

无粘结预应力施工工艺标准

1 范围

本工艺标准适用于北京地区 8 度抗震设防的后张无粘结预应力混凝土结构。

2 2 2 施工准备

2.1 材料及主要机具

2.1.1 制作无粘结筋用的钢丝和钢绞线应符合国家标准《预应力混凝土钢丝》(GB5223—85)、《预应力混凝土钢绞线》(GB5224—85)的规定。

2.1.2 无粘结筋的涂料层采用“专用建筑油脂”，其性能、产品质量指标应符合湖南省标准局 1983 年 6 月 6 日发布，1983 年 7 月 1 日试行“无粘结预应力筋用润滑防锈脂技术条件”的要求。

2.1.3 无粘结筋包裹层材料采用低密度高压聚乙烯(温度在 190℃时，融熔指数为 1.5~5 范围内)。

2.1.4 已制作完毕的无粘结筋成品的质量要求应符合北京地区标准《无粘结预应力混凝土结构体系(BUPC)设计与施工规程(试行)》(DBJ01-7-90)第二部分第二章第 2.2.5 条的要求(见表 4-44)。无粘结筋用钢丝、钢绞丝，不允许有死弯，见死弯必须切断。钢丝应为通长，严禁有接头。

2.1.5 无粘结预应力混凝土结构用的甲型、乙型锚固系统构造、技术要求等，必须符合 DBJ01-7-90 第二部分第三章所提出的要求。

甲型、乙型锚固系统的构造见图 4-52~4-57。

甲型、乙型锚具的性能及条件见表 4-45。

通常钢丝束配用甲型或乙型，钢绞线配和乙型。

无粘结筋钢材、涂料层、包裹层
质量要求及检验方法表

表 4-44

| 名称 | 项目 | 质量标准 | 检验方法 |
|----------------|------------|---|--|
| 涂料层 (建筑油脂) | 外观 | 饱满，不漏涂，厚度均匀 | 目测 |
| | 每米用量 | 不低于 0.035kg | 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 | 光滑，破损率不超过 3%，均匀 | 目测 |
| | 壁厚 | 0.8~1.2mm | 每批(以调整挤出机挤出量或牵引速度为准)抽样三组，每组 3 根 1m 长。用千分卡尺测量，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 | 抗拉强度不小于 1570N/mm ² ，延伸率不小于 4% (抗拉强度不小于 1470N/mm ² ，延伸率不小于 4%) | 检查试验报告 |

甲、乙型锚具性能及条件表

表 4-45

| 技术性能及条件 | 允许值 | | 检验设备及方法 | |
|--|--|-------------------------|--|--|
| | 甲型 | 乙型 | 甲型 | 乙型 |
| 材料表面质量 | 不允许有夹渣、裂纹 | 不允许有夹渣、裂纹 | 目测 | 目测 |
| 外形尺寸 | 满足图纸要求 | 满足图纸要求 | 专用检规 | 专用检规 |
| 热处理表面硬度偏差 (3%) 抽样 | ±3 硬度单位 | ±3 硬度单位 | 洛氏硬度计测试, 分别对锚杯、螺母两端面各测试 3 点, 取其读数平均值为实测值 | 洛氏硬度计测试, 对锚杯及夹片两端各测试 3 点, 取其读数平均值为实测值 |
| 最大锚固能力不小于锚固钢筋标准抗拉强度的 95% | 锚杯锚固强度、螺母承压强度及锚杯和螺母的螺纹连接强度符合要求, 同时成束螺丝破坏吨位下, 无残余变形, 拧动自如 | 锚具锚固能力符合要求, 锚具螺纹强度无明显损伤 | 每批锚具 (不大于 1000 套) 抽样最少两套, 在万能机上进行试验 | 每批锚具 (不大于 1000 套), 抽样最少两套, 在万能机或用 1/2 张拉设备进行试验。加荷分阶段, 第一阶段考验螺纹强度, 加荷要求到无粘结筋标准抗拉强度的 75%, 退出夹片, 检查螺纹; 第二阶段考验锚具锚固能力, 加荷要求到无粘结筋标准抗拉强度的 95% |
| 锚具效率系数: $\eta = \frac{F_{apu}}{p \times F_{apu}}$ F_{apu} —预应力锚具组装件的实测极限拉力 (kN); F_{apu} —预应力锚具组装件中各根预应力钢材计算极限强度之和 p —预应力筋的效率系数取 0.95。 破断时总应变值 ϵ_A | 不小于 0.95 | 不小于 0.95 | 预应力筋组装件安装在承力架上进行试验, 用 x-y 函数记录仪绘出预应力筋锚具组装件的应力-应变曲线, 并计算 p 和 ϵ_A | |
| 低周期荷载试验锚具组装件在抗震结构中, 应满足循环周期荷载 (试验应力上限取预应力筋标准抗拉强度的 80%, 下限取预应力筋标准抗拉强度的 40%) | 不小于 50 次 | 不小于 50 次 | 锚具组装件安装在试验支架上, 进行反复加荷 | 同左 |
| 锚固后, 无粘结筋能承受疲劳强度试验 (试验应力上限取预应力筋标准抗拉强度的 65%, 应力幅度取 80N/min) | 200 万次 | 200 万次 | 瑞士 Am-sler 产, 型号 P960。疲劳试验机进行测试 | 同左 |
| 锚固阶段的内缩量 | 不大于 1mm | 不大于 5mm | | |
| 在构件端面水平和竖向排列最小距离 | 80mm | 60mm | | |

