

机坪管制的现状、挑战与发展路径探索

夏 磊

天津滨海国际机场有限公司 天津 300300

摘 要：机坪管制对民航机场安全高效运行至关重要。本文剖析机坪管制现状，指出人员、设备、运行管理及安全风险方面存在的问题，如人员配置不足、设备陈旧老化、管制程序繁琐等。针对这些问题，提出优化策略与技术创新举措，包括合理配置人员、完善培训体系、更新先进设备、简化管制程序等。同时，展望未来发展趋势，智能化方面，人工智能和自动化技术深度应用，实现系统融合；协同化方面，机场与各方深化合作，创新协同模式；绿色化方面，通过节能减排、噪声控制和资源节约，推动民航业可持续发展。这些措施将提升机坪管制水平，保障机场运行安全与效率。

关键词：机坪管制；民航安全；绿色发展

1 引言

在全球经济一体化和生活水平提升背景下，航空运输愈发重要，民航业蓬勃发展，旅客和货邮运输量持续增长。机坪管制是民航机场运行的关键环节，机坪运行的安全性和高效性关乎整个机场运营秩序和服务质量。它负责指挥管理机坪上的航空器、车辆和人员，避免安全事故，提高运行效率。

从安全角度，机坪运行环境复杂，安全事故影响巨大，有效管制能消除隐患。从效率角度，航班增多使机场运行压力增大，合理管制可优化滑行路线，提升运行效率。研究机坪管制对民航业发展意义重大，既能为机场提供管理方法，又能促进新技术应用，推动民航业向安全、高效、智能方向发展。

2 机坪管制的现状剖析

2.1 全球机坪管制的发展态势

机坪管制的发展与民航业紧密相关。早期民航运输刚兴起，机场规模小、航班少，空管塔台统一负责机坪管制，通过简单通信和监视手段指挥航空器移动。后来航空运输快速发展，机场规模和航班量增加，机坪运行更复杂，传统管制模式难以满足需求。20 世纪后期，欧美大型机场探索新模式，如美国亚特兰大机场设独立机坪管制机构和专用机坪塔台，提升了安全性和效率。

如今，全球机坪管制呈现新趋势。高精度定位技术（MLAT、ADS-B）实现精确跟踪定位，场监雷达实时监测交通状况，智能化技术（人工智能、大数据分析）用于挖掘分析数据，预测航班延误等情况并提前应对，还能实现设备智能化管理。^[1]协同管制成为方向，各方通过协同决策机制实现信息共享和联合决策，优化资源配置和航班流程。同时，绿色环保理念融入机坪管制，通

过优化滑行路线、使用新能源设备等减少污染排放。

2.2 我国机坪管制的发展进程

我国机坪管制随民航业发展，从空管塔台统一管制到机场独立管制。早期机场规模小、航班少，空管塔台负责机坪管制。民航业快速发展后，传统模式暴露出问题。2013 年，民航局启动机坪管制移交工作，标志着进入新阶段。

各大机场响应政策，从“人、机、环、管”筹备。人员上，培养组建专业管制员队伍，如乌鲁木齐机场抽调骨干并开展系统培训。设备设施建设上，配备先进通信、监视和指挥设备，提高信息化和智能化水平。目前，多数千万级机场完成移交，采用机场独立机坪管制模式，可自主管理、优化资源配置。技术创新上，先进技术应用提升了安全性和效率。

2.3 典型机场机坪管制案例分析

首都机场作为重要航空枢纽，机坪管制规模大、运行复杂。在人员管理上，通过多种渠道选拔人才，构建全方位培养流程，涵盖选拔、培训、考核等环节，培养全能型指挥人才。为防控人为因素风险，建章立制，明确违章行为并与绩效挂钩，加大教育投入，利用报告平台，强化内部监督，升级监察机制，融入人文管理，投入科技资源。在安全防控方面，部署视频全景拼接系统，编写六本手册规范运行环节，建立三级监察等制度，保障了上百万架次航班安全，未发生管制责任不安全事件。

3 机坪管制现存问题及挑战

3.1 人员相关问题

民航业发展迅速，航班量增长，机坪管制员需求大增，但数量却跟不上。一方面，培养合格管制员耗时

长、成本高,从普通人员到独立上岗需经多阶段培训,且有淘汰率;另一方面,管制工作强度高、压力大,工作环境和待遇缺乏竞争力,人才流失严重。管制员短缺致使工作负荷过重,效率降低、航班延误增加,同时,疲劳作业还会加大安全风险,易引发安全事故。

