

「数智」
蓝皮报告

数字孪生城市产业图谱研究报告 (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

中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会

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和中国互联网协会，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和中国互联网协会”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

数字孪生技术作为优势技术集成突破的代表，已经成为产业、资本、政府各界高度关注和资源投入的焦点。《“十四五”国家信息化规划》《“十四五”信息通信行业发展规划》等文件均提出要强化数字孪生技术战略布局和技术融通创新。国务院印发的《“十四五”数字经济规划》，将数字孪生技术列入“加快推动数字产业化”，将其作为增强关键数字技术创新能力，强化优势技术供给的战略性前瞻性新领域，也是“十四五”时期需重点突破的创新技术集成领域。数字孪生起源于航天军工领域，近年来持续向智能制造、智慧城市、水利、能源、交通、医疗等垂直领域拓展，已成为助力企业数字化转型、实现城市可持续发展、促进数字经济发展的重要抓手。

本报告由中国信息通信研究院产业与规划研究所联合苏州工业园区数字孪生创新坊、中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会及政产学研多家单位共同编写。报告首次研究提出数字孪生产业概念与内涵、我国数字孪生产业四阶段体系，分析数字孪生产业发展现状与趋势，绘制数字孪生城市产业总体视图和细分领域视图，结合苏州工业园区、上海临港、雄安等地建设经验，提出数字孪生产业发展建议，希望能为社会各界提供借鉴和参考。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、 数字孪生产业内涵	1
(一) 我国数字孪生产业形成五大阵营、三大圈层	1
(二) 我国数字孪生产业呈现四大典型特征	3
(三) 我国数字孪生产业发展阶段正处于增长期	4
二、 我国数字孪生产业发展态势	6
(一) 产业市场蓬勃发展，产业生态不断繁荣	6
(二) 空间布局差异较大，发达地区集中度高	8
(三) 投融资市场强势反弹，融资进入中后期	10
(四) 学术研究势头活跃，源头创新活力十足	11
(五) 应用领域持续爆发，元宇宙点燃消费市场	15
(六) 标准化进程加速，护航行业高质量发展	16
三、 数字孪生城市产业图谱	19
(一) 我国数字孪生城市产业总体视图	19
(二) 六大核心产业板块	21
(三) 五大关联产业板块	36
(四) 三大辐射产业板块	45
四、 数字孪生产业发展建议	50
(一) 强化顶层设计，统筹产业全要素协调联动发展	50
(二) 强化自主可控，加强核心技术协同攻关与自主创新	52
(三) 强化生态开放，构建共建共享产业合作生态圈	53
(四) 强化集成突破，开展高价值场景征集与试点示范	55
(五) 强化补链强链，提高产业集聚度和集群竞争力	56

图 目 录

图 1 数字孪生典型特征与核心技术关系图	2
图 2 数字孪生产业定义	3
图 3 我国数字孪生产业发展阶段	5
图 4 全球数字孪生市场规模增长趋势	7
图 5 全国数字孪生企业增长趋势	8
图 6 全国数字孪生企业分布	9
图 7 数字孪生专利申请量省份对比	9
图 8 全国数字孪生融资轮次交易笔数变化情况	10
图 9 全国数字孪生企业投融资交易总额变化情况	11
图 10 全球/全国每年数字孪生论文发布情况	12
图 11 全国数字孪生领域发表论文数量	12
图 12 全国数字孪生专利数量占比情况	13
图 13 我国数字孪生专利新增数量变化情况	13
图 14 数字孪生学术研究热点情况	14
图 15 数字孪生领域研究国际合作情况	14
图 16 我国数字孪生应用分布情况	15
图 17 全球数字孪生应用分布情况	16
图 19 我国数字孪生城市产业总体视图	20

表 目 录

表 1 国际新增组织、机构以及标准情况	17
表 2 孪生建模企业分类	22
表 3 可视化渲染企业分类	24
表 4 仿真推演企业分类	27
表 5 感知标识企业分类	30
表 6 GIS 与新型测绘企业分类	32
表 7 倾斜摄影与激光雷达技术对比	34
表 8 交互控制企业分类	35
表 9 数字孪生城市规建管领域企业分类	37
表 10 数字孪生流域企业分类	40
表 11 数字孪生交通企业分类	42
表 12 数字孪生电力企业分类	43
表 13 数字孪生制造企业分类	45

一、数字孪生产业内涵

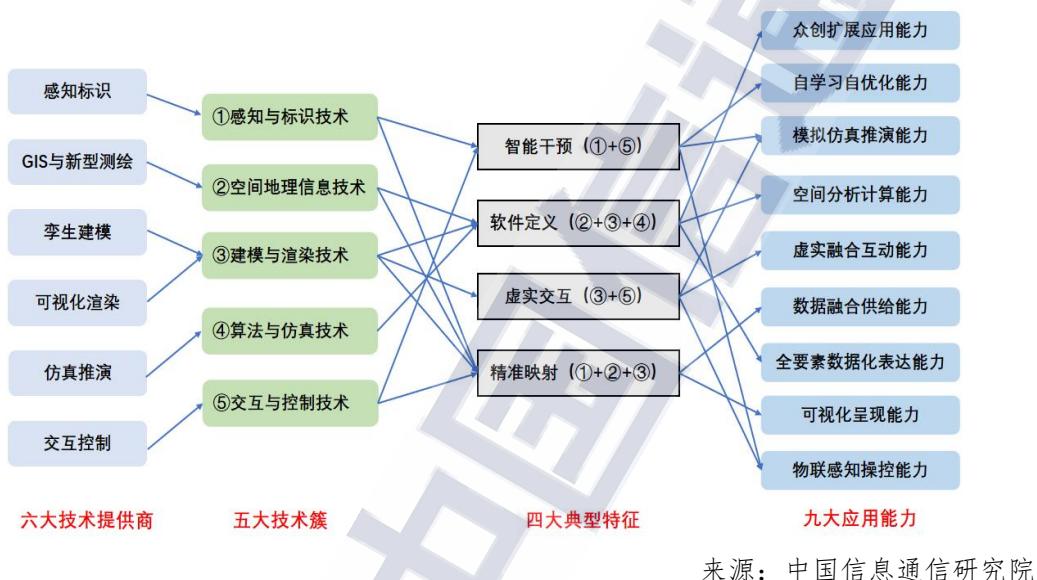
数字孪生因感知控制技术而起，因综合技术创新而兴，是指通过对物理世界的人、物、事件等所有要素数字化，在网络空间再造一个与之对应的“虚拟世界”，形成物理维度上的实体世界和信息维度上的数字世界同生共存、虚实交融的格局。数字孪生技术从制造业逐步延伸拓展至城市空间，深刻影响着城市规划、建设与发展。

数字孪生城市是基于数字化标识、自动化感知、网络化连接、普惠化计算、智能化控制、平台化服务的信息技术体系和城市信息空间模型，在数字空间再造一个与物理城市匹配对应的数字城市，全息模拟、动态监控、实时诊断、精准预测城市物理实体在现实环境中的状态，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。数字孪生城市是技术演进与需求升级驱动下新型智慧城市建设发展的一种新理念、新途径、新思路。

（一）我国数字孪生产业形成五大阵营、三大圈层

从典型场景和技术架构（详见中国信通院《数字孪生城市研究报告（2019年）》）分析，数字孪生城市至少具备九大核心能力，即物联网感知操控、可视化呈现、全要素数字化表达、数据融合供给、虚实融合互动、空间分析计算、模拟仿真推演、自学习自优化和众创扩展应用（详见中国信通院《数字孪生城市研究报告（2020年）》）。结合九大核心能力，从供给侧角度分析，目前行业分化形成感知标识、地理信息、建模渲染、算法仿真、虚实交互五大数字孪生城市技术体

系发展路径和产业阵营（详见中国信通院《数字孪生城市研究报告（2021年）》）。从数字孪生城市扩展到数字孪生全产业链，孪生建模、可视化渲染、仿真推演是数字孪生最基本要素，感知标识、交互控制、GIS与新型测绘是从物理空间与数字空间双向作用的关键要素，此外还需要基础设施、咨询标准、安全等服务保障。



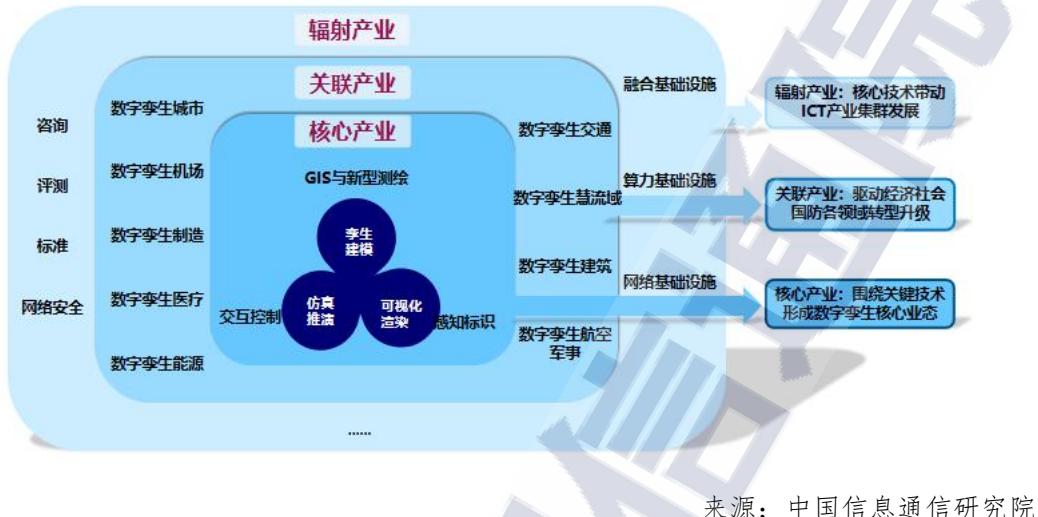
来源：中国信息通信研究院

图 1 数字孪生典型特征与核心技术关系图

数字孪生产业包括核心企业、关联企业以及辐射企业三个部分。

狭义的数字孪生产业以数字孪生核心技术企业为主，即以孪生建模、可视化渲染和仿真推演为核心，以感知标识、GIS与新型测绘、交互控制技术提供商为外核，围绕关键技术形成数字孪生城市核心业态。广义的数字孪生产业既包含核心企业，也包含关联企业，关联企业为智慧城市、智慧机场、智能制造、智慧医疗、智慧能源、智慧交通、智慧流域、智慧建筑、航空军事等集成应用提供商，关联产业驱动经济社会、国防等各领域产业的转型升级。辐射企业包括咨询、评测、

标准、安全、融合基础设施、算力基础设施、网络基础设施等相关供应商，带动 ICT 产业集群发展。



来源：中国信息通信研究院

图 2 数字孪生产业定义

（二）我国数字孪生产业呈现四大典型特征

现阶段我国数字孪生产业正处于源头创新勃发、行业高速扩张、领域快速渗透阶段，行业应用覆盖面广，呈现出点多、链长、融合、引领四大典型发展特征：

一是点多，表现为产业主体多、涵盖领域广。数字孪生产业包括用户（政府、企业）、运营商、解决方案提供商、内容与服务提供商等众多角色。涵盖数字孪生城市/园区、交通、水利、医疗健康、智能制造、航空军事等领域。

二是链长，表现为产业链条长、辐射带动性强。数字孪生产业链包括规划设计、系统集成、设备采集、建模、解决方案和运营服务等多个环节，吸引了 ICT、互联网等各类企业纷纷入局，对硬件、软件、服务业等领域带动作用大。

三是融合，表现为技术创新强、交叉融合快。数字孪生是多种技术集成，包括 GIS、BIM、仿真、可视化渲染、交互控制、物联感知等，当前随着元宇宙等概念兴起，隐私计算等技术趋于成熟，与数字孪生技术体系交叉融合，将不断催生蝶变大量新模式、新应用、新场景。

四是引领，表现为各地积极布局、点面结合。北上广深等一线城市发挥创新资源集聚优势，将数字孪生与社会治理需求深度融合，着力打造数字孪生全场景应用服务体系，引领带动智慧城市产业全方位发展。部分城市聚焦地理信息、AI、渲染等特色领域，点状发力寻求突破，打造数字产业发展新引擎。

（三）我国数字孪生产业发展阶段正处于增长期

从中央部委到地方政府积极出台数字孪生相关政策文件，数字孪生相关技术越来越受到关注，数字孪生应用广度与深度也持续拓展，根据发展驱动力、技术特征、市场特征和应用场景，可将我国数字孪生技术产业发展历程分为产业早期、产业探索期、产业增长期和产业成熟期四个阶段。当前我国正处于产业增长期。



来源：中国信息通信研究院

图 3 我国数字孪生产业发展阶段

第一阶段：产业早期（2010年前后-2016年）。2010年，NASA定义了未来飞行器数字孪生体范例，开始应用于航天飞行器制造，受国外市场影响，数字孪生技术逐步进入国内市场，国内企业开始在航天军工、制造业，建筑、医疗等领域进行技术单点的尝试。GIS、三维可视化企业快速发展，BIM、CAD/CAE、物联网等数字孪生支撑技术也逐步成熟，但相互之前处于互相割裂状态，企业数量增长缓慢。

