

焊接专项技能培训教程

焊条电弧焊技术



刘云龙◎主编

- ★ 一步步教操作
- ★ 一项项练技能
- ★ 帮您快速上岗
- ★ 成就大国工匠



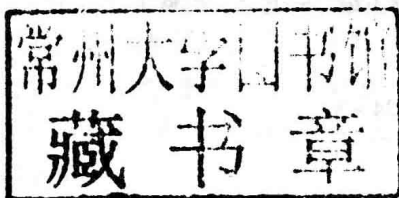
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

焊接专项技能培训教程

焊条电弧焊技术

主 编 刘云龙

参 编 田智杰 徐向军 段国谋 马海芹



机械工业出版社

本书是根据新版《国家职业技能标准(焊工)》的要求编写的,内容主要包括焊条电弧焊操作技术、焊条、焊条电弧焊设备、焊条电弧焊焊接接头及坡口形式、碳素钢的焊接、低合金高强度结构钢的焊接、珠光体耐热钢的焊接、不锈钢的焊接、异种金属的焊接、铸铁的焊接、堆焊、铜及铜合金的焊接、铝及铝合金的焊接、焊接应力与变形、气割、碳弧气刨、熔焊焊缝外观检查及返修、焊接安全生产等共十八章。为方便焊工学习,加强理解,各章末还附有复习思考题。

本书主要供各级培训部门开展焊工培训、工人转岗和再就业及农民工培训用,也可作为技校、中高职学校的教学实训用书,还可作为读者自学提升用书。

图书在版编目(CIP)数据

焊条电弧焊技术/刘云龙主编. —北京:机械工业出版社, 2016.7

焊接专项技能培训教程

ISBN 978-7-111-54524-8

I. ①焊… II. ①刘… III. ①焊条-电弧焊-技术培训-教材 IV. ①TG444

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第187001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:何月秋 责任编辑:何月秋 王彦青

责任印制:常天培 责任校对:段凤敏

北京京丰印刷厂印刷

2016年10月第1版·第1次印刷

148mm×210mm·12.5印张·351千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-54524-8

定价:39.00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

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工微博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

焊接是应用极为广泛的加工技术,从几十万吨的巨轮,到不足1g的电子元件,几乎所有的产品在生产过程中都不同程度地依赖焊接技术。所以,焊接技术、焊接设备、焊接材料、焊接工艺是否先进,都将影响焊接产品的质量和数量。

近年来,我国焊接技术迅猛发展,焊接技术的数字化、信息化正在深入各个企业,企业的焊接自动化水平不断提高,但在众多的焊接方法中,焊条电弧焊技术仍是不可缺少的一种焊接方法。为了使从事焊条电弧焊的焊工操作技术水平不断提高,我们按照新版《国家职业技能标准(焊工)》的要求编写了这本《焊条电弧焊技术》。

本书的特点是理论知识与技能操作达到有机结合,以符合国家职业技能标准和职业技能培训的要求。本书在编写中采用了新版国家标准与技术名词术语,内容紧密结合生产实际,力求重点突出。在焊接技能培训上,以特种设备焊工考试项目为例,深入浅出地讲述了焊接操作步骤,同时还提出在焊接过程中的注意事项和焊后的检验要求。使焊工经本教材的培训之后,既能懂得焊接的基础知识,又能掌握焊接操作的基本要领和操作技能。

本书由刘云龙主编,南京化工局周大鹏主审,温庆军参审。其中第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章、第十八章及附录由刘云龙编写;第六章、第十四章由田智杰和徐向军编写;第十五章至第十七章由段国谋和马海芹编写。

本书在编写过程中,承蒙离休干部刘秀山先生、李宝茹先生多方指教,在此一并致谢!

