

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1981

No. 15

Ⅳ级精轧螺旋钢筋的基本性能及应用

The Basic Properties and Application of the
IV Grade Thread-Type Steel Bar

中国建筑科学研究院
CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

提 要

Ⅳ级精轧螺旋钢筋，是在整根钢筋表面上热轧出不带纵肋的螺旋外形。这种钢筋的接长，用连接器而不用焊接，端头锚固直接用螺帽，不需要另加螺丝端杆，具有连接可靠、锚固简单，施工方便、提高工效等优点，很适合大跨预应力混凝土结构的需要。经试制，试验及工程应用效果较好，对促进我国预应力混凝土结构的发展，特别是分段张拉及复杂外形的预应力混凝土结构的发展有一定意义。

The Basic Properties and Application of the

IV Grade Thread-Type Steel Bar

Institute of Building Structures

Wú xīn xuān, Wáng ān kūn

Abstract

The IV grade thread-type steel bar is the bar without longitudinal ribs. The surface of the bar is shaped thread appearance by accurately rolling. The lengthening of a bar is done by connectors, not by welding, and the anchorage of a bar-by screwing nuts. It is no need to make threaded bars to connect with it. This kind of connection has many advantages, such as safety, simplicity and convenience for anchoring and construction, and high work efficiency. Trial producing, testing and engineering application have been done, and good effect has been showed. This work will promote the development of prestressed concrete in our country, especially for structures which need to pretension separately in different parts or are complicated in external form.

目 录

一、精轧螺旋钢筋的基本性能和外形尺寸	(1)
二、精轧螺旋钢筋的连接器及螺帽	(3)
三、使用精轧螺旋钢筋的几点注意事项	(4)
四、构件试验及应用实例	(5)
五、结论	(7)

Ⅳ级精轧螺旋钢筋的基本性能及应用

中国建筑科学研究院结构所

吴新璇 王安坤

Ⅳ级精轧螺旋钢筋是一种新外形的预应力筋，它是在整根钢筋表面上热轧出不带纵肋的螺旋外形。这种钢筋的接长用连接器，不用焊接，端头的锚固直接用螺帽，无需另加螺丝端杆，很适于大跨度预应力混凝土结构的需要。

这种钢筋在西德和日本均有生产和应用。我国于1976年，由上海第三钢铁厂和中国建筑科学研究院合作研制成直径25毫米Ⅳ级精轧螺旋钢筋。近几年来，除进行了比较系统的试验外，并已在不少工业与民用建筑结构及公路桥梁等工程中进行了试点应用，效果较好，具有连接可靠、锚固简单、施工方便、提高工效等优点。1979年对这项新研究成果进行了技术鉴定工作。目前上钢三厂已可以批量生产，这对促进预应力混凝土结构的发展，特别是发展分段张拉及复杂外形的预应力结构具有一定意义。

一、精轧螺旋钢筋的基本性能和外形尺寸

1. 化学成分及机械性能

自1976年以来，上钢三厂采用国标“热轧钢筋 GB1499—79”中的 40Si2MnV（即原40 Si2V）钢种，共生产了1300多吨精轧螺旋钢筋供科研及基建部门试验和试用。从各批钢筋抽样检查及数理统计的结果可以看出（表1、表2），无论其化学成分或机械性能均满足

Ⅳ级精轧螺旋钢筋的化学成分及机械性能

表1

钢筋生 产日期	机 械 性 能				化 学 成 分 (%)					
	σ_s 公斤/ 毫米 ²	σ_b 公斤/ 毫米 ²	δ_5 (%)	冷弯 d=5a	C	Mn	Si	V	S	P
GB1499 —79	55.0	85.0	10.0	90°	0.36~0.48	0.70~1.00	1.40~1.90	0.08~0.15	≤0.045	≤0.045
1976年	65.0	91.5	14.0	合格	0.45~0.48	0.87~0.93	1.41~1.62	0.09~0.12	0.011~0.014	0.026~0.034
1977年	66.6	93.9	17.0	合格	0.40~0.43	0.90~0.93	1.40~1.69	0.08~0.10	0.028~0.032	0.039~0.044
1978年	65.8	91.1	16.6	合格	0.39~0.42	0.77~0.89	1.43~1.70	0.10~0.135	0.004~0.016	0.017~0.030
1979年	66.1	92.8	16.1	合格	0.39~0.43	0.77~0.95	1.44~1.70	0.11~0.14	0.003~0.010	0.016~0.032

