



学院图书馆 电焊工技术手册

高忠民 主编

金盾出版社

## 内 容 提 要

本书是一本简明、实用的电焊工技术手册,重点介绍了电焊工基础知识、焊接设备、焊接材料、常用金属的焊接方法、焊接应力和焊接变形、焊接缺陷和焊接质量检查等内容。并对工艺流程、操作要领及注意事项作了简明扼要的介绍。同时还介绍了较多新的成熟的焊接工艺,读者一书在手,可以满足焊接作业的常规需要。

### 图书在版编目(CIP)数据

袖珍电焊工技术手册/高忠民主编. —北京:金盾出版社,2009.8

ISBN 978-7-5082-5813-3

I. 袖… II. 高… III. 电焊—焊接工艺—技术手册  
IV. TG443-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 110380 号

**金盾出版社出版、总发行**

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

正文印刷:北京外文印刷厂

装订:北京东杨庄装订厂

各地新华书店经销

开本:880×1230 1/64 印张:10.375 字数:398 千字

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~11 000 册 定价:25.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、  
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

# 前 言

焊接技术是机械制造行业、建筑行业及其他行业的关键技术之一。大多数工业产品、建筑产品及能源、石油、化工、航空、航天、船舶、海洋工程和各种压力容器、管道等无不依靠焊接技术来完成。在焊接生产中,电焊是最主要的焊接技术。随着新技术、新工艺、新设备和新材料的迅猛发展,对电焊技术的要求越来越高。为使读者了解和掌握现代先进的电焊技术,特编写《袖珍电焊工技术手册》。

本手册简明实用、信息量大、便于携带、方便查找,且配有各种插图和表格,力求通俗易懂、一目了然。其内容主要介绍了电焊工基础知识、焊接设备、焊接材料、常用金属的焊接方法、焊接应力和焊接变形、焊接缺陷和焊接质量检查,并对工艺流程、操作要领及注意事项作了简明扼要的介绍。书中除介绍常规的电焊焊接方法之外,还介绍了较多新的、成熟的焊接工艺,读者一书在手,可以满足电焊作业的常规需要。

本手册依据国家最新的焊接标准编写,符合国家劳动和社会保障部颁发的《国家职业标准—焊工》和国家经贸委《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》的规定和要求,能够指导和帮助读者通过初级、中级焊工的职业技能鉴定。

本手册由高忠民主编,参加编写的还有曹文达、鲍凤英、刘景秀、尹国元、黄瑞先、孙俊英、徐第、刘国民等。由于编者水平有限,书中难免存在不足和错误,敬请读者批评指正。

作 者

# 目 录

|       |                 |    |
|-------|-----------------|----|
| 1     | 基础知识 .....      | 1  |
| 1.1   | 焊接术语及焊接识图 ..... | 1  |
| 1.1.1 | 焊接术语 .....      | 1  |
| 1.1.2 | 焊接图介绍 .....     | 6  |
| 1.1.3 | 焊缝的规定画法 .....   | 7  |
| 1.1.4 | 焊缝符号 .....      | 9  |
| 1.1.5 | 焊缝的标注 .....     | 17 |
| 1.1.6 | 焊接方法代号 .....    | 19 |
| 1.2   | 金属材料与热处理 .....  | 20 |
| 1.2.1 | 金属材料的理化性能 ..... | 20 |
| 1.2.2 | 金属材料的机械性能 ..... | 22 |
| 1.2.3 | 碳素钢的分类 .....    | 25 |
| 1.2.4 | 碳素结构钢的牌号 .....  | 26 |
| 1.2.5 | 合金钢的分类 .....    | 28 |
| 1.2.6 | 合金结构钢的牌号 .....  | 28 |
| 1.2.7 | 不锈钢的分类 .....    | 29 |
| 1.2.8 | 不锈钢的牌号 .....    | 31 |

