

土木工程建筑施工技术及创新探究

董芳同

宁夏吉兴建筑工程有限责任公司 宁夏 固原 756200

摘要：土木工程作为国民经济的重要支柱，其施工技术创新对提升工程质量与效率至关重要。本文首先梳理了土木工程传统施工技术，包括基础、结构施工及管理要点，并剖析其资源浪费、环境污染等局限。进而从绿色施工（节能材料、装配式建筑）、智能化技术（BIM、无人机巡检）、新型材料（高性能混凝土、FRP）及自动化设备等方面探讨创新路径。最后针对技术成本高、人员转型难、市场接受度低等挑战，提出产学研合作、标准完善及政策激励等对策，推动土木工程技术的转型升级。

关键词：土木工程；建筑施工技术；创新

引言：土木工程是社会发展的基石，其施工技术水平直接影响着建筑质量、效率与可持续性。随着城市化进程加快及“双碳”目标的提出，传统施工模式在资源利用、环境保护和劳动效率上的弊端日益凸显，难以满足现代工程建设需求。在此背景下，技术创新成为推动行业转型的关键。从绿色建材与装配式建筑的推广，到BIM、物联网等智能化技术的深度应用，再到自动化设备与机器人的协同作业，土木工程正经历一场技术革命。本文旨在系统探讨施工技术创新方向，分析其面临的挑战，并提出相应对策，为行业高质量发展提供参考。

1 土木工程传统施工技术概述

1.1 基础施工技术

基础施工技术是土木工程的首要环节，直接决定建筑的稳定性与安全性，主要包括桩基施工和地基处理技术。桩基施工中，常见的有预制桩和灌注桩施工方式，预制桩通过打桩机将工厂预制好的桩体打入地下，适用于地质条件较好的区域；灌注桩则是在现场钻孔后浇筑混凝土形成桩体，能更好地适应复杂地质。地基处理技术针对不同地基问题采取相应措施，如换填法通过替换软弱土层提升地基承载力，强夯法利用重锤夯实增强地基密实度，这些技术为后续结构施工奠定坚实基础。

1.2 结构施工技术

结构施工技术是塑造建筑主体形态的核心，包含混凝土浇筑、钢结构安装和模板工程。混凝土浇筑需严格控制配合比、搅拌质量和浇筑顺序，传统方式多依赖人工振捣，确保混凝土密实度，但易受人为操作影响；钢结构安装通过螺栓连接或焊接将钢构件组装成整体，传统安装依赖起重机配合人工定位，对精度控制要求高；模板工程为混凝土浇筑提供支撑和造型，传统模板多为木模板或钢模板，需现场拼装，耗费大量人力和时间。

1.3 施工管理与质量控制

施工管理与质量控制是保障项目顺利推进的关键。进度管理通过制定施工计划，采用横道图等传统工具跟踪施工进度，协调各工序衔接，避免工期延误；成本管控以预算为依据，对材料采购、人工费用等进行核算，传统方式多依赖人工统计，易出现数据滞后问题；安全规范明确施工中的安全操作要求，如佩戴防护用具、设置警示标志等，但传统管理中人为监督的局限性较大，易出现安全隐患。

1.4 传统技术的局限性分析

随着社会对工程建设要求的提高，传统施工技术的局限性日益凸显。在资源利用方面，传统技术对材料的损耗较大，如混凝土浇筑中的余料浪费、模板的重复利用率低等，造成了严重的资源浪费；在环境保护方面，施工过程中产生的粉尘、噪音、建筑垃圾等对周边环境造成了较大污染，不符合绿色建筑的发展理念；在劳动强度上，传统施工依赖大量人工操作，如人工绑扎钢筋、搬运材料等，工人劳动强度大，且施工效率低下，难以满足大规模、快节奏的工程建设需求，这些局限性促使行业不断探索新型施工技术。

2 土木工程建筑施工技术创新方向

2.1 绿色施工技术

(1) 节能材料应用（再生混凝土、低碳钢材）：再生混凝土通过将建筑垃圾中的废混凝土块破碎、筛选后重新配比，替代部分天然骨料，不仅减少了建筑垃圾填埋量，还降低了天然砂石资源的开采依赖，当前部分项目中再生骨料掺量已达50%以上，强度性能可满足普通建筑结构需求；低碳钢材则通过改进冶炼工艺（如采用电弧炉短流程炼钢），减少煤炭消耗与二氧化碳排放，较传统钢材碳排放降低20%-30%，且力学性能更优，已

