



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专规划教材

焊接结构生产

HANJIE JIEGOU SHENGCHAN

邓洪军 主编

第3版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



www.cmpedu.com
赠电子课件及模拟试卷等

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专规划教材

焊接结构生产

第 3 版

国家机械职业教育材料类教学指导委员会 组编

主 编 邓洪军

副主编 冯菁菁

参 编 徐双钱 王子瑜 高振永

主 审



机械工业出版社

本书是根据国家机械职业教育材料类教学指导委员会制定的高等职业教育焊接技术及自动化专业教学标准和“焊接结构生产”课程标准编写的,是适应三年制高等职业教育焊接技术及自动化专业使用的国家规划教材。

本书共九章,主要包括焊接结构件制造的基础知识、焊接结构加工应力与变形、焊接结构件的备料加工工艺及设备、焊接结构件的成形工艺及设备、焊接结构的装配、焊接结构生产中的技术管理、装配-焊接工艺装备、典型焊接结构的生产工艺、焊接结构生产的安全技术与劳动保护。为便于教学,本书配有电子教案、助教课件、教学视频等教学资源。凡选用本书作为教材的教师,可登录机械工业教育服务网 www.cmpedu.com 注册后免费下载。咨询电话 010-88379375。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com

本书在编写过程中,根据最新国家职业技能要求,从现代高职人才培养目标出发,注重教学内容的实用性,结合焊接专业技术岗位特点,尽量贴近焊接生产实际组织教学内容,以达到让学生掌握焊接结构生产的基本知识和基本技能的目的。全书通俗易懂、实用性强,便于组织教学,可作为高等职业院校焊接技术及自动化专业教材,也可作为有关技术人员、管理人员的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构生产/邓洪军主编. —3 版. —北京:机械工业出版社,2014.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高职高专规划教材

ISBN 978-7-111-45859-3

I. ①焊… II. ①邓… III. ①焊接结构-焊接工艺-高等职业教育-教材 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 027929 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:于奇慧 责任编辑:于奇慧 王海霞

版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

责任印制:刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2014 年 4 月第 3 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 12.75 印张 · 312 千字

0 001—2 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45859-3

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

第3版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据国家机械职业教育材料类教学指导委员会制定的高等职业教育焊接技术及自动化专业教学标准和“焊接结构生产”课程标准编写的，并结合当前高等职业教育的发展需求，在《焊接结构生产 第2版》的基础上修订而成。

本书在修订过程中，始终坚持以学生就业为导向，以企业用人标准为依据，在专业知识的安排上，坚持实用、够用的原则。在第2版的基础上，对“焊接结构备料及成形加工”“焊接结构的装配与焊接工艺”两部分内容进行了重新整合；并在“典型焊接结构的生产工艺”部分增加了“压力容器的生产工艺”相关内容。本书在修订过程中力求更好地将理论知识融入到能力培养的过程中，注重对实践教学和操作技能的培养。为了更好地实现校企合作，本书在编写过程中还邀请了企业一线的工程技术人员参与，使教材内容能够包含企业最前沿信息。

本书的主要内容、建议学时与教学形式见下表（共100学时）。

章 节	内 容	建议学时	教学形式
第一章	焊接结构件制造的基础知识	10	理论教学
第二章	焊接结构加工应力与变形	20	教学做一体化教学
第三章	焊接结构件的备料加工工艺及设备	10	教学做一体化教学
第四章	焊接结构件的成形工艺及设备	10	教学做一体化教学
第五章	焊接结构的装配	10	教学做一体化教学
第六章	焊接结构生产中的技术管理	10	教学做一体化教学
第七章	装配-焊接工艺装备	10	教学做一体化教学
第八章	典型焊接结构的生产工艺	16	教学做一体化教学
第九章	焊接结构生产的安全技术与劳动保护	4	理论教学

全书共九章，由渤海船舶职业学院邓洪军任主编，冯菁菁任副主编，渤海造船厂集团有限公司教授级高级工程师杨家武任主审。具体编写分工如下：第一章、第五章、第九章由邓洪军编写；第二章、第三章、第八章由冯菁菁编写；第七章由徐双钱编写；第四章由高振永编写；第六章由王子瑜编写。

在编写过程中，本书参阅了有关同类教材、书籍和网络资料，并得到了参编学校和企业的的大力支持，在此一并致以深深的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第3版前言

