

● 工长上岗指南系列丛书

# 焊工工长上岗指南

## ——不可不知的500个关键细节

本书编写组 编

HANGONGGONGZHANG

SHANGGANGZHINAN

BUKEBUZHIDE500GEGUANJIANXIJE

中国建材工业出版社

工长上岗指南系列丛书

# 焊工工长上岗指南

——不可不知的 500 个关键细节

本书编写组 编



中国建材工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

焊工工长上岗指南:不可不知的 500 个关键细节/  
《焊工工长上岗指南:不可不知的 500 个关键细节》编写  
组编. —北京:中国建材工业出版社,2012.9

(工长上岗指南系列丛书)

ISBN 978-7-5160-0291-9

I. ①焊… II. ①焊… III. ①焊接-指南 IV.  
①TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 217235 号

## 焊工工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节

本书编写组 编

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京紫瑞利印刷有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:17

字 数:393 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版

印 次:2012 年 9 月第 1 次

定 价:39.00 元

---

本社网址:www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。电话:(010)88386906

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书责编联系。邮箱:dayi51@sina.com

## 内 容 提 要

本书以焊接工程最新国家标准规范为依据，结合焊工工长的工作需要进行编写。书中对焊接工程施工操作的关键细节进行了细致的归纳总结，从而给焊工工长上岗工作提供了必要的指导与帮助。全书主要包括焊工基础知识、焊接材料、手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、气焊与气割、其他特殊焊接形式、焊接质量管理、焊接安全管理、焊工职业标准与施工组织设计等。

本书体例新颖、内容丰富，既可供焊工工长使用，也可作为焊接施工操作上岗的培训教材。

# 焊工工长上岗指南

——不可不知的 500 个关键细节

## 编写组

主 编：华克见

副主编：孙世兵 范 迪

编 委：张才华 梁金钊 凌丽娟 张婷婷  
侯双燕 秦大为 贾 宁 袁文倩  
訾珊珊 朱 红 王 亮 张广钱  
王 芳 郑 姗 葛彩霞 马 金  
刘海珍 秦礼光

大力开展岗位职业技能培训,提高广大从业人员的技术水平和职业素养,是实现经济增长方式转变的一项重要工作和实现现代化的迫切要求,是科学技术转化为现实生产力的桥梁和振兴经济的必由之路,也是深化企业改革的重要条件和保持社会稳定的重要因素。当前,鉴于我国建设职工队伍急剧发展,农村剩余劳动力大量向建设系统转移,企业职工素质下降,建设劳动力市场组织与管理不够完善的现状,加之为提高建设系统各行业的劳动者素质与生产服务水平,提高产品质量,增强企业的市场竞争能力,加强建设劳动力市场管理的需要,因而做好建设职业技能岗位培训与鉴定工作具有重要意义。

工长是工程施工企业完成各项施工任务的最基层的技术和组织管理人员。其既是一个现场劳动者,也是一个基层管理者,不仅要做好各项技术和管理工作,在整个施工过程中,还要做好从合同的签订、施工计划的编制、施工预算、材料机具计划、施工准备、技术措施和安全措施的制定、组织施工作业到人力安排、经济核算等一系列工作,保证工程质量和各项经济技术措施的完成。因此,在施工现场,工长起着至关重要的作用。

《工长上岗指南系列丛书》是以建设系统职业岗位技能培训为编写理念,以各专业工长应知应会的基本岗位技能为编写方向,以现行国家和行业标准规范为编写依据,以满足工长实际工作需求为编写目的而进行编写的一套实用性、针对性很强的培训类丛书。本套丛书包括以下分册:

- (1) 钢筋工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
- (2) 管道工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
- (3) 焊工工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
- (4) 架子工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
- (5) 模板工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
- (6) 砌筑工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节

- (7) 水暖工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
  - (8) 混凝土工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
  - (9) 建筑电气工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
  - (10) 通风空调工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
  - (11) 装饰装修工长上岗指南——不可不知的 500 个关键细节
- 与市面上同类书籍相比，本套丛书具有以下特点：

(1) 本套丛书在编写时着重市场调研，注重施工现场工作经验、资料的汇集与整理，具有与工长实际工作相贴合、学以致用编写特点，具有较强的实用性。

(2) 本套丛书在编写时注重国家和行业标准的变化，以国家和行业相关部门颁布的最新标准规范为编写依据，结合新材料、新技术、新设备的发展，以“最新”的视角为丛书加入了新鲜的血液，具有适合当今工业发展的先进性。

(3) 本套丛书在编写时注重以建设行业工长上岗职业资格培训与鉴定应知应会的职业技能为目的，参考各专业技术工人职业资格考试大纲，以职业活动为导向，以职业技能为核心，使丛书的编写适合各专业工长培训、鉴定和就业工作的需要。

