



HANGONG CAOZUO
RUMEN YU TIGAO

焊工操作 入门与提高

孙景荣 主编



本书集各种焊接方法的
基本操作手法和工程施焊技术于一体



化学工业出版社



HANGONG CAOZUO
RUMEN YU TIGAO

焊工操作 入门与提高

孙景荣 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊工操作入门与提高/孙景荣主编. —北京: 化学工业出版社, 2011.8

ISBN 978-7-122-11682-6

I. 焊… II. 孙… III. 焊接-基本知识 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 129149 号

责任编辑: 周 红
责任校对: 周梦华

文字编辑: 项 激
装帧设计: 王晓宇

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 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 208 千字

2012 年 1 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

焊接基本操作是焊接技术初学者的入门训练要素。只有熟练掌握焊接操作技术，才能更好地理论联系实际，更好地学习和掌握焊接技术的基本知识并提升焊接技能水平。

本书集各种焊接方法的基本操作手法和工程施焊技术于一体，详细说明了手工焊条电弧焊、手工钨极氩弧焊、CO₂ 气体保护焊、埋弧自动焊和电渣焊等焊接方法的操作手法和程序。另外，还介绍了近年来发展的先进焊接操作技术。从事焊接工作的焊接工人通过阅读本书，能更全面地了解 and 掌握现代焊接新技术的操作要点和方法，从而满足现代焊接生产的需要。

本书着重介绍了国内典型焊接工程中所采用的焊条下向焊、STT 焊、药芯焊丝保护焊等焊接新工艺和操作技术，并详细介绍了国内重点工程中的实践应用，力求做到科学性、可靠性、先进性、实用性和经济性，从而启发和引导焊工全面掌握现代焊接新技术的操作技能。

本书从基本操作训练到一般生产应用、从易到难、从日常实用技术到特殊需要的绝招，逐渐深入。主要内容有焊工操作技能入门、焊条上向焊操作、焊条下向焊操作、药芯焊丝焊接操作、STT 焊操作技术、铝及铝合金实用焊接、异种金属材料焊接技术、异种金属的堆焊等。特别适用于各行业广大焊接工人和现场施工的技术人员阅读。本

书是一本难得的各种焊接操作知识和手法训练的指导、学习用书。

本书由孙景荣主编，参加编写的还有刘文贤、杜雪松、李荣峰等。

由于编者水平所限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 焊工操作技能入门	1
1.1 焊条电弧焊	1
1.1.1 焊接的引弧、起头、运条、连接和收尾	1
1.1.2 平角焊	8
1.1.3 奥氏体不锈钢的操作技能	13
1.1.4 铸件焊补操作	19
1.1.5 堆焊操作	22
1.2 手工钨极氩弧焊	23
1.2.1 手工钨极氩弧焊基本操作方法	23
1.2.2 不锈钢薄板氩弧焊操作	31
1.2.3 不锈钢板与管垂直俯位氩弧焊操作	33
1.2.4 小直径管对接垂直固定焊操作	35
1.3 二氧化碳 (CO ₂) 气体保护电弧焊	37
1.3.1 二氧化碳 (CO ₂) 气体保护半自动焊的基本操作 程序	38
1.3.2 半自动焊接操作要领	39
1.3.3 薄板对接单面焊双面成形操作技能	42
1.3.4 中厚板对接单面焊双面成形操作技能	46
1.3.5 管-板 (插入式) T 形接固定焊操作技能	55
1.4 埋弧自动焊	56
1.4.1 基本操作要领	56
1.4.2 中厚板对接平焊操作	58
1.4.3 大直径管水平转动焊接操作	61
1.5 电渣焊	63
1.6 气焊	66

1.6.1	薄板的对接平焊操作	66
1.6.2	管子对接水平固定焊操作	68
1.7	切割操作技术	68
1.7.1	氧气切割	68
1.7.2	等离子弧切割	71
1.7.3	碳弧气刨操作技术	72