第二阶段：产业探索期（2017年-2019年）。该阶段以供给侧市场为主，GIS、BIM、游戏引擎、物联网等技术成熟，并在某个行业开始初步融合应用，形成感知到控制闭环。2017年，中国信息通信研究院提出“以数字孪生城市推进新型智慧城市建设”的创新理念，在业内引起强烈反响，数字孪生技术开始在水利、交通、能源等领域探索应用。虽然市场尚未打开，但可视化渲染、孪生建模等中小型企业数量开始逐步增长。

第三阶段：产业增长期（2020 年-2029 年）。随着数字孪生价值显现，“探索数字孪生城市”纳入十四五规划，住建部、自然资源部、水利部等部门出台相关政策推动数字孪生技术在城市、水利、能源、军事、智能制造等领域深度应用，ToG、ToB 市场增长稳定。AR/VR、AI 等各种技术充分渗透，智能终端实现技术突破，数字孪生工具化、平台化快速发展，开发门槛降低。华为、阿里、腾讯等头部企业积极布局，中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会等联盟纷纷成立，推动企业生态融合，市场标准逐步统一。

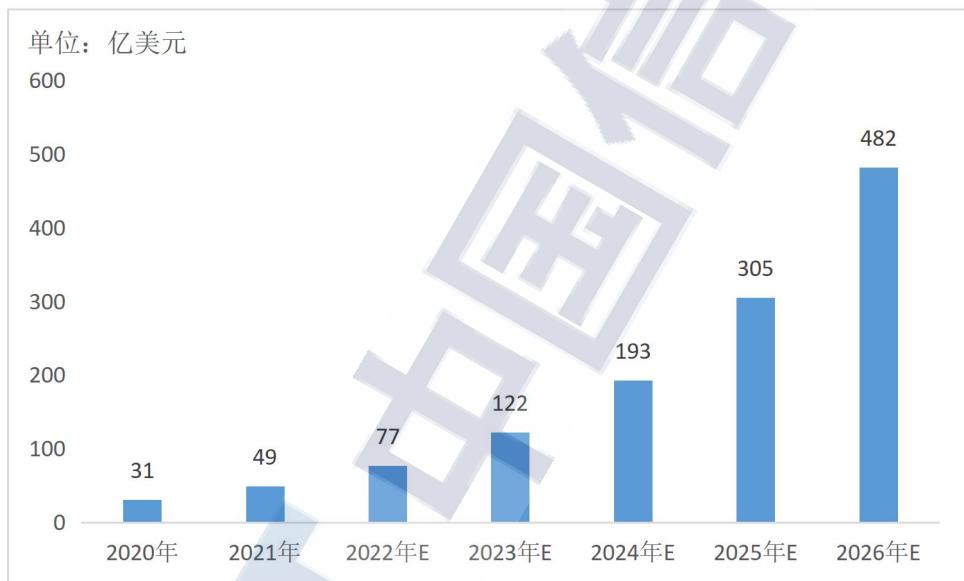
第四阶段：产业成熟期（2030 年以后）。未来，随着行业算法成熟，AI、脑机接口等技术大规模应用，算力基础设施快速发展，数字孪生市场将整体成熟稳定，预计在 2030 年左右进入产业成熟期。该阶段需求侧占绝对主导地位，To G、To B、To C 呈现多点开花的局势，面向复杂场景应用技术成熟。不同行业数据与标准打通融合，市场规范化发展，市场格局稳固，但新兴企业仍然可依靠技术创新进入市场。

二、我国数字孪生产业发展态势

（一）产业市场蓬勃发展，产业生态不断繁荣

从全球数字孪生市场发展情况来看，数字孪生市场正处于蓬勃发展的进程当中，我国数字孪生城市建设市场活跃。根据中国信息通信研究院与世界经济论坛合作报告数据，截止到 2021 年，全球数字孪生市场规模达到 49 亿美元，预计全球数字孪生市场将以 58% 的复合年增长率增长，到 2026 年将达到 482 亿美元。2021 年 8 月，世界经

济论坛与中国信通院联合征集数字孪生城市案例，据统计，千万人民币以上的投资项目占 50%以上，百万人民币以上的投资项目达到 89%，项目平均投资达到 2800 万元人民币，将数字孪生产业市场推向新的高度。据 IDC 统计，目前仿真推演、可视化、交互控制、城市信息模型等市场板块均是“十亿”级市场规模，相关企业在数字孪生解决方案方面的营收增长率普遍超 50%，预计 2022 年整体市场将保持较良好的增长态势¹。



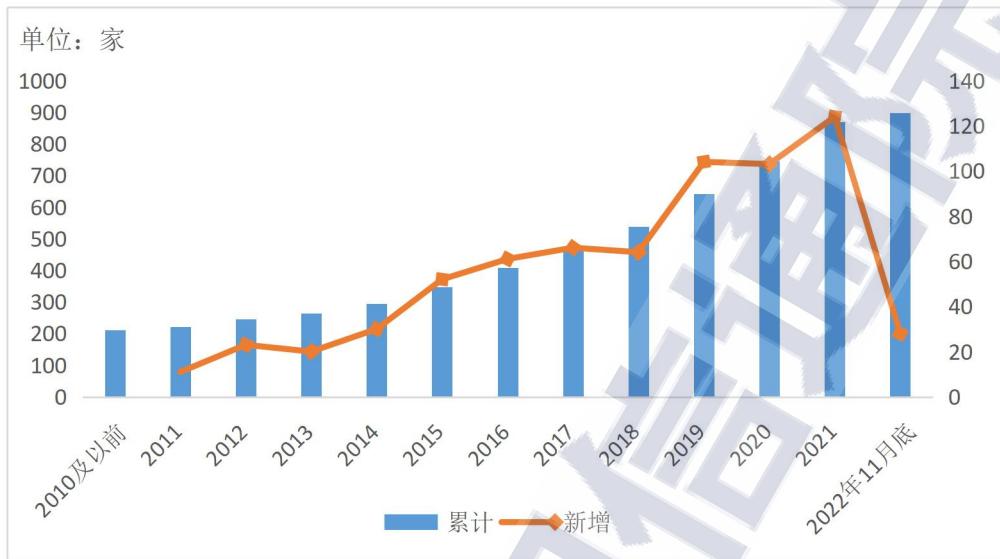
来源：中国信息通信研究院与世界经济论坛合作报告

图 4 全球数字孪生市场规模增长趋势

从产业生态情况来看，我国数字孪生企业数量保持快速增长趋势，市场主体持续壮大，产业生态不断繁荣。据不完全统计，在 2014 年以前，我国数字孪生企业新增数量保持在每年 30 个左右。2015 年至 2018 年，我国数字孪生企业数量保持 50-60 个快速增长。2019 年至 2021 年，我国数字孪生企业数量涨幅达到顶峰，企业增长数量高达

¹ IDC《中国数字孪生城市市场分析，2021》报告

100 余个。表明我国市场主体持续壮大，后入场玩家较多，市场机会多，市场潜力大。



来源：天眼查“数字孪生”关键词检索数据，中国信息通信研究院整理

图 5 全国数字孪生企业增长趋势

（二）空间布局差异较大，发达地区集中度高

北上广数字孪生企业主体数量领先，龙头企业多。北京、广东、江苏、上海等经济发达地区数字孪生市场主体规模大，是我国数字孪生产业格局中重要组成部分。其中，北京数字孪生企业数量高达 219 家，领跑全国，代表企业有泰瑞数创、51World、优锘科技、摩尔线程等。广东数字孪生企业数量名列第 2 位，代表企业有奥格科技、广州勘测院、竹云科技等。江苏数字孪生企业数量名列第 3 位，代表企业有苏州工业园区测绘、数字地图、火星视觉等。此外，上海、浙江数字孪生企业数量均超 60 家。



来源：中国信息通信研究院

图 6 全国数字孪生企业分布

从区域分布来看，北京、广东、江苏数字孪生专利数量排名领先，数字孪生技术创新能力强。根据中国信通院知识产权数据库检索，从总量上来看，北京是数字孪生专利申请量最多的省份，数量遥遥领先。其次是广东与江苏，两地申请量相近。2021年，湖北、辽宁、江苏等省份加速发力，专利增长率排名领先，发展势头强劲，产业市场前景广阔。

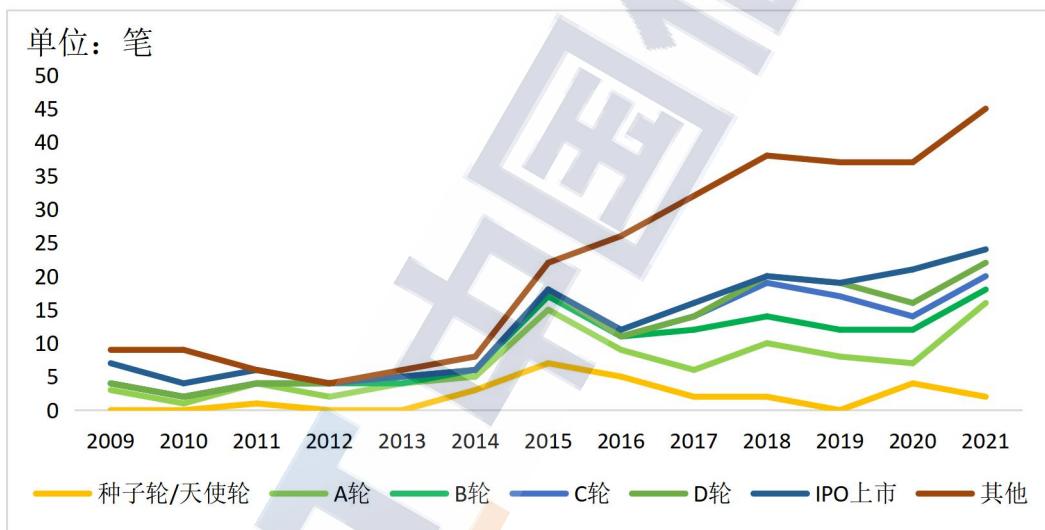


来源：中国信息通信研究院

图 7 数字孪生专利申请量省份对比

（三）投融资市场强势反弹，融资进入中后期

我国数字孪生企业投融资市场强势反弹。受疫情等因素影响，2019年、2020年我国数字孪生投融资市场相对低迷，但随着常态化经济社会秩序趋于稳定，以及元宇宙等热点，数字孪生企业投融资市场强势反弹，交易数量与金额快速增长。经中国信通院根据公开资料不完全统计，2021年全国投融资交易数量达45笔，同比增长21.6%，投融资金额超过300亿元，同比增长60%，整体市场相较去年同期有所回暖。

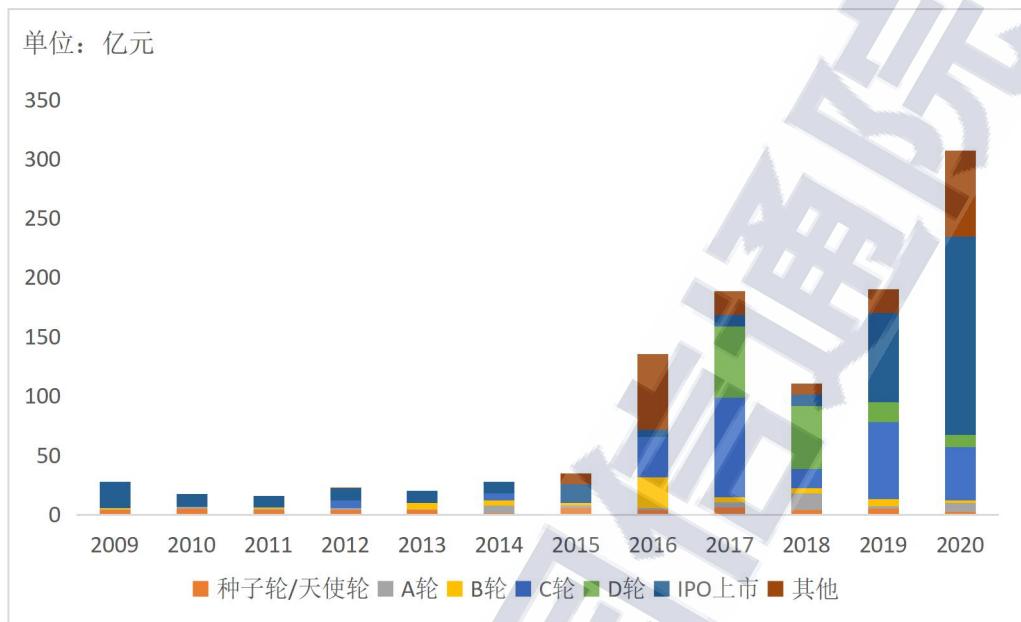


来源：中国信息通信研究院整理

图 8 全国数字孪生融资轮次交易笔数变化情况

元宇宙助力数字孪生投资规模快速增长。从融资轮次来看，全国投融资市场出现新动向，除种子轮之外，其余轮次投资笔数显著增加。截止到2021年，数字孪生投融资集中在A轮之后，其中A轮较去年同期增长达14笔，其余轮次的增长数量也达到5-6笔。根据中国信通院统计，从2016年开始，数字孪生企业投融资交易金额大幅提高，其中IPO上市金额逐渐增大，在2020年达到了167亿元。除此之外，