(4) 本套丛书在编写手法上采用基础知识和关键细节的编写体例，注重关键细节知识的强化，有助于读者理解、把握学习的重点。

在编写过程中，本套丛书参考或引用了部分单位、专家学者的资料，在此表示衷心的感谢。限于编者水平，丛书中错误与不当之处在所难免，敬请广大读者批评、指正。

编 者

# 目 录

## Contents

### 第一章 焊工基础知识 ..... / 1

#### 第一节 金属的焊接性及焊接原理 ..... / 1

##### 一、金属材料焊接性的概念 ..... / 1

##### 二、金属材料焊接性的评定方法 ..... / 1

##### 三、常用金属材料的焊接性比较 ..... / 2

###### 关键细节 1 奥氏体不锈钢焊接工艺措施 ..... / 5

###### 关键细节 2 铸铁补焊工艺措施 ..... / 5

###### 关键细节 3 铝及铝合金焊接工艺措施 ..... / 5

###### 关键细节 4 铜及铜合金焊接工艺措施 ..... / 6

#### 四、焊接原理 ..... / 6

##### 关键细节 5 焊接的分类 ..... / 6

#### 五、焊接结构的应用及其优缺点 ..... / 7

##### 关键细节 6 常用金属材料的物理性能 ..... / 8

##### 关键细节 7 常用金属材料的力学性能 ..... / 10

#### 第二节 焊接工艺知识 ..... / 11

##### 一、焊接接头形式 ..... / 11

###### 关键细节 8 对接焊缝的选用 ..... / 13

##### 二、焊接接头的组成 ..... / 20

###### 关键细节 9 焊件坡口加工方法的选用 ..... / 20

###### 关键细节 10 影响焊缝形状的焊接参数 ..... / 21

###### 关键细节 11 焊缝的质量检查要求 ..... / 21

###### 关键细节 12 常见的焊缝缺陷 ..... / 22

#### 三、焊接位置 ..... / 22

##### 关键细节 13 板+板的焊接位置 ... / 24

##### 关键细节 14 管+管的焊接位置 ... / 24

##### 关键细节 15 管+板的焊接位置 ... / 24

#### 四、焊缝符号及其标注 ..... / 25

##### 关键细节 16 焊缝基本符号的标注位置 ..... / 27

##### 关键细节 17 焊缝尺寸符号 ..... / 28

##### 关键细节 18 焊缝尺寸标注原则 ... / 29

### 第二章 焊接材料 ..... / 31

#### 第一节 焊条 ..... / 31

##### 一、焊条的组成 ..... / 31

###### 关键细节 1 焊芯的化学成分 ..... / 32

###### 关键细节 2 焊条药皮的组成与作用 ..... / 32

###### 关键细节 3 焊条的基本要求 ..... / 33

##### 二、焊条的分类 ..... / 33

###### 关键细节 4 同种材料焊接时选用焊条的基本原则 ..... / 34

###### 关键细节 5 不锈钢材料焊接时选用焊条的基本原则 ..... / 34

###### 关键细节 6 异种钢焊接时选用焊条的基本原则 ..... / 35

##### 三、常用焊条的牌号和型号 ..... / 35

###### 关键细节 7 碳钢焊条的特点及用途 ..... / 52

###### 关键细节 8 不锈钢焊条的特点及用途 ..... / 53

###### 关键细节 9 钼和铬耐热钢焊条的特点及用途 ..... / 55

###### 关键细节 10 铸铁焊条的特点及用途 ..... / 55



|                                    |    |                                  |    |
|------------------------------------|----|----------------------------------|----|
| 关键细节 11 特殊用途焊条的特点及<br>用途 .....     | 56 | 关键细节 28 低碳钢埋弧焊焊剂的选择<br>.....     | 70 |
| 四、焊条的使用与管理 .....                   | 56 | 关键细节 29 低合金钢埋弧焊焊剂的选择<br>.....    | 71 |
| 关键细节 12 焊条受潮的判断 .....              | 56 | 关键细节 30 不锈钢埋弧焊焊剂的选择<br>.....     | 71 |
| 关键细节 13 焊条的烘干方法 .....              | 57 | 关键细节 31 常用焊剂与焊丝的匹配<br>及其用途 ..... | 71 |
| 关键细节 14 焊条的保管 .....                | 58 | 三、焊剂的使用及保管 .....                 | 72 |
| 关键细节 15 过期焊条的处理 .....              | 59 | 关键细节 32 焊剂的运输与储存 ...             | 72 |
| 第二节 焊丝 .....                       | 59 | 关键细节 33 焊剂的烘干 .....              | 73 |
| 一、焊丝的分类 .....                      | 59 | 关键细节 34 焊剂的使用 .....              | 73 |
| 关键细节 16 实芯焊丝的分类及其适<br>用范围 .....    | 60 | 第四节 保护气体 .....                   | 73 |
| 二、埋弧焊用焊丝 .....                     | 60 | 一、保护气体的分类 .....                  | 73 |
| 关键细节 17 埋弧焊用焊丝适用范围<br>.....        | 61 | 二、氩气 .....                       | 74 |
| 关键细节 18 埋弧焊用焊丝的选用要求<br>.....       | 61 | 关键细节 35 氩气的应用 .....              | 74 |
| 三、气体保护焊用焊丝 .....                   | 61 | 关键细节 36 氩气的储存与运输 ...             | 74 |
| 关键细节 19 钨极非熔化极气体保护<br>电焊用焊丝的选用 ... | 62 | 三、氮气 .....                       | 74 |
| 关键细节 20 焊接碳钢或低合金钢用<br>焊丝的选择 .....  | 63 | 关键细节 37 氮气的应用 .....              | 75 |
| 关键细节 21 焊接耐热钢用焊丝的选择<br>.....       | 64 | 关键细节 38 氮气的储存 .....              | 75 |
