

“双碳”目标下绿色变电站运维理念的内涵与实践导向

赵梦遥 陈乾宇 吕 鑫

国网新疆电力有限公司哈密供电公司 新疆 哈密 839000

摘 要：双碳战略推动电力行业加速低碳转型，变电站运维作为电网降碳的关键环节，传统巡检、倒闸、检修模式已难以适配低碳发展需求。本文界定双碳目标、绿色变电站及绿色运维核心概念，剖析传统运维在巡检路线、操作票执行、设备台账管理、缺陷闭环管控等方面的现存问题，阐释绿色运维的核心内涵与理论支撑，从理念、技术、管理、场景四维构建实践实施路径，为变电站运维低碳升级、新型电力系统建设提供理论参考与实践借鉴。

关键词：“双碳”目标；绿色变电站；运维理念；内涵；实践导向

引言：碳达峰、碳中和战略是我国能源革命与绿色发展的核心指引，电力行业作为碳排放重点领域，肩负电网低碳转型重要使命。变电站是新型电力系统的核心枢纽，其全生命周期运维的降碳增效，对电网整体低碳发展至关重要。当前传统运维模式重安全交底、轻碳耗管控，日常巡视、倒闸操作、缺陷处理中的能耗浪费与碳排放盲区问题突出。基于此，本文立足双碳目标，探究绿色变电站运维内涵、现存短板与落地路径，助力电网运维绿色低碳高质量发展。

1 “双碳”目标下绿色变电站运维的核心内涵与理论基础

1.1 相关概念界定

（1）双碳目标：碳达峰与碳中和的有机统一，核心是通过能源转型、能效提升与技术革新，实现经济社会发展与化石能源脱钩。电力行业作为碳排放重点领域，承担构建新型电力系统、加快清洁替代、推动电网低碳转型的关键责任。（2）绿色变电站：区别于传统单一可靠供电定位，指在全生命周期内贯彻低能耗、低排放、环境友好、资源集约、智能高效理念的新型变电站，绿色属性覆盖规划设计、设备选型、建设施工、运行维护至退役拆除全过程。（3）绿色运维：指以碳减排为核心约束，兼顾安全稳定、节能降耗、生态环保与资源循环利用的新型运维模式，涵盖巡视抄表、倒闸操作、检修作业、工作票办理及退役处置全流程，推动运维由被动保障向主动降碳转变。

1.2 绿色变电站运维理念的核心内涵

（1）低碳化运维内核：以碳足迹精准管控为核心抓手，将碳排放监测与减排目标嵌入运维各环节，推动降碳减碳从阶段性要求转化为常态化运行准则。（2）全周期运维思维：突破传统阶段性运维的局限，沿设备出厂、安装投运、运行监测、检修技改、退役报废全生

命周期实施绿色管控，实现各阶段碳排放可计量、可追踪、可优化。（3）智能化运维赋能：依托在线监测、红外测温、局放检测、油色谱分析等技术手段，替代人工凭经验巡视的粗放模式，实现设备状态精准感知、故障预判及能效智能调节，提升运维质量与低碳协同能力^[1]。

（4）生态化运维导向：统筹设备运行安全与站区生态保护，最大限度降低检修作业、场地施工对周边水土植被的扰动，推动电网设施与自然环境和睦共处。

1.3 绿色运维理念的理论支撑

（1）全生命周期碳管理理论：为变电站运维各阶段碳排放核算基准、管控策略与优化路径提供方法论支撑，构成全流程低碳运维体系的理论根基。（2）能源效率优化理论：指导变电站设备能耗定额管理、站用电分层控制及节能技术落地实践，推动运维环节能效水平持续提升。（3）智能电网运维理论：为数字化、智能化绿色运维模式创新与运维流程重构提供系统架构设计与技术集成思路。（4）可持续发展理论：确立绿色运维兼顾经济效益、安全可靠与生态保护的发展原则，统领各项运维实践契合双碳战略与能源可持续发展总体方向。

2 当前变电站运维现状及双碳适配性问题分析

2.1 传统变电站运维基本现状

（1）运维模式现状：当前变电站运维以人工定时巡视、定期倒闸切换和故障后抢修为主，操作票与工作票流程固化，在线监测与智能诊断手段不足，决策多依赖经验判断，精细化管控水平偏低，难以满足新型电力系统对运维质量与效率的要求。（2）能耗与碳排放现状：主变压器、站用变等设备能效水平参差不齐，老旧设备空载损耗偏高；通风空调系统缺乏按需自动控制，无效待机能耗突出；检修车辆往返、电焊气割用能及废弃油液处置等环节碳排放长期缺乏核算，整体碳排放强度较高，降碳空间尚未充分挖掘。（3）运维管理现状：运维

