

中国民用机场智慧技术装备 推广应用典型案例集 (2025)

编委会

- 主 编：**王瑞萍 中国民用机场协会理事长
- 副主编：**张京卫 中国民用机场协会理事长助理
- 赵 莹 北京首都国际机场股份有限公司副总经理、
党委委员
- 张立轩 深圳市机场（集团）有限公司数字化总监、
数字化管理中心党总支书记兼总经理、建设
工程指挥部副指挥长
- 编 委：**姜红名 中国民用机场协会科技发展服务部长
- 李 颖 北京首都国际机场股份有限公司信息科技部
副总经理、党委委员
- 颜昭昊 深圳市机场（集团）有限公司数字化管理中
心规划管理部部长
- 顾 问：**冯 霞 中国民航大学科技创新研究院
中国民航大学计算机科学与技术学院教授
- 上官伟 北京交通大学电子信息工程学院控制工程系
副主任、教授
- 于家河 华为公司智慧交通军团首席架构师
- 熊 帆 民航机场成都电子工程设计有限责任公司
副总经理
- 刘志刚 深圳机场集团数字化管理中心运行管理部副
部长
- 高 原 北京首都国际机场股份有限公司经营与信息
规划高级工程师
- 编写人员：**姜红名、杨 茜、宁 静、王 婷、孙雨乔、刘 明、
吴潮兴、崔雪君

序

2025 年初，中国民用机场协会（以下简称“机场协会”）面向行业发出了征集智慧技术装备推广应用典型案例的通知，共收到来自全国各企事业单位的申报案例 85 个。经过协会智慧机场建设专业委员会和机场新技术推广应用专业委员会组织专家认真评审，最终评选出 66 个具有创新性、典型性和推广价值的案例，并编印成《2025 民用机场智慧技术装备推广应用典型案例集》。这是机场协会首次系统地开展智慧技术装备类案例的征集与汇编工作。

本案例集涵盖运行安全、空防安全、运行效率、便捷服务、工程建设与管理及其他等六大类，集中展现了我国运输机场在智慧化建设中的实践成果。这些案例既有大型枢纽机场的前沿探索，也有中小机场的特色实践；既包含覆盖全流程、多场景的系统性解决方案，也有针对发展中的难点痛点突破的特色技术应用；既有聚焦安全保障、运行效率等核心环节的创新实践，也有围绕旅客服务、绿色低碳等领域的积极探索。这种多元化的实践样本，能够帮助不同规模、不同发展阶段的机场找到适配的转型路径。

此案例集的印发，不仅是对入选单位创新实践成果的肯定和展示，更重要的是为行业在智慧机场建设的前瞻规划、技术

选型、投资布局以及实施路径选择上，提供极具价值的参考坐标和方向指引，推动全行业的智慧化建设朝着更加协同、务实、可持续的方向迈进。

值得一提的是，案例的征集与评选过程，搭建起一个跨单位、跨领域的交流平台，让创新思路得以传播，让实践经验得以共享。从各单位积极申报的热情中，我们看到行业对智慧化转型的迫切追求；从专家评审的严谨细致中，我们感受到对技术创新质量的高度负责；从最终入选案例的多元呈现中，我们领会到行业智慧化建设的生动实践。

我们深知，智慧机场建设是一项长期而复杂的系统工程，编写案例集，旨在为行业搭建交流展示的平台，促进智慧技术装备的跨区域、跨单位推广应用，推动先进经验转化为行业发展动能。希望各机场及相关单位能从这些案例中汲取智慧、借鉴方法，结合自身实践精准施策。

中国民用机场协会始终致力于推动机场智慧技术装备的推广应用。我们将持续关注智慧机场领域的发展动态，不断完善案例征集、评审和推广机制，深化行业交流合作，为加快推进智慧民航建设、打造世界一流机场发挥重要作用！

中国民用机场协会理事长 王瑞萍

2025年8月11日

目 录

运行安全类	1
新疆机场集团安全监测预警管理平台	1
一种新能源防跑道侵入智能示警器	8
跑道外来物检测系统在大型枢纽机场的推广应用	20
铜仁机场基于 ADS-B 及视景增强的跑道侵入辅助防护系统	26
机场道面 FOD 回收车	31
民用机场飞机荷载桥梁结构监测系统	38
飞行区车辆智能规划与安全导航技术	44
全国首套智慧跑道状态灯系统的建设与推广应用	54
长治机场地面保护区预警系统	57
无锡硕放机场电一电保障新模式	60
探驱一体化智能驱鸟系统	66
智能电缆及预警监控平台在太原武宿国际机场	72
三期改扩建工程供电工程中的应用	72
海口美兰国际机场机坪热点区域红绿灯项目	76
基于语音语义识别的机坪智能辅助指挥系统	91
与安全管理研究	91
机场电力隧道智慧感知系统	95
宁波机场先行启用移动伸缩防火墙快速控制新能源车自燃	103
智能巡检子系统-机场无人驾驶围界安防巡逻巡检车	110
智能化防隐载系统	118
空防安全类	123
民用航空机场无人机防御系统及设备的研发与应用	123
海口美兰国际机场助航灯光风险控制与应急管理系统	129
运行效率类	135
基于三维扫描与内窥技术的航空器结构智能检测评估设备及系统	135
基于物联网与智能控制的高杆灯照明系统优化应用	139
成都天府国际机场离港航班排序协同系统	148
成都天府国际机场远程无人驾驶登机桥	155
机场行李处理系统动态仿真体系构建及应用	160
民航机场智慧地面运行保障系统	166
机场地空一体化管理平台	173
民航机场智慧货站	180

太原机场托运行李智能装载系统	187
宁波机场部署构建航站区智慧协同决策运控平台	195
驭势领航：无人驾驶牵引车全域赋能智慧机场新生态	202
哈尔滨太平国际机场二期扩建工程目视助航灯光工程（二标段）单灯监控系统 项目	208
快件中心进口分拣线智能化提升案例	214
打造全国首个“智慧化、远程化”国际货站	218
“飞瞬维”助力办公提质增效—信息运维业务模式	223
数智化革新创造运维价值	223
掌上运维“数智赋能”—打造基于现场业务的机房	227
智慧管理系统	227
烟台机场安全检查部运行控制中心应用实践	231
兰州中川国际机场 T3 航站楼全自动对接登机桥	238
基于高精度定位装置的航班保障节点数据采集	242
除冰雪管理指挥系统	246
客运智能排班系统	253
民航校飞指挥系统	258
数据中心创新应用	263
航空器推出自动排序程序及排序界面开发	268
便捷服务类	274
新技术助力行李服务提升	274
慧询一体机	280
基于航班不同运行态势下的灵活截载系统	286
多系统联动视频精准寻人	289
基于 ICS 系统的全自助行李托运柜台	291
基于多模态生物特征识别引擎的智能化自助安检系统应用	297
无人驾驶登机桥	303
全流程智慧出行服务建设，赋能虹桥机场智慧出行标杆建设	306
航站楼智能引导机器人案例	312
停车场“无人化值守”模式	316
银川机场中转旅客双向验证	318
媒体发布系统	322
温州机场智慧出租车服务平台研究	324
工程建设与管理类	331
双碳政策下的节能减排—机坪泛光照明智能控制模式	331
浦东机场 T3 航站楼特大超深地下交通综合体设计	338
与智能建造工程	338

人工智能赋能大型机场改扩建工程项目管理的应用	343
机场 35kV 供电外线无功损耗影响分析研究	348
机场助航灯光一次电缆接头发明专利推广应用	353
POE 光物融合智能低碳照明系统	358
纳米硅烷-机场道面耐久性超疏水防护材料	365
其他类	369
浦东国际机场消防应急救援指挥视觉模拟系统	369
重庆第二机场预选场址地形图及净空障碍物测绘项目机载激光雷达技术应用案例	374

运行安全类

新疆机场集团安全监测预警管理平台

新疆机场（集团）有限责任公司

项目组成员：杨洪峰、米尔阿里木、陈光春、张鸿、于惠、
赵树江、杨超、盛浩、苗朕、熊海松

一、案例背景及意义

（一）背景

近年来，随着新疆机场集团管辖机场数量的不断增加，航空业务量逐年攀升，机场的安全管理和运营面临着巨大挑战。各机场间差异性大，部分机场安全基础薄弱，自我纠偏能力不足，且传统的人盯人保姆式管理模式已无法满足当前民航高质量、精准管理的要求。同时，各支线机场分布广、数量多，缺乏统一的远程监管手段，导致安全管理和监察工作效果不扎实，标准不统一。此外，机场已有的众多业务系统如 A-CDM 系统、支线 A-CDM 系统、飞行区车辆定位、安检信息系统等，局限于在各自的系统内进行零散的数据分析，形成了“数据孤岛”，海量数据没有得到真正有效的分析利用，无法实现对机场整体运行状态的监管与分析。针对以上问题，新疆机场集团亟需利用信息化手段，建立统一的安全监测预警管理平台，以提升机场安全管理水平，巩固航空安全质量，保障民众出行安全。

（二）意义

首先，通过智慧化管理系统的应用，机场集团可以建立规范的管理机制，实时监测和分析数据，更准确地评估风险，从而提升整体管理水平。其次，智慧化管理系统能够帮助组织及时发现潜在风险，通过数据分析和预警功能，管理者可以快速识别问题并采取相应措施，有效避免事故的发生。再者，智能化的数据处理和分析功能可以帮助管理者更高效地管理资源、制定决策，从而提高管理效能。最后，通过智慧化管理系统的运用，机场集团可以更好地控制风险、保障安全，确保运营安全和稳定。

二、案例基本情况及关键参数

（一）基本情况

新疆机场集团安全监测预警管理平台项目是推动全疆机场安全管理工作信息化的重要举措。该项目旨在建成覆盖全疆机场范围的可使用的法定自查、危险源、安全隐患、不安全事件信息报告、岗位基本安全风险评价、教育培训、人员管理、标准管理、服务管理等系统功能的安全数据库。利用该安全数据库，结合预警规则制定，实现安全绩效指标的监测。

平台分为安全态势和运行态势两大方面，通过历史、实时、预计数据的监测及分析，建立机场多维度预警机制及态势分析算法。安全态势方面，形成全疆机场安全历史数据库，建立安全绩效及安全态势分析模块，对各安全要素设立动态的预警指标及态势分析阈值，初步实现结果类指标的自动监测及预警。运行态势方面，接入天气、机位、跑道等关键要素数据，建设车辆、消防设施设备信息维护功能，形成全疆机场运行数据库，对关

键要素设置预警指标及态势分析阈值,实现机场运行关键要素实时预警及态势分析结果。

(二) 关键参数

1. 安全监测

平台能够实时监测机场的安全状况,覆盖机场的各个关键区域和设施设备。通过传感器、摄像头等多种技术手段,平台能够准确感知机场内部和周边环境的安全状态,及时发现并报告安全事件。例如,对于跑道异物检测、航站楼人流密度监控、气象条件监测等,平台都能提供实时、准确的数据支持。

2. 安全预警

平台能够根据机场安全事件的发生情况,及时向机场安全管理部门发出安全预警。预警信息包括安全事件的类型、位置、影响范围等详细信息,为机场管理部门提供快速响应和处置的依据。同时,平台还提供了预警信息的可靠性和准确性评估,确保预警信息的准确性和有效性。

3. 安全记录

平台能够对机场安全事件进行全面记录,包括事件的时间、地点、原因、处理过程及结果等详细信息。这些记录不仅为机场管理部门提供了宝贵的历史数据支持,还为未来的安全管理和决策提供了重要参考。平台还提供了安全记录的可靠性和准确性评估,确保记录数据的真实性和完整性。

4. 安全评估

平台能够根据机场安全事件的发生情况，对机场安全状况进行定期评估。评估内容包括安全管理的有效性、安全风险的识别与防控能力等方面。通过评估结果，机场管理部门可以及时了解自身在安全管理方面存在的不足和问题，并采取相应的改进措施。平台还提供了安全评估的可靠性和准确性评估，确保评估结果的客观性和科学性。

5. 数据处理能力

平台采用大数据处理技术，如 Hadoop、Spark 等，能够高效处理和分析海量数据。这些技术能够处理来自各种传感器和系统的实时数据，提取有价值的信息并进行深度分析。通过数据分析结果，平台能够及时发现潜在的安全风险并采取相应的预警措施。同时，平台还提供了强大的数据可视化功能，使得机场管理部门能够直观地了解机场的安全状况和运行态势。

6. 系统响应时间

平台通过流处理技术和内存计算等技术手段，提高了数据处理的实时性。系统能够在短时间内对输入数据进行处理和分析，并快速生成预警信息和评估报告。这种快速的响应能力使得机场管理部门能够迅速应对各种安全事件和突发事件，有效保障机场的安全运行。

7. 系统安全性

平台实施多层次、全方位的安全防护措施，包括网络安全、数据加密、访问控制等。这些措施能够确保系统数据的安全性和隐私性，防止数据泄露和非法访问。同时，平台还提供了完善的日志记录和审计功能，使得机场管理部门能够随时了解系统的运行状态和访问情况。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 先进性

新疆机场集团安全监测预警管理平台采用了众多前沿技术和工具，如 Spring Cloud 微服务框架、Kafka 消息系统、Redis 集群缓存、Prometheus 监控平台等，确保了系统的高度稳定和响应能力。同时，平台通过大数据分析、人工智能等技术手段，实现了对机场安全运行状态的实时监控和预警。

2. 成熟度

平台经过多次迭代和优化，已经形成了稳定、成熟的技术体系。系统架构采用分层设计和模块化设计，提高了系统的可扩展性和可维护性。同时，平台已经在新疆机场集团 25 个机场进行了成功应用，持续积累丰富的实践经验。

3. 自主性

平台在设计和开发过程中，充分考虑了新疆机场集团的实际需求和特点，具有高度的自主性。平台可以根据机场的实际情况进行定制化部署和应用，满足了不同机场的安全管理需求。

（二）应用效果

1. 经济效益

平台的建立显著提升了机场的安全管理水平和工作效率。通过实时监测和智能预警功能，平台帮助机场及时发现并处理了众多潜在的安全隐患，

有效预防了安全事故的发生。这不仅减少了因安全事故导致的经济损失和法律责任风险，还提高了机场的运营效率和旅客满意度。此外，平台的数据分析功能还为机场管理层提供了科学决策的依据，推动了安全管理工作的持续改进和优化。

2. 社会效益

平台的建立对于提升民航行业的安全管理水平和公众对民航运输安全的信心具有重要意义。通过整合现有业务系统数据实现数据的互联互通和共享平台打破了“数据孤岛”现象提高了数据的利用效率和价值。同时平台还规范了数据上报流程提高了数据上报质量形成了多级管理数据库为机场管理层提供了更加全面、准确的安全管理信息。

3. 环境效益

虽然平台本身并不直接产生环境效益但其通过提升机场的安全管理水平和工作效率有助于减少因安全事故导致的环境污染和生态破坏。例如平台通过实时监测和预警功能帮助机场及时发现并处理火灾、泄漏等环境风险事件从而降低了对环境的影响。同时平台还通过优化机场运行流程和提高资源利用效率等方式降低了能源消耗和碳排放量对环境保护和可持续发展做出了积极贡献。

（三）推广价值

1. 适用性

新疆机场集团安全监测预警管理平台具有广泛的适用性。无论是机场、企业、学校还是医院等各类组织机构，都可以借鉴平台的智慧化管理模式，

根据自身特点和需求进行定制化的应用。例如，企业可以借鉴平台在员工考勤、生产管理等方面的做法，提升企业的管理效能。

2. 可复制性

平台的技术架构采用分层设计和模块化设计，具有较高的可复制性。不同机场或组织可以根据自身的实际需求，对平台进行定制化的开发和部署。同时，平台在数据采集、处理和分析方面积累了大量的实践经验，可以为其他组织在数据驱动决策、智能化运营等方面提供指导和支持。

（四）示范效应

1. 行业影响力

新疆机场集团安全监测预警管理平台的建设和应用在民航业内产生了广泛的影响。作为民航安全管理现代化的重要举措，平台展示了信息技术在提升机场安全管理水平方面的巨大潜力。平台的成功应用为其他机场提供了可借鉴的范例和参考，推动了民航业安全管理技术的进步和创新。

2. 社会影响力

平台的建设和应用不仅提升了新疆机场集团的安全管理水平和服务质量，还为社会公众带来了实实在在的安全保障和出行便利。通过媒体的广泛报道和宣传，平台的社会影响力不断扩大，增强了公众对民航运输安全的信心。同时，平台的建设和应用也展示了新疆机场集团在科技创新和信息化建设方面的实力和成果，提升了企业的品牌形象和知名度。

一种新能源防跑道侵入智能示警器

新疆机场（集团）库尔勒管理分公司

项目组成员：王子睿

一、案例背景及意义

行业政策推动：《“十四五”民用航空发展规划》等文件提出“要鼓励因地制宜开展防跑道侵入技术创新和应用，提高机场跑道安全运行能力”，为新能源防跑道侵入设备的研发和应用提供了政策依据和方向指引。

（一）跑道侵入风险增加

随着航空业的快速发展，航班流量不断增长，机场改扩建、多跑道运行等情况日益增多，航空器起降次数频繁，跑道侵入事件频发，给机场运行管控带来了严峻挑战，对防跑道侵入设备的需求愈发迫切。

（二）传统设备存在局限

现有的一些防跑道侵入设备，如机场控制区检测设备（ASDE - X）以及机场活动区域安全系统（AMASS）等，存在设备昂贵、布置改造复杂等问题，且不能监测管制员指令与实际情况的冲突。而低成本地面监视系统受天气影响严重，错误警报率较高。

（三）新能源技术发展

新能源技术不断进步，为防跑道侵入设备提供了新的动力解决方案。利用太阳能、风能等新能源，可使设备摆脱对传统市电的依赖，降低能耗和运营成本，提高设备的独立性和灵活性，同时符合环保理念。

（四）智能化需求提升

智慧机场建设的推进，对机场的智能化管理水平提出了更高要求。新能源防跑道侵入设备可与其他智能化系统集成，如与定位系统、监控系统、电子进程单系统等相结合，实现更高效地监测、预警和管理，提升机场整体运行的安全性和效率。

（五）保密性需求

在军用机场或军民合用机场等，涉及军事飞行任务的时间、路线、机型等信息都属于机密内容。新能源防跑道侵入设备需防止这些信息泄露，以免被敌方或不法分子利用，对国家安全造成威胁。

（六）低成本易安装维护需求

近年来，航空业发展迅速，中小机场航班量不断攀升，跑道侵入风险剧增。但传统防跑道侵入设备采购成本动辄百万，安装时需大规模布线、调试，维护也依赖专业团队，成本高昂，使得多数中小机场无力负担，亟需低成本、易安装维护的设备。

二、案例基本情况及关键参数

（一）基本信息

1. 目标

本新能源防跑道侵入智能示警器以防跑道侵入为核心目标，通过实时监测管制员指令，以及情景展示帮助管制员建立情景意识，并将绿色能源与先进技术融合，提高跑道安全保障水平的同时，助力机场实现“双碳”目标。

2. 市场调研与需求分析

现有防跑道侵入设备，价格昂贵，能耗高，部分基于有线供电的系统安装复杂，后期维护复杂等问题。新能源在现有防跑道侵入设备上的应用少，不符合“双碳”发展理念。市场需要价格低，易维护，智慧绿色的设备建设四型机场。

（二）案例的建设（开展）情况

1. 设计

（1）新能源选择与利用

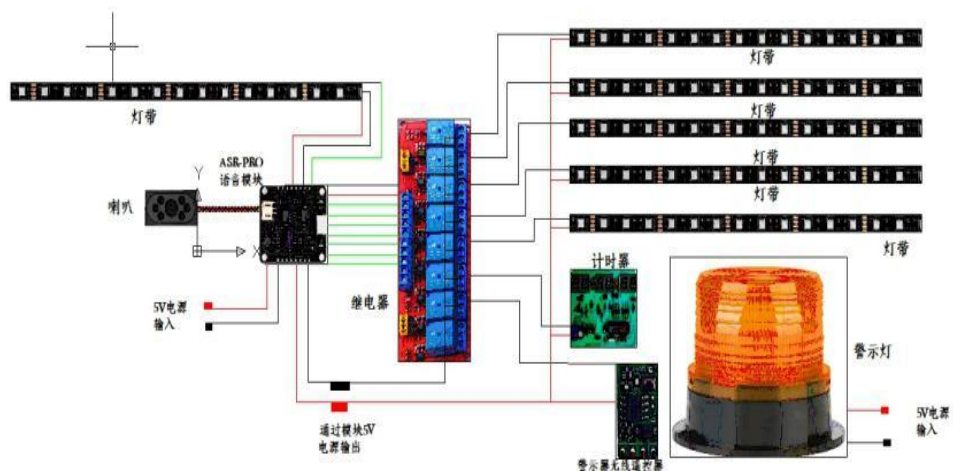
太阳能光伏及蓄能系统：在设备的外壳及周围设计高效太阳能光伏板。采用新一代的单晶硅或多晶硅光伏材料，提高光电转换效率。通过锂电池蓄能，为设备持续稳定供电。



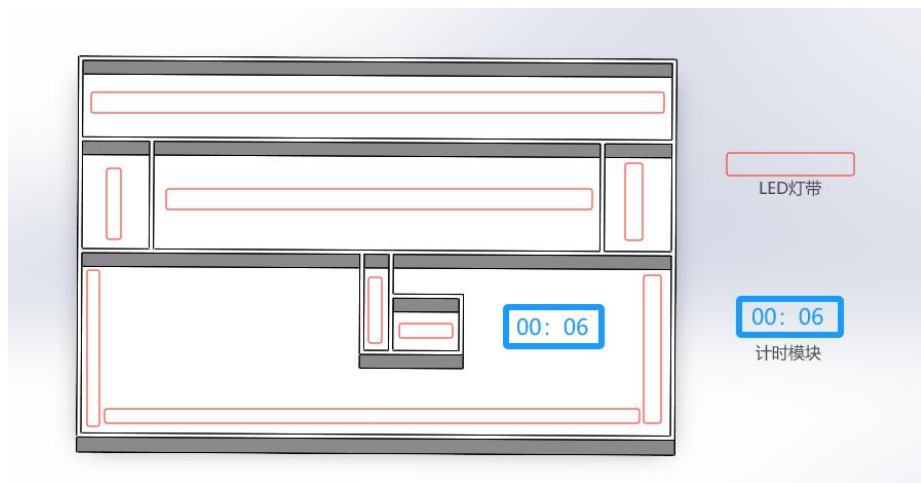
图一：设备背部为双太阳能板（单晶硅光伏材料）

（2）设备低能耗设计

选用离线语音模块以及采用先进控制模块，在保持高效工作的同时降低功耗。同时具备智能休眠和唤醒功能，仅在需要时启动，减少不必要的能耗。



图二：选取低功耗设备，精细安装



图三：示警器显示图底部通过分割区域及点亮相对应 LED 灯（红框）实现分区点亮，以及占用计时显示（蓝框）（图示表示进入占用相关区域 6 分钟）

（3）材料与制造过程的碳减排

设备外壳和结构部分优先使用可回收、可降解的高强度材料（PLA 材料），减少废弃物对环境的影响。

注：聚乳酸（PLA）材质是一种新型的生物基及可再生生物降解材料，使用可再生的植物资源（如玉米、木薯等）所提出的淀粉原料制成

（4）设备运行与维护的碳管理

通过设备的运行状态及电量显示状态，判断能源消耗情况。当长时间不用时，可通过红色开关断开电池与设备连接，达到节约能源目的。

维护人员可通过远程指导或有针对性地现场维修，降低维护过程中的交通排放和能源消耗。



图四：电量显示模块（左后侧图）

（5）设备更新与升级计划：

制定合理的设备更新和升级计划，及时替换老旧、高能耗的部件，确保设备始终保持高效节能的运行状态。如进一步通过加装音量控制旋钮、亮度控制旋钮等达到调节作用，满足不同场景下使用需求；通过开关控制太阳能板和设备连接，如需要进行 DC 供电，也可以通过开关实现等。



图五：灯光、音量、开关控制模块（右后侧图）

2. 试点安装与测试

（1）试点机场选择

且末机场及库尔勒机场，全面测试设备在各种实际场景下的性能。



图六：设备主体为 PLA 材料（正面示意图），设备在各种环境下均能正常运行，图示为跑道的一边及五边被占用，右下角时钟为占用时长

（2）安装准备

场地准备：确定设备安装位置为塔台，安装区域符合安全标准，设备简单，无需复杂布线。

人员培训：对安装人员进行专业培训，包括设备安装步骤与机场现有设施的协调等内容。

设备运输与调试准备：将设备安全运输至试点机场，在安装前对设备进行初步调试，检查各模块是否正常工作，新能源供电系统是否正常充电和供电。



图七：开展设备安装及使用培训

（3）安装过程

设计安装：设备小巧灵活，仅需布置在塔台显眼位置即可。

现场测试与调整：安装完成后，立即进行现场测试。检查设备精度，通过模拟跑道侵入场景测试数据处理和预警功能是否正常。对新能源供电系统进行功率测试，检查在不同天气条件下的供电稳定性。根据测试结果，对设备进行现场调整和优化，确保设备达到最佳运行状态。

3. 运行优化

运行状态分析与优化：数据分析与问题诊断：技术人员定期设备检查，询问使用者意见，及时发现设备运行过程中的异常情况。

优化措施实施：根据反馈结果，制定相应的优化措施。如果发现控制模块故障，及时安排维修人员更换或维修；如果新能源系统供电不足，检查太阳能板和蓄能装置的运行状况，是否有遮挡、损坏等情况，并进行相应的调整或修复。

设备更新与升级：根据设备运行过程中发现的问题和新的需求，及时对设备的运行逻辑进行更新和升级。



图八：图示为跑道被占用，监测系统识别到管制员指令存在冲突，红
灯闪烁语音提醒



图九：图示为滑行道被占用，右下角时钟为占用时长

三、取得成效

（一）案例的建设成果

安全效果与收益：

（1）显著减少跑道侵入事故

新能源防跑道侵入设备通过帮助管制员建立情景意识，监测管制员指令，能够实时、准确地进行预警。在试点机场运行期间，跑道侵入事故预警成功率达到 98%以上，极大地提高了跑道运行的安全性。

（2）提升机场安全声誉

有效预防跑道侵入事故有助于提升机场在航空业界和旅客心中的安全声誉。

（二）案例的环境效益和经济效益

1. 案例的环境效益

（1）碳排放大幅降低

在设备运行过程中，新能源供应系统发挥了关键作用。太阳能能源的充分利用，使得设备在整个生命周期内实现了显著的碳减排。以中型机场为例，每年可减少碳排放 8000 千克，对机场实现“双碳”目标做出了积极贡献。

（2）环保示范效应带来的收益

机场作为公共交通基础设施，其在环保方面的积极行动具有良好的示范效应。同时，也有助于机场在绿色机场认证等相关评估中获得更好的成绩，提升机场在行业内的竞争力。

2. 经济效益与收益

（1）降低能源成本

新能源的利用减少了对传统能源的依赖，降低了机场在跑道安全保障方面的能源采购成本。

（2）减少设备维护成本

设备的智能化设计和优质的零部件选型，使得其具有较高的可靠性和稳定性。

（3）高保密性

设备为单机离线结构，高度保密，能严密守护敏感信息，保障机场和军方运行安全，如同为信息安全铸就坚固盾牌，防止因泄密而导致的经济损失。

（4）潜在的市场推广收益

随着全球对航空安全和环保的重视，该新能源防跑道侵入设备具有广阔的市场前景。

跑道外来物检测系统在大型枢纽机场的推广应用

民航成都电子技术有限责任公司

项目组成员：李静毅、潘光绪、刘培刚、何鹏、邓平、兰青松、
王郁明、梁晨、詹小波、杜星达

一、案例背景及意义

安全是民航业的生命线，机场跑道外来物（FOD）是影响起降阶段飞行安全的严重安全隐患。微小的金属 FOD 曾造成法航协和飞机起飞后 56 秒失事坠毁，113 人遇难。近年来，FOD 导致的不安全事件在我国民航机场各类不安全事件中居于第二位。

传统人工目视巡查的方式，需占用跑道、无法实现全天实时监控，无法满足机场进一步提升安全与效率的需要，亟需引入高度自动化运行的机场跑道外来物检测系统来保障我国大中型机场运行安全和效率。民航局已将“外来物（FOD）探测技术”列入机场新技术目录全国机场推广，使用自动检测技术实现对 FOD 的全天候实时监测已成为技术趋势，但机场跑道外来物检测核心技术长期被国外公司垄断，亟待自主可控。

机场跑道外来物检测系统需在各种天气条件下对各种材质，各种颜色 FOD 实现可靠检测。传统雷达和光学设备易受机场道面板缝、嵌入式灯具和光照等实际环境影响导致检测性能降低，同时单一技术体制对各类型物质普适性和精确检测能力不足，而且受机场实际安装环境的制约，单一传

感器部署方式面临成本性能最优难等问题。上述因素导致机场跑道外来物检测系统研制面临巨大挑战。

二、案例基本情况及关键参数

民航成都电子技术有限责任公司是中国民用航空局第二研究所的全资公司，是国内最早开始 FOD 检测系统研制的厂家，研制的跑道外来物检测系统已在北京大兴、成都天府和西安咸阳建设应用。系统在机场的实际运行过程中已多次发现飞机零件、铁丝、飞机掉落冰块、鸟尸等高危目标，有效降低了跑道外来物对航空器轮胎、发动机叶片等部件的损伤概率，提升了航空器飞行安全，减少了航空公司直接与间接经济损失。

西安咸阳国际机场采用 390 台边灯式检测设备覆盖北一、北二、南二共三条跑道，是单一 FOD 检测系统品牌在国内机场的最大规模应用，系统除具备外来物检测功能外，还具备道面积雪测量及道面健康状态监测功能，北二跑道已于 2024 年 10 月投入正式运行。

成都天府国际机场采用 132 台边灯式检测设备覆盖西一跑道，是国内第一个商业化机场跑道外来物检测系统实施项目，于 2021 年 6 月投入使用。

北京大兴国际机场采用 14 台塔架式检测设备覆盖西一跑道，130 台边灯式检测设备覆盖西二跑道，是国产机场跑道外来物检测系统的首次成功应用，于 2019 年 10 月投入使用。

系统关键技术指标：（1）最小可检测目标粒径： ≤ 2 厘米；（2）定位精度： ≤ 5 米；（3）目标分辨率： ≤ 3 米；（4）标准样件检测概率 100%；（5）实物样件检测概率： $\geq 98\%$ 。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 提出了针对机场跑道外来物检测的雷达与光学融合检测体制，采用毫米波雷达和可见、近红外同步检测，采用基于模糊算子及区域相关融合方法，对雷达与光学目标进行融合，实现两种检测技术的优势互补，从而保证外来物检测系统的低虚警和对各种外来物材质的广泛适应能力。

2. 提出基于平板式微带集成天线阵的边灯式 FOD 检测雷达小型化技术，采用多层波导馈电网络减小天馈系统损耗，提高雷达的作用距离，利用微带集成辐射阵面结构设计降低阵列加工难度，同时易于与射频前端组件进行一体集成，进一步减小边灯式 FOD 检测雷达的体积和重量，降低天馈系统的成本，提高可靠性。

3. 提出基于立体集成 FOD 检测雷达高集成收发前端技术，采用国产化 W 波段放大、混频、倍频、滤波集成器件，解决核心器件卡脖子瓶颈，同时采用高频、电源、控制等电路立体、分层、分腔集成布局技术，通过力、热、电联合设计，解决了电磁兼容、可靠性问题，提高了 FOD 检测雷达收发高隔离性能。

4. 针对机场跑道道面环境复杂引起的杂波功率起伏大、属性复杂等问题，提出了适应于毫米波 FOD 检测雷达的多帧联合双门限杂波图 CFAR

算法，在环境杂波感知的基础上实现自适应门限调整，可以在提高检测概率的同时，改善降雨、板缝干扰等实际运行环境因素导致的虚警问题。

5. 针对复杂天气、复杂光照、特异目标干扰等跑道运行条件下的光学外来物图像检测，提出基于编解码结构的深度卷积神经网络与背景建模方法结合的光学图像检测架构。卷积神经网络采用创新的检测图与单通道背景残差图组合的四通道输入结构，抑制定位误差干扰，提高前景像素点分类精度；背景建模方法采用主类与辅类接力方式实现背景的多种模态更新，提高系统对复杂跑道运行场景的适应能力。

（二）应用效果

跑道外来物检测系统在北京大兴、成都天府、西安咸阳等大型枢纽机场的成功应用推广，为机场在 FOD 防范、鸟击事件回溯、跑道运行状态监控等方面发挥效能，有效改善了机场跑道运行安全，提高了机场跑道 FOD 防范水平。

1. 打破国外技术垄断

北京大兴国际机场跑道外来物检测系统项目的建成，是国产机场跑道外来物检测系统在国内大型枢纽机场的首台套商业应用，使得北京大兴国际机场成为首个使用国产机场跑道外来物检测系统的国内大型枢纽机场。这标志着由我国自主研发的机场跑道外来物检测系统已成功研制并走上产业化道路，打破了国外在该领域的技术垄断，是我国民航机场运行安全领域重大技术装备国产化的又一次突破，对推动我国航空安全装备产业结构战略转型具有重要意义。

项目成果转化直接价值已累计达 2.2 亿元。国产设备的成功研发，将单条跑道建设价格由国外同类产品 7000 万下降为 3000 万左右。

2. 实现技术创新引领

本项目成果攻克了机场跑道 FOD 高精度自动检测的诸多关键技术，形成了一系列创新成果，打破了国外技术垄断，在机场跑道外来物检测技术领域实现了由“跟跑”到“并跑”的跨越，项目成果整体达到国际先进水平，部分指标国际领先。国产机场跑道外来物检测系统能够实现对各种材质，各种颜色物质的可靠检测的同时降低系统成本，实现建设、维护、运行性能的综合最优。

（三）推广价值

随着世界民用航空业的迅猛发展，民用客机数量大幅增加，机场航班的起降愈加更加频繁，机场跑道外来物导致的飞机损伤、飞行事故及航班晚点事件发生频率不断上升，破坏程度不断加大，对民用航空业带来了巨大的影响和损失。自动化的 FOD 检测系统的使用，能够有效提高机场跑道 FOD 检测能力，保障飞机起降安全，同时降低机场和航空公司经济损失。

截至目前旅客流量过千万的运输机场已超 40 个，结合国外 FOD 检测系统应用案例，考虑到系统后续拓展应用，比如机场跑道道面状态检测与评估、停机坪监控、野生动物监视、场面交叉道口冲突检测等衍生的潜在应用领域，FOD 检测系统的市场容量巨大。

（四）示范效应

机场跑道外来物检测系统在大兴枢纽机场的推广应用受到中央电视台、新华社、中国民航报等主流媒体的广泛关注。民航报头版头条评价称：这标志着由我国自主研发的机场跑道外来物检测系统成功研制并走上产业化道路，打破了国外在该领域的技术垄断，是我国民航机场运行安全领域重大装备国产化的又一次突破。

北京大兴、成都天府、西安咸阳等大型枢纽机场的成功应用，将为该系统在国内的运用起到引领示范作用。同时通过实际应用，继续推动国产机场跑道外来物检测系统相关规范和标准的出台，从而进一步扩大机场跑道外来物检测系统在国内机场的应用，为智慧机场的建设保驾护航。

铜仁机场基于 ADS-B 及视景增强的跑道侵入辅助防护系统

贵州省铜仁凤凰机场有限责任公司

一、案例背景及意义

在当下，全球航空领域的跑道侵入事件犹如汹涌浪潮，频繁冲击着航空安全的坚固防线。目前主流机场跑道侵入防护主要存在两大问题：一是空管运行数字化升级涉及到大量基础设施设备建设，部署和维护成本较高；二是部分现有的跑道侵入防护手段并未结合管制员指挥预期，防护结果需管制员二次确认，增加了管制员工作负荷。

2024 年 7 月，铜仁机场开始启动跑道侵入辅助防护系统智慧技术装备研发，铜仁机场期望借助智能化的创新手段，全方位提升跑道的安全防护能力，为机场的安全运营筑牢坚实防线，切实保障每一趟航班的安全起降。

二、案例基本情况及关键参数

（一）研发依据

根据民航局《空管防跑道侵入技术应用指导意见》和《民航空管防止跑道侵入指导材料》（IB-TM-2013-002）要求，结合铜仁机场跑滑结构和运行特点，通过引入气象信息、ADS-B 数据，外接热成像摄像头，建立基于 ADS-B 及视景增强的跑道侵入辅助防护系统。

（二）实施时间线

1. 2024 年 7 月：铜仁机场开展防跑道侵入系统前期调研。
2. 2024 年 8 月：铜仁机场规划设计防跑道侵入系统初始方案。
3. 2024 年 10 月：铜仁机场现场安装调试防跑道侵入系统硬件。
4. 2024 年 11 月：铜仁机场开始试用防跑道侵入系统。

（三）系统组成

铜仁机场跑道侵入辅助防护系统是基于 ADS-B 及视景增强的系统，主要包括管制员主操作界面、外接进程单架、外接热成像摄像头及其显示界面组成。

1. 管制员主操作界面

主操作界面可以选择本场使用的跑道号，根据接入的气象信息，实时显示当前 QNH 和 RVR。

2. 改装进程单架

本场使用纸质进程单，将芯片置于进程单内部，管制员通过移动进程单实现电子信息的采集，使用跑道时，将进程单放置于外接“跑道进程单架”上，实现管制指令的判断。

3. 外接热成像摄像头

借助先进的大数据人工智能学习技术，该系统能够精准识别进入跑道保护区内的物体类型，无论是航空器、动物、人员还是车辆，同时精确记录其进入时刻。随后，系统依据这些数据进行深度综合分析，精准确定告警时机，为跑道安全提供坚实保障。

热成像摄像头作为本系统的核心设备，拥有诸多卓越性能。它不受昼夜更替影响，无论白天还是夜晚，都能稳定运行，且不依赖可见光成像，受雨、雪、雾霾等恶劣天气的干扰极小。通过探测物体自身散发的红外辐射，即便是隐藏在草丛、树木等复杂环境中的人、动物和车辆，也难以遁形。此外，热成像摄像头还具备探测距离远、穿透力强的显著特性，结合人工智能技术，可高效完成智能视频监控与分析任务。

铜仁机场的这套跑道监测系统功能全面，不仅能将热成像采集到的视频数据进行整合处理，实现融合告警，还会将清晰的视频界面同步呈现在塔台管制室。这一创新设计，极大地方便了管制员实时观察飞行区的动态情况，及时察觉异常，为保障航班的安全起降提供了有力支持。

（四）系统功能

系统的主要功能包括：场面监视显示功能、关键动态信息提示功能、跑道侵入预警功能。

1. 场面监视显示功能

为使管制员能在一套系统上获取更全面的运行相关信息，从而降低管制员工作负荷，该系统接入运行跑道信息、自观信息、场面监控信息、五边航班态势信息等信息。其次，该系统具备画图功能，管制员可以根据需求在跑道或者滑行道上进行图文标记，也可以根据自身需求设置告警区。

2. 关键动态信息提示功能

为了协助管制员更好地掌握航班运行动态，切实防止管制员遗忘运行关键信息，该系统具备一系列的提示功能。

（1）航班状态提示

系统可判断航班处于的不同的运行状态：复飞、中断起飞、进近，并根据相应的状态对管制员进行相应的声光提醒。

（2）跑道颜色变化提示

系统主动分析气象条件及实时运行状态，当不适合发布起飞或者落地指令时，场面监视界面以醒目颜色提示管制员引起注意，防止发布错误关键指令。

3. 跑道侵入预警功能

（1）跑道上车辆、航空器危险接近时，系统预警。

（2）结合民航、训练、通航运行规则及间隔规定，当五边有进近航班时，跑道上如果存在任何航班、车辆、其他航空器，系统预警。

（3）结合 ADS-B、气象信息及管制规则，系统可识别管制员发布的错误管制指令并实现预、告警功能。

（4）结合管制指令、道口视景监控及机场运行动态信息，系统识别航空器、车辆误入跑道关键操作并实现预、告警功能，降低虚警。

（5）地面保护区主动安全感知和预警功能。

三、取得成效

1. 技术创新

铜仁机场跑道侵入辅助防护系统采用成熟可靠的视景增强技术对道面 ADS-B 航迹告警予以验证，旨在辅助管制运行，告警无须管制员处理，当危险情况解除后系统自动停止告警。依据本场运行规则，严格设计逻辑

算法，确保每一个告警的必要性。管制员平时可按正常工作流程，无需特别关注系统，然而一旦系统告警，必须高度重视；系统在紧要关头产生提醒，不会导致管制员过度依赖，在提高技防手段的同时，有效避免管制员对系统的依赖，提升机场综合安全保障能力。

2. 应用效果

经市场询价，建设跑道防侵入系统需投入资金 160 万元。铜仁机场通过跑道侵入辅助防护系统建设投用，减少了跑道防侵入系统项目建设资金投入，取得较好经济效益。同时该系统对提升机场安全保障能力和各城市航班通达性具有良好社会效益。

3. 推广价值

该系统对中小机场跑道防侵入工作具有较好适用性，同时可在国内各中小机场、支线机场进行推广应用。

4. 示范效应

通过系统建设，进一步提高铜仁机场综合安全保障能力，也为中小机场民航智慧化建设产品设计、实践应用带来较好行业影响力。

机场道面 FOD 回收车

郑州机场公司飞行区管理部

项目组成员：范学广、主军强、徐景锋、张飞龙、韩坤鹏、
孙超、王泽利、肖帅、牛明磊、刘亮

一、案例背景及意义

（一）外来物（FOD）防治的行业背景

外来物（FOD）是指在机场活动区内无运行或者航空功能，并可能构成航空器运行危险的无生命的物体。包括：金属零件、工具、石块、塑料布、油污、树叶、行李牌等。这些物体存在道面可能造成航空器轮胎、发动机、机身等航空器损伤、航班延误，甚至人员伤亡等事件，不利于机场安全运营。根据国际民航组织统计，全球每年因 FOD 引发的航空器损伤事件超 3 万起，直接经济损失高达 40 亿美元。例如，2019 年某国际机场因跑道上一枚螺钉导致飞机轮胎爆裂，造成长达 12 小时的航班延误和数百万元的经济损失。因此，及时清理和回收 FOD 是保障飞行安全、减少潜在风险的关键措施。

FOD 防范是机场安全管理的重要一环，传统的人工清扫和清扫车存在以下不足：

1. 效率低：传统清扫车单次清扫宽度一般在 2.5 米以下，每小时作业效率约 3.75 万平方米，按照郑州机场跑道养护日作业有效时间一般为 4 小时，单日可作业量约 15 万平方米。郑州机场北跑道长 3.6 千米，宽

60 米（不含道肩），仅单跑道道面面积就有 21.6 平方米，传统清扫车，一个养护日的清扫面积无法覆盖一条跑道，难以满足机场短时高效的作业需求。

2. 功能单一：无法同步处理油污、磁吸金属物等多样化污染物。

3. 存在二次污染风险：立置扫刷易导致物料飞溅，传统吸尘设备清洁无法对体积小、密度大的物体彻底回收。

（二）机场道面 FOD 回收车研发动机与意义

郑州新郑国际机场作为中部地区核心航空枢纽，随着航班量的增加，道面日益老化，道面 FOD 清理压力急剧上升。传统清扫车需多台设备协同作业，且无法同时应对冬季冻融脱皮、油污渗漏等复杂工况，亟须一款多功能、高效率的智能化清扫装备。

鉴于此，郑州机场公司飞行区管理部联合公路养护装备国家工程研究中心，研发出一款具备滚扫吸附、吹风、磁吸、油污清理等集成化专用的机场 FOD 回收车，单次清扫宽度更大，有效提升清扫效率，解决污染物多样性的清除需求，应用场景广泛，填补了国内机场专用智能化清扫装备的空白，对行业 FOD 防范具有较强的引领示范作用。

二、案例基本情况及关键参数

（一）设备设计理念与核心技术

机场道面 FOD 回收车基于东风天锦 4×2 专用底盘打造，采用“一车多能”设计理念，整合了滚扫、负压吸附、磁性回收、油污处理四大核心功能。整车搭载独立副发动机全液压驱动系统，确保动力输出的稳定性；

智能控制系统通过 CAN 总线实现多模块联动，支持一键启停、自动调速、故障预警等功能，操作便捷且安全性高。

无级调节清扫宽度：采用双侧滑梯结构，清扫宽度可在 2.5~4 米范围内自由调节，适应不同道面环境（如跑道、滑行道、停机坪）。滑梯机构通过液压缸驱动，调节精度达±0.1 米，支持动态调整以适应复杂道面形状。

智能匹配作业参数：通过实时监测车速，自动调整滚刷转速、风机吸力强度，确保清扫效率与能耗最优平衡。系统内置智能算法，可适应不同场景下的最优作业模式。

封闭式回收系统：配备 6m³大容量垃圾箱及高效过滤装置，采用三级过滤（初效+中效+HEPA），除尘精度达 99.5%，PM2.5 排放量低于 10 μg/m³。滤芯支持离线反吹自清洁，维护周期延长至 500 小时，较传统设备提升 3 倍。

磁性吸附强化：采用超强钕铁硼永磁体，磁吸装置宽度达 2~4 米，吸附力达 18000 高斯，可高效回收铁质碎片（如螺丝、金属屑）。磁吸模块采用折臂结构，可灵活调节高度（5~50cm），适应道面凹凸不平环境。

（二）关键性能参数及性能特点

垃圾箱容积：6m³；

过滤箱容积：6m³；

清扫宽度：2.5~4m；

扫刷直径：400mm；

风机流量： $\geq 30000\text{m}^3/\text{h}$

风机压力： $\geq 100\text{KPa}$

清洗盘直径：500mm；

磁吸装置宽度：2~4m。

1. 采用东风天锦 4×2 专用车底盘，配备自动档变速箱，驾驶简便舒适。

2. 采用独立的副发动机全液压驱动为上装提供动力。一方面驱动大吸力风机产生负压，吸拾粉尘颗粒进入垃圾箱沉积并将气体经过滤后排至大气；另一方面驱动扫刷旋转及其它辅助动作。

3. 整车有效清扫宽度 2.5 米~4 米，全部采用水平横置滚扫结构，避免立置扫刷清扫时物料四周飞溅漂移现象，结合风机强大的负压回收功能，可以有效的将道面上的金属碎片、石子、塑料、橡胶颗粒、水泥块等物品收集到垃圾箱内。

4. 配备磁性吸附装置，实现 2~4 米范围的铁质物料的吸附功能，加强铁类金属颗粒的回收。

5. 该车还可实现道面柴油、液压油、航空煤油等油品污染物的清除。

6. 根据不同的工况，该车既可以纯吸作业，又可以强力滚刷+吸尘作业。

7. 作业中无需喷水降尘，可以实现全季节作业。

8. 该车除尘系统可实现离线自清洁，系统过滤精度高，滤芯使用寿命长，更换方便。

9. 所有工作模式一键启动，一键停止复位，操作简便。

10. 该车采用先进的智能控制系统，在确保正常作业的同时，多功能联动，降低操控难度，提高作业安全性，具备系统风险自动预警。

11. 整车吸收现有道路清扫车优秀技术升级而来，结构稳定，性能可靠，外购件采用优质国内外知名零部件，成熟度高；整车均为自主设计，拥有完全自主知识产权。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 多功能集成化设计：突破传统设备单一功能限制，实现“扫、吸、磁、洗”四位一体作业，减少设备重复投入。

2. 双伸缩滑梯机构设计：创新型结构设计，可实现道面的两次吸扫或宽幅吸扫，可根据道面情况在 2.5~4 米范围内无级调节清扫宽度作业，可以提升作业效率，并且避免了传统清扫中物料飞溅，导致二次污染等。

3. 智能化控制升级：智能控制风机转速、滚扫转速与车速自动匹配；智能控制空气滤芯的顺序自动反吹及离线反吹，确保清扫效率与能耗最优平衡。系统内置智能算法，可适应不同场景下的最优作业模式。

4. 环保高效作业：采用干式除尘技术，无需喷水降尘，年节水超 3000 吨；噪音控制低于 75dB，符合机场夜间作业标准。

（二）应用效果

自该车投入使用以来，郑州机场的清扫效率大幅提升，无物料四处飞溅现象，无飞灰扬尘现象，操作方便快捷，应用效果较好，FOD 事件发生

率显著下降。该车可工作速度能达到 30 公里每小时，工作宽度为 4 米，每小时清扫效率为 12 万平方米，相较传统清扫车其中单次清扫效率提升约 220%，且作业后道面十分清洁。

操作便捷：操作人员培训周期仅需 1 天，故障率<1%，维护成本较低。

设备稳定性：连续运行 500 小时后，关键部件（如液压系统、滤芯）性能无衰减，设备寿命预期达 15 年。

（三）推广价值

1. 行业普适性：机场道面 FOD 回收是所有机场面临的共性问题，全国运输机场达 263 个，该车可通过模块化配置适配各机场差异化需求。

2. 经济效益显著：一是实现“扫、吸、磁、洗”四位一体作业，减少设备重复投入，设备采购成本降低 40%。二是设置独立油污清洗功能，清洗效率高、清洁度好，优于传统吸油棉、铺沙等方式。三是相较传统清扫车单次清扫效率提升约 220%，作业效率高，相同作业量损耗更低，能够满足繁忙机场的时效要求。四是多种功能能够同时作业道面清洁率更高，清洁效果更好。

3. 安全效益突出：通过封闭式回收与实时预警，避免 FOD 掉落。通过多种方式回收 FOD，提升清洁率，避免遗漏 FOD，最大程度降低外来物损伤航空器风险，确保机场持续平稳运行。

（四）示范效应

机场道面 FOD 回收车在郑州机场应用，有效提高了清扫效率和清洁度，解决油污清理困难问题，实现多功能合一，提升了郑州机场外来物外防范

水平，运行保障能力，补齐安全短板，达到提质增效的效果。同时，项目组拟编制《机场道面 FOD 清扫设备技术规范》，以推动行业技术升级。

民用机场飞机荷载桥梁结构监测系统

中国民航工程咨询有限公司

项目组成员：韩晓、刘希成、李宜龙、惠先哲、王玲玲、
程金星、王飞、叶志龙、李小龙、张照辉

一、案例背景及意义

（一）案例背景

1. 政策背景

我国高度重视交通基础设施建设，中共中央、国务院印发的《交通强国建设纲要》明确提出要“强化交通基础设施养护，加强基础设施运行监测检测，提高养护专业化、信息化水平”。民航局发布的《智慧民航建设路线图》，强调“提高科技创新研究水平，突破机场飞行区设施智能运行与维护等关键技术”。这些政策文件为飞机荷载桥梁监测提供了强有力的政策支持，推动了民航基础设施的智能化发展。

2. 飞机荷载桥梁现状

飞机荷载桥作为一种特殊的交通设施，其结构安全对机场运行至关重要。目前已有超过 80 座在役桥梁，许多桥梁已服役超过 20 年，存在结构老化、荷载增加等问题，亟须引入先进的监测技术，以确保桥梁的安全运行。然而，国内大部分飞机荷载桥的养护以人工检测为主，手段滞后，无法满足现代化机场运营管理的需求。面对日益增长的航空运输需求，建立

完善的飞机荷载桥梁结构监测系统，不仅能提高桥梁的安全性，还能提升机场的运行效率，具有广阔的市场前景。

（二）案例意义

1. 提高飞机荷载桥梁的安全性和可靠性

飞机荷载桥梁的结构安全直接影响到飞机的滑行安全。通过引入先进的桥梁健康监测技术，可以实时感知桥梁的静力和动力特性响应参数，及时发现桥梁的结构缺陷、疲劳破损、变形位移等问题。显著提高了桥梁运行的可靠性和耐久性，减少了不必要的检修和停机时间，确保了飞机的安全运行。

2. 提升飞机荷载桥梁的管养效率

传统的飞机荷载桥梁养护依赖于人工外观观测和判定，这种方法主观性强、周期长，无法及时发现潜在问题。飞机荷载桥梁监测系统通过自动化数据采集和分析，可以快速实现桥梁状态的评估和分析，及时发现病害源或桥梁运行异常情况，提高管养效率，减少人为干涉，降低了养护成本。

3. 满足信息化、数字化、智能化管理要求

飞机荷载桥梁监测系统的建设符合民航局提出的信息化、数字化、智能化管理要求，有助于实现桥梁的智慧监管。通过实时动态监控、健康状况评估等功能，系统可以为各级机场管理单位提供科学的决策依据，更好地统筹全国飞机荷载桥梁结构监测管理。

二、案例基本情况及关键参数

（一）案例基本情况

由我公司牵头研发和实施的北京大兴国际机场磁大路 3 号滑行道桥结构监测系统,结合飞机荷载特性及机场运行需求对飞机荷载桥梁进行安全性监测,具备监测数据自动采集、实时显示、报警评估等功能。监测内容主要包括环境、作用、结构响应及结构变化等四个方面。监测系统包括自动化监测、数据展示和应用、数据存储与管理三大子系统,自 2022 年 2 月建成以来,通过对滑行道桥结构状况和运行环境的实时监测,满足了机场对滑行道桥的信息化、数字化管养要求。

(二) 案例关键参数

1. 环境监测

温湿度监测:收集环境温湿度数据,用于结构耐久性分析、高温报警以及分析温度对结构响应的影响。选用微处理器技术的温湿度仪,具备广泛的测量范围(空气相对湿度 0%~100%,温度-40℃至 85℃)和高精度($\pm 0.3^{\circ}\text{C}$)。传感器安装于 X10 节段入口处,每 10 秒采集一次数据。

积水监测:针对汛期极端强降水情况,监测通道最低点处积水,建立防汛管控体系。采用雷达液位计,测量范围为 30~70m,精度 $\pm 3\text{mm}$ 。

2. 结构响应监测

结构变形监测:通过激光位移计测量顶板沉降和周边收敛,评估结构性能和外部荷载变化。安装于 X11 节段顶板跨中,共 4 个测点,量程 10~500mm,典型精度 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

应力应变监测：反映桥梁在交通和自然荷载作用下的受力情况，为结构安全评估提供技术支持。使用电阻式应变计，标准量程 $\pm 1500 \mu \varepsilon$ ，误差 $\pm 2 \mu \varepsilon$ ，共 9 个测点分布在 X11 节段顶板跨中和侧墙中部。

振动特性监测：获取顶板竖向振动加速度，判断桥梁是否发生过大振动，捕捉车辆撞击等突发事件。单向加速度计的监测范围 $\pm 2g$ ，频率响应 0-120Hz，安装于 X11 节段顶板跨中，采样频率为 50Hz。

三、取得成效

1. 技术创新

在成熟度方面，本监测系统采用统一规划、整体实施的设计思路，确保了在监测对象结构形式多样且空间分布分散的情况下，系统的整体合理性。选用国际或国内知名品牌传感器和硬件设备，这些设备已在实际桥梁中得到验证，确保了系统的稳定性和可靠性。测点布置基于结构危险性和运营环境特点分析，并参考多方意见，确保测点布置合理有效。

在先进性方面，本监测系统利用 GIS 平台和分布式数据库管理系统，并结合 Internet 技术，实现了对各类监测对象的综合监测和管理。系统采用分层和数据流软件体系结构设计，模块内聚、低耦合，提升了系统的实时性和可扩展性。通过 C/S 和 B/S 结构相结合，充分利用两者的优势，同时采用关系型数据库，确保数据的可靠存储、备份和共享。

在创新性方面，首次提出基于多元异构数据主动感知融合的智能监测方法，填补了国内飞机荷载桥梁结构监测的空白，实现了在线安全监管和长期性能评估。研究时序数据库技术，将批处理模式改为流式处理，实现

了高数据压缩比、丢包恢复和快速数据搜索响应，支持在线应急管理和数据分析评估。系统能够实时监测桥梁在飞机荷载作用下的结构响应，并根据预设阈值进行分级报警，及时发现异常情况，确保桥梁安全运行。

2. 应用效果

本项目有较强的经济效益，通过实时获取飞机荷载桥梁的结构状态和健康数据，并建立早期预警系统，当飞机荷载桥梁的结构参数超过预设的安全值时系统会自动触发预警，通知相关人员采取必要的措施。通过长期的结构监测，可以了解飞机荷载桥梁的劣化规律和趋势，制定预防性维护计划，避免因桥梁损坏导致的安全事故，有效提高了飞行区设施运行的可靠性和耐久性，确保机场安全运行。通过平台可以方便地进行数据查询、统计分析、决策支持等工作，提高管理的科学性和规范性，根据监测数据提供养护指导意见，提高了养护的针对性和有效性，满足飞机荷载桥梁智能化管养需求。机场管理部门可以及时发现并处理潜在的安全隐患，避免在问题严重化后才进行修复，有助于减少紧急维修的次数和费用，降低总体维护成本。

本项目社会效益显著，机场可以根据监测数据优化交通组织和管理措施，减少因桥梁损坏导致的航空器损坏航班延误和取消、旅客不便和投诉，从而提高运营效率和旅客的满意度，增强机场的品牌形象和市场竞争力。

3. 推广价值

飞机荷载桥梁结构监测系统具有高度的适用性和良好的可复制性，能够在不同机场环境中有效推广。

系统采用统一规划、整体实施的设计思路，适用于不同结构形式的桥梁，即使监测对象的空间分布较为分散，也能保证系统的整体合理性。系统选用国际或国内知名品牌传感器，确保设备的稳定性和可靠性，适应各种复杂的机场环境。系统基于 GIS 平台和分布式数据库管理系统，结合 Internet 技术，能够对不同类型的桥梁进行全面监测和管理，适应多种运营环境。

系统的测点布置综合了业主、设计单位及专家的意见，具有广泛的适用性，便于在其他机场项目中复制应用。系统采用分层和数据流软件体系结构设计，功能模块内聚、低耦合，使得系统具有良好的可扩展性，便于在不同规模的机场中快速部署。通过采用 C/S 和 B/S 相结合的形式，既保证了高效的本地处理能力，又支持便捷的网络信息共享，适合不同信息化程度的机场使用。

4. 示范效应

本项目是国内首个对在役滑行道桥进行的结构监测项目，该项目的实施为今后在全国范围内推广提供了宝贵的实践经验。通过对滑行道桥结构状况和运行环境的实时监测，基本满足滑行道桥信息化、数字化管养要求。监测技术的推广和应用将促进相关领域的技术创新和产业升级，最终形成完善成熟的全国飞机荷载桥梁结构监测系统，确保机场的运行安全。

飞行区车辆智能规划与安全导航技术

民航成都电子技术有限责任公司、西部机场集团有限公司

项目组成员：李静毅、潘光绪、王小康、林宾、张宝利、张强、
汪珂伦、程思远、舒孟辉、邓伯宁

一、案例背景及意义

2022年，民航局发布的《智慧民航建设路线图》提出到2025年，完成无人驾驶设备在飞行区运行试点验证，实现至少5种类型无人驾驶设备在若干特定场景下的常态化应用，实现由人工决策向数据决策转变。

2023年，民航局印发《关于落实数字中国建设总体部署 加快推动智慧民航建设发展的指导意见》也明确提出要加强民航安全、运行、服务等领域关键信息基础设施的核心装备、基础软件、应用软件的安全保障，强化民航数字技术创新，提升民航全链条安全可靠能力。

飞行区日常运行中，机坪刮碰、跑道侵入不安全事件占比较大，车辆运行安全方面仍存在较大隐患，地面运行安全受到了严重的威胁。其次，机场航班和车辆数量增多，地面车辆与飞机、车辆与车辆的潜在冲突也不断增长。第三，随着机场改扩建，机场跑滑构型、机坪布局变得越来越复杂，已经超越传统指挥调度的精力范围。

为提高地面运行安全，降低飞行区车辆运行的安全隐患，急需一种针对飞行区车辆安全导航的技术，主动避免车辆驾驶过程中的冲突和入侵事件的发生。

二、案例基本情况及关键参数

针对飞行区安全隐患、车辆管理现状和运行需求，提出基于北斗定位的飞行区车辆智能规划与安全导航技术，提升飞行区车辆智能化管理水平，保障机场安全可靠、优质高效运行。

本技术基于北斗定位、智能算法模型、数字孪生等技术，实现飞行区车辆的实时高精定位；通过构建飞行区车辆孪生场景、全局规划算法和冲突告警模型等，实现飞行区车辆智能规划、安全导航与调度监控。

主要技术参数：

同时监视航空器数量 ≥ 400 架、车辆数量 ≥ 1500 台

消息并发处理能力 ≥ 10000 条/秒

支持服务车、引导车、特种车辆等不同类型车辆的全局作业线路智能规划能力和动态避障

作业线路规划用时小于1.5秒，准确率大于95%；异物清理、道面巡检等多目标作业的联合规划用时小于1秒/目标

具备车辆入侵、与航空器距离过近告警等10余种告警分析能力

三、取得成效

1. 技术创新

(1) 创新一：构建飞行区车辆运行规划孪生场景

核心技术1：构建飞行区车辆运行孪生场景（发明专利号 ZL202410671791.4）

由于机坪作业步骤长、参与部门众多，单一静态评估体系（静态场景）对飞行区实时情况反应灵敏度低误差大。为提高飞行区车辆运行评价的实时性和灵敏度，系统采用模糊数学和隶属度理论，动态构建多维要素的飞行区车辆运行孪生场景，为作业路径规划、冲突避让提供基础。



