

光伏电站建设中的关键技术与质量把控

秦中军

陕西吉电能源有限公司, 吉林 长春 130117

摘要： 随着对能源的需求逐渐上升和环境保护压力的加大，光伏发电逐渐受到了大家的关注。本文以光伏电站的建设为着眼点，描述了其组件，发电系统的特性，解剖了促进能源转换和契合电网的建设需求，并揭示了选址和设备的问题、建设中存在的问题并提出了优化选址，严选设备和规范建设的策略，目的是为光伏电站的优质建设和促进清洁能源的开发提供借鉴。

关键词： 光伏电站；关键技术；质量把控；能源转换；清洁能源

Key Technologies and Quality Control in the Construction of Photovoltaic Power Stations

Qin Zhongjun

Shaanxi Jidian Energy Co., LTD. Jilin, Changchun 130117

Abstract： With the increasing demand for energy and the growing pressure of protection, photovoltaic power generation has gradually attracted attention. This paper focuses on the construction of photovoltaic power stations, describing their components and the characteristics of power generation system. It also delves into the key technologies that facilitate energy conversion and meet the construction needs of the power grid, revealing the issues in site selection equipment, the problems in the construction process, and proposing optimization strategies for site selection, strict equipment selection, and standardized construction. The aim is to provide a reference the high-quality construction of photovoltaic power stations and the promotion of clean energy development.

Keywords： photovoltaic power station; key technology; quality control; conversion; clean energy

引言

在世界范围内应对气候变化和追求能源可持续发展的时代背景下，以光伏发电为主要代表的清洁能源正以空前的态势蓬勃兴起。光伏电站具有清洁、可再生和分布广的优点，已逐步成为我国能源领域中的主力。但从项目规划至建成运行，这中间涉及许多复杂而又至关重要的技术环节，稍有疏忽，就会影响电站发电效率，运行稳定性和使用寿命。所以深入探讨光伏电站施工关键技术及质量把控要点对提高光伏产业整体水平和保证能源供应质量有着极其重要的实际意义。

一、光伏电站的技术特点

(一) 光伏组件技术

光伏组件作为光伏发电中最核心的组成部分，技术得到了迅速的发展。目前市场上主导的晶硅光伏组件正在不断提高其转换效率，其中单晶硅组件的转换效率能够超过20%。以隆基绿能HJT电池技术为例，对电池结构进行优化，减少光生载流子的复合损失并提高开路电压，从而显著提高同等光照下组件发电量。与此同时，像钙钛矿这样的新型光伏材料也开始受到关注，它以其低成本和高吸光系数为特点。在实验室中，钙钛矿太阳能电池的转换效率已经超过了25%，尽管其稳定性仍需进一步增强，但其发展前景非常广阔^[1]。

(二) 光伏发电系统集成技术

完整的光伏发电系统主要由光伏阵列，逆变器，控制器和储

能装置组成，系统集成技术非常关键。以华为开发的智能光伏解决方案为例，该方案通过优化逆变器和组件之间的匹配性，实现了最大功率的追踪，从而确保光伏阵列始终处于最优的发电状态。并且，其集成的智能监控系统能实时监测电站运行参数，远程调控，及时发现并处理故障，大大提高了电站的运维效率，保障发电稳定性。

(三) 跟踪系统技术

跟踪系统得到了广泛的应用，以实现太阳能的最大化利用。依据太阳的运动路径，单轴跟踪系统能够确保光伏组件在一天之内始终与太阳的光线保持近乎垂直的状态，相较于固定的安装方式，其发电能力可以增加10%-30%。与内蒙古某大型光伏电站类似，该电站地形平坦空旷，利用平单轴跟踪系统根据本地纬度及季节进行倾斜角度调节，全面捕捉太阳，发电效益得到有效提高。且双轴跟踪系统更灵活准确，可同时追踪太阳方位角与高度

