

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ 85 - 2010

备案号 J 1006 - 2010

---

# 预应力筋用锚具、夹具和连接器 应用技术规程

Technical specification for application of anchorage,  
grip and coupler for prestressing tendons

2010 - 04 - 17 发布

2010 - 10 - 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

# 中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 549 号

---

## 关于发布行业标准《预应力筋用锚具、夹具 和连接器应用技术规程》的公告

现批准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》为行业标准，编号为 JGJ 85 - 2010，自 2010 年 10 月 1 日起实施。其中，第 3.0.2 条为强制性条文，必须严格执行。原行业标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 - 2002 同时废止。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2010 年 4 月 17 日

## 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2008〕102号）的要求，规程修订组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 性能要求；4 设计选用；5 进场验收；6 使用要求；以及相关附录。

本规程修订的主要技术内容是：

1 扩大了本规程的适用范围，由原规程仅适用于预应力混凝土结构，扩展为同时适用于预应力钢结构、地锚、岩锚等领域；

2 增加了锚垫板、锚固区、锚固节点等术语；

3 增加了夹具最少重复使用次数的规定；

4 增加了锚具低温锚固性能试验方法及合格标准；

5 增加了锚垫板的使用性能要求；

6 增加了锚固区传力性能试验方法和合格标准；

7 在锚具设计选用方面，增加了冷铸锚、热铸锚、压接锚具，取消了钢质锥形锚具；

8 增加了预应力钢结构锚固节点的设计原则和相关要求；

9 增加了夹片式锚具的锚口摩擦损失测试方法及相应限值要求；

10 增加了锚具内缩值、变角张拉附加摩擦损失测试方法；

11 修改了进场验收规定；

12 明确规定了锚具、锚垫板及螺旋筋等产品应配套使用，

修改完善了使用要求。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规程由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑科学研究院（地址：北京市北三环东路30号；邮政编码：100013）。

本规程主编单位：中国建筑科学研究院  
歌山建设集团有限公司

本规程参编单位：中国铁道科学研究院  
柳州欧维姆机械股份有限公司  
同济大学  
东南大学

杭州浙锚预应力技术有限公司  
中交第一公路工程局有限公司  
中国核工业华兴建设有限公司

本规程主要起草人员：李东彬 吕国玉 代伟明 赵勇  
白生翔 马林 朱万旭 李金根  
于滨 曾利 田克平 王德桂

本规程主要审查人员：庄军生 张伯奇 沙志国 李晨光  
吴转琴 刘致彬 郑文忠 陈矛  
王绍义 林志成

## 目 次

1 总则 .....	1
2 术语和符号 .....	2
2.1 术语 .....	2
2.2 符号 .....	4
3 性能要求 .....	6
4 设计选用 .....	9
5 进场验收 .....	13
6 使用要求 .....	16
附录 A 锚固区传力性能试验方法和检验要求 .....	18
附录 B 静载锚固性能试验方法和检验要求 .....	22
附录 C 锚具内缩值测试方法 .....	26
附录 D 锚口摩擦损失测试方法 .....	28
附录 E 锚板性能试验方法和检验要求 .....	30
附录 F 锚具低温锚固性能试验方法和检验要求 .....	32
附录 G 变角张拉摩擦损失测试方法 .....	35
本规程用词说明 .....	37
引用标准名录 .....	38
附：条文说明 .....	39

## 1 总 则

**1.0.1** 为了在预应力结构工程中合理应用预应力筋用锚具、夹具和连接器，保证锚固区、锚固节点安全可靠，确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于预应力混凝土结构、房屋建筑预应力钢结构、岩锚和地锚等工程中预应力筋用锚具、夹具和连接器的应用。

**1.0.3** 预应力结构工程中锚具、夹具和连接器的应用，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 锚具 anchorage

在后张法结构构件中，用于保持预应力筋的拉力并将其传递到结构上所用的永久性锚固装置。

#### 2.1.2 夹具 grip

在先张法预应力混凝土构件生产过程中，用于保持预应力筋的拉力并将其固定在生产台座（或设备）上的工具性锚固装置；在后张法结构或构件张拉预应力筋过程中，在张拉千斤顶或设备上夹持预应力筋的工具性锚固装置。

#### 2.1.3 连接器 coupler

用于连接预应力筋的装置。

#### 2.1.4 预应力筋 prestressing tendon

在预应力工程中用于建立预加应力的单根或成束的钢丝、钢绞线或预应力螺纹钢筋（指精轧螺纹钢筋）等的统称。

#### 2.1.5 预应力筋-锚具（夹具）组装件 prestressing tendon-anchorage (grip) assembly

预应力筋与安装在端部的锚具（夹具）组合装配而成的受力单元，简称锚具（夹具）组装件。

#### 2.1.6 预应力筋-连接器组装件 prestressing tendon-coupler assembly

预应力筋与连接器组合装配而成的受力单元，简称连接器组装件。

#### 2.1.7 预应力筋-锚具（夹具、连接器）组装件的实测极限拉力 ultimate tensile force of tendon-anchorage (grip, coupler) assembly



预应力筋-锚具（夹具、连接器）组装件在静载锚固性能试验过程中达到的最大拉力。

### 2.1.8 预应力筋的效率系数 efficiency factor of prestressing tendon

受预应力筋根数、试验装置及初应力调整等因素的影响，考虑预应力筋拉应力不均匀的系数。

### 2.1.9 内缩 draw-in

预应力筋在锚固过程中，由于锚具各零件之间、锚具与预应力筋之间产生相对位移而导致预应力筋回缩的现象。内缩包括锚具变形、夹片位移和预应力筋回缩。

### 2.1.10 锚垫板 bearing plate

后张预应力混凝土结构构件中，用以承受锚具传来的预加力并传递给混凝土的部件。锚垫板可分为普通锚垫板和铸造锚垫板等。

### 2.1.11 锚固区 anchorage zone

在后张预应力混凝土结构构件中，承受锚具传来的预加力并使构件截面混凝土应力趋于均匀的构件区段，其中由直接围绕预应力锚固装置并进行配筋加强的区段称为局部锚固区。

### 2.1.12 锚固节点 anchorage joint

预应力钢结构中用于承受预应力筋（或索）预加力的局部结构受力部件。

### 2.1.13 传力性能试验 load transfer test

为验证局部锚固区荷载传递性能所进行的试验。

### 2.1.14 锚口摩擦损失 prestress loss due to friction at anchorage device

预应力筋在锚具及张拉端锚垫板喇叭口转角处由于摩擦引起的预应力损失。当夹片式锚具采用限位自锚工艺张拉时，夹片逆向刻划预应力筋引起的损失也属于锚口摩擦损失。

### 2.1.15 变角张拉摩擦损失 prestress loss due to friction at deviated device



预应力筋在变角装置内转角处由于摩擦引起的预应力损失。

## 2.2 符 号

- $A_{pj}$  — 单根预应力筋公称截面面积；
- $A_p$  — 预应力筋-锚具（或夹具）组装件中各根预应力筋公称截面面积之和；
- $E_p$  — 预应力筋弹性模量；
- $f'_{cu}$  — 锚固区传力性能试验时同条件养护的混凝土立方体试件抗压强度实测平均值；
- $f_{cu,k}$  — 设计用混凝土立方体抗压强度标准值，也称为混凝土抗压强度等级值；
- $f_{pk}$  — 预应力筋的抗拉强度标准值；
- $f_{pm}$  — 试验用预应力筋（其中截面以  $A_{pj}$  计）实测极限抗拉强度平均值；
- $F_{ggu}$  — 预应力筋-锚具组装件的实测极限拉力；
- $F_{gju}$  — 预应力筋-夹具组装件的实测极限拉力；
- $F_{pm}$  — 预应力筋的实际平均极限抗拉力，由预应力筋试件实测破断力平均值确定；
- $F_{pk}$  — 预应力筋抗拉力标准值；
- $F_0$  — 锚固区传力性能试验时实测的极限荷载；
- $N_{con}$  — 预应力筋张拉控制力；
- $N_p$  — 作用在锚垫板上的预加力设计值；
- $\Delta a$  — 预应力筋与锚具（或连接器、夹具）之间的相对位移；
- $\Delta b$  — 锚具（或夹具、连接器）零件间的相对位移；
- $\Delta l$  — 在张拉控制力下，张拉端工作锚具和千斤顶工具锚之间预应力筋的理论伸长值；
- $\epsilon_{pm}$  — 预应力筋-锚具组装件达到实测极限拉力时预应力筋的总应变；
- $\eta_a$  — 预应力筋-锚具组装件静载锚固性能试验测定的锚具

效率系数；

$\eta_k$  —— 预应力筋-夹具组装件静载锚固性能试验测定的夹具效率系数；

$\eta_p$  —— 预应力筋的效率系数。

### 3 性能要求

3.0.1 预应力筋用锚具、夹具和连接器的基本性能应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定。

3.0.2 锚具的静载锚固性能，应由预应力筋-锚具组装件静载试验测定的锚具效率系数（ $\eta_a$ ）和达到实测极限拉力时组装件中预应力筋的总应变（ $\epsilon_{apu}$ ）确定。锚具效率系数（ $\eta_a$ ）不应小于 0.95，预应力筋总应变（ $\epsilon_{apu}$ ）不应小于 2.0%。锚具效率系数应根据试验结果并按下式计算确定：

$$\eta_a = \frac{F_{apu}}{\eta_p \cdot F_{pm}} \quad (3.0.2)$$

式中： $\eta_a$ ——由预应力筋-锚具组装件静载试验测定的锚具效率系数；

$F_{apu}$ ——预应力筋-锚具组装件的实测极限拉力（N）；

$F_{pm}$ ——预应力筋的实际平均极限抗拉力（N），由预应力筋试件实测破断力平均值计算确定；

$\eta_p$ ——预应力筋的效率系数，其值应按下列规定取用：预应力筋-锚具组装件中预应力筋为 1~5 根时， $\eta_p = 1$ ；6~12 根时， $\eta_p = 0.99$ ；13~19 根时， $\eta_p = 0.98$ ；20 根及以上时， $\eta_p = 0.97$ 。

预应力筋-锚具组装件的破坏形式应是预应力筋的破断，锚具零件不应碎裂。夹片式锚具的夹片在预应力筋拉应力未超过  $0.8f_{pk}$  时不应出现裂纹。

3.0.3 预应力筋-锚具（或连接器）组装件破坏时，夹片式锚具的夹片可出现微裂或一条纵向断裂裂缝。

3.0.4 夹片式锚具的锚板应具有足够的刚度和承载力，锚板性

能由锚板的加载试验确定，加载至  $0.95F_{pk}$  后卸载，测得的锚板中心残余挠度不应大于相应锚垫板上口直径的  $1/600$ ；加载至  $1.2F_{pk}$  时，锚板不应出现裂纹或破坏。

