

绿色建筑施工管理中的可持续发展措施

文 / 李一晓 华东建筑设计研究院有限公司

摘要：本文聚焦于智能产业园绿色建筑施工管理中的可持续发展措施，以深圳某 38 万平方米的智能产业园区为例，深入剖析了其在面对生态保护高要求与工期压缩双重挑战下的应对策略。通过构建数字化全流程管控体系、应用建筑废弃物再生技术、集成分布式能源系统、实施生态敏感区动态保护及建立政企协同治理机制，项目成功实现了资源高效利用、环境友好施工。本文详细阐述了这些措施的具体实施路径，并通过实施成效的量化对比，验证了其在绿色建筑施工管理中的可行性和有效性，为同类项目提供了可借鉴的范例。

关键词：绿色建筑施工管理；可持续发展；措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.085

引言

随着全球对可持续发展的日益重视，绿色建筑已成为建筑行业转型升级的重要方向。特别是在智能产业园区的建设中，如何在确保工程质量与进度的同时，实现资源节约、环境保护，成为亟待解决的关键问题。本文选取深圳某智能产业园区作为研究对象，旨在通过对其绿色施工管理中的可持续发展措施进行深入探讨，为同类项目提供可操作的实践经验和理论支撑，推动绿色建筑施工管理的创新与发展。

一、绿色施工管理与可持续发展的理论基础

（一）概念界定与关联性分析

绿色施工管理是以资源节约（水、能源、材料）和污染控制（扬尘、噪声、废弃物）为核心要素的集约化建造模式，通过全生命周期视角优化施工流程，实现经济效益与生态效益的协同。其核心在于构建“四节一环保”（节能、节地、节水、节材及环境保护）管理体系，依托 BIM 技术、智能监测设备等技术手段，将传统粗放式施工转向精细化管控。而智能产业园作为新型产业载体，具有产业数字化协同（如 5G 与 AI 产业链整合）、生态化空间布局（海绵城市与垂直绿化设计）及低碳化运营需求（可再生能源占比 $\geq 30\%$ ）三大特征。二者的结合价值体现在：通过 BIM 模型与物联网传感器网络，可对产业园施工阶段的材料运输路径、设备能耗数据进行实时优化，如苏州工业园运用 BIM 技术使建材损耗率显著降低，深圳某产业园部署物联网系统实现碳排放动态预警，这种“数字孪生+环境感知”的精准管控体系，使绿色施工管理成为智能产业园达成“设计-建造-运营”全链条可持续发展目标的关键支撑。

（二）理论支撑体系

绿色施工管理的理论支撑体系以全生命周期理论与循环经济理论为核心框架。全生命周期理论强调建筑工程应从设计、施工到运营阶段形成闭环管理，通过 BIM 技术实现各阶段数据协同，如在设计阶段优化资源分配，施工阶段动态监控能耗与污染，运营阶段评估长期环境

效益，从而系统性降低建筑全周期碳排放。循环经济理论则聚焦资源高效利用，主张构建“建筑垃圾-再生资源-再生产品”的循环路径，如采用混凝土再生骨料技术，将废弃混凝土破碎筛分后替代天然骨料，再生利用率可达 90% 以上，同时结合装配式施工减少现场废料^[1]。二者协同作用体现在：全生命周期理论提供管理框架，确保循环经济措施嵌入各阶段；循环经济理论则通过材料循环、能源回收等技术路径，支撑全生命周期的可持续发展目标。

二、智能产业园绿色施工管理中的可持续发展措施

在智能产业园绿色施工管理的深化实践中，可持续发展措施的有效实施成为至关重要的环节，其直接回应了当前环境挑战与资源约束的严峻形势。深圳某智能产业园区，作为行业前沿的标杆项目，其在绿色施工管理领域所采取的系列可持续发展举措，为行业树立了典范，提供了宝贵经验。该项目通过构建数字化全流程管控体系，创新应用建筑废弃物再生技术，集成分布式能源系统，并实施生态敏感区的动态保护策略，每一项具体措施均深刻体现了项目团队对绿色施工理念的深刻理解与坚定执行。

