

建筑施工领域中新型连接材料与绿色施工技术融合应用

蔡元懿

440582*****665X

摘要: 建筑施工是建筑全生命周期中资源消耗与环境影响的关键环节,传统连接材料因高能耗、高污染、性能局限等问题,难以适配现代绿色施工要求。本文聚焦新型连接材料与绿色施工技术的融合应用,系统梳理高性能混凝土、金属基复合、高分子聚合物、再生型四大类新型连接材料的特性,阐释绿色施工技术“四节一环保”的核心内涵及装配式、智能养护、节能装备等关键技术的发展趋势。

关键词: 新型连接材料;绿色施工技术;建筑施工;融合应用;可持续发展

DOI: 10.69979/3029-2727.25.11.059

引言

建筑行业是我国国民经济的支柱产业,却也是能源消耗与碳排放的“大户”。根据《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》明确提出,要“推动新型建材与绿色施工技术深度融合,提升建筑施工绿色化水平”,将新型连接材料与绿色技术的协同应用列为重点任务。

在此背景下,解决传统连接材料的痛点、实现两者融合,既是回应政策要求的必然选择,也是解决施工实际问题的迫切需求。本文通过系统分析新型连接材料的类型特性、绿色施工技术的核心逻辑,探讨两者融合的路径与效益,旨在为建筑施工领域的绿色转型提供理论与实践参考。

1 新型连接材料的类型与特性

新型连接材料是相对于传统水泥基、金属基连接材料而言,通过组分优化、工艺改进或循环利用研发的,兼具高性能与环境友好性的材料。其核心目标是解决传统材料“高能耗、低性能、难回收”的问题,适配绿色施工的精细化、低碳化要求。

2 当前应用较广的新型连接材料

2.1 高性能混凝土连接材料

高性能混凝土(HPC)是新型连接材料的典型代表,其通过“矿物掺合料+高性能减水剂+纤维”的三元体系,突破了传统混凝土的性能瓶颈。其组分设计主要以硅酸盐水泥为基材,复掺粉煤灰(15%-25%)、矿渣粉(10%-20%)等矿物掺合料,利用其火山灰活性与水泥水化产物反应,填充混凝土内部孔隙,细化孔径结构;添加聚羧酸系高性能减水剂(0.1%-0.3%),在不增加水用量的前提下,将混凝土流动度提升至280-350mm,改善工

作性;部分产品还掺入钢纤维(0.5%-1.5%)或聚丙烯纤维(0.1%-0.2%),提升抗裂性。这种材料的性能优势主要表现在与传统混凝土相比,高性能混凝土的水化热降低30%-40%,收缩率减少50%以上,28天抗压强度可达80-100MPa,且抗渗性、抗冻性显著提升。

2.2 金属基复合连接材料

金属基复合连接材料以轻质高强为核心,通过合金化或复合工艺,降低钢材用量并提升耐腐蚀性:(1)铝镁合金连接件:铝镁合金具有密度小(约为钢材的1/3)、比强度高、耐腐蚀性好等特点,常用于预制构件的轻量化连接。例如,铝合金螺栓的强度可达400MPa以上,重量仅为同规格钢螺栓的1/3,且无需额外防腐处理,减少了油漆使用带来的VOCs排放。(2)不锈钢复合板:不锈钢复合板是由不锈钢薄板与碳素钢板复合而成,兼具不锈钢的耐腐蚀性与碳素钢的强度。在建筑施工中,常用于幕墙龙骨、钢结构节点的连接,替代传统碳素钢焊接,降低了焊接过程中的热变形与空气污染,同时延长了连接件的使用寿命^[1]。

2.3 高分子聚合物连接材料

高分子聚合物连接材料以化学合成树脂为基础,具有粘结强度高、耐候性好、施工便捷等特点:(1)环氧树脂胶:环氧树脂胶是一种高性能结构胶,拉伸粘结强度可达30MPa以上,且耐酸碱、抗老化。在预制构件连接中,常用于填补接缝、粘结钢筋,替代传统水泥砂浆,避免了砂浆收缩导致的裂缝,同时提升了连接节点的密封性。(2)聚氨酯密封胶:聚氨酯密封胶具有良好的弹性与耐候性,延伸率可达300%以上,适用于建筑变形缝、门窗框的密封连接。与传统沥青密封胶相比,聚氨酯密封胶无溶剂挥发,不会污染环境,且使用寿命

