

# 供应链数智化白皮书

科技赋能

打造全价值智慧供应链

2023.02

# 目录

<b>摘要</b>	02
<b>新时期供应链发展新需求</b>	03
双循环经济格局下，供应链迎来重大发展契机	03
制造强国建设促进供应链快速发展	04
双碳目标推动供应链绿色化	06
数字经济与信息智能赋能供应链数智化转型	06
<b>供应链当前面临的现状和挑战</b>	09
需求订单多样化、碎片化趋势增加供应链效率与成本管理难度	09
品牌方迈向存量竞争市场，技术革新引领供应链提质增效，形成核心竞争力	10
提供高质量端到端服务，促进供应链网络协同	11
服务型制造驱动供应链上下游一体化发展	12
双碳战略引领数字赋能下供应链绿色变革	14
<b>面对挑战，供应链的破局之路</b>	15
集成化：纵横集成，促进全链路服务提升与全渠道资源整合	15
智能化：智能决策，优化资源配置，提升运作效率，创造新价值	16
协同化：资源共享、业务协同，提升专业化分工与服务效率	18
服务化：打造制造与服务一体化供应链，向全价值链延伸	20
绿色化：数智化绿色供应链，助力循环经济可持续发展	20

主    编：江志斌  梁鹏飞

执行主编：夏  俊

编写组成员：张大力  沈海辉  羌  磊  林泰恩  周扬名  耿  娜  赵思翔

## 供应链数智化的“技术密码” 22

人工智能	22
物联网技术	23
数字孪生技术	24
区块链技术	25
XR 技术	26
5G 技术	27

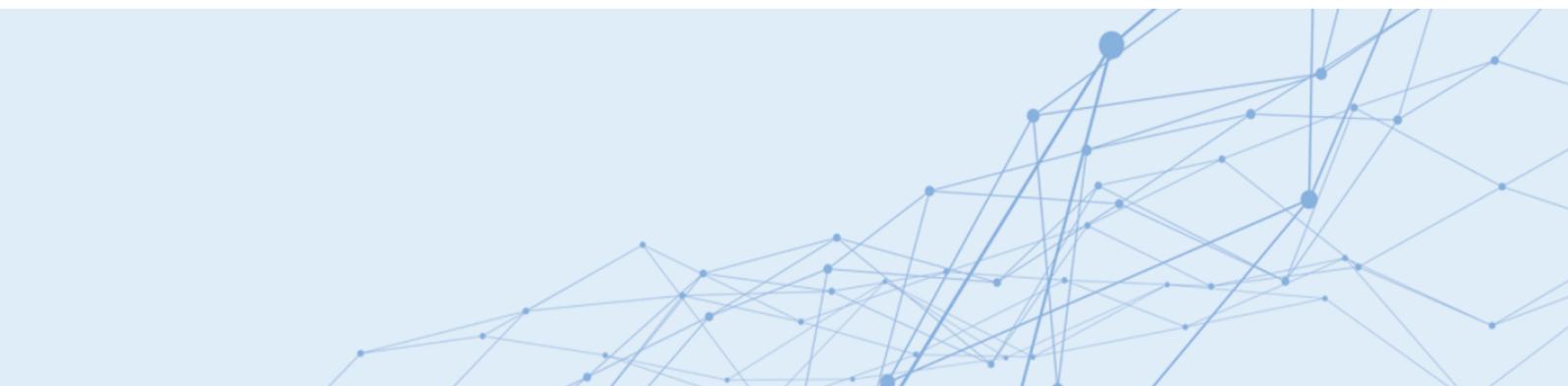
---

## 供应链数智化实践 28

美的安得智联：城配直配集成化调度	28
美的安得智联：数智化助推制造供应链升级	29
美的安得智联：城市运输线路网络智能规划	33
美的安得智联：“一盘货”推动传统物流变革	34
青啤供应链新升维，联合安得智联共创快消行业一体化供应链新模式	36
发网智能仓储：面向平台供应链的数字化仓储	37
货拉拉：数智化车货匹配平台	38
蚂蚁集团：区块链、绿色计算助力低碳供应链数字化转型	40

---

## 结束语 41



## 摘要

当今世界正处于百年未有之大变局。建设制造强国、构建国内与国际双循环格局、建立统一的国内大市场、碳达峰与碳中和，一系列国家重大战略和方针催人奋进，驱动我国朝着社会主义现代化强国迈进；面对大国博弈升级以及风云变幻世界经济格局，建设人类命运共同体，推进“一带一路”，引领着我国突破美国垄断的自由经济体束缚，重构全球经济与市场格局，塑造中国的国际形象，巩固中国的国际地位；新冠疫情席卷全球，危及人类生命健康，严重影响人类生产生活及全球经济与社会发展。

与此同时，以物联网、大数据、云计算、人工智能为核心的信息技术激发了新一轮工业革命，催生了新的产业机会，引领了新一轮人类生活与生产方式变革。面对新的发展需求，二十大报告提出要加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合。近年来，互联网高速发展改变了人们的消费行为习惯，衍生出众多新型商业场景。移动端应用的普及给商家带来海量的商业数据，为人工智能、大数据等技术方法提供了丰富的数据原料和应用场景。这些新场景、新技术的出现拉近了企业与消费者之间的距离，加快了商业变革的进程。

传统供应链作为人类生产与生活的动脉，在新的历史时期和变革下，随着商流和物流逻辑发生改变，面临重大机遇和挑战：需求订单多样化、碎片化趋势增加供应链效率与成本管理难度；品牌方迈向存量竞争市场，技术革新引领供应链提质增效，形成核心竞争力；打造高质量端到端服务，促进供应链网络协同；服务型制造

驱动供应链一体化发展；数字经济与信息智能赋能供应链数智化转型。

面对挑战，供应链的破局之路在何方？一是集成化：纵横集成，促进全链路服务提升与全渠道资源整合；二是智能化：智能决策，优化资源配置，提升运作效率，创造新价值；三是协同化：资源共享、业务协同，提升专业化分工与服务效率；四是服务化：实施基于供应链的增值服务，向全价值链延伸；五是绿色化：打造绿色数字化供应链，助力循环经济可持续发展。一句话，出路在供应链数智化，而人工智能、物联网、数字孪生、区块链、XR及5G技术则是赋能供应链数智化的密钥。

在迈向供应链数智化的征程中，一些中国企业不忘初心，面向国家重大战略，投身新一轮工业革命，方方面面敢为人先，勇于变化与创新，取得可喜的成果。这里有美的安得智联“一盘货”与智慧供应链；发网智能仓储：数智化平台供应链；货拉拉：数字化车货匹配平台；蚂蚁集团：区块链技术 with 绿色计算赋能的低碳供应链。所有这些先行者的足迹，不仅要适应当下商业发展的规律和特点，也要符合未来的经济格局和发展需求。

我们奉献此文，旨在探索供应链数智化之路：首先立足我国新时期的经济发展格局和市场环境，阐述新时期经济发展对供应链的需求，以及当前经济格局下供应链面临现状和挑战；然后围绕集成化、智能化、协同化、服务化、绿色化多个维度探讨供应链未来的发展方向和路径，以及发展数智化供应链的必要性；最后总结目前供应链领域常见的数智化方法和应用场景，并通过案例展示供应链数智化的实践经验。

# 新时期供应链发展新需求

## 双循环经济格局下，供应链迎来重大发展契机

### 双循环是应对复杂的全球经济格局的重大战略

近几十年来，国际经济格局发生重大变化，美国试图垄断自由经济体系称王称霸，控制全球经济与市场，打压与挤压中国发展空间，尤其是最近几年，贸易保护主义抬头，逆全球化思潮盛行，美国通过关税，抑制中国国际贸易。新形势下，党的十九届五中全会提出要加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，强调要打通生产、分配、流通、消费各个环节，通过供给侧改革，实现市场和要素有机整合与优化配置，构建国内统一的大市场；与此同时，通过构建人类命运共同体和“一带一路”，打破美国垄断的自由经济体束缚，让中国企业走向国际市场，在帮助发展中国家经济发展的同时，引入国内所需的市场要素，培育我国参与国际合作和竞争的新优势，构建与发展中国家和谐共存的市场空间和发展格局。

### 双循环格局呼唤更高效的供应链

在双循环格局下，供应链面临新挑战，迎来重大发展契机：

- 供应链作为国内循环的物流、信息流及资金流大通道，如何适应国内快速变化的多样性、个性化需求，提高供应链响

应速度、提升运行效率、降低成本，为顾客创造价值？关键在于供应链向数字化转型，支撑畅通国内经济循环，通过提升供应链整体效率和服务水平，打通从供给端到需求端的中间各环节堵点。

