

Research on the Fine Construction Technology of Large-scale Mountain Photovoltaic

Chao Wang Qingming Hu Caile Yan Lei Shi Chao Wang

China Construction Second Bureau First Construction Engineering Co., Ltd., Yining, Xinjiang, 835000, China

Abstract

With the transformation of the global energy structure and the rapid development of renewable energy, photovoltaic power generation has become one of the most important clean energy sources. Especially in mountainous areas, due to the complex terrain and changeable environment, the construction of photovoltaic system faces many challenges. This paper discusses the fine construction technology of large-scale mountain photovoltaic projects, including terrain adaptability design, equipment selection, construction technology and later maintenance, etc. Through the in-depth analysis of these technologies, it aims to improve the construction efficiency and economy of mountain photovoltaic projects, and provide reference for the research and practice in related fields. Research has shown that refined construction technology can effectively reduce the risk of construction, improve the efficiency of photovoltaic systems, and promote the sustainable development of renewable energy.

Keywords

large mountain; photovoltaic power generation; fine construction; technology

大型山地光伏精细化建造技术研究

王超 胡庆明 严才乐 石雷 王朝

中建二局第一建筑工程有限公司, 中国·新疆伊宁 835000

摘要

随着全球能源结构的转型和可再生能源的快速发展,光伏发电已成为重要的清洁能源之一。特别是在山地地区,由于地形复杂、环境多变,光伏系统的建设面临诸多挑战。论文探讨了大型山地光伏项目的精细化建造技术,包括地形适应性设计、设备选型、施工工艺及后期维护等方面。通过对这些技术的深入分析,旨在提升山地光伏项目的建设效率和经济性,为相关领域的研究与实践提供参考。研究表明,精细化建造技术能够有效降低建造风险,提高光伏系统的发电效率,促进可再生能源的可持续发展。

关键词

大型山地; 光伏发电; 精细化建造; 技术

1 引言

在全球范围内,光伏发电作为一种重要的可再生能源,正逐渐受到各国政府和市场的重视。尤其是在应对气候变化、实现碳中和目标的背景下,光伏发电的应用前景愈发广阔。在众多光伏发电项目中,山地光伏项目由于其独特的地理和环境条件,展现出了巨大的发展潜力。因此,如何在山地地区实现光伏系统的高效建设和运营,成为一个亟待解决的问题。

【基金项目】大型山地光伏精细化建造技术研究(项目编号: cscec2b1c-240032)。

【作者简介】王超(1990-),男,中国甘肃民乐人,本科,工程师,从事大型山地光伏精细化建造技术研究。

2 山地光伏电站选址及前期准备

本项目位于尼勒克境内,尼勒克县地处新疆维吾尔自治区西部中天山西段,在伊犁地区东北部,距伊宁市 112km。境跨东经 81.85'~84.58'、北纬 43.25'~44.17' 之间。东与和静县以依边哈比尔尕山、阿布热勒山分水岭为界;东南与新源县相接;南与巩留县隔巩乃斯河相望;西与伊宁县接壤;北与精河县以科古尔琴山、婆罗科努山分水岭为界;东北与乌苏市以依边哈比尔尕山、婆罗科努山分水岭为界。县境东西长 243km,南北宽 70km,呈柳叶状,总面积 10130km²。

2.1 地形地貌分析

山地地区的地形通常复杂多变,高差大,坡度陡峭,这些因素直接影响着光伏电站的建设和运营。我们需要通过地形测绘和遥感技术获取地形数据,分析不同区域的坡度、朝向和土壤类型^[1]。坡度较小的区域通常更适合光伏组件的安装,因为过大的坡度不仅增加了施工难度,还可能导致设

备的倾斜和不稳定。根据光照条件和地形特征，我们还需考虑光伏电站的布置方式，确保在最大程度上利用自然光照，减少阴影遮挡，提高发电效率。光伏电站建造实景详细图1所示。



图1 光伏电站建造实景

2.2 气象条件评估

光伏发电的效率与日照时长、辐射强度、风速等气象因素密切相关。因此，项目团队需要收集区域的气象数据，包括历史气象记录和未来气候预测。通过对年均日照时数和辐射强度的分析，我们可以判断该地区的光伏发电潜力。同时，风速的评估也十分重要，强风可能对光伏组件的稳定性造成影响，尤其是在山地这样的环境中，风力变化的剧烈性可能对电站的长期运行带来挑战。

