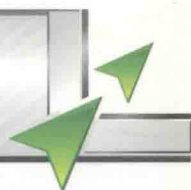


职业教育“十二五”规划教材



焊接结构生产

马世辉 主编

HANJIE
JIEGOU
SHENGCHAN

配套
电子教案



化学工业出版社

职业教育“十二五”规划教材

焊接结构生产

马世辉 主编 张举臣 王先荣 刘丹 副主编 张连生 主审

HANJIE
JIEGOU
SHENGCHAN



化学工业出版社

· 北京 ·

本书突出职业教育的教学特色,以适度、够用为原则,并且兼顾“职业技能鉴定”理论基础知识的普遍要求。本书共8章,内容包括焊接接头及其静载强度,焊接应力与变形,焊接结构的脆性断裂和疲劳断裂,备料加工、装配和焊接工艺,焊接工艺规程的编制,典型焊接结构的生产工艺,装配-焊接工艺装备,焊接车间、生产组织和安全与卫生防护等。书中叙述力求通俗易懂、简明扼要;考虑到焊接专业很强的实践性,运用大量实例和图片。为便于教学,书中有学习目标和思考与练习,并且配备电子教案。

本书可作为高职高专院校、中等职业学校相关专业的教材,也可作为应用型本科、成人教育、电视大学、函授学院、培训班的教材以及企业工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构生产/马世辉主编. —北京:化学工业出版社, 2011.1

职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-10083-2

I. 焊… II. 马… III. 焊接结构-焊接工艺-职业教育-教材 IV. TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 238908 号

责任编辑:韩庆利

责任校对:周梦华

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张10¼ 字数256千字 2011年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00元

版权所有 违者必究

前言

“焊接结构生产”是焊接技术及自动化专业主干课程之一。本书以培养应用型人才的目标为主旨,选取知识点以“必需”、“够用”为度;叙述上力求通俗易懂、简明扼要;考虑到焊接专业很强的实践性,运用大量实例和图片。本书可供高职高专院校、中等职业学校、成人高校等各类学校相关专业使用,也可供从事焊接工作的工程技术人员参考。

本书共分八章,其中前三章为焊接结构基础知识,包括焊接接头基础知识、焊接应力与变形、焊接结构脆性断裂和疲劳失效;第四章主要介绍焊接结构制造工艺的主要流程,包括材料的复验入库、备料加工工艺、装配-焊接工艺和成品质检;第五章介绍焊接结构生产中重要工艺文件焊接工艺规程的编制;第六章介绍典型焊接结构的生产工艺;第七章介绍装配-焊接工艺装备的基础知识;第八章介绍焊接车间、焊接生产组织、安全和卫生防护的基础知识。

参加本书编写的有马世辉(承德石油高等专科学校)、张举臣(中国石油天然气第一建设公司)、王先荣(河北机电职业技术学院)、刘丹(辽宁机电职业技术学院)、吴静然(承德石油高等专科学校)、刘翔宇(承德石油高等专科学校)、许灵敏(银川市职业技术教育中心)、米广杰、钱伟(泰山职业技术学院)、李世宗(中国石油天然气第一建设公司)。全书由马世辉担任主编,张举臣、王先荣、刘丹担任副主编。承德石油高等专科学校张连生教授审阅了本书,提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书有配套电子教案,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如有需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

限于编者水平,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2010年11月

目 录

● 绪论	1
一、焊接结构的应用和特点	1
二、焊接结构的分类和生产工艺流程	2
三、本课程的性质和学习能力目标	2
● 第一章 焊接接头及其静载强度	4
第一节 焊接接头的组成和基本形式	4
一、焊接接头的组成和基本属性	4
二、焊缝及焊接接头的基本形式	5
第二节 熔化焊接头的工作应力分布	8
一、应力集中的概念及产生原因	8
二、常见熔焊接头工作应力分布	8
第三节 电弧焊接头静载强度计算	11
一、工作焊缝和联系焊缝	11
二、电弧焊接头强度计算的假设	11
三、电弧焊接头的静载强度计算	12
四、焊缝许用应力	14
第四节 焊缝符号	15
一、焊缝符号与焊接方法代号	15
二、焊缝符号的标注方法	19
三、综合标注示例	20
思考与练习	21
● 第二章 焊接应力与变形	22
第一节 焊接应力与变形的产生原因	22
一、焊接应力与变形的基本知识	22
二、焊接应力与变形的产生原因	23
第二节 焊接残余变形	25
一、焊接残余变形的分类	25
二、焊接残余变形产生的原因及影响因素	26

