

数字孪生城市白皮书



中国信息通信研究院
中国互联网协会
中国通信标准化协会
2021年12月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院、中国互联网协会和中国通信标准化协会，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院、中国互联网协会和中国通信标准化协会”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。



编制说明

数字孪生城市已成为新型智慧城市建设的主流模式，几年来中国信息通信研究院一直牵头联合产业界开展研究，从概念向方案不断推进，目前已是第四次发布数字孪生城市白皮书，持续引领行业发展。2021 年生态建设取得进展，在中国互联网协会成立了数字孪生技术应用工作委员会，在中国通信标准化委员会成立了数字孪生标准子组，本次白皮书凝聚了更广泛的产业资源和各领域的智慧贡献，在此一并致以衷心的感谢。由于数字孪生城市理论的创新性和技术的复杂性，研究仍在探索之中，不足之处请各界多提宝贵意见和建议。

参编单位：中国电子技术标准化研究院、北京航空航天大学、中国电信集团有限公司、阿里云计算有限公司、华为技术有限公司、京东科技集团、泰瑞数创科技（北京）有限公司、北京优诺科技有限公司、北京五一视界数字孪生科技股份有限公司、北京超图软件股份有限公司、软通智慧科技有限公司、北京飞渡科技有限公司、上海李数科技有限公司、北京睿呈时代信息科技有限公司、北京数字冰雹信息技术有限公司、盈嘉互联（北京）科技有限公司、亚信科技（中国）有限公司、北京大学时空大数据协同创新中心、南京紫金山智慧城市研究院有限公司、上海维智卓新信息科技有限公司、雄安雄创数字技术有限公司、中国通信建设集团有限公司、新疆国际陆港物联信息科技有限公司、讯飞智元信息科技有限公司、苍穹数码技术股份有限公司、中关村智慧城市产业技术创新战略联盟等

前 言

2021年10月，习总书记在主持中共中央政治局关于推动我国数字经济健康发展的集体学习中指出，要“把握数字经济发展规律与趋势”“不断做强做优做大我国数字经济”。城市是经济社会发展重要承载空间，数字孪生城市是发展和带动数字经济的重要载体，助力城市以数字化为引领，推动城市规划建设治理服务整体性转变、全方位赋能、革命性重塑。《国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要和2035年远景目标》明确提出“以数字化助推城乡发展和治理模式创新，全面提高运行效率和宜居度”，要“探索建设数字孪生城市”。在先后经历2017-2018年的概念培育期、2019年的技术方案架构期、2020年的应用场景试点期后，数字孪生城市迎来“整体性落地建设”探索期。是未来城市形态演变的重要方向。

在政产学研用协同推进下，数字孪生城市发展呈现良好态势，面临的问题与挑战也更加突出，标准引领、应用驱动的发展方向逐步明晰。

一是数字孪生城市共识逐渐形成。近年来，随着数字孪生城市的发展兴起，城市信息模型、实景三维城市、物模型、城市仿真等相关概念与技术得以加速发展，同时也出现了技术交织带来的概念混淆问题。从发展重心来看，几个领域各有侧重，均不全面，可共同构成数字孪生城市全部能力。实景三维城市注重实体测绘与底图服务，兼具建模、感知等功能；城市信息模型注重建筑建模与城市要素管理，兼容地理信息、物联网等功能；物模型注重感知设备的语义建模，突出属性与模型的结合表达；城市仿真注重在数字空间基于算法与数据的

模拟推演，兼具建模、交互等能力。业界普遍认为，各条技术路线最终都将走向数字孪生城市，应综合以上各领域的突出技术优势，集地理信息、物联感知、信息模型、算法仿真、虚实交互等技术能力于一体，支撑构建未来城市发展新形态。

二是数字孪生城市发展呈现协同推进态势。数字孪生城市支持政策相继出台、产业组团发展态势明显、标准规范起步制定、应用需求逐渐明朗、学术成果快速增长。从数字孪生城市主要涉及领域看，物模型标准兴起，推动城市感知设施孪生互通互认；空间地理信息进入新型基础测绘阶段，有力支撑孪生底座构建；城市信息模型市场活跃，模型数据深度融合有望实现；城市跨学科仿真、云化仿真推进步伐加快；虚实交互呈现出供给侧低代码构建、需求侧跨终端智能体验的发展态势。

三是进入探索建设期后，标准规范与应用场景将成数字孪生城市驱动之双轮。在标准方面，应围绕地理信息、物联感知、信息模型、城市仿真、交互控制五大技术体系的集成与互通，加强布局研究，聚焦总体谋划、建设推进、后期运营三环节全过程的痛点堵点，形成包含总体、数据、技术/平台/设施、应用场景、安全、运行等要素的标准体系，区分轻重缓急有节奏地编制关键标准的。在应用方面，应进一步体现时代特征与问题导向，发挥数字孪生技术精准映射、虚实互动、智能操控等特点优势，瞄准疫情防控、绿色双碳、安全应急等高契合度高价值应用场景，创新应用模式，提高应用粘性，推动面向政府（ToG）向面向企业（ToB）和面向个人（ToC）转变，建立应用

成效倒逼机制，避免拈轻怕重、过度建设、重复建设等智慧城市建设问题重现。

最后，直面诸多现实挑战，亟需政产学研用进一步加强协作与创新，通过开展全过程咨询、加强全链条协作、严控全过程交付、优化高质量供给、营造全生态环境等具体举措，高质量推进数字孪生城市落地实践。



目 录

一、发展态势：数字孪生加速推进智慧城市建设升级.....	1
（一）国家政策高位推动，多省市加快启动建设试点.....	1
（二）标准制定全面提速，标准化组织亟待加强协作.....	3
（三）产业积极组团合作，核心企业积极开放底层能力.....	5
（四）学术成果快速增长，国际交流合作正式起步.....	7
（五）应用场景逐步明朗，数字孪生特色价值逐渐显现.....	9
（六）信息模型市场活跃，地方实践行业标准双管齐下.....	11
（七）空间测绘技术创新，全息测绘与时空图谱有突破.....	13
（八）物模型正加速兴起，为设备孪生奠定坚实基础.....	16
（九）城市仿真取得突破，跨学科与云化仿真成主流.....	17
（十）孪生交互加快推进，低代码构建成企业共同选择.....	20
二、标准引领：以标准为抓手规范数字孪生城市建设.....	21
（一）以技术能力为核心，构建数字孪生城市实施框架.....	22
（二）以实施框架为指引，系统描绘标准体系蓝图.....	24
（三）以标准体系为基准，有节奏制定标准推进路线图.....	26
三、场景驱动：面向城市新要求强化可持续与成效导向.....	28
（一）契合双碳、现代化等时代要求，筛选高价值场景.....	28
（二）促进应用可持续，探索 ToG 向 ToB 或 ToC 转变.....	29
（三）加强需求约束成效评估，践行“以评促建”理念.....	31
四、实践创新：直面挑战创新数字孪生城市建设模式.....	33
（一）全过程咨询谋划，整体性系统性推进数字孪生城市.....	33
（二）全链条产业协作，打造数字孪生城市整体解决方案.....	34
（三）全过程服务交付，确保数字孪生城市不走样不变形.....	35
（四）高质量标准认证，推动数字孪生城市健康有序发展.....	36
（五）全生态环境营造，助力数字孪生城市高质量新格局.....	37

图 目 录

图 1	相关部委出台数字孪生城市政策情况.....	1
图 2	核心技术代表企业图谱.....	6
图 3	全球“数字孪生”论文数量年度累计图.....	8
图 4	全球“数字孪生城市”论文数量年度累计图.....	8
图 5	数字孪生城市项目应用占比.....	10
图 6	我国每年 CIM 项目总数量与项目总金额.....	12
图 7	实景三维中国的实体化构建方式.....	14
图 8	全息测绘成果图.....	15
图 9	时空知识图谱赋能智能化应用示意图.....	15
图 10	物模型促进跨行业数字孪生设备互认.....	17
图 11	城市级仿真模式转变.....	18
图 12	新一代信息技术推动离线仿真向实时仿真转变.....	19
图 13	低代码大幅提升数字孪生城市构建效率.....	21
图 14	数字孪生城市技术体系.....	22
图 15	五大技术簇、四大典型特征、九大应用能力关系图.....	23
图 16	数字孪生城市整体性系统性实施框架 V1.0.....	24
图 17	数字孪生城市标准体系.....	25
图 18	实施框架、技术体系与标准体系的对应关系.....	26
图 19	标准体系发展路线图.....	27
图 20	数字孪生城市应用场景筛选.....	28
图 21	城市 CIM 底座向 ToB 和 ToC 开放.....	31
图 22	应用场景与模型精度与应用深度的关系.....	32
图 23	应用成效倒逼底座建设.....	33

一、发展态势：数字孪生加速推进智慧城市建设升级

（一）国家政策高位推动，多省市加快启动建设试点

多部委出台政策文件，加快数字孪生技术、应用、产业的发展。

“探索建设数字孪生城市”首次纳入《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》，为数字孪生城市建设提供了国家战略指引。住建部联合工信部、中央网信办等部委加快城市信息模型（CIM）平台试点应用，并出台系列标准，指导各地 CIM 基础平台建设。自然资源部大力构建实景三维中国，发布《自然资源三维立体时空数据库建设总体方案》和《实景三维中国建设技术大纲（2021 版）》，明确实景三维中国建设任务和技术路线，为经济社会发展和各行业信息化提供统一空间底座。



来源：中国信息通信研究院

图 1 相关部委出台数字孪生城市政策情况

上海、浙江等地开展试点示范，以 CIM 为基础推动数字孪生城市建设。上海市提出“面向数字时代的城市功能定位，加强软硬协同的数字化公共供给，加快推动城市形态向数字孪生演进”，临

