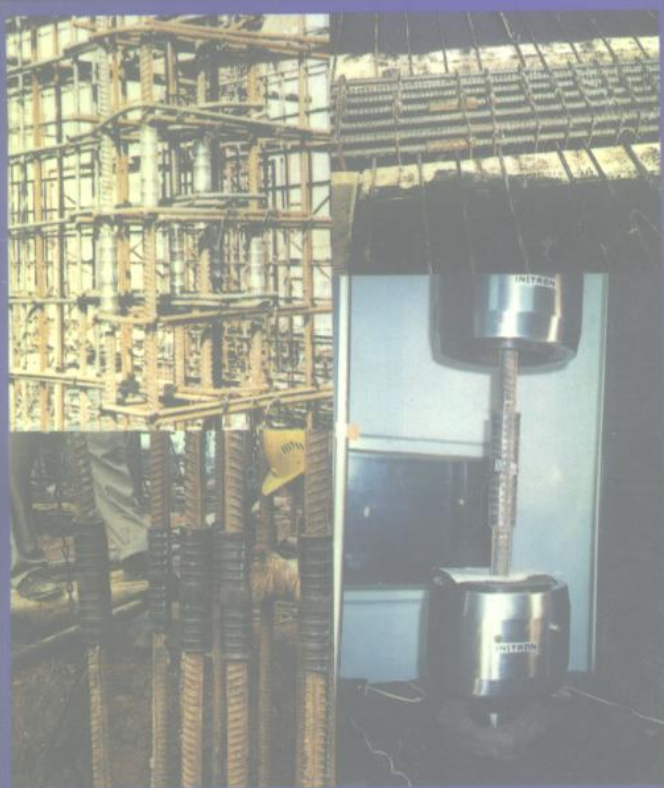


带肋钢筋套筒挤压连接技术

袁海军 编著



中国建材工业出版社

TU712-3
T-89

带肋钢筋套筒挤压 连接技术

袁海军 编著

中国建材工业出版社

91169/106
图书在版编目 (CIP) 数据

带肋钢筋套筒挤压连接技术/袁海军编著. -北京: 中国建材工业出版社, 1998. 4

ISBN 7-80090-718-3

I. 带… II. 袁… III. 钢筋混凝土-钢筋-连接技术 IV. TU755.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 10737 号

中国建材工业出版社出版 (北京海淀区三里河路 11 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京密云红光印刷厂印刷

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 4.625 字数: 120 千字

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—5000 册 定价: 7.80 元

ISBN 7-80090-716-3/TU·158

内 容 提 要

钢筋挤压连接是一项新的技术和工艺，该项技术具有操作简单、质量可靠、节省钢材、无火灾隐患等特点。它可广泛用于各种现浇钢筋混凝土结构工程中。本书较系统地论述了带肋钢筋套筒挤压连接技术从研制开发到工程应用的全过程，不仅对挤压接头的各种力学性能作了试验研究，还对挤压接头的施工工艺与设备使用、维护作了全面阐述。

为了让读者更好地掌握该项技术，本书附录中还收编了，《钢筋机械连接通用技术规程》(JG107-96)，及《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》(JG108-96)。

本书可供工程设计、施工、科研人员参考，也可作为现场施工人员学习挤压连接技术的培训教材。

前 言

随着高层建筑、水工建筑、大跨桥梁及高耸塔架等特种结构的不断发展，粗钢筋的用量正逐年增加，粗钢筋连接质量的好坏将直接影响结构本身的安全。近年来，广大科技工作者结合工程实践，提出了钢筋挤压连接、钢筋锥螺纹连接等新技术和新工艺。

钢筋挤压连接技术是把两根待接钢筋的端头先后插入一个钢套筒内，然后用挤压钳在侧向加压数道，使套筒塑性变形后与钢筋紧密咬合达到连接的效果。它改变了传统焊接的热工操作方法，可保证接头强度达到钢筋母材的强度。1992年该技术被列入“建设部科技成果重点推广项目”。

目前，与钢筋连接相关的几个规程已相继出台，这为钢筋连接技术提供了技术上的依据和质量上的保证。为了使更多人能了解有关钢筋挤压连接的基本知识，熟悉钢筋挤压接头的基本性能，掌握施工工艺和检验标准，我们根据已有的科研成果和工程实践经验编写了本书。