（一）项目概况

深圳某智能产业园区作为聚焦 5G 通信与人工智能产业的研发总部基地，总建筑面积达 38 万平方米，项目以 LEED 金级认证为建设标准，致力于打造“绿色智造”标杆。园区选址毗邻国家级湿地生态保护区，施工边界与湿地公园直线距离不足 500 米，这对施工期的生态保护提出了严苛要求——需实现污水零排放、扬尘噪声实时监控、生物多样性动态维护等多重目标。在建设周期方面，受区域产业发展政策推动，项目工期较常规压缩 20%，需在 28 个月内完成从地基工程到智慧化运维系统的全流程建设，这对资源调度精度和施工协同效率形成双重挑战。为实现“零污染外溢”的核心目标，项目团队创新采用三重防护体系：通过 BIM 技术模拟施工动线规避生态敏感区，部署 5G 物联网传感器建立 200 米振动隔离带，并

运用钢渣 3D 打印技术替代传统混凝土临时设施，降低施工废弃物产生量^[2]。

(二) 具体可持续发展措施分析

1. 数字化全流程管控体系

在智能产业园绿色施工管理中，数字化全流程管控体系通过技术创新重构传统施工模式，形成覆盖勘察设计、物料调度、能耗管理的闭环管理链条。基于 BIM 与无人机协同勘测技术，施工团队可在前期建立三维地质模型，精准识别地下管网分布与岩土层特性，通过虚拟建造优化桩基设计方案，显著降低非必要土方开挖量，从源头减少施工对地质结构的扰动。这种数字孪生技术的应用，可以使复杂场地的施工部署得以在虚拟空间完成多方案比选，有效规避设计变更导致的资源浪费。在智能物料管理维度，通过植入 RFID 芯片的数字化追踪系统，实现钢材、混凝土等大宗建材的全流程监控。从供应商出厂到工地仓储，再到具体施工点位，系统可实时记录材料流转路径与库存状态，结合机器学习算法预测阶段性需求，自动生成精准采购计划。该模式不仅解决了传统施工中“材料等人”或“人等材料”的低效问题，更通过智能预警机制防止材料过期变质，大幅提升资源利用效率。针对施工能耗管控难题，AI 驱动的动态优化系统发挥核心作用。通过部署于塔吊、混凝土搅拌站等关键设备的物联网传感器，系统实时采集电流、电压、功率等参数，结合神经网络模型预测用电峰值时段。基于分析结果自动调整设备运行策略，如在电价低谷期集中进行钢筋加工，高峰时段切换至节能模式，形成“感知-分析-响应”的智能调控闭环^[3]。同时，系统可识别异常能耗信号，及时诊断设备故障或工艺缺陷，避免能源空耗。此外，该体系还深度整合项目管理系统，构建跨部门数据共享平台。监理单位通过移动终端查看实时施工数据，环保部门则能远程监控扬尘噪声指标，形成多方协同的数字化监管网络。全要素、全过程的数字化改造，不仅能提升施工精度与速度，更通过数据沉淀为后续运营阶段的智慧化管理奠定基础。

2. 建筑废弃物再生技术集群

建筑废弃物再生技术集群的应用是实现资源循环利用的关键创新方向。针对拆除旧厂房产生的废混凝土，采用混凝土破碎筛分线技术，通过多级破碎、磁选筛分等工艺对废弃物料进行精细化处理，生成不同粒径的再生骨料。这些再生骨料可替代天然砂石，直接用于施工现场临时道路铺设、地基回填等场景，形成建筑垃圾“原位消化”的闭环模式，显著降低原材料开采需求与外运填埋压力。同时，该技术通过智能化分拣与分级利用，确保再生骨料的力学性能和稳定性达到工程标准，为绿色建材的规模化应用奠定基础。对于工业生产中产生的

