

# 京东数字孪生供应链仿真平台案例

## 一、 本企业的基本信息

### 1. 企业名称： 京东零售集团

**2. 主要产品和服务：**京东零售集团致力于构建完备成熟的零售生态体系，以多元化的产品为平台，提供全流程的用户服务，追求极致的用户体验。针对不同用户群体和场景，京东零售打造了一系列线上和线下的产品与平台：包括C端消费者日常生活中经常使用的京东主站和相应 app，满足社区团购需求的京喜，以及线下的京东便利店、七鲜超市、京东之家等等；针对B端用户，有新通路、京东企业购、慧采等产品。用户服务涵盖售前的商品咨询、售中的商品安装、售后的退换货等。与此同时，通过智能化的手段打通与外部平台的连接，再借助全渠道的模式和能力，持续优化品类、服务和用户体验。为了保证商品质量和服务效率，京东坚持自营近 1000 万种不同 SKU，通过一手业务销售商品，更加可以保证用户整体的交易质量。大多数单纯平台形式的电商不需要承担库存成本，只需要连接卖家和买家，而京东是自己作为卖家（零售商）去服务用户，所以自营模式会带来高昂的库存成本，而京东零售的智能供应链的重要任务之一就是去优化库存，提升库存效率，降低库存周转天数，库存周转天数是反应供应链和库存效率的核心指标，目前京东已经将库存周转天数优化至近 30 天，对标世界先进的零售和电商巨头也处于领先地位。

### 3. 供应链部门介绍：

**3.1 供应链部门的构成：**京东零售的智能供应链 Y 业务部目前分为 5 大板块，包括 C2M (Consumer-to-Manufacturer)，品类与供应商，价格与促销，库存管理，以及履约管理。通过这五大板块的协同与能力整合为京东零售供应链保驾护航。

**3.2 主要职能：**智能供应链 Y 业务部的使命是通过数字化实现供应链成本、效率、体验的持续优化；愿景是成为零售行业供应链效率的全球领导者。五大板块中：C2M (Consumer-to-Manufacturer) 包括反向定制、个性化定制等方面，通过对下游的洞察和分析去提升上游的生产效率，降低新品研发成本，加快新品上市周期，以及提高新品上市成功率；品类与供应商主要涉及品类规划、商品寻源、供应商评估等环节，通过持续优化品类提升商品效能，同时通过先进的管理方法结合数智化能力加强与供应商之间的合作，帮助供应商提升履约水平和服务能力；价格与促销包括价格健康度评估、价格治理、促销优化等，通过对价格和促销活动进行优化，提升用户体验；库存管理包括预测、补货、S&OP 计划等方面，致力于在进销存全流程对库存进行优化，提升周转效率；履约方面包括仓网规划、订单管理、订单履约计划等，通过更加合理准确的仓网布置以及对履约资源的计划，来提升服务水平。

**3.3 发展历程：**智能供应链 Y 业务部于 2016 年 11 月成立；在 2018 年 12 月首次在智能补货领域实现了 85%的采购自动化率；2019 年 6 月通过全渠道智能履约帮助实现了 1 小时达的极致服务；2019 年 12 月通过 C2M 智能平台孵化的新品品效倍比达到 10 倍以上；2020 年 12 月基于深度学习技术，研发了端到端补货模型，凭借该技术创新，京东入围了 2021 年举办的 Gartner 世界供应链技术创新评选的前六名，是唯一亚洲入围企业。2021 年 6 月 Y 业务部成立了五大业务板块。2021 年 9 月完成了三层四象限的库存周转理论，且凭借智能技术实现了近 30 天的周转天数。

## 二、 企业所在行业传统供应链中的问题

### 1. 业务模式多样，商品体量大，仓网结构复杂，需求分布广泛且多变，导致供应链规划、分析与决策面临挑战：

在去中心化消费的趋势下，社区团购、社交平台、自媒体、直播购物等新型业态不断深入生活各个场景，产业向着多元化方向发展，实体经济与数字经济加速融合，零售产业与生产、流通、服务等产业相互渗透，供应链结构与模式也随之变得高度复杂化。加之京东在国内共有 41 座“亚洲一号”大型智能仓库，将近 1300 个仓库，有效自营 SKU 超过 1000 万个，行业覆盖快消、服装、家电、3C、生鲜、图书、汽车等多种不同品类，并拥有陆运、航运、联合等综合运输网络。同时上游存在多种供应商合作模式，下游涵盖线上、线下等多种渠道履约模式，场景多样复杂。传统的供应链规划方法与技术遇到的挑战越来越大。

