

SZSD

数 字 山 东 工 程 标 准

SZSD01 0009—2024

数字孪生机场建设规范

Digital twin airport construction specification

2024 - 04 - 15 发布

2024 - 06 - 01 实施

济南市大数据局 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 概念模型及架构 2

 4.1 概念模型 2

 4.2 参考架构 3

5 技术要求 4

 5.1 物理机场要求 4

 5.2 机场孪生数据要求 5

 5.3 机场孪生模型要求 5

 5.4 机场虚实交互要求 5

 5.5 仿真要求 5

 5.6 与信息系统的集成要求 5

 5.7 运行模式要求 6

 5.8 应用要求 6

 5.9 能力要求 6

6 安全要求 6

参 考 文 献 8

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由济南市大数据局提出并归口。

本文件起草单位：浪潮智慧科技有限公司、山东省机场管理集团威海国际机场有限公司、中国民航大学。

本文件主要起草人：张春德、杨泉林、魏文凤、杨小林、蒋庆、付港、廖必凯、刘德坤、何镇宏、宋云鹏、邓森、刘才华、刘超、田甜、吴鑫。

数字孪生机场建设规范

1 范围

本文件给出了数字孪生机场概念模型及架构，规定了数字孪生机场技术要求和安全要求。
本文件适用于济南市数字孪生机场的设计、建设、应用及运维。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字孪生 digital twin

通过数据连接实现目标实体的数字化表达，该数据连接能够确保物理状态和数字状态之间的同速率收敛。

注1：数字孪生具有连接、集成、分析、仿真、可视化、优化、协作等部分或全部能力。

注2：数字孪生可提供目标实体整个生命周期的集成视图。

[来源：ISO/IEC 30173:2023，3.1.1]

3.2

数字孪生机场 digital twin airport

数字孪生机场是在新一代信息技术驱动下，通过物理机场与虚拟机场的双向真实映射与实时交互，实现物理机场、虚拟机场、机场服务系统的全要素、全流程、全业务数据的集成和融合，在机场孪生数据的驱动下，实现机场生产要素管理、生产活动计划、生产过程控制等在物理机场、虚拟机场、机场服务系统间迭代运行，以在满足特定目标和约束前提下，达到机场生产运营和管控最优的一种机场运行新模式。

3.3

物理机场 physical airport

以机场生产运营所要求的建筑、航空器、作业车辆、人员、设备、各职能部门、航司、空管、驻场单位、知识为基础，由所有机场要素构成的对机场生产运营进行实际执行和保障的所有单元的集合。

3.4

机场要素 airport element

物理机场中的物理实体，包括人员、设备、设施、工具等。

3.5

机场孪生模型 digital twin model of airport

以物理机场为对象，利用数字孪生技术（手段）得到的与之对应的虚拟模型，即机场的数字孪生模型，包括全部的机场要素孪生模型。

3.6

要素孪生模型 digital twin model of element

机场要素的数字孪生模型，包括人员孪生模型、设备孪生模型、建筑孪生模型、航空器孪生模型、作业车辆孪生模型等。

3.7

机场孪生数据 data of digital twin airport

数字孪生机场中的所有数据，包括物理机场运行数据、物理机场历史数据、机场要素参数、信息系统数据、航班数据、机场孪生模型参数、仿真数据等，同时也包括基于上述数据处理得到或新生成的数据。

3.8

数字孪生机场交互 interaction in digital twin airport

数字孪生机场内不同要素、要素孪生模型、服务之间的数据交换或状态映射。

3.9

虚实交互 virtual reality interaction

在虚实融合的基础上，实现虚体和实体的互相通信、控制和测试实验等功能。

3.10

数字孪生机场服务 digital twin airport service

能够以工具组件、中间件、功能模块等形式支撑数字孪生机场运行和满足不同机场业务需求的服务化封装好的数字孪生机场的各种功能及具有某种功能的事物（包括要素、模型、数据、交互、算法、仿真、可视化等），具有可请求、可调用、可分配、可组合、可复用等特征。

3.11

数字孪生机场仿真 digital twin airport simulation

基于数字孪生模型在虚拟环境下对以机场要素孪生模型为基础的航空器流程、旅客流程、行李流程、货邮流程、地面交通流程等机场运营业务流程进行分析、预测、评估和优化的活动。

3.12

数字孪生机场运行模式 digital twin airport operation mode

数字孪生机场在不同需求驱动下的各种运行状态。

4 概念模型及架构

4.1 概念模型

数字孪生机场概念模型应由物理机场、机场孪生模型、机场孪生数据及相互间的交互路径四部分构成，如图1所示。其中，物理机场、机场孪生模型和机场孪生数据三部分应具备基于交互路径进行实时数据交互能力，从而间接实现物理机场与机场孪生模型的动态状态映射。

