

大数据技术应用于民航空中交通管制的途径探讨

沈卓辉

中国民用航空华东地区空中交通管理局江苏分局

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12296

[摘要] 随着航空运输需求的快速增长,传统的民航空中交通管制模式已难以适应日益复杂的空域环境和不断攀升的航班密度。基于大数据技术的空管新方式在数据处理效率、态势分析深度和决策支持准确性等方面具有明显优势,能够在空域划分、交通指挥以及冲突探测等关键环节提供更具针对性的方案。本文围绕大数据技术在民航空中交通管制领域的应用途径展开探讨,通过阐述传统空管方法所面临的难题,以及大数据在空管数据管理、态势监测、管制程序优化、冲突预警与经验库构建等环节的具体作用,深入剖析民航空管转型升级的可行思路。

[关键词] 民航空中交通管制; 大数据技术; 空域管理

一、民航空中交通管制传统方法面临的困境

1. 空域固定划分管理困境

在传统空中交通管制模式中,空域常被预先划分为若干固定区域,每个区域由相应的管制部门负责。此类划分具备一定的稳定性,但随着航班数量和航线种类不断增加,这种固定边界逐渐显现出局限性。首先,在高流量时段或者热点航线周边,过于僵化的空域划分容易导致局部区域内的流量严重饱和,而相邻区域却可能尚有可用的空域资源,无法合理统筹。其次,航空器在不同空域间切换时,需要与不同管制单元对接,重复申请或者变更飞行计划,增加了管制衔接的工作负荷。最后,固定划分忽略了交通流动态变化的特点,难以动态地调配空域使用权限,使得空中交通流无法根据实时状况进行灵活调整。

2. 空中交通密度高且复杂

随着民航运输业的迅猛发展,航路数量和航班频次大幅增多。高密度飞行环境带来的管制压力日益显著,传统管制方法对于远程计划与局部即时监控的平衡能力不足。尤其在繁忙机场集群周边,高空进离场航路容易出现互相交叉或距离过近的情况。与此同时,航空公司追求航线最短化与经济成本最优化,会倾向于集中选择某些热门航路,导致流量过度汇集。另外,突发天气、军事活动、紧急救援航线等因素也会进一步推升空域使用的复杂度。面对这些交错的飞行需求,传统管制方式在信息处理速度和管制决策的精准度方面逐渐暴露出明显不足,极易造成局部压力过载与整体运行效率的下降。

二、大数据技术应用于民航空中交通管制的具体途径

1. 加强空管大数据组织管理

大数据技术的应用离不开对数据源的系统性梳理与整合。民航空管业务涉及航班动态、天气预报、空域使用申请、流量统计、航空器性能等多种数据类型,这些数据通常分散在不同系统和部门之间。如果缺乏统一的规划和有效的组织管理,容易出现数据缺失、格式不一致以及数据交互障碍等问题。因此,构建民航大数据平台时,需要从以下方面着手:①建立跨部门、跨系统的空管数据交换网络,针对关键数据实行标准化编目和协议定义,以便管制员和相关决策支持系统能够便捷地获取信息;②对历史数据进行多维度的清洗和标注,构建时序化、主题化的数据库,为后续深入分析打下坚实基础;③着眼于更广泛的信息共享,探索与气象、军方、高速列车调度等机构建立数据交互机制,以形成涵盖空管全局的立体化信息网络。

2. 分析空中交通态势

大数据技术最显著的优势之一,在于能够对海量信息进行深度挖掘与实时分析。借助这一优势,空中交通态势分析可从传统的“事后统计”转变为“及时洞察”。具体体现如下。首先,通过融合航空器飞行状态数据、雷达监测数据以及天气情况,实现对空域内各飞行目标位置、速度和趋势的即时刻画,并借助可视化工具呈现整体交通分布、局部拥堵节点等关键区域。其次,借助机器学习等算法,分析中长期内各航路航班数量、流量峰值时段以及航路网络潜在瓶颈,生成趋势预测模型。这样,管制部门能够更早期地发现潜在的流量冲突或热点区段,为空域结构调整和流量管理方案提供参考。最后,通过对历史冲突事件和异常运行案例的深入挖掘,

可以提炼影响管制效率的核心要素, 并建立相应的风险评估指标, 为进一步优化管制策略提供依据。

3. 优化管制指挥程序

在传统管制模式下, 指挥流程通常依赖人工经验和线性决策, 对于复杂环境的反应速度有限。而大数据技术的引入, 可以让指挥程序更加精细化、智能化, 减少不必要的人工干预步骤, 提升整体运作效率。

