

电力二次设备在线带电清洗安全技术及运用分析

明亮¹, 王强¹, 王飞飞¹, 李万里¹, 赵利国¹, 李斐², 李珍², 郝葳³

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, 内蒙古 呼和浩特 010010

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： 本文深入探讨了电力二次设备在线带电清洗的安全技术及其实际运用。首先明确了电力二次设备在电力系统中的重要性及其运行环境面临的挑战。随后，对电力二次设备进行了概述分析。文章重点论述了带电清洗安全技术方面的内容，针对带电清洗技术面临的挑战，提出了相应的对策与建议。最后文章总结了带电清洗技术在电力二次设备维护中的重要性，旨在为提高电力二次设备的安全稳定运行提供技术支持和参考。

关 键 词： 电力二次设备；在线带电清洗；安全技术；运用分析

Safety Technology and Application Analysis of Online Live Cleaning for Secondary Power Equipment

Ming Liang¹, Wang Qiang¹, Wang Feifei¹, Li Wanli¹, Zhao Liguang¹, Li Fei², Li Zhen², Hao Wei³

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

2. Huazhong Science and Technology (Beijing) Co., Ltd. Hohhot, Inner Mongolia 010010

3. Ulanqab Ecological Environment Comprehensive Security Center Xinghe Branch, Ulanqab, Inner Mongolia 013650

Abstract： This article deeply explores the safety technology and practical application of online live cleaning of secondary power equipment. Firstly, the importance of secondary power equipment in the power system and the challenges it faces in its operating environment were clarified. Subsequently, an overview and analysis of secondary power equipment were conducted. The article focuses on the safety technology of live cleaning, and proposes corresponding countermeasures and suggestions for the challenges faced by live cleaning technology. Finally, the article summarizes the importance of live cleaning technology in the maintenance of secondary power equipment, aiming to provide technical support and reference for improving the safe and stable operation of secondary power equipment.

Keywords： power secondary equipment; online live cleaning; security technology; apply analysis

引言

随着电力工业的快速发展，电力系统中的二次设备作为保障电网安全、稳定运行的重要组成部分，其可靠性与稳定性直接关系到整个电网的运行效率与供电质量。在实际运行环境中，电力二次设备往往因长期暴露在复杂多变的气候条件和电磁环境中，导致表面沉积污染物，这些污染物不仅影响设备的散热性能，还可能引发短路、绝缘降低等安全隐患，严重威胁电力系统的稳定运行^[1]。因此，电力二次设备的在线带电清洗技术成为保障电力系统安全、高效运行的关键技术之一。本文旨在深入探讨电力二次设备在线带电清洗的安全技术及其在实际应用中的效果分析。通过系统梳理带电清洗技术的理论基础、安全操作规程、绝缘保护技术、接地保护与泄漏电流控制等关键技术环节，全面剖析当前带电清洗技术面临的挑战，并提出相应的解决对策。^[2]

一、电力二次设备概述

（一）定义与分类

电力二次设备，作为电力系统中的重要组成部分，是指对一次设备（如发电机、变压器、断路器等）进行监控、测量、保护、调节和控制的设备集合。它们不直接参与电能的转换和传输过程，但通过对一次设备的运行状态进行实时监测和控制，确保电力系统的安全、稳定和经济运行。^[3]根据功能不同，电力二次设备可分为保护设备（如继电保护装置）、测量设备（如电能表、

电压表、电流表等）、控制设备（如自动装置、遥控装置）以及通信设备等几大类。

（二）运行环境分析

电力二次设备通常安装在变电站、发电厂等电力设施内部，其运行环境复杂多变，面临多种挑战。首先，电磁环境复杂，由于电力系统中存在大量的电磁设备，产生的电磁干扰可能对二次设备的正常运行造成干扰，影响其测量精度和控制性能^[4]。其次，气候条件恶劣，特别是在户外安装的二次设备，需承受高温、严寒、潮湿、盐雾等极端天气条件，这些环境因素易导致设

备老化、腐蚀，进而影响其使用寿命和可靠性。此外，灰尘、油污等污染物的积累也是不可忽视的问题，它们不仅影响设备的散热效果，还可能引起短路故障，威胁电力系统的安全。

二、带电清洗安全技术

(一) 安全操作规程

在电力二次设备上进行在线带电清洗作业，首要的是制定并执行严格的安全操作规程，应涵盖从前期准备到清洗作业实施，再到后期检查与评估的全过程。前期准备要明确清洗对象和清洗区域，制定详细的清洗计划，确保所有参与人员了解清洗流程、安全风险和应对措施^[5]。在清洗作业前，进行全面的风险评估，识别可能存在的安全隐患，并制定相应的风险控制措施。在清洗过程中，严格按照操作规程进行，避免使用可能产生火花的工具或方法，应密切关注设备运行状态，一旦发现异常情况，立即停止清洗作业并采取相应措施。清洗作业完成后，对设备进行全面检查，确保设备表面无残留清洗剂，且设备功能正常。

(二) 绝缘保护技术

绝缘保护是带电清洗技术的核心之一。在清洗过程中，必须确保设备与清洗工具之间、设备与周围环境之间保持足够的绝缘强度，以防止电流泄漏和电击事故的发生。这要求选用具有高绝缘性能的清洗剂和清洗工具，采用有效的绝缘措施，在清洗区域周围设置绝缘屏障、使用绝缘垫。^[6]