限于编者水平,书中难免会有各种缺点和不足,敬请各位读者批评指正。

刘云龙

目 录

前言

第一章 焊条电弧焊操作技术	1
第一节 基本操作技术	1
一、引弧	1
二、运条	2
三、焊道的连接	5
四、焊缝的收弧	7
第二节 各种焊接位置的焊接操作要点	9
一、平焊位置的焊接操作	9
二、立焊位置的焊接操作	11
三、横焊位置的焊接操作	12
四、仰焊位置的焊接操作	14
第三节 单面焊双面成形技术	15
一、单面焊双面成形的焊接技术特点	15
二、低碳钢板对接平焊位置单面焊双面成形焊接操作技术	18
三、低碳钢板对接立焊位置单面焊双面成形焊接操作技术	24
四、低碳钢板对接横焊位置单面焊双面成形焊接操作技术	29
五、低碳钢板对接仰焊位置单面焊双面成形焊接操作技术	34
六、低碳钢管板插入式垂直俯位焊条电弧焊单面焊双面成形操作 技术	44
七、低碳钢管板插入式水平固定焊条电弧焊单面焊双面成形操作 技术	48
八、 $\phi 80\text{mm} \times 4\text{mm}$ 低碳钢管水平固定对接单面焊双面成形操作 技术	52
九、 $\phi 80\text{mm} \times 4\text{mm}$ 低碳钢管垂直固定对接单面焊双面成形操作 技术	57
十、 $\phi 51\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 小直径管对接垂直固定加障碍管焊条电弧焊 单面焊双面成形操作技术	60

十一、小直径管对接 45° 倾斜固定焊位焊条电弧焊单面焊双面成形操作技术	69
复习思考题	76
第二章 焊条	77
第一节 焊条的组成	77
一、焊条药皮	77
二、焊芯	77
第二节 焊条的分类	78
一、按用途分类	78
二、按焊条药皮熔化后的熔渣特性分类	79
第三节 焊条的型号	80
一、非合金钢及细晶粒钢焊条型号编制方法	80
二、热强钢焊条型号编制方法	90
三、不锈钢焊条型号编制方法	95
四、堆焊焊条型号编制方法	103
五、铸铁焊条型号编制方法	106
六、镍及镍合金焊条型号编制方法	110
七、铜及铜合金焊条型号编制方法	113
八、铝及铝合金焊条型号编制方法	115
第四节 焊条的牌号	115
一、结构钢（含低合金高强度）焊条牌号编制方法	117
二、钼和铬钼耐热钢焊条牌号编制方法	118
三、低温钢焊条牌号编制方法	119
四、不锈钢焊条牌号编制方法	120
五、堆焊焊条牌号编制方法	121
六、铸铁焊条牌号编制方法	122
七、有色金属焊条牌号编制方法	123
八、特殊用途焊条牌号编制方法	125
第五节 焊条型号与牌号对照	126
一、焊条型号与焊条牌号的对照关系	126
二、非合金钢及细晶粒钢焊条常用型号与牌号对照	127
三、热强钢焊条常用型号与牌号对照	128
四、不锈钢焊条常用型号与牌号对照	128
五、堆焊焊条常用型号与牌号对照	129

六、铸铁焊条常用型号与牌号对照	130
七、铝及铝合金焊条常用型号与牌号对照	130
八、镍及镍合金焊条常用型号与牌号对照	130
九、铜及铜合金焊条常用型号与牌号对照	131
第六节 焊条的选用和使用	131
一、焊条的选用原则	131
二、焊条的使用	132
三、焊条的保管	134
复习思考题	135
第三章 焊条电弧焊设备	136
第一节 焊条电弧焊电源	136
一、对焊条电弧焊电源的要求	136
二、焊条电弧焊电源的种类及型号	138
三、焊条电弧焊电源的铭牌	141
第二节 焊条电弧焊电源的选择及使用	142
一、焊条电弧焊电源的选用	142
二、焊条电弧焊电源的调节及使用	144
三、焊条电弧焊电源的外部接线	154
复习思考题	155
第四章 焊条电弧焊焊接接头和坡口形式	156
第一节 焊接接头形式	156
一、焊接接头分类	156
二、焊接坡口形状	159
三、坡口几何尺寸	162
第二节 焊接坡口的选择及坡口的加工	164
一、不同焊接位置的坡口选择	164
二、焊接坡口的加工方法	164
复习思考题	165
第五章 碳素钢的焊接	166
第一节 低碳钢的焊接	166
一、焊前预热	166
二、焊条的选择	166
三、焊缝层间温度及焊后回火温度	167
四、低碳钢的焊接工艺要点	167

