

钢筋工程实用技术丛书

# 钢筋连接方法与技巧

GANGJIN LIANJIE FANGFA YU JIQIAO

上官子昌 主编



 化学工业出版社



钢筋工程实用技术

# 钢筋连接方法与技巧

GANGJIN LIANJIE FANGFA YU JIQIAO

上官子昌 主编



化学工业出版社

·北京·

本书根据国家现行的行业标准《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107—2010)、《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18—2003)、《钢筋焊接接头试验方法标准》(JGJ/T 27—2001)等进行编写,内容围绕着钢筋连接技术而展开,主要分为六章:钢筋材料、钢筋连接机具、钢筋绑扎搭接、钢筋机械连接、钢筋焊接连接与钢筋连接施工安全技术。

本书简明扼要、通俗易懂,具有很强的实用性与可操作性,可供广大施工技术人员使用,也可供技工学校、大专院校相关专业师生参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

钢筋连接方法与技巧/上官子昌主编. —北京:化学工业出版社, 2012.4  
(钢筋工程实用技术丛书)  
ISBN 978-7-122-13591-9

I. 钢… II. 上… III. 钢筋-连接技术 IV. TU755.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 028452 号

---

责任编辑:徐娟

文字编辑:谢蓉蓉

责任校对:洪雅姝

装帧设计:张辉

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张7 字数189千字

2012年6月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

## 编委会

主 编：上官子昌

编 委：赵春娟 赵 慧 马文颖

于 涛 夏 欣 陶红梅

赵 蕾 吕文静 姜 媛

罗 娜 齐丽娜 张 超

上官子昌

# 前言

改革开放以来,随着国民经济的快速、持续发展,各种钢筋混凝土建筑结构大量建造,钢筋连接技术也得到了较好的发展,人们对钢筋连接技术的要求也越来越高,钢筋连接方法的选择与连接技巧的运用直接关系到施工进度的控制与施工质量的好坏。因此,推广应用先进的钢筋连接技术,对于提高建筑工程质量、加快施工进度、降低施工成本,具有重要的意义。为了使广大施工技术人员熟练地掌握、运用钢筋连接方法与技巧,我们组织编写了《钢筋连接方法与技巧》一书。

本书运用最简单、最直接的手法进行编写,重点突出、详略得当,在介绍钢筋材料与钢筋连接机具相关知识的前提下,系统地阐述了钢筋绑扎搭接、钢筋机械连接、钢筋焊接连接与钢筋连接施工安全技术等内容。在编写原则上,本书不仅注意了知识间的融贯性,而且突出了整合性的原则。

由于编者的经验与学识有限,加之当今我国建设工程飞速发展,尽管编者尽心尽力编写,但内容难免有疏漏或未尽之处,敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

2012年1月

## 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1 钢筋材料 .....             | 1   |
| 1.1 钢筋的分类 .....          | 1   |
| 1.2 钢筋的物理性能与化学性能 .....   | 2   |
| 1.3 钢筋的力学性能 .....        | 4   |
| 1.4 常用钢筋的品种、规格与性能 .....  | 9   |
| 1.5 钢筋的检验 .....          | 29  |
| 1.6 钢筋的保管 .....          | 32  |
| 2 钢筋连接机具 .....           | 34  |
| 2.1 钢筋绑扎工具 .....         | 34  |
| 2.2 钢筋机械连接机具 .....       | 37  |
| 2.3 钢筋焊接机具 .....         | 53  |
| 3 钢筋绑扎搭接 .....           | 79  |
| 3.1 钢筋绑扎基本知识 .....       | 79  |
| 3.2 钢筋绑扎方法及要求 .....      | 81  |
| 3.3 钢筋绑扎连接 .....         | 90  |
| 3.4 钢筋绑扎搭接应注意的质量问题 ..... | 101 |
| 4 钢筋机械连接 .....           | 103 |
| 4.1 钢筋机械连接基本知识 .....     | 103 |

|     |                |     |
|-----|----------------|-----|
| 4.2 | 钢筋锥螺纹套筒连接      | 109 |
| 4.3 | 钢筋镦粗直螺纹套筒连接    | 117 |
| 4.4 | 钢筋滚轧直螺纹套筒连接    | 126 |
| 4.5 | 带肋钢筋套筒挤压连接     | 135 |
| 4.6 | 钢筋机械连接应注意的质量问题 | 143 |
| 5   | 钢筋焊接连接         | 145 |
| 5.1 | 钢筋焊接基本知识       | 145 |
| 5.2 | 钢筋电弧焊          | 150 |
| 5.3 | 钢筋闪光对焊         | 166 |
| 5.4 | 钢筋气压焊          | 173 |
| 5.5 | 钢筋电渣压力焊        | 183 |
| 5.6 | 钢筋电阻点焊         | 189 |
| 5.7 | 预埋件钢筋埋弧压力焊     | 196 |
| 5.8 | 钢筋负温焊接         | 200 |
| 5.9 | 钢筋焊接连接应注意的质量问题 | 202 |
| 6   | 钢筋连接施工安全技术     | 207 |
| 6.1 | 钢筋焊接与切割安全要求    | 207 |
| 6.2 | 钢筋焊接安全操作技术     | 212 |
|     | 参考文献           | 218 |

