

# 机场电网波动分析与优化措施

彭伯丽

重庆机场集团有限公司动力能源分公司 重庆 400000

**【摘要】**：机场作为交通枢纽，其电网供电可靠性直接关系到航班运行、旅客服务及安防系统的稳定。本文结合机场电网运行特点，深入分析了电网波动的主要成因，包括外部电源扰动、内部负荷冲击、设备故障及环境因素等，并通过实际案例数据验证了波动影响。在此基础上，提出了涵盖电源结构优化、负荷管理、设备升级及监控体系完善等多维度的优化措施，为提升机场电网供电稳定性、保障机场安全高效运行提供技术参考。

**【关键词】**：机场电网；波动分析；供电可靠性；优化措施

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.078

## 1 引言

随着航空运输业的快速发展，机场规模不断扩大，各类用电设备数量激增，对电网供电质量和可靠性的要求日益严苛。机场电网不仅要为航站楼照明、空调、电梯等常规负荷供电，还需保障导航雷达、通信系统、跑道助航灯光等关键负荷的不间断运行。电网波动一旦发生，可能导致关键设备误动作、航班延误甚至安全事故。据统计，我国部分机场近5年因电网波动引发的设备故障占比达15%，直接经济损失超千万元。因此，系统分析机场电网波动成因，制定科学有效的优化措施，对提升机场运行保障能力具有重要现实意义。

## 2 机场电网波动的主要成因分析

机场电网运行环境复杂，波动成因涉及外部供电网络、内部负荷特性、设备状态及自然环境等多个方面。通过对某大型机场电网运行数据的调研分析，梳理出主要波动成因及占比如表1所示。

表1 主要波动成因及占比

波动成因类型	具体表现	主要影响
外部电源扰动	市政电网电压暂降、暂升、断电；雷电过电压侵入	关键负荷中断，导航、通信系统异常
内部负荷冲击	大型空调机组启停、电梯频繁运行、充电桩集中充电	电网电压波动，精密设备精度下降
设备故障	变压器、断路器、电缆等设备老化或故障	局部供电中断，故障范围扩大
环境因素	强降雨、大风、高温高湿导致设备绝缘下降	设备短路，电网瞬时波动

(1) 外部电源扰动：机场电网多依赖市政电网供电，部分机场采用双电源供电模式，但仍无法完全规避外部扰动。市政电网因雷击、线路故障、负荷调整等原因引发的电压暂降、暂升现象，会通过供电线路直接传导至机场电网。例如，机场夏季因市政电网雷击导致电压暂升，造成航站楼3台精密空调停机，行

李分拣系统短暂中断。此外，雷电过电压还可能击穿设备绝缘，引发二次故障。

(2) 内部负荷冲击：机场内部存在大量冲击性、非线性负荷，是导致电网波动的重要内部因素。大型中央空调机组、冷水机组启动时，冲击电流可达额定电流的3-5倍，会造成局部电网电压骤降；航站楼电梯、自动扶梯频繁启停，形成周期性负荷波动；新能源汽车充电桩的集中投入使用，会产生谐波污染，进一步恶化电网供电质量。枢纽机场充电桩集中区域的电网谐波超过GB/T 14549-1993《电能质量公用电网谐波》规定的4%限值。

(3) 设备故障：机场电网部分设备长期处于高负荷运行状态，加之运行环境复杂，设备老化速度较快。变压器、断路器、电缆等关键设备一旦发生故障，会直接导致电网波动甚至供电中断。例如，机场10kV电缆因老化发生单相接地故障，引发电网电压不平衡，持续2分钟后才被故障检测系统切除，其间导航辅助设备出现信号漂移。此外，设备维护不到位、检修不及时，也会增加故障发生概率。

(4) 环境因素：机场露天区域的供电设备易受自然环境影响。强降雨可能导致设备进水短路，大风天气可能造成线路舞动、树枝搭接线路，高温高湿环境会降低设备绝缘性能，这些都会引发电网瞬时波动。2022年台风期间，沿海机场因线路舞动导致3处线路短路，电网电压瞬时跌落20%，部分安防监控摄像头中断工作。

## 3 机场电网波动优化措施

针对上述波动成因，结合机场电网运行实际，从电源保障、负荷管理、设备升级、监控防护四个维度制定优化措施，构建全方位的电网稳定保障体系。

(1) 优化电源结构，提升外部供电可靠性：一是强化多电源供电保障，在现有双电源基础上，增设独

立备用电源，确保关键负荷在外部电源中断时能快速切换供电。建议备用电源切换时间控制在 0.5 秒以内，满足导航、通信等一级负荷的不间断供电需求。二是配置电能质量治理设备，在机场电网入口处安装静止无功发生器、有源电力滤波器，有效抑制外部电源带来的电压波动和谐波污染。加强与市政电网协同，建立供电信息共享机制，及时掌握市政电网检修计划和故障预警信息，提前做好应急准备。