由于编著者水平有限，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。建研院钢筋挤压连接课题组的试验研究工作是在中国建筑科学研究院结构所刘永颐研究员的指导下进行的，本书完成初稿后刘永颐研究员又从百忙中抽出时间进行审阅，在此谨表诚挚谢意。

作 者

一九九八年四月于北京

目 录

第一章 钢筋的基本知识	(1)
第一节 钢筋的分类	(4)
第二节 钢筋的机械性能	(6)
第三节 金属材料的硬度和弹性模量	(10)
第二章 钢筋接头的型式	(13)
第一节 焊接接头	(13)
第二节 机械连接接头	(16)
第三章 钢筋挤压接头的静力性能试验	(18)
第一节 套筒及模具参数的选择	(18)
第二节 挤压力与挤压方向对挤压接头强度的影响	(20)
第三节 挤压道数对挤压接头强度的影响	(22)
第四节 接头质量评定标准	(25)
第五节 挤压接头的静力性能试验	(27)
第四章 钢筋挤压接头构件性能试验	(34)
第一节 受弯构件性能试验	(34)
第二节 偏心受压构件性能试验	(38)
第三节 梁、柱节点性能试验	(41)
第五章 钢筋挤压接头的疲劳性能试验	(46)
第六章 钢筋挤压接头的施工工艺与设备	(52)
第一节 钢筋挤压接头的施工工艺	(52)
第二节 挤压设备	(55)
第七章 钢筋挤压接头的现场检验	(64)
第八章 钢筋挤压接头的工程应用	(66)

附件 1	套筒数量速查表	(76)
附件 2	钢筋接头性能判定基准 (1982 年日本)	(78)
附件 3	钢筋机械连接通用技术规程 (JGJ107—96)	(84)
附件 4	带肋钢筋套筒挤压连接技术规程 (JGJ108—96)	(116)

第一章 钢筋的基本知识

第一节 钢筋的分类

钢筋种类很多，通常按化学成分、机械性能、生产工艺等进行分类。

一、按化学成分分

碳素钢钢筋和普通低合金钢钢筋。

碳素钢钢筋按含碳量多少，又分为低碳钢钢筋（含碳量低于0.25%，如Ⅰ级钢筋），中碳钢钢筋（含碳量0.25%~0.70%，如Ⅳ级钢筋），高碳钢钢筋（含碳量0.70%~1.40%，如碳素钢丝，碳素钢中除含有铁和碳元素外，还有少量在冶炼过程中带有的硅、锰、磷、硫等杂质。普通低合金钢钢筋是在低碳钢和中碳钢中加入少量合金元素，获得强度高和综合性能好的钢种，在钢筋中常用的合金元素有硅、锰、钒、钛等，普通低合金钢钢筋主要品种有：20MnSi、40Si2MnV、45SiMnTi等。

各种化学成分含量的多少，对钢筋机械性能和可焊性的影响极大。一般建筑用钢筋在正常情况下不作化学成分的检验，但在选用钢筋时，仍需注意钢筋的化学成分。下面介绍钢筋中主要的五种元素对其性能的影响。

碳(C)：碳与铁形成化合物渗碳体(Fe_3C)，材性硬且脆，钢中含碳量增加渗碳体量就大，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。

二、按机械性能分

钢筋混凝土结构用热轧钢筋，过去大都采用碳钢。随着普通低合金钢的发展，现行热轧钢筋，除了碳钢的 3 号钢外，全为普通低合金钢。按机械性能把钢筋分为四级：

I 级钢筋—235/370 级

II 级钢筋—335/510 级

III 级钢筋—370/570 级

IV 级钢筋—540/835 级

分子是屈服强度，分母是抗拉强度，单位是 MPa。

三、按生产工艺及轧制外形分

钢筋混凝土用钢筋分为热轧带肋钢筋（GB1499-91）、余热处理钢筋（GB13014-91）、热轧光圆钢筋（GB13013-91）和普通低碳钢热轧圆盘条。

1. 热轧带肋钢筋

热轧带肋钢筋是经热轧成型并自然冷却的成品钢筋。它的横截面通常为圆形，且表面带有两条纵肋和沿长度方向均匀分布的横肋，当横肋的纵截面呈月牙形，且与纵肋不相交时，称为月牙形钢筋；当横肋的纵截面高度相等，且与纵肋相交时，称为等高肋钢筋，其形状见图 1-1 和图 1-2，II、III 级带肋钢筋，采用月牙肋表面形状，其尺寸及允许偏差应符合表 1-1 的规定。

