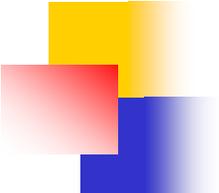
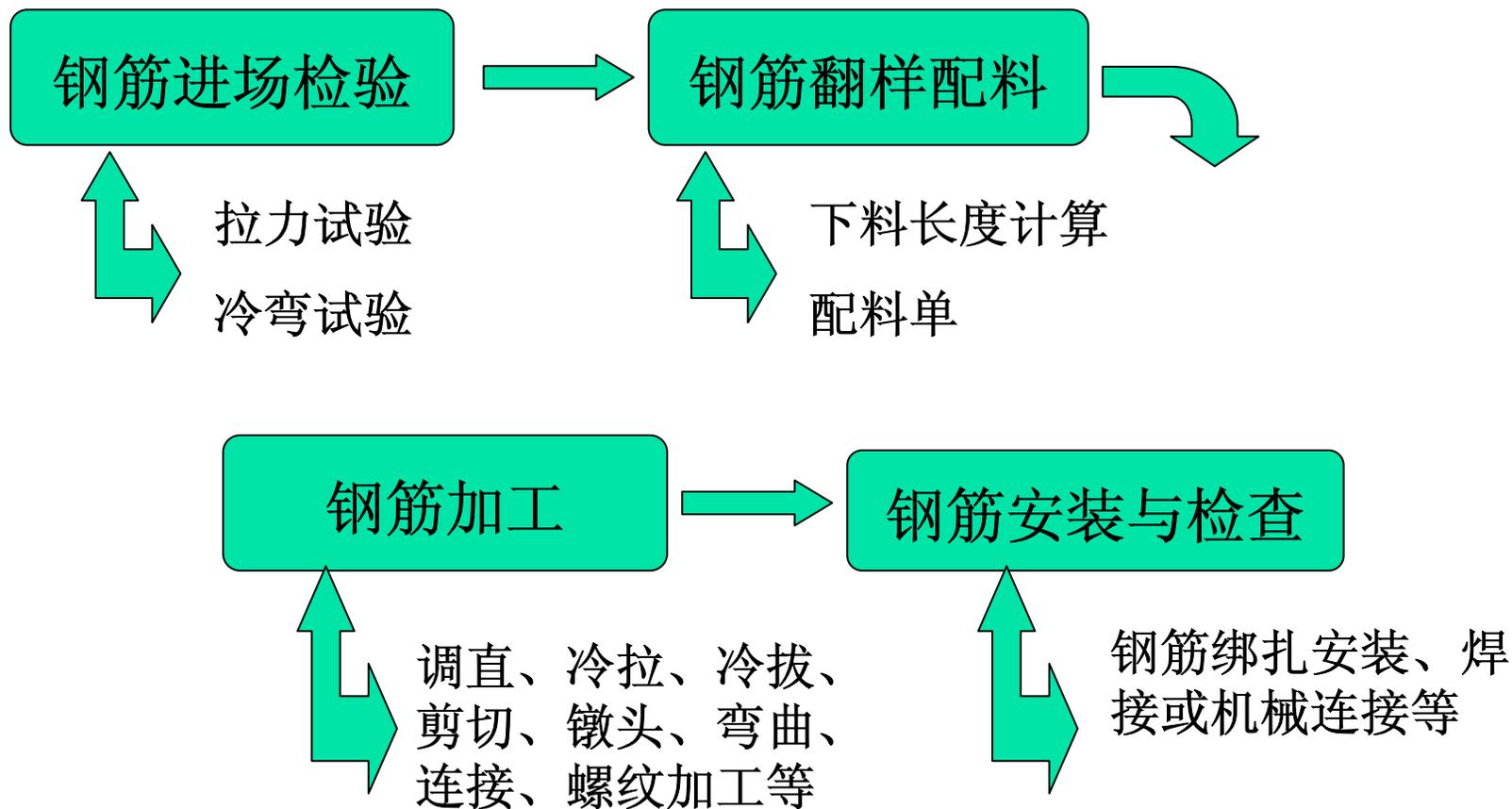


第5章 钢筋工程





钢筋工程施工流程：



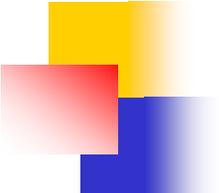
5.1 钢筋的检验

◆ 钢筋的分类

● 按机械性能分类

普通钢筋的种类、强度和弹性模量

种类		符号	d (mm)	f_{yk} (MPa)	f_y (MPa)	f_y' (MPa)	E ($\times 10^5$ MPa)
热轧光 圆钢筋	HPB235 (Q235)	Φ	8 ~ 20	235	210	210	2.1
热轧带 肋钢筋	HRB335 (20M _n S _i)	Φ	6 ~ 50	335	300	300	2.0
	HRB400 (20MnSiV、 20MnSiNb、 20MnTi)	Φ	6 ~ 50	400	360	360	2.0
余热处理 钢筋	RRB400 (K20MnSi)	Φ^R	8 ~ 40	400	360	360	2.0



●按化学成分分类

碳素钢筋

低碳钢钢筋：含碳量 $\leq 0.25\%$ ，

（如：HPB235）

中碳钢钢筋：含碳量为 $0.25\% \sim 0.6\%$ ，

高碳钢钢筋：含碳量大于 0.6% ，

（如：碳素钢丝）

普通低合金钢筋

在低碳钢和中碳钢中加入少量合金元素（其含量一般不超过总量的 3% ），获得强度高和综合性能好的钢种，常用合金元素有硅、锰、钒、钛等。

（如：HRB335、HRB400、RRB400和热处理钢筋 $40\text{Si}_2\text{Mn}$ 、 $48\text{Si}_2\text{Mn}$ 、 $45\text{Si}_2\text{Cr}$ 等）

