

高级技工学校教材

化工机械 维修钎焊工艺

▶ 徐慧波 主编 马玉福 主审



化学工业出版社
教材出版中心

高级技工学校教材

化工机械维修铆焊工艺

徐慧波 主编

马玉福 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

化工机械维修铆焊工艺/徐慧波主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 11
高级技工学校教材
ISBN 7-5025-7890-0

I. 化… II. 徐… III. ①化工机械-维修-铆接-技工学校-教材 ②化工机械-维修-焊接-技工学校-教材
IV. TQ050.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 135278 号

**高级技工学校教材
化工机械维修铆焊工艺**

徐慧波 主编

马玉福 主审

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 项 激

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 442 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7890-0

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

全国化工高级技工教材编审委员会

主 任	毛民海					
副主任	孔广友	王黎明	刘 雄	张文兵	苏靖林	曾繁京
	律国辉					
委 员	毛民海	孔广友	王黎明	刘 雄	张文兵	苏靖林
	曾繁京	律国辉	王跃武	王万侠	李文原	胡仲胜
	雷 俊	林远昌	李晓阳	韩立君	武嘉陵	简 祁
	周仕安	米俊峰	王春湘	黄益群	郑 骏	王 宁
	程家树	金跃康	韩 谦	张 荣	马武飏	宋易骏
	何迎健	董吉川	郭养安			

目 录

绪论	1
----	---

第一单元 铆焊工基本知识

课题一 焊接基本知识	4
分课题一 化工设备焊接结构基本知识	4
分课题二 焊接接头形式及坡口	5
一、焊接接头的形式	5
二、焊接坡口	7
三、焊接位置	8
分课题三 焊缝类型与焊接符号	8
一、焊缝类型	8
二、焊缝符号	9
分课题四 焊接接头设计、选用原则及强度计算	14
一、焊接接头的设计要点	14
二、常见不合理的接头设计及改进	15
三、焊接接头的选用原则	16
四、焊接接头静载强度计算	16
分课题五 焊接结构生产工艺流程简介	19
一、生产组织与准备	19
二、材料加工	20
三、装配与焊接	20
四、结构质量检验与安全评定	20
复习思考题	21
课题二 铆工基本知识	22
分课题一 铆工工作内容及技术特点	22
一、铆工的工作内容	22
二、铆工技术特点	22
三、学习要求	22
分课题二 铆工打锤训练及注意事项	23
一、大锤的种类及用途	23
二、打大锤的分类和姿势	23
三、技能训练	25
复习思考题	25

第二单元 焊工工艺

课题一 焊接冶金基本知识	26
分课题一 焊接热过程	26
一、常用焊接热源及传热基本方式	26
二、焊接温度场	27
三、焊接热循环	29
分课题二 焊接熔池的结晶过程	31
一、熔池金属的结晶过程	32
二、焊缝中的化学不均匀性和夹杂	33
三、焊缝中的气孔	34
四、焊接时的结晶裂纹	35
分课题三 焊接热影响区	35
一、熔合区的组织与性能	36
二、焊接热影响区加热时的组织转变	36
三、焊接热影响区冷却过程的组织转变	36
四、焊接热影响区的组织与性能	37
复习思考题	39
课题二 化工检修常规焊接方法和技术	40
分课题一 焊条电弧焊	40
一、焊条电弧焊原理及特点	40
二、焊条电弧焊电源	41
三、焊接材料	45
四、焊接工艺参数的选择	50
五、焊条电弧焊操作技术	52
六、技能实训	56
分课题二 气焊与气割	58
一、气焊、气割用设备及工具	59
二、气焊、气割的材料	61
三、气焊、气割工艺	63
四、技能训练	67
分课题三 气体保护焊	69
一、钨极氩弧焊 (TIG 焊)	69
二、CO ₂ 气体保护焊 (CO ₂ 焊)	74
三、技能训练	80
分课题四 其他焊接及切割方法	84
一、埋弧自动焊	84
二、等离子弧切割与焊接	89
三、碳弧气刨	91
复习思考题	95