|            |                         |           |
|------------|-------------------------|-----------|
| 1.2.9      | 专用钢 .....               | 32        |
| 1.2.10     | 钢的焊接性 .....             | 33        |
| 1.2.11     | 有色金属材料介绍 .....          | 36        |
| 1.2.12     | 钢的热处理基本知识 .....         | 41        |
| <b>1.3</b> | <b>焊接工艺基本知识 .....</b>   | <b>43</b> |
| 1.3.1      | 焊接接头 .....              | 43        |
| 1.3.2      | 焊接坡口的形式 .....           | 44        |
| 1.3.3      | 焊接位置 .....              | 45        |
| 1.3.4      | 焊缝形式 .....              | 47        |
| 1.3.5      | 焊接坡口、焊接接头、焊缝形式的选择 ..... | 48        |
| 1.3.6      | 焊接工艺参数 .....            | 54        |
| <b>1.4</b> | <b>焊接电弧 .....</b>       | <b>55</b> |
| 1.4.1      | 电弧的引燃 .....             | 55        |
| 1.4.2      | 电弧的结构、温度和热量的分布 .....    | 55        |
| 1.4.3      | 焊接电弧的静特性 .....          | 57        |
| 1.4.4      | 对电弧焊电源的基本要求 .....       | 59        |
| 1.4.5      | 电弧偏吹的原因及克服方法 .....      | 63        |
| <b>2</b>   | <b>焊条电弧焊 .....</b>      | <b>67</b> |
| <b>2.1</b> | <b>焊条电弧焊设备 .....</b>    | <b>67</b> |
| 2.1.1      | 焊条电弧焊机 .....            | 67        |
| 2.1.2      | 交流弧焊机 .....             | 71        |
| 2.1.3      | 交流弧焊机的使用和维护 .....       | 73        |

|            |                            |            |
|------------|----------------------------|------------|
| 2.1.4      | 整流弧焊机 .....                | 76         |
| 2.1.5      | 整流弧焊机的使用和维护 .....          | 81         |
| 2.1.6      | 电焊钳和焊接电缆 .....             | 84         |
| <b>2.2</b> | <b>焊条电弧焊的特点和冶金特性 .....</b> | <b>88</b>  |
| 2.2.1      | 焊条电弧焊的特点 .....             | 88         |
| 2.2.2      | 焊条电弧焊的冶金特性 .....           | 88         |
| <b>2.3</b> | <b>电焊条 .....</b>           | <b>92</b>  |
| 2.3.1      | 电焊条的分类 .....               | 92         |
| 2.3.2      | 电焊条的型号 .....               | 96         |
| 2.3.3      | 电焊条的选用原则 .....             | 112        |
| 2.3.4      | 电焊条的保管、使用 .....            | 114        |
| <b>2.4</b> | <b>焊条电弧焊的基本操作技术 .....</b>  | <b>117</b> |
| 2.4.1      | 引弧 .....                   | 117        |
| 2.4.2      | 运条 .....                   | 119        |
| 2.4.3      | 各种长度焊缝的操作方法 .....          | 121        |
| 2.4.4      | 收弧 .....                   | 123        |
| 2.4.5      | 平焊焊接技术 .....               | 125        |
| 2.4.6      | 立焊焊接技术 .....               | 129        |
| 2.4.7      | 横焊焊接技术 .....               | 135        |
| 2.4.8      | 仰焊焊接技术 .....               | 138        |
| <b>2.5</b> | <b>焊条电弧焊焊接规范 .....</b>     | <b>141</b> |
| 2.5.1      | 焊条直径的选择 .....              | 141        |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 2.5.2      | 电源种类和极性的选择 .....          | 141        |
| 2.5.3      | 焊接电流的选择 .....             | 142        |
| 2.5.4      | 电弧电压 .....                | 143        |
| 2.5.5      | 焊接层数 .....                | 144        |
| 2.5.6      | 焊接速度 .....                | 144        |
| <b>2.6</b> | <b>常用金属材料的焊条电弧焊 .....</b> | <b>145</b> |
| 2.6.1      | 碳素钢的焊条电弧焊 .....           | 145        |
| 2.6.2      | 低合金结构钢的焊条电弧焊 .....        | 151        |
| 2.6.3      | 不锈钢的焊条电弧焊 .....           | 157        |
| 2.6.4      | 耐热钢的焊条电弧焊 .....           | 169        |
| 2.6.5      | 低温钢的焊条电弧焊 .....           | 177        |
| 2.6.6      | 铸铁的焊条电弧焊 .....            | 180        |
| 2.6.7      | 铸件的焊补技术 .....             | 189        |
| 2.6.8      | 有色金属的焊条电弧焊 .....          | 198        |
| <b>2.7</b> | <b>焊条电弧焊工艺实例 .....</b>    | <b>214</b> |
| 2.7.1      | 焊前的准备工作 .....             | 214        |
| 2.7.2      | 不同位置焊件组对及定位焊 .....        | 217        |
| 2.7.3      | 薄板焊接技术 .....              | 219        |
| 2.7.4      | 低碳钢板对接平焊的单面焊双面成型 ...      | 221        |
| 2.7.5      | 低碳钢板对接立焊的单面焊双面成型 ...      | 224        |
| 2.7.6      | 低碳钢板对接横焊的单面焊双面成型 ...      | 228        |
| 2.7.7      | 小直径管对接单面焊双面成型 .....       | 233        |
| 2.7.8      | 低碳钢水平转动管的焊接 .....         | 239        |

