

装配式钢结构住宅节点受力与施工优化研究

作者：王玉

身份证号：533222199303055516

摘要：节点是装配式钢结构住宅传力、抗震与整体稳定的核心关键部位，节点受力性能与施工质量直接决定建筑结构安全等级与服役寿命。现阶段装配式钢结构住宅节点普遍存在应力集中明显、受力不均、施工精度不足、工序衔接混乱等问题，易引发结构变形、抗震性能弱化等隐患。本文结合钢结构节点受力机理，分析常见节点受力缺陷与施工痛点，从节点构造优化、受力性能改良、施工工艺升级、质量管控等方面提出优化策略，有效提升节点承载能力、抗震延性与施工质量，为装配式钢结构住宅工程标准化施工提供技术参考。

关键词：装配式钢结构；住宅节点；受力性能；施工工艺；结构优化

一、引言

装配式钢结构住宅具备绿色低碳、施工高效、自重轻、抗震性能优的优势，是建筑工业化转型升级的主流方向。钢结构节点作为构件连接的核心，承担着弯矩、剪力与轴力的传递任务，是结构体系中最薄弱、最关键的受力部位。现阶段工程施工中，节点设计不合理、施工工艺不规范极易造成结构受力失衡，降低建筑整体稳定性。基于节点受力规律开展结构与施工优化，是提升装配式钢结构住宅工程质量的核心举措。

二、装配式钢结构住宅节点核心受力机理

（一）节点传力基本原理

装配式钢结构住宅梁柱节点、拼接节点通过螺栓或焊接方式实现构件整体连接，是结构荷载传递的关键枢纽。在竖向荷载、风荷载与地震荷载作用下，节点负责协调梁、柱、墙板等构件的内力传递与变形适配，保障结构整体协同工作。合理的节点设计需保证传力路径清晰、受力均匀，具备足够的刚度、承载力与变形协调能力，满足强节点、弱构件的结构设计基本原则。

（二）节点主要受力特征

钢结构节点长期处于复合受力状态，同时承受静态恒载与动态交变荷载作用。常规工况下节点以静态承压、受剪为主，地震与强风工况下会产生往复循环荷载，易引发节点疲劳损伤与塑性变形。节点核心区应力分布极不均匀，螺栓孔、焊缝边缘、截面突变位置极易出现应力集中现象，是结构开裂、失效的主要薄弱点位。节点区域的塑性铰可有效耗散地震能量，合理的构造设计能够构建多重抗震防线，提升结构整体安全冗余度。

三、现阶段钢结构节点受力与施工现存问题

（一）节点构造设计不合理，应力集中严重

部分装配式钢结构住宅节点构造设计较为保守，构件截面匹配不合理，连接板尺寸、螺栓排布缺乏精准力学计算支撑。节点核心区柱壁厚度不足、加劲板布置稀疏，无法有效分散集中应力，受力过程中极易出现局部屈曲、变形等问题。同时部分节点截面突变明显，荷载传递不顺畅，大幅降低节点延性与抗震耗能能力，难以适配复杂工况受力需求。

（二）节点受力性能不均，抗震稳定性偏弱

传统栓焊混合连接节点刚度分布失衡，焊接区域刚度偏大、螺栓区域变形能力有限，循环荷载作用下易出现脆性破坏。多数节点未设置耗能构造与缓冲结构，地震作用下无法有效耗散动能，结构整体抗侧力性能不足。同时节点竖向与水平向受力协调性差，构件变形无法同步，长期服役易出现松动、开裂等安全隐患。

（三）现场施工精度不足，成型质量较差

装配式钢结构节点施工对安装精度要求极高，现阶段现场施工普遍存在构件对接偏差、螺栓紧固力矩不统一、焊缝成型不规范等问题。人工安装误差易导致节点拼接错位、间隙超标，造成局部受力过载。施工工序安排不合理，吊装、对接、紧固、焊接工序衔接混乱，极易产生累积施工误差，直接改变节点原始受力状态，弱化结构承载性能。

