

## 公路桥梁施工中的应力监测与安全管理

李宏伟

山东高速工程建设集团有限公司, 山东 济南 250000

**[摘要]** 公路桥梁施工中, 应力监测与安全管理对确保工程质量和施工安全至关重要。施工过程中, 桥梁结构面临不同的外力作用, 导致应力变化, 可能引发安全隐患。常见的应力监测方法包括应变片法、光纤传感法等, 这些技术可实时采集桥梁的应力数据, 及时发现潜在问题。同时, 科学的安全管理体系能有效识别施工过程中的安全风险, 并采取相应的控制措施。优化应力监测与安全管理可提升桥梁施工安全性, 减少事故, 确保工程顺利完成。

**[关键词]** 公路桥梁; 应力监测; 安全管理; 智能化技术; 施工安全

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15068

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

## Stress Monitoring and Safety Management in Highway Bridge Construction

LI Hongwei

Shandong Hi-speed Engineering Construction Group Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

**Abstract:** Stress monitoring and safety management are crucial for ensuring engineering quality and construction safety in highway bridge construction. During the construction process, the bridge structure is subjected to different external forces, resulting in stress changes that may pose safety hazards. Common stress monitoring methods include strain gauge method, fiber optic sensing method, etc. These technologies can collect real-time stress data of bridges and detect potential problems in a timely manner. Meanwhile, a scientific safety management system can effectively identify safety risks during the construction process and take corresponding control measures. Optimizing stress monitoring and safety management can enhance the safety of bridge construction, reduce accidents, and ensure the smooth completion of the project.

**Keywords:** highway bridges; stress monitoring; safety management; intelligent technology; construction safety

### 引言

公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分, 其施工安全直接关系到交通畅通与人民生命财产安全。然而, 桥梁施工过程中面临多种安全管理挑战, 如结构受力复杂、施工环境不确定等。应力监测技术在实时掌握桥梁应力状态、预防安全隐患方面发挥着关键作用。国内外在桥梁施工中的安全监测技术已有一定发展, 但仍存在数据精度不足、实时性差等问题。文章通过分析应力监测技术与安全管理体系的现状与发展趋势, 旨在提出优化措施, 提升桥梁施工安全性与施工质量。

### 1 公路桥梁施工中的应力监测技术

#### 1.1 应力监测的基本原理与方法

应力监测是通过技术手段实时监测桥梁施工过程中结构所承受的应力和变形, 以确保结构安全。桥梁施工期间, 外力和内部反应可能导致裂缝或变形, 因此及时有效的应力监测至关重要。常见的应力监测技术包括应变片法和光纤传感法。应变片法通过粘贴应变片在结构表面, 测量形变并转换成应力数据, 适用于传统桥梁监测。光纤传感法利用光纤传输特性, 适合大范围高精度监测, 特别是在复杂施工环境中。监测系统由传感器、数据采集单元和数据分析系统组成, 传感器实时采集数据并传输至数据采

集单元, 最终通过数据分析系统进行处理, 及时发现潜在的安全隐患<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 桥梁施工过程中应力监测的关键点

在桥梁施工过程中, 应力变化呈现阶段性特征, 尤其在结构安装和负载逐渐增大的过程中, 往往伴随有明显的应力变化。关键施工阶段如桥墩施工、梁体架设及桥面铺设等, 均需密切监测应力状态, 以确保结构的稳定性和安全性。应力监测的重点区域包括桥墩、桥面以及接缝等重要部位。桥墩是承载主要荷载的部位, 其应力变化直接关系到桥梁的整体稳定性; 桥面受交通荷载及环境变化影响, 应力分布复杂; 接缝处常常为应力集中区域, 容易发生裂缝或破坏。因此, 这些部位的监测至关重要。环境因素如温度、湿度和风力等会影响桥梁应力, 需综合考虑这些因素对监测数据的干扰。

#### 1.3 应力监测数据分析与评估

应力监测数据的采集与处理是确保监测准确性和可靠性的关键。数据采集过程中需确保传感器精度, 并通过合适的时间间隔进行数据记录, 以便获取连续的应力变化趋势。数据处理方法包括噪声滤波、数据平滑以及基于数学模型的插值等, 确保获得高质量的应力数据。应力分析模型的建立与验证是数据分析的核心步骤, 常通过有限元

分析等数值模拟手段,对监测数据进行验证和对比,判断监测数据的合理性。最终,通过应力监测结果进行安全评估与预测,评估桥梁的安全状态,并及时作出调整和加固措施,防止结构失稳或发生灾难性事故。这些评估模型可以根据实际情况进行动态调整,形成预警机制,确保桥梁施工的安全与稳定。

## 2 桥梁施工中的安全管理体系

### 2.1 安全管理体系的组成与框架

桥梁施工的安全管理体系通常包括风险识别、控制措施、应急响应、监督检查等多个环节。安全管理的基本内容包括施工过程中的危险源识别、风险评估、作业安全措施的制定与执行、事故应急预案的编制与实施等。实施流程从项目立项阶段开始,经过详细的安全计划制定、现场实施、监督检查和安全评估等步骤,形成闭环管理。桥梁施工安全管理的特殊性主要体现在复杂的施工环境和多变的施工工序上,如高空作业、大型机械设备操作及恶劣天气等因素,因此,安全管理必须针对具体情况进行调整。常见的安全管理体系如 ISO 45001,要求通过系统性方法识别、评估和控制安全风险,确保工人健康与施工安全。