第二节 中碳钢的焊接	168
一、焊前预热	168
二、焊条的选择	168
三、焊缝层间温度及焊后回火温度	169
四、中碳钢的焊接工艺要点	169
第三节 高碳钢的焊接	170
一、焊前预热	170
二、焊条的选择	170
三、焊缝层间温度及焊后回火温度	171
四、高碳钢的焊接工艺要点	171
复习思考题	171
第六章 低合金结构钢的焊接	172
第一节 概述	172
一、低合金结构钢的分类	172
二、低合金高强度结构钢	172
三、专业用低合金结构钢	173
第二节 低合金结构钢的焊接性	175
一、焊接热影响区的淬硬倾向	175
二、冷裂纹敏感性	175
三、其他	176
第三节 低合金结构钢的焊接工艺	176
一、焊前准备	176
二、焊接材料的选择	177
三、焊接热输入的选择	178
四、焊前预热和层间温度的控制及后热	179
五、焊后热处理	180
第四节 低合金高强度结构钢焊接实例	180
一、Q345B (16Mn) 钢的焊接	180
二、Q420 (15MnVN) 钢的焊接	181
复习思考题	182
第七章 珠光体耐热钢的焊接	183
第一节 概述	183
一、珠光体耐热钢的分类	183
二、珠光体耐热钢焊接的主要问题	184

第二节 珠光体耐热钢的焊接性	184
一、冷裂纹倾向	184
二、热裂纹倾向	185
三、再热裂纹倾向	185
第三节 珠光体耐热钢的焊接工艺	185
一、焊接材料的选择	185
二、焊接热输入的选择	186
三、焊前预热和层间温度的选择	186
四、后热处理和焊后热处理	187
五、焊接工艺措施	188
复习思考题	189
第八章 不锈钢的焊接	190
第一节 概述	190
一、不锈钢的分类	190
二、不锈钢的物理性能	192
三、奥氏体不锈钢的焊接性	192
第二节 奥氏体不锈钢的焊接工艺	196
一、焊接工艺特点	196
二、焊后热处理	196
三、焊后表面处理	196
四、焊接工艺及操作技术	197
复习思考题	200
第九章 异种金属的焊接	201
第一节 概述	201
一、异种金属焊接的分类	201
二、异种金属焊接的主要困难	201
三、异种金属的焊接方法	202
四、异种金属接头的连接形式	204
第二节 奥氏体不锈钢与珠光体钢的焊接	207
一、奥氏体不锈钢与珠光体钢的焊接性	207
二、奥氏体不锈钢与珠光体钢的焊接工艺	208
第三节 低碳钢与低合金钢的焊接	211
一、低碳钢与低合金钢的焊接性	211
二、低碳钢与低合金钢的焊接操作技术	213