广泛应用于大跨度桥梁、高层建筑框架结构。（2）施工废水循环利用与扬尘控制：在废水处理方面，通过沉淀池、过滤膜、消毒设备组成的循环系统，将混凝土搅拌废水、基坑降水等处理至符合施工用水标准，用于混凝土养护、场地降尘等，水循环利用率可达80%以上，大幅减少市政用水消耗；在扬尘控制上，除传统洒水车、防尘网外，新型雾炮机结合PM2.5监测传感器，可实现扬尘超标时自动喷雾降尘，部分项目还引入干雾抑尘技术，通过微米级水雾吸附粉尘颗粒，降尘效率较传统方式提升40%，有效改善施工现场空气质量^[1]。（3）装配式建筑技术（模块化设计与施工）：装配式建筑通过在工厂预制墙体、楼板、梁柱等构件，运输至现场后进行拼接组装，模块化设计可实现构件标准化生产，减少现场湿作业（如混凝土浇筑、抹灰），施工工期较传统现浇方式缩短30%-50%；同时，工厂化生产能精准控制材料用量，减少现场材料浪费，建筑垃圾产生量降低60%以上，且构件质量更易把控，如装配式剪力墙的垂直度误差可控制在3mm以内，显著提升建筑结构精度。

2.2 智能化施工技术

（1）BIM（建筑信息模型）技术的应用：BIM技术已从传统的三维建模，拓展至施工全流程——在设计阶段，通过BIM模型碰撞检测，提前发现管线冲突、结构矛盾等问题，减少设计变更；在施工阶段，将BIM模型与施工进度计划关联（4DBIM），动态模拟施工流程，优化工序衔接，如复杂钢结构安装中，通过BIM模拟确定吊装顺序，避免窝工；在运维阶段，BIM模型存储建筑设备参数、管线走向等信息，为后期检修提供精准数据支持，实现“设计-施工-运维”全生命周期智能化管理。

（2）无人机巡检与三维激光扫描技术：无人机搭载高清相机、红外传感器，可对高层建筑外立面、桥梁主梁等人工难以抵达的区域进行巡检，快速识别裂缝、剥落等病害，巡检效率较人工提升5-10倍，且能生成高清影像报告，便于病害溯源；三维激光扫描技术通过发射激光束获取建筑结构的三维点云数据，精度可达毫米级，在历史建筑修复、大型结构变形监测中优势显著，如在桥梁施工中，通过扫描获取梁体实时变形数据，及时调整施工参数，确保结构安全^[2]。（3）物联网（IoT）在施工监测中的实践：物联网技术通过在施工设备、结构构件、环境监测点部署传感器，实现数据实时采集与传输——在深基坑施工中，沉降传感器、倾斜传感器实时监测基坑变形，数据通过无线传输至监控平台，一旦超过预警值立即触发警报；在混凝土养护中，温湿度传感器实时监测养护环境，自动控制喷淋系统启停，确保混凝土强度

达标；此外，IoT还可实现施工设备定位与状态监测，如塔吊的起重量、回转角度等数据实时上传，避免超载、碰撞等安全风险。

2.3 新型结构与材料技术

（1）高性能混凝土（HPC）、纤维增强复合材料（FRP）：高性能混凝土具有高强度（抗压强度 $\geq 60\text{ MPa}$ ）、高耐久性、高工作性等特点，通过掺入矿物掺合料（如硅灰、矿渣粉）与高效减水剂，可减少水泥用量，同时提升抗渗、抗冻性能，适用于海洋工程、超高层建筑基础等严苛环境；纤维增强复合材料（FRP）由纤维（如碳纤维、玻璃纤维）与树脂基体复合而成，重量仅为钢材的1/4-1/5，强度却是钢材的3-10倍，且耐腐蚀、抗疲劳，已用于桥梁加固、大跨度结构承重构件，如某跨海大桥采用FRP筋替代传统钢筋，解决了海洋环境下钢筋锈蚀问题。（2）3D打印建筑技术的突破与挑战：3D打印建筑技术通过挤出式、粉末床熔融等工艺，将混凝土、石膏等材料逐层打印成建筑构件或整体建筑，突破了传统模板施工的形状限制，可实现复杂曲面、异形结构的快速成型，如某项目通过3D打印完成别墅墙体施工，仅需3天即可完成主体结构；不过该技术仍面临挑战，一是打印材料种类有限，当前以混凝土为主，难以满足多样化结构需求；二是打印构件的连接强度、耐久性需进一步验证，且大型构件打印设备的移动性较差，限制了其在大型项目中的应用^[3]。

