

# 团 体 标 准

T/SZS 4128—2025

## 城市数字孪生 总体要求

City digital twin —Overall requirements

2025-12-30 发布

2025-12-30 实施



## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	2
5 总体原则 .....	2
6 概念模型 .....	3
7 参考架构 .....	4
8 基础设施 .....	5
9 数据 .....	7
10 技术与平台 .....	8
11 孪生中台 .....	11
12 应用服务 .....	12
13 运营管理 .....	14
14 安全管理 .....	16
15 项目管理 .....	19
参考文献 .....	21

## 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。

本文件由深圳市龙华区政务服务和数据管理局提出。

本文件由深圳市深圳标准促进会归口。

本文件起草单位：深圳市龙华区政务服务和数据管理局、深圳市规划和自然资源数据管理中心、深圳市规划和自然资源局龙华管理局、深圳数生科技有限公司、深圳市标准技术研究院、深圳计算科学研究院、深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司、华为技术有限公司、深圳中科闻歌科技有限公司、深圳市华傲数据技术有限公司、深圳市有方科技股份有限公司、中国移动通信集团广东有限公司深圳分公司、深圳市鸿普森科技股份有限公司。

本文件主要起草人：王少波、高杰、姚行、柴俊涛、韩逸翔、刘江涛、刘一、刘幸浩、郑会会、罗欣霖、梁铭、陈锡创、任玲、周立鹤、任宝和、刘伟、张伟、王丽娟、惠新朋、王冕博、欧伟杰、谢锐、覃天、余康、鄢全文、吕剑、杨良、张妮、崔昊、冯晓蒙、李波洋、盘浩军、唐明、袁夏梦、戈刃、邓小超、彭进、张志丹、邓江林、王超、张发胜、曾令军。

## 引 言

自“数字孪生”理念提出以来，不同领域积极探索推进数字孪生技术在城市中的应用，各种相关的基础研究与示范工程陆续开展。2022年深圳市龙华区制定发布了《龙华区全域数字孪生城市实施方案及建设路线图（2022—2025年）》，明确提出“加快建设动静一体的孪生城市数据底座，超前布局泛在智联的孪生城市基础设施，率先推进自主可控的建设工程数智化改革，积极促进孪生城市数据共建、运营和流通，大力发展孪生城市数字产业化和城市建设产业数字化，开展未来城市应用场景实验，打造具有龙华特色的数字孪生示范区。”2023年深圳市发布数字孪生先锋城市建设行动计划，提出了建设“数实融合、同生共长、实时交互、秒级响应”的数字孪生先锋城市。为统一要求、明确标准，避免重复建设，特编制本文件。



# 城市数字孪生 总体要求

## 1 范围

本文件规定了城市数字孪生建设的总体原则、概念模型、参考架构、基础设施、数据、技术与平台、应用服务、运营管理、安全保障、项目管理等要求。

本文件适用于指导数字孪生城市领域的应用和实施，覆盖数据库、操作系统、数字孪生引擎、云服务器及应用终端设备等全栈国产化技术场景。

## 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 18030—2022 信息技术 中文编码字符集
- GB/T 35273—2020 信息安全技术 个人信息安全规范
- GB/T 36625.2—2018 智慧城市 数据融合 第2部分：数据编码规范
- GB/T 37964—2019 信息安全技术 个人信息去标识化指南
- GB/T 43697—2024 数据安全技术 数据分类分级规则
- GB/T 45109.1—2024 智慧城市 城市数字孪生 第1部分：技术参考架构

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 物理空间 physical space

客观存在的、具有某种属性可以加以区分的、能够被感知但不依赖感知面存在的事物的空间信息。

注：包括自然环境、空间位置、人、城市部件设施等要素。

### 3.2

#### 社会空间 social space

城市社会中人与物、人与人、个体与群体、群体与群体等关系和活动的总和。

### 3.3

#### 数字空间 digital space

以数字技术为基础，将物理空间（3.1）和社会空间（3.2）进行数字化映射、建模与重构，形成的一个可交互、可计算、可演化的虚拟空间，是连接物理世界与数字世界的重要载体。

### 3.4

#### 数字孪生 digital twin

基于历史数据、实时数据、空间数据以及算法模型等，以数字化方式创建物理实体的数字虚体，并通过数字虚体对物理实体进行仿真、预测、交互和控制的技术。

[来源：GB/T 40021—2021, 2.13, 有修改]

### 3.5

#### 城市数字孪生 city digital twin

对城市物理空间（3.1）和社会空间（3.2）中的物理实体、关系及活动等数字空间（3.3）进行映射、同步、交互、演进的数字化表达技术。

注：城市数字孪生能够以数据、模型、算法为载体，完成城市仿真、预测、交互和控制。

[来源：GB/T 45109.1—2024, 3.1]

### 3.6

#### 孪生中台 digital twin middle platform

城市数字孪生（3.5）体系的核心组成部分，通过对数据、模型、算法等核心要素进行集成、治理与封装，形成可复用、可组合的共性能力组件，支撑数字孪生（3.4）应用的高效构建与协同运作。

## 4 缩略语

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

API：应用程序编程接口（Application Programming Interface）

AR：增强现实（Augmented Reality）

BIM：建筑信息模型（Building Information Modeling）

CIM：城市信息模型（City Information Modeling）

IoT：物联网（Internet of Things）

## 5 总体原则

### 5.1 统筹规划

服务城市整体战略，全局考量多种影响因素，分层分级实施，避免重复，协调发展。

### 5.2 目标导向

综合考虑政府、企业、公众等多元主体的实际需求，以目标、问题和需求为导向展开，确定建设目标、建设范围、实施路径内容。

### 5.3 虚实融合

构建物理空间、社会空间与数字空间的映射，支持多角度、多维度，跨领域融合，以适当的精度、层次、空间尺度全面展现城市视图，并能够处理时间、空间和时空的变化。

### 5.4 数据驱动

全面整合多源数据，准确描述其城市要素的状态，并支持对应城市要素状态的挖掘分析。

### 5.5 高效同步

使用能够实现同步或异步的通信协议、观测方法与城市要素建立直接或间接的连接，保证数字孪生与城市要素之间实现实时或及时更新。

### 5.6 安全可靠

完善网络与数据安全防护，加强系统可靠性设计，有效应对可能出现的各类硬件故障、软件漏洞、网络拥塞以及恶意攻击等情况。

## 5.7 开放共享

制定数据接口规范，搭建互联平台，推动信息共享，完善监管体系，促进多方协作创新。

## 5.8 生命周期

支持在城市生命周期中的信息连续性，包括城市规划、建设、运行和治理等，在时间和空间上全面表示城市及其相关流程。

# 6 概念模型

## 6.1 概述

通过对物理空间和社会空间所包含的城市要素实体的全域历史及实时数据的采集、汇聚、建模、分析以及反馈，在数字空间实现对现实物理城市（包括物理空间和社会空间）的全面映射和连接，完成对城市要素实体及活动的全周期可溯、动态迭代以及实时反馈，实现城市全要素实体的数字化和虚拟化、城市全状态实时化和可视化、城市管理决策协同化和智能化，形成两个世界实时感知、同生共存、虚实协同。

## 6.2 概念模型图

城市数字孪生概念模型由物理空间、社会空间和数字空间构成（见图1）。数字空间与物理空间、社会空间构成由实到虚、以虚控实的虚实融合、协同发展的闭环系统，实现对城市要素及活动的全周期可溯、动态实时反馈，推动对现实城市的全面管理和优化。

