

极端天气条件下机场照明电气设备的防护与恢复策略

张斌

济南国际机场股份有限公司 山东 济南 250000

摘要：本文聚焦极端天气下机场照明电气设备的防护与恢复，首先阐述暴雨、暴雪、台风等极端天气对设备的危害，包括引发短路、降低发光效率、破坏结构等。接着研究设备受损机理，涵盖电气绝缘、机械结构、电子元件三方面。从设计、安装调试、运行维护阶段提出防护策略，如合理选型、规范安装、实时监测等。同时介绍极端天气后的恢复策略，包括快速评估诊断、应急修复、全面修复调试及总结改进。旨在提升设备应对极端天气的能力，保障机场正常运行。

关键词：极端天气；机场照明电气设备；防护策略；恢复策略

1 极端天气对机场照明电气设备的危害

1.1 暴雨对机场照明电气设备的危害

暴雨时，积水极易侵入电气设备内部，进而引发电气短路，对设备中的电子元件和电路板造成损坏。雨水里含有的杂质和化学物质，会逐渐腐蚀设备的金属部件，大大降低设备的使用寿命。此外，暴雨还可能引发洪水，一旦配电箱等设备位于低洼地带，便有被淹没的风险，这会造成严重的设备损坏以及停电事故，严重影响机场的正常运行。

1.2 暴雪对机场照明电气设备的危害

暴雪天气下，积雪会覆盖灯具，使灯具的发光效率大幅降低，直接影响机场的照明效果。当积雪融化后，水可能渗入设备内部，从而引发电气故障。而且，低温环境会使电池性能下降，导致照明设备启动困难，续航能力也显著降低，给机场的照明保障带来挑战。

1.3 台风对机场照明电气设备的危害

台风具有强大的风力，会对户外照明设施造成直接破坏，例如吹倒高杆灯、损坏标志牌等。同时，风力引起的振动还可能导致设备的连接部件松动，影响设备的稳定性和安全性，增加设备故障发生的概率，威胁机场的运营安全。

1.4 高温对机场照明电气设备的危害

在高温环境下，电气设备的散热问题尤为突出。过高的温度会加速设备绝缘材料的老化，降低绝缘性能，进而增加短路和漏电的风险。此外，高温还会使电子元件的性能变得不稳定，导致设备出现故障或误动作，影响机场照明系统的正常运行^[1]。

1.5 严寒对机场照明电气设备的危害

在严寒天气笼罩下，机场照明电气设备面临着诸多严峻挑战。低温环境犹如一个“隐形杀手”，会致使设

备中的润滑油逐渐凝固。原本流畅的机械运转部件，因缺乏润滑油的滋养，摩擦力大幅增加，运转变得迟缓且卡顿，甚至可能出现部件卡死的情况，严重影响设备的正常运行节奏。同时，电池在低温下性能急剧衰退，其容量大幅缩水，充放电效率也变得极低。这使得依赖电池供电的设备，如一些应急照明装置，可能因电力不足而无法正常启动，在关键时刻“掉链子”。另外，冰冻现象也不容小觑，它可能使设备的管道和线路被冻裂，引发设备损坏和泄漏事故，给机场运营带来巨大的经济损失和安全隐患。

1.6 雷电对机场照明电气设备的危害

雷电，这一自然界的强大力量，对机场照明电气设备构成了严重威胁，其危害形式主要分为直接雷击和感应雷击。直接雷击犹如一颗威力巨大的“炸弹”，当它击中设备时，会瞬间释放出巨大的电流，这股强大的电流如同汹涌的洪水，以摧枯拉朽之势烧毁设备的元件和线路，让设备在刹那间陷入瘫痪。而感应雷击则更为隐蔽，它会在设备周围悄然产生强大的电磁场。这个电磁场就像一个无形的干扰源，通过电磁感应在设备的线路和电子元件中产生感应电流，干扰设备的正常运行程序，使设备出现误动作、数据丢失等问题，甚至直接损坏设备，极大地影响了机场照明系统的可靠性。

2 机场照明电气设备受损机理研究

2.1 电气绝缘受损机理

电气绝缘是保证机场照明电气设备安全运行的重要环节。在极端天气条件下，电气绝缘容易受到损害。暴雨和潮湿环境会使电气设备的绝缘材料吸湿，导致绝缘电阻下降。当绝缘电阻降低到一定程度时，就会发生漏电现象，甚至引发短路故障。另外，水分中的杂质和化学物质会与绝缘材料发生化学反应，加速绝缘材料的

老化和腐蚀，进一步降低绝缘性能；雷电过电压是导致电气绝缘受损的另一个重要原因。当雷电击中机场照明电气设备或附近的物体时，会在设备上产生极高的过电压。这种过电压远远超过了设备的正常工作电压，会使绝缘材料发生击穿，形成导电通道，导致设备损坏。

