

Research on Optimization and Quality Control of Prestressed Cover Beam Formwork System in Complex Terrain

Lina Ju¹ Zhuxin Jin²

1. Shaoxing Shangyu Transportation Construction Management Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang, 312000, China

2. Zhejiang Jiaogong Jinzhu Transportation Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

This article focuses on the optimization of the formwork system in the construction of prestressed cover beams under complex terrain conditions. In response to problems such as large terrain undulations, the construction technology of formwork and support, and intelligent tensioning control system are deeply analyzed. By optimizing the formwork structure design and introducing intelligent tensioning equipment, the safety of structural construction is effectively improved, and quality risks are significantly reduced. The research results provide a feasible technical path for the construction of prestressed cover beams in complex terrain bridge engineering, and have good engineering application value.

Keywords

complex terrain; Prestress; Construction process

复杂地形预应力盖梁支模体系优化与质量控制研究

琚琳娜¹ 金柱鑫²

1. 绍兴上虞交通建设管理有限公司, 中国·浙江 绍兴 312000

2. 浙江交工金筑交通建设有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要

本文围绕复杂地形条件下, 预应力盖梁施工中的支模体系优化展开研究, 针对地形起伏大等问题, 深入分析了模板与支架施工技术、智能张拉控制系统, 通过优化支模结构设计、引入智能化张拉设备, 有效提高了结构施工的安全性, 显著降低了质量风险, 研究成果为复杂地形桥梁工程中预应力盖梁施工提供了可行的技术路径, 具有良好的工程应用价值。

关键词

复杂地形; 预应力; 施工过程

1 引言

在复杂地形桥梁建设中, 盖梁作为连接桥墩与上部结构的重要构件, 其施工质量直接影响整体结构的安全, 预应力盖梁由于受力复杂、构造精细, 对支模体系提出更高要求, 传统支模方法在复杂地形中常面临稳定性差、施工难度大等问题, 制约工程进度与质量, 因此, 优化复杂地形下预应力盖梁的支模体系, 提升施工效率, 已成为桥梁工程领域亟需研究的关键技术问题。

2 复杂地形预应力盖梁支模体系优化与质量控制的概述

复杂地形预应力盖梁施工过程中, 支模体系的设计与实施是确保结构安全的关键环节, 由于地形条件多变, 如坡地、高差基等因素, 传统支模方法在稳定性、适应方面存在诸多局限, 容易引发模板变形、混凝土缺陷等质量问题, 为应对上述挑战, 需结合地形特征, 对支模体系进行优化设计,

通过采用新型模板材料、调整支撑布置方式等措施, 提高体系的整体稳定性。同时, 构建完善的质量控制体系, 从设计、施工到验收全过程加强管控, 确保盖梁结构尺寸准确、预应力管道定位合理、混凝土浇筑密实均匀, 通过体系优化与质量控制双管齐下, 可有效提升复杂地形下预应力盖梁施工的安全性、耐久性, 推动桥梁工程向高质量发展。

3 复杂地形预应力盖梁支模体系优化与质量控制分析

3.1 盖梁模板及支架设施工技术分析

复杂地形主要表现为涉河水体流动、基底承载力差异、坡地不均匀沉降、交通干扰大等特点, 特别在涉河区域, 需考虑河道宽度、水流速度、水文变化对支架稳定性的影响; 在涉路施工中, 道路交通不能中断, 因此支架系统需满足空间限高、便捷搭设与拆除的要求, 地形的不规则性导致支架布置难以标准化, 需要结合现场测绘数据进行定制化设计, 以确保模板系统的整体稳定性。

针对复杂地形，钢管支架与贝雷片组合结构具有良好的适应性，钢管支架采用 $\Phi 48\text{mm}$ 热镀锌钢管，设置双向剪刀撑、水平拉结杆，保证空间稳定性；立杆间距根据荷载大小一般控制在 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 以内。贝雷片则作为承重梁使用，架设于钢管立柱顶端，用于分散模板荷载，并横跨较大空隙，适应涉河、涉路等跨度需求。模板设计以整体拼装钢模为主，要求表面平整、变形小、便于脱模，保障盖梁结构线性与外观质量，设计过程中还需通过结构计算验证支架系统的稳定性系数、安全裕度和沉降变形能力。

