是光电跟踪仿形气割机切割要受到光电跟踪台尺寸和面积的限制, 还要受到图形绘制精度的影响。因此, 目前光电跟踪仿形气割适合用于切割尺寸小于 1m 的零件。

六、常用切割设备的使用与维护知识

1. 机械部分维修维护

1) 每周一次用真空吸尘器吸掉机器内的粉尘和污物, 所有电器柜应关严防尘。

2) 各导轨应经常清理, 排除粉尘等杂物, 保证设备正常齿条要经常擦拭, 加润滑油, 保证润滑而无杂物。

3) 经常检查钢带, 一定保证拉紧。

4) 每六个月检查轨道的直线度及机器的垂直度, 发现不正常及时维护调试。

2. 气路部分维修维护

(1) 气路系统维护

1) 经常检查气路系统, 发现漏气及不能正常使用的零部件应及时处理, 保证气路畅通。

2) 应经常擦拭清除气路的灰尘及杂物, 防止气路过早老化。

(2) 减压阀的维护 调节减压器, 将压力表调到需用的压力, 调节过程中



应使压力由小到大,确保减压器能连续调节。若不能连续调节或气体从安全阀中泄漏就必须更换新的减压器。自行拆装气体减压器之零部件,将会造成设备损坏,甚至造成严重人身伤害。

(3) 割炬割嘴回火防止器的维修

1) 割炬采用专业厂家生产的机用割炬,割炬长期使用,密封面损坏,与割嘴密封不严,必须使用专用工具修复。

2) 割炬也采用专业厂家生产的标准快速割嘴,对于新割嘴,必须经检查合格后方可使用。

3) 割嘴污染后需用专用工具清理预热火焰孔及切割氧通道。

4) 回火防止器是保证安全的重要部件,根据安全部门的要求,回火防止器严禁私自拆卸。回火防止器长时间使用后容易气阻,保证不了气体流量要求时或漏气,一定请专业人员更换。

设备操作者必须经过专业培训合格后,方可上岗。严禁非专业人员操作此机,否则后果自负。

3. 剪床(龙门剪)工安全操作规程

1) 开车前应检查设备主要紧固件有无松动,操纵机构、离合器、制动器是否正常,安全防护装置是否完好。遵守一般冲压工安全操作规程。

2) 调整刀片或较长时间停机后再启动时,应用手扳动带轮(注意防止皮带挤伤手指),观察刀片运动无阻碍,再空车检验正常后,才能开始剪料。严禁突然启动剪床或带负荷启动。

3) 禁止超长度和超宽度使用剪床。不准用剪床剪切经过淬火的钢材,铸铁件及其他脆性材料,严禁剪双料。

4) 两人以上同时操作时,应定人开车,统一指挥,注意协调配合好。严禁两人在同一剪床上同时剪切两件材料。

5) 经常注意连杆有无失灵现象,紧固螺栓有无松动。发生连车、崩刀时,应立即停止工作,待检修好再操作。

6) 送料时,要注意手指安全,特别是剪短料(一张料剪到最后的狭窄料)时,手指严禁超过压料装置,或者用工具推进。当后挡板上留有料头或料渣时,也要用工具去拨掉。严禁用手穿过压料装置去拨刀口对面搁置的余料。

7) 剪床后面不准站人、接料,若如确属必要,应加设防止手指伸进刀口的护栏。

8) 刀片刃口应保持锐利。切薄板时,两刀片必须贴近。上、下刀口必须保持平行,刀片间隙不得大于板料厚度的 $1/30$ 。

9) 工作中要及时清理废料。清理、调整、检修及停电离岗前,必须停车,切断电源。



第四节 下料技能训练实例

• 训练 气割

如图 3-38 所示为气割工件图。

1. 操作前准备

(1) 工具 锤子、錾子、划针、划规、样冲、锉刀、石笔等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta = 12\text{mm}$; 油毛毡。

(3) 设备 气割设备。

2. 操作要求

1) 正确绘制零件图形。

2) 独立安装调试气割设备并完成气割。

3) 操作时间为 30min。

3. 操作工艺

(1) 气割顺序 气割工件因局部受高温影响, 割后将产生较大变形, 若对气割顺序作合理选择, 则可减小割件的这种变形。本工件的气割顺序如图 3-39 所示。

(2) 外轮廓线的气割 切割外轮廓线时, 应使气割线下部悬空, 无搁置物阻挡, 工件可按图 3-40 所示的方法摆放。

(3) 内孔的气割

(4) 割件的质量检查

1) 测量割件的各部尺寸是否符合图样要求。

2) 检查气割切口表面是否平整干净, 割纹是否均匀一致。

3) 检查切口边缘是否有熔化现象, 氧化物是否易于清除。

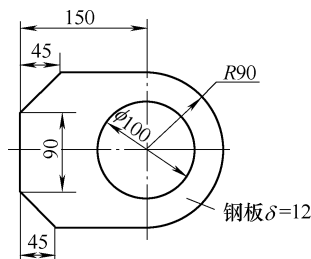
4) 检查切割直线段的直线度。

5) 检查切割曲线段的圆度。

(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。

(6) 安全与注意事项

1) 氧气瓶一般应立放使用; 乙炔瓶必须立放使用, 并要平稳可靠。



技术要求

1. 各尺寸公差为 $\pm 2\text{mm}$ 。
2. 切割面凸凹不平处不大于 2mm 。

图 3-38 气割工件图

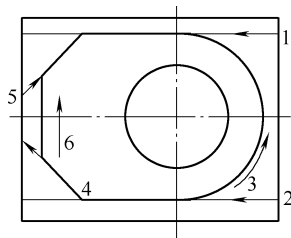


图 3-39

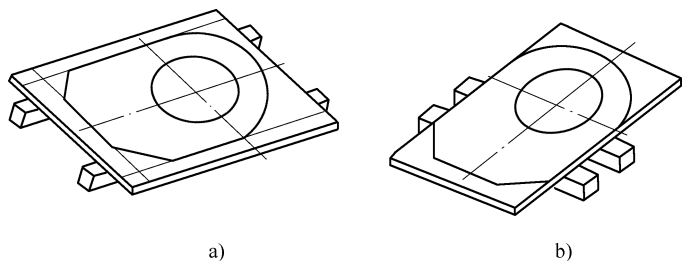


图 3-40

a) 割两直边时的摆放 b) 割外弧及端边时的摆放

- 2) 减压器、氧气瓶阀严禁沾染油污,不得用带有油污的手套安装减压器。
- 3) 氧气瓶、乙炔瓶应距火源 8m 以外。
- 4) 操作前必须穿戴好劳动保护用品,防止烧伤及烫伤事故的发生。
- 5) 气割工作结束后,应及时整理工具,清理现场,做到文明生产。

复习思考题

一、选择题

1. 常见的龙门剪床是斜刃剪切,它比平刃剪切的剪切力要()。
 - A. 大得多
 - B. 小得多
 - C. 一样
 - D. 速度慢
2. 联合冲剪机的一头装有()布置的剪刀板。
 - A. 横向
 - B. 纵向
 - C. 上下
 - D. 左右
3. 砂轮机开始切割时,砂轮片与型材处在()状态。
 - A. 切削
 - B. 磨削
 - C. 接触
 - D. 旋转
4. 龙门剪床根据传动机构布置的位置分()两种。
 - A. 上传动和下传动
 - B. 平口和斜口
 - C. 立式和卧式
 - D. 凸轮和连杆
5. 前刀刃的()做成倾斜形成后角,可减少剪切过程中刀刃与材料的摩擦。
 - A. 右面
 - B. 左面
 - C. 后面
 - D. 前面
6. 内拉是指剪切较长板料时,板料向刀刃内()的现象。
 - A. 翻翘
 - B. 变形
 - C. 旋转
 - D. 扭曲
7. 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
8. 由()圆形滚刀构成了圆盘剪床的剪切部分。
 - A. 倾斜
 - B. 垂直
 - C. 一对或多对
 - D. 两对
9. 圆盘剪床既能剪曲线,也能剪(),又可完成切圆孔等加工。
 - A. 正方形
 - B. 三角形
 - C. 直线
 - D. 折线
10. 前刀刃的()做成倾斜形成后角,可减少剪切过程中刀刃与材料的摩擦。
 - A. 侧面
 - B. 上面
 - C. 前面
 - D. 后面



二、判断题

1. () 镗子的热处理包括淬火和正火两个过程。
2. () 镗子刃磨时,刃口的平直度和楔角可用目测或用直尺、角度样板等检测。
3. () 模具间隙的大小及其高低将直接影响冲裁件的质量。
4. () 压力调整主要调整闭合高度或行程。
5. () 模具间隙的大小及其均匀性直接影响冲裁件的质量。

第四章

成形



学习目标

1. 掌握手工弯制水平和空间弯管的弯曲成形。
2. 能制作弯曲成形胎具。
3. 能完成内、外拔缘和拱曲成形。
4. 能操作、使用卷板机、折弯机、弯管机、型钢弯曲机、压力机等专用或通用机械进行平面弯曲件的弯曲成形。

第一节 手工成形

一、内、外拔缘成形原理与应用

1. 拔缘

将平板料制成一定高度曲线弯边零件的方法叫拔缘。

拔缘分为外拔缘和内拔缘，用收边制造凸曲线弯边零件的方法称外拔缘；用放边制造凹曲线弯边零件的方法称内拔缘，如图 4-1 和图 4-2 所示。

拔缘在薄板类零件中应用十分广泛，用拔缘制出的部分零件如图 4-3 所示。

2. 手工拔缘的工具

手工拔缘的工具除收边放边工具外，还有不同形状的砧座、角顶和手打模，如图 4-4 所示。

二、手工拔缘的分类及操作要点

1. 分类

- 1) 按操作方法可分为无模具拔缘和有模具拔缘。

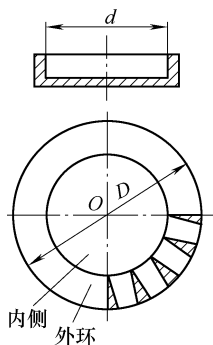


图 4-1 外拔缘

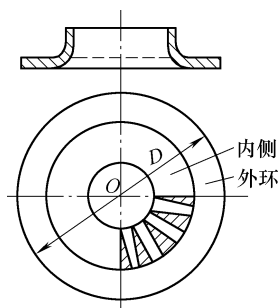


图 4-2 内拔缘

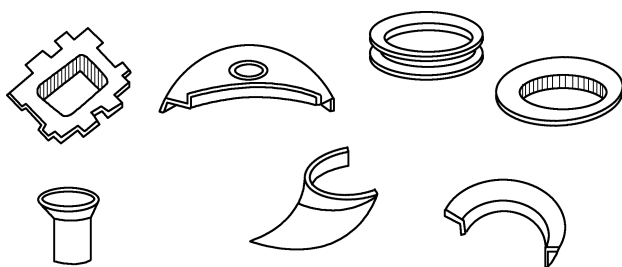


图 4-3 用拔缘法制出的零件

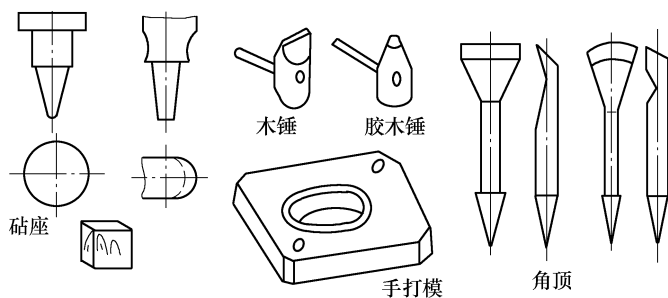


图 4-4 手工拔缘工具

2) 按零件拔缘性质可分为外拔缘和内拔缘。

2. 操作步骤及要点

(1) 无模具外拔缘 无模具外拔缘零件如图 4-5a 所示。

操作步骤如下：

1) 下毛料并修光边缘毛刺，划出拔缘宽度线，如图 4-5b 所示。

2) 将要拔缘的边在铁砧上敲出根部轮廓线，再敲出波纹或用折波钳作波纹，如图 4-6 所示。



3) 再逐个平波使边缘收缩而成凸弯边, 如图 4-7 所示, 然后划线修去余料。

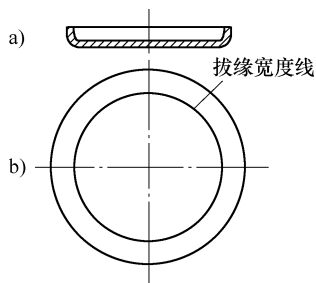


图 4-5 无模具外拔缘零件
a) 零件 b) 毛料

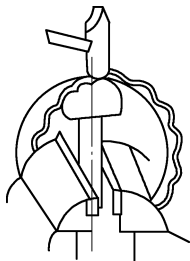


图 4-6 作波纹图

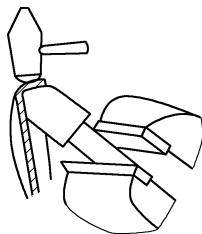


图 4-7 平波收缩

操作要点如下:

1) 弯边高度小于 10mm 时, 把毛坯放在大木锤或铁棒上拔缘, 可提高工效, 如图 4-8 所示。

2) 弯边高度大于 10mm 时, 先在铁砧上按弯曲线敲出根部轮廓, 如图 4-9 所示。

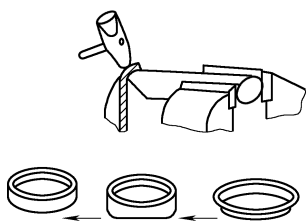


图 4-8 用木锤作顶棒

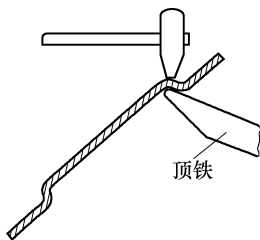


图 4-9 敲出根部轮廓

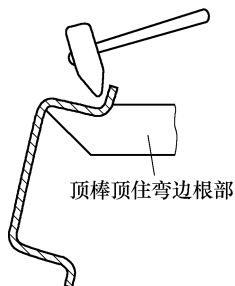


图 4-10 继续搂边

3) 再用顶棒顶住弯边根部, 向下搂边, 收缩弯边, 逐步增加弯边高度, 如图 4-10 所示, 用锤子锤击时要转动材料, 使材料变形均匀。

4) 拔缘时最好是用打毛的木锤, 新的木锤和胶木锤易使材料冷作硬化, 效果不好, 如图 4-11 所示。

5) 最后修整弯边, 如口部稍加收缩, 可提高收边效果, 如图 4-12 所示。

(2) 无模具内拔缘 无模具内拔缘如图 4-13a 所示。内拔缘的操作步骤如下:

1) 计算展开尺寸, 下毛料并砂光边缘, 划出拔缘线, 如图 4-13b 所示。

2) 用打薄方法成形内拔缘。如图 4-13a 所示。先在有 R 的顶铁上用尖头或圆头木锤 (根据开挡选用) 制出拔缘根部, 如图 4-14a 所示, 再如图 4-14b 所示



调整毛料角度,用胶木锤或铝锤排开边缘达到拔缘高度。

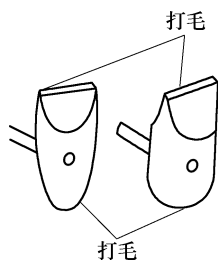


图 4-11 拔缘木锤

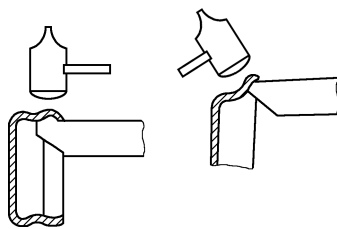


图 4-12 收口拔缘

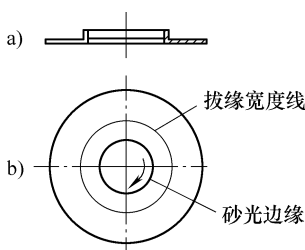


图 4-13 内拔缘零件、毛料
a) 零件 b) 毛料

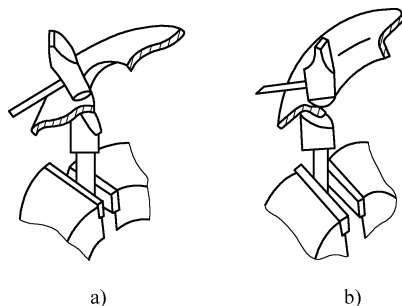


图 4-14 打薄制内拔缘
a) 制根部 b) 制出弯边

3) 拉薄伸展完成内拔缘,如图 4-15a 所示,先在厚橡皮板上用锤子将内弯边拉薄。再在顶铁上制 R 修整弯边,如图 4-15b 所示。

操作要点如下:

内拔缘是放边过程,成形难点是变薄量的控制及防止拉裂。

1) 边缘毛刺一定要顺圆周方向砂光。如图 4-16 所示,拔缘中出现裂纹要及时排除。

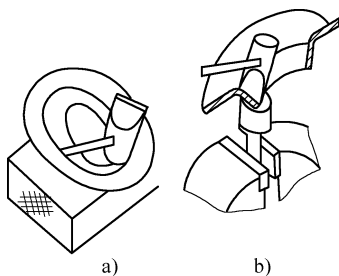


图 4-15 拉薄伸展
a) 拉薄 b) 修整弯边

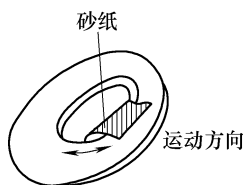


图 4-16 砂光边缘

2) 当铝合金拔缘前、后的孔径比 $d/D < 0.8 \sim 0.85$ 时,一次拔缘有困难,



应增加中间退火工序，或改用收边方法成形，如图 4-17 所示。

3) 用转移补充材料的办法减少变薄，如图 4-18 所示的口框，从 A 处开始拔缘成形 R，使直线部分材料向 R 弯边转移补充。

(3) 按模具外拔缘 如图 4-19 所示，可用搂边收缩的方法拔缘。

(4) 按模具内拔缘 如图 4-20 所示的零件为凹曲线拔缘零件，因边高拔缘成形易产生裂纹，若方法正确不仅可防止裂纹，还可减少变薄。操作步骤如下：

- 1) 下料，去毛刺并磨光边缘。
- 2) 将毛料按模具定位并夹紧（见图 4-21）。

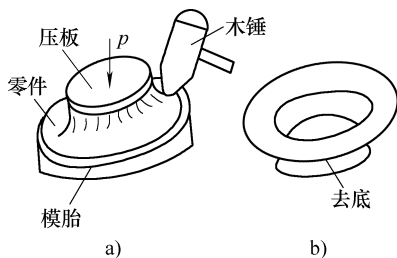


图 4-17 收边成形内弯边
a) 在模具上收边 b) 零件

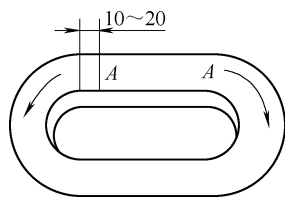


图 4-18 转移补充减少变薄

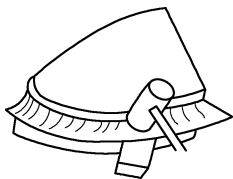


图 4-19 按模具外拔缘

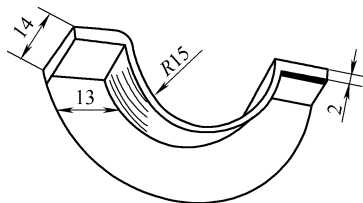


图 4-20 内拔缘零件

- 3) 先弯曲成形转角处（见图 4-22）。
- 4) 再用尖锤敲制半圆处弯边根部（见图 4-23）。

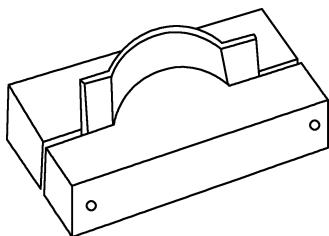


图 4-21 按模具弯曲

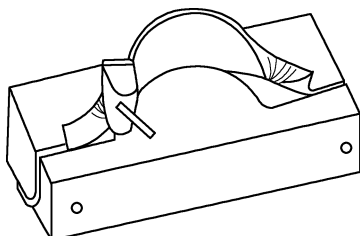


图 4-22 转角收边

- 5) 顶、放弯边，从两端向中间弯曲边缘（外缘制小弯边）（见图 4-24）。
- 6) 从两端向中间平皱并校平（见图 4-25）。
- 7) 划线，剪切余料，去毛刺。

内拔缘操作要点：

- ① 敲打时不能打弯边外缘，否则易变薄拉裂，应从根部向外拔缘（见图 4-26）。

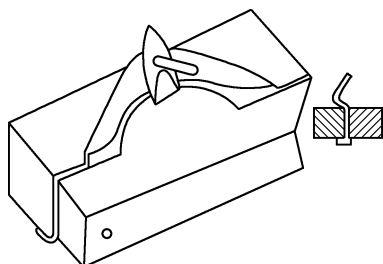


图 4-23 制半圆根部

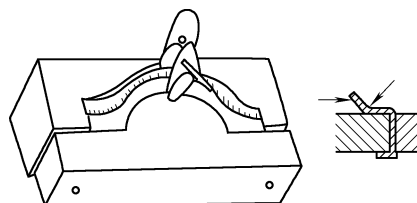


图 4-24 顶、放弯边

② 对大孔拔缘, 可先在原橡皮上拉薄放边后再拔缘 (见图 4-27)。

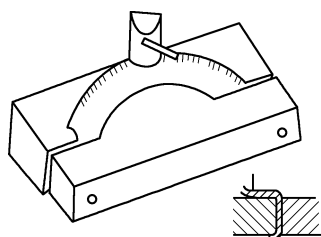


图 4-25 消除波纹, 校平

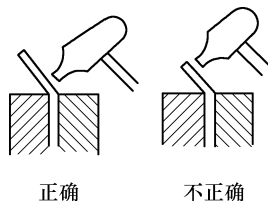


图 4-26 内拔缘操作

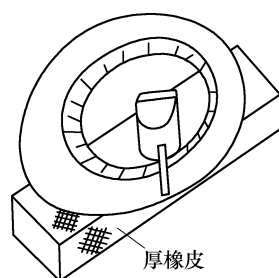


图 4-27 拉薄再拔缘

③ 放余量向凹弯边补充材料, 减少变薄 (见图 4-28)。

④ 在材料变形的极限范围内可用合适的木锤或模芯一次冲出 (见图 4-29)。

⑤ 对于较大的孔或椭圆孔进行拔缘, 可用塑料板或精制层板制成凸模块进行拔缘 (见图 4-30)。

⑥ 对于特殊形状的零件, 如腰形盒子 (见图 4-31) 有内、外拔缘, 应注意在拔缘时先收边, 后放边, 先收小 R 处, 后放大 R 处。

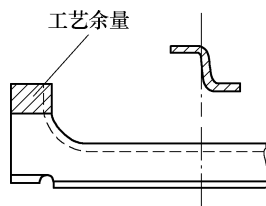


图 4-28 放工艺余量

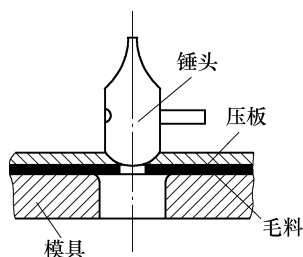


图 4-29 用木榔头拔缘

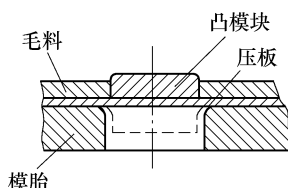


图 4-30 用凸模块拔缘

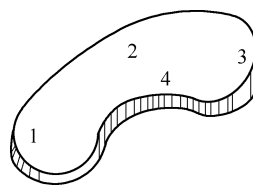


图 4-31 复合拔缘



三、拱曲成形原理与工艺

1. 拱曲的含义

拱曲又称为打拱,是将板料打凹,加工成凹凸曲面的成形操作。手工打拱由于对操作者的技术要求高,且费时费力,在工业生产中已很少应用,而大都改为采用模压成形。但是,手工打拱在金属艺术造型等行业中,还颇有市场。

拱曲的原理是:使材料周边起皱向里收缩、使中间展放向外拉,逐渐成为凸凹曲面的零件。拱曲零件因边缘收缩变厚,底部因受拉变薄,如图 4-32 所示。

2. 拱曲用工具

手工拱曲用工具具有木锤、砧座、顶杆和模具等,如图 4-33 所示。

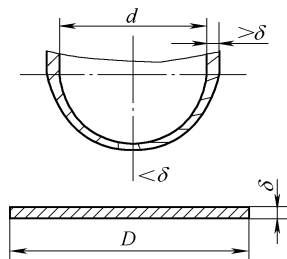


图 4-32 拱曲件厚度变化

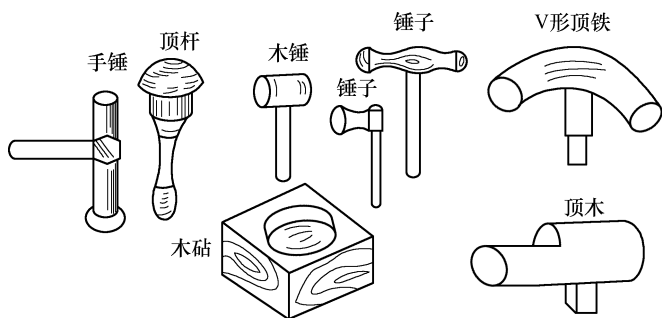


图 4-33 拱曲用工具

3. 拱曲的操作过程

以球面零件为例,说明拱曲的操作过程。

球面是多向弯曲,周边承力,板材变形是以拉伸为主的(即敲击时,使金属变薄而延伸),因此,应在凹模上打拱。其加工方法如下:

1) 将坯料放在凹模上,用锤子从边缘处逐渐向中心部位敲击。敲击时,应用力轻并均匀,如图 4-34 所示。

2) 随着敲击,坯料中部金属因变薄而延伸,坯料边缘处,将出现皱褶,此时,应停止敲击中部,将边部皱褶敲平,如图 4-35 所示。

3) 皱褶敲平后,再继续对坯料中部进行敲击,出现皱褶后又敲平,如此反复多次,直至完全成形,如图 4-36 所示。

4) 最后将拱曲成形的工件放在圆顶杆上,用平头锤修光。

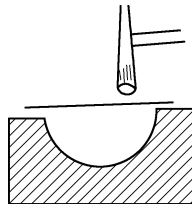


图 4-34 从边缘向中心敲击

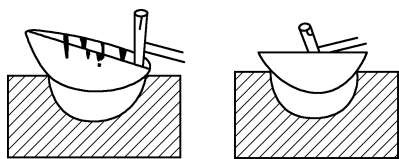


图 4-35 敲平边部皱褶

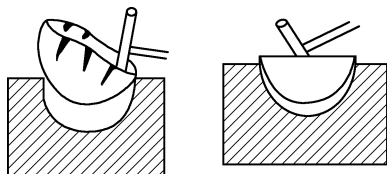


图 4-36 完全成形

注意：敲击时不能集中敲击一处，否则会使该处材料因延伸过多而凸起；凸起部位不能再敲击，否则会越敲越凸。

第二节 机械成形

一、常用弯曲成形设备的结构、工作原理、故障诊断与维护方法

1. 液压机

液压机是利用液体作为介质传递动力，根据所用介质不同，分为油压机和水压机。

液压机是利用“密闭容器中的液体各部分压强相等”的原理，而获得巨大压力的。液压机设有大小不等的两液压缸，如图 4-37 所示，小液压缸活塞的面积为 A_1 ，大液压缸活塞的面积为 A_2 ，两液压缸由管路连通，构成一密闭容器，其中充满液体（油或水）。

当外力 F_1 作用于小活塞 A_1 时，大活塞 A_2 便会产生力 F_2 。根据帕斯卡定理，可建立以下等式：

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (4-1)$$

即

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 \quad (4-2)$$

由式 (4-2) 可知，当活塞面积 $A_2 > A_1$ 时，则 $F_2 > F_1$ ，因而可以用较小的作用力产生较大的工作压力。

在图中的液压机工作系统中，小液压缸即为液压泵，而大液压缸是液压机的本体部分。除此之外，还有一套控制操纵和蓄能装置。

液压机的结构形式分为闭式和开式（悬臂式）。图 4-38 所示为典型的闭式水

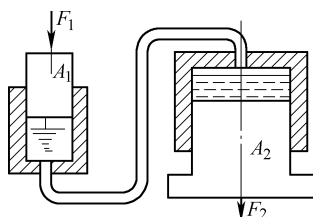


图 4-37 液压机工作原理



压机。水压机的下部是一个坚固的固定横梁，通过四根导向铜柱与上横梁连接固定。工作缸和提升缸制成一体装在上横梁上。工作缸中的活塞和提升缸中的活塞，分别与可动横梁和上模板连接，可动横梁通过两个拉杆与上模板连接，并沿导向钢柱上下滑动。

工作时，上模装在可动横梁上，下模装在底座的工作台上。当高压水由管路 13 进入工作缸时，活塞推动可动横梁下降，将放在上、下模之间的材料压制成形。需提升上模时，可使高压水由管路 12 进入提升缸中，靠活塞的上升，将装有上模的可动横梁升起，同时将工作缸中的水沿管路 13 排出。为了防止工作时高压水由工作缸和提升缸泄漏，在缸体与活塞间装有密封圈。

悬臂式水压机的典型结构如图 4-39 所示，由床身和底座等组成。床身上有工作缸和活塞，活塞的下部是用于装夹和固定上模的压力头，床身的侧面装有压力表和操作器。底座上是工作台，用以安装下模和放置零件。床身上还装有悬臂吊杆，便于吊运工件。悬臂式水压机的的工作原理与闭式水压机基本相同。

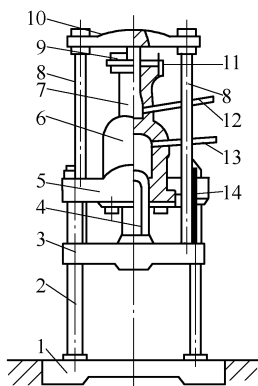


图 4-38 闭式水压机

- 1—固定横梁 2—导向钢柱 3—可动横梁
4—活塞 5—上横梁 6、14—工作缸
7—提升缸 8—拉杆 9—活塞 10—上模板
11—密封圈 12、13—管路

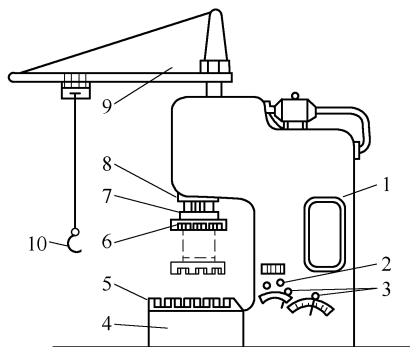


图 4-39 悬臂式水压机

- 1—床身 2—压力表 3—操纵器 4—底座
5—工作台 6—压力头 7—活塞 8—工作缸
9—悬臂吊杆 10—吊钩

使用液压机时，要注意液体介质的清洁，并要定期更换。工作中长时间间歇时需停泵，以免液体介质发热、产生气泡，并可节约能耗。导向钢柱及活塞不得磕碰划伤，并应经常注油润滑。发现液体泄漏时，应及时修理。

2. 气压机

气压机是以压缩空气为动力的一种压力机床，分为直压式和杠杆式。

图 4-40 所示为应用较广泛的单缸直压式气压机。工作原理简述如下：气缸固定在床身的上方，当扳动三通开关时，压缩空气沿着管道进入气缸，并推动活



塞压缩弹簧,使连在活塞杆上的顶杆、压力头及装在压力头上的上模向下运动。关闭三通开关,可使气缸中的压缩空气排到大气中,活塞靠弹簧的弹复力作用而复位,上模也随之抬起。

杠杆式气压机是在直压式气压机的基础上,利用增压杠杆增加其压力的。

使用气压机时,要注意保持顶杆的清洁和良好的润滑,安装和拆卸模具不要碰撞顶杆。

气压机的工作压力通常较小,适用于中、小型工件的弯形加工。

3. 滚板机

滚弯机床包括滚板机和型钢滚弯机。由于滚弯加工的大多是板材,而且滚板机附加一些工艺装备,也能进行一般的型钢滚弯,所以滚弯机床以滚板机为主。

滚板机的基本类型有对称式三辊滚板机、不对称式三辊滚板机和四辊滚板机三种。这三种类型滚板机的轴辊布置形式和运动方向如图 4-41 所示。

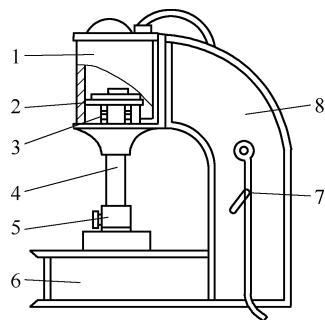


图 4-40 单缸直压式气压机

- 1—气缸 2—活塞 3—弹簧
4—顶杆 5—压力头 6—工作台
7—三通开关 8—床身

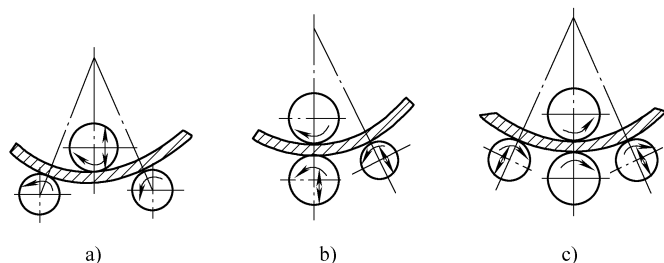


图 4-41 滚板机轴辊的布置形式及运动方向

- a) 对称式三辊滚板机 b) 不对称式三辊滚板机 c) 四辊滚板机

对称式三辊滚板机的特点是中间的上轴辊位于两个下辊的中线上,如图 4-41a 所示,其结构简单,应用普遍。它的主要缺点是弯形件两端有较长的一段位于弯曲变形区以外,在滚弯后成为直边段。因此,为使板料全部弯曲,需要采取特殊的工艺措施。

不对称式三辊滚板机的轴辊布置是不对称的,上轴辊位于两下轴辊之上而向一侧偏移,如图 4-41b 所示。这样,就使板料的一端边缘也能得到弯形,剩余直边的长度极短。若在滚制完一端后,将板料从滚板机上取出调头,再放入进行弯形,就可使板料接近全部得到弯曲。这种滚板机的缺点是由于支点距离不相等,使轴辊在滚弯时受力很大,易产生弯曲,从而影响弯形件精度,而且弯形过



程中的板料调头,也增加了操作工作量。

四辊滚板机相当于在对称的三辊滚板机的基础上,又增加了一个中间下辊,如图 4-41c 所示。这样不仅能使板料全部得以弯曲,还避免了板料在不对称三辊滚板机上需要调头滚弯的麻烦。它的主要缺点是结构复杂、造价高,因此应用不太普遍。

下面主要介绍下对称式三辊滚板机的基本结构和传动分析。机械传动对称式三辊滚板机是冷作工最常用的滚弯机床,如图 4-42 所示。其基本结构是由上下轴辊、机架、减速箱、电动机和操纵手柄等组成。工作时,控制操纵手柄,能使上轴辊作铅垂方向运动,两下轴辊作正、反方向转动。

为使封闭的筒形工件滚弯后能从滚板机上卸下,在上轴辊的左端装有活动轴承,右端设有平衡螺杆。只要旋下平衡螺杆压住上轴辊右侧伸出端,使上轴辊保持平衡,即可将活动轴承卸下来,使工件能沿轴辊的轴线方向向左移动,从轴辊间取出。

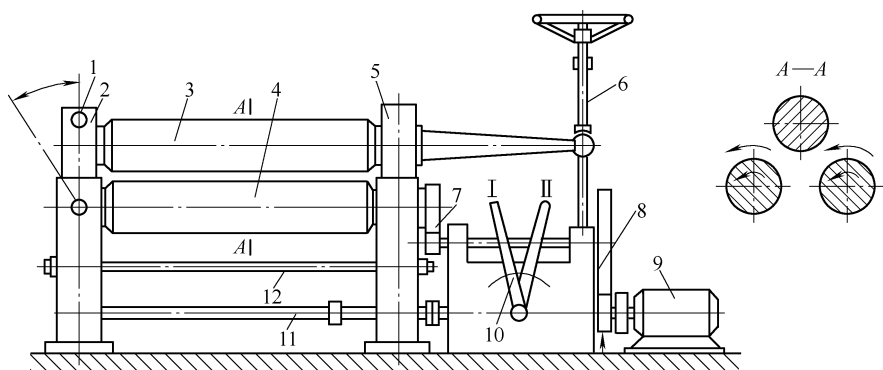


图 4-42 对称式三辊滚板机

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

滚板机的传动系统如图 4-43 所示。

工作时,电动机通过齿轮 14 和 13,使减速箱输入轴 I 转动,又通过 I 轴上的传动齿轮,使减速箱输出轴 II 上的齿轮 17 和 21、输出轴 III 上的齿轮 18 和 20 作不同方向的转动。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 都不转动。

通过操纵升降手柄,控制离合器 19 向齿轮 18 或 20 一侧闭合,可使输出轴 III 作正向或反向转动。输出轴 III 又通过蜗杆 23、27 与蜗轮 24、26 及升降丝杠 28、30,使上轴辊垂直升降,对板料施压或离开工件。

通过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

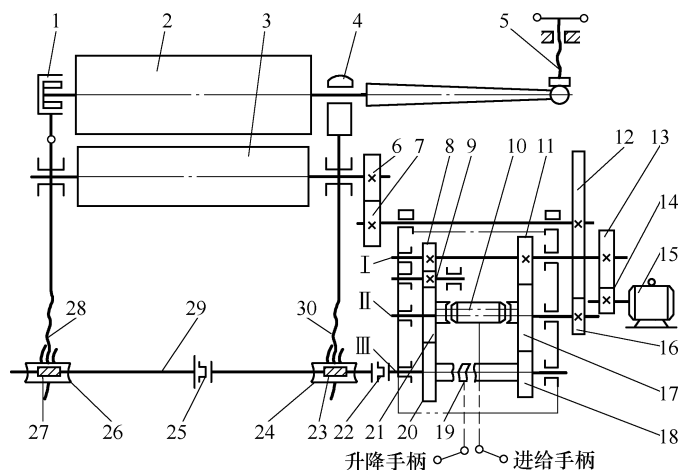


图 4-43 对称式三辊滚板机传动系统

- 1—活动轴承 2—上轴辊 3—下轴辊 4—固定轴承 5—平衡螺杆
 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

得到正向或反向的转动，从而使板料向前或向后移动。

若滚制锥形件需要上轴辊倾斜时，可将蜗杆轴上的联轴器 25 脱开，使输出轴Ⅲ仅带动右侧固定轴承升降，而左侧活动轴承不动，即可按滚弯需要，将上轴辊调整成一定的倾斜度。

二、板材的变形过程和弯曲工艺

弯形加工所用的材料，通常为钢材等塑性材料，这些材料的变形过程及特点如下：

当材料上作用有弯矩 M 时，就会发生弯曲变形。材料变形区内靠近曲率中心的一侧（以下称内层）金属，在弯矩引起的压应力作用下被压缩缩短；远离曲率中心的一侧（以下称外层）金属，在弯矩引起的拉应力作用下被拉伸伸长。在内层和外层中间，存在金属既不伸长也不缩短的一个层面，称为中性层，如图 4-44 所示。

在材料弯曲的初始阶段，弯矩的数值不大，材料内应力的数值尚小于材料的屈服点，仅使材料发生弹性变形，如图 4-44a 所示。

当弯矩的数值继续增大时，材料的曲率半径随之缩小，材料内应力数值开始超过其屈服点，材料变形区的内、外表面由弹性变形过渡到塑性变形状态，以后塑性变形由内、外表面逐步地向中心扩展，如图 4-44b 所示。

材料发生塑性变形后，若继续增大弯矩，当材料的弯曲半径小到一定程度，

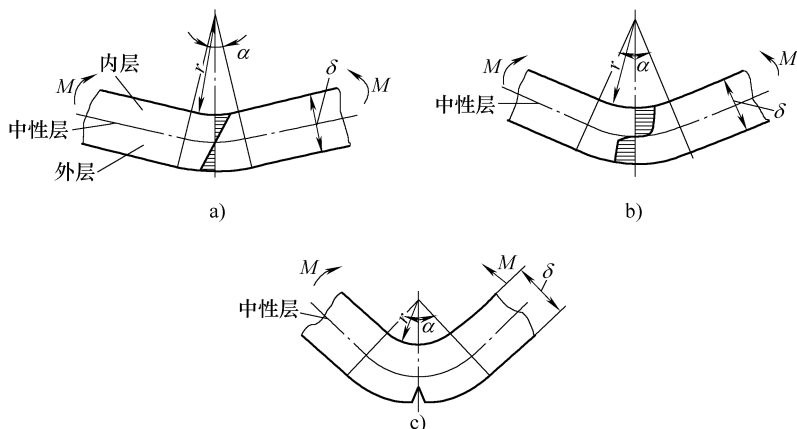


图 4-44 材料的弯曲变形过程

将因变形超过材料自身变形能力的限度，在材料受拉伸的外层表面首先出现裂纹，如图 4-44c 所示。并向内伸展，致使材料发生断裂破坏。这在成形加工中是不应该发生的。

弯曲过程中，材料的横截面形状也要发生变化。例如板料弯曲时，将出现如图 4-45 所示的两种变化情况。

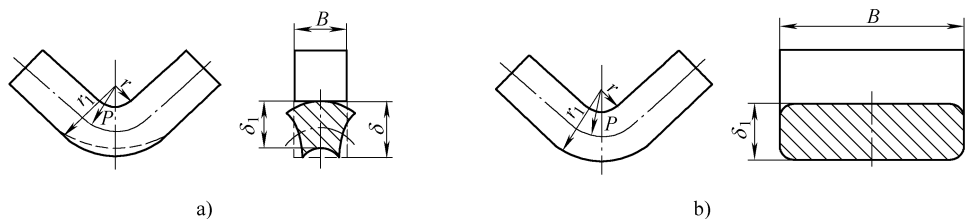


图 4-45 板料弯曲时横截面的变化

a) 窄板 b) 宽板

在弯曲窄板材料 ($B \leq 2\delta$) 时，内层金属受到切向压缩后，便向宽度方向流动，使内层宽度增加；而外层金属受到切向拉伸后，其长度方向的不足，便由宽度、厚度方向来补充，致使宽度变窄，因而整个横截面便产生扇形畸变，如图 4-45a 所示。

宽板 ($B > 2\delta$) 弯曲时，由于宽度方向尺寸大，刚度大，金属在宽度方向流动困难，因而宽度方向无显著变形，横截面仍接近为一矩形，如图 4-45b 所示。

此外，无论宽板、窄板，在变形区内材料的厚度均有变薄现象。这种材料变薄的现象，在材料的弯形加工中应该予以考虑。



三、弯曲回弹和最小弯曲半径的确定

弯形加工是指被弯曲材料按规定的加工要求发生塑性变形。而被弯曲材料自身,又有一定的变形特点。因此,为获得良好的弯形件,就必须了解被弯曲材料的变形特点对弯形加工的影响,以求能正确、合理地确定弯形加工方法和工艺参数。

钢材弯曲变形特点对弯形加工的影响主要有以下4个方面:

1. 弯形力

弯形是使被弯曲材料发生塑性变形,而塑性变形只有在材料内应力超过其屈服点时,才会发生。因此,无论采用何种弯形方法,其弯形力都必须能使被弯曲材料的内应力超过其屈服点。

实际弯形力的大小,要根据材料的力学性能、弯形方式和性质、弯形件形状等多方面因素来确定。

2. 弹复现象

弯形时,材料的变形由弹性变形过渡到塑性变形,通常材料在发生塑性变形时,总还有部分弹性变形存在。弹性变形部分在卸载(除去外弯矩)时,要恢复原态,使弯曲材料内层被压缩的金属又有所伸长,外层被拉伸的金属又有所缩短,结果使弯形件的曲率和角度发生了变化,这种现象叫做弹复。弹复现象的存在,直接影响弯形件的几何精度,在弯形加工中必须加以控制。

影响弹复的因素如下:

(1) 材料的力学性能 材料的屈服点越高,弹性模量越小,加工硬化越激烈,弹复也越大。

(2) 材料的相对弯形半径 r/δ r/δ 越大,材料的弹复程度越大,反之,则弹复程度越小。

(3) 弯形角 α 在弯形半径一定时,弯形角 α 越大,表示变形区的长度越大,弹复也越大。

(4) 其他因素 零件的形状、模具的构造、弯形方式及弯形力的大小等,对弯形件的弹复也有一定的影响。

影响弯形弹复的因素很多,到目前为止,还无法用公式准确地计算出各种弯形条件下的弹复值,生产中多靠对各种弯形加工条件的综合分析及实际经验来确定弹复值。批量弯形加工时,则需要经试验确定。

3. 最小弯形半径

材料在不发生破坏的情况下,所能弯曲的最小曲率半径,称为最小弯形半径。材料的最小弯形半径是材料性能对弯形加工的限制条件。采用适当的工艺措施,可以在一定程度上改变材料的最小弯形半径。



影响最小弯形半径的因素如下：

(1) 材料的力学性能 材料的塑性越好，其允许变形程度越大，则最小弯形半径越小。

(2) 弯形角 α 在相对弯形半径 r/δ 相同的条件下，弯形角 α 越小，材料外层受拉伸的程度越小，而不易开裂，最小弯形半径可以小些；反之，弯形角 α 越大，最小弯形半径也应增大。

(3) 材料的方向性 轧制的钢材形成各向异性的纤维组织，钢材平行于纤维方向的塑性指标大于垂直于纤维方向的塑性指标。因此，当弯曲线与纤维方向垂直时，材料不易断裂，弯形半径可以小些。零件弯曲线与钢材纤维方向的关系如图 4-46a 和图 4-46b 所示。当弯形件有两个相互垂直的弯曲线，弯形半径又较小时，应按图 4-46c 所示的方式排料。

(4) 材料的表面质量与剪断面质量 当材料的剪断面质量与表面质量较差时，弯形时易造成应力集中，使材料过早破坏，这种情况下应采用较大的弯形半径。

(5) 其他因素 材料的厚度和宽度等因素也对其最小弯形半径有影响。例如，薄板料和窄板料可以取较小的弯形半径。

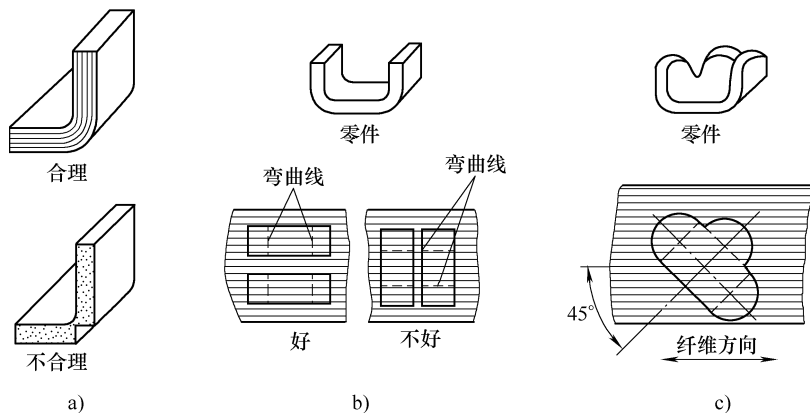


图 4-46 材料纤维方向与弯曲线的关系

4. 横截面变形

如前所述，弯形过程中，材料的横截面也要发生变化，其变化过程主要与相对弯形半径、横截面几何特征及弯形方式等因素有关。当弯形程中材料横截面形状变化较大时，也会影响弯形件的质量。例如，窄板弯形时出现如图 4-47a 所示的畸变，弯制扁钢圈时出现内侧变厚、外侧变薄，如图 4-47a 所示；弯管时则出现椭圆截面，如图 4-47b 所示。在这些情况下，就需采用一些特殊的工艺措施



来限制横截面的变形,以保证弯形件的质量。

四、钢材加热对材料性能及加工工艺的影响

钢材经加热后,力学性能将发生变化。一般钢材在加热至 500°C 以上时,屈服点降低,塑性显著提高,弹性变形明显减小。所以加热弯形时,弯形力下降,弹复现象消失,最小弯形半径减小,有利于按加工要求控制成形。但热弯形工艺比较复杂,高温下材料表面容易氧化、脱碳,因而影响弯形件的表面质量、尺寸精度和力学性能。若加热操作不慎,还会造成材料的过热、过烧,甚至熔化,并且高温下作业劳动条件差。因此,加热弯形多用于常温下成形困难的弯形件的加工。另外,采用热弯形可以降低成本,减少工时。

热弯形要在材料的再结晶温度之上进行,钢材的化学成分对确定加热温度影响很大。不同化学成分的钢材,其再结晶温度也不同,特别是当钢中含有微量的合金元素时,会使其再结晶温度显著提高。不同化学成分的钢材,对加热温度范围还往往有其特殊的要求。例如,普通碳钢在 $250\sim 350^{\circ}\text{C}$ 和 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 两个温度范围内,韧性明显下降,不利于弯形;奥氏体不锈钢在 $450\sim 800^{\circ}\text{C}$ 温度范围内加热会产生晶间腐蚀敏感性。因此,在确定钢材的热弯形温度时,必须充分考虑钢材化学成分的影响。

钢材的加热温度规范,一般在技术文件中规定。表4-1为常用材料的热弯形温度。

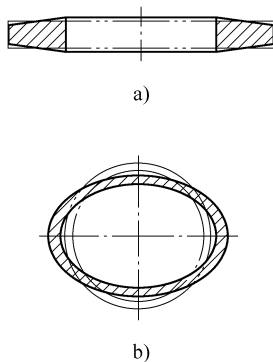


图4-47 扁钢与钢管弯形时横截面的变形

表4-1 常用材料的热弯形温度 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

材料牌号	加 热	终止 (不低于)
Q235A、15、20	900 ~ 1050	700
Q345 (16Mn、16MnR)、Q390 (15MnV、15MnVR)	950 ~ 1050	750
Q390 (15MnTi)、14MnMoV	950 ~ 1050	750
18MoMnNb、Q420 (15MnVN)	950 ~ 1050	750
15MnVNRe	950 ~ 1050	750
Cr5Mo、12CrMo、15CrMo	900 ~ 1000	750
14MnMoVRe	1050 ~ 1100	850
12MnCrNiMoVCu	1050 ~ 1100	850
14MnMoNbB	1000 ~ 1100	750
06Cr13、12Cr13	1000 ~ 1100	850
1Cr18Ni9Ti、12Cr1MoV	950 ~ 1100	850
黄铜 H62、H68	600 ~ 700	400
铝及其合金 1060、5A02、3A21	350 ~ 450	250
钛	420 ~ 560	350



五、热弯曲方法与工艺

板料热弯曲一般采用水火弯板

1. 水火弯板原理

用火焰局部加热材料时，被加热处金属的膨胀受到周围较冷金属的限制，而产生压缩应力。当加热温度达到 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 时，压缩应力超过加热金属的屈服点，而使其产生压缩塑性变形，因此在冷却时形成收缩变形。若能适当控制加热速度，使板料加热处沿厚度方向存在较大的温度差，就会使加热面的冷却收缩量，远远大于其背面，也就形成了如图 4-48 所示的角变形。水火弯板就是利用板材被局部加热、冷却所产生的角变形与横向变形达到弯曲成形的目的。

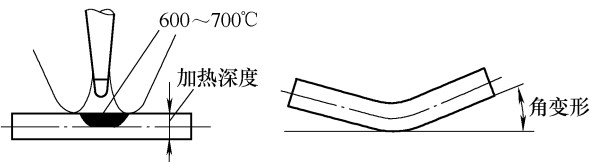


图 4-48 钢板局部加热、冷却时的变形

由于钢板局部加热、冷却的角变形是有限的（一次加热角变形约为 $1^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ），所以水火弯板适用于曲率较小的零件成形，还经常与滚弯相结合，以加工有多个曲度的复杂曲面的零件。

2. 水火弯板工艺

(1) 火焰功率 火焰功率主要取决于氧乙炔炬口径的大小。口径大，单位线热能就强，成形效率高。所以对于一定厚度的钢板，在不产生过烧的前提下，应采用较大的火焰功率。加热火焰一般应为中性焰。

(2) 加热温度和速度 水火弯板的加热温度随弯板材料的不同而有所不同，见表 4-2。

加热速度的快慢，直接影响角变形的大小。加热速度快，板料沿厚度方向温差大，成形时的角变形也大，反之则小。但速度过快时，单位线热能减小，成形效率也会降低。因此在板厚一定时对同一加热和冷却方式，有一对应的最佳加热速度。加热速度主要靠操作者凭经验控制，一般约 $0.3 \sim 1.2\text{m/min}$ 。

表 4-2 不同钢材加热温度和水火距离

材 料	钢板表面加热温度/ $^{\circ}\text{C}$	水火距离/mm
普通碳素钢	600 ~ 900	50 ~ 100
低强度低合金钢	600 ~ 750	120 ~ 150
中强度低合金钢	600 ~ 700	150
高强度低合金钢	600 ~ 650	在空气中自然冷却



(3) 加热位置和方向 虽然成形角度主要取决于加热速度和火焰功率,但水火弯板总的成形效果,是每次加热后变形的合成。所以对每一次加热时加热位置、长度和加热方向的选择,都直接影响到总的成形效果。加热位置和方向,随成形工件的形状而定。

图 4-49 所示为几种不同形状工件水火弯板时的加热位置和方向,图中的虚线为在板的背面加热,箭头所示为加热方向。

水火弯板一般采用线状加热,加热线的长度要依据工件形状和曲率而定,曲率越大,加热线应越长,但要注意不得超过工件曲率变化的分界线,否则将使成形效果变差,甚至造成反向变形。为了避免钢板边缘收缩时起皱,加热线起止点距板边应留有适当的距离,其位约为 $80 \sim 120\text{mm}$ 。加热线的宽度一般为 $12 \sim 15\text{mm}$,加热线的数量和分布要根据工件形状和曲率而定。

图 4-50 所示为帆形板的成形情况,先在滚板机上弯曲成圆柱面,然后用火焰加热收边,加热线位于钢板的两侧,由两边向中间加热,如图中箭头所示。加热线的长度越长,成形效果越好,但长度不能超过横断面的重心线,否则将适得其反。加热线长度一般取 150mm 左右,随钢板的曲率而走,曲率大,则加热线长度也大。加热线的间隔也要根据弯曲程度选定。

扭曲板采用水火弯板法加工时,可用木墩垫起两个需要向上扭起的角,用卡子压住另两个向下扭曲的角,如图 4-51a 所示。对向上扭起的两个角的加热面积和加热温度,应适当大于另外两个向下扭的角,加热线的长度也应逐渐变化。

