

[ 技工实用手册丛书 ]

主 编 徐越兰  
庞怀信

**焊工** HANGONG

**简明实用手册**

**JIANMING SHIYONG SHOUCHE**

凤凰出版传媒集团  
江苏科学技术出版社

技工实用手册丛书

# 焊工简明实用手册

主 编 徐越兰 庞怀信

凤凰出版传媒集团  
江苏科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

焊工简明实用手册 / 徐越兰主编. —南京: 江苏科学技术出版社, 2008. 2

(技工简明手册丛书)

ISBN 978-7-5345-5776-7

I. 焊… II. 徐… III. 焊接—技术手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 186809 号

## 焊工简明实用手册

---

主 编 徐越兰 庞怀信

责任编辑 孙广能

特约编辑 孙 媛

责任校对 郝慧华

责任监制 曹叶平

---

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京展望文化发展有限公司

印 刷 盐城印刷总厂有限责任公司

---

开 本 850 mm×1168 mm 1/64 印 张 12.375

插 页 4 字 数 500 000

版 次 2008 年 2 月第 1 版 印 次 2008 年 2 月第 1 次印刷

---

标准书号 ISBN 978-7-5345-5776-7

定 价 30.00 元(精)

---

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

# 前 言

近年来随着国家经济的发展,各行各业对焊接技术的需求日益增长。本书编写的目的,帮助焊接技能人员加强专业知识的提高和进行具体专业技术指导。

根据编书的定位,对所编内容力求全面、简明、新颖、实用,尽量体现手册特点。

本书特点:专业涉及面较宽广,包含了焊接三大方法:熔焊、压焊和钎焊。简介了焊接原理、各种焊接方法、常用碳钢和有色金属的焊接等,并力求提供最新相关标准,以方便读者查阅;可满足不同焊接需求人员的知识查询。

由于篇幅有限,未能将所有焊接设备、材料等悉数列出,如有需要可参见书后参考文献,查阅相关资料。

需要说明的是,书中给出的专业图、表应作为开展工作的参考,具体相关设备、材料和工艺参数的确定还应结合工程实际情况或试验最终确定。

手册共分10章,其中1~5章由庞怀信先生主笔;6~12章由徐越兰教授编写,顾玲燕、韩海林、范中军、游焕强、郭松军参与了部分编写工作。

手册编写过程中,参考了大量文献资料,对于书末所列参考文献以及未能悉数提及的文献资料作者,在此一并表示感谢!

限于编者学识水平,所及不足之处,恳请指正。

编 者

2008年1月

## 内 容 简 介

本书介绍了焊接三大方法：熔焊、压焊和钎焊。内容涉及焊接基础知识；焊接材料；焊接设备；各种焊接方法；焊接力学；焊接结构与生产、常用碳钢和有色金属的焊接；焊接检验、焊接的安全和焊接保护。