**3.0.5** 需做疲劳验算的结构所采用的锚具，应满足疲劳性能要求。

**3.0.6** 有抗震要求的结构采用的锚具，应满足低周反复荷载性能要求。

**3.0.7** 当锚具使用环境温度低于  $-50^{\circ}\text{C}$  时，锚具应满足低温锚固性能要求。

**3.0.8** 锚具应满足分级张拉、补张拉和放松拉力等张拉工艺的要求。锚固多根预应力筋的锚具，除应具有整束张拉的性能外，尚应具有单根张拉的性能。

**3.0.9** 承受低应力或动荷载的夹片式锚具应具有防松性能。

**3.0.10** 预应力筋-夹具组装件的静载锚固性能试验实测的夹具效率系数 ( $\eta_k$ ) 不应小于 0.92。实测的夹具效率系数应按下式计算：

$$\eta_k = \frac{F_{qm}}{F_{pm}} \quad (3.0.10)$$

式中： $\eta_k$ ——预应力筋-夹具组装件静载锚固性能试验测定的夹具效率系数；

$F_{qm}$ ——预应力筋-夹具组装件的实测极限拉力 (N)。

预应力筋-夹具组装件的破坏形式应是预应力筋破断，夹具零件不应破坏。

**3.0.11** 夹具应具有有良好的自锚、松锚和重复使用的性能，主要锚固零件应具有有良好的防锈性能。夹具的可重复使用次数不宜少于 300 次。

**3.0.12** 在后张预应力混凝土结构构件中的永久性预应力筋连接器，应符合锚具的性能要求；用于先张法施工且在张拉后还需进行放张和拆卸的连接器，应符合夹具的性能要求。

**3.0.13** 锚垫板 (图 3.0.13) 应具有足够的刚度和承载力，并

应符合下列规定：

- 1 预应力钢绞线在锚具底口处的折角不宜大于  $4^\circ$ ；
- 2 需设置灌浆孔时，其内径不宜小于 20mm；
- 3 宜设有锚具对中止口。

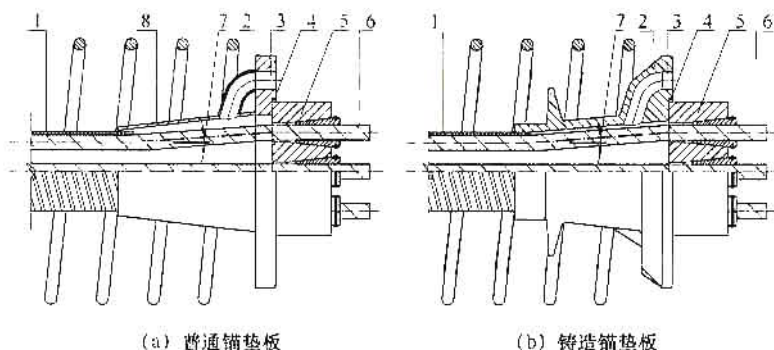


图 3.0.13 锚垫板示意

- 1 波纹管；2 锚垫板；3—灌浆孔；4—对中止口；5 锚板；  
6 钢绞线；7—钢绞线折角；8 焊接喇叭管

**3.0.14** 锚口摩擦损失率不宜大于 6%。

**3.0.15** 与后张预应力筋用锚具或连接器配套的锚垫板、局部加强钢筋，在规定的试件尺寸及混凝土强度下，应满足锚固区传力性能要求。

## 4 设计选用

**4.0.1** 预应力结构构件的设计，应根据工程环境、结构特点、预应力筋品种和张拉施工方法，合理选择适用的锚具和连接器。常用预应力筋的锚具和连接器可按表 4.0.1 选用。

**表 4.0.1 锚具和连接器选用**

预应力筋品种	张拉端	固定端	
		安装在结构外部	安装在结构内部
钢绞线	夹片锚具 压接锚具	夹片锚具 挤压锚具 压接锚具	压花锚具 挤压锚具
单根钢丝	夹片锚具 镦头锚具	夹片锚具 镦头锚具	镦头锚具
钢丝束	镦头锚具 冷（热）铸锚	冷（热）铸锚	镦头锚具
预应力螺纹钢筋	螺母锚具	螺母锚具	螺母锚具

**4.0.2** 较高强度等级预应力筋用锚具（夹具或连接器）可用于较低强度等级的预应力筋；较低强度等级预应力筋用锚具（夹具或连接器）不得用于较高强度等级的预应力筋。

**4.0.3** 在后张预应力混凝土结构构件中，预应力束（或孔道）曲线末端的切线应与锚垫板垂直，不同张拉力的预应力束曲线起始点与张拉锚固点之间的直线段最小长度应符合表 4.0.3 的规定。



表 4.0.3 预应力束曲线起始点与张拉锚固点之间直线段最小长度

预应力束张拉力 (kN)	<1500	1500~6000	>6000
直线段最小长度 (m)	0.4	0.5	0.6

**4.0.4** 后张预应力混凝土结构构件或预应力钢结构中锚具的布置，应满足预应力筋张拉时千斤顶操作空间的要求。

**4.0.5** 在后张预应力混凝土结构构件中，锚垫板和局部受压加强钢筋构造，除应满足锚固区混凝土局部受压承载力要求外，尚应符合下列规定：

1 当采用普通锚垫板时，可根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行局部受压承载力计算，并应配置相应的局部受压加强钢筋；计算局部受压面积时，锚垫板的刚性扩散角宜取  $45^\circ$ ；

2 当采用铸造锚垫板时，应根据产品的技术参数要求选用与锚具配套的锚垫板和局部加强钢筋，并应确定锚垫板间距、锚垫板到构件边缘距离以及张拉时要求达到的混凝土强度；当产品技术参数不满足工程实际条件时，应由设计方专门设计，必要时可根据实际设计条件并按本规程附录 A 进行锚固区传力性能试验进行验证。

**4.0.6** 端部锚固区，除应配置局部受压加强钢筋外，尚应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定在结构构件的端部锚固区范围内配置附加的纵向抗劈裂钢筋、端部抗剥裂钢筋以及偏心抗拉钢筋等加强钢筋。

**4.0.7** 后张预应力混凝土锚固区局部受压加强钢筋可采用螺旋筋或网片筋，并应符合下列规定：

1 宜采用带肋钢筋，其体积配筋率不应小于 0.5%；

2 螺旋筋的圈内径宜大于锚垫板对角线长度或直径，且螺旋筋的圈内径所围面积与锚垫板端面轮廓所围面积之比不应小于



1.25、螺旋筋应与锚具对中，螺旋筋的首圈钢筋距锚垫板的距离不宜大于 25mm；

3 网片筋的钢筋间距不宜大于 150mm，首片网片筋至锚垫板的距离不宜大于 25mm，网片筋之间的距离不宜大于 150mm。

**4.0.8** 锚具应采取可靠的防腐及耐火措施，并应符合下列规定：

1 当用无收缩砂浆或混凝土封闭时，封闭砂浆或混凝土应与结构粘结牢固，不应出现裂缝，封锚混凝土内宜配置 1~2 片网片筋。锚具、预应力筋及网片筋的保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定；

2 在后张预应力混凝土结构构件中，封锚混凝土强度等级宜与结构构件混凝土强度等级相同；

3 当无耐火要求时，外露锚具可采用涂刷防锈漆等方式进行保护，但应保证能够重新涂刷；

4 当采用可更换的预应力筋或工程使用中需要调整拉力时，不宜采用难以拆除的防护构造；

5 无粘结预应力筋张拉锚固后，应采用封端罩封闭锚具端头和外露的预应力筋，封端罩内应注满防腐油脂；

6 临时性的预应力筋及锚具宜采取适当的保护措施。

**4.0.9** 预应力钢结构锚固节点，应满足其局部受压承载力和刚度的要求，必要时应采取设置加劲肋、加劲环或加劲构件等措施。锚固节点的设计应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定；考虑地震作用时，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 等相关标准的规定进行抗震验算。

**4.0.10** 预应力钢结构锚固节点的设计，除应满足本规程第 4.0.9 条规定外，尚应符合下列规定：

1 根据结构的实际情况，预加力设计值宜取预应力筋（索）内力设计值的 1.2~1.5 倍；

2 对重要、复杂的节点宜进行足尺或缩尺模型的承载力试验，节点模型试验的荷载工况宜与节点的实际受力状态一致；

**3** 锚固节点区域应进行应力分析和连接计算，并应采取可靠的构造措施；节点区应避免出现焊缝重叠、开孔等情况；构造、受力复杂的节点可采用铸钢节点。

## 5 进场验收

**5.0.1** 锚具产品进场验收时，除应按合同核对锚具的型号、规格、数量及适用的预应力筋品种、规格和强度等级外，尚应核对下列文件：

1 锚具产品质量保证书，其内容应包括：产品的外形尺寸，硬度范围，适用的预应力筋品种、规格等技术参数，生产日期、生产批次等；产品质量保证书应具有可追溯性；

2 按本规程附录 A 进行的锚固区传力性能检验报告。

**5.0.2** 锚具供应商应提供产品技术手册，其内容应包括：厂家需向用户说明的有关设计、施工的相关参数；锚具排布要求的锚具最小中心间距、锚具中心到构件边缘的最小距离；张拉时要求达到的混凝土强度；局部受压加强钢筋等技术参数。

**5.0.3** 锚具产品按合同验收后，应按下列规定的项目进行进场检验：

1 外观检查：应从每批产品中抽取 2% 且不应少于 10 套样品，其外形尺寸应符合产品质量保证书所示的尺寸范围，且表面不得有裂纹及锈蚀；当有下列情况之一时，应对本批产品的外观逐套检查，合格者方可进入后续检验：

- 1) 当有 1 个零件不符合产品质量保证书所示的外形尺寸，应另取双倍数量的零件重做检查，仍有 1 件不合格；
- 2) 当有 1 个零件表面有裂纹或夹片、锚孔锥面有锈蚀。

对配套使用的锚垫板和螺旋筋可按上述方法进行外观检查，但允许表面有轻度锈蚀。

2 硬度检验：对有硬度要求的锚具零件，应从每批产品中抽取 3% 且不应少于 5 套样品（多孔夹片式锚具的夹片，每套应

抽取 6 片) 进行检验, 硬度值应符合产品质量保证书的规定; 当有 1 个零件不符合时, 应另取双倍数量的零件重做检验; 在重做检验中如仍有 1 个零件不符合, 应对该批产品逐个检验, 符合者方可进入后续检验。

**3 静载锚固性能试验:** 应在外观检查和硬度检验均合格的锚具中抽取样品, 与相应规格和强度等级的预应力筋组装成 3 个预应力筋-锚具组装件, 可按本规程附录 B 的规定进行静载锚固性能试验。

**5.0.4** 对于锚具用量较少的一般工程, 如由锚具供应商提供有效的锚具静载锚固性能试验合格的证明文件, 可仅进行外观检查和硬度检验。

**5.0.5** 需做疲劳验算或有抗震要求的工程, 当设计提出要求时, 应按现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定进行疲劳性能或低周反复荷载性能试验。

**5.0.6** 生产厂家在产品定型时, 采用铸造垫板的锚具应进行锚固区传力性能试验, 试验方法和检验结果应符合本规程附录 A 的规定。

**5.0.7** 生产厂家在产品定型时, 应进行锚具的内缩值测试, 并应在产品技术手册中提供相应的参数。必要时可对进场锚具进行内缩值测试, 测试结果应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的要求。锚具内缩值的测试方法可按本规程附录 C 的规定执行。

**5.0.8** 生产厂家在产品定型时, 应进行夹片式锚具的锚口摩擦损失测试, 并应在产品技术手册中提供相应的参数。必要时可对进场锚具进行锚口摩擦损失测试, 测试结果应符合本规程第 3.0.14 条的要求。锚口摩擦损失测试方法可按本规程附录 D 的规定执行。

