

无粘结后张法预应力施工工艺标准

1 适用范围

本工艺标准适用于工业与民用建筑现场后张法无粘结预应力混凝土结构工程施工。

2 施工准备

2.1 材料

2.1.1 制作无粘结筋采用的钢丝和钢绞线应符合国家标准《预应力混凝土用钢丝》(GB/T5223—95)、《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224—95)的规定。并通过专用设备涂包防腐润滑脂和塑料套管而构成的一种新型预应力筋。

2.1.2 无粘结筋用钢丝、钢绞线、不允许有死弯，有死弯必须切断。钢丝应为通长，严禁有接头。

2.1.3 无粘结筋钢材、涂料层、包裹层质量要求及检验方法见下表

名 称	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法
涂料层 (建筑油脂)	外观 每米用量	饱满，不漏涂，厚度均匀	目测：每批抽样两组，每组三根1m长，每根称重后，将塑料皮剖开，用机油洗净，分别对钢丝或钢绞线及塑料套管称重，然后计算平均油脂重量，称重用天平。
包裹层 (高压聚乙烯)	外观 壁厚 每米用量	光滑，破损率不超过3% 均匀，厚0.8~1.2mm 不低于0.03kg	目测：每批抽样三组，每组三根1m长，用千分尺测量，测点选最薄和最厚处。每根测点不少于2处，取其平均值，然后用天平称重计算平均重量。
钢丝 (钢绞线)	力学性能 复试	抗拉强不小于1570N/mm ² ，延伸率不小于4%（抗拉强不小于1470N/mm ² ，延伸率不小于4%）	检查试验报告

2.1.4 无粘结筋的锚固体系宜采用夹片式锚具和墩头式锚具。

2.1.4.1 张拉端采用夹片式锚具时，可采用下列做法：

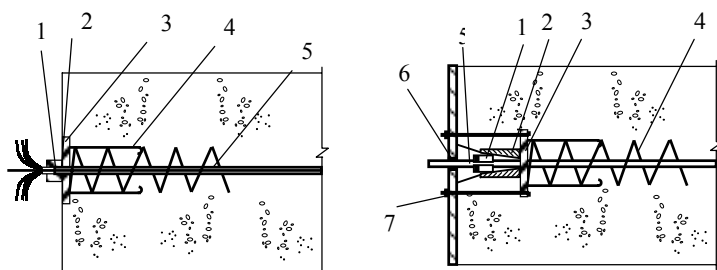
(1) 当锚具凸出混凝土表面时，其构造由锚环、夹片、承压板、螺旋筋组成见图 1a；

