

超高性能混凝土（UHPC）在预制装配式建筑施工中的关键技术及应用

邓康

江西万壑建筑工程有限公司，江西抚州，344000；

摘要：超高性能混凝土（UHPC）是具备超高强度、高韧性及高耐久性的新型建筑材料，在预制装配式建筑领域应用潜力突出。预制装配式建筑因绿色高效成为建筑工业化发展主流，但构件连接及结构性能问题制约其发展。UHPC的材料特性与预制装配式建筑施工需求高度契合，为解决行业瓶颈提供了有效路径。本文围绕UHPC在预制装配式建筑施工中的应用，梳理材料制备、构件生产及现场装配等关键技术，分析应用优势与实践价值，为推动两者融合发展及技术规范化应用提供参考，助力建筑行业提质增效与绿色转型。

关键词：超高性能混凝土；预制装配式建筑；施工关键技术；构件预制；现场装配

DOI：10.69979/3029-2727.25.11.089

引言

随着建筑工业化与绿色建筑理念的深入推进，预制装配式建筑成为破解传统建筑模式效率低、污染大等问题的重要路径。预制构件的连接可靠性、结构整体性能提升等问题，始终是制约其发展的瓶颈。超高性能混凝土（UHPC）作为新型建筑材料，兼具超高强度、高韧性与高耐久性，其材料性能与预制装配式建筑施工特性高度契合。当前，UHPC在预制装配式建筑中的应用虽已起步，但施工环节的技术整合与优化仍有提升空间。基于此，本文针对相关关键技术及应用展开研究，为实践提供理论与技术支撑。

1 UHPC与预制装配式建筑的核心特征及融合价值

1.1 UHPC的材料性能及工程优势

UHPC的核心优势源于其独特的组分设计与微观结构。其组分中剔除了粗骨料，以精选石英砂为骨料，配合低水胶比、高效减水剂及活性粉末，经特定养护形成致密结构。这种结构使UHPC抗压强度远超普通混凝土，同时具备优异的抗渗性与抗冻性，能有效抵御环境侵蚀。在工程应用中，UHPC的高韧性可降低构件开裂风险，延长结构使用寿命。此外，其良好的施工和易性便于预制构件生产，减少施工损耗，符合绿色建筑的发展要求，为预制装配式建筑的结构优化提供了材料保障。

1.2 预制装配式建筑的施工特性及需求

预制装配式建筑以工厂预制构件、现场装配为核心

施工模式，具有施工周期短、现场作业量少的显著特性。其施工过程减少了传统现浇混凝土的养护时间，能有效缩短项目总工期，提升施工效率。同时，工厂化生产可精准控制构件质量，降低现场施工误差，保障建筑整体品质。当前，预制装配式建筑发展面临的核心需求集中在结构连接可靠性与整体抗震性能提升。随着高层及大跨度预制建筑的增多，对构件的承载能力与连接强度提出了更高要求，亟需适配的高性能材料与施工技术支撑其发展。

1.3 两者融合逻辑及现实意义

UHPC与预制装配式建筑的融合，本质是高性能材料与先进施工模式的协同适配。预制装配式建筑对构件性能与连接质量的高要求，与UHPC的材料优势形成精准匹配。UHPC可通过提升预制构件自身强度，实现构件轻量化设计，降低运输与吊装难度。其优异的粘结性能能强化构件连接节点，提升结构整体稳定性。这种融合的现实意义在于，既能破解预制装配式建筑的结构瓶颈，又能拓展UHPC的应用场景。同时，两者结合可进一步提升建筑工业化水平，减少资源消耗，推动建筑行业向高效、绿色、高质量方向转型，具有重要的行业推动价值。

2 UHPC在预制装配式建筑施工中的核心技术体系

2.1 UHPC适配性制备及质量控制

UHPC的制备需结合预制装配式建筑的构件需求进行适配性调整。制备前需根据构件的强度等级与尺寸，

确定石英砂级配、活性粉末掺量及水胶比等关键参数。搅拌过程中，应采用高速搅拌设备确保组分均匀混合，避免出现离析现象。质量控制需贯穿制备全程，原材料进场时需检测石英砂颗粒级配、水泥强度等指标。搅拌过程中实时监测拌合物的流动度，确保其满足浇筑要求。浇筑后需进行标准养护，控制养护温度与湿度，促进强度发展。通过严格的制备工艺与质量控制，保障UHPC性能稳定，适配预制构件生产需求。

