

# 预应力混凝土结构施工技术的发展与应用研究

何胤辉

重庆市北碚区缙泉路99号9幢4-6 重庆 400000

**【摘要】** 预应力砼结构施工通过先张拉钢筋再浇筑混凝土的方式，能显著提升砼结构的抗裂性，规避过早出现裂缝等问题，延长使用寿命。结合具体工程案例，较为详细地探究预应力砼技术的应用流程、要点等，合理地预测该项建筑工程技术的未来发展趋势。

**【关键词】** 预应力技术；混凝土工程；技术应用；发展趋势预测

## 引言

预应力砼技术即是在砼发生硬化之前给钢筋或钢绞线施加一定预张力，进而顺利地将压应力引入砼内，以有效地增加整个砼结构的耐久性、可靠性及使用寿命的一种工法。和传统砼浇筑技术相比较，预应力砼施工技术有省材、本体横截面积小及自重轻等特点，在很多大跨度的建筑结构内表现出了较高的适用性，能取得十分立显的经济效益。

## 1 工程概况

A市桥梁工程合同段一共布置了185块预应力混凝土空心板梁1，已知单孔全长有两种，即16m预13m，边板、中板分别为42块与154块。工程建设中共用C50混凝土4655m<sup>3</sup>，HRB335钢筋352625kg，钢绞线125260kg。预应力施工通过先张法完成。

本工程一定要严格按照计划时间表进行施工作业，确保能在合同规定的工期前顺利竣工。在质量控制方面，所有施工成果均要达到设计文件规定及国家标准要求。另外，各个施工环节均要做到一次性验收，保证验收合格率达到100%，同时杜绝发生任何重大工程质量问题。

## 2 预应力砼结构施工技术的实践应用

### 2.1 施工准备

预应力正式开工前，施工队选择在线路左侧铺筑出全长70m预制梁场。以上铺筑工序结束后，就需要准备工程建设用材料：P·042.5号硅酸盐水泥，中砂（含泥量<3%），5~20mm连续级配碎石（含泥量≤1%），质量经检验达标的钢筋构件及FSS-6A缓凝减水剂。关于工程施工设备，需准备：电动螺杆张拉机，25000kN级的千斤顶2台，240kN级千斤顶1台以及油压表等（以上工具以提前调试、标定）。

### 2.2 布置张拉台座

在砼构件整个制作过程中，张拉台座能稳固地承受预应

力钢筋施加的所有张力。技术人员在设置张拉台座时，要保证其在受力以后依然能维持高度稳定状态，不出现任何的位移、形变或倾倒等异常情况，以满足施工安全与质量要求（图1）<sup>[1]</sup>。

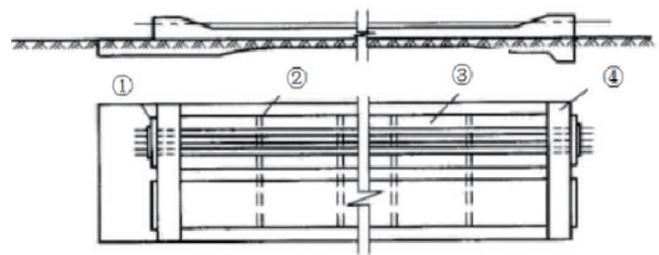


图1 张拉台座构造图

在图1内，“①”处是定位板，用于张拉台座的精准定位；“②”是承力架，基本被埋设在地下空间内，本工程中要依靠现浇砼技术制成刚度、稳定性、承载力等均契合设计要求的承力架体；当承力架体用C10~C15砼浇筑时，将其厚度控制在0.6~1.0m范围内，保证抗倾覆安全系数≥1.5，抗滑移系数≥1.3；“③”对应的是底板，在振捣夯实的碎石层上均匀地浇筑C20砼，且要在砼表面铺厚3mm的薄钢板，整个顶面不设置伸缩缝，以上设计形式能较好地满足台座后续重复多次使用的现实需求；“④”处搭设的是横梁，处于台座左右两端，功用以固定预应力钢丝为主，一般是选用I56工字钢和型钢板满焊制成的，受力后挠度大小要控制在2mm以下。

设计好张拉台座构造以后，工程技术人员要以偏心受压构件作为参照物布置承力架，台座横截面积40cm×60cm，埋深控制40cm左右。初步设置完台座以后，在新浇砼基面上均匀涂抹适量的隔离剂，与此同时进行简单的硬化水磨处理，通过这种方式能顺利地筑造出水磨石底板。底板表面涂石蜡，以为后期顺利脱模创造便利条件。

## 2.3 张拉预应力筋技术的应用要点

### 2.3.1 安装并调试张拉设备

在开始使用预应力张拉设备之前，工程技术人员要按照项目建设要求调整张拉设备的性能指标（见表1）<sup>[2]</sup>。

表1 预应力施工设备调整的要求

项目		要求
液压性能	空载	起动压力不可超过额定压力的2%
	额定压力	5min时的压降至不可超过额定压力的3%
	满载	系统未出现局部外漏、异常响声、振动、升温等情况
位移精度		±1.0%
压力精度		±1.5%
同步性控制精度		±2.0%

