

潮湿环境下环网柜二次小室防凝露技术控制

刘月

中铁十四局集团有限公司

摘要：本文首先概述了环网柜的定义和功能，以及二次小室的作用和组成。对凝露形成的原因进行了分析，并探讨了凝露对环网柜的影响及凝露防治的重要性。概述了传统的凝露防治方法和新兴的凝露防治技术，并介绍了它们的原理和工作机制。进一步讨论了环网柜二次小室防凝露技术控制的现有限制和难点，以及优化措施。进而提出了传感器技术在凝露控制中的应用、温湿度控制系统设计与优化、智能控制算法的应用等技术方案，以提高环网柜二次小室防凝露技术的效果和可行性，希望可以为环网柜二次小室防凝露技术的应用和改进提供参考和指导。

关键词：环网柜二次小室；防凝露技术控制；优化研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.023

引言

随着电力系统的不断发展和扩展，环网柜作为电力配电网的重要组成部分，发挥着至关重要的作用。然而，由于安装环境湿度、温度的变化以及设备运行产生的热量等因素影响，环网柜二次小室中常常会出现凝露现象，给设备运行和维护带来了一系列的问题和挑战。凝露的形成不仅可能导致设备损坏和电气故障，还可能引发安全隐患和运行不稳定。因此，研究和应用有效的凝露防治技术对于保证环网柜的正常运行和电力系统的稳定性至关重要^[1]。

一、环网柜二次小室概述

（一）环网柜的定义和功能

环网柜是电力系统中的一种重要设备，主要用于配电网的开闭所和分支电路的保护、控制和监测。它是由高压设备、低压设备和辅助设备组成的一个封闭的金属结构。环网柜通常安装在户外，作为电力系统的分配点，用于实现电能的输入、输出和转换，同时提供对分支电路的保护和控制^[2]。

环网柜的主要功能是实现电力系统的分支开关控制和配电保护。通过环网柜，可以对不同电路进行切换和联锁操作，实现对电能的分配和传输。它能够监测电路的电流、电压、功率等参数，并在发生故障或异常情况时，及时切断电路以保护设备和系统的安全运行。环网柜还可以实现对电能质量的监测和调节，提高供电可靠性和稳定性。

除了分支开关控制和配电保护功能，环网柜还具备以下附加功能：提供接地和短路保护，协调并实施自动化控制策略，支持远程监测和通信功能，记录和存储电

力参数等数据，以及配备监视和报警系统。这些功能使环网柜成为电力系统中重要的组成部分，为配电网的运行和管理提供了必要的支持^[3]。

（二）二次小室的作用和组成

二次小室是环网柜中的一个重要部分，具有多种作用和功能。首先，二次小室用于安装和保护环网柜中的二次设备和辅助设备，如测量仪表、保护装置、控制器、通信设备等。它提供了一个专用的空间，使这些设备可以安全、有效地运行和工作。二次小室还为这些设备提供了适宜的工作环境，包括合适的温度、湿度和通风条件，以确保它们的正常运行和可靠性。其次，二次小室在环网柜中起到隔离和防护的作用。它将二次设备与高压设备和其他部件进行隔离，防止它们受到外界环境、灰尘、湿气等的影响^[4]。通过二次小室的封闭结构和相应的密封措施，可以有效地防止灰尘、潮湿和其他外部物质对二次设备的侵害，从而提高设备的可靠性和寿命。二次小室的组成通常包括以下几个方面的元素：首先是安全门，用于进入和维护二次小室。其次是设备安装支架或搁板，用于安装和固定二次设备和辅助设备。此外，二次小室还包括适当的配电系统，包括电缆、连接器、端子板等，用于连接和分配电源和信号。通常还配备散热装置、温湿度传感器、通风设备和防火设施等，以确保二次小室的温度、湿度和安全性。

二、防凝露问题分析

莱西市位于胶东半岛中部，境内气候为温带季风型大陆性气候，夏季高温多雨、湿度大，新建地下线缆工程共敷设10kV电缆长度约19.86km，新建10kV环网柜32台，10kV箱变25台，本工程于2021年竣工。在运营管理的过程中，环网柜凝露现象严重，经过多方调研、分析及处理，有效改善了凝露多的现象。

