

# 团 体 标 准

T/ZGCSC 001-2022

## 智慧城市 数字孪生城市技术参考架构

Digital Twin Technology Reference Architecture for Smart City

2022 - 04 - 11 发布

2022 - 04 - 12 实施

中关村智慧城市产业技术  
创新战略联盟

发布

## 目 录

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语 .....	1
4 缩略语 .....	2
5 智慧城市数字孪生总体框架 .....	2
6 智慧城市数字孪生技术参考架构 .....	3
7 智慧城市数字孪生技术要求 .....	4
7.1 基础设施层 .....	4
7.1.1 端——感知终端 .....	4
7.1.2 边——数据汇聚、计算、决策 .....	4
7.1.3 管——连接设施 .....	4
7.1.4 网——融合网络 .....	5
7.1.5 云——计算设施 .....	5
7.2 数据层 .....	5
7.2.1 数据治理 .....	5
7.2.2 数据融合 .....	5
7.2.3 数据管理 .....	6
7.2.4 数据存储 .....	6
7.2.5 数据开放 .....	6
7.3 模型层 .....	6
7.3.1 BIM .....	6
7.3.2 CIM .....	6
7.3.3 主题场景建模 .....	7
7.3.4 模拟仿真 .....	7
7.3.5 混合推演 .....	7
7.4 功能层 .....	7
7.5 应用层 .....	7

# 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。

本文件规范了数字孪生技术参考架构模型，包括基础设施层、数据层、模型层、功能层和应用层等各层技术规范及要素管理关系。

本文件的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村智慧城市产业技术创新战略联盟提出并归口。

本标准起草单位：中国雄安集团数字城市科技有限公司、普天信息技术有限公司、中关村智慧城市产业技术创新战略联盟、京东城市（北京）数字科技有限公司、北京软通智慧城市科技有限公司、中科星启（北京）科技有限公司、苍穹数码技术股份有限公司、国信优易数据股份有限公司、北京五一视界数字孪生科技股份有限公司（51WORLD）、北京航空航天大学、北京市长城企业战略研究所、复旦大学、北京邮电大学、中国联合网络通信集团有限公司、北京天耀宏图科技有限公司、中电信数字城市科技有限公司

本标准主要起草人：胡静、张春荣、胡海涛、赵龙军、李超、石会昌、雒冬梅、封顺天、姚新新、唐文忠、葛永文、李健、陈进宝、李建丽、雷晓玉、王题、孙耀杰、杨扬、刘艳蓉、陈菡、王涛、朱志华

# 智慧城市 数字孪生城市技术参考架构

## 1 范围

本标准描述了数字孪生城市总体框架，规定了智慧城市发展目标数字孪生城市建设的技术参考架构，以及各功能实体的技术要求。

本文件适用于数字孪生城市建设中典型行业应用，包括但不限于以下应用：智慧工地、智慧安防、智慧能源、智慧交通、绿色生态、及城市管理等领域的数字孪生技术应用的规划设计、系统建设等。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 22080-2016 信息技术 安全技术 信息安全管理体系 要求
- GB/T 34678-2017 智慧城市 技术参考模型
- GB/T 36333-2018 智慧城市 顶层设计指南
- GB/T 37043-2018 智慧城市 术语
- GB/T 35319-2017 物联网 系统接口
- GB/T 40689-2021 智慧城市 数据融合第四部分 开放共享要求
- 数字孪生应用白皮书 中国电子技术标准化研究院
- 数字孪生城市白皮书 中国信息通信研究院
- T/ZGCSC 002-2022 数字孪生城市软件人机交互技术总体要求 5.2功能
- GB/T 36445-2018 智慧城市 SOA标准应用指南