**5.0.9** 生产厂家在产品定型时, 每种型号锚板均应进行锚板性能检验。必要时可对进场锚具抽样进行锚板性能试验。锚板性能试验方法和检验要求可按本规程附录 E 的规定执行。

**5.0.10** 锚具应用于环境温度低于 $-50^{\circ}\text{C}$ 的工程时，应进行低温锚固性能试验，试验方法和检验结果应符合本规程附录 F 的规定。

**5.0.11** 夹具进场验收时，应进行外观检查、硬度检验和静载锚固性能试验，静载锚固性能试验结果应符合本规程第 3.0.10 条的规定。硬度检验和静载锚固性能试验方法应与锚具相同。

**5.0.12** 夹具用量较少时，如由生产厂提供有效的静载锚固性能试验合格的证明文件，可仅进行外观检查、硬度检验。

**5.0.13** 后张法连接器的进场验收规定应与锚具相同；先张法连接器的进场验收规定应与夹具相同。

**5.0.14** 进场验收时，每个检验批的锚具不宜超过 2000 套，每个检验批的连接器不宜超过 500 套，每个检验批的夹具不宜超过 500 套。获得第三方独立认证的产品，其检验批的批量可扩大 1 倍。



## 6 使用要求

**6.0.1** 预应力筋用锚具产品应配套使用，同一构件中应使用同一厂家产品。工作锚不应作为工具锚使用。夹片式锚具的限位板和工具锚宜采用与工作锚同一生产厂的配套产品。

**6.0.2** 先张预应力混凝土构件所使用的夹具或连接器，应根据预应力筋的品种、规格、先张设备形式及工艺操作要求，由构件生产单位确定。

**6.0.3** 预应力筋用锚具、夹具和连接器，在贮存、运输及使用期间应采取措​​施避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤、混淆和散失。

**6.0.4** 在后张预应力混凝土工程施工中，应防止水泥浆进入喇叭管；预应力筋穿入孔道后，应将外露预应力筋擦拭干净并做适当保护。

**6.0.5** 挤压锚具制作时，挤压模具与挤压锚具应配套使用。

**6.0.6** 钢绞线轧花锚成型时，梨形头尺寸和直线段长度不应小于设计值，表面不应有油脂或污物。

**6.0.7** 预应力筋应整束张拉锚固。对平行排放的预应力钢绞线束，在确保各根预应力钢绞线不会叠压时，可采用小型千斤顶逐根张拉，并应考虑分批张拉预应力损失对总预加力的影响。

**6.0.8** 当采用变角张拉工艺时，应考虑变角产生的附加摩擦损失，可适当提高张拉力予以补偿，但张拉控制应力不宜大于  $0.8f_{pk}$ 。变角张拉产生的摩擦损失可通过试验确定，测试方法可按本规程附录 G 的规定执行。

**6.0.9** 锚具和连接器安装时应与孔道对中。锚垫板上设置对中止口时，应防止锚具偏出止口。夹片式锚具安装时，夹片的外露长度应一致。锚具安装后宜及时张拉。

**6.0.10** 采用连接器接长预应力筋时，应全面检查连接器的所有

零件，并按产品技术手册要求操作。

**6.0.11** 采用螺母锚固的支承式锚具，安装前应逐个检查螺纹的匹配性，确保张拉和锚固过程中顺利旋合拧紧。

**6.0.12** 千斤顶安装时，工具锚应与工作锚对正，工具锚和工作锚之间的各根预应力筋不得错位、扭绞。

**6.0.13** 预应力筋应按设计或施工方案规定的顺序与程序进行张拉。

**6.0.14** 预应力筋张拉或放张时，应采取有效安全防护措施。在张拉过程中，预应力筋两端的正面不得站人和穿越。

**6.0.15** 在预应力筋张拉和锚固过程中或锚固完成以后，均不得大力敲击或振动锚具。

**6.0.16** 预应力筋锚固后需要放张时，对于支承式锚具可用张拉设备缓慢地松开；对于夹片式锚具宜采用专门的放松装置松开。

**6.0.17** 预应力筋张拉锚固后，应对锚固状态和张拉记录进行检查，确认合格后，方可切割外露多余部分的预应力筋。切割宜使用砂轮锯，也可采用氧气-乙炔焰，不得使用电弧切割。当采用氧气-乙炔焰切割时，火焰不得接触锚具，切割过程中宜用水冷却锚具。切割后的预应力筋外露长度不应小于 30mm，且不应小于 1.5 倍预应力筋直径。

**6.0.18** 后张法预应力混凝土结构构件在预应力筋张拉并经检查合格后，宜及时进行孔道灌浆，并应及时对锚具进行封闭保护。先张法预应力混凝土构件在张拉预应力筋后，应及时浇筑混凝土。

**6.0.19** 单根张拉钢绞线时，宜采用带有止转装置的千斤顶。



## 附录 A 锚固区传力性能试验 方法和检验要求

**A.0.1** 锚固区传力性能的检验可分为产品型式检验和工程检验，并应符合下列规定：

1 型式检验时，对同一系列的产品，应按下列规定分组并选用有代表性的锚具进行试验：1~5孔锚具选4孔锚具；6~8孔锚具选7孔锚具；9~12孔锚具选12孔锚具；13~19孔锚具选19孔锚具；20~37孔锚具选37孔锚具；锚具孔数大于37

时，可根据实际情况选择；

2 工程检验时，由设计单位选定有代表性的锚具进行检验；

3 每组锚具应进行3个相同试件的锚固区传力性能检验。

**A.0.2** 在锚固区传力性能试验的试件(图A.0.2)中，锚垫板、加强钢筋和预应力筋孔道应配套使用并对中配置。试件尺寸、配筋及混凝土强度应符合下列规定：

1 试件为棱柱体，其横截面尺寸 $a$ 、 $b$ 应分别取为锚具应用技术参数或设计给定的每个方向的锚具中心最小间距加50mm和锚具中心到构件边缘最小距离2倍的较小值。采用压力机加载时，试件高度( $h$ )应取横截面尺寸 $a$ 和 $b$ 较大值的2倍；采用千斤顶张拉加载时，试件高度( $h$ )应取 $a$ 和 $b$ 较大值的

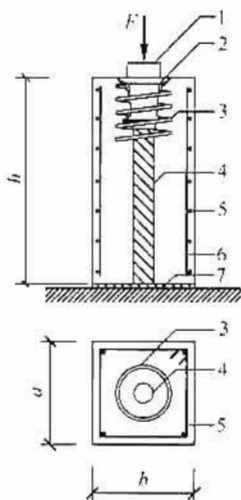


图 A.0.2 压力机加载的锚固区传力性能试验的试件示意

1 锚板；2 锚垫板；3 加强钢筋；4 预应力筋孔道；5 附加表层箍筋；6 辅助纵向钢筋；7 找平层

3 倍。

2 沿试件高度的周边均匀配置附加表层箍筋，型式检验时其体积配筋率不应大于 0.6%，工程检验时按实际设计配置。在加载端 0.5h 高度范围内，全部辅助纵向钢筋面积配筋率不宜大于 0.3%，且其总截面面积不宜大于 200mm<sup>2</sup>；在加载端 0.5h 高度范围外，应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的正截面受压承载力要求。附加表层箍筋的混凝土保护层厚度不应小于 15mm 或按工程设计要求确定。

3 试验时混凝土的抗压强度与试件设计混凝土强度等级值之比不应小于 0.8，且不应大于 1.0，试验时的混凝土抗压强度应由同条件养护的立方体试件确定。

A.0.3 锚固区传力性能试验加载应符合下列规定：

- 1 测力系统不确定度不应大于 1%；
- 2 加载速度不宜超过 100MPa/min；
- 3 从 0 加载到 0.4F<sub>ptk</sub> 时，持荷 10min，继续加载到 0.8F<sub>ptk</sub> 时，持荷 10min，然后继续加载直至试件破坏 (图 A.0.3)：

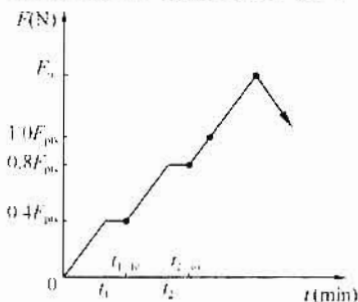


图 A.0.3 锚固区传力试验加载方式

预应力筋的极限抗拉力标准值 ( $F_{ptk}$ ) 应按下式计算：

$$F_{ptk} = f_{ptk} A_p \quad (A.0.3)$$

- 式中： $F_{ptk}$ ——预应力筋的抗拉力标准值 (N)；  
 $f_{ptk}$ ——预应力筋抗拉强度标准值 (MPa)；  
 $A_p$ ——预应力筋的截面面积 (mm<sup>2</sup>)。

4 加载时应确保底部受力均匀，并应避免扭转和冲击。

A.0.4 在试验过程中，应对下列内容进行量测、观察并记录：

- 1 试件侧面裂缝的发生、宽度及扩展情况；
- 2 试验极限荷载值；
- 3 锚垫板的变形和开裂；
- 4 试件的破坏形式。

A.0.5 当每组 3 个试件均符合下列要求时，该组锚具的锚固区传力性能可判定合格：

- 1 加载达到  $1.0F_{pk}$  时，锚垫板未出现裂缝；
- 2 最大裂缝宽度未超过表 A.0.5 规定的限值；

表 A.0.5 最大裂缝宽度限值 (mm)

加载控制工况	最大裂缝宽度限值
加载到 $0.4F_{pk}$ 持荷 10min 后	0.05
加载到 $0.8F_{pk}$ 持荷 10min 后	0.25

3 试验极限荷载值应符合下列要求：

$$\text{型式检验} \quad F_u \geq 1.2F_{pk} \frac{f'_{cu}}{f_{cu,k}} \quad (\text{A.0.5-1})$$

$$\text{工程检验} \quad F_u \geq 1.5N_{con} \frac{f'_{cu}}{f_{cu,k}} \quad (\text{A.0.5-2})$$

式中： $F_u$  — 试验极限荷载值 (N)；

$f_{cu,k}$  — 试件设计混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)；

$f'_{cu}$  — 试验时的同条件养护立方体试件的抗压强度实测平均值 (MPa)；

$N_{con}$  — 预应力筋张拉控制力 (N)。

当预应力构件为拉杆时，其极限承载力应符合型式检验要求。

A.0.6 锚固区传力性能在进行型式检验时，当一组试验中有一个检验项目不满足本规程第 A.0.5 条的要求时，应再增加 3 个试件进行试验，如新试件检验结果全部合格，该组产品仍可判定

