

SZSD

数 字 山 东 工 程 标 准

SZSD 0026—2024

数字孪生技术 数据中心平台参考架构

Digital twin—Reference architecture of data center management platform

2024 - 04 - 15 发布

2024 - 06 - 01 实施

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 数据中心管理平台参考架构图 2

5 数字孪生体系 3

 5.1 基础设施 3

 5.2 数据采集管理 3

 5.3 数字孪生模型 4

 5.4 数字孪生业务平台 5

 5.5 管理应用 7

6 安全保障体系 8

 6.1 基本要求 8

 6.2 设备安全 8

 6.3 应用安全 8

 6.4 数据安全 8

 6.5 安全管理 8

7 运行与维护 8

 7.1 日志管理 9

 7.2 运维策略 9

 7.3 智能运维 9

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。

本文件由山东省大数据局提出并归口。

本文件起草单位：中国电信集团有限公司山东分公司、中国移动通信集团山东有限公司、山东爱特云翔信息技术有限公司、烟台市大数据局、山东大学、智耘（山东）城市运营科技有限公司、山东蓝海领航大数据发展有限公司、山东省新型智慧城市发展促进会。

本文件主要起草人：王凡、程涛、闫鹏飞、毕秋军、李海超、邢建平、钟宸、董新建、李帅、赵树青、范帅、周腾腾、张凯强、王长明、张凯丽、丁磊、韩雪、杨林。

数字孪生技术 数据中心管理平台参考架构

1 范围

本文件规定了基于数字孪生技术的数据中心管理平台参考架构及架构的各部分内容等。

本文件适用于指导基于数字孪生技术的数据中心管理平台的规划和设计，为数据中心管理者及平台服务商提供指导。

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 4943.1 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求
GB/T 21741-2021 住宅小区安全防范系统通用技术要求
GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB/T 28827.1-2022 信息技术服务 运行维护 第1部分：通用要求
GB/T 29245-2012 信息安全技术 政府部门信息安全管理基本要求
GB/T 30428.2-2013 数字化城市管理信息系统 第2部分：管理部件和事件
GB/T 36625.3-2021 智慧城市 数据融合 第3部分：数据采集规范
GB/T 36951 信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求
GB/T 37025 信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求
GB/T 37095 信息安全技术 办公信息系统安全基本技术要求
GB/T 37024 信息安全技术 物联网感知层网关安全技术要求
GB/T 37931 信息安全技术 Web应用安全检测系统安全技术要求和测试评价方法
GB/T 39786 信息安全技术 信息系统密码应用基本要求
GB/T 51314 数据中心基础设施运行维护标准
GB/T 9387.1-1998 信息技术 开放系统互连 基本参考模型 第1部分：基本模型
YD/T 2584 互联网数据中心（IDC）安全防护要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据中心 data center

由计算机场地（机房）、其他基础设施、信息系统软硬件、信息资源（数据）和人员以及相应的规章制度组成的实体。

[来源：GB/T 32910.1-2017 2.1]

3.2

几何数字孪生模型 geometric digital twin mode

基于物理实体的几何形状和结构进行建模的数字副本。它通过使用CAD软件或其他几何建模工具，将物体的形状、尺寸和位置等几何属性进行数字化表示。

3.3

物理数字孪生模型 physical digital twin model

基于物理实体的物理特性和行为进行建模的数字副本。它使用物理方程、传感器数据和模拟技术等方法，将物体的物理特性（如质量、弹性、热传导等）进行数字化表示。

3.4

行为数字孪生模型 behavioral digital twin model

基于物体或系统的行为和动态变化进行建模的数字副本。它使用传感器数据、行为模型和机器学习算法等方法，将物体或系统的行为进行数字化表示。

3.5

规则数字孪生模型 regular digital twin model

基于物体或系统的规则和约束进行建模的数字副本。它使用规则引擎、知识表示和推理技术等方法，将物体或系统的规则和约束进行数字化表示。

3.6

3D 可视 3D visualization

将数字孪生模型以三维形式进行可视化展示的技术。

3.7

UI 虚拟 UI virtual

通过计算机图形学和交互技术，将用户界面以虚拟的方式呈现在屏幕上，使用户能够通过虚拟界面进行交互和操作。

4 数据中心管理平台参考架构图

基于数字孪生技术的数据中心管理平台参考架构包括安全保障体系、数字孪生体系、运行与维护体系三大部分，其中，数字孪生体系包括基础设施、数据采集管理、数字孪生模型、数字孪生业务平台、管理应用五层。参考架构如图1所示。