第一章 焊接结构件制造基础知识 1

第一节 焊接结构的基本构件 1

一、机器零部件焊接结构 1

二、压力容器焊接结构 3

三、梁、柱焊接结构 4

四、船舶焊接结构 6

第二节 焊接接头的基本知识 6

一、焊接接头的组成及基本形式 6

二、焊缝的基本形式 7

三、焊缝代号 9

第三节 接头强度的基本理论 14

一、电弧焊接头的工作应力 14

二、焊接接头静载强度的计算 17

三、焊接结构的疲劳破坏 19

四、焊接结构的脆性破坏 22

【综合训练】 27

第二章 焊接结构加工应力与变形 28

第一节 焊接应力与变形的产生 28

一、应力与变形的基础知识 28

二、研究焊接应力与变形的基本

假定 29

三、焊接应力与变形产生的原因 30

第二节 焊接残余应力 33

一、焊接残余应力的分布 33

二、焊接残余应力对焊接结构的

影响 36

三、控制焊接残余应力的措施 37

四、消除焊接残余应力的方法 39

第三节 焊接变形 41

一、焊接变形的种类及其影响因素 41

二、焊接变形的危害 45

三、控制焊接变形的措施 45

四、矫正焊接变形的的方法 51

【综合训练】 53

第三章 焊接结构件的备料加工工

艺及设备 54

第一节 钢材的预处理工艺 54

一、钢材的矫正工艺 54

二、钢材矫正的工艺设备 56

三、原材料的表面清理工艺 58

四、原材料的表面清理设备 59

第二节 划线与放样 60

一、划线的基本知识 60

二、放样 61

三、钢板与型钢的划线 66

第三节 下料与边缘加工 68

一、手工下料 68

二、金属材料的机械切割 68

三、金属材料的热切割 71

四、金属材料的边缘加工 74

【综合训练】 75

第四章 焊接结构件的成形工艺及

设备 77

第一节 压弯成形工艺及设备 77

一、压弯成形工艺 77

二、压弯成形设备 79

第二节 滚弯成形工艺及设备 80

一、滚弯成形工艺 80

二、滚弯成形设备 83

第三节 拉深成形工艺及设备 84

一、拉深成形工艺 84

二、拉深成形设备 86

第四节 旋压成形工艺及设备 87

一、旋压成形工艺 87

二、旋压成形设备 89

【综合训练】 90

第五章 焊接结构的装配 91

第一节 焊接结构的装配方法 91

一、焊件装配的基本条件 91

二、焊件装配的工艺方法 92

三、装配-焊接顺序的制订 93

第二节 装配中的定位 95

一、定位的基本原理 95

二、定位基准及其选择	95	二、焊接工装的分类及应用	132
三、定位的基本方法	96	三、焊接工装的组成及选用原则	133
第三节 装配中的测量	99	第二节 焊接工装夹具	134
一、测量基准及其选择	99	一、定位器	134
二、线性尺寸的测量	99	二、夹紧器	138
三、平行度和水平度的测量	99	第三节 装配用设备	143
四、垂直度和铅垂度的测量	101	一、装配平台	143
五、同轴度和角度的测量	102	二、装配胎具	144
第四节 典型结构的装配	103	三、吊装设备	145
一、装配前的准备工作	103	第四节 焊接变位机械	147
二、钢板的拼接	103	一、焊件变位机械	147
三、T形梁的装配	104	二、焊机变位机械	152
四、箱形梁的装配	104	三、焊工变位机械	153
五、圆筒节对接装配	105	四、焊接机器人	154
【综合训练】	107	【综合训练】	156
第六章 焊接结构生产中的技术		第八章 典型焊接结构的生产	
管理	108	工艺	157
第一节 焊接结构的工艺性审查	108	第一节 桥式起重机桥架的生产	
一、焊接结构工艺性审查的目的	108	工艺	157
二、焊接结构工艺性审查的步骤	109	一、桥式起重机桥架的基本知识	157
三、焊接结构工艺性审查的内容	109	二、桥式起重机桥架主要部件的制造	
第二节 焊接结构生产工艺过程分析	115	工艺	160
一、从生产纲领的要求进行工艺过程		三、桥架的装配与焊接工艺	164
分析	115	第二节 压力容器的生产工艺	166
二、从保证技术条件的要求进行工艺		一、压力容器的结构特点	166
过程分析	116	二、压力容器的制造工艺	169
三、从采用先进工艺的可能性进行工		三、球形容器的制造工艺	172
艺过程分析	117	第三节 船舶结构的焊接工艺	176
第三节 焊接工艺规程	119	一、船舶结构的类型及特点	176
一、生产过程与工艺过程	119	二、船舶结构焊接的工艺原则	177
二、工艺规程的基本形式	120	三、整体造船中的焊接工艺	180
三、焊接工艺规程的基本知识	121	四、分段造船中的焊接工艺	181
四、焊接工艺规程的编制	125	第四节 桁架的生产工艺	185
第四节 焊接工艺评定	126	一、桁架的结构特点及技术要求	185
一、焊接工艺评定的目的	126	二、桁架的装配工艺	187
二、焊接工艺评定的条件与规则	127	三、桁架的焊接工艺	187
三、焊接工艺评定的依据	127	【综合训练】	187
四、焊接工艺评定的程序	127	第九章 焊接结构生产的安全技术与	
【综合训练】	130	劳动保护	189
第七章 装配-焊接工艺装备	132	第一节 焊接结构生产的安全技术	189
第一节 概述	132	一、备料加工的安全技术	189
一、焊接工装的地位与作用	132	二、装配中的安全技术	190

三、焊接生产中的安全用电	191	二、焊接生产安全管理	194
第二节 焊接生产中的劳动保护与安全		【综合训练】	194
管理	192	参考文献	196
一、焊接生产中的劳动保护	192		

第一章 焊接结构件制造基础知识

学习目标：通过本章的学习，了解机器零部件、压力容器、梁柱及船舶等焊接结构基本构件的有关知识；熟悉常用焊接接头的基本形式和表示方法，能够识别焊缝代号；掌握焊接结构常见的破坏形式、防止措施，以及接头静载强度的计算方法。

第一节 焊接结构的基本构件

焊接作为一种金属连接工艺方法，已经在机械制造业中得到了广泛应用，许多传统的铸、锻制品，由于毛坯加工量大、零部件受力不理想等原因正逐步被焊接产品或铸-焊、锻-焊结构产品所代替。焊接结构形式各异，繁简程度不一，类型很多。

一、机器零部件焊接结构

机器焊接结构主要包括机床大件（机身、立柱、横梁等）、压力机机身、减速器箱体及大型机器零件等。这类结构通常在交变载荷或多次重复性载荷下工作，必须具有精确的尺寸，才能保证主要部件或仪表零件的加工质量。采用钢板焊接或铸-焊、锻-焊联合的工艺制造机器零部件结构，可以解决铸、锻设备能力不足的问题，同时可大大缩短制造周期。

