

民航货运建筑智能化系统集成与空间形态的一体化设计路径

孙达文

民航机场规划设计研究总院有限公司 北京 100101

摘要：本文聚焦于民航货运建筑，深入探讨其智能化系统集成与空间形态的一体化设计路径。通过对广州白云机场三期扩建工程西货运区项目等实际案例的详细剖析，阐述智能化系统集成与空间形态相互影响、相互促进的紧密关系。提出从需求分析、系统规划、空间布局、协同设计到后期优化的全面一体化设计策略，旨在为民航货运建筑的高效、智能、可持续发展提供坚实的理论支持和实践指导。

关键词：民航货运建筑；智能化系统集成；空间形态；一体化设计

1 引言

随着全球航空货运业的快速发展，民航货运建筑作为航空物流的重要基础设施，其功能和性能要求不断提高。智能化系统集成技术的应用能够提升民航货运建筑的运营效率、管理水平和安全性，而合理的设计则是保障智能化系统有效运行和满足货运作业需求的基础。因此，实现民航货运建筑智能化系统集成与空间形态的一体化设计具有重要的现实意义。本文将结合多个实际项目经验，深入探讨一体化设计的路径和方法^[1]。

2 民航货运建筑智能化系统集成与空间形态的关联性分析

2.1 智能化系统集成对空间形态的需求

民航货运建筑的智能化系统集成涵盖了多个方面，如货物自动分拣系统、仓储管理系统、物流信息管理系统、安防监控系统、消防报警系统等。这些系统的正常运行需要相应空间支持。例如，货物自动分拣系统需要较大的平面空间来布置分拣设备和输送线路；仓储管理系统中的自动化立体仓库，需要一定的层高和规则的空间布局以满足货物的存储和存取要求；安防监控系统需要在建筑的关键部位设置监控室和安装监控设备，对空间的位置和视野有一定要求。因此，智能化系统集成的功能和特点决定了其对空间形态的特定需求。

2.2 空间形态对智能化系统集成的影响

合理的设计能够为智能化系统集成提供良好的运行环境，提高系统的性能和效率。例如，宽敞、通透的空间布局有利于货物的运输和装卸，减少货物在建筑内的流转时间，从而提高物流效率，这也为物流信息管理系统实时、准确地跟踪货物信息提供了便利；良好的空间流线设计能够避免人员和货物的交叉干扰，降低安全事故的发生概率，同时也有利于安防监控系统的

全面覆盖和有效监控；合适的建筑高度和结构形式能够满足自动化立体仓库等设备安装和运行的要求，保障仓储管理系统的稳定运行。反之，不合理的空间形态可能会导致智能化系统集成困难，影响系统的正常运行和使用效果。

3 实际项目案例分析：广州白云机场三期扩建工程西货运区项目

广州白云机场三期扩建工程西货运区项目是本人担任项目负责人的重要项目。该项目总建筑规模约15万平方米，总用地面积逾40万平方米，其中最大的国际3号货运站工程单体建筑面积近12万平方米，是国内近十年新建的最大单体货站建筑。在项目设计过程中，充分考虑了民航货运建筑智能化系统集成与空间形态的一体化设计。

3.1 智能化系统集成：技术驱动效率革命

(1) “集中判图+智能回流线”双核驱动体系：国内首创双安检通道回流线模式，通过整合X光安检设备与智能分拣系统，将判图环节从传统通道分离，在集中判图室完成图像分析，同步通过回流线自动分拣可疑货物，既避免人工干预风险，又提升过检效率。(2) 集中打板作业系统+ULD AGV：通过集中打板与ULD AGV的深度协同，实现了航空货运从分散作业到智能集成的跨越式发展。(3) 托盘立体库、集装货AGV系统、进港智慧仓储系统、航空危险品智慧仓储系统等，并创新引入ULD外轮廓适航性检测、潜伏叉AGV、室外空箱轻量存储立库等行业领先技术。其中，高层控制系统（HCS）实现全流程智能化管理，预计提升货站运营效率40%。(4) 数据赋能决策：通过航班生产数据运用与可视化系统，对173个时间节点进行实时监控，对34个关键节点进行品控记录，对30个节点进行服务标准偏离预警，实现航班地面勤务保障全流程自动化监控。例如，电子围栏功能为地

