

# 大跨度预应力混凝土结构施工质量控制研究

金国辉 牛晓丹

(内蒙古科技大学建筑与土木工程学院 内蒙古包头 014010)

**摘要:**由于预应力混凝土的施工技术是一项专业性强、操作要求严、技术含量高的工作,所以预应力混凝土的质量控制对于结构施工的优劣起到至关重要的作用,进而影响到整个工程质量的好坏。鉴于此,本文从施工前、施工中和完工后三个阶段分析和归纳了预应力混凝土施工质量控制的要点,以期对工程实践起到参考和指导的作用。

**关键词:**预应力 钢筋混凝土 施工质量 质量控制

随着社会的发展和进步,预应力技术不断地完善和优化,使其越来越多地应用在各种建筑结构中,预应力混凝土施工技术由于它“三大一低”(大开间,大柱网,大空间,低造价)等的众多优点,越来越受到人们的重视。同时,预应力技术有较强的专业性要求,严格的操作规程,是一项高科技含量的技术,其施工质量控制问题的重要性就不言而喻了。

## 1 施工前质量控制

### 1.1 施工单位的选择标准

根据我国《建筑施工技术政策》中相关条文的规定,应委托具有相关资质等级的施工单位进行,且在招标时,具有相关工程经验的施工单位应予以优先考虑。

### 1.2 认真做好技术交底工作

(1) 施工图纸的质量控制:在施工前认真

研读图纸内容,参加图纸会审工作,将发现的问题与设计者进行协商沟通,及时解决。

(2) 施工方案的质量控制:要求施工方案做到能满足设计要求,可操作性强,组织措施、技术措施内容详尽,且要在满足设计意图的前提下在建筑结构中建立正确的预应力。

### 1.3 原材料、半成品质量控制

#### 1.3.1 无粘结预应力技术

(1) 钢绞线一般应采用高强度低松弛钢绞线,常用的为1860级。其质量应符合《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224-2003)<sup>[1]</sup>中的规定(见表1)。且无论是在运输或贮存环节,均需对钢绞线进行防腐处理,防止因其锈蚀而影响后期的使用。不允许出现接头或者死弯的情况,涂油脂应均匀饱满。

表1 预应力钢绞线的主要规格和性能

公称直径 (mm)	钢绞线		防腐润滑脂质量 w3 (g/m) 不小于	护套厚度 (mm)不小于	$\mu$	$\kappa$
	公称截面积 (mm <sup>2</sup> )	公称强度 (MPa)				
9.50	54.80	1720	32	0.8	0.04 ~ 0.10	0.003 ~ 0.004
		1860				
		1960				
12.70	98.70	1720	43	1.0	0.04 ~ 0.10	0.003 ~ 0.004
		1860				
		1960				
15.20	140.00	1720	50	1.0	0.04 ~ 0.10	0.003 ~ 0.004
		1860				
		1960				
15.70	150.00	1720	53	1.0	0.04 ~ 0.10	0.003 ~ 0.004
		1860				
		1960				

(2) 防腐润滑脂: 应具备好的化学稳定性, 在  $-20^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$  温度范围内高温不流淌, 低温不裂变变脆, 并具有一定的韧性, 且对周围材料如混凝土、钢材等无侵蚀作用。防腐润滑脂要求沿钢绞线全长涂敷且均匀饱满, 每米油脂质量符合表1的规定。

(3) 护套: 原料采用挤塑型高密度聚乙烯树脂。其颜色理论上宜采用黑色, 当买方有特殊要求时, 也可以换用其他的颜色。厚度应均匀。护套拉伸强度、弯曲屈服强度和断裂伸长率应符合表2中的规定。

表2 护套性能

拉伸强度 (MPa)	弯曲屈服强度 (MPa)	断裂伸长率 (MPa)
不小于30	不小于10	不小于600

### 1.3.2 有粘结预应力技术

(1) 对于钢绞线的要求与无粘结预应力相同。

(2) 锚具的质量对张拉效果起着至关重要的作用。生产厂家需要质量稳定, 有条件的厂家可要求其提供静载试验, 其余项目在场后按要求进行抽查检验。

(3) 波纹管的技术指标主要是刚度和咬口质量, 优质的波纹管不仅刚度好, 而且要有良好的弯曲能力。对于大面积的预应力混凝土工程, 从布管到隐蔽过程间隔的时间较长, 为防止生锈, 优先选用镀锌波纹管。

