

建筑施工

建筑幕墙结构连接节点的受力分析

赵峰

北京城建十建设工程有限公司

DOI:10.12238/jpm.v5i11.7385

[摘要] 建筑幕墙结构的连接节点是确保其安全性和功能性的核心要素。深入探讨了节点设计的基本原则，分析了节点在承受复杂荷载时的受力特性及其失效模式。通过有限元分析等数值模拟方法，识别了应力集中区域和潜在失效风险点。同时，强调了施工技术在实现节点设计意图中的重要性，包括精确定位、可靠连接和严格的质量控制。对高性能材料在节点应用中的探索，展示了新型材料如何提升节点的力学性能、耐久性和经济性。本文的研究成果为幕墙结构的优化设计和施工提供了理论依据和实践指导，同时对未来材料和技术的发展进行了展望，以期实现更高效、更可持续的建筑实践。

[关键词] 建筑幕墙，连接节点，受力分析，稳定性，耐久性

Force analysis of the connecting nodes of the building curtain wall structure

Zhao Feng

Beijing Urban Construction ten Construction Engineering Co., LTD.

[Abstract] The connection node of the building curtain wall structure is the core elements to ensure its safety and functionality. The basic principles of node design and the stress characteristics and failure modes during complex load are analyzed. The stress concentration regions and potential failure risk points were identified by numerical simulation methods such as finite element analysis. At the same time, the importance of construction technology in realizing the design intention of nodes, including precise positioning, reliable connection and strict quality control. The exploration of the high-performance materials in the application of the nodes shows how the new materials can improve the mechanical properties, durability and economy of the nodes. The research results of this paper provide theoretical basis and practical guidance for the optimization design and construction of curtain wall structure, and prospect the future development of materials and technology, in order to achieve more efficient and sustainable architectural practice.

[Key words] building curtain wall, connection node, force analysis, stability, durability

引言：

建筑幕墙以其独特的美学和功能性在现代建筑中占据着举足轻重的地位。然而，幕墙结构的稳定性和耐久性在很大程度上取决于其连接节点的设计和施工质量。节点作为幕墙的关键组成部分，其受力特性、失效模式以及施工技术直接影响着整个幕墙系统的性能。随着材料科学的进步，新型高性能材料的应用为节点设计提供了新的可能性。本文将对建筑幕墙结构连接节点的设计基础、受力特性、施工技术的影响以及高性能材料的应用进行深入探讨，在为幕墙结构的优化设计和施工提供理论支持和实践指导，以满足现代建筑工程对安全性、经济性和可持续性的高标准要求。

一、幕墙结构连接节点设计基础

幕墙结构的连接节点是整个幕墙系统的关键组成部分，其设计基础对于确保幕墙的稳定性和安全性至关重要。连接节点的设计不仅需要考力学性能，还需兼顾结构的美观性和施工的便利性。在设计过程中，必须充分理解幕墙的受力特点和荷载传递路径，以确保节点设计能够适应不同的受力状态。在幕

墙结构中，连接节点通常承受着来自风荷载、自重、温度变化以及地震作用等多种荷载。因此，节点的设计必须具备足够的承载能力和良好的变形协调能力。为了实现这一目标，设计者通常会采用有限元分析等数值方法，对节点的受力状态进行模拟，以评估其在不同工况下的应力分布和变形情况。

在设计连接节点时，材料的选择同样至关重要。常用的材料包括铝合金、不锈钢和高强度钢材等，这些材料不仅具有良好的力学性能，还具备一定的耐腐蚀性和加工性。节点的连接方式也是设计中需要重点考虑的因素，包括焊接、螺栓连接和粘接等。不同的连接方式对节点的承载能力和耐久性有着不同的影响，设计者需要根据具体的工程需求和施工条件，选择最合适的连接方式。

为了提高连接节点的稳定性，设计者通常会采用加强措施，如设置加强筋、使用预应力技术或采用复合结构等。这些措施能够在不增加过多重量的前提下，显著提高节点的承载能力和抗变形能力。同时，合理的节点布局也是保证幕墙整体性能的关键。设计者需要根据幕墙的尺寸、形状和使用功能，合

理规划节点的位置和数量，以实现最佳的力学性能和视觉效果。在施工过程中，连接节点的安装质量直接影响到幕墙的最终性能。因此，施工人员需要严格按照设计要求进行操作，确保节点的安装精度和连接质量。施工过程中的监控和检测也是必不可少的，通过定期的检查和维护，可以及时发现并解决节点的潜在问题，延长幕墙的使用寿命。

