

第四代住宅跃层结构施工及安全技术措施研究

杨东

中国电建地产集团有限公司, 北京 100048

DOI:10.61369/ERA.2026080021

摘 要 : 为解决第四代住宅跃层结构施工精度不足、结构易破损、庭院易渗漏及高空作业安全风险高等工程痛点, 本文结合第四代住宅结构施工特点, 系统探究其跃层结构核心施工技术与专项安全管控措施。依托 BIM 数字化技术, 整合三维空间定位、复杂节点精细化钢筋施工、高支模与大悬挑支撑体系搭设、混凝土防裂浇筑及空中庭院防排水一体化等关键施工技术, 攻克了异形构件定位偏差、密集节点施工质量缺陷、悬挑结构开裂、庭院渗漏等施工难题。同时, 针对高空悬挑、高支模拆装、交叉作业等高危施工场景, 制定专项安全技术措施, 构建基于 BIM 数字化预控、全过程组织管控的立体化安全管理体系, 形成了技术赋能、全程闭环的施工与安全管控体系。工程实践表明, 该套施工技术与安全管理措施可有效提升第四代住宅跃层结构施工精度与成型质量, 大幅降低高空作业、架体失稳等安全风险, 规避常见施工质量通病, 可为同类第四代住宅跃层结构工程施工及安全管理提供参考与借鉴。

关 键 词 : 第四代住宅; 跃层结构; BIM 技术; 施工关键技术

Research on the Construction and Safety Technical Measures of Fourth Generation Residential Leapfrog Structures

Yang Dong

China Power Construction Real Estate Group Co., Ltd., Beijing 100048

Abstract : In order to solve the engineering pain points of insufficient construction accuracy, easy damage to the structure, leakage in the courtyard, and high safety risks of high-altitude operations in the fourth generation residential structure, this article systematically explores the core construction technology and special safety control measures of the fourth generation residential structure construction based on its characteristics. Relying on BIM digital technology, key construction technologies such as three-dimensional spatial positioning, refined steel reinforcement construction of complex nodes, high formwork and large cantilever support system construction, concrete crack prevention pouring, and integrated waterproofing and drainage of aerial courtyards have been integrated, overcoming construction difficulties such as positioning deviation of irregular components, quality defects of dense node construction, cracking of cantilever structures, and courtyard leakage. At the same time, special safety technical measures have been formulated for high-risk construction scenarios such as high-altitude cantilever, high formwork disassembly and assembly, and cross operation. A three-dimensional safety management system based on BIM digital pre control and full process organizational control has been constructed, forming a construction and safety control system that is technically empowered and fully closed-loop. Engineering practice has shown that this set of construction techniques and safety management measures can effectively improve the construction accuracy and forming quality of the fourth generation residential mezzanine structure, significantly reduce safety risks such as high-altitude operations and frame instability, and avoid common construction quality problems. It can provide reference and guidance for the construction and safety management of similar fourth generation residential mezzanine structure projects.

Keywords : fourth generation residential buildings; jumping layer structure; BIM technology; key construction technologies

引言

随着我国建筑行业绿色化、生态化、智能化转型升级, 人居建筑理念持续迭代, 融合空中庭院、立体绿化、错层跃层设计的第四代

住宅，逐步成为住宅建筑发展的新趋势。相较于传统平层住宅，第四代住宅每户配套独立空中花园与观景露台，整体结构呈现错落式布局、异形构件多、大跨度悬挑构件密集、空间构造复杂的特征，彻底改变了传统住宅规整的结构形式与施工模式，在提升居住舒适度与生态性的同时，也给现场施工与安全管理带来诸多难题。本文立足第四代住宅跃层结构施工全流程，结合数字化施工理念，系统梳理测量定位、钢筋工程、模板支撑、混凝土浇筑、庭院防排水五大核心施工关键技术，针对性制定高危作业专项安全技术措施与数字化、常态化安全管理体系，形成一套适配第四代住宅跃层结构的施工及安全管控体系，旨在提升工程施工质量与安全管控水平，为同类新型住宅建筑施工提供技术参考。

