

畅销书《电焊工操作入门与提高》的进阶篇

# 电焊工操作

# 技巧轻松学

金凤柱 陈永 编著

提高焊接操作技能的指导书 

12类电焊工操作方面的技巧 

实用易学的典型焊接操作工艺 



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 电焊工操作技巧轻松学

金凤柱 陈永 编著

机械工业出版社

本书是《电焊工操作入门与提高》的进阶篇，是一本提高电焊工操作技能的指导书。全书内容包括：管管与管板焊条电弧焊操作技巧、水平固定管氩弧焊操作技巧、管材 CO<sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧、埋弧焊操作技巧、锅炉本体管焊接操作技巧、平角焊操作技巧、法兰焊接操作技巧、压力容器焊接操作技巧、单面焊双面成形操作技巧、常用材料的焊接操作技巧、复合钢板焊接操作技巧、铸钢件焊接（补焊）操作技巧、焊机的维护及故障排除。本书用简明的语言、丰富的配图介绍了焊接过程中具体的操作技巧，具有极强的针对性和实用性。书中提供的典型实例都是成熟的操作工艺，便于读者借鉴。

本书可供焊接工人阅读，也可作为焊接技术人员和相关专业职业培训的参考书。

## 图书在版编目（CIP）数据

电焊工操作技巧轻松学/金凤柱，陈永编著. —北京：机械工业出版社，2017.12

ISBN 978-7-111-58738-5

I. ①电… II. ①金… ②陈… III. ①电焊-基本知识  
IV. ①TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 312126 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：陈保华 责任编辑：陈保华 臧弋心

责任校对：王明欣 封面设计：陈 沛

责任印制：孙 炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2018 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

148mm×210mm·7.375 印张·203 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-58738-5

定价：29.00 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](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线：010-68326294

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

策划编辑：010-88379734

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着工业生产的发展和科学技术的进步,焊接已成为一门独立的学科。焊接技术广泛应用于航空航天、核工业、化工、船舶、建筑及机械制造等工业部门,在国民经济发展,尤其是制造业发展中是一种不可或缺的加工手段。

焊接是制造业的基础,几乎所有的工程结构都离不开焊接工艺。在这种情况下,培养和造就大批懂技术、会操作、有创新能力的从事焊接作业的高素质劳动者,是现代企业人力资源管理活动和职业技术技能训练与鉴定的一项紧迫任务。焊工操作技能培训也是提高劳动者素质、增强劳动者就业能力的有效措施。

本书作者曾于2011年编写出版了《电焊工操作入门与提高》一书,该书具有极强的实用性和针对性,深受读者欢迎,至今已印刷9次,印数31500册。本书是《电焊工操作入门与提高》的进阶篇,是一本提高焊工操作技能的指导书。全书内容包括管管与管板焊条电弧焊操作技巧、水平固定管氩弧焊操作技巧、管材CO<sub>2</sub>气体保护焊操作技巧、埋弧焊操作技巧、锅炉本体管焊接操作技巧、平角焊操作技巧、法兰焊接操作技巧、压力容器焊接操作技巧、单面焊双面成形操作技巧、常用材料的焊接操作技巧、复合钢板焊接操作技巧、铸钢件焊接(补焊)操作技巧、焊机的维护及故障排除共13章。

本书用简明的语言、丰富的配图介绍了焊接过程中具体的操作技巧,同样具有极强的针对性和实用性。书中提供的典型实例都是成熟的操作工艺,便于读者借鉴。读者通过自学本书,根据相关指导加强练习,会在较短时间内熟练掌握焊接操作的技巧,进一步提高焊接操作技能,成为一名优秀的焊工。

