

民航

5.1 民航智能化的机遇和挑战

自 2005 年起,中国航空运输总周转量已连续 14 年位居世界第二。2019 年,民航全年完成运输总周转量 1292.7 亿吨千米、旅客运输量 6.6 亿人次、货邮运输量 752.6 万吨,同比分别增长 7.1%、7.9%、1.9%;千万级机场达 39 个,同比增加 2 个。从这些数据可以看出,中国已是名副其实的民航大国。

如今,航空客运正在由奢侈消费向大众消费转变,人均收入水平的增长和旅游业的发展让大众越来越倾向于选择更加便捷、舒适的交通出行方式。然而,旅客吞吐量的激增也给航空行业带来了挑战,单纯进行物理扩容或依靠人工进行调度指挥、监管运维,难以有效应对当前行业面临的供需矛盾、效率不足等诸多挑战,也难以匹配未来航空在客货运效率、安全、体验等方面高质量发展的需求。在数字化时代,利用人工智能、大数据等科技手段来建设智慧航空,实现机场、航司、空管数据的共享、整合与应用,充分发挥第五生产要素数据的价值,全面推进行业智能化转型升级成为最优选择。

5.1.1 背景和趋势

1. 宏观政策驱动

随着数字化基础设施建设不断完善,人工智能产业的发展,为民航业发展带来了新机遇。以新一代信息技术融合应用为主要特征的智慧民航建设正全方位地重塑着民航业的形态、模式和格局,在全球范围内迅速发展。各国政府和企业纷纷投入巨资进行智慧民航的建设,以提升航空业整体竞争力。

全球相继出台民航行业人工智能相关战略和规划文件,在政策上牵引智慧民航的发展,聚焦加强技术投资和人才培养、促进开放合作以及完善监管和标准建设,民航行业智能化转型进入加速落地阶段。具体而言,2020 年 12 月,民航局印发《推动新型基础设施建设促进高质量发展实施意见》提出“到 2035 年,全面建成国际一流的现代化民航基础设施体系,实现民航出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台”。2022 年 1 月 21 日,为加强智慧民航建设顶层设计,落实多领域民航强国建设要求,促进民航高质量发展,民航局组织编制了《智慧民航建设路线图》,并相继发布了《机场数据基础设施建设指南》《智慧民航数据治理规范 数据共享》《智慧民航数据治理规范 数据治理技术》多部行业标准,标志着中国智慧民航从顶层设计走向了全面实施阶段,智慧民航建设将有效提升民

航安全发展水平以及行业运行效益、效率和发展质量。IATA(International Air Transport Association,国际航空运输协会)等机构积极推动智慧民航的建设,IATA 和 ACI(Airports Council International,国际机场理事会)推出了 NEXTT(New Experience in Travel and Technologies,新体验旅游技术)愿景,汇集了改变客运和货运旅程的概念和想法,推动大量的业务创新,促进人工智能等新理念和新技术在智慧民航领域的推广应用。

2. 民航智能化发展现状

随着科技的快速发展,民航行业正在经历前所未有的智能化变革。人工智能、云计算、人脸识别和物联网等先进技术已被广泛应用于机场、航司和空管的建设。关于智慧机场建设方面,国内部分机场的智慧化建设进程在相关企业的参与合作下正不断加快。例如,深圳机场已建成 AI 平台及一批 AI 场景化应用,包括视频分析、智能机位分配、OneID、智能客服等,进一步提升运控效率、场面安全和旅客出行体验。旨在 AI 算力、平台、大模型和管理服务等方面深化智能化引领,建设 AI 全栈能力,赋能智慧机场建设。西部机场深入安全、运行、服务、管理等领域,基于数智底座聚合多厂商算法,实现全场景智能化,满足业务需求、辅助管理决策、促进业务提升。基于 AI 核心能力构建行业最优模型,实现机场数智地勤降本增效。未来,随着智慧机场数量不断增多,国内民航业整体智能化水平将达到一个较高的层次。

在智慧航司建设方面,包括国航在内的航空公司已经引入了自助值机和自助登机服务,通过手机应用、自助服务柜台和自助服务设备,乘客可以更快捷地办理登机手续。在行李跟踪方面,智能化服务允许旅客跟踪他们的行李,确保行李与乘客能够一同抵达目的地。在维护检修方面,一些机场和航空公司开始使用无人机进行飞机的安全检查和维护,以提高效率和减少人为错误。在飞行调度和导航方面,先进的飞行调度和导航系统使用先进的技术来确保飞机的飞行安全、准时抵达和燃油效率。在旅客飞行体验方面,飞机上的智能客舱系统为旅客提供娱乐、互联网连接和个性化服务,改善了长途飞行的体验。在机票预订方面,智能应用程序和网站允许旅客比较不同航空公司的机票价格,提供最佳的预订选择。

在智慧空管建设方面,新一代的智慧空中交通综合管理平台已为民航运行管控提供了数字化的新模式。该平台能够充分发挥数字化、智能化的优势,将应急预案以数字语言重构再造,有效解决了空管行业传统应急管理中普遍存在的流程繁复,信息传递、协同处置效率不高,生产运行设备“数据孤岛”以及高度依赖处置人员经验和能力等问题,实现了智能匹配应急事件、联动处置流程、一键式全局通报、辅助应急决策,多媒介呈现处置进程和现场动态,极大提升了应急协同和指挥效能。在日常运行管理中,该平台将电报、ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast,广播式自动相关监视)、气象雷达、全国流量、航班电子进程单等多个数据源融合形成大数据平台,提供了集实时运行场景展示、航班进程智能感知、空中流量趋势分析、运行模式战术研判于一体的可视化运行监视驾驶舱工具,实现了数据资产的深化应用和价值挖掘。

在国家 and 行业政策的支持和引领下,以及自动化、信息化等技术在不断飞速发展的背景条件下,智慧民航行业将继续以科技创新为驱动,实现更加智能化、高效化、安全化的航

空运营,提高航空的安全性和效率,提升用户的体验和便利性。

5.1.2 民航智能化面临的问题与挑战

随着科技的不断进步,民航行业在智能化进程中仍存在一些问题和挑战。

1. 应用碎片化

民航行业的 AI 场景应用碎片化,且泛化能力不足,预训练+小样本学习人工标注成本高、周期长、准确度不高,导致作坊式开发难以规模复制。例如,围界检测中入侵场景无法穷举,仅能部分模拟机场恶劣气候;航班保障节点采集中需根据不同机坪及航空器、车辆进行不同场景识别;视频、图片需适应机坪各种异常,如背光、雨雾、运动等;行业有多算法模型的需求,但传统模式开发新模型需要 100~200 天,效率低,而且需要业务经验沉淀,融合时间长,难以高效支持客户需求且缺少泛化能力;行业 AI 应用场景规则与客户业务管理、业务运营强相关,呈现多变特征,长尾算法需要持续迭代优化。

2. 数据质量不高

民航行业存在多主体运行特征,其数据质量存在不全、不准、不及时等挑战,导致 AI 效果通常达不到预期。此外,机场、空管、航司的旅客信息、航空器数据、管制数据等考虑安全原因,内部跨部门协调数据难,数据私有化严重,而且内部数据治理水平参差不齐,数据质量不高,预测模型如客流预测等受旅客数据质量、天气、管制等各种因素影响,数据统筹难,导致模型预测结果不够精准。

3. 算力资源不足

目前,国内人工智能的算力资源未得到有效利用,线下 AI 训练成本高。气象预测、飞行仿真等并行计算对算力需求大;缺乏统一的 AI 管理平台,各类算法烟囱式部署,管理调度难,浪费算力资源;受安全影响,民航数据、模型不出客户专网,线下部署 AI 训练成本高。

智慧民航是运用新一轮科技革命和产业变革的最新成果,通过分析整合民航业各种关键信息和要素资源,最终实现对民航安全、服务、运营、保障、监管等需求做出数字化处理、智能化响应和智慧化支撑的建设过程,其典型特征是互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等新一代信息技术在民航业的广泛应用和深度融合。

加快智慧民航建设,不仅是塑造民航发展新格局和支撑现代产业体系建设需要,还是有效提高行业运营效率、保障产业链/供应链稳定、改善旅客航空出行体验以及保障飞行安全的关键。因此,应加快推进民航行业的数字化转型,在智能化应用层面取得关键性突破,全面提升民航安全水平、运行效率、服务质量和治理水平,让民航生产方式、运行模式、服务形式实现深刻变革。

5.2 民航智能化的参考架构和技术实现

民航行业的智能化转型是一个系统且需循序渐进、长期投入的任务。选择合适的转型

路径和分层分级地建设智能化 ICT 基础设施是关键,需要一个明确的指导思想来引领整个过程。在不同的转型阶段,应做出与当前阶段相匹配的决策,以避免走弯路、走错路,提高转型效率。华为提出了民航行业智能化的参考架构,与行业伙伴紧密合作,共同构建民航智能化的基础设施,使能百模千态的行业大模型,加速民航行业走向智能化。

5.2.1 民航行业智能化技术需求

随着科技的不断发展进步,民航业也逐渐步入智能化时代。数据、算力、应用作为核心要素,对于民航业的智能化发展起着至关重要的作用。

为了满足大规模参数训练的大量计算资源需求,企业需要构建大规模的算力集群来满足,确保大规模、长期稳定和高可靠的算力供应。在各行业中,分层分级建设和部署大模型已成为基本要求,这需要算力系列化以适应各种业务场景。

为了支持行业大模型的训练和推理,需要高质量的行业数据作为支撑,要加强行业数据共享,在确保企业数据安全和个人隐私保护的前提下,通过行业协作,训练面向民航业的行业大模型。高质量的数据可以提高 AI 算法的精度和可解释性。对于深度学习算法来说,数据的质量直接影响到模型的性能和泛化能力。

在航班运行方面,通过收集和分析航班数据,预测航班的实际到达时间,提高航班的准确性和效率。同时,高质量大数据还可以帮助航空公司优化飞行路线,减少航班延误,提高运行效率。

在航空安全方面,可以通过分析飞行数据,预测可能发生的飞行事故,保证飞行安全。此外,大数据技术还可以帮助航空公司更好地了解飞机的运行状态,及时发现并解决可能存在的问题,提高飞机的运行安全。

在航空服务方面,通过分析旅客的行为数据,提供更加个性化的服务,提高旅客的满意度。航空公司可以根据旅客的喜好,提供定制的餐饮和娱乐服务。

总的来说,民航智能化对数据的需求是多方面的,包括数据的多样性、数据质量、数据规模、数据实时性、数据隐私和安全,大数据技术在民航业的智能化发展中起着至关重要的作用。为了满足这些需求,需要对数据从源端开始进行全面数据治理,以便为 AI 算法提供高质量的训练数据和支撑其在实际场景中的应用。

此外,需要加快应用快速迭代来降低开发门槛,确保人工智能技术在实际应用中得到有效利用。提供高质量的数据通信保障智能化各场景业务需求,保障 AI 用得好的同时,要制定行业智能化建设的标准,利于推行。

5.2.2 民航行业智能化参考架构

民航行业智能化参考架构是系统化的架构,如图 5-1 所示,包含智能感知、智能联接、智能底座、智能平台、AI 大模型/算法、智能应用 6 层。

(1) 智能感知: 智能感知通过各种类型数据源(包括但不限于终端、业务系统等)采集



图 5-1 民航智能化参考架构图

传感数据、空间位置数据、多媒体数据、标识数据等，为民航智慧化应用提供多样化数据来源。

(2) 智能联接：智能联接为民航智慧业务应用提供稳定、可靠、安全的数据传输能力，为实现数据的流通、汇聚提供支撑。智能联接用于智能终端和数据中心的连接、数据中心之间的连接、数据中心内部的连接等。

(3) 智能底座：智能底座提供大规模 AI 算力、海量存储及并行计算框架，支撑大模型训练，提升训练效率，提供高性能的存算网协同。智能底座包含品类多样的边缘计算设备，支撑边缘推理和数据分析等业务场景。

(4) 智能平台：智能平台通过数据治理与开发、模型开发与训练，提供大数据通用能力和服务，有效整合数据为 AI 及业务应用提供实现跨系统的数据、消息、服务的集成、交换和共享。智能平台理解数据、驱动 AI，支撑基于 AI 大模型的智能应用的快速开发和部署，使能行业智能化。

(5) AI 大模型/算法：AI 大模型/算法分为三层，即基础大模型、民航行业大模型、场景大模型。基础大模型(L0)提供通用基础能力，主要在海量数据上抽取知识学习通用表达；民航行业大模型(L1)是基于 L0，结合民航行业知识构建，利用特定行业数据，面向具体行业的预训练大模型，无监督自主学习了民航行业的海量知识；场景大模型(L2)指面向民航行业更加细分场景的推理模型，是实际场景部署模型，是通过 L1 模型生产出来的满足部署的各种模型。

(6) 智能应用：智能应用是民航行业智能化参考架构的价值呈现，探索可落地场景，对准其痛点，通过 ICT 技术和行业/场景 AI 大模型的结合，快速创造价值，所有这些场景汇聚起来，逐步完成智慧机场、智慧航司、智慧空管的全场景智慧的宏伟蓝图。

民航行业智能化参考架构这 6 层之间不是独立的，而是相互协同的，共同服务于民航行业智能化发展。民航行业智能化参考架构是一个面向行业能够服务不同智能化阶段的参

考架构,通过分层分级建设,选取合适的技术能力和产品,提升智能化水平。

5.2.3 民航行业智能化参考架构的技术实现

1. 智能感知

通过无线感知、光纤感知、视频感知等多类型的感知设备获取机场跑道、围界、航站楼等基础设施及飞机、保障车辆、无动力设备、人员等数据,进而汇总成为更全面的信息,支撑后续的智能分析和处置。智能感知的关键技术包括鸿蒙感知、多维感知等。鸿蒙感知是以鸿蒙智联操作系统为核心的智能终端系统,具备接入简单、一插入网、一跳入云、安全性强等特点;多维感知是通过雷视拟合、光视联动等多技术融合创新,提高全场景感知精准性。

2. 智能联接

综合采用 5G、Wi-Fi 6/7、F5G、IPv6+等多种网络技术推进全场景、全触点、无缝覆盖的泛在连接,支撑数据采集汇聚。智能联接主要涉及接入网络、数据中心网络和广域网络,其技术特征如下。

(1) 接入网络:承担感知设备的接入及汇聚到数据中心网络或广域网络的职责。接入网络通过 5G、F5G、Wi-Fi 6/7、IPv6+等技术,实现稳定、可靠、低时延的感知设备接入,及承载多种业务类型如实时业务处理、训练数据采集与上传、推理模型下发至边缘计算节点等,需要接入网络能够根据业务类型分别设置网络资源,为不同的业务数据设置不同的资源优先级。

(2) 数据中心网络:大模型训练成为数据中心的一个重要职责,超大规模的数据分析给数据中心网络也带来了新的挑战,因此数据中心网络需要新的网络架构,能够打通各协议间的壁垒,“内存访问”直达存储和设备;并统一芯片侧高速接口,打破“带宽墙”,使能端口复用。数据中心的业务类型也是多样的,例如,在大模型训练时就存在参数面、业务面、存储面等网络平面,需要能够按照业务类型建立网络平面,并相互隔离。

(3) 广域网络:地区空管局、机场集团、航空公司等具备多分支机构,存在大量的数据跨分支机构互传的场景,如训练数据上传、算法模型下发、业务应用下发、业务数据传输等,相应地需要在分支机构之间提供稳定、大带宽的广域网络。可根据自身的实际情况,选择租用运营商网络或自建广域网络的方式,获取稳定、可靠、高带宽的多分支机构间的网络连接能力。

3. 智能底座

智能底座提供计算能力、数据存储及并行计算框架,支撑大模型训练,提升训练效率,提供高性能的存算网协同。主要技术特征如下。

(1) 计算能力:简称算力,实现的核心是 NPU、GPU、CPU 等各类计算芯片及对应的计算架构。AI 算力以 NPU、GPU 服务器为主。算力由计算机、服务器、高性能计算集群和各类智能终端等承载。算力需要支持系列化部署,训练需要支撑不同规格(万卡、千卡、百卡等)的训练集群、边缘训练服务器;推理需要支持云上推理、边缘推理、高性价比板卡、模组和套件。并行计算架构需要北向支持业界主流 AI 框架,南向支持系列化芯片的硬件差异,

通过软硬协同,充分释放硬件的澎湃算力。

(2) 数据存储:复杂多样的业务场景,带来了复杂多样的数据类型。数据存储需对不同类型的数据,通过全闪存存储、全对称分布式架构等技术手段,为不同的业务场景提供海量、稳定高性能和极低时延的数据存储服务;为特定业务场景提供专属数据访问能力,如直通 NPU、GPU 缩短训练数据加载时间至 ms 级;并具备数据的备份恢复机制,以及防勒索机制等安全能力,确保数据的安全、可用。