勤车辆提供行驶线路指引及偏航提醒，降低安全风险。

3.2 空间形态一体化设计：功能与美学的融合

(1) 总体布局优化：西货运区国际货站采用单元组合式设计，结合地块形状与功能形成E形方案，最大化空陆侧开面（如空侧开面达1200m），提升货物处理能力与地块利用率。(2) 交通流线设计：除常规空陆侧货物处理流线外，货运站中部指廊设置双层陆侧开面，结合有人与无人结合的货物处理模式衔接至空侧，最大化提升货物处理效率。(3) 可持续与人文关怀：通过平台与连桥连接业务办理大厅，优化业务处理路径。

3.3 一体化设计路径：从技术到空间的深度协同

(1) 空间功能适配技术需求：如集装货AGV系统与立体库布局结合，实现货物快速流通；航空危险品智慧仓储系统与空间分区设计匹配，确保安全隔离。(2) 流程优化驱动空间重构：通过智能化系统减少人工干预环节，反向优化空间布局（如减少传统人工监管区域，扩大自动化作业区）。例如，集中判图取代传统现场监管，释放空间用于高效物流作业。(3) 可持续发展维度：绿色建筑技术（如节能照明、自然采光优化）与空间形态结合，降低能耗；引入装配式设计理念，将大跨度建筑空间与快速建造紧密融合。

4 民航货运建筑智能化系统集成与空间形态一体化设计路径

4.1 需求分析阶段

货运作业需求调研：深入了解航空货运的业务流程、货物种类、运输量、运输频率等信息。通过与货运企业、航空公司、物流服务商等进行沟通交流，掌握他们对民航货运建筑的功能需求和使用要求。例如，对于快递类货物，需要快速的分拣和配送系统，对空间流线的便捷性要求较高；对于大宗货物，则需要较大的存储空间和装卸设备。对于航空危险品（含锂电池电子产品），存储风险较常规丙类货物更大。通过对自动化立体仓库消防配置的提升，如配备特殊气体探测监控报警装置，运输通道覆盖喷淋等，同时严格分区存储，依锂电池类型、能量密度细分区域，保证通风，塑造迎合新时代物流需求的安全货站。

智能化技术发展趋势研究：关注智能化系统集成领域的最新技术和发展动态，如物联网、大数据、人工智能、区块链等技术在民航货运建筑中的应用前景。研究这些技术如何提高货运作业的效率、准确性和安全性，为一体化设计提供技术支持^[2]。例如，物联网技术可以实现货物的实时跟踪和监控，大数据分析可以优化物流作业流程，人工智能可以实现自动化决策和智能控制。

相关标准和规范查阅：熟悉国家和行业有关民航货运建筑设计和智能化系统集成的标准和规范，如《民用机场货运站设计规范》《智能建筑设计标准》等。确保设计方案符合相关要求，保障建筑的安全性和可靠性。

4.2 系统规划阶段

智能化系统集成框架设计：根据需求分析的结果，确定民航货运建筑智能化系统集成的总体框架，包括各个子系统的组成、功能划分和相互关系。例如，将物流信息管理系统作为核心系统，与货物自动分拣系统、仓储管理系统、安防监控系统、消防报警系统等进行集成，实现信息的共享和协同工作。同时，考虑系统的可扩展性和兼容性，以便未来根据业务发展需要进行系统升级和扩展。

空间形态概念设计：结合智能化系统集成的框架，初步构思民航货运建筑的空间形态概念，包括建筑的整体布局、功能分区、流线组织等。例如，根据货物自动分拣系统的布局要求，确定分拣车间的位置和面积；根据安防监控系统的需求，规划监控室的位置和视野范围。在概念设计过程中，充分考虑智能化系统与空间形态的相互影响，确保两者之间的协调性和一致性。

4.3 空间布局阶段

功能区域划分：根据智能化系统集成的功能和货运作业的需求，将民航货运建筑划分为不同的功能区域，如货物接收区、存储区、分拣区、发货区、设备机房、控制室、办公区等。每个功能区域应根据其特点和使用要求进行合理的设计^[3]。例如，货物接收区和发货区应设置在建筑的周边，方便货物的运输和装卸；存储区应根据货物的种类和存储要求进行分区设置，采用合适的存储方式和设备；设备机房和控制室应具备良好的通风、散热和防尘条件，确保设备的稳定运行。