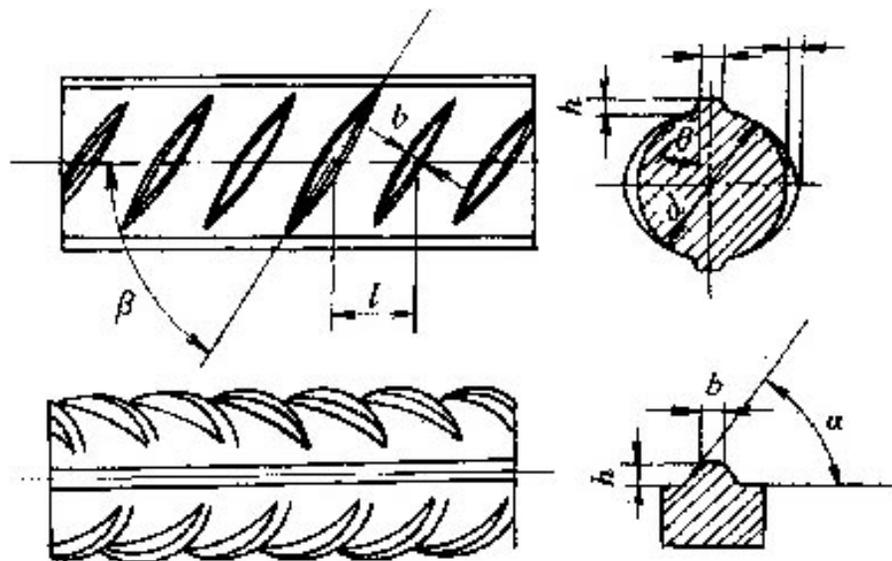
钢筋中主要五种元素对其性能的影响

- **碳 (C)** —— 钢中含碳量增加，钢的硬度和强度也提高，而塑性和韧性则下降，材性变脆，其焊接性也随之变差。
- **锰 (Mn)** —— 它是炼钢时作为脱氧剂加入钢中的，可使钢的塑性及韧性下降，因此含量要合适，一般含量在1.5%以下。
- **硅 (Si)** —— 它也是作为脱氧剂加入钢中的，可使钢的强度和硬度增加。有时特意加入一些使其含量大于0.4%，但不能超过0.6%，因为它含量大时与碳 (C) 含量大时的作用一样。
- **硫 (S)** —— 它是一种导致钢热脆性、使钢在焊接时出现热裂纹的有害杂质。它在钢中的存在使钢的塑性和韧性下降。一般要求其含量不得超过0.045%。
- **磷 (P)** —— 它也是一种有害物质。磷使钢容易发生冷脆并恶化钢的焊接性能，尤其在200℃时，它可使钢材或焊缝出现冷裂纹。一般要求其含量低于0.045%，即使有些低合金钢也必须控制在0.050%~0.120%之间。

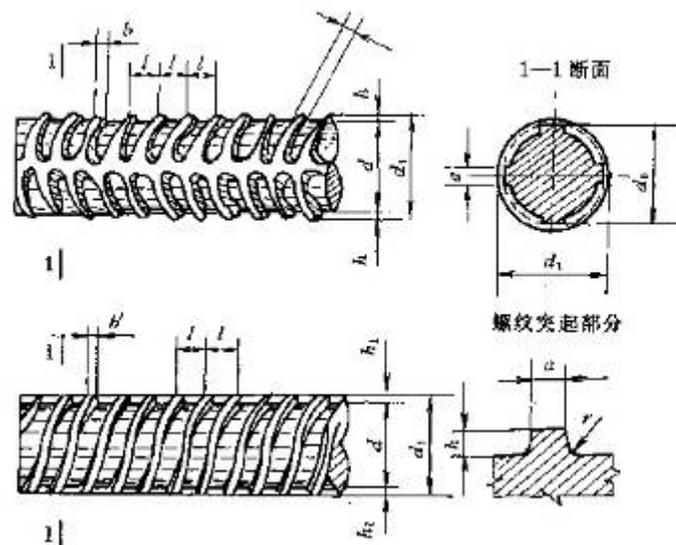
●按轧制外形分类

光面钢筋：如HPB235。

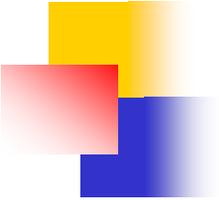
变形钢筋（螺纹、人字纹及月牙纹）：如HRB335、HRB400等。



月牙肋钢筋表面及截面形状



等高肋钢筋表面和截面形状



●按加工工艺分类

可分为：热轧钢筋、余热处理钢筋、冷拉钢筋、冷拔低碳钢丝、热处理钢筋、冷轧扭钢筋、精轧螺旋钢筋、刻痕钢丝及钢绞线等。

•热轧钢筋

——经热轧成型并自然冷却的成品钢筋。

如：HPB235、HRB335、HRB400。

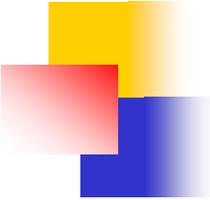
•余热处理钢筋

——将钢材热轧成型后立即穿水，进行表面冷却控制，然后利用芯部余热自身完成回火处理所得的成品钢筋。

如：RRB400。

•冷拉钢筋——是一种现场的钢筋加工方法。

•冷拔钢筋——加工厂对钢丝的一种加工方法，预应力钢丝基本上都要进行冷拔。



附：HRB400（新III级）钢筋介绍

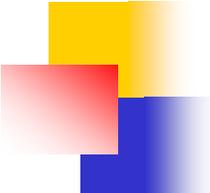
HRB400级之所以称之为新III级钢筋，是因历史上曾经有过III级钢筋。当时的牌号是25MnSi，其碳当量偏高且可焊性较差，强度也较低（370MPa）。

HRB400级是一种低合金热轧钢筋，低合金钢筋是在碳素钢基础上，在冶炼时根据钢筋性能要求和生产条件加入适量合金元素，可使含碳量较低钢筋的获得较高强度，并能保证足够的塑性和良好的焊接性能。

建设部把推广HRB400级作为十大新技术之一。

HRB400级是指屈服强度为400MPa（抗拉强度为570MPa）的钢筋。它可应用于非抗震和抗震设防地区的工业与民用建筑和一般构筑物，可适用于做纵向受力钢筋和箍筋、构造钢筋，以及预应力混凝土结构中的非预应力筋。

。



HRB400级钢筋与目前普遍应用的II级钢(HRB335)相比具有以下优点:

