

数字孪生供应链



京东物流
JD Logistics



中国物流与采购联合会物流装备专业委员会
China Logistics Equipment Committee of CFLP/China Logistics Technology Association



1F E8
U19 RWA

LOADING PROCESS

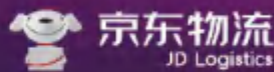
AGV



LOADING PROCESS

- FORM NAME
- ROOM STAGE 1
- 01 F001
- 02-A01-01-01
- 03-A01-01-01
- 04-A01-01-01
- 05-A01-01-01
- 06-A01-01-01
- 07-A01-01-01
- 08-A01-01-01
- 09-A01-01-01
- 10-A01-01-01
- 11-A01-01-01
- 12-A01-01-01
- 13-A01-01-01
- 14-A01-01-01
- 15-A01-01-01
- 16-A01-01-01
- 17-A01-01-01
- 18-A01-01-01
- 19-A01-01-01
- 20-A01-01-01






- 01-A01-01-01
- 02-A01-01-01
- 03-A01-01-01
- 04-A01-01-01
- 05-A01-01-01
- 06-A01-01-01
- 07-A01-01-01
- 08-A01-01-01
- 09-A01-01-01
- 10-A01-01-01
- 11-A01-01-01
- 12-A01-01-01
- 13-A01-01-01
- 14-A01-01-01
- 15-A01-01-01
- 16-A01-01-01
- 17-A01-01-01
- 18-A01-01-01
- 19-A01-01-01
- 20-A01-01-01



“新基建”引领创新突破系列专题 数字孪生供应链白皮书

京东物流
中国物流与采购联合会物流装备专业委员会
(2020.08)

TABLE OF CONTENTS 目录

-  认识数字孪生
-  数字孪生使能技术
-  数字孪生在供应链的应用
-  数字孪生推动供应链战略升级
-  应用实践和建议

FOREWORD 引言

数字孪生是基于物理系统的实时数字化模型。美国密歇根大学教授Michael Grieves博士于2002提出产品生命周期管理（Product Lifecycle Management, PLM）理想状态“通过物理设备的数据，在虚拟（信息）空间构建一个可以表征该物理设备的虚拟实体和子系统；并且这种联系不是单向和静态的，而是在整个产品的生命周期中都联系在一起。”，被认为是最早的数字孪生。其中包含了数字孪生的几个核心元素：真实空间、虚拟空间、从真实空间到虚拟空间的数据流连接，以及从虚拟空间向真实空间或者其他虚拟空间的信息流[1]。2011年，美国空军研究实验室（Air Force Research Laboratory, AFRL）最早提到了digital twin这个概念。关于数字孪生的基础元素，北京航空航天大学陶飞教授，基于Grieves教授的概念，进一步提出了数字孪生的五维模型：物理实体，虚拟实体，连接，孪生数据，服务[2]。本篇从实践角度，将数字孪生的关键元素定义为连接、数据、模型、交互和应用，并定义以及描述了数字孪生的三大类支撑技术：连接、计算（包括数据和模型计算）、交互。

供应链管理是供应商和客户的上下游关系的管理，使得能够以较低的成本为整个供应链提供卓越的客户价值[3]。供应链涉及产品生产和流通过程，是围绕核心企业，通过对物流、信息流、资金流的控制，从采购原料开始，制成中间产品以及最终产品，最后由销售网络把产品送到消费者手中的过程。供应链管理涉及供应商、生产制造商、分销商、零售商、以及最终用户组成的一个供需网络的管理，是从生产原材料到终端用户的完整链条。

数字孪生供应链即是供应链体系的数字孪生系统。以其为载体，将预测技术（时间序列，机器学习）、决策工具（如人工智能，运筹优化）等与数字孪生技术相结合，即形成基于数字孪生的决策支持系统。数字孪生供应链能够突破传统供应链的响应速度和成本瓶颈，通过数字化精细管理和智能决策提升供应链的效率，降低供应链的成本。它一方面为供应链管理提供有效的数据依据，另一方面能够基于数据分析技术帮助企业做出对未来趋势的预测和最优应对决策，又在预测和决策滚动实施中，生成新的数据支持新的预测和决策，循环往复[4]。通过数字孪生供应链，可实现供应链上下游全过程实时可视与协同，通过仿真模拟低成本高效率获得最优预测和决策，支持动态做出全局优化预测和决策方案。当前阶段，理想的数字化的孪生系统还比较困难，需要考虑孪生系统建设的投入产出比。数字孪生供应链，面向供应链，提供了一个数字化、智能化建设的思路和框架体系。基于这个框架，深入供应链一线实践并具备供应链科技能力的企业或者企业伙伴，可率先基于最切实的供应链痛点需求，建立起局部组件、系统和过程的数字孪生，进而逐步丰富，逐步积累数据和模型，逐步拉通上下游生态相关链路，并滚动形成强大的数字孪生供应链系统。



认识数字孪生

数字孪生是现实世界的精准的数字化表达。它包括连接、数据、模型、交互、应用五大核心元素，具备动态、精确、实时、双向交互关键特点；能够贯穿现实世界系统的全生命周期，提供监控、分析、诊断、预测、决策、控制等功能。

数字孪生已经率先应用到依赖复杂设施和机械的生产、以及涉及复杂系统或者过程的行业，包括航空、防御事业、制造、能源、汽车、公共设施和城市规划、建筑等行业。

基于现实世界数据驱动，数字孪生支持在数字世界进行试验和决策；能够减少试错成本、提升决策效率和有效性、优化产品质量和业务体验。当前，数字孪生的广泛应用依然面临不少挑战，典型地，成本较高，数字决策可靠性、安全性待提高，数据资产管理不成熟，系统互通障碍，人员和业务流程

I 数字孪生时代来临

数字化模型可划分为 3 类 [5]:

数字模型 (digital model)

现有的或者已规划的物理实体的数字化表示, 不涉及物理和数字实体的自动化数据交互, 也有人把这个称为描述型数字模型;

数字影子 (digital shadow)

基于实时传感器数据的建模和仿真应用, 支持从物理实体到数字实体的单向的自动化数据流, 也可以称为监测型数字模型;

数字孪生 (digital twin)

支持物理实体和数字实体之前进行实时双向的数据交互。数字孪生一方面可以使用实时的传感器数据作为输入, 另一方面可以输出生产制造过程或者生产设备的相关参数。

数字孪生是现实世界的动态数字化虚拟表示, 包括模型、数据、与对象的一对一关联以及监视的能力 (连接)、实体或系统, 例如数字孪生供应链即是供应链体系的数字化仿真虚拟。并且, 数字孪生具备动态、精确、实时 / 准实时、双向交互等特点, 区别于单纯的数字模型和仿真系统。数字孪生可贯穿现实世界系统的全生命周期, 通过实时更新实体的数字拷贝, 监测操作的完整性和运营流程、运转设施等性能, 持续优化实体系统的在全生命周期的相关过程。

数字孪生的技术基础由来已久。早在上世纪 60 年代, 计算机辅助设计 / 计算机辅助工程 (Computer Aided Design/Computer Aided Engineering, CAD/CAE) 等建模仿真工具应运而生, 数字孪生进入萌芽期; 到 2010 年之后, 数字孪生概念进入成熟期, 并最先应用于包括军事、航天航空、制造业等失败代价昂贵的行业。

随着包括物联网、云计算、人工智能等技术的发展, 数字孪生具备了推广的基础, 并受到了包括标准化组织、工业制造业巨头、IT、互联网的关注。从 2018 年开始, 国际标准组织 (International Organization for Standardization, ISO)、国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC)、电子和电气工程师协会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 等国际标准机构陆续着手数字孪生相关标准制定 [6]。先进制造企业, 西门子、通用电气 (General Electric Company, GE) 等分别提出了数字孪生的愿景并打造相关产品。

