

采用光伏清洗船清洗水面光伏组件研究

段凡卫 沈威 尹超 胡灵勇 黄乔宜

湖北龙源新能源有限公司 湖北武汉 430010

摘要: 随着对可再生能源需求的不断增长,利用水面建设光伏项目近几年得到大力的发展。然而水面光伏组件的污染问题严重影响了其发电效率和使用寿命。本文针对水面光伏组件污染的现状及其危害进行了分析,并提出了采用光伏清洗船进行清洗的解决方案。通过对清洗效果、经济效益和环境影响等方面的研究,表明光伏清洗船在清洗水面光伏组件方面具有显著优势,为保障水面光伏发电系统的稳定运行提供了重要参考。

关键词: 水面光伏组件; 污染; 光伏清洗船; 清洗效果; 经济效益

1. 引言

水面光伏组件在运行过程中容易受到水体环境的影响,如盐雾、鸟类排泄物和藻类等,导致发电量下降。有效的清洗方法对于维持光伏组件的高性能和长期稳定性至关重要,因此,开发一种高效、便捷的清洗技术对于水面光伏发电的可持续发展具有重要意义。评估光伏清洗船清洗水面光伏组件的效果,包括清洗效率、发电量提升和组件寿命延长等方面。通过实验和模拟分析,对比不同清洗方法对光伏组件性能的影响。

2. 水面光伏组件污染的现状及其危害

2.1 污染的现状分析

水面光伏组件的污染现状令人担忧。水体中的盐分、微生物、藻类等物质容易附着在光伏组件表面,形成污垢和沉淀物。此外,鸟类的排泄物、水体漂浮物以及气候等因素也会对组件造成污染。特别需要注意的是,鸟粪对光伏组件的影响尤为显著。鸟粪中含有酸性物质,会对组件的表面造成腐蚀,导致性能下降。此外,鸟粪的积累还会形成遮光层,进一步降低了组件的发电效率。当某一电池片被遮蔽后该电池片产生的电流会低于其他正常发电的电池,组件的工作电流一旦超过了该电池的短路电流时,这块电池电压将会被偏置当成负载,从而在组件内部消耗其他电池发的电能,由此电池片则转变为耗能部件,产生大量热能,导致组件局部温度升高,从而产生热斑效应。如果这种热量足够大,则可导致组件背板融化、烧穿或者玻璃爆裂,严重时甚至会引起火灾。

2.2 污染对光伏组件发电性能的影响

污染物对光伏发电的影响主要表现为以下几点:

(1) 污染物对太阳辐射具有反射、散射和吸收作用,降低了光伏电池板的透射率,从而影响组件阵列的发电量,如图1所示;由于污染物非均匀遮蔽光伏组件,不仅会降低辐射量,还会引起辐照量照射的不均匀,导致光伏绝件失配,降低光伏发电输出功率。

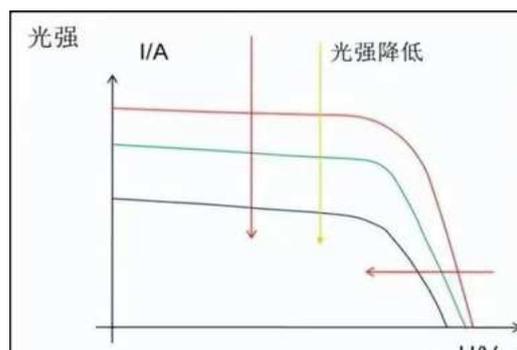


图1 污染物与光伏发电效率关系曲线

(2) 污染物遮挡会降低光伏组件表面的散热性,从而影响了光伏发电的光电转换效率,降低发电量。

(3) 鸟类粪便降落到光伏组件表面,由于鸟类粪便为酸性或碱性物质,对太阳能电池板具有一定的腐蚀效应,经过长时间的侵蚀之后板面会粗糙不平,增加太阳光的漫反射,减少透光。

(4) 由于污染物不仅会直接降低光伏电池板的透光率,减少发电量,还会影响散热,增加光伏电池板的温度,温度也是影响光伏发电量的一个主要因素,相同太阳辐射量情况下,温度越高发电量越少。

