

航站运行资源调度优化与航班正常性提升策略

李婉莹

深圳航空有限责任公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要: 随着民航运输业的规模化发展, 机场航站楼机位、值机柜台、安检通道、摆渡车、廊桥等运行资源供需矛盾日益凸显, 资源配置不均衡、调度响应滞后、多部门协同壁垒等问题, 造成航班延误频发, 制约机场运行效率与服务品质升级。航站运行资源调度的科学性与灵活性, 是决定航班正常性、机场运行效率与旅客服务体验的核心因素。基于此, 本文针对航站运行资源调度优化与航班正常性提升策略展开探究, 旨在减少航站环节引发的航班延误, 降低地面环节航班延误发生率, 为国内枢纽机场提升运行效率、稳定航班正常水平提供借鉴与参考。

关键词: 航站运行; 资源调度; 动态优化; 航班正常性

Optimization of Terminal Operation Resource Scheduling and Strategies for Improving Flight Regularity

Li Wanying

Shenzhen Airlines Co., Ltd., China Guangdong Shenzhen 518000

Abstract: With the large-scale development of the civil aviation transportation industry, the supply-demand imbalance of operational resources such as aircraft stands, check-in counters, security checkpoints, shuttle buses, and boarding bridges in airport terminals has become increasingly prominent. Issues like uneven resource allocation, delayed dispatch responses, and interdepartmental coordination barriers have led to frequent flight delays, constraining airport operational efficiency and service quality improvement. The scientific and flexible allocation of terminal operational resources is a core factor determining flight regularity, airport operational efficiency, and passenger service experience. Based on this, this paper explores strategies for optimizing terminal operational resource scheduling and enhancing flight regularity, aiming to reduce delays caused by terminal operations and lower the incidence of ground-related flight delays. The findings provide insights and references for improving operational efficiency and stabilizing flight regularity in domestic hub airports.

Keywords: Airport operations; Resource scheduling; Dynamic optimization; Flight normality

0 引言

目前, 国内多数机场在航站资源调度上还沿袭粗略管理思路, 因此, 系统分析航站全流程运行资源配置的不足, 思考调度改进办法, 将提升航班正常性的思路落实于具体机场运行实际, 既是机场精细化管理的要求, 也是民航高质量发展的必然方向。

1 航站运行资源内涵

航站运行资源是支撑旅客出港、航空器地面保障全流程的硬件、人力、系统资源总和, 分为旅客服务资源、机坪保障资源、信息系统资源三大类, 各类资源相互串联、环环相扣, 任一环节资源短缺都会形成运行瓶颈^[1]。

2 当前航站运行资源调度存在的问题

2.1 资源静态配置, 缺乏弹性动态调配机制

多数机场采用固定排班模式, 值机、安检、地服人员、安检通道、值机柜台按固定时段开放, 未结合客流预

测弹性增减资源。早出港时高峰客流是平峰的 3 倍多, 此时人力与设备尚不能同步满足需要; 午后及夜晚客流减少, 资源空置多, 利用效率有明显两极。按旧习惯调度只在人多处临时安排通道或加派人员, 所用方法反应慢, 拥堵发生之后才做补救, 无法前置化解瓶颈。同时机位采用提前一日静态分配, 未预留动态调整机位池, 导致航班临时变更、前序延误。

2.2 各资源独立调度, 全链路协同缺失

航站楼所用的旅客服务资源和机坪保障资源是机场两个不同类别的管理对象, 有关的值机、安检、行李、机位、地服系统各自独立, 数据不能互通。如安检环节没有能力立刻给出旅客到登机口的时间提示, 机位安排又得不到行李处理完成的确切信息; 地服用车对航班关舱没有预先配合, 保障车到达时刻和航空器可用时段未必一致, 易生过站延迟。各部分调度彼此孤立, 缺少整套流程统筹机制,

资源连接点少,延误隐患因而增大。

2.3 机场、航司、空管三方协同调度机制不完善

航班运行要由机场地面保障、航空公司旅客服务、空管放行控制三方面共同完成,目前协同尚有明显缺陷:所涉信息,如航班计划变更的传递有时太慢,航司临时换型或增班之后,机场没有即时资源响应手段;空管对放行时隙作动态安排时,机场不一并修改有关机位及保障资源的时间顺序,因而有“时隙可用、保障未就绪”或“保障完成、无时隙”两种错配现象;应急处理大面积延误又缺少三方统筹的指挥系统,资源指令需逐级下达,效率不容易提高。