长达 20 年以上^[2]。

2.4 再生型连接材料

再生型连接材料以建筑垃圾为原料，通过破碎、筛分、改性等工艺，实现资源循环利用：（1）再生骨料混凝土：再生骨料混凝土是将废弃混凝土破碎、清洗后，替代天然骨料制备的混凝土。其抗压强度可达 C30-C40，与普通混凝土相当，但可消纳大量建筑垃圾（每立方米再生骨料混凝土可消纳 0.8 立方米废弃混凝土），减少垃圾填埋量。（2）废塑料改性砂浆：废塑料改性砂浆是将废聚乙烯（PE）或聚丙烯（PP）破碎成颗粒，与水泥、砂混合制备的砂浆。其具有良好的柔韧性及抗裂性，适用于墙面抹灰、地面找平，替代传统水泥砂浆，减少了天然砂的开采。

3 绿色施工技术的内涵与发展

绿色施工技术是指在建筑施工过程中，通过科学管理与技术手段，实现“节能、节地、节水、节材、环境保护”（简称“四节一环保”）的目标，核心是减少施工活动对环境的负面影响，提升资源利用效率^[3]。

3.1 核心技术体系

绿色施工技术并非单一技术的叠加，而是以“四节一环保”为目标的技术集群：（1）装配式施工技术：将构件在工厂预制，运至现场进行拼接，减少现场湿作业。与传统现浇相比，装配式施工可降低现场模板使用量 60% 以上，减少建筑垃圾 70%，施工周期缩短 30%。（2）智能养护技术：通过物联网传感器、自动喷淋系统等，实时监测混凝土、砂浆的温湿度，精准控制养护条件。例如，自动喷淋系统可根据环境湿度调整喷水量，避免过度湿润导致的起砂，节水率达 50% 以上。（3）节能装备技术：采用电动挖掘机、变频搅拌机等节能设备，替代传统燃油机械。电动挖掘机的能源效率比燃油挖掘机高 40%，且无尾气排放，可显著降低施工空气污染。（4）信息化管理技术：利用建筑信息模型（BIM）、物联网等技术，实现施工过程的数字化管控。例如，BIM 技术可模拟连接节点的施工流程，优化螺栓数量与位置，减少返工率。

3.2 发展趋势

随着技术进步与政策推动，绿色施工技术正朝着“数字化、低碳化、循环化”方向发展：（1）数字化：BIM、大数据、人工智能等技术深度融入施工过程，实现材料采购、施工进度、质量控制的精准管理。例如，通过 BIM 模型可模拟新型连接材料的施工流程，提前预

判可能出现的问题。（2）低碳化：更多低能耗、低排放的材料与技术被应用，如再生材料、光伏一体化施工、碳捕捉技术等，降低施工碳排放。（3）循环化：强调资源的循环利用，如建筑垃圾的再生利用、施工余料的回收再加工，实现“减量化、再利用、资源化”^[4]。

4 新型连接材料与绿色施工技术融合的应用路径

4.1 与装配式施工技术的融合：提升预制构件连接可靠性

装配式施工的核心是预制构件的精准拼接，新型连接材料为其提供了可靠保障：（1）高性能灌浆料的应用：预制柱与基础的连接采用高性能灌浆料，其高流动性可填充模板间隙，避免空鼓；高早期强度可缩短养护时间，加快施工进度。例如，某预制装配项目采用“水泥+粉煤灰+减水剂+钢纤维”灌浆料，灌浆后 24 小时强度可达 50MPa，满足吊装要求，比传统灌浆料缩短养护时间 1 天。（2）不锈钢螺栓加环氧树脂胶的连接：预制梁与柱的节点连接采用不锈钢螺栓固定，缝隙用环氧树脂胶填充。这种方式既保证了连接强度，又减少了焊接带来的热变形与空气污染，节点密封性提升至 98% 以上。

4.2 与智能养护技术的融合：保障材料性能发挥

新型连接材料对养护条件更敏感，智能养护技术可精准控制环境参数：（1）纤维增强混凝土的养护：纤维增强混凝土因掺入纤维，早期需保持湿润环境以促进水化。智能养护系统通过温湿度传感器实时监测，当湿度低于 85% 时启动喷雾，当温度高于 30℃ 时开启遮阳棚，使混凝土早期强度提升 20%，裂缝发生率降低至 1% 以下。（2）再生骨料混凝土的养护：再生骨料混凝土的收缩率较大，智能养护系统采用薄膜覆盖加湿的方式，减少水分蒸发，避免表面裂缝。实验数据显示，采用智能养护的再生骨料混凝土，28 天收缩率仅为 0.03%，比传统养护降低 50%。

4.3 与节能装备技术的融合：降低施工能耗

节能装备与新型材料结合，可提升施工效率并降低能耗：（1）电动喷涂设备施工高分子胶：高分子聚合物胶的施工传统采用手工刷涂，效率低且易浪费。电动喷涂设备可均匀喷涂胶层，厚度控制在 1-2mm，材料利用率提升至 95% 以上，比手工刷涂减少 30% 的材料浪费。（2）自动铆接机连接铝镁合金构件：铝镁合金构件的连接传统采用手工铆接，劳动强度大且精度低。自动铆