| 关键细节 22 焊接低温钢用焊丝的选择<br>.....       | 64 | 四、二氧化碳气体 .....                   | 75 |
| 关键细节 23 焊接不锈钢用焊丝的选择<br>.....       | 64 | 关键细节 39 二氧化碳保护气体的选用<br>.....     | 76 |
| 四、焊丝的使用与保管 .....                   | 64 | 关键细节 40 二氧化碳保护气体的储<br>存与运输 ..... | 76 |
| 关键细节 24 焊丝的保管要求 .....              | 65 | 五、氧气 .....                       | 77 |
| 关键细节 25 焊丝使用中的管理 ...               | 65 | 关键细节 41 氧气瓶的运输、储存与使用<br>.....    | 77 |
| 关键细节 26 焊丝的质量管理 .....              | 65 | 六、氮气 .....                       | 77 |
| 第三节 焊剂 .....                       | 66 | 关键细节 42 气瓶的运输、储存与使用<br>.....     | 77 |
| 一、焊剂的分类 .....                      | 66 | 七、混合气体 .....                     | 78 |
| 关键细节 27 不同种类焊剂的用途<br>.....         | 66 | 第三章 手工电弧焊 .....                  | 80 |
| 二、焊剂的型号与牌号 .....                   | 67 | 第一节 手工电弧焊概述 .....                | 80 |
|                                    |    | 一、手工电弧焊的概念 .....                 | 80 |

|                             |    |                             |     |
|-----------------------------|----|-----------------------------|-----|
| 二、手工电弧焊的特点 .....            | 80 | 二、焊接工艺参数 .....              | 93  |
| 三、手工电弧焊的适用范围 .....          | 81 | 关键细节 15 焊接电源的选择 .....       | 93  |
| 关键细节 1 手工电弧焊的防触电措施 .....    | 81 | 关键细节 16 焊条直径的选择 .....       | 94  |
| 第二节 手工电弧焊常用设备 .....         | 82 | 关键细节 17 焊接电流的选择 .....       | 94  |
| 一、电焊机 .....                 | 82 | 关键细节 18 焊接速度的选择 .....       | 95  |
| 关键细节 2 直流电焊机的接法 .....       | 82 | 关键细节 19 焊接层数的确定 .....       | 95  |
| 二、焊钳 .....                  | 83 | 三、手工电弧焊操作技术 .....           | 95  |
| 关键细节 3 焊钳的选择 .....          | 83 | 关键细节 20 引弧方法的选择 .....       | 96  |
| 关键细节 4 便携式焊钳的常见故障及其处理 ..... | 83 | 关键细节 21 引弧的注意事项 .....       | 96  |
| 三、面罩 .....                  | 84 | 关键细节 22 常用运条的方法及其适用范围 ..... | 97  |
| 关键细节 5 焊接护目镜及面罩的要求 .....    | 84 | 关键细节 23 连弧焊与断弧焊的收弧 .....    | 99  |
| 四、焊接电缆 .....                | 84 | 关键细节 24 焊缝接头的操作方法 .....     | 100 |
| 关键细节 6 焊接电缆的选择 .....        | 85 | 关键细节 25 焊缝接头注意事项 .....      | 100 |
| 关键细节 7 焊接电缆的安全要求 .....      | 85 | 四、各种位置手工电弧焊的操作技术 .....      | 101 |
| 五、焊条保温筒 .....               | 86 | 关键细节 26 平焊操作技术 .....        | 101 |
| 关键细节 8 焊条保温筒的选择 .....       | 86 | 关键细节 27 立焊操作技术 .....        | 102 |
| 六、角向磨光机 .....               | 86 | 关键细节 28 横焊操作技术 .....        | 102 |
| 关键细节 9 角向磨光机使用注意事项 .....    | 87 | 关键细节 29 仰焊操作技术 .....        | 103 |
| 关键细节 10 角向磨光机的维护保养要点 .....  | 87 | 第四节 常见金属材料的焊接 .....         | 103 |
| 七、清渣工具 .....                | 87 | 一、碳素钢的焊接 .....              | 103 |
| 关键细节 11 气动清渣工具的选择 .....     | 88 | 关键细节 30 低碳钢的焊接 .....        | 104 |
| 八、焊工常用量具 .....              | 88 | 关键细节 31 中碳钢的焊接 .....        | 104 |
| 关键细节 12 焊缝检验尺的主要使用功能 .....  | 89 | 关键细节 32 高碳钢的焊接 .....        | 105 |
| 九、焊工常用夹具 .....              | 90 | 二、低合金钢的焊接 .....             | 105 |
| 关键细节 13 焊工夹具的选择 .....       | 90 | 关键细节 33 热轧及正火钢的焊接 .....     | 106 |
| 第三节 手工电弧焊焊接工艺 .....         | 92 | 关键细节 34 低碳调质钢的焊接 .....      | 109 |
| 一、焊前准备 .....                | 92 | 关键细节 35 中碳调质钢的焊接 .....      | 110 |
| 关键细节 14 预热温度的确定因素 .....     | 92 | 三、不锈钢的焊接 .....              | 111 |