课题三 常用金属材料焊接	96
分课题一 金属的焊接性	96
一、金属焊接性的概念	96
二、金属焊接性试验	97
三、金属材料焊接性的间接判断法(碳当量法)	98
分课题二 碳素钢的焊接	98
一、低碳钢的焊接	99
二、中碳钢的焊接	100
分课题三 低合金结构钢的焊接	101
一、低合金结构钢的焊接性	101
二、低合金钢的焊接工艺特点	102
三、珠光体耐热钢的焊接	103
四、低温钢的焊接	104
五、低合金耐腐蚀钢的焊接	105
分课题四 不锈钢的焊接	106
一、不锈钢的分类及性能	106
二、不锈钢的焊接	107
分课题五 铸铁的焊接	112
一、铸铁的种类及性能特点	112
二、灰铸铁的焊接	113
三、球墨铸铁的焊接	116
分课题六 特殊材料的焊接	116
一、铝及铝合金的焊接	116
二、铜及铜合金的焊接	120
三、异种金属的焊接	123
四、技能训练	127
复习思考题	129
课题四 焊接应力与焊接变形	130
分课题一 焊接应力与变形的产生	130
一、均匀加热的焊接过程引起应力及变形的原因	130
二、不均匀加热的焊接过程引起应力及变形的原因	132
分课题二 焊接残余应力	133
一、焊接残余应力的分布	133
二、焊接残余应力对焊件性能的影响	134
三、减少焊接残余应力的措施	135
四、消除焊接残余应力的方法	137
分课题三 焊接残余变形	139
一、焊接残余变形的分类	139
二、控制焊接残余变形的措施	141
三、焊接残余变形的矫正方法	146

分课题四 焊接结构的疲劳破坏和脆性断裂·····	148
一、焊接结构的疲劳破坏·····	148
二、焊接结构的脆性断裂·····	149
复习思考题·····	150
课题五 焊接缺陷及焊接检验 ·····	152
分课题一 焊接缺陷的产生及防止·····	152
一、焊接缺陷的类型·····	152
二、常见焊接缺陷的特征及危害·····	153
三、其他焊接缺陷·····	155
四、焊缝缺陷的返修·····	159
分课题二 焊接检验·····	159
一、非破坏性检验·····	161
二、无损探伤·····	163
三、破坏性检验·····	167
复习思考题·····	170

第三单元 铆工工艺

课题一 钢结构零件加工工艺 ·····	172
分课题一 钢材变形的矫正·····	172
一、矫正原理·····	172
二、钢材的矫正方法·····	173
三、钢材的预处理·····	179
四、技能训练·····	180
分课题二 划线与放样·····	181
一、划线·····	181
二、放样与号料·····	182
三、展开放样·····	190
四、技能训练·····	199
分课题三 钢材的切割·····	200
一、机械切割·····	201
二、热切割·····	207
三、技能训练·····	207
分课题四 弯曲成形·····	208
一、弯曲加工基础知识·····	208
二、板材弯曲·····	210
三、型钢弯曲·····	213
四、管子弯曲·····	214
五、冲压成形·····	217
六、技能训练·····	219
复习思考题·····	221

课题二 钢结构的装配	222
分课题一 装配技术基础.....	222
一、装配的基本条件.....	222
二、定位原理.....	223
三、定位基准及其选择.....	223
分课题二 装配用工夹具.....	224
一、装配工具.....	224
二、装配夹具.....	225
分课题三 装配方法.....	230
一、装配基础知识.....	230
二、常用装配方法.....	232
三、装配工艺过程的制定及典型结构件的装配.....	234
分课题四 大型化工设备安装修理.....	239
一、金属储油罐的安装.....	239
二、球罐安装.....	248
三、典型化工容器修理.....	250
四、技能训练.....	254
复习思考题.....	255