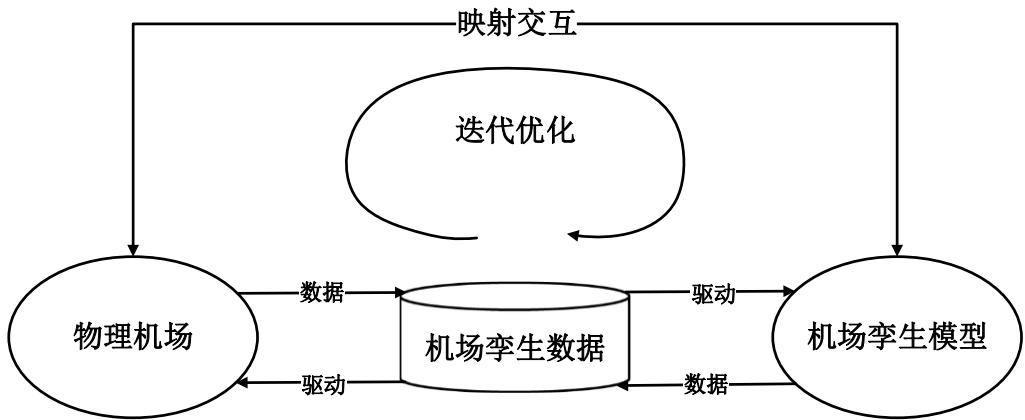


图1 数字孪生机场概念模型

4.2 参考架构

数字孪生机场参考架构主要由物理机场层、虚实数据层、机场数字孪生层、业务应用层等部分组成，安全保障体系及标准规范体系贯穿数字孪生机场各层。数字孪生机场参考架构如图2所示，具体包括：

- a) 物理机场层，由机场建筑、机场设备及感知设备组成，通过感知设备收集各机场要素的状态数据。
- b) 虚实数据层，按照模型仿真要求对数据进行清洗、加工、强化，以支撑机场数字孪生层的模型构建和可视化呈现，服务于生产运营、安防、航班保障等业务应用。
- c) 机场数字孪生层，支持模型构建、管理及多模型融合；支持可视化呈现；支持控制界面，以实现对物理机场层相关设备设施的控制。
- d) 业务应用层，为数字孪生机场提供各类业务应用软件功能的具体实现，主要包括生产运营、智慧安防、航班保障、应急救援、地面交通服务、数字沙盘推演、旅客服务、商业服务、经营决策分析、员工服务等内容。
- e) 安全保障体系，为各层提供安全措施和安全技术保障。
- f) 标准规范体系，在技术和管理两个层面提供标准化依据。

