

# 户外设备绝缘子覆冰防护措施的探讨

苏涛

江西省萍乡市南坑高压电瓷有限公司

**摘要:** 输电线路覆冰是一种常见的自然灾害,这一现象的发生会引起绝缘子串闪络、负荷过量等事故,严重时则会影响电力系统的安全运行。户外设备绝缘子覆冰是在极端气象条件下普遍存在的问题,可能导致设备的多重安全隐患。寒冷的气温和高湿度环境下,大气中的水汽凝结在设备表面形成覆冰,影响设备的性能和稳定性。为有效应对这一挑战,文章首先分析了户外设备绝缘子覆冰的类型、产生原因、影响以及危害,随后着重从环境监测、防冰涂层、设备优化设计、定期检查与维护等方面展开探讨,旨在提高户外设备在恶劣气象条件下的安全性和可靠性,以期为相关研究提供一些理论上的建议与意见。

**关键词:** 户外设备; 绝缘子; 防护措施; 覆冰闪络

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.107

## 引言

随着气象条件的多变,户外设备绝缘子覆冰问题愈加凸显其对设备安全性的威胁。本文旨在深入探讨多样化的防护措施,从环境监测到创新技术的运用,以提高户外设备在覆冰风险环境下的适应性。通过对各种防护方法的综合分析,期望为解决绝缘子覆冰问题提供有益的见解和解决方案。

## 一、覆冰的类型与形成原因

### (一) 类型

覆冰可以分为两大主要类型,即附着冰和积冰。附着冰是指冰晶附着在设备表面,形成薄薄的冰层,通常在较为寒冷的条件下发生,而这层冰的重量和形状会直接影响设备的负荷。积冰则是由于降雨或雾气中的水滴在设备表面冷却结冻而形成的厚冰层,通常在较高湿度和较低温度条件下发生,这种积冰层的增加会显著增加设备的重量,同时对设备的导热和散热性能产生不利影响,进而引发一系列的安全隐患。因此,理解不同类型的覆冰对设备的影响,对于选择合适的防护措施至关重要。

### (三) 形成原因

绝缘子覆冰的主要原因来自特定的气象条件和环境因素。首先,当大气中的水汽遇到极端低温表面时,会凝结成冰晶,形成绝缘子表面的附着冰,这种情况通常在寒冷的冬季或恶劣的气候条件下发生。其次,当湿度较高的空气中存在雨滴或雾气,而空气温度较低时,这些水滴在绝缘子表面结冻形成积冰层,这种情况尤其在气温接近冰点的条件下容易发生。绝缘子覆冰的形成还与风的作用密切相关,风能够带来

降温效应,增加冰晶或水滴在绝缘子表面冷却结冻的可能性。因此,气温、湿度、风速等因素相互关联、相互作用,共同导致了绝缘子表面的覆冰现象,这些覆冰不仅影响绝缘子本身的性能,还可能对电力设备的正常运行造成潜在的安全隐患,电力维护人员在采取有效防护措施时,需要综合考虑这些原因以提高绝缘子的抗冰能力。

## 二、常见的清除覆冰方法

清除覆冰是维护户外设备正常运行的关键步骤,而采用合适的方法至关重要。首先,传统的物理方法包括手工清除和机械清除。手工清除通常涉及专业人员使用工具,如:棒状工具或刮板,亲自清除绝缘子表面的覆冰。机械清除则借助于设备,如:激振器、振动器等,通过振动或震动来帮助覆冰脱落。其次,化学方法也是一种有效的清除手段。这涉及喷洒或涂覆一定类型的化学溶液,如:融雪剂或防冰液,以加速覆冰的融化使其易于清除。然而,要注意的是要使用环境友好、对设备无害的化学品。近年来,高科技手段也得到了应用,如:激光或微波技术等,这些方法通过能量的作用,迅速融化或蒸发绝缘子表面的覆冰,从而达到清除的效果<sup>[1]</sup>。不论采用何种方法,清除覆冰的时机最重要。最佳时机通常是在覆冰积聚到一定程度但尚未形成厚重冰层时,以避免设备遭受额外的负担。综合考虑不同方法的优缺点,选择适用于具体情况的清除覆冰的方法是确保设备安全运行的重要环节。

## 三、覆冰对户外电力设备的影响

在寒冷天气下,高压电气设备表面很容易覆盖冰层,这将会导致设备绝缘强度下降、闪络电压降低,严

重时则会生影响电力系统的整体运行。覆冰对户外设备的安全性构成了严峻的威胁，这是由于极端气象条件下，大气中的水汽在设备表面凝结形成覆冰层，这薄薄的覆冰看似轻盈，实际上却可能导致设备的多重安全隐患。一方面，覆冰增加了设备的重量，可能导致结构负荷超负荷，从而影响其稳定性和结构完整性。另一方面，这层覆冰阻碍了设备的散热，可能会引发过热问题，从而损害设备性能甚至引发设备故障<sup>[2]</sup>。但是需要我们特别注意的是，覆冰在风力作用下可能会脱落，形成飞行物，对周围环境和人员造成潜在一定的威胁。因此，全面了解覆冰的威胁性质以及有效的防护措施显得至关重要，以确保户外设备的可靠性和安全性。