本书由金凤柱和陈永编写。在本书的编写过程中,参考了国内外同行的大量文献和相关标准,在此谨向有关人员表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前 言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 管管与管板焊条电弧焊操作技巧 ..... | 1  |
| 1.1 水平固定管焊接操作技巧 .....      | 1  |
| 1.1.1 打底层的焊接 .....         | 1  |
| 1.1.2 填充层的焊接 .....         | 5  |
| 1.1.3 盖面层的焊接 .....         | 8  |
| 1.2 垂直固定管焊接操作技巧 .....      | 10 |
| 1.2.1 打底层的焊接 .....         | 10 |
| 1.2.2 填充层的焊接 .....         | 15 |
| 1.2.3 盖面层的焊接 .....         | 16 |
| 1.3 水平转动管焊接操作技巧 .....      | 17 |
| 1.3.1 打底层的焊接 .....         | 18 |
| 1.3.2 填充层的焊接 .....         | 20 |
| 1.3.3 盖面层的焊接 .....         | 22 |
| 1.3.4 封底层的焊接 .....         | 25 |
| 1.4 垂直固定管板焊接操作技巧 .....     | 26 |
| 1.4.1 打底层的焊接 .....         | 27 |
| 1.4.2 填充层的焊接 .....         | 28 |
| 1.4.3 盖面层的焊接 .....         | 31 |
| 1.5 不锈钢管焊接操作技巧 .....       | 31 |
| 1.5.1 打底层的焊接 .....         | 32 |
| 1.5.2 填充层的焊接 .....         | 34 |
| 1.5.3 盖面层的焊接 .....         | 35 |
| 1.5.4 封底层的焊接 .....         | 36 |
| 1.6 不锈钢管板平角焊操作技巧 .....     | 36 |
| 1.6.1 打底层的焊接 .....         | 37 |
| 1.6.2 第一填充层的焊接 .....       | 39 |
| 1.6.3 第二填充层的焊接 .....       | 40 |

|            |                                      |           |
|------------|--------------------------------------|-----------|
| 1.6.4      | 盖面层的焊接                               | 42        |
| 1.6.5      | 封底层的焊接                               | 43        |
| 1.7        | 水平固定管板焊接操作技巧                         | 44        |
| 1.7.1      | 打底层的焊接                               | 44        |
| 1.7.2      | 填充层的焊接                               | 47        |
| 1.7.3      | 盖面层的焊接                               | 49        |
| 1.7.4      | 封底层的焊接                               | 50        |
| <b>第2章</b> | <b>水平固定管氩弧焊操作技巧</b>                  | <b>53</b> |
| 2.1        | 垂直固定管两次成形氩弧焊操作技巧                     | 53        |
| 2.1.1      | 打底层的焊接                               | 53        |
| 2.1.2      | 盖面层的焊接                               | 54        |
| 2.2        | 水平固定管板氩弧焊操作技巧                        | 55        |
| 2.2.1      | 打底层的焊接                               | 56        |
| 2.2.2      | 填充层的焊接                               | 57        |
| 2.2.3      | 盖面层的焊接                               | 57        |
| 2.3        | 垂直固定管板氩弧焊操作技巧                        | 57        |
| 2.4        | 水平转动管氩弧焊操作技巧                         | 58        |
| 2.4.1      | 打底层的焊接                               | 59        |
| 2.4.2      | 盖面层的焊接                               | 61        |
| 2.4.3      | 封底层的焊接                               | 62        |
| 2.5        | 水平不锈钢管氩弧焊操作技巧                        | 62        |
| 2.5.1      | 打底层的焊接                               | 63        |
| 2.5.2      | 盖面层的焊接                               | 65        |
| 2.6        | 水平固定不锈钢管板氩弧焊操作技巧                     | 66        |
| 2.6.1      | 打底层的焊接                               | 66        |
| 2.6.2      | 填充层的焊接                               | 67        |
| 2.6.3      | 盖面层的焊接                               | 68        |
| 2.7        | 水平固定管两遍成形氩弧焊操作技巧                     | 68        |
| 2.7.1      | 打底层的焊接                               | 68        |
| 2.7.2      | 盖面层的焊接                               | 77        |
| <b>第3章</b> | <b>管材 CO<sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧</b>   | <b>79</b> |
| 3.1        | 插入式管板 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧      | 79        |
| 3.2        | 水平固定小直径管对接 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧 | 81        |

