

虚实相映

# 中国数字孪生行业研究报告

©2023.4 iResearch Inc.



# 摘要



**概念定义**：数字孪生指将物理实体镜像映射到虚拟空间，生成一个“数字双胞胎”，**在虚拟空间中的克隆体可以通过物联网实现数据实时双向互联互通**，反映对应物理实体的全生命周期过程，在整合底层数据信息的基础上进行仿真预测，为优化决策赋能。根据复杂程度，数字孪生可以分成5级。受益于数字经济、工业互联网发展、政策落地、技术突破、下游需求增长，当前行业**步入快速增长期**；数字孪生关键技术包括**建模、渲染、仿真及物联网**。



**市场概览**：2022年中国数字孪生市场规模超100亿元，预计2025年将达375亿元；当前全球学术领域对数字孪生研究热度活跃，中国论文发布数量领先。投融资方面，行业融资热度逐步回暖，城市赛道景气度最高；数字孪生行业玩家可分为**技术服务商**（如CIM、BIM、可视化平台厂商等）**以及集成方案厂商**（如运营商、互联网大厂等）。**技术、业务、资源三方面**筑造数字孪生厂商竞争壁垒。数字孪生发展伴随产生四大挑战：厂商商业模式不成熟，支撑技术要求高，标准体系未统一以及数据能力不完善。



**应用场景**：数字孪生与各行业融合加深，本文主要介绍数字孪生技术在**城市管理**（智慧交通、零碳园区以及城市应急）、**智慧工业**（流程型工业、离散型工业）、**自动驾驶测试**以及**医疗场景**（智慧医院、精准医疗及药物研发）的应用，通过数字孪生技术赋能各行业应用场景。



**发展展望**：呼吁数字孪生行业参与者共同**建立统一的标准体系**，**构建协同共赢、开源创新的数字孪生产业生态**。

行业概述

1

市场概览

2

行业应用

3

发展展望

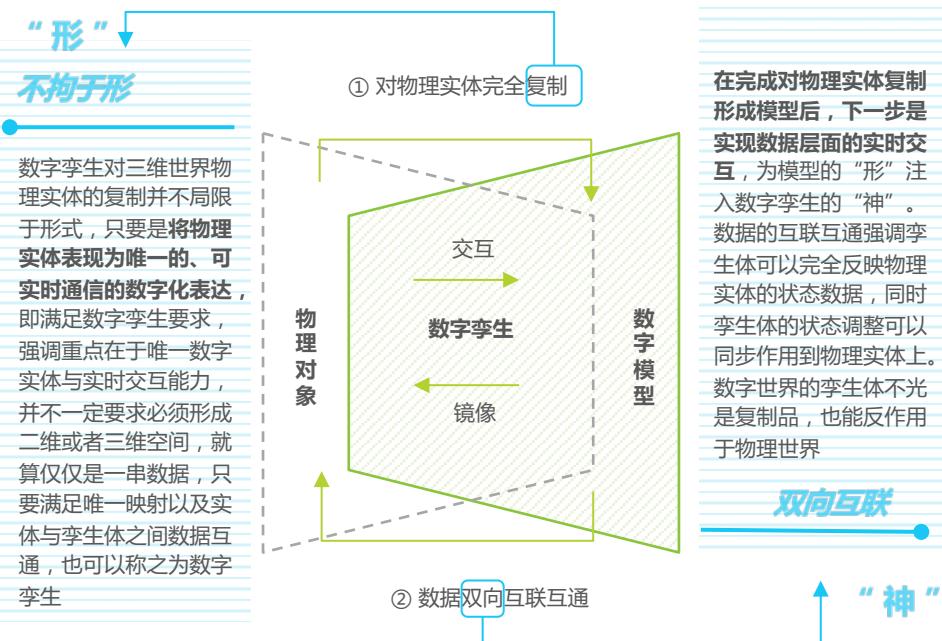
4

# 基本概念

## 物理实体克隆与数据双向实时联通构成数字孪生的形与神

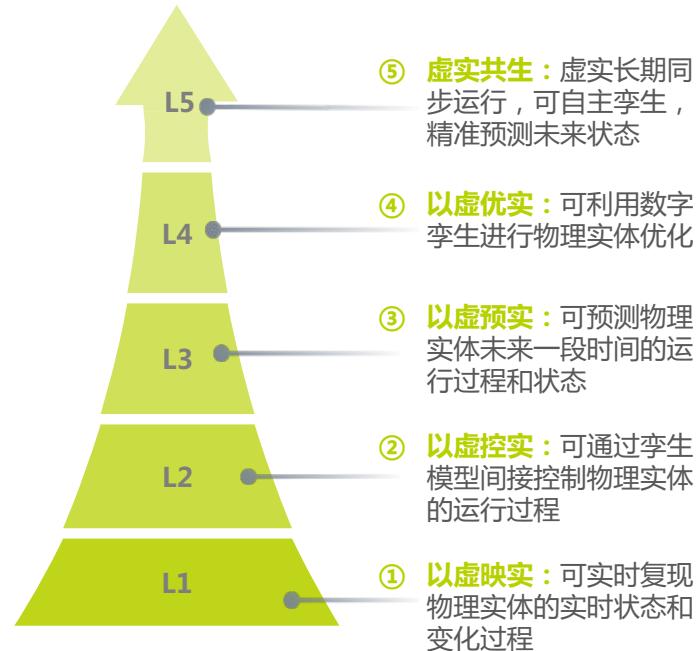
数字孪生指将物理实体镜像映射到虚拟空间，生成一个“数字双胞胎”，在虚拟空间中的克隆体可以通过物联网实现数据实时双向互联互通，从而反映对应物理实体的全生命周期过程，在整合底层数据信息的基础上进行仿真预测，为优化决策赋能。同样是在数字空间构建产物，数字孪生并不等于元宇宙，数字孪生是元宇宙的重要技术基础之一，二者的区别在于前者强调复现物理对象的状态使其更加贴近现实，更多使用于B端领域，后者强调人及其感知，更加贴近C端消费场景。另外根据复杂程度，数字孪生可以分成5级，级别越高，数字孪生越强大。

### 数字孪生概念



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

### 数字孪生等级划分



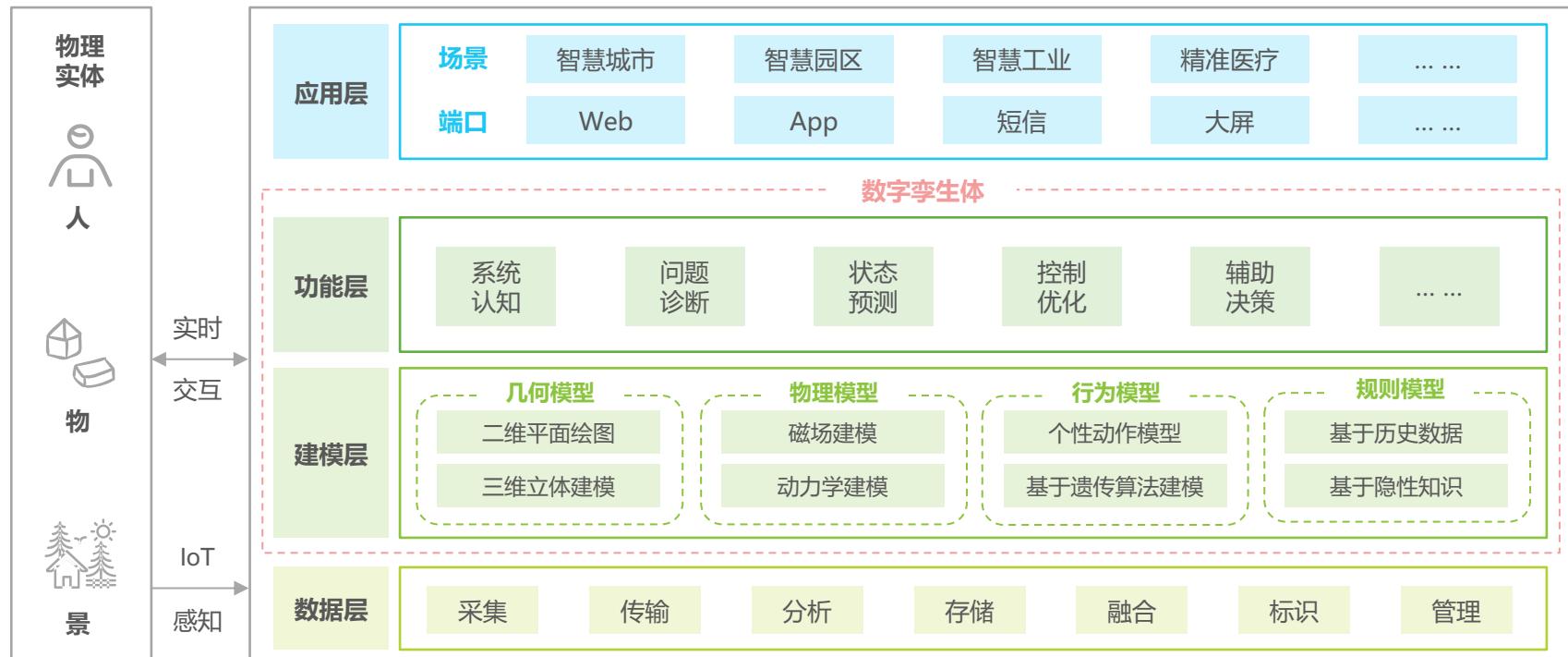
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 技术框架

## 在数据层引入物理世界数据，通过应用层反作用于现实实体

数字孪生通过构建数字孪生体并对其全生命周期进行模拟分析，为优化决策提供依据，这需要数据能力与建模能力作为底层支持。数字孪生通过传感器等媒介，采集人、物等物理实体的数据，通过物联网技术传输实时状态数据，最终在内部进行数据标记与管理，构成底层数据池。具有底层数据做支撑后，数字孪生将基于现实世界建模，构建一个与现实世界基本一致的数字世界，再通过仿真等技术模拟物理世界的规律，实现状态预测、问题诊断等功能，反馈现实世界决策。

### 数字孪生系统架构



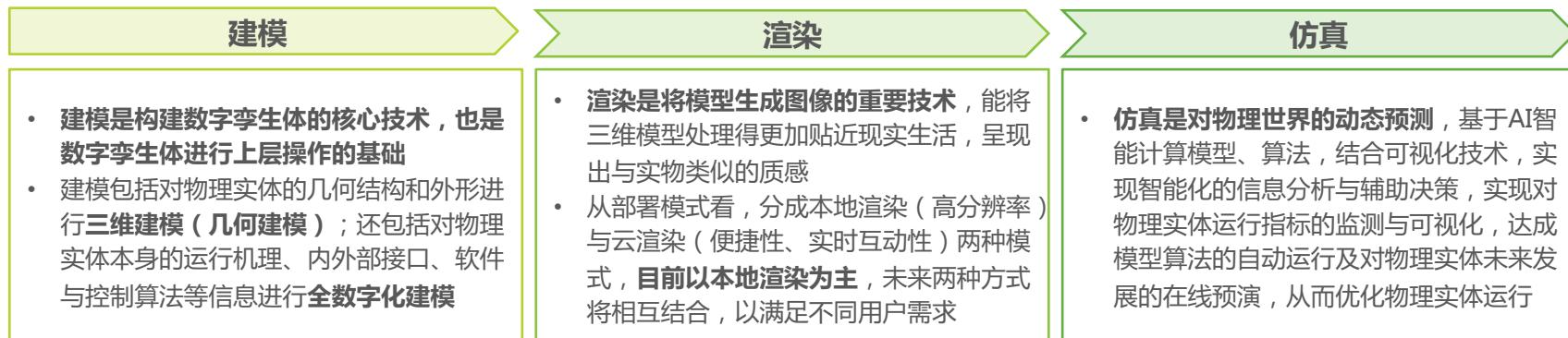
来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 关键技术

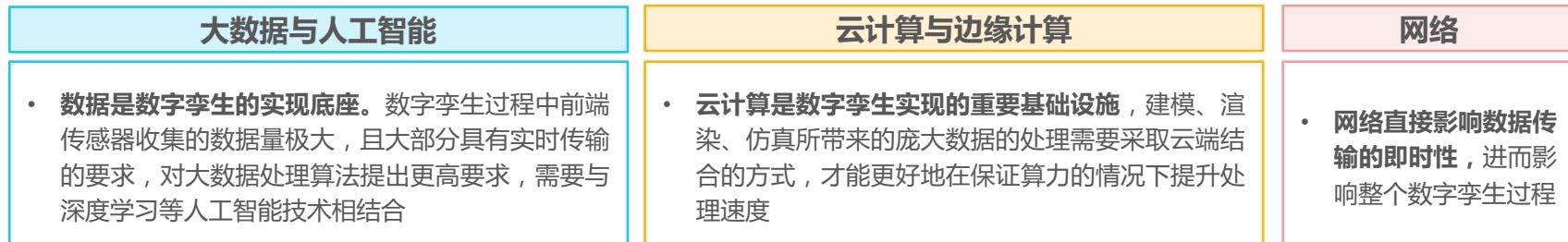
## 建模、渲染、仿真及物联网融合构成数字孪生关键技术

数字孪生过程中涉及多种技术，可大体分为前端设备层及技术层，本页所谈论的核心技术并不涉及传感器等前端设备。建模、渲染、仿真是数字孪生的关键技术，分别负责构建模型，让模型更贴近现实，让模型适用现实世界物理法则。除此，数字孪生体需要和物理实体保持全生命周期状态的同步更新，要求数据实时同步，因此大数据、云计算以及网络成为必不可少的底层技术支持，保证数据流通、实时交互。

### 数字孪生关键技术



### 物联网



来源：专家访谈，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 发展历程

## 当前处于增长期，随技术发展已在部分行业完成具体实践

数字孪生概念起源于美国，最初是为了预防损失极高的航天意外事件、空军战斗机维护等问题的发生，随后美国通用电气公司发现数字孪生技术对生产制造的价值，将之推广到工业生产领域，西门子、达索等老牌制造企业纷纷入局，数字孪生技术从美国向欧洲扩散。随着人工智能、物联网、虚拟现实等技术的持续发展以及元宇宙概念的兴起，数字孪生概念进一步完善，适用范围不断拓宽，在工业和城市领域均具备更大的想象空间。