(2) 当锚具凹进混凝土表面时，其构造由锚环、夹片、承压板、塑料塞、螺旋筋、钩螺丝和螺母组成，见图 1b。

2.1.4.2 夹片式锚具系统的固定端必须埋设在板或梁的混凝土中，可采用下列做法：

(1) 挤压锚具的构造由挤压锚具、承压板和螺旋筋组成见图 2a。挤压锚具应将套筒等组装在钢绞线端部经专用设备挤压而成；

(2) 焊板夹片锚具的构造由夹片锚具、锚板与螺旋筋组成见图 2b。该



(a) 夹片锚具凸出混凝土表面 (b) 夹片锚具凹进混凝土表面

1—夹片； 2—锚环； 3—承压板； 4—螺旋筋；
5—无粘结预应力筋； 6—塑料塞； 7—钩螺丝和螺母

图 1 夹片锚具系统张拉端构造

锚具应预先用开口式双缸千斤顶以预应力筋张拉力的0.75倍预紧力将夹片锚具组装在预应力筋的端部；

(3) 压花锚具的构造由压花端及螺旋筋组成见图 2c。

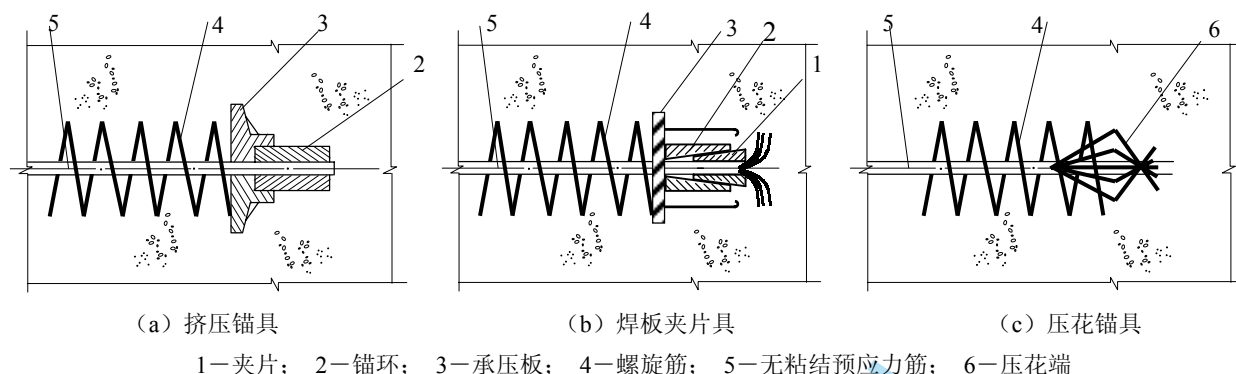


图2 夹片式锚具系统构造

2.1.4.3 锚头锚具系统的张拉端和固定端可采用下列做法：

(1) 张拉端的构造由锚环、螺母、承压板、塑料保护套和螺旋筋组成见图 3a。

(2) 固定端的构造由锚头锚板和螺旋筋组成见图 3b。

2.1.4.4 其锚具规格、质量应符合设计及应用技术规程的要求。其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 / T14370等的规定。

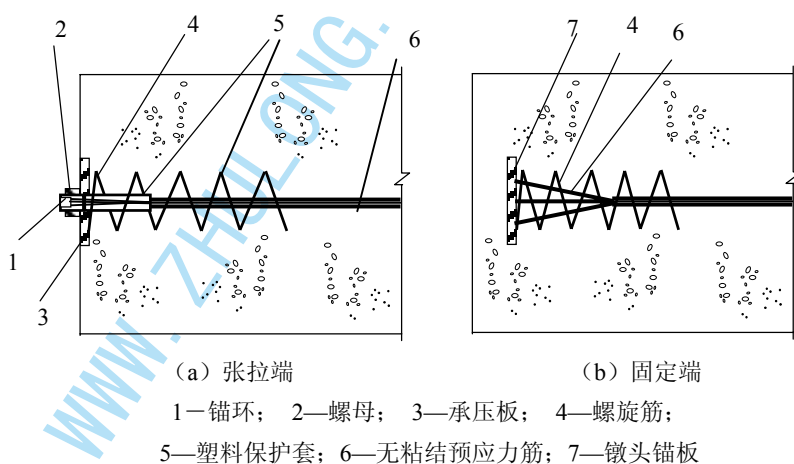


图3 锚头锚具系统构造

2.2 主要机具：

配套张拉设备有油泵及千斤顶，机具有顶压器（液压和弹簧两种）、张拉杆、工具锚等。

2.3 作业条件

2.3.1 张拉时混凝土强度达到设计要求，一般不低于设计强度的70%，有试验报告单。

2.3.2 无粘结筋配制及钢筋加工完成。

2.3.3 张拉设备已经过配套校验并有记录，机具已准备就绪。

2.3.4 张拉部位的脚手架及防护栏搭设已完成，并经检查符合作业要求。

2.3.5 张拉两端应有安全防护措施。

2.3.6 已按设计提出的要求对无粘结筋的张拉顺序、张拉值、伸长值、无粘结筋的铺设以及操作、质量标准等进行了技术交底。

2.4 作业人员

钢筋工、焊工、混凝土工、机械操作工等，焊工、机械操作工应持证上岗。

3 施工工艺

3.1 工艺流程：

施工准备 → 梁、板模板支搭 → 放线 → 下部非预应力钢筋铺放、绑扎 → 铺放暗管、预埋件 →

无粘结预应力筋铺放、端部节点安装 → 修补破损的护套 → 上部非预应力钢筋铺放、绑扎 → 无粘结预应力钢筋起拱、绑扎 → 隐蔽工程检查验收 → 混凝土浇筑及振捣 → 混凝土养护 → 松动穴模、拆侧模 → 张拉准备 → 混凝土强度试验 → 张拉无粘结筋 → 切除超长的无粘结筋 → 端部处理。

3.2 操作细则

3.2.1 无粘结筋的下料长度应按设计和施工工艺计算确定。下料时应用砂轮锯切割。

3.2.2 制作挤压锚具时应遵守专项操作规定。在完成挤压后,检查护套是否正好与挤压锚具头贴紧靠拢。在使用连体锚作为张拉锚具时,必须加套颈管,并切断护套,安装定心穴模。

