

绿色施工与智能化建造融合在电力工程中的应用研究

王力冉

内蒙古送变电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘 要：在“双碳”目标与新型电力系统建设背景下，绿色施工与智能化建造融合已成为电力工程高质量发展的核心路径。本文围绕二者融合的理论逻辑、应用场景、关键技术展开系统研究，阐述绿色施工与智能化建造的内涵特征，论证技术协同的必然性；结合电力工程全周期，解析规划设计、现场施工、输变电与新能源电站建设中的融合实践，梳理数字孪生、BIM、物联网、AI及装配式建造等关键技术应用模式。研究可为电力工程绿色低碳与智能高效协同发展提供技术参考，推动工程降碳增效、安全提质，助力能源建设领域可持续发展。

关键词：绿色施工；智能化建造；电力工程；融合应用；可持续发展

引言：电力工程作为能源基础设施建设的核心载体，具有线长面广、环境敏感、施工复杂等特点，传统粗放模式易造成资源浪费、生态扰动与碳排放偏高。绿色施工以节材、节能、节水、节地、环保为核心，契合低碳转型要求；智能化建造依托数字技术实现全过程精准管控，为绿色目标落地提供技术支撑。二者融合可破解施工环保与效率矛盾，提升工程全生命周期价值。本文构建融合应用框架与技术体系，结合典型场景开展应用分析，为行业智能化绿色化升级提供实践指引。

1 绿色施工与智能化建造融合的理论基础

1.1 绿色施工的内涵与要求

绿色施工是以可持续发展为导向，在工程建设全过程落实资源节约、环境保护与低碳减排的施工组织模式，核心涵盖“四节一环保”，即节材、节能、节水、节地与生态环境保护。电力工程绿色施工重点针对线路廊道、变电站址、新能源场站等区域，严控扬尘噪声、水土扰动与植被破坏，优化材料周转与废弃物资源化，降低施工能耗与碳排放。其实施要求贯穿规划、施工、验收全流程，强调源头减量化、过程管控化、末端资源化，兼顾施工效率与生态承载力。在特高压、输变电及风电光伏项目中，绿色施工还需适配复杂地形与敏感生态区，通过标准化工艺与精细化管理，减少对周边环境的长期影响，实现工程建设与生态保护协同。

1.2 智能化建造的内涵与技术体系

智能化建造是以数字技术为核心，对工程全要素、全流程进行感知、分析、决策与控制的建造模式，通过数据驱动实现施工精准化、管理可视化与运维智能化。其技术体系以BIM为数字底座，融合物联网、智能感知、数字孪生、人工智能、机器人作业与模块化装配等技术，覆盖设计仿真、进度管控、质量安全监测、能耗

环境监控等场景^[1]。电力工程智能化建造侧重复杂地形勘测、高空作业安全、设备精准安装、多专业协同管控，依托智能装备与平台实现“人、机、料、法、环”全要素数字化管理。该体系可提升施工精度、降低安全风险、缩短工期，为绿色施工目标量化、过程可控、效果可溯提供技术支撑。

1.3 二者融合的逻辑必然性

绿色施工与智能化建造在目标、路径与价值上高度耦合，具备天然融合逻辑。绿色施工强调低碳环保与资源高效利用，但依赖精准数据与动态管控，传统人工模式难以实现全过程量化监管；智能化建造具备实时感知、智能分析与闭环控制能力，可将绿色指标转化为可监测、可调控的数字目标，解决绿色施工标准落地难、监管弱、效率低等问题。从行业发展看，电力工程点多线长、环境约束严格，绿色目标需智能技术保障落地，智能升级需绿色导向提升价值。二者融合形成“绿色目标引领、智能技术支撑”的协同模式，既满足生态环保刚性要求，又提升工程建设质效，是电力工程实现低碳化、数字化转型的必然选择。

2 电力工程绿色施工与智能化建造融合的应用场景

2.1 规划设计阶段的融合应用

规划设计是绿色施工源头管控的关键环节，智能化技术为绿色方案优化提供精准支撑。依托BIM+GIS三维建模开展线路路径优选、站址布局与杆塔定位模拟，可避开生态保护区、耕地与居民区，减少土地占用与生态扰动。通过数字化仿真进行碰撞检测、工程量精准核算，优化材料用量与结构方案，降低施工损耗与返工率。结合环境模拟软件分析施工扬尘、噪声与水土影响，提前制定环保预案，从设计端落实绿色指标。在输变电工程中，三维数字化设计可缩短勘察周期、提升图