- 供应链是资源配置、产业链构建的重要手段，如何支持我国企业践行人类命运共同体理念和“一带一路”倡议，通过技术、品牌、资金、资源等要素，支持发展中国家积极参与社会发展，同时引入必要生产要素，满足国内需求？关键在于通过数字化转型，提升供应链的响应速度、健壮性及安全性，有效应对政治、经济及市场不确定性，抵抗风险。

- 供应链作为各利益方之间重要的协同机制，如何实现两个循环之间的交互，实现可持续协调发展？关键是通过向数字化转型，支持基于 RCEP 等区域性贸易协议、海南自由贸易区、跨境电商、保税仓库等改革的国际与国内生产与市场要素的配置及两个市场的有机衔接，提升国内与国际供应链的协调性和效率。

### 疫情倒逼供应链进一步升级

2020 年以来，新冠疫情的爆发暴露了当前我国供应链在面对应急情形下的一些问题，供应链的稳定性与安全性被更加重视，利用数字化和智能化手段建立供应链的风险防范体系、增强供应链韧性成为共识。

同时疫情也倒逼生产、分配、流通、

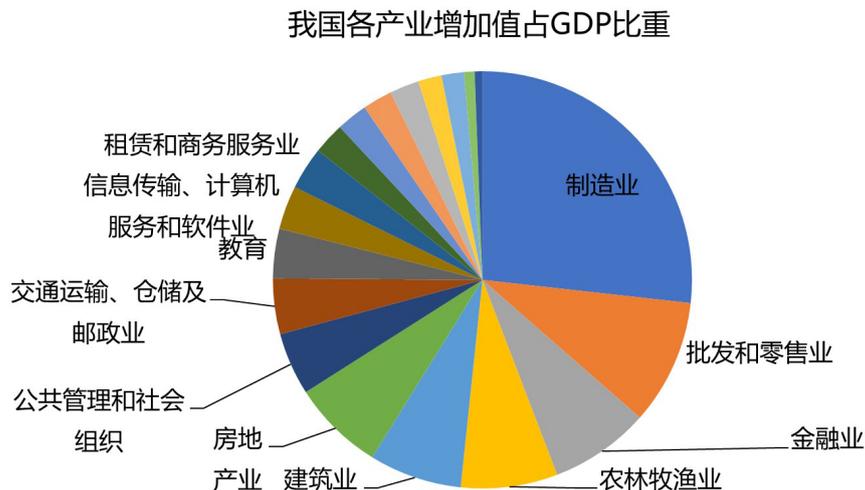


图 1：我国产业增加值占 GDP 比重（数据来源：国家统计局）

消费等各个环节的调整。疫情冲击的同时，涌现出了诸如线上消费、远程办公、应急保供等一系列新需求、新业态、新模式，进而衍生出新的供应链体系，给信息化、数字化、智能化的供应链创造了新的发展空间。中国信通院统计数据显示，2020年，疫情倒逼我国各产业加快数字化转型，农业、工业、服务业数字经济渗透率分别为8.9%、21.0%和40.7%，同比分别增长0.7、1.6和2.9个百分点，三次产业数字经济渗透水平逐次倍增。特别是基于互联网的供应链新技术、新服务、新模式的发展，不仅为抗击疫情提供解决方案，也反映了未来市场的需求和创新的方向。

- 鉴于新冠疫情将要持续或在未来将长期持续存在，如何克服物流与疫情传播的交织风险，支持疫情防控、支持企业复工复产，克服疫情对于物流影响，保障社会物资供应和企业生产物流畅通？关键是加速供应链向数字化转型，通过物联网、

云技术、大数据以及人工智能等新信息技术，提升物流与供应链的可追溯性、安全性、以及兼顾安全性的效率。

## 制造强国建设促进供应链快速发展

### 智能制造是强国建设的主攻方向

制造业是我国经济发展的重要支柱，2021年我国制造业增加值占GDP的比重，达到27.4%，远高于其它产业。（见图1）

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》指出要坚持把发展经济着力点放在实体经济上，坚定不移建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国，推进产业基础高级化、产业链现代化，提高经济质量和核心竞争力。

在迈向制造强国的征程中，智能制造是我国现阶段和未来一段时期的重要发展方向，工信部数据显示，2015-2020

年我国智能制造增加值复合增长率达到17.8%。（见图2）

### 智能制造呼唤供应链数智化转型

智能制造具有制造资源互联、多维度集成、系统敏捷化重构、定制化生产、制造服务化等特征，智能制造的快速发展离不开产业链和供应链现代化水平的提升。在新挑战的激励和制造强国战略推动下，我国的制造业及其供应链发展速度加快。从生产制造的视角看，越来越多的数字化、智能工厂拔地而起，智慧物流蓬勃发展。数字化、智能化已成为智能制造背景下供应链发展的必然趋势。随着数字化、智能化深入到供应链的各种应用场景，企业的供应链水平决定了其生产运营效率，也是其产品能否获得竞争优势的关键。从消费需求的视角看，消费升级带动高质量的产品和服务的趋势不变。企业需要以科学的供应链管理为引擎，通过供应链上下游环

节的资源整合和高效协同，达成以客户为中心的订单交付，进而提升市场响应能力和价值创造能力。因此，发展先进的制造业对供应链提出了以下挑战和要求：

- 如何应对快速变化、多元化与个性化的市场需求以及日益缩短产品迭代与创新周期，通过供应链纵横向集成，支持制造资源重构与合作伙伴的整合？关键是通过供应链数字化转型，基于CPS和供应链优化理论实现供应链最优化布局以及即插即用的动态重构，支撑集约化、敏捷化、价值化供应链运行！
- 如何应对多样化小批量甚至个性化订单，通过供应链敏捷化与协同化运行，支撑大规模定制能力的形成，权衡柔性、响应、成本之间的矛盾，实现价值最大化？关键是通过供应链数字化转型，基于互联网及时获取多源大数据，通过基于数据驱动的决策优化，实现零部件与原材料制造、成品组装、营销与配送一体化与协同化运行！



图2：我国智能制造发展情况（数据来源：工信部）

## 双碳目标推动供应链绿色化

2018 年至今，全球已有近 130 多个国家和地区通过立法、政策宣示等方式承诺碳中和。我国提出力争在 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和的双碳目标。双碳目标提出后，各企业也陆续宣布自己的双碳目标，并开始着手推动绿色低碳转型。近年来我国政府在制度建设层面做了不少工作。立法方面制定了《环境保护法》、《清洁生产促进法》、《循环经济促进法》、《节约能源法》等为建设绿色供应链提供法律保障。政策方面继 2015 年首次明确提出打造绿色供应链之后，又于 2017 年印发《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》，提出打造全过程、全链条、全环节的绿色供应链发展体系。2021 年，我国正式将绿色供应链纳入绿色低碳循环发展经济体系。我国越来越多的企业越来越重视绿色产品、绿色制造及绿色供应链。例如，目前美的数字管理能效升级改造已覆盖 20 家工厂，单台产品生产用电可降低 15%，并借此助力上下游企业及外部客户降低碳排放；华为计划在 2025 年前推动 Top100 供应商制定碳减排目标；隆基在 2021 年度供应商大会上发布《绿色供应链减碳倡议》，150 余家供应商积极响应；联想计划到 2025-2026 财年实现全球运营活动 90% 的电力来自可再生能源，推动全球供应链减少 100 万吨温室气体排放。

### 双碳目标指引供应链全链绿色化

尽管目前已有企业开始了绿色供应链实践，然而实现双碳目标依然任重道远，双碳目标对于供应链提出了严峻的挑战：

- 如何应对减低能耗、降低排放的要求，打造绿色供应链，将产品生命周期管理和生产者责任延伸理念融入到企业的供应链管理当中，实现经济、社会、环境效益的协调统一？关键是通过供应链数字化转型，基于物联网与大数据技术，实现各环节能耗与排放监测、评估，并通过行政、市场机制控制，实现绿色与效率的有机统一。

- 如何应对碳中和更高要求，构建新一代绿色供应链，支撑碳排放与碳中和的协同与有机统一，最终实现双碳目标的实现？关键是通过供应链更高水平数字化转型，基于物联网、云计算、无线传感器和 5G 通讯及人工智能等新信息技术，实现供应链上碳排放与碳中和的优化均衡，支撑碳中和效果的计量、评估与控制。