2.4 自动化与机器人技术

（1）砌墙机器人、焊接机器人的应用：砌墙机器人通过激光定位与机械臂协同，自动完成砖块抓取、砂浆涂抹、墙体砌筑，砌筑速度可达800-1200块/天，是人工砌筑效率的3-4倍，且墙面平整度误差可控制在2mm以内，质量稳定性显著提升；焊接机器人广泛应用于钢结构施工，通过编程实现精准焊接，如在钢箱梁焊接中，机器人可完成多层多道焊，焊接效率提升50%以上，且焊缝探伤合格率达99%，避免了人工焊接的质量波动与安全风险（如高空焊接坠落、有害气体伤害）。（2）自动化施工设备的协同作业：随着施工场景复杂化，单一自动化设备已难以满足需求，多设备协同作业成为趋势——在装配式建筑安装中，自动化吊装设备（如智能塔吊）通过与BIM模型对接，自动识别构件位置，精准完成吊装；同时，地面导引机器人引导构件运输车辆定位，配合构件安装机器人完成拼接，形成“吊装-运输-安装”全流程自动化协同，减少人工干预，将构件安装效率提升30%，且大幅降低高空作业安全隐患；此外，在路基施工中，自动化摊铺机、压路机通过物联网实现数据共享，

自动调整摊铺厚度、碾压次数，确保路基施工质量均匀一致。

3 土木工程建筑施工技术创新面临的挑战与对策

3.1 主要挑战

(1) 技术成本高、标准化体系不完善：一方面，创新技术的研发与应用成本显著高于传统技术，如BIM软件采购、3D打印设备购置、物联网传感器部署等前期投入大，中小建筑企业难以承担；另一方面，部分创新技术（如3D打印建筑、FRP构件应用）缺乏统一的设计标准、施工规范与质量验收体系，不同企业的技术方案差异大，导致技术兼容性差，无法形成规模化应用效应，进一步推高了应用成本。(2) 施工人员技能转型困难：传统施工依赖经验型操作，而创新技术（如BIM建模、无人机巡检、机器人操作）需从业人员掌握数字技术、智能化设备操作能力。当前施工队伍中，中老年从业者占比高，知识结构老化，对新技术的学习接受能力较弱；同时，行业缺乏针对创新技术的系统化培训，导致具备

“传统施工技能+数字技术”的复合型人才缺口大，技术创新与人员技能水平形成“断层”。(3) 政策支持与市场接受度不足：在政策层面，部分地区对创新技术的扶持政策（如补贴、税收优惠）针对性不强，且缺乏配套的监管机制，难以引导企业主动投入技术创新；在市场层面，业主方对创新技术的认知不足，担心技术成熟度影响工程质量与工期，更倾向于选择技术成熟、成本可控的传统施工方案，导致创新技术的市场需求端动力不足。

3.2 解决对策

(1) 加强产学研合作，推动技术迭代：鼓励建筑企业与高校、科研机构建立长期合作机制，通过共建实验室、联合研发项目，聚焦技术成本降低与性能优化—例如，针对再生混凝土成本高的问题，联合研发低成本再生骨料改性技术；针对3D打印材料单一问题，开发新型环保打印材料。同时，通过技术共享平台降低中小企业技术获取成本，推动创新技术从“高端小众”向“普惠实用”转型。(2) 完善行业标准与人才培养机制：

一方面，由行业协会牵头，联合龙头企业、科研单位制定创新技术的设计规范、施工指南与质量验收标准，如明确装配式建筑的构件连接标准、BIM技术的建模精度要求，实现技术应用的标准化；另一方面，构建“校企合作培训+职业技能认证”的人才培养体系，高校增设智能建造、绿色建筑等专业方向，企业开展新技术实操培训，同时建立技能等级与薪酬挂钩的激励机制，推动施工人员主动转型^[4]。(3) 政策激励与市场宣传并举：在政策层面，地方政府可出台差异化补贴政策，对采用创新技术的项目给予工程造价3%-5%的补贴，同时简化新技术应用的审批流程；在市场层面，通过举办创新技术示范项目观摩会、发布技术应用案例白皮书，向业主方、施工企业普及创新技术的优势（如装配式建筑工期缩短、绿色施工成本节约），提升市场认可度。此外，可通过政府项目率先采用创新技术，发挥“示范效应”，带动市场需求增长。

结束语

土木工程建筑施工技术的创新是顺应时代发展、推动行业进步的必然选择。从绿色施工理念到智能化技术的深度融合，从新型材料的研发到自动化设备的广泛应用，技术创新正全方位重塑工程建设模式。面对技术成本、人员转型及市场认知等挑战，需通过产学研协同、标准完善及政策引导加以破解。未来，随着技术的持续突破与落地，土木工程将迈向更高效、环保、智能的新阶段，为经济社会可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]金昊鹏.土木工程施工技术中存在的问题与创新探究[J].散装水泥,2023,(05):53-55.
- [2]吴刚,刘东方.智能化背景下土木工程施工技术的应用创新[J].砖瓦世界,2023,(12):122-124.
- [3]曹阳,刘霖,金武.土木工程施工技术中存在的问题及创新途径研究[J].建筑与装饰,2023,(09):118-120.
- [4]曲一鸣.探析土木工程建筑施工技术及其创新理念应用[J].林业科技情报,2021,(10):102-103.