

# 预应力施工技术在在大跨度建筑中的应用研究

何翔宇

三方建设集团有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要：**随着大跨度建筑向大空间、轻量化方向发展，预应力施工技术凭借其提升结构抗裂性、刚度及承载能力的优势，成为此类建筑施工的核心技术。本文阐述预应力施工技术的核心原理与主要分类，分析大跨度建筑对该技术的核心要求，梳理施工关键环节与质量安全管控要点，结合城市会展中心实例，探讨技术选型、方案实施及应用效果，总结经验与改进方向，为同类大跨度建筑预应力施工提供理论支撑与实践参考，助力行业技术优化升级。

**关键词：**预应力施工技术；大跨度建筑；应用

**引言：**近年来，大型会展中心、体育场馆等大跨度建筑数量激增，其对结构跨度、承载能力及使用耐久性的要求不断提高，传统施工技术已难以满足需求。预应力施工技术通过预先施加压应力抵消使用荷载产生的拉应力，可有效减少结构裂缝、降低自重、节约建材，适配大跨度建筑的核心需求。目前该技术应用中仍存在精度控制不足、预应力损失等问题，因此开展其在大跨度建筑中的应用研究，具有重要的工程实践价值与行业指导意义。

## 1 预应力施工技术相关理论与分类

### 1.1 预应力施工技术核心原理

(1) 基本原理：在结构构件承受使用荷载之前，通过专用设备向构件内部的预应力筋预先施加压应力，使构件截面形成预压状态。当构件承受使用荷载产生拉应力时，预压应力可有效抵消部分或全部拉应力，避免构件过早出现裂缝，从而显著提升结构的整体力学性能和使用年限。(2) 核心优势：相较于传统施工技术，预应力施工可大幅提高结构抗裂性，减少裂缝产生和发展；提升结构刚度，降低使用阶段的变形量，保证结构稳定性；增强构件承载能力，可在相同承载需求下减小构件截面尺寸，节约建材用量，同时降低结构自重，适配大跨度建筑需求。

### 1.2 预应力施工技术主要分类

(1) 先张法：施工原理是在构件浇筑混凝土前，将预应力筋张拉并固定，待混凝土达到设计强度后，放松预应力筋，利用筋材回缩对混凝土施加预压应力。适用范围以中小型预制构件为主，工艺流程包括预应力筋铺设、张拉、固定、混凝土浇筑及养护、放松预应力筋。优点是施工工艺简单、成本较低，缺点是需专用张拉台座，构件运输不便。(2) 后张法：施工原理是在混凝土构件浇筑成型并达到设计强度后，在构件预留孔道内

穿入预应力筋，进行张拉并锚固，使混凝土获得预压应力。适用范围广，尤其适合大型、大跨度构件及现场浇筑构件，工艺流程包括孔道预留、混凝土浇筑养护、预应力筋穿束、张拉、锚固及孔道压浆。优点是构件运输方便、适应性强，缺点是工艺复杂、成本较高，需做好孔道防腐<sup>[1]</sup>。(3) 其他新型预应力技术：体外预应力是将预应力筋布置在构件外部，便于后期维护和更换，适用于既有结构加固和大跨度桥梁；无粘结预应力无需孔道压浆，施工便捷，减少腐蚀隐患，适用于楼板、梁等构件，应用场景日趋广泛。

### 1.3 大跨度建筑对预应力施工技术的要求

(1) 技术精度要求：预应力筋铺设需严格控制位置和间距，张拉环节需精准控制张拉应力、伸长量，遵循分级张拉原则，避免应力偏差影响结构安全，确保各环节精度符合设计标准。(2) 结构适配要求：结合大跨度建筑跨度大、受力复杂、变形控制严格的特点，合理选择先张法、后张法或新型预应力技术，确保技术类型与结构受力特性、施工场景相适配。(3) 安全与耐久性要求：施工过程中需做好张拉设备校验、预应力筋锚固防护，运营阶段需满足长期安全稳定需求，做好预应力筋抗腐蚀处理，延长结构使用寿命。

## 2 预应力施工技术在在大跨度建筑中的施工关键环节

### 2.1 施工前期准备工作

(1) 技术准备：组织施工、技术、质检等相关人员开展图纸会审，重点核查预应力筋布置、孔道走向、锚固节点等关键部位，及时发现并解决图纸中的矛盾与疏漏；结合大跨度建筑特点编制专项施工方案，明确各工序流程、技术参数及质量控制标准；做好分级技术交底，确保施工人员掌握核心要点，同时开展专业培训，提升作业人员的操作技能和安全意识，保障施工规范开展。(2) 材料与设备准备：预应力筋、锚具等核心材