| | | | | |
|-----------------|---|--|------|--|
| 钢丝下料长度与计算下料长度误差 | 不大于 10mm | | | |
| 同束钢丝下料长度相对误差 | 不大于无粘结筋长度的 1/5000 且不大于 5mm | | 千分卡尺 | |
| 钢丝镦头 | 头型圆整, 不偏斜, 颈部母材断面不削弱, 头型尺寸: 镦头直径 $d_1=7 \sim 7.5\text{mm}$, 厚度 $h=4.8 \sim 5.3\text{mm}$ | | 千分卡尺 | |

2.1.6 配套张拉设备有油泵及千斤顶, 其技术性能详见表 4-46。机具有顶压器 (液压和弹簧两种)、张拉杆、工具锚等。

张拉设备性能表 表 4-46

| 设备名称 | 技术性能 |
|-----------------------------|---|
| 穿心式千斤顶 | 额定压力: 50N/mm ² 理论张拉力: 20kN 公称张拉力: 18kN 最大行程: 150mm |
| 超高压电动油泵 (STOB0.55 × 630) | 额定压力: 63N/mm ² 额定流量: 0.55L/min 电动机: 三相交流 380V, 750W 储油量: 4L |

2.2 作业条件

2.2.1 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。

2.2.2 无粘结筋配制及钢筋加工完成。

2.2.3 锚具已经检查验收。

2.2.4 张拉设备已经过检定, 机具已准备就绪。

2.2.5 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。

2.2.6 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。

3 操作工艺

3.1 工艺流程:

施工准备 梁、板模板支搭 非预应力下钢筋铺放、绑扎

无粘结预应力筋铺放、端部节点安装 非预应力上钢筋铺放、绑扎

无粘结预应力起拱、绑扎 隐检验收 混凝土浇筑及振捣

混凝土养护 张拉 端部处理

3.2 检查修补无粘结筋: 无粘结筋进场后, 应及时核查筋的规格、尺寸和数量, 逐根检查筋的外包裹层质量及端部配件, 对配有甲锚钢丝束, 应认真检查锚杯内外螺纹、镦头外形尺寸、漏镦现象等, 并将定位连杆拧入锚杯内, 拧入深度见表 4-47。经检查无误后, 可分类堆放。对包裹层破损的无粘结筋, 用塑料胶条修补。

3.3 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。配甲锚筋孔径为 40, 配乙锚筋孔径为 30。

<http://www.build365.com>

<http://www.ccdn.cn>

3.4 承压板的安装：无粘结筋张拉端均设承压板，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。承压板垂直偏差详见 4.3 条。