### 2. 供应链应对突发事件的能力较弱，缺乏快速响应与调节的能力：

此次疫情对供应链的正常运转造成了极大的影响，重要环节之间连接断裂，防疫、应急、生活用品、食品等品类的供需结构严重失衡，区域道路阻塞导致物流运输中断，因感染被隔离的区域生产停滞，原材料缺货导致企业产能不足，一系列物流、商流无法正常进行，供应链作为社会重要的基础能力，其受到的破坏随即蔓延到整个产业链和产业经济。疫情冲击之后，更多的企业认识到了供应链响应性与灵敏性的重要，如何在突发事件到来之后可以快速的做出反应和调整，甚至在危机到来之前就可以有所准备，成为了重要发展方向。

## 三、 企业供应链数字化转型的过程—建立数字孪生供应链仿真平台

### 1. 数字孪生供应链仿真平台简介：

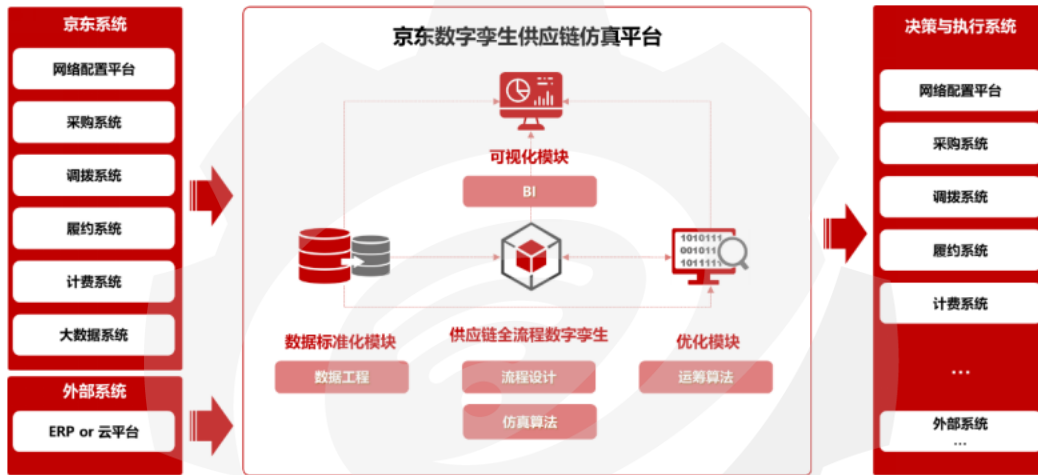


京东数字孪生供应链仿真平台支持业务在数字环境中对自身的供应链模式搭建数字化模型，并在模型中对不同的备选策略进行试验-调整-再试验的迭代，最终选取符合业务目标的最优规划与策略。

京东数字孪生供应链仿真平台允许业务对现状的生产系统及业务流程进行数字建

模，同时也支持业务对未来可能的供应链模式进行流程设计，评估新流程的可行性及优化结果。基于对不同策略仿真结果的分析，最终将优化后的策略落实到执行系统进行实施。京东供应链仿真平台搭建了一套标准化的供应链框架，为了能够灵活适配零售不同业务模式及不同行业特性，以模块化的形式进行了产品架构设计，各模块彼此解耦，独立迭代，可以支持丰富的应用场景。

## 2. 数字孪生供应链仿真平台架构：



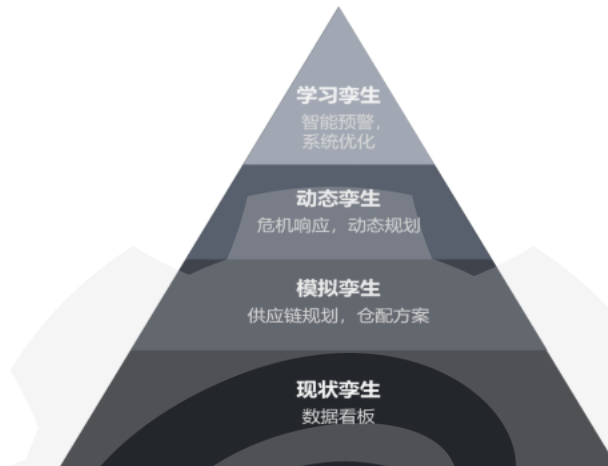
在为不同场景服务时，借助于大数据能力，供应链仿真平台可以定时获取生产系统快照，自动创建现状仿真模型，通过仿真优化算法，快速支持业务优化需求。同时，也支持用户自行创建供应链模式，自定义商品、网络、采购、调拨、履约、计费策略等方面，用于创新模式的沙盘实验，观察采购量、调拨量、销量、库存水平、成本及时效等等各项指标的变化。京东数字孪生供应链仿真平台在不同的业务场景中支持着众多的供应链规划与决策优化的需求。