三、预防焊接残余变形的措施	29
四、矫正焊接残余变形的办法	34
第三节 焊接残余应力	36
一、焊接残余应力的分类	36
二、焊接残余应力的分布	37
三、焊接残余应力对焊接结构的影响	40
四、降低焊接残余应力的措施	42
五、消除焊接残余应力的措施	44
六、焊接残余应力的测定	46
思考与练习	47

● 第三章 焊接结构的脆性断裂和疲劳断裂 49

第一节 金属材料的断裂及其影响因素	49
一、断裂机制和断口形貌	49
二、影响金属材料脆性断裂的主要因素	49
第二节 防止焊接结构脆性断裂的措施	51
一、选材措施	51
二、合理的焊接结构设计	52
三、合理安排结构制造工艺	54
第三节 焊接结构的疲劳断裂简介	55
一、疲劳强度和疲劳极限	55
二、疲劳断裂过程	55
第四节 焊接结构疲劳强度的影响因素和提高措施	56
一、影响焊接结构疲劳强度的因素	56
二、提高焊接接头疲劳强度的措施	58
思考与练习	61

● 第四章 备料加工、装配和焊接工艺 62

第一节 钢材的复验入库、存放、发放与钢材的预处理	62
一、钢材的复验入库、存放与发放	62
二、钢材的预处理	63
第二节 划线、放样、号料和切割下料	67
一、划线、放样与号料	67
二、切割下料	68
第三节 成形加工	74
一、弯曲成形	74
二、压制成形	76
三、弯折成形	76
四、旋压	78
五、爆炸成形	78

第四节 焊接结构生产的装配工艺	79
一、定位焊	79
二、装配的基本条件	80
三、装配焊接顺序的确定	81
第五节 焊接结构生产的焊接工艺	83
一、制定焊接工艺所遵循的原则	83
二、制定焊接工艺的内容	83
三、焊接方法的选择	83
四、焊接热参数的确定	85
第六节 成品质检	86
一、破坏性检验	86
二、非破坏性检验	87
思考与练习	87

● 第五章 焊接工艺规程的编制 89

第一节 焊接结构工艺过程分析	89
一、分析产品技术要求	90
二、分析先进工艺技术的应用	90
三、拟定工艺方案	92
第二节 焊接工艺评定	92
一、焊接工艺评定的概念和重要性	92
二、焊接工艺评定的程序	93
三、锅炉、压力容器焊接工艺评定程序	95
第三节 编制焊接工艺规程	98
一、焊接工艺规程的定义和重要性	98
二、编制焊接工艺规程遵循的原则	98
三、焊接工艺规程编制的程序	98
四、焊接工艺规程编写方法	100
五、工艺规程文件形式及使用范围	104
思考与练习	105

● 第六章 典型焊接结构的生产工艺 106

第一节 压力容器的生产工艺	106
一、压力容器的概念及分类	106
二、压力容器的结构特点	107
三、压力容器焊接接头的分类	111
四、中、低压压力容器的制造工艺	113
五、高压容器的制造工艺	116
六、球形压力容器的制造工艺	117
第二节 桥式起重机桥架的生产工艺	120

一、桥式类起重机桥架组成和结构形式	120
二、桥式起重机桥架主要部件结构特点和技术要求	121
思考与练习	124

● 第七章 装配-焊接工艺装备

126

第一节 概述	126
一、装配-焊接工艺装备的分类	126
二、装配-焊接工艺装备的组成	126
第二节 焊接工装夹具	127
一、定位器件	127
二、夹紧机构	129
三、组合夹具	131
四、专用夹具	133
第三节 焊接变位机械和焊接辅助装置	134
一、焊件变位机械	134
二、焊机变位机械	136
三、焊工升降台	139
四、焊接辅助装置	140
思考与练习	141

● 第八章 焊接车间、焊接生产组织和安全与卫生防护

142

第一节 焊接车间	142
一、焊接车间的组成	142
二、焊接车间的布置	143
第二节 焊接生产组织	144
一、焊接生产车间的空间组织	144
二、焊接生产车间的时间组织	145
第三节 焊接安全与卫生防护	147
一、焊接安全技术	147
二、焊接卫生防护	151
思考与练习	155

● 参考文献

156

绪 论

一、焊接结构的应用和特点

焊接技术在我国国民经济建设各个领域的应用在广度和深度方面均产生了质的飞跃，焊接结构作为焊接技术的载体，已在国民经济生产的各个领域都有广泛应用，如石油化工、船舶和海洋石油工程、军工、核设施、航空航天、冶金建筑、能源工业等。今天焊接结构已取代铆接结构，部分取代了铸造和锻造结构。焊接结构的广泛应用与其优点是紧密相关的。焊接结构的优点体现在以下几个方面：

