现代装配式建筑施工中的连接节点问题及改进技术研究

王庆良[1]，李　森[2]，刘贵宁[3]

（1. 无棣县弘诺城建工程有限公司，山东　滨州　256600；
2. 菏泽国信咨询集团有限公司，山东　菏泽　274000；
3. 山东中舜建设工程咨询有限公司，山东　滨州　256600）

摘　要：在装配式建筑在施工过程中，连接节点的设计与施工问题是影响其质量和施工效率的关键因素之一。连接节点作为装配式建筑中各构件之间的关键连接部位，直接影响到建筑物的结构稳定性、施工精度以及后期使用的耐久性。本文通过对现代装配式建筑施工中连接节点问题的深入分析，探讨当前连接节点在设计和施工中所面临的主要技术难题，提出一系列切实可行的改进方案。通过优化连接节点的设计、提升施工技术、加强质量控制等措施，能够有效解决连接节点问题，进一步提升装配式建筑的整体性能和市场竞争力。

关键词：装配式建筑施工；连接节点问题；改进技术

中图分类号：TU741　　**文献标志码：**A

Research on Connection Node Issues and Improvement Technologies in Modern Prefabricated Building Construction

WANG Qingliang[1], LI Sen[2], LIU Guining[3]

（1.*Wudi Hongnuo Urban Construction Engineering Co., Ltd., Binzhou* 256600, *China*;
2.*Heze Guoxin Consulting Group Co., Ltd., Heze* 274000, *China*;
3.*Shandong Zhongshun Construction Engineering Consulting Co., Ltd., Binzhou* 256600, *China*）

Abstract: In the construction process of prefabricated buildings, the design and construction of connection nodes are one of the key factors affecting their quality and construction efficiency. As the critical connection points between various components in prefabricated buildings, connection nodes directly impact the structural stability, construction accuracy, and durability of the building during later use. This paper conducts an in-depth analysis of the connection node issues in modern prefabricated building construction, explores the main technical challenges faced in the design and construction of current connection nodes, and proposes a series of practical improvement solutions. By optimizing the design of connection nodes, enhancing construction technologies, and strengthening quality control measures, the connection node issues can be effectively resolved, further improving the overall performance and market competitiveness of prefabricated buildings.

Keywords: prefabricated building construction; connection node issues; improvement technologies

0　引言

装配式建筑作为现代建筑领域的一种新型建筑方式，凭借其高效、环保、节能等特点，已逐渐成为推动建筑行业转型和升级的核心力量。连接节点作为装配式建筑中各个构件的关键连接部位，在建筑结构的整体性能、施工过程中的精度控制以及后期的使用安全等方面都具有至关重要的作用[1]。因此，深入研究连接节点在装配式建筑中的关键作用，不仅有助于提升装配式建筑的施工质量和结构稳定性，还能够在缩短工期、降低成本、提升耐久性等方面发挥重要影响。

1　装配式建筑连接节点的作用

合理的节点设计能够保证荷载的均匀分布和有效传递，避免局部应力集中，防止节点发生破坏。在节点处出现的问题会导致整个建筑结构的失稳，因此，节点的结构强度、刚度和抗力传递能力直接关系到建筑的整体稳定性。连接节点的可靠性对于整个建筑的稳定性至关重要，连接节点设计不合理、施工不精准或者节点构件质量差，会导致构件之间的连接松动或错位，从而影响整体结构的稳定性和安全性[2]。因此，施工过程中必须确保连接节点的质量控制，避免出现节点连接不牢或变形不合格等问题。

抗震设计要求节点在承载荷载的同时，能够吸收并消耗

收稿日期：2024-12-26

作者简介：王庆良（1977.10-）男，汉族，山东滨州人，大专，研究方向：建筑工程。

地震能量。柔性良好的连接节点可以在地震中发生适度的变形，而不至于发生脆性破坏，设计时需要考虑节点的延展性和变形能力，使其具备良好的抗震性能。装配式建筑的连接节点常通过添加阻尼装置或采用适当的材料设计，提升其能量耗散能力，使得节点能够在地震作用下有效地缓解地震力的传递，减少建筑物的震动幅度。合理的节点设计和施工能够降低结构的地震响应，从而提高整个建筑的抗震性能。

