

拱桥施工过程中的监测与安全评估研究

朱忠

四川路桥华东建设有限责任公司

摘要：拱桥施工过程中的监测与安全评估研究，一直是工程领域关注的重点。随着施工技术的不断革新，对监测与评估的准确性和时效性要求也日益提高。本文旨在深入探讨拱桥施工过程中的监测与安全评估问题，分析现有方法的优缺点，并提出改进策略。通过优化监测手段、提升评估精度，期望为拱桥施工的安全与稳定提供更为坚实的保障。同时本研究也有助于推动监测与安全评估技术的创新发展，为类似工程提供借鉴与参考。

关键词：拱桥施工；监测；安全评估

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.052

一、拱桥施工过程中监测与安全评估的意义

（一）保障施工安全，预防事故发生

在拱桥施工过程中，由于涉及复杂的结构体系、多样的施工工艺以及多变的现场环境，安全风险始终存在。施工过程中，任何一点疏忽或不当操作都可能带来严重的后果，如结构失稳、材料破损等，不仅会造成巨大的经济损失，还可能威胁到施工人员的生命安全。因此，通过实时监测技术，能够实时监控拱桥施工过程中的各项关键指标，如结构变形、应力分布等。一旦监测数据出现异常，便能够迅速发现并及时预警，从而及时采取应对措施，防止事故的发生。

同时，安全评估也是保障拱桥施工安全的重要手段。通过对施工过程中的各项参数进行综合分析，可以对潜在风险进行定量分析和定性判断，从而科学评估施工安全状况。安全评估不仅可以帮助及时发现施工中的安全隐患，还可以为施工决策提供科学依据，确保施工安全。

（二）优化施工方案，提高施工效率

在实际施工中，现场环境的微妙变化、材料性能的细微差异，乃至施工人员素质的参差不齐，都对既定的施工方案产生影响，导致其实施过程中出现偏差，需要借助实时监测这一技术手段，深入了解拱桥施工过程中的结构行为和受力状态。通过实时采集的数据，可以精确地掌握每一阶段、每一环节的施工情况，及时发现施工方案中存在的问题和不足^[1]。另外通过这些监测数据的反馈，可以对施工方案进行有针对性的优化调整；比如，根据结构变形的监测结果，可以调整施工顺序，避免结构因受力不均而发生破坏；根据应力分布的监测结果，可以优化施工工艺，减少应力集中现象的发生。这

样的优化调整，不仅能使施工方案更加符合实际情况，还能有效提高施工效率，确保工程质量的稳定可靠。

（三）提升工程质量，延长桥梁寿命

通过实时监测技术能够实时获取施工过程中的各项数据，如材料的性能参数、结构的变形情况、施工人员的操作情况等。通过对这些数据的分析，可以及时发现施工过程中的质量问题，如材料的不合格、施工的不规范等，并立即采取相应的措施进行处理，这种及时发现并解决问题的方式，确保了工程质量的稳定可靠^[2]。同时，安全评估也是保障工程质量的重要一环，通过对桥梁结构的安全性、稳定性和耐久性进行全面而深入的综合评估，可以对桥梁的性能状况有一个清晰的认识。另外可以及时发现存在的隐患和薄弱环节，还能制定针对性的改进和加固措施提供有力支持；此外，长期的监测和安全评估还能桥梁的维护和管理提供科学依据，通过对桥梁长期性能的预测和评估，可以提前发现潜在问题并制定预防措施，确保桥梁的安全运营和延长使用寿命。

二、拱桥施工过程中监测与安全评估遇到的问题

（一）监测设备布置与稳定性问题

在拱桥施工过程中，现场监测设备的布置与稳定性问题，无疑是确保施工质量和安全的关键所在。拱桥作为一种特殊的桥梁结构，其施工过程的复杂性和多变性使得监测设备的布置变得尤为重要。然而，在实际操作中，监测设备的布置位置往往难以确定。这主要是因为拱桥的结构特点使得一些关键部位的监测变得困难，如拱脚、拱顶等位置的监测设备布置需要考虑到施工条件的限制，如施工空间狭小、施工干扰大等因素。同时，设备固定不稳固也是监测过程中一个常见且棘手的问题。