(1) 与铆接结构相比，焊接结构在设计上比较灵活，不受板厚限制，密封性好，没有钉孔削弱结构强度，连接时不用辅助板材，便于自动化施工，因而具有重量轻、工时少等优点。其中，焊接结构具有较好的水气密性，是储罐、压力容器、船舶等所必备的性能。与铸造或锻造结构比较，焊接结构可以大大减轻重量，便于设计出轻型结构和薄壁结构，它的重量约为同类铸造结构或锻造结构的 20%~45%。

(2) 在同一焊接结构中可以根据各个部位的使用要求，在不同部位采用不同钢材，因而能发挥各类钢材的特点。如大型机器零件的焊接齿轮，轮缘采用具有耐磨优质合金钢制造，而轮辐和轮毂可以采用焊接性好的低碳钢制造，因而既满足了齿轮的工作要求，又节约了优质钢材，降低了成本。

(3) 焊接结构一般不需要大型、特殊和昂贵的设备，因而生产投资少，见效快。同时，焊接结构设计灵活，省工时，生产准备快，占地小，工序调整容易。

(4) 焊接结构大多采用轧制钢材，焊接又是金属原子键连接。因而，结构刚性大，整体性好，焊接接头强度刚度一般可与母材相等或相近。同时，承受冲击载荷时，过载能力强。

但是，从发生的焊接结构的事故总结，焊接结构的缺点是不可忽视的，其缺点有如下几点：

(1) 焊接接头部位难免产生各类缺陷，虽然大多数缺陷可以修复，但是一旦漏检或修复不当可能带来严重问题，最终形成应力集中，降低结构的承载能力。

(2) 焊接结构刚度大、整体性好，在产生裂纹时，对裂纹的扩展提供了有利条件。因而，焊接结构对脆性断裂、疲劳失效、应力腐蚀和蠕变破坏都较为敏感。

(3) 由于焊接热源是局部热源，焊接过程是一个不均匀加热和冷却的过程，因而不可避免地存在焊接应力和变形。应力和变形不仅影响生产工艺流程、结构外形尺寸和外观质量，还对结构强度、刚度、稳定性等有影响。

(4) 一些高强钢，其焊接性差，容易产生裂纹等缺陷。

(5) 焊接缺乏经济而可靠的无损探伤方法。

二、焊接结构的分类和生产工艺流程

1. 焊接结构的分类

焊接结构根据承载、工作条件和结构的特征来划分可以分为以下几类。

(1) 梁、柱 梁是在一个或两个主平面内承受弯矩的构件，如箱形梁、工字梁等，是高层楼房钢结构和工业厂房钢结构框架的主要部分，也是各种机器结构的基本受弯构件。柱是轴心受压和偏心受压（带有纵向弯曲）的构件。柱和梁一起组成厂房、高层建筑和工作平台的钢骨架。

(2) 桁架和塔桅结构 用于大跨度工业及民用建筑（如飞机库、大型公共建筑物金属结构），大跨度桥式起重机、门式起重机、装载桥及桥梁等承受弯矩并由许多杆件组成的大跨度结构属于桁架结构。塔桅结构如广播电视塔、高压输变电铁塔、石油钻井塔、火箭发射塔等。

(3) 板壳结构 板壳结构用作承受内压、要求密封的焊接容器，包括压力容器、锅炉、管道等。还有大型壳体构造物，如大型储罐、成套冶金设备壳体结构（高炉炉壳、热风炉、除尘器、洗涤塔、转炉炉体以及钢水包壳等）、水泥窑炉炉壳、大型水轮发电机蜗壳、运送液体或液化气体的罐车罐体等。另一类壳结构用作运输装备，有船体（超级油轮是最大的焊接结构）、军用舰艇、客车车厢、汽车箱体及深潜器等。

(4) 机器结构 包括机器的机体、机座、床身及大型机器零件（如滚筒、齿轮、轴等）。

2. 焊接结构生产工艺流程

焊接结构生产是从准备工作开始的，它包括焊接结构设计、焊接工艺设计、焊接车间设计、焊接检验设计、焊接工装设计等。在焊接结构设计完成后，焊接工艺设计是焊接生产设计的先行部分和关键环节。它包括焊接工艺过程分析、焊接工艺方案的制定、焊接工艺评定、编制焊接工艺文件、编制工艺定额等。焊接制造过程是从材料入库开始的，包括材料复验、备料加工工艺、装配-焊接、成品质检；其中还穿插返修、涂饰和喷漆；最后合格产品入库，如图 0-1 所示。