|            |                                      |            |
|------------|--------------------------------------|------------|
| 3.3        | 水平转动小直径管对接 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧 | 82         |
| 3.4        | 垂直固定小直径管对接 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧 | 82         |
| 3.5        | 水平固定大直径管对接 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧 | 83         |
| 3.6        | 垂直固定大直径管对接 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技巧 | 84         |
| <b>第4章</b> | <b>埋弧焊操作技巧</b>                       | <b>86</b>  |
| 4.1        | 单节直段埋弧焊操作技巧                          | 88         |
| 4.2        | 筒节外侧封底焊及盖面层埋弧焊操作技巧                   | 91         |
| 4.3        | 单节组对后容器内环埋弧焊操作技巧                     | 91         |
| 4.4        | 埋弧焊缺欠产生原因及防止措施                       | 93         |
| <b>第5章</b> | <b>锅炉本体管焊接操作技巧</b>                   | <b>97</b>  |
| 5.1        | 锅炉下降管焊接操作技巧                          | 97         |
| 5.1.1      | 打底层的焊接                               | 97         |
| 5.1.2      | 盖面层的焊接                               | 97         |
| 5.2        | 水冷壁管与下集箱焊接操作技巧                       | 99         |
| 5.2.1      | 打底层的焊接                               | 99         |
| 5.2.2      | 盖面层的焊接                               | 100        |
| 5.3        | 水冷壁管下集箱一次成形焊接操作技巧                    | 100        |
| 5.4        | 对流管束焊接操作技巧                           | 102        |
| <b>第6章</b> | <b>平角焊操作技巧</b>                       | <b>104</b> |
| 6.1        | 焊条电弧焊平角焊操作技巧                         | 104        |
| 6.1.1      | 打底层的焊接                               | 104        |
| 6.1.2      | 盖面层的焊接                               | 105        |
| 6.2        | 氩弧平角焊操作技巧                            | 106        |
| 6.2.1      | 打底层的焊接                               | 106        |
| 6.2.2      | 盖面层的焊接                               | 106        |
| 6.3        | CO <sub>2</sub> 气体保护焊二次成形平角焊操作技巧     | 106        |
| 6.3.1      | 打底层的焊接                               | 107        |
| 6.3.2      | 盖面层的焊接                               | 108        |
| <b>第7章</b> | <b>法兰焊接操作技巧</b>                      | <b>110</b> |
| 7.1        | 平角法兰焊接操作技巧                           | 110        |
| 7.2        | 微型法兰焊接操作技巧                           | 112        |
| 7.3        | 一次成形对接法兰焊接操作技巧                       | 112        |

|  |     |
|--|-----|
| <b>第 8 章 压力容器焊接操作技巧</b> .....              | 115 |
| 8.1 焊接材料的选择和使用 .....                       | 115 |
| 8.2 焊接层次及焊接电流 .....                        | 116 |
| 8.3 焊接速度 .....                             | 117 |
| 8.4 焊接裂纹 .....                             | 117 |
| <b>第 9 章 单面焊双面成形操作技巧</b> .....             | 119 |
| 9.1 单面焊双面成形连弧焊操作技巧 .....                   | 120 |
| 9.1.1 低合金钢板平焊单面焊双面成形连弧焊 .....              | 120 |
| 9.1.2 低合金钢板对接立焊单面焊双面成形连弧焊 .....            | 123 |
| 9.1.3 低合金钢板对接横焊单面焊双面成形连弧焊 .....            | 125 |
| 9.1.4 水平固定管的单面焊双面成形连弧焊 .....               | 128 |
| 9.1.5 垂直固定管单面焊双面成形连弧焊 .....                | 131 |
| 9.2 单面焊双面成形断弧焊操作技巧 .....                   | 134 |
| 9.2.1 低碳钢平焊单面焊双面成形断弧焊 .....                | 134 |
| 9.2.2 低碳钢板立焊单面焊双面成形断弧焊 .....               | 137 |
| 9.2.3 低碳钢板横焊单面焊双面成形断弧焊 .....               | 139 |
| 9.2.4 低碳钢板仰焊单面焊双面成形断弧焊 .....               | 141 |
| 9.3 CO <sub>2</sub> 气体保护焊单面焊双面成形操作技巧 ..... | 144 |
| 9.3.1 CO <sub>2</sub> 气体保护焊横焊单面焊双面成形 ..... | 144 |
| 9.3.2 CO <sub>2</sub> 气体保护焊平焊单面焊双面成形 ..... | 148 |
| 9.3.3 CO <sub>2</sub> 气体保护焊立焊单面焊双面成形 ..... | 150 |
| <b>第 10 章 常用材料的焊接操作技巧</b> .....            | 152 |
| 10.1 不锈钢的焊接操作技巧 .....                      | 152 |
| 10.1.1 马氏体不锈钢的焊接 .....                     | 152 |
| 10.1.2 铁素体不锈钢的焊接 .....                     | 153 |
| 10.1.3 铬镍奥氏体不锈钢的焊接 .....                   | 154 |
| 10.1.4 小直径不锈钢管的焊接 .....                    | 156 |
| 10.1.5 焊条电弧焊焊接奥氏体不锈钢 .....                 | 160 |
| 10.1.6 不锈钢管道内充氩的焊接 .....                   | 164 |
| 10.2 铜及铜合金的焊接操作技巧 .....                    | 165 |
| 10.2.1 铜及铜合金的焊接特点 .....                    | 165 |
| 10.2.2 焊接方法的选择 .....                       | 166 |
| 10.2.3 焊接材料的选择 .....                       | 167 |