一、第四代住宅跃层结构施工关键技术

（一）测量控制与三维空间定位技术

第四代住宅作为一种新型建筑形式，融合了绿色、生态、智能等先进理念，第四代住宅的一大特点是每户都有自己的空中花园和露台，由此出现了跃层结构，为居民提供了更加多样化、个性化的居住空间^[1]。针对第四代住宅跃层户型空间错落、异形构件繁杂、传统二维测量精度偏低等施工难题，采用 BIM 三维建模融合全站仪、激光扫平仪的立体化测量定位技术，搭建全过程高精度测量管控体系。施工前期依托施工图纸搭建精准 BIM 三维结构模型，对跃层错层节点、大悬挑构件及异形梁柱开展三维尺寸校核，提前排查图纸尺寸偏差与空间碰撞隐患，优化构件定位参数，输出标准化三维放线数据^[2]。施工现场统一布设场区一、二级测量控制网，摒弃传统单层独立放线方式，依托整体控制网推行三维坐标定位、分层标高管控、细部点位复核一体化作业模式。针对悬挑庭院、跃层挑空等关键区域，借助全站仪导入 BIM 三维坐标精准定点，在悬挑端部与异形节点增设双重校核点位，有效削减施工累计误差。施工中运用激光扫平仪把控楼面平整度与构件标高，对错层高差区域做好专项放线标识^[3]。项目严格落实多层次测量复核机制，每层放线完成后联动 BIM 模型完成数据比对核验，严控悬挑尺寸、跃层高差及节点安装精度，将结构定位偏差稳定控制在规范限值内，从施工源头根治跃层结构空间定位不准的问题。

（二）复杂节点钢筋工程施工技术

第四代住宅跃层结构核心节点钢筋密集、构造复杂、施工空间狭小，常规工艺易产生质量缺陷，需采用精细化预制、分层穿插、专项加固的专项施工技术^[4]。施工前，依托 BIM 模型对复杂节点钢筋深化排布，模拟穿插顺序与排布间距，优化下料尺寸，合理调整密集钢筋位置，规避现场钢筋冲突、绑扎混乱等问题。针对悬挑梁板根部、跃层梁柱交接、斜向构件等关键节点，单独出具深化图纸，明确钢筋锚固长度、搭接位置及排布间距^[5]。现场采用工厂预制半成品+现场分层绑扎模式，减少高空作业量。施工遵循先主后次、先内后外、先粗后细原则，优先绑扎承重主筋，再穿插构造钢筋，狭小空间搭配小型工具辅助施工。大悬挑梁板节点增设定位马凳、限位支架，严控钢筋锚固、弯钩施工质量，防止钢筋位移下沉。施工完成后开展专项验收，核查钢筋规格、数量及排布方式，杜绝漏筋、错筋等问题，保障结构受力达标。

（三）高支模及大悬挑模板支撑体系施工技术

高支模、大悬挑模板支撑体系是第四代住宅跃层结构施工的核心，直接关乎施工安全与结构成型质量，需落实专项设计、精准搭设、严格验算的施工要求。施工前，针对挑空跃层、大悬挑

庭院等高危区域，结合结构受力参数编制专项施工方案，通过专业软件完成架体承载力、稳定性、挠度验算，超大、超高支撑体系需开展专家论证，保障方案安全可行^[6]。工程采用稳定性、精度及安全性更优的盘扣式脚手架支撑体系，针对不规则跃层区域优化架体布局，规避悬空、偏心受力问题。大悬挑梁板采用主体锚固+悬挑钢梁+架体支撑复合体系，将荷载传递至主体结构，并通过增设水平加固杆、剪刀撑及竖向支撑，强化架体整体刚度与稳定性。施工选用高强度覆膜胶合板，异形节点定制加工，严控模板平整度、拼缝及标高，密封封堵拼缝防止漏浆。同时严格依据同条件试块强度确定拆模时间，遵循分层拆模原则，杜绝提前、暴力拆模，防范结构变形开裂。