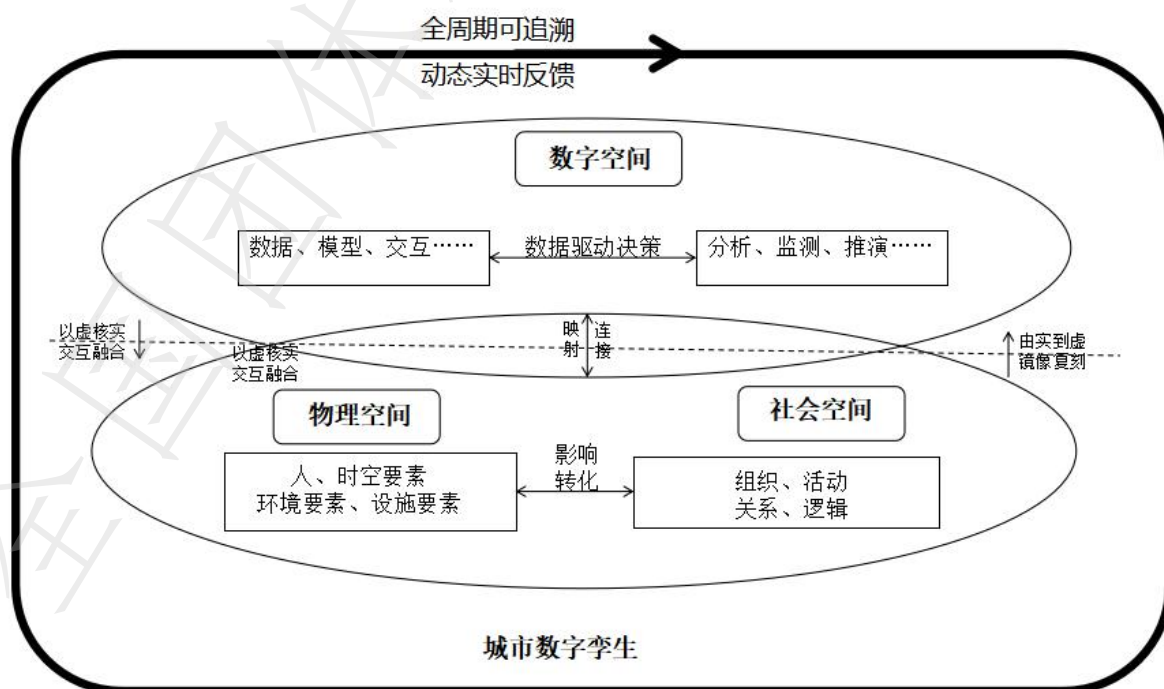


图1 城市数字孪生概念模型图

## 6.3 概念模型描述

### 6.3.1 物理空间

物理空间包含人及时空要素、环境要素、设施要素，是保障城市经济社会发展的重要支撑，具体描述如下：

- a) 时空要素是城市地理时空信息，包含城市范围内的空间信息、时间信息；
- b) 环境要素是城市物理对象所处的自然条件信息，包括但不限于地形地貌、地质土体、水体、气体、植被；
- c) 设施要素是构成物理城市所需的各类对象，包括基础设施、建筑、景观、能源、工业化等物理实体及其功能或形态的约束边界。

### 6.3.2 社会空间

社会空间包含组织、活动、关系以及逻辑，具体描述如下：

- a) 以城市发展和社会治理的多元参与主体及其相互间的多维层次关系构成组织要素；
- b) 多元参与主体相互作用构成关系要素；
- c) 社会关系变化及其迁移过程所遵循的规律构成逻辑要素。

### 6.3.3 数字空间

6.3.3.1 数字空间是城市数字孪生的载体，包含基础设施、数据、技术与平台、应用服务、运营管理以及安全保障。

6.3.3.2 数字空间是基于信息技术以及数字孪生技术，对物理空间和社会空间进行不同尺度的建模，通过互联及感知系统实现物理、社会、数字三大空间之间的实时动态映射、交互及反馈，构成与现实系统对应的平行的数字空间，通过分析推演提升城市治理水平。

## 7 参考架构

城市数字孪生参考架构由基础设施、数据、技术与平台、孪生中台、应用服务、安全管理、运营管理构成（见图2），具体如下：

- a) 基础设施是城市数字孪生的基石，为城市数字孪生建设和发展提供感知、网络、存储、计算等能力的物理设备与环境的统称，包括感知基础设施、网络基础设施、存储基础设施、计算基础设施等；
- b) 数据是城市数字孪生系统中所涉及的全部信息资源的集合，通过数据汇聚、数据融合、数据管理等过程形成数据资源，是构建和驱动数字孪生体的核心要素；
- c) 技术与平台是实现物理空间、社会空间与数字空间映射与交互的技术支撑与软件载体的总称。其中，技术支撑包括建模、仿真、可视化、对象标识、时空计算等关键技术；平台则涵盖基础数据平台、专业领域平台和综合管理平台；
- d) 孪生中台是基于数据资源与技术平台构建的可复用、可扩展的共性能力中心，包括数据中台、算法中台、模型中台、应用中台，为上层的应用服务提供高效支撑；
- e) 应用服务是基于基础设施、数据资源、技术与平台、孪生中台等提供的城市数字孪生相关通用与专业服务的总称，包括通用服务、数据开发、数据分析、智能服务、资产管理等，为城市规划、建设、管理、运营和更新提供决策支持；
- f) 安全管理是为保障城市数字孪生系统安全稳定运行而建立的一系列管理措施与技术手段的总称，包括安全保障机制、网络安全、数据安全、系统安全等；