I 数字孪生时代来临

从国家层面，美国的国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）2011 年最早明确提出了数字孪生概念和数字孪生技术路线图，规划了航空航天军事领域相关用途；美国工业互联网联盟（Industrial Internet Consortium, IIC）于 2020 年 2 月发布了数字孪生工业应用白皮书。在中国，中国信通院早在 2018 年 12 月发布了《数字孪生城市研究报告（2018）》，引领探索数字孪生赋能智慧城市。2020 年 4 月，国家发展改革委和中央网信办联合发布新经济发展实施方案 [7]，更是将数字孪生提到与大数据、人工智能、云计算、5G、物联网和区块链等新建设施并列的高度；其中提出，“3. 开展数字孪生创新计划。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。”截止 2020 年上半年，包括上海、重庆、南京、吉林、北京等城市都先后推出数字孪生技术在智慧城市、工业互联网和智能制造服务、新基建工程的规划和实施意见建议。数字孪生政策、示范应用处于井喷之势。

数字孪生提供的解决思路和特征

传统地，新计划的落地，需要先做好详尽的试验规划。通过现实世界系统反复试验和评估，方能形成稳定的系统改进和决策优化。每一次的试验，往往涉及到系统割接，涉及到业务中断。这种系统优化方式成本高、时间长。

数字孪生通过将本来在现实世界中进行的试验试错和决策优化的过程放到数字世界中进行，使得现实世界始终执行最优化的计划和决策。具体地，数字孪生能够搭建物理事物或系统的动态软件模型，并依赖传感器数据实时动态理解其状态，对变化做出及时响应。数字孪生通过模拟影响决策的现实世界系统，能够在不涉及物理实施的情况下提供解决方案，降低了试错的成本、缩短了系统优化周期，保证业务始终以最优的状态运行。

具体实现上，数字孪生包括组件级别、资产级别、系统级别、以及过程级别。不同级别的数字孪生侧重提供不同的功能：

- 组件级别：组件维护和性能监控；
- 资产级别：制造产品质量保障，资产预测性维护和体验优化；
- 系统级别：涉及多个组件或者资产的串联，关注协作作业的效果和管理；
- 过程级别：最高级别，从业务角度，面向运营指标，包括吞吐量，质量等等进行优化。



I 数字孪生价值和挑战/约束

从数据驱动的角度，数字孪生的功能是层次化的、丰富的，包括 描述或者监控功能（Descriptive）、分析功能（Analytical）、诊断功能（Diagnostic）、预测功能（Predictive）、规范化决策功能（Prescriptive），乃至认知（Cognitive，突破人为设定的价值创造能力）[8][9]，具体地，其常见的应用价值大概总结如下：

- 实时远程监控和更高的安全性：数字孪生基于不中断的网络和设备连接，持续收集现实世界的的数据，支持 7*24 小时无中断、远程的实时监控。进一步地，支持从设备和过程中提取数据，识别缺陷、定位故障、实现信息可视化，防止因为设备或者过程异常造成的损失；
- 更高的产品质量和安全性：数字孪生通过模拟仿真，能够减少实物试验次数，缩短产品设计周期，降低试验与测试成本，提高可行性、成功率，可以防止特定行业产品缺陷引发的危险和失误。在制造业，数字孪生使能虚拟的定制，使能制造商在投资之前解决问题，防止安装之后高成本的调整；
- 预测性维护：基于数字孪生，可以进行更多预测性的以及基于状态的检修，帮助长远实现性能提升。具体地，因为产品和生产过程的错误一般能够由采集的错误的状态和指标导出来的，数字孪生基于预测性的状态观测，使能主动维护和支持，潜在有助于解决运营和维护出现的高成本宕机问题、缓解风险、避免突发的灾难性的破坏；
- “主动式”更有效的规划决策和效能优化：数字孪生积累了丰富高质的数据信息，使能企业基于数据驱动、主动分析优化决策质量。具体地，基于物理世界采集的数据，可以通过数据分析可视化呈现、数据仿真模拟智能决策等手段，实现有效的规划决策和既有资产的效能优化；
- 个性化、柔性的生产（更有效的控制执行）：基于数字孪生的实时数据采集和控制决策交互，能够提升环境和需求敏感度，支持实时、精细化响应变化，同时，基于数字孪生的跨系统、全流程的协作机制，方便使能快速个性化柔性制造；
- 跨系统、全流程的有效协作：数字孪生能够方便使能跨系统、全流程的过程的协作，降低不同环节信息收集和关联的成本，支持跨系统、全流程的协同决策，也能够解决传统的团队间协同困难的问题。以生产计划和调度的优化为例，数字孪生通过通用接口自动从制造执行系统（Manufacturing Execution System, MES）和企业资源计划（Enterprise Resource Planning, ERP）等系统采集生产和资源数据、以及客户需求的波动，基于需求数据驱动实时的生产资源优化、降低生产计划迭代以及避免库存浪费；

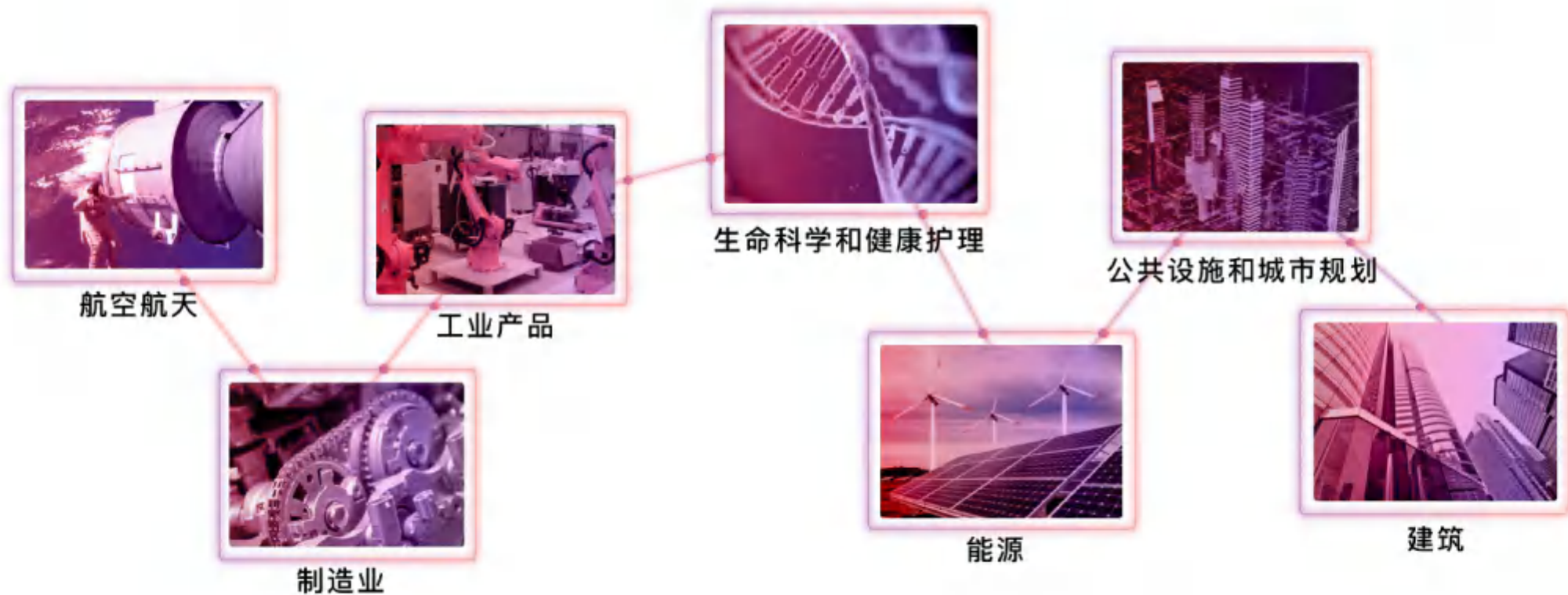
I 数字孪生价值和挑战/约束

同时，数字孪生的应用，依然存在如下挑战和需求。典型地，整体成本较高，数字决策可靠性、安全性待提高，以及在数据获取、虚实交互，模型交易，系统交易等方面需要实现技术突破：

