

数字孪生城市成熟度研究报告

(2022 年)

中国信息通信研究院产业与规划研究所

苏州工业园区数字孪生创新坊

中国电子技术标准化研究院信息技术研究中心

2023年2月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院、苏州工业园区数字孪生创新坊、中国电子技术标准化研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院、苏州工业园区数字孪生创新坊、中国电子技术标准化研究院”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

党的二十大报告提出“打造宜居、韧性、智慧城市”。数字孪生城市是智慧城市发展的新高度和新方向，是数字技术在城市的综合集成应用，是未来城市提升长期竞争力、实现可持续发展的关键基础设施，也是吸引高端智力资源共同参与、持续迭代更新的城市级创新平台。我国《国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中明确提出“探索建设数字孪生城市”。

近年来，数字孪生城市项目建设数量和投资规模逐年攀升，但对于数字孪生城市平台能力和建设效果仍缺乏统一的评价模型和评估方法。因此，项目组联合苏州工业园区数字孪生创新坊专家和业界机构，经多次研讨，形成了数字孪生城市成熟度首份研究成果。

本报告围绕数字孪生城市成熟度的概念内涵、共性模型、评估对象和落地应用提出四大核心观点。

第一，明确了数字孪生城市成熟度模型的概念。成熟度是指研究对象与其最佳状态的相对水平，一般用等级或百分数表示。**数字孪生城市成熟度**是指某个时点数字孪生城市与其理想状态的相对水平，用等级表示。研究认为，数字孪生城市的理想状态是，在数字空间再造一个与物理城市匹配对应的数字城市，推动城市全要素数字化和虚拟化、全状态实时化和可视化、城市运行管理协同化智能化，实现物理城市与数字城市协同交互、平行运转^[2]。**数字孪生城市成熟度模型**（Digital Twin City Maturity Model）是用于评价数字孪生城市建设发展过程的方法论模型，包含数字孪生城市的评价维度和等级要求，为数字孪生城市评估评价提供参考。

第二，构建了“3+2”数字孪生城市成熟度模型，提出数字孪生城市评价的 5 大能力域和 5 等级特征。数字孪生城市成熟度评价应包含

5 大能力域，分别是“技术与平台、应用与场景、设施与数据”3 大内部能力域和“战略与人才、运营与安全”2 大外部能力域。同时，报告明确了数字孪生城市 L1-L5 级等级要求。数字孪生城市自低向高分别为起始级（外观孪生，实景呈现）、应用级（机理孪生，点状应用）、集成级（孪生互动，综合集成）、优化级（智能优化，动态推演）、引领级（虚实共生，创新引领）。

第三，明确了数字孪生城市成熟度的评估对象和评估方式。数字孪生城市成熟度模型的评估对象是数字孪生城市项目。项目既可以来源于城市级、园区级、街道级和部门级等需求单位，也可以来源于数字孪生行业企业等供给单位。目前，数字孪生城市成熟度可委托第三方机构评估。研究认为，数字孪生城市成熟度模型可以为数字孪生城市项目在建设前、建设中、建设后“三阶段”评估提供指引与参考，有助于促进数字孪生城市建设有序升级和长效运营。

第四，提出了“推动标准编制、征集评估试点、优化咨询服务、加强多方合作”四项工作展望。希望以数字孪生城市成熟度应用深化生态合作，促进数字孪生城市可持续发展。

同时，项目组以苏州工业园区为例，率先探索了数字孪生城市成熟度在苏州工业园区的应用。围绕苏州工业园区“哪些场景成熟，哪些场景优先建设”的问题，建立了苏州工业园区数字孪生场景项目优先级的评估方法，提出 10 大评价指标，初步对首批拟建场景项目进行了评分，并提出苏州工业园区数字孪生场景“急用先行，夯实基础；能力复用，迭代升级；强化实效，塑造品牌”的三阶段策略建议。

限于时间和能力所限，内容疏漏在所难免，烦请各界不吝指正。

目 录

一、 数字孪生城市的概念.....	1
二、 数字孪生城市成熟度模型的概念.....	1
（一）数字孪生城市成熟度模型研究的必要性.....	1
（二）数字孪生城市成熟度模型的内涵.....	2
（三）数字孪生城市成熟度模型适用范围.....	4
（四）数字孪生城市成熟度模型构建原则.....	7
三、 数字孪生城市成熟度等级划分.....	7
（一） 数字孪生城市成熟度等级划分的考虑.....	7
（二） 一级起始级（外观孪生，实景呈现）.....	10
（三） 二级应用级（机理孪生，点状应用）.....	10
（四） 三级集成级（孪生互动，综合集成）.....	11
（五） 四级优化级（智能优化，动态推演）.....	12
（六） 五级引领级（虚实共生，创新引领）.....	13
四、 数字孪生城市成熟度能力域和能力子域.....	14
（一）数字孪生城市设施与数据能力域.....	14
（二）数字孪生城市技术与平台能力域.....	18
（三）数字孪生城市应用与场景能力域.....	25
（四）数字孪生城市战略与人才能力域.....	28
（五）数字孪生城市运营与安全能力域.....	32
五、 数字孪生城市成熟度工作建议.....	37
（一） 推动标准编制，凝聚产学研多方共识.....	37
（二） 征集评估试点，推广高价值实践经验.....	37
（三） 优化咨询服务，支撑地方孪生城市有序升级.....	38
（四） 加强多方协作，完善数字孪生城市全链条服务.....	38
附件 1： 参考文献.....	39

图 目 录

图 1 “3+2”数字孪生城市成熟度模型 1.0.....4

图 2 数字孪生城市成熟度模型“三阶段”应用5

图 3 数字孪生城市成熟度等级.....7

表 目 录

表 1 数字孪生城市成熟度分级要求.....9

表 2 “设施与数据”的成熟度要求（特征描述）16

表 3 “技术与平台”的成熟度要求（特征描述）19

表 4 “应用与场景”的成熟度要求（特征描述）26

表 5 “战略与人才”的成熟度要求（特征描述）30

表 6 “运营与安全”的成熟度要求（特征描述）34

一、数字孪生城市的概念

数字孪生是通过在数字空间对物理世界进行建模，构建出物理世界的映像，利用数字感知、传输和智能技术对物理世界产生的海量数据进行分析，形成实时和智能化的洞察和决策，进一步反馈于物理世界，从而实现对物理世界的持续优化和科学决策。数字孪生目前在工业、建筑、城市中均有应用。

数字孪生城市是通过融合城市信息模型（City Information Model, CIM）、建筑信息模型（Building Information Model, BIM）、地理信息技术（Geographic Information System, GIS）、物联网（Internet of Things, IoT）、人工智能（Artificial Intelligence, AI）等信息技术，在数字空间中构建与物理城市一一映射的或抽象的、具有规律的数字孪生体，形成物理城市与数字城市的同生共存、虚实交融，在数字空间重现、诊断、验证、预测、控制现实空间的物理实体或过程，实现城市全要素数字化和虚拟化、城市状态实时化和可视化、城市管理决策协同化和智能化，其特征包括精准映射、虚实交互、软件定义、智能干预^[2]。数字孪生城市以定量与定性相结合的方式，建模分析、模拟仿真各维度的城市数据，让决策者更加直观、快速地了解城市运行状态及变化，辅助政府在智慧化建设中的科学决策，提升城市规划、治理、服务的质量和水平。

二、数字孪生城市成熟度模型的概念

（一）数字孪生城市成熟度模型研究的必要性

数字孪生城市成熟度共性模型亟需建立。当前，数字孪生城市项目数量和投资规模逐年攀升，但数字孪生城市项目评估评价仍缺乏统一模型和方法。从需求侧来看，由于缺乏统一评估模型，政府部门、

企业等需求方在评判数字孪生城市平台能力、投资估算、实施周期、可行路径、建设成效时面临一定的风险和困难，亟需从城市、园区整体出发，建立涵盖数据、技术、战略、人才、运营等多维度的数字孪生城市成熟度共性模型，为产品甄别、项目验收、优化升级提供参考。

