

## 预应力技术在公路桥梁工程施工中的应用分析

刘晓东

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

**[摘要]**随着城市化的不断推进和交通需求的增长,公路桥梁作为城市交通网络的重要组成部分,承载着巨大的运输压力。预应力技术作为一种先进的结构强化手段,为公路桥梁工程提供了有效的解决方案,不仅能够有效抵抗交通负荷和外部环境的影响,还能够降低混凝土的开裂和钢筋的疲劳程度。文中探讨预应力技术在公路桥梁工程中的应用,分析其优势与特点,并详细探讨其在不同结构中的具体应用情况。

**[关键词]**公路桥梁; 工程施工; 预应力技术

DOI: 10.33142/ec.v7i3.11436

中图分类号: U445.57

文献标识码: A

### Application Analysis of Prestressed Technology in Highway Bridge Construction

LIU Xiaodong

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

**Abstract:** With the continuous advancement of urbanization and the growth of transportation demand, highway bridges, as an important component of urban transportation networks, bear enormous transportation pressure. Prestressing technology, as an advanced structural strengthening method, provides effective solutions for highway bridge engineering. It can not only effectively resist traffic loads and external environmental influences, but also reduce concrete cracking and steel fatigue. The article explores the application of prestressed technology in highway bridge engineering, analyzes its advantages and characteristics, and discusses in detail its specific application in different structures.

**Keywords:** highway bridge; engineering construction; prestressing technology

传统的桥梁结构在长期使用会出现混凝土开裂、钢筋疲劳、结构变形等问题。为了解决这些问题,预应力技术在 20 世纪中期得以广泛应用,通过调整结构内部的力学平衡,能够减轻桥梁结构自重、提高抗弯和抗剪能力,同时有效缓解钢筋的疲劳程度,从而延长结构的使用寿命。

### 1 预应力技术的优势与特点分析

#### 1.1 缓解钢筋疲劳程度

在桥梁结构中,由于受到交通荷载和自身重力等多重作用,钢筋承受复杂变化的受力状态,导致疲劳损伤逐渐积累。通过预应力技术,提前施加设计合理的张拉力,使得钢筋在正常使用荷载下的应力状态相对较小,有效地减缓了结构材料的老化速度,提高了桥梁的耐久性和稳定性。在长期交通负荷和自然环境的影响下,预应力技术为桥梁结构提供了可靠的保护,使其更具可持续性和经济性。

#### 1.2 提高工程项目安全性

在桥梁结构中施加预先设计的应力,整体结构的稳定性和承载能力得到显著提升,能够更有效地抵御来自交通荷载、风荷载等外部作用力的影响,降低了发生结构破坏或倒塌的风险。在自然灾害或异常情况发生时,预应力技术有效减缓了结构变形的速度为提前采取维修、加固等措施提供了宝贵的时机,最大限度地减小了潜在的安全风险。通过预应力技术,工程项目还能更好地应对长期使用引起的结构变形、裂缝等问题,提高了桥梁整体的刚度和稳定

性,降低了由于材料老化和长期受力引起的结构损伤风险。

### 2 公路桥梁工程中预应力技术的应用情况

#### 2.1 应用于工程预制板

工程预制板在桥梁建设中的应用已成为一种主流趋势,可以在预制板制作过程中施加预先设计的应力,使得预制板在使用过程中能够更好地承受荷载,有效提高了预制板的整体强度和稳定性,使其在各种工程应用场景中表现出色。通过在预制板中设置精确计算的预应力筋,可以确保每块预制板的性能都在设计要求范围内,减少了由于生产工艺和材料差异导致的性能波动,有助于提高施工效率,减少施工现场的不确定性,为桥梁工程提供了可靠的结构基础<sup>[1]</sup>。工程预制板的使用结合预应力技术,还能够大幅度减少现场浇筑混凝土的需求,降低施工现场对混凝土浇筑的依赖性,不仅缩短了施工周期,还降低了施工现场的环境影响,提高了工程的整体可控性。

#### 2.2 应用于混凝土 T 型梁

混凝土 T 型梁具有承载能力强、施工方便等特点,而预应力技术的引入更是提升了其整体性能。混凝土 T 型梁在公路桥梁项目中得到广泛应用,通过在梁底部设置预应力筋,预应力技术有效地提高了混凝土 T 型梁的受力性能。与传统的非预应力混凝土梁相比,采用预应力技术的混凝土 T 型梁不仅能够实现更大跨度的设计,还能在保持相对轻量的同时提高整体的结构强度。