- 强度高

——性能稳定并具有优良的工艺性能,可适用各种施工工艺。由于强度设计值提高,在一般钢筋混凝土结构中可节约钢材12%~14%。

- 碳当量低

——焊接方便,焊接性能好。

HRB400级钢筋的主要化学成分

牌号	化学成分(不大于)%					
	C	Si	Mn	P	S	Ceq
HRB400	0.25	0.80	1.60	0.045	0.045	0.54

HRB400级钢筋的主要力学性能

牌号	直径	屈服强度	抗拉强度	延伸率%
HRB400	6~50	400MPa	570	14

➤ 钢筋的检验

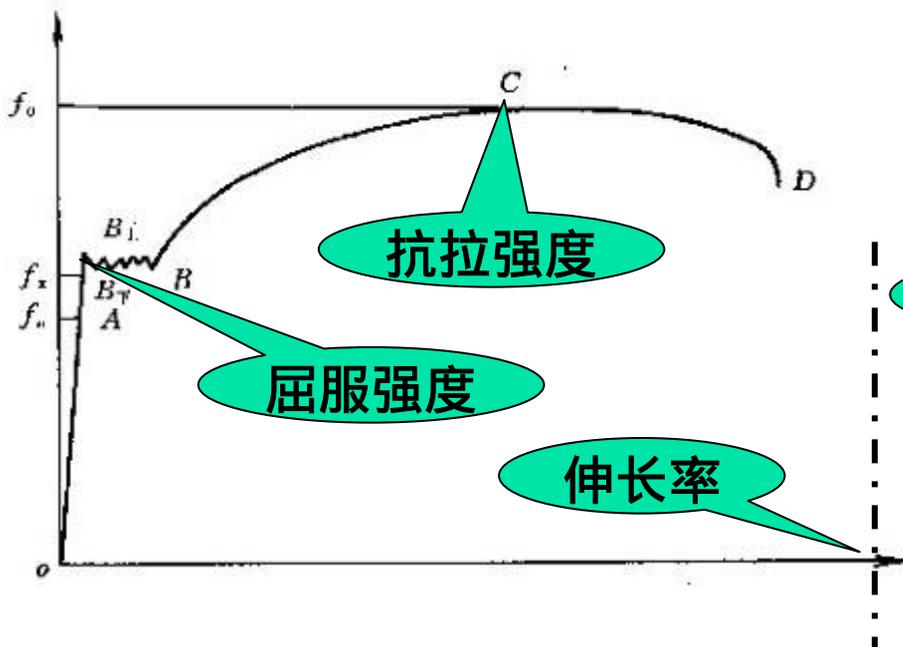
运至工地的钢筋应有出厂质量证明书或试验报告，每捆钢筋应有标牌，注明厂标、钢号、炉号及规格。