从供给侧来看，数字孪生城市技术路线不一，产品形态多元，亟需对优秀项目进行等级评估和能力认证，构建产品区分度，促进模式总结和宣传推广。同时，亟需凝聚行业共识，形成统一的数字孪生城市等级模型，推动平台能力有序升级，助力数字孪生产业发展。

目前，产学研从孪生精度、场景深度出发提出了部分成熟度模型，如北京航空航天大学提出了六等级数字孪生成熟度模型，并应用于数字孪生机器人、数字孪生车间评价^[6]；工业 4.0 研究院从孪生“精度”出发提出了“数字孪生化水平”五等级模型^[11]，但尚未形成从城市、园区整体出发，针对数字孪生城市的成熟度共性模型。

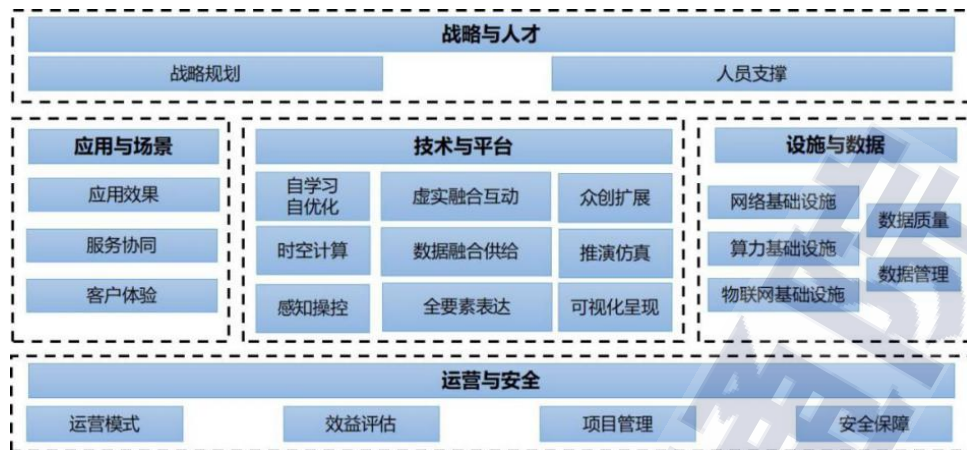
（二）数字孪生城市成熟度模型的内涵

成熟度模型是分级描述事物发展过程的一套方法论。成熟度是指研究对象与其最佳状态的相对水平，一般用等级或百分数表示。成熟度模型通常将事物的发展过程描述为几个有限的级别，每个级别有明确的特征和要求，体现了事物从一个层次到下一个层次层层递进、不断发展的过程。从国际来看，软件能力成熟度模型（Capability Maturity Model for Software, SW-CMM）、制造成熟度模型（Manufacturing Readiness Level, MRL）、智能电网能力成熟度模型（Smart Grid Maturity Model, SGMM）等模型已得到广泛应用。从国内来看，智能制造能力成熟度模型（Capability Maturity Model of Intelligent Manufacturing, CMMM）、数据管理能力成熟度模型（Data Management Capability Maturity Assessment Model, DCMM）等国家标准相继出台，

智慧城市成熟度模型（Smart City Maturity Model, SCMM）国家标准正在征求意见，为数字孪生城市成熟度模型研究提供了参考。

数字孪生城市成熟度是指某个时间节点数字孪生城市与其理想状态的相对水平，用等级表示。研究认为数字孪生城市的理想状态是，在数字空间再造一个与物理城市匹配对应的数字城市，推动城市全要素数字化和虚拟化、全状态实时化和可视化、城市运行管理协同化智能化，实现物理城市与数字城市协同交互、平行运转^[2]。**数字孪生城市成熟度模型**（Digital Twin City Maturity Model）是用于评价数字孪生城市与其理想状态相对水平的理论模型。模型包含数字孪生城市的评价维度和等级要求，为数字孪生城市评估评价提供参考。

经综合研究，**数字孪生城市成熟度模型**包含 5 大能力域和 23 个能力子域。能力域是某一组织针对要解决的特定问题开展的一系列实践。能力子域是包含在某一能力域中的可独立、有意义的一项实践。数字孪生城市能力域是建设主体提升数字孪生城市能力和效果开展的一系列实践，数字孪生城市能力子域是包含在某一能力域中的可独立、有意义的一项实践。研究认为，数字孪生城市成熟度模型包含 5 大能力域。5 大能力域呈现出“3+2”的架构，3 大内部能力域分别为技术与平台、应用与场景、设施与数据；2 大外部能力域分别为战略与人才、运营与安全。每个能力域包含若干能力子域，各能力域、能力子域的概念内涵和等级特征在第四章中展开描述。



来源：中国信息通信研究院

图 1 “3+2”数字孪生城市成熟度模型 1.0

（三）数字孪生城市成熟度模型适用范围

1. 适用对象

数字孪生城市成熟度模型的评估对象是数字孪生城市项目。数字孪生城市项目既可以来源于需求方（甲方），也可以来源于供给方（乙方）。从项目出发，模型能够为城市级、园区级、街道级和部门级等需求单位评估数字孪生城市项目的平台能力、建设效果、识别优势、诊断问题、优化升级提供参考。从整体出发，模型的等级划分能够为政府部门、园区管委会等需求单位评估数字孪生城市整体发展阶段、研提整体发展路径，提供方向指引。

2. 适用阶段

数字孪生城市成熟度模型具有“弹性拓展、注重实效”的特征，能够为建设前、建设中、建设后不同阶段开展数字孪生城市项目评估提供模型化参考。数字孪生城市成熟度模型作为共性模型，可根据不同区域发展特征和战略导向，定制化设计能力域和能力子域。同时，数字孪生城市成熟度模型可根据不同建设阶段，灵活调整指标权重，支撑数字孪生城市项目不同阶段的个性化评估。建设前，成熟度模型可

用于评估数字孪生城市项目的优先级，侧重对战略匹配度、需求迫切度、要素就绪度维度评估，促进高价值项目优先落地。建设中，成熟度模型有助于评估数字孪生城市重点项目的成熟度，侧重识别项目优劣势，推动项目建设逐步升级、迭代完善。建设后，成熟度模型可用于数字孪生城市成效度评估，侧重对孪生效果、服务协同、经济效益、社会效益等维度的评估，引导政企协同探索数据资产增值、平台运营增值等商业模式，持续拓展面向企业端、消费者端（B 端、C 端）的数字孪生服务，推动数字孪生城市长效化运营、可持续发展。



来源：中国信息通信研究院

图 2 数字孪生城市成熟度模型“三阶段”应用

3.适用层级

数字孪生城市成熟度模型能够为城市级、园区级、街道级、部门级等不同层级的数字孪生城市项目评价提供参考。城市级、园区级、街道级、部门级的数字孪生城市成熟度评价各有侧重。

城市级成熟度评价（如地级及以上城市）侧重软硬结合、全面衡量，不仅要考虑技术与平台、设施与数据、应用与场景的建设进展，更应从战略规划、人才组织、商业运营层面，考查机制创新的进展，引导数字孪生城市技术与机制双轮驱动，打造国内数字孪生城市标杆。如重庆市运用数字孪生技术，建成智能建造产业互联网平台，并出台

政策开展数字化建造和智慧工地试点。此类城市可侧重对试点项目数量、平台服务对象数量、政策覆盖范围等指标进行评估，引导打造国内数字孪生赋能智能建造的标杆城市。

园区级成熟度评价（如产业园区或区县级），侧重赋能产业、凸显特色。产业园区侧重以数字孪生技术促进场景应用、生态集聚和技术创新，如苏州工业园区汇集 20 余家数字孪生企业，明确提出“打造园区数字孪生城市治理模式”。此类园区可侧重对相关企业数量、数字孪生相关产业规模、降低人力物力消耗、提升治理效率等指标的进行评估，助力打造数字孪生场景示范区和产业聚集区。