（四）混凝土工程浇筑与防裂技术

第四代住宅跃层结构构件厚薄不均、大跨度悬挑构件多，混凝土施工易出现开裂、蜂窝麻面、沉降不均等病害，需采用精细化防裂施工技术把控质量^[7]。施工首先优化混凝土配合比，选用低水化热水泥，掺加粉煤灰、矿粉等掺合料降低水化热与内外温差，搭配适量外加剂，提升混凝土和易性与抗裂性能。浇筑遵循分层、分段、对称、连续原则，按高低差、大悬挑梁板结构合理分段，分层浇筑厚度控制在 300~500mm，规避厚层一次性浇筑引发的沉降开裂^[8]。采用插入式振捣器精准振捣，重点密集钢筋密集节点、构件边角、悬挑根部等关键部位，杜绝漏振、过振；超长悬挑梁板从端部向根部对称浇筑，平衡结构受力。混凝土初凝后及时二次压光抹面，消除表面收缩裂缝^[9]。养护采用覆膜保湿加保温覆盖方式，高空区域增设防风、防晒设施，常温养护不少于 14 天，同步监测大跨度、悬挑构件温度，严控内外温差，有效防控结构开裂。

（五）空中庭院防、排水及防水一体化施工技术

空中庭院作为第四代住宅的核心区域，是渗漏、积水质量隐患高发部位，需采用防水、排水、防护一体化施工技术，保障施工质量。施工前期，结合庭院尺寸与绿化布局优化排水坡度，将坡度严控在 2%~3%，杜绝倒坡、平坡问题，精准定位排水口、地漏、雨水管，消除排水盲区。基层施工时，对结构楼板进行打磨、找平、清理，去除浮浆杂物，修补裂缝孔洞，保证基层平整坚实。对阴阳角、管道根部等薄弱节点做圆弧倒角处理，增设防水附加层。整体采用涂膜+卷材复合防水体系，底层全覆盖涂刷柔性防水涂料，上层规范铺设防水卷材，确保层间粘结牢固、搭接合规^[10]。防水施工后开展两次闭水试验，防水层完工后做 24 小时闭水试验，验收合格后施工保护层与种植层，整体完工后再次复核闭水。同步规范安装排水系统，保障排水通畅、连接严密，最后完成铺装与绿化施工，一体化解决庭院积水、渗漏通病。

二、第四代住宅跃层结构安全技术与管理措施

（一）核心高危作业安全技术措施

第四代住宅跃层结构施工的高危作业主要集中在高空悬挑作业、高支模搭设与拆除、高空交叉作业、混凝土高空浇筑作业等，针对各类高危作业制定专项安全技术措施，从技术层面规避安全风险。针对高空悬挑作业，施工现场全覆盖搭设标准化防护脚手架、安全防护网，悬挑结构边缘、跃层高低差部位设置1.2m高防护栏杆+18cm高挡脚板，铺设防滑脚手板，杜绝高空坠落风险。高空作业人员必须佩戴安全带、安全帽、防滑鞋，安全带遵循高挂低用原则，作业面设置临时安全绳、防护平台，严禁无防护高空作业。针对高支模搭设与拆除作业，严格执行专项方案与专家论证要求，架体搭设、拆除作业必须由持证专业人员完成，作业前开展专项安全技术交底。搭设过程中分段检查、分段验收，架体未验收合格严禁进入下一道工序。拆除作业设置警戒区域，安排专人值守，严禁无关人员进入作业区域，拆除杆件分类传递、集中堆放，严禁高空抛掷物料。针对高空交叉作业，合理规划施工工序，尽量避免上下层同时施工，无法规避的交叉作业，在上下作业层之间设置硬质隔离防护层，高空物料堆放远离悬挑边缘、洞口位置，控制堆放荷载，杜绝堆载超标、物料坠落伤人。针对高空混凝土浇筑作业，加固浇筑作业平台，检查设备线路安全，避免机械倾覆、漏电安全隐患。

（二）基于BIM/数字化施工的安全预控技术

为解决传统安全管理事后整改、被动管控的弊端，依托BIM数字化施工技术，构建第四代住宅跃层结构施工安全全过程预控体系，实现风险提前识别、提前防控。施工前期，通过BIM三维模型模拟施工现场整体布局，精准识别高空作业盲区、高支模高危区域、悬挑结构风险点、交叉作业冲突点，建立施工安全风险清单，针对高风险点位提前制定专项防控措施，优化施工工序与现场布局。利用BIM模型开展可视化安全技术交底，将复杂跃层结构、高危作业区域的安全管控要点、操作规范通过三维模型直观展示给施工人员，替代传统纸质交底，提升交底精准度与有效性。同时结合施工进度模拟，动态预判不同施工阶段的安全风险变化，提前调整安全管控重点。引入数字化监测技术，对高支模体系、大悬挑结构实施实时在线监测，重点监测架体沉降、位移、应力变化，悬挑结构变形数据，数据实时上传后台系统，一旦超出预警阈值，立即发出声光预警，及时叫停施工、排查隐患，实现安全风险动态管控。此外，利用数字化台账系统，记录安全检查、隐患整改、技术交底、人员培训等全过程资料，实现