以保供电、保安全为核心,低碳发展未纳入绩效考核,缺少碳耗统计台账与能耗定额对标制度,绿色运维缺乏目标分解到站、到班、到人的责任落实路径,管理手段与双碳要求之间的结构性矛盾日益凸显。

2.2 双碳目标下传统运维存在的核心问题

(1) 运维理念滞后:传统运维将“安全零事故”作为唯一核心目标,低碳、节能、生态等绿色价值要素未融入日常巡检和检修决策,绿色运维意识薄弱,整体理念与双碳战略要求明显脱节,难以形成低碳转型的思想共识与行动自觉。(2) 运维技术落后:老旧变电站设备能效等级偏低,智能传感、能耗动态调优、碳排实时核算等低碳技术应用深度不足,技术手段难以支撑碳排放有效管控,技改投资与节能收益之间的平衡尚缺有效解决方案,制约低碳技术规模化推广。(3) 运维流程粗放:固定周期检修模式无法精准匹配设备实际状态,导致不必要的停电倒闸与重复试验消耗,备品备件及耗材利用率偏低,运维资源投放的科学性与经济性均有较大提升空间,流程标准化程度不足以支撑绿色运维转型^[2]。

(4) 管控体系缺失:变电站运维尚未建立系统的碳排放核算标准和考核激励机制,低碳运维目标难以量化分解到每次巡视、每张工作票、每项操作,绿色运维落地缺乏制度约束和内在动力,责任主体不明确,执行层面难以形成闭环,从部署到现场作业的传导机制尚未打通。

2.3 绿色运维转型的必要性与可行性

(1) 转型必要性:推进绿色运维转型是落实国家双碳战略目标在电网末端的具体行动,有利于系统性降低变电站运维环节碳排放强度、提升电网资产绿色运营水平,对新型电力系统建设具有基础性支撑作用,是电网企业履行社会责任的重要体现。(2) 转型可行性:智能传感、数字孪生、大数据分析等技术日趋成熟,国家和行业绿色变电站标准体系逐步完善,各级政府政策引导与资金扶持力度持续加大,碳排放权交易、绿色金融等市场化机制提供外部激励,技术、标准、政策、市场四重条件为绿色运维转型奠定坚实基础。(3) 转型价值性:绿色运维转型可实现运维成本压降、站用电耗降低、碳排放强度削减的多重协同效益,同时在保障电网安全可靠运行的前提下兼顾周边生态保护,具有显著的经济效益、社会效益与生态效益综合价值,是电网企业践行绿色低碳发展理念、增强核心竞争力的重要实践路径。

3 “双碳”目标下绿色变电站运维的实践导向与实施路径

3.1 理念导向:树立全维度绿色运维思维体系

(1) 树立低碳优先理念:突破传统运维以“安全无事故”为单一核心目标的惯性思维,将碳耗管控、能效对标纳入运维目标体系,推动安全交底与低碳交底协同开展,以低碳逻辑重新审视巡视周期、操作方式和检修策略,实现运维价值取向由单一安全向“安全为本、低碳为纲”的根本性转变,使低碳思维成为现场班组的自觉行动准则。(2) 树立全周期管控理念:摒弃阶段性、碎片化的传统运维思维,构建设备从投运、运行、检修、技改到退役的全生命周期绿色管控机制,将碳管理要求嵌入设备台账登记、缺陷定级、检修工期安排等各环节,形成全过程、可追溯的碳排放管控链条,确保各环节碳排放可核算、可追踪、可优化,避免碳足迹在不同阶段之间被动转移或重复计算。(3) 树立智能高效理念:以数字化、智能化全面赋能运维模式升级,摒弃人工抄表、凭经验判别的粗放方式,依托在线监测数据驱动精准施策,用智能巡检替代人工重复劳动,推动运维模式从“到点必巡、到期必修”向“按需运维、精准预控”全面转型,实现运维质量与碳排放控制的双重优化提升^[3]。

3.2 技术导向:构建低碳智能运维技术体系

(1) 设备节能优化技术:推广应用高效低耗主变压器、智能照明感应系统、地源热泵等节能型设备与技术,从源头降低主辅设备运行能耗,提升站内整体用能效率,通过硬件能效迭代升级夯实绿色运维物质基础,实现设备层级节能降碳的源头治理,同时建立设备能效动态评估与迭代更新机制,确保能效水平持续改善。