街道级（如社区街道、商业圈、示范基地、总部基地等功能区）评价，侧重优化服务、强化功能。如上海国际时尚中心借助数字孪生技术，实现 13 万平方米历史保护建筑重现演变过程，开展虚拟集市、元宇宙时装周、元宇宙店铺消费等应用，打造数字孪生商圈样本。此类城市功能区可侧重对可视化呈现能力、孪生服务客群规模、元宇宙消费转化率、访问深度、总销售额增速等进行评估，推动数字孪生技术有效提升功能区核心功能，升级服务体验。

部门级（如某一政府部门建设的数字孪生项目、某一厂商研发的孪生城市项目等）评价，侧重局部突破、打造示范。此类部门级项目侧重数字孪生技术在某一行业领域的深入应用，或基于某一技术路线打造数字孪生平台，各地规自局、住建局、生态环境局、文旅局、水利局等部门均开展了良好探索。如某市规自局基于 GIS 技术路线，主导建设城市信息模型平台，支持多类 GIS 引擎和多源异构海量数据的接入、融合、管理、分析与服务发布，同时结合市文旅局的数字文保模型，为古城保护更新提供全要素数字化和空间模拟仿真能力。此类部门级某一项目或某一组项目的评估可侧重对数据融合深度、孪生模

型覆盖比例、空间计算精确度、平台共享程度等指标进行衡量，引导行业数字孪生应用的突破难点，打造数字孪生行业应用示范。

（四）数字孪生城市成熟度模型构建原则

基准可比。成熟度模型应能够为数字孪生城市项目评估提供统一评估维度和等级要求。

结合实际。成熟度能力域和能力子域的设置突出数字孪生城市精准映射、软件定义、虚实交互、智能干预的特征。成熟度模型具有延展性，可根据本地区发展总体特征和城市建设特定要求，定制化设计能力域和能力子域，调整能力域和能力子域评价权重。

突出重点。成熟度模型构建应重点反映城市战略规划、基础设施、数据资源、系统平台、人才供给等重点要素，避免贪大求全，要聚焦评估技术、资源、运营、安全等关键能力水平。

可持续发展。成熟度模型构建应引导城市建设水平迭代演进，推动数字孪生城市形成长效运营、可持续发展的模式。

三、数字孪生城市成熟度等级划分

（一）数字孪生城市成熟度等级划分的考虑



来源：中国信息通信研究院

图 3 数字孪生城市成熟度等级

数字孪生城市成熟度等级如图所示。成熟度等级规定了数字孪生城市在不同阶段应达到的水平。成熟度等级是逐级提升的，较高的成熟度等级要求涵盖了低于该成熟度等级的全部要求。同时，成熟度等级的划分可以为数字孪生城市的建设路径提供参考。

数字孪生城市建设一般呈现出以下进阶特点：一是静态数据汇聚，部分区域实现三维建模，达到外观化、可视化呈现；二是基于时空模型实现动静态数据融合，在某一领域内实现数字孪生应用；三是实现更大区域范围的时空数据治理，打造跨部门、跨领域数字孪生应用；四是实现智能决策、仿真预测、动态推演的深化场景应用；五是数字孪生城市实现普惠服务、虚实共生、迭代优化、赋能产业。结合数字孪生城市建设特点，借鉴国际软件能力成熟度五级模型和国家标准智慧城市成熟度模型，将数字孪生城市成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为：外观孪生、实景呈现；机理孪生、点状应用；孪生互动、综合集成；智能优化、动态推演；虚实共生，创新引领。

表 1 数字孪生城市成熟度分级要求

	L1起始级 (外观孪生, 实景呈现)	L2应用级 (机理孪生, 点状应用)	L3集成级 (孪生互动, 综合集成)	L4优化级 (智能优化, 动态推演)	L5引领级 (虚实共生, 创新引领)
设施与数据	- 网络基本实现全覆盖, 部署小规模感知终端。 - 具备人口、法人、地理信息等基础库, 建立初步的数据管理制度。	- 网络基本满足业务需要, 具备大中型数据中心, 并实现云服务, 大部分行业部署一定规模的感知终端。 - 具备较完善的数据管理制度。	- 初步实现秒级网络访问体验, 具备充足的云计算资源, 感知设施成规模部署。 - 城市多源头数据实现初步整合, 城市数据标准体系较为完善。	- 基本实现秒级响应的用户体验, 具备超大型数据中心。 - 多源数据围绕实体、事件等实现整合, 并对外提供接口。 - 具备较完善的数据安全流动管理能力。	- 基本实现毫秒级响应的用户体验。 - 满足智算、GPU算力调用。 - 数据资源实现按需调用, 数据要素安全有序高效流动。
应用与场景	- 实现城市二维地图呈现, 部分区域实现三维建模。 - 实现静态数据与时空模型的融合, 以静态化展现、外观化呈现为主。 - 部分业务实现数字化办理, 但尚未实现跨部门业务协同。	- 在规划、交通、水利、能源、建筑等某一领域, 实现数字孪生点状应用。 - 在领域内实现孪生模型参数化分解、实体化表达, 初步实现数据资源与业务机理的结合, 满足数据查询、业务管理、统计分析等需求。	数字孪生应用从看升级到管、用、防。实现多重信息流的预测和推演, 有跨行业应用落地, 孪生应用多点开花、使用频率较高。	- 建立常用数据分析模型库, 支持业务人员快速检索和分析。 - 实现业务数据与算法、模型的融合, 达到动态预警、趋势预报和辅助决策。	- 基本实现管辖区全域实景三维建模; - 基于数字孪生环境与海量案例库, 对AI模型进行训练和优化, 实现事态提前预判、应急预案优化、救援方案预演和人员疏散路线改进, 实现解决问题、以虚优实。
技术与平台	- 初步建成数字孪生平台, 实现基础地理数据接入、加载、空间计算能力。 - 平台满足政府内部需求, 能力和数据尚未对外开放。	- 基本建成数字孪生平台, 部分实体实现统一编码, 实现统计分析数据、工艺流程等在三维场景中融合展示。 - 平台支持政府在特定的行业与第三方共同开发数字孪生应用;	- 建成城市级数字孪生平台, 实现全域物联感知, 具备较多高精度物模型, 实现动态场景结构化数据驱动; - 实现部分场景开放, 政府、企业、市民共同参与数字孪生城市场景需求梳理和开发。	- 建成能力完备的数字孪生平台, 将地理数据、时空场景、社会数据、治理流程进行融合; - 具备时空分析、AI计算、动态推演能力、自主发现能力, 并给出智能决策、智能预测建议。	- 建成能力领先数字孪生平台, 建成数字孪生城市统一标识体系; - 具备完善的城市时空AI分析能力、复杂场景的实时动态推演仿真能力; 实现城市自动发现、智能决策、智能执行的运行闭环。
战略与人才	- 明确战略目标和建设范围, 未制定整体战略规划。 - 人员初步了解数字孪生知识。	制定数字孪生城市战略规划, 尚未开始实施; 具有管理人员和专业技术人员。	- 明确数字孪生城市统筹管理部门, 如领导小组、工作专班等。根据战略规划有序推进项目实施, 及时了解实施情况; - 形成复合型专业团队。	更新完善战略实施计划, 提出优化建议; 形成资深管理团队及复合型技术团队。	建立数字孪生城市政产学研合作生态; 建立数字孪生相关岗位量化绩效和奖惩制度。
运营与安全	尚未形成可持续运营模式, 运营成本 and 人力由政府承担。具备日常安全管理的能力。	建立了数字孪生城市运营的流程或规范, 具备监测和响应高风险威胁的能力。	执行相关标准及流程, 持续监控安全态势, 定期评估。	对运维流程开展持续改善, 利用数字技术改进和提升安全响应效率和速度。	数字孪生场景形成可独立运营、可持续发展的商业模式。

