民航机场跑道的安全风险管

洪嘉权

云南机场集团有限责任公司丽江区域机场管理分公司(丽江机场) 云南 丽江 674100

摘要: 民航机场跑道作为航空运输的核心设施,其安全性直接关乎航空器运行安全与旅客生命财产安全。跑道安全风险涉及物理条件、灯光导航、气象条件及人为因素等多个层面,构成复杂风险体系。本文系统梳理了跑道面临的自然因素、设备设施及人为因素风险,并提出针对性风险管理策略,包括风险识别评估、自然因素应对、设备设施维护优化及人为因素风险防控,旨在降低跑道安全风险,保障民航飞行安全。

关键词: 民航机场;跑道安全;风险管理

引言

随着全球航空运输业的蓬勃发展,民航机场跑道的安全问题日益凸显。跑道作为航空器起降的关键区域,其安全性不仅直接关系到航空运输效率,更关乎旅客与机组人员的生命安全。近年来,因跑道安全风险导致的航空事故频发,引起了社会各界的高度关注。因此,深入探讨民航机场跑道安全风险管,构建科学有效的风险防控体系,对于提升民航安全水平具有重要意义。

1 民航机场跑道安全风险概述

民航机场跑道作为航空运输体系中的核心组成部分,其安全性直接关系到航空器的运行安全与旅客的生命财产安全。跑道安全风险涉及多个层面,构成了一个复杂且相互关联的风险体系。从物理层面来看,跑道道面的状况是影响安全风险的关键因素。道面的平整度、排水性能以及抗滑性能等,均直接关联到航空器起降时的稳定性和安全性。道面裂缝、坑洼或积水等问题,会导致航空器在起降过程中出现颠簸、滑水或制动距离延长等不利情况,增加事故风险。灯光系统作为跑道夜间及低能见度条件下的重要导航标识,其正常运行对于保障跑道安全至关重要。灯光系统的失效或故障,导致飞行员在起降过程中误判跑道位置或状态,引发安全事故,导航设施的准确性和可靠性也是跑道安全风险的重要组成部分。精准的导航信号能够为飞行员提供准确的飞行指引,确保航空器沿预定航线安全起降。气象条件是影响跑道安全的另一大外部因素。大风、低能见度、雨雪等恶劣天气条件,增加航空器起降的难度和风险。如强风导致航空器偏离跑道中心线,低能见度则使飞行员无法清晰辨识跑道标识和周围环境,人为因素在跑道安全风险中同样不可忽视。操作失误、沟通不畅、决策偏差等人为错误,可能直接或间接地导致跑道安全事故的发生。加强人员培训、提升安全意识、优化操作流程等措

施,对于降低人为因素导致的安全风险具有重要意义。

2 民航机场跑道面临的安全风险

2.1 自然因素风险

气象条件对民航机场跑道安全影响深远。暴雨来袭时,大量降水迅速积聚于跑道表面,形成积水层。飞机高速滑行时,轮胎与积水间易产生水滑现象,极大降低轮胎与跑道间的摩擦力,致使飞机操控性能急剧下降,制动距离大幅延长,严重威胁起降安全。暴雪天气下,跑道积雪改变跑道表面摩擦力特性,还因积雪厚度不均,使飞机起降时出现颠簸,甚至导致起落架陷入积雪,影响飞机的稳定运行。大雾弥漫时,能见度急剧降低,飞行员难以清晰辨别跑道的起始端、中心线及各种标识,无法准确判断飞机与跑道的相对位置和高度,增加了着陆操作的难度与不确定性,极易引发偏离跑道或着陆偏差过大等危险状况。强风的存在,尤其是侧风,会给飞机起降带来严峻挑战。飞机在起降过程中,强侧风产生的横向作用力可使飞机偏离预定跑道中心线,若飞行员未能及时有效修正,飞机可能会滑出跑道边界,甚至在极端情况下发生侧翻,造成机毁人亡的严重后果。地质灾害同样对跑道安全构成重大威胁。地震发生时,强烈的地壳运动使跑道道面遭受剧烈震动,导致道面结构受损,出现裂缝、错位和沉降等问题。这些结构损伤严重破坏跑道的平整度,飞机起降时,机身会受到不均匀的冲击,起落架承受异常应力,极易引发起落架故障,危及飞行安全。山体滑坡和泥石流一旦发生,大量土石等堆积物可能直接掩埋跑道部分区域,或冲击跑道道面,致使道面变形、损坏。

