

# 首都机场自动旅客运输系统数字化管理工作 平台建设方案

任海平 王 超

(北京首都国际机场股份有限公司,100621,北京//第一作者,助理经济师)

**摘 要** 从首都机场自动旅客运输(APM)系统的运营组织角度出发,根据实际运行特点及其运营组织方案,分析了首都机场 APM 线在运营组织上存在的问题,提出了 APM 线数字化管理工作平台的建设方案,并就该平台的设计原则、体系架构、构建步骤及实施效果进行了阐述。

**关键词** 自动旅客运输;运营组织;数字化管理;工作平台

**中图分类号** F530.7;U239.8

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2019.10.021

## Construction Scheme of Digital Management Platform for Beijing Capital International Airport APM System

REN Haiping, WANG Chao

**Abstract** Considering the operation organization of Beijing Capital International Airport APM system, and according to the practical operation characteristics and the operation organization plans, problems existing in the operation organization of airport APM line are analyzed, a scheme of digital management platform of APM is proposed. Then, the design principle, architecture, construction steps and the implementation effect of the platform are elaborated.

**Key words** APM; operation organization; digital management; work platform

**Author's address** Beijing Capital International Airport Co. Ltd., 100621, Beijing, China

北京市首都机场 3 号航站楼的自动旅客运输(APM)系统建成于 2008 年北京夏季奥运会期间,是中国首次引进无人驾驶技术的轨道交通线路。目前,首都机场 APM 线共有 18 节列车,采用庞巴迪公司生产的 CX-100 车辆和 CITYFLO550 列车自动控制系统,每节车厢长约 12 m,宽 2.8 m,额定载客量为 83 人。该线自投入运行以来,伴随着首都机场旅客吞吐量的不断增长,线路所需承担的旅客运输任务也越来越重。首都机场 APM 线对

实际运维工作流程进行了全面梳理,建立了一套满足全生命周期管理的电子化运维平台,旨在不断提高运行效率和客服水平,最大限度提升 APM 系统的保障能力。

## 1 首都机场 APM 线的运营组织方案

### 1.1 APM 线的建设背景

2008 年,作为北京奥运会的重要配套项目,首都机场 3 号航站楼(简为 T3)投入使用,其总建筑面积 98.6 万  $\text{m}^2$ ,南北跨度达到 2 900 m,是当时世界上面积最大的单体航站楼。根据国际民航组织对机场设计的指导原则,从办票柜台至登机门,在没有任何机械辅助设施的情况下,可接受的最大步行距离是 300 m。在 300~1 200 m 的距离内可采用自动步道作为辅助设施,而超过 1 200 m 则需要采用更为快捷的交通方式<sup>[1]</sup>。

因此,为了满足旅客的出行需求,有必要建设一套舒适便捷、安全可靠的轨道交通系统。根据 T3 的实际运输场景,该轨道交通线路设 T3-C、T3-D 和 T3-EH 3 个车站。其中:T3-C 站台至 T3-E 站台的路程距离为 2 080 m,沿途的高度落差较大,允许车辆变换道岔的曲线半径较小,且车辆需满足自动运行、换端自由等特点。线路的轨道断面图如图 1 所示。

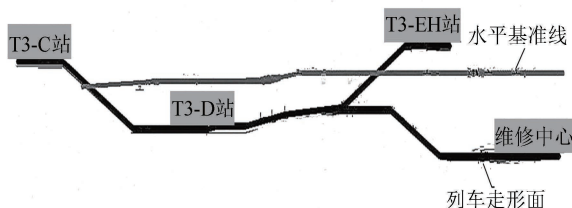


图 1 首都机场 APM 线的轨道断面示意图

通过对比钢轨制式和胶轮制式的轨道交通特点后发现,胶轮制式运输系统在爬坡能力、转弯半

径、制动性能、噪声和舒适度方面更胜一筹,且线路设计的自由度更强。因而,选用胶轮制式的 APM 系统,更适合在首都机场范围内进行短距离的旅客运输<sup>[2-3]</sup>。

## 1.2 运营组织分析

首都机场 APM 线采用世界范围内成熟度较高的庞巴迪 CX-100 型车辆及 CITYFLO550 型列车自动控制系统。线路系统规模虽然不大,但专业多、子系统复杂。首都机场主要负责 APM 范围内的运行组织、旅客服务、安全保障、维保维修、备件采购、升级改造等全过程的管理工作,线路的运行与维护则采取了长期外包模式。这样的管理方式,既保障了运维的专业性,又做到了职责和权限的分工明晰。