3.5 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：

3.5.1 为保证无粘结筋的曲线矢高要求，无粘结筋应和同方向非预应力筋配置在同一水平位置（跨中和支座处）。

3.5.2 铺放前，应设铁马凳，以控制无粘结筋的曲率，一般每隔 2m 设一马凳，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。

3.5.3 双向曲线配置时，还应注意筋的铺放顺序。由于筋的各点起伏高度不同，必然出现双向配筋交错相压。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。按此规律找正铺放顺序。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。

3.5.4 无粘结筋应铺设在电线管的下面，避免无粘结筋张拉产生向下分力，导致电线管弯曲及其下面混凝土破碎。

3.6 端部节点安装：

3.6.1 甲型锚固系统张拉端安装：将塑料保护套筒轻轻打入承压板预留孔内，以防止浇筑混凝土时，水泥浆流入锚杯丝扣内，而影响张拉。并按设计要求，确定锚杯预埋深度。为保证其位置正确，可通过定位连杆来实现。定位连杆长度为 160mm，二端带有丝扣，将一端拧入锚杯内（其规定拧入长度详见表 4-47），顶紧杯内各钢丝锚头，另一端固定在端模上。通过测量定位杆露在端模外的尺寸来核对锚杯埋入深度。在定位操作过程中，对锚杯预埋深度要做到逐根检查、核对，严格控制定位连杆的外露尺寸。连杆外露尺寸允许偏差详见表 4-47，外露尺寸按图 4-58 进行计算。

$$L_r = A - B - L + 30 - C$$

式中 L_r ——连杆露在端模外的尺寸（mm）

A ——连杆长度；

B ——连杆拧入锚杯的规定长度；

L ——无粘结筋张拉后计算伸长值（mm）；

C ——端模板的厚度（mm）。

3.6.2 甲型锚固系统固定端的安装：按设计要求的标高，将锚固端七孔锚板用铅丝绑在非预应力筋或附加筋上，并在其前区配置螺旋筋，以增强混凝土局部承压强度。钢丝锚丝应与锚板贴紧、齐平，不允许有错落现象。

3.6.3 乙型锚固系统张拉端的安装：安装时，将无粘结筋从承压板预留孔洞穿出，其与承压板垂直区段用铅丝绑牢，束的外露长度与端模内侧平直区段长度要求见表 4-47。当安装锚具凹进混凝土的张拉端时，塑料塞表面需涂油，防止与混凝土粘结。同时在浇筑混凝土前，须在承压板内表面位置将预应力筋外包塑料管沿周围割断，张拉时再将其拿掉。

3.6.4 乙型锚固系统锚固端的安装：按设计要求固定在模板内，并配置螺旋筋。采用钢绞线固定端需要散发，钢丝为七孔板锚头。

3.7 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板端非预应力筋或附加筋上，绑扎时，应保护无粘结筋与锚杯轴线重合，并垂直于承压板，以利张拉时锚杯能顺利拉出板端。

3.8 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进行绑牢。筋的起拱质量要求详见表 4-47。

3.9 混凝土浇筑及振捣：

3.9.1 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。

3.9.2 混凝土浇筑时,严禁踏压马凳及防止触防锚具,确保无粘结筋束型及锚具的位置准确。

3.9.3 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。

3.10 甲型锚具张拉工艺:

3.10.1 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。

3.10.2 设备安装:将张拉杆拧入锚杯内,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。

3.10.3 张拉:接通油泵、加压。当油压表达到 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。然后将锚杯外扣清刷干净,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 2%,对于多跨双向连续板,其同一截面按每跨计算。