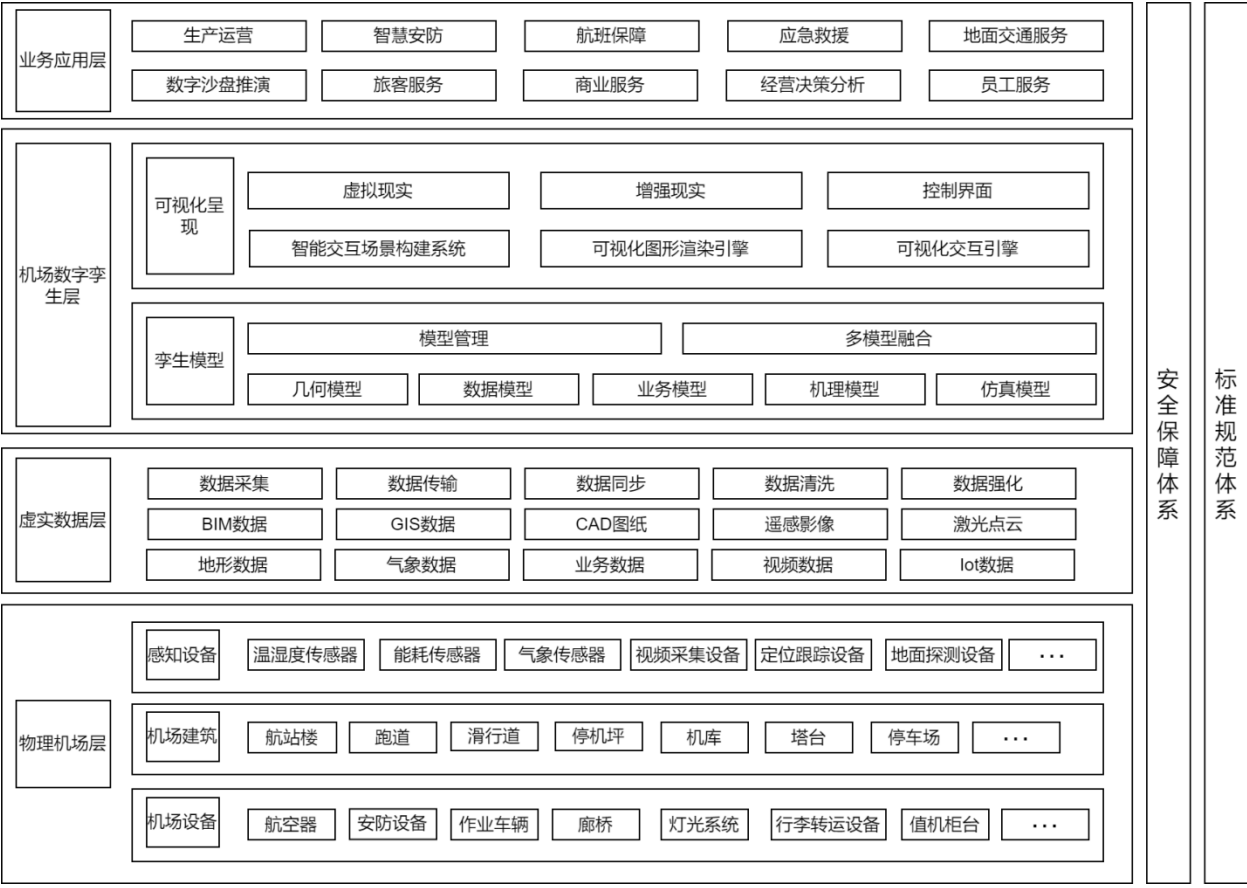


图2 数字孪生机场参考架构

5 技术要求

5.1 物理机场要求

物理机场应符合以下要求：

- a) 机场主要设备设施（包括但不限于廊桥、安检设备、值机柜台、自助值机设备、自助行李托运设备、行李转运设备等）、航空器、作业车辆等应具备数据采集功能和数据接口；
- b) 机场主要运营保障服务系统（包括但不限于生产运营系统、离港控制系统、安检信息系统、货运综合管理系统、围界安全防范系统、机坪监控系统、应急救援系统、常旅客管理系统、贵宾服务系统、自助服务系统、员工服务系统、商业服务系统、地面交通运营系统、工程地理信息系统、信息交换平台等）应具备相应的数据和服务接口；
- c) 数据采集/传感器设备应具备数据接口，宜具备数字控制功能；
- d) 数据存储设备应具备数据接口；
- e) 计算机/服务器设备应具备一定的本地运算能力和数据接口；
- f) 人机交互设备应具备数字控制功能和数据接口；
- g) 能源供应设备应具备数据采集功能和数据接口；
- h) 数据传输/网络设备应具备将上述硬件设备/设施连接入网的能力。

5.2 机场孪生数据要求

机场孪生数据应满足以下要求：

- a) 应保证数据规范性、可访问性、有效性。应能够通过有限次数的数据类型变换；基于机场设备支持的接口协议、通讯协议实现数据传输和交换，确保所有孪生数据可被相关机场服务、要素孪生模型和物理机场要素调用、解析。
- b) 应保证数据完整性、准确性、时效性、一致性。获取、变换过程中的有效信息不丢失、不变异、不过时、不产生歧义。

5.3 机场孪生模型要求

机场孪生模型应满足以下要求：

- a) 应包括描述物理机场及机场要素几何形状、尺寸规格、空间位置姿态、空间位置关系等空间几何属性的几何模型；
- b) 应包括描述物理机场及机场内各类建筑、设施、设备等机场生产要素物理特征属性和功能特性等物理属性的物理模型；
- c) 应包括描述物理机场及机场中各类生产要素行为特征、响应机制等要素的行为模型；
- d) 应包括描述物理机场及机场中各类设施、设备等生产要素评估、推理等规律规则的规则模型；
- e) 应具有整体性、灵活性，应由模块化的、具有兼容性、可复用性特征的机场要素孪生模型关联/组装/融合获得，应能够根据业务需求进行重构或优化；
- f) 应能够以直观可视的方式显示机场孪生模型状态和运行过程；
- g) 机场孪生模型中的各要素孪生模型应具有数据接口，能够有效连通数字孪生机场中物理机场中的各要素，具备实时交互功能；
- h) 应具有时效性、自适应性、智能性，应能够在运行过程中实现自更新、自优化。