● 检查项目

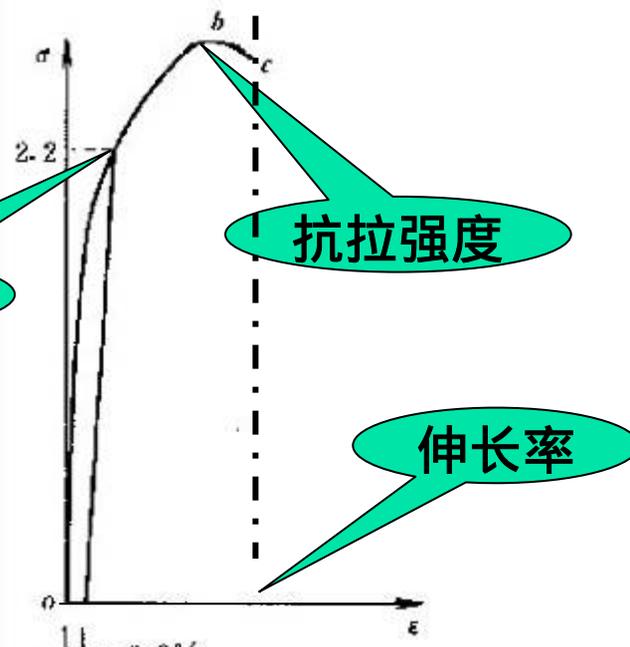
常进行机械性能检查，包括：静力拉伸试验和冷弯试验。

• 静力拉伸试验：得出应力—应变曲线，确定屈服强度、抗拉强度、伸长率。

（软钢具有明显的屈服阶段，I~IV级钢属于软钢；而硬钢没有明显的屈服阶段，如碳素钢丝、刻痕钢丝、冷拔低碳钢丝等。）



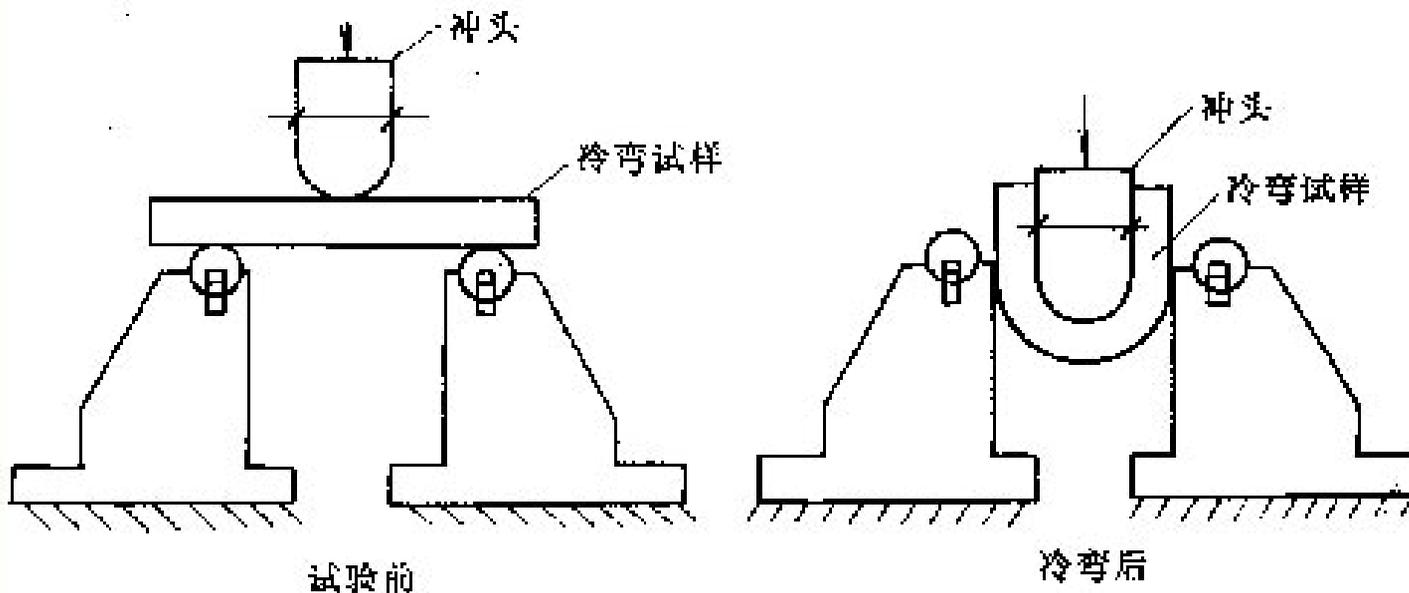
软钢应力—应变关系曲线

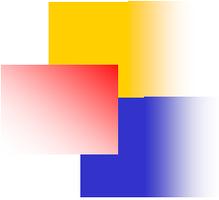


硬钢应力—应变关系曲线

•冷弯试验

是指钢筋在经冷加工（即常温下加工）产生塑性变形时，对产生裂缝的抵抗能力。冷弯试验是测定钢筋在常温下承受弯曲变形能力的试验。试验时不应考虑应力的 σ 大小，而将直径为 d 的钢筋试件，绕直径为 D 的弯心（ D 规定有 $1d$ 、 $3d$ 、 $4d$ 、 $5d$ ）弯成 180° 或 90° 。然后检查钢筋试样有无裂缝、鳞落、断裂等现象，以鉴别其质量是否合乎要求，冷弯试验是一种较严格的检验，能揭示钢筋内部组织不均匀等缺陷。





●检查方法

- 以同规格、同炉罐（批）量不多于60吨钢筋为一批，从每批中取2根，一根做拉力试验，一根做冷弯试验。
- 机械性能试验时，若有一项试验结果不合格，则从同一批次中再取双倍试样重做试验。
- 如仍不合格，则该批钢筋为不合格品，应降级使用。
- 钢筋加工过程中，如发现脆断、焊接性能不良或机械性能显著不正常等现象，需检验其化学成份。
- 检验合格的钢筋应分别堆放，不得混放。

5.2 钢筋翻样和配料

●钢筋翻样

- 将混凝土结构分解成柱、梁、墙、板和楼梯等构件，以一种构件为主，画出其各种配筋。应注明钢筋的编号、数量、强度等级、直径、间距、锚固长度及搭接长度和接头位置等。
- 对形状复杂和结构接点密度大的钢筋——绘出细部大样图（加工和安装图）。

●钢筋配料单

- 根据结构构件混凝土保护层、钢筋弯曲和弯钩等计算下料长度，编制配料单。
- 钢筋应按图施工或按有关构造要求配料，如遇钢筋规格不全时应按下列规定代换：
 - 1) 按强度控制的截面或构件——按钢筋等强代换；
 - 2) 按最小配筋率控制的截面或构件——按钢筋的最小配筋率代换。

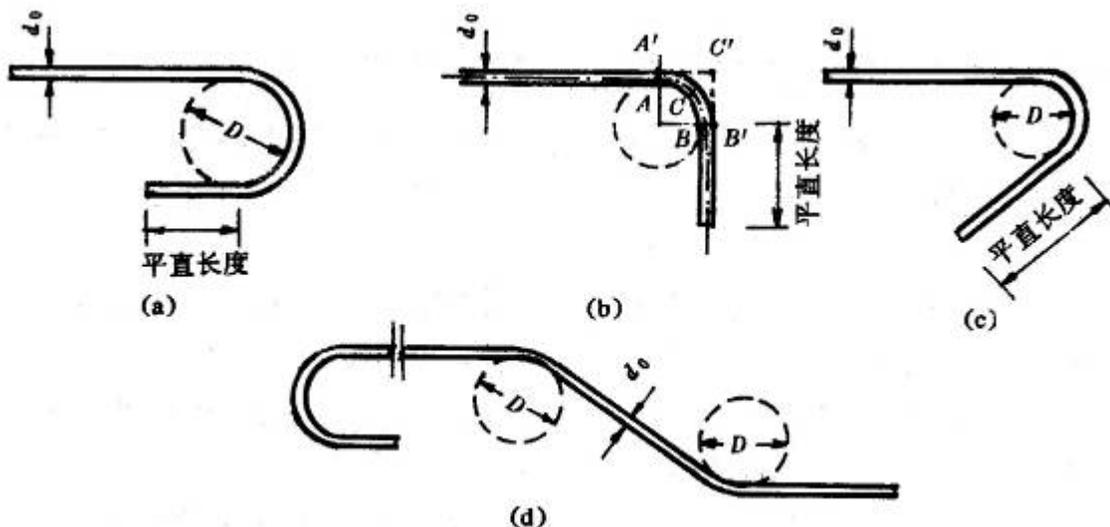
●量度差值

——钢筋外包尺寸与轴线长度的差值。

其值与被弯钢筋的直径和钢筋的弯心直径有关。

钢筋下料长度 = 钢筋外包尺寸 - 弯折处量度差值

重要概念



弯曲角度	45°	60°	90°	135°	180°
弯心直径	5.0d	5.0d	5.0d	5.0d	2.5d
量度差值	0.5d	1.0d	2.0d	0	6.25d

问：钢筋的下料长度为外包尺寸还是轴线长度？ **轴线长度**

5.3 钢筋加工

包括：冷拉、冷拔、调直、切断和弯曲

◆5.3.1 钢筋的冷拉与冷拔

• 钢筋冷加工（包括冷拉和冷拔），冷拉可调直和除锈。

• 钢筋拉伸变形特点：

{ 拉力在屈服强度以下，为弹性变形；
拉力超过屈服强度，则出现塑性变形。

• 钢筋冷加工能提高强度的基本原理：

—— “变形硬化”现象，即拉力超过屈服强度，钢筋内部晶粒产生压扁或拉长的不可恢复变形，随变形量增大，晶粒破碎，滑移面塑性变形抗力迅速增大，钢筋强度提高，但塑性下降。

冷拉设备

卷扬机



冷拉钢筋（调直）

2006 4 27

➤冷拔

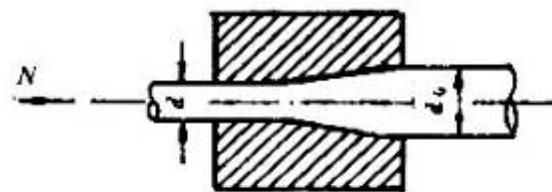
✓冷拔原理

——在立体应力(拉伸与压缩)的作用下变形更充分，强度增加更大，塑性降低也更多，呈硬钢性质。

✓冷拔过程——钢筋扎头→去皮→拔丝。

✓总压缩率(%)