(4) 孔道灌浆所用的水泥浆强度要求不高, 但要求可灌性好、泌水率低且微膨胀。因此要合适的水泥并配以外加剂制成水泥浆, 保证灌浆饱满。

(5) 其余小宗材料如灌浆管, 弧形压板等也应该仔细选择, 因为质量问题无大小。灌浆管宜选用高强度、高韧性、耐压的塑料管, 弧形压板应具有一定的韧性, 防止灌浆孔堵塞。

### 1.4 预应力锚固体系的质量控制

锚固体系包括锚具、夹具、连接器。对锚具的检验采取如下方式: 实行按批量现场抽检复验制度, 分为出厂检验和型式检验, 检验结果应符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370-2000)<sup>[2]</sup>中的相关规定, 具体项目如表3:

表3 预应力锚固体系检验项目

	出厂检验项目	型式检验项目
锚具及永久留在混凝土结构或构件中的连接器	外观	外观
	硬度	硬度
	静载试验	静载试验
		疲劳试验
		周期荷载试验
		辅助性试验
夹具及张拉后将放张和拆卸的连接器	外观	外观
	硬度	硬度
	静载试验	静载试验

### 1.5 预应力张拉机械的质量控制

预应力张拉机具包括前卡式千斤顶、油压表、电动高压油泵。在使用前要先检验这些设备的鉴定证书是否仍在有效使用期限内。对于千斤顶, 使用200次或超过6个月, 或在其使用过程中有非正常现象的出现, 需进行校验后方可使用。

## 2 施工阶段的质量控制

### 2.1 无粘结预应力技术

#### 2.1.1 预应力筋的制备

首先应根据施工方案及图纸的设计要求, 计算出所需的各种无粘结预应力筋的长度, 到加工厂进行加工, 然后根据钢筋的长度、序号在其端部贴上标签, 分类, 包装成捆, 送到施工现场以供使用。也可以采用现场下料的方式。钢绞线下料后不得散头。加工和运输的过程中, 要保护好无粘结筋的外皮, 不得出现漏油破皮的现象, 若有破损情况出现, 可用水密性塑料胶带进行修补。

#### 2.1.2 固定端的制作

可以在施工现场进行挤压锚的制作, 加工方案需符合施工方案的要求。为了保证其质量符合相关规定, 还需取样进行静载锚固性能试验。

#### 2.1.3 承压板的安装

承压板的设计应根据具体构件的截面尺寸、钢筋排布情况进行。在实际安装时, 要确保不碰到预应力筋和锚垫板, 所以需要根据具体情况适当调节钢筋的间距、锚筋的位置等。张拉端、固定端的承压板应该与板端的钢筋焊牢, 垂直安装, 保证承压板垂直于钢绞线。锚固端挤压锚的锚具要牢靠的固定, 须紧贴承压板且间隙不应大于5mm, 张拉端伸出模板的预应力筋的长度不应小于300mm。

#### 2.1.4 预应力筋的铺设

(1) 预应力筋的铺设要严格讲求铺放的顺序, 保证其铺放位置的准确无误。因此首先要在模板上标记出钢筋的位置和间距, 然后依照设计图纸要求核对钢筋的规格、尺寸、数量是否正确, 确认后用14#铁丝将钢筋绑扎成束。板中的无粘结预应力筋可与非预应力筋一同铺放; 梁中的无粘结预应力筋需要等非预应力筋骨架和底部的钢筋基本成型后再进行铺放; 无粘结预应力筋铺放后在进行水电预埋管线; 最后铺设支座处的负钢筋。

(2) 无粘结预应力筋的铺设: 水平方向的误差 $\pm 30\text{mm}$ , 板内垂直误差 $\pm 5\text{mm}$ , 预应力筋在曲线段的起点至锚固点的这段直线的距离不小于 $300\text{mm}$ 。固定预应力筋要点: 支座部位, 绑扎于顶部钢筋上; 跨中部位, 绑扎于底部钢筋上; 其余曲线部位钢筋绑扎于定位的钢筋网片或马凳上。

