

# 预应力施工技术在在大跨度建筑中的应用研究

赖潇湘

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20237

**[摘要]** 为了提升大跨度建筑结构的受力性能与耐久性,本文以预应力施工技术在在大跨度建筑中的应用为研究对象,系统剖析预应力施工核心原理、全流程工艺及质量管控要点,针对孔道压浆、张拉同步性、锚具性能等关键难题提出专项防治对策,并结合实际工程验证优化方案的可行性。研究表明,预应力施工技术是大跨度建筑实现大空间、轻自重、高耐久的核心支撑,完善施工工艺与质量管控体系可进一步推动该技术在在大跨度工程中的规模化应用。

**[关键词]** 预应力技术; 大跨度建筑; 应用

**中图分类号:** G267 **文献标识码:** A

## Study on the application of prestressed construction technology in long-span buildings

Xiaoxiang Lai

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

**[Abstract]** In order to improve the mechanical performance and durability of long-span building structures, this paper takes the application of prestressed construction technology in long-span buildings as the research object, systematically analyzes the core principle, whole process technology and quality control points of prestressed construction, and puts forward special prevention countermeasures for key problems such as hole grouting, tension synchronization and anchorage performance, and verifies the feasibility of the optimization scheme by combining with practical projects. The research shows that prestressed construction technology is the core support for long-span buildings to achieve large space, light weight and high durability. Perfecting construction technology and quality control system can further promote the large-scale application of this technology in long-span projects.

**[Key words]** prestress technology; Long-span buildings; app; application

### 引言

大跨度建筑不仅功能布局灵活、造型美观大气,而且大大提高了空间利用率,现如今被广泛应用于体育场馆、会展中心、交通枢纽、大型厂房等工程领域。但这种结构由于自身跨度大、荷载分布复杂、变形控制严苛,导致传统钢筋混凝土结构易出现挠度超标、受力裂缝、承载能力不足等问题,制约工程质量与结构安全。预应力施工技术通过预先对结构施加反向压应力,抵消荷载产生的拉应力,从根本上改善结构受力状态,成为破解大跨度建筑施工难题的关键技术。基于此,本文深入研究预应力施工技术在在大跨度建筑中的应用流程、关键工艺及问题对策,结合工程实践总结经验,为同类大跨度建筑预应力施工提供理论参考与实践指导,助力提升大跨度建筑工程的施工质量与使用寿命。

### 1 预应力施工技术原理

预应力施工即利用专用张拉设备给预应力筋施加预设的拉应力,并借助锚具将应力传递至结构构件,使结构混凝土或钢结

构主体预先产生反向压应力。当结构后续承受自重、活荷载、风荷载等外部作用力时,荷载产生的拉应力会先抵消预先施加的压应力,延缓结构受拉区裂缝的出现与开展,同时有效控制结构挠度变形。该技术可充分发挥高强度钢筋与混凝土的材料性能,在保证结构承载能力的前提下,减小构件截面尺寸、降低结构自重,适配大跨度建筑对空间与受力的双重要求,实现结构安全性、经济性与实用性的统一。

### 2 预应力施工技术在在大跨度建筑中应用的关键工艺与流程

#### 2.1 施工前期准备

首先,仔细核对大跨度结构各项设计参数与现场施工条件的匹配度,明确工艺流程、质量标准与安全注意事项。其次,入场时抽样复查高强度预应力筋、锚具、波纹管、灌浆料等核心材料,核查处合格证与性能检测报告,杜绝不合格材料入场,同时做好材料防潮、防锈存储。最后,校验施工设备,对张拉千

千斤顶、油泵、压力表等设备进行精度标定,确保张拉数据准确;并结合大跨度结构受力特点优化支撑布置,保障施工期间结构稳定,提前排查高空作业、张拉作业等安全隐患,制定应急处置预案。

### 2.2 预应力筋布设工艺

预应力筋的布设是否科学合理对整个建筑结构受力均匀性具有极大的影响,必须引起高度重视,严格把控定位精度与布设质量。首先,施工人员应根据设计图纸进行放线定位,采用定位钢筋固定波纹管,确保波纹管顺直、无弯折、无破损,定位间距符合规范要求,接头处做好密封处理,防止混凝土浇筑时漏浆堵塞孔道。其次,精准控制大跨度曲线预应力筋的曲线弧度与坐标偏差,采用分段固定方式避免波纹管移位。随后进行预应力筋下料与穿束,根据孔道长度精准计算下料尺寸,采用砂轮切割机切割,严禁电弧切割损伤筋体;穿束时采用人工配合机械牵引的方式,避免预应力筋扭曲、打结,保证筋体顺直排布<sup>[1]</sup>。此外,标记好多束预应力筋,按设计顺序穿入孔道,穿束完成后检查筋体外露长度,确保符合张拉要求,同时做好筋体防护,避免浇筑混凝土时污染、损伤预应力筋。