## 钢筋连接方法与技巧



# 1 钢筋材料

## 1.1 钢筋的分类

### 1.1.1 按照化学成分分类

按照化学成分分类，钢筋可以分为普通碳素钢与合金钢。

(1) 普通碳素钢。普通碳素钢可以分为高碳钢、中碳钢与低碳钢，具体如下所述。

① 高碳钢：含碳量  $0.6\% \sim 1.4\%$ 。

② 中碳钢：含碳量  $0.25\% \sim 0.6\%$ 。

③ 低碳钢：含碳量少于  $0.25\%$ 。

随着含碳量的增加，碳素钢的强度、硬度增加，但塑性、韧性减少。建筑中常用普通低碳钢。

(2) 合金钢。在普通碳素钢中，加入某些合金元素，如锰、钛、硅、钒等，而冶炼成的钢称为合金钢。这些钢中有些含碳量较高，但由于加入了合金元素，不但强度有所提高，而且其他性能也有所改善。建筑常用的低合金钢的分类如下。

① 高合金钢：含合金量  $10\%$  以上。

② 中合金钢：含合金量 3.5%~10%。

③ 低合金钢：含合金量少于 3.5%。

### 1.1.2 按照钢筋外形分类

按照钢筋外形分类，可以分为光圆钢筋、螺纹钢、精轧螺纹钢等。

(1) 光圆钢筋。断面为圆形，表面无刻纹，使用时需加弯钩。

(2) 螺纹钢。表面轧制成螺旋纹、人字纹，从而增大与混凝土的黏结力。

(3) 精轧螺纹钢。新近开发的用作预应力钢筋的新品种，钢号为 40Si2MnV。

另外，还有刻痕钢丝、压波钢线等。

### 1.1.3 按照生产工艺分类

按照钢筋生产工艺分类，混凝土结构用的普通钢筋可以分为两类：热轧钢筋与冷加工钢筋（冷轧带肋钢筋、冷轧扭钢筋与冷拔螺旋钢筋）。冷拉钢筋与冷拔低碳钢丝已逐渐被淘汰。余热处理钢筋属于热轧钢筋一类。

### 1.1.4 按照供货方式分类

按照供货方式分类，钢筋可以分为盘圆钢筋（直径 $\leq 10\text{mm}$ ）和直条钢筋（长度 6~12m，根据需方要求，也可以按照其他定尺供应）。

## 1.2 钢筋的物理性能与化学性能

### 1.2.1 钢筋的物理性能

#### 1.2.1.1 密度

单位体积钢材的质量为密度，单位为  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。不同钢材的密度

也稍有不同。钢筋的密度按  $7.85\text{g}/\text{cm}^3$  计算。

### 1.2.1.2 可熔性

钢材常温时为固体,当温度升高到一定程度,就能熔化成液体,这就是钢筋的可熔性。钢材开始熔化的温度称为熔点。纯铁的熔点为  $1534^{\circ}\text{C}$ 。

### 1.2.1.3 线胀系数

钢材加热时,膨胀的能力称为热膨胀性。常用线胀系数来表示受热膨胀的程度。当钢材温度上升  $1^{\circ}\text{C}$  时,伸长的长度与原来长度的比值,称为钢材的线胀系数,单位为  $\text{mm}/(\text{mm} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

### 1.2.1.4 热导率

热导率主要用来表示钢材的导热能力。工业上用的热导率,是以两面温差  $1^{\circ}\text{C}$ 、厚  $1\text{cm}$  的钢材,在  $1\text{s}$  内每平方厘米面积上,由一面向另一面传导的热量来表示的,单位为  $\text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

## 1.2.2 钢筋的化学性能

### 1.2.2.1 耐腐蚀性

腐蚀是指钢材在介质的侵蚀作用下被破坏的现象。钢材抵抗各种介质,如大气、水蒸气、酸、碱及盐等侵蚀的能力,就称为耐腐蚀性。

### 1.2.2.2 抗氧化性

有些钢材在高温下不被氧化而能稳定工作的能力称为抗氧化性。

### 1.2.2.3 钢筋中合金元素的影响

在钢筋中,除绝大部分是铁元素之外,还存在很多其他元素。在钢筋中,这些元素有碳、硅、锰、钒、钛与铌等;另外,还有杂质元素硫、磷,以及可能存在的氧、氢、氮,具体见表 1-1。