第2章 焊条上向焊 76

2.1	单面焊双面成形技术及特点	76
2.2	单面焊双面成形操作方法	76
2.3	板件的焊接	78
2.3.1	板件的平焊	78
2.3.2	板件的立焊	83
2.3.3	板件的横焊	89
2.3.4	板件的仰焊	92
2.4	管件的焊接	96
2.4.1	水平固定小管对接焊	96
2.4.2	垂直固定小管对接焊	100
2.4.3	45°倾斜固定小管的焊接	102

第3章 焊条下向焊 106

3.1	焊条下向焊的特点	106
3.2	纤维素型焊条下向焊的操作	107
3.2.1	根焊道操作技术	107
3.2.2	热焊及填充焊道	113
3.2.3	盖面焊道的焊接	114
3.3	低氢型焊条下向焊操作	115
3.3.1	准备	115

3.3.2	焊接工艺参数	116
3.3.3	操作要领	116
3.4	焊条下向焊常见缺陷及预防	119
3.4.1	焊缝成形缺陷	119
3.4.2	未熔合	122
3.4.3	气孔	122
3.4.4	夹渣	124
3.4.5	裂纹	124

第4章 药芯焊丝焊接操作 126

4.1	药芯焊丝气体保护焊	126
4.1.1	国产药芯焊丝性能	128
4.1.2	药芯焊丝焊接工艺	136
4.2	自保护药芯焊丝焊接工艺	139
4.2.1	自保护药芯焊丝半自动焊的工艺特点	139
4.2.2	自保护药芯焊丝半自动焊的工艺参数	140
4.2.3	自保护药芯焊丝半自动焊的操作技术	140
4.3	自保护药芯焊丝常见焊接缺陷及防止方法	143
4.3.1	气孔	143
4.3.2	夹渣	144
4.3.3	未熔合	144
4.3.4	咬边	145
4.3.5	焊缝成形不良	145

第5章 STT 焊接技术 147

5.1	STT 焊接技术的特点	147
5.1.1	STT 焊接技术简介	147
5.1.2	STT 焊接技术特点	148

5.2	STT 焊接设备	148
5.3	STT 焊接操作方法	149
5.3.1	坡口准备	149
5.3.2	根焊道焊接操作	150
5.3.3	填充焊道焊接操作	152
5.3.4	盖面焊道焊接操作	152
5.3.5	焊接工艺参数	152

第 6 章 铝及铝合金实用焊接操作 154

6.1	焊前准备工作	154
6.1.1	焊接方法的选择	154
6.1.2	焊接坡口的选择	156
6.1.3	焊前清理	156
6.2	钨极氩弧焊操作技能	158
6.2.1	预热	159
6.2.2	焊接工艺参数选择	160
6.2.3	手工氩弧焊基本操作	165
6.2.4	各种位置的焊接要领	169
6.2.5	手工钨极氩弧焊几种实用操作方法	173
6.2.6	钨极脉冲氩弧焊	175
6.3	熔化极氩弧焊	177
6.3.1	原理与特点	177
6.3.2	熔滴过渡	178
6.3.3	熔化极氩弧焊工艺	181
6.4	熔化极氩弧焊操作技能	185
6.4.1	铝及铝合金的焊接方法	185
6.4.2	定位焊	188
6.4.3	爬坡焊和溜坡焊	188
6.4.4	各种位置的焊接	188

6.5 铝及铝合金焊接应用实例	191
6.5.1 手工钨极氩弧焊实例	191
6.5.1.1 实例一：铝导线的焊接	191
6.5.1.2 实例二：铝及铝合金管子的焊接	192
6.5.1.3 实例三：铝制容器的焊接	193
6.5.1.4 实例四：铝镁合金双面同步氩弧焊	196
6.5.1.5 实例五：空分精馏塔的焊接	197
6.5.2 熔化极氩弧焊实例	198
6.5.2.1 实例一：铝镁合金料仓熔化极脉冲氩 弧焊	198
6.5.2.2 实例二：厚铝板母线的 MIG 焊接	199
6.5.3 常见焊接缺陷及预防	202