- 整体挑战
 - 成本高：建设成本尤其是项目初始化成本可能较高，过分追求模型的精确性和完备性可能得不偿失。一方面，需要去决策是否是适合数字孪生的场景，评估带来的收益，另一方面精确的表述，需要在技术和经济限制下去平衡理想模型特征，合理假设简化模型；
 - 安全性：应用的安全性、可靠性，如果数字孪生直接用于决策控制，比如飞行控制、自动驾驶等等，需要对可能的不可靠因素进行分析排查，对系统的精确性、可靠性、鲁棒性进行重点评估和保障。
- 连接挑战：需要泛在的连接手段，和足够的通讯能力支持充分的数据获取；
- 计算挑战
 - 高质量数据：需要获得并筛选出对目标模型建设和目标问题优化的关键数据；
 - 产权保护：数字孪生的模型和数据涉及到产品和性能的详细的设计，可能还有敏感数据，引发对数据所有权、产权保护、数据控制和不同用户组数据接入控制需求；
- 交互挑战
 - 系统互通：尽管在开放性和标准化方面，已经有很多进展，但是比如数据交互的技术和商业阻碍仍存在，使得存在长期单一供应商绑定或者长期制约于单系统内部数据闭环，影响数字孪生的发展；
 - 工作系统和流程改进：数字孪生采集自物理世界的的数据，并实施生成需要物理世界实施的决策；这种自动化数据采集和决策实施，需要对现有包括计划、生产和作业系统进行重大改变；
 - 工作方式创新：员工、客户和供应商需要接受新的工作方式。

数字孪生应用

依赖复杂设施和机械生产核心的行业最先使用数字孪生得益，包括航空、防御事业，增强工程，制造，能源和汽车行业等，复杂系统的实施建设和优化也逐步在引入数字孪生：



I 数字孪生应用

- 航空航天应用数字孪生的驱动来自两个方面，一方面是核心产品的单品价值高，另一方面是试验的运行环境相对极端，不适用频繁进行。引入数字孪生，能够帮助降低实体尝试的昂贵成本，以及可能的高额损失；
- 制造业是资产密集行业，通过数字孪生能够进行产品的交叉验证，保证产品高质量的交付。特别地，数字孪生可以赋能增材制造（Additive Manufacturing）。通过运用计算机辅助设计（CAD）或三维物体扫描仪，支持以分层制造、逐层叠加的方法制造实体零件。数字孪生，辅助以3D打印等技术，能够快速制造出包括复杂几何图形的产品原型，从而减少了零件数量和装配时间，提升机械性能，使能小批量定制生产和“零库存”管理。
- 工业，工业产品涉及复杂、单品价值昂贵的大型机械设施。这样的设施一旦出现故障，可能产生很大的损失。通过数字孪生，使能远程监控、维修和预测性维护，减少宕机，提升可靠性。
- 生命科学和健康护理，医疗和健康事业，涉及生命安全，一旦出错，则将造成人员伤亡。而生命科学和健康事业也是不断探索、非常复杂的过程，比如一方面需要验证新药解决新的疾病问题，另一方面即使是相对成熟的药品对不同的病人也有不同的效果。通过数字孪生，能够以最低的试错成本，以及最高的效率，为病人提供疾病处理和健康护理
- 能源，以电力行业为例，涉及发电、输电、变电、配电、用电等多个环节，涉及到大量昂贵复杂的设施并且要求极高的可靠性。同时这些设施经常放置于偏远的区域。对设施的远程的状态监控、可视化、预测，具有较大的需求，而数字孪生可以帮忙实现这些相关的能力；
- 公共设施和城市规划，公共设施和城市规划，是复杂的工程，并且涉及大量的成本。基于数字孪生，能够在虚拟空间设计出性能和价格优化的方案；
- 建筑，建筑工程是不可逆的工程，并且建筑设计的合理性，将直接影响人员安全和建筑投资回报。同时，建筑施工过程还涉及到复杂的过程逻辑，以及施工安全等事项。总之，建筑设计是一项复杂、成本也较高的工程。数字孪生能在建筑设计和建筑施工，分别提供仿真建模评估优化决策，以及过程监督、安全管理和质量评估等功能。



数字孪生使能技术

数字孪生的发展和推广依赖创新技术的发展。这些技术，通过赋能数字孪生的核心元素和关键特点，支撑数字孪生的生成和价值创造。整体上，数字孪生的支撑技术可以划分为三大类型：连接、计算和交互。具体地，5G、物联网赋能了连接、使能双向交互；边缘计算、云计算、大数据、人工智能、边缘计算、区块链、GIS、仿真建模赋能数据分析和建模计算；机器人技术、扩展现实技术和通用开放协作接口支持灵活的交互、高效协作和良好的互动体验。

I 数字孪生使能技术

包括物联网、云计算、人工智能等新型基础设施和创新技术的发展，为数字孪生的发展奠定了坚实的基础，支撑数字孪生生成并创造价值。依托于一系列的技术底层设施，数字孪生的核心元素、关键特点才得以实现。整体上，数字孪生的支撑技术可以划分为三大类型：

- 连接：数字孪生要求实时双向交互，需要通过连接手段，实现现实世界的数据采集，以及通过数字世界到现实世界的决策反馈；
- 计算：数字孪生依托于数据进行精确建模和动态决策，需要依赖数据、模型和决策的计算，真正将采集的数据有效组织成能够创造价值的数字孪生体；
- 交互：数字孪生的交互涉及丰富的内涵，包括数字世界和数字世界、数字世界和物理世界、数字世界和人的互相的交流干预协作、信息流动和交换。为了使能这种灵活的互动，以及方便的过程拉通、系统拉通和决策界面，数字孪生需要对交互的接口、界面等进行规范和设计。



连接类



5G

5G 具备高速率、大连接以及低延迟的应用支持能力。基于 5G 的能力，一方面能够有效使能比如供应链各个环节，包括车间、仓库、运输、配送等，各类人员、车辆、设备数据的实时高效采集，另一方面可以支持数字化平台决策控制指令的实时闭环分发。可以说，5G 让丰富的物理世界数据采集成为可能，以及让物理世界和数字世界之间的泛在实时的互动成为可能。5G 为数字孪生提供联网设施，是数字孪生建设的基础支撑技术。



物联网

物联网是数字孪生的连接和数据基础，是数字孪生的关键使能技术。基于物联网，能够帮助实现物理设备的在线化，支持物理设备数据的实时的采集和监控，以及支持虚拟世界对物理世界的闭环控制。

计算类



边缘计算

边缘计算，是 5G 时代最核心的一个技术。它通过在靠近应用设备的地方，进行存储和计算，能够支持数据本地化保护、降低应用的响应时延、以及支持以更低的网络成本处理大流量业务。所以，任何有如下需求的应用均可以使用边缘计算来提升应用能力：具有数据本地化需求的应用、要求低响应时延、大流量要求减少传输压力。数字孪生涉及大量数据的实时处理，基于边缘计算，能够进行本地数据的过滤，降低流量成本，同时支持实时的决策和控制响应。



云计算

数字孪生涉及大量数据的存储和计算，包括历史和实时的数据，要求大量的存储和算力。而云计算的发展，以及成本的下降，是数字孪生得以应用和发展的基础。



大数据

大数据处理、存储和分析技术是实现数字孪生的基础。一方面，基于大数据，可以将现实生产中产生的业务数据进行采集、整理和分析处理，形成结构化的、可以供给数字孪生模型的数据养料；同时，大数据也可以支持数字孪生模型的智能化决策计算，发挥数字孪生的业务价值。大数据是数字孪生和现实世界的交互的信息和知识依据，是数字孪生的基础支撑技术。