|                                         |                                                  |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 关键细节 36 奥氏体不锈钢的焊接方法<br>..... / 113      | 一、埋弧焊电源 ..... / 128                              |
| 关键细节 37 铁素体不锈钢的焊接方法<br>..... / 115      | 关键细节 2 埋弧焊电源的选用 ... / 128                        |
| 关键细节 38 马氏体不锈钢的焊接方法<br>..... / 116      | 二、埋弧焊机 ..... / 128                               |
| 关键细节 39 不锈钢复合钢板的焊接<br>方法 ..... / 117    | 三、焊接操作架 ..... / 130                              |
| 四、铸铁的补焊 ..... / 118                     | 关键细节 3 焊接架的选用 ..... / 131                        |
| 关键细节 40 灰铸铁电弧冷焊法的焊接<br>..... / 119      | 四、焊件变位机 ..... / 131                              |
| 关键细节 41 大型厚壁受力铸铁电弧<br>冷焊焊接 ..... / 120  | 关键细节 4 焊件变位机的选用 ... / 132                        |
| 关键细节 42 灰铸铁的电弧热焊及半<br>热焊法焊接 ..... / 120 | 五、焊缝形成装置 ..... / 132                             |
| 关键细节 43 铸铁芯焊条不预热焊法<br>焊接 ..... / 120    | 六、焊剂回收装置 ..... / 132                             |
| 关键细节 44 球墨铸铁补焊焊接<br>..... / 121         | 第三节 埋弧焊基本操作技术 ..... / 133                        |
| 第五节 手工电弧焊常见缺陷及其预防<br>措施 ..... / 122     | 一、埋弧焊焊接工艺参数 ..... / 133                          |
| 一、焊缝缺陷及其危害 ..... / 122                  | 二、埋弧焊的操作 ..... / 134                             |
| 二、焊缝缺陷的种类及预防 ..... / 122                | 关键细节 5 对接焊缝埋弧焊的焊接<br>..... / 135                 |
| 关键细节 45 热裂纹的预防措施<br>..... / 124         | 关键细节 6 角接焊缝埋弧焊的焊接<br>..... / 136                 |
| 关键细节 46 延迟裂纹的预防措施<br>..... / 125        | 第五章 气体保护焊 ..... / 137                            |
| 第四章 埋弧焊 ..... / 126                     | 第一节 CO <sub>2</sub> 气体保护焊 ..... / 137            |
| 第一节 埋弧焊的概念、特点及原理<br>..... / 126         | 一、CO <sub>2</sub> 气体保护焊的概念及特点<br>..... / 137     |
| 一、埋弧焊的概念 ..... / 126                    | 二、CO <sub>2</sub> 气体保护焊的原理 ..... / 138           |
| 二、埋弧焊的特点 ..... / 126                    | 三、CO <sub>2</sub> 气体保护焊设备 ..... / 139            |
| 三、埋弧焊的工作原理 ..... / 127                  | 关键细节 1 CO <sub>2</sub> 气体保护焊设备的维护<br>..... / 140 |
| 关键细节 1 埋弧焊的应用范围 ... / 127               | 四、CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技术 ..... / 141          |
| 第二节 埋弧焊常用设备 ..... / 128                 | 关键细节 2 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作规程<br>..... / 142  |
|                                         | 关键细节 3 CO <sub>2</sub> 气体保护焊平焊<br>..... / 143    |
|                                         | 关键细节 4 CO <sub>2</sub> 气体保护焊立焊<br>..... / 144    |
|                                         | 关键细节 5 CO <sub>2</sub> 气体保护焊横焊<br>..... / 145    |
|                                         | 关键细节 6 CO <sub>2</sub> 气体保护焊仰焊<br>..... / 146    |