为合格；如新试件仍有一个检验项目不满足本规程第 A.0.5 条的要求，该组产品应判定为不合格。

**A.0.7 锚固区传力性能检验报告应包括下列内容：**

**1 试验基本情况，包括：试验时间、委托单位、试验单位、记录人、审核人和批准人等信息；**

**2 锚具产品的基本情况，包括：锚垫板型号、重量以及螺旋筋的圈径、螺距、圈数和钢筋种类和直径等；**

**3 试件基本情况，包括：试件尺寸；附加表层箍筋的钢筋种类、直径和间距；附加纵筋的钢筋种类、直径和布置情况；混凝土种类和试验时混凝土立方体抗压强度；**

**4 采用的试验方法和试验装置情况；**

**5 各工况量测的裂缝和荷载数据；**

**6 相关的图和照片；**

**7 检验的主要结论。**

## 附录 B 静载锚固性能试验 方法和检验要求

**B.0.1** 试验用的预应力筋-锚具（夹具或连接器）组装件应由全部锚具（夹具或连接器）零件和预应力筋组装而成，试验用的零件应是在进场验收时经过外观检查和硬度检验合格的产品。组装时锚固零件应与产品出厂状态一致。组装件应符合下列规定：

1 组装件中各根预应力筋应等长、平行、初应力均匀，初应力可取预应力筋抗拉强度标准值（ $f_{pk}$ ）的 5%~10%，不包括组装件两端夹持部位的受力长度不宜小于 3m。单根钢绞线的组装件试件，不包括两端夹持部位的受力长度不应小于 0.8m；其他单根预应力筋的组装件最小长度可按照试验设备确定。

2 试验用预应力筋可由检测单位或受检单位提供，并提供该批预应力筋的质量保证书。所选用的预应力筋，其直径公差应在受检锚具、夹具或连接器设计要求的容许范围之内。试验用预应力筋应先在有代表性的部位至少取 6 根试件进行母材力学性能试验，试验结果应符合国家现行标准的规定，且实测抗拉强度平均值（ $f_{pm}$ ）应符合工程选定的强度等级，超过上一个等级时不应采用。

**B.0.2** 预应力筋-锚具组装件应按图 B.0.2-1 安装并进行静载锚固性能试验；预应力筋-连接器组装件应按图 B.0.2-2 安装并进行静载锚固性能试验。静载锚固性能试验应符合下列规定：

- 1 测量总应变（ $\epsilon_{qm}$ ）的量具的标距不宜小于 1m；
- 2 预应力筋-连接器组装件应在预应力筋转角处设置转向约束钢环，试验中转向约束钢环与预应力筋之间不应产生相对滑动；
- 3 试验用测力系统的不确定度不应大于 1%；测量总应变

的量具，其标距的不确定度不应大于标距的 0.2%，指示应变的不确定度不应大于 0.1%。

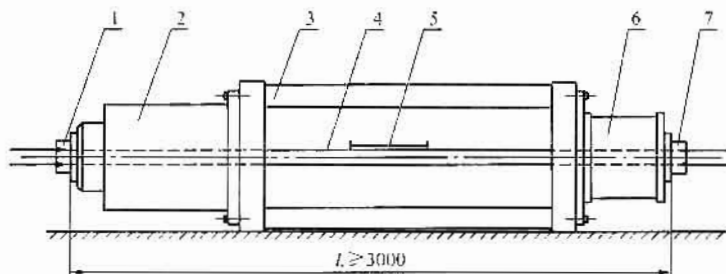


图 B.0.2-1 预应力筋-锚具组装件静载锚固性能试验装置示意

- 1 张拉端试验锚具；2 加荷载用千斤顶；3—承力台座；4 预应力筋；  
5 测量总应变的装置；6 荷载传感器；7 固定端试验锚具

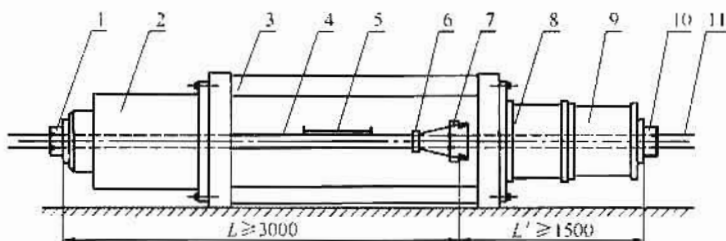


图 B.0.2-2 预应力筋-连接器组装件静载锚固性能试验装置示意

- 1 张拉端锚具；2 加荷载用千斤顶；3 承力台座；4 续接段预应力筋；5  
测量总应变的装置；6—转向约束钢环；7 试验连接器；8—附加承载圆筒或穿  
心式千斤顶；9 荷载传感器；10 固定端锚具；11—被接段预应力筋

### B.0.3 试验加载步骤应符合下列规定：

1 应按预应力筋抗拉力标准值 ( $F_{mk}$ ) 的 20%、40%、60%、80% 分 4 级等速加载，加载速度不应大于 100MPa/min；预应力筋拉力达到  $0.8F_{mk}$  后应持荷 1h，然后逐渐加载至完全破坏；



2 用试验机进行单根预应力筋-锚具组装件静载锚固性能试验时,加载速度不应大于  $200\text{MPa}/\text{min}$ ; 预应力筋拉力达到  $0.8F_{\text{pk}}$  后持荷不应少于  $10\text{min}$ , 然后逐渐加载至完全破坏, 加载速度不应大于  $100\text{MPa}/\text{min}$ ;

3 在试验过程中, 当试验测得的锚具效率系数 ( $\eta_h$ )、预应力筋总应变 ( $\epsilon_{\text{qm}}$ ) 满足本规程第 3.0.2 条, 夹具效率系数 ( $\eta_b$ ) 满足本规程第 3.0.10 条时, 可终止试验。

**B.0.4** 试验过程中, 应对下列内容进行量测、观察并记录:

1 选取有代表性的若干根预应力筋, 对施加荷载的前 4 级逐级量测预应力筋与锚具 (或连接器、夹具) 之间的相对位移 ( $\Delta a$ ) 和锚板与夹片之间的相对位移 ( $\Delta b$ ) (图 B.0.4);

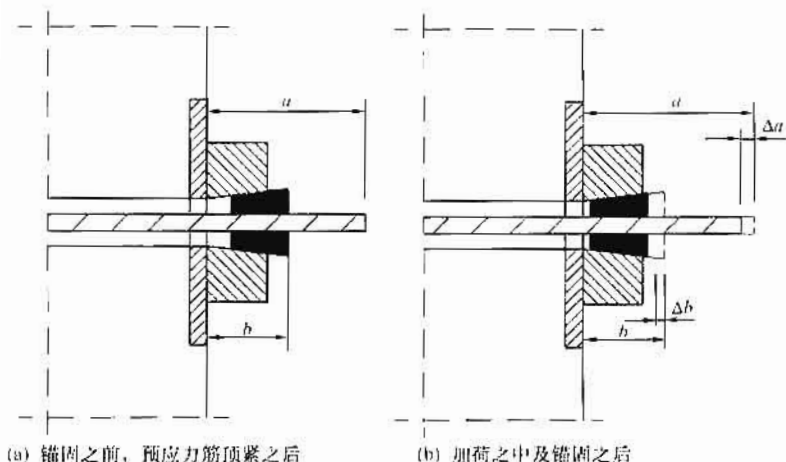


图 B.0.4 试验期间预应力筋及锚具零件的位移示意

- 2 实测极限拉力 ( $F_{\text{qm}}$ );
- 3 预应力筋的总应变 ( $\epsilon_{\text{qm}}$ );
- 4 预应力筋拉力达到  $0.8F_{\text{pk}}$  后, 在持荷  $1\text{h}$  期间内, 按每  $20\text{min} \sim 30\text{min}$  量测一次  $\Delta a$  和  $\Delta b$ ;
- 5 试件的破坏部位与形式。

**B.0.5** 每个检验批应进行 3 个组装件的静载锚固性能试验, 每



个组装件性能均应符合下列要求：

1 锚具效率系数 ( $\eta_n$ ) 应满足本规程第 3.0.2 条的规定；夹具效率系数 ( $\eta_k$ ) 应满足本规程第 3.0.10 条的规定；

2 锚具组装件的预应力筋总应变 ( $\epsilon_{spu}$ ) 应满足本规程第 3.0.2 条的规定；

3  $\Delta a$ 、 $\Delta b$  应随荷载逐渐增加，且持荷期间应无明显变化。

当有一个试件不符合要求时，应取双倍数量的样品重做试验；在重做试验中仍有一个试件不符合要求时，该批锚具（或夹具）应判定为不合格。

## 附录 C 锚具内缩值测试方法

**C.0.1** 锚具内缩值可采用直接测量法或间接测量法进行测试。测试时采用的锚具、张拉机具及附件应配套。

**C.0.2** 张拉控制力 ( $N_{con}$ ) 宜在  $0.7F_{pk} \sim 0.8F_{pk}$  范围内取用, 测量长度的量具, 其标距的不确定度不应大于标距的 0.2%。

**C.0.3** 直接测量法 (图 C.0.3) 应符合下列要求:

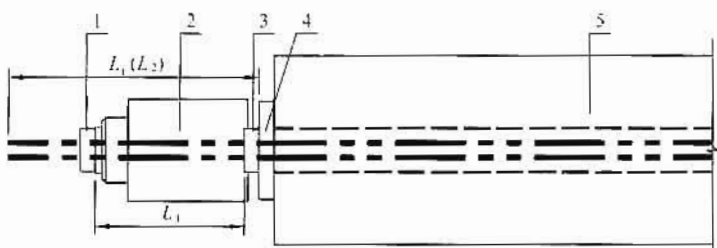


图 C.0.3 直接测量法试验装置示意

1 工具锚; 2 千斤顶; 3 工作锚; 4 锚垫板; 5 构件

**1** 力值达到张拉控制力并持荷待伸长稳定后, 应记录下列内容: 张拉控制力  $N_{con}$ 、预应力筋在锚垫板外的长度  $L_1$  (mm)、预应力筋在工作锚与工作锚之间的长度  $L_1$  (mm); 当千斤顶回油至完全放松后, 记录预应力筋在锚垫板外的长度  $L_2$  (mm)。

**2** 锚具内缩值应按下列公式计算:

$$a = L_1 - L_2 - \Delta l \quad (\text{C.0.3-1})$$

$$\Delta l = \frac{N_{con} \cdot L_1}{E_p A_p} \quad (\text{C.0.3-2})$$

式中:  $a$  锚具内缩值 (mm);

$\Delta l$  —— 在张拉控制力下, 工作锚和千斤顶工具锚之间预应力筋的理论伸长值 (mm);

$E_p$  —— 预应力筋弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

3 对多孔锚具，应至少测量 3 根预应力筋的内缩量，并应取其平均值；同一规格的锚具应测量 3 个，并应取其平均值作为该规格锚具的内缩量。

**C.0.4 间接测量法** (图 C.0.4) 应符合下列规定：

1 台座或构件的长度不应小于 3m，锚具、千斤顶、荷载传感器、预应力筋应同轴平行；

2 力值达到张拉控制力并持荷待伸长稳定后，记录张拉端荷载传感器读数  $P_1$  (N)；当张拉端千斤顶完全回油卸载后，记录张拉端荷载传感器读数  $P_2$  (N)；加载前应先将固定端千斤顶的油缸伸出适当长度。