图 1 飞行区路网，图 2 规则限制区域，图 3 孪生场景建模要素

核心技术2：飞行区全局路径规划算法(发明专利号ZL202310829515.1)

机坪车辆运行普遍依靠驾驶员个人经验，缺少专业的导航系统支撑（或采用传统的固定线路），随着飞行区结构变得越来越复杂，个人经验已经无法动态处理飞行区复杂的障碍信息和场面活动目标信息。为避免个人经验决策法潜在的局限性和依赖性，在传统D-Star算法的基础上，通过融合飞行区车辆孪生运行环境及各项评估参数，对飞行区车辆进行科学的、云边协同的全局路径规划和主动避障。

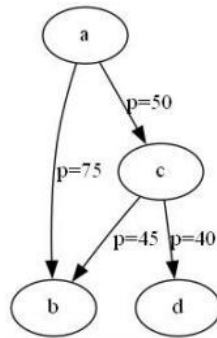


图 4 路网图模型



图 5 动态云边规划流程

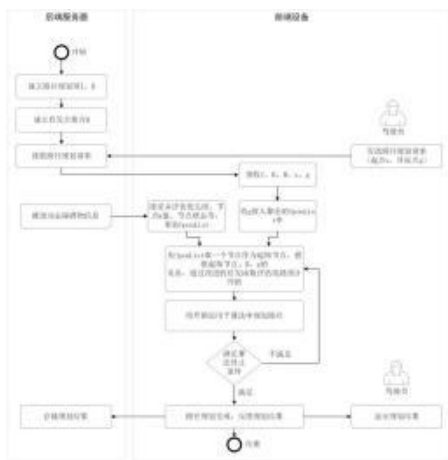


图 6 驾驶员人机界面

核心技术3：航站侧定位数据优化（发明专利号ZL202410158234.2）

针对车辆定位数据在航站侧的偏移问题，系统结合地理信息不同切片等级的数据特点，通过实时修正定位坐标转方法中的动态参数，保证车辆定位误差在能接收的范围之内。

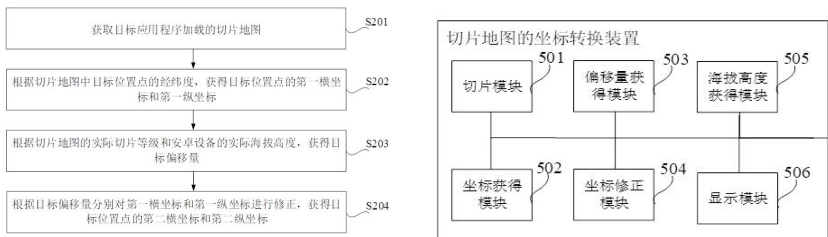


图 7 定位数据优化装置

（2）创新二：构建基于场景和规则的安全告警模型

核心技术1：构建多种飞行区冲突告警模型

通过分析飞行区运行规则、人员记分和操作规范要求，针对车辆运行建立了基于北斗定位和视频监控融合的冲突告警模型。在整体场面采用北斗高精度定位对车辆运行进行冲突告警监控，在关键热点场景辅助视频监控系統，实现多重技术融合的运行冲突和入侵监控。

告警模型	描述	车辆类别
安全提示算法	对特定区域进行车辆安全提示	所有车辆
停车让行提示	对飞行区停车让行点进行提示	所有车辆
对向来车提示	对对向来车进行观察和提示，特别是对视线盲区、特种车辆会车等	所有车辆
限高提示	对登机桥、机下作业、隧道等特殊场景进行安全提示	所有车辆
车辆入侵告警	对车辆入侵滑行道、跑道进行安全告警，特别是服务车辆	所有车辆
区域限速告警	对特定区域限速告警	所有车辆
禁止驶入驶出告	对特定禁止驶入、驶出告	所有车辆

警	警，如施工区域	
与航空器距离过近告警	对车辆靠近航空器时告警	所有车辆
人车未绑定告警	对驾驶车辆却未扫码用车的车辆告警	作业车辆
车辆违规停放告警	车辆未停放在对应的停车区	所有车辆
闯虚拟红灯告警	未按照机场虚拟红绿运行	所有车辆

表1：告警模型

核心技术2：基于原因分析的风险预测方法（发明专利号 ZL202410919598.8）

挖掘车位违章数据、违章原因等数据，对飞行区总体风险发生概率计算分析，根据原因计算出在不同情况下发生事故的几率以及发生事故的等级，实现飞行区总体风险趋势的预测评估，为未来飞行区车辆调度决策提供参考。

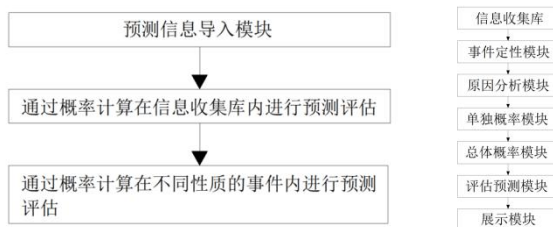


图8 风险预测模型

（3）创新三：“影子助手”辅助作业过程

核心技术1：“影子助手”智能辅助

为减少驾驶员“低头”操作的问题，系统采用NFC标签实现作业时的人车绑定，并激活“影子助手”实现作业过程的智能语音交互、安全提示和作业数据上报。

核心技术2：作业能力评估积分模型（发明专利号ZL202311306701.3）

目前，机坪作业普遍以资质为准，实际作业能力需求、完成质量很难定量评估。针对这个问题，系统借鉴贝叶斯模型分类实时预测和推荐思路，在全国率先提出一种层次式的融合评估模型，结合TrueSkill评分机制（一种游戏竞技算法）实现对飞行区作业的定量化评估、考核和作业过程监控。通过建立能力需求参照，对人员进行作业质量评估，并逐步建立人员的能力积分模型。该技术能避免作业人员产生投机和懈怠动机，促使其更专心、更好地完成作业，进而保障了飞行区的作业效率。

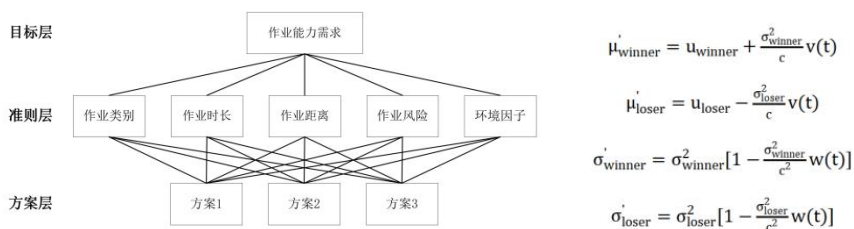


图9 作业能力需求层次分析，图10 能力积分更新模型

2. 应用效果

本技术在西安咸阳国际机场的应用。2024年，机场旅客吞吐量达到4703万人次，从业人员接近3万人，日航班量700到1000架次。日均车辆作

业繁忙，一旦发生安全事件，处罚轻则警告扣分，重则高额罚款，给企业和个人带来严重的经济负担。

本技术为车辆驾驶员提供驾驶辅助工具，能有效预防机坪安全事故、车辆入侵等违规行为，避免潜在的安全隐患，降低安全运行成本，对飞行区安全意义重大。

本技术在西安咸阳国际机场的应用，验证了具备在大型国际机场应用的能力，对西安咸阳国际机场实现“一带一路”的航空物流枢纽、西部地区国家级综合交通枢纽具有重大意义。

3. 推广价值

飞行区具有规模适中、场景丰富、要求严格等特点，在车辆安全管理、主动避让、人机辅助等方面有许多共同需求，目前还没有专门的车辆规划系统，特别需要专业化和智能化的系统支撑。

其次，本技术可以提升“机—车辆—人—道路”运行协同水平，为飞行区向自动驾驶、少人化发展打下坚实技术基础。

第三，本技术符合《中国民航四型机场建设行动纲要（2020—2035年）》提出的“依托信息化手段，构建立体化运行安全防控体系，使预警更精准、指挥更高效、防范更有力，全面提升辅助决策、预警联动能力”的要求；符合《智慧民航建设路线图》提出的“重点领域实现由人工决策向数据决策转变，民航创新能力、安全水平、运行效率大幅提升”等智慧机场建设要求。

4. 示范效应

本技术应用于西安咸阳国际机场，于2月20日与T5航站楼同时投用，是陕西省委、省政府确定的全省民航发展“头号工程”、中国民用航空局支持建设的全国民航标杆示范项目的建设内容之一，具有典型示范效应。

此外，民航成都电子技术有限责任公司是中国民用航空局第二研究所下属规模最大的国有高科技企业，参与兰州、呼和、合肥等国内大型省会级枢纽机场建设，能联合更多机场用户，实现系统应用推广，推进行业标准建立，丰富民航智慧机场建设内涵。

全国首套智慧跑道状态灯系统的建设与推广应用

上海虹桥国际机场有限责任公司

项目组成员：李萌、唐浥尘、陈君德、杜建伟、宋晓辉、俞磊、
许蔚乐、柴易甫、於毅俊、范子欣

一、案例背景及意义

跑道侵入一直是民航业最重要的安全问题之一。自 1995 年至 2009 年间，全球范围内因跑道安全问题造成的事故占总量 29.9%。究表明，每增加 20% 的空中交通流量，发生跑道侵入的风险可能增加 140%。在机场客流量与日俱增的趋势下，防止航空器与航空器、航空器与地面车辆的碰撞是机场安全运行的头等大事。智能系统的应用是减少人为因素安全漏洞的重要方向。

二、案例基本情况及关键参数

1. 跑道状态灯系统简介

跑道状态灯系统利用地理位置信息自动控制场面灯光，通过多点定位、场面监视雷达、进近雷达等获取交通态势数据，判断跑道安全状态。系统自动点亮红色跑道进入灯或起飞等待灯，提示机组人员和车辆驾驶员跑道状态。系统独立运行，无需管制员操作。

2. 跑道状态灯系统运行控制逻辑

系统包括监视数据处理子系统、控制处理子系统、灯光监控子系统。监视数据处理子系统接收并融合多源监视数据；控制处理子系统根据交通态势自动判断跑道状态并控制灯光；灯光监控子系统执行灯光控制指令。

3. 跑道状态灯系统终端布置

虹桥机场在两条跑道所有进入道口安装 22 组跑道进入灯，东西跑道安装 4 组起飞等待灯，共 452 套灯具。所有灯具采用单灯控制器，安装位置根据跑道运行需求布置。

4. 跑道状态灯系统性能指标

系统输出正确控制指令概率大于 99.9%，每 2000 架次起降的错误指令不大于 1。系统运行稳定，未出现宕机或崩溃等故障，满足《跑道状态灯控制处理系统技术要求》（MH/T 6127-2022）标准。

三、取得成效

1. 技术创新

（1）建成中国首套跑道状态灯系统，为机场安全运行提供保障。系统自运行以来未发生任何事故和故障，有效防范了跑道侵入事件，提升了机场安全水平。

（2）首创“无感模式”参数验证方案，通过实际数据与交通仿真系统融合，优化了系统数据，提升了机场安全能力和运行效率。

（3）改良灯具接高圈与灯具钻机，优化施工工艺，提高了施工效率和灯具抗压强度。

2. 应用效益

国内首套跑道状态灯的投运标志着中国民航在提升跑道使用安全、降低跑道侵入事件发生率方面取得了跨越式进步，大幅提升了机场整体运行效率和服务水平。

3. 推广前景

目前上海浦东、广东白云等机场正在推进跑道状态灯的实施，深圳、福州、首都等大型机场也来虹桥机场调研跑道状态灯的应用情况。

长治机场地面保护区预警系统

长治机场有限责任公司

项目组成员：耿浩宇、申国强

一、案例背景及意义

随着航空运输量的快速增长，机场地面运行安全面临严峻挑战。飞行区作为机场的核心区域，其地面保护区内分布着大量助航灯光、导航设备等关键设施，一旦车辆误入或侵入敏感区域（如跑道道口、导航敏感区），可能引发严重安全事故。传统管理手段依赖人工监控和固定标识，存在响应滞后、盲区多、情景感知不足等问题，难以满足高密度、高动态的机场运行需求。

长治机场作为军民航合用机场，军航训练任务繁重，民航运输航班需求亦逐年攀升，地面保障车辆作业频繁。为提升地面保护区安全管理水平，降低跑道侵入风险，长治机场联合技术团队研发了基于卫星定位的长治机场地面保护区智能预警系统。该系统通过高精度定位、实时轨迹追踪、动态保护范围调整等技术，构建了“感知—分析—预警—响应”一体化管理体系，为机场地面运行安全提供了创新性解决方案。

二、案例基本情况及关键参数

1. 系统架构与技术方案

定位技术融合：采用北斗/GPS 双模卫星定位系统，结合地基增强校准站校正信号，解决机场建筑物遮挡和多径效应干扰，实现机场范围内水平定位精度 ≤ 1 米。

动态保护范围建模：基于飞行区电子地图，标定跑道道口、导航台等核心区域保护边界，并设计动态调整算法，可根据航班计划、施工状态自动扩展或收缩保护范围。

实时数据处理：开发边缘计算模块，车辆轨迹数据以 10 次/秒的频率实时上传，通过自适应滤波算法消除噪声，确保数据即时性与准确性。

智能预警机制：当车辆进入预警区时触发预报警（光提醒），进入告警区时产生声光告警并实现监控中心报警（联动飞行区管理部），系统响应延迟 <100 毫秒，错误报警率 $\leq 0.1\%$ 。

2. 核心功能模块

车辆轨迹监控平台：可视化展示所有场内车辆实时位置、速度及历史轨迹，支持冲突热点聚类分析，为路径规划提供数据支持。

多级预警联动：车载终端、调度中心、塔台三方同步接收预警信息，建立共同情景意识。

3. 关键性能指标

指标项	参数值
卫星定位精度	≤ 1 米（95%置信度）
轨迹更新频率	5~10 次/秒
预警响应延迟	<100 毫秒

系统误报率	$\leq 0.1\%$
历史数据存储容量	≥ 3 年（可扩展）

三、取得成效

1. 技术创新性

多源信号融合定位：通过北斗/GPS 双模定位与地基增强技术，攻克机场复杂电磁环境下的信号稳定性难题，定位精度较传统方案提升 50%。

动态保护边界算法：首创基于航班动态的保护区自适应调整模型，支持临时施工、航班密集时段等场景灵活配置。

低延迟边缘计算：采用轻量化数据处理架构，实现毫秒级预警触发，满足航空安全严苛时效要求。

2. 应用效果

安全效能显著提升：系统投用后，作业车辆违规率降低 85%。

管理效率优化：调度中心可实时监控全场车辆，人力巡检需求减少 60%，应急响应速度提升至秒级。

3. 推广价值与示范效应

行业标杆作用：该项目为将高精度卫星定位技术深度应用于飞行区地面保护的案例。

标准化输出：形成《机场地面保护区智能预警系统技术规范》企业标准，相关技术已申请 1 项软件著作权、发表 2 篇国家级科技论文。

跨场景适用性：系统框架可适配其他机场，可在其他机场复制推广。

无锡硕放机场电—电保障新模式

苏南硕放国际机场有限公司、中国民航大学、

北京大兴国际机场

项目组成员：恽东华，刘银辉，郭志鹏、赵钢、朱进华、

胡海坤、王阳、姬雨初、张一宸、王路兵

一、案例背景及意义

机场设施设备电动化是民航贯彻落实国务院《关于 2030 年前碳达峰行动方案》以及《“十四五”民航发展规划》《中国民航四型机场建设行动纲要（2020—2035 年）》的重点任务。在全行业开展“蓝天保卫战”行动背景下，机场设备电动化率已由“十三五”初期的 5%上升到目前的 25%左右，部分大型机场设备电动化率已达 45%以上，飞机 APU 替代设施设备使用率由不足 70%上升到 95%左右，民航机场设施设备电动化已成为民航绿色发展的亮点。

在机场设备电动化率不断提升的背景下，如何提升机场新能源保障设备的运行安全水平，减低安全风险已成为一个重要的课题。电动化设备在围绕航空器保障作业时，其储能系统存在储能电池起火等安全隐患，这个问题目前从动力锂电池技术角度尚未能够有效解决。为了提高电动化设备围绕航空器保障作业的安全性，无锡机场与中国民航大学及相关机场设备制造商联合开展了技术研究，并提出了“储能系统驱动设备移动（行驶），

设备作业采用市电供电”的新保障作业方式，简称“电—电”模式，取得了一定成果。

二、案例基本情况及关键参数

1. 接电装置

电—电模式下为了使电动机场地面保障设备能够在机坪作业位置就近接电，采用专门设计的地井作为接电装置，该地井下文简称电—电地井，外观如图 1 所示。电—电地井在不使用时升降盖板可以下降到与地面平齐，不妨碍飞机泊位滑行。飞机泊位后将升降盖板提升，接电插座露出供保障设备电缆连接。地井各盖板设计了密封结构，保证井内防水性。



图 1

如图 2 和图 3 所示，在机位入位线两侧部署电—电地井，便于保障车辆接入市电，相关电缆敷设对航空器设备保障影响较小，保障设备接电线也较短，可操作性强。图 2 以传送带车为例，图中标注“接电”四处位置均可作为电—电地井部署位置。大型保障设备，如货运平台车，如图 3 所示。



图 2



图 3

实施机位电—电地井位置和电力施工图如图 4 所示，机位入位线两侧部署 4 口电—电地井，地井电力来自新建的配电箱。配电箱与地井见电缆连接通过埋地敷设方式，不占用机坪地面空间。

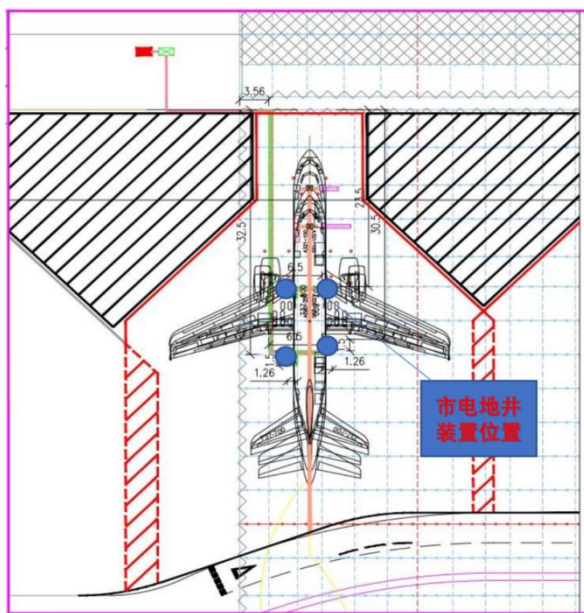


图 4

2. 车辆能源使用方式

电动机场地面保障设备自身携带的储能电池仅提供其在行走或移动靠机过程时使用，而在其靠机后的保障作业时，保障设备自身携带的蓄能电池停止使用，通过车载电缆连接电—电井提供动力能源。行驶和保障作业两种使用不同能源的使用方式通过供电切换互锁实现。

关键参数：工程主要的工作量为安装 1 台户外配电亭、敷设 250 米电缆、拆除、修复 35 平方道面，安装 4 口市电动力井。

项目总投资约 50 万元，其中土建及配套约 18 万元，市电井设备约 32 万元（C 类机位，安装 4 个）。

三、取得成效

1. 技术创新

本项目创新性地提出机坪保障作业车辆“地井电源直供+车载电池协同”的能源供给模式，系统性解决行业电动化转型中续航焦虑与电池安全隐患双重痛点。通过在停机位预埋能与作业保障车辆形成快速对接的地井电源，构建“即插即用”的地面电源直连系统，形成“地井作业供电+电池辅助驱动”的双模能源架构。

2. 应用效果

（1）解决储能式电动机场地面保障设备靠机作业安全问题

当储能式电动机场地面保障设备靠机作业时，不使用其自身携带的储能电池，降低了因储能电池自身易燃易爆的风险隐患；

大大提高了航空器、旅客、地面作业保障人员及储能式电动机场地面保障设备的安全裕度。

（2）解决保障与充电矛盾问题

改变了保障设备原行驶和靠机作业全部使用储能电池作为动力源的工作模式，解决了电能消耗较大较快、充电间隔短问题；

延长车辆充电时间间隔，提高连续保障效率。

（3）解决储能式电动机场地面保障设备购置成本较高问题

采用新模式，可适当减少储能电池的数量，减轻保障设备的整体重量，降低整车购置成本；以集装货物装载机为例，如减少2块电池，成本可减少约40万元。

车辆储能电池实际工作时长可大大加长。

（4）缓解机场车桩比问题

降低机场保障车辆充电桩数量，充电桩和电动设备车辆数量比预计可降低至1:4或1:5，可减少机场充电桩建设的相关费用；

减少储能式电动机场地面保障设备往返于机坪保障作业现场与充电桩之间的次数，提升使用效率。

（5）延伸“油——电”新模式减少机场碳排放

在寒冷地区，可将燃油式机场地面保障设备全部使用燃油动力的模式，优化“燃油驱动行走——靠机作业市电供电”的工作模式，最大程度减少燃油发动机的排放量。

3. 推广价值

该项目的设计方案在整体上具备可行性，其实施将有望显著降低机场地面服务设备保障航空器过程中的安全风险和整体能耗，提高地面服务设

备的运行效率。此外，该项目的顺利推进将有力加速“四型机场”的建设进程，为全行业推广市电供电作业模式提供可复制的样板工程。

4. 示范效应

“电—电模式”解决了电动地面保障设备运行安全、效率、减少运维成本、全种类电动化的问题，优化了机坪保障设备布局、提高了机坪保障作业安全、提升了地面保障服务质量、减少了投资成本、减少了机场运行中的各种排放，实现真正意义的节能减排和“双碳”目标。无锡机场对“电—电”模式的验证试验，也会为全行业推广此模式提供可复制可实施的样板工程。本项目也充分展现了“产学研”合作的优势，为行业科技创新，科技赋能提供可借鉴可推广的示范。

探驱一体化智能驱鸟系统

苏南硕放国际机场有限公司

项目组成员：恽东华、刘银辉、郭志鹏、赵钢、朱进华、
胡海坤、李昕东

一、案例背景及意义

基于近年民航局工作形势以“防大鸟”“防群鸟”“防低空鸟击事件”为核心，“运用系统思维”为理念，以及关于促进机场新技术应用的指导意见等。全面升级机场鸟击防范硬件配置，建设一套机场鸟情探识驱管一体化集成系统，大幅提升机场安全保障裕度是当前工作的正确导向。

本项目以无锡机场鸟击防范安全保障切实需要，科学、统筹、系统地实现机场整体鸟击防范“探识驱管一体化”目标。现有保护区配套工程驱鸟工程设计时间久远，现有技术借鉴依据与鸟防新技术管理理念已发生较大变化。近年间，随着技术发展，探鸟雷达、光电监测等新技术已在不少机场展开应用，进一步拓展了鸟情监测范围，提升鸟击防范及时性。同时“探驱联动”的现代化鸟防模式已被各机场改扩建工程采纳，有必要结合技术发展情况对机场现有鸟击防范管理设计内容进行技术改造升级。

二、案例基本情况及关键参数

根据无锡机场跑道为中心，建立一套包含探测、识别、驱散和业务管理的智能化系统。通过鸟情探测雷达覆盖距离半径 6km 空域，高度为 30~500 米的探测范围；同时在 30 米以下高度通过制冷型周扫光电设备和双

光转台光电对机场围界范围内和进离场航路进行监控和跟踪；驱散设备通过鸟防平台进行联动，对探测范围内具有危险的鸟类进行针对性的驱离。从而建立以雷达广域探测，光电场内监控，驱鸟即时驱离为核心的一套数字化、智能化、自动化的新一代鸟防系统平台。主要包含下述子系统：

1. 鸟情雷达探测子系统：设置 1 台鸟情探测雷达设备，主要任务是对覆盖半径 6km 以内、高度 30m 以上空域内 35*35cm 飞行目标物的自动探测和分类。此子系统是智能探识驱管一体鸟击防范系统的一部分，与鸟击防范平台进行连接，传输数据为雷达实时探测数据。主要由雷达天线、雷达一转台数据处理服务器、配套软件、设备综合安装塔架组成。

2. 鸟情光电探测子系统：本项在跑道设置 3 台制冷型周扫光电设备和 2 台转台光电设备。制冷型周扫光电设备主要覆盖核心保障区，高度 0-30m 区域内，对区域内进行全时段、全天候、1 秒 360° 成像的监控，探测半径为 1km 以上；转台光电设备主要用于核心保障区内高危鸟情的跟踪任务和对飞行器进离场的跟踪任务；

3. 鸟类识别子系统：主要通过鸟类图像切片对鸟类进行有效识别，精确至具体鸟种，具备 AI 自我学习能力和独特性算法。此子系统是智能探识驱管一体鸟击防范系统的一部分，与鸟击防范平台进行连接，传输数据为图像和文本。

三、取得成效

（一）技术创新

本系统目前作为民航运输机场、军民融合机场的首套实际落地的基于高、低空综合感知、可拓展的智慧鸟防探驱识管一体化系统。基于系统提供的全天候、高精度、实时自动化鸟情探驱一体功能，及系统自身具备的对驱鸟全要素（人员、设备、生态治理事项）的数字化流程管控模式，可将机场带入全新的鸟击防范业务管控模式。

1. 基于系统部署的全新鸟防业务管理模式

基于系统提供的全天候、高精度、实时自动化鸟情探驱一体功能，及系统自身具备的对驱鸟全要素（人员、设备、生态治理事项）的数字化流程管控模式。基于系统部署的全新鸟防业务管控模式下，各岗位可依据系统提供的丰富功能，完成各类业务场景所需的操作。

2. 基于运行的系统功能模式切换

依据本场航空器运行的实时情况，可以简单对系统进行不同的功能模式切换。依据预先划设的区域进行分区、分模式操作，具备高度的灵活性，特色功能为探驱一体模式，适合高密度航班起、降保障过程，系统将按照发现鸟类即自动调配驱鸟设备工作。本模式下，用于观瞄的复核光电，将全程跟踪拍摄航空器起降全过程，以便一旦发生鸟击事件可进行追溯。

3. 基于数据的生态管理分析与处置流程

依据系统提供的鸟情时、空探测数据，使用数据分析及生态管控界面，建立并对应“草—虫—鸟”关系逻辑，有针对性、计划性地进行生态治理工作部署（割草、打药等），并使用系统数据环比功能，对所采取工作的成效进行评估。同时，可根据系统提供的鸟情时、空探测数据，有针对性

地指导周边生态调研工作，选取重点、高危区域开展细致排查，摸清周边生态风险“家底”。

4. 基于数据的驱散资源有效性评估流程

依据系统提供的鸟情时、空探测数据，使用数据分析及设备管控界面，对一定时期内驱鸟设备有效性数据记录情况进行统筹评估，结合驱鸟设备工作性能特点，判定其使用有效性并做出调整。同时，使用数据分析中的人员巡视轨迹数据，对现场管理人员的工作进行评定，同时判定一定时期内的巡视部署是否与鸟情情况应对相吻合。

5. 基于数据的风险事件调查与追溯流程

依据系统提供的数据分析界面，调用指定时期内的各高危风险（含鸟击事件）数据，以数据为基础，客观判定事件发生的真实度并还原其过程。同时，可使用数据分析界面，对风险事件发生期间的各类型数据（设备状态、鸟类及航空器实时空间分布、生态状况等）进行融合数据呈现，便于分析人员进一步判定事件发生原因。

（二）应用效果

安全收益：减少鸟击事件的发生，提高航空器起降的安全性，防范事故导致的人员伤亡和机损损失，为机场赢得更多的信任。

运营效益：优化航班运行，减少航班延误，提高机场的整体运营效率，增加机场收入。

降低维修成本：通过减少鸟击事件，降低飞机维修成本，延长飞机使用寿命，减少维修停机时间，提高设备利用率。

提高客流量：改善航班准时率和乘客满意度，吸引更多航空公司选择无锡机场作为运营基地，进一步提高机场的客流量。

降低法律责任：防范鸟击事件的发生，有助于降低机场因此类事件而可能面临的法律责任和赔偿风险。

技术引领优势：成为引领技术的机场，吸引更多科技合作和研发项目，提升机场在行业内的地位。

知识产权：通过项目技术、管理创新，申报专利。打造成可复制、可推广的典型数字化应用案例，在集团及行业内外推广。

（三）推广价值

提升航空安全：智能探识驱管一体鸟击防范系统的建设将有效减少鸟击事件的发生，降低飞机遭受鸟类撞击的风险，提升机场航空安全水平。

优化航班运行：系统的实施能够降低由于鸟击事件导致的航班延误，提高航班的准时率，进一步提升机场的整体运行效率。

降低维修成本：减少鸟击事件带来的飞机维修成本，包括修复机身和引擎损伤的费用，从而降低机场的运营成本。

提高乘客满意度：客户乘坐航班时，较低的鸟击事件发生率能够提高乘客的信心和满意度，增强机场的竞争力。

符合国际标准：许多大中型机场已经或正在采用鸟防探驱一体化系统，无锡机场的建设将有助于使其保持与国际标准的一致性，提升机场国际形象。

总体而言，无锡硕放机场鸟击防范探驱一体系统建设既能够提高机场安全水平，又能够创造经济效益，对机场的长远发展具有积极的推动作用。

（四）示范效应

本系统作为行业同类产品中的首例实际落地的成功案例，系统上线之初即作为示范典型获得行业多家机场参观考察，并获得民航局安全处及空军后勤部领导高度认可。对提升机场的安全性、航班运行效率和整体形象具有显著的正面影响。通过引入先进的技术手段，该系统有望有效减少鸟击事件的发生，降低飞机受到鸟类撞击的风险，提高机场的整体运行水平。

智能电缆及预警监控平台在太原武宿国际机场

三期改扩建工程供电工程中的应用

山西航空产业集团有限公司

项目组成员：景城城、王继革、庞新乐、刘伯阳、

张婷、卫俐婕

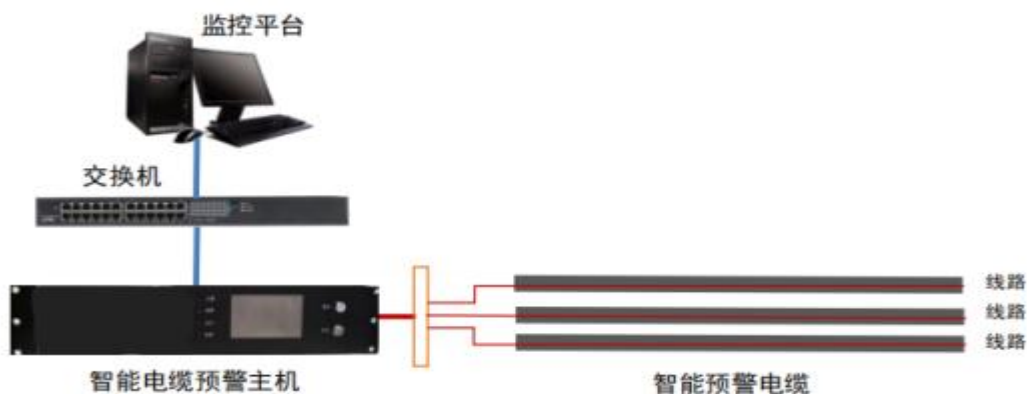
一、案例背景及意义

机场作为重要电力用户，其供用电的安全可靠在机场运行中发挥着举足轻重的作用，在机场供配电系统中，灯光、塔台等特别重要负荷采用双电源+UPS+柴油发电机供电，航站楼等重要负荷采用双电源+柴油发电机供电，双电源供电的安全可靠是机场供电安全的基础。目前，大多数国内机场的 10 千伏双电源供电电缆均采用同路由同沟道敷设，在极端条件下很难确保机场供电的安全，比如：电缆沟及电缆受外力破坏，电缆接头故障引发火灾等。

太原武宿国际机场三期改扩建工程全部采用 10 千伏智能电缆，配套监控主机及智能预警监控平台，并与 GIS 地图进行数据共享，能够做到可实时感知电缆运行中的温度，实时监控电缆运行状态，实时预警电缆故障，精确定位电缆故障位置，记录储存电缆故障事件，定期形成电缆运行状况评估报告，新技术应用确保了机场供电线路的安全智能运行，进一步提升了太原机场供电线路的安全可靠性。

二、案例基本情况及关键参数

智能电缆及预警监控平台由监控主机、智能电缆预警主机、智能电缆、监测管理软件、可视化界面等组成，智能预警电缆中集成光纤监测模块，对电缆线路进行温度实时监测，从而判断电缆线路是否有温度异常、过载、短路、断路等故障，同时还可监测沿途的电缆敷设环境温度与火灾情况。



智能预警电缆：在电缆生产制造过程中预埋一条铠装多模光单元，以铠装多模光单元中的感温光纤作为测温 and 测距的载体，基于光纤拉曼散射和光时域反射定位原理，实现精确测量电缆各个位置的温度并定位温度异常点或电缆断点。铠装多模光单元包括：温度计算子单元，通过解调公式得到与实际温度误差最小的感温光纤测量温度；温度预测子单元，采用趋势外推法，对未来温度进行预测，设置预测误差函数，确定预测模型的模型阶数；定位预警子单元，根据光纤的光时域反射实现光纤距离的定位，由时刻点之间的温度变化率确定温度变化范围，通过比较不同时间状态的温度变化范围实现智能预警功能。

预警及监控平台：预警主机通过接收智能预警电缆测温光纤中的信号，通过网络交换机将电缆运行数据实时传输至监控平台。在监控平台中设置多种温度报警阈值，当线路温度异常时，能够提前在监控平台中发出预警信号，并准确显示发生故障的位置、温度、类型和时间，提示运行人员尽快前往线路过热位置，及时检查线路；同时，监控平台可记录故障报警信息并进行数据储存，生成线路运行状况报告，为线路的运行、检修、更换提供多重参考依据，保证电缆可靠运行；最后，监控平台与 GIS 地图进行数据共享，根据电缆线路路由提供平面或 3D 立体可视化监测场景，精准定位线路故障发生的位置，实现对供电线路全方位的监测和管理，确保机场供电线路安全可靠运行。

三、取得成效

太原武宿国际机场三期改扩建工程 10 千伏电缆管沟总长约 20 公里，电缆井总计 361 座（北区 186 座，南区 175 座），10 千伏电缆总长度约 167 公里，中直接头 406 套，10 千伏电缆回路数 200 回以上。因批复的电力管沟投资费用及区域空间受限，只能建设单路由电力管沟。为了解决单路由电力管沟同时敷设双电源供电线路的危害，工程技术人员结合太原武宿国际机场三期改扩建工程的实际，大胆探索，量身定制了智能电缆及预警监控平台，此项技术的应用进一步提升了太原机场供电线路的安全可靠性。

1. 在技术创新方面，采用智能电缆及预警监控平台后，电力运维人员可通过预警监控平台提前预警电缆故障，第一时间精准确定突发电缆故障位置并处理突发电缆故障，有效地避免了双电源线路因同沟敷设可能造

成极端条件下的火灾事故；监控平台可实时记录储存电缆故障事件，并根据电缆运行数据及故障情况，定期形成电缆运行评估报告，为运行人员提供检修的参考依据；电力运维人员可通过预警监控平台中的 GIS 地图，更加掌握电力电缆敷设路由，实现对供电线路全方位的监测和管理。

2. 在经济效益方面，采用智能电缆及预警监控平台后，节省了双电源供电线路应建设双路由电力管沟的投资；为电力运维人员的运维工作提供智能及便捷，将电缆故障排查“由专人沿线查找”改为后台“提前预警、精确定位”，可进一步节省人工运维及检修排故成本。

3. 在示范效应方面，新技术的应用有效地解决了机场用电区域点多线长面广以及运维困难、电缆因故障停电检修时间长等问题，在全国民用机场行业内属于首例，可在全国民用机场范围内推广使用。

海口美兰国际机场机坪热点区域红绿灯项目

海口美兰国际机场有限责任公司

一、案例背景及意义

海口美兰国际机场（以下简称“美兰机场”）南北飞行区的运行模式存在一定安全风险。部分道口处航空器与行车道相交，机坪保障车辆需要提前观察航空器的推出/进位状态，存在车辆与航空器运行冲突或碰撞的风险。美兰机场南飞行区 T1/T2/T3/T4 垂直联络道区域无车辆下穿行车道，机坪内活动的车辆均需从 S3、N2 和 B 滑行道（B13/B14 区域）穿越垂直滑行道，同时在 B9-B10/B12 道口航空器进出滑行线与行车道垂直相交，机坪保障车辆需提前观察航空器推出/进位状态，均存在车辆与航空器运行冲突或碰撞的风险。特别是在 09/27 号跑道落地运行模式下（该模式为双跑道运行主用模式），该热点区域位于航空器快速脱离道末端，航空器滑行速度较快，地面车辆避让反应时间较短，运行冲突风险较大。

为有效控制和降低机坪运行风险，美兰机场投资建设红绿灯系统，该系统通过航空器实时位置、航班运行动态与红绿灯系统实施自动化关联，在车辆主动避让航空器原则的基础上，对热点区域车辆运行实施“基于航班运行动态的交通管制”，以避免车辆长时间等待或与航空器运行冲突，统筹兼顾地面运行安全裕度和效率。

二、案例基本情况及关键参数

（一）总体设计思路

美兰机场机坪热点区域红绿灯 V1.0 系统（以下简称“系统”）基于多数据源融合检测实现场面态势监视、告警、红绿灯控制等功能。通过在机坪热点区域安装红绿灯系统，依据用户定义规则实现相应热点区域行车道口的红绿灯控制，从而控制通行车辆。通过在道口安装违规通行抓拍设备，实现基于违规通行行为判断算法的违规通行抓拍。

系统软件系统由航空器位置检测算法与软件平台、道口红绿灯控制系统、道口违规通行抓拍系统、数据接口与融合平台、可视化监控平台、语音识别平台等 6 个模块组成。

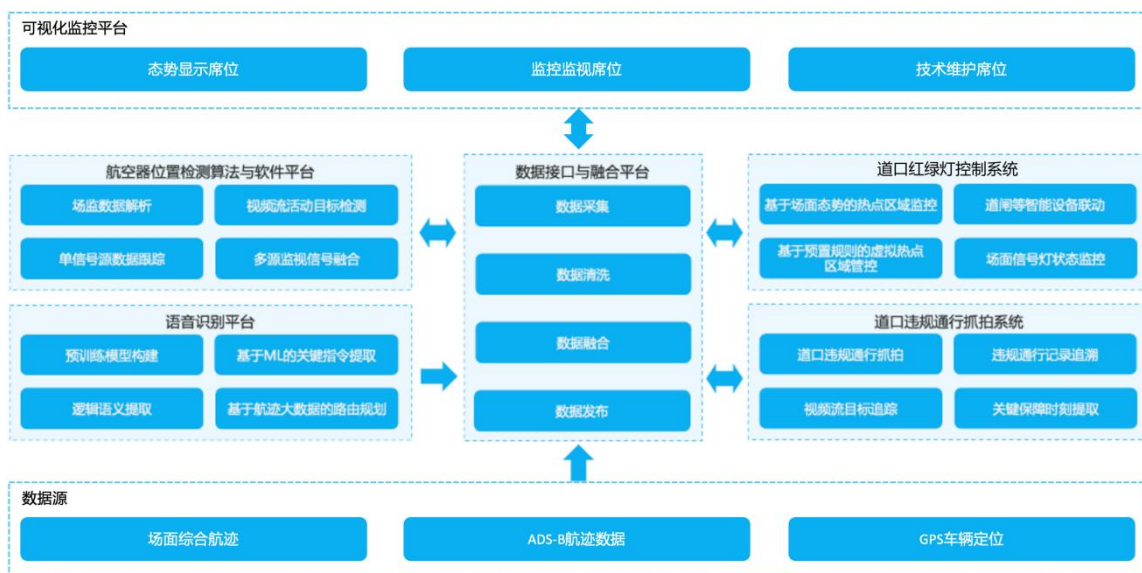


图 1 系统设计结构图

（二）系统总体设计原则

系统设计遵循技术先进、功能齐全、性能稳定、节约成本的原则，并综合考虑施工、维护及操作因素，并将为今后的发展、扩建、改造等因素

留有扩充的余地。本系统设计内容是系统的、完整的、全面的；设计方案具有科学性、合理性、可操作性。其具有以下原则：

1. 先进性与适应性

系统技术性能和质量指标达到领先水平，同时，系统安装调试、软件编程和操作使用简便易行，容易掌握，适应美兰机场运行情况。系统是面向机场飞行区使用的系统，与以往通过道口岗亭执勤进行人工交通管制，本系统具备自动化、精准化控制的先进性，特别在恶劣天气，能见度较低的情况下人工无法进行道口控制，本系统不受恶劣天气影响依旧支持高效的道口交通管制，具备良好的适应性。有助于减轻飞行区工作人员工作压力，便于机场工作人员对行车道口的交通管制。

2. 经济性与实用性

本系统充分考虑美兰机场实际需要和信息技术发展趋势，根据美兰机场现场环境，设计选用功能适合现场情况、符合美兰机场要求的系统配置方案，通过严密、精确的设计，实现最佳的性能价格比，以便节约工程投资，同时保证系统功能实施的需求，经济适用。

3. 可靠性与安全性

系统设计具有较高的可靠性，在系统故障或事故造成中断后，能确保数据的准确性、完整性和一致性，并具备迅速恢复的功能，同时系统具有一套完整的系统监控及运维方案，可以保证系统运行安全。

4. 可扩充性

系统设计中考虑到今后技术的发展和使用的需要，具有更新、扩充和升级的可能。并根据今后该系统的实际要求扩展功能，同时，本系统在设计中留有冗余，以满足今后的发展要求。

（三）系统总体架构

系统总体架构应包含感知层、数据层、业务逻辑层、应用层、网络结构层。

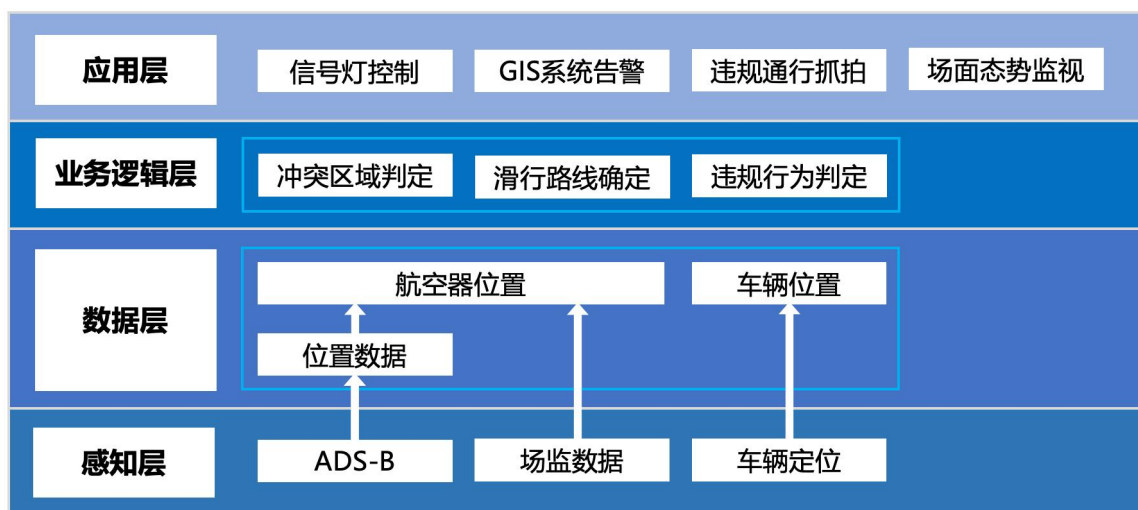


图 2 总体架构图

1. 感知层

感知层主要是摄像机为本次建设的前端设备，也包括场监雷达、ADS-B、车辆定位等已经建成系统的数据，通过数据接口接入。

2. 数据层

（1）数据层包括原始数据和结构化数据。视频数据属于原始数据，数据量很大，需进行数据清理及分析，提高数据可用性。

(2) 结构化数据包括航空器位置数据和车辆位置数据。航空器位置数据来自数据接口获取的场监雷达、ADS-B，各类数据源的数据经过融合而成。

(3) 主要以场监雷达数据为主，辅助 ADS-B 数据进行辅助定位。

3. 业务逻辑层

业务逻辑层主要是在数据的基础上，根据美兰机场运行生产时的航空器运行规律，进行冲突区域判断、违规行为判定、道口信号灯控制指令生成。

4. 应用层

在业务逻辑层的支持下，通过软件硬件交互设备（红绿灯控制）、人机接口，实现人机交互和事件记录（违规通行抓拍）。

(四) 关键技术

1. 基于航空器、车辆定位数据、航空器预计滑行路线结合冲突判断算法实现行车道口冲突判定，同时利用道口红绿灯控制系统控制红绿灯状态切换，实现行车道口交通管制。

2. 基于道口违规通行判断算法对违规通行车辆进行抓拍，通过图像识别算法识别违规通行车辆车牌号、车辆类型等信息。同时系统接入摄像机实时视频流，供可视化监控平台实时调取显示。

3. 基于语音识别算法识别空管塔台或机坪塔台内话语音，解析航空器场面滑行路线及移交位置等信息，实现航空器预计滑行路线动态更新，

同时可视化监控平台提供航空器预计滑行路线显示功能。

(五) 核心功能模块

1. 可视化监控平台

可视化监控平台包括态势显示席位、监控监视席位、技术维护席位。

态势显示席位提供场面态势显示、红绿灯人工控制、违规通行抓拍信息显示等功能。监控监视席位提供系统运行状态查询及监控参数配置，监视内容包括数据引接、服务器运行状态、服务运行状态、网络情况等。技术维护席位提供机场静态数据维护，提供红绿灯、违规通行抓拍设备、红绿灯预警区域、红绿灯控制参数等设置功能。

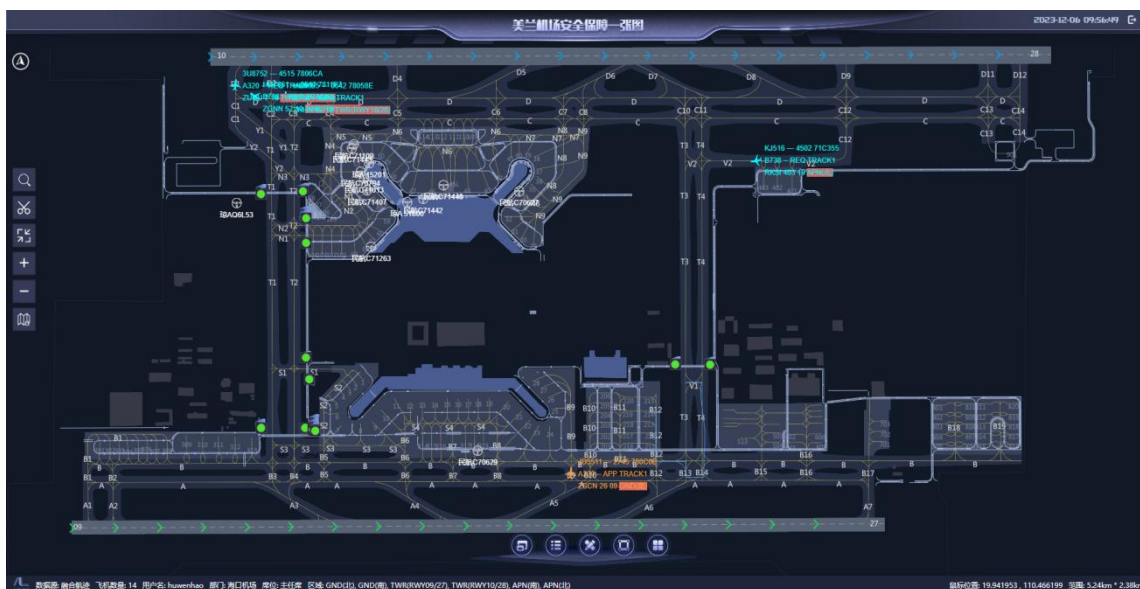


图 3 可视化监控平台

2. 航空器位置检测算法与软件平台

航空器位置检测算法与软件平台根据场监雷达数据、ADS-B 数据实现航空器位置融合，对场监雷达数据和飞行计划数据进行交叉验证，得到更



图 4 航空器预计运行轨迹规划

3. 语音识别平台

语音识别平台通过语音识别算法识别空管塔台或机坪塔台指令，解析识别空管塔台或机坪塔台发布的航空器预计运行轨迹规划。通过对塔台地面席管制频率进行监听分析，解析识别航空器预计滑行路线。完成语音识别后，将提取的管制关键指令推送至可视化监控平台。



图 5 语音识别记录

4. 数据接口与融合平台

数据接口与融合平台引接场面综合航迹、ADS-B 航迹数据、GPS 车辆定位数据、语音识别数据，航空器定位数据经过数据清洗、数据融合处理，提升航空器定位精度。根据航空器定位信息、车辆 GPS 定位数据、航空器滑行路由数据结合行车道口冲突算法实现冲突告警判断。当满足冲突预警情况时通过道口红绿灯控制系统实现红绿灯状态控制，通过道口违规通行抓拍系统实现道口违规通行抓拍，同时接收道口红绿灯控制系统、道口违规通行抓拍系统的控制反馈信息及运行状态信息，并推送至可视化监控平台，便于用户直观了解道口通行状态及红绿灯控制结果。

5. 道口红绿灯控制系统

道口红绿灯控制系统支持远程控制道口红绿灯的红灯与绿灯状态。提供自动和手动两种控制方式。

(1) 自动方式由控制系统根据航空器位置自动控制。

(2) 手动方式允许工作人员在人工座席手动远程控制和现场遥控器控制。

根据航空器滑行路线判断是否要通过指定道口，实时判断航空器是否进入红绿灯预警区域，从而进一步判断道口是否允许车辆通行，当航空器进入预警区域且航空器预计滑行轨迹经过道口，系统控制红绿灯变为红灯，对道口通行车辆进行管制。红绿灯状态切换支持倒计时时间设置，同时引接道口红绿灯工作状态监控数据并实时反馈至数据接口与融合平台，支持在可视化监控平台的态势显示席位查看红绿灯设备运行情况及状态切换日志。



图 6 红绿灯手动控制页面

6. 道口违规通行抓拍系统

道口违规通行抓拍系统主要对道口通行状态进行监控，当红绿灯亮红灯时，自动拍摄对应道口车辆通过情况，基于图像识别算法识别违规通行车辆车牌号及类型，并将违规通行消息实时反馈至数据接口与融合平台，抓拍信息可在可视化监控平台显示，系统接入摄像机实时视频流，并供可视化监控平台实时调取显示，同时接入摄像机设备监控数据并实时反馈至后数据接口与融合平台，可视化监控平台的态势显示席位提供违规通行抓拍显示及抓拍设备运行状态监控。



图 7 违规车辆列表

三、取得成效

（一）应用成果

在通行效率方面，美兰机场在正常天气情况下，人工管控时司机平均等待时间为 13 分钟，使用红绿灯系统后为 11 分钟，通行等待时间减少近

16%；在暴雨、大雾等能见度较低的情况下，人工管控时司机平均等待时间为 16 分钟，使用红绿灯系统后为 13 分钟，通行等待时间减少近 20%；随着系统运行准确率提升，将进一步提升行车道口通行效率。

在安全性方面，系统支持基于航空器、车辆实时位置数据进行告警判断，提供滑行道冲突、异常占用、跑道侵入等告警。当系统判断机场运行存在异常情况时，会通过声音、文字的形式通知用户，大大提升机场运行安全性。同时，当遭遇能见度较低的天气情况时，系统避免了人工指挥受视野影响的局限，根据航空器、车辆实时定位数据结合轨迹预测算法，对潜在车机冲突的行车道口进行自动交通管制，提升恶劣天气环境下机场运行的安全性。

在运行成本方面，通过红绿灯系统实现基于航迹、车迹的行车道口通行自动控制，减少人工行车道口管制工作强度，预计减少 50% 的人工岗亭执勤。



图 8 红绿灯现场运行情况 1



图 9 红绿灯现场运行情况 2

（二）技术创新

1. 先进性

目前国内仅少量机场安装机坪红绿灯系统，以上系统均基于航空器实时位置及默认滑行路由进行道口红绿灯状态切换判断，存在准确度、可靠性有限等问题。相比于以上机场的红绿灯系统，本系统充分利用 ADS-B、场监雷达数据，通过数据融合提升航空器定位精度，结合空管塔台及机坪塔台内话语音识别，可确定航空器真实滑行路线，从而提升行车道口红绿灯控制准确度。本系统支持人工控制红绿灯状态切换功能以应对机场突发情况，同时支持红绿灯编组，提供红绿灯批量控制功能。利用图像识别算法结合违规通行抓拍数据实现违规通行车辆信息采集，有助于违规通行事件回溯，进一步提升机场运行安全性。

2. 成熟度

(1) 道口通行效率提升

基于场监雷达、ADS-B 数据通过数据融合算法提升航空器定位精度，同时结合空管塔台及机坪塔台内话语音识别，确定航空器真实滑行路线。基于以上数据自动计算道口预计通行时间，通过道口红绿灯控制系统控制红绿灯状态切换，车辆根据红绿灯状态通行，以实现道口交通自动化管制，提升道口通行效率。

(2) 航空器数据融合

基于 ADS-B、场监雷达数据经过数据解析、数据对比、数据过滤等处理，根据航班信息、地址码等关键字信息进行相同航班判定，最后通过经纬度数据融合算法实现定位数据融合，提升航空器定位精度。

(3) 道口红绿灯远程控制

提供自动和人工两种红绿灯控制方式，自动控制基于航空器定位融合数据、红绿灯管制区域、航空器预计滑行路线对道口进行交通管制，当航空器进入红绿灯管制区域且预计滑行路线进过行车道口时自动控制红绿灯变为红灯。人工控制有两种方式，一是通过人工现场遥控器控制，二是在态势显示席位通过人工发布控制指令远程控制。

(4) 违规通行抓拍

基于车辆 GPS 定位数据、红绿灯状态数据实现车辆违规通行判定。当红绿灯为红灯状态，车辆进入道口时道口违规通行抓拍系统会自动进行抓拍，同时基于图像识别算法实现违规车辆车牌号、车辆类型识别。

（三）推广价值

1. 适用性

在通行效率方面，美兰机场在正常天气情况下，人工管控时司机平均等待时间为 13 分钟，使用红绿灯系统后为 11 分钟，通行等待时间减少近 16%；在暴雨、大雾等能见度较低的情况下，人工管控时司机平均等待时间为 16 分钟，使用红绿灯系统后为 13 分钟，通行等待时间减少近 20%；随着系统运行准确率提升，将进一步提升行车道口通行效率。

2. 安全性

在安全性方面，系统支持基于航空器、车辆实时位置数据进行告警判断，提供滑行道冲突、异常占用、跑道侵入等告警。当系统判断机场运行存在异常情况时，会通过声音、文字的形式通知用户，大大提升机场运行安全性。同时，当遭遇能见度较低的天气情况时，系统避免了人工指挥受视野影响的局限，根据航空器、车辆实时定位数据结合轨迹预测算法，对潜在车机冲突的行车道口进行自动交通管制，提升恶劣天气环境下机场运行的安全性。

3. 可复制性

该项目作为全国首创的智慧化交通管制系统，其可复制性在标准化设计、实施流程、成本可控性及技术适应性等维度均表现出显著优势。

该项目采用“数据采集—算法处理—信号灯控制”模块化设计，各模块通过标准化接口连接，支持灵活扩展。例如：数据采集层：集成 ADS-B、场监雷达、视频识别等设备，预留接口可接入新传感器（如无人机监控模

块)；算法处理层：冲突预判算法封装为独立模块，支持参数本地化调优；
控制层：信号灯控制协议符合 NTCIP 国际标准，兼容主流信号灯品牌。

该项目编制了《智慧机坪红绿灯系统实施手册》，涵盖需求调研、硬件部署、算法调试、人员培训等全流程，步骤标准化率达 90%。

(四) 示范效应

1. 行业影响力

2024 年 11 月 28 日，由中国民用航空局信息中心主办的 2024 智慧民航发展论坛在西安召开，在本届论坛上发布了 2023 年智慧民航建设优秀案例和优秀研究成果，美兰机场机坪热点区域红绿灯系统荣获“智慧民航发展论坛优秀案例”。

2. 社会影响力

海口美兰国际机场机坪热点区域红绿灯项目，已超越单一交通管制系统的定位，成为行业智慧化转型的催化剂。其技术架构被纳入民航局《智慧机场建设指南》典型案例，标准体系有望覆盖全国 30%以上枢纽机场。这一项目不仅重塑了机场交通管制模式，更为智慧民航建设提供了可复制、可推广的“海南方案”。

基于语音语义识别的机坪智能辅助指挥系统 与安全管理研究

北京首都国际机场股份有限公司

项目组成员：王雪川、张文军、周爱华、马岚、安天成

一、案例背景及意义

2018 年 4 月 27 日，民航局印发《航空器机坪管制移交工作；总体方案》（民航发〔2018〕38 号）。首都机场股份公司于 2018 年 6 月 21 日由运行控制中心正式承接首都机场航空器机坪管制工作职责。

首都机场机坪管制运行指挥中心主要面临的挑战有航班量大、国际航班多、航班性质种类多、滑行道复杂不规整等。为了提供更安全、更高效的管制服务，本案例从陆空通话的语音识别、意图提取、自动翻译、轨迹冲突告警、工作状态评估、复诵一致判断几个方面入手，应用人工智能技术开发了机坪管制辅助指挥系统。

二、案例基本情况及关键参数

1. 引出课题

如何减少人为导致的机坪管制范围内不安全事件发生。

2. 确定导致机坪管制范围内不安全事件发生的原因

经过分析，不安全事件发生的原因有英语能力不足、技能经验欠缺、过度疲劳、视野盲区、ASMGCS 信号不足等，通过模拟机测试、视频监控系统补盲等方法进行分级、分类确定以上几种原因中哪几类属于主要原因。

3. 提出对策开发系统解决问题

通过语音语义识别技术、轨迹预测技术等开发管制员工作状态评估、管制冲突告警、飞行员复诵一致性判断、无线电通话英文翻译等相关功能落实对策,从而实现智能系统辅助机坪管制员减少工作中人员因素对航班运行的影响。

4. 应用对策验证系统的可靠性以及稳定性

目前,机坪管制语音语义识别辅助指挥系统共积累本场语音素材 547.5 万余条,有效时长 5055.19 小时,中英文管制指令识别正确率在 98% 以上,特情语音识别准确率在 90% 以上,识别时间 $\leq 0.4s$;特情下管制员对机组意图的理解平均时长由 145s 下降至 63s;有效冲突告警(31 次)。

三、取得成效

1. 技术创新

(1) 人工智能语音识别引擎识别语音并将其转化为文字序列。

(2) 提取场景类型和关键信息,重组为标准化格式的通话命令。输出英文指令时补充翻译的汉语命令。

(3) 一致性复诵的告警,通过对指令核心要素进行检测,对频率错误、滑行道错误、场景错误等告警。

(4) 指令意图规范化提取、指令方及指令场景识别和参数提取、整合输出对话序列分析管制意图。

(5) 通过意图识别,系统获取航班号、跑道、滑行道等关键信息。运用定制图搜索算法,获取具体的轨迹 GIS 数据。

(6) 识别出的关键机坪管制指令，对滑行冲突、限制区侵入、机位航空器推出冲突进行逻辑判断，在系统态势界面显示告警。

2. 应用效果

(1) 该系统对中英文管制指令及其意图的识别正确率稳定在较高水平，达 98% 左右，特情语音识别准确率在 90% 以上，识别时间 $\leq 0.4s$ ；特情下管制员对机组意图的理解平均时长由 145s 下降至 63s；有效冲突告警（31 次），避免了航空器对头、误滑、剐蹭风险。

(2) 帮助安全检查人员开展典型人员问题讲评（58 次），有效提升管制员指挥水平。

(3) 管制效率提升，缩短航空器地面滑行、等待时间 0.78 分钟/架次，年节约燃油成本约 1048 万元，年减少碳排放量约 4130 吨。

3. 推广价值

本次案例开发的机坪智能辅助指挥系统的底层逻辑在其他各个机场适用，只需将不同机场的陆空通话接入该系统，即可对相应机场的管制指令进行识别并提取出停机位、航班号、跑道号、滑行道名称、机组意图等信息并作出相应的判断，以此达到辅助指挥的目的。

不同机场应用该系统后同样可以缩短滑行、等待时间，为各个驻场航空公司节约燃油减少碳排放。因此，该系统具有较高的推广价值。

4. 示范效应

本课题与国家提出的建设发展智慧民航、数字化转型规划高度契合。同时，按照民航局所提出的“四型机场”的要求，与首都机场集团公司智慧机场建设指导纲要保持一致，在首都机场集团获得良好的示范效应。

机场电力隧道智慧感知系统

西安咸阳国际机场股份有限公司

项目组成员：王怡君、王黎、张行宇、石小龙、张毅、李涛、
刘琪、樊迪、韩亚安、杨闯

一、案例背景及意义

随着智慧城市与新型电力系统建设的加速，机场作为区域能源枢纽，其电力隧道的安全性和智能化水平直接关系到供电可靠性与城市韧性。传统电力隧道依赖人工巡检，存在感知盲区大、响应滞后、数据孤岛等痛点，难以应对极端天气、电缆老化、非法入侵等复杂风险。

