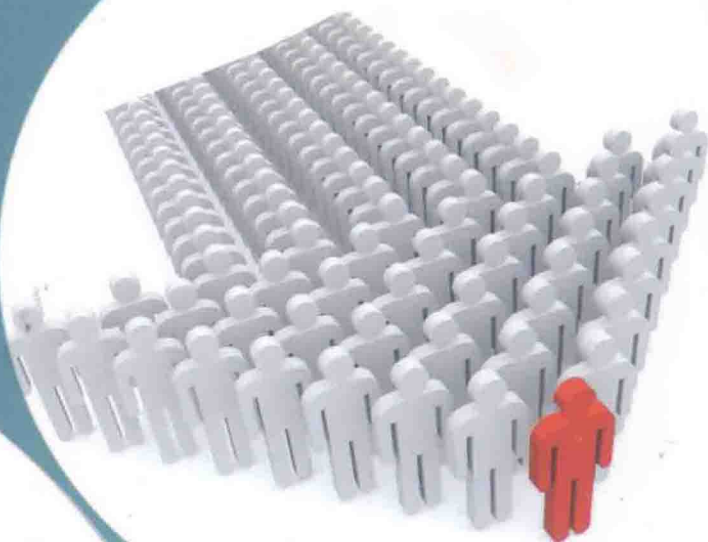


上岗就业百分百系列丛书

焊工

上岗就业百分百

上岗就业百分百系列丛书编委会 组编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



上岗就业百分百系列丛书

焊工上岗就业百分百

上岗就业百分百系列丛书编委会 组编



机械工业出版社

本书是根据《国家职业标准》的初、中级焊工等级标准及职业技能鉴定规范的要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书主要包括:焊接基础知识、常用焊接技术、典型焊接钢结构、焊接检验与焊接安全。本书从企业对技术工人应具有广泛的通用知识和全面技能的实际需求出发,遵循由浅入深、由简单到复杂循序渐进的规律,突出技术实用性和通用性,图文并茂,通俗易懂,重点提高读者的综合技能水平。

本书主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的教材,也可作为技校、中职、各种短训班的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

焊工上岗就业百分百/上岗就业百分百系列丛书
编委会组编. —北京:机械工业出版社, 2011. 3
(上岗就业百分百系列丛书)
ISBN 978-7-111-33243-5

I. ①焊… II. ①上… III. ①焊接—基本知识
IV. ①TG4

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:王晓洁 责任编辑:俞逢英 王晓洁

责任校对:申春香 封面设计:马精明

责任印制:李妍

高等教育出版社印刷厂印刷

2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·11.75 印张·311 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-33243-5

定价:25.00 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

销售一部:(010)68326294 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级，经济发展对高质量技能人才的需求不断扩大。然而，技能人才短缺已是不争事实，并日益严重，这已引起中央领导和社会各界的广泛关注。面对技能人才短缺现象，政府及各职能部门快速做出反应，采取措施加大培养力度，鼓励各种社会力量倾力投入技能培训领域。为认真贯彻国家中长期人才发展规划（2010~2020年），适应全面建设小康社会对技能型人才的迫切要求，促进社会主义和谐社会建设，我们特邀请有关专家组织编写了这套“上岗就业百分百系列丛书”。

本套丛书在编写中以企业对人才需求为导向，以岗位职业技能要求为标准，以与企业无缝接轨为原则，以企业技术发展方向为依据，以知识单元体系为模块，结合职业教育和技能培训实际情况，注重学员职业能力的培养，体现内容的科学性和前瞻性。同时，在编写过程中力求体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理、叙述通俗”的特色，为此在编写中从实际出发，简明扼要，没有过于追求系统及理论的深度，突出“上岗”的特点，使具有初中文化程度的读者就能读懂学会，便于广大技术工人、初学者、爱好者自学，掌握基础理论知识和实际操作技能，从而达到实用速成、快速上岗的目的。

本套上岗就业百分百系列丛书编委会的组成人员有：汪立亮、刘兴武、袁黎、徐寅生、陈忠民、张能武、黄芸、徐峰、杨光明、潘旺林、潘珊珊、兰文化、邱立功。我们真诚地希望本套丛书的出版对我国技能人才的培养起到积极的推动作用，能成为广大读者的“就业指导、创业帮手、立业之本”，同时衷心希望广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