|        |                               |     |
|--------|-------------------------------|-----|
| 2.7.9  | 对接管水平固定焊 .....                | 241 |
| 2.7.10 | 对接管垂直固定焊 .....                | 250 |
| 2.7.11 | 梁的焊接工艺 .....                  | 254 |
| 2.7.12 | 柱的焊接工艺 .....                  | 256 |
| 2.7.13 | 桁架的焊接工艺 .....                 | 258 |
| 3      | 碳弧气刨 .....                    | 259 |
| 3.1    | 碳弧 .....                      | 259 |
| 3.1.1  | 碳弧气刨的用途 .....                 | 259 |
| 3.1.2  | 碳弧气刨用电源及空压机 .....             | 260 |
| 3.1.3  | 碳弧气刨枪和碳棒 .....                | 261 |
| 3.2    | 碳弧气刨工艺 .....                  | 264 |
| 3.2.1  | 碳弧气刨工艺参数 .....                | 264 |
| 3.2.2  | 碳弧气刨操作技术 .....                | 268 |
| 3.2.3  | 碳弧气刨常见缺陷及其预防措施 .....          | 271 |
| 3.2.4  | 薄板和常用金属材料的碳弧气刨 .....          | 273 |
| 4      | 气体保护电弧焊 .....                 | 276 |
| 4.1    | 二氧化碳气体保护焊 .....               | 276 |
| 4.1.1  | 二氧化碳气体保护焊的特点和应用 .....         | 276 |
| 4.1.2  | 二氧化碳气体保护焊焊接设备 .....           | 277 |
| 4.1.3  | 二氧化碳气体保护焊的焊接规范 .....          | 281 |
| 4.1.4  | 二氧化碳气体保护焊焊丝的化学成分和<br>用途 ..... | 286 |

|            |                                |            |
|------------|--------------------------------|------------|
| 4.1.5      | 二氧化碳气体保护焊的操作技术 .....           | 289        |
| 4.1.6      | 药芯焊丝二氧化碳气体保护焊 .....            | 294        |
| <b>4.2</b> | <b>钨极惰性气体保护焊(TIG 焊) .....</b>  | <b>298</b> |
| 4.2.1      | 钨极氩弧焊的特点和应用 .....              | 298        |
| 4.2.2      | 钨极氩弧焊焊接设备 .....                | 299        |
| 4.2.3      | 钨极氩弧焊坡口的选择 .....               | 309        |
| 4.2.4      | 手工钨极氩弧焊工艺参数 .....              | 315        |
| 4.2.5      | 手工钨极氩弧焊操作技术 .....              | 318        |
| 4.2.6      | 手工钨极氩弧焊工艺实例 .....              | 322        |
| <b>4.3</b> | <b>熔化极惰性气体保护焊(MIG 焊) .....</b> | <b>331</b> |
| 4.3.1      | 熔化极惰性气体保护焊保护的特点及<br>分类 .....   | 331        |
| 4.3.2      | 熔化极惰性气体保护焊设备 .....             | 336        |
| 4.3.3      | 不锈钢的熔化极惰性气体保护焊 .....           | 343        |
| 4.3.4      | 铝及铝合金的熔化极惰性气体保护焊 ...           | 347        |
| 4.3.5      | 铜及铜合金的熔化极惰性气体保护焊 ...           | 354        |
| 4.3.6      | 钛及钛合金的熔化极惰性气体保护焊 ...           | 357        |
| <b>5</b>   | <b>埋弧焊 .....</b>               | <b>359</b> |
| <b>5.1</b> | <b>埋弧焊的工作原理、特点和应用 .....</b>    | <b>359</b> |
| 5.1.1      | 埋弧焊的工作原理及其特点 .....             | 359        |
| 5.1.2      | 埋弧焊的应用范围 .....                 | 360        |
| <b>5.2</b> | <b>埋弧焊设备 .....</b>             | <b>360</b> |