第四节 不锈复合钢板的焊接	215
一、不锈复合钢板的焊接特点	215
二、常用的不锈复合钢板	218
三、焊接常用不锈复合钢板焊条的选用	219
四、不锈复合钢板的焊接工艺要点	219
复习思考题	221
第十章 铸铁的焊接	223
第一节 概述	223
一、铸铁的分类	223
二、铸铁的牌号	224
三、铸铁焊接用焊条	226
第二节 灰铸铁的焊接	228
一、灰铸铁的焊接性	228
二、灰铸铁的焊接操作技术	230
第三节 球墨铸铁的焊接	237
一、球墨铸铁的焊接性	237
二、球墨铸铁的焊接操作技术	237
第四节 铸铁焊接实例	239
一、灰铸铁底座裂纹的补焊	239
二、球墨铸铁的补焊	242
复习思考题	244
第十一章 堆焊	245
第一节 概述	245
一、堆焊的应用	245
二、堆焊的要求	245
三、堆焊金属的基本类型	246
四、堆焊的特点	252
第二节 堆焊焊条	253
一、堆焊焊条的型号、牌号对照	253
二、堆焊焊条的选择	256
第三节 焊条电弧焊堆焊	259
一、焊条电弧焊堆焊的特点	259
二、焊条电弧焊堆焊的工艺要点	259
三、焊条电弧焊堆焊的应用范围	260

第四节 堆焊的安全防护	260
一、堆焊的安全特点	260
二、堆焊的安全防护要求	262
复习思考题	262
第十二章 铜及铜合金的焊接	264
第一节 概述	264
一、铜及铜合金的分类	264
二、铜及铜合金牌号	265
三、焊前清理	270
四、接头形式和选择	271
五、焊接位置的选择	271
六、焊接衬垫的选择	271
七、焊前预热	273
八、焊后处理	274
第二节 铜及铜合金焊接用焊条	274
一、铜及铜合金焊条的选用	274
二、铜及铜合金焊条新旧型号对照	274
第三节 铜及铜合金的焊接工艺及操作技术	276
一、铜及铜合金的焊接性	276
二、纯铜焊条电弧焊	278
三、黄铜焊条电弧焊	280
四、锡青铜焊条电弧焊	281
五、铝青铜焊条电弧焊	281
六、硅青铜焊条电弧焊	282
复习思考题	284
第十三章 铝及铝合金的焊接	285
第一节 概述	285
一、铝及铝合金的分类	285
二、铝及铝合金的特性	285
三、铝及铝合金的牌号	286
四、铝及铝合金的焊前准备及焊后清理	286
第二节 铝及铝合金焊条电弧焊	292
一、铝及铝合金焊接的特点	292
二、铝及铝合金焊条的选用	294

三、铝及铝合金的焊接要点	294
复习思考题	295
第十四章 焊接应力与变形	296
第一节 概述	296
一、焊接应力与变形的概念	296
二、焊接应力与变形产生的原因	296
第二节 焊接残余应力	299
一、焊接残余应力的种类	299
二、控制焊接残余应力的工艺措施	300
三、消除焊接残余应力的方法	303
第三节 焊接残余变形	306
一、焊接残余变形的种类	306
二、控制焊接残余变形的工艺措施	311
三、矫正焊接残余变形的的方法	314
复习思考题	319
第十五章 气割	320
第一节 气割设备及工具	320
一、气割设备	320
二、气割工具	322
第二节 气割的基本操作技术	330
一、气割工艺参数的选择	330
二、常用型材气割基本操作技术	332
复习思考题	335
第十六章 碳弧气刨	336
第一节 碳弧气刨的原理及应用	336
一、碳弧气刨的基本原理	336
二、碳弧气刨的特点	336
三、碳弧气刨的应用范围	337
第二节 碳弧气刨的设备、工具和材料	337
一、碳弧气刨的设备	337
二、碳弧气刨的工具	338
三、碳弧气刨的材料	340
第三节 碳弧气刨工艺	341
一、碳弧气刨的工艺参数	341