### 数字孪生发展历程

■ 初生  
■ 探索  
■ 增长

美国密歇根大学教授Michael Grieves提出“镜像空间模型”的概念

-2002

美国空军研究实验室结构力学部门在演讲上，提出数字孪生（Digital Twin）这一术语

2011

GE、PTC、西门子、达索接受“Digital Twin”术语并在市场宣传中使用

2014

数字孪生被列为未来航空航天与国防的6大顶尖技术之首

2017

步入增长期

- Gartner将数字孪生列入2017-2019年十大战略科技发展趋势
- 工业4.0概念自2013年提出之后，数字孪生关注度逐渐提升，西门子推出数字孪生应用模型

元宇宙概念兴起，数字孪生作为底层技术在工业、医疗、城市管理等领域均已具备具体实践



元宇宙

虚拟现实

人机交互

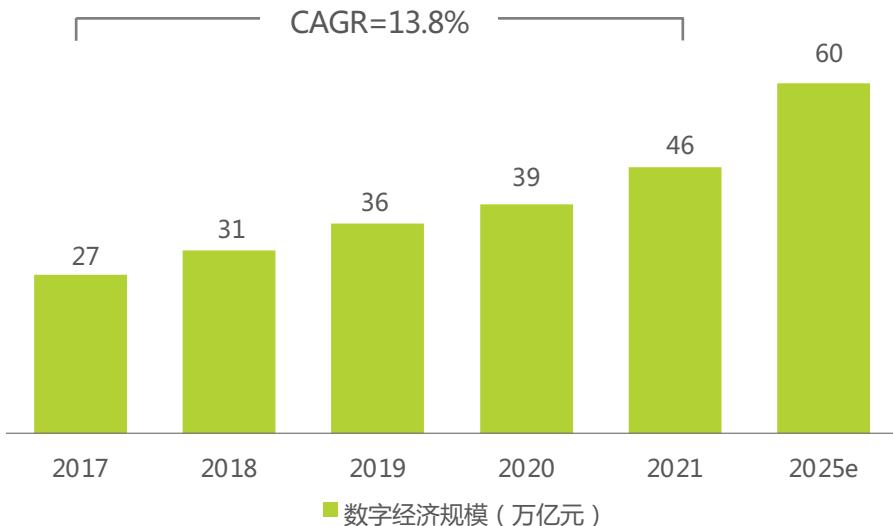
视觉监测

# 驱动因素 | 数字经济

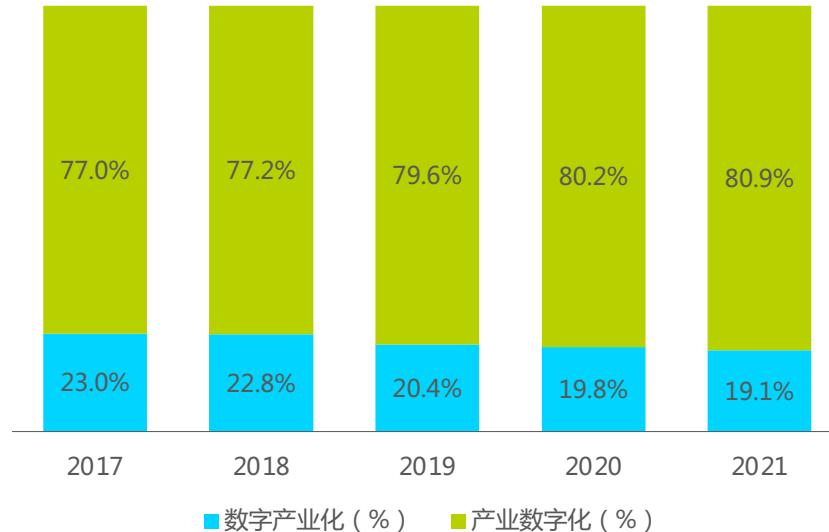
## 数字经济持续增长，产业数字化携数字孪生进入发展深水区

近几年中国数字经济规模快速增长，根据信通院数据，我国数字经济规模从2017年的27.2万亿元增长至2021年的45.6万亿元，随着“数字中国”建设的推进，预计2025年将超60万亿元。随着数字技术赋能传统行业，产业数字化在数字经济结构的比重连年上涨，2021年产业数字化比重达到80.9%。随着产业数字化转型往纵深发展，数字孪生作为产业数字化升级的基本工具和方法，也将随产业数字化一同进入数字经济的深水区。

2017-2025年中国数字经济市场规模



2017-2021年产业数字化与数字产业化在数字经济结构比重



来源：信通院，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

来源：信通院，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

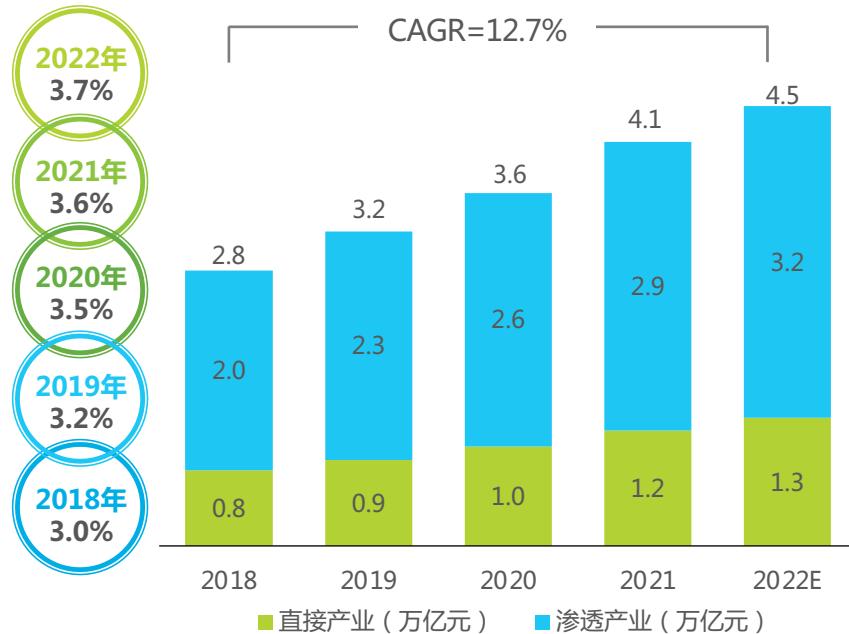
# 驱动因素 | 工业互联网发展

## 工业互联网蓬勃发展，赋予数字孪生新生命力

工业互联网产业已经成为国家经济稳增长的新引擎，工业互联网产业规模从2018年的2.8万亿上涨至2022年的4.5万亿元，占GDP比重从2018年的3%上升至2022年的3.7%。从产业发展态势看，2022年直接产业规模增加值为1.3万亿元（YoY+8.3%），渗透产业为3.2万亿元（YoY+10.3%），工业互联网对各产业的渗透越来越深。工业互联网的蓬勃发展，也重新赋予数字孪生新生命力。作为工业互联网关键技术之一，数字孪生拓宽工业互联网应用层面可能性，而工业互联网可以实现对真实实体的全面感知、深度互联，也成为数字孪生技术发展的孵化床。

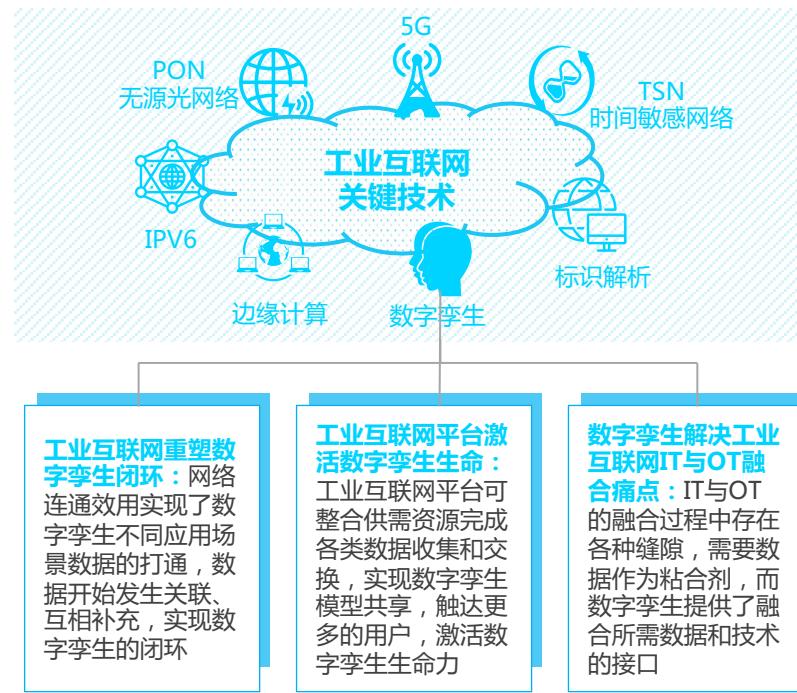
### 2018-2022年中国工业互联网产业规模增加值

#### 占GDP比重



来源：统计局，中国工业互联网研究院，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

### 数字孪生与工业互联网双向赋能



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

## 相关政策部署加速，营造数字孪生产业良好发展环境

我国早已对数字孪生进行相关政策布局，随着“十四五”规划的出台，近年来数字孪生相关政策部署与落地明显提速，为产业提供良好的社会环境，助力其发展规范性进一步提升。

### 2019-2023年数字孪生相关政策概览

|         | 发文单位及政策名称                           | 主要内容  |
|---------|-------------------------------------|---|
| 2019.11 | 发改委，《关于推动先进制造业和现代服务业深度融合发展的实施意见》    | 深化制造业服务业和互联网融合发展。大力发展“互联网+”，激发发展活力和潜力，营造融合发展新生态。 <b>突破工业机理建模、数字孪生、信息物理系统等关键技术</b>                                 |
| 2020.04 | 发改委，《关于推进“上云用数赋智”行动 培育新经济发展实施方案》的通知 | <b>开展数字孪生创新计划。</b> 鼓励研究机构、产业联盟举办形式多样的创新活动，围绕解决企业数字化转型所面临数字基础设施、通用软件和应用场景等难题，聚焦数字孪生体专业化分工中的难点和痛点，引导各方参与提出数字孪生的解决方案 |
| 2020.12 | 工信部，《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》     | 支持建设云仿真、数字孪生等技术专业型平台，加快信息技术创新应用，研发构建数字孪生创新工具，打造创新解决方案， <b>发展基于数字孪生技术的工业智能解决方案</b>                                 |
| 2021.06 | 国务院，《“十四五”数字经济发展规划》                 | 提升城市综合管理服务能力，完善城市信息模型平台和运行管理服务平台， <b>因地制宜构建数字孪生城市</b>   |
| 2021.11 | 工信部，《“十四五”大数据产业发展规划》                | 融合应用市场加速繁荣，场景挖掘将从边缘浅层向核心深层拓展。 <b>基于数字孪生体的制造执行、跨系统跨产业链的综合性分析等深层次应用将加速涌现</b>  |
| 2022.01 | 发改委、水利部，《“十四五”水安全保障规划》              | <b>要推进数字流域、数字孪生流域建设</b> ，实现防洪调度、水资源管理与调配、水生态过程调节等功能，推动构建水安全模拟分析模型， <b>要在重点防洪区域开展数字孪生流域试点建设</b>                    |
| 2022.10 | 国家能源局，《能源碳达峰碳中和标准化提升行动计划》           | 加快完善能源产业链数字化相关技术标准体系， <b>推进能源各领域数字孪生、能源大数据、智能化等技术标准制修订</b>  |
| 2023.01 | 中共中央、国务院，《数字中国建设整体布局规划》             | 推动生态环境智慧治理，加快构建智慧高效的生态环境信息化体系，运用数字技术推动山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，完善自然资源三维立体“一张图”和国土空间基础信息平台， <b>构建以数字孪生流域为核心的智慧水利体系</b>    |

来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 驱动因素 | 技术发展

## 基础及核心技术完善，加快数字孪生技术发展

近年来基础技术的发展为数字孪生落地生产提供了实现驱动与技术保障，关键技术的发展以下将分为基础技术与核心技术两方面展开。基础技术部分，1) 仿真建模技术的提升，加快数字孪生计算速度及模型构建效率；2) 传感器微型化、集成化发展，可实现更深层次的数据感知与获取，进而提升模型精度；3) XR技术的完善带来新型人机交互模式，提升拓宽数字孪生应用空间。核心技术方面，1) 数字线程技术发展提升数据集成能力，实现数字孪生多类模型数据融合；2) 模型修正技术提升数字孪生模型精度。

### 技术驱动数字孪生发展



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 驱动因素 | 用户需求

## 与各行业融合深化，用户需求驱动数字孪生发展

在数字经济的大背景下，数字孪生正与社会发展不断融合深化，并向部分行业全生命周期全面渗透，目前数字孪生已应用至工业、城市管理、能源电力、医疗、水利行业，用于支持智慧工业、智慧城市管理、新型电力系统、数字医疗、智慧网络、数字流域，未来数字孪生在前述行业的应用场景的宽度不断拓宽，同时也将渗透至更多的行业，各行业用户对数字孪生的需求也将驱动数字孪生发展。