2.3 污染对光伏组件使用寿命的影响

污染物的附着和腐蚀会加速组件的老化和损坏,缩短

了组件的使用寿命。特别是鸟粪，鸟粪不只是腐蚀性大，黏性也太大，一般清洁剂和干洗型清洗机器人洗不掉，久了就容易产生热斑效应，烧坏组件。所谓“热斑效应”，即由于阴影的部分遮挡、灰尘的沉降程度不一、鸟粪的污染等，被遮挡部分电池片将不提供功率贡献并在组件内部成为耗能负载，同时造成组件局部温度升高，引发旁路二极管启动，短路对应的电池串，影响发电，如图2所示；并且过热区域可引起EVA老化变黄，使该区域透光率下降，从而使热斑进一步恶化，影响整体发电，严重时烧坏光伏板，甚至引发火灾。频繁清洗和维护工作不仅增加了运营成本，还可能导致组件的损坏和失效。

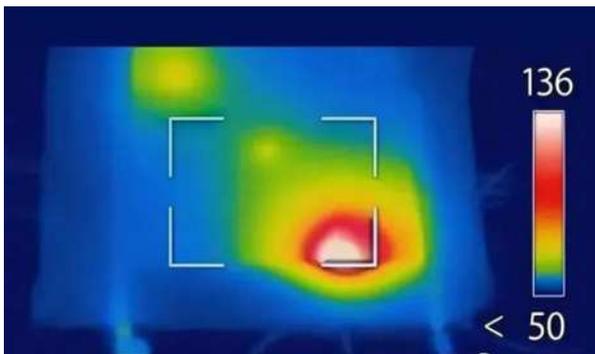


图2 热斑效应

3. 光伏清洗船清洗组件的优势

清洗船清洗主要采取船舶作业载体采取升降平台设置在船体上，清洗单元安装在升降平台上。位置识别单元设置在清洗单元上，位置识别单元与控制器电性连接并实现信号通讯，控制器与升降平台及清洗单元连接并实现信号通讯。供电系统与升降平台、清洗单元、位置识别单元及控制器连接并供电。该清洗船所设置的位置识别单元，能够采集刷盘所在的安装座与太阳能电池板上的待清洗位置的距离及图像，便于控制升降平台和清洗单元联合动作，船在行驶的过程中滚刷对组件进行大面积清洗。如图3、图4所示：

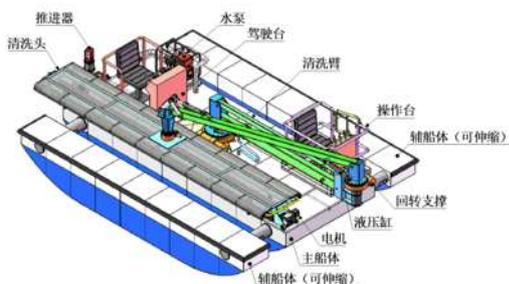


图3 清洗船结构

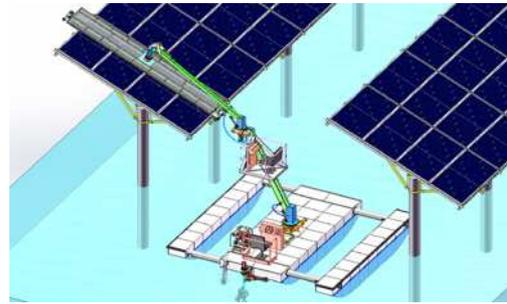


图4 清洗船作业过程

该方案主要优点是，采取三体可收缩船身保证船体在水面的稳定性，同时便于运输转运，船体可携带大量淡水，保障清洗水源，储水量可达2吨，保障2MW组件的清洗用水。该清洗船只需要2人进行操作，日清洗组件可达10-15mw，清洗效率高，同时采用折叠臂结构，在组件区域通行时，遇到桥架可以折叠，提高通行效率进而提高清洗效率。相对于传统清洗方式，光伏清洗船在清洗光伏组件方面具有以下优势：

(1) 高效清洗：光伏清洗船配备了专业的清洗设备和技术，可以快速而有效地清洗光伏组件表面的污垢和杂质。其清洗效果显著，能够提高光伏组件的发电效率。

(2) 保护组件：清洗船采用温和的清洗方法，避免了对光伏组件表面的过度摩擦和损伤。这样可以延长光伏组件的使用寿命，减少维护成本。

(3) 经济可行：与传统的人工清洗相比，光伏清洗船可以大幅提高清洗效率，降低清洗成本。同时，清洗船可以在短时间内完成大面积的光伏组件清洗工作，节省了人力和时间成本。