## 数字经济与信息智能赋能供应链数字化转型

### 数字经济在国民经济中地位愈发突出

随着云计算、大数据、物联网等信息和智能技术的快速进步和深入应用，全球正在加快迈向数字经济时代。根据中国信息通信研究院 2021 年统计，全球数字经济生产总值达到 32.6 万亿美元，占 GDP 比重约 43.7%。其中，我国数字经济规模达到 45.5 万亿元（约 6.7 万亿美元），占 GDP 比重达到 39.8%。可见我国的数字经济在国民经济发展中地位稳固，支撑作用明显。（见图 3）

### 数字经济渗透率不断提升，供应链数智化转型加速

数字经济时代下，产业数字化转型加



图 3：我国历年数字经济占 GDP 比重（数据来源：中国信通院）

速，数字经济渗透率不断提升。2020 年我国产业数字化增加值中服务业占比高达 40.7%，而工业增加值占比仅为 21%，数字技术在工业领域仍有巨大的发力空间。

（见图 4）

伴随产业数字化转型提速，人工智能、物联网、大数据分析等智能制造技术将对制造业竞争力的影响越来越大，并成为重塑产业链、价值链和分工格局的新引擎。在新一

轮的制造业变革浪潮中，供应链作为制造业的纽带也呈现出数字化、智能化的发展趋势。如今以 RFID、GPS、GIS、POS、EDI 为代表的信息数字技术打通了供应链管理的“数据流”，为进一步精细化管控产品流过程提供了可能。未来人工智能、运筹优化、数字孪生等信息智能技术将成为供应链管理的智慧引擎，通过对数据的有效处理和智能决策大幅提升供应链的流通效率。

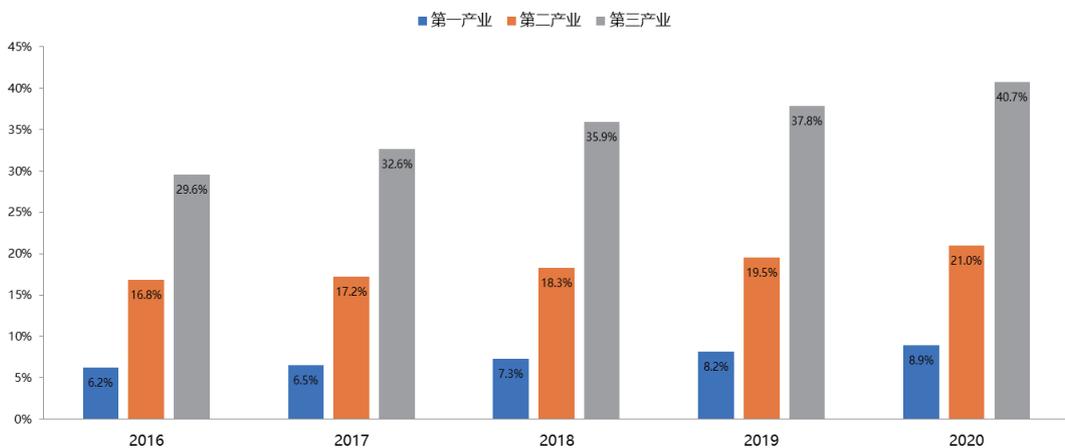


图 4：我国三大产业数字化比重（数据来源：中国信通院）



图 5：工业经济时代与数字经济时代下的供应链形态（素材来源：CEIBS）

### 数字经济时代对供应链管理与创新提出新要求

数字经济时代下，供应链的数智化转型并非简单引入数字化和智能化工具来优化 IT 系统，而是需要依托业务实际在管理和技术两个维度上进行创新升级。

从供应链管理的发展阶段看，工业经济时代，供应链从最初的被动支持型模式逐步发展为主动和细分模式。工业经济时代初期，制造商主要追求大规模、标准化生产，通过规模效应降低成本提高效益，因此供应链管理的任务主要是保证大规模生产的正常运作，避免质量和交货问题，为生产和流通提供支持。随着消费需求的多样化和市场竞争加剧，供应链能力逐步成为企业构建差异化竞争优势的关键。供应链管理也逐步向主动型、细分型模式发展。相较于被动和支持型供应链，主动和细分型供应链的一个重要区别是需要根据不同的产品和细分市场选择适合的供应链战略，并通过优化供应链资源来构建差异化竞争优势，例如快速响应能力、大规模定制化能力等。（见图 5）

随着数字经济时代到来，云计算、物联网、区块链、人工智能等数字化技术的兴起为供应链管理提供了更多创造企业竞

争优势的手段，也对供应链管理提出了新的挑战与要求：

- 数字经济时代下，如何将技术与企业实际业务深度融合，真正通过数智化技术提升企业供应链的竞争力？关键是在供应链数字化转型过程中以业务实际为基础，加快供应链管理模式的创新与升级，一方面向终端消费者延伸，另一方面向更多的供应端要素延伸，在适合企业的管理模式指引下通过数字化技术打造端到端的供应链，再由数据驱动、人工智能等技术优化各环节决策，增强供应链能力，提升客户体验。

- 数字经济时代下，越来越多的市场主体参与到供应链中，供应链呈现出网络化、复杂化等新特征，如何协调供应链网络中的各个主体，实现多主体供应链网络资源的灵活配置？一方面要利用数智化技术构建平台型、网络型供应链，将各参与主体的信息流、资金流与物流连接起来。更为关键的是在供应链数字化转型过程中加快供应链管理模式的创新，通过合作机制的设计协调供应链网络中多利益主体的资源，并利用正向反馈机制促进不同参与主体融入价值创造环节，实现资源共享、价值共创和多主体共赢。

# 供应链当前面临的现状和挑战

## 需求订单多样化、碎片化趋势增加供应链效率与成本管理难度

### 数字经济变革下，需求端呈现多样化、碎片化特征

近年来，互联网的高速发展促使商品的生产和销售环境发生巨大变化。一方面，移动互联网下丰富的商业场景吸引了大量的年轻用户。年轻化的客户群体对产品个性化和多样化需求日益显著，对产品的研发和制造提出了新的要求。另一方面，新零售商业模式下出现了更多元的销售场景，促使企业转向全渠道销售。（见图 6）

## 需求特征对企业供应链管理提出新挑战

未来需求订单多品种、少批量的碎片化趋势日益加剧，传统的面向大规模生产、稳定市场需求的供应链面临着两个方面挑战：

- 从供应链视角看，生产端多品种、少批量的订单结构意味着企业需要整合多类型的生产资源，在时间和空间上要求上游供应链通过计划协同完成齐套订单的生产和交付，要求供应链更加敏捷，并通过规模经济提升效率和效益。
- 销售端多元化的销售渠道极易形成信息孤岛，导致整个下游供应链的信息不透明，牛鞭效应更加严重，进而影响供应

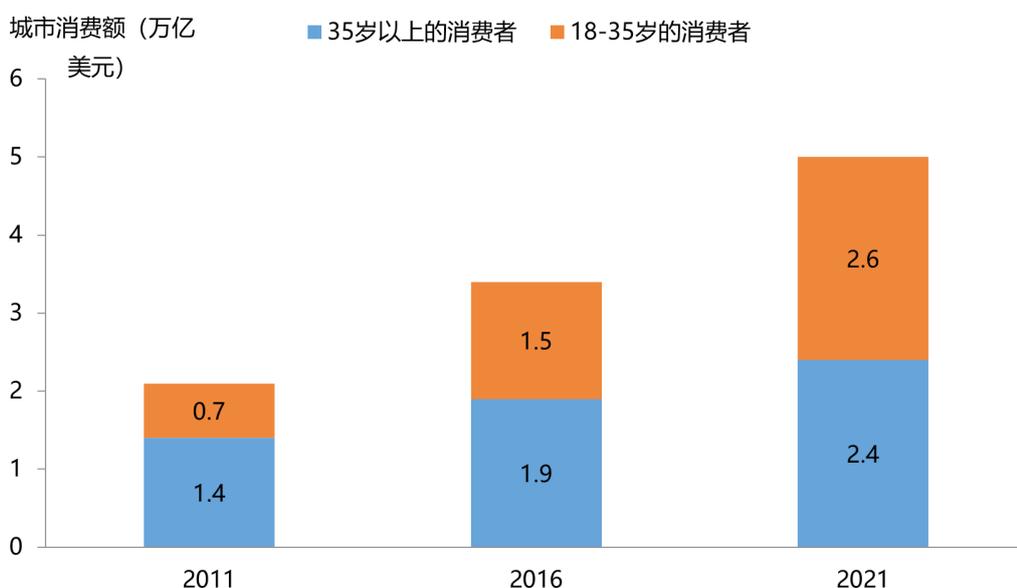


图 6：客户群体逐渐年轻化（数据来源：BCG）

链的成本和服务，要求供应链纵横向有机集成，扁平化与集约化运行，整合渠道与市场，提升响应能力，控制成本。（见图 7）

## 品牌方迈向存量竞争市场，技术革新引领供应链提质增效，形成核心竞争力

### 由增量市场到存量市场，品牌方竞争日益激烈

随着我国经济增长放缓和需求市场逐渐饱和，品牌企业开始从增量竞争转向存量竞争，这也是经济发展到一定阶段将面临的必然局面。增量市场中，提升市场渗透率迅速占领市场，实现野蛮增长是品牌企业发展的第一目标。因此，增量市场中的品牌方主要追求增长效率，而非盈利效率。随着市场增量趋缓和竞争者之间博弈