- g) 运营管理是为保障城市数字孪生系统持续运行和价值发挥所建立的组织、流程与机制的总称，包括人员管理、系统维护、应急处置等。

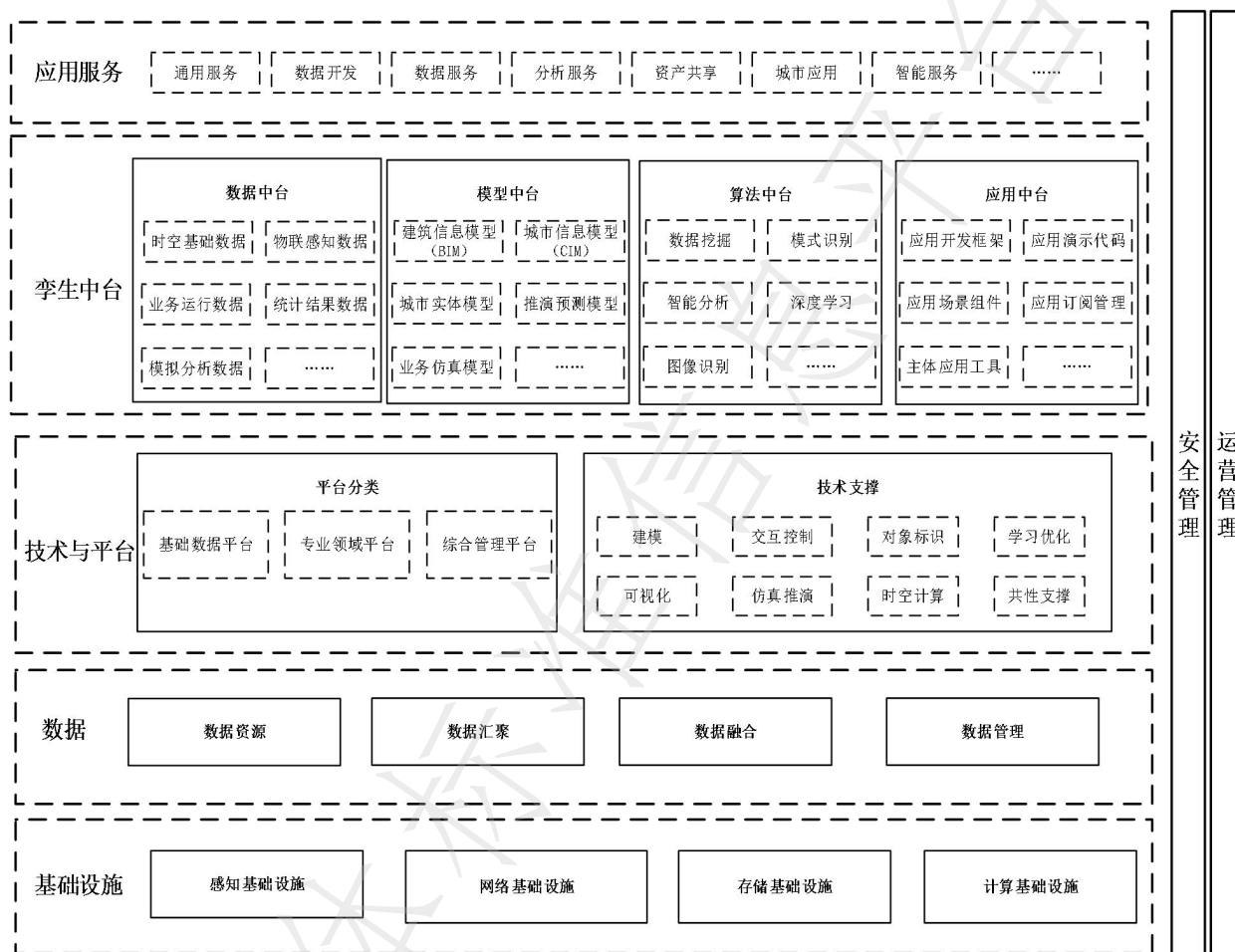


图2 城市数字孪生参考架构图

## 8 基础设施

### 8.1 感知基础设施

感知基础设施提供对环境空间的智能感知能力,通过感知设备及传感器网络实现对城市范围内的基础设施、环境、建筑、水务、安全等方面的运行状态识别、信息采集、监测和控制,具体要求如下:

- 应满足 GB/T 45109.1—2024 中 7.1 的要求;
- 感知设备实现对城市数字孪生基础设施、环境、设备和人员等各个单元的识别和信息采集与监控,具有网络接入和传输功能,且满足以下要求:
  - 实现 HTTP、LWM2M、MQTT 等常用传输协议的适配;
  - 满足低功耗网络 (NB-IoT)、无线网络 (WLAN)、移动网络 (4G、5G)、光纤接入等;
  - 在数据协议解析方面,提供物联网协议模型和设备插件两种方式,支持主流数据格式的解析;
  - 支持感知数据边缘侧的融合处理与分析;

- 5) 支持设备直接接入和网关接入；
- 6) 宜支持通过分布式互联总线实现与感知设备的互联；
- 7) 宜具备 AI 分析能力，包括但不限于边缘计算、边缘决策功能，支持容器部署。
- c) 执行设备是实现对基础设施、环境、设备和人员等要素进行管理和控制的执行器，并具有根据应用和指令进行自动或手动调控的功能。
- d) 终端设备操作系统能实现对不同类型、不同大小的感知设备的协议统一、设备标识统一、接口及数据模型统一，支持终端设备统一管理。

## 8.2 网络基础设施

为数字孪生场景建设和智慧城市应用提供大容量、高宽带、高可靠性的光网络和全域覆盖的无线宽带网络，具体要求如下：

- a) 应满足 GB/T 45109.1—2024 中 7.2 的要求；
- b) 应支持 LiteOS 接入，通过调用 OS 系统接口接入；
- c) 应支持 HTTP/HTTPS、MQTT/MQTTS、LwM2M/CoAP 等多种协议接入方式；
- d) 应支持终端设备集成 SDK 接入，提供多种编程语言对接能力；
- e) 应支持设备间近场感知、自发现、自组网，支持多设备自动协同成一个物理设备；
- f) 宜支持 PLC 或 PoE 接入方式。
- g) 应支持可配置、可扩展和拓扑管理，便于网络接入、隔离、诊断、授权等网络管理操作；
- h) 应支持多种网络拓扑形式，包括但不限于环型、树型、星型或混合型；
- i) 应支持感知网络混合组网能力，支持 ETH/IP、全光 POL、微波、WAPI 等不同技术的混合组网和路由能力；
- j) 应支持专用网络切片，包括但不限于 SRv6+FlexE 的切片、F5G 光切片等方式来承载终端设备回传的数据，提供独享的物联网传输通道；
- k) 应支持采用高可靠、易维护、绿色节能设计，构建绿色通信网络；
- l) 根据建设需求，应支持专用网络与公共网络互通，支持公共网络、专用网络与北斗定位网络融合；
- m) 应支持网络空间安全态势感知，满足安全管理要求；
- n) 宜提供专有网络切片，保障远程控制指令信息实时可靠下发给终端设备进行远程控制。

## 8.3 存储基础设施

存储基础设施满足城市数据的海量存储需求，应符合 GB/T 45109.1—2024 中 7.3 的规定。

## 8.4 计算基础设施

计算基础设施为城市数字孪生数据计算提供安全、实时、高效、智能、灵活的计算环境，并构建复杂应用场景下，超算平台与云、边缘计算平台的一对一、一对多等多方协同计算体系架构，具体要求如下：

- a) 应满足 GB/T 45109.1—2024 中 7.4 的要求；
- b) 应支持异构计算架构；
- c) 应支持图形预处理、深度学习推理计算和单算子加速计算；
- d) 应支持算子开发、模型迁移、精度调试和性能调优，满足城市数字孪生模型开发需求；
- e) 应提供集中式、超大规模算力，满足数字孪生数据融合、复杂模型训练与仿真推演；
- f) 应支持主流 AI 框架，兼容主流大模型，并具备全流程大模型开发工具链；
- g) 应支持大规模模型并行推理，满足大吞吐、低时延数字孪生场景推理需求；

- h) 应支持通过增加节点提升计算能力；
- i) 应根据数字孪生业务负载变化，自动调度和分配计算资源；
- j) 应具备冗余、容错、故障隔离与快速恢复机制，满足业务的稳定运行；
- k) 应提供毫秒级推理延迟，满足实时性业务要求。

## 9 数据

### 9.1 数据资源

根据建设要求全面汇聚城市数据资源，包括但不限于以下内容：

- a) 城市规划数据应包括但不限于国土空间规划数据（总体规划、详细规划、村庄规划等）和专项规划数据（自然资源行业专项规划、环保规划、水利规划、交通规划、历史文化名城保护规划等）；
- b) 时空基础数据应包括但不限于矢量数据、栅格数据、高程模型数据、地质结构数据、地名地域数据、三维模型数据等；
- c) 设施属性数据应包括但不限于城市物理设施对象的材质、结构、设计使用年限、可靠度指标、安全设防标准、关联物理量等；
- d) 社会基础数据应包括但不限于人口基础数据、综合法人库、信用信息数据库、宏观经济数据库、电子证照数据库等；
- e) 物联感知数据是通过感知设备采集的各类感知数据以及状态数据，宜包括但不限于城市运行与安防数据（城市设施运行状态、治安视频数据、三防监测数据）、生态环境监测数据（水、土壤、空气等环境监测）、市政设施监测数据（城市道路桥梁、轨道交通、城市管网、园林绿化、环境卫生、道路照明、垃圾处理设施等）、建筑监测数据（设备运行监测、能耗监测）、气象监测数据（雨量、气温、气压、湿度等）、交通监测数据（交通视频监控信息、电子监控信息）及空间感知数据（测绘遥感、卫星遥感等）；
- f) 资源调查数据宜包括但不限于地质调查数据（基础地质、地质环境、地质灾害等）、土地资源调查数据（耕地资源、基本农田等）及水资源调查数据（水系水文、水利工程、防汛抗旱、城市供排水等）；
- g) 业务应用数据涉及城市运行管理的各领域各业务的信息资源、业务流程、处理输出等动态数据，宜包括但不限于业务属性、实施数据集、业务信息系统、行业领域信息系统、第三方社会机构信息系统等多源业务应用数据；
- h) 运行评估数据宜包括但不限于城市规划、城市管理、经济发展、气象环境、能源储备、能耗、交通等领域运行成效以及评估数据。