港新片区试点数字孪生城市建设，打造上海数字化转型示范区。浙江省发布数字孪生建设首批试点清单，将数字孪生技术应用于地铁安全管理、大型交通枢纽安全管理等十大领域。深圳市构建可视化城市空间数字平台，探索“数字孪生城市”。天津市提出加快城市信息模型（CIM）平台建设，推进 CIM 平台在城市体检、城市安全、工程管理和住房管理等领域广泛应用。广州市加快 CIM 平台赋能生态环境、公共安全、公共交通、政务司法等，实现城市精细化、智慧化管理。

表 1 省级政府明确提出数字孪生城市的相关政策

序号	时间	政策名称	政策内容
1	2020.10	上海市全面推进城市数字化转型“十四五”规划	面向数字时代的城市功能定位，加强软硬协同的数字化公共供给，加快推动城市形态向数字孪生演进，构筑城市数字化转型“新底座”。
2	2020.8	智慧海南总体方案	基本建成以“智慧赋能自由港”“数字孪生第一省”为标志的智慧海南。
3	2020.10	广东省推进新型基础设施建设三年实施方案	探索构建“数字孪生城市”实时模型，形成集应用服务中枢、决策分析助手、治理智慧平台、规划专家系统于一体的全要素“数字孪生城市”一网通管系统。
4	2021.3	北京市“十四五”时期智慧城市发展行动纲要	积极探索建设虚实交互的城市数字孪生底座。
5	2021.1	深圳市关于加快智慧城市和数字政府建设的若干意见	探索“数字孪生城市”。依托 GIS、BIM、CIM 等数字化手段，开展全域高精度三维城市建模，加强国土空间等数据治理，构建可视化城市空间数字平台。

序号	时间	政策名称	政策内容
6	2021.7	山东省“十四五”数字强省建设规划	多维度收集城市数据，推动城市资源数字化，加快实现城市主要生命体征的实时感知，提升城市感知判断、快速反应的能力，推动建设虚实交互、智能精细的数字孪生城市。
7	2021.8	天津市加快数字化发展三年行动方案	建设城市信息模型（CIM）基础平台，推进虚实交互、数据驱动的数字孪生城市建设，提升城市实时感知、预警预判、快速反应能力。
8	2021.9	江苏省“十四五”数字政府建设规划	基于城市信息模型（CIM）基础平台技术，推行城市数据大脑建设，探索建设数字孪生城市，拓展智慧治理场景应用和定制服务，提高智慧城市建设水平。

来源：中国信息通信研究院

（二）标准制定全面提速，标准化组织亟待加强协作

数字孪生工作组纷纷设立，成为引领数字孪生标准化工作的“主阵地”。从国际看，2020年11月，国际标准化组织/国际电工委员会第一联合技术委员会（ISO/IEC JTC 1）物联网和数字孪生分技术委员会数字孪生工作组（SC 41/WG 6）正式成立，负责统筹推进数字孪生国际标准化工作。从国内看，国家智慧城市标准编制主要归口单位陆续新设数字孪生工作组，引领数字孪生城市建设发展。全国信标委成立城市数字孪生专题组，组织产学研用各界开展基础研究，启动城市数字孪生标准体系框架设计。全国通标委成立数字孪生工作组，从应用场景和现实需求出发，推动数字孪生技术

标准体系规划、关键标准研制与应用推广。全国智标委成立 BIM/CIM 标准工作组，负责开展 BIM/CIM 领域标准研制、组织相关课题研究等工作。此外，中国信息通信研究院牵头在中国互联网协会成立了数字孪生技术应用工作委员会，联合众多成员单位，开展数字孪生领域团体标准制定工作，成为推进数字孪生技术应用标准化的重要力量。

数字孪生标准编制步入发展元年，多项关键标准立项工作正式启动。国际上，SC41/WG 6 在研《数字孪生 应用案例》《数字孪生 概念和术语》两项标准，启动《数字孪生 参考架构》标准预研项目。在国内，全国通标委启动《数字孪生城市统一标识编码体系》《数字孪生城市参考架构》《城市物模型技术要求》《道路数字孪生》等行业标准立项。全国信标委将城市数字孪生标准纳入信息技术系列标准，启动《数字孪生通用要求》《城市数字孪生技术参考架构》等标准立项。住建部与全国智标委推动全国首个 CIM 行业标准《城市信息模型基础平台技术标准》，现已通过送审稿审查。全国地标委正在推动《实景三维中国基本要求》《基础地理实体数据成果规范》立项。此外，中国互联网协会、中关村智慧城市产业技术创新战略联盟等社会组织正积极开展数字孪生城市团体标准研究工作。

从我国标准化工作来看，TC28、TC485、TC426、TC230 等技术标准组织分头推进数字孪生相关技术标准，明显促进产业落地发展。同时，要警惕分头推进数字孪生相关标准可能带来的标准互通难、标

准割裂等行业壁垒化趋势，需加强标准组织合作，共建标准体系。

表 2 数字孪生城市新设标准组与拟立项情况表

组织	指导单位	新设机构	拟立项标准
通标委 (TC485)	工业和信息化部	数字孪生技术 工作组	《数字孪生城市统一标识编码体系》《数字孪生城市参考架构》《城市物模型技术要求》《道路数字孪生》等
信标委 (TC28)	国家标准化管理委员会、工业和信息化部	城市数字孪生 专题组	《数字孪生通用要求》《城市数字孪生技术参考架构》等
智标委 (TC426)	住房和城乡建设部	BIM/CIM 标准 工作组	《城市信息模型概念及总则》《数字工程认证建筑信息模型(BIM)管理体系》等
地标委 (TC230)	自然资源部	—	《实景三维中国基本要求》《基础地理实体数据成果规范》等

来源：中国信息通信研究院

(三) 产业积极组团合作，核心企业积极开放底层能力

协会联盟积极为企业“搭台唱戏”。中国互联网协会旗下近 100 家企事业单位联合组建数字孪生技术应用工作委员会，积极推进数字孪生技术研究、标准制定、应用创新、建设推广等相关工作。工业互联网产业联盟组建数字孪生特设组，推动工业数字孪生发展。中国地理信息产业协会成立数字孪生技术与应用工委，构建地理信息及其相关领域数字孪生技术产学研用相结合的创新体系。工业 4.0 研究院牵头发起数字孪生体联盟，加快数字孪生技术在制造业领域应用发展。浙江成立数字孪生世界企业联盟，服务浙江企业和

政府的数字化需求。

核心技术产业阵营进一步壮大，“数字孪生城市”完整产业链基本形成。数字孪生城市的建设是一个涉及多环节、多领域、跨部门的复杂系统工程，吸引了 ICT 设备供应商，电信运营商，人工智能、信息建模、地理信息、模拟仿真等软件服务商纷纷入局，各类型企业以自身核心能力和产品为切入点，横向拓展应用领域，纵向往产业链上下游渗透、延伸，积极构建生态圈，联合打造数字孪生城市场景应用。根据数字孪生城市主要技术环节，初步形成空间地理信息类、BIM 建模类、感知和标识类、数据融合与渲染类、模拟仿真推演类、交互与控制类等主要产业阵营，数字孪生城市完整产业链条进一步得以加强。关键企业依靠核心技术优势，构建开放 PaaS 平台，巩固生态地位。超图开放 GIS 在线软件平台，51WORLD 开放数字孪生开发者平台 WDP3.0，泰瑞数创推出“平行世界”数字孪生一站式服务平台，优锘科技、亚信科技、商询科技等企业建立零代码开发平台。



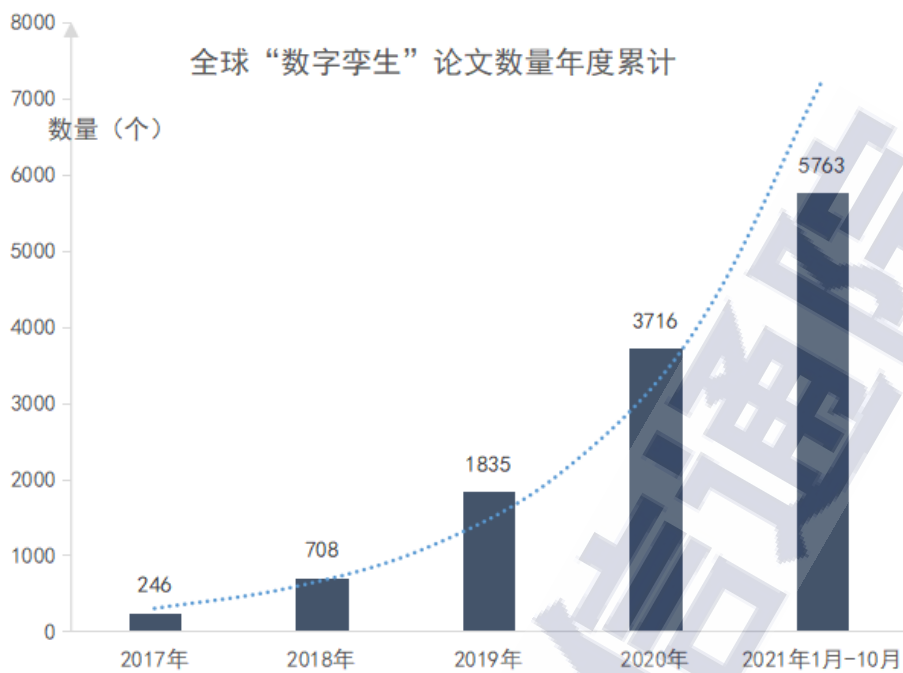
来源：中国信息通信研究院

图 2 核心技术代表企业图谱

元宇宙概念兴起，促进数字孪生产业进一步壮大。元宇宙涵盖人工智能、虚拟现实、人机交互、图形图像、数字加密、心理学等技术领域，数字孪生城市作为现实世界在数字空间中一一映射、复制模拟的载体，也是未来“元宇宙”中与物理世界对称存在的数字基础设施，属于“元宇宙”重要组成部分。今年以来，元宇宙的社会投资空前活跃，粗略统计 2021 年以来国外游戏平台 and 我国互联网企业以“元宇宙”概念获得的融资额分别超 50 亿美元和 150 亿人民币。此外，元宇宙新概念对数字孪生企业带来发展利好，企业纷纷开展元宇宙布局，Facebook、腾讯等科技巨头启动“元宇宙”高科技研发计划。