3.2.3 端模预留孔位置:在张拉端帮模外侧,按施工图所注无粘结筋位置弹线、编号和钻孔。

3.2.4 铺放无粘结筋:通常无粘结筋的配置有单向和双向曲线配置两种。铺放应注意:

3.2.4.1 预应力筋由专业厂商生产并运至施工现场后,先按要求对聚乙烯护套及其外观进行检查验收,尤其是其端部铁件必须准确无误。待底模安装后,应在模板上标出预应力筋的位置和走向,以便于可靠固定锚具垫板。

3.2.4.2 为保证无粘结筋的曲线矢高位置固定的要求,预应力筋铺放前,应设铁马凳,以控制无粘结筋的曲率,一般每隔1m设一马凳,用 $\Phi 12$ 的钢筋制作。马凳的高度根据设计要求确定。跨中处可不设马凳,直接绑扎在底筋上。预应力筋铺放时,应注意保持其平行走向,防止相互扭绞。

3.2.4.3 双向曲线配置时,必须事先编序,还应注意无粘结筋的铺放顺序。为避免铺放时穿筋,施工前必须进行人工或电算编序。编序方法是将各向无粘结筋的交叉点处的标高(从板底至无粘结筋上皮的高度)标出,对各交叉点相应的两个标高分别进行比较,若一个方向某一筋的各点标高均分别低于与其相交的各筋相应点标高时,则此筋就可以先放置。按此规律找出铺放顺序。按此顺序,在非预应力筋底筋绑完后,将无粘结筋铺放在模板中。

3.2.4.4 当无粘结筋与预埋电线管发生位置矛盾时,后者应予避让。

3.2.4.5 在施工中无粘结筋的护套如有破损,应对破损部位用塑料胶带包缠修补。

3.2.5 端部节点安装:无粘结筋张拉端均设承压板且与予应力筋垂直,承压板和穴模应与端模紧密固定。安装中应防止由于承压板端面倾斜造成张拉油缸与承压板互不垂直,而影响张拉正常进行。穴模外端面与端模之间应加泡沫塑料垫片,防止漏浆。对于固定端挤压式锚具的承压板应与挤压锚固头贴紧并固定牢固。

3.2.6 无粘结筋绑扎:检查塑料保护套筒无损坏后。将软塑料管两端分别绑在保护套筒和无粘结筋上,并按设计要求标高将无粘结筋绑在端部非预应力筋或附加筋上,绑扎时,应保护无粘结筋与锚环轴线重合,并垂直于承压板,以利张拉时锚环能顺利拉出板端。

3.2.7 起拱:绑完非预应力筋后,按施工图中无粘结筋的设计编号位置,将无粘结筋理直,找正各筋曲线高度控制点下面的马凳位置并绑牢。

3.2.8 混凝土浇筑及振捣:

3.2.8.1 无粘结筋组装件铺放完毕后,应由施工单位、质量检查部门,会同设计单位联合进行隐检验收,当确认合格后,浇筑混凝土。

3.2.8.2 混凝土浇筑时,严禁踏压马凳及防止触动锚具,确保无粘结筋及锚具的位置准确。

3.2.8.3 张拉端及锚固端混凝土应认真振捣,严禁漏振,避免出现蜂窝麻面,保证其密实性,同时严禁触碰张拉端塑料套筒,避免由于套筒脱落破坏而影响张拉进行。

3.2.9 张拉工艺:

3.2.9.1 施工准备：张拉前拆除定位连杆、端部模板，清理现场，支搭脚手架和防护栏板。

3.2.9.2 设备安装：将张拉杆拧入锚环内，安装千斤顶，锁紧张拉杆螺母（必须满扣）。千斤顶安装位置应与无粘结筋在同一轴线上，并与承压板保持垂直。如达不到要求，可用垫板垫在支承架的端面上进行调整。

3.2.9.3 无粘结筋张拉顺序应按设计要求进行，如设计无特殊要求时可依次张拉。

3.2.9.4 张拉：接通油泵、加压。当油压表达达到5MPa 时，停止加压，调整油缸位置后，继续加压，直至达到所需张拉值，关掉油泵电源，停止给油加压。然后将锚环外扣清刷干净，拧上螺母，再次接通油泵，补拉到张拉力值，拧紧螺母。采用电动油泵加压时，要控制给油速度，一般达到控制油压的给油时间不能低于0.5min。张拉过程中，当个别钢丝发生断裂时，可相应降低张拉值。但断裂数量不应超过同一截面预应力筋总数的3%，对于多跨双向连续板，其同一截面按每跨计算。

