

实用焊接技术丛书

张文明 焦万才 刘兆甲 主编

焊条电弧焊

HANTIAODIANHUHAN

辽宁科学技术出版社

实用焊接技术丛书

焊条电弧焊

张文明 焦万才 刘兆甲 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

焊条电弧焊/张文明, 焦万才, 刘兆甲主编. —沈阳:
辽宁科学技术出版社, 2007.4

(实用焊接技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5381 - 4808 - 4

I. 焊... II. ①张... ②焦... ③刘... III. 焊
条 - 电弧焊 IV. TG444 TG422.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 089332 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 12.5

字 数: 300 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2007 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2007 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 邹 亮

版式设计: 于 浪

责任校对: 王玉宝

定 价: 22.80 元

联系电话: 024 - 23284372

邮购热线: 024 - 23284502

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

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

前 言

焊接技术是现代工业生产中不可缺少的先进制造技术。随着科学技术的发展,焊接技术越来越受到各行各业的密切关注,并广泛应用于机械、冶金、建筑、桥梁、船舶、汽车、电力、电子、锅炉和压力容器、航空航天、军工和军事装备等产业部门。特别是焊条电弧焊技术,由于使用上非常灵活,无论是在焊接车间内,还是在野外施工现场,应用都非常普遍。焊条电弧焊操作技术是每一名焊工都应该精通且熟练掌握的焊接技术。

本书是为初中级焊工编写的,也可作为焊工培训教材。力求从焊接生产实际出发,面向企业,面向生产,用简单、精练的语言描述焊条电弧焊实用操作技术,参照了压力容器焊工技能培训、船舶制造焊工技能培训和焊接结构生产的实用技术,选用了大量的焊接实例并配有大量插图,便于焊工深入理解和掌握操作技术。

本书共分八章,着重介绍了焊条电弧焊的基本操作和单面焊双面成形技术、各种位置的板对接和管对接的操作技术,对于生产中一些典型的焊条电弧焊应用实例做了详尽的描述,还介绍了各种常用金属材料的焊条电弧焊方法。

参加本书编写工作的有沈阳市工业安装公司的张志刚和乔凯,鞍山市墙体材料改革办公室的王群,沈阳师范大学的刘玉阳,沈阳市锅炉检验所的刘振营和武学忠,还有杨芙、刘丽新、闵庆凯、杨波、段志刚、杨志惟、赵晶、侯雁鹏、白景振等。

书中引用了大量文献资料,在此向他们表示衷心的感谢。

限于作者的水平,书中恐有错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 焊条电弧焊基础知识	1
第一节 焊条电弧焊的特点	1
第二节 焊接电弧及其特性	2
一、电弧的构成	2
二、焊接电弧的性质	3
三、电弧和熔池的保护	6
四、磁场和铁磁物质对焊接电弧的影响	7
第三节 焊接接头及焊缝	9
一、焊接接头及坡口形式	9
二、焊缝形式及代号	15
第四节 焊条电弧焊的冶金特性	23
一、焊接熔池的形成和结晶	23
二、熔化金属与气体的相互作用	25
三、金属元素的蒸发	27
四、焊接接头组织	27
第二章 电焊条	29
第一条 电焊条的组成和分类	29
一、焊条的组成及作用	29
二、电焊条分类	34
第二节 电焊条的型号与牌号	39
一、电焊条型号与牌号的编制方法	39
二、结构钢焊条的型号和牌号	41