上岗就业百分百系列丛书编委会

目 录

前言

第1单元 焊接基础知识	001
模块一 焊接方法的分类及其选择	001
一、焊接方法的分类	001
二、焊接方法的选择	005
模块二 焊接接头及焊缝形式	007
一、焊接接头的特点及形式	007
二、常用焊接接头的工作特性	008
三、焊接接头构造的设计与选择	012
四、焊接位置及焊缝代号	015
模块三 焊接设备及调试	019
一、焊接设备的分类与电焊机型号	019
二、弧焊电源	022
三、弧焊焊机	026
四、等离子弧焊焊机	032
五、气焊设备	034
六、焊接设备的调试	035
模块四 焊条	037
一、焊条的组成及作用	038
二、焊条的选择及使用	040
三、焊条的保管及烘干	043
模块五 焊丝	044
一、焊丝的分类及特点	044
二、焊丝的正确使用及保管	048
模块六 焊剂	048
一、焊剂的作用及分类	048
二、焊剂的牌号	049
模块七 其他焊接材料	051
一、气体保护焊用气体	051

二、气体保护焊用钨极材料·····	053
三、碳弧气刨用碳电极·····	053
第2单元 常用焊接技术·····	056
模块一 焊条电弧焊·····	056
一、焊条电弧焊的构成·····	056
二、焊条电弧焊的基本操作技能·····	060
三、单面焊双面成形技术·····	068
四、平板对接的焊接技术·····	071
五、T形接头的焊接技术·····	076
六、管板的焊接技术·····	077
七、管子的焊接技术·····	081
模块二 埋弧焊·····	083
一、埋弧焊的特点及应用·····	083
二、埋弧焊的焊接参数·····	084
三、埋弧焊的基本操作技能·····	085
模块三 钨极氩弧焊·····	090
一、钨极氩弧焊的特点及应用·····	090
二、钨极氩弧焊的焊接参数·····	091
三、手工钨极氩弧焊的基本操作技能·····	092
模块四 CO ₂ 气体保护焊·····	095
一、CO ₂ 气体保护焊的特点及应用·····	095
二、半自动 CO ₂ 气体保护焊的焊接工艺·····	096
三、半自动 CO ₂ 气体保护焊的操作技术·····	098
模块五 等离子弧焊与切割·····	103
一、等离子弧的特点及分类·····	103
二、等离子弧焊·····	103
三、等离子弧切割·····	104
四、注意事项及操作禁忌·····	107
模块六 气焊与气割·····	108
一、手工气焊工艺·····	108
二、手工气割工艺·····	112
三、火焰矫正与加工技术·····	115
模块七 电阻焊·····	118
一、电阻焊的原理、特点及应用·····	118
二、电阻焊的焊接工艺·····	119
模块八 电渣焊·····	126
一、电渣焊的特点及应用·····	126
二、电渣焊的基本操作技术·····	129
第3单元 典型焊接钢结构·····	131

模块一 焊接结构设计基础	131
一、钢结构的特点	131
二、焊接结构采用时应注意的问题	132
三、焊接结构的总体设计要求	133
四、焊接结构设计中应考虑的工艺性问题	133
五、合理的接头设计	134
模块二 压力容器结构的焊接	135
一、锅炉及压力容器焊接的特点、分类及要求	135
二、圆筒形压力容器的生产工艺	137
三、球形压力容器的生产工艺	141
模块三 网架结构的焊接	144
一、焊接空心球节点	144
二、焊接钢板节点	146
三、焊接钢管节点	147
四、焊接鼓节点	147
模块四 梁及柱的焊接	148
一、梁的焊接	148
二、柱的焊接	155
第4单元 焊接检验与焊接安全	156
模块一 焊接缺陷	156
一、焊接缺陷的分类	156
二、焊接缺陷的产生原因、危害及防止措施	157
模块二 焊接质量检验	165
一、非破坏性检验	165
二、破坏性检验方法	167
模块三 焊接安全技术	171
一、焊接作业的危害因素	171
二、焊接作业的安全技术	174
参考文献	180

第1单元

焊接基础知识



知识要点

- 了解常用焊接方法的特点及适用范围。
- 熟悉常见焊接接头的种类、特点及工作特性。
- 熟悉各种电弧焊焊机的特性和构成。
- 熟悉焊接材料的作用、分类及特点。



任务目标

- 掌握不同焊接接头的选用方法。
- 熟练掌握焊条、焊剂和焊丝的选用方法和养护方法。

模块一

焊接方法的分类及其选择

一、焊接方法的分类

根据母材是否熔化将焊接方法分成熔焊、压焊和钎焊三大类,然后再根据加热方式、工艺特点或其他特征进行下一层次的分类,见表1-1。这种分类方法的最大优点是层次清楚,主次分明,是最常用的一种方法。

焊接工艺对能源的要求是能量密度大、加热速度快,以减小热影响区,避免接头过热。焊接用的能源主要有电弧、火焰、电阻热、电子束、激光束、超声波、化学能等。

电弧是应用最广泛的一种焊接热源,主要用于电弧焊、堆焊等。电渣焊或电阻焊利用电阻热进行焊接。锻焊、摩擦焊、冷压焊及扩散焊等利用机械能进行焊接,通过顶压、锤击、摩擦等手段,使焊件的结合部位发生塑性流动,破坏结合面上的金属氧化膜,并在外力作用下将氧化物挤出,实现金属的连接。气焊依靠可燃气体(如乙炔、氢、天然气、丙烷、丁烷等)与氧混合燃烧产生的热量进行焊接。热剂焊是利用金属与其他金属氧化物间的化学反应所产生的热量