随着元宇宙等概念的高涨，吸引投资方逐渐开始将目光转向数字孪生领域，投资规模快速增长。



来源：中国信息通信研究院整理

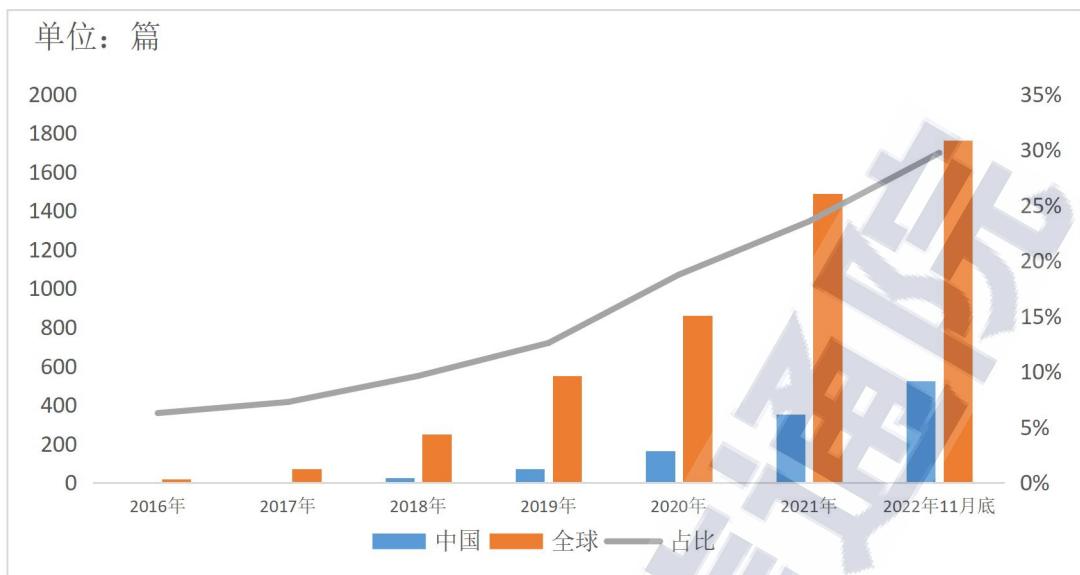
图 9 全国数字孪生企业投融资交易总额变化情况

（四）学术研究势头活跃，源头创新活力十足

全球数字孪生学术研究势头活跃，我国论文研究数量持续领先。

经中国信通院整理，全球数字孪生领域发文总量整体呈现逐年增长的趋势，尤其 2019 年以来势头活跃。我国论文发布数量与全球趋势保持一致，且占全球论文的比例持续攀升。基于 Web of science 数据库检索²，从总量上来看，中国、德国、美国、英国、意大利等国家是全球数字孪生领域论文产出最多的国家。其中，中国论文研究数量居首位，占总发文量的 22.7%，德国发文量占比 15.1%，美国占比 13.7%，成为全球学术研究的重要部分，推动数字孪生技术创新与发展。

² 基于 Web of science 核心合集，选取范围包括 SCI-EXPANDED、CPCI-S 和 ESCI 数据库，检索 2010-2022 年关于数字孪生的学术论文。截止时间 2022 年 11 月 22 日。



来源: 基于 Web of science 数据库检索, 中国信息通信研究院整理

图 10 全球/全国每年数字孪生论文发布情况

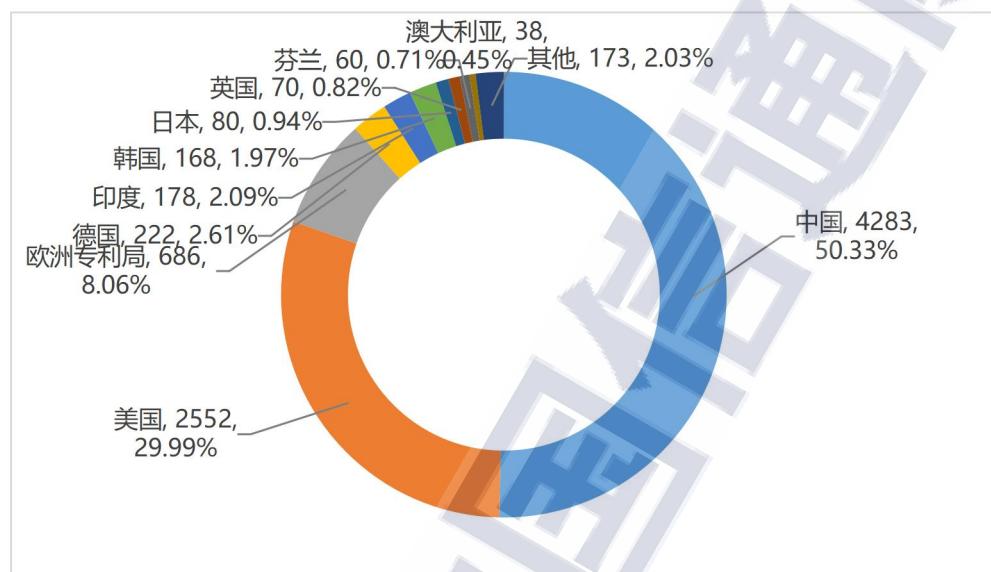


来源: 基于 Web of science 数据库检索, 中国信息通信研究院整理

图 11 全国数字孪生领域发表论文数量

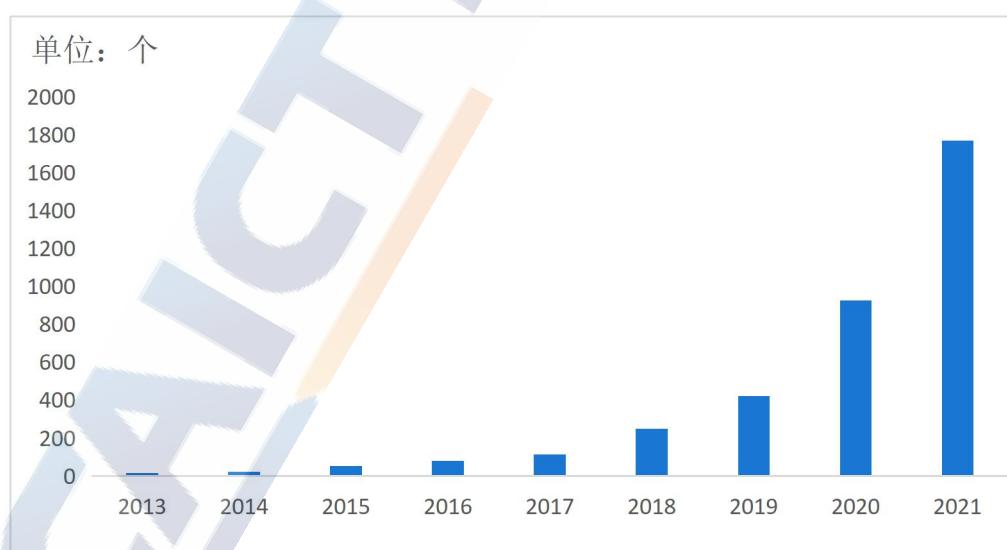
我国专利总量位居全球第一位，且专利数量保持高速增长。根据中国信通院统计，从全球来看，中国、美国、欧盟是数字孪生技术创新的主要国家和地区。对比国外，我国数字孪生专利总体数量保持领先，拥有数字孪生专利 4283 个，占比高达 50.33%，美国、欧盟、韩

国、日本等紧随其后。从 2016 到 2020 年，我国数字孪生相关的专利数量呈现明显增长趋势，数字孪生技术与创新已经进入快速发展阶段。2021 年我国新增数字孪生相关申请专利 1771 件，同比增长 91%，成为数字孪生技术创新的核心力量。



来源：中国信息通信研究院

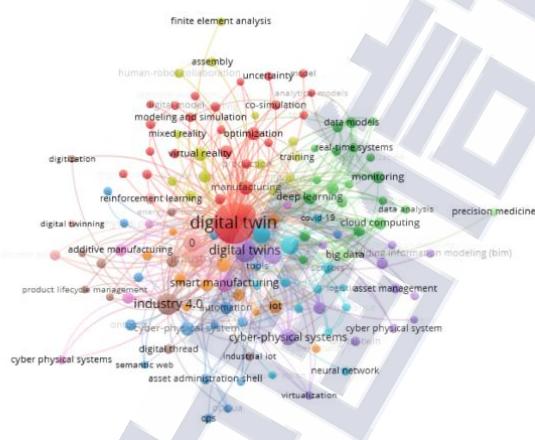
图 12 全国数字孪生专利数量占比情况



来源：中国信息通信研究院

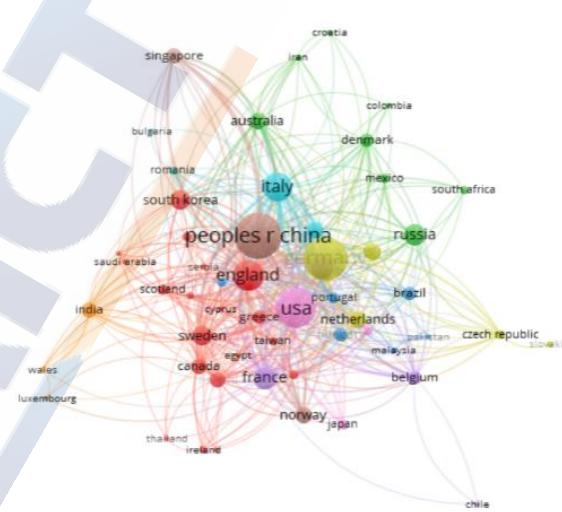
图 13 我国数字孪生专利新增数量变化情况

研究热点方面，当前数字孪生产业研究热点聚焦五大关键环节，欧盟国际合作活跃。经中国信通院梳理，从研究方向来看，当前数字孪生学术研究主要聚集在模拟仿真、智能制造、信息物理系统、机器学习、模型应用五大主题领域。从国际合作情况看，全球国际间合作密切，主要形成以中国、英国、美国、德国为核心的合作团体，合力推动数字孪生技术应用和产业创新发展。



来源：中国信息通信研究院

图 14 数字孪生学术研究热点情况

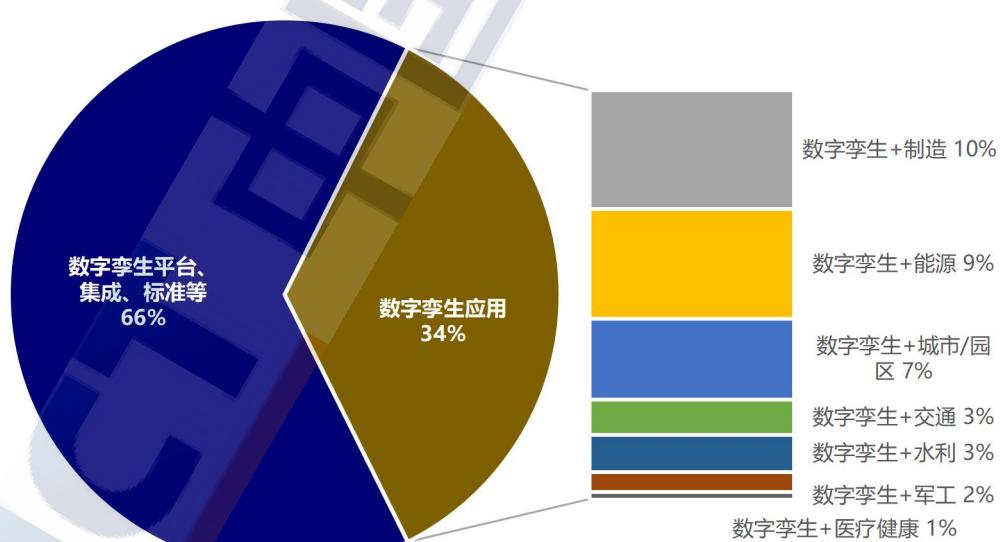


来源：中国信息通信研究院

图 15 数字孪生领域研究国际合作情况

（五）应用领域持续爆发，元宇宙点燃消费市场

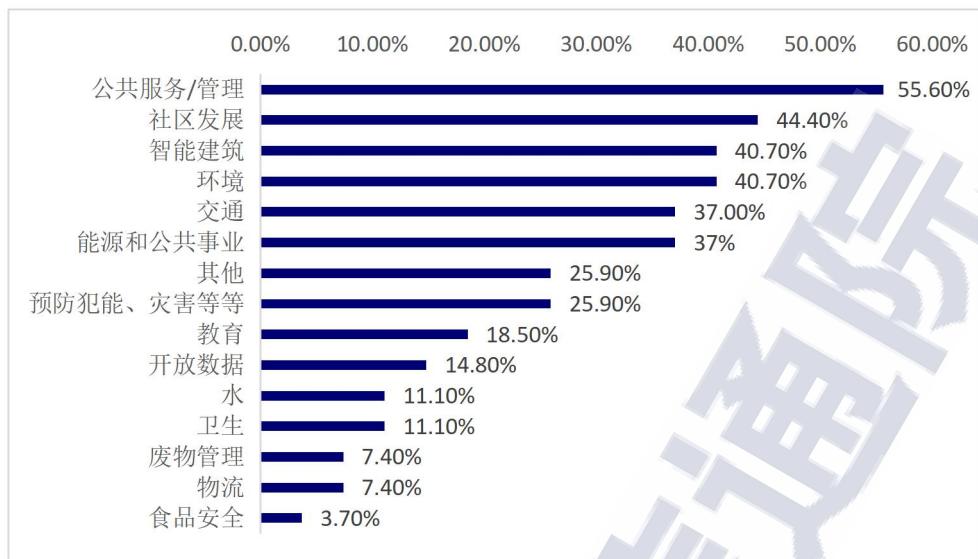
数字孪生应用向经济社会各领域全面延伸，国内外重心有别。总体来看，随着数字孪生技术、生态、产业、标准加快突破和发展，数字孪生应用市场正在进入成熟推广期。从国内应用落地实践看，在大基建政策和投资带动下，制造、能源、城市/园区、交通、水利领域孪生应用成为现阶段集中度和热度最高的板块，其中数字孪生技术在制造领域的应用占比高达 10%，在能源方面的应用占比达 9%。从海外应用落地实践看，在城市可持续发展理念引导下，公共服务与管理、社区发展、智能建筑和环境等领域数字孪生应用较热，在统计案例中占比达到 40%以上³。