本项目以“基于物联网感知网络与边缘智能决策的动态三维建模系统架构”为核心架构，深度融合5G、AI图像识别、多模态传感器融合技术，构建“端一边一云”协同的智慧感知体系，实现隧道环境、设备状态、人员行为的全息感知、自主决策与主动防御。其意义在于：

（1）技术引领：突破传统监控系统的被动响应模式，推动电力隧道运维从“信息化”向“认知智能”升级，填补行业在自主诊断与预测性维护领域的技术空白。

（2）行业标杆：为智慧机场建设提供可复用的基础设施数字化模板，助力民航领域“双碳”目标下能源系统的低碳化、智能化转型。

二、案例基本情况及关键参数

1. 系统架构创新

感知层：部署多模态智能传感器集群，包括：

分布式光纤测温系统（DTS）：空间分辨率 $\leq 1\text{m}$ ，温度精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，实时监测电缆表面温度场异常；

毫米波雷达+红外热成像融合探头：精准识别隧道内人员入侵、遗留物及火灾隐患（误报率 $< 0.1\%$ ）；

纳米涂层气体传感器：检测 O_2 、 H_2S 、 CH_4 等气体，灵敏度达ppb级，寿命提升50%。

边缘层：采用国产化边缘计算网关，内置轻量化算法（YOLOv5s优化模型），支持视频流实时分析、异常事件本地决策（响应延迟 $\leq 200\text{ms}$ ）。

平台层：基于数字孪生引擎构建三维可视化运维平台，融合BIM模型与实时数据，支持电缆健康度预测（LSTM神经网络，预测误差 $< 5\%$ ）。

2. 核心技术创新

智能诊断算法：

电缆护套环流多维度故障溯源模型，结合历史数据与实时环流波形（采样率 10kHz ），实现接地故障定位精度 $\pm 5\text{m}$ ；

自适应排水策略：

通过强化学习动态优化水泵启停阈值，降低能耗15%

自主安全防护：

井盖异常开启触发声纹识别+人脸抓拍联动，AI自动判别是否为授权人员（准确率 $\geq 98\%$ ）；

隧道积水深度超过阈值时，系统自动触发多视角摄像头协同巡检，结合毫米波雷达水位数据生成融合点云模型，实时推送积水区域三维态势图至运维终端。

3. 关键性能指标

参数类别	指标详情
感知覆盖	隧道全域监测覆盖率100%，数据采集频率1Hz~1kHz可调
网络可靠性	5G切片网络+工业环网双冗余，通信中断自愈时间≤50ms
系统可用性	全年无故障运行时间≥99.99%，支持7×24小时无人值守
能效优化	智能通风系统综合节能率≥20%，碳排放减少12%

三、取得成效

（一）技术创新：从“感知”到“认知”的跨越

1. 前沿性

首次将毫米波雷达与红外热成像融合用于隧道安防，解决传统视频监控易受环境干扰的难题；

采用量子点增强型光纤传感技术，提升电缆局部放电检测灵敏度至pC级，达到国际领先水平。

2. 智能性

边缘AI实现“端侧自进化”，通过联邦学习动态更新算法模型，适应隧道环境长期变化。

（二）应用效果：多维度效益显著

1. 经济效益

运维人力成本降低80%

原运维模式下需管理 6 条 10kV 电力隧道（总长约 40 公里），每轮巡检需 2 人协同作业。常规时期每条隧道每月巡检 1 次，重大保障期间需增加至 2 次/月，叠加恶劣天气导致的每月至少 1 次抽水作业，全年累计投入巡检人力超 400 人次。智慧感知系统部署后，实现自动化巡检与智能排水联动，人力投入缩减至年均 80 人次，年节约人工成本超 50 万元。

2. 电缆故障抢修效率提升

通过分布式光纤测温与 LSTM 神经网络预测技术，电缆故障定位时间由传统模式下的平均 4 小时缩短至 30 分钟内，年减少停电损失约 200 万元。系统投运后实现供电可靠性 99.999%，有效保障机场航班零中断。

3. 资源利用优化

智能通风与照明系统联动算法降低能耗 20%，年节电 18 万度；精准泄漏监测技术避免绝缘油污染风险，环保风险下降 90%，等效年减碳 45 吨。

（三）运维模式对比

对比维度	传统运维模式	智慧系统模式	技术实现路径参考
数据管理	人工纸质记录为主，数据分散在多个部门	全生命周期电子台账，支持多维数据交叉分析	采用 ELK 日志分析框架实现数据聚合

应急响应	依赖电话报修， 平均响应时间> 2 小时	积水/气体超标自动触 发三级告警（声光+短 信+工单）	5G 切片网络保障 50 ms 级告警传输
技术渗透率	人工经验占比> 70%，存在技术 传承风险	AI 诊断覆盖 90%常规故 障，专家库知识图谱辅 助决策	联邦学习实现算法 持续迭代
成本结构	人力成本占比 6 0%~70%	初期设备投入占 55%，5 年运维成本降低 40%	ROI 分析模型验证投 资回收周期
环境适应性	暴雨/极寒天气 需暂停巡检	防爆传感器+IP68 防 护，-40℃~85℃宽温域 运行	纳米涂层技术提升 传感器寿命
决策支持	基于单点数据 的经验判断	多源数据融合驾驶舱， 支持风险热力图呈现	三维点云建模辅助 排水路径规划
可扩展性	新增设备需重 新布线，改造周 期>1 个月	无线传感网络支持即 插即用，扩容时间<3 天	标准化接口降低集 成难度

（四）关键维度技术

1. 数据管理升级

通过部署日志服务集群（如 CdsSlsHybridCluster）实现运维数据统一存储，结合 Prometheus 时序数据库实现设备健康度趋势分析，相较传统 Excel 台账方式，数据查询效率提升 85%。

2. 应急响应优化

构建“监测—预警—处置—复盘”闭环机制：

毫米波雷达实时监测积水深度（±2cm 精度）

自动推送应急预案（包含排水设备位置/排水量计算）

事后通过运维编排服务（OOS）生成事件分析报告

3. 成本结构变革

成本类型	传统模式占比	智慧模式占比	优化措施
人力成本	68%	22%	自动化巡检替代 80%人力
设备维护	15%	68%	预测性维护降低故障率
能源消耗	12%	28%	智能通风节能 20%
应急抢险	5%	15%	精准定位减少抢修范围

4. 智能照明系统节能机制

（1）动态调光技术

通过光敏传感器（±5%照度精度）与人体感应器（探测距离 10m）联动，实现照明强度自适应调节。在无人时段自动切换至 20%基础亮度，结合地铁隧道结构特征优化灯具布局，单灯功率下降 40%。

（2）多模态控制策略

采用分时段调光（上半夜 70%亮度，下半夜 50%亮度）与区域联动策略，隧道入口段（200 米范围）维持全亮状态，内部非关键区实施隔灯点亮，综合节电率达 35%。

5. 智能通风系统优化路径

三维气流建模：基于 CFD 仿真优化风道结构（湍流强度下降 15%），结合毫米波雷达监测积气区域，实现定向排风效率提升 22%。

（五）减碳效益量化与验证模型

1. 等效碳减排计算基准

能源转换系数：参照《省级温室气体清单编制指南》，电力碳排放因子取 $0.5839 \text{ kgCO}_2 / \text{kWh}$ 。年节电 18 万度对应减碳量： $180,000 \text{ kWh} \times 0.5839 \text{ kgCO}_2 / \text{kWh} \div 1000 = 105.1 \text{ 吨}$

2. 系统协同增效效应

照明一通风联动算法：在隧道无人时段同步降低照明亮度（至 30%）与通风强度（风量减少 50%），叠加节能贡献提升 12%。

3. 设备寿命延长效益

智能调光使 LED 灯具寿命从 50,000 小时延长至 70,000 小时，减少 30%的灯具更换碳排放。

（六）行业对标与长期环境价值

1. 技术指标横向对比

参数	本项目比	地铁通风标杆案例	优化幅度
单位面积年耗电量	8.2 kWh/m^2	11.6 kWh/m^2	降低 29.3%

系统能效比（EER）	4.8	3.5	提升 37.1%
碳减排成本	280 元/吨 CO ₂	420 元/吨 CO ₂	降低 33.3%

2. 长期生态效益拓展

电网调峰支持：通过需求响应策略，在用电高峰时段自动降低非关键设备负载，每年可提供约 5000kWh 的柔性调节容量。

污染物协同治理：通风系统集成纳米滤网（PM2.5 过滤效率 $\geq 95\%$ ），年减少隧道内悬浮颗粒物排放 1.2 吨。

（七）推广价值：定义行业新范式

1. 可复制性

标准化接口支持与城市综合管廊、地铁隧道等场景无缝对接；

开源边缘计算框架适配国产化硬件，降低部署成本30%。

2. 示范效应

行业影响力：为电力行业隧道智能化运维提供范例，推动《电力隧道监控技术规范》的实践应用。

社会影响力：作为西安咸阳国际机场核心基础设施升级案例，提升公众对智慧电网的认知与信心。

宁波机场先行启用移动伸缩防火墙快速控制新能源车 自燃

宁波机场集团有限公司

项目组成员：张寅裕、金士榆、胡昂、许志丹、黄跃光、
叶枫、邱建忠、龙治超

一、案例背景及意义

近年来，全球新能源汽车市场高速发展，新能源车销售数量急剧上升，由于新能源车动力源与油车动力源完全不同，因此，新能源车火灾风险越来越大，自燃事件屡屡发生。据应急管理部统计，2021 年全国新能源车自燃事故近 3000 起，平均每天有 8 辆新能源车发生自燃。

由于新能源车电池材料结构特性，自燃后迅速发展，传统灭火设备和自动喷淋装置无法遏制火情，现行消防技术均难以扑灭火焰。因此，快速阻隔处置，控制火情蔓延，就是首要选择。同时，新能源车电池容量越做越大，自燃后造成的危害随之增加，高效处置，快速阻隔，更显得尤其重要。目前国内普遍在采用灭火毯阻燃法，但灭火毯存在“自重太大搬移难、操作困难效率低、靠近火源危险大、隔温不好阻燃差”等致命弱点，当新能源车发生自燃时，其实很难发挥阻燃降损作用。

然而，宁波机场有大小 15 个停车场，其中航站楼就有 4 个旅客停车场，近两千个车位。旅客停车场作为车辆密集停放场所，新能源车自燃的

危害性大，特别是旅客地下停车场，车辆密集且空间封闭，后果更是不堪设想。为此，宁波机场积极探寻新型防火隔离设施，有效提升停车场新能源车火灾应急处置能力，为消防人员赢得宝贵的施救时间，最大限度地减少火灾损失，最大限度地保护生命财产安全。

二、案例基本情况及关键参数

传统的消防设施，面对新能源车动力电池火灾难以发挥作用，需要改进新能源车火灾扑救的技战法，提高灭火效能。为此，宁波机场在停车场管理中，针对新能源车冒烟起火难灭、高温快速燃爆、灭火毯阻燃降损低效等现实问题，主动联合防火设备企业，积极探寻防控施救方法，科学布设新型防火隔离设施——移动伸缩防火墙，突破了新能源车火灾前期控制难、火势蔓延快的阻燃瓶颈，在新能源车火灾初期，进行高效处置，快速隔温阻燃，控制火情蔓延，有效提升停车场消防应急处置能力，最大限度地减少火灾损失，最大限度地保护生命财产安全。

（一）新能源车火灾先期处置现状分析

目前，国内停车场在火灾先期处置时，一般都采用灭火毯进行火势隔离，阻止火情蔓延，宁波机场亦是如此，但此方法存在难以解决的三个痛点问题。

1. 自重太大搬移难

灭火毯重量大，一个人难以单独移动，需要多人合作，发现火灾人员只有呼叫其他人增援，这样就可能错失了关键的前期处置时机，等增援人员全部到位后，火势可能早已经蔓延开了。

2. 操作困难效率低

灭火毯展开需要较大空地，而且一般需要 4 人共同操作，在狭小空间内，两条灭火毯同时操作就更加困难，而且还受到身高、体型等情况的限制。如果失火车辆旁边空间不够，灭火毯展开地点就可能离失火车辆较远，那就更加难以快速搬移到位，影响火情控制。

3. 靠近火源危险大

新能源车自燃后，火焰喷射远、周边温度高、烟雾散发快，但操作灭火毯必须要靠近起火车辆，才能将灭火毯覆盖两边车辆火情一侧车体上，这样危险性非常大，如果远离起火车辆操作，又无法将灭火毯覆盖到位，起不到隔温阻燃作用。

（二）移动伸缩防火墙火灾先期处置功效论证

针对上述痛点，宁波机场主动联合防火设备企业，积极探寻防控施救方法，制定了新能源车火灾防控的新设备应用方案。并于 2024 年在 T1 航站楼地下停车场，率先启用了移动伸缩防火墙，破解了灭火毯难以解决的四个痛点问题，实现了单人操作展开、快速推拉移动、远离危险火源、高效隔温阻燃，控制火情蔓延，为消防人员赶来施救争取宝贵时间，最大限度地减少生命财产损失。

移动伸缩防火墙的五大功效：

1. 部署高效

移动伸缩防火墙是五层十片折叠伸缩结构，平时存放占地面积小，没有存放限制条件要求。日常性能检查时，打开收起方便，使用时单人5秒即可快速展开，立即形成防火隔离墙。

2. 移动便捷

移动伸缩防火墙底部配有移动滑轮，单人即可快速推拉移动，无需靠近火源，2秒内就可从火灾车辆旁边推进到位，形成物理隔离墙，阻断火焰蔓延，隔档高温喷射，防止相邻车辆引燃。

3. 通行便利

平时收缩折叠时，尺寸40厘米×25厘米×150厘米，使用时完全展开，尺寸460厘米×25厘米×150厘米，在狭小通道或转角位置都可快速通行，展开操作时所需空间区域不大，且不受身高限制。

4. 操作安全

单人推到起火车辆旁边时，无需靠近火灾车辆两侧，操作时是安全的。因为新能源车起火燃爆，火焰喷射方向是向车的两侧喷焰，操作人只需在车的前端、防火墙的侧后方推移即可，所以火势不会对人造成伤害，两侧车辆仍旧可以安全撤离。

5. 附加防护

每组移动伸缩防火墙体上，都配置了两个防毒面罩，在开展新能源车起火施救时，能快速取用防毒面罩，加强施救人员的防烟防毒保护，避免烟雾或其他有害气体对施救人员的伤害。

防火墙和灭火毯的性能对比表

项目	防火墙	灭火毯	灭火毯
材料组成	玻纤布+硅橡胶	玻璃纤维	双面硅胶
材料形态	平时单向折叠状 用时打开成墙	平时多向折叠包裹状 用时平铺展开成毯状	平时多向折叠包裹状 用时平铺展开成毯状
展开时间	5秒	30秒	30秒
操作人员	1人	4人	4人
移动速度	有轮子速度快 无需抬动	重量大移动慢 20公斤	重量大移动慢 40公斤
耐火温度	摄氏1500度	摄氏550度	摄氏900度
耐火时间	2小时	30分钟	30分钟
火源接触	不靠近火源 推进阻隔	靠近火源 覆盖车体	靠近火源 覆盖车体
防毒面罩	配送2套	无	无
质保期内免费 更换	5年质保期内用后免 费更换	5年质保期内用后不更 换	5年质保期内用后不更 换

三、取得成效

（一）技术创新

结构先进，采用五层十片折叠伸缩结构，展开后形成物理隔离墙（尺寸 460×25×150cm），耐火温度达 1500℃（附检测报告），耐火时间 2 小时，远超传统灭火毯（550℃/30 分钟）。

实现智能操作，单人 5 秒快速展开，底部滑轮设计实现 2 秒内定位，操作效率提升 600%（传统灭火毯需 4 人 30 秒）。

自主度高，拥有核心技术，2 项发明专利，材料国产化率 100%。

（二）应用效果

经济效益方面：实现降本增效，单套设备采购成本 3 万元，较传统消防改造（喷淋系统+灭火毯）节约 200 万元/停车场；损失易控制，成功阻断火情蔓延，单次避免财产损失超 150 万元（按相邻 5 车损毁测算）；

社会效益方面：安全更有保障，操作人员远离火源（距离 ≥ 3 米），实现“零伤亡”处置；2024 年旅客满意度提升 12%（消防安全感维度）。应急处置响应时间从 5 分钟压缩至 30 秒，为消防队抵达争取关键窗口期。

环境效益方面：采用绿色材料，可回收率 95%，生产碳排放较传统设备低 40%。有效抑制锂电池燃烧产生的有毒烟雾扩散，周边 PM2.5 浓度控制在 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以内。

（三）推广价值

适用性方面：空间兼容，折叠体积仅 $40 \times 25 \times 150\text{cm}$ ，适用于宽度 $\geq 1.2\text{m}$ 的狭长通道（如地下车库、船舶舱室）；快速部署，单点位部署周期 3 天（含培训），无需基建改造。

可复制性方面：可适配机场、公交枢纽、商超车库等场景，覆盖新能源车密度 >20 辆/千平方米的高风险区域，实现多场景覆盖。在宁波机场应用，复制成本低。

（四）示范效应

移动伸缩防火墙在宁波机场的成功应用，展示了其在新能源车火灾初期处置中的高效性和安全性，具有显著的示范效应。首先，它解决了传统灭火毯操作复杂、效率低、危险性高等痛点，为其他停车场和公共场所提供了可借鉴的解决方案。其次，其快速部署、单人操作、远离火源的特点，极大提升了火灾应急处置效率，为消防人员争取了宝贵时间，减少了火灾损失。这一创新设备的应用，不仅提升了宁波机场的消防安全水平，也为全国乃至全球的新能源车火灾防控提供了示范案例，推动了消防技术的进步和普及。

行业影响力：可实现标准引领，将技术参数纳入《民用机场新能源汽车火灾防控指南》（民航局 2025 年征求意见稿）。吸引首都机场、广州白云机场等 8 家单位考察引进。

社会影响力：宁波电视台专题报道，全网传播量超 20 万次，“宁波方案”成行业热词。

国际关注：新加坡樟宜机场、德国法兰克福机场发起技术合作洽谈，潜在出口订单额 0.2 亿。

智能巡检子系统－机场无人驾驶围界安防巡逻巡检车

西部机场集团有限公司、民航机场成都电子工程设计有限责任
公司

项目组成员：林宾、张宝利、张强、姜薇、段大伟、
王巍、李连、游仁杰

一、案例背景及意义

随着民航业快速发展，机场运行安全面临更高挑战，传统人工巡检存在成本高、效率低、恶劣天气受限、夜间盲区、频率低等问题，传统“人防+物防”模式难以满足现代化机场全天候、高精度、高强度的围界安防需求，亟须通过智能化手段提升围界安防能力，降低人为疏漏风险。同时，在民航局《“十四五”航空物流发展专项规划》明确提出“推动无人化、智能化设施应用”，西部机场集团积极响应，在各项业务中大力推进智能化改革建设。

西安机场围界共计32KM，传统人工巡检模式需每日3班次、每班次6～8人，单日巡检里程仅覆盖围界的60%，且夜间、雨雪天气漏检率高达35%。西安机场在三期改扩建时期，建设指挥部结合实际运行需求，提出采用机场无人驾驶围界安防巡逻巡检车作为围界报警系统的子系统，通过集成无人驾驶技术、传感器技术、机器视觉技术以及大数据分析技术，构建一套完整的无人驾驶动态巡逻巡检系统体系，与结合现有的围

界安防报警系统实现高效联动，实现实时感知、自主导航、自主避障、自主监控，以及对围界震动报警系统有效性进行检测，对异常人员、异常物体、小动物、可疑破损等安全隐患识别与警报。

该项目通过采用自动化巡检与AI识别技术，不仅大幅提升围界入侵、设备故障等风险的实时监测与响应能力，提高了机场围界区域的安全监控水平；还通过无人驾驶技术的运用和有机结合，实现7×24小时无人值守作业，极大程度释放了机场人力成本，快速响应，精准定位，消除人工巡检弊端、盲区，完成效率优化，充分契合智慧民航发展建设要求与国家“新基建”、“双碳”战略定位。





二、案例基本情况及关键参数

（一）案例基本情况

采用2辆L4级无人驾驶围界安防巡逻巡检车，在机场南、北围界32KM范围内，按照规划路线自动行驶、自主避障，依据机场飞行区交通规则安全行车，进行全自主无人化巡逻巡检，完成安防防范任务，实现自动巡检、异常识别、自主驱离、远程告警、数据记录等；每日至少完成

（二）关键参数

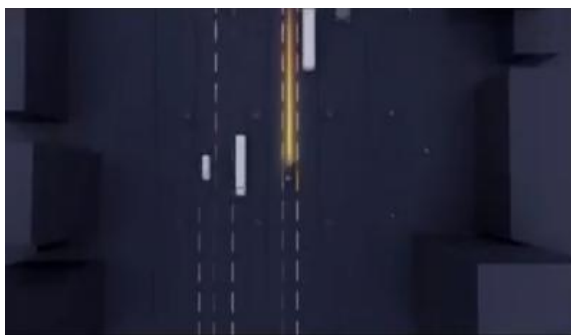
1. 车体：标准新能源乘用车底盘，满足手动驾驶/自动驾驶两种模式任意切换；续航>260KM（夏标）；

2. 无人驾驶：L4级无人驾驶功能，具备自主导航、自主规划、自主行驶、障碍物识别与避障、电子围栏、自动泊车、精准停靠等能力。

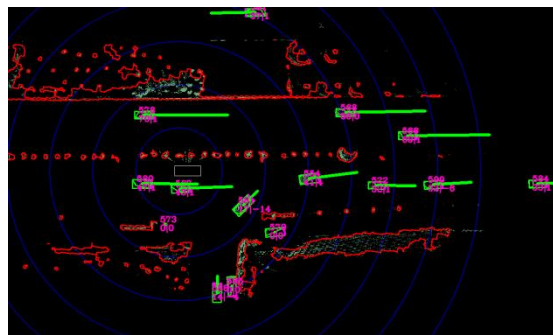
通过RTK、摄像头、激光雷达、IMU等多种传感器进行融合定位、导航，以及实时感知，实现7*24小时全天候、真无人的自主作业；

自动驾驶状态下运行速度最高限速 $\leq 25\text{KM/h}$

车身360°覆盖式障碍目标识别能力，作业过程中，能够感知并有效避让道路中的遮挡物、通过围界狭窄路段及转弯区域，感知距离 $>50\text{m}$ ，定位精度 $<10\text{cm}$ ；



自动规划行驶路径



障碍物识别与避障

在行驶过程中，车正前方有行人或其他障碍物，车辆会自动减速停车，并自动计算避让路径，绕过障碍物继续前进；

-20℃至50℃温区、6级风力、雨雪天等极端提起下稳定运行；

3. 巡检装置

AI巡检云台：高清红外巡检云台，360°全景摄像头，4K分辨率，具备人像、小动物、围界破损检测功能，支持异常人员识别（准确率 $\geq 99\%$ ）、小动物入侵检测（误报率 $<1\%$ ）、围界破损识别；满足夜间巡检

要求；对于巡逻巡检过程中需要记录的内容进行拍照和录像，可保存2年；

围界报警系统有效性检测装置：检测力度可调，能够适配并触发围界报警；

选配装置：预留选配功能模块接口，可根据业务需要选配集成驱鸟模块、噪音检测模块、FOD探测模块等；

4. 系统联动

任务配置：通过智能围界平台，按照巡检要求，对无人巡检车进行任务配置和实时调度；

巡逻情况实时上报：将巡逻中拍照、录像的内容回传，发现异常情况实时报警；

异常情况报警：在巡逻过程中发现异常情况，如可疑人员、小动物、围界破损、围界报警异常，实时向后台工作人员和安检人员进行告警，从异常检测到报警推送 ≤ 2 秒；

远程喊话：通过平台和车载喇叭，可对现场可疑人员进行喊话，定向驱离；

历史追溯：历史任务查询、巡检视频和图片回放下载、故障历史、报警异常数据汇总与分析等；

三、取得成效

（一）技术创新

巡检作业高度自主化与智能化：自主规划巡逻路线，自主环境感知、目标识别跟踪、行为分析等，全天候巡检工作，不受天气和时间、复杂环境的限制，不知疲倦，没有盲区；

多模态巡检技术集成：全球机场首例将无人驾驶、AI视觉、动态敲击震动测试、驱离喊话、驱鸟功能、围界报警系统融合于单一平台，实现“巡检+测试+处置”全闭环作业能力

动态围界有效性检测手段：通过机械检测装置敲击震动，模拟入侵行为，定期验证围界报警系统灵敏度，解决传统静态传感器无法主动测试的痛点。

智能应急响应协同能力：与机场既有安防系统深度联动，识别检测到异常情况，通过无线通信系统和高精度定位向后台实时发出警报信息，与机场安全管理部门、安检人员实现实时通信，实时提供信息支撑，协助迅速响应；同时支持任务下发（如重点区域加密巡检）、远程喊话威慑、应急模式一键切换等。

（二）应用效果

1. 经济效益：

成本节约：年减少巡检人工20名，降低巡检成本约200万元；设备维护成本降低40%。

提高效率：24小时不间断的巡逻，结合与现有系统的联动机制，确保了机场围界区域的安全监控无死角，提高了巡逻效率。

风险规避：通过早期预警，避免围界入侵、破损等安全事件，潜在安全事故损失降低超90%。

减少事故：高精度监控、自主避障以及与振动报警系统的联动，降低了安全事故的发生概率，提高了机场安防安全和保障能力。

2. 社会效益

提升安全保障：异常事件识别率提升至99.5%，助力机场大幅度减少安防事故。

增强公众信任：通过智能化手段增强旅客对机场安全管理的信心，提升机场品牌形象。

推动技术创新：无人驾驶巡逻车的应用及围界报警系统的集成，推动了机场智能化升级，提高了机场的整体技术水平，促进了无人驾驶技术在机场领域的应用和创新，为行业智能化发展提供了有力支撑。

4. 环境效益

低碳运营：纯电驱动较传统燃油巡检车减少碳排放约50吨/年；

（三）推广价值

1. 高可用与高安全

无人驾驶自主运行，实现7*24小时常态化运行和不间断作业；

针对围界范围长、隐患隐蔽性强、入侵行为随机性高、设备可靠性验证难等痛点，通过“主动巡检+动态测试”模式实现从被动防御到主动防控的跨越。

2. 适用性强

适用于国内外各类机场围界、巡场道等。

可根据需求灵活选配驱鸟、敲击测试等功能模块，实现多种功能和业务需求。

3. 可复制性

已形成标准化检测算法、接口协议与部署指南、操作手册，2个月内可完成同类场景落地。

（四）示范效应

1. 行业影响力

推动机场安防从“以人中心”向“人机协同”转型，实现新质生产力的有效应用。

筹备《机场无人巡检系统技术规范》《多源安防数据融合》等多项标准制定。

2. 社会影响力

吸引贵阳机场、克拉玛依机场等国内外同行交流、考察。

大亚湾核电站（周界防入侵）、克拉玛依燃气站等场景交流、借鉴学习，验证该方案跨领域的通用性。

智能化防隐载系统

首都机场集团科技管理有限公司

项目组成员：牟建良、李明、王翰林、呼延智、魏海洋、王宇、
贾志杰、李鑫、徐皓原、康跃耀

一、案例背景及意义

随着全球航空货运量恢复性增长，机场货物运输生产进入高速发展阶段，航空安全保障压力显著提升。传统人工核验模式存在多重隐患：

人为差错率高：人工核对货物、行李装机数据易受疲劳、经验不足等因素影响，隐载风险导致飞机重心失衡概率增加；

效率瓶颈突出：纸质单据传递、对讲机通讯依赖人工操作，航班多、货量大情况下易延误航班；

管理成本高昂：多重岗位盯防需投入大量人力资源，且难以实现全流程追溯。

为破解行业安全痛点，搭建覆盖货邮行机下保障全链条的智能化防隐载系统。该系统以 RFID 射频识别技术为核心，通过智能化核验、数字化通讯、图形化单据及穿戴式设备，构建“人防+技防”双重保障体系。

二、案例基本情况及关键参数

1. 智能化解解决人工核验方式

(1) 装机单核验

对接货站系统舱单数据，自动比对装机单与货物舱单信息（件数、重量、目的地），降低人工核验误差，生成可视化差异报告，支持配载人员一键修正。

（2）库区拉货核验

运输司机通过手持设备扫描拖斗 RFID 标签，系统实时校验航班号、目的站、拖斗编号，并结合机场车辆 GIS 定位数据，避免货物错运事件发生。

（3）行李分拣核验

行李分拣装车环节，工作人员通过携带 RFID 扫描设备完成行李核对、计数过程。系统可自动识别行李标签，错误分拣的行李触发声光报警，错装拦截率 99%。

（4）机下货邮行核验

装卸员携带穿戴式 RFID 扫描设备自动识别货物/行李标签以及机舱舱位标签，通过多源数据比对，完成货邮行装舱位置自动复核，装舱位置错误的数据会立即触发声光、震动告警提醒，协助监装员及时发现错装情况。

2. 数字通信解决信息传递问题

（1）电子装机单

采用图形化装机单线上传输方式，解决监装员领取纸质装机单耗时问题，单据传递时间由 5~10 分钟降至秒级。

在手持终端设备展示彩色舱位图，对特殊关注信息、装机单版本差异信息进行自动标识，辅助监装员快速了解重点信息。

（2）一键报载功能

监装人员通过 PAD 选择航班并点击“报载”，数据实时同步至配载系统，通讯延迟从 1~3 分钟降至秒级；

支持历史报载记录追溯，避免对讲机混听导致的舱单错误。

（3）调舱拉卸电子化

调舱方案通过 PAD 提交至配载端，配载人员可实时查看调整前后的舱单对比，压缩调舱沟通确认时间，同时避免误听导致的装机单调整错误。

三、取得成效

1. 技术创新

（1）先进性

RFID+穿戴式设备+动态核验算法：行业内首创将高精度 RFID 射频识别技术与穿戴式智能终端、动态核验算法深度融合，实现货物、行李、舱位标签的毫秒级识别与多维数据交叉验证，对装载错误进行主动防控。

无纸化作业体系：从装机单生成、库区拉货、机下核验到报载确认，实现全流程电子化，单据传递时间从分钟级压缩至秒级，数据可追溯性达 100%。

多模态感知技术：集成 RFID、条码、视觉识别三重感知能力，即使在标签损坏或污损情况下，仍可通过备用方案完成核验，系统可用性达 99.99%。

（2）成熟度

系统投运前进行了大量实验室环境以及机场 1500 余架次实地运行环境测试验证，进行多轮内外部专家评审。截至目前系统已在南昌机场投入运行 2 年时间。

（3）自主性

系统功能 100% 自研，包括 RFID 扫描识别算法、后台管理端、移动保障端 APP 等。

获得软件著作权 2 项，涵盖系统全模块。

2. 应用效果

（1）经济效益

智能设备核验的效率远胜于人工核验，对于从事搬运工作的员工来说，提升尤为明显。以一个航班平均 50 件托运行李为例，过去采用分拣员逐件核对行李贴条，撕取贴条记录的方式，经测算单航班就需要花费约 15 分钟的时间。在穿戴防隐载设备后，只需设定好航班及斗号，就能自动识别、记录行李信息，单航班保障时间可以控制在 5 分钟左右，大幅提升了工作效率。

随着航班量的不断上涨，对讲机、固定电话此类通讯工具的负荷越来越高，在中大型机场的运行保障中格外明显。对讲机占频、电话占线，使得现场不得不暂停作业，排队等待信息传递时机；拉货调舱后更新装机单，只能采取人工手送方式传递，如保障机位距离配载室较远，现场最长需要等待 8~10 分钟才能获取新版单据恢复作业。防隐载系统集成了地面保障

各航班信息系统，具有信息全面，高速传递的优势，减少了信息传输资源的占用，提升保障效率。

（2）社会效益

运输安全水平提升，防隐载系统可有效防范旅客行李错运、漏运情况发生，减少旅客因行李异常产生的出行困扰，提升旅客满意度。

3. 推广价值

防隐载系统的功能设计流程具有普遍适用性，适用于国内大部分干、支机场。防隐载系统已于 2023 年在江西机场集团落地应用，应用效果良好，2025 年将在首都机场集团内其余成员机场推广落地。同时，系统支持模块化部署，中小机场可按需选配功能。

5. 示范效应

智能化防隐载系统能够有效防范窄体机货物和行李错配漏配、错运漏运、错装漏装风险，为机场行业解决隐载问题提供了实践经验和参考依据。

空防安全类

民用航空机场无人机防御系统及设备的研究与应用

中交遥感天域科技江苏有限公司

项目组成员：苏颖、闫廷廷、李仁文、朱志鹏、孙琦彪、

张晨辉、朱杰

一、案例背景及意义

本项目申报的是适用于民用航空机场的集固定阵地式、便携式和组网模块式的无人机防御系统，并开发了相应的多设备联动的无人机防御系统综合管理平台，优化了无人机防御系统的无线电频谱侦测模块和无线电干扰反制模块，研究利用网捕无人机防御的方案。

低小慢无人机的工作频段可以工作在从几十兆赫兹到几吉赫兹甚至更高的频段，为了能对各类无人机，特别是改装型的非标无人机实现有效探测，无源侦收接收机的技术指标也是面向宽带化、高灵敏度，大动态范围、实时性高等高指标需求。我司自研的具有完全自主知识产权的高灵敏度宽开接收机，采用超外差、非零中频接收机架构，兼具小型化、模块化、平台化、通用化的设计思想，可以在 300MHz~6GHz 范围内实现 3dB 左右的超低噪声系数，同时，接收机本振支持捷变频，可实现对宽带频带的快速扫频；而高达 70dB 的自动增益控制可取得较高的动态范围。另一方面，

系统采用高速模数转换器（ADC）芯片，可以在中频直接采样，进而使用信道化、软件无线电（SDR）技术进一步提升接收灵敏度和处理增益。

二、案例基本情况及关键参数

技术路线：总体设计方案是以基本理论研究为基础，突破系统内侦测与测向结果测量、评估指标参数匹配等关键技术攻关，完善系统的基础模型，通过仿真设计和分析，优化系统参数设计。根据仿真结果搭建系统典型应用场景，研究系统总体集成技术，研制原理性样机并开展原理样机的试验验证工作，获取试验数据。根据试验数据分析优化或修正系统理论模型，完善系统可行性分析，闭环整个系统科研流程。

技术指标能够远距离侦测无人机的无线电信号特征，获得主流无人机的型号、品牌等信息，能够自定义设置侦测频段。无线电侦测频率覆盖范围：300 兆赫兹~6 吉赫兹侦测信号灵敏度：不大于-100dBm，无线电侦测距离：不小于 5 千米，无线电测向精度：不大于 5 度，侦测范围：0~360 度，首次侦获无人机信号时间：不大于 6 秒，其他功能性指标：软件信息管理：能够实现系统控制和信息处理，具备频谱显示功能；具备无人机类型数据学习分析和数据编批、更新、存储等管理功能。防控预案设置：可预置方位、目标数量、侦收频段、预警与反制距离等防控预案。任务区域管理：能够设置任务区域，包括侦测区、预警区、反制区的显示和设置。态势显示：具备电子地图显示功能，地图上可显示系统状态、部署位置、任务区域，可显示预警信息，包括目标方位、工作频率、实时轨迹等信息。

三、取得成效

发现识别类专项优势：可实现在地图上的目标定位、轨迹显示和回放功能，并可显示目标距离、方位、高度、速度信息； 具有报警区域划分功能；具有入侵报警功能，不同报警区域采用不同的报警方式； 具有雷达基本参数设置功能。 具备对飞行器方位、距离、速度、高度等飞行特征进行采集的功能。具备对单飞、群飞、不同高度飞行、不同方向飞行等飞行方式的 60 个及以上无人飞行器同时探测、定位、跟踪的功能。 具备对无线电静默飞行器的探测功能。对于无人驾驶航空器的捕捉是结合目标飞行航向、电子地图等多方面信息，针对威胁目标的飞行轨迹进行捕捉，对来袭目标进行持续跟踪，并显示无人驾驶航空器飞行轨迹，定位飞手位置。

采用的是无线电侦收干涉仪测向为主，到达时间差为辅相结合的高精度测向定位技术，可以实现对重点频段的无人机目标信号取得 3° 以内的测向精度，对超宽带频段取得 5° 左右的测向精度。其中，测向技术对通道的数目、误差的大小等因素要求低，鲁棒性高。配合低小慢探测雷达或光电系统，无线电侦收不仅可以为它们提供引导，同时互相结合进一步提升探测定位精度。

防御驱离类专项优势：融合多种侦扰手段的灵活高效组网和数据融合技术，针对非常规频段的穿越机、固定翼同等有效。首先，可在边缘端融合多种探测技术，诸如雷达、光电等，基于我司在车载、便携等场景下的应用经验，结合数据端的交互，可以取得对多种探测技术的高效组网融合；其次，侦测与我司自研的干扰、诱骗设备可以实现自动、手动控制等多种

联动组合，实现对侦扰的有效资源调度和即时响应，使得对无人机的干扰和处置更加合理有效；最后，无线电无源侦测由于采取了相位干涉测向定位的主要方式，同时可以利用 4G/5G 等无线公网进行加密的数据上传后定位及后期校准，因此无线电无源侦测设备的组网变得非常灵活高效。特别的，在数据融合方面，我司研发的基于深度神经网络的信号特征融合分析不仅可以减少相互独立提取特征的巨大工作量，而且在低信噪比的环境下能够取得与传统提取特征分析效果相似甚至更好的效果。

目前项目已合作的机场：1、云南长水机场 2、上海虹桥机场 3、上海浦东国际机场 4、北京大兴机场 5、深圳宝安国际机场 6、陕西汉中机场 7、成都天府国际机场 8、青岛胶东国际机场 9、香港机场 10、湖北荆州机场 11、安徽芜湖机场 12、连云港花果山机场 13、山东菏泽机场 14、湖南郴州机场 15、广东韶关机场 16、黑龙江绥芬河机场 17、新疆伊犁河谷昭苏天马机场 18、广东湛江吴川机场 19、新疆阿拉尔机场 20、四川达州机场 21、新疆塔什库尔干红其拉甫机场 22、湖北鄂州花湖机场 23、湖南湘西边城机场 24、四川遂宁安居机场 25、河南安阳红旗渠机场 26、山东济宁曲阜机场 27、河北邢台褡裢机场 28、四川阆中古城机场 29、山西朔州滋润机场 30、新疆奇台江布拉克机场 31、新疆和静巴音布鲁克机场 32、山西太原国际机场 33、江西赣州瑞金机场。

预期产生的经济设备效益：通过本项目研发的无人机侦测系统平台，可实现精准识别重点区域低空宽频带无人机，以及打击利用无人机进行违法犯罪活动，可为低空无人机有效反制奠定基础。侦测平台采取劫持无线

电、信号干扰、声波干扰、暴力技术等多种方式实现对无人机的直接监测控制，并利用反制设备打击非法使用无人机的活动，维持警用、军用无人机的日常巡检工作，还警用及军用无人机的空域一片安宁。伴随着无人机行业的快速发展以及无人机设备的普及，本项目研发的侦测平台将受到公安部门或相关安全管理部门的重视，以及世界各国的高度关注，具有广阔的市场，必将产生巨大的经济效益。通过本项目可助推无人机驾驶航空器系统技术和无人机行业的健康、有序、持续发展，以及进一步推进无人机在重点区域管控中的合法运用，有利于保障电力、民航、核电行业等区域的空域安全。人才建设是企业发展战略的根本，坚持以人为本，用好现有人才，留住关键人才，引进特需人才，是公司创新的关键要素。拟以本项目为契机，加大人才引进和资金投入，建设一支高、精、尖的专业技术人才队伍。公司将通过人才培养、共建、引进等方案，与国内科研院所、高校继续深入合作，紧扣发展需求，搭建产学研用人才共建互联平台，促进技术交流合作，提供就业岗位，实现共赢。

覆盖规模：四川成都天府国际机场，净空保护区近 468 平方公里，实际使用 3 座铁塔，14 台无源侦测设备，14 台管控处置设备。

上海虹桥国际机场，净空保护区近 243 平方公里，实际使用 8 座铁塔+2 楼面站，12 台无源侦测设备，6 台管控处置设备+4 台光电侦测设备，多站点部署组网实现防控区域内无人驾驶航空器目标，快速发现、探测确认，并对目标信息进行数据分析、威胁评估，并通过监管平台远程监控处

置。对来袭无人驾驶航空器快速发现、现场处置，保护机场重要设施免受低空超低空无人驾驶航空器的侵袭。

海口美兰国际机场助航灯光风险控制与应急管理系统

海口美兰国际机场有限责任公司

一、案例背景及意义

助航灯光作为引导飞机安全起降的核心组成部分，包括低压配电设备、恒流调光器、助航灯光回路、助航灯具以及助航灯光计算机监控系统等众多环节，其重要程度不言而喻，助航灯光系统稳定运行，对机场安全运行起到关键作用。随着航站楼的扩建，美兰机场共有 114 条电缆回路、156 套核心设备、768 公里电缆、12000 套灯具，设备剧增，且分布区域广，其中南跑道助航灯光系统已运行 24 年，面临着长期遭受风吹日晒导致的老化和适用性降低，以往通常在故障出现后进行排故与修补，未能完全做到事前预防。主要存在如何精确感知运行风险与精准处置故障快速恢复业务两方面问题，这也成为了整个行业的痛点。

面对安全掣肘问题，美兰机场自主研发的助航灯光风险控制与应急管理系统于 2023 年 6 月上线应用，系统具有“地上采、云上存、一张图、精确防、精准干”的特点，实现了风险预警与应急处置决策的有机结合，缩短助航灯光超过 50% 的总体抢修时长，有效解决了制约机场安全运行的“瓶颈”难题。

该系统及其智慧运行管理模式是 SMS、双重预防工作机制等理论转化为实践的成功案例，其技术创新性、行业示范性得到了多方认可，先后获得 2023 年度民用机场安全管理优秀案例“卓越奖”、2024 年度民用机场

安全管理优秀案例“优胜奖”、第四十三届中南六省（区）质量管理“优秀典型经验”、2023 年海南省“十佳大数据应用案例”、2024 年度海南省质量、标准、品牌工作十大典型案例、2023 年度海南省现场管理成熟度评价五星级现场等荣誉，标志着美兰机场正式迈入助航灯光运行管理“智慧化”新时代，这是民航局提出“四型机场”建设行动纲要以来，美兰机场不断提升自主创新能力、加强科技创新实践的成果，实现了民航助航灯光智慧管理的重要突破。

二、案例基本情况及关键参数

由于业界无相应案例可参考，该系统建设采取“主动创新、统一规划、分步实施、业务先行”的策略，遵循“规范性、扩展性、可靠性、易用性、开放性、经济性”原则，进行自主研发。

助航灯光风险控制与应急管理系统建设从顶层设计入手，美兰机场基于 SMS、ITIL、ITSS、ISO9001、ISO20000 等业界标准，结合机场助航灯光业务的特点，搭建了助航灯光智慧运行管理体系，其结合了高质量业务运行不可缺少的流程、人员、技术、资源四个核心要素，共包含 6 大模块 24 个子流程。该体系作为管理中枢，助航灯光风险控制与应急管理系统作为工具平台落地管理理念，最终实现 SMS、双重预防工作机制的数字化落地应用。旨在通过成熟的管理体系、成熟的管理工具，塑造民航助航灯光领域最佳的管理实践。

该系统具有“地上采、云上存、一张图、精确防、精准干”五个方面的特点：

地上采。对美兰机场全场区 114 条外场电缆回路及站内设备进行全面摸底排查。经过上 1000 小时的摸排，共计完成了外场 768 公里的电缆实测、12600 套助航灯具及 5 个灯光站点的站内设备基础信息核实，采集并录入设备位置、电缆绝缘阻值、电缆连接方式、灯箱是否进水等各类业务数据。

云上存。系统采用开源主流的 Springboot 微服务架构进行开发，使用 postgresql 储存业务数据，同时利用 redis 作为缓存数据，为海量数据存储和高效的数据检索打好坚实的基础。系统部署在云平台上，可通过“综合移动端+智能管理后台”的组合方式，作业人员只需通过移动客户端，随时随地、简单易用地进行操作。

一张图。系统利用电子地图将大量的设备设施渲染和展示在同一张地图上，最终实现外场的回路、灯箱可视化。作业人员拿着手机，通过导航，根据实景图的位置，就可快速到达指定点位，并且可以逐个查看下一个灯箱以及整条回路的走势，包括预埋的应急电缆实际位置，在一张图上轻松获取相关信息，真正实现了所见即所得。

精确防。建立了符合机场助航灯光运行实际的设备设施风险评价模型，对回路、灯箱等助航灯光设备的核心部件，从使用年限、绝缘阻值、灯箱是否进水等多维度设计，创建可量化的风险评价模型，涵盖了 5 个层级，405 项风险评价指标。只需输入实际的情况，系统会自动计算出风险系数分值，精细到站内每个设备与外场每一条回路，从容掌控全场风险状况，从而针对性地提前采取措施精确预防。

精准干。针对常见的故障，譬如接地、开路及站内低压失控等编制了应急处置流程简令卡。处置流程通过实战模拟、AB角色模式进行编制，根据不同的人员职责，固化操作步骤，流程的标准化极大提高应急处置效率。另外，知识库模块，录入各类规章、标准、培训、设备说明书等资料，支持模糊查询，方便员工快速获取知识，促进达成精准处置。

三、取得成效

该系统实现了运行风险的智慧化评估与预警、应急资源的全局可见，通过地图管理快速定位故障点，内嵌的应急处置预案与智能处置模块，将复杂的故障处置转变为简单的程序化操作，极大地提升了处置效率。经过实践检验，缩短故障处置时间至少 50%以上。

技术创新：助航灯光风险控制与应急管理系统是国内机场助航灯光领域首个信息化系统平台，在助航灯光运行管理体系、助航灯光风险评估模型、助航灯光应急处置管理、新技术应用等多个方面都具有独创性与先进性。

应用效果：该系统利用微信小程序完善技术生态，从而快速实现定位和数据采集，具备基础管理、智慧风控、应急管理等系列功能模块，直面并解决了一线生产中的实际问题，既大幅提升了生产运行效率，又节约了项目建设成本，是“安全风险分级管控、隐患排查治理双重预防性工作机制”理论转化为实践的成功案例。其相关应用情况获得中国民航网、中国民航报、中国民用机场协会、四型机场、海南新闻联播、新浪、搜狐、网

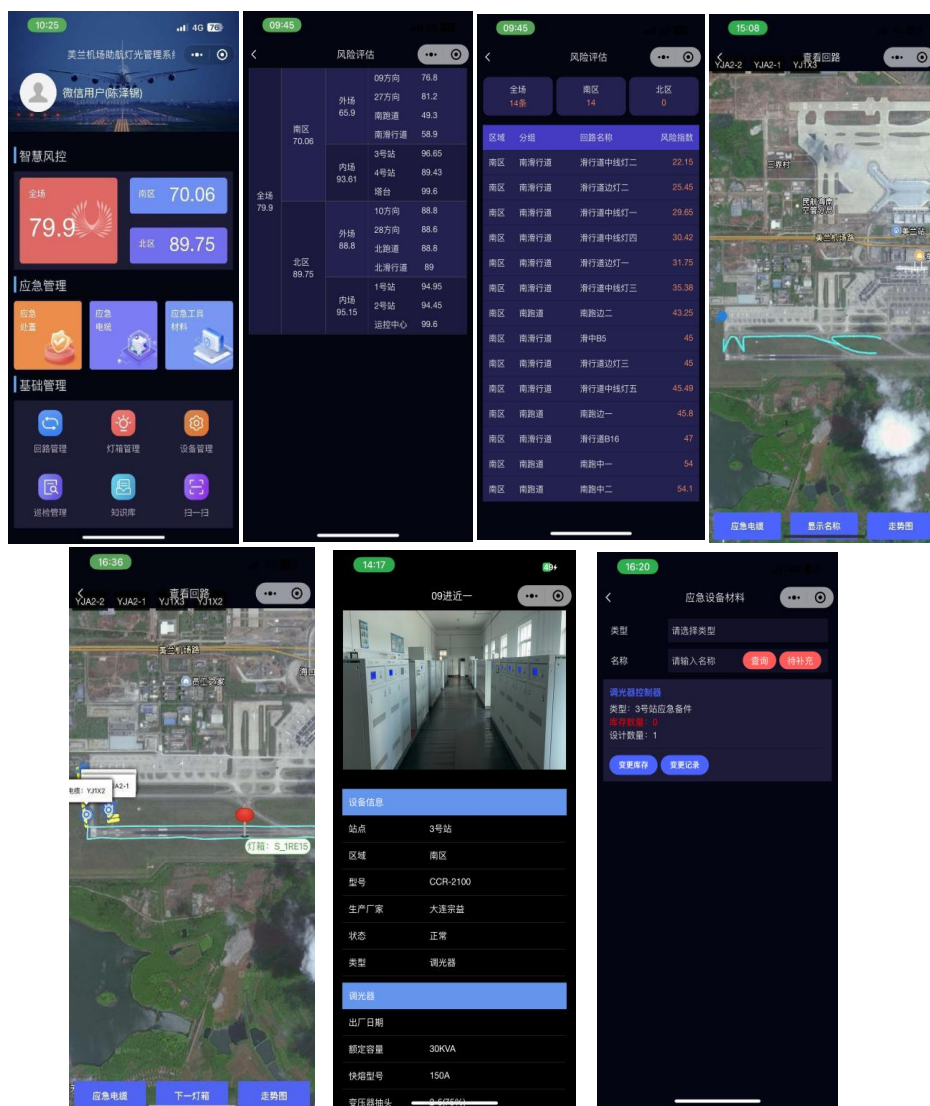
易、腾讯、澎湃新闻、今日头条、东方资讯、海南日报、新海南、三沙卫视等众多媒体报道与刊发，具有显著的经济效益和广泛的社会效益。

推广价值：该系统对助航灯光业务进行顶层设计，从安全基础、安全运营、双重预防机制应用、安全展示四个层面提出助航灯光智慧运行管理的解决方案，系统功能模块满足民航助航灯光业务全流程的智慧管理，其先进的管理理念、成熟的运行管理工具与质量管控体系组成了精细化的管理标准，进而形成可复制、可推广的现代化管理模式，可以广泛应用于民航助航灯光领域。目前行业尚无相关同类型产品，具有极强的行业推广价值与极广阔的推广应用前景。

示范效应：在机场本身层面，本系统的建设将保障机场安全飞行的基础水准，提升旅客出行安全体验，提高旅客民航出行满意度，从而提升企业形象，促进管理效率的提高，进而提高在民航行业的社会声誉；行业层面，本系统是适应先进生产力发展的时代要求，满足“四型机场”等相关国家的政策要求，促进助航灯光保障能力向更高的水平迈进，进一步推进新时代民航强国建设，强化了行业治理效能。

该系统架构支持门户集群的统一管理、部署便捷，可快速应用于各机场，用新技术发展新质生产力、筑牢安全新基座，助力民航行业全面提升助航灯光的运行品质，开启助航灯光智慧运行的新时代，推动民航平安机场与智慧机场高质量发展。

系统界面:



运行效率类

基于三维扫描与内窥技术的航空器结构智能检测评估 设备及系统

杭州萧山机场有限公司

项目组成员：柴筱岚、王磊、盛侃、杨威、丁华、吴赞、
仇志辉、张志辉、郑永宝

一、案例背景及意义

航空器内部部件和外部区域等结构瑕疵检查面临着难以接近，需要对覆盖物进行拆卸等情况，存在效率低、对人员要求高、精度不足等问题，难以满足现代航空器高精度、高效率的检测需求。随着内窥技术和三维扫描技术的发展，其高精度、非接触式的特点为航空器内外部结构瑕疵检查提供了新的解决方案。使用内窥设备可以快速接近目标物进行检查，还可以进行影像固定和溯源；使用三维扫描设备，能够快速获取航空器外部结构的三维数据，并与设计模型进行比对，从而高效、精准地检测出瑕疵，有效提升航空器的安全性和可靠性。将以上新型设备与操作工艺作为航空器结构评估的解决方案，提升航班运行效率。

二、案例基本情况及关键参数

（一）应用场景

1. 某航空器的 APU 需要详细检查，但是 APU 区域狭小，人员难以接近，对相关部位检查只能靠接近人员的目视检查结果来判断，效果不佳，而采用相应内窥设备可以完美地解决此类问题。

2. 某航空器发动机进气道唇口、机体蒙皮、平垂尾前缘等结构损伤需要完成损伤检测，可以采用三维扫描技术实现快速检测和定制化维修。

（二）关键参数

1. 扫描精度

部分案例中使用的三维扫描仪精度可达 0.02mm，甚至更高。

2. 扫描速度

多功能激光手持三维扫描仪，扫描速度可达 135 万点/秒。

3. 数据处理

将扫描数据导入自研的专业解析软件进行处理分析，与原始三维数模进行比对，生成检测报告。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 先进性

内窥设备引入航空器普通检查，软性摄像头方便接近，回传影像可固定可溯源。三维扫描技术采用非接触式测量，能够快速、精准地获取复杂曲面和异形结构的三维数据。

2. 成熟度

内窥设备已经是成熟的影像拍摄设备。经过多年发展，三维扫描技术在航空领域的应用已较为成熟，能够满足航空器高精度检测的要求。

3. 自主性

(1) 定制化算法：针对航空器复杂曲面、复合材料结构（如碳纤维蒙皮）和微小缺陷（裂纹、腐蚀等）的特点，开发专用算法。智能缺陷识别：基于深度学习模型，训练航空器典型缺陷数据库（如雷击损伤、凹坑、裂纹等），实现自动标注异常区域并生成量化报告。基于上述优势解析软件已申请软件著作权，具有独立知识产权。

(2) 工艺标准化、闭环工作流：从数据采集（扫描仪）→ 预处理（去噪、配准）→ 分析（缺陷检测、形变计算）→ 报告输出（3D 可视化+维修建议），全流程无缝衔接，效率提升 50%以上。

(3) 硬件—软件—工艺一体化解决方案：一体化操作流程完美匹配维修工程对生产的要求，形成一整套一体化解决方案。

（二）应用效果

1. 经济效益

通过三维扫描技术，能够减少检测时间和人力成本。例如，某项目通过使用三维扫描技术，预计节省劳动时间约 6-8 周。

2. 社会效益

提高了航空器的维修检查效率和安全性，保障了航空运输的可靠性。

3. 环境效益

减少了因检测不准确导致的维修返工，降低了资源浪费。

（三）推广价值

1. 适用性

三维扫描技术适用于多种航空器零部件的检测，包括机身、发动机、叶片等。

2. 可复制性

该技术操作流程相对标准化，软硬件加操作工艺成体系，易于在其他航空企业中推广。

（四）示范效应

1. 行业影响力

三维扫描技术在航空领域的应用已成为行业内的先进示范，推动了航空制造业的数字化转型。

3. 社会影响力

通过提升航空器的安全性和检测效率，增强了公众对航空运输安全的信心。

综上所述，三维扫描设备和工艺操作法在航空器外部结构瑕疵检查中的应用，不仅提升了检测效率和精度，还为航空领域带来了显著的经济效益和社会效益，具有广泛的推广价值和示范效应。

基于物联网与智能控制的高杆灯照明系统优化应用

新疆机场（集团）有限责任公司

项目组成员：陈光春、张剑、杨超、王新利、盛浩、卜阳阳、
谢祖祥、何钰、马成、张娜

一、案例背景及意义

（一）案例背景

新疆作为中国西部地区的重要枢纽，其航空业的发展对促进区域经济的繁荣和推动国际交流具有不可替代的作用。随着新疆地区航空业的快速发展，机场作为航空运输的关键节点，其运营效率和安全水平直接关系到整个航空网络的稳定运行。照明系统作为保障机场安全运营的重要组成部分，其智能化、节能化水平直接影响到机场的管理效率和能耗成本。然而，传统的高杆灯照明系统多采用手动控制或简单的定时控制方式，存在控制方式单一、能耗高、维护成本高等问题，亟须进行智能化改造。

面对传统高杆灯照明系统存在的问题，新疆机场集团积极响应国家绿色发展和可持续发展的号召，决定引入先进的物联网技术和智能控制算法，对高杆灯照明系统进行优化升级。通过智能化改造，旨在提升机场照明系统的管理水平，降低能耗，提高经济效益和社会效益，推动机场的绿色发展和可持续发展。

（二）案例意义

首先，它推动了机场照明系统的智能化改造，提升了机场的运营效率和安全水平。通过引入物联网技术和智能控制算法，实现了高杆灯照明的远程监控、智能调光和精细化管理，显著提高了照明系统的管理效率和响应速度。

其次，本案例的实施有助于降低机场的能耗成本，促进机场的绿色发展和可持续发展。传统的高杆灯照明系统由于控制方式单一、能耗高，给机场带来了较大的运营成本负担。通过智能化改造，系统能够根据航班动态和光照条件自动调整灯光亮度，避免了不必要的能耗浪费，有效降低了机场的运营成本和环境负担。

最后，本案例的成功实施为其他机场的照明系统智能化改造提供了有益借鉴和参考依据。随着航空运输行业的不断发展，越来越多的机场开始关注照明系统的智能化改造。新疆机场集团基于物联网与智能控制的高杆灯照明系统优化应用案例，为其他机场提供了可复制、可推广的实践经验和技术支持，有助于推动整个航空运输行业的智能化升级和可持续发展。

二、案例基本情况及关键参数

（一）案例基本情况

本项目选定乌鲁木齐国际机场作为示范点，致力于通过引入物联网技术和智能控制算法，对机场的高杆灯照明系统进行一次全面而深入的优化升级。项目的核心目标在于提升照明系统的智能化、自动化水平，以实现更加高效、节能的运营管理。项目内容涵盖了多个关键方面。首先，我们对高杆灯的灯光控制回路进行了全面的替换，采用了更加先进、可靠的控

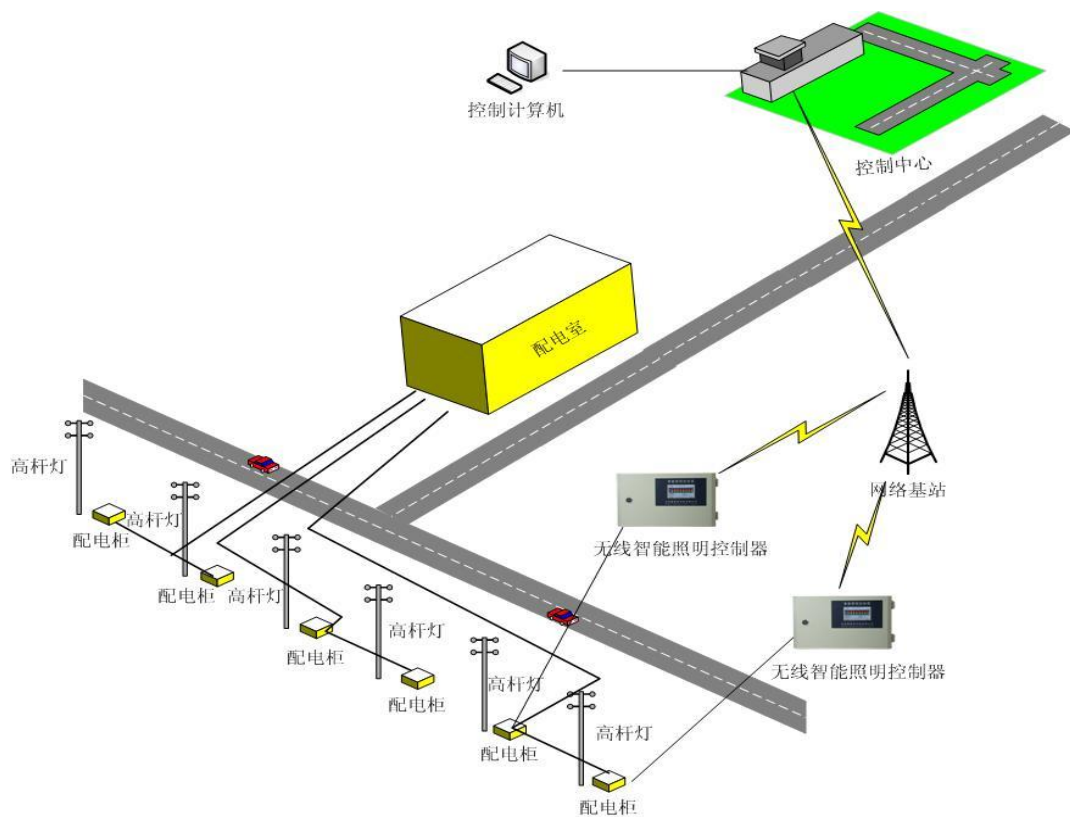
制技术。其次，加装了配电箱和智慧空开组，确保照明系统的电力供应更加稳定、安全。同时，引入了物联网卡，实现了照明系统的远程监控和数据实时传输。最后，我们搭建了后台服务器，作为整个系统的“大脑”，负责接收、处理和分析数据，并发出精准地控制指令。通过这些工作，我们为乌鲁木齐国际机场打造了一个智能化、高效化的高杆灯照明系统。后续将在新疆机场集团所辖各支线机场分批开展此项高杆灯的智能改造与优化。