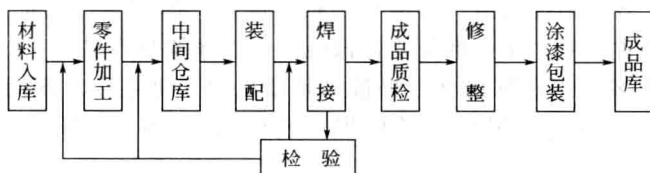


图 0-1 一般焊接结构制造工艺主要流程

三、本课程的性质和学习能力目标

《焊接结构生产》是焊接技术专业主干课程之一。它的任务是使学生具备高级专门人才所必需的焊接结构生产的基础知识和基本技能，初步形成解决实际问题的能力，以及技术管理的能力。同时，使学生能灵活应用所学专业知识和职业技能，提高全面素质，为今后从事焊接专业或相关专业的工作打下基础。

通过本课程的学习，学习者应达到以下能力目标：

(1) 掌握焊接接头的组成、焊缝和焊接接头的基本形式；理解焊接接头工作应力的分布及常用电弧焊焊接接头静载强度的计算方法；能够识别焊缝代号，识读焊接结构图。

- (2) 掌握焊接应力与变形的概念、产生的原因、分布规律、预防或消除措施。
- (3) 理解影响焊接结构脆性断裂和疲劳失效的因素，并掌握防止焊接结构脆性断裂和疲劳失效的措施。
- (4) 了解焊接结构生产中的备料加工工艺、装配工艺；掌握焊接工艺的内容；理解焊接工艺规程的编制。
- (5) 了解常用的装配-焊接工艺装备，并具备初步选用的能力。
- (6) 了解焊接车间的组成、生产组织和安全与卫生防护方面的基础知识。

第一章 焊接接头及其静载强度

学习目标:

通过学习本章, 熟练掌握焊接接头的组成和基本属性、焊接接头和焊缝的基本形式; 掌握应力集中的概念、产生原因和常见电弧焊接头的应力分布情况; 理解常见电弧焊接头静载强度的计算; 了解焊缝符号和焊接方法代号的表示方法。

焊接接头是用焊接的方法制成的不可拆卸的接头。在焊接结构中, 焊接接头起两方面的作用, 一是连接作用, 即将两焊件连接成一个整体; 二是传力作用, 即传递焊件承受的载荷。焊接接头是焊接结构的薄弱环节, 其性能特征和应力分布对焊接结构的性能和安全性有重要影响。

第一节 焊接接头的组成和基本形式

一、焊接接头的组成和基本属性

根据焊接方法的不同, 焊接接头可以分为熔焊接头、压焊接头和钎焊接头。由于熔焊方法是最广泛、最普遍的焊接方法, 因此, 本章以熔焊接头为重点介绍对象。

熔焊焊接接头是由焊缝金属、熔合区和热影响区组成的, 熔合区和热影响区统称为近缝区, 熔合区由于很窄也称为熔合线, 如图 1-1 所示。

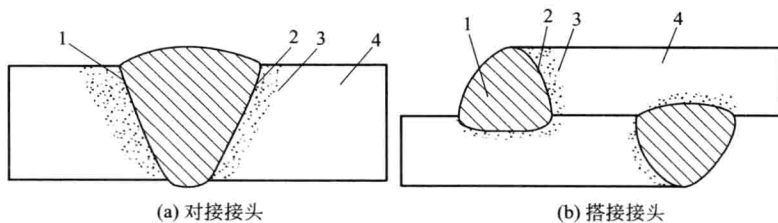


图 1-1 熔焊焊接接头的组成

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材料和部分母材熔化冷却凝固形成的铸造组织, 其组织和性能不同于母材。近缝区由于受到热循环的作用其组织和性能也不同于母材, 特别是熔合区的变化更明显。所以, 焊接接头是一个不均匀体。

焊接接头性能的主要影响因素包括力学和材质两方面。力学方面的影响因素包括接头形状的不连续性、焊接缺陷、残余应力和变形等；材质方面的因素主要是热循环引起的材质变化。此外，还包括热塑性变形引起的性能变化、热处理引起的组织变化和矫正引起的加工硬化等。

尽管焊接接头存在着力学性能的不均匀性，但传统方法评估焊接接头时常忽略其力学性能的不均匀性，对于一般用途的碳钢和低合金钢，强度和塑性是主要指标。因为母材和焊缝都有较高的韧性储备，所以设计时按等强度原则设计；对于高强钢，特别是超高强钢，焊接接头的韧性是重要的设计指标，因为如果按等强度原则，有可能导致焊缝韧性不足而引起破坏，所以设计时按等韧性原则设计。另外，根据工作特点还可能提出其他的性能需求，如受交变载荷的结构考虑抗疲劳性能、受腐蚀介质的压力容器要求抗腐蚀性能等。