作为能源,利用反应生成的金属为填充材料进行焊接,应用较多是铝热剂焊。爆炸焊利用炸药爆炸释放的化学能及机械冲击能进行焊接。常用焊接热源的主要特性见表 1-2。

表 1-1 焊接方法的分类

第一层次 (根据母材是否熔化)	第二层次	第三层次	第四层次	代号	是否易于 实现自动化
熔焊 将待焊处的母材金属熔化,但不加压力以形成焊缝的焊接方法	电 弧 焊	熔化极电弧焊	焊条电弧焊	111	△
			埋弧焊	121	○
			熔化极气体保护焊(GMAW)	131	○
			CO ₂ 气体保护焊	135	○
			螺柱焊		△
		非熔化极电弧焊	钨极氩弧焊(GTAW)	141	○
			等离子弧焊	15	○
			氢原子焊		△
	气 焊	氧氢火焰		311	△
		氧乙炔火焰			△
		空气乙炔火焰			△
		氧丙烷火焰			△
		空气丙烷火焰			△
	铝 热 焊				△
	电 渣 焊			72	○
	电子束焊	高真空电子束焊		76	○
		低真空电子束焊			○
		非真空电子束焊			○
	激 光 焊		CO ₂ 激光焊	751	○
			YAG 激光焊		○
	电阻点焊			21	○
	电阻缝焊			22	○
压焊 焊接过程中,必须对焊件施加压力(加热或不加热)以完成焊接的方法包括固态焊、热压焊、气压焊等	闪光对焊			24	
	电阻对焊			25	○
	冷 压 焊				△
	超声波焊			41	○
	爆 炸 焊			441	△
	锻 焊				△
	扩 散 焊			45	△
	摩 擦 焊			42	○

(续)

第一层次 (根据母材是否熔化)	第二层次	第三层次	第四层次	代号	是否易于 实现自动化
钎焊 采用比母材熔点低材料作钎料,将焊件和钎料加热至高于钎料熔点但低于母材熔点的温度,利用毛细作用使液态钎料充满接头间隙,熔化钎料润湿母材表面,冷却后结晶形成冶金结合的方法。根据使用钎料的不同,可分为硬钎焊和软钎焊两类	火焰钎焊			912	△
	感应钎焊				△
	炉中钎焊	空气炉钎焊			△
		气体保护炉钎焊			△
		真空炉钎焊			△
	盐浴钎焊				△
	超声波钎焊				△
	电阻钎焊				△
	摩擦钎焊				△
	金属浴钎焊				△
	放热反应钎焊				△
	红外线钎焊				△
	电子束钎焊				△

注：○—易于实现自动化；△—难以实现自动化。

表 1-2 常用焊接热源的主要特性

焊接热源	最小加热面积/cm ²	最大功率密度/W·cm ⁻²	正常温度/K
氧乙炔火焰	10 ⁻²	2×10 ³	3470
焊条电弧焊电弧	10 ⁻³	10 ⁴	6000
钨极氩弧(TIG)	10 ⁻³	1.5×10 ⁴	8000
埋弧焊电弧	10 ⁻³	2×10 ⁴	6400
电渣焊热源	10 ⁻³	10 ⁴	2273
熔化极氩弧(MIG)	10 ⁻⁴	10 ⁴ ~10 ⁵	
CO ₂ 气体保护焊电弧	10 ⁻⁴	10 ⁴ ~10 ⁵	
等离子弧	10 ⁻⁵	1.5×10 ⁵	18000~24000
电子束	10 ⁻⁷		
激光束	10 ⁻⁸		

常用的焊接方法有焊条电弧焊、CO₂ 气体保护(简称 CO₂ 焊)焊、埋弧焊、钨极氩弧焊、熔化极氩弧焊、电渣焊、电子束焊、激光焊、电阻焊、钎焊等。

1. 焊条电弧焊

焊条电弧焊(曾称为手工电弧焊)是目前应用最广泛的一种焊接方法。其优点是应用灵活、方便、适用性最强,而且设备简单,特别适合于焊接全位置短焊缝、以及自动焊难以焊接的焊缝。焊条电弧焊时,焊件厚度不受限制,但焊件厚度较大时经济效益降低,而且随着厚度的增大,焊接缺陷增多。