3.2.9.5 张拉程序应根据设计要求采用，当设计无要求时，为减少无粘结筋松弛、摩擦等损失，可采用超张拉法进行，无粘结筋的张拉程序宜为：

从零应力开始张拉至1.05倍预应力筋的张拉控制应力 σ_{con} ，持荷2min后，卸荷至预应力筋的张拉控制应力；或从应力为零开始张拉至1.03倍预应力筋的张拉控制应力。

3.2.9.6 无粘结筋的曲线配置或长度超过24m时，宜采用两端张拉。

3.2.9.7 无粘结筋张拉测量记录：当采用应力控制方法张拉时，应校核无粘结预应力筋的伸长值。如实际伸长值大于计算伸长值 10%或小于计算伸长值 5%，应暂停张拉，查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

无粘结预应力筋伸长值 ΔL_p^C ，可按下列公式计算：

$$\Delta L_p^C = \frac{F_{pm} l_p}{A_p E_p}$$

式中： F_{pm} ——无粘结预应力筋的平均张拉力（kN），取张拉端的拉力与固定端（两端张拉时，取跨中）扣除摩擦损失后拉力的平均值；

l_p ——无粘结预应力筋的长度（mm）；

A_p ——无粘结预应力筋的截面面积（mm²）；

E_p ——无粘结预应力筋的弹性模量（kN/mm²）。

无粘结预应力筋的实际伸长值，宜在初应力为张拉控制应力 10%左右时开始量测，分级记录。其伸长值可由量测结果按下列公式确定：

$$\Delta l_p^O = \Delta l_{p1}^O + \Delta l_{p2}^O - \Delta l_c$$

式中： Δl_{p1}^O ——初应力至最大张拉力之间的实测伸长值；

Δl_{p2}^O ——初应力以下的推算伸长值。可根据弹性范围内张拉力与伸长值成正比的关系推算确定；

Δl_c ——混凝土构件在张拉过程中的弹性压缩值。

3.2.10 锚固区的防护必须有充分防锈和防火的保护措施，严防水气进入，锈蚀锚具或预应力筋。应将锚具预先埋入混凝土构件内，待张拉后，切去多余无粘结筋（必须用砂轮锯，不得用电弧或氧乙炔焰），使无粘结筋切断后露出锚具夹片外的长度不小于30mm。切割完后，用环氧树脂掺标准砂配制砂浆予以堵封。

3.2.11 无粘结筋张拉完毕后，应填写施加预应力表格，且操作人员签名备查。归档资料有：高强钢丝

或钢绞线、锚夹具钢材出厂证明及力学性能复试报告；无粘结预应力筋及锚夹具合格证明；传感器、配套油泵千斤顶标定试验单；无粘结筋张拉伸长值记录。

4 质量标准

4.1 保证项目：

4.1.1 预应力筋进场时，应按现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》（GB/T5223-95）和《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T5224-95）等的规定抽取试件作力学性能检验，其质量必须符合有关标准的规定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

4.1.2 无粘结预应力筋的涂料层、包裹层的材料的质量应符合无粘结预应力钢绞线标准的规定。

检验方法：观察、检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

4.1.3 预应力筋用锚具、夹具和连接器应按设计要求采用，其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/T14370 等的规定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

4.1.4 预应力筋安装时，其品种、级别、规格、数量必须符合设计要求。

检验方法：观察，钢尺检查。

4.1.5 施工过程中应避免电火花损伤预应力筋；受损伤的预应力筋应予以更换。

检验方法：观察。

4.1.6 预应力筋张拉时，混凝土强度应符合设计要求；当设计无具体要求时，不应低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。

检验方法：检查同条件养护试件试验报告。

4.1.7 预应力筋的张拉力、张拉和张拉工艺应符合设计及施工技术方案的要求，并应符合下列规定：

4.1.7.1 当施工需要超张拉时，最大张拉应力不应大于国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定；

4.1.7.2 张拉工艺应能保证同一束中各根预应力筋的应力均匀一致；

4.1.7.3 后张拉施工中，当预应力筋是逐根张拉时，应考虑后批张拉预应力筋所产生的结构构件的弹性压缩对先批张拉预应力筋的影响，确定张拉力；

4.1.7.4 当采用应力控制方法张拉时，应校核预应力筋的伸长值。实际伸长值与设计计算理论伸长值的相对允许偏差为 $\pm 6\%$ 。

检验方法：检查张拉记录。

4.1.8 预应力筋张拉锚固后实际建立的预应力值与工程设计规定检验值的相对允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