1. 切削机床的焊接机身

切削加工是一个精度较高的工艺过程，因此必须要求机床的机身具有很高的刚度。过去，由于铸铁的价格低，铸件适合成批生产，加上铸铁具有良好的减振性能，所以铸铁机床机身一直占有明显的优势。随着现代工业和新型加工技术的发展，为提高机床的整体工作性能，减轻结构重量，缩短机身的生产周期和降低制造成本，机床机身逐步改用焊接结构。尤其是单件小批量生产的大型、重型及专用机床，大量采用焊接结构后的经济效益十分明显。

图 1-1a 所示为卧式车床的焊接机身，主要由箱形床腿、加强肋、导轨、纵梁及斜板等零部件组成。如图 1-1b 所示，机身的断面结构由纵梁和斜板构成，它把整个方箱断面分割成两个三角形的断面，下方三角形完全闭合，这样的断面结构具有较大的抗弯扭刚度。

在切削机床中采用焊接机身时，需要考虑以下几个方面的问题。

（1）经济效益问题 焊接机身的经济效益与生产批量有关，它特别适用于单件小批量生产的大型或专用机床。

（2）刚度问题 焊接机身一般采用轧制的钢板和型钢焊接而成，形状特殊的部分也采用一些小型锻件或铸件。焊接机身应用最多的材料主要是焊接性好的低碳钢和普通低合金

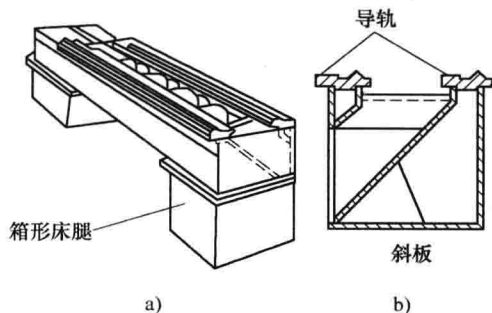


图 1-1 卧式车床焊接机身

a) 机身简图 b) 机身断面结构形式

钢, 由于钢材的弹性模量比铸铁高, 在保证相同刚度的条件下, 焊接机身比铸铁机身的自重轻很多。因此, 焊接机身可以满足切削加工时的刚度要求。

(3) 减振性问题 机身的减振性不仅取决于所选用的材料, 还与结构本身有关, 故可以分为材料减振性和结构减振性两个方面。焊接机身钢质材料的减振性低于铸铁, 因此, 必须从结构上采取措施来保证焊接机身结构的减振性。

(4) 尺寸稳定性问题 由于焊接机身中存在较严重的焊接残余应力, 而这对焊接结构的尺寸稳定性有影响, 特别是切削机床的机身要求尺寸的稳定性更高, 故焊接机身在焊后必须进行消除应力处理。

(5) 机械加工问题 机床焊接结构与建筑、石油化工和船舶工业所采用的焊接结构不同, 机床焊接结构焊后需要进行一定的机械加工。机身采用的低碳钢尽管焊接性好, 但机械加工性能却不如铸铁和中碳钢, 所以在研究机身焊接结构的工艺性时, 还应该考虑机械加工工艺性问题。

2. 减速器箱体焊接结构

减速器箱体是安装各传动轴的基础部件, 由于减速器工作时各轴传递转矩要产生比较大的反作用力, 并作用在箱体上, 因此要求箱体应具有足够的刚度, 以确保各传动轴的相对位置精度。如果箱体的刚度不足, 不仅会使减速器的传动效率降低, 还会缩短齿轮的使用寿命。采用焊接结构的箱体能获得较大的强度和刚度, 且结构紧凑、重量较轻。

减速器箱体的结构形式繁多, 在小批量生产时, 采用焊接减速器箱体较为合理。焊接减速器箱体一般制成剖分式结构, 即把一个箱体分成上、下两个部分, 分别加工制造, 然后在剖分面处通过螺栓将两个半箱体连成一个整体。图 1-2 所示为单壁剖分式减速器箱体的焊接结构。为了增加焊接箱体的刚度, 通常在壁板的轴承支座处用垂直肋板进行加强, 并与箱体的壁板焊接成一个整体。小型焊接箱体的轴承支座用厚钢板弯制而成, 大型焊接箱体的轴承支座可以采用铸件或锻件。轴承支座必须有足够的厚度, 以保证机械加工时有一定的加工余量。焊接箱体的下半部分承受的传动轴作用力较大并与地面接触, 因此必须采用较厚的钢板制作。

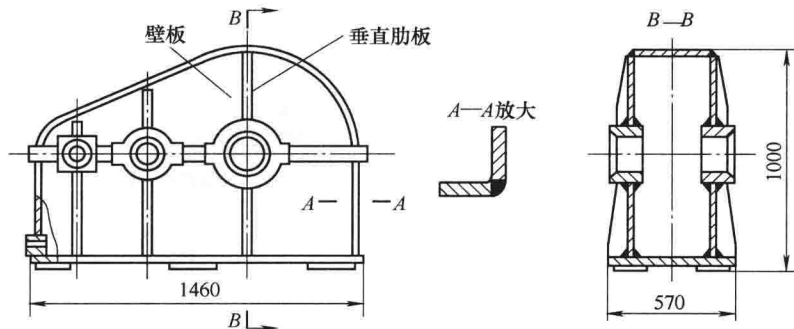


图 1-2 单壁剖分式减速器箱体焊接结构

对于工作条件比较平稳的减速器, 箱体焊接时可以不必要开坡口, 焊脚尺寸也可以小一些; 但对于承受反复冲击载荷的减速器箱体, 则应该开坡口以增大焊缝的工作断面。焊接减速器箱体多用低碳钢制作, 为保证传动稳定性, 焊后需要进行热处理以消除残余应力。