|            |                              |            |
|------------|------------------------------|------------|
| 5.2.1      | 埋弧焊电源 .....                  | 360        |
| 5.2.2      | 埋弧焊机 .....                   | 362        |
| 5.2.3      | 埋弧焊机辅助设备 .....               | 364        |
| 5.2.4      | 埋弧焊机的使用、维护和常见故障的<br>排除 ..... | 369        |
| <b>5.3</b> | <b>埋弧焊的焊接材料 .....</b>        | <b>373</b> |
| 5.3.1      | 焊丝 .....                     | 373        |
| 5.3.2      | 焊剂 .....                     | 373        |
| 5.3.3      | 常用焊丝和焊剂的匹配 .....             | 376        |
| 5.3.4      | 焊剂的烘干 .....                  | 378        |
| <b>5.4</b> | <b>埋弧焊焊接工艺 .....</b>         | <b>378</b> |
| 5.4.1      | 埋弧焊焊接工艺参数 .....              | 378        |
| 5.4.2      | 埋弧焊前的准备工作 .....              | 381        |
| 5.4.3      | 单面焊双面成型埋弧自动焊 .....           | 383        |
| 5.4.4      | 对接焊缝双面机械化埋弧焊 .....           | 392        |
| 5.4.5      | 埋弧焊的主要缺陷及其防止措施 .....         | 395        |
| <b>5.5</b> | <b>常用金属材料的埋弧焊 .....</b>      | <b>397</b> |
| 5.5.1      | 低碳钢的埋弧焊 .....                | 397        |
| 5.5.2      | 低合金高强度钢的埋弧焊 .....            | 399        |
| 5.5.3      | 低合金低温用钢的埋弧焊 .....            | 402        |
| 5.5.4      | 低合金耐热钢的埋弧焊 .....             | 404        |
| 5.5.5      | 奥氏体不锈钢的埋弧焊 .....             | 407        |
| 5.5.6      | 镍和镍合金埋弧焊 .....               | 411        |

|       |                                     |     |
|-------|-------------------------------------|-----|
| 5.5.7 | 铜及铜合金埋弧焊 .....                      | 414 |
| 6     | 等离子弧焊与等离子弧切割 .....                  | 419 |
| 6.1   | 等离子弧 .....                          | 419 |
| 6.1.1 | 等离子弧的形成 .....                       | 419 |
| 6.1.2 | 等离子弧的分类及其特点 .....                   | 420 |
| 6.2   | 等离子弧焊接和等离子弧切割设备 ...                 | 422 |
| 6.2.1 | 等离子弧焊接设备 .....                      | 422 |
| 6.2.2 | 等离子弧切割设备 .....                      | 435 |
| 6.3   | 等离子弧焊接 .....                        | 442 |
| 6.3.1 | 等离子弧焊的原理、特点和应用 .....                | 442 |
| 6.3.2 | 等离子弧焊的接头形式 .....                    | 446 |
| 6.3.3 | 等离子弧焊的工艺 .....                      | 448 |
| 6.3.4 | 常用金属穿透型等离子弧焊工艺参数 ...                | 452 |
| 6.3.5 | 常用金属熔透型等离子弧焊工艺参数 ...                | 456 |
| 6.3.6 | 常用金属微弧等离子弧焊工艺参数 .....               | 459 |
| 6.3.7 | 等离子弧焊工艺实例(以 1mm 厚的不<br>锈钢板为例) ..... | 460 |
| 6.3.8 | 常见的等离子弧焊缺陷及防止措施 .....               | 461 |
| 6.4   | 等离子弧切割 .....                        | 463 |
| 6.4.1 | 等离子弧切割的原理、特点和应用 .....               | 463 |
| 6.4.2 | 等离子弧切割工艺 .....                      | 464 |
| 6.4.3 | 不锈钢的等离子弧切割工艺参数 .....                | 470 |

---

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 6.4.4 | 铝和铝合金的等离子弧切割工艺     |     |
|       | 参数 .....           | 471 |
| 6.4.5 | 铸铁、紫铜和其他材料的等离子弧切割  |     |
|       | 工艺参数 .....         | 472 |
| 6.4.6 | 常见的等离子弧切割质量和切割缺陷   |     |
|       | 及防止措施 .....        | 473 |
| 7     | 电阻焊 .....          | 477 |
| 7.1   | 电阻焊原理及分类 .....     | 477 |
| 7.1.1 | 电阻焊原理 .....        | 477 |
| 7.1.2 | 电阻焊的分类 .....       | 477 |
| 7.2   | 点焊 .....           | 478 |
| 7.2.1 | 点焊过程 .....         | 478 |
| 7.2.2 | 点焊设备 .....         | 481 |
| 7.2.3 | 点焊工艺 .....         | 489 |
| 7.2.4 | 常用金属材料的点焊 .....    | 496 |
| 7.2.5 | 点焊接头缺陷及防止措施 .....  | 501 |
| 7.3   | 缝焊 .....           | 503 |
| 7.3.1 | 缝焊的基本形式和缝焊设备 ..... | 503 |
| 7.3.2 | 缝焊工艺 .....         | 507 |
| 7.3.3 | 常用金属材料的缝焊 .....    | 511 |
| 7.3.4 | 缝焊接头缺陷及防止措施 .....  | 515 |
| 7.4   | 凸焊 .....           | 516 |