来源：中国信息通信研究院

图 16 我国数字孪生应用分布情况

³ 世界经济论坛与中国信通院联合调查统计



来源：中国信息通信研究院

图 17 全球数字孪生应用分布情况

元宇宙概念火爆，逐步激活数字孪生消费市场。进入 2021 年以来，元宇宙概念大热，北京、上海、成都、武汉、海口、重庆、沈阳、河南等地纷纷出台元宇宙相关政策，将元宇宙、虚拟现实等纳入地方规划布局，有力推动基于虚实融合互动理念的数字孪生应用从生产侧进一步向消费侧渗透。虚拟直播、虚拟展会、元宇宙会客厅、AR 导航及培训等应用资本市场活跃，消费服务与产品快速推陈出新，有望在“十四五”期间成为新的数字产业增长热点。

（六）标准化进程加速，护航行业高质量发展

目前国际、国内增设新机构，推动数字孪生产业生态组织化、标准化和开放性特征明显。数字孪生技术经过多年发展，产业标准化已经得到越来越多的重视和关注。从国际看，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，目前已立项及拟立项《面向制造的数字孪生系统框架》《数字孪生体的可视化组件》《数字孪生概念和术语》等。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，如数字孪生标准工作组、数字孪生城市工作组、数字孪生专题组等机构，并已立项或拟立项《数字孪生通用要求》《数字孪生城市技术要求》《道路数字孪生》《城市数字孪生技术参考构建》《城市数字孪生能力成熟度模型》等相关标准，引领数字孪生城市建设发展。根据中国信通院不完全统计，截至 2022 年 8 月，我国共研究或制定数字孪生技术相关标准超 50 项，其中包括 14 项国家标准、18 项行业标准以及 20 项团体标准。

表 1 国际新增组织、机构以及标准情况

标准组织	新设机构	已立项及拟立项标准
国际标准化组织 (ISO/TC 184)	数字孪生体数据架构特别工作组	《面向制造的数字孪生系统框架》《数字孪生体的可视化组件》
国际标准化组织/国际电工委员会 (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	ISO/IEC 30172《数字孪生 应用案例》 ISO/IEC 30173《数字孪生 概念和术语》 《数字孪生 参考架构》
电气与电子工程师协会 (IEEE)	数字孪生标准工作组	《智能工厂物理实体的数字化表征 系统架构》
通标委 (TC485)	数字孪生城市工作组	《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》
信标委 (TC28)	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》

标准组织	新设机构	已立项及拟立项标准
智标委 (TC426)	BIM/CIM 标准 工作组	《城市信息模型（CIM）概念及总则》 《数字工程认证建筑信息模型（BIM） 管理体系》
地标委 (TC230)	/	《实景三维中国基本要求》《基础地理 实体数据成果规范》
中国互联网协 会	数字孪生技术 应用工作委员 会	《数字孪生城市技术要求》《数字孪生 城市服务要求》《城市数字孪生能力成 熟度模型》

来源：中国信息通信研究院

三、数字孪生城市产业图谱

（一）我国数字孪生城市产业总体视图

数字孪生城市是数字孪生技术在城市层面的广泛应用，具备数字孪生产业内涵与特征，既包含数字孪生核心技术、行业应用，也包括基础设施、支撑服务和网络安全等相关保障措施。因此，根据数字孪生产业框架，结合产业发展动态和企业综合实力评估，选取了核心产业、关联产业和辐射产业等各领域业务代表性较强的企业（机构），形成了数字孪生城市产业图谱。图谱展示了数字孪生城市产业五大环节的部分代表性企业（机构），即基础设施、核心技术、行业应用、支撑服务和安全，部分环节又划分为若干个细分领域。



来源：中国信息通信研究院

图 19 我国数字孪生城市产业总体视图

（二）六大核心产业板块

1. 孪生建模领域视图与态势分析

建模是实现“孪生”的重要手段和前提。数字孪生建模是将物体形状、物理属性进行数字化表达的过程，实现数字空间与物理空间一一映射，为数字孪生可视化展现、智能计算分析、仿真模拟和智能决策等提供数据基础，从技术路线区分，可分为几何建模和物理建模等。从建模方式区分，主要分为正向设计建模和逆向测绘建模；从建模成果区分，主要分为非结构化模型和结构化模型两类（详见中国信通院《数字孪生城市研究报告（2020 年）》）。

（1）领域视图

从技术特点考虑，将孪生建模企业分为几何建模和物理建模两大阵营。一是几何建模，主要基于形状结构、尺寸、外观等几何属性构建模型，根据功能不同，可细分为通用建模软件、设计建模软件（正向设计）和测绘建模软件（逆向重建）。其中，通用建模主要以 3DSmax、Maya，以及 SketchUp 等国外软件为主；设计建模包括 AutoCAD、中望 CAD 等三维 CAD 类软件，Revit、BIMFace 等 BIM 设计类软件，以及 CityEngine 参数化设计类软件；测绘建模又分为 TopDot、GeoMagic、ImageWare/NX 等点云重建类软件，ContextCapture、Photomesh 等影像重建类软件，和 CIM Generator、SVSModeler 等实体重建类软件。二是物理建模企业，主要基于运动学、动力学等物理属性构建模型，代表企业如微软、安斯科技、澳汰尔软件、安怀信、世冠科技、前沿动力等。

表 2 孪生建模企业分类

企业类型	几何建模	物理建模
技术特点	构建形状结构、尺寸、外观等几何属性	构建运动学、动力学等物理属性
代表企业	Autodesk、中望软件、华天软件、广联达、鲁班、云庐科技、苏州海赛等	微软、安斯科技、澳汰尔软件、安怀信、世冠科技、前沿动力等
代表产品	AutoCAD、3ds Max、中望 CAD、广联达 BIM、鲁班 BIM 等	Havok、PhysX、LS-DYNA、HyperMesh、GCAir

来源：中国信息通信研究院

（2）领域态势分析

建模产品亟需实现关键核心技术国产化。目前 CAD、CAE 等核心建模产品市场由国外企业主导，据相关研究报告显示，达索、西门子、PTC 以及 Autodesk 在我国 CAD 软件市场占有率达 90%以上⁴，2021 年 ANSYS、西门子和达索系统在我国 CAE 软件市场排名前三，三家市场占有率合计超过 45%⁵。中望软件等本土企业在 2D CAD 领域掌握多项关键核心技术，可实现国产替代，但 3D CAD 领域关键的三维几何建模引擎技术仍掌握在国外企业手中，具有很强的技术壁垒。在 CAE 领域，根据相关研究，本土企业以代理国外产品和基于开源的二次开发为主，完全独立自主研发的企业较少。2021 年 11 月，工业和信息化部印发《“十四五”软件和信息技术服务业发展规划》，提出研发推广计算机辅助设计、仿真、计算等工具软件，突破三维几

⁴ 数据来源：东方证券《工业软件之 CAD 行业报告：从海外工业软件巨头到中望软件》

⁵ 数据来源：《IDC 中国制造业数字孪生-CAE 市场厂商份额，2021：潜力无限》

何建模引擎、约束求解引擎等关键技术，国产建模产品和其关键核心技术将在“十四五”时期进行重点突破。

BIM、CIM 产业快速发展、日臻壮大。政策红利、城镇化发展和人工智能等技术进步推动 BIM 和 CIM 行业快速发展。伴随着实景三维、数字孪生等理念与实践推进，BIM 进入快速发展期，BIM 咨询、设计、施工等均出现爆发式增长，在基础设施建设和工业建筑中应用 BIM 的企业占比提高近 20%⁶。在 CIM 领域，据中国信通院不完全统计，2022 年以 CIM 为核心的数字孪生城市整体市场继续保持增长，CIM 招标数量增加 110 个，增长 20%。

人工智能技术逐渐应用于建模领域，图片建模、视频建模成为未来发展趋势。谷歌基于 NeRF 神经网络形成室外建模技术路线，不需要倾斜摄影，直接通过照片就可 AI 重建。Meta 元宇宙通过照片对人等实体低成本建模，几分钟即可完成人体 3D 建模，建立“即时化身”。智汇云舟运用了人工智能、三维 GIS、数字孪生技术，重构实时实景三维城市环境，单机支持实时 64 路视频同时空间场景动态孪生，正在研究利用视频建模，未来将有效降低建模成本与时间。

2. 可视化渲染领域视图与态势分析

可视化渲染是指用软件或引擎工具从 3D 模型生成图像、视觉效果的过程，包括几何、视点、纹理、光影以及照明等视觉效果。按照软件架构可分为 B/S 架构和 C/S 架构，其中 B/S 架构按照渲染技术又可划分为端渲染和流渲染；按照渲染时机可分为实时渲染和离线渲染。

⁶ 数据来源：《中国建筑业 BIM 应用分析报告（2021）》

基于B/S架构的渲染引擎已成为当下的主流趋势，基于C/S架构的渲染引擎正在逐渐减少。当前数字孪生项目普遍采用的是实时渲染方式，离线渲染主要用来做电影和动画等特效。

（1）领域视图

按技术路径划分，可视化渲染企业可分为两大阵营。一是轻量化引擎企业基于WebGL的图形化渲染技术，从小场景切入提升可视化渲染效果，一般采用端渲染，代表企业有优锘科技、秉匠科技以及易知微等。二是重量级引擎企业基于影视、游戏等客户端侧的图形化渲染技术，从大场景切入进入Web应用领域，一般基于云渲染模式，代表企业有51WORLD、睿呈时代、数字冰雹以及飞渡科技等。相较于重量级引擎，轻量化引擎的可视化效果稍差，深度应用空间受限。当前，轻量化引擎国产化水平较高，由于部署及业务二次开发相对复杂等问题，重量级引擎国产化水平低。未来，配套生产软件国产化水平发展迅速，可视化渲染引擎适配国产化数据库、硬件是趋势。

表 3 可视化渲染企业分类

企业类型	轻量化引擎	重量级引擎
主要技术路线	基于 WebGL 的图形化渲染技术	基于影视、游戏等客户端侧的图形化渲染
代表企业	优锘科技、数字冰雹、秉匠科技、易知微、眸瑞网络科技、图扑等	51WORLD、睿呈时代、美航科技、丝路视觉、光辉城市、数字冰雹、泰瑞数创、飞渡科技等
代表产品	ThingJS、图观（端渲染）、CESIUM、Web3D、黑洞、EasyV、图扑软件	OSRE、Unreal、Unity、图观、DTS、DeepWorld、Mars

发展模式	从小场景切入提升可视化渲染效果，一般采用端渲染方式	从大场景切入，基于云化渲染模式，进入 Web 应用领域
------	---------------------------	-----------------------------

来源：中国信息通信研究院

（2）领域态势分析

轻量化引擎逐步向大尺度场景可视化渲染场景发展。大部分轻量化引擎渲染厂商最初在某个行业实现可视化应用，随着网络和硬件性能提升，国产化引擎渲染效果大幅度提升，逐步向大尺度场景可视化渲染场景渗透。例如优锘科技从 2014 年开始转向浏览器原生支持的 WebGL 引擎能力，在初期尝试了 three.js 之后，发现也难以满足复杂和大型场景中的许多需求，因此开始自研 ThingJS 的 WebGL 引擎，以提供对数字孪生可视化场景中许多独特要求的支持，并通过自主引擎有力支撑上层工具的功能实现和扩展。

