

长跨度桥梁施工技术与挠度控制研究

肖卫国

身份证号码: 430422197401287711

DOI: 10.12238/jpm.v5i2.6534

[摘要] 随着城市化的快速发展,大跨度桥梁在城市交通建设中发挥着关键作用。面对长跨度桥梁施工和运营中挠度控制的挑战,文章阐述了桥梁的基本结构、施工阶段特点及材料选择,通过分析施工技术对挠度的影响,提出解决方案,包括施工荷载管理、施工顺序优化、结构设计改进、挠度控制预警系统设计等。这些方案可确保长跨度桥梁在城市交通中的稳定性和安全性,对桥梁工程的理论和实践发展具有重要意义。

[关键词] 长跨度桥梁; 施工技术; 挠度控制

Study on construction technology and deflection Control of long-span bridge

Xiao Weiguo

430422197401287711

[Abstract] With the rapid development of urbanization, large-span Bridges play a key role in the urban traffic construction. Facing the challenge of deflection control in long span bridge construction and operation, the paper expounds the basic structure of the bridge, construction stage characteristics and material selection, by analyzing the influence of construction technology on deflection, put forward solutions, including construction load management, construction sequence optimization, structural design improvement, deflection control early warning system design, etc. These schemes can ensure the stability and safety of the long-span bridge in the urban traffic, and are of great significance to the theoretical and practical development of the bridge engineering.

[Key words] long-span bridge; construction technology; deflection control

随着城市化进程的加速,长跨度桥梁因其在城市交通网络中的重要作用而成为现代工程建设的关键。这些桥梁的设计与施工技术代表了工程领域的一大挑战,尤其是在挠度控制方面。长跨度桥梁的挠度问题,即桥梁在荷载作用下的垂直位移,直接影响桥梁的安全性、稳定性和使用寿命。不当的挠度控制可能导致结构损伤、使用功能降低甚至严重的安全事故。随着技术的进步和建筑材料的创新,传统的挠度控制方法正面临新的挑战 and 机遇。因此,研究长跨度桥梁施工技术与挠度控制成为了工程领域的一个重要议题。文章通过深入探究施工技术与挠度控制的相互作用,能够发展出更加先进、可靠的桥梁设计和施工方法。对保障人民生命财产安全、提高城市交通效率具有重要意义,可以为工程领域提供更为科学、系统的理论基础和实践指导。

1 长跨度桥梁施工技术分析

长跨度桥梁,指的是跨度超过一定长度的桥梁,这类桥梁通常需要高度复杂的工程技术来实现其设计与施工。

1.1 施工阶段划分与特点

在长跨度桥梁的施工过程中,各个阶段的划分与特点直接关系到整个工程的质量和进度。首先,在设计与准备阶段,详

细规划和地质勘探是确保工程成功实施的基础。此阶段的重要性在于明确工程的技术要求和地质条件,为后续的施工活动提供可靠的基础。地基与基础施工阶段是确保长跨度桥梁支撑结构稳固的关键环节。土木工程活动,如打桩和地基加固,对桥梁的整体稳定性产生直接影响,因此需要精密的施工技术和强大的施工设备支持。主体结构施工阶段是构建桥梁承载结构的核心阶段。在这个阶段,需要进行精确的工程计算和采用高级的施工技术,以确保结构的稳定性和持久性。该阶段的特点在于对工程团队技术水平和协作能力的高度要求,同时需要严格遵循设计规范,确保桥梁的结构达到预期标准。最后,桥面铺装和装饰阶段负责道路的铺设和桥梁的美化工作。这个阶段对桥梁的功能性和外观起到关键作用,影响着桥梁的整体形象和使用体验。因此,在铺装和装饰过程中需要细致入微的工艺和材料选择,以保证桥梁在功能和美观上都能达到设计要求。

整个长跨度桥梁施工过程要求严格遵循工程标准和安全规范。高效的项目管理和团队协作是确保施工顺利进行的关键。通过科学的施工阶段划分与特点分析,能够有序推进工程,最终实现高质量、安全、符合设计要求的长跨度桥梁工程。^[1]