## 3 术语

下列术语和定义适用于本文件。

**设备 device:** 具备通信能力的终端或具备通信能力和计算能力的网关。[GB/T 40689-2021, 定义3.1]

**数据开放 data opening:** 数据拥有方将数据向政府政务部门、企业单位和城市公众等相关方开放。[GB/T 36625.4-2021, 定义2.1]

**数据共享 data sharing:** 在一定的条件下，数据拥有方将数据与相关方共同使用。[GB/T 36625.4-2021, 定义2.2]

**数字孪生 digital twin:** 数字孪生是具有数据连接的特定物理实体或过程的数字化表达，该数据连接可以保证物理状态和虚拟状态之间的同速率收敛，并提供物理实体或流程过程的整个生命周期的集成视图，有助于优化整体性能。[数字孪生应用白皮书]

**数字孪生城市 digital twin city:** 数字孪生城市是新一代信息化技术在城市的综合集成应用，是通过采集城市全景数据，结合4G/5G、物联网、仿真建模等先进技术，在虚拟空间构建一个与物理城市相匹配的孪生城市，它以数字为基础，反映物理城市与虚拟空间之间虚实融合、智能操控的映射关系，具有实时的双向映射、动态交互特性。[数字孪生城市白皮书]

#### 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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)  
GIS: 地理信息系统 (Geographic Information System)  
MR: 混合现实 (Mix Reality)  
VR: 虚拟现实 (Virtual Reality)

#### 5 智慧城市数字孪生总体框架

智慧城市数字孪生总体框架如图1所示。智慧城市数字孪生总体框架以时空基础数据、物联感知数据、应用专题数据等多域融合数据为支撑，以物联感知、多模态多类型数据采集与融合、全要素多尺度分析建模、网络与富媒体协同工具融合、人工智能、模拟仿真等为技术核心，在网络空间构建一个与物理真实城市相匹配、相对应的“数字孪生城市”，实现城市全要素数字化和虚拟化、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。

其中数字孪生技术体系从关键技术、支撑体系和行业应用三个视角进行描述，尽可能体现各类要素及其相互关系。

- a) 关键技术以全新一代信息技术为基础，令物理世界和数字世界并行共生、精确映射，实现海量资源汇聚、融合、共享与智能。主要关键技术包括：城市各类终端感知、城市数据汇聚融合、城市信息模型构建、及城市全域模拟推演。
- b) 支撑体系为数字孪生技术提供基础支撑，包括：数据安全体系、融合网络体系、边云超计算体系、及运维支撑体系。
- c) 行业应用是智慧城市中典型行业应用，包括但不限于以下应用：智慧工地、智慧安防、智慧能源、智慧交通、绿色生态、和城市管理。