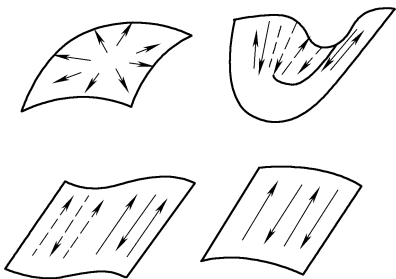


图 4-49 加热位置和方向的选择

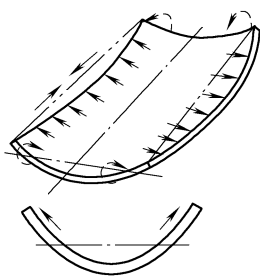


图 4-50 帆形板的成形

扭曲的异向双曲率板,应预先在机械上弯出单向弯曲和扭曲,然后通过改变加热线的方向,可以获得所要求的弯曲形状,如图 4-51b 所示。

(4) 冷却方式 水火弯板的冷却方式有空冷和水冷两种。水冷又有正面和背面之分。

空冷是用火焰局部加热后,让工件在空气中自然冷却。空冷的优点是操作简单,缺点是成形速度慢,在角变形的同时也容易产生工件所不需要的纵向挠度。

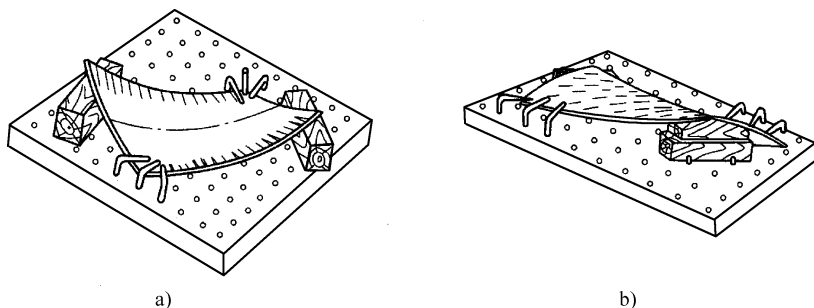


图 4-51 扭曲板和异向双曲率板的成形

a) 扭曲板 b) 异向双曲率板

水冷就是用水强制冷却已加热部分的金属,使其迅速冷却,减少热量向背面的传递,扩大正反面的温度差,从而提高成形效果,如图 4-52 所示。水冷时的水火距离见表 4-2,表中给出的高强度低合金钢不宜采用水冷。

3. 水火弯板的优点

水火弯板是主要用于板材弯形的加工方法,它具有以下优点:

- 1) 水火弯板比手工热弯曲成形的效率高,而且节约燃料,改善劳动条件,减轻劳动强度。
- 2) 成形质量好,板面光滑平整无锤痕,板厚基本不减薄。
- 3) 适用面广,可以加工不同厚度和各种复杂曲面形状的工件。

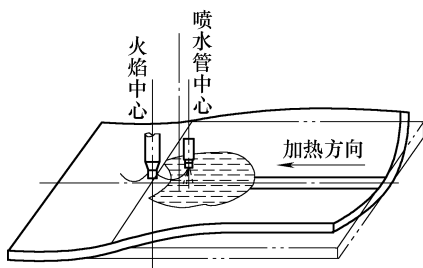


图 4-52 水火弯板的冷却方式

六、型钢和钢管的弯曲工艺

1. 型钢机械弯曲

型钢弯曲方法有冷弯和热弯两种。对弯曲半径较小、形状复杂、批量少的弯曲件,通常采用加热后手工弯曲,小型钢可在冷态下手工弯曲。对批量生产,弯曲质量要求较高的弯曲件一般采用机械冷弯。机械冷弯一般在型钢弯曲机、卷板机、撑直机、弯管机上进行,也可用压力机压弯,拉弯机或拉弯模拉弯。

(1) 型钢滚弯 型钢滚弯可在专用的型钢弯曲机上进行,弯曲机的工作原理与卷板机相似,工作部分有三个或四个滚轮,如图 4-53 所示。

三辊型钢弯曲机的工作部分。三个辊轴均直立安置,两个辊轴由电动机带动,为主动辊。另一个为从动辊,可用手轮调节其位置,以达到所需的弯曲半径。型钢的水平边在弯曲时始终被滚轮所卡住,以防止弯曲时起皱。只要改换滚



轮的形状, 就可以弯曲各种形状的型钢。如图 4-53 所示为正在向内滚弯角钢。型钢也可在卷板机上滚弯, 如图 4-54 所示。在卷板机辊轴上套上辅助套筒, 套筒上开有一定形状的槽, 便于将需要弯曲的型钢边嵌在槽内, 以防弯曲时产生皱折。当型钢内弯时, 套筒装在上辊轴上, 如图 4-54a 所示; 外弯时, 套筒装在两个侧辊上, 如图 4-54b 所示。弯曲的方法与钢板滚弯相同。

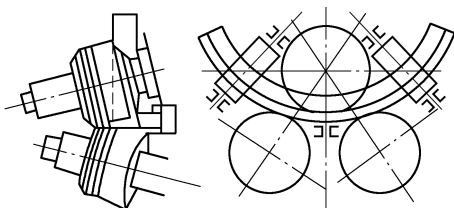
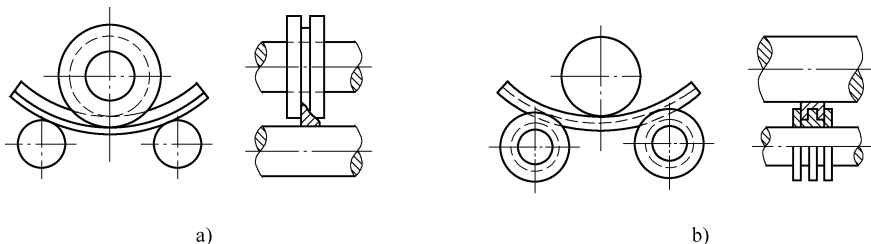


图 4-53 型钢弯曲机滚弯角钢



a)

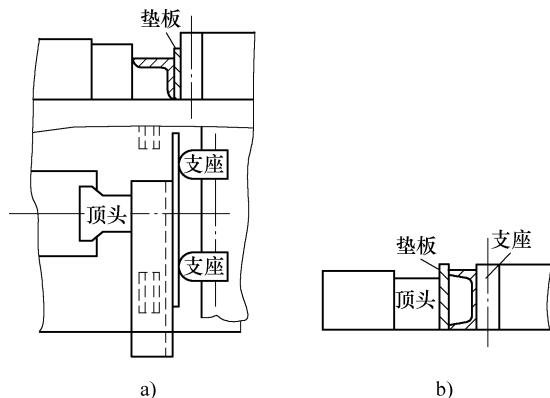
b)

图 4-54 卷板机上滚弯型钢

a) 角钢内滚弯 b) 槽钢外滚弯

(2) 型钢压弯 型钢可在压力机或撑直机上压弯。在撑直机上压弯时, 以逐段进给的方式进行弯曲, 由于两支座间有一定的跨距, 使型钢的端头不能支撑而弯曲, 为此可加放一垫板, 随同垫板一起压弯, 如图 4-55a 所示。如果型钢的尺寸高出顶头时, 也可以安放垫板进行压弯, 如图 4-55b 所示。

在压力机上用模具压弯时, 为防止型钢截面的变形, 模具上应有与型钢截面相适应的型槽。图 4-56 所示为压力机上用模具压弯槽钢, 将槽钢置于下模上, 压下上模, 便能弯曲成所需的形状。



a)

b)

图 4-55 撑直机压弯型钢

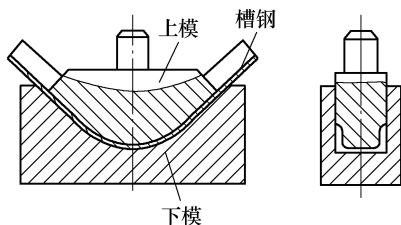


图 4-56 用模具压弯型钢



型钢弯曲成形除上述几种方法外,还可在弯管机上装上专用工装进行回弯。将型钢的一端固定在弯模上,弯模旋转时型钢沿模具发生弯曲,这种方法称为回弯。图 4-57 所示为在弯管机上弯曲型钢。

(3) 弯曲件质量分析 型钢弯曲常见的缺陷有弯裂、皱折、扭曲、曲率不均和角度变形等。其造成原因有:弯曲半径选择不当;滚弯时托辊高低调整不当;滚轮槽的尺寸太大;辊轴调节量不均匀等因素。

2. 钢管弯曲

(1) 钢管弯曲的过程 如图 4-58 所示,钢管在外力矩 M 的作用下,被弯曲的弯头外侧因受切向拉应力 F_1 的作用逐渐伸长,使管壁减薄;弯头内侧因受切向压应力 F_2 的作用逐渐压缩,使管壁增厚。离中心层 oo 越远,这种现象越严重;只有在中心层 oo ,由于金属材料受的拉应力和压应力互相抵消,使钢管保持原来的长度。因此,在计算钢管展开长度时应以弯头理论中心层作为依据。

在弯曲时,钢管截面上由于受到拉应力的合力 N_1 和压应力的合力 N_2 ,钢管受到径向压缩,在弯曲半径方向直径减小,而其垂直方向的直径增大,使钢管的截面变成椭圆形,如图 4-59 所示。其圆度的大小与钢管的直径、壁厚、弯曲半径和材料性能有关。

此外,当弯曲半径与钢管直径之比和钢管壁厚与大径之比越小,钢管内侧的压应力越大,管壁会失去稳定而起皱,如图 4-60 所示。钢管截面的椭圆变形和弯头处壁厚的减薄,使钢管降低了承受压力的能力。因此,在钢管弯曲过程中,

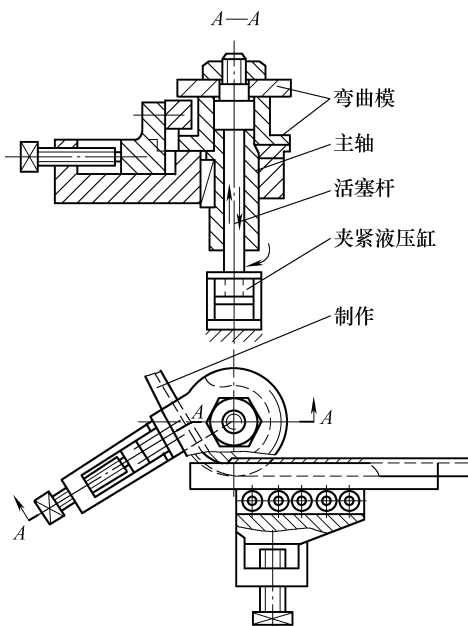


图 4-57 弯管机上弯曲型钢

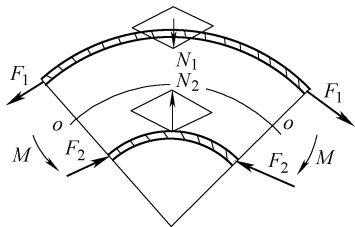


图 4-58 钢管弯曲时的受力情况

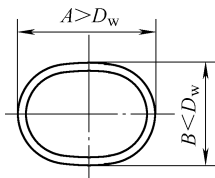


图 4-59 截面椭圆形

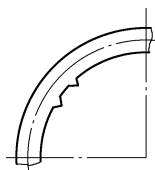


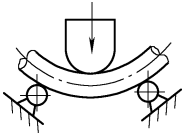
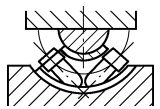
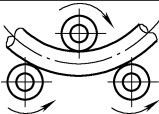
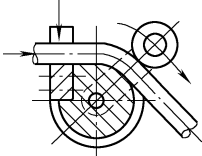
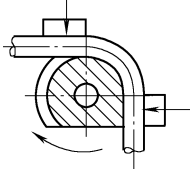
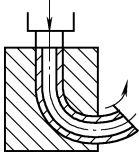
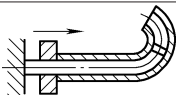
图 4-60 内侧起皱



要采取各种工艺措施,保证钢管弯曲的质量。

(2) 弯管工艺 弯管的方法很多,常用机械弯管方法见表4-3。下面主要介绍机械冷弯的两种工艺。

表 4-3 常用弯管方法

弯管方法		简 图	设备	说明	适用范围 ($\delta_x \geq 0.06\text{mm}$)
压(顶)弯	简单弯曲		压力机或顶弯机	1. 冷压或热压 2. 管内支撑或不支撑	一般 $R_x > 10\text{mm}$
	带矫正				管内加特殊支撑时可用于 $R_x \geq 1\text{mm}$
滚 弯			卷板机或型钢弯曲机	1. 需用带槽滚轮 2. 一般用冷滚	1) $R_x > 10\text{mm}$ 2) 螺旋管
回弯	辗压式		立式或卧式弯管机	1. 冷、热弯 2. 管内支撑或不支撑	冷弯: 无心 $R_x \geq 1.5\text{mm}$ ($\delta_x \approx 0.1\text{mm}$) 有心 $R_x \geq 2\text{mm}$ 热弯: 充砂 $R_x \geq 4\text{mm}$
回弯	拉拔式		立式或卧式弯管机	1. 冷、热弯 2. 管内支撑或不支撑	冷弯: 无心 $R_x \geq 1.5\text{mm}$ ($\delta_x \approx 0.1\text{mm}$) 有心 $R_x \geq 2\text{mm}$ 热弯: 充砂 $R_x \geq 4\text{mm}$
挤弯	型模式		压力机	冷挤	$R_x \geq 1\text{mm}$
	心棒式		专用推挤机	热挤	$R_x \geq 1\text{mm}$

注: 1. $R_x = \frac{R}{D_w}$, R_x 为相对弯曲半径; R 为管中性层弯曲半径; D_w 为管外径。

2. $\delta_x = \frac{\delta}{D_w}$, δ_x 为相对厚度; δ 为管壁厚。

1) 有心弯管。在钢管内的弯曲变形处插入一定直径的心轴(心棒), 弯曲



时阻止了径向力对弯头外侧向中心层靠拢，并在一定程度上防止弯头内侧起皱。因此，采用有心弯管能弯曲半径只有两倍管子大径的弯头。

图 4-61 为有心弯管示意图。钢管 4 内部涂上润滑油，然后套在位置已调妥的心轴 5 上，弯管模 1 上的夹头 2 将钢管夹紧，滑槽 3 压紧钢管，开动弯管机，钢管按弯管模弯曲成所需的弯曲半径。

心轴的位置正确与否，对弯管质量有很大的影响，应使心轴位置处于钢管发生弯曲变形的部位。如果伸出量过大，虽能改善钢管弯曲后截面的圆度，但心轴和管壁的摩擦力增大，使弯头外侧过分拉长而产生不允许的减薄，甚至使弯头处直径胀大或发生拉裂现象；若伸出量过小，接触不到钢管弯曲部位，起不到心轴的作用，钢管弯头处截面容易变成椭圆形，并使弯头内侧皱折。因此，控制心轴的伸出量非常重要。

心轴的伸出量 e ，如图 4-62 所示， e 值可用下式确定

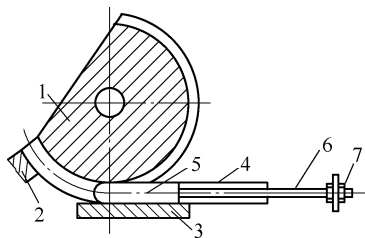


图 4-61 有心弯管示意图

1—弯管模 2—夹头 3—滑槽 4—钢管
5—心轴 6—心杆 7—调节螺母

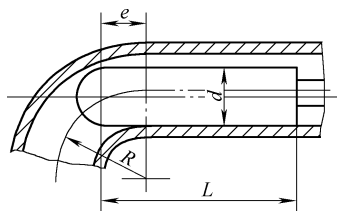


图 4-62 心轴位置

$$e = \sqrt{2 \left(R + \frac{D_n}{2} \right) z - z^2}$$

式中 R ——钢管的中心层弯曲半径 (mm)；

D_n ——钢管的小径 (mm)；

z ——钢管小径与心轴之间的间隙 (mm)， $z = D_n - d$ ；

d ——心轴直径 (mm)。

在实际操作时，为简便地确定心轴的位置，可按图 4-63 调整。将待弯的钢管切一个短圆环，圆环沿弯管模的半圆槽滑动，模拟出弯头的轨迹，同时调整心轴，使圆环内壁刚好能通过心轴的端部，此时心轴就在正确的伸出量位置上。

影响心轴伸出量 e 的因素很多，它不但与钢管直径、壁厚和弯曲半径有关，而且还与钢管的材料和弯曲速度有关。因此，不论采用哪种

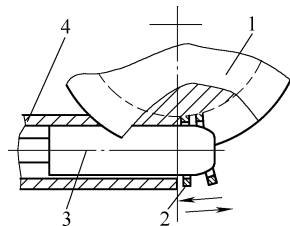


图 4-63 用圆环调整心轴位置

1—弯管模 2—圆环
3—心轴 4—钢管



方法来确定伸出量 e 都需要经过多次试弯修正。

心轴的伸出量是通过心杆上的螺纹进行调整。

同一规格而实际小径略有不同的钢管（由于钢管直径和壁厚公差造成），必须准备 2~3 个直径相差不太大的心轴，分别来弯曲钢管小径略有不同的弯头。

有心弯管虽然减小钢管弯后的截面变形，但也存在一些缺点。由于采用心轴，使操作复杂，劳动强度增大，心轴与钢管内壁的摩擦，会使内壁拉毛，弯头外侧壁厚减薄量增加，弯管功率较大；对小口径钢管的弯曲，采用有心弯管还存在着许多困难。

2) 无心弯管。无心弯管有一般无心弯管和反变形法无心弯管两种。

① 一般无心弯管。图 4-64 所示为回弯拉拔法弯管示意图。钢管 4 上划出弯曲位置线（即夹头位置线），弯管模 1 上的夹头 2 将钢管夹紧，滑槽（拖板）3 压紧钢管。开动弯管机，钢管按弯管模弯成所需的弯曲半径。

钢管的弯曲变形引起的弯头截面变成椭圆形，当钢管在弯管机的弯管模上弯曲时，钢管变形情况与前述有所不同。图 4-65 所示为钢管在弯管模上弯曲时的截面变形图，由于有一半钢管是紧贴于弯管模上的半圆槽内，因此它基本保持原来的形状。在径向力的作用下，仅使弯头外侧截面的形状改变，因此减小了截面的变形。

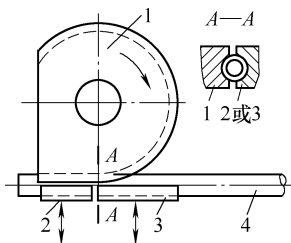


图 4-64 回弯拉拔法弯管示意图

1—弯管模 2—夹头 3—滑槽 4—钢管

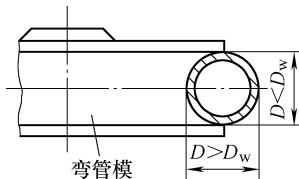


图 4-65 截面变形图

采用一般无心弯管，最小弯曲半径可达 3.5~4 倍的钢管大径，如果弯曲半径过小会造成弯头截面圆度值超差。如对圆度值有一定要求，必须采用反变形法无心弯管。

② 反变形法无心弯管。反变形法无心弯管与一般无心弯管所不同的是压紧滚轮（或滑槽）具有反变形槽，如图 4-66 所示。

在钢管弯曲变形前，压紧滚轮先对钢管施加压力，使钢管的外侧产生向外凸出的变形，在弯曲过程中，凸出的变形可抵消弯后的椭圆变形。从理论上讲，只要反变形槽的尺寸适当，就可以保证弯头部分的圆度不变。但反变形量的大小与钢管材料、相对弯曲半径 R_x 和相对壁厚 δ_x 等有关。因此，实际上要保证弯头部



分圆度不变是不可能的。

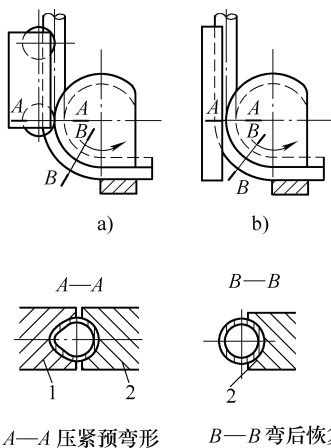


图 4-66 反变形法无心弯管示意图

a) 圆管变形 b) 圆管不变形
1—滚轮或滑槽 2—弯管模

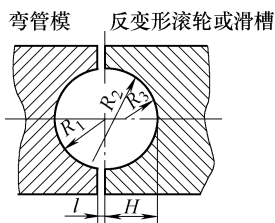


图 4-67 反变形槽

要得到满意的弯头，反变形滚轮或滑槽的尺寸应合适，其尺寸按图 4-67 和表 4-4 选取。

表 4-4 反变形滚轮或滑槽的槽形尺寸

R_x	R_1	R_2	R_3	H
1.5 ~ 2	$0.5D_w$	$0.95D_w$	$0.37D_w$	$0.56D_w$
2 ~ 3.5	$0.5D_w$	$1.0D_w$	$0.4D_w$	$0.545D_w$
≥ 3.5	$0.5D_w$	—	$0.5D_w$	$0.5D_w$

注：1. D_w 为管大径。

2. R_x 为相对弯曲半径。

对新制的反变形滚轮或滑槽必须经过验证合格后方可用于生产。

反变形滚轮位置如图 4-68 所示。滚轮中心与弯管模中心的 e 值为 $0 \sim 20\text{mm}$ ，其值通过试弯确定，其目的是使钢管在末弯曲变形之前预先得到充分的反变形。若滚轮位置太靠前将失去反变形的作用，太靠后影响弯头的表面质量。

由于采用反变形滚轮，当弯管停止后，终端处的反变形管段无法恢复到原来的形状，影响外观质量。若增大滚轮直径，可使外观质量得到改善，但实际上因夹头长度的限制，滚轮直径不能任意增大，若改用反变形滑槽则能增加夹头长度，但反变形滑槽要使钢管产生反变形需要很大的压紧力，若反变形量不充分会影响弯头截面的圆度。

一般来说，只有当弯曲半径 R 大于 1.5 倍钢管大径 D_w 时，采用反变形法无



心弯管,才能保证弯管质量。如果与心轴同时使用,可得到更好的效果。

反变形法无心弯管与有心弯管相比,具有下列优点:

- ① 没有心轴,弯管时管内不必涂油,简化了工序,提高了生产效率。
- ② 管壁减薄量小,内壁不会机械划伤,因此弯管质量较高。
- ③ 为弯管的机械化和自动化创造了有利的条件。
- ④ 不需特殊设备,在通用弯管机上均可采用。

因此,反变形法无心弯管被广泛地用来弯制 $\phi 32 \sim \phi 108\text{mm}$ 的各种钢管。

(3) 弯管模及心轴

1) 弯管模。弯管模有整体式和分瓣式两种,如图 4-69 所示。整体式弯管模用来弯曲 180° 弯曲角的钢管;分瓣式弯管模用来弯曲大于 180° 弯曲角的钢管。

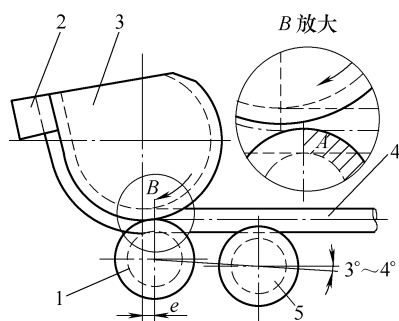


图 4-68 反变形法无心弯管滚轮位置

1—反变形滚轮 2—夹头 3—弯管模
4—钢管 5—导向滚轮

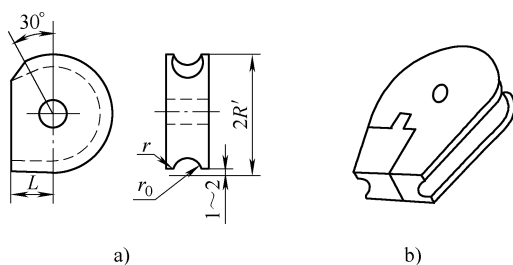


图 4-69 弯管模

a) 整体式 b) 分瓣式

由于冷弯后钢管的弹性变形,使弯头的弯曲半径 R 比弯管模半径 R' 要大。当 $R_x \leq 10$ 时, R' 可按下列经验公式计算:

- ① 合金钢管 $R' = 0.94R$ 。
 - ② 碳素钢管 $R' = (0.96 \sim 0.98)R$ 。
- R 大时取小值; $R_x \leq 1.5$ 时 $R' = R$;

③ 弯管模半圆槽

④ 半圆槽侧面半径 $r = (1 \sim 3)\text{mm}$, D_x 小时取小值。

⑤ 弯管模弯曲段一般取 $180^\circ + 30^\circ$; 直段长度取 $L = (1.2 \sim 2)D_w$ 。

2) 心轴。心轴有圆头式、尖头式、关节式等多种形式,心轴形式及使用特点见表 4-5。

$$r_0 = \frac{1}{2}D_w \pm 0.1\text{mm}$$

(4) 弯管质量分析 常见弯管缺陷的产生原因和排除方法见表 4-6。

(5) 钢管冷弯工艺参数 钢管冷弯工艺参数包括弯头外侧最小壁厚和减薄



率、最小相对弯曲半径、弯头伸长量、旋转力矩、夹紧力、压料力和回弹前弯曲角等。这些参数直接影响到钢管弯曲后的质量，严格控制这些参数，具有极其重要的意义。

表 4-5 心轴形式及使用特点

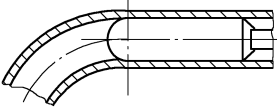
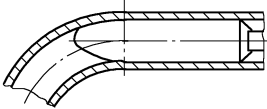
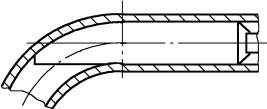
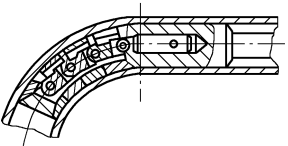
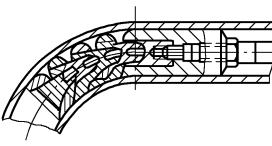
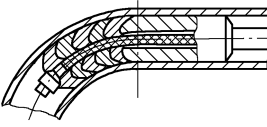
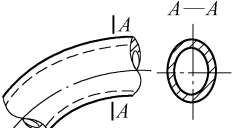
形 式	简 图	特 点	使用 范围
圆头式		制造方便，但防扁效果较差	钢管： $\delta_x \geq 0.05$ $R_x = 2$ $\delta_x = 0.035$ $R_x \geq 3$ 铜管： $\delta_x \geq 0.035$ $R_x = 1.5$ $\delta_x = 0.02$ $R_x \geq 3$
尖头式		心轴可向前伸进，以减小与管壁的间隙。防扁效果较好，且有一定的防皱作用	
勺式		与外壁支承面更大，防扁效果好，具有一定的防皱作用	
单向关节式		可深入管子内部，与管子一起弯曲，防扁效果更好。弯后借液压缸抽出心轴，可对管子进行矫圆。只可在一个方向上弯曲	与防皱板、顶锻机构配合，可用于 $R_x \geq 1.2$
万向关节式		可深入管子内部，与管子一起弯曲，防扁效果更好。弯后借液压缸抽出心轴，可对管子进行矫圆，无方向性	
软轴式		可深入管子内部，与管子一起弯曲，防扁效果更好。弯后借液压缸抽出心轴，可对管子进行矫圆，无方向性	

表 4-6 常见弯管缺陷

缺陷名称	简 图	缺陷部位	产生原因	排 除 方 法
鼓包		有心弯管 终点外侧	1. 心轴伸出量过大 2. 心轴头部与弯曲半径不符	1. 调整心轴伸出量 2. 更换合适的心轴
压扁		反变形法 弯管终点 外侧	1. 压紧滚轮直径过小 2. 夹紧力过大 3. 反变形量过大	1. 加大压紧滚轮直径或采用滑槽 2. 调整夹紧力 3. 改变压紧滚轮反变形槽形尺寸



(续)

缺陷名称	简图	缺陷部位	产生原因	排除方法
皱折		弯曲段内侧	1. 压紧力过小 2. 弯管模半圆槽 r_0 过大或磨损 3. 管子壁厚不均匀	1. 调整压紧力 2. 重制弯管模 3. 选用均匀管壁的管子
椭圆		弯曲段	1. 心轴伸出量过小 2. 夹紧力不足管端有滑动 3. 反变形量不足	1. 调整心轴伸出量 2. 适当增加夹紧力增设顶锻力装置 3. 修正反变形槽型
弯裂			1. 心轴与管子配合过紧 2. 心轴伸出量过大 3. 管子热处理不当 4. 有心弯管未涂油润滑	1. 选用合适的心轴直径 2. 调整心轴伸出量 3. 管子重新热处理 4. 有心弯管前管内涂油润滑

1) 弯头的最小壁厚和减薄率。钢管弯曲时使弯头外侧纤维伸长而壁厚减薄。过分的减薄是设计所不允许的。钢管弯曲后的允许减薄率见表4-7。

弯头外侧壁厚随着弯曲半径的减小而减薄，它与允许的圆度、材料性能等指标有关。在生产中可用模拟弯头进行解剖，当实测弯头外侧最小壁厚大于等于技术条件允许的最小壁厚时，则为合格。

表 4-7 钢管弯头处允许减薄率

弯曲半径 R	$\leq 1.8D_w$	$1.8D_w < R < 3.5D_w$	$\geq 3.5D_w$
减薄率 $b \leq$	20%	15%	10%

注： $b = \frac{\delta - \delta'}{\delta} \times 100\%$ ， δ 为管壁厚； δ' 为管弯头处最小壁厚； D_w 为管大径。

2) 最小相对弯曲半径。弯曲半径的大小直接影响到钢管弯后截面的圆度值和壁厚减薄量。当弯曲半径小到某一极限值时，弯管过程被破坏——弯头外侧破裂或失稳起皱。因此，设计的钢管弯曲半径不能小于最小相对弯曲半径。

最小相对弯曲半径 $R_{x\min}$ 可按下列两个条件进行计算：

按壁厚允许减薄率

$$R_{x\min} \geq \frac{K_s(1-b)}{b}$$

按内侧不起皱条件

$$1 \leq R_{x\min} \leq 6.5(1-9\delta_x)$$

式中 $K_s = 0.5(1-\delta_x) - \alpha_y$ ；



- R_x ——相对弯曲半径；
- δ_x ——相对管壁厚；
- α_y ——技术条件允许的圆度值（%）。

以上计算式仅适用于无心弯管，按内侧不起皱条件的计算式适用于 $0.02 \leq \delta_x < 0.095$ 。当 $\delta_x < 0.02$ 时无法采用无心弯管；当 $\delta_x > 0.095$ 时，因壁厚较厚，一般不考虑起皱因素。

3) 弯头伸长量。钢管弯曲后的伸长是由于钢管的中性层向曲率中心方向偏移所致。要计算伸长量首先必须计算钢管弯曲后的中性层偏移量 e 。 e 值大小应根据静力学的条件，将所有作用在钢管截面上各力之和等于零的方程式中求得。由于推导复杂，可按式近似计算：

$$e \approx \frac{r}{2} \sqrt{\frac{r}{R}}$$

式中 $r = \frac{D_w - \delta}{2}$ 钢管的平均半径（mm）。

则弯头的伸长量 ΔL 为：

$$\Delta L = \frac{\pi \alpha}{180^\circ} e$$

式中 α ——弯曲角度。

弯头伸长量不仅与钢管直径、弯曲半径、弯曲角度有关，而且与钢管材料的力学性能、弯管时压紧力等有关，因此在实际生产中往往先试弯几根钢管，测其伸长量，取其平均值。

也可按表 4-8 所列的单位弯曲角度伸长量 ΔL 作为下料时的参考。

表 4-8 单位弯曲角度伸长量

D_w/mm	16 ~ 18	25	32 ~ 42	51 ~ 89	108	133	159
$\Delta L/(\text{mm}/\alpha)$	$\frac{5}{180^\circ}$	$\frac{8 \sim 9}{180^\circ}$	$\frac{9 \sim 10}{180^\circ}$	$\frac{0.8 \sim 1.3}{10^\circ}$	$\frac{1.3 \sim 1.5}{10^\circ}$	$\frac{1.5 \sim 1.7}{10^\circ}$	$\frac{2 \sim 2.5}{10^\circ}$

钢管下料时减去弯头伸长量，不但可以节省材料，而且可以省去管子弯后划余量线和切割工作，因此确定正确的弯头伸长量，对提高生产效率，降低成本具有重大的意义。

4) 旋转力矩。计算旋转力矩是为了校核或选用弯管机。计算的旋转力矩必须小于弯管机最大主轴输出功率，确保弯管机的安全使用。

① 冷弯旋转力矩 $M_T(\text{N} \cdot \text{m})$ ：

$$M_T = M_w + M_{ym} + M_{xm}$$

② 弯管力矩 $M_w(\text{N} \cdot \text{m})$ ：



$$M_w = \left(K_1 + \frac{K_0}{4R_x} \right) W \sigma_s$$

式中 K_0 ——相对强化系数,请查阅有关资料;

K_1 ——钢管截面形状系数,请查阅有关资料;

W ——钢管抗弯截面系数,请查阅有关资料。

③ 压料摩擦力矩 M_{ym} :

用滚轮弯时 $M_{ym} = (0.05 \sim 0.08) M_w$

用移动式滑槽时 $M_{ym} = (0.1 \sim 0.15) M_w$

用固定式滑槽时 $M_{ym} = (0.4 \sim 0.55) M_w$

④ 心轴摩擦力矩无心弯管, $M_{xm} = 0$; 有心弯管, $\delta_x = 0.03 \sim 0.06$, $R_x = 2 \sim 4$ 时, $M_{xm} = 1.5 M_w$ 。

5) 夹紧力和压料力。夹紧力 F_1 (N) 和压料力 F_2 (N), 如图 4-70 所示, 分别按下列公式计算

$$F_1 = \frac{M_T}{l_1}$$

$$F_2 = \frac{M_w}{l_2}$$

式中 $l_1 = (1.5 \sim 2) D_w$ (mm);

$l_2 = 2 D_w$ (mm)。

6) 回弹前弯曲角。钢管的弯曲过程是塑性变形并伴随有弹性变形的过程。当外力矩去掉后, 被弯曲的钢管将产生一定的弹力, 使弯曲半径增大, 弯曲角度变小。正确掌握回弹量, 使弯曲后的钢管可不经矫正, 一次达到图样要求。因此, 在设计弯管模时, 要确定合理的弯管模半径; 在操作时, 使其角度弯得大些, 抵消弯曲后的回弹。回弹前弯曲角 α' 可用下式计算:

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1 - 2m \frac{\sigma_s R_x}{E}}$$

式中 $m = K_1 + \frac{K_0}{2R_x}$;

α' ——回弹前弯曲角 ($^\circ$);

α ——回弹后弯曲角 ($^\circ$);

E ——弹性模量 (MPa);

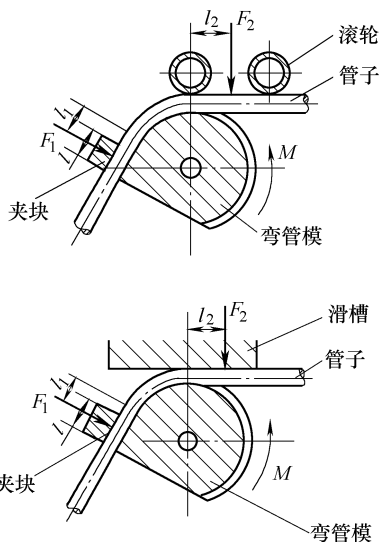


图 4-70 夹紧力和压料力



σ_s ——屈服极限 (MPa)。

当 $R_x = 2.5 \sim 6$ 时, 可按下列经验公式确定 α' :

$$\alpha' = 1.05\alpha + \Delta\alpha'$$

$D_w \leq \phi 76\text{mm}$, $\Delta\alpha_1 = 2.5^\circ \sim 3^\circ$, 材料塑性好取小值。

$D_w = \phi 83 \sim \phi 108\text{mm}$, $\Delta\alpha_1' = 4^\circ \sim 5^\circ$, 材料塑性好取小值。

影响回弹的因素有弯曲半径、材料力学性能、钢管壁厚偏差等。因此, 按上述算法初步确定回弹前弯曲角, 而后通过试弯进行修正。

◆◆◆ 第三节 成形技能训练实例

● 训练1 板料的折弯

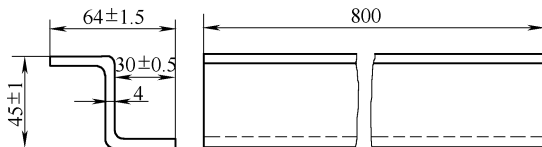
如图 4-71 所示板料折角弯曲工件图。

1. 考前准备:

(1) 工具 划针、钢直尺、钢卷尺、石笔、锤子、镊子、锉刀等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta = 4\text{mm}$ 。

(3) 设备 台虎钳 (折边机)。



技术要求

1. 各面平面度公差应小于 1。
2. 两直角垂直度公差应小于 0.5。
- 3 表面不得有划伤。

图 4-71 板料折角弯曲工件图

2. 考核要求

- 1) 正确计算料长。
- 2) 确定折弯线并成形。
- 3) 操作时间为 60min。

3. 操作工艺

1) 准备平台、压铁、规铁 (压铁、规铁均可用厚钢板制成, 棱角与弯曲件角度相同) 以及大锤、平锤、手锤等工具和用具。

2) 将板料放在平台规铁上, 上面放置压铁, 用羊角卡 (见图 4-72) 卡紧。注意使板料的弯曲线和规铁、压铁的棱边重合。

3) 锤击板料两端, 使之弯成一定角度, 以便定位 (见图 4-73)。这样, 板料在以后连续锤击中将不会错位。

4) 从一端开始, 一点接着一点地向另一端移动锤击。锤击力不可过重, 要求的弯曲角度要分多次锤击而成, 以免板料局部拉伤或产生过度伸长变形。锤击



过程中,要注意随时敲紧羊角卡使其不松动。图 4-74 所示为锤击位置及方式。

5) 角度基本弯曲后,应垫上平锤再敲击一遍,使工件更加平直。

6) 第一折角弯成后,翻转工件,再按上述方法弯曲第二折角。

7) 工件弯曲成形后,要按技术要求检查弯曲件质量。

① 用钢板尺立放在工件表面上,检查工件各面的平面度(见图 4-75)。

② 用样板检查工件角度(见图 4-76)。

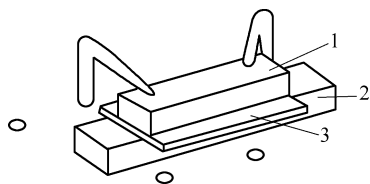


图 4-72 弯折角时卡板料
1—压铁 2—平台 3—板料

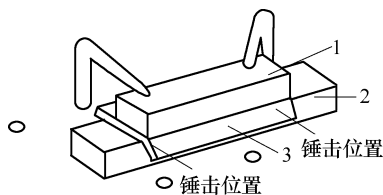


图 4-73 弯两端以定位
1—压铁 2—平台 3—板料

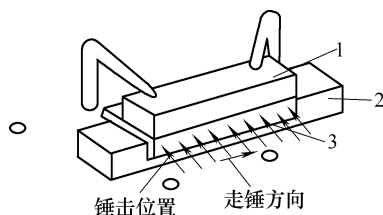


图 4-74 锤击位置及方式
1—压铁 2—平台 3—板料

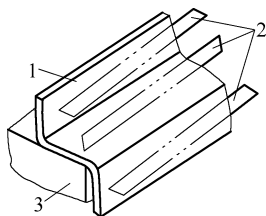


图 4-75 检查工件平面度
1—工件 2—钢直尺 3—平台

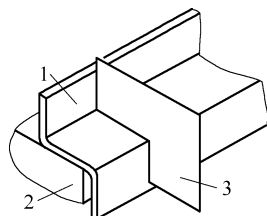


图 4-76 检查工件角度
1—工件 2—平台 3—样板

8) 清理检查文件。加工完毕检查工号等填写是否标准,清理场地后交件。

• 训练 2 手工弯曲扁钢圈

如图 4-77 所示为扁钢弯曲工件图。

1. 操作前准备

(1) 工具 大锤、平锤、扒弧锤、扳弯器、烧火钳、平台、羊角卡、楔桩、垫板、螺栓等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta = 6\text{mm}$ 。

(3) 设备 气割设备或焦炭炉及焦炭。



2. 操作要求:

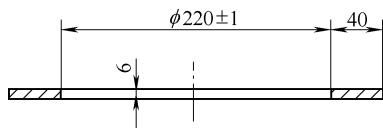
- 1) 正确计算料长。
- 2) 下料并成形。
- 3) 操作时间为 60min。

3. 操作工艺

(1) 准备工作

- 1) 准备气割设备或焦炭炉及焦炭。

2) 制作胎具。扁钢热弯曲的胎具多用钢板制成,其厚度等于或略大于工件厚度。胎具圆弧直径可取工件的内径,热弯扁钢圈胎具不可做成整圆,而应为整圆的 $2/3$ 左右,以利于弯曲过程中取放工件。胎具上装夹固定用孔的位置和大小,需待胎具在平台上的位置确定后,依据平台孔的位置和大小而定(见图 4-78)。胎具制成后,紧固在平台的合适位置上。



技术要求

1. 内圆圆度公差为 1。
2. 上、下两面平面度公差为 1。
3. 外观检查表面不得有划伤。

图 4-77 扁钢弯曲工件图

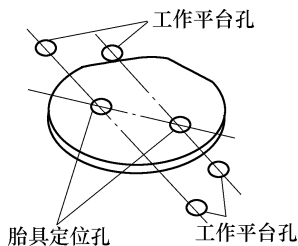


图 4-78 扁钢热弯胎具

(2) 扁钢加热 扁钢材质为 Q235A,加热温度选定为 1000°C 左右(加热至橘黄色)。温度达到后,保温一段时间,以求扁钢内、外温度均匀。

(3) 弯曲 将加热至选定温度的扁钢迅速将一端靠在胎具上,用圆锥楔桩、垫板及羊角卡夹紧,然后选择适当的位置插上扳弯器进行弯曲(见图 4-79)。用扳弯器扳弯扁钢时,不可用力过猛,应平稳施力,使扁钢逐步均匀弯曲,与胎具贴合。若扁钢扳弯后尚有局部未靠胎,应垫扒弧锤,再以大锤击打,使扁钢已弯曲部分完全与胎具靠紧(见图 4-80)。这时扳弯器不能松开,否则将导致扁钢已弯曲部分的曲率发生变化。

弯曲过程须在规定的温度范围内迅速完成,弯曲结束时,扁钢温度应不低于 700°C (颜色为暗樱红色)。由于弯曲受扁钢温度时限制,因此整个扁钢圈往往不能一次弯成,须分段进行加热、弯曲。

扁钢每弯曲完一段后,应马上进行矫平。矫平时,将平锤垫在扁钢上,沿扁钢已弯曲部分内、外侧,以大锤击打平锤矫平一遍(见图 4-81)。这时应使锤击力内重外轻,以求扁钢内、外侧厚度大致相等。矫平过程中,扳弯器也不能松开。

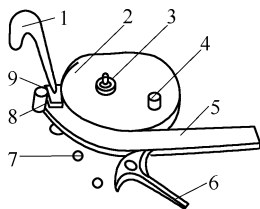


图 4-79 扁钢热弯
1—羊角卡 2—胎具
3—卡固螺栓 4—固胎楔桩
5—扁钢料 6—扳弯器
7—平台孔 8—靠紧楔桩
9—垫板

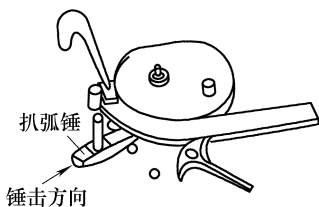


图 4-80 扁钢圈的曲率
局部修正

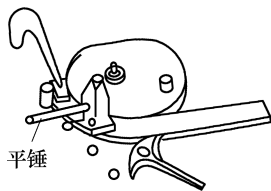


图 4-81 扁钢弯曲中矫正

工件经矫平后从胎具上卸下,避免摔、撞,以免引起工件变形。

(4) 弯曲质量检验与修整 整个扁钢弯曲冷却后,要对其曲率、内外径、平面度等进行检查,并对局部不合格处进行修整。

(5) 清理检查文件 加工完毕检查工号等填写是否标准,清理场地后交件。

• 训练3 管子煨弯

如图 4-82 所示为管子弯曲工件图。

1. 操作前准备

(1) 工具 平台、扳弯器或套管、装砂漏斗、羊角卡、定位楔桩、大锤、锤子、钢卷尺等。

(2) 备料 G3/4。

(3) 设备 气割设备、型砂、胎型。

2. 操作要求

1) 识读工件图样,进行简单的工艺分析。

2) 计算料长并弯形。

3) 操作时间为 300min。

3. 操作工艺

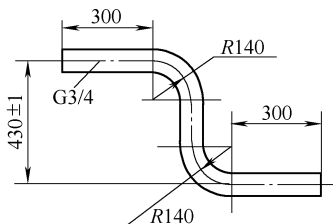
(1) 准备工作

1) 准备砂子(普通河砂),并进行冲洗、干燥和筛选。

2) 准备焦炭炉、焦炭及加热用具。

3) 准备弯管胎具,弯管胎具可用钢板焊接而成(见图 4-83)。

(2) 装砂 为了使砂子在管内填充紧密,用漏斗装砂的同时,要不断地敲击管子。装满砂子的管子两端须用金属盖封住,本工件管子较细,也可用木塞塞



技术要求

1. 管子的上下两直段平行度公差为 2。
2. 管子弯形后应无明显压扁。

图 4-82 管子弯曲工件图



紧。为了便于管内空气在受热膨胀时能自由泄出，可在盖板上钻一排气小孔。

(3) 划线 划线的目的在于确定管子在炉中加热长度和位置。划线时，按图样尺寸定出弯曲部位中点位置，并由此向管子两端量出弯曲长度，再加上管子直径，这样确定加热长度比较合适。

(4) 加热 管子经装砂、划线后，便可利用焦炭进行分段加热。加热温度应缓慢、均匀，若加热不当，将影响弯管的质量，加热温度应为 1050°C （加热至橘黄色）左右。当管子加热到该温度时，应短时间保温（使管内的砂子也达到相同温度），这样可使管子在弯曲时不致冷却过快。

(5) 弯曲 将加热好的管子置于胎具上，使管子的弯曲点与胎具上的对应点对正，并用定位楔铁固定好管子。然后，利用扳弯器（或套管）把管子顺着胎具的弧面扳弯，使管子与胎具逐步贴严（见图 4-84）。

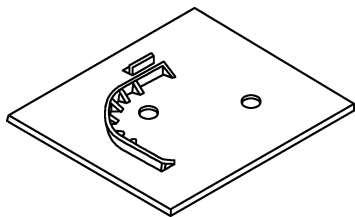


图 4-83 弯管胎具

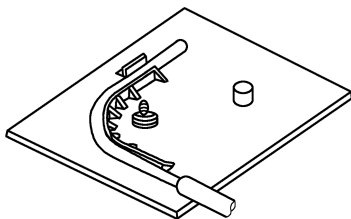


图 4-84 管子弯曲

管子每一段弧的弯曲，最好一次加热完成。增加加热次数将使材料力学性能变坏，增加管子氧化层的厚度，导致管壁减薄。

弯好第一弧段后，再加热管子第二弧段弯曲区域，并按上述方法，弯曲第二弧段，逐段进行，直至完成。加热或取放工件时要防止已弯成的弧段变形。

(6) 检查 管子弯好后，需按图样要求进行质量检验，并对不合格处进行修正。

(7) 清理检查交件 取下盖板（或木塞），倒出管内砂子，将管子清理干净。清理管内砂子时，不可用力敲击或磕撞管子，以免引起变形。加工完毕检查工号等填写是否标准，清理场地后交件。

• 训练 4 机械滚弯圆锥管

如图 4-85 所示锥面滚弯工件图。

1. 操作前准备

- (1) 工具 划针、划规、钢直尺、粉线等。
- (2) 备料 油毛毡；Q235A，钢板 $\delta = 5\text{mm}$ 。
- (3) 设备 放样台、三辊、剪床。



2. 操作要求

1) 识读工件图样, 进行简单的工艺分析。

2) 放样绘制号料样板。

3) 熟练操作三辊并完成滚弯。

4) 操作时间为 60min。

3. 操作工艺

1) 备好大、小口的卡形样板、大锤、压弧锤、锥面槽头胎具等。为使工件滚弯后不合格处便于矫正, 锥筒采用两块拼接, 分别滚弯。

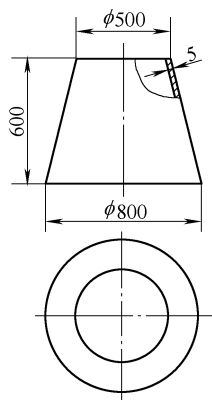
2) 用手工的方法预弯板料两端, 预弯长度应略大于两下辊中心距的一半, 一般为 180 ~ 200mm。在预弯过程中, 要用卡形样板进行检查, 直至达到图样要求工件的曲率为止。

3) 采用分段滚弯法进行滚弯如图 4-86 所示。滚弯前利用锥面素线将板料分为若干小段。滚弯时将上轴辊与小段的中位素线对正压下, 在小段范围内来回滚压。滚弯完一段后, 随即移动板料, 按上述方法再滚压下一段。通过分段挪动板料, 补偿锥面两口进给速度差的不足。分段越多, 则锥面成形越好。

锥面滚弯, 先滚弯板料两端部分, 再滚弯中间部分。滚弯过程中要经常用样板检查工件大、小口的曲率, 以控制滚弯过程。

4) 滚弯质量检查。

① 用卡形样板检查工件大、小口的曲率, 通常在两小段之间易出现曲率不合格现象, 可采用手工弯曲的方法进行修整。



技术要求

1. 用卡形样板检查大、小口的圆度, 最大间隙不得大于 1。
2. 两直边不得出现歪扭现象。

图 4-85 锥面滚弯工件图

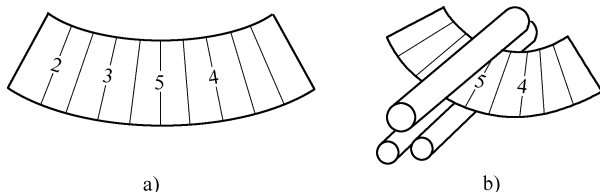


图 4-86 锥面的分段滚弯

② 检查两直边是否平行, 若不能与平台贴合, 说明工件出现歪扭现象, 按图 4-87 所示的方法矫正。



5) 锥筒装焊。锥筒采用立装法装配 (见图 4-88)。装配时, 将两个半锥筒立放在平台上, 使两直边对齐后施以定位焊。定位焊后再检查一下各部尺寸及接口处的曲率, 然后进行焊接。

6) 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。

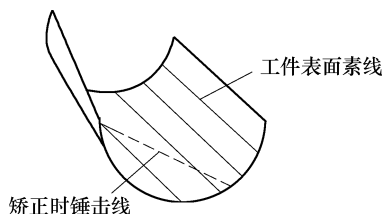


图 4-87 歪扭现象的修整方法

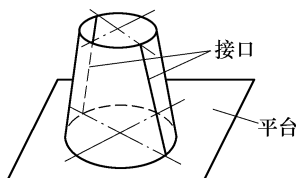


图 4-88 锥筒的装配方法

复习思考题

一、选择题

1. 水火弯曲成形是用对坯料进行 () 加热、冷却使之成形的方。
 - A. 整体
 - B. 局部
 - C. 一端
 - D. 中间
2. 水火弯板是利用局部加热所产生的 () 与横向变形达到成形的目的。
 - A. 角变形
 - B. 波浪变形
 - C. 收缩变形
 - D. 扭曲变形
3. 管子弯曲时 () 外侧的材料受拉应力作用。
 - A. 中心层
 - B. 中性层
 - C. 壁厚
 - D. 外皮
4. 管子椭圆度等于同一 () 的最大直径减最小直径之差除以管子的标称外径。
 - A. 立面
 - B. 截面
 - C. 纵截面
 - D. 横截面
5. 管子中性层的弯曲半径与管子 () 之比, 称相对弯曲半径。
 - A. 中心径
 - B. 椭圆度
 - C. 内径
 - D. 外径
6. 水火弯曲成形适用于弯曲 () 的工件。
 - A. 半径较大
 - B. 半径较小
 - C. 角度较大
 - D. 角度较小
7. 弯曲 () 的工件适用于水火弯曲成形。
 - A. 圆弧较大
 - B. 角度较大
 - C. 半径较小
 - D. 半径较大
8. 相对弯曲半径是指管子中性层的弯曲半径与管子 () 之比。
 - A. 外径
 - B. 内径
 - C. 中心径
 - D. 椭圆度
9. 型钢弯曲时, 力的作用线与 () 不在同一平面上。
 - A. 里皮
 - B. 外皮
 - C. 重心线
 - D. 受力断面

二、判断题

1. () 水火弯曲成形是用对坯料一端进行加热、冷却使之成形的方。
2. () 弯曲半径较小的工件适用于水火弯曲成形。



3. () 对坯料进行局部加热, 冷却使之成形的过程是水火成形。
4. () 型钢弯曲时, 重心线与力的作用线不在同一平面上。
5. () 管子弯曲时, 普通碳素钢的加热温度为 $950 \sim 1050^{\circ}\text{C}$ 。
6. () 弯管圆度常用来作为检验弯管质量的一项重要指标。
7. () 管子弯曲时中心层外侧的材料受拉应力作用。

第五章

装 配



学习目标

1. 掌握桁架类、箱体类、容器类结构的装配。
2. 能根据装配技术要求调试工具、夹具和改善工具、夹具的性能。

第一节 一般结构件的装配

一、装配的准备工作

为了提高装配的工作效率与质量，在装配前必须做好有关的准备工作，主要有以下几项内容：

1. 熟悉图样和工艺规程

熟悉零部件图、总装配图、技术要求及工艺规程。分析产品的用途、性能和特点，对产品的外形、轮廓印象明确。

正确理解各零部件的相对位置、尺寸和连接形式，确定装配基准面和装配方法，选择定位方法。准备必需的工具、量具、夹具和吊具等。

2. 划分部件

制定较复杂结构件的装配工艺规程是一项繁重而复杂的工作，必须根据图样，深入研究构件的结构、焊接工艺等内容，尤其要对关键零部件或工序进行深入的分析、研究。它既需要综合的理论知识，又需要实践经验。

在装配复杂、大型的金属构件产品时，通常将整体分成若干个部件，将各部件装配后或焊接后再进行总装。这样可减少总装时间，使许多不利的焊接位置变为有利，扩大自动焊、半自动焊的应用，减少高空作业，改善施工条件，保证装



配质量,提高装配效率。

划分部件时应考虑尽量使划出的部件有一个比较规则、完整的轮廓形状。部件之间的连接处不宜太复杂,以便于总装时的定位、夹紧和测量。部件装配后,应能有效地保证装配质量。

在大型金属结构的设计图中,已表明了部件划分的形式。在设计未规定的情况下,冷作钣金工要根据产品特点和施工条件,考虑部件的划分问题。图 5-1 为机架的示意图。

在装配中,可将机架划分为上、下两个部件,其部件划分和总装示意图如图 5-2 所示。这两个部件均有一个比较规则的整体,两个部件的连接并不复杂。部件装配后,焊接、矫正方便,既扩大了作业面,又便于保证总装和矫正的质量。

3. 装配现场的设置

装配现场的地面应平整、清洁,安置的装配平台必须保持水平,并定期检查;零部件要堆放整齐;人行道应畅通,保证起吊和运输通行无阻。

在装配场地周围应选择适当的位置安装工具箱、焊机、气焊设备等,同时根据装配需要配置其他设备,如钳工工作台及台虎钳等。

4. 检查零部件的质量

装配前,除了应对零部件的材质进行检查之外,还应检查零部件的几何形状、尺寸和数量,如目测或用水平尺检查零件的直线度,矩形零件的对角线,用样板检验折边零件的弯曲角度和卷弯零件的弧度等。根据工艺要求,检查零部件应有的加工余量、焊接坡口、开口、缺口等,所有的零部件连接处的表面不允许有铁锈、毛刺和其他污物。

