

# 数字孪生城市研究报告 (2026 年)

中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会

中国信息通信研究院产业与规划研究所

中国通信标准化协会数字孪生城市特设任务组

2026年5月

## 编制说明

本报告由中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会、中国信息通信研究院产业与规划研究所牵头，中国通信标准化协会数字孪生城市特设任务组指导，联合苏州工业园区大数据中心、苏州新建元数字科技有限公司、安徽智汇云舟科技有限公司、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股份有限公司、广州凡拓数字创意科技股份有限公司、上海市城市规划设计研究院、深圳鹏城实验室、天津大学、华东建筑设计研究院有限公司、吉奥时空信息技术股份有限公司、浪潮智慧城市科技有限公司、南京云滨信息科技有限公司、山东汇颐信息技术有限公司、上海市数字城市规划研究中心、泰瑞数创科技（北京）股份有限公司、北京优诺科技股份有限公司、浙江中控信息产业股份有限公司、中国联合网络通信有限公司智能城市研究院、中电信数智科技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 and 贡献，在此致以衷心的感谢。由于数字孪生城市发展迅速，研究仍在持续探索，不足之处请各界提出宝贵意见和建议。

## 前 言

2025年7月，中央城市工作会议指出，我国城镇化正从快速增长长期转向稳定发展期，城市发展正从大规模增量扩张阶段转向存量提质增效为主的新阶段。在此背景下，城市全域数字化转型成为新时期构建“建设便捷高效的智慧城市”的核心路径，国家数据局等5部门联合发布《深化智慧城市发展 推进全域数字化转型行动计划》，为数据赋能城市发展提供了具体指导。

数字孪生城市，作为实现城市全域数字化转型的关键载体，正推动城市治理现代化和产业升级。中国信息通信研究院联合产业界、学术界及研究机构，连续第七年发布《数字孪生城市研究报告》。在以往对概念内涵、技术体系与典型场景进行界定与梳理的基础上，本年度的报告进一步聚焦总体发展态势、技术演进、产业发展、应用成效，力求在持续洞察前沿趋势的同时，为行业凝聚从“建设”走向“实效”的转型共识，持续引领数字孪生城市高质量发展方向。

总体看，数字孪生产业进入理性务实、深化融合阶段；技术上，AI与数字孪生深度融合，向时空智能、多模态融合、智能体等方向演进；产业更加注重价值落地，投资趋于理性，生态呈现“平台引领+共荣”格局；应用从“技术演示”转向“业务赋能”，覆盖韧性城市、低空经济等八大场景；未来将向“智能体城市”加速演进，实现从“可感可视”到“可管可算”的跃升。本报告旨在为各方提供参考，推动数字孪生城市健康发展，助力建设以人为本的现代化城市。

# 目 录

一、 总体态势 .....	1
(一) 政策布局: 从少数国家前瞻到全球广泛铺开 .....	1
(二) 市场动态: 从规模扩张到结构分化 .....	4
(三) 技术演进: 从静态沙盘到智慧有机体 .....	7
(四) 商业模式: 从项目交付到价值运营 .....	9
(五) 场景应用: 从数据展示到业务赋能 .....	11
(六) 全球实践: 从顶层设计到场景驱动 .....	14
二、 技术演进: 人工智能驱动数字孪生技术融合创新 .....	16
(一) 数据融合增强: 时空智能构筑统一基准, 多模态数据融合赋予全 息语义理解 .....	17
(二) 基础能力跃升: 视频孪生构建实时感知网, 生成式世界模型打造 动态模拟器 .....	19
(三) 孪生体加智升级: 智能数字孪生体构建协同自治社会, 具身智能 打通虚实闭环 .....	22
三、 产业格局: 数字孪生城市产业发展更加务实聚焦 .....	25
(一) 投资逐渐趋稳, 资本侧重初创和成长期企业 .....	25
(二) 四大主体竞合发展, “平台+生态”成为主流模式 .....	27
(三) 企业加速国际化布局, 实现从技术输出到生态构建 .....	29
四、 应用创新: 数字孪生赋能城市应用场景持续创新 .....	30
(一) 数字孪生+韧性城市: 从“被动救灾”到“主动御灾” .....	31
(二) 数字孪生+低空经济: 从“航线管理”到“空域运营” .....	32
(三) 数字孪生+城建更新: 从“大拆大建”到“有机再生” .....	33
(四) 数字孪生+运营运维: 从“被动抢修”到“主动预判” .....	34

(五) 数字孪生+城市治理: 从“被动响应”到“主动预防” .....	35
(六) 数字孪生+民生服务: 从“千人一面”到“因人而异” .....	35
(七) 数字孪生+文化旅游: 从“静态展示”到“沉浸体验” .....	36
(八) 数字孪生+绿色低碳: 从“宏观统计”到“微观调控” .....	37
五、 未来展望: 迈向智能体城市, 开启城市治理新范式 .....	38
(一) AI 驱动技术跃升, 迈向智能体城市新阶段 .....	38
(二) 平台向城市级一体化底座演进, 赋能治理现代化 .....	39
(三) 应用场景纵深推进, 从技术先行转向价值引领 .....	40
(四) 数据要素高效流通, 激活产业新动能 .....	41
(五) 高质量出海与政企协同, 拓展市场新空间 .....	41

## 图目录

图 1	近两年数字孪生招投标情况 .....	5
图 2	2025 年各省市数字孪生中标金额分析 .....	6
图 3	2025 年数字孪生应用行业规模占比 .....	7
图 4	数字孪生服务模式 .....	11
图 5	数字孪生投资交易金额和数量统计 .....	26
图 6	近年来数字孪生投资轮次统计 .....	27

## 表目录

表 1	当前主要国家/地区战略布局 .....	2
表 2	各部委战略布局 .....	3

## 一、总体态势

数字孪生行业发展的多维格局正逐步清晰，各地纷纷进行政策布局，市场趋势向好，竞争态势亦日趋激烈，技术革新与消费需求升级共同驱动着产业变革。在此背景下，精准把握态势，制定前瞻策略，显得尤为重要。

### （一）政策布局：从少数国家前瞻到全球广泛铺开

全球数字孪生城市建设呈现出从少数国家前瞻性探索到全球主要经济体广泛铺开的明显演进过程，战略部署不断深化。在早期阶段（约 2015—2020 年），数字孪生城市仍属前沿概念，仅有新加坡等少数国家将其提升至国家战略层面进行系统推进，美国、英国及欧盟等发达经济体则处于技术研究和局部试点阶段。当前阶段（2020 年至今），数字孪生已成为全球性的战略竞争焦点，日本、韩国、中东、印度等纷纷下场，呈现出全面加速和深度应用的态势。日本自 2020 年启动“PLATEAU”，已开放近 250 个城市<sup>1</sup>3D 城市模型数据。韩国将数字孪生纳入“数字新政”五大重点课题，并于 2025 年推出《数字孪生国土平台推进方案》，计划投入 5800 亿韩元用于空间信息政策项目。欧盟推出“目标地球”（DestinE）计划，旨在构建高精度数字孪生地球以应对气候与灾害挑战。英国 2018 年启动国家数字孪生计划，致力于构建跨行业互联的数据生态系统，并于 2024 年设立数字孪生中心，助力技术普及与应用深化。此外，印度通过政企合作开发城市级数字孪生模型，阿布扎比也于 2022 年发布数字孪生项目

---

<sup>1</sup> Project PLATEAU 开放平台，<https://www.mlit.go.jp/plateau/open-data/>

以提升决策支持能力。整体而言，数字孪生城市建设正从早期的少数引领走向全球多极并进，成为推动智慧治理与可持续发展的重要技术路径。

表 1 当前主要国家/地区战略布局

核心战略/项目	目标与进展
日本：PLATEAU	开放近 250 个城市 3D 模型数据，推动土地开发、防灾等领域数字规划。
韩国：国家级空间信息政策	发布《2025 年国家空间信息政策实施计划》和《数字孪生国土平台推进方案》，将投入 5800 亿韩元用于空间信息政策项目。
欧盟：DestinE	打造数字孪生地球，用于模拟预测自然灾害，应对气候变化。
英国：国家数字孪生计划	投资 3750 万英镑建立数字孪生中心，构建互联生态系统，支撑国家基础设施。
印度：瓦拉纳西数字孪生	政企合作，推动基础设施现代化，实现可持续发展目标。
中东：数字孪生迪拜/阿布扎比	打造智慧城市标杆，提升城市治理与服务水平。

我国数字孪生城市领域政策呈现出顶层设计加速、部委协同推进、从框架引导到落地支撑的特征。国家数据局牵头推进城市全域数字化转型，连续发布全域数字化转型文件，通过构建一体化、智能化的城市数字底座，整合城市信息模型、时空大数据、国土空间信息、实景三维中国等基础平台，为数字孪生城市建设奠定数据与平台基础。自然资源部则通过“实景三维中国”与“国土空间信息模型（TIM）”试点，构建高精度、统一的空间地理信息底座，目前已初步建成实景三维中国，并在长三角及 16 个省、29 个市开展 TIM 应用探索。住建部从标准与场景双向推进，牵头制定城市信息模型（CIM）基础平台

技术标准及细分领域指南，并牵头发布推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的行动方案，推动 CIM 平台在防灾减灾救灾、城市更新、城市体检等领域的深度应用，探索虚实共生、仿真推演的数字孪生场景落地。工信部等部委围绕产品数字孪生、设计制造一体化、个性化定制等复杂场景开展系统化集成改造，支撑打造“数字孪生标杆工厂”。总体来看，我国已形成多部委协同、标准与试点并进、从城市治理到工业制造多层次覆盖的系统推进格局，为数字孪生城市的规模化、深度化建设提供了有力的政策与实施支撑。

表 2 各部委战略布局

部委	核心平台/重点领域	推进策略	成效
<b>发改委、 国家数据局</b>	城市全域数字化转型、城市数字底座	<b>治理中枢：</b> 推进城市信息模型、时空大数据、国土空间基础信息、实景三维中国等基础平台功能整合，因地制宜有序探索推进数字孪生城市建设	——
<b>自然资源部</b>	TIM、实景三维中国	<b>规划底板：</b> 构建国土空间统一信息模型，实现全域覆盖、三维立体、业务协同，服务于规划实施监测与国土空间治理	已在长三角及 16 个省、29 个市开展 TIM 试点
<b>住建部</b>	CIM、新型城市基础设施建设	<b>韧性基础：</b> 以 CIM 平台为核心，赋能政务服务、城市更新、防灾减灾、历史保护等领域，打造韧性城市	在全国范围内推动 CIM 平台建设
<b>工信部</b>	数字孪生工厂	<b>工业集成：</b> 开展产品数字孪生、系统集成改造，赋能中小企业，支撑打造“数字孪生标杆工厂”	——

各地政府积极出台数字孪生城市专项规划，将其作为智慧城市和新型城镇化建设的重要支撑。上海、深圳、杭州、苏州等前沿城市率先发布本地数字孪生城市专项规划。上海市在《上海市进一步推进新