(3) 操作系统:操作系统对上层应用,要屏蔽不同硬件的差异,提供统一的接口,要完成不同硬件的兼容适配,提供良好的兼容性,为应用程序的部署提供尽可能的便利;针对不同硬件的特征,操作系统需要针对性的优化,确保能充分发挥硬件的能力;在多 CPU、CPU 和 GPU、NPU 协同的情景下,操作系统如何协调调度,也是一个关键的能力。

(4) 数据库:海量、格式多样的数据,追求极致的业务性能,给数据库也带来了新的挑战。为了适应业务的变化,数据库需要高性能、海量数据管理,并提供大规模并发访问能力;高可扩展性、高可靠性、高可用性、高安全性、极速备份与恢复能力,都是对数据库的基本要求。

(5) 云基础服务:智能底座上运行的各种应用、服务,在不同的时间段对应的业务量是有差异的,为了合理利用智能底座的硬件资源,智能底座通过虚拟化、容器化、弹性伸缩、SDN 等技术,对外提供云基础服务能力,提升资源的利用效率。

4. 智能平台

智能平台支持 AI 模型在不同框架以及不同技术领域的开发和大规模训练。围绕数据治理、模型、软件等生产线能力,提供一系列的开发使能工具。主要技术特征如下。

(1) 数据治理生产线:核心是从数据的集成、开发、治理到数据应用消费的全生命周期智能管理。一站式实现从数据入湖、数据准备、数据质量到数据应用等全流程的数据治理,同时融合智能化治理能力,帮助数据开发者大幅提升效率。

(2) 模型开发生产线:是 AI 开发的一站式平台。提供算力资源调度、AI 业务编排、AI 资产管理以及 AI 应用部署,提供数据处理、算法开发、模型训练、模型管理、模型部署等 AI 应用开发全流程技术能力。同时,AI 应用开发框架,屏蔽掉底层软硬件差异,实现 AI 应用一次开发、全场景部署,缩短跨平台开发适配周期,并提升推理性能。

(3) 软件开发生产线:提供一站式开发运维能力,面向应用全生命周期,打通需求、开发、测试、部署等全流程。提供全代码、低代码和零代码等各种开发模式。面向各类业务场景提供一体化开发体验。

5. AI 大模型

AI 大模型叠加民航场景,赋予民航场景更智能的处理能力,提升效率,降低成本,促进创新。民航客户与大模型供应商共同打造多样化多层次的大模型,构筑满足各类场景各种需要的大模型,为不同行业场景提供多样化的选择,服务行业智能化发展。大模型聚焦行业,从 L0、L1 到 L2,遵从由“通”到“专”的分层级模式,可实现从 L0 通用模型到 L1 行业模型再到 L2 专用模型的快速开发流程。

在建设大模型体系时,要依照自身的规模、能力、组织结构和需求因地制宜,层层落实,

要充分考虑云网边端协同、网算存的协同,让 AI 上行下达。大模型可以分层分级建设,从 L0 到 L1,再到 L2,不断地有行业数据加入来提升模型的训练效果,同时也需要模型压缩来节约推理资源。模型压缩是实现大模型小型化的关键技术,大模型通过压缩技术可以达到 10~20 倍参数量级压缩,使千亿模型单卡推理成为可能,节省推理成本;同时,模型压缩降低计算复杂度,提升推理性能。在实际应用中,需要结合业务场景变化,迭代演进 AI 大模型能力,边学边用,越用越好。对于 NLP 大模型,可以结合自监督训练方式,进行二次训练,不断补充行业知识;在具体任务场景下,可以使用有监督训练方法进行微调,快速获得需要达到的效果;进一步,可以基于自有训练后的模型,进行强化学习,获得更出色的模型。对于 CV 大模型,企业/行业用户,可以结合自有行业数据,进行二次训练,迭代获得适配于自身行业的 L1 预训练大模型;同时,在具体细分场景上,可以提供小样本,基于行业预训练的 L1 模型进行微调,快速获得适配自身业务的迭代模型,小样本量,迭代也更快速。

大模型的三级模型之间可以交互优化。L0 模型可以为 L1 模型提供初始化加速收敛,L1 模型可以通过抽取蒸馏产生更强的 L2 模型,L2 模型也能够在实际问题中通过积累难例数据或者行业经验反哺 L1 模型。

6. 智能应用

智能应用是民航智能化参考架构的价值呈现,机场智能应用有智能资源分配、时刻调度及里程碑预测、航延预测和智能恢复、智能安检、旅客流量预测、智能商业管理、少人化货运机坪等;空管智能应用有航空器时刻预测、智能化空中交通流量管理、全国航班协同指挥调度、气象预测、智慧流量管理等;航司智能应用有颠簸预测及航班运行预测、智能客服、知识管理、发动机孔探、运行风险评估等。探索可落地场景,对准其痛点,通过 ICT 技术和行业/场景 AI 大模型的结合快速创造价值。

5.3 民航智能化价值场景

5.3.1 智慧机场

机场智能化,场景是关键,选择典型、合适、有价值的场景,聚焦核心场景存在的痛点,可以帮助机场管理者更准确地制定航班计划和资源分配方案,通过实时监测和分析视频数据,提高安全水平并降低事故风险。例如,立体安防领域光感围界、飞行区鸟情探驱治、站坪安全合规分析等场景;运行领域的一体化运控、智能资源分配、航班保障节点采集、全景可视化等场景;服务领域的出行一张脸。华为和业界一起进行了深入的探索和实践,下面展开介绍智慧机场的典型智能化应用场景。

1. 光感围界

1) 业务场景与需求

随着公共交通事业的快速发展,乘坐飞机出行已经成为人们的最佳选择之一。机场作

为主要的公共交通枢纽,具有规模体量大、投资高、设施设备多、运行复杂、人员密集、政治经济影响大等特点,其公共安全显得尤为重要。机场飞行区是飞机进出港口的活动区,要保障机场运行安全,除去飞机本身的因素外,很大程度上取决于飞机活动场地的安全。机场飞行区围界将公共活动区与机场航空器活动区物理隔离,对保障航空器免受非法干扰,确保运行安全起着非常重要的作用。近年来,国内外机场陆续出现不少外来人员突破飞行区物理围栏,闯入跑道或潜入机舱,导致飞机遇险及人员伤亡的安全事故,飞行区安防形势十分严峻。

民航局《民用运输机场安全保卫设施》(MH/T 7003—2017)标准明确年旅客吞吐量大于 200 万的一、二类机场应设置围界入侵报警、视频监控系统,通过设置声、光、电等安全入侵报警设施,实现对围界非法入侵的报警,配合视频监控、声光警示等措施,形成一个封闭、完整的安全防范系统。由于机场围界控制长度从数千米到几十千米,并受气候、天气、地理环境等影响非常明显,这些对有效发挥围界安防设施的安全防范作用都提出了较大的挑战。

2) 智能化解决方案

目前,机场周界入侵防范使用比较广泛的技术可分为两大类,一类是被动感知防范报警系统,技术手段包括感应电缆、振动光缆、振动电缆、张力围栏、振动传感器等;另一类是主动感知防范报警系统,技术手段有视频监控、热成像、雷达、微波感应、电磁感应等。现存机场周界入侵告警系统大多误报率较高,恶劣天气下误报超千次,系统可用度不高;另外,系统维护成本较高,前端设备数量大、故障频发,后期运维投入大。

每种技术手段都有各自的优势及缺陷,难以依托单一技术实现机场围界的全面防护,故探索多种技术尤其是主被动感知技术融合实现围界安全防护逐步成为趋势,而结合人工智能技术及理念逐步提升主被动感知技术的系统可靠性及抗干扰性,达成围界入侵防护的零漏低误逐步成为研究热点。

以振动光纤传感(被动)+红外光电双波段围界全景侦测系统(主动)融合方案为例,基于红外光电双波段围界全景侦测系统可提升方案预警能力,扩大探测范围,提高安全裕度及反应时间,可根据需要灵活调整主动探测防范距离。基于光纤传感可实现入侵事件的精准告警,减少恶劣天气(雨、雾、高温)影响。通过两种技术能力的融合实现由单一感知触发变为主、被动感知结合,由窄小线性区域防御变为全景面形防御,由单一围界安防变为赋能飞行区全面安全管理,实现安全感知全景化、探测报警智能化、监测反制协同化、指挥调度可视化,通过“看得广”“分得准”“管得住”“测得准”4 个逻辑层级构建一个“零误报、免运维、先进可靠”的有生命力和可进化的新型智能安防管理系统,既可全天候保障机场围界安全,又可对飞行区内部施工和巡检等安全管理提供保障。方案架构示例如图 5-2 所示。

如图 5-3 所示,振动光纤传感基于全光相干噪声抑制和增强 oDSP 算法,可实现对振动信号高灵敏、宽动态采集,达成入侵零漏报;基于自监督+对抗学习广泛提取振动信号特征,实现环境特征与细节特征融合判决,精确区分入侵事件和环境干扰,能更准确地识别出风雨等外界振动干扰,达成极低误报。

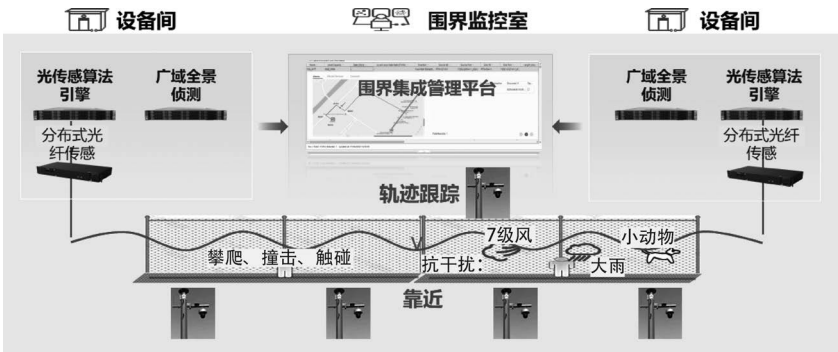


图 5-2 方案架构示例图

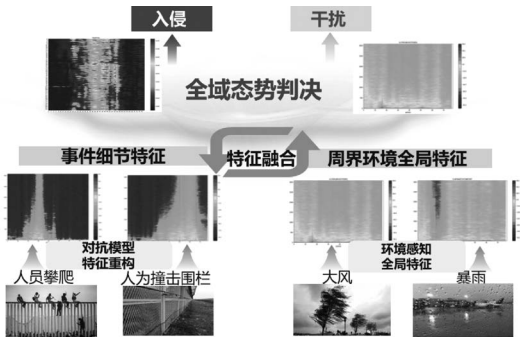


图 5-3 振动光纤传感方案图

红外光电双波段围界全景侦测系统基于高清可见光+红外探测双确认机理,依托红外全景热成像实现多目标探测,融合智能图像和机器学习技术实现目标自动识别、跟踪和复核,实现机场周界内外大范围远距离的人、车辆和动物等各类目标入侵探测和威胁预警能力。

3) 落地效果

基于振动光纤传感+红外光电双波段围界全景侦测系统的主被动融合方案能更准确地识别出风雨等环境干扰,实现全天候、全覆盖、长距离、零漏报、极低误报,高精度定位精度及事件快速响应,降低运维难度及成本,提升围界智能防护水平,全面保障机场运营安全,极大改善人员工作体验。以省会级国际机场为例,2019 年方案上线后,围界巡检人员数量从 40 人减少到 12 人,巡检、出警、运维等费用合计节省 330 万元/年,极大地提高了围界内外安全管理水平和人员效率。

2. 飞行区鸟情探驱治场景

1) 业务场景与需求

机场飞行区及周边存在诸多水、草、林地,较适宜鸟类栖息和觅食,易出现大规模鸟群活动,给航空器飞行安全带来较大的危害。美国联邦航空管理局 2021 年 7 月公布的报告显示,71%的鸟击事件发生在 100m 以下净空高度机场围界范围内。鸟类正在不断适应机场

及周边的环境,鸟群和大型鸟类在机场周边汇集的种类和数量也在增加,导致机场鸟击事件概率在逐步增大。

现有的驱鸟设备和治鸟方案由于缺乏广域、实时、有效的探测预警装备,只能做到定期、定时、定点作业,导致驱鸟、治鸟精准度不高,目的性不强,效果无法评估等问题,急需配置智能化的鸟情监测预警系统辅助机场鸟防作业。

为解决这个普遍问题,科技部“十四五”国家重点研发计划“交通基础设施”重点专项2023年度项目申报指南中将“研究跑道周边区域超低空鸟类活动精确感知及驱赶技术”列入大型机场设施安全性能提升关键技术公关类子项。中国民航局于2019年发布了《关于促进机场技术应用的指导意见》(局发明电2019年70号),将鸟击防范技术列为新技术科研项目名录指南第一位,2022年5月发布了“关于印发《运输机场鸟击防范能力提升专项行动方案》的通知(局发明电〔2022〕1047号)”,2023年3月发布了“关于开展全国鸟情监测预警信息系统功能需求调研的通知(局发明电〔2023〕481号)”,旨在推动军、民用机场开展鸟击防范、鸟情预警新技术研究及规模化应用,最大化降低机场鸟击事件概率。

2) 智能化解决方案

机场净空区鸟情探测预警与鸟击防范综合管理系统是截至目前应用于民航机场鸟击防范业务最为广泛的系统之一。该系统基于军用级复杂低空背景下弱小形变目标检测、跟踪与识别、光学双目测距、机场鸟情态势感知与地域融合的数字孪生、鸟情大数据分析与推演技术,采用广域多波段光电鸟情监测系统、多波段光电搜索跟踪系统和智慧鸟情监测系统平台(见图5-4),接入探鸟雷达和机场各类驱鸟设备,实现机场净空区鸟情探测、鸟种识别、高危预警、鸟情调研、智能分析、大数据治鸟和探驱联动等多种功能,并建立机场专属鸟情大数据和驱鸟效果评价体系,构建了一套“探、识、驱、治、评”一体化的鸟情监测预警与防入侵综合解决方案,闭环实现机场智能化鸟情防治管理作业体系,可有效降低鸟击事件发生概率。



图 5-4 飞行区鸟情探驱智能管理系统

系统的运行模式是：广域多波段光电鸟情监测系统始终保持 360°探测扫描，实现机场飞行区责任鸟击范围内净空监视覆盖，用于自动鸟情调研、鸟种识别、建立本场鸟情大数据、探驱联动、指导人工驱鸟、驱鸟设备布防和生态治理人工作业等功能；多波段光电搜索跟踪系统配合广域多波段光电鸟情监测系统对大鸟、群鸟和本场鸟害高发区进行实时拍摄，留存高清视频可用于鸟害防治分析。光电广域监测鸟击一体化防控系统支持高危鸟情分级报警、重点区域在线设定、探驱联动设置、鸟情统计分析、鸟种识别、鸟情切片及信息查询、鸟情分布热力图（种类、高度、距离、时段、鸟类目标大小、频次等）、图表、鸟类百科、人工驱鸟治鸟作业流程管理，提供鸟情活动周、月、季、年报及生态分析报告，并支持微信小程序、APP 和计算机版三套应用终端，如图 5-5 所示。



图 5-5 飞行区鸟情监测防控大屏

3) 落地效果

通过配置机场净空区鸟情探测预警与鸟击防范综合管理系统，北京首都、杭州萧山、拉萨贡嘎等多个国际性机场在“治鸟、驱鸟”工作方面效果显著，飞行区鸟击防范工作向流程化、信息化、数字化、智能化转变，有效地将智慧引领、平台赋能贯彻落实到各项现场工作的全方位、全链条。

以省会级国际机场智慧驱鸟设备及服务项目为例：部署 4 台广域多波段光电鸟情监测系统、2 台光电搜索跟踪系统和 1 套光电广域监测鸟击一体化防控系统，覆盖 2 套跑道和飞行区净空，平均每月累积探测鸟类频次 225775 次，高危鸟情预警 1631 次，鸟群预警提示 136 次，重点区域鸟情中低危预警提示 293 次，协助识别常见鸟种喜鹊、雨燕、白鹭、埃及夜鹰等 10 个，生成鸟情数据统计、鸟种分类统计、维保作业统计、鸟情时段统计报告和本场每日鸟情分布热力图（网格图）若干，通过探测设备自动鸟情调研建立杭州机场鸟情大数据，客观反馈本场鸟情分布汇集位置和鸟害高危时段，为机场鸟情分析、人工生态治理、驱鸟设备换防部署、鸟击防范作业评估提供了大数据支撑，有效降低了鸟击事件的发生概率。

3. 站坪安全合规分析

1) 业务场景与需求

航空安全是民航的生命线，是机场运行的底线，也是旅客服务和运行效率的基础。在航空安全的管理作业中，站坪安全涉及的安全风险点最多、管理责任面最广，确保站坪安全是保证航空安全的核心。在目前的站坪安全工作中，安全人员需全天 24 小时监控、巡查全