### 9.2 数据汇聚

9.2.1 提供多源异构数据的采集接入能力，应符合下列要求：

- a) 具备广泛多源异构数据的汇聚接入能力，可提供不同来源、不同类型、不同格式的数据采集接入能力；
- b) 支持实时或不定期汇聚数据的多种数据汇聚方式。

9.2.2 数据整合与汇聚机制应符合下列要求：

- a) 制定城市数字孪生数据整合的策略和方法，包括数据抽取、转换和加载的过程；
- b) 确定城市数字孪生数据汇聚的方式，如实时汇聚、批量汇聚或增量汇聚，以满足不同应用场景的需求。

### 9.3 数据融合

提供各类数据资源的处理、融合能力，应符合下列要求：

- a) 制定数据处理规范、数据质量规范，按照统一空间参考、高程基准和时间系统进行处理，按照 GB 18030—2022 和 GB/T 36625.2 的规定对数据进行编码；
- b) 提供多源异构数据的配准、转换、关联、组合等数据融合能力，并支持物联感知动态数据与静态数据集成融合。

### 9.4 数据管理

建立完善的数据资源管理体系，支持多源异构数据资源的按需汇聚、统一存储、管理和维护，并符合下列要求：

- a) 支持对数据进行多种维度的管理，如按数据时间、数据范围、数据对象、数据状态、数据类型、所属部门、所属业务领域等不同维度进行编目、存储、查询、更新、备份与恢复、共享与开放等；
- b) 考虑数据的全生命周期管理，对数据生命周期不同阶段制定对应的管理策略，确保各个阶段的数据保密性、完整性和可用性；
- c) 制定合适的数据存储与管理策略，优化能源和算力利用率，根据数据量大小和业务负载选择集中式数据库和云数据库，保密数据按照相关要求妥善存储；
- d) 可采用要素更新、专题更新、局部更新、整体更新等方式进行数据更新，应符合原有数据分类编码、数据结构要求，精度不低于原有数据，确保新旧数据之间的正确接边和要素之间的拓扑关系；
- e) 宜选择联机物理备份技术，使用高可靠性、高稳定性的存储介质，定期进行数据备份，生成备份日志。

## 10 技术与平台

### 10.1 平台分类

#### 10.1.1 基础数据平台

通过多源数据采集技术，全面汇聚城市地理空间、基础设施等基础数据，构建统一数据模型，实现数据整合分类存储，搭建安全高效的数据接口，为其他平台提供稳固可靠的数据支撑服务。

#### 10.1.2 专业领域平台

聚焦特定专业领域，如交通、能源、水利等，进行孪生建模与分析，深度采集多源异构数据，构建孪生模型，精准映射实体特征与行为，开展多情景模拟分析，挖掘数据关联与规律，为规划设计、运营管理提供科学依据与智能决策支持。

#### 10.1.3 综合管理平台

从城市整体运营管理视角出发，整合多专业领域数据与功能。能够对城市的规划、建设、应急管理等多方面进行统筹协调与决策辅助，实现跨部门、跨领域的信息交互与协同作业。

### 10.2 技术支撑

#### 10.2.1 建模

应构建高保真、可复用的城市数字孪生模型，具体要求如下：

- a) 数字建模包括空间建模、语义建模、事件建模等，应符合 GB/T 45109.1-2024 中 9.1 的要求；支持描述城市实体的结构、功能、性能、属性特性，以及其与外部交互实体的关联信息，包括但不限于几何信息、纹理信息、时空信息、语义信息、规则信息、事件信息；
- b) 定义不同空间尺度不同层级的建模要求，对模型与真实物理实体描述的保真度、置信度、精确性进行验证，确保模型的性能、可用性、易用性、可维护性和可迁移性；
- c) 建立“物理空间—虚拟空间”同步映射逻辑，实现数字空间与物理空间的虚实双向映射；
- d) 整合来自不同传感器（如卫星遥感、地面监测设备、物联网传感器等）、不同格式（如矢量数据、栅格数据、三维模型数据等）的数据，构建高保真的城市数字孪生模型；
- e) 支持语义信息的融合，对城市中的各类实体（如建筑物的功能属性、道路的等级等）进行标注与建模，使模型不仅有几何形状，更具备语义理解能力，提升分析与管理水平；
- f) 具备动态建模功能，实时或定期更新模型数据，跟随城市变化自适应调整，支持微观细节与宏观系统的协同呈现，具备高效仿真模拟功能，准确预测城市运行态势与发展趋势。

### 10.2.2 可视化

应利用计算机图形学和图像处理技术，将现实城市在数字空间进行清晰、直观渲染呈现的能力，具体要求如下：

- a) 支持城市数字孪生各类数据、模型加载浏览，支持动态数据与静态数据融合展示；
- b) 支持数据统计分析可视化呈现，以统计图、表等数据视图形式呈现数据、指标等的状态、变化、趋势等；
- c) 支持业务逻辑可视化呈现，提供业务管理和业务流程的可视化渲染，包含“事前—事中—事后”全流程可视化；
- d) 支持场景可视化渲染，根据业务需求、场景范围等呈现具体场景渲染效果，包括但不限于超大场景动态缩放加载渲染、自然现象效果渲染；
- e) 支持多视角浏览与交互操作，用户可以自由切换视角，适当缩放，方便对城市各个区域与要素进行全面深入的观察与分析。

### 10.2.3 交互控制

支持对数字实体的交互和控制，且能实时反馈到目标实体，实现城市物理实体与数字实体的虚实融合的技术，包括但不限于系统交互、终端交互、人机交互，具体要求如下：

- a) 系统交互：
  - 1) 应支持多种组件交互查询，包括但不限于主题切换、图层筛选、区域上卷下钻、目标画像、图表联动；
  - 2) 应支持多要素交互、控制，包括但不限于地形、地质、行政区、建筑、水系、植被、城市基础设施等要素及主要构件。
- b) 终端交互：应支持对不同终端的交互、控制，包括但不限于城市数字孪生场景内的虚拟要素的形态、数据库的增删改、实体设备的状态。
- c) 人机交互：
  - 1) 宜支持多模态的识别与交互，包括但不限于语音、图像、视频、手势、眼球跟踪等；
  - 2) 宜支持 VR/AR/MR/XR 智能交互设备；
  - 3) 宜支持 AI 大模型对数字孪生场景、开发和应用进行实时交互，实现数字孪生场景的自动化构建和业务内容的开发。

- d) 支持数字空间多种浏览交互操作,包括但不限于用户与系统人机交互、系统与系统间跨系统交互;
- e) 支持动态感知信息交互,包括但不限于系统从各类物联感知终端获取信息、数字空间操作映射到物理世界指令的反向操控;
- f) 支持虚实交互,包括但不限于视频在三维立体空间融合交互、跨终端人机交互,如虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等。