人工智能

人工智能对于数字孪生模型参数设置和策略优化方面非常重要。基于人工智能，可以对历史业务数据进行分析，得到一些不易通过直接采样获得的数字孪生模型业务参数。另外，人工智能的相关技术可以帮助业务通过数字孪生获得知识积累以及决策控制优化，为业务运营创造价值。



区块链

数字孪生包括系统级别和过程级别的复杂模型。这类复杂模型依赖于多个设备孪生体、多方组织的数据和连接的协同。区块链的核心技术特征包括分布式账本、非对称加密、共识机制和智能合约。这些特征可以帮助区块链为数字孪生提供如下几个方面的支持：

- 区块链上的数据具备公开透明、不可篡改性，支持线上高可靠、可信任的数据和资产共享，支持数据可视化追溯。
- 区块链通过加密认证手段，支持分布式线上数据和模型的安全性，保障线上孪生系统的鲁棒性。
- 区块链的分布式共识机制，支持孪生系统需要协同的多方组织进行统一共识。
- 区块链的智能合约，支持按需进行跨组件、跨系统之间过程有效性校验，支持跨组件、跨系统之间灵活的数据和模型交易。



GIS

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS), 也可以说是地理信息服务, 是用于输入、存储、查询、分析和显示地理数据的计算机系统和服务。GIS 结合地理学与地图学以及遥感和计算机科学, 能够对空间信息进行分析和处理, 并进行视觉显示。GIS 对于涉及空间建模的数字孪生尤为重要, 包括交通运输规划、仓库路径优化、城市规划等, 都依赖 GIS 进行孪生体的构建。



仿真建模

仿真建模, 是经过合理的分析抽象后, 采用一个相对简化的系统来表征另一个复杂系统的主要行为或特征。仿真建模是数字孪生的核心环节。没有仿真建模就没有数字孪生。而数字孪生基于仿真建模、协同其他数字孪生使能技术, 进一步要求做精确、实时、能够和现实世界之间的精确交互, 以及支持跨系统、全流程以及全生命周期的联动管理。

I 交互类



I 机器人技术

机器人具有感知、决策、执行等基本特征，可以辅助甚至替代人类完成危险、繁重、复杂的工作。机器人能够辅助人类提高工作效率与质量，或者扩大或延伸人的活动及能力范围。具体地，机器人技术可包括实体的物理机器人，以及包括 Robotic Process Automation RPA 等软件系统。机器人技术和数字孪生可以说是互相推进，协同发展。一方面，机器人技术依赖于数字孪生技术，经由数字孪生对机器人的组件和系统进行精准监控、预测和控制，能够保证机器人研发更高效，并以更高的可靠性、稳定性，以及精确度执行任务，以及更方便进行维护；另一方面，机器人技术也将推动数字孪生的发展，机器人本身也是一个超级传感器，机器人技术依赖大量数据的采集和辅助决策，与数字孪生的机理类似，机器逻辑通过云化、模型化等过程，即是一个数字孪生系统。



I 扩展现实技术

扩展现实技术包括增强现实 (Augmented Reality, AR)、虚拟现实 (Virtual Reality, VR)、混合现实 (Mixed Reality, MR)、全息等技术。其中，AR 能够将虚拟画面叠加到现实场景，增强现实认知；VR 提供虚拟世界的沉浸式的体验；MR 能够将虚拟画面叠加到数字化的现实画面，支持更沉浸的虚实叠加效果；而全息通过光线重建技术，能够构造出融合到环境的三维立体画面。扩展现实技术，能够提供对数字孪生显示的有效支持。通过立体沉浸的画面，提供精确可视的决策支持。



I 通用开放式协作接口

为了支持孪生模型在较长的生命周期，具备同跨行业、跨企业、跨系统、跨设备的其他模型方便地做对接和协作的能力，数字孪生要求采用比较通用的接口、程序语言等等，方便做系统的对接和对外的服务。数字孪生体的构建和表达，需要尽可能采用通用的方式，以帮助数字孪生体延长生命周期，以及进行交易和对接。



数字孪生在供应链领域的应用

数字孪生供应链即是供应链的数字孪生系统，通过将数字孪生渗透到供应链的各个环节，能够突破传统供应链的响应速度和成本瓶颈，有效拉通上下游，实现供应链协同，提升供应链效率、加速供应链响应。具体地，供应链协同包括依托数字孪生提供的数字化、可视化的市场需求洞察，联动到孪生的供应链计划和供应链执行，使能供应链高效运行。供应链计划还包括供应链网络规划和供应链生产计划；供应链运营执行则包含供应链各个环节的具体操作，包括仓储、枢纽、运输、配送以及全链路协同跟踪等。供应链不同环节的数字孪生以及协同，将助力实现供应链的降本增效。

I 数字孪生在供应链的应用

供应链涉及产品生产和流通过程，是围绕核心企业，通过对物流、信息流、资金流的控制，从采购原料开始，制成中间产品以及最终产品，最后由销售网络把产品送到消费者手中的整个流通过程。这一过程涉及供应商、生产制造商、分销商、零售商、以及最终用户组成的一个供需网络。

当前，供应链主要面临如下挑战：

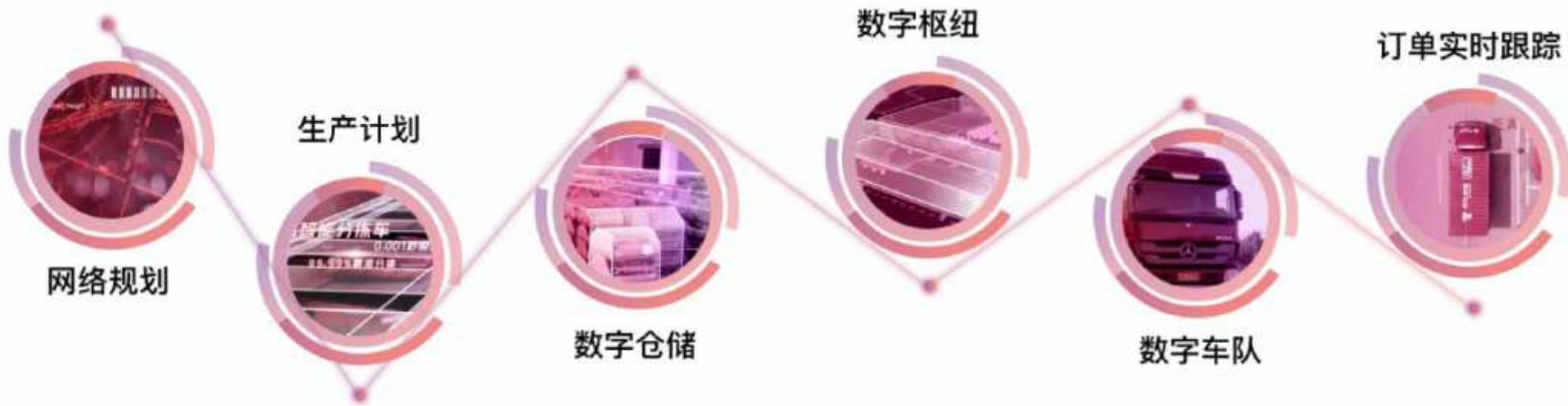
- 指标要求不断严苛，消费者对供应链响应速度、物流服务质量的要求只增不减；
- 企业难以通过传统方式快速响应市场变化，更需要从精益管理和决策中实现降本增效；
- 企业信息化、数字化水平较低，数据质量层次不清，有数据没有数据应用的“抓手”；
- 供应链上下游体系数据可视与协同性差，经常做出短视和局部决策；
- 没有科学的工具帮助企业做出最优的分析和决策。