二、节点受力特性及失效分析

幕墙结构的连接节点是整个幕墙系统的关键组成部分，其设计基础对于确保幕墙的稳定性和安全性至关重要。连接节点的设计不仅需要考力学性能，还需兼顾结构的美观性和施工的便利性。在设计过程中，必须充分理解幕墙的受力特点和荷载传递路径，以确保节点设计能够适应不同的受力状态。在幕墙结构中，连接节点通常承受着来自风荷载、自重、温度变化以及地震作用等多种荷载。因此，节点的设计必须具备足够的承载能力和良好的变形协调能力。为了实现这一目标，设计者通常会采用有限元分析等数值方法，对节点的受力状态进行模拟，以评估其在不同工况下的应力分布和变形情况。

在设计连接节点时，材料的选择同样至关重要。常用的材料包括铝合金、不锈钢和高强度钢材等，这些材料不仅具有良好的力学性能，还具备一定的耐腐蚀性和加工性。节点的连接方式也是设计中需要重点考虑的因素，包括焊接、螺栓连接和粘接等。不同的连接方式对节点的承载能力和耐久性有着不同的影响，设计者需要根据具体的工程需求和施工条件，选择最合适的连接方式。为了提高连接节点的稳定性，设计者通常会采用加强措施，如设置加强筋、使用预应力技术或采用复合结构等。

这些措施能够在不增加过多重量的前提下，显著提高节点的承载能力和抗变形能力。同时，合理的节点布局也是保证幕墙整体性能的关键。设计者需要根据幕墙的尺寸、形状和使用功能，合理规划节点的位置和数量，以实现最佳的力学性能和视觉效果。在施工过程中，连接节点的安装质量直接影响到幕墙的最终性能。因此，施工人员需要严格按照设计要求进行操作，确保节点的安装精度和连接质量。施工过程中的监控和检测也是必不可少的，通过定期的检查和维护，可以及时发现并解决节点的潜在问题，延长幕墙的使用寿命。

三、连接节点稳定性提升策略

节点作为幕墙结构中的关键组成部分，其受力特性和失效分析对于确保整个幕墙系统的安全性和可靠性至关重要。节点的受力特性直接决定了其在各种荷载作用下的性能表现，而失效分析则有助于识别和预防潜在的结构问题。在幕墙结构中，节点通常承受着复杂的荷载组合，包括垂直荷载、水平荷载以及由温度变化引起的热应力等。这些荷载在节点处产生应力集中，可能导致材料疲劳、裂纹扩展甚至结构失效。因此，深入分析节点的受力特性，对于预测和评估节点的性能具有重要意义。

节点的失效模式主要包括材料失效、连接失效和结构失效。材料失效通常是由材料的疲劳、腐蚀或过载引起的，而连接失效则涉及到节点连接方式的可靠性，如焊接缺陷、螺栓松动等。结构失效则可能是由于节点设计不合理或施工质量问题导致的结构整体性能下降。为了准确分析节点的受力特性，可以采用有限元分析等数值模拟方法，对节点在不同荷载组合下

的应力、应变分布进行模拟。通过模拟结果，可以识别出节点的应力集中区域和潜在的失效风险点。通过对节点的疲劳寿命进行预测，可以评估节点在长期使用过程中的性能退化情况。

在失效分析中，需要考虑多种因素，如材料特性、连接方式、施工质量以及环境条件等。通过对这些因素的综合分析，可以更全面地评估节点的失效风险，并提出相应的预防和改进措施。例如，通过优化节点的几何形状和尺寸，可以降低应力集中；通过选择适当的连接方式和材料，可以提高节点的连接可靠性；通过加强施工过程中的质量控制，可以减少施工缺陷。定期的检测和维护也是预防节点失效的重要手段。通过对节点的定期检查，可以及时发现并修复潜在的缺陷，延长节点的使用寿命。同时，通过收集和分析节点的使用数据，可以不断优化节点的设计和施工方法，提高幕墙结构的整体性能。

四、施工技术对节点性能的影响

施工技术在建筑幕墙结构中扮演着至关重要的角色，尤其是在节点性能的实现上。节点作为幕墙结构的连接点，其施工质量直接影响到整个幕墙的稳定性和耐久性。施工技术的精确性和专业性能够确保节点设计的意图得以完美实现，从而提高整个幕墙系统的综合性能。在施工过程中，节点的精确定位是确保其性能的首要步骤。通过采用先进的测量和定位技术，施工团队能够确保节点的几何位置与设计图纸完全一致。这种精确度对于幕墙的密封性能和结构整体性至关重要。一旦节点位置发生偏差，不仅会影响幕墙的外观质量，还可能导致结构应力分布不均，进而影响幕墙的使用寿命。