|        |                        |     |
|--------|------------------------|-----|
| 10.2.4 | 采用焊条电弧焊补焊大型铸铜件 .....   | 167 |
| 10.2.5 | 氧乙炔焊焊接薄纯铜板 .....       | 169 |
| 10.3   | 铝及铝合金的焊接操作技巧 .....     | 170 |
| 10.3.1 | 铝及铝合金的焊接特点 .....       | 170 |
| 10.3.2 | 常用铝及铝合金的焊接 .....       | 171 |
| 10.3.3 | 焊接材料的选择 .....          | 172 |
| 10.3.4 | 铝及铝合金的焊前准备及焊后处理 .....  | 173 |
| 第 11 章 | 复合钢板的焊接操作技巧 .....      | 175 |
| 11.1   | 复合钢板平焊操作技巧 .....       | 175 |
| 11.1.1 | 基层的焊接 .....            | 175 |
| 11.1.2 | 填充层的焊接 .....           | 178 |
| 11.1.3 | 过渡层的焊接 .....           | 179 |
| 11.1.4 | 覆层的焊接 .....            | 180 |
| 11.2   | 复合钢板立焊操作技巧 .....       | 181 |
| 11.2.1 | 基层的焊接 .....            | 181 |
| 11.2.2 | 填充层的焊接 .....           | 181 |
| 11.2.3 | 过渡层的焊接 .....           | 183 |
| 11.2.4 | 覆层的焊接 .....            | 184 |
| 11.3   | 复合钢板横焊操作技巧 .....       | 184 |
| 11.3.1 | 基层的焊接 .....            | 184 |
| 11.3.2 | 填充层的焊接 .....           | 185 |
| 11.3.3 | 过渡层的焊接 .....           | 187 |
| 11.3.4 | 覆层的焊接 .....            | 187 |
| 11.4   | 复合钢板仰焊操作技巧 .....       | 188 |
| 11.4.1 | 基层的焊接 .....            | 188 |
| 11.4.2 | 填充层的焊接 .....           | 189 |
| 11.4.3 | 过渡层的焊接 .....           | 189 |
| 11.4.4 | 覆层的焊接 .....            | 190 |
| 第 12 章 | 铸钢件焊接（补焊）操作技巧 .....    | 191 |
| 12.1   | 铸钢件焊接（补焊）存在的主要问题 ..... | 191 |
| 12.2   | 铸钢件严重疏松性缺欠修复 .....     | 195 |
| 12.2.1 | 缺欠清除 .....             | 195 |
| 12.2.2 | 坡口要求及处理 .....          | 196 |

|   |            |
|---|------------|
| 12.2.3 补焊修复操作要点 .....                       | 197        |
| 12.3 铸钢件大(深)坡口补焊操作 .....                    | 198        |
| 12.3.1 存在的主要问题 .....                        | 198        |
| 12.3.2 缺欠原因分析 .....                         | 198        |
| 12.3.3 补焊操作技术及要求 .....                      | 200        |
| 12.4 铸钢件焊接(补焊)操作注意事项 .....                  | 203        |
| 12.5 铸钢件补焊操作实例 .....                        | 209        |
| 12.5.1 多路阀壳体的补焊 .....                       | 209        |
| 12.5.2 大型减速机箱的补焊 .....                      | 210        |
| 12.5.3 空气锤身裂纹 CO <sub>2</sub> 气体保护焊修复 ..... | 212        |
| 12.5.4 齿轮断齿的补焊 .....                        | 213        |
| 12.5.5 东风 153 载重汽车康明斯发动机缸体裂纹的补焊 .....       | 214        |
| 12.5.6 大型电动机整体不拆卸的焊接方法 .....                | 215        |
| <b>第 13 章 焊机的维护及故障排除 .....</b>              | <b>218</b> |
| 13.1 焊条电弧焊机 .....                           | 218        |
| 13.1.1 焊条电弧焊机的维护 .....                      | 218        |
| 13.1.2 焊条电弧焊机常见故障的排除 .....                  | 218        |
| 13.2 钨极氩弧焊机 .....                           | 220        |
| 13.2.1 钨极氩弧焊机的维护 .....                      | 220        |
| 13.2.2 钨极氩弧焊机常见故障的排除 .....                  | 220        |
| 13.3 CO <sub>2</sub> 气体保护焊机 .....           | 221        |
| 13.3.1 CO <sub>2</sub> 气体保护焊机的维护 .....      | 221        |
| 13.3.2 CO <sub>2</sub> 气体保护焊机常见故障的排除 .....  | 222        |
| <b>参考文献 .....</b>                           | <b>226</b> |