由于施工现场环境复杂，存在着振动、风力等多种干扰因素，这些干扰因素可能导致监测设备发生移位或损坏。特别是在一些关键施工阶段，如拱圈合拢、拱脚浇筑等，设备固定更是需要格外小心。一旦设备固定不牢，不仅会导致监测数据失真，还可能对施工现场的安全造成威胁。此外，监测设备的稳定性问题也不容忽视。施工环境中的温度、湿度等环境因素都可能对监测设备的性能产生影响。例如，在高温环境下，设备可能因过热而失效；在湿度较大的环境中，设备可能因受潮而损坏，这些因素都可能影响监测数据的准确性和可靠性，进而影响到施工安全和质量。

（二）监测数据实时传输与处理难题

施工现场的环境复杂多变，给监测数据的实时传输带来了极大的困扰。电磁干扰、建筑物遮挡等因素，使得数据传输信号在传输过程中易受到干扰，导致数据传输的不稳定。这不仅影响了数据的实时性，还可能造成数据的丢失或失真，使得施工团队无法准确了解桥梁结构的实时状态；此外，施工现场还常常存在各种意外因素，如突然的天气变化、设备故障等，这些都可能对数据的传输造成不可预测的影响。此外，监测数据的处理同样是一项艰巨的任务。拱桥施工过程中产生的监测数据种类繁多，包括桥梁结构的位移、应力、变形等关键参数，以及环境温度、湿度等环境因素。这些数据不仅数量庞大，而且实时性要求高，需要快速、准确地进行分析和处理。然而，现有的数据处理技术往往难以满足这些要求，导致数据处理效率低下，甚至可能出现误差。这不仅影响了施工决策的准确性，可能因误判而导致施工成本的增加和工期的延误。另外，施工过程中的不确定因素也为数据传输与处理带来了诸多变数。

（三）安全评估方法的适用性与准确性问题

在适用性方面，拱桥施工的确是一个复杂而精细的过程，其中涉及的因素众多且相互交织。从结构类型到材料性能，再到施工环境，每一个环节都可能对整体的安全性产生深远影响。传统的安全评估方法，往往基于固定的参数和模型进行预测和判断，这在面对施工过程中的种种变化时，显得力不从心。固定的参数和模型难以适应施工现场多变的环境和条件，更难以全面考虑各种潜在的风险因素。因此，评估结果往往与实际情况存在较大的偏差，难以准确反映施工过程中的真实风险状况，进而无法为施工决策提供有效的指导。而在准确性方面，拱桥施工过程中的风险是动态变化的，它受到天气、设备状态、人员操作等多种因素的实时影响。现有的安全评估方法，往往缺乏足够的实时性和灵活性，无法及时捕捉这些动态变化。这导致评估结果往往滞后于实际风险，无法为施工决策提供及时的参考。此外，评估过程中可能存在的参数选择不当、模型误差等问题，也进一步加剧了评估结果与实际风险之间的偏差。

（四）监测与安全评估的协调与整合问题

监测数据的准确性和完整性是保障安全评估有效性的基础。然而，在实际施工过程中，由于监测设备的精度限制、环境因素干扰以及人为操作失误等原因，往往导致监测数据存在误差或缺失^[3]。这种情况下，如何确保监测数据的准确性，以及如何处理不完整或异常数据，使其能够真实反映桥梁施工的状态，成了一个亟待解决的问题。另外，监测与安全评估在时间上的同步性也是一个关键问题。安全评估需要基于实时或准实时的监测数据进行，以便及时发现潜在风险并采取相应的措

施。然而，在实际操作中，由于数据传输延迟、处理速度不足以及人为因素等原因，往往导致监测与安全评估在时间上存在偏差。这种偏差可能导致安全评估结果的滞后，无法及时为施工决策提供支持；此外，监测与安全评估在方法和技术上的融合也是一个重要问题。目前，监测与安全评估各自采用的方法和技术往往存在差异，缺乏统一的标准和规范。这导致了两者在数据格式、分析模型以及评估标准等方面存在不匹配的情况，使得协调与整合变得困难。