三、低合金耐热钢焊条和低温钢焊条的型号和牌号	53
四、不锈钢焊条的型号和牌号	59
五、堆焊焊条的型号和牌号	69
六、铸铁焊条的型号和牌号	74
七、有色金属焊条的型号和牌号	77
八、特殊用途焊条	81
第三节 焊条的管理、使用和检验	82
一、焊条的贮存与保管	82
二、焊条的使用	83
三、焊条的检验	85
第三章 焊条电弧焊设备	93
第一节 焊条电弧焊对焊机的要求	93
一、对焊条电弧焊电源外特性的要求	93
二、对弧焊电源空载电压的要求	95
三、对弧焊电源稳态短路电流的要求	96
四、电源的调节性能	96
五、电源的动特性	97
第二节 焊条电弧焊电源的型号及分类	98
一、焊条电弧焊电源型号	98
二、焊条电弧焊电源的技术特征	99
三、弧焊电源的分类	100
第三节 弧焊变压器	101
一、串联电抗器式弧焊变压器	102
二、增强漏磁式弧焊变压器	105
三、常用交流弧焊变压器型号及技术数据	108
第四节 弧焊整流器	109
一、动圈式弧焊整流器	109
二、磁放大器式弧焊整流器	110
三、抽头式弧焊整流器	112

四、常用弧焊整流器的型号及技术数据	113
第五节 晶闸管弧焊电源	115
一、晶闸管弧焊电源的基本原理和种类	115
二、应用特点	116
三、常用晶闸管弧焊电源的型号和技术数据	117
第六节 晶体管弧焊电源	118
一、晶体管弧焊电源的基本原理	118
二、晶体管弧焊电源的种类和典型主电路	119
三、应用特点	120
四、常用晶体管弧焊电源的型号和技术数据	121
第七节 逆变式弧焊电源	122
一、逆变式弧焊电源的基本原理	122
二、应用特点	123
三、常用逆变式弧焊电源的型号和技术数据	124
第八节 焊条电弧焊电源的选择和维护	127
一、电源的选择	127
二、焊接电源的外部接线	128
三、焊接电源的正确使用	130
四、焊条电弧焊机常见故障及排除方法	131
第九节 焊条电弧焊常用辅助工具	136
一、电焊钳	136
二、电焊面罩和滤光玻璃	138
三、快速接头和地线夹	141
四、焊条烘干和保温设备	142
五、测试工具	144
六、清理和加工工具	145
七、变位和定位机械	149
八、烟尘吸收器	153
九、焊工培训仪	154

第四章 焊条电弧焊的操作技术	156
第一节 基本操作技术	156
一、引弧方式	156
二、运条方式	159
三、焊缝接头和长焊缝的焊接	162
四、熄弧技术	166
五、定位焊缝的焊接	167
第二节 平焊操作技术	168
一、对接平焊	169
二、角接平焊	172
三、搭接平焊	174
第三节 立焊操作技术	175
一、立焊的基本技术	175
二、对接立焊	176
三、角立焊	179
第四节 横焊操作技术	180
一、横焊特点	180
二、不开坡口的对接横焊	180
三、开坡口的对接横焊	181
四、横焊工艺参数	182
第五节 仰焊操作技术	183
一、仰焊特点	183
二、焊接方法	184
三、不开坡口的对接仰焊	184
四、开坡口的对接仰焊	185
五、角接头的仰焊	185
六、仰焊的工艺参数	186
第六节 管对接焊接技术	186
一、水平固定管全位置焊接	186

二、垂直固定管的焊接	191
三、水平转动管的焊接	193
四、固定三通管的焊接	194
第七节 管板焊接技术	195
一、管板焊接垂直固定平角焊	196
二、管板焊接垂直固定仰焊	198
三、管板水平固定全位置焊	199
第五章 单面焊双面成形技术	203
第一节 板对接平焊单面焊双面成形技术	203
一、板对接平焊开坡口和装配方法	203
二、板对接平焊打底层焊接技术	204
三、板对接平焊填充层焊接技术	210
四、板对接平焊盖面层焊接技术	211
五、板对接平焊焊接规范参数	212
第二节 板对接横焊单面焊双面成形技术	212
一、板对接横焊开坡口和装配方法	212
二、板对接横焊打底层焊接技术	213
三、板对接横焊填充层焊接技术	215
四、板对接横焊盖面层焊接技术	215
五、板对接横焊焊接规范参数	217
第三节 板对接立焊单面焊双面成形技术	218
一、板对接立焊开坡口和装配方法	218
二、板对接立焊打底层焊接技术	218
三、板对接立焊填充层焊接技术	220
四、板对接立焊盖面层焊接技术	220
五、板对接立焊焊接规范参数	221
第四节 板对接仰焊单面焊双面成形技术	221
一、板对接仰焊开坡口和装配方法	221
二、板对接仰焊打底层焊接技术	222