$$\beta = \frac{d_0^2 - d^2}{d_0^2} \times 100$$



冷拔总压缩率越大，冷拔钢丝的强度越高，但塑性越低。

注：在相同总压缩率条件下：

坏；

{	冷拔次数少——效率高，钢丝易拉断，拔丝模易坏；
	冷拔次数多——效率低，钢丝更脆。

✓一般后道钢丝的直径约是前道钢丝直径的0.85~0.9。

如：φ5冷拔钢丝宜用φ8盘条拔制，φ4和φ3冷拔钢丝宜用φ6.5盘条拔制。

◆5.3.2 钢筋调直、切断和弯曲

●调直

机械调直——直径10mm以下，采用调直机或卷扬机。

人工敲直——直径10mm以上。

注：当采用机械方法冷拉调直时，若冷拉仅起调直作用时，其最大冷拉率：

对于 I 级钢为4%；
对于 II、III级钢为1%。

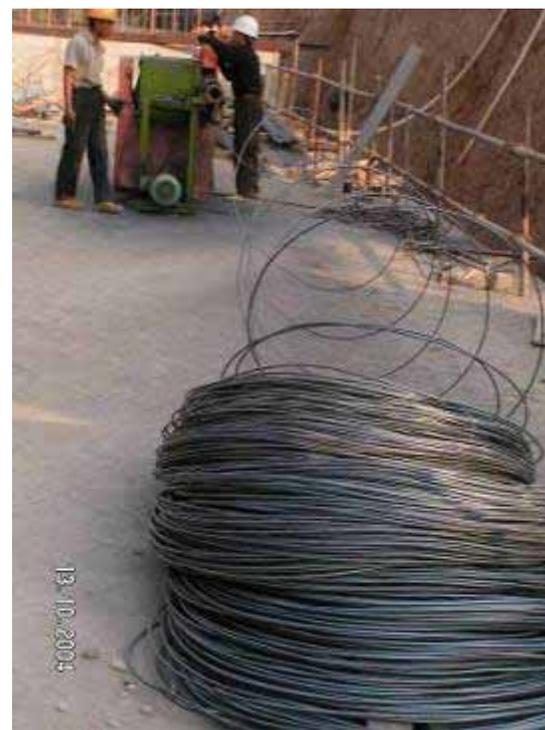


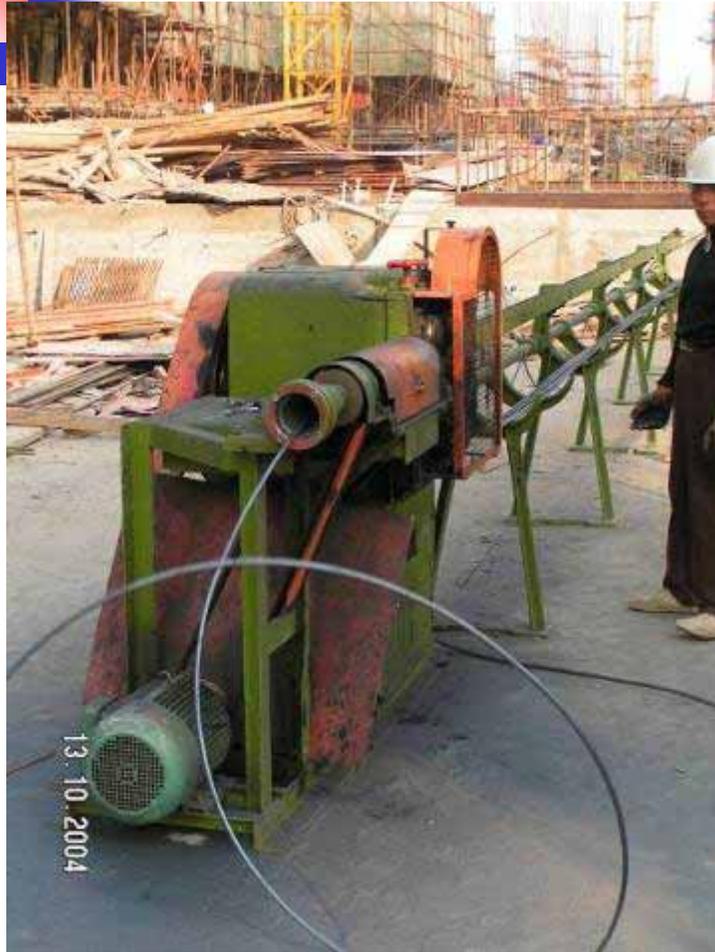
钢筋调直剪切机



钢筋调直剪切机

盘圆钢筋







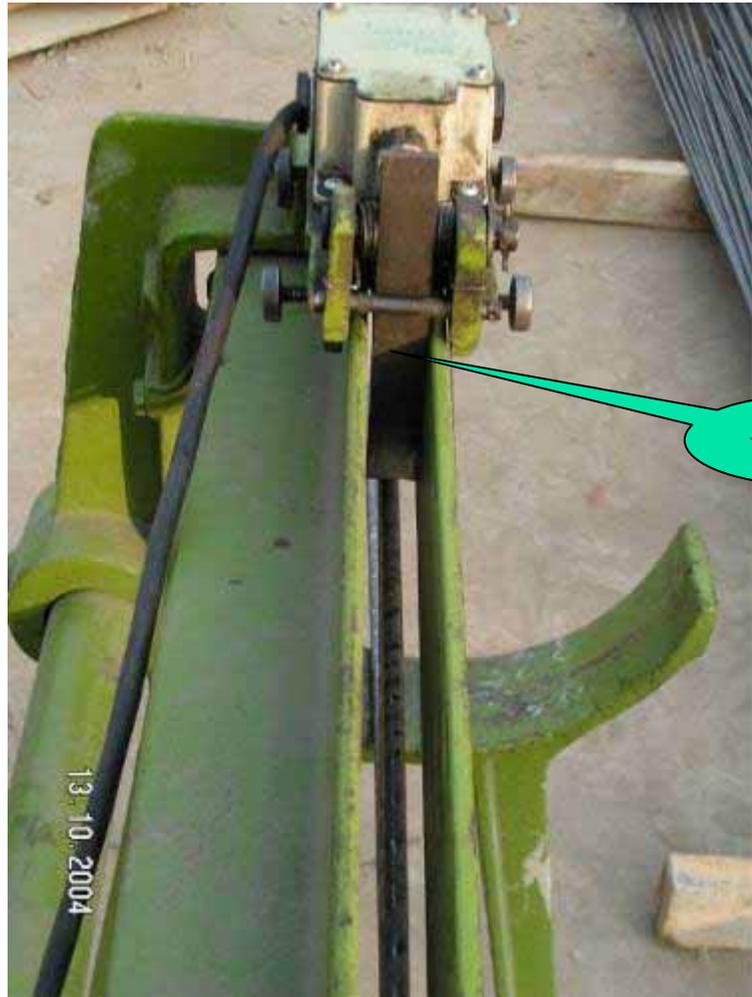
调直





切断标尺







● 切断



钢筋切断机

● 弯曲



钢筋弯曲机

5.4 钢筋连接

钢筋连接

绑扎连接——绑扎搭接接头；
焊接连接——闪光对焊接头、电弧焊接头、
电渣压力焊接头、气压焊接头；
机械连接——套筒冷压接头、螺纹套管钢筋接头。

◆ 5.4.1 绑扎连接

钢筋绑扎连接时，钢筋的搭接长度和位置应满足规范和有关构造要求。



◆ 5.4.2 焊接连接

● 钢筋的焊接性

重要概念

——在一定的焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度，也就是金属材料对焊接加工的适应性。

✓ 碳当量

重要概念

——钢材的焊接性可根据钢材的化学成分与焊接热影响区淬硬性的关系，把钢中合金元素（包括C）的含量，按其作用折算成C的相当含量（C的作用系数为1），即用碳当量粗略评定。

✓ 影响钢材可焊性的因素主要是：

- 含碳量↑：塑性↓、韧性↓、可焊性↓、强度↑
- 含锰量↑：强度↑、当C>0.8%，可焊性↓
- 合金元素（Ti，V等）：强度↑，可焊性↓

可焊性	对焊	电弧焊