除了精确定位外，施工技术还涉及到节点连接的可靠性。焊接、螺栓连接和粘接是幕墙节点常用的连接方式。每种连接方式都有其特定的施工要求和技术标准。例如，焊接过程中的温度控制、焊接材料的选择以及焊缝的质量检验都是确保焊接节点性能的关键因素。螺栓连接则需要关注螺栓的紧固力矩、连接件的匹配性以及防松措施。粘接技术则依赖于粘接剂的选择、粘接面的准备以及固化条件的控制。施工过程中的质量控制同样不容忽视。通过实施严格的质量管理体系，施工团队能够及时发现并纠正施工中的偏差和缺陷。这包括对施工材料的检验、施工工艺的监督以及施工结果的验收。

通过这些措施，可以确保节点的施工质量符合设计要求和行业标准。施工技术的创新也是提升节点性能的重要途径。随着新材料、新工艺和新技术的不断涌现，施工团队可以采用更加高效、环保的施工方法来提高节点的性能。例如，采用自动化和智能化的施工设备可以提高施工效率和精度，减少人为误差。采用高性能的粘接剂和密封材料可以提高节点的密封性能和耐久性。在施工后期，节点的保护和维护也是保证其性能的关键。合理的施工顺序和工艺流程可以避免节点在施工过程中受到损伤。施工完成后，对节点进行定期的检查和维护，可以及时发现并解决由于环境因素或使用过程中出现的问题。

五、高性能材料在节点应用中的探索

高性能材料在建筑幕墙节点的应用中扮演着至关重要的角色，其探索与应用是提升节点性能的关键途径。随着材料科学的发展，新型高性能材料不断涌现，为幕墙节点设计提供了更多的选择和可能性。在节点的应用中，材料的力学性能、耐久性、加工性和成本效益是选择材料时需要考虑的主要因素。

下转第96页

的速度和安全性。此外,现代工程管理软件越来越多地集成了人工智能和机器学习技术,通过分析历史数据和实时输入,预测项目风险,自动调整项目计划,以优化成本控制策略。

4.3 数据分析与大数据技术在造价审核中的应用

数据分析与大数据技术的应用正在革新建筑工程造价审核的传统流程,提供更为精准和全面的成本控制手段。在造价审核中,大数据技术能够处理和分析大量的建筑项目数据,包括材料成本、劳动力费用、设备使用情况及市场动态等,这些数据通过高级数据分析模型被转化为可操作的洞察,帮助决策者识别成本节约的机会。例如,利用预测分析工具,造价师可以根据历史数据预测未来的价格波动,从而在成本最优时进行采购。此外,通过聚类分析,可以识别造价中的异常模式,如不合理的成本超支,这有助于及时调整预算分配或修正项目计划。更进一步,大数据技术通过整合来自不同项目的类似数据,支持基准对比分析,使项目团队能够评估自身项目的成本效率与行业标准的偏差,据此调整战略^[5]。

5. 结语

总而言之,建筑工程造价审核中项目全过程造价控制方法的深入分析揭示了有效管理和控制成本的多种策略。从前期设计的细致预算制定到招投标过程的精准成本控制,再到施工阶段的严格成本监督,每一步都关乎整个项目的经济效益。此外,信息化技术如BIM、工程管理软件以及大数据分析的应用,都能极大增强造价控制的精确性和实时性。这些工具和方法的综

合运用不仅能优化资源配置,降低不必要的开支,还能提高项目管理的整体效率和质量。在未来,随着技术的不断进步和创新,建筑工程造价审核和控制的方法将更加多样化和精细化,为建筑行业带来更广阔的发展前景。

[参考文献]

- [1]王嘉媛.建筑工程造价审核中项目全过程造价控制方法分析[J].石河子科技,2024,(03):60-61.
- [2]任志军.项目全过程造价控制在建筑工程造价审核中的实施策略分析[J].新城建科技,2023,32(23):100-102.
- [3]李冬存.建筑工程造价审核中项目全过程造价控制的有效运用分析[J].纳税,2019,13(11):183-185.
- [4]李凯.全过程造价控制在建筑工程造价审核中的实践探讨[J].居业,2024,(07):115-117.
- [5]付金玉.建筑工程造价管理中项目全过程造价控制分析[J].低碳世界,2024,14(04):169-171.

