

光伏发电系统在“双碳”目标下的发展现状与挑战

段银环

国网昌吉供电公司 新疆 昌吉 831100

摘要：在“双碳”目标推动下，光伏发电系统作为清洁能源的重要组成部分，正迎来快速发展。本文分析了当前全球及我国光伏发电的发展现状，指出其在能源结构优化中的关键作用。同时围绕技术、成本、资源环境及政策市场等方面深入探讨所面临的主要挑战，并提出相应的应对策略。通过技术创新、成本控制、资源协调与政策完善，可有效提升光伏发电系统的稳定性与经济性，助力实现低碳发展目标。

关键词：光伏发电；双碳目标；能源结构；分布式光伏；智能运维

引言：在全球气候问题加剧的背景下，“双碳”目标成为推动能源结构转型的重要驱动力。光伏发电凭借清洁性与可再生特性，在能源体系中地位日益凸显。近年来，集中式与分布式光伏建设同步推进，装机容量快速增长，应用场景不断拓展。然而，在快速发展的同时，仍面临技术、经济、资源与政策等方面的多重制约。深入分析当前发展态势与存在问题，有助于厘清发展方向，为实现绿色低碳转型提供支撑。

1 “双碳”目标与光伏发电系统概述

1.1 “双碳”目标内涵解读

碳达峰指在某一特定时段，二氧化碳排放量达到历史最高值后逐步回落。这意味着经济社会发展与碳排放实现“脱钩”，产业结构、能源结构得到深度调整。碳中和则是指在一定时间内，通过植树造林、节能减排等形式，抵消自身产生的二氧化碳排放量，实现二氧化碳“零排放”。二者相互关联，碳达峰是碳中和的基础和前提，只有实现碳达峰，才有可能实现碳中和；碳中和是碳达峰的最终目标，倒逼产业和能源结构加速转型。我国“双碳”目标设定明确的阶段性规划。短期聚焦能源结构调整，大力发展清洁能源，逐步降低煤炭等化石能源消费比重。中期推进产业升级，对高耗能、高排放产业进行技术改造和产能优化，提升能源利用效率。长期构建绿色低碳循环发展经济体系，从生产到消费全链条实现低碳化、绿色化。“双碳”目标具有深远战略意义。在全球层面，彰显积极应对气候变化的决心，推动全球气候治理进程，提升国际影响力与话语权^[1]。于国内而言，助力缓解资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化问题，推动经济向绿色、低碳、循环方向发展，促进产业结构优化升级，催生新能源、节能环保等新兴产业，创造新经济增长点与就业机会，实现经济高质量发展与生态环境保护双赢。

1.2 光伏发电系统工作原理与类型

光伏发电基于半导体光生伏特效发电。当太阳光照射到半导体材料时，光子能量被吸收，使半导体中的电子获得足够能量，从价带跃迁到导带，形成电子-空穴对。在半导体内部电场作用下，电子和空穴分别向不同电极移动，形成电流，通过外部电路传输实现电能输出。此过程不涉及化学变化，无机械传动部件，直接将光能转化为电能，具有清洁、安静、可靠性高的特点。集中式光伏发电系统通常建设在太阳能资源丰富、土地开阔地区。其规模庞大，通过大规模光伏组件阵列收集太阳能，经汇流、逆变后接入高压输电网络，实现远距离电力输送。此类系统利用区域太阳能资源优势，统一规划建设与运营管理，可充分发挥规模效应，降低单位发电成本。适用于沙漠、戈壁等太阳能资源丰富且土地利用限制少的区域，为城市和工业集中供电，在能源供应体系中承担重要角色。分布式光伏发电系统则以用户侧自发自用为主，多余电量上网。其安装灵活，可利用建筑物屋顶、工商业厂房、农村住宅等闲置空间，就近发电、用电。根据接入电网电压等级不同，分为低压分布式和高压分布式。低压分布式多应用于居民住宅、小型商业建筑，满足自身用电需求，减少对传统电网依赖；高压分布式常见于大型工业园区、公共建筑，所发电能除自用外，剩余电量并入高压电网。分布式光伏发电系统能有效利用分散太阳能资源，减少电力传输损耗，提升能源利用效率，助力能源结构多元化与低碳化发展。

