

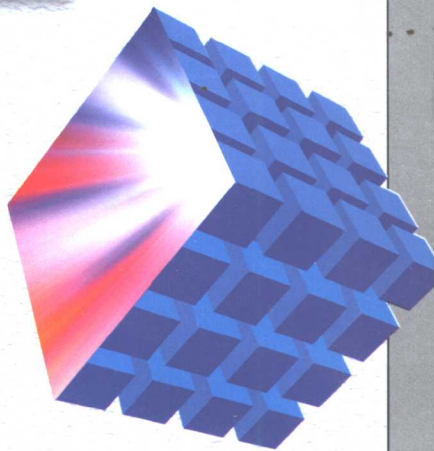
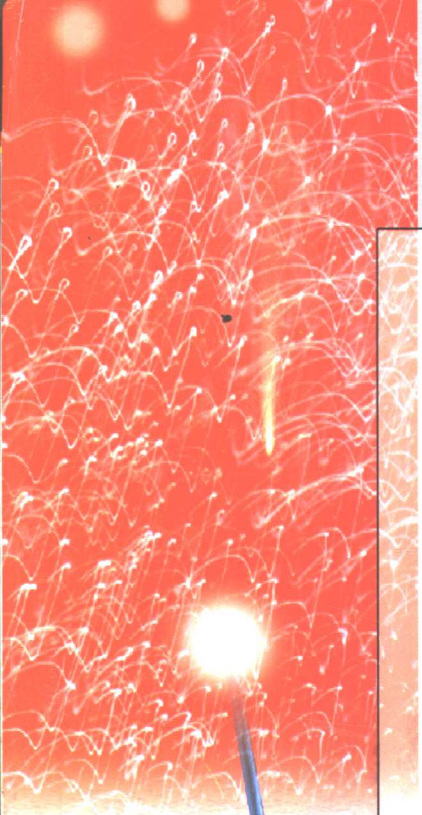


ZHIYEJINENGGONGSHU

◎ 职业技能丛书 ◎

DIANHANGONG

# 电焊工



延边人民出版社

职业技能丛书

# 电 焊 工

主 编 李 光

延边人民出版社

·职业技能丛书·  
电 焊 工

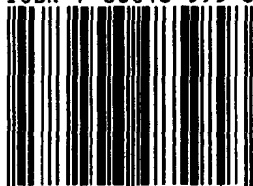
---

主 编:李 光  
责任编辑:桂镇教  
出 版:延边人民出版社  
经 销:各地新华书店  
印 刷:长春市东文印刷厂  
开 本:850×1168 毫米 1/32  
字 数:6000 千字  
印 张:320  
版 次:2002 年 1 月第 1 版  
印 次:2002 年 1 月第 1 次印刷  
印 数:1 - 3050 册  
书 号:ISBN 7 - 80648 - 595 - 3 /Z·73

---

定价:400.00 元(每单册 20.00 元)

ISBN 7-80648-595-3



9 787806 485958 >

## 内容提要

焊接技术作为一种制作技术和加工工艺,已广泛应用于重型机械、锅炉、压力容器、核能设备、石油化工、航空航天、船舶、汽车、车辆、工程机械、轻工机械、机床制作、电子产品及家用电器等领域。可见,焊接技术已渗透到各个工业部分,焊工的需求量之大,给下岗、再就业工人以及农民提供了大量的岗位。基于此,我们组织编写了《电焊工》这本书。

本书在突出资料新、技术先进的同时,特别注重其实用性。以广泛应用的焊接、切割方法为主线,介绍焊接工艺及设备特点、应用范围、技术参数及其选取原则。为便于使用和查找,书中采用了大量图表,数据齐全、准确。

由于编者经验不足、水平有限,错漏不妥之处恐难避免,敬请广大读者和专家批评指正。

---

---

# 目 录

## 第一章 焊接的基础知识

|     |                   |       |
|-----|-------------------|-------|
| 第一节 | 金属学知识 .....       | ( 1 ) |
| 第二节 | 焊接材料 .....        | (15)  |
| 第三节 | 常用焊接设备及工具 .....   | (39)  |
| 第四节 | 焊接有关的电气常识 .....   | (57)  |
| 第五节 | 焊缝接头形式和焊缝种类 ..... | (66)  |