站坪的安全情况,考虑站坪面积大、结构复杂等多方面因素,此工作模式效率低下,无法及时、准确掌握站坪安全态势,存在一定安全风险。

在当前航班量、旅客量快速恢复增长,机场面临更加严峻安全挑战的情况下,仅依靠人力已经无法及时、准确地发现安全问题,亟须建设一套自动化的站坪安全合规分析系统。系统以《运输机场运行安全管理规定》(民航总局令第191号)、《运输机场机坪运行管理规则》(民航规〔2022〕20号)等为指导,通过引入AI技术,实现“自动监管、规范透明、数据可视”的站坪操作安全合规性分析。

2) 智能化解决方案

站坪安全合规分析系统能及时、准确、全自动地完成对机场站坪监控视频的分析并识别不安全场景,及时预警不安全事件,为机场安全监察提供辅助支撑,降低人工监察漏检风险,提升安全监察效率。同时可对违规事件全过程留痕记录,与安全运行管理平台、CCTV监控平台等系统联动,形成事前可察、事中可控、事后可查的闭环管理。

解决方案主要包括以下几方面。

(1) 坚固的AI分析底座,通过灵活、丰富的AI算法引擎,融合多个系统多维度的站坪安全、航班保障数据,借助视频结构化、小目标识别、跨境跟踪等多种视频分析技术,通过边缘计算、云计算、云边协同等多种灵活协同计算,实现对不安全事件的提前预警、及时告警,为机场的安全管理工作提供有力支撑。

(2) 灵活的规则配置引擎,由于机场定位、量级的不同,导致不同机场的站坪安全业务需求、保障作业标准均有不同程度的差异。规则配置引擎可根据局方标准、机场个性化需求,灵活配置检测区域、检测目标、检测阈值,实现不安全事件检测引擎的快速部署。

3) 落地效果

站坪安全合规分析系统可以有效支持智慧机场的建设,降低站坪不安全事件发生的风险,助力机场安全管理工作。取得的成效如下。

(1) 通过站坪安全合规分析系统建设,可及时、准确地发现站坪不安全事件,有效降低了人工巡查漏报、迟报的风险,极大提升了站坪安全管理效率。

(2) 系统可替代人工开展7×24小时的不间断巡查工作,节省了人力资源消耗,避免了特殊天气下人工巡查的不利因素,有效提升人工工作效率,提升员工工作幸福指数。

4. 一体化运控

1) 业务场景与需求

运行管理是机场的核心业务,主要管理航空器流、旅客流、行李货物流等运行流程,运行管理的目标是,在机场区域内,将上述流程快速、高效地执行完成,以达到将旅客和货物安全、便捷、舒适地运送到目的地的目标。上述流程的保障,涉及航司、机场、地服、保障单位等多方配合与协同,运行流程的完整性与复杂性的特点,需要各单位高品质协同,因此,提高运行协同品质,提高运行效率,是运行管理的核心目标。

机场既是旅客、货物集散的场地,也是运行保障、协同配合的平台,机场运行管理部门是承担着机场运行管理的主体责任。不同时期、不同类型的机场,由于运行吞吐量不同,管

理模式也不尽相同。早期,机场运行吞吐量较小的时代,一般机场运行管理模式较简单,设置一个运行管理部门,机场的计划发布、资源分配、指挥协调、地服保障等工作由一个部门承担;当规模达到百万级到千万级之间时,随着机场业务量的增长,运行管理模式调整为二级指挥模式,即室内指挥调度,现场保障;当到达千万级吞吐量时,运行管理模式调整为三级运控,即机场运控(一级)——属地/专业化保障单位调度(二级)——现场执行(三级)。机场运行管理的核心就是按照机场运行规则要求,针对航班和事件等生产任务,匹配机位、地服人员、特车、设施设备等资源。传统是以人工为主对航班保障需求和运行资源进行匹配和统筹,是局部的、单目标、滞后的供需匹配,为被动响应的运行机制,具体表现为:根据前一天的航班计划安排机位、地勤保障资源,调度工作主要是基于操作中的问题进行补救和响应,动态调整依赖人工沟通和决策,沟通时间长、效率低、难以满足多目标决策场景。

随着国内机场规模的不断扩大,出现多航楼、多跑道等结构,给运行管理模式也带来新的挑战,运行流程的本质和核心目标虽然没有变化,但由于运行吞吐量不断提高,资源、场地、环境变得越来越复杂,导致运行环节拆分越来越细化,进而不可避免地导致运行效率不断下降,且成本不断上涨。为应对这一挑战,机场的运行模式逐渐从三级运控、区域运控、集中运控、智能运控等方式演变,对数字化、智能化的要求越来越高,对数据价值应用提出了更高的要求,其中,主动运控是从集中运控和智能化运控迈进的关键支撑,如图 5-6 所示。

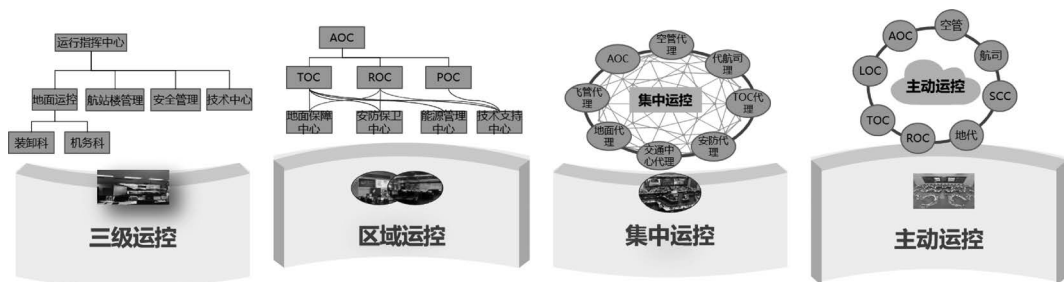


图 5-6 机场运控模式发展趋势

随着 5G、云计算、AI 等 ICT 技术的快速发展,强大的存储、算力及由此带来的基于海量数据、复杂场景的 AI 智能化、智慧化处理能力,为机场运行管理带来了新的机遇。正如人体大脑可以高效指挥手、脚协同完成复杂动作达到统一目的一样,机场运控管理部门就是机场运行管理的“大脑”,其目标就是在复杂场景下,高效指挥、协同配合,以通过机场高效运行,达到安全、快速、精准地完成旅客、货物运送的目标。ICT 新技术为机场由多级调度、分布式管理向一体化、智能化管理转变带来可能,最终实现由“人工运行指挥”向“机场大脑”演变。

2) 智能化解决方案

现有的作业系统仅是业务管理手段的信息化支持,无法满足一体化智能运控态势感知、趋势预测、多目标全局最优决策建议的功能需求。基于多目标的智能推演决策的调度分析型系统,是传统记录型系统所不能解决的,过程注定是多目标、动态实时和全场景的,对业务指标化、预测预警和智能化提出更高需求。

高效调度需要更全面的数字化平台支撑,包括全场景的实时可视、智能化的分析与推演推荐、自动化的执行和决策,这就需要构建“1”个调度+“1”个数据+“1”个大脑,如图 5-7 所示。

(1) “1”个调度。面向内外部角色与场景,构建实时、一致、可信的可视服务,实现对需求、资源、任务和规则的实时可视、智能化分析与推荐、自动化执行与决策,提供一站式服务(自动关联、自助流程)、动态组合(服务化、卡片化、低代码化)、智能化(运行态势感知、预测预警、运行研判、智能调度)。

(2) “1”个数据。提供单一准确的数据源,提供面向多目标调度决策的一个数据,为构建一个大脑提供基础。

(3) “1”个大脑。提供机场一体化运行调度,实现航班保障需求与资源的最佳匹配,其中,资源包括机位、时刻等。

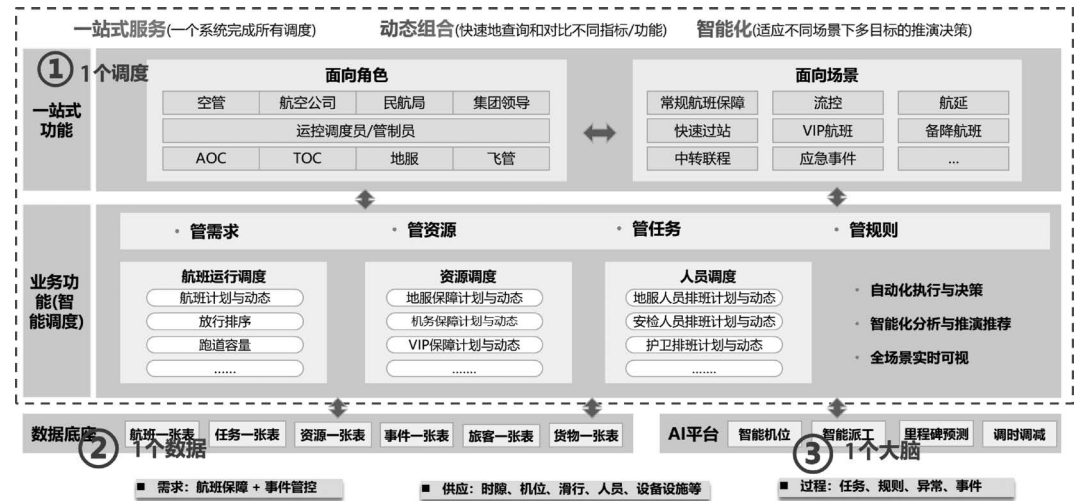


图 5-7 一站式应用功能图

3) 落地效果

(1) 建立全要素、全场景、全流程实时态势感知能力。能够实时展示机场航班流、旅客流、货物流等流程维度,以及吞吐量、运行效率、资源利用率等业务指标维度的全景式态势感知能力。

(2) 实现趋势预测,态势预判能力。基于运行实时态势感知信息,结合机场大脑对于运行外部影响因素的仿真推演,对未来运行趋势、运行态势进行趋势预测,及时预警运行异常趋势及阈值,对运行态势变化做出预判与决策建议。

(3) 实现一体化全局最优运行管理。以往运行管理,以单一流程、单一业务场景为管理基础,每一项业务流程、业务场景建立独立运行系统,并有完整的业务价值链及 KPI 指标。这种运行管理模式可以有效地对单一运行流程、场景实现高价值结果,但对于机场整体运行结果呈现无法聚焦,也无法达到全局最优结果。一体化运控建立服务于机场整体运行的价值指标体系,并基于该指标体系,综合各运行流程、运行场景的联动关系,通过机场大脑

AI 算法及仿真推演,实现全局最优的运行指挥、调度结果输出,实现机场运行多目标、多主体有机统一的运行协同体系与运行指标、运行品质呈现。

5. 智能资源分配

1) 业务场景与需求

2023 年,随着新冠疫情的结束,中国的航班得以快速恢复,随着航班量的快速增长,航班地面保障资源不足的问题越来越明显,特别是像机场停机位、廊桥等保障资源由于建设审批周期长,无法在短时间内匹配上航班量的快速增长。停机位是机场运行的资源中心,是航空器、旅客、行李以及地面运输的交集处,机位的高效分配是机场生产组织的核心环节。如何在高速增长航班量的背景下,在有限的资源内,最优化地为每个航班合理地分配机位以保障日益繁忙的航班运行,保证分配结果的稳定性,同时提升机场服务质量,成为各中大型机场的难题。

在机场航班信息管理作业中,机位分配(如图 5-8 所示)不仅直接影响飞机停放的安全,也影响周边相关资源,如登机口、摆渡车、行李转盘等的合理分配。机位资源分配必须保证机坪运行安全,需要考虑飞机机型与机位可停机型的适配、进出航班时间安全间隔、场面滑行冲突、港湾机位推出冲突等安全规则。

同时,机位资源分配需要兼顾旅客服务质量,如果机位分配不合理,可能会导致靠桥率低、旅客排队等候时间过长、行李处理混乱、航班延误等问题,从而降低旅客服务质量和满意度。所以机位分配须综合考虑廊桥机位资源的充分利用并减少不必要的机位变更。

在航班发生延误、取消、返航等特殊情况下,需要迅速对原有机位分配计划进行相应的调整。在传统的机位分配模式中,运行指挥人员需每天根据当时日航班计划和机场设施状况,考虑繁多且复杂的机位分配规则,结合个人专家经验每天需要花费数个小时人工统筹安排飞机停机位分配计划,全天 24 小时监控调整,效率低下。

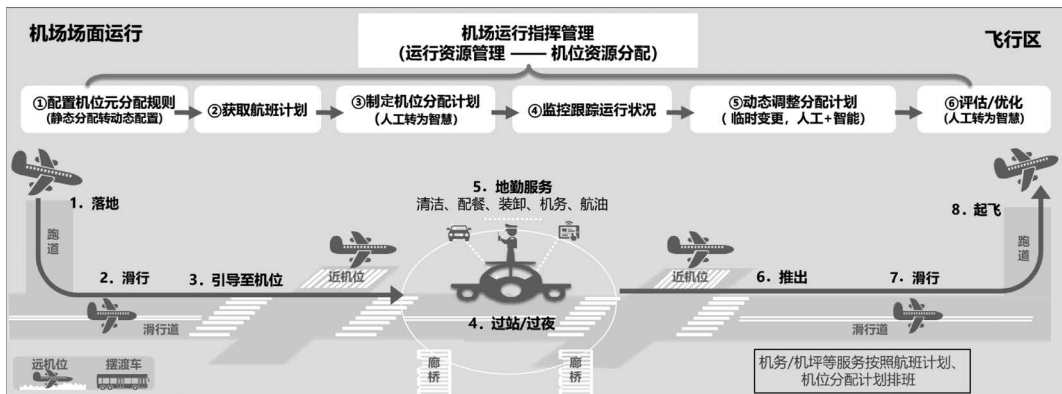


图 5-8 机场机位分配业务场景图

在当前客流量快速增长,机场运营面临安全、运行、服务体验等多重挑战的情况下,由于需考虑的因素众多,有时当场景变得复杂时,光靠人力已经无法得到最佳的机位分配解决方案,亟须对机场关键场面资源进行科学利用和合理配置,建设一套高效的机位资源智

能分配系统。通过引入 AI 技术,目标实现“机器为主、人工为辅”的机位资源自动化、智能化分配,可在向指挥员提供机位智能预分配、实时分配等决策支持的同时,有效提升靠桥率、廊桥周转率等核心指标,并为值机柜台、登机口、行李转盘等运行资源的智能分配打下基础,进一步提升机场运行效率和旅客体验。

2) 智能化解决方案

智能机位分配解决方案基于统一的数字平台底座,通过大数据对来自不同信息系统、不同部门的大量信息进行有效的数据融合处理,以 AI 算法为核心,打造智能机位分配解决方案,实现机位分配的自动化、智能化,同步构建易用、可靠的应用系统提升操作效率,是 AI 技术在机场核心生产系统中的首次应用。方案架构如图 5-9 所示。

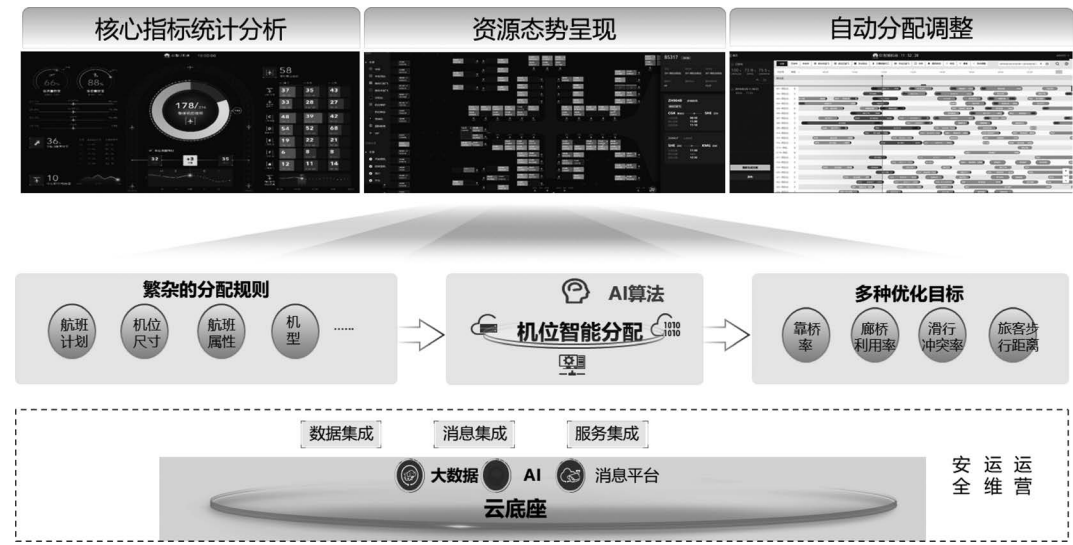


图 5-9 智能机位分配解决方案架构

解决方案主要包含如下几个层面。

(1) 坚实的数字底座,云原生架构,简易部署及运维。大数据融合机位分配相关的多来源数据,深挖数据价值:融合围绕航班的动态数据,包括前序航班数据、ADS-B 数据、航空气象数据、本场的放行数据等。同时需要具备数据的挖掘和分析处理能力,需要对航班预计起飞时间、预计到达时间进行精准预测,从而提高飞机保障时间占用的准确性,减少不必要的机位占用冲突、等待、机位资源浪费以及机位变更。通过数据的接入、融合、数据业务模型处理等方式,汇聚航班的飞行计划数据、飞机状态数据、航班的地面保障数据、各种资源的基础数据、冲突预警数据、停机位的占用记录数据、供 AI 算法引擎使用的算法规则配置数据,以及用于资源分配界面的甘特图配置数据等信息传至数据资源层,为机位智能分配,提供数据支撑。