2 现代装配式建筑连接节点存在的问题

2.1 结构稳定性问题

连接节点在装配式建筑中的作用是确保各构件之间的稳定连接，然而在实际施工过程中，连接节点会存在一些结构稳定性隐患，影响整体建筑的安全性和长期性能。有些装配式建筑在设计和施工中，连接节点的刚性不足，导致节点在承受荷载时出现不均匀受力，进而影响整个建筑的稳定性。特别是在多层或高层装配式建筑中，若节点的刚度无法有效承受风荷载、地震荷载等外力作用，容易引发结构变形或甚至局部破坏。在施工过程中，连接节点容易出现错位现象，尤其是在现场安装时，由于预制构件尺寸不精确、施工操作失误或节点位置不当，导致节点连接不牢固，甚至出现连接不匹配、错位等问题[3]。这种错位现象不仅影响建筑的稳定性，还会引发结构不均匀沉降、变形或振动，增加了建筑的安全隐患。

2.2 施工精度与质量控制问题

连接节点的精度要求非常高。即便是微小的误差，也会导致节点接缝不严密，进而影响整体的结构稳定性和密封性能。例如，钢筋混凝土节点或钢结构节点在现场拼接时，如果节点的定位不准确，会导致接缝处的孔隙较大，出现不密封现象，造成节点处的强度下降，甚至影响整个结构的抗震和抗风性能。在施工过程中，由于连接节点的施工精度不达标，会导致节点出现裂缝。特别是在混凝土或钢材连接节点中，接缝部位会因为施工不当而出现裂缝，这不仅影响节点的承载能力，还会引发结构的长期性损坏和隐患。裂缝的存在会导致渗水、腐蚀等问题，进而影响建筑的使用寿命。由于装配式建筑在施工中涉及到多个环节，连接节点的质量控制往往面临较大的挑战。施工现场的复杂环境、工人技能参差不齐等因素，往往使得质量控制变得更加困难，增加了节点质量不合格的风险。

2.3 施工周期与工期问题

装配式建筑的施工方式通常依赖于预制构件，但节点的设计和现场组装往往是施工中的瓶颈环节。尤其是节点复杂、连接方式多样时，现场组装的时间较长，需要更多的精度和人工操作，会延长工期。尽管装配式建筑强调“工厂制造、现场拼装”的优势，但复杂的节点设计往往导致现场施工和安装时的精度要求较高，进而影响整体施工进度。装配式建筑的施工通常涉及多个工序和工种，节点的安装需要高度的协调性。例如，钢结构节点和混凝土节点在不同时间段的施工配合出现不一致，从而导致现场安装的混乱和工期拖延。

2.4 连接节点的耐久性与维护问题

很多装配式建筑的连接节点在长期使用过程中会出现防水性能差的问题。特别是在钢结构、混凝土节点和木结构节点等材料的连接处，容易发生雨水渗漏、湿气入侵等现象，导致节点处的腐蚀和变形。尤其是在一些老旧建筑中，连接节点的防水性能不佳，会导致水分积聚、钢材腐蚀或木材霉变，影响建筑的耐久性。钢材在潮湿环境下容易生锈，而混凝土节点则会因为环境腐蚀作用或水泥与钢筋的接触不良而出现裂缝和劣化现象，这些问题会导致节点强度下降，影响建筑的长期安全和稳定性。装配式建筑连接节点的耐久性直接影响到建筑物的维护成本，若节点防水、防腐等性能不足，建筑就会需要频繁的维护和修复，增加了后期的运营成本。