## 第二章 手工电弧焊

|     |                    |      |
|-----|--------------------|------|
| 第一节 | 焊接设备的选择及故障排除 ..... | (72) |
| 第二节 | 电弧焊的冶金过程 .....     | (88) |
| 第三节 | 手工电弧焊规范及运条过程 ..... | (90) |
| 第四节 | 手工电弧焊的基本操作方法 ..... | (96) |

## 第三章 埋弧焊

|     |               |       |
|-----|---------------|-------|
| 第一节 | 埋弧自动焊 .....   | (115) |
| 第二节 | 手工埋弧焊操作 ..... | (138) |
| 第三节 | 埋弧自动焊操作 ..... | (138) |

## 第四章 堆 焊

|     |           |       |
|-----|-----------|-------|
| 第一节 | 堆焊的特点和应用  | (147) |
| 第二节 | 堆焊材料      | (148) |
| 第三节 | 常用堆焊方法及工艺 | (154) |
| 第四节 | 其他堆焊工艺    | (171) |

## 第五章 气体保护焊

|     |           |       |
|-----|-----------|-------|
| 第一节 | 氩弧焊       | (178) |
| 第二节 | 手工钨极氩弧焊操作 | (181) |
| 第三节 | 熔化极氩弧焊    | (187) |
| 第四节 | 二氧化碳气体保护焊 | (188) |
| 第五节 | 混合气体保护焊   | (191) |

## 第六章 钎焊

|     |          |       |
|-----|----------|-------|
| 第一节 | 钎焊原理及特点  | (192) |
| 第二节 | 钎焊方法及应用  | (196) |
| 第三节 | 钎料和熔剂    | (203) |
| 第四节 | 钎焊工艺操作技术 | (205) |
| 第五节 | 工具钎焊     | (216) |

## 第七章 气焊与气割

|     |            |       |
|-----|------------|-------|
| 第一节 | 气焊、气割用气体   | (222) |
| 第二节 | 气焊、气割设备及工具 | (225) |

## 目 录

|     |          |       |
|-----|----------|-------|
| 第三节 | 气焊工艺操作技术 | (233) |
| 第四节 | 气割工艺操作技术 | (236) |

### 第八章 其他几种焊接方法

|     |          |       |
|-----|----------|-------|
| 第一节 | 等离子焊接和切割 | (242) |
| 第二节 | 电阻焊      | (263) |
| 第三节 | 电渣焊      | (274) |

### 第九章 常用金属的焊性

|     |           |       |
|-----|-----------|-------|
| 第一节 | 钢铁的焊接     | (277) |
| 第二节 | 非铁金属的焊接   | (312) |
| 第三节 | 电炉丝(带)的焊接 | (333) |
| 第四节 | 热电偶丝的焊接   | (338) |
| 第五节 | 铅的焊接      | (345) |
| 第六节 | 粘接        | (353) |

### 第十章 硬聚氯乙烯塑料的焊接

|     |             |       |
|-----|-------------|-------|
| 第一节 | 硬聚氯乙烯塑料的性能  | (370) |
| 第二节 | 塑料焊接设备及工具   | (372) |
| 第三节 | 塑料焊接工艺及防护措施 | (373) |
| 第四节 | 塑料焊接的缺陷及检验  | (384) |

### 第十一章 焊接质量检验

|     |      |       |
|-----|------|-------|
| 第一节 | 焊接缺陷 | (386) |
|-----|------|-------|

|     |               |       |
|-----|---------------|-------|
| 第二节 | 焊接质量检验·····   | (391) |
| 第三节 | 低碳钢容器的返修····· | (404) |

## 第十二章 焊接安全知识

|     |                    |       |
|-----|--------------------|-------|
| 第一节 | 安全工作的一般要求·····     | (406) |
| 第二节 | 常用焊接方法的安全防护技术····· | (407) |
| 第三节 | 焊接作业场所的通风·····     | (416) |



# 第一章 焊接的基础知识

## 第一节 金属学知识

### 一、金属的焊接性

#### 1. 焊接性的概念

金属的焊接性,是指被焊金属材料在采用一定的焊接工艺方法、焊接材料、规范参数及结构型式条件下,获得优质焊接接头的难易程度。它包括两个方面的内容:一是焊接接头产生工艺缺陷的倾向,尤其是出现各种裂缝的可能性;二是焊接接头在使用中的可靠性包括焊接接头的机械缝性能及其他特殊性能。