#### 10.2.4 仿真推演

应结合城市业务应用需求及城市要素仿真推演特性,基于时空系统的多维计算、算法模型构建、事态拟合等,在数字空间进行分析计算、监测预警、推演预测,辅助现实管理决策的能力,具体要求如下:

- a) 支持基于时间以及空间的多时空维计算,能对城市二三维空间地理对象的空间位置、分布、形态、形成和演变等时空信息进行分析计算,包括空间测量、叠加分析、序列分析等时空分析,以及路径规划、通视分析、漫游定制等场景分析;
- b) 支持监测分析建筑、交通、城市部件、能耗、气象、环境以及各应用系统运行等城市运行数据,并能集成评价指标算法模型进行监测预警、生成评估决策报告;
- c) 支持根据基础数据和实时数据集算法模型,基于场景进行空间类、流程类、空间—流程综合类模拟仿真和推演评估,为管理方案和设计方提供反馈参考。
- d) 应依据城市规划、应急处置等多方面需求,高效构建各类场景。精准界定空间范围、要素构成与逻辑关联,灵活调整场景复杂度与规模,以适配城市不同发展阶段与业务场景,保障模型的广泛适用性与拓展性。
- e) 应精确把控各类参数,并能依据模拟进程中的动态反馈实时调整,确保仿真数据的准确性与科学性,为城市决策提供有力的数据支撑与预测依据。
- f) 应基于严谨科学理论与城市运行逻辑,精准映射实体特征与关系。同时具备误差分析与校准机制,实现仿真结果在可靠性、稳定性及与现实匹配度上达优。

#### 10.2.5 对象标识

对物理空间和社会空间中的城市基础设施、建筑、个体、物体等目标实体,分配唯一的身份标志编码。对象标识应包括但不限于客体标识、主体标识、关联关系标识等,并符合下列要求:

- a) 客体标识:应支持唯一标识客体在物理空间及其在城市数字空间的统一编码,如建筑物时空位置编码、管理网格归属编码等;
- b) 主体标识:应支持唯一标识主体在物理空间及其在城市数字空间的统一编码,如自然人、法人和社会团体等编码;
- c) 关联关系标识:应支持对主体和客体、主体和主体、客体和客体之间的关联关系进行统一编码,如产权证编码是主体和房产实体之间权属编码,户口编码是家庭成员之间关系编码等。

#### 10.2.6 时空计算

基于时间以及空间坐标的多维计算技术,包含但不限于空间解析、空间计算、空间查询、时空搜索、时空分析,应符合下列要求:

- a) 空间解析:通过空间抽壳等技术,自动提取三维空间数据,构建空间实体和拓扑关系,实现空间实体识别、语义解析等;
- b) 空间计算:基于统一时空基准,对空间中的人、事、物等动态要素及空间实体等静态要素进行离线或实时计算;

- c) 空间查询：构建统一、高效的空间索引体系，实现时空要素查询、实体位置查询、空间关系查询等；
- d) 时空搜索：基于照片或视频，自动判读拍摄照片或视频的传感器所在经纬度、高程和姿态信息，并搜索出照片或视频中城市关键对象的单体编号、经纬度和高程信息；
- e) 时空分析：基于时间尺度，对空间实体时空交汇、实体碰撞、拓扑关系等进行分析和预测。

### 10.2.7 学习优化

利用计算机视觉、机器学习、知识图谱等人工智能技术，并融合开源大模型、多模态等现有技术，深度分析处理数据，提升智慧城市自我优化运行的能力，具体要求如下：

- a) 应应用图像分类、目标跟踪、语义分割等计算机视觉技术，支撑人脸识别、图像识别等智能应用；
- b) 宜支持利用知识图谱、机器学习、深度学习及多模态等技术进行迭代优化，通过不断更新的城市大数据进行模型训练，实现模型的自学习、自修正、自优化，更精准反映、分析、预测发展变化。充分挖掘开源大模型的潜力，探索创新应用路径，以系统的先进性与前瞻性，满足智慧城市发展的多样化需求，提供更为智能、精准、高效的决策依据与技术支持；
- c) 宜支持模型的在线学习能力，不断积累用户使用习惯，利用标注数据进行微调，从而逐步提升模型的精度和性能，形成一个持续的学习和改进循环；
- d) 宜引入大模型技术，借助海量参数和强泛化能力，挖掘城市大数据深层特征和复杂关联，提升模型自学习、自适应修正能力，支撑智能问答、智能交互等智能应用。

### 10.2.8 共性支撑

通过开放通用数据集成处理、算法应用、技术开发等应用能力，赋能行业用户结合行业应用场景构建业务应用功能的能力，具体要求如下：

- a) 提供包括数据服务、算法服务、应用程序编程接口（API）、应用组件、开发工具等工具集，支撑行业业务应用快速构建；
- b) 提供支持集成包括数据服务、算法服务、应用组件、开发工具等，支撑行业业务应用快速集成；
- c) 在原有小模型基础上整合语义、视觉大模型能力，场景服务更加丰富、算法种类更加多样、服务更加高效；
- d) 通过终端分布式算力与云端中心算力的动态平衡，实现数据的前端智能采集和云端处理，进一步提升产品及解决方案的业务场景适应能力。

## 11 孪生中台

### 11.1 数据中台

数据中台实现对多源、异构、多模态数据的全生命周期治理与服务化封装，构建城市级数据资源体系。具体要求如下：

- a) 应实现多源数据的深度融合与处理，支持对时空基础、物联感知、业务运行、资源调查、统计结果、模拟分析等数据的统一接入、清洗与集成，形成规范化的数据资源池；
- b) 应建立数据资源目录与质量管控机制，提供数据订阅、服务接口、血缘追溯等能力，支撑业务系统按需获取高质量、可信数据；
- c) 应支持实时流数据处理与历史数据版本管理，具备高并发数据吞吐与长期归档能力，满足城市运行状态的实时监测与历史回溯需求。

### 11.2 模型中台

模型中台实现对多类城市信息模型与业务模型的集成、管理及仿真推演服务封装。具体要求如下：

- a) 应支持建筑信息模型（BIM）、城市信息模型（CIM）、城市实体模型、推演预测模型、业务方针模型等模型的统一接入、版本控制与动态加载；
- b) 应具备模型轻量化与高性能可视化能力，支持 Web 端、移动端等多终端流畅加载与渲染，并开放模型服务接口供业务系统调用；
- c) 应集成仿真推演引擎，支持对城市交通、应急疏散、能源调度等场景的模拟分析，为管理决策提供可视化推演支持。

### 11.3 算法中台

算法中台汇聚并封装各类智能分析算法，为数字孪生系统提供共性算法支撑。具体要求如下：

- a) 应集成数据挖掘、模式识别、智能分析、深度学习、图像识别等算法工具，融合通用大模型及城市治理垂类大模型能力，形成可复用、可扩展的算法资源库；
- b) 应提供算法开发、训练、评估与部署的全流程管理功能，支持大模型的领域微调、量化压缩、推理优化等定制化处理，支持算法模型的持续优化与迭代更新；
- c) 应实现算法的弹性调度与服务化封装，根据业务需求动态分配计算资源，保障算法任务的高效稳定执行。
- d) 应具备大模型与传统算法的协同调用能力，可根据数字孪生场景需求，灵活组合大模型与专业算法，提升复杂业务场景的智能处理能力；
- e) 应建立大模型应用安全管控机制，对大模型的输入输出内容进行合规性校验、敏感信息过滤，确保大模型在数字孪生场景中的安全可信应用。

