

集中式光伏电站智能清洗方案设计

李健

南方电网综合能源贵州有限公司，贵阳市，550002；

摘要：本报告聚焦于集中式光伏电站智能清洗方案设计。通过对集中式光伏电站的规模布局以及光伏板积尘现状和影响的研究，提出了一套遵循高效性、安全性、环保性和经济性原则的智能清洗方案。详细阐述了智能清洗系统的构成，包括清洗设备选型、控制系统设计和监测系统设计，同时规划了清洗方案的实施流程。从技术和经济两个方面对方案进行可行性分析，结果表明该方案具有良好的技术可操作性和经济合理性。此方案的实施有望提高集中式光伏电站的发电效率和经济效益。

关键词：集中式光伏电站；智能清洗方案；可行性分析；发电效率

DOI：10.69979/3029-2727.25.08.025

随着全球对清洁能源需求的不断增长，太阳能作为一种可持续的能源资源，其开发利用得到了广泛关注。集中式光伏电站作为太阳能发电的重要形式，在能源供应中发挥着重要作用。然而，光伏板表面的积尘问题严重影响了电站的发电效率。传统的人工清洗方式存在效率低、成本高且安全性差等问题。因此，设计一套智能清洗方案对于提高集中式光伏电站的运行效率和经济效益具有重要意义。本报告旨在探讨集中式光伏电站智能清洗方案的设计与可行性分析。

1 集中式光伏电站概况

1.1 电站的规模与布局

集中式光伏电站通常具有较大的规模，占地面积可达数公顷甚至数十公顷^[1]。其布局一般根据地形、光照条件和电网接入等因素进行规划。在地形平坦的地区，光伏板通常采用阵列式布局，这种布局方式可以充分利用土地资源，使光伏板能够均匀地接收阳光照射。光伏板阵列之间会预留一定的间距，以避免相互遮挡影响光照效果。在山区等地形复杂的区域，电站布局会更加灵活，需要根据地形的起伏进行调整。可能会采用梯田式或阶梯式布局，以确保每一块光伏板都能获得充足的光照。

1.2 光伏板积尘现状及影响

光伏板在长期运行过程中，不可避免地会受到灰尘、沙尘、鸟粪等污染物的影响。在干旱少雨的地区，沙尘天气频繁，光伏板表面的积尘问题尤为严重。积尘会在光伏板表面形成一层覆盖物，阻挡阳光的照射，从而降低光伏板对太阳能的吸收效率。研究表明，光伏板表面积尘厚度达到一定程度时，发电效率会显著下降。而且，

积尘还会影响光伏板的散热性能，导致光伏板温度升高，进一步降低发电效率。

2 智能清洗方案设计原则

2.1 高效性原则

智能清洗方案的高效性是提高集中式光伏电站发电效率的关键。在设计方案时，首先要考虑清洗设备的清洗速度和清洗效果。选择具有高效清洗能力的设备，能够在短时间内完成大量光伏板的清洗工作。例如，采用旋转式毛刷清洗设备，其毛刷的旋转速度和压力可以根据光伏板的积尘情况进行调整，能够快速有效地去除光伏板表面的积尘。同时，要优化清洗流程，减少清洗过程中的时间浪费。可以采用自动化的清洗设备，实现清洗过程的连续作业。

2.2 安全性原则

安全性是智能清洗方案设计中不可忽视的重要原则^[2]。在清洗设备的选型方面，要确保设备具有良好的安全性能。例如，清洗设备的电气系统要具备漏电保护装置，防止在清洗过程中发生触电事故。同时，设备的机械结构要牢固可靠，避免在运行过程中出现部件松动、脱落等情况。在清洗过程中，要保障操作人员的安全。如果采用人工辅助操作的方式，要为操作人员提供必要的安全防护设备，如安全帽、安全带等。

2.3 环保性原则

环保性原则是智能清洗方案设计的重要考量因素。在清洗设备的能源选择方面，应优先选用清洁能源驱动的设备，如电动清洗设备，减少对传统化石能源的依赖，降低碳排放。同时，要合理使用清洗液，避免清洗液的过度使用和浪费。清洗液的选择要符合环保标准，应采

用可生物降解的清洗液，避免对土壤和水源造成污染。在清洗过程中，要对清洗废水进行有效处理，通过设置废水回收装置，将清洗废水收集起来，经过沉淀、过滤等处理后，实现水资源的循环利用，减少水资源的浪费。

