

绿色施工技术在建筑工程中的应用分析

白文秀

【摘要】绿色施工是现代建筑的需要，它是一种与传统建筑技术相分离的新技术，也是符合可持续发展战略的建筑技术，它涉及生态环境保护、资源和能源利用、社会经济发展等可持续发展的每一个方面，这一全新的理念将会给建筑业带来巨大的经济效益、社会效益和环境效益。建筑工程是国家的支柱产业，建筑工程的建设量很大，消耗的资源也很多，由于建筑工程在施工过程中会对周边环境造成很大的影响，所以许多建筑工程都开始采用绿色施工技术，可以有效地减轻建筑工程对周边环境的影响，提高建筑工程的建设质量。

【关键词】绿色施工；建筑工程；有效应用

在我国人均生活水平持续提高、社会经济持续增长的宏观背景下，各行业纷纷寻找新的突破口。建筑业是社会发展的一个重要行业，它也要顺应时代发展的特点和国家发展的实际要求，积极地进行转型，以绿色施工技术为核心开展相关的施工作业。只有这样，才能确保建筑工程行业在发展过程中能够满足人们生活质量提高的需要，符合国家有关环保要求，降低施工污染，提高施工效率，而要实现这一目标，施工企业和从业人员就需要分析和探究绿色施工技术在建筑、工程项目中的具体应用情况和应用方向。

1 绿色施工技术在建筑工程中的核心应用领域

1.1 节能与可再生能源利用

在建设项目中采用的是一种新的节能方法，它可以有效地提高建筑的能耗。光伏与楼宇集成（BIPV）在暂存设备中逐渐得到推广，利用隆基 Hi-M6，能量转化为 23.2%，与智慧微网相融合，可在建设中实现 30%～50% 的新能源消纳。在此基础上，通过对电池辐射来源的评价（利用 PV syst 仿真），优化电池的最优倾斜角度及角度，并配备磷酸铁锂电池（使用寿命 ≥ 6000 小时）。按照 GB55015-2021 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》的规定，新能源在临时性电力供应中的比例不得少于 20%。以中建三局为一座超高层建筑应用“光电+蓄能”技术，每月节约燃料 8.5 吨，折合 CO₂ 量 26.3 t。在正常工作过程中，需要对机组的电压曲线进行周期性的试验，并对其进行绝缘检查，保证了机组的发电效率达到 85%^[1]。

1.2 环保材料选择与资源循环

采用寿命周期评估方法对建筑材料进行评估，采用含 30%～40% 废旧建材的废旧水泥，并与粉煤灰、矿粉及聚羧酸系超塑化剂相结合，达到 C30-C50 的设

计目标。其中，对再生混凝土进行预湿润（含水量为 1.5%～2.0%），延长搅拌时间 30-45 s，加强早期养护（不低于 7 d）。据中国建材协会统计，2022 年，我国建材回收再利用的比例为 35%，比 2015 年提高 20%。在该项目的实施中，累计使用了 3.2 万 m³ 的再生混凝土，节约 48,000 t 自然砂资源的开发（如表 1 所示），减少 12000 t 的二氧化碳排放量（按照 ISO14040 规范计算）。根据《绿色建材评价标准》GB/T50378-2019 的规定，对施工现场的物料进行了辐射测试（室内暴露指标 ≥ 1.0，室外暴露指标 ≥ 1.3）及有毒有害成分的测定。

表 1 再生混凝土项目效益表

项目指标	数值	备注
再生混凝土使用量	3.2 万 m ³	节约自然资源
节约自然砂资源	48,000 t	相当于减少开采量
减排二氧化碳	12,000 t	按 ISO14040 规范计算

1.3 扬尘与噪声智能监控

在当前的建设工程中，各种信息与信息的融合已经成为必然。本项目拟以我国大气环境中的 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 为研究对象，通过对其进行在线测量，获得 0-1000 微米/m² 的 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度，准确度为 ±5%。在可吸入颗粒物（PM₁₀）超标的情况下（依据 DB11/513-2018），可吸入颗粒物（范围 35 m/h，风速 2.5 m/h），启动塔式空气喷射（有效范围 35 m³/h）。噪声检测使用 1 级声级仪（GB/T3785.1-2010），并在现场布设多个检测点，构成了一幅立体的噪声图。通过对一座城市轨道交通建设工程的实测资料表明，通过对建筑结构进行合理布置，增加隔音罩，使白天的环境噪声从 78 dB 下降到 65 dB，降低了 16.7%。日常运行中，需要每天对仪器进行零点校正及间隔检验，并对过滤材料及干燥剂进行定时更换，以保证测量结果的准确^[2]。

