

配电网不停电作业工器具管理与安全保障

次 珍 肖丁文 旦增平措 钦热伦珠 刘 洋

国网西藏电力有限公司经济技术研究院 西藏 拉萨 850000

摘 要: 本文探讨了高原地区配电网不停电作业工器具的管理与安全保障问题,分析了高原环境因素对工器具绝缘性能的具体影响,并指出了现行预防试验标准在高原地区的适用性不足。基于此,提出了针对高原环境的试验周期调整方案,并构建了以安全防护用具管理规范为核心的安全风险防控体系。该体系通过智能管控、现场防护强化和分级应急响应等措施,有效提升了高原地区配电网不停电作业的安全性和效率。

关键词: 配电网;不停电作业;工器具管理;高原地区;安全风险防控

引言:高原地区独特的自然环境对配电网不停电作业工器具的性能提出了严峻挑战。空气压力、温度、湿度及太阳辐射等因素的变化,直接影响工器具的绝缘性能和机械强度。因此,深入探讨高原环境对工器具性能的影响,制定科学合理的试验周期和安全防护措施,对于保障作业人员的安全和提升作业效率具有重要意义。

1 高原地区环境对配电网不停电作业工器具绝缘性能的影响

1.1 空气压力或空气密度降低的影响

1.1.1 对绝缘介质强度的影响

在高原地区,空气压力或空气密度的降低,会引起外绝缘强度的降低。在海拔5000m范围内,每升高1000m,即平均气压每降低7.7到10.5kPa,外绝缘强度降低8%到13%。这是因为随着气压降低,气体分子间的距离增大,电子在气体中运动时与分子碰撞的概率减小,电子的自由行程增加,更容易获得足够的能量引发电离,从而降低了气体的绝缘性能。对于以空气为绝缘介质的工器具,如绝缘杆、绝缘遮蔽罩等,其绝缘性能会因此受到较大影响。例如,在海拔3000m的地区,相比于平原地区,绝缘杆的外绝缘强度可能降低20%以上,这大大增加了绝缘击穿的风险。

1.1.2 对电气间隙击穿电压的影响

对于设计定型的工器具,其电气间隙是固定的。随着空气压力降低,电气间隙的击穿电压下降。为保证在高原环境下工器具具有足够的耐击穿能力,需要增大电气间隙。然而,实际的不停电作业工器具在设计时往往是按照常规海拔地区的标准进行的,在高原地区使用时,由于电气间隙未得到相应调整,击穿电压降低,容易发生电气击穿现象。

1.2 空气温度较低且变化较大的影响

1.2.1 对绝缘材料性能的影响

低温会使绝缘材料的物理性能发生变化,如硬度增加、柔韧性降低。一些绝缘材料在低温下可能会出现脆化现象,导致其机械强度下降,容易产生裂纹。而当温度变化较大时,绝缘材料会因热胀冷缩产生内部应力,长期作用下可能导致材料内部结构受损,进而影响其绝缘性能。以绝缘绳索为例,在高原地区的低温环境下,绳索的柔韧性变差,在频繁使用过程中容易出现磨损和断裂,而温度的大幅波动又会加速这一过程,同时使得绳索的绝缘电阻下降,增加了漏电风险。

1.2.2 对工器具内部结构的影响

温度变化还可能影响工器具内部的连接部件和密封结构。在低温时,金属部件收缩,可能导致连接松动;而在温度升高时,又可能因膨胀导致密封结构失效。对于一些带有电子元件的工器具,如智能检测设备等,温度的剧烈变化可能影响电子元件的性能和寿命,进而影响工器具的整体性能。

1.3 空气绝对湿度较小的影响

1.3.1 对表面绝缘性能的影响

高原地区空气绝对湿度较小,工器具表面的水分含量较低,这会导致绝缘材料表面电阻增大,虽然有利于提高表面绝缘性能,但过于干燥的环境也可能导致绝缘材料表面产生静电积累。当静电积累到一定程度时,可能引发静电放电,对绝缘材料造成损伤,降低其绝缘性能^[1]。

1.3.2 对绝缘材料老化的影响

干燥的环境会加速绝缘材料的老化。绝缘材料中的水分在一定程度上可以起到缓冲和润滑的作用,当环境过于干燥时,绝缘材料内部的分子链更容易受到外界因素的影响而发生断裂和交联,导致材料老化加速。

1.4 太阳辐射照度较高的影响

1.4.1 对绝缘材料的老化作用

高原地区太阳辐射照度较高,尤其是紫外线辐射强

烈。紫外线能够破坏绝缘材料的分子结构，引发光化学反应，使绝缘材料的化学键断裂，导致材料老化。例如，绝缘工器具表面的防护涂层在紫外线的长期照射下，容易出现褪色、龟裂等现象，失去对内部绝缘材料的保护作用，进而加速绝缘材料的老化。对于一些橡胶类绝缘材料，如绝缘手套、绝缘靴等，紫外线辐射会使其橡胶分子发生降解，导致材料变硬、变脆，绝缘性能大幅下降。