(2) 灵活快速的算法规则引擎,千级复杂规则灵活可视化配置,满足不同机场的业务需求。实现复杂场景下的组合优化问题建模及大规模 MIP(Mixed-Integer Program,混合整数规划)问题的快速求解。此外打造了可靠易用的生产系统,操作接口更友好、更安全,通

过告警中心、冲突提示及快速定位等功能,提升操作效率 20%。

在全面梳理机场现有机位资源分配业务流程的基础上,对当前机位分配特有的业务规则(9 大维度,2800 多条细则)进行详细梳理、抽象归纳及数字化,构建灵活可配置的智能 AI 规则引擎。并基于靠桥率、冲突率、旅客体验等多目标综合考虑,利用华为“天筹”求解器快速求解的性能,打造智能机位分配 AI 算法,快速高效输出机位分配结果,最终实现机位“机器为主、人工为辅”智能分配的目标,有效提升机场运行效率。

3) 落地效果

通过智能机位分配系统的建设,有效支持了深圳机场大运控领域的智能化升级及转型,提升了靠桥率、廊桥转率等核心指标,降低了场面冲突风险,助力机场机位资源分配的全局最优化,在保证地面运行安全的基础上提高地面运行效率和旅客满意度,取得了如下成效。

(1) 以目前深圳机场每日 1000 多架航班量级测算,通过智能机位分配系统建设,可使批量分配时间从原有耗时约 4h 缩短至不到 1min,动态调整耗时约 10s,极大地提升了人工操作效率。

(2) 深圳机场的靠桥率提升 5%,每年使约 260 万人次的旅客登机免坐摆渡车。廊桥周转率从 10.24 个班次提高到 11 个班次,相当于每个廊桥每天可多保障 1 个航班。卫星厅建成投运后,随着近机位资源的补充,该系统的效能进一步释放,当前靠桥率为 86.2%,有效提升了机位资源的使用效率。

(3) 靠桥率的提升可带来远机位保障车辆平均每天节省 300 辆,降低了场面车辆与航空器在滑行道交叉点的冲突风险,有效降低了场面冲突风险。

6. 航班保障节点采集

1) 业务场景与需求

随着航空运输业的快速发展,机场航班保障节点的重要性日益凸显。在航班地面保障过程中,保障环节错综复杂,每个环节都可能相互关联。机场航班保障节点信息不仅直接影响航空公司、机场、空管、地服公司等多个航班保障相关方的运行保障,任何环节时间耗费过长都可能导致航班延误或旅客满意度变低,直接决定了航班运行品质高低。为切实抓好航班运行保障各个环节,民航局在 2020 年工作会议中明确要求,国内客运航空公司航班正常率稳定在 80%以上,全国千万级以上机场平均放行正常率和始发航班正常率力争达到 85%。

目前,航班保障进程管理结合日常保障计划,根据航班动态、作业保障情况和资源状态可实时感知航班的运营状态。目前机场保障进程管控存在以下主要问题。

(1) 手工采集耗时耗力。值机地面保障作业时间节点信息的采集主要依靠人工笔录、便携式设备录入等,数据更新速度慢、错误率高,容易造成疲劳和工作效率降低,主观上容易出现错误,并且要耗费大量人力成本。

(2) 事后难追溯。地面保障作业反馈的保障时间节点信息与实际工作环节操作的时间存在较大的误差,实时性及可靠性较低,一旦保障环节出现事故很难进行事故根源追溯。

(3) 航班进程难监管。运控指挥部门需要重复性地监控飞机状态、保障车辆作业情况以及航班状态,并需要岗位值守记录各个进程环节状态和时间节点信息。

(4) ACARS(Aircraft Addressing and Reporting System,飞机通信寻址与报告系统)数据质量不佳。部分保障节点数据可以通过飞机 ACARS 记录数据,但部分老机型无 ACARS 数据,且 ACARS 数据传回机场延时普遍超 2min,无法满足航班运行保障的需求。

如何高质量获取各航班保障节点数据是机场亟待解决的问题。毫无疑问,航班正常率要达到民航局规定的目标,有必要利用人工智能、物联网、可视化等技术,建设一个地面运行保障时间节点智能识别系统,通过智能视频分析技术实现航班保障节点的自动实时采集,将人工采集方式转为系统自动采集,从而提高航班保障节点的采集数据质量。

2) 智能化解决方案

为适应中国智慧机场建设需求,以《航班安全运行保障标准》(民航发〔2020〕4号)为指导,参考《机场协同决策系统技术规范》(MH/T 6125—2022)和《民用机场基于视频分析的航班保障节点采集系统建设指南》(T/CCAATB 0026—2022),通过引入 AI、机器视觉、图像识别等先进技术,建立一套高效的航班保障节点自动采集系统,提升航班保障节点采集的效率,至关重要。

航班保障节点采集解决方案要结合机场航班保障监控实际需求以及智能视频分析技术的成熟度,对机场地面保障过程中飞机、保障车辆、保障设备和人员等 30 多种物体的目标检测和目标跟踪及实现地面保障过程中的 30 多个关键节点(如图 5-10 所示)进行选择,明确需要自动化、智能化采集的航班保障节点。运用智能视频分析技术分析机位的实时视频,识别航班保障节点的目标并分析其轨迹,提取符合航



图 5-10 航班保障节点示例图

班保障节点规则的事件和发生时间。根据机场实际运营情况与相关生产部门、系统及时、准确地进行数据共享,减轻一线工作人员的负担,避免人工录入可能造成的数据瞒报、迟报、误报和漏报,为机场的协同决策提供精准、可靠的基础数据,精准掌握航班运行状况。有效改变保障过程工作协同、监管依赖人工的现状,从而大幅提升节点保障工作效率,提高航班协同运行效率,同时有效降低各方的运营成本,如图 5-11 所示。

3) 落地效果

以省会级国际机场全场 180 多个机位实现航班保障节点自动采集为例,视频节点采集实时数据目前已全部接入 ACDM(Airport Collaborative Decision Making,机场协同决策)系统,支持 ACDM 的业务使用。用户可以通过 ACDM 客户端进行航班的航班保障节点信息查询,便于运行指挥中心开展航班保障运行监控等业务。同时,保障节点数据已通过接口上传至民航运行数据共享平台,对 DCI(Digital Capability Index,数字化能力指标)起到了一定的补充优化作用。

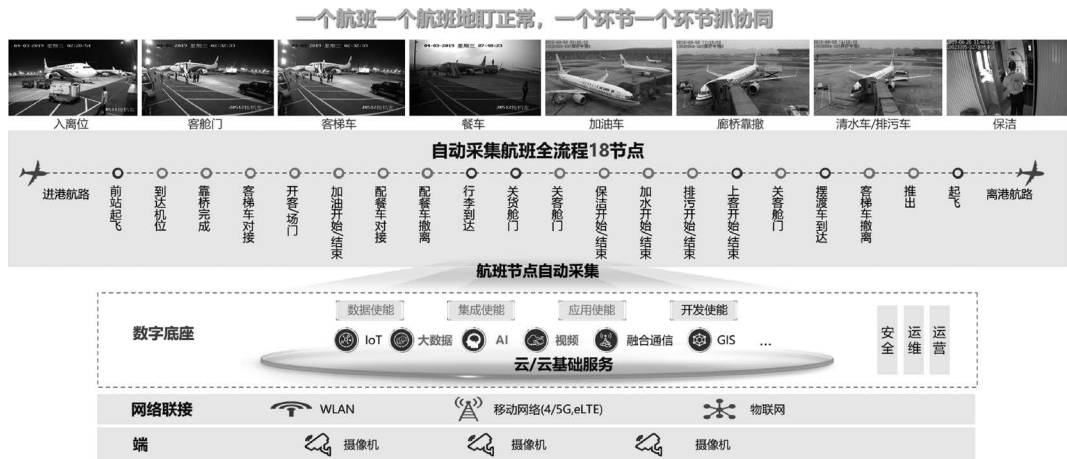


图 5-11 航班保障节点采集方案

7. 全景可视化

1) 业务场景与需求

飞行区作为保障机场安全运营的重要区域,包含跑道、滑行道、机坪等功能区,伴随机场运输规模不断扩大,飞行区布局更加复杂,机坪交通流量大,航食、航油、航司等各种业务的作业车辆以及作业人员错综复杂,机坪高密度作业已呈常态化,使得飞行区运行指挥的可视化管控需求日益迫切。

当前机场飞行区仍多采用传统的监控模式,而传统监控系统采用分镜头画面监控,只有局部视角,无法对大场景进行全局实时监测和把握,缺乏对多模式、多数量图像信息的无缝融合与集中展示,无法真正实现机场重要区域全场景的宏观监视指挥与综合调度,无法满足机场对重要区域进行全天候、全覆盖、全方位、全过程实时监控的需求,无法实时感知飞行区等大场景监视区域的整体态势,无法支撑快速指挥决策、日常安防管理、突发事件处置等迫切需求。

当飞行区场坪出现紧急事件时,需要逐个查找摄像头,观察事件发生情况,不利于从全局层面监控机坪整体运行情况及突发事件处置。伴随着机场规模的扩大以及航班的与日俱增,在保障飞机起降安全的前提下,飞机的起降效率显得越来越重要。精准合理的指挥调度及灵活高效的突发事件处置能力,对提高飞行区航班吞吐量至关重要。且当前机场飞行区跑道管制权由空管局移交机场运行指挥中心趋势明显,为支撑飞行区高效的安全指挥运行与事件应急处置,亟须依托全景视频拼接技术建设飞行区的全景可视化平台。

2) 智能化解决方案

运控中心、飞行区管理部、塔台可基于全景可视化平台实现对飞行区的大场面全景全局监视,将分布在重点监控区域等高点的监控摄像机的视频数据进行拼接、配准、矫正及融合等处理后整体呈现到一个画面上,从而实现对重要区域和部位的全天候不间断全景视频可视化,掌控区域整体场景内的可视实时态势。

全景监控场景化方案由华为数字平台以及合作件全景监控应用构建,如图 5-12 所示,华为数字平台通过整合视频云(监控系统)、物联网、GIS 几个平台的应用服务,使能全景监控应用的部署实施,并提供与机场业务系统(ADS-B、车辆定位管理系统、多点定位系统及场监雷达系统等)之间交互的消息或数据连接通道,支撑构建全天候不间断无盲区的大场面全景立体化监视,实现可视协同一体化指挥控制,提升机场安防生产运行效率及科技化管理水平,全面提高机场日常运控、应急处置以及部门间协同工作效率。

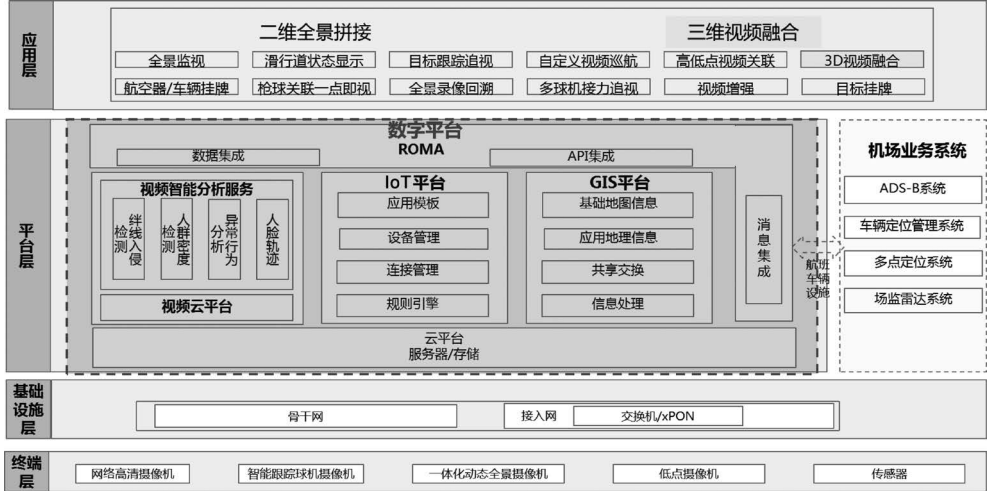


图 5-12 全景监控场景化方案总体架构图

3) 落地效果

(1) 全天候大视野无盲区全景监视,可极大提升安防生产运行效率。

全景监控系统可实现全景融合,纵观全局,实现对整体现场的全景、实时、多角度监控;支持协同追视,精细观察,以全景中的事件目标为驱动,实现纵览全局和细节掌控的有机结合;支持跨镜头的目标检测跟踪,支持风险的自动识别与告警;支持多维可视,综合感知;实现对关注目标的动态持续跟踪、对关注事件的全过程可视化管控;全面提高安防及生产运行工作效率。

全景可视化方案可为机场安全监视人员提供连续、直观的实时全景拼接画面,避免覆盖盲区;能够对视频进行实时存储、回放;通过画面增强技术可以增强能见度较低的条件下面清晰度;通过远程传输视频画面可以实现机场场面远程遥控指挥。可实现机场场面停机坪、滑行道、航站楼等重点区域航空器、人员、设施及保障车辆的运行状态直观统一的监控管理,确保机场的安全高效运行。

在出现突发重大事件时,可为决策指挥提供全景的态势场景展现,同时机场相关部门可采用回放完整全景视频来追溯整个事件的全过程,提高整体工作效率。而不是采用人工寻找模式,在近千路监控视频中,根据经验的推测来展开筛选与查询。

(2) 跨系统信息融合,全局态势直观可视,高效掌控全局,提升应急处置及运行管控效率。

全景可视化方案可打破机场信息化系统的烟囱式壁垒,可在全景视频上融合机场ADS-B、场监雷达、GPS以及其他运行生产数据,提供机场的全局态势监控,应急指挥保障。依托全景监控方案可实现飞行区的无盲区、全覆盖、可视化监管,实现对飞行区内活动目标(飞机、车辆、人员)的有效监视与管理,强化信息共享呈现,提升机场整体运行效率,提升运行管控、资源管理、车辆监管、协同指挥以及应急处置能效;以“一张图”模式看全、看透所有信息,高效掌控全局,提升常态化运行管理能力,减轻人员工作负担,并在突发状况下实现精准高效的应急处置;全方位掌控机场全局和细节,灵活掌握事件情况,全景直观回溯事件根源。

8. 出行一张脸

1) 业务场景与需求

近十年中国国内机场的发展取得了举世瞩目的进步,机场旅客吞吐量从4.86亿人次增长到12.6亿人次,平均年增长率11%,客吞吐量不断快速增长,带来的是机场服务能力严重不足的问题。机场基础设施受限于地理空间、建设周期等因素,难以匹配旅客吞吐量的增长而同步增长,因此基于现有基础设施深入挖掘潜力,为旅客提供快速、便捷的服务,持续提升旅客服务质量,成为各机场当前面临的核心问题。

IATA在2019年率先提出ONEID理念,通过生物识别技术为旅客提供一站式便捷航空服务。民航局在2022年发布的《智慧民航建设路线图》设定总体目标,建成具有全球竞争力和影响力的智慧民航体系,实现民航出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台。

2) 智能化解决方案

人脸识别技术应用场景识别旅客身份,围绕出港旅客流的到达航、值机、托运行李、安检、候机、登机的业务环节,从中选取能改善的环节。出行一张脸方案的价值是合理优化简化旅客乘机流程,加大旅客刷脸自助和智能服务设备投入,实现服务自助化,旅客乘机智能化,并提供多元化、个性化和高品质的服务供给,满足不同旅客差异化服务需求。在改善旅客出行体验的同时能提升机场的服务排名,如旅客出行环节体验既是民航5114行标服务质量评价指标体系的重要内容,也是ACI ASQ(Airport Service Quality,机场服务质量)旅客类评分相关系数较高项。

(1)“刷脸预安检”:刷脸预安检即易安检,在民航云平台大数据支撑下,根据旅客安全信用进行旅客分类。对于安全信用较好的常旅客,系统提示可进入易安检通道,并提供部分随身体物不取出开包检查等措施的差异化安检服务。