来源：中国信息通信研究院

（二）一级起始级（外观孪生，实景呈现）

“一级起始级”的总体特征是外观孪生、实景呈现，应符合以下要求：

a) **设施与数据：**网络基本实现全覆盖，具备中小型数据中心，部署小规模感知终端；具备人口、法人、地理信息等城市基础数据库；建立初步的数据管理制度和办法。

b) **技术与平台：**初步建成数字孪生平台，实现实体对象的静态呈现、属性可视；具备基础地理数据接入和加载能力；支持数据质量检查；具备基本的空间几何计算能力。平台满足政府内部需求，能力和数据尚未对外开放。

c) **应用与场景：**实现城市二维地图呈现，部分区域实现三维建模和可视化呈现，以静态化展现、外观化呈现为主。部分业务实现数字化办理，但尚未实现跨部门业务协同。

d) **战略与人才：**明确战略目标和建设范围，开始项目建设招商引资，未制定整体战略规划。人员具备基础的工作技能，了解或熟知数字孪生技术知识，未建立专业的管理和技术团队。

e) **运营与安全：**尚未形成可持续的数字孪生城市运营模式，运营成本 and 人力均由政府承担。开展信息化系统基本运维管理和安全管理工作。

（三）二级应用级（机理孪生，点状应用）

“二级应用级”的总体特征是机理孪生、点状应用，应符合以下要求：

a) **设施与数据：**网络基本满足业务需要，具备大中型数据中心，并实现云服务，具备初步智能计算能力，大部分行业部署一定规模的

感知终端；各行业部门主题数据库、业务数据库基础较好；具备较完善的数据管理制度。

b) 技术与平台：基本建成数字孪生平台，部分实体实现统一编码；实现环境渲染、静态场景可视化呈现，实现统计分析数据、工艺流程等在二三维场景中融合展示；支持设计类模型数据接入加载、建筑模型数据与基础地形数据融合和模型数据坐标转换；具备完善的空间几何计算能力，初步的空间数据分析、统计等功能。平台支持政府和企业合作共同搭建部分数字孪生应用。

c) 应用与场景：在规划、交通、水利、能源、建筑等某一领域，实现数字孪生技术的应用；实现静态数据、动态数据与时空模型、机理模型的融合，满足数据查询、业务管理、统计分析等需求。

d) 战略与人才：制定数字孪生城市战略规划，尚未开始实施建设；具有管理人员和专业技术人员，未形成专业团队。

e) 运营与安全：具备基本的运营能力，建立了数字孪生城市运营相关的流程或规范；基本建立正式的安全响应流程。

（四）三级集成级（孪生互动，综合集成）

“三级集成级”的总体特征是孪生互动、综合集成，应符合以下要求：

a) 设施与数据：初步实现秒级网络访问体验，具备充足的云计算资源，以及小规模的智能计算资源，感知设施成规模部署，城市多源头数据实现初步整合，并提供可用数据接口，城市数据标准体系较为完善。

b) 技术与平台：建成城市级数字孪生平台，实现全域物联感知，部分设备实现远程操控；实现动态场景及真实场景效果可视化呈现，支持高精度模型数据接入与加载；具备完善的空间数据分析、统计等

功能，并初步构建时空知识图谱。实现部分场景开放，政府、企业、市民共同参与数字孪生城市场景需求梳理和开发。

c) 应用与场景：在数字孪生场景中实现车流、人流、物流等多重信息流的模拟、仿真、预测和推演，有跨行业应用落地，孪生应用多点开花、使用频率较高。建成城市级或园区级一网统管、一网通办平台，实现跨部门数据统一共享、业务事件统一派单、应急救援统一指挥。

d) 战略与人才：明确数字孪生城市统筹管理部门，如领导小组、工作专班等，能够根据战略规划有序推进项目实施，及时了解实施情况；形成复合型专业团队，具备技术型和创新型人才。

e) 运营与安全：执行相关标准及流程，持续监控安全态势，根据数据定期评估、改进升级。

（五）四级优化级（智能优化，动态推演）

“四级优化级”的总体特征是智能优化、动态推演，应符合以下要求：

a) 设施与数据：基本实现秒级响应的用户体验，具备超大型数据中心，其中智能计算占云计算比重较大，城市各行业领域实时感知终端数据采集汇聚能力较强，多源数据围绕实体、事件等实现整合，并对外提供接口，具备较完善的数据安全流动管理能力。

b) 技术与平台：建成能力完备的数字孪生平台，将地理数据、时空场景、社会数据、治理流程进行融合，实现编码体系互联互通。具备时空分析、AI计算、动态推演能力、自主发现能力，并给出智能决策、智能预测建议。初步实现平台能力开放，运用隐私计算、安全沙箱、零代码等技术，在保证数据安全的前提下，吸引企业等多元主体参与数字孪生城市建设。

c) **应用与场景**: 建立常用数据分析模型库, 支持业务人员快速检索和分析, 实现业务数据与算法、模型的融合, 达到动态预警、趋势预报和辅助决策。充分借鉴行业最佳案例, 贯彻国家标准、行业标准等要求, 在城市管理、惠民服务、低碳发展等领域, 形成落地生效的数字孪生应用。

d) **战略与人才**: 更新完善战略实施计划, 提出优化建议; 形成资深管理团队及复合型技术团队。

e) **运营与安全**: 对运维流程开展持续改善, 利用数字技术改进和提升安全响应效率, 能够更大范围监测威胁来源。

（六）五级引领级（虚实共生，创新引领）

“五级引领级”的总体特征是虚实共生、创新引领, 应符合以下要求:

a) **设施与数据**: 基本实现毫秒级响应的用户体验, 具备城市超算中心, 满足智能计算、GPU计算等要求; 城市海量感知终端实现实时数据采集汇聚, 数据资源基本实现按需调用, 数据要素安全有序高效流动。

b) **技术与平台**: 建成能力领先的城市级数字孪生平台, 建成数字孪生城市统一标识体系; 具备完善的城市时空AI分析能力、复杂场景的实时动态推演仿真能力; 实现城市自动发现、智能决策、智能执行的运行闭环。数字孪生城市平台形成长效开放运营机制, 有效运用数据编织、零代码等技术, 满足城市众创拓展需求, 政府、企业、市民形成共建共享的数字孪生城市创新生态。

c) **应用与场景**: 基于数字孪生环境与海量案例库, 对AI模型进行训练和优化, 达到事态提前预报、问题实时预警和应急预案优化, 如实现救援方案改进、人员疏散路线优化等, 实现解决问题、以虚优实。

数字孪生在城市管理、惠民服务、低碳发展等领域实现良好应用，形成行业示范。

d) 战略与人才：完成全部项目建设，为城市智能治理、惠民服务、产业发展提供有效支撑，在业界成为行业标杆示范；建立起数字孪生城市政产学研用合作生态；建立数字孪生相关岗位的量化绩效评估指标和奖惩制度，实现人员的高效管理和调配。

e) 运营与安全：数字孪生场景应用形成可独立运营、可持续发展的商业模式，产生显著经济效益和社会效益，成为城市宜居发展、产业创新发展的重要驱动力。

四、数字孪生城市成熟度能力域和能力子域

根据数字孪生城市精准映射、软件定义、虚实交互、智能干预的特征，提出了评估数字孪生城市成熟度的 5 大能力域和 23 个能力子域。本章阐述能力域、能力子域的概念内涵和等级特征，为数字孪生城市成熟度的评估提供参考。