# 第 1 章 管管与管板焊条 电弧焊操作技巧

## 1.1 水平固定管焊接操作技巧

焊接示例：

管道直径为 219mm，壁厚为 10~12mm，两口组对成角 60°，坡口钝边为 0~1mm，两口组对间隙为 3~4mm，组对前将坡口两侧 20mm 内的油、锈等污物打磨干净。定位点为 4 处，如采用仰焊部位引弧，从两侧向顶部焊接，定位点应放于管道两侧及管道顶部的平焊中心部位，如图 1-1 所示。定位焊缝长度为 30~40mm，均采用单面焊双面成形焊接，定位焊缝完成后将两侧磨成坡状。



图 1-1 水平固定管焊接

### 1.1.1 打底层的焊接

#### 1. 打底层焊接电流的调节及起点位置的选择

打底层焊接选焊条 J422 (E4303)、焊条直径为 2.5mm 或 3.2mm，电流调节范围为 75~95A，以电弧引燃后对熔渣能有一定的推动力为宜。

对于管道水平固定口，如从仰焊底部引弧向顶部焊接，先一侧引弧点应超过中心线 20~30mm，并根据工件可操作的具体情况，确定好仰焊部位操作的位置。

#### 2. 电弧向坡口根部进弧的位置

1) 电弧引燃后，先贴向坡口根部一侧，如图 1-2 中的 A 侧，用长弧预热，当预热点稍见熔融状，快速做电弧推进动作，稍做稳弧

停留后迅速熄弧，形成 A 侧一点熔池。当熄弧点熔池由亮红色缩成暗色时，再迅速将电弧推进到 A 点的另一侧（B 侧），用同样的方法使金属的熔滴过渡，并同 A 侧熔滴相熔，形成基点熔池。然后迅速熄弧，当 B 点熔池由亮红色缩成暗红时，再将电弧移向 A 侧，依次循环。

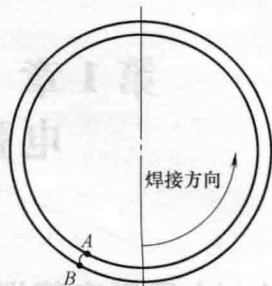


图 1-2 循环焊接

2) 在左右两点循环焊接时，可采用熄弧焊接，也可使用连弧焊接，如一点熔滴过渡熔池后，仰焊部位熔池有明显下沉趋势，应迅速熄弧。如果熔滴过渡熔池后，熔池没有外扩状，可做连续横向地带弧动作。即电弧在一侧稍加稳弧之后，紧贴基点熔池迅速带弧向坡口另一侧运动，并根据熔池温度地变化挑弧上提。上提时熔池与坡口间隙相熔处的熔池外扩应有咬合 1~2mm 的豁状缺口，如图 1-3 所示。电弧上提后再根据熔池温度变化将电弧回落至抬起点。



图 1-3 豁状缺口

3) 电弧依次循环向坡口根部进弧时，仰焊部位焊条未燃端点应平于或稍低于管道内径平面，并根据熔池温度，掌握好电弧推过坡口间隙后稳弧的时间。如果稍加延长稳弧的时间，熔池迅速出现外扩状和下沉状，坡口两侧根部出现沟状成形。这时应适当缩短稳弧的时间，并使电弧贴向坡口根部一侧。仰焊部位的熔池外扩稍见液态后，熔渣呈迅速反出状，即可做电弧抬起与熄弧动作。

4) 仰焊爬坡部位时，电弧进入坡口根部，应适当留出坡口两侧钝边部，焊条未熔端外移 1~2mm 再进行熔滴过渡堆敷金属，使坡口钝边处内径淹没。再做电弧推过或停留于坡口两侧的动作，从而掌握仰焊爬坡部位电弧进入的最佳位置。

5) 立焊段电弧在坡口深度进弧时，因稳弧后熔池易形成向坡口内径的液流外扩，电弧进入应根据落弧后焊条未燃端同坡口内径边

部的比较而掌握。如外移坡口钝边线 2mm，然后通过稍做稳弧的推动，使熔池穿过坡口间隙。立焊段爬坡及平焊部位进弧位置处，预留坡口应稍厚于普通立焊段，进弧后电弧应紧贴坡口一侧钝边处。