三、拱桥施工过程中监测与安全评估的改进策略

（一）合理布置监测设备，提高设备稳定性

在监测设备的布置方面，需要对拱桥的结构特点进行深入的分析 and 理解。拱桥由于其特殊的形态和受力特点，使得一些关键部位的监测变得尤为重要，如拱脚、拱顶等。然而，这些部位的监测设备布置往往受到施工空间狭小、施工干扰大等实际条件的制约。因此，需要结合施工现场的具体情况，科学合理地确定监测设备的布置位置和数量。这可能需要多次的现场勘查和试验，以找到最佳的布置方案。

针对设备不稳定性问题，需要采取有效的措施来加固设备，提高其稳定性。例如，可以使用专业的固定装置将设备牢牢固定在预定位置，防止其发生移位。同时，还需要定期对设备进行检查和维护，确保其处于良好的工作状态。为了确保监测数据的准确性，需要选择性能稳定、精度高的监测设备，并严格按照操作规程进行操作；同时还需要对监测数据进行定期的分析和对比，及时发现并处理异常数据。此外，还需要加强监测人员的培训和管理。监测人员是监测工作的直接执行者，他们的技能水平和责任意识直接影响到监测工作的质量和效果，需要对监测人员进行定期的培训和考核，提高他们的专业技能和责任意识。同时，还需要建立完善的监测管理制度，明确监测人员的职责和任务，确保监测工作的顺利进行。另外，还需要借助先进的技术手段来提高监测工作的效率和准确性。例如，可以利用物联网技术实现监测设备的远程监控和数据传输，方便管理人员实时掌握施工现场的情况。

（二）优化数据传输方式，建立应急预案

针对数据传输过程中的干扰问题，可以考虑优化数据传输方式。例如，利用无线通信技术，如5G、Wi-Fi等，实现数据的实时传输，这些技术具有高带宽、低延迟的特点，能够有效应对施工现场复杂多变的环境；同时，还可以通过增加信号中继站、优化信号传输路径等方式，提高数据传输的稳定性^[4]。为了应对施工现场意外因素对数据传输的影响，建立一套完善的应急预案，这包括定期检查和维修监测设备，确保其在恶劣环境下仍能正常工作；同时，对于可能出现的设备故障、天气

变化等意外情况，需要提前制定应对措施，如准备备用设备、调整数据传输策略等，以确保数据的连续性和完整性。在数据处理方面，可以借助先进的计算机技术和数据分析方法，提高数据处理效率和准确性。例如，利用云计算技术，实现数据的实时存储和计算，利用大数据分析技术，对海量数据进行快速筛选和分析，提取出有价值的信息；同时，还可以利用人工智能技术对数据进行深度挖掘，发现数据之间的关联性和规律，为施工决策提供更准确的依据。此外，为了应对施工过程中的不确定因素对数据传输与处理的影响，需要加强监测设备的稳定性和可靠性。这包括选择性能稳定、抗干扰能力强的设备，以及定期对设备进行校准和维护，确保其测量结果的准确性。同时，还可以通过增加冗余设备、建立数据备份机制等方式，提高数据的可靠性和安全性。除此外，还需要加强施工团队的技术培训和管理。