### 2.2 安全风险评估与控制措施

桥梁施工中的主要安全风险来自施工设备、施工环境及作业人员的操作不当。设备故障、吊装失误、高处作业的坠落、混凝土浇筑过程中的人员伤害等均为潜在隐患。施工环境方面,气候变化、地质条件不稳定等也可能导致事故发生。风险评估方法包括定性分析与定量分析,定性分析通过专家判断和经验识别风险,定量分析依赖历史数据与概率分析量化风险。根据评估结果,采取相应的控制措施,如加强设备检查、合理安排工序、为高风险岗位提供安全培训等,以降低事故发生的可能性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 安全管理的组织与协同机制

桥梁施工中的安全管理需要一个完整的组织体系,确保各环节有序协调。项目安全管理团队通常由项目经理、安全员、技术负责人和现场安全管理人员组成,确保各层级安全监控与管理到位。不同职能部门之间的协作与沟通至关重要,施工人员、管理人员、监理人员需密切合作,及时反馈安全状况与问题。在桥梁施工中,应急管理同样不可忽视。应急管理体系包括事故预防、应急响应与后期处理,需制定应急预案,明确岗位职责并定期进行应急演练,提高现场人员应急处置能力。有效的协作与组织管理能最大限度减少事故发生,提高施工安全保障能力。

## 3 应力监测与安全管理的协同作用

### 3.1 应力监测在安全管理中的角色

应力监测在桥梁施工安全管理中起着至关重要的作用,尤其在安全风险预警方面,能够及时发现结构潜在的应力变化,从而为施工安全决策提供数据支持。通过实时监测桥梁结构的应力和变形情况,能够准确评估施工过程中

中的结构稳定性,及时预测并预警可能的安全隐患,如应力集中或裂缝扩展等。监测数据在安全管理中的应用,不仅帮助决策者及时调整施工方法,还能优化施工安排。例如,监测数据可以揭示高风险区域,为施工人员提供精准的安全防护指导。此外,实时数据监控与反馈机制能够确保监测信息及时传达至管理层和现场人员,实现迅速响应和有效控制,极大提高施工安全性<sup>[3]</sup>。

### 3.2 结合应力监测的安全管理优化策略

结合应力监测技术,桥梁施工中的安全管理可以得到显著优化。基于应力监测数据的安全隐患预警系统是关键组成部分,通过集成传感器和实时数据处理平台,系统能够自动识别潜在的危险信号,如应力异常或变形超标,并及时报警,为施工管理人员提供决策依据。智能化技术,如大数据分析和人工智能,在桥梁施工中逐步得到应用,通过海量数据的分析与学习,能够精准预测施工过程中可能出现的安全问题。此外,桥梁施工中应力监测与安全管理的联合优化有助于实现施工安全的动态管理,通过数据实时监控、智能预警和管理人员的协调行动,有效避免事故发生。

### 3.3 案例分析:应力监测与安全管理的成功应用

在国内的某大型跨江公路桥梁施工项目中,采用了应力监测技术与安全管理系统的协同工作,取得了显著的成果。该项目在桥梁结构的关键部位安装了光纤传感器与应变片,通过对结构应力和变形的实时监测,及时发现了桥梁在施工阶段出现的局部应力过大问题。监测数据显示,某一桥墩承受的荷载较预期值偏高,系统即时发出警报并通过安全管理平台进行反馈,施工团队根据监测结果调整了施工方案,避免了可能的安全事故。此外,项目还将大数据分析技术与人工智能算法应用于监测数据分析,进一步提高了预警的精准度。通过这一协同机制,该桥梁施工项目实现了零事故的目标,不仅确保了施工安全,还为类似项目提供了宝贵的经验。成功经验表明,应力监测与安全管理融合是提升桥梁施工安全性与效率的关键。

## 4 桥梁施工中的新技术与发展趋势

### 4.1 新型应力监测技术的应用前景

随着科技的发展,新型应力监测技术逐渐应用于桥梁施工中,提升了施工精度与安全性。光纤传感技术作为一种新兴的应力监测手段,能够实时、精准地监测桥梁结构的应力变化,具有高灵敏度、耐高温及抗干扰能力强等特点,广泛应用于大跨度桥梁和复杂结构的监测。此外,无人机监测技术的应用也为桥梁施工提供了新的解决方案,利用无人机搭载传感器,能够对难以到达的施工现场进行空中监测,实现全面覆盖。无线传感技术的优势在于其无需布设传统电缆,便于安装、拆卸与移动,尤其适合于动态监测及大范围施工监测。新技术的应用,不仅提高了施工精度,还极大增强了桥梁结构监测的实时性和全面性,