2.4 数字化调度支撑能力不足,预测与智能决策缺位

中小型机场目前还是以人工台账及线下看板来处理资源调度问题,大型枢纽所用的单一系统尚无统一数据中台。有关客流或航班延误的预测不够准确,只拿过去同期资料作简单类比,没有把天气、节庆、航线特征等纳入分析变量之中;调度所依据的优化方法不先进,人员与机位安排由人定夺,未运用遗传算法或滚动时域法对最优配置做实际计算;对实时状况的预警亦有缺位,资源饱和、等待过久、服务超期一类问题不能预先知道,只能靠事后补救。

3 不同场景下的航空资源调度优化与航班正常性提升实操策略

3.1 值机与安检资源动态调度优化,消除旅客登机迟到瓶颈

值机及安检构成旅客流程的主要拥堵点,要以预测为基础来安排弹性的人力通道,缩短候机总时间。按历史客流、航班运行、节假日期间的特点建立贝叶斯神经网络预测体系,对各时段的出港客流量作准确估计,把平峰、次高峰、高峰分作三类资源标准^[2]。平峰时只用基本值机台和安检通道,次高峰按 50% 比例配置机动人员,高峰阶段通道全部启用,同时有备用机动组配合,按“小时”轮换补位工作人员。设动态缓冲型安检通道,当排队人数达到 15 人即调用备用通道、机动安检员,所涉等候时间不超出 15 分钟。

同时,应以较大规模引入自助值机及自助行李托运装置,把无托运行李旅客纳入线上服务范围,使人工柜台不超负荷;对航站楼流线做合理安排,设立快速安检通道,包括专为商务、晚到旅客设计的路线,按此思路减少登机迟到情况。有关安检的流程若能加以智能化改造,AI 即可协助 X 光设备做视觉识别,使违禁物误报大为减少,每件行李的安检时间相应变短;将行李传送与分拣交由自动系统完成,能节省人力所费时间,各通道效率提高,同时通道下客流处理能力可达原值的 25% 以上。

3.2 机位与廊桥资源智能分配优化,压缩航空器过站滑行时间

机位资源有冲突或远机位所占比例太大,航空器地面周转时间就将明显拉长,联动性地造成放行延误,可采用静态+动态双模式调度。两阶段机位智能分配,第一阶段按航班计划、机型及航司基地特征作静态机位安排,在短过站、早高峰时段尽量把离场航班定为近廊桥机位第二阶段根据实际运行情况预留 10%~15% 的动态备用机位,遇到原分配航班延迟或机型变化即由系统自动计算替代方案,5 分钟以内完成机位重配并给出地服、摆渡的调度提示,以降低地面航空器等待概率。对于过站时间充裕的进港远机位航班,利用航班间隙通过牵引车拖至廊桥机位,减少出港摆渡旅客登机耗时;早高峰优先保障离场高峰航班使用廊桥,避免大量旅客摆渡迟到,保障关舱门准时性。

调度中台还应把空管所给的预放行时隙同时纳入考虑,按放行时间反向确定各机位应完成的节点,遇到机位保障不及时即发出警告、调用地服力量,使实际完成期与放行时间一致,不出现“时隙已到而保障未就绪”或“保障完而无时隙”的矛盾。

3.3 行李处理系统全链路调度优化,规避行李装卸延误

行李的分拣、运输或装卸若不及时会促成航班关舱所涉的延误现象,应把行李流转当作整体来优化。对行李传输做技术性升级,使用 RFID 来追踪其所在分拣点或传输瓶颈;将航班行李数作为参数输入系统,用动态方法安排分拣道口,遇堵时即启用替代传输路线,防止行李成堆。如,澳门机场改造行李系统,降低行李分拣差错率及单件行李处理效率。

有关行李拖车及装卸班组的安排应纳入统一调度体系,按航班预到、关舱时间来预先配置拖车资源,避免航班到达之后出现空等装卸的情形。对同航司连续航班做装卸班组集中设计,以节省班组来回所费时间。规定行李分拣用时的上限,凡有航班的行李处理晚于计划 5 分钟即触发系统报警,通知调度、地服、航司相关岗位,按需调人补缺,避免因行李未装完而延缓舱门关闭^[3]。

3.4 机坪地面保障资源滚动时域调度,缩短航空器过站周期

清洁、加油、机务、客梯车等地面保障资源分散调度易造成作业等待,采用 15 分钟滚动时域统一调度。将机位分配结果作为输入,同步调度对应机位的客梯车、加油车、清洁班组、机务人员,实现机位与保障设备、人员一体化匹配,避免机位到位但保障资源缺失。采用两阶段优化思

路,先确定机位,再基于机位时序分配全部地面保障资源,保障作业衔接无空档。

同时,以高峰航班总量为标准来安排 15% 机动性的清洁、机务或装卸班组,遇到航班前序延误、保障用时过长即调用机动班组,把过站所涉各项作业的总时长压低,不使标准时间超出民航规定。还要对地面保障作全过程的时序设计,由调度系统随时掌握各部分进度,若某一工序已超时即发出提示,调度人员据此行动、予以协调,避免局部拖延造成全过站超时。