①  $1\text{cal}=4.1868\text{J}$ 。

表 1-1 钢筋中合金元素的影响

| 合金元素  | 影 响                                                                                                                            |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 碳(C)  | 碳与铁形成化合物渗碳体,分子式为 $\text{Fe}_3\text{C}$ ,性硬而脆。随着钢中含碳量的增加,钢中渗碳体的量也增多,钢的硬度与强度也提高,而塑性与韧性则下降,性能变脆,焊接性能也随之变坏                         |
| 硅(Si) | 硅是强脱氧剂,当含量小于 1% 时,能使钢的强度和硬度增加;但含量超过 2% 时,会降低钢的塑性和韧性,并使焊接性能变差                                                                   |
| 锰(Mn) | 锰是一种良好的脱氧剂,也是一种很好的脱硫剂。锰能提高钢的强度和硬度;但是,如果含量过高,会降低钢的塑性和韧性                                                                         |
| 钒(V)  | 钒是良好的脱氧剂,能够除去钢中的氧,钒能够形成碳化钒,提高了钢的强度和淬透性                                                                                         |
| 钛(Ti) | 钛与碳形成稳定的碳化物,能提高钢的强度与韧性,还能改善钢的焊接性能                                                                                              |
| 铌(Nb) | 铌作为微合金元素,能在钢中形成稳定的化合物碳化铌( $\text{NbC}$ )、氮化铌( $\text{NbN}$ ),或它们的固溶体 $\text{Nb}(\text{CN})$ ,弥散析出,可以阻止奥氏体晶粒粗化,从而细化铁素体晶粒,提高钢的强度 |
| 硫(S)  | 硫是一种有害杂质,它几乎不溶于钢,与铁生成低熔点的硫化铁( $\text{FeS}$ ),导致热脆性。焊接时,易产生焊缝热裂纹和热影响区出现液化裂纹,使焊接性能变坏,硫以薄膜形式存在于晶界,使钢的塑性与韧性下降                      |
| 磷(P)  | 磷是一种有害杂质,它使钢的塑性和韧性下降,提高钢的脆性转变温度,引起冷脆性。磷还能够恶化钢的焊接性能,使焊缝和热影响区产生冷裂纹                                                               |

## 1.3 钢筋的力学性能

### 1.3.1 抗拉性能

通常,以钢筋在拉力作用下的应力-应变图来表示钢筋的抗拉性能。热轧钢筋具有低碳钢性质,有明显的屈服点,其应力-应变关系如图 1-1 所示。

如图 1-1 所示,在应力达到  $a$  点之前,应力与应变成正比,且呈弹性工作状态, $a$  点的应力值  $\sigma_p$  称为比例极限;在应力超过  $a$  点之后,应力与应变不成比例,出现塑性变形,当应力达到  $b$  点,钢筋到达屈服阶段,应力值保持在某一数值附近上下波动而应变继

续增加，取该阶段最低点  $c$  点的应力值，称为屈服点  $\sigma_s$ ；在超过屈服阶段后，应力与应变又呈上升状态，直到最高点  $d$ ，称为强化阶段， $d$  点的应力值称为抗拉强度（强度极限） $\sigma_b$ ；从最高点  $d$  到断裂点  $e'$ ，钢筋产生颈缩现象，荷载下降，伸长增大，很快被拉断。

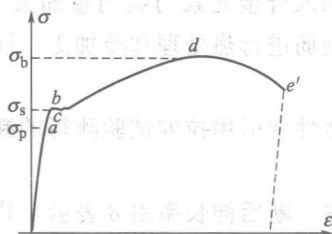


图 1-1 热轧钢筋的应力-应变关系

冷轧带肋钢筋的应力-应变图呈高碳钢性质，无明显屈服点。通常将对应于塑性应变为 0.2% 时的应力定为屈服强度，并以  $\sigma_{0.2}$  表示，如图 1-2 所示。