GB1499—79标准的技术指标要求。例如，屈服点及抗拉强度都比技术指标有大幅度的提高，这对于钢筋在冷拉过程中减少冷拉伸长率是非常有利的，并且可以方便螺帽的装卸。

2. 冲击韧性

精轧螺旋钢筋冲击韧性比普通 40Si2MnV 螺纹钢略高一些，试件为梅氏试件，见表3。

3. 弹性模量

名称 性能 统计值	平 均 值	均 方 差 σ (公斤/毫米 ²)	离 散 率 C. (%)	注
屈服点 σ_s (公斤/毫米 ²)	65.0	1.802	0.028	统计数量为118根 试件
抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	92.1	2.821	0.031	
伸长率 δ_5 (%)	15.9	1.624	0.102	

表 3

炉 号	冲 击 值 (公斤·米/厘米 ²)			
	20°C	0°C	-20°C	-40°C
45	3.3	1.9	1.1	1.0
46	3.9	2.1	1.4	1.1
47	3.9	2.2	1.9	0.8
2	4.2	2.9	2.1	1.4

对母材及其冷拉钢筋进行弹性模量的测定结果表明,母材的弹性模量在 $2.04 \sim 2.10$ 公斤/厘米² $\times 10^6$ 范围之内,而冷拉应力为75公斤/毫米²,未时效的钢筋弹性模量有所降低,为 $1.85 \sim 1.91$ 公斤/厘米² $\times 10^6$,满足我国《钢筋混凝土结构设计规范》的要求。

4. 硬度及金相组织

钢筋的硬度 HRC ≈ 29 左右。金相组织为珠光体和沿晶界断续分布成网状的铁素体。

5. 精轧螺旋钢筋的外形和尺寸

一般螺纹钢,其螺纹仅仅是为了保证与混凝土有良好的粘结力,外形尺寸精度要求不

精轧螺旋钢筋的外形尺寸公差

表 4

公称直径 d	水平直径 d_h	垂直接径 d_v	螺纹高度 h	螺 距 t	螺纹底宽 b	螺纹倾斜角 α	螺纹顶角 β	螺纹底半径 r
25	24.5 ± 1.0	25.0 ± 0.5	$1.6^{+0.5}_{-0.3}$	12 ± 0.3	6 ± 0.5	$81^\circ 30'$	90°	1.5

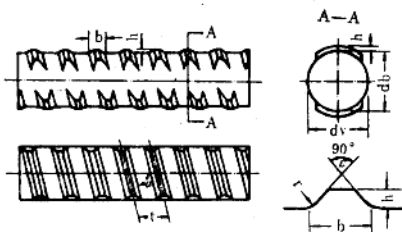


图 1 精轧螺旋钢筋的外形

高,公差较大,而精轧螺旋钢筋,螺纹的主要作用是为了安装螺帽和连接器,以便承受应力,因此螺纹尺寸精度要求较高。

精轧螺旋钢筋的外形尺寸及螺纹形状,综合了三角形螺纹与梯形螺纹的优点。螺纹牙形角采用 90° ,故牙边倾角为 45° ,因而这种螺旋钢筋螺纹的当量摩擦系数比三角形和梯形螺纹均大,自锁性能较好。两个钢筋用连接器连接时

对中比较准确不易松动,螺纹的抗剪性能好,安全储备大,有利于轧机轧制。

经计算, 螺纹的摩擦角等于 $11^{\circ}58' \sim 15^{\circ}48'$, 从螺旋的自锁条件看, 导角必须比摩擦角至少小一度, 故取 $\alpha_1 = 8^{\circ}30'$ 。螺纹的其余尺寸, 主要是参考国外资料确定的。

大量实测结果表明, 精轧螺旋钢筋的外形尺寸绝大多数均能满足表 4 要求。

二、精轧螺旋钢筋的连接器和螺帽

连接器起着两根钢筋之间的连接作用, 螺帽则相当于普通预应力筋的锚具, 主要起锚固作用。连接器、螺帽与钢筋之间必须配合良好, 连接可靠, 便于组装。

在预应力钢筋混凝土结构中, 连接器和螺帽承受着三种应力, 即连接螺纹间的剪应力、连接器中部的拉应力和螺帽与垫板之间的挤压应力的作用。

设计连接器或螺帽的各部尺寸, 除应考虑上述三种应力作用外, 还要根据钢筋的实际外形尺寸来确定。由于这种钢筋按强度 75 公斤/毫米² 应用时尚需冷拉, 因此必须考虑冷拉之后的尺寸变化。

