

# 220kV 电力设备上的在线带电清洗技术分析

李万里<sup>1</sup>, 明亮<sup>1</sup>, 王强<sup>1</sup>, 李斐<sup>2</sup>, 李珍<sup>2</sup>, 孔祥哲<sup>1</sup>, 郝威<sup>3</sup>

1. 国华(哈密)新能源有限公司, 新疆 哈密 839000

2. 世华中科(北京)科技股份有限公司, 北京 100071

3. 乌兰察布市生态环境综合保障中心兴和分中心, 内蒙古 乌兰察布 013650

**摘要:** 本文深入探讨了220kV电力设备上的在线带电清洗技术, 针对电力设备因长期运行而积累的污染物导致的性能下降及安全隐患问题, 分析了带电清洗技术的必要性。针对带电清洗过程中的安全风险, 提出了有效的控制措施与应对措施。总结了带电清洗技术在提升电力设备运行质量与可靠性方面的显著作用, 以期为提高在线带电清洗技术提供参考。

**关键词:** 220kV电力设备; 在线带电清洗; 清洗技术; 安全控制

## Analysis of Online Live Cleaning Technology on 220kV Power Equipment

Li Wanli<sup>1</sup>, Ming Liang<sup>1</sup>, Wang Qiang<sup>1</sup>, Li Fei<sup>2</sup>, Li Zhen<sup>2</sup>, Kong Xiangzhe<sup>1</sup>, Hao Wei<sup>3</sup>

1. Guohua (Hami) New Energy Co., Ltd. Hami, Xinjiang 839000

2. Huazhong Science and Technology (Beijing) Co., Ltd. Beijing 100071

3. Xinghe Sub center of Ulanqab City Ecological Environment Comprehensive Guarantee Center, Ulanqab, Inner Mongolia 013650

**Abstract:** This article deeply explores the online live cleaning technology on 220kV power equipment, and analyzes the necessity of live cleaning technology to address the performance degradation and safety hazards caused by pollutants accumulated during long-term operation of power equipment. Effective control and response measures have been proposed to address safety risks during the process of live cleaning. Summarized the significant role of live cleaning technology in improving the quality and reliability of power equipment operation, in order to provide reference for improving online live cleaning technology.

**Keywords:** 220kV power equipment; online live cleaning; cleaning technology; safety control

## 引言

在电力系统中, 220kV 电力设备作为高压输电网络的重要组成部分, 运行稳定性和安全性直接关系到整个电网的可靠供电。电力设备长时间暴露在自然环境中, 遭受到各种污染物的侵袭, 不仅影响设备的散热性能, 还可能引发电气故障, 导致设备损坏和电网事故<sup>[1]</sup>。对220kV 电力设备进行定期清洗成为维护其正常运行、延长使用寿命的重要手段。传统的停电清洗方式频繁的停电不仅影响供电可靠性, 带来巨大的经济损失。为此, 带电清洗技术应运而生, 它能够在设备不停电的情况下进行清洗作业, 提高了清洗效率和供电可靠性。本研究旨在深入分析220kV 电力设备上的在线带电清洗技术, 通过对其原理、方法、应用效果及安全措施的全面探讨, 为电力行业提供一套科学、高效、安全的带电清洗解决方案。

## 一、带电清洗技术概述

### (一) 定义与分类

带电清洗技术, 是指在电力设备带电状态下, 采用特定的清洗剂和工具, 对设备表面进行清洁处理的一种技术。根据清洗方式和所使用的清洗剂类型, 带电清洗技术可以分为带电水冲洗、带电机械干清扫、带电干冰清洗以及带电绝缘清洗等, 其中带电绝缘清洗因其高绝缘性能、低残留及环保特性, 在220kV 电力设备的清洗中广泛应用。

