

民用航空机场供配电电气安全管控策略探析

叶梦妍

中国民航工程咨询有限公司, 北京 100621

DOI:10.61369/EPTSM.2026060010

摘 要： 民用航空机场是国家综合交通枢纽，其供配电系统是确保飞行调度、助航灯光、旅客服务等重要活动连续性的重要基础设施，其安全性、可靠性直接影响着机场的正常运行安全以及旅客生命财产和社会公共利益。针对民用机场供配电系统负荷等级高、分布范围大、运行环境复杂的特点，在简要介绍民用机场供配电系统的组成基础上，分析了目前机场供配电电气安全管控存在的问题，有针对性地结合实际机场提出供配电管控策略，以完善供配电机场的安全管控措施，提高供电可靠性和稳定性，为安全有序开展机场工作提供保障。

关 键 词： 民用航空机场；供配电系统；电气安全；管控策略

Analysis of Electrical Safety Control Strategies for Power Supply and Distribution in Civil Aviation Airports

Ye Mengqian

China Civil Aviation Engineering Consulting Co., Ltd. Beijing 100621

Abstract： Civil aviation airports are national comprehensive transportation hubs. The power supply and distribution system of civil aviation airports is an important infrastructure that ensures the continuity of important activities such as flight scheduling, navigation lights, and passenger services. Its safety and reliability directly affect the normal operation safety of the airport and the safety of passengers' lives and property as well as social public interests. In view of the characteristics of high load levels, large distribution range, and complex operating environment of the power supply and distribution system in civil aviation airports, after briefly introducing the composition of the power supply and distribution system in civil aviation airports, this paper analyzes the existing problems in the electrical safety control of the power supply and distribution system in airports, and proposes targeted control strategies based on actual airports to improve the safety control measures of the power supply and distribution in airports, enhance power supply reliability and stability, and provide guarantees for the safe and orderly operation of airport work.

Keywords： civil aviation airports; power supply and distribution system; electrical safety; control strategies

引言

民用航空机场运行具有全天候、不间断、负荷大的特点，航站楼运营、助航灯光、空中交通通信、安全检查系统、行李分拣等重要设备的运行均需要安全、可靠、连续的电力供给。供配电系统作为“生命线”工程，一旦发生停电或电气故障，不仅会造成航班大面积延误，导致地面运作瘫痪，还可能引发安全事故造成恶劣的社会影响及巨大的经济损失。现阶段，伴随着机场规模的扩大，用电负荷的持续剧增，新设备、新技术的应用对供配电电气安全控制带来了新的问题。因此分析探讨了民用航空机场供配电电气安全控制存在的不足，探寻有效的控制措施，杜绝形式主义的语言表达，结合机场实际情况，对于提高供配电安全性保障机场持续健康运转具有重要的现实意义。

一、民用航空机场供配电系统概述

民用航空机场供配电系统不同于一般的工业及民用电，其主要功能是为航空飞行器的运行以及机场各种重要的负荷设备提供

安全、连续和可靠的电力保障。因此，它有着很高的负荷级别、较大的容量、复杂的运行环境以及严格的冗余要求，是一个涉及供电、配电、用电、监控的综合体^[1]。

从系统的组成来看，主要包括：外部引入电源、中心变电站

(所)、开关站(所)、配电线和设备等。一般而言机场有两个来自电力部门的独立电源进线送入机场变电站或开关所,作为系统的核心,每个开关所引两个电源分别取自主变压器的不同母线,各单体建筑物内配电室再从其相邻的开关所引来两路独立的电源作为双电源。而机场中心变电站高、低压侧均多采用单母线分段方式连接,运行方式为正常情况下分段开关置于热备用状态,确保在任一路进线或主变故障的情况下,备用电源能自动投入不致停电。