### 2.3 应用于混凝土箱梁

混凝土箱梁中, 预应力技术为其带来了显著的优势, 推动了其在桥梁工程中的广泛采用。通过在箱梁结构内部设置预应力筋, 有效地增加了梁的整体抗弯和承载能力, 不仅使得混凝土箱梁能够承受更大的荷载, 还能够降低结构在长期使用中的变形, 延长了桥梁的使用寿命。相对于传统的非预应力混凝土箱梁, 采用预应力技术的箱梁具有更大的自由跨度设计能力, 适应了更多变化复杂的工程需求。同时, 预应力技术的应用提高了混凝土箱梁的整体刚度, 增强了其抗震性能, 为桥梁工程的可靠性提供了强有力的支持。预应力技术可以在工厂条件下进行, 减少了现场浇筑混凝土的依赖, 同时简化了施工工序。

### 2.4 应用于受弯部件

受弯部件通常包括桥梁的梁、板等结构, 在这些部件的设计与施工中, 预应力技术为其赋予了卓越的性能和可靠性。通过在受弯部件内设置精确计算的预应力筋, 使得受弯部件能够更好地抵御外部荷载引起的弯曲变形, 显著提升了结构的抗弯能力。相较于传统非预应力受弯部件, 采用预应力技术的受弯部件能够实现更大的自由跨度, 具备更灵活的设计能力<sup>[2]</sup>。同时, 预应力技术的应用也增加了受弯部件的整体刚度, 提高了结构的稳定性, 有助于减小变形并确保桥梁在使用寿命内保持良好的结构性能。在施工阶段, 通过提前在工厂进行预应力处理, 不仅可以减少现场浇筑混凝土的需求, 而且简化了现场施工工序。

### 2.5 应用于桥梁加固施工

桥梁加固是为了应对老化、损伤或超负荷等原因导致的结构问题, 而预应力技术在这一过程中发挥了重要作用。桥梁加固施工中广泛采用预应力技术, 通过在已有结构中引入预应力, 可以有效改善结构的承载能力, 弥补可能存在的缺陷和损伤。预应力技术在桥梁加固中可以根据不同桥梁的结构特点和问题定制出合理的预应力方案。无论是面对桥墩的开裂、桥梁梁段的挠度过大还是其他结构问题, 预应力技术都能够提供有效的解决方案, 为加固工程提供了广泛适用性。在实际施工中, 通过在桥梁结构中设置新的预应力筋或对原有预应力筋进行调整, 可以迅速而精确地实现结构的加固。

## 3 公路桥梁预应力技术施工质量控制的基本要求

### 3.1 施工前的质量控制

施工前的质量控制是预防和减少施工中潜在问题的关键步骤, 包括对预应力材料的检验。确保使用的钢绞线或预应力筋符合设计要求和相关标准, 具有足够的强度和韧性。对于混凝土等其他材料也要进行详细检查, 保证其质量符合规范, 以防止施工中出现问题由于材料问题导致的结构缺陷。预应力设备的检测与调试是施工前的重要环节。确保张拉设备、锚固设备等预应力工具的性能正常, 能够满足设计要求。对设备进行详细的调试和试验, 以保证在实际施工中能够稳定可靠地实施预应力作业。在施工前, 还需要进行预应力构件的准备工作, 包括确保构件的尺寸、形状和表面平整度符合设计规范, 以及预应力通道的畅通。对