第一作者简介:牛雲,女,民族:汉族,籍贯:甘肃会宁,学历:本科,职称:助理工程师,现工作单位:中国三峡新能源(集团)股份有限公司建设管理分公司西部建设管理部,研究方向:工程造价;

第二作者简介:袁鹏飞,男,民族:汉族,籍贯:甘肃会宁,学历:本科,职称:助理工程师,现工作单位:中国三峡新能源(集团)股份有限公司建设管理分公司西部建设管理部,研究方向:工程管理。

上接第93页

高性能材料如高强度钢材、铝合金、不锈钢、复合材料以及新型高分子材料等,因其出色的力学性能和耐久性,被广泛应用于幕墙节点的设计与施工中。

力学性能是材料选择的首要考量。高性能材料通常具有较高的抗拉强度、屈服强度和良好的弹性模量,这使得节点在承受复杂荷载时能够保持稳定的力学行为,减少应力集中和变形。这些材料的疲劳强度也较高,能够延长节点的使用寿命,提高幕墙结构的耐久性。耐久性是另一个关键因素。高性能材料应具有良好的耐腐蚀性、耐候性和耐化学介质性,以适应各种环境条件。例如,不锈钢和某些铝合金材料因其优异的耐腐蚀性能,常用于海洋性气候或工业污染区的幕墙节点。同时,新型高分子材料如聚碳酸酯、氟碳涂料等,因其良好的耐候性和自清洁性能,也被用于提高节点的耐久性和维护性。

加工性也是材料选择时需要考虑的因素之一。高性能材料应易于加工和成型,以适应节点设计的复杂性和多样性。例如,铝合金材料因其良好的加工性,可以通过挤压、铸造等工艺制成各种形状和尺寸的节点组件。复合材料则因其可设计性,可以根据节点的具体需求进行定制化设计和制造。成本效益同样是材料选择的重要考量。虽然高性能材料的成本通常较高,但通过优化设计和施工工艺,可以实现材料的有效利用和成本控制。高性能材料的长期使用和维护成本较低,从全生命周期的角度来看,其经济效益是显著的。在探索高性能材料的应用过程中,还需要考虑材料与节点设计的兼容性。材料的物理性能、连接方式和施工工艺需要与节点的设计要求相匹配,以确保节点的性能达到预期。

结语

在建筑幕墙结构中,连接节点的设计、施工技术以及材料选择是确保其整体性能和长期稳定性的关键因素。通过深入分

析节点的受力特性、失效模式以及施工过程中的技术要点,可以显著提高节点的承载能力和耐久性。同时,高性能材料的探索与应用为节点设计提供了更多可能性,有助于实现更高效、更环保的建筑解决方案。展望未来,随着新材料、新技术的不断发展和创新,幕墙结构的节点设计将更加精细化、个性化,以适应不断变化的建筑需求和环境挑战。这不仅将推动建筑行业的技术进步,也将为实现可持续发展目标做出贡献。

[参考文献]

- [1]赵宏宇.建筑幕墙节点设计与性能研究[J].建筑科学,2021,37(2):45-50.
- [2]李俊杰.幕墙结构连接节点的疲劳寿命分析[J].工程力学,2022,39(4):123-130.
- [3]陈志刚,张宁.幕墙连接节点的抗震性能研究[J].建筑结构,2023,55(1):78-84.
- [4]王晓东,刘洋.幕墙结构连接节点的耐久性评估方法[J].建筑技术,2020,51(3):55-60.
- [5]高磊,周杰.高性能材料在建筑幕墙节点中的应用研究[J].建筑技术,2022,53(2):34-39.

课题1:本论文系北京物美置地房地产开发有限公司2017年投资开发、北京城建十建设工程有限公司总承包施工的“北京雕塑园地下文化娱乐中心项目”工程,基于建筑幕墙结构连接节点受力分析的实践与研究(项目施工许可证编号:【2017】施【石】建字0009号)的阶段性研究成果;

课题2:本论文系北京物美天马投资有限公司2019年投资开发、北京城建十建设工程有限公司总承包施工的“北京华力国际大厦项目”工程,基于基坑支护施工过程中围护结构变形控制分析的实践与研究(项目施工许可证编号:【2019】施【朝】建字0677号)的阶段性研究成果;