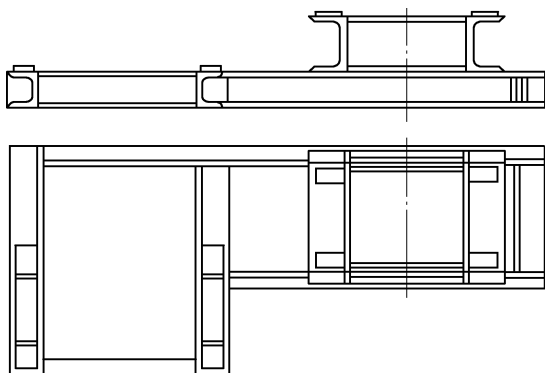


图 5-1 机架的示意图

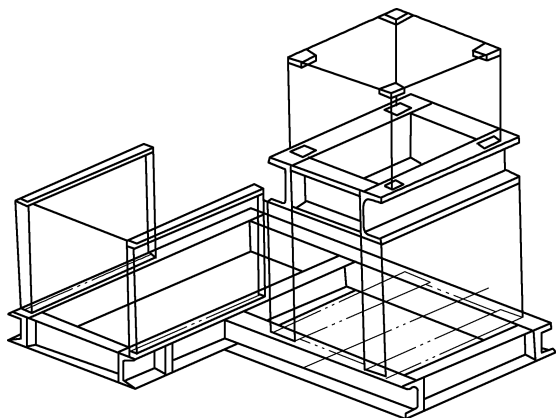


图 5-2 机架的部件划分和总装示意图



5. 装配过程中定位焊的工艺要领

装配过程中离不开定位焊,定位焊用于固定各焊接零件间的相互位置,以确保整个结构件得到正确、符合要求的几何形状和尺寸。定位焊的焊缝短小,易产生缺陷。当发生缺陷时应重新焊接。

随着对冷作钣金工一专多能的要求,定位焊往往需要由冷作钣金工来完成。因此,必须掌握定位焊的一些知识。

1) 定位焊的起头和结尾处应平缓,过陡时易在正式焊接的焊缝中出现未焊透、夹渣等缺陷。如果正式焊接时需预热,那么在定位焊时也应进行与正式焊接相同温度的预热。由于定位焊为间断焊,焊接温度比正式焊接时低。因热量不足,易产生未焊透现象,所以焊接电流应比正式焊接时高 10% ~ 15%。

2) 在焊缝交叉处和焊缝方向急剧变化处不可进行定位焊,应离开 50mm 左右进行定位焊。强制装配的结构,其定位焊的焊缝长度应根据具体情况适当加大。在低温下焊接时,定位焊的焊缝易开裂,要尽量避免强制装配后进行定位焊,且定位焊的焊缝长度也应适当加大。必要时,可采用碱性低氢型焊条,而且定位焊后应尽快进行正式焊接,并焊满整个焊缝,避免中途停顿或间隔时间过长。

二、桁架类结构的装配工艺

桁架结构是以型材为主体制造的结构。屋架是典型的桁架结构,一般用角钢装配焊接而成,常见屋架的结构形式如图 5-3 所示。屋架装配一般采用地样装配和仿形装配相结合的方法。装配前,应对各杆件、板件的规格、尺寸、平直度及表面质量,作必要的检验和矫正。

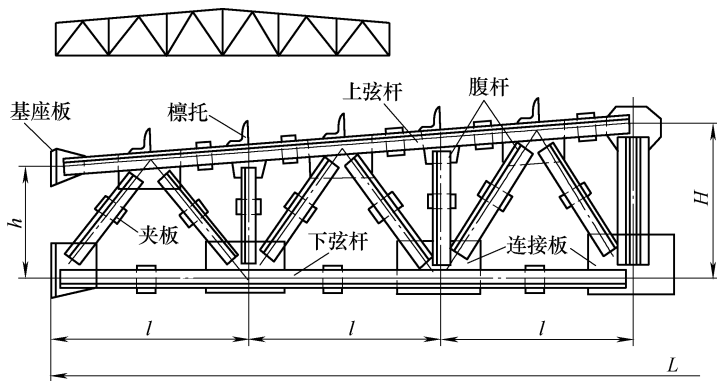


图 5-3 屋架结构

装配时,首先在平台上,画出屋架的样图,如图 5-4a 所示。样图是屋架装



配定位的基本依据,因此画样图时,一定要保证各部尺寸的准确。在连接处,弦杆和腹杆的轴线要交于一点,且图样上所画的杆件轴线应是角钢的重心线(重心位置,可由型钢材料表中查得),而不是角钢平面的中心线。样图画好后,可沿样图外轮廓线焊上若干定位挡板,用以辅助样图作装配定位用。然后,按照样图位置放好连接板、夹板,再放置上、下弦杆及腹杆,并定位焊固定,如图5-4b所示。装配时应保证弦杆、腹杆重心线,相对图样上轴线的偏移不大于2mm。

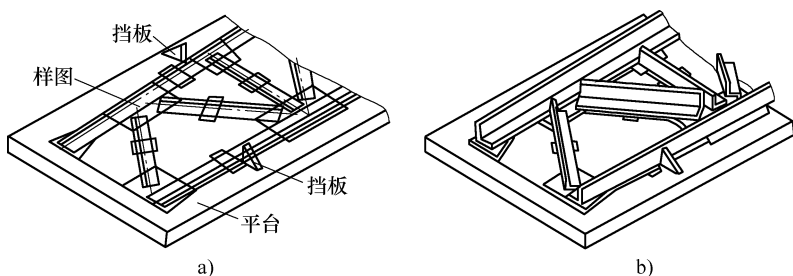


图 5-4 屋架半扇的地样装配

屋架装好半扇后,将其翻转 180° ,经检查合格后,即可以此半扇屋架为样模,用仿形法装配另半扇。其顺序为:先放连接板、夹板,然后放置上、下弦杆及腹杆,最后进行定位焊,如图5-5a所示。为防止杆件在定位焊时移动,可用一些弹性夹将其夹紧,再定位焊固定。

将用仿形法装配后的半扇屋架,转 180° 移到另一工作台上,进行涂油(只涂节点间非焊接部位)。涂完油后,对称地装配屋架另一面的各杆件,组成整个屋架,如图5-5b所示。

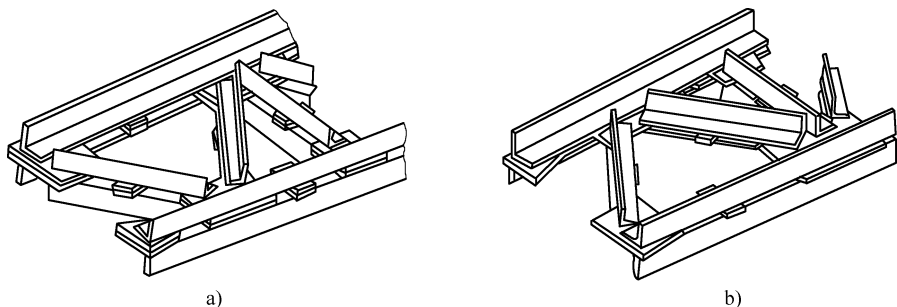


图 5-5 仿形法装配屋架

最后,装配屋架端部的基座板和上弦杆的檩托。由于端部基座板与屋架连接板成T形接头,容易发生角变形,因此应对基座板预先进行反变形后再装配,或者在装配时对其进行刚性固定,以防止焊接变形。



屋架装配完成后,还要对其跨度、端部高度、上下弦弯曲挠度、檩托角钢间距离等进行检验,待确认各部位都符合图样要求后,才能进行焊接。

三、箱体类的装配工艺

箱体结构是以板材和型材混合制造的结构,如船舶、机架等。单臂压力机机架是较典型的箱体结构,如图 5-6 所示。

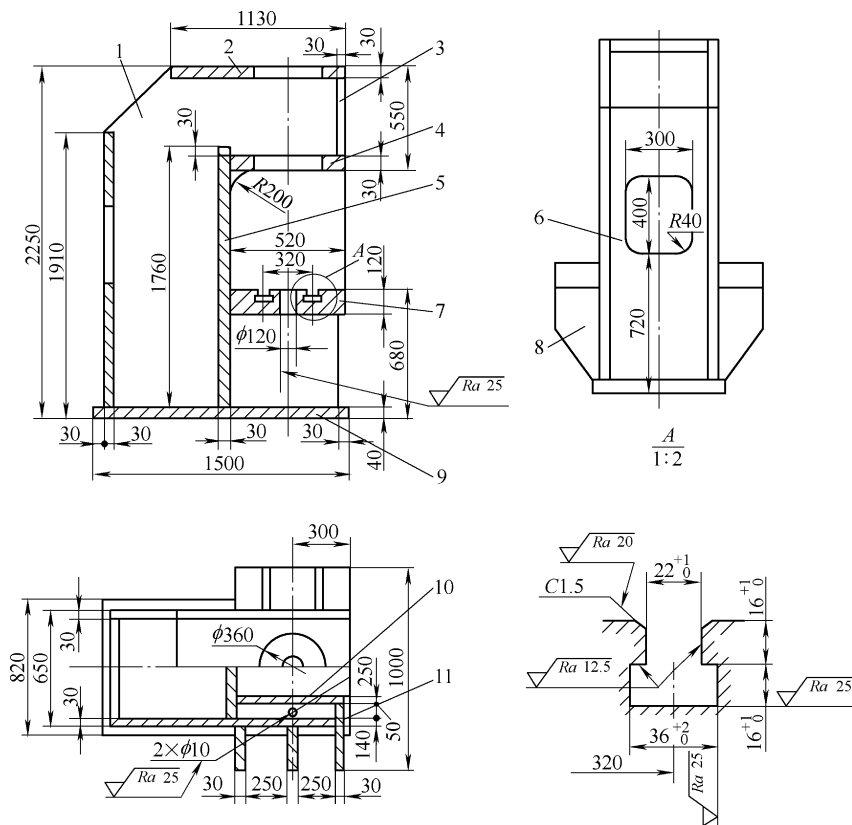


图 5-6 单臂压力机机架

- 1—立柱两侧板 2—机顶上板 3—机顶前面板 4—机顶下板 5—立柱前面板
6—立柱背板 7—工作台 8—筋板 9—底板 10、11—工作台支撑立板

它的装配除要保证各焊缝要求外,主要应保证机顶上板 2 和机顶下板 4 上圆孔 ($\phi 360\text{mm}$) 的同轴度、轴线与机架底面的垂直度,及工作台面与机架地面的平行度等技术要求。由于机架的高度大于其宽度和长度,重心位置较高,所以采用先卧装后立装的方法,这样,支承面积大,各零件的定位稳定性好。同时,采用整体总装配后再进行焊接,可增加结构的刚度,减少焊接变形。



装配前,要逐一复核零件的尺寸,厚板应按要求开好焊接坡口。

卧装时,以机架的一块侧板 1 为基准,将其平放在装配平台上,划出件 2、3、4、5、6 厚度的位置线,接线进行备件的装配,如图 5-7a 所示,矫正好零件间垂直度及两个 $\phi 360\text{mm}$ 圆孔同轴度后,再定位焊固定。然后,装配机架另一块侧板(件 1),并定位焊固定组成一部件。这时要注意,机架两侧板平面间的尺寸,应符合要求并保持平行。

立装时,将件 9 平放在装配台上并找好水平,在其上划出件 1、5、6、8、10、11 厚度的位置线,并检查封闭方框中的焊接出气孔(两个 $\phi 10\text{mm}$ 的小孔)是否加工好,然后将由卧装组合的部件吊到底板 9 上,按位置线对好,并检查两个 $\phi 360\text{mm}$ 圆孔的轴线是否与底板垂直,矫正后定位焊固定。再依次按线装配其他各件,并分别定位焊固定,如图 5-7b 所示。

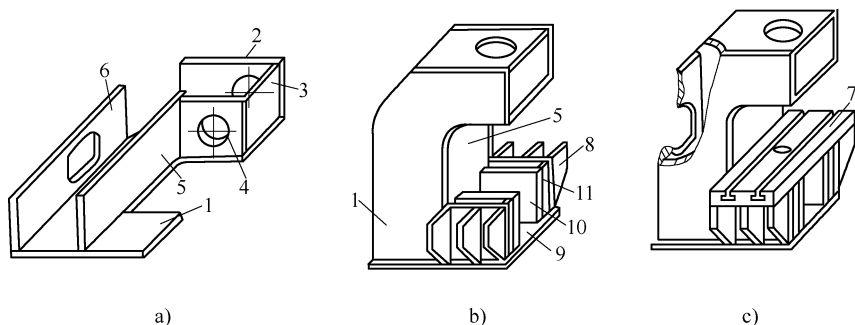


图 5-7 单臂压力机机架的装配

工作台(件 7)一般都预先进行切削加工,焊后不再加工。装配时有两种方案:一种是经卧装、立装后的构件,先进行焊接和矫正,然后装配工作台并焊接,如图 5-7c 所示。另一种是将工作台与机架装配定位焊固定,然后焊接整个机架。通常较多采用第一种方案。

由于工作台焊接后矫正困难,且工作台面要求与机架底面保持平行,装配时应使件 8、10、11、1 形成的平面与工作台的接触面保持水平。另外,工作台定位时,必须严格检查其与底板的平行度才能定位焊固定。

四、常压容器的装配工艺

容器结构是以板材为主制造的结构,如油罐、锅炉等,筒形旋风除尘器是一个比较复杂的容器结构,它的装配技术要求见装配总图,如图 5-8 所示。由于此结构的各部件多为曲面形状,且圆管、圆锥管的纵缝又需事先对接,所以装配时应采用先部件装配,再进行总装的方法。

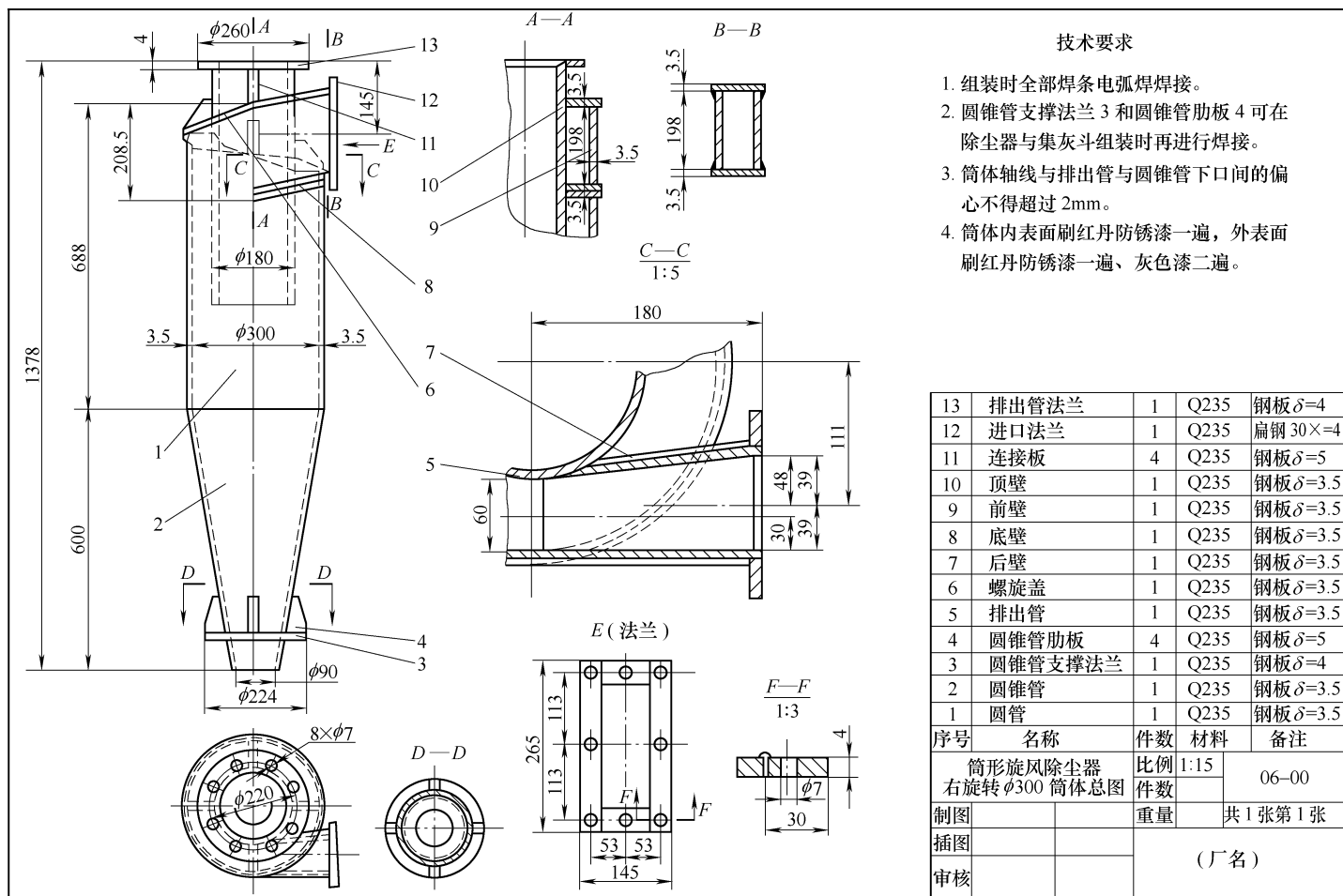


图5-8 筒形旋风除尘器筒体总图



装配的第一阶段,应进行圆管 1、5 和圆锥管 2 的纵缝装配,同时将进口法兰、进口方管分别装配好。圆管、圆锥管的纵缝装配,可参照图 5-9 所示方法进行。由于这三个管件板厚度小,矫正容易,所以也可以先不考虑其曲率是否完全符合样板,而强制进行纵缝对接,待焊接后再准确校正其曲率。

法兰的拼装,可采用划线定位法,在平台上进行,如图 5-10 所示。装配进口方管时,考虑到总装时进口方管底壁 8 与螺旋盖 6 的连接焊缝,需从方管内焊接,所以只能将方管后壁 7、底壁 8 和前壁 9 组合起来定位焊固定,并焊上临时支撑,再装配,如图 5-11 所示。

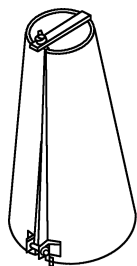


图 5-9 圆锥管的装配

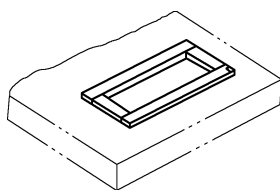


图 5-10 法兰的拼装

装配的第二阶段是进行排出管 5 与螺旋盖 6 的装配。装配时,须先在圆管表面上,按图样要求画出螺旋线,再接线将螺旋盖装配在排出管上并定位焊固定。然后将直角尺两边沿排出管素线和径向放置,同时检验螺旋盖与排出管的垂直度,并进行校正,如图 5-12 所示。

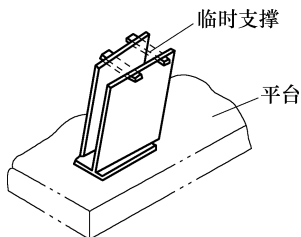


图 5-11 进口方管的装配

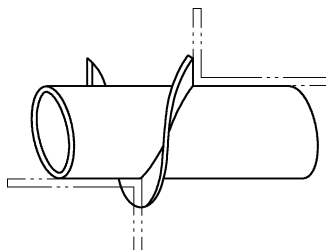


图 5-12 排出管与螺旋盖的装配

装配的第三阶段是进行除尘器整体结构的总装。根据除尘器的结构特点,总装采用先正装后倒装的方法,这样便于装配时的定位和测量操作。

正装过程如图 5-13 所示,先将外圆管 1 正放在平台上,使其侧壁与平台表面垂直。再将排出管与螺旋盖组合件,按装配位置放在外圆管上,并以平台表面与外圆管的侧壁为基准,分别校正排出管的装配高度及其与外圆管的同轴度,定



位焊圈定。然后以外圆管底口端面为基准，装配排出管法兰 13，这时应测量好法兰 13 的高度位置及其与外圆管底口端面的平行度，再施加定位焊。

排出管法兰装配好后，进行进口方管 and 进口方法兰的装配。装配进口方管时，应注意先将从外部无法施焊的连接焊缝焊好，再装配其顶壁板。装配进口方法兰时，要保证方法兰中心位置的准确，并校正进口法兰与排出管法兰、前壁板间的垂直度。

最后，将螺旋盖上的四块连接板 11，按其装配位置放好，并定位焊固定，结束正装过程。倒装时，将经过正装的工件倒置于平台上，使排出管法兰端面与平台贴合，再把圆锥管大口向下放在外圆管上，如图 5-14 所示，并以平台表面和外圆管的侧壁面为基准，对圆锥管小口面距平台的高度及圆锥管与外圆管的同轴度进行校正，然后定位焊固定。

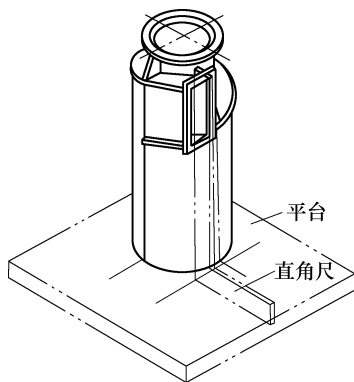


图 5-13 正装过程

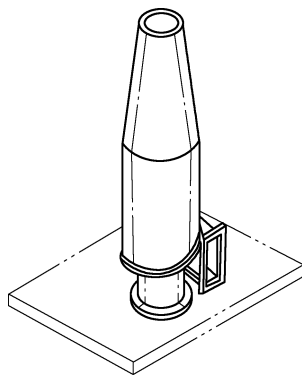


图 5-14 倒装过程

根据图样上的技术要求，圆锥管支撑法兰 3 和圆锥管肋板 4，需在除尘器安装时现场装配和焊接，以便于调整。

第二节 装配工具的应用

一、装配夹具

装配过程中的夹紧，通常是通过装配夹具实现的。装配夹具是指在装配中，用来对零件施加外力，使其获得可靠定位的工艺装备。它包括简单轻便的通用夹具和装配胎架上的专用夹具。

装配夹具对零部件的紧固方式有夹紧、压紧、拉紧、顶紧（或撑开）四种方



式,如图 5-15 所示。

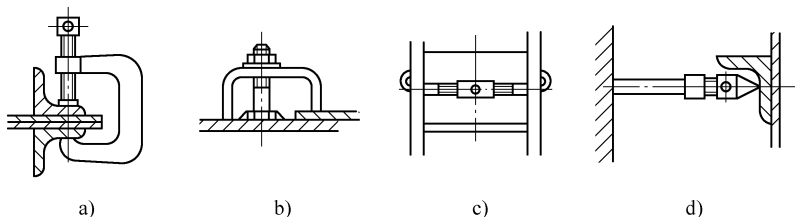


图 5-15 装配夹具的夹紧方式

a) 夹紧 b) 压紧 c) 拉紧 d) 顶紧

装配夹具按其夹紧力的来源,可分为手动夹具和非手动夹具两大类。手动夹具包括螺旋夹具、楔条夹具、杠杆夹具、偏心夹具等;非手动夹具包括气动夹具、液压夹具、磁力夹具等。

1. 手动夹具

(1) 螺旋夹具 螺旋夹具是通过丝杠与螺母间的相对运动,传递外力以紧固零件的,它具有夹、压、拉、顶、撑等多种功能。

1) 弓形螺旋夹(俗称卡兰)。弓形螺旋夹是利用丝杠起夹紧作用的。选择或设计弓形螺旋夹时,应使其工作尺寸 H 、 B 与被夹紧零件的尺寸相适应,如图 5-16 所示,并且具有足够的强度和刚度。在此基础上,还要尽量减轻弓形夹的重量,以便于使用。常用的弓形螺旋夹有图 5-17 所示的几种结构,其中小型的多采用图 5-17a 和图 5-17b 所示的结构,而大型的弓形螺旋夹,则多采用图 5-17c 和图 5-17d 所示的结构。

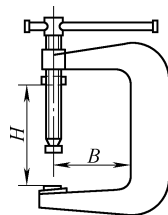


图 5-16 弓形螺旋夹的工作尺寸

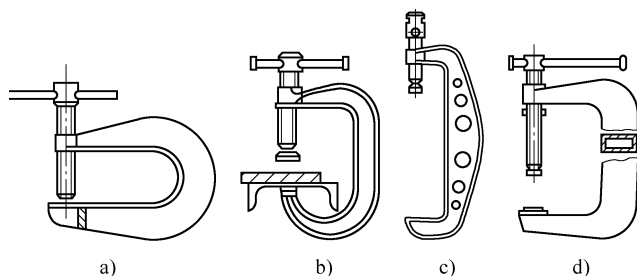


图 5-17 弓形螺旋夹结构

2) 螺旋拉紧器。螺旋拉紧器是利用丝杠起拉紧作用,其结构形式有多种。如图 5-18a 所示的简单螺旋拉紧器,旋转螺母,就可以起拉紧作用。图 5-18b 和图 5-18c 所示的拉紧器有两根独立的丝杠,丝杠上的螺纹方向相反,两螺母用厚



扁钢或圆钢连成一体,当旋转螺母时,便能调节丝杠的距离,起到拉紧的作用。如果将丝杠端头矩形板定位焊在工件上,还可以起到定位和推撑的作用。图 5-18d 所示为双头螺栓拉紧器,螺栓拉紧器两端的螺纹方向相反,旋转螺栓时,就可以调节两弯钩间的距离,以拉紧零件。

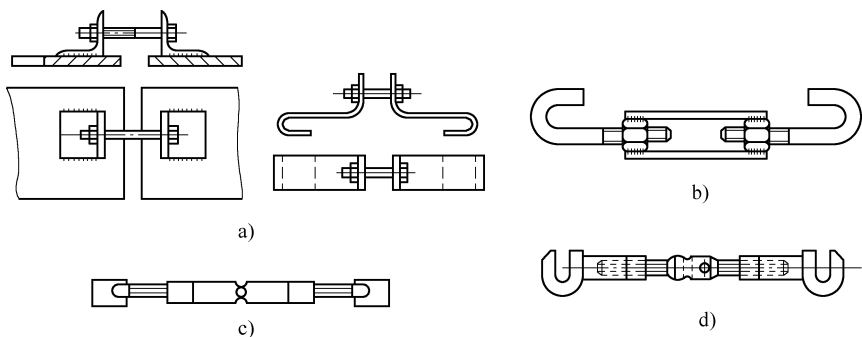


图 5-18 螺旋拉紧器

① 螺旋压紧器。如图 5-19 所示,螺旋压紧器通常是将支架临时焊接固定在工件上,再利用丝杠起压紧作用的。图 5-19a 所示是在对接板件时,利用“┐”形支架的螺旋压紧器调平板缝。图 5-19b 所示是利用“Π”形支架的螺旋压紧器压紧零件。

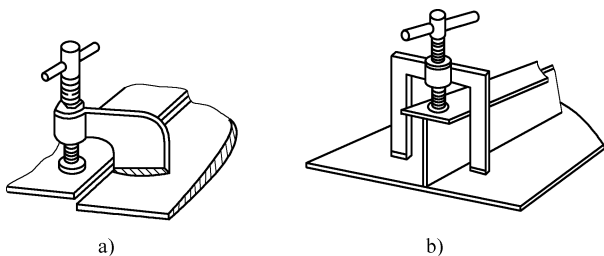


图 5-19 螺旋压紧器的形式与应用

② 螺旋推撑器。螺旋推撑器是起顶紧或撑开作用的。不仅用于装配中,还可以用于矫正作业。图 5-20a 所示是最简单的螺旋顶具,由丝杠、螺母、圆管组成。这种螺旋顶具头部呈尖形,不利于保护零件的表面,只适用于顶撑表面精度要求不高的厚板或较大的型钢。图 5-20b 所示在丝杠头部增加了顶垫,顶、撑时不会损伤工件,也不易打滑。图 5-20c 所示的螺旋推撑器,由于丝杠两端分别具有左、右旋向的螺纹,可加快顶、撑动作。

(2) 楔条夹具 楔条夹具是利用楔条的斜面将外力转变为夹紧力,从而达到夹紧零件的目的。图 5-21 所示为用楔条夹紧的两种基本形式:图 5-21a 是直

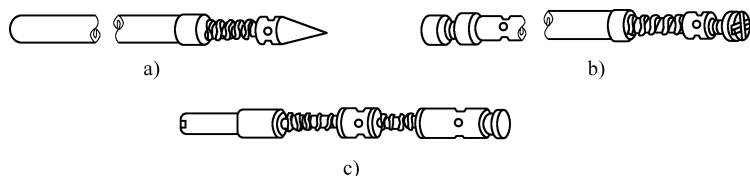


图 5-20 螺旋推撑器

接作用于工件上,不但要求被夹紧的工件表面较平稳、光滑,而且楔条易擦伤工件表面;如图 5-21b 所示为楔条通过中间元件把作用力传到工件上,改善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,楔条的楔角 α 应小于其摩擦角,一般采用 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。若需要增加楔条夹具的作用效果,可在楔条下面加入适当厚度的垫铁。

图 5-22 所示为楔条夹具的几种使用情况。图 5-22a 所示是用楔口夹板,直接将型钢和板料夹紧。图 5-22b 是将“Π”形夹板和楔条联合使用夹紧零件。

图 5-22c 是带嵌板的楔条夹具,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,因为使用了楔板,所以只在板料对接处留有间隙时才能使用。图 5-22d 所示的角钢楔条夹具也常在装配中使用。

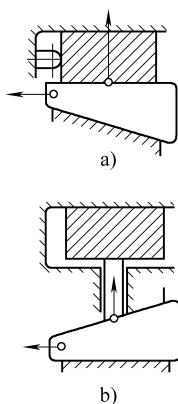


图 5-21 楔条夹紧的基本形式

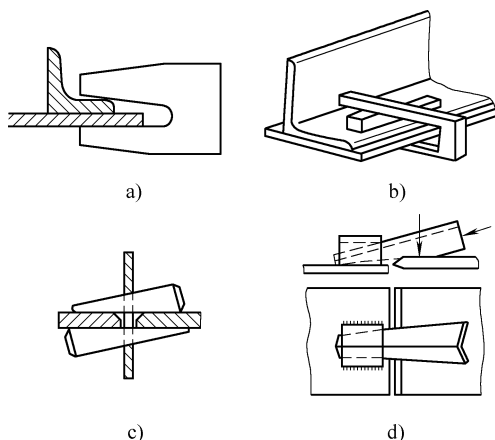


图 5-22 楔条夹具的使用

(3) 杠杆夹具 杠杆夹具是利用杠杆的增力作用,夹持或压紧零件的。由于它制作简单,使用方便,通用性强,故在装配中应用较多,如图 5-23 所示。图 5-24 所示是装配中常用的几种简易杠杆夹具。此外,撬杆也常作为杠杆夹具使用。

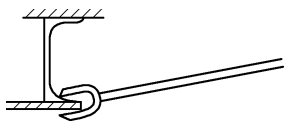


图 5-23 杠杆夹具的应用

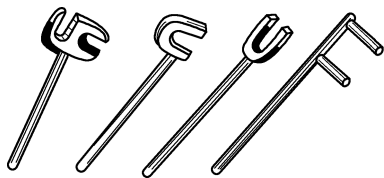


图 5-24 常用的几种简易杠杆夹具

(4) 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, 根据工作表面外形不同, 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, 将带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的距离 e 叫偏心距, 圆偏心轮上装有手柄以便操作。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 所示是以弹簧作为支点, 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, 只能用于无振动或振动小的场合。

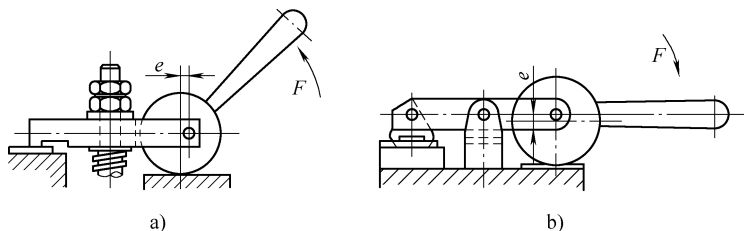


图 5-25 偏心夹具

2. 非手动夹具

(1) 气动夹具 气动夹具是利用压缩空气的压力, 通过机械运动施加夹紧力的夹紧装置, 结构主要由气缸和夹紧两部分组成。

气动夹具的气缸结构和气压机气缸相同, 只是规格有所不同, 常用的气缸构造分单向气动和双向气动两种。

单向气动气缸如图 5-26a 所示, 主要由缸体 3、前盖 2、活塞 5、活塞杆 1、弹簧 4 和后盖 8 等组成。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, 而活塞复位则依靠弹簧的弹复力。由于弹簧做得不能太长, 故单向气缸的有效行程较短。

图 5-26b 所示为双向气动气缸。双向气动气缸的特点是, 可在活塞的两侧分别进气, 活塞的进退都由压缩空气推动。双向气动气缸由于不用回程弹簧, 所以



有效行程可以较长,适应范围较广。

气动夹具的气缸按安装方式,有固定和非固定两种,并可根据使用需要安装成卧式、立式或倾斜式。

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,它在夹紧压板与气缸活塞之间增加一杠杆,可以改变压紧力的方向或改变压紧力的大小。装配工作中,可根据实际情况选择气动夹具的工作方式。

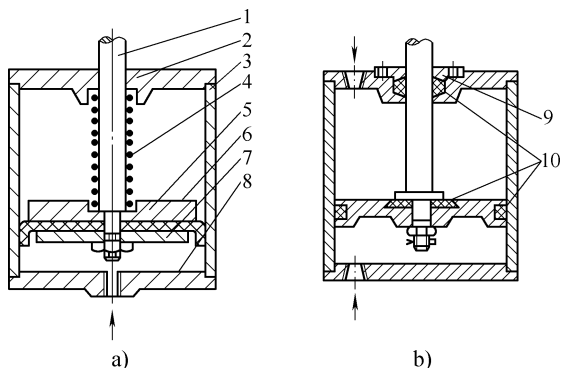


图 5-26 气动夹具气缸结构

a) 单向气动气缸 b) 双向气动气缸

1—活塞杆 2—前盖 3—缸体 4—弹簧 5—活塞
6、7—压垫 8—后盖 9—压盖 10—密封环

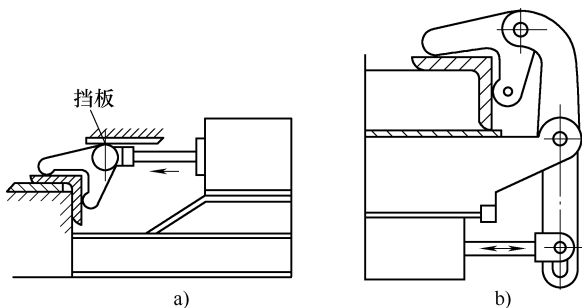


图 5-27 气动夹具的工作方式

a) 直接作用式 b) 间接作用式

(2) 液压夹具 液压夹具的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,夹紧可靠,工作稳定。缺点是液体易泄漏,且辅助装置多,维修不便。

在薄板结构的装配中,广泛采用气动、液压联合夹具。这种夹具的特点是,把气动灵敏、反应迅速等优点用于控制部分;把液压工作平稳、能产生较大的动力等优点用于驱动部分。

(3) 磁力夹具 磁力夹具主要靠磁力吸紧工件,分为永磁式和电磁式两种类型,应用较多的是电磁式磁力夹具。磁力夹具操作简便,而且对工作表面质量无影响,但其夹紧力通常不是很大。图 5-28 所示为磁力夹具的几种应用形式。

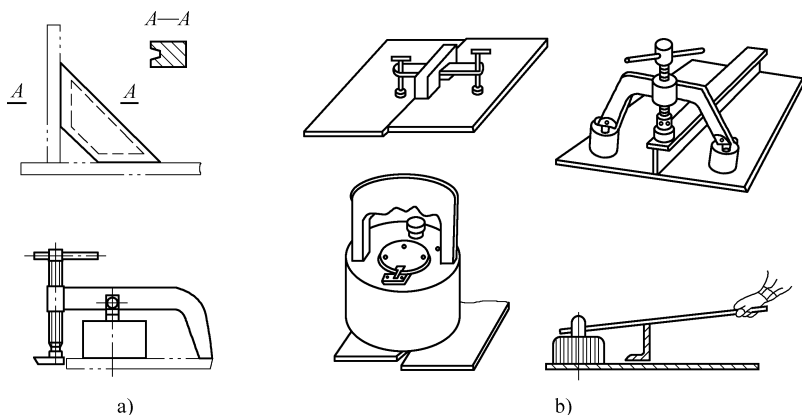


图 5-28 磁力夹具及其应用

二、装配吊具

装配中常用的吊具有钢丝绳、吊链、专用吊具、手拉葫芦、千斤顶等。

1. 钢丝绳

钢丝绳又称钢索，是由高强度碳素钢丝制成的。每一根钢丝绳均由若干根钢丝分股和植物纤维芯或有机物芯捻制成粗细一致的绳索。它具有断面相等、强度高、自重轻（与链条相比）、弹性较好、极少骤然断裂等优点。其缺点是不易折弯和不适于吊运温度较高的工件。

钢丝绳的结构形式很多，冷作工常用的是具有较高挠性的 $6 \times 19 + 1$ 、 $6 \times 37 + 1$ 、 $6 \times 61 + 1$ 等几种。以 $6 \times 19 + 1$ 为例，其型号的含义是：6 表示共 6 股，19 表示每股有 19 根钢丝，1 表示 1 根绳芯。图 5-29 是型号 $6 \times 19 + 1$ 的钢丝绳的断面图。

装配中选择钢丝绳时，应首先根据使用要求确定钢丝绳的型号，然后再按所吊工件的质量、拴系钢丝绳的方法和所用钢丝绳的数目，估算出钢丝绳所受的拉力，来选择钢丝绳的直径。图 5-30 所示为当工件质量相同，采用不同的拴系钢丝绳角度时，将使钢丝绳受力大小相差很大。

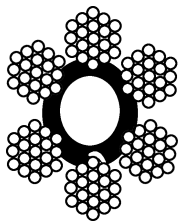


图 5-29 钢丝绳断面

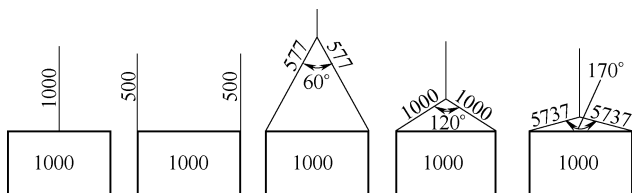


图 5-30 不同拴系角度引起的钢丝绳受力变化



型号为 $6 \times 37 + 1$ 的普通钢丝绳, 其性能参数见表 5-1。

表 5-1 $6 \times 37 + 1$ 普通钢丝绳的性能参数

直径/mm		全部钢丝绳断 面面积/mm²	每百米长 绳重/kg	钢丝绳抗拉强度/MPa															
钢丝绳	钢丝			1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000								
				破坏拉力 × 104N															
4.8	0.22	8.4	7.9	11.7	20.0	17.3	14.6	15.5	12.6	9.7	2.7								
5.7	0.26	11.7	11.1																
6.7	0.31	16.7	15.7									5.0	3.4	2.2	2.3	1.7	1.3		
8.7	0.4	27.8	26.2									7.2	5.2	3.6	3.8	2.4	1.8		
11.0	0.5	43.5	40.8									9.8	7.7	5.7	6.1	4.1	2.6		
13.0	0.6	62.7	59.0									12.8	10.5	8.2	8.7	6.4	4.3	1.3	
15.5	0.7	85.3	80.2									16.2	13.7	11.2	11.9	9.2	6.7	1.9	
17.5	0.8	111.5	104.8									20.0	17.3	14.6	15.5	12.6	9.7	2.7	
19.5	0.9	141.1	132.6									17.5	24.2	21.4	18.5	19.6	16.4	13.3	4.5
22.0	1.0	174.2	164.6									53.6	28.8	25.9	22.8	24.2	20.8	17.3	7.1
24.0	1.1	210.8	199.1	60.1	33.8	30.8	27.6	29.3	25.7	21.9	10.2								
26.0	1.2	250.9	237.7	71.3	39.2	36.2	32.9	34.9	31.1	27.1	14.0								
28.0	1.3	294.5	276.6	89.9	45.0	42.0	38.6	41.1	37.0	32.8	13.2								
30.0	1.4	341.5	322.3	107.0	51.2	48.2	44.8	47.6	43.4	39.0	23.1								
32.5	1.5	392.5	368.4	125.5	57.8	54.8	51.4	54.6	50.4	45.8	28.5								
35.0	1.6	446.1	420.6	145.5	64.8	61.9	58.5	62.1	57.8	53.2	(82.9)								
37.0	1.7	503.6	474.8	162.0	80.0	69.4	66.0	70.2	65.8	61.1	(98.7)								
39.0	1.8	564.6	581.2		96.8	85.7	74.0	8.7	74.3	69.5	(115.5)								
43.5	2.0	697.0	657.2		115.0	103.5	91.4	97.1	83.3	78.4	(134.0)								
47.5	2.2	843.4	794.3		135.0	123.0	110.5	117.5	102.5	87.9	(154.0)								
52.0	2.4	1 003.8	944.6		156.5	144.5	131.5	139.5	124.0	108.5									
56.5	2.6	1 178.0	1 109.9		180.0	168.0	154.5	164.0	148.0	131.0									
60.5	2.8	1 366.2	1 284.8			192.5	179.0	190.0	173.5	156.0									
65	3.0	1 568.1	1 476.8				205.5	218.5	201.5										

装配中为了使用方便, 还常将钢丝绳制成各种形式的吊索。常用的几种吊索如图 5-31 所示。

2. 吊链

吊链是用普通碳素结构钢焊制而成的一种吊具, 在不适于使用钢丝绳的工作条件下代替钢丝绳吊索。根据结构不同, 吊链可分为万能吊链、单钩吊链和双钩吊链等几种。吊链的特点是自重大、挠性好, 多用于起吊坯料或高温的重物。使用吊链时, 应定期检查链环的磨损程度。常用的吊链形式如图 5-32 所示。

3. 专用吊具

(1) 横吊梁 横吊梁是一种用型钢制成的横梁, 其下方附有吊挂重物的钢制弯钩, 用于吊运各种型钢, 可以避免或减少因吊运引起的变形。

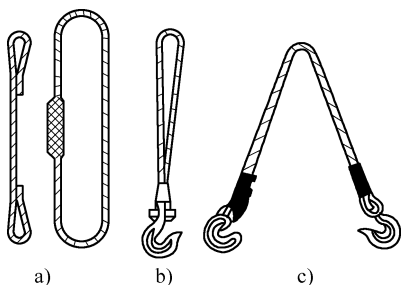


图 5-31 常用吊索

a) 万能吊索 b) 单钩吊索 c) 双钩吊索

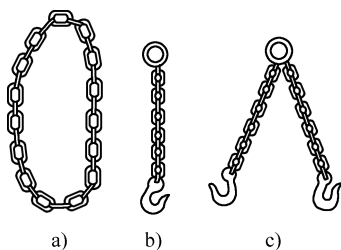


图 5-32 常用的吊链

a) 万能吊链 b) 单钩吊链 c) 双钩吊链

(2) 偏心式吊具 偏心式吊具有几种不同的结构,如图 5-33a 和图 5-33b 所示,可用于吊起垂直或水平的板件。

(3) 槽钢吊具 图 5-33c 所示吊具是用来吊起单根的槽钢。吊具上的缺口挂住槽钢的翼板,可回转的安全挡铁挡住槽钢,使它不会从缺口里滑出。

(4) 厚板吊具 图 5-33d 所示为厚板吊具的结构。先将槽形板定位焊在钢板上,吊环的一端钩住槽形板,钢丝绳穿入吊环另一端,拧紧压紧螺杆即可将钢板吊起。因为压紧螺杆能承受一部分质量,可减轻槽形板受力,当吊具受到一些冲击时也能安全工作。

(5) 工字钢吊具 工字钢的吊具有多种形式,图 5-33e 所示为杠杆吊具。将吊具钩住工字钢翼板的下端,起吊杠杆受力旋转时,其弯部的两点处与工字钢接触,使其顶牢在吊具上被吊起。

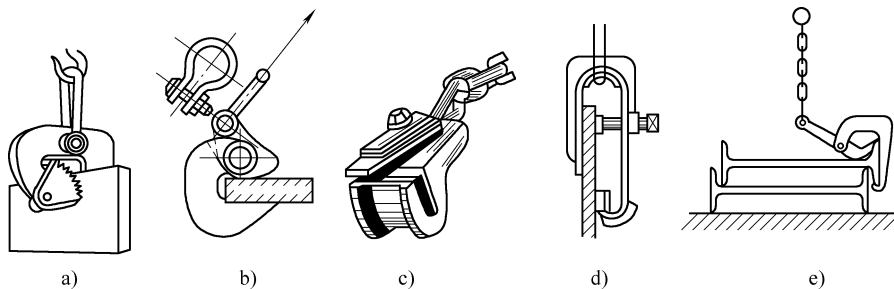


图 5-33 型钢吊具

4. 手拉葫芦

手拉葫芦是一种以焊接索链为挠性零件的手动起重机具,如图 5-34 所示。其特点为自重轻、体积小,便于携带和使用方便。在施工场所没有起重机械时,常用手拉葫芦起吊构件。



5. 千斤顶

千斤顶是一种起升高度不大、起重量却很大的起重机具,广泛地用于金属结构装配中作顶、压工具。千斤顶按其结构和工作原理不同,可分为齿条式、螺旋式、液压式等多种结构形式,图 5-35 所示为液压式千斤顶。

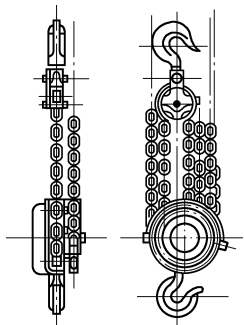


图 5-34 手拉葫芦

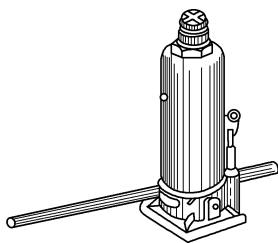


图 5-35 液压式千斤顶

装配中选择千斤顶,要注意其起升高度、起升质量、工作性能等特点(如能否全位置使用),并与装配要求相适应,尤其要注意不能超载使用。千斤顶使用时,应与重物作用面垂直,不能歪斜,以免滑脱;在松软的地面使用时,应在千斤顶下面垫好垫木,以免受力后下陷或歪斜倾倒。为防止意外,当顶起重物时,重物下面也要随时塞入临时支撑物(木墩或小块钢板)。

三、装配胎具

1. 装配胎架

若工件结构不适于以装配平台作支承(如船舶、飞机和各种容器等)时,就需制造装配胎架来支承工件,进行装配。装配胎架按其功能分为通用胎架和专用胎架。图 5-36a 所示为装配圆筒形工件的通用胎架,由两根辊筒平行地装在固定支架上构成,辊筒间保持一定距离。在装配不同直径的圆筒形工件时,均可用它来对工件进行支承定位。图 5-36b 所示为装配油罐罐顶的专用胎架。模板构成胎架支承工作面,通过放样得出实际形状,然后加工而成。这样的专用胎架,只适用于一种形状、尺寸的工件装配使用。较为复杂的结构(如船舶分段),其装配胎架结构也较复杂,胎架的制作往往要消耗较多的工时和材料。

由于计算机应用在金属结构制造中不断深入,目前已出现通用式活络支柱式胎架,可以根据数学放样提供的数据,调节支柱的高度。纵横排列的大量支柱,可形成平面或任何形状的曲面,作结构装配的支承面。

装配胎架应符合下列要求:

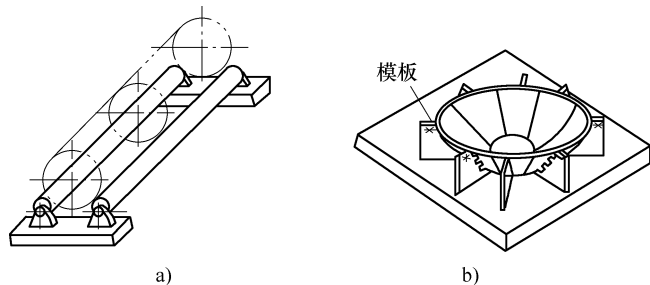


图 5-36 装配胎架

- 1) 胎架工作面的形状, 应与工件被支承部位的形状相适应。
- 2) 胎架结构应便于在装配时对工件实施定位、夹紧等操作。
- 3) 胎架上应画出中心线、位置线、水平线和检验线等, 以便于装配时对工件进行校正和检验。
- 4) 胎架必须安置在坚固的基础之上, 并具有足够的强度和刚度, 以避免在装配过程中基础下沉或胎架变形。

2. 装配胎型

在金属结构装配中, 当一种工件数量较多, 内部结构又不很复杂时, 可将工件装配所用的各定位元件、夹具和装配胎架, 三者组合为一个整体, 构成装配胎型。

利用装配胎型进行装配, 可以显著地提高装配工作效率, 保证装配质量, 减轻劳动强度, 同时也易于实现装配工作的机械化和自动化。

越野车门柱踏脚结构由踏脚、前侧门柱、中间门柱和后侧门柱组成, 如图 5-37 所示。其装配胎型由定位挡铁、肘式螺旋压紧器和平板胎架构成, 如图 5-37b 所示。首先装配踏脚, 将踏脚置于架上, 用挡铁和螺旋压紧器定位并固定, 然后装配三个门柱, 各门柱均用挡铁定位, 分别用肘式螺旋压紧器压紧, 再

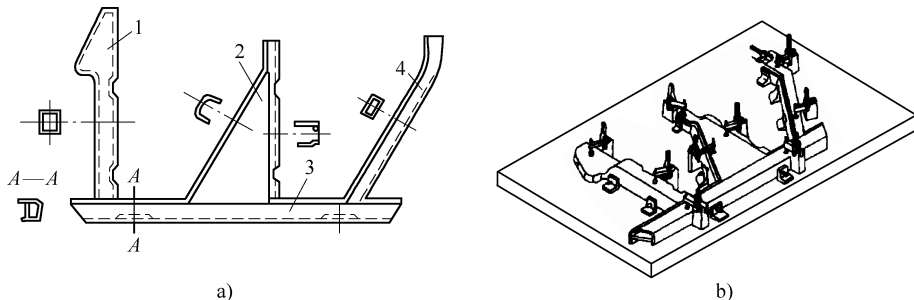


图 5-37 越野车门柱踏脚的装配

1—前侧门柱 2—中间门柱 3—踏脚 4—后侧门柱



将门柱踏脚结合处用定位焊固定。

当工件装配要求不高,各零件定位又较容易时,可以采用无夹具的装配胎型进行装配。例如,图 5-38 所示为床头架的装配,其装配胎型上没有装配夹具,装配时用定位挡铁确定各管件的位置,挡铁同时起夹紧作用,并依靠各零件自重,使其与胎型平面贴紧。

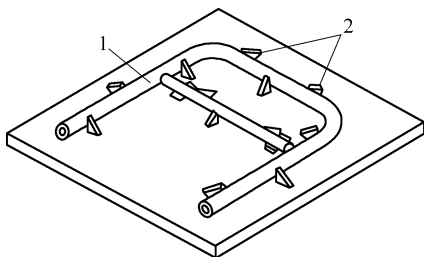


图 5-38 床头架的装配
1—床头架 2—挡铁

第三节 装配技能训练实例

• 训练1 工形梁的装配

如图 5-39 所示工形梁装配工件图

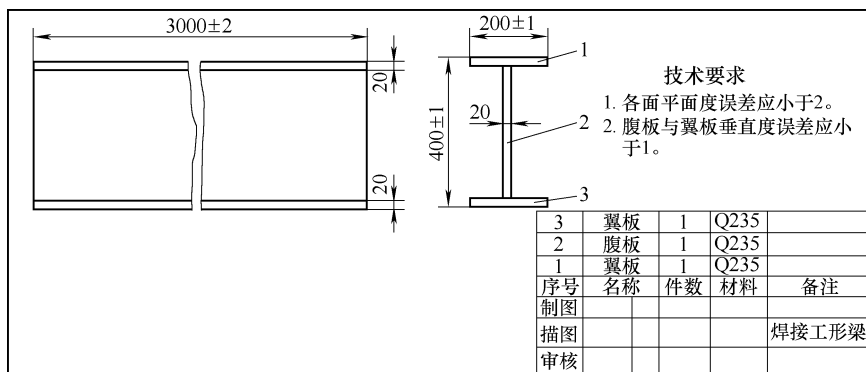


图 5-39 工形梁装配工件图

1. 操作前准备

- (1) 工具 划针、划规、钢直尺、钢卷尺、粉线、挡铁、吊具等。
- (2) 备料 Q235A 钢板, $\delta = 20\text{mm}$ 。
- (3) 设备 剪床、焊机等。

2. 操作要求

- 1) 识读工件图样,进行简单的工艺分析。
- 2) 绘制各零件真实形状和尺寸号料样板。



3) 装配工形梁。

4) 操作时间为 120min。

3. 操作工艺

1) 准备工作:

① 识读工件图样, 进行工艺分析。本工件为较大的板架结构, 每道焊缝都很长, 极易产生焊接变形, 装配中应特别注意防止变形问题。

② 因工件数量少, 不宜采用专用胎型装配, 而应采用挡铁定位装配法。工件装配焊接时, 须用刚性固定法来防止产生过大的焊接变形 (见图 5-40)。

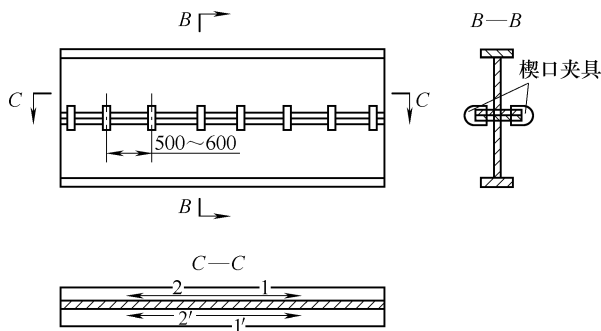
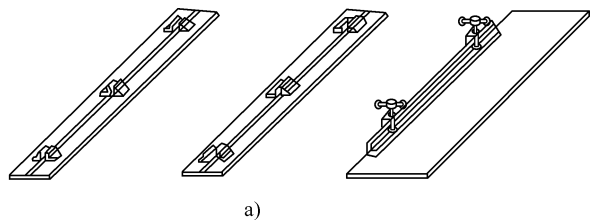


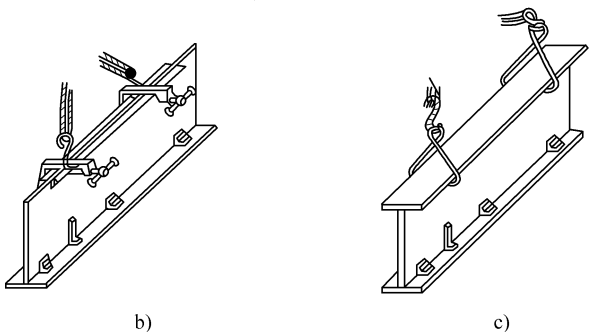
图 5-40 刚性夹紧防止工形梁的变形

此外, 零件间接触面长, 也是工形梁的结构特点。零件接触面质量的好坏, 对工形梁的装配质量有较大影响。为保证装配质量, 在装配前, 应严格检查工形梁腹板的边缘质量, 并对不合格处进行修整。

2) 将翼板 (两块) 分别放在平台上, 画出腹板的位置线, 并沿位置线临时焊上挡铁 (见图 5-41a)。



3) 当腹板装好专门吊具, 吊放到翼板的指定位置后, 用直角尺检查腹板与翼板间的垂直度 (见图 5-41b), 并经过矫正, 再定位焊固定, 组成 T 形梁。



4) 拆去腹板上部吊具, 并将已装成 T 形梁的工件翻

图 5-41 工形梁装配过程



身,与另一翼板装配成工形梁(见图 5-41c)。同样,要矫正好腹板与翼板的垂直度才能定位焊固定,完成工形梁的装配。

5) 质量检验:按图样要求对装配的工形梁进行全面检验。

6) 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。

7) 注意事项:

① 吊装零件时,吊具一定要装牢固,以保证装配工作安全进行。

② 零件吊装就位后,应使吊钩钢丝绳处于铅垂位置,以免因钢丝绳和吊钩的摆动而影响装配定位。

• 训练 2 两圆筒正交组合件的装配

如图 5-42 所示两圆筒正交组合件装配工件图。

1. 操作前准备

(1) 工具 划针、划规、钢直尺、粉线等。

(2) 备料 油毛毡、Q235A 钢板, $\delta = 10\text{mm}$

(3) 设备 放样台、气割设备、剪床、三辊等。

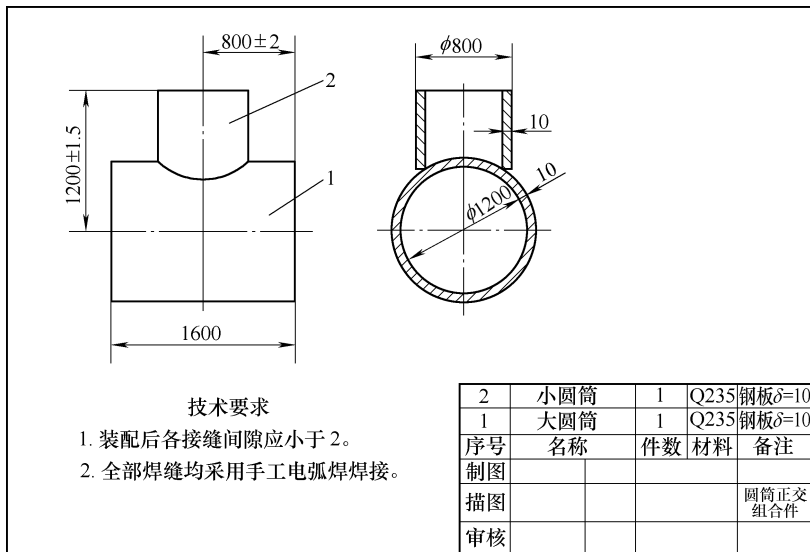


图 5-42 两圆筒正交组合件装配工件图

2. 操作要求

1) 识读工件图样,进行简单的工艺分析。

2) 绘制各零件真实形状和尺寸号料样板。

3) 装配圆筒正交组合件。



4) 操作时间为 360min。

3. 操作工艺

(1) 准备工作 识读工件图样进行工艺分析。本工件为两圆筒正交, 属容器结构, 装配工艺较复杂。因工件为单件加工, 故选择自由装配。装配中应重点保证大圆筒端面与小圆筒轴线间的距离, 以及两圆筒间的垂直度。准备装配夹具、工具等 (见图 5-43)。

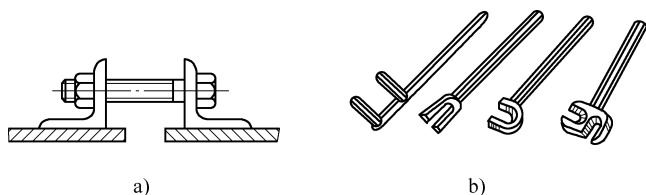


图 5-43 装配夹具
a) 螺旋夹具 b) 杠杆夹具

(2) 圆筒纵缝的对接 滚制成的圆筒常会存在板边搭头、间隙过大、两板边高低不平缺陷 (见图 5-44)。圆筒纵缝对接时, 应分别采取措施加以解决。

1) 放开板边搭头。先以卡形样板测量圆筒各处曲率, 找出曲率大于样板曲率处, 用大锤击打其外壁, 使圆筒曲率变小, 直至与样板曲率相符。当圆筒各处曲率均达到标准时, 板边搭头则自然放开。

2) 消除间隙在筒体纵缝两边对应处, 分别焊上钻有通孔的角钢, 穿入螺栓, 拧上螺母 (见图 5-45)。逐渐旋紧螺母, 即可将两板间隙缩小, 直至达到要求。



图 5-44 滚制圆筒常见的缺陷

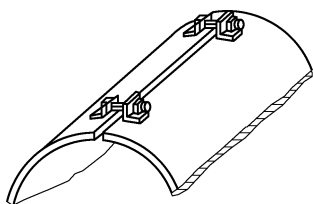


图 5-45 消除接缝间隙

3) 调平两板边高度将杠杆夹具插在圆筒端部板缝处, 压动杠杆 (见图 5-46), 便可调平圆筒纵缝两板边的高度。

经上述装夹调整, 确认圆筒缝对接处已平顺接合, 便可施行定位焊。两圆筒纵缝对接后, 均应进行质量检验和矫正。

(3) 两圆筒组合装配



1) 将大圆筒卧置于装配平台上, 并选一规格合适的槽钢作为支撑, 使大圆筒保持稳定 (见图 5-47)。然后, 在圆筒外壁上划出装配定位线。

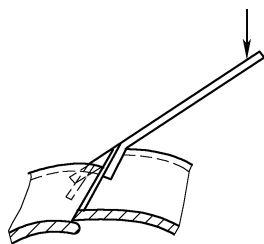


图 5-46 调平两板边高度

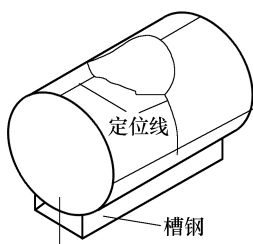


图 5-47 大圆筒的支撑形式

2) 在小圆筒表面划出装配定位线 (见图 5-48)。

3) 将小圆筒放在大圆筒上, 并按定位线找正位置。用两圆筒表面的定位线, 矫正小圆筒轴线距大圆筒端面的尺寸 (属间接测量); 小圆筒端面至大圆筒轴线的尺寸, 可通过测量大圆筒上端定位线上定位点至小圆筒端面的尺寸来矫正 (亦属间接测量); 两圆筒间的垂直度, 则可用直角尺直接测量矫正 (见图 5-49)。

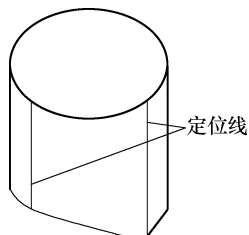


图 5-48 在小圆筒上划出定位线

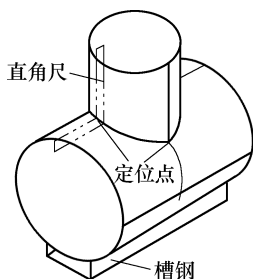


图 5-49 两圆筒组合装配

4) 两圆筒之间的相对位置、尺寸矫正好后, 便可施行定位焊。这时, 应使焊接点对称分布, 以免因焊接变形而影响工件准确定位。

(4) 装配质量检验

1) 检查工件的位置、尺寸精度是否符合图样要求。

2) 检查各接缝间隙是否符合要求。

(5) 清理检查文件 加工完毕检查工号等填写是否标准, 清理场地后交件。

(6) 注意事项

1) 大圆筒卧置时, 应观察其圆度是否发生变化, 若圆筒因自重而发生变形, 则应在圆筒内加临时支撑防止变形, 以免影响装配精度。



2) 两圆筒组合装配中,若局部接缝间隙大,不可强行装夹来缩小间隙,以免引起筒体变形或产生很大的装配应力。

复习思考题

一、选择题

- 一般情况下钣金工装配的测量基准使用 ()。
A. 装配基准 B. 定位基准 C. 放样基准 D. 展开基准
- 线性尺寸是指零件上被测的点、线、() 与测量基准间的直线距离。
A. 曲面 B. 平面 C. 几何面 D. 面
- 冷作钣金工装配中应用最广泛的是 ()。
A. 测量基准 B. 样板检查 C. 线性尺寸测量 D. 直尺测量
- 平行度、倾斜度、垂直度、() 的测量等都属于形状与位置的测量。
A. 弧度、水平度 B. 同轴度、角度 C. 椭圆度、水平度 D. 弧度、角度
- 确定零件在 () 或相互位置叫定位。
A. 平面的位置 B. 立面的位置 C. 弧柱面的位置 D. 空间的位置
- 零件的定位一般有挡铁、定位销、样板、() 等。
A. 计算定位 B. 划线定位 C. 尺寸定位 D. 胎具定位
- 已知屋架中心高度 5m, 另一端高度 3.8m, 整个跨度 24m, 坡度为 ()。
A. 1:10 B. 1:20 C. 1:30 D. 1:40
- () 是钢屋架的挠度比例。
A. 1/500 B. 1/600 C. 1/700 D. 1/800
- 钢屋架挠度值 = () = f/c 。
A. 挠度/跨度 B. 跨度/挠度 C. 高度/挠度 D. 高度/跨度
- 挠度弧的画法有二种, 分别是 ()。
A. 作图法和展开法 B. 等分法和计算法
C. 垂线法和等分法 D. 垂线法和作图法
- () 为钢屋架装配的预焊接收缩量。
A. 千分之一 B. 千分之二 C. 万分之一 D. 万分之二
- 冷作钣金产品一般体积较大 () 较差, 易变形。
A. 韧性 B. 刚度 C. 弹性 D. 缩性
- 零件上被测的 () 与测量基准间的直线距离称为线性尺寸。
A. 立面 B. 点、线、面 C. 平面 D. 曲面
- 确定零件在 () 的位置或相互位置叫定位。
A. 空间 B. 圆弧面 C. 平面 D. 立面
- 零件的定位一般有挡铁、定位销、样板、() 等。
A. 计算定位 B. 划线定位 C. 尺寸定位 D. 胎具定位



16. 冷作钣金产品的零件精度低、互换性差,所以装配时多数需()。
- A. 修整或选配 B. 测量或选配 C. 选配或调整 D. 调整或修整
17. () 是冷作钣金工装配中应用最广泛的。
- A. 线性尺寸测量 B. 样板检查 C. 钢卷尺测量 D. 测量基准
18. 已知屋架中心高度 4m, 整个跨度 24m, 另一端高度 3.3m, 坡度为()。
- A. 1:12 B. 1:10 C. 1:8 D. 1:6
19. 已知屋架中心高度 3.8m, 另一端高度 2.6m, 整个跨度 24m, 坡度为()。
- A. 1:20 B. 1:15 C. 1:5 D. 1:10
20. 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
21. 螺旋夹具是依靠() 起夹紧作用的。
- A. 螺纹 B. 螺旋面 C. 螺距 D. 螺杆
22. 多股钢丝绳() 较好。
- A. 弹性 B. 挠曲性 C. 刚度 D. 弯曲性
23. 筒体、() 等是储气罐的基本组成部分。
- A. 封头和法兰 B. 支脚和配管 C. 法兰和管接头 D. 支脚和封头

二、判断题

1. () 冷作钣金工装配中应用最广泛的是线性尺寸测量。
2. () 零件的定位包括挡铁定位、定位销定位、尺寸定位、样板定位。
3. () 已知屋架中心高度 5m, 整个跨度 24m, 另一端高度 3.3m, 坡度为 1:8。
4. () 钢屋架的挠度比例为 1/600。
5. () 钢屋架装配的预焊接收缩量为万分之一。
6. () 储气罐是由筒体、封头和支脚等构成的。
7. () 形状与位置的测量包括平行度、倾斜度、垂直度、椭圆度、角度的测量等。
8. () 钢屋架起拱的高度 = 跨度 × 挠度比值。
9. () 挠度弧的画法有垂线法和等分法两种。
10. () 一般情况下多以划线基准作为测量基准的是钣金工装配。
11. () 梁和桁架预装配时的设计要求起拱公差为 $\pm 1/2000$ 。
12. () 手工夹具的形式很多,可分为杠杆夹具、螺旋夹具。

第六章

矫正



学习目标

1. 能利用机械设备矫正钢材的变形。
2. 矫正桁架、箱体、容器类和常压容器等结构件变形的的方法。

第一节 材料矫正

一、板材的机械矫正设备的工作原理与操作方法

采用机械矫正法矫正板材的变形一般在多辊矫平机上进行，但有时也可利用液压机或其他设备进行矫正。

1. 多辊矫平机矫正

矫平机的工作部分由上下两列轴辊组成，如图 6-1 所示，通常有 5 ~ 11 个工作轴辊。下列为主动辊，通过轴承和机体连接，由电动机带动旋转，但位置不能调节。上列为从动辊，可通过手动螺杆或电动升降装置作垂直调节，来改变上下辊列间的距离，以适应不同厚度钢板的矫正。工作时钢板随着轴辊的转动而啮入，在上下轴辊间方向相反力的作用下，钢板产生小曲率半径的交变弯曲。当应力超过材料的屈服点时产生塑性变形，使板材内原长度不相等的纤维，在反复拉伸与压缩中趋于一致，从而达到矫正的目的。

根据轴辊的排列形式和调节轴位置的不同，常用的矫平机有以下两种：

(1) 辊列平行矫平机 当上下辊列的间隙略小于被矫正钢板的厚度时，钢板通过后便产生反复弯曲。上列两端的两个轴辊为导向辊，不起弯曲作用，只是引导钢板进入矫正辊中，或把钢板导出矫正辊，如图 6-1a 所示。由于导向辊受

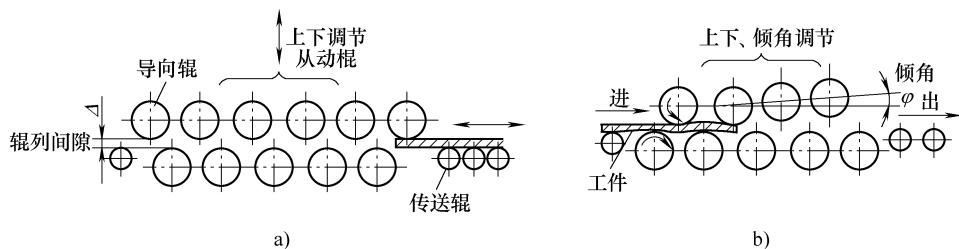


图 6-1 多辊矫平机

a) 上下辊列平行矫平机 b) 上辊列倾斜矫平机

力不大,故直径较小。导向辊可单独上下调节,导向辊的高低位置应能保证钢板的最最后弯曲得以调平。有些导向辊还做成能单独驱动的形式。通常钢板在矫平机上要反复来回滚动多次,才能获得较高的矫正质量。

(2) 上辊列倾斜矫平机 上下两辊列的轴心线形成很小的夹角 φ ,上辊除能做升降调节外,还可借助转角机构改变倾角,使上下辊列的间隙向出口端逐渐增大,如图 6-1b 所示。当钢板在辊列间通过时,弯曲曲率逐渐减小,到最后一个轴辊前,钢板的变形已接近于弹性弯曲,因此不必装置可单独调节的导向辊。矫正时,头几对轴辊进行的是钢板的基本弯曲,继续进入时其余各对轴辊对钢板产生拉力。这附加的拉力能有效地提高钢板的矫正效果。此类矫平机多用于薄钢板的矫正。

一般来说,钢板越厚,矫正越容易。薄板容易变形,矫正起来比较困难。厚度在 3mm 以上的钢板,通常在五辊或七辊矫平机上矫平;厚度在 3mm 以下的薄板,必须在九辊、十一辊或更多辊矫平机上矫平。

凹凸变形严重的钢板,可以根据其变形情况,选择大小和厚度合适的低碳钢板条(厚度为 0.5~1.0mm),垫在需加大拉伸的部位,以提高矫平效果。

钢板零件由于剪切时挤压或气割边缘时局部受热而产生变形,需进行二次矫正。这时,只要把零件放在被用作垫板的平整厚钢板上,通过多辊矫平机,然后将零件翻转 180°再通过轴辊碾压一次即可矫平。此时上下辊的间隙应等于垫板同零件厚度之和。

2. 液压机矫正

在缺少专用钢板矫平机时,厚板的弯曲变形也可以在液压机上进行矫正。矫正时,应使钢板的凸起面向上,并用两条相同厚度的扁钢在凹面两侧支承工件。工件在外力作用下发生塑性变形,达到矫正的目的,如图 6-2 所示。施加外力时,钢板应超过平直状态(略呈反向变形),使外力去除后钢板回弹而矫平。当工件受力点下面空间间隙较大时,应放置垫铁,其厚度应略小于两侧垫板的厚度。若钢板的变形比较复杂时,应先矫正扭曲变形,后矫正弯曲变形,这时要适



当改变垫铁和施加压力的位置，直至矫平为止。

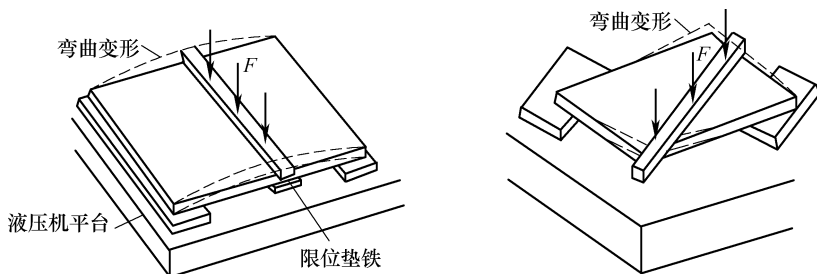


图 6-2 在液压机上矫正厚板

3. 碾压滚轮矫正

在实际生产中，有时会遇到薄板拼接的工作。由于薄板的刚度较差，易失稳，因此薄板拼接后容易产生波浪变形。对于薄板的波浪变形可用专门的碾压滚轮矫正，如图 6-3 所示。由于这种变形是由焊缝的纵向收缩引起的，用滚轮施加一定的压力在焊缝上来回反复的碾压，可以使焊缝及其附近的金属延展伸长，从而消除拼接薄板的波浪变形。

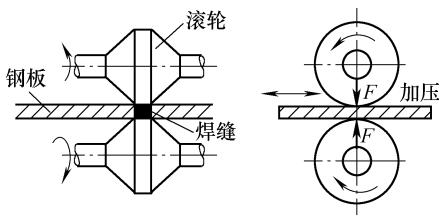


图 6-3 滚碾法矫正拼接板变形

二、型钢和焊接梁的机械设备矫正的工作原理与操作方法

1. 多辊型钢矫正机矫正

多辊型钢矫正机可矫正角钢、槽钢、扁钢和方钢等各种型钢。上辊列可上下调节，辊轮可以调换，以适应矫正不同断面形状的型钢。其原理和多辊钢板矫平机相同，依靠型钢通过上下两列辊轮时的交变反复弯曲使变形得到矫正，如图 6-4 所示。

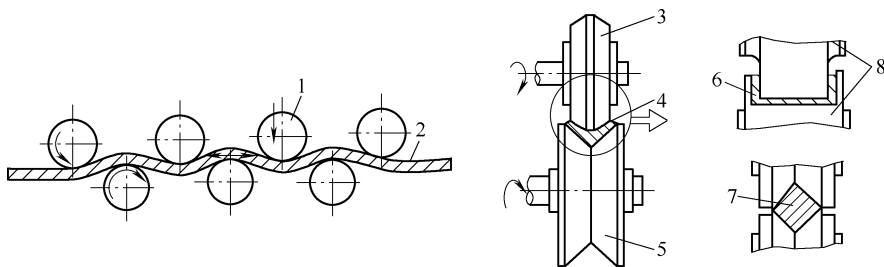


图 6-4 多辊型钢矫正机

1、3、5、8—辊轮 2—型钢 4—角钢 6—槽钢 7—方钢



2. 型钢撑直机矫正

型钢撑直机是采用反向弯曲的方法,矫正型钢和各种焊接梁的弯曲变形。撑直机运动件成水平布置,有单头和双头两种。双头矫直机两面对称,可两面同时工作,工作效率高。撑直机的工作部分如图 6-5 所示,型钢置于支撑和推撑之间,并可沿长度方向移动,支撑的间距可由操纵手轮调节,以适应型钢不同情况的弯形。当推撑由电动机驱动做水平往复运动时,便周期性地对被矫正的型钢施加推力,使其产生反向弯曲而达到矫正的目的。推撑的初始位置可以调节,以控制变形量。撑直机工作台面设有滚柱用以支撑型钢,并减小型钢来回移动时的摩擦力。型钢撑直机也可用于型钢的弯形加工,故为弯形、矫正两用机床。

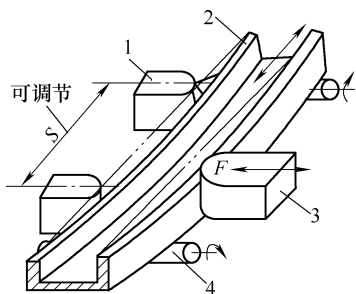


图 6-5 撑直机工作部分
1—支撑 2—工件 3—推撑 4—滚柱

3. 液压机矫正

在没有型钢矫正专用设备的条件下,也可在普通液压机(油压机、水压机等)上矫正型钢和焊接梁的弯曲和扭曲变形。操作时,根据工件尺寸和变形应考虑:工件放置的位置、垫板的厚度和垫起的部位。合理的操作可以提高矫正的质量和速度,如图 6-6 所示。

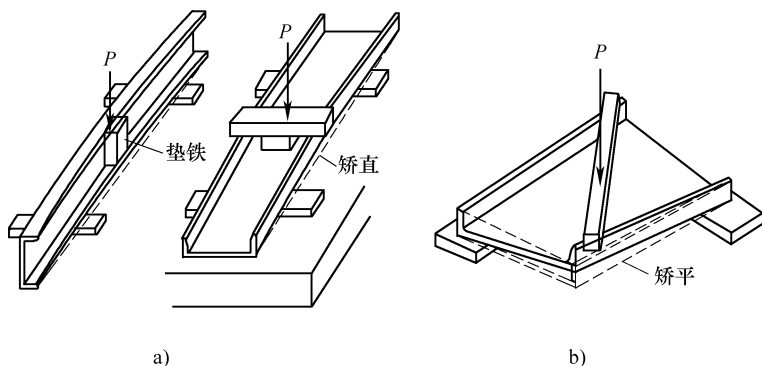


图 6-6 液压机上矫正型钢
a) 矫正弯曲 b) 矫正扭曲

三、钢材预处理流水线

目前,许多工厂已经将钢板矫正、表面清除和防护作业合并在一起,组成了钢材预处理流水线。它包括钢板的吊运、矫正、表面除锈清理、喷涂防护底漆和烘干等工艺过程,如图 6-7 所示。



钢板由传送辊道呈平置状态被送入多辊矫平机矫平,再进入预热室使钢板温度达到 $40 \sim 60^{\circ}\text{C}$,以利于除去钢板表面的水分、油污,并使氧化皮和锈斑疏松。然后进入抛丸室,由卧式抛丸机对钢板进行双面抛丸除锈,再由辊道送入喷漆室。通常用高压无气喷涂机双面喷涂防护底漆,随后进入烘干室烘干。处理完毕的钢板最后由辊道直接送到下道工序,进行号料、切割等作业。采用钢材预处理流水线,不仅可以大幅度提高生产率,降低成本,而且能够保证钢板的矫正、防锈和涂漆的质量。

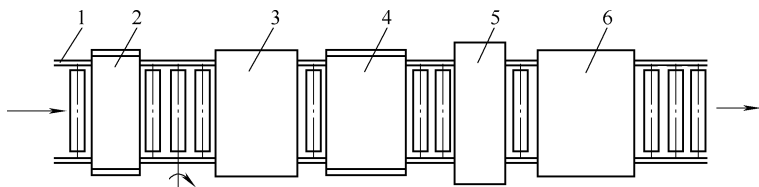


图 6-7 钢材预处理流水线示意图

1—传送辊道 2—钢板矫平机 3—预热装置 4—抛丸除锈机 5—喷漆装置 6—烘干装置

第二节 构件矫正

一、对接板料的变形及矫正

薄板对接后,焊缝处常出现纵向波浪变形和角变形。这时应先沿焊缝方向在其两侧用线状加热矫正其纵向波浪变形,然后再垂直于焊缝方向的焊缝两侧用短线状加热矫正其角变形,如图 6-8 所示。

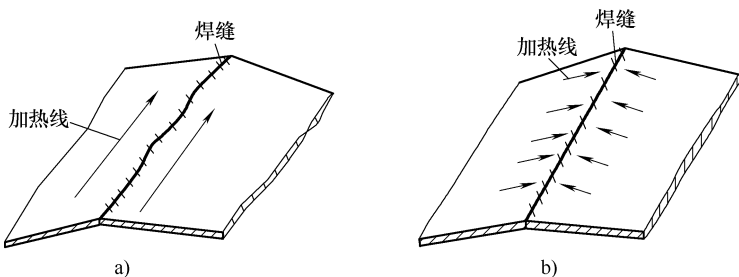


图 6-8 对接薄板的矫正

a) 纵向波浪变形的矫正 b) 角变形的矫正

厚板较为常见的变形是弯曲变形。矫正时,将其凸起面向上置于平台上,在最高处进行线状加热,并控制加热深度约为板厚的 $1/3$ 。其目的是通过钢板厚度方向不均匀收缩产生的角变形来抵消弯曲变形,若弯曲变形消失,则钢板恢复平直。



二、型材和焊接梁变形的矫正

1. 型材和焊接梁较为常见的变形

型材和焊接梁较为常见的变形是弯曲变形,但有时也有扭曲变形,焊接梁还有翼板的角变形。T形梁在腹板平面内不同方向的弯曲,采取在腹板上用三角形加热或在翼板上条形加热予以矫正。翼板平面内的弯曲(旁弯)则在翼板凸出一侧用三角形加热矫正。加热区的大小和间隔视弯曲挠度 f 的大小而定,如图6-9所示。翼板若有角变形,应在翼板上沿焊缝背面做线状加热。变形较小时取单线,变形较大时取双线。

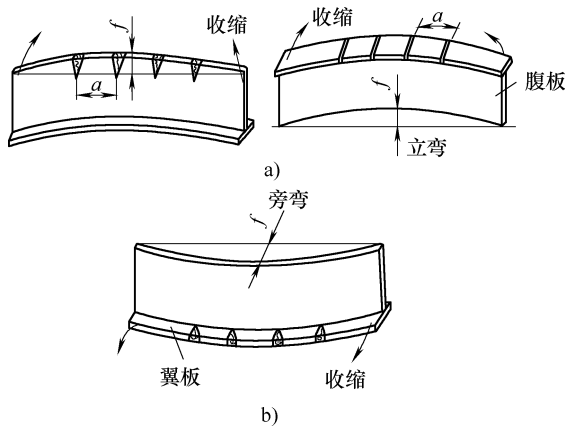


图 6-9 型材、焊接梁的矫正图
a) 腹板平面内弯曲 b) 翼板平面内弯曲

2. 直径较大的圆管和轴类零件的弯曲变形

直径较大的圆管和轴类零件的弯曲变形可在其凸出一侧用点状加热矫正,如图6-10所示。

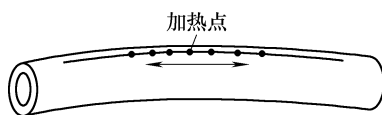


图 6-10 圆管和轴类的矫正

三、板架变形的矫正

由板材和型材组成的大型板架结构,在装配焊接后易产生各种不同形式的变形。

由板材和型材组成的角接焊缝所引起的角变形,一般只需在焊缝背面进行线状加热即可矫正。当板材较厚或变形比较严重时,在加热同时,可借助机具顶压以附加外力。当型材之间的板格中产生凹凸波浪变形时,先在角焊缝背面进行线状加热,在板的凸凹交界拐点处用长线状、短线状或十字交叉加热矫正。若此时变形仍未完全消除,再在凸起的中部进行加热。板架变形矫正如图6-11所示,图中数字表示加热的顺序。

当相邻板格有连续的波浪变形时,可以间隔跳幅矫正。这时,中间板格的变形受两侧的影响,可以减少矫正工作量。

复杂板架结构变形的矫正难度较大,需要具有丰富的实践经验和熟练的技

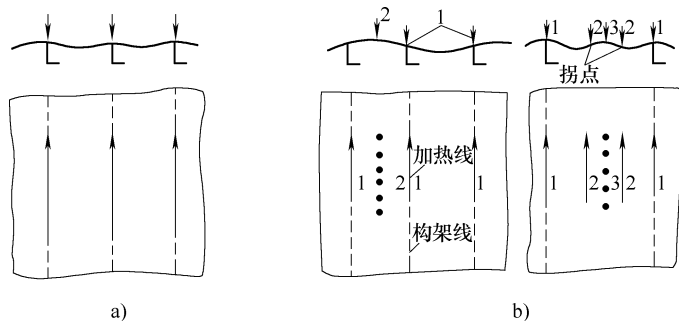


图 6-11 板架变形的矫正
a) 单纯角变形 b) 凹凸波浪变形

术。一般应先矫正构架的变形，后矫正钢板的变形。当强弱构架相邻时，要先矫正强构架，后矫正弱构架。若构架相对都比较弱时，板和构架的矫正可以交叉进行。当板厚不同时，应先矫正厚板，后矫正薄板。在矫正某一部分变形时，要同时考虑到对相邻部分和结构整体的影响，并注意下道工序的装配要求。

四、箱体自由边缘的矫正

箱体的自由边缘和板上各孔口的周边，容易产生严重的波浪形褶折。这时，应先矫正孔口四周的构架，然后用三角形加热法，沿板架或开孔边缘矫正波浪变形，如图 6-12 所示。

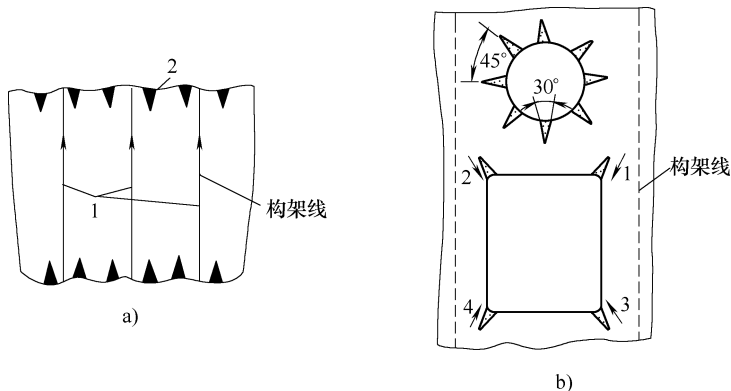


图 6-12 自由边缘的矫正
a) 板架自由边缘矫正 b) 孔口周边矫正

五、大型结构的矫正

大型金属结构（如船体的分段、装配台）焊接后往往产生如图 6-13 中虚线



所示总体翘曲变形,且分段宽度也发生变化。这时可将分段搁置在墩木上(墩木位置靠近分段两边,使中间悬空),在分段中部压以重物,然后在图中所示位置用线状加热。在分段自重和重物作用下产生的附加弯曲,可大大提高火焰矫正的效果。

当分段有相反的翘曲变形时,则将其翻转 180° ,倒置在墩木上进行矫正。

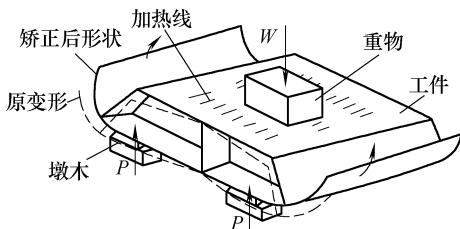


图 6-13 大型结构火焰矫正

复习思考题

一、选择题

- 在实际操作中,构件的()决定了焊接变形的大小。
A. 厚度 B. 材料 C. 强度 D. 刚度
- 钢材产生变形的原因是受()等因素的影响。
A. 加热和内力 B. 吊装和运输 C. 运输和内力 D. 外力和加热
- 钢板扁钢每米长度变形的允许偏差为 $\delta < 14\text{mm}$ 、() mm。
A. $f \leq 0.5$ B. $f \leq 1$ C. $f \leq 1.5$ D. $f \leq 2$
- 角钢两翼变形的允许偏差为 $\Delta \leq ()$, b 为角钢翼角。
A. $\frac{2b}{100}$ B. $\frac{2b}{1000}$ C. $\frac{b}{1000}$ D. $\frac{b}{100}$
- 矫正薄钢板中间凸起的变形时,沿凸起四周向外锤击展伸,锤击密度为()。
A. 由里向外 B. 由上而下
C. 中间疏、外部密 D. 中间密、外部疏
- 为消除型钢矫正的回弹现象,在矫正时应()。
A. 适当过量 B. 弯曲过量 C. 加压矫正 D. 加热矫正
- 矫正槽钢的两翼局部凸起变形时,用大锤衬于变形()并锤击凸起处。
A. 位置 B. 边缘 C. 中间 D. 四周
- 矫正的原理是钢材通过()使各部分纤维长度趋于一致的过程。
A. 加热或压力 B. 内力或拉力 C. 拉力或压力 D. 加热或外力
- 矫正薄钢板中间凸起的变形时,沿凸起四周向外锤击展伸,锤击密度为()。
A. 中间密、外部疏 B. 由外向里
C. 由下而上 D. 中间疏、外部密
- 上下列辊平行的矫正机,上下两排轴是()分布的。
A. 交错 B. 平行 C. 倾斜 D. 对称
- ()钢板矫正时常成对导向轴矫正机。



- A. 薄 B. 中薄 C. 较厚 D. 中厚
12. 钢管在矫正时, 由于受矫正机压辊作用: 一方面做 () 运动, 一方面受力弯曲, 从而获得矫正。
- A. 旋转 B. 螺旋 C. 曲面 D. 直面
13. 焊缝金属受热时各部分的 () 是产生焊接应力与变形的根本原因。
- A. 温度不均匀 B. 热胀冷缩不均匀
- C. 膨胀不均匀 D. 收缩不均匀
14. 焊缝重心到结构截面 () 的距离决定焊件变形量的大小。
- A. 一端 B. 两端 C. 重心线 D. 中心线
15. 在较薄的材料、有色金属和 () 补焊时经常采用锤击焊缝法。
- A. 铸钢 B. 铸铁 C. 型钢 D. 管材
16. 连续焊缝的横向收缩量为 () mm/条。
- A. 0.5 ~ 1.2 B. 0.3 ~ 0.5 C. 0.2 ~ 0.4 D. 0.2 ~ 0.5
17. 预变形 () 控制的正确性决定了反变形法的主要操作重点。
- A. 压力 B. 数值 C. 角度 D. 尺寸
18. 锤击焊缝法在较薄的材料、有色金属和 () 补焊时经常采用。
- A. 型材 B. 管材 C. 板材 D. 铸铁
19. $\pm$ () mm 是焊接零件组装搭接长度偏差。
- A. 7 B. 6 C. 5 D. 4
20. $\pm$ () mm 是组焊工字形截面的高度偏差。
- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
21. 组焊箱形截面的垂直度公差是 $b/200$, 且不大于 () mm。
- A. 4 B. 3 C. 2 D. 1.5
22. 线状加热的加热区域应根据工件的厚度和 () 而定。
- A. 截面形状、工件尺寸 B. 结构尺寸、工件宽度
- C. 工件形状、材料质量 D. 变形程度、工件厚度
23. 线状加热的加热宽度一般为钢材厚度的 () 倍。
- A. 1 ~ 3 B. 0.5 ~ 3 C. 1 ~ 2 D. 0.5 ~ 2
24. 线状加热的加热深度不宜超过板厚方向的 ()。
- A. $1/4 \sim 2/3$ B. $1/4 \sim 3/4$ C. $1/3 \sim 2/3$ D. $1/3 \sim 1/2$
25. 火焰加热矫正时温度范围为 () $^{\circ}\text{C}$ 。
- A. 650 ~ 850 B. 600 ~ 700 C. 600 ~ 800 D. 500 ~ 800
26. 火焰矫正加热 () 和加热点直径的大小应根据变形程度和工件厚度而定。
- A. 方向 B. 密度 C. 速度 D. 深度
27. 火焰加热矫正时, 加热点的最小直径不能小于 () mm。
- A. 15 B. 25 C. 20 D. 30
28. 火焰矫正的原理是利用了钢材 () 的特性。
- A. 热胀冷缩 B. 冷热温差 C. 收缩变形 D. 热胀变形



二、判断题

1. () 矫正薄钢板中间凸起的变形时,沿凸起四周向外锤击展伸,锤击密度为中间疏、外部密。
2. () 线状加热的区域应根据变形程度和工件的厚度而定。
3. () 钢材因外力和加热等因素的影响会产生各种变形。
4. () 角钢两翼变形的允许偏差为 $\Delta \leq \frac{b}{100}$, b 为角钢翼角。
5. () 钢板矫正原理是通过外力或加热使各部分纤维长度趋于一致的过程。
6. () 钢板扁钢每米长度变形的允许偏差为 $\delta < 14\text{mm}$ 、 $f \leq 1.5\text{mm}$ 。
7. () 用大锤衬于变形位置锤击凸处可矫正槽钢两翼局部凸起变形。
8. () 产生焊接应力与变形的根本原因是焊缝金属受热时各部分的收缩不均匀。
9. () 焊件变形量的大小决定于焊缝重心到结构截面中心线的距离。
10. () 反变形法主要取决于预变形方向的正确性。
11. () 组焊箱形截面的垂直度公差是 $b/200$, 且不大于 2mm 。
12. () 焊接件组装对口的错边公差为板厚的 $1/10$, 且不大于 3mm 。
13. () 焊接零件组装搭接长度偏差为 $\pm 6\text{mm}$ 。
14. () 火焰矫正的加热温度一般取 $600 \sim 900^\circ\text{C}$ 。
15. () 火焰矫正的原理是利用了钢材冷热温差的特点。
16. () 火焰加热矫正时,加热点的最小直径不能小于 15mm 。
17. () 火焰矫正加热速度和加热点直径的大小应根据变形程度和工件厚度而定。

第七章

连 接



学习目标

1. 能进行全位置定位焊。
2. 能铆接高强度结构。
3. 能胀接常压管件。
4. 能咬接连接双咬缝、角式复合咬缝。
5. 能螺栓连接高强度结构。

第一节 焊 接

一、电弧焊接设备的种类与使用

1. 焊机的分类

我国焊机型号按国家标准《电焊机型号编制方法》(GB/T 10249—2010) 的规定编制, 采用汉语拼音字母和阿拉伯数字表示。型号的编排序序及含义如图 7-1 所示。

例如, BX3-300 型的产品系列序号为 3, 是具有下降外特性的交流弧焊机, 额定焊接电流为 300A。ZXG-500 型为硅弧焊整流的直流焊机, 具有下降外特性, 额定焊接电流为 500A。

2. 电弧焊接设备的构造和工作原理

交流弧焊机可以说是一种特殊的降压变压器, 主要特点是在焊接回路中增加一阻抗, 阻抗上的压降随着焊接电流的增加而增加, 以此获得陡降的外特性。按获得陡降外特性的方法不同, 此类焊机又可分为串联电抗器式和增强漏磁式两大

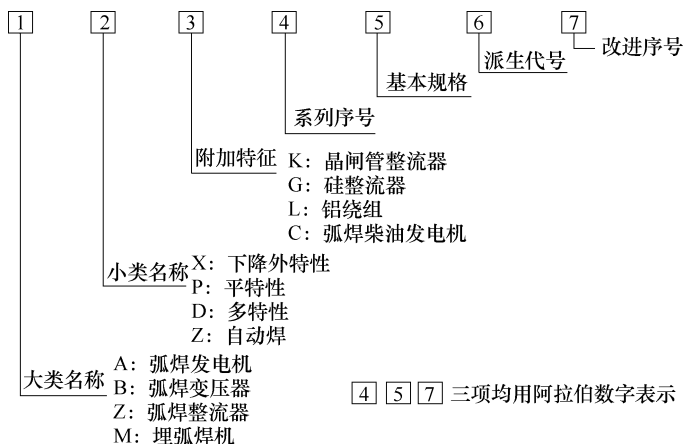


图 7-1 焊机型号的编排次序及含义

类。按结构不同,串联电抗器式又分为分体式(BN系列及BP-3×500多站式弧焊焊机)和同体式(BX2系列)两类;增强漏磁式可分为动圈式(BX3系列)、动铁心式(BX1系列)和抽头式(BX6-120型)三类。

1) BX1-330型弧焊变压器。BX1-330型弧焊变压器属于增强漏磁式类的动铁式弧焊变压器,空载电压为60~70V,工作电压为30V,电流调节范围为50~450A。图7-2所示为BX1-330型交流弧焊机的外形及结构原理图。

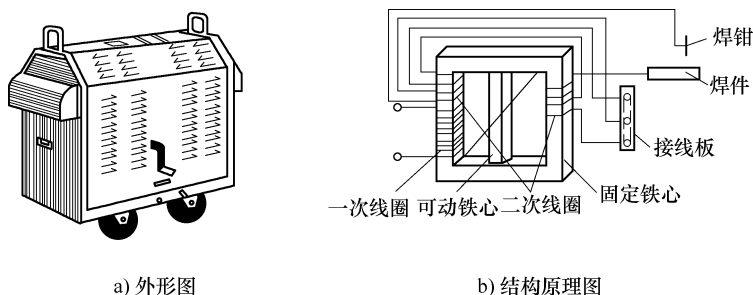


图 7-2 BX1-330 型交流弧焊机

BX1-330型交流弧焊机的主体是一台由固定铁心和活动铁心构成的单相漏磁式降压变压器,如图7-2b所示。中间为动铁心,两边为固定铁心。变压器的二次线圈分成两部分,一部分绕在一次线圈外面;另一部分兼作电抗线圈,绕在另一侧固定铁心柱上,并且可以调节线圈的圈数。弧焊机上装有接线板,可对电流进行粗调节。转动手柄可以使中间的动铁心前后移动,进行电流的细调节。

BX1-330型交流弧焊机的体积小,重量轻,成本低,振动较小。小电流焊接时也较稳定,在经常变换工作场地的情况下最为适用。



2) BX3-300 型弧焊变压器。BX3-300 型弧焊变压器属于增强漏磁式类的动圈式弧焊变压器。它没有活动铁心,磁路没有空隙,没有因铁心振动而带来的噪声和电弧不稳定等不良影响,因此电弧稳定性比动铁式好。BX3-300 型弧焊变压器的外形如图 7-3 所示。

BX3-300 型弧焊变压器有一个高而窄的口字形铁心,一次侧绕组制成匝数相等的两盘,固定在口字形铁心两芯柱的底部,如图 7-4 所示。二次绕组也制成两部分,装在两铁心柱上部可动的支架上。转动手柄通过丝杠带动,可以上下调节改变一、二次侧绕组间的距离,从而调节焊接电流的大小。一、二次侧绕组可分别接成串联(接法 I)和并联(接法 II),以得到较大的电流调节范围。

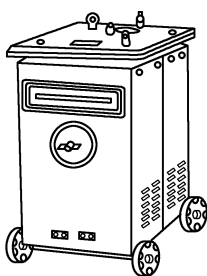


图 7-3 BX3-300 型弧焊变压器

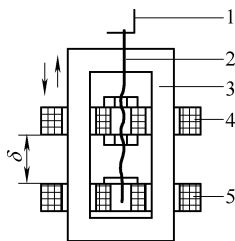


图 7-4 BX3-300 型弧焊变压器结构示意图

1—手柄 2—调节丝杠 3—铁心
4—一次侧绕组(可动) 5—二次侧绕组

电流调节动圈式弧焊变压器是通过改变一、二次侧绕组的匝数进行粗调节;改变一、二次侧绕组的距离来进行细调节。

3) 直流弧焊机。直流弧焊机是一种将交流电经过变压、整流转换成直流电的电弧焊机。直流弧焊机有硅整流弧焊机、晶闸管整流弧焊机及晶体管整流弧焊机等。随着大功率电子元件和集成电路技术的发展,具有耗材少、质量轻、节电、外特性及调节性能好的晶闸管整流弧焊机,已逐步代替了发电机式直流弧焊机和硅整流弧焊机。特别是高效、轻巧、性能好的逆变式直流弧焊机的迅速推广和使用,被誉为“明天的直流弧焊机”。

4) ZXG-300 型弧焊整流器。ZXG-300 型弧焊整流器属于硅整流焊机,它是由三相降压变压器、饱和电抗器、硅整流器组、输出电抗器、通风机组及直流控制电源等部分组成,如图 7-5 所示。

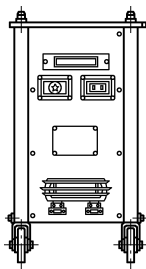


图 7-5 ZXG-300 型
弧焊整流器外形

焊接电流的调整是借助调节板上的焊接电流控制器来进行的。通过它来改变磁饱和电抗器控制绕组中的直流电



大小,使铁心中磁通发生相应的变化。如果增大直流绕组中控制电流的数值,则磁饱和和电抗器产生的电压降减小,使焊接电流增大;反之,焊接电流减小。

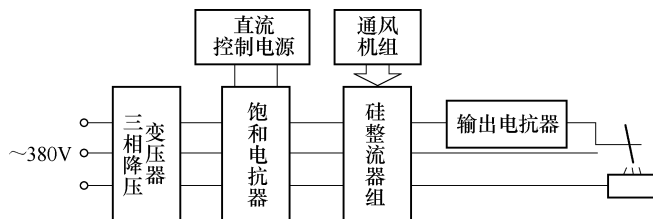


图 7-5 ZXG-300 型弧焊整流器外形及组成框图

5) ZX5-400 型晶闸管整流弧焊机。ZX5-400 型晶闸管整流弧焊机采用全集成电路控制电路,三相全桥式整流电源,外形如图 7-6 所示。

ZX5 系列晶闸管整流弧焊机由三相主变压器、晶闸管组、直流电抗器、控制电路、电源控制开关等部件组成。

6) 逆变整流弧焊电源。逆变整流弧焊电源(ZX7 系列)是一种新型节能弧焊电源。它具有效率高、体积小、电弧稳定性好、操作容易、维修方便、焊接质量高等优点,被誉为“明天的弧焊电源”。适用于需要频繁移动焊机的焊接场所。

逆变整流弧焊电源主要由三相全波整流器、逆变器、中频变压器、低压整流器、电抗器及电子控制电路等部件组成。

3. 直流焊机的使用

鉴于直流焊机是有极性的,所以在使用直流电焊机时要特别注意这个问题。由于直流电焊机产生的电弧量(温度)在两极上的分布不同,故直流焊机的极性有两种接法:

(1) 正接法 焊机输出端的正极(+)接焊件,负极(-)接焊钳,这种连接方法称为正接法。由于阳极(+)端的温度比阴极(-)端的温度高,在焊接时熔池较大,所以正接法适用于焊接高熔点、较厚的工件。

(2) 反接法 工件接负极(-),焊条接正极(+),这种连接方法称为反接法,采用反接法焊接时,工件温度低,可避免被烧穿。在焊接薄板工件、铸铁、不锈钢或用碱性焊条施焊时采用反接法。在实际操作中,大部分直流弧焊机采用反接法进行焊接工作。

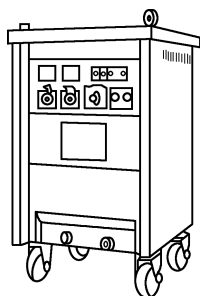


图 7-6 ZX5-400 型晶闸管整流弧焊机外形



二、焊接工具的使用

焊条电弧焊常用的工具有焊钳、焊接电缆、防护面罩、清理工具及附属设施等。

1. 焊钳

焊钳又称焊把，用于夹持焊条和传导电流，如图 7-7 所示。焊钳应满足质量轻、导电性好的要求，而且要使更换焊条方便。自制焊钳的导电部分用铜质材料，手柄用耐热的绝缘材料。

2. 焊接电缆

焊接电缆用来传导焊接电流。从焊机的两极引出的两根电缆，一根连接焊钳，另一根连接焊接平台或工件。焊接电缆一般采用导电性能好的多股纯铜软线，外表有良好的绝缘层，以避免发生短路或触电事故。电缆长度应根据使用需要来决定，一般不宜太长。在使用中应注意保护，以免被锐利的钢板边缘等割伤。

3. 面罩

面罩用于遮挡飞溅金属和电弧中的有害光线，保护焊接操作者的头部和眼睛，同时也是观察焊接过程的重要工具。常用的面罩有手握式和头戴式两种，如图 7-8 所示。

4. 清理工具

清理工具有钢丝刷和清渣锤等。钢丝刷用来刷除焊件表面的锈蚀和污物。清渣锤用来敲除焊渣和检查焊缝，锤头的两端可根据需要制成棱锥形和扁铲形，如图 7-9 所示。

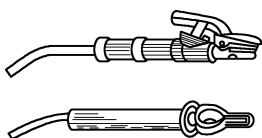


图 7-7 焊钳

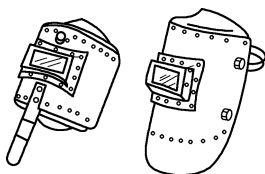


图 7-8 面罩
a) 手握式 b) 头戴式

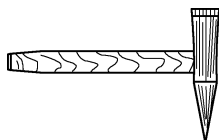


图 7-9 清渣锤

5. 附属设施

焊接附属设施主要有遮光板和焊接平台。当焊接地点在室内，并且是多台焊机同时工作时，为了避免相互干扰和弧光灼伤眼睛，可用遮光板将各焊接位置隔开。遮光板可采用 1.0 ~ 1.5mm 的薄钢板焊接在圆钢（或小角钢）弯制的框架上，如图 7-10 所示。遮光板可制成长 1400 ~ 1600mm、高 1000 ~ 1200mm，两侧面均涂以深色油漆以减少光的反射。



焊接平台是为方便焊接操作而设立的,如图 7-11 所示。可用厚钢板焊接或铸制而成。焊接平台长约 600mm,宽约 400mm,高约 250~300mm。在焊接平台任意一条腿的下端钻一个通孔,用以连接焊接电缆。焊接时,可根据焊接要求将焊件在平台上摆成各种位置。

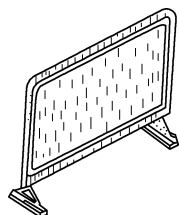


图 7-10 遮光板

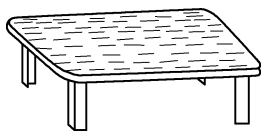


图 7-11 焊接平台

三、焊接变形及预防

1. 焊接变形的分类

在焊接过程中,由于接头的形式、钢板的厚薄、焊缝的长短、工件形状及焊缝位置等因素,会出现各种不同形式的变形。根据焊接变形对结构的影响不同,可分为局部变形和整体变形两类。

(1) 局部变形 指构件某一部分的变形,如角变形、波浪变形及局部的凹凸不平等,如图 7-12 所示。

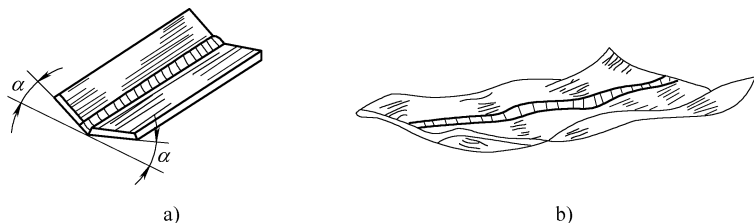


图 7-12 局部变形
a) 角变形 b) 波浪变形

(2) 整体变形 指整个结构的形状或尺寸发生变化,这种变化是由于焊缝在各个方向收缩所引起的,如收缩变形、弯曲变形和扭曲变形等,如图 7-13 所示。

2. 控制焊接变形的措施

减少和防止焊接变形,除设计人员需在焊件结构设计时加以考虑外,在装配、焊接过程中,还必须采取下列措施来控制焊接变形。

(1) 选择合理的装配和焊接顺序 装配后的焊接结构,其整体刚度远远大

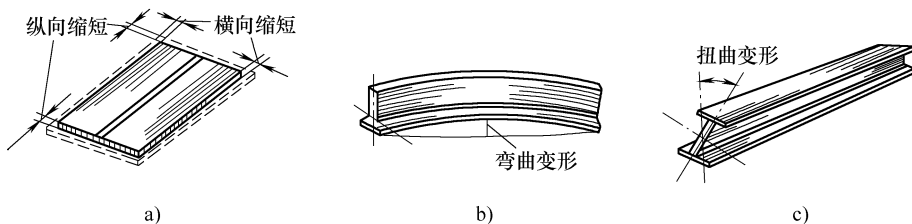


图 7-13 整体变形

a) 收缩变形 b) 弯曲变形 c) 扭曲变形

于装配前它的零件或部件的刚度，这对减小变形是有利的。所以对于截面和焊缝对称的简单构件，最好采用先装配成整体，然后再按焊接顺序对称地施焊。但是，对于结构较复杂的焊接件，采用先装配成整体，然后一次焊接完就不一定合理。其原因是，复杂结构控制变形困难，焊后出现的变形因刚度大而不易矫正。所以一般都是将复杂的结构划分为若干简单部件进行装配焊接。这样变形容易控制与矫正，最后将焊接好并矫正完的部件总装焊接。

在同一焊接结构上，通常存在许多条焊缝，为了使结构变形最小，应考虑焊接顺序。焊缝布置对称的结构，如果采用的焊接参数相同，先焊的焊缝由于受到的强制约束较小，因而引起的变形较大。各条焊缝引起的变形量，一般不能互相抵消，所以焊件最后的变形往往和先焊的焊缝引起的变形相一致。

1) 采用对称焊接。一般对称布置的焊缝，最好由成对的焊工对称地进行焊接，这样可使各焊缝所引起的变形相互抵消。例如，图 7-14 所示的圆筒体对称焊接时，应由两名焊工按图中顺序号对称地进行焊接。

在焊接平面上的焊缝时，应该使焊缝的纵向及横向收缩比较自由，而不受较大的约束，焊缝应从中间向四周对称进行，如图 7-15 所示。只有这样才能使焊缝由中间向外依次收缩，从而减少焊件的内应力和局部变形，结构周边的收缩变形，则可以加放余量予以补偿。

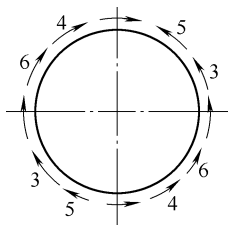


图 7-14 圆筒体对称焊接顺序

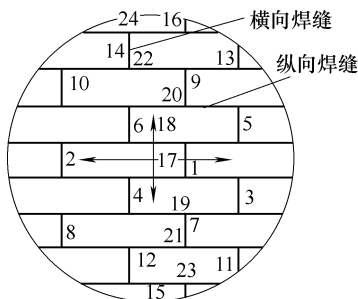


图 7-15 大型容器底板拼接的焊接顺序



2) 焊缝分布不对称时的焊接。构件焊缝分布不对称时,一般应先焊焊缝少的一侧,后焊焊缝多的一侧。这样可以使先焊焊缝所引起的变形部分得到抵消。采用不同的焊接顺序焊接,当焊缝长度超过 1m 时,可采用逐步退焊法、分中逐步退焊法、跳焊法、交替焊法和分中对称焊法等。一般退焊法和跳焊法的每段焊缝长度以 100 ~ 350mm 为宜,以上焊法如图 7-16 所示。

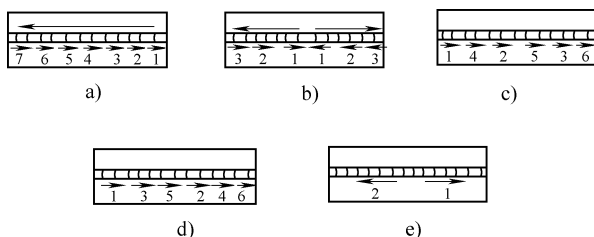


图 7-16 采用不同焊接顺序的对接焊

a) 逐步退焊法 b) 分中逐步退焊法
c) 跳焊法 d) 交替焊法 e) 分中对称焊法

工字梁虽截面形状和焊缝布置对称,如果焊接顺序不合理,也会发生各种变形。按照合理安排焊接顺序的原则,正确的施焊方法是把总装好的工字梁垫平,如图 7-17a 所示,对称焊接。在焊接时,要注意两边对称焊缝的焊接方向要一致,且不要错开,否则会减弱对称抵消变形的作用。如果是一名焊工操作,可先焊 1、2 焊缝,翻转工件后焊 3、4 和 5、6 焊缝,最后再翻转焊 7、8 焊缝。如果四条焊缝都不需要焊两层,则在焊 1、2 焊缝时,不焊满全长,留 30% ~ 50%,待焊完 3、4 焊缝后再焊。在焊每一条焊缝时,都应从中间向两端分段焊,每段长度约 500 ~ 1000mm,如图 7-17b 所示。若两名焊工同时操作,应在互相对称的位置上,采用相同的焊接参数进行焊接,如图 7-17c 所示。