|                                                 |     |                                         |     |
|-------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
| 关键细节 7 CO <sub>2</sub> 气体保护焊常见缺陷<br>及预防措施 ..... | 147 | 四、钨极气体保护焊操作技术 .....                     | 159 |
| 第二节 药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊<br>.....         | 148 | 关键细节 14 钨极氩弧焊基本操作规程<br>.....            | 160 |
| 一、药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊的概念<br>及特点 .....    | 148 | 关键细节 15 钨极氩弧气体保护焊焊<br>枪的使用技巧 .....      | 161 |
| 二、药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊的原理<br>.....        | 149 | 关键细节 16 手工钨极氩弧焊引弧方法<br>.....            | 162 |
| 三、药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作技<br>术 .....      | 149 | 关键细节 17 手工钨极氩弧焊填丝<br>.....              | 162 |
| 关键细节 8 药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊<br>平焊 .....   | 150 | 关键细节 18 钨极氩弧气体保护焊各<br>种位置的焊接操作<br>..... | 163 |
| 关键细节 9 药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊<br>立焊 .....   | 150 | 关键细节 19 钨极氩弧气体保护焊接<br>头应注意的问题 ...       | 164 |
| 关键细节 10 药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护<br>焊横焊 .....  | 150 | 关键细节 20 钨极氩弧气体保护焊常<br>见的收弧方法 .....      | 164 |
| 关键细节 11 药芯焊丝 CO <sub>2</sub> 气体保护<br>焊仰焊 .....  | 151 | 关键细节 21 钨极氩弧气体保护焊常<br>见缺陷及预防措施<br>..... | 165 |
| 第三节 熔化极惰性气体保护焊 .....                            | 151 | 第六章 气焊与气割 .....                         | 167 |
| 一、熔化极惰性气体保护焊的概念及<br>特点 .....                    | 151 | 第一节 气焊与气割概述 .....                       | 167 |
| 二、熔化极惰性气体保护焊的原理<br>.....                        | 151 | 一、气焊与气割的基本概念及特点<br>.....                | 167 |
| 三、熔化极惰性气体保护焊常用设备<br>.....                       | 152 | 二、气焊与气割的工作原理 .....                      | 167 |
| 四、熔化极惰性气体保护焊操作技术<br>.....                       | 152 | 三、气焊与气割的适用范围 .....                      | 167 |
| 关键细节 12 半机械化惰性气体保护焊<br>.....                    | 153 | 第二节 气焊与气割常用设备 .....                     | 168 |
| 关键细节 13 机械化熔化极惰性气体<br>保护焊 .....                 | 154 | 一、氧气瓶 .....                             | 168 |
| 第四节 钨极气体保护焊 .....                               | 154 | 关键细节 1 氧气瓶的安全使用 ...                     | 168 |
| 一、钨极气体保护焊的概念及特点<br>.....                        | 154 | 二、乙炔气瓶 .....                            | 169 |
| 二、钨极气体保护焊的原理 .....                              | 155 | 关键细节 2 乙炔气瓶的安全使用<br>.....               | 169 |
| 三、钨极气体保护焊常用设备 .....                             | 156 | 三、液化石油气瓶 .....                          | 170 |
|                                                 |     | 关键细节 3 液化石油气瓶的安全使用<br>.....             | 171 |
|                                                 |     | 四、焊炬 .....                              | 171 |
|                                                 |     | 关键细节 4 焊炬的安全使用 .....                    | 172 |