型基础设施建设行动方案（2023—2026年）》中，明确提出构建城市数字孪生与元宇宙基础设施，并发力推进量子城市建设。深圳市印发《数字孪生先锋城市建设行动计划（2023）》，致力打造“数实融合、共生共长、实时交互、秒级响应”的数字孪生先锋城市。苏州工业园区发布数字孪生专项规划，加快建设成为具有国际影响力的数字孪生应用场景示范区、产业发展集聚区、技术创新策源地。与此同时，北京、重庆、雄安等地则将数字孪生理念深度融入城市整体发展战略。北京市重点推动AR/VR、数字孪生、虚拟仿真及人工智能等技术在辅助设计、虚拟装配、远程协作、仿真实训等多个场景的落地应用。重庆市在《新型城镇化规划（2021—2035年）》中，明确加快建设“数字孪生城市”，构建覆盖全市建成区的三维信息模型，并逐步完善涵盖地上地下、室内室外、现状未来全要素的城市建设基础数据库体系。整体来看，各地正结合自身发展定位，以规划引领与实践探索相结合的方式，推动数字孪生城市从概念走向落地。

## （二）市场动态：从规模扩张到结构分化

在专项债等投资政策支持与需求释放的双重推动下，我国数字孪生市场规模持续高速扩张，呈现出强劲的增长态势。根据相关招投标数据统计，2025年1月至11月期间，我国数字孪生相关项目数量已超过2000个，较2024年全年增长约33%；同期总中标金额达到175亿元，较2024年全年增长约34%。项目平均中标金额约在800万至900万元之间，同比上涨约9%，反映出市场订单体量的同步提升。基于当前增速与政策延续性，预计2026年中国数字孪生市场规模将

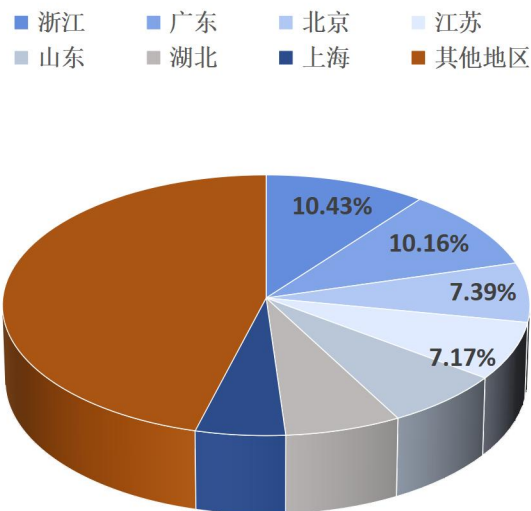
进一步突破 220 亿元，持续保持高位增长。



图 1 近两年数字孪生招投标情况

我国数字孪生市场在空间分布上呈现出显著的区域集聚特征，其布局高度契合区域经济发展水平和产业基础，形成了以北京为龙头，以长三角与珠三角为两翼的“一核两翼”产业格局。从市场结构看，区域集中度较高，华东地区占据全国 36.6% 的市场份额，浙江、广东、北京位列前三，长三角、珠三角和京津冀三大区域合计贡献全国约 80% 的市场规模，反映出经济发达、财政实力强、数字化转型需求迫切的地区对数字孪生应用具有较强的引领和承载能力。具体来看，北京市凭借其在技术研发、标准制定和政务场景应用的突出优势，集聚了一批覆盖基础软件至行业解决方案的全产业链领军企业；长三角地区依托扎实的制造业基础和广泛的智慧城市建设需求，形成了以上海为核心、南京与杭州为重要节点的产业集聚带，龙头企业在区域生态构建中发挥了关键作用；珠三角地区则立足于改革开放前沿的产业活力，在智慧交通、智能制造等应用领域展现出旺盛的市场需求。总体

而言，当前数字孪生市场的区域分布呈现出明显的“政策导向+产业基础”双轮驱动特征，优势区域的引领作用持续凸显。



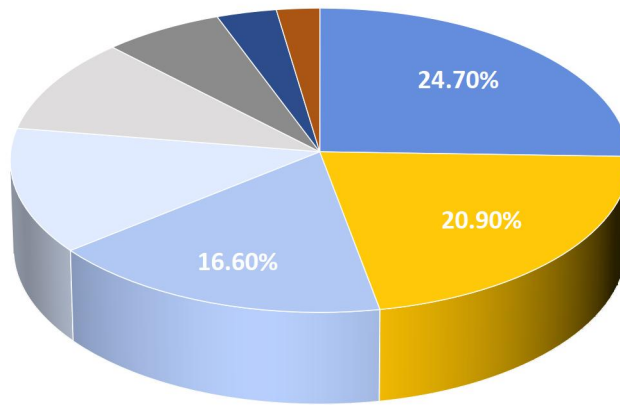
数据来源：招投标数据统计

图 2 2025 年各省市数字孪生中标金额分析

数字孪生应用市场呈现出明显的行业分化格局，城市园区、工业制造和水务水利是当前三大核心领域，合计市场份额超过 50%。其中，城市园区领域的应用聚焦于城市治理（42.3%）、园区运营（31.7%）和城市更新（26.0%）；工业制造领域则以工厂运维（37.4%）、生产优化（32.1%）和设备监控（30.5%）为主要场景；水务水利领域涵盖河道治理（35.7%）、水库调度（28.4%）和供排水管理（35.9%）。除上述核心领域外，交通运输类项目在轨道交通与港口物流方向较为集中，广东、四川两地在相关项目中占比超过 40%。医疗健康与教育科研等新兴细分领域尽管整体规模较小，但增速显著。医疗健康类项目以医院管理和疾控应急为主，上海、北京合计占比 32.1%，市场规模同比增长 23.5%；教育科研类项目则集中于高校实验平台和科研验

证系统，江苏、湖北两地共占 28.7%。总体来看，数字孪生应用已形成“核心领域主导、新兴领域快速增长”的行业生态，呈现出多元化、分层化的发展趋势。

■ 城市园区 ■ 工业制造 ■ 水务水利 ■ 能源电力  
■ 交通运输 ■ 无行业属性 ■ 教育科研 ■ 医疗健康



数据来源：招投标数据统计

图 3 2025 年数字孪生应用行业规模占比

### （三）技术演进：从静态沙盘到智慧有机体

数字孪生城市的核心驱动力正从追求几何精度，向数据融合与对象智能深度转变。早期侧重于视觉逼真与静态建模，主要通过三维模型实现信息查询与历史回溯，呈现为数据孤立、更新滞后的“静态沙盘”模式。如今，为支撑实时决策与科学治理，需借助人工智能模型预测城市未来态势，推动其向“数据驱动的动态仿真”演进。这就要求构建集成多源、实时、全要素数据的新型数据体系，实现“实时更新、多维度关联、场景化适配”，从而为各类孪生场景提供“鲜活、立体、可用”的数据支撑。在这一进程中，标准化与实践应用同步推

进，中国信通院牵头编制的数字孪生体相关行业标准，为数据统一规范提供了关键依据；雄安新区通过汇聚全量数据构建的“基于孪生体的城市大脑”，已在实际应用中实现了对城市的深度洞察与智能决策。同时，技术融合持续深化，“北斗+数字孪生”技术已将高精度空间定位数据实时映射至孪生体中，显著提升了定位精度，助力城市精细化管理；AI 辅助建模技术则在建模效率与精度上取得显著进步，进一步加速了数字孪生城市的落地与演进。

**数字孪生技术架构呈现出从“单体应用”到“云原生+AI 原生”的转变。**在早期发展阶段，其架构通常采用单体应用模式，即将建模、仿真、可视化等功能集中于单一系统内，各模块高度依赖，扩展性差，依赖本地服务器或高性能工作站，计算与存储资源受限，模型多基于静态物理规则构建，难以满足对实时性、规模化和智能化的需求。随着实时性与协同需求提升，云计算与人工智能技术的成熟，推动大量企业转向“云原生+AI 原生”的融合架构。通过微服务架构与丰富 API 接口，系统可实现功能解耦与灵活扩展，便于与既有业务系统集成，并支持基于可复用模板的快速开发与二次定制。AI 不再作为外部模块，而是成为数字孪生系统的设计核心与内生能力，通过融合物理模型与机器学习，构建自适应孪生模型，提升预测精度。将 AI 能力封装为微服务，可无缝嵌入孪生生命周期。基于 AI 的实时渲染、自然语言交互降低使用门槛，增强用户体验。例如微软 Azure Digital Twins 以云原生为基础，深度融合 AI 与物联网服务，支持大规模数字孪生应用的构建、管理与智能分析。

## 数字孪生交互模式呈现出从“人在屏外”到“身在其中”的转变。

传统交互主要依赖屏幕、鼠标和键盘的二维操作，用户以外部观察者身份与数字模型进行间接互动，存在空间感知割裂、协同效率低、认知与操作负担较重等局限。随着空间计算、VR/AR/XR及游戏引擎等关键技术发展，数字孪生世界的真实感和沉浸感得到显著提升。空间计算通过感知物理空间、理解空间关系并动态渲染虚拟内容，为数字孪生提供了“可进入”的交互基础；VR/AR/XR提供了沉浸式入口，实现虚实情境的深度融合；Unreal Engine、Unity等提供了电影级画面与真实物理模拟，打造高保真实时交互环境。这一转变已深刻重塑数字孪生在工业运维与培训、城市治理、医疗协作、应急推演等领域的应用形态。例如，部分城市已实现通过语音指令直接调度资源，完成秒级数据检索、分析与可视化呈现。未来，随着神经接口、光场显示等技术持续发展，数字孪生交互将进一步向多模态、“感官融合”的方向演进，推动人机协同进入更智能、更沉浸的新阶段。

### （四）商业模式：从项目交付到价值运营

数字孪生数据资产入表标志着行业商业模式从“卖项目”向更具可持续性的“卖数据”和“卖服务”转型。数据资产入表为企业带来财务优化与能力升级双重收益。财务上，推动企业从“成本中心”转向“利润中心”，将积累的高精度模型、时空数据、AI算法等可量化为资产负债表上的资产，优化财务报表结构。能力上，激励企业构建具备跨行业融合能力、高流通价值的数字孪生体，为数据资产交易与估值提升开辟新空间。例如乘木科技将旗下“城市部件三维模型（植

被）”数据资源列入“无形资产—数据资源”会计科目，并在香洲区数据要素协会落地融资对接服务下更进一步，获得中国工商银行珠海分行授信 200 万元，成为数字孪生行业全国首单城市部件三维模型数据资产入表融资案例。在运营层面，则形成了“数据驱动”新范式，通过数据服务化开辟新的营收渠道。Google Maps 开放 3D Tiles 格式实景三维数据服务，帮助低成本高质量三维数据资产开发；山东汇颐基于自有数字孪生底座沉淀数字孪生模型进行复用，如利用 BIM 构件族库通过参数化扩展支撑设计—施工—运维全周期，使客户建模成本降低 30%。

**数字孪生领域的运营方式正经历从“项目化建设”向“平台化服务”的根本性变革，这是产业迈向规模化发展的必然路径。**其核心驱动在于以平台即服务（PaaS）和运营即服务（OaaS）为代表的新型服务模式兴起，推动传统数字孪生项目建设由高度定制化、阶段化交付的项目模式，向平台化、模块化、可配置化的持续服务转型，实现了部署周期与综合成本的显著降低。在此过程中，政府角色逐渐从主导型“采购方”转变为协同型“生态官”，项目合作模式由“政府主导”演进为“政企协同”。PaaS 层通过提供标准化的能力组件，如数据资产化服务、孪生体建模与仿真引擎、智能分析与决策支持服务，以及低代码开发与集成框架，为上层应用构建统一、可复用的技术底座。OaaS 层则聚焦于平台上线后的全生命周期运营，涵盖系统运维与安全加固、数据持续治理与价值挖掘、模型迭代与场景优化，以及业务赋能与成效评估等服务，确保数字孪生系统持续演进并释放长期价值。