数字孪生供应链即是供应链的数字孪生系统。以其为载体，将预测技术（时间序列，机器学习）、决策工具（如人工智能，运筹优化）等与数字孪生技术相结合，即形成基于数字孪生的决策支持系统。数字孪生供应链能够突破传统供应链的响应速度和成本瓶颈，有效拉通上下游，基于数据驱动进行精细管理和智能决策，提升供应链的效率、降低供应链的成本。

具体地，对供应链各个节点（仓储、枢纽、运输、配送）和节点的业务环节（比如仓储的库存管理）进行模型建立，是颗粒度较精细、也是最贴近业务实际运营的数字孪生供应链方案。各节点是最小的结构器官，通过对这些结构器官的建模和仿真，以及通过开放接口将模型串联，可以线上使能整个物流网络的功能运转。而对于一线运营人员而言，可以借助具体的结构器官的孪生模块、以及串联的模块和过程，并且借助不同的孪生业务过程，对自己所管理的场地进行产能评估、设备模拟、风险预判、策略验证等关键操作。

I 数字孪生在供应链的应用

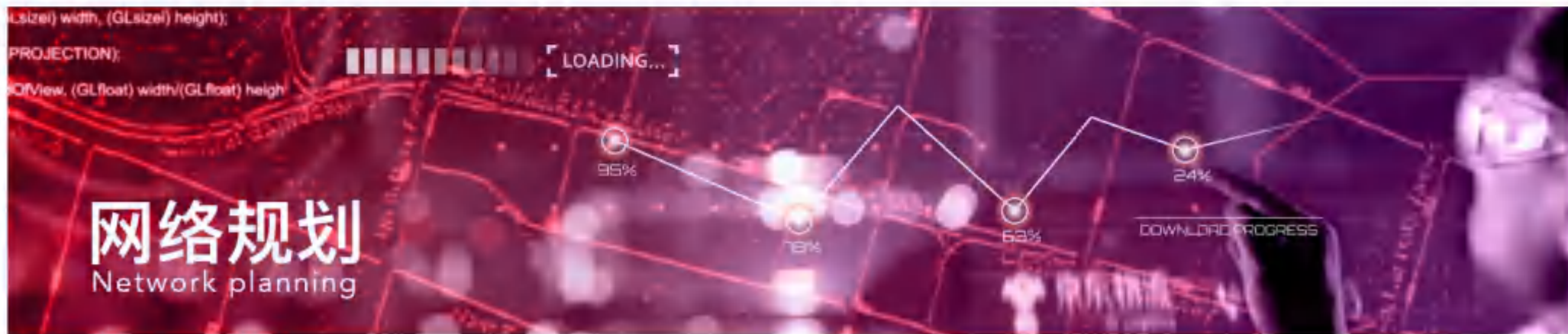
数字孪生供应链协同依赖于市场需求的洞察、高效进行供应链计划和供应链执行。具体地，供应链计划还包括供应链网络规划和供应链生产计划，供应链运营执行则包含供应链各个环节的具体操作，包括仓储、枢纽、运输、配送以及全链路协同跟踪等。供应链不同环节的数字孪生以及协同，将助力提升供应链效率。



网络规划

供应链网络包括供应链作业场地和物流运输等流通环节。网络规划数字孪生重点对物流网络中物资流转的设施选址，以及后续的流量流向规划和具体运输方式安排，进行仿真模拟和运筹优化。依赖实际运输网络数据，以及一定的规划假设，对运输网络进行迭代式仿真，可以真实地呈现不同规划下的物流网络整体运营情况。运输网络起到了“血管”的作用，用分段、多种类的运输方式将各个物流节点的仿真模型进行连结，模拟物资由各个物流节点处理完毕后的流通方向以及货量，可以支持对整体网络压力、网络瓶颈等进行评估。

随着网络结构趋于复杂，传统的数学规划方法，会因网络规模持续扩大而陷入“解空间爆炸”的问题，无法在可接受时间内得到满意的全局规划方案。并且，由于无法考虑现实中复杂运营规则和各种动态随机性因素，导致无法在可接受时间做出优化的规划决策结果。而数字孪生建模方法依托物联网、云计算、大数据和仿真建模方法，基于获取的实际网络数据和执行策略，精细刻画骨干网络细节，结合现代启发式算法，能够支持搭建一个用于解决超大规模网络规划问题的智能决策系统。



I 生产计划

在供应链的不同环节,生产计划数字孪生有不同的内涵。对于制造生产,制造执行系统(MES)是生产管理的核心,它负责接收ERP下发的生产计划,根据生产情况进行计划排产、生产调度,并将生产执行结果反馈至ERP。数字孪生加入生产计划系统后,等同于在制造执行系统与ERP中增加了智能大脑,数字孪生将虚拟制造结果反馈至ERP,其中生产的虚拟产品用于反向定制的客户体验,并将仿真结果提供给品牌商,品牌商根据各个工厂的产能情况合理分配订单,能够实现小单快反。同时,数字孪生将优化仿真后的生产计划及执行策略下发制造执行系统,制造执行系统接收信息并进行真实的生产制造。以服装制造业为例,通过逐渐将MES升级为数字孪生系统,能够更便利实现小单快反、反向定制。以服装行业为例,在数字孪生的推广下,服装制造企业不再需要设计工厂级的制造执行系统,只需通过数字孪生完成各个生产车间的信息集成,服装制造企业通过标准的集成接口和协议即可完成车间信息的交换,如果车间的生产形态发生改变,只需更新车间信息即可进行虚拟制造。通过不断集成工厂及异地工厂的车间信息,即可实现车间与车间、工厂与工厂间的协同制造,极大提高生产柔性。

对于物流生产,一方面可以通过数字孪生提供对当前的生产方案和生产能力的在线实时监控;另一方面可基于数字孪生体对物流生产目标进行动态迭代优化,从而反向输出优化后的生产计划、资源使用或者采购计划。以仓储机器人生产计划为例,仓储机器人的作业能力受很多因素影响,包括场地的面积、并行机器人数量、机器人移动速度、通讯网络能力,以及机器人作业路径规划等等。基于数字孪生体,能够刻画仓储机器人资源配置和作业能力之间的关联关系。后续基于机器人作业吞吐量产能目标的交互,即可反向确定生产计划。



数字仓储



数字仓储 | 数字库存

传统库存通过对库存报表、生产报表进行加工，实现对生产过程的数据统计和分析。这种库存管理方式重点依托人员经验，投入高、数据实时性差。数字孪生使能的数字库存，一方面，从仓储管理系统（Warehouse Management System, WMS）获取实时生产数据，实时、直观展示库存水位、拣货热力、上架热力等仓内各类生产实况，提升仓储管理者监控、分析和决策效率；另一方面，基于在线库存建模仿真，数字库存能够针对具体业务场景，上承宏观层面上网络仿真以及预测、下接物流运营层面仿真优化，在“需要一个什么样的网络”与“将来的业务将怎样发展”之间，管理物流网络上应当如何布局货物、布局多少货物，解决物流操作的库存分布优化问题。

具体地，库存模拟仿真技术上，分为策略仿真优化和参数仿真优化 2 个分支。

在策略仿真优化上，首先针对当下企业所管理的商品在销售趋势、销量标准差、最高销间隔等上做定量刻画，初步进行库存策略分类，根据不同的分类结果，对不同的分类组，结合指标的数理特征，针对性应用不同的库存模型，定义单一商品；进而，对指标处于分界线上的商品，假设其某个核心指标发生随机扰动，继而在多个策略之间进行扰动仿真，

判断是否在库存策略上是稳定的，若是，则进一步采用某个库存策略，若否，则采用被采纳概率最大的库存策略。由此建立了应对趋势稳定商品、季节品、大单驱动型商品、长尾品、以供定采商品等的所适用的库存策略。