安全管理可追溯、可管控。

（三）施工过程安全组织与管理措施

完善的组织管理体系是施工安全的核心保障，结合第四代住宅跃层施工特点，建立“全员负责、全程管控、闭环落实”的安全管理体系。首先健全安全组织机构，明确项目经理、技术负责人、安全员、施工班组长的各级安全职责，落实全员安全生产责任制，将安全管控责任细化到每个岗位、每道工序。强化施工前期安全管控，所有进场施工人员必须开展专项安全培训，重点培训高空作业、高支模施工、悬挑结构施工的安全规范与应急处置流程，考核合格后方可进场作业。针对特种作业人员，严格执行持证上岗制度，杜绝无证作业、违规作业。每道高危工序施工前，开展针对性安全技术交底，确保施工人员明确风险要点与防控措施。加强施工现场常态化安全巡查，建立日常巡查+专项检查+定期排查的三级检查制度，日常由专职安全员全程值守巡查，重点排查防护设施、架体稳定性、人员违规操作等问题；针对高支模、高空作业开展专项安全检查；每周开展全面安全隐患排查，对发现的隐患建立台账，落实整改责任人、整改时限，实现隐患闭环整改。同时完善施工现场应急管理体系，针对高空坠落、架体坍塌、物体打击等高发安全事故，编制专项应急预案，配备齐全的应急物资与救援设备，定期开展应急演练，提升现场应急处置能力，最大限度降低安全事故损失。此外，落实安全奖惩制度，规范现场施工行为，杜绝违章指挥、违章作业，全面保障施工全过程安全。

三、结束语

第四代住宅跃层结构的异形化、悬挑化、错层化构造特征，使其施工工艺与安全管控难度远高于传统住宅建筑，传统施工技术与安全管理模式难以适配其工程建设需求。本文立足第四代住宅工程施工实际，针对性研发并梳理了三维数字化测量定位、复杂节点精细化施工、高支模悬挑体系搭设、混凝土防裂浇筑、庭院防水排水一体化五大核心施工技术，有效解决了跃层结构施工精度差、结构质量缺陷、庭院渗漏等工程难题，显著提升了结构施工成型质量与使用性能。同时，结合工程高危作业特点，从专项安全技术、数字化安全预控、全过程组织管理三个维度，构建了全方位、立体化、可追溯的施工安全管控体系，有效规避了高空作业、高支模施工等场景的安全风险，实现了施工质量与安全的双重管控。

参考文献

- [1] 任振民,王海彬,侯艳刚,等.第四代住宅跃层结构施工及安全技术措施研究[J].建筑技术开发,2025,52(12):59-61. DOI:10.20259/j.jzjskf.2025.12.0059.
- [2] 杨培娜,闫旭灿,王磊超,刘彦明,陈帅.第四代高层住宅错层悬挑结构施工关键技术研究[J].建筑施工,2025,47(10):1585-1590.
- [3] 朱敏.第四代住宅结构设计浅析[J].门窗,2022(15):115-117.
- [4] 刘朝阳.第四代住宅设计优化及应用[J].住宅与房地产,2024(10):120-122.
- [5] 侯玉林.第四代住宅建设工程项目全过程造价管理难点及优化对策[J].睿士,2024(19):167-169.
- [6] 何桦寒,陈明华,徐涛,王语强,邵彦杰.第四代住宅施工技术创新与实践研究[J].建设科技,2024(S1):168-170.
- [7] 蔡震,刘彪,周前明,王飞,张程.第四代住宅悬挑错层阳台施工技术研究[J].中国建筑装饰装修,2024(18):150-152.
- [8] 潘明玉.第四代住宅工程建筑施工安全防护技术研究[J].住宅与房地产,2026(11):101-104.
- [9] 李斌,谭林刚.第四代建筑露台错层、错台处爬架附着支座施工技术[J].陕西建筑,2023(4):84-89.
- [10] 戴轩昂,周曦,吴杰.基于多元统计分析的第四代住宅特征与类型研究[J].中外建筑,2026(1):72-80.