3 锚具内缩量应按下式计算：

$$a = \frac{(P_1 - P_2)(L + 30)}{E_p A_p} \quad (\text{C.0.4})$$

式中： $L$  —— 预应力筋在工作锚和固定端锚具之间的长度 (mm)。

4 同一规格的锚具应测量 3 个，并应取其平均值作为该规格锚具的内缩量。

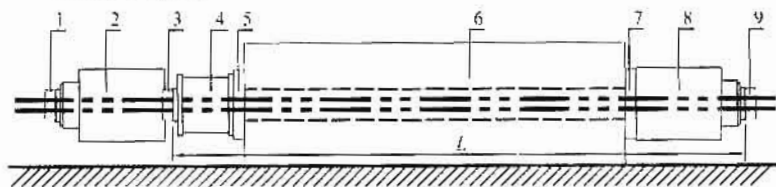


图 C.0.4 间接测量法试验装置示意

- 1— 工具锚；2、8 千斤顶；3— 工作锚；4 荷载传感器；  
5、7— 钢板；6 试台座 (构件)；9 固定端锚具

## 附录 D 锚口摩擦损失测试方法

**D.0.1** 测试的组装件应由锚具、锚垫板和预应力筋组成，组装件中各根预应力筋应平行、初应力应均匀。

**D.0.2** 混凝土承压构件、张拉台座及试验装置安装（图 D.0.2）应符合下列规定：

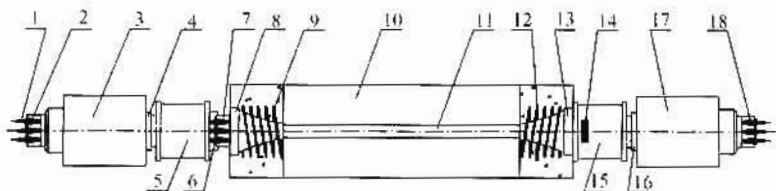


图 D.0.2 锚口摩擦损失测试装置示意

- 1 预应力筋；2、18 工具锚；3 主动端千斤顶；4、16 对中垫圈；5 主动端荷载传感器；6 限位板；7 工作锚（含夹片）；8、13 锚垫板；9、12 螺旋筋；10 混凝土承压构件（台座）；11 试件中预埋管道；14 钢质约束环；15 被动端荷载传感器；17 被动端千斤顶

- 1 混凝土承压构件或张拉台座长度不应小于 3m；
- 2 混凝土承压构件锚固区配筋及构造钢筋应按结构设计要求配置，承压构件内管道应顺直；
- 3 在混凝土承压构件上进行测试时，应避免预应力筋在管道处产生摩擦，承压构件预留管道直径应比锚垫板小口内径稍大；
- 4 避免预应力筋在被动端锚垫板处产生摩擦，被动端的钢质约束环直径应比锚垫板小口内径稍小；
- 5 锚具、千斤顶、荷载传感器、预应力筋应同轴。

**D.0.3** 测力系统的不确定度不应大于 1%。试验加载步骤应符合

合下列规定：

1 加载速度不宜大于 200MPa/min；

2 试验时应分别按  $0.70F_{ptk}$ 、 $0.75F_{ptk}$ 、 $0.80F_{ptk}$  三级加载，每级持荷时间不应少于 1min，并应记录两端荷载传感器的数值。

**D.0.4** 锚口摩擦损失率应按下式计算：

$$\delta_1 = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\% \quad (\text{D.0.4})$$

式中： $\delta_1$  —— 锚口摩擦损失率；

$P_1$  —— 主动端荷载传感器测得的拉力 (N)；

$P_2$  —— 被动端荷载传感器测得的拉力 (N)。

**D.0.5** 应取  $0.75F_{ptk}$ 、 $0.80F_{ptk}$  两级加载测得的锚口摩擦损失率的平均值作为该锚具的锚口摩擦损失率；试验用的组装件不应少于 3 个，并应取其平均值作为该规格锚具的锚口摩擦损失率。

## 附录 E 锚板性能试验方法和检验要求

**E.0.1** 每种型号锚板试件数量不应少于 3 个。

**E.0.2** 支承垫板及台座应具有足够的刚度。支承垫板的开口直径  $D$  应与受检锚板配套使用的锚垫板上口直径一致（图 E.0.2）。高强度锥形塞可用夹片内加高强栓杆替代，高强栓杆的直径应与夹片匹配，硬度不应小于 HRC55。

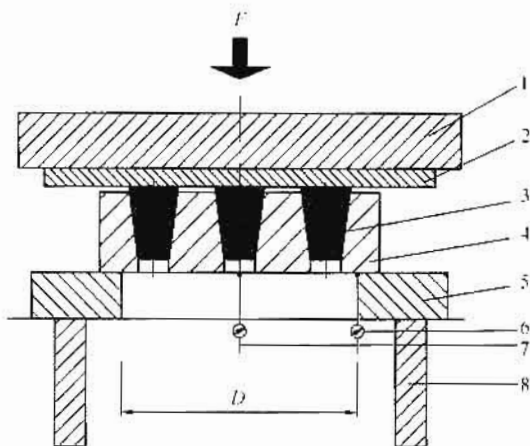


图 E.0.2 锚板中心残余挠度测试装置示意

- 1 加荷钢板；2 软钢板；3 高强锥形塞；4 锚板；  
5 支承垫板；6 位移计 1；7 位移计 2；8 台座

**E.0.3** 荷载达到  $0.95F_{pk}$  后卸载，应分别记录锚板中心和支承垫板开口边缘处的位移值，二者的差值为锚板残余挠度；测试时的加载速度不宜大于  $200\text{MPa}/\text{min}$ ；位移计精度不应低于 0.4 级，测力系统的不确定度不应大于 1%。

**E.0.4** 锚板的挠跨比应按下式计算：

$$f = \frac{\phi_2 - \phi_1}{D} \quad (\text{E. 0. 4})$$

式中： $f$ ——锚板的挠跨比；

$\phi_1$ ——位移计 1 测得的支承垫板开口边缘处的位移；

$\phi_2$ ——位移计 2 测得的锚板中心的位移；

$D$ ——支承垫板的开口直径，其值等于与受检锚板配套使用的锚垫板上口直径。

**E. 0. 5** 测量残余挠度后，应继续加载至  $1.2F_{\text{pk}}$ ，观察并记录锚板是否出现裂纹或破坏。

**E. 0. 6** 三个锚板的性能均应符合本规程第 3.0.4 条的要求。当有一个试件不符合要求时，应取双倍数量的样品重做试验；在重做试验中仍有一个试件不符合要求时，该型号锚板应判定为不合格。



## 附录 F 锚具低温锚固性能试验 方法和检验要求

**F.0.1** 锚具低温锚固性能检验宜选取工程中使用的最大规格锚具，锚具组装件应符合本规程第 B.0.1 条的规定。

**F.0.2** 预应力筋-锚具组装件应按图 F.0.2 的装置进行锚具低温锚固性能试验，试验应符合下列规定：

1 温度传感器测温范围应满足  $-200^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$  的要求，精度不应低于  $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ；

2 试验用测力系统的不确定度不应大于 1%；测量总应变的量具，其标距的不确定度不应大于标距的 0.2%，指示应变的不确定度不应大于 0.1%。

**F.0.3** 试验加载步骤应符合下列规定：

1 采用施工用张拉设备对锚具组装件按预应力筋抗拉力标准值 ( $F_{pk}$ ) 的 20%、40%、60% 和 80% 分级加载，加载至  $0.8F_{pk}$  后锚固；

2 采用加载设备加载，加载至  $0.8F_{pk}$  时应持荷 1h，将锚具组装件下端的温度由室温  $T_0$  逐步降低至设计规定的温度  $T$ ，降温过程中应保持预应力筋的拉力  $0.8F_{pk}$  不变；

3 待锚垫板背面的温度传感器所测温度稳定后，应进行 10 次加载循环（图 F.0.3），加载循环时的拉力下限为  $0.8F_{pk}$ ，拉力上限为  $0.9F_{pk}$ ；

4 循环加载结束后，应采用加载设备继续加载，直到试件破坏；

5 加载速度不宜大于  $100\text{MPa}/\text{min}$ 。

**F.0.4** 试验时应量测、观察并记录下列内容：

1 根据荷载传感器和位移传感器量测值，绘制锚具组装件

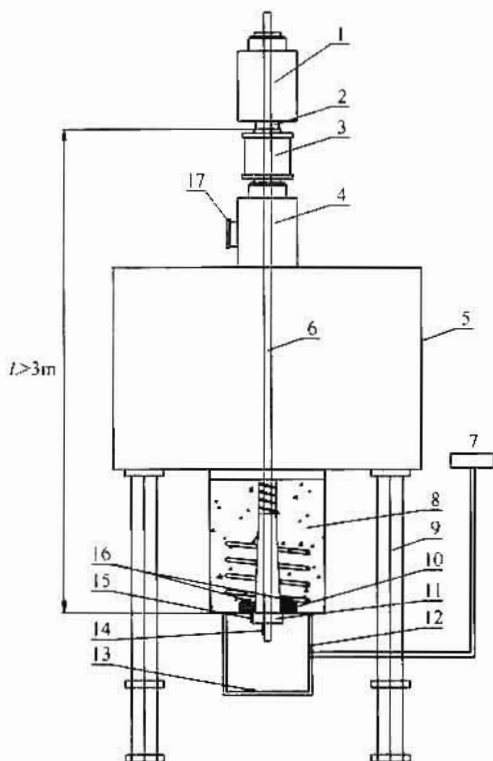


图 F.0.2 锚具低温锚固性能试验装置示意

1 施工用张拉设备；2 张拉端试验锚具；3 荷载传感器；4 加载设备；5 试验承力架；6 预应力筋；7 液氮输入口；8 混凝土承压端块；9 试验托架；10 锚垫板；11 固定端试验锚具；12 密封罩（液氮仓）；13 密封罩内的温度传感器；14 预应力筋上的温度传感器；15 锚垫板上的温度传感器；16 锚垫板背面的温度传感器；17 位移传感器

荷载-伸长值曲线图；

2 温度降低之前，选取两根预应力筋量测其与锚具之间的相对位移 ( $\Delta a$ ) 及两个夹片与锚板间的相对位移 ( $\Delta b$ )；

3 实测极限拉力 ( $F_{spu}$ ) 及相应的总应变 ( $\epsilon_{spu}$ )；

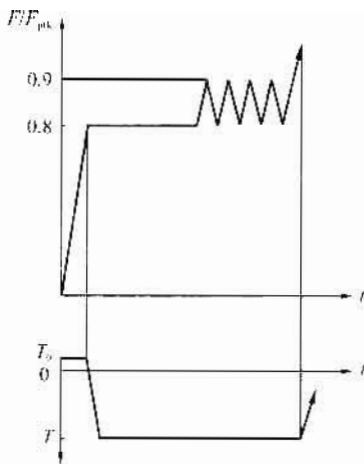


图 F.0.3 低温锚固性能试验的加载程序

#### 4 锚具组装件破坏位置及形式。

**F.0.5** 低温锚固性能试验应连续进行 3 个锚具组装件的试验，3 个锚具组装件的试验结果均应符合下列要求：

1 低温锚固性能试验的实测极限拉力 ( $F_{pm}$ ) 不应低于常温下预应力筋实际平均极限抗拉力 ( $F_{pm}$ ) 与预应力筋效率系数 ( $\eta_p$ ) 乘积的 95%， $\eta_p$  按本规程第 3.0.2 条的规定取用；