### (二) 技术核心

带电清洗技术的核心在于清洗剂的选择和绝缘工具的使用。

高绝缘性能的清洗剂能够确保在清洗过程中不会引发设备短路或电气故障, 同时具备良好的去污能力, 能够有效去除设备表面的各类污染物。绝缘工具则用于保护操作人员免受电击危险, 确保清洗作业的安全进行。

### (三) 国家标准与规范

为规范带电清洗技术的应用, 确保清洗作业的安全性和有效性, 我国制定了相关的国家标准与规范。《绝缘体带电清洗剂》标准(GB/T 25097-2010)对清洗剂的性能指标、测试方法、包装与标志等方面做出了明确规定。电力行业还根据自身特点, 制定了相应的操作规程和安全规范, 在进行带电清洗作业时, 必须严格遵守这些规定。

## 二、220kV 电力设备带电清洗技术具体应用

### (一) 适用设备类型

在220kV 电力系统中，带电清洗技术广泛适用于各类高压电力设备，包括但不限于变压器、断路器、隔离开关、互感器、避雷器、绝缘子串及母线等。这些设备在长期运行中，其表面易积聚尘埃、油污、盐雾等污染物，严重影响设备的散热性能和绝缘强度。

### (二) 清洗前准备

对目标设备进行检查，确认其处于正常运行状态，无明显电气故障或安全隐患。根据设备类型、污染程度及清洗要求，选择合适的清洗剂和清洗工具。清洗剂应具备良好的绝缘性能、去污能力和环保性，避免对设备材质造成腐蚀或损害。清洗工具选择绝缘性能良好的专用工具，确保操作过程中的安全<sup>[2]</sup>。制定详细的清洗方案，明确清洗步骤、注意事项及应急措施，对操作人员进行必要的培训 and 安全教育。

### (三) 清洗步骤与方法

在清洗作业前，需对作业区域进行安全隔离，设置警示标志，防止非作业人员进入；操作人员需穿戴好绝缘防护服、绝缘手套、绝缘鞋等个人防护装备，确保人身安全。将选定的清洗剂按照一定比例稀释或调配，确保其具有良好的去污效果和绝缘性能，使用专用喷洒设备将清洗剂均匀地喷洒在设备表面，注意控制喷洒距离和角度，避免清洗剂溅入设备内部或接触带电部件。在清洗剂充分浸润设备表面后，使用绝缘刷或软质布料对设备进行刷洗，去除顽固的污渍和沉积物。清洗完成后，对设备进行自然干燥或加速干燥，设备完全干燥后，进行细致的检查，确认无清洗剂残留、无设备损坏或电气故障，记录清洗过程和结果<sup>[3]</sup>。清洗作业结束后，及时清理作业现场，回收和处理废弃的清洗剂、清洗工具和防护装备，对清洗设备进行标记和记录，以便后续跟踪和维护。

### (四) 应用目标

第一，降低温度，降低设备的温度，使其温度保持在合理范围内。

第二，提高风速，提高设备构件的进出风口风速。

第三，降低噪音，降低风扇运行时的噪音。

第四，清除粉尘，彻底清除设备表面及深层污染物。

第五，恢复设备原有绝缘水平90%-95%。

第六，对设备进行防腐蚀保护，延缓设备清洗后被腐蚀的速度。

第七，促进因设备高温老化引发的火灾和爆炸发生率下降30%。

## 三、带电清洗技术的效果与优势

### (一) 效果分析

带电清洗技术在220kV 电力设备上的应用，显著提升了设备的清洁度和运行效率。清洗后，设备表面的污染物得到有效清

除，散热性能显著改善，减少了因过热导致的设备故障风险。清洗恢复了设备的绝缘强度，降低了因绝缘降低而引发的电气故障概率。带电清洗技术还能有效延长设备的使用寿命，减少因频繁停电清洗带来的经济损失。