良好	≤0.5	≤0.4
有限制	≤0.7	≤0.6
不好	>0.7	>0.6

✓ 碳当量计算：

$$C_{eq} = C + \frac{M_n}{6} \%$$

如 I 级钢的平均含碳量为0.18%，含锰量为0.65%，则

∴

$$C_{eq} = 0.18 + \frac{0.65}{6} = 0.29 \%$$

● 闪光对焊——**属于熔焊**

—— 将两钢筋安放成对接形式，利用低电压强电流产生的电阻热使接触点金属熔化，产生强烈飞溅。形成闪光，闪平钢筋端面并加热，最后迅速施加顶锻力，完成焊接。

➤ 对焊工艺

✓ 连续闪光对焊

• 适用于：直径 $<25\text{mm}$ 的 I ~ III级钢筋。

• 焊接过程：连续闪光 $\xrightarrow{\text{不间断地}}$ 移动钢筋 $\xrightarrow{\text{熔化}}$ 顶锻钢筋

✓ 预热闪光对焊

• 适用于：直径较大的 I ~ III级钢筋。

• 焊接过程：

一次连续闪光 \rightarrow 暂短的闭合，少量闪光 \rightarrow 二次连续闪光 \rightarrow 顶锻

闪平断面

预热

继续加热

顶锻焊接



闪光对焊机



闪光对
焊接头

● 电弧焊——属于熔焊
——利用电弧产生的热量进行焊接。

➤ 电弧焊接头主要形式：

包括：搭接焊、帮条焊、坡口焊、窄间隙焊等

➤ 帮条焊

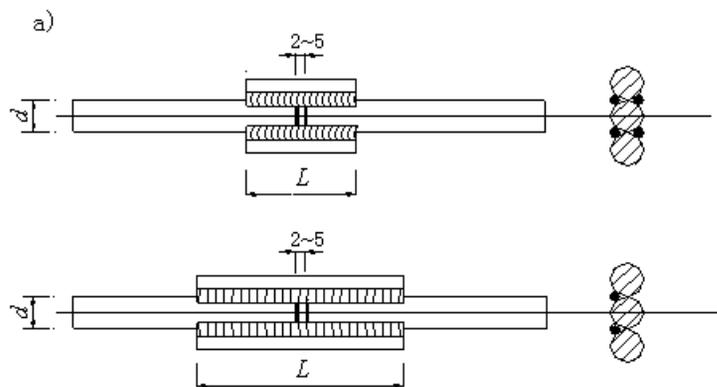
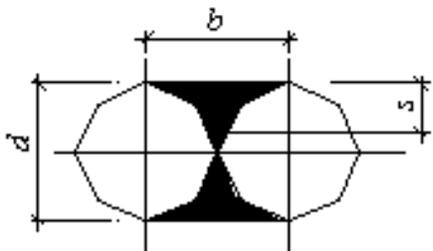
——宜采用双面焊，当不能进行双面焊时，可采用单面焊。

✓ 当帮条钢筋级别与主筋相同时，帮条直径可与主筋相同或小一个规格；当帮条直径与主筋相同时；帮条钢筋级别可与主筋相同或低一个级别。

✓ 帮条焊接头的焊缝厚度 $s \geq 0.3d$ ；

✓ 焊缝宽度 $b \geq 0.7d$ ；

✓ 两主筋端面的间隙应为 $2 \sim 5\text{mm}$ 。



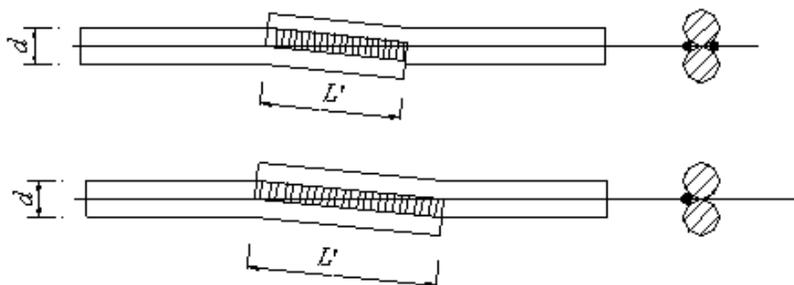
钢筋种类	焊缝形式	帮条长度
HPB235	单面焊	8d
	双面焊	4d
HRB335 及HRB400	单面焊	10d
	双面焊	5d