2 破坏应是预应力筋断裂，试验后锚具部件的残余变形不应过大。

当有一个试件不符合要求时，应取双倍数量的样品重做试验；在重做试验中仍有一个试件不符合要求时，该批锚具应判定为不合格。

## 附录 G 变角张拉摩擦损失测试方法

**G.0.1** 检验用的组装件应由变角装置、预应力筋组成，组装件中各根预应力筋应等长、初应力应均匀。

**G.0.2** 混凝土承压构件或张拉台座及试验装置安装（图 G.0.2）应符合下列规定：

- 1 张拉台座或混凝土承压构件的长度不应小于 3m；
- 2 变角装置、千斤顶、荷载传感器、预应力筋应同轴；
- 3 测力系统的不确定度不应大于 1%。

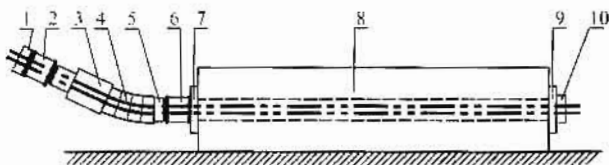


图 G.0.2 变角张拉摩擦损失测试装置示意

- 1 工具锚；2 荷载传感器 1；3 千斤顶；4 变角装置；
- 5 锚板；6 荷载传感器 2；7、9 钢板；8 台座（试件）；10 固定端锚具

**G.0.3** 试验加载步骤应符合下列规定：

- 1 加载速度不宜大于 200MPa/min；
- 2 试验时应分别按  $0.70F_{\text{pk}}$ 、 $0.75F_{\text{pk}}$ 、 $0.80F_{\text{pk}}$  三级加载，每级持荷时间不应少于 1min，并应记录两端荷载传感器的数值。

**G.0.4** 变角张拉摩擦损失率应按下式计算：

$$\delta_2 = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\% \quad (\text{G.0.4})$$

式中： $\delta_2$  ——变角张拉摩擦损失率；

$P_1$  ——荷载传感器 1 测得的拉力 (N);

$P_2$  ——荷载传感器 2 测得的拉力 (N)。

**G.0.5** 应取三级加载测得的摩擦损失率的平均值作为测试结果。

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。



## 引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 3 《钢结构设计规范》GB 50017
- 4 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 5 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370

中华人民共和国行业标准

预应力筋用锚具、夹具和连接器  
应用技术规程

**JGJ 85 - 2010**

条文说明

## 修 订 说 明

《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 - 2010，经住房和城乡建设部 2010 年 4 月 17 日以第 549 号公告批准、发布。

本规程修订过程中，修订组进行了锚具、夹具和连接器在建筑工程、公路工程、铁路工程和核电工程等领域应用现状的调查研究，总结了我国锚具、夹具和连接器工程应用的实践经验，同时参考了美国规范 AASHTO、欧洲认证标准 ETA013、国际预应力混凝土协会 FIP1993《后张预应力体系验收建议》以及美国后张预应力协会 PTI《后张预应力体系验收标准》等国外先进技术法规、技术标准。通过锚具内缩量测试、变角张拉摩擦损失测试、锚口摩擦损失测试、锚固区传力性能试验及锚具低温锚固性能试验等，取得了一系列重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》修订组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

## 目 次

1 总则	42
3 性能要求	43
4 设计选用	46
5 进场验收	48
6 使用要求	51
附录 A 锚固区传力性能试验方法和检验要求	54
附录 B 静载锚固性能试验方法和检验要求	57
附录 C 锚具内缩值测试方法	58
附录 D 锚口摩擦损失测试方法	59
附录 E 锚板性能试验方法和检验要求	60
附录 F 锚具低温锚固性能试验方法和检验要求	61
附录 G 变角张拉摩擦损失测试方法	62

## 1 总 则

**1.0.1** 本规程的主要目的是为了在预应力工程中合理应用预应力筋用锚具、夹具和连接器以及配套的锚垫板、螺旋筋等配件，确保工程质量，并按统一的技术要求组织进场验收和进行必要的检查与试验。

**1.0.2** 本规程适用于房屋建筑工程、铁路工程、道路工程、桥梁工程、隧道及地下工程、特种结构工程、港口工程、水利工程等领域的预应力混凝土结构工程以及工业与民用建筑领域的预应力钢结构工程。边坡支护、岩锚、地锚及施工控制用预应力技术中的预应力筋用锚具、夹具和连接器同样适用本规程。如有特殊要求，还应遵守有关的专门规定。

**1.0.3** 锚具、夹具和连接器的应用应遵守本规程，同时对设计施工中的一些特殊问题尚应遵守其他相关标准规定，如在进行锚固区或锚固节点的承载力验算时，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017 及相关行业设计规范、规程的规定。

## 3 性能要求

**3.0.1** 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 是锚具产品的国家标准，是生产厂在生产中控制锚具产品质量的依据。工程应用中锚具的基本性能理应满足锚具产品标准的要求。

**3.0.2** 本条规定了预应力筋用锚具的最基本的锚固性能指标，对保证锚具的正常使用及预应力工程的质量、安全具有重要意义。锚固性能不合格的锚具，不仅对工程结构的质量产生不利影响，同时，在施工阶段容易造成预应力筋的断裂、滑移，严重影响施工安全。目前，我国锚具年产量已达 1 亿孔以上，其使用范围非常广泛，而施工现场环境往往比较恶劣，对锚具提出严格的性能要求，对工程质量、施工安全均具有重要意义。

本条中  $\eta_p$  的定义同《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370-2007，主要考虑了每束预应力筋中预应力钢材的质量不均匀性和根数对应力不均匀性的影响。由于进行预应力束拉伸试验时，得到的结果是预应力筋与锚具两者的综合效应，目前尚无法将预应力筋的影响单独区分开来。

**3.0.3** 试件破断时，由于钢绞线的破断产生的冲击可能造成夹片纵向裂缝或断裂，不应判定锚具不合格。

**3.0.4** 对锚板中心的残余挠度进行限制主要是为了保证锚板的刚度，保证锚具能够正常工作。美国 PTI《后张预应力体系验收标准》中有类似的规定，本条即参照国外标准，并结合国内生产厂家锚具产品的实际质量水平制定的。国内产品一般情况下都能满足刚度要求。

**3.0.5** 进行锚具疲劳性能检验时，需进行的应力循环次数应满足相关标准的规定，如《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 等。



**3.0.7** 环境温度低于 $-50^{\circ}\text{C}$ 时，采用常规材料生产的锚具受力性能会发生明显变化，造成锚固性能降低，甚至提前脆性破坏，因此对应用于低温环境的锚具应采用特殊钢材制作，并进行低温性能检验，保证可靠的锚固性能。

**3.0.8** 本条规定了锚具应具备多次张拉及卸载的工艺性能，保证锚具能满足预应力筋分级张拉锚固、卸载重张拉等工程实际需要。单根张拉的工艺性能，有利于满足特殊情况下采用逐根张拉的需要，并有利于滑丝情况下的卸锚和补张拉。当工程中反复张拉锚固次数较多时，应由用户向厂家提出具体重复次数要求，或直接采用工具锚。

**3.0.9** 承受低应力或动荷载的夹片式锚具可能出现锚具夹片脱落现象，造成锚固失效，因此要求承受低应力或动荷载的夹片式锚具应具有防松性能。通常在锚具上设置防松装置。

**3.0.10** 夹具效率系数( $\eta_k$ )计算公式中，没有考虑预应力筋效率系数的影响。其效率系数要求比锚具低，主要是考虑夹具系施工阶段临时性锚固装置，且工作状态一般较好，其工作应力不可能超过预应力筋标准强度的80%，故适当降低了效率系数要求。

**3.0.11** 需大力敲击才能松开的夹具，必须在放松预应力筋后，确认对构件或工作锚具没有影响、且对操作人员安全不造成危险时才允许使用。同时由于夹具生产成本较高，属于可重复使用的工具产品，对其最低使用次数作出明确规定。

**3.0.13** 锚垫板喇叭段的转角大时，预应力筋的转角也大，张拉过程中将发生较大的预应力摩擦损失，所以控制锚垫板喇叭口处钢绞线的转角限值 $\theta \leq 4^{\circ}$ ，应注意该角度并不等于喇叭口的锥角的一半。

**3.0.14** 张拉端锚具处预应力筋由孔道伸入喇叭管有一个转角，进一步安装锚具后再次出现一个转角，因而在张拉时出现摩擦损失，当采用限位自锚张拉工艺时，尚存在由于夹片逆向刻划预应力筋引起的张拉力的损失，统称为锚口摩擦损失。锚口摩擦损失集中在锚口，直接降低预应力混凝土构件的有效预加力，应设法

降低该值，并应计入设计计算中。如果实际测试所得的锚口摩擦损失率大于6%，应通知设计部门，并由设计人员对设计结果进行验算确认或调整张拉控制力。

**3.0.15** 锚固区传力性能试验是用来检验预加力从锚具通过锚垫板传递到混凝土结构时的局部受压区的性能。国家产品标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370的三个版本均没有规定锚具与垫板、螺旋筋等配套，并与规定尺寸的混凝土局部受压端块组合下承受锚具传来的预加力时的性能要求，所以，该标准只起到了控制锚具质量的作用，没有有效的控制锚垫板、螺旋筋等配套产品质量及其在工程使用中的性能。按照国内工程责任的划分，结构设计和施工由不同单位完成，实际工程中经常出现局部受压相关的质量问题，包括锚垫板破坏、局部受压区混凝土劈裂、崩裂等。本条即是为了解决锚具使用中的实际工程问题而规定的内容。实际应用中需要处理两类问题，即作为锚具型式检验内容的锚固区传力性能试验问题和实际工程设计中的局部受压区传力性能问题。本规程要求锚具生产厂必须在锚具产品的型式检验中完成锚具、垫板、螺旋筋等配套产品在要求的混凝土强度和尺寸下的锚固区传力性能试验，并提出相关合格报告。

## 4 设计选用

**4.0.1** 工程设计人员为某种结构选用锚具和连接器时，可根据工程环境、结构的要求、预应力筋的品种、产品的技术性能、张拉施工方法和经济性等因素进行综合分析比较后加以确定。表 4.0.1 是锚具和连接器选用表，这里仅推荐了不同预应力筋适用的锚具。连接器的选用原则同锚具，不再单独列出。

**4.0.3** 本条规定了后张预应力混凝土结构中不同张拉力的预应力筋与锚垫板垂直的锚下直线段最小长度，主要参考了国外预应力体系的有关要求，并考虑了我国工程应用实际情况。

**4.0.4** 张拉施工时，千斤顶的纵向操作空间宜保证比千斤顶自身的长度长  $1/3$ 。

**4.0.5~4.0.7** 对预应力混凝土结构或构件中锚固区的设计提出具体要求。以往工程实际中，没有对锚垫板提出明确的技术性能要求，其产品生产和质量控制处于无序状态，厂家为降低成本，过度的减小锚垫板尺寸及材料用量，配套的局部加强钢筋也有类似情况，造成工程中局部受压质量事故频出，影响了工程质量。条文以锚固区传力性能试验及合格标准的形式，间接地规定了锚垫板的产品质量要求，同时规定了局部加强钢筋设计的有关要求。局部受压加强钢筋指《混凝土结构设计规范》GB 50010 中的间接钢筋，包括螺旋筋和网片筋等。当锚具的产品技术参数不满足工程实际条件而进行专门设计时，主要是由设计人员对局部加强钢筋、混凝土强度等级进行调整处理，必要时也可对锚垫板进行专门的设计，并由设计人员提出是否进行试验。