重量级引擎厂商向小尺度行业应用布局。大部分重量级引擎厂商主要应用在城市等大场景，部分厂商正在通过云服务方式降低开发门槛，向小尺度行业应用布局，提升行业包支撑能力。Unity 游戏引擎正在将其 2D/3D 创作能力积极拓展到游戏以外的领域，并在中国成立合资企业“Unity 中国”，将开拓如建筑、汽车以及动画渲染更多领域应用。部分企业积极开展国产游戏引擎研发，如光线云自主研发 RaysEngine 云原生实时渲染引擎。整体来看，国产游戏引擎整处于进发前夜，预计 3-5 年进入商用阶段。

端渲染和云渲染融合应用成为未来发展趋势。目前，在国内轻量化引擎厂商与重量级引擎厂商中，兼备端渲染和云渲染融合应用的厂

商较少。随着“云”渲染趋势，数字冰雹将其C/S架构的可视化渲染技术路线，转变为“端/流兼容”的B/S双渲染技术路线，兼容轻量化“端渲染”和重量级“流渲染”两种技术平台。泰瑞数创则在已有的流渲染平台之外，又推出支持C/S和B/S两种模式的端渲染技术平台，可以实现一套场景数据用三种模式渲染。未来，还将有更多可视化渲染厂商，在数字孪生园区、制造等行业应用中实现端渲染与云渲染的融合应用。

3. 仿真推演领域视图与态势分析

仿真推演是数字孪生实现预测未来发展态势、降低试错成本的关键工具。仿真推演是指在基础数学、物理学、系统工程、人工智能等多学科知识基础上，结合物理学规律、机理算法模型、深度学习算法等进行仿真建模，通过软件定义方式描述城市业务系统、工业系统、军事系统、环境系统等仿真对象运行状态，在交互体验载体上动态呈现其过去事实、现在变化及未来推演效果。

（1）领域视图

基于技术路线维度，仿真推演企业可分为机理仿真、数据驱动仿真和多智能体仿真三大板块。一是安世亚太、商询科技、软通智慧、中仿智能科技、华如科技、速石科技等重点关注基于机理（数学）算法模型的企业，主要面向航空航天、军事、车辆、船舶、工程机械、能耗、流体环境等结构变化、风险评估、业务流程、控制交互进行仿真推演。二是清鹏智能、51WORLD、泰瑞数创等基于数据驱动仿真企业，通过深度学习算法对城市人流、交通流等业务进行仿真推演。

三是 MIT 人工智能实验室、北京大学智能仿生设计实验室等，研究基于物理学规律和深度学习的多智能体复杂系统分析，支撑构建多物理场、多学科耦合的数字孪生解决方案，该仿真推演模式尚不成熟，正处于学习探索阶段。

表 4 仿真推演企业分类

企业类型	机理仿真（流程规则）	数据驱动仿真	多智能体仿真
主要技术路线	基于机理（数学）算法模型的仿真推演	基于深度学习算法的仿真推演	基于物理学规律和深度学习的多智能体复杂系统分析
代表企业	安世亚太、商询科技、软通智慧、中仿智能科技、华如科技、睿呈时代等	清鹏智能、51WORLD、泰瑞数创等	MIT 人工智能实验室、北京大学智能仿生设计实验室等
代表工具产品	ANSYS、AMESim、OpenFoam、SWMM、Datamesh、CitySim、CNFSimulator、XSimStudio	TensorFlow、Caffe、MATLAB、SIMULINK、51ISE、51Sim、SmartEarth	—
主要应用	航空航天、军事、车辆、船舶、工程机械、能耗、流体环境等结构变化、风险评估、业务流程、控制交互方面	城市人流、交通流等不确定性事件的动态推演	城市等复杂系统的动态仿真

来源：中国信息通信研究院

（2）领域态势分析

仿真技术与建模技术、渲染技术一体化发展。建模是仿真的载体，一般仿真软件企业通常也是建模企业。例如，软通智慧针对城市仿真云 CitySim 的应用配套研发了城市数字孪生平台 CityTwins，提供仿真推演所需的数据要素和概化模型的构建。一些渲染软件企业也基于渲染引擎提供自然环境类的仿真推演能力。例如 51WORLD 既提供可

视化渲染，也提供 3D 建模、模型仿真服务；睿呈时代 DeepWorld 孪生可视平台，将地理信息、虚拟现实、实时渲染、人工智能等技术与业务场景及其表达手法相融合。

仿真推演成果渲染可视载体呈现多样化趋势。例如软通智慧运用数字沙盘、全息影像、Web 展示、交互体验、决策指令等方式实现仿真推演结果与三维模型的叠加、渲染可视和智能交互服务；华如科技综合运用网络互连、信息互通、虚实一体互操作技术，支撑试验场、部队和实验室联合构建集实兵实装、实物/半实物模拟器、数字仿真模型于一体的联合试验环境，形成异地分布、功能一体的逻辑靶场。

仿真推演具有较强的行业依赖性。由于不同领域的数据类型、建模机理、业务流程等不同，仿真推演技术有很大差异，需要长期的行业知识积累。数字世界对物理世界事件的精准模拟，有赖于仿真算法的准确性，但当前仿真推演技术重视度不够，技术也不成熟，以数字孪生城市为例，招标人对设计方案的要求多强调 GIS 建模、BIM 建模、可视化渲染，很少强调仿真推演。总体来看，与孪生建模、可视化渲染相比，仿真推演技术还处于起步期，在制造业领域较为成熟，广域空间领域还处于成长期，未来有望形成一批细分行业仿真推演企业。

4. 感知标识领域视图与态势分析

数字孪生建设需要以标识感知为前提。感知标识分为两部分，一是感知，即通过物联感知设备感受事物的状态、特征和方式的信息，按照一定的规律转换成可利用信号，用以表征目标外部特征信息的一

一种信息获取技术。二是标识，即对物理世界要素进行精准标注识别，从而对实体对象快速索引、定位及关联信息加载，可利用地理空间网格码、行政区域网格码等方式，实现对各实体要素进行数字化标识和快速定位。

（1）领域视图

标识编码主要有北斗网格位置码、地理信息分类与编码规则、建筑信息模型分类和编码标准、物联网标识编码。北斗网格位置码是我国自主研制的北斗导航定位系统设计的国家标准，能对地球上的空间做到无缝嵌套剖分，大部分厂家为空间定位服务商，如北斗伏羲、中科星图等企业。物体全域标识是数字城市中各物理城市及新建的物联感知体系在城市信息模型平台中的唯一身份标识，遵循DIS、Handle等国家标准，主要厂家有浪潮、苏州协同创新智能制造等。

根据应用领域不同，感知平台企业主要分为城域物联网平台和工业物联网平台企业。城域物联网平台是在城市区域范围内，通过架设特定信号传感接收设备，对人、车、物进行信息采集、交换和通讯，使之达到智能化识别、定位、跟踪、监控、管理和统计分析的目的，主要厂家有运营商，百度等互联网巨头，华为等科技型企业。工业物联网平台主要通过设备进行全生命周期管理，构建多维、全面、实时的设备信息管理、监控和数据处理体系，主要厂家有海尔、西门子、三一重工等工业龙头企业，树根互联、小匠物联等第三方平台，以及阿里、京东等互联网企业。

表 5 感知标识企业分类

企业 类型	标识编码		感知平台	
	北斗网格位置码	物体全域标识	城域物联网平台	工业物联网平台
技术 特点	根据北斗导航定位系统设计的国家标准，对地球上的空间进行标识和管理	物联感知体系在城市信息模型平台中的唯一身份标识	城市区域范围内的人、车、物进行信息采集、交换和通讯	对工业设备进行信息管理、监控和数据处理
代表企业	北斗伏羲、中科星图等	浪潮、苏州协同创新智能制造等	移动、联通、百度、阿里、华为等	海尔、西门子、三一重工、华龙讯达、树根互联、小匠物联、航天云网、浪潮云、京东等
代表产品	北斗网格位置码、地理信息分类与编码规则、建筑信息模型分类和编码标准	浪潮云工业互联网平台、苏云工业互联网平台	OneNET、百度天工智能物联网平台、Link 物联网平台、华为云 IoT	COSMOPLAT、根云平台（ROUTCLOUD）等

来源：中国信息通信研究院

（2）领域态势分析

编码统一成为发展热点。国家和地方标准相继发布标识编码标准，例如基于北斗网格码的《北斗网格位置码》（GB/T 39409-2020）标准，基于GIS的《地理信息分类与编码规则》（GB/T 25529-2010）等。但实践过程中，由于各类型数据相对独立，缺少统一编码体系及标准格式，导致各类型、各行业、各部门编码不统一、数据不互通。未来，编码统一将成为数字孪生领域发展热点。

物联感知平台已初具规模。互联网平台企业一方面通过内部跨层级整合和新技术融合，提升平台一体化服务能力，另一方面通过产业链上下游合作和集聚开发者群体，构建开发产业生态体系。例如阿里

云 IoT 融合物联网操作系统 AliOS Things、边缘计算 Link Edge、网络管理平台 Link WAN、开发平台 IoT Studio 等，提升产品一体化服务能力，并与工业数字孪生平台 DigitalTwin 打通，构建反向控制反馈能力。随着 IoT 技术的快速发展，物联网设备产生的数据呈爆炸式增长，感知设备基本成熟，但是海量实时信息处理难。为了应对海量时序数据的存储与处理的挑战，百度智能云推出天工 AIoT 平台 2.0，包含时序时空数据库 TSDB 以及时空管理套件 SDMP 等核心产品和服务。

5. GIS 与新型测绘领域视图与态势分析

GIS（地理信息系统）与新型测绘提供为数字孪生提供基础地理信息、遥感影像等城市底板数据。GIS 是在计算机硬、软件系统支持下，对整个或部分地球表层（包括大气层）空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。倾斜摄影和激光雷达是两种目前广受关注的新型测绘技术。倾斜影像是指由一定倾斜角度的航摄相机所获取的影像。激光雷达是一种集激光扫描与定位定姿系统于一身的测量装备，可以高度准确地定位激光束打在物体上的光斑。

（1）领域视图

从测绘工作的不同环节来看，GIS 与新型测绘企业可分为五类。一是测绘装备企业，如泰瑞数创、四维远见、南方测绘、北科天绘、航天科工、中船重工、海克斯康、拓普康、瑞格等。二是测绘采集企业，如泰瑞数创、上海航遥、高德、山东正元等。三是数据产品生产

企业，如泰瑞数创、武大吉奥等。四是 GIS 基础平台企业，如泰瑞数创、超图、易智瑞、苏州园区测绘、武大吉奥、中地数码等。五是 GIS 应用平台，如泰瑞数创、世纪高通、超图、海克斯康、阿里、腾讯、华为等。

表 6 GIS 与新型测绘企业分类

企业类型	测绘装备	测绘采集	数据产品生产	GIS 基础平台	GIS 应用平台
主要内容	全站仪、常规航空航摄影仪、倾斜摄影航摄仪、高光谱航摄仪、激光雷达航摄仪、多波束海洋测深装备、声学扫海测量装备	卫星遥感测绘采集、航空遥感测绘采集、海洋测绘采集、地下物探	传统测绘 4D 产品生产、地理实体产品生产、倾斜摄影三维模型生产	桌面端 GIS 平台、服务端 GIS 平台、移动端 GIS 平台、GIS 开发组件平台	城市规划 GIS 平台、城市建设 GIS 平台、城市综合治理 GIS 平台、城市交通管理 GIS 平台、城市公共安全与应急指挥 GIS 平台、电网综合管理 GIS 平台、数字矿山管理 GIS 平台
代表企业	四维远见、南方测绘、北科天绘、航天科工、中船重工、海克斯康、拓普康、瑞格等	上海航遥、高德、山东正元等。	泰瑞数创、武大吉奥等。	泰瑞数创、超图、易智瑞、苏州园区测绘、武大吉奥、中地数码等。	世纪高通、超图、海克斯康、阿里、腾讯、华为等。

来源：中国信息通信研究院

（2）领域态势分析

GIS 行业基于自身平台逐渐在数据规范领域、交互操控领域、新兴技术结合领域进行了兼容和能力提升。在数据规范领域，为了融合新型测绘领域不同来源、不同格式的数据，也为了提升数据加载效率，

GIS 平台均应用了数据规范，例如 S3M、3D Tiles 和 I3S。在交互操控领域，为了打造交互性更强的数字孪生应用，在 GIS 平台中引用游戏引擎插件，例如 Arcgis 和 Cesium 平台，分别针对 Unity 和 UE 游戏引擎定制 SDK 或引擎插件。在新技术结合领域，通过与 AI、区块链技术结合，不断挖掘空间数据价值，最终形成深度应用。例如超图软件在 AR GIS 技术中加强多个 AR 实用组件，新增了全新的测图工具 SuperMap ARSurvey，大幅降低了室内三维数据采集以及构建三维模型的成本；ESRI 在 ArcGIS 10.8 中，内置目标检测模型 SSD 和 RetinaNet、实例分割模型 MaskRCNN 等深度学习模型，支持丰富的应用场景。