三、板对接仰焊填充层焊接技术	224
四、板对接仰焊盖面层焊接技术	224
五、板对接仰焊焊接规范参数	225
第五节 小直径管对接垂直固定单面焊双面成形技术	225
一、小直径管对接垂直固定打底层焊接技术	225
二、小直径管对接垂直固定盖面层焊接技术	228
第六节 小直径管对接水平固定单面焊双面成形技术	229
一、小直径管对接水平固定打底层焊接技术	229
二、小直径管对接水平固定盖面层焊接技术	233
第六章 焊条电弧焊工艺参数及焊缝缺陷	235
第一节 焊条电弧焊工艺参数的选择	235
一、焊条牌号的选择	235
二、焊条直径的选择	236
三、焊接电流的选择	237
四、电弧电压的选择	240
五、焊接层数的选择	241
六、焊接速度的选择	242
七、焊接线能量的选择	243
第二节 焊缝成形缺陷及防止措施	245
一、焊接裂纹及防止措施	245
二、未焊透和未熔合及防止措施	250
三、夹渣及防止措施	252
四、气孔及防止措施	253
五、表面缺陷及防止措施	255
第七章 常用金属材料的焊接	259
第一节 碳钢的焊接	259
一、碳钢的焊接性	259
二、低碳钢的焊接	260
三、中碳钢的焊接	265

四、高碳钢的焊接	267
第二节 低合金高强度钢的焊接	268
一、低合金结构钢的焊接性	269
二、焊接时易出现的问题	270
三、低合金结构钢焊条的选用	272
四、低合金钢的焊接工艺要点	275
第三节 耐热钢的焊接	278
一、常用耐热钢	278
二、珠光体耐热钢的焊接特点	280
三、珠光体耐热钢的焊接工艺	281
第四节 低温钢的焊接	283
一、常用的低温钢	283
二、低温钢的焊接特点	284
三、低温钢的焊接工艺	284
第五节 不锈钢的焊接	286
一、常用的不锈钢	286
二、不锈钢的焊接性	287
三、不锈钢焊接工艺	289
四、不锈复合钢板的焊接	295
第六节 异种钢的焊接	299
一、碳钢与低合金钢的焊接	299
二、异种低合金结构钢的焊接	302
三、奥氏体不锈钢与珠光体钢的焊接	302
四、奥氏体不锈钢与铁素体钢的焊接	306
第七节 铸铁的焊接	307
一、常用的铸铁	307
二、铸铁的焊接性	308
三、铸铁焊条的选择	310
四、铸铁焊补方法选择	311

五、铸铁焊接工艺	312
第八章 铝及铝合金的焊接	315
一、常用的铝及铝合金	315
二、铝及铝合金的焊接性	316
三、焊条的选择	317
四、铝及铝合金的焊接工艺	318
第九章 铜及铜合金的焊接	320
一、常用的铜及铜合金	320
二、铜及铜合金的焊接特点	323
三、铜及铜合金焊条的选择	323
四、铜及铜合金的焊接工艺	324
第八章 焊条电弧焊应用实例	328
第一节 碳钢焊接应用实例	328
一、泄漏管道的带水补焊	328
二、蒸汽管道的带压补焊	329
三、千吨压力机油缸的焊接	331
四、冷凝器的补焊	333
五、1000t 油压机缸体补焊	334
六、锤墩燕尾补焊	338
七、储气包的焊接	339
第二节 合金钢焊接应用实例	340
一、球形氧气储罐焊接	340
二、磨煤机变速箱高速轴断裂修补	341
三、冷轧辊的焊接修复	345
四、电站锅炉进水管座裂纹焊补	347
五、轧制机齿轮轴的焊补	350
六、铬镍不锈钢高温炉体焊接	353
第三节 铸件焊接应用实例	354
一、钻床旋臂裂纹补焊	354