2. 余热处理钢筋

余热处理钢筋是指将钢材热轧成型后立即穿水，进行表面冷

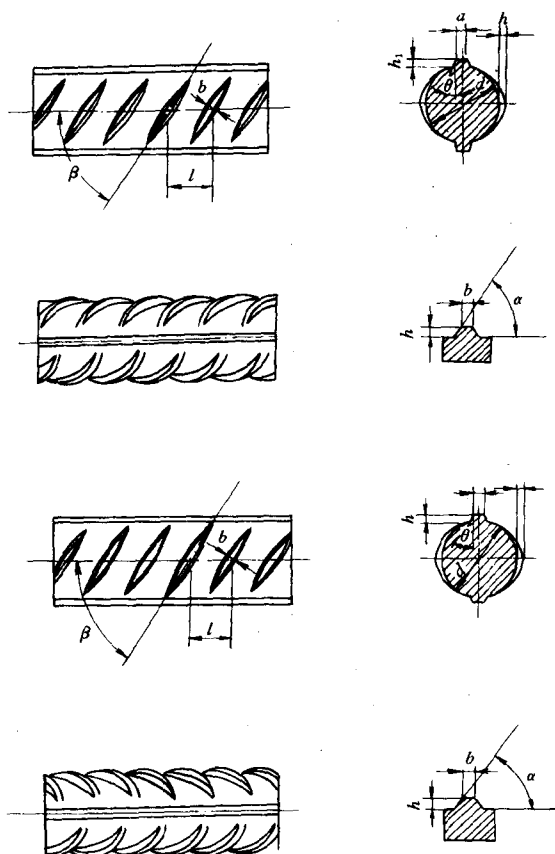


图 1-1 月牙形钢筋表面及截面形状

月牙形钢筋外形尺寸

表 1-1

公称 直径	内径 d		横肋高 h		纵肋高 h_1		横肋 宽 b	纵肋 宽 a	间距 l		横肋末 端最大 间隙
	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差			公称 尺寸	允许 偏差	
8	7.7		0.8	+0.4 -0.2			0.5	1.5	5.5		2.5
10	9.6	± 0.4	1.0	+0.4 -0.3	1.0	± 0.5	0.6	1.5	7.0	± 0.5	3.1

续表

公称 直径	内径 d		横肋高 h		纵肋高 h_1		横肋 宽 b	纵肋 宽 a	间距 l		横肋末 端最大 间隙
	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差	公称 尺寸	允许 偏差			公称 尺寸	允许 偏差	
12	11.5	± 0.4	1.2	± 0.4	1.2	± 0.8	0.7	1.5	8.0	± 0.5	3.7
14	13.4		1.4		1.4		0.8	1.8	9.0		4.3
16	15.4		1.5		1.5		0.9	1.8	10.0		5.0
18	17.3		1.6	$+0.5$ -0.4	1.6		1.0	2.0	10.0		5.6
20	19.3	± 0.5	1.7	± 0.5	1.7	± 0.9	1.2	2.0	10.0	± 0.8	6.2
22	21.3		1.9	± 0.6	1.9		1.3	2.5	10.5		6.8
25	24.2		2.1		2.1		1.5	2.5	12.5		7.7
28	27.2	± 0.6	2.2	$+0.8$ -0.7	2.2	± 1.1	1.7	3.0	12.5	± 1.0	8.6
32	31.0		2.4		2.4		1.9	3.0	14.0		9.9
36	35.0		2.6		2.6		2.1	3.5	15.0		11.1
40	38.7	± 0.7	2.9	± 1.1	2.9		2.3	3.5	15.0		12.4