承受大转矩的重型机器的减速器箱体, 还可以采用双层壁板的焊接结构, 并在双层壁板

间设置加强肋以提高焊接箱体的整体刚度。

二、压力容器焊接结构

压力容器是能承受一定压力作用的密闭容器。按照国家劳动部颁发的《压力容器安全技术监察规程》的规定,其所监督管理的压力容器是指最高工作压力大于或等于 0.1MPa,容积大于或等于 25L,工作介质为气体、液化气体或最高工作温度高于或等于标准沸点的液体的容器。它主要用于石油化工、能源工业、科研和军事工业等方面,同时在民用工业领域也得到了广泛应用,如煤气或液化石油气罐、各种蓄能器、换热器、分离器及大型管道工程等。

1. 压力容器的分类及应用

(1) 按工艺用途分类

- 1) 反应压力容器。用于完成介质的物理、化学反应。
- 2) 换热压力容器。用于完成介质的热量交换。
- 3) 分离压力容器。用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等。
- 4) 储存压力容器。用于盛装生产用的原料气体、液体、液化气体等。

(2) 按设计压力 P 分类

- 1) 低压容器(代号 L)。 $0.1\text{MPa} \leq P < 1.6\text{MPa}$ 。
- 2) 中压容器(代号 M)。 $1.6\text{MPa} \leq P < 10\text{MPa}$ 。
- 3) 高压容器(代号 H)。 $10\text{MPa} \leq P < 100\text{MPa}$ 。
- 4) 超高压容器(代号 U)。 $P \geq 100\text{MPa}$ 。

2. 压力容器的焊接结构

压力容器的结构形式虽然很多,但其最基本的结构是一个密闭的焊接壳体。根据压力容器壳体的受力特点,最适合的形状是球形,但球形容器的制造相对比较困难、成本高,因此在工业生产中,中、低压容器多数采用圆柱形结构。圆柱形容器由筒体、封头、法兰、密封元件、人孔接管及支座六大部件组成,并通过焊接构成一个整体,如图 1-3 所示。

一般用途的压力容器工作压力低,焊接结构比较简单。如图 1-4 所示的载重汽车的制动储气筒采用 Q235 钢材制成,筒体由钢板弯制,纵向焊缝用埋弧焊一次焊成,两封头采用冲压成形工艺,封头与筒体之间采用对接接头,为了保证焊接质量,在焊缝底部设置了残留垫板。

大型储运容器在结构和设计上有许多特别的地方。例如,铁路中运输石油产品用的油罐(如图 1-5)虽然承受的内压力不高,但在运输车辆起动和制动时有较大的惯性力,因此要求罐体有适当的厚度,以保证其刚度。油罐罐体一般用低碳钢制造,筒体由上、下两部分组成,上半部分占整个筒体的 $3/4$,用 $8 \sim 12\text{mm}$ 厚的钢板成形后拼制而成;筒体下半部分占 $1/4$,要求有较大的刚度,采用较厚的钢板弯制。筒体上、下部分用对接纵焊缝连接。封头为椭圆形封头,热压成形,与筒体之间采用对接焊缝。

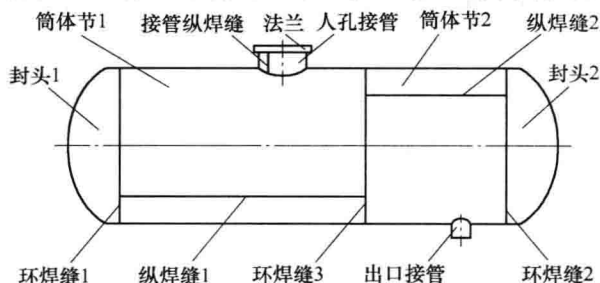


图 1-3 圆柱形压力容器

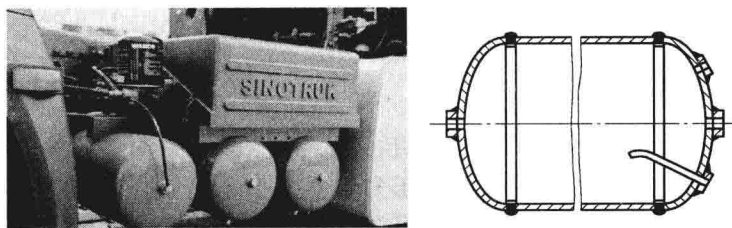


图 1-4 载重汽车的制动储气筒

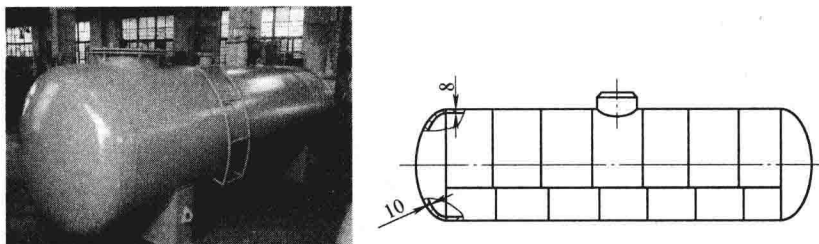


图 1-5 储运容器

三、梁、柱焊接结构

1. 焊接梁

梁是在一个或两个主平面内承受弯矩作用的构件。这类结构的工作特点是结构件受横向弯曲力，当多根梁通过焊接组成梁系结构时，其各梁的受力情况变得比较复杂。

焊接梁的用途很广，主要用于载荷和跨度都比较大的场合，多由翼板及一块腹板组成工字形，或由翼板和两块腹板组成箱形，故又称为工字梁或箱形梁，如图 1-6 所示。由于焊接梁的腹板厚度相对高度较薄，为防止失稳，通常在梁上加有竖向和水平方向的加强板。