（一）凝露形成的原因

凝露主要是由于二次小室内空气中的水蒸气冷却凝结成液态水，从而形成凝露。减少或避免空气中水蒸气凝结为液态水是制约凝露现象的主要症结。众所周知水蒸气转化为液态水主要影响因素为湿度和温度差异。

当环境湿度较高时，尤其是在潮湿的气候条件下，当二次小室的温度较低时，空气中的水蒸气会冷却并凝结成水滴，形成凝露。这是因为冷却的表面会引起水蒸气的凝结，类似于玻璃杯上的凝露现象。凝露的形成还可能受到二次小室的通风和绝缘性能的影响。缺乏适当的通风换气系统或绝缘材料的不足可能会导致湿气积聚在二次小室中，加剧凝露问题的发生。因此，湿度和温度差异以及通风绝缘等因素共同作用，导致了凝露在环

网柜二次小室中的形成。

（二）凝露对环网柜的影响

1. 降低设备的绝缘性能

凝露的存在可能导致电气设备的绝缘性能下降。水滴和湿气在设备表面积聚，形成导电通路，增加了设备发生漏电、绝缘击穿等故障的风险。凝露还会导致绝缘材料的吸湿，进一步降低绝缘性能，对设备的安全运行构成威胁。

2. 增加设备的腐蚀和损坏风险

凝露中的水分含有氧气和其他污染物质，对设备的金属表面产生腐蚀作用。腐蚀会导致设备的表面氧化、金属损坏和部件失效，缩短设备的使用寿命。此外，凝露中的水滴可能滴落到设备内部，引起电气元件的短路或损坏，进一步加剧设备的故障和损坏风险。

3. 增加运维难度和成本

凝露问题增加了环网柜的运维难度和成本。湿气的存在会加速设备的老化和损坏，需要更频繁的维护和检修。运维人员需要花费更多的时间和精力来清理凝露、修复设备和维护绝缘性能。此外，凝露还增加了设备的能耗，因为通常需要采取加热措施来防止凝露的形成，增加了电力消耗和运行成本。

三、环网柜二次小室防凝露技术概述

（一）传统的凝露防治方法

传统的凝露防治方法包括通风换气、加热和绝缘材料的应用等。目前，使用较多的环网柜通常采用加热板来提高二次小室内的环境温度，防止水蒸气凝结，为避免高温会使线缆老化加剧，设置温度不会过高，当周围环境温度偏低时，二次小室内外温差较大，效果不尽如人意，时常在柜体顶端出现凝露现象。部分环网柜厂家采取增加通风的手段，通过空气交换来保证二次小室内温度与环境温度一致，从而降低凝露的产生，但对于潮湿且秋末冬初昼夜温差较大的地区，效果较差。再者，使用绝缘材料来提高环网柜的绝缘性能，以减少凝露对设备的影响，并没有减少凝露的产生反而放任不管，随使用时间的增长绝缘材料的不断老化，短路问题加剧明显。

（二）新兴的凝露防治技术

近年来，一些新兴的凝露防治技术得到了广泛研究和应用。其中包括冷凝防露技术、吸湿材料的应用和除湿装置等。冷凝防露技术利用冷凝原理，通过在二次小室内部表面上形成一层绝缘的冷凝层，阻止水蒸气凝结。吸湿材料的应用可以吸附和保持湿气，降低二次小室的湿度，减少凝露的产生。除湿装置利用除湿机、干燥剂或者分子筛等设备，主动降低二次小室的湿度，以防止凝露的形成。

（三）技术的原理和工作机制

这些技术的原理和工作机制各有不同。冷凝防露技术利用表面的冷却效应，使水蒸气冷却并凝结在表面

上，形成绝缘的冷凝层，阻止凝露的产生。吸湿材料通过吸附和保持湿气，降低二次小室的湿度，减少水蒸气的凝结。除湿装置通过物理或化学手段，如除湿机、干燥剂或分子筛，从空气中吸附或吸收湿气，降低环境湿度。

