

Post-tensioning construction technology of bridge engineering

Quan Tang

Tiantai Chengtou Municipal Engineering Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 317200, China

Abstract

Driven by rapid socio-economic development, the quantity and scale of infrastructure projects such as bridge engineering continue to expand. As a vital component of transportation systems, the quality of bridge construction is closely related to factors like travel efficiency and safety, making it a subject of growing public concern. The post-tensioning method plays a crucial role in the construction of bridge superstructures, significantly enhancing load-bearing capacity and addressing crack control issues. This paper analyzes and discusses the application of post-tensioning technology and related quality control measures in bridge construction, providing valuable references for industry professionals.

Keywords

bridge engineering; post-tensioning prestressing; construction technology; principle; quality control

桥梁工程后张法预应力施工工艺

汤泉

天台县成投市政工程有限公司，中国·浙江 台州 317200

摘 要

在社会经济快速发展推动下，桥梁工程等基础设施工程数量与规模也在不断扩大。作为交通运输体系的重要组成部分，桥梁工程的质量与人们的出行效率、安全等因素息息相关，桥梁工程的建设质量也越发受到社会各界的广泛关注。后张法预应力施工工艺在桥梁工程上部结构施工中有着十分重要的应用，发挥着提高桥梁工程承载力、控制裂缝问题等重要作用。文章主要对桥梁工程施工中后张法预应力施工工艺的应用及相关质量控制措施进行了分析、探讨，以供参考。

关键词

桥梁工程；后张法预应力；施工工艺；原理；质量控制

1 引言

随着技术、工艺等不断创新应用，桥梁工程建设水平得到了大幅提升，先进施工工艺的应用也进一步提高了桥梁工程的施工质量。作为桥梁工程施工中应用较为普遍的施工工艺，后张法预应力施工工艺的应用在信息化、智能化的推动下实现了施工效率、施工质量的进一步提升。首先要进行预制场地的标准化建设，能为梁体提供稳固的基座和良好的养护条件。就根本而言，仍然需要从加强对施工工艺本身应用原理的深入掌握着手，做好施工工艺应用的要点控制，才能夯实桥梁工程高效、高质量施工的基础。

2 后张法预应力施工工艺原理

后张法预应力施工工艺的核心原理主要是在硬化之后有足够强度的混凝土结构上进行预应力筋的张拉，借助锚具

的作用实现对张拉力向混凝土结构的有效传递，进而在混凝土结构上形成预压应力，实现对外部荷载拉应力的有效抵消，达到提高结构抗裂性能和承载能力的双重目的。其中应力预制机制的核心在于先浇筑后张拉与灌浆粘结这两个方面，前者指的是先浇筑混凝土梁板，同时做好预应力张拉孔道的预留，等到混凝土强度达标之后将预应力筋穿入并进行张拉，与锚具连接在梁板端部进行锁定，持续向混凝土施加预压应力。灌浆粘结则是在完成张拉的基础上将水泥浆灌注到孔道内，将预应力筋和混凝土粘结成为共同负荷的整体。在锚固传力的作用下，预应力筋张拉弹性回缩受阻，并转化为对混凝土的压应力，以此来抵消外部荷载的拉应力，实现结构刚度提升的同时延缓裂缝问题的出现，延长桥梁工程使用寿命^[1]。

3 后张法预应力施工工艺特点分析

3.1 工序复杂繁多

后张法预应力施工工艺的应用涉及结构浇筑、孔道预留、预应力筋安装、张拉锚固、孔道注浆、封锚、养护等诸多工序，需要在施工前准确定位预应力筋位置，并准确计算

【作者简介】汤泉（1973-），男，中国浙江天台人，本科，高级工程师，从事市政排水排污、市政道路、桥梁和隧道的施工技术管理研究。

出张拉数据和伸长量,以此作为施工方案制定的重要依据,尤其是压浆材料配合比验证、波纹管等材料的检验及相关张拉设备的标定都涉及较为繁琐的流程操作,以及在施工过程中对于张拉力的控制、张拉顺序有着较为严格的要求,预应力筋的伸缩量校核、断丝回缩、压浆施工、封锚操作等都需要进行精细化管理,准确把握各个环节之间的联系与影响,这些都会随后张法预应力施工效果产生直接影响。

3.2 施工用料较少且经济效益明显

桥梁工程施工涉及大量材料的使用,这些材料的使用也是项目管理的核心内容之一,会对项目成本产生直接影响。合理地选择结构设计与施工工艺,在降低材料使用数量方面有着不可忽视的作用,也是提高工程经济效益的重要途径。较之普通的钢筋混凝土结构,预应力钢筋混凝土结构的承载能力更为显著,在同样荷载性能下的用料更少,尤其是在桥梁工程等大跨度梁板上的施工效益更为明显。