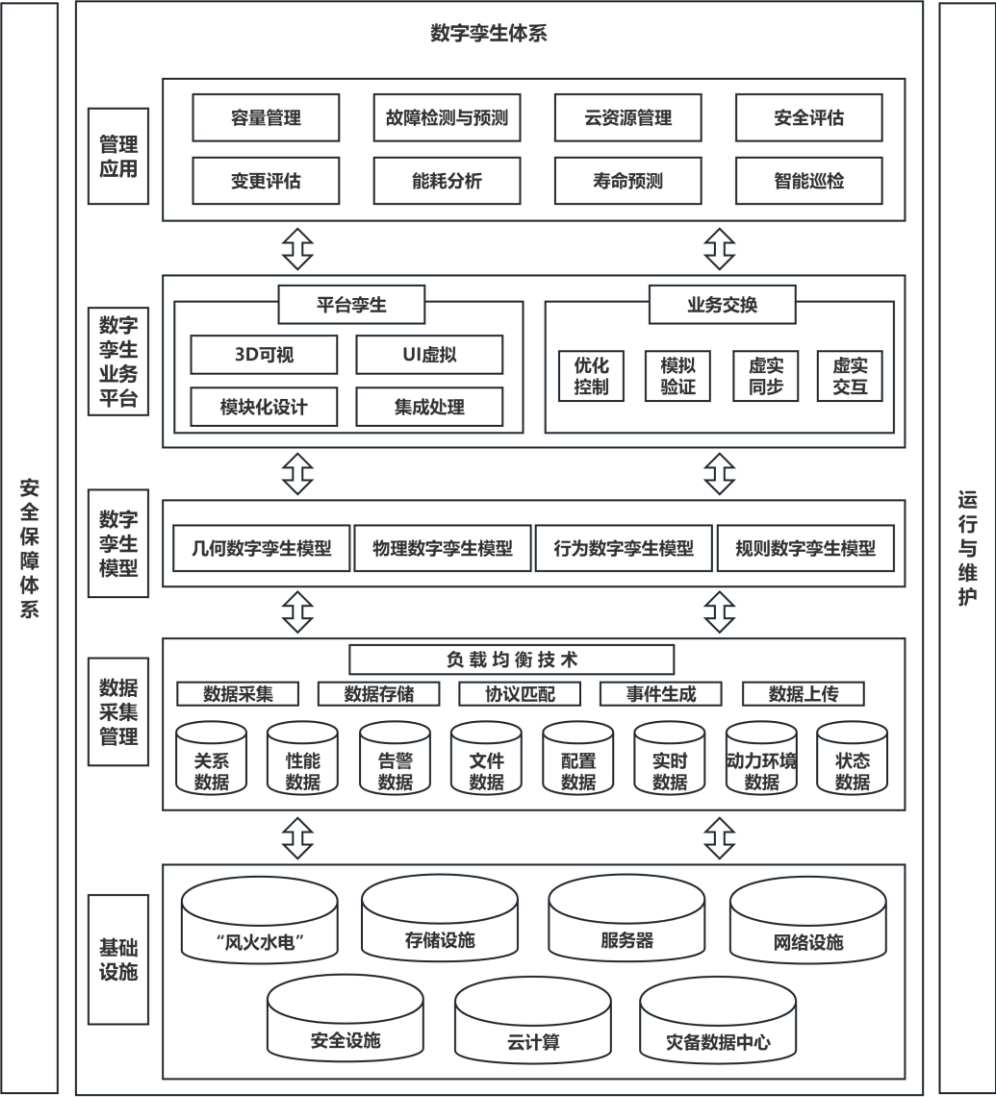


图1 数据中心管理平台参考架构图

5 数字孪生体系

5.1 基础设施

基础设施为数字孪生数据中心管理平台的管理和数据采集对象，包括“风火水电”、存储设施、服务器、网络设施、安全设施、云计算、灾备数据中心等相关设施和系统。

5.2 数据采集管理

5.2.1 概述

采用数字孪生技术的数据中心管理平台的数据采集管理使用负载均衡服务器实现。
负载均衡服务器功能主要为数据采集、数据储存、协议匹配、事件生成、会话保持、数据上传。

5.2.2 数据采集

数据采集内容应包括但不限于关系数据、性能数据、告警数据、文件数据、配置数据、实时数据、动力环境数据、状态数据等。

- a) 数据采集技术要求应符合 GB/T 36625.3-2021 中 7.1 规定；
- b) 数据采集方法可参考 GB/T 36625.3-2021 中 7.2 规定，宜采用系统采集方式；
- c) 数据采集质量控制应符合 GB/T 36625.3-2021 第 8 章的要求；
- d) 数据采集安全控制应符合 GB/T 36625.3-2021 第 9 章的要求。

5.2.3 数据存储

数据存储符合下列要求：

- a) 应支持对结构化数据及非结构化数据的存储能力；
- b) 应建立数据的容错和高可用机制，包括数据的备份和快速恢复；
- c) 应支持设置数据存储策略，并自动执行存储策略；
- d) 系统业务数据存储应留有一定容量，存储设备应性能可靠；
- e) 宜优化数据组织方式，按照用途、用户、权限等维度对数据封装打包。

5.2.4 协议匹配

协议匹配应符合下列要求：

- a) 数据中心通信协议应采用国家标准（含国家标准化指导性技术文件），行业标准和国际标准，如 GB/T 9387.1-1998 等；
- b) 数据中心通信协议的物理地址和逻辑地址范围应满足区域监控应用的要求；
- c) 数据中心通信协议应提供请求/响应，信息传输的确认和优先权等服务；