四、环网柜二次小室防凝露技术控制

（一）传感器技术在凝露控制中的应用

传感器技术通过安装湿度传感器和温度传感器，可以实时监测二次小室的湿度和温度变化。传感器可以提供准确的数据，帮助判断凝露形成的风险，并及时采取相应的措施。传感器的信号可以与控制系统相连，实现自动化的凝露控制。例如，当湿度超过预设阈值时，控制系统可以自动启动除湿装置或加热设备，以降低湿度和防止凝露的形成。传感器技术的应用可以提高凝露控制的准确性和响应速度，保障环网柜的正常运行。

（二）温湿度控制系统设计与优化

为了有效控制环网柜二次小室的凝露问题，需要设计和优化温湿度控制系统。该系统包括温度控制和湿度控制两个方面。在温度控制方面，可以根据环网柜二次小室的特点和工作要求，设计合适的加热系统或制冷系统，以维持二次小室的温度在适当范围内，防止温度过低导致凝露的形成。在湿度控制方面，可以采用除湿装置、湿度调节器等设备，通过控制湿度传感器反馈的数据，调节湿度到合理水平，减少凝露的发生。

（三）智能控制算法的应用

智能控制算法在环网柜二次小室防凝露技术控制中的应用也具有重要意义。通过利用先进的智能控制算法，可以根据传感器反馈的数据进行准确的判断和决策，实现凝露控制的自动化和智能化。例如，可以采用模糊控制、PID控制或基于人工智能的算法，根据环境湿度和温度的变化，自动调整加热、制冷和除湿设备的运行状态，以达到凝露控制的最佳效果。智能控制算法还可以结合预测模型和优化策略，实现对凝露控制系统的优化和节能管理。通过分析历史数据和环境变化趋势，预测二次小室的湿度和温度变化，提前采取相应的控制措施，避免凝露问题的发生。同时，优化策略可以根据不同的工作条件和环境要求，调整控制参数和运行策略，以提高凝露控制系统的效率和性能。

五、现有技术的限制和挑战

（一）多因素影响的复杂性

凝露问题受到多种因素的影响，如环境湿度、温度变化、设备运行状态等。这些因素的相互作用和变化的复杂性增加了凝露控制的难度。凝露的形成是一个动态过程，需要综合考虑多个因素的影响，并采取相应的控制措施。因此，凝露防治技术需要在复杂多变的条件下进行控制，增加了技术的复杂性和挑战性。

（二）设备适应性与兼容性

环网柜二次小室内存在不同类型的规格的设备，其

结构和工作特性各异。在设计凝露防治技术时，需要考虑不同设备的适应性和兼容性。不同设备的散热方式、工作温度范围、湿度敏感性等因素可能导致凝露控制策略的差异。因此，需要针对不同设备进行技术调整和优化，以确保凝露控制技术的适用性和有效性。

（三）能源消耗与经济成本

凝露防治技术通常需要使用加热、制冷或除湿设备，这些设备的运行会消耗大量能源。长时间高能耗的运行不仅会增加环境负荷，还会增加运行成本。另外凝露控制需要实时监测环境湿度和温度的变化，并根据监测结果进行及时的反馈和控制。然而，现有的监测设备和系统可能存在数据延迟或不准确的问题，影响了凝露控制的实时性和精确性。此外，凝露控制的反馈和调整可能需要多个环节和时间，导致响应速度受到限制。

六、环网柜二次小室防凝露技术控制的优化措施

（一）综合考虑多个因素

针对凝露问题的复杂性，可以采取综合考虑多个因素的控制策略。通过准确监测和分析环境湿度、温度、设备运行状态等相关参数，建立凝露形成的模型，并基于模型进行控制决策。这样可以更全面地评估凝露形成的风险，并根据实时的情况调整控制策略，提高凝露防治的准确性和效果。

（二）技术优化和创新

一般而言，采用加热板来防止水蒸气冷凝是常见的方法。然而，加热板可能导致线缆元器件的损坏，因此谨慎使用。在实际运营中，发现环网柜多次跳闸后打开柜门，发现柜体内的水珠成线落下，元器件也出现了锈蚀情况。为应对这种情况，采取了两个措施来进行优化。首先，在环网柜下方建立了一个混凝土隔板，以防止基础内的水汽进入环网柜。这样可以有效地减少水汽对环网柜内部的影响。其次，针对元器件，包括主板外表层，进行了喷涂层处理。这种喷涂层可以提供额外的防护层，防止水蒸气的侵入并减少锈蚀的发生。