倾斜摄影和激光雷达两者互补性较强，融合应用将成为提高城市三维模型质量的有效手段。倾斜摄影原始数据采集成本比较低、三维可视化效果较好，但测量精度较低、数据处理耗时长。激光雷达测量精度高、穿透植被能力强，但设备较昂贵。倾斜摄影可以获取具有真实纹理的三维数据，适合做大范围城市三维建模和一些对精度要求稍低的三维工程测量应用。激光雷达技术在测量精度和电力设施建模中具有明显优势，非常适合电力巡检和“三跨”测量等典型电网应用。目前倾斜摄影和激光雷达融合应用方案正在逐步走向成熟，中科遥感、华正空间等企业均提出相应的解决方案，以实现更高效、更高精度的城市三维建模。

表 7 倾斜摄影与激光雷达技术对比

对比		倾斜摄影	激光雷达
设备与数据采集	测量手段	可见光	激光
	采集方式	机载	机载、手持、车载
	测量精度	较低	高
	天气要求	高（低能见度不可用）	低（大多数天气可用）
数据处理	数据处理速度	慢	较快
	颜色纹理	好	需要结合相机
	三维可视化效果	好	较好
行业应用	电力线三维建模	不能或难度极高	能
	树障分析	能力弱	能力强

来源：中国信息通信研究院

6. 交互控制领域视图与态势分析

交互控制是指将人的因素通过手势、视觉、语音、脑波等融入数字孪生系统，使用者可以通过友好的人机操作方式将控制指令反馈给物理世界，实现数字孪生全闭环优化。随着技术快速发展，交互方式定点操控/移动操控、语音交互向体感交互、脑波接口方式升级，交互的效率和准确性不断提升。

（1）领域视图

从交互方式来看，交互控制企业主要分为定点操控/移动操控、语音交互、体感交互和脑波接口四大板块。一是微软、施耐德、苹果等定点操控/移动操控的企业，主要以字符命令的形式进行交互控制。

二是科大讯飞、百度、海天瑞声等基于语音交互的企业，主要以语音识别、语义识别的形式进行交互控制。三是商汤、腾讯云智能、任天堂等体感交互的企业，主要以人脸识别、指纹识别、手势识别、姿势识别、表情识别、眼球追踪等方式进行交互控制。四是念通智能、易念科技、脑陆科技等脑波接口的企业，主要以脑电采集系统等方式进行交互控制。

表 8 交互控制企业分类

企业类型	定点/移动操控	语音交互	体感交互	脑波交互
交互方式 (软件)	字符命令	语音识别、语义识别	人脸识别、指纹识别、手势识别、姿势识别、表情识别、眼球追踪	脑电采集系统
传感器 (硬件)	鼠标、键盘、触摸屏	声音传感器	视觉传感器、惯性传感器、光学传感等	脑电波采集识别
代表企业	微软、施耐德、苹果等	科大讯飞、百度、海天瑞声、盛视科技、歌尔声学等	商汤、腾讯云智能、任天堂、微软、凌感科技等	念通智能、易念科技、脑陆科技、曼安智能等

来源：中国信息通信研究院

（2）领域态势分析

定点操控/移动操控是基本要素，VR/AR 开始在文旅、城市治理中应用。当前在智能制造、能源、城市/园区、交通、水利等现阶段集中度和热度最高的数字孪生行业应用板块中，通过定点操控/移动操控等交互即可满足仿真推演、监测决策等需求，对语音交互、体感交互需求不高。随着 VR/AR 兴起，众多厂商在虚拟对象交互、面部识别交互、元宇宙交互、环境交互、动作交互等方向提出大量技术创

新，并在文旅、城市治理等领域应用，如维智科技、超图软件、浪潮新基建等将 VR 与地理信息结合，打造沉浸式三维体验，实现地下管线智能巡检。

国内脑机接口开展布局，但侧重于辅助诊疗、医疗康复等领域。

念通智能研发脑电、肌电、近红外、电刺激等技术相关产品，为脑科学、心理学、生机电、人因工程、神经管理、运动康复等科研领域提供技术解决方案。脑陆科技主要从事脑科学基础以及类脑决策/脑电图像等方向的研究，用于心血管手术类脑诊疗决策系统。脑-机接口（BCI）技术是脑波交互的基础，但 BCI 系统在实际复杂作业环境下识别正确率降低、稳定性难以满足，成为了未来研究的重点问题。

（三）五大关联产业板块

1. 数字孪生城市规建管领域视图与态势分析

数字孪生城市是发展和带动数字经济的重要载体，能够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和 2035 年远景目标纲要》提出“探索建设数字孪生城市”，为数字孪生城市建设提供了国家战略指引。北京、上海、深圳等地将数字孪生城市作为智慧城市建设的重要一环。

根据数字孪生城市建设参与方的性质和所提供的服务来看，数字孪生城市规建管领域初步形成四类产业主体：

一是基础设施企业。该类企业为数字孪生城市提供芯片、传感器、智慧城市基础设施（如智能灯杆、智能井盖等）等硬件设备。代表企

业如高通、海思、中星微等芯片厂商，汉威科技、海康威视、大华等传感器厂商，特斯联、远望谷、三川智慧、浪潮等智慧城市基础设施厂商。

二是技术提供商。该类企业为数字孪生城市建设提供 CIM 基础平台，以及可视化渲染、仿真模拟、人工智能、云计算、大数据等技术服务。代表企业如 51World、飞渡科技、优锘科技、数字冰雹等可视化企业，泰瑞数创、武大吉奥、奥格等 CIM 平台厂商，百度、科大讯飞、商汤、旷世等人工智能厂商，华为云、阿里云、金山云等云计算厂商。此外，还有达索、安世亚太等从工业自动化出发，将工业数字孪生经验导入城市数字孪生。

三是行业解决方案提供商。该类企业深耕于某个行业应用领域，对该行业领域有较深理解。代表企业如数字政通、方正科技提供智慧城管解决方案，海康威视、宇视科技提供智慧安防解决方案，江森自控、西门子、施耐德、ABB 提供智慧楼宇解决方案。

四是系统集成商。该类企业通过集成基础设施厂商、技术提供商和行业解决方案提供商，为数字孪生城市建设提供综合服务。该类企业以互联网头部企业、大型信息系统集成服务商和电信运营商为主，代表企业如阿里、腾讯、华为、中国系统等。

表 9 数字孪生城市规建管领域企业分类

企业类型	基础设施提供商	技术提供商	行业解决方案提供商	系统集成商
主要内容	为数字孪生城市提供芯片、传感器、智能	为数字孪生城市建设提供测绘地理	提供基于数字孪生的智慧城管、智慧安防、智慧楼宇	集成基础设施厂商、技术提供商和行业解决

	城市基础设施 (如智能灯 杆、智能井盖 等) 等硬件设 备	信息、人工智 能、云计算、 大数据、仿真 模拟等技术 服务	等某一个行业的 解决方案	方案提供商，为 数字孪生城市 建设提供综合 服务
代表企业	高通、海思、 中星微、汉威 科技、海康威 视、大华、特 斯联、远望谷、 三川智慧等	泰瑞数创、武 大吉奥、百 度、科大讯 飞、华为云、 阿里云、金山 云等	数字政通、方正科 技、宇视科技、江 森自控、西门子、 施耐德、ABB 等	阿里、腾讯、华 为、中国系统

来源：中国信息通信研究院

2. 数字孪生流域领域视图与态势分析

数字孪生流域是以物理流域为单元、时空数据为底座、数学模型
为核心、水利知识为驱动，对物理流域全要素和水利治理管理活动全
过程的数字化映射、智能化模拟，实现与物理流域同步仿真运行、虚
实交互、迭代优化。2022 年数字孪生流域建设全面展开，出台了《数
字孪生流域建设技术大纲（试行）》等全局性技术规范文件，为数字
孪生流域建设提供基本技术遵循；确定了 94 项数字孪生流域建设先
行先试任务，为全面推进积累经验；进一步夯实了数字孪生平台，全
面提升全国水利一张图、水利模型、可视化模型和水利知识图谱。当
前数字化建设投资占水利工程总投资比例约为 3-5%，按照 2022 年水
利工程投资 8000 亿元估算，今年水利行业数字化总投资约为 240-400
亿元。

目前数字孪生流域初步形成四类产业主体：

一是水利行业科研、设计院所。数字孪生流域涉及水文、水力学、
泥沙动力学、水资源、水环境、水土保持、水利工程安全等大量水利
专业模型算法，科研单位、高等院校成为主要的模型研发单位，如中

国水科院、长科院、黄科院、河海大学等。该类主体具有较强的水利专业模型研发能力和标准研制能力，但数字化集成能力和市场化运营能力有待提升。各地水文局、水利勘测设计院等机构具有当地水利历史数据和本地化模型适配能力，是各地数字孪生流域建设不可或缺的产业主体。

二是数字技术企业。数字孪生流域包含基础设施、数据底板、模型平台、知识平台等，涉及硬件设备、通用软件开发、定制化软件开发等，是一项复杂系统工程，系统集成能力较强的数字化企业具有资源整合优势，如华为、阿里云等。此外，科大讯飞、软通动力、51WORLD、易知微、睿呈时代等软件企业基于自身原有优势，从知识图谱、仿真模型计算、可视化、水利工程数字监理等各自优势能力延伸扩展至数字孪生流域各个方面，成为最为活跃的产业主体。

三是电信运营商。信息基础设施是数字孪生流域建设任务之一，包括水利感知网、水利信息网和水利云。中国联通、中国电信、中国移动等电信运营商企业从信息基础设施入手，延伸扩展至水利数据底板、水利大脑平台等。同时，电信运营商在部分水利业务领域有较强的规模扩展能力，如中国联通在河湖长领域份额较高。

四是水利信息化企业。水利信息化领域原有一批水利信息化企业，包括硬件设备制造商、系统集成商、软件开发等，业务范围涉及洪水、干旱、水利工程安全运行、水利工程建设、水资源开发利用、城乡供水、节水、江河湖泊、水土流失等业务领域，该类主体在上述九大业

务领域中一般有 2 至 3 个优势方向，代表企业如北京金水、威派格、奥特美克等。

表 10 数字孪生流域企业分类

企业类型	水利行业科研/设计院所	数字技术企业	电信运营商	水利信息化公司
代表机构	中国水科院、长科院、黄科院、河海大学	科大讯飞、软通动力、51WORLD、易知微、睿呈时代	中国联通、中国电信、中国移动	北京金水、威派格、奥特美克
核心优势	具有较强的水利专业模型研发能力和标准研制能力	从知识图谱、仿真模型计算、可视化、水利工程数字监理等各自优势能力延伸扩展至数字孪生流域各个方面，成为最为活跃的产业主体	从信息基础设施入手，延伸扩展至水利数据底板、水利大脑平台等	该类主体在九大业务领域中一般有 2-3 个优势方向

来源：中国信息通信研究院

3. 数字孪生交通领域视图与态势分析

数字孪生交通应用涵盖五类要素、聚焦五大场景。随着城市交通体系复杂度快速提升、交通流量大幅增加、人-车-路智能交互越来越频繁，交通体系精细化管理需求显著提升，数字孪生交通可视化呈现走向业务深度融合落地阶段。结合行业实践来看，目前数字孪生交通的核心要素包括五大类：交通环境孪生、部件孪生、路网孪生、主体孪生和活动孪生；通过对交通体系核心要素进行孪生还原与仿真推演，

重点实现五大类场景应用：高速路网管理、城市交通调度、港口运营、机场调度、车路协同服务。现阶段核心价值点体现在四个方面：一是辅助交通工程规划建设，如基于复杂地质地形勘探数据分析模拟施工方案，并结合工程进度进行实时反馈优化；二是辅助交通路网预测预警，如针对突发极端天气状况制定交通管制管控方案；三是开展交通设施与部件精细化运维运营，如道路养护、交通系统对接调与智能配置等；四是资源监控调度，如针对机场、港口、车路协同测试场等场景进行交通要素定位监测和业务流程模拟，提升复杂场景下的资源调度效率。

数字孪生交通行业主体可划分为工程、平台、地图、网联四大阵营。

一是交通工程阵营。典型企业如中交筒石，将深厚的行业知识储备和数据积累融入数字孪生平台，打造交通要素模型库和运行机理模型库，开展交通全要素孪生，辅助企业更高效精准开展道路交通治理、隧道工程实施、盾构安全生产、交通枢纽调度等智慧交通工程。

二是服务平台阵营。典型企业如腾讯、电信等，核心是基于突出的多维数据融合、高精度仿真、高性能渲染和系统集成运营等技术与生态优势，快速构建数字孪生交通服务平台并应用于城市交通管理和调度等典型场景。