（一）数字孪生城市设施与数据能力域

1. 数字孪生城市设施与数据能力域内涵

数字孪生城市设施与数据能力域由网络基础设施、算力基础设施、物联网基础设施、数据质量（准备度）、数据管理（完善度）等 5 个能力子域组成。

网络基础设施主要体现为城市固定宽带速率水平、光纤到户网络覆盖水平、移动宽带速率水平等关键要素或指标。

算力基础设施主要体现为城市算力指数水平、GPU 智能算力占比情况等关键要素或指标。

物联网基础设施主要体现为智能终端接入数量、智能终端接入种

类量等关键要素或指标。

数据质量（准备度）主要体现为数据标准化水平、数据资源目录与共享开放水平等关键要素或指标。

数据管理（完善度）主要体现为数据资源种类及分布情况、数据资源全生命周期管理等关键要素或指标。

2.设施与数据成熟度分级特征描述

“设施与数据”能力域包含网络基础设施、算力基础设施、物联网基础设施、数据质量（准备度）、数据管理（完善度）等5个能力子域。各能力子域的等级要求见下表。

表 2“设施与数据”的成熟度要求（特征描述）

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
设施与数据	网络基础设施	网络覆盖率较高，但访问速度较慢	网络实现全覆盖，访问速度基本满足业务需要	网络访问速率基本达到百兆级，初步实现秒级响应的用户体验	网络访问速率达到百兆级以上，基本实现秒级响应的用户体验	网络基本达到千兆级，实现极速可达，毫秒级响应
	算力基础设施	具备中小型数据中心，及初步云计算服务能力	具备大中型数据中心，基本实现云计算服务，初步具备智能计算能力	具备大型数据中心及实现云计算服务，智能计算占云计算比重较小	具备超大型数据中心，智能计算占云计算比重较大，具备初步的 GPU 算力	具备城市超算中心，全面满足云计算、智能计算、GPU 计算等要求
	物联网基础设施	部分行业领域部署小规模感知终端	大部分行业领域部署一定规模的感知终端，但终端类型较单一	大部分行业领域部署较大规模感知终端，终端类型较多，具备较好的实时数据采集汇聚能力	城市各行业领域部署大规模的感知终端，终端类型较多，实时数据采集汇聚能力较强	城市各行业领域部署大量的多种类的感知终端，实时数据采集汇聚能力很强
	数据质量（准备度）	初步具备城市级人口、法人、时空地理	具备较好的城市级基础数据库，部门	数据资源围绕实体对象实现多源数据	数据资源围绕实体对象、业务流程等	数据资源基本实现按需调用，且可以

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
		信息等基础数据库	级主题数据库与业务数据库	整合，并提供便于调用的数据接口和服务接口	实现孪生整合，并提供调用接口和服务接口	根据知识规则实现孪生整合，可支撑自主决策推演
	数据管理（完善度）	具备初步的数据管理制度和办法，包括数据资源目录、共享目录等	具备较为完善的数据管理制度和办法； 具备初步的感知数据、时空数据等管理规范	具备完善的数据标准体系，包括数字孪生体目录、数字孪生体服务等； 具备初步的数据安全流动管理要求	具备完善的数字孪生体数据动态更新迭代的制度； 具备完善的数据安全流动管理要求	实现数据资源全生命周期管理； 针对数字孪生体，形成数据要素资产化制度，实现安全有序高效流动

来源：中国信息通信研究院

（二）数字孪生城市技术与平台能力域

1. 数字孪生城市技术与平台能力域内涵

数字孪生城市具有技术集成、数据融合、应用重塑等诸多优势。基于其技术架构，为实现对城市的远程监控、运行模拟、精确诊断、精准预测和智能控制，数字孪生城市应至少具备九大核心能力^[3]。一是**物联感知操控能力**，采集城市“脉搏”数据，反映城市实时运行状态。二是**全要素数字化表达能力**，构建城市语义信息模型，实现现实世界与数字世界一一映射。三是**可视化呈现能力**，渲染数字空间效果，是数字空间城市的“打开方式”。四是**数据融合供给能力**，有序治理数据资源，建立数据资源关系，促进数据资源高效开发利用。五是**空间分析计算能力**，呈现广域范围内万物三维空间精确关系，是模拟仿真的基础条件能力。六是**模拟仿真推演能力**，基于城市运行规律构建行业分析算法模型，数字空间提前推演运行效果。七是**虚实融合互动能力**，从数字空间观看实体空间情况和控制实体空间设施，通过实体空间设备随时进入孪生城市空间。八是**自学习自优化能力**，通过机器学习算法，预警城市发展问题，制定应对措施并持续优化。九是**众创扩展应用能力**，发挥公共服务平台属性，支撑行业应用持续创新。

2. 技术与平台成熟度分级特征描述

“技术与平台”能力域包含物联感知操控能力、全要素数字化表达能力、可视化呈现能力、数据融合供给能力、时空分析计算能力、模拟仿真推演能力、虚实融合互动能力、自学习自优化能力、众创扩展应用能力等9个能力子域。各能力子域的等级要求见下表。

表 3“技术与平台”的成熟度要求（特征描述）

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
技术与平台	物联感知操控能力	非实时感知，弱操控力： 1.特定协议与设备接入：支持特定感知协议和设备的接入，形成低频结构化数据 感知，以有线接入方式为主； 2.设备基础管理：支持物联感知设备的基础信息管理；仅支持单向感知数据流，无双向信息-控制数据流	实时感知、部分操控 1.实时感知：支持绝大部分物联感知协议和设备接入，实现海量信息的实时感知，感知设备的互联互通操作； 2.远程配置智能操控：可远程管理感知终端设备的属性；对部分物联感知执行器可形成反向智能控制；	全景感知、智能操控 1.全景感知：对城市运行状态的全方位、立体化智能感知和数据处理，支持城市态势的主题感知、面向空间分析的态势感知等，具有多信源的社会感知以及对数字世界的用户生成内容（UGC）态势感知力，例如：微信微博、点评、视频拍摄等； 2.智能交互操控：实现在线化的语音、语义智能交互控制		
	全要素数字化表示	1.非结构化几何模型	1.结构化几何模型：	1.语义化实体模型：	1.融合业务模型的实体模型：	

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
	达能力	对城市地、物等外观、位置、高度等属性构件非单体化模型，例如，基于建筑物的基底轮廓线直接生成模型，与地形图保持一致。不保证原始数据采集的真实性和现势性。 2.初步编码： 模型建立物理世界与虚拟世界的映射关系，部分城市主体具备可用于业务调度的编码。	对城市基础骨架、部件、设备等进行几何或属性建模，并进行单体化分割与材质贴图，例如，根据现场空间的 CAD 竣工图纸和外业采集的纹理信息精细建模。 2.真实影像贴图： 建模对于图纸和现状不一致的部分会进行现场核实修正，采用真实影像贴图。 3.私域编码： 支撑形成多尺度、分层次、带有私域编码	基于 IFC 或 CityGML 形成可体现不同领域数据与空间信息集成及互操作的语言化模型。可满足专题查询、空间分析和空间数据挖掘等结构化分析计算需求。模型初步具备预测未来一段时间的运行过程和状态能力。 2.互联互通的编码体系： 支持不同编码的实体数据之间调用操作。	城市 CIM 模型叠加行业知识与专业模型，描述城市经济、社会等专业机制机理，形成对城市运行、演化规律的描述； 2.统一编码体系。 形成规范、统一的城市级可互操作的编码体系。	

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
			的数字空间模型实体。			
	可视化呈现能力	静态场景渲染： 1.静态呈现： 应支持静态场景材质、纹理的呈现； 2.属性可视： 应支持业务属性在二三维场景中融合显示。	动态场景渲染： 1.动态呈现： 应支持动态场景可视化呈现； 如：水流、交通流等动态场景呈现； 2.流程可视： 应支持统计分析数据、工艺流程等在二三维场景中融合展示。	实景环境渲染： 1.实景呈现： 应支持真实场景呈现，支持模型细节厘米级还原； 2.特效呈现： 应支持基础气象、四季、24小时光影等环境下静态场景可视化呈现，支持粒子特效呈现； 如：晴、雨、雪等气象及爆炸、烟雾等粒子特效呈现。	参数化仿真渲染： 1.参数化渲染： 应支持基于 NeRF 等技术实现孪生对象照片级渲染呈现；应支持不同视距下场景渲染流畅、连贯、平滑呈现， 2.逻辑编辑： 支持业务逻辑可视化编辑。	沉浸式实时渲染： 1.实时动态渲染： 应支持不同视距下场景渲染流畅、连贯、平滑呈现； 2.精细渲染： 支持精细真实场景效果可视化呈现。 如：PBR 材质、毛发等效果呈现。