### 2.3 混凝土浇筑与养护

开始浇筑前,工作人员需全面检查预应力筋、波纹管、锚垫板的固定状态,封堵锚垫板与模板缝隙,避免漏浆。浇筑时多采用分层分段浇筑工艺,遵循“先梁后板、先低后高”的原则,选用粒径适中的混凝土骨料,使用插入式振捣器均匀振捣,避开波纹管与预应力筋位置,防止振捣过度导致孔道变形、移位,确保混凝土密实无蜂窝、麻面。此外,浇筑完成后及时做好养护工作,常温下采用覆盖土工布洒水保湿养护,低温环境采取保温措施,高温环境做好防晒处理,养护时间不少于14天。养护期间严格监测混凝土温湿度与强度变化,禁止堆放重物、踩踏构件,待混凝土强度与弹性模量达到设计要求的80%以上,方可进行后续预应力张拉施工,避免因强度不足导致构件开裂。

### 2.4 预应力张拉施工

张拉是大跨度建筑预应力施工期间最为关键的工序之一,一般张拉前需再次核查混凝土强度报告,清理锚垫板与锚具接触面,保证贴合紧密。并根据设计要求确定张拉顺序,大跨度结构多采用对称分级张拉,避免单侧受力导致结构偏载变形。张拉设备通常采用标定合格的千斤顶与油泵,按预设分级荷载逐步张拉,每级持荷5-10分钟,记录预应力筋伸长值,对比理论伸长值与实际伸长值,偏差控制在±6%以内,超出范围需暂停张拉排查原因。还需注意,张拉至设计控制力后持荷稳压确保应力传递到位,随后缓慢回油锚固,严禁突然卸力造成筋体滑移、断丝<sup>[2]</sup>。

### 2.5 孔道灌浆与封锚

灌浆与封锚施工期间需注意:一方面,灌浆前必须彻底清理干净孔道内的杂物与积水,灌浆时从低端进浆口注入,待高端出浆口流出浓浆且无气泡后,封闭出浆口并持压3-5分钟,确保孔道内无空隙、灌浆密实。另一方面,封锚施工时应先清理锚具周

边混凝土基面,绑扎封锚钢筋,浇筑微膨胀混凝土,振捣密实后做好保湿养护。待封锚混凝土达到设计强度后还需做好防腐处理,全面封堵锚具与孔道端口,防止水分、有害气体侵入腐蚀预应力筋,保障预应力体系长期稳定,延长结构使用寿命。

## 3 预应力施工技术在大跨度建筑中应用的关键问题与对策

### 3.1 施工质量控制难点

#### 3.1.1 孔道压浆不密实防治

大跨度建筑预应力施工过程中,若孔道压浆不密实很容易导致预应力筋锈蚀、结构受力失效,传统压浆工艺受孔道排气不畅、浆体离析等因素影响,密实性难以保障。真空辅助灌浆技术的引入很好地解决了这一问题,施工前先利用真空泵消除孔道内空气与气泡,再借助压力差将灌浆料均匀压入孔道,大幅提升浆体填充密实度。施工时需严格控制真空度在 $-0.06\sim-0.08\text{MPa}$ ,保证灌浆料搅拌时间与流动性,进浆、出浆管路密封严密,避免漏气破坏真空环境<sup>[3]</sup>。同时优化灌浆料配比,添加减水剂、膨胀剂,防止浆体收缩、离析,配合持压灌浆工艺,彻底消除孔道空隙,从根本上解决压浆不密实难题,保障预应力筋防护效果。

#### 3.1.2 张拉同步性控制

传统单点张拉工艺施工中,应力不均、结构变形超标、筋体受力失衡等问题屡见不鲜。多顶同步张拉系统可预设张拉参数,自动调控油泵供油速度,实时监测各点位荷载偏差,超出允许范围立即报警并调整,避免人为操作误差。施工前对系统进行联动调试,确保各设备响应一致;张拉过程中全程监控结构挠度与应力变化,针对大跨度曲线、连续结构,分区域同步张拉,严格控制张拉速率与持荷时间,彻底解决张拉不同步导致的结构偏载、裂缝等问题,提升张拉施工精度。

#### 3.1.3 锚具疲劳性能验证

锚具作为应力传递的核心部件,其疲劳性能直接决定了整个大跨度建筑结构的长期安全性,常规检测难以验证疲劳承载力,易出现锚具开裂、滑脱等隐患。循环加载试验通过模拟工程实际交变荷载,对锚具与预应力筋组构件进行反复加载、卸载试验,检测锚具的应力响应、变形量与破损情况。试验严格按照规范标准设定加载频率、荷载幅值与循环次数,持续监测锚具夹具的夹持力、筋体滑移量,试验后拆解检查锚具内部裂纹、磨损情况,判断是否满足设计疲劳要求,保障锚具长期受力稳定,杜绝疲劳破坏隐患。

### 3.2 耐久性提升策略

#### 3.2.1 预应力筋防腐处理

多数大跨度建筑长期处于露天或潮湿环境,做好防腐处理是延长结构寿命的核心举措。环氧涂层预应力筋采用静电喷涂工艺,在筋体表面均匀覆盖致密环氧树脂涂层,隔绝水分、氯离子等腐蚀性介质,涂层附着力强、耐磨抗裂,适配大跨度复杂孔道穿束场景,防腐寿命可达50年以上。镀锌工艺则通过热浸镀锌在预应力筋表面形成锌合金保护层,利用锌的牺牲阳极特性保护筋体,适用于恶劣腐蚀环境<sup>[4]</sup>。施工过程中严禁损伤防腐涂层,