1.2 施工材料选择与处理

在长跨度桥梁施工中，材料的选择和处理对工程质量和安全至关重要。钢材、混凝土、预应力材料和新型复合材料是构建这类桥梁的主要材料。钢材因其高强度和良好韧性广泛应用于桥梁的主要承重结构，其防腐处理，如热镀锌或涂层保护，关键在于保证其长期耐用性。混凝土则因其出色的压缩强度和适应性在桥梁建设中占据重要位置，混凝土的配比和养护工艺，例如适当的水泥和砂石比例以及固化时间控制，对其最终强度和稳定性有决定性作用。预应力材料通过在施工阶段预先施加应力到桥梁结构中，提高桥梁的整体承载能力和抗裂性。新型复合材料，如碳纤维增强聚合物，以其轻质高强和抗腐蚀性能，正在成为桥梁施工的新趋势。这些材料的科学选择和精确处理不仅提升桥梁工程的性能，延长使用寿命，而且确保了公共安全，是长跨度桥梁建设成功的关键。

1.3 施工工艺与方法

在长跨度桥梁的施工中，工艺与方法的准确实施对于确保桥梁整体质量和性能具有决定性影响。地基处理阶段是施工的起始阶段，其中土壤加固和地基石打桩是关键的活动，旨在确保桥梁基础的承载能力和稳定性。这一阶段的工艺与方法的准确实施为后续结构建设奠定了坚实的基础。支撑结构建设是长跨度桥梁施工中的关键环节，尤其是桥塔和桥墩的施工。这些结构的建设要求高度的精确度和先进的工程技术，以确立桥梁的主要承载体系。工程团队需要在施工过程中精确测量和管理，以保障支撑结构的准确性和整体稳定性。梁体施工是长跨度桥梁施工的核心部分，常用的技术包括悬臂浇筑和预制梁段安装。这些工艺需要高度的精确测量和管理，以确保梁体的精准对接和整体结构的稳定性。预应力技术的应用旨在增强梁体的承载能力和减少裂缝，提高桥梁的整体性能。桥面铺装阶段关注道路表面的平整度和耐用性，通常采用沥青或混凝土材料。这一阶段的工艺与方法的实施直接关系到桥梁的使用舒适性和维护成本，因此需要精心设计和高效施工。整个施工过程中，根据地理环境和桥梁类型的不同，浮式和架桥机施工方法被选用以提升施工效率和安全性。这些先进的施工方法需要合理规划和科学管理，以确保施工过程的顺利进行。

2 桥梁挠度控制原理与方法

2.1 桥梁挠度控制的目标与要求

在长跨度桥梁的设计与施工中，挠度控制的主要目标是维持结构的稳定性和延长使用寿命。这一过程需要综合考虑设计荷载，如交通荷载、风载和温度变化等因素，并在设计阶段就充分考虑这些因素的潜在影响。适当的挠度控制不仅确保桥梁结构的安全和功能性，也关乎桥梁的美观和行车舒适度。挠度控制的具体标准取决于桥梁的类型、设计和地理位置，要求根据各个项目的具体情况进行精确分析和设计。^[2]

2.2 传统挠度控制方法分析

传统挠度控制方法核心包括结构设计和施工技巧的合理应用，以确保桥梁在承受荷载时具备足够的稳定性和安全性。这些传统方法的关键策略之一是采用高刚度材料，如高强度钢

材或特殊设计的混凝土，以提高整体结构的刚性。通过选择这些材料，可以有效地减小挠度的可能性，并保持桥梁的形状稳定。此外，优化梁结构设计也是传统挠度控制的重要手段之一。通过增加梁的高度、改进截面设计或采用更刚性的连续梁或箱梁结构，可以显著提升桥梁的整体强度和刚性，从而减小挠度的影响。传统挠度控制方法还广泛应用了预应力技术，包括预应力和后张法预应力。这些技术通过在施工阶段预先施加计算好的应力，增加结构的自重和荷载承载能力，抵抗未来荷载引起的挠度。^[3-4]