### 11.4 应用中台

应用中台通过提供标准化的通用工具、组件和开发环境，为快速构建和持续演进数字孪生应用提供高效支撑。具体要求如下：

- a) 应提供低代码开发框架、演示代码、场景组件、订阅管理、主体应用等工具，支持通过配置化方式快速构建专题应用与可视化大屏；
- b) 应实现应用订阅管理、权限控制与服务编排机制，支持应用生命周期的精细化管控；
- c) 应构建应用共享机制，鼓励第三方基于中台能力开发并发布应用组件，促进数字孪生应用生态持续发展。

## 12 应用服务

### 12.1 通用服务

通用服务包括但不限于应用引擎、应用集成、应用开发，具体要求如下：

- a) 应提供各类基础引擎，如流程引擎、规则引擎、渲染引擎等；
- b) 应支持使用工具快速实现系统间数据、服务、消息流通与融合，包括服务集成、消息集成、设备集成、数据集成等；
- c) 应支持应用服务的快速开发、部署和管理，包括入口管理、身份管理、应用开发环境、组件管理等；
- d) 应支持用少量代码扩展实现数字孪生场景搭建和可视化应用开发，提供二维、三维组件库并支持定制化组件

### 12.2 数据开发

数据开发是对数据进行采集、处理、存储、分析等一系列操作以挖掘数据价值的过程，具体要求如下：

- a) 应具备对几何模型的原生存储能力，支持空间索引创建、空间坐标转换、空间关系判断、空间分析、空间量测等计算能力；
- b) 应具备对栅格模型的原生存储能力，支持空间索引创建、栅矢协同分析、栅格统计、栅格代数、海量栅格数据湖管理等计算能力；
- c) 应具备对移动对象模型的原生存储能力，支持时空/空间索引创建、时空/空间关系判断、时空/空间分析、移动对象切分、移动对象简化等计算能力；应具备对路径模型的原生存储能力，支持创建或删除路径类型、创建路径表、插入记录、更新路径表属性、创建路径拓扑、查询最短路径等计算能力；
- d) 应具备地理网络模型的原生存储能力，支持多种网格剖分方式、创建网格码列表、基于网格码聚合统计、创建网格码索引、网格码查询，网格退化等计算能力；
- e) 应能实现大范围海量空间数据的优化处理；
- f) 宜能建立数据处理过程的数据血缘。

### 12.3 数据服务

支持数据查询、数据分析、数据可视化等，数据服务提供形式包括但不限于数据服务调用接口、数据产品、数据编排、数据模型、数据共享、数据分析结果，具体要求如下：

- a) 支持在线 API、离线文件、流式数据等多种方式共享数据，支持标准化的 API 快速开发和封装应用；
- b) 支持地理地图服务接口、三维瓦片服务接口、数据目录服务接口、物联网协议接口等外部接口，数据的读写和维护等内部接口；
- c) 提供符合行业标准的时空数据服务发布能力；
- d) 具备 API 生命周期管理功能，包括新建、上线、下线、测试、编辑、删除等；
- e) 支持拖拽配置式的数据编排服务，支持数据集成、批处理、策略编排等数据处理场景，快速支撑应用；
- f) 构建数据模型，对物理目标实体数据进行结构化描述、对数字空间对象进行统一编码，对信息进行处理，确定对象唯一身份的数字标识，并使信息具有可追溯性；
- g) 支持数据共享，通过对城市基础设施、音视频、三维信息、物联网、业务数据流等实体及虚拟的各类数据进行数据标识、过滤、去重、映射、融合、校验等操作能力，按要求生成满足城市数字孪生共享和交换的数据集。

### 12.4 分析服务

分析服务是基于不同的数据类型，提供多样化的分析服务的能力，包括但不限于时空分析、指标计算分析、专题分析，具体要求如下：

- a) 应提供时空分析算法服务，算法包括但不限于管网拓扑分析、气体泄漏扩散分析、建筑日照分析、桥梁限高分析、城市部件破损识别、城市剖面线分析、出行规律、大客流疏散分析等；
- b) 应支持城市任意空间范围内的指标计算分析，如建筑面积、容积率、人口密度、车辆密度、能源消耗等；
- c) 应支持基于多维数据、技术引擎，面向上层应用提供专题分析服务能力，如道路运行分析、轨道交通分析、城市居民画像分析、灾害事件分析、区域产业分布分析等。

### 12.5 资产共享

资产共享是指不同主体间将数据、模型、算法等资产相互开放，具体要求如下：

- a) 应具备数据资源的运营管理能力，完成平台已发布资产获取、编目及公开上下架的管控；
- b) 应具备资产目录列表，列表可展示公开的资产目录及关键词搜索；
- c) 可对资产的访问权限进行申请与审批；
- d) 可查看多维度面向资产的统计分析结果。

## 12.6 城市应用

面向城市规划、建设、管理、服务以及产业等方面开展应用，具体要求如下：

- a) 城市规划领域：支撑国土空间规划、用地规划仿真、选址推荐、规划编制审批管理、空间规划监测预警等应用；
- b) 城市建设领域：支撑工程建设项目审批、绿色设计、绿色建造、智慧工地、不动产登记等应用；
- c) 城市运行管理：支撑城市设施设备管理、城市运行监测、城市体检、城市基层治理、城市事件问题处置等应用；
- d) 城市安全管理：支撑城市建设与运行安全管理、防灾减灾、应急管理、指挥调度等应用；
- e) 城市公共服务：服务在线办事数字政务、虚拟课堂智慧教育、便捷就诊孪生医疗、孪生景区智慧旅游等应用；
- f) 城市交通物流：支撑交通动态监测与管控、交通模拟仿真、车路协同和自动驾驶、停车导引、物流运输等应用；
- g) 城市水利流域领域：支撑对城市水资源、水利流域全要素和治理管理活动全过程的数字化、智能化模拟仿真等应用；
- h) 生态环境行业：支撑土壤、大气、水等生态环境数据以及生物多样性数据的实时采集与监测、环境预警、综合评估、推演预测等应用；
- i) 能源低碳行业：支撑绿色建筑、绿色能源、绿色交通、绿色数据中心、碳源汇监测等应用；
- j) 工业制造领域：支撑工业园区、智能生产线、供应链管理等应用。
- k) 产业经济领域：支撑城市经济运行监测、战略性新兴产业分析、商事主体分析、风险企业分布监测、产业招商辅助等应用。

## 12.7 智能服务

智能服务是依托 AI 技术，为上层应用提供智能化能力的服务，包括但不限于城市知识图谱、数字人。具体要求如下：

- a) 应支持孪生数据的宏观或微观分析、统计和推理，构建结构化地展示显性和隐性关系的知识图谱，支撑应用的分析和预测功能；
- b) 应兼具准确性和泛化性的算法需求特点，满足各委办局、企业的个性化需求和多变的业务特点；
- c) 应支持 AI 搜索服务能力，基于城市数字孪生数据的汇聚融合和学习训练，通过语义理解，识别查询意图，快速定位精准结果，提升城市复杂场景下的信息获取效率；
- d) 应支持 AI 报告服务能力，聚焦城市经济运行等不同领域和关键议题，整合关联数据资源，预设多套报告版式，通过自然语言一键生成专业、图文并茂的智能分析报告，提供高质量书面决策参考。