1. 冷拉参数及尺寸变化

钢筋冷拉试验时, 采用了两种冷拉应力, 并测定了钢筋各部分的尺寸变化。由表 5 看出, 除钢筋内圆直径和螺距有一定变化外, 其余尺寸的变化极微。

精轧螺旋钢筋冷拉后各部尺寸变化

表 5

试件状态	垂直直径		水平直径	螺纹高度	螺纹底宽	螺距	螺纹上部宽	注
	外径	内径	d _r	h	b	t	b'	
母材	28.1~28.5	24.9~25.2	24.5~25.4	1.56~1.68	4.01~4.38	12		窄螺纹 b=4.00
冷拉70kg/mm ²	27.6~28.3	24.7~25.1	24.4~25.4			12.2	2.4~2.56	
冷拉75kg/mm ²	27.9~28.3	24.6~24.9	24.4~25.3			12.3		
母材	28.5~28.8	25.0~25.4	24.0~25.4	1.50~1.56	5.7~6.1	11.7~12.3		宽螺纹 b=6.00
冷拉75kg/mm ²	28.3~28.7	24.9~25.3	23.9~25.3				2.6~3.0	

钢筋的冷拉伸长率, 1976年生产的钢筋伸长率的平均值为2.8%, 波动范围为2.5~3.5%; 1979年生产的钢筋, 伸长率平均值为2.06%, 波动范围为1.5~2.5%。

2. 连接器及螺帽的受力试验

根据钢筋冷拉之后的尺寸及在构件中的受力情况, 设计的连接器及螺帽尺寸如图 2 所示。为了验证这种尺寸是否合适, 除进行组装检验配合外, 对于各种接头还进行了一系列拉力试验, 以检验承受剪应力, 拉应力及抗压应力的能力。从表 6 中看出, 窄螺纹钢筋, 当连接器的长度在120毫米以上, 螺帽的长度在60毫米以上时, 均断在远离接头的母材上。拧下螺帽检查发现, 在螺纹处仅有少许压痕, 没有发现滑扣现象。当连接器长度为100毫米, 螺帽长度为50毫米时, 容易引起钢筋滑扣, 不能满足可靠的连接。经试验, 宽螺纹钢筋的螺帽长度需70毫米以上, 连接器的长度在150毫米以上才能满足要求。

连接器的中部, 即两根钢筋的碰头处主要承受拉力, 因此连接器要有足够的壁厚, 保证其抗拉总吨数大于钢筋母材。如连接器外径为45毫米时, 车削时螺旋线应该是连续的, 中间不应有退刀槽, 否则抗拉强度不够。

在拉应力一定的情况下, 螺帽与垫板间的挤压应力的大小, 主要决定于两者之间的挤压

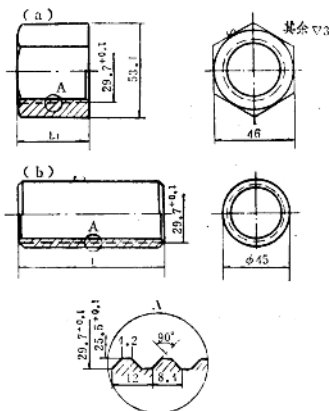


图2 螺帽及连接器形状及尺寸
(a)螺帽; (b)连接器

不同长度螺帽及连接器拉力试验结果

表6

名称	图例	长度 l (毫米)	抗拉强度 σ_b (kg/mm ²)	试件数量 (根)	断裂位置	注
联 接 器		180	91.0~92.4	5	全部为母材断裂	窄螺纹
		160	93.0	1	母材断裂	"
		140	93.8	1	母材断裂	"
		120	92.6~93.8	3	全部为母材断裂	"
		100	83.0~88.6	3	螺纹剪坏	"
		150	88.2~96.1	6	全部为母材断裂	宽螺纹
		130	74.2~95.2	3	一根为螺纹剪坏, 二根为母材断裂	"
螺 帽		80	91	2	全部为母材断裂	宽螺纹
		75	88.3~92.3	3	全部为母材断裂, 但其中一根钢筋脆断	"
		60	92.0~93.2	4	全部为母材断裂	"
		50	86.3~92.0	3	一根为螺纹剪坏, 二根为母材断裂	"
		70 (螺帽经热处理)	94.9~95.1	2	全部为母材断裂	窄螺纹
		60 (螺帽经热处理)	94.4~95.3	3	全部为母材断裂	"
		50 (螺帽经热处理)	81.5~99.0	6	三根为螺纹剪坏, 三根为母材断裂	"
		70 (未经处理端头平)	80 ~81.3	2	全部螺帽螺纹剪坏	"
		70 (未经处理端头伸出2厘米)	108.8~111.5	2	全部为母材断裂	"