施工阶段，应强化支架预压与沉降观测管理，支架搭设完成后，进行两轮加载预压试验，模拟混凝土浇筑实际荷载，观察沉降是否在控制范围内（一般控制在 5mm 以内），并据此调整支架基础或加设临时支撑。涉河区域应增加扫水与冲刷防护处理，例如采用片石或混凝土封底平台，预拱度设置是控制盖梁挠度的关键技术，一般根据跨中最大挠度的 $1/800 \sim 1/1000$ 进行设置，在贝雷片上设置可调节顶托，精准控制梁体预拱，模板拼缝须密封严密，防止漏浆；钢管支架接头应采取加固扣件，严禁采用非标连接方式，确保整体结构抗侧移和抗震能力。

3.2 智能张拉控制系统方案分析

智能张拉控制系统为一种采用信息化、自动化技术的新型预应力施工调控手段，主要由张拉控制主机、液压泵站，具备力传感器和位移传感器的传感器系统，执行机构（张拉千斤顶）、数据采集及处理的模块、控制软件平台等构成，其核心原理为张拉期间，实时将钢绞线的张拉力、位移、回弹值等参数予以采集，采用控制算法自动调控张拉进程的推进，保障各根钢绞线达成设计应力数值，防止钢绞线过张、欠张造成的质量隐患情况。在操作推进阶段，系统按照既定的张拉程序，自行执行张拉、稳压、放张等操作步骤，还实时记录每阶段张拉力和延伸量，然后进行相应分析，系统配备远程监控和自动报警两项功能，若发现参数存在异常情况或与设计值偏差较多，便自动让张拉作业停止，通知施工人员实施干预，于是实现高精度且高安全性的预应力控制要求，全部张拉数据自动归入档案，可投入质量追溯与工程验收环节，为项目管理供给科学支撑点。

面对复杂地形情形下，一般情形下，预应力盖梁受力体系复杂程度进一步提升，张拉操作所涉空间狭窄有限，施工环境稳定性欠佳，对预应力控制提出更为苛刻的要求，于这一情境，智能张拉系统有明显的技术长处，该系统可在受限操作空间实现精准操作，防止人工张拉时因空间局限产生的张拉误差；自动化控制极大削减人为操作差错，强化各束钢绞线张拉的统一性，实现预应力的均匀分布状态，防止结构因受力失衡引发开裂、变形等不良现象。面对地形落差较大且支架安装复杂的工况局面，传统张拉操作不易维持稳定性，智能系统借助远程的控制和流程化操作，阻止人员进入危险工作区域，极大提升施工操作的安全度，智能张拉系统

存有数据化记录与可视化解析能力，可马上体现盖梁张拉期间应力的变化态势、张拉进程中的波动曲线及各阶段控制的准确水平，让施工技术人员可迅速发现问题、优化方案，阻止质量事故降临，在大跨度或特殊形状的预应力结构里，其针对多点同步张拉的控制能力极为关键，有效杜绝应力集中现象及构件变形的失控，改善复杂结构施工的可控性与可靠水平。

在智能张拉系统应用之际，质量控制应贯穿施工预备、张拉执行和事后查验这三个阶段，施工开启前，必须让各项设备校准合格，传感器及数据采集系统精确无纰漏，且要对系统开展全流程调试检验；应根据既定的设计张拉程序，事先把张拉力、延伸量等控制参数输进去，制定翔实的施工计划，且设置好预警的临界量值，提升系统的反应灵敏水平。在张拉作业期间，质量控制的核心是张拉数据实时监控及反馈机制可靠性如何，施工管理人员要按照系统所提供的张拉力—位移曲线图，评断各阶段执行效果，及时对异常数据点加以处置，必要时可终止施工，开展对问题的分析与修复，就同步张拉作业而言，要把各通道间误差严格掌控在设计所确定的规定范围间，保证张拉过程的均衡与协同。施工告一段落后，需针对张拉全过程数据做分析与归纳，完成张拉质量综合报告，给后续工程以借鉴价值，智能张拉系统发展需朝着更高程度的信息集成、决策智能及施工协同迈进，依靠 BIM 技术达成张拉流程与结构模型的联动探究，实时预判张拉造成盖梁变形的走向；引入人工智能算法对张拉路径及策略进行优化，提高系统自适应的综合能力；深入研发依托 5G 的远程操控与多工点协同张拉工艺，实现对群组作业的智能管控，采用模块化、轻量化设计的张拉系统，能促进其在复杂、空间受限制施工环境中普遍应用。