## 3. 数字孪生供应链仿真平台核心功能：



数字孪生供应链仿真平台的核心能力主要分为三大方面，包括针对供应链的规划设计、不同环节的策略评估、以及相应的量化分析，三大能力相互连接，由广泛到精细。在规划设计方面，主要涉及模式选择、网络规划、仓网部署、全流程衔接的仿真等；在策略评估方面，包括各个供应链环节的策略的仿真模拟，用于指导供应链的计划与执行；在量化分析方面，能够对不同环节的决策因子进行分析，衡量策略的收益等。

#### 4. 数字孪生供应链仿真平台成熟度与阶段划分：



根据业务需求、能力差异、技术水平等方面，可以将数字孪生供应链仿真平台分为四个阶段，从下往上依次是现状孪生、模拟孪生、动态孪生、学习孪生。

**4.1 现状孪生：**主要是指通过 3D/2D 的实体建模以及静态/动态的数据输入，通过可视化的方式，降低相关管理人员对数据的认知成本，让数据具备更高的表达力，便于理解和解析，通过现状孪生，当前情形可以更加清晰的展示出来，相关人员快速进行解读，加快发现问题到解决的流程。

**4.2 模拟孪生：**仿真模拟属于模拟孪生的范畴，通过对供应链系统内各种规则、模式、环节、流程的静态建模以及数据输入，再通过模拟仿真的方法，进行大量“what-if”性质的实验进行分析与对比，进而辅助决策出最优的规划方案。例如在新业务开展的背景下，对不同的仓储方案和相关策略进行模拟、分析损益与对比指标，结合量化结果，决定最优规划方案。

**4.3 动态孪生：**动态孪生是目前重要的数字孪生发展方向，在模拟孪生的基础上更加强模型与实体的双向实时连通。输入的静态数据转变为动态的实时数据，数字孪生平台具备更加自动化的操作模式，简化人工设参、建模等环节，具备更大规模的处理能力以及更快的运算能力，可以动态的反应现实情况，自动分析并给出最优建议。

**4.4 学习孪生：**目前学习孪生还处于比较偏理论阶段，是学术界提出的数字孪生的下一步演进方向之一，其核心是在静态规则的基础上，通过因果推断、机器学习等算法对模型进行动态修正，学习参数之间隐藏的联系，实现动态规则的创建，构建一个不仅具备自动化能力且可以自我学习、自我优化、更加智能的仿真模型。

#### 四、 本企业供应链数字化转型的效果—数字孪生供应链仿真平台应用案例

**1. 案例背景：**疫情期间，各地区外出限制经常变化，在一个典型的二级网络结构中，存在上级配送中心突发性的由于所在地区风险级别上升，无法向下级配送中心配货的情况。

此类情况下，我们需要快速决策，考虑和衡量是否启用其他地区的备选配送中心进行补货支援，或允许当地缺货。若采用补货支援的方案，则进行支援的备选配送中心的本地订单满足率将会收到消极影响，且带来高额的运输成本。由于疫情情况的不断变化、海量 SKU 在各地销量情况及库存情况的不同表现、以及所需不同的运输费用，不同商品是否适合支持跨区支援的决策变得难以评估。而京东数字孪生供应链仿真平台能够综合考虑网络结构变化、各配送中心库存数量、各地销量及不同线路运输费用，通过快速且高频次的模拟计算，给出不同品类支援/不支援备货下不同的结果表现，支持供应链网络的相关决策。

**2. 实施步骤：**我们通过以下五个步骤快速实现了疫情影响下针对仓网如何调整的建模、分析、策略评估与最优方案生成。

**2.1 准备阶段：**首先对数字孪生供应链仿真平台进行初始化，从空间、时间、流程、成本等维度对实际环境进行精确建模。在模型结构创建完成之后，平台通过大数据技术可以自动导入并创建仿真模型需要的数据集，包括商品种类、区域划分、仓库信息、用户类型等。