### (二) 优势总结

带电清洗技术无需停电作业，大大提高了清洗效率，减少了停电时间和经济损失。采用高绝缘性能的清洗剂和专用工具，确保清洗过程安全可控，避免了传统停电清洗可能带来的安全风险。现代清洗剂多具备环保特性，对环境无污染，符合绿色发展的要求<sup>[4]</sup>。长期来看，带电清洗技术能减少因设备故障导致的停电损失和维修费用，具有显著的经济效益。适用于多种类型的220kV 电力设备，具有广泛的应用前景。

## 四、在线带电清洗技术的效益分析

### (一) 经济效益

220kV 电力设备上的在线带电清洗技术能够给企业带来一定的经济效益。比如，某风电场因设备积尘或静电问题导致220kV 电力设备故障频发，需要通过更换备件来恢复正常运行，而更换备件的费用在30万元左右，再加上无功补偿装置非计划停运2次，不仅导致了维护成本的增加，同时还严重影响了发电效率。而通过引入在线带电清洗技术后，依靠该技术独特的优势，在有效消除了设备表面积累静电的同时，迅速恢复了设备表面的正常阻抗，进而从根本上消除了因静电或粉尘积累引发的软性故障。据有关人员统计表明，该技术的使用让设备因静电或粉尘导致的故障率大幅下降超过70%，这在很大程度上减少了由于故障停机而造成的发电量损失和维修成本<sup>[5]</sup>。另外设备的使用寿命也延长了20%以上，这意味着设备的更换周期得到了延长，实现了购置设备费用的减少。与此同时，经过清洗后的设备能效也获得了提升，能耗平均降低约20%，能耗的降低会直接转化为运营成本的节约。总的来讲，220kV 电力设备上的在线带电清洗技术的应用能够带来极为可观的经济效益，其中涵盖了减少备件费用、降低维护成本、提升发电效率和减少能源消耗，这给企业的可持续发展提供了有力支撑。

### (二) 社会效益

#### 1. 有效提升运行效率

通过在线带电清洗技术在220kV 电力设备上的应用，能够有效遏制粉尘和静电等污染物对电气参数的干扰，进而保障电阻、电压及电流的稳定性，更好的规避了因环境因素导致的设备性能下降。另外基于该技术的使用，也使得设备恢复了最佳的运行状态，这也直接提升了电力传输效率与供电可靠性。

#### 2. 增长设备使用寿命

在220kV 电力设备引入在线带电清洗技术，能够有效将各种污染清除，这能防止因高温环境下因尘埃积累所导致的设备过热情况，进而规避高温运行对于设备寿命的影响。同时这也能维持电阻稳定，防止电压、电流波动引发的早期故障，确保了设备的长期稳定运行<sup>[6]</sup>。另外该技术的应用也能减轻污染腐蚀与静电积累对设备

的损害,进一步保障了设备安全并延长了它的更换周期。

### 3. 确保企业安全生产

通过使用在线带电清洗技术,能够帮助220kV电力设备更好的应对粉尘和静电的污染,从而避免了因污染而造成的安全事故。避免安全事故所带来的好处是巨大的,首先保障了工作人员的生命安全,预防了伤亡事故的发生。同时还能避免因安全事故所造成的业务中断、设备损坏等因素带来的经济损失,这在确保企业安全生产的同时,维护了企业的正常运营,保证了电力供应的稳定性和可靠性。

### 4. 实现清污节能降耗

通过应用在线带电清洗技术,可实现对220kV电力设备粉尘和静电的全面无死角清除,这能降低设备因污染产生的额外损耗的同时,恢复设备的正常敏感度与散热效率,减少了因过热而增加的电力消耗<sup>[7]</sup>。并且这也能优化机房环境,降低了空调系统的额外负荷,实现了节能降耗的双重效益。

### 5. 避免出现断电停产

在220kV电力设备的清洗维护中,在线带电清洗技术的应用彻底革新了传统清洗维护模式。由于它能够实现在电力设备正常运行情况下展开清洗作业,这不但有效规避了由于停电维护而带来的巨大经济损失,而且还保障了电力供应的连续性与稳定性<sup>[8]</sup>。另外通过应用该技术,还避免了因传统停电清洗可能导致的设备损坏风险,使得设备的健康得到了保证,避免了因设备问题带来的一切影响。