### 数字孪生下游行业需求



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

行业概述

1

市场概览

2

行业应用

3

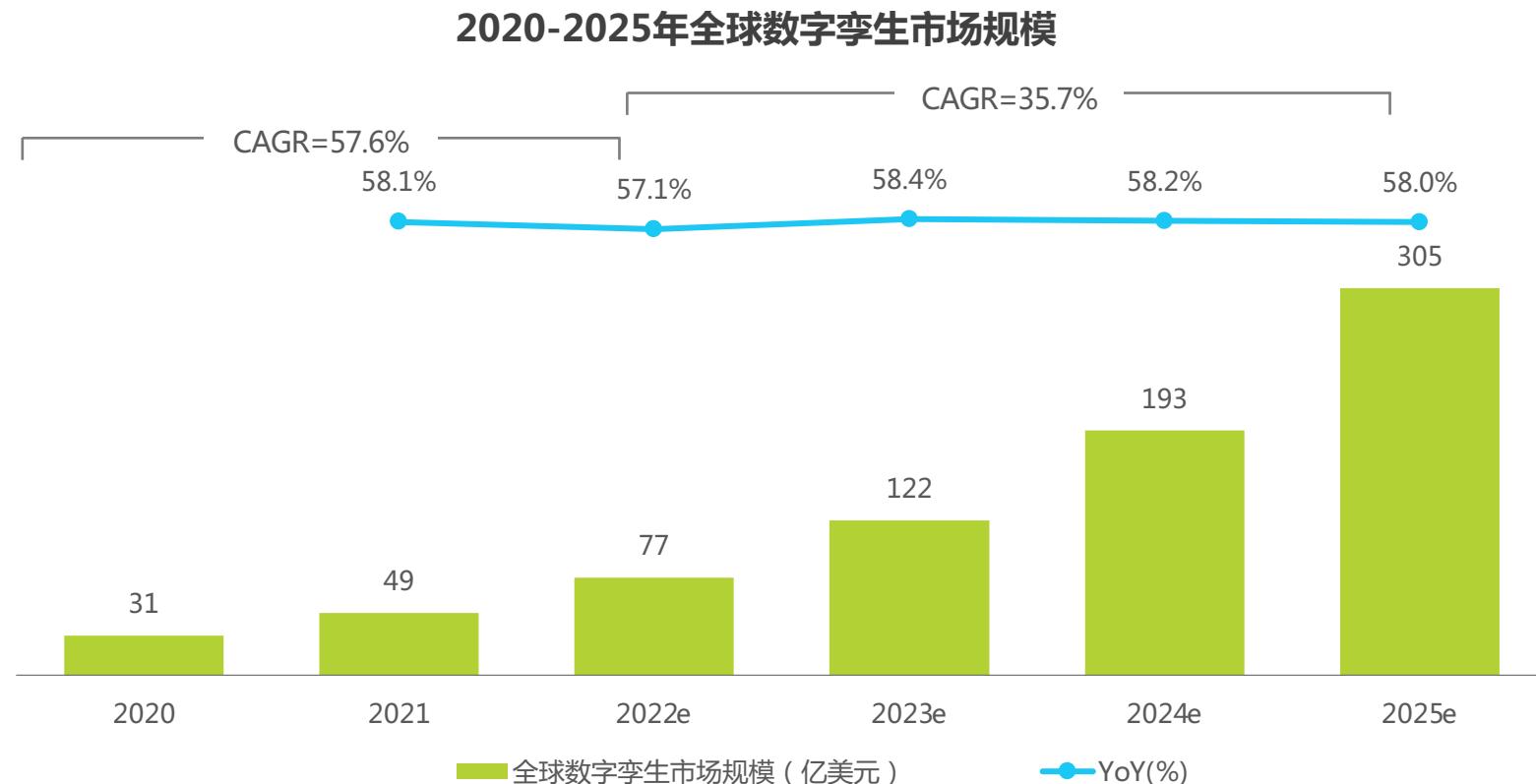
发展展望

4

# 市场规模 | 全球

## 预计2025年全球市场规模将达305亿美元

根据信通院数据，数字孪生市场增长潜力大，具备广阔的发展空间。2022年全球数字孪生市场规模达到77亿美元，同比增长57.1%，2020-2022年CAGR为57.6%。预计未来全球数字孪生市场仍保持高增速，2025年市场规模达到305亿美元，2022-2025年CAGR为35.7%。

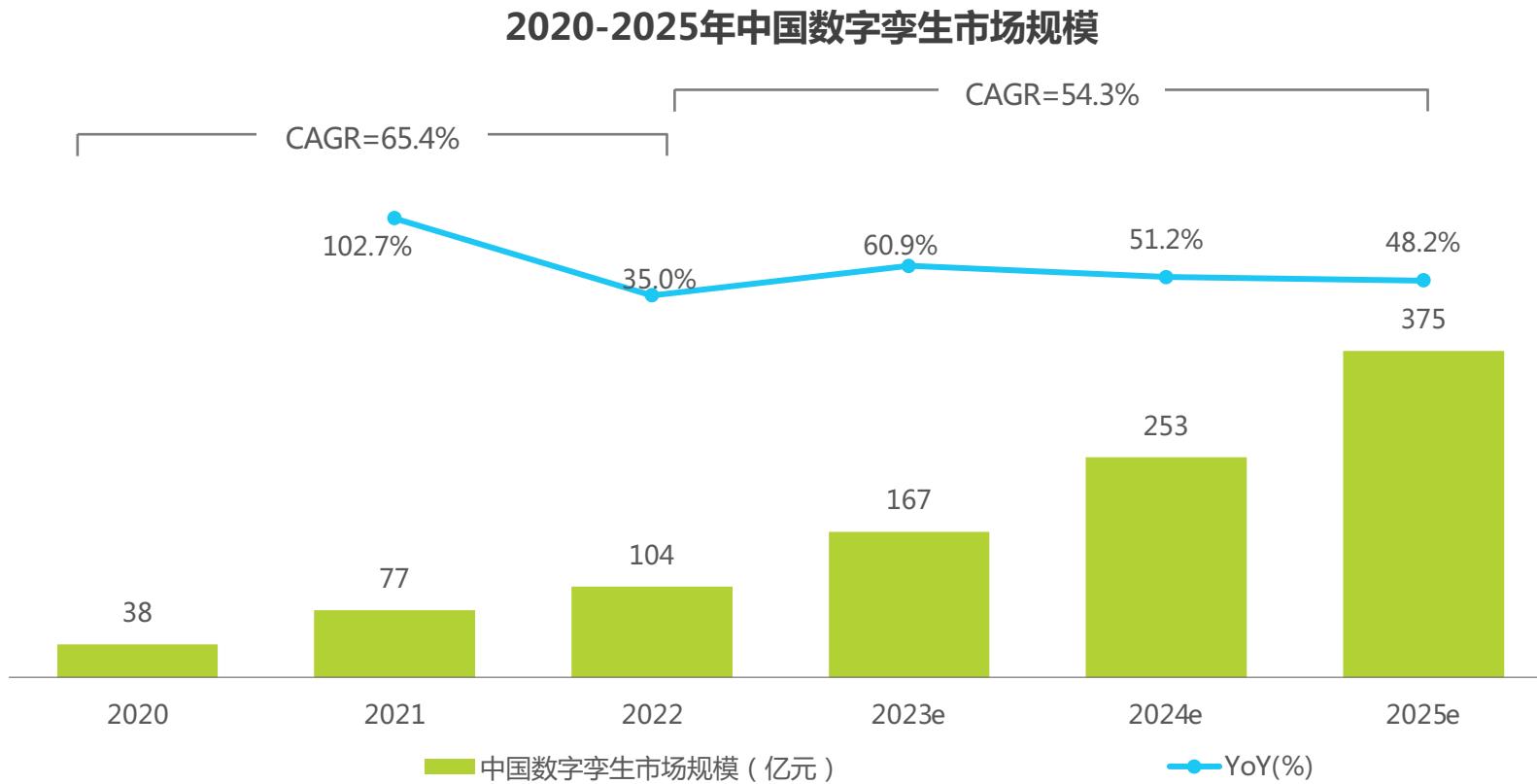


来源：信通院，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 市场规模 | 中国

## 2022年中国市场规模突破100亿，未来仍将保持高增长

2022年中国数字孪生市场规模为104亿元，同比增长35.0%，2020-2022年CAGR为65.4%。随着各行业数字化转型的推进，数字孪生渗透率也将上升，推动国内未来数字孪生市场规模增长，预计2025年国内市场规模将达375亿元，2022-2025年CAGR为54.3%。



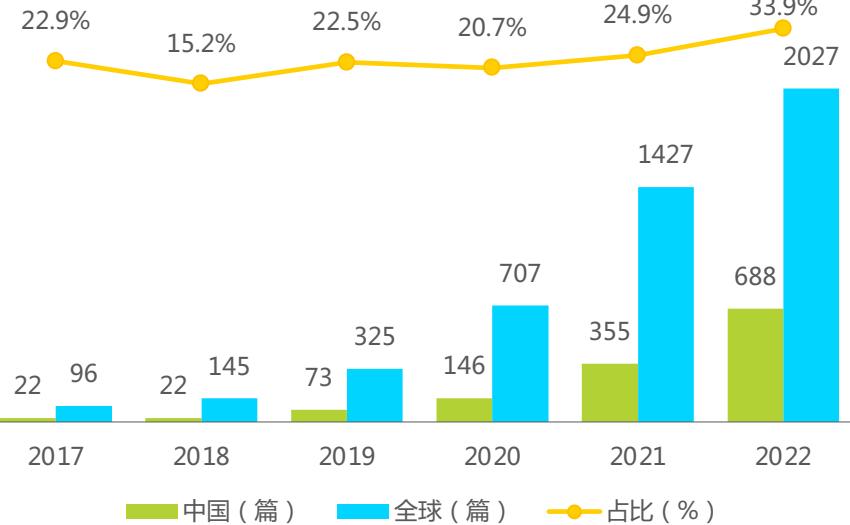
来源：专家访谈，公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 学术论文情况

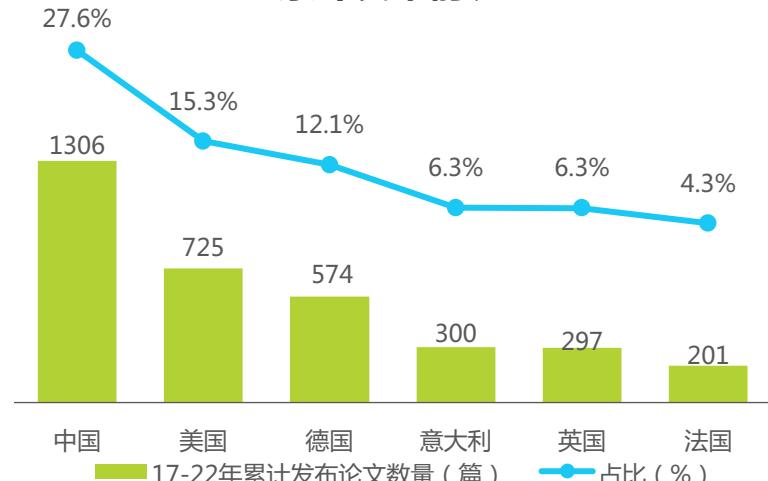
## 全球学术研究热度活跃，中国论文发布数量领先

近年全球学术界对数字孪生的研究势头活跃，全球论文发布数量呈现逐年增长趋势，自2019年以来研究热度持续高涨。根据Web of Science数据，2022年全球共发布与数字孪生相关论文数量为2027篇，同比增长42.1%。我国论文发布数量与全球趋势保持一致，且占全球比重逐年上升，2022年中国共发布688篇数字孪生相关论文，占全球33.9%。从总量上看，2017-2022年间，全球共累计发布4727篇数字孪生相关论文，其中中国（1306篇，27.6%）、美国（725篇，15.3%）、德国（574篇，12.1%）、意大利（300篇，6.3%）等国家是论文产出最多的国家。

2017-2022年中国及全球数字孪生相关论文发布情况



2017-2022年主要国家数字孪生领域论文累计发布情况



|                  | 全球   | 中国    | 美国    | 德国    | 意大利  | 英国   | 法国   |
|------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 17-22年累计发布论文 (篇) | 4727 | 1306  | 725   | 574   | 300  | 297  | 201  |
| 占比 (%)           | 100% | 27.6% | 15.3% | 12.1% | 6.3% | 6.3% | 4.3% |

注释：筛选基于 Web of science 核心合集，选取范围为学术论文。

来源：Web of Science，艾瑞咨询研究院自主研发及绘制。

©2023.4 iResearch Inc.

[www.iresearch.com.cn](http://www.iresearch.com.cn)

注释：筛选基于 Web of science 核心合集，选取范围为学术论文。

来源：Web of Science，艾瑞咨询研究院自主研发及绘制。

©2023.4 iResearch Inc.

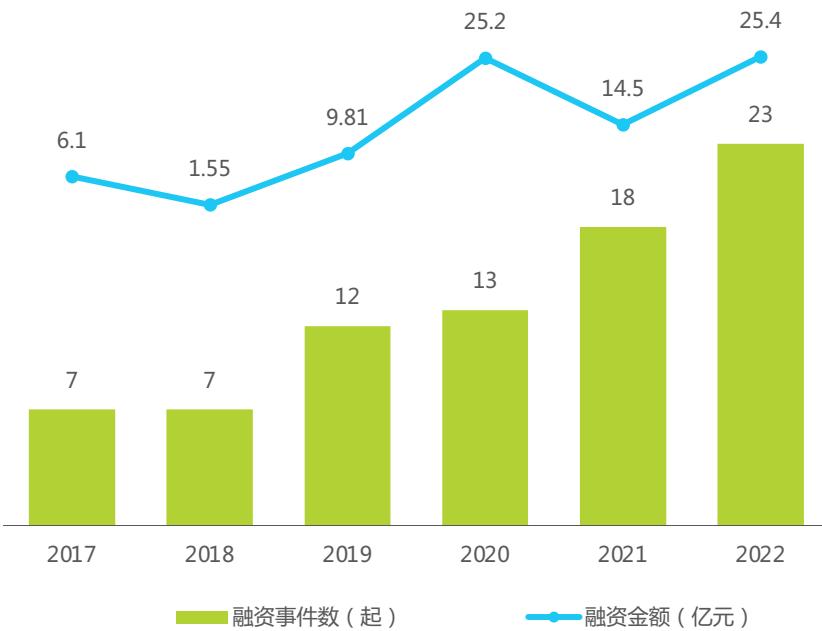
[www.iresearch.com.cn](http://www.iresearch.com.cn)