工艺焊接性,主要指在一定的焊接工艺条件下能得到优质焊接接头的能力。

使用焊接性,主要指焊接接头在使用中的可靠性,包括焊接接头的机械性能(强度、弹性、塑性、韧性、硬度以及抗裂纹扩展的能力等)和其他特殊性能(如耐热、耐蚀、耐低温、抗疲劳、抗时效等)。

金属材料的可焊性不是一成不变的。同一种金属材料,若采用不同焊接方法或材料,则其焊接性可能有很大差别。

当采用新的金属材料制造焊件时,对于了解及评价新材料的焊接性,是产品设计、施工准备及正确拟订焊接工艺的重要依据。

金属材料的可焊性可通过估算法和试验方法确定。

#### 2. 焊接性的评定

焊接性的评定,通常是检查金属材料焊接时产生裂纹的倾向性。

焊接性试验的目的是：

- (1) 选择合理的焊接工艺,包括焊接方法、焊接规范、预热温度、焊后缓冷及焊后热处理方法等;
- (2) 选择合理的焊接材料;
- (3) 用来研究制造焊接性能良好的新材料。

焊接性的试验方法有几种。

(1) 碳当量法(又称估算法)

这是根据钢材的化学成分对钢材焊接热影响区淬硬性的影响程度粗略地评价焊接性能时,产生冷裂纹倾向及脆化倾向的一种估算方法。

碳钢及低合金结构钢常用的碳当量计算公式为：

$$C_E = N_c + \frac{N_{Mn}}{6} + \frac{N_{Cr} + N_{Mo} + N_V}{5} + \frac{N_{Ni} + N_{Cu}}{15} \%$$

式中,  $N_c$ ,  $N_{Mn}$ ,  $N_{Cr}$ ,  $N_{Mo}$ ,  $N_V$ ,  $N_{Ni}$ ,  $N_{Cu}$  为钢中该元素含量的百分数。

根据碳当量  $C_E$  的大小确定焊接性。

① 当  $C_E < 0.4\%$  时, 钢材的淬硬倾向不明显, 可焊性优良, 焊接时一般不需预热(但对厚大件或在低温下焊接, 也应考虑预热)。

② 当  $C_E = 0.4\% \sim 0.6\%$  时, 钢材的淬硬倾向逐渐明显, 可焊性较差, 需要采用适当的预热和一定的工艺措施。

③ 当  $C_E > 0.6\%$  时, 钢材的淬硬倾向强, 可焊性不好, 需要采取较高的预热温度和严格的工艺措施。

利用碳当量法估算钢材可焊性是粗略的, 因为钢材可焊性还要受结构刚度、焊后应力条件、环境温度等因素影响。例如, 当钢板厚度增加时, 结构刚度增大, 焊后残余应力也较大, 焊缝中心将出现三向拉应力, 这时, 钢材实际允许碳当量值将降低。可焊性较好的钢材, 在低温下焊接时, 也有可能出现裂缝, 因此, 在实际工作中确定材料可焊性时, 除初步估算外, 还应根据情况进行抗裂试验, 并配合进

行焊接接头使用可靠性的试验,以作为制定合理工艺规程的依据。

(2)小型抗裂试验法

这类试验方法的试样尺寸较小,应用简便,能定性地评定不同约束型式的接头产生各种裂纹的倾向。常用的小型抗裂试验方法见表1-1。

表 1-1 常用的小型抗裂试验方法

| 名 称           | 适用范围(检测内容)                         |
|---------------|------------------------------------|
| Y形坡口试验法(小铁研法) | 板厚 $\geq 12\text{mm}$ ,用以检测冷裂及再热裂纹 |
| 刚性固定对接试验法     | 冷裂,热裂,再热裂                          |
| 十字接头试验法       | 冷裂                                 |
| II形刚性固定角焊试验法  | 层状撕裂及焊趾裂纹                          |
| 刚性节点角焊试验法     | 板厚 $> 7\text{mm}$ ,冷裂及热裂           |
| T形热裂纹试验法      | 热裂                                 |
| 环形镶块抗裂试验法     | 厚板、薄板、冷裂、热裂                        |
| 压板对接试验法       | 板厚 $1\sim 40\text{mm}$ ,热裂         |

(3)定量的抗裂试验法

这类方法在试验过程中能够对影响裂纹的诸因素,如约束应力、冷却速度、含氢量等参数,进行定量测定。通过这类试验,可分别获得某种工艺条件下避免裂纹的临界应力、临界冷却速度、临界含氢量、临界组织含量以及裂纹潜伏期等,可为正确拟订避免裂纹的焊接工艺提供定量依据。