2 绿色施工技术在建筑工程应用中存在的问题

2.1 成本与效益的短期矛盾

由于其前期投资费用明显较常规建造方式高，成为制约其广泛应用的重要因素。如太阳能暂存电源初始

作者简介：白文秀（1996.02—），女，汉族，安徽亳州，助理工程师，研究方向：建筑工程。

采购费用大约是常规燃煤发电机组的 3 倍~5 倍（中国太阳能电池工业联合会发布的统计数字）。一台 200 kW（包括蓄能）的太阳能电池，可用于中等规模的施工现场，其总造价在 120 万左右，相比之下，同等容量的柴油发电机只需要 25~40 万元。在技术实现方面，太阳能电池板的光照分析、阴影仿真以及系统匹配等问题都要求有专门的设计队伍来完成，其前期工作使整个项目的造价提高了 15% 左右。更重要的是，由于光伏发电的周期一般为 2~3 年（据 CNET 统计），而大部分建设工程的建设周期只有 6~18 个月，使得投资者很难通过单个工程来收回资金。在这样的资金环境下，很多建筑企业都会采用相对低廉的初期造价来进行施工。

2.2 传统施工习惯的转型阻力

目前建筑工人的专业知识水平与绿色建筑的需求尚有较大距离。在砼浇筑阶段，使用再生集料混合剂，对配料的控制提出更高的要求。根据试验结果，在掺入量大于 30% 的情况下，需要对水—橡胶比例进行 0.03~0.05 的调节，同时将拌合时间加长 15%~20%。但是，在实际工作中，大约 68% 的搅拌站操作工仍然使用传统的配合比。在钢铁建筑工程中，对节点制造精度提出严格的要求，比常规方法提高了 50% 以上，对作业人员提出全新的测试放样与组装方法的需求。此外，一些高级工程师在实践中养成的“经验论”的思维方式，导致他们过于依靠传统实践，对新科技抱有疑虑，从而成为制约其推广和应用的瓶颈。

2.3 区域性政策与标准差异

目前，我国不同地区的绿色建筑规范并不一致，这在实践中造成了许多困难。在粉尘防治方面，北京市 DB11/513—2018 对可吸入颗粒物的实时排放提出 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的具体要求，深圳市的 PM_{2.5} 在线监测指标为 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。这样的差距使得企业在进行异地建设时，需要对其进行相应的工艺规划进行再调整。针对建筑噪声管控，我国各地区建筑工程建设工期限制有明显区别，上海要求夜间（10—6 时）停工，广州则在降低噪声后可进行部分施工。这样的制度差距，让企业很难制定出一套完整的技术方案。但问题在于，不同地区对于环保建筑的补助也不尽相同，例如江苏省对新建太阳能板的补助比例为 30%，与之毗邻的浙江省只有 15%，两者之间的差距使得企业在技术路径的选择上陷入了两难境地。这种地区间的差别，不但加大企业履约的费用，而且对我国建筑行业的发展也造成了一定的影响。

3 绿色施工技术在建筑工程中的有效应用策略

3.1 技术融合与智能化管理

想要实现高效的绿色建造，必须将现代化的信息

化和建筑过程有机地结合起来，而建设一个智能的建筑管理体系就显得尤为重要。以 BIM 为主要手段，可以对整个建设流程进行可视化仿真和最优分配。如深圳一座超高层建筑工程，采用 BIM 技术集成进度、造价和能耗等多方面的信息，利用 4D 仿真技术，对管道的撞击现象进行预警，降低 35% 的设计更改量，节省 280 t 的钢材消耗。基于物联网的大气污染监测手段，可实现 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的在线监测，并在其浓度大于 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的情况下，启动高塔喷洒，有效降低粉尘的排放量，将其降低到 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，比传统洒水车降尘效率提升 67%。另外，通过安装智能水表和水表等设备，对能耗进行精确控制。如上海一座地下铁路施工现场，采用分流式计量方式，检测到砼维修用水量超过 40%，采用保水膜和自动喷淋技术，节水效果达到 55%，每月节约了 120 多万。

同时在建筑垃圾治理方面，人工智能算法也显示了其潜在的应用价值。如北京一工程应用影像辨识方法实现对建筑废弃物的自动化分级，基于卷积神经网络（CNN）将混凝土块体、金属和木材区分开来，其精度达到 92%，结合粉碎筛选装置将其回收利用效率提高到 45%。无人机巡检技术能够有效地实现对施工过程中的支架脱落和网格损伤的实时监测，并将其实时监测到 30 分钟以内。需要指出的是，要实现上述技术，还需要与之相匹配的标准数据接口。建设部颁布的《建筑工程绿色施工规范》（GB/T50905）对其进行严格的管理，并将其上载到政府监督管理系统进行实时验证。

3.2 材料革新与循环利用

回收混凝土方面，通过粉碎、筛分和强化等方法，可以生产出满足国标 GB/T25177—2018 要求的废旧混凝土。主要性能参数：水分含量在 3.5%~5% 之间，粉碎值不超过 16%，污泥含量不超过 1%。根据“十二五”重大课题研究成果，以 30% 的再生骨料取代 C30 砼，28 d 抗压强度已达 36.5 MPa，基本符合工程设计指标。在工程实践中，必须对再生混凝土的预湿润技术进行严格的调控，即 24 h 的水湿润表面要维持干燥，并适当增加 30 s 的混合时间，以保证混凝土的均匀度。北京副中心工程实际使用结果显示，按照 ISO14067 的碳足迹计算，10000m³ 回收利用的自然砂可节约 15000 t 自然砂资源，减排 380 t。回收再用钢制楼具有更加明显的优越性。基于模块化的组合型钢结构，其螺栓连接的可拆性达到 95%，大大提高了现有建筑的 30% 利用率。其中，高强度螺栓的摩擦因数大于 0.35（GB 50017—2017），而接头的制造精度要达到 ± 0.5 毫米。如上海的一个大型写字楼工程中，通过对其进行大量的改造，达到 92% 的材料循环利用率，节约 40% 的拆迁成本。在钢铁材料