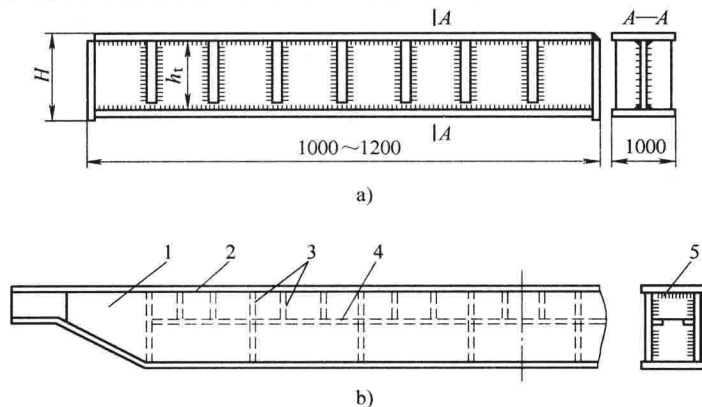


图 1-6 焊接梁结构简图

a) 工字梁 b) 箱形梁

1—腹板 2—翼板 3—竖向加强板 4—水平加强板 5—翼缘焊缝

工字梁主要用于只在一个主平面内承受弯矩作用的场合；而箱形梁的断面是封闭的，其水平刚度及抗扭刚度都比工字梁高，故适用于在两个主平面内承受弯矩及附加轴向力的场合，重型、大跨度的桥式起重机多采用箱形梁。

梁的组成形式很多,常见的组成形式有:利用钢板焊成板焊结构梁、利用型钢焊接成型钢结构梁及利用钢板和型钢焊接成组合梁,如图 1-7 所示。

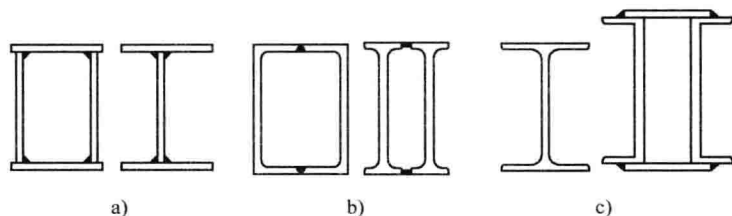


图 1-7 梁的组成形式

a) 板焊结构梁 b) 型钢结构梁 c) 组合梁

2. 焊接柱

柱是主要承受压力并将受压载荷传递至基础的构件,广泛应用于建筑工程机械和机器结构中,在梁和桁架传递载荷时起支承作用。属于柱类结构的有起重机的支承臂和龙门起重机的支腿、自升式钻井船的柱腿等。

焊接柱是通过钢板拼焊、型材焊接以及采用钢板和型材组合施焊而形成的受压构件,主要由柱头、柱身和柱脚三部分组成,如图 1-8 所示。柱头承受外部施加的载荷并将其传递给柱身,柱身再将载荷传至柱脚和基础。柱和梁组成了厂房、高层房屋和工作平台的钢骨架。

按照受力特点不同,焊接柱一般分为轴心受压柱和偏心受压柱(带有纵向弯曲的)。轴心受压柱主要承受压力载荷,如工作平台的支承柱,网架结构中的压杆、塔架等;偏心受压柱在承受压力的同时还承受纵向弯曲作用,如厂房和高层建筑的框架柱、门式起重机的门架支柱等。

焊接柱常用的截面形式有两类:一类为实腹柱,如图 1-9a 所示,这种柱的结构形式和制作都比较简单;另一类为格构柱,如图 1-9b 所示,这种柱主要采用型钢和钢板组合焊接制成,制作稍费工时,但可节省材料。