(2)“刷脸安检”:自助安检验证通道采用了人脸识别和活体检测技术,实现刷脸或者刷证自助安检验证,支持最快3s自助通关。

(3)“中转注册”:中转注册主要面向中转乘机旅客,在办理中转手续的环节,新增人像采集,实现旅客人像入库,完成与证件等基础信息的匹配,为后续航显、登机等环节提供输入。

(4)“智慧航显”:旅客在智慧航显屏前查看航班信息时,通过人脸识别技术识别旅客,

调取旅客乘坐航班信息,优先在屏幕上列显示,同时屏幕上显示旅客登机口步行路径和路径相关商业提示信息,最多可同时支持 3 人同时浏览显示。

(5)“催促登机”:机场从国内安检通道到登机口的国内航班候机区域复用安检视频监控系统的摄像机,通过后台人员动线跟踪视频算法对每个进入区域的人员实时打点轨迹,在催促登机环境通过人员轨迹去定位旅客所在区域,联动广播系统精准插播催促登机广播和评估是否要减客减行李。

(6)“刷脸登机”:旅客通过刷脸即可完成自助登机,同时支持刷证或者扫码自助登机。

3) 落地效果

以某国际机场为例,易安检上线 3 年已为超过 300 万名信用良好的常旅客提供了快捷安检服务,较普通旅客安检过程缩短近 40%,最快 3min 通过安检检查,高峰时段通道放行效率提升到 220 人/小时以上,达到传统安检通道的 1.5 倍,放行效率和安全裕度都大幅提升。

以某省会国际机场为例,设置 33 条刷脸自助安检验证,人均安检验证时间从 12s 缩短至 7s。建设了中转注册,旅客办理中转手续同时,通过新增身份证核验与人像采集合一的终端,实现旅客全自助、零等待采集,并为机场基于人像的全面旅客管理提供便利。在国内旅客候机区部署了 230 个安防摄像机,人员 90% 轨迹秒级定位,定位精度 $<50\text{cm}$,在小范围业务试用阶段日均找回 80 多名晚到旅客。

再以另一省会国际机场为例,建设智慧航显系统,旅客查询航班信息时间由传统航显的 120s 缩短至 3s,效率提高 40 倍,并提供公共服务点查询及 3D VR 实景导航。航显使用量 5000 人次/天(每日总客流 8 万人),减轻问询台工作人员工作量。平均每位旅客 3s 即可完成自助登机,实现旅客无接触式登机,防止冒登,工作人员无须撕副联,节省了查副联时间。

9. A-SMGCS IV 级灯光引导

1) 业务场景与需求

A-SMGCS(Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems,高级场面活动引导与控制系统)IV 级运行可全面提升机场的效率、容量、安全和自动化水平,是现代化大型机场发展的必然趋势。民航局在 2019 年 4 月发布的《关于推进 A-SMGCS 系统及配套设施建设应用工作的意见》中明确提出,对于多跑道大型繁忙枢纽机场,在新建或改扩建时,建议助航灯都按照 A-SMGCS 的 IV 级运行要求配置。目前,全球已有迪拜机场和北京大兴机场实现了 A-SMGCS 的 IV 级运行。国内目前新建的成都天府机场、顺丰鄂州机场,改扩建的深圳机场、浦东机场、首都机场等都明确以 A-SMGCS IV 级运行为目标。

A-SMGCS IV 级运行的核心是灯光滑行引导,即飞机落地后跟随绿色的中线灯的引导滑行,直至停机位。这期间,需要在飞机前方保持一个由多盏灯形成的灯带:随着飞机的位置变化,在飞机前方逐个点亮,飞机滑过以后灯自动熄灭。根据 SESAR(Single European Sky Air Traffic Management Research,单一欧洲天空空中交通管理研究项目)在德国慕尼黑机场的测试证明,无论是在“良好可见度”还是在“低可见度”条件下,灯光滑行引导都有

非常明显的效果,可有效提升机场的运行效率和安全性。

A-SMGCS IV级灯光滑行引导依赖于对单个灯具的可靠通信,以实现精确的单灯控制。长期以来,业界一直在复用供电回路,使用窄带 PLC(Power Line Communication,电力线载波通信)方式进行单灯通信,但效果不够理想,主要原因是窄带 PLC 的通信时延为 2s 以上,而根据 ICAO(International Civil Aviation Organization,国际民用航空组织)的要求如果要达到单灯引导延时应控制在 1s 以内。此外,载波信号需要穿过隔离变压器,而变压器作为感性器件,对信号衰减严重且易老化而导致效果变差。

基于上述原因,窄带 PLC 没有被广泛应用,目前全球仅有迪拜机场和大兴机场基于窄带 PLC 实现了常态化运行。窄带 PLC 因时延仍不能满足要求,只能采用分段引导的方式,即将回路总体分成多个灯光段。但分段引导的灵活性差,需进行复杂的路径设定,无法进行灵活调整。更重要的是,在多架飞机同时滑行时,灯光段都点亮,会导致整个回路亮成一片,进而失去引导效果。此外,线缆、隔离变压器老化后,会导致通信效果进一步变差,甚至不可用。

2) 智能化解决方案

面对灯光控制通信的痛点,华为基于自身通信经验的积累,针对不同的部署需求,创新地提出了基于宽带 PLC 的单灯通信方案,如图 5-13 所示,其通信能力可满足灯光引导的需求。宽带 PLC 方案利用助航灯光电缆和屏蔽线构建通信回路,减少信号因传输距离过长导致的衰减。改进后回路具备中继能力,结合华为海思 PLC 芯片,可通过中继功能满足长距离传输要求;采用多个载波频段,可根据线缆情况调节使用不同频段;单灯控制器与信号耦合模块分离设计,可根据现场需要按需安装,灵活度高,经济性好。

宽带 PLC 通信方案在实际部署时具备典型值 $\leq 200\text{ms}$,最差值 $< 400\text{ms}$ 的通信时延,不仅完全满足标准的要求,还可为系统处理预留冗余量;同时具备百 K 级别的通信带宽,可满足一条回路上有 10 架飞机同时滑行的极限需求。

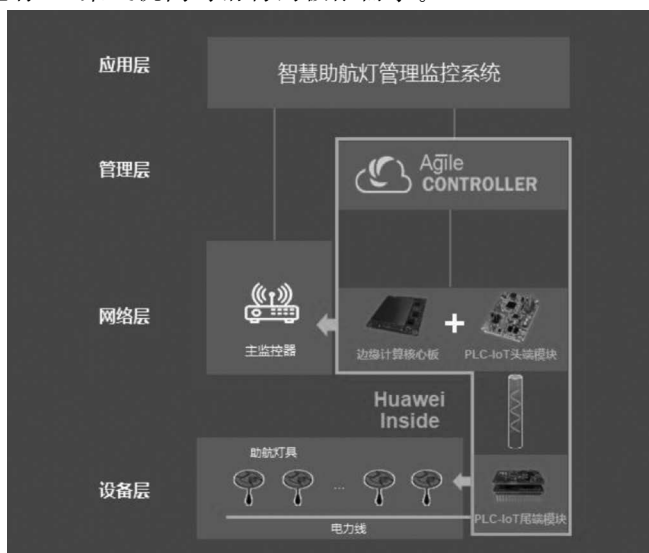


图 5-13 A-SMGCS IV级灯光引导总体架构图

3) 落地效果

以某国际机场为例,完成全国首个国产 A-SMGCS IV 级灯光引导系统演示验证。此次灯光引导飞行测试共涉及 150 套助航灯具的控制,随着 A-SMGCS 系统指定路径指令,测试飞机前方十几盏助航灯光依次亮起引导飞机滑行,飞机滑过助航灯光随即熄灭,最后飞机顺利地在灯光引导下滑行至目的机位,同时 A-SMGCS 系统实时显示测试飞机位置、路径情况、灯具状态等信息显示。

5.3.2 智慧航司

对于航空公司而言,人工智能技术对内可以为员工提供业务支持,提升办公效率,对外可以提升客户服务和运营效率。下面展开介绍知识管理场景应用人工智能技术后带来的改变。

1. 知识管理业务场景与需求

知识管理是现代企业的重要竞争力之一。通过知识管理和企业知识库,企业可以将产品、服务、业务流程、专业知识等需要的知识整合起来,为员工提供方便快捷的查找和共享能力。通过对企业知识、经验、流程等的充分开发和利用,可以提升企业和员工效率,增强创新能力。企业知识库的价值如下。

(1) 知识的共享、传承和增值。知识库为企业内部各个部门和员工提供了一个平台,使得大家可以方便地共享和传递知识,避免知识孤岛和信息割裂,促进团队和员工的交流合作,提高工作效率和协作能力。通过企业知识库,可以帮助企业系统化地存储、利用和管理知识,将有价值的知识记录下来,确保它们不会随着员工流动而流失,增强知识资产的价值,保证企业的持续发展。

(2) 提高工作效率和员工绩效。知识管理可以帮助企业和员工减少重复劳动,帮助员工更好地利用知识,缩短解决问题的时间,提高工作效率和员工绩效,释放员工的创造力和专注力。

(3) 增强服务质量。企业知识库可以成为客户服务的有力工具。通过汇集专业知识和解决方案,员工可以更快速、准确地为客户提供解答和帮助,提高服务质量和用户满意度。

以航空公司为例,航空公司内部专业工种多,专业门槛高,员工培养周期长、成本高,每个航空公司都有庞大的知识体系、流程规范、渠道供应体系、产品服务,以及历史经验案例,包括但不限于:

(1) 飞行手册(Flight Manual)。这是飞行员的主要参考书,包含飞行操作、导航、通信、气象、飞机系统等方面的详细信息。飞行手册的数量取决于航空公司拥有的飞机类型和数量。

(2) 机组操作手册(Crew Operations Manual)。这些手册涵盖了航空公司的运营流程、安全规定、服务标准等方面的内容。每个部门和岗位可能都有相应的操作手册。

(3) 乘务员手册(Flight Attendant Manual)。这些手册包含乘务员的职责、服务流程、应急处理等方面的内容。

(4) 地勤人员手册(Ground Crew Manual)。这些手册涵盖了地勤人员的职责、工作流程、安全规定等方面的内容。

(5) 维修人员手册(Maintenance Manual)。这些手册包含飞机维修的详细步骤、程序、工具使用等方面的内容。

(6) 管理手册(Management Manual)。这些手册涵盖了航空公司的管理流程、政策、规定等方面的内容。

(7) 培训手册(Training Manual)。这些手册包含航空公司的培训课程、教学方法、评估标准等方面的内容。

(8) 其他专业手册(Specialized Manuals)。这些手册涵盖了航空公司特定领域的专业知识,如航空法规、航空医学、航空心理学等。

(9) 航空公司提供的产品服务、渠道和供应商。

(10) 航空公司历史经验案例库。

(11) 解决方案及备件库。

(12) 管理局和机场的航空通告和空勤部门收集的实时航空信息等。

航空公司的知识管理系统庞大而复杂,很多知识有及时更新甚至实时更新需求,而且受公司规模、业务范围和组织结构影响。航空公司通过智能化工具提升人员效率、技能培训,以及空情和态势感知的需求强烈。现代人工智能,尤其是 AIGC(Artificial Intelligence Generative Component,人工智能生成组件)大模型应用于企业知识管理和飞行安全等领域,可以帮助航空公司极大地提升效率、安全和创新水平。

2. 知识管理智能化解决方案

通过 AIGC 大模型重构企业知识管理/知识库,对内提供知识/业务小助手,为员工提供业务支持,对外还可提供智能客服,帮助改善客户服务体验,如图 5-14 所示。



图 5-14 大模型解决方案构成

以下是大模型的一些具体应用。

(1) 文档分类与聚类：通过使用自然语言处理技术,大模型可以帮助企业自动对大量

文档进行分类和聚类,从而更容易地找到相关信息。

(2) 智能搜索:利用大模型,企业可以构建智能搜索引擎,提供更准确、相关的搜索结果,帮助员工快速找到所需知识。

(3) 知识图谱构建:通过分析企业内部和外部数据,大模型可以帮助企业构建知识图谱,将知识点之间的关系可视化,便于员工理解和应用。

(4) 自动摘要与生成:大模型可以用于自动生成文档摘要,帮助员工快速了解文档内容,节省阅读时间。此外,还可以用于生成新的知识内容,如报告、演示文稿等。

(5) 情感分析:通过对员工反馈、客户评论等数据进行情感分析,大模型可以帮助企业了解员工和客户对企业产品、服务和内部流程的看法,从而改进知识管理策略。

(6) 个性化推荐:基于用户的行为和兴趣,大模型可以为企业提供个性化的知识推荐,帮助员工发现潜在有用的信息。

(7) 在线培训与教育:通过使用大模型,企业可以开发智能在线培训系统,为员工提供个性化的学习资源和建议,增强培训效果。

(8) 知识共享与协作:大模型可以帮助企业构建知识共享平台,促进员工之间的交流和协作,提高知识的传递和应用效率。

(9) 知识评估与更新:通过对知识的使用情况、更新频率等进行分析,大模型可以帮助企业评估知识的有效性和价值,及时更新过时或不再适用的知识。

(10) 数据分析与决策支持:大模型可以帮助企业从海量数据中提取有价值的信息,为决策提供有力支持。

3. 知识管理落地效果

AIGC 大模型作为最新的人工智能成果,正在为行业智能化带来新的工具和方法。目前已经有部分领先的航空公司、机场开始探索基于大模型进行知识管理、智能客服、机务维修等领域的试点应用,大模型已经在民航行业生根发芽,相信未来两三年内,大模型将在航空行业内开花结果,成为行业生产力提升的新要素。

5.3.3 智慧空管

对于空管而言,人工智能技术可以改进航空交通管理和飞行安全,高分辨率、准确的气象预报对民航运行安全和效率影响巨大,下面详细介绍航空气象预报场景人工智能技术应用情况。

1. 航空气象预报业务场景与需求

航空气象预报是通过给空管、航司客户提供准确、实时、分辨率高的气象预报结果,支撑气象预报员发布气象预报结果,辅助空管塔台、进近、区域管制员、航司运行席合理安排航路、航线、航班起降等运行决策。当前气象预报主要是数值预报产品,综合准确率不高、分辨率低、实时性不足,空管、航司气象预报员主要依赖个人经验判断未来天气变化,难以满足空管、航司运行指挥要求,具体如下。

(1) 气象预报算力不足：当前空管、航司主要使用传统服务器进行预报推演，算力不足，难以满足精准、实时、高分辨率气象预报算力要求。

(2) 预报不准确：数值预报结果准确低，例如，跑道风速风向预报，综合预测准确率不足 40%，塔台管制员难以依赖风速风向决策跑道分配模式。

(3) 预报分辨率低：数值预报当前物理分辨率为 10~20km，而行业客户需求是 1~3km，分辨率太低无法支撑管制运行决策精准指挥。

(4) 影响航班运行的关键预报缺失：民航行业目前还没有成熟的跑道风、雷暴、风切变等气象预报产品。

2. 航空气象预报智能化解决方案

航空气象预报解决方案是通过使用大数据、云、盘古气象大模型、AI 等技术，对空管气象进行历史数据训练和建模，提取特征值，配合实时初始场结果进行推演，提供准确、实时、高精度的气象预报结果和产品。高质量的气象预报结果可以有效支撑管制运行决策，助力航空器安全、高效运行，并减少航班延误。

航空气象预报盘古大模型解决方案总体架构包括华为云及 AI 服务，盘古 L0 基础模型、盘古 L1 行业大模型、盘古 L2 气象预报场景等模块，如图 5-15 所示。

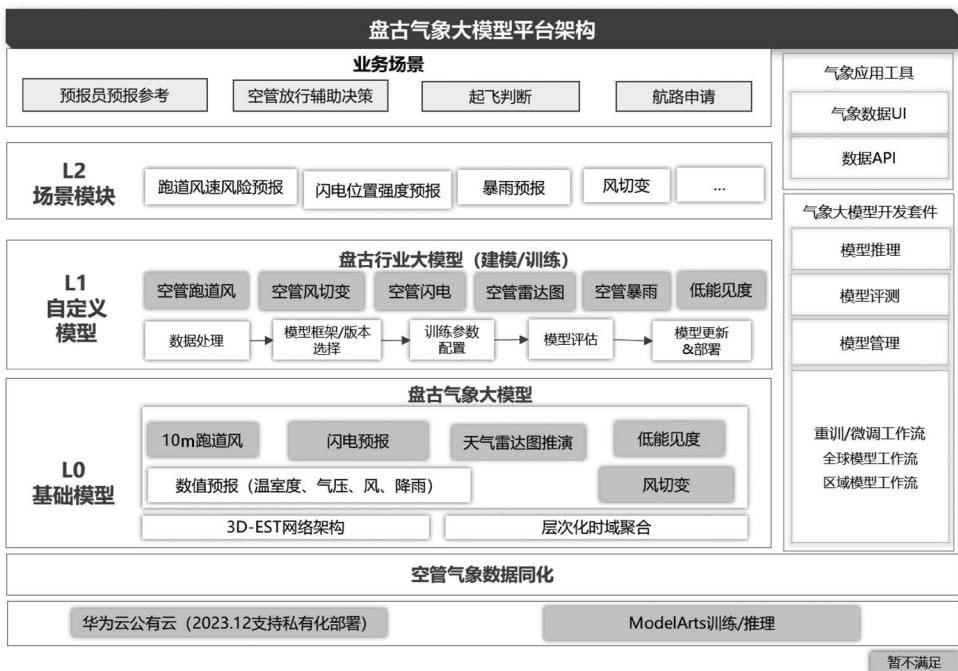


图 5-15 航空气象预报解决方案

(1) 华为云及 AI 服务：气象预报对算力、资源的要求较高，采用云化部署可以有效支撑提供超高算力和集中虚拟化计算、存储、网络等资源，同时提供云上高阶 AI 服务，支持模型训练、推理全生命周期开发和管理，让 AI 开发更便捷。