三是地图业务阵营。典型企业如超图软件、丰图科技等，基于完备的地理信息测绘能力和海量地图数据、车载数据，构建交通数字孪

生平台，融合浮动车辆感知数据、动静态交通感知数据，以全域全要素高精度地图为载体，打造交通孪生数字底座。

四是智能网联阵营。典型企业如百度、蘑菇车联等，基于数字孪生技术可视化还原智能网联、车路协同应用场景，辅助开展自动驾驶测试和区域路测管理调度。

表 11 数字孪生交通企业分类

企业类型	交通工程阵营	服务平台阵营	地图业务阵营	智能网联阵营
代表机构	中交简石、中咨集团	腾讯、电信、阿里、华为	超图软件、丰图科技、中科星图、正元地理、北京帝测	百度、蘑菇车联
核心优势	交通工程理论、行业数据与知识积累	数据采集与融合、系统集成与运营、生态服务能力	高精度地图、车辆感知与运营数据、地理信息遥感数据	车路协同技术能力、智能网联感知数据、模拟仿真能力

来源：中国信息通信研究院

4. 数字孪生电力领域视图与态势分析

根据国家“双碳”目标的推进，构建新型电力系统成为实现能源变革的必然趋势，成为电力行业的时代使命。新型电力系统适应高比例可再生能源接入、适应新能源的不稳定性、适应高比例的电力电子装备、适应多种能源智慧调度的协同运行、适应更加灵活的主动式用电特性，必须与新一代信息通信、数字技术深度融合。数字孪生技术在电力行业应用，为智能电网、智慧电厂赋能，提供更加实时、高效、

智能的服务价值，有效地促进电力企业数字化转型，推动新型电力系统建设。

目前，我国电力行业涉及数字孪生相关企业主要分为三大类型：

一是数字孪生底层技术提供商。以 51world、优锘科技、飞渡科技为代表的底层技术提供商，通过强大的三维地理信息系统引擎、全景视频融合、智能时空、实景孪生、云渲染等技术提供数字孪生底座，并面向企业提供低代码 PaaS 平台。

二是电力相关研究机构和单位。以国电南瑞、国网信产、中恒博瑞和各省电科院、电力设计院为代表的电力相关研究机构和单位，通过集成第一类企业的数字孪生底座，构建电力相关业务模块，实现与电力系统数字化系统的集成。

三是电力信息化服务提供商。以天成易合、维坤智能科技为代表的老牌电力信息化服务提供商深耕电力系统多年，掌握电力业务知识，熟悉电力数字化系统架构，并实现数字孪生底层技术的自主研发可控，具备针对某电力场景独立提供数字孪生总体解决方案的能力。

表 12 数字孪生电力企业分类

企业类型	底层技术提供商	电力相关研究机构和单位	电力信息化服务提供商
代表机构	51world、优锘科技、飞渡科技	国电南瑞、国网信产、中恒博瑞、各省电科院、电力设计院	天成易合、维坤智能科技
核心优势	通过强大的三维地理信息系统引擎、全景视频融合、智能时空、实景孪生、云渲染等技术提供强大的数字孪生	具备丰富的电力业务经验，集成第一类企业的数字孪生底座，构建电力相关业务模块，实现	掌握电力业务知识，熟悉电力数字化系统架构，并实现数字孪生底层技术的自主研发可控，具备针对某电力场

底座，并 to B 提供低代码 PAAS 平台	与电力系统数字化系统的集成	景独立提供数字孪生总体解决方案的能力
-------------------------	---------------	--------------------

来源：中国信息通信研究院

5. 数字孪生制造领域视图与态势分析

制造业数字孪生应用发展前景广阔。数字孪生在智能制造领域的主要应用场景有产品研发、设备维护与故障预测以及工艺规划，例如设备级、工厂级和产业级数字孪生服务，面向设备的数字孪生应用聚焦设备实时监控，面向工厂的数字孪生聚焦于全过程生产管控，面向产业数字孪生聚焦于产品全生命周期追溯等。数字孪生制造的核心是模型和数据，制造业各行业间材料、工艺、机理、流程等差异较大，模型通用性较差，面临多源异构数据采集协调集成难、多领域多学科角度模型建设融合难和应用软件跨平台集成难等问题。总体看，数字孪生制造应用仍处于初级阶段，更多是“点状场景”能力提升的简单应用，缺少面向制造全流程、全生命周期以及复杂系统的应用。

数字孪生制造领域的企业总的可分为三类：

一是建模技术企业。以中望软件、达索为代表，提供专业化的建模工具。例如中望软件建立了以“自主二维 CAD、三维 CAD/CAM、电磁/结构等多学科仿真”为主的核心技术与产品矩阵；达索 CATIA 机械设计、工程分析、仿真和加工等功能有机地结合起来，在飞机、汽车、船舶等设计领域得到广泛应用。

二是仿真技术企业。以 ANSYS、安世亚太、Altair、eM-Plante 为代表，提供专业化的制造领域仿真软件工具。例如 ANSYS 提供基

于物理模型的分析技术来模拟材料应力和物理性质的流动，Altair 面向航空航天、汽车、电子领域提供专用仿真平台。

三是聚焦行业的数字孪生制造服务企业。如中船信息面向船舶领域、亚信科技面向电信网络领域、施耐德面向电力网络领域、GE 面向航空发动机领域、优锘科技面向数据中心领域，提供综合性、专业化的数字孪生应用服务。

表 13 数字孪生制造企业分类

企业类型	建模技术企业	仿真技术企业	数字孪生服务企业
代表企业	中望软件、达索等	ANSYS、安世亚太、Altair、eM-Plante 等	中船信息、亚信科技、施耐德、优锘科技等
主要内容	提供专业化的建模工具	提供专业化的仿真软件工具	提供综合性、专业化的数字孪生服务

来源：中国信息通信研究院

（四）三大辐射产业板块

1. 数字孪生基础设施服务领域视图与态势分析

基础设施领域大致可划分为通信网络基础设施、存储计算基础设施和融合基础设施三大类，是数字孪生建设的重要基础。基础设施领域企业大多横跨多个行业，从专业的产品和服务出发，向“连接+算力+能力”综合解决方案商发展。

从企业核心业务和能力来看，可以分为三大类：

一是融合基础设施服务商。此类企业主要涉及工业互联网、车联网、能源互联网、智慧灯杆、智能水表/电表、视频监控等，大多专

注于特定行业物联网终端应用，细分行业市场集中度较高。融合基础设施是实现数字孪生的必然条件，同时，数字孪生也加速物联网成型和物联网设备数字化，推动基础设施智能化转型升级。

二是网络基础设施服务商。此类企业主要涉及基础电信、宽带接入、卫星互联网等网络建设运营服务。一方面网络基础设施为数字孪生建设提供底层网络技术支撑，另一方面网络基础设施服务商也应用数字孪生技术，实现网络设备的实时监控（自动巡检）、调度、响应和服务。

三是存算基础设施服务商。此类企业主要涉及数据中心、云计算、CDN 等建设运营服务，为政府、企业和网络基础设施运营商提供计算存储资源和机房资源。数据时代加速发展，促进了数据的指数级增长，海量数据的存储、分析，以及可视化渲染技术等都对算力需求旺盛。英伟达依托强大算力优势，打造 VIDA Omniverse 平台，并进一步增强通用性，平台组件所连接的跨行业应用达到 80 个；摩尔线程研发 GPU 底层算力，与数字孪生核心技术企业合作，探索云原生渲染技术，并在农业、电力等领域应用。未来，数据中心、智算中心等算力基础设施建设将会成为数字孪生高价值场景实现的主要动力。

2. 数字孪生咨询标准服务领域视图与态势分析

数字孪生标准组织方面，国际数字孪生标准化组织有 IEEE、ISO、IEC 等，国内数字孪生标准化组织有全国信息安全标准化技术委员会、全国通信标准化技术委员会、全国智能建筑及居住区数字化标准化技术委员会、中国互联网协会等。其中，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。

在数字孪生联盟与协会方面，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。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会，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。

数字孪生研究咨询服务商有以下几类：一是研究院和高校，如中国信息通信研究院、北京航空航天大学、中国电子技术标准化研究院等，引领数字孪生前沿理念与创新；二是传统的 IT 硬件厂商和电信运营商，如华为、中兴、电信、移动、联通等，提供从规划到建设落地的一体化数字孪生解决方案；三是大型咨询公司，以国际知名咨询机构为主，如 Gartner、36 氪等。

数字孪生测评服务商目前还很少，主要有中国信通院泰尔实验室、北京中建协认证中心有限公司、广电计量等，要求必须有 CMA 资质、CNAS 资质等软件测评资质。中国信通院正在开展数字孪生低代码平

台测评，从平台的功能完备性、易用性、平台开放度、性能优越性等维度开展具体技术测评。

3. 数字孪生安全服务领域视图与态势分析

目前，我国政府网站受到针对性网络攻击越来越多，关键信息基础设施面临的安全风险不断加大，云平台成为网络攻击的重灾区，勒索软件、网络诈骗、数据泄露等安全威胁加剧，都对数字孪生系统平台建设的网络安全保障提出更高要求。

根据提供安全的类型，数字孪生相关提供商目前在国内主要有两种类型：

一是网络安全提供商。主要厂商有三六零、紫光股份、深信服、奇安信、卫士通、启明星辰、天融信、安恒信息、迪普科技和美亚柏科等，推进建立安全联盟，打造协同联动的网络安全防御生态。数字孪生以物联网的传感器为基础，实现与现实世界交互控制，除了信息和数据层面安全，也可能威胁到人身安全、设备安全和业务安全。此外，应用开源软件也面临着数据风险和业务风险，容易成为安全防护工作中的薄弱环节。网络安全提供商需要对其进行深入探讨和研究，以应对未来可能出现的安全风险。

二是地理信息安全提供商。根据《中华人民共和国测绘法》《关于加强地形图保密处理技术使用管理的通知》《关于推进地理信息保密处理技术研发和服务工作的通知》等地理信息数据保密主要法律法规要求，必须对一定范围内的地理信息数据进行保密处理，因此风奥

科技、卫士通开发地理信息安全建设方案，加强基础地理信息数据加密管理。



四、数字孪生产业发展建议

当前数字孪生产业发展中还存在缺乏产业顶层设计，关键技术卡脖子制约，产业配套体系不够完善，场景开发深度与广度不足等问题。为了推动数字孪生产业的健康发展，需要强化顶层设计、技术创新、生态开放、场景突破和补链强链，构建有活力、共繁荣的产业生态。

（一）强化顶层设计，统筹产业全要素协调联动发展

一是加强顶层设计，形成自顶向下和自底向上结合的方法论。数字孪生建设作为一项创新性强的系统工程，面临技术演进快、需求变化快、建设路径不明确等挑战，难以采用传统的先顶层设计、后建设实践的方法，建议地方政府加快编制数字孪生产业规划，并出台相应产业促进政策，形成顶层设计与底层创新相结合的方法论。一方面，在顶层设计上，要用先进理念和发展方向指导底层的场景建设实践。另一方面，在底层场景创新上，要加强数字孪生场景探索示范，以点带面，打造一批数字孪生场景示范样板和展示窗口，总结推广成功经验，将经验反馈并吸收到顶层设计和政策体系中，整体推进数字孪生城市发展。

二是依托顶层设计，统筹实现数字孪生产业与技术、场景、平台、设施等全要素全链条联动发展。数字孪生产业具有点多、链长、融合等特征，繁荣发展需要以技术创新为驱动、以应用场景为牵引，以基础设施为支撑，以底座平台来赋能，同时需要汇聚数据、资金、人才等多种要素，一旦缺乏对产业全链条、全要素的总体考虑将导致事倍功半，亟需通过顶层设计进行全局谋划和战略布局。

三是做强长板，结合当地区域和产业优势形成各具特色的数字孪生细分产业发展路径。数字孪生并非只有发达地区可以探索发展，相对落后的地区可以聚焦园区、厂区、矿区等特色区域，面向工业制造、交通、电力、流域等领域，结合当地产业基础、资源禀赋、实际需求，因地制宜制定甄选数字孪生产业发展细分方向，优化产业发展环境。对选出的细分方向，可以运用“揭榜挂帅”市场化机制遴选优秀解决方案，推动数字孪生技术与地标区域、优势产业深度融合。

专栏一 构建科学前瞻的顶层设计

苏州工业园区以顶层设计和场景试点相结合方式打造数字孪生创新产业基地。在顶层设计方面，苏州工业园区通过打造园区数字孪生平台底座和数字孪生技术公共服务平台，强化数据支持、技术赋能与要素服务，通过应用场景创新、技术创新、运营机制创新和产业生态培育，推动园区数字孪生产业高质量发展，聚力打造国际知名、国内领先的数字孪生园区，有力支撑城市与产业数字化转型。在场景试点方面，因地制宜打造“4+X”数字孪生典型场景应用示范区，制定“场景征集、场景开放、落地验证、成效评价、打造品牌”数字孪生场景应用发展五步走发展战略，围绕园区IOC试验（示范）区、企业总部基地、现代服务业产业园、环金鸡湖商圈四大片区和X个业务领域，率先突破一批数字孪生特色场景。