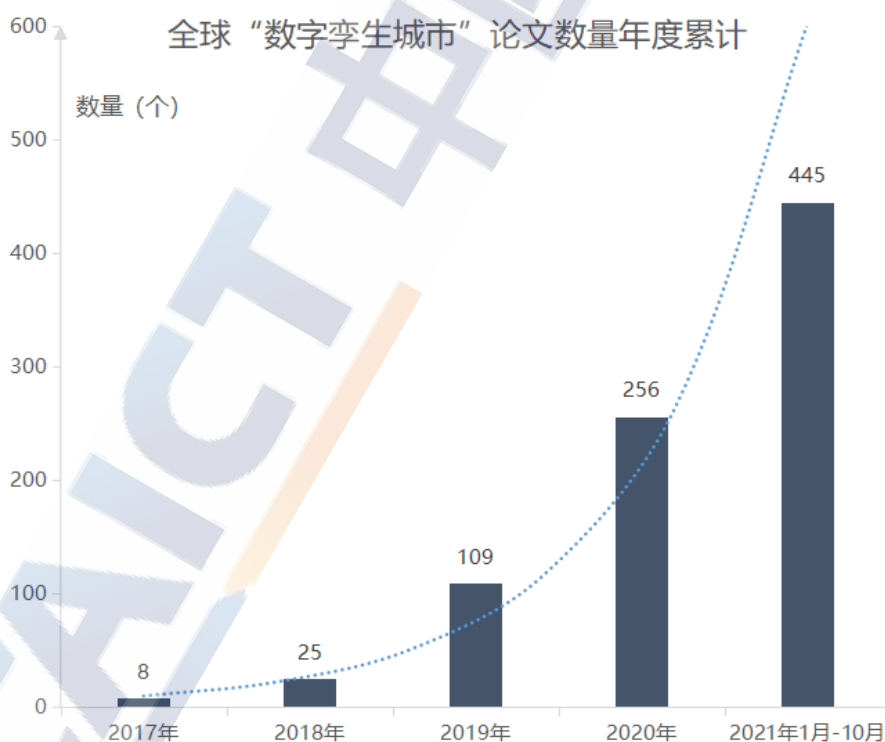
（四）学术成果快速增长，国际交流合作正式起步

数字孪生城市文献发表数量呈现快速增长态势。经 CNKI 数据库、Scopus 数据库检索的文献数据分析发现，近五年来，“数字孪生”研究较为火热，论文数量呈现爆发式增长态势，详见图 3。数字孪生城市发展相对较晚，2017 年全球仅有 8 篇相关论文，但近年来发文量显著增长，到 2021 年 10 月，累计数量达到 445 篇，详见图 4。从国别来看，美国、中国、韩国是数字孪生城市领域发表论文最多的三个国家。



来源：Scopus 数据库，CNKI 数据库

图 3 全球“数字孪生”论文数量年度累计图



来源：Scopus 数据库，CNKI 数据库

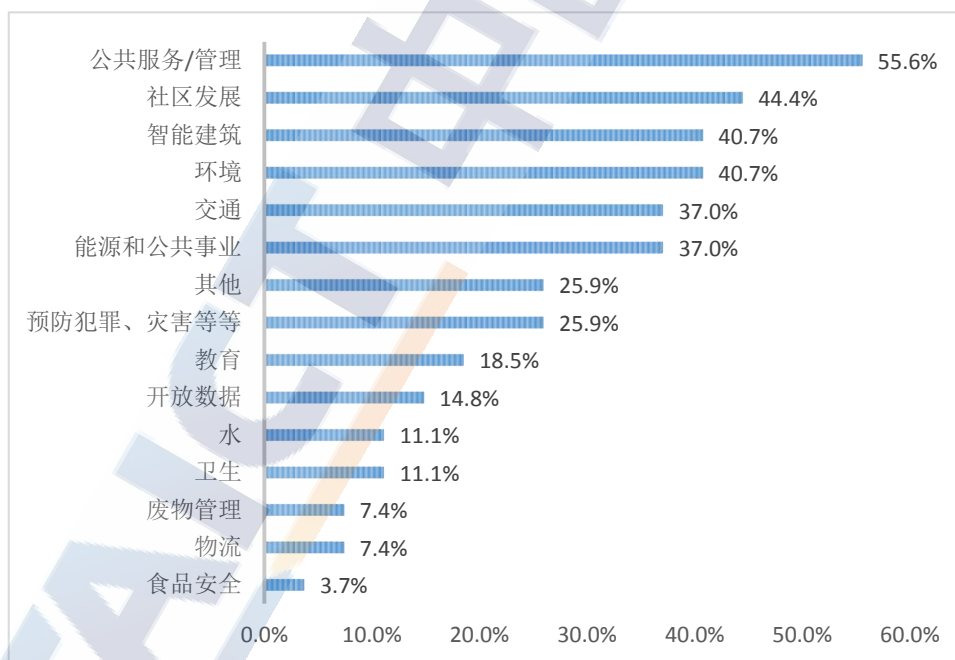
图 4 全球“数字孪生城市”论文数量年度累计图

国际交流合作正式起步，数字孪生城市发展模式有望形成全球合作计划。受 IMCC 2021 委托由北京航空航天大学组织的数字孪生论坛暨第一届数字孪生国际会议成功举办，国际学术交流合作正式起步。中国信息通信研究院与世界经济论坛合作，启动全球数字孪生城市案例实践征集活动，联合全球数字孪生城市相关专家，共同撰写《全球数字孪生城市框架与实践研究报告》，凝聚全球主要研究力量，力争形成国际共识。由中国企业牵头推进的数字孪生城市催化剂研究课题荣获 TM Forum（国际电信管理论坛）“可持续发展创新奖”“行业影响力”两项大奖，数字孪生城市发展潜力再次得到全球认可。

（五）应用场景逐步明朗，数字孪生特色价值逐渐显现

应用驱动成为产业关注焦点，数字孪生城市典型应用场景逐渐明朗。场景为数字孪生价值变现提供赛道，为用户体验孪生提供空间，成为供需两侧关注的焦点。当前，数字孪生重点场景需求逐渐明晰，但具有长期考量、实现体系化布局、面向深度应用的建设方案仍需探索。浙江省明确提出将在城市地下空间等不易观测场景、危化品运输等高危隐患场景、路口拥堵等因素复杂场景、城市规划等全局预判场景，试点推进数字孪生建设。与此同时，算法模型与动态数据融合不深，快速分析与辅助决策能力不足，关键技术融合应用有待加强，成为数字孪生应用的掣肘。未来，深化技术与业务逻辑的融合，重视城市运行规律的洞察，构建成熟精准的行业算法模型，将成为推动数字孪生应用深化的重点。

数字孪生城市应用主要聚焦交通、社区和建筑等行业场景，节能减碳有望成为下一重点场景。今年，中国信息通信研究院联合世界经济论坛开展了全球实践案例征集，从征集到的案例来看，数字孪生城市项目中涉及公共服务或管理、社区发展、智能建筑应用的项目占比位列前三，详见图 5。在国外案例中，40%以上关注环境与低碳发展，奥兰多、纽约、悉尼等城市应用数字孪生技术，助力城市低碳发展。2021 年 10 月我国印发《2030 年前碳达峰行动方案》中提出开展“城乡建设碳达峰行动”，将选择 100 个具有典型代表性的城市和园区开展碳达峰试点建设。数字孪生能实现城市级减排动态模拟推演、能耗告警监测分析、碳轨迹感知追踪，零碳城市、能耗监测有望成为数字孪生城市的重点应用场景。



来源：WEF，中国信息通信研究院

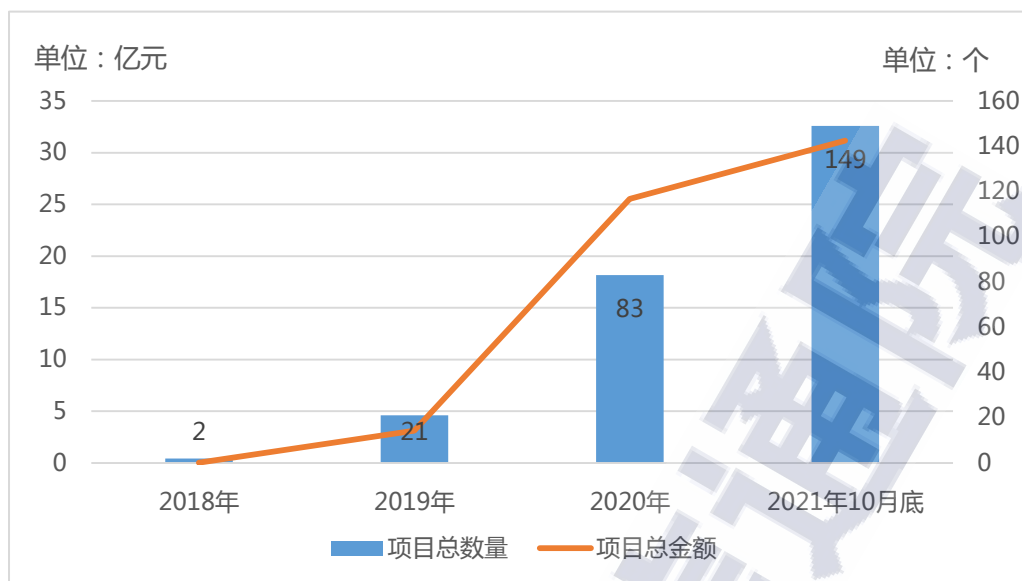
图 5 数字孪生城市项目应用占比

数字孪生项目的投资模式、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，当前 66.7% 的数字孪生城市项目由政府投资建设。通过风险投资基金、政府产业基金等权益型投资方式，以及政府专项债券等政策型投资方式，充分发挥政府资金对金融资本和社会资本的引导带动作用，成为构建数字孪生项目多元投融资模式的关键。同时，数字城市建设成本与收益、研究与应用间的差距短期内尚未能弥合，推动数字孪生城市商业模式创新，成为供应商探索的热点。中国、新加坡等国家的厂商积极推动将数字孪生模型作为云服务发布，持续挖掘数字孪生增值服务，推动数字孪生城市形成风险共担、利益共享发展格局。