焊条电弧焊的主要缺点是生产率低、劳动强度大、对焊工技术水平的依赖性强且对焊工健康的影响大。

2. 埋弧焊

埋弧焊适合于厚度在4mm 以上的低碳钢、低合金结构钢、不锈钢等的焊接。一般情况下,

只能进行平焊及船形焊。埋弧焊允许使用的焊接电流较大,熔敷速度及熔透能力大,中等厚度的钢板焊接时可不用开坡口,焊接生产率比焊条电弧焊高得多。这种焊接方法的焊缝质量稳定、劳动条件好且对焊工的技术水平依赖性小。

3. 电渣焊

电渣焊是一种适用于大厚度钢板的高效焊接方法。若板件厚度超过 30mm 时,就可考虑采用电渣焊。厚度大于 50mm 时,电渣焊的经济效益就超过埋弧焊。电渣焊有丝极、板极及熔嘴电渣焊三种,变断面或断面复杂的焊件必须采用熔嘴电渣焊。

电渣焊是利用电阻热熔化金属的焊接方法,整个焊接过程中无电弧和飞溅,生产率高,热效率高达 80% (埋弧焊为 60%),且电能与焊接材料消耗比埋弧焊少(仅为 1/20)。但电渣焊的缺点是焊缝及热影响区的晶粒粗大,降低了焊接接头的塑性与冲击韧度,焊后必须对焊件进行正火处理。

4. 熔化极气体保护焊

常用的熔化极气体保护焊有 CO_2 气体保护焊、熔化极惰性气体保护焊(MIG)以及活性气体保护焊(MAG)。

CO_2 气体保护焊是一种生产率高、成本低的焊接方法。主要用于低碳钢及低合金结构钢的焊接。其优点是可进行各种位置的焊接,既可焊薄板,也可焊厚板,而且焊接速度较快,熔敷效率较高,便于实现自动化。

熔化极惰性气体保护焊可焊接所有金属。由于焊丝的载流能力大,与非熔化极惰性气体保护焊(又称钨极惰性气体保护焊)相比,该方法的熔深能力大,焊接生产率高。特别适用于有色金属、不锈钢的中厚板的焊接。

活性气体保护焊主要用于低碳钢、低合金结构钢及不锈钢的焊接。

5. 非熔化极气体保护焊(TIG)

非熔化极气体保护焊(TIG)是用钨极作为电极,用惰性气体作保护气体的一种焊接方法(则称为钨极氩弧焊)。其优点是焊接质量好,可焊接所有金属,特别适用于焊接铝、钛、镁等活性金属以及不锈钢。也可用于重要钢结构的打底焊。由于受钨极载流能力的限制,所焊的焊件厚度有限,焊接速度及生产率也较低。

6. 电阻焊

电阻焊是一种机械化程度及生产率较高的焊接方法。这种焊接方法主要用于焊接厚度小于 3mm 的薄件,对于棒材、轴、钻杆、管子等可进行电阻对焊。电阻焊接头质量对焊接部位的污染物非常敏感,焊前准备工作要求较严格,必须清除接头处的油污、锈、氧化皮等,生产中应有相应的辅助设备。电阻焊主要适用于大批量生产,电阻焊机的功率一般较大,结构复杂,价格贵。

7. 等离子弧焊

等离子弧是一种压缩的钨极氩弧,具有较高的能量密度及挺直度。利用穿孔工艺进行焊接时,对于一定厚度范围内的大多数金属,可以采用单面焊双面成形方法进行焊接。采用微束等离子工艺进行焊接时,可焊接超薄板(可焊接的最薄厚度为 0.01mm)。这种方法的缺点是设备较复杂,对焊接参数的控制要求较严格。

8. 高能束焊接

高能束焊接主要有激光焊及电子束焊两种。由于激光束及电子束的能量密度大,因此,这两种焊接方法具有熔深大、熔宽小、焊接热影响区小、焊接变形小、接头性能好的特点。既可对很薄的材料进行精密焊接,又可对很厚的材料进行焊接。但由于设备价格较贵,运行成本也较高,目前主要用于质量要求高的产品以及难焊材料的焊接。

9. 钎焊

钎焊时由于加热温度较低,母材不熔化,因此焊接热循环对母材性能的影响较小,焊件变形及残余应力也较小。这种方法不但可焊接几乎所有的金属,而且还可焊接异种金属、金属与非金属以及非金属与非金属,尤其适合于焊接形状复杂的制品。但钎接头强度不高、工作温度较低。因此一般用于受载荷不大、工作温度较低的接头的焊接。

二、焊接方法的选择

选择的焊接方法首先应能满足技术要求及质量要求,在此前提下,尽可能地选择经济效益好,劳动强度低的焊接方法。表 1-3 给出了不同金属材料、不同厚度时所适用的焊接方法。