技术优化方面可以采用高效的热交换技术。例如，引入热交换器系统，通过热交换器将冷凝的水蒸气与热量高的空气进行热交换，从而降低小室内部的湿度，减少凝露的形成。这种技术优化不仅能有效控制凝露，还能节约能源并提高系统的效率。其次，创新方面可以考虑应用吸湿材料来吸收湿度。例如，引入吸湿性能强的材料，如硅胶或分子筛等，在环网柜二次小室中设置吸湿装置，通过吸收空气中的湿度，减少凝露的产生。这种创新技术不仅可以提高凝露的控制效果，还能延长吸湿材料的使用寿命，减少维护成本^[5]。

（三）能源节约与优化

为了降低凝露控制过程中的能源消耗和经济成本，可以采取节能措施和优化策略。例如，结合能源管理技术，合理设置设备运行模式和时间，避免能源的浪费。另外，可以采用智能控制算法和优化调度方法，对凝露

控制设备的运行进行动态优化，最大程度地降低能源消耗和运行成本。

（四）增强监测与反馈能力

为了提高凝露控制的实时性和精确性，可以引入先进的监测技术和数据处理方法。例如，采用高精度的传感器和监测系统，实时获取环境湿度和温度的数据。同时，利用物联网技术和云平台，实现数据的快速传输和处理，确保监测数据的准确性和及时性。基于监测数据，结合先进的控制算法，实现快速的反馈和调整，提高凝露控制的效果。

（五）持续改进和经验积累

凝露防治技术的优化需要进行持续改进和经验积累。通过实际应用和实验验证，不断总结和积累凝露防治的经验，并将其反馈到技术改进中。可以建立凝露防治的数据库，记录和分析不同环境条件下的凝露情况和控制效果，以指导后续的优化工作。此外，与行业内的专家和研究机构进行合作，开展技术交流和合作研究，共同推动凝露防治技术的发展和革新。另外，凝露防治技术的优化还需要考虑实际应用的可行性和可持续性。技术改进应综合考虑成本效益、可操作性和可维护性等方面的因素。在设计和实施凝露防治技术时，要确保方案的可行性和实用性，并与环网柜的整体设计和运维管理相协调。此外，定期进行技术评估和效果验证，及时修正和改进技术方案，以适应环境变化和新的需求。

七、结论

综上所述，环网柜二次小室防凝露技术控制是确保环网柜可靠运行的重要问题。本论文从凝露形成的原因、凝露对环网柜的影响以及凝露防治的重要性入手，探讨了传统的凝露防治方法和新兴的凝露防治技术，并介绍了传感器技术、温湿度控制系统设计与优化、智能控制算法的应用。同时，也分析了现有的限制和难点，并提出了优化措施。通过合理应用这些技术和策略，可以有效控制凝露的形成，提高环网柜的可靠性和安全性。

参考文献

- [1] 韩超, 尚爱洋, 刘宗仁. 提高环网柜基础防凝露处理成功率[J]. 中国电力企业管理, 2022, (24): 94-95.
- [2] 赵勇军, 陈龙, 陈俊威, 蔡伟, 秦雄鹏. 超疏水涂料在10kV环网柜凝露防治中的应用[J]. 电工技术, 2022, (15): 185-188.
- [3] 谢小川, 张隆斌, 廖鹏飞, 何浩, 吴玉丰, 冉卫华. 环网柜智能湿度监测及除凝露系统设计[J]. 电子测试, 2022, 36(13): 123-125+115.
- [4] 王旭, 庞龙光. 速干水泥封堵工艺解决环网柜凝露问题[N]. 国家电网报, 2022-02-17(004).
- [5] 郝双程, 严文杰, 黄永钦. 环网柜除湿实用方案[J]. 农村电工, 2021, 29(08): 44.