第 7 章 异种金属材料的焊接技术

7.1 碳钢与普通低合金结构钢的焊接	206
7.1.1 焊接材料的选用	206
7.1.2 焊接工艺	206
7.2 黑色金属与奥氏体不锈钢的焊接	208
7.2.1 珠光体钢与奥氏体不锈钢的焊接	208
7.2.2 奥氏体不锈钢与珠光体耐热钢的焊接	213
7.2.3 奥氏体不锈钢与铁素体钢的焊接	213
7.3 耐热钢与其他黑色金属的焊接	214
7.3.1 珠光体耐热钢与低碳钢的焊接	214
7.3.2 珠光体耐热钢与马氏体耐热钢的焊接	216
7.3.3 铁素体耐热钢与其他黑色金属的焊接	217
7.4 钢与有色金属的焊接	218
7.4.1 钢与铜及其合金的焊接	218
7.4.2 钢与镍及其合金的焊接	223
7.4.3 钢与铝及其合金的焊接	226

7.4.4	钢与钛及其合金的焊接	230
7.4.5	钢与铅的焊接	231
7.5	钢与铸铁的焊接	233
7.5.1	钢与铸铁的焊接特点	233
7.5.2	碳钢与灰口铸铁的焊接	234
7.5.3	碳钢与可锻铸铁的焊接	238
7.5.4	碳钢与球墨铸铁的焊接	239
7.5.5	不锈钢与铸铁的焊接	240
第8章	异种金属的堆焊	242
8.1	堆焊的特点及应用	242
8.2	堆焊方法	243
8.2.1	氧-乙炔堆焊	244
8.2.2	焊条电弧堆焊	244
8.2.3	埋弧堆焊	244
8.2.4	熔化极气体保护堆焊	245
8.2.5	钨极氩弧堆焊	246
8.2.6	电渣堆焊	246
8.2.7	等离子弧堆焊	246
8.3	堆焊材料	247
8.3.1	铁基堆焊合金	248
8.3.2	钴基堆焊合金	257
8.3.3	镍基堆焊合金	260
8.3.4	铜基堆焊合金	261
8.3.5	碳化钨堆焊合金	263
8.4	堆焊工艺	263
8.4.1	堆焊方法	263
8.4.2	工艺参数	264
8.5	各种堆焊方法的工艺规范	267

8.5.1	焊条电弧焊堆焊工艺	267
8.5.2	埋弧自动焊堆焊工艺	269
8.5.3	熔化极气体保护堆焊工艺	271
8.5.4	钨极氩弧焊堆焊工艺	271
8.5.5	等离子弧堆焊工艺	272
8.5.6	电渣堆焊工艺	273
8.5.7	氧-乙炔堆焊	273

第 1 章

焊工操作技能入门

1.1 焊条电弧焊

焊条电弧焊（简称手弧焊），是利用手工操纵焊条，进行焊接的电弧焊方法。操作时，焊条和焊件分别作为两个电极，利用焊条和焊件之间产生的电弧热量，来熔化焊件金属，冷却后形成焊缝。

焊条电弧焊的设备简单，操作方便、灵活，适用于各种条件下的焊接，特别适用于结构形状复杂、焊缝短小、弯曲或各种不同空间位置的焊接。因此，当前焊条电弧焊仍然是各行业焊接领域应用最广泛的焊接方法。

由于焊条电弧焊操作位置变化很多，掌握操作技能难度较大，而焊接质量在很大程度上又决定于焊工操作技能的熟练程度，所以焊工必须注意理论联系实际、勤学苦练，在反复练习过程中，逐步掌握焊条电弧焊的操作技术。