注：①纵肋斜角 θ 为 $0 \sim 30^\circ$ ；

②尺寸 a 、 b 为参考数据。

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。它也是带肋钢筋，目前仅有月牙肋钢筋，其钢筋表面及截面形状与热轧带肋钢筋相同，余热处理带肋钢筋的级别为Ⅲ级。

3. 光圆钢筋

光圆钢筋是指横截面为圆形，且表面为光滑的钢筋混凝土配

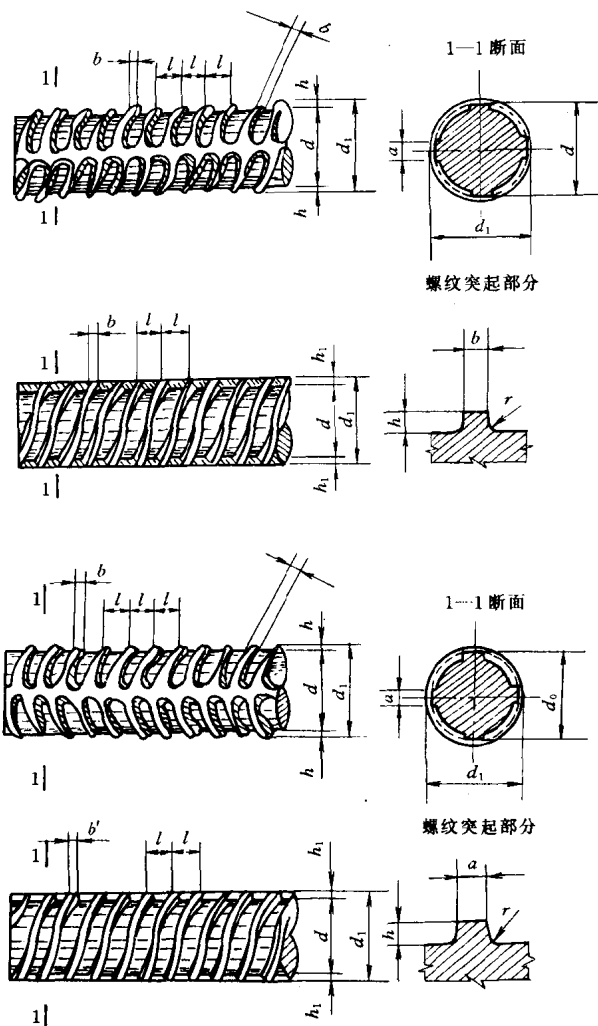


图 1-2 等高肋钢筋表面及截面形状

d —钢筋内径； a —纵肋宽度； h —横肋高度； b —横肋顶宽；

h_1 —纵肋高度； L —横肋间距； r —横肋根部圆弧半径。

筋用钢材，此类钢筋属 I 级钢筋，钢筋的公称直径范围为 8mm～20mm。

第二节 钢筋的机械性能

一、钢筋的拉伸试验

钢筋主要机械性能的各项指标是通过静力拉伸试验和冷弯试验来获得的。由静力拉伸试验得出的应力—应变曲线，是描述钢筋在单向均匀受拉下工作特性的重要方式。静力拉伸试验是由四个阶段组成的（见图 1-3）。

1. 弹性阶段（O—A）

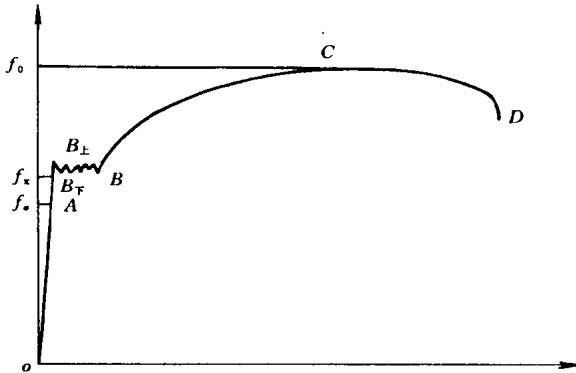


图 1-3 钢筋的应力-应变曲线

从图 1-3 中可以看出，在 OA 范围内，拉力增加，变形也增加；卸去拉力，试件能恢复原状。材料在卸去外力后能恢复原状的性质，叫做弹性。因此，这一阶段叫做弹性阶段。