5.4 机场虚实交互要求

机场虚实交互应满足以下要求：

- a) 应保证虚实交互过程的时间延时（即数据从物理机场要素和相应的要素孪生模型的其中一端发出至另一端收到所耗费的时间）在实际业务场景可接受范围之内；
- b) 应保证虚实交互准确性、完整性、一致性，交互过程数据不漏传、不错传、不重复传；
- c) 应收集和储存虚实交互过程的时间延时量、数据准确率、数据完整率和虚实双方实时状态的一致性，作为机场孪生数据。

5.5 仿真要求

数字孪生机场仿真应满足以下要求：

- a) 仿真过程应基于模块化的要素孪生模型，并以松耦合的形式在机场孪生数据的驱动下进行；
- b) 应使用轻量化的数字孪生模型进行仿真；
- c) 应使用更新为与当前物理机场或要素状态一致的机场孪生模型或要素孪生模型进行时效仿真；
- d) 仿真过程耗时应控制在基于仿真的决策的时效范围内。

5.6 与信息系统的集成要求

与信息系统的集成应满足以下要求：

- a) 数字孪生机场应具有相关信息系统的访问权限，能够读取和修改其中的数据；
- b) 应服务化封装信息系统重要功能和相关数据为数字孪生机场服务，能够被自由请求和调用；
- c) 宜在一定程度上在数字孪生机场内重建或实现机场业务信息系统的部分功能。

5.7 运行模式要求

数字孪生机场应具备以下运行模式：

- a) 设计模式，基于业务需求设计机场孪生模型，或基于已有机场孪生模型进行重构优化设计，用于指导物理机场生产运营优化；
- b) 仿真模式，基于已有机场孪生模型和孪生数据进行生产运营状态推演；
- c) 测试模式，在数字孪生机场正式投入运行前，将物理机场与机场孪生模型进行联调校验，测试机场孪生模型的性能，以及机场孪生数据的质量；
- d) 监视模式，通过机场孪生模型对物理机场运行状态进行可视化；
- e) 预测模式，预测物理机场未来一段时间可能到达的运行状态。

5.8 应用要求

数字孪生机场应满足以下应用要求：

- a) 应在具有良好数字化建设基础和网络建设基础的机场中应用；
- b) 应在具有运维可视化、设计优化、管控优化、实时预测等需求的机场中应用；
- c) 在应用过程中，应确保虚实一致性和数据时效性。

5.9 能力要求

数字孪生机场应满足以下功能能力要求：

- a) 应能够以直观可视的方式显示机场各个孪生要素实际的状态和运行过程；
- b) 应具有准确性、有效性、可预见性；应能够动态精准映射物理机场实时状态，并能够通过仿真手段或数据处理方法一定程度地预测物理机场的未来状态；
- c) 应能够在发生紧急突发事件（包括但不限于航空器与航空器相撞、航空器与障碍物相撞、建筑物失火、危险品泄露等）时，实时将事件位置、波及范围等基本情况反应到数字孪生模型中。

6 安全要求

数字孪生机场应满足以下安全要求：

- a) 应符合 GB/T 22239 中三级相关规定；
- b) 应采取适当的措施保证传输过程中信息的真实性、完整性；
- c) 应具有数据备份和恢复功能；
- d) 用户数据隐私应符合 GB/T 35273 中规定的个人信息的收集、存储、使用要求；
- e) 机场目标实体和机场数字实体之间以及机场数字实体和服务应用之间交互的数据宜采用加密方式进行传输；
- f) 接入数字孪生机场的硬件、软件、用户应具有唯一标识；
- g) 数字孪生机场与接入实体应进行双向身份认证并具备完善的身份鉴别失败处理机制；

- h) 机场目标实体应根据复杂度、逻辑属性、存在时间、更新情况和特征属性设置不同的访问控制规则；
- i) 机场数字实体应根据数字模型、孪生数据的特点和不同管理权限设置不同的访问控制规则。

参 考 文 献

- [1] MH/T 0025 民用航空信息系统安全等级保护管理规范
 - [2] MH/T 0051 民用航空信息系统安全等级保护实施指南
 - [3] MH/T 5049 四型机场建设导则
 - [4] MH/T 5052 机场数据规范与交互技术指南
 - [5] MH/T 5053 机场数据基础设施技术指南
 - [6] ISO/IEC 30173:2023 Digital twin—Concepts and terminology
 - [7] 《数字孪生技术应用白皮书2021》
-