- d) 数据中心通信协议应有足够的可扩展编址空间，能通过路由器、网桥扩展子网和域的数目；可支持中继器、路由器延伸网络连接线缆或无线通信的距离；
- e) 数据中心通信协议应保证满足媒体访问方式、数据速率、最大数据包大小等系统性要求；
- f) 数据中心通信协议能执行路由选择功能；
- g) 采用同一种控制网络通信协议的设备应遵照响应的可互操作性规范，以保证不同厂商的设备在同一系统中可互操作；
- h) 数据中心通信协议物理层能够支持多种通信媒体，如双绞线、同轴电缆、电力线、光缆和无线等；
- i) 数据中心通信协议应支持控制网络与信息网络的集成；
- j) 对不能满足可协作要求的子系统或设备，能够采用网关方式，实现与控制网络的数据交换。

5.2.5 事件生成

事件分类、编码及数据要求应符合 GB/T 30428.2-2013 中第 5 章的要求。

5.2.6 数据上传

数据传输的质量及安全性应符合 GB/T 37025-2018 的要求。

5.3 数字孪生模型

5.3.1 概述

数据中心数字孪生模型是在获取数据中心设计、建设、运维过程虚实数据的基础上，依托三维建模软件、仿真软件、人工智能算法等手段建立的。其通过业务交互与物理数据中心进行虚实交互。数据中心数字孪生模型应能真实、客观的映射物理数据中心实体，以满足数据中心数字孪生应用需求。

数据中心数字孪生模型可分为几何数字孪生模型、物理数字孪生模型、行为数字孪生模型和规则数字孪生模型。

5.3.2 几何数字孪生模型

几何数字孪生模型应符合下列要求：

- a) 准确性：应准确地描述物理世界的几何结构和属性，以便在数字世界中进行准确的模拟和预测；
- b) 高效性：应具有高效性，以便于在有限的计算资源下快速地进行计算和分析；
- c) 易用性：应具有良好的易用性，以便于进行建模和分析，并支持不同的用户和应用场景；
- d) 标准性：应具有一定标准和格式，以便于进行更好的集成和分析；
- e) 可维护性：应具有良好的可维护性，以便于进行更新和升级，并支持不同的需求和变化；
- f) 可扩展性：应具有良好的可扩展性，以便于适应不同的几何结构和属性，并能够支持大规模的计算和分析。