#### 2.1.5 混凝土的浇筑

预应力混凝土的强度等级一般选在C40以上, 水灰比宜控制在0.5以内, 选择优良的水泥品种, 级配良好的砂、石, 使含泥量控制在规定的范围内。在混凝土浇筑时, 不得碰到承压板及预应力筋, 绝对禁止碰到预应力筋的外表皮。在振捣时, 要细致认真, 努力做到不漏震, 固定端、张拉端周边的混凝土要重点注意, 确保密实。同时要注意不能因振捣时混凝土的流动而改变预应力筋原有的位置。

#### 2.1.6 预应力筋的张拉

(1) 预应力筋张拉需等到混凝土强度大于等于设计强度的75%方可进行。实际张拉操作时需要视混凝土的具体情况而定, 若有缺陷, 应及时做好记录工作。

(2) 张拉程序(如图1所示): 应对每根钢绞线的张拉伸长值作好记录, 且张拉伸长值的偏差应符合规范的要求: 实测值偏差应小于等于计算值的 $\pm 6\%$ 。如果偏差不在规定范围内, 应立即停止张拉, 查出偏差较大的原因并纠正后再继续张拉。

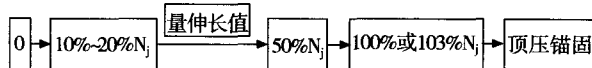


图1 预应力筋张拉过程

(3) 张拉方法: 张拉时可采用一端或两端张拉的方法, 具体方法的选择参照设计要求进行。根据经验, 当曲线预应力筋的长度超过 $25\text{m}$

时, 适合采用两端张拉的方法。

(4) 张拉顺序: 预应力筋的张拉顺序需要遵照设计要求来进行。在张拉时, 按照从结构的一边向另一边的顺序逐束张拉, 对于每束钢绞线又采取对角逐根张拉的方式。

#### 2.1.7 张拉端锚固区的保护

(1) 张拉预应力筋之后, 其留出的长度不应小于 $30\text{mm}$ , 多出的长度要使用砂轮锯进行切割。

(2) 其次, 要在钢绞线及锚具上涂刷防腐油脂以起到保护的作用。接着选用强度等级不低于原混凝土设计值的微膨胀细石混凝土封堵保护锚固区。在浇筑的过程中, 要注意新浇筑的混凝土和原混凝土之间的结合问题, 防止有收缩裂缝出现的情况。

#### 2.2 有粘结预应力技术

预应力分项主要分成制作下料、布束、张拉、灌浆、封锚五个工序, 各工序的质量控制要点如下:

##### 2.2.1 制作下料过程质量控制

连续板预应力筋下料长度=板结构内长度+张拉端长度

帽梁预应力筋的下料长度=结构内长度+固定端长度+张拉端长度

制作下料的过程包括预应力筋下料和固定锚具的制作, 应选择宽阔、硬质的下料地面; 下料完成的预应力筋卷盘后应堆放整齐, 挂上吊牌, 并垫高架空, 并准备雨布防止雨水使钢筋生锈; 挤压头模具需要定时更换, 挤压好的挤压头应逐个检查, 不合格的应切下重新挤压。

##### 2.2.2 布束过程质量控制

布束过程即预应力钢筋骨架绑扎工作完成之后, 依照设计图纸要求进行波纹管的铺设, 然后穿入预应力筋, 安装锚垫板和螺旋箍, 设置灌浆孔, 预留穴模以浇混凝土时看护。定位钢筋顶面高度=预应力筋设计高度-波纹管半径(如图2所示)。

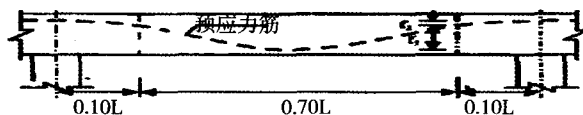


图2 预应力筋曲线矢高坐标图

布束过程应注意的问题有:

(1) 放样的技术员需要对图纸有很高的熟

悉程度，并在布束后对管道的水平和垂直位置进行检查。

(2) 锚垫板同样需要有熟练技术的工人进行操作，并需要对其是否垂直预应力筋束进行逐一检查。

(3) 进行技术交底时就应强调预应力半成品保护的重要性，以防预应力筋被焊工烧伤，被木工钻伤；波纹管被钢筋工、木工损坏；防止泥水工在浇筑混凝土的过程中损坏波纹管和灌浆管。

### 2.2.3 张拉过程质量控制

张拉过程是预应力施工过程中的关键步骤。需要分级进行张拉，每一级持荷5min，张拉过程如图3。张拉时要按照结构顺序依次进行张拉，从一边向另一边进行。

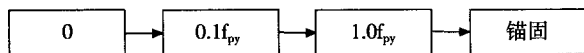


图3 预应力筋张拉过程

张拉时需要注意以下几点：

(1) 张拉工作需要经验的工人进行操作，并作好记录，一旦发现问题应立即停止张拉，解决问题后再进行。

(2) 张拉前应清理张拉口，保证预应力筋的清洁。

(3) 夹片的表面和锚板孔处应涂抹润滑剂，使张拉过程更易进行。

(4) 对于曲率较大的曲线束，在对其张拉前需要预紧，防止预应力筋松紧不一。

(5) 张拉时确保三线合一：千斤顶轴线，锚板轴线，垫板轴线。

(6) 如果实测伸长值与理论伸长值不相符，可能原因有：堵管或是角度偏差亦或是计算的问题。

理论伸长值按照规范进行计算<sup>[3]</sup>：

$$\Delta L_i = \sigma_{pm} \times L_i / EP$$

$\sigma_{pm}$ —有粘结预应力筋张拉应力的平均应力；

$L_i$ —一段计算的预应力筋长度；

则理论伸长值为  $\Delta L = \sum \Delta L_i$ ；实测伸长值的合理区间为理论伸长值的-5%~+10%。

### 2.2.4 灌浆、封锚过程质量控制

预应力筋在张拉完成后处于高应力状态，此时需及时进行灌浆防止生锈，灌浆封锚过程如图4。

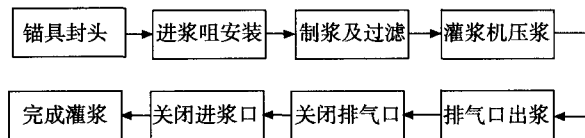


图4 灌浆封锚过程

在这一过程应注意以下几方面的问题：

(1) 灌浆前应检查并确保管道的通畅，并检查灌浆机的使用性能，发现问题应及时处理后再灌浆。

(2) 应合理配置水泥浆，采用32.5以上普通硅酸盐水泥，水灰比控制在0.4—0.45之间，水泥浆抗压强度不低于30N/mm<sup>2</sup>，确保其流动性，泌水率符合要求。采用二次灌浆工艺并派有经验的工人进行补浆。

(3) 外露预应力筋用砂轮切割机进行切割，在封锚前检查接触面是否清理干净，配料是否准确。

## 3 施工完成后的注意事项

(1) 关于施工的相关资料和数据，施工单位要认真完成收集整理和归档保存工作，保证文件的齐全和数据的准确，便于以后的查询和翻阅，符合相关规定的要求。

(2) 对构件进行验收时，要对其外观进行验收，看是否有裂缝的存在，并对相关数据如挠度、抗压强度、截面尺寸等进行验收，看是否符合设计要求。

(3) 预应力混凝土构件验收合格后，要敦促施工单位加强对成品的保护工作。

## 4 结语

大跨度预应力混凝土施工的质量控制是较有难度的一项工作，因为其对于施工中所用到的材料、设备，施工的工艺，操作人员的专业水平都有很高的要求。而且施工质量的好坏也受诸如人工、材料、环境、机械、工艺等方面的影响，因此，对于施工质量的控制必需贯穿于施工的前、中、后三个阶段，任何过程都不得有疏漏，最终使得工程保质保量完成。

### 参考文献

- [1] 预应力混凝土用钢绞线，GB/T5224—2003
- [2] 预应力筋用锚具，夹具和连接器，GB/T14370—2000
- [3] 郭建通. 有粘结预应力混凝土施工质量控制措施[J]. 工业建筑，2001(33)4: 55—57