**4.0.8** 对锚具封闭保护措施及构造要求作出明确规定，保证锚具和结构构件具有相同的耐久性。

无粘结预应力结构中预应力筋是靠锚具永久锚固的，如锚具

因腐蚀而失效，后果是严重的。因此，规定锚具端部应采用全密封的构造。

**4.0.10** 对预应力钢结构中锚固节点的设计提出具体要求。对加劲肋、加劲环或加劲构件，应根据其实际受力状况和支承条件，参照国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的相应规定进行设计，重点保证其局部受压强度、刚度和局部稳定的要求，当加劲肋、加劲环或加劲构件因受力或支承条件复杂而难以用简单公式进行计算时，可采用有限元方法分析，以全面了解锚固节点的实际受力状态。

对重要、复杂或新型节点，可以通过模型试验验证节点的受力性能。试验模型设计时，应减小尺寸效应的影响，并尽量采用符合节点实际受力状态的平衡力系加载。

通过板件焊接形成的节点，由于焊缝密集，容易产生焊接残余应力，影响连接强度。采用铸钢节点可有效保证节点的强度，避免节点破坏，在设计时应考虑制作加工和施工安装的便利。



## 5 进场验收

**5.0.1** 锚具产品包括锚具（或夹具、连接器）、锚垫板、螺旋筋等。生产厂应将产品验收所需的技术参数在产品质量保证书上明确注明，作为进场复验的依据。锚固区传力性能试验在产品定型时由厂家委托具有资质的检测机构进行，并出具检验报告，该报告在锚具形式未作变化前有效。

**5.0.3** 需方（指用户）的进场验收实际上是供方（指生产厂）产品已进行出厂检验合格后的复验。通常是在按合同清点货物后做三项验收工作：外观检查、硬度检验和静载锚固性能试验。

外观检查中，对于非关键尺寸的偏差、非关键表面的光洁度、局部碰痕等情况，用户可根据是否影响使用来判断是否可以验收。但对表面裂纹则必须提高警惕。锚具受力后，有裂纹的零件可能出现险情。经验表明，抽检的样品如目测发现一件有裂纹或关键部位有锈蚀，则该批产品中出现类似情况的可能性极大，为此必须逐套检验。关键部位通常是指锚板（或环）锥孔或夹片表面等直接影响锚固性能的部位。其他部位如有大面积锈蚀或锈蚀较严重时，由使用方酌情处理。

锚夹具零件一般都有硬度要求，但有很多零件对硬度的要求目的在于适当提高钢材的机械性能，允许的硬度范围比较宽（例如夹片锚具的锚板），不是重点要求的内容。本规程要求“对硬度有要求的锚具零件，应进行硬度检验”，这类零件诸如夹片锚具的夹片、镦头锚具的锚杯和锚板等。由于只有生产厂才知道这些零件的设计硬度范围，测定位置及硬度范围应在产品质量保证书（或产品技术手册）上明确注明，作为复验的依据，如无明确规定时，夹片宜在背面或大头端面，锚板宜在锥孔小头端面。每个零件测试3点，取后2点的平均值作为该零件的硬度值。对多

孔夹片锚具的夹片，因是在同一生产工艺下调质的产品，一般情况下其硬度的变化幅度不会太大。当有工程应用经验，认为质量有保证的产品，每套锚具多于6片夹片时，抽取6片即可。

**5.0.4 静载锚固性能试验工作**，费工、费时、经费开支较大，也是进场验收最后把关的工作；取样应在购货合同规定的批量之内进行。购货量大的工程进行此项工作是必要的，业主的经济能力也是可能达到的。购货量小的工程可能会感到试验费用负担过重，因此，本规程提出一种从简办法：“对于锚具用量较少的一般工程，如由锚具供应商提供有效的锚具静载锚固性能试验合格的证明文件，可仅进行外观检查和硬度检验。”锚具用量较少的工程，通常是指锚具用量远少于验收批的工程，如不足正常验收批的25%；一般工程是指设计无特殊要求的工程；有效的试验合格证明文件是指试验时间不超过1年，且由具有资质的单位提供的试验报告（或正本复印件）。

**5.0.6~5.0.9** 条文规定的试验系在产品型式检验中应进行的试验内容，应首先由厂家在作产品型式鉴定时进行试验并确定相应的性能指标。通常设计和加工方法等没有变化时，其性能指标是稳定的，故无需进行频繁的进场检验。

**5.0.10** 环境温度低于-50℃的工程通常是指贮存液态天然气（如LNG等）的预应力混凝土贮罐等构筑物，因此对应用于低温环境的锚具应进行低温性能检验，保证可靠的锚固性能。

**5.0.13** 针对连接器应用于后张法预应力及先张法预应力的不同特性规定不同的验收方法。

**5.0.14** 产品出厂时，生产厂已按现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370的规定进行组批并进行了出厂检验，进场的产品是在生产厂家出厂检验合格的基础上进行的验证性复验，鉴于目前国内锚具、夹具及连接器产品的质量水平已经比以往明显提高，并考虑在保证质量的前提下尽量简化进场检验的原则，将锚具的检验批统一规定为不超过2000套，不再区分单孔锚具和多孔锚具，而连接器一般用量较少，仍规定500套



为一个组批。经第三方独立认证的产品，由于其质量保证体系比较健全，厂家的产品质量保证能力较强，本着鼓励优质产品，降低社会成本的原则，在保证工程产品质量的前提下，经第三方独立认证的产品允许将验收批扩大。

## 6 使用要求

**6.0.1** 预应力筋用锚具、锚垫板、螺旋筋等产品是生产厂家通过锚固区传力性能试验得到的能够保证其正常工作性能和安全性的匹配性组合，因此规定锚具、锚垫板、螺旋筋等产品应配套使用。当采用不同厂家的产品组合应用时，所采用的替代产品设计参数如与原厂家产品设计参数一致时，可不进行锚固区传力性能试验。

在同一个构件中不允许采用不同厂家的产品，主要是为了保证工程质量，并在工程出现质量问题时，便于确认责任。

在工程实际中，出现过将工作锚具作为工具锚使用一次后再作为工作锚使用的情况，由于工作锚和工具锚的设计性能不同，工作锚的重复应用会造成其锚固效率降低，形成安全隐患。

不同厂家的产品设计参数有区别，特别是夹片式锚具，张拉时限位板的限位槽深度直接影响预应力的施加效果，因此必须配套使用，或保证其有关参数与原厂家相同。

**6.0.4** 锚垫板内锥孔有水泥浆等杂物进入时，如清理不干净，会影响锚具的锚口摩擦损失；由于预应力筋表面不清洁造成锚具夹片螺牙堵塞并进一步影响锚具的锚固性能甚至造成张拉事故的情况时有发生，所以，预应力筋表面一定要求保证清洁。

**6.0.5** 生产厂家出厂的挤压元件都是和其选定的挤压机配套的。在工地进行挤压时，惟一监视的指标是油压表的压力值，不低于某一规定值时为合格。某一厂家的挤压元件和另一厂家的挤压机，通常没有配套使用的技术条件，即便是油压符合说明书的要求，也未必能保证锚具的性能，所以不应混用。

**6.0.6** 钢绞线轧花锚具是靠梨形花头及直线段裸露的钢绞线与混凝土的粘结而锚固的，所以要求钢绞线表面保持干净，不能有

污物，更不能有油脂。通常，这种锚具用于有粘结预应力混凝土结构；在无粘结预应力混凝土结构中，因难以将预应力筋上的油脂除净，所以不应使用。

**6.0.7** 在各种预应力体系中，通常按预应力筋（或束）的规格配以相应的锚具和张拉千斤顶，以实现整束张拉，有些情况（例如直线形预应力筋，各根钢材平行排放且不会互相叠压）下用小型千斤顶逐根张拉可能更方便。但逐根张拉时会出现“分批张拉预应力损失”，在确定张拉力时一定要将此项损失计算在内。

**6.0.8** 变角张拉工艺可以适应锚具外张拉空间狭小的情况。由于安放变角块，虽然能使预应力筋产生大角度弯曲，能够顺利张拉，但也同时产生附加摩擦损失，此项损失值往往数值较大，因此工作锚处的控制应力就可能比常规值明显偏小。因此，设计人员应根据实际结构及可能的张拉工艺条件，事先考虑变角张拉产生的摩擦损失，当因施工过程中出现意外障碍不得不采用变角张拉工艺时，应调整张拉力，必要时通知设计方，经计算确定张拉力调整值。

**6.0.9** 锚垫板上有对中止口，易于保证锚具与垫板对中，有利于张拉及锚具和预应力筋的受力。但如不慎使锚板偏出止口，反而形成了不利的支承状态。安装的锚具如不及时张拉，易受现场环境的污染，包括混凝土浇筑时的水泥浆等。

**6.0.10** 使用后张法连接器，不论单根或多根的型号，都应放置密封罩筒，以切实保证张拉预应力筋时不会出现事故（如滑丝等），这种事故可能导致对混凝土“开膛”。如使用先张法连接器，则多为单根型号，张拉事故可能危及人身安全。所以，对任何连接器都要求具有良好的质量，施工工人都应经过培训，安装操作必须认真，严格执行每一项操作规定。

**6.0.11** 利用螺母锚固的锚具，一般是张拉至规定拉力时在带负荷状态下拧紧螺母。所以要求在安装锚具之前逐个检查螺纹的配合情况，保证在张拉锚固时螺母能顺利拧紧。

**6.0.13** 预应力结构特别是预应力钢结构中，预应力的建立和结

构形式、受荷大小、变形特征等有直接关系，因此必须严格按照设计规定的张拉顺序与程序张拉预应力筋，使结构中预应力的施加顺序与预加力满足设计要求。若设计没有明确规定，预应力分项工程施工单位应编制张拉方案并经设计人员确认，编制张拉方案时通常应遵循对称、均匀、分批张拉原则。

**6.0.16** 预应力筋锚固后，如需要放松，无论后张法或先张法，都必须使用专门的放松设备，在确保安全的情况下缓慢地放松。不宜在预应力筋存在应力的状态下将其直接切断。

**6.0.17** 多余预应力筋的切除建议采用砂轮锯，采用砂轮锯切割时应特别注意砂轮片的质量及其与砂轮锯的匹配性。采用氧气-乙炔焰切割虽然会造成预应力筋及锚具局部温度升高，但从切割点到锚具的温度降低较快，再加上用水对锚具进行适当冷却，不会造成锚具的锚固性能降低，国外的专业公司也多推荐采用氧气-乙炔焰切割多余的预应力筋。

**6.0.18** 后张法预应力混凝土结构或构件，在预应力筋张拉后，宜及时向预应力孔道中灌注水泥浆，为预应力筋提供防腐及粘结力。先张法预应力混凝土构件，在预应力筋张拉后，若发生较大的环境温度变化，预应力筋的应力会发生显著变化，影响预加力值，甚至造成预应力筋断裂，为避免温差的影响，要求张拉后及时浇筑混凝土。

**6.0.19** 较长的钢绞线张拉时，由于钢绞线捻制的原因，会发生较严重的张拉设备旋转现象，如果不加控制，钢绞线的捻制结构发生变化会影响其性能，所以规定宜采用带有止转装置的千斤顶。

## 附录 A 锚固区传力性能试验 方法和检验要求

**A.0.1** 锚具产品型式检验是验证其可靠性及提供其应用技术参数所进行的试验，厂家应在产品定型时进行相关试验并提供验证报告，本规程参考国外相关标准对锚具进行分组并选取有代表性的产品进行试验。在实际工程中出现产品应用技术参数不能满足工程实际条件时，如果设计方认为有必要，可按本附录进行锚固区传力性能的工程验证。在编制本试验标准的过程中，综合参考了美国规范 AASHTO、欧洲认证标准 ETA013、国际预应力混凝土协会 FIP1993《后张预应力体系验收建议》以及美国后张预应力协会 PTI《后张预应力体系验收标准》等国外标准。