料需严格按设计要求选型,进场后必须进行外观检查、力学性能检测,合格后方可投入使用,杜绝不合格材料进场;张拉设备需提前进行校准,确保张拉应力精准可控,同时配备备用设备,应对施工过程中的设备故障,保障施工连续性<sup>[2]</sup>。(3)现场准备:根据施工方案合理布置施工场地,划分材料堆放区、张拉作业区、加工区,确保场地整洁有序、交通顺畅;按照设计要求搭设支架,支架需进行承载力验算,确保其强度、刚度和稳定性满足大跨度施工需求;提前规划孔道预留位置、尺寸及走向,做好孔道模具的固定,防止浇筑混凝土时发生移位、变形。

## 2.2 核心施工工序操作要点

(1) 预应力筋的下料与铺设:根据构件长度、张拉方式及预应力损失,精准计算预应力筋下料长度,避免过长或过短影响张拉效果;铺设时严格控制位置、间距及高程,确保符合设计要求,铺设过程中做好防护措施,避免预应力筋被污染、划伤,防止后期出现腐蚀、断丝等问题。(2) 张拉工艺控制:严格把控张拉时机,需待混凝土达到设计强度的75%及以上方可进行张拉;按照“对称、分级、匀速”的原则确定张拉顺序,避免构件受力不均产生变形;采用“应力控制为主、伸长量校核为辅”的双控法,张拉至设计应力后,按要求持荷一定时间,确保预应力筋应力稳定,减少预应力损失。

(3) 孔道灌浆与封锚:灌浆材料选用高强度、微膨胀、抗腐蚀的水泥浆,确保灌浆饱满、无空隙;灌浆时控制灌浆压力和速度,做好排气处理,防止出现孔道空洞;灌浆完成后及时进行封锚处理,对锚具及外露预应力筋进行防腐防护,避免雨水、潮气侵蚀,保障结构耐久性<sup>[3]</sup>。

## 2.3 施工过程中的质量控制要点

(1) 工序质量控制:建立“三检制”,对每道施工工序进行自检、互检、交接检,明确各环节检验标准和验收流程,不合格工序严禁进入下一道施工环节;重点检查预应力筋张拉、孔道灌浆等关键工序,做好施工记录,确保施工过程可追溯。(2) 预应力损失控制:针对摩擦损失,合理选择孔道类型、优化预应力筋布置,张拉前做好孔道润滑;针对锚具变形损失,选用质量合格的锚具,张拉后及时锚固,做好锚具防护;同时采取有效措施,预防温差、收缩等因素引发的预应力损失,并根据实际情况采取补偿措施,确保预应力值符合设计要求<sup>[4]</sup>。(3) 常见问题处理:若出现断丝滑丝,需及时更换预应力筋,重新张拉;若发生孔道堵塞,可采用高压水冲洗、机械疏通等方式处理,无法疏通时需凿除部分混凝土重新预留孔道;若出现混凝土开裂,需分析裂缝

原因,采取压浆、加固等措施,防止裂缝扩大,确保结构安全。

## 2.4 施工安全管理

(1) 人员安全防护:高空作业人员必须佩戴安全带、安全帽,搭设安全防护网,严禁违规作业;张拉作业时,作业人员需站在安全区域,严禁正对张拉设备和预应力筋,防止锚具滑脱、预应力筋断裂引发安全事故。(2) 设备安全管控:定期对张拉设备、支架等进行安全检查和维修,及时排查设备故障和结构隐患;张拉设备需定期校准,支架需定期检查稳定性,发现问题立即停工整改,严禁设备“带病作业”。(3) 现场安全管控:在施工区域设置明显的安全警示标志,划分危险作业区域,严禁无关人员进入;做好现场交通疏导,避免施工车辆与作业人员交叉作业;制定完善的应急处置方案,配备应急物资,针对突发安全事故及时开展处置工作,降低安全风险。

## 3 预应力施工技术在大跨度建筑中的应用实例分析

### 3.1 实例工程概况

(1) 工程基本信息:本实例为大型城市会展中心展厅工程,属于大跨度公共建筑,主体展厅单跨跨度48m,总建筑面积28000m<sup>2</sup>,结构形式采用预应力钢筋混凝土框架-剪力墙结构。设计要求展厅主体结构需具备良好的抗裂性、刚度及承载能力,满足大跨度空间的使用需求,同时需适配会展中心大荷载、大空间的使用特点,预应力施工质量需达到国家现行规范优良标准。(2) 工程重难点:施工环境方面,工程位于城市核心区域,周边交通繁忙、居民区密集,施工场地受限,且需兼顾施工进度与环境管控,避免施工噪音、扬尘影响周边环境;结构复杂度上,展厅跨度大、梁体截面尺寸大,预应力筋布置密集,节点构造复杂,对施工精度要求极高;预应力施工核心挑战为如何精准控制张拉应力,减少预应力损失,同时解决大跨度梁体浇筑、孔道预留及灌浆饱满度等关键问题,确保结构安全稳定。