作者简介：秦中军（1976.03-），男，汉族，吉林公主岭，本科，研究方向：电力系统及其自动化。

角,进一步提高发电效率,适合发电效率有极高要求且场地条件许可的电站^[2]。

(四) 储能技术

由于太阳能具有间歇性特点,储能就成了保证电站供电稳定的一个关键。当前,锂电池储能得到广泛应用,例如宁德时代针对光伏电站而设计的储能系统能量密度大,充放电效率高,使用寿命长。本实用新型能够白天存储多余的电能,晚上或者阴雨天进行放电并平缓功率输出以满足用户持续用电的要求,提高光伏发电可靠性的同时还可以提高对电网的消纳。另外抽水蓄能和飞轮储能技术各有优缺点,可以针对不同的情景进行选择。

(五) 并网技术

光伏发电接入电网,需要符合电网苛刻要求。逆变器作为并网关键设备,应做到把直流电转换成满足电网标准且具有低谐波畸变和高功率因数的交流电。阳光电源大功率并网逆变器通过先进控制算法有效地抑制谐波、功率因数可超过0.99、保证电能质量,本发明保证了电站的安全,稳定和高效并网,避免了对电网的影响,达到了与电网友好交互的目的。

(六) 监控与运维技术

监控和运维关系到电站的长期平稳运行。通过运用大数据和物联网技术,例如特变电工的光伏电站监控平台,能够对组件的温度、发电量、逆变器的状态等大量数据进行实时的采集和分析。当检测到组件热斑,逆变器故障及其他异常情况时,马上进行报警和精准定位。运维人员在移动端帮助下可远程操控、快速抢修、缩短停机时间、降低运维成本、提高电站寿命^[3]。

二、光伏电站建设的必要性

(一) 应对能源危机

传统化石能源的储量是有限的和不可再生的,在世界范围内能源供应都存在着短缺的危险。根据国际能源署的统计数据,如果全球的光伏装机量能够按照预期的方式增长,那么到2050年,太阳能有望成为主要的能源来源之一,这将极大地缓解能源供应和需求之间的不平衡。我国的西部和北部地区蕴藏着丰富的太阳能资源,大型光伏电站的兴建就像“能源富矿”的开采一样,把资源优势变成电力并输送到全国各地,确保了能源的供给安全。

(二) 环境保护需求

化石能源在燃烧过程中释放出大量温室气体和污染物是造成雾霾和全球变暖和其他环境问题产生的主要原因。在光伏发电的操作中,它是零排放的,每发一度电,与火电相比,可以减少大约0.8千克的二氧化碳排放量。以青海塔拉滩光伏电站为例,该电站的大规模并网发电使得周边区域空气质量明显改善,植被由于遮挡风沙和减少蒸发而得到恢复,生态环境朝着良性的方向发展,达到能源和环境的和谐共生^[4]。

(三) 能源结构优化

我国目前的能源结构仍然是以煤炭为主要能源,清洁能源的比重还有待增加。大力发展光伏发电可以逐渐改变我国能源结构的单一状况。以山东地区为例,近几年不断推进分布式光伏项目

的建设,广泛分布于工业园区,农村屋顶等地,实现了火电和风电优势互补,减少了对火电的依赖性,促进能源供应的稳定性和多样性,促使能源结构朝着清洁的方向发展。

(四) 促进经济发展

光伏产业涉及研发,制造,施工,运维多个环节,产业链较长,拉动就业较强。上游硅料生产企业向下游电站运维服务商的转变创造了巨大的就业岗位。比如河北保定“中国电谷”,聚集了很多光伏企业形成了产业集群,年产值上百亿,带动了地方经济的发展,同时也吸引了大批人才涌入,为地区可持续发展做出了贡献。

(五) 提高能源利用效率

分布式光伏发电接近用户侧,降低了输电损耗。比如在城市里商业建筑和居民小区装上光伏板后,就会自发自用并将剩余电能接入网络。以广州一写字楼为例,屋面光伏系统在日间发电为楼内办公提供电力,在高峰期消减了电网用电负荷、降低了综合用电成本、提高了能源综合利用效率、最大限度地就近消纳了能源和效益^[5]。

