

大跨度桥梁节段预制拼装施工技术的施工工艺与质量控制

李海

湖北交投建设集团有限公司，湖北省武汉市，430073；

摘要：大跨度桥梁作为现代交通基础设施的重要组成部分，承载着交通运输的重任，促进了区域经济的发展和社会的进步。随着城市化进程的加速和交通需求的不断增加，传统的桥梁建设方式已无法满足时代的要求。在大跨度桥梁建设中，节段预制技术的应用能够有效提高施工效率，缩短工期。预制节段在工厂中进行制造，能够确保其质量和精度，减少现场施工的复杂性。此外，预制施工还可以在不利天气条件下进行，从而降低环境对施工进度影响。通过将大跨度桥梁的施工过程转变为多个小型、可控的拼装环节，极大地提高了施工的灵活性与可操作性。基于此，本文将针对大跨度桥梁节段预制拼装施工技术的施工工艺与质量控制展开探讨，旨在为相关工程实践提供理论参考。

关键词：大跨度桥梁；节段预制拼装施工技术；施工工艺；质量控制

DOI：10.69979/3029-2727.25.08.003

1 大跨度桥梁节段预制拼装施工的优势

大跨度桥梁节段预制拼装施工指的是一种将桥梁结构划分为若干节段，在预制工厂内完成节段制作，然后运输至施工现场，通过高精度的拼装技术将这些节段逐一连接，最终形成完整桥梁结构的施工方法。其优势体现在以下几方面：首先，该技术显著提升了施工效率，通过将桥梁结构分解为多个预制节段，在工厂进行标准化生产，大幅缩短了现场施工周期。其次，预制节段的生产环境相对封闭且控制严格，能够有效保证构件的质量与精度，减少施工现场的不确定因素，从而提升整体工程质量。第三，节段预制拼装施工对环境的干扰较小，施工现场的噪音、扬尘等问题得到有效控制，符合现代绿色施工理念。最后，该技术还提高了施工安全性，减少了高空作业和繁重体力劳动，降低了事故风险。因此，大跨度桥梁节段预制拼装施工技术在现代桥梁建设中具有显著优势，值得进一步推广与应用。

2 大跨度桥梁节段预制拼装施工技术的施工工艺

2.1 节段预制工艺

节段预制工艺是大跨度桥梁节段预制拼装施工技术的核心之一。该工艺主要包括模具设计、钢筋绑扎、混凝土浇筑与养护等关键环节。模具设计需确保预制节段的尺寸精确、表面光滑，以满足拼装时的精度要求。钢筋绑扎则依据设计图纸，采用先进的绑扎技术和设备，确保钢筋骨架的稳定性和准确性。混凝土浇筑采用高质量的混凝土材料，通过精确的浇筑工艺，保证预制节段

的强度和耐久性。养护环节则通过科学的养护方法和周期，确保预制节段在拆模后能够达到设计要求的性能。此外，节段预制工艺还需注重细节处理，如预埋件的安装、节段端面的处理等，以确保拼装时的顺利进行和整体结构的稳定性。

2.2 运输设备选择与安全

在大跨度桥梁的节段预制拼装施工中，运输设备的选择与安全是确保工程质量和施工进度关键环节。合适的运输设备不仅要能承载预制节段的重量，还要适应复杂的工地环境，如地形限制、桥梁跨越宽度等。例如，对于大型桥梁项目，可能需要采用专用的重型运输车或浮吊系统，这些设备需要具备足够的承载能力和灵活性。在选择运输设备时，还需要考虑设备的可用性和成本效益，这通常涉及到详细的工程量计算和成本效益分析。例如，通过对比不同设备的租赁费用、操作人员培训成本以及可能的二次转运成本，可以确定最经济、最高效的解决方案。此外，设备的安全性能不容忽视，必须符合相关安全标准和行业最佳实践，以防止在运输过程中发生意外，确保人员和结构的安全。

2.3 吊装过程中的变形控制

在大跨度桥梁的施工过程中，节段吊装是一项关键技术，尤其需要关注的是变形控制。由于桥梁节段在吊装过程中受到自身重量、外力以及施工机械作用的影响，极易产生非线性的复杂变形，这不仅影响桥梁的结构精度，还可能对结构安全造成威胁。因此，变形控制是确保桥梁施工质量的关键环节。在吊装前，通常会采用有

限元分析软件,如 ANSYS 或 ABAQUS,对吊装过程进行仿真模拟,预测节段在不同工况下的变形情况。例如,通过输入节段的材料属性、预应力状态以及吊装设备参数,可以精确计算出节段在起吊、移动和就位过程中的最大变形量,以便提前采取预防措施。