弹性阶段的最高点（图中的 A 点）所对应的应力称为弹性极限，因弹性阶段的应力与应变成正比，所以也称比例极限，用 f_0 表示。

2. 屈服阶段（A—B）

当应力超过比例极限后，应力与应变不再成比例增加，开始时图形还接近直线，而后形成接近于水平的锯齿形线，这时，应力在很小的范围内波动，而应变急剧地增长，这种现象好象钢筋对外力屈服了一样，所以，这一阶段叫做屈服阶段（A—B）。在屈

服阶段，钢筋的性质由弹性转化为塑性，如将外力卸去，试件的变形不能完全恢复。不能恢复的变形称为残余变形或称塑性变形。

与锯齿线最高点B上相对应的应力称为屈服上限。对应于最低点B下的应力称为屈服下限。工程上取屈服下限作为计算强度指标，叫屈服强度（或称屈服点、流限），用 f_y 表示。

3. 强化阶段（B—C）

钢筋拉伸试验过了第二阶段即屈服阶段以后，钢筋内部组织发生了剧烈的变化，重新建立了平衡，钢筋抵抗外力的能力又有很大的增加。应力与应变的关系表现为上升的曲线，这个阶段称为强化阶段。

与强化阶段最高点C相对应的应力就是钢筋的极限强度，称为抗拉强度，用 f_u 表示。

4. 颈缩阶段（C—D）

当应力达到拉伸曲线的最高点C后，试件的薄弱截面开始显著缩小，产生颈缩现象（见图1-4），即进入颈缩阶段。由于试件颈缩处截面急剧缩小，能承受的拉力随着下降，塑性变形迅速增加，最后该处发生断裂。

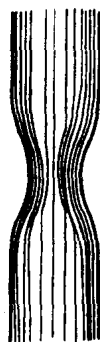


图1-4 颈缩现象

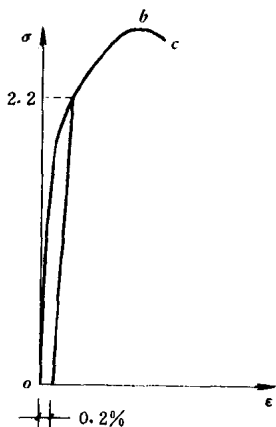


图1-5 硬钢的应力应变

图1-3是软钢（I—IV级钢筋属于软钢）的拉伸曲线图。在软钢中，钢筋的屈服阶段较为明显；而硬钢（碳素钢丝、刻痕钢丝、冷拔低碳钢丝属于硬钢）在拉伸试验中屈服则很不明显，也没有明显的屈服点，如图1-5所示。

从图1-5中可以看出，a点以前为弹性阶段，a点应力称比例极限（约为极限强度的0.65倍）。a点以后，钢筋表现出一定的塑性，到b点达到极限强度，b点以后会因“颈缩”现象

而具有下降阶段 bc。

两者对比，可以看出，硬钢的特点是抗拉强度高和伸长率小，没有明显的屈服阶段，弹性阶段长而塑性阶段短，试件破坏时没有明显的信号而突然断裂。因此，在构件中采用硬钢配筋时，必须注意这些特点。

二、钢筋的机械性能

钢筋的机械性能通过试验来测定，衡量钢筋质量标准的机械性能有屈服点、抗拉强度、伸长率，冷弯性能等指标。

1. 屈服点 (f_y)

当钢筋的应力超过屈服点以后，拉力不增加而变形却显著增加，将产生较大的残余变形时，以这时的拉力值除以钢筋的截面积所得到的钢筋单位面积所承担的拉力值，就是屈服点 σ_s 。

2. 抗拉强度 (f_u)

抗拉强度就是以钢筋被拉断前所能承担的最大拉力值除以钢筋截面积所得的拉力值，抗拉强度又称为极限强度。它是应力—应变曲线中最大应力值，虽然在强度计算中没有直接意义，但却是钢筋机械性能中必不可少的保证项目。因为：