此外，预应力张拉设备电控系统自身要有清楚且直观的用户界面，用于展示所有控制按钮与设备的运行状态。该系统要具备良好的稳定性和抗干扰能力，且带有防水和防尘功能，以确保在各种环境条件中都能可靠运行。

### 2.3.2 预应力筋与张拉设备检查

本工程运用批量整体张拉法检查张拉设备及预应力钢筋状态。张拉前工程技术人员要认真检查预应力筋。由各批次内随机抽取三盘，再由每盘抽出一根钢筋作为样本，检查评估这些试样的直径偏差、表面平整度及承载力等指标。预应力筋要达到表面无锈蚀、无漆皮掉落及油渍污染，并且冷拉钢筋屈服强度标准值被控制在0.95以下。还需检查检验千斤顶的张拉作用线，确保其与预应力钢筋的轴线重叠，检查张拉用台座、横梁等是否达到设计要求。通过落实以上措施方法能使现场预应力张拉过程的精准度预可靠性得到更大的保障。

### 2.3.3 预应力筋下料

经判断确认预应力筋质量达标后，技术人员要整体分析台座全长、外露部分长度、张拉长度及设计伸长量等诸多因素产生的影响，确保预应力经现场切割长度精准无误。钢筋达到设计长度时，用砂轮切割机将其切断，要求在切割的上下两端分别预留5cm长度，铁丝绑扎以可靠固定。针对现场出现的预应力筋的失效区段，建议用硬质塑料管加以套箍保护。

### 2.3.4 预应力筋穿束与应力的初调

在本工程内，当钢绞线切割、下料结束后，技术人员要把这些钢筋统一运送至张拉台座的起始端。选择在前端用圆锥形导引装置将预应力筋依次穿过端模、塑料套管。同时，为了保证以上穿束操作精准无误，要对孔眼逐个编

号，按照编号去穿束。随后即可进入到

预应力筋的初调工序，关于初调应力的大小，以张拉应力的10%~15%为宜，通过这种方式保证预应力筋之间的初始应力大小相等。

### 2.3.5 预应力筋张拉

应力初调结束后，工人要遵照单根张拉在前、群根张拉在后这条基本原则，严格按照0→初应力→1.05倍张拉控制应力大小保持2min→0.9倍张拉控制应力大小→张拉控制应力值的顺序完成预应力筋整体张拉任务<sup>[3]</sup>。在前期初始张拉环节中，工人要给预应力筋施加10%张拉力以使整条钢筋处于完全拉直状态，锚固端、连接器处都要拉紧。在这样的工况下，工人要在局部清晰标注出测量延伸值基点位；正式张拉环节中，要先固定好单侧端，随后再由中央位置向着左右两侧对称张拉另一端钢筋，控制张拉时长以2min为宜，通常能较好地控制钢丝锚固后应力损失量；整个张拉过程中均要严格控制应力值的大小，工人要适时补足拉力以确保预应力筋拉力能顺利地达到设计控制应力标准，比较预应力筋延伸量现场记录值和前期理论运算值，将两者的误差控制在设计范围内，对整个预应力筋进行锚固处理。与此同时，对于现场使用的张拉千斤顶，通过操作使其回油到0。在以上整个操作过程中，工人要保持活动横梁、固定横梁两者的水平状态，钢绞线预应力偏差值不可超过预应力筋预应力总值5%。如果发现实际超张拉量抵达最大超张拉应力的极限值时，工作者要按照前期规定要求的限制张拉应力进行相应的张拉操作。

在本工程内，当测得超张拉放张达到张拉控制应力值的0.9倍时，要按照工程图纸依次将模板、预埋件等安装到指定位置，并确保同一个构件中断丝数不超过钢丝总数的1.0%。给底板均匀涂刷适量脱模剂后，技术人员要在模板面层标记出箍筋间距，在定位钢筋的协助下执行完箍筋固定工序。随后按照工程设计要求，把整个主筋穿过箍筋且使主筋之间维持一定间距，各处预应力筋的间距大小理论上讲应是5cm的倍数。要求工人按照一定顺序绑扎钢筋，纵向主筋先于横向钢筋构件进行绑扎处理，配合使用搭接与焊接法精准、稳固地安装好底板钢筋，给后续安装钢绞线创造良好条件。若经测量观察发现有接长的需求，则可以选择用帮条单面焊法，先从中间至两侧的顺序进行对称式焊接，再由下至上焊接，控制整条焊缝长 $\geq 10d$ （ $d$ —钢筋直径），搭接接头面积百分比不可超过50%，所有接头均要错开，各处主筋下端均要安置大小、厚度适宜的砂浆垫块<sup>[4]</sup>。当预应力筋安装工序结束且经检验确定质量合格后，施工队要定制符合设计要求的定位钢模板。把脱模剂均匀地