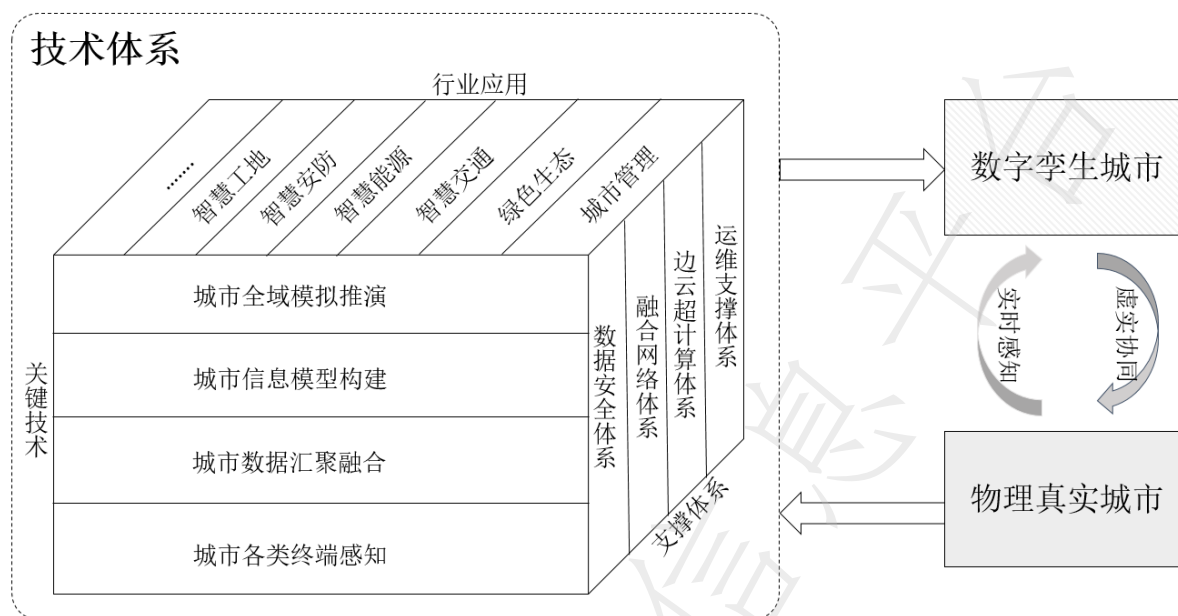


图1 智慧城市数字孪生总体框架

## 6 智慧城市数字孪生技术参考架构

智慧城市数字孪生技术参考架构模型如图2所示。智慧城市数字孪生技术参考架构模型由基础设施层、数据层、模型层、功能层和应用层组成。数据安全体系、融合网络体系、边云超计算体系、及运维支撑体系为数字孪生技术参考架构模型提供基础支撑。数字孪生城市技术参考架构模型的各个层主要技术描述如下：

- 基础设施层结合物联网、边缘计算、5G 传输等技术手段，实现将真实世界中的物理实体元信息采集、传输、同步、增强之后得到功能应用可使用的通用数据。
- 数据层基于大数据分析和人工智能技术，完成城市全域数据的汇聚、融合、分析，实现数据赋能。
- 模型层利用 BIM、CIM、GIS、MR 等技术完成物理世界数字化的过程，将物理对象表达为计算机和网络所能识别的数字模型。仿真推演基于既有海量数据信息，建立一系列决策模型，实现状态评估、问题诊断，以及对未来趋势的预测，为应用服务决策提供全面、精准的决策依据。
- 功能层结合人工智能、大数据、云计算等技术，实现数字孪生体的描述、预测及智能决策等共性关键功能服务。
- 应用层面向智慧城市典型领域应用提供城市应用服务、公众应用服务、企业应用服务等，赋能政府用于优化社会治理，赋能各垂直行业用于增效产值，赋能公众服务体系。



图2 智慧城市数字孪生技术参考架构

## 7 智慧城市数字孪生技术要求

### 7.1 基础设施层

#### 7.1.1 端——感知终端

数字孪生城市建设需要现实城市中的各类物理实体在孪生空间中都有对应的数字虚体，要求端侧接入智慧城市各类物联感知终端，通过布设天空、地面、地下、河道等各方面的传感器，实现物联设备的统一接入和管理。针对物联设备的通讯协议和数据协议的多样性、不规范性，端侧接入各类感知终端一般性要求包括：

- a) 实现 HTTP、LWM2M、MQTT 等常用传输协议的适配；
- b) 满足低时延数据接入要求，数据可实现 $\leq 100$  毫秒级接入能力等；
- c) 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，支持二进制码流格式、XML 格式、JSON 格式等主流数据格式的解析；
- d) 支持设备直接接入和网关接入两种方式。

#### 7.1.2 边——数据汇聚、计算、决策

数字孪生城市要求具备海量城市级异构数据处理能力，云边协同分布式的处理方式可提供更有效率的运算过程。为实现数字孪生城市建设，边侧进行数据汇聚、计算及边缘决策，一般性要求包括：

- a) 从不同结构的数据源中抽取数据，对数据进行复杂的加工转换，并加工成统一的数据格式最后将数据加载到各种存储结构中；
- b) 支持多种数据源到操作系统的集中整合，实现数据模式的匹配、数据的规范化、归一化、一致性；
- c) 应数据采集任务的全生命周期管理；
- d) 应支持设备的规则调度与处理功能；
- e) 应支持在网络中断或关闭状态下设备的自我管理和本地控制功能；
- f) 应支持特定场景下部分感知数据和设备状态数据的边缘处理功能。