（六）信息模型市场活跃，地方实践行业标准双管齐下

CIM 项目标的额和标的数保持高速增长。自 2018 年 11 月住建部选择通州、广州、南京、厦门、雄安为首批 5 个 CIM 试点开始，CIM 相关项目数量呈现出逐年快速增长的趋势，投资的总量也在攀升，城市信息模型在 2021 年迎来了快速发展期。根据招投标统计数据，CIM 相关标的数从 2018 年的 2 项快速增长至 149 项（截至 2021 年 10 月底），增长率超过了 200%，远超智慧城市大行业整体的增速。据公开数据统计，城市信息模型公开招投标项目的总费用超过 30 亿元，以 CIM 为核心的数字孪生城市市场规模未来可期。



来源：中国信息通信研究院统计

图 6 我国每年 CIM 项目总数量与项目总金额

CIM 平台建设呈现“东强西弱”趋势。从各省建设情况来看，广东建设力度最大，广州、深圳、东莞、佛山加大城市信息模型平台投入，特别是广州作为首批试点城市，目前已完成为期三年、投资超 2 亿元的 CIM 基础平台建设工作，建设进度超前。北京、山东、江苏、浙江、福建紧随其后，其中通州、南京、厦门作为首批 CIM 试点城市形成了以点带面的建设格局，新基建试点和城市体检试点等优势促进 CIM 平台建设。四川、重庆、贵州、陕西、河北、甘肃等处于第三梯队，其中天府新区、重庆两江新区、陕西西咸新区等经济较好、管理理念较为先进的国家级新区积极打造省级标杆项目和应用示范。但目前 CIM 平台多以区域级试点形式、基础平台建设为主，全域的、大范围 CIM 建设还未全面展开。

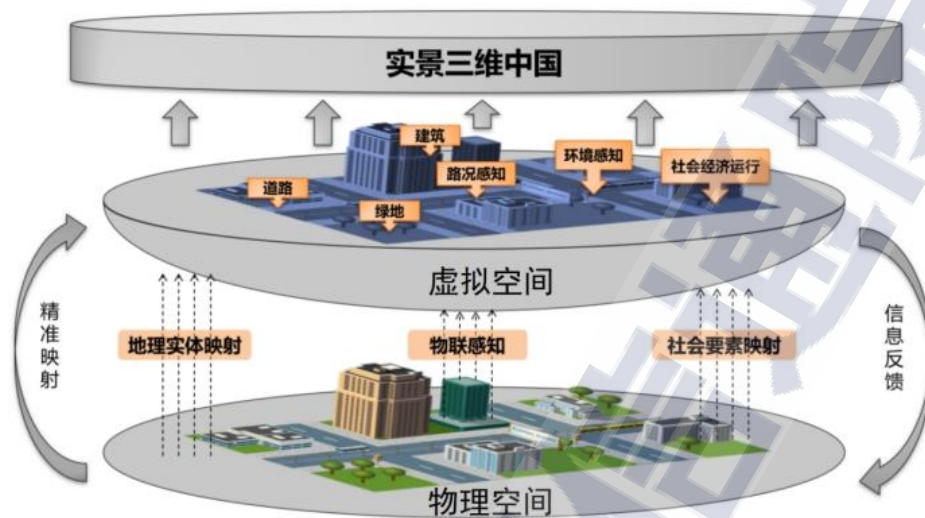
国家部委和地方加快出台 CIM 相关标准。住建部依托 BIM 基础平台标准，发布《城市信息模型（CIM）基础平台技术导则》，围绕

城市信息模型平台的典型能力、应用及各类数据汇融出台相关标准。广州市发布 CIM 平台三维数字化竣工验收模型交付和管理标准，填补了行业空白。辽宁省出台 CIM 平台建设运维标准等，指导全省 CIM 基础平台建设、运行以及 CIM 数据汇聚和共享应用。重庆市发布《城市信息模型（CIM）信息分类及编码标准》，强制规范智能城市中所利用的信息数据分类及编码方式，高效地实现数据交换和应用。此外，青岛、珠海等地相继启动 CIM 平台标准研究工作，湖北省住建厅发布的建设科技计划项目和建筑节能示范工程中，两项计划涉及 CIM。总体而言，CIM 标准体系逐渐成熟，但由于行业壁垒较高，尚未形成跨行业应用效应。

（七）空间测绘技术创新，全息测绘与时空图谱有突破

新型基础测绘向实体分级转变有效助力孪生建设。2021 年自然资源部印发《实景三维中国建设技术大纲（2021 版）》，成为新型测绘的最新要求和高阶形式。实景三维中国明确了数据组成，为数字孪生城市数据融合提供了借鉴参考。实景三维中国在空间上，融合不同形态的基础地理空间要素；在时间上，融合历史、现状和动态监测数据；在语义上，融合地理实体的基本属性、实体关系和其他社会经济信息，形成以地理实体为基本单元的时空一体化数字孪生体。**新型基础测绘由尺度分级向实体分级转变，与数字孪生城市建设要求高度契合。**新型测绘以“一个实体只高精度施测一次”为原则，实现地理信息产品从“平面”到“立体”，从“静态”到“时序”的提升，且要求孪生体做到“人机兼容”，与数字孪生城市精

准映射、软件定义、虚实交互的要求高度契合，为数字孪生城市建设提供有力技术支撑。



来源：中国信息通信研究院

图 7 实景三维中国的实体化构建方式

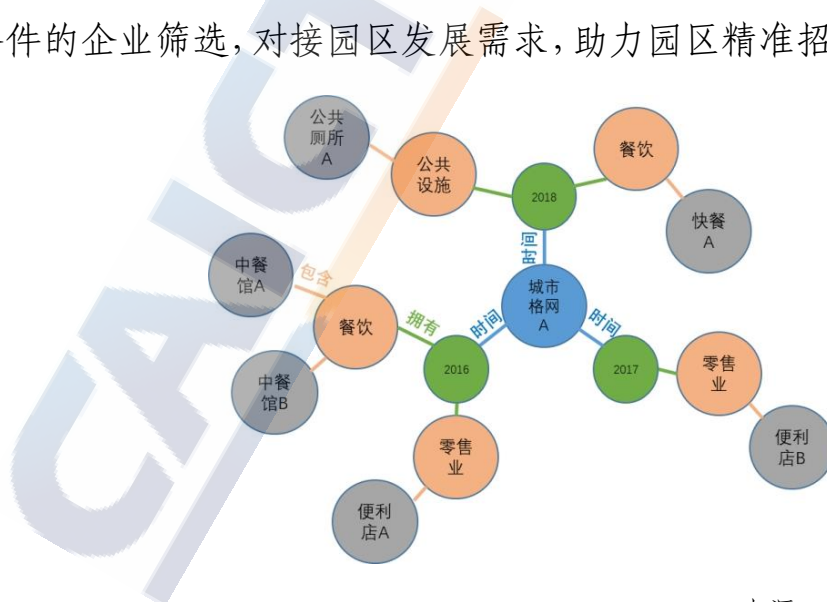
采集装备和能力进步实现全息测绘。全息测绘利用空地一体倾斜摄影、激光扫描等多源传感技术获取全息地理实体要素，通过深度学习等 AI 技术自动半自动化提取建立地理实体的矢量、三维模型数据，形成地上地下、室内室外的一体化全息高清、高精的结构化实体城市信息模型（CIM），有效助力城市数字孪生体的构建。上海市通过智能化全息测绘的手段，实现上海城市的建筑、交通、绿化、水系、部件、管线等各种地理要素全景还原，与传统测绘相比，全息测绘更真实、直观、形象、便捷，并且挂接了海量的社会经济属性，为城市管理部门按需提供全面信息保障，同时为社会大众查询空间地理信息提供便利。



来源：中国信息通信研究院

图 8 全息测绘成果图

时空知识图谱能力显著增强。地理时空知识图谱构建起数据之间的关系，使数字孪生城市洞察城市规律、实现深层次推理变为可能。基于时空知识图谱，城市管理者能够实现对各类型数据的可视化呈现，利用机器学习技术，发现城市规律，形成修正决策自动优化预案并执行，有效提升城市管理效能，赋能产业发展。上海张江科学城运用多源时空数据挖掘和基于人工智能的时空图谱技术，根据园区产业结构、产业链全景，及企业自身发展风险情况，提供多种场景、组合条件的企业筛选，对接园区发展需求，助力园区精准招商和补链强链。



来源：中国信息通信研究院

图 9 时空知识图谱赋能智能化应用示意图

（八）物模型正加速兴起，为设备孪生奠定坚实基础

物模型标准统一，保障物联网应用融合创新、产业协同发展。

近年来物联网技术大规模应用，感知设备接入数量呈爆发式增长，由此带来的数据信息异构化、应用场景碎片化问题显著。物模型技术应运而生，通过将物理实体抽象化建模、数字化描述、云端虚拟化呈现，为用户提供标准化、低门槛化的应用开发环境。随着物模型统一标准成为业界共识，华为、阿里、中国移动等企业纷纷联合业界伙伴，围绕物模型打造 IOT 服务平台，通过建设云端标准化服务资源池，为物联网应用提供统一的访问接口、开发工具及增值服务，打破信息在设备和平台间流动的壁垒，推动物联网向多行业延伸发展。以 ICA、OneDataModel、W3C、OCF、Zigbee 为代表的多个国内外行业联盟相继发布了物模型标准，确保不同厂商的设备可以在数据层面“互联互通”，硬件层面“一次开发、批量复制”，大幅降低系统集成成本，促进业务规模化、规范化落地，打造多方合作的“物孪生”产业生态。

