

# 团 体 标 准

T/SZS XXXXX—XXXX

## 城市数字孪生框架总体要求

Overall requirements for digital twin framework for city

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-实施

深圳市深圳标准促进会 发 布



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 总体原则 ..... 1

5 概念模型 ..... 2

6 参考架构 ..... 4

7 基础设施 ..... 5

8 数据 ..... 6

9 技术与平台 ..... 12

10 应用服务 ..... 14

11 运维管理 ..... 20

12 安全保障 ..... 22

13 项目管理 ..... 24

参考文献 ..... 26

## 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数据服务局提出并归口。

本文件起草单位：深圳市龙华区政务数据服务局、深圳市标准技术研究院、深圳市龙华区智慧城市产业促进会、深圳数生科技有限公司、深圳计算科学研究院。

本文件主要起草人：XX、XXX、XXX。

## 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。数字孪生城市是一项复杂的系统工程，必须加强组织、顶层谋划、统筹协调、协同推进。为统一要求、明确标准，避免重复建设，编制了本文件。



# 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、建设管理、运维管理、安全保障等要求。

本文件适用于指导数字孪生技术城市范围内的应用和实施。

## 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 34678—2017 智慧城市 技术参考模型

## 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

具有保证物理状态和虚拟状态之间以适当速率和精度同步的数据连接的特定目标实体的数字化表达。

### 3.2

**数字孪生城市框架** digital twin framework for city

对于城市要素接入、集成、建模、管理、操作、服务和应用的框架。

## 4 总体原则

### 4.1 统筹规划

立足城市整体战略，全局考量多种影响因素，分层分级实施，避免重复，协调发展。

### 4.2 目标导向

立足城市整体战略，全局考量多种影响因素，分层分级实施，避免重复，协调发展。

### 4.3 虚实融合

构建物理与数字模型映射，支持多角度、多维度，跨领域融合，以适当的精度、层次、空间尺度展现全面城市视图，并能够处理时间、空间和时空的变化。

### 4.4 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。

#### 4.5 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。

#### 4.6 开放共享

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

#### 4.7 即时同步

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。

#### 4.8 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。

### 5 概念模型

#### 5.1 概述

城市数字孪生是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。

#### 5.2 概念模型图

城市数字孪生概念模型见图1。



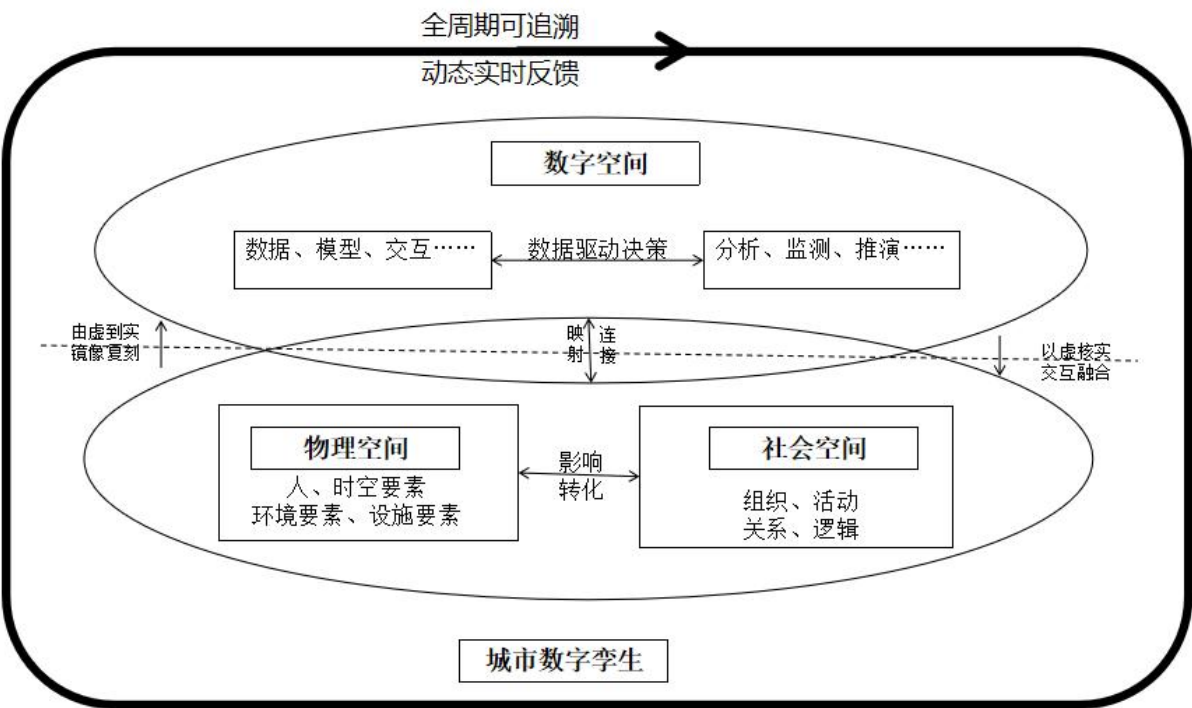


图 1 城市数字孪生概念模型图

5.3 概念模型描述

5.3.1 物理空间

物理空间包含人以及时空要素、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。

5.3.2 社会空间

5.3.2.1 社会空间是社会中个体与个体、个体与群体、群体与群体等关系和活动的总和。

5.3.2.2 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。

5.3.3 数字空间

5.3.3.1 数字空间是现实物理城市在数字虚拟空间的镜像复刻，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、建设管理、运维管理以及安全保障。

5.3.3.2 数字空间是基于信息技术以及数字孪生技术，对城市物理空间和社会空间进行部件级、单元级、事件级、区域级等不同尺度的建模，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。