可以为焊接操作者的操作全过程提供相关技术支持。

# 目 录

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一章 焊接基础 .....            | 1   |
| 第一节 焊接方法的分类 .....         | 1   |
| 一、焊接方法按工艺特点分类 .....       | 1   |
| 二、焊接方法按能量性质分类 .....       | 2   |
| 三、常用焊接方法简介 .....          | 3   |
| 第二节 焊接热源 .....            | 9   |
| 一、焊接电弧 .....              | 9   |
| 二、气焊火焰 .....              | 12  |
| 三、各种焊接热源主要特性比较 .....      | 13  |
| 第三节 焊接冶金及焊接学基础 .....      | 14  |
| 一、焊丝(或焊条)的熔化及熔滴过渡 .....   | 14  |
| 二、电弧焊焊缝形状尺寸与焊缝质量的关系 ..... | 16  |
| 三、焊接热影响区的组织与性能 .....      | 17  |
| 第二章 焊接材料 .....            | 20  |
| 第一节 焊条 .....              | 20  |
| 一、焊条的分类、型号及牌号 .....       | 20  |
| 二、常用焊条牌号、型号、特性和用途 .....   | 36  |
| 三、焊条的选用和管理 .....          | 85  |
| 第二节 焊丝 .....              | 90  |
| 一、实心焊丝 .....              | 90  |
| 二、药芯焊丝 .....              | 106 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第三节 焊剂与气焊熔剂 .....      | 126 |
| 一、焊剂 .....             | 126 |
| 二、埋弧焊焊剂 .....          | 128 |
| 三、气焊熔剂 .....           | 138 |
| 第四节 钎焊用钎料及钎焊熔剂 .....   | 140 |
| 一、钎料 .....             | 140 |
| 二、钎焊熔剂 .....           | 162 |
| 第五节 焊接用保护气体 .....      | 165 |
| 一、焊接用保护气体的性能及用途 .....  | 165 |
| 二、焊接用保护气体的技术要求 .....   | 167 |
| 三、焊接用保护气体的选用 .....     | 167 |
| 四、气焊用气体 .....          | 170 |
| 第六节 电极 .....           | 170 |
| 一、气体保护电弧焊用钨电极 .....    | 170 |
| 二、电阻焊用铜电极 .....        | 173 |
| 三、碳弧气刨用碳电极 .....       | 175 |
| 第三章 熔焊方法及设备 .....      | 178 |
| 第一节 焊条电弧焊(手工电弧焊) ..... | 178 |
| 一、焊接接头形式及焊缝形式 .....    | 178 |
| 二、焊条电弧焊设备 .....        | 185 |
| 三、焊条电弧焊焊接工艺 .....      | 205 |
| 第二节 埋弧(自动)焊 .....      | 213 |
| 一、埋弧焊的特点 .....         | 213 |
| 二、埋弧焊焊丝与焊剂的选配 .....    | 213 |
| 三、埋弧焊设备 .....          | 217 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 四、埋弧焊工艺 .....        | 217 |
| 第三节 气体保护电弧焊 .....    | 234 |
| 一、钨极氩弧焊 .....        | 234 |
| 二、熔化极惰性气体保护电弧焊 ..... | 245 |
| 三、熔化极混合气体保护电弧焊 ..... | 256 |
| 四、二氧化碳气体保护电弧焊 .....  | 263 |
| 第四节 等离子弧焊接与切割 .....  | 275 |
| 一、等离子弧特点及类型 .....    | 275 |
| 二、等离子弧焊接 .....       | 275 |
| 三、等离子弧切割 .....       | 287 |
| 第五节 堆焊 .....         | 292 |
| 一、堆焊材料 .....         | 292 |
| 二、堆焊方法的特点 .....      | 292 |
| 第六节 碳弧气刨与切割 .....    | 327 |
| 第七节 气焊与气割 .....      | 328 |
| 一、气焊与气割设备及器具 .....   | 329 |
| 二、气焊工艺 .....         | 336 |
| 第四章 电阻焊 .....        | 339 |
| 第一节 电阻焊的分类及特点 .....  | 339 |
| 第二节 点焊工艺 .....       | 340 |
| 一、点焊接头设计 .....       | 340 |
| 二、焊前工件清理 .....       | 343 |
| 三、点焊工艺参数 .....       | 343 |
| 四、常用金属材料的点焊 .....    | 343 |
| 第三节 缝焊工艺 .....       | 348 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 一、缝焊接头设计 .....      | 348 |