二、汽缸体铸铁件的冷补焊	355
三、高载荷柴油机的汽缸体热补焊	358
四、刨床立柱铸造缺陷的补焊	359
五、柴油机曲轴裂纹的焊补	362
第四节 有色金属焊接应用实例	365
一、导电板的焊接	365
二、电渣炉结晶器内套的焊接	367
三、叶片型螺旋桨的补焊	369
四、柴油机机体补焊	370
第五节 异种金属焊接应用实例	373
一、高速钢麻花钻头与普通碳素钢的焊接	373
二、方锥管的焊接	375
三、灰口铸铁与碳素钢的焊接	377
四、纺织机卷棉辊的焊接	378
五、尿素吸收塔异种钢焊接修复	381
六、石化设备不锈钢复合板焊接裂纹的返修	384
参考文献	386

第一章 焊条电弧焊基础知识

第一节 焊条电弧焊的特点

1. 焊条电弧焊的概念

电弧焊是利用电弧的热量加热、熔化金属进行焊接的。焊条电弧焊是用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法。GB/T 3375—1994 把原来的“手工电弧焊”改称为焊条电弧焊。

2. 焊条电弧焊的优点

(1) 采用气体和熔渣联合保护。

焊条电弧焊以外涂有涂料的焊条作为电极和填充金属，电弧在焊条的端部和被焊工件表面之间燃烧。涂料在电弧热的作用下，一方面可以产生气体保护电弧，另一方面可以产生熔渣覆盖在熔池表面，防止熔化金属与周围气体的相互作用。熔渣更重要的作用是与熔化金属产生物理化学反应或添加合金元素，改善焊缝金属的性能。

(2) 适应性强。

焊条电弧焊具有工艺灵活、适应性强的特点。适用于各种厚度、各种结构形状及位置的焊接。可以应用于维修及装配中的短焊缝的焊接，特别是可以用于难以达到的部位的焊接。

(3) 对焊接接头的装配要求较低。

由于焊接过程中用手工操作控制电弧长度、焊条角度、焊接速度等，因此，对焊接接头的装配尺寸要求可相对降低。同时，还易于通过改变工艺操作来控制焊接变形和改善接头应力状况。

(4) 应用范围广。

焊条电弧焊配用相应的焊条，适合大多数工业用碳钢、合金钢、不锈钢、铸铁和铜、铝、镍及其合金的焊接。

(5) 焊接设备简单。

焊条电弧焊使用的电焊机结构简单，操作轻便、灵活，维修方便。

3. 焊条电弧焊的缺点

焊条电弧焊生产效率较低，焊工劳动强度大，而且对焊工的操作技术水平要求较高。

第二节 焊接电弧及其特性

电弧是用来熔化金属的热源。焊接时，焊接材料和母材靠电弧加热熔化，才能形成焊缝。

一、电弧的构成

1. 电弧的定义

电弧是一种气体放电现象。在一定条件下，位于阴极和阳极两个电极之间的气体发光发热，构成一个导电回路，在两个电极之间产生电弧。

2. 电弧的结构

电弧不是一个均匀的导体，它分为阴极区、阳极区和弧柱区，如图 1-1 所示。靠近阴极和阳极的区域分别称为阴极区和阳极区，这两个区域具有较高的电场强度，其电压降分别称为阴极压降和阳极压降；中间的区域称为弧柱区，相应的压降称为弧柱压降。三个区域的电压总和称为电弧电压 U_a ，就是通常说的焊接电压。