（二）关键参数

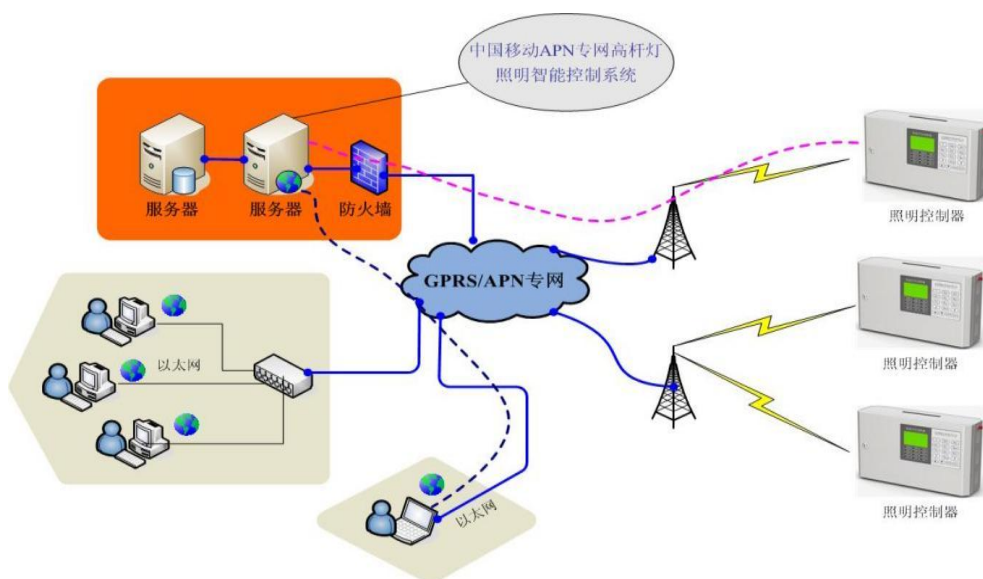
智能控制算法：本系统采用的智能控制算法是项目的核心技术之一。该算法能够根据航班动态和光照条件自动调整灯光亮度，实现节能减排和精细化管理。具体来说，算法会实时分析航班起降、停机坪使用情况以及天气状况等信息，然后根据这些信息调整高杆灯的亮度。例如，在航班高峰时段，灯光亮度会适当提高以确保机场的正常运行；而在航班较少或天气晴朗时，灯光亮度则会降低以节约能源。

物联网技术：物联网技术是本项目实现远程监控和数据传输的关键。通过物联网卡，照明系统的各项数据可以实时传输到后台服务器，包括灯光状态、电流、电压等。同时，后台服务器也可以向照明系统发出控制指令，实现远程开关灯、调光等操作。这种一体化的控制方式大大提高了照明系统的响应速度和灵活性，使得管理人员可以随时随地监控和调整照明系统。

A-CDM 系统联动：本系统与乌鲁木齐机场的 A-CDM（机场协同决策系统）保持实时同步，实现了灯光开关逻辑的定制化配置。A-CDM 系统是一个用于协调机场各方资源、提高机场运行效率的系统，通过与本系统的联动，可以更加精准地控制灯光的开关时间，确保机场的正常运行和节能环保。



高杆灯控制系统示意图



高杆灯通信系统示意图

(三) 全疆方案推广

根据乌鲁木齐机场试点经验，推广全疆 19 座干支线机场高杆灯实施智能化改造，截至 2024 年 5 月，目前采用高压钠灯光源的高杆灯共 120 基，现部分整流器、启辉器、升降设备和线路已出现老化和频繁故障的现象，主要问题为：耗电量大，灯具效率低，维护难度大、费用高等，每年钠灯光源高杆灯电费约 171.18 万元，维护费 19.68 万元。

全疆方案推广后，计划实施内容包括 LED 灯具更换、无线远程控制系统、智能控制器通信系统软件、专用终端控制单元、灯光数据中央处理器、照度传感器等内容。从根本上解决以往高杆灯开关需要管理人员频繁到达现场操作的问题，将管理人员从繁重的体力消耗中解放，可最大限度提高飞行区管理部门的保障能力，减少人力及资金的投入，为全疆机场的飞行区运行安全生产夯实基础。

三、取得成效

（一）技术创新

先进性：本项目采用的物联网技术和智能控制算法均处于行业领先水平。物联网技术实现了远程电力监控、开关操控和故障报警一体化控制，提高了照明系统的响应速度和灵活性；智能控制算法则能够根据航班动态和光照条件自动调整灯光亮度，实现节能减排和精细化管理。这些技术的引入使得机场照明系统更加智能化、高效化。该应用荣获新疆维吾尔自治区 2024 年“五小”示范性优秀创新成果、新疆民航 2024 年“五小”群众性创新征集活动一等奖。

成熟度：本项目所采用的技术均经过充分验证和测试，具有较高的成熟度和稳定性。物联网技术和智能控制算法已经在多个领域得到广泛应用并取得显著成效；同时，项目团队在项目实施过程中也进行了充分的技术调研和方案设计，确保了技术的可行性和可靠性。

自主性：本项目在技术创新方面具有较高的自主性。项目团队根据机场照明系统的实际需求和技术发展趋势，自主研发了适用于机场环境的高杆灯智能控制系统。该系统不仅满足了机场照明系统的智能化改造需求，还具有一定的可扩展性和可定制性，为后续的技术升级和优化提供了便利条件。

（二）应用效果

乌鲁木齐飞行区高杆灯改造共改造了 55 基灯，排除除冰坪机位 8 基灯，用 T2 和 T3 近机位高杆灯 28 基，A 南及东货库远机位高杆灯 19 基规

定范围，以 2022 年 7 月实测数据作为改造后样本，改造前样本通过原开灯时间和高杆灯额定灯功率计算样本，对两个样本进行对比分析。（注：2022 年 7 月，乌鲁木齐每日非日照时间约为 8 小时 50 分钟）改造前：总耗电量预估约为 50229 度。（高杆灯数量*平均非日照时长*单基灯单位耗电量*天数，即 $(28+19) * 4.04 * 8.83 * 30 = 50229 \text{kWh}$ ）改造后：总耗电量根据实测为 22580 度。总耗电量约下降 55%。

新疆机场改造完成后计划实现的应用效果有：

一是节能方面。改造前高杆灯全疆 19 座干支线机场总功率为 1302.60kW，按照高杆灯每天工作 8h，合计每天耗电量为 $1302.60 \text{kW} \times 8 \text{h} = 10420.80 \text{kWh}$ ；改造后高杆灯总功率为 510.83kW，按照高杆灯每天工作 8h，合计每天耗电量为 $510.83 \text{kW} \times 8 \text{h} = 4086.64 \text{kWh}$ 。每天可节省 $10420.80 \text{kWh} - 4086.64 \text{kWh} = 6334.16 \text{kWh}$ 。按 0.45 元/度计算，每天可节省 2977.53 元，仅灯具改造每年可节约成本为 108.68 万元。

二是减排方面。根据中国节能减排核定，每节约 1 度电，相当于节省了 0.4 千克煤的能耗和 4 升净水，同时还减少了 1 千克二氧化碳和 0.03 千克二氧化硫的排放；全疆 19 座支线机场按照每日亮灯 8 个小时计算，每年节省电量 206 万度，十年节省电量 2061 万度，并将可节省标准煤 8242 吨。在十年经营期内可有效减少温室气体及其他有害气体的排放，其中减少排放 CO₂（二氧化碳）20544 吨，SO₂（二氧化硫）618 吨，NO_x 氮氧化物 309 吨，TSP（悬浮颗粒）5604 吨。

（三）推广价值

适用性：本项目所采用的高杆灯智能控制系统适用于各类机场的高杆灯照明管理需求。无论是大型国际机场还是小型支线机场，都可以通过引入该系统实现照明系统的智能化改造和节能降耗目标。同时该系统还具有高度的可扩展性和可定制性，可根据不同机场的实际情况进行灵活配置和升级以满足不同场景下的照明需求和管理要求的变化情况的发生。

可复制性：本项目的成功实施为其他机场的照明系统智能化改造提供了可复制、可推广的实践经验和专业技术支持。其他机场可以借鉴本项目的成功经验和技术手段进行智能化改造和优化升级；同时项目团队也愿意与其他机场分享项目实施过程中的经验和教训以确保项目的顺利实施和取得预期效果。

（四）示范效应

行业影响力：本项目的成功实施在行业内产生了广泛的影响力和示范效应。越来越多的机场开始关注照明系统的智能化改造并积极探索适合自身需求的技术方案；同时本项目的成功经验和技术手段也为行业内其他类似项目的实施提供了有益的参考和借鉴依据。

社会影响力：本项目的成功实施不仅提升了机场的运营效率和安全水平还推动了城市的智慧化建设和可持续发展战略的实施进程。通过节能减排和精细化管理等措施系统有效降低了机场的能耗成本和环境负担；同时该系统的成功实施还为城市在其他领域的智能化改造提供了有益借鉴和

参考依据促进了城市的可持续发展和生态文明建设进程的发展步伐的加快实现城市的长期稳定发展和繁荣进步的目标的实现。

成都天府国际机场离港航班排序协同系统

四川省机场集团有限公司成都天府国际机场分公司

项目组成员：方冉、李庆赞、彭龙、涂云映、文彩阳、唐冯婷、
张文强、林驰滨、刘柯妤、王舫

一、案例背景及意义

1. 项目研究目的

成都天府国际机场积极响应民航局关于四型机场建设要求，持续推进数字机场、智慧机场打造，致力建设“国际一流、国内领先”的航空枢纽。为有效提高天府机场地面运行效率与航班正常水平，发挥机坪管制连接机场、航空公司、空管的纽带作用，天府机场完成成都天府国际机场离港航班排序协同系统（CDAS）的打造。CDAS 系统旨在借助数字化技术提升离港航班地面保障这一多保障资源协同、严时间窗限制、复杂条件约束的多模态过程运行效率，实现离港航班顺序精细安排、拖车等地面保障资源精准分配，进而促进航班正常性提升。

2. 离港航班地面保障难点

随着天府机场日起降航班架次增多，当前离港航空器地面保障工作程序已经无法满足航班量增长下的运行需求，主要体现在以下两个方面：

（1）离港航班地面排序不精准。

现有天府机场离港航班静态排序工作主要由“预排序”席位负责，机坪管制员需要综合考虑机场协同决策系统、全国流量管理系统等四套系统

中计算起飞时间、航班延误时间等十余项数据，依靠管制指挥经验进行人工排序。峰值时，机坪管制员需同时处理 20 个离港航班静态排序工作，席位工作负荷大，进而造成排序结果精细程序不高。

同时，航空器推出后的动态排序需要综合考虑三个机坪管制扇区及三条跑道运行情况，但机坪管制员只能准确掌握本扇区航空器运行情况，缺少对其他管制扇区及跑道运行情况的高效识别手段，容易出现离港航班顺序安排不合理的情况。

（2）离港航班协同保障不同频。

现有离港航班地面保障工作程序中，地服机务人员与机坪管制员缺少直接沟通渠道，一是地服机务人员对机坪管制员离港航班排序预案不清楚，只能根据航空器闪灯顺序决定拖车资源分配顺序，因此在航空器同时闪灯时容易出现拖车资源到位顺序与机坪管制员预案顺序不一致的情况，造成拖车资源浪费；二是机坪管制员无法得知现场实时保障进度，只能通过直通电话的方式让运行指挥室将地面保障需求信息进行转述，信息传递链条长、效率低，造成时间浪费，降低了航空器地面运行效率。

因此，需要对现有工作程序进行改进，以适应天府机场发展需求，进而促进天府机场服务质量提升。

二、案例基本情况及关键参数

1. CDAS 设计理论

通过分析整理一年多运行情况，天府机场梳理机坪管制的“排序底层逻辑”，打造一个集成各项生产数据的 CDAS 系统，来直观判别离港航班优

先级别，并解决拖车等资源分配不合理、临界航班保障催促不及时和离港排序不精准等问题。CDAS 系统以数据融合为基准，将空管、机场多套系统中机坪管制所需的数据融合到一起，并基于机坪管制的逻辑思维，分析、计算融合的数据，对离港航班进行自动排序，实现高效协同和资源共享。CDAS 系统的功能设计如图 1 所示。

2. CDAS 工作流程

在实际工作中，航空器的推开顺序取决于拖车等保障资源的到位顺序。管制、机组、机务等人员需保持高度一致才能效率最大化。传统上空管仅掌握地面资源分配信息，对保障节点进度信息无法掌控，CDAS 系统改进了机坪管制与地面保障人员沟通协调模式，将管制预案实时可视化呈现，最大程度减少沟通成本，最大限度优化拖车资源分配。CDAS 系统模式如图 2 所示。

3. CDAS 原理及性能指标

（1）约束条件

流量控制：离港航班根据是否受到流量控制分为受控航班（俗称卡点航班）和非受控航班。其中受控航班有特定的离场时间，必须按照 CTOT 时间进行计算。

航班临界：离港航班根据能否在放行标准起飞时间前起飞分为正常航班和放行延误航班。当放行延误航班架次增多时，航班正常性将降低，因此临近放行延误的航班优先级高于普通航班，但低于受控航班。

（2）出港滑行时间计算

CDAS 系统在自动排序时，根据航空器出港滑行时间来计算。对前期运行数据进行统计分析得出，不同停机位航空器从得到滑出许可到得到起飞许可正常滑行所需要的时间为 m 分钟，航空器从得到推出/开车许可到得到滑出许可所需要的时间为 n 分钟，则：

$$\text{出港滑行时间} = m + n$$

在实际运行过程中，考虑到航空器有加速滑行或者减跑道起飞所节省的时间，和在道口等待或者跑道外排队所多耗费的时间，需对航空器出港滑行时间计算公式进行优化。对前期运行情况分析，结合逐步回归法航空器滑行时间影响因素，得出离港航空器平均节省时间为 3 分钟，平均多耗费时间为 5 分钟，则优化后的航空器出港滑行时间将由最短时间值（ a 值）和最长时间值（ b 值）两部分构成，计算公式如下：

$$a = m + n - 3$$

$$b = m + n + 5$$

（3）CDAS 优先级判定

CDAS 系统中将航班的优先级等级分为四级，分别为一级（卡点临界）、二级（卡点）、三级（临界）、四级（普通），其重要程度依次降低，如表 1 所示。

表 1 CDAS 系统优先级定义

优先级	航班属性	定义
一级	卡点临界	$-3 \text{ 分钟} \leq \text{CTOT} - \text{标准起飞时间} \leq 3 \text{ 分钟}$ ，且 $a \text{ 分钟} \leq \text{CTOT} - \text{当前时间} \leq b \text{ 分钟}$ ，且航班命中流控

二级	卡点	a 分钟 $\leq$ CTOT-当前时间 $\leq$ b 分钟, 且航班命中流控
三级	临界	a 分钟 $\leq$ 标准起飞时间-当前时间 $\leq$ b 分钟, 且航班 未命中流控
四级	普通	除上述情况之外的其他航班

(4) CDAS 推出排序规则

在航空器抄收放行许可后, CDAS 系统将根据基准时间由近到远进行自动排序。其中, 基准时间计算规则如下:

若该航班受到流量控制, 则

基准时间=航班 CTOT 时间

若该航班未受到流量控制, 则

基准时间=航班放行标准起飞时间

此外, 对于基准时间相同的航班, 按放行标准起飞时间排序; 对于基准时间差值在 ± 3 分钟内的航班, 按照卡点临界、卡点、临界和普通的优先级顺序进行重新排序。

4. CDAS 的功能设计

CDAS 系统界面以推出排序、动态排序、数据统计、临界协调池和等待池等部分构成。支持推出前的预排序、推出后的动态排序、一键催保障、数据统计等功能, 如图 3 所示。

三、取得成效

1. 技术创新

CDAS 系统的研发有效解决了现有离港航班保障工作流程中存在的问题，创新性和先进性主要体现在以下几个方面：

（1）搭建了机坪管制员和地面保障人员间信息沟通渠道，实现机坪管制员到地面保障人员的保障资源“一键协调”以及地面保障人员到机坪管制员的保障进度“一键反馈”，缩短信息传递链条及中间流转时长，有效降低沟通时间成本；

（2）建立了离港航班排序预案信息共享平台，地面保障人员能够从手持终端中实时获取航班排序信息，实现拖车等地面保障资源按需分配，实现既有资源的最大化利用；

（3）对多套系统中离港航班排序所需关键信息进行整合，有效降低机坪管制员信息查阅难度；同时根据“预排序”规则实现离港航班自动化排序，有效降低机坪管制员工作负荷，实现离港航班精细化安排。

2. 应用效果

CDAS 系统的应用有效降低离港航空器地面等待和滑行时间，在节能减排、提质增效等方面取得显著效果。根据民航航班正常统计系统显示，天府机场 2023 年 10 月至 2025 年 1 月离港航班平均地面滑行时间为 13.72 分钟，较 CDAS 系统正式投入使用前减少 0.84 分钟。根据航空公司评估，B737 系列、A320 系列机型在地面滑行阶段平均油耗约 12 千克每分钟。同时，每消耗一吨航空燃料将产生 3.16 吨碳排放、航空煤油价格约 6000 元每吨，根据天府机场保障离港航班 243872 架次，可测算得出：2023 年 10

月至 2025 年 1 月，累计缩短地面滑行时间约 20 万分钟，相当于节约燃油约 2458 吨、减少碳排放约 7768 吨、节省燃油费约 1475 万元。

3. 推广价值

CDAS 系统的出现解决了原工作流程中数据孤立分散、消息滞后不同步等问题，可以实现信息高效精准传递、各保障单位无缝协同配合，有利于提高机场地面运行效率和航班正常性，最大限度利用有限地面保障资源。同时，CDAS 系统侧重于工作流程的重构和现有信息的整合，具有复刻难度低、投入资金少等特点。

4. 示范效应

目前，CDAS 系统已取得发明专利 1 项，软著 2 项，获得四川省总工会“五小”、智慧民航发展论坛优秀案例。同时，CDAS 系统作为《数字化技术助力出港航空器地面保障》项目创新点，助力该项目获得 CAPSE 创新奖。

成都天府国际机场远程无人驾驶登机桥

四川省机场集团有限公司成都天府国际机场分公司、

深圳中集天达空港设备有限公司

项目组成员：杨建伟、蒋靖、孟强、米运良、杨宇、雷安良、

林锐标、方琰、邓览、张剑

一、案例背景及意义

成都天府国际机场围绕登机桥行业发展瓶颈，调研全国的登机桥行业，目前均采用人工操作的传统接机方式，受限于不同人员的操作习惯及技能熟练程度，接机效率、接机准确性以及安全性难以实现标准化管理，对机场高效运行和旅客出行体验影响巨大，存在以下两个共性痛点问题：运行安全存在风险、运行效率亟须提升。基于以上问题，成都天府国际机场基于登机桥传感设备较全、可编程能力较强的特点，选择了可实现接退桥标准化操作的无人驾驶登机桥方向开展科技创新，计划通过改造建设 1 条具备 L4 级无人驾驶的登机桥进行技术和运行验证。该条无人驾驶登机桥在实际生产保障中，可实现无差错完成接退桥任务，提升接桥准确率至 98% 以上、单次操作时长缩短至 60 秒以内，为后续天府机场全面实现无人驾驶登机桥建设提供支撑。

二、案例基本情况及关键参数

自 2017 年以来，天府机场建设初期就与深圳中集天达深入交流登机桥智能化技术的应用，并对无人驾驶登机桥项目进行规划，逐步实现智能

登机桥的安装，调试，试运行，制定行业规范等等，并且计划未来在 L4 级远程无人驾驶登机桥的基础上探索 L5 级完全自主场景识别的无人靠接登机桥。

目前成都天府机场与中集天达对传统登机桥主要开展了三项技术改造，来实现登机桥无人驾驶：

1. 改造登机桥管理系统。通过对接外部系统，获取航空器型号参数、航班计划、航班动态等数据，使登机桥能自动掌握所需接桥的航班基础信息，能按照各类航空器事先设定好的基本运行参数自主选择合适的自动驾驶方案。

2. 改造登机桥传感系统。通过多轮验证测试，选择了双目视觉采集 + 位置传感器的感知方案，在登机桥接机口加装了双目视觉系统，配合遍布全桥的各类传感装置，帮助登机桥不但能看得见真实的航空器，掌握自身与航空器的位置关系，还能精准定位舱门位置，从而准确、安全进行接桥工作。使登机桥接机效率达 30% 以上，登机桥接机准确率达 98% 以上，登机桥无人驾驶接机功能安全性达 99% 以上。

3. 改造登机桥控制系统，通过对登机桥电机加装 PLC 控制电路，将通过 AI 算法计算出的登机桥运行方案转化为自动化控制信号，对登机桥各个电机进行变频控制，结合毫米波、激光等雷达探测进行的紧急避撞制动控制，最终实现登机桥平稳高效安全运行。

三、取得成效

（一）技术创新

实现登机桥无人驾驶，全国首创。实现登机桥 AI 舱门目标识别达到业界最高精准度，全国首创。建立登机桥自动驾驶的安全架构体系，全国首创。

（二）应用效果

在生产保障效率方面，无人驾驶接桥平均用时为 51.72 秒，较人工缩短了 30 余秒；靠接准确率达到 99.09%，较人工提升 8 个百分点；项目进行至今的 4700 余次接桥保障，未发生任何安全事故，登机桥保障效率和安全性得以大幅度提升。

在劳动生产率方面，传统登机桥运行模式下，每天每 6 台登机桥配备操作人员 2 名，三班倒共需配备操作人员 6 名；若采用登机桥无人驾驶接机模式，每 6 台登机桥只需配备操作人员 1 名，三班倒只需配备操作人员 3 名。天府机场拥有 127 台登机桥，可以减少操作人员配置约 63 名，劳动生产率提升约一倍，还可有效降低企业人工成本。

（三）推广价值

1. 应用推广

第一阶段为 2022 年 3 月—2023 年 4 月，开展有人值守自动接机（L3 级）测试验证工作，通过对 1333 架次航班自动接桥过程的观察、记录、分析，验证了登机桥全自动接机在接机耗时、接机准确性、接机安全性上相比人工操作均有很大的提高。

第二阶段为 2023 年 5 月—2024 年 6 月，开展无人驾驶自动接机（L4 级）的安装、测试、验证工作，由操作人员远程下达启动指令，登机桥对

真实航空器进行靠接。并且在 2023 年 9 月实现全球首条无人驾驶登机桥投入运行。截至目前已完成 4700 余架次的无人驾驶登机桥安全对接航空器保障任务。

第三阶段为从 2024 年 6 月开始,开展小批量的 L4 级别无人驾驶登机桥的升级改造,即一个操作台控制多条登机桥的安装、调试、验证工作。

2. 标准推广

参与行业作业规范和相关标准建设,制定高于欧标误差范围的国内登机桥无人驾驶行业标准。民航局已根据项目应用情况,将无人驾驶登机桥接机精度要求纳入民航局《民用机场无人驾驶旅客登机桥技术要求》

(AC-137-CA-2023-2),作为行业标准对外发布,具体条款如下:

3. 6.14 无人驾驶登机桥完成靠接航空器后的位置偏差精度如下:

前后水平靠机间隙(接机口前缘缓冲器与航空器机身前后水平距离)应当在 0~50mm 之间;

左右水平靠机偏差(接机口前缘缓冲器上的舱门对准线与航空器舱门左侧门缝左右水平距离)应当不大于 50mm;

高度偏差(接机口前缘缓冲器上表面与航空器门槛表面之间的垂直距离超出规定基准值的偏差值)应当在 0~50mm 之间

4. 成果推广

双流机场、深圳机场、兰州机场、哈尔滨机场均计划采用天府机场成果经验开展无人驾驶登机桥建设。

(四) 示范效应

行业影响力：2022 年 8 月 4 日全亚洲首条 L3 级全自动登机桥在天府机场投入运营，2023 年 9 月 15 日，全球首条 L4 级远程无人驾驶登机桥投入运营。为全球的传统机场登机桥向智能化发展起到了标杆示范的作用，吸引到了包括法国戴高乐、新加坡樟宜、北京大兴、上海浦东等国内外各大机场技术专家组来天府机场对此项目进行调研学习，为扩建改造做准备。

社会影响力：在媒体评论方面，获得了包括中国民用航空局、中国新闻网、中国民航报、光明网、新浪网等民航业及社会的高度评价。

机场行李处理系统动态仿真体系构建及应用

民航成都物流技术有限公司

项目组成员：彭镭、沈伟、何迅、杨慧荣、许鹏程、李松宇、
江承雨、李彪、杨力、常敏

一、案例背景及意义

1. 行业现状

随着航空出行需求的持续增长，机场系统规模不断扩大，以满足日益增长的旅客运输需求。作为航站楼内的最复杂的机电系统，行李系统的规划设计与运行管理面临诸多挑战，传统方法难以对复杂系统进行有效决策与定量分析。在欧美等民航发达国家，仿真模拟技术已广泛应用于行李系统的规划与运行管理，为方案比选、优化及管理模式改进提供了重要支撑。然而，我国对该技术的应用仍处于推广阶段，尚未形成成熟体系。

目前，国内在机场规划与容量评估领域开展仿真模拟研究的单位较多，但缺乏一套行之有效且易于操作的项目验证机制，难以对评估结果进行客观审验。当前商用仿真模拟软件主要由国外公司研发，这一现状凸显了我国在该领域自主创新与应用的迫切需求。

2. 背景及意义

为全面贯彻落实习近平总书记关于四型机场建设的指示要求，推进新时代民用机场高质量发展和民航强国建设，民航局发布的《新时代民航强国建设行动纲要》明确提出践行绿色智慧发展理念，将绿色理念融入民航

发展的全领域、全流程和全周期。《关于深入推进民航绿色发展的实施意见》强调，应充分利用仿真模拟等技术，提升新建、改扩建机场规划设计的合理性。《智慧民航建设路线图》进一步提出，综合运用 GIS、BIM 及仿真模拟等技术手段，提升机场选址、规划设计、施工建设及运营维护的智能化与绿色化水平，实现机场设施状态透彻感知、安全智能预警及养护智慧决策，为民航高质量发展提供技术支撑。

二、案例基本情况及关键技术

1. 案例基本情况

仿真技术已成为千万级机场行李系统建造的基本要求。本典型案例聚焦仿真体系构建与国产化仿真平台开发，为机场行李处理系统提供全生命周期解决方案。在可研阶段，基于历史运营大数据预测设计参数；设计阶段，模拟未来运行状况，识别系统瓶颈并优化流程；安装阶段，通过虚拟调试缩短现场调试周期；运营阶段，开展运营方案仿真及应急管理预案模拟，为决策提供参考；升级改造阶段，模拟新旧系统接口协议与数据交互，提前解决兼容性问题，确保平稳切换。

基于仿真体系，开发了具有完全自主知识产权的国产化仿真平台。该平台解决了高精度、高可靠性建模难题，将行李系统融入机场整体运行环境，实现系统协同与数据耦合，其灵活可扩展的架构支持未来功能模块的无缝接入。“十四五”期间，该仿真体系已在成都天府、重庆江北等十余个国内枢纽机场行李系统建设中发挥重要作用，显著提升了机场建设的前瞻性与科学性。

2. 关键技术

本案例基于自主创新的仿真技术体系，突破多项核心瓶颈，实现了国产化替代与行业推广价值，关键技术亮点如下：

全生命周期协同仿真架构：突破传统仿真技术局限于单阶段的弊端，构建覆盖规划设计、运营优化、升级改造的全周期仿真评估体系，实现从可研预测到运维决策的闭环管理。

高精度数据驱动建模技术：融合大数据分析与机器学习算法，对历史运营数据进行清洗、拟合与参数优化，构建符合民航局审核标准的设备族库与运行规则库，仿真精度误差率低于 3%，可精准还原行李系统真实运行场景。

多系统动态耦合仿真：将行李系统与航班动态、旅客流量、机场运营数据深度融合，建立全局耦合仿真模型，支持复杂运行环境下多因素交互影响分析，为机场整体效能优化提供科学依据。

自主可控仿真平台研发：攻克高精度建模、异构数据融合、分布式计算优化等技术壁垒，开发国产化仿真平台，具备完全自主知识产权。平台支持开源架构扩展，可快速适配不同机场规模与业务场景需求。

柔性化场景适配能力：通过模块化建模与参数化配置，实现从千万级枢纽机场到区域支线机场的灵活仿真，支持应急预案模拟、新技术验证等 20 余类场景，适应行业动态发展需求。

高性能计算与稳定性保障：采用分布式计算框架与轻量化引擎设计，在国产化信创环境下实现行李系统大数据实时处理，系统连续运行稳定性达 99.99%，有效支撑大规模复杂仿真任务。

三、取得成效

1. 技术创新

先进性：首次构建覆盖值机、安检、输送、分拣全环节的多维度耦合建模技术，基于历史运行数据与项目后评价反馈，形成规划设计—运营优化—升级改造的全生命周期闭环管理机制；

成熟度：该案例已经在天府、重庆等十余个国内枢纽机场得到实际应用，经过了长时间的验证及后评价，持续迭代优化，已具备稳定可靠的运行表现。这些机场的成功应用验证了平台的成熟性，从机场建设到运营管理的各个阶段提供可靠解决方案，有效提升系统的科学性和可靠性；

自主性：该仿真体系完全依托企业内部研发力量，核心技术均自有团队自主开发，且采用全开源可扩展软件架构，能够根据不同场景的需求进行二次开发和定制，打破国外技术封锁，形成可复制的行业解决方案。

2. 应用效果

经济效应：通过全生命周期资源精准配置，优化设备调度与预测性维护策略，显著延长设备使用寿命并降低运维成本。国产化仿真平台减少对国外软件的依赖，降低采购与维护费用，提升定制化能力，整体提高机场的投资回报率和长期运营收益。

社会效益：仿真体系为机场提供科学的全周期评估方法，提升设计方案合理性与运行效能，改善旅客出行体验。平台支持人员培训，提高运维团队技能水平，推动民航行业数字化转型，增强智慧机场自主创新能力，助力行业高质量发展。

环境效益：基于仿真体系优化设备启停策略，减少冗余设备配置，降低能源消耗与碳排放。通过动态预测系统运行状态，科学启用设备，设备利用率提升 20% 以上，减少不必要的能源浪费，助力实现绿色机场建设目标。

3. 推广价值

适用性：该仿真体系具备高度灵活性，可根据不同机场规模与需求定制解决方案，适用于大型枢纽机场及中小型机场。通过优化行李处理流程与新技术验证，显著提升系统智能化水平，满足多样化场景需求。

可复制性：体系已在十余个大型枢纽机场成功应用，包括成都天府、重庆江北等。其模块化架构与普适性方法支持快速部署与本地化优化，助力机场实现智能化转型，成功经验可推广至全国，加速智慧机场建设进程。

国产化替代：作为完全自主研发的仿真平台，成功替代国外技术依赖，降低采购与维护成本 50% 以上。平台具备高自主可控性，支持定制化开发，为民航行业提供安全可靠的技术解决方案，显著提升行业自主创新能力，推动国产化技术规模化应用。

4. 示范效应

行业影响力：该案例通过优化行李处理系统设计与运行流程，显著提升机场效率、降低故障率并增强安全性，成为行业技术革新的标杆。其成功应用为国内外机场提供了可复制的技术路径，推动更多机场引入仿真技术，加速行业智能化与自动化转型，提升我国民航业的全球竞争力。

社会影响力：仿真平台的推广应用不仅优化了机场运营效率，还大幅改善了旅客出行体验。通过提升行李处理智能化水平，有效减少托运行李排队时间及错误分拣概率，旅客满意度提升 20%以上，进一步增强了机场服务品质与社会认可度。

政策引导效应：国产化仿真平台的成功应用为行业主管部门提供了切实可行的技术示范，助力政策制定者深入理解国产技术的优势与潜力。平台验证了自主可控技术在民航领域的应用价值，为民航领域推动数字化、智能化与国产化战略提供了有力支撑，同时为相关政策和标准的完善奠定了基础，加速智慧机场国家战略目标的实现。

民航机场智慧地面运行保障系统

民航成都信息技术有限公司

项目组成员：唐政江、向飞、陈果、陈宏宇、吕晗殊、陈捷、
汪小琳、文博、肖文海、唐明杰

一、项目背景及意义

随着我国民航业的高速发展，2024 年旅客运输量已突破 7 亿人次，大型枢纽机场日均保障航班超 1200 架次，机场高密度运行已成常态。而智慧地面运行保障作为机场运行的核心环节，现有系统面临资源调配失衡、协同效率低下等瓶颈问题。

本项目旨在通过构建民航机场智慧地面运行保障系统，推动地面保障从人工经验决策向智慧化保障转型，显著提升了靠桥率和放行正常率，极大提高了机场地面保障运行效率和旅客满意度。同时，系统打破了英国傲创、美国优利等国外厂商的技术和产品垄断，提升了民航核心系统和装备自主可控水平，推动了行业技术进步，进一步助力民航强国战略实现。

二、项目基本情况及关键参数

项目紧密跟踪国内外枢纽机场地面运行保障方面的最新研究成果，结合多年来在机场信息集成技术软件的开发经验和产学研的技术，采用大数据、人工智能等新技术，针对航班全局态势精准感知难、地面航班精益化管理难、复杂场景下资源最优调度难等机场地面运控行业共性难题进行攻关，解决了机场运控协同能力不足、指挥决策效率低、保障资源空耗大等

问题，形成了涵盖理论、技术、产品的多项发明与原始创新，实现了机场地面服务保障水平的整体提升，按照信创标准完成国产化软硬件适配，最终形成满足工程实际需求的国产化产品。

项目成果全面支持手动/自动调度模式、任务自动调度成功率 100%、调度耗时<1 分钟、任务规则冲突率为零、支持冲突预警、响应效率>99%、执行效率>90%。

三、取得成效

1. 技术创新

(1) 先进性

本项目通过关键技术的创新突破、权威机构的查新认证和指标测试等，从技术本身、行业认证和科研转化三个维度充分说明了项目的技术先进性。

首先是关键技术创新：①提出了基于 ID-Mapping 模型的多源数据融合技术，数据缺失率降低了 42.7%、数据误差降低了 13%、数据延迟降低了 21%，实现了海量异构数据的高效关联和精准融合，增强了数据的可信度和可靠性。②攻克了基于航班保障业务聚类算法的航班画像技术，资源浪费率减少 16%、保障效率提升 23%，实现了个性化的航班保障模式识别，航班保障管理从“一刀切”向“分类施策”转变。③构建了基于运筹优化和高性能计算技术的航班地面保障服务智能调度技术，业务冲突率降低为 0、调度时间降低为 20 秒、平均保障时间减少 3 分钟、任务准点率提升 9%，提升了机场运行场面效率和地面服务水平。

其次是技术查新认证：2024 年 5 月，本项目核心技术“机场站坪特种车辆智能调度系统 V1.0”经中国科学院兰州查新咨询中心依据 GB/T32003-2015，对相关文献对比分析，在国内外公开文献中未见相同报道，技术具有创新性。

再次是技术指标领先：本项目经过与国外厂商奥创和优利分别进行对比测试，大部分指标都优于国外厂商系统，其中超千架次航班规模、数十万决策变量规模下的调度算法实现了秒级全局最优精确求解，耗时<1 分钟，远超国外厂商指标。因此 2024 年 6 月，本项目通过了四川省技术市场协会组织的成果评价会，专家组一致认为“该成果总体达到国际先进水平，其中地面保障态势精准推演技术和站坪特种车辆多目标智能调度技术达到国际领先水平”。

（2）成熟性

本项目实施至今经过多次技术迭代，在核心技术验证、行业技术认可、产业化应用等方面表现出充分的成熟性。

首先是核心技术通过权威测试：2024 年 5 月，以本项目关键技术为核心的“机场站坪特种车辆智能调度系统 V1.0”经成都精正检测技术有限公司依据 GB/T25000.51-2016，对其从功能性、性能效率方面进行了鉴定测试，测试结果为通过。

其次是关键技术得到行业认可：①2023 年 9 月，以本项目关键技术为核心的“民航机场站坪停机位时限性动态约束方法”荣获四川省专利奖创新创业奖。②2024 年 1 月，以本项目关键技术为核心的“机场摆渡车

智能调度系统”荣获第十七届成都国际软件设计与应用大赛决赛建圈强链揭榜赛一等奖。③2024年12月，以本项目关键技术为核心的“民航航班地面智慧运行算法及系统”荣获第十八届中国成都国际软件设计与应用大赛建圈强链揭榜赛二等奖。

最后是产业化推广应用成熟：本项目首先基于关键技术成果，针对不同应用场景和用户需求，完成了成果从中试样机到业务产品的集成；然后通过开展市场推广工作，最终成功推广应用到长春、杭州、重庆、兰州、南宁等大型枢纽机场，系统运行稳定，并获得了用户的一致好评。

（3）自主性

本项目在地面运行保障领域已获得发明专利32项、外观专利9项、软件著作权10项，形成了核心知识产权布局，实现核心技术自主可控，不存在重复研究问题和专利侵权风险，有利于科研成果应用推广，形成该领域的市场竞争优势。

此外本项目还对成果进行了全链条国产化适配验证，重点适配国内主流数据库、消息中间件和操作系统，确保适配后的软件系统能稳定运行并符合中国民航行业要求和标准，减少转化成果对国外关键基础软硬件的依赖，助力民航科技自立自强。

2. 应用效果

（1）经济效益

项目经过多次技术迭代，截至2024年12月，产生直接经济效益为4.43亿元。

（2）社会效益

项目通过打造具备国际领先水平的地面运行保障体系，首先在技术上打破了英国傲创、美国优利等国外厂商的技术和产品垄断，提升了民航核心系统和装备的自主可控水平；其次促进了大数据、人工智能等新技术与民航深度融合，推动了行业技术进步，有助于民航强国的战略发展；最后通过对地面运行保障能力的提升，使机场地服保障日任务调整率降至 2% 以内，靠桥率提升 6% 以上，机位变更率由 7% 降低至 3%、放行正常率平均提升 3 个百分点，显著提高了机场运行效率和旅客满意度，满足了人民美好出行的需求。

（3）环境效益

项目成果不仅提高了机场的运行效率，还减少了飞机滑行距离和站坪保障车辆行驶距离，每年平均减少飞机滑行距离约 27 万公里，减少碳排放约 2456 吨；每年平均减少站坪保障车辆行驶距离约 13 万公里，节约电力约 2.3 万千瓦时。有效节约了能源消耗，减少了废气排放及噪音对环境的影响，对机场及周边环境有着积极的环境生态效益，有助于实现机场绿色低碳转型，增强机场绿色发展的内生动力，助力中国绿色机场可持续发展。

3. 推广价值

为使技术成果顺应市场与产业化实际需求，减少转化风险，申报单位采取企业与高校合作的方式共同推进成果转化，建立由企业主导应用转化推广、高校主攻技术优化相结合的双向产学研协同创新产业化生态系统，

形成了“技术创新+产业模式创新”双轮驱动的高层次成果转化模式。截至 2024 年底，项目成果已在长春、杭州、重庆、兰州、南宁等大型枢纽机场开展了工程应用，提高了机场地面运行保障的智能化水平、保障任务执行效率，累计经济效益达 4.43 亿元。

同时随着智慧机场发展推动地面服务系统需求激增，保守估计本产品未来 5 年市场容量约 8.8 亿元（按千万级机场平均 1000 万/套，中小机场平均 300 万/套，机场 400 个、市场占有率 60%粗略估算），因此本项目产品市场前景广阔，具有较高的推广价值。

4. 示范效应

（1）行业影响力

首先，技术具有行业领先性，项目通过多源数据融合、航班画像及智能调度技术创新，实现了机场地面保障全流程智能化管理，其中精准态势推演与车辆调度技术达国际领先水平，填补了国内技术空白。

其次，解决了行业痛点，针对传统机场资源调配失衡、协同效率低等痛点，系统通过智能算法实现资源最优配置和任务的精准执行，任务规则冲突率降至 0%，调度耗时缩短至 20 秒，显著提升运行效率和服务水平。

再次，树立了行业标杆，项目成果已在长春、杭州等枢纽机场落地应用，形成了可复制的智慧保障方案，例如在杭州机场应用中，系统成功应对日均超 1200 架次的航班量，将靠桥率提升 6%以上，放行正常率平均提升 3 个百分点，年减少航空器滑行 27 万公里、保障车辆行驶 13 万公里，推动了机场绿色低碳转型，成为行业内智慧机场建设的标杆案例。

最后，推动了行业技术进步和行业标准制定，项目打破了英国傲创、美国优利等国外厂商的技术和产品垄断，实现了从硬件到软件的全链条国产化，推动了民航核心系统和装备的自主可控，同步参与了民航行业相关标准制定，为智慧机场建设提供规范化依据。

（2）社会影响力

首先，项目成果不仅可通过精准识别保障流程异常，实现机坪保障动态风险预警，保障机场运行安全，还可以通过优化保障车辆行驶路径等，减少能源消耗、降低碳排放量，助力机场绿色低碳转型；并且通过搭建航班画像与资源预测模型，实现了保障任务派发等全自动化决策，减少保障人员工作强度，提升地面运行保障能力、提高旅客满意度，推动了“四型”机场建设。

其次，项目成果有利于提升城市形象、带动地区经济发展，例如，在杭州亚运会期间，本项目系统成功应对日均超千架次的航班量，提升了杭州机场亚运期间的航班运行品质及旅客服务品质，保证了涉亚各客户群抵离“来时好、走时顺”，为亚运会、亚残运会圆满收官贡献了重要力量。

最后，项目成果的实施将推动机器学习人工智能技术的进步，带动上下游产业链协同发展，为大型枢纽机场顺畅高效运行提供核心技术支撑，对落实《“十四五”民用航空发展规划》、推动智慧民航高质量发展具有重要意义，有助于推动多领域民航强国战略发展。

机场地空一体化管理平台

民航成都电子技术有限责任公司

项目组成员：李静毅、李培、董彦成、蒋松、杨剑、
曹帅、何世泉、戈磊

一、案例背景及意义

根据《中国民航四型机场建设行动纲要（2020—2035年）》和《智慧民航建设路线图》的相关要求，创新民航运行、服务、监管方式，实现对民航全要素、全流程、全场景进行数字化处理、智能化响应和智慧化支撑的新模式新形态。据统计，截至2021年底，全国民航从业人员超过240万。随着业务的快速发展，出入控制区的空勤人员及机场持证人员剧增，机场针对此类人员的安全监管手段相对落后，目前以人工核验、手工记录为主，已不满足智慧机场和智慧监管的要求。具体表现如下：

1. 规范流程缺失，安全监管效率低

持证人员（空勤人员及机场员工）进入隔离区的证件查验、随身行李检查、视频联动、门禁权限控制等信息独立保存，无规范化的流程指导和统一监管平台。监管部门（管理局、航司）不能及时掌握持证人员机场全流程通行信息；机场对证件违规使用、携带违禁品等事件的记录，还停留在手工记录、纸质保管的阶段，数字化程度低，监管效率低。

2. 查验技术手段落后，准确率低风险高

针对持临时证件的机场人员及持纸质飞行任务书的空勤人员，主要采用人工比对查验方式，存在误判、漏判、伪造证件及飞行任务书发现不及时等安全风险。

3. 新业务场景系统支撑不足，安全保障水平低

空勤人员无法在机场授权区域自主一卡通通行。目前，空勤人员从廊桥登机口及侧梯进入航空器时，无核验手段或系统支撑，通常由地服人员通过请示相关管理部门，经口头授权代为打开门禁，安全和保障水平低。

机场地空一体化平台的建设实现对出入控制区人员的全要素、全流程、全场景管理，为管理局、航司及机场的相关部门提供全面的信息服务支撑，有效实现数据共享与协同、推进数据融合应用。

二、案例基本情况及关键参数

1. 基本情况

目前国内机场大多数采用地面人员开启侧步梯门禁（大兴机场除外采用双读卡器模式），天府机场航站楼旅客吞吐量增大、航班增多，机组人员证件查验拥堵，其次在空防安全压力增加的背景以及民航西南地区管理局的督促下，更加需要确保机组及机场员工的证件查验安全、高效。

2. 关键参数

指标名称	创新前	创新后	行业现状
人员通行效率	(机组需员工开门) 平均10秒/人次	机组与员工均2.5 秒/人次	全国首创
空防安全事故率	0.05%	0.01%	0.03%
人员满意度	85%	95%	90%

三、取得成效

(一) 技术创新

1. 先进性

(1) 业务创新：全国首家，引领行业发展，通过业务流程重构，实现航司与机场员工证件一体化验证通行

(2) 技术创新：技术指标领先，引入人脸算法、数据融合等信息化技术，实现证件真伪验证、人证合一验证，并支持多种查验模式

2. 成熟度

(1) 在系统研发中，采用当下先进的微服务框架提醒，实现了高扩展性和低耦合性。攻克了人脸比对数据处理速度的瓶颈，通过优化算法使软件数据处理效率提高了 3 倍，最终在天府机场成功上线。

(2) 系统在天府机场持续稳定运行，7*24小时支撑机场业务，其系统无故障率超过99.9%。

(3) 产品已经成功在天府机场、首都机场应用。

3. 自主性

- (1) 核心技术的自主掌控，具有全套知识产权。
- (2) 完成专利申请2件
- (3) 由天府机场业务专家与民航电子研发团队深度合作完成
- (4) 目前已经在天府机场、大兴机场、首都机场成功推广实施

(二) 应用效果

1. 经济效益

基于民航“降本增效”工作部署，机场积极挖潜，在不降低空防安全裕度的前提下，通过一次性技防投入、安保力量合理布防，实现航空安保管理效能提升和人工成本有效控制。以天府机场为例，本系统建成后，大幅度减少了巡视人员数量，为其极大节约人力成本。以天府机场为例：安检平均每天执行281次任务，每次耗时24.6分钟，安检上一休二，计算每日上班8h所需人力= $281 \times 24.6 / 60 / 8 = 14.4$ 个（人力），节约成本 = $15 \text{（人）} \times 12\text{w} \text{（年薪）} = 180\text{w}$ 。以大兴机场为例，项目投建后，预计每年为其节约人力成本逾3000万元/年，极大地提升了机场及航司的运行效率和经济效益。



民航二所空勤证一体化管理系统于北京大兴国际机场正式上线

来源：中国民航局 2023-06-14 17:38

字体：大 | 中 | 小 打印本页 分享到：

近日，由民航二所旗下民航电子公司产品事业部研发的空勤证一体化管理系统在北京大兴国际机场正式全面上线。

电子公司产品事业部证卡团队依托民航航空登机证管理系统，积极寻求新突破，在深挖用户业务痛点、难点基础上努力拓展新应用领域，通过人脸算法、数据融合、数据加密等信息化技术手段实现对空勤人员通行区域的管控，打造出使用更便捷、功能更完备、模式更多样的空勤证一体化管理系统。系统试运行期间，各项功能运行稳定，通行验证逾50000人次每周，单人单次验证时间低至3秒，全面替代了廊桥固定端原有机场监护及航司地服人员的工作，预计成本每年节约逾3000万元，极大地提升了机场及航司的运行效率和经济效益。

该项目从进场之初就面临现场施工审批流程复杂、现场业务需求不明确、核心模块响应时效要求高等棘手问题，项目组顶住压力、积极协调，逐一解决重重难题。项目团队经过3个多月日以继夜的辛苦耕耘，系统终于按时、优质上线，赢得了业主和航司的一致好评。

空勤证一体化管理系统通过数据赋能实现场景融合，是落实行业“数字化转型”、提高智慧防控手段的具体应用。该系统在北京大兴国际机场的成功上线，有力地提升了机组的通行效率，真正做到了机场保障能力的提质增效。产品事业部将再接再厉，以提供优质的行业服务为初心，坚持高效严谨的态度做好技术支持工作，为民航二所的高质量发展注入新动能，贡献新力量。

图1 西南管理局介绍系统上线新闻

2. 社会效益分析

目前，机组人员由机场巡视代刷门禁、查验证件的方式通行廊桥侧梯门。局方多次提出，航空器监护人员在履职期间，承担为机组开关侧梯门职责，存在导致人员非法进入飞行区风险。实施本项目落地实施后，可有效规避相关运行风险。

3. 安全管理能力提升

依托信息化手段和数据共享技术，实现空勤人员自主进出机场授权门禁，打破以往“人盯人”的单一值守模式。通过对人、证、通行权限的全方位管控，以“技防”代替“人防”，可有效提升机场安全管理手段和通行效率。

综上，在政策引导、市场容量和机场收益分析的多重驱动下，机场控制区持证人员一体化管理平台具有巨大的市场前景。随着四型机场建设的常态化推进，本项目应用前景将更加广阔。

（三）推广价值

机场地空一体化平台以广泛适用性与高效可复制性为核心竞争力，为交通行业数字化转型提供标杆解决方案。在适用性方面，平台深度契合机场管理的多样化需求，通过灵活架构设计覆盖人员准入、动态监控、数据互通等核心场景，既能满足大型机场复杂业务流程（如跨部门协同指挥、突发事件应急响应），又能适配中小机场的轻量化运营模式。其开放式的数据共享机制无缝对接管理局、航司、机场等主体的信息系统，打破传统数据孤岛，实现从航班调度到安防联动的全链条业务协同，显著提升管理效率与安全保障能力。在可复制性层面，平台基于行业通用技术标准与云原生架构开发，支持快速部署至国内不同规模、不同信息化基础的机场，并可通过模块化功能组合灵活匹配区域政策与业务特性。目前已在多个枢纽机场（南京、首都、大兴）成功落地，形成标准化实施路径与可量化的效能提升案例。此外，平台底层数据融合能力可横向扩展至安检口、道口、机坪等应用场景，助力构建全域智慧通行新模式，为其他交通新基建提供可复制的创新范式。

（四）示范效应

机场地空一体化平台通过构建数字化管理闭环，开创性地实现了民航领域“管理效能提升、安全能级跃迁、产业协同升级”的三维示范效应。

平台以人员全流程数字化管控为核心，打通了航司、管理局、机场等多个业务系统的数据壁垒，在首都国际机场等枢纽实现跨部门响应速度高度提升，应急事件处置时效缩短一半以上时间。其模块化架构设计不管在枢纽机场还是支线机场部署也展现出显著适配性。以天府机场为例，以30%的投入成本实现人工成本翻倍降低的效益，通行能力翻倍提升，验证了平台的可复制价值。更值得注意的是，平台开放性数据接口可延伸至机场各个业务场景，形成机场智慧通行领域可推广的“数字底座+场景应用”创新范式，为全国交通行业数字化转型贡献了可量化、可验证、可复制的标杆经验。

民航机场智慧货站

民航机场成都电子工程设计有限责任公司

项目组成员：黄健仓、张宝利、王巍、张子泓、吴尤骏、阮博、
曾宇、李连、赵剑锋、陈瑜

一、案例背景及意义

（一）案例背景

在全球航空货运需求持续增长和数字化转型加速的背景下，传统机场货站面临着运营效率提升瓶颈、人力成本攀升、作业安全隐患等突出问题。同时，货物错运率、设备空驶率等关键指标制约着航空货运枢纽的能级提升。

当前我国主要枢纽机场货站普遍存在人工操作环节多、异构设备类型多、信息孤岛多；智能调度少、协同作业少、标准规范少的问题。在此背景下，开展机场智慧货站无人化技术研发，既是落实国家《智慧民航建设路线图》的重要举措，也是推动航空物流产业高质量发展的必然选择。

本项目以打造新一代无人化智慧货站为目标，围绕“流程重构—设备创新—系统集成—标准建设”四位一体展开技术攻关。通过研制系列无人化智能装备，攻克异构设备协同控制难题，同步建立行业标准体系，形成可复制推广的智慧货站解决方案。

（二）重要意义

开创流程再造新模式，突破设备协同技术瓶颈：研发的智能调度算法支持包括 AGV、无人叉车、自动装卸机械臂等设备的实时协同作业。

二、案例基本情况及关键参数

产品概述：项目旨在建设基于 AI 的民航机场智慧化、无人化货站系统。包括机场货站无人化运行设备（AGV、ETV、无人牵引车、自动充电桩、堆垛机、自动分拣机、智慧货架、货物传输设备），无人化货站智慧运行管理系统，无人化货站智慧运行维护系统，车辆调度系统。通过研究开发、系统集成、设备优化改造，建立基于 AI 大模型的无人化民航机场智慧货站。通过信息流驱动货站底层自动化生产作业，实现入库管理、仓储管理、出库管理、装箱打板、地磅应用管理、地磅过磅、叉车管理、定位管理、仓储调度管理、收费计费管理等功能。项目首套设备在西安机场试点应用，验证无人化机场货站运营及维护方案的可行性和技术手段的实效性，基于 AI 大模型下的无人化机场货站建设。与机场传统货站比较，库房面积使用率提高了 40%，因为无人车不需要驾驶员，为企业节约了培养驾驶员的费用。航空器货物装卸准点率提高了 10%，货物结载时间缩短了 13%，降低人员劳动强度 60%，提升中转货物效率 31%，货物收运入库效率提升 13%，实现了提货出库的自助办理，自助提货。

三、取得成效

（一）技术创新

业务流程再造：通过结合西安咸阳国际机场三期扩建工程信息工程（四标段）无人作业系统结合机场货站业务与智能设备运行要求，项目提

出了一种全新的智慧无人化货站生产业务流程，推动了机场货站从有人化向无人化的转变，具有显著的创新性和前瞻性。

1. 业务流程再造，结合机场货站业务与智能设备运行要求，形成一种新的智慧无人化货站生产业务流程，建立一种全新的高效的机场货站运行模式，支撑机场货站有人化向无人化转变。

2. 研发一种新的机场智慧货站集成控制系统。实现智慧货站各异构设备集成运行监控调度，通过该系统，集成多个厂家多种类型的智能化设备，实现智能设备无人化生产运行调度，协同作业。

3. 基于货物特性的路径规划算法，实现货物在库区内最高效地运输。基于激光/视频融合的识别算法，实现在复杂环境下对托盘精准识别和叉取。解决复杂环境如：照度不足、托盘摆放不规范、运行抖动等。

4. 构建货运流程全覆盖、服务资源多要素的机场智慧无人化货站运行仿真模型。输入：机场航班、旅客、行李、货物历史数据集 H ，当前航班计划 F ， M 个运行场景分析维度， N 个数据挖掘和概率分布算法；输出：当日货物随时间变化的运动轨迹和运行态势。

集成控制系统：研发了新的机场智慧货站集成控制系统，能够集成多个厂家和类型的智能设备，实现无人化生产运行调度和协同作业，体现了技术集成和系统优化的先进性。

路径规划算法：基于货物特性的路径规划算法，能够实现货物在库区内的高效运输，提升了物流效率，具有较高的技术含量和应用价值。

识别算法：采用激光/视频融合的认识算法，能够在复杂环境下精准识别和叉取托盘，解决了照度不足、托盘摆放不规范等问题，展示了技术的前沿性和实用性。

无人化运行装备：基于货物特性适应性，研发了机场货站无人化运行装备，进一步提升了无人化运行的智能化和适应性。

技术规范和运行规范：形成了新运行要求下的技术规范和运行规范，为智慧无人化货站的标准化和规模化推广奠定了基础。

项目成熟度高，很多技术已经经过测试和应用，比如智能设备的集成控制和路径规划算法，都能在实际中有效运行。

项目自主性强，从业务流程设计到设备研发、算法优化，都能根据需求自主定制，不依赖外部技术，完全掌握在自己手中。整体上，项目不仅技术先进，而且已经具备实际应用的能力，自主可控性非常高。

（二）应用效果

1. 经济效益

航空物流货站运营成本显著降低：库房面积使用率提高了 40%，因为无人车不需要驾驶员，为企业节约了培养驾驶员的费用。航空器货物装卸准点率提高了 10%，货物结载时间缩短了 13%，降低人员劳动强度 60%：通过“流程优化+设备升级”双轮驱动，提升中转货物效率 31%，货物收运入库效率提升 13%，有效支撑货运枢纽能级跃升。

根据民航局《“十四五”民用航空发展规划》，“十四五”期间，新建机场 39 个，改扩建机场 24 个，迁建机场 10 个，到 2025 年，机场总数超

过 270 个。每个机场智慧物流建设费用初步估计约 2000 万元，则潜在市场规模总值达 54 亿元以上，市场规模巨大，发展前景广阔。

2. 社会效益

打造“智慧航空货运”标杆，提升机场货运信息化、智能化建设水平，确保航空货运安全运营；

提高运行效率，降低劳动强度，实现机场货站降本增效，建成安全、智慧、高效、绿色的航空物流体系；

满足机场货运体量持续增大的需求，为民航物流创新发展注入新活力，加快民航物流数字化、网络化、智慧化发展，提高航空物流服务水平。

安全生产根本改善，消除人机混合作业风险点。

3. 环境效益

通过路径优化等算法提升设备效率、降低空驶率等，助推民航业“双碳”目标实现。

（三）推广价值

1. 广泛的适用性

多场景适配：项目技术方案适用于各类机场货站，包括大型枢纽机场、区域干线机场及支线机场，具有高度的场景适应性。**多业务兼容：**支持普货、冷链、危险品等多种货运类型的无人化处理，满足航空货运多元化需求。**多规模扩展：**可根据货站规模灵活配置设备数量和系统模块，支持从小型货站到超大型货运枢纽的梯度化应用。

2. 显著的可复制性

模块化设计：采用“标准化模块+定制化配置”的架构，便于快速部署和推广，缩短实施周期。

成熟的技术体系：已形成完整的技术链和装备链，包括智能调度算法、无人化设备等核心组件，可直接复制应用。

（四）示范效应

本项目通过技术创新、标准引领和模式创新，在行业影响力、社会影响力和经济效益方面形成了显著的示范效应。不仅推动了航空物流产业的智能化升级，还为其他传统基础设施的智能化改造提供了可复制的解决方案，具有广泛的应用前景和深远的战略意义。

1. 行业影响力

技术标杆：项目打造了机场智慧货站无人化技术的行业标杆，为航空物流领域的智能化升级提供了可复制的解决方案。

标准引领：牵头编制行业标准，填补国内空白，推动智慧货站建设的规范化和标准化，提升行业整体水平。

生态构建：带动智能装备、物联网、5G 通信等相关产业发展，形成完整的产业链，促进上下游协同创新。

2. 社会影响力

安全生产示范：通过无人化技术消除人机混合作业风险，显著提升货站本质安全水平，为其他高风险作业场景提供借鉴。

绿色低碳典范：智能调度和节能设备的应用，大幅降低碳排放，助力国家“双碳”目标实现，树立绿色物流新标杆。

3. 经济效益示范

降本增效典范：显著降低人力成本和运营成本，提升作业效率和资源利用率，为传统基础设施智能化改造提供经济性示范。

投资回报样板：验证了无人化改造的投资回报周期和长期收益稳定性，吸引更多资本投入智慧物流领域。

太原机场托运行李智能装载系统

山西航空产业集团有限公司、

范德兰德物流自动化系统（上海）有限公司

项目组成员：贺淳、刘凯宇、李炫烨、李玉东、

杨恒亮、俞佳仪

一、案例背景及意义

传统的人工装载行李方式存在着诸多弊端。从成本角度分析，人工成本不断攀升，且需要配备大量的工作人员来完成行李装载任务，这无疑增加了运营成本。同时，人工搬运还容易出现疲劳、失误等情况，导致行李错装、漏装或损坏，进而产生额外的赔偿成本。从工作环境来说，行李装载工作劳动强度大，工作环境嘈杂、拥挤，对工作人员的身体健康和安全存在一定威胁。从机场管理角度，行李搬运工作属于简单重复劳动，年轻人从事此类工作的意愿度低，招工难及人员管理成为机场日益严重的运营问题。为了解决这些问题，机器人装载行李技术应运而生。

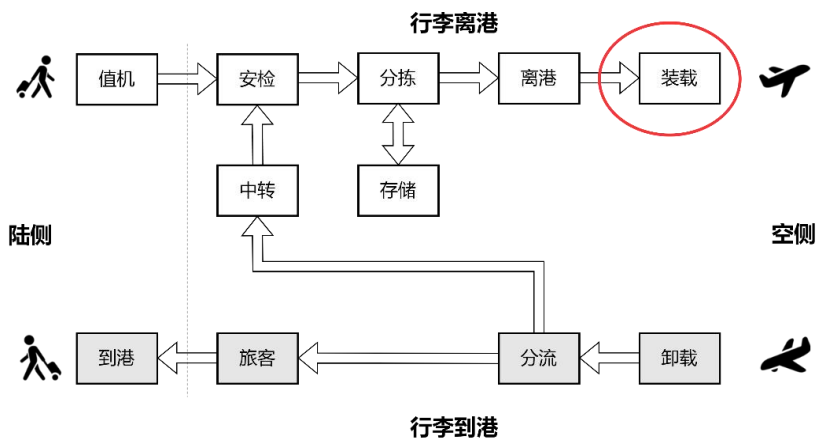
在国外，机器人装载行李技术的研究和应用开展较早。欧美等发达国家的机场和企业在这方面投入了大量资源，取得了一系列显著成果。早在20世纪末，一些先进的物流研究机构就开始探索将机器人技术应用于行李处理领域。