| 二、焊前工件清理 .....      | 349 |
| 三、缝焊工艺参数 .....      | 350 |
| 四、常用金属材料的缝焊 .....   | 350 |
| 第四节 凸焊工艺 .....      | 354 |
| 一、凸焊基本类型 .....      | 355 |
| 二、凸焊接头设计 .....      | 355 |
| 三、凸点设计 .....        | 355 |
| 四、常用金属材料的凸焊 .....   | 356 |
| 第五节 对焊 .....        | 360 |
| 一、电阻对焊 .....        | 360 |
| 二、闪光对焊 .....        | 361 |
| 第六节 电阻焊设备 .....     | 363 |
| 第五章 钎焊 .....        | 369 |
| 第一节 概述 .....        | 369 |
| 第二节 钎焊接头设计 .....    | 369 |
| 一、钎焊接头搭接长度的计算 ..... | 369 |
| 二、钎焊接头间隙 .....      | 370 |
| 三、钎焊接头工艺性设计 .....   | 371 |
| 第三节 钎焊工艺 .....      | 371 |
| 一、工件的清理与表面准备 .....  | 371 |
| 二、钎焊工艺参数 .....      | 374 |
| 三、钎焊后处理 .....       | 374 |
| 四、钎焊方法 .....        | 375 |
| 第四节 电焊机的型号及分类 ..... | 377 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第六章 焊接力学 .....         | 391 |
| 第一节 焊接应力与变形 .....      | 391 |
| 一、焊接应力与变形产生的原因 .....   | 391 |
| 二、焊接变形的类型及其成因 .....    | 391 |
| 三、焊接变形的调控与矫正方法 .....   | 392 |
| 四、焊接应力的调控与消除方法 .....   | 394 |
| 第二节 焊接接头静载强度计算 .....   | 396 |
| 一、工作焊缝和联系焊缝 .....      | 397 |
| 二、对接焊缝的强度计算 .....      | 398 |
| 三、搭接焊缝的强度计算 .....      | 400 |
| 四、T形(十字)接头的强度计算 .....  | 404 |
| 第三节 焊接接头试验方法 .....     | 405 |
| 一、焊接接头力学性能试验取样方法 ..... | 405 |
| 二、焊接接头冲击试验方法 .....     | 411 |
| 三、焊接接头拉伸试验方法 .....     | 412 |
| 四、焊接接头弯曲及压扁试验方法 .....  | 413 |
| 第七章 常用金属材料的焊接 .....    | 418 |
| 第一节 焊接性及试验方法 .....     | 418 |
| 一、金属材料的焊接性及测试内容 .....  | 418 |
| 二、常用试验方法 .....         | 418 |
| 第二节 碳钢的焊接 .....        | 433 |
| 一、低碳钢的焊接 .....         | 433 |
| 二、中碳钢的焊接 .....         | 441 |
| 三、高碳钢的焊接 .....         | 444 |
| 四、碳钢电阻点焊 .....         | 448 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 五、碳钢和低合金钢的钎焊 .....          | 450 |
| 第三节 低合金高强度结构钢的焊接 .....      | 451 |
| 一、常用低合金高强度结构钢的牌号及基本性能 ..... | 451 |
| 二、常用低合金高强钢的焊接特点 .....       | 451 |
| 三、常用低合金高强钢弧焊焊接工艺 .....      | 452 |
| 四、低合金高强度结构钢的电阻焊 .....       | 456 |
| 五、低合金高强度结构钢的钎焊 .....        | 456 |
| 第四节 不锈钢的焊接 .....            | 456 |
| 一、概述 .....                  | 456 |
| 二、不锈钢的分类、性能及用途 .....        | 456 |
| 三、不锈钢的焊接性 .....             | 457 |
| 四、不锈钢的焊接工艺 .....            | 462 |
| 五、不锈钢复合钢板的焊接工艺 .....        | 483 |
| 六、不锈钢的钎焊 .....              | 487 |
| 七、不锈钢的点焊 .....              | 490 |
| 第五节 低合金耐蚀钢的焊接 .....         | 492 |
| 一、低合金耐蚀钢的分类、牌号及基本性能 .....   | 492 |
| 二、低合金耐蚀钢的焊接特点 .....         | 493 |
| 三、典型低合金耐蚀钢的熔化焊焊接工艺 .....    | 498 |
| 四、低合金耐蚀钢的电阻焊 .....          | 506 |
| 五、低合金耐蚀钢的钎焊 .....           | 506 |
| 第六节 耐热钢的焊接 .....            | 506 |
| 一、珠光体耐热钢 .....              | 506 |
| 二、马氏体耐热钢的焊接 .....           | 515 |