焊接接头的力学性能测试包括拉伸、弯曲和压扁性能测试、硬度、冲击韧性、断裂韧性、疲劳性能、蠕变和持久性能、应力腐蚀性能等。

焊接接头有四个基本属性，除焊接接头是不均匀体这个基本属性外，还包括因焊缝形状和位置不同产生的应力集中、焊接接头存在残余应力和变形、焊接接头具有高刚性三个基本属性。

二、焊缝及焊接接头的基本形式

1. 焊缝的基本形式

焊缝的基本形式包括对接焊缝、角焊缝、端接焊缝、槽焊缝和塞焊缝。

(1) 对接焊缝 对接焊缝的待焊边缘可分为卷边、平对接和加工成各种形式的坡口。所谓坡口是指根据设计或工艺需要，在焊件的待焊部位加工并装配成一定几何形状的沟槽。开坡口的目的主要是为了得到焊件厚度上全部焊透的焊缝。常用的坡口形式有 I 形坡口、V 形（或带钝边）坡口、单边 V 形（或带钝边）坡口、K 形（或带钝边）坡口、U 形（或带钝边）坡口和 X 形（或带钝边）坡口等，如图 1-2 所示。

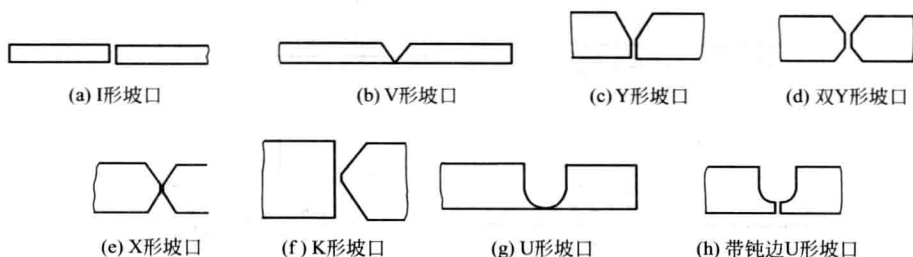


图 1-2 常见坡口形式

对接焊缝坡口形式和尺寸要根据板厚、接头类型、焊接方法和工艺过程综合考虑，通常要考虑以下几个因素：

① 焊接可达性和翻转次数。为了保证焊接质量，焊条、焊丝或电极方便到达待焊部位的要求称为焊接可达性。如坡口角度太小，焊条不易深入焊缝根部，可达性差，可能影响焊接质量。另外，坡口选择要根据构件是否能翻转，翻转难易，或内外两侧的焊接条件而定。如不能翻转的构件，为了避免仰焊，不宜采用双面坡口。

② 焊接材料的消耗量。例如对于同样厚度的焊接接头，采用 X 形坡口比 V 形坡口能省

较多的焊接材料、电能和工时，构件越厚，节省越多。

③ 坡口加工。例如 U 形或双 U 形坡口比 V 形和 X 形坡口加工困难，需刨边机或碳弧气刨加工，而 V 形和 X 形坡口可用气割或等离子切割或机械加工。

④ 焊接变形。不适宜的坡口形式会产生较大的变形，如平板 V 形坡口比 X 形坡口的角变形大，当然双面坡口需考虑翻转次数。如果坡口形式适宜，工艺合理，则可有效减少变形。