|                            |                            |             |
|----------------------------|----------------------------|-------------|
| <b>关键细节 5</b> 焊炬常见的故障及排除方法 | 一、电渣焊的概念及特点                | / 188       |
| ..... / 173                | 二、电渣焊的工作原理                 | / 190       |
| 五、割炬                       | 三、电渣焊常用设备                  | / 190       |
| <b>关键细节 6</b> 割炬的安全使用      | 四、电渣焊工艺操作技术                | / 192       |
| ..... / 174                | <b>关键细节 1</b> 电渣焊直缝焊接      | ..... / 194 |
| 六、减压器                      | <b>关键细节 2</b> 电渣焊环缝焊接      | ..... / 194 |
| <b>关键细节 7</b> 减压器常见故障及处理措施 | <b>第二节 电阻焊</b>             | ..... / 194 |
| ..... / 175                | 一、电阻焊的概念及特点                | ..... / 194 |
| 七、回火防止器                    | 二、电阻焊工作原理                  | ..... / 195 |
| <b>关键细节 8</b> 水封式回火防止器使用应  | 三、电阻焊常用设备                  | ..... / 197 |
| 注意的问题                      | 四、电阻焊工艺操作技术                | ..... / 201 |
| ..... / 176                | <b>关键细节 3</b> 点焊操作要点       | ..... / 203 |
| 八、压力表                      | <b>关键细节 4</b> 缝焊操作要点       | ..... / 204 |
| <b>关键细节 9</b> 压力表的安装要求     | <b>关键细节 5</b> 凸焊操作要点       | ..... / 205 |
| ..... / 176                | <b>关键细节 6</b> 对焊操作要点       | ..... / 207 |
| 九、橡胶软管                     | <b>第三节 堆焊</b>              | ..... / 208 |
| <b>关键细节 10</b> 橡胶软管的使用要求   | 一、堆焊的概念及特点                 | ..... / 208 |
| ..... / 177                | 二、堆焊工作原理                   | ..... / 208 |
| <b>第三节 气焊工艺操作技术</b>        | 三、堆焊常用设备                   | ..... / 209 |
| 一、气焊主要参数                   | 四、堆焊工艺技术                   | ..... / 209 |
| ..... / 177                | <b>关键细节 7</b> 埋弧堆焊工艺要点     | ..... / 210 |
| 二、气焊基本操作技术                 | <b>关键细节 8</b> 熔化极气体堆焊工艺要点  | ..... / 211 |
| <b>关键细节 11</b> 气焊的平焊       | ..... / 211                |             |
| ..... / 180                | <b>关键细节 9</b> 钨极氩弧堆焊工艺要点   | ..... / 212 |
| <b>关键细节 12</b> 气焊的横焊       | ..... / 212                |             |
| ..... / 181                | <b>关键细节 10</b> 氧乙炔火焰堆焊工艺要点 | ..... / 212 |
| <b>关键细节 13</b> 气焊的立焊       | ..... / 212                |             |
| ..... / 181                | <b>关键细节 11</b> 电渣堆焊工艺要点    | ..... / 212 |
| <b>关键细节 14</b> 气焊的仰焊       | <b>第四节 钎焊</b>              | ..... / 213 |
| ..... / 182                | 一、钎焊的概念及特点                 | ..... / 213 |
| <b>关键细节 15</b> 气焊常见缺陷及防止措施 | 二、钎焊工作原理                   | ..... / 213 |
| ..... / 182                | 三、钎焊常用设备                   | ..... / 215 |
| <b>第四节 气割工艺操作技术</b>        | 四、钎焊工艺操作技术                 | ..... / 216 |
| 一、气割主要参数                   | <b>关键细节 12</b> 钎焊常见缺陷及处理对策 | ..... / 223 |
| ..... / 183                | ..... / 223                |             |
| 二、气割基本操作技术                 |                            |             |
| <b>关键细节 16</b> 角钢的气割       |                            |             |
| ..... / 185                |                            |             |
| <b>关键细节 17</b> 工字钢的气割      |                            |             |
| ..... / 186                |                            |             |
| <b>关键细节 18</b> 槽钢的气割       |                            |             |
| ..... / 186                |                            |             |
| <b>关键细节 19</b> 圆钢的气割       |                            |             |
| ..... / 186                |                            |             |
| <b>关键细节 20</b> 气割常见缺陷及防止措施 |                            |             |
| ..... / 187                |                            |             |
| <b>第七章 其他特殊焊接形式</b>        |                            |             |
| <b>第一节 电渣焊</b>             |                            |             |
| ..... / 188                |                            |             |



# 第一章 焊工基础知识

## 第一节 金属的焊接性及焊接原理

### 一、金属材料焊接性的概念

金属材料的焊接性是指金属材料对焊接加工的适应性,即在一定的焊接工艺条件下(焊接方法、焊接材料、焊接工艺参数和结构形式等)获得优质焊接接头的难易程度,也称可焊性。它包括结合性能和使用性能。结合性能是指在一定焊接工艺条件下,焊接加工时,金属形成完整焊接接头的能力和形成焊接缺陷的敏感性;使用性能是指在一定焊接工艺条件下所焊成的焊接接头在使用条件下安全运行的能力。