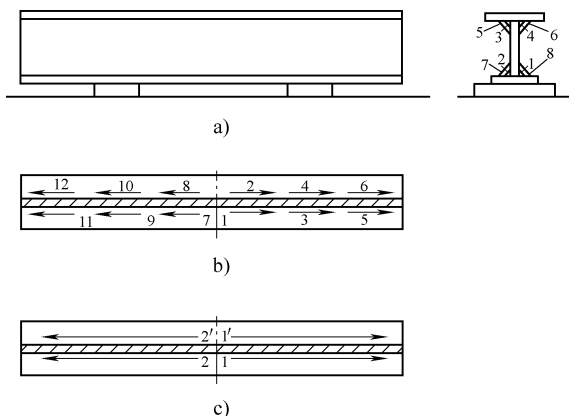


图 7-17 工字梁的焊接顺序

a) 工字梁焊前垫平 b) 单人焊接的焊接顺序
c) 双人焊接的焊接顺序

(2) 反变形法 在焊前装配时,先将焊件向与焊接变形相反的方向进行人为地变形,以达到与焊接变形相抵消的目的,这种方法叫做反变形法。用此方法时,要预测好反变形量的大小。

图 7-18a 所示为 V 形坡口单面对接焊的角变形情况,若采用图 7-18b 所示的反变形法,焊接变形可以得到有效的控制。

工字梁焊接时,由于角焊缝的横向收缩,会引起图 7-19a 所示的角变形。为



了防止角变形,在加工时,将翼板反向压成一定角度,然后再组装,如图 7-19b 所示焊接,则能收到良好的效果。反向压弯的角度应加以控制,不可太小和过大。

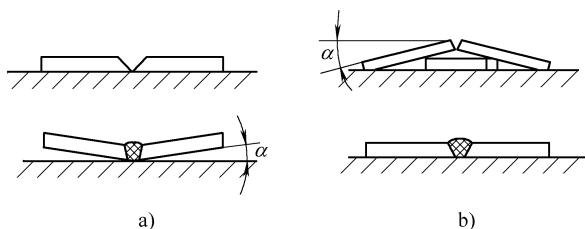


图 7-18 钢板对接时的反变形法

a) 未采用反变形 b) 采用反变形

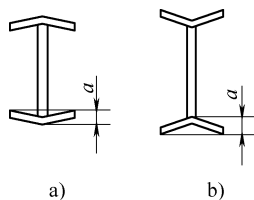


图 7-19 焊接工字梁的反变形法

a) 焊后角变形 b) 采用反变形

(3) 刚性固定法 焊件变形量的大小,还取决于结构的刚度。结构刚度越大,焊后引起的变形量相对地越小,而结构的刚度主要取决于结构形状和尺寸大小。从结构抵抗拉伸或压缩的能力来看,刚度大小与结构截面面积大小有关。截面面积越大,刚度也越大,抵抗变形的能力也就越强。所以厚钢板比薄钢板焊接时产生的变形量也就要小些。

从结构抵抗弯曲和扭曲变形的能力来看,主要取决于结构截面的几何形状和尺寸的大小。短而粗的焊件不易引起弯曲变形,封闭截面构件的抗扭曲变形能力较强。

刚性固定是对自身刚度不足构件,采用强制措施或借助于刚度大的夹具,起到限制和减小焊后变形程度的作用。用此方法,需在焊件完全冷却后,才可撤除固定夹具。常用的方法有以下几种:

1) 利用重物加压或定位焊定位。这种方法适用于薄板焊接,如图 7-20 所示。在板的四周用定位焊与平台或胎架焊牢,并用重物压在焊缝的两侧,待焊缝完全冷却后再搬掉压块,铲除定位焊点,这样焊件的变形就可以减小。

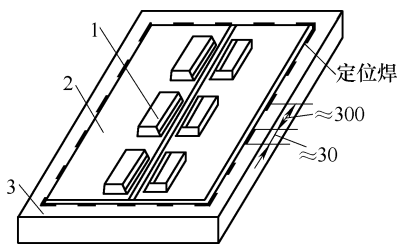


图 7-20 薄板拼接时用刚性固定法防止波浪变形

1—压铁 2—焊件 3—平台

2) 利用夹具固定。图 7-21a 所示的工字梁,焊前用螺栓将翼板牢牢地紧固在平台上,利用平台的刚度来减少焊后的角变形和弯曲变形。若因条件所限,不能采用上述方法时,也可采用图 7-21b 所示的方法,将两个工字梁组合在一起,用楔口夹具将两翼板楔紧,增加工字梁的刚度,达到减小焊后变形的目的。这种方法也常用在基座、框架等构件的装配焊接上。

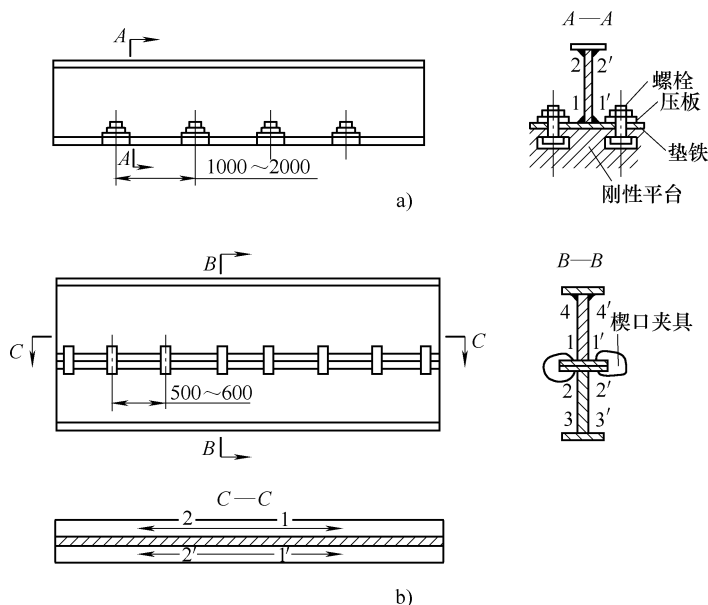


图 7-21 工字梁用刚性夹紧方式进行焊接

3) 用加“马架”或临时支撑的固定方法。在钢板对接焊时,也可采用加“马架”固定的方法来控制变形,如图 7-22 所示。这种方法简单可靠,在生产中应用较广。

对于一般小型焊件,也可采用临时支撑的刚性固定法,如图 7-23 所示。

应当指出,采用刚性固定的结构,焊接变形虽得到了有效的控制,但由于结构受到较大的约束,而导致内部产生较大的应力。所以刚性固定法只适用于焊接性较好的焊件。对于焊接性较差的中碳钢及合金钢,不宜采用刚性固定法焊接,以免产生裂纹。

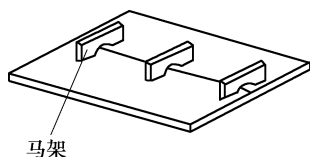
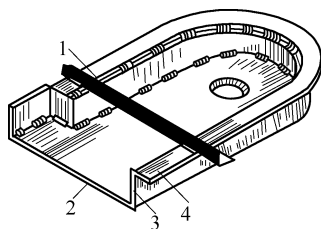


图 7-22 钢板对接时加“马架”固定

图 7-23 防护罩焊接时用临时支撑的刚性固定
1—临时支撑 2—底平板 3—立板 4—圆周法兰盘

四、焊接连接形式及适用

在焊条电弧焊中,按照焊件的结构形状、厚度及对强度、质量要求的不同,



其接头和坡口形式也有所不同。构件的接头形式可分为对接、搭接、角接及 T 形接头等四种,如图 7-24 所示。

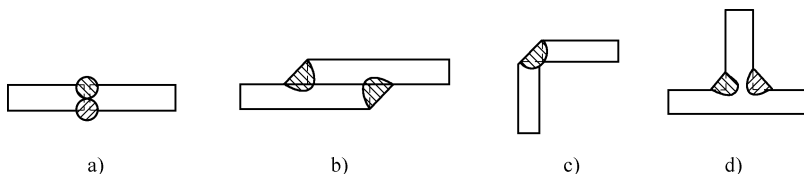


图 7-24 接头形式

a) 对接 b) 搭接 c) 角接 d) T 形接头

焊件厚度较大时,为使焊缝熔透,常在板边开有一定形状的坡口,坡口的形状与尺寸可根据国家标准 GB/T 985—2008 选用。

焊缝按空间位置分为平焊缝、立焊缝、横焊缝和仰焊缝四种形式,如图 7-25 所示。进行焊条电弧焊时,平焊操作技术较易掌握,且容易获得优质焊缝,焊接效率高。如果构件有可能改变位置并有吊装设备配合时,应尽量使焊缝处于平焊位置。

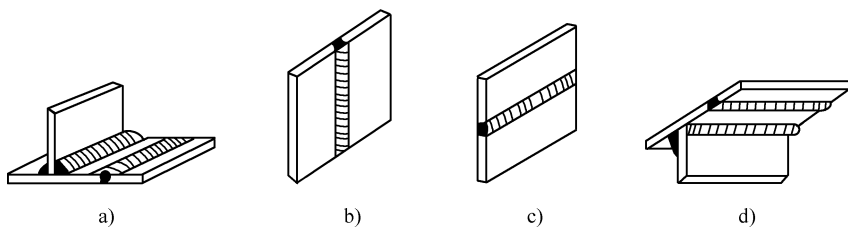


图 7-25 焊缝的空间位置

a) 平焊缝 b) 立焊缝 c) 横焊缝 d) 仰焊缝

五、焊接原理及工艺

把分离的金属加热或加压,或两者并用,促使金属原子间的结合,以获得永久牢固的连接,这种方法称为焊接。焊接的方法很多,按焊接过程、原理及特点,一般可分为熔焊、压焊和钎焊三类。

1. 焊条电弧焊

焊条电弧焊是利用电弧热使焊条和工件接缝处金属熔化,冷却后形成牢固的焊缝。它是熔焊中最基本的一种焊接方法。

焊条电弧焊使用的设备简单,操作方便、灵活,适应各种条件下的焊接,是生产中应用最广泛的一种焊接方法。

(1) 电弧焊接的基本原理



1) 焊条电弧焊的过程。焊条电弧焊是用焊条和焊件作为两个电极,焊接时,由电弧焊机提供焊接电源,利用电弧热使焊件与焊条同时熔化。焊件上的熔化金属在电弧吹力下形成一凹坑,称为熔池。熔滴借助电弧吹力和重力作用,过渡到熔池中,如图 7-26 所示。药皮熔化后,在电弧吹力的搅拌下,与液体金属发生快速强烈的冶金反应,反应后形成的熔渣和气体不断地从熔化金属中排出,浮起的熔渣覆盖在焊缝表面,逐渐冷凝成渣壳,排出的气体减少了焊缝金属生成气孔的可能性。同时围绕在电弧周围的气体与熔渣,共同防止了空气的侵入,使熔化金属缓缓冷却。随着电弧向前移动,焊件和焊条金属不断熔化形成新熔池,原先的熔池则不断地冷却凝固,形成连续焊缝。

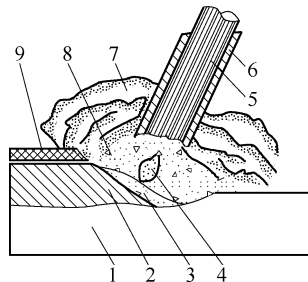


图 7-26 电弧焊接过程

1—焊件 2—焊缝 3—熔池
4—金属熔滴 5—焊芯
6—焊条药皮 7—气体
8—液态熔渣 9—固态渣壳

焊接过程实质上是一个冶金过程。它的特点是:熔池温度很高,加上电弧的搅拌作用,使冶金反应进行得非常强烈,反应速度快;由于熔池的体积小,存在的时间短,所以温度变化快;参加反应的元素多。

2) 焊接电弧。在两个电极(焊条和焊件)间的气体介质中,产生强烈而持久的放电现象称为电弧。电弧产生时,能释放出强烈的弧光和集中的热量,电弧焊就是利用此热量熔化焊件金属和焊条来进行焊接。引燃电弧时,应将焊条与焊件接触后立即分开,并保持一定距离,这时在焊条端部与焊件之间就产生了电弧,如图 7-27 所示。

3) 焊接电弧的构造及温度 焊接电弧由阴极区、阳极区和弧柱三部分组成,如图 7-28 所示。

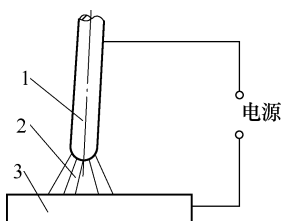


图 7-27 电弧产生示意图

1—焊条 2—电弧 3—焊件

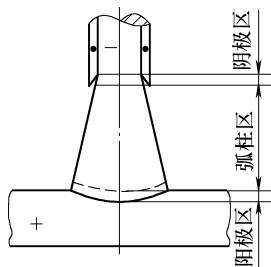


图 7-28 电弧的构造

直流正接时,阴极区位于焊条末端,阳极区位于焊件表面,弧柱介于阴极和阳极之间,四周被气体和电弧包围(弧柱的形状一般呈锥形)。



电弧中各部分的温度因电极和工件材料不同而有所不同。焊接钢材时, 阳极区温度约 2600°C , 阴极区温度约为 2400°C , 电弧中心区温度可高达 $6000 \sim 8000^{\circ}\text{C}$ 左右。

(2) 焊接工艺

1) 焊接电弧极性的选择。使用直流焊机焊接时, 工件接正极而焊条接负极叫做正接法; 反之, 叫做反接法。正接法焊件获得的热量高, 适用于厚板件焊接; 反接法焊件获得的热量稍低, 适用于薄板或采用低氢型焊条的焊接。

使用交流焊机焊接时, 由于电源的极性是交变的, 两极上产生的热量相同, 不存在正接和反接问题。

2) 焊接电流的选择。焊接电流主要取决于焊条类型、焊条直径和焊缝的位置。焊接电流大, 焊条熔化快, 生产率高。但电流过大时, 飞溅严重, 工件易烧穿, 甚至使后半根焊条药皮烧红而大块脱落, 使焊缝产生气孔、咬边、未焊透等缺陷; 焊接电流过小时, 工件熔化面积小, 焊条熔化金属在工件上流动性差, 熔渣与熔液很难分清, 焊缝窄而高、成形差, 并易于产生气孔和夹渣等缺陷。

对于一定直径的焊条, 有一个合理的与之对应的电流使用范围。表 7-1 所列 为酸性焊条平焊时焊接电流的选择范围。

表 7-1 酸性焊条平焊时焊接电流的选择范围

焊条直径/mm	1.6	2.0	2.5	3.2	4	5	5.8
焊接电流/A	25 ~ 40	40 ~ 70	50 ~ 80	90 ~ 130	160 ~ 210	200 ~ 270	260 ~ 300

焊接电流和焊缝位置的关系: 焊接平焊缝时, 由于运条和控制熔池中的熔化金属比较容易, 因此可选用较大的电流进行焊接。但在其他位置焊接时, 为了避免熔化金属从熔池中流出, 要使熔池小些, 焊接电流相应要比平焊时小些。使用碱性焊条时, 焊接电流一般要比酸性焊条小些。

在实际操作中, 可通过观察焊接电弧、焊条熔化速度和焊缝成形好坏等情况, 判断焊接电流是否选择得当。当焊接电流合适时, 电弧稳定、噪声小、飞溅少, 熔渣与熔液容易分离, 焊缝成形均匀美观。

3) 引弧方法。引燃电弧有直击法和划擦法两种, 如图 7-29 所示。直击法如图 7-29a 所示, 引弧时, 将焊条末端对准焊缝垂直碰击, 然后迅速提起并保持一定距离。划擦法如图 7-29b 所示, 将焊条端部在焊件上轻轻擦过一段距离, 引燃电弧后, 迅速将焊条提起并保持一定距离。划擦法引弧较易掌握, 但容易擦伤工件表面。上述两种引弧方法, 应根据具体情况灵活使用。

在施焊起点或中间更换焊条引弧, 应在起焊点前面 10mm 左右处, 如图 7-30 所示, 引弧后拉长电弧, 并迅速将电弧移回至起焊点, 稍停片刻对焊件预热, 待接点弧坑填满时, 再移动焊条进入正常焊接。这种引弧方法, 由于再次熔化引弧



点,可将已产生的气孔消除,提高了施焊起点或接头处的焊缝质量。引弧时如果焊条粘在工件上,应迅速左右摆动焊钳,使焊条脱离。

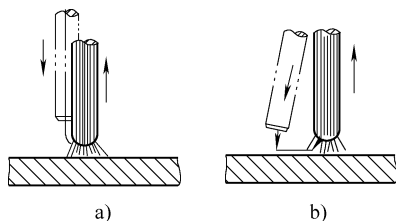


图 7-29 引弧方法
a) 直击法 b) 划擦法

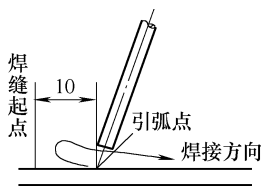


图 7-30 引弧点位置示意图

4) 运条方法。电弧引燃后,焊条要有三个方向的运动,才能使焊缝成形良好,焊接保持连续。这三个方向的运动是:向熔池方向进给,沿焊接方向移动,作横向摆动。

① 向熔池方向进给。焊接时,焊条不断被电弧熔化变短,为了保持一定的弧长,必须使焊条向熔池送进。送进速度应与焊条的熔化速度相适应,否则会发生断弧。

② 沿焊接方向移动。焊条沿焊接方向移动,使熔池金属形成焊缝。焊条的移动速度(焊接速度)对焊缝质量影响很大,因此移动速度要适当。移动速度太快焊缝熔深小,不易透焊;移动速度太慢,会使焊缝熔深大,工件过热,变形增加或烧穿。

③ 作横向摆动。焊条作横向摆动可以得到一定宽度的焊缝。由于摆动中电弧反复搅动熔池,加速熔化金属的冶金反应,促进熔池中熔渣和气体的浮出,从而改善焊缝质量。摆动的幅度视焊缝的宽度而定,对于窄焊缝可以不作横向摆动。

以上三个方向的动作必须协调,并根据不同接头形式、间隙、焊缝位置、焊条直径与焊接电流、工件厚度等情况,采用适当的运条方式。

5) 焊缝的收尾。焊缝焊完时,如果立即熄弧,会在焊缝末尾形成低于焊件表面的弧坑。过深的弧坑很容易产生应力集中而形成裂纹,影响焊缝质量。为了让熔化金属填满弧坑,应在焊接收尾时,焊条停止前移,作圆弧运动,待填满弧坑时再拉断电弧,也可回焊一小段后收尾。对薄板,则常采用较短时间内反复点燃和熄灭电弧,直至填满弧坑为止。

2. 气体保护焊等其他焊接方法

(1) 气体保护焊原理 气体保护焊采用非熔化极或熔化极与被焊工件之间的电弧作为热源来熔化焊丝与母材金属,并向焊接区输送惰性保护气体,使电弧、熔化的焊丝、熔池及附近的母材金属免受周围空气的有害作用。连续送进的



焊丝金属不断熔化并过渡到熔池，与熔化的母材金属熔合形成焊缝金属，从而使工件相互连接起来。由于惰性气体对焊接区的保护简单、方便，焊接区便于观察，焊枪操作方便，生产效率高，适合进行全位置焊，易实现机械化和自动化，因此在实际生产中日益广泛地被采用。目前，电弧焊领域的机械化、自动化发展方向主要是最大限度地采用气体保护焊和埋弧焊代替焊条电弧焊。随着现代化生产的发展，气体保护焊在焊接生产中占据了越来越重要的地位。气体保护焊的焊接过程，如图 7-31 所示。

气体保护焊按保护气体不同可分为：二氧化碳气体保护焊、氩弧焊、氦弧焊、氮弧焊、氢原子弧焊及混合气体保护焊。

按电极材料的不同，气体保护电弧焊可分为两大类：一类是非熔化极气体保护焊；另一类是熔化极气体保护焊，以焊丝作为电极。按机械化程度不同可分为：手工气体保护焊、半自动气体保护焊与自动气体保护焊。

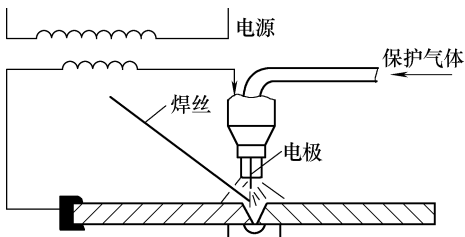


图 7-31 非熔化极气体保护焊的焊接过程

焊接时用的保护气体主要有 Ar、He、 CO_2 、 N_2 、 (H_2) 及混合气体等。

(2) CO_2 气体保护焊

1) CO_2 气体保护焊原理： CO_2 气体保护焊示意图，如图 7-32 所示。

2) CO_2 气体保护焊特点。 CO_2 气体保护焊由于电弧穿透能力强，能形成较大接头熔深，焊丝熔化率高；生产效率比焊条电弧焊高 1 ~ 3 倍。

二氧化碳气体价廉易得，而且消耗电能少，是一种既经济，又便于自动化生产的焊接方法。

一般情况下，二氧化碳气体保护焊的成本仅为焊条电弧焊的 37% ~ 42%，为埋弧焊的 40%。

CO_2 与焊条电弧焊相比， CO_2 气体保护焊设备复杂，费用较高，操作不够灵活。

纯 CO_2 焊在一股工艺范围内不能达到射流过渡，实际上常用短路过渡和滴状过渡，加入混合气体后才有可能获得射流过渡； CO_2 气体呈喷射状，有助于熔滴过渡，飞溅较多。

3) CO_2 气体保护焊冶金特点。 CO_2 焊接过程在冶金方面主要表现为： CO_2 是一种氧化性气体，在高温时进行分解，具有强烈的氧化作用，易造成合金元素

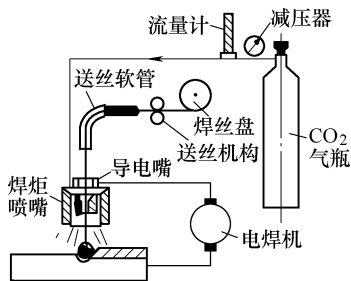


图 7-32 CO_2 气体保护焊示意图



氧化烧损或产生气孔与飞溅。

在熔池金属内部存在有溶解不了的或过饱和的气体,当这些气体来不及从熔池中逸出时,便随熔池的结晶凝固,而留在焊缝内形成气孔。

CO_2 气体保护焊时气流对焊缝有冷却作用,又无熔渣覆盖,故熔池冷却快。此外,所用的电流密度大,焊缝窄而深,气体逸出行程长,于是增加了产生气孔的可能性。

可能产生的气孔有三种;一氧化碳气孔、氢气孔和氮气孔。

(3) 熔滴过渡方式 CO_2 气体保护焊中,为获得稳定的焊接过程,要选用合适的熔滴过渡形式。熔滴过渡形式有细颗粒过渡、排斥过渡、爆炸过渡和短路过渡,几种过渡形态如图 7-33。一般采用短路过渡和细颗粒过渡两种过渡形式。

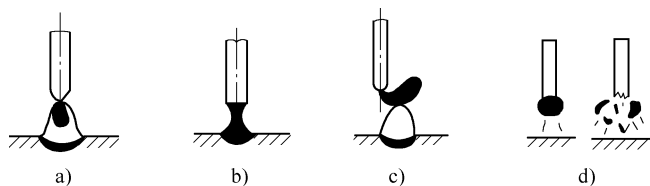


图 7-33 CO_2 气体保护焊几种熔滴过渡形式

a) 细颗粒过渡 b) 短路过渡 c) 排斥过渡 d) 爆炸过渡

(4) 飞溅问题 在 CO_2 气体保护焊中,大部分焊丝熔化金属可过渡到熔池,有一部分焊丝熔化金属飞向熔池之外,飞到熔池之外的金属称为飞溅。特别是粗焊丝 CO_2 气体保护焊时用大规范焊接参数焊接时,飞溅更为严重,飞溅率可达 20% 以上,这时就不可能进行正常焊接工作了。

飞溅是有害的,飞溅金属粘到导电嘴和喷嘴内壁上,会造成送丝和送气不畅而影响电弧稳定和降低保护作用,恶化焊缝成形;粘到焊件表面上又增加焊后清理工序;它不但降低焊接生产率,增加了焊丝及电能消耗,影响焊接质量,而且使劳动条件变差。

引起金属飞溅的原因很多,大致有以下两个方面:

- 1) 熔滴自由过渡时的飞溅。
- 2) 熔滴短路过渡时的飞溅。

(5) CO_2 气体保护焊材料

1) 保护气体。纯 CO_2 是无色、无味的气体,密度为 $1.98\text{kg}/\text{m}^3$,比空气重(空气为 $1.29\text{kg}/\text{m}^3$),是空气的 1.5 倍。

CO_2 焊用的焊丝对化学成分有特殊要求,主要有以下 3 点:

① 焊丝内必须含有足够数量的脱氧元素,以减少焊缝金属中的含氧量和防止产生气孔。



② 焊丝的含碳量要低。通常要求 $w(\text{C}) < 0.11\%$ ，以减少气孔和飞溅。

③ 要保证焊缝具有满意的力学性能和抗裂性能。

2) CO_2 气体保护焊设备。 CO_2 气体保护焊是熔化极气体保护电弧焊方法之一，设备组成如图 7-34 所示，焊接设备及附件如图 7-35 所示。

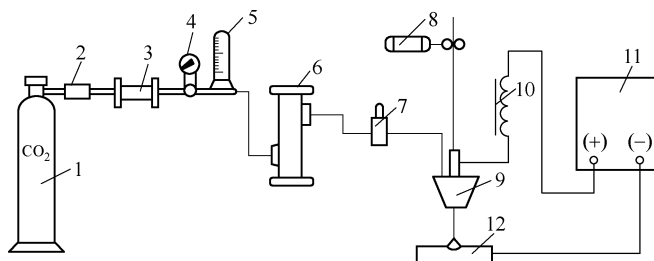


图 7-34 CO_2 气体保护焊焊接设备组成示意图

- 1— CO_2 气瓶 2—预热器 3—高压干燥器 4—气体减压阀
5—气体流量计 6—低压干燥器 7—气阀 8—送丝机构
9—焊枪 10—可调电感 11—焊接电源 12—工件



图 7-35 CO_2 气体保护焊焊接设备及附件

(6) CO_2 气体保护焊的焊接参数 CO_2 气体保护焊的焊接参数包括电源极性、焊丝直径、电弧电压、焊接电流、气体流量、焊接速度、焊丝伸出长度、直流回路电感等。

1) 电源极性。 CO_2 气体保护焊焊接一般材料时，采用直流反接；在进行高速焊、堆焊和铸铁补焊时，应采用直流正接。

2) 焊丝直径。 CO_2 气体保护焊的焊丝直径一般可根据焊接工件特点进行选择。

3) 电弧电压和焊接电流。对于一定直径的焊丝来说，在 CO_2 气体保护焊中，采用较低的电弧电压，较小的焊接电流焊接时，焊丝熔化所形成的熔滴把母材和焊丝连接起来，呈短路状态称为短路过渡。



4) 气体流量。气体流量应随焊接电流的增大、焊接速度的增加和焊丝伸出长度的增加而加大。一般 CO_2 气体流量的范围为 $8 \sim 25 \text{ L/min}$ 。

5) 焊接速度。随着焊接速度的增大,则焊缝的宽度、余高和熔深都相应地减小。

6) 焊丝伸出长度。焊接时焊丝伸出导电嘴的长度叫焊丝伸出长度。焊丝伸出长度增加,则使焊丝的电阻值增加,造成焊丝熔化速度加快。

7) 直流回路电感。在焊接回路中,为使焊接电弧稳定和减少飞溅,一般需串联合适的电感。串联电感值大时,短路电流增长速度太慢,就会引起大颗粒的金属飞溅和焊丝成段炸断,造成熄弧或使起弧变得困难;串联电感值太小时,短路电流增长速度太快,会造成很细颗粒的金属飞溅,使焊缝边缘不齐,成形不良。

(7) 氩弧焊 氩弧焊是利用氩气作为保护气体的一种电弧焊方法。如图 7-36 为氩弧焊示意图,下面主要介绍钨极氩弧焊 (TIG 焊)。

1) 分类。根据焊接电流的不同,TIG 焊又可分为直流 TIG 焊与交流 TIG 焊。

① 直流 TIG 焊。以直流电弧焊接电源作为焊接电源,电极作为负极、母材作为正极,广泛应用于不锈钢、钛、铜以及铜合金等的焊接。

② 交流 TIG 焊。以交流电弧焊接电源为焊接电源,电极、母材正负极性相互变化。直流反接方式时,具有阴极破碎作用,可清除工件表面的氧化膜。铝及铝合金表面有一层致密得氧化膜 (Al_2O_3 , 熔点 2050°C , 铝的熔点只有 660°C) 覆盖在熔池表面,容易造成夹渣及未熔合等缺陷,可利用反极性的阴极破碎作用加以清除。但直流反接时,钨极烧损严重,一般采用交流电弧焊接。交流电弧焊接一般应用于铝、镁等的焊接。

2) 保护气体。用于 TIG 焊的保护气体大致有三种。使用最广泛的是氩气。因此,通常习惯把 TIG 焊简称钨极氩弧焊。其次是氦气 (He), 由于氦气比较稀缺,提炼困难,价格昂贵,国内用得极少。最后一种是混合气体,由两种不同成分的气体按一定的配比混合后使用。

3) 焊接材料

① 钨极。钨极作为氩弧焊的电极,对它的基本要求是:发射电子能力要强;耐高温而不易熔化烧损;有较大的许用电流。

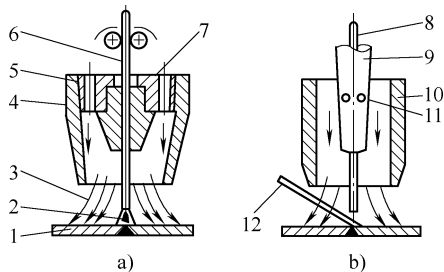


图 7-36 氩弧焊示意图

a) 熔化极氩弧焊 b) 非熔化极氩弧焊
1—焊件 2—熔滴 3—氩气 4、10—喷嘴
5、11—氩气喷管 6—熔化极焊丝
7、9—导电嘴 8—非熔化极 12—焊丝



② 焊丝。用于 TIG 焊的焊丝与二氧化碳气体保护焊的焊丝要求相同, 详细请参看 CO₂ 气体保护焊章节。

第二节 铆 接

一、铆接设备和工作原理

1. 铆钉枪

铆钉枪是铆接的主要工具。铆钉枪又叫风枪, 如图 7-37 所示, 主要由手把 2、枪体 4、开关 3 及管接头 1 等组成。枪体前端孔内可安装各种铆钉凹头或冲头, 用以进行铆接或冲钉作业。使用时通常将凹头用细铁丝拴在手把上, 以防止提枪时因凹头脱离枪体致使活塞滑出。铆钉枪在使用前, 必须在进气风管接头处注入少量润滑油, 使枪内工作时保持良好的润滑, 然后把压缩空气软管内的脏物吹净, 再接到铆钉枪的管接头上。风管进气量通过调压活门进行控制, 压缩空气的压力一般为 0.4 ~ 0.6 MPa。铆钉枪具有体积小, 操作方便, 可以进行各种位置的铆接等优点, 但操作时噪声很大。

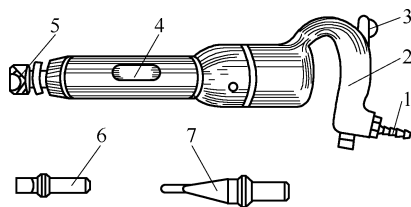


图 7-37 铆钉枪

1—管接头 2—手把 3—开关 4—枪体
5—凹头 6—铆平头 7—冲头

2. 铆接机

铆接机与铆钉枪不同, 它是利用液压或气压使钉杆塑性变形而制成铆钉头的一种专用设备。它本身具有铆钉和顶钉两种机构, 由于铆接机产生的压力大而均匀, 所以铆接质量和铆接强度都比较高, 而且工作时无噪声。

铆接机有固定式和移动式两种, 固定式铆接机生产效率高, 但因设备费用较高, 故仅适用于专业生产中; 移动式铆接机工作灵活, 应用广泛, 这种铆接机有液压、气动和电动三种。

液压铆接机, 如图 7-38 所示, 是利用

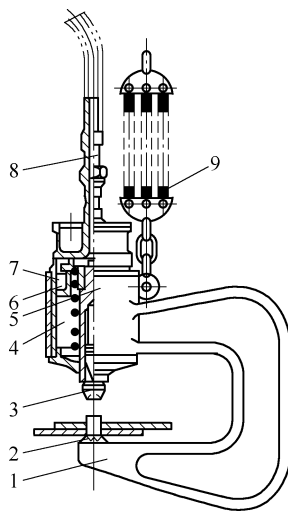


图 7-38 液压铆接机

1—机架 2—顶钉凹头 3—凹头
4—液压缸 5—活塞 6—密封垫
7—弹簧 8—管接头 9—缓冲弹簧



液压原理进行铆接的,它由机架 1、活塞 5、凹头 3、顶钉凹头 2 和缓冲弹簧 9 等部分组成。当压力油经管接头 8 进入液压缸 4 时,推动活塞向下运动,活塞下端装有凹头 3,铆钉在上下凹头之间受压变形,形成铆钉头。当活塞向下移动时,弹簧 7 受压变形,铆接结束后,依靠弹簧的弹力使活塞复位。密封垫 6 的作用是防止活塞漏油。整个铆接机可由吊车移动,为防止铆接时振动,可以利用吊环处的弹簧起缓冲作用。

二、铆接参数的确定

铆钉排列的基本参数主要有铆钉距、排距和边距,如图 7-39 所示。

铆钉距 t : 一排铆钉中,相邻两个铆钉中心的距离。

排距 c : 相邻两排铆钉中心的距离。

边距 e : 外排铆钉中心至工件板边的距离。

钢板上铆钉排列参数可按表 7-2 中的规定来确定。

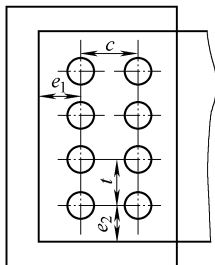


图 7-39 铆钉排列的基本参数

表 7-2 钢板上铆钉排列参数的确定

名称	位置和方向		最大允许距离 (取两者的小值)	最小允许距离
铆钉距 t 或排距 c	外排		$8d_0$ 或 12δ	$3d_0$
	中间排	构件受压	$12d_0$ 或 18δ	
		构件受拉	$16d_0$ 或 24δ	
边距 e	平行于载荷的方向 e_1		$4d_0$ 或 8δ	$2d_0$
	垂直于载荷的方向 e_2	切割边		$1.5d_0$
		轧制边		$1.2d_0$

注: d_0 ——铆钉孔直径; e ——较薄板件的厚度。

三、铆钉及其直径、长度与孔径的确定

1. 铆钉

铆钉由钉头和圆柱钉杆组成,铆钉头多用锻模镦制而成。铆钉分实心 and 空心两类,实心铆钉接钉头形状有半圆头、沉头、半沉头、平锥头、平头等多种形式;空心铆钉由于质量轻,铆接方便,但钉头强度小,适用于受力较小的结构。

铆钉材质按 GB/T116—1986 规定,钢铆钉的材质有 Q215、Q235、BL2、BL3、10、15;铜铆钉的材质有 T3、H62;铝铆钉的材质有 1050、2A01、2A10、5B05。



在铆接过程中，由于铆钉需承受较大的塑性变形，要求铆钉材料须具有良好的塑性。为此，用冷锻法制成的铆钉要经退火处理。根据使用要求，对铆钉应进行可锻性试验及拉伸、剪切等力学强度试验。铆钉表面不允许有影响使用的各种缺陷。

2. 铆钉直径

铆钉直径是根据结构强度要求由板厚确定的。一般情况下构件板厚 δ 与铆钉直径 d 的关系如下：

- 1) 单排与双排搭接，取 $d \approx 28$ 。
- 2) 单排与双排双盖板连接，取 $d \approx (1.5 \sim 1.75)\delta$ 。铆钉直径也可按表 7-3 确定。

计算铆钉直径时的板厚须按以下原则确定：

- ① 厚度相差不大的板料搭按时，取较厚板料的厚度。
- ② 厚度相差较大的板料搭按时，取较薄板料的厚度。
- ③ 钢板与型材铆接，取两者的平均厚度。被连接件的总厚度，不应超过铆钉直径的 5 倍。

表 7-3 铆钉直径与板厚的一般关系 (单位：mm)

板料厚度 δ	5 ~ 6	7 ~ 9	9.5 ~ 12.5	13 ~ 18	19 ~ 24	> 25
铆钉直径 d	10 ~ 12	14 ~ 25	20 ~ 22	24 ~ 27	27 ~ 30	30 ~ 36

3. 铆钉长度

铆接质量与所选定铆钉杆长度有直接关系，若钉杆过长，铆钉的镢头就过大，且钉杆也容易弯曲；若钉杆过短，则镢粗量不足，铆钉头成形不完整，将会严重影响铆接的强度和紧密性。铆钉长度应根据被连接件的总厚度、钉孔与钉杆直径间隙及铆接工艺方法等因素确定采用标准孔径的铆钉杆长度，可按下列公式计算：

半圆头铆钉

$$L = (1.65 \sim 1.75)d + 1.1 \sum \delta$$

沉头铆钉

$$L = 0.8d + 1.1 \sum \delta$$

半沉头铆钉

$$L = 1.1d + 1.1 \sum \delta$$

式中 L ——铆钉杆长度 (mm)；

d ——铆钉杆直径 (mm)；

$\sum \delta$ ——被连接件总厚度 (mm)。



以上各式计算的铆钉长度都是近似值,大量铆接时,铆钉杆实际长度还需试铆后确定。

4. 铆钉孔径的确定

铆钉孔径与铆钉的配合,应根据冷、热铆不同方式而确定。

冷铆时,钉杆不易镦粗,为保证连接强度,钉孔直径应与钉杆直径接近。

热铆时,铆钉受热膨胀变粗,但塑性较好,为了便于穿钉,钉孔直径与钉杆直径的差值应略大些。钉孔直径的标准见表 7-4。对于多层板料密固铆接时,钻孔直径应按标准孔径减小 1~2mm,对筒形构件必须在弯曲前钻孔,孔径应比标准孔径减小 1~2mm,以便在装配时再行铰孔。

表 7-4 钉孔直径 (GB/T 152—1998) (单位: mm)

铆钉杆直径 d		3.5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
钉孔直径 d_0	精装配	3.6	4.1	5.2	6.2	8.2	10.3	12.4	14.5	16.5							
	粗装配	3.9	4.5	5.5	6.5	8.5	11	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38

四、铆接工艺方法

铆接按铆接温度不同分为冷铆和热铆两种。

1. 冷铆

铆钉在常温状态下的铆接称为冷铆。冷铆要求铆钉有良好的塑性。铆接机冷铆时,铆钉直径最大不得超过 25mm。铆钉枪冷铆时,铆钉直径一般在 12mm 以下。

2. 热铆

铆钉加热后的铆接称为热铆。铆钉受热后钉杆强度降低,塑性增加,钉头成形容易。铆接所需外力与冷铆相比明显减小,所以直径较大的铆钉和大批量铆接时,通常采用热铆。热铆时,钉杆一端除形成封闭的钉头外,同时被镦粗充实钉孔。冷却时,铆钉长度收缩,对被铆件产生足够的压力,使板缝贴合得更严密,从而获得足够的连接强度。

热铆的基本操作如下:

(1) 铆接件的紧固与钉孔修整 铆接件装配时,须将板件上的钉孔对齐,用相应规格的螺栓拧紧。螺栓分布要均匀,数量不得少于铆钉孔数的四分之一。螺栓拧紧后板缝接合面要严密。

在构件装配中,由于加工误差,会出现部分错位孔,故铆接前须用矫正冲或铰刀修整钉孔,使之同心,以确保穿钉顺利。对在预加工中留有余量的钉孔,也需用铰刀进行扩孔修正。为使构件之间不发生移位,需修整的钉孔应一次铰完。铰孔顺序为先铰未拧螺栓的钉孔,铰完后拧入螺栓,然后再将原螺栓卸掉铰孔。



(2) 铆钉加热 用铆钉枪铆接时, 铆钉需加热到 $1000 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。加热时, 铆钉烧至橙黄色时 (约 $900 \sim 1100^{\circ}\text{C}$), 改为缓火焖烧, 使铆钉内外及全部长度受热均匀, 烧好的铆钉即可取出铆接 (不能使用过热和加热不足的铆钉)。

(3) 接钉与穿钉 铆钉烧好后, 即可开始铆接。扔钉要准, 接钉要稳, 接钉后将铆钉穿入钉孔。穿钉动作要迅速、准确, 力求铆钉在高温下铆接。

(4) 顶钉 顶钉的好坏直接影响铆接质量。顶把上的凹头形状、规格都应与此铆钉头相符。“凹”宜浅些, 顶钉要用力, 使形成的钉头与板面贴靠紧密。

(5) 铆接 热铆过程如图 7-40 所示, 开始时采用间断送风, 待钉杆镦粗后再加大风量, 将外露钉杆锻打成钉头形状, 如图 7-40b 所示。钉头成形后, 再将铆钉枪略微倾斜地绕钉头旋转一周打击, 如图 7-40c 所示, 迫使钉头周边与构件表面密贴, 但不允许过分倾斜以免凹头伤及构件表面。

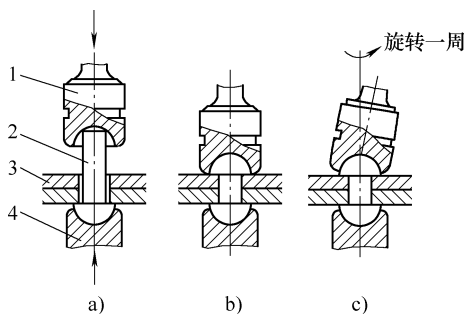


图 7-40 铆接过程示意图
1—凹头 2—铆钉 3—工件 4—顶把

为了保证铆接质量, 压缩空气的压力不得低于 0.5MPa 。铆钉的终铆温度应在 $450 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之间, 终铆温度过高, 会降低钉杆的初应力, 使铆接件不能充分压紧; 终铆温度过低, 铆钉会发生冷脆现象。因此, 热铆过程应尽可能在短时间内迅速完成。对接缝紧密性要求较高的结构, 在铆接后尚需进行敛缝。

铆接结束后, 应逐个检查铆钉是否合格, 发现松动且不能修复的, 应铲掉重铆。

第三节 胀 接

一、胀接原理

管子和管板的连接, 一般都采用胀接方法。对使用温度、压力和密封要求较高的容器, 有时采用胀焊方法。

胀接是利用管子和管板在外力作用下产生变形, 而达到紧团和密封目的的一种连接方法。可以采用不同的方法, 如机械、爆炸和液压等来扩张管子的直径, 使管子产生塑性变形。利用管板孔壁的回弹对管子施加径向压力, 使管子与管板



的连接接头具有足够的胀接强度, 保证接头受载时管子不会被从管孔中拉出来。同时还应具有良好的密封强度, 在工作压力下保证设备内的介质不会从接头处泄漏出来。

二、胀接结构形式与胀接工具

1. 胀接的结构形式

胀接的结构形式一般有光孔胀接、翻边胀接、开槽胀接和胀接加端面焊等。

(1) 光孔胀接 光孔胀接的管子和管板的连接形式如图 7-41 所示。一般用于工作压力小于 0.6MPa , 温度低于 300°C , 胀接长度小于 20mm 的场合。

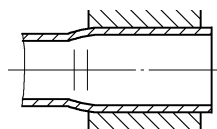


图 7-41 光孔胀接

(2) 翻边胀接 翻边胀接即管子胀紧后, 将管端扳边成喇叭形或翻打成半圆形, 以提高接头的连接强度, 如图 7-42 所示。

1) 扳边。扳边是将胀接后的管端扳成喇叭口: 以提高接头的胀接强度, 增加胀接接头的拉脱力和密封性。扳边胀接的拉脱力和密封性能比一般胀接有明显的提高, 管端扳边的角度越大, 胀接处的强度也越高, 其连接强度一般比光孔胀接提高 50% 。扳边胀接的角度一般为 $12^\circ \sim 15^\circ$, 扳边时管端要扳到喇叭根部, 并伸入管孔 $1 \sim 2\text{mm}$, 如图 7-42a 中 A 放大图所示, 否则就起不到提高连接强度的作用。

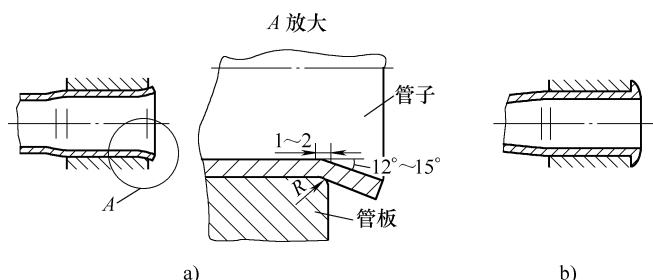


图 7-42 翻边胀接

a) 扳边 b) 翻边

2) 翻边。翻边是将已扳边的管端翻打成半圆形, 如图 7-42b 所示。管端翻边时需要采用专用的压脚工具, 如图 7-43 所示。翻边多用于火管锅炉的烟管, 以减小烟气流动阻力并增加强度。

(3) 开槽胀接 开槽胀接是在管板孔内开环形槽, 使管子在胀接后外壁能嵌到槽中, 如图 7-44 所示, 以提高拉脱力。开槽胀接一般用于胀接操作温度小于 300°C , 工作压力小于 3.9MPa 的设备。

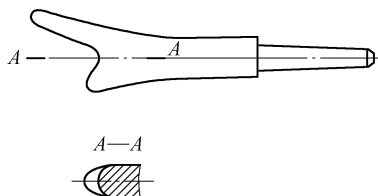


图 7-43 翻边用压脚

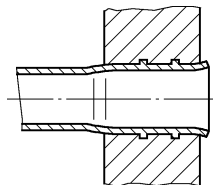


图 7-44 开槽胀接

(4) 胀接加端面焊 接头密封性要求高的场合, 仅靠胀接是不能满足要求的, 因此必须采取胀接后再加端面焊的方法。胀接加端面焊有先胀后焊和先焊后胀两种方法。先胀后焊一般用于压力较高, 管板较厚的场合; 先焊后胀一般用于压力较低, 管板较薄的场合。

2. 胀接工具

(1) 胀管器 胀管器的种类较多, 其结构有前进式、后退式和螺旋式等, 最常用的是前进式和后退式两种。

1) 前进式胀管器。前进式胀管器有两种类型: 一种只能胀管; 另一种既能胀管又能进行扳边, 称前进式扳边胀管器, 如图 7-45 所示。胀管器零件的几何形状、加工精度直接影响到胀接的质量, 因此必须掌握胀管器主要零件的结构和特点, 便于正确地选用合适的胀管器, 以保证胀接接头的质量。

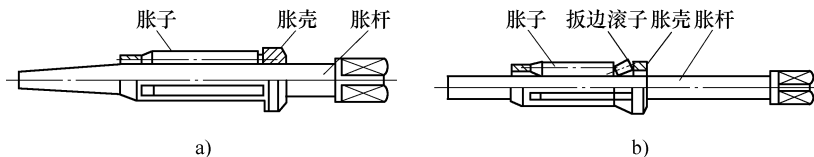


图 7-45 前进式胀管器
a) 只能胀管 b) 既能胀管又能扳边

用前进式胀管器胀管时, 将胀管器伸入管内, 如图 7-46 所示。然后推进胀杆, 使胀杆、胀子、管子内壁都互相贴紧, 并连接动力装置带动胀杆, 作顺时针方向旋转, 则胀子作反方向转动, 在管子内壁进行辗压, 使管壁金属延伸, 管径增大, 直到胀紧为止。前进式胀管器工作时, 胀杆处于受压状态, 所以易过载折断。

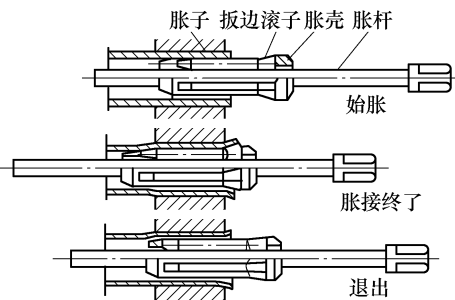


图 7-46 前进式胀管器工作原理

2) 后退式胀管器。在管板厚度大、管子直径小的情况下, 一般采用后退式



胀管器。后退式胀管器工作时将胀杆的受压状态改变为受拉状态。所以,一般不会产生胀杆折断、胀接质量不稳定、胀接长度难以控制等缺陷。后退式胀管器有分开式和整体式两种。

分开式后退胀管器胀接时分两次进行,先将外套壳 8 向左推动,使钢球 7 打开,则接套管 6 和胀壳 10 分开,将胀子部分送到胀接长度末端,然后按顺时针方向转动胀杆 1,使该部分管子胀紧,达到应有的胀紧程度。再转动定位螺母 2,将轴承 5 推向胀杆,胀管器逐步由内向外退出,同时将管子全长胀紧,并始终保持原来的胀紧程度,如图 7-47 所示。

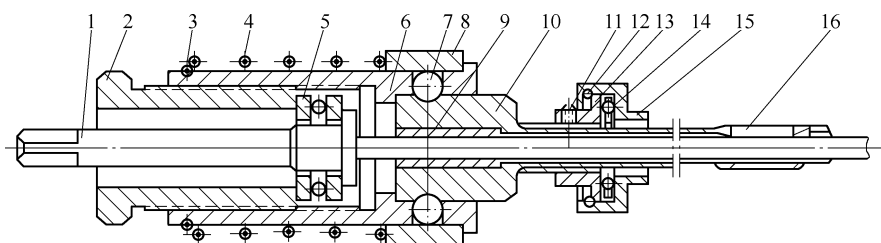


图 7-47 分开式后退胀管器

1—胀杆 2—定位螺母 3—止推弹簧圈 4—弹簧 5、14—轴承
6—接套管 7—钢球 8—外套壳 9—定位圈 10—胀壳 11—螺钉 12—弹簧圈
13—定位盖 15—轴承外壳 16—胀子

整体式后退胀管器的胀接原理与分开式后退胀管器基本相同。

(2) 胀接动力装置 胀接动力装置一般有风动和电动两种。使用最多的是手提式风动胀管机,如图 7-48 所示。胀按时,将胀管器的胀杆装在胀管机的主轴上,压缩空气经起动把(正转或反转)进入叶片式转子发动机,使之产生高速旋转,经过两级齿轮减速装置,带动主轴上的胀管器进行胀管工作。

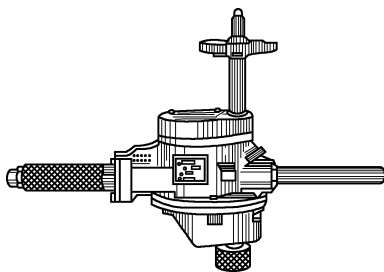


图 7-48 手提式风动胀管机

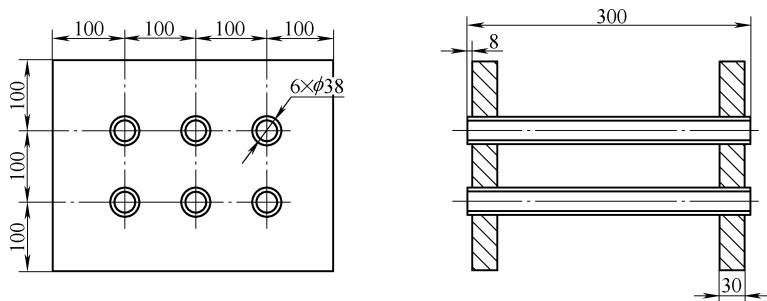
电动式胀管机利用电动机作动力,其上装有控制胀管器扭矩的控制仪,以保证胀紧力一致。

三、常压管件的胀接方法

无论采用何种方法的胀接工艺,必须做到:尺寸准确、结构牢固、对接严密、胀缩自由、内部清洁、外形美观。

1. 胀接的步骤与方法

(1) 胀接工件图如图 7-49 所示。



技术要求

1. 保证胀接的牢固性,不得有松动现象。
2. 不得出现过胀现象,不得出现管子胀裂。

图 7-49 胀接工件图

(2) 胀接前的准备工作

1) 工具的准备。胀管器、定尺样板、胀管支架、手锤等。

① 胀管器。胀管器的种类很多,有螺旋式、前进式、后退式,还有自动胀管器和自动停止式胀管器等,根据被胀接材料和特点,选择前进式胀管器。

② 定尺样板。根据被胀接件管及板的尺寸,制作管端露出板面距离的尺寸长度定尺样板,管子露出板面的距离为 8mm,样板如图 7-50 所示。

③ 胀管支架。为了在胀接时,工件得到稳定的固定,应制作胀管支架,如图 7-51 所示。将两个管子托架焊在水平钢板上,两个托架应处于水平位置。托架的高度应满足胀接操作的方便。一般托架的高度取 1000 ~ 1200mm。

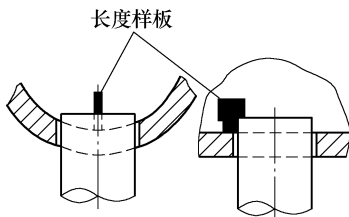


图 7-50 定尺样板

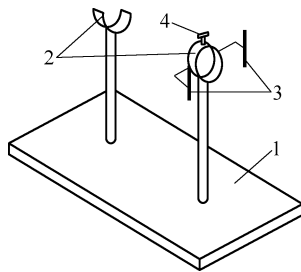


图 7-51 胀管支架

1—底板 2—托架 3—挡板 4—固定螺钉

2) 材料的准备。

① 钢板。胀接的结构形式有光孔胀接和开槽胀接两种。根据实际情况,这里采用光孔胀接;先按图 7-49 的尺寸下料,后按图中尺寸进行钻孔。孔的直径应小于管子外径 1 ~ 2mm,由于钻孔的精度只能达到 5 ~ 6 级,不能满足胀接的要求,钻的孔应钻得小些,然后再用铰刀进行铰孔,以提高孔内壁的精度,孔内壁的精度应为 6 ~ 7 级。



② 钢管。按图 7-49 中给定的钢管尺寸下料。在胀接过程中,要求管子产生较大的塑性变形,而使管孔壁仅产生弹性变形,同时管端在扳边或翻边时不产生裂纹,因此要求管子端部硬度必须低于管孔壁的硬度。当胀接管子的硬度高于管板的硬度,或管子硬度大于 170HBW 时,应进行低温退火处理,以降低其硬度,提高塑性。退火温度,对碳钢管取 600 ~ 650℃,合金钢管取 650 ~ 700℃。

③ 管子的退火长度 一般取管板厚度加 100mm,退火时,将管子的另一端堵住,以防止因空气对流而影响加热。在加热过程中,还应该经常转动管子,使整个圆周受热均匀,避免局部过热,保温时间为 10 ~ 15min,将取出后的管子埋在温热的干沙、石棉或硅藻土等保温材料中,进行缓冷,待冷却到 50 ~ 60℃ 后取出空冷。注意:退火温度不能超过其上限,以免降低管子金属的抗拉强度,影响胀接接头的强度。另外,加热用的燃料,不能采用含硫量较高的烟煤,以免硫使管子金属产生脆性。

④ 检查和清理管孔及管端管子与管孔壁之间,不能有杂物存在,否则胀接后不但影响胀接强度,而且也很难保证接头的严密性。因此在胀接前,必须对管端及管孔加以清理。

⑤ 清除管孔上的尘土、水分、油污及锈蚀等时,可先用纱头或废布将尘土、水分及油污擦净,然后再用砂布沿管子圆周方向打磨,直至全部呈现金属光泽为止。同时不允许有锈斑和纵向贯穿的刻痕,及两端延伸到壁外的环向螺旋形刻痕的存在。另外,管孔边缘的锐边和毛刺也应刮除。管子经修磨后,尺寸应在允许偏差范围内。