三、光伏电站建设现存问题

(一) 选址不合理

一些光伏电站在早期选址时没有充分考虑太阳能资源,地形地貌和土地性质的影响。有的山区电站在选址时忽略了山体遮挡的影响,造成某些构件光照不充分,大大降低了发电效率。也有一些工程占用基本农田和生态保护红线范围,不仅存在违反规定的情况,而且后续还有整改拆除的危险,导致了投资的浪费,例如某地光伏工程就因为非法占用农田而被勒令停工整治。

(二) 设备质量参差不齐

光伏市场竞争激烈,一些厂家为了降成本而牺牲了设备质量。质量较差的光伏组件会出现功率虚标现象,其实际产生的电能远远小于标称值;逆变器散热差,转换效率低的现象频繁出现。西北某站由于低价购买的逆变器经常发生故障,维修更换费用高昂,而且经常停运影响了发电收益,总体投资回报率明显下降^[6]。

(三) 施工不规范

在施工环节中经常出现基础不牢固,组件安装角度有偏差,电气连接有松动的现象。例如沿海地区的一些光伏支架基础由于没有考虑到强风和海水的侵蚀,会在短期内发生锈蚀和松动等现象,危及电站的安全运行;组件安装如果角度偏差过大,将导致阳光入射不畅,发电量减少,从而影响电站的长期平稳运行。

(四) 并网困难

一方面电网接纳能力受限,某些区域的电网规划落后于光伏的发展,新电站接入电网后面面临接入容量不足的窘境;另一方面光伏电站并网技术标准实施不严格,谐波和电压波动等电能质量方面的问题没有得到有效的解决,从而影响了电网的平稳运行,造成并网审核的周期变长,电站不能如期投运^[7]。

(五) 运维管理粗放

很多电站的运维都是靠人工巡检来完成的,存在着效率低下和漏检等问题。运维人员专业技能不强,在遇到复杂的故障时很

难及时进行排查和维修。并且缺少系统性的运维规划，没有根据设备的使用寿命，运行环境等因素制定差异化的维护策略，例如老旧组件没有进行重点监控，加快了老化速度，降低了电站的整体使用寿命，提高了运营成本等。

（六）储能配套不足

伴随着光伏装机的增加，储能配套的滞后性问题突出。储能成本较高制约了其大范围推广应用，大部分电站储能配置占比偏低，难以解决阴雨天时间长，夜间用电峰值大等情景，发电和用电时空不匹配现象凸显，光伏发电的稳定性和可靠性受到影响，从而降低了其在市场上的竞争优势。

（七）政策与标准不完善

光伏产业的快速发展使得一些政策的落地出现了滞后的现象，补贴的发放也没有及时的影响到了企业的资金周转。技术标准更新缓慢，对新兴技术，复杂场景等缺少相应规范，例如分布式光伏和建筑一体化防火，防水和结构安全等方面的标准欠缺，对工程的设计，施工和验收等造成了麻烦，妨碍了行业的健康发展^[9]。

四、光伏电站建设质量把控策略

（一）科学选址与规划

在选择地点时，我们需要整合来自多个来源的数据，并利用地理信息系统（GIS）来精确地分析太阳能的辐射量、地形的坡度以及土地的使用规划等关键信息。优先考虑阳光充足，地形平坦开阔，远离遮挡并满足土地政策要求的地区，例如新疆戈壁滩和甘肃荒漠，并编制了电站选址适宜性详细图。在规划阶段，综合考虑周围用电负荷，电网接入情况等因素，适当确定电站的规模和布局以保证发电就地消纳和电网输送的均衡。

（二）严格把控设备质量

建立严格设备采购标准，优先选择通过国际、国内权威认证（如 TUV、CQC）的产品。在组件、逆变器等关键设备入场之前进行全面检查，抽查的比例不应低于10%，检查内容包括功率、效率、可靠性等关键指标。和优质供应商达成了长期的合作协议以确保设备全生命周期的质量追溯和售后。例如晶澳太阳能向用户提供25年组件功率质保。