(三) 接地保护与泄漏电流控制

接地保护是防止电击事故的重要措施之一。在带电清洗作业中，应确保所有可能带电的设备部件均可靠接地，以将泄漏电流引入大地，降低电击风险。同时，还需采用泄漏电流监测装置，实时监测清洗过程中的泄漏电流情况，一旦发现泄漏电流超过安全限值，应立即停止清洗作业并查明原因。

(四) 环境控制

环境控制对于带电清洗作业的安全性和有效性至关重要。在清洗作业前，应对作业环境进行全面检查，确保无易燃易爆物品、无腐蚀性气体等危险因素存在。同时，还需控制作业环境的温湿度、风速等参数，以保证清洗剂的稳定性和清洗效果。在清洗过程中，应采取措施防止清洗剂挥发对周围环境造成污染，如使用密封性好的清洗设备、设置局部排风系统等。

三、带电清洗技术的挑战与对策

(一) 技术挑战

电力二次设备种类繁多，结构复杂，不同设备之间的电气特性和运行要求差异较大。这要求清洗技术必须具备高度的灵活性和适应性，能够针对不同的设备类型制定个性化的清洗方案。

电力二次设备通常运行在电磁环境复杂、气候条件恶劣的环境中。这些环境因素不仅增加了清洗作业的难度，还可能对清洗效果和设备安全造成不利影响。因此，如何在这种环境下保证清洗作业的安全性和有效性，是一个亟待解决的问题。^[7]

带电清洗作业本身存在一定的风险，如电流泄漏、设备损坏、环境污染等。这些风险可能由清洗剂的选择不当、清洗方法的不合理或操作人员的疏忽等原因引起^[8]。因此，如何有效控制这些风险，确保清洗作业的安全进行，是带电清洗技术面临的重要挑战。

清洗剂的选择对于清洗效果和设备安全至关重要。目前市场上的清洗剂种类繁多，性能各异，如何根据具体设备的需求和清洗环境的特点选择合适的清洗剂，并在使用后妥善处理废弃物，避免对环境造成污染，是带电清洗技术需要解决的重要问题。

(二) 对策与建议

针对电力二次设备的复杂性和多样性，加强技术研发与创新，开发出更加高效、安全、环保的清洗剂和清洗技术。加强与材料科学、化学工程等学科的交叉融合，为带电清洗技术的发展提供有力支持。

结合电力二次设备的运行特点和清洗作业的实际需求，制定完善的安全操作规程。这些规程应涵盖清洗作业的全过程，包括前期准备、风险评估、作业实施、后期检查等各个环节，确保清洗作业的安全进行^[9]。

提高操作人员的专业技能和安全意识是保障清洗作业安全的重要措施。加强对操作人员的培训和管理，使其熟悉设备结构、了解清洗流程、掌握安全操作规程和应急处理措施。建立健全的考核机制，确保操作人员具备上岗资格。

针对不同类型的电力二次设备和不同的清洗环境，制定个性化的清洗方案与策略。这些方案应充分考虑设备的电气特性和运行要求，以及清洗剂的选择与处理等因素，确保清洗作业的有效性和安全性^[10]。

四、结语

电力二次设备作为保障电力系统安全稳定运行的关键环节，其运行状态的维护至关重要。在线带电清洗技术作为一种高效、便捷的维护手段，在提升设备运行效率和可靠性方面展现出巨大潜力。然而，该技术在实施过程中也面临着设备复杂性、运行环境苛刻、清洗过程风险等多重挑战。通过制定完善的安全操作规程、加强绝缘保护与接地控制、优化环境控制以及加强技术研发与创新等措施，我们可以有效应对这些挑战，确保带电清洗作业的安全性和有效性。未来，随着技术的不断进步和应用的深入，带电清洗技术将在电力二次设备的维护中发挥更加重要的作用，为电力系统的安全稳定运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 文昌斌, 刘鉴鑫, 李涛, 等. 远距离激光清洗技术在高压带电设备中的应用分析[J]. 河北电力技术, 2023, 42(04): 62-67.
- [3] 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(赤城)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.
- [4] 邓立晨, 余嘉彦, 胡旭东. 探讨电力二次设备检修中存在的问题和对策[J]. 中国设备工程, 2023(24): 82-84.
- [5] 袁文胜. 可见光通信设备带电清洗技术应用研究[J]. 光源与照明, 2023, (10): 91-93.
- [6] 赵华, 段媛媛. 电力二次设备带电清洗技术在220kV江川变电站的应用[C]//云南电网公司, 云南省电机工程学会. 2011年云南电力技术论坛论文集(入选部分). 云南电网公司玉溪供电局, 2011: 7.
- [7] 刘伟才. 油浸式变压器自动清洗系统设计[D]. 佛山科学技术学院, 2021.
- [8] 文昌斌, 刘鉴鑫, 李涛, 等. 远距离激光清洗技术在高压带电设备中的应用分析[J]. 河北电力技术, 2023, 42(04): 62-67.
- [9] 黄德明. 浅谈带电化学清洗技术在高压电力设备中的运用[J]. 福建建材, 2021, (01): 102-103+116.
- [10] 郎长璐. 带电清洗技术的实践与应用[J]. 冶金动力, 2017, (06): 8-9.