**2.2 现状建模：**在上述案例中，石家庄地区的需求由石家庄及北京两个配送中心补给。通过详细的参数设定，模拟模型可以反应石家庄及北京地区当前的业务情况，包括各配送中心出库量、本地订单满足率、及对应线路下的配送成本等。与真实情况中的补货量、库存周转指标等对比，剔除意外事件干扰，京东数字孪生供应链仿真平台能够以平均 96% 的准确率代表现实中供应链网络的实际情况与关键指标。

**2.3 方案对比：**备选方案选择天津替代北京，作为石家庄的上游补货配送中心。假设天津开始为石家庄补货，具体表现如何需要通过仿真模拟进行分析。网络中新增了天津这一虚拟的配送中心，并假设商品由天津作为石家庄的补货来源。同时，对于北京是否额外向天津补货进行了更为复杂的流程假设，使用不同的补货参数，建立了多个虚拟模型。通过连续 3 个月的模拟模型，观察平均结果指标与现状模型的对比。

**2.4 可视化结果：**京东数字孪生供应链仿真平台提供针对各个环节的 KPI 监测，包括日常的补货计划、销售情况、库存水位、订单履约、配送时效等。我们针对不同方案选取了各个环节的关键 KPI，观测表现情况，并进行相应分析。

**2.5 方案生成：**通过综合比较不同方案带来的影响，尽可能在成本最小化的情况下维持或提升服务水平。我们对于不同品类在成本及订单满足率等多个指标条件下选择了最优结果：部分适合进行备货支援的商品由天津进行了补货，其余品类则不进行额外的补货支援，仅使用石家庄本地库存进行销售。

**3. 应用效果：**在疫情环境下，借助于京东数字孪生供应链仿真平台，多个环节均取得了优化：在管理环节上，方案模拟、分析、决策速度得到了大幅提升；在供应链表现方面，多项指标得到了优化，包括现货率、订单满足率、履约成本等。该平台支持业务自定义模型参数，可以快速完成不同方案的仿真计算，大大提高了决策优化的响应速度以及可覆盖场景数量，响应时间平均缩短 50%，同时，系统对运行性能有着较高的要求，为了

提高响应速度，系统对大数据量级的计算速度进行了多次算法优化，以一个 20 万 sku 量级的方案为例，单次模拟运算时长由最初的以天为单位缩短到了目前的以分钟为单位。平台嵌套的运筹优化模型、大数据等技术进一步提升了优化性能，让系统可以在大规模复杂问题上寻找最优解，同时优化多项指标。

## 五、 本企业供应链数字化转型的创新点

京东数字孪生供应链平台是在业务需求下应需而生，由于一体化供应链规划覆盖网络及策略的综合调整，单一环节的仿真技术无法支持业务的综合规划需求。平台对不同环节的仿真算法进行集成，基于真实业务数据，突破式的实现了长链条下的供应链端到端全流程仿真建模能力，可支持业务对过程中的流量流向数据及结果指标进行多视角分析，使业务能够对多种假设进行预研，在决策实施前就可以提前了解其可能带来的影响，帮助我们尽可能规避风险，选择最优的策略组合进行实施。

## 六、 未来发展机遇与挑战

疫情、运河堵塞、极端天气等事件时刻在干扰着供应链的正常运行，对产业链造成破坏的同时导致社会承受巨大的经济损失。这些危机迫使我们尽可能提升供应链响应性和灵敏性，通过诸如数字孪生的数智化技术去更加从容的应对危机。

京东期待在未来进一步发展数字孪生供应链相关技术：第一步夯实基础的数字孪生能力，包括增强可视化建模能力，提升相关算法和模型，优化解决大规模复杂问题的能力。第二步，向着动态孪生发展，大幅提升对外部环节和市场变化的反应速度及决策质量，对接外部实时情况，自动更新相关数据，并且进一步实现自动化的指标诊断，从偏静态的模拟孪生提升至更加实时的动态孪生，将延迟水平降到最低，能够在最短的时间给出最切合实际且最优的解决方案。第三步，我们需要做到防患于未来，从 reactive 转变为 proactive，向着学习孪生探索，借助于人工智能、机器学习等技术以及更加先进的预测与分析方法，结合数字孪生平台，尽可能做到事件与波动的可视化预测、方法的自我优化等，实现极致的数智化水平。

工业互联网产业联盟  
Alliance of Industrial Internet