| 三、低合金耐热钢的电阻焊焊接 .....        | 518 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 四、低合金耐热钢的钎焊焊接 .....    | 518 |
| 第七节 低温用钢的焊接 .....      | 519 |
| 一、低温用钢的分类、牌号及性能 .....  | 519 |
| 二、低温用钢的焊接工艺 .....      | 520 |
| 第八节 铸铁的焊补 .....        | 530 |
| 一、铸铁的牌号及性能 .....       | 530 |
| 二、灰口铸铁的焊接 .....        | 532 |
| 三、球墨铸铁的焊接 .....        | 539 |
| 四、铸铁常见缺陷的焊补 .....      | 541 |
| 第九节 铝及其合金的焊接 .....     | 552 |
| 一、铝及铝合金的性能、分类及牌号 ..... | 552 |
| 二、铝及铝合金的焊接性 .....      | 553 |
| 三、焊接方法的选择 .....        | 554 |
| 四、铝及铝合金焊接材料的选用 .....   | 556 |
| 五、焊前准备与焊后清理 .....      | 556 |
| 六、焊接方法与工艺 .....        | 564 |
| 第十节 铜及铜合金的焊接 .....     | 587 |
| 一、铜及铜合金的分类、牌号及性能 ..... | 587 |
| 二、铜及铜合金的焊接性 .....      | 592 |
| 三、焊接材料的选择 .....        | 594 |
| 四、铜及铜合金焊接工艺 .....      | 594 |
| 第十一节 钛及钛合金的焊接 .....    | 624 |
| 一、钛及钛合金的分类、牌号及性能 ..... | 624 |
| 二、钛及其合金的焊接性 .....      | 624 |
| 三、钛及钛合金的焊接材料 .....     | 625 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 四、钛及其合金的焊接工艺 .....   | 625 |
| 第十二节 异种金属的焊接 .....   | 638 |
| 一、珠光体钢与铁素体钢的焊接 ..... | 641 |
| 二、珠光体钢与奥氏体钢的焊接 ..... | 651 |
| 三、铁素体钢与奥氏体钢的焊接 ..... | 651 |
| 四、钢与铜及铜合金的焊接 .....   | 651 |
| 五、钢与铝及铝合金的焊接 .....   | 673 |
| 第八章 焊接结构的生产 .....    | 675 |
| 第一节 焊接结构生产过程简介 ..... | 675 |
| 第二节 焊接结构的工艺性 .....   | 680 |
| 一、合理布置焊缝 .....       | 680 |
| 二、合理的装配焊接顺序 .....    | 682 |
| 第三节 电弧焊技术定额 .....    | 682 |
| 一、焊接材料的消耗定额 .....    | 682 |
| 二、电力消耗的定额 .....      | 687 |
| 三、劳动工时定额 .....       | 689 |
| 第九章 焊接质量检验 .....     | 703 |
| 第一节 焊接缺陷 .....       | 704 |
| 一、金属熔化焊常见焊接缺陷 .....  | 704 |
| 二、电阻焊焊接缺陷 .....      | 710 |
| 三、钎焊接头缺陷 .....       | 719 |
| 第二节 焊接(产品)质量检验 ..... | 721 |
| 一、破坏性检验 .....        | 721 |
| 二、非破坏性检测 .....       | 724 |
| 三、焊接缺陷的返修及焊补 .....   | 751 |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 第三节 焊接缺陷检测标准 .....                        | 753 |
| 一、检测依据 .....                              | 753 |
| 二、我国焊接生产中已经颁布的可作为检验依据的国家、<br>部级通用标准 ..... | 753 |
| 第十章 安全技术 .....                            | 756 |
| 第一节 焊接生产中的危害因素 .....                      | 759 |
| 第二节 电焊与切割安全技术 .....                       | 760 |
| 一、电弧焊和电阻焊安全技术 .....                       | 760 |
| 二、气焊和气割技术 .....                           | 763 |
| 第三节 焊接与切割劳动保护技术 .....                     | 767 |
| 一、弧光的危害及保护 .....                          | 767 |
| 二、烟尘及有害气体产生的原因 .....                      | 769 |
| 三、高频电磁场与射线危害及保护 .....                     | 770 |
| 四、金属飞溅灼伤危害及保护 .....                       | 772 |
| 五、噪声伤害及保护 .....                           | 772 |
| 六、机械伤害及保护 .....                           | 773 |
| 参考文献 .....                                | 774 |