## 五、安全风险控制与应对措施

### (一) 安全风险识别

在220kV电力设备上带电清洗作业时,主要面临的安

全风险包括电击风险、设备损坏风险以及环境污染风险等。电击风险源于清洗过程中可能发生的电流泄漏或误触带电部件;设备损坏风险则可能由清洗剂选择不当、清洗方法错误或操作失误导致;环境污染风险则与清洗剂的使用和废弃处理有关<sup>[9]</sup>。

### (二) 应对措施

为有效控制这些安全风险,需采严格遵循安全规范,确保所有操作人员熟悉并严格遵守带电清洗作业的安全规范,包括个人防护装备的穿戴、清洗剂的选用与配比、清洗工具的使用等<sup>[10]</sup>。定期对操作人员进行带电清洗技术的专业培训,提高其安全意识和操作技能,确保作业过程的安全可控。选择经过认证、具有高绝缘性能和环保特性的清洗剂,避免对设备和环境造成损害。在清洗作业前,对清洗剂、清洗工具及设备进行严格检查,确保无质量问题。在清洗过程中,实施全程监控,确保作业步骤正确无误。针对可能发生的紧急情况,制定详细的应急预案,包括人员疏散、设备隔离、紧急处理等,确保在发生意外时能够迅速响应并有效控制事态发展。在清洗作业结束后,妥善处理废弃的清洗剂和清洗工具,避免对环境造成污染。

## 六、结论

本研究深入分析了220kV电力设备上的在线带电清洗技术,全面展现了该技术的重要性和实际应用价值。带电清洗技术具有高效、安全、环保的特点,在保障设备安全稳定运行中发挥了不可替代的作用,不仅有效清除设备表面的污染物,恢复设备性能,还提高了电力系统的可靠性和安全性。电力行业及相关领域应高度重视并广泛推广带电清洗技术,通过加强技术培训、完善标准体系、加大研发投入等措施,不断提升技术水平,为电力系统的安全稳定运行保驾护航。

## 参考文献

- [1]杨晓乐. 服务器带电清洗作业的应用分析[C]//中国电力技术市场协会. 2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(上册).(国华(赤峰)风电有限公司)河北省张家口市赤城县云州乡虎龙沟村冰峰风电场, 2023:3.
- [2]朱俊秋. 浅析风电齿轮箱零件清洁度控制与量化检测[J]. 中国设备工程, 2021,(19):177-179.
- [3]周蒙. 风力发电塔筒清洗机运动学分析与结构优化[D]. 湖南大学, 2019.
- [4]南京飞舟科技有限公司. 一种电气设备在线带电清洗装置:CN202021321146.3[P]. 2021-03-16.
- [5]朱航. 变电站绝缘子清洗机器人视觉识别与伺服控制方法研究[D]. 长沙理工大学, 2021.
- [6]刘嘉敏. 电子设备带电清洗剂的清洗效果研究[J]. 合成材料老化与应用, 2023,52(03):65-67+153.
- [7]曾能,周龙,潘士春,等. 带电水冲洗无人机在高压电磁场中抗干扰技术研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2023,(06):271-274.
- [8]诸定生,徐文辉,陈一旻. 带电工具的清洗检测维护系统设计[J]. 集成电路应用, 2023,40(03):198-199.
- [9]蔡忠良,樊绍胜,朱航. 变电站支柱绝缘子干冰清洗机器人的视觉伺服控制方法[J]. 电力学报, 2022,37(03):219-231+256.
- [10]任乔林,杨发山,冯冰,等. 带电设备清洗机器人研制及其在泛在能源互感知层的应用[J]. 电子质量, 2022,(01):79-82.