物联网技术成熟与应用推广，进一步夯实城市孪生基础。物联网作为新型基础设施的重要组成部分，已全面渗透到城市治理、生产、生活等各个领域之中。截止 2020 年底，我国物联网连接数已超过 40 亿，产业规模突破 2.4 万亿元，基本形成了涵盖智能感知、信息传输、应用服务的完整产业链。随着高性能传感器、物联网芯片、高精度定位、新型短距离通讯等技术持续演进，“大数据、大算力、大算法”基础能力不断成熟，物模型标准规范统一，物联网

与新一代信息技术加速融合，物联网应用从单系统行业级向跨行业城市级转型。通过感知设备大规模部署，城市级感知平台统一建设，跨系统数据实时共享交换、模型互认互操作，城市级综合应用得以广泛实践，推动 IOT 向 IOE（万物互联）转变的同时，为物孪生奠定了基础，也为数字孪生城市的建设运营及高质量发展提供有力支撑。



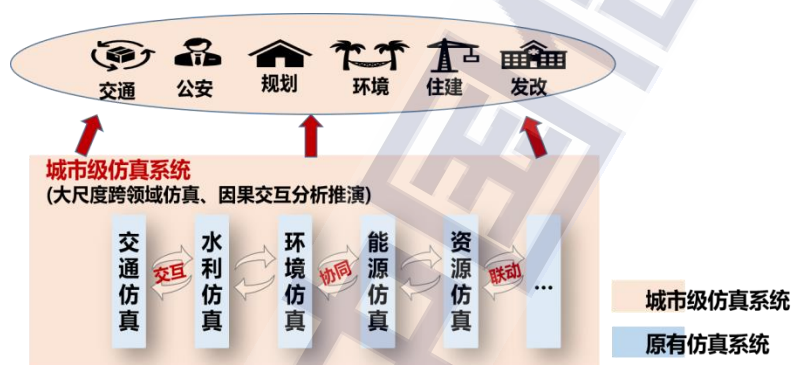
来源：中国信息通信研究院

图 10 物模型促进跨行业数字孪生设备互认

（九）城市仿真取得突破，跨学科与云化仿真成主流

模拟仿真向大尺度跨学科多维度仿真转变。传统的仿真技术主要是针对城市发展过程中重点区域或特定问题的研究，忽视了城市整体性、系统性分析，因此仿真存在片面性、精度较差、效果有限等问题。随着 5G、物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术的发展，仿真推演技术也正在发生重大变革，模拟仿真不再是针对单点区域的研究，而是逐步向大尺度、跨学科、多维度进行转变，通过城市级、跨领域的因果交互分析和推演，反映

城市整体发展趋势和演化问题，为城市的治理和规划提供数据化、科学化、综合化的决策支撑。如清华大学研究团队从微观人类移动行为出发，建立了城市演化仿真模型，使得在城市规划与治理中考虑与微观城市居民行为的相互作用成为可能；成宜高速基于全要素数字化表达、精准感知、仿真推演、深度学习等技术，通过分析事故、施工、气象、车流、环境等跨领域相互作用的影响关系，高精度地仿真推演出未来道路状况，并辅助交通管理者作出最佳的道路应急预案与管控措施。

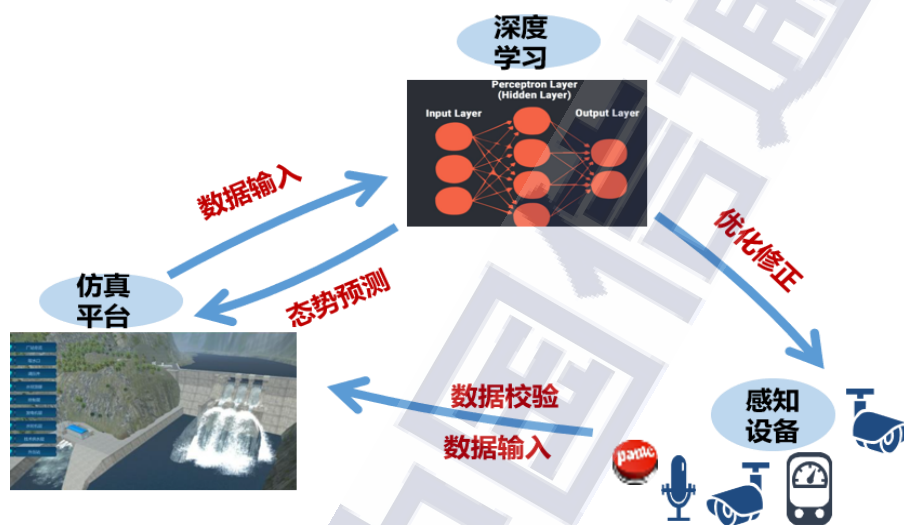


来源：中国信息通信研究院

图 11 城市级仿真模式转变

离线仿真逐步向实时数据驱动仿真转变。传统的仿真模式主要采用离线方式，以人工经验参数或历史参数导入仿真模型来描述物理运行状态与规律，不具备未来预测推演功能，缺乏与实际数据的校验或交互，难以保证精确度和科学性。随着物联感知、移动通信、人工智能等技术与应用不断成熟，现实世界实时观测数据能被快速获取与传输，有效隐含价值能被精准发现，使得“数据建模挖掘—态势仿真推演—未来状态呈现—反馈优化修正”的数据驱动仿真推演成为一种新的仿真范式。海淀区水务局打造数字孪生循环水网，

通过实时感知水网状态、流量、水质、泵站状态、阀门与管线状态等数据，有机融合人工智能模型与机理模型，计算推演出泵阀开关、阀门开合度以及补水时长等最优补水策略，动态校正检验仿真结果，并对泵、阀等设备进行开、关等远程反向控制，推动补水系统向数字化、智能化、可控化跨越式发展。



来源：中国信息通信研究院

图 12 新一代信息技术推动离线仿真向实时仿真转变

城市仿真工具与算法服务向云化模式转变。城市系统作为城市仿真推演技术的研究主体，是一个高度复杂的机体对象，拥有丰富复杂的基础数据体系，存在数据体量大、业务类型多、价值密度低、处理速度快等特点。而采用本地化软件部署、“一对一”单一事件仿真的传统模式面临计算资源不足、使用成本高，以及在实际工作中往往需要同时使用多个仿真软件导致的标准差异、数据不通等问题，已无法满足城市仿真推演的愿景与需求。随着云计算技术体系不断成熟完备，城市仿真工具与算法服务向云化模式演进成为必然趋势。基于分布式计算、并行计算、大数据实时计算等技术，通过

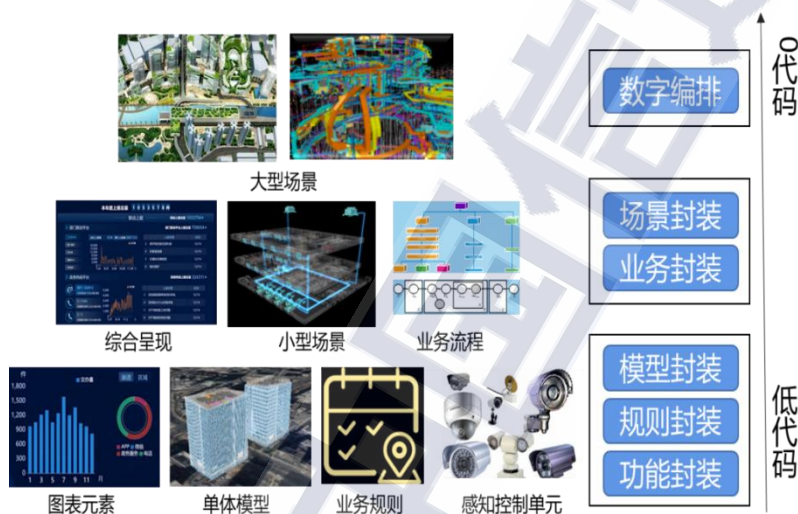
开发的统一云平台，实现软件标准和协议统一化、数据一体化、算力集中化、使用便捷化，让大规模、高精度、城市级的仿真推演计算成为可能。

（十）孪生交互加快推进，低代码构建成企业共同选择

用户侧交互方面，各类交互技术融合应用不断优化数字孪生使用体验。多模态交互、跨终端交互、一体化交互广泛应用，通过丰富、精确、恰当、生动的展现和交互，提高用户操作的便捷性和使用粘性。多模态交互技术快速普及，在传统桌面交互的基础上，机器视觉、语言理解、动作捕捉等交互技术得到广泛应用，提高交互输入效率。海淀城市大脑智能交互中台融合时空要素、语义理解和智能搜索，实现城市全要素、全状态洞察和多模态一键搜索。跨终端一体化交互提升操作便捷性，在城市运营管理、交通事故处理等应用场景中，移动端、PC端、大屏等多终端同源可视化、多屏互动与一体化联动广泛应用，实现业务流程的无缝衔接和高效运转。虚拟现实难以支撑业务场景落地，2021年，元宇宙理念的热潮带动虚拟现实技术（VR/AR/MR）加速发展，但是，开发成本高昂、使用便捷性不足、内容生态匮乏等问题，仍然制约虚拟现实在数字孪生城市业务场景的落地应用。

开发侧交互方面，低代码构建技术大幅提升数字孪生场景开发效率。快速增长的数字孪生应用场景需求，使得缓慢的定制化开发过程与用户快速交付、低成本运维需求的矛盾日益突出。为满足快速发展的市场需求，数字孪生厂商将数字孪生的低代码构建作为关键竞争力要素，在持续积累的模型库和规则库基础上，建设低代码开发平台，