---

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 7.4.1      | 凸焊过程 .....                | 516        |
| 7.4.2      | 凸焊设备 .....                | 518        |
| 7.4.3      | 凸焊接头准备 .....              | 520        |
| 7.4.4      | 凸焊焊接工艺参数 .....            | 524        |
| <b>7.5</b> | <b>对焊 .....</b>           | <b>527</b> |
| 7.5.1      | 对焊设备 .....                | 527        |
| 7.5.2      | 电阻对焊 .....                | 530        |
| 7.5.3      | 闪光对焊 .....                | 533        |
| 7.5.4      | 钢的闪光对焊 .....              | 540        |
| 7.5.5      | 有色金属及其合金的闪光对焊 .....       | 541        |
| <b>8</b>   | <b>电渣焊 .....</b>          | <b>543</b> |
| <b>8.1</b> | <b>电渣焊的原理、特点和分类 .....</b> | <b>543</b> |
| 8.1.1      | 电渣焊的原理及特点 .....           | 543        |
| 8.1.2      | 电渣焊的种类 .....              | 544        |
| <b>8.2</b> | <b>电渣焊设备及操作方法 .....</b>   | <b>547</b> |
| 8.2.1      | 电渣焊设备 .....               | 547        |
| 8.2.2      | 电渣焊机的操作 .....             | 548        |
| 8.2.3      | 电渣焊焊接过程控制 .....           | 551        |
| <b>8.3</b> | <b>电渣焊用焊接材料 .....</b>     | <b>553</b> |
| 8.3.1      | 电极材料 .....                | 553        |
| 8.3.2      | 管极涂料 .....                | 554        |
| 8.3.3      | 焊剂 .....                  | 556        |

|             |                       |     |
|-------------|-----------------------|-----|
| <b>8.4</b>  | <b>电渣焊工艺</b>          | 558 |
| 8.4.1       | 多丝电渣焊                 | 558 |
| 8.4.2       | 熔嘴电渣焊                 | 560 |
| 8.4.3       | 电渣焊焊接接头的缺陷及预防措施       | 564 |
| <b>8.5</b>  | <b>常用金属材料的电渣焊</b>     | 567 |
| 8.5.1       | 碳素钢和低合金钢的电渣焊          | 567 |
| 8.5.2       | 铝的电渣焊                 | 575 |
| 8.5.3       | 钛合金的电渣焊               | 576 |
| <b>9</b>    | <b>焊接应力和焊接变形</b>      | 577 |
| <b>9.1</b>  | <b>焊接应力</b>           | 577 |
| 9.1.1       | 焊接应力及其分布              | 577 |
| 9.1.2       | 焊接应力的降低和调整            | 582 |
| 9.1.3       | 消除焊接残余应力的方法           | 587 |
| <b>9.2</b>  | <b>焊接变形</b>           | 590 |
| 9.2.1       | 焊接变形的种类               | 590 |
| 9.2.2       | 防止焊接变形的措施             | 592 |
| 9.2.3       | 焊接变形的矫正               | 597 |
| <b>10</b>   | <b>焊接缺陷和焊接检验</b>      | 603 |
| <b>10.1</b> | <b>焊接缺陷</b>           | 603 |
| 10.1.1      | 焊接缺欠的分类               | 603 |
| 10.1.2      | 焊接缺陷的产生原因、危害和防止<br>措施 | 603 |

---

|             |                   |            |
|-------------|-------------------|------------|
| <b>10.2</b> | <b>焊接检验 .....</b> | <b>620</b> |
| 10.2.1      | 焊接检验的内容 .....     | 620        |
| 10.2.2      | 焊接检验方法 .....      | 622        |
| 10.2.3      | 焊接质量检验 .....      | 634        |