金属焊接性有优良中差之分,是一个相对的概念。对于一定的金属,在简单的焊接工艺条件下,能保证不产生缺陷,且具有优异的使用性能,则认为焊接性优良;若必须采用复杂的焊接工艺条件才能实现优质焊接,则认为焊接性相对较差。因此,金属的焊接性既与金属自身的材质有关,也与焊接工艺条件有着密切的联系。如低碳钢采用焊接加工时,不需要复杂的工艺措施就可以很容易获得完整而无缺陷的焊接接头,所以它的焊接性很好。若用同样的焊接工艺来焊接铸铁,则得不到优质的焊接接头,还会产生裂纹、断裂等严重的缺陷。然而,如能采用特殊的焊接材料,并采用预热、缓冷等工艺措施,也可以获得优质的焊接接头。

总之,焊接性不仅与母材本身的化学成分和性能有关,而且还与焊接材料和工艺方法有关。随着新的焊接方法、焊接材料、工艺措施不断出现,某些原来不能焊接的或不易焊接的金属材料,现在都有可能变得能够焊接或容易焊接。

综上所述,焊接性是金属的工艺性能在焊接过程中的反映,了解及正确评价金属材料的焊接性,是设计焊接结构、确定焊接方法、制定焊接工艺的重要依据。分析研究金属焊接性之目的,在于研究一定的金属材料在给定的焊接工艺条件下,可能产生的问题及其原因,以确定焊接工艺的合理性及金属材质的改进方向。对于焊工来讲,掌握金属材料焊接性的基础理论,并用于指导生产实践有非常重要的意义。

### 二、金属材料焊接性的评定方法

金属材料焊接性的评定,通常是用焊接性试验的方法,检查金属材料在焊接时产生缺陷的敏感性,从而确定合理的焊接工艺,选择合理的焊接材料,同时用来研究制造焊接性能良好的新材料。

影响金属材料焊接性的因素很多,主要有材料、结构形式、施工工艺及工作条件 4 个方面,其中材料的化学成分是影响金属材料焊接性的主要因素。生产中,钢是焊接结构中最常用的金属材料,常根据钢材的化学成分来评定其焊接性的好坏。由于钢中含碳量对其焊接性的影响最为明显,通常将影响最大的碳作为基础元素,把其他合金元素的质量分数对焊接性的影响折合成碳的相当质量分数,碳的质量分数和其他合金元素的相当质量分数之和称为碳当量,用符号 CE 表示,它是评定钢的焊接性的一个参考指标。国际焊接学会推荐的碳当量(CE)公式为:

$$CE(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

式中,C、Mn 等为碳、锰等相应成分的质量分数(%)。

当  $CE < 0.40\%$  时,钢材的塑性良好,淬硬倾向不明显,焊接性良好。在一般的焊接技术条件下,焊接接头不会产生裂纹,但对厚大件或在低温下焊接,应考虑预热;当 CE 在  $0.40\% \sim 0.60\%$  时,钢材的塑性下降,淬硬倾向逐渐增加,焊接性较差。焊前工件需适当预热,焊后注意缓冷,才能防止裂纹;当  $CE > 0.60\%$  时,钢材的塑性变差。淬硬倾向和冷裂倾向大,焊接性更差。工件必须预热到较高的温度,要采取减小焊接应力和防止开裂的技术措施,焊后还要进行适当的热处理。

碳当量法只是粗略评价焊接时产生冷裂纹倾向及脆化倾向的一种估算方法。在实际生产中,应通过直接试验,在试件上观察,并配合接头使用性能试验进行评定。

### 三、常用金属材料的焊接性比较

#### 1. 碳素钢的焊接性

(1)低碳钢。由于低碳钢中碳的质量分数不大于  $0.25\%$ ,有良好的塑性,也没有淬硬倾向,不易产生裂纹,所以焊接性最好。Q235 等低碳钢是应用最广泛的焊接结构材料,焊接时任何焊接方法和最普通的焊接工艺即可获得优质的焊接接头,焊接性良好。

(2)中碳钢。中碳钢含碳量在  $0.25\% \sim 0.60\%$  之间,含碳量比较高,有一定的淬硬倾向,焊接接头容易产生低塑性的淬硬组织和冷裂纹,焊接性较差。

(3)高碳钢。高碳钢的含碳量大于  $0.60\%$ ,其焊接特点与中碳钢基本相同,但淬硬和裂纹倾向更大,焊接性更差。

#### 2. 低合金钢的焊接性

低合金钢的强度按其屈服点可以分为九级:300MPa、350MPa、400MPa、450MPa、500MPa、550MPa、600MPa、700MPa、800MPa。