二、民用航空机场供配电电气安全管控现存问题

(一) 设备设置和老化严重,事故隐患隐藏

设备是保证供电系统安全运行的基础。部分机场(特别是老旧机场)供电系统中存在电气设备配置不合理,严重老化等问题,安全隐患具有一定的隐蔽性,增加了安全控制难度。一是有些设备的选型不能满足机场运行环境下复杂多变及大负荷的需求。某些机场设备的防护等级偏低,在户外和比较潮湿的地方容易导致绝缘老损和短路等事故;有些陈旧的机场使用了服役期过长的配电装置。其性能已经大大衰退,极易出现各种部件损坏、误动等故障问题,并且故障排查困难^[2]。二是“图不实”的情况在部分机场存在。尤其在有些陈旧区域中的配电机件在经过多次改扩建之后,很多地方对电气机件类型以及线路走向等均没有及时标注,运维人员难以全面掌握实际状况,给排除一些隐蔽隐患带来不便,例如电缆金属护层的多点接地以及中性线电流过大等问题都是不易发现的潜在故障点。常规检查手段往往难以查到这些潜在的安全隐患,并且此类故障常常潜伏一段时间后才会上演突发性事故。三是某些关键电气元件缺乏足够的冗余配置。如有的灯光站,由于备用母排的绝缘劣化未更换,一旦主母排出现问题,会直接影响助航灯光的正常供电。

(二) 运维体系不健全,应急处置能力欠缺

完善的供电运维管理、有效的电气故障应急处置对于机场供配电电气安全管理至关重要,当前很多机场在此方面的管理机制均存在明显不足。首先,部分机场的供配电运维工作过于落后,“检修+维护”的传统运维手段难以实现对设备运行情况实时监测和提前预判,在发现设备故障后才能进行维修,导致很难及时对故障进行有效防范,并且其在对机场供电系统的日常检查过程中也存在较为粗略的现象,很容易产生漏检和误检的情况,尤其是一些高空及地下的隐秘部位的配电线路和设备很难进行仔细巡查,极易埋下重大安全故障隐患^[1]。其次,部分机场缺少具备专业知识技能的人才队伍来进行供电设施设备的维护与管理工作,有些员工缺乏对智能新型电力配送设备操作、诊断电气故障的专业知识,缺乏对本机场具体供电系统的认知和分析能力等,当遇到复杂故障时不能及时排除,影响正常用电;同时部分机场缺少完善培训机制及考核体制,致使员工的安全责任意识、安全技能得不到有效培训提升,并且还出现了某些违规作业行为,进一步加大了安全隐患^[3]。再次,部分机场缺乏完善电气故障处理措施,没有建立规范统一的电气故障应急预案和标准流程,对于不同类型、级别的电气故障,缺少具体的处置方法,职责划分不明确等问题普遍存在,且其在开展应急演练活动的时候多是流于形式、纸上谈兵,缺少针对自身具体情况的具体实战演

练项目;备品、配件库存量匮乏或者分配不及时等情况较多,一些备件老化甚至报废,而且未能与供电部门及相关设备厂商协调联动等,从而延误故障处理时间,使停电事故损失加大。

(三) 安全管理工作机制欠缺,责任不到位

安全管理是做好机场供配电电气安全管理的重要因素,部分机场安全管理制度不健全,安全责任落实不到位,对机场供配电电气安全管理难以形成齐抓共管之势。一是缺乏完善的安全管理制度措施,有的制度过于简单笼统缺乏具体针对性和可操作性,没有针对本机场特点、各岗位环节应采取什么样的安全管理作出详细规定,导致制度只是挂在嘴上写在纸上流于形式,不能指导工作实际。二是职责分工不明确,机场供电涉及部门多,在一些机场中缺乏明确各个部门与不同岗位的具体职责任务分工,出现交叉管理和空白点,出现问题后互相推诿不及时整改^[4]。三是机场对于供电管理缺少有效力度的管控措施,缺乏常态化监督检查及隐患排查工作,对于违规施工和设备隐患等行为的惩罚和处罚力度不够,致使有些安全隐患问题长期存在未得到有效整改,加之缺乏安全宣传教育引导工作,个别职工安全防范意识差、思想麻痹大意,侥幸心理作怪,对存在的电气安全风险认识不足导致电气设备违章操作等情况时有发生。部分机场未能按照规定在特殊运行状况例如低能见度等情况下及时禁止在电力设施附近开展施工维修作业等活动造成容易引起电器故障等问题的发生。