的耐蚀性能方面，采用新型热喷式（80-120μ m）的锌基复合涂料（80-120μ m），其耐老化性能比常规电镀提高 3 倍，使用寿命减少 60%。

目前，我国对我国建筑垃圾资源化利用的研究还处于起步阶段。该智能分类体系采用近红外光谱辨识与空气流动分离技术，使混杂型建材废物的金属回收效率高于 95%，而集料地再利用效率高于 85%。深圳一大型建筑垃圾经“粉碎+筛选+风力筛选”三阶段技术，将建筑垃圾转变成具有不同尺寸（5-10 mm）和 10-31.5 mm（5-10 mm）的可渗透性（10-31.5 mm）混合料。根据《十四五建筑垃圾资源化利用指导意见》提出的 70% 以上的国家建设标准，目前已建成的生活废物综合利用率已达 91%。开发和利用新的环保建筑材料，为我国发展循环经济提供新的动能。地聚物混凝土是由粉煤灰、矿渣等工业废弃物经碱诱导生成的三维网状结构，其碳排放只有普通硅酸盐水泥的 20% 左右。根据实验资料（参考 JGJ/T70-2009），经 3 d 后，其 28 d 强度可达到 70% 以上（如表 2 所示），其抗氯盐抗渗能力增加 50%。在苏州工业园区的一座城市的一座城市的城市排水沟中，使用这种新型的建筑材料，可以使城市的建筑面积达到 12,000 平方米，节约 8,000 多吨的混凝土，同时也节约了 64000 多吨的 CO₂。在进场之前，必须对其进行辐射测试（室内暴露系数≥ 1.0）及重金属（Pb ≥ 90 mg/kg）的检验，以保证其达到国标（GB6566-2010）。

表 2 建筑垃圾资源化利用成效表：

项目	成效数据	备注
金属回收率	>95%	近红外光谱辨识+空气流动分离
集料再利用率	>85%	深圳案例：粉碎+筛选+风力筛选
综合利用率	91%	已建成生活废物，达“十四五”70%目标

3.3 能源高效与清洁利用

节能与洁净化是建设行业发展的重要战略。光储微网是目前建设工地最主要的暂接电源方式，利用隆基 Hi-M06，能量转化效率 23.2%，配合磷酸铁锂电芯（使用周期大于 6000 次），使新能源在新能源中的比例达到 30% ~ 50%。在实际应用中，需要开展辐射资源评价

（PVsyst 仿真）、元件倾斜角度（本地纬度 ±5°）、配备智能化能源管理系统（EMS），以保证离网间平稳过渡。根据北京 CBD 的实际情况，200 kW 的太阳能电池发电可取代传统的燃煤发电机 1500 个小时，可减少 460 t（根据 IPCC 的碳排放量测算）。夜晚使用感应+微波双重模式（可调节 30-100 W）的 LED 街灯，比普通钠光源省电 70%，并利用 Zigbee 组网方式对单个光源进行调节，防止过亮。

电动施工装备的普及明显减少二氧化碳的排放量，如徐工 XR280E 型电动旋挖机与传统的柴油机相比，每台可减少 120 t 左右的二氧化碳排放量，减少噪声 15 dB。地源热泵是一种利用地表土壤温度（15—20 摄氏度）为居住区域提供能源的新型能源，其能量转换效率（COP）达到 4.0，相比常规的空调系统可节省 40% 以上，且在建造时需要对其进行勘察设计，并采用 HDPE 双 U 型埋管（导热系数 0.42 W/m·K）提升换热效率。在水资源调度上，采用土壤水分传感技术（精确 ±3%）对灌溉用水进行实时调控，相比手工喷洒可节约 50% 以上，而采用 MBR 技术的中水回用系统可达到每天 80 t 以上 [3]。

4 结束语

综上所述，现代建筑越来越多，造成一定程度的环境污染和能源消耗。在这种情况下，要重视绿色节能技术的应用，把该技术运用到施工的每一个环节，在工作开展的全过程中都要体现出节能意识，这样才能最大限度地减少对自然环境的破坏，达到人与自然的和谐，保障我国居民的生活环境，为我国今后建筑产业的可持续发展作出贡献。

参考文献：

[1] 杨相. 绿色建筑节能技术在施工中的应用对策分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (36): 101-103.
[2] 吕霖. 绿色施工技术在建筑装饰装修工程中的应用 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (23): 80-82.
[3] 谭超. 绿色节能施工技术在建筑工程中的应用 [J]. 黑龙江科学, 2024, 15(22): 151-153.