表 1-3 不同金属材料、不同厚度时所适用的焊接方法

材料	厚度 /mm	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊				管状焊丝气体保护焊	非熔化极气体保护焊	等离子弧焊	电渣焊	气电立焊	电阻焊	闪光焊	气体保护焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	硬钎焊						软钎焊
				喷射过渡	电弧	脉冲喷射	短路过渡													火焰钎焊	炉中钎焊	感应加热钎焊	电阻加热钎焊	浸渍钎焊	红外线钎焊	
碳钢	≤3	△	△			△	△	△					△	△	△			△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△	△	△	△	△	△				△	△	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	6~19	△	△	△	△	△		△					△	△	△		△	△	△	△	△	△				△
	≥19	△	△	△	△	△		△		△	△		△	△			△	△		△						△
低合金结构钢	≤3	△	△			△	△		△				△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△		△	△	△	△				△	△		△	△	△	△	△	△	△				△
	6~19	△	△	△		△							△		△	△	△	△	△	△	△	△				△
	≥19	△	△	△		△				△					△	△	△		△							△
不锈钢	≤3	△	△			△	△		△	△					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△		△	△		△	△					△	△	△	△	△	△	△	△				△
	6~19	△	△	△		△			△						△	△	△	△	△	△	△	△				△
	≥19	△	△	△		△				△					△	△	△		△							△
铸铁	3~6	△													△					△	△	△				△
	6~19	△	△	△				△							△					△	△	△				△
	≥19	△	△	△				△							△					△						△
镍及其合金	≤3	△				△	△		△	△			△	△	△			△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6	△	△	△		△	△		△	△			△	△			△	△	△	△	△	△				△
	6~19	△	△	△		△			△				△				△	△	△	△	△					△
	≥19	△		△		△				△			△				△	△		△						△
铝及其合金	≤3			△		△			△	△			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	3~6			△		△			△				△	△		△	△	△	△	△	△			△		△
	6~19			△					△					△			△	△		△	△			△		△
	≥19			△						△	△			△			△			△						△
钛及其合金	≤3					△			△	△			△	△		△	△	△	△	△	△				△	△
	3~6			△		△			△	△				△		△	△	△	△		△					△
	6~19			△		△			△	△				△		△	△	△	△		△					△
	≥19			△		△								△		△				△						△

(续)

材料	厚度 /mm	焊条电弧焊	埋弧焊	熔化极气体保护焊				管状焊丝气体保护焊	非熔化极气体保护焊	等离子弧焊	电渣焊	气电立焊	电阻焊	闪光焊	气体保护焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	硬钎焊						软钎焊
				喷射过渡	电弧	脉冲喷射	短路过渡													火焰钎焊	炉中钎焊	感应加热钎焊	电阻加热钎焊	浸渍钎焊	红外线钎焊	扩散钎焊
铜及其合金	≤3			△		△			△	△				△				△	△	△	△	△			△	△
	3~6			△		△				△				△			△	△	△	△	△	△			△	△
	6~19													△			△	△	△	△	△				△	
	≥19													△			△		△						△	
镁及其合金	≤3			△		△			△									△	△	△	△				△	
	3~6			△		△			△					△			△	△	△	△	△				△	
	6~19			△		△								△			△	△		△					△	
	≥19			△		△								△			△									
难熔金属	≤3					△			△	△				△			△		△	△	△	△		△	△	
	3~6			△		△				△				△			△		△	△					△	
	6~19													△			△									
	≥19																△									

注：△—被推荐的焊接方法。

不同焊接方法对接头类型、焊接位置的适应能力是不同的。电弧焊可焊接各种形式的接头，钎焊、电阻点焊仅适用于搭接接头。大部分电弧焊接方法均适用于平焊位置，而有些方法，如埋弧焊、射流过渡的气体保护焊不能进行空间位置的焊接。表 1-4 给出了常用焊接方法所适用的接头形式及焊接位置。

表 1-4 常用焊接方法所适用的接头形式及焊接位置

适用条件		焊条电弧焊	埋弧焊	电渣焊	熔化极气体保护焊				氩弧焊	等离子弧焊	气电立焊	电阻点焊	缝焊	凸焊	闪光对焊	气焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	钎焊
					射流过渡	潜弧	脉冲喷射	短路过渡													
碳钢	对接	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C
	搭接	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	C	A	A	C	B	A	A
	角接	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	C	A	C	C	A	A	C
焊接位置	平焊	A	A	C	A	A	A	A	A	A	C					A			A	A	
	立焊	A	C	A	B	C	A	A	A	A	A					A			C	A	
	仰焊	A	C	C	C	C	A	A	A	A	C					A			C	A	
	全位置	A	C	C	C	C	A	A	A	A	C					A			C	A	
设备成本		低	中	高	中	中	中	中	低	高	高	高	高	高	高	低	高	高	高	高	低
焊接成本		低	低	低	中	低	中	低	中	中	低	中	中	中	中	中	高	低	高	中	中