（三）加强研究与创新，加强风险监测与预警

传统的评估方法往往基于固定的参数和模型，可以借助现代科技手段，如大数据和人工智能技术，来提升评估方法的适用性。通过收集和分析大量的施工数据，可以建立更加精确的评估模型，充分考虑各种潜在风险因素，并实时调整评估参数。从数据的收集到处理，再到评估结果的输出，都需要严谨细致的操作和严格的质量控制。一方面，要确保收集到的数据真实可靠，避免数据失真或遗漏对评估结果造成影响；另一方面，在数据处理过程中，要选择合适的算法和模型，确保评估结果的准确性和可靠性。最后，在评估结果的输出阶段，要对结果进行仔细审核和验证，确保其与实际风险状况相符合。此外，还需要加强施工现场的风险监测与预警机制。通过实时监测施工现场的各项指标，如温度、湿度、风力等环境因素，以及施工设备的运行状态和人员操作情况，可以及时发现潜在的安全隐患，并采取相应的措施进行防范和处理降低施工过程中的风险。同时，施工团队的安全意识和操作技能也是影响安全评估准确性的重要因素。因此，需要加强施工团队的安全培训和教育，提高他们的安全意识和操作技能水平。通过培训和教育，使施工团队能够更好地理解安全评估的重要性，确保评估结果的准确性和有效性。

（四）加强设备的维护，优化数据传输流程

加强对监测设备的维护和校准工作。定期对监测设备进行检修和校准，确保其精度和稳定性，是保障监测数据准确性的基础。同时，还需要充分考虑施工现场的实际情况，优化监测设备的布局和选型，减少环境因素对监测数据的干扰。此外，对于不完整或异常数据，需要建立科学的数据预处理机制，采用数据插补、滤波等方法，以填补数据中的缺失部分和去除数据中的噪声和异常值，确保数据的完整性和准确性。另外，解决监测

与安全评估在时间上的同步性问题同样重要。安全评估需要基于实时或准实时的监测数据进行，需要优化数据传输和处理流程，利用高速数据传输技术和高效的数据处理算法，减少数据传输延迟和处理时间，确保监测数据能够实时或准实时地传输到安全评估系统。同时，还可以通过建立实时监测预警系统，对监测数据进行实时分析和预警，及时发现潜在风险并采取相应的措施，从而确保施工过程的安全与稳定^[5]。此外，监测与安全评估在方法和技术上的融合也是一个亟待解决的问题。目前，两者在数据格式、分析模型以及评估标准等方面存在不匹配的情况，使得协调与整合变得困难。为了解决这个问题，需要加强两者的协同研究和开发，建立统一的数据格式和分析模型，制定统一的评估标准和规范，使得监测与安全评估能够无缝对接。同时，还应积极引进和应用新技术和新方法，如人工智能、大数据等，提高监测与安全评估的智能化和自动化水平，进一步提高评估结果的准确性和可靠性。此外，通过定期的培训和教育活动，提高监测人员和安全评估人员的专业素养和技能水平，使他们能够更好地理解和应用监测与安全评估技术。

四、结语

拱桥施工过程中的监测与安全评估研究至关重要，它关乎着工程质量和人员安全，通过精准监测，能够实时掌握施工状态，及时发现潜在风险。安全评估则为提供了科学的决策依据，确保施工顺利进行。随着科技的不断进步，将不断优化监测手段，提升评估准确性，为拱桥施工的安全与稳定保驾护航。展望未来，监测与安全评估将更加智能化、精细化，为拱桥建设贡献更大力量。

参考文献

- [1] 胡晓勇, 汪大洋, 黄永辉等. 某大跨度非对称外倾拱桥施工监测技术研究[J]. 公路, 2021, 66(06): 188-194.
- [2] 侯宏伟, 徐霞, 凌捷等. 钢管混凝土拱桥施工监控技术[J]. 中国水运(下半月), 2014, 14(12): 366-368.
- [3] 王艳, 杨磊, 陈准. 湛江提篮式拱桥施工控制研究[J]. 中外公路, 2010, 30(03): 176-181.
- [4] 刘晏斌. 天津开发区西区中心庄路跨京津塘高速公路拱桥施工监测[J]. 铁道标准设计, 2005, (10): 73-77.
- [5] 朱才明, 刁丽红, 纪翠娜. 钢管混凝土拱桥施工过程的应力监测与研究[J]. 城市道桥与防洪, 2005, (04): 121-122+149.
- [6] 庞铁军. 钢系杆拱桥顶推施工过程数值模拟及安全分析[J]. 智能城市, 2021, 7(23): 137-138.