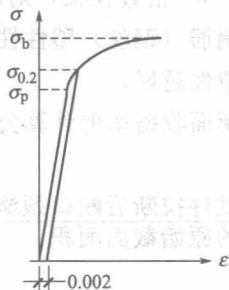


图 1-2 冷轧带肋钢筋的应力-应变关系

钢筋并非强度越高，性能越好。高强度钢筋在高应力下容易引起构件过大的变形和裂纹。对于普通混凝土结构，设计强度限值为 360MPa。

### 1.3.2 塑性变形

通过对钢材受拉时的应力-应变图，可以对钢材塑性变形进行

分析。钢筋的塑性变形必须满足一定的要求，才能防止钢筋在加工时，弯曲处出现毛刺、裂纹、翘曲现象以及构件在受荷过程中可能出现的脆裂破坏。

钢筋材质是影响塑性变形的主要因素。热轧低碳钢筋的强度低、延性好。随着加入合金元素与碳当量加大，使钢筋强度提高，塑性变形减小。对钢筋进行热处理和冷加工，同样可提高强度，降低塑性变形。

通常，钢筋的塑性变形用拉伸试验测得的断后伸长率与截面收缩率表示。

(1) 断后伸长率。断后伸长率用  $\delta$  表示，其计算公式为：

$$\delta = \frac{\text{标距长度内总伸长值}}{\text{标距长度 } L} \times 100\% \quad (1-1)$$

由于试件标距的长度不同，所以断后伸长率的表示方法也不同。一般热轧钢筋的标距取 10 倍钢筋直径长与 5 倍钢筋直径长，其断后伸长率用  $\delta_{10}$  和  $\delta_5$  表示。钢丝的标距取 100 倍直径长，则用  $\delta_{100}$  表示。钢绞线标距取 200 倍直径长，则用  $\delta_{200}$  来表示。

断后伸长率是衡量钢筋（钢丝）塑性性能的重要指标之一，断后伸长率越大，钢筋的塑性越好。

(2) 断面收缩率。断面收缩率的计算公式为：

断面收缩率 =

$$\frac{\text{试件的原始截面面积} - \text{试件拉断后断口颈缩处横截面面积}}{\text{试件的原始截面面积}} \times 100\% \quad (1-2)$$

### 1.3.3 冲击韧度

冲击韧度是指钢材抵抗冲击荷载的能力，其指标是通过标准试件的弯曲冲击韧度试验确定的。弯曲冲击韧度试验是用摆锤打击刻槽的试件，在刻槽处将其打断。以试件单位截面面积上打断时所消耗的功作为钢材的冲击韧度值。其计算公式为：

$$\text{冲击韧度} = \frac{\text{冲断试件所消耗的功}}{\text{试件断口处的截面面积}} \quad (1-3)$$

钢材的冲击韧度是衡量钢材质量的一项指标之一，冲击韧度越大，钢材的冲击韧性就越好。

### 1.3.4 耐疲劳性

构件在交变荷载反复作用下，钢筋在应力远小于抗拉强度时会发生突然的脆性断裂，这种现象称为疲劳破坏。

疲劳破坏的危险应力用疲劳极限 ( $\sigma_r$ ) 表示。疲劳极限是指试件在交变荷载反复作用下，在规定的周期基数内不发生断裂所能承受的最大应力。

钢筋的疲劳极限与其抗拉强度有关。在正常情况下，抗拉强度高，疲劳极限也较高。由于疲劳裂纹是在应力集中处形成、发展的，所以钢筋的疲劳极限不仅与其内部组织有关，还与其表面质量有关。

在测定钢筋的疲劳极限时，应当根据结构使用条件确定所采用的应力循环类型、应力比值（最小与最大应力之比）与循环基数。通常采用的是承受大小改变的拉应力大循环，非预应力筋的应力比值通常为 0.1~0.8，循环基数通常为 200 万次或 400 万次以上，预应力筋的应力比值通常为 0.7~0.85。

### 1.3.5 冷弯性能

冷弯性能是指钢筋在常温 ( $20 \pm 3$ )℃ 的条件下，承受弯曲变形的能力。钢筋冷弯是衡量钢筋的塑性指标。钢筋弯折、做弯钩时，应避免钢筋产生裂纹和折断。低强度的热轧钢筋冷弯性能较好，强度较高的稍差，冷加工钢筋的冷弯性能最差。

冷弯性能指标可以通过冷弯试验来确定，用弯曲角度 ( $\alpha$ ) 以及弯心直径 ( $d$ ) 对试件的厚度或直径 ( $a$ ) 的比值表示。弯曲角度越大，弯心直径对试件厚度或直径的比值越小，则表示钢筋的冷弯性能越好，如图 1-3 所示。