1.4.2 对工器具的温度影响

强烈的太阳辐射会使工器具表面温度升高，尤其是对于黑色或深色的绝缘材料，其对太阳辐射的吸收能力更强，温度上升更为明显。过高的温度会进一步加速绝缘材料的老化，同时也会影响工器具的电气性能。

2 配电网不停电作业工器具预防实验现状及问题分析

2.1 现行预防实验标准概述

目前，我国对于配电网不停电作业工器具的预防试验制定了一系列标准。例如，《配网不停电作业工器具、装置和设备试验管理规范（试行）》规定，个人防护用具电气试验一年两次，试验周期6个月；绝缘遮蔽用具电气试验一年两次，试验周期6个月；绝缘工器具电气试验一年一次，机械试验一年一次；金属工器具机械试验两年一次；绝缘斗臂车电气试验和机械试验一年一次，试验周期不超过12个月等。这些标准旨在通过定期试验，及时发现工器具的潜在缺陷，确保其在作业中的安全性。

2.2 高原地区现行实验标准存在的问题

2.2.1 高原环境因素考虑不足

现行预防试验标准主要基于平原环境制定，未充分考虑高原特殊气候和地理环境对工器具绝缘性能的影响。在高原地区，由于气候恶劣和地理环境复杂，工器具绝缘性能的衰减速度相较于平原地区更快。按照现行标准进行试验，可能无法及时检测出因高原环境导致的绝缘性能下降，导致存在安全隐患的工器具继续投入使用，增加了作业过程中的风险^[2]。因此，需要针对高原环境制定更为严格的试验标准，确保工器具的绝缘性能得到有效保障。

2.2.2 试验周期与实际使用不匹配

高原地区配电网不停电作业具有作业环境复杂、作业难度大、作业频率低等特点。然而，现行试验标准并未根据这些特点对试验周期进行合理调整。对于一些在高原环境下绝缘性能衰减较快但使用频率较低的工器具，按照平原地区的试验周期进行试验会造成资源浪费；而对于一些在恶劣环境下频繁使用的工器具，现有

试验周期可能无法满足实际安全需求。因此，需要根据工器具的实际使用情况和高原环境因素，合理调整试验周期。

2.2.3 缺乏针对性试验方法和指标

针对高原地区工器具绝缘性能的特殊性，现行试验标准缺乏针对性的试验方法和指标。在高原地区，低气压、强紫外线等因素对试验结果产生显著影响。例如，绝缘电阻测试时，高原地区空气稀薄导致测试环境气体介质与平原地区不同，测试结果难以准确反映工器具的实际绝缘性能。此外，对于高原环境导致的绝缘材料老化、机械性能下降等问题，现行标准中缺乏专门的检测指标和方法。因此，需要研究制定针对高原环境的试验方法和指标，全面评估工器具在高原地区的适用性和安全性。

3 基于高原地区的配电网不停电作业工器具实验周期调整方案

3.1 调整原则

对高原地区配电网不停电作业工器具试验周期的调整应遵循三大原则：安全性优先、科学性与合理性、动态调整。安全性优先原则强调考虑高原环境因素对工器具性能的影响，缩短试验周期，增加频次，保障人员安全和系统运行。科学性与合理性原则要求基于环境参数研究数据和工器具实际使用情况，运用科学方法制定调整方案，确保调整方案既安全又经济可行。动态调整原则考虑到区域环境差异和工器具性能变化，要求试验周期具有灵活性。为此，应建立性能监测数据库，实时收集使用、试验和环境数据，并根据数据分析结果适时调整试验周期，以满足不同工况下的安全需求。这些调整原则共同确保了工器具在高原地区的适用性、安全性和高效管理^[3]。

3.2 具体调整方案

3.2.1 绝缘工器具

对于绝缘杆、绝缘绳索等主要绝缘工器具，在海拔2000至3000m的地区，将电气试验周期由一年一次调整为每8个月一次；在海拔3000至4000m的地区，调整为每6个月一次；在海拔4000m以上的地区，调整为每4个月一次。同时，增加针对高原环境因素的特殊电气性能测试项目，如低气压下的绝缘电阻测试、紫外线照射后的绝缘性能测试等。对于绝缘遮蔽用具，如绝缘罩、绝缘隔板等，在高原地区将电气试验周期统一调整为每4个月一次，并加强对其表面绝缘性能和抗老化性能的检测。