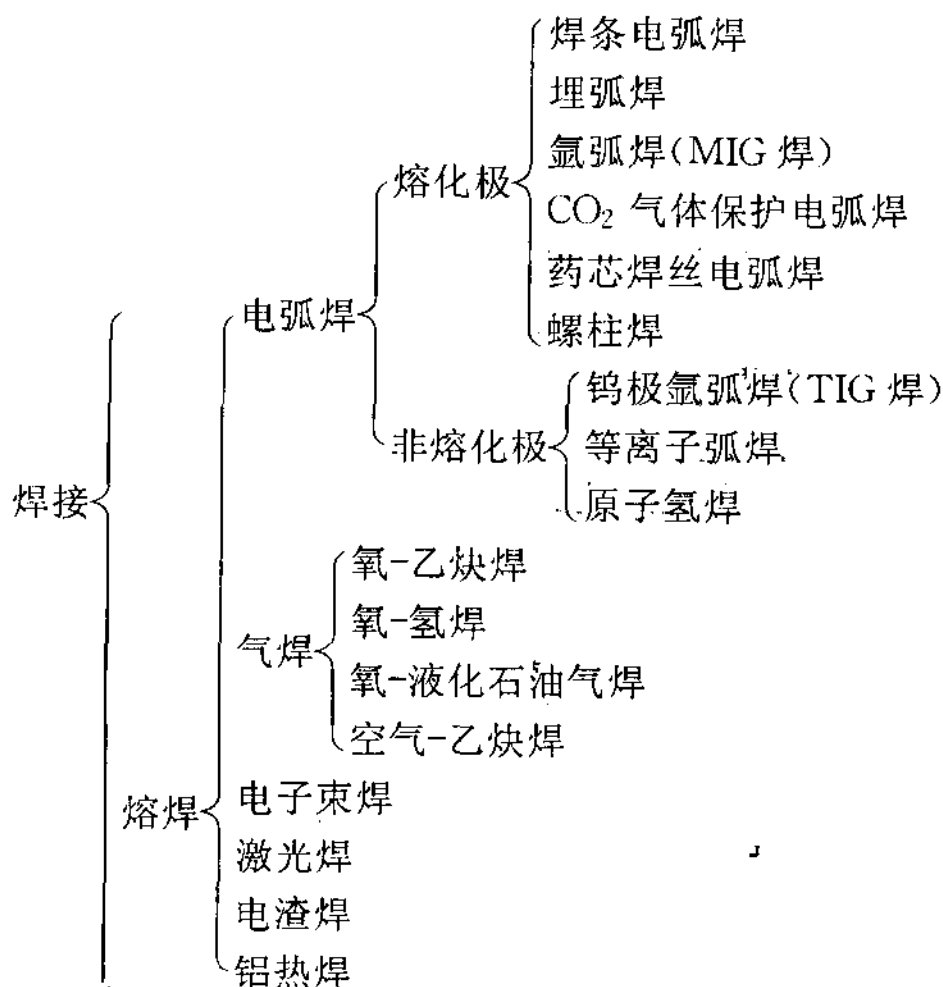
# 第一章 焊 接 基 础

## 第一节 焊接方法的分类

焊接是通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用填充材料,使两种或两种以上的同种或异种材料通过原子之间的结合和扩散连结成一体的加工方法。

### 一、焊接方法按工艺特点分类

金属的焊接,按工艺过程的特点可分为熔焊、压焊和钎焊三大类,详见图 1.1-1。



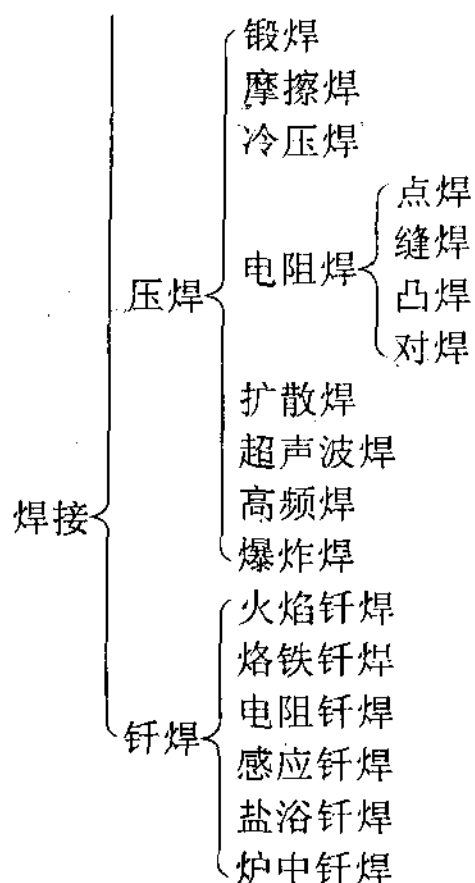


图 1.1-1 焊接方法按工艺特点分类

## 二、焊接方法按能量性质分类

表 1.1-1 为焊接按外加能量的分类方法。

表 1.1-1 焊接方法按能量性质分类

| 类 别 | 能源形式 | 焊 接 方 法                                      |
|-----|------|----------------------------------------------|
| 电 能 | 电弧   | 焊条电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、CO <sub>2</sub> 气体保护电弧焊、等离子弧焊等 |
|     | 电阻   | 电渣焊、点焊、缝焊、凸焊、对焊、高频焊、烙铁钎焊等                    |
|     | 感应   | 感应焊                                          |

(续表)

| 类 别 | 能源形式 | 焊 接 方 法                 |
|-----|------|-------------------------|
| 电 能 | 能束   | 电子束焊                    |
| 机械能 | 摩擦   | 摩擦焊                     |
|     | 热锻   | 锻焊                      |
|     | 冷压   | 冷压焊                     |
|     | 真空热压 | 扩散焊                     |
| 化学能 | 火焰   | 氧-乙炔焰焊、氧-氢焰焊、氧-液化石油气焰焊等 |
|     | 热剂   | 铝热焊                     |
|     | 炸药   | 爆炸焊                     |
| 声 能 | 超声波  | 超声波焊                    |
| 光 能 | 激光   | 激光焊                     |
|     | 太阳光  | 太阳能焊                    |

### 三、常用焊接方法简介

表 1.1-2 简要介绍了金属常用焊接方法的原理、特点及适用范围。