2.4 经济性原则

经济性原则要求在满足清洗效果的前提下，尽可能降低清洗成本。在清洗设备的选型方面，要综合考虑设备的价格、使用寿命和维护成本。选择性价比高的清洗设备，虽然前期购买成本可能较高，但从长期来看，其使用寿命长、维护成本低，能够降低总体成本。同时，要优化清洗方案的运行成本。通过合理安排清洗周期，避免过度清洗造成的资源浪费和成本增加。可以根据光伏板的积尘情况和当地的气候条件，制定科学合理的清洗计划。此外，还要考虑清洗设备的能源消耗成本，选择能耗低的设备，降低运行成本。

3 智能清洗系统的构成

3.1 清洗设备选型

清洗设备的选型是智能清洗系统设计的关键环节^[3]。常见的清洗设备有毛刷清洗设备、喷水清洗设备和清洗机器人等。毛刷清洗设备通过旋转的毛刷对光伏板表面进行刷洗，能够有效去除顽固的积尘。在选型时，要考虑毛刷的材质和硬度。软质毛刷适用于清洗较为脆弱的光伏板表面，避免对光伏板造成损伤；硬质毛刷则适用于清洗积尘较厚的光伏板。同时，毛刷的长度和直径也要根据光伏板的尺寸和清洗要求进行选择。喷水清洗设备通过高压喷水的方式将光伏板表面的积尘冲掉。这种设备具有清洗速度快、清洗效果好的优点。在选型时，要关注喷水的压力和流量，以及喷头的设计。喷头的喷射角度和覆盖范围要能够满足光伏板的清洗需求，确保清洗无死角。

3.2 控制系统设计

控制系统是智能清洗系统的核心部分，它负责对清洗设备的运行进行控制和管理。控制系统可以采用可编程逻辑控制器来实现。PLC 具有可靠性高、编程简单等优点，能够根据预设的程序对清洗设备进行精确控制。在控制系统中，要设置清洗参数的输入接口，操作人员可以根据光伏板的积尘情况和清洗要求，输入不同的清洗参数，如清洗速度、清洗压力等。同时，要建立清洗任务调度模块，根据光伏板的分布情况和清洗优先级，合理安排清洗设备的清洗任务。

3.3 监测系统设计

监测系统对于智能清洗方案的实施至关重要，它能够实时监测光伏板的积尘情况和清洗设备的运行状态。积尘监测可以采用光学传感器或重量传感器。光学传感器通过检测光伏板表面的光照强度变化来判断积尘程度；重量传感器则通过测量光伏板表面积尘的重量来确定积尘情况。在清洗设备运行状态监测方面，要安装多种传感器，如电流传感器、温度传感器和压力传感器等。电流传感器可以监测清洗设备的电机电流，判断电机是否正常运行；温度传感器可以监测设备关键部位的温度，防止设备因过热而损坏；压力传感器可以监测喷水设备的水压，确保喷水压力稳定。监测系统要将监测数据实时传输到控制系统和远程监控平台。操作人员可以通过监控平台随时查看光伏板的积尘情况和清洗设备的运行状态，根据监测数据及时调整清洗方案和设备运行参数。

4 智能清洗方案的实施流程

4.1 清洗周期确定

清洗周期的确定需要综合考虑多种因素。首先要考虑当地的气候条件，在沙尘天气频繁的地区，光伏板积尘速度较快，清洗周期应适当缩短；而在气候干燥少尘的地区，清洗周期可以相对延长。其次，要根据光伏板的类型和表面材质来确定清洗周期。不同类型的光伏板对积尘的耐受程度不同，表面材质光滑的光伏板相对不易积尘，清洗周期可以长一些；而表面材质粗糙的光伏板容易吸附灰尘，需要更频繁地清洗。此外，还可以通过建立积尘监测模型，根据历史积尘数据和实时监测数据，预测光伏板的积尘速度，从而确定科学合理的清洗周期。

4.2 清洗前的准备工作

在清洗前，需要进行一系列的准备工作。首先要对清洗设备进行全面检查和调试。检查设备的电气系统是否正常，机械部件是否松动，喷头是否堵塞等。对设备进行调试，确保设备的各项参数符合清洗要求。同时，要准备好清洗所需的材料和工具，如清洗液、刷子等。清洗液要按照规定的比例进行稀释，确保清洗效果和对光伏板的安全性。此外，还要对光伏板进行检查，查看光伏板表面是否有损坏或异常情况，如有损坏要及时进行记录和处理。另外，要制定详细的清洗计划，明确清洗的区域、清洗设备的运行路线和清洗人员的分工。在清洗前，要对清洗人员进行培训，使其熟悉清洗设备的操作方法和安全注意事项。