参数仿真优化，考虑到目前库存模型多为运营人员手工输入。在海量历史数据中，抽取多参数组合、当时预测准确率、事后综合运营指标，作为基础训练集；同步采用仿真系统生成仿真结构，作为补充训练集。采用人工智能深度学习方法，结合迁移学习，训练参数生成网络，学习参数组合、预测准确率与综合运营指标的关系。在实际系统运行中，按指定时间间隔，以预计预测准确率为输入，综合关键运营指标为目标，快速、自动生成最优参数组合。由此完成高性能、高准确性、高商品覆盖率的参数学习及自动调参系统。



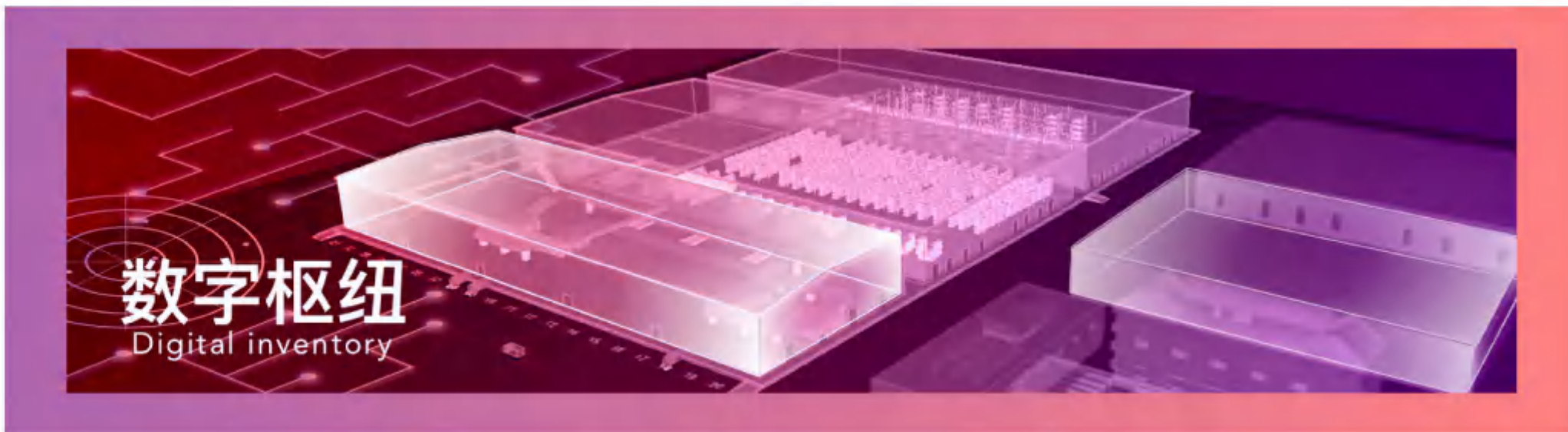
数字仓储 | 数字拣选

仓库拣选（也称拣货）成本占仓库整体运营成本的一半以上。对拣选环节进行优化，可以起到明显的降本增效作用。有效的拣选任务分配，是降低拣选时间进而降低拣选成本的关键一环；任务分配的好坏很大程度上决定了拣选任务耗时的高低。在任务分配过程中考虑具体的仓内地图模型以及拣选路径规划，能够极大提升任务分配结果的优良程度。

基于数字孪生的数字拣选，能够基于实际仓库数字化建模的地图，以及历史任务分配和拣选路径执行策略，结合优化算法，在数字系统对任务分配、人员排班、人员调度、人员拣选路径等方面进行综合策略优化，并动态作用到实际仓库。

特别地，在面积较大、人员流动较为频繁，或者货品变化频繁、货品差异较难辨认的仓库，拣选员通过佩戴 AR 眼镜等可穿戴设备，可以和孪生数字系统进行实时交互，基于在线人工智能图像识别，实时获得仓库货物的识别信息，以及基于高精定位和导航技术，使能快速到达正确的拣选位置。

数字枢纽



数字枢纽 | 数字场站

物流园区需要各种车辆实现货物的供应和分发。一般地，车辆通过任务预约进入物流园区后，到园区停车场等待任务调度或者到指定工作月台执行任务，然后离开园区。传统的月台调度管理比较粗放、车辆也缺乏引导，运输和转运车辆在园区内等候时间长、中转速度慢，园区月台等工作场的使用效率不高，影响物流园区的吞吐能力和作业效率。

基于数字孪生的数字场站，实现园区车道闸、大屏、月台摄像头、车辆预约系统的协同。当车道闸智能识别到“合规”车辆时，自动放行车辆。然后，通过在交互终端显示数字化建模的园区地图和车辆的规划路径，将车辆自动导引到操作月台。

数字枢纽 | 数字月台

传统的月台作业，大多通过人员操作移动端，触发作业车辆到达、驶离月台。这种月台调度方式存在操作延迟、信息不同步等问题，不利于作业月台场地资源的有效利用。

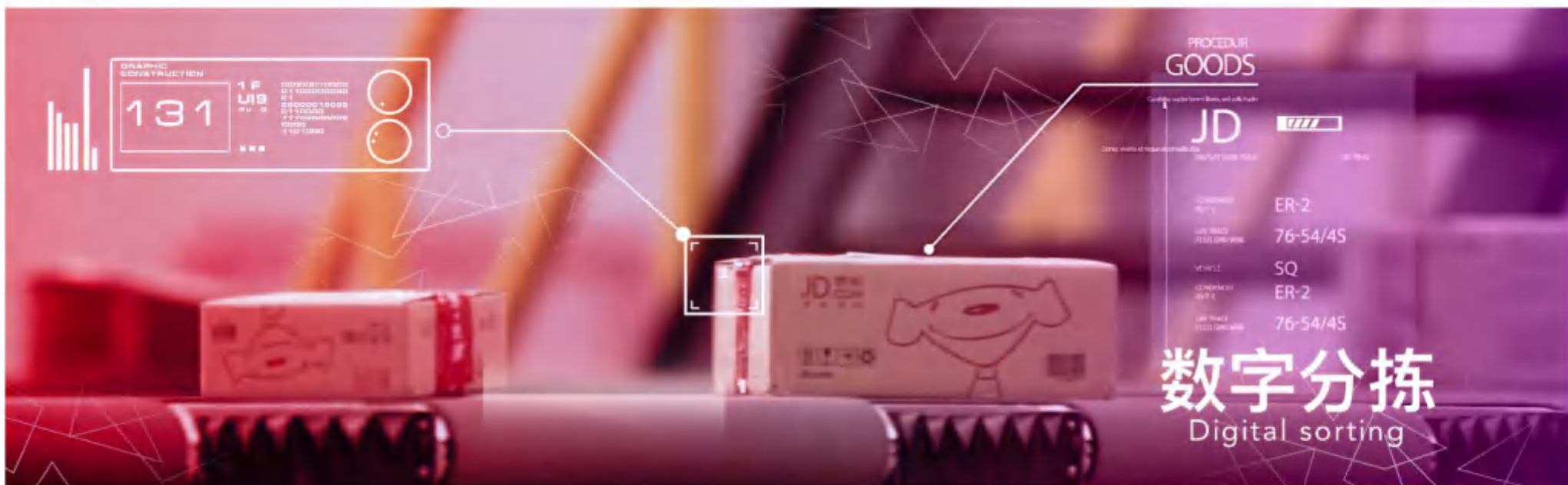
数字月台依托于月台场站的数字孪生系统，对月台和作业车辆进行状态建模和关联。数字月台首先通过 5G+ 边缘计算等方式获取月台摄像头视频回传；接着对视频数据进行实时计算机视觉计算，识别车辆的抵达、驶离、作业车辆类型和车牌；从而自动化闭环触发车辆作业，降低人工干预的同时，提升月台利用率。