（四）施工管控体系不完善，隐患排查滞后

施工现场缺乏标准化节点施工管控流程，质量检查多以外观检测为主，缺少力学性能精准检测环节。隐蔽工程质量管控缺失，螺栓预拉力不足、焊缝内部缺陷等问题无法及时发现，后期易引发节点疲劳破坏。粗放的管控模式无法保障节点施工标准化、精细化，制约钢结构住宅整体施工质量提升。

四、钢结构住宅节点受力与施工优化策略

（一）优化节点构造，均衡全域应力分布

遵循强节点、弱构件的设计原则优化节点构造形式，加厚节点核心区柱壁，合理增设横向、竖向加劲板，提升节点整体刚度与稳定性。优化螺栓排布方式与连接板厚度，消除截面突变问题，梳理清晰荷载传递路径，有效缓解局部应力集中。采用翼缘适度削弱的构造设计，让塑性铰出现在梁端区域，避免节点核心区发生脆性破坏，大幅提升节点抗震耗能能力。

（二）改良连接形式，提升节点综合力学性能

优化传统栓焊混合连接模式，优先采用全螺栓装配式连接结构，减少现场焊接作业，降低施工缺陷对受力性能的影响。全螺栓连接结构受力均匀、变形协调能力强，具备良好的刚度与延性适配性。针对高层住宅结构，采用多道设防的复合节点构造，构建多重抗震防线，有效提升节点在交变荷载下的稳定性与耐久性。

（三）升级施工工艺，严控安装成型精度

依托数字化技术优化施工流程，采用 BIM 技术提前模拟节点吊装、对接与安装全过程，规划最优施工路径，减少现场调整误差。统一螺栓紧固标准，采用智能扭矩扳手精准控制紧固力矩，实现施工数据可追溯。规范现场焊接工艺，严控焊接温度、速度与成型质量，做好焊缝无损检测，彻底消除内部施工缺陷。合理排布施工工序，避免误差累积，保障节点安装精度达标。同时，针对装配式钢结构住宅标准化施工特点，严格执行构件工厂预制、现场精准拼装的施工模式，提前对进场钢构件的尺寸偏差、平整度、螺栓孔位精度进行复核校验，从源头规避构件加工偏差造成的节点对接失误。结合现场工况动态调整施工方案，针对高低跨、转角、外墙拼接等特殊节点，制定专项安装工艺，进一步提升复杂位置节点的施工精度与受力稳定性。

（四）完善质量管控，构建长效保障体系

建立节点首件验收制度，确定标准施工工艺后再开展批量作业，统一施工质量标准。构建全过程质量管控体系，覆盖构件进场、现场安装、成型检测、后期验收全流程。结合力学检测、无损检测技术，精准排查节点受力隐患与施工缺陷，及时完成整改优化，保障节点受力性能与设计标准完全契合。同时建立施工台账与质量追溯机制，对每一处节点的安装参数、检测数据进行存档记录，便于后期运维检修与质量复盘，持续提升工程施工标准化水平。

五、结论

装配式钢结构住宅节点的受力性能与施工质量直接决定建筑结构安全与服役稳定性，传统节点存在应力集中、受力不均、施工精度不足等突出问题。通过优化节点构造形式、改良连接结构、升级数字化施工工艺、完善全过程质量管控体系，可有效均衡节点应力分布，提升节点承载能力、抗震延性与施工精度。优化后的节点结构传力合理、性能稳定，能够充分适配装配式钢结构住宅的施工与服役需求，有效提升建筑整体抗震性能与结构耐久水平，可为同类工程节点设计与施工提质提供可靠借鉴。

参考文献

- [1]黎智. 装配式钢结构住宅的抗侧力性能与节点构造设计[J]. 工程建设与设计, 2025(12): 89-91.
- [2]王浩, 李建军. 钢结构梁柱节点应力集中问题及构造优化研究[J]. 建筑结构, 2024, 54(18): 112-116.
- [3]张晨阳. 装配式钢结构节点施工精度控制与质量提升策略[J]. 施工技术, 2025, 54(09): 76-79.
- [4]刘博文, 周鑫. 基于 BIM 的钢结构装配式节点施工优化技术[J]. 土木工程信息技术, 2024, 16(04): 103-107.
- [5]杨佳宁. 钢结构住宅节点抗震性能优化与试验分析[J]. 建筑科学, 2025, 41(02): 68-72.