如图 2 所示,首都机场 APM 线正线部分共 2 条轨道。列车主要的运行模式可分为 3 种,分别为紧闭循环模式(PL, Pinch Loop)、单轨往复模式(SH, shuttle),以及屏蔽掉某指定轨道区段的特殊紧闭循环模式(PL-no-X)。

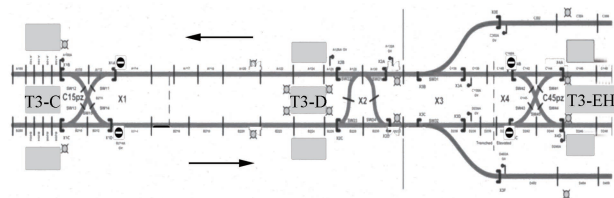


图 2 首都机场 APM 线正线线路图

## 2 首都机场 APM 线运营组织问题分析

APM 线投入运行以来,随着旅客运输量的持续快速增长和设备的逐步磨损老化,线路在有限的运行资源下,运营管理的各类瓶颈短板也不断暴露出来。

### 2.1 线路运能不满足运量需求

首都机场 T3-D 航站楼正式启用后,APM 线停靠站由原有的 2 个车站增加至 3 个车站。由于进港航班高峰时段与出港航班高峰时段存在时间差,导致了各站台搭乘的旅客量不均衡;此外,如果 E 类及以上机型的大型航班集中进港,也会导致站台旅客量的瞬时激增。虽然 APM 线灵活配备了一列备车,但由于没有准确的站台旅客量统计及预测系统,往往是在站台产生旅客积压后才开始启用备车或更改运行模式,时间缓冲不足造成线路的运力难以保障,客运服务水平由此降低。

### 2.2 未能实现对轨道区施工状态的集中监管

首都机场 APM 线轨道区为露天环境,涵盖轨

道线路、车地通信、绿化喷淋、轨道照明、走形面加热等多个子单元,可谓“麻雀虽小,五脏俱全。”当多组施工人员进入轨道区实施断电作业时,中央控制中心只能通过局部监控或对讲机沟通的方式对其施工状态进行监管。线路不具备采用可视化方式对轨道区进行集中监管的条件,一旦发生因人员误操作对停电区域供电,将存在重大的安全隐患。

### 2.3 设备子系统管理粗放,统计分析功能薄弱

首都机场 APM 线包含中央控制、车辆、轨旁、弱电通信、配电等子系统,设备种类复杂、数量繁多,以往的台账记录仅以纸质版维保工单及检查单存档,没有对各个单一设备子系统建立起完备的台账;设备故障维修、备件更换等环节的管理上较为粗放,不能实现设备的全生命周期管理;此外,各设备子系统的统计分析功能薄弱,也不利于故障点定位追溯或故障预判。

## 3 数字化平台建设方案设计与实践

APM 系统是一套各个子系统相互协同运行的整体系统,在运行维护的过程中,各子系统间紧密协作。从另一个角度分析,APM 系统涵盖了备件采购、运行服务、维保维修等多个阶段,若仅仅着眼于解决单一的一个问题点,必然不能带动整个系统的联动与提升。因此,在系统内开发并推广一套电子化工作平台,利用技术手段代替人工来解决系统综合性的运行与维保问题,可有效推动 APM 系统全方位的智慧管理。

### 3.1 设计原则

本着“提升工作效率同时减少工作量”的原则,根据实际工作情况,通过调研明确了首都机场 APM 线电子化工作平台的 4 个基本需求:

1) 具备多层次、多维度、高并发处理的软件能力。APM 线运行与维护所涉及的工作单位和工作人员众多,为了实现人员的权限管理,需要制定多层次、行之有效的操作方案;为全面覆盖各项工作,需要对软件进行多维度的管理设计;为同时满足多用户的并发使用需求,软件还需要具备稳定快速的处理能力。

2) 具备关联性、系统性、闭环管理的能力。由于 APM 系统需要各个子系统的协同运行,因此软件平台的各个模块并不是单独运行的,而是通过设定其内部的逻辑关系,进行合理的数据挖掘和信息关联。

3) 具备制度电子化、流程信息化的特征。由于首都机场 APM 线各项制度的落实是依靠人工检查等方式予以实现的,因而,新设计的软件平台应实现制度与各项工作流程的有效融合。