#### 7.1.3 管——连接设施

数字孪生城市建设需要端到端云网边端相关资源的可管、可视、可控，支撑数字孪生物理城市与虚拟空间的交互反馈，因此数字孪生城市要求管侧要实现城市物联网感知设施至云端的数据传输通道网络化连接。一般性要求包括：

- a) 通信网络包括无线通信网络、NB-IoT、光网、数据网、天地一体化网络等；
- b) 构建能适用多场景、承载海量连接的泛在网，提供安全、高效、智能的万物互联服务；
- c) 应支持不同流量等级的区分；
- d) 支持 $\leq 100$ 毫秒级的数据接入；
- e) 应支持网络切片，根据服务协议为特定业务配置用户数、QoS、带宽等参数。

#### 7.1.4 网——融合网络

数字孪生城市实时通信、高效交互，都对通信网络的无线化提出了更高的要求，支撑低时延、高可靠的无线传输能力以及数据本地化分流能力，要求网侧实现融合泛在互联。一般性要求包括：

- a) 有线、无线网络全接入，公网专网全部署，以及与北斗定位网络的融合。
- b) 通过融合网元，将固网、移动网进行融合，对外提供开放接口，并且支持虚拟化等功能，集成了宽带管理、信息安全、寄存器优化、流量整形等高级业务服务。
- c) 构建面向业务动态变化的网络资源精准预测模型，实现面向智能城市网络的多维多源信息自感知，提升网络资源动态预留和弹性扩充效率。
- d) 为涵盖公共安全、数据安全、网络安全的网络空间安全提供态势感知、安全管理的服务。

#### 7.1.5 云——计算设施

云侧计算体系基础设施实现数字孪生城市信息空间模型和城市应用平台化服务，一般性要求包括：

- a) 支持云网协同、云边协同、云云协同计算能力；
- b) 提供安全、实时、高效、智能、灵活的计算环境。

### 7.2 数据层

#### 7.2.1 数据治理

数字孪生城市实现城市级数据融合，需要将不同厂家、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。数据治理一般性要求：

- 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处理，一致化处理，数据排序处理，异常值处理等。
- 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。

#### 7.2.2 数据融合

数字孪生城市以多源异构数据融合为基础，完成城市全要素场景表达、计算分析、模型交互、业务交互及不同终端交互，数据融合的一般性要求：

- a) 以城市多源、多类型数据为基础，以城市时空数据为主要索引，构建多层次时空数据融合框架。
- b) 形成以资源数据为基础的全空间、全要素、全过程、一体化的时空数据体系。
- c) 构建物理实体之间关联关系、指标关系、空间关系等，包括物理对象属性数据、物理对象活动运行数据、物理对象之间的关系数据等。

### 7.2.3 数据管理

数字孪生城市完成城市级全要素场景表达和分析，需要基于城市应用场景建立场景数据库并协同管理，数据管理的一般性要求：

- a) 进行海量多源异构数据资源的按需汇聚、统一存储、统一管理、统一维护。
- b) 采用多种维度实现数据管理，例如可将城市数据划分成：时空静态点数据、空间静态时间动态点数据、时空动态点数据、时空静态网数据、空间静态时间动态网数据、时空动态网数据以及其他数据类型。
- c) 建设一套完整的数据分类体系，为数据的规划、组织和存储提供依据。

### 7.2.4 数据存储

数据存储保证数据分层分类安全存储，一般性要求包括：

- a) 逻辑存储安全性，建立分层的逻辑存储授权管理规则和授权操作规范，实现了多租户数据存储的安全隔离，并采取了身份鉴别、访问控制等技术支撑逻辑存储系统的安全管理。
- b) 严格访问控制权限，通过访问控制表来控制用户对资源的访问。用户可通过身份认证进入城市操作系统，访问操作系统中的数据、文件、目录等资源。
- c) 数据备份和恢复能力，具备数据存储冗余备份恢复策略、数据备份和恢复管理操作规程，以及统一的数据备份与恢复技术工具，通过证书进行身份认证，非授权用户不能访问备份数据。