3.3 预应力盖梁施工控制技术研究

面对复杂地形这样的条件，预应力盖梁定位、放样、标高把控及模板安装精准度，为结构成型质量之先决要素，在施工未开始时，应采用高精度测量仪器（如全站仪、激光水准仪）对地形开展详实测绘，打造一致的控制基准依据，保障结构轴线及高程数据能精准有效传递。处于放样作业的进程里，应针对地形陡峭或易产生滑动的区域设置稳定控制桩，同时定期复测，防止基准点的漂移引发盖梁结构位置偏差问题，模板安装以及支架搭设，均需高精度测控技术给予支持，处于支模体系布置搭建的阶段，借助三维建模软件开展不同地形断面的模拟剖析，拟定契合变化地形的模板样式及支架基础处理举措，由此改善支模体系稳定性及可控程度，模板定位应比照预埋件、伸缩缝位置等做精准化布置，避免后期结构尺寸与构造出现位置偏差，运用施工全环节的精细把控，可显著减少混凝土错台、截面变形等问题的出现，为后续预应力张拉打造良好基础支撑。

预应力张拉为影响盖梁受力态势及结构特性的关键节点，其控制技术的关键作用尤为凸显，在复杂地貌环境里，

盖梁一般呈现出跨度有差异、受力不均，张拉工况复杂的现象，需借助科学且合理的张拉工艺与顺序，实现结构应力的均匀分布，防范局部应力集中现象产生。张拉前必须严格审查孔道清理程度、预应力筋的布置状态、锚具连接的牢固程度，且要针对张拉设备实施标定及校验，保证加载精度契合设计的相关要求，张拉期间应采用张拉力与延伸量双控制手段，实时对数据实施监测与记录，对照理论值跟实测值之间存在的偏差，做到张拉力均匀地分布。针对多束同步张拉作业，可采用智能张拉系统实现多点的同步加载工作，防止因张拉非同步造成构件扭曲、开裂以及局部应力失衡现象，张拉工艺可依据地形的具体特点与结构的布置安排，恰当编排张拉顺序，经过山谷、边坡等特定地形段，需首先张拉中央对称的那一段，继而缓缓往两端推进延伸，减小结构变形连同不均匀沉降对预应力分布的影响程度，张拉相关操作结束后，须进行必要的应力回弹检验与二次张拉处理工作，保障结构在长期荷载持续作用下维持既定的预应力水平。

4 结语

复杂地形环境里预应力盖梁施工碰到多项技术挑战，

支模体系实施优化设计、采用智能张拉控制且强化全过程质量管理，皆为维护工程安全和质量的关键支撑，采用引入先进的施工控制技术及智能化器械，既提升了施工的精准度，又提高了效率，还实质性降低了地形复杂性衍生的风险，伴随桥梁工程向智能化建造、高质量发展不断迈进，不停推动技术创举与管理升级，会针对复杂环境下的预应力结构施工提供更切实、高效的解决途径，助力基础设施建设跃上新台阶。

参考文献

- [1] 周忠.桩板式桥梁大跨度预制盖梁标准化预制施工技术[J].中国公路, 2024(22):114-115.
- [2] 万正武.独立花瓶墩盖梁钢管贝雷梁组合支架法施工工艺[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4):4.
- [3] 李伟东.大跨度门架墩盖梁支架施工技术研究[J].交通科技与管理, 2022.
- [4] 陆海军,李锋.长悬臂盖梁预留圆钢支撑,双层贝雷片主梁施工托架方案[J].现代交通技术, 2010(S1):4.
- [5] 王晓利,张金生,李风贤,等.桥梁墩柱盖梁一体化施工技术研究[J].工程建设与设计, 2020(1):3.