⑥ 对清理的管子和管孔进行尺寸测量,将个别尺寸偏大或偏小的进行编号、分类,以便于选配(直径偏大的管子选配偏大的管孔)。经选配后,便能得到比较合理的间隙,因而保证了胀接质量。

2. 管子初胀

在胀接过程中,有时不能做到一次全部胀好,所以,一般要分两次进行,先初胀后复胀。管子初胀时,将清理好的管子深入管孔内,将管固定在管子托架 2 上,如图 5-51 所示。将管板靠在挡板 3 上,使之与底板 1 垂直。由于托架 2 与底板 1 平行,所以,这时管与板垂直,然后用定尺样板检查管露出板的尺寸是否符合要求。当符合要求后,紧固托架的固定螺钉 4 使管子固定。将胀管器涂好黄油或二号全损耗系统用油,放入管内进行胀管,当管子不再在管孔内晃动后,用小锤击打,若不出现重响时,证明管与孔壁贴紧无间隙,然后再适当胀大 0.2 ~ 0.3mm,这样就达到了初胀的要求。

3. 复胀和扳边

管子经初胀后,各处尺寸基本固定,然后进行复胀。初胀结束后,仍需防止接合面再次被氧化的可能性,故初胀与复胀的间隔时间也应尽可能地缩短。



复胀是将已经初胀的管接头再次进行胀紧,达到规定的胀接率。若管端还需扳边时,可采用前进式扳边胀管器进行,这样使胀紧和扳边工作同时完成,将管端扩成需要的喇叭形。

4. 胀接顺序和胀紧程度的确定

胀接顺序也是应注意的问题,胀接顺序如图 7-52 所示。

胀接时管子的胀紧程度必须控制在一定范围内,不足或过量都不能保证胀接质量。适宜的胀紧程度与管子的材质、直径及厚度有关,以管子小径增大率和减薄率来衡量。

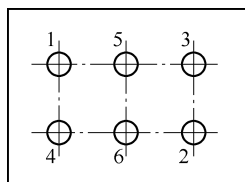


图 7-52 胀接顺序

小径增大率 H 的计算公式:

$$H = \frac{(D'_n - D_n) - (D_0 - D_w)}{D_0}$$

管壁减薄率 ε 的计算公式:

$$\varepsilon = \frac{(D'_n - D_n) - (D_0 - D_w)}{2\delta} \times 100\%$$

式中 H ——管子小径增大率(%) ;

ε ——管壁减薄率(%) ;

D_n ——胀接前管子小径(mm) ;

D'_n ——胀接后管子小径(mm) ;

δ ——胀接前管子壁厚(mm) ;

D_0 ——管板孔小径(mm) ;

D_w ——胀接前管子大径(mm)。

为了得到良好的胀接接头,在胀接时,管子的膨胀量必须控制在一定范围内。当膨胀量不足时,不能保证接头的胀接强度和密封性。若膨胀过量,使管孔四周过分地胀大而失去弹性,对管子没有足够的径向压力,造成密封性和胀接强度相应降低,所以欠胀和过胀都不能保证质量要求。一般情况下管子小径增大率 $H=1\% \sim 3\%$,管壁减薄率 $\varepsilon=4\% \sim 8\%$ 。

在实际中,可凭手臂感觉的力量,或者听胀管器发出的声响及观察管子变形程度确定是否达到要求。另外,观察板孔的周围氧化层裂纹剥落现象,这时说明胀紧程度已达到要求(凭经验才能准确判断),所以操作时,一定多注意观察,积累经验。

四、影响胀接质量的因素

胀接质量与管子和管板之间的间隙、接触面情况、材质等因素有关。



图 7-53 所示为有缺陷的接头。

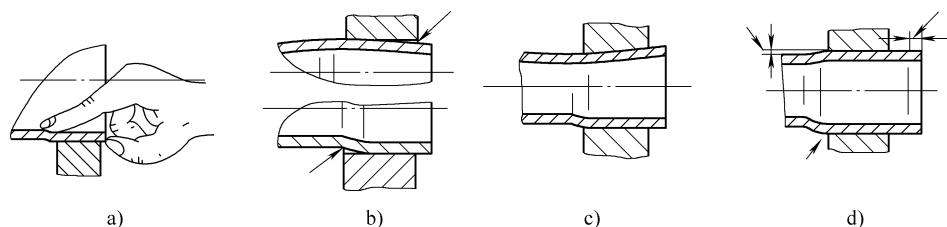


图 7-53 有缺陷的接头

a) 接头未胀牢 b) 接头有间隙 c) 接头胀偏 d) 接头过胀, 管端伸出过长

1. 管子与管板孔之间的间隙

若间隙过大会降低胀紧程度, 影响连接强度; 若间隙过小会给装配带来困难。所以, 管子和管板孔都必须进行尺寸测量, 以选配合适的间隙。

管子端部经退火处理后, 须打磨露出金属光泽后方可使用。最大允许间隙与管径和工作压力有关, 见表 7-5。

表 7-5 管子与管板孔之间最大允许间隙 (单位: mm)

工作压力/MPa	管子大径/mm							
	32	38	51	60	76	83	102	108
低于 0.3	1.2	1.4	1.5	1.5	2	2.2	2.6	3
高于 0.3	1	1	1.2	1.2	1.5	1.8	2	2

2. 管端伸出长度

管端伸出管板的长度太短, 会影响胀接后的板边质量; 管端伸出太长, 会增加介质的流动阻力, 容易引起腐蚀, 所以管端伸出管板要有合理的长度。合理的管端伸出长度见表 7-6。

表 7-6 管端伸出长度 (单位: mm)

管子外径 管端伸出量	38	51	60	76	83	102
正常	9	11	11	12	12	15
最小	6	7	7	8	9	9
最大	12	15	15	15	18	18

3. 管壁和管孔壁表面粗糙度

表面粗糙度合适与否直接影响到胀接强度和密封性能。若表面太粗糙, 则密封性能减弱; 太光洁, 会降低连接强度。一般管孔表面应进行精钻或铰孔加工,



管子胀接端外表面进行粗抛光或用中粗砂布打磨。

第四节 咬 接

一、咬缝的连接形式

将薄板的边缘相互折转扣合压紧的连接方法称为咬缝，又名锁接。咬缝连接方便，操作简单，不需要特殊设备和加热，具有一定的连接强度和密封性，是薄板制件常用的连接方法之一。

咬缝根据结构连接的需要有多种连接形式，如图 7-54 所示。图 7-54a ~ 图 7-54c 为平式单咬缝，平式咬缝具有一定的连接强度，操作方便，所以一般薄板结构的平连接均采用平式单咬缝。由于结构的要求不同，可将平式单咬缝加工成外平口（见图 7-54b）或内平口（见图 7-54c），如火炉烟囱圆管需要插入其他零件内，要求外面平滑，此时应将连接处的接缝制成外平口；如盆、桶等接缝，要求内壁平滑，则应将接缝加工成内平口。图 7-54d 和图 7-54e 所示为立式单咬缝和立式双咬缝，该种咬缝具有较高的连接强度和刚度，常用于大直径多节弯管及管道的连接。

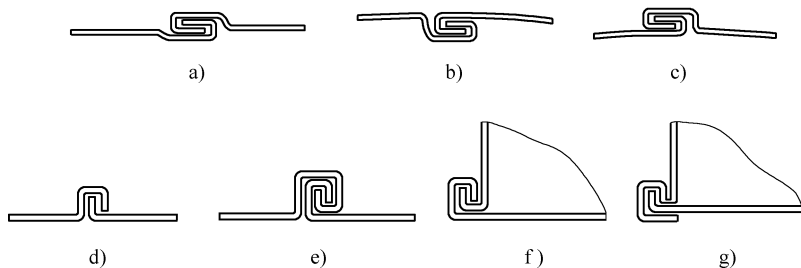


图 7-54 咬缝形式

a)、b)、c) 平式单咬缝 d)、e) 立式咬缝 f)、g) 角咬缝

图 7-54f 所示为双折角咬缝，它具有较高的连接强度，常用于盆、桶底部的连接，以及矩形管的角连接等。

图 7-54g 所示为外包角咬缝，它外表平整，刚度好，连接时不需要内衬铁，操作方便，适用于矩形弯管、各种罩壳以及内部无法放置衬铁结构的角连接。

二、咬缝的咬接工艺

咬缝的咬接通常是手工操作，一般制作步骤如下：



- 1) 根据咬缝形式计算咬缝余量。
- 2) 在板边划出咬缝弯曲线。
- 3) 按弯曲线折弯板边。
- 4) 将两边扣合并压紧, 完成咬接。

1. 平式单咬缝的咬接

平式单咬缝一般用于 $0.2 \sim 1.5\text{mm}$ 板料的连接, 其咬缝宽度随板料厚度而定。当板料厚度在 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 时, 咬缝宽度取 $3 \sim 5\text{mm}$; 当板料厚度在 $0.75 \sim 1.5\text{mm}$ 时, 咬缝宽度在 $5 \sim 8\text{mm}$ 之间。平式单咬缝余量等于咬缝宽度的 3 倍。其咬接过程如下:

1) 根据板厚确定咬缝宽度, 并放出为咬缝宽度 3 倍的咬接余量。

2) 在板边划出咬缝折弯线 (一板边为咬缝宽度; 另一板边为咬缝宽度的 2 倍)。

3) 将板边的弯曲线对准方杠的棱角或平台边棱, 用木拍敲击折弯成直角, 如图 7-55a 所示。

4) 将板料翻身, 用木拍敲打板边进一步折弯, 如图 7-55b 所示。注意折弯时要留出大于板厚的间隙, 否则另一板边无法插入而不能咬接。

5) 将板料前移略大于折弯板边宽度的距离, 用木拍敲击折弯约 45° , 如图 7-55c 所示。另一板边也用同样方法制作。

6) 将两板边扣合, 并敲击压紧, 如图 7-55d 和图 7-55e 所示。如果要求接缝内平口或外平口, 可采用压缝器压出 (见图 7-56a) 或利用平台、方杠的边缘压出 (见图 7-56b)。

2. 角咬缝的咬接

角咬缝的宽度由板料的厚度来确定, 一般在 $3 \sim 8\text{mm}$ 之间, 薄板取较小值, 厚板则取较大值。角咬缝的咬接余量为咬缝宽度的 3 倍。其操作过程如下:

1) 根据板料的厚度确定咬缝宽度, 放出咬接余量, 在板

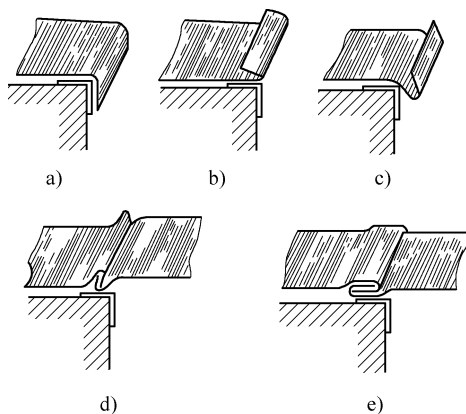


图 7-55 平式单咬缝的咬接

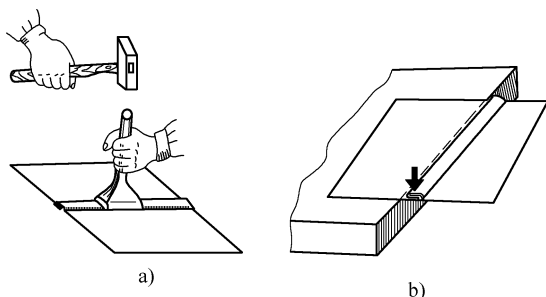


图 7-56 接缝平口的压制



边划出折弯线（一边为咬缝宽度，另一边为咬缝宽度的2倍）。

2) 将折弯线对准平台或方杠棱角，用木拍折弯成直角，然后将板料翻身，用木拍敲击进一步折弯（留出大于板厚的间隙），如图7-57a和图7-57b所示。

3) 将另一板折弯成直角，然后翻身让已折弯的板料挂扣于直边上，如图7-57c所示。

4) 将挂扣的直边部分折弯、压紧，如图7-57d所示。

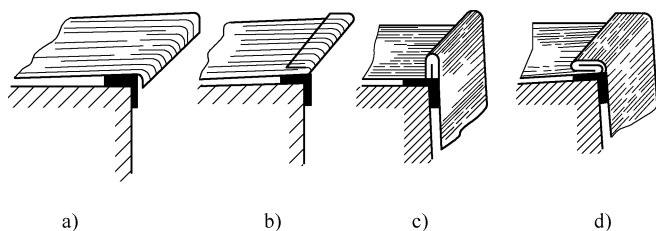


图 7-57 角咬缝的咬接

三、弯管的咬接工艺

1. 两节 90°圆管弯头的制作方法

如图7-58所示，为常用两节90°圆管弯头施工图，用0.5mm镀锌板，纵缝宽6mm，环缝外角及中部采用三、四、五型式单立咬缝，内角采用顶直角，纵缝采用五、五、六型式双抗弧单立咬缝，咬缝类型如图7-59所示。纵缝安排在长、短素线上，此安排的最大好处是能充分节约材料。

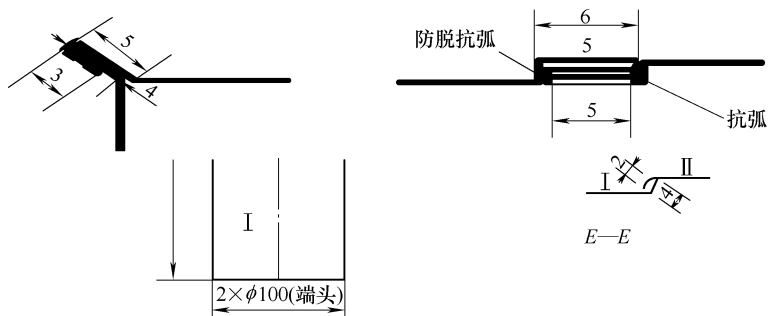


图 7-58 两节 90°弯头

(1) 用料计算 两节90°弯头的用料计算主要是各素线实长和展开长。展开长如图7-60所示。为了方便与直管的套接，一端为设计直径，另一端为设计直径减2mm，周长为6mm，即一个纵缝咬接宽度。

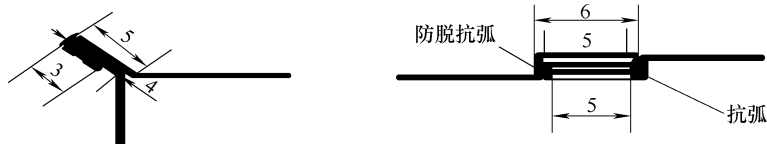


图 7-59 咬缝类型

各素线长

$$l_n = (r \pm r \sin \beta_n) \tan 45^\circ + m$$

式中 r ——圆管半径 (mm);

β_n ——圆周各等分点与同一直径夹角 ($^\circ$);

m ——弯头短边长 (mm)。

$$l_3 = [(50 - 50 \times \sin 30^\circ) \times \tan 45^\circ + 60] \text{ mm} = 85 \text{ mm}$$

$$l_5 = [(50 + 50 \times \sin 30^\circ) \times \tan 45^\circ + 60] \text{ mm} = 135 \text{ mm}$$

同理得:

$$l_2 = 66.7 \text{ mm}, l_6 = 153 \text{ mm}, l_1 = 60 \text{ mm}, l_7 = 160 \text{ mm}, l_4 = 110 \text{ mm}$$

计算展开长

$$S = \pi \times 100 \text{ mm} = 314 \text{ mm}$$

(2) 咬缝方法 如图 7-58 所示, 为两节 90° 圆管弯头的咬合过程和方法, 中间部位圆滑过渡。图中交待较详细, 叙述从略。

2. 常压容器的咬接工艺

水桶是最常见的常压容器, 以水桶为例来进行说明。咬制水桶时一般制成带护圈水桶。所谓带护圈水桶, 是为了解决桶体底部易磨损而减少使用寿命所采用的防护措施, 为适应装护圈的需要, 采用单平单抗弧的咬缝型式。

如图 7-61 所示, 为带护圈水桶的施工图, 从图中可看出, 纵缝采用五、五、六型单平双抗弧咬缝, 封底采用五、六、七型单平单抗弧咬缝。

(1) 用料计算 如图 7-62 所示, 图 7-62a 所示为桶体展开图, 图 7-62b 所示为封底展开图, 对于封底的下料, 最好在桶体底部第一个扳折边扳出后, 实际量取直径尺寸后再下料, 这是因为在桶体的滚鼓、扳折时, 由于所使用的扳折工具不同, 扳折部位都有不同程度的伸长, 与理论计算数据总有误差。

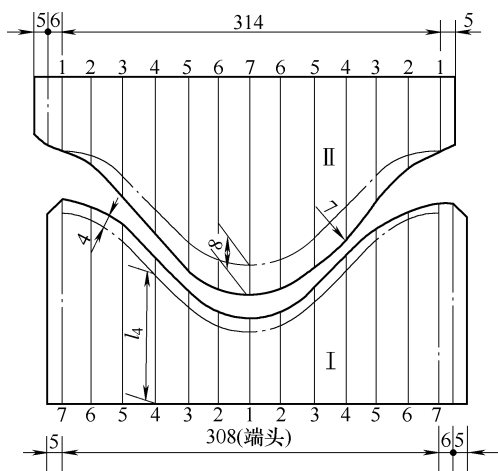


图 7-60 展开图

I —咬边量平行弧线 4mm

II —咬边量从中间 8mm 渐缩至零



同理,护圈的下料也应在咬缝成形后,实际量取外周长和高度再决定下料尺寸,这样才能保证护圈与桶体的配合紧度。

1) 桶体净展开长 $= \pi \times 280\text{mm} = 880\text{mm}$

2) 卷丝展开长 $s = \left[\frac{3}{4} \pi \times (4 + 0.75) + 2 \right] \text{mm}$

$= 13\text{mm}$

(2) 咬缝方法

1) 桶体加工抗弧。如图 7-63 所示,为桶体加工抗弧过程,利用薄板滚鼓器滚出抗弧,若无滚鼓器时,可用弧状圆钢手工槽出。

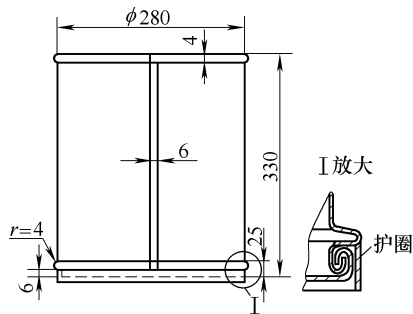


图 7-61 带护圈水桶

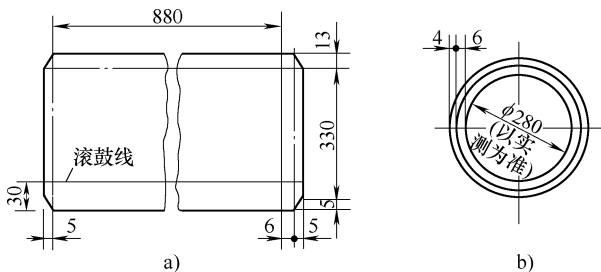


图 7-62 展开图

a) 桶体展开图 b) 封底展开图

2) 桶体第一次折边方法。如图 7-64 所示,为桶体第一次折边过程和方法,为了能容下抗弧,要选择有凹槽的铁砧。

3) 封底第一次折边方法。如图 7-65 所示,为封底第一次折边过程和方法,叙述略。

4) 封底与桶体的咬合方法。如图 7-66 所示,为封底与桶体的咬合过程和方法,这里主要分析两个问题:

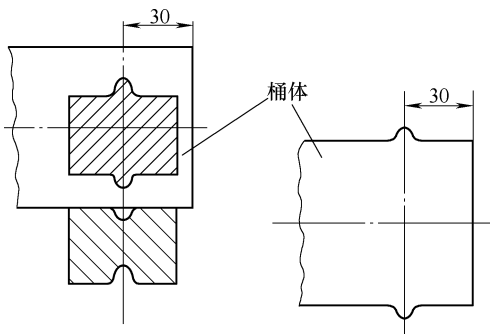


图 7-63 桶体滚鼓过程

① 如图 7-66d 和图 7-66f 所示,封底与桶体最后咬合时,不要用带 45° 的长条规铁,用这种规铁因接触面积小会将封底顶出,成形后封底与桶体会有间隙;要用有正断面的圆管或圆钢,因有弧度和接触面积大,能保证封底与桶体紧贴。

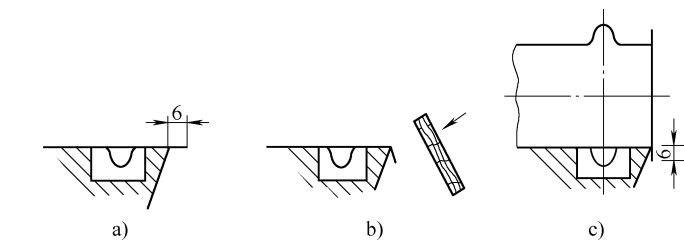


图 7-64 桶体第一次折边方法

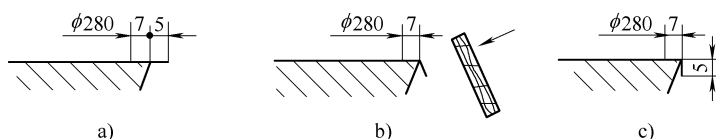


图 7-65 封底扳边过程和方法

② 如图 7-66e 所示, 当最后扳至约 45° 时, 由于三层同时扳折, 内层会起纵向折皱, 若不设法将折皱压平, 成形后会出现三种缺陷: 咬缝宽度不一致; 咬缝不严密; 折皱将桶体顶向内腔。用无齿手钳压平后, 可消除上述缺陷, 此时抹入泥子, 便可继续往下扳折至成形。

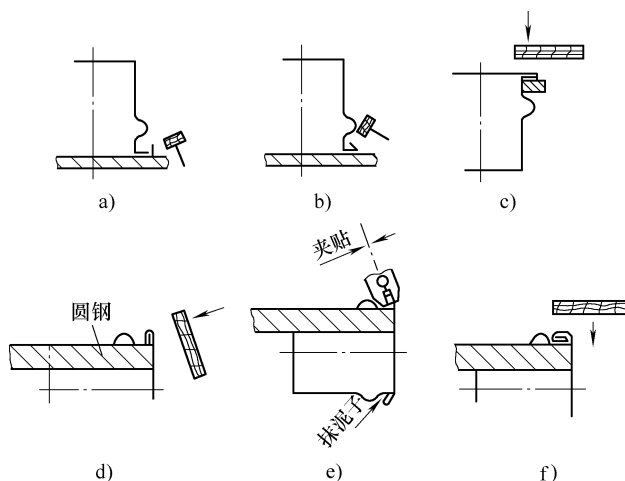


图 7-66 封底与桶体的咬合过程和方法

第五节 螺纹联接

一、螺纹联接的防松措施

一般的螺纹联接都具有自锁性能, 在受静载荷和工作温度变化不大时, 不会



自行松脱。但在受冲击、振动或变载荷作用下及工作温度变化很大时,这种连接有可能自松。为了保证螺纹连接安全、可靠,避免松脱而发生事故,必须采取有效的防松措施。常用的防松措施有增大摩擦力和机械防松两类。

1. 增大摩擦力的防松措施

这种措施主要利用弹簧垫圈和双螺母两种方法,如图 7-67 所示。这两种方法,都能使拧紧的螺纹之间产生不因外载荷而变化的轴向压力,因此始终有摩擦阻力防止连接松脱。但这两种方法不十分可靠,所以,多用于冲击和振动较小的场合。

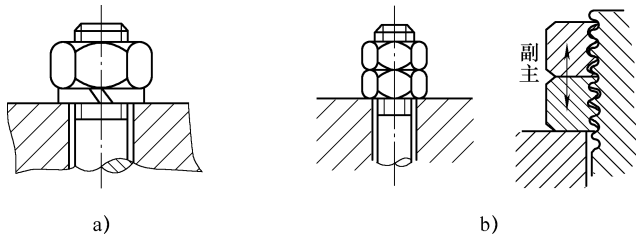


图 7-67 增大摩擦力的防松措施

a) 弹簧垫圈 b) 双螺母

2. 机械防松

(1) 开口销防松 将开口销穿过拧紧螺母上的槽和螺栓上的孔后,将尾端扳开,使螺母与螺栓不能相对转动,如图 7-68a 所示,从而达到防松目的。这种防松措施常用于有振动的高速机械。

(2) 止退垫圈防松 将止退垫圈内翅嵌入外螺纹零件端部的轴向槽内,拧紧圆螺母,再将垫圈的一外翅弯入螺母的一槽内,螺母即被锁住,如图 7-68b 所示。这种垫圈常用于轴类螺纹连接的防松。

(3) 止动垫圈防松 螺母拧紧后,将止动垫圈上单耳或双耳折弯,分别与零件和螺母的边缘贴紧,防止螺母固松,如图 7-68c 所示。它只能用于连接位置有容纳弯耳的地方。

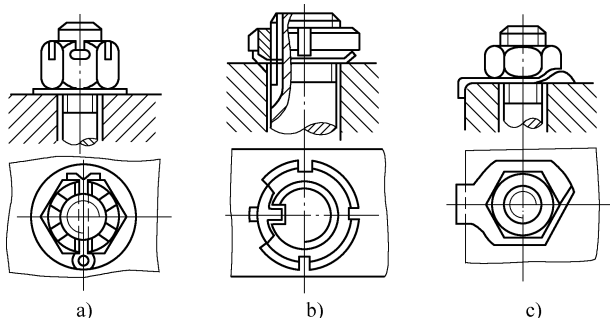


图 7-68 机械防松措施

a) 开口销防松 b) 止退垫圈防松 c) 止动垫圈防松



二、螺纹联接力矩控制方法

螺纹联接要保证有一定的拧紧力矩,绝大多数的螺纹联接在装配时都要预紧,以保证螺纹副具有一定的摩擦阻力矩,目的在于增强连接的刚度、紧密性和防松能力等。所以在螺纹联接装配时应保证有一定的拧紧力矩,使螺纹副产生足够的预紧力。

拧紧力矩的大小,与螺纹联接件材料预紧应力的的大小及螺纹直径有关,一般规定预紧应力不得大于其材料屈服点 σ_s 的 80%。对于规定预紧力的螺纹联接,常用控制转矩法、控制螺纹弹性伸长法和控制螺母扭角法来保证预紧力的准确性。对于预紧力无严格要求的螺纹联接,可使用普通扳手、气动扳手或电动扳手拧紧,凭操作者的经验来判断预紧力是否适当。

下面介绍三种控制预紧力的方法。

1. 控制转矩法

可使用指针式扭力扳手,使预紧力达到给定值。图 7-69 所示为指针式扭力扳手。它有一个长的弹性扳手杆,一端装着手柄 1,另一端装有带四方头或六角头的柱体,四方头或六角头上套装一个可更换的套筒,用钢球 4 卡住。在柱体 3 上还装有一个长指针 2,刻度板 7 固定在柄座上,刻度单位为 $\text{N} \cdot \text{m}$ 。在工作时,扳手弹性杆 5 和刻度板 7 一起随旋转的方向位移,因此指针尖 6 就在刻度板 7 上指出拧紧力矩的大小。

2. 控制螺栓弹性伸长法

如图 7-70 所示,螺母拧紧前,螺栓的原始长度为 L_1 ,根据预紧力拧紧后,螺栓的长度变为 L_2 ,测定 L_1 和 L_2 的弹性伸长量,即可计算出拧紧力矩的大小,此法精度虽高,但不便于生产中应用。

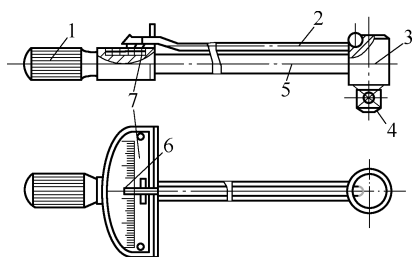


图 7-69 指针式扭力扳手

1—手柄 2—长指针 3—柱体 4—钢球
5—扳手弹性杆 6—指针尖 7—刻度板

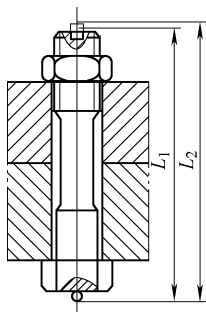


图 7-70 螺栓伸长量的测量



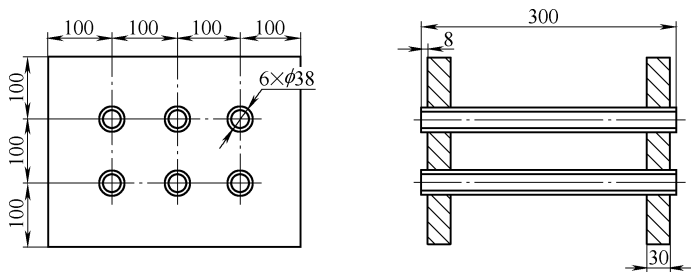
3. 控制螺母扭角法

此法的原理和测量螺栓弹性伸长法相似，即在螺母拧紧到各被联接件消除间隙时，测得扭转角 ϕ_1 ，然后再拧紧一个扭转角 ϕ_2 ，通过测量 ϕ_1 和 ϕ_2 来确定预紧力。此法在有自动旋转设备时，可得到较高精度的预紧力。一般工人的最大扳力一般为 400 ~ 600N，正常扳力约为 300N。

第六节 连接技能训练实例

• 训练 胀接

如图 7-71 所示胀接工件图



技术要求

1. 保证胀接的牢固性，不得有松动现象。
2. 不得出现过胀现象，不得出现管子胀裂。

图 7-71 胀接工件图

1. 操作前准备

- (1) 工具 锉刀、卷尺、錾子、钻头、定尺样板、胀管支架、手锤等。
- (2) 备料 Q235A 钢板， $\delta = 30\text{mm}$ ；G38X3。
- (3) 设备 立钻、胀管器、气割设备等。

2. 操作要求

- 1) 识读工件图样，进行简单的工艺分析。
- 2) 合理选择钻孔直径、胀接工艺。
- 3) 按要求胀接工件。
- 4) 操作时间为 240min。

3. 操作工艺

(1) 准备工作

- 1) 工具准备：准备胀管器、定尺样板、胀管支架、手锤等。



胀管器根据被胀接材料和特点,选择前进式胀管器;根据被胀接件管及板的尺寸,制作管端露出板面距离的尺寸长度定尺样板,管子露出板面的距离为8mm,样板如图7-72所示;为了在胀接时,工件得到稳定的固定,应制作胀管支架(见图7-73),将两个管子托架焊在水平钢板上,两个托架应处于水平位置。托架的高度应满足胀接操作的方便。一般托架的高度取1000~1200mm。

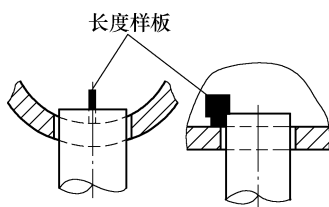


图 7-72 定尺样板

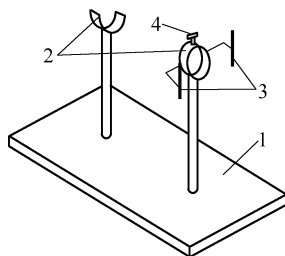


图 7-73 胀管支架

1—底板 2—托架 3—挡板 4—固定螺钉

2) 材料准备

① 钢板。胀接的结构形式有光孔胀接和开槽胀接两种。由于实际情况,这里采用光孔胀接;先按工件图7-71所示的尺寸下料,后按图中尺寸进行钻孔。孔的直径应小于管子外径1~2mm,由于钻孔的精度只能达到5~6级,不能满足胀接的要求,钻的孔应钻得小些,然后再用铰刀进行铰孔,以提高孔内壁的精度,孔内壁的精度应为6~7级。

② 钢管。按图7-71中给定的钢管尺寸下料。在胀接过程中,要求管子产生较大的塑性变形,而使管孔壁仅产生弹性变形,同时管端在扳边或翻边时不产生裂纹,因此要求管子端部硬度必须低于管孔壁的硬度。当胀接管子的硬度高于管板的硬度,或管子硬度大于170HBW时,应进行低温退火处理,以降低其硬度,提高塑性。退火温度,对碳钢管取600~650℃,合金钢管取650~700℃。

管子的退火长度,一般取管板厚度加100mm,退火时,将管子的另一端堵住,以防止因空气对流而影响加热。在加热过程中,还应该经常转动管子,使整个圆周受热均匀,避免局部过热。保温时间为10~15min,将取出后的管子埋在温热的干砂、石棉或硅藻土等保温材料中,进行缓冷,待冷却到50~60℃后取出空冷。

注意:退火温度不能超过其上限,以免降低管子金属的抗拉强度,影响胀接接头的强度。另外,加热用的燃料,不能采用含硫量较高的烟煤,以免硫使管子金属产生脆性。

3) 检查和清理管孔及管端。管子与管孔壁之间,不能有杂物存在,否则胀接后不但影响胀接强度,而且也很难保证接头的严密性。因此在胀接前,必须对



管端及管孔加以清理。

清除管孔上的尘土、水分、油污及锈蚀等时，可先用纱头或废布将尘土、水及油污擦净，然后再用砂布沿管子圆周方向打磨，直至全部呈现金属光泽为止。同时不允许有锈斑和纵向贯穿的刻痕及两端延伸到壁外的环向螺旋形刻痕的存在。另外，管孔边缘的锐边和毛刺也应刮除。管子经修磨后，尺寸应在允许偏差范围内。

对清理的管子及管孔进行尺寸测量，将个别尺寸偏大或偏小的进行编号、分类，以便于选配（直径偏大的管子选配偏大的管孔）。经选配后，便能得到比较合理的间隙，因而保证了胀接质量。

(2) 管子初胀 在胀接过程中，有时不能做到一次全部胀好，所以，一般要分两次进行，先初胀后复胀。管子初胀时，将清理好的管子深入管孔内，将管固定在管子托架 2 上（见图 7-73），将管板靠在挡板 3 上，使之与底板 1 垂直。由于托架 2 与底板 1 平行，所以，这时管与板垂直，然后用定尺样板检查管露出板的尺寸是否符合要求。当符合要求后，紧固托架的固定螺钉 4 使管子固定。将胀管器涂好黄油或二号机油，放入管内进行胀管，当管子不再在管孔内晃动后，用小锤击打，若不出现重响时，证明管与孔壁贴紧无间隙，然后再适当胀大 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ ，这样就达到了初胀的要求。

(3) 复胀和扳边 管子经初胀后，各处尺寸基本固定，然后进行复胀。初胀结束后，仍需防止接合面再次被氧化的可能性，故初胀与复胀的间隔时间也应尽可能地缩短。

复胀是将已经初胀的管接头再次进行胀紧，达到规定的胀接率。若管端还需扳边时，可采用前进式扳边胀管器进行上 这样使胀紧和扳边工作同时完成，将管端扩成需要的喇叭形。

(4) 胀紧程度的控制 胀紧程度应控制在一定的范围，膨胀量不足和过胀都会影响接头的强度及密封性。胀紧量在工艺教材中已有详细的介绍，这里不做重复。在实际中，可凭手臂感觉的力量，或者听胀管器发出的声响及观察管子变形程度确定是否达到要求。另外，观察板孔的周围氧化层裂纹剥落现象，这时说明胀紧程度已达到要求。

(5) 胀接顺序 胀接顺序如图 7-74 所示。

(6) 胀接的质量检验

- 1) 检查胀紧的程度是否符合要求。
- 2) 检查管子与管板孔之间是否存在间隙。
- 3) 检查管子伸出的长度是否符合要求。

(7) 清理检查文件 加工完毕检查工号等填写是否标准，清理场地后交件。

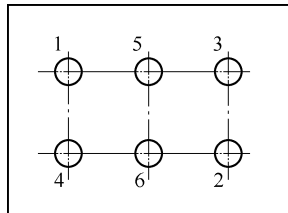


图 7-74 胀接顺序



复习思考题

一、选择题

1. 通过增大主回路()来获得下降特性的是交流焊机。
A. 电阻值 B. 电磁 C. 电流量 D. 电感量
2. 焊条焊芯的作用是作为电极产生()。
A. 电压 B. 电流 C. 电弧 D. 电阻
3. 焊条药皮的作用是起冶金处理的作用和()。
A. 保温作用 B. 机械保护作用 C. 阻挡弧光作用 D. 保护焊道作用
4. 受潮的酸性焊条焊前烘干温度()℃左右,时间1~2h。
A. 150 B. 140 C. 120 D. 100
5. 立焊时应采用()焊条和小的焊接电流。
A. 小直径 B. 大直径 C. 酸性 D. 碱性
6. 通过()、机械压缩、磁收缩可以形成等离子弧。
A. 电弧压缩 B. 电弧收缩 C. 热收缩 D. 冷收缩
7. 碱性焊条焊前须经()℃左右烘焙1~2h。
A. 300 B. 250 C. 250~400 D. 400~450
8. 对含有纤维素的焊条的烘焙温度控制在()℃。
A. 120~140 B. 100~120 C. 150 D. 120
9. 对含氢量有特殊要求的碱性焊条烘焙温度提高到()℃。
A. 400~450 B. 250~450 C. 300~400 D. 300
10. 采用()和小的焊接电流是立焊时的焊接参数。
A. 碱性焊条 B. 酸性焊条 C. 小直径焊条 D. 大直径焊条
11. 交流弧焊机输出端正负极之分,焊接时()。
A. 不会产生磁偏吹 B. 会产生磁偏吹 C. 电流稳定 D. 电流不稳定
12. 利用()使配气活门上下形成压差,从而活塞上下运动进行锤击是铆钉枪的工作原理。
A. 压缩空气 B. 氧气 C. 氯气 D. 惰性气体
13. 一般根据构件的()来选择铆钉直径。
A. 硬度 B. 宽度 C. 强度 D. 厚度
14. 铆钉直径小于()mm时常用手工冷铆。
A. 6 B. 7 C. 8 D. 9
15. ()是拉铆的主要材料。
A. 铁铆钉 B. 抽芯铆钉 C. 空心铆钉 D. 半圆头钉
16. 铆钉的加热温度()℃时一般用铆钉枪热铆。
A. 800~1100 B. 1000~1100 C. 900~1100 D. 800~1000
17. 铆接时通过活塞上下运动产生冲击力、锤击()进行铆接。



- A. 铆钉 B. 冲头 C. 棱具 D. 罩模
18. 被铆工件的总厚度不应超过铆钉直径的 () 倍。
A. 3 B. 4 C. 5 D. 6
19. 铆钉直径一般根据构件的 () 来选择。
A. 厚度 B. 承受能力 C. 截面 D. 强度
20. 铆钉直径小于 () mm 时常用铆接机冷铆。
A. 30 B. 10 C. 15 D. 25
21. 铆钉的加热温度在 () $^{\circ}\text{C}$ 范围之内时一般用铆接机热铆。
A. 600 ~ 650 B. 650 ~ 670 C. 650 ~ 700 D. 650 ~ 750
22. 直角弯管咬接时, 弯管中心线的内侧处用弯边勾住, 外侧采用 ()。
A. 拔缘 B. 复合咬缝 C. 咬缝连接 D. 角咬缝
23. 常用容器连接的咬缝不但要求一定的密封性、还要求咬缝的 ()。
A. 塑性 B. 刚度 C. 强度 D. 韧性
24. 机架、液压缸、()、活塞组成铆接机的基本结构。
A. 密封圈和弹簧 B. 罩模和顶模 C. 管接头和罩模 D. 密封圈和管接头
25. 咬接余量为咬缝宽度的 () 倍是平式双咬缝。
A. 5 B. 6 C. 7 D. 8
26. 咬接余量为咬缝宽度的 () 倍一般是复合角咬缝。
A. 4 B. 5 C. 6 D. 7
27. 同一直径的铆钉在同一构件上铆接时不能超过 () 种。
A. 2 B. 5 C. 3 D. 6
28. 一般复合角咬缝的咬接余量是咬缝宽度的 () 倍。
A. 1 B. 4 C. 8 D. 2
29. 螺纹联接一般都具有 ()。
A. 互模性 B. 加紧性 C. 自松性 D. 自锁性
30. 螺纹联接的常用防松措施是增大摩擦力和 ()。
A. 机械防松、弹簧垫圈 B. 机械防松、双螺母
C. 止动垫圈、双螺母 D. 机械防松、不可拆
31. 螺母拧紧后依靠弹簧垫圈压平后产生的弹力, 使连接件轴向张紧, 产生 (), 是弹簧垫圈的工作原理。
A. 摩擦阻力 B. 压力 C. 弹性压力 D. 偏转力
32. 常用螺纹联接增大摩擦力的防松措施有加 () 和双螺母。
A. 垫圈 B. 弹簧垫圈 C. 止退垫圈 D. 开口销

二、判断题

1. () 焊条焊芯的作用是熔化后作为填充金属。
2. () 碱性焊条焊前须经 300°C 左右烘焙 $1 \sim 2\text{h}$ 。
3. () 采用大直径焊条和小的电流是立焊时的焊接参数。
4. () 等离子弧是通过机械压缩、冷收缩、磁收缩而形成的。



5. () 等离子弧是通过机械压缩、电弧收缩、磁收缩而形成的。
6. () 焊条药皮的作用只是起隔离空气的作用。
7. () 用手工冷铆时铆钉直径应小于 6mm。
8. () 用手工冷铆时铆钉直径应小于 7mm。
9. () 拉铆的主要材料是铆钉。
10. () 利用压缩空气使配气活门上下形成压差, 从而活塞上下运动进行锤击是铆钉枪的工作原理。
11. () 用铆接机冷铆时, 铆钉直径最大不超过 20 mm。
12. () 复合角咬缝的咬接余量一般是咬缝宽度的 3 倍。
13. () 一般的螺纹联接都具有夹紧性。
14. () 螺母拧紧后依靠弹簧垫圈压平后产生的弹力, 产生摩擦力, 达到防松目的。
15. () 机械防松是利用各种止动零件, 阻止螺纹零件的相对转动来实现防松。

第八章

检 验



学习目标

1. 能正确选择测量基准并制作检验样板、样杆。
2. 能根据质量标准及技术要求对构件进行形状、尺寸的质量检验。
3. 能按技术要求对构件焊缝进行外观检验。

第一节 构件质量检验

在冷作钣金的制造中，其结构件的尺寸公差、形状和位置的检验是一道重要工序。尺寸公差、形状和位置的准确程度不仅会影响组装和总装的正常进行，还可能因连接等问题影响到产品的经济性、安全性和使用寿命。因此，在制造中必须严格遵守工艺规程，并对各道工序进行质量检验。

产品质量的检验又是多方面的，在冷作钣金生产过程中，外部检验一般通过线性尺寸，角度，内、外形状及位置等的检测，对结构件进行检验；而内部检验通常采用非破坏性检验方法，如水压检验、超声波检查、X 射线检查等对构件进行检验。

在生产实践中，由于存在着加工误差和测量误差，因此，结构件不可能准确地加工成所指定的尺寸和形状，总是存在着尺寸和形状等偏差。如果根据产品的性能和使用等要求，将偏差限定在一定的范围，即构成了公差。

在生产加工中，对工件的尺寸、形状和位置都限定了偏差允许变化的范围，即尺寸、形状和位置公差，它是衡量产品质量的重要指标之一，对保证产品质量和产品的工作精度、运动平稳性和使用寿命等都有很大的影响。不同的等级要求和不同的加工方法所允许的偏差是不同的。



产品的检验按工艺程序又可以分为施工前的检验、中间检验和最终检验。一般施工前的检验是对原材料的化学成分、力学性能等方面的检验,中间检验和最终检验是对焊接缺陷、产品结构和压力等的检验。

一、测量基准的选择方法

测量中,为衡量被测点、线、面的尺寸和位置精度而选作依据的点、线、面,称为测量基准。一般情况下,多以定位基准作为测量基准。图 8-1 所示圆锥台漏斗上小法兰盘的装配是以 M 面为定位基准,测量尺寸 b 时,又可以 M 面作为测量基准。这样,在这个小法兰盘的装配中,设计基准、定位基准、测量基准三者合一,可以有效地减小装配误差。

当以定位基准作测量基准不利于保证测量的精确度或不便于测量操作时,应本着能使测量准确、操作方便的原则,重新选择合适的点、线、面作为测量基准。图 8-2 中所示的工形梁,其腹板平面是腹板与翼板垂直定位的基准,但以此平面作为测量基准,去测量腹板与翼板的垂直度,较不方便。也不利于获得精确的测量值。这时,若按图 8-2 中所采用的装配平台作为测量基准,则既容易进行测量,又能保证测量结果的准确性。有时我们还可以在号料时,预先在零件上留出装配测量基准线,以备装配时使用。如图 8-3 所示,即为利用预留的测量基准线进行圆筒纵缝对接的情形。装配时,只需测量两基准线之间的距离,即可保证圆筒纵缝的正确对接。

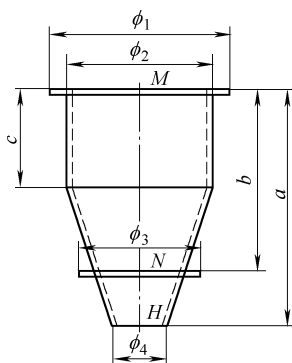


图 8-1 圆锥台漏斗

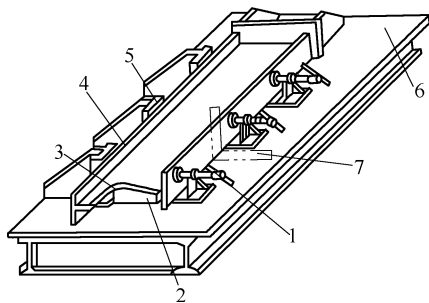


图 8-2 工形梁的装配

1—调节螺杆 2—垫块 3—腹板
4—翼板 5—挡板 6—平台 7—直角尺

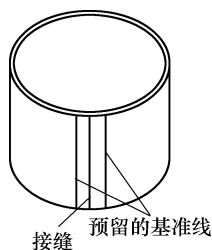


图 8-3 圆筒装配预留测量基准线



二、平面度的检测方法

在零件的加工的制造过程中,平面度就客观地存在着。平面度公差是指实际被测平面对理想平面的允许变动量。测得平面度误差在其公差带范围内时,认为该零件为合格零件。检测平面度常用以下几种方法:

1. 间隙法

间隙法测量平面度误差是指用刀口尺或平尺在实际被测平面上沿多个方向测量直线度误差。测量截面图如图 8-4 所示。取测得的各截面轮廓的直线度误差值中的最大值作为被测平面的平面度误差值。间隙法适用于小平面的测量。

2. 测微仪测量法

如图 8-5 所示,用 3 个可调支承将被测件支撑在标准平板上,用测微仪指示。调整可调支承,用三点法或四点法进行测量。三点法是在被测平面上选取相距尽量远的 3 点,调整可调支承使这 3 点与标准平板等高;四点法是调整可调支承使这两对角线与标准平板平行。然后用测微仪读出被测表面上各点的最大与最小读数之差作为平面度误差值的测量结果。因受标准平板的精度和尺寸的限制,所以可用于在车间检测较低精度、中等尺寸的工件。

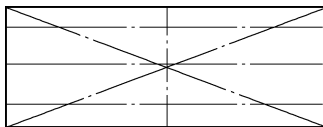


图 8-4 测量截面布置

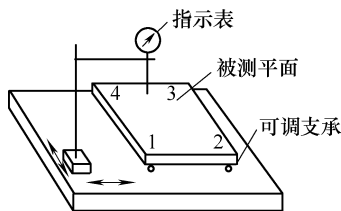


图 8-5 测微表法光轴法

如图 8-6 所示,光轴法测量平面度误差是利用准直类仪器 2,以它的光轴经转向棱镜 3 扫描的平面作为测量基准,将瞄准靶 1 放置在实际被测平面 4 上,接选定的布点,测出各测点相对于该测量基准的偏离量,再经数据处理评定平面度误差值。

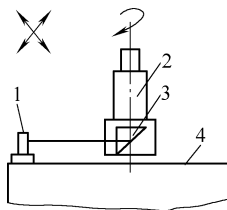


图 8-6 光轴法测量平面度误差

1—瞄准靶 2—准直仪
3—转向棱镜 4—被测平面

仪器可以安放在被测平面上,也可以安放在被测平面的外边。测量时,先调整被测平面上任意三远点分别至测量基准的距离相等或大致相等,然后将扫描靶逐点移动到选定的测点上进行测量,同时记录各测点的示值(即各测点相对于测量基准的 Z 坐标值)。再把这些数值进行数据处理以评定平面度误差值。光轴法适用于测量平面度公差等级不高的大平面。



3. 平晶干涉法

干涉法测量平面度误差,是把平晶放在它能覆盖的整个被测平面上,用平晶工作面体现理想平面,根据测量时出现的干涉条纹形状和数目,由计算所得的结果作为平面度误差值。这种测量方法只适用于测量精研小平面及小光学元件。

除上面介绍的几种方法外,测量平面度的方法还包括液面法、自准直仪测量法、水平仪法、跨步仪测量、表桥测量法等。因此,如果要得到被测实际表面的平面度误差,必须首先得到实际表面的原始数据,最根本的问题就是从中要找出其基准平面,再通过比较得出相应的平面度误差。

三、垂直度的检测方法

垂直度是指零件上被测的直线(或面),相对于测量基准线(或面)的垂直程度。垂直度是装配中常见的测量项目,很多产品都对其有严格的要求。例如,高压电架线铁塔呈棱锥形的结构往往由多节组成,装配时,技术要求的重点是每节两端面与中心线垂直,只有每节的垂直度符合技术要求之后,才可能保证总体安装的垂直度。

测量垂直度通常是利用直角尺直接测量,如图8-7所示,当基准面和被测面分别与直角尺的两个工作尺面贴合时,说明两面垂直,否则不垂直。使用直角尺测量相对垂直度,简单易行。在使用时不可磕碰,以免损坏直角尺,或因直角尺角度变化而造成测量误差。

使用直角尺测量垂直度时还要注意直角尺的规格与被测面尺寸相适应。当零件的被测面长度远远大于直角尺的长度时,用直角尺测量往往会产生较大的误差,这时可采用辅助线测量法。图8-8a所示为辅助线测量法测量直角,它是用刻度尺作辅助线,在被测面与基准面的垂直断面上,构成一直角三角形,利用“勾股定理”求出辅助线理论长度(斜边长),再去测量实际辅助线。若两者长度相等,说明两面垂直。图8-8b所示为用辅助线测量法去检验一矩形框的四个直角的例子,若两辅助对角线相等($ac = bd$),说明矩形框的四个内角均为直角,即各相邻面互相垂直。

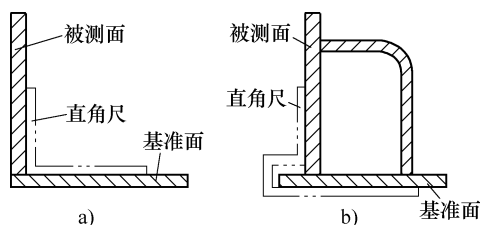


图8-7 用直角尺测量垂直度

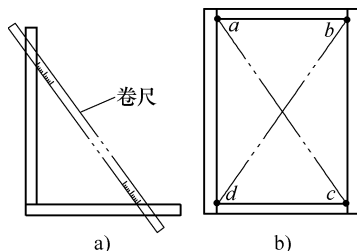


图8-8 利用辅助线测量垂直度



一些桁架类构件某些部位的垂直度难以直接测量时,可采用间接测量法测量。图 8-9 所示为对塔类桁架的一节两端面与中心线垂直度进行间接测量的例子。首先过桁架两端面的中心拉一钢丝,再将其平置于测量基准面上,并使钢丝与基准面平行。然后用直角尺(或其他方法)测量桁架两端面与基准面的垂直度,若桁架两端面垂直于基准面,必同时垂直于桁架中心线,这样就间接测量了桁架两端面与中心线的垂直度。

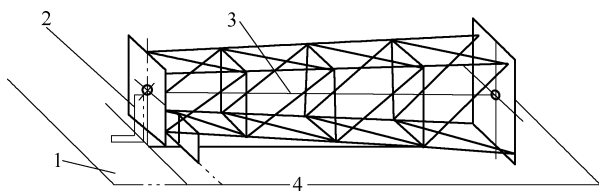


图 8-9 用间接测量法测量相对垂直度图

1—平台 2—直角尺 3—细钢丝 4 直垫板

四、同轴度的检测方法

同轴度是指构件上具有同一轴线的几个零件,装配时其轴线的重合程度。测量同轴度的方法很多,这里举例介绍几种常用的测量方法。图 8-10 所示为由两节圆筒连接而成的长圆筒,测量它的同轴度,可先在各节圆筒的端面,装上临时支承(注意不得使圆筒变形),再在各临时支承上,分别找出圆心位置,并钻出 $\phi 20 \sim \phi 30\text{mm}$ 的孔,然后过长圆筒两外端面的中心拉一钢丝,使其从各端面支撑的孔中通过。这时观察钢丝是否处于各端面上孔的中心位置,若钢丝过各端面中心,说明两节圆筒同轴,否则不同轴,需要调整。

如果每节圆筒的成形误差和尺寸误差都很小,也可采取在圆筒外侧拉钢丝,通过测筒外壁与钢丝的距离或贴合程度,来测量几节圆筒的同轴度,如图 8-11 所示。应用这种方法,至少应在整个圆周上选择三处拉钢丝测量,以保证测量结果的准确。

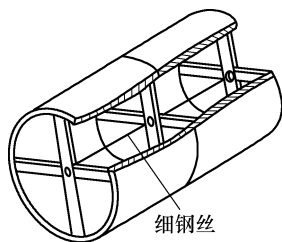


图 8-10 圆筒内拉钢丝测量同轴度

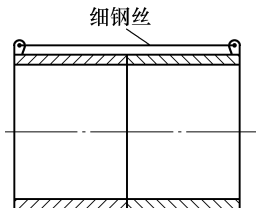


图 8-11 圆筒外拉钢丝测量同轴度



若两节不很长的圆筒相接,也可将大平尺放在接合部位,沿圆筒素线立于圆筒外壁上,根据大平尺与筒外壁的贴合程度,来测量其同轴度,如图 8-12 所示。多节塔类桁架同轴度的测量,可参照上述方法进行。

图 8-13 所示为一双层套筒,测量其同轴度时,先在内筒两端面加上临时支承,并在其上找出圆心位置,然后用尺测量外筒圆周上各点至圆心的距离。如果各测点的圆心距相等,说明内外两圆筒同心。当在套筒两端面测得内、外筒皆同心时,则说明内、外筒同轴。

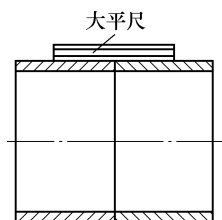


图 8-12 用大平尺测量同轴度图

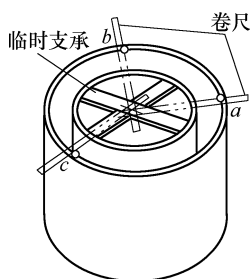


图 8-13 套筒同轴度的测量

如果套筒的装配精度要求不高,也可以通过测量其两端面上内、外筒的间距,来控制套筒的同轴度。

五、角度的检测方法

装配中,通常是利用各种角度样板测量零件间角度。测量时,将角度样板卡在或塞入形成夹角的两零件之间,并使样板与两零件表面同时垂直。再观察样板两边是否与两表面都贴合,若都已贴合,则说明零件角度正确。图 8-14 所示为两个利用角度样板测量零件角度的例子。