### 3. 管道各位置焊接时焊条角度与走弧运条的变化

(1) 管道顶层焊接走弧运条 应根据熔池外扩的多少和管径内外成形的凹凸状而变化，仰焊部位进弧后，坡口两侧成形过薄、中间熔池成形过厚，是因为电弧在坡口两侧停留的时间过短，或中间横向带弧过慢或采用坡口两侧熄弧焊接时电弧向坡口中间部位带弧过多的原因造成的。在观察熔池的变化时，如发现熔池中间堆敷成形过厚，应迅速停止横向带弧的动作，并控制左右两侧坡口边部循环移动电弧时向坡口间隙中间部位推弧的宽度。稳弧时，在坡口一侧（A侧）落弧后紧贴坡口钝边部稍加稳弧，使熔敷金属的外扩宽度，在坡口间隙的 1/2 以下，然后迅速熄弧。当熄弧处熔池由亮红色缩成点暗红色时，再迅速落弧于坡口的另一侧（B侧）稍做稳弧，带弧于坡口间隙的中间部位，稍做横向摆动后再迅速抬起。电弧贴向坡口的根部稳弧的时间应稍加延长，坡口间隙带弧停留的时间应稍加缩短。

(2) 管道立焊段焊接 因焊条的直径较小，中间熔池温度较高，可在一侧稳弧后，迅速连弧至坡口另一侧，并稍做稳弧后迅速抬起。当熔池温度稍有缓解再迅速落弧，按同样的方法形成新的熔池。立焊段熔池形成，如熔池向内径外扩面较大，坡口外侧堆敷成形较厚，应缩短电弧坡口两侧稳弧的时间，并将连弧焊接改为熄弧焊接。

(3) 管道顶部平焊段焊接 应保证足够（如 3~3.5mm）的焊接间隙，如果间隙过小、熔滴过渡掌握不当、熔池温度过高时，则电弧击穿坡口间隙后，易形成熔池面积过大、过流、气孔、焊缝两侧熔合不良等缺欠。如果熔池温度过低，也易形成内径塌腰、焊缝两侧熔合不良、夹渣、气孔等缺欠。

(4) 平焊段 合适焊接间隙的进弧，应使坡口两侧熄弧焊接时一次熔滴过渡量不能过多，过渡时电弧贴向坡口一侧根部稍加进弧后应迅速抬起，当熔池颜色由亮红色缩成暗红色时，再将电弧推向坡口的另一侧，电弧移动时焊条下端部应以超短弧推向坡口内部边

缘，稍做熔合后迅速抬起，依次循环。

### 4. 打底层焊接熔池厚度的掌握

1) 仰焊部位一次稳弧的时间不能过长，电弧以进入坡口一侧根部，稍做稳弧后瞬间抬起并熄灭，使稳弧点熔池外扩，不能使液态熔池下塌。

2) 仰焊部位熔池形成过厚时，液态金属凝结速度较慢，易产生熔池内径的下塌。焊槽内坡口两侧沟状成形过深，熔池中心成形易出现过凸现象。观察熔池成形，如果出现坡口两侧根部焊渣不移动、中间液态金属呈突状下沉的现象，则应停止焊接，并采用较大的焊接电流将焊条与焊缝平行吹掉下沉点，或使用砂轮打磨后重新焊接。

3) 立焊段焊缝内径较厚时，应在电弧向坡口根部进弧处留出一定的坡口尖端部位（一般为2mm）。落弧后观察管道内径一侧的熔池外扩情况，发现平于或稍凸于坡口两侧的内径平面后，迅速抬起电弧或熄灭电弧，使熔池温度得以控制。

4) 立焊段熔池外侧堆敷成形过厚或坡口两侧沟状成形过深时，应掌握好电弧在坡口两侧稳弧的时间，快速横向带弧，并在坡口两侧分别打弧时，一侧落弧后稳弧溶池的范围不能过大。