(1) 抗拉强度是钢筋在承受静力荷载的极限能力，可以表示钢筋在达到屈服点以后还有多少强度储备，是抵抗塑性破坏的重要指标。

(2) 钢筋有熔炼、轧制过程中的缺陷，以及钢筋的化学成分含量的不稳定，常常反映到抗拉强度上。当含碳量过高，轧制终止时温度过低，抗拉强度就可能很高；当含碳量少，钢中非金属夹杂物过多时，抗拉强度就较低。

(3) 抗拉强度的高低，对钢筋混凝土结构抵抗反复荷载的能力有直接影响。

3. 伸长率

伸长率是应力—应变曲线中试件被拉断时的最大应变值，又称延伸率，它是衡量钢筋塑性的一个指标，与抗拉强度一样，也是钢筋机械性能中必不可少的保证项目。

伸长率的计算，是钢筋在拉力作用下断裂时，被拉长的那部分长度占原长的百分比。把试件断裂的两段拼起来，可量得断裂后标距段长 L_1 (见图 1-6)，减去标距原长 L_0 就是塑性变形值，此值与原长的比率用 δ 表示，即

$$\delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

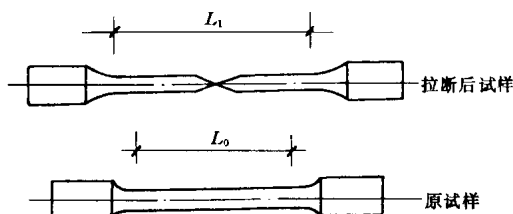


图 1-6 试件拉伸前和断裂后标距的长度

伸长率 δ 值越大，表明钢材的塑性越好。伸长率与标距有关，对热轧钢筋的标距取试件直径的 10 倍长度作为测量检验的标准，其伸长率以 δ_{10} 表示。对于钢丝取标距长度为 100mm 作为测量检验的标准，以 δ_{100} 表示。对于钢绞线则为 δ_{200} 。

4. 冷弯性能

冷弯性能是指钢筋经冷加工（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大小，而将直径为

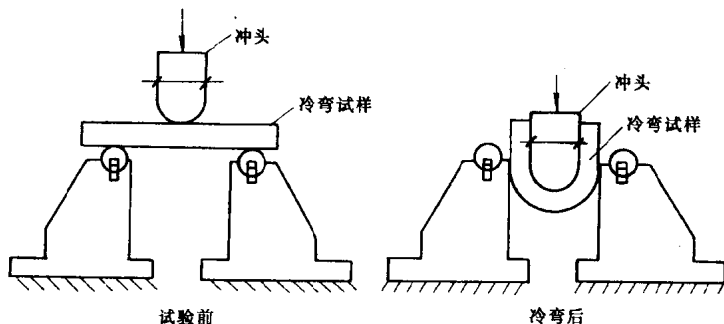


图 1-7 钢筋的冷弯试验

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° （见图 1-7）。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。

三、热轧带肋钢筋的技术标准

热轧带肋钢筋是钢筋混凝土结构中最常用的受力主筋，其力学性能、工艺性能应符合表 1-2 的要求。

带肋钢筋的力学性能

表 1-2

表面形状	钢筋级别	强度等级代号	公称直径 (mm)	屈服点 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 (%)	冷弯
月牙肋	Ⅱ	RL335	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	335	$\frac{510}{490}$	16	$\frac{180^\circ d = 3a}{180^\circ d = 4a}$
	Ⅲ	RL400	$\frac{8 \sim 25}{28 \sim 40}$	400	570	14	$\frac{90^\circ d = 3a}{90^\circ d = 4a}$
等高肋	Ⅳ	RL540	$\frac{18 \sim 25}{28 \sim 40}$	540	835	10	$\frac{90^\circ d = 5a}{90^\circ d = 6a}$

d —弯芯直径； a —钢筋公称直径。

第三节 金属材料的硬度和弹性模量

一、硬度

金属材料硬度常用的测定方法为布氏法、洛氏法等，故硬度指标有：布氏硬度（HB）、洛氏硬度（HRA、HRB、HRC）。

1. 布氏硬度

在直径为 D 的淬火钢球上，加以荷载为 P 的压力，使其压入被测金属材料的表面，并保持一定的时间，然后去除载荷，测量金属表面上的凹痕面积，求出单位面积所受的压力，即表面布氏硬度值，用 HB 表示。