纸精度,同步嵌入节能、节材、节水策略,实现绿色目标前置化、方案最优化,为后续绿色施工与智能管控奠定基础。

2.2 施工过程的融合应用

2.2.1 资源节约与智能化管控

资源节约是绿色施工核心内容,智能化管控可实现材料、水电、人力的精准配置与高效利用。基于物联网与BIM平台,对钢材、水泥、电缆等物料实施入库、领用、消耗全程追踪,减少浪费与超耗;通过智能水表、电表实时监测用水用电,异常消耗自动预警,杜绝跑冒滴漏。采用智能调度系统优化机械台班与人员配置,减少闲置与重复作业。装配式模块化构件工厂预制、现场拼装,大幅降低现场湿作业与建材损耗,建筑垃圾减量可达80%。智能称重、电子领料与库存预警联动,实现物料闭环管理;结合AI进度模拟优化施工工序,提升资源周转效率,以数字化手段落实节材、节水、节能目标^[2]。

2.2.2 环境保护与智能监测

电力工程施工生态敏感,智能监测为环保管控提供实时精准手段。现场部署扬尘、噪声、温湿度、风速传感器与高清视频,数据实时上传智慧平台,超标自动联动雾炮、围挡喷淋等降尘减噪设备。AI智能识别违规作业、裸土未覆盖、危险区域闯入等行为,实时预警并推送整改。在山区、水域施工段布设水土保持监测终端,跟踪边坡稳定与径流泥沙指标,防止水土流失。对施工废弃物实施分类智能统计,推动渣土、钢筋尾料资源化回收。通过全过程环境数字化监管,实现环保问题早发现、快处置,降低施工对生态的扰动,满足绿色施工环保管控要求。

2.2.3 能源管理与碳排监测

施工能源管控与碳排监测是绿色施工量化考核的重要内容。依托智能电表、油气监测设备与光伏储能临时供电系统,构建施工用能动态监测网络,实时统计柴油机械、临时用电、生活能耗数据。基于碳核算模型自动计算施工阶段碳排放,形成日/周/月碳排报告,对高能耗环节智能预警并优化调度。推广太阳能照明、光伏储能供电替代传统柴油发电,降低化石能源消耗与直接排放。通过数字平台实现能耗对标、节能改造效果评估,将碳排指标纳入施工考核。智能化能源与碳排管控,使绿色施工从定性要求转为定量管理,助力电力工程建设全过程低碳化运行。

2.3 输变电工程的典型应用

输变电工程具有点多线长、高空作业多、地形复杂等特点,绿色施工与智能建造融合成效显著。在铁塔基

础施工中采用装配式预制基础,减少现场浇筑与植被破坏,碳排放降低约25%。依托数字孪生与智能吊装设备实现铁塔精准安装,吊装精度达 ± 2 厘米,高空作业风险大幅下降。线路架设采用智能张力放线与电缆智能输送设备,提升效率并减少导线磨损。变电站推行模块化建设,80%构件工厂预制,现场快速拼装,工期缩短4个月以上。通过BIM+物联网实现设备安装、管线布局协同管控,结合环境智能监测落实降噪降尘措施,推动输变电工程绿色化、智能化、高效化建设。

2.4 新能源电厂建设的融合应用

风电、光伏电站建设多位于山地、荒漠、滩涂等生态敏感区,融合应用可有效平衡开发与保护。光伏项目采用智能打桩、无人化安装装备,实现精准定位与高效作业,减少地表扰动。依托BIM+GIS优化风机、光伏阵列布局,节约土地并提升发电效率。施工期部署生态监测终端,保护植被与水土,采用可降解围挡与循环材料降低环境影响。通过智慧平台对施工能耗、碳排放、环保措施进行一体化管控,配套光伏临时供电系统实现低碳施工。新能源工程融合模式既满足大规模快速建设需求,又严格落实生态保护要求,助力清洁能源项目绿色高质量投产。

3 绿色施工与智能化建造融合的关键技术

3.1 数字孪生技术

数字孪生通过构建工程物理实体的1:1数字化映射,实现施工全过程虚实交互与动态优化。在电力工程中,整合地形、地质、设备、进度、环境等数据,搭建孪生模型,实时同步现场施工状态。可模拟吊装、基坑、架线等关键工序,提前识别风险并优化方案;结合物联网感知数据,对结构应力、环境指标、设备运行进行实时监控与预警。数字孪生为绿色施工提供可视化管控载体,可量化碳排、能耗、物料消耗等绿色指标,形成“监测—分析—调控—评估”闭环。该技术提升施工精准度与安全性,推动绿色目标从被动合规转向主动智能管控^[3]。