## 13 运营管理

### 13.1 人员管理

13.1.1 负责数字孪生系统相关人员职责应明确，确保各项运维任务高效、有序地开展。

13.1.2 运维人员应具备相关技术背景和专业资质，确保能够有效应对系统运行中的各种问题。

13.1.3 定期对运维人员进行专业培训，培训内容应包括数字孪生系统的基本架构、运行原理、安全防护、故障排查等方面，确保其具备处理系统运行中各类问题的能力。

13.1.4 建立定期考核机制，评估人员的技术能力和工作绩效，持续提升团队整体运维水平。

## 13.2 系统维护管理

### 13.2.1 系统巡检

为确保数字孪生系统的稳定性和安全性，必须进行定期的系统巡检，并根据巡检结果制定后续的改进措施。巡检内容包括但不限于：

- a) 硬件、软件及网络设备的运行状态检查；
- b) 数据库和数据存储的完整性检查；
- c) 安全防护机制和漏洞扫描；
- d) 系统资源的利用率（如 CPU、内存、带宽等）监控。

### 13.2.2 系统升级与优化

数字孪生系统需要定期进行版本升级和性能优化，以应对技术发展的需求和新功能的实现。系统升级应遵循以下原则：

- a) 升级前进行全面测试，确保新版本与现有系统兼容；
- b) 升级过程中应确保业务不中断，避免影响系统的稳定性；
- c) 升级后进行回归测试，确保系统功能和性能达到预期效果。

### 13.2.3 故障排除与修复

在系统运行过程中，可能会出现硬件故障、软件崩溃等问题，运维团队应具备快速响应和处理故障的能力。故障排除过程应包括：

- a) 确定故障类型，定位故障源；
- b) 优先解决影响系统运行的关键问题；
- c) 修复故障后进行全面测试，确保系统恢复正常。

### 13.2.4 数据备份与恢复

定期进行数据备份，确保在发生故障时能够迅速恢复重要数据。数据恢复演练应定期进行，以确保备份数据的完整性和恢复流程的有效性。备份内容包括：

- a) 系统配置文件和运行日志；
- b) 用户数据和业务数据；
- c) 关键应用的配置与状态信息。

### 13.2.5 应急响应预案

为应对可能出现的各类突发情况，数字孪生系统应建立详细的应急响应预案。预案应涵盖以下内容：

- a) 应急响应团队的组建与职责分工：明确应急处理人员的具体职责，确保应急响应工作高效、有序；
- b) 应急响应流程：应急响应流程应清晰、规范，涵盖事件的发现、上报、定位、处理、恢复及后续分析等环节；

- c) 应急资源调配：确保应急资源（如备用服务器、网络带宽、应急设备等）能够及时调配并有效使用。

### 13.2.6 应急演练与评估

定期组织应急演练，对运维团队的应急响应能力进行评估。演练的重点应包括故障检测、应急响应流程的执行、恢复时间的控制等，确保团队能够在真实场景下迅速做出反应并有效处置。

## 13.3 数据资产管理

13.3.1 应支持对全生命周期数据的存储和统一管理、分类管理、数据资产版本管理。包括：

- a) 统一编目与分类：应建立统一的数字资产目录，对数据资产进行分类与注册。
- b) 全生命周期版本控制：应支持从数据采集、处理、仿真到归档的全过程版本管理，确保包括推演预测模型、业务运行数据在内的任何资产版本可追溯、可对比、可复用。

13.3.2 应建立数据资产存取、标记与管理机制、安全权限管理机制。包括：

- a) 智能化标记与血缘管理：应支持基于业务语义的自动化标签标记，并构建清晰的资产血缘图谱，追踪从原始感知基础设施数据到顶层城市应用的分析结果的全链路关系。
- b) 精细化安全管控：应建立与安全管理体系联动的精细权限控制，对不同用户在调用模型或访问敏感业务数据时，进行严格的权限审批与隔离。

13.3.3 应支持对模型进行定义、删除、更新和配置。包括

- a) 模型全息档案：宜为每个模型建立包含输入、输出、参数、性能指标的完整定义档案。
- b) 可视化管理与发布：应提供图形化界面，支持对城市实体模型、业务仿真模型等进行可视化配置、更新、上下架管理，并能够将成熟模型作为服务发布到应用中台，供上层应用快速订阅调用。

## 13.4 城市运行管理

应支持基于数字模型、标识体系、感知体系、各类智能设施和软件系统，实现城市基础设施、公共空间、建筑群、园林景观、能源系统、生态环境、市政交通等运行状况的实时监测、统一呈现、快速响应、仿真推演、决策管理、应急处理，其核心内容包括：

- a) 运行监测：应利用各类感知设备和智能设施，对城市基础设施、公共空间、生态环境、市政交通等关键要素的运行状态进行实时监测与数据采集；
- b) 态势呈现：应基于统一的标识体系与数字模型，对多源监测数据进行融合处理与可视化呈现，生成统一的城市运行态势视图；
- c) 分析研判：应支持利用仿真推演等技术，对城市运行状况、事件发展趋势及管理预案进行模拟分析与评估研判；
- d) 决策指挥：应基于分析研判结果，为城市运行管理决策和应急指挥调度提供支持，实现协同指挥；
- e) 处置响应：应建立对城市运行中各类事件与预警的快速响应与处置执行机制，并跟踪处置效果，形成管理闭环。

## 14 安全管理

### 14.1 安全保障机制

#### 14.1.1 安全管理制度

城市数字孪生系统应建立全面的安全管理制度，明确安全管理的职责和流程。制度应涵盖：

- a) 系统安全策略的制定与实施；
- b) 安全事件的监测、报告、响应与处置；
- c) 定期进行安全风险评估，识别并消除潜在的安全隐患；
- d) 各级人员的安全培训与安全意识提升。

#### 14.1.2 安全监控与审计

数字孪生系统应建立持续的安全监控机制，实时监控系统运行中的安全状态，及时发现异常。具体措施包括：

- a) 部署安全监控工具，实时监控网络流量、系统日志、数据访问等活动；
- b) 定期对系统进行安全审计，检查系统和应用的安全性，确保不留安全漏洞；
- c) 定期对运维人员进行安全培训，提升其处理安全问题的能力。

#### 14.1.3 第三方安全评估与合作

定期邀请专业的第三方安全机构对数字孪生系统进行安全评估，评估内容应包括：

- a) 系统的安全漏洞扫描；
- b) 网络架构和数据传输的安全性评估；
- c) 应急响应能力的审查与建议。

### 14.2 网络安全保障

#### 14.2.1 网络安全要求

数字孪生系统应建立完善的网络安全防护机制，确保系统在本地区、云端或混合环境下的整体安全，保障数据在整个生命周期内的机密性、完整性和可用性，主要包括：

- a) 使用防火墙、入侵检测系统（IDS）、入侵防御系统（IPS）、DDoS 防护等，构建覆盖物理网络和虚拟网络的纵深防御体系；
- b) 加强网络隔离，通过部署堡垒机、建立虚拟私有云、配置严格的安全组策略实现云端微隔离，并结合基于身份的访问管理机制，确保对系统内外部访问权限的精细化控制。
- c) 采用加密技术保障数据在传输过程中的机密性和完整性；
- d) 定期进行安全审计、漏洞扫描与渗透测试，并启用云安全态势管理、工作负载保护等云安全服务，及时发现和修复潜在的安全风险。

#### 14.2.2 网络安全应急预案

应针对网络攻击、DDoS 攻击、恶意入侵等安全事件制定应急响应预案，主要包括：

- a) 确定网络安全事件的响应流程和责任分工；
- b) 配备必要的应急处理工具和技术资源，确保能够快速响应和处置网络安全事件；
- c) 定期开展网络安全演练，提升应急响应能力和协同处置能力。

### 14.3 数据安全保障

#### 14.3.1 数据安全要求

14.3.1.1 应采取严格的数据安全管理措施，保障数据的机密性、完整性和可用性，主要包括：

- a) 对个人隐私数据的采集遵循最小必要原则，满足 GB/T 35273、GB/T 37964-2019 的要求，并确保数据采集、处理、存储、传输、使用、公开个人数据时获得合法授权；