荷兰阿姆斯特丹史基辅机场在机器人装载行李技术应用方面处于世界前列，其建成的行李机器人智能装载设备已投入使用多年。该设备采用

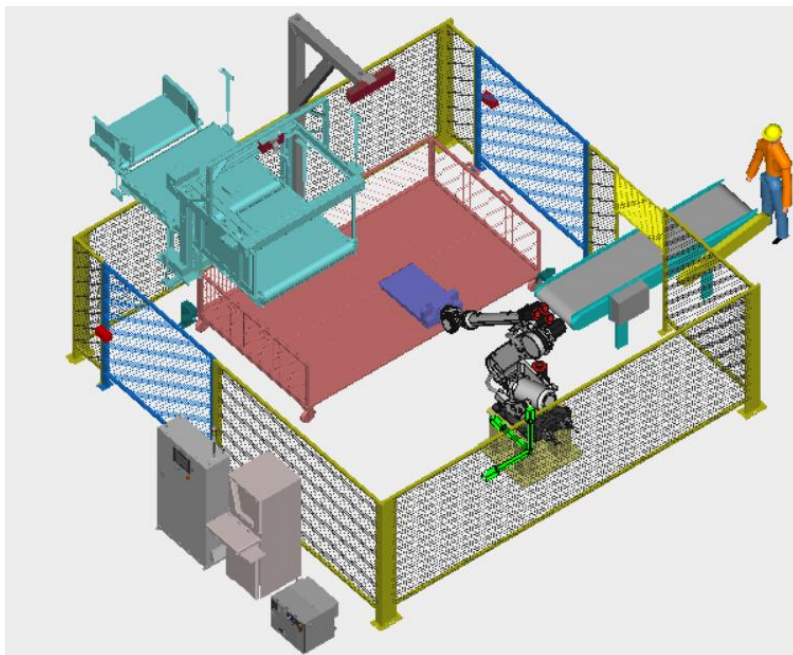
先进的机器人技术和自动化控制系统，能够实现行李的快速识别、抓取和装载。同时，英国希思罗机场也成功部署了类似的机器人智能装载系统，通过优化机器人的运动轨迹和装载算法，进一步提升了装载效率和准确性。

二、案例基本情况及关键参数

基于工业机器人和 3D 视觉系统的智能行李装载系统，主要应用于托运行李处理流程中的装载环节，具有易于和前道行李系统集成，适应行李的类型、尺寸、形状等种类繁多，充分利用平板车空间利用率的优点。



民航旅客托运行李运转流程图



机械手臂智能装载系统布局图

1. 关键技术构成

机器人装载行李技术是一个融合了多种先进技术的复杂系统，其核心技术包括工业机器人技术、3D 视觉技术以及人工智能算法。这些技术相互协作，共同实现了机器人对行李的高效、准确装载。下面将对这些关键技术的构成和应用进行深入剖析

2. 机器人本体

工业机器人作为机器人装载行李系统的执行机构，在整个过程中发挥着至关重要的作用。它具有多轴联动的特性，能够在三维空间内灵活地调整位置和姿态，从而实现对不同位置和方向的行李进行抓取和搬运。

在行李装载场景中，多轴联动的工业机器人可以轻松地到达输送带、平板车或集装箱等不同位置，准确地抓取行李并将其放置到指定位置。其灵活的工作轨迹和姿态使其能够适应各种形状和尺寸的行李，无论是规则的长方体行李箱，还是形状不规则的背包、手提袋等，都能被机器人稳定地抓取和搬运。



工业机器人

3. 3D 视觉技术

3D 视觉技术是机器人装载行李系统实现智能化的关键技术之一，它为机器人提供了对周围环境和行李的感知能力。通过 3D 视觉系统，机器人能够获取行李的尺寸、形状、位置等信息，从而为后续的抓取和装载操作提供准确的数据支持。

3D 视觉技术主要利用结构光、激光雷达来获取物体的三维信息，它通过向物体表面投射特定的结构光图案，如条纹、格雷码等，然后利用相机从不同角度拍摄物体表面的反射光图案。根据光的三角测量原理，通过计算不同角度下相机拍摄到的图案差异，就可以精确地计算出物体表面各点的三维坐标，从而构建出物体的三维模型。

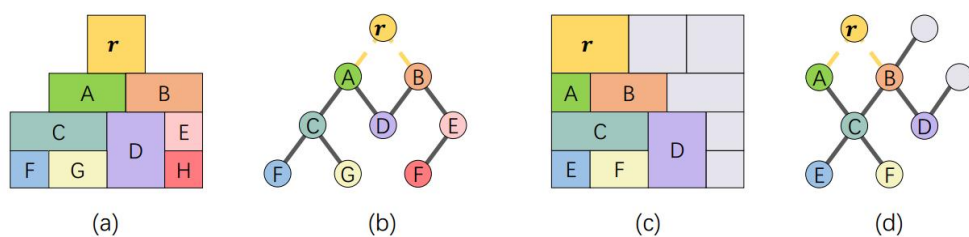
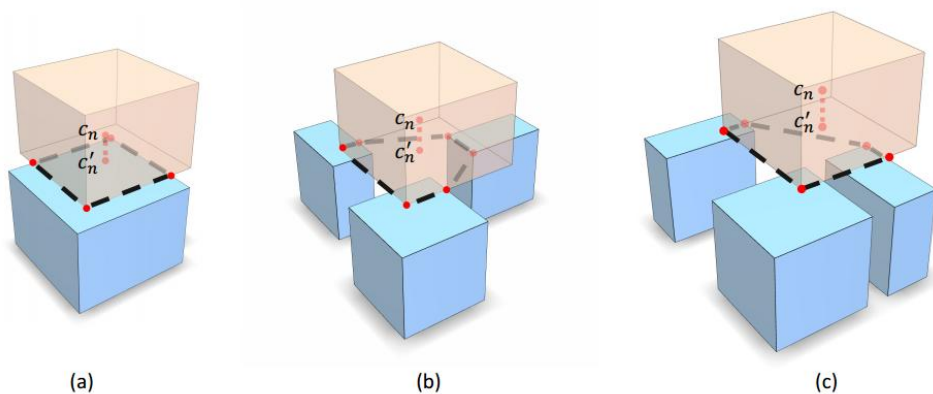
在行李尺寸和形状识别方面，3D 视觉系统首先对获取到的行李三维点云数据进行预处理，去除噪声点和离群点，然后通过算法对行李的轮廓进行提取和分析。采用边缘检测算法提取行李的边缘轮廓，再利用形状匹配算法将提取到的轮廓与预先存储的各种形状模板进行匹配，从而识别出行李的形状。经过点云滤波，范围限制之后，利群点去除之后，将剩下的点云选择最小包围盒，如下图。计算行李的尺寸和位置时，使用包围盒近似替代实际行李复杂的表面。



A 行李实际空间 B 最小包围盒

3D 视觉系统实现的功能包括在进料工位实现对行李类型，位置和尺寸测量，引导机器人准确拾取行李。同时对平板拖车和行李容器位置定位，并获得作业中已经装载的行李的位置，装载软件可以计算得到装载位置。

装载位置评估时，需要判断物体的重心是否被支撑点有效支撑。行李装载过程中的质量分布，通过更新堆叠树，动态调整重心的位置和质量分布，确保稳定性。



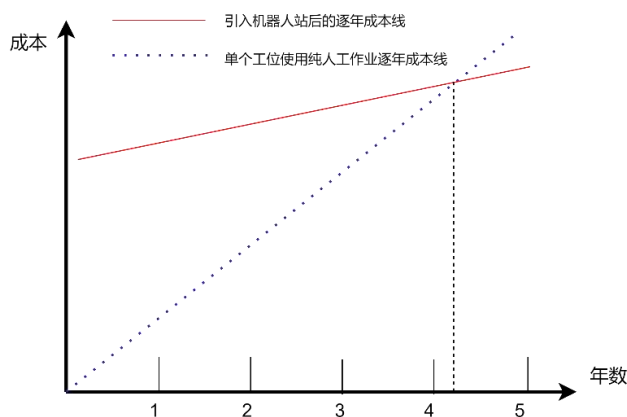
机器人轨迹生成模块根据行李装载位置，可以生成机器人作业轨迹，实现对行李的装载，包括接近轨迹和撤出轨迹。其中考虑了作业轨迹需要在可达范围之内，并能够避免机器人、手爪和已经装载的行李以及平板车干涉。

三、取得成效

机器人装载系统在实际应用中取得了显著的成效，在多个方面展现出了其优越性。

在成本降低方面，机器人装载系统虽然在初期设备采购和安装上需要一定的投入，但从长期运营来看，其成本优势明显。人工装载需要大量的人力投入，包括员工的工资、福利、培训等费用，而且随着人力成本的不断上升，这部分费用也在逐年增加。而机器人装载系统投入使用后，可大幅减少人工数量，降低人力成本。

现在机场中行李装载的工人采用每天2班，做1天休息1天（或者做2休2），因此可以近似认为一个工位，需要4个工人的成本。其逐年的成本线参见下图中的点状线。如使用本系统，一开始存在一笔一次性投入，后每年也会存在少量的维护，备件，和可能存在的人工补位费用。其逐年成本线见下图的直线。本系统和单工位成本比较，经过4.3年，两者成本相当。



机器人和单工位成本线对比

旅客满意度的提高也是机器人装载系统应用的重要成果之一。在传统人工装载模式下，由于行李处理效率低、出错率高，常常导致旅客的行李出现延误、丢失或损坏等问题，给旅客带来了极大的不便和困扰，从而降低了旅客对机场服务的满意度。而 机器人装载系统的应用，有效减少了这些问题的发生。系统的高效处理能力确保了行李能够及时、准确地装载和运输，减少了行李延误的情况；高精度的识别和抓取功能降低了行李损坏和错装、漏装的概率，使旅客能够更加放心地托运自己的行李，这对于提升机场的整体形象和竞争力具有重要意义。

传统的行李装载工作环境对工作人员的身体健康和存在一定威胁。频繁的重物搬运还会导致工作人员患上肌肉劳损、腰椎间盘突出等职业病。根据相关研究，从事行李装载工作 5 年以上的人员，很多会出现不同程度的肌肉和骨骼损伤。机器人的应用可以将工作人员从这种恶劣的工作环境中解放出来。

对于机场等交通枢纽来说，高效的行李处理系统能够提高旅客满意度，增强机场的吸引力和竞争力。同时，该技术的发展也推动了物流行业向智能化、自动化方向迈进，促进了相关技术的创新和应用，为整个物流行业的可持续发展奠定了基础。因此，机器人装载行李技术具有重要的现实意义和广阔的应用前景。

宁波机场部署构建航站区智慧协同决策运控平台

宁波机场集团有限公司

项目组成员：徐陶湘、郑豪峰、吴挺、韩劭飞、张跻、毛科杰、
王蓉飞、匡志勇、张琪、赵军

一、案例背景及意义

航站区作为民航旅客出行的关键界面和前沿窗口，承担着机场运行管理和旅客服务保障核心职责。随着航班量和旅客量的逐年递增，宁波机场2024年正式步入双航站楼运行新阶段，航站区的管理难度、强度和广度持续放大，传统的区域管理手段的短板掣肘逐渐显现，严重制约机场整体运行效能的扩容提级和质效跃升。针对关键痛难点，宁波机场基于航站区运行现状、管理机制和成本投入穿透式评估诊断结果，通过引入物联网、大数据、数字孪生等核心技术，打通航站区现有数字子系统接口实现数据共享，渐进式串联整合部署基于宁波机场航站区为建模基础的“四网一统”航站区运行分析平台（巡航数字助理），补足建强航站区运控管理短板弱项，实现区域管理能级的跃升，具有以下三个方面积极意义。

（一）主动响应行业客观趋势之需。

国家正在全领域深入推进创新发展战略，民航局《关于贯彻落实党的二十届三中全会精神进一步深化民航改革的实施意见》以及积极发展民航领域新质生产力、扎实推进智慧机场建设的总体要求，本项目是主动落实

上级部署要求，聚焦新质生产力领创探索智慧民航示范应用场景的先行举措。

（二）高度契合区域一体化运行提效之需。

宁波机场航站区面积约 16.5 万 m²，各类运行保障设备设施、物资超万项，各类保障链条交叉；旅客服务环节、细节繁杂等，运行问题、特殊情况呈现指数级增长，依靠现场巡查、视频监管、电话传输、人工制表、手工统计等方式有限管理，手段相对落后、效率较低、亟须数字化管理手段辅以智能化设备设施有效提升区域运行效能；

（三）积极探索民航高质量发展路径之需。

随着航班旅客量的逐年递增，航站区的管理难度、强度和广度将持续放大增强，低效粗放的管理手段模式已无法满足航站区高效管理和机场高质量发展的内外部现实需求，本项目基于机场关键运行界面应用部署，为机场实现高质量发展提供示范样板。

二、案例基本情况及关键参数

项目以航站区智慧运控系统为功能底座和数据框架，部署航站区日检查数据、资源管理、环境管理、客户关系、施工管理、运维管理、外包管理七大二级模块，前端部署智能机器人实时交互巡检传输数据，构建全景式多矩阵一体化航站区协同决策运控平台（巡航数字梳理），其中日检数据、环境管理、客户关系通过区域检查日报、环境监测系统、CAPSE 旅客满意度分析报告数据分解导入，施工管理、运维管理和外包管理模块通过部门管理数字系统实时导入集成至 TOC 运行大屏进行可视化实时运行，工

作人员通过集成大屏随时查看航站区总体运行情况和各二级模块数据研判施策，渐进式建立运行“四网一统”全链四云（云整合、云处理、云调配和云监管）平台。案例关键参数具体如下：

（一）日查日检模块

每日上传航站区检查日报，日均上传包括各类服务亮点、待改进项等数据 50 条以上，通过单位、事项的横纵向评估形成分析报告作为各单位航站区运行考核重要参考依据。

（二）资源管理模块

通过明确航站楼区域资源分类，统一资源命名，完成航站区内各类重要物资资源的信息排摸并导入到管理后台（其中包括房间信息、设备信息、物资等超过 8000 个单项内容）生成物联网二维码，组建航站楼区域统一标准的全资源索引数据库，工作人员可通过扫描二维码便可快速查找确定资源归属，实现资源高效盘点调配。

（三）环境管理模块

通过分布于航站区各区域的 60 多个环境传感设备实时传输区域微气候指标（温度、湿度、光照、颗粒物等），并通过数值区间的提前设置实现环境预警功能，便于工作人员为实现灯光、空调的智能化调控实现节能降耗和空气治理双效并举。

（四）设备运维模块

将登机桥、行李线、电扶梯等近百组关键民航设备设施植入监测芯片并集成至后台系统，实现各类设备设施的自动预警报修，实现速检、速查、速修，整体检修效率提升 20%。

（五）巡检机器人模块

引入 2 台智能 AI 机器人部署在 1 号、2 号航站楼，采用自定义任务和后台操作双模式，基于视觉技术与多类传感器采集现场图像、设备状态、人流情况、温度及环境气体等数据实时上传，实现自动巡检与定制巡检的高效切换融合运用，大大提升了航站区巡检的高效性，有效细化航站区运行监管颗粒度。

（六）数字孪生模块

采用数字孪生技术在虚拟空间中镜像宁波机场 2 号航站楼构建全景式三维模型，模型具备特效渲染同步支持“分楼层展示”“楼层透视展示”“三维巡航”等特有功能，将功能模块的数据变更集成到一张屏中进行实时呈现，成为实时的区域协同决策应用集成场景平台。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 先进性：项目采用服务器、银河麒麟操作系统、国产化数据库，以及开源可控的软件框架，全源码可控，具备全部独立的知识产权，可以有效提高系统的自主性、可控性、安全性，并且在合规性方面更符合国内的要求，实现国产化率 100%，采用 ETL 抽取关键数据优化加载时长，将数据查询时长从 1 分钟优化至毫秒级，技术设计统一松耦合的架构，采用

微服务技术框架，保障代码功能的复用及后续的升级拓展，针对 7 大业务模块数据轻量化处理，数据库系统每周自动进行一次完整备份，确保关键业务分析数据保存超过 5 年，大大提升数据安全性和可追溯。最后项目采用数字孪生技术构建全景式三维模型，实现航站楼的虚拟空间镜像，支持分楼层展示、楼层透视展示、三维巡航等功能，能够实时呈现功能模块的数据变更，后端跨平台支持多架构，集成机器人数据自动采集与统计分析，扩展性及运维效率显著提升，处于行业同类系统领先水平。

2. 成熟度：该项目采取渐进式分阶段研发运用，从单一系统到多系统联动，从 2 号航站楼到双航站楼运行，系统功能、模块持续迭代升级优化，应用场景由单一向多维拓域扩容，直至 2024 年中期完成部署，现已成为航站区运行监管的核心平台和关键手段。

3. 自主性：项目根据航站区运行实际情况，采取自主研发加委托开发的形式，机场拥有全部知识产权，是省机场集团首个可视化航站区运行分析平台系统，体现了较高的自主性。

（二）应用效果

1. 经济效益：通过全域盘点摸清了航站楼的资源家底，打破了楼内各单位资源管理的尴尬局面，减少了各单位自建系统的重复投入，同时，建立统一标准数据库为后续资源采购、统筹管控和高效利旧提供有力支撑，有效避免了部分物资重复采购、增加非必要成本、供需失衡等情况，累计节约航站区软隔离、座椅、垃圾桶、标识标牌等采购费用 30 万元，最后

巡航班组 1 人多岗和 1 岗多能的模式得以落地，进一步降低人力成本提高综合劳动效率。

2. 社会效益：项目立足航站区运行管理现状，通过数字化手段实现了航站区安全、服务、运行、环境、人员、资源等全要素的高效管控，提升了航站区的运行效能和服务质量，为旅客提供了更加安全、便捷、舒适的出行体验，有助于提升机场的整体形象和竞争力。同时，项目的实施也为机场的管理创新和数字化转型提供了有益的探索和实践，对推动机场行业高质量发展具有积极的意义。

3. 环境效益：通过数字化温控管理和精准资源调配，减少航站区不必要的资源浪费和能源消耗，有效节约航站区年度能耗费超百万元，降低设备设施的闲置率和损耗率，延长设备使用寿命，进一步减少因设备更新换代所产生的废弃物和资源消耗，有效助力绿色机场和“双碳”机场建设。

（三）推广价值

1. 适用性：项目是基于航站区运行管理的实际需求研发的，针对机场航站楼这一特定场景，具有较强的针对性和适用性。对于其他千万级机场的航站区运行管理具有可复制性，通过升级模块调整功能即可实现系统的衍生运用和架设，能够满足不同机场在航站区管理方面的多样化需求。

2. 可复制性：项目的设计理念和技术架构具有一定的通用性和可扩展性，其自主研发的核心业务系统和智慧运控决策平台可以根据不同机场的实际情况进行定制化开发和优化调整，具有良好的可复制性。同时，项

目在实施过程中积累的经验和教训也为其他机场提供了宝贵的参考和借鉴，有助于降低推广过程中的风险和成本。

（四）示范效应

1. 行业影响力：项目获得多项荣誉，包括 2024 第七届 CAPSE 民航创新大赛创新奖、2024 年民航质量提升实践大赛铜奖等，这些荣誉充分体现了项目在行业内的创新性和先进性，对机场行业的管理创新和数字化转型起到了积极的示范和引领作用。同时，项目作为省机场集团首个可视化航站区运行分析平台系统，为其他机场的类似项目建设提供了可借鉴的案例和经验，推动了机场行业在数字化、智能化方面的整体发展。

2. 社会影响力：项目实施提升机场航站区的运行效率和服务质量，为旅客提供了更好的出行体验，有助于提升机场在社会公众中的形象和声誉。此外，项目通过数字化手段实现了资源的优化配置和高效利用，体现了对资源节约和环境保护的重视，符合社会可持续发展的理念，对社会具有积极的示范和引导作用。

驭势领航：无人驾驶牵引车全域赋能智慧机场新生态

驭势科技（北京）股份有限公司

项目组成员：韩冰、张凯迪、李冲、陈莹、张培硕

一、案例背景及意义

随着全球航空物流需求的快速增长，机场运营面临人力成本高、安全保障压力大、管理效率不足、绿色转型迫切等挑战。与此同时，中国民用航空局近年来发布了《机场无人驾驶设备应用路线图（2021—2025 年）》《智慧民航建设路线图》《机场无人驾驶设备技术要求》（征求意见稿）等相关文件，为我国民用运输机场无人驾驶设备的应用及发展提供了上位政策支持，也为我国智慧机场的建设指明了发展方向。

在传统运营模式现实挑战叠加智慧民航建设政策驱动下，驭势科技无人驾驶牵引车以“全场景、真无人、全天候”的自动驾驶技术为核心，能够有效降低机场运营及后续人工、维护成本，实现全天候运输需求；同时可根据进出港航班架次情况科学规划安排任务，利用闲时充电保障高峰作业需求，从而提高整体运输效率；驭势云平台可提供完整的车辆运行使用数据，通过对作业数据的分析，提高运行管理水平；同时也是落实蓝天保卫计划，助力“双碳”目标实现的重要组成部分。

二、案例基本情况及关键参数

（一）无人驾驶牵引车关键参数

驭势科技无人驾驶牵引车（以下简称“T30 AL”）是基于符合民航标准的行李/货物牵引车开发，具备 L4 级无人驾驶能力，搭载了由驭势科技自主研发的 U-Drive®智能驾驶平台，依托车身部署的 4 颗高线束激光雷达、高精度北斗卫星定位系统和多组高清摄像头等传感器设备，融合确定车辆位置和感知周边环境，实现无人驾驶、智能感知、自主巡航、换道、避障、紧急制动、精准停靠等功能，同时，T30 AL 具备电子围栏、防抢夺、弱网络自适应、自动脱挂钩、精准停靠等多种安全及业务功能，无需改造场地，即可快速部署，适配多种机场业务场景，满足机坪场景下的高安全、高效率运行需求。

驭势科技 U-Drive®智能驾驶平台，采用车规级智能驾驶控制器，支持多传感器信息融合，采用端到端模型检测算法及动态路径规划，通过冗余线控系统实现车辆控制及安全接管。通过 OTA 远程升级持续优化车端算法模型，覆盖长尾场景，实现感知识别、融合定位、决策规划、执行控制等。车云通信采用 MQTT 协议，在保证车云通信安全的前提下，平台可实时接收车辆上传的运行数据，包括车辆位置、状态、行驶轨迹等信息，同时向车辆发送调度指令等控制信息，实现对车辆的远程监控和集中管理。

（二）案例基本情况

1. 香港国际机场

2018 年 4 月，T30 AL 首次携安全员进入香港机场测试，2019 年 12 月正式启动常态化运营，成为全球首个在实际操作环境下实现无人驾驶牵引车常态化运行的机场。2021 年 9 月，驭势科技推出全球首款无人驾驶

巡逻车，用于在香港机场禁区内巡逻。2023 年 5 月，驭势科技无人驾驶巴士在香港机场正式投入运作，主要用于机场禁区内的员工接驳服务。截至 2024 年底，香港机场共有 10 余条无人驾驶运输路线，运输路线覆盖地上地下、室内、隧道等各类复杂场景，近百台 L4 级无人驾驶车辆（包括牵引车、巡逻车、巴士）商业化运营，每日服务过百航班，无人驾驶里程超 200 万公里，无人驾驶常态化安全运营超 1500 天，运营以来实现“零主责事故”安全运行。

2. 乌鲁木齐地窝堡机场

2020 年 10 月，T30 AL 在乌鲁木齐机场国际货站区域完成了首次测试，2022 年 1 月 3 日，正式投入全天候真无人运行，成为国内首个机坪无人驾驶货邮运输案例。T30 AL 在乌鲁木齐机场攻克了极寒环境下传感器稳定性难题，实现了冰雪路面精准感知与多车协同避让，同时创新解决了飞机推出避让、特殊天气运行、超长超宽车辆避让、空旷机坪融合定位、刹车优化等众多影响无人驾驶稳定安全运行的问题和风险。截至 2024 年底，乌鲁木齐机场共有 10 台 T30 AL 用于货站至机坪待运区的货物转运，实现机坪运营超过 1000 天（疫情期间保持正常运行），无人驾驶总里程超过 14 万公里，累计运输超过 5 万趟，转运拖斗超过 13 万个，保持零安全主责事故记录。

3. 广州白云机场

2022 年 3 月，广东省机场集团物流公司首次引入 5 台 T30 AL，在国内货站出港业务动线开展试点运行。2023 年 6 月，进一步扩展至国际货

站进出港业务动线，运营路线包括 10 余个装卸货点及安检道口无人化交互场景，解决了货站内人车混行、狭窄通道避障等难题。截至 2024 年底，共有 13 台无人驾驶牵引车在广州白云机场常态化运行，累计运输国内货物超 20 万板、国际货物超 8 万板。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 先进性

T30 AL 按照《民用机场无人驾驶设备技术要求》（征求意见稿）技术要求设计，满足多种部件的全栈冗余和多层次失效监控和应对机制，对故障进行分级处理包含 100+条安全策略，覆盖近千项潜在风险场景，可全面处理和模拟各种失效场景。

2. 成熟度

截至目前，T30 AL 在香港机场实现连续运营超 1500 天，里程超 200 万公里；在乌鲁木齐机场已实现机坪连续运行超 1000 天，累计运行超 14 万公里，均保持零主责事故记录，技术成熟度高。

3. 自主性

驭势科技从感知、决策到执行的自动驾驶技术链条均为自主研发，涵盖智能驾驶控制器、AI 算法、云端智能驾驶大脑等核心模块，产品国产化率超 90%，并获超过 560 项授权专利，覆盖自动驾驶算法、硬件设计及系统集成等多个领域，自主性高。

（二）应用效果

1. 经济效益

T30 AL 支持 7×24 小时作业，每年可为乌鲁木齐机场节省 9 名司机，节约成本 135 万元；每年为香港机场节省超 120 名司机。

2. 社会效益

T30 AL 不仅降低了疲劳驾驶风险，提升了机坪车辆运行作业规范性和安全性，还可提供完整的车辆运行使用数据，通过平台大数据分析决策，可提高货邮保障效率和机场数字化运营水平。同时，驭势科技荣获工信部揭榜挂帅“自动驾驶操作系统”第一名，也是 2023 年《财富》最具影响力物联创新榜之一。

3. 环境效益

T30 AL 的使用能够提升车辆管理水平，减少碳排放，契合机场绿色发展规划，带来了显著的环境效益。

（三）推广价值

1. 适用性

T30 AL 能够适应暴雨、大雪、大雾、高温等各类恶劣天气、复杂路况及多业务动线，例如，适应乌鲁木齐机场极寒气候和香港机场瞬时暴雨天气，适用于乌鲁木齐机场飞机推出避让及空旷机坪、西安机场连续下穿隧道、广州机场安检道口等多种场景，适用性强。

2. 可复制性

目前，T30 AL 已在香港、新加坡、多哈、北京大兴、广州、乌鲁木齐等十余个机场落地，涉及行李分拣厅、货运站等多种应用场景，T30 AL 无需对场地实施改造，可复制可落地性强，应用前景广阔。

（四）示范效应

1. 行业影响力

驭势科技与乌鲁木齐机场、青岛机场共同参与民航机场无人驾驶相关标准编制，助力机场无人驾驶设备合规化；广州机场无人驾驶牵引车项目获评北京市科技进步二等奖和人工智能赋能典型案例；西安机场无人驾驶牵引车项目荣获民航局《智慧物流发展典型实践案例》。

2. 社会影响力

驭势科技在机场领域全场景高安全 L4 级自动驾驶技术的落地应用，得到政府与行业的认可，入选 2023 年北京市人工智能行业赋能典型案例。

在全球民航业加速智能化转型的进程中，无人驾驶车辆正成为重构机场地面运行体系的关键载体，无人驾驶车辆通过人工智能与交通基础设施的深度融合，可有效解决机坪刮碰、跑道侵入等安全隐患，显著提升安全裕度与地面保障效率。驭势科技率先实现了无人驾驶车辆在多样化场景下的零事故、高效能、低成本运营，不仅为中国智慧民航新质生产力发展注入动能，更为全球机场无人化转型贡献了中国智慧，提供了可推广、可借鉴、可复制的中国方案，引领全球民航业向安全、高效、可持续的智能化时代加速迈进。

哈尔滨太平国际机场二期扩建工程目视助航灯光工程

（二标段）单灯监控系统项目

中国民航技术装备有限责任公司

项目组成员：陶威良、曾志明、周礼晶、刘体争、罗文雄、
刘辉、牛亚君、严建良、李子航、刘兵

一、案例背景及意义

（一）案例背景

哈尔滨太平国际机场二期扩建工程是黑龙江省“百大项目”之一，旨在打造东北地区首个双跑道国际机场，提升区域航空枢纽地位。工程核心内容包括新建东二跑道及配套系统，其中目视助航灯光工程是确保飞行安全的关键设施。

二期扩建工程于2022年8月全面开工，2024年10月通过竣工验收，2025年1月提前投用，目标是为2025年哈尔滨亚洲冬季运动会提供高效服务，并满足未来年旅客吞吐量3800万人次的需求。其中目视助航灯光工程内容包括：新建东二跑道北区助航灯光系统；新建3号灯光站及北灯光站改造；通过安装单灯监控系统，实现对每个助航灯具的实时状态监测与远程控制。

（二）意义

哈尔滨太平国际机场二期扩建工程目视助航灯光工程二标段的单灯监控系统项目，既是机场硬件升级的核心环节，也是智慧民航建设的重要实践。该项目的成功实施，不仅提升了机场安全性与运行效率，有力保障了 2025 年哈尔滨亚洲冬季运动会的顺利召开，更通过技术创新，推动机场实现了数字化转型，为区域经济发展和我国民航数字化转型提供了示范性路径。

二、案例基本情况和关键参数

（一）基本情况

东二跑道、东一跑道新建滑行道和联络道的助航灯光系统均按满足 A-SMGCS 系统 IV 级运行的要求设置。东二跑道主降方向（北段）设置 I 类精密进近灯光系统（进近灯 166 套），次降方向设置 II 类精密进近灯光系统（进近灯 228 套），跑道双向均设顺序闪光灯（51 盏），设置跑道入口灯（32 套）、入口翼排灯（20 套）、末端灯（16 套）、中线灯（240 套）、边灯（118 套）、接地带灯（184 套，含简易接地带灯 4 套）、PAPI 灯（2 组）、起飞等待灯（128 组）等；滑行道设置中线灯（2817 套）、边灯（1056 套）、跑道警戒灯（10 套）、跑道进入灯（45 套）、停止排灯（1137 套）、风向标灯（2 套）、快速出口滑行道指示灯（30 套）、禁止进入排灯（125 套）、道路等待位置灯（5 套）、起飞停止灯（128 套）等；机坪设置机位操作引导灯（1121 套）、除冰坪出口指示灯（98 套）；新建滑行引导标记牌（427 套）。设置助航灯光监控系统、电力监控系统、电气火灾监控系统

统。在东二跑道南、北两端分别新建 1539.8 平方米的 4 号灯光变电站和 2977.6 平方米的 3 号灯光变电站。

（二）关键参数

项目建设完成后，经验收完全满足设计要求，具备可靠性、灵敏性，外场灯具的亮灭与指令一致；除了能够实现灯具开、关控制功能外，还同时具备如下功能：

1. 满足 A-SMGCS IV 级灯光引导要求；
2. 单灯监控系统能够实现逐灯引导功能，即沿着滑行路线，始终保持一段灯常亮，滑行时逐个开启前方的灯，并逐个关闭滑过的灯；
3. 单个灯的控制 $<0.3s$, 10 个灯的控制 $<1s$, 100 个灯的控制 $<2s$ 。

三、取得成效

哈尔滨太平国际机场二期扩建工程的单灯监控系统通过技术创新实现了精准化、智能化管理，在安全、效率、环保等方面取得显著成效，其国产化技术路径与模块化设计为行业树立标杆，具备广泛的推广价值和示范意义，为我国智慧民航建设提供了重要实践范本，进一步巩固了我国在民航助航灯光领域的国际竞争力。

（一）技术创新

1. 先进性

项目采用单灯监控系统，实现了对每盏助航灯具的精准控制，满足 A-SMGCS（高级场面活动引导与控制系统）IV 级灯光引导功能要求。系统通过电力线载波技术构建信号传输通道，采用无源滤波器解决信号衰减问

题，并优化信号传输稳定性，技术方案达到国际先进水平。此外，系统首次在国内实现单灯引导功能，相比传统的灯光段引导，可更精确地打开飞机前方固定距离内的灯具，并及时地关闭飞机滑过区域的灯具，减少航空器地面滑行时间和燃油消耗，提升飞行区的运行效率。

2. 成熟度

系统设计经过多机场验证，硬件滤波和软件算法协同工作，确保信号解调精度；单灯监控单元能够适应恶劣环境长期稳定运行。技术方案符合《民用机场目视助航设施施工质量验收规范》（MH/T5012—2022）的严格标准。通过多次压力测试，运行稳定，故障率低于行业标准。

3. 自主性

单灯监控系统全系列产品均为我司自主技术平台研发制造，拥有完整的知识产权保护体系，突破了国外技术垄断，保障了数据安全与供应链可控性。该系统实现了对双跑道灯光设备的全监视及智能化管控，支持 GPS 定位与数字化地图集成，提升了自主可控能力。

（二）应用效果

1. 经济效益

单灯监控系统通过故障精准定位和实时维护，降低人工巡检成本；逐灯引导功能减少能耗，预计可节省哈尔滨太平国际机场运维费用约 20%。通过提升运行效率缩短航空器地面滑行时间，间接增加机场吞吐收益。

2. 社会效益

系统显著提升航空器滑行安全性，误判率低于 0.1%，满足民航局对故障监测精准度的要求。灯光回路实时监控功能保障低能见度条件下的运行安全，提升复杂气象条件下的机场全天候保障能力。

3. 环境效益

采用 LED 光源的助航灯具降低能耗；逐灯引导功能只点亮飞机前方灯具，减少光污染，减少电能消耗，符合绿色机场建设理念。

（三）推广价值

1. 适用性

系统设计兼容不同规模机场，采用电力载波通信技术，适配各类机场规模的可靠性需求。

2. 可复制性

模块化设计支持快速部署，单灯监控系统已在鄂州花湖机场成功应用 3 年多，验证了技术方案的普适性。

（四）示范效应

1. 行业影响力

作为全国十大国际航空枢纽之一，该项目的成功实施为东北亚地区机场智能化改造树立标杆。系统已于去年 10 月通过竣工验收，各项功能均优于设计技术指标。

2. 社会影响力

该项目提升了哈尔滨国际航空枢纽功能，保障了 2025 年哈尔滨亚洲冬季运动会的顺利召开，助力区域经济发展。通过媒体宣传，公众对智慧

机场的认知度提高，对哈尔滨太平国际机场运行效率的满意度提升，彰显我国民航技术自主创新能力。

快件中心进口分拣线智能化提升案例

深圳市机场（集团）有限公司

项目组成员：刘建勋、李海彬、潘然、吴书森、聂凡超、黄国林、

张玉玉、张军锋、矫海南、郭佳峰

一、案例背景及意义

围绕快件中心“十四五”战略发展规划，快件中心通过统筹规划货运场地资源、全面推进智能化建设，提升智能化监管水平。现有1号库进口分拣线已使用多年，依赖人工限制了上线效率，并且存在安全隐患，设备自动化、智能化水平有待提高，需要适应新形势物流高效通关需求。结合实际需要，为了提高快件中心分拣线货物上货效率，计划对1号库进口分拣线上货段线体进行智能化升级改造，为加快投入使用。

通过深度洞察与精密分析，精准识别出影响包裹流畅通关的关键因素，不仅旨在即时解决当前面临的包裹堵塞问题，更着眼于长远，通过技术创新与流程优化，全面提升深圳机场快件中心的通关处理能力，为行业树立了新的效率与服务质量标杆，引领物流行业向更高效、更智能、更绿色的未来迈进，共同开创物流新时代的辉煌篇章。

二、案例基本情况

1. 行业内首个通过优化改造分拣设备，实现超轻、超小包裹无需加筐的分拣模式。

2. 行业首创 CT 机 S 型转弯防护通道（已获国家专利）。有效地减少了 CT 机辐射值。

3. 用双摆臂高速分拣机替换传统顶升移栽机。采用皮带的输送和分拣方式，无设计间隙，全皮带传输，同时自带分拣动力和双摆臂的设计，分拣效率高，安装简单，性能稳定可靠。

4. 皮带与皮带之间定制驳接滑轮。有效防止小件货物卡包现象。

三、关键参数

1. 改造前每天过机 38000 件，改造后每天过机 49000 件。

2. CT 机改造后辐射值 $<2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足国家标准。

四、取得成效

（一）技术创新

1. 分拣查验系统主要目的是在严密监管的前提下，有效地加强监管力度，加快过机速度，提高过机的有效性，可靠性。还包括准确统计包裹数量、信息等全部相关数据，并能自动核查。

2. 本项目属全国物流行业内首个通过优化改造分拣设备，实现超轻、超小包裹无需加筐的分拣模式。进一步提升物品检查高速化、机械设备自动化、电子信息智能化水平，与世界标准接轨。同时，本项目对系统优化升级后可以做到过机信息收集全面，数据可追溯、可复查，全面记录包裹及过机的人员及数据信息，满足封闭式集中监管、便捷式快速通关的需求，营造良好的通关环境，促进企业和海关共同创造较高的经济效益和社会效益，充分体现海关“依法行政、为国把关、服务经济、促进发展”的方针。

（二）应用效果

1. 经济效益：（1）减少人工工作量成本，小包裹直接上线，不使用物流筐，按每年折损 800 只左右定制款，单价 30 元左右计节约大概成本 2.5 万余元。（2）改造前每天过机 38000 件，改造后每天过机 49000 件，每件货过机价格为 0.45 元，一年为公司创收约 200 万元。

2. 社会效益：本项目属全国物流行业内首个通过优化改造分拣设备，实现超轻、超小包裹无需加筐的分拣模式。进一步提升物品检查高速化、机械设备自动化、电子信息智能化水平，与世界标准接轨。同时，本项目对系统优化升级后可以做到过机信息收集全面，数据可追溯、可复查，全面记录包裹及过机的人员及数据信息，满足封闭式集中监管、便捷式快速通关的需求，营造良好的通关环境，促进企业和海关共同创造较高的经济效益和社会效益，充分体现海关“依法行政、为国把关、服务经济、促进发展”的方针。

3. 环境效益：通过在 CT 入口处增设 S 型组合式防护通道，增加辐射衰减路径，降低辐射影响，门锁设置为上下两道门锁，确保门在闭合时更加紧密，防止辐射泄漏。确保辐射对人体环境在规定范围内

（三）推广价值

分拣线优化项目，为行业实施小件货物过 CT 机安检无需加筐做出示范。其中 CT 机 S 型改造已获得国家专利。项目实施过程中，不断固化标准流程，形成一套规范的行业建设流程，为行业提供了可借鉴、可复制、可推广的经验。

（四）示范效应

快件中心作为机场物流体系中的重要一环，积极响应机场的战略规划，用实际行动全力支持机场快邮集散中心的建设。在国家大力发展物流产业、推动经济转型升级的大背景下，充分发挥自身优势和作用，积极助力机场进行空港型国家物流枢纽建设。同时，我们也借此契机不断壮大自身实力，实现与机场共同繁荣发展的双赢局面，同时吸引了广州、厦门、杭州等多家物流企业前来交流学习。

打造全国首个“智慧化、远程化”国际货站

深圳市机场（集团）有限公司

项目组成员：应学民、万建军、潘明强、陈伟、熊胜昌、唐珂、
阎媛、王小明、王梓林、黄乐特

一、案例背景及意义

随着全球经济的深度融合，国际航空物流在推动地区经济发展中扮演着日益重要的角色。然而，传统的国际货站往往面临着劳动力密集、操作效率低下等痛点，难以满足现代高效物流的需求。为此，深圳机场积极响应国家创新驱动发展战略，决定建设新国际货站，以科技创新为引领，推动产业创新，旨在通过新技术催生新模式、新动能，进而发展形成新质生产力。

二、案例基本情况及关键参数

通过创新科技应用与创新监管模式双管齐下，以货站业务生产信息系统为基底，融合 AGV 自动化与集成卡口创新科技，提升货站运作效率，推动业务高质量发展。

（一）创新科技应用，夯实业务底盘，服务业务高质量发展

1. 自主研发深圳机场首个货站业务生产信息系统（CARGO TERMINAL INFORMATION SYSTEM 即 CTIS 系统）。通过自主研发 CTIS 系统的快速响应灵活性与迭代能力，快速满足生产作业等多方位需求，提升保障效率；以

CTIS 系统为底盘，对业务模式持续创新，服务业务高质量发展。CTIS 系统是一个综合的信息管理平台，涵盖国际货运 9 大业务模块 110 个功能项，实现外部 17 个系统数据对接，其核心业务涵盖国际货物进出港的管理、结算管理、航班进度的监控管理、耗材管理、运单信息的处理以及集装箱器的调配，实现了包括实时更新和展示航班信息、运单信息、集装箱器状态、进出港货物自动计费，实现货物信息的自动采集、处理、传输、耗材登记和存储，支持运单和集装箱器的关联操作，确保货物的高效、准确、安全运输。

2. 启用全国首个国际货站内常态化作业自动化搬运（AGV）设备。通过在深畅国际货站进港区域引入 4 台 AGV 自动化搬运设备，以“机器人”的方式，通过对接 CITS 系统、卡口管理系统等系统进行数据交互，实现系统设备联动集成，采用自动化搬运作业模式，实时监控 AGV 设备运行状态和轨迹，对货物出入库及仓库库位进行数字化管理，实现仓库管理的智能化、自动化、可视化。从根本上解决了海关“远程化”监管的痛点，克服了传统人工操作的局限，满足现场业务运作需求，实现了运作效能提升。

3. 建成深圳关区首个多业务功能集成卡口、库内卡口。陆侧车辆通道改变了传统“一功能一卡口”模式下对通道资源的占用，实现卡口通道资源利用率的提升；在仓库区域创新性建设库内卡口，实现了进口货物“即到即提”的快速分流模式。

（二）创新监管模式，改善通关环境，助力业务高质量发展

1. 实现全国首个国际货站 24 小时进港提货落地运行。在进港方面，实现进港货物 24 小时即放即提，客户可自由选择上门提货时间，显著提升进港货物流转效率，为客户提供强有力的服务支撑。

2. 启用深圳关区首个一体化调拨的监管场所。成功启用深圳关区内跨境电商货物一体化调拨模式，实现空运跨境电商货物在深圳关区内快速流转，进一步提升粤港澳大湾区跨境电商出口产品的通关效率。

三、取得成效

（一）先进性和创新点

1. 打造全国首家无海关进驻监管场所。深圳机场联合海关在该项目中首次启用了国际货运卡口通道无人监管模式，是继 2022 年联合海关推出“海空港畅流计划”创新监管模式以来，又一项全国首创监管技术的实践应用，将进一步提升整体运作效率。出港闸支持跨境快速通关、查验调拨、出港畅流，实现海关一闸多管创新，提升了出港货物的通关效率；进港闸支持 RFID（Radio Frequency Identification，无线射频识别）捆绑，实现了一次捆绑，同时对接海关金关二期、散杂货两套系统，简化了进港货物的处理流程。

2. 新技术应用赋能智慧货站建设。为提升新国际货站海关监管效能和运营保障能力，实现降本增效、高质量的保障目标，在深圳机场南货运区新国际货站进出港库区使用 UWB（Ultra Wide Band，超宽带）融合 RFID 技术，满足货物精准实时定位及准确数量统计的需求，从根本上规避传统作业模式下人工记录产生的差错及找货不精准、时间长等现象。

3. 为航空物流运控监管提供数据支撑。通过对货物状态的实时获取，为货物进出港关键作业节点操作的全流程可视，提供了实时、可靠的监控手段；为对货物类型、操作主体各个环节、不同角度的效率和服务水平评估，提供了客观、真实的数据基础；为提升航空货运全流程保障时效，提供了强有力的决策数据支撑。

4. 建设信息链自主可控的绿色货站。纸质单证长期存在于传统货运业务场景，不仅浪费纸张，还需依靠人工流转。CTIS 系统以客户需求为导向，通过全面优化业务流和信息流，以前货代要在航司，货站，海关等多套录入数据，现在只要一套系统录入，全域共享，真正做到“让数据多跑路让客户少跑腿”，构建运单电子化的绿色、高效运作新模式，提高航空物流信息化服务水平，按年货量 11 万吨测算，CTIS 系统每年可为机场和货运代理企业等节省 60 万张纸质单据。

（二）效益分析

深畅国际货站投产后经济、运作、社会效益显著，产能大幅提升；通过监管模式创新与智慧化应用，提升了货物保障能力和效率，缩短了通关和停留时间，助力深圳机场“双枢纽”建设。

1. 从经济效益来看，深畅货运公司实现首年投运，首年盈利，累计保障货量超 10 万吨，全年累计营业收入超过目标值 10%，释放产能约 7 万吨。

2. 从运作效益来看，在监管模式创新与智慧化应用“双向发力”下，深畅国际货站货物保障能力、效率双提升。场地综合保障能力提升 60%，

释放产能约 7 万吨/年。出港、进港综合保障效率提高 40%，通关时间分别缩短 4 小时、16 小时，货站进出口货物库内停留时间分别缩短 82%、33%；单位面积处理进、出口货物能力分别提升 78%、53%。

3. 从社会效益来看，深畅国际货站为全国空港智慧物流改革探索出了新路径，打造出可复制、可推广的全国空港智慧物流改革“样板间”。全国第一个“智慧化、远程化”监管模式的落地，在新华社等多家主流媒体上获得了广泛宣传报道，赢得了社会各界的广泛关注与好评。该模式不仅是深圳机场高质量推进改革创新、因地制宜发展新质生产力、加快培育外贸新动能的有力举措代表；为深圳加快建设具有全球重要影响力的物流中心和我国航空物流行业转型发展提供深圳机场的智慧与力量。

“飞瞬维”助力办公提质增效—信息运维业务模式

数智化革新创造运维价值

首都机场集团设备运维管理有限公司

项目组成员：李东育、姜磊、胡楠、胡思濛

一、案例背景及意义

首都机场集团设备运维管理有限公司（简称首维公司）大兴机场信息运维部承接北京大兴国际机场 30 余个系统业务，覆盖了大兴国际机场全部区域，覆盖范围约 143 万平方米。服务对象包括大兴机场信息管理部和三大属地管理部门以及各航司、驻场单位、机场商户等共计 320 余家单位，具有业务覆盖范围广、专业技术领域深、设备管理繁且精、服务对象多元化的特点，面临设备更新换代、合约商陪伴运行期结束、客流量增长迅速等诸多叠加因素带来的挑战。在此背景下，首维公司大兴机场信息运维部依托飞书办公平台因地制宜打造了一款新质生产力工具——“飞瞬维智能融合运维管理系统”。系统通过精准的定向转达功能，依据组织架构与项目分工，将消息精准推送至对应的组别，实时、高效、点对点的信息流转促使设备运维流程更高效、精准。同时，通过运维数据的沉淀和分析，反哺运维流程优化、标准制定，驱动业务决策，持续提高机场设备运维的效率。

二、案例基本情况及关键参数

利用公司飞书平台，引入大量自动化流程，低成本打造了高度集成先进技术的新质生产力工具——“飞瞬维智能融合运维管理系统”。系统集成多种视图、自动化流程、高级权限设置等功能，使得运维流程更加高效、精准，实现了无纸化管理和运维全过程的监控。从发现问题到处理问题再到解决问题的全过程都由大量的机器人参与到信息流转推送中，利用 AI 自动提醒、自动资质审核、自动总结故障处置全过程、自动监控风险事件并一键应急会商等新技术，实现了人防机防的双重应急保障机制。



图注：飞瞬维智能融合运维管理系统实现设备运维全过程管理



图注：可自动生成每日看板数据

三、取得成效

1. 通过利用 AI 等技术实现运维全过程监管，实现自动提醒、自动资质审核、自动总结故障处置全过程、自动监控风险事件并一键启动应急会商，实现人防机防的双重应急保障机制。

2. 可最大限度地通过智慧化手段，大幅缩短无效工作时间，部门人员复用率从 65%提升到了 80%，高度接近 85%的人员复用率阈值水平。通过发挥系统效能提升人效比，信息系统服务项目让利金额达 1000 余万元，折扣幅度高达约 22%。

3. 以下为实际数据：

（1）经统计，通过应用飞瞬维系统实现办公自动化后，每月纸张消耗量由 3180 张减少至 1500 张，减幅超 52%；填写纸质工单的时间由平均 1.5 小时减少至 0.5 小时，效率提升率为 166.67%。

（2）截止至 2025 年年初，飞瞬维系统累计统计工时突破 4,697,980 分钟（约合 78,299 小时），减少信息收发超过 1,743,000 条，使用次数突破 100,000 次，记录工单突破 116,000 张。

（3）经测算，通过应用飞瞬维系统，每一条问题在处置过程中平均可减少 15 条相关信息的发送，沟通效率提升 15%。

4. 系统具有高度灵活性，可根据不同用户的实际需求，实现快速迭代和复制推广。

掌上运维“数智赋能”——打造基于现场业务的机房

智慧管理系统

首都机场集团设备运维管理有限公司

项目组成员：王娟、李牧颐、吕延鹏、于伟、王然

一、案例背景及意义

北京大兴国际机场信息机房涉及整个机场的航班运营、智能控制、安全防范及通用管理类等几十个信息弱电系统，直接关系着大兴机场运行安全与服务质量。面对大兴机场机房内设备、布线点位、关联单位多的背景前提下，无论是班组日常的维保工作与监管工作，还是作为机房管理者要进行的机房设备全生命周期健康档案建立和可视化跟踪管理工作都面临着极大的挑战，传统运维与管理方式已无法满足运行管理需求。

首都机场集团设备运维管理有限公司（简称“首维公司”）通过自主研发“机房智慧管理系统”APP端及后台管理系统，助力降低员工运维难度，规范员工运维行为，减少人员运维压力，确保运维工作更高效更标准。通过 NFC 智慧巡检及云端资产管理，实现巡检不规范率从 15% 降至 3%，故障关联时效缩短 60%；设备定位提升 90%；设备资源可视化率 100%；年节约人工成本约 10 万元，大大提升运维工作的质量和效率。

三、案例基本情况及关键参数

打造安全、高效以及卓越体验的一体化机房管理系统



首维公司从运维实际需求出发, 结合自身专业技能优势, 利用.net、mui 框架, 通过 C#、html 等编程语言和 mysql 数据库, 融合 NFC 技术自主开发, 打造出一款一体化的机房智慧管理系统。

(一) 基于 NFC 技术的智慧巡检系统

首先根据各机房的情况制定巡检路线图, 在关键路线上设置 NFC “碰一碰” 标签, 同时在机房智慧管理系统中设置好标准的巡检路线、最短巡检时间、巡检标准内容以及故障提示等内容, 在巡检过程中自动比对检查结果, 如有异常情况则会自动形成待处理故障与之进行关联, 且在巡检时会自动调出上一次巡检发现的故障内容并提示重点关注。

(二) 监管边界智能划定

当所需监管的外单位到达机房位置时，监管人员打开 APP 中的机房监管界面通过“碰一碰”，APP 会自动调出该单位在机房中的设备明细，进而提醒监管人员哪些设备属于该单位维护范围，快速定位到所需监管的设备位置，避免外单位人员操作不属于该单位的设备，实现对监管质量的良好管理，确保监管的高质量，提高了监管效率并降低了监管时发生错误的概率，监管效率提升 90%。

（三）“云生态”助力设备资产档案化

通过对机房现有的设备资产，从资产清单、机房平面图、机柜立面图、设备位置、板卡信息及端口和跳线数据等方面集中建档，实现实时查看机房机柜使用空间，设备及端口明细，设备电源连接位置等

（四）“端-边-云”技术助力运维数据全生命周期管理

自动生成跳线和设备位置变更的记录，实现线路和设备的全生命周期，并支持随时可追溯工序、信息等全部记录，实现了链路和设备数据的全生命周期化管理

三、取得成效

（一）全维度提升机房智慧运维效率

NFC 助力维保的质量与可靠性，同时通过与故障信息的自动关联，有效降低用户交互的延时、提升效率、消除数据孤岛。

（二）数据沉淀驱动运维决策的长期价值

通过机房智慧管理系统，建立从产生、变更、删减等全生命周期、数据管理等，实现了机房资产的全方位管理，数据定位提升率 90%，设备可视化率 100%。

（三）降低运维成本、实现提质增效

系统上线后，通过智慧巡检与故障关联功能，不认真、漏检率从 15% 降至 3%；故障平均处理时效缩短 60%；数据查询时间从 30 分钟缩短至 2 分钟；跳线业务处理效率提升 80%；运维工时节省约 67%，每年可节约人工成本约 10 万元。

（四）多元化的应用场景

除可通过系统 APP 实现智慧巡检外，该系统的维保模块功能已经推广使用在其他系统维保工作中。

烟台机场安全检查部运行控制中心应用实践

山东省机场管理集团烟台国际机场有限公司安全检查部

项目组成员：张凌云、杨泉强

一、案例背景及意义

烟台机场将于2024年6月28日启用T2航站楼。在此背景下，得益于机场方面的全力支持，安全检查部借此契机，对质量控制流程及软件平台进行了全面的更新与优化。结合安全检查部的日常运作，我们自主设计并规划，与第三方技术单位合作，共同打造了智能化的安全管控平台。不断充实并扩展三级质控理念，将其发展成为一个集运行监测、数据分析、运行调度、绩效管理、设备管理等多项功能于一体的综合性安全管理体系。由此，烟台机场安全检查部运行控制中心正式成立。

烟台机场安全检查部的运行控制中心秉承先进的发展理念，采用了一系列处于行业领先地位的尖端技术，包括全面覆盖的AI技术、一机双判、通道专判以及绩效监测等。特别是“一机双判”技术，目前正处于国家专利申请阶段。安检运行控制中心的构建与投入使用，象征着烟台机场安全检查部在数字化技术应用领域，为智慧安检的高质量发展开辟了新的道路。

二、案例基本情况及关键参数

烟台机场安全检查部门通过整合安检信息管理系统、货检信息管理系统、行李分层管理系统、监控系统等安检日常工作中的常用系统，并引入

了全新研发的安检运行管理系统，构建了智能安全管控平台，在此基础上建设了安检运行控制中心。

安检运行控制中心业务模块包含：

（1）运行监测

收集视频监控回放、图像实时审查、工时监控预警等安检日常操作数据信息，借助监测手段及时发现异常并立即采取相应措施。

（2）数据分析

通过对收集到的各类数据进行统计分析，揭示现场运行的规律性问题，为决策提供科学依据。

（3）智能调度

一方面，调度员负责维护各类数据与信息，并依据分析结果执行实时调度；另一方面，通过整合各科室及各环节的数据与资源，达成信息共享。在紧急状况发生时，能够迅速作出反应，组织并启动应急救援及恢复工作，以最大程度确保部门内部的协同运作。

（4）绩效管理

在系统内输入相关数据，依据预先设定的考核标准进行计算，最终以绩效分数的形式展示计算结果。

（5）设备管理

一方面，通过构建设备信息库，对所有设施设备的基础信息进行记录备案，并根据其运行状况实时更新设备的使用、维护、故障等相关信息；

另一方面，通过平台系统实现对X光机运行状态的实时监控。通过建立评分体系，对设备的全生命周期进行精确管理，以优化运维成本。

（6）平台管理

为确保系统性能的稳定与高效，必须对智能平台进行管理，涵盖硬件配置、性能监控、系统安全配置、软件维护及升级等方面。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 先进性

（1）通过将部分运行工作转移至安检运行控制中心，实现管理升级：

①职能整合：将分散于各科室的质控、调度、数据管理职能集中至安检运行控制中心，形成“中枢指挥+业务执行”双轨架构，消除职能交叉与信息孤岛。

②流程标准化：依托智能管控平台，建立“数据采集—分析—决策—反馈”闭环流程，覆盖安检运行全生命周期。

③风险防控体系：动态更新风险源数据库，实现隐患识别、分级管控、整改跟踪的标准化。

（2）向新探索，多元精进，聚焦行业差异化

分析安检行业传统模式，存在痛点：安检各版块职能分散、决策滞后、人员僵化；

安检运行控制中心突破：通过中枢集成、数据驱动、弹性机制，实现管理从“人治”向“数治”转型。

（3）差异化技术应用：

①AI判图技术跨界应用：引入AI图像识别技术，实现旅检、行检、货检过检图像全覆盖，同时将AI判图结论应用于后端辅助质控员复查，提升质控员工作效率的同时，避免对开机员干扰。

②四级判图工作法：突破传统三级质控模式，创新“开机员现场判图—AI同步判图—质控员后台复查—质控科抽查”四级判图机制，增加安全防护层级。

③一机双判机制：开机员和质控员可实现同时判图及远程双控，发送“远程用户开检”实时拦截开机员漏检违禁品，发送“无效标记”指令减少无效开包率，全面提升安全裕度，增强旅客无感过检的便捷体验。

2. 成熟度

烟台机场安全检查部自2024年7月起启用安检运行控制中心，至今已运行八个月。在此期间，安全检查部根据实际工作情况向第三方软件研发单位提出需求，并通过持续调整与完善系统功能及人员配置，目前运行状况稳定。适应安全检查部工作模式、管理系统以及文件支持的成熟方案已形成。

3. 自主性

在安检运行控制中心的建设过程中，系统架构、模块划分以及功能需求等均由安检部门独立进行规划与设计。

此外，安检部创新性地提出了“一机双判”功能，并与研发机构协商一致，共同开展了“实用新型专利”的申请工作。

（二）应用效果

1. 经济效益

（1）人力成本节约：创新前，安检部各科室质控人员、绩效统计人员以及调度人员共计16人；创新后9人，年度节省人力成本节约980000元/年。

（2）台账成本节约：创新前纸质台账物资成本每年约13400元；创新后2024年8月至2025年2月，台账类物资消耗部门预算合计约3000余元，折合每年成本5100元，节约8300元/年。

2. 运行效率

（1）优化资源配置：数据统计由人工转变为数据化实时监测，资源利用率100%。

（2）质控方式：由各科室日常运行单独管理转变为安检部8个一线科室日常管理运行工作统一管理。

（3）信息传递

提升了信息传递的准确和时效，由之前上报值班领导，接着单独通知科室，转变为由安检运行控制中心统一指挥调度。

（4）通道过检效率：

人员技能提升，结合新研发的“一机双判”功能及图像复审工作，有效降低开包率，减少过检时间，提升通道内旅客过检速度。

此外，利用可视化大屏提示两小时待安检人数，结合过检态势监控，科学预测客流高峰，预先增开通道，缩短旅客等待时间，提升整体过检效率。

3. 环境效益

节能减排：建立安检运行控制中心后，相关台账等后期工作转移至管理平台，节省台账、纸张等相关物资消耗。

4. 推广价值

（1）适用性

①SOC运行以来局方及上级单位多次亲临现场参观考察并给予高度肯定。

②温州机场、呼伦贝尔机场、日照机场、济南机场货邮安检等单位来访交流学习，收获了积极的评价。

③研发单位通过烟台机场安检运行控制中心的建设成果进行宣传，成为市场推广的关键环节之一，实现了互利共赢。

（2）可复制性

标准化输出：

安检部制定了岗位职责、工作流程、信息传递流程、管理制度以及台账等标准化文件，具备快速复制条件。同时又提供“模块化”解决方案，可供行业参考。

行业适配性：

铁路/港口：适用于多部门协同、高风险管控场景；

大型活动安保：弹性人员机制可应对短期高峰需求。

5. 示范效应

在业界推广烟台机场安检运行控制中心模式，不仅能显著提升安全边际，而且改善旅客的安检体验，降低能源消耗，提高运营效率，从而实现了成本降低与效益提升。

此外，通过“一机双判”模式，质控员能够实时发现并拦截安检通道中开机员的漏检物品，有效防止了不良舆情的产生，对民航业的公共舆论评价产生了正面的促进作用。

兰州中川国际机场 T3 航站楼全自动对接登机桥

兰州中川国际机场地勤保障部

项目组成员：高健、徐贵荣、杨强富、姬阳、王一斐、马可、
李玉东、宋文卿、张旭轩

一、案例背景及意义

为积极响应民航局关于全面提升航班正常率的总体要求，兰州中川国际机场在即将投运的 T3 航站楼建设中积极引入了 L4 级别全自动登机桥，这一创新举措不仅顺应了“十四五”规划中智慧机场建设的战略方向，也符合《中国民航四型机场建设行动纲要（2020—2035 年）》中强调的智慧机场建设核心目标。全自动登机桥的应用对于提升机场廊桥操作安全性、保障航班正点率、提高近机位周转频次以及降低地勤保障人员工作强度具有重要意义。此项设备的引入也代表了兰州机场在追求智慧化、现代化机场建设方面的前瞻性和创新性，兑现了为旅客提供更加高效、便捷的出行体验的承诺。

二、案例基本情况及关键参数

在智慧机场建设追求提高近机位周转率和靠桥率的进程中，传统人工操作登机桥暴露出诸多问题。一是人工操桥效率低。根据统计数据分析，65%的人工操作时间超过 1.5 分钟，部分长达 3 分钟。登机桥作业时，操作员需在操作台上通过肉眼观察，反复调整方向与高度，以完成与飞机舱门的对接。遇到双桥机位时，操作员完成一座桥的靠接后，还需步行至另