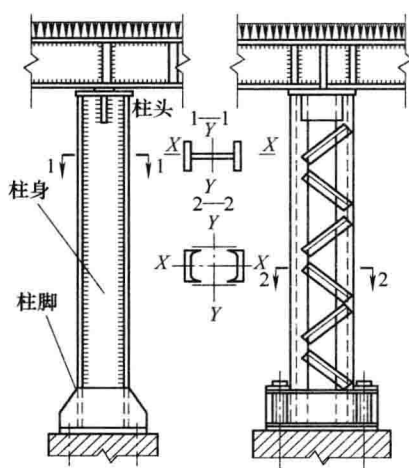


图 1-8 焊接柱结构

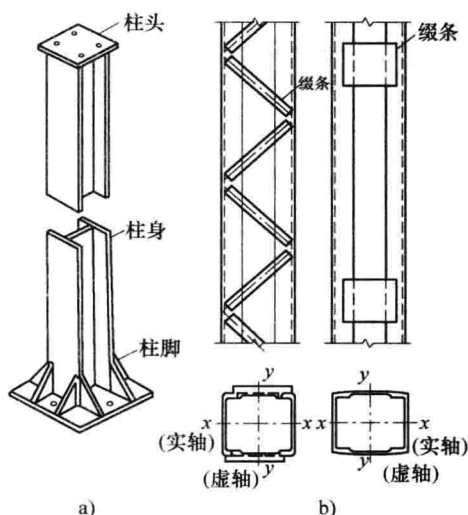


图 1-9 焊接柱截面形式

a) 实腹柱 b) 格构柱

四、船舶焊接结构

现代船舶的船体已采用全焊接结构,这对减轻船体自重、缩短船舶的建造周期和改善航运性能具有重要的作用。船舶是一座水上浮动结构物,而作为其主体的船体是由一系列板架相互连接而又相互支持构成的,它是一个具有复杂外形和空间构造的焊接结构。按其结构特点,从上到下,以贯通首尾的上甲板为界,分为主船体和上层建筑两部分。船体外板及甲板形成主船体的水密性外壳,其中外板包括平板龙骨、船底板、舳列板、舷侧板、舷顶列板等。船底板承受垂直于板平面的水压力,故在船体中采用纵向(沿船长方向)和横向(沿船宽方向)骨架予以加固,其焊接结构如图 1-10 所示。

现代船体结构多采用分段制造法,即将船体结构划分为部件、分段和总段,它们是平面和立体的结构。这些部件、分段和总段都有足够的刚度,它们的装配焊接工作可以在车间条件下,利用装配焊接夹具及机械化装置完成。这种生产方式易于实现专业化,便于组织流水线作业,有利于提高船舶的生产率和建造质量。

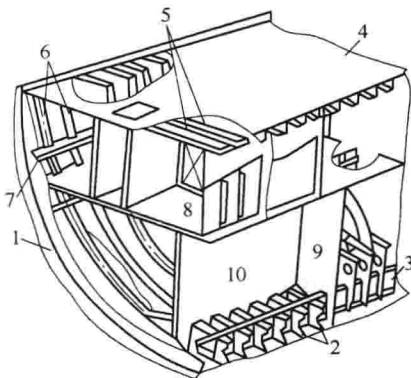


图 1-10 船体结构

- 1—外板 2—中内龙骨 3—肋板
4—肋骨和加强肋骨 5—舷侧纵桁
6—横梁 7—上甲板 8—下甲板
9—横隔壁 10—纵隔壁

第二节 焊接接头的基本知识

一、焊接接头的组成及基本形式

1. 焊接接头的组成

在焊件需连接部位,用焊接方法制造而成的接头称为焊接接头,一般简称接头。以熔焊为例,其焊接接头由焊缝金属、熔合区和热影响区组成,如图 1-11 所示。

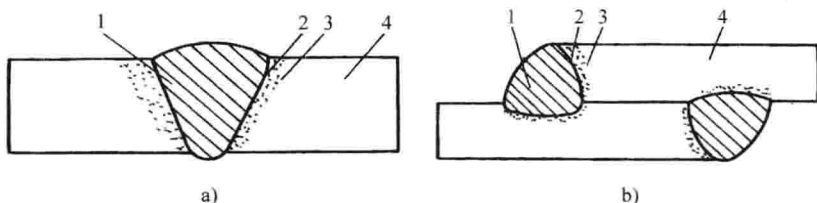


图 1-11 熔焊接头的组成

a) 对接接头断面图 b) 搭接头断面图

1—焊缝金属 2—熔合区 3—热影响区 4—母材

焊缝金属是由焊接填充金属及部分母材金属熔化结晶后形成的铸造组织,其化学成分和组织与母材金属有较大差异。热影响区受焊接热循环的影响,其组织和性能都发生了变化,

特别是熔合区的组织和成分更为复杂。因此,焊接接头是一个成分、组织和性能都不均匀的连接体。

2. 焊接接头的基本形式

焊接接头按所采用的焊接方法不同,可分为熔焊接头、压力焊接头和钎焊接头三大类。因熔焊接头在焊接结构制造中应用较广,故本节只介绍熔焊接头的基本类型。熔焊接头根据组对的形式,可分为对接接头、搭接接头、T形接头和直角接头。

(1) 对接接头 两板件端面通过焊接形成 $135^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 夹角,称为对接接头。对接接头是各种接头中受力最好、最省材料的形式,因此在焊接结构中应用最广。按照焊件的壁厚和所选用的焊接工艺方法,对接接头可以采用直边对接、V形坡口对接、双V形(X形)坡口对接、U形坡口对接、V形或U形组合坡口对接等多种形式,如图1-12所示。

(2) 搭接接头 两板件部分重叠起来进行焊接所形成的接头称为搭接接头。搭接接头的应力分布极不均匀,疲劳强度较低,不是理想的接头形式。但是,搭接接头的焊前准备和装配工作比较简单,所以在受力较小的焊接结构中仍得到了广泛的应用。常见搭接接头的形式如图1-13所示。

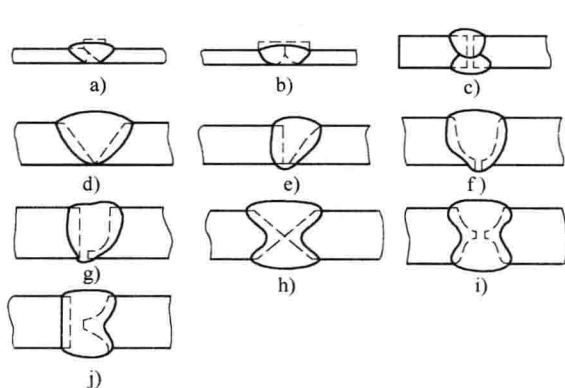


图 1-12 对接接头的各种形式

- a) 单边卷边坡口接头 b) 双边卷边坡口接头
c) I形坡口接头 d) V形坡口接头 e) 单边V形坡口接头 f) 带钝边U形坡口接头 g) 带钝边J形坡口接头 h) 双V形坡口接头 i) 带钝边双U形坡口接头 j) 带钝边双J形坡口接头