3.10.4 测量记录:为了校核预应力值,在张拉过程中,应分级随机记录无粘结筋的伸长值。通常每级取油压表读数,以 10MPa 的倍数为宜。

开始张拉时,无粘结筋在塑料套管内是自由放置的,要用一定张拉力使之收紧,这样就难以测出张拉的开始点,即无粘结筋拉应力的零点,这一点在理论上是测量筋的伸长值的标记。

零点的确定方法是:将千斤顶加压到 10MPa,在千斤顶上记下标记,作为测量无粘结筋伸长值的起始点,见图 4-59 中 A 点,然后逐步增加压力至 20MPa,直至达到要求的最后压力值,并分组记录每级加压后筋的伸长值,可得出图 4-59 中 B、C、D 点。由于在弹性范围内,伸长值与应力成正经,因此可将图 4-59 中各点作成一直线并延长,与横轴相交于 O1 点,此 O1 点即是所求零点,无粘结束的总伸长值应为 $L_1 + L_2$ 。

当实测伸长值与计算伸长值相差 10% 以上时,应进行分析研究。

实测伸长值大于计算伸长值 10% 以上时,应停止张拉,检查计量仪表是否有误,必要时,应重新校核及标定。

实测伸长值小于计算伸长值 10% 以上时,应找出原因后可以继续加压或将无粘结束放松,进行第二次张拉,但张拉应力均不能超过无粘结筋标准抗拉强度的 75%。

3.10.5 锚固及拆除设备:拧紧螺母后,可逐渐回油,放松无粘结筋,拆除千斤顶。操作中回油应缓慢进行,先切断电源,后搬运动阀把至回油位置,然后给油将活塞退回原处,拆除千斤顶。

锚杯埋放位置误差致使张拉力达到设计要求后,锚杯露出板端面过长(大于 50mm)或过短(小于 20mm)时,应采取增设螺母或连接锚杯进行锚固。

3.11 乙型锚具张拉工艺:

3.11.1 施工准备:张拉前应将板端面清理干净,剥去外露钢绞线(钢丝束)的外包塑料套管,对锚具逐个进行检查,严禁使用锈蚀锚具。并逐根测量外露无粘结筋的长度,记录下来作为张拉前的原始长度。

3.11.2 张拉:接通油泵、加压,当压力达到 2.5MPa 时,停止加压。调整千斤顶的位置,继续加压,直至达到设计要求的张拉力。当千斤顶行程满足不了张拉所需伸长值时,中途可停止张拉,作临时锚固,倒回千斤顶行程,再进行第二次张拉。两端同时张拉时,两端张拉速度要保持一致,压力差不应超过 10MPa。

3.11.3 顶压及拆除设备：顶压有二种方法，液压顶压和弹簧自动顶压。液压顶压是用手动泵给顶压器加压。当张拉到控制应力时，停止加压，在保持所需压力下，用手动泵给顶压器加压，压力达到 30MPa 时，顶压器的千斤顶同时缓慢回油，最后拆除张拉设备。采用弹簧顶压时，当张拉到要求控制应力时，即可回油，由于用弹簧顶压器进行锚固顶压，锚具内缩量较大；应采取二次张拉。第二次张拉时，必须卸去顶压设备，换上支承架，将千斤顶支承在构件上。张拉时必须使千斤顶与锚具保持在同一轴线上，加压值应取设计控制应力值。采用开口式垫片，垫在锚具与承压板空处。

3.11.4 测量记录：张拉后再次测量无粘结筋外露长度减去张拉前测量的长度，所得之差为实际伸长值，用以校核计算伸长值，其偏差为+10%或-5%。

3.12 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。

通常有两种做法：

3.12.1 锚具外面外包钢筋混凝土圈梁。对甲型锚具，应先用油枪通过锚杯注油孔向塑料保护套筒内注入足够的润滑防锈油脂，待注满（油脂从另一注油孔挤出）后，方可外包钢筋混凝土。对乙型锚具，应先将外露无粘结筋切去，仅留 20cm，然后将其分散弯折，再浇筑混凝土。

3.12.2 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），用环氧砂浆堵封。

3.13 无粘结筋张拉完毕后，应填写施加预应力表格，由操作人员签名备查。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 制作无粘结筋的钢丝和钢绞线应分别符合国家标准《预应力混凝土钢丝》（GB5223-85）和《预应力混凝土钢绞线》（GB5224-85）的规定。