第四单元 综合知识

课题一 化工设备检修作业	256
分课题一 化工检修的分级管理.....	256
分课题二 化工检修的安全作业.....	258
一、一般的安全技术.....	258
二、检修封闭设备、容器的安全技术.....	258
三、高处作业的安全技术.....	259
四、起重工作的安全技术.....	259
五、检修酸、碱、液氨等容器的安全技术.....	259
六、防火的措施.....	260
分课题三 化工检修的质量标准.....	260
一、化工容器检修的质量标准.....	260
二、管道检修后的质量标准.....	261
三、塔类检修的质量标准.....	262
分课题四 化工检修的焊接操作.....	263
一、容器检修中的焊接操作特点.....	263
二、管道检修中的焊接操作.....	264
复习思考题.....	265
课题二 工艺规程的编制	266
分课题一 焊接工艺评定.....	266
一、焊接工艺评定的目的.....	266

二、焊接工艺评定方法.....	266
三、焊接工艺评定条件与规则.....	266
四、焊接工艺评定程序.....	266
分课题二 工艺规程的编制.....	268
一、工艺规程的基本知识.....	268
二、焊接工艺规程的编制.....	271
三、技能训练.....	275
复习思考题.....	275
参考文献	276

绪 论

在现代工业生产中，焊接已经成为金属加工的重要手段之一。随着科学技术不断进步，焊接技术近几十年来得到了迅速发展和传播。现已广泛应用于石油化工、电力、机械、冶金、建筑、航空航天、交通、海洋工程、核电工程和电子技术等工程中。

就工程建设而言，焊接技术已经成为最重要的工艺之一。如石油化工建设中各种罐、槽、釜、塔以及大量管道的焊接。据统计在石油化工设备安装施工中有 60% 以上的工作量是焊接。

两个或两个以上零件的连接，有螺栓连接、铆接、胶接以及焊接等。在所有连接方法中，焊接是应用最广的、最重要的金属材料的永久连接方法。焊接是指通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使工件达到结合的一种方法。按照焊接过程中金属所处的状态不同，焊接方法可分为熔焊、压焊和钎焊三类。金属焊接方法的分类如图 0-1 所示。