以苏州工业园区为例，其联合中国信通院及本地企业共同打造数字孪生创新中心，通过立标准、建平台、推场景、促产业的系统化路径，强化生态运营能力。未来，数字孪生将从独立的“项目成品”，转变为开放、动态、可持续运营的“操作系统”和“创新生态”。通过标准化实现能力复用，通过模块化实现灵活扩展，通过开放化激发生态创新，通过服务化保障持续运营，最终支撑数字孪生技术在城市治理和产业发展中发挥长效、普惠的价值。

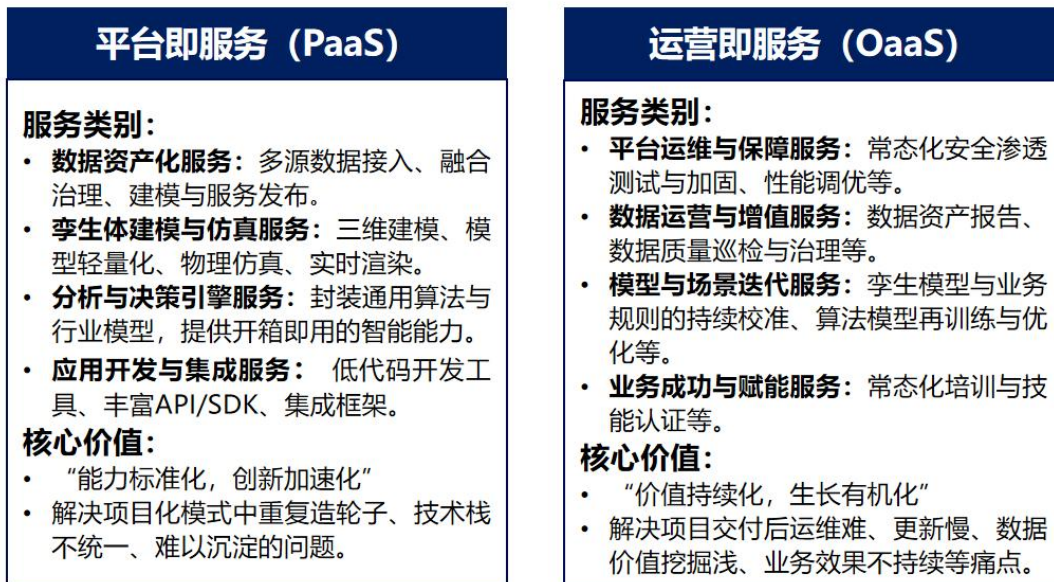


图 4 数字孪生服务模式

### （五）场景应用：从数据展示到业务赋能

数字孪生应用已从早期三维可视化展示阶段，逐步进入支撑跨部门、跨层级业务协同的深度赋能阶段。随着各地大数据局、城市运行管理中心等机构的成立与机制优化，规划、交通、应急、环保等多源数据得以有效汇聚与整合，为构建全域协同的数字治理体系奠定基础。感知设施全面布设，系统可对城市运行状态进行实时监测、预警预测

与动态调度，实现了“感知—决策—处置—反馈”的业务闭环。人工智能的深度融合进一步推动了城市运行管理模式升级，在IOC基础上嵌入了可感知、可分析、可预测、可自主响应的AI智能体，系统形态从以“监测展示”为核心的城市运行中心（IOC），逐步向具备“智能决策与自主协同”能力的AIOC城市智慧大脑演进。例如华为云Astro将大模型与IOC深度融合，以数据可视化为核心，提供屏幕编排与多屏适配能力，使非专业开发者通过图形化界面高效构建专业级数据可视化大屏应用，实现关键信息“一屏智显”。

数字孪生应用正逐步超越“政府专用工具”的范畴，转向“以人为中心”的服务导向，实现“投资于人”的价值延伸。这一转型的核心，在于将服务对象从单一的管理者拓展至广大市民与企业，通过技术手段回应人的真实需求，使数字孪生成为赋能城市生活、激发社会共创的开放平台。国际上已有较多实践，如芬兰赫尔辛基数字孪生平台通过实景三维模型和城市信息模型向公众开放城市数据，支持个人用户探索、模拟和参与城市规划。当前，我国多地也逐步推进数字孪生平台的开放赋能，主要体现在三个维度：一是服务入口的普惠化开放，如上海崇明通过二维地图提供宏观布局，借助三维建模实现立体直观展示，实现服务资源可视化。二是数据资源开放，在保障安全前提下，逐步开放非涉密数据，鼓励企业进行二次开发与创新应用。如苏州工业园区开放数字孪生体，支持企业进行二次开发与创新应用孵化。三是参与渠道开放。通过建立线上参与平台与协作机制，数字孪生正成为公众介入城市治理的重要载体。各地纷纷推出“随手拍”“城

市纠错”等公众上报系统，鼓励市民反馈市政设施破损、环境卫生等问题，并基于孪生平台实现事件定位、流程跟踪与结果反馈。未来，更多数字孪生平台将进一步融合人的行为与反馈信息，逐步面向更广泛的公众群体开放，推动形成“共建、共治、共享”的城市治理新格局。

建设模式正从追求大而全的“通用展示型系统”，转向聚焦具体问题、快速见效的“小而美”垂直场景。早期建设往往以“城市级”“园区级”全景可视化为主要目标，如今则更加强调以实际业务痛点为切入点，通过轻量化、模块化、场景化的方式，推动数字孪生技术真正“下沉一线、赋能业务、服务为民”。这一转变背后有多重动因：一是政策引导，国家多次强调“以用促建、建用并举”，各地积极进行场景筛选机制革新，优先选取业务需求明确、数据基础良好、能够快速形成业务闭环的细分领域作为突破口。二是技术成熟支撑，云计算、边缘计算、低代码开发等技术成熟，使轻量化、智能化的数字孪生场景快速构建成为可能。三是财政压力大，促使投资更注重实效性与可持续性，“大系统”建设模式难以为继。四是治理需求驱动，基层治理中诸多具体而紧迫的问题，如应急响应、交通疏导、环境监测、设施维护等，亟须技术工具的直接支撑。未来，数字孪生的发展将更加强调“问题精准化、能力组件化、参与协同化、运营持续化”，在垂直领域中积累可复用的数字资产与治理经验，最终自下而上地推动城市整体数字化转型。

## （六）全球实践：从顶层设计到场景驱动

国际实践注重构建开源生态，依托数据融合实现复杂系统预测。

日本东京、新加坡等国际地区在数字孪生城市建设上，具备以下特色：  
**一是在驱动模式上，注重构建开放的数字生态。**以政府主导数字孪生城市相关顶层设计、技术规范等标准化建设，同时鼓励企业、社会组织和公众参与。**二是在数据策略上，构建开放式数据平台。**汇聚整合分散在不同部门的 2D 数据，接入可信唯一的数据基础设施，并将孪生应用数据向公众开放共享。**三是在技术侧重上，深化复杂系统仿真。**注重高精度建模与科学仿真模拟技术、AI 技术等融合利用，为城市治理的痛点难点问题提供新型解决方案。**四是在应用特色上，拓展专业化应用。**除传统民生、治理等城市综合场景外，国际城市还结合本地特色拓展了垂直领域场景。

### 专栏 1 国际数字孪生城市创新实践

**日本东京数字孪生项目&“PLATEAU”项目。**东京数字孪生项目旨在通过在虚拟空间中再现现实世界的建筑、道路、经济活动和人流等元素，实现物理空间与网络空间的融合。作为项目的一部分，东京都政府推出了“东京都数字孪生 3D 查看器”，允许用户在浏览器中查看东京的 3D 城市模型，并查询河流的实时数据、避难所信息以及都营巴士的实时位置信息。此外，还公开了区部的三维点云数据供公众广泛使用。**PLATEAU**是由日本国土交通省开发的 3D 城市模型项目，该项目首先在东京等约 50 个城市进行试点，将过去分散在各政府部门、以 2D 平面为主的的城市信息，整合成统一的 3D 数字孪生平台，为地理信息叠加人流、交通、气候等数据，支撑复杂的城市模拟和分析。

**新加坡全国范围三维实景模型。**新加坡土地管理局（SLA）以精准地理空间数据为核心，实施全国三维测绘与数字孪生项目。项目利用 Bentley 软件技术，将多个来源的异构数据在安全可控环境中处理为持续的、全国性、动态三维孪生模型，实现“多源数据高效处理、跨系统格式兼容”。同时，Bentley 生成的 3D 模型可通过 3D 软件、GIS 或 Web 应用灵活调用。这种开源数字测绘解决方案，简化了测绘机构协作流程，提升了地图灵活应用范围。

国内实践注重打造一体化数字底座，拓展全领域业务应用。雄安

新区、深圳、苏州、武汉等国内地区数字孪生城市建设具备以下特点：

一是在驱动模式上，以政府牵引、市场运营为典型范式。国内数字孪生城市往往以政府政策主导和顶层设计先行为特征，并以国有资本为主的平台企业参与运营，同时引入第三方生态企业提供技术能力支撑。

二是在数据特点上，打造“一张图”管理模式。许多城市通过整合城市既有地理底图、三维模型、业务数据，通过在城市地图基础上叠加多源图层数据信息，实现数据集成和业务协同。

三是在技术侧重上，注重打造统一底座平台。基于城市住建、自规等部门已建设的 BIM、CIM、GIS、三维时空等多类基础平台，通过系统整合实现多类技术路线的融合，打造城市数字孪生的统一底座。

四是在应用特色上，拓展全领域覆盖。国内数字孪生城市建设从主管行业部门上正从住建部门向数据部门转移，因而应用领域也从传统建管服垂直线条逐步向应急生态、惠企便民、产业发展等城市综合场景拓展。

#### 专栏 2 国内数字孪生城市创新实践

**雄安新区“先谋后动，CIM 贯穿”。**雄安新区在城市建设过程中同步实施数字孪生建设，建成覆盖地上地下的千万级物联网感知节点和 PB 级城市数据中枢，打造全域感知网络。依托城市信息模型 CIM 平台与时空中枢，开展三阶段建设，逐步推动多维多尺度信息模型向全域互联感知动态城市、虚实互动的智慧城市发展，建成贯通全域 1770 平方公里的时空数据链条，覆盖城市从规划到竣工的全生命周期，为城市治理提供精准决策支持。

**深圳福田区实施“区块链+数字孪生”双轮驱动。**深圳福田区持续推进数字底座建设，香蜜湖片区数字孪生平台实现了对现实城市的全息映射。该平台建设的一大亮点在于构建“区块链数字孪生”双轮驱动架构。依托 BaaS（区块链即服务），平台创新实现了数据调用的全流程追溯。在这个系统里，不仅能看到在建项目的实时进展，还能一键生成区块链存证报告。通过“数据可用不可见”机制保障数据安全，利用区块链实现项目建设进度、固投计划等信息的实时更新与溯源，实现全流程数字管控。