2 “双碳”目标下光伏发电系统发展现状

2.1 全球光伏发电系统发展态势

全球光伏发电装机规模呈持续增长趋势。伴随“双碳”目标在世界范围内引发的能源转型浪潮，越来越多国家和地区将光伏发电视为实现低碳能源结构的关键路

径。从地域分布看,不同国家和地区因资源禀赋、政策导向和经济发展水平差异,呈现出不同发展特点。在光照资源丰富的地区,光伏发电发展迅猛。部分中东国家凭借充足的太阳能资源,大规模建设集中式光伏电站,将光伏发电作为能源结构转型的核心方向。这些地区利用广袤的沙漠土地,打造超大型光伏基地,不仅满足国内用电需求,还将多余电力向周边地区输送,探索能源出口新路径。欧洲部分国家则依托完善的能源政策和技术优势,分布式光伏发电发展显著。这些国家通过补贴、上网电价政策等激励措施,鼓励居民和企业安装光伏设备,实现能源自给自足。在城市建筑屋顶、乡村农场,分布式光伏发电系统随处可见,成为能源供应的重要补充,同时也推动了社区能源自治模式的发展^[2]。北美洲部分国家在发展集中式光伏电站的同时,注重与储能技术结合。通过大规模储能系统配置,解决光伏发电间歇性和波动性问题,提高电力供应稳定性和可靠性,增强光伏发电在能源市场的竞争力,推动其向主体能源方向发展。

2.2 我国光伏发电系统发展现状

我国光伏发电装机容量近年来持续快速增长。在“双碳”目标驱动下,从大型光伏基地到分布式光伏项目,各类光伏发电系统建设全面推进。集中式光伏发电系统在太阳能资源丰富的西部和北部地区大规模布局。这些地区凭借充足光照和广阔土地,建成多个千万千瓦级光伏基地,形成集中发电、高压输电的格局,为中东地区提供清洁电力,助力区域能源结构优化。分布式光伏发电系统在国内发展同样迅速,尤其在工业厂房、商业建筑和农村地区广泛应用。在工业领域,企业利用闲置屋顶建设光伏电站,实现自发自用,降低用电成本,提升绿色竞争力;农村地区,分布式光伏与乡村振兴战略结合,通过“光伏+农业”“光伏+扶贫”等模式,既增加农民收入,又为农村提供清洁能源,改善能源消费结构。在能源结构中,光伏发电占比呈现明显上升趋势。随着装机容量不断扩大,光伏发电逐步从补充能源向重要能源转变。在部分光照资源丰富地区和分布式光伏发展较好的区域,光伏发电已成为电力供应的重要组成部分。这一变化推动我国能源结构向低碳化、清洁化加速转型,减少对传统化石能源依赖,降低碳排放,为实现“双碳”目标奠定坚实基础。

3 “双碳”目标下光伏发电系统发展面临的挑战

3.1 技术层面挑战

当前光伏组件转换效率提升遭遇瓶颈。尽管现有高效电池技术如PERC、HJT等已取得一定突破,进一步

提升转换效率面临诸多困难。受半导体材料物理特性限制,理论转换效率存在上限,且在实际生产中,工艺复杂度增加、生产成本上升等问题制约着效率的持续提高。储能技术不完善也严重影响光伏发电稳定性。储能设备成本居高不下,导致大规模应用受限;部分储能设备存在寿命较短、安全性不足等问题,无法有效满足光伏发电系统对储能设备高可靠性、长寿命、低成本的需求。智能运维技术在实际应用中难题频出。光伏发电系统设备分散、环境复杂,现有智能运维系统在数据采集准确性、故障诊断及时性和运维决策科学性等方面存在不足,难以实现高效、精准的运维管理。

3.2 成本层面挑战

光伏发电系统初始投资成本高昂。光伏设备采购费用占比较大,包括光伏组件、逆变器、支架等核心设备,其价格波动直接影响初始投资^[3]。同时系统安装、调试等前期费用也不容小觑,涉及施工场地准备、设备运输与安装、电网接入等多个环节,增加了项目启动资金压力。运营维护成本同样对项目长期效益产生重要影响。日常设备检查、清洗、维修等费用持续发生,且随着设备老化,维修成本逐渐上升;技术更新换代快,老旧设备可能因性能落后被淘汰,产生设备更新成本,进一步压缩项目利润空间,使得成本效益平衡难度加大。

3.3 资源与环境层面挑战

光照资源分布不均与土地资源紧张制约光伏发电规模拓展。我国光照资源丰富地区多集中在西部和北部,但这些地区人口稀少、用电需求低,电力外送存在距离远、损耗大等问题;而用电需求大的中东部地区光照资源相对不足,土地资源紧张,难以大规模建设集中式光伏电站。光伏发电系统建设对生态环境存在潜在影响。大规模光伏基地建设可能改变土地利用方式,影响植被生长和野生动物栖息地;光伏组件生产过程中,多晶硅提纯等环节会产生一定污染物,若处理不当,将对环境造成污染,如何在发展光伏发电的同时保护生态环境,成为亟待解决的难题。