加剧，品牌企业发展的重心逐步切换到对存量市场的争夺，意味着企业必须通过提升其品牌价值和产品力来吸引消费者。这时盈利效率将是企业长期稳定输出高质量产品满足存量需求的关键。

### 激烈的市场竞争对企业供应链效率与能力提出新挑战

供应链能力是体现企业流通效率和综合盈利效率的重要指标维度，直接反应在产品销售过程中的流通成本、效率、服务等各项指标上，也是企业在存量竞争中保持稳定竞争优势的关键能力。因此，当今激烈的市场竞争对供应链效率与能力提出以下挑战：

- 从流通效率看，快速变化的市场需求，激烈的市场竞争要求供应链能够快速响应，实现商品从生产到销售的高效流通，

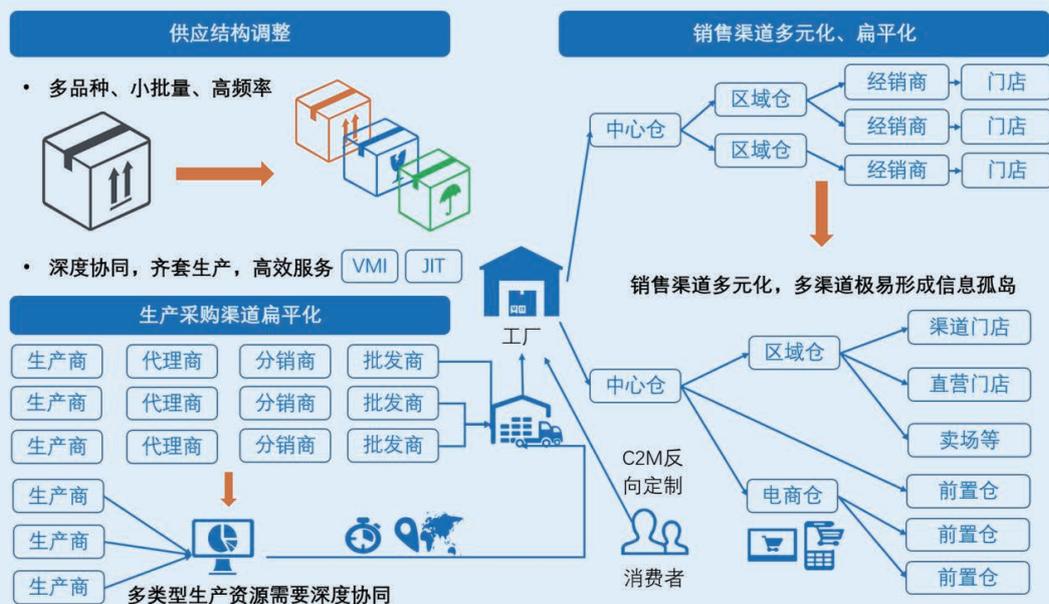


图 7：需求特征促使供应链结构变化（素材来源：运联智库）

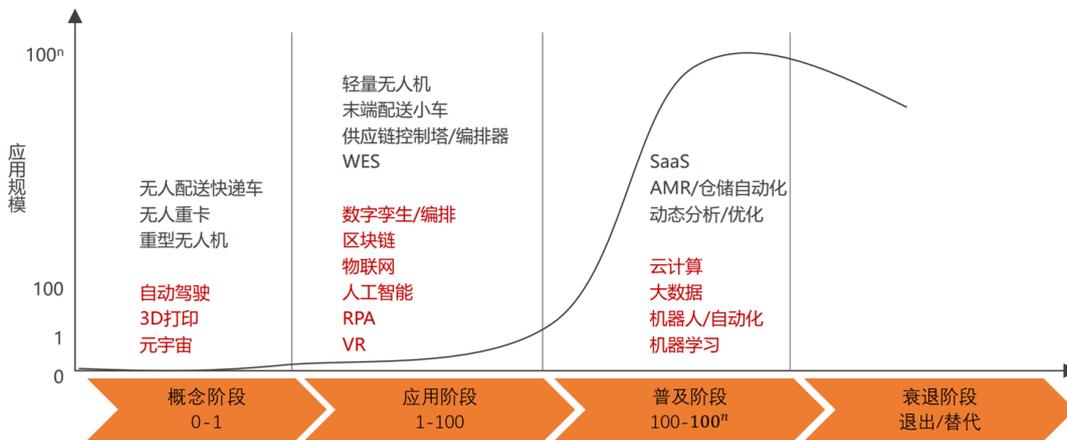


图 8：物流与供应链技术应用现状（素材来源：罗戈研究）

快速满足市场需求，避免因供应链环节中的堵点导致流通受阻。

- 从盈利效率看，激烈的同质化竞争需要企业基于供应链打造差异化竞争优势。通过数智化供应链，企业一方面可以在需求端对消费大数据进行分析，洞察特定用户群体对产品的消费需求；另一方面可以在供给端通过数字化与智能化技术赋能工厂组织供应链资源，柔性满足市场需求，实现“精准营销”、“敏捷开发”和“小单快反”。通过供应链能力在打造差异化产品和服务的同时降低全链路成本，提升盈利效率。

近年来，人工智能、大数据、物联网、区块链等新技术快速发展。这些技术在供应链和物流领域拥有广阔的应用前景，对实现供应链的提质增效具有重要的价值。部分技术目前已经在供应链与物流行业得到应用和检验，展望未来，技术革新将是企业提升供应链效率与能力的主要方式，也是企业在激烈的市场竞争中打造差异化竞争优势、实现高质量增长的必经之路。（见图 8）

## 提供高质量端到端服务，促进供应链网络协同

### 供应链本质驱动供应链向端到端服务发展

供应链本质上是由多方参与，多渠道并进的商流、信息流、物流网络，其物流节点包含品牌商的中心仓、区域仓，渠道商的总库、分仓，以及零售商的地方前置仓、门店。零售商围绕客户需求下发订单，零售商订单拉动渠道商各级仓库补货，进而拉动品牌商生产。成品生产下线后根据指定分销渠道逐级分发到参与方的各级仓库，直至最终送到消费者手中。这个从品牌商生产端到消费者客户端的“端到端”过程涉及仓储，干线，配送等多次物流活动，同时也涉及产品在不同参与者，不同分销环节之间的串联和衔接。因此，要实现高效率端到端服务，需要打造一个从生产端到客户端全链路高度协同的供应链网络体系，减少商流和信息流在链条中的延迟和丢失，降低物流在节点处的成本和时间损耗。（见图 9）

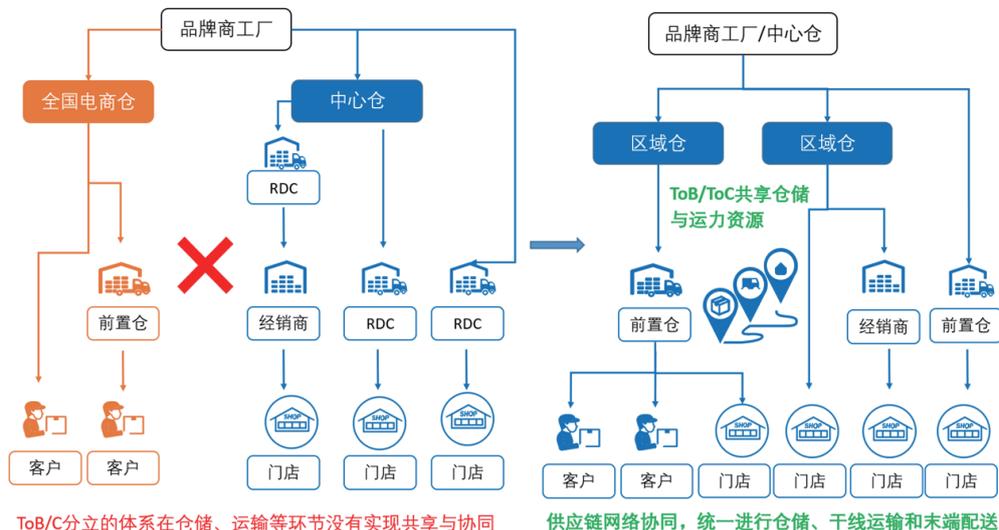


图 9：供应链与物流网络协同（素材来源：贝恩咨询）

### 端到端服务对供应链网络协同提出更高要求

端到端服务特征需要供应链将企业与客户直连，以客户为中心实现跨层级互联互通。这需要供应链信息与数据端到端共享，同时要保证全链各主体协同运作，共同为消费者创造价值。这对供应链提出了以下挑战：