二、碳弧气刨的操作	344
三、碳弧气刨的常见缺陷	346
第四节 常用材料的碳弧气刨	347
一、低碳钢的碳弧气刨	347
二、低合金结构钢的碳弧气刨	347
三、不锈钢的碳弧气刨	348
第五节 碳弧气刨的危害与安全	348
一、碳弧气刨的危害	348
二、碳弧气刨的安全操作技术	349
复习思考题	349
第十七章 熔焊焊缝外观检查及返修	350
第一节 熔焊焊缝外观检查	350
一、熔焊焊缝外观缺欠	350
二、熔焊焊缝外观缺欠的产生原因及防止	353
第二节 熔焊焊缝外观缺陷返修	357
一、焊缝外观质量要求	357
二、返修前的准备	358
三、返修操作技术要求	359
复习思考题	360
第十八章 焊接安全生产	361
第一节 焊接操作个人防护	361
一、焊接防护面罩及头盔	361
二、防护眼镜	363
三、防噪声保护用品	364
四、安全帽	364
五、工作服	365
六、手套	366
七、工作鞋	366
八、鞋盖	366
九、安全带	366
十、防尘口罩和防毒面具	366
第二节 焊接安全操作	367
一、焊接操作安全用电	367
二、特殊环境中焊接与切割作业安全技术	371

复习思考题	378
附录	379
附录 A 弧焊变压器常见的故障及解决方法	379
附录 B 弧焊整流器常见的故障及解决方法	380
附录 C ZX7 系列晶闸管逆变弧焊整流器常见故障及解决方法	381
附录 D ZX7-400 (IGBT 管) 逆变焊机常见故障及解决方法	383
参考文献	386

第一章 焊条电弧焊操作技术

第一节 基本操作技术

焊条电弧焊的基本操作技能是引弧、运条、焊道的连接和焊道的收尾。

一、引弧

焊条电弧焊时，引燃电弧的过程称为引弧。焊条电弧焊的引弧方法有两种：直击法和划擦法。

1. 直击法

焊条电弧焊开始前，先将焊条末端与焊件表面垂直轻轻一碰，便迅速提起焊条，并保持一定的距离（ $2 \sim 4\text{mm}$ ），电弧随之引燃。直击法引弧的优点是不会使焊件表面造成电弧划伤缺陷，又不受焊件表面大小及焊件形状的限制。不足之处是引弧成功率低，焊条与焊件往往要碰击几次才能使电弧引燃和稳定燃烧，操作不容易掌握。电弧引燃方法如图 1-1 所示。

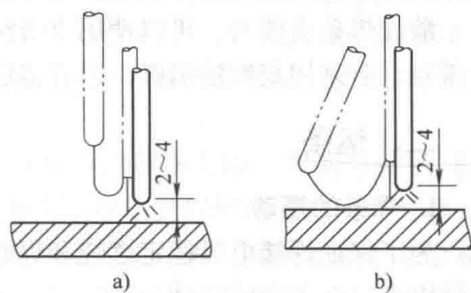


图 1-1 电弧引燃方法

a) 直击法引弧 b) 划擦法引弧

2. 划擦法

将焊条末端对准引弧处，然后将手腕扭动一下，像划火柴一样，使焊条在引弧处轻微划擦一下，划动长度一般为 20mm 左右，电弧引燃后，立即使弧长保持在 $2 \sim 4\text{mm}$ 。这种引弧方法的优点是，电弧容易引燃，操作简单，引弧效率高。缺点是，容易损伤焊件表面，有电

弧划伤的痕迹，在焊接正式产品时应该少用。

以上两种引弧方法，对初学者来说，划擦法容易引燃电弧。但是，如果操作不当，容易使焊件表面被电弧划伤，特别是在狭窄的焊接工作场地或焊件表面不允许被电弧划伤时，就应该采用直击法引弧。

对于初学直击法引弧的焊工，在引弧时容易发生焊条药皮大块脱落、引燃的电弧又熄灭或焊条粘在焊件表面的现象。这是初学者引弧时手腕转动动作不熟练，没有掌握好焊条离开焊件的时间和距离所致。如果焊条在直击焊件后离开焊件的速度太快，焊条提起太高，就不能引燃电弧或电弧只燃烧一瞬间就熄灭。如果引弧动作太慢，焊条被提起的距离太短，就可能使焊条和焊件粘在一起，造成焊接回路短路。短路时间过长，不仅不能引燃电弧，还会因短路电流过大、时间过长而烧毁焊机。