4) 具备统计分析、提醒推送等辅助决策特征。在采用提醒式管理来推动工作的同时,软件平台还应具备数据总结与汇总的功能,辅助工作人员做出智能分析,提供可靠的可视化参考数据。工作人员可以此为抓手,实现主动式管理,提升运维效率。

### 3.2 体系架构

根据上述 4 个使用需求,对首都机场 APM 系统

数字化工作平台的体系架构进行设计,如图 3 所示。底层数据的采集基本涵盖了 APM 系统日常运行所需的各类数据,除人工录入数据外,还涉及了与旅客人数统计服务器、APM 列车位置采集服务器的数据交互。数据经过存储、融合、挖掘、统计、分析等处理后,在实现电子化办公的同时,还可根据不同用户的需求提供可视化的管理和决策数据。在用户应用层面,APM 线数字化工作平台共涉及 6 个方面,分别为运行管理、备件管理、维保管理、施工管理、系统评估管理以及知识库管理,对首都机场 APM 系统日常运行的各项基本流程进行了有机整合。

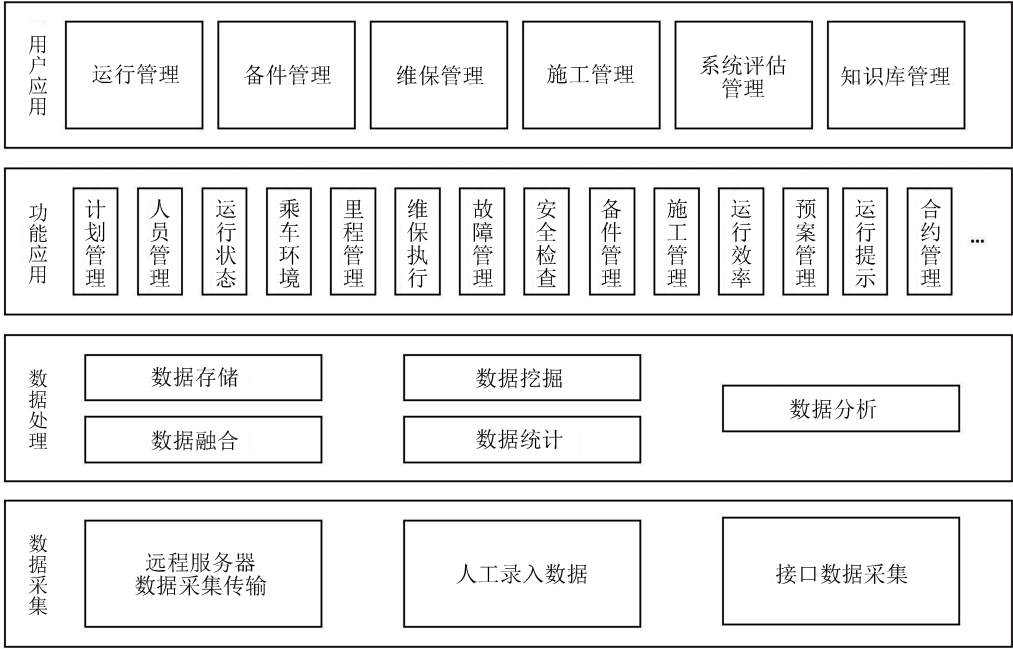


图 3 首都机场 APM 线数字化工作平台体系架构

### 3.3 构建步骤

首都机场 APM 线数字化工作平台体系的建设,主要有以下工作步骤:

1) 为了严控软件开发及落实过程中存在的风险,对实施人员、网络环境、硬件资源等方面进行可行性评估。

2) 成立专项攻关小组,根据现场工作的特点及一线人员的使用诉求,确定数字化平台的体系架构,形成完整的软件功能清单。

3) 完成软件各功能模块之间的网状关系图架构设计。

4) 制定风险应对计划,以里程碑时间节点为依据,定期召开项目组全员的项目总结会,严控各项目节点的进度与风险。

5) 软件平台通过测试和试运行后,需配套建立金字塔式的培训体系,即先对各个子系统的关键负责人员进行宣贯培训,再进行全员培训。在使用过程中,不断收集用户反馈的问题,持续完善软件功能。