一桥桥头进行操作，无疑大大增加了靠接时间。兰州机场 T3 航站楼拥有 18 个双桥机位和 1 个 A380 桥位，若采用传统人工操作方式，航班保障效率将受到极大限制，采用无人驾驶廊桥远程值守模式，可在 50 秒内完成内、中、外桥的靠接，这一显著提升不仅加快了航班周转速度，缩短旅客在客舱内的等待时间，有效提升旅客的出行体验。二是廊桥操作员培养成本高。廊桥操作员必须经过专业培训，考核合格后才能持证上岗。其岗位特性不仅要具备一定的文化素质，还需深入了解登机桥的运行特性，熟练掌握不同机型的靠接操作。在培训操桥效率受控于操作员个人水平、生理状态等因素，重复精度较差。无人驾驶登机桥模式只需在中控室设置远程集中监管人员，根据高峰运量同一时刻航班保障架次进行配置，大大降低了人工成本和培养成本。三是人工操桥存在较大的安全风险。据统计，登机桥作业中约有 1.2% 会出现异常情况，其中 60% 与人工操作不当直接相关。从航空器安全和旅客安全的角度出发，机场迫切需要降低登机桥的操作难度，减少人为不稳定因素带来的风险。智能自动驾驶登机桥凭借其运行稳定性和系统智能决策可靠性，有效替代人工操作，从而降低安全风险、减少人工成本并提高工作效率。

兰州机场 T3 航站楼智慧化设施完备，共设有 68 个廊桥机位，登机桥 86 条，其中包括 18 个双头桥机位和 1 个 A380 桥位。全自动登机桥采用了先进的防撞超声波、毫米波雷达、激光扫描仪等技术，通过软件算法和多传感器融合感知决策，实现了高度精准的自动对接。关键参数包括：50 秒内可同时完成内、中、外桥的靠接；对接的左右偏差、上下偏差、前后

偏差分别达到 $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 25\text{mm}$ 、 0.50mm ；工作时最大抗风能力为 27.8m/s ；登机桥最大长度为 47.8m ；服务机型门槛高度范围为 $2200\sim 8360\text{mm}$ 等。这些技术参数确保了全自动登机桥在各种环境条件下的稳定运行和高效对接。

三、取得成效

一是实现远程无人驾驶：无人驾驶自动登机桥在兰州机场投入使用，标志着全自动登机桥技术在远程无人驾驶领域的重大突破。该登机桥配备了远程操作台和专用网络，实现了真正意义上的无人驾驶，控制中心的工作人员通过监控室的实时视频即可操控登机桥。

二是提升对接精度和效率：全自动登机桥依靠双目定位系统进行引导及运动控制，对接精度普遍高于人工操作水平。通过视觉机器的离线验证和双目定位系统的持续捕捉刷新，全自动登机桥在对接时的左右偏差、上下偏差及前后偏差均优于人工操作，接靠桥时间仅需约 50 秒，退桥时间也缩短至 30 秒左右，大大提升了对接效率。

三是增强安全防护措施：全自动登机桥配备了防撞超声波、毫米波雷达、激光扫描仪等先进传感器，以及软件防撞措施和硬件防撞措施，确保了与站坪设备、航空器等无剐蹭、碰撞事故的发生。

四是提升旅客乘机体验：全自动登机桥的快速对接和撤离，减少了旅客在飞机上的等待时间，提升了旅客的乘机体验。自动化的操作减少了人为因素对旅客的影响，提高了服务的稳定性和可靠性。

五是提高机场运营效率：全自动登机桥的高效对接和撤离，减少了航班密集或人员任务繁重时的等待时间，提升了机场的整体运营效率。廊桥操作员可以同时操控多座全自动登机桥，进一步提高了服务效率。

六是有效降低运营成本：全自动登机桥减少了人工操作的需求，目前兰州机场 T1、T2 航站楼共有 16 个廊桥，共 44 人进行操桥保障工作，采用全自动对接登机桥 T3 航站楼仅需 30 人即可管控 68 个廊桥机位的操作，大大降低了人力成本，高效地对接和撤离减少了设备的磨损和故障率，降低了维护成本。

七是引领行业技术发展趋势：全自动登机桥的技术创新和应用效果，为行业树立了新的标杆，引领了机场登机桥技术的发展趋势。其他机场可以借鉴兰州机场的经验，推动全自动登机桥技术在全球范围内的推广和应用。

全自动登机桥的投入使用，不仅在技术上展现了兰州机场的前瞻性和现代化设施水平，更在服务上为旅客带来了实实在在的便利和舒适。这充分体现了人民航空为人民的服务宗旨，以科技为驱动，为旅客提供更加高效、便捷、优质的服务体验。未来，兰州机场将继续秉持着人民航空为人民的服务理念，不断推进科技创新和服务升级。相信在不久的将来，我们将看到更多智能化的设施和服务在兰州机场落地实施，为旅客带来更加便捷、舒适的出行体验。

基于高精度定位装置的航班保障节点数据采集

洛阳北郊机场有限责任公司

项目组成员：李为民、张洪涛、鲁亚平、李嘉禾、
康潇、陈勇杰

一、案例背景及意义

民航局在推进智慧运行中提出了各运行单位的数据共享的要求，尤其是对中小机场的数据共享工作提出了专项的要求，我们根据《关于推进中小机场运行数据共享工作的通知》（局发明电(2020)1764号）要求，制定了机场数据共享工作方案，航班节点数据采集是机场数据共享工作的重要环节，不仅是提升机场运营效率和安全性的关键手段，也是智慧化机场发展的重要环节。传统的机场航班节点保障依赖人工记录和管理，各项节点的数据采集和整理过程复杂且繁琐。这种方式效率低下，难以实现数据的实时可视化，数据的安全性和准确性也较低，容易出现人为错误。后来采用智能化的采集方式多数机场采用的是视频采集、深度学习、数据挖掘、人工智能等信息技术，随着信息化的不断发展和洛阳北郊机场的航班量吞吐量的不断增加，在实际运行中我们发现原来的采集方式存在诸多问题，航班过站保障节点时间存在自动录入准确率低和无法全覆盖等问题，为了更好地服务中小机场业务的发展，提高航班保障节点潜在的安全风险，以智能识别技术客观、准确和一致的方式采集数据，如何提升航班保障的

效率和安全性成为亟待解决的问题。通过高精度定位装置的应用可以显著改善航班节点数据采集保障的各个方面，推动机场向智慧化方向发展。

二、案例基本情况及关键参数

本项目依据蓝牙 AOA（一种基于角度的定位技术）技术实现高精度实时定位，结合航班保障节点特性，将位置信息转化为时间信息，达到航班保障节点自动采集的目的。

AOA 技术通过测量信号到达角度，结合定位器组成的多天线阵列，能够准确计算信号源位置，大大减少信号反射和干扰引起的定位误差，并且不受环境及气候变化影响，定位精度为厘米级，解决了航班保障节点视频采集的技术难题。

该定位技术兼容性强，易与目前机场的 A-CDM 等信息系统数据接口对接融合，扩充机场运行数据。在安全上，使用无线专网和系统内部局域网、不受互联网干扰，也不会与机场现有的地空通信等设备频率互相干扰。在经济投入方面成本低，并且可根据实际需要和使用场景灵活配置，除了在航班保障节点数据采集的应用之外，还可以应用于机场场面监视，车辆、人员及机坪设备设施管理方面，具有广泛的使用价值和应用前景。

三、取得成效

1. 技术创新

（1）传统的蓝牙定位通常依赖于信号强度（RSSI）测量，但由于环境中的干扰和信号反射，定位精度较低。本项目提出了依据蓝牙 AOA 技术的航班保障节点高精度定位方法，AOA 技术通过测量信号到达角度，结合

定位器的多天线阵列，能够准确地计算信号源的位置；能够大大减少由于信号反射和干扰引起的定位误差，使得定位精度提高到厘米级别。这种高精度定位在航班保障过程中尤为重要，因为它能够实时精确地跟踪飞机、地勤人员和设备的具体位置，确保每个保障节点的操作都能在最佳时机进行。

（2）创新了基于高精度定位装置的航班保障节点数据采集技术。高精度定位装置包含电子标签、定位器和定位引擎，每个电子标签都可以绑定在人员、车辆或设备上，定位器则分布在机场的各个关键位置，当电子标签发射信号时，定位器接收信号并传递给定位引擎进行计算和分析。定位引擎不仅能够实时计算出被定位对象的位置，还能结合航班保障的时间节点进行数据处理和智能分析，将位置信息转化为时间信息，实现航班保障节点采集和辅助决策的目的。

2. 应用效果

通过低成本的高精度定位和数据采集技术，机场可以实时掌握航班保障过程中的各个环节，优化调度和资源配置，提高航班准点率和资源利用率，减少运营成本，同时提升旅客满意度和信任度。优化地勤车辆和设备的调度提升安全管理水平，防止违规操作和事故发生实现绿色机场目标，减少能源消耗和碳排放。整体上，提升了机场的综合竞争力和经济效益，为旅客提供更优质的服务体验，同时为中小机场实现航班保障节点的采集提供了低成本方案。

另外在社会效益和环境效益方面也为提升旅客体验、增强公共安全、推动绿色环保方面提供助力。

3. 推广价值

利用高精度定位实现航班保障节点时间数据采集,是民航航班运行数据采集技术的一个创新,这种高精度蓝牙定位技术,采集精度在室内可达厘米级、室外可达分米级,通过系统算法实现对航班节点时间数据的采集。与传统的人工和视频采集方式相比,该技术具有更高的实时性和准确性,能够节约人力资源同时有效弥补视频采集的不足和短板。该技术还能实现对车辆、无动力设备和人员的实时监控,为场面监控系统提供可靠的技术支持,从而降低机坪碰撞和事故的风险该技术的推广能使业内对高精度定位实现时间节点的采集有了全新的认知,是数据共享时间采集的一个新的创举,未来该技术在行业内的推广,能够实现创新赋能,引领行业新发展的目标。

4. 示范效应

项目的实施推动了高精度定位技术、物联网和大数据分析等先进技术在机场管理中的应用和发展,促进了技术进步和产业升级,民航局正在鼓励支持各单位推进新技术在地面车辆和人员跑道侵入防范方面的应用,该技术的后续应用对行业的技术创新起到示范和引领作用。

通过提高机场的运营效率和服务质量,机场的品牌形象和社会声誉得到提升,增强了公众对航空服务的信任感和满意度,为社会提供了更加便捷、安全和环保的出行方式。

除冰雪管理指挥系统

华设设计集团北京民航设计研究院有限公司

项目组成员：侯晓慧、彭文路、王梦、马晓明、刘占有、
宋建胜、衡国志、郑芳芳、江子皓、白昕琦

一、案例背景及意义

截至 2024 年 12 月 22 日，我国民用机场（含军民合用机场）263 座，根据相关数据及历史天气情况，我国存在除冰雪需求的民用机场数量较多，大约有 170 个至 200 个。

东北地区：黑龙江、吉林、辽宁等地冬季漫长寒冷，降雪频繁，像哈尔滨太平国际机场、长春龙嘉国际机场、沈阳桃仙国际机场等众多机场每年冬季都必定需要进行场道除冰雪和航空器除冰作业。

华北地区：北京、天津、河北、山西、内蒙古等地的机场，如北京首都国际机场、北京大兴国际机场、天津滨海国际机场、石家庄正定国际机场、太原武宿国际机场、呼和浩特白塔国际机场等，冬季受冷空气影响大，降雪常见，基本都需要进行除冰雪作业。

西北地区：陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆等地的机场，如西安咸阳国际机场、兰州中川国际机场、西宁曹家堡国际机场、银川河东国际机场、乌鲁木齐天山国际机场等，冬季有不同程度降雪，同样需要开展场道除冰雪和航空器除冰作业。

华中地区：湖北、湖南、河南的部分机场，如武汉天河国际机场、长沙黄花国际机场、郑州新郑国际机场等，偶尔会有降雪天气，也需要具备相应的除冰雪能力。

华东地区：上海、江苏、浙江、安徽等地的机场，像上海浦东国际机场、上海虹桥国际机场、南京禄口国际机场、杭州萧山国际机场、合肥新桥国际机场等，在强冷空气南下时可能出现降雪，需要进行除冰雪作业。

西南地区：四川、重庆、贵州、云南的部分高海拔机场或在特殊天气条件下，如成都双流国际机场、成都天府国际机场、重庆江北国际机场、贵阳龙洞堡国际机场、昆明长水国际机场等，也可能需要进行场道除冰雪和航空器除冰。

降雪及寒冷天气对机场运行造成的影响主要有：

1. 造成跑道表面状况无法满足航空器起降要求。
2. 航空器表面结冰不满足航空法规、标准。
3. 造成飞行区场地地貌发生变化，导致盲降等导航设施信号发生波动变化，影响航空器起降安全。
4. 滑行道、机坪道面湿滑，航空器、车辆、人员运行效率下降或暂停运行。
5. 反复长时间降雪影响航班正常率，航班大面积延误或取消，旅客大量滞留机场，易引发群体事件和不利舆情大面积发酵。

机场除冰雪过程中主要存在的难点和问题有：

1. 协调不畅，机场飞行区除雪部门与运行监管、航空公司、运管委、空管部门之间存在信息不对称，信息传递慢，多头决策等问题。

2. 除冰雪启动时机把握不准，除冰雪效率不高，除冰雪总指挥无法第一时间掌握除雪车辆位置和完成情况。对于每次除冰雪过程和完成效果进行总体评价时也没有系统性地判定标准和指标。

3. 除冰雪期间机场区域天气变化不定，同时有一边下雪一边清雪的情况，风速、风向、气温和实时降雪强度对于场道除雪效果影响很大，导致何时完成清雪达到跑道适航时刻不确定，无法为机场航班恢复运行提供可靠依据。

为解决上述问题，建立一套科学的、适用的机场除冰雪管理指挥系统是提高冬季机场运行效率、确保机场运行安全的迫切需求。根据调研除冰雪作业实践和一线人员提出的需求，2019年，我公司启动机场除冰雪管理指挥系统项目研发工作。本项目有三个研发目的：一是提升场道除冰雪管理指挥能力；二是提高现场除冰雪效率与安全性；三是打造信息共享、具备升级能力的软件平台。

除冰雪管理指挥系统已分别在哈尔滨机场、沈阳机场、武汉机场落地，自投入运行以来，该系统已成功指挥了几十场除冰雪作业。通过运用系统的任务发布、定位查看、轨迹回放及检测工作时长等功能，显著提升了统一指挥调度和信息交互联系的能力，有效避免了人员疲劳作业，提高了除冰雪作业的工作效率与安全性。

此外，系统功能得到了进一步拓展，现已应用于巡视检查、清扫机坪、跑道、滑行道等日常作业，并对施工车辆和人员进行实时监控与回查，从而加强了监管力度，提升了机坪安全裕度。

二、案例基本情况及关键参数

本系统是一种综合利用北斗定位系统（BDS）和无线通信技术、地理信息系统（GIS）、人工智能（AI）技术，实现了车辆定位、场道除雪调度指挥、航空器除冰指挥调度、电子围栏告警、车辆防碰撞，并扩展跑道防侵入等功能，旨在管理和指挥机场内的车辆，并协调除冰雪作业，以确保机场的安全运行和航班的正常进行。详细功能介绍如下：

1. 车辆定位

系统可在电子地图显示所有任务中的除冰雪车辆的准确位置、速度、方向、车辆驾驶员等信息。

2. 除冰雪调度指挥

指挥员可以通过系统下发航空器除冰和场道除雪任务，除冰雪车辆驾驶员通过车载终端接收任务，并反馈任务接收与执行情况。

3. 电子围栏告警

机场管理人员可以在机场内部的特定区域设置虚拟的电子围栏，包括停机坪、行李运输区、货运区、设备存放区等地点，一旦发生违规行为，系统会立即向相关人员发送告警通知。通知方式包括声音警报、电子邮件、手机短信、调度员工作站的弹窗提示等，以确保机场管理人员及时获得告警信息。

4. 车辆防碰撞

机场车辆防碰撞功能是指通过使用各种传感器和智能技术以及采取相应的措施，来减少机场内车辆之间或车辆与其他物体之间的碰撞风险。

5. 跑道防侵入

利用电子地图技术建立虚拟的电子围栏，覆盖整个跑道和附近区域。一旦发现跑道区域有未经授权的侵入行为，系统将立即触发警报，并启动应急响应程序。

三、取得成效

自投入运行以来，除冰雪管理指挥系统的应用成果在民航专业期刊《航空安全》上进行发表，具有以下五个方面的应用成效：

一是实现了统一的指挥调度。通过对除冰雪各类资源进行全面统计管理，高效合理配置，优化管理方式，指挥员可灵活掌握各类即时信息与整体情况，可实现科学合理的排班调度计划，利用现有资源分时、分段作业，以达到集中突破、优先保障，整体清除等各类效果，保障机场除冰雪工作有序高效运行。同时，新增“联席动态”功能，可根据飞机进出港的详细信息显示，为每架飞机起降区域针对性地制定除冰雪计划，提升了降雪期间保障水平；新增“雪情管理”功能，根据降雪情况（大雪、中雪、小雪）自动调整不同分区的颜色，不同的颜色代表了各区域积雪情况的差异，指挥人员根据积雪情况下达更加精准的指令，进而提升除冰雪效率。

二是实现了高效的信息传递。一线作业人员在集结阶段，通过除冰雪车辆上安装的车载平板电脑，获得直观准确的区域、任务内容、编队

编组、任务时间等信息，并可在任务完成后，通过车载平板电脑反馈任务完成信息，从而保障指挥员与驾驶员之间信息传递清晰正确。使用该系统发布跑道集结任务后，有效杜绝了对讲机占用频道情况，集结时间从5分钟左右缩短至2分钟左右。

三是实现了可视的监管决策。通过高精度差分定位技术与预警手段，采用电子地图，实时监测除冰雪作业车辆的位置。此外，指挥员也能通过在作业车辆及巡检车辆上安装高清摄像机实时采集现场图像信息，为指挥调度提供可靠的视频分析支持，提高了除冰雪效率。同时“里程统计”功能可自动记录除冰雪车辆启动、停止的时间及行驶里程，完善对车辆统一管理的相关功能。

四是实现了科学的绩效考核。通过将车辆与人员信息进行匹配，记录有效工作时间、执行效果、车辆行驶路线及违章等各类信息，形成准确的考勤记录。从而对除冰雪人员的工作绩效提供科学化的数据支撑，精准绩效、正向激励，充分调动工作人员的积极性。

五是实现了准确地记录倒查。通过轨迹回放、车辆位置回查等功能，指挥员能够准确再现某一时间段内任意车辆的工作轨迹，进而分析车辆的工作范围与作业次数，进一步优化作业车辆的派出规划和线路规划，解决了除冰雪作业区域“死角”问题，避免重复作业。同时，也为事后追查倒查提供准确的依据。

本系统是首个在东北地区实现除冰雪管理指挥的平台，填补了国内机场除冰雪管理领域的空白，解决了过去存在的除冰雪车辆状态无法实时查看、除冰雪工作效率慢等诸多管理难题和技术瓶颈。

其推广应用前景与措施包含以下三点：

1. 行业市场规模和增长趋势据行业研究报告显示，民航行业对于除冰雪解决方案的需求呈逐年增长的趋势，预计未来几年市场规模将保持稳定增长。因全国范围内冰雪恶劣天气事件频发，不仅寒冷地区或季节性降雪较多的北方机场需要该系统，南方部分机场也迫切需要一套除冰雪指挥管理系统。

2. 技术定位和产品优势

本系统定位于提供全面、智能的除冰雪管理解决方案，在技术和服务上具有较强的竞争优势，能够提升飞行区安全和运营效率。

3. 推广潜力和前景

随着民航行业的不断发展和技术进步，目标用户群体包括航空公司、机场管理机构以及地面服务供应商，其规模庞大且对除冰雪管理的需求持续增长。

本系统具有良好的扩展和复制能力，可根据不同地区和场景的需求进行定制化部署，可在全国范围内推广应用。

客运智能排班系统

大连国际机场集团有限公司

项目组成员：王雪、李蔷蔷、刘文博、张国斌、王文钊、
谭旭升、毕克

一、案例背景及意义

近年来，随着航空产业的飞速发展，机场旅客吞吐量迅速增长。伴随机场航班量和旅客吞吐量增长的同时，机场地面服务保障工作的压力也逐步增大。目前大多数机场地服保障工作采取手工排班的方式对地面服务员工进行派工。一方面人工排班需要依赖于个人经验，不同管理人员排班侧重点存在差异，难以保证航班任务分配的公平性。另一方面随着航班数量增多，面对有限的航班保障资源，完全使用手动排班匹配每个航班的工作人员将耗费大量时间成本。大连机场信息技术管理部根据本场客运迎送岗位实际工作场景，开展需求调研，结合排班规则，梳理业务流程，自主开发了客运智能排班系统。

二、案例基本情况及关键参数

在传统客运迎送岗位派工管理的过程中，管理员普遍使用 Excel 记录、派发每日员工航班任务。然而由于受到天气或地域的偶发事件因素的影响，航班实际起落顺序、停靠位置都与航班计划有很大差别，这就造成了管理员需要对已经发布的航班任务不断地进行人员替换和调整。一方面管理员

需要通过其他渠道获取最新的航班动态信息，了解员工的航班完成状态，另一方面管理员要根据航班的机型位置信息匹配相应数量的通过岗位授权的员工进行工作。因此在航班旺季的派工难度大大提高，管理的时间成本也大大增加。

为解决上述问题，智能排班系统开发实现了以下功能：

1. 智能排班系统接入 ACDM 航班动态数据，航班数据实时更新，避免传统排班使用航班计划，由滞后信息带来频繁更换员工的问题。

2. 系统采用实时派工的管理方式，由管理人员根据航班预达情况下发员工的航班任务，仅针对即将落地的航班发出派工指令。随着航班任务推进及航班时刻变化，对员工分配的航班任务进行动态调整，提高在岗员工利用率，避免因航班延误等因素造成不必要的航班保障等待时间。

3. 智能排班系统根据航班预达时间，航班停靠位置，员工任务状态，员工岗位授权，航班保障人数等信息，实现自动分配预达航班保障人员的功能，在经管理员确认后进行任务派发，大大降低管理员派工难度。

4. 将原有同架飞机的迎送工作拆分为进港和出港两个保障过程，减少航班停留间隔等待保障的时间，提高在岗员工工作效率。

5. 系统提供排班预警功能，对于即将落地的航班、出现延误的航班、派发未接收的航班、人员未到位的航班、任务未完成的航班、在系统中使用不同的颜色进行标识，以提醒管理员关注航班状态，避免航班漏排，同时使员工的航班保障过程得到有效监控。

6. 系统采用 PC 端+手机端联动的展示方式,管理员从 PC 端接收航班动态信息,通过企业微信以消息提醒的形式向员工发出航班保障信息。员工从手机端获得航班保障任务,开始进行航班保障工作,同时记录航班保障节点时间。当员工点击任务完成后,该项航班保障任务结束。管理员 PC 端航班任务标记完成,形成航班保障闭环管理。

三、取得成效

1. 技术创新: 先进性、成熟度、自主性

客运智能排班系统接入 ACDM 动态信息,在动态航班列表的基础上嵌入航班保障的工作人员名单,增加派工管理信息的可读性。根据迎送岗位员工岗位管理规定,设置迎送岗位授权功能,管理员根据员工资质及培训结果进行岗位授权,派工系统根据岗位授权划定派工的人选范围。同时基于迎送岗位特定工作流程,结合场内停机位距离和交通工具使用情况,对时间节点数值化处理后进行线性偏移计算生成序列,采用递归算法遍历查询最优解。

2. 应用效果: 经济效益、社会效益、环境效益

(1) 经济效益

智能排班系统能够根据航班量精准安排工作任务,根据航班动态计算未来航班高峰时间段的预计人力需求总量,使管理员可以提前进行人员安排调整,避免了传统排班中常见的人员冗余或不足的问题。客运迎送岗在使用智能排班系统以后,取消了每日 3 人次的机动岗位,人力成本降低了约 10%。

系统通过合理安排班次，减少了员工的无效等待时间，提高了工作饱和度。同时，系统能够快速响应航班延误等突发情况，及时调整人员安排，进一步降低了运营成本。

（2）社会效益

智能排班系统能够确保客运迎送岗位在航班高峰期有足够的人员提供服务，减少旅客等待时间。同时，系统通过优化排班，减少了航班延误率，提升了旅客的整体出行体验。

使用排班系统以后，降低了管理员航班任务分配的主观因素，能够更好地平衡员工工作量，使工作任务分配得更加公平公正，从而提高员工的工作积极性和满意度。

3. 推广价值：适用性、可复制性

针对大连机场其他一线岗位，如机务除冰，站坪监管等航班保障岗位进行了智能排班系统的二次开发。通过相应岗位的工作流程进行梳理，对派工过程相关的航班属性和人员岗位资质要求进行修改后，可以做到程序适配，达到程序复用的效果。目前已经陆续在大连机场各一线岗位开展智能排班的推广工作。

4. 示范效应：行业影响力、社会影响力

客运智能排班系统的应用为大连机场树立了新的标杆。其通过技术创新和管理优化，显著提升了机场的运营效率和旅客服务水平。这种成功案例为其他机场提供了可借鉴的经验，推动了大连机场向智能化、精细化管理的方向发展。

智能排班系统的广泛应用不仅提升了机场的运营效率，还为社会带来了积极影响。例如，通过减少航班延误和旅客等待时间，提高了旅客的出行满意度，增强了机场的社会形象。此外，该系统还为其他公共服务领域提供了智能化管理的思路，推动了整个社会的数字化转型。

综上所述，客运智能排班系统在机场客运迎送岗位的应用取得了显著的成效，其在技术创新、应用效果、推广价值和示范效应等方面均展现出巨大的优势，为机场行业的智能化发展提供了有力支持。

民航校飞指挥系统

大连国际机场集团有限公司

项目组成员：周仙奕、张韬、闫朴、乔聚阳、张慧、徐皓

一、案例背景及意义

民航飞行校验是保障导航设备精准度、确保航空器安全运行的核心环节。根据民航局规定，全国 259 座民用运输机场每半年需进行一次飞行校验，通过地空协同对导航信号参数、告警门限等关键指标进行全面检测与调整。然而，传统校飞模式长期存在以下痛点：

信息孤岛严重：校飞指挥人员依赖人工沟通获取飞机位置、飞行科目进展等信息，数据同步滞后，导致地面调整人员无法提前预判和优化参数；

效率低下：校飞期间需占用空域资源并关闭导航设备，单次校验平均耗时 8~10 小时，直接影响航班正常率；

记录管理粗放：通话记录依赖人工抄写，易遗漏关键信息，历史数据追溯困难；

成本高昂：校飞作业在大连机场每小时费用约 5.35 万元，平均每次校飞费用在 100 万左右。

在此背景下，大连国际机场集团有限公司依托机场科学技术协会及职工创新工作室平台，自主研发了“民航校飞指挥系统”。该系统以“跨系统集成、智能化协同、全流程闭环”为核心理念，填补了国内外校飞指挥领域的空白，实现了三大突破：

技术突破：首次将 A-SMGCS（高级场面活动引导与控制自动化系统）、软件无线电（SDR）、高清视频监控等技术深度融合，构建一体化指挥平台；

流程突破：通过自动化数据采集与实时分析，将校飞效率提升 10%以上；

成本突破：系统建设成本仅为 2.4 万元，单次校飞即可收回投资，为行业树立了“低成本高效益”标杆。

该系统的成功应用，不仅推动了大连机场智慧化转型，更为全国中小机场提供了可复制的解决方案，对实现民航“四型机场”（智慧、绿色、人文、安全）建设目标具有里程碑意义。

二、案例基本情况及关键参数

1. 系统架构与技术路线

系统以“一核多端”架构为核心，通过硬件集成与软件优化实现跨平台数据交互：

（1）核心硬件

A-SMGCS 工作站：实时采集校飞飞机 ADS-B（广播式自动相关监视）、多点定位、雷达等多源数据，生成高精度飞行态势图；

视频数据采集卡：支持 HDMI 信号输入，将 A-SMGCS 的 Linux 系统界面转换为 Windows 兼容数字信号，解决跨操作系统兼容性问题；

软件无线电接收机（SDR）：覆盖 108-137MHz 航空频段；

高清网络摄像机：配备 30 倍光学变焦镜头，分辨率达 4K，覆盖跑道端、停机位等关键区域。

（2）网络与传输

采用 KVM（键盘、视频、鼠标）延长技术与光纤传输，实现跨网段（Linux-Windows）、跨距离（最长支持 10 公里）数据安全传输；

内置协议转换器，兼容 RTSP、ONVIF 等主流视频协议，确保多品牌设备无缝接入。

（3）服务器与软件

基于 Windows 平台开发指挥系统软件，集成实时录屏、音频转文字、数据可视化分析模块；

支持云端填报校飞进度报告，多端同步相关数据。

2. 核心功能与性能指标

（1）实时态势感知

通过 A-SMGCS 动态显示校飞飞机经纬度、高度、航向及飞行科目进度；

（2）多频段通信监听

SDR 技术实现校飞频率、空管指挥频率同步解调，支持并行录音。

（3）智能视频监控

高清摄像机实时追踪校飞飞机地面保障状态。

（4）数据闭环管理

全过程录屏、录音与表单记录自动归档，支持按时间戳快速检索与回放；

三、取得成效

1. 技术创新

跨系统集成突破：攻克 A-SMGCS 与 Windows 平台数据引接难题，通过视频采集卡与 KVM 技术实现 Linux 系统数据安全传输，减少二次开发成本；

SDR 技术应用：首创多频段并行监听方案，替代传统单频段电台；

专利成果：获实用新型专利（ZL 2024 2 2211367.X）。

2. 应用效果：多维度效益凸显

（1）经济效益

民航校飞指挥系统已在大连机场成功实施。2024 年 8 月底，在大连机场的校飞工作中完成了系统的最终调试及效果验证，解决了校飞指挥工作中的多个难题。该系统通过集成高级场面活动引导与控制自动化系统（A-SMGCS）、高清视频监控、软件无线电（SDR）技术和校验数据云填报，实现了校验飞机航迹实时跟踪显示、机位视频监控、地空通信监听及校验整体进度自动统计四大核心功能。

应用后经济效益显著。使用校飞指挥系统后，校飞工作效率得到了明显提升，至少节约了 10% 的校验时长。对于单跑道机场如大连机场，每次校飞可节约 1 小时的校验时间，直接节省 5.35 万元的校飞成本。此外，该系统安装费用仅为 2.4 万元，不足半小时的校飞费用，实现了“一次回本”。后续维护简单且成本低，配件易损件易于购置，进一步降低了长期运营成本。

（2）社会效益

该系统不仅提高了校飞工作的安全管控水平，还减少了导航设备因校飞而关闭的时间，降低了对航班的影响。同时，通过实时监控和通信监听，增强了各部门之间的协同效率，使得校飞工作更加顺畅高效。

（3）环境效益

减少纸质记录使用；

减少校飞飞机工作时间，减少燃油消耗与污染；

3. 推广价值

适用性广泛：系统适用于大中小机场，通过机场固有设备进行定制化调试安装；

快速复制经验：机场固有设备类似，通过已有经验可以进行快速调试部署。

4. 示范效应：引领智慧机场新生态

“民航校飞指挥系统”通过技术融合与模式创新，实现了校飞作业从“经验驱动”到“数据驱动”的跨越。其低成本、高效益、易复制的特点，为大连机场打造了智慧化标杆。未来，该系统将进一步融合 AI 等前沿技术，为全球民航智慧化发展贡献。

数据中心创新应用

宁夏机场有限公司

项目组成员：蔺兴峰、陈晓鹏、刘宇坤、李佳、刘军涛

一、案例背景及意义

（一）背景情况

为加快推进宁夏机场生产运行数据协同共享，根据民航局《智慧民航建设路线图》《关于民航大数据建设发展的指导意见》和《西部机场集团“十四五”信息化发展专项规划》相关要求，结合行业信息技术发展新趋势，宁夏机场公司深入研究，规划建设宁夏机场数据中心一期项目，通过数据治理和共享，开展数据分析和应用，实现数据赋能业务发展。

（二）项目意义

1. 借助数据中心平台，打通各业务板块数据，推动机场生产运营核心数据汇聚和整合，共享银川、中卫、固原机场数据资源，同步搭建网络安全架构，为三地机场信息化建设打好数据管理基础。

2. 通过系统数据集成盘活数据资产，通过数据治理平台规范建立数据标准，加强机场数据集中统一管理，提高整体信息化管理水平，推动机场数字化转型升级。

3. 通过数据资产开展数据分析应用，搭建数据应用平台实现数据分析赋能业务决策，搭建数据应用平台实现数据驱动业务场景应用。

二、案例基本情况和关键参数

宁夏机场数据中心一期工程项目建设基本情况如下：一是建设云管平台实现计算、存储资源统一管理和运营，迁移安检信息系统、地面服务调度系统、航显系统、A-CDM系统和停车场管理系统等核心生产系统上云运行；二是建设数据总线实现机场内外部生产系统数据采集，通过大数据和数据治理平台实现 11 个数据主题域建设和数据价值挖掘；三是建设数据应用平台借助数据资产实现“航班流”“旅客流”等数据可视化和数据报表开发，实现停机位智能分配、旅客流量预测和安全自愿报告大模型等数据创新应用开发。

围绕机场数据管理业务中的数据治理和数据应用需求，通过云平台、数据治理平台和数据分析平台等技术，融合机场信息系统业务数据，通过整合和治理数据资产，开展数据可视化分析和数据应用开发，提高数据治理管理、数据共享与数据创新应用服务能力，实现数据赋能航班保障、旅客服务、安全检查等业务场景，提升航班保障运行效率和旅客服务体验。

三、取得成效

1. 技术创新

一是基础环境创新。建设云管平台，核心上云业务系统均部署国产麒麟操作系统，实现统一管理和运营的自主可控，为多个核心生产系统的上云运行提供安全保障。二是数据治理与分析创新。通过建设数据总线、大数据和数据治理平台，实现机场内外部生产系统数据采集、数据主题域建设以及数据资产积累和治理，为数据应用奠定坚实基础。三是数据应用与创新应用开发创新。打造数据应用平台，利用数据资产实现数据可视化、

报表开发以及一系列数据创新应用开发，充分挖掘数据在业务场景中的价值。通过三方面形成“建-管-用”的场景应用模式。

2. 应用效果

(1) 数据中心云平台，以云计算、ICT 技术为基础，构建混合云基础设施，提供云上和本地部署体验一致的云服务。通过持续同步公有云能力，从资源混合到能力融合，兼顾公有云快速创新能力和私有云的可管可控，匹配机场业务架构和业务流程。

(2) 数据中心大数据平台，在云平台数据池所需的底层硬件、大数据基础平台层组件及集成平台的采集处理能力的基础上，完成现有分散在各系统的数据汇聚，形成标准化的数据仓储能力，以及面向应用的数据交换能力，支撑上层业务及集团公司对数据应用的要求。

(3) 数据中心数据治理平台，统一数据标准，提高数据服务质量，管理数据使用，提炼机场业务场景运行经验，形成行业数据模型（主题库、专题库、指标等），提供标签画像、自助报表、数据挖掘等多种服务能力。

(4) 数据应用平台，建设通用类和管理类数据应用；建设 AI 创新平台，训练 AI 算法模型，赋能人工智能算法应用；建设机场场景业务应用包括：安检通道旅客流量预测、安全自愿报告智能分配大模型和停机位智能分配，开发“航班流、旅客流”数据可视化模块。

3. 总体目标

(1) 管理数字化：构建统一的数据管理体系，建设大数据中心，通过数字化运营平台的建设，实现业务状态透明可视，以数据赋能企业精细化管理。

(2) 运行智慧化：以新技术驱动业务发展，构建智慧机场能力全景图，借助数据中心能力，打造生产要素全面物联、数据共享、协作高效、智能运行的新一代机场。

(3) 产业协同化：利用数据中心推动跨组织、跨产业间的数据贯通、资源共享和业务协同，促进航空主业和非航产业经营管理、生产运行、旅客服务和商业模式创新发展。

(4) 资源集约化：建设敏捷高效可复用的数字技术基础设施，打造集约共享的 IT 服务能力，确保整体 IT 资源价值发挥最大化。

(5) 分区管控支撑：借助数据中心能力开展三区管理信息化，以提高运行效率、提升管理品质、降低运行成本、支撑机场公司各单位协同运行为目标，充分利用新理论、新技术、新应用，不断完善基础平台和应用系统，持续优化业务流程，推进各单位在生产运行、服务保障、安全管理等方面高效协同。

4. 推广价值

机场行业通用性：该项目所采用的云管平台、数据治理平台、数据分析平台等技术，在机场行业具有较高的通用性。其他机场可以借鉴本项目的模式和经验，快速搭建起适合自身需求的数据管理中心，实现数据治理和数据应用能力的提升，进而推动机场整体运营水平的提高。

其他行业参考价值：对于一些具有类似多系统数据整合与治理需求的行业，如铁路、港口、物流等交通领域，以及涉及多种业务系统和数据应用场景的企业，本项目的成功经验也具有一定的参考价值，可为其提供数据管理与应用建设的思路和方法。

5. 示范效应

行业标杆引领：作为机场行业在数据管理领域的创新实践案例，数据中心一期工程项目在技术创新和应用成效方面表现出色，能够为其他机场树立行业标杆，引领机场行业在数字化转型和数据管理方面的方向，推动整个机场行业向更高效、智能、服务优质的模式发展。

技术创新示范：展示了先进的数据治理和数据应用技术在机场业务场景中的落地应用，如大数据平台、数据可视化、智能预测模型等，为其他机场或企业提供了技术创新示范，激发行业内对新技术应用的探索和实践热情。

航空器推出自动排序程序及排序界面开发

北京首都国际机场股份有限公司

项目组成员：肖东喜、谢悦、童芳、侯娜、张潇霄、李杰超、
周宣任、甘田、李昂、林天鹏

一、案例背景及意义

2018 年首都机场完成机坪管制接收工作，航班的推出、开车、滑行的管制指挥工作由首都机场机坪管制室负责，航班推出作为飞机出港的第一步，需要牵引车推动飞机至滑行道上，因此保障好第一个环节，是确保后续环节的正常和按时的必要条件。如何提升推出环节保障效率是机坪管制接收后面临的首要问题。为此首都机场机坪管制与国航牵引车部门联合开展航班推出排序程序，首次实现了牵引车有序调度，提前到位，有效提升航班保障效率。

但随着航班量持续上升，运行环境及保障流程日益复杂，该程序已不能发挥积极作用，主要体现在覆盖范围小、排序准确度低、排序信息传递慢，为此，机坪管制开展智能排序程序开发，在现行出港航班推出排序工作的基础上，研究优化出港航班推出排序运行规则，实现航班推出自动排序并在 A-CDM（机场协同决策系统）中开发完成推出排序界面展示，推动排序数据与航空公司系统互联，推出环节的系统化协同运行指挥，为各地

面保障单位调度牵引车顺序提供参考，航班推出环节效率提升 2 分钟，并实现“推出一滑出”环节达到首都机场运行保障标准。

二、案例基本情况及关键参数

（一）优化推出规则，实现智能排序

机坪管制结合地面保障时间节点、航班正常时间节点、航班受限时间节点等信息，选取预计放行时间远近为基础制定的排序规则，该规则同时考虑航班保障优先等级、流控时间以及同区域内同时推出航班地面保障进程等因素，完成“进入推出排序序列规则”及“排序规则”制定。该规则对照实际保障情况验证，推出顺序结果符合率达到 90%以上，可为牵引车调度提供可靠的工作依据。

（二）开发排序界面，实现智能展示

机坪管制借鉴了空管电子进程单模式，将航班创新性地以航班条的形式展示，并制定了信息提示、区域划分、人工干预等方面近 25 项功能，实现航班推出排序直观展示并动态调整。同时，航班信息条以预计放行时间及流控时间进行倒计时显示，并呈现颜色变化，以提示地面保障及机坪管制进行关注，并确保在预计放行时间或流控时间内推出并起飞。

（三）增加干预功能，提升排序精度

航班排序在特情或者运行变化时呈现推出时间不准确的情况，特别是相邻机位同时申请推出时，系统无法进行精准的判断，为此在该界面设计了相邻机位提示以及人工干预功能，为特殊情况下预留可动态调整功能，

由管制员通过地面保障进度及运行情况进行人工判断并输入推出时间，实现“系统排序+人工微调”的模式，使排序更加精准。

（四）开展数据互联，实现智能传输

为实现航班推出排序数据自动发送至航空公司保障部门，首都机场信息科技部与国航信息部、BGS 信息部进行了多次数据接口机协议的会议研讨，制定终版方案后同步进行开发工作。经过一个多月的开发测试工作，2023 年 8 月初，完成试运行后，并于 8 月 31 日接入“国航全球地面生产保障平台”，实现推出顺序数据系统互联及自动排序信息实时共享，经过一个月的验证运行及持续优化后正式上线，有效提升排序数据传输效率。

三、取得成效

1. 技术创新

创新性建立航班推出排序程序。由于牵引车驾驶员并不掌握飞机的推出顺序，当管制员给机组发推出开车指令时，飞机通过“闪灯”的形式通知附近等待的牵引车，导致飞机在接收到推出指令后并不能立即推出，这个过程需要 3~5 分钟，机坪管制通过将航班推出顺序进行排序，并联合地面保障单位实现牵引车提前到达，有效提升推出环节保障效率。

创新性建立科学的航班推出排序规则。通过梳理航空器推出排序保障流程，结合地面保障进度、CTOT 时间、预计起飞时间等多个时间节点对比，制定推出排序规则，将排序精准度提升至 90%以上。

创新性开发航班推出排序界面。以电子进程单展示形式，在 A-CDM 系统完成航班推出排序展示界面开发，实现出港客运航班推出排序全覆盖，

为航班牵引车调度提供可靠的依据，同时与国航完成数据互联，数据实时发送，为地面保障资源调度提供依据。

2. 应用效果

实施航班推出排序后，客运航班推出耗时缩短 2 分钟，从航班准备好到滑出环节耗时实现 10 分钟以内，达到运行保障标准。航班推出排序的航班覆盖率由 30%提升至 100%，准确率由 61%提升至 90%，有效提升首都机场整体推出效率；实现由人工排序向系统自动排序转变，减少席位工作负荷，排序流程耗时由 40 秒缩短至 13 秒，同时提升牵引车保障资源利用率。

3. 推广价值

各机场接收机坪管制工作后，均面临机坪运行效率提升的问题，特别是出港推出环节，保障标准时间短，涉及保障单位多，开展航班推出智能排序工作，完成推出排序规则及界面开发，为各机场机坪管制单位提升推出效率提供借鉴，实现了牵引车合理调度，提前到位，助力航空公司开展优化推出环节工作程序，真正实现该保障环节串行变为并行，为其他机坪管制单位开展该项工作提供借鉴参考作用。

4. 示范效应

（1）坚持“精益管理”理念，切实解决难点问题

本案例展示了民航地面保障流程智能化升级解决难点问题的典型路径。航班推出环节是航班保障全流程的其中一环，机坪管制通过对该环节深挖短板，识别出 3 大主因，7 个末端原因，并通过一系列措施及智能化

升级实现该环节效率提升，资源调配由人工调度转为系统派单，保障时效由平均 5 分钟缩短至 3 分钟，有效消除同区域保障冲突问题，该环节保障流程优化提供可复制的解决方案。

（2）坚持“智能创新”理念，构建科学决策体系

通过实施数据统计分析、优化排序算法及系统自动化升级，首都机场航班推出排序准确率由人工阶段的 70% 提升至 90% 以上，决策效能提高 20 个百分点，排序覆盖范围从国航始发航班扩展至全航空公司、全时段航班，实现 100% 航班纳入智能排序体系，建立的动态优化的决策模型，为行业数字化转型提供了创新实践样本。

（3）坚持“降本增效”理念，实现资源利用最大化

本案例始终以资源利用率最大为目标，实现牵引车资源利用率约提高约 10%，单位耗油成本下降 7.3%。管制指挥方面实现了管制通话由 8 句缩短至 3 句，减少通话量及通话时间，提高航班地面推出及滑行效率。通过系统自动排序、自动发送机接收，实施“系统排序、人工微调”的航班推出排序工作模式，实现人工排序向自动排序转化，微信平台发送信息向自动发送接收信息转化，有效减轻各席位负担，提高信息传递效率，排序工作流程耗时缩短 70%，进一步提升整体运行效率。

（4）坚持“五小创新”理念，发挥基层员工能动性

航班推出智能排序由机坪管制起航班组在日常工作中自主开发的工作程序，并构建的排序系统，从最初简单的人工排序、微信发布到系统自动排序、自动发布，充分发挥基层班组和员工的积极思考、主动参与程序

系统建设的能动性，实现从一个环节、一个难点入手，到逐步建立系统化的改变，同时创新带来的工作流程优化，效率提升，运行风险和工作负荷减少，进一步激励班组人员挖掘更多的好创意、小发明，实现人才培养和业务提升的双赢局面。

便捷服务类

新技术助力行李服务提升

首都机场集团有限公司北京大兴国际机场

项目组成员：高海兴、张治宇、徐林、王以河、叶道庆、

刘忻、于洪刚、庄侠莹

一、案例背景及意义

在全球范围内，行李错运、漏运、丢失一直是民航旅客投诉的焦点，航空业用于将错运行李返还至旅客手中的成本十分高昂，旅客对实时掌握行李运输状态的诉求也非常强烈。此外，进港旅客等待行李提取时间较长，严重影响了旅客的整体满意度。近年来，民航局和集团公司高度重视新技术在业内的应用，推动民航业的高质量发展。为提升行李整体服务水平，增强人民群众航空出行的获得感和幸福感，大兴机场通过数字化、网络化、智慧化的手段，运用产品思维，创造性地将新技术用于行李服务产品，分析优化行李流程，从而提升行李处理效率，提高行李服务质量。

二、案例基本情况及关键参数

在设计和运营过程中，大兴机场通过航企联合、打通数据壁垒、建立指标体系、开展创新应用研究等多种形式，将新技术融入行李服务中，提升了大兴机场服务质量，增强了广大旅客的获得感。

（一）以共享为理念，实现全链条数据互联

大兴机场与航空公司、地服公司、系统厂商及其他保障单位协同创新，定义数据编码规则、制定接口传输规范，构建了ESB（企业服务总线）平台，通过数字化、网络化的手段打通了上下游数据壁垒，实现了标准互认和数据共享。通过该平台，机场实现了跨地域、跨航司的数据收集和共享，有效实现了行李在值机、安检、分拣、装车、装机、中转、到达各环节的全流程跟踪。

（二）以科技为依托，开展产品和服务创新

1. 通过全面采用RFID技术设备替代传统光学识别设备，并结合现场物理环境与行李标签芯片的具体情况，大兴机场成功构建了RFID感应评估模型矩阵。在航司启用新型号行李标签时，通过模型矩阵测量信号三维立体参数信息，动态调整RFID天线分布、专项调整RFID芯片性能，使得读取设备与各家航司使用的不同厂家的RFID标签均形成了最优匹配。这一创新实现了全航司全节点小间距RFID行李全流程的自动采集和准确跟踪，解决了行李箱材质多样、行李间距小、识别区域不固定导致动态识别不稳定的难点，使RFID标签读取率达到99.6%以上，有效降低行李迟运、错运比例。同时，大兴机场充分利用RFID芯片可存取大容量信息的电子特性，制定了行李身份数据提取和写入标准，开发了RFID芯片读写平台软件，将行李分拣所需航班号、行李号等身份数据一并写入芯片中，使行李处理不再单独依赖离港系统发送的行李身份数据。

2. 大兴机场将大数据分析技术运用于行李全流程跟踪系统，可对行李在所有节点进行监控，并可定义各个跟踪节点的超时时间，实现异常行

李自动预警。并通过后台设置行李跟踪专职岗位，与前台联动处置，确保旅客与行李同机离开。同时，开发行李跟踪服务产品，为旅客提供行李查询服务。大兴机场对行李全流程跟踪节点按照民航局《行李全流程跟踪系统机场端建设指南》要求进行了细化，纵向按照普通柜台托运、大件柜台托运、VIP 柜台托运、中转柜台托运，横向按照行李出港、行李中转、行李进港共划分 26 个跟踪节点。这一产品让旅客能够像追踪快递一样，实时掌握行李的运输状态。

3. 在进港行李跟踪数据的基础上，大兴机场深度整合进港行李车 GPS 设备和安防监控系统视频信号，打造了行李可视化系统。该系统使行李跟踪从仅能提供位置和时间的信息查询，增加提供了进港行李全流程可视化服务，大大改善了旅客出行体验。旅客可在航显屏观看行李拖车在机坪运输、行李在转盘传输的全过程视频，行李操作实现了“一目了然”，让行李运输的全过程置于旅客可视范围内，督促提升地服人员的操作方法和作业效率。此外，还通过预计行李提取时间，助力旅客高效规划行程，享受从容不迫的出行体验。

（三）以 AI 为赋能，优化各环节保障效率

基于人工智能算法开发的行李提取效率监测系统可在自动检测各环节跟踪数据完整性、准确性的基础上，智能识别业务场景，实现复杂数据的多维度分析，精确分析各保障环节用时。行李全流程跟踪每日会产生近五十万条数据，借助这些数字化、智能化的手段，可以自动化分析并生成效率分析日报和月报。通过推动业务与数据融合，深入挖掘行李提取效率

超时的原因，发现问题、提出优化措施，与各保障单位共同提升行李服务质量。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 行李追踪服务产品

大兴机场是全国首家做出承诺实现 100%行李全流程跟踪的机场。旅客可扫描行李条码，或输入行李号、本人身份证号、护照号等方式，通过大兴机场APP、微信小程序等多种途径进行行李全流程跟踪查询包括值机、安检、分拣、装机、到达等 9 个进出港关键节点，满足旅客实时掌握行李状态的需求。

2. 行李可视化服务产品

行李可视化产品显著改善了旅客出行体验。进港行李转盘航显屏可实时呈现行李运输动态轨迹，并同步开启装卸流程视频直播功能，让旅客通过直播视频监督行李保障服务。系统还可以智能计算行李预计提取时间，缓解旅客等待行李焦虑，让旅客安心。

3. 进港行李提取效率监测系统

行李提取效率监测系统的开发填补了行业内进港行李效率分析领域的空白，大兴机场在业内首次将该自主研发的系统用于行李提取效率治理，并取得了显著的成效。

（二）应用效果

大兴机场厚植服务优势，坚持创新驱动、智慧发展，通过行李全流程跟踪特色服务有效提升行李服务品质。通过实施 RFID 标签入场及全过程管控，行李识别率达到 99.6% 以上，并使行李系统差错率稳定在 0.003%（万分之 0.3）以下，远低于《民用机场旅客服务质量》要求的 0.05%（万分之五），其中错分率与丢失率持续保持为 0，总体指标全行业领先。通过流程优化和效率治理，使约 35% 航班的行李早于旅客到达转盘，首件行李平均等候时间 2.9 分钟，末件平均等候 7.7 分钟。

（三）推广价值

1. 作为国内首家将行李身份数据写入 RFID 标签的单位，大兴机场通过技术创新，将延续了几十年的离港系统故障预案模式优化为无感切换，实现技术创新引导业务应急方式革新的重大变革，对使用不同航司的行李均具有较高的适用性。

2. 大兴机场充分共享智慧和经验，配合民航局编制了《民航行李全流程跟踪系统建设实施方案（试行）》《民航旅客行李全流程跟踪系统机场端建设指南（试行）》和《民用航空行李跟踪 RFID 存取技术规范（试行）》3 项行业标准文件，助力民航行李全流程跟踪体系建设，使这些智慧设备的应用在行业内具有可复制性。目前已实现本场运营所有航司的全覆盖，且后续入场航司也能以零成本、快速融入。

（四）示范效应

通过在行李服务中运用新技术，大兴机场 2024 年全年跟踪旅客行李 2036 万件，服务旅客 4944 万人次，广大旅客对行李信息实现了可知、可

视、可控，获得感、幸福感、安全感不断提升，并通过媒体平台表达了对大兴机场行李服务的高度认可。行李全流程跟踪服务成果在央视、北京卫视及新京报等主流媒体上进行广泛报道。大兴机场的行李全流程跟踪服务荣获了 CAPSE 创新服务奖。南航等航司大兴机场场站的行李差错率指标和行李服务满意度排名均领先其他航站。2023 年，大兴机场获得中国唯一 CAPSE 年度航空公司满意度最佳机场奖。2024 年，新技术在行李服务中的应用经验获得了中国交通协会评选的交通行业数字化转型优秀案例。

慧询一体机

杭州萧山国际机场有限公司、浙江民航信息科技有限公司
项目组成员：何圣奇、卢永平、陈琳、陈晓钢、秦雪、张彦、
陶尚彬、董卫峰、陈磊、余丹芬

一、案例背景及意义

随着旅客出行无纸化电子化日益普及，一证通关、人脸认证等新技术的广泛应用，旅客手中持有的纸质票证信息越来越少，如何为特殊人群，如老年旅客、首乘旅客、他人代买机票旅客等提供高效精准的问询引导帮扶，是保障旅客出行践行“真情服务”的重要环节。随着机场进出港旅客量稳步提升，问询服务站点一些特殊（老年人、首乘）旅客必然排起长队，如何提升问询服务的质量和效率，是亟待解决的问题。

为此，杭州萧山国际机场联合浙江民航信息科技有限公司研发了软硬件一体化的“慧询一体机”，该设备创新性地采用双屏设计，旅客可通过身份证、登机牌等证件自助查询行程信息并同步显示于工作人员端屏幕，辅助工作人员提供个性化问询服务。

该设备自2023年12月起正式在杭州机场各问询台投入使用，据统计，投用后至今问询台高峰期排队现象基本清零，问询台旅客投诉率下降38%，特殊群体问询服务时间压缩至2分钟内，实现了服务质量与效率的双提升。

二、案例基本情况及关键参数

（一）主要功能

慧询一体机主要功能包括航班问询、航班动态、电子台账、数据统计等。各模块具体功能如下：

1. 航班问询

旅客端支持通过刷身份证或扫登机牌的方式查询旅客当日航班信息及候机楼路线指引。

2. 航班动态

工作人员端可显示当日凌晨四点至次日凌晨四点的所有航班动态，支持按指定条件检索。

3. 电子台账

实现问询台日常台账电子化，包括售票柜台岗前使用检查单、销售柜台交接记录、旅客购票信息记录台账、轮椅使用记录、开闭柜事项管理、暂存遗失物品事项管理等，提高问询服务的工作效率和工作质量，实现精细化管理。

4. 数据统计

提供各点位问询台到访旅客脱敏数据的不同维度统计，为问询台服务质量提升提供数据支撑。

（二）产品应用案例

“慧询一体机”自2023年起，陆续在杭州机场、徐州机场和包头机场正式投入使用，并在烟台、浦东、郑州、昆明等机场开展试用，获得各机场的高度认可。

（三）产品关键参数

1. 硬件

前后 15.6 英寸双屏，工业级触控。

集成高清人脸摄像头、身份证读卡器，二维码扫描设备。

内置国密 SM4 加密芯片，符合《民航网络安全等级保护 2.0》要求。

2. 软件

采用 B/S 架构，基于 Vue 微前端，兼容性强。

软件可适配国产 CPU 及国产操作系统，符合信创要求。

用户界面操作简便，特殊群体也可自助完成操作。

三、取得成效

（一）技术创新

“慧询一体机”以技术创新为核心驱动力，围绕先进性架构设计、成熟度验证体系、自主性研发能力三大维度构建技术壁垒，精准匹配民航业“降本、提质、增效”的数字化转型诉求。

1. 先进性

（1）硬件采用模块化设计并集成工业级触控、高清人脸摄像头等硬件模块，设备响应延迟<0.5 秒；

（2）软件采用 B/S 架构，可兼容适配国产化硬件，满足信创要求；

（3）提供用户友好的智能化交互，特殊旅客也可独立操作。通过地图导览功能为旅客提供精准路径规划，减少人工指引依赖。

2. 成熟度

(1) 已通过杭州、徐州、包头等多个机场的实际应用验证，累计服务旅客超 10 万人次。

(2) 部署周期短，且支持远程运维。

3. 自主性

(1) 产品及配套解决方案拥有完全自主知识产权；

(2) 软硬件均采用模块化设计，未来可通过模块化升级拓展更多功能，具备持续迭代能力。

(二) 应用效果

通过技术创新与场景化落地，“慧询一体机”在经济效益、社会效益、环境效益三大维度形成协同价值闭环。

1. 经济效益

(1) 年节约人力成本约 30 万元/台。截至 2024 年，杭州本场投运的 3 台设备累计节省人力成本超 90 万元。

(2) 旅客问询平均等待时间从 5 分钟缩短至 1 分钟，特殊群体问询服务时间从 15 分钟缩短至 2 分钟内，旅客流转提速，机场商业消费潜力提升。

2. 社会效益

(1) 提升特殊人群问询服务质量和效率，消除数字鸿沟，设备投用以来投诉率降低 60%，旅客满意度上升 30%；

(2) 机场重保期间，服务效率及满意度显著提升。杭州机场亚运保障期间，系统日均服务旅客超 300 人次，服务零差评。

3. 环境效益

(1) 通过电子台账功能替代传统纸质记录，杭州本场年减少纸张消耗约 5000 张，降低资源浪费。

(2) 采用低功耗设计，相比传统智慧航显设备能耗降低 30%，符合绿色机场建设理念。

(三) 推广价值

“慧询一体机”凭借技术普适性、场景兼容性及低成本部署能力，在民航服务智能化升级中展现出显著的推广潜力，能够快速适配不同规模机场的差异化需求，并为问询服务全流程全场景提供可复制的解决方案。

1. 适用性

(1) 适配大中小机场：提供标准版及轻量版，可根据业务情况灵活选择，部署周期仅 2 天，满足低预算快速智能化改造需求；

(2) 软硬件一体化的交钥匙解决方案：通过模块化设计，可针对不同机场的航站楼布局、业务流程进行定制化调整。

2. 可复制性

(1) 提供标准化 API，短时间内即可完成与机场现有系统对接；

(2) 场景可复制性强，可延伸部署于城市航站楼、机场高铁、地铁等多个类似场景。

(四) 示范效应

“慧询一体机”以技术创新为支点，通过重塑机场问询台服务模式，在打造服务亮点、提升服务质量的过程中形成示范效应，为机场服务智慧化转型提供可复制的实践范式。

1. 行业影响力

（1）成为重大活动保障标杆，例如杭州机场在 2023 年亚运会期间，高效应对客流高峰，实现旅客服务零投诉；

（2）除杭州机场外，产品在上海浦东、昆明等多个头部机场开展试用，获得一致好评。

2. 社会影响力

（1）特殊旅客调研显示，系统使用满意度达 99%，“操作简便”“指引清晰”成为高频评价。

（2）响应民航局“四型机场”建设号召，助力机场提升智慧化水平，带动机场进行服务能力升级。

基于航班不同运行态势下的灵活截载系统

成都双流国际机场股份有限公司

项目组成员：朱虹、张明璐、蒋晓霏

一、案例背景及意义

航班截载时间通常是指航班停止办理值机手续的时间。缩短航班截载时间是民航局“十四五”规划中“出行时间缩减工程”的重要内容，也是民航局党组关于“我为群众办实事”的任务之一。为积极响应民航局号召，双流机场于2024年6月1日起调整国内航班值机手续的办理时间，由计划起飞前45分钟缩短为40分钟。

从旅客方面考虑，随着旅客对出行品质的需求逐渐提高，将追求更高效的乘机模式，特别是对于某些前序晚到或因不利条件导致延误的航班，若航司及其代理仍按计划起飞前40分钟截载，势必会造成部分晚到旅客无法登机，降低了旅客的服务质量；从航司方面思考，希望在保证航班截载时间的同时，最大限度地减少航班减客的数量。总的来说，固定的航班截载时间已不能满足旅客日益增长的出行需要。

二、案例基本情况及关键参数

系统基于航班实际运行情况，在全国机场率先实现了ACDM系统与中航信离港系统的数据互联，可以多方位采集数据、灵活计算截载时间，主要表现为通过“SOBT”（计划撤轮挡时间）与超短延误、短延误界定时间之和小于等于“CTOT”（计算起飞时间）作为系统自动截载的判断条件和

推算规则，为值机柜台工作人员确定值机关闭时间提供决策辅助支撑，促使值机柜台关闭时间与航班后续保障节点联系更加紧密，且可以个性化地实施不同航司、不同航线、不同机位、不同航班的截载时间灵活配置，极大地提升了旅客的乘机体验，同时减轻了一线值机人员的工作压力。

三、取得成效

1. 技术创新

一是在核心算法上展现了创新。首先就“受控与非受控”航班进行分类，分别从“未延误”“超短延误”“短延误”“长延误”“超长延误”5个延误时间维度明确延误判断的标准，以实时的COBT时间为核心实现了值机柜台关闭时间的动态调整。

二是在设计理念上实现了创新。根据核心算法规则，系统的载体可以灵活配置不同航司、不同机位、不同航线、不同时段等条件下的截载时间，满足各航司及代理差异化、个性化的需求。

三是在数据上呈现了创新。通过打通ACDM系统和中航信离港系统的数据传输，使值机人员可以利用系统自动完成航班截载工作，减轻值机人员的工作量。

四是在管理理念上体现了创新。灵活截载系统落地实施前联合航司、代理单位及内部保障部门开展了压力测试，确保系统核心算法的可行性，后期也协调相关单位统筹调动楼内电瓶车、增设专属安检通道等多方资源，尽可能保障晚到旅客顺利登机。