**苏州工业园打造数字孪生新引擎。**苏州工业园围绕数字孪生产业，构建“公共服务平台+孪生底座+标杆场景+产业生态”全链条发展体系。建立国内首个数字孪生公共服务平台，为产业培育与技术推广提供基础支撑。建成数字孪生城市底座平台，提供数字孪生应用开发数据资源和公共技术能力。树立一批数字孪生标杆场景，推广数字孪生技术全领域应用。前瞻布局数字孪生园区建设，形成完整的产业链、创新链。

**武汉市以统一底座引领孪生城市建设。**武汉市通过城市数字公共基础设施“数公基”平台，融合了城市数字模型、“一标三实”和编码赋码三平台，实现了城市级全域、全量数据的汇聚和实时共享。城市数字孪生操作系统作为实现数据集成和推动数公基应用体系化标准化工作的核心工具，发挥统、算、枢、安的核心作用，为全市信息化系统提供了坚实的数据基础。基于该操作系统，武汉开发了城市安全风险监测预警平台，从城市生命线工程、公共安全、生产安全、自然灾害四大安全场景出发，形成城市立体安全守护屏障。

## 二、技术演进：人工智能驱动数字孪生技术创新

人工智能作为新一轮科技革命和产业变革的核心驱动力，正加速与数字孪生技术深度融合，推动“AI+数字孪生”向“AI×数字孪生”的深度融合赋能演进。

一是以大语言模型（LLM）为代表的生成式 AI 大幅降低了数字孪生的构建门槛。Transformer 架构的提出及 2020 年 GPT-3 的发布，OpenAI 的 GPT 系列、Meta 的 LLaMA 系列等大模型相继问世，赋能 AI 自动化建模与对话式创建数字孪生场景，将传统耗时费力的人工建模转变为基于自然语言意图的高效生成。二是 AI 智能体(AI Agent)赋予了数字孪生体自主感知与决策的“大脑”。以 AutoGPT、Manus 等 AI 智能体的出现为标志，智能体具备自主感知环境、规划决策及自我优化的能力，能够支撑数字孪生场景实现自主推演与智能决策。三是多模态大语言模型（MLLM）推动数字孪生走向全息感知与时空洞察。随着 OpenAI 文生视频模型 Sora 等多模态模型的广泛应用，实现文本、图像、视频与三维空间数据的深度融合，赋予数字孪生体跨模态的理解与生成能力，AI 视频孪生与时空智能技术日臻成熟。四是具身智能（Embodied AI）实现了数字孪生对物理实体的闭环控制。特斯拉 Optimus、Figure 等商业化自主人形机器人的应用，打通了从

虚拟决策到物理执行的通道，推动数字孪生系统通过物理实体获得在真实世界执行任务的能力，实现虚实共生与反向控制。

## **（一）数据融合增强：时空智能构筑统一基准，多模态数据融合赋予全息语义理解**

### **1. 时空智能推动数字孪生从空间映射到时空预测**

时空智能正在赋予数字孪生体“穿越时空”的认知能力，使其从静态的空间映射工具跃升为动态的时空预测引擎。传统数字孪生技术侧重空间维度的映射，缺乏对时间维度的分析能力，难以支撑长期规划类任务。时空智能通过深度融合时空大数据与AI预测模型，数字孪生系统能够突破单纯的空间刻画，实现对城市运行状态“回溯过去、感知现在、推演未来”的全周期掌控。

一是构建全域高精度的时空数据底座，实现多源异构数据的深度融合与精准索引。利用时空索引与数据质量控制技术，将卫星遥感、无人机航拍、地面传感等海量数据在统一时空基准下进行集成，解决多源数据“进得来、定得准”的问题，为上层应用提供坚实的数据支撑。二是深度应用时空预测分析与动态演化仿真技术，提升复杂系统的推演决策能力。借助时空图神经网络（ST-GNN）和物理信息神经网络（PINN），系统能够捕捉城市交通、生态环境等要素的时空依赖关系，构建多尺度预测模型，实现从微观人群行为到宏观城市演化的精准模拟与趋势预判。三是实现从“静态感知”到“自主决策”的闭环进化，支撑长期规划与应急响应。通过整合历史回溯、现状呈现与未来推演，数字孪生体能够为城市规划、环境治理及应急救援提供

可解释、可量化的决策依据，推动治理模式从被动处置向主动防控转变。时空智能技术让数字孪生城市具备了时间维度的洞察力，使其不仅是物理世界的镜像，更是预见未来的智能模拟器。

### 专栏3 时空智能赋能数字孪生实践案例

在智慧城市领域，某智慧城市时空孪生平台覆盖了100平方公里的核心城区，集成了超过2000个数据源，日处理数据量高达100TB。依托强大的数据融合与算法能力，平台实现了交通拥堵预测准确率达到90%，空气质量预测决定系数（ $R^2$ ）大于0.85。这些精准的预测能力直接转化为治理效能，使得城市运行效率提升了15%，应急响应时间缩短了50%。

在国土空间治理方面，某企业在“实景三维九江”项目中，构建了覆盖1.9万平方公里的全域高精度时空数字底座。依托“码数图算”一体化架构，系统建立了建设项目全周期阈值模型，结合“天-空-地”立体化监测数据，以非接触式监管替代了70%的人工现场核查，并针对长江岸线生态敏感区实施动态管控，有效解决了传统监管滞后、人工成本高的问题，推动了空间治理的智能化转型。

## 2. 多模态数据融合打造具有丰富语义信息的数字孪生体

多模态数据融合正在为数字孪生体注入“全息认知”的灵魂，使其从枯燥的几何模型进化为具有丰富语义的智能生命体。通过整合文本、图像、音频、视频及传感器等多源异构信息，数字孪生系统构建起统一语义空间的虚拟映射，赋予了孪生体全息感知与智能决策的能力，成为推动物理世界与虚拟空间高质量交互的关键驱动力。

一是构建跨模态的统一语义映射关系，实现多源异构数据的深度对齐。通过建立跨模态对齐技术，将气象数据、视频流、北斗定位、行业专题数据等不同维度的信息，精准映射到数字孪生体的标识、几何、状态及关系属性上，确保融合后的数据能准确反映物理实体的真实状态。二是强化动态特征提取与知识图谱构建，赋予孪生体深度理解能力。利用AI算法根据输入数据动态优化特征提取流程，在复杂场景中精准捕捉关键信息，并将非结构化的数据（如法规文本、专家

经验）转化为结构化的知识图谱，使数字孪生体不仅“看得见”，还能“看得懂”。三是实现毫秒级的实时融合决策，提升复杂场景下的智能响应速度。依托实时融合决策引擎，在多模态数据输入的瞬间完成信息整合与逻辑推理，支持从感知到决策的快速闭环，满足工业安全、城市应急等对时效性要求极高的场景需求。多模态数据融合技术打破了数据维度的壁垒，让数字孪生体具备了全息感知物理世界并进行实时交互的能力。

#### 专栏 4 多模态数据融合赋能数字孪生实践案例

NVIDIA 在 GTC2024 大会上宣布将 Omniverse 平台与“物理 AI”深度融合，构建了能够理解、模拟并与物理世界交互的多模态系统。其核心突破在于推出了专为人形机器人设计的多模态 AI 平台 Project GR00T，该平台打破了传统单一数据驱动的模式，能够接收文本指令、语音命令、视频演示及人类示范动作等多种模态输入。在 IsaacLab 仿真环境中，这些多模态数据被实时转化为机器人的运动控制策略，实现了从“多模态指令”到“物理实体行动”的无缝闭环。

山东某公司研发的多模态融合检测技术，通过整合视觉模态（视频流）、IoT 模态（设备状态信号）及空间模态（地理坐标），实现了施工安全隐患的智能识别。例如，在焊接场景中，系统综合分析人体姿态、焊枪目标及电弧光谱数据，并通过加权决策融合公式降低误报率，将未戴安全帽等违规事件的响应速度从 45 分钟缩短至 8 秒，焊接违规识别率提升至 92.7%，显著提升了安全管控效率。

## （二）基础能力跃升：视频孪生构建实时感知网，生成式世界模型打造动态模拟器

### 1. AI 视频孪生创造实时可感的数字孪生世界

AI 视频孪生技术正在重塑数字世界的交互范式，使其从“静态档案”进化为“实时直播”。通过将三维模型、视频监控、AI 分析与物联网数据进行时空深度融合，该技术打破了二维视频与三维空间的维度壁垒，构建出一个“实时可感、逻辑可控、智能交互”的数字孪生世界，彻底颠覆了传统静态数据的应用模式。

一是实现视频内容的深度语义理解与实时分析，将“被动监视”转化为“主动感知”。利用多目标跟踪、行为识别及场景语义分割等计算机视觉技术，系统能够自动识别视频中的人、车、物及其行为轨迹，将非结构化的视频画面转化为结构化的语义信息，支持对打架、拥堵、火灾等异常事件的自动告警。二是构建视频流与三维空间模型的精准时空对齐机制，解决传统监控“空间割裂”的痛点。通过相机自标定与动态目标映射技术，将离散的二维视频流实时投射到三维地理坐标系中，实现“视频即场景、场景即视频”的虚实融合，让管理者能在数字孪生场景中直观调度现实世界的视频资源。三是赋能智能视频生成与场景推演，实现从“状态镜像”到“未来预判”的跨越。借助生成式 AI 与轨迹预测算法，系统不仅能合成虚拟视角、模拟异常场景（如火灾扩散、人群踩踏），还能基于历史视觉数据预测未来时刻的场景变化，为应急指挥与安全防范提供“可预见”的决策支持。AI 视频孪生技术为数字孪生城市赋予了实时全息的视觉感知能力，推动其从静态的地理空间框架向具备动态交互与敏锐洞察力的智能生命体演进。

**专栏 5 AI 视频孪生赋能数字孪生实践案例**

在工业制造领域，NVIDIA 利用 Omniverse 平台构建了覆盖 10 万平方米生产车间的数字孪生工厂。通过接入 500 多个高清摄像头，系统实现了延迟低于 100 毫秒的实时视频处理与 50 路 4K 视频的并发分析。该平台能够自动识别生产异常，准确率达到 92%，误报率低于 3%，直接推动生产效率提升 25%，质量缺陷减少 40%，展现了视频孪生在精益制造中的巨大价值。

在公共安全领域，山东某公司在某市公安局综合态势分析调度平台中，创新应用了“基于视觉显著性预测模型的视频轻量化技术”。通过模拟人眼注意力机制，系统仅需消耗极少的渲染资源即可处理万路视频流，在嫌疑车辆追踪场景中，路径预测命中率达 83%，有效解决了跨摄像头目标连续追踪的难题，大幅提升了城市安防的调度效率。

## 2. AI 自动化建模实现小时级生成世界模型

AI 自动化建模技术正在革新数字孪生的生产范式，推动建模作业由高度依赖人工的传统模式向算法驱动的自动化高效模式转变。传统数字孪生建模依赖 GIS、BIM 等工具，需人工完成几何建模、纹理贴图等工作，重复工作强度大、耗时周期长。AI 自动化建模通过图像语义分割、点云创建、三维重构的全流程自动化，将花费数天甚至数周的建模周期压缩至“小时级”。