# 企业投融资情况

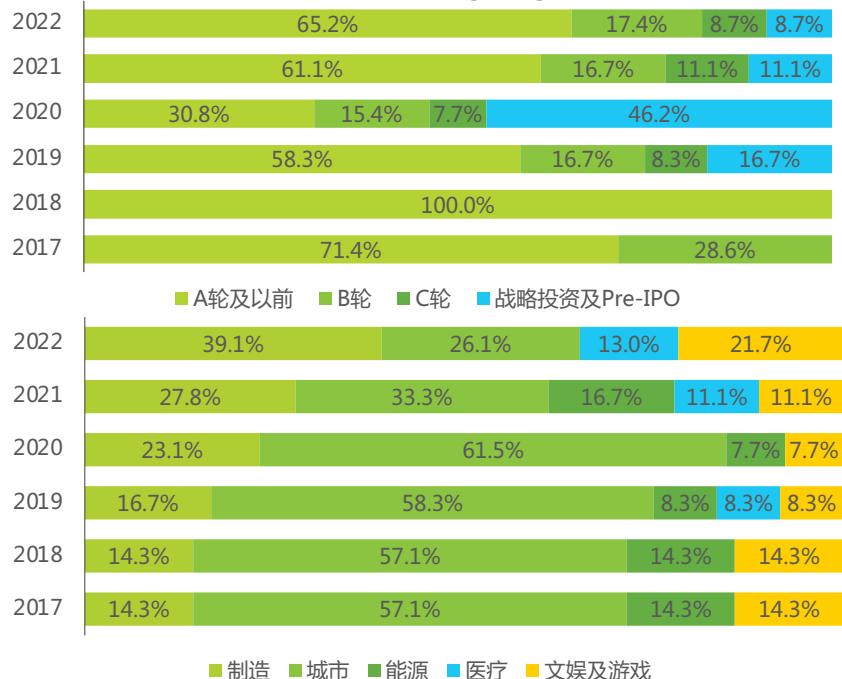
## 融资热度逐步回暖，城市赛道景气度最高

自数字孪生步入增长期，行业的相关投融资事件起数及融资规模整体趋势往上增长，根据IT桔子数据，2017年至2022年，国内数字孪生相关企业融资事件共计80起，融资总额82.6亿元。从融资热度角度，2022年处于快速发展期，融资金额在2021年相对回落后又持续走高，2022年攀升至25.4亿元。从融资轮次角度，主要以A轮及以前的相关事件为主，战略投资及Pre-IPO事件近年来频现。从应用场景看，城市作为数字孪生最重要的落地场景，近年来始终维持较高景气度，其次为制造。

2017-2022年国内数字孪生投融资事件数量及投融资金额



2017-2022年数字孪生企业投融资轮次（上）及应用场景（下）分布

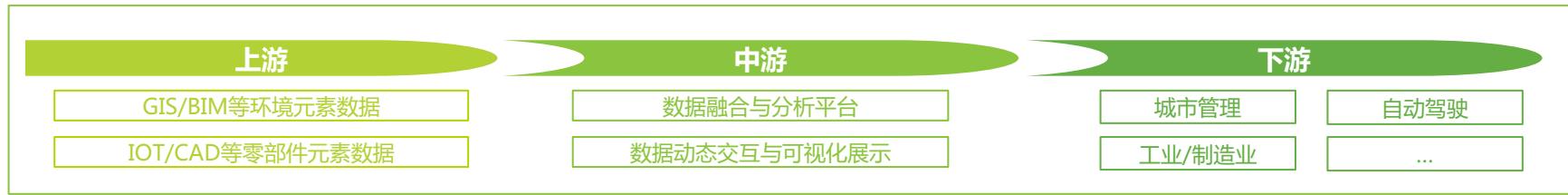


来源：IT桔子，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

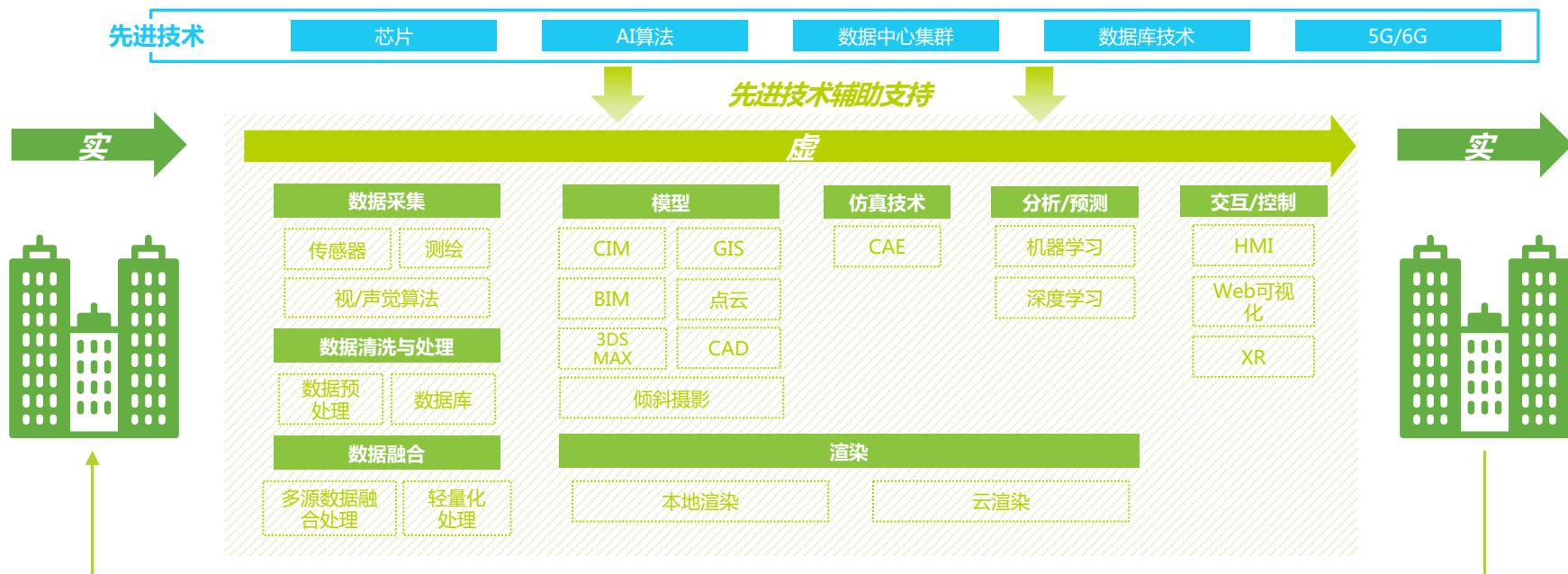
来源：IT桔子，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 产业链及流程图示

## 数字孪生产业链

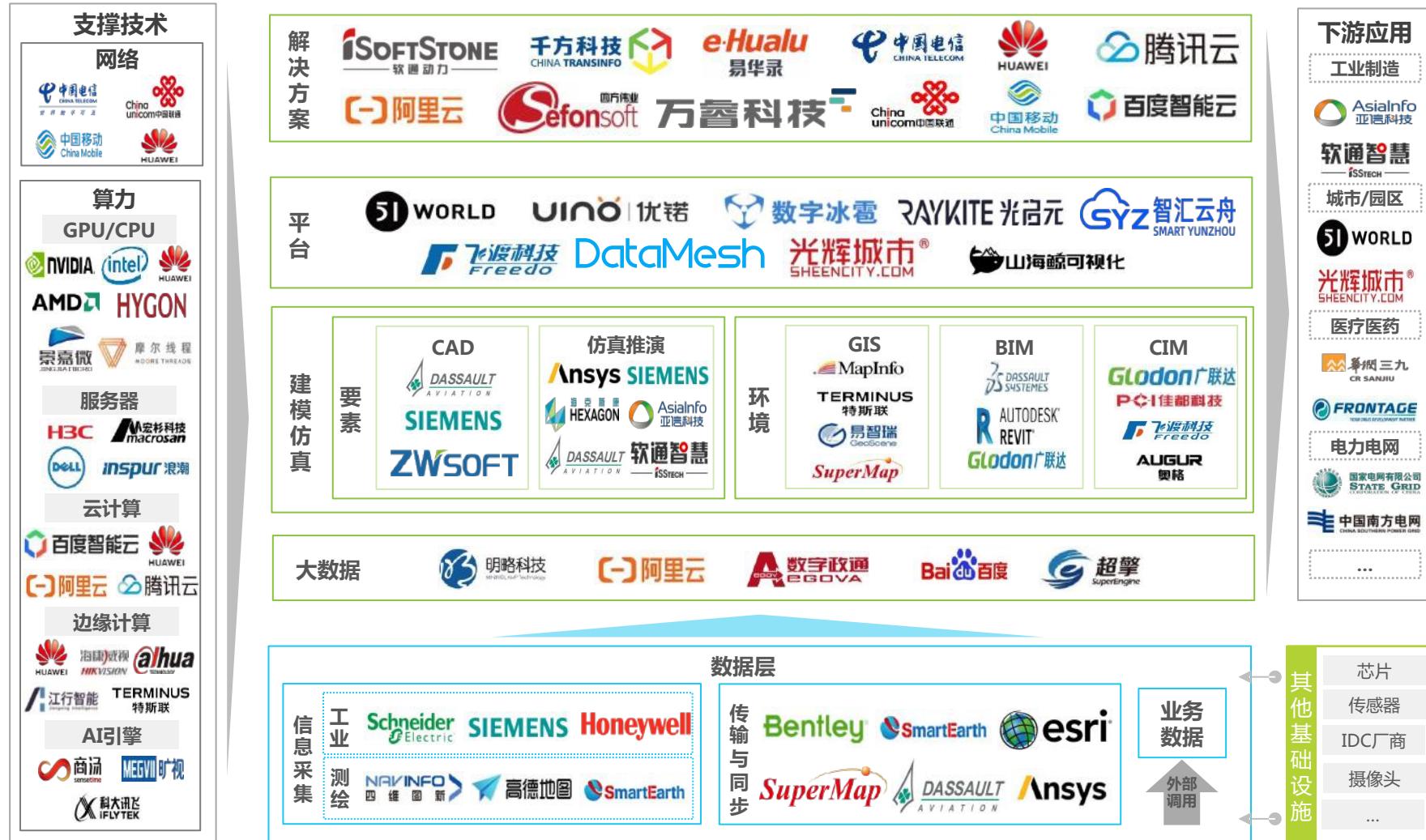


## 数字孪生实现流程概览



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 产业图谱



注释：仅展示部分厂商

来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

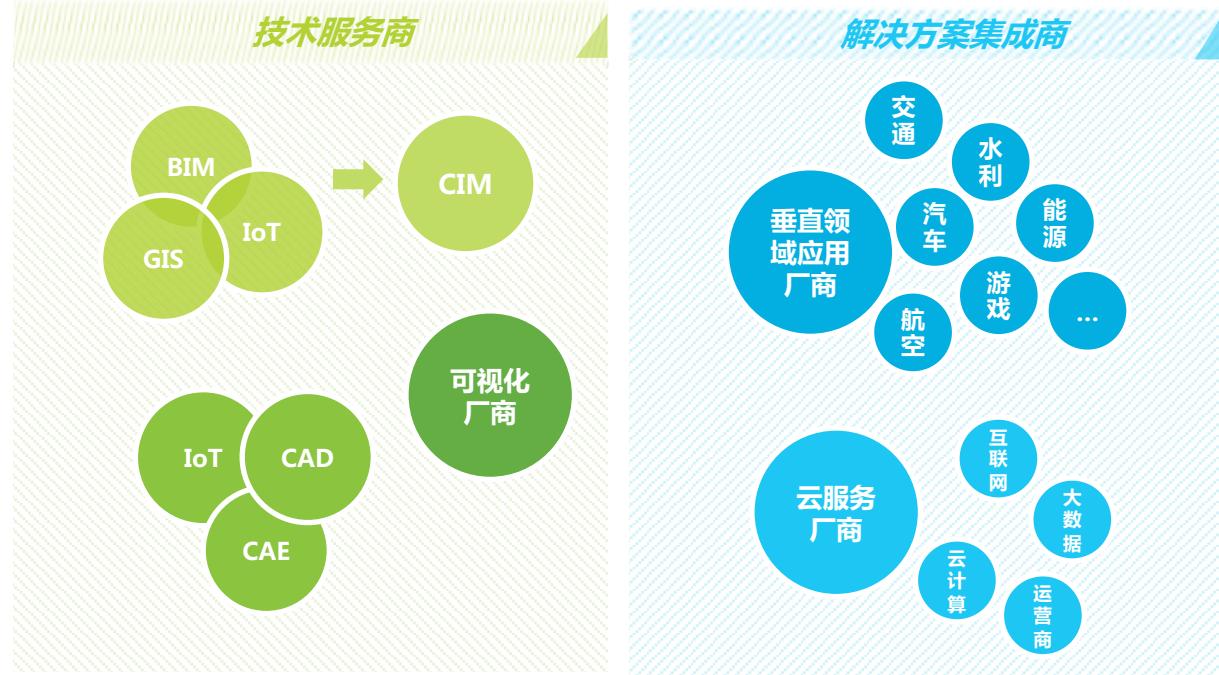
# 玩家类型

## 业内玩家类型可分为技术服务商与解决方案集成厂商

数字孪生行业内玩家可以分为两类，分别为数字孪生相关技术提供商与解决方案集成商。其中，技术提供商包括可视化厂商、BIM、GIS、CIM以及CAD/CAE仿真建模等技术厂商；而解决方案厂商主要是为不同行业客户提供定制化的物联网解决方案和服务，从而帮助广大客户实现不同层级的数字孪生解决方案，代表企业主要为互联网大厂（BAT）、华为等云厂商以及三大运营商、万睿科技、软通动力等垂直领域综合智慧平台厂商。

### 数字孪生行业玩家类型及主要特点

- **环境建模**：通用平台依托行业沉淀与技术创新，产品已经成熟
- **工业建模/仿真**：工业软件产品发展成熟，主要被国外厂商所掌控
- **可视化平台**：基于多年技术沉淀与行业可视化实现多源积累，数据融合、数字底座搭建与多元仿真模拟，但与业务融合度不足
- **垂直领域应用**：深耕垂直领域，对场景诉求理解深刻
- **云服务厂商**：云计算、大数据业务积累助力孪生平台搭建



来源：艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 竞争壁垒

## 技术、业务、资源三方面铸造数字孪生厂商竞争壁垒

数字孪生行业玩家竞争壁垒主要体现在技术、业务及资源三方面。技术壁垒主要是掌握场景数量、多元异构数据处理能力以及自研渲染引擎打磨能力；除了技术壁垒以外，数字孪生行业还具有业务壁垒，需要玩家积累深刻的下游应用行业Know-how、对用户服务能力；最后为资源壁垒，主要是服务商的渠道关系，是否拥有行业标杆案例。三个壁垒既相互独立，又相互掣肘和促进。



③ 资源壁垒

- 渠道关系**：数字孪生项目需要对客户整体业务流程进行改造，执行过程中触及到部分敏感数据，因此出于安全性及可靠性因素考量，客户往往倾向于选择合作次数多，具有良好渠道关系的厂商作为长期合作方
- 标杆案例**：新客户在出于磨合成本、执行风险等因素，会重点考察厂商过往标杆案例、历史合作客户

