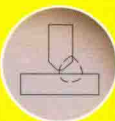


张能武 主 编



焊工 入门与提高 全程图解

① 图表翔实

② 易学易懂

③ 新手入门

④ 快速进阶

机械工业出版社



焊工 入门与提高 全程图解

张能武 主 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊工入门与提高全程图解/张能武主编. —北京: 化学工业出版社, 2018. 3

ISBN 978-7-122-31496-3

I. ①焊… II. ①张… III. ①焊接工艺-图解
IV. ①TG44-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 024632 号

责任编辑: 曾越 张兴辉
责任校对: 王素芹

文字编辑: 陈喆
装帧设计: 刘丽华

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)

印刷: 三河市延风印装有限公司

装订: 三河市宇新装订厂

880mm×1230mm 1/32 印张 11½ 字数 375 千字

2018 年 5 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: 49.80 元

版权所有 违者必究

随着现代科学的进步,焊接新工艺、新材料、新装备不断涌现,现代化、自动化水平不断提高,焊接技术被广泛应用于船舶、车辆、建筑、航空、航天、电工电子、石油化工机械、矿山、起重等各个行业。为了满足焊接技术工人对不断提高理论技术水平和实际动手操作能力的需求,我们组织编写了本书。

本书主要介绍了焊工常用基本知识、气焊与气割、焊条电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、CO₂气体保护焊、焊接应力与变形等知识。本书在编写过程中理论内容尽量少而通俗易懂,注重操作技能和生产实例,并吸取一线工人师傅的经验总结;书中使用名词、术语、标准等贯彻了最新国家标准。本书在内容组织和编排上强调实用性和可操作性,从焊工必须掌握的基础知识入手,深入浅出地对不同的焊接技术进行了讲解,能满足焊接人员入门和提高的需要。

本书图文并茂,内容丰富,浅显易懂,取材实用而精练。可供职业技术学院相关专业师生阅读,也可作为初、中级技术人员、焊工上岗前培训和自学用书。

本书由张能武主编。参加编写的人员还有:许佩霞、邵健萍、过晓明、薛国祥、张道霞、邱立功、王荣、陈伟、刘文花、杨小荣、余玉芳、张洁、胡俊、刘瑞、吴亮、王春林、邓杨、张茂龙、高佳、王燕玲、李端阳、周小渔、张婷婷。

本书在编写过程中得到了江南大学机械工程学院、江苏机械学会等单位的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

第一章 焊工常用基本知识 / 1

第一节 焊接方法的分类与选择	1
一、焊接方法的分类	1
二、焊接方法的选择	5
第二节 焊接接头及焊缝	7
一、焊接接头	7
二、焊缝	10
第三节 焊接设备概述	16
一、焊接设备的分类	16
二、焊接设备的选用原则	17
三、电焊机型号及代表符号	17
第四节 焊条	21
一、焊条的组成及作用	22
二、焊条的类型和用途	26
三、焊条的选择、保管及使用	42
第五节 焊丝	45
一、焊丝的分类	45
二、焊丝的选用和保管	49
第六节 焊剂	50
一、埋弧焊剂的分类	50
二、埋弧焊剂型号、牌号的编制	51
三、焊剂的使用与保管	57
第七节 钎料	58
一、钎料的分类及型号	58
二、钎料的类型、规格及用途	59

第八节 其他焊接材料	67
一、气体保护焊用气体	67
二、气体保护焊用钨极材料	70
三、碳弧气刨用碳电极	70

第二章 气焊与气割 / 72

第一节 气焊与气割操作基础	72
一、气焊操作基础	72
二、气割操作基础	74
第二节 气焊操作技能	78
一、焊前准备	78
二、气焊基本操作	79
三、各种焊接位置气焊的操作	82
四、T字接头和搭接接头的气焊	87
五、管子的气焊操作	89
第三节 气焊操作训练实例	94
一、低碳钢薄板的平对接气焊	94
二、低碳钢薄板过路接线盒的气焊	96
三、水桶的气焊	97
四、链环的气焊	97
五、通风管道的气焊	98
六、油箱及油桶的补焊	99
第四节 气割操作技能	100
一、氧-乙炔气割	100
二、氧-液化石油气切割	102
三、氧-丙烷气割	104
四、氧-熔剂气割	106
五、快速优质切割	109
第五节 气割操作训练实例	112
一、各种厚度钢板的气割	112
二、钢板开孔的气割	115
三、坡口的气割	116
四、难切割材料的气割	117