1.1.1 焊接的引弧、起头、运条、连接和收尾

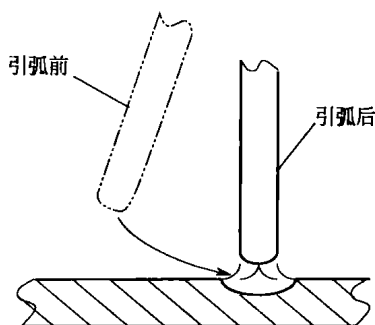
(1) 引弧

焊条电弧焊时，引燃焊接电弧的过程，称为引弧。常用的引弧方法有划擦法引弧和直击法引弧两种，如图 1-1 所示。

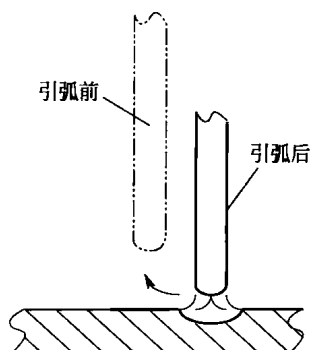
① 划擦法 先将焊条前端对准焊件，然后将手腕扭转一下，使焊条在焊件表面上轻微划擦一下，提起焊条 2~4mm，即在空气中产生电弧。引弧后，使电弧长度不超过焊条直径。这种引弧方法类似划火柴，很容易掌握。



② 直击法 先将焊条前端对准焊件，然后将手腕下弯，使焊条轻微碰一下焊件，再迅速将焊条抬起 $2\sim 4\text{mm}$ 即产生电弧。引弧后，手腕放平，使电弧保持在与所用焊条直径相适应的范围内。初学这种引弧方法时，因手腕动作不灵活，会感到不容易掌握。



(a) 划擦法引弧



(b) 直击法引弧

图 1-1 引弧方法示意

不论采用哪种方法引弧，都应注意以下几点：

① 引弧处应无油污、锈斑，以免影响导电和使熔池产生氧化物，导致焊缝产生气孔和夹渣。



② 为便于引弧，焊条端部应裸露焊条芯，若引弧时焊条芯没有裸露，可用锉刀轻锉，不可用力敲击，以防止药皮脱落，造成保护不良。

③ 焊条与焊件接触后，焊条抬起的时间要适当：太快，气体电离较差，难以形成稳定的电弧；太慢时，则焊条与焊件粘在一起，造成短路，时间过长会烧坏焊机。引弧时，如果焊条不能脱离焊件，应该立即将焊条与焊钳脱离开，待焊条冷却后，再用手取下焊条。

④ 重新引弧时，要注意夹持好焊条，重复上述动作。

引弧的质量主要用引弧的熟练程度来衡量：在规定的时间内，引燃电弧的成功次数越多，引弧的位置越准确，说明引弧的操作技能越熟练。

（2）焊道的起头

起头是指刚开始焊接的阶段，在一般情况下，这部分焊道略高些，焊缝质量也难以保证。因为，焊件在没进行焊接之前温度较低，而引弧后又不能迅速使焊件温度升高，所以起焊点部分的熔深较浅；对焊条来说，在引燃电弧后的2s内，由于焊条药皮未形成大量的保护气体，最先熔化的熔滴几乎是在无保护气氛的情况下过渡到熔池中去的。这种保护不好的熔滴中，含有较多气体。如果这些熔滴在施焊中得不到二次熔化，其内部气体就会残留在焊缝中形成气孔。为了避免上述现象，可在引弧后，先将电弧稍微拉长，使电弧对焊件端头有预热作用，然后适当缩短电弧进行正式焊接。

为减少气孔，可将前几滴熔滴甩掉。操作中的方法是采用跳弧法，即电弧有规律地瞬时离开熔池，把熔滴甩掉，但焊接电弧并未中断；另一种是间接法，采用引弧板引弧，即在焊前装配一块引弧板，如图1-2所示，从这块板上引弧，焊完后再