数字枢纽 | 数字分拣

在园区与物流枢纽，分拣是非常重要的作业模块。分拣数字孪生，具体到业务场景上，是对分拣作业场景进行拆解和建模，以及为分拣运输环节进行产能规划。

自动分拣设备数字孪生仿真系统，支持对现实使用的不同生产厂家、不同型号、不同大小、不同类型的分拣机进行三维仿真，支持对分拣产能和错包率的评估，为分拣设备的

为分拣设备的科学规划和合理运营提供数据和策略支持。数字孪生仿真系统在综合导入现实以及预期的自动分拣设备的机械参数、流向格口绑定关系、集包人员排班与调度等数据的情况下，对分拣机的分拣流程进行仿真，可以高效并准确地评估设备的产能，为分拣中心的规划和日常运营提供指导，包括：在规划层面辅助进行产能评估，在计划层面可以给出流向和分拣格口的最优绑定关系，在日常运营层面辅助进行集包人员调度与排班等功能。



丨 数字枢纽 丨 数字安防

物流园区是一个多系统、多层次的复杂系统，具有点多、线长、面广的特点。为保证园区的安全运转，不仅需要管理者拥有丰富的经验、知识，还要求操作人员具备较高的技术水平安全意识和应变能力。为保证事故、异常的可追溯性，物流园区在现场逐步推广摄像头和报警器，该方案在一定程度上解决了现场监控问题，但是园区监控所需传感器众多，基于人员进行摄像头异常信息的排查需要较多的人力工作量，并且极大依赖人员责任心，很难有效及时地排查可能的异常情况。

基于数字孪生的数字安防，允许摄像头通过 5G 和物联网等方式灵活接入到视频平台。数字安防，可以通过在云端和边缘端，构建异常行为建模，以及部署智能识别算法。而后，基于现有的摄像头 24 小时不间断的动态视频数据采集，进行异常行为的实时识别和报警，比如消防门开启、安全通道堵塞、未戴安全帽、未穿反光衣、暴力分拣、异常掉件等场景。数字安防，使用技术代替人员，解放了库内人员的“双眼”，有效提升仓库的异常识别率，同时减少仓库人员需求，从而达到生产安全保障以及降本增效的用途。

I 数字车队

随着业务发展，多城市间的运输单量和终端揽收量和派送量急速增长，传统的运输模式和终端履约模式逐渐产生瓶颈。在运输和终端配送场景搭建数字孪生可以帮助规划和运营在控制成本的条件下，通过提升满载率和人员效率等手段，来满足业务实际诉求。

数字孪生使能的数字车队，是基于 5G、物联网、区块链、北斗定位、图像处理、人脸识别、大数据等技术和人工智能算法，建设的面向物流运输以及其它商用车的车联网融合创新应用体系。基于数字车队，车辆实时位置、货物实时情况、司机驾驶安全都可以随时掌握。运输方面，基于数字孪生，可以对现状运输运营情况进行实时观测，并在孪生体上调整线路开通标准、线路设计等关键因素，模拟并评估整体策略的影响，从而导出理想的现实运输决策；配送方面，考虑全部或者部分由路区配送员兼职揽收、或多个配送员配合完成揽派工作、或安排专职人员揽收，这些运营模式会很大程度上影响最终的履约效率和履约成本，借助揽派数字孪生模型对站点覆盖区域的系统仿真建模和策略支持，可以提前预估当前模式下的履约成本和效益，减少人工试错的成本，提高站点的人效，支持终端做出更精准规划和运营组织决策。

I 订单实时跟踪

随着业务的发展和用户需求的提升,企业对货物的追踪可视化将有更大的需求,但因技术、成本限制,物流追踪应用普遍存在高延迟且无法全程覆盖等问题。从仓储和分拣的拣货、出库、分拣,再到运输的干线、支线,最后在站点的装、卸整体流程过程,往往发现货品丢失、质量问题的环节都是在最末端。分清责任、并寻找问题发生的“原点”、针对性的解决质量问题的隐患,成为了整体仓、配过程中的“痛点”。

解决痛点,需要系统梳理庞大的物流网络的非常复杂的运营和规划逻辑,在大规模需求产生的同时也需要快速对网络状态形成判断,并作出有效决策,作用到实际的企业资源计划和履约执行系统。通过数字孪生模型及其跨系统的通用开放式协作接口,可以快速协同仓储、分拣枢纽、配送站点、以及运输车队,快速传导整个流程中的任何改变,并作出及时的响应调整,保障整体履约时效和成本。具体地,通过 5G 等高质量网络精准采集货物关联的仓库与车载相关的视频监控画面、传感数据,建模订单经过的仓储、运输、配送等各环节的孪生体,并经过区块链和通用开放接口等技术进行有效串联,从而对订单全程进行监控、计算、分析和预警,为物流时效和质量保驾护航、提升物流履约能力和客户体验。



数字孪生推动供应链战略升级

数字孪生供应链能够解决供应链痛点问题，推动供应链的战略升级。通过数据的采集、数据和数据智能的分享、上下游联动，数字孪生供应链能够实现各环节的优化决策，实现跨环节、跨生态的供应链协同优化，加速行业的融合升级和商业的变革。具体地，数字孪生供应链的业务价值体现在几个方面：全程可视，方便决策；上下游高效协同，高质量运营保障；数据驱动，科学决策；精益管理，快速响应；产品、服务和商业创新；社会效益，促进物流、供应链、区域、行业和人员的转型升级。



数字孪生推动供应链战略升级

数字孪生供应链，通过数据的采集、数据和数据智能的分享，以及上下游联动，能够支持供应链的协同优化，加速行业的融合升级。

- 全程可视，方便决策，数字孪生基于物理世界构建精准的模型，支持对供应链全过程进行监控和可视化展示。同时，基于精准的仿真评估方法，能够对现有物理设施支持的能力，比如物流并发能力以及指标，进行精准掌控。
- 数据驱动，科学决策
 - 精准规划指导，包括场地建设、网络路线规划、以及相关的优化，原本依赖专业的知识经验、并且很难反复试验验证的工作，都可以基于数字孪生进行提前交叉验证和精准决策。
 - 资产运营、维护和效能优化：数字孪生累积的大量数据使能主动维护和支持，能够基于理想状态值和实际监控值的比较，对运营异常进行及时发现和追溯，包括及早干预失败和减少中断。此外，基于运营成本投入和运营能力指标的评估，能够精准估算投入产出比、评估进一步投资需求，支持进一步的商业投资决策，支持制造者远程监控、诊断、优化资产，帮助提升服务的可用性以及降低成本。
- 精益管理，快速响应
 - 自动化、柔性化、智能化生产，更好地满足客户需求，从精益管理和精益决策中实现降本增效，并提升服务能力。基于数字孪生，能够对生产过程涉及的模块化设备组件进行分别建模，进而，能够基于客户需求，进行智能设施的装配组合，从而适配多样化场景，进行作业执行。比如仓库和车间的 AGV 设备，可以按需组合，并通过云端流程配置，支持搬运、拣选、分拣等相关过程。
 - 个性化定制，以客户为中心。数字孪生贯穿产品的全生命周期，能够加速产品研发和迭代升级。通过数字孪生，构建标准化、开放化的服务接口、以及自动化的过程控制，能够低成本实现定制化服务，促进个性化定制服务的可得性。
- 上下游高效协同，高质量运营保障。市场响应速度是供应链最核心的指标，涉及到供应链多个环节的协同，是一个非常复杂的过程。通过数字孪生高效协同供应链各个环节，对业务趋势以及响应能力进行预测、排产，并对多个环节进行串联协同，交叉验证，能够帮助供应链主动优化整体运营响应、履约时效等，提供精准的运营保障。