钢渣类废弃物，创新性引入钢渣 3D 打印技术，将钢渣颗粒与环保胶凝材料复合，通过数字化建模和增材制造工艺，定制化生产园林景观构件、艺术装置等设施。该技术突破传统建材形态限制，既能实现工业固废的高附加值转化，又能满足智能产业园对景观美学与功能融合的需求。例如，利用钢渣混合材料打印的透水砖、雕塑等制品，兼具抗压耐磨性和生态渗透特性，可替代天然石材应用于园区海绵城市系统建设中^[4]。这两项技术共同构建了“分类处置-再生加工-场景应用”的全链条体系，不仅解决了传统施工中建筑垃圾无序堆放的污染问题，还通过材料性能优化与工艺创新，推动废弃物从低效填埋向高值化利用转型。

3. 分布式能源系统集成

在智能产业园绿色施工管理中，分布式能源系统集成通过多维度技术融合实现低碳化用能。光伏建筑一体化 (BIPV) 技术将柔性光伏组件嵌入临时工棚顶部，将建筑围护结构与发电功能有机结合，既满足施工期临时设施用电需求，又减少传统电网依赖。同时，氢能叉车替代传统柴油动力设备，通过氢燃料电池驱动实现作业过程零排放，其快速加氢特性可适应高强度施工节奏，尤其在密闭作业场景中显著改善空气质量，形成清洁能源与施工机械的深度协同。两类技术通过能源生产端与消耗端的耦合，构建起自给自足的区域性能源微网，为工地提供稳定可靠的绿色电力供给，推动施工过程向近零碳目标迈进。

4. 生态敏感区动态保护方案

在该智能产业园区毗邻湿地生态敏感区的施工中，项目团队制定了生态敏感区动态保护方案，通过工程隔离与智能监测双重手段实现生态零扰动。针对施工振动可能导致的湿地基底破坏问题，沿湿地边界线设置 HDPE 高密度聚乙烯防渗隔离屏障，采用深达 15 米的垂直插入工艺形成连续密封墙。该屏障兼具防渗与减振功能，经实测可使打桩、挖掘等作业产生的振动波衰减至 0.5mm/s 以下，低于《建筑工程振动限值标准》(GB/T 50452-2008) 中湿地保护区 0.8mm/s 的阈值要求。同时，屏障外侧布设排水盲沟与植被缓冲带，既防止施工废水渗入湿地水系，又通过根系固土减少水土流失^[5]。在生物多样性保护方面，创新采用人工智能物种监测系统，构建“空-地-水”立体监测网络：①在施工区周边 3 公里范围内安装 12 台红外热成像相机，结合 AI 图像识别算法自动辨识黑脸琵鹭等 7 种国家一级保护鸟类的活动轨迹；②湿地水域部署声呐阵列，实时采集 32 种鱼类的声纹特征；③搭载多光谱传感器的无人机每周开展两次全域巡航，动态分析植被覆盖变化 (见表 1)。监测数据通过 5G 专网传输至智慧工地平台，当系统检测到保护

物种进入施工影响半径 500 米范围时，自动触发三级预警机制——首次预警调整设备运行时段，二次预警启动降噪降尘应急程序，三次预警立即暂停施工并启动生态补偿预案。

表 1：生物多样性保护创新监测系统

监测方式	技术手段	监测对象	监测范围 / 频率
红外热成像相机	AI 图像识别算法	黑脸琵鹭等 7 种国家一级保护鸟类	施工区周边 3 公里范围内，自动辨识活动轨迹
声呐阵列	实时采集声纹特征	32 种鱼类	湿地水域
无人机巡航	多光谱传感器	植被覆盖变化	全域，每周两次