在实际吊装过程中,会采用精确的传感器技术实时监测节段的位移和应变。这些传感器可能包括激光位移传感器、应变片和加速度计等,它们能够提供高精度的数据,帮助施工团队动态调整吊装策略。例如,当监测到的变形超出预设阈值时,可能需要调整吊点位置、减缓吊装速度或者采取临时支撑措施。此外,借鉴“刚柔并济”的设计理念,工程技术人员会通过优化吊装顺序和临时连接方式来控制节段的变形。比如,采用“柔性吊具+刚性支撑”的组合方式,可以在保证结构稳定的同时,有效减小因吊装引起的结构变形。同时,结合“小步长、多点位”策略,逐步调整节段位置,确保其精确就位。

2.4 节段的连接与固定

在大跨度桥梁节段预制拼装施工中,节段的连接与固定是确保桥梁结构整体稳定性和耐久性的关键步骤。连接工艺的选择需根据桥梁的跨度、设计荷载以及环境条件等因素综合考虑。常见的连接方式包括湿接缝连接和干接缝连接。湿接缝连接通过在节段间浇筑混凝土,形成连续的桥梁结构,这种方式具有较高的整体性和抗震性能。而干接缝连接则采用螺栓、焊接或预应力钢绞线等方式将节段紧密相连,适用于对变形控制要求较高的桥梁项目。

在连接过程中,需严格控制连接面的清洁度和粗糙度,以确保连接质量。连接面的处理通常采用喷砂或高压水射流等方法,去除表面的油污、锈蚀和杂质,增加连接面的摩擦力,提高连接的可靠性。同时,还需对连接件进行严格的检查和验收,确保其尺寸精确、材质符合设计要求。

固定工艺则主要关注节段的稳定性和安全性。在固定过程中,需采用合适的固定装置和临时支撑系统,确保节段在拼装过程中的位置准确、不变形。固定装置的选择需考虑其承载能力、刚度和稳定性,以满足施工过程中的各种工况需求。临时支撑系统则应根据桥梁的跨度和结构特点进行设计,确保在节段拼装完成前能够提供足够的支撑力。

此外,在连接与固定过程中,还需加强质量监控和安全管理。质量监控包括对连接面处理、连接件安装、混凝土浇筑和养护等关键环节的实时监测和验收,确保

每个步骤都符合设计要求。安全管理则包括施工现场的安全防护、人员培训和应急预案的制定等,以确保施工过程中的人员安全和结构安全。

2.3 密封与防水处理

在大跨度桥梁节段预制拼装施工中,密封与防水处理是确保桥梁结构耐久性和行车安全的重要环节。由于桥梁节段间存在接缝,这些接缝若处理不当,极易成为水分渗透的通道,导致钢筋锈蚀、混凝土膨胀开裂等病害,严重影响桥梁的使用寿命和安全性。密封处理主要采用高性能的密封材料,如硅酮密封胶、聚氨酯泡沫等,填充在节段接缝处,形成连续的密封层,阻止水分和有害物质的侵入。在选择密封材料时,需考虑其耐候性、耐化学腐蚀性和弹性恢复能力,以确保在长期暴露于自然环境中仍能保持良好的密封性能。同时,密封材料的施工需严格按照操作规程进行,确保密封层的均匀性和连续性。

防水处理则更侧重于桥梁表面的防护,采用防水涂料、防水卷材等材料,对桥梁节段的外表面进行涂覆或铺设,形成一道坚实的防水屏障。这些防水材料需具备良好的粘结性、耐水性和抗老化性能,以抵御雨水、雪水等自然因素的侵蚀。在施工过程中,需特别注意防水材料的搭接处理和细节部位的防水构造,确保防水层的完整性和可靠性。

此外,密封与防水处理还需与桥梁的排水系统相结合,确保桥面积水能够及时排出,减少水分对桥梁结构的侵蚀。在设计中,需合理布置排水槽、排水管等排水设施,确保排水顺畅、不积水。同时,还需定期对桥梁的排水系统进行维护和清理,确保其正常运行。

3 大跨度桥梁节段预制拼装施工技术的质量控制

3.1 建立科学的质量控制体系

在大跨度桥梁节段预制拼装施工技术的质量控制中,建立科学的质量控制体系是基础。该体系应涵盖从设计阶段到施工完成的全过程,确保每个环节都符合既定的质量标准和规范。首先,需明确质量控制的目标和原则,制定详细的质量控制计划和流程。这包括确定关键控制点、检验标准和检验方法,以及建立质量责任追溯机制。通过明确各参与方的质量责任和义务,确保质量控制的有效实施。

质量控制体系还应注重预防和持续改进。在施工前,应对施工图纸、材料、设备等进行严格的审查和检验,确保符合设计要求和质量标准。在施工过程中,加强对

关键工序和隐蔽工程的监控和检测,及时发现并纠正质量问题。同时,通过定期的质量检查和评估,总结施工中的经验教训,不断优化施工工艺和质量控制措施,实现质量的持续改进。