### 5. 收弧与引弧

一根焊条燃尽后，电弧应贴向坡口一侧稍做稳弧停留，并将短弧下压稍加回带后再使其熄灭，防止焊条收弧处缩孔的发生。

(1) 引弧 从熄弧点上方10mm处的坡口一侧引燃电弧，并用长弧进入接头点做预热吹扫，使接头位置出现汗状，熔渣有流动感，再迅速压低电弧进行正常焊接。

(2) 另一侧的焊接 一侧焊接完成后，对另一侧仰焊引弧处应用砂轮打磨或采用较大焊接电流进行吹扫，使起点处焊肉为坡状成形。另一侧电弧起点应放到仰焊部位坡状焊缝的最低点，引弧后先拔高电弧进行预热，使接头点出现熔融状后，再压低电弧做连续吹扫动作，使熔池温度逐渐增高。当电弧行至坡口间隙后，再将电弧迅速上推并穿过坡口间隙，使焊条端部燃烧点稍凹于坡口内径平面。此后迅速做横向带弧动作，使引弧处的坡口两侧钝边处出现1mm左右的豁状咬合点，再迅速熄弧。当熔池由亮红色转为暗红时，将电

弧移入坡口根部进行正常焊接。

(3) 管道顶点平焊 在此位置收弧处,应采用砂轮将另一侧收弧焊肉磨成坡状,当焊缝接近收弧处时,尽量缩短收弧的时间。接近收尾时,应采用连弧快速焊接将熔滴推过焊缝间隙,再逐渐稳弧上提,将收弧熔坑填满后继续压过另一侧焊缝5~10mm后使其熄灭。

### 1.1.2 填充层的焊接

#### 1. 填充层熔池温度对被焊金属表层的熔化

1) 打底层焊接完成后,除净焊渣,如果有过深的焊渣点要用砂轮打磨。填充层焊接选择焊条直径为3.2mm,焊接电流调节范围为105~115A。二遍层次焊接焊槽的深度为4mm左右。

2) 填充层焊接应过仰焊中心点20~30mm处引弧,引弧后先使电弧拔长对起点稍做预热再压低电弧形成较薄熔池,然后由薄至厚逐渐接近坡口平度。

3) 进行填充层焊接熔池对头遍焊层的熔化时,应根据头遍层次焊缝的平度、熔池熔化的深度、熔池的颜色,进行合适的焊接电流调节及稳弧运条。如果引弧后,熔池外扩迅速增大并难以控制,熔池同母材熔合痕迹过深,熔池颜色过亮,呈下塌趋势,说明焊接电流过大,熔池温度过高。如果引弧后,熔池外扩稳弧时间过长,熔滴过渡对底层焊缝没有熔化痕迹,熔渣浮动过慢,说明焊接电流过小。合适的焊接电流应以引弧后熔池能迅速形成、熔渣浮动灵活、电弧吹扫能使两层焊缝熔合点稍见咬合痕迹、熔池外扩成形能得以控制为宜。

① 合适焊接电流的熔池形成也会因焊槽深度、宽度的不同,产生不同的温度变化,如电弧在A(见图1-4)侧稳弧形成熔池之后,迅速带弧至B侧边部,并以同样的方法稳弧再做横向带弧于A侧,因焊槽较深,连续走弧使熔池温度逐渐增高,熔池熔化痕迹过深,熔池外扩成形难以控制。

② 做合适焊接电流的走弧运条时,应根据焊槽的深浅而变化。焊槽较深,电弧吹向一侧后继续回带,使熔池温度迅速增高,电弧可在B侧稳弧后迅速抬起。做抬起高度时,也可以根据落弧后溶池

外扩状，稍做抬起或高一些抬起。低一些电弧抬起时，可先成较薄熔池，再采用三角形运条方法使熔池逐渐增厚。操作时先压低电弧打至焊槽根部  $C$  点（见图 1-5），再带弧至坡口外侧  $A$ 、 $B$  两点并稍做稳弧，使焊槽根部  $C$  点熔池温度得以缓解。

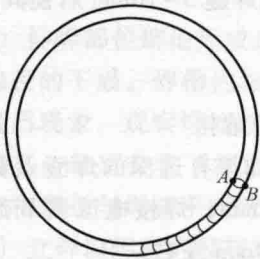


图 1-4 稳弧后迅速抬起

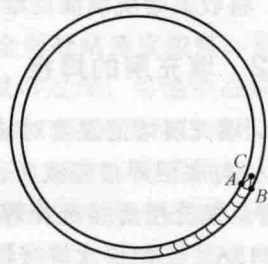


图 1-5 压低电弧

4) 填充层焊接熔池的厚度形成，仰焊、立焊和平焊爬坡段也应采用三角形运条方法，即  $C$  点在前先形成较薄熔池，再逐渐加厚，使熔池前方  $C$  点与已成形的  $A$ 、 $B$  两点距离拉大。