(2) 科学管理内部负荷，降低冲击影响：首先，对机场内部负荷进行分类管理，划分关键负荷、重要负荷和一般负荷，制定差异化供电策略。对导航、通信等关键负荷采用 UPS 不间断电源供电，确保波动情况下的稳定运行；对空调、电梯等冲击性负荷，加装软启动器、变频器，降低启动冲击电流。例如，机场为大型空调机组加装软启动器后，启动冲击电流从额定电流的 4.5 倍降至 1.2 倍，电压波动幅度减少 60%。其次，优化负荷运行时序，通过智能控制系统调整空调、充电桩等设备的运行时间，避免多个冲击性负荷同时启动，实现负荷错峰运行。最后，推广使用节能型、低谐波设备，减少非线性负荷对电网的污染。

(3) 升级改造设备，强化运维管理：开展设备全生命周期管理，对老化、性能不足的变压器、断路器、电缆等设备进行分批升级改造，选用绝缘性能好、抗干扰能力强的智能化设备。例如，将传统断路器更换为真空断路器，提升故障分断能力；采用交联聚乙烯电缆替代传统电缆，增强耐环境性能。特别地，应针对供电链条中易受上级电网波动影响的薄弱环节进行专项治理。例如，根据某机场近 3 年统计，上级电网波动导致的事件占供电异常的 40%。为此，可自下而上系统梳理受波动影响需手动恢复的设备（如部分低压脱扣装置），通过调整保护参数、取消非必要的失压脱扣功能等措施，建立并动态管理“手动恢复设备白名单”，从而显著缩小异常影响范围、缩短恢复时间。

建立智能化运维体系，利用物联网、大数据技术对电网设备进行实时监测，监测参数包括设备温度、绝缘状态、电流电压等，实现故障提前预警和精准定位。同时，依托智能化设备搭载的传感模块，实现设

备运行数据的自动采集与上传，通过后台数据平台进行整合分析，生成设备健康状态评估报告，为运维决策提供数据支撑。此外，结合设备运行年限、工况条件等因素，建立设备检修预警模型，合理规划检修周期与内容，避免过度检修或检修不足，有效降低运维成本。

(4) 完善监控防护体系，提升应急处置能力：构建全范围电网监控系统，采用分布式测控装置，实现对机场电网各节点电压、电流、频率、谐波等参数的实时采集和分析，当参数超出阈值时自动报警。为提升系统级故障应对能力，应确保各级备用电源自动投入装置的有效配合。通过组织开展高、低压变电站备用电源自动投入装置的动作特性统计与校核，优化其逻辑配合与延时设定，减少因装置误动、拒动或配合不当对用户造成的影响，确保故障情况下电源快速、有序切换。

同时，安装雷电防护装置，在电源入口、关键设备前端加装避雷器、浪涌保护器，构建多级雷电防护体系，降低雷电过电压的影响。此外，制定电网波动应急处置预案，明确应急响应流程、责任分工和处置措施，并定期开展应急演练，提升工作人员应对突发情况的能力。机场通过完善应急体系，一方面规范应急物资的储备与管理，确保发电机、备用电缆、抢修工具等关键物资足额配齐且状态良好，保障故障处置时能够快速调配使用；另一方面加强与空管、消防、市政供电等相关单位的应急联动机制建设，明确信息共享流程与协同处置职责，形成多方合力应对电网突发状况。

## 4 结论

机场电网波动是外部电源扰动、内部负荷冲击、设备故障及环境因素等多方面共同作用的结果，直接影响机场运行安全和效率。通过优化电源结构、科学管理负荷、升级改造设备及完善监控防护体系等措施，可有效降低电网波动发生率，提升供电可靠性。未来，随着智能电网技术的发展，可进一步引入数字孪生、人工智能等技术，实现机场电网的智能化、精细化管理，为机场高质量发展提供更坚实的电力保障。

## 参考文献：

- [1] 虞珏,张怀,蒋海刚.虹桥机场供电设备界面管理 APP 研究与应用[J].安装,2019,(04):30-32.
- [2] 朱春雷,沙海源,邢刚,等.大型机场供配电网智慧管控系统设计研究[J].民航学报,2025,9(03):54-58+63.
- [3] 王家麟.机场电压波动定量分析及应对措施——以银川机场为例[J].科技创新与应用,2024,14(08):137-140.