6 参考架构

城市数字孪生框架总体要求参考框架如图所示。城市数字孪生框架总体要求参考框架由基础设施、技术支撑、孪生超市、应用场景以及资产运营组成。安全保障体系和运行保障体系为城市数字孪生框架总体要求参考框架提供基础支撑。城市数字孪生参考架构如图2所示，具体技术描述如下：

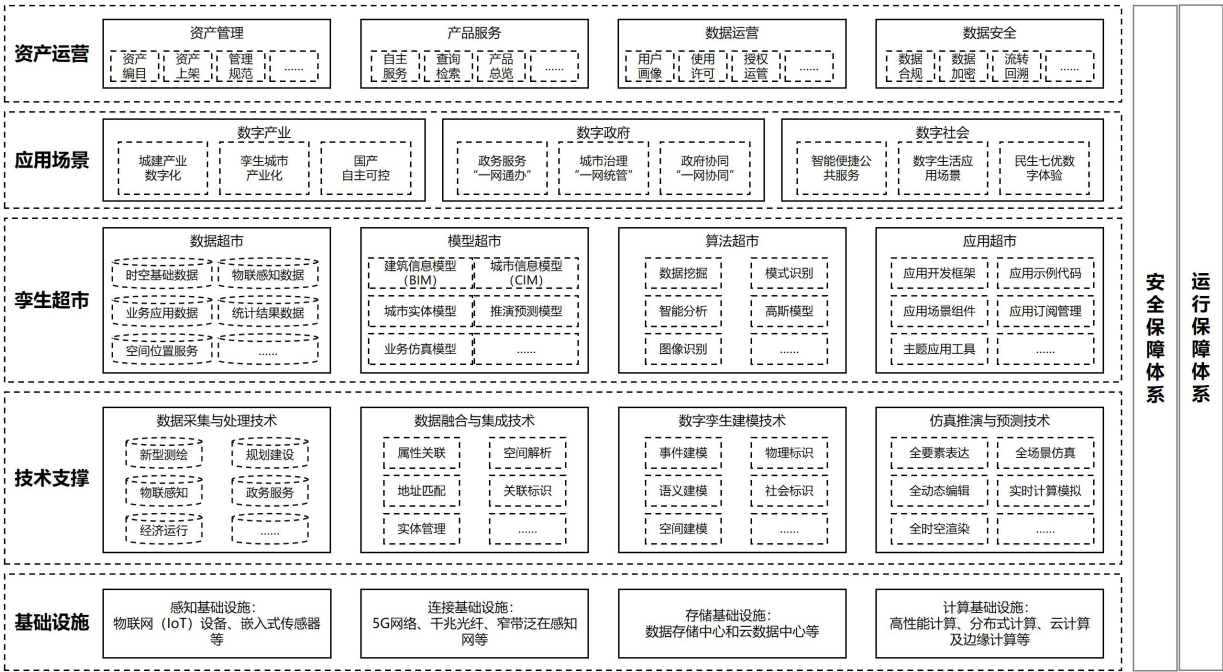


图2 城市数字孪生参考架构图

- a) 基础设施是城市数字孪生的基石，主要包括：
- 1) 感知基础设施：如物联网（IoT）设备、嵌入式传感器等，用于实时采集城市的静态和动态数据。
  - 2) 连接基础设施：包括 5G 网络、千兆光纤、窄带泛在感知网等，确保数据的快速、稳定传输。
  - 3) 存储基础设施：如多级数据存储中心和云数据中心，提供分布式文件存储、结构化数据存储等多种存储方式，满足城市数据的海量存储需求。
  - 4) 计算基础设施：包含高性能计算、分布式计算、云计算及边缘计算等，支持城市建立虚拟一体化计算资源池，满足数字孪生城市的强大计算和图形渲染需求。
- b) 技术支撑是数字孪生城市的核心，主要包括：
- 1) 数据采集与处理技术：通过新型测绘、物联网等技术采集城市数据，并通过数据清洗、存储、处理和分析，提取有价值的信息。
  - 2) 数据融合与集成技术：实现多源、多态数据的融合与集成，构建城市级数字孪生底座平台。
  - 3) 数字孪生建模技术：包括物理建模、虚拟模型构建等，实现物理城市与数字城市的精准映射。

- 4) 仿真推演与预测技术：基于历史数据和实时数据，进行模拟仿真和智能预测，为城市决策提供支持。
- c) 孪生超市为城市数字孪生提供丰富的资源和工具，包括：
  - 1) 数据超市：提供各类城市数据的应用和共享服务，包括时空基础数据、物联感知数据、业务应用数据等。
  - 2) 模型超市：提供多种城市模型，如建筑信息模型（BIM）、城市信息模型（CIM）等，支持城市数字孪生的建模需求。
  - 3) 算法超市：提供数据挖掘、智能分析、模式识别等算法，帮助用户从海量数据中提取有价值的信息。
  - 4) 应用超市：提供各类数字孪生应用的开发框架、应用组件、场景工具及应用代码等，如城市规划、城市建设、城市治理等，满足用户的不同需求。
- d) 城市数字孪生的应用场景广泛，包括但不限于：
  - 1) 数字产业：提供城建产业数字化、孪生城市产业化、国产自主可控的生态管理体系，助力产业生态融合发展，创新“孪生城建”的数字经济体系。
  - 2) 数字政府：建立政务服务“一网通办”、城市治理“一网统管”、政府协同“一网协同”等应用服务，支撑“三网联动”的数字政府改革体系。
  - 3) 数字社会：深化智能便捷公共服务、数字生活应用场景、民生七优数字体验等应用能力，助力智能普惠的数字社会应用体系。
- e) 资产运营是数字孪生城市持续发展的重要保障，主要包括：
  - 1) 资产管理：建立数据资产管理体系，确保数据的完整性、准确性和安全性。
  - 2) 产品服务：提供自主服务、查询检索、产品总览等服务，满足用户的不同需求。
  - 3) 数据运营：建立数据交易平台，促进数据的共享和交易，实现数据的价值最大化。
  - 4) 数据安全：加强数据安全防护，确保数据在采集、传输、存储和处理过程中的安全性。