5) 熔池  $A$ 、 $B$  两侧的厚度成形，应低于母材平面 1mm 左右。在电弧稍稍停留时，金属液向坡口边部淹没，在金属液稍低于坡口两侧边线时观察，观察封底表层中间熔池成形平整度。如果熔池温度过高，金属液外扩成凸状成形，应适当延长  $A$ 、 $B$  两侧稳弧的时间，并采用中间快速带弧。在  $A$ 、 $B$  两侧稳弧时，使熔池向  $A$ 、 $B$  两侧中心形成外扩，此时不做横向走弧。即电弧在  $A$  点稳弧后，迅速带弧至内侧  $C$  点，形成内侧  $C$  点较高熔池，再迅速带弧至坡口外  $B$  侧，使熔池逐渐加厚，使熔渣产生外溢，然后再迅速带弧动作至内侧  $C$  点，稍做稳弧后将电弧贴向  $CA$  一侧坡口边部。按同样的方法形成熔池，并使电弧在  $A$  点稳弧时，向  $B$  点一侧稍做横向推弧，使  $A$ 、 $B$  两侧金属液相连。

6)  $C$  点在前形成熔池后，再向后带弧至熔池的  $A$ 、 $B$  两点，如熔池温度较高，可将再次抬起后的电弧回落于  $C$  点熔池的上方，按同样的方法形成新的熔池。立焊段应使  $C$  点稳弧熔池形成稍高于  $A$ 、 $B$  熔池，并在  $A$ 、 $B$  两点形成时，采用连弧、挑弧、熄弧等多种方



法，将电弧打进里角  $C$  点。爬坡平焊段熔池形成时，应在  $C$  点形成较薄熔池后，连弧回带至  $A$ 、 $B$  点，并采用  $90^\circ$  或稍大于  $90^\circ$  的顶弧焊接角度。

## 2. 填充层焊接熔渣的浮出

填充层焊接熔池形成后，会出现各种熔渣浮出的状态。

1) 如果熔渣在熔池之中漂浮缓慢，药皮熔渣浮在电弧的周围，使熔池形成后，熔渣与电弧间不能出现一条清晰的金属液裸露线（见图 1-6），使操作者对熔池的变化难以观察，此种状态说明焊接电流过小，熔池温度过低。

2) 如果熔池形成后熔渣漂浮迅速，熔池表面大部呈裸露状，金属液呈棱形滑动状，说明焊接电流过大，熔池温度过高。

3) 控制熔渣在熔池中的浮出，可在熔池形成后电弧稍加停留，利用电弧的推力，使熔渣漂浮于熔池上部，熔渣可见面积要少于熔池总面积的  $1/2$ 。电弧从一侧（如  $A$  侧）带弧向  $B$  侧之后稍加停留时，熔渣能从  $A$  侧迅速大量溢出。熔渣在  $A$  侧熔池表面的留有量要能覆盖  $A$  侧平面。 $B$  侧稳弧形成熔池的范围，应以  $B$  侧电弧周围能有一条闪光金属液线的观察线为宜（见图 1-6 和图 1-7）。平焊爬坡段浮渣，如熔渣浮动过慢，应尽量采用连弧焊接，在熔池温度过高时，宜加大焊槽根部  $C$  点与  $A$ 、 $B$  两点的距离，并使电弧回带时，对坡口一侧熔渣稍做推动，促使熔渣逐渐浮出熔池。观察两遍封底焊接熔渣反出状态时，应在电弧吹动中，熔池两侧外扩面没有金属液与药皮熔渣相混的现象，使熔池对焊槽根部坡口两侧的熔化都稍见咬合的痕迹。一根焊条燃尽时，收弧熔池应高于坡口外侧的  $A$ 、 $B$  两点。

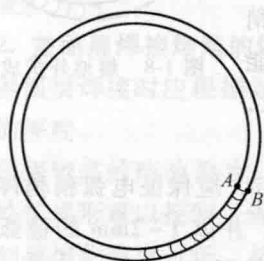


图 1-6 沟状含渣线

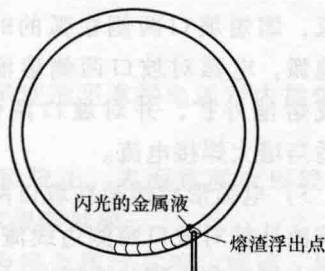


图 1-7 闪光金属液线的观察