- 从信息共享看，端到端服务下的供应链网络主体众多，指数级供应链网络的复杂性特征使海量数据的信息提取共享和实时响应成为供应链运作的关键瓶颈之一。因此，实现供应链端到端信息共享，需要借助大数据、云计算等技术实现全网络的数据互通与实时共享。在数据共享的基础上，借助人工智能等技术对各环节数据进行实时分析，及时准确把握供应链网络各环节动态，为供应链网络协同奠定基础。

- 从网络协同看，由于供应链网络主体的增加，实现供应链网络协同需要数智化特征下的多利益主体生态化合作机

制支撑，构建供应链协同发展的评价体系。在一致目标的指引和利益共享机制的激励下，在运筹优化、人工智能等技术支持的智能决策下，供应链网络中各主体将充分发挥自身资源实现供应链全网络价值最大化。

### 服务型制造驱动供应链上下游一体化发展

#### 智能制造驱动制造企业服务化转型

服务型制造是制造与服务融合发展的新型产业形态，是当前我国实现制造业升级的重要方向。服务型制造的核心是制造企业从“以制造为中心”，逐步转向“以客户为中心、以交付为中心”；从单纯提供产品，到提供产品及其与产品相关的服务，秉承“产品 + 服务”的经营理念。在服务型制造模式下，制造企业服务化转型，特别强调供应链上游的制造环节与下游服务环节整合、协同运营，满足顾客个性化产品与服

务的需求，从而向全价值链延伸。

### 服务型制造对供应链提出一体化挑战

服务型制造趋势下，供应链也面临新的挑战：

- 服务型制造促使品牌商和生产商重心从生产端向消费者转移。以前品牌企业主要关注产品的生产，销售端则依赖渠道商和代理商的分销体系，因此难以掌控流通过程中的信息和服务。这容易导致渠道库存积压或缺货，物流时效参差不齐等问题，进而使得服务水平不高，影响产品和企业的品牌力。在制造业服务化的趋势下，制造企业需要更加关注客户的服务需求，需要供应链将生产、流通、消费与售后各环节整合，实现“以客户为中心”的生产制造。

- 服务型制造倒逼品牌商对其供应链进行一体化管控。供应链一体化的核心是对不同销售渠道下的货在物理上进行整合，依托统一管理的全链路物流底盘，实现“不同商流，统一物流”的供应链模式。一体化模式下，渠道商只需专注产品的市场营销，同时通过供应链能力将客户需求及时反馈至品牌商和生产商，流量整合后物流成本也随之下降。此外，一体化供应链有助于库存的全盘统筹，降低渠道库存，进一步提升物流时效，提升交付和服务水平。在一体化供应链模式下，统一的物流网络可以为品牌商打通新的销售渠道，实现物流反哺商流，创造新的价值。然而目前供应链一体化仍需要品牌商、制造商和渠道商的多方努力，在数智化技术的支持下实现供应链一体化建设。（见图 10）



图 10：供应链上下游一体化

## 双碳战略引领数字赋能下供应链绿色变革

### 绿色环保指标逐步成为供应链重要评价指标

随着全球经济快速发展，人们环保意识日益强化，绿色环保概念已逐渐形成可衡量的指标，深入经济发展的各个环节。为应对全球气候变化与环境问题，我国提出力争在 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和的双碳目标。双碳背景下，企业不仅要考虑生产过程中的节能减排问题，还需要关注供应链环节和过程中的资源浪费、废弃物污染和碳排放问题。据统计，交通运输部门占全球温室气体 (GHG) 排放量的 23%，是继工业和建筑之后的第三大温室气体排放源。根据 2019 年国际交通论坛数据显示：按照目前的速度，在不进行干预的情况下，全球物流碳排放量到 2050 年将翻一番，从 2015 年的 29 亿吨二氧化碳排放量增长至 2050 年 62 亿吨，而我国的交通运输温室气体排放量居全球首位。与传统供应链制度设计中只关注成本和效率不同，双碳战略下企业需要建立一套能够兼顾经济效益和社会效益的供应链管理制度，将绿色环保和资源效率等指标纳入到供应链评价体系当中。

### 双碳战略对供应链全链条提出更高要求

随着双碳战略的布局和供应链评价体系的绿色升级，供应链在保证效率、能力、成本、协同的同时，也将承受实现低碳绿色目标的压力和挑战：

- 供应链绿色变革涉及产品全生命周

期。从供应链视角看，绿色环保目标的介入势必会改变现有的供应链运作方式，例如使用新能源商用车替代现有运力，使用新的环保材料包装产品等。然而绿色供应链不是局部环节的绿色低碳，而是要实现产品全生命周期的绿色低碳，这对供应链各环节的碳排放监测、节能减排措施等都提出了更高要求。

- 供应链多目标挑战下的利益权衡与协同优化。短期来看，打造绿色供应链需要克服思维和行为惯性，增加管理成本，甚至一定程度上会影响供应链效率。但长远来看，发展绿色供应链与降本增效目标并不违背，还有助于企业获得更高的市场认可度，对提升品牌形象和国际影响力有积极作用。同时，在效率、成本等多目标约束下，如何实现多目标协同优化也是供应链运作过程中需要解决的难题，这需要在大数据、运筹优化等技术的支持下系统规划，实现总体目标的最优化。

# 面对挑战，供应链的破局之路

## 集成化：纵横集成，促进全链路服务提升与全渠道资源整合

面对新业态下丰富的商业场景与消费者日益多样化、个性化的需求，供应链与物流沿纵向与横向两个维度的集成已是大势所趋。

从纵向角度看，随着专业分工的细化，制造业企业将更多非核心能力外包，供应链参与主体数量增加，上下游的协同复杂性增加。面对移动互联网场景下丰富的消费场景及年轻群体的个性化与多样化需求，对供应链与物流进行纵向集成可以将供应链上下游不同层级的物流活动及其对应的信息流和资金流进行整合，提高供应链上

下游的协同性与行动一致性，使研发制造与供应服务能快速响应消费者个性化与多样化的需求。（见图 11）

从横向角度看，我国销售渠道的多元化趋势明显，供应链和物流模式日益动态化，直达消费者的物流需求日益增加。传统供应链模式下，各个独立的渠道容易形成信息孤岛，物流服务需求分散，使得物流服务难以通过规模效应实现成本降低。因此，需要对供应链与物流进行横向集成，将零散的渠道、分散的业务需求与割裂的物流服务资源进行整合，各渠道统一进行仓储和配送，实现全渠道的资源整合与物流服务的短链化运营，利用规模效应降低物流成本。（见图 12）



图 11：我国供应链服务市场价值预测（数据来源：中国产业研究报告网）



图 12：我国各城市通用型供应链服务新增情况（数据来源：物联云仓平台）



图 13: 传统供应链服务和数字化经营模式的差别 (素材来源: 苏宁零售技术研究院)

在商业模式不断变革、新业态不断出现、互联网快速发展的大背景下,无论是阿里的新零售,京东的无界零售,还是苏宁的智慧零售,他们的核心均是以消费者为中心,利用科技赋能重构零售的“人货场”关系,通过数据驱动模式升级,用更高效的手段来提升供应链的运营效率。随着“人货场”的重新组合和场景变革,生产端、流通端、销售端也对物流与供应链提出了更高的要求:更敏捷、更实时、更快速精准的响应消费需求。(见图 13)

面对众多的参与主体与大规模、多样化的终端需求,传统的人工决策难以高效应对,因此数字化和智能化的技术与手段就成为了供应链与物流在纵向、横向集成中的关键因素。利用数智化技术,企业可以在海量的数据中发现供应链各渠道与各环节中的堵点与问题,从全局视角整合供应链中不同层级与渠道的资源,纵向实现供应链上下游多主体行动的协同一致,横向实现多渠道资源的统一调配,总体实现供应链的快速响应与规模效应。