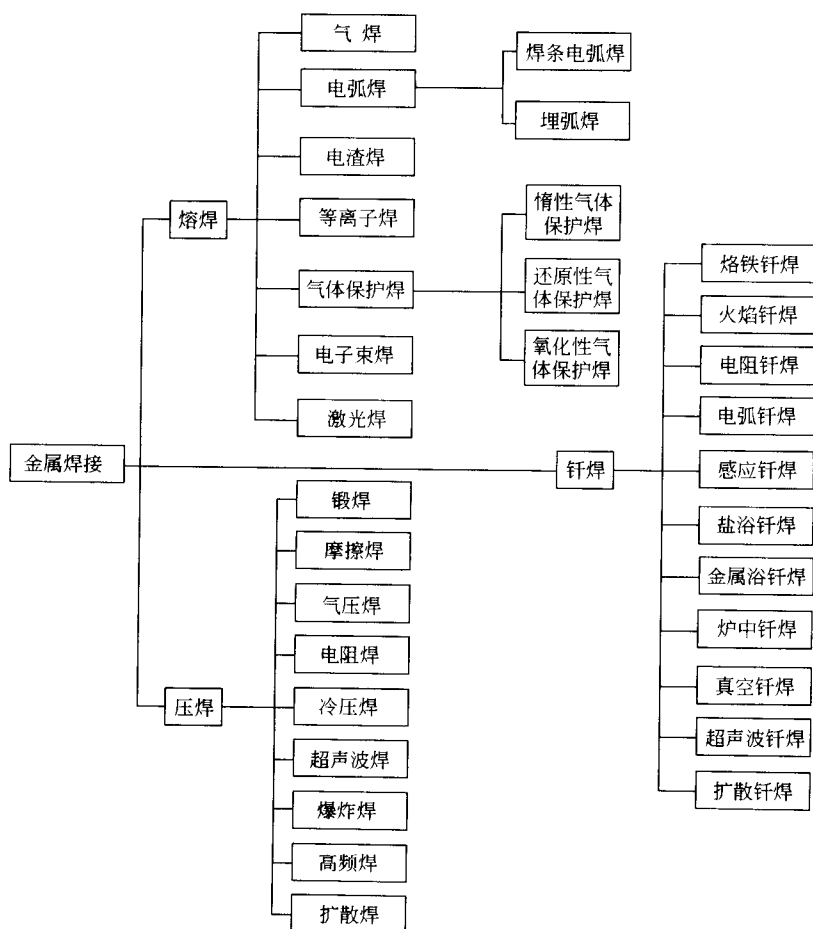


图 0-1 金属焊接方法的分类

焊接与铆接相比,具有显著的优越性,它具有节省材料、结构质量小、加工与装配工序简单、接头的致密性好、强度高、容易实现机械化和自动化生产、生产效率高、质量好和劳动条件优良等特点。焊接不仅可以使金属材料永久地连接起来,也可以使某些非金属材料达到永久连接的目的,如玻璃焊接、塑料焊接和陶瓷焊接等,但在工业生产中应用最广的是金属焊接。

焊接是一门古老而又年轻的加工方法,远在中国古代就有使用锻焊和钎焊的实例,如在著称世界的秦始皇陵中出土的铜车马上就发现了钎焊的焊缝。但是,目前工业生产中广泛应用的焊接技术,却是19世纪末和20世纪初现代科学技术发展的产物。从1885年碳弧焊的发明至今已有百多年的历史。在电弧焊的初期,由于焊接工艺不成熟,使其在生产中的应用受到限制,直到20世纪40年代,才形成较完整的焊接工艺体系,埋弧焊和电阻焊得到了成功的应用。以后,由于20世纪50年代的电渣焊、各种气体保护焊、超声波焊以及20世纪60年代的等离子弧焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现,使焊接技术达到了一个新的水平。近年来,已经开始对能量束焊接、太阳能焊接、冷压焊等新的焊接方法进行研究,并在焊接工艺自动控制方面取得了很大的进展。采用电子计算机控制和工业电视监视焊接过程,使焊接过程便于控制,有助于实现焊接自动化。在焊接生产中采用工业机器人,使焊接工艺自动化达到了一个崭新的阶段。

承担将金属板材、管材及型材,在基本不改变其断面形状的情况下,加工成各种金属结构制品的工种人员称为铆工。铆工是机械制造行业中的主要工种之一。铆工操作的基本内容有矫正、放样、下料、切割、弯曲、冲压和装配等。按工序性质可分为备料、放样、加工成形和装配连接四大部分。

① 备料主要指原材料和零部件坯料的准备,其中包括材料的矫正、除锈、检验和验收等。如果零件的坯料尺寸比原材料大,还需要进行拼接,此时备料工作还包括划线、切割等。

② 放样是根据零部件图画出放样图,比例为1:1,再根据放样图确定零部件的实际形状和尺寸来制作样板。最后利用样板在原材料上划出加工线和各种位置线。放样工序通常包含号料。

③ 加工成形就是用剪、冲、割等方法,把坯料从原材料上分离下来,然后利用弯曲、压延等成形方法,将坯料加工成一定的形状。坯料成形的过程通常是在常温下完成,称为冷加工;有时也要在坯料加热后才能进行,称为热加工。

④ 装配连接是将加工好的零件组装成部件或产品,并用适当的方法(铆接、焊接)连接成整体。

随着科学技术的不断发展,铆工作业已由手工操作逐步向机械化和半自动、自动化发展。如爆炸成形、光学放样、自动下料、数控切割、高速精密切割及大型剪板机、卷板机和压力机等新技术、新工艺、新设备,已在铆工作业中逐渐采用。

铆工在作业过程中,必须与焊接密切配合,才能进行金属结构的生产,作为一个技术熟练的焊工或铆工,除了必须牢固地掌握本工种的基础知识以外,还要熟悉其他专业的有关知识,才能更好地完成本职工作。