## 7 基础设施

### 7.1 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，包含感知设备和执行设备，具体要求如下：

- a) 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：
  - 1) 实现 HTTP、LWM2M、MQTT 等常用传输协议的适配；
  - 2) 满足低能耗网络（NB-IoT）、无线网络（WIFI）、移动网络（4G、5G）、光纤接入等；
  - 3) 在数据协议解析方面，提供物联协议模型和设备插件两种方式，支持主流数据格式的解析；
  - 4) 支持设备直接接入和网关接入。
- b) 执行设备：实现城市数字孪生应用和用户对象基础设施、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。

### 7.2 连接基础设施

连接基础设施包括移动网络、车联网、物联网及全光网络等有线、无线的网络连接设备、设施以及系统，具体要求如下：

- a) 根据业务需求和空间要求的变化,应具备及时优化和调整网络结构的能力;
- b) 面向下一代连接和扩容需求,应具备网络资源动态编排能力;
- c) 应满足数据传输的实时性、传输速率和质量的要求;
- d) 宜具备设备与设备间自连接、自组网的能力;
- e) 宜进行 IPv6 适配改造。

### 7.3 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,分为公共网络、专用网络,网络基础设施应符合GB/T 34678—2017中8.2的要求,具体要求如下:

- a) 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;
- b) 支持采用高可靠、易维护、绿色节能设计,构建绿色通信网络;
- c) 根据建设需求,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;
- d) 支持网络空间安全态势感知,满足安全管理要求。

### 7.4 云体系

7.4.1 云体系实现城市信息空间模型和城市应用平台化服务,包括存储基础设施、计算基础设施。

7.4.2 存储基础设施主要指多级数据存储中心以及云数据中心,涵盖多种存储方式,包括块存储、文件存储、对象存储、列式存储、云存储、分布式存储等数据存储设施,具体要求如下:

- a) 应支持多源异构数据的统一归集;
- b) 存储资源应按需进行弹性分配和软件定义网络;
- c) 应根据数据读取性能,优化存储架构、存储方式和检索方法等;
- d) 应具备高吞吐数据读取能力。

7.4.3 计算基础设施以各类数据中心为载体,具备通用计算、超级计算、智能计算及边缘计算等能力,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) 应支持城市建立虚拟一体化计算资源池;
- b) 应支持二维和三维的数据渲染、仿真计算,保障应用的流畅运行;
- c) 应具备边缘计算能力,支持高速率、高可靠和低时延的应用场景。

## 8 数据

### 8.1 数据资源分类

数据资源应包括城市基础数据、城市运营数据、物联感知数据、跨行业共享数据、预测模型数据等门类。

### 8.2 数据资源格式与交换

8.2.1 城市数字孪生的数据资源应支持以下类型数据接入:

- a) 结构化数据:包括关系型数据库中的数据,如政务数据、公共安全数据、交通数据等;
- b) 非结构化数据:如图片、视频、音频、文本等,这类数据通常用于社交媒体分析、公众参与数据等;
- c) 流数据:实时感知数据,如传感器数据、物联网数据等,具有连续性和实时性;
- d) 地理空间数据:如卫星图像、地图数据、GIS 数据等,用于描述城市空间位置和地理特征;

- e) 文本数据：包括新闻报道、政府文件、社交媒体帖子等，通常用于情感分析、主题分类等；
- f) 时间序列数据：如历史气候数据、能源消耗数据、交通流量数据等，通常具有时间顺序和因果关系；
- g) 多媒体数据：包括音频、视频、图像等，通常用于城市监控、文化传承等；
- h) 社交媒体数据：如微博、微信等社交平台的数据，通常用于社交网络分析、舆情监控等。

8.2.2 数据资源应根据数据类型采用不同的数据库存储方式，数据资源存储类型见表 1。

表 1 数据资源存储类型

数据资源存储类型	类型描述	备注
关系型业务数据库	主要存储和管理业务数据，这类数据通常具有结构化、规范化等特点	包 括 但 不 限 于：Oracle、SQLServer、lySQL、PostgreSQL
关系型空间数据库	用于存储和管理地理空间数据，如地图、卫星图像、地形数据等	包 括 但 不 限 于：PostGIS、Spatialit
非关系型数据库	通常被称为 NoSQL 数据库，用于存储和管理非结构化或半结构化的数据，如 JSON、XML、文本等	包括但不限于：HBase、blongoD
文件型地理数据库	用于存储地理信息数据，如 Shapefile、GeoJSON 等格式的文件	包括但不限于：GeoTools、GDAL
文档型数据库	用于存储和管理文档类型的数据，如 Word 文档、PDF 文档等	包括但不限于：FTP、NFS、Hadoop、HDFS分布式文件系统
时间序列数据库	用于存储和管理时间序列数据，如传感器数据、日志数据等	包括但不限于：InfluxDB、TimescaleDB、OpenTSDB
图数据库	用于存储和管理图结构的数据，如社交网络、知识图谱等	包括但不限于：Neo4j、ArangoDB
向量数据库	用于存储和管理向量类型的数据，如机器学习模型的参数、自然语言处理中的词向量等	包括但不限于：Faiss、Milvus