**一是具备跨域融合的多模态能力，处理从图像、视频到动作的复杂输入。**打破单一数据源限制，AI 能够智能解析 CAD 图纸、倾斜摄影、激光点云、现场视频等多模态数据。通过图像语义分割与点云自动创建技术，AI 实现了从二维/三维原始数据到结构化语义模型的全流程自动化转换，大幅提升了模型对复杂现实环境的还原能力。**二是具备物理一致性的生成能力，创造遵守物理定律的空间世界。**利用生成式 AI 技术，系统能够自动生成高精度的三维模型，确保模型遵循现实世界的物理定律和空间逻辑一致性。这种能力使得 AI 生成的模型不再是仅供观赏的“空壳”，而是具备物理属性、可进行仿真推演的真实数字镜像。**三是具备动态演变的交互能力，预测世界随时间演变或互动的状态。**AI 自动化建模赋予模型时间维度和交互属性，使其不再是静止的“数字沙盘”，而是能够根据环境变化（如光照、天气）进行动态调整。这种能力支持设计方案的快速原型生成与迭代，让数字孪生世界能够随时间演化。AI 自动化建模技术跨越了数字孪生的成本与效率鸿沟，让大规模、高频次、高精度的世界模型构建成

为现实。

### 专栏 6 AI 自动化建模赋能数字孪生实践案例

World Labs 发布的“Marble”3D 世界生成模型，彻底革新了传统 3D 内容的生产模式，实现了从“人工构建”到“智能生成”的跨越。该模型具备强大的多模态生成能力，支持从文本提示、图像、视频乃至粗糙布局草图直接生成完整、连贯且可导航的 3D 虚拟世界，不再依赖昂贵的专业数据源。在生产效率方面，Marble 将传统的 3D 创作周期从数周甚至数月缩短至几分钟，支持设计方案的快速原型生成与实时迭代，极大降低了数字孪生场景的构建门槛，为仿真模拟与元宇宙应用提供了高效的生成式底座。

某企业推出的“峥嵘大模型”聚焦于数字孪生大范围场景构建，通过深度融合 AI 神经网络分割技术，实现了大规模城市场景的自动化单体化与语义化处理，将传统人工操作长达数周的工作周期压缩至数小时内，整体构建效率提升 60%。同时，该模型依托 AI 几何重建算法对场景要素特征进行深度优化，在复杂城市环境中将建筑边缘精度提升至厘米级，曲面拟合误差降低 80%，有效解决了传统建模成本高、周期长的行业痛点，推动数字孪生模型从“可视”向“可算”质变。

南京某公司建立了“数据驱动+知识引导”的 AI 自动化建模体系。在变电站数字孪生项目中，通过激光雷达采集点云数据（多模态输入），AI 算法对设备进行自动分割与曲面重建，将建模周期从传统的 2 周缩短至 1 天，建模效率较人工提升 8-10 倍。同时，结合 BIM 知识图谱，模型精度较传统方法提升 30% 以上，实现了复杂工业场景的高效还原。

北京某公司首创“数字孪生语义建模技术”，突破了传统三维空间数据非结构化、非语义化的瓶颈。面向倾斜摄影、图纸及 BIM 等多源数据，实现了全要素三维地理实体语义模型的自动化生成。其提出的语义特征属性自动提取方法，相比传统工艺效率提高了 80%，大幅降低了建模成本，缩短了项目交付周期。

## （三）孪生体加智升级：智能数字孪生体构建协同自治社会，具身智能打通虚实闭环

### 1. 智能体驱动数字孪生从单一决策到群体智能协同

智能体（Agent）技术的引入，正在引发数字孪生决策推演模式的根本性变革，使其从传统“中央大脑”集中式管控向“群体智能”分布式协同演进。数字孪生应用中，城市场景往往涉及多主体、多环节协同，传统中心化决策模式响应速度慢、适配性差。智能体通过模拟人类社会的分工协作模式，在数字孪生空间中构建具有感知、记忆、

规划与行动能力的智能体群体，实现多任务协同处理，提升数字孪生系统的复杂问题解决能力。

**一是构建具备自主感知与决策能力的独立智能体，打破传统中心化决策的响应瓶颈。**在数字孪生环境中，智能体可以被视为一个封装了特定功能与目标的自治单元，其具备长期记忆、环境感知与实时推理能力。借助大语言模型的语义理解与工具调用功能，或基于强化学习（RL）的策略生成机制，智能体能根据实时孪生数据与动态任务目标，自主研判并调用相应模型、算法或控制接口进行即时响应。**二是建立基于群体智能的多智能体协同机制，实现复杂场景下的全局最优解。**依托大模型驱动的通信与组织架构，智能体之间能够进行信息交互、博弈与协作。通过多智能体强化学习（MARL）在虚拟空间中模拟演练，协同寻找物流调度、交通疏导或能源分配等最佳策略。智能体技术通过模拟社会分工与协作机制，在数字孪生空间中形成可交互、可博弈、可进化的智能群体，从而系统性提升复杂问题的求解效率与韧性。

#### 专栏 7 智能体驱动赋能数字孪生实践案例

在智能供应链与物流领域，NVIDIA 联合埃森哲与凯傲集团，利用 Omniverse 平台构建了数字孪生智能供应链。通过在虚拟仓库中部署由深度学习驱动的智能运输机器人（AGV）智能体，系统有效模拟了工人与智能车辆的最佳配置。这些智能体能够在多种复杂情境下自主规划路径、协同执行搬运任务，大幅优化了仓储运营效率，为客户节省了大量时间与资本支出。

在超大城市空间治理方面，上海市某研究中心提出了“空间智能体”的创新概念，将建筑的“间”和基础设施的“段”封装为最小空间单元智能体。以“绿屋数建·智能体”为例，这些空间智能体具备感知数据实时采集与动态汇聚能力，能够像神经网络节点一样感知城市体征，为上海量子城市精细化治理提供了具备自主反馈能力的微观基础。

## 2. 具身智能推动数字孪生从单向映射到虚实融合

具身智能正在打通数字孪生决策与行动的“最后一公里”，传统数字孪生系统缺乏物理实体载体，难以将数字空间的决策转化为物理世界的行动。具身智能通过物理实体与 AI 大脑的深度融合，成为打通虚实通道的关键载体，解决了传统系统因缺乏物理载体而难以实现虚实交互与闭环控制的根本难题。

一是充当虚实交互的执行载体，将数字空间的决策转化为物理世界的精准行动。借助 Sim2Real（仿真到现实）技术，具身智能打破了虚拟与现实的隔阂。在自动数字表亲创建技术的加持下，系统可由单个 RGB 图像快速生成具有高级层语义和空间细节的数字表亲。这使得数字孪生不再局限于屏幕内的推演，而是能够驱动机器人、机械臂等实体在真实环境中执行复杂任务，实现“云端决策—现场执行”的无缝衔接。二是构建物理反馈驱动的模式进化机制，实现零样本策略迁移。具身智能可以在虚拟环境中进行千万次的试错与迭代，并将习得的策略无损迁移到真实世界。这种机制不仅降低了物理环境下的训练成本与风险，还能让数字孪生体通过物理实体的反馈（如力觉、接触）不断修正自身参数，实现真正的虚实共生。具身智能赋予了数字孪生体感知与操作物理实体的能力，通过“决策—执行—反馈”的完整闭环，推动数字孪生从“数字映射”向“虚实共生、知行合一”的形态演进。

### 专栏 8 具身智能赋能数字孪生实践案例

在工业机器人训练场景中，某企业利用自研引擎将深度学习与高斯泼溅算法结合，通过对多视角图像与视频数据的实时解析，生成可交互的 3D 动态环境，解决了机械臂抓取、装配等复杂动作的训练难题。通过在虚拟空间中执行千万次

动作迭代，系统实现了从虚拟到现实（Sim2Real）的策略迁移。实际应用数据显示，该方案使机器人训练周期缩短至传统试错模式的 1/3，整体训练效率提升超 300%，极大地推动了具身智能在工业制造领域的落地应用。

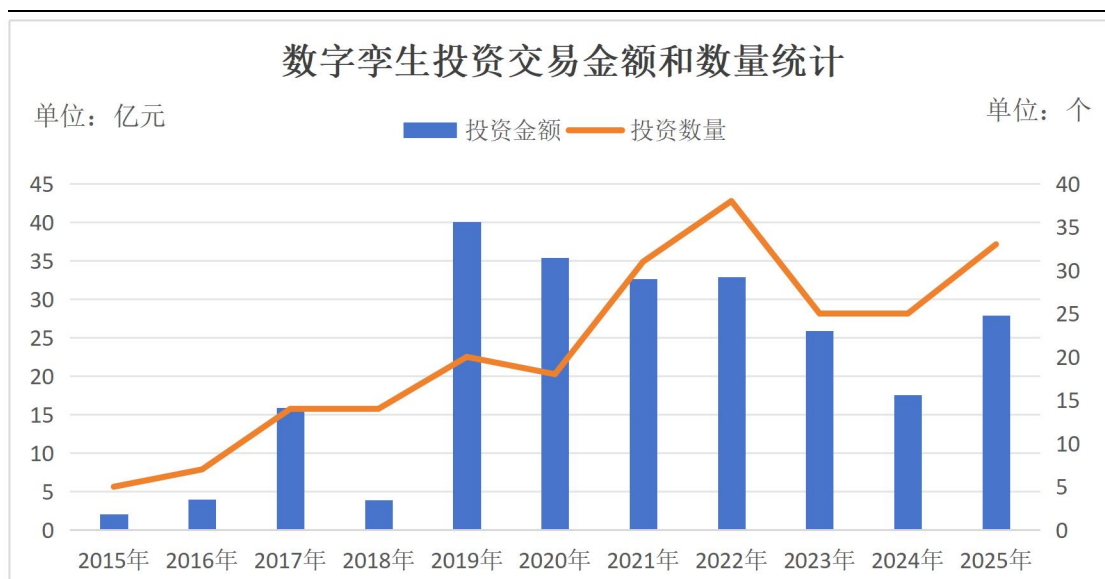
北京某企业致力于解决具身智能的数据瓶颈。通过生成高保真的合成数据，为自动驾驶车辆和智能机器人提供了丰富的边缘场景（Corner Cases）测试环境，支持在数字孪生世界中进行大规模的感知与规控算法训练，进一步加速了具身智能体的成熟与部署。

### 三、产业格局：数字孪生城市产业发展更加务实聚焦

当前数字孪生城市产业格局正经历深刻变革，呈现出务实化发展趋势。投资热度趋于理性平稳，市场处于迭代重构期，产业链协同亟须加强，“平台+生态”成为主流发展趋势，企业出海成为新趋势，出海模式三级递进，市场已形成以亚太为基，渗透欧美的新格局。