3.2 物联网与智能感知技术

物联网与智能感知是融合应用的基础支撑,通过全面部署传感器实现施工要素全域互联。在现场布设扬尘、噪声、水质、土壤、能耗、结构应力等监测设备,结合定位与视频终端,实时采集人、机、料、环数据。无线传输将数据汇聚至智慧平台,实现绿色施工指标全天候在线监测。智能感知技术可自动识别违规作业、环境超标、设备异常等情况,触发联动控制与预警。该技术解决传统监管覆盖面不足、数据滞后问题,为资源节

约、环保管控、能耗碳排监测提供实时数据支撑,保障绿色施工措施精准落地。

3.3 人工智能与决策支持技术

人工智能与决策支持技术为绿色施工与智能化建造的融合应用赋予了强大的智能分析与优化能力。借助机器学习算法,能够对施工过程中的能耗、碳排放以及物料消耗等关键指标进行精准预测。通过对大量历史数据的学习和分析,系统可以自动生成科学合理的绿色施工优化方案,为施工决策提供有力支持。AI视频智能识别技术则成为安全与环保管控的得力助手,它能够实时监测施工现场,迅速识别违章作业和环保违规行为,并及时发出警报,大大提升了管控效率。此外,通过先进的算法优化施工进度、机械调度以及物流路径,能够有效减少资源浪费和无效能耗,实现施工过程的精细化管理。结合历史数据构建的绿色施工评价模型,可以量化评估节材节能、环保成效,为管理决策提供客观、准确的数据依据,推动绿色施工向更高水平发展。

3.4 建筑信息模型(BIM)技术

BIM技术作为数字化建设的核心工具,为绿色施工与智能化建造的融合应用提供了全生命周期的数据底座。其强大的三维建模功能实现了设计的可视化,让施工团队能够直观地了解建筑结构和布局。同时,碰撞检测功能可以提前发现设计中的冲突和问题,避免施工过程中的返工和浪费。通过与施工进度相结合,BIM技术形成4D模拟,能够优化工序衔接,合理安排施工顺序,从而缩短工期并降低能耗。在电力工程中,BIM技术可以对变电站、线路、风机基础等进行三维深化设计,提升安装精度,减少现场调整和返工。此外,BIM技术还可以集成绿色施工指标,如节材率、能耗限额、环保要求等,实现数据的同源共享和多方协同。通过模型轻量化与移动端应用,BIM技术能够支撑现场智能交底与质量验收,打通设计与施工的数据壁垒,为绿色施工的标准化、智能化实施提供可靠支撑。

3.5 装配式与模块化建造技术

装配式与模块化建造技术是绿色施工与智能建造融

合的重要实现形式,具有显著的优势。在电力工程中,将变电站建筑、杆塔基础、电缆沟等构件在工厂进行标准化预制,能够确保构件的质量和精度。现场精准拼装的方式则大幅减少了现场湿作业、扬尘噪声以及建筑垃圾的产生,符合绿色施工的理念。模块化施工还能够缩短工期,提升质量稳定性,降低高空作业风险,减少对生态环境的破坏。结合智能生产与物流调度系统,可以实现构件的按需供应和高效周转,进一步提升材料利用率^[4]。该技术不仅契合节材、节能、环保的绿色要求,还通过标准化设计和数字化管控,与智能化建造体系完美适配。在电力工程中广泛推广装配式模块化建造技术,能够显著提升建设效率和绿色水平,是推动电力行业低碳转型的重要技术方向。

结束语

绿色施工与智能化建造融合是电力工程实现低碳高效发展的必然路径,二者协同可有效破解资源环境约束与建设质效提升的矛盾。本文从理论基础、应用场景、关键技术三方面构建融合应用体系,明确规划设计、施工过程、输变电与新能源工程的实践模式,梳理数字孪生、BIM、物联网等核心技术应用价值。未来应进一步完善融合标准体系,强化技术集成创新与平台协同,推广典型工程经验,推动绿色指标智能量化、全过程闭环管控。持续深化融合应用,将助力电力工程建设提质降碳、安全绿色,为新型电力系统与“双碳”目标实现提供坚实支撑。

参考文献

- [1]陈君健.信息化与智能化技术在电力工程建设中的应用[J].科学与信息化,2025(24):4-6.
- [2]李吕满,刘蕾,商志伟,等.智能化技术在输电工程建设中的应用研究[J].科技创新与应用,2026,16(2):15-18.
- [3]周洪磊.电力工程中配电网自动化技术分析[J].通信电源技术,2024,41(4):60-62.
- [4]朱纯,李宾皓.电力企业工程建设领域数字化转型实践应用研究[J].电力与能源,2023,44(2):115-121.