2.2 UHPC预制构件生产技术

UHPC预制构件生产需依托标准化工厂生产线实现高效优质生产。模具设计是关键环节，需采用高强度钢模确保尺寸精度，同时设置合理的浇筑口与排气孔，避免气泡残留。浇筑时采用分层浇筑与振捣工艺，确保UHPC填充密实。对于复杂形状构件，可采用真空辅助浇筑技术提升密实度。构件成型后需进行蒸汽养护或压蒸养护，加速强度发展，缩短生产周期。生产过程中需注重模具清理与养护制度执行，避免构件表面缺陷与强度不足问题，确保出厂构件符合设计标准，为现场装配奠定基础。

2.3 UHPC构件运输及存储

UHPC预制构件的运输与存储需重点关注防护，避免损伤影响性能。运输前需根据构件尺寸与重量，设计专用运输架，采用柔性缓冲材料固定构件，防止运输过程中因震动产生裂缝。运输车辆需保持平稳行驶，控制行驶速度，减少急刹急转。存储场地应平整坚实，设置排水设施避免积水。构件存储采用分类堆放方式，按吊装顺序合理安排堆放位置，减少二次搬运。堆放时底部设置垫块，确保受力均匀，对于细长构件需采取侧向支撑措施防止变形。存储期间需做好防潮防晒措施，定期检查构件状态，确保装配时构件性能完好。

3 UHPC在预制装配式建筑施工现场施工中的关键应用技术

3.1 构件精准吊装与定位

UHPC预制构件的吊装与定位直接影响装配质量，需依托专业设备与精细化流程实现。吊装前需对构件重量、重心位置进行精准测算，选用匹配的吊装设备与吊具，吊具与构件连接点应设置防护衬垫，避免损伤构件。现场吊装需划分专用作业区域，设置警示标识，确保施工安全。定位时采用激光测距仪、水准仪等精密仪器，实时监测构件位置偏差。对于关键构件，需进行多次复核调整，确保构件轴线、标高符合设计要求。吊装完成后

及时进行临时固定，防止构件移位，为后续连接施工创造条件。

3.2 构件连接节点施工

连接节点是预制装配式建筑的受力关键部位，UHPC在节点施工中的应用需遵循严格工艺。节点施工前需清理构件连接面，去除浮浆与杂物，保证连接面洁净粗糙。根据节点类型可采用UHPC现浇连接或灌浆连接方式，现浇连接时需确保模板支撑牢固，防止漏浆。灌浆连接需选用专用灌浆设备，控制灌浆压力与速度，确保浆料填充饱满。连接过程中需做好UHPC的振捣与养护工作，振捣可采用小型振捣棒，避免损伤构件。养护期间需保持节点区域湿润，确保UHPC与预制构件形成整体受力体系，提升节点承载能力。

3.3 施工环境适应性调控

UHPC施工过程易受温度、湿度等环境因素影响，需采取针对性调控措施。高温环境下施工时，应避免UHPC拌合物水分过快蒸发，可采取遮阳覆盖、降低原材料温度等方式，同时缩短拌合物停放时间，加快浇筑与振捣速度。低温环境下，需对原材料进行预热处理，浇筑后及时采取保温养护措施，防止冻害发生。雨季施工时，需搭建防雨棚，避免雨水直接冲刷新浇筑的UHPC。此外，大风天气会影响吊装安全与拌合物性能，应暂停室外作业，确保施工环境符合UHPC施工技术要求，保障施工质量。

4 UHPC在预制装配式建筑施工中的质量保障与风险防控

4.1 质量检测技术

UHPC施工质量检测需覆盖材料、构件及节点等多个环节。材料检测包括进场原材料的性能指标检测，如水泥的强度、高效减水剂的减水率等，同时检测拌合物的流动度与凝结时间。构件检测采用外观检查与无损检测相结合的方式，外观检查重点关注构件表面是否存在裂缝、缺角等缺陷，无损检测可采用超声波法检测构件内部密实度与强度。节点连接质量检测可通过回弹法检测UHPC强度，必要时进行现场加载试验，验证节点的承载能力，确保各环节质量符合设计标准。

4.2 常见风险识别

UHPC在预制装配式建筑施工中的应用风险主要集中在三个方面。材料层面，存在原材料质量波动、拌合物配比偏差等风险，可能导致UHPC性能不达标。施工层面，吊装过程中构件易因受力不均产生裂缝，节点连

接时易出现灌浆不饱满、振捣不到位等问题，影响连接质量。环境层面，极端天气会影响UHPC的浇筑与养护，导致强度发展受阻。此外，施工人员操作不规范也是重要风险因素，如养护制度执行不到位，会直接降低UHPC的最终性能，需全面识别并针对性防控。