#### （一）投资逐渐趋稳，资本侧重初创和成长期企业

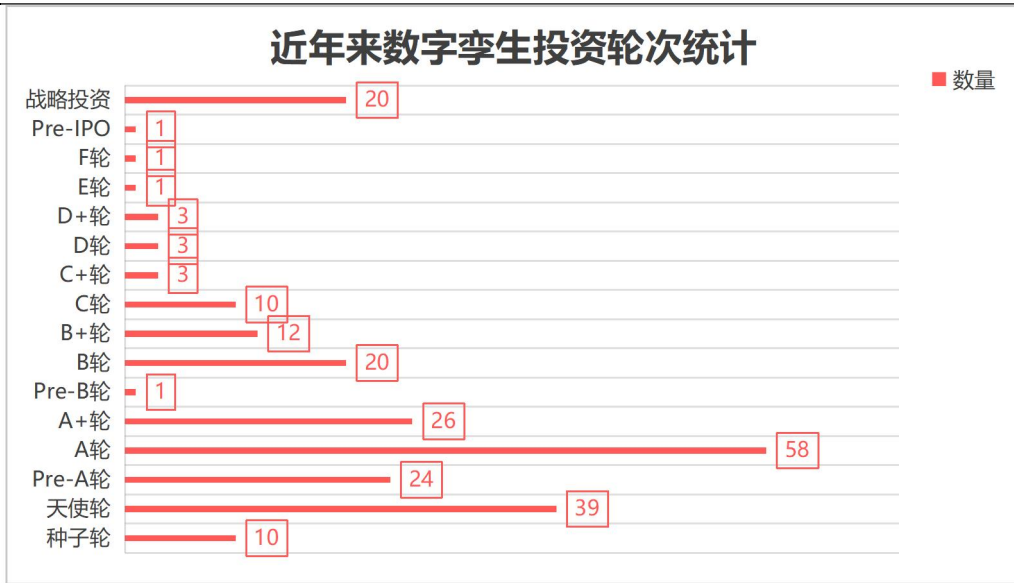
数字孪生领域的投融资活动呈现出显著的理性化趋势，市场仍处于成长期。2015年至2021年，投资金额总体保持上升态势，并于2021年达到峰值。2022年后，市场热度有所回调，进入调整阶段。至2025年，投融资规模出现再度回升，截至2025年11月底，全年共发生33起投资事件，累计金额达27.9亿元。这一数量波动反映了投资者正从早期的概念追捧转向更为审慎的价值投资。



数据来源：IT 桔子数据，中国信息通信研究院整理，截至 2025 年 11 月底

图 5 数字孪生投资交易金额和数量统计

数字孪生资本市场仍以早期投资为主，市场处于持续迭代与结构重塑期。从投融资阶段分布来看，天使轮融资事件最多（58 起），其次为 Pre-A 轮（39 起）和 A 轮（24 起）；进入 B 轮及以后的中后期融资事件明显减少，上市企业数量有限，表明该市场仍处于持续迭代与结构重塑期。战略投资事件共计 20 起，显示部分企业已进入与产业方深度协同的阶段。值得注意的是，近期摩尔线程、51 WORLD 等企业成功上市，实现了数字孪生领域上市公司的零突破，为市场发展注入新的活力。



数据来源：IT 桔子数据，中国信息通信研究院整理，截至 2025 年 11 月底

图 6 近年来数字孪生投资轮次统计

## （二）四大主体竞合发展，“平台+生态”成为主流模式

数字孪生产业链呈现出鲜明的分层竞争格局，但产业链协同程度仍有待加强。数字孪生产业链呈现“软硬结合、层层递进”的特征，数字孪生上游基础层及中游技术层由国际巨头主导，国内企业正在奋力追赶。下游应用市场呈现出高度分散的竞争格局。基础层包括芯片传感器、网络设备、云基础设施等硬件供应商。该层格局相对集中，头部企业占据 70% 市场份额。上游高端市场目前仍由高通、英特尔、博世等国际企业主导；国内海康威视、华为、寒武纪等正加速追赶，并在部分领域实现突破。技术层包含建模与仿真平台、数据管理与分析工具、可视化与交互系统等软件平台。此层创新活跃，涌现大量专精特新企业，但仿真与建模等领域仍由 ANSYS、西门子等外资产品主导。应用层涵盖各行业解决方案，其中智能制造、智慧城市、航空航天三大领域合计占比超 60%。该层市场分散，行业知识与经验成为

核心竞争壁垒。服务层包括咨询实施、运营维护、数据服务等后续服务提供商，该层利润率最高，但专业人才短缺制约发展。

**产业已形成三类主体分工协作的生态体系。一是平台型企业筑底座**，如华为、BAT等巨头提供底座，构建数字孪生平台，打造生态圈，提供“被集成”的能力。**二是垂直厂商提供专业能力**，如优锆科技（IoT可视化管理）、智汇云舟（视频孪生）等，在特定领域深耕，形成技术壁垒和品牌护城河。**三是集成商负责落地交付**，大量传统IT集成商和行业解决方案商，基于平台或工具，为最终用户提供定制化开发和服务。**三种阵营形成合作生态**，共同做大市场。生态协作案例不断涌现。如，华为基于“平台+生态”合作战略，携手数字冰雹等19家合作伙伴，发布城市全域数字化转型联合行动计划，共同构建端到端解决方案能力，加速城市全域数字化转型。数字冰雹基于华为ICT底座打造数字孪生智慧园区解决方案，已在多个园区落地应用。阿里云与中测智绘达成生态合作，阿里云强大的云平台和人工智能技术可为中测智绘提供稳定可靠的基础设施和全面的支持。

**部分领先企业正通过技术积累、行业拓展与生态构建，实现从单一产品提供商向全能生态平台的战略转型。**部分企业正从产品提供商向生态平台升级，业务从单一行业拓展至数十个领域，技术从人工建模向AI驱动、自动化生成演进，推动数字孪生从“可视化工具”转向“智能决策引擎”。例如，数字冰雹已完成从项目交付型公司向标准化产品公司的转型，其产品体系从单一可视化系统演进为APaaS数字孪生引擎，并进一步升级为AI孪生智能体平台；智汇云舟则从

视频孪生技术服务商逐步发展为生态构建者，建立了自主可控的视频孪生引擎技术体系，服务范围从安防领域拓展至 30 多个行业。

### **（三）企业加速国际化布局，实现从技术输出到生态构建**

中国数字孪生企业的国际化进程已形成以亚太市场为基础、逐步向欧美市场渗透的出海格局。一方面，国内市场仍是绝对主力，强大的政策引导、完备的工业体系与广泛的数字化需求，为数字孪生技术提供了全球最丰富的应用场景与出海支撑。另一方面，“一带一路”沿线国家、东南亚、中东及欧美等地区的智慧城市需求，为中国技术输出提供了广阔空间。目前企业出海仍处于初期探索阶段，但已成为头部企业的重要战略方向。从区域市场看，北美和欧洲在园区数字孪生领域占据较大份额，而亚太地区增长最为迅速，成为我国企业出海的关键支点。在东南亚，中国企业凭借技术优势与成本效益，已获取一定规模的智慧城市项目订单，积累了国际化运营经验。在中东，借助“一带一路”合作框架，中国企业参与了迪拜、沙特等地的智慧城市建设，将国内成熟方案与本地需求相结合，取得了良好成效。欧美市场则成为中国企业技术实力的试金石，该市场在数据安全、隐私保护等方面要求严苛，且长期由 Autodesk、Bentley、西门子等传统巨头主导，其产品生态与行业标准体系完善，市场进入门槛较高。为应对此类挑战，中国企业多采取与当地企业合资合作的方式，通过本地化运营降低市场风险。

中国数字孪生产业出海路径主要表现为以智慧城市项目为载体，

实现从技术输出、标准输出到生态输出的三级递进。初期以硬件设备与基础软件输出为主，随后逐步向整体解决方案拓展，目前正尝试构建国际化的技术生态。例如，ZainTECH 与腾讯云达成战略合作，推动云与数字孪生能力落地中东；广联达通过收购芬兰 Progman Oy，将其 BIM 解决方案成功推向北欧市场，并在该地区取得领先地位。我国在 CIM 标准、低成本快速建模、智慧治理经验等方面具备先发优势。随着“一带一路”倡议深入推进与发展中国家智慧城市建设需求持续释放，中国方案凭借高性价比与经过大规模实践验证的成熟度，展现出强劲的国际竞争力。未来，中国数字孪生产业有望逐步形成以标准引领、产品支撑、应用协同为核心的国际生态能力，实现从技术输出到生态构建的战略跃升。



图 7 中国数字孪生产业出海路径

#### 四、应用创新：数字孪生赋能城市应用场景持续创新

近年来，数字孪生应用从“数据展示型”向“业务赋能型”深度演进，在韧性城市、低空经济、城市虚拟运营等核心领域，实现从宏

观描述到复杂空间解构、从态势呈现到预测仿真决策、从普惠服务到精准服务、从横向扩面到行业纵深发展。

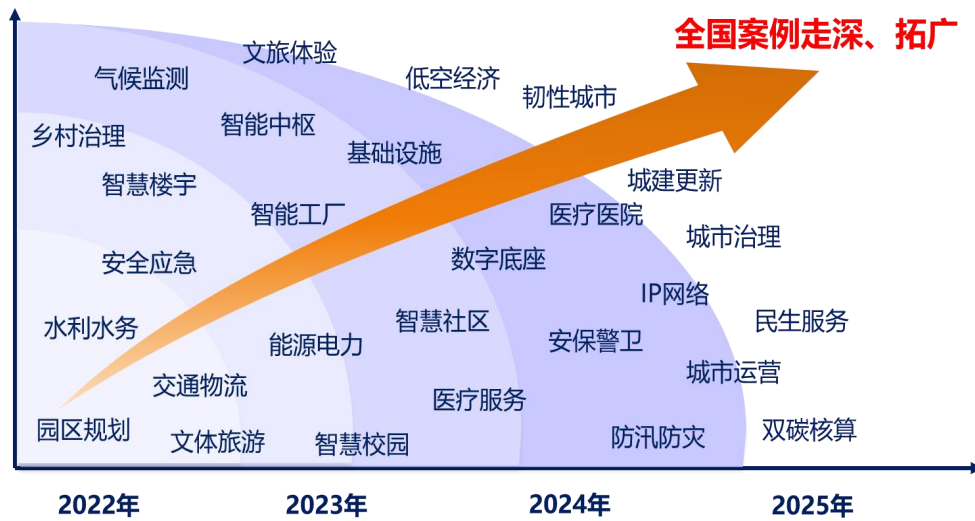


图 8 数字孪生技术应用演进图

### （一）数字孪生+韧性城市：从“被动救灾”到“主动御灾”

全球气候变化与灾害频发，持续考验着城市的“安全韧性”。然而，监测数据的“信息孤岛”、研判模型的精度瓶颈以及跨部门跨层级的协同壁垒，导致风险看不清、响应跟不上，使城市在灾害面前往往陷于被动应对。为突破这种城市治理困境，数字孪生技术正驱动城市安全范式向“主动御灾”升级，通过构建高精度实景三维底座，汇聚空天地海多源数据，为城市打造了可计算、可模拟的数字副本，系统提升城市在“感知—预警—处置—恢复”全链条韧性能力。

#### 专栏 9 数字孪生+韧性城市场景

**重庆市打造一体化“数字管线”。**重庆市建成全市域全量一体化地下管线数字孪生应用系统——“数字管线”应用，保障地下管线相关基础设施运行在日常情况下有效管控、极端情况下安全可控。出台《管线数字孪生数据规范》，规范管线材质、管径、压力等 38 类重要属性。全市已归集 11.6 万公里燃气、供水、排水、油气长输四类管线数据；其中，中心城区 6.2 万公里管线全部实现数字孪生。渝中区化龙桥街道某排污口突发污水氨氮超标状况，自动引发系统预警，仅在两