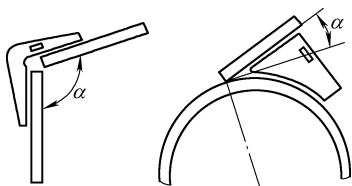


图 8-14 角度的测量

装配测量除上述项目外,还有斜度、挠度、平面度等一些测量项目,都需要装配工采用不同的测量方法,测得准确的结果,以保证装配质量。

还应强调的是,除测量方法外,测量量具的精确、可靠也是保证测量结果准确的重要因素。因此,在装配测量中,还应注意保护量具不受损坏,并经常检验其精度是否符合要求。重要的结构,有时要求装配中始终用同一量具或仪器进行测量。对尺寸较大的钢结构,在制造过程中进行测量时,为保证测量精度,尚需考虑测量点的选择、结构自重和日照等影响。



第二节 焊接质量检验

为了保证焊接结构的完整性、可靠性、安全性和使用性，除了对焊接技术和焊接工艺的要求以外，焊接质量检测也是焊接结构质量管理的重要一环。

一、焊接检测的职能

1. 焊接质量检测的一般步骤

- 1) 明确质量要求。
- 2) 进行项目检测。
- 3) 评定测试结果。
- 4) 报告检验结果。

2. 焊接质量检测的职能

焊接质量检测的职能有以下三方面：

- 1) 质量保证的职能。
- 2) 缺陷预防的职能。
- 3) 结果报告的职能。

二、焊接检测的依据

- 1) 焊接结构设计说明书。
- 2) 焊接技术标准。
- 3) 工艺文件。
- 4) 订货合同。
- 5) 焊接施工图样。
- 6) 焊接质量管理制度。

三、焊接检测方法

焊接检测方法很多，一般可按以下方法分类：

1. 按焊接检测数量分

(1) 抽检 在焊接质量比较稳定的情况下（如自动焊、摩擦焊、氩弧焊等），当焊参数调整好之后，在焊接过程中质量变化不大，比较稳定，可以对焊接接头质量进行抽样检测。

(2) 全检 对所有焊缝或者产进行 100% 的检测。



2. 按焊接检验方法分类

(1) 破坏性检测

1) 力学性能实验。包括拉伸试验、硬度试验、弯曲试验、疲劳试验、冲击试验等。

2) 化学分析试验。包括化学成分分析、腐蚀试验等。

3) 金相检验。包括宏观检验, 微观检验等。

(2) 非破坏性检测

1) 外观检验。包括尺寸检验、几何形状检测、外表伤痕检测等。

2) 耐压试验。包括水压试验和气压试验等。

3) 密封性试验。包括气密试验、载水试验、氨气试验、沉水试验、煤油渗漏试验、氨检漏试验等。

(3) 无损检测 无损检测包括射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤、渗透探伤等。

四、外观缺陷

外观缺陷(表面缺陷)是指不用借助于仪器, 从工件表面可以发现的缺陷。常见的外观缺陷有咬边、焊瘤、凹陷及焊接变形等, 有时还有表面气孔和表面裂纹、单面焊的根部未焊透等。

1. 咬边

咬边是指沿着焊趾, 在母材部分形成的凹陷或沟槽, 它是由于电弧将焊缝边缘的母材熔化后没有得到熔敷金属的充分补充所留下的缺口。产生咬边的主要原因是电弧热量太高, 即电流太大, 运条速度太小所造成的。焊条与工件间角度不正确, 摆动不合理, 电弧过长, 焊接次序不合理等都会造成咬边。直流焊时电弧的磁偏吹也是产生咬边的一个原因。某些焊接位置(立、横、仰)会加剧咬边。

咬边减小了母材的有效截面积, 降低结构的承载能力, 同时还会造成应力集中, 发展为裂纹源。矫正操作姿势, 选用合理的规范, 采用良好的运条方式都会有利于消除咬边。焊角焊缝时, 用交流焊代替直流焊也能有效地防止咬边。

2. 焊瘤

焊缝中的液态金属流到加热不足未熔化的母材上或从焊缝根部溢出, 冷却后形成的未与母材熔合的金属瘤即为焊瘤。焊接参数过强、焊条熔化过快、焊条质量欠佳(如偏芯), 焊接电源特性不稳定及操作姿势不当等都容易带来焊瘤。在横、立、仰位置更易形成焊瘤。

焊瘤常伴有未熔合、夹渣缺陷, 易导致裂纹。同时, 焊瘤改变了焊缝的实际尺寸, 会带来应力集中。管子内部的焊瘤减小了它的内径, 可能造成流动物



堵塞。

防止焊瘤的措施：使焊缝处于平焊位置，正确选用焊接参数，选用无偏芯焊条，合理操作。

3. 弧坑

弧坑指焊缝表面或背面局部的低于母材的部分。弧坑多是由于收弧时焊条（焊丝）未作短时间停留造成的（此时的凹坑称为弧坑），仰、立、横焊时，常在焊缝背面根部产生内凹。弧坑减小了焊缝的有效截面积，弧坑常带有弧坑裂纹和弧坑缩孔。

防止弧坑的措施：选用有电流衰减系统的焊机，尽量选用平焊位置，选用合适的焊接参数，收弧时让焊条在熔池内短时间停留或环形摆动，填满弧坑。

4. 未焊满

未焊满是指焊缝表面上连续的或断续的沟槽。填充金属不足是产生未焊满的根本原因。焊接参数太弱，焊条过细，运条不当等会导致未焊满。

未焊满同样削弱了焊缝，容易产生应力集中，同时，由于焊接参数太弱使冷却速度增大，容易带来气孔、裂纹等。

防止未焊满的措施：加大焊接电流，加焊盖面焊缝。

5. 烧穿（缺口）

烧穿是指焊接过程中，熔深超过工件厚度，熔化金属自焊缝背面流出，形成穿孔性缺口。焊接电流过大，速度太慢，电弧在焊缝处停留过久，都会产生烧穿缺陷。工件间隙太大，钝边太小也容易出现烧穿现象。

烧穿是锅炉压力容器产品上不允许存在的缺陷，它完全破坏了焊缝，使接头丧失其连接及承载能力。

选用较小电流并配合合适的焊接速度，减小装配间隙，在焊缝背面加设垫板或药垫，使用脉冲焊，能有效地防止烧穿。

五、其他表面缺陷

1. 成形不良

指焊缝的外观几何尺寸不符合要求。有焊缝超高，表面不光滑，以及焊缝过宽，焊缝向母材过渡不圆滑等。

2. 错边

错边指两个工件在厚度方向上错开一定位置，它既可视作焊缝表面缺陷，又可视作装配成形缺陷。

3. 塌陷

单面焊时由于热输入过大，熔化金属过多而使液态金属向焊缝背面塌落，成形后焊缝背面突起，正面下塌。



4. 表面气孔及弧坑缩孔
5. 各种焊接变形

各种焊接变形如角变形、扭曲、波浪变形等都属于焊接缺陷。角变形也属于装配成形缺陷。

复习思考题

一、选择题

1. 一般通过线性尺寸、角度及()等检测是对构件的外部检验。
A. 强度、结构 B. 结构、形状 C. 形状、位置 D. 形状、弧度
2. 采用()检验方法是对构件的内部检验常用的检验方法。
A. 磁粉探伤 B. 非破坏性 C. μ 射线探伤 D. 着色
3. 水压试验、()是常用的对焊缝致密性检验的方法。
A. 渗透剂、煤油试验 B. 显示剂、渗透剂
C. 气压试验、磁粉试验 D. 煤油试验、气压试验
4. 焊缝的直观检验项目有焊缝外形尺寸和()检验。
A. 表面质量 B. 咬边 C. 焊瘤 D. 裂纹

二、判断题

1. () 焊缝的直观检验项目有焊缝外形尺寸检验和咬边检验。
2. () 常用的焊缝致密性检验的方法有水压试验、气压试验和煤油试验。

试 题 库

知识要求试题

一、选择题（将正确答案的选项填入括号内）

- 几何公差是零件或构件的（ ）形状的简称。
A. 位置公差和几何形状 B. 断面形状和位置公差
C. 零部件形状和位置公差 D. 位置公差和表面形状
- 零件加工后表面（ ）的不平度即是表面粗糙度。
A. 形状 B. 光洁 C. 微观 D. 宏观
- 焊缝符号“V”表示（ ）V形坡口焊缝。
A. 带钝边的单边 B. 带钝边的双边
C. 不带钝边的双边 D. 不带钝边的单边
- 冷作钣金图样中有些零件尺寸不予标注，而是通过（ ）求出的。
A. 展开或放样 B. 计算与作图 C. 测量与计算 D. 计算或放样
- 焊缝补充符号“Z”表示（ ）。
A. 双面交错断续焊缝 B. 双面交错连续焊缝
C. 对称焊接 D. 交错焊接
- 有些（ ）的零件在冷作钣金图样中不予反映。
A. 主要、简单 B. 主要、复杂 C. 非主要、简单 D. 非主要、复杂
- 常用焊缝基本符号“V”是指（ ）。
A. V形坡口焊缝 B. 不开坡口焊缝
C. 单边V形坡口焊缝 D. 角焊缝
- 钢材产生变形的原因是受（ ）等因素的影响。
A. 加热和内力 B. 吊装和运输 C. 运输和内力 D. 外力和加热
- 钢板扁钢每米长变形的允许偏差为 $\delta < 14\text{mm}$ 时，（ ）mm。



- A. $f \leq 0.5$ B. $f \leq 1$ C. $f \leq 1.5$ D. $f \leq 2$
10. 角钢两翼变形的允许偏差为 $\Delta \leq$ ()。
- A. $\frac{2b}{100}$ B. $\frac{2b}{1000}$ C. $\frac{b}{1000}$ D. $\frac{b}{100}$
11. 矫正薄钢板中间凸起的变形时, 沿凸起四周向外锤击伸展, 锤击密度为 ()。
- A. 由里向外 B. 由上而下
C. 中间疏、外部密 D. 中间密、外部疏
12. 为消除型钢矫正的回弹现象, 在矫正时应 ()。
- A. 适当过量 B. 弯曲过量 C. 加压矫正 D. 加热矫正
13. 矫正槽钢的两翼局部凸起变形时, 用大锤衬于变形 () 并锤击凸起处。
- A. 位置 B. 边缘 C. 中间 D. 四周
14. 矫正的原理是钢材通过 () 使各部分纤维长度趋于一致的过程。
- A. 加热或压力 B. 内力或拉力 C. 拉力或压力 D. 加热或外力
15. 上下列辊平行的矫正机, 上下两排轴是 () 分布的。
- A. 交错 B. 平行 C. 倾斜 D. 对称
16. () 钢板矫正时常成对导向轴矫正机。
- A. 薄 B. 中薄 C. 较厚 D. 中厚
17. 钢管在矫正时, 由于受矫正机压辊作用: 一方面做 () 运动, 一方面受力弯曲, 从而获得矫正。
- A. 旋转 B. 螺旋 C. 曲面 D. 直面
18. 上轴辊的下压量越小, 弯曲半径 ()。
- A. 越大 B. 越小 C. 相等 D. 一样
19. 型钢撑直机矫直型钢时采用的是 () 弯曲方法矫直的。
- A. 反向 B. 矫正力 C. 压力 D. 正向
20. 在型钢矫正机矫正型钢时, () 是消除回弹现象的方法。
- A. 加热矫正 B. 适当放松 C. 弯曲过量 D. 适当过量
21. 矫正 () 钢板常使用上列轴倾斜的矫正机。
- A. 较厚 B. 较薄 C. 中厚 D. 中薄
22. 多辊式斜辊矫正机的工作部分是由一系列轴线呈一定角度分布的 () 压辊所组成。
- A. 单曲线 B. 双曲线 C. 曲线 D. 直面
23. 钢管矫正机由于压辊的轮廓为 (), 所以在矫正钢管的截面形状的同时也矫正了钢管变形。



- A. 抛物线 B. 曲线 C. 双曲线 D. 单曲线
24. 板料的弯曲半径由上辊的 () 决定。
A. 上压 B. 下压 C. 压力 D. 转速
25. 线状加热的加热区域应根据工件的厚度和 () 而定。
A. 截面形状、工件尺寸 B. 结构尺寸、工件宽度
C. 工件形状、材料质量 D. 变形程度、工件厚度
26. 线状加热的加热宽度一般为钢材厚度的 () 倍。
A. 1 ~ 3 B. 0.5 ~ 3 C. 1 ~ 2 D. 0.5 ~ 2
27. 线状加热的加热深度不宜超过板厚方向的 ()。
A. 1/4 ~ 2/3 B. 1/4 ~ 3/4 C. 1/3 ~ 2/3 D. 1/3 ~ 1/2
28. 火焰加热矫正时温度范围为 ()℃。
A. 650 ~ 850 B. 600 ~ 700 C. 600 ~ 800 D. 500 ~ 800
29. 火焰矫正加热 () 和加热点直径的大小应根据变形程度和工件厚度而定。
A. 方向 B. 密度 C. 速度 D. 深度
30. 火焰加热矫正时, 加热点的最小直径不能小于 () mm。
A. 15 B. 25 C. 20 D. 30
31. 火焰矫正的原理是利用了钢材 () 的特性。
A. 热胀冷缩 B. 冷热温差 C. 收缩变形 D. 热胀变形
32. 将圆直径九等分取 () 之长, 即可将圆周九等分。
A. 五等分 B. 四等分 C. 三等分 D. 两等分
33. 立体划线时, 孔形零件的中心可用 () 确定。
A. 划规 B. 定心架 C. 角度尺 D. 划线盘
34. 工件有较多加工平面时, 划线基准应选择 () 或加工精度较高的平面作为基准。
A. 方便加工 B. 加工余量较大 C. 加工完毕 D. 加工余量较小
35. 冷作钣金加工后, 要进行切削加工时切削加工余量应在原尺寸的基础上加放 () mm。
A. 2 ~ 4 B. 3 ~ 5 C. 4 ~ 6 D. 5 ~ 8
36. 切削加工中若用气割打孔, 间隙余量应取 () mm。
A. 3 ~ 5 B. 6 ~ 8 C. 8 ~ 10 D. 5 ~ 10
37. 连续焊缝的纵向收缩量 () mm/m。
A. 0.3 ~ 0.5 B. 0.2 ~ 0.4 C. 0.6 ~ 0.8 D. 1.2 ~ 1.5
38. 合理用料是在保证产品质量, 符合技术要求和 () 工艺的前提下进行。



- A. 加工 B. 组装 C. 施工 D. 连接
39. 材料上零件 () 与材料上的总面积之比就是材料利用率。
- A. 体积 B. 厚度 C. 面积 D. 总面积
40. 由两个或两个以上的基本 () 组成的构件叫相贯体。
- A. 几何体 B. 平面 C. 零件 D. 形体
41. 两个 () 相交的线称相贯线。
- A. 形体表面 B. 形体内部 C. 管子表面 D. 方管
42. 展开就是将构件的 () 依次摊开在一个平面的过程。
- A. 各个表面 B. 各个平面 C. 各个曲面 D. 各种形状
43. 方圆接管展开时一般用 () 法展开。
- A. 直角梯形 B. 放射线 C. 求实长 D. 三角形
44. 相贯线在 () 视图的投影积聚在圆的上半圆弧中的相贯体是异径三通。
- A. 左 B. 主 C. 俯 D. 三
45. () 接管展开时一般用三角形法展开。
- A. 直角 B. 圆圆 C. 方方 D. 方圆
46. 冷作钣金产品一般根据 () 方法加放余量。
- A. 模具成形 B. 机加成形 C. 加热成形 D. 不同的成形
47. 分析研究图样, 了解产品的 ()、结构特点等是放样时必须做的工作。
- A. 加工尺寸 B. 零件尺寸 C. 零件形状 D. 技术要求
48. 冷作钣金加工板厚大于 () mm 时, 都要进行板厚处理。
- A. 1.5 B. 2 C. 2.5 D. 3
49. 以折弯的 () 尺寸为展开依据的是折弯构件特点。
- A. 中心层 B. 中性层 C. 内侧 D. 外侧
50. 依据板厚的 () 尺寸作为展开依据的是圆弧形构件。
- A. 测量 B. 内径 C. 外径 D. 中心线
51. 异径直交三通管大圆管上孔的展开时, 应以 () 尺寸为准。
- A. 外层 B. 内层 C. 接触 D. 1/2
52. 异径斜交三通管支管长度以中心线为界一半以 () 高度为准, 另一半以内层高度为准。
- A. 内层 B. 1/2 C. 外层 D. 中性层
53. 展开中消除板厚对 () 的影响就是板厚处理。
- A. 构件 B. 表面 C. 尺寸 D. 形状
54. 冷作钣金工对板厚处理的最小厚度是 () mm。



- A. 2 B. 2.5 C. 0.5 D. 1.5
55. 相贯构件板厚处理时,以连接处()部位尺寸为展开依据。
A. 里皮 B. 外皮 C. 接触 D. 中心
56. 三节90°弯管的板厚处理每节圆管的展开弧长以板厚的()尺寸为准。
A. 中心层 B. 内层
C. 接触 D. 外层减二个皮厚
57. 异径斜交三通管支管长度以中心线为界一半以外层高度为准,另一半以()高度为准。
A. 内层 B. 中心层 C. 中性层 D. 内层加皮厚
58. ()以折弯的内侧尺寸作为展开的依据。
A. 圆形构件 B. 折弯构件 C. 圆弧形构件 D. 矩形管
59. 板厚处理以()尺寸为展开依据的是矩形管。
A. 内侧加二个皮厚 B. 内侧
C. 外侧减一个皮厚 D. 外形
60. 板厚处理相贯构件时,以连接处()部位尺寸为展开依据。
A. 中心 B. 外皮减皮厚 C. 里皮加皮厚 D. 接触
61. 按()对弯曲件展开计算料长。
A. 外层减一个皮厚 B. 内层加一个皮厚
C. 中性层 D. 中心层
62. ()三通管支管长度以中心线为界一半以外层高度为准,另一半以内层高度为准。
A. 异径斜交 B. 异径直交 C. 同径直交 D. 同径斜交
63. 折弯构件展开的依据是:折弯()尺寸。
A. 内侧 B. 外侧
C. 内侧加一个皮厚 D. 外侧减一个皮厚
64. 圆锥管的上下口取其板厚的()为展开依据。
A. 内径加二个皮厚 B. 1/4
C. 外径 D. 1/2
65. 方圆过渡管板厚处理高度取板厚()高度。
A. 里皮 B. 外皮 C. 中心 D. 斜
66. 异径直交三通管大圆管上的孔展开时,应以()尺寸为准。
A. 外层 B. 内层 C. 接触 D. 1/2
67. 展开计算的依据是()。
A. 中心层 B. 中性层 C. 内层 D. 外层



68. 方圆过渡管的板厚处理, 圆口周长以板厚的 () 尺寸为准。
A. 1/2 B. 1/4 C. 内径 D. 外径
69. 异径直交三通管大小圆管展开长度均以板厚的 () 为准。
A. 1/2 B. 内层 C. 外层 D. 接触
70. 冷作钣金加工板厚大于 () mm 时, 都要进行板厚处理。
A. 0.5 B. 1.5 C. 2.5 D. 3.5
71. 圆锥管的展开高度通常取板厚的 () 高。
A. 里皮 B. 外皮减二个皮厚
C. 中心线 D. 1/4
72. 方圆过渡管的板厚处理, 方口以板厚 () 尺寸为准。
A. 外层 B. 里层 C. 里层加皮厚 D. 外层减皮厚
73. 三节 90°弯管的板厚处理每节圆管的展开弧长以板厚的 () 尺寸为准。
A. 中心层 B. 内层
C. 接触 D. 外层减二个皮厚
74. 已知圆外径 100mm, 圆钢直径 6mm, 该圆环展开长度为 () mm。
A. 280 B. 285 C. 290 D. 295
75. 已知螺旋外径 D , 导轮高 P , 匝数 N , 圆钢直径 d , 则计算公式为 ()。
A. $l = N \sqrt{P^2 + \pi^2 (D - d)}$ B. $l = N \sqrt{P^2 + \pi^2 (D - d)^2}$
C. $l = N^2 \sqrt{P^2 + \pi^2 (D - d)^2}$ D. $l = P \sqrt{N^2 + \pi^2 (D - d)^2}$
76. 4 个外直边长度减支 () 角铁皮厚是矩形角铁框的展开长度。
A. 1/2 B. 1 个 C. 4 个 D. 8 个
77. 已知圆外径 100mm, 该圆环展开长度为 295mm, 则圆钢直径 ()。
A. 10 B. 9 C. 8 D. 6mm
78. 圆钢弯成三角形展开料计算是一边直线部分和一段曲线部分的 () 倍。
A. 3 B. 4 C. 5 D. 6
79. 金属切削加工是利用切削工具与工件 () 运动, 从工件上切除多余材料的加工方法。
A. 相对 B. 锯削 C. 切削 D. 鏊削
80. 进给速度就是单位时间内工件或刀具在进给方向上的相对 ()。
A. 运动 B. 转动 C. 位移 D. 移动
81. 切削加工的三个基本要素是 ()。



- A. 工件、机械和切削 B. 工件、运动和旋转
C. 构件、刀具和切削 D. 工件、刀具和运动
82. 吃刀量一般指工件已加工表面与待加工表面间的 ()。
- A. 距离 B. 加工深度 C. 垂直距离 D. 高度
83. 切削加工的三个基本要素不包括 ()。
- A. 刀具 B. 工件 C. 切削 D. 运动
84. 用角度样板、钢直尺、目测等方法来检测銼子刃磨时刃口 () 和楔角。
- A. 平直度 B. 主刀面 C. 前后刀面 D. 角度
85. 銼子的一般回火温度是 ()℃。
- A. 180 ~ 240 B. 150 ~ 250 C. 200 ~ 240 D. 200 ~ 280
86. 单位时间内工件或刀具在进给方向上的相对 () 称为进给速度。
- A. 速度 B. 运动 C. 移动 D. 位移
87. 工件已加工表面与待加工表面间的 () 称为切削深度。
- A. 距离 B. 加工深度 C. 长度 D. 垂直距离
88. 前切削刃的 () 做成倾斜形成后角, 可减少剪切过程中切削刃与材料的摩擦。
- A. 侧面 B. 上面 C. 前面 D. 后面
89. () 是銼子一般回火温度。
- A. 200 ~ 250 B. 180 ~ 250 C. 180 ~ 240 D. 200 ~ 240
90. () 是压力机调整的主要内容。
- A. 行程或间隙 B. 行程或下模
C. 上模或闭合高度 D. 闭合高度或行程
91. 龙门剪床分 () 两种, 是根据传动机构布置的位置划分的。
- A. 凸轮和压脚 B. 上传动和下传动
C. 立式和卧式 D. 平口和斜口
92. 圆盘剪床既能剪曲线, 也能剪 (), 又可完成切圆孔等加工。
- A. 正方形 B. 三角形 C. 直线 D. 折线
93. 对于剪切常用的低碳钢板刀片间隙为材料厚度的 ()。
- A. 4% ~ 8% B. 4% ~ 7% C. 2% ~ 8% D. 2% ~ 7%
94. 压力机调整主要调整 ()。
- A. 闭合高度或行程 B. 行程或上模
C. 闭合高度或下模 D. 行程或下模
95. 根据传动机构布置的位置, 龙门剪床分 () 两种。
- A. 凸轮和连杆 B. 斜口和平口



- 248



110. 弯管时采用不同弯曲方法的目的都是设法减小弯管的截面和管壁的()。
- A. 椭圆度 B. 减薄量 C. 受力程度 D. 变形量
111. 管子弯曲时()外侧的材料受拉应力作用。
- A. 中心层 B. 中性层 C. 壁厚 D. 外皮
112. 管子椭圆度等于同一()的最大直径减最小直径之差除以管子的标称外径。
- A. 断面 B. 纵截面 C. 横截面 D. 曲面
113. 相对弯曲半径是指管子中性层的弯曲半径与管子()之比。
- A. 外径 B. 内径 C. 中心径 D. 椭圆度
114. 弯管时常用()来衡量管子弯曲质量。
- A. 截面形状 B. 椭圆度 C. 弯曲程度 D. 直线度
115. 中频加热弯管的受力形式,可分为两种()。
- A. 拉弯和回弯 B. 回弯和压弯 C. 拉弯和推弯 D. 推弯和回弯
116. 型钢弯曲时,力的作用线与()不在同一平面上。
- A. 里皮 B. 外皮 C. 重心线 D. 受力断面
117. 为了增加构件的刚度,减轻构件的重量,最常用的方法是()。
- A. 回弯 B. 压弯 C. 拉弯 D. 拔缘
118. ()一般在型胎上进行。
- A. 外径拔缘 B. 外孔拔缘 C. 加工出凸缘 D. 内孔拔缘
119. 拱曲就是将坯料四周起皱收边放边,而中间(),形成开口的空心零件加工方法。
- A. 折弯收边 B. 起皱放边 C. 拉弯 D. 打薄锤放
120. 坯料拱曲前的热处理方法是()。
- A. 调质 B. 渗碳 C. 退火 D. 酸化
121. 将坯料的四周(),而中间打薄锤放,形成开口空件的加工方法是拱曲。
- A. 起皱收边 B. 收边放边 C. 折弯放边 D. 起皱放边
122. 管子加热弯曲时,一般普通低碳钢加热温度为()℃。
- A. 950 ~ 1050 B. 900 ~ 1100 C. 850 ~ 1100 D. 800 ~ 1050
123. 多曲率弯曲件是指弯曲半径变化的弯曲()。
- A. 柱面 B. 曲面 C. 平面 D. 几何面
124. 在纵、横两()方向弯曲的弯曲面是双曲面弯曲件。
- A. 交叉 B. 倾斜交叉 C. 垂直 D. 水平
125. 卷弯中,坯料沿辊轴()造成局部压薄会产生扭斜。



- A. 受力不均 B. 压力过小 C. 压力过大 D. 操作不当
126. 弯曲半径变化的弯曲()是多曲率弯曲件。
A. 立面 B. 平面 C. 断面 D. 柱面
127. 卷弯过程中,卷弯机的()是产生锥形的主要原因。
A. 压力不均匀 B. 两上辊不平行
C. 上辊与下辊不平行 D. 压力太大
128. 材料的相对弯曲半径 r/δ 越大,材料的()越小,回弹量越大。
A. 塑性 B. 硬度 C. 变形程度 D. 韧性
129. 单角校正压弯的计算公式为压弯力等于单位校正压力乘以校正部分()。
A. 抗弯极限 B. 投影面积 C. $1/2$ 板厚 D. 截面积
130. 双角校正压弯的计算公式为压弯力等于单位校正压力乘以校正部分()。
A. 截面积 B. 截面积平方 C. 板厚 D. 投影面积
131. 卷弯中产生外棱角是因为()。
A. 压力过大 B. 压力过小 C. 预弯不足 D. 预弯过渡
132. 单角自由压弯的计算公式为压弯力等于()倍的板厚平方乘以板宽和强度极限除以板厚加凸模半径之和。
A. 0.3 B. 0.4 C. 0.5 D. 0.6
133. 双角自由压弯的计算公式为压弯力等()倍的板厚平方乘以板宽和强度极限除以板厚加凸模半径之和。
A. 0.5 B. 0.6 C. 0.7 D. 0.8
134. 卷弯中进料时,()会产生扭曲。
A. 压力过大 B. 压力过小 C. 操作不当 D. 对中不良
135. 材料的()强度极限越高,弹性模量越小,弯曲件的回弹也越大。
A. 抗拉伸 B. 抗弯 C. 抗压 D. 屈服
136. 当弯曲线的方向与钢材纤维方向垂直时,钢材具有较大的()强度。
A. 抗弯 B. 抗挤压 C. 抗剪 D. 抗拉
137. 当弯曲线的方向与钢材纤维方向平行时,钢材具有较小的()强度。
A. 抗拉 B. 抗剪 C. 抗弯 D. 抗压
138. 计算压延件坯料尺寸的方法有()、等体积法和经验公式法。
A. 等面积法、周长法 B. 周长法、放样法
C. 放样法、等重量法 D. 等尺寸法、周长法



139. 按等面积计算无凸缘筒形压延件的方法是将其分成 () 个简单几何体并分别求面积。

- A. 三 B. 四 C. 五 D. 六

140. 半圆形压延件坯料直径等于 () (d 为成形后半圆中心直径)。

- A. $\sqrt{3d}$ B. $3\sqrt{d^2}$ C. $\sqrt{2d^2}$ D. $2\sqrt{d^2}$

141. 椭圆封头压延成形时一般取 () 材料拉伸系数。

- A. 0.95 B. 0.9 C. 0.85 D. 0.75

142. 已知一椭圆封头, $d_1 = 800\text{mm}$ 、 $\delta = 8\text{mm}$ 、 $h = 25\text{mm}$, $K = 1.19$, 坯料直径 $D = () \text{mm}$ 。

- A. 1014 B. 1016 C. 1012 D. 1019

143. 加热压延一般板厚大于 () mm 。

- A. 10 B. 8 C. 6 D. 5

144. 板材厚度大于 () mm 以上, 一般采用加热压延。

- A. 6 B. 7 C. 8 D. 9

145. 把模具预热到 () 后再对不锈钢坯料进行压延。

- A. $200 \sim 250^\circ\text{C}$ B. $250 \sim 450^\circ\text{C}$ C. $300 \sim 350^\circ\text{C}$ D. $300 \sim 450^\circ\text{C}$

146. 无凸缘筒形压延件按等面积计算的方法是将其分成 () 个简单的几何体并分别求面积。

- A. 六 B. 五 C. 四 D. 三

147. 封头边缘的加工余量一般取 () mm 。

- A. $5 \sim 10$ B. $5 \sim 12$ C. $4 \sim 8$ D. $4 \sim 10$

148. 起伏就是改变坯料或工件的 (), 使它形成局部下凹或上凸起的工序。

- A. 结构 B. 形状 C. 用途 D. 刚度

149. 提高了薄板的 () 并使制件表面光滑美观是起伏的目的。

- A. 强度、韧性 B. 硬度、塑性 C. 强度、硬度 D. 强度、刚度

150. () 适用于不锈钢的压延。

- A. 二次压延 B. 热压 C. 冷压 D. 初压

151. 与碳钢相比, 不锈钢 () 现象严重, 每次压延后要进行退火处理。

- A. 疲劳 B. 整体变形 C. 硬化 D. 冷作硬化

152. 不锈钢压延时模具应预热到 ()。

- A. $300 \sim 350^\circ\text{C}$ B. $250 \sim 400^\circ\text{C}$ C. $450 \sim 500^\circ\text{C}$ D. $250 \sim 450^\circ\text{C}$

153. 铝及铝合金热压延时, 模具最好预热到 () $^\circ\text{C}$ 。

- A. $250 \sim 320$ B. $280 \sim 300$ C. $200 \sim 280$ D. $280 \sim 320$

154. 铜及铜合金压延时下模及压边圈工作表面应保持 ()。



- A. 润滑良好 B. 一定温度 C. 平整润滑 D. 光洁
155. 椭圆封头压延成形时的材料拉伸系数一般取 ()。
- A. 0.75 B. 0.8 C. 0.85 D. 0.9
156. 已知一椭圆封头, $d = 800\text{mm}$ 、 $\delta = 10\text{mm}$ 、 $h = 25\text{mm}$ 、 $K = 1.19$, 坯料直径 $D = () \text{mm}$ 。
- A. 1014 B. 1016 C. 1012 D. 1019
157. 坯料主要承受 () 作用而起伏。
- A. 挤压 B. 压力 C. 压应力 D. 拉应力
158. 铝及铝合金压延时下模及压边圈工作表面应保持 ()。
- A. 干净 B. 光洁 C. 一定温度 D. 润滑良好
159. 爆炸成形是利用炸药爆炸产生的 () 使坯料成形的办法。
- A. 高温高压 B. 冲击波 C. 高温 D. 高压
160. 操作方便、() 是爆炸成形的特点。
- A. 成本低、生产周期短 B. 成本低、产品周期短
C. 成本高、产品周期长 D. 成本高、生产周期短
161. 弯管时虽然采用的弯曲方法不同, 但目的都是设法减小弯管的截面和管壁的 ()。
- A. 变形量 B. 弯曲量 C. 椭圆度 D. 回弹量
162. 管子弯曲时 () 外侧的材料受拉应力作用。
- A. 中性层 B. 中心层 C. 里皮 D. 外皮
163. 管 () 常作为检验弯管质量的一项重要指标。
- A. 壁厚 B. 弯曲程度 C. 椭圆度 D. 管壁减薄量
164. 中频加热弯管有两种受力形式 ()。
- A. 推弯和拉弯 B. 推弯和压弯 C. 压弯和拉弯 D. 拉弯和回弯
165. 旋压的特点是旋压棒 (或压轮) 与坯料之间基本上是 () 的接触。
- A. 纵向 B. 面 C. 线 D. 点
166. 水火弯曲成形是用对坯料进行 () 加热、冷却使之成形的办法。
- A. 整体 B. 局部 C. 一端 D. 中间
167. 水火弯板是利用局部加热所产生的 () 与横向变形达到成形的目的。
- A. 角变形 B. 波浪变形 C. 收缩变形 D. 扭曲变形
168. 管子弯曲时中性层 () 的材料受拉应力作用。
- A. 内侧 B. 外侧 C. 中心 D. 内壁
169. 管子椭圆度等于同一 () 的最大直径减最小直径之差除以管子的



标称外径。

- A. 立面 B. 截面 C. 纵截面 D. 横截面

170. 管子中性层的弯曲半径与管子 () 之比, 称相对弯曲半径。

- A. 中心径 B. 椭圆度 C. 内径 D. 外径

171. 坯料产生 () 和径向延伸是在旋压过程中产生的。

- A. 纵向延伸 B. 横向收缩 C. 压向延伸 D. 切向收缩

172. 水火弯曲成形适用于弯曲 () 的工件。

- A. 半径较大 B. 半径较小 C. 角度较大 D. 角度较小

173. 弯曲 () 的工件适用于水火弯曲成形。

- A. 圆弧较大 B. 角度较大 C. 半径较小 D. 半径较大

174. 一般情况下钣金工装配的测量基准使用 ()。

- A. 装配基准 B. 定位基准 C. 放样基准 D. 展开基准

175. 线性尺寸是指零件上被测的点、线、 () 与测量基准间的直线距离。

- A. 曲面 B. 平面 C. 几何面 D. 面

176. 冷作钣金工装配中应用最广泛的是 ()。

- A. 测量基准 B. 样板检查 C. 线性尺寸测量 D. 直尺测量

177. 平行度、倾斜度、垂直度、 () 的测量等都属于形状与位置的测量。

- A. 弧度、水平度 B. 同轴度、角度
C. 椭圆度、水平度 D. 弧度、角度

178. 确定零件在 () 或相互位置叫定位。

- A. 平面的位置 B. 立面的位置 C. 弧柱面的位置 D. 空间的位置

179. 零件的定位一般有挡铁、定位销、样板、 () 等。

- A. 计算定位 B. 划线定位 C. 尺寸定位 D. 胎具定位

180. 已知屋架中心高度 5m, 另一端高度 3.8m, 整个跨度 24m, 坡度为 ()。

- A. 1:10 B. 1:20 C. 1:30 D. 1:40

181. 钢屋架挠度值 = () = f/c 。

- A. 挠度/跨度 B. 跨度/挠度 C. 高度/挠度 D. 高度/跨度

182. 挠度弧的画法有两种, 分别是 ()。

- A. 作图法和展开法 B. 等分法和计算法
C. 垂线法和等分法 D. 垂线法和作图法

183. () 为钢屋架装配的预焊接收缩量。

- A. 千分之一 B. 千分之二 C. 万分之一 D. 万分之二



184. 冷作钣金产品一般体积较大()较差,易变形。
A. 韧性 B. 刚度 C. 弹性 D. 缩性
185. 零件上被测的()与测量基准间的直线距离称为线性尺寸。
A. 立面 B. 点、线、面 C. 平面 D. 曲面
186. 确定零件在()的位置或相互位置叫定位。
A. 空间 B. 圆弧面 C. 平面 D. 立面
187. 冷作钣金产品的零件精度低、互换性差,所以装配时多数需()。
A. 修整或选配 B. 测量或选配 C. 选配或调整 D. 调整或修整
188. 已知屋架中心高度 4m, 整个跨度 24m, 另一端高度 3.3m, 坡度为()。
A. 1:12 B. 1:10 C. 1:8 D. 1:6
189. 已知屋架中心高度 3.8m, 另一端高度 2.6m, 整个跨度 24m, 坡度为()。
A. 1:20 B. 1:15 C. 1:5 D. 1:10
190. 筒体、()等是储气罐的基本组成部分。
A. 封头和法兰 B. 支脚和配管 C. 法兰和管接头 D. 支脚和封头
191. 焊条焊芯的作用是作为电极产生()。
A. 电压 B. 电流 C. 电弧 D. 电阻
192. 焊条药皮的作用是起冶金处理的作用和()。
A. 保温作用 B. 机械保护作用 C. 阻挡弧光作用 D. 保护焊道作用
193. 受潮的酸性焊条焊前烘干温度()℃左右, 时间 1~2h。
A. 150 B. 140 C. 120 D. 100
194. 立焊时应采用()焊条和小的电流。
A. 小直径 B. 大直径 C. 酸性 D. 碱性
195. 通过()、机械压缩、磁收缩可以形成等离子弧。
A. 电弧压缩 B. 电弧收缩 C. 热收缩 D. 冷收缩
196. 碱性焊条焊前须经()℃左右烘焙 1~2h。
A. 300 B. 250 C. 250~400 D. 400~450
197. 对含有纤维素的焊条的烘焙温度控制在()℃。
A. 120~140 B. 100~120 C. 150 D. 120
198. 对含氢量有特殊要求的碱性焊条烘焙温度提高到()℃。
A. 400~450 B. 250~450 C. 300~400 D. 300
199. 采用()和小电流是立焊时的焊接参数。
A. 碱性焊条 B. 酸性焊条 C. 小直径焊条 D. 大直径焊条
200. 交流弧焊机输出端无正负极之分, 焊接时()。



- A. 不会产生磁偏吹 B. 会产生磁偏吹
C. 电流稳定 D. 电流不稳定
201. 通过增大主回路 () 来获得下降特性的是交流焊机。
A. 电阻值 B. 电磁 C. 电流量 D. 电感量
202. 铆钉直径小于 () mm 时常用手工冷铆。
A. 6 B. 7 C. 8 D. 9
203. () 是拉铆的主要材料。
A. 铁铆钉 B. 抽芯铆钉 C. 空心铆钉 D. 半圆头钉
204. 铆钉的加热温度为 ()℃ 时一般用铆钉枪热铆。
A. 800 ~ 1100 B. 1000 ~ 1100 C. 900 ~ 1100 D. 800 ~ 1000
205. 铆接时通过活塞上下运动产生冲击力、锤击 () 进行铆接。
A. 铆钉 B. 冲头 C. 棱具 D. 罩模
206. 被铆工件的总厚度不应超过铆钉直径的 () 倍。
A. 3 B. 4 C. 5 D. 6
207. 铆钉直径一般根据构件的 () 来选择。
A. 厚度 B. 承受能力 C. 截面 D. 强度
208. 铆钉直径小于 () mm 时常用铆接机冷铆。
A. 30 B. 10 C. 15 D. 25
209. 铆钉的加热温度在 ()℃ 范围之内时一般用铆接机热铆。
A. 600 ~ 650 B. 650 ~ 670 C. 650 ~ 700 D. 650 ~ 750
210. 直角弯管对接时, 弯管中心线的内侧处用弯边勾住, 外侧采用 ()。
A. 拔缘 B. 复合咬缝 C. 咬缝连接 D. 角咬缝
211. 常用容器连接的咬缝不但要求一定的密封性、还要求咬缝的 ()。
A. 塑性 B. 刚度 C. 强度 D. 韧性
212. 机架、液压缸、()、活塞组成铆接机的基本结构。
A. 密封圈和弹簧 B. 罩模和顶模
C. 管接头和罩模 D. 密封圈和管接头
213. 咬接余量为咬缝宽度 () 倍的是平式双咬缝。
A. 5 B. 6 C. 7 D. 8
214. 咬接余量为咬缝宽度 () 倍的一般是复合角咬缝。
A. 4 B. 5 C. 6 D. 7
215. 同一直径的铆钉在同一构件上铆接时不能超过 () 种。
A. 2 B. 5 C. 3 D. 6
216. 一般复合角咬缝的咬接余量是咬缝宽度的 () 倍。
A. 1 B. 4 C. 8 D. 2



217. 利用()使配气活门上下形成压差,从而活塞上下运动进行锤击是铆钉枪的工作原理。

- A. 压缩空气 B. 氧气 C. 氯气 D. 惰性气体

218. 一般根据构件的()来选择铆钉直径。

- A. 硬度 B. 宽度 C. 强度 D. 厚度

219. 正确的胀接率与()及厚度大小有关。

- A. 管子材料、直径 B. 管板材料、直径
C. 管孔材料、直径 D. 胀管器材料、直径

220. 胀管前根据锅筒的()来确定胀接管子内径和胀接长度。

- A. 公称压力 B. 管子壁厚 C. 胀接顺序 D. 管孔直径

221. 在胀接质量中,对胀接质量有决定性的意义的是()。

- A. 管端形状 B. 间隙 C. 管壁厚 D. 管板厚度

222. 胀管器的()决定胀壳结构。

- A. 类别 B. 大小 C. 外观 D. 类型

223. 胀管前管子的退火长度一般取管板的厚度再加() mm。

- A. 50 B. 100 C. 150 D. 200

224. 后退式胀子两端做成过渡段,前进式胀子(),这是后退式胀子和前进式胀子的主要区别。

- A. 呈方形 B. 呈锥形 C. 呈三角形 D. 呈圆形

225. ()是胀管前确定胀接管子内径和胀接长度的依据。

- A. 胀杆锥角 B. 管孔直径 C. 管子壁厚 D. 扳边滚子锥角

226. 螺母拧紧后依靠弹簧垫圈压平后产生的弹力,使连接件轴向张紧,产生(),是弹簧垫圈的工作原理。

- A. 摩擦阻力 B. 压力 C. 弹性压力 D. 偏转力

227. 常用螺纹联接增大摩擦力的防松措施有加()和双螺母。

- A. 垫圈 B. 弹簧垫圈 C. 止退垫圈 D. 开口销

228. 机械防松的原理是利用各种止动零件,阻止螺纹零件的()。

- A. 转动 B. 相对转动 C. 运动 D. 振动

229. 螺纹联接一般都具有()。

- A. 互模性 B. 加紧性 C. 自松性 D. 自锁性

230. 螺纹联接的常用防松措施是增大摩擦力和()。

- A. 机械防松、弹簧垫圈 B. 机械防松、双螺母
C. 止动垫圈、双螺母 D. 机械防松、不可拆

231. 焊缝重心到结构截面()的距离决定焊件变形量的大小。

- A. 一端 B. 两端 C. 重心线 D. 中心线



232. 在较薄的材料、有色金属和 () 补焊时经常采用锤击焊缝法。
A. 铸钢 B. 铸铁 C. 型钢 D. 管材
233. 连续焊缝的横向收缩量为 () mm/条。
A. 0.5 ~ 1.2 B. 0.3 ~ 0.5 C. 0.2 ~ 0.4 D. 0.2 ~ 0.5
234. 预变形 () 控制的正确性决定了反变形法的主要操作重点。
A. 压力 B. 数值 C. 角度 D. 尺寸
235. $\pm$ () mm 是焊接零件组装搭接长度偏差。
A. 7 B. 6 C. 5 D. 4
236. $\pm$ () mm 是组焊工字形截面的高度偏差。
A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
237. 组焊箱形截面的垂直度公差是 $b/200$, 且不大于 () mm。
A. 4 B. 3 C. 2 D. 1.5
238. 在实际操作中, 构件的 () 决定了焊接变形的大小。
A. 厚度 B. 材料 C. 强度 D. 刚度
239. 焊缝金属受热时各部分的 () 是产生焊接应力与变形的根本原因。
A. 温度不均匀 B. 热胀冷缩不均匀
C. 膨胀不均匀 D. 收缩不均匀
240. 采用 () 检验方法是构件的内部常用的检验方法。
A. 磁粉探伤 B. 非破坏性 C. μ 射线探伤 D. 着色
241. 梁和桁架预装配时的设计要求起拱偏差为 $\pm$ ()。
A. 1/2500 B. 1/2000 C. 1/1500 D. 1/1000
242. 水压试验、() 是常用的对焊缝致密性检验的方法。
A. 渗透剂、煤油试验 B. 显示剂、渗透剂
C. 气压试验、磁粉试验 D. 煤油试验、气压试验
243. 号料时直线偏许偏差是 $\pm$ () mm。
A. 0.5 B. 0.4 C. 0.3 D. 0.2
244. 焊缝的直观检验项目有焊缝外形尺寸和 () 检验。
A. 表面质量 B. 咬边 C. 焊瘤 D. 裂纹

二、判断题

- () 焊缝符号“Y”代表带钝边的 V 形坡口焊缝。
- () 矫正薄钢板中间凸起的变形时, 沿凸起四周向外锤击展伸, 锤击密度为中间疏、外部密。
- () 线状加热的区域应根据变形程度和工件的厚度而定。
- () 钢材因外力和加热等因素的影响会产生各种变形。



5. () 角钢两翼变形的允许偏差为 $\Delta \leq \frac{b}{100}$ 。
6. () 钢板矫正原理是通过外力或加热使各部分纤维长度趋于一致的过程。
7. () 钢板扁钢每米长变形的允许偏差为 $\delta < 14\text{mm}$, $f \leq 1.5\text{mm}$ 。
8. () 用大锤衬于变形位置锤击凸处可矫正槽钢两翼局部凸起变形。
9. () 上下列辊平行的矫正机, 上下两排轴是交错分布的。
10. () 由一系列轴线呈一定角度分布的曲面压轴组成了圆管矫正机的工作部分。
11. () 型钢撑直机矫直型钢时采用的是的反向弯曲方法矫直的。
12. () 矫正机在矫正圆管时, 钢管在压辊作用下: 一方面做螺旋运动, 一方面受力弯曲获得矫正。
13. () 火焰矫正的加热温度一般取 $600 \sim 900^{\circ}\text{C}$ 。
14. () 火焰矫正的原理是利用了钢材冷热温差的特点。
15. () 火焰加热矫正时, 加热点的最小直径不能小于 15mm 。
16. () 火焰矫正加热速度和加热点直径的大小应根据变形程度和工件厚度而定。
17. () 线状加热的加热区域应根据工件的厚度和截面形状而定。
18. () 在立体划线中, 确定划线基准的基本原则是“保证质量、兼顾其他”。
19. () 组焊工字形截面的高度偏差是 $\pm 1\text{mm}$ 。
20. () 组焊箱形截面的垂直度偏差是 $b/200$, 且不大于 2mm 。
21. () 切削加工中若用气割打孔, 间隙余量应取 $5 \sim 10\text{mm}$ 。
22. () 在特殊情况下放样可采用一定的比例。
23. () 展开料长计算是用于形状简单的构件或型钢弯曲的展开长度的计算。
24. () 方圆过渡管板厚处理时, 圆口周长以板厚的 $1/2$ 尺寸为准。
25. () 展开计算的依据是中心层。
26. () 板厚处理相贯构件时, 以连接处接触部位尺寸为展开依据。
27. () 异径斜交三通管支管长度以中心线为界一半以内层高度为准, 另一半以外层高度为准。
28. () 冷作钣金工对板厚处理的最小厚度是 1mm 。
29. () 矩形管的板厚处理是按内侧尺寸作为展开依据。
30. () 三节 90° 弯管的板厚处理其高度尺寸以中心线为界, 一半为内层高度为准, 另一半以外层高度为准。



31. () 异径直交三通管大圆上孔的展开在以小管直径的外层尺寸为准。
32. () 已知螺旋外径 D , 圆钢直径 d , 匝数 N , 导轮高 P , 则计算公式为 $l = N \sqrt{P^2 + \pi (D - d)^2}$ 。
33. () 矩形角铁框的展开料长为 8 个角铁厚度加上 4 个直边长。
34. () 已知圆外径 100mm, 圆钢直径 10mm, 该圆环展开长度为 285mm。
35. () 切削加工中若用气割打孔, 间隙余量应取 5 ~ 10mm。
36. () 鑿子的热处理包括淬火和正火两个过程。
37. () 切削加工中若用气割打孔, 间隙余量应取 3 ~ 5mm。
38. () 吃刀量一般指工件待加工表面与已加工表面间的距离。
39. () 鑿子的热处理包括淬火和回火两个过程。
40. () 鑿子刃磨时, 刃口的平直度和楔角可用目测或用钢直尺、角度样板等检测。
41. () 吃刀量一般指工件已加工表面与待加工表面间的垂直距离。
42. () 已知板厚 $\delta = 5\text{mm}$, 板宽 $B = 500\text{mm}$, 抗剪强度 $\tau = 300\text{MPa}$, 则剪切力 $F = 1170000\text{N}$ 。
43. () 模具间隙的大小及其高低将直接影响冲裁件的质量。
44. () 压力调整主要调整闭合高度或行程。
45. () 模具间隙的大小及其均匀性直接影响冲裁件的质量。
46. () 割炬功率、氧气压力、气割速度、预热火焰的能率等气割的主要工艺参数。
47. () 普通气割切割速度比高速气割低 40% ~ 100%。
48. () 气割的设备和工具有氧气、乙炔、钢瓶、减压阀、橡胶管、割炬。
49. () 通常割件表面离预热火焰的焰芯 2 ~ 3mm。
50. () 通常气割中等厚板时, 预热火焰的能率选择随割件厚度增加而加大。
51. () 外拔缘是将板料的周边弯曲。
52. () 型钢弯曲时, 重心线与力的作用线不在同一平面上。
53. () 管子弯曲时, 普通碳素钢的加热温度为 950 ~ 1050℃。
54. () 弯管椭圆度常用来作为检验弯管质量的一项重要指标。
55. () 中频加热弯管有两种受力形式推弯和回弯两种。
56. () 型钢弯曲时, 重心线与力的作用线不在同一平面上。
57. () 卷弯进料时对中不良会产生扭斜。
58. () 材料的屈服强度极限越低, 弹性模量越大, 弯曲件的回弹也



越小。

59. () 在纵向、横向两垂直方向弯曲的弯曲面是双曲面弯曲件。

60. () 与碳钢相比, 不锈钢冷作硬化现象严重, 每次压延后要进行退火处理。

61. () 用同一横截面的最大直径减最小直径之差除以管子的标称外径来计算椭圆度。

62. () 管子中性层的弯曲半径与管子内径之比, 称相对弯曲半径。

63. () 防止扭斜的方法之一是: 卷板前检查坯料几何形状是否为矩形; 严格对中操作。

64. () 单角校正压弯的计算公式为压弯力等于单位校正压力乘以校正部分投影面积。

65. () 圆锥的表面积计算公式为 π 乘以圆锥外径再乘以圆锥斜高之和除以四。

66. () 铝及铝合金一般采用热压。

67. () 弯管管壁减薄量常作为检验弯管质量的一项重要指标。

68. () 管子弯曲时中心层外侧的材料受拉应力作用。

69. () 爆炸成形是利用炸药爆炸产生的冲击力使坯料成型的方法。

70. () 弯管椭圆度常用来作为检验弯管质量的一项重要指标。

71. () 爆炸成形具有设备及模具简单, 只有凹模的特点。

72. () 水火弯曲成形是用对坯料的一端进行加热、冷却使之成型的方法。

73. () 弯曲半径较小的工件适用于水火弯曲成形。

74. () 对坯料进行局部加热、冷却使之成形的过程是水火成形。

75. () 坯料产生压向收缩和径向延伸是在旋压过程中产生的。

76. () 冷作钣金工装配中应用最广泛的是线性尺寸测量。

77. () 零件的定位包括挡铁定位、定位销定位、尺寸定位、样板定位。

78. () 已知屋架中心高度 5m, 整个跨度 24m, 另一端高度 3.3m, 坡度为 1:8。

79. () 钢屋架的挠度比例为 1/600。

80. () 钢屋架装配的预焊接收缩量为万分之一。

81. () 储气罐是由筒体、封头和支脚等构成的。

82. () 20g 或 12Cr1MoVG 是发电锅炉里管子常用的材料。

83. () 形状与位置的测量包括平行度、倾斜度、垂直度、椭圆度、角度的测量等。

84. () 钢屋架起拱的高度 = 跨度 $\times$ 挠度比值。



85. () 挠度弧的画法有垂线法和等分法二种。
86. () 储气罐是由筒体、封头和接管等构成的。
87. () 一般情况下多以划线基准作为测量基准的是钣金工装配。
88. () 梁和桁架预装配时的设计要求起拱偏差为 $\pm 1/2000$ 。
89. () 钢屋架的挠度比例为 $1/500$ 。
90. () 碱性焊条焊前须经 300°C 左右烘焙 $1 \sim 2\text{h}$ 。
91. () 采用大直径焊条和小的电流是立焊时的焊接参数。
92. () 等离子弧是通过机械压缩、冷收缩、磁收缩而形成的。
93. () 等离子弧是通过机械压缩、电弧收缩、磁收缩而形成的。
94. () 焊条药皮的作用只是起隔离空气的作用。
95. () 焊条焊芯的作用是熔化后作为填充金属。
96. () 用手工冷铆时铆钉直径应小于 6mm 。
97. () 用手工冷铆时铆钉直径应小于 7mm 。
98. () 拉铆的主要材料是铆钉。
99. () 利用压缩空气使配气活门上下形成压差，从而活塞上下运动进行锤击是铆钉枪的工作原理。
100. () 用铆接机冷铆时，铆钉直径最大不超过 20mm 。
101. () 管子材料对胀接质量有决定性的意义。
102. () 胀管前管子的退火长度一般取管板的厚度再加 150mm 。
103. () 一般的螺纹联接都具有加紧性。
104. () 机械防松是利用各种止动零件，阻止螺纹零件的相对转动来实现防松。
105. () 胀管前确定胀接管子内径和胀接长度的依据是管孔直径。
106. () 正确的胀接率与管板材料、直径及厚度的小有关。
107. () 前进式胀子呈锥形，后退式胀子二端部都做成过渡段，这是后退式胀子和前进式胀子的主要区别。
108. () 前进式胀子一端做成过渡段，后退式胀子二端部都做成过渡段，这是后退式胀子和前进式胀子的主要区别。
109. () 复合角咬缝的咬接余量一般是咬缝宽度的 3 倍。
110. () 直角弯管咬接时，弯管中心线的外侧采用咬缝连接，靠近内侧处则用弯边勾住。
111. () 螺母拧紧后依靠弹簧垫圈压平后产生的弹力，产生摩擦力，达到防松目的。
112. () 反变形法主要取决于预变形方向的正确性。
113. () 组焊箱形截面的垂直度偏差是 $b/200$ ，且不大于 2mm 。



- 114. () 焊接件组装对口的错边偏差为板厚/10, 且不大于 3mm。
- 115. () 焊接零件组装搭接长度偏差为 $\pm 6\text{mm}$ 。
- 116. () 产生焊接应力与变形的根本原因是焊缝金属受热时各部分的收缩不均匀。
- 117. () 焊件变形量的大小决定于焊缝重心到结构截面中心线的距离。
- 118. () 号料时直线允许偏差是 $\pm 0.30\text{mm}$ 。
- 119. () 焊缝的直观检验项目有焊缝外形尺寸检验和咬边检验。
- 120. () 常用的焊缝致密性检验的方法有水压试验、气压试验和煤油试验。



技能要求试题

一、两节直角锥柱弯头

图 1 为两节直角锥柱弯头工件示意图,各尺寸见图中标注,完成两节直角锥柱弯头的展开下料、成形及总装操作。

1. 考核要求

(1) 本题分值 100 分。

(2) 考核时间 300min。

(3) 具体考核要求 准备时间 10min,正式操作时间 290min,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。

1) 手工下料,手工成形,成形后只允许锉刀手工修磨。

2) 主管结合线在最左侧素线。支管分两块下料成形。接合缝只允许定位焊。

2. 准备要求

(1) 工具 锤子、錾子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta = 2\text{mm}$; 油毛毡。