➤ 搭接焊

——用于HPB235、HRB335及HRB400钢筋，焊接时宜采用双面焊。当不能进行双面焊时，可采用单面焊。

✓ 搭接长度、焊缝厚度均与帮条长度相同。

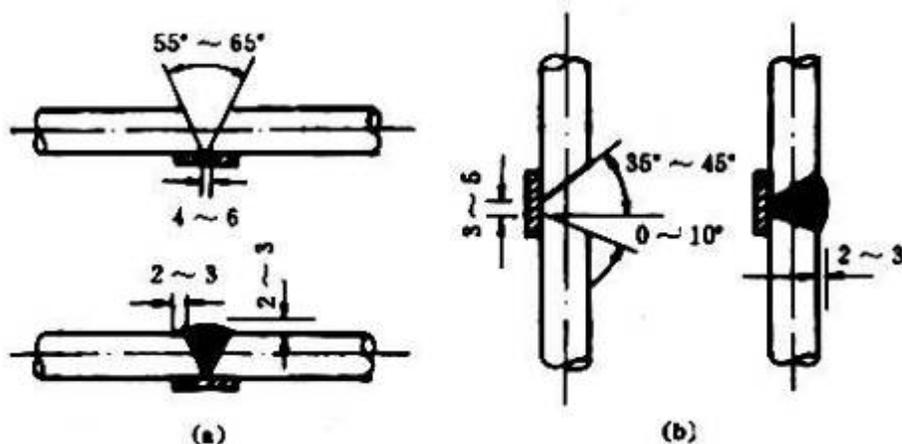
✓ 搭接焊时，焊接端钢筋应预弯，并使两钢筋的轴线在一直线上。



➤ 坡口焊

施工前在焊接钢筋端部切口形成坡口。坡口面应平顺，切口边缘不得有裂纹、钝边和缺棱。

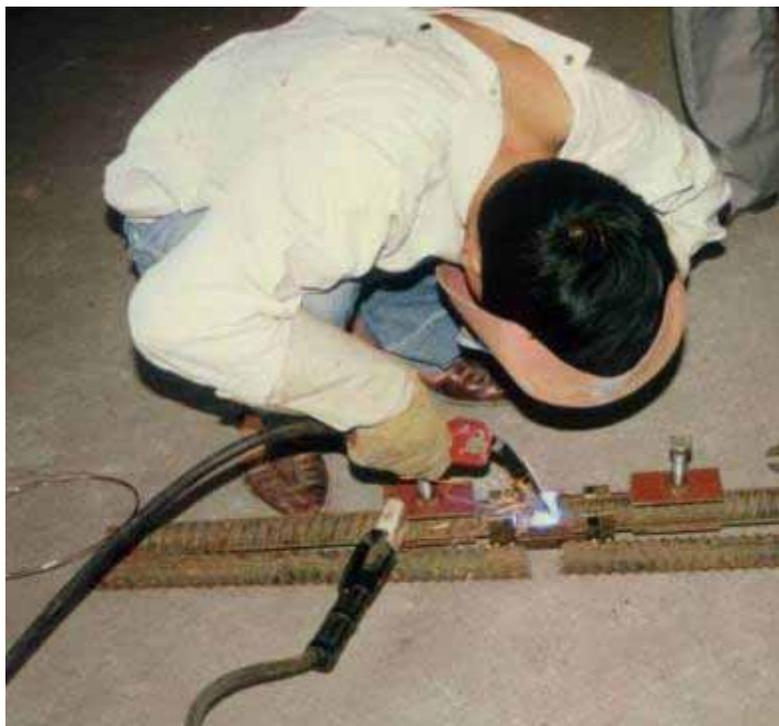
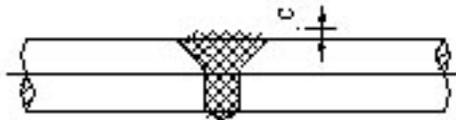
适用于直径为18~40mm的 I ~ III级钢筋。