2.2 机械结构损坏机理

机场照明电气设备的机械结构在极端天气下也容易受到损坏，台风和暴雪等极端天气产生的外力作用是导致机械结构损坏的主要原因。台风的风力会对户外照明设施产生巨大的拉力和压力，使设备的结构发生变形、断裂甚至倾倒。暴雪的积雪会在灯具和标志牌等设备上产生较大的重力，当积雪重量超过设备的承载能力时，就会导致设备损坏；地震等罕见极端天气虽然不常见，但一旦发生，其破坏力极大。地震产生的地震波会使设备的基础发生移动和变形，导致设备倾斜、移位甚至倒塌。同时，地震还可能引发地面塌陷、滑坡等次生灾害，进一步损坏机场照明电气设备^[2]。

2.3 电子元件故障机理

电子元件是机场照明电气设备的核心部分，其性能的稳定性直接影响设备的正常运行。在极端天气条件下，电子元件容易出现故障。高温和严寒等极端温度会对电子元件的性能产生显著影响。在高温环境下，电子元件的参数会发生漂移，如电阻值增大、电容容量减小等，导致设备的工作状态不稳定。同时，高温会加速电子元件的老化，缩短其使用寿命。在严寒天气中，电子元件的灵敏度会降低，响应时间变长，影响设备的正常运行；雷电电磁脉冲会对电子电路产生干扰和破坏。当雷电发生时，会在周围空间产生强大的电磁场，通过电磁感应在电子设备的线路和元件中产生感应电流。这些感应电流可能会使电子元件的工作状态发生改变，导致数据错误、逻辑混乱甚至元件烧毁等故障。

3 极端天气条件下机场照明电气设备的防护策略

3.1 设计阶段的防护措施

在设计阶段，应充分考虑极端天气的影响，采取一系列防护措施，提高设备的抗灾能力。（1）设备选型是关键的一步。根据机场所在地区的气候特点和可能面临的极端天气类型，选择具有相应防护等级的照明电气设备。例如，在多雨地区，应选择防水性能良好的灯具和配电箱；在多雷地区，应选用具有防雷功能的设备。

（2）合理布局照明设备也是重要的防护措施。避免将设备安装在低洼易积水、风口等易受极端天气影响的区域。对于户外高杆灯等大型设施，应考虑其抗风能力和基础稳定性，确保在台风等极端天气下能够安全运行。

（3）设计专门的防护结构可以有效提高设备的防护能力。为灯具安装防水罩、防雪棚，防止雨水和积雪直接接触灯具；为配电箱设置防雨棚、通风口，保证设备在潮湿环境下的通风和散热，同时防止雨水进入。

3.2 安装与调试阶段的防护措施

安装与调试阶段的质量直接影响设备的后期运行稳定性，因此需要严格按照规范进行操作，并采取相应的防护措施。安装人员应按照设备安装说明书和相关标准规范进行安装，确保设备的接地良好、连接牢固。接地是防止电气设备遭受雷击和漏电的重要措施，应保证接地电阻符合要求。连接部位的牢固性可以避免因松动导致的接触不良和发热等问题；安装避雷针、避雷带等防雷装置，将雷电电流引入地下，保护设备免受直接雷击^[3]。同时，合理布置接地装置，确保接地电阻足够小，提高防雷效果；对设备的电缆接头、外壳缝隙等部位进行密封处理，防止雨水、潮气等进入设备内部。可以使用密封胶、密封垫等材料进行密封，确保设备的密封性能良好。

3.3 运行维护阶段的防护措施

运行维护阶段是保障设备长期稳定运行的重要环节，需要建立完善的维护制度，加强设备的日常检查和维护。制定详细的设备检查计划，定期对照明电气设备进行检查、清洁、紧固和润滑等维护工作。检查设备的外观是否有损坏、连接部位是否松动、绝缘性能是否良好等，及时发现并处理设备存在的问题；与气象部门建立紧密联系，及时获取极端天气预警信息。在恶劣天气来临前，采取相应的防护措施，如关闭不必要的设备、加固户外设施等。同时，制定应急预案，明确在极端天气发生时的应急处理流程和责任分工，确保能够迅速、有效地应对突发事件；安装在线监测系统、传感器等设备，实时监测设备的运行状态，包括温度、湿度、电压、电流等参数。通过数据分析，及时发现设备的异常情况，并采取措施进行处理，避免设备故障的扩大。

4 极端天气过后机场照明电气设备的恢复策略

4.1 快速评估与诊断

极端天气过后，机场照明电气设备的恢复工作刻不容缓，首要任务便是快速评估与诊断。应迅速集结由电气工程师、设备维护专家等组成的专业团队，对机场照明电气设备展开全面且细致的检查。制定一份详尽无遗的检查清单，涵盖灯具、配电箱、电缆、控制设备等所有关键部位。对于灯具，要查看灯罩是否破损、灯泡是否熄灭；配电箱需检查箱体有无变形、内部元件有无烧毁痕迹；电缆要排查是否存在断裂、外皮破损等情况；控制设备则要确认显示屏是否正常、操作按钮是否