3.4 市场与政策层面挑战

部分地区政策支持不足,导致光伏发电项目推进缓慢。政策补贴力度不够、补贴发放不及时,使得项目投资回报周期延长,降低投资者积极性;缺乏配套政策支持,如在电网接入、电力消纳等方面缺乏明确指导,增加项目落地难度。市场准入门槛设置不合理,过高的门槛限制中小企业参与,阻碍行业创新活力;过低的门槛则导致市场鱼龙混杂,产品质量参差不齐,影响行业健康发展。政策补贴的不确定性也给投资者带来风险,补

贴政策的调整或退坡可能导致项目收益大幅下降,影响行业投资信心和可持续发展。

4 “双碳”目标下光伏发电系统发展的应对策略

4.1 技术创新突破路径

针对光伏组件转换效率瓶颈,聚焦新型材料研发与工艺改进。探索钙钛矿、铜铟镓硒等新材料应用,利用其独特光电性能突破传统硅基材料限制;优化现有电池生产工艺,通过精细化控制晶体生长、薄膜沉积等环节,减少缺陷和杂质对效率的影响。在储能技术方面,加大研发投入,推动锂离子电池技术升级,提高能量密度、降低成本;探索液流电池、钠离子电池等新型储能技术,解决现有储能设备寿命和安全性问题,实现储能与光伏发电系统高效匹配。完善智能运维技术体系,开发高精度传感器和智能采集设备,提升数据采集准确性;运用人工智能算法,增强故障诊断能力,实现运维决策自动化与科学化,提高系统运维效率。

4.2 成本优化与效益提升

降低光伏发电系统初始投资成本,推动设备国产化与规模化生产,提升本土企业制造能力,减少对进口设备依赖,降低采购成本;优化施工流程,利用模块化设计和预制装配技术,减少现场施工时间和人力投入,降低安装调试费用^[4]。控制运营维护成本,建立智能运维管理平台,实现设备状态实时监测和预测性维护,减少非必要检查与维修;加强设备全生命周期管理,合理规划设备更新周期,平衡设备性能与成本关系。探索创新商业模式,推广光伏项目与用户侧能源管理结合,实现自发自用与余电上网灵活调配;发展光伏+储能+微电网模式,提高能源自给率和电力供应稳定性,提升项目整体经济效益。

4.3 资源协同与环境友好发展

应对光照资源分布不均与土地资源紧张问题,加强跨区域电力输送网络建设,提升西部和北部地区电力外送能力;在中东部地区推广分布式光伏发电,利用建筑屋顶、工业厂房等闲置空间,提高土地利用效率。推动“光伏+”综合应用模式,发展光伏农业,实现光伏发电与农业生产互补,如光伏大棚、渔光互补等;开发光伏交通,在高速公路服务区、停车场建设光伏设施,拓

展光伏应用场景。注重生态环境保护,在光伏项目规划阶段开展环境影响评估,优化项目选址和建设方案,减少对生态系统破坏;在组件生产环节,推广清洁生产技术,加强污染物处理,实现绿色制造,确保光伏发电可持续发展。

4.4 市场与政策体系完善

完善政策支持体系,制定稳定、明确的补贴政策,合理确定补贴标准和期限,确保补贴及时发放,增强投资者信心;出台配套政策,简化电网接入审批流程,明确电力消纳责任,为项目落地提供保障。优化市场准入机制,制定科学合理的准入标准,既保障行业技术门槛和产品质量,又鼓励中小企业创新参与;加强市场监管,建立健全质量认证和检测体系,规范市场秩序,促进公平竞争。推动政策与市场机制融合,逐步减少对补贴依赖,通过电力市场化交易、绿色证书交易等机制,发挥市场在资源配置中的决定性作用,引导光伏发电行业健康、可持续发展,助力“双碳”目标实现。

结束语

光伏发电系统在“双碳”目标背景下具有广阔发展前景,但其推进过程受到多重因素制约。从技术研发到政策支持,各个环节均需协同发力,以突破现有瓶颈,提升整体竞争力。未来应聚焦高效电池材料、智能运维和储能技术的创新,强化资源统筹与生态保护,健全市场机制与政策体系。通过多方协同努力,推动光伏发电向高质量、可持续方向稳步前行,为实现绿色低碳转型提供坚实支撑。

参考文献

- [1]曹卓进.“双碳”目标下光伏产业发展的新机遇与光伏在能源网络中的运用解析[J].科学与信息化,2024(10):135-137.
- [2]曾阔.双碳目标背景下分布式光伏发电的发展前景分析[J].中国战略新兴产业,2024(30):76-78.
- [3]张炬智.浅谈“双碳”目标下以光伏发电为主的农村新型能源系统[J].电气技术与经济,2022(4):20-22.
- [4]彭金.“双碳”目标下的分布式光伏发展前景分析[J].城市情报,2024(10):287-288.