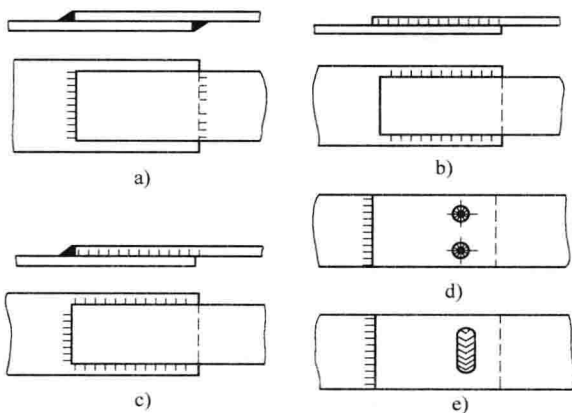


图 1-13 常见搭接接头的形式

- a) 正面角焊缝连接 b) 侧面角焊缝连接
c) 联合角焊缝连接 d) 正面角焊缝+塞焊缝连接 e) 正面角焊缝+槽焊缝连接

(3) T形接头 将一个焊件的端面与另一焊件的表面构成直角或近似直角,用角焊缝连接起来的接头,称为T形接头。这类接头能承受各种方向的外力和力矩的作用。常见T形接头的形式如图1-14所示。

(4) 直角接头 直角接头是指连接两相交成 90° 或近似 90° 构件端部的接头。直角接头多用于箱形构件,常见直角接头的形式如图1-15所示。

二、焊缝的基本形式

焊缝是构成焊接接头的主体部分,有对接焊缝和角焊缝两种基本形式。

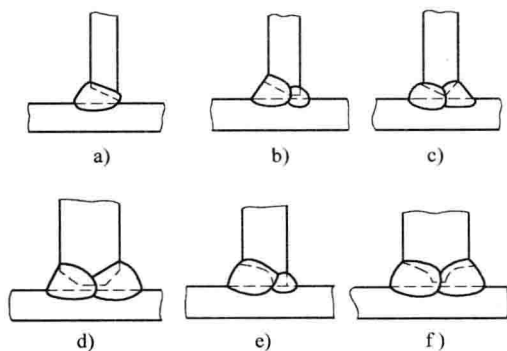


图 1-14 常见 T 形接头的形式

- a) 单边 V 形坡口接头 b) 带钝边单边 V 形坡口接头 c) 双 V 形坡口接头 d) 带钝边双 V 形坡口接头 e) 带钝边 J 形坡口接头 f) 带钝边双 J 形坡口接头

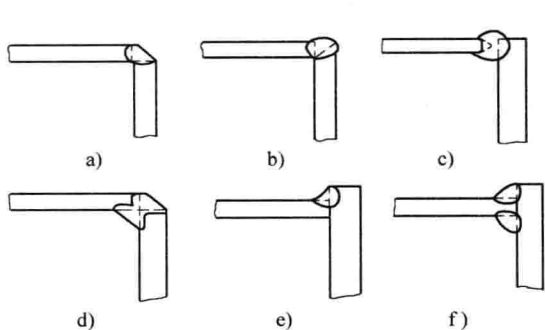


图 1-15 常见直角接头的形式

- a) 简单形 b) 单 V 形 c) K 形 d) X 形 e) 单 J 形 f) 双 J 形

1. 对接焊缝

(1) 坡口形式的选择 对接焊缝的焊接接头可采用卷边、平对接或加工成 V 形、U 形、X 形、K 形等坡口，如图 1-16 所示。

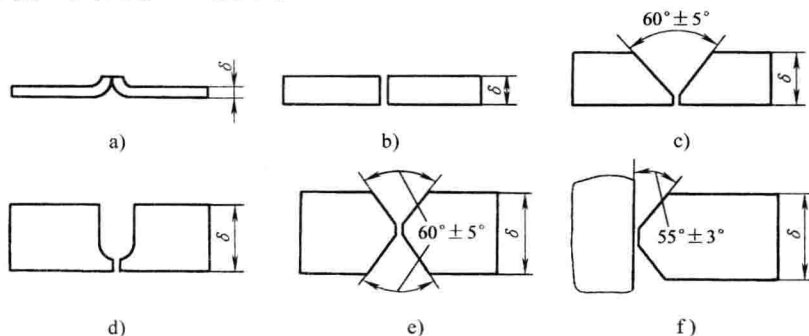


图 1-16 对接焊缝的典型坡口形式

- a) $\delta = 1 \sim 3\text{mm}$ b) $\delta = 3 \sim 8\text{mm}$ c) $\delta = 3 \sim 26\text{mm}$
d) $\delta = 20 \sim 60\text{mm}$ e) $\delta = 12 \sim 60\text{mm}$ f) $\delta > 12\text{mm}$

对接焊缝开坡口的根本目的在于确保接头的质量，同时满足经济效益。坡口形式的选择取决于板材厚度、焊接方法和工艺过程，通常必须考虑以下几个方面：

1) 可焊到性或便于施焊。这是选择坡口形式的重要依据之一，一般而言，要根据构件能否翻转、翻转难易程度或内、外两侧的焊接条件而定。对不能翻转和内径较小的容器、转子及轴类的对接焊缝，为了避免大量的仰焊或不便从内侧施焊，宜采用 V 形或 U 形坡口。