3 连接节点问题的改进技术研究

3.1 新型连接节点设计

高强度钢材具有更高的抗拉强度和抗压能力，能有效增强连接节点的承载能力。通过采用高强度钢材，可以减少节点尺寸，减轻结构重量，同时提高节点的整体刚度，降低因荷载作用导致的节点变形和错位问题，增强建筑的整体稳定性。高强度钢材通常经过特殊的防腐处理，例如热浸镀锌或涂覆防腐涂层，可以显著提高连接节点的耐腐蚀性，特别适用于潮湿、海洋气候等腐蚀性较强的环境中。这种材料的使用可以有效延长装配式建筑的使用寿命，减少节点因腐蚀引发的损坏和维护成本。高强度钢材的使用使得节点尺寸更加精确且轻巧，施工时可以更加迅速地进行组装和连接，减少工期，提升整体施工效率。

预应力技术能够有效地提高节点在地震荷载作用下的抗震能力。在节点设计中引入预应力钢筋或钢索，可以在节点连接处产生一定的压应力，从而减少因外力作用导致的结构裂缝和变形。预应力连接节点在地震发生时能更好地吸收和分散能量，提高整个建筑的抗震性能。通过预应力设计，节点的受力状态得到优化，能够有效减少对传统大尺寸、高重量材料的依赖，降低建筑的材料成本和自重，同时不牺牲节点的承载力和耐久性。预应力技术能够有效控制节点的形变，尤其是在节点连接处，能显著提高施工精度和接缝的严密性，减少施工过程中由于误差造成的裂缝和质量问题。

智能化连接件可以通过嵌入传感器来实时监测节点的受力状况、变形情况和温湿度等环境因素。通过与中央监控系统的联动，能够实时反馈节点的健康状态，提前预警节点的结构性问题，防止节点因未能及时发现的损伤而导致更大范围的破坏。智能化连接件还可以通过使用自修复材料来实现自动修复，在节点发生裂缝或损伤时，智能连接件能通过材料的自愈特性自动恢复原状，从而延长节点的使用寿命，减少维护成本[4]。智能化连接件的设计可以减少人工对节点施工精度的依赖，通过集成自动化施工设备，优化施工流程，提升节点连接的准确性和组装效率。智能化组件能够自动对接并校准节点位置，大大提高现场施工效率并减少因操作失误引发的质量问题。

3.2 施工技术优化

为确保节点连接精度，施工过程中应引入更加精细的工艺流程。在节点安装前进行严格的节点位置标定，确保每个构

件的准确对接。对于复杂的节点，可以采用分段、分层施工，逐步调整和固定节点位置，从而减少因一次性安装误差带来的问题。在现场施工之前，可以对连接节点进行预装配和检验，通过在工厂或预制场地进行部分或完整的节点组装，确保连接节点的尺寸、角度和位置精度符合要求。只有通过严格检验后的节点才能进行现场安装，从源头上降低施工精度不符合要求的风险。通过制定详细的施工标准化流程，确保施工过程中每一个环节的精确执行，标准化作业流程可以减少人为因素的干扰，保证施工质量的稳定性。

使用激光测量仪、全站仪等高精度测量工具，能够确保施工中每个节点的准确位置和角度。激光定位系统能够实时监测施工进度，并为工人提供精确的定位参考，确保每个构件的安装位置完全符合设计要求[5]。采用实时控制系统，如自动化水平仪和电子精度监测系统，帮助工人在施工过程中精确调整节点位置，这些系统能够在施工过程中提供即时反馈，提醒工人调整误差，保证节点的精确对接。通过模块化预制技术，节点连接件在工厂中已完成精确加工和拼接，现场只需快速安装，减少了现场施工中产生的误差。模块化设计还可以确保节点尺寸统一，降低了现场施工过程中的不确定性。

自动化设备的引入为装配式建筑连接节点的施工提供了新的解决方案，通过自动化施工设备，可以有效提升施工精度、减少人工操作失误，并加快施工进度。自动化吊装设备、机械臂等可以帮助快速而精确地安装连接节点，在现场安装过程中，利用自动化吊装设备和机械臂进行节点位置调整，确保节点安装的精准度，同时减少了人工操作带来的误差和安全隐患。对于一些钢结构节点，采用焊接机器人进行自动化焊接作业，可以显著提高焊接精度，避免人为因素对焊接质量的影响。机器人可以按照设计要求精确地进行每一处焊接，减少焊接误差，提高节点连接的稳定性。自动化质量检测设备能够对节点连接过程中的每个步骤进行实时监控，并自动检测节点的尺寸、位置和连接质量。通过这些设备，施工过程中出现的问题能够及时发现并调整，减少施工质量不合格的情况[6]。