如图 1-3(a) 表示对接焊缝几何形状参数。图 1-4(a) 表示对接焊缝坡口几何尺寸参数。

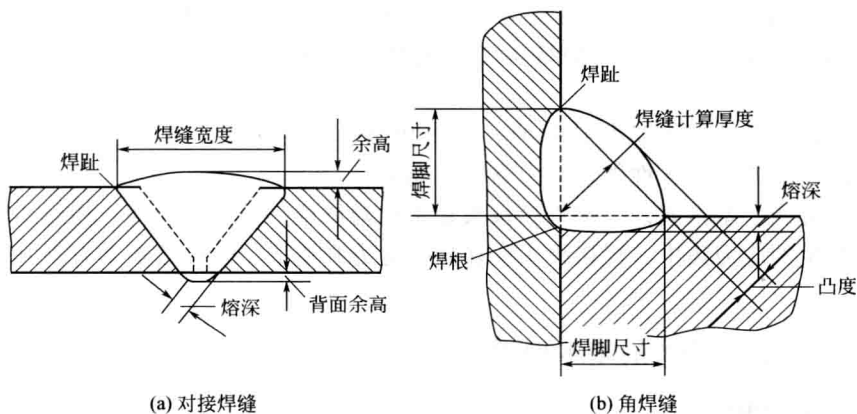


图 1-3 对接焊缝和角焊缝几何形状参数

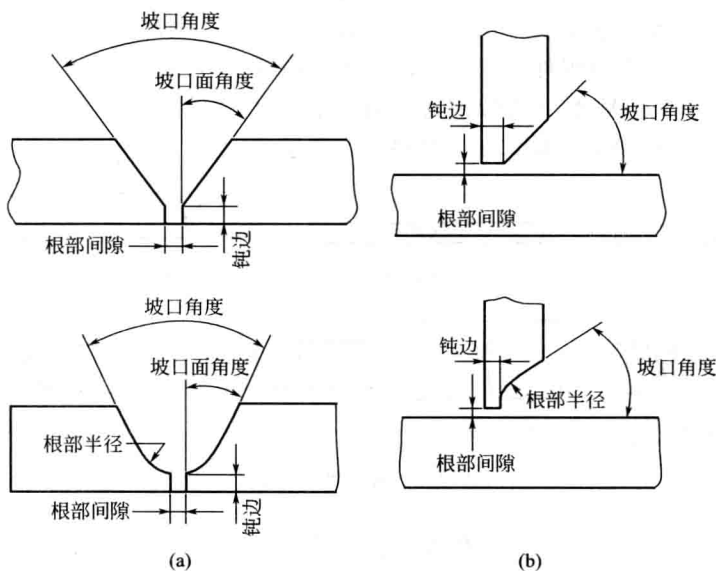


图 1-4 坡口几何尺寸参数

(2) 角焊缝 角焊缝按截面形状可分为四种，如图 1-5 所示。其中应用最多的是截面为等腰直角三角形的，腰长 K 称为焊脚尺寸。对于角焊缝，下凹焊缝 [图 1-5(b)] 由于其外形形成了焊缝向母材基本金属的平滑过渡，减少了应力集中，因而对提高焊接接头的工作性能在很多情况下是有利的。

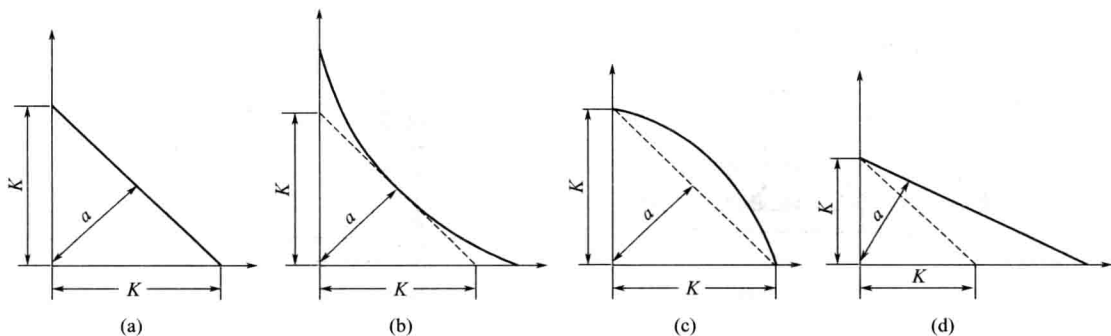


图 1-5 角焊缝截面形状及其计算断面

如图 1-3(b) 表示角焊缝几何形状的参数。图 1-4(b) 表示角焊缝坡口几何尺寸参数。

(3) 端接焊缝 构成端接接头所形成的焊缝, 称为端接焊缝。

(4) 塞焊缝 两板相叠, 上板开圆孔, 填满圆孔焊接两板所形成的焊缝, 称为塞焊缝, 所形成的接头称为塞焊接头。

(5) 槽焊缝 两板相叠, 上板开长孔, 填满长孔焊接两板所形成的焊缝, 称为槽焊缝, 所形成的接头称为槽焊接头。

另外, 还有对接焊缝和角焊缝组成的焊缝, 称为组合焊缝, 如图 1-6 所示。其中坡口内的焊缝为对接焊缝, 坡口外焊缝为角焊缝。

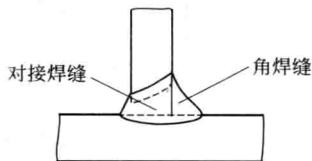


图 1-6 组合焊缝

2. 焊接接头的基本形式

焊接接头的基本形式有五种, 如图 1-7 所示。

(1) 对接接头 对接接头是把同一平面上的两被焊工件相对焊接起来而形成的接头, 如图 1-7(a) 所示。对接接头受力情况常见的是对接焊缝方向与载荷方向是垂直的。由于受力情况较好, 应力集中程度较小, 所以从受力角度看, 对接接头是最理想的接头形式。