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
				3.数据可视： 应支持感知类、动态检测类数据在二三维场景中融合展示。		
	数据融合供给能力	同源同构数据融合： 1.测绘模型加载： 支持基础测绘类模型数据接入加载； 2.对象编码关联： 支持通过标识编码将对象属性与要素进行关联； 3.数据质量检查： 应支持数据质量检查；	多源同构数据融合： 1.设计模型加载： 支持设计类模型数据接入加载； 2.物联网数据融合： 支持物联网数据与空间模型融合。	同源异构数据融合： 1.建筑模型关联： 支持建筑模型数据与基础地形数据融合； 2.模型坐标转换： 支持模型数据坐标转换； 3.高精模型加载： 支持高精度模型数据接入与加载，支持实时动态数据的接入	多源异构数据融合： 1.业务数据融合： 应支持业务数据与空间信息模型、建筑信息模型、物模型等融合； 2.逻辑关系关联： 应支持实体对象间空间关系、从属关系、业务逻辑等关系的构建； 3.数据实时治理： 应支持海量数据实时、流畅预处理。	

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
				与加载； 4.数据自动治理： 应支持重复数据自动处理、不完整数据修复与错误自动纠正。		
	时空分析计算能力	具备基本的空间几何计算能力	具备完善的空间几何计算能力，初步的空间数据分析、统计等功能	具备完善的空间数据分析、统计等功能，并初步构建时空知识图谱	基于时空知识图谱，具备初步的时空 AI 分析计算能力	具备完善的城市时空 AI 分析能力
	模拟仿真推演能力	—	具备自然环境动态变化仿真能力	具备自然环境和流工程工艺的模拟仿真能力	具备简单场景的动态推演仿真能力	具备复杂场景的实时动态推演仿真能力
	虚实融合互动能力	—	视频挂接： 应支持视频流接入，以悬浮窗口形式在三维模型	虚实结合： 应支持同一空间场景中多路视频的叠加，支持通	虚实融合： 应支持视频与三维空间场景的融合，视频画面跟	虚实交互： 应支持视频画面随三维场景的视角变换进行仿

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
			中显示。	过 AR 等方式完成虚拟场景中距离、面积等的量算。	随空间视角进行缩放、拖拽等操作；支持通过 AR 等方式对摄像头设备进行远程控制；	射变换；支持通过语音、手势等方式实现对融合场景内容进行编辑。
	自学习自优化能力	-	-	具备基于 AI 的自动发现能力，并在平台上智能报警	具备智能发现能力，并给出智能决策、智能预测建议	形成自动发现、智能决策、智能执行的运行体系
	众创扩展应用能力	政府独建： 政府自建数字孪生城市平台满足政府内部关于城市运营管理的数字孪生建设需求，能力和数据无法对外开放。	政企共建： 政府邀请企业群体建设和运营数字孪生城市平台和场景，通过签定协议保障城市孪生体数据安全。	场景开放： 政府邀请企业与市民共提数字孪生城市场景建设需求，并通过揭榜挂帅等方式吸引更多企业参与建设，形成数字孪生城市与数字经济联动发展。	能力开放： 政府运用隐私计算、安全沙箱等技术，通过强化低代码能力，在保证数据安全的同时，将场景需求和数据向社会开放，吸引企业参与孪生城市建设。	众创生态： 数字孪生城市平台形成长效运营机制。运用数据编织和场景零代码构建技术，政府、企业、市民形成共创共享的数字孪生城市建设生态。

来源：中国信息通信研究院

（三）数字孪生城市应用与场景能力域

1. 数字孪生城市应用与场景能力域内涵

应用与场景是数字孪生城市的活力之源。“应用与场景”能力域包含应用效果、服务协同、客户体验 3 个能力子域。

应用效果主要从静态数据、动态数据与时空模型融合程度、数据分析深度、数字应用对物理实体、物理空间的影响效果等维度进行评估。

服务协同主要从业务流数字化跟踪、事件自动派单、统一指挥、方案自动改进等方面，评估业务协同的成熟度。实现服务协同化、自动化、高效化是数字孪生应用的重要目标。

客户体验将从满意度评价机制、客户反馈闭环管理、主动推送服务、定制化服务、AI 智能服务等维度，评估客户服务体验能力子域的成熟度。提升政府、企业、市民等客户群服务体验是数字孪生应用的价值所在。

2. 应用与场景成熟度分级特征描述

“应用与场景”能力域包含应用效果、服务协同、客户体验等 3 个能力子域。各能力子域的等级要求见下表。

表 4“应用与场景”的成熟度要求（特征描述）

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
应用与场景	应用效果	以虚仿实： 实现城市二维地图呈现，部分区域实现三维建模。实现静态数据与时空模型的融合，以静态化展现、外观化呈现为主。	以虚映实： 在规划、交通、水利、能源、建筑等某一领域，实现点状应用。 在领域内实现孪生模型参数化分解、实体化表达，初步实现数据资源与业务机理的结合，满足数据查询、业务管理、统计分析等需求。	以虚控实： 实现静态数据、动态数据与时空模型的融合，实现车流、人流、物流等多重信息流场景的模拟、仿真、推演等，有跨行业应用落地，孪生应用多点开花、使用频率较高。	以虚预实： 建立常用数据分析模型库，支持业务人员快速检索和分析。实现业务数据与智能算法、模型的融合，达到动态预警、趋势预报和辅助决策。如：实现客流预警预测、设备轨迹优化等应用。	虚实共生： 基于数字孪生环境与海量案例库，对AI 模型进行训练和优化，实现解决问题、以虚优实。如：实现事态提前预判、应急预案优化、救援方案预演和人员疏散路线改进等应用。
	服务协同	“孤岛式”业务： 应实现部分业务数	线上办理： 应基本实现业务全	一网统管： 应构建综合集成的	自动改进： 应基于 AI 模型实现	行业示范： 围绕各层级、各行

		字化办理，但仍是“孤岛式”业务，未实现跨部门协同。	程网办，部分业务实现跨部门数据共享，有效缩短审批时间、服务周期，部分业务实现不见面办理。	一网统管、一网通办平台，实现跨部门业务自动派单、统一指挥、资源统一调配。	业务派单机制、处理方案、应急预案的自动改进和优化，派单效率和处置效率显著提高。	业治理场景和需求，形成虚实互动、协同联动的行业示范。
	客户体验	使用手册： 应提供纸质版或电子版客户使用手册，对二维地图、三维地图、可视化呈现重点阐述。	评价反馈： 应建立面向政企民全体客户群的线上反馈平台，建立满意度评价机制。 应通过数字化平台对客户评价信息进行统计，反馈给政企等服务提供商。	主动推送： 应基于数字孪生平台，提供位置关联、实时在线的客户服务。 应建立客户服务信息数据库和客户服务知识库，实现客户服务主动推送和综合集成。	个性定制： 应实现面向政府、企业、市民客户的精细化管理，采用AI 客服、语音互动等技术，实现个性化、定制化服务。	普惠孪生： 应面向政府部门、企业、市民提供虚实互动、界面友好、操作便捷的孪生服务。如：元宇宙会客厅、VR/AR 应用等。 应具备适老化和无障碍服务模块，实现普惠共享的数字孪生服务。

来源：中国信息通信研究院

（四）数字孪生城市战略与人才能力域

1. 数字孪生城市战略与人才能力域内涵

数字孪生城市建设成效高低，取决于战略与人才的支撑。

数字孪生城市的战略规划、顶层设计等战略政策制定将优化城市的政策支撑环境，推动数字孪生城市规范、有序、健康发展。战略规划要素涵盖城市经济社会目标、数字化战略、规划、实施方案、行动计划等，以及促进数字孪生相关产业发展的鼓励支持政策与激励机制。