2.3 电网接入可行性研究

光伏电站的发电量需要及时并网，才能实现经济效益。因此，了解当地电网的容量、结构及接入点的选择至关重要。我们需要与电力公司进行沟通，调查电网的负荷情况和接入条件，评估电网是否具备承接新增光伏电站的能力。在一些偏远山区，电网建设可能滞后，这就需要我们提前做好电网接入的规划，甚至可能需要考虑建设专用的输电线路，以确保电站的发电能力能够顺利接入电网^[2]。

2.4 土地使用权获取

在山地地区，土地资源相对稀缺，获取合适的土地使用权往往面临较大挑战。我们需要对目标区域的土地性质进行评估，了解土地的归属、使用限制及相关政策。通过与当地政府和土地管理部门的沟通，及时了解土地征用、租赁等政策，确保在合法合规的基础上获取土地使用权。同时，在土地使用权的谈判过程中，我们需要充分考虑当地居民的意见，妥善处理可能出现的利益冲突，以实现项目的可持续发展。山地光伏电站设计程序图2所示。

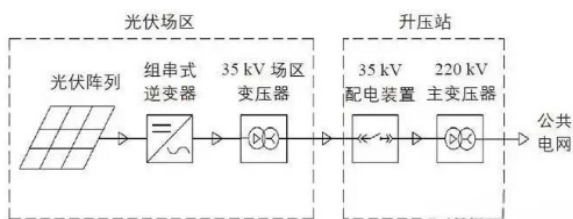


图2 山地光伏电站设计程序

3 山地光伏电站设计优化

3.1 光伏阵列布局优化

在山地环境中，地形的起伏和阴影的影响会直接影响光伏组件的发电能力。因此，在设计阶段，我们必须进行详细的地形分析和光照模拟。通过使用先进的计算机软件，我们能够模拟不同光伏阵列的布局，找到最佳的安装角度和间距，以最大化光伏组件的日照时间和发电量。此外，我们还需要考虑植被影响和风速变化，确保光伏阵列的布局能够避免因遮挡或风力导致的效率下降。合理的布局不仅能提高发电量，还能降低后期维护的难度。

3.2 支架结构设计

山地地形复杂多变，风力、雪载等自然因素对支架的要求较高。因此，在设计支架时，必须充分考虑这些外部环境因素。现代支架结构设计越来越注重材料的强度和轻量化，常用的材料包括铝合金和高强度钢等。通过有限元分析等技术手段，可以对支架进行强度和稳定性分析，确保其能够抵御极端气候条件^[3]。同时，支架的基础设计也不能忽视，需根据地质勘探结果选择合适的基础类型，如混凝土基础或地锚基础，以确保支架在山地环境中的长期稳定性。

3.3 电气系统设计

在进行电气系统设计时，首先要确保组件与逆变器之间的连接合理，最小化电缆的长度以降低能量损耗。此外，电气系统应具备良好的防护措施，以应对山地环境中的雷击、潮湿等因素。合理配置保护装置，如过压保护、漏电保护等，可以有效提高系统的安全性和可靠性。同时，随着智能电网的发展，光伏电站的电气系统也应具备远程监控和故障诊断的功能，确保运行状态可以实时监测，及时发现并解决潜在问题。

3.4 施工道路规划

由于山地环境的特殊性，施工材料和设备的运输往往面临较大挑战。因此，在项目初期，需对施工道路进行科学规划，以确保施工的顺利进行。道路的设计应充分考虑山地的坡度、土质和气候条件，合理选择道路宽度和弯道半径，确保施工车辆的通行能力。同时，施工期间还应采取相应的环境保护措施，防止对周边生态环境造成破坏，确保施工过程的可持续性。

4 精细化施工技术

4.1 高效清洁场地准备

山地地形往往复杂，地势起伏较大，因此在场准备阶段需要充分评估地形特点。通过地形测绘和现场勘查，施工团队能够对施工区域的土壤、植被及水文情况有一个全面的了解。在此基础上，采用环保的清理方法，尽量减少对自然环境的破坏。清理过程中，团队会使用专用设备，确保清除施工区域内的杂草、石块等障碍物，同时保持土壤的稳定性，防止水土流失。此外，合理规划场地的排水系统，能够

有效应对降雨带来的影响,确保施工期间地面条件的良好,为后续的施工打下坚实的基础。

4.2 精准支架安装

在这一过程中,施工人员需严格按照设计图纸和施工规范进行操作。首先,采用高精度的测量仪器进行支架位置的放样,确保每一个支架都能在最佳的角度和位置上安装。在施工过程中,团队会注重支架的垂直度和水平度,确保每个支架都能够承受相应的风压和雪荷载。同时,使用机械设备进行支架的打桩施工,能够提高施工效率,缩短工期,避免因人工操作导致的误差。通过精细化的施工管理,支架的安装精度显著提高,使得光伏组件的整体性能得以优化。