**A.0.2** 在试验中，一般采用倒置浇筑混凝土的方法制作试件，制作过程中应采取措施保证锚垫板、螺旋筋和预应力筋孔道对中。可以通过在试件底部预埋钢板或试验前在试件底部坐浆等方法保证试件底部受力均匀。

在我国工程应用中，锚垫板的端面一般为正方形或圆形，根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，局部受压的计算底面积与局部受压面积同心、对称，因此进行锚固区传力试验的试件横截面一般为正方形截面。欧洲规范 EN 1992-1-1 规定，当多个压力作用于混凝土截面时，局部受压的计算底面积不应重叠，因此采用本条规定确定的试件尺寸能保证产品应用的可靠性。由于采用千斤顶张拉预应力筋加载需要在试件两端均安装锚垫板和锚具，因此其试件长度较长。如果试件两端均设置锚垫板承载，可视为两个试件。

对于局部受压试件，在构件表面沿预应力筋孔道会产生劈裂裂缝并可能出现劈裂破坏。螺旋筋可起到一定的抗劈裂作用，但



由于试件中螺旋筋作用的大小与产品配套的螺旋筋参数有关，因此试件周边配置附加箍筋也会因产品而异。附加表层箍筋的体积配筋率不应大于 0.6% 的规定是参照欧洲验证标准 ETA013 提出的，而美国规范 AASHTO 指出，附加表层箍筋的体积配筋率不大于 1%。当实际结构的配筋率较大时，也可按实际情况或设计要求配置试件的表层箍筋。表层箍筋的直径、间距以及混凝土保护层厚度均会影响试件的劈裂裂缝的宽度。表层箍筋的混凝土保护层厚度根据实际结构的环境类别按设计要求进行调整。

试件试验时的混凝土立方体强度不应比试件设计混凝土强度等级值过大或过小，实际应用中，预应力筋张拉时的混凝土强度不应小于试件试验时的混凝土强度。

锚固区传力性能试验的试件不宜过小，应满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 的正截面受压承载力要求，以保证不会出现试件底部短柱先于顶部局部受压破坏而使试验失败的情况。

**A. 0.3** 锚固区传力性能试验有单调加载、循环加载和持荷加载三种加载方法，国外各标准采用的加载方法有所不同。从试验时间上看，持荷加载所需的时间超过 48h，最为接近实际结构中的锚固区传力情况，但不方便操作；从试验结果上看，循环加载和持荷加载的最后裂缝宽度和极限荷载试验值基本相同，而单调加载的极限荷载试验值略为偏大；从可操作性上看，单调加载最为方便，而且与锚具静载锚固性能试验的加载机制基本一致。考虑到试验方便和国内工程实际情况，本标准采用单调加载机制。

加载时，可采用压力机将力通过配套的锚板直接加到锚垫板上，也可采用千斤顶张拉预应力筋加载，两种加载方式的验收标准相同。对工程检验，可在现场采用千斤顶加载，而对于型式检验，一般采用压力机加载，但对大吨位锚具也可采用千斤顶加载。为保证试验的安全性，可通过增加预应力筋根数或采用大规格钢棒等方法实现足够的加载吨位，此时，锚垫板和锚板可能会不配套，需要配置专用转换块。

加载速度以预应力筋的应力增量方式进行控制，试验时应根



据不同型号的试件所对应的预应力筋根数计算其拉力增量。

**A.0.5** 加载到  $1.0F_{pk}$  时，锚垫板如出现可见裂缝，说明锚垫板本身的强度和刚度不能满足使用要求，需加以严格控制。

控制  $0.4F_{pk}$  下裂缝宽度为  $0.05\text{mm}$ ，其目的实际是为了控制在该荷载水平下锚固区不开裂。要求裂缝宽度控制不大于  $0.25\text{mm}$ ，主要是在一般环境状况下这样的裂缝宽度不会导致钢筋的锈蚀，如果锚固端处于比较恶劣的环境，裂缝限制值应适当减小。

在型式检验中，应按局部受压承载力检验值必须大于预应力筋锚具组装件承载力检验值  $F_{qm}$  的原则来确定检验值，经分析可知， $F_{qm} \approx 1.1F_{pk}$ ，取  $F_{li} \geq 1.1 \times 1.1F_{pk} = 1.2F_{pk}$ 。在工程检验中，应按局部受压承载力检验值必须大于锚固端预应力筋拉力设计值  $F_{td}$  的原则来确定检验值，其中  $F_{td} = \gamma_0 1.2N_{pd}$ ，式中  $1.2$  为预加力作用分项系数， $N_{pd}$  为锚固端预应力筋拉力最大值， $\gamma_0$  为混凝土局部受压破坏的附加检验系数，经分析可知，可取  $\gamma_0 = 1.25$ ，从而有  $F_{li} \geq 1.5N_{pd}$ 。值得注意的是，当  $N_{pd} = 0.80F_{pk}$  时，工程检验与型式检验的要求是一致的。对于有粘结体系， $N_{pd}$  取为张拉控制力，而对于无粘结预应力体系， $N_{pd}$  取为预应力筋极限拉力与张拉控制力的较大值。此外，在确定检验值时，考虑了试件与实际结构构件混凝土强度的差别，给出相应的极限荷载修正计算公式。

## 附录 B 静载锚固性能试验 方法和检验要求

组装件静力试验时应将锚固零件上涂的防锈油和污物擦拭干净，残留微量油膜是可以的，没有必要用汽油或溶剂完全擦洗到“绝对干净”，因为“有油”和“无油”两个极端都不符合工程实际。

组装件试验是一种匹配性试验，但在国内，预应力钢材产品是否合格与锚具无关，而锚具是否合格却必须借助于预应力筋-锚具组装件试验才能确定，为防止试验过程中出现不匹配的尴尬状况，对试验用预应力筋作出明确的规定。

用于预应力筋母材试验的试验机必须具有良好的夹具，这种夹具能使径向压应力达到最合理的分布，保证试验获得最准确的力学性能测量值。试件整根最大破断力 ( $F_m$ ) 和最大总伸长率 ( $A_{gt}$ ) 是关乎后续组装件试验可信度的重要指标。不良夹具测得的最大破断力 ( $F_m$ ) 可能偏低，会导致以后测得的锚具效率系数 ( $\eta_n$ ) 有可能出现大于 1.0 的情况。

不论单根或多根预应力筋-锚具组装件，在预应力筋拉力超过  $0.8F_{pk}$  后都要缓慢加荷，加荷速度不应超过  $100\text{MPa}/\text{min}$ ，这样有助于  $F_{qm}$  取得最大值。

我国目前的预应力工程大都采用预应力钢绞线和夹片式锚具，本规程仅以夹片式锚具为例规定其试验方法，其他形式的锚具在试验方法上可能与本附录有所不同，但应满足其基本要求。

## 附录 C 锚具内缩值测试方法

本附录提供了两种测量锚具内缩值的方法，在实际工作中可以采用其中一种方法进行测量。一般情况下，设计中通常以现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 给定的内缩值进行预应力损失的计算，锚具内缩值的加大对长预应力筋锚固后预加力的影响是有限的，对于较短的预应力筋，当锚具的实际内缩值比现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 给定的内缩值偏大时，会造成预应力损失明显增大，预应力筋预加力的显著降低。本规程公式 C.0.4 中 30mm 为预应力筋在两端锚具尾部的可产生自由伸长的长度。

锚具内缩值与实际用锚具夹片的外露量、钢绞线外径和限位槽深度有关，三者应配套量测，配套使用。锚具内缩值的量测可在试验室或现场进行，如在现场量测时，可由监理工程师或建设单位代表在场见证下进行量测。

## 附录 D 锚口摩擦损失测试方法

对于夹片式锚具，锚口摩擦损失和张拉工艺有密切的关系，测试锚口摩擦损失时，主动端的张拉工艺条件（指自锚或是顶压锚固、限位槽深度等）均需采用和工程实际相同的张拉工艺条件进行加载。

试验时应保证锚具、千斤顶、荷载传感器、预应力筋同轴。在台座上试验时侧面不应设置有碍受拉或产生摩擦的接触点；在混凝土试件上试验时，试件内预埋管道内径应比锚垫板尾部内径大一个等级，避免预应力筋和预埋管道间产生摩擦。

试验时工作锚一定要安装夹片，保证测量的结果和实际一致。

## 附录 E 锚板性能试验方法和检验要求

本附录提供了锚板性能测试方法，主要参考美国 PTI《后张预应力体系验收标准》的有关规定。在锚板锥孔内放置锥形塞并置于开口尺寸等于锚垫板上口尺寸的支承板上，主要是为了保证锚板受力状况与实际受力状况一致。国内的工程经验表明，国产锚具，其锚板中心残余挠度和极限承载力基本均能满足本规程第 3.0.4 条的要求。

## 附录 F 锚具低温锚固性能试验 方法和检验要求

**F.0.2** 混凝土承压端块应按实际工程设计情况制作，放置锚垫板、喇叭管和螺旋筋等锚具附件，并采用与实际工程相符的混凝土浇筑而成。为安全起见，混凝土承压端块尺寸可适当加大。

试验温度  $T$  应低于实际应用工程的可能最低温度，一般由设计确定。为了确保锚具和预应力筋的温度降低到  $T$ ，温度传感器应贴在锚板和预应力筋侧表面，并且各不少于 2 个；锚板和预应力筋上全部温度传感器所测温度低于  $T$  时，才可认定温度降低到预定温度  $T$ 。

贴在锚垫板背面的温度传感器应不少于 2 个；由于该处直接接触混凝土，温度升高较快，所以温度不一定能降低到  $T$ ，只需保持稳定即可，因为当其温度稳定时，表明锚具组装件在低温端已处于比较稳定的低温场。

**F.0.3** 低温下工作的预应力混凝土工程，如液态天然气 LNG 贮罐等，安全性要求非常高，如果出现问题会造成严重后果。因此，试验尽可能模拟实际预应力张拉施工情况。采用施工用的张拉设备（例如千斤顶、工具锚和限位板等）分级张拉到 80% 后锚固，主要是为了保证张拉施工过程没有异常情况。

**F.0.4** 位移传感器装在千斤顶上，测量其活塞的伸出量。绘制组装件荷载-预应力筋伸长曲线图目的是为了观察试验过程有否异常情况，以便提前采取安全措施。

**F.0.5** 低温工程对锚具的安全性要求较高，FIB 和欧洲认证标准 ETAG013 对锚具的低温下的性能要求中，不考虑预应力筋效率系数的折减。考虑到与现行国家标准的协调统一，本规程规定仍考虑预应力筋效率系数的影响。



## 附录 G 变角张拉摩擦损失测试方法

试验时应保证锚具、千斤顶、荷载传感器、预应力筋同轴。试验时工作锚内不安装夹片。安装夹片时的摩擦已计入锚口摩擦损失。当然，实际变角张拉时，夹片的逆向刻划阻力与正常直线张拉可能存在一定的差异，为便于实际操作，不再区分。