➤ 窄间隙焊

——将两钢筋安放成水平对接形式，并置于铜模内，中间留有少量间隙，用焊条从接头根部引弧，连续向上焊接，完成的一种电弧焊方法。

✓适用于直径为20mm以上的水平钢筋。



为保证接头部位的引弧质量和不失去熔化的金属液，可用铜模或直接用角钢模。

●电渣压力焊——属于熔焊

——将两钢筋安放成竖向对接形式，利用焊接电流通过两钢筋端面间隙，在焊剂层下形成电弧过程和电渣过程，产生电弧热和电阻热，熔化钢筋，加压完成的一种熔焊方法。

➤特点

——与电弧焊比，效率高5~6倍；成本低；质量易保证。

➤适用

——直径16~32mm的 I、II 级 竖向或斜向钢筋的焊接。

➤工艺流程

——电弧引燃过程、造渣过程和挤压过程。



●气压焊——属于压焊，但不属于熔焊

——采用氧乙炔火焰或其它火焰对两钢筋对接处加热，使其达到塑性状态，或熔化状态后加压完成的一种压焊方法。

➤特点

——设备简单，效率高，成本低。

➤适用

——直径16~40mm的 I , II 级钢筋的竖向或斜向钢筋的焊接。





将夹钳夹住上、下钢筋端部，点燃焊炬。

焊炬点燃后，套入钢筋连接部位，先用强焰对连接部位上下轻微移动加热。





用强焰对钢筋端面加热后，集中用中炎加热，使钢筋连接的两端面加热至热塑状态。

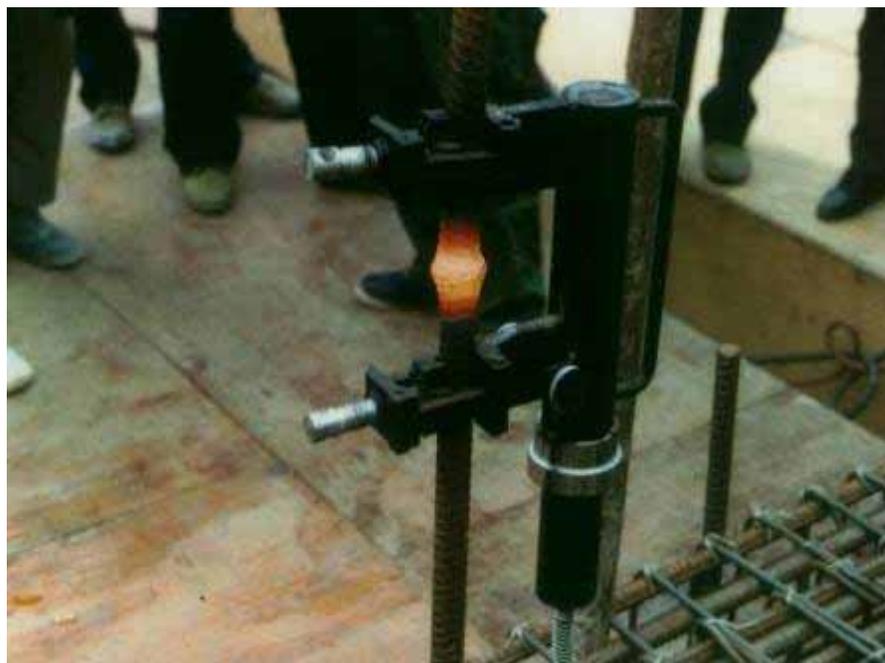
待钢筋两连接端面加热至热塑状态后，连接手动液压加压器，逐渐对上、下两钢筋加压。





边加压边加热，两钢筋连接端面紧密接触在一起，金属原子互相扩散，形成有效的连接。

加热加压的钢筋接头呈红热竹节状，夹钳的刚度很重要。



◆5.4.3 机械连接

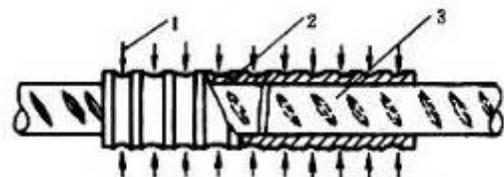
●特点

——与电焊相比，效率高，连接可靠，无明火作业，设备简单，不受气候影响等。

●套筒冷压钢筋接头

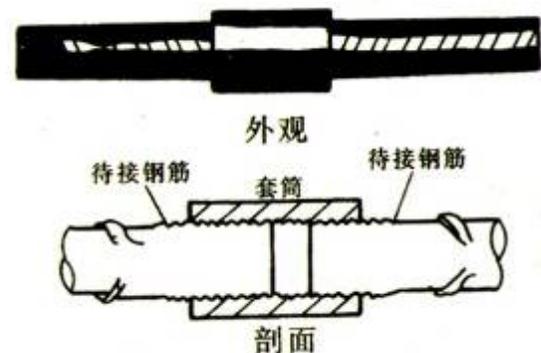
➤通过挤压力使连接用钢套筒塑性变形与带肋钢筋紧密咬合形成的接头。

➤适用——竖向、横向及其他方向的直径18~40mm的II, III级钢筋，操作净距大于50mm。

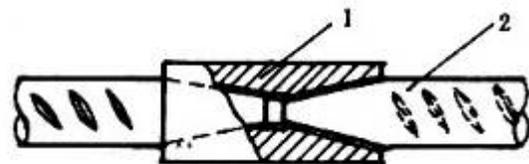


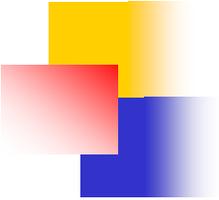
●螺纹套管连接

➤分锥螺纹连接与直螺纹连接两种。它是把钢筋的连接端加工成螺纹（简称丝头），通过螺纹连接套把两根带丝头的钢筋，按规定的力矩值连接成一体钢筋接头。



➤适用——直径大于20mm的变形(II、III、IV)钢筋。





- 钢筋机械连接接头分级

钢筋机械连接接头根据抗拉强度以及高应力和大变形条件下反复拉压形成的差异，接头可分为三个等级：

I级：接头抗拉强度不小于被连接钢筋实际抗拉强度或1.10倍钢筋抗拉强度标准值，并具有高延性及反复拉压性能。

II级：接头抗拉强度不小于被连接钢筋抗拉强度标准值，并具有高延性及反复拉压性能。

III级：接头抗拉强度不小于被连接钢筋屈服强度标准值的1.35倍，并具有一定的延性及反复拉压性能。



冷压套筒连接最初采用轴向冷挤压连接技术，与预应力施工中的挤压锚的挤压类同。

目前，冷压套筒连接主要为径向冷压技术。

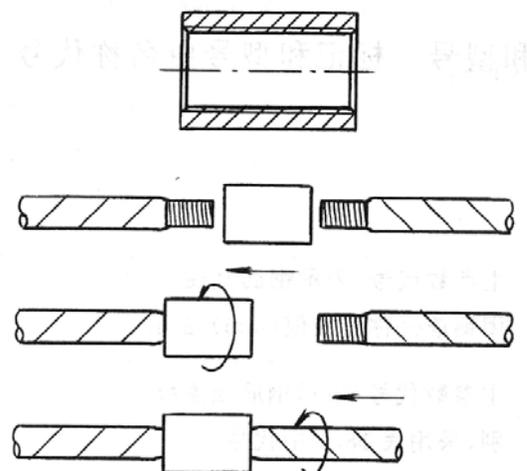




车削锥螺纹套筒连接最初采用较多，由于连接部位强度与母材不等强，最近被滚压锥螺纹、滚压或镢粗直螺纹连接方法替代。



车削锥螺纹套筒连接最初采用较多，由于连接部位强度与母材不等强，最近被滚压锥螺纹、滚压或镦粗直螺纹连接方法替代。



◆ 5.4.4 接头质量检验与判定

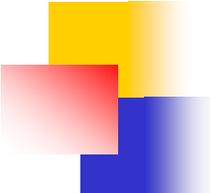
- 采用焊接连接的接头，评定验收其质量时，除按《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18）中规定的方法检查其外观质量外，还必须进行拉伸或弯曲试验。

焊接接头拉伸试验要求

钢筋闪光焊接头、电弧焊接头、电渣压力焊接头、气压焊接头拉伸试验结果均应符合下列要求：

- ① 3个热轧钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于该牌号钢筋规定的抗拉强度；RRB400钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于 $570\text{N}/\text{mm}^2$ ；
- ② 至少有2个试件断于焊缝之外，并呈延性断裂。

当达到上述2项要求时，应评定该批接头为抗拉强度合格。



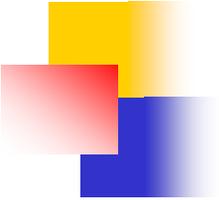
▶ 机械连接接头质量检查

采用机械连接的接头，评定验收其质量时，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）中基本规定和行业标准《钢筋机械连接通用技术规程》（JGJ107）中的有关规定执行。其中除检查外观质量外，还必须进行拉伸试验。对每一个验收批，均按设计要求的接头性能等级，随机切取3个试件做单向拉伸试验。

单向拉伸试验

对接头的每一验收批，随机截取的3个试件做单向拉伸试验，按设计要求的接头性能等级进行检验和评定。当3个试件单向拉伸试验结果均符合该接头等级的要求时，该验收批评为合格。如有一个试件的强度不符合要求，应再取6个试件进行复检，复检中如仍有1个试件试验结果不符合要求，则该验收批评为不合格。

注：闪光对焊和气压焊接头要求做拉伸和冷弯试验，电弧焊、电渣压力焊、套筒冷压和锥形螺纹钢筋接头只做拉伸试验。



◆ 5.5 钢筋安装与检查

钢筋安装总要求为：受力钢筋的品种、级别、规格和数量必须符合设计要求。此外，钢筋位置要准确，固定要牢靠，接头要符合规定。