(2) L0 基础模型：华为云盘古气象大模型目前已经基于全球气象预报海量数据进行训练，已具备传统温、湿、风、压、降水等气象预报能力，未来还将根据民航业要求，开发 10m 跑道风、闪电、风切变等场景模型，丰富大模型基础能力。

(3) L1 行业大模型：基于民航气象数据，在 L0 的基础上通过模型调整优化，能够更好地适配民航行业气象预报需求。

(4) L2 场景模块：盘古气象大模型基于历史数据、初始场实时数据等不断训练调优，然后基于业务的需求提供标准化的预报产品，支撑民航空管以及机场、航司等外部单位使用，协同支持民航安全、高效智慧运行。

解决方案竞争力如下。

(1) 预报结果准确：传统气象预报特性(温湿度、气压、降水等)比 ECMWF(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 欧洲中期天气预报中心)数值预报准确率提升 20%+。痛点气象预报场景(跑道风、闪电、暴雨等)比 ECMWF 提升超过 30%。

(2) 预报精度高：物理精度支持 1~3km(行业 10~25km 水平)，预报结果刷新小于 0.5h(行业 1h 水平)，短临预报 2~6h(行业短临 0~2h 水平)。

(3) 预报效率高：相比传统数值预报，算得快，预报速度提升 10000 倍。

3. 航空气象预报落地效果

通过提供精准的气象预报产品，对空管、航司运行指挥提供较大支撑。

(1) 合理制定全国航班流量：精准气象预报支撑空管局制定航路、航线，机场合理制定流控策略，包括每个小时可以放行飞机数量等，航班取消、调时最少。

(2) 减少航班延误：恶劣天气精准时刻位置预报可以支撑积压、延误航班有序放行，减少航班延误。

(3) 保障航空器安全：精准风速、风切变、雷暴等预报可以支撑航空器避开危险天气，保障航空器安全。

(4) 优化航线，保障航司收益：精准气象预报支撑航司合理调整航线和排班，最大化航司收益。

5.4 民航智能化实践

5.4.1 首都机场：基于数据的综合交通协同运行体系建设

1. 概述

北京首都国际机场位于北京市区东北方向，位于市中心天安门广场真方位 44°，距离市中心天安门广场 25.4km，是中国地位最重要、规模最大、设备最齐全、运输生产最繁忙的大型国际航空港，被誉为“中国第一国门”。首都机场拥有三个航站楼、三条跑道、两个塔台，航站楼总面积约 141 万 m²，2018 年、2019 年旅客吞吐能力超过 1 亿人次。目前，首都机场具有国内通航点 160 个，国际通航点 136 个，驻场航空公司 95 家。大兴机场启用前，首都机

场航空业务量位居全国首位,航空运输及保障任务压力大。2023年,首都机场旅客吞吐量达到5287.9万人次,货邮吞吐量111.6万吨,起降架次37.97万架次。

作为“中国第一国门”,首都机场的陆侧交通业务具有一定的复杂性,既涉及地铁、机场巴士、空港巴士、出租车、私家车辆等多种交通方式的集散换乘,也包括跨楼中转、协同调度等需求,交通运行和管理压力较大。为落实交通强国建设要求,2019年,首都机场股份公司参与科技部重点专项课题“空港综合交通协同运行智能调度技术研究”(以下简称“9.1课题”),运用新一代信息化手段,打造“全面感知、深度融合、科学决策”的综合交通协同运行管理系统,实现高效、有序的交通管理,全面提升国际门户枢纽城市的交通服务质量。

2. 解决方案和价值

1) 从无到有,智能感知全覆盖

此前,首都机场陆侧旅客流量数据主要依靠航站楼互联网+测温系统统计,排队人数则依靠人工现场估测。随着疫情形势好转和航空市场逐渐复苏,航班量旅客量不断增加,与此同时,现有的综合交通管理手段暴露出诸多问题和不足之处,已经不能满足首都机场实时调度管理需求。因此,部署一套有效的智能感知平台,实时监测、统计并预测首都机场陆侧交通状态至关重要,如图5-16所示。首都机场结合9.1课题,在2号航站楼、3号航站楼、快轨、出租车、停车楼、巴士区、进港区共44个点位采集数据,实时监测交通、客流密度并适时预警。利用人工智能技术拓展陆侧交通态势感知能力,不仅能够预估旅客排队时长、预测交通运力缺口,还能有效辅助安全及服务提升。在完善部署的基础上,首都机场持续迭代优化人工智能算法,提高态势感知的精确度和可靠性。经过7个版本的迭代优化,目前客流密度监测精度达到98%以上,旅客预计排队时长误差从5min缩减到10s。同时,首都机场通过优化现场布局 and 系统配置,不断扩展系统智能识别范围和容量。据统计,2号航站楼旅客等待区可识别人数达到140人,3号航站楼达到175人。

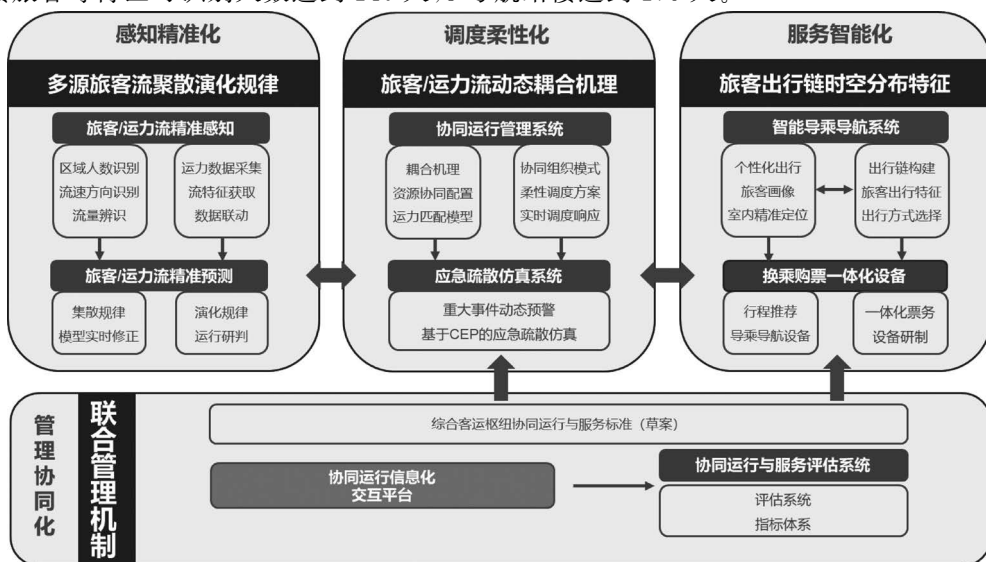


图 5-16 综合交通协同运行体系建设框架

2) 资源集约,数据融合促业务

首都机场综合交通协同运行管理系统整合了此前分散在多个信息系统中的业务数据,有效改善了依赖人工查询、微信汇总、电话调度的陆侧交通管理状态,不仅提高了数据准确性,也大幅提升了首都机场陆侧交通管理效能。

经过前期的研究和梳理,首都机场根据业务需求对系统数据进行了划分,主要包括空侧运行数据(航班及旅客进出港数据)、陆侧运行数据(车辆车位数据、路况数据)、运力数据(出租车、巴士、网约车、快轨)及服务数据(排队时长、出行区域分布及偏好)4 大类。在此基础上,分别从大数据平台、停车引导系统、市交委系统、智能停车系统、限时停车系统、网约车系统、出租车排队系统、高德地图等 14 套内外部系统接入 550 余个数据项,实现数据统一。

集成数据只是第一步,为了进一步支撑陆侧交通业务开展,首都机场在 LOCC (Landside Operation Control Center,路侧运行控制中心)、出租车调度站、出租车候车区、网约车区等关键业务点开展调研 30 余次,收集需求 116 条,统计分析并设计出系统 25 个页面的 84 个功能点,并融合形成综合交通态势监测界面,有效解决了首都机场陆侧交通业务庞杂、关联部门多、信息系统孤立等问题,极大提升了首都机场陆侧交通管理效能。

3) 智能预测,智慧大脑强效能

根据首都机场目前的陆侧运力调度情况,仅依靠准确的实时数据,难以及时补充运力,更需要 2h 及以上运力缺口的准确预测,为调度工作打好“提前量”。

首都机场综合交通协同运行管理系统集成并优化了运行控制中心的航班旅客预测算法,形成 12h 周期的进港旅客预测数据,再结合进港航班实际情况,优化形成 2h 进港旅客预测数据。据统计,系统预测精度达到 90% 以上。

除此之外,首都机场还联合高校,将天气、节假日等因素纳入分析范围,深入研究出租车运力与乘车旅客流量的变化趋势,构建、部署并优化出租车运力预测及乘车旅客预测算法,实现未来 2h 的数据预测,精度达到 80% 以上。为加强特殊情况下交通调度与保障,首都机场对接市交委平台,实时推送空侧、陆侧、运力等运行数据,强化协调联动,有效缩短交通调度响应时间至分钟级。

3. 总结与展望

未来,首都机场将持续打造以机场为核心的现代化综合立体交通枢纽,加强规划设计统筹,不断扩展综合交通协同运行管理系统功能,优化监测预测算法,进一步提高首都机场交通管理效能,提升旅客换乘效率和出行体验,为交通强国建设和社会主义现代化强国建设提供坚实支撑。

5.4.2 上海机场集团：基于数智底座的数字孪生机场建设实践

1. 概述

上海是中国重要的门户口岸,连接世界的桥梁纽带,也是国内首座同时拥有两个国际机场的城市,上海机场集团统一经营和管理浦东机场和虹桥机场。上海机场年客运量超 1.22 亿人次,年货运量超 400 万吨,是品质领先的世界级航空枢纽。

机场作为城市区域和服务功能的重要组成,响应上海全面推进城市数字化转型,上海机场集团发布《上海机场数字化转型、智慧化发展规划》(2021—2030年),如图 5-17 所示,设计“18332”总体架构,以建设卓越的智慧机场标杆为愿景;实现基于智慧化的安全、运行、服务、经营、交通、环境、货运、管理 8 大目标;强调“一图观天下”“一线通全域”“一脑智全局”的 3 个关键点;落实智慧组织保障、智慧技术应用、智慧协同管理 3 大智慧化运营要素;建立两个关键体系:数字化管理机制及组织体系和网络安全管理标准及组织体系。



图 5-17 上海机场集团数字化转型“18332”总体架构

2. 解决方案与价值

上海机场集团将“数字孪生”作为建设上海智慧机场的抓手、途径、引擎,结合网络安全保障体系和标准机制保障体系,打造智慧机场标杆示范。上海机场集团建立以“一图、一线、一脑”为核心的数智平台。一图观天下:实现“全场景、全要素、全流程”运行一张图,呈现多层次多领域作战视图,全局态势实时感知,业务高效协同。一线通全域:面向服务技术支撑体系信息化的资源、数据、应用服务整合,实现机场面向服务的服务调度、交换中枢和业务协同。一脑智全局:以全面智能机场为目标,实现依托 AI 技术自主感知、识别业务状态,自主完成复杂事件分析、机场态势感知与预测,自主评估分析,如图 5-18 所示。

“一脑智全局”就是建设机场大脑,通过构建 AI 平台,实现算力、算法、数据闭环应用。机场大脑依托智能算法分析海量数据,形成面向各个场景、各种事件处置的“思考”能力,增强机场整体运行管理、决策辅助、应急处置能力。

机场围绕“航班流、旅客流、货物流”机场核心价值流,探索和推进上海机场业务智能化建设。围绕航站楼旅客全流程管理,梳理旅客服务质量监测、航站区安全运行监管等智能业务场景,识别旅客基础定位、旅客属性特征识别、行李特征识别、队形监测、密度分析、人脸识别、人包对应等 AI 算法,基于飞行区安全运行管理,梳理围界和道口防入侵、飞行区业

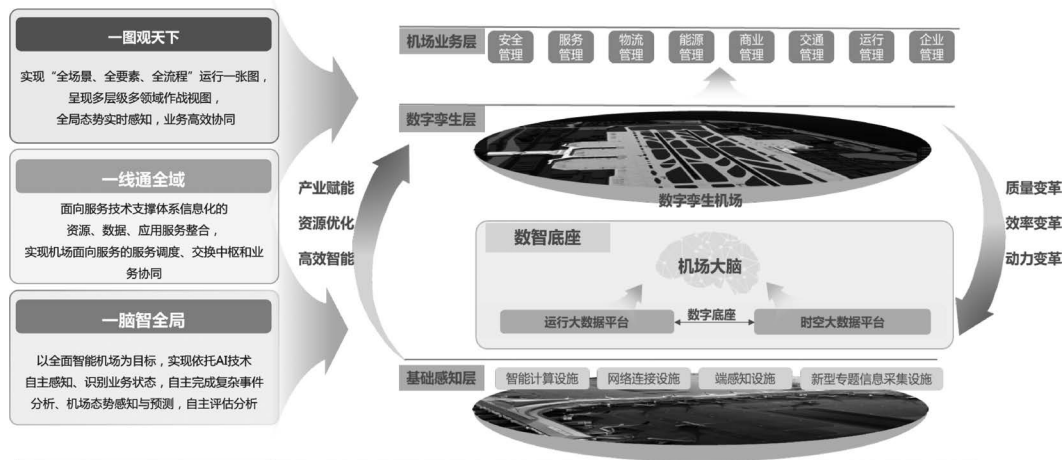


图 5-18 上海机场集团数字孪生机场架构

务合规性检查等智能业务场景，识别飞行区人员入侵、飞行区车辆入侵、反光背心穿戴检测、速度及方向检测、人员行为分析等 AI 算法。

“数实融合”机场大脑赋能孪生机场业务场景智能化。

(1) 通过场监、多点、ADS-B、语义、视频、IoT(Internet of Things, 物联网)等多源数据的融合，感知航空器全时域的态势，实现航空器、车辆的全场挂牌，提升运行效率，优化保障资源分配，推动机位智能分配和智慧路由规划。

(2) 通过视频智能分析技术，整合各类业务数据，掌握航站楼实时运行态势，实现人员及设施定位，推动全流程 AI 感知，提供运行优化决策依据，推动服务品质全面提升，提升机场运营效能。

(3) 通过对象检测、人员行为分析等 AI 技术，感知飞行区全场面运行态势，构建空中、地面立体化的安防体系，实现对违规、非法入侵等事件的主动预防和快速响应，实现全场面的实时安全监管，提升飞行区安全裕度。

3. 总结与展望

将“数字孪生”作为建设上海智慧机场的抓手、途径、引擎，结合网络安全保障体系和标准机制保障体系，打造智慧机场标杆示范。围绕数字化转型顶层设计的蓝图，分阶段实现数字孪生机场。

2023 年初步实现数字孪生机场：机场运行数据资源实现共享，基于人工智能的感知、分析、决策能力取得突破，机场运作全环节的数字映射实时呈现，整体态势可看可控，支撑精细化管理带来的“观、管、防”等要求。

2025 年建成国内智慧机场标杆示范：全面智慧赋能安全、运行、服务等 8 大领域，实现对机场运行整体状态的即时感知、全局分析和智能处置，机场运行自动主动，推动各类保障资源高效、精准调配，大幅提升安全裕度、运行效率和服务品质。

5.4.3 深圳机场集团：全面推行智能化

1. 概述

深圳机场是中国境内集海、陆、空联运为一体的现代化国际机场,2019 年旅客量突破 5000 万,迈入全球最繁忙机场行列,是中国内地唯一入选国际航协“未来机场”的试点机场。在 2021 及 2022 年度被评为 Skytrax“五星机场”,2023 年上半年旅客吞吐量达 2436 万人次,国内排名第二,货邮吞吐量 74.13 万吨,国内排名第三。机场集团立足于粤港澳大湾区规划,立足于深圳“先行示范区,强国城市范例”建设要求,以及奋力打造世界一流的机场产业集团的目标,确立“客、货、城、人、智”五大发展战略,以智慧化为基础,打造重要国际航空枢纽,期望通过数字化转型,为旅客创造更好的出行体验,提升运行效率和安全,以及提升企业经营管理能力,打造智慧机场建设标杆,树立高品质发展的深圳样本。