（三）规范施工流程

编制了详细的施工方案和作业指导书，明确了基础施工，组件安装和电气布线关键工艺的工艺标准。对施工人员进行岗前培训并考试合格者上岗，在施工时严格实行“三检制”——自检，互检和专检。以基础浇筑为例，根据设计要求对混凝土强度，钢筋规格及预埋深度进行控制，以保证支架的牢固；在组件的安装过程中，我们使用了高精度的测量设备来校正角度，确保误差在 $\pm 0.5^\circ$ 范围内，从而确保了发电的性能^[9]。

（四）强化并网管理

电网企业超前谋划电网升级改造、留足光伏接入容量、优化电网结构等。光伏电站的建设与并网技术的研究同步进行，按照电网的规范进行无功补偿和滤波装置的配置，以保证电能质量的合格。建立并网预评估机制对电站在投运前进行综合试验，经整改达标后

接入电网，以缩短并网周期，确保电网和电站的安全、平稳运行。

（五）精细化运维

建设智能运维体系，采用无人机，智能机器人巡检和大数据分析相结合的方式，对其进行全方位和实时的监控。利用故障诊断模型对可能出现的问题进行提前预警并准确定位故障点。定期对运维人员进行技术培训，培训范围包括设备原理，故障排除和软件升级，提高专业素养。根据设备的运行数据，我们制定了个性化的维护方案，例如对运行超过5年的组件进行加密检测，及时替换老化的部件，以延长电站的使用寿命。

（六）优化储能配置

综合考虑电站的发电特性，用电需求及成本效益等因素，对储能容量和充放电策略进行了合理的设置。鼓励技术创新以降低储能成本等，例如开发新的低成本电池材料和优化储能系统集成等。为了鼓励企业增加对储能的投资，政府推出了补贴政策，并倡导“光伏加储能”的联合运作方式，以增强光伏发电的稳定性并拓宽其应用范围，例如进入电力辅助服务市场。

（七）完善政策与标准体系

政府部门要加快政策落地、简化申请补贴程序、确保资金分配及时、稳固企业的投资信心。行业协会与企业 and 科研机构合作，跟进技术发展和更新标准，瞄准分布式光伏建筑应用和新型储能接入的前沿领域，迅速推出设计，施工和验收规范以填补行业空白，构筑行业规范有序发展的基础^[10]。

五、结语

光伏电站作为发展清洁能源的关键途径，在技术突破和质量提升方面任重而道远。从核心组件的研发、系统集成、项目选址、运维管理等各个环节都紧扣在一起。唯有持续攻克关键技术难题，强化全流程质量把控，依托政策引导与标准规范，方能推动光伏电站迈向高质量、可持续发展新阶段，给全球能源转型和生态保护带来澎湃动力，使太阳能点亮人类的绿色未来。

参考文献

- [1] 张彩军, 范康靖, 张轩, 等. 山地光伏电站建设土质质量控制要点 [C] // 《施工技术 (中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集 (上册). 中建二局第一建筑工程有限公司, 2024: 2.
- [2] 翟佳怡, 张洪涛, 朱毅. 新能源光伏电站项目建设管理思考 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (05): 80-82.
- [3] 吕建. 基于概率犹豫信息集的海上光伏电站选址决策研究 [D]. 燕山大学, 2023.
- [4] 何昌婷. 光伏电站机电设备安装工程施工质量控制措施 [J]. 居舍, 2022, (14): 111-113.
- [5] 王立军. 内蒙古能建集团光伏发电企业价值评估实证研究 [D]. 内蒙古工业大学, 2020.
- [6] 马逢甲, 田发龙, 王鹏. 大型地面光伏电站关键技术及存在问题 [J]. 智能城市, 2020, 6(03): 74-75.
- [7] 叶建春. 光伏电站建设项目预算管理研究 [D]. 东南大学, 2019.
- [8] 赵兴有. 双柏县大庄并网光伏电站开发风险管理研究 [D]. 昆明理工大学, 2018.
- [9] 尉博旭. 大连地区10kV光伏电站并网及关键问题研究 [D]. 大连理工大学, 2018.
- [10] 吴菲. 光伏电站环境影响评价技术规范研究 [D]. 南京信息工程大学, 2012.