其中,强度级别不超过 400MPa 的低合金结构钢, $CE < 0.4\%$ ,焊接性良好,其焊接工艺和焊接材料的选择与低碳钢基本相同,一般不需采取特殊的工艺措施。只有焊件较厚、结构刚度较大和环境温度较低时,才进行焊前预热,以免产生裂纹。强度级别大于或等于 450MPa 的低合金结构钢, $CE > 0.4\%$ ,存在淬硬和冷裂问题,其焊接性与中碳钢相当,焊接时需要采取一定工艺措施。如焊前预热(预热温度  $150^{\circ}\text{C}$  左右)可以降低冷却速度,避免出现淬硬组织;适当调节焊接工艺参数,可以控制热影响区的冷却速度,保证焊接接头获得优良性能;焊后热处理能消除残余应力,避免冷裂。



低合金结构钢含碳量较低,对硫、磷控制较严,手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊和电渣焊均可用于此类钢的焊接,以手工电弧焊和埋弧焊较常用;选择焊接材料时,通常从等强度原则出发,为了提高抗裂性,选用碱性焊条和碱性焊剂,对于不要求焊缝和母材等强度的焊件,亦可选择强度级别略低的焊接材料,以提高塑性,避免冷裂。

### 3. 不锈钢的焊接性

不锈钢中都含有不少于12%的铬,还含有镍、锰、钼等合金元素,以保证其耐热性和耐蚀性。按组织状态,不锈钢可分为奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢和马氏体不锈钢等。

(1)奥氏体不锈钢的焊接性。奥氏体不锈钢焊接件容易在焊接接头处发生晶间腐蚀,其原因是焊接时,在450~850℃温度范围停留一定时间的接头部位,在晶界处析出高铬碳化物,引起晶粒表层含铬量降低,形成贫铬区,在腐蚀介质的作用下,晶粒表层的贫铬区受到腐蚀而形成晶间腐蚀。这时被腐蚀的焊接接头表面无明显变化,受力时则会沿晶界断裂,几乎完全失去强度。为防止和减少焊接接头处的晶间腐蚀,应严格控制焊缝金属的含碳量,采用超低碳的焊接材料和母材。采用含有能优先与碳形成稳定化合物的元素如Ti、Nb等,也可防止贫铬现象的产生。

(2)铁素体不锈钢的焊接性。铁素体不锈钢热影响区在900℃以上的部位由于晶粒过大,焊接接头的塑性、韧性急剧下降,焊后热处理不能使晶粒细化。在600~800℃温度下长时间停留,会析出脆性相。常温下高铬铁素体不锈钢( $\text{Cr} > 16\%$ )的韧性较低,当焊接接头刚度较大时,焊后容易产生裂纹。长时间在400~600℃温度下停留,会发生“475℃”脆化。焊接过程中,应选用小的焊接热输入、大焊速、窄焊道焊接,焊条不做横向摆动。

(3)马氏体不锈钢的焊接性。马氏体不锈钢焊接时的主要问题是淬火裂纹和延迟裂纹。热影响区具有强烈的淬硬倾向,并形成很硬的马氏体组织;当焊接接头的刚度大或含氢量高时,在焊接应力作用下,由高温直接冷至100~120℃以下,很容易产生冷裂纹。含碳量越高、产生裂纹的倾向越大。使用与母材同成分的焊条焊接时,焊前应预热,预热温度最好不要高于马氏体的开始转变温度,一般预热温度为200~320℃。焊件焊后不应从焊接高温直接升温进行回火处理,应先对焊件进行冷却,让焊缝和热影响区的奥氏体基本分解完毕。对于刚度较小的构件,可冷至室温后再回火。马氏体不锈钢的导热性低,易过热,且容易在热影响区产生粗大的组织。

### 4. 铸铁的焊接性

铸铁在制造和使用中容易出现各种缺陷和损坏。铸铁补焊是对有缺陷铸铁件进行修复的重要手段,在实际生产中具有很重要的经济意义。铸铁的含碳量高,含硫、磷等杂质较多,脆性大,塑性差,组织不均匀,焊接性很差,在焊接过程中,一般容易出现白口组织、焊接裂纹、气孔、夹渣等问题。

(1)白口组织。白口组织是由于在铸铁补焊时,碳、硅是促进石墨化元素,焊接时会大量烧损,且焊后冷却速度又快,在焊缝区石墨化过程来不及进行,故在焊接接头容易产生白口组织。白口铸铁硬而脆,切削加工性能很差。采用含碳、硅量高的铸铁焊接材料或镍基合金、铜镍合金、高钒钢等非铸铁焊接材料,或补焊时进行预热缓冷使石墨充分析出,或采用钎焊,避免出现白口组织。

(2)焊接裂纹。焊接裂纹通常发生在焊缝和热影响区。产生的原因:铸铁是脆性材