深圳机场于 2017 年 6 月与华为签署战略合作协议,正式启动数字化转型进程。2018 年 5 月,携手华为推进数字化转型,全面开启了数字化转型之路,2019 年正式将智慧化确立为集团五大战略之一。深圳机场坚持规划先行,加大投入,积极探索云计算、大数据、物联网、AI 等新技术应用,全面打造互联互通的 ICT 基础设施和平台,围绕安全、航班、旅客,建设“大运控”“大安全”“大服务”“大服务”四大业务体系,分批建设、有效落地智能应用项目,全面提升航班运行效率、安全监管能力和旅客服务体验。

2. 解决方案与价值

运控是机场核心业务,在航空业务繁忙且运行及保障资源紧张的现状下,如何通过大数据、AI 技术等提升机场运行效率是机场指挥面临的难点问题,前期深圳机场面临的主要挑战为:在机位资源分配方面,深圳机场传统手工机位分配要专人进行 3~4h 的分配作业,24h 进行动态的机位分配和调整,机位调整耗时较长,效率较为低下,难以迅速满足计划外的分配需求。且人工机位分配结果效果不能用实时数据量化,单一机位的分配效果和全局分配效果无法整体评估,也很难快速准确地适应分配规则的动态变化,制约了机场运行效率的提升。

深圳机场与华为双方基于“平台+生态”的理念构建起了“未来机场数字平台”,这个平台以华为 ICT 基础设施为数字底座,并联合生态伙伴构建行业生态系统,围绕“大运控”“大安全”“大服务”“大管理”四大业务体系,逐渐形成了“运行一张图”“安防一张网”“服务一条线”的新模式,总体架构如图 5-19 所示。

在大运控方面,围绕深圳机场核心业务流的航班流,以机场“全流程、全场景、全要素”的运行管理为目标,基于统一的数字平台及 AI 技术打造机场“运行一张图”,以构建运行更高效、保障更安全、协同更顺畅的机场运行整体解决方案。打造智能机位分配等场景化解决方案,实现机场运营管理中心对空侧、陆侧的全局精准可视、智能精准预测及多域高效协同,保障航班正常运行,提升运行效率与智能化调度。

作为业界创新型项目,华为联合深圳机场打造了智能机位分配场景化解决方案,这是 AI 技术在机场核心生产系统中的首次应用。智能机位分配系统基于深圳机场统一的数字



图 5-19 深圳机场总体架构图

平台底座,通过大数据对来自不同信息系统、不同部门的大量信息进行有效的数据融合处理,以 AI 算法为核心,打造智能机位分配解决方案,实现机位分配的自动化、智能化,同步构建易用、可靠的应用系统提升操作效率。

通过智能机位分配系统的建设,有效支持了深圳大运控领域的智能化升级及转型,提升了靠桥率、廊桥转率等核心指标,降低了场面冲突风险,助力机场机位资源分配的全局最优化,在保证地面运行安全的基础上提高地面运行效率和旅客满意度,取得了如下成效。

(1) 以目前深圳机场每日 1000 多架航班量级测算,通过智能机位分配系统建设,可使批量分配时间从原有耗时约 4h 缩短至不到 1min,动态调整耗时约 10s,极大地提升了人工操作效率。

(2) 深圳机场的靠桥率提升 5%,每年使约 260 万人次的旅客登机免坐摆渡车。廊桥周转率从 10.24 个班次提高到 11 个班次,相当于每个廊桥每天可多保障 1 个航班。卫星厅建成投运后,随着近机位资源的补充,该系统的效能进一步释放,当前靠桥率为 86.2%,有效提升了机位资源的使用效率。

(3) 靠桥率的提升可带来远机位保障车辆平均每天节省 300 辆,降低了场面车辆与航空器在滑行道交叉点的冲突风险,有效降低了场面冲突风险。

3. 总结与展望

在智慧机场建设的过程中,将大量采用新的技术,如人工智能等,作为五千万级机场,IT 技术必须对业务有连续支持作用,在探索和拥抱新技术应用时,需控制新技术应用带来的风险。深圳机场与华为成立联合创新中心,不断探索新技术,并将最新的技术引入机场业务中。目前,AI、大数据、5G 等新技术已逐步引入,未来通过联合创新的模式,更多的新

技术将引入机场业务。

智能化是机场数字化应用创新的主要技术手段,围绕运行效率、旅客体验、安全保障,基于视频 AI、神经网络、运筹优化等 AI 技术的业务应用已经逐步嵌入机场日常运行的每一个环节,但单一场景、单一算法仍然具有其局限性,未来基于大模型的多场景多模态的算法将会发挥更大的作用。例如,在面对机场日常运行中产生的海量数据、表格、文本、文档时,可以利用大模型的理解能力从中抽取出相应的信息,包括文档智能信息抽取、OCR、延误事件分析预测等,提高决策能力;利用大模型的对话能力,可以打造全新的智能客服交互体验,提供专业建议和航班业务指引,更精准、人性化地响应旅客需求;利用大模型的图像识别能力,进一步提高图像分类和目标检测的准确率,对安检物品快速精准研判等,从而实现对违禁物品的实时监控和管理,保障运行安全等。通过 AI 及大模型逐步重塑机场业务,助力破解机场当前日益突出的保障资源瓶颈,全面提升机场安全保障、运行效率和旅客体验。

5.4.4 西部机场集团:夯实数智底座,探索民航行业智能化转型之路

1. 概述

西部机场集团是在原陕西省机场管理集团的基础上通过联合重组而组建成立的,是全国第二大跨省/区运营的大型机场管理集团。现管辖陕、宁、青三省/区 18 个机场,形成以西安机场为核心,银川、西宁机场为两翼,12 个支线和 3 个通用机场为支撑的机场群,机场数量和航空业务量均达到民航西北地区总量的 70% 以上。其战略愿景是打造“具有国际影响力的一流机场管理集团和国内领先的机场集群”。

西部机场集团在整个中国民航业都很有代表性:大型、中型、小型机场都有,干线发达,支线众多,涉及干支协同、运通互补和大量的跨省区域运作,其智能化建设面临的挑战主要来自以下两方面。

(1) 从集团总体智能化来看,随着集团成员机场类型不断丰富、产业链条不断延伸、规模不断壮大,以及国企改革的深入推进,集团现有的组织架构、运营模式和管理方式都面临更高的要求。

(2) 从机场智能化建设来看,传统的信息弱电建设模式不能很好地匹配智慧化的目标,主要存在两个关键的挑战:一是如何实现从业务到系统再到数据的高度衔接整合,做到不重(复)、不(遗)漏、不(偏)离;二是机场建设涉及的系统多、产品多、使用单位多、施工单位多,如何实现全局统筹管理,集约建设。

面对这些挑战,必须要向数字化、智能化要生产力,驱动集团智能化“从量变到质变”,实现跨越式发展。

2. 解决方案及价值

西部机场集团始终围绕业务关键资源的全局最优,从 4A 架构梳理、高效的数智底座、高质量的数据、智能化的应用 4 个要素推进枢纽机场智能化建设。(如图 5-20 所示,以西安机场三期建设为例。)



图 5-20 西安机场三期智能化建设架构

1) 4A 架构梳理和架构看护确保智能化架构落地

在西安机场三期改扩建项目中，西部机场集团在全行业首次引入了 4A 架构理念，对机场的生产业务进行了全面且深入的梳理。以业务流程和业务需求为中心，在统一的架构引导下进行信息化建设，实现了业务、系统、数据的衔接，探索解决传统建设中常见的业务与 IT 脱节的问题。既确保了智能化架构对业务的有效支持，保证了建设需求的完整传递，又降低了系统建设偏离业务需求的风险，并且避免了应用系统的重复建设。

2) 构建机场数智底座，赋能业务智能化升级

为了支撑智能化的建设，基于华为云平台搭建了一个可靠、安全、智能的数智底座。可靠性方面，在行业首次采用了云服务的双活架构，实现了云上业务系统的不间断运行。安全性方面，实现了云、网络、安全一体化。智能化方面，引入了高性能的算力和高效的人工智能平台，为业务的智能化提供有力支持。

基于这个数智底座，实现了 50 多个核心系统的全面上云和深度用云，提升系统的可靠性，降低运维难度。

未来，将把西安机场的云架构和建设经验复制到银川、西宁等成员机场，实现一云多池的统一架构和统一运维，形成西部机场集团一个统一的云平台。

3) 全面数据治理，打造有生命力的大数据，为智能化提供高质量算料

智能化的前提就是要有高质量的数据。西部机场集团从以下几方面努力，让数据变得更有活力。

第一，建立全集团的数据管理体系和运营流程规范。通过建立统一的数据标准，涵盖整个集团范围内的两万多个业务字段，确保数据的一致性和准确性。

第二，进行全面的数据治理。通过梳理数据的血缘关系，使数据的来源和使用过程变

得透明,确保干净的数据在各个系统之间顺畅流通。

第三,充分挖掘数据的价值。建设 1000 多个指标和 20 多个算法模型,为 37 个智能化应用提供数据支持,从而让数据发挥出更大的作用。

4) 深入运行、安全、服务等领域,基于数智底座聚合多厂商算法,实现全场景智能化

在业务场景的智能化建设方面,智能高效的算法是关键,在与华为合作过程中,探索形成了四大核心能力:对业务的深刻理解、精准的数学建模、高质量的大数据平台、高性能的算力底座。

目前已在运行、安全、服务等领域上开发了 35 个智能算法。

(1) 在运行领域,可实现保障节点视频自动采集、航班里程碑节点提前预测、时刻调整优化,全面提高保障效率。

(2) 在安全领域,可实现全景视频、围界入侵报警、跑道异物探测、空飘物防范等,构筑机场主动安防体系。

(3) 在服务领域,可实现值机、托运、安检、登机全流程自助,无感通关,刷脸登机,提升旅客服务体验。

其中,与华为联合打造了“数智地勤”和“智慧运行”方案,有效提升了运行保障效率。

(1) 基于高质量的数据,打造智能化的数智地勤方案,实现降本增效。地勤服务是机场核心业务之一,航班保障的流程链条长、协同部门多、参与人员多。传统运行调度模式已无法满足快速增长的保障业务需求,为此构建了数智地勤方案,创新性地建立“一机、一组、一管理”的扁平化运行管控模式和智能化运行管理方案。

(2) 智能高效的数智地勤算法是关键,可以实现对航班、旅客、资源的实时状态预测预警,对保障资源提供智能化的派工和调度。系统上线后航班管控效能整体跃升,人机保障比提升 20%,航班地面保障时长缩短 17%。

(3) 智慧运行方案,实现复杂场景下多目标求解,打造积压放行的新标杆。航班运行控制是机场运行的大脑,传统运行指挥方式难以对各单位进行高效协同。在流控、复杂天气等因素影响下,会出现大面积航班延误,严重影响机场运行效率和旅客出行体验。

为此开发了机场智慧运行方案,引入航班计划最优求解模型,以安全隐患最小、运行效率最高、服务体验最佳等多目标为牵引,优化空域、跑道、地面等关键资源,实现供需最佳匹配和 AI 辅助运行指挥,在不利条件下,可提升航班放行正常率,降低放行延误时长,机场运行效率显著提升。

3. 总结与展望

坚持战略驱动和顶层规划,持续构建全集团的智能化,助力世界一流机场的构建。西部机场集团将以西安机场智能化建设为起点,以智能化升级为抓手,从三方面持续向智能化要生产力。

(1) 枢纽机场 AI 大模型场景孵化,如机场全域协同运行、恶劣条件的积压放行与恢复、作业与服务的智能化、容量及资源评估等,实现枢纽机场关键资源全局最优。

(2) 机场群智能化场景孵化,如干支协同、旅客中转联程、多式联运,让机场群协同更高效。

(3) 集团全局智能化管理,如安全运行一体化、业财一体化、产业融合等,促进集团产业融合发展更深入。

未来,将以数智底座为基础,聚合更多的行业应用生态,助力民航行业智能化转型升级。

5.4.5 厦门翔业集团：数字化效能标杆

1. 概述

厦门新机场位于福建省厦门市翔安区境内,在厦门本岛以东海域、翔安区东南方向,北与泉州南安市相望,南与台湾省金门岛一衣带水,西与厦门本岛远眺,东与角屿岛相近。机场范围包括小嶝岛、大小嶝岛之间的浅滩区以及大嶝岛周边的部分海域,同时涉及大嶝岛东部部分用地。距厦门本岛市中心直线距离约 25km,距泉州约 44km,距漳州约 72km,距金门约 15km。

厦门翔安机场智慧机场愿景体现厦门特色“数字化效能标杆,体验式人文标杆”,如图 5-21 所示,以提高运行效率、强化安全屏障、提升服务体验、实现绿色低碳为业务目标,开展智慧机场规划建设。同时,4 个融合实现智慧机场落地支撑保障:规划、建设、运营相融合;业务、流程、数据、技术相融合;内部数字化建设与外部生态相融合;智慧机场建设与数字化人才培养相融合,从而达到让机场更好建、更好用、更好管,让机场更安全、更绿色、更人文,真正实现“人享其行、物畅其流”的目的。



图 5-21 厦门智慧机场愿景

从厦门机场所处的发展环境来看,其智能化建设面临的挑战如下。

- (1) 厦门新机场与金门空域较近,且全年适航性会受台风影响。
- (2) 周边机场存在分流竞争。
- (3) 国际客运市场国际航线竞争激烈。

(4) 高铁网络扩张,存在分流竞争。

因此,翔业集团对机场发展目标、业务定位以及数字化建设提出要求,将厦福两场打造成有灵魂、有温度、有生命力的标杆四型机场和国际一流的枢纽机场。

2. 解决方案与价值

1) 福厦机场云与大数据平台先行先试案例

翔业集团以先进的数字技术驱动商业模式和组织变革,深刻落实打基础立长远战略,立足厦门高崎机场与福州长乐机场一期现有业务需求与特色,为厦门翔安机场与福州长乐机场二期扩建先行先试,成功打造一期云与大数据平台。

先行先试云平台具体建设包括虚拟化平台、容器云平台 and 云管平台,通过厦门与福州两个平台的分布式架构,以厦门为核心节点,完成厦福两场数据的融合和系统的集成,实现两个平台的分布式架构,统一建设和分级管理,应用上覆盖两个新机场的数字赋能中心(集成总线、大数据平台等)、BIM(Building Information Modeling,建筑信息模型)协同系统、地理信息平台 and 飞行区可视化应用等创新技术。

实验室云平台由基础设施层、IaaS(Infrastructure as a Service,基础设施即服务)层、PaaS(Platform as a Service,平台即服务)层、SaaS(Software as a Service,软件即服务)层、终端设备层、云管理支撑体系和云安全支撑体系组成,如图 5-22 所示。

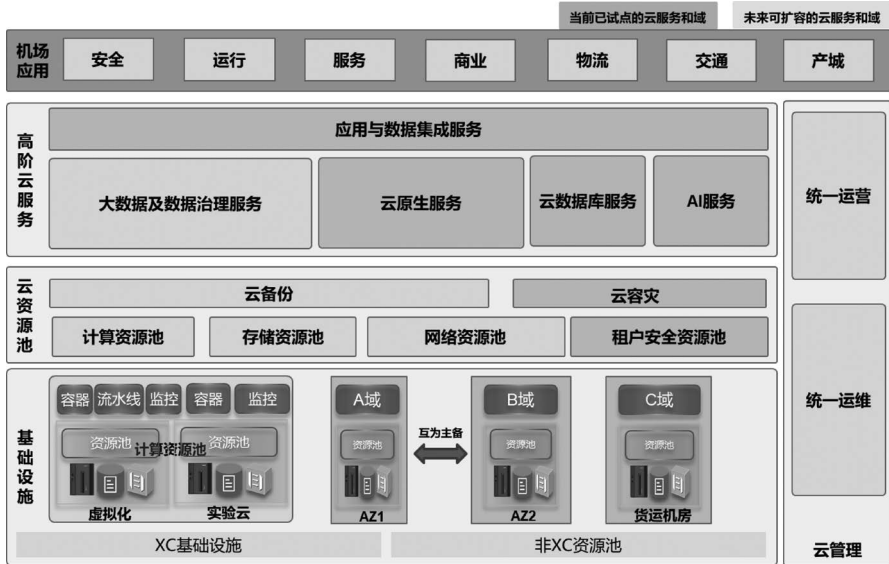


图 5-22 福厦机场云平台先行先试

云管理体系支撑云运营统一管理,是云高效运营的重要保障模块,而云安全支撑体系则用于保障实验室平台信息安全。在性能上,先行先试云平台的先进性能如下。

- (1) 先进成熟:设计采用成熟、稳定、可靠的软件技术,保证平台长期可靠运行。
- (2) 扩展灵活:遵循业界统一标准,采用开放架构,具备适配和中介的能力。

- (3) 业务需求快速响应：具备云业务自动化管理的云平台，为各先行先试系统、测试系统创建、分配相应虚拟机资源，可满足业务上线时间最短半小时业务的快速响应。
- (4) 风险纵深防御：从网络、主机、应用、数据等多层面综合考虑，建设纵深防御体系。
- (5) 定义机场统一大数据底座：打通数据断点，统一管控全场区数据资产，数据赋能机场全业务系统。