8.2.3 数据交换格式应符合不同数据类型的行业规范，数据交换格式见表 2。

表 2 数据交换格式

数据类型	数据接受格式	数据输出格式
矢量数据（DLG 等）	. SHP、. GDB、. DIG、. DGN、. DXF、. TAB、. MIF、. KNL、. DB、GeoJSON 等	. SHP
影像数据（DOM 等）	TIF(GEOTIFF 格式)、. IMG 等	. TIF
数字高程模型（DEM）	. TIF、. GRD、. IMG、. DEM、. BIL 等	. TIF
数字栅格图（DRG）	. TIF、. BMP、. IMG 等	. TIF
地图瓦片	. JPG、. PNG、. BUNDLE/BUNDLX、. JSON(GEOJSON 格式)、. BUF(GEOBUF 格式)等	/
地名地址（矢量数据）	. SHP、. GDB、. MDB、. GeoJSON等	. SHP
点云数据	. LAS、. PCD 等	. LAS
TIN 数据	. GDB、. TIN 等	. TIN
三维数据	. FBX、. 3DS、. MAX、. DXF、. OBJ、. X、. WRL、. XPL、. CACHE、. MPT、. OSGB/OSG等	. FEX

实景数据	.JPG、.PNG、.OSGB/OSG等	/
文本	.TXT、.PDF、.DOC	/
图像	.PNG、.JPG、.GIF、.BMP、.TIF	/
声音	.MP3、.WAV	/
视频	.HP4、.AVI、.RVB	/

8.3 数据汇聚

- 8.3.1 数据源与类型定义应符合下列要求：
- a) 明确城市数字孪生数据的来源，包括政府、企业、社区、个人等多元主体；
  - b) 界定数据的类型，如结构化数据、半结构化数据和非结构化数据，以及静态数据和动态数据等。
- 8.3.2 数据格式与结构应符合下列要求：
- a) 明确数据应采用的格式，如 CSV、JSON、XL 等，以确保数据的一致性和可读性；
  - b) 定义数据的结构，包括字段名称、数据类型、长度等，以便于数据的整合和分析。
- 8.3.3 数据质量标准应符合下列要求：
- a) 确立数据的准确性、完整性、一致性和时效性的评估标准；
  - b) 设定数据清洗和校验的规则，以去除重复、错误或无效的数据。
- 8.3.4 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（ETL）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。

8.4 数据融合

8.4.1 数据预处理

- 8.4.1.1 实现城市级数据融合，应将不同厂家、不同传输协议、不同数据格式的数据统一格式化处理，支撑数据快捷融合。数据治理应符合下列要求：
- a) 提供数据清洗等数据预处理技术，对异常数据实现缺失值、一致化、数据排序、异常值等处理；
  - b) 提供统一的集中监管及数据质控机制，对采集过程实时监控，采集异常及时处理，采集结果有效反馈。
- 8.4.1.2 数据预处理包括数据清洗、格式转换、坐标转换、质量检查等操作，应符合下列要求：
- a) 支持元数据管理，包括数据结构、数据质量、数据关系等至少 3 项；
  - b) 支持非空间数据质量检查，包括数据完整性检查、数据准确性检查、数据冗余性检查；
  - c) 支持空间数据质量检查，包括空间拓扑检查、空间一致性检查、数据完整性检查等；
  - d) 支持空间数据坐标转换、拓扑纠正、不完整数据处理、数据格式统一等空间转换处理；
  - e) 支持非空间数据的重复数据处理、不完整数据处理、冲突数据处理、错误数据处理、增量数据标记等数据处理；
  - f) 支持基于设定的数据标准对清洗后的数据进行质量评估。
- 8.4.1.3 应确定不同数据的预处理的流程和标准，以保证数据的准确性和一致性。

8.4.2 数据融合方法

- 8.4.2.1 应采用合适的的数据融合方法与技术，如基于时空的融合、基于编码的融合、基于模型的融合等。

8.4.2.2 应从数据类型上看主要涉及空间数据与非空间数据的融合、结构化数据与非结构化数据的融合、各种空间数据自身的数据融合以及流媒体数据与空间数据的融合等。

8.4.2.3 城市数字孪生应考虑不同数据源的特点和限制，选择合适的数据融合步骤：

- a) 应支持多源异构数据统一时空基准：
  - 5) 空间基准:坐标系统采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)或应与 2000 国家大地坐标系建立联系的地方坐标系；
  - 6) 高程基准:1985 国家高程基准；
  - 7) 时间基准:应采用公历纪元，北京时间。
- b) 应支持多源数据融合，包括但不限于三维地形数据、手工模型数据、倾斜摄影模型数据、建筑信息模型(BIM)数据、物联感知数据等：
  - 1) 空间层面数据融合，实现场景无缝拼接、空间位置准确；
  - 2) 语义层面数据融合，实现语义互操作。
- c) 应支持通过 GIS 要素编码、地理实体编码、BIM 模型编码、物联网编码等不同形式的标识将实体空间信息和静态属性信息进行关联：
  - 1) 建筑单体与标准地址、实体基础信息、人口、经济数据、纳税数据等关联；
  - 2) 城市基础设施类实体与部门、型号、功能、类型、运维信息等业务属性关联。
- d) 支持构建实体对象标准模型，描述实体的空间几何特征、属性特征和关系特征：
  - 1) 实体描述内容包括但不限于标识 ID、实体类型、分类名称、对象之间关系定义、来源等；
  - 2) 支持实体对象之间关系构建，包括但不限于空间关系、从属关系、业务逻辑关系构建等；
  - 3) 支持实体对象与物联网（IoT）数据、业务数据和事件关联，实现基于实体或空间位置的传感数据的调取、融合、展示和分析；
  - 4) 支持定义实体模型关系图谱的可视化表达，以架构逻辑图的形式展示实体对象分类之间的关系，展示内容包括分类名称、属性、分类之间的关系线，以及全览图的放大缩小、移动、调整布局等。

### 8.4.3 融合数据编码

8.4.3.1 城市数字孪生的数据资源应按照 GB/T 36625.2 的规定进行编码。

8.4.3.2 城市数字孪生应对融合后的数据进行评估，包括准确性、一致性、实时性等方面的评估。

8.4.3.3 城市数字孪生应根据评估结果进行优化调整，以提高数据的整体质量和可用性。

## 8.5 数据管理

8.5.1 基于城市应用场景建立场景数据库并协同管理，数据管理应符合下列要求：

- a) 支持海量多源异构数据资源的按需汇聚、统一存储、管理和维护；
- b) 支持对数据进行多种维度的数据管理，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、所属业务域等不同维度进行存储、查询、共享等；
- c) 考虑数据的全生命周期管理，包括数据的生成、存储、使用、归档和销毁等环节，以实现数据的有效管理和资源利用。