提高生产效率。大部分数字孪生厂商通过三维开发中频繁复用的功能或操作封装，已实现孪生体定义、图形展示、数据接入、规则配置的低代码化。部分厂商进一步提出“0代码”的开发理念，支持典型场景的快速导入，以及模型组件、业务逻辑、数据传输的图形化编排，实现业务场景的低代码构建，在大幅提升交付效率的同时降低运营维护成本。



来源：中国信息通信研究院

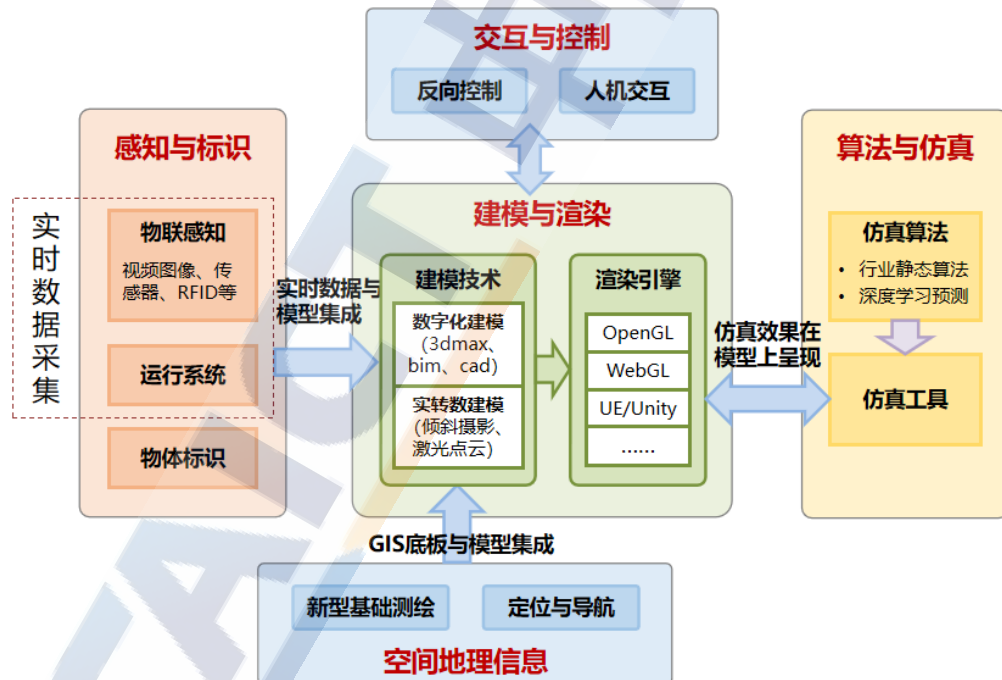
图 13 低代码大幅提升数字孪生城市构建效率

二、标准引领：以标准为抓手规范数字孪生城市建设

从整体发展态势来看，数字孪生城市相关概念认识、技术体系、应用场景已初步达成共识，我国数字孪生城市已进入探索建设期。为避免数字孪生城市相关标准多部委分头推进可能带来的标准互通难、体系割裂等问题出现，亟需基于技术体系，针对实施框架，共同搭建统一数字孪生城市标准体系，促进数字孪生城市有序健康发展。

（一）以技术能力为核心，构建数字孪生城市实施框架

构建“感知标识+地理信息+建模渲染+算法仿真+虚实交互”的数字孪生城市技术体系。数字孪生的本质是技术集成，数字孪生城市是基于城市业务而构建的一个复杂巨系统，从当前发展来看，大致由五类技术紧密结合而成。“感知和标识”技术为城市提供数据“血液”传输能力，采集城市实时运行数据，并通过标识与模型集成。“空间地理信息”技术为城市提供集成底板、参照基准和位置服务。“建模与渲染”技术为城市提供基础骨架，实现物理城市的精准刻画与可视化呈现。“算法与仿真”技术不断将城市运行规则、业务模型、深度学习预测结果等，模拟仿真呈现给所有城市用户。“交互与控制”技术为城市用户参与城市治理、获取城市服务提供互动互操作支撑。

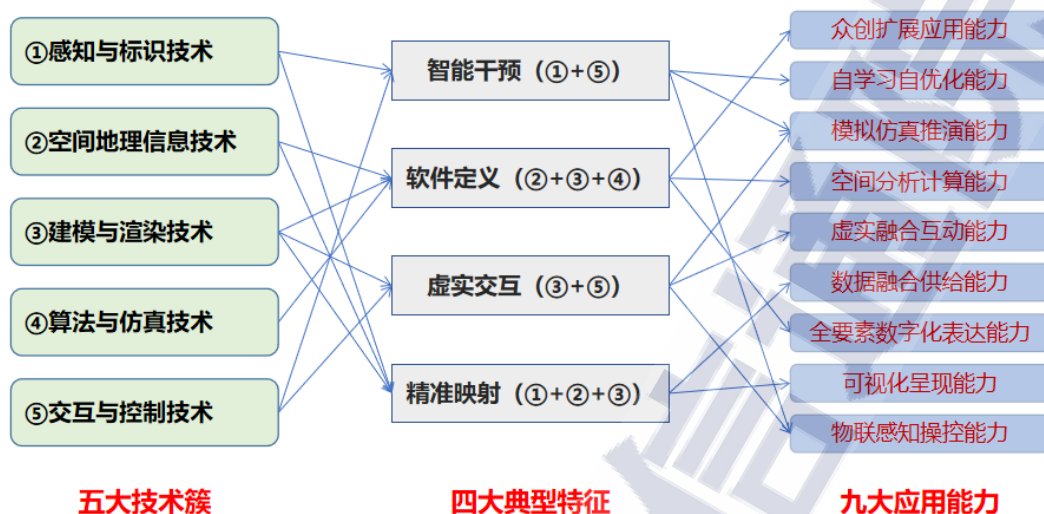


来源：中国信息通信研究院

图 14 数字孪生城市技术体系

五大技术簇相互集成，凸显数字孪生城市四大典型特征（详见《数

字孪生城市研究报告（2018年）》，助力形成数字孪生城市九大应用能力（详见《数字孪生城市白皮书（2020年）》）。

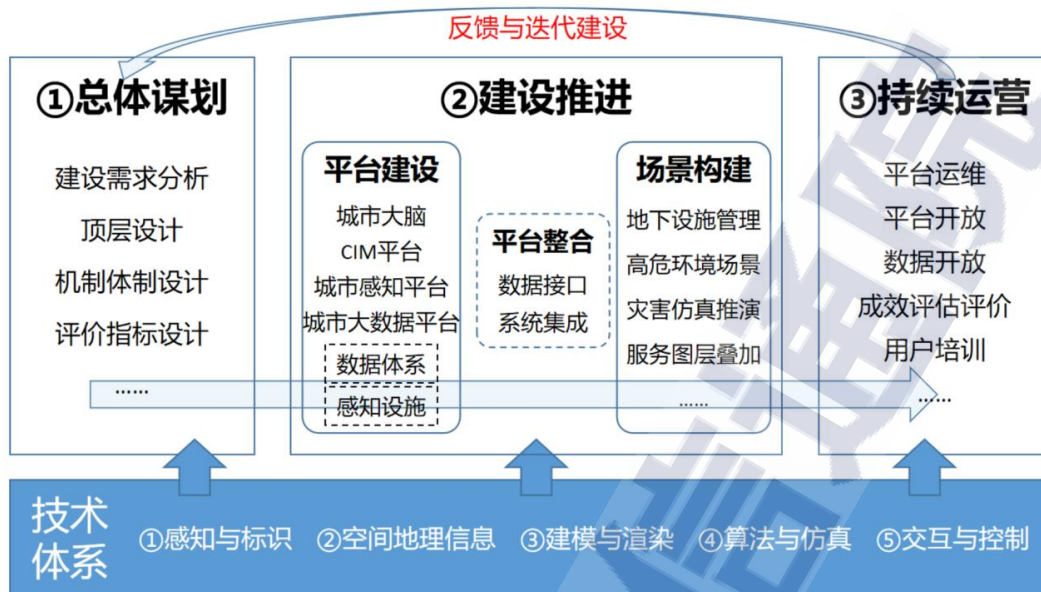


来源：中国信息通信研究院

图 15 五大技术簇、四大典型特征、九大应用能力关系图

为全面打通技术体系，需整体性、系统性推进数字孪生城市落地建设。数字孪生城市的建设主体多，建设复杂度和难度较高，五大技术体系企业均可参与建设，但又缺乏全面的技术集成能力，应立足技术集成，整体性系统性实施推进。在总体谋划阶段，关注建设需求、顶层设计、机制体制创新、评价指标设计等；在建设推进阶段，既要关注底座共建，通过具体平台建设项目，打通感知体系、数据体系等，又要注重灵活的场景构建，支撑各行各业应用重塑，实现底座价值；在持续运营阶段，要统筹考虑平台能力开放、数据开放，促进应用发展，还要强化成效评估、用户培训，提升城市系统的可用性和易用性。同时在运营中不断发现问题，不断反馈，开启新一轮的整体谋划、系统升级、运营，优化迭代发展。

数字孪生城市整体性系统性实施框架V1.0



技术体系

①感知与标识 ②空间地理信息 ③建模与渲染 ④算法与仿真 ⑤交互与控制

来源：中国信息通信研究院

图 16 数字孪生城市整体性系统性实施框架 V1.0

（二）以实施框架为指引，系统描绘标准体系蓝图

参照智慧城市体系，更新发展模式，全新构架数字孪生城市标准体系。与传统智慧城市相比，数字孪生城市更加突出技术集成和业务协同，为强化一体化整体化实施推进，重塑智慧城市发展格局，在智慧城市标准体系的基础上，拟从总体、数据、技术/平台/设施、应用场景、安全、运行等方面建立数字孪生城市标准体系。在总体方面，要形成全新术语体系、总体参考架构、评估评价体系；在基础设施方面，加强数据的整体采集、高速率传输、高效率计算等；在数据方面，形成融合一体的数据资源服务体系；在技术平台方面，突出五大技术体系的平台构建与互联互通；在应用场景方面，突出“一网统管”“一张蓝图”等业务系统应用场景；在安全方面，加强孪生体安全；在运营运维方面，注重数据运营、平台运营、应用迭代运营等。