于已有结构的加固工程, 还需进行详细的结构检测, 了解结构的实际状况, 为后续的预应力施工提供准确的基础数据。

### 3.2 施工过程中的质量控制

施工过程中的质量控制确保了施工阶段各项工作按照设计要求和标准进行, 最终实现预应力结构的安全、可靠、稳定的运行状态。对于预应力筋的张拉力、混凝土的强度以及锚固系统的工作状态等关键参数进行定期测量和记录, 有助于及时发现材料和设备可能存在的问题, 采取相应的纠正措施, 以确保施工过程的质量。对于预应力筋的张拉过程, 需要确保施加的预应力力度和时间控制在设计范围内。同时, 对于锚固系统的工作情况, 要进行实时监测, 确保锚固系统能够牢固地保持预应力力的传递, 防止预应力损失。在混凝土浇筑阶段, 施工过程中的质量控制还包括对混凝土的浇筑质量的监测, 合理的混凝土浇筑工艺和质量控制, 对于预应力结构的整体性能至关重要。对于不同的气象条件、温度变化等因素, 需要采取相应的措施, 以确保预应力工程不受外界环境的不利影响。在施工过程中, 及时记录施工的各项数据, 建立施工过程的质量档案, 有助于事后的质量评估和结构性能的长期监测, 为预应力结构的后续运行和维护提供可靠的依据。

### 3.3 施工完成后的质量控制

施工完成后的质量控制是确保预应力技术应用成果符合设计要求且长期稳定运行的重要环节。对已施加预应力的结构部件进行全面检测是施工完成后质量控制的核心内容之一, 包括对预应力筋的张拉力进行再次检测, 确保其与设计值相符, 以验证预应力的传递和保持情况<sup>[3]</sup>。同时, 对锚固系统的稳定性进行检查, 以保证其有效地锚固预应力筋, 防止预应力的损失。对混凝土结构的质量进行检验。通过对混凝土的强度、密实度、抗渗性等关键性能参数进行检测, 验证混凝土是否符合设计要求, 有助于评估混凝土浇筑工艺的合理性和质量水平。在施工完成后, 通过使用传感器等工具监测结构的变形情况, 了解结构在使用阶段的性能表现。还需要对施工过程中的工程文件进行审查, 确保施工记录的完整性和准确性。

## 4 公路桥梁工程施工中预应力技术的应用策略

### 4.1 选取适宜的钢绞线

选取适宜的钢绞线是预应力技术应用中至关重要的一项策略, 直接影响着结构的稳定性和性能。需要根据工程设计的要求和预期的结构荷载, 选择具有足够抗拉强度和韧性的钢绞线, 有助于确保预应力筋在受力过程中能够承担设计要求的预应力力度, 同时在长期使用中保持结构的稳定性。在选择钢绞线时, 还需要考虑材料的耐腐蚀性和耐久性, 特别是在桥梁等公路工程中, 结构常受到潮湿环境和化学腐蚀的影响, 因此应选择具有良好耐腐蚀性的钢绞线, 以延长结构的使用寿命。钢绞线的直径和截面形状也是关键的考虑因素, 通过选用合适的直径, 可以满足结构对于预应力力度的需求, 并在设计中充分考虑混凝土的充实度。在实际应用中, 对于大跨度、高要求的公路桥



梁工程,往往采用高强度的预应力钢绞线,以确保结构具有足够的承载能力。对于需要考虑混凝土充实度和锚固性能的工程,可选择具有优越截面形状和表面处理的钢绞线,以提高预应力系统的整体性能。

#### 4.2 优化设计注浆孔位置

优化设计注浆孔位置是预应力技术应用中的重要策略,对于混凝土结构的整体性能和预应力锚固效果具有关键性影响。需要在设计阶段充分考虑结构受力的特点和预应力筋的布置,合理确定注浆孔的位置,通过在受力集中的区域设置注浆孔,可以最大程度地提高注浆材料的渗透性,确保预应力筋与混凝土之间的黏结效果更为良好。在进行注浆孔的优化设计时,需要注意避免在结构中形成过多或过密的注浆孔。过多的注浆孔可能导致混凝土的结构性能受损,而过密的注浆孔则可能影响混凝土的整体强度和稳定性。因此,需要在设计中保持注浆孔的合理密度,以确保注浆材料均匀分布并充分渗透到预应力筋周围的混凝土中。在梁、板等结构中,可通过合理设置横向和纵向的注浆孔,以满足不同方向上的预应力筋的注浆需求。对于曲线或特殊形状的结构,需要根据结构的曲率和受力分布情况,调整注浆孔的位置,以确保注浆材料能够均匀充实整个结构。在实际应用中,可以采用计算机模拟和结构力学分析等先进技术,辅助确定最优的注浆孔位置,有助于在设计阶段充分考虑结构的力学性能,以及预应力筋与混凝土之间的协同作用,从而实现注浆孔位置的优化布置。