上海临港新片区通过顶层设计指明数字孪生发展路径。2022年8月，上海临港新片区管委会发布了《临港新片区数字孪生城市建设行动方案（2022-2025年）》，要将临港新片区打造成全球数字孪生城市标杆，提出了完善基础设施、加快搭建数字孪生城市支撑平台、建设系列数字孪生标准、建设一批数字孪生场景等主要任务。通过《方案》的发布，临港新片区明确了数字孪生城市发展思路、目标和任务，未来将做强创新平台，做大创新主体，支持行业企业组建创新联盟，以多领域、多层次数字孪生场景建设驱动产业发展，培育一批模型、数据、平台和应用领域的数字孪生服务商，形成数字孪生服务商生态圈。

（二）强化自主可控，加强核心技术协同攻关与自主创新

一是突破数字孪生核心技术，加快实现内生安全的孪生技术自主创新。引导并支持龙头企业、数字孪生创新实验室围绕数字孪生新引擎开展攻关，对多源异构数据融合、实体对象分级分类、数字孪生体的统一语义模型、孪生体图像处理技术理论等领域进行前瞻布局，逐步形成数字孪生新引擎技术链。通过政策扶持、统一集采、揭榜挂帅等手段，加快图形引擎、仿真模型、先进计算、人机交互、新型显示等底层技术成果落地，实现 CAD/CAE、数字人、时空计算与可视化引擎等国产化技术突破和专利布局，以及深度学习、类脑计算、认知计算、虚拟现实等前沿技术创新

二是建立指导落地实践的数字孪生标准体系，加快研制重点标准。发挥标准化在推进数字孪生中的基础性、引领性作用，加快建立我国数字孪生技术与应用标准体系，重点围绕产业界当前面临理解认识不统一、模型数据不互通、工具平台不好用等问题，开展数字孪生城市参考架构、城市信息模型、数字孪生底座平台、数字孪生城市成熟度等重点标准研制。推进数字孪生标准试验验证平台建设，对标准的一致性、兼容性进行验证，为数字孪生产业发展提供支撑和保障。

三是以平台和综合性场景建设等旗舰项目为支点，联合政产学研用合作攻关。鼓励地方政府以数字孪生城市/CIM 等平台、综合性场景建设等具体项目为抓手，吸引企业、研究机构、行业专家等共同参与，形成项目公关联合体，加强 GIS、BIM、可视化渲染以及仿真推

演等各环节企业合作，针对技术瓶颈开展跨界联合攻关，助力数字孪生应用成果落地生“金”。

专栏二 加强数字孪生核心技术协同攻关与自主创新

苏州工业园区打造数字孪生底座平台。苏州工业园区采用场景驱动模式，以高价值应用场景牵引，构画底座平台雏形；聚焦以数字孪生体为核心的城市统一数据架构构建，支撑空间数据与业务数据融合应用；采用行业生态企业共商共建的方式，探索不同技术路线的可行兼容方式；着力提升场景开放支撑能力，实现数字孪生底座平台建设和数字孪生产业生态培育的协同推进。

雄安以开放运营模式开展CIM基础平台建设。为高起点、高标准、高质量推进数字雄安CIM基础平台建设，解决倾斜摄影和BIM原始数据清洗量大、更新成本高，BIM数据加载不理想，GIS、BIM等模型融合难度大等问题，雄安开放部分BIM数据和倾斜摄影数据，邀请数字孪生企业开展数据治理工作，通过软件测评和技术功能沟通交流的方式，遴选开发CIM平台的能力强、性价比高的产品供应商工作，合作形成数字雄安CIM基础平台建设方案。

（三）强化生态开放，构建共建共享产业合作生态圈

一是发展一批数字孪生公共服务平台、数字孪生体运营商和服务评价机构。支持地方政府、产业联盟、行业组织、智库、企业协同协作，立足区域、面向全国，高水平打造一批具有场景挖掘、方案展示、供需对接、资本引入、上市辅导、人才培育、品牌宣传、检测评估等能力的数字孪生公共服务平台，助力中小企业创新孵化。培育数字孪生体运营商，整合各类数字孪生体的数据采集、运营、管理，在确保安全的前提下，开展区域级、场景级、部件级数字孪生体运营。支持第三方机构制定数字孪生服务评价标准，为供需双方提供对接桥梁与互评渠道，发展个性化、定制化数字孪生产业服务，确保“供可应求”。

二是以新型研发机构为平台、以专利授权服务为抓手，推动数字孪生企业组团式发展。支持企业、科研机构、高校等设立多方协同的新型研发机构，破除存量竞争、零和博弈的思维模式，探索与数字孪生技术虚实互动、快速迭代特点相适应的研发、试验、应用一体化模式。运用市场机制集成数字孪生先进技术和优质资源，支持企业基于技术长板优势，加快构建具有协同、互补特性的技术专利，建立基于开放互联标准的企业协同合作、专利授权服务与联合运营模式，形成群体加速的组团式创新，形成集成互补、共建共享的生态创新格局。

三是依托数字孪生底座平台，推广低成本、低门槛、高复用的数字孪生产品和解决方案。把握数字孪生城市、数字孪生流域、数字孪生工厂等建设契机，加快构建基于核心能力组件与低代码开发环境的统一数字孪生底座，加强空间数据、物联感知数据、专题数据、业务数据融合，发展面向低代码、无开发经验的 SaaS 微应用，降低数字孪生开发成本和技术搭建门槛，实现底座与场景协同创新，应用场景快速研发，拓展数字孪生行业产业规模。

四是加强区域合作、国际合作。推动跨区域数字孪生产业协同融合发展，探索共同推进跨区域数字孪生规划衔接、技术标准互认、测试结果共享互认、公共地理空间数据采集成本分担和利益共享等工作。借助国际组织和联盟力量，围绕促进国际人才、技术、资本等创新资源高效流动，加强数字孪生领域国际科技创新合作，充分吸收和聚集国际数字孪生领先资源，助推国内数字孪生产业发展。

专栏三 数字孪生产业生态建设实践

苏州将率先建设数字孪生公共服务平台。苏州将整合公共资源拓展服务渠道，构建包含数字孪生生态运营、数字孪生城市市场场景示范推广、数字孪生产业发展促进、数字孪生技术协同创新的公共服务体系，形成数字孪生产业资源库，支撑数字孪生创新产业基地高质量发展，提升产业集聚和对外推广影响力，打造数字孪生技术产品基地品牌。

苏州工业园打造数字孪生创新坊实现政产学研用协同创新。为加快构建数字孪生园区，发挥数字孪生技术要素新动能，促进治理和服务数字化，推动数字产业化和产业数字化联动发展，苏州工业园探索成立数字孪生创新坊。创新坊汇聚数字孪生相关政府部门、科研机构、企业、高校等多方产业与技术资源，建立数字孪生产业多方协同工作机制，为园区数字孪生场景建设和数字孪生产业发展提供需求挖掘、场景创新、数据共享、技术支持、能力共用、人才培训、生态运营、公共服务等各项要素支撑，有力推动数字孪生产业培育。

（四）强化集成突破，开展高价值场景征集与试点示范

一是场景选择坚持聚焦重点。充分结合数字孪生精准映射、科学推演、以虚控实等技术特征和应用特性，以解决城市治理中难看见、难靠近、难解构、难预见等堵点痛点问题为导向，推进数字孪生场景应用建设发展，切实提升城市现代化治理能力。

二是场景建设坚持因地制宜。要结合区域资源要素禀赋、城市发展特色和现实需求，建立数字孪生场景成熟度评价指标体系，优先选取需求迫切、技术成熟、预期成效明显的场景落地，力求解决城市治理与发展痛点堵点问题，放大各地区城市特色，形成标杆示范效应。

三是场景运营坚持开放合作。组织实施数字孪生应用场景创新大赛，构建数字孪生城市市场场景库，梯次发布典型场景攻关榜单，定向开

放各类公共资源要素，引入社会力量共建共营数字孪生创新场景，打造开放合作、长效发展的良好生态，加快关键场景营造和迭代升级。

专栏四 数字孪生场景应用建设典型实践

浙江紧扣四大领域推进数字孪生体系建设。2021年，浙江省首提“看不见、危险体、复杂体、缺乏系统性和预见性”四个数字孪生场景应用遴选原则，以此为标尺，明确了城市地下管网管廊、易燃易爆危化品管理、城市交通体系治理优化、城市规划发展决策等四类典型场景应用发展方向，发布多轮数字孪生试点场景建设清单，结合各类场景应用的紧迫性和成熟度，选择不同的市县作为试点开展场景建设，多点并进，创建数字孪生应用先行区。

上海围绕交通治堵提效打造“三张网”重大基础设施数字孪生群。上海路网密度全国领先，传统管理模式已不能适应快速发展的交通管理需求。2021年以来，上海围绕高速公路网、快速路网、干线公路网，加快推动数字孪生在道路设施管理、运输服务管理、安全动态监管、静态交通监管四大方面应用，试点基于静态数据孪生的设施全息化管理、基于神经元动态数据孪生的设施结构管理、基于实时感知数据和交通运行管理、基于动静态数据仿真推演的道路桥梁健康度监测预判等典型场景，计划到“十四五”期末建成全路域多业态融合的城市重大交通基础设施数字孪生群。

（五）强化补链强链，提高产业集聚度和集群竞争力

一是加快推进数字孪生产品和解决方案首试首用。鼓励和支持企业开展数字孪生技术原始创新，加快推进数字孪生产品和解决方案首试首用。支持企业应根据数字孪生技术产品特点设立专职研究机构，构建技术驱动型、应用驱动型、平台赋能型等产品研发模式和业务拓展模式。各地可通过制定数字孪生产品和解决方案推荐目录，提高交易效率。各地可出台政策支持企业加大数字孪生研发投入，如将数字孪生产品和技术的创新成本列入企业研发费用等。

二是梯次培引数字孪生企业。鼓励地方政府对照数字孪生产业图谱，进一步明确相对应的目标高价值企业和目标团队；以数字孪生引擎适配大赛等方式，识别国内外综合实力强、创新水平高、发展潜力大的龙头企业，引进龙头企业在当地建立总部机构或研发机构。针对龙头企业形成“一企一策”工作台账，强化“一对一”精准服务，推动企业做大做强，培育形成具有引领性的数字孪生“链主”企业，打造一批掌握建模、仿真、渲染等核心技术、市场占有率高的细分领域单项冠军，实现数字孪生产业梯次培育、联动发展。

三是鼓励新城新区以数字孪生城市/园区为抓手，打造数字孪生产业集聚区。选取长三角、京津冀等信息技术产业基础较好的城市、新区/园区，以数字孪生底座平台和公共服务平台为抓手，吸引具备孪生建模、可视化渲染、仿真推演等核心技术企业参与平台建设，面向已有企业提供数据资源和技术工具，降低企业技术研发和管理运营成本，同步发展海量数据处理、物联感知终端等配套产业，推进数字孪生全产业链发展。

专栏五 数字孪生产业补链强链典型实践

上海市积极吸引Unity中国合资公司落地，打造上下游的生态链。上海市在大力发展元宇宙赛道、数字孪生产业过程中，通过多措并举积极吸引龙头企业落地，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，强化本地数字孪生产业发展生态，提升产业集聚能级。Unity作为实时3D互动内容创作和运营平台核心开发商，在数字孪生生态中处于渲染领域的重要地位。

一方面，建立数字孪生产业Unity合作平台。上海市从项目层级，推动上海工创中心与Unity形成战略级合作，提供基于工业数字孪生的全生命周期解决

方案，包括数字人、虚拟现实及基于虚拟现实的员工培训体系、大数据赋能机器学习的缺陷检测、协同设计及配合元宇宙技术的工业机器人等，带动工业领域数字孪生产业发展。另一方面，吸引Unity中国核心机构落地。上海市发挥数字产业人才、研发、配套齐全等方面优势，支持Unity通过积极吸收本地团队、强化资本纽带与业务生态建设，持续培育中国开发者社区，建立落地于上海的新合资公司——Unity中国（估值10亿美金），包括阿里巴巴、中国移动、吉比特、米哈游、OPPO、佳都科技以及抖音集团等参与投资，带动更多产业机构通过资本合作等方式加入上海数字孪生生态体系。

编制说明

本报告由中国信息通信研究院产业与规划研究所牵头，苏州工业园区数字孪生创新坊和中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会指导，联合泰瑞数创科技（北京）股份有限公司、北京睿呈时代信息科技有限公司、北京五一视界数字孪生科技股份有限公司、北京数字冰雹信息技术有限公司、苏州工业园区测绘地理信息有限公司、北京天成易合科技有限公司、亚信科技(中国)有限公司、苏州百工匠心数字科技有限公司、软通智慧研究院、北京优锘科技有限公司、腾讯研究院、山东浪潮新基建科技有限公司、北京百度网讯科技有限公司、北京智汇云舟科技有限公司、中国联合网络通信有限公司智慧城市研究院、联通数字科技有限公司、摩尔线程智能科技（北京）有限责任公司、北京超图软件股份有限公司、江苏先进光源技术研究院、奥格科技股份有限公司、广东元能星泰孪生科技创新有限公司、北京飞渡科技有限公司、广州凡拓数字创意科技股份有限公司等单位共同编制，凝聚了产学研各领域专家的智慧和贡献，在此致以衷心的感谢。

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：010-62303871

传真：010-62303871

网址：www.caict.ac.cn