三、使用精轧螺旋钢筋的几点注意事项

1. IV级精轧螺旋钢筋适用于一般工业与民用建筑和公路桥梁等工程的预应力混凝土结构。使用时应遵照我国现行规程有关IV级钢筋的规定。

2. 钢筋在运输、装卸、储存时, 应尽量避免碰伤螺纹, 并应特别注意采取防雨、防潮、防锈措施。钢筋应搁置在枕木上, 枕木间距以3米为宜, 以防止钢筋长期在自重作用下产生永久变形而影响与螺帽的配合。

3. 钢筋进场时应进行验收。除进行机械性能试验外，还应按照钢筋的正、负公差尺寸做两个螺帽对外形尺寸进行检验。

4. 为保证螺帽或连接器能顺利装卸，必须把在钢厂因剪切形成旁弯和螺纹压扁的钢筋端头部分切去2~2.5厘米。可采用锯割或氧——乙炔焰气割，切割后需修去毛刺及突起部分。

采用连接器接长钢筋时，应使两根钢筋碰头处位于连接器中间，其偏移值应控制在±5毫米范围内，见图3。

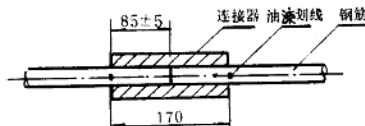


图3 钢筋连接示意

5. 螺帽一定要拧满扣，钢筋最好露出螺帽端部2厘米以上，以免在受力时产生滑扣。

6. 承受螺帽处集中应力的混凝土局部受压区，在设计及工艺上应采取必要的加强措施。螺帽底部钢垫板的尺寸及形状可根据构件形状及受力情况进行计算和选择。

7. 当后张法预应力混凝土构件跨度较大，精轧螺旋钢筋需带有连接器接头时，预留孔道直径不宜小于55毫米，如采用整根钢筋时，孔道直径不宜小于35毫米。直径25毫米的钢筋宜用于直线配筋的孔道，但也可用于曲率半径相当于钢筋自然挠曲度的曲线孔道。

8. 对于无粘结预应力结构，整根钢筋应预先进行防腐处理，以避免螺纹腐蚀生锈。

9. 后张法构件，螺帽外多余的预应力筋应在距螺帽不少于2厘米处割去。

四、构件试验及应用实例

几年来，不少科研、设计及建筑单位共同配合进行了构件试验和试用，取得了较好的效果。

1. 铁道部第三设计院等单位，采用4根直径25毫米精轧螺旋钢筋作预应力主筋，进行了一榀24米空腹屋架结构静力试验。屋架采用后张法施工，用外径55毫米的钢管作预留孔道。钢筋张拉应力 $\sigma = 0.85\sigma_k = 6375\text{kg/cm}^2$ ，实际建立的预应力值为 5950kg/cm^2 ，和设计时计算的预应力值(5970kg/cm^2)相差仅0.34%。试验表明，这种螺旋钢筋在屋架中的使用效果较好，无论构件的抗裂度、刚度、强度都能满足使用要求。最近，铁道部建厂局第二工程处在济南铁路枢纽工程24米空腹屋架中大量应用了精轧螺旋钢筋。

2. 中国建筑科学研究院于1979年设计建造了一座L型结构试验台座，主要供房屋模型、剪力墙及框架结构作水平荷载和垂直荷载试验之用，台面尺寸 7×14 米，推力墙厚1.2米，高7米，墙基底弯矩1000吨一米，剪力150吨。采用后张法无粘结预应力结构。

推力墙用了150根直径25毫米精轧螺旋钢筋，钢筋冷拉应力为 7500kg/cm^2 ，张拉应力

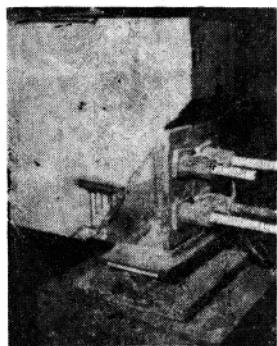
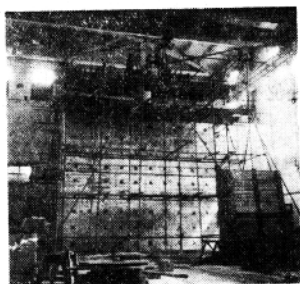
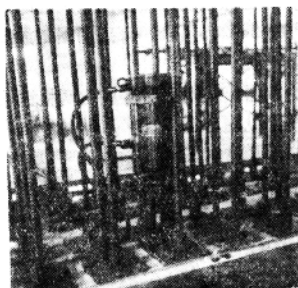