首先, 通过实时采集和分析航空器飞行数据, 可为管制指挥提供多维度的支持信息。例如, 在进离场管制中, 大数据系统能够结合地面跑道使用情况和空中流量条件, 为指挥员推荐更适宜的路径或高度层安排, 避免航路交叉点处出现航空器拥塞。再者, 管制系统可运用动态规则分配和优先级管理等方法, 将涉及紧急任务或特殊需求的航班即时识别出来, 调整指挥顺序或进行空域优先分配。与此同时, 自动化决策辅助系统所提供的风险提示和方案建议, 可以减轻人工作业强度, 辅助管制员以更高的准确度作出应对方案, 进而大幅度提升管制指挥的安全和效率。

4. 规划空中交通空域

针对空域的管理与调度, 大数据分析能够带来更灵活的动态调整思路。在此基础上, 空管部门可实施分时段、分区域的空域灵活使用策略, 进而提升空域利用率并缓解流量压力。首先, 基于航班时刻与流量预测模型, 可在特定时段调配预留一些弹性空域, 用于引导超过既定计划的额外航班, 减少部分主要航线的流量拥挤。其次, 通过对军事活动、突发飞行任务等事件的统计规律分析, 管制部门能够事先在相邻空域中设置可动态开放的空域走廊或航线替换方案, 一旦出现紧急需求或临时空域限制, 迅速启用备用路径, 保证飞行任务顺利完成。与此同时, 对于高密度机场群, 可以结合流量数据、起降时刻分布和航路结构, 适度调整空域边界, 使不同机场间的进离场航线更合理地衔接, 从而在整体上提升空域容量与安全系数。

5. 探测航空器冲突

航空器冲突问题一直是空管工作中的重点与难点, 大数据技术为这一难题带来了新的解决思路。通过多源数据融合与算法模型的创新, 管制单位能够更早、更精准地捕捉到潜在冲突苗头。

具体而言, 系统先将来自雷达、ADS-B (自动相关监视-广播)、地面站以及气象等不同来源的飞行数据进行实时比

对, 将不符合预期飞行轨迹或规则间隔要求的目标快速筛选出来。随后, 通过预测算法对目标的未来位置和速度进行外推, 判断两架或多架航空器之间的最短距离是否在安全范围内。如果发现潜在冲突, 管制系统会立即生成警示信息, 并列出行可行的避让或调整方案供管制员评估和采取。与此同时, 深度学习和模式识别算法可综合分析航空器冲突的时空分布特征, 从航线设计、流量分布、天气变化等多方面找出隐患根源, 有针对性地提出行之有效的防范对策。

6. 建立冲突解脱程序经验库

冲突解脱通常需要结合空域结构、航路特点以及航空器性能等多重因素进行综合判断。单凭人工经验, 决策过程容易受到个人认知与情绪波动的影响, 也难以兼顾大量案例的归纳总结。为了提升冲突解脱决策的科学性与一致性, 有必要建设一套系统化的冲突解脱程序经验库。

该经验库主要依托大数据平台, 将历史上各类冲突解脱案例及其对应的指挥决策过程进行完整记录与标签化处理。通过应用文本挖掘和模式识别技术, 可以从海量的冲突解脱日志中提炼高频出现的决策模式和最佳策略。例如, 对“同高度交叉飞越”、“接近下降点延误”、“侧向偏航绕飞”等常见冲突场景进行标准化程序归纳, 形成清晰的决策规则。

当新出现的冲突场景与库中已有案例相似时, 系统便可借鉴已有经验, 迅速给出行之有效的方案供管制员参考。如此一来, 不仅能加快冲突应对速度, 还能在不同管制部门之间共享解脱经验, 促使安全与效率得到进一步提升。

三、结语

民航空中交通管制的未来发展方向, 无疑需要在信息化和智能化方面再上新台阶。与传统管制方式相比, 以大数据为核心驱动的新一代空管体系, 能更加充分地利用多元信息源, 深入挖掘历史数据与实时情报的潜在价值, 帮助管制部门实现动态化、精准化、可预测化的综合管理。通过加强数据共享与协同分析, 空域划分将更具弹性, 流量控制也更具前瞻性, 继而促进飞行安全和效率的同步提高。

[参考文献]

[1] 刘付贵. 民航空中交通管制的人为安全风险及对策分析[J]. 运输经理世界, 2024, (05): 121-123.

[2] 许俊宾. 民航空管系统空中交通管理生产数据中心建设分析[J]. 数字通信世界, 2022, (02): 128-130.