5.3.3 物理数字孪生模型

物理数字孪生模型应符合下列要求：

- a) 数据集成：应集成不同来源的数据，如传感器数据、物联网数据等。这些数据应进行清洗、转换和融合，以便于模型的分析 and 优化；
- b) 模型构建：应建立准确、实时的虚拟模型，以便于对物理系统进行分析 and 优化。模型构建应考虑多个因素，如物理原理、系统结构等；
- c) 可视化与交互：应提供直观、易于理解的可视化界面，应支持实时交互，以便于用户根据需要调整虚拟模型的参数；
- d) 安全性与可靠性：应具备一定的安全性和可靠性，以保证数据的安全和模型的稳定运行。模型应支持数据备份和恢复，以应对意外情况；
- e) 可扩展性：应具备良好的可扩展性，以便于根据需要添加新的功能和应用场景。

5.3.4 行为数字孪生模型

行为数字孪生模型应符合下列要求：

- a) 实时性：应实时地反映现实世界中物理对象和系统的状态，以便及时做出调整和优化；
- b) 精确性：模型的仿真结果应尽可能地接近现实世界中物理对象和系统的真实表现，以提高分析和优化的准确性；
- c) 易用性：用户应能够轻松地使用行为数字孪生模型进行分析和优化，以提高工作效率；
- d) 可扩展性：应具备较强的可扩展性，能随着现实世界中物理对象和系统的变化，快速适应新的需求；
- e) 数据安全与隐私保护：在采集、处理和传输数据的过程中，应采取措施保护数据的安全与隐私。

5.3.5 规则数字孪生模型

规则数字孪生模型应符合下列要求：

- a) 数据驱动：应基于大量的实时或历史数据进行训练和优化，以提高预测准确性和实时性；
- b) 模块化设计：应采用模块化设计，使得不同的功能和组件可以独立开发、测试和部署；
- c) 实时性：应能够实时反映现实世界的变化，以便在紧急情况下提供快速响应；
- d) 可扩展性：应具有良好的可扩展性，以便于处理不同类型和规模的对象、过程和系统；
- e) 易用性：应提供直观的用户界面，方便用户查看和操作模型，并提供详细的帮助文档；
- f) 协同性：应与其他数字孪生模型和系统进行协同，以实现更全面的监控和优化；
- g) 可解释性：应具有可解释性，以使用户能够理解模型的决策过程，从而进行有效的监控和优化；
- h) 可集成性：应具有良好的可集成性，能够与其他软件和系统进行无缝集成；
- i) 安全性：应采取安全措施，以防止未经授权的访问和篡改，确保数据和模型的安全性。

5.4 数字孪生业务平台

5.4.1 平台孪生

5.4.1.1 3D 可视

3D可视的要求主要包括以下几点：

- a) 逼真性：应以逼真的方式呈现数字模型，包括光照效果、材质质感、阴影和反射等，使用户感觉屏幕上的模型具有真实感；
- b) 实时性：应能够实时地更新和渲染数字模型，准确反映模型的实时状态和变化，使用户能够进行实时观察和交互；
- c) 交互性：应提供用户交互的功能，包括旋转、缩放、平移、选择和标注等，使用户能够自由地探索和分析数字模型；
- d) 可定制性：应提供可定制的选项，使用户能够根据自己的需求和偏好进行界面布局、显示设置和交互方式的调整。

5.4.1.2 UI 虚拟

UI虚拟的要求主要包括以下几点：

- a) 逼真性：应以逼真的方式呈现用户界面，包括界面元素的外观、布局和动画效果等；
- b) 可交互性：应提供用户交互的功能，包括点击、拖拽、滚动、输入等，使用户能够通过虚拟界面进行操作和控制；
- c) 响应性：应能够实时地响应用户的操作，包括快速的界面刷新和交互反馈，使虚拟界面具有实时性和流畅性；
- d) 兼容性：应能够适配不同的设备和平台，包括 PC、移动设备和虚拟现实设备等，以提供一致的用户体验；
- e) 可定制性：应提供可定制的选项，使用户能够根据自己的需求和偏好调整界面布局、主题风格和交互方式。