来源：中国信息通信研究院

图 17 数字孪生城市标准体系

做好标准体系与实施框架、技术体系的服务衔接，形成互促发展态势。为进一步促进项目实施与标准规范的深度融合、全面衔接，形成标准引领实施、实施验证修订标准的互促格局，标准体系应与数字孪生城市实施全过程、五大技术体系相对应，针对建设过程中的问题痛点开展标准编制，实施过程要充分遵循标准规范，并不断验证修订标准规范，为高质量建成设数字孪生城市奠定基础。

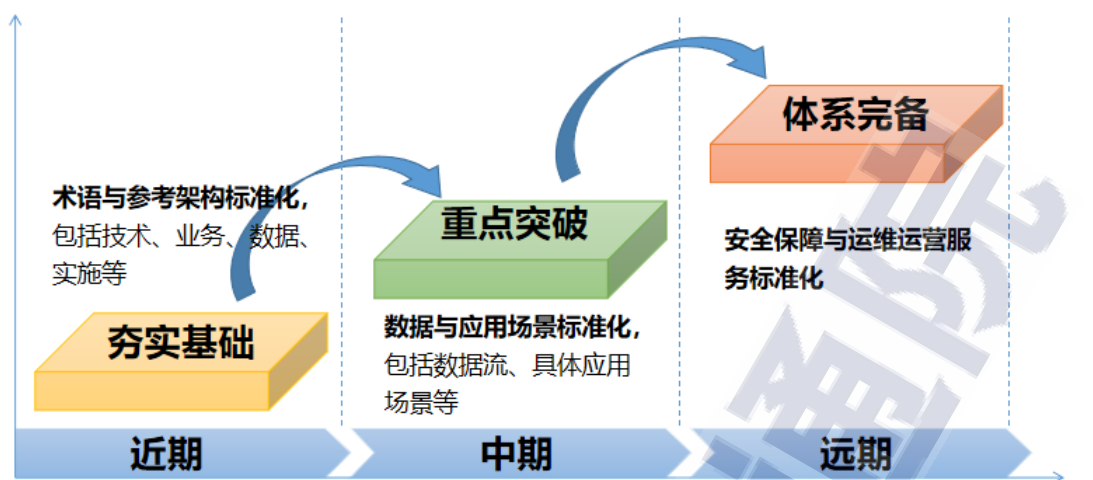


来源：中国信息通信研究院

图 18 实施框架、技术体系与标准体系的对应关系

（三）以标准体系为基准，有节奏制定标准推进路线图

遵循标准体系要求，根据实施建设实际需要，突出标准引领作用，加强标准合作与验证，初拟夯实基础、重点突破、体系完备“三步走”发展路线，有节奏地推进数字孪生城市标准制定工作。



来源：中国信息通信研究院

图 19 标准体系发展路线图

近期：夯实基础，形成业界普遍共识。加紧编制一批基础性标准，如《数字孪生城市 术语》《数字孪生城市技术参考架构》。围绕技术、数据、平台和应用，优先选择技术较成熟、业界呼声大、已达成共识的领域方向，率先启动一批关键性标准编制，如《数字孪生城市统一标识编码体系》《数字孪生城市平台技术要求》《城市物模型技术要求》《道路数字孪生》。加强关键领域研究，做好一批标准储备，如虚实交互技术、多元异构数据处理等领域。

中期：重点突破，促进应用复制推广。以数字孪生城市应用场景为导向，重点分析数字孪生城市建设面临的难点、堵点，集中攻关一批技术、数据、平台标准。加快推动技术成果转化，出台一批应用类标准，指导业界规范发展。兼顾运行与安全发展，开展《数字孪生城市成熟度评价模型》标准研制，布局一批重点领域的城市孪生防伪标准编制。

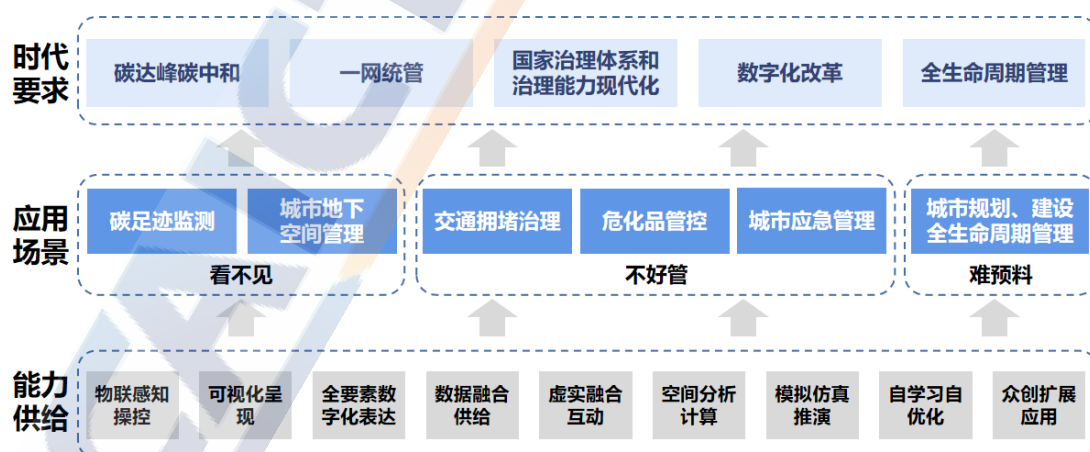
远期：体系完备，持续更新迭代演进。更加关注数字孪生城市长

效运营，加强运行、安全领域研究，助推业界形成一批数字孪生城市运营典范，逐步形成完备的数字孪生城市标准体系，全面支撑数字孪生城市规范建设与持续发展。

三、场景驱动：面向城市新要求强化可持续与成效导向

（一）契合双碳、现代化等时代要求，筛选高价值场景

时代新要求新特征为数字孪生城市建设与发展指明方向。当前数字孪生城市建设多聚焦于行业，以智能制造、智慧港口等垂直领域应用及智慧社区、智能楼宇等小区域应用为主要场景。随着“国家治理体系和治理能力现代化”“一网统管”“数字化改革”“全生命周期管理”“碳达峰碳中和”等政策及理念广泛推行，相关政策制度中对城市建设与发展提出了新的要求，亟需结合时代特征，遴选一批城市级、综合性、复杂性应用场景，依托数字孪生城市空间分析计算、动态模拟仿真推演、机器学习等高阶能力优势，解决城市跨行业、跨部门协同综合治理方面的难题，充分释放数字孪生城市高价值。



来源：中国信息通信研究院

图 20 数字孪生城市应用场景筛选

能力组合打造精准化应用场景，破解城市治理“看不见、不好管、难预料”困境。以时代新要求为牵引，以高阶能力融合为动力，数字孪生城市的建设应围绕综合性强、复杂性大的领域打造针对性应用场景，精准解决传统城市治理的难题。一是打造碳足迹监测等场景，根据城市各主体各要素的碳数据分析，模拟推演城市碳达峰和碳中和的时间点以及演进轨迹，制定精准的策略和举措，助推城市达成碳中和。二是打造应急一张图、交通拥堵治理、城市危化品管理等场景，全面掌握城市人流、车流、信息流，并结合仿真推演结果，实现城市路口信息动态优化、应急预案精准推荐。三是打造城市“规建管一体”数字化设计场景，在数字空间内完整、准确呈现建筑的全生命周期信息，统筹考虑城市内人、地、物的关联，避免“拆了建、建了拆”，实现“一张蓝图建到底”。

（二）促进应用可持续，探索 ToG 向 ToB 或 ToC 转变

开放数字孪生城市底座赋能数字经济可持续发展。当下数字孪生城市应用场景多聚焦于城市规划建设、综合管理、防灾应急等领域，用户主要为政府部门、资产所有方等。伴随产城融合、以城促产等可持续发展趋势，未来数字孪生城市用户将从政府侧向企业侧延伸，城市信息模型在社会范围内共建共享将成为主流模式。政府可通过云服务方式向企业开放数字孪生城市底座并提供平台化、低价化、低代码化的应用开发环境，通过补贴或资金返还等政策，鼓励企业应用公共平台开展业务转型，如“北京 CBD 高质量发展 18 条”¹中提出对区

¹ 全称为《促进中国（北京）自由贸易试验区国际商务服务片区北京 CBD 高质量发展引导资

域内智能化管理平台建设、数字化场景应用投入的企业，给予一定的奖励，企业利用开放能力和工具集构建企业级应用，优化升级自身业务。政府可利用政策及资金支持的方式，鼓励企业将运营数据接入平台中，助力区域数字经济良性发展。

探索政府与公民共建共用新模式，打造高粘性个人数字孪生体。

伴随着线上服务和消费的延伸，基于数字孪生的应用场景也将向民生领域辐射，探索政府与公民共建共用数字孪生城市底座平台成为数字孪生城市长效运营的新方向。一方面，平台在保障用户信息及隐私安全的前提下，通过打通公民各类信息，构建群体用户画像，以移动应用端“多卡合一、一码通用”形式，打造个人数字孪生体应用，为公民提供定制化、精准化服务推送。另一方面，平台可依托个人数字孪生体应用，打造立体化交互、沉浸式体验的新场景，允许公众在孪生城市中发布内容，打造社交网络 UGC（用户原创内容）新模式，提升孪生城市粘性；与此同时，平台可面向公民发布例如城市 POI 信息标注、补充等“淘金客”任务，以积分或现金奖励的形式，鼓励公民参与城市信息模型的更新，促进数字孪生城市长效运营。