数字孪生城市建设，需要协同创新的多学科多层次人才队伍。在现有智慧城市、数字项目实施团队基础上，基于城市统一时空框架，要吸引城市规划师、私营技术公司、高校模型算法设计师、市民等参与共建共享。汇聚产学研多方人才共同参与，挖掘分析城市发展内在规律，宣传和推广数字孪生城市理念和行业实践，帮助城市运营者、城市管理者提高专业化治理的效率和效果。

数字孪生城市战略与人才能力域由**战略规划、人才支撑**2个能力子域组成。

战略规划主要从规划制定、规划实施、任务分工、进展跟踪、规划改进等维度进行评估，考察规划的科学性、前瞻性和可操作性，以及规划实施的有序性和成效度。

人才支撑主要从岗位设置、团队组建、团队能力、人才素养、绩效考核、人才培养等维度进行评估，考察是否明确数字孪生城市项目建设岗位、设置首席数据官或组建复合型人才团队；考察是否持续开展数字孪生的人才培训，以及是否开展数字孪生工作的绩效评估等情况。

2.战略与人才成熟度分级特征描述

“战略与人才”能力域包含战略规划、人才支撑等2个能力子域。
各能力子域的等级要求见下表。

表 5“战略与人才”的成熟度要求（特征描述）

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
战略与人才	战略规划	初始级: 1.确定战略目标和建设范围。 2.对项目建设所需要的资源进行招商引资。	计划实施级: 1.制定数字孪生城市建设的组织架构、技术架构、资源投入、人员配备等具体战略规划，明确建设项目优先级。 2.明确各任务的责任部门、负责人和具体职责。	阶段推进级: 1.明确数字孪生城市的统筹管理机构，如领导小组、工作专班等。 2.根据战略规划实施建设，跟踪评估各项任务的实施情况。 3.结合实际情况及时更新工作实施计划。	持续优化级: 1.对战略规划实施进展情况进行分析。 2.制定战略优化路线图，提出优化建议。 3.更新项目实施计划，使战略规划持续完善改进。	标杆示范级: 1.项目建设全部完成。 2.数字孪生城市建设为城市的自动监控、信息采集、数据分析处理、科学决策反应提供有效支撑。 3.在业界成为行业标杆示范。
	人才支撑	初级: 1.明确数字孪生城市项目建设岗位、职责以及能力。	中级: 1.具有数字孪生城市项目统筹能力的管理人员	高级: 1.推行首席数据官制，形成专业的管理团队，负责组织协调各项工作	资深级: 1.形成成熟的首席数据官团队，熟悉项目建设的各个环节	引领级: 1.建立适用于相关岗位人员的量化绩效评估指标，并发布考核结果，评估相

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
		2.人员具备基础的工作技能，了解或熟知数字孪生技术知识，未建立专业的管理和技术团队 3.培养或者引进数字孪生领域专业型、创新型人才。	2.具有掌握IT基础、地理信息与测绘、BIM、建模仿真等技术的人员 3.制定适宜的数字孪生人才培养体系，及时有效地使员工获取新的技能。	2.具有创新管理机制，持续开展数字孪生相关技术创新和管理创新 3.建立数字孪生知识体系，定期进行培训和经验分享，不断提高员工能力。	和流程，及时调整优化人员队伍 2.建立复合型的技术团队，形成成熟的技术和创新型人员团队。 3.人员团队能落实、执行相关岗位职责，并出色完成任务。	关人员的岗位绩效，建立对相关人员的奖惩制度。 2.建立人才管理平台，实现人员的高效管理和调配。

来源：中国信息通信研究院

（五）数字孪生城市运营与安全能力域

1. 数字孪生城市运营与安全能力域内涵

运营与安全是数字孪生城市可持续发展的保障。当前，数字孪生城市项目的投资模式、运营机制和商业模式仍有较大探索空间。据中国信息通信研究院调研统计，当前 66.7% 的数字孪生城市项目由政府投资建设，尚未形成可持续运营的商业模式。要积极推动将数字孪生模型作为云服务发布，持续挖掘人机互动、增强现实等增值服务，推动数字孪生城市形成风险共担、利益共享发展格局。

同时，数字孪生城市建设覆盖云、网、端整个技术生态体系，数据汇聚与技术集成规模显著提升，网络安全和数据安全的重要性更加突出。在技术应用方面，数字孪生城市融合应用多项前沿技术，部分技术应用尚不成熟，面临一定的安全风险。在数据汇聚方面，数字孪生数据点多面广、集中程度高，数据安全、个人隐私保护面临挑战。数字孪生城市的建设过程中，要坚持安全和发展双轮驱动，将数据安全理念贯穿到城市规划、建设、运营、维护和使用各个环节。

数字孪生城市运营与安全能力域由**运营模式、效益评估、项目管理、安全保障**4 个能力子域组成。

运营模式是构建数字孪生项目可持续发展的关键，主要包括系统运维、设备运营、平台运营、算法运营、数字资产运营等要素或指标。

效益评估以带动招商引资、赋能本地数字孪生产业发展的角度，评估数字孪生城市项目效果，主要包括质量验收、经济社会效益、生态效益、多维评估迭代优化等要素或指标。

项目管理重点考察在数字孪生城市项目建设中采用全过程管理方式，合理使用人力、物力、财力，有效进行项目进度、质量、成本的优化改进，取得较好的投资效益和社会效益，主要包括进度管理、

成本管理、改进提升等要素或指标。

安全保障贯穿到规划、建设、运营、维护和使用各个环节，主要包括重点领域、分级分类、主动发现、超前布局等要素或指标。

2.运营与安全成熟度分级特征描述

“运营与安全”能力域包含运营模式、效益评估、安全保障等3个能力子域。各能力子域的等级要求见下表。

表 6“运营与安全”的成熟度要求（特征描述）

能力域	能力子域	一级特征	二级特征	三级特征	四级特征	五级特征
运营与安全	运营模式	传统系统运维为主：数字孪生平台实现传统的系统运营维护，但尚未实现数据运营和个性化服务。	数字孪生采集设备及部分数据运营：针对城市级部署的传感器、摄像头等硬件设备和智能终端，实现多主体共享，一次采集，多路使用。开展简单的数据运营，初步对数据资源进行分类管理，如将数据资源划分为公开、内部、敏感级别进行运营管理。	数字孪生平台运营：政府及机构运营数字孪生平台（或城市信息模型平台等），面向政府部门提供服务，按数字孪生平台API调用次数、数字孪生基础模型个性化定制服务等，按需付费。	数字孪生平台运营：政府监督管理平台，通过SaaS服务、定制化部署等方式，在数 据合规安全的前提下，面向行业企业提供数字孪生开发环境、示例文件、数据模型等服务。	数字孪生模型等数字资产运营：形成数字孪生数据资产，开展资产化运营探索，面向政府部门、企业提供安全合规的模型共享、数据管理、定制化开发等服务。通过区块链、隐私计算等多种方式对外提供模型服务。
	效益评估	质量验收：	经济社会效益：	生态效益：	迭代优化：	

		对数字孪生城市项目，进行验收，监督供应商完成项目计划规定范围内各项工作，达到交付要求。	建立数字孪生城市成效度指标体系，从服务周期缩短、节约投资成本、带动产业投资等维度，量化评估数字孪生城市的经济效益和社会效益。	评估数字孪生城市建设的生态机制和生态效益，如建立开放互联合作模式、促进产业链招商、形成多方协作生态、促进技术突破等。	全面开展数字孪生城市多维度评估，并根据评估结果，制订改进措施，形成PDCA闭环改进措施，持续优化数字孪生城市建设，形成以评促管、以评促建的发展模式。	
	项目管理	管理粗略： 1.数字孪生城市项目有基本的项目进度计划，但计划粗略，未采用进度优化工具。 2.部分数字孪生城市项目的造价管理中存在随意性与随机	管理细化： 1.对数字孪生城市项目中重点子系统和模块有详细时间计划，采用工作清单和工作分解结构等初步工具。 2.借鉴相关造价经验，为数字孪生城市	逐步科学： 1.采用多种进度计划的工具和技术，如甘特图、项目管理软件等，能够有效控制进度。 2.形成数字孪生城市相关项目造价指标，对各项指标能	初步具备全过程管理理念： 1.由专业单位负责项目全过程管理，建立多方协同、分工明确的项目管理推进机制。采用优化资源配置、信息化平台管理	形成管理方法论，标杆推广： 1.采用全过程管理方式，通过评估反馈、总结经验，实现项目质量、进度、成本等方面优化提升。 2.形成数字孪生城市项目全过程管理的