在化工机械维修及金属结构的制造过程中,铆、焊两个工种在工作中既有分工又要密切配合,对中、高级工来说,要求同时具有两个工种的工艺理论知识,因此本教材把两个工种的知识合编在一起,可同时满足两个工种的教学要求。

《化工机械维修铆焊工艺》的知识内容共分为四个单元,即铆焊工基础知识、焊工工艺、铆工工艺和铆焊工综合知识。这四个单元所涉及的内容分别如下。

① 基础知识:化工典型设备结构的基本知识;铆焊工基础知识。

② 焊工工艺:焊接冶金基础;化工检修常规焊接方法与技术;常用金属材料的焊接;焊接应力与焊接变形及焊接缺陷、焊接检验等知识。

③ 铆工工艺:钢材变形的矫正、划线与放样、钢材的切割和弯曲成形等钢结构零件加工工艺及化工设备的装配、安装与修理。

④ 综合知识:化工设备检修作业及工艺规程的编制。

通过本课程的学习,使学生掌握化工检修常规焊接方法和技术、大型钢结构的安装与修理;掌握常用金属材料的焊接工艺、焊接质量检验等知识;熟悉化工设备工艺规程的编制、铆工模、夹具设计、焊接强度计算等知识;能分析引起焊接变形原因并提出解决方法和预防措施;熟悉化工设备检修作业、相关的生产管理、安全和环保知识。

要求学生能熟练操作化工检修常规焊接方法;能正确编制装配与修理工艺、制定技术标准;能熟练地运用这些知识和技能,顺利地完成化工机械的维修和安装工作;培养学生遵守检修操作规程,养成良好的安全、文明生产习惯。

《化工机械维修铆焊工艺》是根据“化工机械维修专业教学计划”的要求,为培养从事化工机械设备检修、装配、安装的高级化工检修铆工、焊工而开设的一门实践性很强的专业课。在学习过程中,应当采用课堂化的教学形式,始终贯彻理论联系实际的教学原则。理论教学中应注意与原有知识的衔接,注重融入新技术、新工艺,尽量采用先进教学手段和方法,优化教学效果。技能教学应贯彻理论与实践相结合的原则,结合生产实际,指导学生运用理论知识指导实践,增强学生分析问题、解决问题的能力,培养学生的实际操作技能,为学生能顺利完成化工设备检修工作打下良好的基础。

第一单元 铆焊工基本知识

课题一 焊接基本知识

分课题一 化工设备焊接结构基本知识

化工生产中所用的设备种类很多,按设备在生产中的作用原理分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器、储存压力容器。这些设备都由一个压力容器和内部件组成,容器又都是由筒体、封头、法兰、接管、支座等零部件组成。这些零部件通常采用冷加工或热加工成型后,用焊接方法制造,是一种典型的焊接结构。

在压力容器中,焊接接头的主要形式有对接接头、角接接头、搭接接头等。对接接头的强度可与母材相等,受力也均匀,因此重要焊缝一般采用对接形式。角接接头多用于管接头与壳体的连接,搭接接头多用于受压部件与受压壳体的连接。