此外,质量控制体系还应与质量管理体系认证相结合,提高企业的质量管理水平和市场竞争力。通过引入ISO9001等质量管理体系标准,建立完善的文件记录系统、内部审核机制和管理评审流程,确保质量管理体系的有效运行和持续改进。这不仅有助于提升企业的品牌形象和市场信誉,还能为业主提供更加可靠、高质量的桥梁建设服务。

3.2 施工过程中的质量监控

在施工过程中,质量监控是确保大跨度桥梁节段预制拼装施工技术得以有效实施的关键环节。为了实现这一目标,需要采取一系列措施来确保施工质量的稳定性和可靠性。应制定详细的施工监控计划,明确监控的内容、方法和频率。通过对施工过程中的关键参数进行实时监测和记录,可以及时发现施工中的异常情况,并采取相应的措施进行调整。例如,在节段吊装过程中,可以利用传感器技术对节段的位移、应变等参数进行实时监测,确保吊装过程中的变形控制在合理范围内。

此外,还应注重施工过程中的数据分析和评估。通过对施工过程中的数据进行收集、整理和分析,可以了解施工质量的整体情况和趋势。通过对数据的评估,可以发现施工中的薄弱环节和潜在问题,为后续的施工提供有益的参考和指导。例如,可以通过对节段预制工艺中的模具设计、钢筋绑扎、混凝土浇筑与养护等关键环节的数据进行分析和评估,优化施工工艺和质量控制措施,提高预制节段的质量和精度。

3.3 阶段质量检测

阶段质量检测是大跨度桥梁节段预制拼装施工质量控制中的重要环节。该环节主要包括对预制节段的质量检测、拼装过程中的质量检测以及拼装完成后的整体质量检测。预制节段的质量检测在工厂进行,主要检测节段的尺寸精度、表面质量、混凝土强度等关键指标,确保预制节段符合设计要求和质量标准。通过采用先进的检测技术和设备,如三维扫描仪、超声波检测仪等,可以实现对预制节段的高精度、高效率检测,为后续拼装提供可靠保障。

拼装过程中的质量检测则关注节段拼装过程中的精度控制和连接质量。在拼装过程中,利用高精度的测

量设备和传感器,实时监测节段的位移和变形情况,确保拼装精度符合设计要求。同时,对连接面的清洁度、粗糙度以及连接件的安装质量进行严格检查,确保连接牢固可靠。此外,还需对拼装过程中的临时支撑系统和固定装置进行检查和验收,确保其稳定性和安全性。

拼装完成后的整体质量检测则是对桥梁结构整体性能和质量的全面评估。该环节主要包括对桥梁结构的几何尺寸、线形、预应力状态、结构强度等方面的检测。通过采用静载试验、动载试验等检测方法,可以评估桥梁结构的承载能力和稳定性,确保桥梁结构安全可靠。同时,还需对桥梁的耐久性进行评估,预测桥梁的使用寿命和维护周期,为后续的养护管理提供科学依据。

4 未来发展趋势

随着科技的进步和工程技术的不断发展,大跨度桥梁节段预制拼装施工技术的质量控制将呈现更加智能化、精细化的趋势。利用大数据和人工智能技术,对施工过程中的质量数据进行深度挖掘和分析,可以更准确地预测和识别潜在的质量问题,提前采取预防措施。同时,随着新型材料和先进施工工艺的研发应用,如高性能混凝土、智能化焊接技术等,将进一步提升施工质量和效率。此外,加强国际合作与交流,借鉴国际先进的质量控制理念和方法,也将是推动我国大跨度桥梁节段预制拼装施工技术质量控制水平不断提升的重要途径。

5 结语

大跨度桥梁节段预制拼装施工技术凭借其显著的优势,在现代桥梁建设中发挥着至关重要的作用。通过对关键工艺的精准把控和严格的质量控制,能够有效提高桥梁建设的质量和效率,降低施工对环境的影响,保障施工安全。未来,随着科技的飞速发展,大跨度桥梁节段预制拼装施工技术将迎来更广阔的发展空间。智能化、精细化的质量控制手段,新型材料和先进工艺的不断涌现,以及国际间的合作与交流,都将为该技术的发展注入新的活力。

参考文献

- [1] 乔德华, 常亮亮, 闫嵩等. 节段预制拼装桥梁施工技术应用研究综述[J]. 中州建设, 2023 (2): 9-10, 16.
- [2] 陈冲. 桥梁节段预制拼装法施工控制技术研究[J]. 建筑与装饰, 2020 (2): 123.
- [3] 王辉. 桥梁节段预制拼装法的施工控制技术研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2020 (14): 1571.