分钟内，“数字管线”按照预先设置好的处置预案，向相关部门下达处置指令。

**哈尔滨高寒城市数字孪生实践。**哈尔滨市依托在实景三维、地下空间普查、城市生命线建设等领域的长期积累，以“多模态数据融合，构建数字化高寒城市更新支撑体系”为核心，整合11大类、32中类、234项测绘成果，总数据量达9万GB，覆盖1953年至今的历史数据与实时监测数据，搭建起集数据感知、治理、分析、应用于体的数字化平台，实现城市安全“监测—预警—处置—修复”全链条保障。通过避免管线挖断事故、缓解交通拥堵，每年为哈尔滨市减少经济损失约6亿元。

## （二）数字孪生+低空经济：从“航线管理”到“空域运营”

低空经济作为新质生产力的重要领域，发展前景广阔，然而其快速扩张也带来显著的安全挑战，传统管理模式难以适应复杂空域与高频飞行需求，社会对无人机扰民及安全风险的担忧也制约着行业进一步深化应用。数字孪生技术融合高精度实景三维模型、实时空域与物联感知数据，创建出可计算、可模拟、可管控的虚拟空域，为低空精细化治理提供了关键支撑。在管理端，城市管理者可依托“空域一张图”，对政务巡查、应急响应等任务实现“一网统管”，推动低空活动从被动响应转向主动智能治理；在服务端，无人机物流则可基于该体系实现厘米级航线智能规划、实时冲突化解与千架级协同调度，显著提升配送效率与运行安全。

### 专栏 10 数字孪生+低空经济场景

**深圳龙华区打造全域低空智能管理范式。**深圳市龙华区基于覆盖全域的厘米级实景三维模型，构建了全国领先的数字孪生低空管理和政企飞行服务平台。该平台作为“智慧中枢”，深度融合人口、企业、地理及实时物联感知数据，动态生成“低空空域一张图”。在政务侧，平台实现了无人机飞行的禁区自动识别与零事故运行，并将交通监测、安防巡查等任务的响应覆盖时间缩短至15分钟，推动管理向“主动智能”转变。在商业侧，美团无人机借此进行“云勘察”，快速设计出绕避楼宇障碍的安全路径，在数十条商业化航线上将平均配送时长从近30分钟缩短至约12分钟，以高效安全的服务提升了社会对无人机物流的接受度。

**日照市创新“三维一张图”普惠应用。**2025年，日照市凭借“实景三维赋能低空经济创新应用”入选国家级典型案例。日照市构建了全域“三维一张图”数字底座，并创新引入空域网格码技术和AI算法，实现对低空环境的精细化、单元化

管理，成功破解了传统手段“管不住、效率低”的困境，使无人机航线规划从耗时数小时的人工核查，转变为平台的秒级自动生成与风险预警。应用场景实现“政务与民生”双向赋能，在政务端，平台精准支撑矿山巡检、交通执法等治理任务；在民生端，则与五所高校合作打造校园无人机物流生态圈，让外卖能精准避开障碍送达宿舍楼下。

### （三）数字孪生+城建更新：从“大拆大建”到“有机再生”

传统城市更新往往依赖“大拆大建”，易造成文脉断裂与资源浪费，且在规划、建设、运营各环节存在数据分散、协同低效、公众参与不足等现实瓶颈。数字孪生技术通过构建统一的CIM平台，整合多源BIM、GIS及物联网数据，实现从宏观规划到微观实施的全尺度信息融合，推动城市更新走向数据驱动、全周期闭环的“有机再生”模式。在旧城改造中，依托高精度实景三维模型进行日照、交通等多维模拟，助力方案优化与历史肌理留存；在新区规划中，支持多方案动态比选与实施推演；在地下空间开发中，则通过融合地质与管线数据，实现施工风险的可视化防控。

#### 专栏 11 数字孪生+城建更新场景

**南宁中山路“修旧如旧”的微创更新。**在南宁中山路历史文化街区的保护修缮中，针对无图纸的老旧建筑，采用三维激光扫描技术，在一天内便获取了完整街区的点云数据，并自动生成参数化BIM模型。在此数字底盘上，设计团队对超高老旧墙体创新采用轻量化支撑体系，在极致保留建筑原有风貌与斑驳肌理的同时，完成了结构补强与安全提升，实现了在数字孪生技术助力下，历史街区在“最小干预”下的“活态传承”。

**丰台区长辛店老镇数字孪生驱动下的历史街区有机更新。**丰台区长辛店老镇更新项目是2025年北京城市更新的“最佳实践”案例之一。在保护“一街三十八巷”历史肌理的基础上，项目以数字孪生为核心构建智慧管理平台，集成建模与实时监测系统，可精准分析客流热力、消费偏好与游客来源，实现大客流预警与停车资源动态调度，形成街区的“智慧大脑”。运营端依据数据反馈优化商业布局与活动策划，成功引入多元业态并举办系列国潮活动，使街区开业率超过90%，实现了历史风貌与现代生活的有机融合与可持续运营。

## （四）数字孪生+运营运维：从“被动抢修”到“主动预判”

数字孪生正在重塑城市运维的范式，终结“故障—抢修”的高成本循环，开启“预测—干预”的智慧新篇章。通过创建实时联动的虚拟模型，贯通曾经孤立的设备数据，提升了预测模型的精准度，使得运维从被动应对转向主动优化。在城市管理中，数字孪生技术通过构建与物理城市同步映射的虚拟模型，实现对市政管网、交通枢纽、公共设施等城市生命线运行状态的全息感知、实时监控与风险模拟，基于这一数字底座，管理者能够精准预警潜在故障，科学指导预防性维护与资源调度，从而显著提升城市系统的整体韧性、安全水平和运营效率。

### 专栏 12 数字孪生+运维场景

**珠海高新区研发防汛抗涝智能仿真模型。**针对突出的城市内涝风险，利用Unity3D引擎构建了水利洪水预警平台，整合降雨量、水闸水位、风速等多源实时监测数据，并依托自主研发的“降雨量—水位高度”关联算法，能够动态模拟在不同强度降雨情景下，区域水位上涨、淹没范围变化乃至波浪态势，同时实现对水闸运行状态的动态监测与调度仿真。这一模型将传统的防灾预警提升至“模拟仿真、精准预测、可视化预警”的新阶段，极大增强了城市应对极端天气的科学决策与提前干预能力。

**南京栖霞山长江大桥智能巡检。**为破解跨江大桥人工巡检成本高、盲区多、效率低的难题，南京市为栖霞山长江大桥部署了一套融合数字孪生与无人机技术的精细低空智能巡检系统，为大桥构建了高精度数字孪生模型，并以此为基础，规划无人机的全自主非规则飞行航线，成功覆盖了塔柱、深墩、梁底等所有人难以触及的盲区。在执行任务时，所有发现的病害都会被精准“映射”并标注在三维数字孪生模型上，形成可视化的病害演变知识图谱，为养护决策提供了直观且科学的依据。

## （五）数字孪生+城市治理：从“被动响应”到“主动预防”

数字孪生技术通过构建全域感知、虚实映射的“城市镜像”，系统性整合碎片化数据、破除协同壁垒、赋能精准算法，正推动城市治理迈入“主动预防、智能干预”的新范式。作为“一网统管”的核心智能基底，它实现了对城市全要素的协同治理与动态风险预判。在实践层面，数字孪生技术支撑信号灯配时自适应优化以缓解高峰拥堵，融合 AI 识别实现市容问题自动发现与智能派单，并通过开放“孪生城市”可视化门户，促进公众参与，构建智慧共治新格局。

### 专栏 13 数字孪生+城市治理场景

**南通市“数智绣花”治堵。**南通市利用数字孪生技术开展精细化交通治理，通过编织覆盖广泛的感知“天网”，开展全天候孪生映射真实交通场景，实现对车道级流量、速度的精准掌控，针对医院、学校等堵点，综合应用“绿波带”、动态配时等“点单式”战法，南通大学附属医院西院区就医高峰拥堵时长因此锐减 58%，全市主干路网停车次数下降 43%，车速提升 20%，让日均超 40 万辆车享受到智慧出行的便利。

**深圳龙华区“数字孪生+AI”精准治城。**深圳市龙华区建成覆盖七大重点片区的实景三维数字孪生底座，并融合 AI 算法，精准破解违规建筑、电动自行车乱停放等治理痛点。在模型中，AI 可自动识别消防通道违停的电动车、私搭乱建的建筑，并实时告警、自动派单至网格员。这一模式将传统需要数日巡逻发现的问题，平均处置时间缩短到 1 小时左右，实现了从“人海巡逻”到“数字巡城”、从“滞后应对”到“提前预判”的根本转变。

## （六）数字孪生+民生服务：从“千人一面”到“因人而异”

数字孪生技术正驱动民生服务从“千人一面”的普适供给，向“千人千面”的精准体验深刻转型，通过构建映射真实世界的虚拟模型，有效破解资源错配、响应迟滞与协同低效等传统瓶颈，实现对公共服务供需关系的动态模拟与配置优化。在具体实践中，数字孪生技术已

深度赋能医疗康养、社区生活等场景，通过整合多维度健康数据为个人构建“数字健康孪生体”，实现疾病风险的精准预测与个性化健康管理。在社区层面将养老、托育、文体等分散资源整合进统一的“数字孪生服务圈”，让居民得以直观查询、一键预约，使“15分钟生活圈”从规划蓝图转化为可感知、可触达的日常现实。

**专栏 14 数字孪生+民生服务场景**

**深圳福田“数字孪生+智慧医康养”一体化服务。**深圳市福田区第二人民医院与广东省人民医院合作，开创了“数字孪生+健康服务”的智慧康养新路径，整合多方服务网络，将医疗、康复与养老资源进行线上汇聚，通过数字孪生技术为居民打造个性化的健康照护方案，突破了传统医养服务的物理边界，标志着区域医疗服务正式从“疾病治疗”转向“全周期健康照护”，是响应“健康中国2030”战略、构建“医防康养”全链条服务的重要实践。

**上海曹杨新村“美好生活掌中宝”数字孪生社区。**2025年5月，上海市普陀区曹杨新村的“美好生活掌中宝”场景正式上线，成为“量子城市”首批落地应用，基于高精度三维建模，为2.08平方公里的社区创建了“立体可穿透、服务可交互”的数字孪生地图。居民可以在数字地图上精准定位社区食堂、活动室等344处设施，并直接完成订餐、课程预约等操作。管理端则通过分析预约和反馈数据，智能优化设施布局与服务供给。曹杨新村整合“宜居、宜养、宜学”等全场景服务，通过数字技术将“15分钟社区生活圈”变得可知、可感、可用，显著提升了社区生活的便捷性与幸福感。

**（七）数字孪生+文化旅游：从“静态展示”到“沉浸式体验”**

数字孪生技术正推动文旅产业从静态展示、被动参观的传统范式，向深度沉浸、主动交互的体验经济深刻转型，通过高精度复原历史场景并叠加实时动态数据，着力破解文化呈现形式单一、游客参与感薄弱、运营依赖经验决策等核心瓶颈，使文化遗产在虚拟空间真正“活”起来。技术应用已从文物数字化，扩展到构建虚实融合的消费新场景，不仅让游客从“旁观者”变为“参与者”，而且通过智能导览与个性化线路推荐，实现了旅游资源的高效调配与体验优化。