检验方法：检查见证张拉记录。

4.1.9 张拉过程中应避免预应力筋断裂或滑脱；当发生断裂或滑脱时，必须符合下列规定：

对后张拉预应力结构构件，断裂或滑脱的数量严禁超过同一截面预应力筋总根数的 3%，且每束钢丝不得超过一根；对多跨双向连续板，其同一截面应按每跨计算；

检验方法：观察、检查张拉记录。

4.1.10 锚具的封闭保护应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

4.1.10.1 应采取防止锚具腐蚀和遭受机械损伤的有效措施；

4.1.10.2 凸出式锚固锚具的保护层厚度不应小于 50mm；

4.1.10.3 外露预应力筋的保护层厚度：处于正常环境时，不应小于 20mm；处于易受腐蚀的环境时，

不应小于 50mm。

检验方法：观察、钢尺检查。

4.2 一般项目

4.2.1 预应力筋使用前应进行外观检查，无粘结预应力筋护套应光滑、无裂缝、无明显褶皱。（无粘结预应力筋护套轻微破损者应外包防水塑料胶带修补，严重破损者不得使用。）

检验方法：观察。

4.2.2 预应力筋用锚具、夹具和连接器使用前应进行外观检查，其表面应无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹。

检验方法：观察。

4.2.3 预应力筋下料应符合下列要求：

4.2.3.1 预应力筋应采用砂轮锯或切断机切断，不得采用电弧切割；

4.2.3.2 当钢丝束两端采用镦头锚具时，同一束中各根钢丝长度的极差不应大于钢丝长度的 1/5000，且不应大于 5mm。当成组张拉长度不大于 10m 的钢丝时，同组钢丝长度的极差不得大于 2mm。

检验方法：观察、钢尺检查。

4.2.4 预应力筋端部锚具制作质量应符合下列要求：

4.2.4.1 挤压锚具制作时压力表油压应符合操作说明书的规定，挤压后预应力筋外端应露出挤压套筒 1~5mm；

4.2.4.2 钢绞线压花锚成形时，表面应清洁、无油污、犁形头尺寸和直线段长度应符合设计要求；

4.2.4.3 钢丝镦头的强度不得低于钢丝强度标准值的 98%。

检验方法：观察、钢尺检查，检查镦头强度试验报告。

4.2.5 预应力筋束形控制点的竖向位置偏差

应符合下表的规定：

检验方法：钢尺检查。

束形控制点的竖向位置允许偏差

截面高(厚)mm	$h \leq 300$	$300 < h \leq 1500$	$h > 1500$
允许偏差 (mm)	± 5	± 10	± 15

4.2.6 无粘结预应力筋的铺设除应符合 4.2.5

条的规定外，尚应符合下列要求：

4.2.6.1 无粘结预应力筋的定位应牢固，浇筑混凝土时不应出现移位和变形；

4.2.6.2 端部的预埋锚垫板应垂直于预应力筋；

4.2.6.3 内埋式固定端垫板不应重叠，锚具与垫板应贴紧；

4.2.6.4 无粘结预应力筋成束布置时应能保证混凝土密实并能裹住预应力筋；

4.2.6.5 无粘结预应力筋的护套应完整，局部破损处应采用防水胶带缠绕紧密。

4.2.7 锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下表的规定。

张拉端预应力筋的内缩量限值

锚 具 类 别		内缩量限值 (mm)
支承式锚具（镦头锚具）	螺帽缝隙	1
	每块后加垫板的缝隙	1
锥塞式锚具		5
夹片式	有顶压	5
	无顶压	6~8

4.2.8 后张法预应力筋锚固后的外露部分宜采用机械方法切割，其外露长度不宜小于预应力筋直径的1.5倍，且不宜小于30mm。

检验方法：观察，钢尺检查。

检验数量：每工作班抽查预应力筋总数3%，且不少于3束。

4.3 质量记录

本工艺标准应具备以下质量记录：

- 4.3.1 混凝土强度试件试压报告单。
- 4.3.2 无粘结预应力钢丝、钢绞线出厂质量证明。
- 4.3.3 预应力钢丝、钢绞线机械性能试验报告单。
- 4.3.4 无粘结预应力锚具合格证及检验记录。
- 4.3.5 锚头强度试验报告。
- 4.3.6 预应力张拉设备校验记录。
- 4.3.7 无粘结预应力筋铺设隐检记录。
- 4.3.8 无粘结预应力筋张拉记录。
- 4.3.9 封端混凝土强度试件试压报告单。
- 4.3.10 封端混凝土用水泥出厂合格证。
- 4.3.11 设计要求的其他技术资料。