图4 24米空腹架端头

$0.9\sigma_k$, 即 $6750\text{kg}/\text{cm}^2$, 整根钢筋进行了防腐处理, 并外套塑料管。钢筋的冷拉及张拉均很顺利, 施工方便。结构各项性能指标均达到了设计要求。



a) 全貌

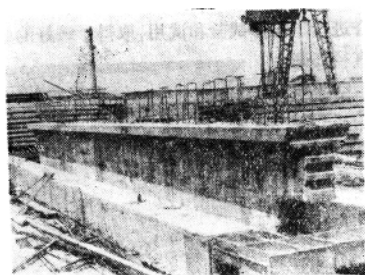


b) 台座上部张拉钢筋

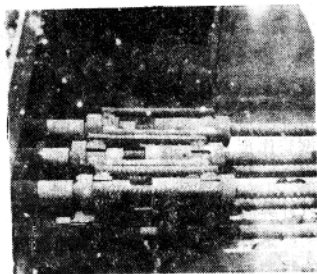
图5 L型结构试验台座

3. 上海公路管理处桥梁预制厂, 自1977年以来, 已开始大量应用精轧螺旋钢筋, 生产6~27米先张预应力混凝土梁、板梁, 组合T形梁、槽形梁等公路桥梁构件, 与采用普通外形IV级钢筋相比, 简化了施工工艺, 提高了劳动生产率, 具有明显的技术经济效益。

4. 上海纺建公司在承建某织厂中长纤维车间预应力混凝土大梁时, 大量采用了精轧螺旋钢筋。该大梁跨度为11.2米, 用了6根25毫米钢筋。在工程施工前做了一根试验梁, 进行了静力试验。张拉应力为 $0.75\sigma_k$, 即 $5025\text{kg}/\text{cm}^2$ 混凝土标号为400#, 放张时的混凝土标号 $\geq 0.7 \times 400 = 280$ #, 由于该批钢筋强度较高, 因此冷拉率只有1.1~1.5%左右。梁的强度、刚度、抗裂度等都能满足设计和使用要求。



a) 预应力梁



b) 张拉连接夹具

图6 预应力梁

精轧螺旋钢筋的外形尺寸有时产生下列几种缺陷:

- ① 螺纹未充填饱满, 呈比较光滑的圆弧状。
- ② 上、下螺纹有时产生错位现象。

③ 螺旋钢筋的直径侧面肋部分的宽度有时超出了要求, 或者两边的宽度不一样。

以上这些缺陷不仅影响螺帽装卸, 而且还减少了受力时的抗剪面积, 影响正常使用。

因此, 螺旋钢筋的外形尺寸精度是一个关键问题, 因此在轧钢时必须严格控制予以保证。

五、结 论

Ⅳ级精轧螺旋钢筋经过几年试制、试验及工程试用，可概括得出以下几点结论：

1. 直径25毫米精轧螺旋钢筋综合性能稳定，外形尺寸合理，能够满足设计施工要求，在使用中受到施工部门的欢迎。
2. 用粗直径精轧螺旋钢筋代替细直径预应力筋，由于布置紧凑可以减少构件断面尺寸，具有明显的经济效果。
3. 简化了预应力张拉、锚固等施工工艺，提高了工效。由于以机械连接代替焊接连接，为进一步发展更高强度粗直径钢筋和发展分段张拉的大跨度预应力结构以及复杂外形的预应力结构提供了条件。
4. 精轧螺旋钢筋除可做预应力筋外，还可做螺丝端杆，房屋加固的拉杆，加荷试验用的丝杆等，应用十分广泛。
5. 精轧螺旋钢筋外形尺寸精度，是保证安全使用的关键问题，钢厂生产时需进一步提高外形尺寸精度，完善轧制工艺。
6. 此钢筋的强度取值如按《钢筋混凝土结构设计规范(TJ10—74)》进行设计时，尚需进行冷拉处理，冷拉会使螺距伸长，给螺帽的设计和使用带来一定困难，今后应试制强度更高的钢筋，避免冷拉工序。
7. 建议有关工厂研制和螺旋钢筋配套使用的张拉机具以及定型生产螺帽和连接器，这样既可保证一定精度又可降低生产成本，提高劳动生产率，方便用户。

建筑科学研究报告

编辑：中国建筑科学研究院科技管理处
印刷：北京印刷三厂
出版发行：中国建筑科学研究院建筑情报研究所
(北京市西直门外车公庄大街19号)

资料编号 8215

工本费：0.10元