5.4.1.3 模块化设计

模块化设计的要求主要包括以下几点：

- a) 独立性：每个模块应具有相对独立的功能和责任，模块之间的耦合度应尽量降低，以便于模块的独立开发、测试和维护；
- b) 接口定义：每个模块应定义清晰的接口，包括输入、输出和通信方式等，以便于模块之间的交互和组合；
- c) 规范化通信：模块之间的通信应遵循规范化的通信方式，包括消息传递、事件触发和函数调用等，以确保模块之间的协作和数据传递的可靠性和一致性；
- d) 可重用性：每个模块应具有一定的可重用性，即可以在不同的系统中被复用，以提高开发效率和降低成本；
- e) 可扩展性：模块化设计应具有一定的可扩展性，即可以方便地添加、替换或升级模块，以满足系统或产品的不断变化的需求。

5.4.1.4 集成处理

集成处理的要求主要包括以下几点：

- a) 高性能：集成处理的性能应达到较高水平，能够快速响应用户需求，提供高效的数据处理和分析能力；
- b) 模块化：应采用模块化设计，各个功能模块之间可以灵活组合，方便用户进行定制和扩展；
- c) 可扩展性：应具备良好的可扩展性，能够支持新功能模块的集成；
- d) 可维护性：应具备较强的可维护性，便于进行代码维护和升级，降低系统维护成本；
- e) 安全性：应具备较高的安全性，能够防止数据泄露、篡改等安全风险；
- f) 易用性：应具备良好的易用性，用户界面简洁明了，操作流程清晰；
- g) 兼容性：应具备较强的兼容性，能够与多种硬件设备、操作系统和软件平台兼容。

5.4.2 业务交互

业务交互主要指支撑在虚拟数据中心与物理数据中心之间实现数据同步和交互，在虚拟数据中心和应用层之间实现控制优化、模拟验证。

5.4.2.1 优化控制

在搭建交互平台后，需要定义虚拟与现实交互的控制与优化策略。通过交互平台，实时获取实际数据，并将其传输到数字孪生模型中进行模拟与控制。根据控制与优化策略，调整数字孪生模型的状态，并将优化结果反馈到实际环境中。这个过程是持续进行的，以实现实时的虚拟与现实交互。

5.4.2.2 模拟验证

模拟验证时，先定义交互场景，再利用数字孪生模型进行虚拟仿真，并模拟实际场景中的各种操作和干预。通过模拟验证，可以预测和评估各种操作在不同情况下的效果。在模拟验证完成后，将模拟结果与实际数据进行对比与验证，并对模型进行优化和校准。