		性，缺少统一的管理方法和制度，实际造价与投资目标差距较大。	项目各阶段细化确定造价指标，如成品软件购置费、定制软件购置费、数据治理费等，但尚未形成统一标准。	够科学评分、有效管理。	等多种手段，进行进度优化。 2.能够参考类似数字孪生工程项目，优化项目成本，实现提质增效。	方法论和工具包，能够落地应用、示范推广。
	安全保障	初步建立、分散的安全防护： 城市或园区参照GB/T 22080-2016 和GB/T 37971-2019 建立初步安全管理体系，具有一定人员资金保障；各信息化系统和数据资源处于分散的安全防护。	重点领域的防护： 具有整体安全态势分析和安全风险管控能力。 对重点数据资源建立了访问控制、数据加密、数据脱敏等安全管理和控制措施。	分级分类： 具备网络安全的监测预警、应急响应、备份恢复能力。 建立数据分级达标或数据资产管理工具，实现对数据全生命周期安全防护。	主动发现： 能快速分析安全威胁、处置安全事件、主动安全处置发现潜在安全威胁。 对动态的个人隐私数据、法人敏感数据等敏感数据进行自主识别、智能保护。	适度超前： 适度超前布局智慧城市安全保障措施。 持续评估数据安全 管理执行效果，持续优化规范和要求。

来源：中国信息通信研究院

五、数字孪生城市成熟度工作建议

当前，开展数字孪生城市成熟度评价在政产学研界正逐步形成共识，但数字孪生城市成熟度分类分级评估方法仍需深化、落地应用进程仍需加快、成熟度模型咨询服务与生态体系仍需加强。未来，可从**推动标准编制、征集评估试点、优化咨询服务、加强生态合作**等四个方面发力，推动成熟度模型落地应用，促进数字孪生城市建设有序升级、可持续发展。

（一）推动标准编制，凝聚产学研多方共识

分阶段推进数字孪生城市成熟度标准制定，凝聚形成产学研多方共识。近期，参考智慧城市成熟度模型（征求意见稿）等行业标准，以模型构建为重点，进一步深化数字孪生成熟度评价维度和等级划分，并依托中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会、全国信息技术标准化技术委员会等各类标准化平台，加快推动一批团体标准、行业标准及国家标准的编制。远期，以落地应用为重点，提炼共性评估方法、评估细则和实施指南，加强与龙头企业、行业协会、区域政府等单位合作，以成熟度标准引领，支撑数字孪生城市规范化建设、系统化升级。

（二）征集评估试点，推广高价值实践经验

广泛征集数字孪生城市成熟度评估试点，总结推广数字孪生城市先进经验。以数字孪生城市项目为抓手，分级分类征集一批数字孪生城市成熟度试点项目，率先对具有一定基础、成效初显的数字孪生城市项目或数字孪生园区项目进行评估评价。依托全球数字孪生城市合作项目、行业协会等平台，孵化数字孪生城市最佳实践，面向全球推广高价值、可复制的数字孪生城市建设经验。

（三）优化咨询服务，支撑地方孪生城市有序升级

以成熟度评估丰富数字孪生城市咨询服务，支撑地方数字孪生城市有序升级。鼓励支持苏州工业园区、上海临港新区等数字孪生城市先行区开展成熟度第三方评估，帮助地方政府明晰当前数字孪生城市建设的能力优劣势，研判数字孪生城市项目的建设等级，明确建设效果，为数字孪生城市发展方向提供指引，为数字孪生城市项目迭代升级提供参考。

（四）加强多方协作，完善数字孪生城市全链条服务

强化政产学研用多方合作，探索数字孪生城市规划、测评、培训全链条服务。不断完善数字孪生城市成熟度服务机制，联合专业水平高、技术能力强、市场服务优的机构，共同开展数字孪生城市评估工作，探索数字孪生城市规划咨询、等级评估、测评认证、改造实施等多类型的服务模式。针对日益增长的数字孪生人才需求，联合高校科研院所和数字孪生标杆企业，构建层次多样、虚实互动的培训体系，打造数字孪生技术、产业、成熟度等系列课程，赋能各地数字孪生城市规划、建设和发展。

附件 1：参考文献

- [1] NASA. Technology Readiness Level[Z/OL]. (2012-10-01) [2022-06-20].
https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level
- [2] 中国信息通信研究院《数字孪生城市研究报告（2018 年）》
- [3] 中国信息通信研究院《数字孪生城市研究报告（2019 年）》
- [4] 中国信息通信研究院《数字孪生城市白皮书（2020 年）》
- [5] 中国信息通信研究院《数字孪生城市白皮书（2021 年）》
- [6] 陶飞, 张辰源, 戚庆林, 张贺. 数字孪生成熟度模型[J]. 计算机集成制造系统. 2022. 28(5): 1267-1281.
- [7] 张雪玲, 张延慧, 刘加坤, 等. 基于数字孪生的供应链数字化成熟度模型研究[J]. 中国市场, 2022(14):4.
- [8] 韦晓丽. 基于 CMM 的精益生产成熟度模型研究[J]. 现代商业, 2022(9):4.
- [9] 吉 峰, 程贵晴, 贾学迪. 基于"数字化, 网络化, 智能化"三个基本范式的智能制成熟度模型构建研究[J]. 现代管理, 2021, 11(7):13.
- [10] 中华人民共和国工业和信息化部. 智能制造能力成熟度模型. GB/T 39116-2020[S]. 2020.
- [11] 工业 4.0 研究院. 数字孪生体报告[M]. 北京, 2021.
- [12] 五一视界数字孪生科技股份有限公司. 数字孪生场景标准分级 L1-L5, 历经四年迎来重磅升级 [Z/OL]. (2022-05-23) [2022-06-20].
https://www.51aes.com/news_detail/471.html
- [13] Software Engineering Institute. Smart Grid Maturity Model 1.2. America, 2011.
- [14] 于秀明, 郭楠, 王程安, 等. 智能制造能力成熟度模型研究[J]. 信息技术与标准化, 2016, 05(v.22):40-43.
- [15] 高亮, 吉敏, 杨敬辉. 中小企业智能制造能力成熟度模型[J]. 科技管理研究, 2022, 42(6):7.
- [16] 尹翠芝, 文瑛. 基于成熟度模型的智能制造能力评价研究[J]. 商场现代化, 2021(19):3.
- [17] 陶飞, 刘蔚然, 张萌, 等. 数字孪生五维模型及十大领域应用[J]. 计算机

集成制造系统,2019,25(1):1-18.

[18] 陶飞, 刘蔚然, 刘检华, 等. 数字孪生及其应用探索[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(01):4-21.

[19] 李欣, 刘秀, 万欣欣. 数字孪生应用及安全发展综述[J]. 系统仿真学报, 2019, 031(003):385-392.

[20] 张新长, 李少英, 周启鸣, 孙颖. 建设数字孪生城市的逻辑与创新思考[J]. 测绘科学, 2021, 46(03):147-152+168.

[21] 宋成琳. 《智能制造能力成熟度模型》国家标准在企业自评估的应用研究[J]. 中国设备工程, 2021(22):2.

[22] 刘文, 邵泽华, 李赟, 等. 智慧城市成熟度模型及评估方法研究[J]. 信息技术与标准化, 2020(7):5.

[23] 刘文, 邵泽华, 李赟, 张红卫, 梁永增. 智慧城市成熟度模型及评估方法研究[J]. 信息技术与标准化, 2020(07):17-21.

中国信息通信研究院 产业与规划研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-83473001-603939

传真：010-83473001-603939

网址：www.caict.ac.cn