2) 厦门 AI 全面机场管理数字孪生机场

数字孪生机场建设作为翔业集团面向未来智慧机场的基建工程，将与机场核心运控业务场景紧密结合，面向生产运行核心用户，辅助运控决策与事件任务执行。通过在数字孪生基础上叠加 AI、大数据等技术，构建基于 AI 全面机场管理的数字孪生运行体系，实现全域运行感知动态可视、可预测推演以及关键任务可视化协同的全面主动运控。

在应用场景上，数字孪生运控可实现航班协同、资源协同、中转管控、运行事件协同等关键生产运行管控场景，如图 5-23 所示，传统的数字孪生以 GIS 呈现为主，侧重于现场实时监控，缺乏对具体业务场景的支撑，导致无法形成业务闭环，真正在机场运行过程中实际业务价值无法充分体现，而厦门机场推行的 AI 全面机场管理数字孪生是在数字世界里实现对机场运行全流程、全场景、全要素的智能化监控、预测、决策和调度，特点如下。



图 5-23 厦门机场 AI 全面机场管理数字孪生架构图

- (1) 聚焦运行管控的难点和痛点，实现在数字世界对机场运控的全场景、全流程和全要素的高效管控。
- (2) 核心通过一个 IOC 智能中心实现对机场运控业务的智能化监控、预测、决策和调度。
- (3) 就数字化维度，要能够从监控 CCTV→分析业务指标，从看现在→看未来，从人工决策→多目标 AI 决策。

在应用场景上，AI 全面机场管理数字孪生可实现包括：

(1) 航班协同。支持航班运行全局态势、单一航班态势和保障进程的实时监控,包括实时指标、预测预警(航班起飞延误、进港延误、保障延误等),并提供起飞排序、推出排序等放行排序建议,以及航班延误、换飞机等相关事件的处置和跟踪,实现航班协同的闭环。

(2) 资源协同。支持保障资源需求和保障能力匹配评估和预警、保障进程监控、事件处置过程监控,为地服等作业系统的派工提供统一的航班保障任务输入,并进行派工结果的跟踪,实现保障资源协同的闭环。

(3) 中转协同。通过提前识别航班中转事件(如配对、急转、中转旅客人数预警等),结合机位分配、航班延误等情况,进行事件分级分类,触发地勤快速保障、机位和登机口变更、时刻调整等处置流程,并对事件处置进程进行跟踪。

(4) 运行事件协同。建设事件中心支持机场各类运行事件的统一管理,提供智能化的事件信息聚合和分级分类,并实现任务指令自动上传下达,事件处置及时闭环。

(5) 运行品质。通过事后对航班保障流程、放行流程、资源使用状态和各节点数据质量等进行复盘分析,对流程和数据的堵点进行挖掘分析,以及优化仿真建议,为业务流程优化和数据质量提升提供支撑手段。

3. 总结与展望

翔业集团提出以科技创新与数字化建设推动转型升级,分步完成智慧机场创新实践先行先试,包括智慧机场云、数字赋能中心、BIM 等创新技术,并基于数字化转型规划引领与智慧安检等创新应用体验先试,加快推动数字孪生、大数据、AI、5G 等创新技术和实体产业融合应用,精简流程、降本增效,完成业务和管理的同步赋能,实现厦门机场新一轮跨越式发展。

未来展望上,2025 年翔业集团将在高崎机场进一步实现 AI 全面机场管理数字孪生系统高阶方案、自动驾驶、货运远程判图、数字人服务等四型机场创新应用场景研究,并整合产学研优质资源,重点打造数字孪生运控与便捷中转新模式,打基础立长远,统筹规划实现关键场景先行先试,并基于高崎机场经验总结,结合联调与试运行成果,实现 2026 年完成新机场顺利转场的目标。

5.4.6 香港国际机场: 基于 TAM 的集中运行指挥中心建设

1. 概述

香港国际机场(Hong Kong International Airport)位于中国香港新界大屿山赤鱲角,距香港市区 34km,为 4F 级民用国际机场,世界最繁忙的航空港之一,全球超过 100 家航空公司在此运营,新冠疫情前客运量位居全球第 5 位,货运量连续 18 年全球第 1 位,2019 年旅客吞吐量 7150 万,货运量 480 万吨。香港国际机场于 1998 年 7 月 6 日启用,并在 2023 年 7 月 6 日开展了通航 25 周年庆典。2022 年,香港国际机场耗资 1415 亿港元完成三跑道系统,新跑道投入使用,规划未来年客运将达到 1.2 亿人次;另外,香港国际机场计划在东莞新建物流园,建成后规划未来货运量达到 1000 万吨。

1998 年 7 月,香港国际机场开始运作,运营和技术部门的控制中心位于机场周围不同

的建筑内,包括飞行区管理部、航站区管理部、陆侧管理部、行李部门、IT 部门、维护部门和安保公司。2007 年,7 个控制中心合并运营,机场当值经理负责香港国际机场的实时管理和运作。2018 年,基地航空公司、航线维护运营商和停机坪处理公司的运控人员迁入前 IAC (Integrated Airport Center,机场集中运控中心)。当时部门间以及对外的协同主要靠人工,大屏系统还是传统的电视墙。

2022 年,机场在三跑道扩建过程中规划了一栋全新的 IAC 大楼,并改变现有的运行模式,基于 TAM(Total Airport Management,全面机场管理)建设 IAC,实现可观、可控、可分析,提升运行效率,如图 5-24 所示。



图 5-24 机场集中运控中心(IAC)

2. 解决方案及价值

1) 实施路径

针对客户的业务诉求,香港国际机场确定了三个阶段的建设目标,第一阶段搭建运行数据平台,实现基于数字孪生和场景化的场景可视化;第二阶段实现事件管理和自动化运行;第三阶段实现预测以及更多的 What-if 功能,如图 5-25 所示。

香港国际机场 IAC 大厅按业务功能主要分为 4 个区域,依次为航空公司区域、空侧运行保障区域、航站楼服务保障区域及地面交通保障区域、专业单位支持及预留区域。设置 160 多个座席,20 多个部门,航司协同指挥调度,中间设置了机场应急指挥中心,用于在出现突发事件时开展多方应急指挥,以及平常小组讨论会商。

IAC 展示屏长 43m、高 3.5m,分为 8 块大屏,从左到右依次实现 4 个协同:跑滑协同、停机坪协同、客运大楼协同、地面交通协同。要入驻的作业保障单位席位布局基本与大屏对应,而且基本按照空中与起降、停机坪保障、航站区保障与地面交通保障的业务流程进行席位布局。

为了满足业务协同对数据的要求,香港国际机场 IAC 构建运行大数据平台,融合了 20 多个系统的数据,覆盖了全域运行数据,包括航班、机位、旅客、交通、柜台、地勤等关键数据。依照行业标准实现数据治理和运行数据建模,支撑了 TAM 的 4 大场景共 30 多个复杂

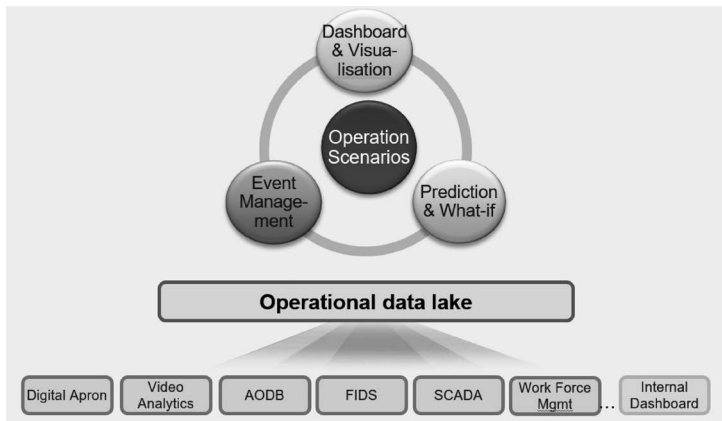


图 5-25 建设目标

指标,实现了对航班任务和资源调度的事前预测、事中监控、事后分析,支撑全球领先的TAM 管理在机场落地。

2) 价值

(1) 实现了物理集中到业务协同: 构建了全球领先的基于 TAM 的集中运控中心,打造了跨域作业指标体系,实现了基于业务协同的集中运营和控制。

(2) 实现全流程的信息协同: 160 多个座席,超过 20 个部门集中办公,除了机场、空管,还设立了航空公司、货运座席,基于 IAC 实现协同指挥调度。

(3) 建立运行大数据平台: 打通了 20 多个生产系统,实现运行数据集中管理,以及实时的信息共享。

(4) 建立运行 KPI 体系: 解决了不同系统 KPI 计算标准不同,内外部信息不统一的问题。

3. 总结与展望

香港国际机场 IAC 基于 TAM 建设集中运控的智慧运行中心,实现了机场内部、机场与航司、机场与空管的真正意义上的运行协同和集中运控。建设了运行大数据底座,建立统一的运行指标体系,覆盖全场区域。未来将进一步覆盖应急情况下的机场运行,同时基于预测和辅助决策,提升运行效率,实现自动化指挥调度。

5.4.7 东方航空: 智能化转型探索之路

1. 概述

中国东方航空集团有限公司(China Eastern),简称东航,是由中央直接管辖的国有独资公司,也是国务院国有资产——中国西北航空公司,联合中国云南航空公司重组而成。它是中国民航第一家在中国香港、纽约、上海三地上市的航空公司,也是首家实现航空客运和航空物流两项核心主业“双上市”的国有大型航空运输集团。

东航经营业务涵盖航空客运、航空物流、航空金融、航空地产、航空食品、融资租赁、进

出口贸易、航空传媒、实业发展、产业投资等航空高相关产业。在建立起现代航空综合服务集成体系的基础上,全力打造全服务航空、创新经济型航空、航空物流三大主业,着力打造东航技术、东航食品、东航科创、东航资本、东航资产等五大航空相关产业板块。

东航的“十四五”规划主要包括以下几方面。

(1) 围绕“双碳”目标,推进能源节约与生态环境保护,实现绿色低碳循环发展。东航已经成立了由党政主要领导担任组长的“全面推进能源节约与生态环境保护领导小组”,统筹推进集团公司能源节约与生态环境保护、绿色低碳循环发展、碳达峰碳中和等工作。

(2) 优化产业布局,打造“3+5”产业格局。东航将进一步优化产业布局,打造形成以全服务航空、经济型航空、航空物流为三大支柱产业,以航空维修、航空食品、科技创新、金融贸易、产业投资平台为五大协同产业的“3+5”产业格局,实现高质量发展,加快打造具有全球竞争力的世界一流航空服务集成商。

(3) 深化改革、科技赋能。东航秉持新发展理念,在安全管理、深化改革、物流再塑、海外战略等多个维度实现突破,成为行业里领风气之先者,令市场对航空公司的“服务版图”有了再认识。

2. 解决方案及价值

东航从“业务的增加值和提升客户体验”的需求出发,积极引入适合自身实际的新技术,推动企业向智能化不断迈进。例如,东航 2019 年联合华为公司,基于 5G,率先在北京大兴集采推出智慧出行集成服务系统,围绕“一张脸走遍机场”“一张网智能体现”“一颗芯行李管控”三个维度,构筑立体化智能出行服务。

作为全球领先采用“刷脸”值机系统、机舱口人脸识别系统等技术的航企,东航推出“首见乘务员”服务模式,为乘客的航空出行提供了极大便利。通过这些系统,乘客仅凭“刷脸”便可以实现值机、登机的全流程自助化出行,从值机到登机的全流程耗时可控制在 20min 之内,相比传统出行模式,等待时间大幅降低。

东航还通过“5G+东航服务网”系统,为乘客智能推送覆盖出行全流程各个场景的服务信息,除出票提醒、值机提醒、登机提醒等常规信息提醒外,还新增预计到达登机口时间提醒、行李装机或上转盘提醒、无人陪伴儿童登机通知等,让乘客出行变得更加具有确定性和体验感。

此外,东航集团高度重视数字化的能力,和华为公司开展云化转型咨询工作,数字化转型对航司未来是否能高质量发展至关重要。随着数字化转型的需求,针对云化转型的问题和挑战,华为给东航做了一个全面的云化转型规划:从战略上,提出了 1 条指导思想和 3 项基本原则。“云优先”指导思想,包括 3 层含义:应用云化优先,高阶云服务优先,(一定条件下的,兼顾现有资产投资)公有云优先。3 项基本原则,包括目标牵引,业务与技术双轮驱动;架构支撑,全球化、混合多云架构;落地保障,立而不破、安全合规演进。从云化能力上,一方面,东航规划了未来三类云,即公有云、私有云、传统 IT 三类模式,并给出了三类云未来的定位;另一方面,对未来东航到底需要哪些能力,这些能力应当如何构建,构建在哪朵云上,相互之间的匹配关系等做出明确的定义。从应用角度看,全面分析应用上云价值,

匹配了东航当前的技术成熟度、人员准备度等因素,对未来应用的整体上云节奏给出了建议,如图 5-26 所示。

2023 年,东航面临 TeraData 即将全面退出中国的情况,联合华为公司一起对数据仓库进行全面升级替代,从传统数据仓库迭代演进到新一代数据仓库,改善了以往数据仓库的一体机架构封闭扩展性差、性能有瓶颈、升级运维成本高等问题。由华为公司提供的 GaussDB(数据仓库服务)是 Shared-Nothing 架构的新型 MPP(Massively Parallel Processing,大规模并行计算)数据仓库,使用普通 X86 和 ARM 服务器即可,为东航大幅降低了 TCO(Total Cost of Ownership,客户总拥有成本)。面对航司大规模数据处理的需求,DWS 提供 2048 节点海量算力和存储规模,并且提供全并行处理架构、行列混合存储、向量化计量等性能优化技术,满足航司对海量数据分析诉求。

3. 总结与展望

近年来,东航在提升自主研发、科技创新的能力上重点发力,取得了一系列创新成果,正从以流程信息化为主的数字化阶段向以数据为基础,以云计算为平台的数字化高阶阶段演进。“十四五”以来,雏形初具的东航智慧航空将迎来新的发展阶段。未来,东航将依托云平台,更加深入地推动数字化转型,积极展开云化转型工作,不断朝着创建全球系支撑、全周期管控、全链条生态、全方位智能的智慧航空目标迈进,与合作伙伴一同开启智慧航空的“数字化 2.0”新征程。

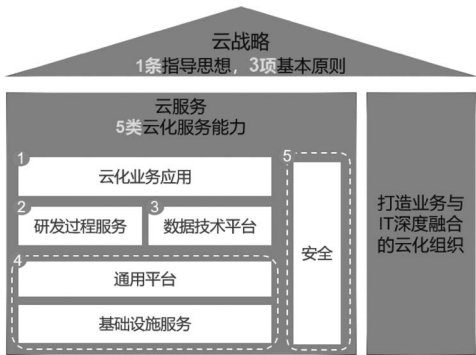


图 5-26 全面云化转型战略

5.5 民航智能化展望

民航行业安全底线高,人工智能能够帮助操作人员提升效率,增强感知,降低失误,解决人力难以解决的问题,进而将在机场、航司、空管等领域核心生产系统广泛应用,大幅提升效率、安全和旅客体验,降低成本。展望未来,5G、云计算、AI 技术的融合将进一步推动机场、航司、空管智能化的发展,全面进入智能化时代。

机场实现多方全域协同运行,建设运行调度大模型,实现行业调度效率整体最优,从前端感知、到数据建模、到智能调度,智能化深度支撑诸多场景,帮助机场实现保障少人无人化、决策智能化等目标。

航司利用智能化技术提供更加个性化的服务。通过 AI 和数据挖掘技术,提供定制化的飞行体验。提供更加便捷的票务、登机、行李托运等服务,提升乘客的整体满意度。

空管实现全国民航协同保障运行,基于算力的融合运行,通过智能放行管理、智能进离场排序、进港/离港时间预测等场景创新,实现全国统筹运行,实现更高吞吐量和效率。全

行业齐心协力建设民航气象大模型，突破民航精准气象观测、探测、预报和预警，实现基于四维航迹的精细运行。

随着数字化技术不断发展并走向普及化，智能化技术的应用场景将更加广袤。任何一个行业、任何一家公司，都需要重新审视和思考智能化浪潮将带来的巨大变革和机遇。对于民航，我们将坚持推广应用人工智能等新兴技术为全行业拓展出无穷无尽的新空间，迸发出源源不断的新动能。