3.3 节点装配质量控制方法

节点的装配质量受到每一个施工环节的影响，因此，必须对各个工序进行严格控制，确保每一步的施工都符合质量标准。实施精细化的工序管理，细化每个施工步骤的操作标准与技术要求。例如，节点安装前要进行严格的预检，确保节点构件尺寸、表面处理、连接孔等符合设计要求。安装过程中，工人应按照标准化的流程进行操作，并对节点位置、角度、水平度进行逐一检查和调整，确保节点达到设计要求。每个施工环节都会影响到最终节点的质量，因此需要在工序之间设置质量检查点。比如，预制和现场安装时，可以通过检查节点的对接精度和接缝严密性，确保节点连接的稳定性。安装过程中，使用高精度设备实时跟踪，及时发现并纠正安装误差。实行明确的工序责任制，每个施工环节的责任人必须确保其操作符合质量标准，并对后续施工质量负责。通过明确工序责任，确保每个环节的操作质量不被忽视，防止因环节之间的衔接问题导致质量事故。

现场质量检测技术对于确保连接节点的质量起着至关重要的作用，能够在施工过程中实时监测并及时发现潜在问题，确保节点装配的高质量。通过引入数字化检测技术，如激光扫描、三维成像、计算机辅助检测等手段，可以在节点装配过程中进行实时监控和数据分析。这些技术能够快速检测出节点的偏差情况，并反馈给施工人员，指导其进行精确调整。比如，激光扫描系统能够精确测量节点的几何形状和位置偏差，通过与设计数据对比，及时发现施工中的误差。针对连接节点的焊接、螺栓连接等重要部位，可以采用超声波、X 射线、红外线等无损检测技术，对节点的质量进行全方位检查。这些无损检测方法能够有效识别焊缝缺陷、内部裂纹、腐蚀等潜在问题，避免因传统检测手段遗漏的问题导致后期隐患。为确保节点在整个施工过程中始终保持高质量，现场可以安装动态检测系统，对节点的受力情况、变形情况、温度湿度等环境参数进行实时监控。这些监测系统能够为施工人员提供实时反馈，帮助及时发现节点存在的问题，并进行调整。

4 结 论

综上所述，连接节点在施工中存在结构稳定性不足、施工精度控制困难等问题，严重影响了建筑质量与施工效率。针对这些问题，通过采用高强度钢材、预应力技术、智能化设计等创新方案可以提高节点的稳定性、耐久性和施工精度。同时，通过加强施工过程中的质量控制措施，如引入高精度施工设备、严格的工序管控和现场质量检测技术，能够有效提升连接节点的施工质量，保证装配式建筑在施工中的高效性与高质量。

参考文献：

[1] 叶睿 . 装配式建筑结构节点连接方式及施工技术改进研究 [J]. 山西建筑 ,2024,50(01):15-17+27.

[2] 郑舒 . 装配式建筑施工技术要点及质量控制分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023,(18):175-177.

[3] 李家豪 , 程从密 , 黄泽 , 等 . 装配式混凝土结构预制主次梁连接节点研究综述 [J]. 广东建材 ,2022,38(10):81-85+61.

[4] 顾玉萍 . 装配式建筑发展及其节点连接施工技术研究 [J]. 居舍 ,2022,(06):43-45.

[5] 李惠 . 装配式建筑节点连接方法及其施工质量控制研究 [J]. 城市建筑 ,2021,18(26):190-192.

[6] 张淳 . 装配式钢结构梁柱连接节点研究 [J]. 建筑技术开发 ,2021,48(04):5-6.