有助于提前发现潜在问题，防止安全事故的发生。

#### 4.2 智能化安全管理的未来发展方向

智能化安全管理系统正在成为桥梁施工管理的重要发展方向。BIM（建筑信息模型）技术在施工中的应用，能够为桥梁施工提供一个完整的数字化转型，通过模拟施工过程，提前识别潜在的安全隐患并优化施工方案。人工智能技术的应用，特别是监控系统中的智能分析功能，使得施工现场的安全管理更加高效和精确。施工现场的实时数据通过云平台进行集中管理，所有数据可以实时上传和分析，确保及时掌握安全动态并做出反应。智能化管理还能够通过大数据分析对施工安全进行预测，进行科学的风险评估与预警，进一步提升施工安全性<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 绿色施工与应力监测技术的结合

绿色施工理念强调施工过程中的环境保护、资源节约和可持续发展，要求施工中的所有技术和措施都应减少对环境的负面影响。应力监测技术在绿色施工中的应用，除了保证桥梁施工安全外，还应关注其对环境的影响。例如，光纤传感器和无线传感器等新技术，不仅能够提高监测精度，也能减少传统监测设备对环境的干扰，符合绿色施工的要求。此外，绿色技术的应用还将促进施工过程中的能效管理、废物回收等，确保施工过程更加环保。通过优化施工方案、精准控制施工质量与安全，绿色技术可以提升桥梁施工的可持续性，确保长期的安全性与稳定性，推动桥梁工程向更加环保、智能和高效的方向发展。

### 5 应力监测与安全管理在实际项目中的应用与挑战

#### 5.1 技术手段实现数据实时监控与反馈

在实际公路桥梁施工中，利用先进的应力监测技术可以实现对桥梁结构的实时数据监控。通过布设光纤传感器、应变片和无线传感设备，施工方能够实时采集桥梁结构在不同阶段的应力和变形数据。这些数据通过无线网络实时传输至监控平台，施工团队可以在第一时间掌握桥梁的应力状态，及时发现异常情况。以某大型跨江公路桥梁为例，通过光纤传感技术的应用，施工方能够远程监控桥梁主梁和桥墩的受力情况，确保施工的每一步都在安全可控范围内<sup>[5]</sup>。

#### 5.2 现场环境对监测结果的影响及解决方案

桥梁施工现场环境复杂，气候变化、温度波动、施工设备振动等因素都可能影响应力监测数据的准确性。例如，极端天气条件下，温度的变化可能导致传感器的误差，进而影响应力数据的读取。为应对这些挑战，施工单位采取

了多种应对措施。通过加强传感器的校准工作，采用具备高温抗干扰性能的传感器，并结合环境补偿算法进行数据修正，确保监测数据的准确性。此外，现场环境对监测系统的稳定性也是一个挑战，定期维护和校准设备、加强技术人员培训成为关键。

#### 5.3 应力监测系统的稳定性与数据准确性保障

在复杂的施工条件下，确保应力监测系统的稳定性和数据准确性至关重要。在某桥梁施工项目中，由于施工场地的空间限制和施工设备的频繁变化，系统的稳定性面临较大压力。为此，项目团队通过搭建稳定的通信网络，采用高可靠性的无线传输技术，并配备多通道数据备份系统，以应对设备故障或通信中断的情况。此外，数据分析平台还引入了自动化校正和故障检测算法，对监测数据进行实时验证，确保最终的分析结果能够反映桥梁的真实受力状态。这些措施不仅提升了系统的稳定性，也增强了监测数据的可靠性，为桥梁施工安全提供了有力保障。

### 6 结语

公路桥梁施工中的应力监测与安全管理是确保施工安全与工程质量的关键。随着新技术的不断应用，智能化监测和安全管理体系的协同作用能够显著提升施工过程中的风险预警和决策效率。然而，施工现场环境的复杂性和技术系统的稳定性仍面临挑战，需通过技术创新和优化管理模式加以解决。未来，随着智能化技术和绿色施工理念的深度融合，桥梁施工的安全性、精度和可持续性将进一步得到提升，为工程建设提供更加坚实的保障。

#### [参考文献]

- [1]唐少英,张瑜.公路桥梁施工中预应力检测技术的应用分析[J].新型工业化,2019,9(3):103-106.
  - [2]傅莉.预应力检测技术在公路桥梁施工中的应用[J].交通世界,2020(12):82-83.
  - [3]唐涛,蔡华俊.公路桥梁施工中应变监测相关技术研究[J].四川水泥,2021(10):263-264.
  - [4]李方甫.桥梁施工应力监测分析与维修加固技术研究[J].北方交通,2021(3):28-35.
  - [5]王林.公路桥梁施工控制及技术研究[A].冶金工业教育资源开发中心.第四届钢铁行业数字化教育培训研讨会论文集[C].冶金工业教育资源开发中心:冶金工业教育资源开发中心,2024.
- 作者简介:李宏伟(1980.8—),男,毕业院校:山东交通学院,专业:土木工程,当前就职于:山东高速工程建设集团,职务:分公司副总经理,职称:高级工程师。