涂抹在模板内侧壁，专门密封条封严处理模板接缝，保证后续现场浇筑砼时局部不泄露、不变形。以上安装操作结束后，工人启用空气压缩机连续吹扫滞留在底部模板上多余的杂物。

## 2.4 砼施工技术要点

### 2.4.1 拌制混凝土

在本工程内，设计混凝土配比是：水：水泥：砂：外加剂为160:420:626:1215:4.25。工程施工人员根据以上配比设计，基于设计顺序把物料一一投进自动化计量搅拌机中，慢速均匀搅拌，最后制得坍落度70mm~90mm的通拌合物。

### 2.4.2 混凝土的浇筑

配制好砼拌合物后，工人要对前期预埋筋、制作钢板部位进行逐一检查，在确认其精准无误后，将左右两侧作为起始点进行对称式浇筑，并用插入式振捣器进行均匀振捣，顶板、侧板砼结构处是振捣器的集中插入区域，要确保振捣充分，以防后续局部出现蜂窝、麻面等质量缺陷。在整个振捣过程中，要维持振捣棒端头和橡胶芯模之间保持适宜距离。现场浇筑砼时，要在下层混凝土初凝前覆盖好上层砼，将浇筑总厚度控制在30cm以内，确保接缝处砼结合可靠、有效，当砼浇筑至顶板后要尽早进行整平、抹面处理。

### 2.4.3 混凝土的养护

浇筑完成后4h，派遣工人定期给砼结构进行洒水养护，整个养护期间砼表面要始终保持干净且湿润状态。如果本地气温偏低时，则要进行升温养护，控制各处升温速度 $\leq 10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，当加温到 $55^{\circ}\text{C}$ ，维持恒温养护时间 $\geq 30\text{h}$ ，当测得砼试块弹性模量、强度值都达到规范要求时，按 $15^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 进行降温处理，使砼结构温度和环境气温差值不超过 $10^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.4.4 砼模板的拆除

当检测砼结构表面、各处棱角强度水平均 $> 2.5\text{MPa}$ 以上时，即达到了拆模标准，此时即可拆除砼模板。

## 2.5 预应力筋的放松

当砼养护至设计强度的90%以上后，工人要有序执行如下放张操作：千斤顶→砂筒→滑楔→螺杆与张拉架，要做到对称、分次放张。

预应力筋放张结束后，工人用锯切工具在临近桥梁中央处进行切割操作，长束的切割操作要在短束之前进行，要求操作工对称切割，切割结束后，使用木模、钢模分别对内模、端部进行有效封堵。

## 3 预应力砼结构的未来发展趋势

伴随着城镇化建设进程的推进，近些年我国各地依托

预应力砼结构建设的建筑数量不断增加，预应力砼结构自身有强大的生命力，有成为主流建筑空间结构的潜力，未来其发展趋势可以做出如下预测与总结该项技术的发展趋势：第一，还会陆续研发出高强度、大直径、超长度及“Z”形密封预应力拉索材料；第二，预应力砼结构计算软件操作将会更加简易，达到超高水平国产化；第三，预应力拉索工艺将会朝着更加复杂、对使用设备综合性能要求更高的方向进军发展；第四，预应力砼结构技术的数字化、智能化水平将会持续提升。

把预应力技术用于建筑空间结构建设领域内，能有效应用材料在强度方面具备的潜力，十分有效地改善了结构的整体受力状态、增加结构刚度水平、节省建材资源、减少成本投入，并且还能使建筑工程师充分发挥自身的想象力，设计出更加精致、可靠的建筑结构造型，进而更好地满足广大业主在建筑耐久性、美观性等方面提出的要求。近些年中，我国陆续研发与应用了形式多样的预应力砼结构，淋漓尽致地展现出该结构的诸多优势和特点，其具备超强的生命力，是建筑空间结构未来的一种新兴发展趋势，也会开辟出更为广阔的应用空间。

## 4 结束语

总之，在道路桥梁等建筑工程施工中，合理运用预应力砼结构施工技术，能显著增加砼构件整体的抗裂性能，规避后期钢筋砼构件过早出现开裂等质量问题。现实中运用先张法进行预应力施工时，工作要在浇筑混凝土之前张拉预应力筋，混凝土浇筑及养护过程中加强质控力度，只有在砼强度超过设计强度90%时才可以放松预应力筋，多举措并用充分显现出预应力砼结构技术应用优势，为建筑工程顺利竣工及通过质量验收提供可靠支持。

## 参考文献：

- [1] 孙岩波, 李晨光, 彭雄, 等. 装配式预应力混凝土框架-剪力墙结构施工技术应用研究[J]. 施工技术, 2018, 47(4): 4.
- [2] 李琦. 建筑施工中预应力混凝土技术的应用研究[J]. 科学与财富, 2018.
- [3] 马倩茹. 预应力混凝土结构施工技术在房屋建筑的应用[J]. 2020.
- [4] 侯立伟. 建筑工程后张预应力混凝土结构施工管理探究[J]. 经济与社会发展研究, 2019(5): 1.

## 作者简介：

何胤辉(1987.01-), 男, 汉, 重庆, 本科, 工程师, 研究方向: 土建工程技术。