2) 节省焊接材料。对于同样厚度的焊接接头，采用 X 形坡口比 V 形坡口能节省较多的焊接材料、电能和工时。构件越厚，节省得越多，成本越低。

3) 坡口易加工。V 形和 X 形坡口可用氧气切割或等离子弧切割，也可以采用机械切削加工。对于 U 形或双 U 形坡口，一般需用刨边机加工。在圆筒体上，应尽量少开 U 形坡口，

因其加工困难。

4) 焊接变形小。采用不适当的坡口形状容易产生较大的焊接变形。如平板对接的 V 形坡口, 其角变形就大于 X 形坡口。因此, 选择合理的坡口形式可以有效地减少焊接变形。

(2) 坡口尺寸的选择

1) 坡口角度。坡口角度的作用是使电弧能深入根部而使根部焊透, 其大小与板厚和焊接方法有关。坡口角度越大, 焊缝金属量越多, 焊接变形也会增大, 一般焊缝的坡口角度选 60° 左右。

2) 根部间隙。采用根部间隙是为了保证根部能焊透。一般情况下, 坡口角度小, 需要同时增加间隙; 而间隙较大时, 又容易烧穿, 为此, 需要采用钝边防止烧穿。根部间隙过大时, 还需要加垫板。

2. 角焊缝

角焊缝按其截面形状可分为平角焊缝、凹形角焊缝、凸形角焊缝和不等腰角焊缝四种, 如图 1-17 所示, 其中应用最多的是截面为等腰直角三角形的角焊缝。角焊缝的大小用焊脚尺寸 K 表示。各种截面形状角焊缝的承载能力与载荷性质有关: 静载时, 如母材金属的塑性好, 则角焊缝的截面形状对承载能力没有显著影响; 动载时, 凹形角焊缝比平角焊缝的承载能力高, 凸形角焊缝的承载能力最低; 不等腰角焊缝的长边平行于载荷方向时, 承受动载的效果较好。

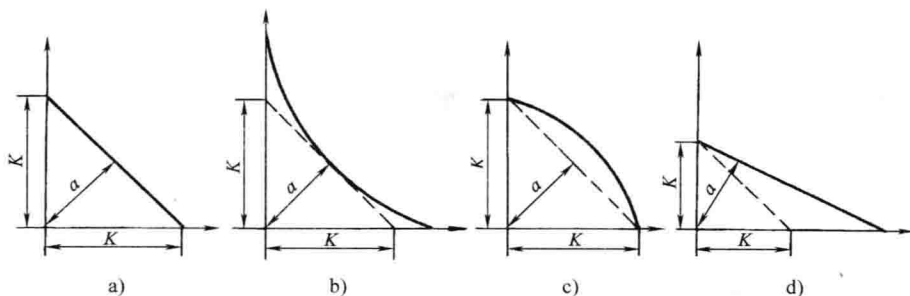


图 1-17 角焊缝截面形状及其计算断面

a) 平角焊缝 b) 凹形角焊缝 c) 凸形角焊缝 d) 不等腰角焊缝

为了提高焊接效率、节约焊接材料、减小焊接变形, 当板厚大于 13mm 时, 可以采用开坡口的角焊缝。在等强度条件下, 坡口角焊缝的焊接材料消耗量仅为普通角焊缝的 60%。

三、焊缝代号

焊接图是焊接施工所用的工程图样。要看懂施工图, 就必须了解各焊接结构中的焊缝代号及其标注方法。图 1-18 所示为支座的焊接图, 其中多处标注有焊缝代号, 用来说明焊接结构在加工

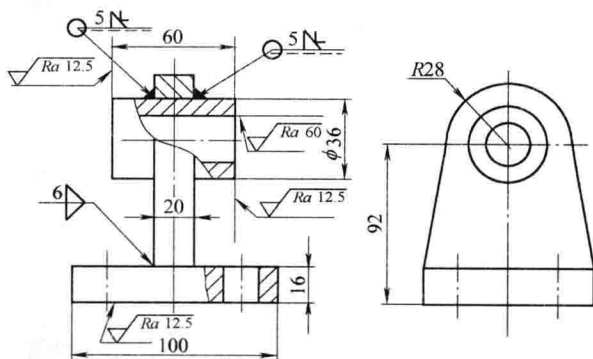


图 1-18 支座焊接图

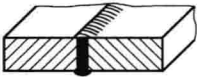
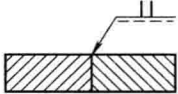
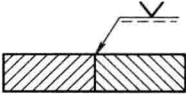
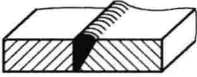
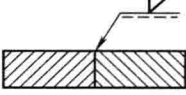
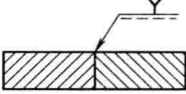
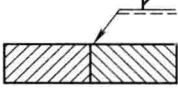
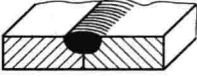
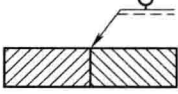
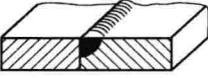
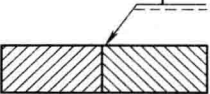
制作时的基本要求。

1. 焊缝代号的组成

完整的焊缝代号包括基本符号、指引线、补充符号、尺寸符号及数据等。

(1) 基本符号 焊缝的基本符号表示焊缝横截面的形式或特征, 见表 1-1。

表 1-1 常见的基本符号 (摘自 GB/T 324—2008)

名 称	符 号	示意图	标注示例
I 形焊缝			
V 形焊缝	V		
单边 V 形焊缝	√		
带钝边 V 形焊缝	Y		
带钝边单边 V 形焊缝	┐		
带钝边 U 形焊缝	U		
带钝边 J 形焊缝	J		
封底焊缝	⌒	