来源：专家访谈，公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

### ① 技术壁垒

- 场景数据量**：场景数据积累量越大，可以建立更多的物理模型，进而打造更为丰富的标准化资源库，能更快地实现“以虚管实”，最终形成智能建模、智能孪生、智能决策推演体系
- 数据处理**：数据孪生涉及海量异构多维时空数据，能否利用各类算法对数据进行自动识别、挖掘、三维重建，并创建时空数据库，实现数据统一接入、交换和高效共享，是体现厂商数据处理能力的关键
- 渲染引擎**：随着“云边协同”时代的到来，云渲染引擎对于厂商而言至关重要，打磨自研的云渲染引擎以具备现场级修改能力，是公司能否从项目制向产品制演化的关键

### ② 业务壁垒

- 行业Know-how**：数字孪生是基于人工智能从建模、预演到控制的体系，各行业客户所处的业务场景与对应的需求不一样，需要厂商通过项目实践不断积累Know-how，结合数据资产中的数据要素，不断打磨模型，才能建立精准智能的业务模型
- 服务能力**：主要是分为响应及时性、资源投入情况（厂商在后续执行项目过程中是否投入较多时间、配备专业人才等）以及问题解决能力

# 现存挑战

## 数字孪生发展伴随产生一系列挑战

目前中国数字孪生行业现存挑战主要有四大挑战：厂商商业模式不成熟，主要体现在客户需求端较低迷，产品高定制化需求导致供给厂商盈利困难；其次是行业内缺乏统一的标准体系，数字孪生数据、产品、项目落地等标准体系有待完善；此外，数字孪生对高性能计算、显示技术等基础支撑技术要求较高，且基础软件和渲染引擎仍依赖国外厂商；第四点是数据能力方面，挑战体现在数据准确性无法保证，数据处理能力弱及可靠性低以及数据安全性易受攻击等。

### 数字孪生技术现面临主要挑战

#### 商业模式不成熟

- 对企业而言，数字孪生落地需要对研发、生产、供应等流程进行改造，需要大量的资金和团队构建完整的技术栈和服务内容，投资成本高导致用户需求不旺盛
- 对厂商而言，各行业客户的需求差异大，解决方案均为定制化开发，复制性差，难以高效推广，且成熟的方案需长期迭代优化，导致交付成本高难以实现盈利

#### 支撑技术要求高

- 数字孪生对处理芯片、计算机设备都提出了高要求，由于孪生设计的模型与数据规模大，需要计算机硬件具备强大的处理与计算能力
- 数字孪生对可视化呈现有高互动、高沉浸、高清晰的要求，终端设备的传输能力、显示技术面临更大挑战
- 核心软件自主可控能力差，以CAX为代表的基础软件、以UE/Unity为代表的渲染引擎仍严重依赖于国外

#### 标准体系未统一

- 业内对数据层面的标准未统一，如采集尺度、参数、格式、周期等缺乏统一的数据标准，对数据融合与对接提出较大挑战
- 技术框架/技术协议不统一，在数字孪生项目集成和对接各孪生体过程中，软硬件产品缺乏互联互通标准
- 数字孪生项目建设内容、交付要求未有统一的标准，大部分项目落地质量参差不齐，限制了数字孪生发展

#### 主要挑战

#### 数据能力不完善

- 数字孪生需要大量的数据，包括传感器数据、图像数据、语音数据等，但这些数据可能存在质量不高或不完整的情况，导致数字孪生的准确性受到影响
- 数字孪生需要的数据格式和质量可能存在差异，需要在数据处理阶段进行大量的标准化和清洗
- 数字孪生技术涉及大量敏感数据，如产线布局、设备信息等，如何保证数据的安全和隐私成为关键

行业概述

1

市场概览

2

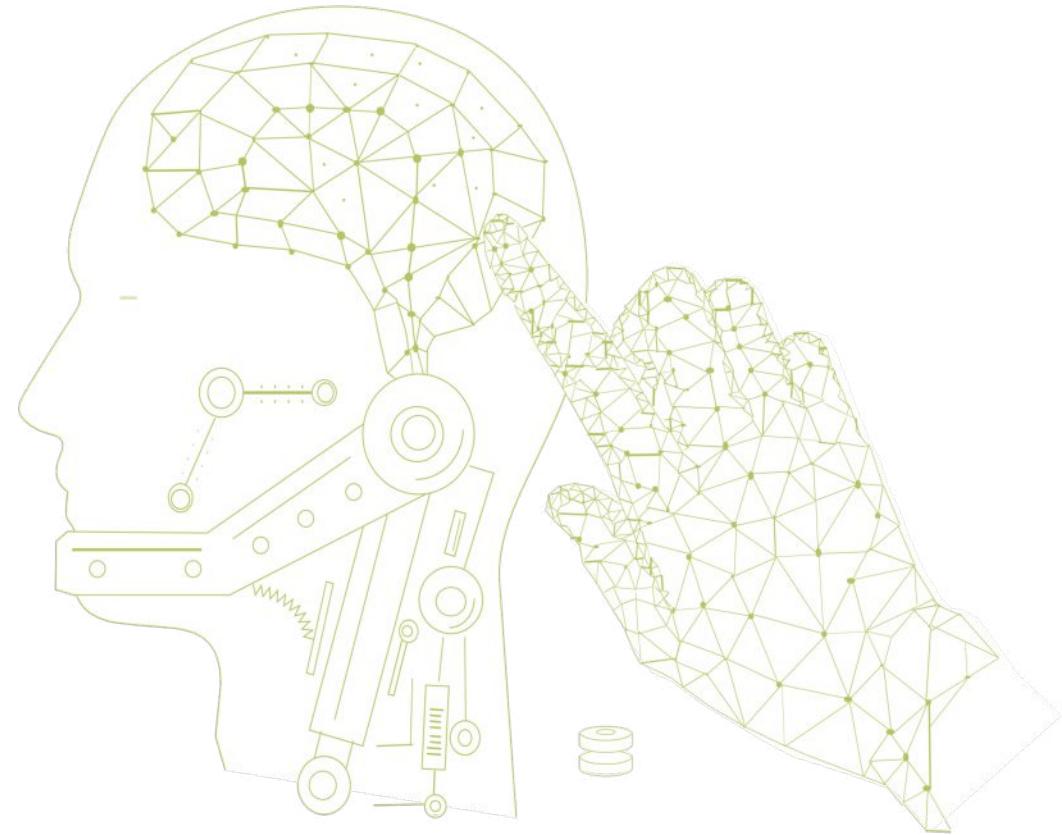
行业应用

3

发展展望

4

- 城市管理
- 智慧工业
- 自动驾驶测试
- 智慧医疗

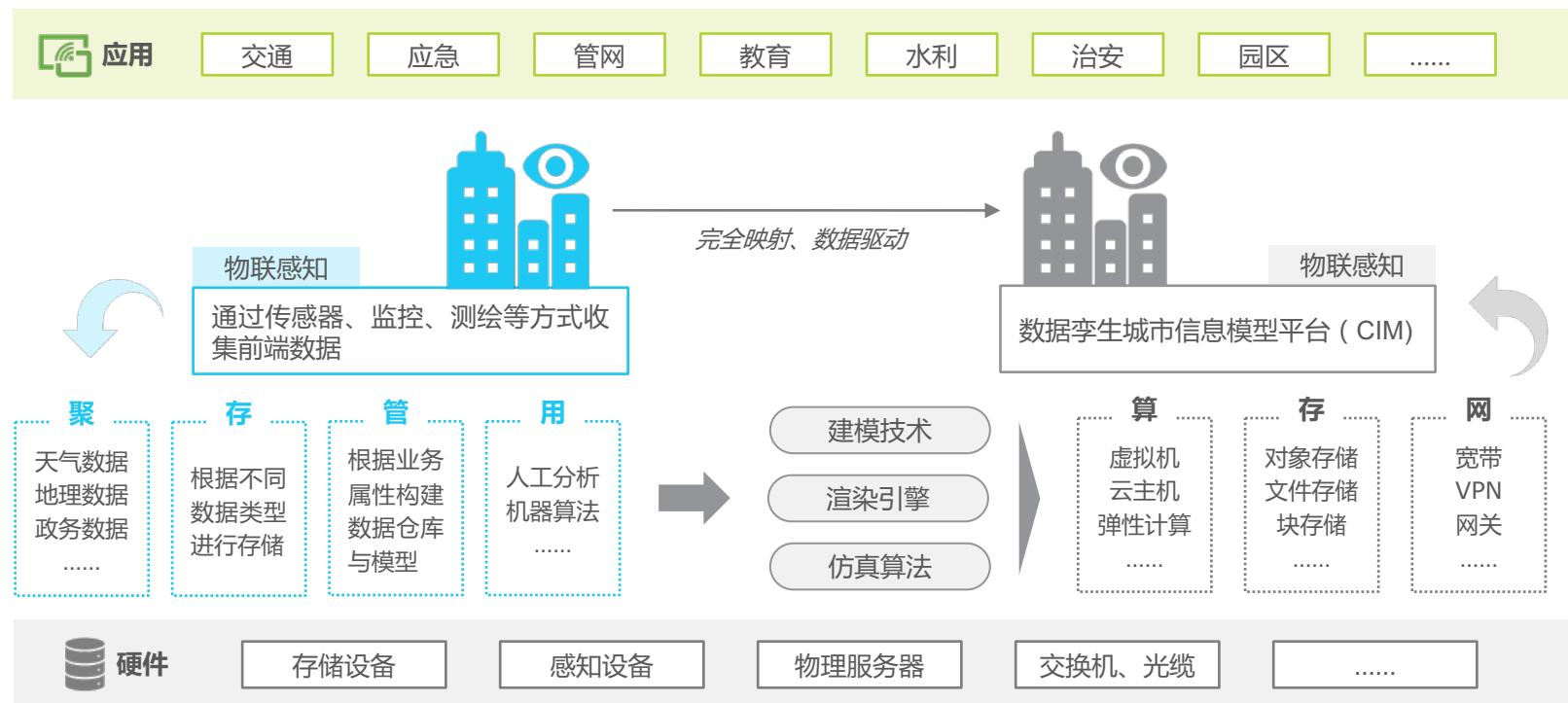


# 场景分析 | 城市管理

## 从顶层设计实现虚实互映，已经在多个城市市场场景落地

数字孪生城市指利用物联网技术、地理信息技术以及智能建筑城市模型等将物理城市转化为虚拟数字城市模型，通过模型模拟运营，达到实时监测效果，进而实现预测、分析、优化等功能。传统智慧城市概念只是将不同部分的城市职能实现单体智能，数字孪生城市在顶层设计上就将虚拟和现实结合起来，在数字化、信息化的基础上将物理实体与对应孪生体重叠，实现虚实互动。数字孪生的应用场景广泛，目前在交通、园区、城市应急等领域已经具备较为成熟的实践案例。

### 数字孪生城市基本技术平台架构



来源：信通院，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 细分场景应用 | 城市交通

## 解决当前交通管理痛点，推动智慧交通再升级

交通行业数字化转型已发展多年，道路交通的运行效率显著提升，但仍存在部分问题有待解决。随着数字孪生技术的兴起，基于数字孪生城市的虚拟空间，结合交通信息数据和高精度地图，构建具备实时性、可模拟、可预测、并可控制物理实体的新型智慧交通体系，将是未来交通发展新方向。在智慧城市交通场景下，数字孪生技术可应用至全息路口、高速公路及交通枢纽（地铁、车站、机场等）三个子细分场景。

### ► 城市交通场景痛点分析



全息路口采用雷达摄像头等感知设备监测，存在对全天候大范围交通事件监测不稳定、对行人和设备监测效果较差等问题；主要以二维视角呈现，无法满足部分场景（如应急指挥、交通规划）的推演及决策需求

### 数字孪生城市交通应用分析



传统智慧高速以监控摄像机为主，点位密集程度有限，仅覆盖重点区域，对完整路段上的路况、事件缺乏掌握手段，监管存在盲区，难以形成有效全域感知；数据采而不用，辅助决策价值低



当前枢纽场景数据系统繁杂庞大且不互通，数据处理仍沿用单维度统计方法，预测判断能力差；排班基本依赖员工经验判断，在高峰与节假日时期，常出现因预测失误、排班不足，导致旅客滞留现象

### ► 数字孪生助力智慧交通升级

**孪生路口** 在路口监测性能更全面，更稳定。具备“**三维实时仿真+精准预测+动态控制**”能力，基于实时信息还原三维立体路口场景，推测当前交通管控方案和流量状况下是否会发生拥堵或交通事故及对应级别，辅助管理者灵活调整管控策略，实现通行效果最优化

**孪生高速** 通过点云扫描等手段采集并融合多源交通态势数据，构建全网交通数据模型，实现道路盲区检测，并通过建模计算还原监控盲区的车辆状态，实现交通事故追踪还原；基于孪生仿真模型，模拟预测如维修高速公路、关闭个别ETC车道等运维事件对真实环境造成的影响

**孪生枢纽** 依托数字孪生平台高性能计算处理多源数据，实现数据互联互通与可视化；基于日常人流监控、车辆热力图分布，依据孪生模拟，对高峰、节假日期间运力、突发情况等进行模拟，提前预演处理措施，辅助运营部门形成决策判断，提高实际工作效率

来源：专家访谈，公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 细分场景应用 | 零碳园区

## 数字孪生全面赋能零碳智慧园区，助力实现双碳目标

数字孪生可赋能智慧园区，辅助园区管理者完成园区运营、安防、业务等管理工作，实现管理降本提效，优化员工工作生活体验。随着我国“双碳”战略的推进，零碳园区随之产生。根据国际能源署数据，我国工业园区的耗能约占全社会总耗能的69%，碳排放量约占全国总排放量的31%，并呈现出持续增长势头，因此零碳园区建设重要性不言而喻，零碳园区成为智慧园区下一步发展方向。数字孪生赋能零碳园区建设，即在数字孪生园区基础上，通过传感技术采集碳排放相关数据，结合AI算法模拟预测碳排放规划、碳计算、能效监控等工作，通过建设高效、安全、智慧的零碳园区，助力园区双碳目标的早日实现。