(四) 技术融合不足,智能化管控水平偏低

随着智能化发展,智慧能源管理、数字孪生等技术在供电系统得到了应用,但有些机场智能融合发展和智能管控不够。一是不同电气自动化技术不兼容问题。各厂家、各类型之间设备没有统一协议和技术框架,不能进行无缝连接和共享,系统之间的协同性较差,运维工作繁杂低效。二是智能化监测不到位,没有全面采用智能化的监测终端,对设备的关键状态以及配电线路相关参数不能实时地采集和分析,并且不能提前预知设备的问题和安全风险;有的智能化设备虽然使用了,但是没有充分利用好其监测预警等功能,数据利用率低下,不能为维护决策提供支持。三是技术升级与维护能力不匹配,有部分机场使用了新型智能化的设备,但是缺少相关的维护技能及操作技术,智能化优势得不到发挥,并且还会带来运行效率低下等问题,甚至是产生故障,增加安全管控难度。

三、民用航空机场供配电电气安全管控优化措施

(一) 完善装置设备,消除隐藏的威胁和危险,夯实安全基础

设备安全是保障供电安全的前提,主要从科学的选型、更换老化设备以及隐患排查入手,补齐设备短板^[5]。一是科学选型,结合机场运行条件及负荷需求,采用新型绝缘性能好、抗干扰能力强以及智能化程度高的配电设备,并在露天或潮湿环境中选择防护等级符合相关要求的产品,增设防雷接地装置和温度控制系统,以防止雷击及凝露导致出现故障;对于关键性负荷例如助航灯光和空管通信等设备供电增加冗余配置,在其中一路供电发生故障时,另一路备用设备能够得到及时利用。二是积极做好更换老化设备,将机场中使用的供电系统中的设备进行全面地查找与统计,对于超过使用年限以及性能衰减的老化设备分阶段进行更新与换代,确保淘汰老旧设备,取而代之以符合标准要求

的设备；并做到及时地更新设备台账及竣工图纸，达到“图实一致”的目的，准确了解设备型号以及线路走向，为维护工作提供准确信息。三是强化隐患排查，采取资料核对+现场检测+数据验证形式开展闭环排查，并通过定期巡视设备，查找隐蔽性问题，采取一定的手段和措施进行全面检查与检测，针对电缆或者母线等一些隐蔽部位展开全面性的排查，确保发现及时、整改迅速；并且加强对高后果区的电力节点的重点关注及监测，避免隐患扩大。

（二）健全运维机制，提升应急水平，加强过程管理

民航导航设备较为接近的频段内极易出现邻频道干扰，发射机在信号发射的过程中，会有一定带宽的信号出现，在这些发射的信号中就有一部分较少的信号存在于民航导航设备频段内，进而被民航导航系统所接收，此时就会有邻频道干扰信号出现。对运维模式进行创新改革，提高突发事件的应对能力，使供配电运行和维护工作精细化、高效化。通过采用“定期检修+状态检测”的主动运维方式，打破传统的被动运维模式，应用智能终端监测设备采集、分析设备的重要运行参数以及线路运行状况，在数据库中存储这些关键数据并预测其故障趋势，并对其提前实施运维；详细规划了巡视内容，安排巡视周期及具体人员，加大了高处与地下空间等死角部位的检查力度，使用先进的巡检装备提高其巡视效率和质量。完善了培训考核机制，定期组织培训学习，开展有关新的智能化电气装置、故障排查和突发事件处理等方面的专题讲座，邀请厂家专家或行业名师授课讲学，提升他们的专业素养。严格落实相关证书持有制度，所有涉及供电安全方面岗位的工作人员均应具备上岗资格证，必须通过严格的技能测评方可胜任本职，对不能通过技能测试的员工暂停任职资格，直至通过为止。