2.2 设备设施风险

(1) 跑道道面作为飞机起降的直接接触面,长期承受巨大的冲击力与摩擦力,面临着严重的磨损问题。这种磨损导致道面表面粗糙度下降,减小了飞机轮胎与跑

道间的摩擦力,使得飞机在起降过程中的制动效果减弱,制动距离显著延长。道面的磨损还引发坑洼和裂缝现象,坑洼会导致飞机滑行时的颠簸,影响飞行稳定性,甚至损坏飞机起落架部件;裂缝则会随时间扩展,削弱道面结构强度,增加道面局部塌陷的风险,对飞机起降构成严重威胁。(2)助航灯光系统在夜间或低能见度条件下,对于保障飞机安全起降至关重要。然而,该系统同样面临着不可忽视的风险。当助航灯光出现故障,如灯泡损坏未及时更换,会导致跑道部分区域灯光指示缺失,使飞行员难以准确判断跑道位置,灯光亮度不足也会影响飞行员对跑道轮廓的辨识,增加误判跑道位置的风险。在低能见度环境中,这些灯光系统故障可能引发飞机偏离跑道、冲出跑道或与跑道周边障碍物碰撞等严重安全事故,对民航飞行安全构成重大威胁。

(3)跑道设施老化及维护不善,显著增加安全风险,是民航机场跑道管理中不可忽视的关键问题。随着使用时间的增长,跑道及其设施会逐渐老化,性能下降,若未能及时进行维护或维修,将增加安全事故发生的概率。对跑道及其设施进行定期检查、维护与更新,确保其处于良好状态,是降低设备设施风险、保障民航飞行安全的关键举措^[1]。

2.3 人为因素风险

飞行员在飞机起降这一关键阶段的操作至关重要,操作失误往往成为跑道安全的重大隐患。着陆过程中,若飞行员判断失误致使着陆速度过大,飞机接地瞬间产生的巨大冲击力可能超出跑道和飞机起落架的承受范围,会加速跑道道面的损坏,还导致飞机滑跑距离过长,难以在规定跑道长度内有效制动,最终冲出跑道。过早接地也是常见失误,这使飞机未能获得足够的升力,导致飞机在跑道上跳跃式滑行,极易损坏起落架,甚至引发飞机失控。若飞行员在起降时未能准确对准跑道中心线,飞机在滑行过程中会出现偏移,可能与跑道边缘的标志、设备或其他障碍物发生擦碰,严重影响飞行安全。地面保障人员的工作疏忽同样可能引发严重安全问题。在跑道维护工作中,若未能及时发现并清除跑道上的异物,如金属碎片、石块等,飞机高速滑行时,轮胎如果碾压这些异物,造成轮胎破裂、爆胎等情况,导致飞机失去平衡,引发严重事故。在指挥调度方面,若地面保障人员发出错误指令,使飞机与其他航空器或地面车辆的运行路线发生冲突,导致跑道入侵事件发生。如错误引导飞机进入正在使用的跑道,或者未能及时通知飞机避让跑道上的其他作业车辆,都会引发严重的碰撞事故,严重威胁民航机场跑道的运行安全,对人

员生命和财产安全构成巨大威胁^[2]。

3 民航机场跑道安全风险管理体系

3.1 风险识别与评估

在构建民航机场跑道安全风险管理体系的过程中,风险识别与评估是至关重要的基础。(1)构建完备的监测系统是风险识别的核心要素。这需整合先进的气象监测技术,实时、精确地捕捉跑道周边的气象变化,包括温度、湿度、风速、风向以及降水等关键气象指标,为风险评估提供基础数据。跑道表面及周边区域应安装精密的监测传感器,持续监测道面的平整度、摩擦系数、结构应力等关键参数,确保对跑道物理状态的全面掌控。全方位的视频监控系统也是不可或缺的环节,它能直观记录跑道上飞机、车辆的运行轨迹,以及助航灯光系统的实际工作情况,为风险识别提供直观证据。(2)定期开展风险评估是科学管理跑道安全风险的关键步骤。为此,机场应组建一支由航空安全专家、工程技术精英及资深管理人员构成的专业安全管理团队。该团队需充分利用监测系统采集的丰富数据,严格依据国际民航组织及国内相关行业标准,对跑道面临的自然因素风险、设备设施风险及人为因素风险进行全面、系统的梳理与深入评估。在评估过程中,应融合定性与定量分析方法,科学判断各类风险的发生概率及潜在危害程度,并据此划分风险等级,精准定位高、中、低风险区域及环节。(3)通过严谨的风险识别与评估工作,机场能够获得全面、准确的风险信息,为后续制定针对性的风险管理措施提供坚实的数据支撑与科学依据。这不仅有助于提升跑道安全管理的精细化水平,还能够为机场运营决策提供有力支持,从而有效保障民航飞行安全,提升机场整体运行效率^[3]。