第三章 焊条电弧焊 / 120

第一节 操作基础	120
一、焊条电弧焊的工作原理	120
二、焊条电弧焊的特点	121
三、焊条电弧焊的应用范围	122
四、焊条电弧焊的焊接工艺	122
第二节 操作技能	129
一、对接焊	129
二、角焊	135
三、立焊	143
四、薄板的焊接	148
五、两低合金钢管正交相接固定焊	149
第三节 操作训练实例	151
一、铸铁柴油机盖裂纹的补焊	151
二、不锈钢复合板的焊接	152
三、不锈钢耐腐蚀层的焊接	155
四、低合金钢管斜 45° 位置固定焊接	156
五、奥氏体不锈钢 0Cr18Ni9 (304) 对接平焊	159
六、低温钢 09MnNiDR 的焊接	161
七、冲模的合金堆焊	163
八、一般灰铸铁的焊补	165

第四章 埋弧焊 / 167

第一节 操作基础	168
一、埋弧焊的特点及应用范围	168
二、焊接电源、焊接速度及焊件位置	169
三、焊丝直径、倾角及伸出长度	170
四、不同接头形式的焊接	171
五、装配定位焊和衬垫单面焊双面成形	172
六、焊接工艺参数对焊缝质量的影响	174
七、焊接工艺参数的选择方法	177
八、埋弧焊的规范选择	177

第二节 操作技能	178
一、埋弧焊的焊前准备与操作过程	178
二、对接直缝的焊接	180
三、角焊缝的焊接	186
四、埋弧焊的堆焊	187
五、环缝对接焊	189
六、埋弧焊的常见缺陷与预防措施	193
第三节 操作训练实例	195
一、低合金钢板 16MnR 平对接有垫板埋弧自动焊	195
二、中、厚板的平板对接 V 形坡口双面焊	197
三、中厚板对接, 不清根的平焊位置双面焊	199
四、乙烯蒸馏塔(低温钢中厚板)的埋弧自动焊	201
五、不锈钢对接焊缝的埋弧自动焊	202
六、埋弧自动焊横缝的焊接	204
七、异种钢埋弧自动(带极)堆焊	206

第五章 氩弧焊 / 209

第一节 操作基础	209
一、氩弧焊的特点、分类及应用范围	209
二、氩弧焊焊接规范的选择	211
三、氩气的保护效果的影响因素	213
四、氩弧焊焊接操作基础	215
第二节 操作技能	219
一、手动钨极氩弧焊	219
二、自动钨极氩弧焊	228
三、熔化极氩弧焊	232
四、薄板的氩弧焊	239
五、管板氩弧焊	241
六、管道氩弧焊	242
七、氩弧焊的缺陷与防止	245
第三节 操作训练实例	247
一、低碳钢板手工钨极氩弧焊对接平焊	247
二、低碳钢薄板手工钨极氩弧焊角接平焊	249

三、低碳钢 V 形坡口手工钨极氩弧焊双面焊	251
四、奥氏体不锈钢手工钨极氩弧焊	252
五、4 立方纯铝容器的手工钨极氩弧焊	260
六、铝及铝合金手工钨极氩弧焊	262
七、纯铜手工钨极氩弧焊	268
八、有色铜板手工钨极氩弧焊	273