I 数字孪生推动供应链战略升级

- 产品服务和商业创新，数字孪生基于数据驱动和上下游协同，支持主动为客户创造价值，为长远生态布局的决策提供数据化支撑。具体地，数字孪生基于数据和模型，能够综合不同环节，以及在产品生命周期，提供适配的服务，提升产品和服务的体验。比如面向大件商品服务，面向制造业客户，可以提供售后跟踪以及及时维护等相关服务，提升产品的体验，提升用户体验。进一步地，基于供应链数据，可以进一步为制造业客户提供商品生产的咨询建议。此外，数字孪生支持在数字空间，基于上下游提供的产品需求假设，可以支持生成式设计（Generative Design），提供丰富的产品创意。
- 社会效益
 - 解放劳动力，将人员从重复性、繁琐、易出错的活动解放出来，使得人们专注更高价值的活动。
 - 促进物流和供应链服务行业转型升级，助力物流和供应链服务行业提升信息化、数字化和智能化水平，驱动从劳动力和资产密集型向技术和体验驱动转型。
 - 从上下游协同，促进区域价值链升级，通过信息互联互通，加强物流园区与产业集聚区的融合发展，集中制造商贸业的采购、分销、物流、维修等非核心业务在物流园区，提升产业服务的专业化、社会化水平，助力区域经济价值链升级。
 - 重构行业生态，优化效率和体验。通过数字孪生上下游产业链的数据和模型，以及数据价值流动，支持面向产业效率和业务体验，进行上下游行业融合创新和行业生态重构。



应用实践和建议

数字孪生能够提供数据驱动的实时、精准、匹配供应链全流程以及全局优化的决策和控制支持。

考虑复杂度和成本，数字孪生短期可以从一个单体设施、一个系统、一个应用场景逐渐搭建起来，长期，数字孪生将支持数据和信息的不断积累扩张，创造巨大的价值。以京东物流为例，作为一个供应链科技服务企业，京东物流于2019年发布了LoMir（络谜）5G智能物流平台，重点基于5G+物联网+人工智能等创新基础设施，推进物流的泛连接、数字化、智能化，推动物流供应链数字孪生的建设，支持物流全链路的实时监控、可视化、智能分析和实时交互。京东物流数字孪生供应链应用依托于数据可视分析以及协同模拟决策的产品和服务能力。目前，京东物流的数字孪生供应链产品和解决方案已在京东亚一、北斗新仓，及其物流骨干网络应用。数据显示，数字孪生的引入，降低了京东物流网络和仓库的建设成本和周期，提升了供应链运行响应时效，同时有效提升场站、设备和人员效能。

I 应用实践和建议

基于 5G 网络通信以及工业互联网等连接手段、大数据、仿真、运筹优化、人工智能计算技术,以及新型交互技术,京东物流打造了新型智能物流数字孪生供应链平台——LoMir (络谜)。基于该平台,数据采集的有效性、及时性,以及数据交互的智能性、及时性,将得以提升。该平台从物流业务核心痛点出发对重点问题和解决方案进行建模、计算决策,对业务决策流程实现了革命性的提升,推动物流和供应链降本增效。基于孪生体的扩展性,该平台可拓展广泛适用于各种物流场景的应用。

具体地,该平台包含如下解决方案:

数据可视化及分析:

- 面向产业的数据治理、数据指标的技术咨询服务;
- 高性能大数据平台产品,离线和实时大数据解决方案;
- 智能大数据分析 & 多维度预测技术服务,如异常判别、归因分析、销量预测等;

供应链决策支持:

- 分行业供应链协同平台服务;
- 企业供应链决策支持系统,如网络优化、库存优化、智能执行等;
- 企业供应链仿真数字孪生系统,实现全链可视、方案模拟、风险预判等;

智能物流应用:

- 数字仓储,如库存监控、可视和商品布局,拣选调度、路径优化和AR展示,生产安全监控识别等;
- 数字枢纽,如车辆无感进入作业园区,智能导引智作业月台,以及数字月台智能识别作业车辆并做自动化作业调度,自动化分拣线等;
- 数字车队,通过数字化手段,提升车辆满载率和运输车辆管理效率,降低运输配送车辆运营成本;
- 订单实时跟踪,全流程可视化可追溯,如基于车载摄像头、仓库摄像头、车载传感器、资产和货;物定位器等,实现全流程数据采集监控和可追溯

I 应用实践和建议

目前，基于 LoMir 的应用解决方案已经成功在京东物流内部京东亚一等场景进行复制，并同步对外赋能。其背后的数字孪生供应链仿真系统已经在京东物流自有的骨干网络及智能仓储建设的业务场景中得到了很好的应用，并已覆盖 8000 余条主要运输线路，为日常或者 618、11.11 等大型促销日的物流网络提供产能评估和预警，有效降低平均运输里程、提升平均时效。在天津市武清区物流园的北斗新仓，通过数字孪生供应链系统解决方案，支持提前对仓储建设方案进行模拟和评估，提升了设备投入产能、提升人员拣货生产效率。

数字孪生供应链系统正基于一个供应链元素、一个供应链过程、一个供应链系统，逐渐建设起来。这是一个智能、开放的模型，支持不断地引入新的元素、过程和系统，不断去解决新的问题。而且随着数据的积累和丰富、数据和模型的精细化，系统的控制颗粒度、精细度也将逐步提升，并最终全面推动供应链战略升级。

REFERENCES 参考文献

- Grieves, Michael. (2016). Origins of the Digital Twin Concept. 10.13140/RG.2.2.26367.61609.
- 陶飞, 张贺, 戚庆林, 张萌, 刘蔚然, 程江峰, 马昕, 张连超, 薛瑞娟. 数字孪生十问: 分析与思考 [J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(01): 1-17. - DOI: 10.13196/j.cims.2020.01.001
- Logistics and supply chain management : creating value-adding networks / Martin Christopher. -- 4th ed. ISBN 978-0-273-73112-2 (pbk.)
- 京东物流, 联通网研院, 《从连接到智能 -5G 助力物流数字化转型升级》, 2019 年 7 月
- Werner Kritzing, Matthias Karner, Georg Traar, Jan Henjes, Wilfried Sihm, Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification, IFAC-PapersOnLine, Volume 51, Issue 11, 2018, Pages 1016-1022, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>.
- <https://www.cimdata.com/en/>
- 数字孪生白皮书, 2019 年 12 月, 安世亚太科技公司
- 国家发展改革委 中央网信办印发《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: https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202004/t20200410_1225542_ext.html
- DHL: Digital twins in logistics, a DHL perspective on the impact of digital twins on the logistics industry
- 《数字供应链孪生研究报告》, 罗戈研究, 2020 年 7 月

DEFINITION 定义

英文缩写	英文全称	中文全称
PLM	Product Lifecycle Management	产品生命周期管理
AFRL	Air Force Research Laboratory	美国空军研究实验室
	Digital twin	数字孪生
CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
CAE	Computer Aided Engineering	计算机辅助工程
MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
ISO	International Organization for Standardization	国际标准组织
IEC	International Electrotechnical Commission	国际电工委员会
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	电子和电气工程师协会

DEFINITION 定义

英文缩写	英文全称	中文全称
GE	General Electric Company	通用电气公司
NASA	National Aeronautics and Space Administration	美国国家航空航天局
IIC	Industrial Internet Consortium	美国工业互联网联盟
	Additive Manufacturing	增材制造
GIS	Geographic Information System	地理信息系统
RPA	Robotic Process Automation	机器人流程自动化
AR	Augmented Reality	增强现实
VR	Virtual Reality	虚拟现实
MR	Mixed Reality	混合现实

DEFINITION 定义

英文缩写	英文全称	中文全称
ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源计划
WMS	Warehouse Management System	仓储管理系统
LoMir	Logistics Mirror	物流镜像，物流数字孪生， 京东物流5G智能物流平台

创泽智能机器人集团主要产品



智能服务机器人



智能陪护机器人



安防巡检机器人



消毒机器人



智能党建机器人



智能教育机器人



智能导诊机器人



银行智能机器人



室外智能消毒机器人



智能大屏机器人



多功能消毒机器人



全自动智能消毒杀菌机器人



智能医用消毒机器人



智能配送机器人

了解更多登录官网

www.chuangze.cn