4.3 清洗过程的操作步骤

清洗过程要严格按照操作规范进行^[4]。首先,启动清洗设备,根据光伏板的积尘情况调整清洗参数。如果采用毛刷清洗设备,要确保毛刷与光伏板表面充分接触,以适当的压力和速度进行刷洗。在清洗过程中,要保持清洗设备的稳定运行,避免设备晃动或碰撞光伏板。如果采用喷水清洗设备,要注意喷头的喷射角度和覆盖范围,确保清洗无死角。同时,要根据清洗情况及时调整喷水压力和流量。对于清洗过程中遇到的顽固污渍,可以采用局部重点清洗的方式。可以使用刷子等工具对顽固污渍进行辅助清洗,但要注意避免对光伏板表面造成损伤。在清洗过程中,要实时监测清洗设备的运行状态,如发现异常情况要及时停止设备运行并进行处理。

4.4 清洗后的检查与评估

清洗完成后,要对光伏板进行全面检查。检查光伏板表面是否清洗干净,是否有残留的积尘或污渍。可以通过肉眼观察或使用光学检测设备进行检查。同时,要检查光伏板表面是否有损伤,如划痕、裂纹等。对清洗效果进行评估,可以通过测量清洗前后光伏板的发电效率来判断。如果清洗后发电效率有明显提高,说明清洗效果良好;如果发电效率提高不明显,要分析原因,可能是清洗不彻底或光伏板存在其他问题。此外,还要对清洗设备进行检查和维护,清理设备上的污垢和杂物,对设备进行保养,确保设备下次能够正常运行。将清洗过程中的数据和检查评估结果进行记录和存档,为后续的清洗工作提供参考。

5 智能清洗方案的技术可行性与经济可行性分析

5.1 技术可行性分析

从技术层面来看,智能清洗方案具有较高的可行性^[5]。在清洗设备方面,目前市场上已经有多种类型的高效清洗设备可供选择,如毛刷清洗设备、喷水清洗设备和清洗机器人等。这些设备的技术成熟,能够满足不同规模和类型的集中式光伏电站的清洗需求。控制系统设计采用可编程逻辑控制器和远程监控技术,能够实现对清洗设备的精确控制和远程管理。监测系统采用先进的传感器技术,能够实时准确地监测光伏板的积尘情况和清洗设备的运行状态。通过这些技术的应用,能够确保智能清洗方案的高效、稳定运行。

5.2 经济可行性分析

经济可行性分析是评估智能清洗方案是否可行的重要方面。在投资成本方面,虽然智能清洗设备的前期

购买成本相对较高,但从长期来看,其能够提高清洗效率,减少人工投入,降低运营成本。与传统的人工清洗方式相比,智能清洗方案可以在短时间内完成大量光伏板的清洗工作,提高了发电效率,增加了电站的发电量和经济效益。而且,智能清洗设备的使用寿命较长,维护成本相对较低。通过对清洗成本和发电收益的综合计算,在合理的清洗周期和清洗方案下,智能清洗方案能够在一定时间内收回投资成本,并实现盈利。此外,随着清洗设备技术的不断进步和市场竞争的加剧,清洗设备的价格有望进一步降低,从而提高智能清洗方案的经济可行性。

6 结论与展望

本报告针对集中式光伏电站的积尘问题,设计了一套智能清洗方案。该方案遵循高效性、安全性、环保性和经济性原则,详细阐述了智能清洗系统的构成,包括清洗设备选型、控制系统设计和监测系统设计,并规划了清洗方案的实施流程。通过技术和经济可行性分析,表明该方案具有良好的技术可操作性和经济合理性。实施该智能清洗方案能够有效提高集中式光伏电站的发电效率,降低运营成本,延长光伏板的使用寿命,具有显著的经济效益和社会效益。虽然本智能清洗方案具有较高的可行性和优势,但在实际应用中仍有一些方面需要进一步完善和发展。在技术方面,未来可以进一步研发更加高效、智能的清洗设备,提高清洗效果和自动化程度。

参考文献

- [1]陈开超.山地集中式光伏电站建设浅析[J].红水河,2023,42(06):47-51.
- [2]高殿龙.基于改进VIKOR法的集中式光伏项目选址研究[D].华北电力大学,2023.
- [3]刘金辉.光伏组件智能清洗装置的设计[D].塔里木大学,2023.
- [4]黄澜,胡素萍,夏永添.山地光伏电站太阳能板的清洁措施分析[J].电子技术,2023,52(03):224-225.
- [5]柳一鸣,郑思思,方晓敏.光伏组件积尘智能监测系统的研究[J].科技创新与应用,2021,(11):44-46.

作者简介:李健,出生年月:1990年08月,性别:男,民族:汉族,籍贯:贵州六盘水,学历:大学本科(例:大学本科/大学专科),职称:中级(现目前的职称),研究方向:光伏发电技术(分布式、集中式)、光伏运维管理等。