(2) 智能监测与预测性运维技术:依托物联网感知层与大数据分析平台,构建覆盖全站设备的实时在线监测网络,实现运行状态智能诊断、故障趋势科学预判与健康状态量化评估,变被动事后维修为主动预测维护,有效杜绝无效检修与过度维护造成的资源浪费与能耗损耗,大幅提升运维资源投放的精准度与有效性。(3) 碳足迹核算与优化技术:构建覆盖运维全过程的碳排放核算模型,科学界定核算边界、排放因子与计算方法,精准识别与定位高碳排环节及关键排放源,据此制定差异化降碳策略与优化方案,为低碳运维提供量化决策依据与精准改进方向指引,同时建立碳排放数据动态更新与对标分析机制,确保核算结果的准确性与可比性^[4]。(4) 新能源耦合运维技术:推广变电站内分布式光伏发电、小型储能系统的集成应用,提升站内绿色能源自给率,降低对外部化石能源的依赖程度,探索站网友好互动与绿电就地消纳新模式,推动站用电源结构由传统电力向“绿电为主、网电为辅”低碳化转型,构建清洁低碳的

站内能源供给体系。

3.3 管理导向：完善绿色运维管理制度体系

(1) 建立绿色运维标准规范：制定适应双碳目标要求的变电站绿色运维流程体系、作业标准规范及碳管控操作细则，明确两票三制中的低碳要求、巡视路线的碳耗观察点、交接班时的能耗交接内容，统一绿色运维执行尺度、质量标准与操作规范，明确各岗位低碳职责与行为准则，为运维人员提供清晰、可落地、可检查的绿色操作依据，推动绿色运维从理念倡导走向制度固化。

(2) 构建碳运维考核机制：将运维环节站用电耗、检修用能、废弃排放纳入班组绩效考核指标，建立与之配套的奖惩激励机制与责任追究制度，以考核倒逼绿色运维责任层层落实，形成“目标分解—过程管控—结果考评—改进提升”的完整闭环管理链路，确保绿色运维从制度要求转化为实际行动，使低碳表现成为衡量运维绩效的关键标尺。(3) 优化运维作业流程：全面推行基于设备健康状态的状态检修与精准运维模式，以实时状态评估替代传统固定周期检修决策逻辑，科学精简冗余作业工序与过度维护行为，最大限度提高备品备件与材料利用率，从流程再造层面系统性降低运维过程资源消耗与碳排放强度，实现运维效率与低碳效益的同步提升。

3.4 实践导向：推进多场景绿色运维落地应用

(1) 日常运行低碳管控：优化主设备经济运行方式与负载调配策略，严控通风空调、照明等辅助系统运行能耗，实施站内能源分层分级精细化管控方案，将日常巡视、倒闸操作、负荷调整等工作的低碳要求转化为可量化、可执行、可监督的常态化操作规程，确保运行阶段碳排放持续稳定受控，实现日常运维与低碳目标的深度融合。(2) 检修作业绿色升级：推行低碳化检修工艺与绿色环保耗材替代方案，规范检修废弃物分类收集、合规处置与资源化利用流程，最大化减少检修作业能耗与环境负荷，推动检修环节从作业工艺、材料选型到废物处置的全流程绿色再造与低碳转型，实现检修质量与环保效益的协调统一^[5]。(3) 退役设备循环利用：建立

健全老旧设备科学评估、有序回收、规范拆解、再制造与再生利用的全链条工作机制，推进变压器油、有色金属、绝缘材料等关键资源梯级利用与无害化处理，实现退役处置过程的低碳化与资源化双重目标，形成设备物质资源闭环流动的循环经济模式，最大限度降低设备退役环节的环境足迹。(4) 生态运维场景落地：统筹推进变电站场地绿化美化与生态修复工程，优化站区微生态环境质量，在检修作业面、施工开挖、物料堆放等运维全流程中严格落实最小生态扰动原则，科学管控作业行为对周边植被、水体、土壤等生态要素的影响，推动电网基础设施运营与周边自然生态环境形成共生共融、协调发展的良性互动格局，真正实现运维活动与生态保护的和谐统一、互促共进。

结束语

本文系统梳理双碳背景下绿色变电站运维的核心内涵与理论基础，厘清传统运维在巡视、操作、检修等方面适配双碳发展的各类短板，明确多维实践导向与落地实施路径。通过理念革新、技术升级、制度完善与场景落地，可有效破解变电站运维高碳、低效难题，实现运维安全、节能、生态协同发展。未来需持续深耕智能低碳技术创新，完善运维管控体系，持续挖掘电网末端降碳潜力，赋能双碳战略落地。

参考文献

- [1]沈育辉.面向“双碳”目标的绿色低碳变电站综述[J].电力勘测设计,2026,7(01):26-31.
- [2]顾靖达,白小会,李伟,等.新型电力系统变电站绿色低碳技术分析[J].南方能源建设,2024,11(04):111-117.
- [3]于志力.基于绿色低碳理念的变电工程运维技术应用[J].内蒙古电力技术,2024,42(02):55-60.
- [4]周洪伟.变电站能耗分析及节能环保运维策略研究[J].价值工程,2024,43(25):156-158.
- [5]左涛,刘建涛.非金属模块化预制舱式变电站节能环保运维关键技术[J].电气技术,2024,25(04):59-65.