#### 4.3 优化安装波纹管

优化安装波纹管是在预应力技术应用中关键的策略,它直接影响预应力筋的锚固性能和整体结构的稳定性。根据预应力筋的直径和结构的需求,选用适当规格的波纹管,确保其能够良好地容纳预应力筋,并提供足够的波纹深度和间距,以确保注浆材料能够均匀充实整个波纹管。合理安装波纹管的位置可以最大程度地提高注浆材料的渗透性,保证其能够均匀渗透到预应力筋周围的混凝土中。在波纹管的布置上,通常可以选择纵向和横向的波纹管组合,以满足不同方向上预应力筋的注浆需求。选用具有优良渗透性和黏结性的注浆材料,以确保其能够充分填充波纹管,并在固化后形成坚固的锚固体。在施工过程中,要确保注浆的连续性和均匀性,防止波纹管内出现空隙或气泡,从而影响锚固效果。在特殊结构或受力区域,可以采用计算机模拟和结构力学分析等技术手段,辅助确定最优的波纹管布置和安装方案,有助于在设计阶段充分考虑结构的力学性能,从而实现波纹管的最佳安装效果。

#### 4.4 制定定期检测与维护计划

制定定期检测与维护计划是预应力技术应用中的关键策略,有助于确保结构在使用寿命内保持良好的性能,并及时发现和解决潜在问题。对于大跨度、高要求的公路桥梁工程,可能需要更为频繁和全面的检测,以确保结构的长期稳定性。采用先进的非破坏性检测技术,如超声波

检测、振动监测等,可以在不破坏结构的前提下获取大量的结构性能数据。此外,还可以借助传感器网络实时监测结构的变形、温度、湿度等参数,实现对结构状态的实时监测。维护计划的制定也至关重要。根据定期检测的结果,制定相应的维护方案,包括修补已损坏的混凝土、更换受损的预应力筋、修复锚固系统等。在发现结构存在严重问题时,能够迅速采取应急维护措施,确保结构的安全性。通过风险评估,可以预测结构可能面临的潜在问题,有针对性地采取预防性维护措施,降低结构发生严重问题的概率。

#### 4.5 引入新技术与材料

引入新技术与材料是预应力技术应用中的关键策略,可以采用新型的高强度、高耐久性的预应力材料,如高强度混凝土和先进的预应力筋。引入新技术方面,采用先进的预应力施工技术,例如自动化的张拉设备和实时监测系统。自动化的张拉设备可以提高预应力施工的精度和效率,确保预应力筋的张拉力度符合设计要求。实时监测系统则能够对结构的变形、应力分布等进行实时监测,提供及时的结构健康状态信息,为维护和管理提供科学的依据。采用先进的非破坏性检测技术,如光纤传感器、红外热像技术等,可以在不破坏结构的情况下,提供更为详细和全面的结构性能数据,有助于更准确地评估结构的健康状况和维护需求。新技术与材料的引入应充分满足工程的需求,同时保持合理的成本。在选择新技术时,要考虑其在实际工程中的应用前景和成熟度,确保其能够稳定可靠地应用于公路桥梁工程中。

#### 5 结束语

在公路桥梁工程中,预应力技术的应用为结构的稳定性和可靠性提供了重要支持。在实际应用中,通过优化设计注浆孔位置、选择适宜的钢绞线、优化安装波纹管等策略,预应力技术得以更好地发挥作用。施工前的质量控制、施工过程中的监测和施工完成后的检测与维护计划,为预应力技术的成功应用提供了可靠的保障,引入新技术与材料的战略决策为公路桥梁工程的未来发展带来了更为广阔的前景。预应力技术在公路桥梁工程中的应用已经成为提高结构性能、延长使用寿命的不可或缺的一部分。通过精细的设计、科学的施工和定期的监测与维护,预应力技术将持续为公路桥梁工程的可持续发展贡献力量,创造更加安全、稳定和耐久的交通基础设施。

#### [参考文献]

- [1]李涛. 预应力施工技术在公路桥梁工程中的应用[J]. 安阳工学院学报, 2022, 21(4): 91-93.
- [2]于兴利. 公路桥梁工程中预应力技术的应用及施工质量控制研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(5): 137-139.
- [3]程岗国. 预应力施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 中国储运, 2023(4): 61-62.

作者简介: 刘晓东(1992.11—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 职务: 施工部长, 职称级别: 中级。