### 3.2 预应力施工方案设计与实施

(1) 预应力技术选型:结合本工程大跨度、现场浇筑、结构复杂的特点,选用后张法预应力施工技术,具体采用有粘结预应力工艺。相较于先张法,后张法无需专用张拉台座,适配现场浇筑的大跨度梁体施工,且能精准控制预应力施加效果,满足工程结构受力要求,同时便于应对复杂节点的预应力施工。(2) 施工参数确定:预应力筋选用高强度低松弛钢绞线,规格为 $\Phi_s15.2$ ,抗拉强度标准值1860MPa;张拉控制应力取0.75倍抗拉强度标准值,即1395MPa;灌浆材料选用高强度微膨

胀水泥浆,水胶比控制在0.38~0.42,灌浆压力控制在0.5~0.7MPa,确保灌浆饱满度,减少孔道空洞隐患<sup>[5]</sup>。

(3)现场施工实施过程:严格按照施工方案执行各关键工序,预应力筋下料精准计算长度,采用砂轮切割,避免损伤筋材;铺设时严格控制位置和间距,采用定位架固定,防止浇筑混凝土时移位;张拉作业待混凝土达到设计强度80%后进行,遵循对称、分级张拉原则,采用双控法控制张拉质量,持荷5min后锚固;孔道灌浆采用连续灌浆工艺,做好排气处理,灌浆完成后及时检查饱满度;现场建立专人管控机制,对各工序进行全程监督,做好施工记录,确保施工规范。

### 3.3 应用效果检测与分析

(1)检测指标与方法:检测指标包括结构应力、梁体变形、抗裂性及预应力筋永存应力,采用应力传感器、位移计对结构应力和变形进行实时监测,采用超声波检测法检查孔道灌浆饱满度,通过外观检查结合裂缝宽度仪检测结构抗裂性,确保检测数据真实可靠。(2)检测结果分析:经检测,结构各截面应力值均符合设计要求,偏差控制在±5%以内;梁体最大挠度为22mm,小于设计允许挠度(L/250,即192mm),变形控制良好;结构表面无可见裂缝,抗裂性满足设计标准;预应力筋永存应力符合规范要求,预应力损失控制在允许范围内,整体应用效果达到设计预期。(3)工程效益分析:工期方面,采用后张法预应力施工,简化了施工流程,相较于传统施工工艺缩短工期15天,确保工程按期竣工;成本方面,通过优化预应力筋布置、减少构件截面尺寸,节约建材用量约8%,降低了工程造价;结构性能方面,大幅提升了展厅的抗裂性、刚度和承载能力,满足大跨度空间的使用需求,延长了建筑使用寿命,实现了工期、成本与结构性能的协同优化。

### 3.4 实例应用经验与启示

(1)成功经验:施工前优化预应力施工方案,结合工程重难点制定针对性措施,确保方案的可行性;采用定位架固定预应力筋,有效控制铺设精度,减少施工偏差;张拉过程中严格执行双控法,做好应力和伸长量

的校核,有效控制预应力损失;建立完善的现场管控机制,落实“三检制”,确保施工质量。这些优化措施可广泛应用于同类大跨度建筑预应力施工中。(2)存在不足:施工过程中发现部分孔道灌浆存在局部不饱满的问题,经排查主要原因是灌浆工艺细节控制不到位,排气不彻底、灌浆速度不均衡导致局部出现空洞;部分预应力筋张拉时伸长量偏差略超出允许范围,核心与孔道摩擦阻力控制不足、孔道润滑不充分有关。改进方向为优化灌浆工艺,合理增加排气孔数量和间距,控制灌浆压力与速度,确保灌浆均匀饱满、无空洞;张拉前对孔道进行充分润滑处理,优化张拉顺序,采用分级匀速张拉方式,进一步减少摩擦损失,提升张拉精度,保障施工质量。

### 结束语

综上所述,预应力施工技术在大跨度建筑中应用广泛且成效显著,其通过科学的理论支撑、合理的技术选型及严格的施工管控,可有效解决大跨度结构受力复杂、变形难控制等难题。结合实例分析可知,优化施工方案、严控关键工序、减少预应力损失,能实现工期、成本与结构性能的协同优化。未来需持续完善技术工艺,解决应用中的现存不足,推动预应力施工技术向精细化、智能化发展,为大跨度建筑行业高质量发展提供保障。

### 参考文献

- [1]李川云.预应力智能张拉施工技术在桥梁工程中的应用要点分析[J].交通科技与管理,2024,5(16):58-60.
- [2]马素,王文武.市政桥梁工程施工中预应力施工技术的应用分析[J].中国住宅设施,2024,(5):160-162.
- [3]黄荣洲.浅谈建筑预应力施工技术与质量控制要点[J].四川水泥,2023,(8):175-177.
- [4]彭林.预应力施工技术在房屋建筑质量控制中的应用[J].大众标准化,2023,(4):16-18.
- [5]吴升宇.建筑工程施工中预应力混凝土施工技术应用[J].佛山陶瓷,2022,(8):138-140.