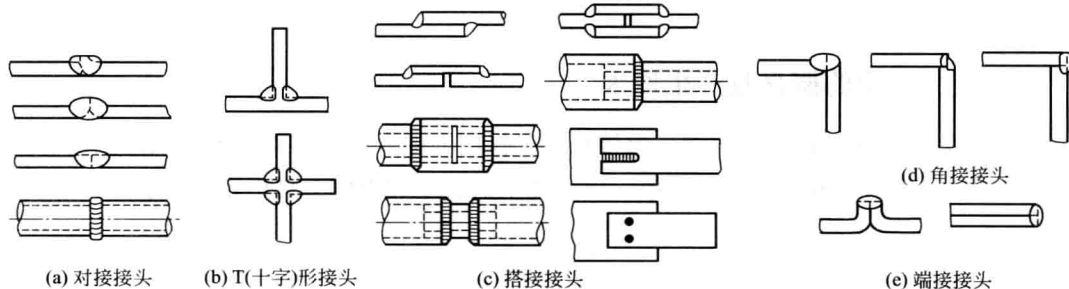


图 1-7 焊接接头的基本类型

(2) T 形接头 一焊件之端面与另一焊件表面构成直角或近似直角的接头称为 T 形接头, 如图 1-7(b) 所示。其中十字形接头可以认为是两个 T 形接头的组合。T 形接头能承受各个方向的力和力矩, 如图 1-8 所示。不开坡口的 T 形接头一般焊不透, 如图 1-9 是开坡口的 T 形接头的举例, 开坡口焊透的 T 形接头特别适用于承受动载的结构。

(3) 搭接接头 两焊件部分重叠构成的接头, 称为搭接接头, 如图 1-7(c) 所示。搭接接头应力分布不均, 疲劳强度低, 但是焊前准备和装配工作简单, 所以仍得到广泛应用。图示中盖板接头、套管接头、槽焊和塞焊接头实质是搭接接头。

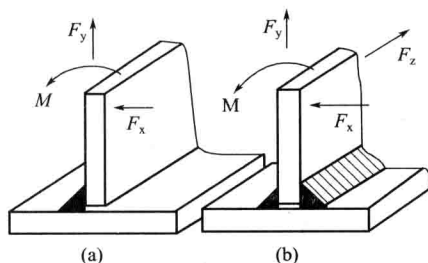


图 1-8 T形接头承载能力

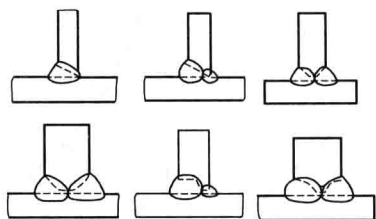


图 1-9 开坡口 T 形接头举例

(4) 角接接头 角接接头是两被焊工件端面间构成大于 30° 、小于 135° 夹角的接头。角

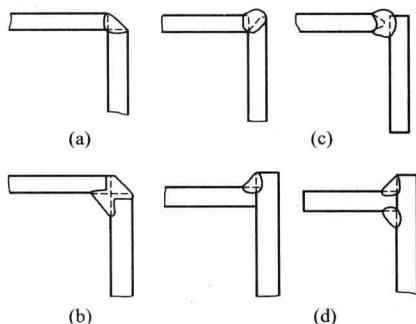


图 1-10 角接接头举例

接接头多用于箱形构件上, 其承载能力视其连接形式, 如图 1-10 所示。其中图 (a) 最简单, 但承载能力差, 特别是当接头处承受弯曲力矩时, 焊根处会产生严重的应力集中, 焊缝容易自根部撕裂。图 (b) 采用双面角焊缝连接, 其承载能力可大大提高。图 (c) 为开坡口焊透的角接接头, 有较高的强度, 而且具有很好的棱角, 但厚板时可能出现层状撕裂问题。图 (d) 是最易装配的角接接头, 不过其棱角并不理想。

(5) 端接接头 端接接头是两被焊工件重叠放置或两被焊工件之间的夹角不大于 30° , 在端部进行

连接的接头。这种接头通常用于密封, 如图 1-7(e) 所示, 其中卷边接头可以分属于对接接头、角接接头和端接接头。

第二节 熔化焊接头的工作应力分布

一、应力集中的概念及产生原因

由于焊缝的形状和位置的不同, 焊接接头工作应力的分布是不均匀的, 其最大应力 $\sigma_{\max}$ 比平均应力 σ_m 高的现象称为应力集中。应力集中的大小常以应力集中系数来表示:

$$K_T = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_m}$$

在焊接接头中产生应力集中的原因有:

- (1) 焊缝中的工艺缺陷, 如裂纹、未焊透、夹渣、气孔等, 尤以裂纹和未焊透最为严重。
- (2) 不合理的焊缝外形, 如对接焊缝余高过高, 凸形的角焊缝等都可形成较大的应力集中。
- (3) 设计不合理的焊接接头, 如加盖板的对接接头, 只有单侧角焊缝的 T 形接头等。

二、常见熔焊接头工作应力分布

对接接头、搭接接头和 T 形接头是电弧焊接头主要的接头形式, 下面分别介绍这些接

头的工作应力分布。

1. 对接接头的工作应力分布

对接接头应力集中是由余高造成的，余高的存在导致焊缝和母材过渡处引起应力集中，如图 1-11 所示。减小对接接头应力集中可以采取增大焊缝向母材的过渡半径和减小余高的措施。但是，与其他焊接接头形式相比，对接接头的应力集中较小，而且易于降低和消除。因此，对接接头是最好的接头形式，不但静载可靠，而且疲劳强度也高。

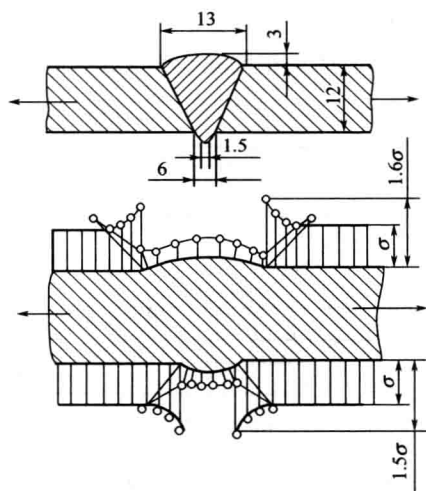


图 1-11 对接接头的应力分布

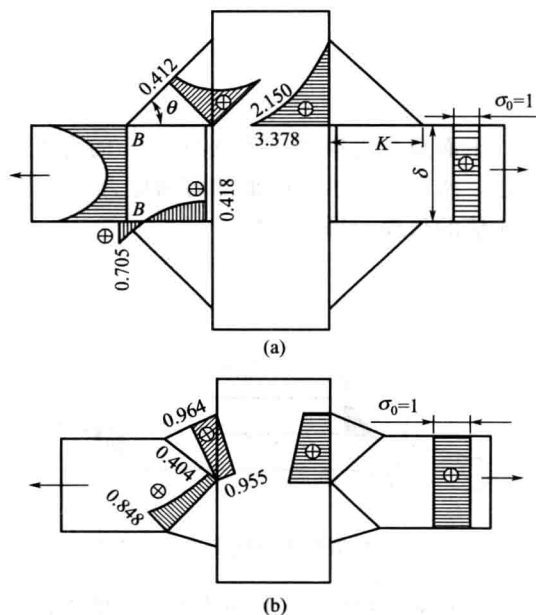


图 1-12 T (十字) 形接头的应力分布

对于不等厚度焊成的对接接头，应在厚板连接处作出单面或双面斜度，并使两板的中心线偏差尽量减小，以减小应力集中现象（参见图 3-4）。

2. T 形接头

T 形接头应力分布极不均匀，在角焊缝焊根和焊趾处存在较大的应力集中，如图 1-12 所示。通过对比可以看出，开坡口 [图 (b)] 比不开坡口 [图 (a)] 应力集中大大降低。因此，对于重要的 T (包括十字) 形接头必须开坡口保证焊透或深熔焊进行焊接，以降低应力集中。T 形接头由于偏心的影响，其角焊缝焊趾和焊根处应力集中比十字形接头的低。

3. 搭接接头

根据搭接接头角焊缝受力的方向，可将角焊缝分为正面角焊缝、侧面角焊缝和斜向角焊缝，如图 1-13 所示。图示中正面角焊缝是与力的作用方向相垂直的焊缝，与力的作用方向相平行的为侧面角焊缝，介于两者之间的焊缝称为斜向角焊缝。

(1) 正面角焊缝工作应力分布 如图 1-14 所示，在角焊缝根部 A 点和焊趾 B 点处有较大的应力集中，减小夹角 θ 形成不等边角焊缝和深熔焊可以降低 B 点和 A 点的应力集中系数。

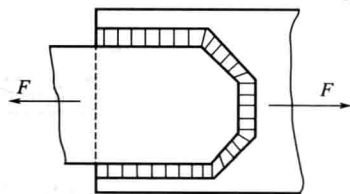


图 1-13 搭接接头角焊缝