接机可快速完成铆接,每分钟可处理10-15个构件,效率提升5倍,且铆接质量稳定,减少返工。

4.4 与信息化管理技术的融合:优化施工流程

信息化管理技术可实现新型材料施工的全流程管控:(1) BIM技术模拟连接节点:通过BIM模型模拟高性能灌浆料的流动路径、螺栓的预紧力分布,优化节点设计,减少现场返工。(2) 物联网传感器监测连接性能:在连接节点布置传感器,实时监测温度、应力、位移等参数。

5 融合应用的质量控制

5.1 材料进场检验

新型连接材料进场时,需对其性能指标进行严格检测:(1) 高性能混凝土:检测流动度、抗压强度、收缩率、氯离子含量等指标,确保符合设计要求。(2) 金属基复合连接件:检测拉伸强度、耐腐蚀性、硬度等指标,避免因材料性能不达标导致的连接失效。(3) 高分子聚合物胶:检测拉伸粘结强度、耐候性、VOCs含量等指标,确保环保与性能符合标准。(4) 再生型连接材料:检测再生骨料含泥量、立方体抗压强度、废塑料掺量等指标,保证材料质量稳定。

5.2 施工过程监控

施工过程中,需采用信息化手段监控连接节点的质量:(1) BIM技术优化施工:通过BIM模型模拟连接节点的施工流程,提前预判问题,优化螺栓数量、灌浆料用量等参数。(2) 物联网传感器实时监测:在连接节点布置传感器,监测温度、应力、位移等参数,当参数异常时及时调整施工方案。(3) 人工巡检与记录:施工人员需对连接节点的外观、尺寸进行检查,记录施工过程中的问题,形成巡检报告。

5.3 完工验收检测

完工后,需进行非破坏性与破坏性检测,验证连接节点的质量:(1) 非破坏性检测:采用超声波探伤、雷达扫描等方法,检测连接节点的内部缺陷,如空鼓、裂缝。(2) 破坏性检测:抽取部分节点进行拉拔试验、剪切试验,验证其强度是否符合设计要求。(3) 密封性检测:对防水节点采用闭水试验,检测其密封性,避免渗漏。

6 融合应用的综合效益

6.1 环境效益

(1) 降低碳排放:装配式施工减少现场浇筑的能耗,再生材料减少垃圾填埋的碳排放,智能养护降低能源消耗——据测算,融合应用项目的碳排放强度较传统施工降低25%以上。(2) 减少污染:高分子胶减少溶剂挥发,不锈钢复合板减少焊接污染,再生材料减少天然砂开采,有效降低了施工对空气、水、土壤的污染。

6.2 经济效益

(1) 降低材料成本:再生材料的价格比天然材料低10%-20%,新型材料的高耐用性减少了后期维护成本——例如,不锈钢复合板的使用寿命比碳素钢长50%,减少了更换成本。(2) 提升施工效率:装配式施工缩短工期30%,智能装备降低人工成本30%,材料利用率提升20%,显著降低了项目总成本。

6.3 社会效益

(1) 推动技术升级:融合应用促进了新型材料与绿色技术的研发,推动建筑施工技术向高端化发展。(2) 培养产业工人:融合应用需要掌握新型技术与材料的产业工人,提升了工人的技能水平与就业竞争力。(3) 提升建筑品质:融合应用提高了连接节点的质量与耐久性,提升了建筑的居住安全性与舒适度。

7 结束语

综上所述,新型连接材料与绿色施工技术的融合,是建筑施工领域实现绿色化、高质量发展的必然选择。通过材料性能优化与技术协同创新,不仅能解决传统施工中的痛点问题,还能提升工程质量、降低环境影响、提高经济效益。总之,新型连接材料与绿色施工技术的融合,将为建筑行业的可持续发展注入新动力,助力实现“双碳”目标与建筑品质提升。

参考文献

- [1] 蔡历颖,童福越,李龙. 外脚手架新型连墙件安装施工技术研究[J]. 建筑施工,2023,45(10):2037-2040.
- [2] 刘生辉. 预埋螺杆式新型连墙件施工技术[J]. 工程建设与设计,2022,(20):174-177.
- [3] 龙宏远,石仁君. 新型循环式预埋连墙件[J]. 四川建材,2021,47(1):104-105.
- [4] 刘凯英. 建筑施工脚手架连墙件技术研究与应用[J]. 砖瓦,2025,(5):152-154.