### 智能化: 智能决策, 优化资源配置, 提升运作效率, 创造新价值

随着市场增量趋缓,时代的电梯逐渐失去效力,品牌企业的发展重心逐步切换到对存量市场的争夺。存量市场的蛋糕有限,销售的增长需要相互竞争,企业不仅要通过提升品牌价值和产品力来吸引消费者,同时还要通过成本管控保持低成本竞争优势,因此提升运作效率和盈利效率成为当下市场竞争的焦点。供应链能力作为衡量企业流通效率和综合盈利效率的重要维度,直接影响企业产品的流通效率、成本与服务水平。通过供应链各渠道和各环节资源的高效利用,可以在提升流转效率和服务水平的同时降低成本。但面对日益复杂化的供应链网络,传统的人工决策方式,难以考虑全局做出较优的决策,制约了运作效率的提升,更难以探寻新价值机会和渠道。(见图 14)

随着大数据时代的到来,数据成为一种新的生产力推动整个生产力体系的变革,

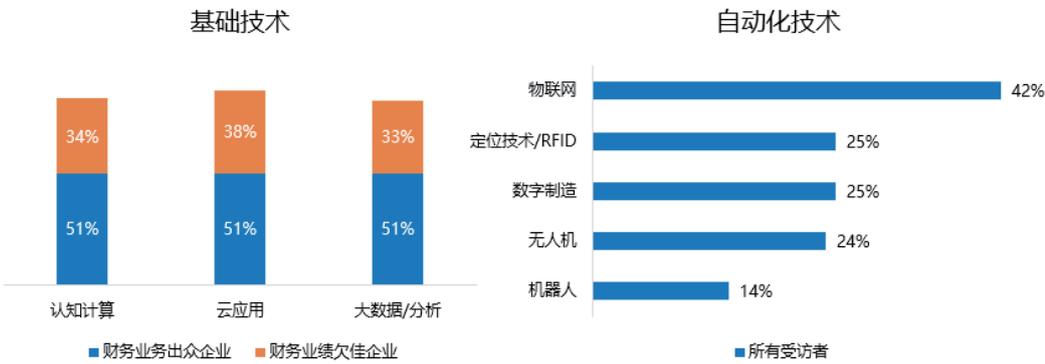


图 14：我国供应链企业部署的数智化技术（数据来源：IBM 商业价值研究院）

激发出新的动能，拓展新价值空间。数据驱动的智能决策技术成为提升供应链资源配置与运作效率的关键。智能决策技术通过在海量数据中挖掘规律，提高预测准确性，通过算法在复杂庞大的决策空间中寻找全局最优的决策，实现供应链资源的高效利用和运作效率的提升，降低运作与决策过程中对人工的依赖。同时，数据驱动的智能决策有助于企业在激烈的市场竞争中寻找新的机会和增长点，企业可以精准把握消费者和市场需求，推动自身的业务创新、新品研发、产业链布局等，打造核心竞争力，获得新价值空间。

根据《2021 埃森哲中国企业数字转型

指数研究》，中国企业数字化转型领军企业的优势持续扩大，并成功将数字化优势转化为营收优势，营收增速差距从疫情前的 1.4 倍扩大至 3.7 倍。数智化在拉开企业间的差距的同时，也证明这是企业转型、创新的必然路径。

以数字化、智慧化手段整合产业资源、为产业赋能。数智化产业供应链服务体系将通过不同环节间流程、价格、信息等重要要素的优化配置来实现整个产业链的高效运转，实现价值链、企业链、供需链和空间链四个维度的高效对接，有效促进产业链协同，提高全产业链效率。（见图 15）

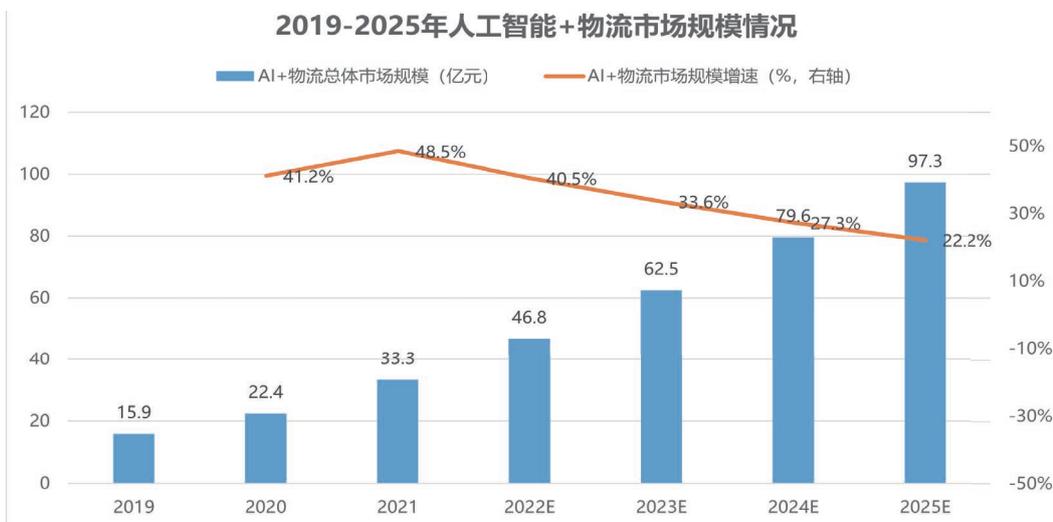
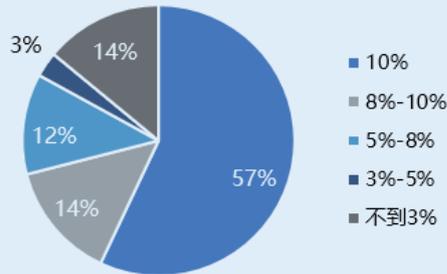


图 15：AI 在物流协同中的影响力持续高速增长（数据来源：艾瑞咨询）

平均年研发投入占营收的10%以上



参与调查的企业目前已全部开始数智化，通过自主研发的超一半

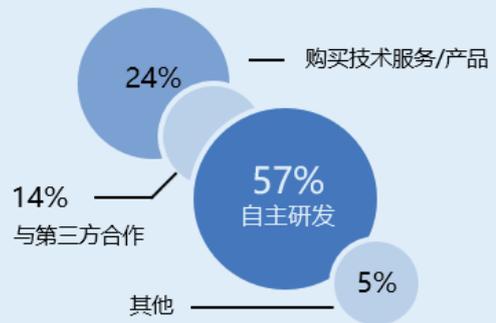


图 16：我国企业的自主研发力量和数智化开展情况（数据来源：中国企业家智库）

然而要注意的是数智化转型并非只是简单引入数智化工具和产品来优化 IT 系统，其根本在于 IT 体系支撑的业务创新。根据哈佛大学一项针对企业数智化挑战的调研，“已有的系统融合”(52%)、“数据孤岛”(51%)以及“技术工具与企业业务融合”(49%)是企业面临的巨大挑战。同样，在德国工业 4.0 的规划中，数智化成败的核心集中在横向集成、纵向集成、端到端集成这样的业务集成问题上。数智化并非结果，而是路径，是要服从、服务于企业发展战略的，为企业实现价值而服务。（见图 16）

### 协同化：资源共享、业务协同，提升专业化分工与服务效率

供应链协同是供应链中各节点企业实现协同运作的活动。包括树立“共赢”思想，为实现共同目标而努力，建立公平公正的利益共享与风险分担的机制，在信任、承诺和弹性协议的基础上深入合作，搭建电

子信息技术共享平台及时沟通，进行面向客户和协同运作的业务流程再造。要保证价值链各环节的数据共享和策略的一致性。在生产制造端，首先要消除 ERP 与 MES 的壁垒，实现内部管理系统的协同。大部分的制造业企业的 ERP 与 MES 相互割裂，各自为政缺乏协调性。

通过信息的高效协同，在打造高效端到端服务这一目标的驱动下，供应链上的各个主体将有效的资源共享在平台上，共同实现消费者的价值主张。对于协同化网络中的各个主体，互利共生的合作模式促使其发挥各自的核心能力，优势互补，提升专业化分工和服务效率。

相对于传统的供应链，全网络跨层互联互通构成指数级复杂网络，全链数据多主体集成，互联互动关系庞杂，且平台资源开放共享，多渠道甚至社会资源可自由进出。面对端到端和复杂性特征，数智化技术为协同平台互联互通和智慧化决策提供支持。（见图 17）