注：A—好；B—可用；C—一般不用。

专家提醒 尽管大多数焊接方法的焊接质量均可满足使用要求,但不同方法的焊接质量,特别是焊缝的外观质量仍有较大的差别。产品质量要求较高时,可选用氩弧焊、电子束焊、激光焊等。质量要求较低时,可选用焊条电弧焊、CO₂ 气体保护焊、气焊等。

自动化焊接方法对工人的操作技术水平要求较低,但设备成本高,管理及维护要求也高。焊条电弧焊及半自动 CO₂ 气体保护焊的设备成本低,维护简单,但对工人的操作技术水平要求较高。电子束焊、激光焊、扩散焊设备复杂,辅助装置多,不但要求操作人员有较高的操作水平,还应具有较高的文化层次及知识水平。选用焊接方法时应综合考虑这些因素,以取得最佳的焊接质量及经济效益。

模块二 焊接接头及焊缝形式

一、焊接接头的特点及形式

1. 焊接接头的概念及特点

(1) 焊接接头

由焊缝金属、熔合线、热影响区和邻近的母材组成(见图 1-1)。

(2) 焊接接头的特点

焊接接头是一个化学成分和力学性能不均匀体。焊接接头的不连续性体现在以下四个方面:几何形状不连续;化学成分不连续;金相组织不连续;力学性能不连续。

2. 焊接接头的基本形式

焊接接头的基本形式有对接接头、搭对接头、T形(十字)接头和角接头。不同类型的接头有各自的优缺点,不同的焊接工艺及方法也有其特殊的接头形式。

(1) 对接接头

对接接头是指两件表面构成大于或等于 135°, 小于或等于 180° 夹角的接头,即两焊件(板、棒、管等)相对端两焊接而形成的接头,它是最常用的一种接头形式。根据焊件的厚度不同,有卷边对接接头、平对接接头和坡口对接接头等形式。坡口形式如图 1-2 所示。

(2) 搭对接头

用(角)焊缝将两个焊件相互重叠连接而成的接头。根据不同的焊接方法及工艺,搭对接头有以下几种形式,如图 1-3 所示。

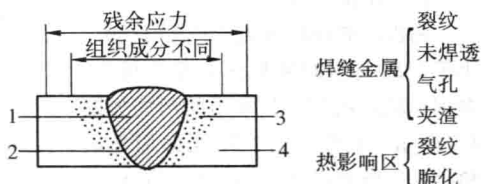


图 1-1 焊接接头的构成

1—焊缝金属 2—熔合线
3—热影响区 4—母材

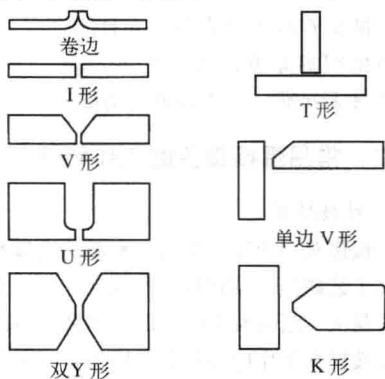


图 1-2 对接接头的坡口形式

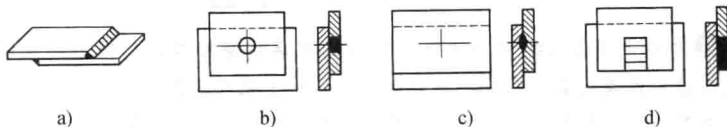


图 1-3 搭接接头的形式

钻孔塞焊、开槽塞焊常用于对强度要求不高的结构中；电阻点焊常用于薄板结构中。搭接接头虽然不是焊接结构的理想接头形式，但因焊前准备和装配工作比较简单，其横向收缩量也比较小，因此在焊接结构中仍然得到广泛的应用。

(3) T形接头(十字接头)

T形接头是指一件之端面与另一件表面构成直角或近似直角的接头。这种接头种类较多，能承受各种方向的外力和力矩。这类接头应避免采用单面角焊缝，因为接头的根部有较深的缺口，其承载能力较低，如图 1-4 所示。

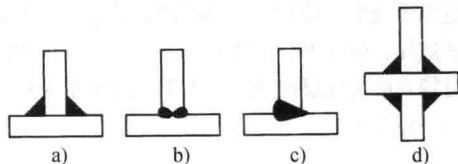


图 1-4 T形接头的基本形式

(4) 角接接头

两板件端面构成大于或等于 30° ，小于 135° 夹角的接头称为角接接头，多用于箱形结构，其常用的形式如图 1-5 所示。其中，图 1-5a 是最简单的角接接头，但承载能力差；采用双面焊缝从内部加强的角接头，承载能力较大，图 1-5b ~ 图 1-5d 开坡口易焊透，有较高的疲劳强度。图 1-5e、图 1-5f 易装配，是最经济的角接头。图 1-5g 保证角接头有准确的直角，并且刚度大，但角钢的厚度应大于焊件厚度，图 1-5h 不易施焊，是不合理的角接头。