4. 清洗效果评估对比分析

通过对光伏清洗船清洗水面光伏组件的研究，我们发现清洗效果评估对比分析主要包括以下几个方面：清洗前后光伏组件发电效率的变化、清洗方法的比较、清洗成本的评估以及清洗对组件寿命的影响。各种清洗方法的优缺点及成本对比如表1和表2所示。在清洗前后的发电效率对比方面，研究选取了具有代表性的光伏组件进行实地测试。测试结果显示，清洗后的光伏组件最大功率(P_{max})和最大功率偏差(DP_{max})均有显著提升。例如，某光伏组件在清洗前 P_{max} 为200W， DP_{max} 为10%，而清洗后 P_{max} 提升至230W， DP_{max} 降至5%，表明清洗使得组件的发电效率提高了15%。这一数据充分说明了清洗对提升光伏组件发电效

率的重要性。光伏清洗船在提升光伏组件发电效率、降低清洗成本、延长组件寿命等方面具有显著优势。通过对清洗效果的深入分析，为光伏电站的运维管理提供了有力依据，同

时也为光伏清洗技术的发展指明了方向。在未来，随着光伏产业的不断发展，光伏清洗船等高效清洗设备的应用将越来越广泛，为推动光伏发电事业的发展贡献力量。

表 1 各种清洗方法的优缺点对比

清洗方法	适用范围	优点	缺点
人工清洗	所有电站	1. 机动灵活	1、效率低、单次清洗周期长 2、清洗效果不可控 3、水域作业危险性大
机器人清洗	大型地面或者水面电站	1、可高效重复清洗 2、前期对电站发电效率提升显著	1、一次性投入成本高 2、设备故障率高，维护成本高 3、对组件损伤大 4、鸟类粪便清洗不掉
清洗船清洗	大型水面光伏电站(小型坑塘水面不适用)	1、初次投入少 2、清洗对组件损伤小 3、安全可靠	1、自动化程度低 2、清洗效率相对机器人低 3、操作人员需要进行专业培训

表 2 各种清洗方法成本对比 (按照 100MW 测算)

清洗方法	清洗周期	设备成本	清洗 / 维护成本	备注
人工清洗	4 次每年	0	100 万 / 年	水面 2500 元 / MW / 次, 水费另计
机器人清洗	默认 30 天清洗一次	1500 万 -2500 万	30-50 万 / 年	考虑故障维护及损坏
清洗船清洗	4 次每年	50 万	80 万 / 年	按照 20 万元 / 每次, 水费按照单次约 1 万元

综合考虑清洗机器人存在的风险因素及对组件损伤及对鸟粪等粘黏物无法清洗的因素。清洗船在水面光伏电站更显实用价值。

5. 结论与展望

本研究得出以下结论：采用光伏清洗船对水面光伏组件进行清洗是一种高效、环保且经济的清洗方式，它能够显著提升光伏组件的发电效率，降低运维成本，并延长组件的使用寿命。本研究证实了光伏清洗船在清洗水面光伏组件方面的优越性。清洗船的操作便捷、自动化程度高，能够在不同水质和环境条件下有效作业，大大减轻了人工清洗的劳动强度和安全隐患。因此，结论表明，光伏清洗船的应用是未来光伏电站清洗维护的重要发展方向。然而，目前光伏清洗船的技术仍需进一步优化，如提高清洗效率、降低设备成本、增强适应不同地形和水文条件的能力等，这些将是未来研究的重要方向。

本研究虽然针对的是水面光伏组件的清洗，但光伏清洗技术的发展具有广泛的应用前景。展望未来，光伏清洗技

术不仅可以应用于水面光伏电站，还可以推广至陆地光伏电站、屋顶光伏系统等不同场景。同时，随着技术的进步，光伏清洗设备可能会与其他清洁能源技术相结合，形成更加高效、环保的能源利用体系。

参考文献：

- [1] 杨亚林, 朱德兰. 积灰和光照强度对光伏组件输出功率的影响 [J]. 农业工程学报, 2019(05)
- [2] 梁吉连, 江伟, 杨松. 清扫机器人对光伏发电量的提升分析 [J]. 科技风, 2018(16)
- [3] 曹娟, 王雪松. 国内外无人船发展现状及未来前景 [J]. 中国船检, 2018(05)
- [4] 孙玲, 王小磊, 王富群. 大气灰尘对光伏发电的影响及清洗消除的探讨 [J]. 清洗世界, 2017(07)
- [5] 贾力. 太阳能光伏组件热斑效应的检测与控制措施研究 [J]. 山东工业技术, 2017(04)
- [6] 张风, 白建波, 姜猛. 光伏组件表面积灰对发电性能的影响 [J]. 华东电力, 2023(02)