**专栏 15 数字孪生+文化旅游场景**

**故宫博物院动态复现紫禁城的时空场景。**故宫博物院上线数字孪生平台，构建了覆盖故宫全域、聚焦中轴线、深入养心殿等典型建筑的多层级数字镜像，实现了时空场景的动态复现。公众可在线同步体验紫禁城的风雪晴雨、昼夜交替，甚至“千龙吐水”的暴雨奇观，不仅提升了公众体验，更服务于精细化管理，通过监测古建微环境、设施状态等数据，实现遗产保护与游客服务的协同优化。

**西安市“一码读诗”开启唐诗沉浸之旅。**西安博物院推出“王维文化艺术数字沉浸特展”，利用三维建模与VR技术，让观众“走入”王维诗中的辋川山水，与文物和诗意进行跨时空对话。在大唐不夜城，增强现实技术让“诗仙李白”凌空而立，与游客共诵诗篇，成为常态化文化景观。全市正推动“一码读诗，一键入唐”体系，通过数字孪生技术串联散落的历史遗迹，并设计统一的二维码导览系统，让游客在真实街景中无缝漫游于唐诗意境。

**北京某会议中心3D数字孪生会场。**北京某会议中心基于数字孪生、空间智能、大语言模型技术能力，打造AI排桌、AI舞美、AI消防、AI布展、AI漫游等特色功能模块，平台借助大语言模型，允许工作人员以自然语言直接与数字孪生体交互，快速生成和调整布展方案，使复杂的活动筹备从依赖经验的“手工活”，转变为数据驱动、可视可控的“科学流程”，极大提升了布展效率与决策可靠性。

**苏州工业园区沉浸式数字孪生体验场景。**针对传统城市展陈难以呈现产城融合底蕴，展现城市历史变化的痛点，创新采用数字孪生和虚拟现实技术，依托园区高精度时空底座，融合仿真引擎渲染、厘米级定位、体感技术，打造可感知、可交互的沉浸式体验标杆，构建园区数字化展示新窗口。通过虚拟仿真，呈现苏州工业园区的历史、现在和未来，以沉浸体验重构招商叙事，让产业生态和营商环境可观可感，全面赋能政务接待、招商引资、城市品牌传播效能。

## （八）数字孪生+绿色低碳：从“宏观统计”到“微观调控”

数字孪生技术正驱动城市绿色发展从依赖宏观统计数据，迈向可实时追踪与精准调控的新阶段。该技术着力破解碳排放核算粗糙、碳足迹难以溯源、减排效果无法预演、碳资产动态管理缺失等核心瓶颈，通过构建“评估—模拟—优化—监测”的全流程数字框架，数字孪生为城市提供了一把进行微观调控的“数字标尺”。其应用已深入能源系统智慧调控与区域碳管理等领域，例如构建城市配电系统的“虚拟镜像”来实时追踪“碳流”，或通过碳足迹数字孪生系统实现对重点行业全生命周期碳排放的动态追踪。这使得管理者能在虚拟空间预演不同政策的减碳效果，从而制定最优路径，实现从模糊目标到精准控

碳的根本转变。

**专栏 16 数字孪生+绿色低碳场景**

**广州人工智能的城市配电数字孪生。**广州市构建基于人工智能的城市配电数字孪生系统，打造覆盖设备、系统运行和碳排放追踪三个层面的高精度“虚拟镜像”。这一“智慧大脑”首次实现了对城市配电系统“碳足迹”的实时追踪、精准核算与科学预测，通过AI自主决策，系统能智能调控海量分布式光伏的接入与利用，并优化协调电动汽车的充电需求，在确保供电安全可靠的同时，预计每年可直接减少二氧化碳排放约100万吨。

**鄂尔多斯数字孪生零碳机场。**鄂尔多斯伊金霍洛国际机场通过数字孪生技术，实践从单体建筑到区域枢纽的零碳运维。项目构建的智慧能源管理平台，利用数字孪生模型，对集成光伏发电、储能及地源热泵（二氧化碳冷热联供）的综合能源系统进行实时调控与动态模拟。这不仅实现了对能源流动的精准掌控，还提前优化运行策略，助力机场减排超过1.3万吨二氧化碳当量，为大型交通枢纽构建“主动式”碳管控体系提供了可复制的城市级样板。

**五、未来展望：迈向智能体城市，开启城市治理新范式**

当前，数字孪生城市正从“可感可视”向“可管可算”加速演进，迈向以“智能体城市”为标志的新阶段，未来发展潜力巨大。高质量出海与政企协同模式助力拓展全球市场，人工智能的深度融合驱动数字孪生技术体系跃迁，平台架构向统一城市级底座演进，应用模式更强调场景驱动，数据要素的高效流通与资产化正逐渐释放产业价值。新趋势共同勾勒出未来智慧城市向更智能、更具韧性与可持续方向发展的蓝图。

**（一）AI 驱动技术跃升，迈向智能体城市新阶段**

2025年已成为“智能体元年”，数字孪生城市与智能体技术的深度融合，将催生以知识驱动、自主学习、跨域协同为特征的“智能体城市”，成为引领城市数字化转型的新范式。一是体系架构向本体语义驱动重构，跨越数据孤岛与认知鸿沟。依托数字孪生城市建设积累的数据基础，将碎片化的多源数据转化为具备语义逻辑的“数字孪

生体”，以此构建城市级本体语义体系，打通物理世界与 AI 认知模型之间的语言壁垒，这是实现城市“可理解、可推理、可决策”的基础性突破。**二是核心引擎向多智能体协同进化，实现主动认知与决策。**依托具备自主规划、自主行动能力的智能体集群，推动数字孪生城市从“人开发场景”向“机器开发场景”演进，实现跨领域资源的动态编排与实时调度，推动城市治理模式由依赖人工预案的被动响应向基于实时态势感知的自主优化跨越，智能体协同将使城市管理从“人找事”转向“事找人”，大幅提升响应效率。**三是交互模式向伴随式跃升，重塑人机协作体验。**依托本体语义构建的统一语言框架，推动交互模式向自然语言与意图理解升级，降低数字化系统的操作门槛，实现决策指令的即时解析与仿真验证，为管理者提供多方案、量化的辅助支持。

## （二）平台向城市级一体化底座演进，赋能治理现代化

数字孪生平台有望加速演进，成为整合 TIM、CIM、BIM 等基础平台的统一城市级底座，未来城市数字底座将呈现“一底座、多引擎、千场景”的架构特征。**一是打破数据孤岛，实现城市全要素的深度集成与融合。**未来数字孪生平台将统筹融合实景三维平台、国土空间信息模型（TIM）、城市信息模型（CIM）与建筑信息模型（BIM），建立统一的服务目录与技术标准，构建起全域覆盖、全时感知的数字底板。**二是赋能跨域协同，推动城市治理从被动响应向主动预警跨越。**依托数字孪生底座能力，城市治理将实现业务流程的根本性重构，强化平急结合的协同指挥能力。通过对城市运行体征的智能分析与仿真

推演，管理者能够提前识别风险并进行干预。**三是夯实数字底座，统筹全域感知与算力调度。**数字孪生平台将加速演进为承载城市级感知与算力资源的核心基础设施。在感知层面，整合视联、物联等异构设备资源，在算力层面，建立云、边、端协同机制，对通用、智算及超算资源进行统一封装与动态调度，满足大规模仿真推演与实时计算需求。通过对感知数据的集约管理与算力资源的精准调度，平台将有力支撑数字孪生城市的复杂推演与持续演进。

### （三）应用场景纵深推进，从技术先行转向价值引领

数字孪生城市发展进入由“场景驱动”定义的新阶段，未来竞争的关键将从“技术领先”转向“价值创造”，场景将成为衡量数字孪生城市成效的核心标尺。一是行业关注点从“技术能做什么”转向“场景需要什么”，城市中具体的场景不仅是技术的应用场，更是塑造技术未来发展的“指南针”，从场景需求出发引发适配性的技术进化，形成“场景驱动—技术进化—价值创造”的闭环。二是场景推动技术形态从“专用工具”走向“协同平台”，数字孪生从解决单点问题的项目化工具走向支撑全局的平台化基础设施，从固化流程的管理软件演进为激发创新的操作系统化平台，并从信息孤岛发展为开放共治的公共品生态，推动技术在韧性城市、低空经济等复杂场景中，实现从描述现状到预测未来、从局部优化到系统协同的价值升华。三是场景的实现路径从追求“技术功能实现”转向“业务价值构建”。设计环节通过业务机理与数据融合的模型化，确保系统深刻理解并模拟城市现实，解决“有用”的问题；建设环节通过标准化数字底座的敏捷化

组装，实现快速迭代与低成本扩展，解决“好用”的问题；运营环节通过构建政府、市场、社会多元参与的可持续生态，解决“长效”的问题。

#### **（四）数据要素高效流通，激活产业新动能**

数据是人工智能时代技术和产业发展的重要生产要素，当前我国数据要素发展已进入体系化构建和规模化应用的新阶段。随着数字孪生技术体系与产业应用不断深化，数据要素的高效、有序流通正成为推动产业价值释放的关键环节。一是数字孪生数据可成为“城市虚拟产权”交易对象。城市中高精度、可动态更新的数字孪生模型（如重点建筑、基础设施、公共空间的三维数据）具有较高价值，可被赋予“虚拟产权”。企业可通过购买或租赁特定区域的数据开发权，用于仿真测试、虚拟开发等，形成“数字土地经济”的新型价值链。二是构建“场景即交易市场”微生态。在交通、能源、低碳等垂直领域，数字孪生数据将直接支撑“实时数据交易市场”运行。如充电桩运营商可购买实时车流与电网负荷预测数据以优化定价；物流企业可订阅道路孪生仿真服务，动态竞拍最优路线权限。三是催生“城市数据运营商”新商业模式。部分平台企业正进行城市数据资产运营探索，基于数字孪生平台相关数据，向市场提供分层分级的数据服务订阅、定制化分析报告等数据增值服务，形成可持续的“数据租售+场景服务”盈利模式。

#### **（五）高质量出海与政企协同，拓展市场新空间**

数字孪生城市产业正步入新一轮发展周期，其中高质量出海与政

企协同将成为拓展业务市场、构建新模式的关键路径。一是海外市场从“项目输出”向“标准与模式输出”升级。“一带一路”沿线国家、东南亚、中东、非洲等区域的城市化进程与智慧城市建设需求持续释放，为中国成熟的数字孪生技术提供了广阔市场，未来中国企业出海将从单一的项目交付，转向“标准+平台+运营”的整体模式输出，在泰国、沙特、肯尼亚等热点区域形成可复制的“中国方案”标杆。二是政企协同从“项目合作”向“长效运营共同体”深化。以“政府定标准、企业竞开发、第三方评效果”为核心的政企协同模式正成为主流。头部企业实践表明，未来这一模式将进一步发展为政府、企业、社会资本多方参与的“长效运营共同体”，通过数据收益共享、场景联合运营等方式，实现公共利益与市场机制的有效平衡，为数字孪生城市的长期健康发展提供制度支撑。