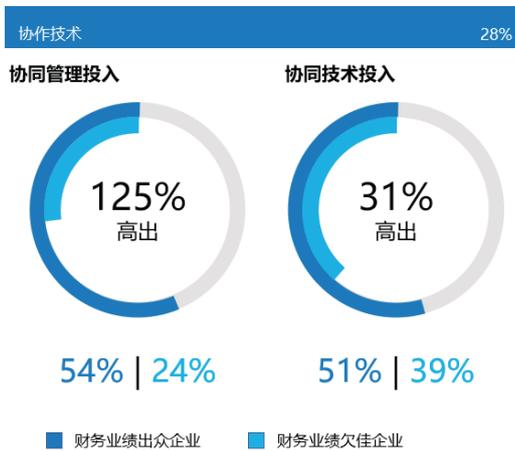


图 17: 未来三年供应链对协同化的投资预测  
(数据来源: IBM 商业价值研究院)

例如面对客户的紧急需求, 如何将需求分配至距离客户最近的仓库并快速将产品从仓库配送至客户手中? 传统的人工决

策难以综合考虑仓库位置、仓库库存、运输能力、交通状况等多方面因素做出决策, 但通过协同化的供应链与物流平台, 企业可以快速掌握客户位置附近的各个仓库或渠道库存及现有可调配的运力资源, 从而在最短时间内满足客户需求。目前人工智能技术已经从仓储和运输环节的各方面入手, 与物流数据系统结合, 逐步实现数智化的物流体系。(见图 18)

以智能仓储为例, 随着仓库自动化水平的不断提高, 机器人 (AGV/AMR)、无人叉车、穿梭车、堆垛机、机械臂、分拣机等智能设备越来越多, 需要通过集群的方式协同完成特定任务。成百上千台多种类型设备的规模化集群作业已成必然, 要保证整个群体协作的效率, 并根据业务需求动态调整策略, 需要让整个系统能够

## AI在仓储、运输环节应用较多

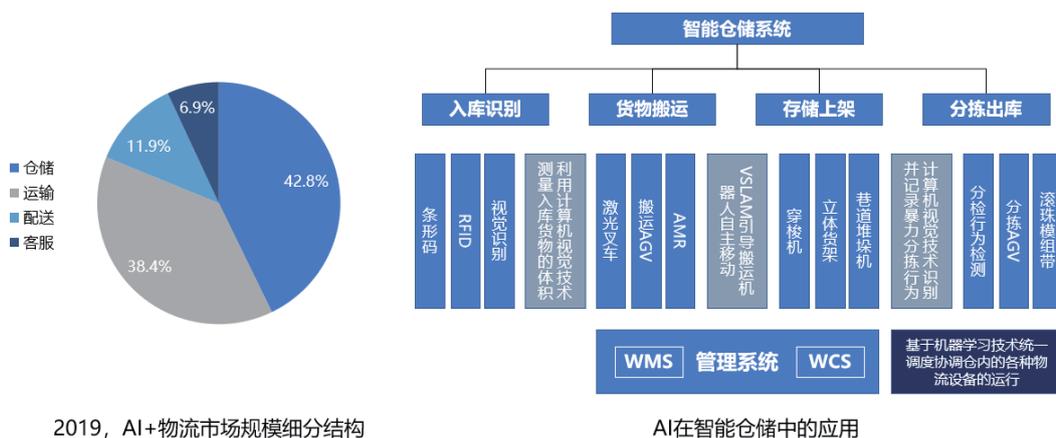


图 18: AI技术与物流数据系统的融合 (素材来源: 艾瑞咨询)

不断学习、不断修正自身策略。在这个过程中，数智化技术将发挥巨大作用，帮助整个系统不断优化。

## 服务化：打造制造与服务一体化供应链，向全价值链延伸

在制造业转型升级的压力和制造商服务化的趋势下，供应链将逐渐走向一体化，品牌商多个销售渠道的产品可以依托于统一管理的全链路物流底盘实现“不同商流，统一物流”的供应链模式，从而实现“商流带动物流、物流反哺商流”的效应。

服务化的关键是制造商在市场中角色的转变过程，由仅关注产品生产和成本控制的纯制造者转变为关注客户需求的、追求产品与消费者需求匹配、为消费者创造价值的服务者。一体化供应链模式下，统一的供应链和物流网络为制造商提供物流底盘，品牌商和制造商只需专注产品的市场营销，及时准确地把握消费者需求，洞察市场变化，快速整合研发、设计、生产等资源满足消费者需求，带动供应链和物流网络的流通。此外，供应链各渠道和物流网络的统一可以为品牌商打通新的销售渠道，为品牌商提供洞察市场的方式，实现物流对商流的反哺。

然而这个过程离不开数智化技术的支撑与赋能。例如在制造商服务化过程中，品牌商如何快速获取信息、洞察市场需求为客户创造更多价值？制造商如何快速调

集生产各环节资源实现柔性制造？制造商如何通过供应链了解各环节效率提升服务化水平？这些都离不开大数据、智能算法等工具的支撑。制造业服务化不仅是服务要素投入和服务产出量的增加，更重要的是通过大数据、智能算法和产业互联网带动企业商业模式和供应链模式的升级，利用服务要素提高企业研发创新、营销和品牌建设能力，同时基于供应链能力快速洞察市场与客户需求，以服务增值促进制造企业增值，实现制造业经济、社会和环境效益的改善。

## 绿色化：数智化绿色供应链，助力循环经济可持续发展

打造绿色供应链已成为企业承担社会责任的重要方式。绿色供应链的目的是使产品从物料获取、加工、包装、运输、使用到报废处理的整个过程中，对环境影响最小，资源效率最高。从供应链视角看，绿色环保目标的介入势必会改变现有的供应链运作方式，例如使用新能源商用车替代现有运力，使用新的环保材料包装产品等。短期来看，打造绿色供应链需要克服思维和行为惯性，增加管理成本，甚至一定程度上会影响供应链效率，导致短期内企业竞争力降低。但长远来看，发展绿色供应链与降本增效目标并不违背，还有助于企业获得更高的市场认可度，对提升品牌形象和国际影响力有积极作用。

由于供应链多节点多环节的复杂性，企业在供应链低碳转型中面临着诸多挑战：如碳排数据质量难保证、计量方法不准确、减排成本过高等。因此，应用数智化手段加速供应链向绿色低碳转型成为企业探索的重要路径。在实践中，企业应用技术为碳减排赋能，推动供应链低碳管理的数字化升级。物联感知技术实时收集碳排放数据、大数据与云计算量化产品碳足迹、区块链技术实现全链条数据溯源、数字化信息平台对全流程进行影响因素排查、自动化控制与可视化管理。数智技术引领企业强化“双碳”管控，实现供应链运作降碳增效。

行业认为与 AI 相关的技术减碳贡献占比会逐年提升，到 2060 年将至少达到 70%，减碳总量预计超过 350 亿吨。“以交通行业为例，2020 年中国交通行业的碳排放估测量为 10.4 亿吨，占全国总体排放的 9%。而在驱动交通行业降碳减排过程中，使用以智能信控为主的缓堵型智能交通技术，可以有效提升城市主要道路交叉口的通行效率，千万级人口城市因此每年可至少减碳 4.16 万吨——这相当于 1.4 万辆私家车行驶一年的碳排量。”

另一方面，对绿色可持续理念的坚定贯彻，也是让企业不断提高生产、运营管理效率的助推剂。例如，为了减少包装材料的使用，生产企业将更积极地优化产品设计，物流企业将更积极地优化装箱、打包的效率；为了减少运输过程中的排放，

物流企业将更积极地优化线路，提升装载率，降低空驶率；为了对报废产品实现回收处理，生产企业可以借机为用户提供更加全面长期的服务，积极推动由单纯产品售卖向产品加服务的模式转型，而物流企业可以将配送物流与回收物流进行整合，通过优化排程和路径进一步降本增效。

## 供应链数智化的“技术密码”

随着我国在全球供应链中的地位提升，在应对供应链转型的挑战之时，智慧供应链的打造也上升到众多国家的高层战略之一。2014年亚太经合组织会议中，讨论如何应对全球经济发展下行压力时，明确提出多项供应链战略，包括“促进全球价值链与供应链合作”、“建设亚太绿色供应链网络”等，将打造全球供应链体系作为全球以及区域经济发展的战略支撑点。世界500强企业有80%制定了企业的供应链战略，把供应链管理作为企业增强竞争力的主要抓手。随着5G、大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术的发展，智慧供应链凭借其高度的渗透能力，在工业智能制造领域，帮助企业优化生产、降低成本和提升效率。未来十年，人工智能、物联网、数字孪生、区块链、扩展现实(XR)、5G通信等关键技术将是支撑供应链数智化发展的重要“技术密码”。(见图19)