流线设计：优化建筑内的人员和货物流线，避免交叉干扰，提高物流效率。采用单向流线设计，使货物按照接收、存储、分拣、发货的顺序依次流动；设置独立的人员通道和货物通道，确保人员和货物的安全。同时，合理设置出入口和通道宽度，满足货物运输车辆和人员的通行需求。例如，在货物接收区和发货区设置足够宽度的车门，方便大型运输车辆的进出；在人员通道设置明显的标识和引导系统，引导人员快速到达目的地。

空间尺寸确定：根据智能化系统设备和货运作业的要求，确定各个功能区域的空间尺寸。例如，自动化立体仓库的层高应根据货物的存储高度和存取设备的要求确定；货物分拣车间的面积应根据分拣设备的数量和处理能力确定；设备机房的面积应满足设备安装和维护的

空间需求。同时，考虑建筑的经济性和合理性，避免空间浪费。

4.4 协同设计阶段

多专业沟通协调：组织建筑、结构、电气、暖通、智能化等多个专业的设计人员进行密切沟通和协调。建立定期的设计协调会议制度，及时解决设计中存在的冲突和问题。例如，建筑专业应根据智能化系统设备的要求预留安装空间和孔洞；结构专业应考虑设备的荷载对建筑结构的影响；电气专业应为智能化系统提供可靠的电源和网络支持；暖通专业应确保设备机房和控制室的温度、湿度等环境条件符合要求。

模型集成与碰撞检查：利用建筑信息模型（BIM）技术，将各个专业的设计模型进行集成，建立三维可视化模型。通过碰撞检查功能，及时发现和解决设计中存在的冲突和问题，如智能化系统线路与建筑结构、设备管道之间的碰撞等。在模型集成过程中，各专业设计人员应相互配合，及时更新和调整模型，确保模型的准确性和完整性。

4.5 后期优化阶段

施工过程跟踪：在施工过程中，设计人员应定期到现场进行跟踪检查，及时解决施工中出现的设计问题。根据施工现场的实际情况，对设计方案进行必要的调整和优化。例如，根据设备安装的实际情况，对智能化系统线路的走向和安装位置进行微调；根据建筑结构的施工进度，及时调整空间布局和流线设计。

运营反馈收集：在民航货运建筑投入运营后，收集用户反馈意见，了解智能化系统集成和空间形态设计的实际使用效果。通过问卷调查、用户访谈、现场观察等方式，获取用户对建筑功能、智能化系统性能、空间舒适度等方面的评价和建议。例如，了解货物处理效率是否满足需求、智能化系统是否稳定可靠、空间布局是否

合理等。

持续改进与升级：随着技术的不断进步和业务的发展变化，对民航货运建筑的智能化系统集成和空间形态设计进行持续改进和升级。引入新的智能化技术，提高系统的性能和功能；根据货运量的增长和业务模式的变化，对建筑空间进行扩建和改造^[4]。例如，采用更先进的货物自动分拣设备，提高分拣效率和准确性；优化空间布局，增加存储容量和作业面积。

结语

民航货运建筑智能化系统集成与空间形态的一体化设计是提高建筑运营效率、管理水平和安全性的关键。通过需求分析、系统规划、空间布局、协同设计和后期优化等阶段的一体化设计路径，能够实现智能化系统集成与空间形态的有机融合，为民航货运建筑的高效、智能、可持续发展提供有力保障。在实际项目中，应充分借鉴成功案例的经验，结合项目特点和需求，灵活运用一体化设计方法，创造出满足航空货运发展需求的优质建筑作品。同时，随着技术的不断进步，应持续关注智能化系统集成和空间形态设计的新趋势，不断探索创新，推动民航货运建筑设计的不断发展。

参考文献

- [1]蒙钰红.多设计院参与机场货运项目设计管理实践浅析[J].中国航务周刊,2023,(23):73-75.
- [2]徐雅倩.枢纽机场集中式货运区规划布局方式研究[J].中国航务周刊,2025,(12):66-69.
- [3]杨子新.民航货运安检系统集成化设计与应用研究[J].中国航务周刊,2025,(13):59-61.
- [4]张春梅,聂文静,杨洁.“人”与“货”的和谐共生——商舟翔安机场货运工程精细化设计[J].建筑技艺(中英文),2025,(S1):57-58.