焊条在引弧过程中粘在焊件表面时，将焊条左右摇动几次即可使焊条脱离焊件表面，如果经左右摆动焊条还不能脱离焊件表面，此时应立即将焊钳钳口松开，使焊接回路断开，待焊条冷却后再拆下。

酸性焊条引弧时，可以使用直击法引弧或划擦法引弧；碱性焊条引弧时，多采用划擦法引弧，因直击法引弧容易在焊缝中产生气孔。

二、运条

1. 焊条的摆动

为了保证焊接电弧稳定燃烧和焊缝的表面成形，电弧引燃后焊条要做以下三个方向的运动：

(1) 焊条不断地向焊缝熔池送进 焊接过程中，保持一定弧长，以焊条熔化速度向焊缝熔池连续不断地送进。

(2) 焊条沿焊接方向向前移动 焊接过程中，焊条向前移动的速度要适当。

(3) 焊条横向摆动 焊条电弧焊过程中，焊条横向摆动的目的是增加焊缝宽度，保证焊缝表面成形，延缓焊缝熔池的凝固时间，有利于气体和夹渣的逸出，使焊缝内部质量提高。正常焊缝的宽度一般不超过焊条直径的 5 倍。

焊条移动时,应与前进方向成 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 夹角,如图1-2所示,把已熔化的金属和熔渣推向后方,否则熔渣流向电弧的前方,会造成夹渣缺欠。

2. 焊条的运条

为了获得较宽的焊缝,焊条在送进和移动过程中,还要做必要的摆动。焊条运条方法如图1-3a所示。

(1) 直线形运条法

焊接过程中,焊条末端不做横向摆动,仅沿着焊接

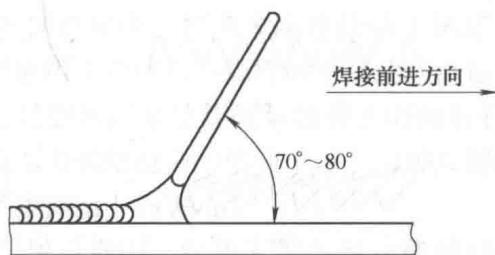


图1-2 焊条移动与前进方向的夹角

方向做直线运动,电弧燃烧稳定,能获取较大的熔深,但焊缝的宽度较窄,一般不超过焊条直径的1.5倍。适用板厚3~5mm的I形坡口对接平焊,多层焊的第一层焊道或多层多道焊第一层焊道的焊接。直线形运条法如图1-3a所示。

(2) 直线往复形运条法 焊接过程中,焊条末端沿焊缝的纵向做往复直线摆动,如图1-3b所示,这种运条法的特点是焊接速度快、焊道窄、散热快、焊缝不易烧穿,适用于薄板和间隙较大的多层焊第一层焊道的焊接。

(3) 锯齿形运条法 焊接过程中,焊条末端在向前移动的同时,连续在横向做锯齿形摆动,焊条末端摆动到焊缝两侧应稍停片刻,防止焊缝出现咬边缺陷。焊条横向摆动主要是为了控制焊接熔化金属的流动和得到必要的焊缝宽度,以获得较好的焊缝成形。这种方法容易操作,焊接生产中应用较多。锯齿形运条法如图1-3c所示。锯齿形运条法适用于较厚钢板对接接头的平焊、立焊、仰焊及T形接头的立角焊。

(4) 月牙形运条法 焊接过程中,焊条末端沿着焊接方向做月牙形横向摆动,摆动的速度要根据焊缝的位置、接头形式、焊缝宽度和焊接电流的大小来决定。焊条末端摆动到坡口两边时稍停片刻,既能使焊缝边缘有足够的熔深,也能防止产生咬边现象。月牙形运条法适用于较厚钢板对接接头的平焊、立焊、仰焊及T形接头的立角焊。