培训内容上,理论与实操结合不紧密,实操培训不足,管制员难以将理论灵活用于实际。且培训内容更新慢,跟不上行业发展,新的技术和设备知识未及时纳入。培训方式局限于课堂和模拟机训练,缺乏真实场景体验和团队协作训练,导致管制员实际工作中团队协作和沟通协调能力不足,严重制约专业能力提升。

3.2 设备设施短板

部分机场机坪管制设备陈旧,通信设备信号不稳、通话质量差,恶劣天气下更易受影响,影响指令传达,危及飞行安全;监视设备分辨率低、探测范围有限,存在监控盲区,无法准确监测机坪交通态势;自动化系统处理信息慢,易卡顿死机,功能单一,难以满足智能化需求,制约工作效率。

因资金投入不足、缺乏专业人才和保守的管理理念,部分机场技术更新滞后。这阻碍了机坪管制智能化和高效化发展,无法深度挖掘数据价值,难以预测航班延误和设备故障,对航空器和车辆定位精度低,滑行路线规划效率低下,增加冲突风险和航班延误。

3.3 运行管理难题

航班推出环节涉及多部门沟通,信息传递延迟或不准确易延误推出时间;滑行路线规划和指令下达复杂,高峰时段管制员负荷大,易出错,不合理的滑行道布局更增加难度;机位分配综合因素多,计划调整易致机位变更,增加航班延误风险。繁琐程序在高峰时段严重影响航班运行效率,增加运营成本。

机场各部门、空管之间存在信息壁垒,信息传递不及时、不准确,协同作业缺乏有效机制,工作衔接不畅,空管与机场在跑道使用等方面易产生分歧且沟通无果,这些问题不仅增加航班延误,还会引发安全冲突,危及飞行安全。

3.4 安全风险挑战

管制员误操作,如指令错误、设备操作失误,会导致航空器偏离路径、通信中断等风险。长时间高强度工作易使管制员疲劳,注意力、反应和判断力下降,增加失误概率。此外,经验不足和心理素质差也会加大人为因素风险,面对复杂情况和突发状况时,难以有效应对。

恶劣天气如暴雨、大雾、大风,会影响航空器和车辆行驶安全,降低能见度,影响航空器稳定性。地形因

素,像山区影响通信和气流,沿海地区受海风、潮汐影响,不合理的机坪布局也会引发冲突。应对这些挑战,存在技术预测不准确、设备成本高、人员经验不足、部门协调不畅等难点。

4 机坪管制的优化策略与技术创新

4.1 人员管理优化

根据机场规模、航班量等因素,精确分析管制员数量需求,如大型枢纽机场需大量经验丰富的管制员。依据岗位职责和技能要求,合理分配人员,确保各岗位效能最大化。建立应急人员储备机制,选拔经验丰富的管制员,定期培训演练,应对突发和高峰情况。运用智能化排班系统,综合考虑工作时间、技能水平等因素,避免疲劳,保障高效运行。

培训内容注重理论与实践深度融合,设置模拟机训练和实地操作培训,提升应对复杂情况能力。紧跟行业发展,纳入新技术知识,邀请专家讲座拓宽视野。采用多元化培训方式,引入案例教学、小组讨论和现场观摩,培养分析、协作和沟通能力。加强应急培训和演练,制定计划,模拟突发情况,总结评估,提升应急处理能力。

4.2 设备设施升级

更新先进设备对提升管制效率和安全至关重要。新一代甚高频通信设备信号稳定、通话清晰,具备加密功能,保障通信顺畅安全。多点定位和 ADS-B 技术实现对航空器和车辆精确跟踪定位,提高机坪运行安全性。先进自动化系统数据处理能力强,可自动编排航班计划、智能分配机位、规划最优滑行路线,具备智能预警功能。

人工智能和大数据分析等新技术应用前景广阔。人工智能通过深度挖掘分析运行数据,建立航班延误预测模型,提前采取措施减少延误;还能预测设备故障,提高设备可靠性。大数据分析可找出机坪运行瓶颈,优化管制策略,评估管制员绩效。实施新技术需加强与科研机构和企业合作,加大资金投入,培训管制员,建立标准规范。

4.3 运行管理改进

建立高效信息沟通机制,利用信息化平台实现信息实时共享,引入航班推出决策支持系统,提高航班推出效率。利用先进路径规划算法优化滑行路线,采用标准化指令格式和语音合成技术,借助 AR 或 VR 技术直观引导,减少滑行时间。构建智能化机位分配系统,综合多因素自动分配机位,与 A-CDM 系统集成,提高机位利用率和运行效率。

搭建统一信息共享平台,整合各部门信息系统,实

现实时共享交互,利用大数据分析提供决策支持。制定协同作业流程规范,明确各部门职责分工和时间节点,建立沟通协调机制,确保工作衔接顺畅。加强空管与机场协调,建立定期会议制度,实时共享信息,灵活调整方案,建立联合应急指挥机制。