割掉。

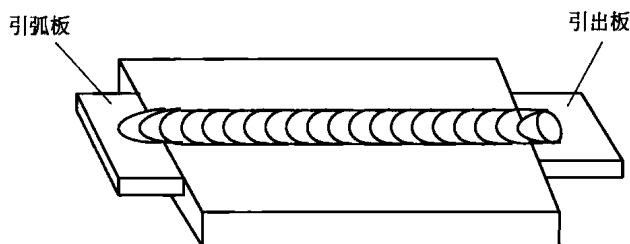


图 1-2 引弧板和引出板的安装示意

(3) 运条

在正常焊接阶段，焊条一般有三个基本运动，即沿焊条中心线向熔池送进、沿焊接方向移动和横向摆动（薄板平焊时可不摆动）。

① 沿焊条中心线向熔池送进，既是为了向熔池添加填充金属，也是为了在焊条熔化后，继续保持一定的电弧长度。因此，焊条的送进速度应与熔化速度相同，否则，会发生断弧或焊条粘在焊件上的现象。电弧长度通常为 $2\sim 4\text{mm}$ ，碱性焊条比酸性焊条的电弧要短些。

② 焊条沿焊接方向移动，目的是控制焊道的成形。若焊条移动速度太慢，焊道就会过高、过宽，外形不整齐；焊件较薄时，甚至会烧穿。若焊条移动速度太快，则焊条和焊件熔化不均匀，造成焊道较窄或未焊透等缺陷。焊条沿焊接方向移动的速度，由焊接电流、焊条直径以及接头的形式来决定。

③ 焊条横向摆动，是为了对焊件输入足够的热量、排渣和排气等需要，并获得一定宽度的焊缝或焊道。其摆动范围根据焊件厚度、坡口形式、焊道层次和焊条直径来决定。

上述三个基本运动组成焊条有规则的运动，焊工可根据焊



接位置、接头形式、焊条直径与性能、焊接电流大小以及操作技术的熟练程度等因素来掌握。

(4) 焊道的连接

在操作时,由于受焊条长度的限制或操作姿势的变换,一根焊条往往不可能完成一条焊缝,因此,出现了焊道前后两段的连接问题。焊道的连接一般有以下几种方式(图1-3)。

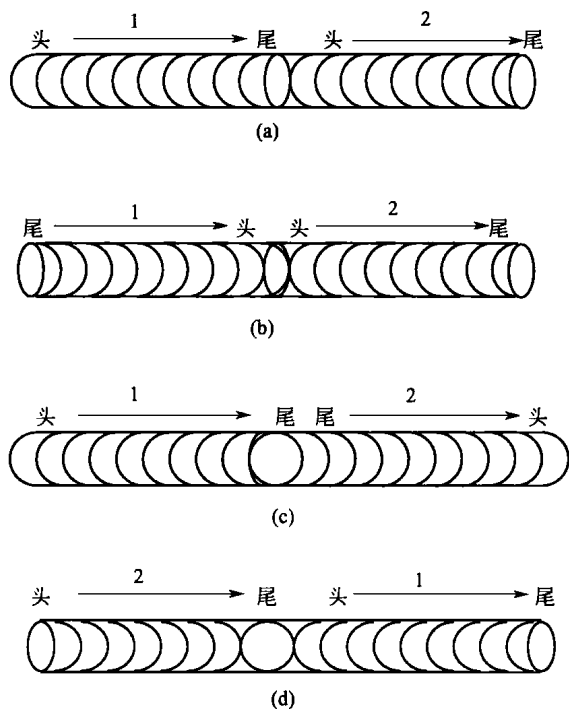


图 1-3 四种焊道接头方式示意

1—先焊焊道; 2—后焊焊道

① 图1-3(a)所示接头方式使用最多,接头的方法是在先焊焊道弧坑稍前处(约10mm)引弧。电弧长度比正常焊接时略微长些(碱性焊条不必加长,否则容易产生气孔)。然后