2.3 新兴挠度控制技术分析

新兴的挠度控制技术在桥梁建设中高性能材料的应用比较普遍，如碳纤维增强聚合物 (CFRP)，以及智能传感器和实时监测系统的使用，以动态管理桥梁挠度。高性能材料具有出色的高强度和刚度，不仅减轻了结构自重，还减少了挠度的发生。智能监测系统使桥梁能够实时反馈挠度数据，并在必要时进行自我调整，以应对外部荷载和环境变化。^[5]此外，先进的工具如计算机辅助设计和有限元分析等技术为工程师提供了更准确的预测和分析能力，有助于更好地理解桥梁在各种条件下的挠度行为。这些新兴技术为挠度控制提供了更高的灵活性、精度和可持续性，拓宽了现代桥梁设计和施工的可能性。新兴挠度控制技术的引入为长跨度桥梁工程注入了新的活力，提供了更多解决方案以满足不断变化的工程需求。

3 桥梁施工技术对挠度控制的影响及解决方案

3.1 施工荷载对挠度的影响

施工荷载在桥梁挠度控制中扮演着关键角色。自重荷载是桥梁在施工期间产生临时挠度的主要原因之一，需要得到妥善控制，以确保施工过程的顺利进行和结构的稳定性。临时支撑和支座的设计和安置是减小自重荷载引起的挠度的重要手段。与此同时，施工阶段的动态荷载，如施工车辆和设备的荷载，对桥梁挠度产生显著影响。这些动态荷载可能导致振动和结构的变形，需要通过振动监测和挠度控制来有效管理。传感器技术的广泛应用和实时数据分析为工程师提供了关键信息，帮助他们了解挠度情况并及时采取必要的措施来控制挠度。施工荷载的影响不容忽视，但通过合理的设计和监测手段，工程师可以有效地应对这些影响，确保桥梁在施工期间保持稳定，并最终达到设计要求的挠度控制目标。这些措施的实施有助于减小挠度问题对桥梁工程的不利影响，保障工程的顺利进行和结构的安全性。^[6]

3.2 施工顺序与挠度控制

桥梁工程中，施工顺序的规划和执行对挠度控制至关重要。不同施工阶段可能对桥梁挠度产生不同的影响，因此需要精心设计和管理施工顺序以确保挠度控制的有效性。施工期间施加的自重荷载会导致桥梁产生临时挠度，这种挠度通常是可控的。通过设计适当的支撑结构和临时支座，减小临时挠度对施工过程和结构稳定性的不利影响。此外，施工阶段的动态荷载，如施工车辆和设备的荷载，也会对桥梁挠度产生影响。这

些荷载可能引起振动和变形，需要通过挠度监测系统来管理。传感器技术的应用和实时数据分析可以帮助工程师更好地了解挠度情况并采取必要的措施。在桥梁的关键部位，如支座位置，应考虑增加监测频率以实时监测挠度。施工材料的选择和施工方法也是影响挠度的重要因素。不同材料和施工工艺可能对挠度产生不同的影响。工程师需要在施工前仔细评估这些因素，选择最适合挠度控制的材料和方法。例如，采用高刚度材料或者增加横向支撑可以有效减小挠度。最后，施工过程中的监测和调整也是挠度控制的重要环节。工程师需要定期检查挠度数据，确保挠度控制的策略有效，并在需要时采取适当的纠正措施。这可能涉及到调整支撑结构或修改施工顺序，以确保桥梁的挠度控制在可接受范围内。

3.3 结构优化设计方法

挠度控制在桥梁设计中占据着关键地位，而结构优化设计方法是实现有效挠度控制的重要手段。本节将探讨不同的结构优化设计方法，以帮助工程师更好地控制桥梁的挠度。

首先，传统的结构优化方法通常包括改进桥梁的几何形状和材料选择。通过优化梁的截面形状、高度和跨度等参数，可以降低挠度并提高结构的刚度。此外，选择高强度和高刚度的材料，如高性能混凝土或预应力材料，也有助于减小挠度。这些方法在桥梁设计中得到广泛应用，通过精确的数学建模和分析来优化结构。

其次，新兴的结构优化方法借助计算机辅助设计工具和有限元分析技术。这些先进工具允许工程师更准确地模拟桥梁的行为，并进行多维度的优化。例如，使用有限元分析可以考虑不同荷载情况下的结构响应，包括挠度、应力和变形等。这使工程师能够更全面地优化桥梁设计，以满足挠度控制的要求。此外，智能算法和优化算法也被应用于桥梁设计中。这些算法可以自动搜索最佳设计方案，以最小化挠度和其他性能指标。可以利用这些算法来快速生成多个设计方案，并在其中选择最优的挠度控制策略。这为挠度控制提供了更高的灵活性和效率。^[7]