### 数字孪生助力智慧园区往零碳园区转型



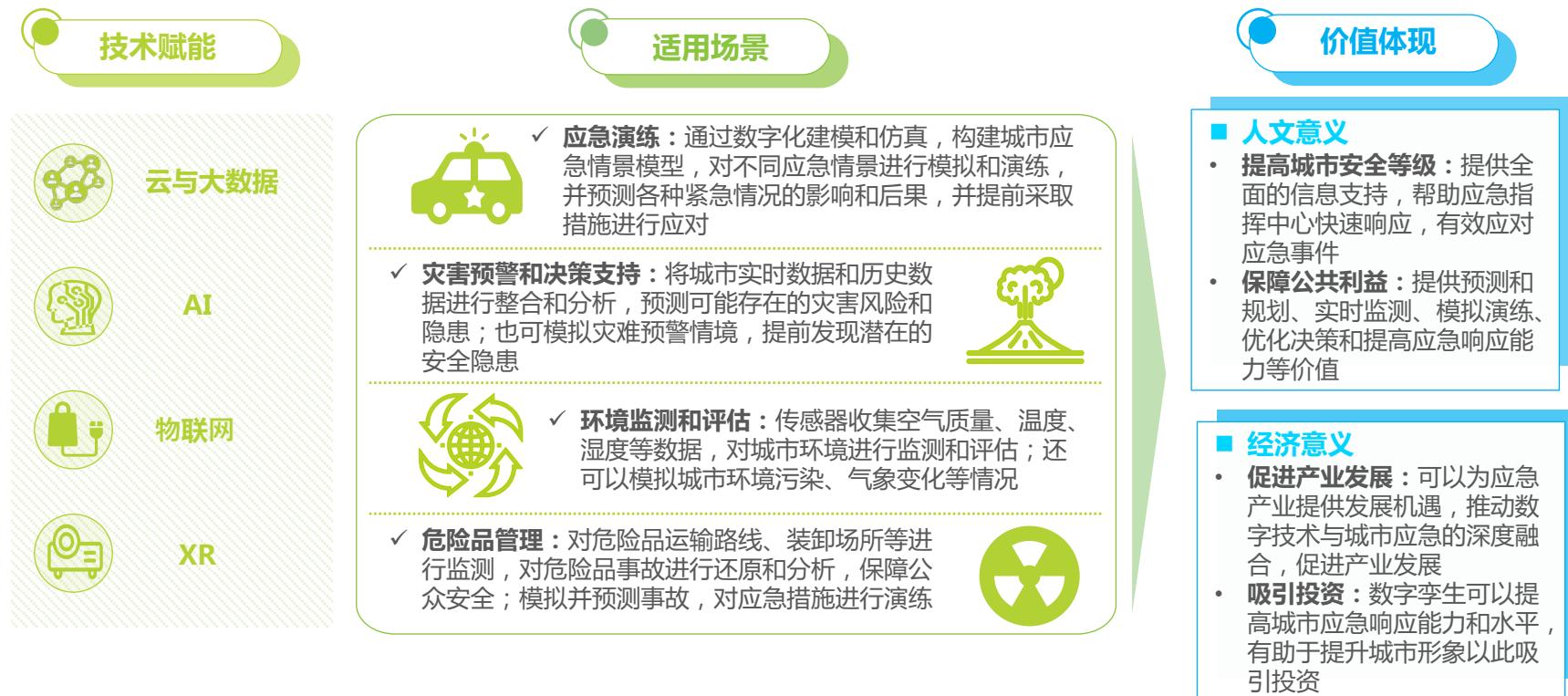
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 细分场景应用 | 城市应急

## 数字孪生赋能智能应急，筑牢城市安全防线

数字孪生技术在城市应急领域的应用已经开始逐步展现出其优越性和应用潜力，通过实时数据和信息的监测和分析，可以及时响应各类应急事件，数字孪生可应用至城市应急的应急演练、灾害预警和决策支持、环境监测和评估、危险品管理等场景，可提高城市管理、救援效率和减少损失，随着技术的不断发展和应用场景的不断拓展，数字孪生技术将助力城市管理者打造更加智能、高效的城市应急管理体系，且具有重要的人文意义和经济意义。

### 数字孪生在城市应急管理场景下的应用



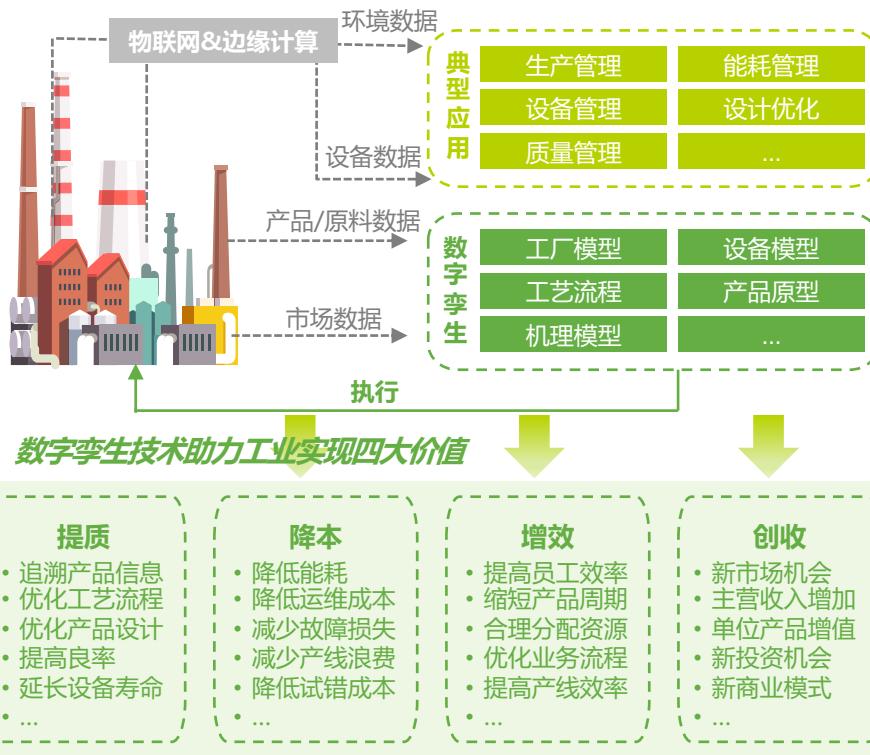
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 场景分析 | 智慧工业

## 数字孪生赋能工业企业实现四大价值

数字孪生起源于工业，随着数字孪生技术的成熟，工业也将成为数字孪生应用较广的场景。工业企业通过物联网及边缘计算上传相关数据后，使用数字孪生技术可以完成生产、能耗、设备、设计、制造管理等工作，进而实现提质、降本、创收、增效四大价值。工业根据生产过程涉及的操作不同，可分为流程型和离散型工业，后文将分别介绍数字孪生在这两类工业的应用情况。

### 数字孪生赋能工业实现四大价值



### 流程型和离散型制造业定义及特点



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 细分场景应用 | 离散型工业

## 解决离散型工业痛点，数字孪生贯穿产品全生命周期

离散型工业当前面临研发设计阶段效率低，生产制造过程难以全面掌控，设备运维检测依赖人工等痛点，数字孪生技术应用至离散工业领域，可以贯穿工业设备产品设计、制造、调试、运行、维护、预测、报废的全生命周期，完成精益化设计、智能化制造与调试、智能维护以及精准预测等工作。

### 数字孪生解决离散型工业痛点



#### 离散型工业当前主要痛点

- 研发设计阶段，研发人员与制造人员存在沟通壁垒，产品设计对制造能力认识不全面，未能完全精准洞察用户需求，导致产品制造时部分设计功能难以实现，成品良率较低，需重复返工沟通修改，造成制造成本浪费，研发效率低，延长产品交付周期
- 生产制造环节复杂，难以保证质量标准一致；制造过程的动态变化无法在决策模型中实时反馈，缺乏对产品制造状况、产线排产等信息的全面掌控；制造设备性能需要人、机、环境等因素的有效协作和适配，高性能设备难以发挥应有效能
- 设备运维检测主要依托人工开展质量检测，依赖人员经验，检测效率低，影响产线生产；质量检测数据采集、管理及追溯难度大，难以支撑质量数据应用；设备健康状况无法预测，设备意外故障时需停机导致生产线停摆

### 数字孪生贯穿工业设备产品全生命周期



- **精益化设计**：在设计阶段验证产品的适应性和系统性表现，实现基于需求、功能、逻辑、物理的全过程仿真验证，针对物理样本建立虚拟副本进行缺陷和故障的发现和产品性能的持续改进设计等
- **智能化制造与调试**：通过孪生平台对制造样机进行虚拟试验，最大程度减少样机试验次数、时间以及故障次数；对生产环境、设备状态动态映射，模拟设置制造装备最优运行状态，提高制造效率等
- **智能维护与精准预测**：通过孪生平台结合检修数据及设备运行记录，模拟复现故障场景，并根据故障特征，迅速对故障部位进行精准定位；结合运行、维修记录，建立零部件寿命预测模型，智能分析设备寿命情况，实现预测性维护
- **绿色回收**：判断零部件性能衰弱情况，进行回收再利用，实现设备价值最大化；分析不同废弃零件处置方案，减少对环境污染

来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 细分场景应用 | 流程型工业

## 数字孪生技术可优化流程工业生产过程

流程工业包括能源、化工、制药、冶金等细分行业，这类行业在生产过程中涉及多种复杂的物理化学反应，各流程工序间耦合强，因此面临缺乏最优物料配方方案导致能耗物耗高，资源利用效率低，工艺调参复杂导致生产成本高企，生产过程环保措施不到位导致环境污染等问题。通过数字孪生技术可以帮助流程工业完成优化物料配方、工艺参数以及环保检测预警等工作。

### 流程工业中数字孪生部分应用



#### 流程工业生产线过程主要痛点



**物料配方复杂**：流程工业生产涉及多工序，各工序配料要求不同，还要考虑前后工序的复杂耦合作用，难以全局优化；实时物料信息获取难，多级配料间能质流耦合复杂，各环节数据壁垒难以打破



**工艺参数复杂**：涉及工艺参数多，通常依赖人员经验调参，再根据结果反馈修正，导致结果不精确，且参数非最优化；耗费大量人力资源成本以及增加实物验证成本；生产过程现场调参面临安全风险



**生产过程污染大**：流程工业在生产过程中涵盖多种化学反应，会产生大量化学污染物，若在污染物处理、危化品监管方面的措施落实不到位，将会导致危化品事故频发



#### 数字孪生优化流程工业生产过程

##### 物料配方优化

在孪生平台将不同配料情况下的数据与生产现场实际感知数据相结合，模拟分析工艺各测量变量间耦合关系，评价各潜在配料优化目标和优化约束条件，完成物料配方的协同优化，提高产品质量

##### 工艺参数优化

将生产设备和工艺流程建模，通过虚拟世界的精准模拟，进行工艺调参，验证工艺变更的合理性，在保证工况运行前提下和约束范围内，实时调整过程参数以实现效益最大化

##### 环保检测预警

通过传感器对新产生的化学物质、现场烟雾、温湿度等进行采集监控，在孪生平台进行监控并分析预测是否会超标，及时感知生产隐患预警并控制

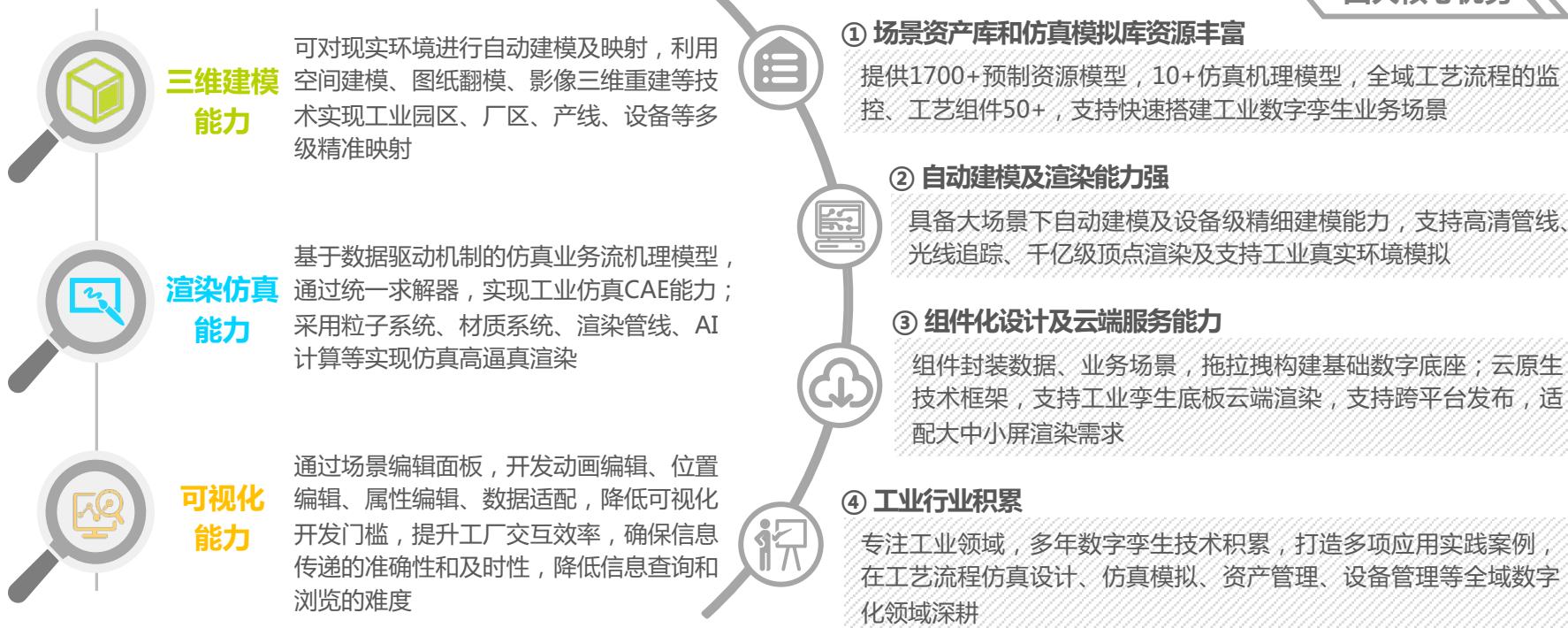
# 智慧工业优秀厂商 | 软通动力



## 专注于工业领域的专业数字孪生解决方案

2015年软通动力开始在数字孪生与元宇宙领域探索，2020年发布升级的数字孪生平台，首次提出云端多维时空推演平台架构体系。目前软通动力已经初步建立起以iSSMeta平台为核心的数字孪生体系，通过云端三维场景构建、全要素数据融合、场景效果设计、场景服务发布等工具赋能工业智慧工业，采用基于云端的建模能力、模拟仿真、可视化组件、低代码能力等技术，支持企业进行数字孪生探索。