### 7.2.5 数据开放

数字孪生城市应支持数据开放，实现多要素场景交互，包括但不限于地形、行政区、建筑内外、水系、植被、管线管廊、地质、城市部件、建筑内外、交通设施、场地等要素及主要构件。数据开放的一般性要求包括：

- a) 功能要求，利用人工智能技术，通过集成丰富的机器学习、深度学习、时空 AI 算法组件实现数据智能。
- b) 服务方式，构建集数据处理、建模、离线预测、在线预测、数据挖掘和可视化知识反馈于一体的 AI 应用开发服务。
- c) 互通要求，提供轻量化消息、数据、API 等集成能力，支持多种数据源之间标准接口的灵活、快速数据集成，实现数据互连、服务路由。
- d) 应用服务，数据赋能系统的 API 网关实现统一对外数据服务，并提供数据请求管理、监报告警等功能，保障数据服务安全和稳定，向各业务系统提供数据和服务赋能。

## 7.3 模型层

### 7.3.1 BIM

数字孪生建筑信息模型针对物理建筑建立相对应的虚拟模型，建筑信息模型BIM的一般性要求包括：

建立虚拟的建筑工程三维模型，利用数字化技术，为这个模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库。描述建筑物构件的几何信息、专业属性及状态信息，还包含了非构件对象（如空间、运动行为）的状态信息。

### 7.3.2 CIM

城市信息模型CIM实现大场景到精细场景、二维/三维场景及静态/动态场景的表达，城市信息模型CIM的一般性要求包括：

实现对物理实体形状和规律的映射。承担着将地理、机理、数据三大模型融合的任务，实现从构建“静态映射的物理实体”到构建“动态协同的物理实体”的转变。形成支撑数字孪生的海量特征数据建模技术体系，形成全过程技术链。

### 7.3.3 主题场景建模

主题场景建模基于应用场景下地理学模型、物联网及三维模型的融合，实现城市应用场景下的精细化模拟，主题场景建模的一般性要求包括：

- a) 模型结构要求，由场景驱动的方式、结合城市基础信息模型、构建面向特定领域模型信息，通过定义对应领域基础信息模型结构数据，形成数据模型统一由数据开放平台提供接口。
- b) 场景实体关联，支持直接获取领域数据模型结构，通过数据挖掘、人工智能方式对数据模型构建数据图谱。
- c) 统一模型编码，利用空间模型标识定义编码自动融合构建面向主题的城市模型。
- d) 主体场景用于数字孪生城市建设中典型行业应用，包括但不限于以下应用：智慧工地、智慧安防、智慧能源、智慧交通、绿色生态、及城市管理等领域。

### 7.3.4 模拟仿真

模拟仿真利用多方案比选，实现数字孪生城市通用空间分析，模拟仿真的一般性要求包括：

- a) 具备多种创新交互体验方式。
- b) 场景具备多维实时推演、生成评估决策报告。
- c) 对推演结果高逼真仿真模拟。
- d) 丰富的模拟方案库管理。

### 7.3.5 混合推演

混合推演的一般性要求包括：以海量异构城市时空数据为数据源，基于业务CIM场景服务，采用物联网、大数据、空间地理信息集成、AR/MR、人工智能、量化城市、流体力学等技术，集成时空信息抽取的城市体征构建与认知系统、多规合一空间规划优化系统、混合现实交互系统及关键领域推演模型。

## 7.4 功能层

功能层结合人工智能、大数据等技术实现数字孪生体的描述、预测及智能决策等共性关键功能。包括但不限于如下功能：可视化交互、人机交互、孪生推演、反向操控等。

可视化交互、人机交互、反向操控等相关内容可参照T/ZGCSC 002-2022 数字孪生城市软件人机交互技术总体要求 5.2功能。

## 7.5 应用层

应用层面向智慧城市典型领域应用提供城市应用服务、公众应用服务、企业应用服务等，赋能政府用于优化社会治理，赋能各垂直行业用于增效产值，赋能公众服务体系。

智慧城市应用层相关内容可参照GB/T 36445-2018智慧城市 SOA标准应用指南。