检验方法：检查出厂质量证明书和试验报告。

4.1.2 无粘结筋的涂料层、包裹层的材料的质量应符合有关标准的规定。

检验方法：检查出厂质量证明书。

4.1.3 无粘结预应力使用的 BUPC 体系的甲型锚具、乙型锚具的质量应符合（DBJ01-7-90）第二部分第三章的有关规定。见表 4-45。

检查数量：按混凝土施工规范第六章第 6.2.12 条的规定抽取试件。

检验方法：检查锚具出厂证明和外观检查、硬度检查、静载锚固性能检验报告。

4.1.4 混凝土强度必须符合设计要求和施工规范和规定。

检验方法：检查同条件养护混凝土试块的试压报告。

4.1.5 锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量，甲型锚具不大于 1mm，乙型锚具不大于 5mm。

检验方法：检查施加预应力记录。

4.1.6 钢丝镦头强度不得低于钢丝标准强度的 98%，其外形尺寸及外观质量应符合要求。

检验方法：检查镦头强度试验报告。

4.2 基本项目：

4.2.1 每束无粘结预应力筋张拉锚固后实际预应力值与设计规定值的相对允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

检验方法：检查施加预应力记录。

4.2.2 断丝和滑丝的数量应不超过结构同一截面钢丝总根数的 2%。

检查数量：全数检查。

检验方法：全面观察和检查施加预应力记录。

4.3 允许偏差项目应符合表 4-47 的要求。

无粘结筋端部节点安装及束型偏差 表 4-47

| 项 目 | 允许偏差 (mm) | 检验方法 |
|-----------------------|-----------------------|------|
| 端部节点承压板垂直偏差 | ± 3 | |
| 拧入锚杯长度 | 不小于 20 | 量测 |
| 甲锚定位连杆 | +10 | |
| 露出模板尺寸偏差 | -5 | |
| 无粘结筋张拉端外露尺寸 | 不小于 600 | |
| 曲线筋在张拉端模板内侧垂直承压板平直段长度 | 不小于 300 | |
| 间距 | 20 | 量测 |
| 无粘结筋 控制点矢高偏差 | ± 5 | 目测 |
| 水平偏差 | ± 30 , 目测横平竖直 | |
| 洞口处无粘结筋尺寸要求详图 | a 不小于 75 b 不小于 300 | 量测 |

5 成品保护

5.1 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。

5.2 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。

6 应注意的质量问题

6.1 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。

6.2 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。

6.3 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%。为了减少预应力筋的松弛影响,施工时可采用超张拉法方法,但最大张拉力不应超过无粘结筋标准抗拉强度的 75%。通常张拉方法可采用一次超张拉,即 $0 \sim 103\% \sigma_{con}$,或二次张拉,即 $0 \sim 100\% \sigma_{con}$ 再放松到 0,将垫板紧压后再第二次张拉 $0 \sim 100\% \sigma_{con}$ (σ_{con} 为设计张拉控制应力)。

6.4 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。

6.5 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。

6.6 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距及柱支座约束的影响,梁端支座可采用滑动一铰接式钢支座,详见图 4-60,待预应力施加后,支座再与梁端埋件焊接,并用混凝土浇齐。

7 质量记录

本工艺标准应具备以下质量记录:

- 7.1 混凝土强度试件试压报告单。
- 7.2 无粘结预应力钢丝、钢绞线出厂质量证明。
- 7.3 预应力钢丝、钢绞线机械性能试验报告单。
- 7.4 无粘结预应力锚具合格证及检验记录。
- 7.5 锚头强度试验报告。

<http://www.build365.com>

<http://www.ccdn.cn>

- 7.6 预应力张拉设备校验记录。
- 7.7 无粘结预应力筋铺放隐检记录。
- 7.8 无粘结预应力筋张拉记录。
- 7.9 封端混凝土强度试件试压报告单。
- 7.10 封端混凝土用水泥出厂合格证。
- 7.11 设计要求的其他技术资料。