8.5.2 应实现对城市空间实体的对象化管理，建立以实体为目标的城市实体对象数据库，保证空间目标的逻辑完整性和一致性。城市实体数据管理包括不限于实体分类管理、实体关联关系管理、实体图形管理。

8.5.3 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。更新数据的坐标系统、高程基准应与原有数据的坐标系统、高程基准系统相同，精度应不低于原有数据精度。

8.5.4 几何数据与属性数据应同步更新，并保持相互之间的关联，数据更新后应及时更新数据库索

引以及元数据。

8.5.5 数据更新时，数据组织应符合原有数据分类编码和数据结构要求，保证新旧数据之间的正确接边和要素之间的拓扑关系。

8.5.6 业务数据由生产单位、部门负责所属数据的更新工作，按照既定的时间周期进行更新维护。

8.5.7 应制定合适的数据存储与管理策略，根据数据量大小尽量选择分布式数据库和云数据库，保密数据可存储在本地数据库。

8.5.8 城市数字孪生的数据存储与管理策略宜考虑下列方面：

- a) 数据安全性：对于涉及隐私、机密或敏感信息的数据，采取加密存储和访问控制等措施，以确保数据的安全性和保密性；
- b) 数据完整性：采取校验、备份与恢复等措施，确保数据的完整性和可用性；
- c) 数据可扩展性：随着数据量的增长，选择可扩展的数据库架构，以支持数据的高效存储和查询。

8.5.9 数据备份应符合下列要求：

- a) 定期备份：制定明确的备份计划，根据数据的重要性和更新频率，确定备份的周期（如每日、每周或每月），确保数据的及时性和完整性；
- b) 存储介质选择：选择高可靠性、高稳定性的存储介质进行数据备份，如硬盘、光盘、云存储等。同时，考虑存储介质的容量和扩展性，以满足未来数据增长的需求；
- c) 备份方式：根据业务需求和数据特性，选择适当的备份方式，如完全备份、增量备份或差异备份。确保备份数据的全面性和效率；
- d) 备份日志记录：备份过程中应记录备份的详细信息，包括备份时间、备份内容、备份人员等，以便后续管理和查询。

8.5.10 数据恢复规范应符合下列要求：

- a) 恢复测试：定期进行数据恢复测试，验证备份数据的可还原性和可用性。通过模拟恢复操作，检查数据恢复的过程和结果，确保备份数据的有效性；
- b) 恢复时间要求：设定明确的数据恢复时间要求，根据业务需求确定数据恢复的最长时间。确保在发生数据丢失或损坏时，能迅速恢复数据以维持业务的正常运行；
- c) 恢复操作流程：制定详细的数据恢复操作流程，包括恢复前的准备工作、恢复步骤、恢复后的验证等，确保恢复操作的准确性和可靠性；
- d) 备份数据保密性：对备份数据进行加密处理，采用访问控制策略等措施，确保备份数据的安全性和保密性，防止未经授权的访问和数据泄露；
- e) 恢复记录和评估：在数据恢复过程中应记录恢复操作的详细信息，包括恢复时间、恢复步骤、恢复结果等。同时，对恢复过程进行评估和总结，以改进备份与恢复策略。

8.5.11 应建立数据共享与开放机制，促进数据在安全合规的情况下在城市范围内共享与开放，与公共安全直接相关的数据，如监控视频、应急事件记录、人群密度分析等，在保障个人隐私和数据安全的前提下，能高效地在授权机构间实现开放共享。

8.5.12 应制定数据共享规范和流程，明确数据共享的范围、权限和方式等。应建立数据开放平台和门户网站，提供数据开放检索、下载和使用等功能，促进数据的共享和开放。

8.5.13 数据共享方式包括下列三个类型：

- a) 库表方式：数据供需双方通过读写平台上数据库的表或视图实现数据共享，适用于实时、体量大、周期性、结构化的数据场景；
- b) 接口方式：数据供需双方通过平台的接口服务提供和获取数据，接口服务按照接口文档中描述方式实现，适用于实时性和灵活性要求较高，数据量较小的数据场景；
- c) 文件方式：通过文件发送方式将规范化的数据文件传送到平台指定的共享节点，适用于结构化数据、半结构化数据、非结构化数据、周期性的数据场景。



## 8.6 数据服务

### 8.6.1 数据服务模式

- 8.6.1.1 应提供多样化的数据服务模式，包括但不限于数据查询、数据检索、数据分析、数据可视化等。
- 8.6.1.2 应支持多种数据服务方式，如在线 API、离线文件、流式数据等。
- 8.6.1.3 城市数字孪生的服务接口宜分为外部接口和内部接口，外部服务包含地理底图服务接口、三维瓦片服务接口、数据目录服务接口、物联网协议接口等，内部服务包含数据的读写和维护接口。
- 8.6.1.4 城市数字孪生应包含全方位的数据服务管理，包括但不限于以下功能：
- a) 应支持数据服务管理，包含数据服务目录、服务查询、服务详情、服务测试、接口协议、接口定义等功能；
  - b) 应支持数据服务的全生命周期管理，如服务的注册、发布、编辑、注销、删除、取回、运行监控等；
  - c) 应支持历史数据服务功能，包含历史数据的查询与分析；
  - d) 应支持服务使用审批及服务细粒度权限控制，包括允许设置访问时间、图层限定、查询字段限定、范围的空间限定等；
  - e) 应满足数据服务对渲染引擎的多级、多尺度适配。