3. 电弧的能量和作用

当焊接电流为 I 时，电弧的能量为 $E = U_a I$ ，其中大部分转变为热能。弧柱部分产生的热主要以辐射的形式散失到周围的空

间。在焊接过程中，主要利用阴极区和阳极区的热来加热和熔化焊条及母材。在阴极区和阳极区产生的热与电极的性质、尺寸和形态以及电弧气氛有关。一般情况下，阳极区的产热大于阴极区。

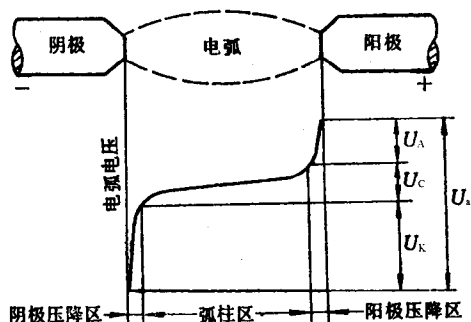


图 1-1 电弧各区域的电压分布示意图

U_A —阳极电压降 U_K —阴极电压降 U_C —弧柱电压降 U_a —电弧电压

二、焊接电弧的性质

焊接时电弧必须稳定燃烧，焊接才能顺利进行。要使电弧稳定燃烧，在焊接时就要遵循焊接电弧的要求，否则焊接就难以进行。

1. 电弧电压、电流和温度

(1) 引弧电压（即空载电压）较高，一般大于 60V，而电弧一旦引燃后，维持电弧的电压较低，一般为 10 ~ 30V。焊机空载电压越高越有利于引弧，但安全性降低了。

(2) 流过电弧的电流变化范围很大，可从几安培到几千安培。

(3) 电弧具有很高的温度，弧柱的温度可达 $5 \times 10^3 \sim 3 \times 10^4^\circ\text{C}$ ，某些情况下可高达 $5 \times 10^4^\circ\text{C}$ 以上。

由于电弧具有以上特点，在用电弧熔化焊接金属时，必须采

取一些安全防护措施，防止对操作人员的身体造成伤害。

2. 电弧的静特性

电弧燃烧时，流过电弧的电流与电弧上的电压有一定的关系。在电极材料、气体介质和弧长一定的情况下，电弧稳定燃烧时，焊接电流与电弧电压变化的这种关系称为电弧的静特性，也称为伏—安特性。电弧静特性曲线如图 1-2 所示。其弧长不同，静特性曲线的位置也不同，当弧长增加时，电弧静特性曲线向上平移。

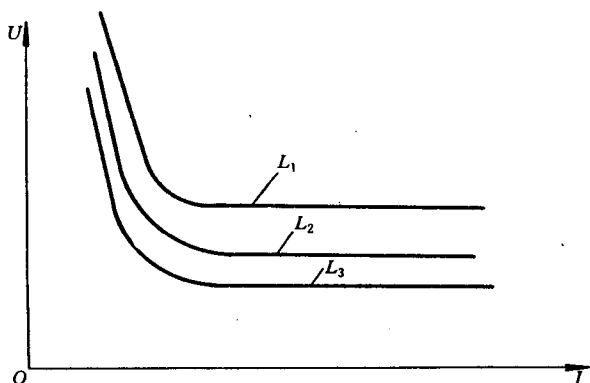


图 1-2 电弧静特性曲线

L —电弧长度 $L_1 > L_2 > L_3$

3. 电弧动特性

由于熔滴过渡的影响，弧长在不断地变化，因而电弧就是一个变动的负载。在焊接过程中，焊接回路中会产生感抗，使焊机输出的焊接电流和电弧电压不能迅速沿着外特性曲线变化，而是要经过一个过渡过程才能稳定下来。这种对于一定弧长的电弧，当焊接电流发生连续地快速变化时，电弧电压与焊接电流瞬时值之间的关系称为电弧动特性。

动特性表示电源对负载突变的反应能力，它对电弧稳定、飞溅和焊缝成形有很大的影响。