3.3 场内标准化施工且保质保期

桥梁工程在结构安全性、耐久性方面有着较高要求,主要体现在大跨度的梁体上。因此,在施工前必须做好全面的施工勘察,设计合理的施工方案,对各个部位的梁板规格等进行明确测算。后张法预应力施工工艺应用过程中,梁板的生产具备集约化、标准化、信息化等特性,梁板的规格误差要求较小,则有助于提高桥梁工程的施工质量,提高施工的规范性^[2]。并且,后张法预应力施工工艺的应用不会受到天气因素的较大影响,能够实现上部梁板与下部梁板的同步施工,在缩短施工工期,提高施工效率方面的作用显著。

4 桥梁工程后张法预应力施工工艺的应用

4.1 材料检验

材料检验是桥梁工程施工重要的前期工作,针对不同的荷载要求,必须确保施工材料质量合格方可进行后续施工。后张法预应力施工工艺较为复杂且涉及诸多种类材料的使用,要求技术人员严格对标做好材料检测,杜绝劣质材料、不达标材料进入施工现场,从源头上进行杜绝。后张法预应力施工的部分材料,如集料、钢筋等涉及多级分类管理,需要在材料检验过程中做好对分类、抽检频次、结果达标情况等的仔细核对。比如,在对预应力筋进行检验时需要针对不同类型的钢筋进行认真核对,确保包装、标志、规格、外观、出厂说明等与施工要求高度一致。严格抽样检验机制,对于检验不达标的及时联系厂家更换,材料检验工作是做好后张法预应力施工工艺的最重要环节,对桥梁工程的施工质量产生极大影响。

4.2 管道定位安装

管道的定位安装施工也至关重要,需要结合桥梁工程施工的实际要求,以梁板的长、宽、高为依据对管道坐标进行准确测量和定位。管道安装需要确保较好的顺滑度,不可出现弯折等现象,并且管道的端部中心线要确保和锚垫板形成垂直关系,做好相应的管道保护措施,避免出现穿孔、接

头脱落等现象^[3]。若是管道位置恰好位于普通钢筋位置,此时需要挪动普通钢筋来预留出管道位置。若是冲突的钢筋数量较多,或者是与主钢筋的位置发生冲突,则需在整体设计上进行调整,由设计单位通过重新计算梁板设计参数等措施确保管道定位合理、准确。

4.3 混凝土浇筑施工

基于对钢筋、管道、模板等的安装质量达标验收,制定梁板混凝土浇筑施工计划,做好材料、设备、人员等准备工作。浇注施工过程中需要避免预应力管道、预埋件等较为重要的部分发生碰撞、偏移,在振捣过程中要避免漏振和过振,防止出现蜂窝、露筋等现象,边施工边检查重要部位以确保不会出现严重的质量问题,后续还要掌控时间注意模板的拆除和梁板的养护工作。

4.4 钢绞线安装施工

在进行钢绞线的现场施工之前,需要全面做好场地找平、防潮、防污染等前期准备,营造良好的施工环境。根据孔道长度、弯曲半径及摩阻特性选择合适的穿束方式。对于直线或小弯曲孔道,可采用单向人工或机械穿束;而对于长距离或曲线孔道,则宜采用机械反穿法,即先从锚垫板端反向送入引线,再牵引钢绞线逐根穿入,以减少摩擦阻力和损伤风险。钢绞线束应整束穿入管道与牵引头连接,缓慢平稳地通过管束,整个过程需要做好对钢绞线束的梳理、顺直处理,以免张拉施工发生钢绞线缠绕现象,造成出现意外质量事故。

4.5 模板拆除施工

由于混凝土的水化反应对于气温等自然条件反应较为敏感,需要注意对混凝土变化情况的密切观察,结合气温、混凝土强度等的变化来确定拆模时间和顺序,进行梁板的拆模施工,保护结构完整性,特别是对于有芯模的梁板需要格外注意。拆模后需要注意排查混凝土表面的脱落、孔道变形等问题,及时做出补救、整改。以及拆模过程需要按照先支后拆的顺序进行安全拆模,避免对周边结构的完整性造成不良影响。

4.6 预应力筋张拉操作

预应力筋张拉操作的专业性要求较高,要求专业技术人员在施工前做好张拉数据的准确计算,明确技术交底事项,严格按照标准要求落实安全防护措施,做好对各类设备、构件等的仔细检验,严禁在性能、规格、强度不达标的情况下进行张拉操作。严格按照施工方案、技术规范进行张拉作业,明确钢绞线与锚具的安装要求,规范张拉设备的安装与调试,严格按照钢绞线、锚具等强度做好张拉应力控制,整个过程需要做好张拉力、钢绞线伸长值、回缩量、断丝等情况的详细记录^[4]。此外,还应加强对信息化技术的应用来提高数据、参数的采集效率,提高后张法预应力施工效果。