来源：中国信息通信研究院

图 21 城市 CIM 底座向 ToB 和 ToC 开放

（三）加强需求约束成效评估，践行“以评促建”理念

以场景需求为牵引和约束，分级分类有针对性建设数字孪生城市底座能力。当前数字孪生城市推进仍存在两方面显著问题，一方面，项目建设仍以建模渲染等可视化、城市静态实体管理为主，数字孪生的虚实互动、智能决策等价值没有发挥出来；另一方面，数字孪生城市仍以供给侧为主导建设，需求侧的业务场景难以得到满足，导致建设粘性不高，价值点大大“打折”。从经济价值角度来看，数字孪生城市建设的精度与深度应与场景需求相关联，全面扭转从供给侧技术主导向需求侧业务驱动转变的建设理念，根据建设场景选择适合的场景范围、模型精度、建设深度，避免“重型”项目整体上线，导致不必要的投资浪费。

场景范围与模型精度



来源：中国信息通信研究院

图 22 应用场景与模型精度与应用深度的关系

以成效评价为抓手，加强应用与底座融合深度。底座平台是数字孪生城市建设的核心，为孪生应用场景的构建提供共性的时空数据、信息模型、工具等支撑能力，赋能孪生城市的整体智治、高效协同。但当前各地建设数字孪生城市底座和上层应用严重脱节，一方面导致了底座重复建，资源浪费，另一方面由于不了解个性化应用需求和场景细节，底座能力难以支撑业务应用构建。为进一步利用好底座平台，统筹建设好底座平台能力，应从业务场景出发，梳理底座能力需求，并建立验证业务是否满足的成效评价机制，推动应用与底座的融合互促。如内涝防治中，对于地形类数据有较高的精度要求，如特定范围内高精度的数字高程数据、地表覆盖数据、地表覆盖物对降雨汇流迟滞系数、地下管网数据等；还需要结合海洋潮汐、台风路径、气象云图、实时降雨等气象信息，以及管网、积水点以及河道等实时感知数据，为实现内涝防治，底座需要满足以上需求，构建各类业务模型，

进而实现在降雨预测下的城市内涝预测预警以及防控指挥。



来源：中国信息通信研究院

图 23 应用成效倒逼底座建设

四、实践创新：直面挑战创新数字孪生城市建设模式

(一) 全过程咨询谋划，整体性系统性推进数字孪生城市

当前挑战：一是规划、设计与实施等多环节的脱节严重。数字孪生城市，是以整体化全局视角提升城市生命体活力的新模式新探索。但按照一般信息化工程项目建设模式，规划需求分析、投资决策、功能设计、开发施工、竣工验收、建设运营等环节存在割裂，在具体实施中，规划中提出的重要内容要求被抛之脑后，渐渐“跑偏走样”，一座座新烟囱拔地而起，最终造成“规划很丰满，现实很骨感”。二是城市数字底座的建设模式尚未定型。以 CIM 平台为例，依据主导委办局的服务职能，呈现“多路并举”探索态势。既有偏宏观建模的 CIM 底座，强调对国土资源规划管控的数据建设与应用；也有偏小尺度微观层面的 CIM 底座，强调建筑物 BIM 模型建设与对建设项目的

审批支撑，还有立足城市大数据资源统筹，构建更为超脱中立的城市空间数据 CIM 平台，将会形成新的 CIM 平台孤岛，造成新一轮投资浪费。

创新举措：树立全生命周期治理思维，开展全过程咨询谋划，提供涵盖规划、建设、运营，面向交付的一站式咨询和支撑服务。近年来，全过程工程咨询在建筑业已得到较为充分的贯彻，从投资决策、工程建设、运营维护等全生命周期角度，较好地促进了建筑业健康发展。建议加快推进数字孪生城市领域全过程工程咨询，综合运用学科知识、实践经验、信息技术和管理方法，为数字孪生城市全生命周期提供技术保障，涵盖数字孪生城市项目的投资策划、前期可研、工程设计、招投标、实施监理、竣工验收、运营维护等，避免项目建设“碎片化”管理，从而提升数字孪生城市工程质量、管控投资成本、确保建设进度、防控项目风险。

（二）全链条产业协作，打造数字孪生城市整体解决方案

当前挑战：建设主体多元造成的系统互利互通难问题。不同地区智能设施、物联感知设施建设程度相差较大，涉及行业主体多，往往不同的利益相关方和供应商，会针对城市不同场景沉淀形成各类数据，既需对各方提供的多元异构数据进行统一规范治理和动态融合，还应高效率匹配来自不同行业知识的语义分析，而海量数据的复杂场空间分析计算和实时交互成为重大挑战。

创新举措：打通发展的堵点痛点，促进全链条产业协作，面向数字孪生城市落地实施合作共建整体解决方案。数字孪生是一个复杂巨

系统，必须有一个强有力的产业生态提供支撑并进行紧密协作才能成功，亟需引导和支持龙头企业围绕三维可视化建模、仿真渲染、图形化引擎，空间计算、GPU 芯片、虚实交互等关键技术开展协调攻关，打造全链条产业协作，实现内生安全自主创新。依托第三方协会、联盟、智库等力量，高水平打造数字孪生城市公共服务平台，有利于集聚产业链上下游企业营造良好产业氛围，助力中小企业创新孵化，培育一批数字孪生领军企业，同时实现数据赋能、技术赋能，推动更多企业持续推出优质数字孪生应用产品，加速提升城市治理现代化水平。

（三）全过程服务交付，确保数字孪生城市不走样不变形

当前挑战：一是建设方“大干快上”盲目追新带来的过度投入。

在地方数字化转型的百舸争流中，各地政府期待率先落地数字孪生城市，擦亮城市名片。企业和相关机构力图引入新颖概念，换汤不换药地增强原有产品的竞争力和价值。但超越城市治理服务基本业务需求，不切实际地盲目追新，缺乏对应用需求与目标的深入分析，导致数字孪生技术城市规划、建设、管理、服务等业务和脱节，造成过度孪生下的“花瓶”，带来投资浪费和缺乏实效。二是多源数据集中汇聚和处理带来一定安全风险。数字孪生城市的数据来源点多面广，数据存储与处理高度集中于城市智能中枢等中心化机构，可能在黑客入侵、安全攻击等网络风险下导致城市运行瘫痪。此外，数字孪生城市很多视频数据采集、轨迹分析等涉及部分公民隐私，如果不能有效脱敏处理，设立合理权限管控数据，容易造成个人隐私滥用。

创新举措：严控过程风险、系统性风险，确保数字孪生城市实施项目“不走样”“不变形”，不断规范项目全过程服务交付流程。倡导全流程服务理念，解决数字孪生城市建设和运营环节衔接不够紧密，运营支撑不足的问题，实现数字孪生城市健康长效运营。在建设环节，强化数字孪生城市的接口服务、集成服务、应用服务供给能力建设，提升数字孪生模型与各类应用场景的适配性，为应用场景拓展奠定坚实基础。在运营环节，发展数字孪生模型托管运营、政府与企业协同运营等模式，充分发挥数字孪生模型资产的多场景支撑能力，挖掘各类增值服务模式，提高数字孪生城市建设的经济社会效益。

（四）高质量标准认证，推动数字孪生城市健康有序发展

当前挑战：一是认识偏差带来的莫衷一是与盲人摸象。数字孪生城市尚处于百花齐放、积极探索阶段，其整体成熟度、技术综合性、科研理论创新等依然处于发展演进中，管理者到实施方、公众的认知仍然处于培育阶段。例如，认为城市立体化三维建模或城市多维度可视化呈现代表数字孪生城市，而同等重要甚至更能凸显数字孪生特性的模拟仿真推演、虚实融合互动等未得到相应重视和体现，更无法充分释放数字孪生技术带来的低成本仿真推演、协同组合式创新、改善优化现实的核心价值。**二是数据融合、技术集成等相关标准仍处于缺位状态。**例如，目前尚未形成通用性时空数据标准，基于 GIS 的空间数据尚不能高效解决三维表达和时态变化，BIM 空间数据单体性较强，与 GIS 融合要变换坐标且实时融合较难。此外，编码体系较为混乱，业务数据、时空数据与时空编码难以建立关联，多模态数据融合

表达处于“七国八制”状态，亟需统一标准与认证。

创新举措：改善“九龙治水”发展环境，基于标准规范对供给方进行能力检测认证，对需求方进行成效评估评价。落实《国务院关于加强质量认证体系建设促进全面质量管理的意见》要求，构建数字孪生城市领域质量认证体系，完善数字孪生城市产业质量信号传导反馈机制、促进市场供需对接和结构优化。标准研制方面，汇集行业企业力量，紧密围绕用户需求，梳理数字孪生城市建设过程和相关技术服务提供过程，制定数字孪生城市领域技术服务规范。质量认证方面，推动信息技术行业认证机构建立认证规范，开展数字孪生城市技术服务高品质第三方认证，打造质量标杆，营造优质行业发展环境。

(五) 全生态环境营造，助力数字孪生城市高质量新格局

当前挑战：一是产业基础较为薄弱，底层软硬件自主可控水平较低。当前，支持高性能计算、图形计算等的硬件芯片，支撑建模、渲染、仿真等的底层软件或技术协议，大多数由国外主导，国内相关产业基础薄弱，自主可控水平较低。二是数字孪生既是新技术又是复合技术，人才储备严重匮乏。数字孪生涉及建模、仿真、虚拟现实等多种高新技术，且技术集成关系较为复杂，相关技术人才极为匮乏，核心技术企业开放不足，技术集成难度较大，难以支撑数字孪生城市高质量发展。

创新举措：加强核心产业培育，强化数字孪生人才供给，加快营造助力数字孪生城市高质量发展的生态环境。围绕核心技术产业、数字孪生应用产业，推动打造一批数字孪生高科技产业园区或产业基

地，既有效推动高技术产业化发展，又促进产业集聚协作发展。利用第三方协会联盟平台，积极开展数字孪生人才培养培养，将数字孪生人才认证纳入资格认证体系之中。选取国内智慧城市建设基础较好的园区、新区，率先开展数字孪生城市示范区建设，找到高价值场景，释放数字孪生价值。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：18500738362

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