4.4 安全风险管控

构建科学评估体系,综合人员、设备、环境、管理等因素选取指标。人员指标包括工作经验、技能水平和疲劳程度;设备指标涵盖通信、监视、自动化系统运行状态;环境指标涉及天气、地形和机坪布局;管理指标包括管制程序、协调沟通和安全管理制度的执行情况。采用层次分析法和模糊综合评价法结合,量化评估风险水平。

针对航空器碰撞、恶劣天气、设备故障等不同风险,分别制定应急预案。明确各风险发生时的应对措施、各部门职责和后续处理流程。加强演练和培训,定期组织相关人员参与,检验协同能力,完善预案,提高科学性和实用性。

5 机坪管制的未来发展趋势展望

5.1 智能化发展趋势

科技飞速发展,人工智能和自动化技术将深度融入机坪管制,带来智能化变革。人工智能能实时分析海量机坪运行数据,挖掘多源信息,建立预测模型,提前预知航班延误、设备故障等问题,为管制员提供决策建议。^[2]比如在航班高峰,自动规划最优滑行路线,避免冲突;恶劣天气下,评估影响并提供应对策略。

实现智能化需加大关键技术研发投入,培养复合型人才,制定标准规范,保障系统安全可靠兼容,推动智能化技术广泛应用。

5.2 协同化发展趋势

未来机坪管制协同化是重要趋势,机场与空管、航空公司等协同合作将不断深化。完善信息共享平台,整合各方信息系统,实时共享航班计划、飞行状态等信息,利用大数据和云计算分析挖掘,提供决策支持。

协同决策成为核心,在航班延误、恶劣天气等特殊情况下,各方通过协同决策平台共同商讨应对策略,发挥各自优势,提高应对复杂情况能力。

协同合作模式也会创新,机场与航空公司紧密合作,优化航线和航班计划,提供优质地面保障;机场与空管建立联合指挥中心,实现一体化指挥。多方协同还会延伸到民航产业链各环节,与地勤、油料、机务等企业合作,实现协同发展。

实现协同化需制定统一信息共享标准和数据接口规范,建立协同决策流程和规则,加强人员培训,提高协

同意识和合作能力。

5.3 绿色化发展趋势

在环保备受关注的背景下,机坪管制绿色化是必然趋势,利于减少民航业对环境负面影响,实现资源高效利用和可持续发展。

利用先进算法优化航空器滑行路线,避开拥堵,降低燃油消耗和污染物排放;推广新能源设备,增加电动牵引车等使用比例;加强设备节能管理,采用智能控制系统。合理规划机坪布局,设置降噪区域,种植隔音林带;优化起降程序,采用降噪方式;鼓励航空公司使用新型降噪航空器。通过智能化机位分配系统提高机位利用率,利用大数据分析优化设备调配,加强水资源和电力资源管理,推广循环利用技术。

实现绿色化需要政府、机场、航空公司等多方共同努力。政府制定政策标准,鼓励引导采用绿色技术,奖励成效显著企业;机场加大投入,引进技术设备,与科研机构合作;航空公司积极配合,优化航班计划,采用环保型航空器和设备。^[3]

结束语

全球机坪管制在技术上不断创新,向协同管制发展,我国则在政策推动下,多数千万级机场完成模式转变并取得成效。当前机坪管制存在人员、设备、管理和安全风险等问题,如人员配置不足、设备老化、程序繁琐和安全威胁等。

针对这些问题,提出优化策略:合理配置人员,完善培训体系;升级设备,推进技术创新;简化流程,加强协同;建立风险评估体系和应急预案。未来机坪管制将朝着智能化、协同化和绿色化方向发展,人工智能、协同机制和节能减排将是重点。

未来机坪管制研究聚焦新技术应用和运行模式创新。新技术方面,研究 5G 在实时监控和 VR/AR 应用,以及区块链在信息共享和数据管理中的应用。运行模式上,探索基于动态需求和区域协同的管制模式,以及与无人机、电动航空器等新兴业务的融合发展。研究需结合新技术和实际需求,为机坪管制提供理论和技术支持。

参考文献

- [1]张平,宋洪庆.“一块屏”打通“五大关”|民航二所解读智慧民航“1+5”数字孪生建设方案[J].微信公众平台,2024(3):1-3.
- [2]两项行业新举措助推“天府速度”持续提升-中国民航网[J].中国民航网,2024(4):1-5.
- [3]Swissport.绿色机坪,未来已来:Swissport 的电动化雄心与挑战[J].微信公众平台,2024(9):1-5.