几种定量的抗裂试验方法的适用范围见表1-2。

表 1-2 定量抗裂试验方法及适用范围

| 名 称        | 适用范围(检测内容)         |
|------------|--------------------|
| 焊接热循环模拟试验法 | 热裂、冷裂、再热裂、热影响区组织再现 |
| 插销式裂纹试验法   | 冷裂、再热裂(双插销)        |

| 名 称            | 适用范围(检测内容) |
|----------------|------------|
| 拉伸拘束裂纹试验法(TRC) | 冷裂         |
| 刚性拘束裂纹试验法(RRC) | 冷裂         |

#### (4)模拟结构试验法

有时在正式产品焊接之前,需用这类大型焊接性试验法对初步选定的结构形式、母材、焊接材料及工艺加以综合考核。一般采用与产品相同的板厚及结构形式,或产品结构的一个局部,或按比例缩小尺寸。焊接条件应与产品相近。

#### (5)使用焊接性试验方法

这类试验主要鉴别焊接接头在使用情况下的强度、塑性、韧性以及抗裂纹的扩展性能等。常用的焊接性试验方法见表 1-3。

表 1-3 常用的焊接性试验方法

| 名 称      | 试 验 内 容                                  |
|----------|--|
| 常规机械性能试验 | 高、低、常温拉伸,冲击,弯曲,疲劳等性能                     |
| V形缺口冲击试验 | 脆性转变温度                                   |
| 落锤试验     | 无延性转析温度(NDT)                             |
| 爆炸膨胀试验   | 弹性转析温度(FTE)和塑性转析温度(FTE)                  |
| 宽板拉伸试验   | 低应力破坏转析温度                                |
| 断裂韧性试验   | $K_{Ic}$ , $C_{OD}(\delta_c)$ , $J_{Ic}$ |
| T形弯曲试验   | 热影响区延性                                   |

## 二、钢的分类和性质

### (一)钢的分类

黑色金属是指铁和碳以及其它元素(硅、锰、硫、磷等)组成的合金,其中铁是基本成分。

## 第一章 焊接的基础知识

黑色金属分为钢与生铁两大类。含碳量在 1.7% 以下的铁碳合金称为钢,含碳量在 1.7~6.67% 之间(一般为 2~4.5%)的铁碳合金称为生铁。

1. 按化学成分钢可分为:碳素钢和合金钢两大类。碳素钢中除含铁外,还含有少量的锰、硅、硫、磷等元素(总量不能超过 2%)。合金钢除碳素钢含有的元素外,还含有铬、镍、钛、钒、钼、钨、铜、铝等元素,这些元素的含量由十万分之几到百分之几十。如果碳素钢中锰的含量超过 0.8% 或硅的含量超过 0.5% 时,这种钢也称为合金钢。

为了识别各种金属元素的标记,在表 1-4 中列有常用元素的化学符号(国际化学符号)。我国出产的钢材,钢号完全是采用国际化学符号来表示的。

表 1-4 常用元素化学符号

| 元素名称 | 国际化学符号 | 元素名称 | 国际化学符号 |
|------|--------|------|--------|
| 碳    | C      | 铝    | Al     |
| 锰    | Mn     | 钛    | Ti     |
| 硅    | Si     | 硼    | B      |
| 硫    | S      | 钴    | Co     |
| 磷    | P      | 铌    | Nb     |
| 铁    | Fe     | 铍    | Be     |
| 镍    | Ni     | 钙    | Ca     |
| 铬    | Cr     | 镁    | Mg     |
| 钼    | Mo     | 锌    | Zn     |
| 钒    | V      | 锡    | Sn     |
| 铜    | Cu     | 铅    | Pb     |
| 钨    | W      | 氮    | N      |

2. 按用途可分为:

结构钢:作建筑结构、机械零件等用钢。

工具钢:作工具、模具、量具等用钢。

特殊钢:作特殊用途和具有特殊性能的钢。如不锈钢、耐酸钢、耐热钢、磁钢等。

3. 按含碳量可分为:

低碳钢:含碳量低于0.25%的钢。

中碳钢:含碳量在0.25~0.6%范围内的钢。

高碳钢:含碳量超过0.6%的钢。

含碳量小于0.04%的钢,叫工业纯钢。

4. 按品质可分为:

普通钢:钢中含硫量不得超过0.055~0.065%,含磷量不得超过0.045~0.085%。

优质钢:钢中含硫量不得超过0.03~0.045%,含磷量不得超过0.035~0.04%。

高级优质钢:钢中含硫量不得超过0.020~0.030%,含磷量不得超过0.027~0.035%。

5. 按冶炼方法可分为:

转炉钢:用转炉炼出来的钢。

平炉钢:用平炉炼出来的钢。

电炉钢:用电炉炼出来的钢。

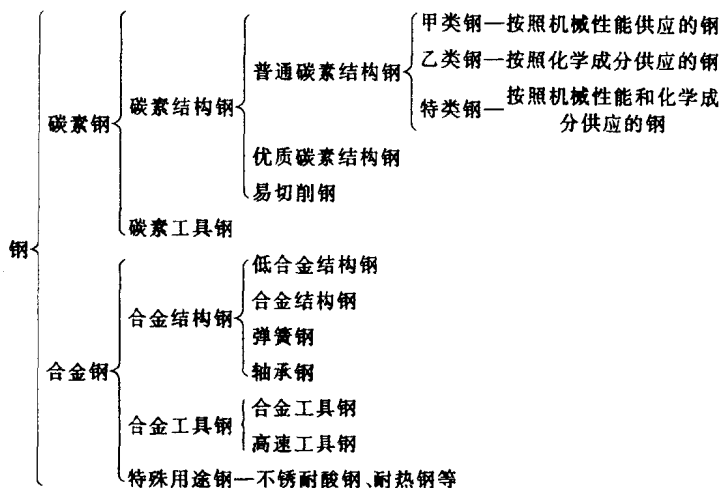
6. 按浇注前脱氧程度可分为:

镇静钢:完全脱氧的钢。

沸腾钢:脱氧不完全的钢。

半镇静钢:钢的脱氧程度和性能介于镇静钢和沸腾钢之间。

7. 综合分类:



## (二) 钢的性质

钢的性质,也就是说钢的特性,是以机械性能、化学成分及基本组成表示的,详见表 1-5 和表 1-6。

### 1. 强度极限及屈服点

(1) 强度极限: 强度极限是指材料抵抗外力破坏作用的最大能力。即:

$$\sigma_b = \frac{P}{F}$$

式中  $\sigma_b$ ——强度极限, 千克/毫米<sup>2</sup>;

P——材料破坏时的最大外力, 千克;

F——材料破坏前的横截面积, 平方毫米。

根据受力情况, 强度极限可分为: 抗拉强度、抗剪强度、抗压强度及抗弯强度。

(2) 屈服点(即屈服极限): 材料承受外力到某一程度时, 其变形突然增加很大, 材料抵抗这时候所加外力的能力叫做屈服点或屈服极限。

表 1-5 国产常用碳素钢、低合金钢的牌号及化学成分

| 序 号 | 牌 号          |           | 化 学 成 分   |           |           |        |        |           |        |           |           |  |
|-----|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|--------|-----------|-----------|--|
|     | 牌 号          | 代 号       | 碳 (C)     | 锰 (Mn)    | 硅 (Si)    | 硫 (S)  | 磷 (P)  | 钒 (V)     | 铜 (Cu) | 钛 (Ti)    | 铌 (Nb)    |  |
| 1   | 甲 2<br>甲 2 沸 | A2<br>A2F | ≤0.22     | ≤0.80     | 0.12~0.35 | ≤0.050 | ≤0.045 |           |        |           |           |  |
| 2   | 甲 3<br>甲 3 沸 | A3<br>A3F | ≤0.22     | ≤0.80     | 0.12~0.35 | ≤0.050 | ≤0.045 |           |        |           |           |  |
| 3   | 12 锰         | 12Mn      | ≤0.16     | 1.1~1.5   | 0.20~0.60 | ≤0.045 | ≤0.045 |           |        |           |           |  |
| 4   | 16 锰         | 16Mn      | 0.12~0.20 | 1.2~1.6   | 0.20~0.60 | ≤0.045 | ≤0.045 |           |        |           |           |  |
| 5   | 15 锰钒        | 15MnV     | 0.12~0.18 | 1.2~1.6   | 0.20~0.60 | ≤0.045 | ≤0.045 | 0.04~0.12 |        |           |           |  |
| 6   | 15 锰钛        | 15MnTi    | 0.12~0.18 | 1.2~1.6   | 0.20~0.60 | ≤0.050 | ≤0.050 |           |        | 0.12~0.20 |           |  |
| 7   | 16 锰铜        | 16MnCu    | 0.12~0.20 | 1.2~1.6   | 0.20~0.60 | ≤0.050 | ≤0.050 |           |        |           | 0.20~0.40 |  |
| 8   | 甲 3 钢        | A3g       | 0.14~0.22 | 0.15~0.65 | 0.15~0.30 | ≤0.040 | ≤0.045 |           |        |           |           |  |
| 9   | 15 钢         | 15g       | 0.12~0.20 | 0.35~0.65 | 0.15~0.35 | ≤0.040 | ≤0.040 |           |        |           |           |  |
| 10  | 20 钢         | 20g       | 0.16~0.24 | 0.35~0.60 | 0.15~0.35 | ≤0.040 | ≤0.040 |           |        |           |           |  |