- b) 对跨境数据设立跨境数据传输的审批与监管机制，确保遵守《数据出境安全评估办法》《促进和规范数据跨境流动的规定》等要求；
- c) 对敏感数据进行加密存储与传输，确保数据在存储和传输过程中不被泄露或篡改；
- d) 定期进行数据备份，确保数据在灾难发生时能够恢复；
- e) 应控制数据访问权限，确保只有授权人员才能访问或操作相关数据；
- f) 按照 GB/T 43697—2024，对数据进行分类管理，依据重要性和敏感性采取不同的保护措施；
- g) 建立数据监测与验证机制，运用先进的算法和技术手段，实时检测数据是否被恶意篡改或注入虚假信息；
- h) 定期对数据的存储、传输、处理等环节进行全面的隐患排查；定期进行系统的漏洞扫描和安全评估，及时修复系统中的安全漏洞；
- i) 建立针对开源组件的常态化漏洞监测机制，及时跟踪开源社区发布的安全漏洞信息，并结合自身使用的开源组件版本情况，迅速评估漏洞对系统的潜在影响。

#### 14.3.1.2 应构建周密的高可用集群策略，以确保数据安全和业务连续性，主要包括：

- a) 多元化集群策略：本地数据中心内确保使用多活或主备高可用集群架构；采取同城多中心集群、跨地域集群策略，确保数据在多地存储，并结合云端与本地备份，以防自然灾害或人为因素导致的数据丢失，实现数据服务迅速恢复；
- b) 恢复时间目标（RTO）：明确界定关键业务系统及数据恢复至可操作状态的最短时间标准，确保在突发事件后快速恢复运行，保持业务连贯性；
- c) 恢复点目标（RPO）：设定数据丢失容忍度量，即数据恢复点目标，通过实时备份技术确保数据损失最小化，保持数据的即时可用性；
- d) 时间点恢复（PITR）：确保恢复策略支持基于时间点恢复（PITR），确保数据恢复的精准可控；
- e) 恢复演练与评估：定期模拟灾难情景，执行恢复演练，检验团队响应速度与预案的实战能力，及时反馈优化策略，提升应变能力；
- f) 应急响应流程：确立详细预案，包含启动阈值、明确通知机制、资源快速调度、数据恢复流程及业务恢复步骤，确保有序恢复，保证业务连续运作无缝衔接。

#### 14.3.2 数据安全应急预案

针对数据泄露、篡改、丢失等安全事件，应制定数据安全应急预案，主要包括：

- a) 数据泄露或丢失的早期检测与报警机制；
- b) 事件发生后迅速定位数据泄露或丢失的范围，并进行补救措施；
- c) 恢复数据的操作流程，确保数据丢失后的快速恢复；
- d) 事后对数据安全事件进行总结与分析，制定改进措施。

### 14.4 系统安全保障

#### 14.4.1 系统安全要求

数字孪生系统的安全保障应涵盖系统架构、应用程序、操作系统等多个层面，主要包括：

- a) 对系统进行漏洞扫描，及时修补已知安全漏洞；
- b) 定期更新操作系统和应用程序，安装安全补丁，防止系统被利用漏洞攻击；
- c) 强化系统身份验证机制，采用多因素认证等技术保障用户身份的合法性；
- d) 通过日志审计和监控技术，实时检测系统运行中的安全异常，及时发现并响应潜在的安全威胁。

#### 14.4.2 系统安全应急预案

系统安全应急预案应涵盖系统崩溃、恶意攻击、系统入侵等安全事件的应急响应，主要包括：

- a) 应急响应团队的组成及责任分工；
- b) 系统故障恢复和入侵检测的具体流程；
- c) 关键应用的安全防护措施及备份方案；
- d) 应急事件发生后，及时开展安全漏洞分析与修复。

## 14.5 安全应急响应与恢复

### 14.5.1 应急响应组织

应急响应组织应包括技术支持人员、管理人员和安全专家等，并明确应急事件发生后的责任分工与行动流程。应急响应应做到：

- a) 启动应急响应机制后，迅速评估事件的严重性并采取相应措施；
- b) 及时恢复受影响的系统功能，减少业务中断时间；
- c) 通过调查分析安全事件的根本原因，防止类似事件的发生。

### 14.5.2 应急恢复与演练

系统应定期进行安全应急恢复演练，验证应急预案的有效性和各项应急响应流程的可行性。演练内容包括：

- a) 模拟网络攻击、数据泄露、系统入侵等安全事件；
- b) 评估响应过程中的协调性和效率，发现应急处理中的不足之处；
- c) 演练结束后进行总结与改进，提升整体应急处置能力。

## 15 项目管理

### 15.1 项目规划阶段

项目规划阶段要求如下：

- a) 明确目标与范围：确定城市数字孪生项目目标，界定项目涉及区域、业务、数据及系统功能范围；
- b) 需求调研与分析：深入了解各方需求，收集分析业务、数据和功能需求，为项目设计提供依据；
- c) 制定项目计划：依据目标、范围和需求制定详细计划，明确进度、资源分配、任务分解和风险管理计划；
- d) 技术选型与架构设计：评估选择适合的技术方案与架构，设计包含数据、模型、服务和应用层的系统架构，保障性能、扩展性、兼容性和安全性；

### 15.2 项目执行阶段

项目执行阶段要求如下：

- a) 数据采集与整合：运用多种方式采集城市各类数据，清洗、转换、融合并控制质量，构建统一数据资源库；
- b) 模型开发与构建：基于数据，运用先进技术构建城市物理实体和系统的数字化模型，集成融合形成完整数字孪生模型；
- c) 系统开发与集成：依据设计方案开发数字孪生系统，集成各子系统和模块，测试确保功能完整、稳定和互操作性，实现模型与数据实时交互更新；
- d) 团队协作与沟通：强化团队成员协作沟通，建立定期沟通机制，解决问题，保障项目顺利推进。

### 15.3 项目监控阶段

项目监控阶段要求如下：

- a) 进度监控：定期对照计划跟踪实际进度，发现偏差及时采取调整措施，确保按时完成；
- b) 质量监控：建立质量控制体系，监控评估数据、模型、系统功能和性能质量，开展测试验收活动，纠正质量问题；
- c) 风险监控与应对：持续监控各类风险，建立预警机制，评估影响，依据应对计划采取措施降低风险影响。

### 15.4 项目收尾阶段

项目收尾阶段要求如下：

- a) 项目验收：项目建成后组织验收，依据合同、需求和设计文档等标准审查测试成果，形成验收报告；
- b) 项目交付与培训：提交项目成果，提供操作、维护培训和技术支持；
- c) 项目总结与经验分享：回顾目标、计划、执行等情况，总结经验教训，形成报告并内部交流分享，提升后续项目管理水平。

### 15.5 评价改进阶段

项目评价改进阶段要求如下：

- a) 建立指标体系：制定涵盖技术性能、应用效果、经济效益、社会效益等多维度的评价指标；
- b) 综合评价：组织专业团队，采用多种方法收集各方反馈，全面客观评价项目；
- c) 分析诊断：依据评价结果深入分析问题根源；
- d) 制定改进方案：针对问题制定包括技术升级、流程优化、用户培训、制度完善等改进措施和优化方案；
- e) 跟踪评估：持续跟踪项目运行情况，定期评价，检查指标提升情况，推动项目持续完善发展。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 34678—2017 智慧城市 技术参考模型
  - [2] GB/T 36344—2018 信息技术 数据质量评价指标
  - [3] GB/T 40021—2021 信息物理系统 术语
  - [4] GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求
-