灵敏。详细记录每一处受损情况，如损坏元件的具体型号、线路断路的精确位置、绝缘破损的程度等，为后续修复提供精准依据。同时，充分利用专业的检测仪器和工具进行故障诊断。绝缘电阻测试仪可精准检测设备的绝缘性能，判断是否存在漏电隐患；万用表能快速检测电路的通断以及电压、电流等关键参数，帮助分析故障原因。通过对检测数据的综合分析，确定科学合理的修复方案，明确修复的优先级和具体步骤，确保修复工作有条不紊地推进。

4.2 应急修复措施

在设备修复期间，为保障机场的正常运行，必须采取切实可行的应急修复措施，设置临时照明设施是关键一环。移动式照明灯塔是常用的临时照明设备，它具备移动便捷、照明范围广的显著优势。根据机场的实际布局和照明需求，将移动式照明灯塔合理布置在跑道、滑行道、停机坪等关键区域，确保这些区域有足够的照明亮度，保障飞机起降和地面运行的安全^[4]。同时，在建筑物内部、通道等位置安装应急灯具，为人员疏散提供必要的照明指引。另外，提前准备好充足的备品备件，如灯泡、保险丝等易损元件，以便在发现损坏时能够迅速更换，大大缩短设备修复时间。对于受损但暂时无法更换的设备，要采取临时防护与加固措施。用防水布严密覆盖设备，防止雨水再次侵入造成二次损坏；对于倾斜的设备，使用坚固的支架进行支撑，防止其进一步倒塌，确保设备在修复前处于相对稳定的状态，避免受损情况恶化。

4.3 全面修复与调试

完成应急修复后，紧接着要对受损设备进行全面修复和调试，确保设备完全恢复正常运行。依据设备受损情况和故障诊断结果，对受损设备进行针对性修复或更换。对于轻微损坏的设备，进行精心维修，恢复其原有性能；对于严重损坏无法修复的设备，及时采购与原设备型号、规格和参数完全一致的新设备进行更换，保证设备的兼容性，避免因设备不匹配引发新的问题。设备修复完成后，对整个照明电气系统进行全面调试和测试。检查设备的运行状态是否正常，各项参数是否符合设计要求。进行全面的功能测试，包括照明显亮度是否达到标准、开关控制是否灵活准确、联动功能是否协同有

序等。通过模拟各种运行场景，检验设备在不同工况下的性能表现，确保设备能够满足机场在各种情况下的运行需求，为机场的安全运营提供可靠保障。

4.4 恢复后的总结与改进

极端天气过后，对整个防护与恢复过程进行全面总结与改进，是提升机场照明电气设备应对极端天气能力的关键举措。对极端天气下设备的受损情况、防护与恢复过程进行系统总结，深入分析存在的问题和不足之处。例如，评估防护措施是否切实有效，是否存在防护盲区；应急响应是否及时迅速，信息传递是否畅通无阻；修复方案是否科学合理，资源调配是否高效有序等。根据总结的经验教训，对现有的防护与恢复策略进行针对性改进和完善。优化设备选型，优先选择具有更高防护等级和适应性的设备；合理调整设备布局，提高设备的抗灾能力；加强防护结构的设计，增强设备的稳固性和耐用性。同时，完善应急预案，明确各部门的职责和应急流程，提高应急处理能力；加强人员培训，定期组织专业技能培训和应急演练，提高维护人员的专业技能和应急处置水平，确保在面对极端天气时能够迅速、有效地保障机场照明电气设备的正常运行。

结束语

极端天气对机场照明电气设备的影响不可忽视，其危害涉及多个方面，受损机理也较为复杂。通过从设计、安装调试到运行维护全流程的防护策略，以及极端天气后的科学恢复策略，可有效降低极端天气对设备的破坏，保障机场照明系统的稳定运行。未来，还需持续关注极端天气变化，不断优化防护与恢复策略，加强技术创新和人员培训，提高机场照明电气设备的抗灾能力，为机场的安全运营提供坚实保障。

参考文献

- [1] 张同朝.机场助航灯光工程电气施工安装技术研究[J].河南建材,2025(3):128-131.
- [2] 朱子凡.试析机场航站楼电气设计[J].中国高科技,2023(23):86-88.
- [3] 张晨曦.民用机场远机位机坪照明与供电接地系统设计探讨[J].现代建筑电气,2021,12(3):50-54,68.
- [4] 宋莉.机场航站楼机电安装工程综合技术分析[J].建材与装饰,2023,19(31):154-156.