第六章 CO₂ 气体保护焊 / 278

第一节 操作基础	278
一、CO ₂ 气体保护焊的特点与应用范围	279
二、CO ₂ 气体保护焊的分类和比较	280
三、CO ₂ 气体保护焊熔滴过渡形式	280
四、CO ₂ 气体保护焊的飞溅	282
五、CO ₂ 气体保护焊焊接参数的选用	283
六、坡口的加工和清理	294
七、定位焊	294
八、CO ₂ 气体保护焊的基本操作	295
第二节 操作技能	301
一、平板对接平焊	301
二、平板对接立焊	306
三、平板对接横焊	309
四、平板对接仰焊	310
五、环缝焊接	312
六、CO ₂ 电弧点焊焊接技术	313
七、CO ₂ 焊的常见焊接缺陷及预防措施	315
第三节 操作训练实例	318
一、板对接平焊，单面焊双面成形	318
二、板横焊单面焊双面成形	320
三、板立焊单面焊双面成形	323
四、板-管（板）T 字接头，插入式水平固定位置的 CO ₂ 焊	325
五、大直径管对接单面焊双面成形	327
六、中厚壁大直径管组合焊	328
七、板平角焊缝的焊接	329

八、电弧点焊焊接	332
----------	-----

第七章 焊接应力与变形 / 334

第一节 焊接应力与变形的产生及影响	334
一、焊接应力与变形的分类	334
二、焊接应力与变形产生的原因	337
三、焊接应力和变形对焊接结构的影响	337
四、焊接残余应力的分布与影响	338
第二节 防止和减少焊接应力与变形的措施	340
一、设计措施	340
二、工艺措施	341
三、防止和减少焊接应力与变形的实例	343
第三节 焊接残余应力与变形的消除和矫正	345
一、消除焊接残余应力的方法	345
二、焊接残余变形的形式、因素及矫正措施	347

参考文献 / 356

第一章

焊工常用基本知识

第一节 焊接方法的分类与选择

一、焊接方法的分类

根据母材是否熔化将焊接方法分成熔化焊、压力焊和钎焊三大类，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。这种方法的优点是层次清楚、主次分明，是最常用的一种分类方法。

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

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
压力焊： 利用摩擦、扩散和加压等物理作用，克服两个连接表面的不平度，除去氧化膜及其他污染物，使两个连接表面上的原子相互接近到晶格距离，从而在固态条件下实现连接的方法	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	▲

续表

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
熔化焊： 利用一定的热源，使构件的被连接部位局部熔化成液体，然后再冷却结晶成一体的方法	电弧焊	熔化极电弧焊	手工电弧焊	111	△
			埋弧焊	121	▲
			熔化极气体保护焊(MIG)	131	▲
			CO ₂	135	▲
			螺柱焊	—	△
		非熔极电弧焊	钨极氩弧焊(TIG)	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	▲	
钎焊： 采用熔点比母材低的材料作钎料，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	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。

利用机械能进行焊接,通过顶压、锤击、摩擦等手段,使工件的结合部位发生塑性流变,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 1-2 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
手工电弧焊电弧	10 ⁻³	10 ⁴	6000
钨极氩弧(TIG)	10 ⁻³	1.5×10 ⁴	8000
埋弧自动焊电弧	10 ⁻³	2×10 ⁴	6400
电渣焊热源	10 ⁻³	10 ⁴	2273
熔化极气体保护焊电弧(MIG)	10 ⁻⁴	10 ⁴ ~10 ⁵	—
CO ₂ 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	—	—

常用的焊接方法有手工电弧焊、CO₂焊、埋弧焊、钨极氩弧焊、熔化极气体保护焊、电渣焊、电子束焊、激光焊、电阻焊、钎焊等,其说明见表 1-3。

表 1-3 常用的焊接方法

类别	说明
手工电弧焊	<p>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、自动焊难以焊接的焊缝。手工电弧焊时,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。因此,工件厚度较大时应尽量采用埋弧焊或电渣焊</p> <p>手工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</p>
埋弧自动焊	<p>这种焊接方法适合于厚度在 4mm 以上的低碳钢、低合金钢、不锈钢等的焊接。一般情况下,只能进行平焊及船形焊。埋弧焊允许使用的电源较大,熔敷速度及熔透能力大,中等厚度的板可不用开坡口,焊接生产率比手工电弧焊高得多。这种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</p>