4.4 特殊工序或关键控制点的控制

特殊工序或关键控制点的控制

序号	特殊工序/关键控制点	主要控制方法
1	预应力筋、护套、水泥等原材料进场检查	原材料出厂合格证和复试报告，张拉机具的标定和配套校验
2	预应力筋用锚具、夹具、连接器进场检查	
3	混凝土配合比检查	混凝土配合比试验报告
4	非预应力筋、预埋件隐蔽检查	张拉前预应力筋下料长度的计算，控制预埋件位置正确，
5	预应力筋铺设、锚头检查	
6	预应力筋张拉记录检查	钢筋张拉时应对称张拉且控制张拉力和张拉伸长值，同时张拉力应满足设计要求，实际张拉值与理论伸长值比较应控制在允许范围内
7	混凝土试压强度检查	混凝土试压报告应满足设计要求
8	预应力筋外露长度、锚具内缩量记录检查	混凝土强度达标后，用砂轮切割机对称放张钢筋且钢筋外露长度不小于30mm

5 应注意的质量问题

5.0.1 无粘结筋用的钢丝、钢绞线，不允许有死弯，见死弯必须切断。成型中每根钢丝、钢绞线应为通长，严禁有接头。

5.0.2 张拉设备应配套标定，并配套使用。张拉设备的标定期限不应超过半年，当在使用过程中出现反常现象或千斤顶检修后，应重新标定。

5.0.3 无粘结筋选用时，筋长小于24m时，一般选用钢丝束；大于24m时，以选用钢绞线为宜。

5.0.4 无粘结筋的设计张拉控制应力值 σ_{con} 一般为预应力筋标准抗拉强度的70%，必要时可提高到75%。（ σ_{con} 为设计张拉控制应力）。

5.0.5 无粘结筋曲线配置或长度大于24m 采用两端张拉法时，两台设备张拉速度应保持一致。

5.0.6 无粘结筋张拉顺序应按设计要求进行，如设计无特殊要求时，可依次张拉。

5.0.7 为了避免大跨度现浇梁施加预应力过程中产生柱顶附加弯矩及柱支座约束的影响，梁端支座可采用滑动——铰接式钢支座，待预应力施加后，支座再与梁端埋件焊接，并用混凝土浇齐。

6 成品保护

6.0.1 无粘结筋应按不同规格分类成捆、成盘挂牌堆放整齐。露天堆放时，需覆盖雨布，下面应加垫木，防止锚具及无粘结筋锈蚀，严禁碰撞踩压堆放成品，避免损坏塑料套管及锚具，供现场张拉使用的锚夹具，需涂油包封在室内存放，严防锈蚀。

6.0.2 无粘结筋在运输中，应轻装轻卸，严禁摔掷及锋利物品损坏无粘结筋表面及配件。吊具用钢丝绳需套胶管，避免装卸时破坏无粘结筋塑料套管，若有损坏应及时用塑料胶条修补，其缠绕搭接长度为胶条1/3 宽度。

7 职业健康安全与环境管理

7.1 施工过程危害辨识评价及控制措施

施工过程危害辨识及控制措施

序号	主要来源	可能发生的事故或影响	风险级别	控 制 措 施
1	预应力筋下料	盘状供货弹力大，伤人	大	下料前，将盘状钢筋放入钢筋笼内后放松
2	预应力筋张拉	预应力筋断裂或滑脱伤人	大	张拉两端设置警戒线，派专人负责。

注：上表仅供参考，现场应依据实际情况进行危害辨识、风险评价并采取相应的控制措施。

7.2 环境因素辨识评价及控制措施

环境因素辨识评价及控制措施

序号	主要来源	可能的环境影响	影响程度	控 制 措 施
1	预应力筋下料	钢筋废料无序堆放影响环境 妨碍交通	一般	将废钢筋及时清理堆放到废料堆

注：上表仅供参考，现场应依据实际情况进行环境因素辨识、评价并采取相应的控制措施。