#### 四、防护和检查户外设备的必要性

第一，定期维护有助于保持各种防护措施的有效性，如：加热系统、防冰涂层等，这样的维护可以确保这些系统在需要时能够快速响应，以提供足够的防护。第二，定期检查有助于早期发现潜在问题，特别是覆冰的形成情况，维护人员通过定期检查绝缘子表面，可以及时发现并清除已形成的覆冰，防止其进一步累积导致设备故障。第三，定期维护与检查还能够延长设备的使用寿命，减少由于未察觉的问题导致的损坏，从而有效降低设备维修和更换的成本，这种预防性的管理方式，不仅有助于提高设备的可靠性，还有助于减少突发故障带来的生产中断<sup>[3]</sup>。定期维护和检查是对户外设备负责任的管理实践，通过及时发现和处理问题，确保设备在各种环境条件下都能够保持高效运行，从而提高生产效益和安全性。

#### 五、当前我国户外设备绝缘子覆冰防护现状

当前我国户外设备绝缘子覆冰防护面临着一系列挑战和进展。具体可以从以下几个方面阐述：一方面，由于我国广泛的地理分布和多样的气象条件，不同地区面临着不同程度的绝缘子覆冰问题，寒冷的冬季和高湿度环境使得某些区域更容易受到冰的影响。另一方面，在防护方面，一些地区采用了传统的加热系统和防冰涂层，但在应对极端气象事件和大范围冰雨等极端天气时，这些方法的效果可能受到限制。再一方面，一些先进的技术，如：智能环境监测系统和振动技术，在一些重要电力设施上逐渐得到应用，提高了防护的智能化水平。然而，需要我们注意的是，在一些偏远或高海拔地区，设备维护和更新的难度较大，可能导致防护系统的

滞后和不足。另外，一些先进技术的成本和推广难题仍然是需要克服的挑战。我国在户外设备绝缘子覆冰防护方面已经取得了一些进展，但仍需在技术创新、设备更新和应急响应等方面不断加强，以提高防护效果，确保电力系统的安全和可靠运行。

#### 六、户外设备绝缘子覆冰防护有效措施

##### （一）构建和完善环境监测系统

首先，电力企业应建立气象站点以监测关键气象条件，包括：温度、湿度、风速和降水量，这为及时预警提供了基础数据，使得能够更准确地评估覆冰风险。其次，使用集成实时数据传输技术，确保监测系统能够迅速传递数据到中央控制中心或相关管理人员，这样的迅速响应机制可以有效降低覆冰造成的潜在风险。再次，在环境监测系统中，可以引入智能算法和数据分析技术是至关重要的，这可以帮助识别气象条件下覆冰形成的模式，预测覆冰发生的概率，并为采取相应防护措施提供更深入的见解。最后，机械设备维护人员定期的系统维护和校准也是确保环境监测系统准确性和可靠性的关键因素，监测系统的不断优化和升级，以适应不同气候条件下的变化，是持续提高覆冰防护效果的必要手段。电力企业通过建立全面的环境监测系统，能够及时获得准确的气象信息，并通过智能分析为设备提供有效的覆冰防护策略，从而提高设备的安全性和可靠性。

##### （二）使用防冰涂层

使用防冰涂层是一种有效的户外设备绝缘子覆冰防护措施，这特殊的涂层能够在设备表面形成一层薄薄的保护膜，以减缓或减少冰的附着，这种涂层通常具有低表面能量，使水滴难以在其表面形成大的冰晶，从而降低覆冰的可能性。目前应用于绝缘子防冰的绝缘材料，可分为：融冰型、疏水型、电热型。融冰型涂层属于消耗型，但不具备长效性。疏水型具有低覆盖冰黏结力的特点，在外力作用下很容易让覆冰从超疏水涂层表面滑落下来，该涂层在一定程度上可以有效延缓户外设备的覆冰。电热型是将涂料直接覆盖于设备表面，绝缘子在正常运行情况下，表面会有泄漏电流通过，可利于表面电热涂层的电热效应来减少覆冰。防冰涂层的选择通常基于其抗风化、耐高温、抗紫外线等性能，以确保其长期稳定性。这些涂层可以应用于各种类型的绝缘子表面，形成一种保护层，防止冰的积聚和附着。这种方法不仅有效降低了冰的形成风险，还提高了绝缘子的性能