穿束时采用专用导向帽,避免波纹管刮擦破损;对于涂层破损部位,及时采用专用修补材料封堵,保证防腐层完整性。结合工程环境选择适配防腐工艺,可从根源上防止预应力筋锈蚀,保障预应力体系长期受力性能。

### 3.2.2 结构健康监测

大跨度预应力结构由于服役周期长,长期荷载、环境侵蚀易导致应力变化、变形超标,传统人工检测难以实时掌控结构状态,光纤光栅传感器可实现结构健康全天候智能化监测。该传感器具有精度高、抗干扰能力强、耐久性好的优势,可预埋于预应力筋、混凝土构件内部,实时监测结构应力、挠度、温度、裂缝等参数,数据实时传输至监控平台。张拉节点、梁体跨中、支座位置等大跨度建筑关键受力部位合理布设传感器,建立三维监测模型,设定预警阈值,参数超标时自动报警。通过长期监测数据,分析结构受力变化规律,评估结构健康状态,及时发现隐患并采取加固措施,实现大跨度预应力结构全生命周期健康管控,大幅提升结构服役安全性与耐久性。

## 4 工程案例

### 4.1 工程概况

某大跨度预应力混凝土框架结构建筑主体跨度为36m,屋面采用梁板组合体系,总建筑面积2.8万 $m^2$ ,设计使用年限50年,抗震设防烈度7度。该工程大跨度梁截面尺寸800mm $\times$ 1600mm,采用后张法有粘结预应力施工工艺,预应力筋选用高强度低松弛钢绞线,设计张拉控制力1300MPa,单跨布设预应力筋12束,结构挠度控制限值为 $L/500$ ,要求混凝土结构无受力裂缝。

### 4.2 预应力施工方案

基于该工程大跨度结构特点,最终选用后张法有粘结预应力施工工艺,具体施工流程如下:

首先,双重标定张拉千斤顶与压力表,选用真空辅助灌浆料与智能同步张拉设备。其次,预应力筋布设阶段,采用定位钢筋精准固定波纹管,曲线段加密定位点,穿束时采用机械牵引避免筋体损伤。再者,混凝土浇筑采用分层振捣工艺,养护14天至强度达标后开展张拉施工,采用四项同步张拉系统,按“中间向两侧对称分级张拉”顺序,分三级加载至设计控制力,实时校核伸长值偏差。最后,张拉完成后24小时内开展真空辅助灌浆,抽真空至-0.07MPa后稳压灌浆,封锚采用微膨胀混凝土,做好锚具防

腐处理<sup>[5]</sup>。施工全过程布设光纤光栅传感器,监测梁体应力与挠度变化,严控各工序质量偏差,保障施工合规。

### 4.3 施工效果

竣工后经现场检测,该工程大跨度梁实际挠度值为18mm,远低于 $L/500$ 的设计限值,挠度控制效果优异;结构混凝土表面无受力裂缝,仅存在少量非结构性收缩裂缝,裂缝防治达标。预应力筋张拉伸长值偏差控制在 $\pm 4\%$ 以内,孔道灌浆密实度检测合格率100%,锚具安装牢固无滑移。结构受力检测数据显示,梁体压应力分布均匀,符合设计受力要求,结构整体刚度、承载能力均满足规范与设计标准,投入使用后结构状态稳定,验证了预应力施工工艺与质量管控方案的可行性。

## 5 结束语

总而言之,合理把控预应力施工工艺、攻克质量难点、提升结构耐久性,能够有效提升大跨度建筑施工质量,延长其服役时间。本文通过对预应力施工原理、工艺流程、问题对策及工程案例的研究,明确了大跨度预应力施工的核心管控要点,实践证明优化施工工艺、应用智能化技术可有效提升工程质量。未来需进一步推进预应力技术智能化、绿色化发展,完善全生命周期管控体系,为大跨度建筑行业的高质量发展提供更坚实的技术支撑。

### [参考文献]

- [1]胡海燕.高层建筑大跨度预应力桁架转换层设计及施工研究[J].广东建材,2025,41(06):86-89.
- [2]杨世杰.大跨度预应力混凝土变截面梁施工技术探析[J].砖瓦,2025,(05):167-170.
- [3]纪文博,胡存美.高层建筑大跨度预应力混凝土楼板施工技术研究[J].中国建筑装饰装修,2025,(02):141-143.
- [4]孙长全.大跨度大空间建筑预应力型钢混凝土组合结构施工技术研究[J].粉煤灰综合利用,2024,38(06):115-119.
- [5]徐德伟.大跨度预应力空心叠合板在装配式建筑中的应用技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(21):110-112.

### 作者简介:

赖潇湘(1994--),女,汉族,湖南省浏阳市人,大学本科,当前职称:助理工程师,研究方向:预应力施工技术在大跨度建筑中的应用研究。