3.2 风险应对措施

3.2.1 自然因素风险应对

在民航机场跑道安全风险管理体系中,针对自然因素风险,制定并实施有效的应对措施是确保飞行安全的关键。(1)针对恶劣气象条件,机场需构建一套高效且全面的气象预警与响应机制。与气象部门建立紧密合作关系,利用先进的数据通信技术,实现气象信息的实时共享与快速传递。通过气象部门的专业预报服务,机场能够准确获取暴雨、暴雪、浓雾、强风等恶劣天气的发生时间、强度变化及持续时间等关键信息。基于这些信息,机场可提前制定并实施针对性的飞行管制策略。针对暴雨天气可能导致的跑道积水和水滑风险,灵活调整航班起降时间,避开降水高峰期,确保跑道表面干燥,提升起降安全性。在浓雾天气下,若能见度急剧下降,

机场则需果断限制航班流量,避免跑道拥挤,减少因视线不清引发的飞行冲突风险。(2)对于地质灾害风险,机场需强化对周边地质环境的动态监测与科学评估。运用地质勘探、地理信息系统(GIS)等先进技术,全面掌握跑道周边区域的地质构造、土壤类型、地下水位及潜在的地质灾害隐患。基于这些地质信息,机场可制定并实施一系列工程防护措施,以减轻地质灾害对跑道安全的影响。采用深层地基加固技术,提高跑道基础的承载力和稳定性;优化排水系统设计,确保在暴雨等极端天气下,跑道积水能够迅速、有效地排出,防止道面因长期浸泡而受损。(3)通过构建气象预警与响应机制以及实施地质灾害防护措施,机场能够显著提升对自然因素风险的应对能力,降低因恶劣气象条件和地质灾害导致的跑道安全风险,保障民航飞行的安全与顺畅^[4]。

3.2.2 设备设施风险应对

制定科学合理的跑道维护计划是保障跑道设备设施安全的重要举措。依据跑道的使用频率、道面材质特性以及过往病害发生规律,确定定期检查的周期与重点项目。运用先进的无损检测技术,如探地雷达、红外热成像等,对跑道道面进行全面体检,及时发现隐藏在道面内部的裂缝、脱空等病害问题。如果发现病害,立即组织专业维护团队,采用高性能的修复材料与先进的施工工艺进行修复,如使用聚合物改性沥青混凝土修复坑洼,采用碳纤维复合材料加固道面裂缝,切实提高跑道道面的耐久性与抗冲击性能。同时,建立助航灯光系统的定期巡检制度。安排专业技术人员按照严格的巡检流程,对灯光设备的发光强度、光束角度、灯具完整性等进行逐一检查,确保灯光设备时刻处于正常运行状态。为应对突发电力故障,配备可靠的备用电源系统,如不间断电源(UPS)和应急发电机,同时设置应急照明设备,保障在主电源失效时,助航灯光系统能够持续为飞行员提供准确的跑道位置与方向指引,确保飞行安全。

3.2.3 人为因素风险应对

在民航机场跑道安全风险管理中,人为因素风险是至关重要的环节,其有效应对对于保障飞行安全具有决

定性作用。(1)提升飞行员的专业素养与应急处置能力是关键。航空公司与机场应携手构建全面的飞行员培训体系,充分利用先进的飞行模拟技术,模拟各类复杂起降场景及突发事件,如恶劣天气、跑道异物侵入、设备突发故障等,通过反复训练,使飞行员熟练掌握应对策略,增强实际操作能力和心理素质。此外,定期举办案例分析研讨会,深入剖析历史飞行事故,总结经验教训,提升飞行员的安全意识和风险防范能力。(2)强化地面保障人员的安全管理同样重要。机场应明确界定各岗位人员的职责范围,制定详尽的操作流程标准,确保每一项工作都有章可循。通过定期的安全知识与技能培训,结合严格的考核机制,确保地面保障人员熟练掌握岗位技能,严格遵守安全规范;引入信息化监控手段,对地面保障工作进行全过程监督,及时发现并纠正违规行为,辅以针对性的再培训措施,不断提升工作人员的安全意识与业务水平,为跑道运行安全提供坚实保障。

结束语

综上所述,民航机场跑道安全风险是一项复杂而系统的工程,需要综合考虑物理条件、灯光导航、气象条件及人为因素等多个方面。通过构建科学的风险识别与评估体系,制定针对性的风险应对措施,并加强设备设施的维护与管理,以及提升人员的专业素养与安全意识,可以有效降低跑道安全风险,保障民航飞行安全。未来,AI与大数据深度融合,精准识别风险,智能决策助力跑道安全管理效率飞跃,护航航空运输。

参考文献

- [1]凌建明,李沛霖,刘诗福,等.机场智慧跑道的内涵拓展与功能系统[J].土木工程学报,2024,57(8):119-128.
- [2]乔龙.机场跑道病害风险分析与防控对策研究[D].天津:中国民航大学,2023(1):5-6.
- [3]张钰昊.民航机场跑道的安全风险[J].中国航班,2019(7):0055-0056.
- [4]徐子晴.民航机场跑道安全风险的管理模式[J].中国航班,2019(7):0056-0057.