4.3 高效电缆敷设

在电缆敷设过程中,施工团队会根据现场实际情况,合理规划电缆的走向,避免出现交叉和缠绕等现象。为了提高敷设效率,团队通常采用机械化设备进行电缆的铺设和连接^[4]。在敷设之前,首先需要对电缆进行详细的检测,确保其性能符合标准,避免在后期使用中出现故障。在敷设过程中,团队会特别注意电缆的保护,避免因外界环境的影响而导致电缆损坏。同时,电缆的接头和终端处理也需进行严格把控,确保连接的牢固性和可靠性,通过这些精细化的施工措施,最终实现电缆敷设的高效与安全。

4.4 智能化电气设备安装

在安装电气设备时,施工团队会严格按照设备说明书和技术规范进行操作,确保每一个设备都能正常运作。通过使用现代化的检测工具,施工人员能实时监控设备的安装过程,及时发现并解决问题。此外,智能化系统的引入,使得光伏系统的监控和管理更加高效。通过建立数据采集和传输系统,施工团队能够实时监控设备的运行状态,及时进行维护和故障排查,确保系统的高效稳定运行。

5 智慧运维管理

5.1 实时监控系统

通过在光伏电站各个重要节点安装传感器和监测设备,运维人员能够实时获取发电量、设备状态、环境条件等关键信息。这些数据通过互联网传输到监控平台,形成一个全面的监测网络,使得运维人员能够随时随地掌握电站的运行情况。实时监控不仅能够及时发现系统异常,还能通过对数据的分析,预测设备的故障风险,从而为后续的运维决策提供重要依据。此外,现代监控系统还具备报警功能,一旦发现设备运行异常或发电效率下降,系统会自动发出警报,确保问题能够在第一时间得到处理。

5.2 智能故障诊断

传统的故障诊断往往依赖于人工经验,效率低且容易

出现误判。而智能故障诊断系统则通过机器学习和数据分析,能够自动识别常见故障模式,并进行快速判断。系统会对监测到的各类数据进行实时分析,结合历史故障数据,准确判断设备是否出现故障及故障类型。这种技术不仅提升了故障处理的准确性,还大幅缩短了故障响应时间,减少了因设备故障导致的发电损失。通过智能故障诊断,运维团队能够更加高效地进行设备维护和修复,确保光伏电站的持续高效运行。

5.3 无人机巡检技术

无人机配备高清摄像头和多种传感器,能够快速、全面地对光伏阵列进行巡检。在巡检过程中,无人机能够实时传输图像和数据,运维人员可以通过监控平台远程查看设备状态,发现潜在问题。通过无人机的高效巡检,运维团队可以在短时间内覆盖广阔的光伏电站区域,及时发现并处理设备损坏、脏污等问题,确保光伏电站的正常运转^[5]。

5.4 大数据分析优化

光伏电站在运行过程中产生了大量的数据,包括设备运行状态、气象条件、发电量等。这些数据不仅可以用于故障诊断,还可以通过大数据分析手段进行深度挖掘,寻找出影响发电效率的关键因素。运维人员可以通过对历史数据的分析,识别出设备的最佳运行状态和维护周期,从而制定出更为科学合理的运维策略。同时,大数据分析还可以为光伏电站的布局优化提供依据,通过对不同地形、气候条件下的发电数据进行比较,运维团队可以优化光伏组件的配置,提高整体发电效率。

6 结语

综上所述,论文将从多个角度探讨大型山地光伏精细化建造技术,分析其在实际应用中的优势和挑战。通过对成功案例的研究,总结出一系列有效的建造策略和实践经验,为未来的山地光伏项目提供参考和借鉴。希望通过本文的探讨,能够为推动山地光伏项目的可持续发展贡献一份力量。

参考文献

- [1] 程宇旭.大型山地光伏发电系统应用问题浅析和优化设计探讨[J].科技创新导报,2022,19(20):115-117.
- [2] 唐金燕,王洋,胡琴.山地光伏电站的近场阴影模拟研究[J].太阳能,2023(9):47-53.
- [3] 余万国.浅谈100MW山地光伏发电固定式支架改进方案分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(6):43-47.
- [4] 张欣鹏,于琼,谢红恩,等.大型山地光伏电站的电气故障排查与处理[J].科学技术创新,2020(29):142-145.
- [5] 韩刚,郝楠楠.大型复杂山地光伏电站短路电流计算及其工程应用研究[J].中国水能及电气化,2020(8):37-40.