5.4.2.3 虚实同步

虚实同步支持物理数据中心数据传输至虚拟数据中心，使虚拟数据中心状态逼真的反映物理数据中心状态，实现数字孪生模型的实时映射、仿真和验证。

5.4.2.4 虚实交互

虚实交互支持虚拟数据中心向物理数据中心传输数据和控制信息，如虚拟数据中心中演进的结果、参数指令反馈到物理数据中心，以实现对物理数据中心实体的行为和状态的调整。

5.5 管理应用

数字孪生数据中心管理平台的管理应用主要有容量管理、故障监测与预测、云资源管理、安全评估、变更评估、能耗分析、寿命预测、智能巡检等。

5.5.1 容量管理

应支持容量管理，可对数据中心资产、资源的使用情况、冗余情况进行管理，包括电气设备、空调设备、机柜、服务器、网络设备以及云资源等。

5.5.2 故障监测和预测

应支持通过仿真和AI等技术，实现数据中心设施的故障检测、故障预测、故障定位等功能，支持报警信息实时推送。

5.5.3 云资源管理

应支持对数据中心云资源的分配、使用监控、使用效率管理等。

5.5.4 安全评估

应支持通过综合实时数据、历史数据等，实现基础设施设备、系统的安全评估和健康状态评估等。

5.5.5 变更评估

应支持变更评估功能，如对服务器设备上下架变更、供配电系统变更、制冷系统变更等的评估。

5.5.6 能耗分析

应支持对电气设备、空调设备、服务器及网络设备的能耗进行动态分析。

5.5.7 寿命预测

应支持结合基础设施设备厂商提供的数据、实时运行数据、环境数据等，实现基础设施设施的寿命预测。

5.5.8 智能巡检

应支持结合视频系统数据、监控系统数据，进行线上智能设备设施巡检和线下巡检管理。

6 安全保障体系

6.1 基本要求

应根据数字孪生数据中心管理平台信息系统的等级保护定级情况，符合GB/T 22239相应等级的网络安全等级保护要求，以及GB/T 39786相应等级的信息系统密码应用要求，与政府部门信息交换应符合GB/T 29245-2012相应的安全管理要求。

6.2 设备安全

平台相关设备安全符合下列要求：

- a) 计算机、操作系统、办公软件等系统设施应符合 GB 4943.1 和 GB/T 37095 的规定；
- b) 物联网感知系统网关宜符合 GB/T 37024 的规定。

6.3 应用安全

平台相关应用安全符合下列要求：

- a) 应符合 GB/T 37931 中的基本级要求；
- b) 物联网终端应用应符合 GB/T 36951 的基本要求。

6.4 数据安全

数据安全应符合下列要求：

- a) 应明确数据资产所有者以及最终责任人，经数据所有者授权，指定负责数据授权管理的责任人，实现数据安全防护责任追溯；
- b) 应制定数据分类分级规则，数据安全策略和隐私保护策略，根据数据分类和安全管理策略对存储数据和应用实行分级保护；
- c) 数据交换时，应防止高等级安全的数据向低等级的区域流动；
- d) 涉密数据的采集存储和应用管理，应遵守国家相关保密的法律、法规和技术标准；
- e) 宜支持多种数据容灾备份方式，关键数据存储采用高安全性的数据备份保护机制；
- f) 平台内部不同系统之间，设备与系统之间的数据传输，宜采用数字证书对上传的所有数据进行签名与加密；
- g) 平台信息系统与外部信息化系统进行数据共享时，宜采用数字证书对所有数据进行签名和加密；
- h) 平台信息系统宜支持密钥管理功能，包括数字证书的申请、注册、获取、更新或销毁。

6.5 安全管理

安全管理符合下列要求：

- a) 平台应预留与政府部门联网的接口，网络边界防护管理应符合 GB/T 29245 的要求；
- b) 平台应预留与外部公共信息网络联网的接口，应防范外界对平台网络及数据资源的非法访问及攻击，网络信息安全可参考 GB/T 21741-2021 中 9.9 的要求；
- c) 对外联网应采用安全联网设备。

7 运行与维护

7.1 日志管理

日志管理符合下列要求：

- a) 平台应建立完备的运维日志体系；
- b) 运维日志应包括操作时间、操作者和操作类型等信息；
- c) 运维日志应根据用户设置审计策略；
- d) 运维日志应包括主机系统日志、应用日志、数据库日志和系统日志。

7.2 运维策略

运维策略符合下列要求：

- a) 应建立完整和统一的运维策略体系，并符合 GB/T 28827.1 的规定；
- b) 应建立统一的运维策略标识；
- c) 运维策略体系应涵盖主机、接口、资产、日志、备份、组织要求和安全策略等要求。

7.3 智能运维

智能运维符合下列要求：

- a) 可与平台基础设施建立多样数据采集源，用于采集平台基础设施实时数据和历史数据；
 - b) 可建立大数据基础平台，用于存储和处理采集的历史和实时数据；
 - c) 可建立数据计算和分析模型，用于对运维数据进行清洗和去噪等处理；
 - d) 可建立自动响应控制机制，通过策略联动实现系统受到外部攻击时，能够及时阻断外部攻击。
-