化工容器、设备主要受压部分,其接头形式按受力情况和所处位置分为 A、B、C、D 四种类型,如图 1-1-1 所示。

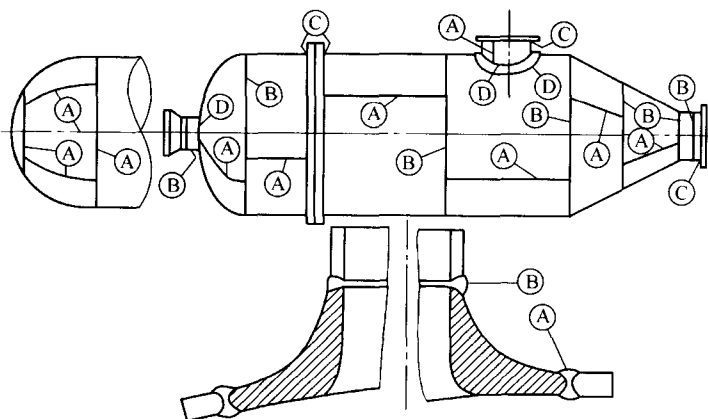


图 1-1-1 压力容器焊接接头形式分类示意图

圆筒部分的纵向接头（多层包扎容器层板纵向接头除外）、球形封头与圆筒连接的环向接头、各类凸形封头中所有拼焊接头以及嵌入式接管与壳体对接连接的接头,均属 A 类焊接接头。

壳体部分的环向接头、锥形封头小端与接管连接的接头、长颈法兰与接管连接的接头,均属 B 类焊接接头,但已规定为 A、C、D 类的焊接接头除外。

平盖、管板与圆筒非对接连接的接头,法兰与壳体、接管连接的接头,内封头与圆筒的搭接接头,以及多层包扎容器层板纵向接头均属 C 类焊接接头。C 类接头所承受的工作应力

一般较小。

接管、人孔、凸缘、补强圈等与壳体连接的接头，均属 D 类焊接接头，但已规定为 A、B 类的焊接接头除外。

以下对压力容器各种焊接接头做简要说明。

1. 主体的焊接接头

主体的焊接接头主要是筒体和封头的纵、环缝。它们原则上选用对接接头，开坡口时其坡口尺寸应符合 GB/T 985—1988《气焊、手工电弧焊及气体保护焊坡口形式与尺寸》及 GB/T 986—1988《埋弧焊坡口形式与尺寸》。

2. 接管的焊接接头

接管的焊接接头大多为角接接头，其焊透性差，探伤困难。焊缝质量的好坏对容器的使用寿命起决定作用，接头设计时应注意下述几点。

① 有条件双面焊时尽量采用双面焊，厚度大于 20mm 时，采用双面坡口。

② 接管与壳体的焊接尽量从外侧焊。要求全焊透时，应采用带垫板结构。

③ 无法双面焊时，可采用氩弧焊打底，单面焊双面成型。

3. 钢凸缘与管嘴的焊接接头

对不承受脉动载荷的容器，凸缘与壳体可采用角接接头，压力较高时，应采用对接接头连接凸缘。

4. 法兰与接管的焊接接头

这类接头有对接、角接两种形式，工作压力 $p_s \leq 2.5 \text{ MPa}$ 时可采用角接接头，工作压力较高时采用对接接头。

分课题二 焊接接头形式及坡口

用焊接的方法连接的接头称为焊接接头。焊接接头由焊缝 1、熔合区 2 和热影响区 3 三部分组成，如图 1-1-2 所示。

虽然新的焊接方法不断出现，焊接接头的类型也日益增多，但应用最广泛的焊接方法仍是熔焊，特别是在锅炉及压力容器生产中。本章节将以熔焊接头为重点进行叙述。

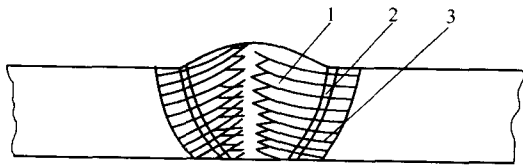


图 1-1-2 焊接接头的组成

1—焊缝；2—熔合区；3—热影响区

一、焊接接头的形式

在焊条电弧焊中，由于焊件的厚度、结构形状及使用条件不同，其接头形式及坡口

形式也不相同。根据国家标准 GB/T 985—1988 规定焊接接头形式主要有对接接头、角接接头、T 形接头和搭接接头四种。有时焊接结构还有其他类型的接头形式，如十字接头、端接接头、卷边接头、锁底接头、套管接头及斜 T 形接头等。