4.7 孔道压浆施工

孔道压浆是预防预应力筋发生锈蚀问题的关键措施,并且浆液凝结之后还能够实现预应力向混凝土结构的传递,

避免预应力筋发生松弛，在降低锚具荷载与延长使用周期方面也有着明显作用。浆液的配置也需要预先做好配合比验证，严格按照压浆施工方案要求做好全面的技术交底、设备调试、梁体检查等工作。从孔道的底部开始进行压浆，逐步排出孔道内的空气、水，直至浆液充盈、稳定。采用真空辅助压浆的方式，能够提高空气的排出效率，实现饱满压浆，获得高质量的孔道压浆施工效果。另外，密切观察压浆作业进程保证压力始终在施工方案所规定的范围之内，从而确保压浆质量。

4.8 封锚施工和养护

待孔道压浆施工凝固强度达标之后，按照施工规范裁剪超出锚具的钢绞线，严格做好锚具的封闭、清洁、防腐等措施，避免锚具发生扰动、损伤。制定合理的定期检查与维护工作方案，及时发现和排除裂缝、变形、锈蚀等问题，并定期做好对锚具的性能检测，及时更换受损配件，确保锚固性能、硬度等处于标准范围。

5 桥梁工程后张法预应力施工工艺应用的质量控制措施

5.1 加强材料应用管理

预应力的施加和锚固作用的发挥主要是借助了预应力筋和锚具的作用，需要从以下几个方面着手加强对两者施工的控制，提升整体施工效果。一是，运输过程中需做好支垫、覆盖等保护措施，避免材料出现损伤；二是严格进场验收管理，仔细核对材料规格、型号、出厂材料等，做好关键材料的抽样检查，杜绝不合规、不达标材料进入施工现场；三是要做好材料的存储与保护，验收合格的材料进场后需分类、标记、整齐码放，做好场地的通风、支垫、覆盖、防锈等措施；四是施工过程中避免预应力筋发生碰撞、弯折、摩擦等物理损伤，确保材料完好无损^[9]。

5.2 加强施工设备管理

专业施工设备的使用会对后张法预应力施工产生直接影响，需要对施工设备管理予以高度重视，严格按照操作规范要求做好对张拉设备的维护管理，加强对油泵、千斤顶、液压管线等的定期检修、维护，并做好配套使用的相关标记，避免出现混淆使用等情况。压浆设备的调试工作也十分重要，需要同步做好搅拌机、存储管、压浆设备的检查、调试，避免施工过程中出现漏浆问题。涉及真空辅助压浆的施

工还需对真空泵进行精准调试，维持抽吸施工过程中稳定的真空度。

5.3 加强预应力张拉操作控制注意事项

预应力张拉是后张法预应力施工工艺的重点内容，需要做好以下质量控制措施：一是严格检验梁板外观、尺寸、强度，做好各编束预应力筋的张拉之应力复合，准确把握张拉过程的最大伸长值；二是配套锚具的安装需做到严谨、规范，避免出现预应力筋缠绕、弯折问题，采用交错施工的方式进行张拉作业，确保两端张拉力的同步、一致；三是重视加强对伸长值的校核监测，严格控制设计误差，严格按照设计的最大值控制张拉应力，出现断丝情况还需详细做好记录，对标规范要求及时整改，确保预应力张拉作业规范、达标；四是桥梁后张法预应力张拉施工现场须按施工方案要求由专业技术人员负责，设置相应的安全警示标志，进入作业现场的人员要穿戴安全防护用品，无关人员禁止进入作业区域；五是张拉过程中除严格按照施工方案操作外，还须详细记录每根预应力筋的张拉力、伸长值、张拉时间等数据，并归档留存，便于后期质量追溯及维护。

6 结语

综述可知，桥梁工程施工中后张法预应力施工工艺的应用涉及较为复杂的内容与流程，需要施工人员在深入理解、掌握施工原理的基础上，准确把握工艺应用特点，严格按照施工设计及相关标准要求做好施工流程的要点把控，做好各环节的技术交底，要求施工人员持证上岗，落实有效的安全和质量控制措施，切实提高后张法预应力施工质量，为桥梁工程的高质量建设提供可靠保障。

参考文献

- [1] 华攀.桥梁施工中预应力混凝土构件的浇筑与张拉工艺研究[J].房地产导刊, 2025(7).
- [2] 宋小飞.研究后张法预应力施工技术在桥梁工程中的应用[J].现代装饰, 2024(1).
- [3] 万晓羿.桥梁工程预应力施工技术应用实例分析[J].四川水泥, 2023(3):194-196.
- [4] 于连军,孙华鑫,李成杰.市政桥梁工程中后张法预应力施工技术解析[J].中国地名, 2024(4):0175-0177.
- [5] 曹腾.后张法预应力混凝土桥梁施工技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(003):000.