### iSSMeta平台能力矩阵以及核心优势



来源：软通动力，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

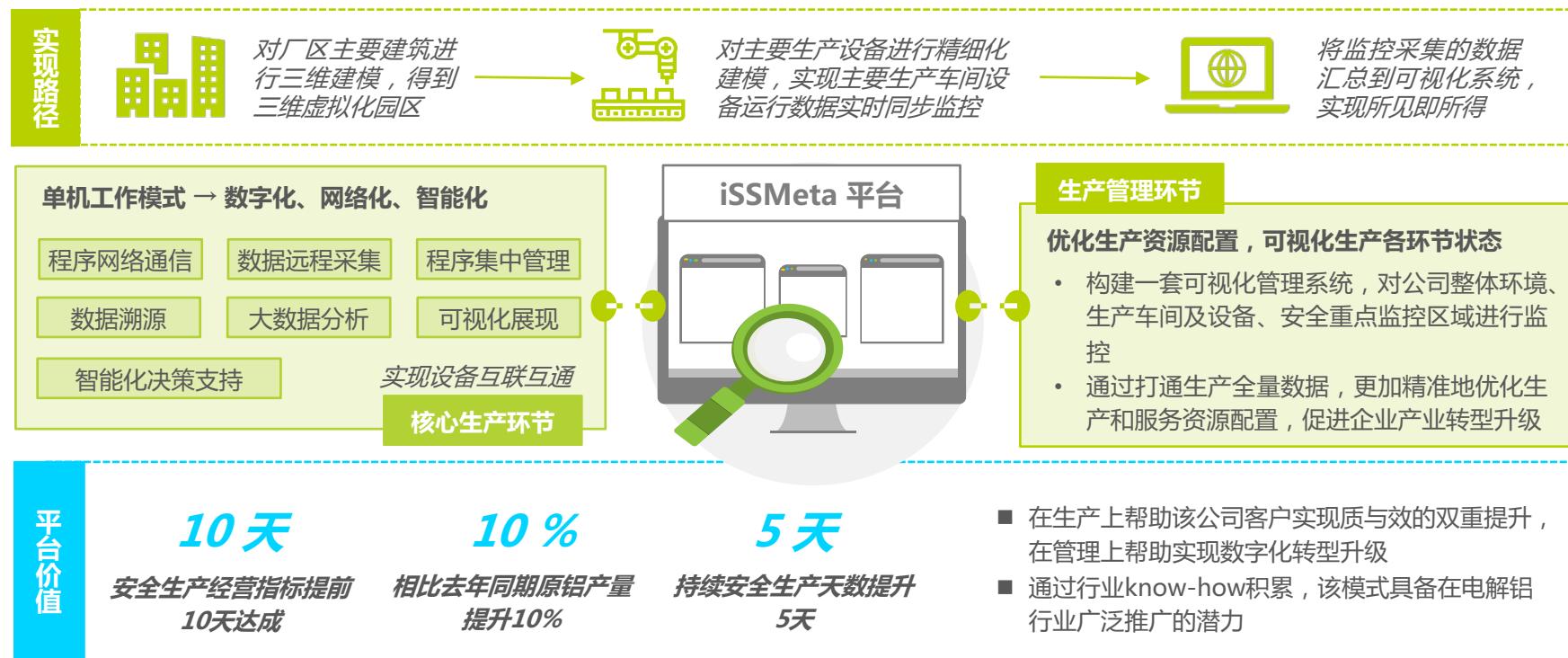
# 智慧工业优秀厂商 | 软通动力



## 助力传统工业企业实现管理数字化、智能化

iSSMeta平台在水泥、电解铝等工业领域均有实践案例，助力传统工业企业数字化转型。iSSMeta曾帮助某电解铝企业进行数字化转型应用实践，解决生产过程中各环节、各设备孤立的问题。iSSMeta可将整个厂区进行虚拟映射，实现对整个生产流程的安全监控；对核心生产流程中各设备进行三维建模并实时采集数据，追踪生产过程中的各项指标；形成一套可视化监控系统，通过系统所映射的真实生产数据实现生产调度与故障处理，促进生产安全与效率提升。

### iSSMeta平台在电解铝行业的应用



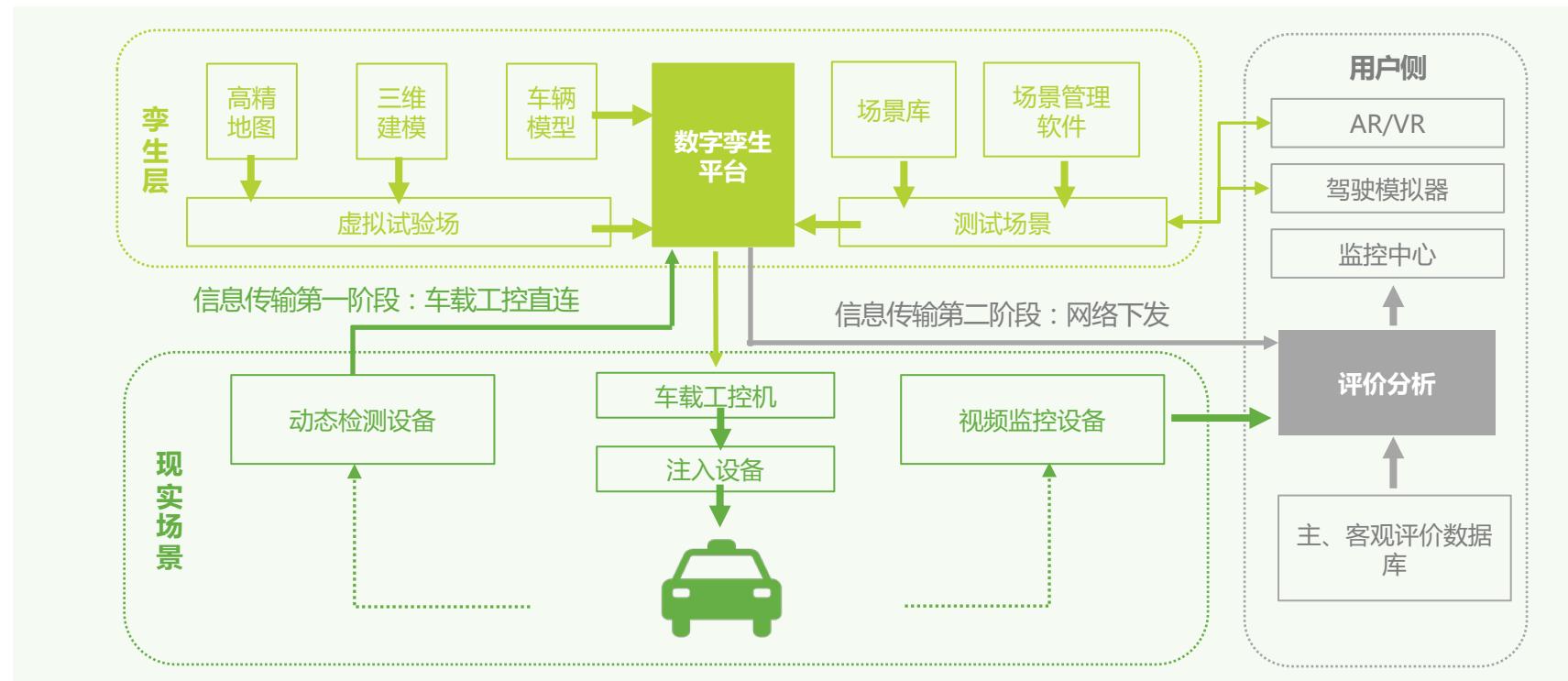
来源：软通动力，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 场景分析 | 自动驾驶测试

## 以数字孪生技术为牵引，自动驾驶场景加速落地

在数字孪生测试体系中，真实测试车辆可将实时采集的数据传输至数字孪生平台，用于驱动虚拟车辆模型，完成对真实动态数据的处理和分析，基于评价维度和数据库对车辆行为进行评价。同时数字孪生平台将场景数据下发至真实测试车辆控制器上，汽车根据自身算法做出决策行为。通过虚实结合，虚拟车辆模型构建工作和测试场景搭建的过程实现简化，提高自动驾驶测试效率。

### 数字孪生下自动驾驶测试体系架构



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 场景分析 | 自动驾驶测试

## 数字孪生解决自动驾驶测试难点

自动驾驶行业内一直有“里程测试需达到177亿公里，自动驾驶可靠性才能达到相对理想的置信区间”的观点，然而实现该目标需投入巨额的时间和金钱，很大程度限制了自动驾驶发展。随着数字孪生、仿真等技术发展，业内普遍采取“99.9%+0.09%+0.01%”解决方案的共识，通过数字孪生技术赋能，保障自动驾驶研发测试算法的演进。除此之外，还面临测试场景碎片化、成本高企风险大、难以复现测试场景的挑战，将数字孪生技术应用在自动驾驶研发测试上，具有测试场景持续化，节省测试场景建设成本，同时提高开发迭代效率等优势。

### 自动驾驶测试里程99.9%可由数字孪生协助完成

“要证明自动驾驶系统比人类驾驶员更可靠，至少需要进行110亿英里（177亿公里）的里程测试。”

—— RAND

177亿km ≈ 1000辆车 x 365天 x 24h x 40km/h x 50年

数字孪生技术赋能

177亿km测试量

99.9% 仿真平台测试 + 0.09% 封闭测试 + 0.01% 实路测试

来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

### 数字孪生解决自动驾驶测试场景其他难点

#### 自动驾驶测试难点

- **测试场景碎片化**：真实空间中难以测试各场景（如行人横穿、跟车行驶、穿越隧道、紧急制动等）下自动驾驶车辆的连续行为
- **高成本高风险**：需要设置专业的场地和配置复杂设备，成本较高；整车封闭和开放道路测试安全风险大
- **测试场景难复现**：无法将复杂、海量的测试场景在现实世界中复现

#### 数字孪生技术赋能

**测试场景可连续**：可以将多种测试场景设置连续，且可定制环境条件，贴合实际使用的连续行驶场景

1

**降本降风险**：可以实现复杂场景快速建模，节约场地建设成本，降低道路风险

2

**测试结果更真实**：测试中无需基于动力学模型，可基于实际路面进行测评，结果更贴合实际现实

3

**测试效率高**：在孪生平台中可实现海量仿真测试，可复现测试场景；可根据自动驾驶技术升级进行再测试，效率高

4

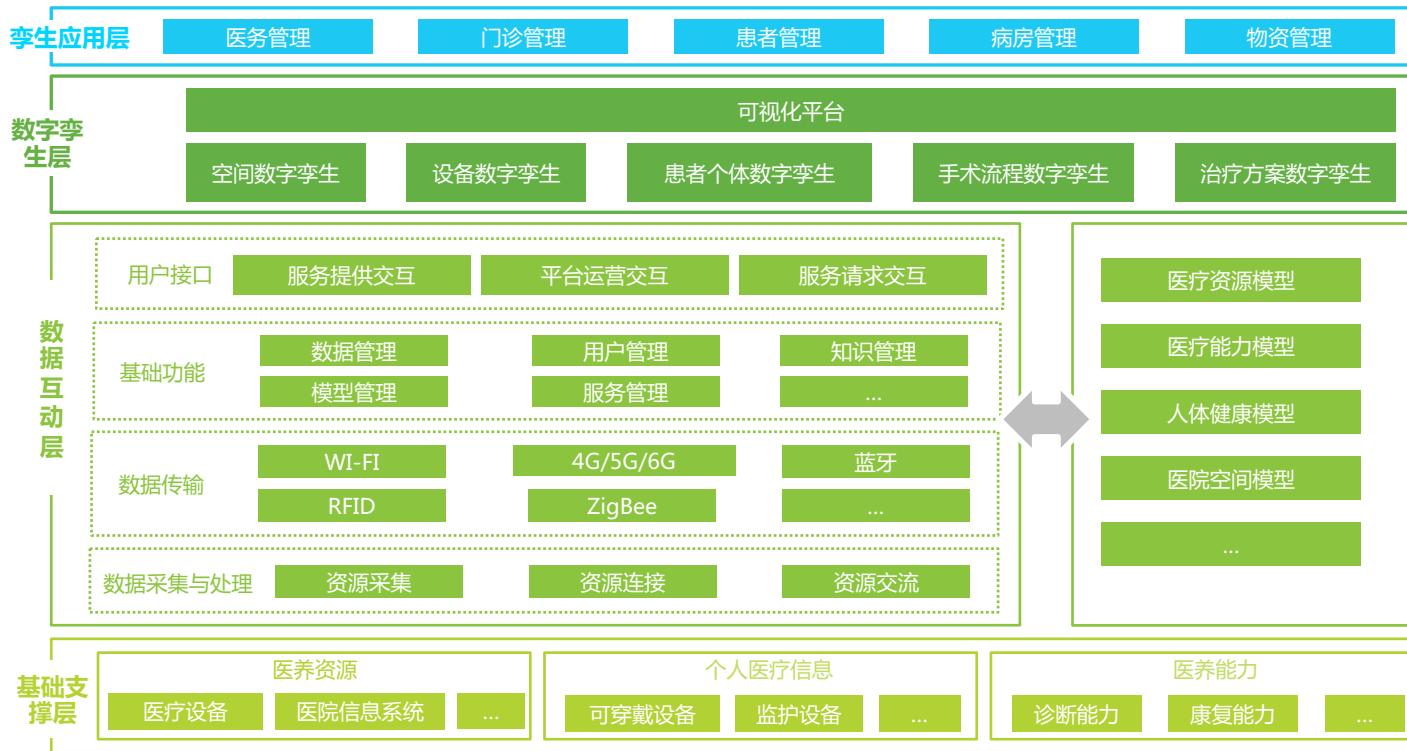
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 场景分析 | 智慧医疗

## 依托多维度医疗数据构建模型，实现医疗场景数字孪生

医疗数字孪生技术通过实时采集与计算医疗设备数据及医疗信息系统等真实多维度多样化数据，基于AI建模，结合BIM、CIM等技术，将医院物理空间转化为医院孪生模型，通过预测、分析等功能完成医务管理、门诊管理、设备管理等精细化管理工作。此外，基于DICOM数据的重建技术，构建高精度人体模型，对手术流程、治疗方案等进行孪生。医疗数字孪生的应用对经济、社会具有积极意义，但当前医疗领域数字孪生技术还未成熟，仍面临数据安全及隐私、道德伦理等挑战。

### 医疗数字孪生技术平台架构



### 医疗数字孪生意义

#### 经济意义

- ✓ 实现医院精细化管理，降低医院管理成本
- ✓ 模拟药物研发试验，缩短研发周期，减少研发成本
- ✓ 实现医疗信息和资源共享，优化医疗资源配置
- ✓ ...