### 8.6.2 数据服务质量

- 8.6.2.1 应建立数据服务质量评估体系，对数据服务的质量进行评估和管理。该体系应至少包含以下关键指标：
- a) 响应时间：数据服务请求从发送到接收响应的的时间，是衡量数据服务速度的重要指标，应结合具体场景制定合适的响应时间，建议不低于秒级（5 秒以内）；
  - b) 准确率：数据服务返回结果的正确率，反映了数据服务的准确性，准确率应达到 99.99%或更高；
  - c) 稳定性：数据服务在持续运行过程中保持性能稳定的能力，包括故障率、恢复时间等，每年应不超过 0.1%的故障时间。
- 8.6.2.2 支持根据具体业务需求，添加其他评估指标，如数据完整性、安全性等。城市数字孪生应不断提高数据服务质量，以满足用户的需求和期望。具体措施包括但不限于：
- a) 技术优化：采用先进的数据处理技术和算法，提高数据处理的效率和准确性；
  - b) 资源投入：增加硬件资源投入，如服务器、存储设备等，以提升数据服务的响应速度和稳定性；
  - c) 流程优化：优化数据服务流程，减少不必要的环节和延迟，提高服务效率；
  - d) 培训与支持：加强对数据服务团队的技术培训和支持，提高团队的整体素质和服务水平。
- 8.6.2.3 应提供可接收用户反馈的界面，以满足接收数据报错和功能建议的需要。具体措施包括但不限于：
- a) 提供反馈界面：在数据服务平台上提供用户反馈界面，方便用户随时提交报错、建议和意见；
  - b) 及时处理反馈：对用户反馈进行及时响应和处理，确保用户问题得到及时解决；
  - c) 持续改进：根据用户反馈和数据分析结果，不断优化数据服务质量和流程，提高用户满意度。

## 8.7 数据安全

- 8.7.1 数据管理与操作全程符合国家与地方的法律法规要求，包括但不限于数据保护、隐私权、知识产权、信息安全、网络与数据跨境传输等方面的规定。应符合下列要求：
- a) 合规性审查：建立法规遵从性审查机制，定期评估数据处理流程、存储、共享、开放等操作是否满足最新的法律要求；

- b) 隐私保护：严格遵守个人数据保护法律，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，遵循最小必要原则，执行《中华人民共和国个人信息保护法》要求的脱敏处理；
  - c) 跨境数据管理：针对跨国数据流动，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，对敏感数据传输进行安全评估和必要的加密处理；
  - d) 透明度和告知：确保用户对数据处理有充分知情权，提供透明的隐私政策，说明数据用途、存储期限、访问权、更正误更正、删除权等；
  - e) 审计与培训：定期组织内部审计，对员工进行数据保护法规培训，提高法律意识，确保团队在操作中自觉遵守相关法律规范。
- 8.7.2 应构建周密的灾难恢复策略，以确保数据安全和业务连续性，应包括下列关键环节：
- a) 多元化备份策略：采取跨地域备份策略，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，实现迅速恢复；
  - b) 恢复时间目标（RTOC）：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（RPOC）：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) 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；
  - e) 应急响应流程：确立详细预案，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。
- 8.7.3 城市数字孪生应采用合适的数据加密和安全防护措施，以防止数据的泄露和篡改，包括但不限于：
- a) 对敏感数据和重要数据采用高效的数据加密算法和安全协议进行加密传输和存储；
  - b) 实施严格的访问控制策略，只有经过授权的用户才能访问和操作相关数据；
  - c) 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。

## 9 技术与平台

### 9.1 平台分类

#### 9.1.1 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。

#### 9.1.2 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。

#### 9.1.3 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。

## 9.2 技术要求

### 9.2.1 建模

应建立可信地、高保真地描述物理实体物理特性、功能和性能的数字化模型，并与外部实体、模型进行关联、集成的能力，具体要求如下：

- a) 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。

### 9.2.2 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、模型流畅加载浏览，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、自然现象效果渲染等。
- 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。

### 9.2.3 信息交互

应实现现实城市与孪生数字城市的互操作和双向互动，实现城市虚实空间实时连接交互、双向控制和反馈等能力，具体要求如下：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 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。

### 9.2.4 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成算法模型，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案提供反馈参考。
- d) 应依城市规划、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。

### 9.2.5 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，通过对数据的深度学习，推动智慧城市自我优化运行的能力，具体要求如下：

- a) 宜应用图像分类、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、深度学习等人工智能技术进行迭代优化，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。

### 9.2.6 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。

## 10 应用服务

### 10.1 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

## 10.2 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) 应能实现大范围海量空间数据的优化处理；
- b) 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；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 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；
- f) 宜能建立数据处理过程的数据血缘。

## 10.3 数据服务

数据服务是提供数据访问，支撑上层应用的快速编排，发挥数据资源价值的能力，包括但不限于数据接口、数据编排、数据模型、数据共享，具体要求如下：

- a) 应支持通过 API 等方式共享数据，支持标准化的 API 快速开发和封装应用；
- b) 应提供符合行业标准的时空数据服务发布能力；
- c) 应具备 API 生命周期管理功能，包括新建、上线、下线、测试、编辑、删除等；
- d) 应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；
- e) 应构建数据模型，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，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；
- f) 应支持数据共享，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。

## 10.4 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、灾害事件分析等。

## 10.5 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，构建结构化的展示显性和隐形关系的知识图谱，支撑应用的分析和预测功能；
- b) 应支持卡通化到超写实等多种类型的数字人的建模、制作、训练，支持采用跨模态数字人交互技术，通过语音、文字、音乐提供对话问答、智能交互的能力，如数字客服、展厅虚拟讲解员、政务服务数字引导员等场景。

## 10.6 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地获取、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。

## 10.7 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、空间规划检测预警等应用；
- 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射、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 etc 应用。