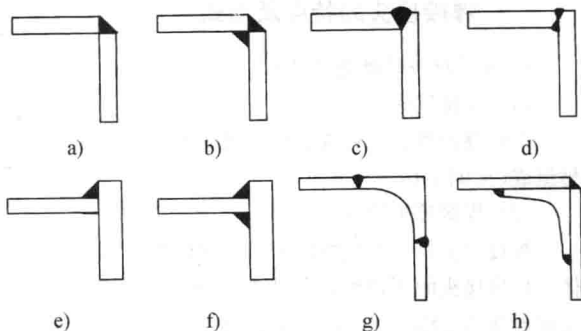


图 1-5 角接头的形式

二、常用焊接接头的工作特性

1. 对接接头

对接接头用于连接在同一平面的金属板。其传力效率最高，应力集中较低，并易保证焊透和排除工艺缺陷。具有较好的综合性能，是重要零件和结构连接的首选接头。其缺点是焊前准备工作量大，组装费时，而且焊接变形也较大。

对接接头工作应力分布较均匀(见图 1-6)。应力集中产生在焊趾处，应力集中系数 $K_T (= \sigma_{\max}/\sigma_m)$ 与焊缝余高 h 、焊缝向母材的过渡角 θ 以及焊趾处的过渡圆弧半径 r 有关。增大 h ，减小 r ，或减小 θ ，则 K_T 增大，是不利的。如果在焊趾处加工成较大的过渡圆弧半径，则 K_T 显著降低；若削平焊缝余高 h ，则没有应力集中，均可提高接头的疲劳强度。

单面焊的对接接头，若采用背面保留垫板形式(见图 1-7)，虽然在工艺上可以克服未焊透的缺陷，但根部仍存在相当严重的应力集中，因此，这种接头不宜用于承受较大动载荷或腐蚀介

质中。

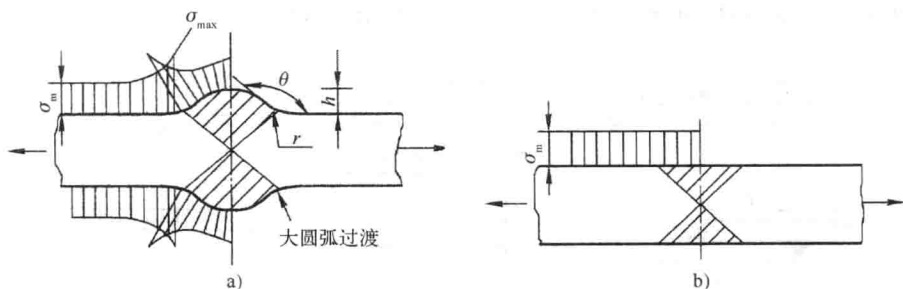


图 1-6 对接接头的应力分布

a) 一般接头及焊趾处加工成圆弧过渡 b) 削平焊缝余高接头

当两块被连接板的厚度相差较大时,按 GB/T 985.1—2008《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》、GB/T 985.2—2008《埋弧焊的推荐坡口》的要求,需将厚板削薄至与薄板厚度相同时再焊接。为了防止因板厚不同引起作用力偏心传递,两块板的中心线应尽可能重合,如图 1-8 所示。

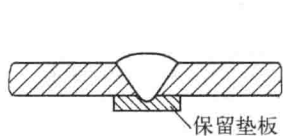


图 1-7 背面保留垫板的
单面焊对接接头

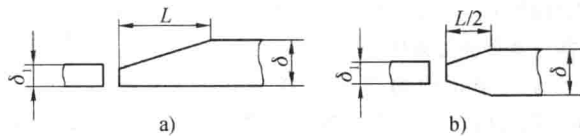


图 1-8 不同厚度钢板对接接头的设计
($L \geq 3\delta - \delta_1$)

对接接头一般采用比母材强度稍高的焊缝金属,这种强度的组配关系称高组配,一个无缺陷的高组配对接接头,在受静载作用下,一般产生塑性断裂。焊趾处应力集中系数的大小几乎对塑性强度没有影响,断裂发生在母材区域。对于高强度钢和大型厚板结构,采用高组配的接头,在焊接时易产生裂纹。因此,可采用焊缝金属强度比母材低的对接接头,这种强度的组配关系称低组配。低组配接头的强度与相对厚度的 H/h 和宽厚比 W/h 有关。当 H/h 越小, W/h 越大,则接头强度就越高(见图 1-9)。这是焊缝金属区产生的塑性变形受到强度较高的母材区拘束的缘故。因此,采用低组配对接接头,需选择合适的相对厚度和宽度比,接头的强度才能接近母材。由于采用低强度焊缝,提高了抗裂性能,故可以降低高强度钢的焊接预热温度,改善劳动条件。但抗断裂研究发现,用比母材略高的组配接头构成夹软硬的系统而具有较高的极限裂纹尺寸。