类别	说明
电渣焊	<p>电渣焊是一种适用于大厚度钢板的高效焊接方法。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</p> <p>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)。电渣焊的缺点是焊缝及热影响区的组织粗大,降低了焊接接头的塑性与冲击韧性,焊后必须对工件进行正火处理</p>
熔化极气体保护焊	<p>常用的熔化极气体保护焊有 CO₂ 焊、熔化极惰性气体保护焊(MIG)以及活性气体保护焊(MAG)。CO₂ 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</p> <p>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、低合金钢及不锈钢的焊接</p>
钨极氩弧焊(TIG)	<p>用钨作电极,用惰性气体作保护气体的一种焊接方法。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</p>
电阻焊	<p>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</p>
等离子弧焊	<p>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,对焊接工艺参数的控制要求较严格</p>
高能束焊接	<p>高能束焊接主要有激光束及电子束两种。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</p>
钎焊	<p>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。但钎焊接头强度不高、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</p>

续表

材料	厚度/mm	手工电弧焊	熔化极气体保护焊				管状焊丝气体保护焊	钨极氩弧焊	等离子弧焊	电渣焊	气电立焊	电阻焊	闪光焊	气焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	硬钎焊					软钎焊		
			埋弧焊	喷射过渡	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
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	—	—	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
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。

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。手工电弧焊及半自动 CO₂ 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。

表 1-5 常用焊接方法所适用的接头形式及焊接位置

适用条件	手工电弧焊	埋弧焊	电渣焊	熔化极气体保护焊				氩弧焊	等离子焊	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
				喷射过渡	潜弧	脉冲喷射	短路过渡													
碳钢	对接	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	○	○	○	☆	☆	☆	☆	☆	☆	○
	搭接	☆	☆	★	☆	☆	☆	☆	☆	○	☆	☆	☆	○	☆	☆	○	★	☆	☆
	角接	☆	☆	★	☆	☆	☆	☆	☆	★	○	○	○	○	☆	○	○	☆	☆	○
焊接位置	平焊	☆	☆	○	☆	☆	☆	☆	☆	○	—	—	—	—	☆	—	—	☆	☆	—
	立焊	☆	○	☆	★	○	☆	☆	☆	☆	—	—	—	—	☆	—	—	○	☆	—
	仰焊	☆	○	○	○	○	☆	☆	☆	○	—	—	—	—	☆	—	—	○	☆	—
	全位置	☆	○	○	○	○	☆	☆	☆	○	—	—	—	—	☆	—	—	○	☆	—
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：☆—好；★—可用；○—一般不用。

第二节 焊接接头及焊缝

一、焊接接头

1. 焊接接头的特点

焊接接头是一个化学和力学不均匀体，焊接接头的不连续性体现在四个方面：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。

影响焊接接头的力学性能的因素主要有焊接缺陷、接头形状的不连续性、焊接残余应力和变形等。常见的焊接缺陷的形式有焊接裂纹、熔合不良、咬边、夹渣和气孔。焊接缺陷中的未熔合和焊接裂纹，往往是接头的破坏源。接头的形状和不连续性主要是焊缝增高及连接处的截面变化造成的，此处会产生应力集中现象，同时由于焊接结构中存在着焊接残余应力和残余变形，导致接头力学性能的不均匀。在材质方面，不仅有热循环引起的组织变化，还有复杂的热塑性变形产生的材质硬化。此外，焊后热处理和矫正变形等工序，都可能影响接头的性能。

2. 焊接接头的形式

焊接生产中，由于焊件厚度、结构形状和使用条件不同，其接头形