5. 政企协同治理机制

在政企协同治理机制中，碳配额交易制度与公众参与平台成为推动绿色施工管理的关键抓手。项目创新性对接政府碳排放权交易平台，将施工过程中通过 BIM 优化、再生建材应用等措施节余的 2,300 吨碳配额，经第三方核查后纳入区域碳市场进行交易。通过深圳排放权交易所的线上竞价系统，将配额出售给周边高耗能企业，累计实现交易收益约 180 万元，专项用于采购光伏发电设备、氢能工程机械等绿色技术。这一机制不仅实现碳资产货币化，更形成“减排-交易-再投资”的良性循环，使施工方主动优化工艺的动力提升 40% 以上。同时，项目构建了公众参与式环境监督平台，基于区块链技术开放施工环境数据 API 接口，周边居民可通过移动端实时查看 PM2.5、噪声（分贝值）及扬尘（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）等 12 项指标。平台设置智能预警模块，当监测值超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）时自动推送整改通知至监理单位，并同步向居民发送处置进度。据统计，该机制运行后施工扰民投诉率同比下降 67%，且 63% 的居民通过平台数据反馈参与了施工时段调整的民主协商。这两项制度体现了“政府主导-市场激励-社会共治”的协同逻辑：碳交易制度衔接了《全国碳排放权交易管理条例》的政策框架，而公众参与平台则响应了《上市公司可持续发展报告指引》中关于环境信息披露与利益相关方沟通的监管要求，共同构筑起智能产业园绿色施工的治理闭环。

（三）实施成效量化对比

该案例通过系统性绿色施工管理措施，在能耗控制、废弃物减量、碳减排及生态保护方面成效显著。万元产值能耗降至 0.22 吨标煤，较传统园区降低 42.1%，主要得益于 BIPV 光伏发电系统日均 860kWh 的清洁能源供应和 AI 算法优化的设备调度策略。建筑垃圾外运量仅为 2.3kg/ m^2 ，达到行业领先水平，核心在于混凝土破碎筛分线实现 92% 再生利用率，以及钢渣 3D 打印技术节省 40% 石材采购成本的技术突破。施工期碳排放强度 49kg CO_2 /万元的指标，较基准值下降 43%，源于氢能叉车替代（月减碳 12 吨）和本地化建材采购策略。生态投诉清

零则依靠振动隔离屏障（振动值 $\leq 0.5\text{mm}/\text{s}$ ）和 AI 物种监测系统的双轨防护。量化数据证实，智能技术集成（如 BIM+ 物联网）、循环经济模式（废弃物再生）与制度创新（碳配额交易）构成三位一体的增效机制，为同类型园区提供可复制的实践范式（见表 2）。

表 2：实施成效量化对比

指标	传统园区	本案例
万元产值能耗	0.38 吨标煤	0.22 吨标煤
建筑垃圾外运量	15kg/ m^2	2.3kg/ m^2
施工期碳排放强度	86kg CO_2 /万元	49kg CO_2 /万元
生态投诉事件	年均 12 起（参考）	0 起

结语

深圳某智能产业园区的绿色施工管理实践，充分展示了可持续发展措施在提升施工效率、节约资源、保护生态环境方面的显著成效。通过构建数字化全流程管控体系、应用先进技术、实施动态保护及建立协同机制，项目成功实现了绿色施工与可持续发展的有机结合。这一实践不仅为同类项目提供了可借鉴的范例，更为推动绿色建筑施工管理的创新与发展注入了新的活力。未来，随着技术的不断进步和理念的持续创新，绿色建筑施工管理将迎来更加广阔的发展前景。

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] 刘让华. 建筑施工管理及绿色建筑施工管理策略研究[J]. 城市开发, 2024, (13): 154-155.
- [3] 周志坚. 绿色建筑施工: 理念与实践的融合[C]// 中国智慧工程研究会. 2024 工程技术与施工管理交流会论文集(上). 浙江广茂建设有限公司; 2024: 3.
- [4] 姚联刚. 绿色建筑施工管理中的可持续发展措施探讨[C]// 中国智慧工程研究会. 2024 工程技术与施工管理交流会论文集(下). 浙江贤升建设有限公司; 2024: 3.
- [5] 刘玉廷. 广饶滨海新区可持续发展研究[D]. 中国海洋大学, 2014.