

# 双碳目标下光伏储能工程建设管理的低碳化路径研究

袁世君

华电(海西)新能源有限公司 青海 德令哈 817000

**摘要:**在“双碳”目标的战略指引下,光伏储能工程作为推动能源结构转型、实现绿色低碳发展的重要抓手,其建设管理的低碳化进程至关重要。本文系统分析了光伏储能工程建设管理中高耗能、高排放等问题,深入探讨从材料选择、施工技术优化、全生命周期管理等方面实现低碳化的具体路径。通过研究发现,采用低碳环保材料、应用智能化施工技术、构建全生命周期碳排放监测体系等措施,能够有效降低工程建设管理过程中的碳排放量,推动光伏储能工程向低碳化、可持续化方向发展,为实现“双碳”目标提供有力支撑。

**关键词:**双碳目标;光伏储能工程;建设管理;低碳化路径;全生命周期管理

**引言:**随着全球气候变化问题日益严峻,“双碳”目标已成为世界各国应对环境挑战、推动可持续发展的共识。我国提出的碳达峰、碳中和目标,不仅是对全球气候治理的积极响应,更是实现经济社会全面绿色转型的必然要求。光伏储能工程作为新能源领域的关键组成部分,在优化能源结构、减少传统化石能源依赖方面发挥着重要作用。然而,当前光伏储能工程建设管理过程中存在着资源浪费、能源消耗高、碳排放量大等问题,严重制约了其低碳化发展进程。因此,深入研究光伏储能工程建设管理的低碳化路径,对于加快推进“双碳”目标实现、促进新能源产业高质量发展具有重要的现实意义和理论价值。

## 1 低碳化建设管理对提升工程全生命周期环境效益的重要性

低碳化建设管理贯穿光伏储能工程规划、设计、施工、运维至退役的全生命周期,是提升工程环境效益的核心路径。在规划设计阶段,通过科学布局与参数优化,可降低工程初始碳足迹;施工过程中,采用清洁能源动力设备、推进废弃物资源化利用,能显著减少施工环节碳排放;运维阶段,借助智能系统实现能源动态调控,提升系统能效,减少运行期碳排放;工程退役时,完善的回收处理机制可避免资源浪费与二次污染。通过全流程管控,不仅能降低工程自身碳排放,还能优化能源结构,减少对化石能源依赖,助力实现区域乃至全球的碳中和目标,为生态环境可持续发展筑牢根基。

## 2 光伏储能工程低碳化建设的理论基础

### 2.1 低碳化建设管理的核心概念

#### (1) 低碳化定义与内涵

低碳化是以全生命周期碳排放最小化为核心目标的发展理念与实践模式,强调在经济、社会活动各环节

中,通过技术创新、管理优化、模式革新等手段,降低能源消耗与温室气体排放。在光伏储能工程领域,低碳化内涵延伸至从原材料开采、设备制造、工程建设、系统运维到退役处理的全链条,要求综合考虑各环节碳排放影响因素,通过统筹规划与精准施策,实现工程全生命周期碳减排。这不仅是对“双碳”目标的积极响应,更是推动能源产业可持续发展的必然要求。

#### (2) 光伏储能工程低碳化管理的关键维度

光伏储能工程低碳化管理涵盖设计、施工、运维、退役四大关键维度。设计阶段需从系统布局、设备选型等方面优化,降低初始碳排放;施工环节要推进绿色施工技术应用,减少施工过程能源消耗与污染;运维阶段借助智能化手段实现能源高效利用与设备精准维护,降低运行期碳排放;退役阶段建立完善的设备回收、材料再生体系,避免资源浪费与环境破坏。各维度相互关联、层层递进,共同构成工程低碳化管理的完整体系。

### 2.2 相关理论支撑

#### (1) 生命周期评价(LCA)理论在碳排放核算中的应用

生命周期评价(LCA)理论通过对产品或服务从原材料获取、生产加工、运输销售、使用维护到废弃处理全过程的资源消耗与环境影响进行量化分析,为光伏储能工程碳排放核算提供科学方法。该理论能系统识别工程各环节碳排放热点,明确减排重点与方向,为制定低碳化策略提供数据支撑。通过LCA理论,可精准评估不同技术方案、管理措施对工程全生命周期碳排放的影响,从而优选低碳化路径,实现工程环境效益最优化。

#### (2) 绿色工程管理理论对低碳化路径的指导作用

绿色工程管理理论以可持续发展为导向,强调在工程建设与运营过程中,综合考虑资源节约、环境保护与

生态平衡。该理论为光伏储能工程低碳化路径提供宏观指导,促使工程管理从传统注重经济效益向经济、环境、社会效益协同发展转变。通过引入绿色工程理念,可推动工程各参与方在规划、设计、施工等环节强化环保意识,采用绿色技术与管理措施,实现工程低碳化目标。