按照规定的弯曲角度和弯心直径进行试验，试件的弯曲处不产生毛刺、裂纹、裂断及起层，则可认为冷弯性能合格。

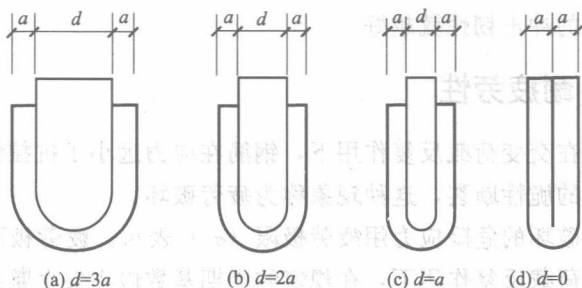


图 1-3 钢筋冷弯示意

### 1.3.6 焊接性能

钢材的可焊性是指被焊钢材在采用一定焊接材料、焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度，即钢材对焊接加工的适应性。

钢材的可焊性用碳当量 ( $C_{eq}$ ) 来估计，计算公式如下：

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (1-4)$$

式中，元素符号表示钢材化学成分中的元素含量，%。C 为碳；Mn 为锰；Cr 为铬；Mo 为钼；V 为钒；Ni 为镍；Cu 为铜。

焊接性能随着碳当量百分比的增高而降低。通常规定碳当量不大于 0.55%，认为是可焊的。根据我国经验，对于碳钢或低合金钢，当  $C_{eq} < 0.40\%$  时，焊接性能优良； $C_{eq} = 0.40\% \sim 0.55\%$  时，需要预热和控制焊接工艺； $C_{eq} > 0.55\%$  时，难焊。

### 1.3.7 锚固性能

钢筋在混凝土中的黏结锚固作用主要有以下几个。

(1) 胶结力。即接触面上的化学吸附作用，但其影响不大。

(2) 摩阻力。它与接触面的粗糙程度及侧压力有关，且随滑移发展其作用逐渐减小。

(3) 咬合力。这是带肋钢筋横肋对肋前混凝土挤压而产生的，是带肋钢筋锚固力的主要来源。

(4) 机械锚固力。这是指弯钩、弯折及附加锚固等措施（如焊锚板、贴焊钢筋等）提供的锚固作用。

## 1.4 常用钢筋的品种、规格与性能

### 1.4.1 热轧光圆钢筋

热轧光圆钢筋是指经热轧成型、横截面通常为圆形、表面光滑的成品钢筋。

#### 1.4.1.1 尺寸规格

热轧光圆钢筋的规格见表 1-2。

表 1-2 热轧光圆钢筋公称横截面面积与理论质量

| 公称直径/mm | 公称横截面面积/mm <sup>2</sup> | 理论质量/(kg/m)  |
|---------|-------------------------|--------------|
| 6(6.5)  | 28.27(33.18)            | 0.222(0.260) |
| 8       | 50.27                   | 0.395        |
| 10      | 78.54                   | 0.617        |
| 12      | 113.1                   | 0.888        |
| 14      | 153.9                   | 1.21         |
| 16      | 201.1                   | 1.58         |
| 18      | 254.5                   | 2.00         |
| 20      | 314.2                   | 2.47         |
| 22      | 380.1                   | 2.98         |

注：表中理论质量按密度为  $7.85\text{g}/\text{m}^3$  计算。公称直径 6.5mm 的产品为过渡性产品。

#### 1.4.1.2 截面形状与尺寸允许偏差

光圆钢筋的截面形状如图 1-4 所示。

光圆钢筋的直径允许偏差和不圆度见表 1-3。

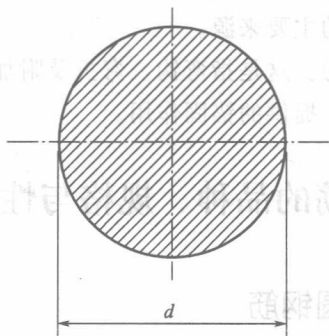


图 1-4 光圆钢筋的截面形状  
 $d$ —钢筋直径

表 1-3 光圆钢筋的直径允许偏差和不圆度

| 公称直径/mm | 允许偏差/mm | 不圆度/mm |
|---------|---------|--------|
| 6(6.5)  | ±0.3    | ≤0.4   |
| 8       |         |        |
| 10      |         |        |
| 12      |         |        |
| 14      | ±0.4    |        |
| 16      |         |        |
| 18      |         |        |
| 20      |         |        |
| 22      |         |        |

#### 1.4.1.3 实际质量与理论质量的允许偏差

直条钢筋实际质量与理论质量的允许偏差见表 1-4。

表 1-4 直条钢筋实际质量与理论质量的允许偏差

| 公称直径/mm | 实际质量与理论质量的允许偏差/% |
|---------|------------------|
| 6~12    | $\pm 7$          |
| 14~22   | $\pm 5$          |