2. 应用效果

从经济效益来看，晚到旅客成行，在一定程度上增加了航司的营业收入，可以根据晚到旅客人数和平均票价，估算出自灵活截载系统应用以来，已增加了近 100 万元的收益，提升了驻场航司的经济效益。

从社会效益来看，自系统应用以来（2024 年 7 月起），根据局方通报，2024 年 4 季度双流机场实际截载时间为 38.04 分钟，较系统应用前（实际截载时间平均 39.2 分钟）缩短了 1.16 分钟。同时根据航司数据统计，系统应用 1 年来至少保障 5000 名晚到旅客顺利成行。

3. 推广价值

（1）该项目正在申请发明专利产权保护。

（2）该项目作为民航局联合运行场景项目之一，将在行业内进行全面推广。

（3）项目小组成员联合系统方编写了《灵活截载场景操作手册》标准化文档，并将相关资料备份存档。

4. 示范效应

航空业正面临着日益激烈的市场竞争。为了提高服务质量和效率，吸引更多的旅客和合作伙伴，机场和航空公司需要不断创新和改进服务模式。灵活截载系统的应用，能够提升机场和航空公司的服务水平和竞争力，因此该系统可以率先推广到四川省机场集团内部各机场使用，未来有望得到行业内的广泛推广和应用。

多系统联动视频精准寻人

成都双流国际机场股份有限公司信息技术中心

项目组成员：康明、吕涛、金柏杉、李翔、颜鑫、费子奇、
邹估汛、刘阳

一、案例背景及意义

为践行民航局《智慧民航建设路线图》中的智慧出行；秉承成都双流国际机场打造国内精品商务航线、公务机航线及港澳台快线，有效吸引时间敏感性高端旅客的主要战略方向。从机场层面考虑，为航司工作人员提供智能化、精准的寻人手段，为航司工作人员提供登机口关闭预判的可靠依据；从航司方面入手，希望在保证航班截载时间的同时，最大限度的降低航班减客率的效果；从晚到旅客角度思考，是希望能够享受到快速顺畅的登机服务，避免误机情况的发生。

二、案例基本情况及关键参数

系统以基于人脸识别的旅客智慧服务系统中的华为大数据平台为数据中台，打通安检信息系统以旅客过检照片为对比照，并将旅客过检信息发送到登机口 Pad，当航班开始催促登机时，登机口航司工作人员在登机 Pad 上查询未登机旅客，离港系统将未登机旅客信息推送到 Pad，同时系统接入安防视频流，用于分析晚到旅客位置信息，航司人员在登机口 pad 上一键催促登机，触发旅客所在位置的区域广播进行专属催促登机广播，旅客可就近使用智慧航显，通过人脸识别快速导航到登机口。

项目 2023 年初率先在国航登机区域试点运行，期间我们对系统各项使用指标进行检测，并结合航司使用意见，不断改进算法和服务流程。在国航登机区域试点并取得阶段性成功后，于 2024 年初推广至 T2 航站楼出发层全场试运行。目前，T2 全场日均有效催促晚到旅客达 600 余次，全场航班减客率降低 87.9%，平均寻人时间缩短至 10 秒内，催促登机广播排队时间缩短至 15 秒内，大大提高了旅客的登机效率。

三、取得成效

1. 国内首家机场实现多系统联动视频精准寻人：系统联动多个智慧系统，将单个智慧系统变成网状的智慧服务项目。
2. 系统打破原有单一且受限的晚到旅客催促登机服务方式，全新的催促登机服务模式高效、便捷，仅需一名航司工作人员就能完成登机、寻人等一系列的工作，为航司节约人力，也能更快速告知旅客登机信息。
3. 登机口航司工作人员能通过系统查询未登机旅客是过检及位置信息，预估其到达登机口的时间，辅助航司人员作出航班关闭的预判，有利于航班正常率的提升。
4. 项目获得 2024 年 CAPSE 民航创新大赛创新奖、获四川省职工“五小”活动优秀创新成果奖。
5. 该项目可应用于同类型的大型机场。

基于 ICS 系统的全自助行李托运柜台

广东省机场集团工程建设指挥部、

范德兰德物流自动化系统（上海）有限公司

项目组成员：廖剑涛、叶翠、闫广煜、张晓华、郭奥、

成炜伦、聂成楠、李玉东、梁彬、俞佳仪

一、案例背景及意义

1. 背景概述

全球经济繁荣促使航空运输业迅猛发展，乘飞机出行的旅客数量爆发式增长，给机场运营，尤其是行李处理系统带来巨大挑战。传统自助行李托运柜台（SBD）技术局限明显，难以满足现代机场对高效、智能、自动化的要求。其依赖人工操作，从旅客信息确认到行李检查、托运手续办理，均需大量工作人员参与，既增加人力成本，又因人工操作速度与准确性问题导致整体效率低下。

同时，传统 SBD 系统无法与当前流程的 ICS 行李管理系统无缝衔接。这造成行李追踪存在盲区，工作人员难以及时、准确掌握行李位置与状态。一旦行李运输出现异常，难以及时发现与处理，增加了行李误运、丢失风险，限制了行李处理速度。

近年来，独立运载行李处理系统（ICS）凭借标准化行李托盘运送方式，以及先进自动化技术和智能控制系统，在国际枢纽机场逐渐推广，实现了高可靠性、高追溯性与低维护成本的行李运输。但目前 SBD 系统与

ICS 的深度集成尚处于起步阶段，不同系统间技术接口缺乏统一标准，数据交互不畅，无法充分发挥协同效应。

为解决上述问题，在广州白云机场 T3 项目 SBD 实现过程中，我司投入大量资源，基于 ICS 系统开发了全 ICS 自助行李托运柜台（ICS SBD），旨在实现 ICS 与 SBD 系统深度融合，打造全流程可追踪的自动化行李托运方案，为机场行李处理提供更高效、智能的服务

2. 案例意义

ICS SBD 的研发与应用意义重大。从机场运营角度，它提升了行李托运自动化与智能化水平。自动化流程和智能检测设备减少人工干预，提高工作效率，降低人为错误概率。在行李追踪方面，实现全程追踪，让旅客和工作人员实时掌握行李位置与状态，增强行李运输安全性与可靠性。同时，优化机场空间利用，合理布局托运设备与行李运输通道，提升空间使用效率。

对旅客而言，ICS SBD 极大提升出行体验。简化便捷的托运流程减少排队等待时间，使机场出行更顺畅。从宏观层面，ICS SBD 的推广应用推动国内机场行李处理系统技术升级，加快航空枢纽数字化、智能化进程，为构建智慧型机场提供有力支持。

二、案例基本情况及关键参数

1. 案例概述

全 ICS 自助行李托运柜台（ICS SBD）是一款专门为满足现代机场需求而设计的创新型行李自助托运设备，它能够与 ICS 系统实现无缝对接，

广泛适用于国内外各类大型枢纽机场。在广州白云机场 T3 项目首批部署了 12 台该型设备。



图 1

ICS SBD 由多个核心模块组成。CUSS 自助操作模块是旅客与设备交互的主要界面。旅客通过自助终端（CUSS 客户端），将登机牌置于指定位置扫描，系统快速识别旅客身份与航班信息，旅客在终端屏幕确认行李信息，如数量、重量限制等，无误后系统自动打印行李条，旅客粘贴即可完成初步托运操作。

中间件模块配备先进 3D 相机，当行李放置在指定区域，3D 相机迅速扫描获取点云数据，通过智能算法精确检测行李尺寸、重量与姿态，确保行李符合运输标准，避免后续问题。

ICS 交互模块实现 ICS SBD 与机场 ICS 中央行李处理系统联动。行李完成托运手续后直接进入 ICS 系统，实时交换行李托盘数据、区域安全数据、SCADA 远程监控数据，便于工作人员实时掌握行李运输状态，精准追踪管理。

2. 关键技术参数

ICS SBD 设计充分考虑民航系统实际需求，适配民航常规托运行李（不含超规行李）。数据交互采用 Profinet (PN) 高速通信协议，高效稳定，保障数据在不同系统间快速准确传输。安全检测方面，结合 3D 视觉扫描和智能算法分析行李尺寸与姿态，保障运输安全。单台设备平均行李处理时间 1 - 3 分钟（与业务流程相关），大幅提高处理速度。同时，具备强大系统集成能力，可无缝对接 ICS 中央行李处理系统，支持机场信息系统数据联动，实现系统协同工作。

三、取得成效

1. 技术创新

ICS SBD 采用 ICS 系统与智能自助托运设备深度融合新模式，突破传统 SBD 系统数据孤岛问题。传统模式下系统相互独立，数据无法共享交互，信息传递不及时、不准确。而 ICS SBD 通过标准化接口，实现全流程无缝追踪，行李从托运到目的地全程可实时监控管理。

该方案基于现有 ICS 系统架构优化，充分利用现有资源，降低开发成本与实施难度。标准化接口使其具备高可行性，可直接应用于大型枢纽机场，方便机场升级改造。核心技术如 3D 视觉识别、智能行李姿态检测、通信协议数据交互等均自主研发，避免依赖国外专利技术，降低技术风险，符合智慧机场国产化发展趋势，为我国航空技术自主创新奠定基础。

2. 应用效果

经济效益显著。减少对人工干预需求，传统托运模式高额人力成本因 ICS SBD 自动化流程大幅降低。ICS 系统自带托盘设计，软包托运无需取

放独立托盘，简化操作流程，提高行李处理效率，相同时间可处理更多行李，增加机场运营效益。直接绑定托盘系统，避免行李因标签破损脏污导致误运，减少行李丢失赔偿成本，提高经济效益。

社会效益积极。优化旅客体验，优化空间利用使软包处理更便捷，旅客托运行李等待时间大幅减少，提升机场服务质量。ICS 小车系统高效运输能力提升机场整体行李处理速度，减少旅客等待时间，增强机场竞争力。相比传统 SBD 皮带传输系统，ICS SBD 占地面积减少 30%~50%，优化机场空间利用率，为旅客提供更宽敞候机区域，或可将节省空间用于其他设施建设，提升综合服务能力。

环境效益突出。减少皮带输送系统使用，能耗降低 15%，减少碳排放，利于环境保护。且 ICS 系统维护频率低于传统皮带输送系统，降低维护成本，提高设备利用率，减少资源浪费。

传统皮带输送系统，ICS 系统维护频率降低。这不仅降低了维护成本，还提高了设备的利用率，减少了资源的浪费。

3. 推广价值

ICS SBD 推广价值广泛，适用于全球各大机场，尤其高吞吐量枢纽机场。繁忙机场行李处理压力大，ICS SBD 可有效缓解，提升行李追踪能力，保障运输安全高效。其模块化设计使其适应性强，可根据不同机场信息系统与 ICS 行李处理系统需求定制，在不同机场环境发挥最大效能，推广潜力巨大。

4. 示范效应

行业影响力上，ICS SBD 填补市场上 ICS 与 SBD 深度融合解决方案空白，为智慧机场行李托运技术发展提供新思路与方向，引领行业潮流。其他机场进行行李处理系统升级可借鉴其成功经验，推动行业技术进步。

社会影响力方面，ICS SBD 有望成为未来机场智慧行李托运系统主流配置。广泛应用将推动机场自动化进程，提升我国机场在全球智慧机场建设中的竞争力，提升我国航空运输业整体形象，吸引更多旅客选择我国机场出行，促进航空经济发展。

5. 系统亮点

本案例展示了一种基于 ICS 的智能行李自助托运方案，通过创新的 ICS 深度集成设计、智能识别和高效通信技术，成功解决了传统 SBD 的局限问题。该方案在提升机场行李处理的自动化水平、精准追踪能力和运营效率方面取得了显著的成效，在全球范围内具有广阔的推广价值。

展望未来，ICS SBD 还有很大的发展空间。随着科技的不断进步，它有望结合 AI 优化、机器人搬运、VR 辅助操作等技术，实现更智能的行李托运模式。例如，通过 AI 优化，可以进一步提高行李检测的准确性和效率；利用机器人搬运，可以实现行李的自动化装卸，减少人工操作；借助 VR 辅助操作，为旅客提供更加直观、便捷的托运指导。这些技术的应用将助力机场实现更高水平的智慧化升级，为旅客提供更加优质、高效的服务。

基于多模态生物特征识别引擎的智能化自助安检系统 应用

厦门民航凯亚有限公司

一、案例背景及意义

近年来，在数字中国战略与智慧民航建设的双重政策驱动下，机场自助服务迅速崛起，成为民航业数字化转型的重要突破口。《“十四五”民用航空发展规划》明确提出要推进旅客全流程无纸化、智能化服务，为民航服务体系的全面革新提供了顶层设计和实施框架。同时，民航局积极实施“旅客便捷出行工程”，通过标准化电子身份认证、电子登机牌等数字基础设施的建设，为无纸化通关奠定了坚实基础。

在民航业数字化转型浪潮加速推进的背景下，厦门民航凯亚有限公司（简称“厦门凯亚”）在中国航信集团的指导下，成功研制出具有行业突破性的智能化自助安检系统。该系统以“双门”闸机为硬件载体，融合市面前沿的多模态生物特征识别引擎，创新整合三维人脸识别、毫米波雷达防尾随检测、动态活体检测等核心技术，配备智能预警与双通道应急保障机制，形成了完善的智能化自助安检解决方案。经实际运行验证，该系统能够将旅客平均安检过检时间压缩到 12 秒甚至更短，通行效率较传统人工安检模式提升 40%，显著缓解机场旅客高峰时段的安检压力。厦门凯亚的智能化自助安检系统已在北京大兴、广州、深圳、成都天府、重庆、杭

州、武汉、哈尔滨等国内重点航空枢纽投入运营，日均服务旅客超过 50 万人次。系统通过无接触式、全流程自助的安检体验，不仅有效提升了机场的运行效能，更重塑了旅客服务满意度标准，为“智慧机场、智慧民航”的建设树立标杆，有力推动了民航业向“数字化、智能化、场景化”服务模式转型升级。

二、案例基本情况及关键参数

智能化自助安检系统的研发是民航领域数字化改革的标杆性成果。系统以“双门闸机+多模态生物识别”为核心架构，深度融合前沿 AI 技术与航空安全规范，打造全自助安检体验，重新定义了民航机场旅客安检新标准。系统单通道日均服务能力突破 3000 人次，为传统人工通道效率的 2.4 倍。核心技术参数包括：

1. 多模态生物识别引擎：集成三维结构光人脸识别（识别精度 $\geq 98\%$ ），支持口罩/眼镜场景下的毫秒级身份核验。
2. 智能防尾随系统：采用 60GHz 毫米波雷达阵列、人肩算法等，实现 0.3 秒内尾随行为侦测，定位误差 $< 5\text{cm}$ 。
3. 动态活体检测：基于可见光与红外光谱检测，抵御照片/视频/3D 面具攻击，活体判断准确率达 $\geq 99\%$ 。
4. 全场景适应性：闸机配备 IP65 防护等级，可在 -20°C 至 55°C 极端环境下稳定运行，双电源冗余设计保障 99.99%系统可用率。
5. 智能调度中枢：内置 AI 客流预测算法，实时动态调整通道资源，高峰期旅客过检时间压缩至 12 秒/人。

目前，系统每年在全国重要枢纽机场累计服务超 2 亿人次，故障率低于 0.03%，助力合作伙伴降低 30%人力成本的同时，将旅客安检满意度提升至行业领先的 91.4%，真正实现安全、效率与服务品质的三重飞跃。

三、取得成效

1. 技术创新

在数字化浪潮席卷全球航空业的今天，厦门凯亚凭借自主研发的智能化自助安检系统，成功打破传统安检模式的技术壁垒，以“全自主、高可靠、强智能”三大核心优势，重新定义智慧安检新范式。作为我国民航安检领域的重要创新成果，该系统已经在全国机场实现规模化应用，每年累计服务旅客超 2 亿人次，故障率稳定控制在 0.03%以内，成为民航机场数字化转型、智能化建设的重要解决方案。

技术先进性：系统集成国内领先的多模态生物识别引擎，深度融合三维结构光、步态特征分析等技术，实现旅客身份秒级快速核验，误识率低于万分之一。同时，厦门凯亚正在与国内厂商构建从硬件到软件的全链路国产化安全体系，为民航核心生产系统的国产自主可控升级做好准备。

应用成熟度：系统在北京大兴机场、广州 T2、深圳、成都天府、杭州、重庆等枢纽机场的实际运营中，单通道峰值处理能力达 350 人次/小时，旅客过检时间较人工通道缩短 45%，人力成本降低 30%。其独创的“无感过检”模式支持口罩、护目镜等复杂场景下的无接触通行，旅客满意度持续保持 91.4%以上。

作为智慧民航建设的重要内容，厦门凯亚智能化自助安检系统正以日均服务超 50 万人次的实践验证，持续推动中国民航安检标准升级，为打造安全、高效、人文的智慧机场、智慧民航提供实践方案。

2. 应用效果

智能化自助安检系统以技术创新驱动民航业降本增效与可持续发展，在经济、社会等维度创造显著价值，成为智慧机场建设的核心赋能引擎。

经济效益层面，系统通过全流程自动化革新，在旅客服务量、人力成本、设备性能等多方面实现了显著突破。系统实施后，机场单条通道日均服务旅客高达 3000 人次，人力投入较之前减少了 30%，设备故障率低于 0.05%，设备生命周期也延长至 10 年以上，达到工业级高可靠性标准，平均运维支出更是压缩至传统设备的三分之一。

社会效益层面，系统带来安全与效率的双重跃升。系统成功将旅客过检时间大幅缩短至 12 秒/人，以年均接待 2 亿旅客计算，每年可节省超过 87 万小时的等待时间，这一数字相当于释放出 10 万人日的社会生产力，为社会运转注入强大动力。系统依托先进的生物识别技术，结合民航局“易安检”旅客安全大数据分析结果，构建起坚不可摧的安全防线，有力保障了千万架次航班的平安起降。同时，系统凭借着“非接触”服务设计优势，在疫情期间有力地支持了机场旅客安检疫情防控工作，不仅优化了旅客服务的体验，同时在公共卫生防护领域发挥重要作用。

3. 推广价值

智能化自助安检系统凭借其卓越的场景适应性与标准化设计，已实现从超大型枢纽到中小型机场的全覆盖应用。系统采用模块化架构与多模态生物识别技术（人脸识别精度 $\geq 98\%$ ），可灵活适配北京大兴、成都天府等日均 10 万+客流量的超级枢纽，也能通过精简配置快速部署至支线机场。其 AI 动态调度功能可实时应对春运、节假日等高峰压力。在极端环境适应性方面，系统采用的硬件设备通过 IP68 防护认证，可在 -30°C 至 55°C 宽温域稳定运行，覆盖高原、沿海等多样化地理场景。

在可复制性方面，系统具备显著优势：采用模块化接口设计，高度兼容国内主流机场安检及离港系统，通过标准化部署体系实现快速对接，降低部署成本。依托全国几十个机场通道的成功实施经验，构建覆盖硬件安装、系统调试、人员培训及运维保障的全流程标准体系。系统目前已在深圳宝安、广州白云 T2、杭州萧山等枢纽机场实现 7×24 小时无故障运行，故障率低于 0.03% 。系统是民航业践行民航局《智慧机场建设指南》的重要内容，是全球民航数字化转型的“中国样板”。

4. 示范效应

作为中国智慧民航建设的重要成果，智能化自助安检系统已深度重构航空安检行业生态，并在社会层面产生广泛积极影响。以北京大兴国际机场为例，该机场通过创新部署自助安检闸机系统，将旅客安检时间压缩至平均两分钟，创造了智慧安检新范式。这一突破性实践不仅体现了中国民航业的技术实力，更为机场数字化转型提供了可复制的经验。其他机场和交通枢纽纷纷效仿，推动了智能化自助安检闸机系统在行业内的广泛应用。

综上所述，智能化自助安检系统的广泛应用正深刻引领着行业的变革潮流。该系统成功构建了一套高效流畅的全自动化安检流程，极大地优化了旅客在机场的通行体验。此举不仅加速了民航安检标准与国际接轨的步伐，还促进了机场数字化基础设施的全面革新，创造了显著的经济效益与社会价值。这一创新实践为全球民航业的智慧化转型树立了典范，提供了可借鉴、可复制的中国智慧方案。

无人驾驶登机桥

中国民航技术装备有限责任公司

项目组成员：周新红、陶威良、于静哲、顾志刚、张子健、
符平宣、郭庆伟、何世宗、张琦、纪波

一、案例背景及意义

2020 年，中国民用航空局组织制定了《中国民航四型机场建设行动纲要（2020—2035 年）》，明确将未来 15 年分为顶层设计阶段、全面推进阶段、深化提升阶段，全力建设以“平安、绿色、智慧、人文”为核心的四型机场。

随着全球航空业的蓬勃发展，机场作为连接世界各地的重要交通枢纽，其运营效率与服务质量直接关系到旅客的出行体验及区域经济的发展。传统的人工接机模式需要大量工作人员参与，不仅成本高，且在高峰时段易出现人手不足的情况。全自动接机系统的引入，可以自动化处理大部分接机流程，减少对人力的依赖，有效减轻工作人员的劳动强度，提高工作效率。同时激光测距、双目定位、深度学习等技术的成熟为自动接机系统提供了技术基础。为提高服务质量及运行效率，各机场也在加紧推进旅客登机桥的无人化进程。

因此，开发一套全自动接机系统，通过智能化、自动化的手段提升机场接机服务的效率和水平，成为当前机场服务创新的重要方向。

二、案例基本情况和关键参数

本公司研发的无人驾驶登机桥已实现如下设计要求，并在机场实际运行测试：

1. 无人驾驶登机桥控制系统：实现从人工操作到全自动无人接靠的跨越，包括远程控制和完全自主运行。通过专用网络和远程操作台，操作员可一键启动系统，登机桥自主完成转动、升降、对接等动作，全程无需人工干预。

2. 优化图像识别技术：解决特殊涂装飞机、低能见度环境下的舱门识别难题，提升系统对不同机型和环境的适应性。

3. 自动识别与路径规划：利用毫米波雷达、激光雷达及图像识别技术，实时捕捉飞机型号、舱门位置及机位环境，生成最优对接路径。

4. 构建专用网络安全防护体系：确保系统在网络中断等异常情况下的稳定运行。

5. 智能调度与协同管理：结合航班动态数据，自动分配空闲登机桥至对应机位，减少等待时间，提升机场运行效率。

6. 更高的接机效率和精准度：

对接成功率 $\geq 99\%$ ，错误率 $\leq 0.01\%$

前后水平靠机间隙 $0 < \Delta x \leq 50\text{mm}$

左右水平靠机偏差 Δy 不大于 50mm

高度偏差 $0 < \Delta x \leq 50\text{mm}$

三、取得成效

立足自主创新之路，研发出具有自己特色的全自动接机系统，结合目前主流技术路线和自有技术储备，提出全新的控制登机桥的操作面板信号的技术方案，可实现对本公司及其他厂家登机桥的本地自动、远程自动、远程手动控制，首创全自动无人登机桥控制系统，实现 2 分钟内完成靠接，舱门准确率从 70%提升至 99%，错误率控制在 0.01%。开发“一控多桥”模式，通过远程操作台管理多座登机桥，降低人力依赖。

成果在乌鲁木齐机场 4 号桥实际运行，并在机场现实环境中模拟靠接飞机超 1000 次，运行稳定可靠。应用效果表明，登机桥全自动接机系统显著提高了接机效率，减少了人工干预，降低了运营成本，同时提升了旅客的舒适度和安全性。该成果对于推动机场智能化建设、提升航空服务质量具有重要意义。经济、社会效益显著，预计每年可为相关机场节省运营成本上千万元，同时促进了航空科技的进步和创新。推广应用前景广阔，有望在全球范围内得到广泛应用，为航空业的发展注入新的活力。

全流程智慧出行服务建设，赋能虹桥机场智慧出行标杆建设

上海虹桥国际机场有限责任公司

项目组成员：李瑞、马新燕、王智、徐元辉、高佳琪、蔡玲颖、
汤颖洁、冯晋卿、张予宸、理永辉

一、案例背景及意义

随着全球民航业数字化转型的加速，智慧机场建设已成为行业发展的核心方向。中国民航局《“十四五”智慧民航建设规划》明确提出，到 2025 年，国内主要机场要实现旅客全流程无纸化服务覆盖率超过 90%，并推动“一脸通关”“无感出行”等场景落地。然而，传统机场服务模式中，旅客需多次出示身份证、登机牌，流程繁琐且效率低下，尤其在高峰时段易引发拥堵和投诉。

上海虹桥国际机场作为长三角区域的核心枢纽，年旅客吞吐量超 4000 万人次，长期面临服务效率与旅客体验的双重挑战。2021 年旅客满意度调研显示，虹桥机场在“值机效率”和“安检速度”两项指标中排名全国大型机场第 15 位，亟待通过技术革新实现服务升级。同时，作为民航局指定的全流程试点机场，自助化设备普及与全流程无接触服务需求激增，为了进一步提升旅客出行体验，实现全流程智慧化无感出行，也促使虹桥机场的服务模式需进一步向智慧化转型升级。

二、案例基本情况及关键参数

1. 建设历程与节点覆盖

(1) 自 2016 年起，虹桥机场逐步推进自助登机设备的应用。

(2) 2019 年，虹桥机场首次在 T1 航站楼采用人脸识别直接登机技术，取得良好效果。从 T2 航站楼的单门设备到 T1 的全面启用

(3) 2020 年起，T2 航站楼全面开始部署固力保及康保新型自助登机设备，提供人脸登机功能，与登机口柜台风格协调。截至 2024 年，T2 航站楼 41 个登机口已完成自助改造。

(4) 2022 年，机场端后台部署落地，通过航旅纵横 APP 的在线注册，实现在 T2 航站楼值机柜台、自助托运机、安检通道、登机口四大出行环节的覆盖。

(5) 2024 年，智慧信息查询部署落地，结合 OneID 服务，旅客不需要自主注册，所有通过安检的旅客，均可在终端设备前轻松“刷脸”，即可自助获取航班信息。

2. 使用情况

(1) 截至 2025 年 2 月，OneID 服务累计注册用户达 132,104 人次。T2 的自助登机航班比例超过 50%，平均每周约有 6 万余名旅客使用自助登机

(2) 自助行李托运设备年处理量超 150 万件，最高峰时段自助行李托运量已逾 3000 件/天。

3. 基本配置

(1) 主要硬件配置：后台服务器、工作站、人脸识别终端（值机柜台、安检通道等）、自助登机闸机等。

(2) 主要软件配置：OneID 统一身份认证平台、前端人脸识别算法、本地 OneID 数据中台等。

4. 数据共享交互成果

(1) 依托航旅纵横基于 EID 的身份认证渠道，实现旅客人脸信息的采集，既确保了现场“一脸通关”功能的数据基础，也保障了旅客信息的数据安全。旅客只要在线注册授权完成之后，在授权有效期内，无需反复注册即可直接享有“一脸通关”的服务。

(2) 通过智慧查询系统，综合集成系统航班信息、ONEID 系统旅客信息等进行深度计算分析。整个过程中，旅客无需进行任何额外操作，只需在显示屏前短暂停留，其所乘坐的航班信息与航站楼登机口信息便会迅速、直观地在显示屏上展示出来，彻底免去了传统屏幕长时等待航班翻页的非个性化查询困扰。

三、取得成效

1. 技术创新

打造行业标杆，实现旅客出行全流程一脸通关，包括自助值机、自助托运、自助安检与自助登机。

2. 应用效果

(1) 对内效果：提升现场运行效率

自助值机便利整合。除了航司提供的自助值机设备之外，虹桥机场的自助托运设备也整合了自助值机的功能模块，可以向旅客提供自助值机服务，在高峰时间段可以分流旅客，有效缓解有限的航司自助值机设备的运行压力。

自助托运数据赋能。通过引入先进的硬件设计、人工智能技术和大数据分析，系统能快速自动识别行李重量、尺寸并打印行李条，有效减少人为错误，且具备异常处理功能，可即时提示旅客调整。

自助登机安全保障。先进的防尾随技术，通过光幕检测技术在闸机通道中精确检测通过的物体和人员，确保每次只有一人通过，还能识别各种干扰情况（如携带背包、拉杆箱等）。同时，离港系统还与自助登机设备进行了深度整合，形成了一个完整的防尾随通行控制系统，一旦检测到尾随行为，闸机系统会立即触发声光报警，并自动关闭闸门以阻止未经授权人员进入，离港系统也不会将该次通行记录为登机。这种高效协同不仅提高了通行效率，还提升了旅客的安全体验。

减少现场人力成本。通过自助化设备在各个环节的投用，依托 OneID 系统的智慧化功能，减少值机、托运、安检以及登机口人员配置，有效降低现场保障人员与业务人员的投入成本。

（2）对外效果：提升旅客出行体验

自助托运便捷实用。自助托运设备在使用方面，第一节输送机仅高出地面 15CM，方便旅客搬运行李，B、C 岛还配备行李自检整理台，旅客可

预先进行行李称重，如发现逾重可及时整理，免去旅客发现行李逾重后就地整理行李的尴尬，体现了上海机场的真情服务。

智慧查询及时服务。智慧查询系统为不熟悉机场环境的首乘旅客提供极为便捷的信息查询服务。旅客无需进行任何额外操作，只需在显示屏前短暂停留，其所乘坐的航班信息与航站楼登机口信息便会迅速、直观地在显示屏上展示出来，彻底免去了传统屏幕长时等待航班翻页的非个性化查询困扰。同时系统基于精密的路径规划算法，能够结合查询终端的实时位置，自动为旅客规划前往目的登机口的最佳路径。

心系特殊旅客需求。针对寒暑期大量儿童出行的需求，虹桥机场提供了一系列便利措施，开放儿童旅客使用自助登机的权限，符合身高标准的儿童也可以通过刷脸快捷登机，为儿童旅客提供更加舒适的登机体验。

协同航司提升服务。依托虹桥机场的全流程智慧化建设，航司也积极配合虹桥机场的自助登机设备部署，进行了相应的运行适应和转变，每名旅客通过自助登机的平均耗时约为 5.5 秒，E 类航班 12 分钟即可登机 250 名旅客，可缩短登机时间约 5~6 分钟左右。例如，东航在上海虹桥国际机场率先推出了“无接触、无纸化、无聚集”的智慧出行新模式，其中就包括了刷脸登机无接触式服务。东航还在 50 号登机口合作设立了隔离区内首个“一站式”综合服务柜台，集成了退票、改签等旅客常用的地面服务。旅客在此柜台办理票务变更后，可同步实现安检信息同步，而改签旅客仍然可以享受自助登机服务。

实现便捷出行。虹桥机场作为华东地区首家上线 OneID 服务，也是唯一一家值机、托运安检与登机全流程贯通的机场。这一服务不仅简化了流程，还通过智慧航班信息查询等个性化功能，为首乘旅客提供了额外便利，体现了虹桥机场的服务温度，也契合民航服务提质增效的整体方向。

3. 推广价值

形成标准化的在线注册与现场使用结合的模式，采用标准化的接口对接协议，并依托民航局智慧民航建设全流程运行场景试点，形成可复制的“虹桥模式”。适用于年旅客吞吐量超 2000 万-4000 万人次的中大型机场，支持灵活接入不同航司系统，在现有自助设备上改造。

4. 示范效应

长三角一体化示范：但是虹桥机场作为华东区域第一家，也是长江三角洲经济带唯一一家实现 ONE ID 服务赋能的机场。并依托民航局智慧民航建设全流程运行场景试点，形成可复制的“虹桥模式”。

航站楼智能引导机器人案例

温州机场集团有限公司

项目组成员：黄珊珊、邹繇、林建鹤、郑贤敏、周耶勒、
汤敏敏、谢宇、冯烈森、陈伟飞、林怡

一、案例背景

在全球航空业持续迅猛发展的当下，机场作为空中交通的关键节点，其重要性日益凸显。而机场航站楼作为机场运营的核心枢纽与旅客交互的关键界面，堪称整个航空体系的“心脏”。近年来，随着出行需求的不断增长，机场航站楼的规模不断扩张，不仅占地面积越来越大，内部结构和布局也愈发错综复杂。以一些大型国际机场为例，它们拥有多个候机大厅、卫星厅以及错综复杂的通道网络，旅客在其中穿梭时，仿佛置身于一个庞大的迷宫。这使得大量旅客在短时间内难以快速找到诸如登机口、行李提取处、贵宾休息室等目标场所。这些情况不仅加重了机场运营团队的工作量，还大幅提升了工作难度，对机场工作人员的服务质量和效率提出了严峻挑战。

二、案例基本情况及关键参数

本案例中的智能引导机器人专注于机场服务场景，深度融合激光雷达、惯导、视觉里程计等多传感器技术，构建高精度环境感知体系，使其能够在机场复杂人流与障碍物环境中，实时更新地图并动态规划最优路径，精

准规避碰撞风险。在实际应用过程中，机器人可独立承担信息查询、室内巡检与导航任务，既能引导旅客快速抵达指定值机柜台，也能指引各类服务设施。硬件方面，凭借 60AH 大容量电池与定制化线束设计，确保长续航能力；软件上，基于 Ubuntu 16.04 LTS 系统，采用 Java Spring Boot 框架搭建后端架构，安卓 App 作为前端应用，同时集成机场答疑知识库与 DeepSeek 大模型，实现从文字理解到路径执行的全流程智能化服务。

关键参数：引导效率方面，平均引导时间较传统人工缩短超 30%，显著节省旅客时间，减轻问询柜台人员工作负荷；续航能力上，配备 60AH 大容量电池，配合定制化线束设计，实现 5~6 小时连续作业，保障机场高峰时段稳定服务；交互性能突出，基于 DeepSeek 大模型，旅客疑问识别反馈正确率超 95%，平均响应时间控制在 1.2 秒内，高效处理航班查询、设施指引等多元需求。

三、取得成效

本项目的智能引导机器人已在温州机场完成成功试点，实现技术落地应用。试点过程中，团队通过收集机场场景下的实际反馈数据，持续开展技术迭代优化，例如针对旅客流量分布特征升级路径规划算法，并将优化经验提炼为标准化的设计开发、部署实施及运维管理流程，保障系统稳定性与可靠性达 98% 以上。目前，项目凭借成熟的技术体系与可复制的实施经验，已被纳入浙江省机场集团科技创新优质项目库，后续将以标准化流程为支撑，在浙江省集团内各机场推广应用，助力构建智能化、规范化的机场服务体系，推动民航领域数字化转型迈上新台阶。

（一）技术创新

1. 自主性

智能感知与决策：通过集成激光雷达、惯导、视觉里程计等多传感器融合技术，增强机器人在复杂环境下的自主感知和定位能力。利用先进的算法处理动态变化的信息，使得机器人能够实时识别周围环境，并作出相应的决策，如路径规划、避障等。

学习与适应能力：借助 DeepSeek 大模型的深度学习能力，机器人可以不断学习和适应新的场景和任务需求，提高对不同旅客服务请求的理解能力和响应速度。

2. 成熟度

技术验证与迭代：在国内部分机场的成功试点证明了该方案的技术可行性。通过持续收集实际应用中的反馈数据进行技术迭代更新，逐步提升系统的稳定性和可靠性。

标准化流程：建立了一套从设计开发到部署实施再到运维管理的标准流程，确保每个环节都有据可依，从而保障项目的顺利推进及产品的高质量输出。

（二）推广价值

1. 可适用性

多样化应用场景支持：不仅能应用于航站楼内的信息咨询、登机信息播报、行走领路等基本功能，还能根据具体需求扩展至其他相关领域，如行李搬运指引、特殊旅客陪同等，具有很强的功能拓展性。

适应不同规模机场：无论是大型国际枢纽还是小型地方机场，本项目提供的解决方案都能够依据实际情况灵活调整配置，以适应不同的空间布局和服务需求。

2. 可推广性

模块化设计便于复制：采用模块化设计理念，使得系统易于拆分重组，方便根据不同机场的具体需求快速定制相应版本，加速在全国乃至全球范围内的推广进程。

构建合作生态促进普及：积极构建包括硬件制造商、软件开发商、科研机构在内的多方参与的合作生态系统，共同推动智慧民航的发展，形成良性循环，进一步扩大市场影响力和社会效益。

政策支持助力落地：积极响应国家关于智慧城市建设、“互联网+”行动计划等相关政策号召，争取更多政策扶持，为项目的广泛落地提供有力保障。

停车场“无人化值守”模式

宁夏航空服务有限公司

项目组成员：金若水、周莹、王钊、鲍安、刘陇魁、
张力文、王帅

一、案例背景及意义

（一）背景

物联网、人工智能、大数据及自动化技术的迅猛发展，为停车场无人化奠定了坚实的技术基础。随着城市人口和车辆数量的不断增长，传统停车场管理效率低下、成本高昂的问题愈发凸显。人工管理停车场所需的费用持续攀升，进一步催生了无人化值守的迫切需求。现代用户对便捷、高效的停车服务提出了更高要求，而传统管理模式已难以满足这一需求。

（二）意义

1. 降低成本：减少人工费用，降低运营成本。
2. 提高效率：自动化系统能快速处理车辆进出，减少等待时间。
3. 增强安全性：智能监控和识别技术能有效防止盗窃和破坏。
4. 优化资源利用：通过数据分析，合理分配停车资源，提升利用率。
5. 提升用户体验：提供便捷的停车服务，减少旅客等待时间，改善用户感受。
6. 环保节能：减少人工管理所需的能源消耗，推动绿色城市建设。

二、案例基本情况及关键参数

在现行的机场停车场管理模式基础上，借助智能化技术实现自动化管理，减少人工操作，提高运营效率，降低管理成本。通过部署智能摄像头和传感器，自动记录车辆的进出信息，实现停车费用计算与支付。

三、取得成效

1. 应对“无牌车辆”：制定专用二维码，使“无牌车辆”扫码即可顺畅进出停车场，确保“无牌车辆”通过率达 100%，有效减少旅客等待时间。

2. 车牌识别纠错：运用多种车牌识别算法进行交叉验证，以提升识别准确性；一旦识别出现错误，系统将自动重新识别或提示人工介入。借助历史记录辅助纠正识别错误，确保车牌识别纠错率达到 100%。

3. 流量管控：实时监测停车场车位使用状况，当车位趋近饱和时，系统自动启动车辆进入限制机制。2025 年春运高峰期，借助入口流量调控手段，引导车辆有序停放至空闲车位，有效缓解室内停车场的压力。

银川机场中转旅客双向验证

西部机场集团宁夏机场有限公司

项目组成员：蔺兴峰、张盛、孟凡超、刘妍妍、刘宗源、
刘军涛、曹鹏、高勃、吴春阳、白震宇

一、案例背景及意义

（一）背景

银川河东国际机场（以下简称“银川机场”）旅客中转服务践行‘人民航空为人民’的服务理念，打造银川机场‘宁来宁往’中转服务品牌。2024年银川机场保障中转旅客36万人，目前银川机场中转旅客保障流程为中转旅客下机后需前往到达夹层，乘坐电梯上行至2楼候机厅，前往13号登机口对面的中转服务柜台办理下一段航班的乘机手续。存在中转旅客行走路线复杂，路程较长，对急转旅客不友好，容易造成急转旅客误机等痛点。

为解决上述痛点问题，银川机场计划对登机口自助登机闸机和登机系统进行改造优化，旨在优化中转保障流程，缩短中转旅客MCT时间（中转旅客最短衔接时间），提高中转旅客保障效率。

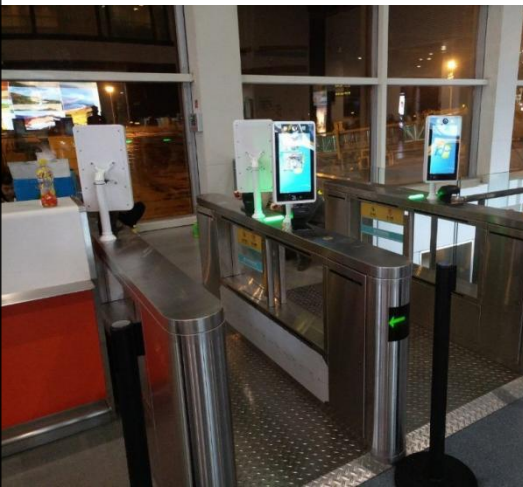
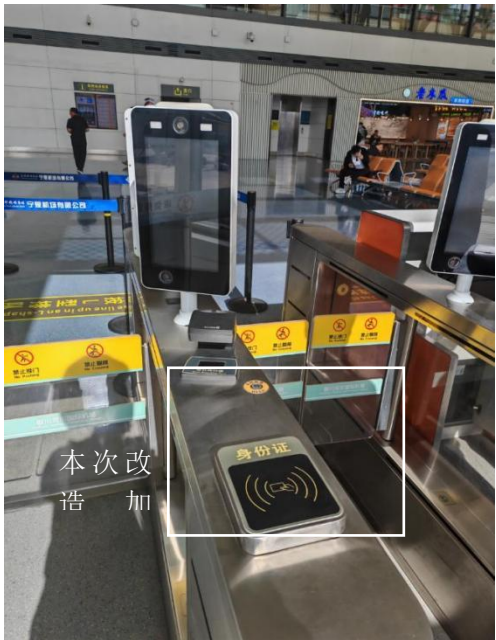
（二）意义

1. 减少中转旅客行走距离，缩短中转旅客MCT时间。
2. 中转旅客流程优化评估通过后，优化保障流程，提高中转旅客保障效率，提升中转旅客服务体验。

二、案例基本情况及关键参数

1. 闸机改造

对银川机场T2和T3航站楼16个登机口共计16组32通道自助闸机设备进行改造，在闸机反向通道加装身份证阅读器，支持证件识别和身份绑定。

改造前	改造后
	

2. 系统软件升级

升级登机口自助登机软件，打通中转旅客数据，后续中转旅客可反向通过登机口的自助登机闸机进入航站楼2楼候机厅。通过闸机时旅客刷身份证，同时采集旅客人脸照片，软件自动将旅客人脸照片、证件信息和航班信息进行绑定。进入候机厅后，无托运行李的中转旅客可无需前往中转

柜台办理乘机手续，完成下段航班线上值机即可。登机时，中转旅客可与出港旅客一样刷脸登机。

三、取得成效

1. 技术创新

银川机场中转旅客双向验证，并非单一技术模块的孤立应用，而是通过多系统深度融合，整合多方数据资源，打通数据链条，创新将应用于出港旅客的自助刷脸登机和中转、过站旅客的业务流程保障。

系统核心组件由银川机场业务保障单位与信息化管理部门联合中航信共同研发，拥有完全自主知识产权。其特色在于采用模块化架构，可灵活适配不同机场的航站楼物理布局与信息系统环境。这一技术方案标志着中转服务系统从“功能叠加”走向“流程重构”的重要转型，其创新性体现为将旅客动线设计与数字技术结合，创造出更符合旅客需求的出行体验。

2. 应用效果

(1) 目前银川机场中转旅客MCT时间为50分钟。本次中转旅客反扫功能评估通过后，对中转旅客乘机流程进行优化，预计可将MCT缩短数分钟，更好地服务中转急转旅客，降低急转旅客误机率。配合航线网络优化，旅客经银川中转可衔接的航班选择性变大，这将带来新的客源增长点，银川航空资源将进一步扩大。

(2) MCT的缩短，带来更多客源，消费主体增加。

(3) 资源运营成本下降，有效降低中转旅客服务柜台保障压力，人力配置向引导型岗位转移，提升自助设备使用率。

3. 推广价值

银川机场中转旅客双向验证,具备显著的行业推广价值。在技术层面,其模块化架构设计与多系统融合方案,可快速适配不同机场的物理布局和信息系统,为中小机场提供低成本、高效率的技术升级路径,降低技术研发与实施门槛;在服务模式上,“旅客动线优化 + 数字化验证”的创新模式,有效破解中转流程复杂、急转保障难等行业共性痛点,为其他机场优化中转服务提供标准化参考模板;在资源配置方面,该方案通过提升自助设备使用率,能有效提高机场运行效率,通过多系统信息绑定结合数字化验证,可有效提升机场安全裕度;在社会效益层面,缩短 MCT 时间、提升中转旅客出行服务体验,有助于推动机场服务质量整体升级,增强旅客对航空出行的信心与满意度,对提升行业竞争力、促进航空枢纽建设具有重要示范意义。

媒体发布系统

西安机场公司航站区管理部

项目组成员：胡煜、谈博雅、徐翔、吕娜、张媛、尚菲、
李怡萱、姜川、邵静、陈娅妮

一、案例背景及意义

媒体发布系统主要用来丰富旅客的出行体验，为旅客提供广告、资讯和电视娱乐节目。媒体发布系统应用于西安咸阳国际机场 T5 航站楼电视直播及其它多媒体内容的信号源采集、内容编排、内容发布及相关数据统计，并把机场面向旅客的各类显示发布业务整合成一体化融合媒体内容服务平台，建立机场发布内容（电视、广告、旅服信息、交通信息等）与各类显示终端一体化通道，实现集中统一管理、统一编辑、统一发布，呈现“千屏千面”个性化内容服务。

二、案例基本情况及关键参数

媒体发布系统管理软件功能模块包括：融合媒体、有线电视、内容推送、运维模块、系统配置、管理等。

融合媒体是支持系统内容发布流程的功能模块，可实现内容采集—内容编排—内容发布流程。用户可自行创建模板，根据实际需求自定义设定视频区域、图片区、文字区、实时数据区等。投放的视频、图片素材等审核通过后，可根据实际需求，将节目发布至终端显示屏，支持根据区域批量发布、更换节目内容、取消发布等功能。有线电视模块支持创建频道组，

批量分发等功能。通过接入有线电视信号，在系统中进行管理和维护，对节目进行分发。

三、取得成效

该系统可实现字幕推送、轻提醒、紧急插播功能，在不影响显示屏原有播放内容的情况下，以不同形式推送提醒内容。同时还支持字幕创建、编辑字幕内容，批量发布、一键停止等功能，字幕信息会在终端显示屏下方进行滚动显示。

媒体发布系统前端显示屏分布在母婴室、无障碍卫生间、航班显示屏、旅客动线上等区域。同时，按照 T5 航站楼、GTC 功能区域及地理位置，现阶段利用显示屏为旅客提供服务热线、登机口查询、无线网络、旅客服务小程序、错走旅客指引等信息。

温州机场智慧出租车服务平台研究

温州机场集团有限公司

项目组成员：郑存植、陈伟飞、刘红武、王洁琼、戴刚、
王剑挺、陈立红、林怡然、胡国平、徐同睿

一、案例背景及意义

《智慧民航建设路线图》明确将智慧机场作为推动民航业智慧化转型的重要抓手。《“十四五”民用航空发展规划》提出了包括航空安全水平再上新台阶、综合保障能力实现新提升、航空服务能力达到新水平、创新驱动发展取得新突破、绿色民航建设呈现新局面、行业治理能力取得新成效 6 个新发展目标，为智慧机场的发展提供了政策导向。

作为点对点接驳民航客运服务的出租车，因其具有的便利、舒适和全天候等特点，成为旅客群众往来机场的重要交通方式之一，承载着机场旅客运输的重要职责。但目前国内多数机场采用人工干预的方式实现出租车调度。现场派驻大量工作人员，按照指定的工作流程、管理规范，通过中央视频监控、对讲沟通、设立路障、现场指挥分流等方法对出租车进行调度。至于具体如何执行，则完全依赖于管理工作人员的现场执行。这种粗放式的干预管理，现场工作量大、管理压力大、效率不高，容易因为现场指挥而出现争执，存在管理失控、调度漏洞的可能性非常大，且无法留存运营数据、调度记录，难以实现持续运营及优化提升。

为响应民航局“四型机场”建设纲要，解决当下温州机场出租车管理

中存在的问题，温州机场集团有限公司联合机场公安、交通执法队进行了大量调研，依托物联网、边缘计算、大数据、人工智能等新兴技术，定制研发了一套适合温州机场的智慧出租车服务平台，助力机场交通管理部门对出租车实现真正高效的管理，为破解行业出租车管理难题提出了新思路新办法。

二、案例基本情况及关键参数

本案例通过司机问卷调查、旅客随机访谈、一线管理人员座谈会等途径收集司机、旅客、一线管理人员对当前存在问题的看法；通过考察其他旅客集散中心、厂家调研等方式收集出租车管理的一般做法；通过多次“机场—交警—交通执法”办公会议商议，最终决定针对温州机场出租车管理需求，定制开发一套智慧出租车服务平台，涵盖出租车从驶入到离开机场整个流程的管理，即出租车注册、身份审核、流量监测、入口管控、车道调度、黑名单管控、数据管理、操作权限、数据集成、用户端推送等。



图一 智慧出租车服务平台架构图

平台具备身份管理、车辆调度、蓄车场管理、短途补贴管理、异常行为分析、人车档案、黑名单管理、投诉反馈及系统管理 9 大功能模块，满足出租车注册认证、入场的自动身份识别、自动放行、自动排队、动态调度等功能，致力于提高出租车管理调度的效率，减少人工环节和成本，让机场出租车的调度和服务更为快捷、自动化、精准、安全、规范、可控，杜绝管理风险、廉政风险和收费漏洞，具体如下：

1. 准确的身份管理

通过规划微信公众号、小程序实现出租车登记及认证服务，申请时与公安相关信息进行比对审核（两条链路，身份信息和服务证信息），限制要求出租车司机完成身份登记，并根据返回信息判断符合条件（如驾驶证、

车辆状态、服务证异常则禁止入场)后方可入场,防范并剔除非营运车辆闯关,并为后续黑名单管理、信息通知、短途补贴等提供基础信息依据。

2. 精确的车辆调度

通过车辆出入识别,准确区分各个区域,包括蓄车场、上客区的流量信息,计算并按指定规则进行智慧调度。有序启用蓄车场或从蓄车场放行所需出租车,并对车辆的行进合规性进行监测。未按规则行驶的车辆不允许进入上客区。

3. 灵活的蓄车场管理

采用预约进入蓄车场(预约模块可以选择关闭)。在大量车辆排队等候的情况下,允许出租车在蓄车场内的车位停放。通过微信信息推送、LED显示屏、广播喊话等多种方式引导排队车辆有序出场,司机无需时刻随车待命紧跟前车排队离场。

4. 短途补贴规范管理

通过与出租车GPS系统接口集成,满足短途补贴规范管理。车辆离场后,系统自动判断短途行驶是否属实,系统对于短途载客车辆进行标记,允许其通过短途车专用的入口道闸回场。系统主要通过离场时间、再次入场时间、行驶路程、GPS系统记录等进行规则研判,实现短途车辆规范管理。

5. 异常行为自动预警

疑似倒客预警(卖客,抛客):分析车辆在上客区出场到下一次蓄车场或者上客区入场的时间,统计出入时长,如果多次出入时间超过设定阈

值，则判断为疑似倒客。

疑似竞逐预警：记录车辆从蓄车场出场到上客区入场的时间，计算区间车速，对于区间车速超过阈值的车辆进行预警，并进行扣分。

“短途单”异常活动分析：系统对接车辆 GPS 系统数据，智能分析短途单车辆目的地和行驶轨迹之间的关联关系，如果行驶轨迹和目的地之间不存在空间交集（路线接近目的地或者在以目的地为中心特定距离范围内），则判断为异常活动，预警交通执法部门，核实后可取消其短途车标记。

6. 黑名单长期管理机制

系统设立黑名单扣分机制。对于管理人员现场发现、系统异常分析发现、乘车旅客举报投诉等违法违规车辆，可纳入系统黑名单扣分。根据扣分制度，可限制禁止车辆入场接单，作为出租车规范经营的约束条件，达成长效管理的效果。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 先进性

人脸识别加持，实现人车证统一：通过注册登记，实现实名管理，排除公安黑名单司机、驾驶证异常司机、出租车营运证异常司机进入机场接客；通过在出入口道闸加装高速人脸识别设备，校验入场司机是否与注册登记一致，离场司机是否与入场司机一致，不允许一人多车同时在场，从而实现人车证统一管理。平台上线后查处黑名单人员 1 名，零分驾驶证 3

起，无营运证或营运证过期 8 起，一人多车 23 起，涉及车辆 102 辆。

全自动动态调度，降堵增效：平台实现了根据出租车行驶轨迹和时间自动判断当前是否短途车，司机端接到短途车推送后，可不驶入蓄车场排队直接前往上客点进行接客，减少了短途车空载行驶距离，提高了接客效率；上客点出租车的调度依据无线地磁车辆检测器感应的等候车辆数量自动精确进行调度，使得上客点的出租车始终保持一定数量，杜绝了人工调度偶发的上客区出租车高峰期不足和低峰期拥堵的现象；出租车进入蓄车场平台自动进行排号，根据上客区的调度自动按序放行，解放了之前管理人员频繁人工控制道闸的双手，提高了放行效率。

AI 自动识别，打击违规行为：独创倒客、竞逐、异常短途车算法，自动识别挑客、甩客、倒客、插队、竞逐等行为，平台进行异常告警，管理人员核实后，通过平台司机信誉分模块进行扣分，信誉分低于一定分值的司机将在一定时间段内不允许进入机场接客，有效杜绝了司机的违规行为，提升了旅客的出行体验。

2. 成熟度

已在温州国际机场稳定试运行 3 个月，春运期间平均每日调度出租车 1300 辆次，日常平均每日调度出租车 600 辆次，

3. 自主性

平台 100%自主设计，关键算法自研，委外开发，拥有软件著作权一项。温州机场智慧出租车服务平台依托国产信创超融合平台部署，适配国产化硬件，技术自主可控。

（二）应用效果

1. 经济效益

实现人车证合一后，取缔一人多车，司机人均日接单量翻倍，收入翻倍。自动调度代替人工调度后，减少人工调度岗位 50%，年节约管理成本约 100 万元。

2. 社会效益

司机、旅客满意度提升，投诉率同比下降 50%，蓄车场及上客区秩序显著改善。机场周边尤其是上客点交通效率提升，拥堵指数降低 20%，出租车周转率提高 50%。

3. 环境效益

短途车管理革新，平台自动标记短途车代替传统手撕纸质小票，年减少纸张消耗超 11 万张。短途车直接进入上客点接客，年减少空驶里程约 35 万公里，相当于减排 CO₂ 88 吨。

（三）推广价值

1. 适用性

适用于大中型机场、火车站、大型会展中心等交通枢纽场景。

2. 可复制性

平台支持模块化部署，可按需选择短途补贴管理、异常行为分析、黑名单管理、投诉反馈等模块，可利用现有蓄车场道闸，大中型机场 3 个月内可完成部署。

工程建设与管理类

“双碳”政策下的节能减排—机坪泛光照明智能控制模式

首都机场集团有限公司北京大兴国际机场

项目组成员：贾治国、徐乃付、于凤虎、郭孟朝、贾烝、王欣、
郑培根、常志琴、李金康、郎洪亮

一、案例背景及意义

2021年9月，国务院发布《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，其中第六条指出“制定交通行业和领域碳达峰实施方案”。为贯彻落实“四型机场”建设理念，积极响应加快绿色低碳科技革命、加快先进适用技术研发和推广应用的要求，解决大兴机场提出的机坪泛光照明精益管控项目。

国内外相关科技情况：国内大中型机场的机坪泛光照明普遍处于通过不同工业控制器手段实现定时控制，在夜间为机坪所有机位提供同等照度水平的照明，并未考虑根据机位使用需求提供不同等级机坪泛光照明的精确控制理念。现大部分机场均配有A-CDM系统。

存在问题：

1. 造成资源浪费：采用传统控制模式定时开关，空置机位与使用机位均提供足额照明，造成高额资源浪费；

2. 影响运行安全：高亮度形成了光污染，影响机组和管制人员视线。

3. 加快设备损耗、增加成本投入：大兴机场传统运行模式下，全场开灯数量多、足额照明时间长，导致设备使用寿命减短且故障率高，增加了备件费用和人工成本。

立项目的：一是有效节约能耗，减少碳排放；二是有效降低光污染，营造良好飞行、管制环境。

“双碳”政策下的节能减排—机坪泛光照明智能控制模式是民航响应““双碳”政策”的生动实践，通过新技术、新理念对现有运行模式进行升级改造，构建科学的机坪泛光照明智能控制模型并研发智能控制系统，根据机位使用情况提供分级照明，既满足运行安全又促进节能减排，对其他机场有着广泛的参考价值与借鉴意义。

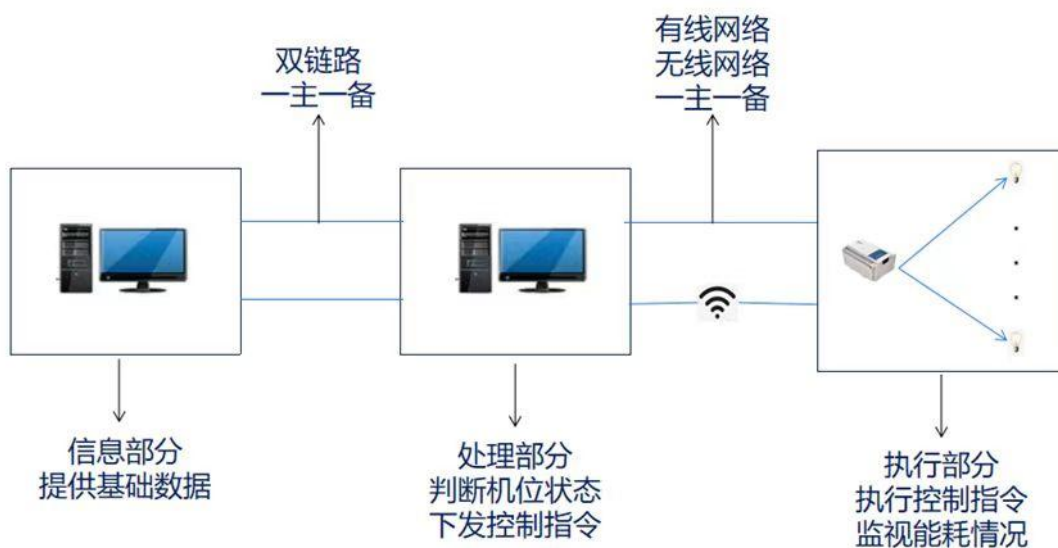
二、案例基本情况及关键参数

（一）案例情况

2022年2月，北京大兴国际机场正式将该项目立项，同年5月，与合约方签订合同，开展根据模型的系统研发。2022年7月，该项目完成系统建设并获得民航大兴机场监管局的试运行批复。2022年8月至2023年8月，北京大兴国际机场对该系统进行试运行。

该项目以为航空器保障服务为核心理念，以航空器保障全流程为基础开展需求调研，多角度、全空间了解各岗位、各单位照明需求，深入分析机坪泛光照明节能具有的可行性；以安全运行为前提前置项目合规

性分析，对标研究行业规章提出在保证安全运行的前提下，开展照明分级控制；以内部潜力再挖掘为手段开展头脑风暴，组织各主管单位充分进行座谈交流，深入挖掘现有系统信息并展开对照分析，发现 A-SMGCS 与 A-CDM 系统具备航空器地面运行全流程数据，信息种类丰富且实时性高，具备信息深入挖掘的潜力；以精细化管理为目标构建智能控制模型，研究分析地面运行与机位保障流程，将全场设备“化整为零”实现智能控制，设计了机坪泛光照明智能控制模式网络图。



在实现过程中，通过分析比较大兴机场现有可用技术资源手段，发现 A-SMGCS 系统航空器轨迹可持续记录航空器位置、判断机位使用状态，信息稳定性强、准确性最高；A-CDM 系统应用更为广泛，航空器运行数据种类多，且有连续的航空器位置信息；机位监控虽应用广泛，但需进行航空器识别开发确定机位状态，最终确定选用 A-SMGCS 系统作为航空

器及机位状态信息的主要来源，将 A-CDM 作为备用数据来源，实现机坪泛光照明等级与机位使用状态的精准匹配控制。其余机场可使用 A-CDM 实现智能控制。

机坪泛光照明智能控制模式打破了传统的机位与灯杆一一对应关系，将机位与灯杆的关系升级为机位与灯具云的理念：将灯杆升级为灯具云，即所有灯具照明共享，每个机位依靠附近灯杆上的不同灯具进行照明。通过模型计算每个机位不同照明等级下的最小开灯数量与位置，若机位相邻，则按照模型计算多个机位在不同照明等级下的最小开灯数量与位置。机坪泛光照明智能控制模式下每次在航空器入位前 200m 时下发智能控制灯具开启指令，离开超 150m 后下发智能灯具关闭指令。

在功能改造后，大兴机场通过系统仿真、汽车实测、真机实测，确认功能的实现，随后通过照度实测、对现场各保障单位问卷调查、组织多单位安全评估后正式向监管局申请试运行。

截至目前，智能模式运行稳定。

（二）技术参数

机坪泛光照明智能控制模式是交通运输业利用电子信息技术中的信息集成项目、（IOT 物联网）对绿色安全管理提升的实践。在模型建立与实践过程中，建立机坪泛光照明智能控制模式模型，实时监测飞行区机位状态，通过双网络主备控制系统实现信息的实时传输，增加能耗监测设备实时监测能耗情况。

本系统关键技术节点是通过分析 A-CDM 航班数据信息或 A-SMGCS 系统中综合航迹信息和规划路由信息，达到机坪泛光照明智能控制。另外为满足机场管理业务发展带来的系统扩充和升级需求，系统采用分布式、客户 / 服务器 (C/S)、开放式结构的设计模式。以局域网作为系统内部信息传输、交互的基本通道，采用双网结构模式。