### (3) 能源系统优化理论在储能配置中的实践

能源系统优化理论基于数学模型与算法,通过对能源生产、传输、存储、消费各环节的统筹规划与优化,实现能源资源高效利用与系统经济性、可靠性提升。在光伏储能工程中,该理论可应用于储能容量配置、充放电策略制定等方面,通过模拟不同工况下系统运行状态,优化储能系统参数与运行模式,减少能源损耗,提升能源利用效率,降低因储能系统不合理配置导致的高能耗与碳排放,为工程低碳化运行提供理论依据与技术支持。

## 3 光伏储能工程低碳化建设管理的关键路径

### 3.1 低碳化设计与规划

基于碳排放优化的光伏阵列布局与储能容量配置,需综合考虑地形、光照、负荷需求等因素,通过模拟分析确定最优方案,减少光伏系统初始投资与运行能耗。绿色建材与模块化设计在工程建设中的应用同样关键,采用低碳环保的建筑材料,可降低材料生产环节碳排放;模块化设计便于设备安装、更换与升级,减少施工过程中资源浪费与碳排放,同时提高工程建设效率与灵活性,为工程全生命周期低碳运行奠定基础。

### 3.2 低碳化施工技术创新

施工机械电动化与清洁能源替代方案是降低施工环节碳排放的重要举措,以电动设备替代燃油机械,利用太阳能、风能等清洁能源满足施工用电需求,可显著减少化石能源消耗与污染物排放。施工废弃物减量化与资源化利用技术则通过优化施工工艺、加强材料管理减少废弃物产生,并对产生的废弃物进行分类回收、再生处理,实现资源循环利用,降低施工对环境的负面影响。

### 3.3 低碳化运维管理策略

智能运维系统对能源效率的动态优化,借助物联网、大数据等技术实时监测设备运行状态与能源流动情况,通过智能算法优化能源分配与设备调度,提高能源利用效率,降低运维阶段能耗与碳排放。储能系统全生命周期碳足迹跟踪与调控,通过建立碳足迹核算模型,对储能设备从生产、运输、使用到退役各环节碳排放进行精准监测与分析,针对性制定减排措施,实现储能系统低碳化运行。

### 3.4 低碳化供应链协同

供应商碳排放评估与绿色采购机制的建立,通过对供应商生产过程碳排放进行量化评估,优先选择低碳环保供应商,推动供应链上游企业绿色转型。物流环节低碳化运输方案(如电动运输工具)的应用,可减少设备运输过程燃油消耗与碳排放,同时优化运输路线、提高装载率,进一步降低物流环节碳足迹,实现供应链全流程低碳化管理。

### 3.5 低碳化政策与标准引导

碳交易机制对工程低碳化的激励作用,通过将工程碳减排量转化为经济收益,激发企业实施低碳化改造的积极性,推动企业主动采用低碳技术与管理措施。行业低碳化标准与认证体系的构建,为工程低碳化建设管理提供规范与准则,引导企业对标达标,促进光伏储能工程行业整体向低碳化、规范化方向发展。

### 3.6 低碳化技术创新与示范

新型储能技术(如液流电池、固态电池)的低碳化应用,凭借其高能量密度、长循环寿命、环境友好等优势,可降低储能系统全生命周期碳排放,提升储能系统性能与可靠性。光伏-储能-氢能耦合系统的低碳化实践,通过多能互补与协同优化,提高能源综合利用效率,减少对传统能源依赖,为实现能源系统深度脱碳提供创新模式与实践经验。

## 4 低碳化路径的协同机制与挑战

### 4.1 技术-经济-环境协同机制

#### (1) 低碳化路径的成本效益分析与多目标优化模型

构建低碳化路径需综合考量技术投入、经济回报与环境效益,通过成本效益分析量化低碳技术应用的初期投资、运营成本及碳减排收益,识别关键影响因素。基于全生命周期视角,建立多目标优化模型,以碳排放最小化、经济效益最大化、环境风险最低化为目标,结合光伏储能工程特性,运用数学规划、智能算法等方法,平衡技术创新成本与长期收益,为决策提供科学依据。该模型可动态模拟不同低碳技术组合下的协同效应,优化资源配置,实现技术可行性、经济合理性与环境可持续性的有机统一。

#### (2) 政策激励与市场机制对协同效应的促进作用

政策激励与市场机制是推动技术-经济-环境协同的核心驱动力。碳交易市场、绿色信贷、补贴政策等工具可将环境效益转化为经济价值,降低企业低碳转型成本,激发创新活力;强制性能效标准与低碳认证体系则倒逼企业采用先进技术,提升行业整体低碳水平。同时,电力市场化改革、绿证交易等市场机制,通过价格信号引