#### 社会意义

- ✓ 实现远程治疗，提升偏远地区医疗水平
- ✓ 助推药物研发项目，提升生物医药研发水平
- ✓ 解决“看病难”问题，提升患者就医体验
- ✓ 对公共卫生事件监测预警，降低社会传染风险
- ✓ ....

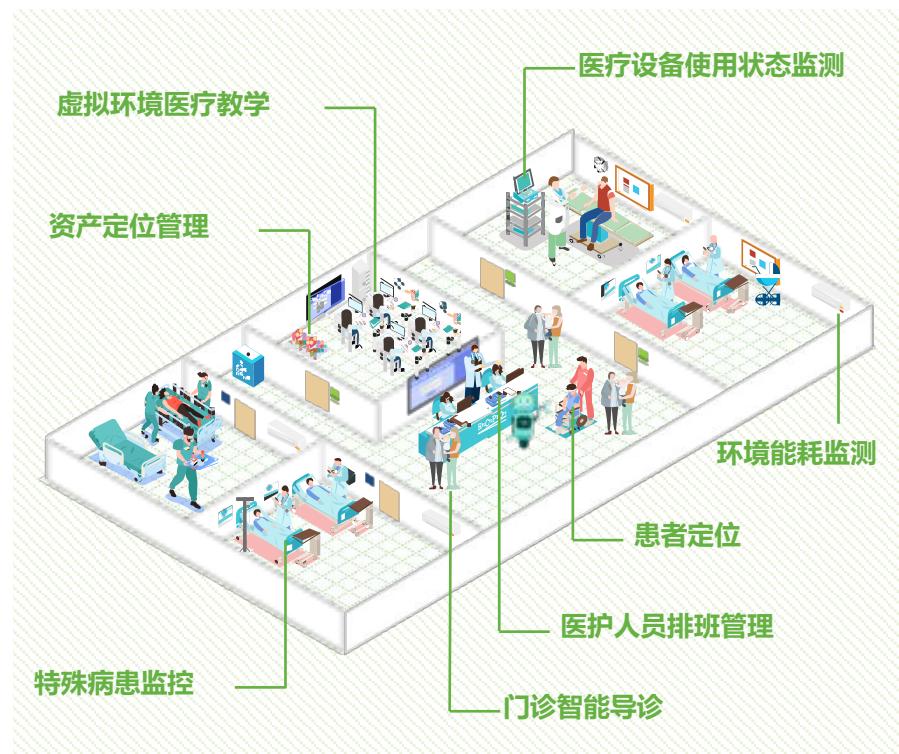
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

# 细分场景应用 | 智慧医院

## 助力智慧医院完成精细化管理工作

数字孪生应用至医疗具体场景可基于建筑、环境等数据对医院空间进行孪生，通过建立医院数字孪生模型，可以帮助医院管理者完成医疗设备管理维护、资源调配利用、医疗安全及风控、能效监控等精细化工作。

### 数字孪生在智慧医院领域应用



#### 1) 医疗设备管理和维护

对医疗设备进行实时监测和管理，提高设备的使用效率和维护效果，降低设备故障率和维修成本

#### 2) 资源调配和利用

通过可视化驾驶舱，对各科室、门诊等业务指标进行监控，保证管理者能够及时发现院内医疗资源紧张情况，及时调配安排

#### 3) 医疗安全和风控

对医疗安全和风险进行监测和控制，提高医疗安全和风险控制的能力，降低医疗风险和事故的发生率

#### 4) 环境能效监控

将医院的能耗监测系统进行集成，实现能耗数据的自动采集和处理，实时监测医院各区域能耗情况，并根据能耗数据进行分析和处理，帮助医院了解能耗的变化趋势和规律

注释：仅展示部分孪生应用场景，非全景。

来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

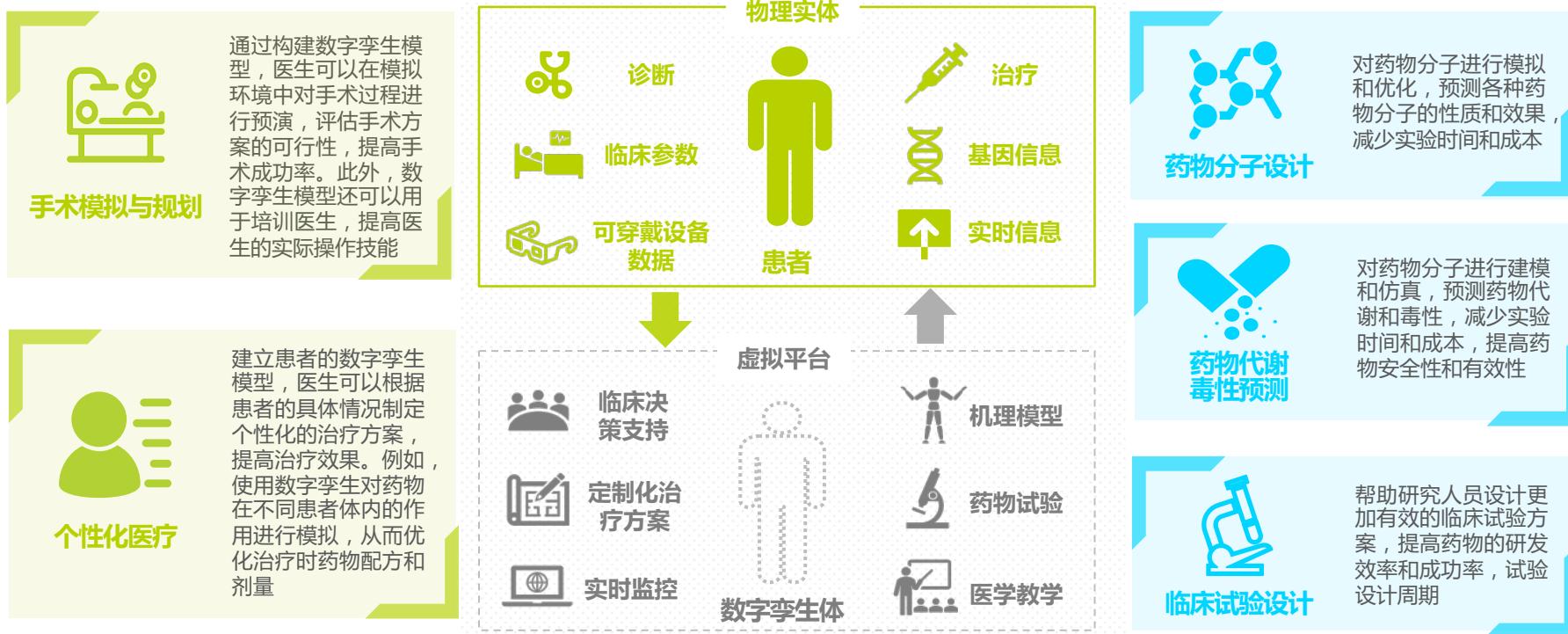
©2023.4 iResearch Inc.

# 细分场景应用 | 精准医疗&医药研发

## 提高医疗质量与提升医药研发效率

在医疗场景中，数字孪生可以帮助医生进行手术模拟与规划，提高手术成功率以及医生实操技能，同时还可以建立患者孪生模型，针对不同患者的具体情况给予不同的治疗方案，实现患者个性化治疗，不仅提高医疗质量和效率，同时也可以帮助患者更好地管理自己的健康。另一方面，在数字孪生也可赋能医药研发场景，研究人员也可在人体孪生模型中完成药物研发设计、人体药物代谢与毒性预测、临床试验等工作，进而实现药物研发高效化，降低研发成本和风险，提高药品的质量和安全性。

### 数字孪生赋能精准医疗与医药研发



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

©2023.4 iResearch Inc.

[www.iresearch.com.cn](http://www.iresearch.com.cn)

行业概述

1

市场概览

2

行业应用

3

发展展望

4

# 发展展望 | 标准体系

## 建立统一的标准体系将促进数字孪生技术发展

随着数字化技术的不断发展和应用，数字孪生已经成为工业、能源、医疗等各个领域的热点技术之一。数字孪生标准体系的建立将促进数字孪生技术的发展和应用，为数字化转型提供支持和保障。根据前文讨论，数字孪生标准体系建立应覆盖数据标准、安全标准、可信标准、互操作标准以及管理标准五个方面，标准建立是一个长期的过程，需要各个领域的专家共同参与和合作。

### 数字孪生标准体系建立

#### 安全标准

数字孪生的数据涉及到很多敏感信息，需要采取一系列安全措施来保护数据的机密性、完整性和可用性。因此，数字孪生标准体系需要包括数据安全、网络安全、系统安全等多个方面的标准

#### 数据标准化

数字孪生需要采集和处理大量的数据，因此需要建立一套标准的数据格式和数据交换协议，以确保不同设备、系统之间的数据交换顺畅

#### 可信标准

数字孪生的数据应该是可信的，需要建立一套标准的数据验证机制，确保数字孪生的数据来源可靠、数据处理过程准确无误

#### 互操作标准

数字孪生通常涉及多个设备、系统之间的数据交换和协同工作，需要建立一套标准的接口和协议，以便不同设备、系统之间的数据交换和协同工作

#### 管理标准

数字孪生需要建立一套标准的数据管理体系，包括数据存储、数据备份、数据恢复等多个方面，以确保数字孪生的数据安全和可靠性



# 发展展望 | 产业生态

## 构建协同共赢、开源创新的数字孪生产业生态

数字孪生是一个涉及多环节、多领域、跨部门的复杂系统工程，需要各行业合作，协同创新，提供广泛的技术与数据支持。通过构建协同共赢、开源创新的数字孪生产业生态，促进物理世界和数字世界的深度融合，驱动更多行业对数字孪生的应用，推动技术的发展，助力各行业加速向数字化转型。构建数字孪生技术产业生态应包括以下几方面：1) 培育开源创新意识，激发从业者开源创新活力；2) 加深产业链沟通，加强数字孪生项目标杆案例、产品的推广；3) 创新商业模式，加大资金投入；4) 数字孪生基础设施共建共赢；5) 建立数字孪生技术的人才培养机制。

### 数字孪生产业生态构建

#### 培育开源创新意识

建设里程碑式数字孪生开源项目，推动行业向大规模工程化演进；提升行业参与者开源意愿与意识，形成协同共赢，优势互补的生态



#### 加深产业链沟通、加强标杆案例/产品推广

依托产业联盟加深产业链上下游的交流与需求对接，梳理典型行业标杆案例，加强优秀平台或产品的展示，提升对数字孪生的认识水平，打破产业链各环节的沟通壁垒



#### 创新商业模式，加大社会资金投入

当前数字孪生商业模式过于依赖政府资金，业内需创新商业模式，如商业模式可从项目制向产品制转化，引入社会资本、产业基金协同共赢



#### 实现数字孪生基础设施共建共赢

政府、产业和企业等共同参与数字孪生基础设施建设，在做好风控隔离的前提下，共享数据、设施和资源，以提供数字孪生技术的底层技术支持



#### 建立人才培养体制

加深企业、研究院与高校的沟通，通过建立产学研培养体制，培养数字孪生技术的专业人才



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。



## 行业咨询

- 市场进入 为企业提供市场进入机会扫描，可行性分析及路径规划
- 竞争策略 为企业提供竞争策略制定，帮助企业构建长期竞争壁垒



## 投资研究

- IPO行业顾问 为企业提供上市招股书编撰及相关工作流程中的行业顾问服务
- 募投 为企业提供融资、上市中的募投报告撰写及咨询服务
- 商业尽职调查 为投资机构提供拟投标的所在行业的基本面研究、标的项目的机会收益风险等方面深度调查
- 投后战略咨询 为投资机构提供投后项目的跟踪评估，包括盈利能力、风险情况、行业竞对表现、未来战略等方向。协助投资机构为投后项目公司的长期经营增长提供咨询服务

# 关于艾瑞

艾瑞咨询是中国新经济与产业数字化洞察研究咨询服务领域的领导品牌，为客户提供专业的行业分析、数据洞察、市场研究、战略咨询及数字化解决方案，助力客户提升认知水平、盈利能力和综合竞争力。

自2002年成立至今，累计发布超过3000份行业研究报告，在互联网、新经济领域的研究覆盖能力处于行业领先水平。

如今，艾瑞咨询一直致力于通过科技与数据手段，并结合外部数据、客户反馈数据、内部运营数据等全域数据的收集与分析，提升客户的商业决策效率。并通过系统的数字产业、产业数据化研究及全面的供应商选择，帮助客户制定数字化战略以及落地数字化解决方案，提升客户运营效率。

未来，艾瑞咨询将持续深耕商业决策服务领域，致力于成为解决商业决策问题的顶级服务机构。

## 联系我们 Contact Us

 400 - 026 - 2099

 ask@iresearch.com.cn



企业微信



微信公众号

# 法律声明



## 版权声明

本报告为艾瑞咨询制作，其版权归艾瑞咨询所有，未经艾瑞咨询书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制、传播或输出中华人民共和国境外。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

## 免责条款

本报告中行业数据及相关市场预测主要为公司研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，部分文字和数据采集于公开信息，并且结合艾瑞监测产品数据，通过艾瑞统计预测模型估算获得；企业数据主要为访谈获得，艾瑞咨询对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽最大努力的追求，但不作任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的观点均不构成任何建议。

本报告中发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本的影响。由于调研方法及样本的限制，调查资料收集范围的限制，该数据仅代表调研时间和人群的基本状况，仅服务于当前的调研目的，为市场和客户提供基本参考。受研究方法和数据获取资源的限制，本报告只提供给用户作为市场参考资料，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。

## 合作说明

该报告案例章节包含部分企业的商业展示，旨在体现行业发展状况，供各界参考。

为商业决策赋能  
EMPOWER BUSINESS DECISIONS



艾瑞咨询