（三）完善管理制度，明确责任分工，形成管理合力

完善安全制度、明确职责分工，打造全员全过程的安全管理氛围。一是完善安全制度，细化机场供配电系统特点，出台针对性较强的管理制度，明确各部门各岗位的职能分工与安全管理责任，针对巡查、保养、操作等不同环节制定相应的具体要求，并确保制度能够指导具体实践，避免流于形式。二是明晰责任分工。设立“一岗双责”机制，厘清机场供电管理部门、运维部门以及使用部门的具体职能和任务，在各个岗位、各个人员身上落实相关责任，防止存在相互交叉或空白；同时设立问题台账，在排查过程中一旦发现安全风险、违规情况，立即确定负责人、措施、时间等内容，并且做好后续跟踪，将这些问题妥善解决处理。三是加大管控力度，设置常态化检查和隐患排查模式，定期组织全方位检查，针对违规行为以及设施设备等问题提升处罚的

强度，形成威慑，另外强化安全宣传，开展培训课程、张贴标识标语以及结合案例讲解等多种形式，提升全体员工安全意识和重视度，意识到电气安全的重要性，不能存在侥幸心理和违规行为，严格特殊运行条件下的相关规定，比如在低能见度情况下停止对供电设备附近的施工及运维，避免造成电气安全事故。

（四）推动技术融合，提升智能化水平，提高管控效率

利用智能化手段推动融合，实现安全管控智能升级、效率提升。一要推动技术和标准统一，构建统一的技术框架和通讯协议，使不同厂商不同种类的设备能够无缝连接，数据信息资源共享，系统协同工作性更好；参照相应的标准，使得对设备设计、制造、运行和维护等相关流程进行规范化管理，避免因技术差异引起的不兼容现象，便于新技术应用与拓展等。二要增加智能化设备使用率，全面铺设智能化监测终端、智能化电表、故障定位装置等设备，实时监控并采集相关供配电系统数据，并对其预警，在此过程中借助智慧能源管理系统，分析处理得到的相关数据，并将其运用于运维决策上提供参考依据；引进数字孪生技术，建立供配电系统的数字孪生模型，并对故障进行回放，为排除故障及防止事故发生提供了技术支持。三要加强技术应用能力，加强对运维人员智能化设备操作培训，使其可以熟练掌握相关智能化设备的操作和保养工作，更好地发挥智能化特点带来的便利；建立健全技术更新换代机制，在定期关注行业新技术、新设备的前提下结合机场需求分步实施技术更新换代，提高系统运行的安全性和智能化程度。

四、结论

民用航空机场供配电电气安全管控对确保机场安全有序地运行，对于保障人民生命、财产及社会公共利益具有十分重要的意义。目前机场供配电电气安全管理依然存在一些不足之处，如设备陈旧老化现象普遍存在，运维管理尚不健全，管理体系不完善，新技术融合度低等突出问题。通过对设备的优化配置、健全的运维管理机制以及完善的管理体系构建，实现技术与设备的融合，可以有效地解决当下在供配电电气安全管理方面的不足，并能提高其管理水平，有效防范因电气问题而造成安全事故的发生，保障机场供配电电气系统稳定、持续运行的安全性问题。在未来的发展过程中，新型电力系统的构建和数字技术的引入，应更加注重基于实际出发，在不断完善管控体系中不断创新机场供配电电气安全管理模式，并朝着智能化发展和精细化方向转型，为促进民用航空机场的高质量发展，提供坚强有力的电力安全保障。

参考文献

- [1] 杨正青. 民用航空机场改扩建工程消防安全管理实践探讨——以成都双流国际机场提质改造工程为例[J]. 消防界(电子版), 2025, 11(17): 19-21.
- [2] 马子昂, 张峥, 徐鑫, 伯鑫. 中国民用航空机场融合排放清单及验证研究[J]. 中国环境科学, 2026, 46(01): 101-108.
- [3] 徐鑫, 尤倩, 张峥, 张蕊苒, 伯鑫, 王昭桐. 碳达峰情景下中国民用航空机场大气污染物及碳排放清单研究[J]. 环境科学学报, 2024, 44(07): 428-437.
- [4] 朱正亮, 陈维旺. 民用航空机场突发安保事件应急处置机制分析[J]. 工业安全与环保, 2023, 49(02): 69-73.
- [5] 尤倩, 李洪枚, 伯鑫, 郑昀, 陈少博. 中国民用航空机场大气污染物及碳排放清单[J]. 中国环境科学, 2022, 42(10): 4517-4524.