## 10.8 基础设施层

### 10.8.1 基础设施

感知基础设施应包含感知设备和执行设备，应符合下列要求：

- a) 感知设备能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，并具有网络接入和传输功能；
- b) 执行设备能实现城市数字孪生应用和用户对基础设施、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。

### 10.8.2 网络基础设施

网络通信分为公共网络和专用网络，网络基础设施应符合GB/T 34678—2017中8.2的要求，并应符合下列要求：

- a) 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；
- b) 支持采用高可靠、易维护、绿色节能设计，构建绿色通信网络；
- c) 根据建设需求，支持专用网络与公共网络互通。

### 10.8.3 算力基础设施

算力基础设施应包含存储基础设施和计算基础设施，符合下列要求：

- a) 存储基础设施包括多级数据存储中心以及云数据中心，涵盖多种存储方式，宜包括块存储、文件存储、对象存储、列式存储、云存储、分布式存储等数据存储设施；
- b) 计算基础设施为城市数字孪生提供数据计算能力，宜包括通用计算、分布式计算、云计算以及边缘计算等先进计算设施。

## 10.9 数据层

### 10.9.1 数据资源

根据建设要求全面汇聚城市数据资源，包括但不限于城市基础数据、城市运营数据、物联感知数据、跨行业共享数据、预测模型数据，符合下列要求：

- a) 城市基础数据应包括行政区划、电子地图、测绘遥感、地名地址、地上地下三维模型等数据；
- b) 城市运营数据应包括城市规划、建设、管理、运营、养护数据，以及交通、能源、水利、通信、教育医疗、公共服务与安全、政策法规等数据；
- c) 物联感知数据应包括通过物联感知设备采集获取的运行监测数据，宜包括建筑监测、市政设施监测、气象监测、交通监测、生态环境监测、能源消耗和灾害预警等数据；
- d) 跨行业共享数据应包括人口统计、企业法人、经济指标、就业社保、居民生活水平、环境状况、移动出行数据，以及购物、旅游、监控、教育、娱乐、社交、舆情等数据；
- e) 预测模型数据应包括实体、交通、人口、环境、公共安全和卫生、经济发展、能耗、灾害等预测数据。

### 10.9.2 数据汇聚

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。

### 10.9.3 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，基于统一空间编码对数据进行编码；
- 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。

### 10.9.4 数据管理

建立完善数据资源管理体系，应符合下列要求：

- a) 提供对主数据、元数据、参考数据等数据管理操作,包括但不限于编目、导入导出、更新、备份与恢复、共享与开放等数据操作;
- b) 考虑数据全生命周期管理,对数据生存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。

#### 10.9.5 数据服务

支撑城市数字孪生的数据查询、数据展示、数据分析等,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、数据分析结果等,应符合下列要求:

- a) 综合建设需求和现有资源、环境,明确数据服务范围和服务内容;
- b) 根据数据服务范围和服务内容,制定数据服务目录、服务级别协议和实施方式;
- c) 建立数据服务管控能力,监测数据服务的使用情况,监督数据服务的安全性和合规性。

### 10.10 技术与平台层

#### 10.10.1 建模

在计算机环境中建立可信地、高保真地描述物理实体物理特性、功能和性能的数字化模型,并与外部实体、模型进行关联、集成的能力,应符合下列要求:

- a) 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、事件信息等;
- 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-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。

#### 10.10.2 可视化

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,应符合下列要求:

- a) 支持城市数字孪生各类数据、模型流畅加载浏览,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、自然现象效果渲染等。

#### 10.10.3 信息交互

实现现实城市与孪生数字城市的互操作和双向互动,实现城市虚实空间实时连接交互、双向控制和反馈等能力,应符合下列要求:

- a) 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;
- b) 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;
- c) 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。



#### 10.10.4 仿真推演

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,应符合下列要求:

- 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,包括但不限于空间测量、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成算法模型,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案提供反馈参考。

#### 10.10.5 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,通过对数据的深度学习,推动智慧城市自我优化运行的能力,符合下列要求:

- a) 宜应用图像分类、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、深度学习等人工智能技术进行迭代优化,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。

#### 10.10.6 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,应符合下列要求:

- a) 提供包括但不限于数据服务、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) 提供支持集成包括但不限于数据服务、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。

### 10.11 应用层

城市数字孪生可面向城市规划、建设、管理、服务以及产业等方面开展应用:

- a) 城市规划领域应用: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、空间规划检测预警等数字规划应用等;
- b) 城市建设领域应用:支撑工程建设项目审批、绿色设计、绿色建造、智慧工地、不动产登记等城市数字建设应用等;
- c) 城市运行管理应用: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;
- d) 城市安全管理应用: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;
- e) 城市公共服务应用: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;
- f) 城市交通物流应用: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;

- g) 城市水利流域领域应用,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映射、智能化模拟仿真等;
- h) 生态环境行业应用: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) 能源低碳行业应用:支撑绿色建筑、绿色能源、绿色交通、绿色数据中心、碳源汇监测等开展应用;
- j) 工业制造领域应用:支撑工业园区、智能生产线、供应链管理等场景开展应用。

## 11 运维管理

### 11.1 人员管理

#### 11.1.1 人员职责与分工

应指定专门的团队负责数字孪生系统的日常运维工作。团队成员的职责应明确,确保各项运维任务高效、有序地开展。运维人员的主要职责包括但不限于:

- a) 系统监控与数据分析;
- b) 系统维护与升级;
- c) 故障处理与应急响应;
- d) 安全防护与数据保密;
- e) 用户支持与培训。

#### 11.1.2 人员资质要求

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。具体要求如下:

- a) 具备计算机、通信、信息技术等相关专业的本科及以上学历;
- b) 具有 2 年及以上数字孪生或城市信息系统相关领域的工作经验;
- c) 熟悉常用的运维管理工具、网络安全技术、数据处理及分析技术;
- d) 定期参加运维技术培训与认证,保持技术的时效性和先进性。

#### 11.1.3 人员培训与考核

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。同时,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。