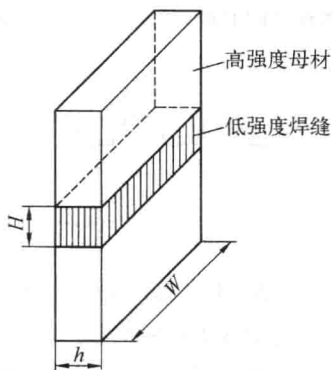


图 1-9 低组配对接接头

2. 搭接接头

搭接接头是两平板部分地相互重叠,用角焊缝进行连接的接头。该接头使构件形状发生较大变化,所以应力集中比对接接头复杂,母材和焊接材料的消耗量较大,接头的动载强度较低。搭接面间有间隙,若外露易发生腐蚀,若封闭则不能在高温工作。但搭接接头焊前准备工作量

较少, 装配较容易, 对焊工技术水平要求较对接头为低, 且焊接的横向收缩量也较小。因此, 广泛用于工作环境良好、不重要的结构中, 图 1-10 为常用搭接接头。

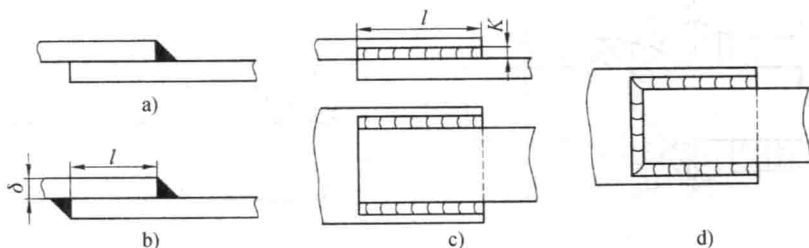


图 1-10 搭接接头的基本形式

a) 单面正面角焊缝 b) 双面正面角焊缝 c) 侧面角焊缝 d) 联合角焊缝

搭接接头受到轴向力(拉或压)作用时, 垂直作用力方向的角焊缝称为正面角焊缝, 平行作用力方向且位于板侧的角焊缝称为侧面角焊缝, 介乎两者之间的称为斜角焊缝。受力方向不同的角焊缝, 其工作应力分布有明显差别。

正面角焊缝的应力分布如图 1-11 所示, 以焊趾和焊根处的应力集中最大。减小 θ 角和增加根部熔深可降低应力集中。

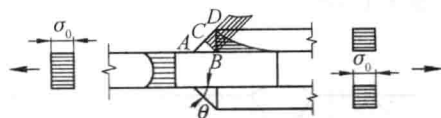


图 1-11 搭接接头正面角焊缝的应力分布

只有一条正面角焊缝的搭接接头(见图 1-10a), 强度低, 应在背面加焊一条焊缝(见图 1-10b)。当背面无法焊接第 2 条焊缝时, 可采用锯齿状焊缝(见图 1-12), 有助于提高接头强度。图 1-10b 所示搭接接头, 正面角焊缝与作用力偏心, 承受拉力时接头上产生附加弯曲应力, 使应力集中加剧。为了减少弯曲应力, 两条正面角焊缝之间的距离应不小于其板厚的 4 倍, 如图 1-13 所示。

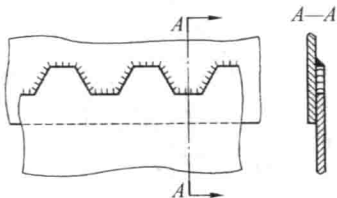


图 1-12 锯齿状焊缝搭接接头

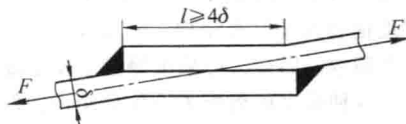


图 1-13 正面搭接接头的弯曲变形

3. T 形接头和十字接头

一板件之端与另一板件之表面构成直角或近似直角的接头, 称为 T 形接头, 又称丁字接头。三件相交组成“十字”形的接头, 称十字接头。这两种接头的工作特性相似, 焊缝向母材过渡急剧, 接头在外力作用下力线扭曲很大, 造成极不均匀的应力分布, 在角焊缝的根部和过渡处都有很大的应力集中, 如图 1-14a 所示。立板开坡口并焊透的接头, 应力集中大大降低。这时焊缝由角焊缝转变为坡口焊缝, 立板在轴向拉力作用下焊缝中的应力由以切应力为主转变为正应力, 可以大大提高接头的强度(见图 1-14b)。因此, 对重要结构, 尤其是在动载下工作的 T 形或十字接头应开坡口或用深熔焊使之焊透。

部分熔透的 T 形接头, 焊缝根部的应力集中依然存在(见图 1-15)。但是当熔深较大时, 作