1. 对接接头

对接接头是指两焊件表面构成大于或等于 135° ，小于或等于 180° 夹角的接头。这种接头从力学角度看是比较理想的接头形式，它的受力状况较好，应力集中较小；能承受较大的静载荷或动载荷，接头效率高，是焊接结构和锅炉压力容器受压元件应用最多的接头形式。为保证焊接质量、减少焊接变形和焊接材料的消耗，需要把工件的对接边缘加工成各种形式

的坡口, 再进行焊接。坡口形式主要分为 I 形坡口、V 形坡口、Y 形坡口、U 形、J 形及双 U 形或 UY 组合形坡口, 单边 V 形、双 V 形或双 Y 形坡口等。常见对接接头的坡口形式如图 1-1-3 所示。

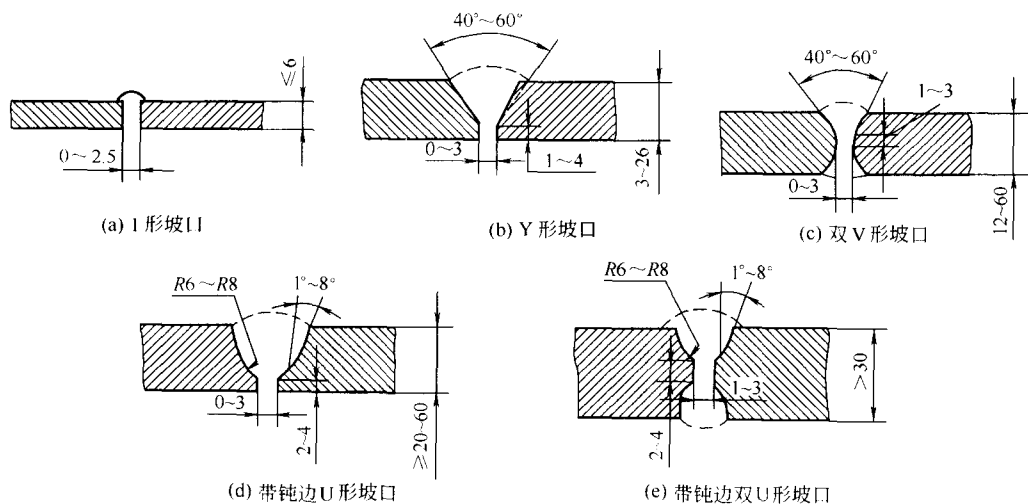


图 1-1-3 对接接头的坡口形式

2. 角接头

角接头是指两焊件端部构成大于 30° , 小于 135° 夹角的接头。角接接头的形式如图 1-1-4 所示。角接头一般用于不重要的焊接结构中。根据焊件厚度的坡口准备的不同, 角接头可分为 I 形坡口、单边 Y 形坡口、Y 形及双单边 Y 形坡口等。但开坡口的角接头在一般结构中较少采用。

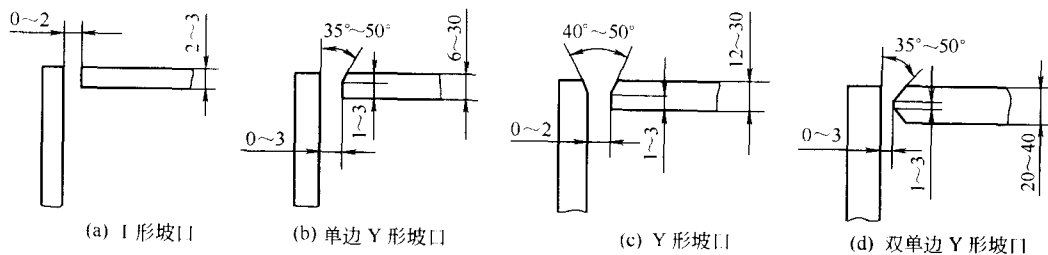


图 1-1-4 角接接头的形式

3. T 形 (十字) 接头

T 形 (十字) 接头是指一焊件端面与另一焊件表面构成直角或近似直角的接头形式。T 形接头在焊接结构中被广泛采用, 特别是在造船厂的船体结构中, 约 70% 的焊缝是这种接头形式。T 形 (十字) 接头可分不开坡口、单边 V 形、双单边 V 形及双 U 形四种, 如图 1-1-5 所示。