### 11.2 系统维护

#### 11.2.1 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。系统巡检应按季度或月度进行,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。

### 11.2.2 系统升级与优化

数字孪生系统需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。

### 11.2.3 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。

### 11.2.4 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。

## 11.3 应急处置

### 11.3.1 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。

### 11.3.2 常见故障与处理

针对可能发生的系统故障、网络攻击、数据泄露等应急事件，运维团队应预先制定应急处理方案，并定期进行演练。常见故障及应急处理措施包括：

- a) 硬件故障：如服务器宕机、电力中断等；
- b) 软件故障：如系统崩溃、功能失效等；
- c) 安全事件：如网络攻击、数据泄露等。

### 11.3.3 恢复与重建

一旦发生重大故障或安全事件，应及时启动恢复流程，确保系统能够在最短时间内恢复正常运行。恢复过程应包括：

- a) 临时解决方案的快速部署，保障基本服务的可用性；

- b) 对故障根源进行彻底排查与修复；
- c) 事件发生后的总结与改进，避免类似问题的再次发生。

#### 11.3.4 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。

## 12 安全保障

### 12.1 网络安全保障

#### 12.1.1 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，确保系统内外部通信的安全性和数据传输的完整性。主要包括：

- a) 使用防火墙、入侵检测系统（IDS）、入侵防御系统（IPS）等设备进行网络安全防护；
- b) 加强对外部网络接口和内部网络的分隔，确保系统内外部访问权限的严格控制；
- 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) 定期进行网络安全审计与漏洞扫描，及时发现和修复潜在的安全风险。

#### 12.1.2 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。

### 12.2 数据安全保障

#### 12.2.1 数据安全要求

数字孪生系统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。主要措施包括：

- a) 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；
- b) 定期进行数据备份，确保数据在灾难发生时能够恢复；
- c) 严格控制数据访问权限，确保只有授权人员才能访问敏感数据；
- d) 对数据进行分类管理，按照重要性和敏感性采取不同的保护措施。

#### 12.2.2 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。

### 12.3 系统安全保障

#### 12.3.1 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。

### 12.3.2 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。

## 12.4 安全保障机制

### 12.4.1 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。

### 12.4.2 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。

### 12.4.3 第三方安全评估与合作

定期邀请专业的第三方安全公司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。

## 12.5 安全应急响应与恢复

### 12.5.1 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。

### 12.5.2 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。

## 13 项目管理

### 13.1 项目范围管理

13.1.1 应确定项目范围管理的工作职责和程序。

13.1.2 项目范围管理的过程应包括下列内容：

- a) 范围计划；
- b) 范围界定；
- c) 范围确认；
- d) 范围变更控制。

13.1.3 应把项目范围管理贯穿于项目的全过程。

### 13.2 项目管理流程

13.2.1 应按项目管理流程实施项目管理。项目管理流程应包括启动、策划、实施、监控和收尾过程，各个过程之间相对独立，又相互联系。

13.2.2 启动过程应明确项目概念，初步确定项目范围，识别影响项目最终结果的内外部相关方，策划过程应明确项目范围，协调项目相关方期望，优化项目目标，为实现项目目标进行项目管理规划与项目管理配套策划。

13.2.3 实施过程应按项目管理策划要求组织人员和资源，实施具体措施，完成项目管理策划中确定的工作。

13.2.4 监控过程应对照项目管理策划，监督项目活动，分析项目进展情况，识别必要的变更需求并实施变更。

13.2.5 收尾过程应完成全部过程或阶段的所有活动，正式结束项目或阶段。

### 13.3 项目管理制度

13.3.1 应建立项目管理制度。项目管理制度应包括下列内容：

- a) 规定工作内容、范围和工作程序、方式的规章制度；
- b) 规定工作职责、职权和利益的界定及其关系的责任制度。

13.3.2 应根据项目管理流程的特点，在满足合同和组织发展需求条件下，对项目管理制度进行总体策划。

13.3.3 应根据项目管理范围确定项目管理制度，在项目管理各个过程规定相关管理要求并形成文件。

13.3.4 应实施项目管理制度，建立相应的评估与改进机制。必要时，应变更项目管理制度并修改相关文件。

### 13.4 项目系统管理

13.4.1 应识别影响项目管理目标实现的所有过程，确定其相互关系和相互作用，集成项目寿命期阶段的各项因素。

13.4.2 应确定项目系统管理方法。系统管理方法应包括系统分析、系统设计、系统实施、系统综合评价。

13.4.3 在项目管理过程中应用系统管理方法，应符合下列规定：

- a) 在综合分析项目质量、安全、环保、工期和成本之间内在联系的基础上，结合各个目标的优先级，分析和论证项目目标，在项目目标策划过程中兼顾各个目标的内在需求；
- b) 对项目投资决策、招投标、勘察、设计、采购、施工、试运行进行系统整合，在综合平衡项目各过程和专业之间关系的基础上，实施项目系统管理；
- c) 对项目实施的变更风险进行管理，兼顾相关过程需求平衡各种管理关系，确保项目偏差的系统性控制；
- d) 对项目系统管理过程和结果进行监督和控制，评价项目系统管理绩效。

### 13.5 项目管理持续改进

13.5.1 应确保项目管理的持续改进，将外部需求与内部管理相互融合，以满足项目风险预防和组织的发展需求。

13.5.2 应在内部采用下列项目管理持续改进的方法：

- a) 对已经发现的不合格采取措施予以纠正；
- b) 针对不合格的原因采取纠正措施予以消除；
- c) 对潜在的不合格原因采取措施防止不合格的发生；
- d) 针对项目管理的增值需求采取措施予以持续满足。

13.5.3 应在过程实施前评审各项改进措施的风险，以保证改进措施的有效性和适宜性。

13.5.4 应对项目管理绩效的持续改进进行跟踪指导和监控。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求
-