4.3 风险防控措施

针对各类风险需建立全流程防控体系。材料风险防控需严格执行原材料进场检验制度，建立材料追溯机制，确保配比准确，搅拌过程实时监控。施工风险防控需加强人员培训，规范吊装、连接等关键工序的操作流程，吊装前对设备进行全面检查，节点施工时安排专人旁站监督。环境风险防控需密切关注天气变化，提前制定极端天气施工预案，配备必要的保温、防雨设施。同时，建立质量追溯体系，对施工各环节进行记录，一旦出现问题可快速定位并整改，保障施工安全与质量。

5 UHPC在预制装配式建筑领域的应用前景与发展方向

5.1 应用场景拓展

UHPC在预制装配式建筑中的应用场景正不断拓展，已从最初的桥梁构件延伸至建筑主体结构与围护系统。在高层预制住宅中，UHPC可用于预制剪力墙、叠合楼板等构件，提升结构抗震性能。在工业厂房与公共建筑中，其高承载能力适用于预制梁柱与大跨度构件，减少构件截面尺寸，增加使用空间。此外，UHPC还可应用于预制外墙板，利用其优异的耐久性与装饰性，实现建筑功能与美观的统一。随着技术成熟，其应用将进一步向特种预制建筑领域延伸，如装配式地铁车站、预制综合管廊等。

5.2 智能化施工发展趋势

智能化技术与UHPC施工的融合是未来重要发展方向。在预制构件生产环节，可引入自动化生产线，实现原材料配比、搅拌、浇筑等工序的智能控制，提升生产效率与质量稳定性。现场施工中，BIM技术可用于构件吊装模拟与定位指导，通过三维模型精准规划吊装路径，减少施工误差。无人机巡检与智能传感器可实时监测构件状态与施工环境，及时反馈质量与安全信息。此外，智能养护系统可根据环境参数自动调节养护条件，确保UHPC性能充分发展，推动UHPC施工向精准化、高效化方向迈进。

5.3 政策与市场支撑

UHPC与预制装配式建筑的融合发展得到政策与市场的双重支撑。国家层面出台多项政策推动建筑工业化与绿色建筑发展，明确支持新型建筑材料的研发与应用，为UHPC的推广提供了政策保障。地方政府也纷纷出台配套措施，对采用UHPC的预制装配式项目给予补贴与优惠。市场层面，随着建筑行业对工程质量与效益要求的提升，UHPC的应用价值逐渐被认可，市场需求不断增长。建材企业加大UHPC研发投入，施工企业积极探索应用技术，形成了良好的产业生态，为两者融合发展提供了坚实的市场基础。

6 结论

超高性能混凝土（UHPC）以其卓越的材料性能，为预制装配式建筑施工技术的优化升级提供了核心支撑。本文研究表明，UHPC与预制装配式建筑的融合具有明确的逻辑契合性，前者的高强度、高耐久性等优势能有效解决后者在构件性能与节点连接方面的瓶颈问题。通过对UHPC制备、构件生产、现场装配等关键技术的系统梳理，明确了各环节的技术要点与质量控制核心。质量保障与风险防控体系的构建，为UHPC的安全应用提供了保障。当前，UHPC在预制装配式建筑中的应用场景不断拓展，结合智能化技术与政策市场支撑，未来发展前景广阔。推动两者深度融合，对提升建筑工程质量、促进建筑行业转型升级具有重要意义。

参考文献

- [1] 陈浩林. 超高性能混凝土在超高层框架-剪力墙结构中的抗剪性能分析[J]. 四川水泥, 2025, (08): 22-24. DOI: 10.20198/j.cnki.scgn.2025.08.081.
- [2] 宋兴龙, 么凯龙, 丛莉. 超高性能混凝土在预制结构拼接中的性能优化与应用研究[J]. 佛山陶瓷, 2025, 35(05): 17-19.
- [3] 赵基隆, 陈逵. 预制薄壁超高性能混凝土管片接头实验研究[J]. 重庆建筑, 2025, 24(04): 68-71.
- [4] 郜军. 超高性能混凝土预制T梁外观质量控制技术研究[J]. 散装水泥, 2025, (01): 121-123+126.
- [5] 薛伟辰, 胡新宇. 基于超高性能混凝土连接的预制混凝土框架结构研究进展[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2025, 46(06): 1111-1119.
- [6] 付伟庆, 黄鑫, 王鑫鹏, 等. 超高性能混凝土提升预制沟道管廊接头力学性能研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2025, 22(03): 1215-1228. DOI: 10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20240846.