导资源向低碳领域流动,促进光伏储能工程与新能源消纳协同发展,加速技术成果转化,形成政策引导、市场驱动的良好循环,放大协同效应。

#### 4.2 主要挑战与应对策略

##### (1) 技术成熟度不足与成本约束

当前光伏储能工程低碳技术存在部分环节成熟度低、商业化应用不足的问题,如新型储能材料量产困难、智能化运维系统兼容性差,导致技术成本居高不下。对此,需加大产学研合作力度,建立技术研发专项基金,推动中试基地建设,加速技术迭代;同时,通过规模化应用分摊成本,完善产业链配套,提升技术经济性。政府可出台税收优惠政策,降低企业技术升级成本,助力突破成本瓶颈。

##### (2) 跨部门协同与利益分配机制不完善

光伏储能工程低碳化涉及能源、环境、建设等多部门,存在信息壁垒、权责不清等问题,加之利益分配机制失衡,导致协同效率低下。需构建跨部门联席会议制度,建立统一协调平台,明确各方责任边界;引入契约理论设计利益分配模型,根据贡献度合理划分收益,兼顾短期与长期利益。同时,推广PPP模式,整合社会资本与政府资源,形成风险共担、利益共享的合作机制,提升协同效能。

##### (3) 碳排放核算标准与数据透明度问题

现有碳排放核算标准缺乏针对光伏储能工程的细化规范,数据采集难、统计口径不统一,导致碳足迹评估准确性不足。应加快制定行业统一核算标准,明确全生命周期各环节碳排放计算方法;依托区块链、物联网技术建立实时监测平台,实现数据自动采集与共享,提高数据透明度。此外,鼓励第三方机构参与碳核查认证,增强数据公信力,为低碳化决策提供可靠依据。

#### 5 光伏储能工程低碳化建设管理的保障措施

##### 5.1 政策支持体系

构建完善的政策支持体系是推动光伏储能工程低碳化建设的重要保障。低碳化建设专项补贴与税收优惠政策,可直接降低企业技术升级与项目建设成本,如对采用新型低碳建材、高效储能技术的项目给予资金补贴,对低碳运营企业实施税收减免,激发企业低碳转型积极性。碳排放配额分配与交易机制设计则通过市场手段调节企业碳排放行为,科学分配碳排放配额,允许企业通过技术创新实现配额盈余并交易获利,倒逼高排放企业改进技术,形成“减排受益、超标担责”的市场激励机制,引导资源向低碳领域流动,加速光伏储能工程低碳化进程。

##### 5.2 技术创新体系

技术创新是实现光伏储能工程低碳化的核心驱动力。产学研用协同创新平台建设,整合高校、科研机构、企业与用户多方资源,打破技术研发与应用的壁垒,围绕低碳材料、储能技术、智能运维等关键领域开展联合攻关,加速科研成果转化。低碳化技术推广机制则通过打造标杆项目,将新型低碳技术的应用效果直观展现,为行业提供可复制、可借鉴的实践经验,降低企业采用新技术的风险与成本,吸引更多企业参与技术创新与应用,形成以点带面的技术扩散效应,推动光伏储能工程低碳技术整体进步。

##### 5.3 人才培养与公众参与

人才培养与公众参与是光伏储能工程低碳化建设的重要基础。低碳化管理人才培训体系需结合行业发展需求,设置涵盖低碳技术、工程管理、碳排放核算等多领域课程,通过校企合作、专业培训等方式,培养具备综合能力的复合型人才,为行业发展提供智力支持。公众低碳意识提升与社区参与模式则通过科普宣传、社区活动等形式,增强公众对光伏储能工程低碳化的认知与认同感,鼓励公众参与低碳项目监督、节能实践,形成全社会共同推动低碳发展的良好氛围,为光伏储能工程低碳化建设营造有利的社会环境。

#### 结语

在“双碳”战略目标驱动下,光伏储能工程建设管理的低碳化转型已成为能源领域绿色变革的核心引擎。本文系统梳理了低碳化建设管理的理论内涵,从设计规划、施工运维到供应链协同等多环节,提出了全流程低碳化实施路径,并构建了政策、技术、人才协同发力的支撑体系。研究证实,通过生命周期碳排放优化、技术创新应用及市场机制调节,可显著降低工程全生命周期碳足迹。但当前技术经济性瓶颈、跨领域协同壁垒及数据核算标准缺失等问题,仍制约着低碳化进程。以后需聚焦技术降本、机制创新与标准完善,加速产学研用深度融合,推动光伏储能工程从局部低碳实践迈向全链条绿色升级,为全球能源转型与碳中和目标实现贡献中国方案。

#### 参考文献

- [1]杨帆,吴昊.光伏-储能-氢能耦合系统的低碳化路径与协同优化[J].电力建设,2023,44(8):108-115.
- [2]张伟,李明.双碳背景下光伏储能工程全生命周期碳排放核算与优化策略[J].可再生能源,2023,41(5):654-660.
- [3]王芳,赵强.光伏储能工程低碳化施工技术体系构建与实践[J].施工技术,2023,52(12):1-6.
- [4]陈浩,周敏.储能系统全生命周期碳足迹动态跟踪与调控研究[J].储能科学与技术,2023,12(4):1123-1130.