T 形 (十字) 接头作为一般的连接焊缝, 钢板厚度在 $2\sim30\text{mm}$ 时, 可不开坡口。若 T 形接头的焊缝要求承受载荷, 则就按照钢板厚度和对结构强度要求, 可分别选用单边 V 形、双单边 V 形和双 U 形等坡口形式, 使接头能焊透, 保证接头强度。

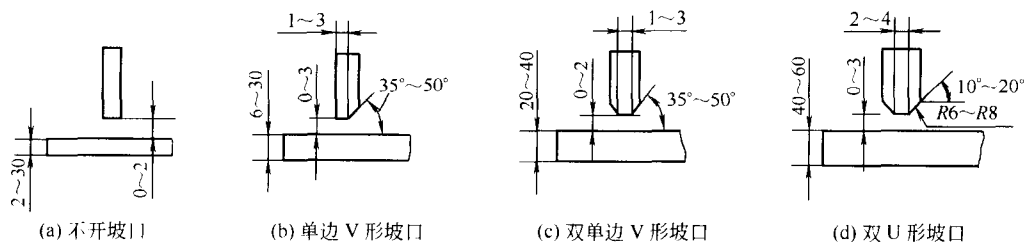


图 1-1-5 T 形（十字）接头

4. 搭接接头

搭接接头是指两部件部分重叠在一起进行焊接所形成的接头。该接头强度较低，尤其是疲劳极限低，只用于不重要的结构。搭接接头可分为不开坡口、圆孔内塞焊、长孔内角焊三种形式，如图 1-1-6 所示。

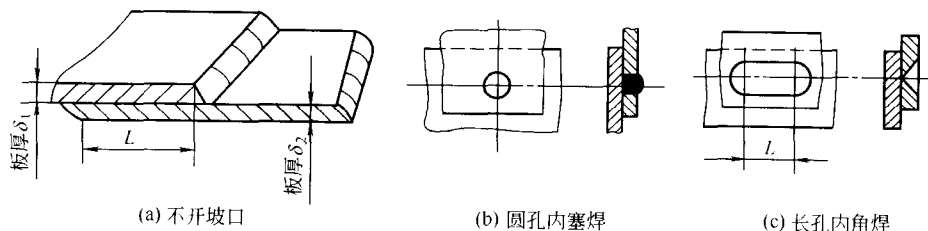


图 1-1-6 搭接接头

不开坡口的搭接接头，一般用于厚 12mm 以下钢板，其重叠部分长度由设计决定。当重叠钢板面积较大时，为保证强度可分别选用圆孔内塞焊或长孔内角焊的形式。圆孔和长孔的大小和数量根据板厚和对结构的强度要求而定。

此外，在一些有密封要求的结构中，两焊件重叠放置或两焊件表面之间夹角不大于 30° 构成端接头，如图 1-1-7 所示。

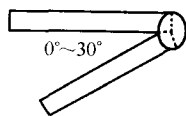


图 1-1-7 端接头

二、焊接坡口

焊接坡口是指根据设计或工艺需要，将焊件的待焊部位加工成一定几何形状，经装配后形成的沟槽。

1. 坡口的选择

开坡口主要是为了保证接头质量和方便施焊。坡口形式主要取决于焊接方法、焊接位置、板材的厚度、熔透要求及经济合理性等因素。选择坡口应考虑以下问题：

- ① 应尽可能地提高生产率，节省填充金属；
- ② 是否能保证焊透；
- ③ 坡口的形状是否容易加工；
- ④ 焊后焊接变形应尽可能小。

同厚度的工件，采用双面 V 形或 Y 形坡口比单面 V 形或 Y 形坡口可节省较多的焊接材料、电能和工时。选择适当的坡口形式，配合合理的工艺，还可以有效地减小焊接变形。