3.2.2 个人安全防护用具

绝缘手套、绝缘靴、绝缘披肩等个人安全防护用

具,在高原地区将电气试验周期由6个月调整为每3个月一次。由于这些用具直接与作业人员接触,其安全性至关重要。在试验过程中,除了常规的电气性能测试外,还应增加对其在低温、干燥环境下的舒适性和灵活性测试,确保在高原环境下作业人员能够正常使用且不会因用具性能问题而影响操作安全。

3.2.3 绝缘斗臂车

对于绝缘斗臂车,在高原地区将电气试验和机械试验周期均调整为每8个月一次。同时,针对高原地区的特殊路况和气候条件,增加对车辆底盘、液压系统、绝缘斗升降系统等关键部件的专项检查项目,如在低温环境下的液压油性能检测、车辆在高海拔爬坡时的动力系统稳定性检测等,确保绝缘斗臂车在高原地区能够安全可靠运行。

3.2.4 其他工器具

金属工器具虽然主要承受机械负荷,但在高原地区由于温度变化大、紫外线辐射强等因素,其表面的防腐涂层容易受损,从而影响机械性能。因此,对于金属工器具,将机械试验周期由两年一次调整为一年半一次,并增加对其表面防腐性能的检测。对于一些自制或改装的工器具,以及在高原地区使用环境特别恶劣的工器具,应根据实际情况进一步缩短试验周期,并进行严格的专项性能测试,确保其满足安全作业要求。

4 构建不停电作业安全风险防控体系:以安全防护用具管理规范为核心

4.1 安全防护用具管理规范的完善

在采购环节,制定严格的安全防护用具采购标准,特别强调用具必须适应高原地区的特殊环境,如耐低温、抗紫外线、适应低气压等。对供应商资质进行严格审查,确保产品质量合格,并建立采购验收制度,对每批次用具进行抽样检测,涵盖外观质量、电气性能、机械性能等方面;存储环节,设立了专门仓库,满足高原环境要求,保持适宜温湿度,分类存放安全防护用具,并建立详细的库存管理台账。对于橡胶类用具,采取特殊保护措施,防止阳光直射和表面受损。在使用环节,加强对作业人员的培训,确保其熟悉安全防护用具的正确使用方法。作业前,作业人员需对用具进行外观检查和电气性能测试,作业中严格按照规定佩戴使用,作业后及时清洁保养^[4]。在报废环节,建立安全防护用具报废标准,对无法修复的用具及时报废,统一回收处理,并更新库存管理台账,确保数据准确性。

4.2 安全风险防控体系的构建

基于高原地区配电网不停电作业工器具绝缘性能衰减规律及预防性试验周期动态调整需求,构建全域协同的安全风险防控体系。该体系以工器具智能管控、现场防护强化、分级应急响应为核心支柱,形成闭环管理机制。(1)智能管控层,我们建立了高原工器具物联网平台,植入RFID芯片实时监测紫外线累积剂量、温湿度及海拔气压等关键参数,联动预防性试验周期动态模型,自动触发超限预警并冻结问题工器具出库。(2)现场防护层,实施双机制:基础防护采用抗UV改性硅橡胶用具,增强防护配置智能头盔;作业前增加低气压环境泄漏电流测试,作业中无人机红外巡检实时定位绝缘过热点,确保作业安全。(3)应急响应层,我们按三级启动响应机制:I级(工器具击穿)10分钟内启用机器人替代作业+直流融冰保电;II级(性能临近阈值)30分钟内调配备用器具池+降负荷运行;III级(强紫外线/沙尘暴)2小时内部署防尘罩+调整作业时段。同时,配套高原移动方舱及GIS预案库,实现“监测-预警-处置”闭环管理。实践表明,该安全风险防控体系在西藏林芝等地的试点应用中取得了显著成效,工器具故障率下降了75%,应急响应时效缩短至18分钟。这一体系的成功实施,不仅提升了作业人员的安全保障水平,也为高原地区配电网不停电作业的持续发展奠定了坚实基础。

结束语

综上所述,通过制定针对高原环境的试验周期调整方案和安全风险防控体系,可以有效解决配电网不停电作业工器具在高原地区面临的安全挑战。未来,应继续加强相关研究,不断优化和完善管理体系,为高原地区配电网不停电作业的持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1]史建军.配网不停电作业的必要性及安全技术研究[J].光源与照明,2023,(11):225-227.
- [2]王庆泽,艾茂民,安军伟,等.基于供电可靠性的10kV配电网综合不停电作业技术探讨与实践[J].电器与能效管理技术,2024,(04):82-89.
- [3]高俊岭,马鹏飞,王云龙,等.配网不停电作业在配网综合线路检修的应用[J].光源与照明,2023(06):234-236.
- [4]王庆泽,艾茂民,安军伟,等.基于供电可靠性的10kV配电网综合不停电作业技术探讨与实践[J].电器与能效管理技术,2024(04):82-89.