3.5 机场、航司、空管多主体协同调度机制搭建

单一机场资源优化无法彻底解决航班延误,必须建立常态化三方协同运行体系。统一实时协同数据中台,打通机场调度、航司运行控制、空管终端区放行系统数据接口,航班计划变更、延误预警、客流峰值、机位调整、放行时隙信息实时双向同步,消除信息孤岛。

对日常运行应按小时作线上会商,同时预测高峰时段的资源需求,如出现雷雨或大范围延误即由三方联合指挥现场处理,把航站、场面及空域一并纳入调配对象,对航班放行及资源作同步安排。将早高峰拥堵、设备失灵、极端气候、前序航班连续延误四者作为常见问题加以分析,提出对应调度的标准化方案,划清三方所涉资源的职责、响应时间,用演练检验方法、提高应急处置的实际效率。

3.6 数字化智慧调度平台配套保障措施

多维数据预测模型将客流、航班及气象、历史设备运行资料纳入分析,改进所用的机器学习方法,使客流和航班延误可较准确地预知,从而获得资源调配的数据依据。对调度过程做智能化改造并予以常规化运用,在有关机位、人手、行李、车辆的模块中使用遗传算法或强化学习来优化配置方案,避免依赖人工判断,达到资源安排的全局最优。同时把全部流程纳入可视化预警系统,以调度指挥大屏汇总航站楼客流、通道利用、机位状况、保障节点、放行时间等信息,设定各等级拥堵、超时报警标准,出现异常即自动提示,把“事后处理”变为“事前预知、事中调节”。

4 航站楼资源调度优化长效保障机制

4.1 建立航班正常性考核联动机制

健全全方位航班正常性考核体系,将航站楼资源利用率、航站环节延误时长、旅客登机准时率纳入机场各部门、合作地服单位绩效考核,资源调度优化成效与绩效挂钩,倒逼各岗位落实动态调度要求;同步与航司建立协同考核,共同分担航站楼延误管控责任。

4.2 资源运维与备用储备保障

要按制度要求落实对设备的常态化预防性运维,对值

机装置、安检设施、行李传送系统、廊桥诸项核心物项做定期检查、维护,把隐患查清、处理及时,以最优化方式减少因设备故障而出现的资源缺口或运行中断。对可调动的资源作弹性安排,平时即保存机动保障人员、备用安检口、空闲机位及应急车辆,遇有客流高峰、航班群延误、特殊气候等情况能迅速调集资源应对,避免各种波动损害运行效率,将航站楼保障基础建设落到实处。

4.3 人员调度专业能力建设

常态化组织调度人员展开专项技能培训,把智能平台运用、多种应急情况、三方协作会商纳入培训内容,对客流预估、机位安排及航班延误处理作专门能力建设。设立调度岗位轮换办法与专家值班制度,促使调度人员掌握全部流程所涉业务,利用有经验者协助解决困难类调度问题,借以提高整体上应对突发状况、作出精确判断的效率与水平。

4.4 运行数据复盘迭代优化

以日复盘、周总结的方式建立起常态化的复盘制度,对每日航站楼运行所涉延误做归纳分析,每周汇总典型运行案例,考察资源调度及协同状况的缺陷。对调度方法、排班安排与协作机制做较全面的查漏补缺,根据具体情况改进调度程序、资源使用规则或应急对策,形成“运行、复盘、改进、升级”管理闭环,不断促进航站楼有关资源在配置上达到更细、更优的状态。

5 结语

在智慧民航不断向前发展的形势下,AI 大模型及数字孪生、物联网都应被纳入航站楼资源调度的考虑范围。对航站楼所用的数字孪生做更充分运用,可以设计实时仿真类调度方法,提前模拟资源配置效果;把多智能体强化学习用于调度程序中,使极端天气或大范围延误这类难题有较好解决思路;还可就跨机场终端区的协同调度做分析,将相邻机场航班时序做适当配合,按区域方式促成各有关航班总体上趋于正常的运行状态,实现高效稳定发展。

参考文献:

- [1] 陈飞,刘鹏,凌若鸿等. 机场航站楼安检资源运行策略优化[J]. 中国民航大学学报, 2023,41(6):37-43.
- [2] 石鹏辉,马兰,朱承元. 基于机场场面资源的进离场航班排序优化研究[J]. 计算机仿真, 2025,42(8):77-83+107.
- [3] 叶右军,田力,马富然. 提高航空公司航班正常性的多场景优化策略研究[J]. 交通企业管理, 2026,41(2):144-147.

作者简介:李婉莹(1992.05-),女,汉族,吉林安人,本科,高级工程师,研究方向:从事航空公司航站楼管理研究。