和耐用性，为设备在寒冷气候条件下的可靠运行提供了可行的解决方案<sup>[4]</sup>。在维护和更新涂层时，要确保符合相关标准和制造商的建议，以保证其长期有效性。

### （三）运用振动技术

运用振动技术是一种创新而有效的户外设备绝缘子覆冰防护手段。通过定期的、适度的振动，可以有效地防止冰的附着，维持设备表面的相对干燥状态。这种技术的核心思想是通过振动破坏冰的结构，使其难以附着在设备表面，同时帮助已形成的冰层更容易脱落。振动技术的应用有多种形式，可以采用机械振动装置，也可以利用超声波技术实现微小而高频的振动。这些振动可以根据环境条件和设备特性进行调整，以确保在不损害设备的情况下有效地防止覆冰的形成。另外，振动技术还能够提高设备的可调性，适应不同气象条件下的需求。通过智能控制系统，可以根据实时气象数据和环境条件，自动调整振动的强度和频率，从而提高防护效果。振动技术作为一种创新的覆冰防护手段，通过破坏和预防冰的附着，为户外设备提供了一种可靠而持续的防护方式，提高了设备在极端气象条件下的可靠性和安全性<sup>[5]</sup>。

### （四）定期检查与维护

第一，电力企业需要建立一个详细的检查计划，包括检查频率、具体步骤和相关记录，这可以确保每个阶段都能全面覆盖设备，并及时发现潜在问题。在检查中，重点关注绝缘子表面是否有覆冰的迹象，以及防护系统是否正常运行。第二，检查人员应当具备专业知识，能够准确判断覆冰对设备的潜在影响并采取相应的措施。维护包括清除已经形成的覆冰、修复或更换受损的防护设施以及确保加热系统、涂层等防护措施的正常运行。第三，定期维护能够延长防护系统的使用寿命，提高其可靠性。定期检查与维护过程中，建议记录所有的观测数据、维护措施和发现的问题，这样的记录可以帮助分析设备长期的性能趋势及时调整和改进防护措施<sup>[6]</sup>。定期检查与维护是预防和处理绝缘子覆冰问题的关键步骤，通过这一系统性的管理，能够确保设备在恶劣气象条件下的可靠运行。

### （五）设备优化设计

其一，电力企业在设计电力设备时，应考虑采用防冰设计，以降低冰的附着和积聚的可能性，这包括改进绝缘子的形状、表面材料和结构，以最大限度地减少冰

的黏附表面。在设计中引入加热系统的集成是一项有效的策略，确保设备能够在需要时提供适度的热量，防止冰的形成，这可以通过电阻加热、感应加热等技术来实现，以提高设备的抗冰能力。其二，考虑采用先进的材料技术，如防冰涂层、耐高温材料等，以增强设备表面的抗冰性能，这样的设计能够在设备的整个使用寿命内提供持久的覆冰防护效果。其三，在设备优化设计中，还应当考虑灵活性和可调性，使得设备能够根据不同气象条件调整防护策略，确保在各种环境下都能够保持高效运行。设备优化设计是从根本上提高绝缘子覆冰抵抗能力的手段，通过在设计阶段考虑各种防护因素，可以有效降低设备在恶劣天气条件下的覆冰风险，提高其可靠性和安全性<sup>[7]</sup>。

## 七、结语

在户外设备运行的复杂环境中，绝缘子覆冰问题不仅是电力系统安全的一大挑战，也是技术创新和有效管理的机遇。通过本文对不同防护手段的探讨，我们强调了综合应用多种方法的重要性，以提高设备的可靠性和延长使用寿命。在未来的发展中，持续关注和创新防护技术，将有助于更好地保障户外设备在各种极端气象条件下的安全运行。

## 参考文献

- [1] 陈雅芳. 输电线路绝缘子覆冰预测及防护方法综述[J]. 山东电力技术, 2023, 50(03): 48-56.
- [2] 余美玲, 谭新玉. 超疏水涂层应用于绝缘子表面防覆冰作用探究[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2023, 45(02): 108-112.
- [3] 李怡达. 光热型超疏水表面防覆冰性能研究[D]. 华北理工大学, 2022.
- [4] 刘中央. 超疏水低黏附防覆冰涂层的设计及其除冰性能研究[D]. 华南理工大学, 2022.
- [5] 张立功, 张健. 寒冷地区户外设备绝缘子覆冰防护措施的探讨[J]. 陕西电力, 2015, 43(12): 76-79.
- [6] 高晋, 郭思华, 韩兴波等. 绝缘子表面三维覆冰特性的影响因素[J]. 电工技术学报, 2021, 36(14): 3072-3080.
- [7] 黄斌. 交流电场对复合绝缘子覆冰过程及放电特性影响的研究[D]. 重庆大学, 2008.