系统性能：

1. 能效性能

机坪泛光智能控制系统采用上位监控系统及部署在现场的边缘控制单元组成，能够在提供充足照明的同时降低能耗，提高能源利用效率，全年可节电 50%以上。

2. 安全性能

机坪泛光照明智能控制系统为国内自主研发，具有自主知识产权，具备多级实时监测和故障诊断功能，能够及时发现照明设备的故障并进行报警。

3. 自动化性能

机坪泛光照明智能系统具备自动化控制功能，可以通过预设的时间表并能够根据实际航班情况及能见度情况实时控制高杆灯开闭，提高系统的自主性和智能化水平。

4. 集成性能

该系统可以与其他机场设备和信息系统集成，如雷达系统、监控系统等，实现数据共享和联动控制，提高机场管理效率和整体运行效能。

三、取得成效

（一）主要技术创新点

1. 提出机坪照明分级分类理念，制定了机坪泛光照明智能控制模式，首次将 A-SMGCS 信息融入机坪泛光照明控制。

2. 以单灯控制功能为基础，开发了机坪泛光照明智能控制系统，实现了 2200 盏灯具结合飞机轨迹、停放位置及照明需求的精细调节和控制。

3. 结合机场复杂运行场景，考虑多种风险因素，制定了泛光照明控制操作规程，实现了大兴机场机坪泛光照明常态化、智能化、精细化管理。

（二）应用效果

1. 经济与环境效益

大兴机场试运行该系统一年，全场机坪泛光照明耗电为 450.9 万 KWh，传统模式则为 927.3 万 KWh，累计节约电费 349.6 万余元，减少碳排放约 3739 吨，综合能耗节约率为 51%。同时，由于开灯数量和时长的降低，有效减少了备件和人工成本投入，年度节约备件费约 8 万元、节约人工成本 16 万元。

项目总投资：机坪泛光照明智能控制系统研发成本，合同金额为 318 万元。

回收期：2022 年 8 月至 2023 年 8 月，累计试运行 12 个月，总计节约成本达 373.6 万元，回收期为 1 年。

2. 社会效益

大兴机场机坪泛光照明智能控制模式是民航响应““双碳”政策”的生动实践，通过新技术、新理念对现有运行模式的升级改造，构建科学控制模型并研发智能控制系统，对使用机位提供足额照明，对空闲机位提供基础照明，既满足运行安全又促进节能减排，对其他机场有着广泛的参考价值与借鉴意义。

（三）推广价值

北京大兴国际机场经过前期测试，机坪泛光照明智能控制模式可实现根据机位使用需求智能控制机坪泛光照明开光等级，达成以下两类设计目标，一是节约能耗、减少碳排放，二是降低光污染，营造良好的飞行、管制环境，对于机场的经济效益和运行安全有一定的提升。整体所需成本为改造完善现有控制系统，改造成本低。该系统可向全国新建和已建机场进行推广，推广条件仅需机场内有 A-CDM 或 A-SMGCS（III级及以上）即可，推广成本低，节能效果良好，通过较短的时间即可完成投资回收，具有良好的市场竞争力和能源节约率。

目前大兴机场已与合作方签订了知识产权合作协议，积极推动该系统的市场开发及合作，可向全国各机场推广。民航业作为“双碳”政策中的重点行业，需积极完成每一个生产环节的节能减排，推广前景开阔。推广实施落地后，能有效降低机场能耗总量和碳排放总量。

浦东机场 T3 航站楼特大超深地下交通综合体设计 与智能建造工程

上海机场建设指挥部

项目组成员：尤旭东、吴玉林、陈军、张逸、刘金典、
施颖东、卞磊、高晓宇

一、案例背景及意义

浦东机场 T3 航站楼特大超深地下交通综合体是浦东机场 T3 航站楼工程的地下部分，将成为实现多条轨道交通换乘的重要载体。该工程将有利于提升浦东国际机场辐射范围，完善机场综合交通配套设施，加强各重点区域互通互联，满足快速客流的高质量出行需求。2022 年 1 月 4 日，浦东机场 T3 航站楼特大超深地下交通综合体桩基工程正式开工。

浦东机场 T3 航站楼是上海国际航空枢纽建设的关键性工程，也是本市“十四五”规划纲要明确实施的重大工程，对推动长三角高质量一体化发展和上海国际航运中心建设具有重要意义。

二、案例基本情况及关键参数

浦东机场 T3 航站楼规划建设面积达 119 万平方米，保障能力 5000 万人次；同时包含一个面积达 103 万平方米的交通中心，航站楼与交通中心采用上下叠合方式融为一体，旅客可在此实现零换乘。T3 航站楼位于机场旅客航站区南端，为一尽端式航站楼构型，航站楼与酒店、商业及交通

设施共同构成航站综合体，体现了现代航站楼的发展方向，是机场规划的亮点之一。该航站综合体最大化利用高端流量，能够有效提升航站区土地价值，有助于机场非航收入增加和机场的可持续性发展。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 智能勘察

提出并实现滨海特大超深地下工程水土一体化信息模型精细化建模技术，解决工程地质、水文地质、特殊地质体全要素表达综合建模问题，为工程地质赋存条件全面有效分析提供数字化应用载体。研发深化地下管网模型数字化表达技术，实现基于管网标准构件的数据驱动建模与精细化自适应连接等关键技术问题，并形成工程建设动态更新机制，为工程建设全生命周期提供精细化模型，助力地下管网数字资产管理。研发形成滨海特大超深地下工程勘测信息一体化集成技术，基于空间数据引擎对勘测多源三维要素进行全面三维解析与转换，实现 GIS+BIM 环境勘测数字信息综合管理，为工程地下水土风险全面集成分析应用提供平台数据基础与三维分析能力。

2. 智能设计

浦东机场南区地下交通枢纽及配套工程项目从设计源头就要求数字化，通过数字化建模、仿真、分析，不断优化方案，实现对建筑规模、功能、动线、性能的精确计算。运用数字化技术，植入数字基因，首次实现数字化报规、数字化设计，将机场蓝图变成千万级零部件、万兆级数据库，

打造出濒海特大尺度复杂场地、特大枢纽型工程的数字底座，为后续数字建造和智慧运维奠定基础。

3. 智能施工

通过在浦东机场南区地下交通枢纽及配套工程项目中施工模拟、智慧工地等信息化技术，以设计与施工阶段信息化为主导，通过信息化管理的手段，高效整合各项资源，提升项目施工精细化管理水平。整个过程通过“数据采集—信息记录—数据分析—快速反应”的方式将工程监测的被动“监督”转换为主动“监控”，实现对“人、机、料、法、环”的全方位实时管理，实现建造过程向数字化、智能化发展，并实现工程实体与数字化模型的同步成果。

4. 智能监理

基于数字监理系统进行监理一线工作的数字化改造，其一可以实现监理工作的标准化，规范化监理工作方式和行为，形成统一的工作标准；其二可以实现监理工作的无纸化，大量纸质记录被电子记录所取代，不仅节省大量纸质资源，还帮助一线监理节省大量数据采集和整理的工作；其三可以实现监理工作的数字化，将监理在质量、安全、进度等方面的管控工作从传统方式解脱出来，简化流程，提高工作效率，并将大量工作数据结构化存储，为数据追溯提供宝贵的来源；其四基于质量大数据算法可以自动化预测最终质量成果，判断工程质量发展趋势，实现质量管控的自动化、智能化发展。

5. 智能管理

研究项目设计、施工数据的存储能力、存储模式和数据的智能应用，实现项目利用数字化模型来保存设计、施工信息，实现对项目全要素时空数据的高效存储和检索；对项目建设静态数据和动态数据的融合分析，打破建设流程的割裂现状，实现项目建设场景的数字化管理。建设项目级数字底座、数字化管理平台，形成涵盖地上与地下、室外与室内、历史与未来、静态与动态的三维项目全量模型数据库，完善多元异构数据融合处理标准规范，建立项目级海量数据的实时数据接入服务标准。依托 BIM、GIS、物联网、大数据、人工智能等新技术，对项目设计、施工、竣工数据进行计算分析，以项目为基础单元赋能，实现精细化建管。

（二）应用效果

1. 经济效益

通过现场自动化监测点布设，减少 20%现场监测人员外业工作量；

运用数字可视化功能，提高整个设计工作效率约 20%；

配电箱“二维码”管理，电箱巡检率提升 30%，各级电箱的损坏率降低 20%；

混凝土“自动下料”，有效控制实际用量与图纸用量的偏差小于 2%，进出合格率达到 99.6%；

“工序/工艺”数字化，提升现场质量管理精细度 15%；

“变更管理”数字化，降低变更方案沟通成本 35%，减少变更审核时间 25%；

2. 社会效益

智能建造体系的研究和应用可以提高住房和城乡建设领域建设水平，支撑城市精细化建设需要，保障特大枢纽型机场地下工程建设安全有序，助力智慧化转型发展，推动上海市及全国的智能产业发展，同时降低人力物力成本，支撑智慧化管理业务，提升智能建造应用能力。

3. 环境效益

通过在投资决策、勘测设计、施工建造和成果交付等阶段深入开展数字化应用，可以进行更为精准的建设过程环境影响分析，进而制定更为科学地建设管理方法，有效降低本项目大规模施工对周边环境的影响，实现对深、大、群坑的施工安全进行实时准确的数字化管理，保障工程建设的安全有序开展，有利于工程项目建设过程的环境评估和保护。

（三）推广价值

本项目着重于技术的创新和标准的推广，结合建筑信息模型等国家级、行业级智能建造相关标准和规范进行项目级示范应用和研究深化，技术成果可在广泛的地下工程和交通枢纽工程中进行推广应用。

（四）示范效应

本项目依托工程是典型地下工程和交通枢纽工程，技术成果具有较强的示范意义。

本项目技术成果将为大型地下工程和交通枢纽工程缺乏智能建造应用技术体系、数据交互方法和可推广的智能建造应用场景等难题提供参考范例。

人工智能赋能大型机场改扩建工程项目管理的应用

— 以天津机场三期改扩建工程为例

天津滨海国际机场有限公司

项目组成员：高志斌、王磊、赵炜、王君权、杨春宝、

张加浩、刘菊、张哲人

一、案例背景及意义

大型机场建设工程普遍具有规模庞大、技术种类繁多、参与单位众多、项目衔接复杂、工期较长等方面特点，尤其是近几年大型枢纽机场建设又与地铁、高铁等公共交通出行方式共构共建，实现垂直换乘已成为趋势。这些特点使得机场工程项目的管理变得更为复杂，不仅需要协调众多技术和行政层面的工作，还要处理与国家法规、行业规范相符的复杂技术要求，每个环节的管理都要精确到位，才能确保整个工程流程的顺畅和高效。因此，需要机场建设的管理者，既懂民航专业又懂项目管理，既懂工程技术又懂法规标准。虽然我国民航机场工程建设取得了诸多瞩目的成就，但在项目管理上仍然面临较多需要与时俱进、协同发展的问题，主要表现在：一是缺乏机场建设项目的专业管理人员。二是缺乏民航机场工程建设项目经验和技术的积累和传递。三是缺乏法律法规、规章标准随学随用的新质支撑手段。

天津机场项目管理指挥部以三期改扩建工程的建设为契机，探索改变传统工作模式，率先构建机场工程项目管理的基于 AI 的数字“理想人”管理助手的数字人，数字人结合三期改扩建工程“三好三境”理念命名为“好境”并设计了专有的数字人物形象。通过人工智能技术实现法律法规、标准规范、会议纪要、往来文件等文档承载信息的智能获取，提升文档信息获取效率和精度，可以有效地解决上述问题，极大地提升知识的发现、利用、传递效率。

二、案例基本情况及关键参数

基于大模型的民航机场建设工程项目管理“好境”知识助手关键技术主要包括三大主要组成部分：面向机场建设管理应用微调的大语言模型、基于 RAG 技术的知识管理助手、构建机场建设管理知识库。

第一，面向机场建设管理应用微调的大语言模型。选择语言理解和推理性能优秀的开源大语言模型，构建机场工程建设项目管理的应用场景微调数据集，经过特别微调，使其适应机场工程建设项目管理领域的具体需求。

第二，基于 RAG 技术的知识管理助手。根据知识库构建请求或用户输入问题，合理调度处理、存储、检索模块及大语言模型接口来完成相关任务。由文档处理、索引化处理、检索前优化、检索模型、检索后优化、提示词优化等功能模块组成。

第三，构建机场建设管理知识库。机场工程建设项目管理的知识库是在大语言模型外部的一个知识库，当大语言模型需要特定知识时，可以直

接从这个库中检索信息，非常适合知识更新频繁、对时效性要求较高且企业隐私保护要求高的场景。通过向量数据库与关系型数据库及图数据库相互结合予以实现。知识库内容包括机场工程建设相关的国家法律法规和民航局规范，以及用户自定义的项目管理类文档。

三、取得成效

天津机场项目管理指挥部结合三期改扩建工程的项目管理需求，已初步完成了机场工程建设过程中的法律法规方面的智能应用系统开发，同时，选取三期改扩建工程远程机坪塔台建设项目同步进行测试、训练。

1. 技术创新：当前人工智能（AI）在快速发展，已成为新质生产力发展的重要引擎。尤其是 2022 年底 OpenAI 推出 ChatGPT 大语言模型 LLM（Large Language Model）后，基于检索增强的生成 RAG（Retrieval-Augmented Generation）技术取得了长足进步并掀起了火爆的 AI 浪潮，与传统的专业生成内容（PGC）、用户生成内容（UGC）相比，人工智能生成内容在内容特征上表现出更强大的生产力与生产效率，且可根据个性化需求进行定制，在技术上特征则展现出出色的认知与交互能力，且可实现跨模态融合，已成为学术界的研究热点，理论研究成果也呈现爆发式增长，具备为复杂工程项目管理任务提供快速、准确的信息支持潜力，有望改变传统的工作模式。

2. 应用效果：首先，数字理想人“好境”有助于提升机场建设管理的效率。利用知识库精确检索能力，可以随时将项目管理过程中遇到的问题，从项目立项、设计、建设、验收阶段的信函、会议、方案、合同等资

料中找到，并利用 AI 模型的逻辑推理能力进行分析和组织，按分钟时间完成原来多人按天才能完成的工作，加快问题的解决效率，节省管理成本。

其次，数字理想人“好境”能够大幅度减少机场建设管理的违规现象。通过法规问答，可以精确匹配和回答项目不同阶段、不同场景下遇到的合规性问题，减少规划、设计、建设阶段因不熟悉法规条款而造成的违规，从而提高建设效率，节省成本。

再次，数字理想人“好境”有助于提高机场建设管理的水平。面对项目管理人员知识储备不足、知识需求复杂多变、专业领域知识繁杂且不易筛选的多重困境，快速准确的知识供给，有助于提高项目管理的效率和水平，从而实现对枢纽机场工程建设项目管理的智慧支持，成为新质生产力发展的重要引擎。

3. 推广价值：民航机场工程建设项目管理的知识流动方式多以言传身教为主，呈现一种网状的传播路径，知识流动范围有限、传播效率低，且知识内容多以隐性知识为主。为了促进通用知识、实践知识、专家隐性知识的共享，实现组织知识的集成和持续积累，打造以知识管理系统为中心的知识交流模式，利用人工智能技术对相关知识进行组织和管理，在一定程度上能显著提升民航机场工程建设项目管理水平。

4. 示范效应：民航行业尤其是机场建设管理是一个高度专业化的领域，仅凭通用数据训练大模型是不够的，还需要对应用场景的深入理解、专业经验和长期积累，通过结合天津滨海国际机场三期改扩建工程恰好是本案例应用方向的优势所在。该项目在确保技术适应性和持续更新的前提

下，具备较高的可行性，将促进民航机场工程项目管理通用知识、实践知识、专家隐性知识的共享，提供更多的知识获取途径，实现组织知识的集成和持续积累，打造以知识管理系统为中心的知识交流模式，辅助机场建设项目管理进行决策，提升民航机场工程建设项目管理水平，从而实现对民航机场工程建设项目管理的智慧赋能，成为“新质生产力”发展的重要引擎。

机场 35kV 供电外线无功损耗影响分析研究

嘉峪关机场改扩建工程建设指挥部

项目组成员：梁毅、赵文斌、何海峰、李炳甲、金希凡、
程鸿义、吴梦宇、张倩茜、俞杰

一、案例背景及意义

1. 由于机场净空管制要求，新建机场配套市政供电线路在距离机场一定位置，就不能采用架空线路，必须采用电缆埋地敷设至机场中心变电站。

2. 机场供电基本为专线供电，供电计量点在市政供电变电站起始段，计量包含市政供电线路和机场内部整体用电。机场供电系统设计的内部功率因素补偿设备可以满足机场内部运行需求，但是无法满足市政埋地电缆产生的大量的容性无功电量，导致反馈到上级电源点出线侧的功率因数低。由此导致机场每月需要多缴纳功率因素低产生的电费处罚，处罚金额约占机场支出电费的三分之一左右。

3. 通过论证分析，在机场配套变电站供电线路末端 10kV 侧加装补偿电缆线路产生容性无功设备：高压动态无功补偿装置，简称 SVG，进行线路无功补偿，可以解决机场用电功率因数低造成的罚款项，永久减少此项电费支出。

4. 该项成果，对全国新建和改扩建民航、通航、军航机场供电分项配套设计建设都有重要的参考价值和实用意义。

二、案例基本情况及关键参数

1. 嘉峪关机场改扩建项目 35KV 中心变电站及机场内供电系统由民航机场规划设计研究总院有限公司西北分公司设计,两回与市政配套 35KV 外部供电线路由嘉峪关市政府委托设计并实施。

2. 嘉峪关机场 35kV 中心变电站自 2023 年 8 月底投运以来整体运行良好,但是每月均有因机场用电无功补偿不达标导致功率因数低产生的罚款电费。嘉峪关机场公司每月给供电公司多缴纳无功补偿不足造成功率因数低产生的电费处罚约 8 万~10 万元左右,占机场支出电费的三分之一左右。

3. 经多方论证,在两回为机场配套 35KV 供电线路末端,新建 35KV 中心变电站内 10kV 侧加装补偿电缆线路产生容性无功设备:高压动态无功补偿装置,简称 SVG,进行线路无功补偿,可以解决机场用电功率因数低造成的罚款项,永久减少此项电费支出。

4. 2024 年 4 月中旬在嘉峪关机场 35kV 中心变电站加装两套 10KV 户外式高压动态无功补偿装置(SVG),采取给电网补偿感性负荷技术措施投入工作,机场供电系统整体无功平衡,次月电费清单显示,功率因数达到 0.97,远高于 0.85 标准,持续了七个月的功率因数调整补偿不达标导致力调电费罚款项取消。

5. 市政变电站出口考核计量点功率因数由原来的 0.35~0.45 提高到 0.97 左右,满足并优于国家电网公司规定的电能质量技术要求,降低

了嘉峪关机场供电系统运行费用，经济效益明显。经测算，每月可以为机场节省电费支出约 10 万元，每年可以减少电费支出约 120 万元以上。

三、取得成效

1. 技术创新：该成果技术先进成熟，可以自动调节补偿线路无功，应对解决新建和改扩建机场供电项目埋设电缆过长导致功率因素低造成巨额经济处罚问题。

该项技术先进运行可靠，只要按照要求保养到位该装置可以连续稳定运行 15 年以上。

2. 应用效果：该项成果在嘉峪关机场应用后，取得良好效果，技改前，每月需要多支出电费处罚约 10 万元，占机场电费支出的三分之一，技改后，电费处罚取消，并可以得到用电功率因素达标奖励，奖励在当月电费支出中扣减。下表为嘉峪关机场供电系统加装 SVG 装置前后功率因素变化和电费支出对比表。通过此表可以明确显示加装 SVG 装置后，电费处罚项取消，每月给机场节省电费支出约 10 万元。

嘉峪关机场供电系统加装SVG设备前后功率因素变化和电费支出综合对比

时间	当月电量	当月电费	功率因数标准	功率因数	奖罚	罚款电费占比
2023年9月	208600	195988.66	0.85	0.35	75323.78	38.42%
2023年10月	216440	202218.37	0.85	0.4	69994.23	34.61%
2023年11月	297150	266736.19	0.85	0.42	87788.91	32.91%
2023年12月	344540	297545.04	0.85	0.44	92608.05	31.12%
2024年1月	330120	293541.18	0.85	0.45	88750.3	30.23%
2024年2月	286790	292773.89	0.85	0.4	101554.58	34.69%
2024年3月	250950	274671.32	0.85	0.33	109795.04	39.97%
2024年4月	193200	155560.42	0.85	0.52	35763.89	4月12日投入SVG, 23%
2024年5月	214480	127652.22	0.85	0.97	-1365.1	全月投入SVG
2024年6月	255570	144218.09	0.85	0.99	-1538.88	全月投入SVG
2024年7月	327940	188933.2	0.85	1	-2017.99	全月投入SVG
2024年8月	318780	186606.99	0.85	1	-1994.22	全月投入SVG
2024年9月	266000	161351.78	0.85	0.95	-1726.29	全月投入SVG
2024年10月	272440	169179.69	0.85	0.84	810.62	全月投入SVG
2024年11月	311430	175858.5	0.85	1	-1876.55	全月投入SVG
2024年12月	368480	225339.29	0.85	1	-2412.35	全月投入SVG
2025年1月	349720	220473.48	0.85	1	-2363.01	全月投入SVG
2025年2月	302960	174024	0.85	1	-1858.31	全月投入SVG
备注1:2023年9月至2024年4月,由于功率因素补偿不达标,被供电公司处罚661578.78元,占电费支出的33.42%。						
备注2:2024年4月中旬改造完毕后,该罚款项取消,此项技改,每年为嘉峪关机场公司节省电费支出约120万元以上。						

3. 推广价值：该项成果具有良好的适用性和可复制性，该成果对民航、军航、通航机场新建和改扩建供电项目配套设计建设都有很好的推广价值和实用意义。

4. 示范效应：新建和改扩建机场都存在此类问题，许多机场带缺陷运行，有的机场已经带缺陷连续运行五年以上，每月每年承担巨额电费处罚，却没有好的解决方案，认为这是满足机场净空管制要求必须接受的现实情况。该项技改在甘肃省机场属于首例成功案例，在全国机场也处于先行状态。该项成果也解决了各民航设计院长期存在的此类设计缺陷问题，为新建、改扩建机场供配电系统设计提供了现实和理论依据。

机场助航灯光一次电缆接头发明专利推广应用

嘉峪关机场改扩建工程建设指挥部

项目组成员：梁毅、赵文斌、何海峰、李炳甲、金希凡、
程鸿义、吴梦宇、张倩茜、俞杰

一、案例背景及意义

1. 机场助航灯光一次供电电缆接头渗入水分和潮气引起助航灯光各回路电缆绝缘阻值降低是各机场通病，严重情况下助航灯光系统随时有因回路电缆绝缘阻值过低，无法启动运行的可能，或者在使用过程中，由于阻值降低突发电缆接头击穿事故，上述问题均会造成助航灯光系统停止工作，连锁反应导致机场发生航班无法起飞和降落等安全事故，是长期困扰机场安全运行急需解决的课题。

2. 嘉峪关机场改扩建工程建设指挥部成立科技创新团队，结合实践工作经验，对助航灯光一次电缆接头制作工艺缺陷进行深入分析，总结提炼出电缆接头制作新工艺，并增加防水密封胶条，该成果具有很好的实践工作指导意义，可以长期保证助航灯光电缆接头有很好的防水防潮性能，保证助航灯光供电电缆绝缘阻值达标，保障机场航班起降安全。

3. 创新团队总结提炼电缆接头新制作工艺，撰写论文《民航机场助航灯光 YJYD 和 DYJY 型电缆接头制作工艺存在缺陷及改进研究》，2022 年发表在《中国设备工程》科技期刊。

4. 在论文指出并纠正了中国民航出版社出版的全国民航特种作业培训教材《机场助航灯光电工技能篇》培训教材中关于助航灯光电缆接头制作工艺和隔离变压器检查章节编写错误、概念不清和张冠李戴抄袭错误等重大错误问题，这是中国民航系统第一次通过论文对该教材进行错误指正和纠偏。

5. 撰写论文参加中国设备管理协会举办的 2023 设备管理新趋势“金点子”论文项目，获得国家级协会一等奖。

6. 该项成果在 2024 年 3 月获得国家知识产权局授权的发明专利。

该项成果，对全国民航、通航、军航机场助航灯光项目施工有重要的参考价值和实用指导作用。

二、案例基本情况及关键参数

1. 各类机场都存在数量较多的隔离变压器箱体内聚集水分情况，甚至处于满水状态，隔离变压器和电缆连接器及电缆接头长期在潮湿或有水的环境下工作，由于电缆接头制作工艺以及制作电缆接头施工人员手法等情况影响，其接头内部会有渗入水分和潮气的可能，造成电缆接头绝缘阻值降低，导致助航灯光回路电缆整体绝缘阻值降低，影响助航灯光供电系统安全，此问题会造成机场航班起降安全隐患。

2. 对回路阻值低的电缆，将电缆接头与电缆进行切断分离，再次单独测试电缆和电缆接头绝缘阻值，电缆绝缘阻值基本是无穷大状态，电缆接头均会低于国家标准，可以确定电缆阻值降低基本是由电缆接头阻值降低引起造成的。

3. 通过分析，可以得出以下结论：

（1）制定一次电缆接头制作工艺不完善，有较为明显的缺陷，对防水和防潮气问题考虑不到位，不能有效起到防止水分和潮气渗入电缆线芯，导致电缆绝缘阻值降低。

（2）制作一次电缆接头人员未进行有效培训学习，制作质量较差，且施工过程缺少有效监管。

（3）后期维护过程中，电缆接头来回移位，对电缆接头内部绝缘和防护有柔性损伤。

一次电缆接头成为影响机场助航灯光各回路供电电缆绝缘阻值降低的关键因素。强化助航灯光一次电缆接头防水防潮性能，即便将一次电缆接头放在水中也不会出现进水受潮情况是研究创新主要关键控制点。这是所有机场应该重点关注和需要解决的问题。

结合上述实际分析，重新梳理电缆接头制作工艺，将提高电缆接头电气绝缘性能和防水防潮性能同等级对待，在加强电缆接头电气绝缘性能的同时增加防水密封胶条，可以起到彻底改变助航灯光电缆接头在运行过程中容易渗入水分和受潮的状况，有效起到防水和防潮作用，保障助航灯光电缆整体绝缘性能安全可靠。

该项成果，在 2024 年 3 月获得国家知识产权局授权的发明专利。

按照发明专利步骤对新制作的助航灯光电缆接头试验检测，可以得出以下结论：通过改进助航灯光电缆接头制作工艺，并增加防水密封胶条，可以确保电缆接头长期在潮湿或者有水的密闭环境下安全可靠工作，不会

渗入水分或者受潮导致电缆整体绝缘阻值降低的情况发生，可以有效地保证助航灯光系统电缆运行安全，确保机场航班起降安全。

三、取得成效

1. 技术创新：该项成果属于行业首创，简单实用，获得国家授权发明专利，并且具有很强的复制性，可以长期保障机场助航灯光系统供电电缆整体绝缘良好，助航灯光供电电缆故障率和维修量大幅度降低，减轻了机场整体运行压力，航班起降安全得到了有效保障。

2. 应用效果：成果应用前，民航机场助航灯光系统一次电缆接头进水和受潮情况时有发生，导致助航灯光供电系统整体或者分支回路电缆绝缘阻值降低，影响助航灯光系统正常运行，甚至影响机场航班起降，造成各类事故。并且工作人员需要利用夜间航班停飞间隙进行查找维修排除故障，遇到难以处理的问题，机场需要连续几日带隐患运行，工作人员需要连续利用夜间航班停飞间隙进行抢修，维修任务和责任重大，整体压力巨大。

成果应用后，可以长期确保助航灯光一次电缆接头不会出现受潮、进水发生绝缘阻值降低情况，减轻了机场整体运行压力，可以有效保障民航机场助航灯光系统供电电缆绝缘阻值始终达标，整体绝缘良好，确保民航机场航班起降安全。

3. 推广价值：该项成果具有良好的适用性和可复制性，该成果对民航、军航、通航机场助航灯光项目施工都有很强的实践推广应用价值，这是不能用金钱衡量的。

4. 示范效应：助航灯光电缆接头制作工艺关系到民航机场助航灯光供电一次电缆安全运行，关系到机场助航灯光各供电回路系统安全稳定，关系到机场航班起降安全，是机场助航灯光系统不容忽视的细节工作。通过对电缆接头制作工艺的改进和完善，机场助航灯光供电电缆系统绝缘将得到有效保障，并且通过对培训教材错误章节的指正纠偏，可以起到及时止损更加有利于民航各机场助航灯光项目的健康发展。

POE 光物融合智能低碳照明系统

贵州民航产业集团有限公司

(贵州省机场系统智能化控制技术应用工程研究中心)

项目组成员：杨倩华、申坚、李晓峰、王健、牟旭东、杨磊、
杨智南、刘思颖、陆远飞

一、案例背景及意义

(一) 政策导向

近年来，国家民航局、发改委、能源局先后发布了《中国民航四型机场建设行动纲要》《关于积极推进“十四五”新型储能发展的指导意见》《“十四五”民航绿色发展专项规划》《关于进一步推进绿色低碳示范工程建设的通知》等文件，明确构建全生命周期低碳运行的绿色机场体系，推动抽水蓄能电站与分布式光伏发电、微网系统融合发展，以绿色低碳示范工程为引领，构建清洁低碳、安全高效的能源体系等内容，明确到 2035 年，中国民航绿色低碳循环发展体系趋于完善，我国成为全球民航可持续发展重要引领者。

(二) 行业痛点

机场作为高能耗交通枢纽，传统照明系统存在以下问题：一是高能耗低效率，传统照明系统光效 $<100\text{lm/W}$ ，机场照明能耗占比超总用电 25%；二是智能控制缺失，人工调控响应延迟 >30 分钟，非必要照明时段能耗

浪费 40%；三是可再生能源协同不足，光伏发电与照明需求匹配度 $<60\%$ ，储能系统循环效率仅 85%。

（三）案例意义

1. 节能降碳，促进贵州机场低碳建设。通过采用分布式光伏直流驱动照明系统，实现可再生能源深度智能应用，提升照明系统用能效率的同时，实现光伏发电供给照明用电自给自足，极大降低机场照明耗电量，提高照明交互体验。

2. 创新技术与应用，带动行业绿色低碳转型。本案例重构光伏发电供电架构，采用 POE 光物融合智能低碳照明新技术、新产品，全系统低压直流运行，为其他机场提供可复制的范本，为行业向绿色低碳转型提供新思路。

3. 规模化部署，助力我国“双碳”目标建设。本案例易部署、高灵活性，可规模化推广，可在多领域规模化应用，促进多行业绿色低碳建设，推动光伏就地就近消纳，促进我国绿色经济发展，助力“双碳”目标实现。

二、案例基本情况及关键参数

POE 光物融合智能低碳照明系统是基于 POE 技术低压直流供电，集供电和通信一体化，融合多源传感器，采用物联网技术对人员和环境进行实时监测，实现多场景智能控制及远程实时智能管控的低碳节能、智能型、高安全可靠的新型智能照明系统。同时，产品加入硅基金黄光 LED，可有效降低灯具对眼睛的蓝光、频闪等危害。产品关键技术及参数如下：

（一）低碳节能

基于分布式光伏直驱，形成室内、室外分布式能量收集、调度、存储、直供的现代智能照明系统，避免了光伏直流转换交流、灯具交流转换直流的损耗，有效提高光伏利用率 5%~10%，实现照明用电自给自足；其次通过物联网技术构建的建筑物和人员的智能感知层，融合大数据和人工智能技术，可以协同暖通、机电系统的高效运行，降低 10%~15% 能耗。

（二）光物融合

融合物联网技术 PoE 智能传感控制器，分布式采集机场的环境光照度、温度、湿度、人员分布及轨迹数据，充分释放数据价值，基于多模态的多应用场景照明控制管理，实现远程单灯控制、场景控制和时间表控制功能，例如，在有人进入房间时自动开启照明，当传感器检测不到任何人存在时，自动关闭照明。可以最大限度利用自然光并智能调节实时灯具运行参数，以实现最大限度的节能及智能控制。

（三）全局调控

将人工智能技术、边缘计算技术融入本案例，利用传感器实时采集的光伏、环境、负载设备等数据，实现能耗分布、流向、转换、管控运行全过程的电力监控，进行优化控制策略和优化能源成本管理，达到时空协同。基于光伏发电波动性特点，负载需调度时对其进行优化调节，快速合理分配负荷，以稳定安全的方式消纳光伏电力，实现各项目供能侧/用能侧自动监测分析、所有用能设备运行参数实时监测、负荷追随优化控制；实现供能和用能的动态匹配、追随控制，并提高电力供应的可靠性与安全性，提升能源综合利用率。

（四）健康照明

加入中国技术独创的无荧光粉、完全无蓝光的硅衬底 LED，结合独创电控光谱调制技术，将中国独创高光效的硅衬底 LED 成功应用到精细化照明领域中，降低了 LED 灯具 10% 功耗。使灯具同时满足无蓝光危害 RG0、无频闪、低眩光、色温（2000K~6000K）连续可调、显色指数 $\geq 90\text{Ra}$ 等照明指标。系统还可充分利用自然光，自动分区域实时调节输出光功率，光照度实时监测控制，对抗 LED 光衰效应，使照度、色温始终在理想区间。提供优质、高效、舒适的照明环境，带来一流的健康照明体验。

三、取得成效

（一）技术创新

1. 先进性

（1）国内首家将分布式光伏直驱技术、POE（以太网供电）技术应用于机场照明系统，重构光伏照明系统，全系统低压直流运行，显著提升发电效率，实现供电与通信一体化，实现“零碳”照明，实现多模态多场景的智能化照明控制，有效解决了分布式屋顶光伏存在天然分散性、逆变效率低、运行维护成本高等问题，及主流室内照明系统能源消耗较大、控制模式分布不集中、智能性不高、照明模式较为单一等问题，极大降低了机场照明能耗。

（2）本案例所用技术已获得“一种利用硅基金黄光灯珠降低蓝光危害的方法”“一种用于照明传感控制的人员活动轨迹预测方法及系统”“一种基于 POE 技术的 LED 智能低碳照明控制”“一种建筑光伏一体化全局能

源智能调度系统”等 5 项发明专利，完成了“分布式光伏高效直驱关键技术研究”查新，技术具备一定先进性。

2. 成熟度

本案例所应用产品已通过蓝光、眩光、频闪等多项国家级技术测试，同时，已针对本系统建立多个测试点，进行设备及系统实景测试，并不断调整及优化设备及系统功能及性能，现本系统已具备成熟的节能性能、光学性能、智能管理控制能力。

3. 自主性：系统实现全链条核心技术自主研发，包括 POE 智能传感控制器、POE 智能引擎、智能电池、POE 智能照明灯具、POE 智能开关控制器等硬件设备，以及分布式光伏直驱模型、多源传感器融合控制策略及 AI 动态调光等模型，填补民航领域智能低碳照明技术空白。

（二）应用效果

1. 经济效益

（1）节约照明用电。系统可实现照明用电自给自足，综合能耗较传统照明降低 100%，年节约电费约 180 万元（以 10 万 m² 机场区域测算）。

（2）降低运维成本。系统自动运行，布线简单，电子元器件减少，运维自动化，可降低运维成本 50%，同时因 POE 技术简化布线，故障率下降 60%，生命周期延长至 10 年以上。

2. 社会效益

(1) 提升旅客体验。本案例构建人因智能照明，旅客候机区域照度均匀性提升 30%，蓝光危害等级 RG0，有效缓解视觉疲劳，提升旅客照明交互体验及出行体验，提升机场服务品质。

(2) 提升机场智能低碳管理水平。物联网智能管理平台支持实时故障报警，响应时间缩短至秒级，保障机场运营安全；支持全局能源智能调度管理，可实现机场能源精细化管理及调度，为机场低碳化建设夯实基础。

(3) 推动机场智能低碳建设。本案例以其优质的节能性能、高品质的光学性能、简单的布线特点、领先的智能管理控制模式，可在多领域规模化推广应用，促进多行业绿色低碳建设，促进我国绿色经济发展，助力“双碳”目标实现。

3. 环境效益

本案例采用分布式光伏直流驱动照明系统，可降低 10%~20%的逆变、整流损耗，光伏组件效率 $\geq 22.8\%$ ，直驱系统效率 $\geq 97\%$ ，实现照明用电自给自足，年减排二氧化碳约 600 吨，环境效益突出。

(三) 推广价值

1. 提升机场服务品质及旅客体验

本案例加入中国技术独创的无荧光粉、完全无蓝光的硅衬底 LED，做到高光效精细化照明，同时实现无蓝光危害 RG0 与高显色指数 $\geq 90\text{Ra}$ ，并可进行多场景的亮度、色温、时间等智能控制，为用户提供优质、高效、舒适的照明环境，带来一流的健康照明体验。

2. 促进机场低碳建设

系统兼容现有建筑智能化改造，可扩展至航站楼、停机坪、货运区等多场景，适配不同气候条件，可进一步降低机场碳排放，增强机场绿色低碳形象。本案例的建设是贵阳机场在绿色低碳建设的具体落地，成效显著，对行业规模化节能建设及绿色发展提供基础设施及信息化基础。

（四）示范效应

1. 行业影响力

“碳达峰碳中和”是未来数十年重要战略，对于民航来说，探索和研究民航机场的碳达峰碳中和路径，对实现民航机场绿色低碳发展意义重大。本案例为 POE 光物融合智能低碳照明系统在机场的首次应用，是机场低碳建设的创新应用，是提升机场智能低碳管理水平的深度落地，本案例的建设可形成良好的机场服务及行业低碳建设示范形象，截至目前已吸引北京大兴机场、深圳宝安机场等 10 余家单位实地考察并达成合作意向。

2. 社会影响力

本案例以其低碳节能、智能高效的能力，作为绿色低碳标杆案例，参加多项国家级、省部级比赛和展会，获得首届“新绿杯”信息通信行业赋能碳达峰碳中和创新大赛三等奖，获得第二十四届中国国际高新技术成果交易会“优秀产品奖”、第二十六届中国国际高新技术成果交易会“优秀科研成果创新奖”，被央视《新闻联播》自媒体、新华社、大江网、江西电视台等多家主流媒体报道，推动公众对绿色低碳的关注，助推多行业低碳转型建设。

纳米硅烷-机场道面耐久性超疏水防护材料

首都机场集团科技管理有限公司

项目组成员：刘岩、牟建良、李明、王瀚林、苏吉祥、贾越、
呼延智、刘辰、李学知、邓俊臣

一、案例背景及意义

长期以来，机场道面作为核心设施，一直受到耐久性问题的困扰。耐久性病害，使跑道产生剥落物 FOD，损坏飞机的发动机和轮胎，严重威胁飞行安全。据统计，目前大部分水泥道面大修，是因为道面耐久性问题，造成表面功能损坏，结构没有出现问题。针对道面病害，机场每年都需要投入大量的维修费用。

混凝土道面的微细裂纹，加上水，以及较恶劣的运行环境，会对道面产生持续的破坏，久而久之道面便产生了耐久性的病害，由于微细裂纹和运行环境难以改变，但我们可以将水阻断，使破坏无法持续。因此我们提出了耐久性预防护的理念，载体就是超疏水防护材料，相当于给机场道面打了个耐久性疫苗，增强道面自身抵抗力，而不是出现各种病害后再维修，费时费力。

二、案例基本情况及关键参数

纳米级机场道面硅烷防护剂，硅烷材料的羟基与混凝土羟基缩合脱水，可以在道面表面形成稳定的硅氧烷分子防水保护层，从而大幅降低除冰液、水和有害介质等侵入。同时硅烷材料可以深层渗透到混凝土内部，完成硅烷浸渍作用。其具有抗冻性，抗盐冻性，抗裂性，耐超低温，高防水性和高渗透性，对机水泥道面能全方位保护，从而延长道面使用寿命。在使用

此款机场道面耐久性防护材料后，混凝土吸水率，硅烷浸渍深度，氯化物吸收降低效果优于同类产品。在喷涂施工过程中可采用自主研发的喷涂设备，便可以实现自动化施工，其具有施工简单，效果好，周期短等特点，不挤占紧张的施工周期。

该案例使用的辛基三乙氧基硅烷新材料成果通过了国家建筑材料测试中心的产品检测，含量达到 99.14%。机场道面采用该案例研究成果纳米硅烷防护材料，道面抗裂性提高 90%；相对动弹模量方面，抗冻性能提升 60%以上；抗盐冻性能提高 10 倍，能够大幅降低混凝土剥落量；在-40℃超低温抗冻性提高 50%；机场道面有害孔隙率减少 20%以上，微裂缝减少 80%以上。

三、取得成效

1. 技术创新

目前的硅烷材料大部分用于海洋工程，主要侧重于对腐蚀的防护，不太关注抗冻、盐冻、耐磨等要求。因此国外多采用多组共聚支链分子结构。我们团队仔细研究了国外美国道康宁、德国瓦克和巴斯夫的分子构型，有针对性地设计了适合我国机场大面积混凝土条件下，综合考虑力学性能、抗冻性、抗滑性能以及抗腐蚀性。可以有效地解决机场道面耐久性技术难题，延长机场道面寿命。此外，项目实现了辛基三乙氧基硅烷核心技术国产化和首创常温合成技术：国外三种辛基或异辛基三乙氧基硅烷材料的合成温度必须要达到 130℃左右；项目成果在合成制备工艺中，采用独特碱

激发催化技术，并添加专利激发催化材料，在 30℃ 以下，即可实现常温合成，目前在国际上属于首创。

2. 应用效果

案例成果在北京大兴国际机场、天津滨海国际机场、哈尔滨太平国际机场、沈阳桃仙国际机场、鄂尔多斯伊金霍洛国际机场等我国多个超大型、大型枢纽机场得到应用，整体提升了机场道面耐久性，减少 FOD，提高了道面运行安全，为国家节省维修费用或加盖费用，共增收节支总额超过 7050 万元。很好的解决了道面耐久性的难题。

3. 推广价值

本案例成果是“材料分子设计-核心制备工艺-关键测试方法-机场适航规律”的创新成果体系，最终形成以显著提高机场道面耐久性，提升道面运行安全为特征的新材料关键技术。水泥道面耐久性设计指标为 300 次冻融循环或更高，且设计年限为 30 年。而一些机场道面新建几年就出现耐久性破坏，出现道面剥落和开裂。针对机场耐久性破坏，项目研发成果纳米级机场道面超疏水防护材料，显著提高机场道面的抗冻、抗盐冻、抗裂等耐久性。实现我国机场道面的高耐久化与运行安全。有利于全面提升道面质量与延长使用寿命。对促进民航机场的安全发展具有重要意义，产生良好的经济和社会效益。

4. 示范效应

目前国内使用的高性能混凝土疏水防护材料多为进口产品，自主研发的机构还很少。国内自主研发的产品不多，且没有专门针对民航机场道面

的耐久性防护产品,而该案例成果将实现机场道面适航性的混凝土防护材料的自主研发,并实现高性能混凝土防护材料的国产化。

其他类

浦东国际机场消防应急救援指挥视觉模拟系统

上海国际机场股份有限公司浦东国际机场消防急救保障部

项目组成员：曹红明、黄峰岩、徐平、陈旻旻、俞挺宇、

何小龙、刘洋、刘星雨、张镭

一、案例背景及意义

随着中国民航强国战略的推进，构建“平安机场、智慧机场”成为核心目标。然而，传统消防应急救援训练存在显著短板：实地训练受限于场地、成本及安全性，模拟场景单一，无法真实还原复杂事故现场（如航空器火灾、燃油泄漏等），导致救援人员实战能力不足，预案验证效率低下。浦东机场作为超大型枢纽机场，亟须通过科技手段提升消防应急指挥能力。

基于上述情形设计并开发了消防应急救援指挥视觉模拟系统。该系统通过虚拟现实（VR）、三维建模、5G 通信等技术，构建高度仿真的应急救援场景，突破传统训练时空限制，实现全天候、低成本、多场景的沉浸式演练。其应用将全面提升消防指战员应急处置能力，优化预案可行性，降低安全事故经济损失，为民航安全运营提供科技支撑，助力浦东机场建设“世界一流航空枢纽”。

二、案例基本情况及关键参数

消防应急救援指挥视觉模拟系统采用虚拟现实、半实物仿真和多端协同的技术手段，融合 GIS、3D 建模、VR 仿真、5G 通信及半实物模拟驾驶技术，打造了一套符合国内机场应急业务培训要求的可视化集成系统。硬件配置有服务器 1 台、终端设备 18 台、投影仪 2 台、VR 头盔、半实物模拟驾驶设备和 LED 立体显示大屏显示设备等先进的视觉展示设备。同时最大限度地还原“浦东机场”，提供更精细的地理信息，系统共复原浦东机场约九十万平方米三维地图模型，数字地形上所有跟消防业务相关的信息都真实一比一制作，如机场跑道、机坪消防点、消防供水设施等。

目前系统已设定基础教案场景 5 个，《航空器轮胎起火》《航空器机翼火灾》《航空器发动机火灾》，《航空器起落架火灾》，《航空器机翼漏油流淌火》处置，模拟机场全要素，全天候气象条件下的救援。更提供了一套符合真实救援场景的交互逻辑，如每辆消防车辆模型携带设备允许自定义；车辆携带药剂量按照真实服役车辆的数据设定；火源拥有火点，只有打到火点才能扑灭，否则可能发生火情蔓延等等。

系统中的场景功能支持白昼/夜间、风雨雪雾等多种天气模拟，可调节事故参数（火势、伤员数量、风向风速）。在演习过程中导调端通过多种视角切换（第一人称、无人机视角、透视视角等），随机加入干预条件，实时编辑事故演变逻辑（如风向突变、突发爆炸等），实现“双盲演练”模式，动态场景构建技术保证演习随机性，突破传统固定脚本限制，更符合应急救援业务需求。实现从接警、出动、侦察、部署、救援、收残、搬

移等应急救援流程，分段或全程仿真模拟演习。确保参训人员在不同场景脚本演习过程中得到提升。

同时系统引入考评体系，对基本救援程序和战术原则运用进行考评，采用主、客观考评规则量化训练质量，在演习结束，每位参训人员将接受系统判定、指挥员和消防专家等维度的评价，显示演习考核结果，将演练内容系统化、数据化，体现在每次演习中，保证考评成绩客观全面。系统还支持复盘考核、演习内容，暂停到任意错误的步骤处，针对关键性错误进行讲解与指导。

除核心演练功能之外，还可以使用系统进行日常训练，驾驶模拟车辆熟悉机场地形、熟悉驾驶路线、熟悉场地上的各类标识，杜绝了因不熟悉路线而导致的跑道入侵事件，也解决了消防车辆缺少应急出动实战演练场景的问题，通过定期训练提升了消防应急处置能力。

综上所述，系统通过沉浸式和多人协同的培训手段，实现编、导、练、演、考、到复盘的应急救援模拟培训需求，能够更好地检验应急预案的合理性、提高应急培训及演练效果、提升应急人员的专业应急救援能力以及跨部门应急指挥人员的协同配合能力。

三、取得成效

（一）技术创新方向

1. 系统融合了虚拟现实（VR）、三维建模、5G 通信及半实物模拟驾驶等先进技术，为机场消防应急救援训练提供了全新的解决方案。

2. 引入真实的天气系统和动态场景构建技术,能够模拟 24 小时时间及晴雨阴风雪等效果,使训练场景更加真实、多样化。

3. 设计了干预功能,导调端可在演习过程中随时加入干预条件,实时编辑事故演变逻辑,支持“双盲演练”模式,突破传统固定脚本限制。

(二) 应用效果方向

1. 经济效益

自 2021 年 4 月在浦东机场应用以来,截至 2025 年 2 月,通过优化训练流程和提高训练效率,节约维护维修及各类损耗 100 万元。

2. 社会效益

系统提高了机场消防应急救援能力,保障了旅客出行安全,提升了旅客满意度,具有显著的社会效益。

3. 环境效益

通过减少实际救援车辆的频繁调动和燃油消耗,降低了污染物排放,对环境产生了积极影响。

(三) 推广价值

1. 该系统适用于国内外各类机场,无论是大型枢纽机场还是小型支线机场,都可进行推广应用。

2. 系统具有良好的可复制性,根据不同机场的需求进行定制化开发,已在多个机场得到成功应用。

(四) 示范效应

1. 在行业内树立了智慧机场建设的典范，吸引了众多机场和相关企业前来学习和借鉴，先后有中国民航科学技术研究院，中国民用航空华东地区管理局，杭州萧山国际机场，南京禄口国际机场，广州白云机场等单位前来参观学习。

2. 提升了机场的国际影响力，为智慧民航技术的国际交流与合作提供了有力支撑。

3. 对社会展示了科技创新在保障安全、提升效率方面的重要作用，增强了公众对智慧技术的认知和信任。

重庆第二机场预选场址地形图及净空障碍物测绘项目

机载激光雷达技术应用案例

中国建筑西南勘察设计研究院有限公司

项目组成员：杨仲国、崔同建、吴亚东、徐洪兵、胡伦俊、

甄亚男、唐跃书、朱俊铸、汪亮、石固林

一、案例背景及意义

机场建设是一项占地面积大、建设周期较长的大型工程，场址的原始地形数据、净空障碍物数据是机场建设的重要测绘资料。重庆第二机场位于我国西南地区，场址地形多变、地貌多样、地质构造复杂，使得机场建设面临场址地形复杂且隐蔽的难题。传统的地形测量和净空障碍物测量技术主要依靠人工手持 RTK 配合全站仪进行数据的采集，效率较低。并且在隐蔽地区，GPS 信号较弱，数据获取困难，可靠性不高，也容易存在测量遗漏。由此以来造成了机场建设中大范围高隐蔽地区地形数据、超高障碍物数据快速采集的难题。

本项目引入机载激光雷达（LiDAR, Light Detection and Ranging）技术开展大比例尺地形图测量技术和净空障碍物点云数据的采集、识别、计算的应用研究。搭载于无人机或有人机上的激光雷达可穿透较厚的植被，实现大范围且快速地采集地形数据。通过对隐蔽地区环境下点云数据的分类、滤波标准等关键参数研究，结合传统测量技术获取地形图数据和超高

障碍物数据的对比实验，验证了机载激光雷达技术的测量精度，解决了大范围、高隐蔽地区地形数据、超高障碍物数据快速获取的关键问题，有效提高了测量的准确性、全面性和作业效率，同时也是机载 LiDAR 测量技术在机场净空测量领域的应用创新。

二、案例基本情况及关键参数

1. 工程概况

重庆第二机场预选场址地处重庆市中心与永川区之间，璧山区西南侧，拟规划 3 到 4 条 3200 米至 3800 米的平行跑道，飞行区等级为 4F 级，占地约 30.6 km²。本工程规模较大，地形图测量范围近 70km²，净空障碍物测量面积达 1000 余平方公里，且较为分散。



(1) 测量范围及分布

(2) 场址实景

图 1 场址测量范围及实景图

2. 机载 LiDAR 设备

本项目采用 AS-1300HL 多平台激光雷达测量系统,飞行平台采用罗宾逊 (Robinson) R44 雷鸟 (RAVEN) 直升机,并同时搭配光学多镜头相机。可同时采集测区的三维激光点云数据和影像资料。

AS-1300HL 多平台激光雷达测量系统是当前摄影测量与遥感领域先进的对地观测系统。该系统集成了高精度激光扫描仪与惯性导航系统,可以快速实时采集物体表面三维数据,实现专业、高效的地理信息测绘。罗宾逊 R44 雷鸟直升机,巡航速度约 210 公里/小时,续航时间约 645 公里,最大升限 4270 米,可大大提高数据采集的效率。



图 2 机载 LiDAR 装备

3. 解决的关键问题

(1) 大范围、高隐蔽地区地形数据的快速获取及地形图生产

本项目地形图测量面积近 70km²,测区地处长江中上游四川盆地东部沿江两岸,属丘陵地貌,最大高差可达 113m,地形复杂,树木茂盛,存在较多的地形隐蔽地区,对传统的地形测量技术造成了较大的难度。

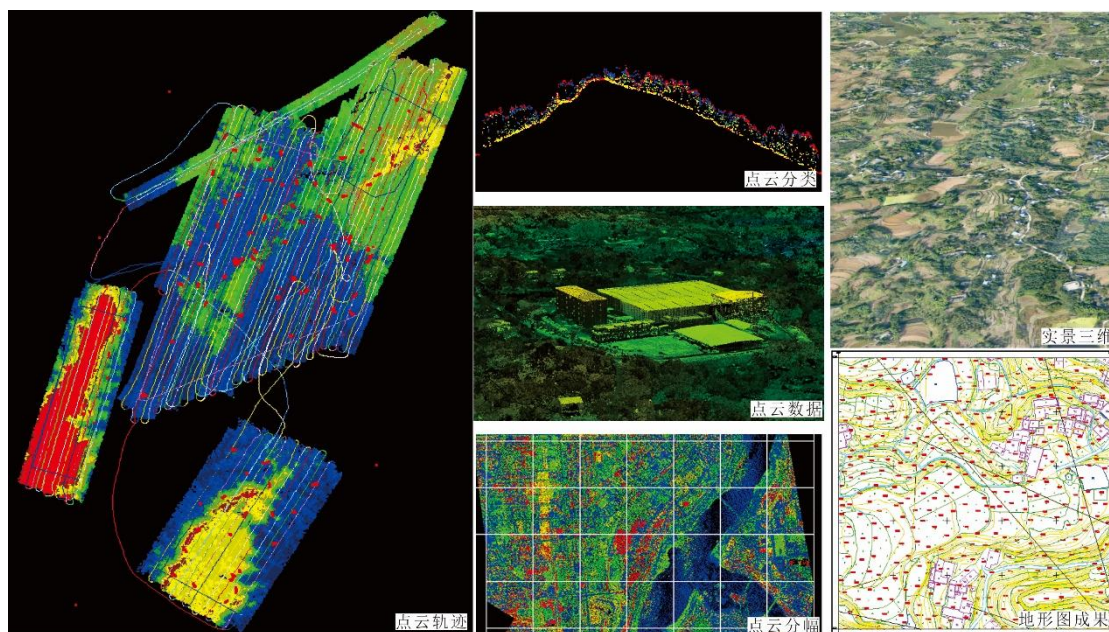


图3 机载 LiDAR 点云数据地形图生产

因此，本项目采用机载激光雷达技术实现大比例尺地形图快速测量，主要包括三个阶段：外业数据采集阶段、数据处理阶段与 3D 产品生产阶段。通过对技术路线、数据处理、质量控制关键点研究，解决了大范围、高隐蔽地区地形数据的快速获取及地形图生产问题。

（2）基于机载 LiDAR 测量技术的大比例尺地形图生产精度

虽然机载激光雷达技术在获取地形数据方面具有先天的优势，但由于其精度控制问题，在大比例尺地形图的测量应用中还不广泛。本项目开展了机载激光雷达技术测量大比例尺地形图的精度研究，研究点云数据的分类，滤波标准，并通过大量与传统测量技术获取地形图数据的对比实验，验证机载激光雷达技术的精度，得出提高精度的控制要点。本项目测区属

于丘陵地，根据《民用机场勘测规范》(MH/T 5025-2011)，平面中误差应满足 $\leq 0.8\text{m}$ （比例尺 1:1000），等高距为 1 米，高程中误差应满足 $\leq 0.5\text{m}$ 。通过对 54 幅样本地形图进行检测，平面中误差为 0.245m，高程中误差为 0.239m，均满足规范要求。

（3）机载 LIDAR 测量技术在机场净空测量领域的测量技术创新

重庆第二机场周边存在较多的影响飞行的障碍物区，在机场建设的过程中需要对超高的部分进行处理，传统的方式是通过悬高测量，测出具有代表意义的障碍物，但在净空处理分析时会面临诸多问题，大面积超高障碍物的数据、种类、属性无法获取，不同的飞行程序下的处理范围无法得到，处理的工作量和土方量等也无法精确地计算。

本项目开展了机载激光雷达技术在机场净空测量、净空处理分析中的应用研究。基于机载 LiDAR 技术获取净空范围内障碍物的点云数据，结合净空限制面三维模型，在 GIS 平台中开展超高障碍物的三维可视化识别、计算及评价，建立障碍物数据库，极大地提高净空测量工作的效率，克服传统净空测量技术存在的数据采集效率低、障碍物易遗漏、二维净空计算过程繁琐等问题，为净空测量管理从二维平面向三维空间转化提供了重要的技术方法参考，同时依托于数字高程模型数据还可以进行净空处理区的挖方计算，解决了上述问题，是机载 LiDAR 测量技术在机场净空测量领域的应用创新。

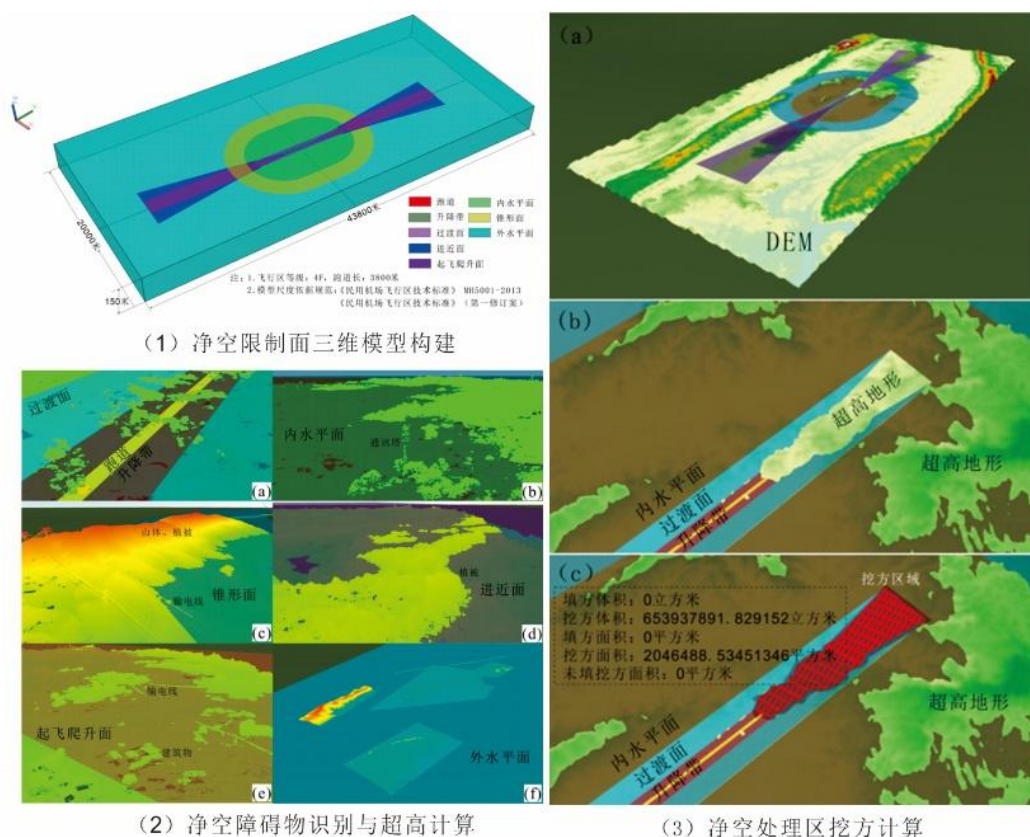


图 4 机载 LiDAR 在净空测量中的应用

另一方面，本项目通过在测区均匀选取且包含多种障碍物类型的点云数据，与实测障碍物的高程进行对比。结果表明，实测的障碍物高程与本项目识别出的障碍物高程差值小，样本平均值为 103.1mm，标准差为 133.3mm。高压铁塔的识别精度与实测精度差异可达到毫米级，树顶的识别精度差异也能达到厘米级，完全符合净空测量的精度要求。

三、取得成效

1. 技术创新

引进机载 LiDAR 测量系统，可对机场整体地形地貌实现面状勘测，在树木茂盛的隐蔽地区也能获取到实际的工程数据，这为机场建设提供了更加精确的设计数据源。同时，针对机场勘察的特点，优化机载 LiDAR 测量技术流程，使其适应并突出机场勘察所面临的问题，形成机场勘测下独特的机载 LiDAR 测量系统平台，具有技术性创新。另一方面，通过机载 LiDAR 测量系统的点云数据，可以对地表覆盖物实现整体扫描测量，其测量精度亦可以还原障碍物实际景观，不仅能够获取其三维坐标数据，还能通过正射影像结合分类技术实现障碍物的自动识别，这在机场净空保护区障碍物测量领域中具有技术性创新。

2. 应用效果

本项目成果为重庆第二机场预选场址工程的开展提供有力的支撑，为机场场址勘察测量技术的优化创新提供了实践成果，为改进传统技术方法、运行管理等方面提供了全面的支撑，从整体上提高了我国机场勘察测量工程服务的技术水平和工作水平。

3. 推广价值

通过项目的实施，增强了技术服务水平，其研究方法和成果在四川、重庆、贵州等西南地区机场工程中应用具有较高的适应性和可复制性。可为大范围、高隐蔽地区的机场建设工程提供重要的技术参考，提高工程效率，降低工程实施成本等。

4. 示范效应

本项目技术成果在项目的成功应用为其他项目建设可持续发展提供关键技术支撑，最大限度地减少了工程成本与效率的压力，也可为本行业提供重要的技术和项目经验参考，一定程度上推动机场建设在此方面的技术进步性。