表 1-6 国产常用碳素钢、低合金钢的机械性能

| 序<br>号 | 钢号     |        | 厚度<br>(毫米) | 抗拉强度<br>$\sigma_s$<br>(公斤/<br>毫米 <sup>2</sup> ) | 屈服点<br>$\sigma_s$<br>(公斤/<br>毫米 <sup>2</sup> ) | 伸长率<br>$\delta$<br>(%)                       | 冲击值<br>$a_k$<br>(公斤·米<br>/厘米 <sup>2</sup> ) | 窄冷弯<br>B=2a<br>180° | 宽冷弯<br>B=5a<br>120° | 180°冷弯试验,<br>弯曲直径为 d,<br>试验试样厚度<br>为 a |             |
|--------|--------|--------|------------|---|--|--|---|---------------------|---------------------|--|-------------|
|        | 牌<br>号 | 代<br>号 |            |   |  |  |   |                     |                     | 厚度<3<br>0毫米                            | 厚度><br>30毫米 |
| 1      | 甲 2    | A2     |            | 42~52   | 24   | 23   | 不作  | d=2a                | 不作                  |  |             |
|        | 甲 2 沸  | A2F    |            |   |  |  |   |                     |                     |  |             |
| 2      | 甲 3    | A3     |            | 42~52   | 24   | 23   | 3   | d=2a                | d=2a                |  |             |
|        | 甲 3 沸  | A3F    |            |   |  |  |   |                     |                     |  |             |
| 3      | 12 锰   | 12Mn   | ≤16        | 45  | 30   | 21   | 3   | d=3a                | d=2a                | d=2a<br>d=3a<br>d=3a                   |             |
|        |        |        | 17~25      | 44  | 28   | 19   |   |                     | d=3a                |  |             |
|        |        |        | 26~36      | 43  | 26   | 19   |   |                     | d=3a                |  |             |
| 4      | 16 锰   | 16Mn   | ≤16        | 52  | 35   | 21   | 3   | d=3a                | d=2a                | d=2a<br>d=3a<br>d=3a                   |             |
|        |        |        | 17~25      | 50  | 33   | 19   |   |                     | d=3a                |  |             |
|        |        |        | 26~36      | 48  | 31   | 19   |   |                     | d=3a                |  |             |
| 5      | 15 锰 钒 | 15MnV  | ≤16        | 54  | 40   | 18   | 3   | d=3a                | d=3a                |  |             |
|        |        |        | 17~25      | 52  | 48   | 17   |   |                     |                     |  |             |
|        |        |        | 26~36      | 50  | 46   | 17   |   |                     |                     |  |             |
| 6      | 15 锰 钛 | 15MnTi | ≤25        | 54  | 40   | 19   | 3   | d=3a                | d=3a                |  |             |
|        |        |        | 26~36      | 52  | 38   | 19   |   |                     |                     |  |             |
| 7      | 甲 3 钢  | A3g    |            | 38~47   | 22   | $\delta_{10}21\sim23$<br>$\delta_{25}\sim27$ | 不小于<br>6~7                                  |                     |                     | d=0.5a<br>d=1.5a                       |             |
| 8      | 15 钢   | 15g    |            | 36~46   | 21~23  | $\delta_{10}21\sim23$<br>$\delta_{25}\sim28$ | 6~8   |                     |                     | d=0                                    | d=a         |
| 9      | 20 钢   | 20g    |            | 41~50   | 23~25  | $\delta_{10}19\sim22$<br>$\delta_{23}\sim26$ | 5~7   |                     |                     | d=a                                    | d=2a        |