(3) 设备 焊机、型台。

3. 评分标准

评分标准见表 1。

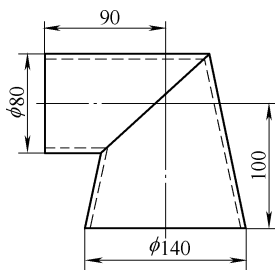


图 1 两节直角锥柱弯头工件示意图

表 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. 管口直径 $80\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$	15	每端口各占 5 分; 每超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2.5 分
	2. 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 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	4. 主管高度 $140\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	5. 支管长度	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



(续)

项目	考评内容	配分	评分标准
安全 文明 生产	1. 遵守安全操作规程, 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

二、圆管直交四棱锥管

图 2 为圆管直交四棱锥管工件示意图, 各尺寸见图中标注, 完成圆管直交四棱锥管的展开下料、成形及总装操作。

1. 考核要求

(1) 本题分值 100 分。

(2) 考核时间 300min。

(3) 具体考核要求 准备时间 10min, 正式操作时间 290min, 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。

1) 手工下料, 手工成形, 成形后只允许锉刀手工修磨。

2) 主管结合线在最左侧素线。支管分两块下料成形。接合缝只允许定位焊。

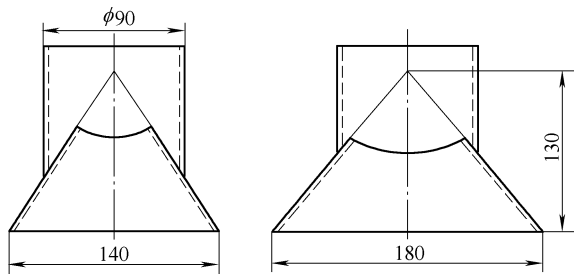


图 2 圆管直交四棱锥管工件示意图

2. 准备要求

(1) 工具 锤子、镊子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta = 2\text{mm}$; 油毛毡。

(3) 设备 焊机、型台。

3. 评分标准

评分标准见表 2。



表 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. 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. 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. 主管纵缝间隙	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. 遵守安全操作规程，文明生产	5	违反操作规程、不按要求穿戴护品扣 1~5 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

三、圆锥直交圆柱（一）

图 3 所示为圆锥直交圆柱（一）工件示意图，各尺寸见图中标注，完成圆锥直交圆柱（一）的展开下料、成形及总装操作。

1. 考核要求

(1) 本题分值 100 分。

(2) 考核时间 300min。

(3) 具体考核要求 准备时间 10min，正式操作时间 290min，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。

1) 手工下料，手工成形，成形后只允许锉刀手工修磨。

2) 主管结合线在最左侧素线。支管分两块下料成形。接合缝只允许定位焊。

2. 准备要求

(1) 工具 锤子、錾子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板， $\delta = 2\text{mm}$ ；油毛毡。

(3) 设备 焊机、型台。

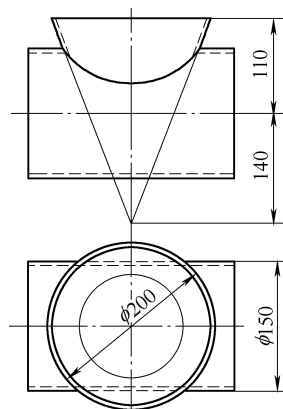


图 3 圆锥直交圆柱工件（一）示意图



3. 评分标准

评分标准见表3。

表3 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. 主管长度 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣2分
	5. 支管高度 $\pm 0.5\text{mm}$	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. 主管纵缝间隙	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. 遵守安全操作规程, 文明生产	5	违反操作规程扣、不按要求穿戴防护用品扣1~5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

四、圆锥直交圆柱(二)

图4为的工件示意图, 各尺寸见图中标注, 完成圆锥直交圆柱(二)的展开下料、成形及总装操作。

1. 考核要求

(1) 本题分值 100分。

(2) 考核时间 300min。

(3) 具体考核要求 准备时间 10min, 正式操作时间 290min, 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。

1) 手工下料, 手工成形, 成形后只允许锉刀手工修磨。

2) 主管结合线在最左侧素线。支管分两块下料成形。接合缝只允许定位焊。

2. 考前准备

(1) 工具 锤子、錾子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta=2\text{mm}$; 油毛毡。

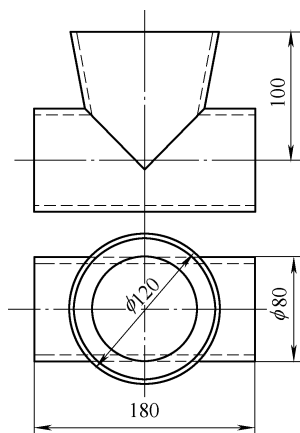


图4 圆锥直交圆柱(二)工件示意图



(3) 设备 焊机、型台。

3. 评分标准

评分标准见表 4。

表 4 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. 主管长度 $\pm 0.5\text{mm}$	10	每处超差 $\pm 0.5\text{mm}$ 扣 2 分
	5. 支管高度 $\pm 0.5\text{mm}$	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. 主管纵缝间隙	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. 遵守安全操作规程，文明生产	5	违反操作规程、不按要求穿戴护品扣 1~5 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、方管斜交圆柱

图 5 为方管斜交圆柱的工件示意图，各尺寸见图中标注，完成方管斜交圆柱的展开下料、成形及总装操作。

1. 考核要求

(1) 本题分值 100 分。

(2) 考核时间 300min。

(3) 具体考核要求 准备时间 10min，正式操作时间 290min，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。

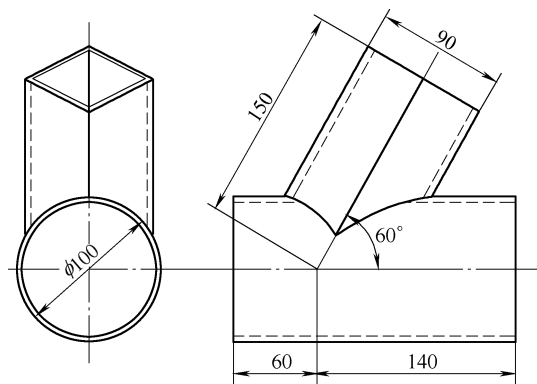


图 5 方管斜交圆柱工件示意图

1) 手工下料，手工成形，成形后只允许锉刀手工修磨。

2) 主管结合线在最左侧素线。支管分两块下料成形。接合缝只允许定位焊。



2. 考前准备

(1) 工具 锤子、錾子、划针、划规、样冲、钢卷尺、锉刀、砂轮机、振动剪等。

(2) 备料 Q235A 钢板, $\delta=2\text{mm}$; 油毛毡。

(3) 设备 焊机、型台。

3. 评分标准

评分标准见表 5。

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. 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. 主管长度 $\pm 0.5\text{mm}$	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. 主管纵缝间隙	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. 遵守安全操作规程, 文明生产	5	违反操作规程、不按要求穿戴护品扣 1~5 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、机械滚弯圆锥管

图 6 为机械滚弯圆锥管的工件示意图, 各尺寸见图中标注, 完成机械滚弯圆锥管的操作。

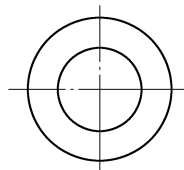
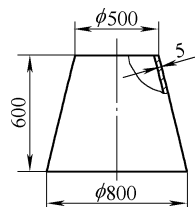
1. 考核要求

- 识读工件图样, 进行简单的工艺分析。
- 放样绘制号料样板。
- 熟练操作三辊并完成滚弯。
- 操作时间 60min 。

2. 考前准备

(1) 工具 划针、划规、钢直尺、粉线等。

(2) 备料 油毛毡, Q235A 钢板 ($\delta =$



技术要求

- 用卡形样板检查大、小口的圆度, 最大间隙不得大于 1mm 。
- 两直边不得出现歪扭现象。

图 6 机械滚弯圆锥管工件示意图



5mm)。

(3) 设备 放样台、三辊、剪床。

3. 评分标准

评分标准见表6。

表6 考核评分表

项目	考核内容	考核要求	配分	评分标准
主要项目	操作三辊滚板机滚制圆锥管	熟练掌握三辊滚板机的操作技能	10	按操作三辊滚板机的熟练程度给2~10分
		掌握滚制圆锥管的技术	15	视滚制圆锥管的技术水平给2~15分
	装配滚制后的圆锥管	装配接口平整	15	装配接口视情况给1~15分
		装配接口缝隙 $\leq 1\text{mm}$	15	接口无缝隙超过1mm扣5分,超过2mm扣10分,超过3mm扣15分
	修形	圆锥管的圆弧曲率圆滑	15	视圆锥管圆弧曲率情况给1~15分
		圆锥管的上、下口圆度误差 $\leq 1.5\text{mm}$	10	圆锥管的上、下口圆度误差在 $\pm 1.5\text{mm}$ 之间不扣分,超过1mm扣5分,超过2mm扣10分
一般项目	综合各工序的熟练程度	操作熟练	10	视各工序操作熟练程度适当给分
安全文明生产	安全生产法规有关规定或企业自定有关规定	按达到规定的标准程度评定	10	违反有关规定扣1~10分



模拟试卷样例

一、单项选择题(第1题~第160题。选择一个正确的答案,将相应的字母填入题内的括号中。每题0.5分,满分80分。)

1. 职业道德是一种()的约束机制。
A. 强制性 B. 非强制性 C. 随意性 D. 自发性
2. 在市场经济条件下,()是职业道德社会功能的重要表现。
A. 克服利益导向 B. 遏制牟利最大化
C. 增强决策科学化 D. 促进员工行为规范化
3. 属于企业文化功能的是()。
A. 体育锻炼 B. 整合功能 C. 歌舞娱乐 D. 社会交际
4. 爱岗敬业的具体要求是()。
A. 看效益决定是否爱岗 B. 转变择业观念
C. 提高职业技能 D. 增强把握择业的机遇意识
5. 企业诚实守信的内在要求是()。
A. 维护企业信誉 B. 增加职工福利
C. 注重经济效益 D. 开展员工培训
6. 关于勤俭节约的论述中,不正确的选项是()。
A. 企业可提倡勤劳,但不宜提倡节俭
B. “一分钟应看成是八分钟”
C. 勤俭节约符合可持续发展的要求
D. “节省一块钱,就等于净赚一块钱”
7. 职业纪律是从事这一职业的员工应该共同遵守的行为准则,它包括的内容有()。
A. 交往规则 B. 操作程序 C. 群众观念 D. 外事纪律
8. 企业员工在生产经营活动中,不符合平等尊重要求的是()。
A. 真诚相待,一视同仁 B. 互相借鉴,取长补短
C. 男女有序,尊卑有别 D. 男女平等,友爱亲善
9. 关于创新的论述,不正确的说法是()。
A. 创新需要“标新立异” B. 服务也需要创新
C. 创新是企业进步的灵魂 D. 引进别人的新技术不算创新



10. 能够正确表达物体的真实形状和大小的投影称为 () 投影。
A. 正 B. 水平 C. 中心 D. 平行
11. 俯视图为 ()。
A. 正投影 B. 水平投影 C. 侧投影 D. 中心投影
12. 能够反映机件某一部分的内部结构的剖视图称为 () 视图。
A. 全剖 B. 半剖 C. 局剖 D. 剖
13. 较长的机件沿长度方向的形状一致, 如轴、杆等, 可采用 ()。
A. 断开画法 B. 断面画法 C. 局部画法 D. 缩短绘制
14. 图纸大小都有相应的 () 标准。
A. 企业 B. 行业 C. 机械制图 D. 国家
15. 图样中符号 $\sqrt{\text{ }}$ 表示 ()。
A. 不需要加工 B. 表面粗糙度 C. 表面精度 D. 加工精度
16. 基准孔公差带位于零线的 (), 下极限偏差为零。
A. 上方 B. 下方 C. 左方 D. 右方
17. 零件的几何公差可由尺寸公差、加工精度和 () 予以保证。
A. 加工方法 B. 加工工艺 C. 生产工艺 D. 工艺过程
18. 在几何公差中符号 $\angle$ 代表 ()。
A. 角度 B. 倾斜度 C. 位置度 D. 平面度
19. 航天产品要求采用铝钛镁及其合金等 () 的金属材 料。
A. 密度大 B. 密度小 C. 熔点高 D. 熔点低
20. 铜的密度为 () g/cm^3 。
A. 7.298 B. 8.96 C. 8.86 D. 8.298
21. () 是金属材料表面抵抗硬物压入表面的能力。
A. 强度 B. 硬度 C. 塑性 D. 韧性
22. 低碳钢中碳的质量分数为 () %。
A. ≤ 0.20 B. ≤ 0.25 C. ≤ 0.24 D. ≤ 0.30
23. 牌号 Q225B 的钢中, S 的质量分数为 0.045, P 的质量分数为 ()。
A. 0.025 B. 0.040 C. 0.045 D. 0.050
24. 钢牌号中 08F 两位数字表示该钢碳的平均质量分数的 () 分数。
A. 百 B. 千 C. 万 D. 十万
25. 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
26. 特殊性能钢的牌号和合金工具钢的表示方法 ()。
A. 不相同 B. 相同 C. 相似 D. 不一样
27. 当钢加热到 723°C 以上时其内部的珠光体就转变为 () 组织。



- A. 铁素体 B. 马氏体 C. 奥氏体 D. 渗碳体
28. 退火主要用于 () 铸、锻、焊接件及冷冲压件的组织, 减少和消除残余应力。
- A. 改良 B. 调控 C. 完善 D. 改善
29. 正火热处理工艺的主要特点是在 () 中冷却。
- A. 空气 B. 随炉 C. 水中 D. 油中
30. 低温回火后的材料具有高硬度和高 ()。
- A. 强度极限 B. 弹性极限 C. 屈服强度 D. 耐磨性
31. 塑料易燃烧, 在光、热作用下, 其性能会变坏, 产生 ()。
- A. 氧化 B. 老化 C. 破脆 D. 变形
32. 酚醛塑料俗称“电木”, 它具有良好的耐热性、电绝缘性、化学稳定性及 () 稳定性。
- A. 形状 B. 尺寸 C. 零件 D. 表面
33. 氟橡胶耐高温和耐蚀性好, () 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
34. 加工成形是按放样划的轮廓线, 进行 () 并加工成一定形状。
- A. 拼接 B. 焊接 C. 切割分离 D. 矫正
35. 冷作钣金工施工时一般需要拼接的构件, 图样上通常不予标出, 这就需要按 () 合理安排拼接方式。
- A. 实际情况 B. 进料情况 C. 受力情况 D. 技术要求
36. () 放样、展开放样是最基本、应用最广的。
- A. 实尺 B. 比例 C. 作图 D. 计算机
37. 取角度样板放样时可根据实际情况采取 () 比例。
- A. 2:1 B. 1:2 C. 1:5 D. 一定
38. 砂轮机开始切割时, 砂轮片与型材处在 () 状态。
- A. 切削 B. 磨削 C. 接触 D. 旋转
39. 板料的弯曲半径由上辊的 () 决定。
- A. 上压 B. 下压 C. 压力 D. 转速
40. 刨边机加工后工件的尺寸精度较 ()。
- A. 高 B. 低 C. 准确 D. 一般
41. 铆接时压缩空气通过 (), 使活塞上下运动产生冲击力。
- A. 配气活门 B. 转换开关 C. 曲轴 D. 连杆
42. 毛坯上有不加工表面时, 应按 () 表面找正后再划线。
- A. 不加工 B. 加工 C. 垂直 D. 水平
43. 当坯料尺寸、形状、位置上的误差和缺陷难以用找正的方法补救时, 就



是要用 () 的方法来解决。

- A. 排料 B. 借料 C. 重新划线 D. 合理布局

44. 锉刀上不可沾 ()、沾水。

- A. 油 B. 硫酸 C. 盐酸 D. 化学用器

45. 柄部是麻花钻的夹持部分, 主要起定心和 () 作用。

- A. 传递扭矩 B. 传递转速 C. 传递压力 D. 切削

46. 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

47. 套螺纹前应将圆杆端倒入锥角, 锥体的最小直径应比 () 略小。

- A. 螺纹大径 B. 螺纹小径 C. 螺母直径 D. 板牙大径

48. () V 以下为安全电压。

- A. 24 B. 34 C. 36 D. 38

49. 环境保护法为国家执行环境监督管理职能提供了法律 ()。

- A. 依据 B. 保障 C. 武器 D. 重要工具

50. 零件或构件的 () 简称几何公差。

- A. 方位公差和几何形状 B. 位置公差和断面形状
C. 表面形状和位置公差 D. 部分形状和方位公差

51. 焊缝补充符号“Z”表示 ()。

- A. 双面交错断续焊缝 B. 双面交错连续焊缝
C. 对称焊接 D. 交错焊接

52. 有些 () 的零件在冷作钣金图样中不予以反映。

- A. 非主要、简单 B. 主要、简单
C. 结构简单 D. 非主要、结构复杂

53. 冷作钣金图样中有些零件尺寸是通过 () 的, 一般在图样中不予标注。

- A. 作图与计算 B. 放样或计算
C. 计算或展开 D. 展开或作图

54. 钢板扁钢每米长变形的允许偏差为 $\delta < 14\text{mm}$ 、() mm。

- A. $f \leq 2.5$ B. $f \leq 2$ C. $f \leq 1$ D. $f \leq 1.5$

55. 角钢两翼变形的允许偏差为 $\Delta \leq$ ()。

- A. $\frac{b}{100}$ B. $\frac{b}{1000}$ C. $\frac{2b}{1000}$ D. $\frac{5b}{1000}$

56. 矫正的原理是钢材通过 () 使各部分纤维长度趋于一致的过程。

- A. 内力或加热 B. 内力或外力
C. 加热或外力 D. 拉力或加热



57. 上下列辊平行的矫正机, 上下两排轴是 () 分布的。
A. 交错 B. 平行 C. 倾斜 D. 对称
58. () 钢板矫正时常用成对导向轴矫正机。
A. 薄 B. 中薄 C. 较厚 D. 中厚
59. 钢管在矫正时, 由于受矫正机压辊作用: 一方面做 () 运动, 一方面受力弯曲, 从而获得矫正。
A. 旋转 B. 螺旋 C. 曲面 D. 直面
60. 火焰矫正的原理是利用了钢材 () 的特性。
A. 热胀冷缩 B. 冷热温差 C. 收缩变形 D. 热胀变形
61. 火焰矫正加热 () 和加热点直径的大小应根据变形程度和工件厚度而定。
A. 方向 B. 密度 C. 速度 D. 深度
62. 线状加热的加热宽度一般为 () 倍的钢材厚度。
A. 0.5 ~ 6 B. 0.5 ~ 4 C. 0.5 ~ 2 D. 0.5 ~ 1
63. 立体划线时, 划线平台就是划线的 ()。
A. 定位基准 B. 尺寸基准 C. 画线基准 D. 基准平面
64. 立体划线时可用 () 确定孔形零件的中心。
A. 定心架 B. 划规 C. 高度尺 D. 划线盘
65. 工件有较多加工平面时, 划线基准应选择 () 或加工精度较高的平面作为基准。
A. 便于加工 B. 加工余量较小
C. 加工完毕 D. 加工余量较大
66. 连续焊缝的横向收缩量为 () mm/条。
A. 0.5 ~ 1.2 B. 0.3 ~ 0.5 C. 0.2 ~ 0.4 D. 0.2 ~ 0.5
67. 将构件的 () 依次摊开在一个平面的过程称为展开。
A. 各个立面 B. 各个平面 C. 各个表面 D. 各种形状
68. 相贯线在 () 视图的投影积聚在圆的上半圆弧中的相贯体是异径三通。
A. 左 B. 主 C. 俯 D. 三
69. 展开中消除板厚对 () 的影响就是板厚处理。
A. 构件 B. 表面 C. 尺寸 D. 形状
70. 冷作钣金工对板厚处理的最小厚度是 () mm。
A. 2 B. 2.5 C. 0.5 D. 1.5
71. 依据板厚的 () 尺寸作为展开依据的是圆弧形构件。
A. 内径减一个皮厚 B. 中心线



- C. 外径 D. 内径
72. 相贯构件板厚处理时,以连接处 () 部位尺寸为展开依据。
A. 里皮 B. 外皮 C. 接触 D. 中心
73. 三节 90° 弯管的板厚处理每节圆管的展开弧长以板厚的 () 尺寸为准。
A. 中心层 B. 内层
C. 接触 D. 外层减二个皮厚
74. 已知螺旋外径 D , 导轮高 P , 匝数 N , 圆钢直径 d , 则计算公式为 ()。
A. $l = N \sqrt{P^2 + \pi (D - d)^2}$ B. $l = P^2 \sqrt{P^2 + \pi^2 (D - d)}$
C. $l = P \sqrt{N^2 + \pi^2 (D - d)^2}$ D. $l = N \sqrt{P^2 + \pi^2 (D - d)^2}$
75. 异径斜交三通管支管长度以中心线为界一半以 () 高度为准, 另一半以内层高度为准。
A. 外层 B. 中心层 C. 中性层 D. 内层加皮厚
76. 切削加工的三个基本要素是 ()。
A. 工件、机械和切削 B. 工件、运动和旋转
C. 构件、刀具和切削 D. 工件、刀具和运动
77. 吃刀量一般指工件已加工表面与待加工表面间的 ()。
A. 距离 B. 加工深度 C. 垂直距离 D. 高度
78. () 是鑄子一般回火温度。
A. 200 ~ 250 B. 180 ~ 250 C. 180 ~ 240 D. 200 ~ 240
79. 龙门剪床根据传动机构布置的位置分 () 两种。
A. 上传动和下传动 B. 平口和斜口
C. 立式和卧式 D. 凸轮和连杆
80. 前刀刀的 () 做成倾斜形成后角, 可减少剪切过程中切削刀与材料的摩擦。
A. 右面 B. 左面 C. 后面 D. 前面
81. 压力机调整、() 装置和模具间隙调整等是冲裁模调试的主要内容。
A. 卸料 B. 送料 C. 进料 D. 打料
82. 通常割件表面离预热火焰的焰芯 () mm。
A. 2 ~ 3 B. 2 ~ 5 C. 3 ~ 4 D. 3 ~ 5
83. 普通气割切割速度比高速气割低 () %。
A. 40 ~ 100 B. 40 ~ 80 C. 80 ~ 100 D. 50 ~ 80
84. 管子加热弯曲时, 一般普通低碳钢加热温度为 () $^\circ\text{C}$ 。



- A. 950 ~ 1050 B. 900 ~ 1100 C. 850 ~ 1100 D. 800 ~ 1050
85. 为了增加构件的 (), 减轻构件的重量, 最常用的方法是拔缘。
A. 弹性 B. 韧性 C. 塑性 D. 刚性
86. 拔缘就是利用 () 的方法将板料边缘进行弯曲加工。
A. 放边和收边 B. 放边和弯曲
C. 收边和弯曲 D. 折边和弯曲
87. 在孔边加工出 () 是内拔缘。
A. 收边 B. 周边 C. 凹缘 D. 凸缘
88. 坯料拱曲前的热处理方法是 ()。
A. 调质 B. 渗碳 C. 退火 D. 酸化
89. 多曲率弯曲件是指弯曲半径变化的弯曲 ()。
A. 柱面 B. 曲面 C. 平面 D. 几何面
90. 卷弯中进料时, () 会产生扭曲。
A. 压力过大 B. 压力过小 C. 操作不当 D. 对中不良
91. 卷弯中产生外棱角是因为 ()。
A. 压力过大 B. 压力过小 C. 预弯不足 D. 预弯过渡
92. 材料的 () 强度极限越高, 弹性模量越小, 弯曲件的回弹也越大。
A. 抗剪 B. 抗拉 C. 屈服 D. 抗挤压
93. 材料的相对弯曲半径 r/t 越大, 材料的 () 越小, 回弹量越大。
A. 塑性 B. 硬度 C. 变形程度 D. 韧性
94. 当弯曲线的方向与钢材纤维方向垂直时, 钢材具有较大的 () 强度。
A. 抗弯 B. 抗挤压 C. 抗剪 D. 抗拉
95. 单角自由压弯的计算公式为压弯力等于 () 倍的板厚平方乘以板宽和强度极限除以板厚加凸模半径之和。
A. 0.3 B. 0.4 C. 0.5 D. 0.6
96. 双角自由压弯的计算公式为压弯力等于 () 倍的板厚平方乘以板宽和强度极限除以板厚加凸模半径之和。
A. 0.7 B. 0.6 C. 0.5 D. 0.4
97. 计算压延件坯料尺寸的方法有 ()、等体积法和经验公式法。
A. 等面积法、周长法 B. 周长法、放样法
C. 放样法、等重量法 D. 等尺寸法、周长法
98. 按等面积计算无凸缘筒形压延件的方法是将它分成 () 个简单几何体并分别求面积。
A. 三 B. 四 C. 五 D. 六



99. π 乘以圆锥外径再乘以圆锥斜高之和被 () 除是圆锥的表面积计算公式。

- A. 5 B. $2d$ C. 2π D. 2

100. () 倍的 π 乘以半圆球的外半径的平方是半圆球的表面积。

- A. 4 B. $2d$ C. $3d$ D. 2

101. 球面带的表面积为 () π 乘以球面带的圆弧内半径再乘以球面带高度。

- A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

102. 半圆形压延件坯料直径等于 () (d = 成形后半圆中心直径)。

- A. $\sqrt{3d}$ B. $3\sqrt{d^2}$ C. $\sqrt{2d^2}$ D. $2\sqrt{d^2}$

103. 椭圆封头压延成形时的材料拉伸系数一般取 ()。

- A. 0.75 B. 0.8 C. 0.85 D. 0.9

104. 已知一椭圆封头, $d = 800\text{mm}$ 、 $\delta = 10\text{mm}$ 、 $h = 25\text{mm}$, $K = 1.19$, 坯料直径 $D = () \text{mm}$ 。

- A. 1014 B. 1016 C. 1012 D. 1019

105. 板材厚度大于 () mm 以上, 一般采用加热压延。

- A. 6 B. 7 C. 8 D. 9

106. () 适用于不锈钢的压延。

- A. 二次压延 B. 热压 C. 冷压 D. 初压

107. 与碳钢相比, 不锈钢 () 现象严重, 每次压延后要进行退火处理。

- A. 疲劳 B. 整体变形 C. 硬化 D. 冷作硬化

108. 不锈钢压延时模具应预热到 ()。

- A. $300 \sim 250^\circ\text{C}$ B. $250 \sim 400^\circ\text{C}$ C. $450 \sim 500^\circ\text{C}$ D. $250 \sim 450^\circ\text{C}$

109. 铝及铝合金热压延时, 模具最好预热到 () $^\circ\text{C}$ 。

- A. $250 \sim 320$ B. $280 \sim 300$ C. $200 \sim 280$ D. $280 \sim 320$

110. 铜及铜合金压延时下模及压边圈工作表面应保持 ()。

- A. 润滑良好 B. 一定温度 C. 平整润滑 D. 光洁

111. 起伏就是改变坯料或工件的 (), 使它形成局部下凹或上凸的工序。

- A. 结构 B. 形状 C. 用途 D. 刚度

112. 提高了薄板的 () 并使制件表面光滑美观是起伏的目的。

- A. 强度、韧性 B. 硬度、塑性
C. 强度、硬度 D. 强度、刚度

113. 弯管时采用不同弯曲方法的目的都是设法减小弯管的截面和管壁的 ()。



- A. 椭圆度 B. 减薄量 C. 受力程度 D. 变形量
114. 管子弯曲时 () 外侧的材料受拉应力作用。
A. 中心层 B. 中性层 C. 壁厚 D. 外皮
115. 管子椭圆度等于同一 () 的最大直径减最小直径之差除以管子的标称外径。
A. 断面 B. 纵截面 C. 横截面 D. 曲面
116. 相对弯曲半径是指管子中性层的弯曲半径与管子 () 之比。
A. 外径 B. 内径 C. 中心径 D. 椭圆度
117. 弯管时常用 () 来衡量管子弯曲质量。
A. 截面形状 B. 椭圆度 C. 弯曲程度 D. 直线度
118. 中频加热弯管的受力形式,可分为两种 ()。
A. 拉弯和回弯 B. 回弯和压弯 C. 拉弯和推弯 D. 推弯和回弯
119. 爆炸成形是利用炸药爆炸产生的 () 使坯料成型的方法。
A. 高温高压 B. 冲击波 C. 高温 D. 高压
120. 操作方便、() 是爆炸成形的特点。
A. 成本低、生产周期短 B. 成本低、产品周期短
C. 成本高、产品周期长 D. 成本高、生产周期短
121. 坯料产生 () 和径向延伸是在旋压过程中产生的。
A. 纵向延伸 B. 横向收缩 C. 压向延伸 D. 切向收缩
122. 水火弯曲成形是用对坯料进行 () 加热、冷却使之成型的方法。
A. 整体 B. 局部 C. 一端 D. 中间
123. 水火弯板是利用局部加热所产生的 () 变形与横向变形达到成形的目的。
A. 收缩 B. 角 C. 纵向 D. 局部
124. 弯曲 () 的工件适用于水火弯曲成形。
A. 圆弧较大 B. 角度较大 C. 半径较小 D. 半径较大
125. 冷作钣金产品一般体积较大、() 较差,易变形。
A. 韧性 B. 刚度 C. 弹性 D. 缩性
126. 一般情况下钣金工装配的测量基准使用 ()。
A. 装配基准 B. 定位基准 C. 放样基准 D. 展开基准
127. 零件上被测的 () 与测量基准间的直线距离称为线性尺寸。
A. 立面 B. 点、线、面 C. 平面 D. 曲面
128. 确定零件在 () 的位置或相互位置叫定位。
A. 空间 B. 圆弧面 C. 平面 D. 立面
129. 零件的定位一般有挡铁、定位销、样板和 () 等。



- A. 计算定位 B. 划线定位 C. 尺寸定位 D. 胎具定位
130. 已知屋架中心高度 4m, 整个跨度 24m, 另一端高度 3.3m, 坡度为 ()。
- A. 1:12 B. 1:10 C. 1:8 D. 1:6
131. () 是钢屋架的挠度比例。
- A. 1/500 B. 1/600 C. 1/700 D. 1/800
132. 钢屋架装配的预焊接收缩量为 ()。
- A. 万分之一 B. 千分之一 C. 百分之一 D. 千分之二
133. 发电锅炉里管子常用的材料是 ()。
- A. 20g 或低合金钢管 B. 20g 或 0Cr18Ni9Ti
C. 20g 或 12Cr1MoVG D. 20g 或流体管
134. 通过增大主回路 () 来获得下降特性的是交流焊机。
- A. 电阻值 B. 电磁 C. 电流量 D. 电感量
135. 焊条焊芯的作用是作为电极产生 ()。
- A. 电弧 B. 电流 C. 电压 D. 电感
136. 焊条药皮的作用是起冶金处理的作用和 ()。
- A. 保温作用 B. 机械保护作用
C. 阻挡弧光作用 D. 保护焊道作用
137. 受潮的酸性焊条焊前烘干温度 ()℃ 左右, 时间 1~2h。
- A. 100~120 B. 120~140 C. 120~150 D. 150
138. 采用 () 和小电流是立焊时的焊接参数。
- A. 碱性焊条 B. 酸性焊条 C. 小直径焊条 D. 大直径焊条
139. 等离子弧是通过 ()、机械压缩、磁收缩而形成的。
- A. 电弧收缩 B. 电流收缩 C. 冷收缩 D. 热收缩
140. 铆钉直径一般根据构件的 () 来选择。
- A. 厚度 B. 承受能力 C. 截面 D. 强度
141. 铆钉直径小于 () mm 时常用铆接机冷铆。
- A. 30 B. 10 C. 15 D. 25
142. 用铆钉枪热铆时铆钉的加热温度 ()℃。
- A. 800~900 B. 900~1000 C. 900~1100 D. 1000~1100
143. 铆钉的加热温度在 ()℃ 范围之内时一般用铆接机热铆。
- A. 600~650 B. 650~670 C. 650~700 D. 650~750
144. 后退式胀子两端做成过渡段, 前进式胀子 (), 这是后退式胀子和前进式胀子的主要区别。
- A. 呈方形 B. 呈锥形 C. 呈三角形 D. 呈圆形



145. () 是胀管前确定胀接管子内径和胀接长度的依据。
A. 胀杆锥角 B. 管孔直径 C. 管子壁厚 D. 扳边滚子锥角
146. 正确的胀接率与 () 及厚度大小有关。
A. 管子材料、直径 B. 管板材料、直径
C. 管孔材料、直径 D. 胀管器材料、直径
147. 直角弯管咬接时, 弯管中心线的内侧处用弯边勾住, 外侧采用 ()。
A. 拔缘 B. 复合咬缝 C. 咬缝连接 D. 角咬缝
148. 常用容器连接的咬缝不但要求一定的密封性、还要求咬缝的 ()。
A. 塑性 B. 刚度 C. 强度 D. 韧性
149. 常用螺纹联接增大摩擦力的防松措施有加 () 和双螺母。
A. 垫圈 B. 弹簧垫圈 C. 止退垫圈 D. 开口销
150. 螺母拧紧后依靠弹簧垫圈压平后产生的弹力, 使连接件轴向张紧, 产生 (), 是弹簧垫圈的工作原理。
A. 摩擦阻力 B. 压力 C. 弹性压力 D. 偏转力
151. 机械防松的原理是利用各种止动零件, 阻止螺纹零件的 ()。
A. 转动 B. 相对转动 C. 运动 D. 振动
152. 焊缝金属受热时各部分的 () 是产生焊接应力与变形的根本原因。
A. 温度不均匀 B. 热胀冷缩不均匀
C. 膨胀不均匀 D. 收缩不均匀
153. 焊缝重心到结构截面 () 的距离决定焊件变形量的大小。
A. 一端 B. 两端 C. 重心线 D. 中心线
154. 在实际操作中, 构件的 () 决定了焊接变形的大小。
A. 厚度 B. 材料 C. 强度 D. 刚度
155. 在较薄的材料、有色金属和 () 补焊时经常采用锤击焊缝法。
A. 铸钢 B. 铸铁 C. 型钢 D. 管材
156. 一般通过线性尺寸、角度及 () 等检测是对构件的外部检验。
A. 强度、结构 B. 结构、形状 C. 形状、位置 D. 形状、弧度
157. 采用 () 检验方法是对构件的内部检验常用的检验方法。
A. 磁粉检测 B. 非破坏性 C. μ 射线检测 D. 着色
158. $\pm$ () mm 是组焊工字形截面的高度偏差。
A. 2.5 B. 2 C. 1.5 D. 1
159. 梁和桁架预装配时的设计要求起拱偏差为 $\pm$ ()。
A. 1/2500 B. 1/2000 C. 1/1500 D. 1/1000
160. 水压试验、() 是常用的对焊缝致密性检验的方法。
A. 渗透剂、煤油试验 B. 显示剂、渗透剂



C. 气压试验、磁粉试验

D. 煤油试验、气压试验

二、判断题（第 161 题 ~ 第 200 题。将判断结果填入括号中。正确的填“√”，错误的填“×”。每题 0.5 分，满分 20 分。）

161. () 办公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. () 表面粗糙度对使用等性能没有直接的影响。

163. () 天然橡胶的主要成分是聚四氟乙烯。

164. () 画在平面上的基本视图称为展开图。

165. () 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。

166. () QA34—16 型联合冲剪机的传动部分在机架的下部。

167. () 手工夹具的形式很多，可分为杠杆夹具、螺旋夹具。

168. () 常用转换开关有组合开关、倒顺开关等。

169. () 行程开关是将电信号转变为机械信号的一种装置。

170. () 人体接触或接近带电体所引起的人体伤害现象称电击。

171. () 氧气瓶距离乙炔瓶、明火和热源应大于 8m。

172. () 矫正薄钢板中间凸起的变形时，沿凸起四周向外锤击伸展，锤击密度为中间疏、外部密。

173. () 多辊式斜辊矫正机的工作部分是由一系列轴线呈一定角度分布的双曲线压辊所组成。

174. () 线状加热的区域应根据变形程度和工件的厚度而定。

175. () 在立体划线中，划线基准是根据“保证尺寸、兼顾其他”的原则来确定的。

176. () 切削加工中若用气割打孔，间隙余量应取 5 ~ 10mm。

177. () 冷作钣金成形余量应根据不同的成形方法加放余量。

178. () 由两个或两个以上的基本几何体组成的构件叫相贯体。

179. () 方圆过渡管板厚处理时，圆口周长以板厚的 1/2 尺寸为准。

180. () 展开计算的依据是中心层。

181. () 已知圆外径 100mm，圆钢直径 10mm，该圆环展开长度为 285mm。

182. () 镊子的热处理包括淬火和正火两个过程。

183. () 圆盘剪床既能剪直线，也能剪曲线，又可完成切圆孔等加工。

184. () 对于剪切常用的碳钢板刀片间隙为材料厚度的 2% ~ 7%。

185. () 模具间隙的大小及其均匀性直接影响冲裁件的质量。

186. () 型钢弯曲时，重心线与力的作用线不在同一平面上。



187. () 冷作钣金工装配中应用最广泛的是线性尺寸测量。
188. () 形状与位置的测量包括平行度、倾斜度、垂直度、椭圆度、角度的测量等。
189. () 钢屋架起拱的高度 = 跨度 × 挠度比。
190. () 挠度弧的画法有垂线法和等分法两种。
191. () 储气罐是由筒体、封头和支脚等构成的。
192. () 用手工冷铆时铆钉直径应小于 7mm。
193. () 拉铆的主要材料是铆钉。
194. () 胀管前管子的退火长度一般取管板的厚度再加 150mm。
195. () 一般的螺纹联接都具有加紧性。
196. () 号料时直线允许偏差是 $\pm 0.30\text{mm}$ 。
197. () 焊接件组装对口的错边公差为板厚/10, 且不大于 3mm。
198. () 焊接零件组装搭接长度偏差为 $\pm 6\text{mm}$ 。
199. () 组焊箱形截面的垂直度偏差是 $b/200$, 且不大于 3mm。
200. () 焊缝的直观检验项目有焊缝外形尺寸检验和咬边检验。

答案部分

知识要求试题答案

一、选择题

1. D	2. C	3. A	4. D	5. A	6. C	7. A	8. D
9. C	10. D	11. C	12. A	13. B	14. D	15. A	16. A
17. B	18. A	19. A	20. D	21. D	22. B	23. C	24. B
25. D	26. D	27. D	28. C	29. C	30. A	31. A	32. C
33. B	34. D	35. B	36. D	37. B	38. A	39. D	40. A
41. A	42. A	43. D	44. A	45. D	46. D	47. C	48. D
49. A	50. C	51. D	52. A	53. C	54. C	55. D	56. C
57. A	58. A	59. B	60. B	61. D	62. C	63. A	64. A
65. D	66. C	67. A	68. B	69. A	70. A	71. B	72. C
73. B	74. A	75. D	76. B	77. D	78. D	79. A	80. A
81. C	82. D	83. C	84. C	85. A	86. C	87. D	88. D
89. D	90. D	91. D	92. B	93. C	94. D	95. A	96. D
97. C	98. C	99. A	100. C	101. C	102. C	103. B	104. C
105. B	106. D	107. D	108. D	109. D	110. D	111. D	112. B
113. C	114. A	115. B	116. C	117. C	118. D	119. D	120. D
121. C	122. B	123. A	124. A	125. C	126. A	127. D	128. C
129. C	130. B	131. D	132. C	133. D	134. C	135. D	136. D
137. D	138. A	139. A	140. A	141. C	142. D	143. C	144. C
145. A	146. C	147. D	148. A	149. B	150. D	151. C	152. D
153. A	154. A	155. D	156. A	157. A	158. D	159. B	160. B
161. B	162. A	163. A	164. C	165. A	166. D	167. B	168. A



169. B	170. D	171. D	172. D	173. A	174. D	175. B	176. D
177. C	178. B	179. D	180. B	181. B	182. A	183. C	184. C
185. B	186. B	187. A	188. C	189. B	190. D	191. D	192. C
193. B	194. A	195. A	196. C	197. B	198. B	199. A	200. C
201. A	202. D	203. C	204. B	205. B	206. D	207. C	208. A
209. D	210. B	211. C	212. C	213. B	214. A	215. A	216. A
217. B	218. A	219. D	220. A	221. D	222. B	223. D	224. B
225. B	226. B	227. B	228. B	229. B	230. D	231. D	232. C
233. B	234. C	235. A	236. C	237. B	238. B	239. D	240. D
241. B	242. C	243. D	244. A	245. A			

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. ✓	77. ✕	78. ✕	79. ✕	80. ✓
81. ✓	82. ✓	83. ✕	84. ✓	85. ✕	86. ✓	87. ✕	88. ✕
89. ✓	90. ✕	91. ✕	92. ✕	93. ✕	94. ✓	95. ✓	96. ✕
97. ✓	98. ✕	99. ✓	100. ✕	101. ✕	102. ✕	103. ✓	104. ✕
105. ✕	106. ✕	107. ✕	108. ✓	109. ✓	110. ✕	111. ✓	112. ✕
113. ✕	114. ✓	115. ✕	116. ✕	117. ✕	118. ✓	119. ✕	120. ✓
121. ✕	122. ✕	123. ✕	124. ✓				



模拟试卷样例答案

一、单项选择题

1. B	2. D	3. B	4. C	5. A	6. A	7. D	8. C
9. D	10. A	11. B	12. C	13. A	14. D	15. A	16. A
17. B	18. B	19. B	20. B	21. B	22. B	23. C	24. C
25. C	26. B	27. C	28. D	29. A	30. D	31. B	32. B
33. B	34. C	35. D	36. A	37. D	38. B	39. B	40. A
41. A	42. A	43. B	44. A	45. B	46. B	47. B	48. C
49. A	50. C	51. A	52. A	53. B	54. D	55. A	56. C
57. A	58. A	59. B	60. A	61. C	62. C	63. D	64. A
65. B	66. C	67. C	68. A	69. C	70. D	71. B	72. C
73. A	74. D	75. A	76. D	77. C	78. D	79. A	80. C
81. D	82. D	83. A	84. A	85. D	86. A	87. D	88. C
89. A	90. D	91. C	92. C	93. C	94. D	95. D	96. A
97. A	98. A	99. D	100. D	101. A	102. C	103. A	104. A
105. A	106. C	107. D	108. A	109. A	110. D	111. B	112. D
113. D	114. B	115. C	116. A	117. B	118. C	119. B	120. B
121. D	122. B	123. B	124. D	125. B	126. B	127. B	128. A
129. B	130. B	131. A	132. A	133. C	134. D	135. A	136. B
137. D	138. C	139. D	140. A	141. D	142. D	143. B	144. B
145. B	146. A	147. C	148. C	149. B	150. B	151. B	152. D
153. C	154. D	155. B	156. C	157. B	158. B	159. C	160. D

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） [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会室. 冷作钣金工（中级） [M]. 北京：中国劳动社会保障出版社，2008.
- [3] 谷定来. 冷作钣金工技能训练 [M]. 北京：机械工业出版社，2009.
- [4] 梁绍华，等. 冷作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. 冷作钣金工考前指导 [M]. 北京：机械工业出版社，2011.

冷作钣金工需学习下列课程：

初级：机械识图、金属材料及热处理知识、公差配合与测量、机械基础（初级）、钳工常识、电工常识、冷作钣金工（初级）

中级：冷作钣金工（中级）

高级：冷作钣金工（高级）

技师、冷作钣金工（技师）

国家职业资格培训教材

丛书介绍：深受读者喜爱的经典培训教材，依据最新国家职业标准，按初级、中级、高级、技师（含高级技师）分册编写，以技能培训为主线，理论与技能有机结合，书末有配套的试题库和答案。所有教材均免费提供 PPT 电子教案，部分教材配有 VCD 实景操作光盘（注：标注★的图书配有 VCD 实景操作光盘）。

读者对象：本套教材是各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、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。

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| ◆ 机械识图 | ◆ 车工（初级★、中级、高级、技师和高级技师） |
| ◆ 机械制图 | ◆ 铣工（初级★、中级、高级、技师和高级技师） |
| ◆ 金属材料及热处理知识 | ◆ 磨工（初级、中级、高级、技师和高级技师） |
| ◆ 公差配合与测量 | ◆ 钳工（初级★、中级、高级、技师和高级技师） |
| ◆ 机械基础（初级、中级、高级） | ◆ 机修钳工（初级、中级、高级、技师和高级技师） |
| ◆ 液气压传动 | ◆ 锻造工（初级、中级、高级、技师和高级技师） |
| ◆ 数控技术与 AutoCAD 应用 | ◆ 模具工（中级、高级、技师和高级技师） |
| ◆ 机床夹具设计与制造 | ◆ 数控车工（中级★、高级★、技师和高级技师） |
| ◆ 测量与机械零件测绘 | ◆ 数控铣工/加工中心操作工（中 |
| ◆ 管理与论文写作 | |
| ◆ 钳工常识 | |
| ◆ 电工常识 | |
| ◆ 电工识图 | |
| ◆ 电工基础 | |
| ◆ 电子技术基础 | |
| ◆ 建筑识图 | |
| ◆ 建筑装饰材料 | |

- 级★、高级★、技师和高级技师)
- ◆ 铸造工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 冷作钣金工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 焊工（初级★、中级★、高级★、技师和高级技师★）
- ◆ 热处理工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 涂装工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 电镀工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 锅炉操作工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 数控机床维修工（中级、高级和技师）
- ◆ 汽车驾驶员（初级、中级、高级、技师）
- ◆ 汽车修理工（初级★、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 摩托车维修工（初级、中级、高级）
- ◆ 制冷设备维修工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 电气设备安装工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 值班电工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 维修电工（初级★、中级★、高级、技师和高级技师）
- ◆ 家用电器产品维修工（初级、中级、高级）
- ◆ 家用电子产品维修工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 可编程序控制系统设计师（一级、二级、三级、四级）
- ◆ 无损检测员（基础知识、超声波探伤、射线探伤、磁粉探伤）
- ◆ 化学检验工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 食品检验工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 制图员（土建）
- ◆ 起重工（初级、中级、高级、技师）
- ◆ 测量放线工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 架子工（初级、中级、高级）
- ◆ 混凝土工（初级、中级、高级）
- ◆ 钢筋工（初级、中级、高级、技师）
- ◆ 管工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 木工（初级、中级、高级、技师）
- ◆ 砌筑工（初级、中级、高级、技师）
- ◆ 中央空调系统操作员（初级、中级、高级、技师）
- ◆ 物业管理员（物业管理基础、物业管理员、助理物业管理师、物业管理师）
- ◆ 物流师（助理物流师、物流师、高级物流师）
- ◆ 室内装饰设计员（室内装饰设计员、室内装饰设计师、高级室内装饰设计师）
- ◆ 电切削工（初级、中级、高级、技师和高级技师）
- ◆ 汽车装配工

◆ 电梯安装工

◆ 电梯维修工

变压器行业特有工种国家职业资格培训教程

丛书介绍：由相关国家职业标准的制定者——机械工业职业技能鉴定指导中心组织编写，是配套用于国家职业技能鉴定的指定教材，覆盖变压器行业5个特有工种，共10种。

读者对象：可作为相关企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构的鉴定培训教材，也可作为变压器行业从业人员学习、考证用书，还可作为技工学校、职业高中、各种短训班的教材。

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| ◆ 变压器基础知识 | ◆ 变压器试验工（初级、中级、高级、技师、高级技师技能） |
| ◆ 绕组制造工（基础知识） | ◆ 互感器装配工（初级、中级、高级、技师、高级技师技能） |
| ◆ 绕组制造工（初级 中级 高级技能） | ◆ 绝缘制品件装配工（初级、中级、高级、技师、高级技师技能） |
| ◆ 绕组制造工（技师 高级技师技能） | ◆ 铁心叠装工（初级、中级、高级、技师、高级技师技能） |
| ◆ 干式变压器装配工（初级、中级、高级技能） | |
| ◆ 变压器装配工（初级、中级、高级、技师、高级技师技能） | |

国家职业资格培训教材——理论鉴定培训系列

丛书介绍：以国家职业技能标准为依据，按机电行业主要职业（工种）的中级、高级理论鉴定考核要求编写，着眼于理论知识的培训。

读者对象：可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的培训教材，也可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材，还可作为个人的学习用书。

- | | |
|----------------|------------------|
| ◆ 车工（中级）鉴定培训教材 | ◆ 钳工（中级）鉴定培训教材 |
| ◆ 车工（高级）鉴定培训教材 | ◆ 钳工（高级）鉴定培训教材 |
| ◆ 铣工（中级）鉴定培训教材 | ◆ 机修钳工（中级）鉴定培训教材 |
| ◆ 铣工（高级）鉴定培训教材 | ◆ 机修钳工（高级）鉴定培训教材 |
| ◆ 磨工（中级）鉴定培训教材 | ◆ 焊工（中级）鉴定培训教材 |
| ◆ 磨工（高级）鉴定培训教材 | ◆ 焊工（高级）鉴定培训教材 |

- ◆ 热处理工（中级）鉴定培训教材
- ◆ 热处理工（高级）鉴定培训教材
- ◆ 铸造工（中级）鉴定培训教材
- ◆ 铸造工（高级）鉴定培训教材
- ◆ 电镀工（中级）鉴定培训教材
- ◆ 电镀工（高级）鉴定培训教材
- ◆ 维修电工（中级）鉴定培训教材
- ◆ 维修电工（高级）鉴定培训教材
- ◆ 汽车修理工（中级）鉴定培训教材
- ◆ 汽车修理工（高级）鉴定培训教材
- ◆ 涂装工（中级）鉴定培训教材
- ◆ 涂装工（高级）鉴定培训教材
- ◆ 制冷设备维修工（中级）鉴定培训教材
- ◆ 制冷设备维修工（高级）鉴定培训教材

国家职业资格培训教材——操作技能鉴定实战详解系列

丛书介绍：用于国家职业技能鉴定操作技能考试前的强化训练。特色：

- 重点突出，具有针对性——依据技能考核鉴定点设计，目的明确。
- 内容全面，具有典型性——图样、评分表、准备清单，完整齐全。
- 解析详细，具有实用性——工艺分析、操作步骤和重点解析详细。
- 练考结合，具有实战性——单项训练题、综合训练题，步步提升。

读者对象：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，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，也可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，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。

- ◆ 车工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 车工（高级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 车工（技师、高级技师）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 铣工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 铣工（高级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 钳工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 钳工（高级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 钳工（技师、高级技师）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控车工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控车工（高级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控车工（技师、高级技师）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工（高级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工（技师、高级技师）操作技能鉴定实战详解

- ◆ 焊工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 焊工（高级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 焊工（技师、高级技师）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 维修电工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 维修电工（高级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 维修电工（技师、高级技师）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 汽车修理工（中级）操作技能鉴定实战详解
- ◆ 汽车修理工（高级）操作技能鉴定实战详解

技能鉴定考核题库

丛书介绍：根据各职业（工种）鉴定考核要求分级编写，试题针对性、通用性、实用性强。

读者对象：可作为企业培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训机构培训考核用书，也可供技工学校、职业高中、各种短训班培训考核使用，还可作为个人读者学习自测用书。

- ◆ 机械识图与制图鉴定考核试题库
- ◆ 机械基础技能鉴定考核试题库
- ◆ 电工基础技能鉴定考核试题库
- ◆ 车工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 铣工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 磨工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 数控车工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 数控铣工/加工中心操作工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 模具工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 钳工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 机修钳工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 汽车修理工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 制冷设备维修工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 维修电工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 铸造工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 焊工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 冷作钣金工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 热处理工职业技能鉴定考核试题库
- ◆ 涂装工职业技能鉴定考核试题库

机电类技师培训教材

丛书介绍：以国家职业标准中对各工种技师的要求为依据，以便于培训为前提，紧扣职业技能鉴定培训要求编写。加强了高难度生产加工，复杂设备的安装、调试和维修，技术质量难题的分析和解决，复杂工艺的编制，故障诊断与排

除以及论文写作和答辩的内容。书中均配有培训目标、复习思考题、培训内容、试题库、答案、技能鉴定模拟试卷样例。

读者对象：可作为职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、技师学院培训鉴定教材，也可供读者自学及考前复习和自测使用。

- | | |
|------------------|-------------------|
| ◆ 公共基础知识 | ◆ 铸造工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 电工与电子技术 | ◆ 涂装工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 机械制图与零件测绘 | ◆ 模具工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 金属材料与加工工艺 | ◆ 机修钳工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 机械基础与现代制造技术 | ◆ 热处理工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 技师论文写作、点评、答辩指导 | ◆ 维修电工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 车工技师鉴定培训教材 | ◆ 数控车工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 铣工技师鉴定培训教材 | ◆ 数控铣工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 钳工技师鉴定培训教材 | ◆ 冷作钣金工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 焊工技师鉴定培训教材 | ◆ 汽车修理工技师鉴定培训教材 |
| ◆ 电工技师鉴定培训教材 | ◆ 制冷设备维修工技师鉴定培训教材 |

特种作业人员安全技术培训考核教材

丛书介绍：依据《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》编写，内容包含法律法规、安全培训、案例分析、考核复习题及答案。

读者对象：可用作各级各类安全生产培训部门、企业培训部门、培训机构安全生产培训和考核的教材，也可作为各类企事业单位安全管理和相关技术人员的参考书。

- | | |
|--------------|-----------|
| ◆ 起重机司索指挥作业 | ◆ 压力容器操作 |
| ◆ 企业内机动车辆驾驶员 | ◆ 锅炉司炉作业 |
| ◆ 起重机司机 | ◆ 电梯作业 |
| ◆ 金属焊接与切割作业 | ◆ 制冷与空调作业 |
| ◆ 电工作业 | ◆ 登高作业 |

读者信息反馈表

感谢您购买《冷作钣金工（初级）》一书。为了更好地为您服务，有针对性地为您提供图书信息，方便您选购合适图书，我们希望了解您的需求和对我们图书的意见和建议，愿这小小的表格为我们架起一座沟通的桥梁。

姓 名		所在单位名称		
性 别		所从事工作（或专业）		
通信地址			邮 编	
办公电话		移动电话		
E-mail				
1. 您选择图书时主要考虑的因素（在相应项前面画√） （ ） 出版社 （ ） 内容 （ ） 价格 （ ） 封面设计 （ ） 其他				
2. 您选择我们图书的途径（在相应项前面画√） （ ） 书目 （ ） 书店 （ ） 网站 （ ） 朋友推介 （ ） 其他				
希望我们与您经常保持联系的方式： ☐ 电子邮件信息 ☐ 定期邮寄书目 ☐ 通过编辑联络 ☐ 定期电话咨询				
您关注（或需要）哪些类图书和教材：				
您对我社图书出版有哪些意见和建议（可从内容、质量、设计、需求等方面谈）：				
您今后是否准备出版相应的教材、图书或专著（请写出出版的专业方向、准备出版的时间、出版社的选择等）：				

非常感谢您能抽出宝贵的时间完成这张调查表的填写并回寄给我们，我们愿以真诚的服务回报您对机械工业出版社技能教育分社的关心和支持。

请联系我们——

地址 北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社技能教育分社

邮编 100037

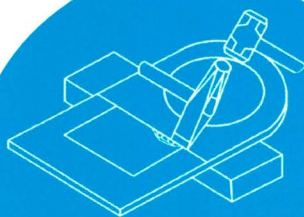
社长电话 (010) 88379080 88379083 68329397（带传真）

E-mail jnfs@mail.machineinfo.gov.cn



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



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

Q Q索取: 476472813

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心: 010-88361066

销售一部: 010-68326294

销售二部: 010-88379649

读者购书热线: 010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-43764-2

上架指导: 工业技术 / 机械工程 / 机械加工

ISBN 978-7-111-43764-2



9 787111 437642 >

定价: 35.00元