最后，多学科优化方法综合考虑了不同领域的因素，如结构、材料、施工工艺和经济性。这些方法通过权衡不同因素，找到最佳的挠度控制解决方案。多学科优化方法在大跨度桥梁设计中的应用逐渐增多，提供更全面和综合的设计工具。

3.4 挠度控制预警系统设计

挠度控制预警系统在大跨度桥梁工程中扮演着至关重要的角色，其核心目标是实时监测、评估和预测桥梁的挠度情况，并在必要时采取相应的控制措施，以确保桥梁的长期稳定性和安全性。这一系统的设计涉及多个关键方面。

设计挠度控制预警系统需要考虑传感器和数据采集系统的选择与布置。传感器包括光纤传感器、加速度计、应变计等，这些传感器应合理分布在桥梁结构的关键位置，以获取准确的挠度数据。数据采集系统则负责收集、处理和存储传感器生成

的数据，通常采用高精度的数据采集设备和先进的数据处理算法。挠度控制预警系统需要建立数学模型和算法，以分析传感器数据并预测桥梁的挠度行为。这包括使用有限元分析、机器学习和人工智能等技术，对桥梁结构进行数值模拟和挠度预测。通过实时监测数据与模型预测结果的比较，系统可以提前识别出潜在的挠度问题，并发出预警信号。此外，挠度控制预警系统还应具备实时通信和控制能力。^[8]一旦检测到桥梁挠度异常或潜在风险，系统应能够及时向相关人员发送警报信息，以便采取适当的控制措施。这包括调整荷载分布、采取支撑结构加固、降低交通负荷等操作，以防止挠度超出安全范围。最后，挠度控制预警系统的设计需要考虑系统的稳定性和可靠性。这包括采用冗余传感器和数据备份、定期校准传感器、建立紧急应对计划等措施，以确保系统在各种条件下都能正常工作。^[9]挠度控制预警系统能够实时监测、评估和预测桥梁的挠度情况，提前发现潜在问题，并采取必要的控制措施，以确保桥梁的安全性和可持续性。这一系统要考虑传感器布置、数学模型建立、实时通信和系统稳定性等多个方面，以维护大跨度桥梁的长期稳定运行。

4 结语

通过对长跨度桥梁施工技术与挠度控制进行研究，为桥梁建设领域提供有益的参考和指导，帮助相关从业人员更好地理解长跨度桥梁的施工特点和挠度控制原理，提出可行的解决方案，从而提高桥梁的稳定性和安全性。同时，也希望为未来相关研究提供新的思路和方法，推动长跨度桥梁技术的发展和进步。

【参考文献】

- [1] 伍辉. 挠度测量技术在桥梁监测中的应用 [J]. 工程技术研究, 2023, 8 (19): 66-68.
- [2] 黄晓东. 桥梁结构动挠度变化规律及计算模型研究 [J]. 山西建筑, 2023, 49 (18): 171-174.
- [3] 谭勇. 岩溶地区大跨度桥梁施工溶洞处理技术 [J]. 工程建设与设计, 2022, (17): 185-187.
- [4] 俞海鹏. 大跨度桥梁施工中菱形挂篮悬臂浇筑施工技术 [J]. 运输经理世界, 2022, (22): 86-88.
- [5] 曾国良, 邓扬, 马斌等. 基于监测数据的在役大跨度桥梁竖向挠度可靠性评估 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2021, 52 (10): 3636-3646.
- [6] 李鹏飞, 高菲娟. 大跨度桥梁施工中菱形挂篮悬臂浇筑施工技术分析 [J]. 中国公路, 2021, (02): 114-115.
- [7] 左继军, 郭华, 段方石等. 大跨度桥梁施工阶段混凝土应力监测分析 [J]. 青海大学学报, 2019, 37 (02): 58-65.
- [8] 杨胜文. 大跨度桥梁施工中的悬臂施工技术 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43 (08): 116-117.
- [9] 杨胜文. 大跨度桥梁施工中的悬臂施工技术 [J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42 (08): 129-130.