## 4 数字化工作平台的实施效果

### 4.1 运行效率得以有效提升

工作平台通过与“APM 旅客统计系统”进行集成,在旅客进入站台的 6 个主要通道上方加装了人数统计摄像机,后台服务器实时对“15 min”、“30 min”、“60 min”的站台旅客数量进行计算,并将结果更新到 APM 线控制中心的大屏上。调度员可将站台旅客量与当前实际运力进行实时对比,一旦发

现有运力不足的情况,可及时通过发放备车上线或增加上线列车数等方式及时增能,为优化 APM 线的运行模式,以及提升旅客满意度奠定良好的基础。数字化平台和“APM 航班预警系统”进行关联,在较大机型航班集中进港时,可通过“闪烁高亮”的形式向调度员发出提醒,确保调度员及时发放备车,有效提升了 APM 线的运行效率。数字化平台推广后,APM 线的运行效率提升了近 1.5%,人均旅客耗电量约降低了 9.7%。

#### 4.2 实现了对轨道区施工状态的集中监管

数字化工作平台借助“手写板”,将原有的纸质版轨道区施工单更改为电子化审批流程,管理人员可随时随地监控查看施工单的流转情况。这样,不仅实现了电子归档,审批形式也更加自由;数字化平台规范了施工人员安全培训及资质审核流程,安排专业安监人员进行全程作业引领;通过建立“轨道区人员资质库”,省掉了以往“人工查人名”的操作步骤,在施工申请时便可在“资质库”中选中相应的人员,节约了人员工时,提升了轨道区作业的安全保障能力;工作平台还建立了“轨道区监控”模块,通过绘制轨道区的电子模拟图,实现了“轨道区哪处有施工,电子地图哪处有显示”的目标,以可视化的方式实现了对轨道区施工的集中监管。

#### 4.3 建立了设备子系统的健康台账

通过规范并集成各个设备子系统的主要工作流程,使 APM 系统的各项工作在软件平台上均能得以体现,软件后台依据制定好的逻辑规则,将设备子系统的运行数据、维保作业、备件出入库、故障

维修等环节进行了有效关联,可为一线工作人员自动推送合理的工作计划及周期性的统计分析结果,有效推动了 APM 系统设备的精益化管理。

#### 4.4 推动了设备全生命周期管理

工作平台通过对多重功能模块的集中式数据管理分析,实现了设备的全生命周期管理,并可为管理人员提供综合性的数据支撑,为解决其他系统的瓶颈问题奠定了基础。

### 5 结语

以数字化平台为核心的 APM 系统运行组织方案,不仅仅是各类信息的可视化集成展示平台,更应该是一个辅助管理决策平台。在借助计算机技术的基础上,APM 系统工作平台通过人工智能学习,根据周期性的统计分析结果,结合移动端应用,自动实现了设备故障预警、设备故障排除、运行优化等功能,从以往的“通病通治”向“专病专治”转变。与人工操作相比,数字化工作平台的投入使用,大幅提升了 APM 系统的安全管控、服务提升以及运行保障等水平。

### 参考文献

- [1] 丁吉文.机场 APM 捷运系统规划研究[J].科技视界,2018(4): 224.
- [2] 包亚敏,杜磊.机场捷运系统制式比选研究[J].科技视界,2017(7): 91.
- [3] 麦福荣.深圳机场旅客捷运系统车辆选型与运营模式研究[J].铁路技术创新,2018(2): 89.

(收稿日期:2019-05-12)

(上接第 81 页)

落架装置操作简单,降低了作业人员的操作难度,进一步提高了跨坐式单轨车辆的可维护性。落架装置可根据使用需要进行组合设置,以满足单车或整列车同时进行维护作业的需要。

落架装置的使用,对跨坐式单轨车辆的定期维护和推广提供了有效保障,并会伴随单轨车辆的推广得以更广泛的使用。

### 参考文献

- [1] 张建全,黄运华,李芾,等.独轨交通的发展及其在城市轨道交通中的应用[J].铁道机车车辆,2009,29(1): 25.
- [2] 胡恩德.跨坐式单轨交通车辆的检修修程[J].现代城市轨道交通,2013(3): 41.
- [3] 张腾,夏青.单轨转向架换轮平台控制系统设计[J].制造业自动化,2017,39(3): 46.
- [4] 肖体兵,吴百海.高精度电液比例阀控缸伺服系统控制器设计[J].机床与液压,2005(11): 53.

(收稿日期:2019-05-03)