### 人工智能

人工智能(Artificial Intelligence, 简称AI)旨在了解智能实质，让机器通过视、听、读等学会分辨事物、理解人类意图，并能通过对环境的感知采取行动，最终构造出能够像人一样感知、认知、决策的类人智能系统，主要涉及机器学习、深度学习、机器视觉、自然语言处理以及无人系统等。AI技术在供应链与物流行业的应用方向主要包括两个方面：智能设备和智能决策。

- 智能设备：以计算机视觉、自然语言处理、语音识别、无人系统等AI技术赋能的智能设备替代人工，比如智能客服机器人、无人机、无人车、自动驾驶卡车、无人配送车等典型的智能设备。(见图20)

- 智能决策：利用机器学习、深度学习、运筹优化等技术辅助管理与决策、提



图19：支撑供应链数智化发展的“技术密码”



无人机 (小型急件配送)



AGV机器人 (分拣、仓储系统)

## 智能装备



自动驾驶卡车 (干线运输)



无人配送车 (商品和外卖配送)

图 20: 智能设备 (素材来源: 互联网)

高物流效率。比如, 借助数据挖掘、智能优化等 AI 核心技术, 通过对仓储业务资源数据进行分析处理, 可以进行仓位推荐、智能组波次、库存分配以及货架冷热度预测等。

此外, 根据供应链与物流行业的功能属性, MHI& 德勤 (Deloitte) 将 AI 技术在供应链与物流领域的应用分成以下六大类。

- 物流规划 (Logistics Planning): 需求预测、设施布局、能力计划。
- 自动化仓储 (Automated Warehousing): 库存控制、仓储机器人、损坏检测、预测性维护、仓位优化、智能分拣等。
- 自主设备 (Autonomous Things): 自动驾驶汽车、送货无人机、AGV、送货无人车等。
- 分析 (Analytics): 智能定价、路径优化、过程分析、聚类、关系挖掘、运

营决策分析、驾驶舱等。

- 后台管理 (Back Office): 自动文档处理、客服机器人、业务审核、智能媒体、智能交互等。
- 销售与营销 (Sales & Marketing): 需求分析、客服机器人、销售机器人、销售与营销分析。

## 物联网技术

物联网技术 (Internet of Things, 简称 IoT) 是人、物、服务泛在相连的互联网, 具有物体感知、信息传输、智能处理的基本特征。IoT 可在“终端、网络、平台”全方位助力供应链与物流在数据感知、网络连接、操作辅助和远程控制等方面的应用。IoT 在供应链和物流领域的应用主要集中在以下四个方面:

- 产品的智能可追溯: 基于 IoT 技术

的可追溯系统发挥着货物追踪、识别、查询、信息采集与管理的作用，可有效保障产品的质量与安全。

- 物流过程的可视化：基于卫星导航定位技术，RFID、传感器等 IoT 技术，可在物流过程中实时对车辆进行定位、监控运输物品以及在线调度与配送的可视化和管理。

- 智能物流配送：基于传感器、RFID 等 IoT 技术建立的物流作业的智能控制、自动化网络，可实现物流配送中心的全自动化，实现物流与生产的联动，并与商流、信息流、资金流协同。

- 智慧供应链：基于 IoT 技术升级的智慧物流和智慧供应链，可有效满足电商快速发展及智能制造环境下的个性化需求和订单，帮助企业精准预测客户需求，实现供应链的智慧化。

IDC 研究数据显示，2020 年全球物联

网支出达到 6,904.7 亿美元，其中中国市场占比 23.6%。IDC 预测，到 2025 年全球 IoT 市场将达到 1.1 万亿美元，年均复合增长 11.4%，其中中国市场占比将提升到 25.9%，IoT 市场规模全球第一。

## 数字孪生技术

数字孪生 (Digital Twins) 是对物理实体的独一无二表达，既描述其静止状态，也描述其动态行为。相较于传统仿真，数字孪生技术不但性能大为增强，而且成本也逐步下降。IDC 新近发布的 2022 年中国智慧城市十大预测提出，到 2024 年，中国将有 70% 的城市采用数字孪生技术，以实现城市的可持续发展，提高城市运行效率，改善城市环境质量，达到碳排放目标。下图 21 展示了数字孪生技术在供应链全过程的应用。



图 21：数字孪生技术在供应链全过程中的应用（素材来源：DHL）

- **包装材料设计与管理**：数字孪生技术可用于指导新型物流包装材料的设计，以及对可循环包装的运行轨迹全程跟踪和分析。

- **航运追踪**：数字孪生技术可以实现高价值货物运输过程的数字化追踪，全流程记录货物所处环境的温度、湿度以及受冲击或碰撞的情况等，还可用于实时监控货轮运输，预防抛锚、失火等事故。

- **物流网络运作优化**：数字孪生技术可根据货运卡车在城市每个区域的限行状况，制定更精细的物流规划方案，以及通过对车辆 / 货物的精确跟踪，实现每日运作中更优的决策。

- **物流基础设施管理**：数字孪生技术可以为某个具体的港口 / 机场构建孪生模型，实时监控和分析运作情况，预测海运 / 航班准点率等。

- **仓库 / 物流中心运营**：数字孪生技术可以实现对仓库各个库区运营状况的建模，实时了解货架的情况。

## 区块链技术

区块链 (Block Chain) 是共享的、不可篡改的账本，用于记录交易、跟踪资产和建立信任。区块链作为数字经济发展的前端信息技术，已成为智慧物流发展过程中至关重要的因素。根据“十四五”的规划纲要，区块链作为“十四五”规划七大数字经济重点产业之一，将推动 2025 年数字经济核心产业增加值占 GDP 比重达到 10%。区块链在智慧物流发展中具有去中心化、高效化、安全性高的特点，可用于

包括物流溯源、物流金融，以及物流征信等场景。

- **物流溯源**：运用区块链技术可以将物流运输各个环节连接在一起，将产品信息上链，进行分布式存储，真实地记录产品实际情况，进而实现全过程的透明化，提升运输质量，还可以有效解决溯源追踪的难题。

- **物流金融**：通过区块链技术可以将区块链以及物流金融数据库两者之间进行有效连接，实现对多个参与方信息的实时记录，构建出一个合理、有效、安全的交易空间。此外，区块链技术具有不可篡改存证数据的特点，它能够保障交易的安全性，避免因虚拟信息而造成的风险，还能够一定程度上解决融资难的问题。

- **物流征信**：基于区块链技术可以将保险公司、担保机构等融入平台，借助智能决策技术，基于企业账本的真实数据，对企业信用加以评级，并将评级结果融入到区块链当中，能够进一步提高物流企业的信用度，以及一定程度上解决信用难题。

(见图 22)

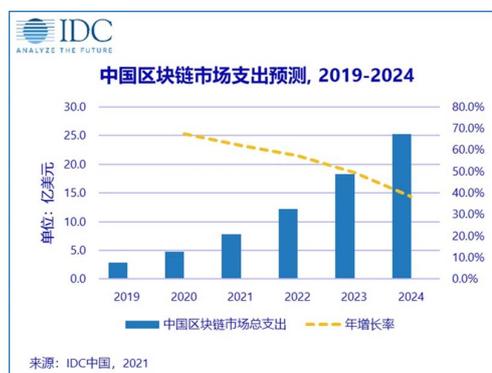


图 22：中国区块链市场支出预测  
(素材来源：IDC)

2021年3月24日，IDC发布了《2021年V1全球区块链支出指南》，IDC预测，2024年全球区块链市场将达到189.5亿美元，五年预测期内（2020-2024）实现约48.0%的复合增长率。此外，IDC预测，中国区块链市场规模有望在2024年突破25亿美元，中国区块链市场规模五年年均复合增长率将达到54.6%，增速位列全球第一。

## XR技术

扩展现实(Extended Reality, 简称XR)是指通过计算机将真实与虚拟相结合，打造一个可人机交互的虚拟环境，从而达到一种身临其境的沉浸感，包括虚拟现实(Virtual Reality, 简称VR)、增强现实(Augmented Reality, 简称AR)、混合现实(Mixed Reality, 简称MR)等技术。

- “无中生有”：VR技术借助于计算机图形技术和可视化技术产生物理世界中不存在的虚拟对象，并将虚拟对象准确放置在物理世界中。VR构建沉浸式环境可以助力物流设计、以及对物流工作者的培训等过程做形象逼真的展现，增进学习者的兴趣，降低抽象知识的学习难度。代表性VR产品包括Facebook公司的Oculus Rift。

- “锦上添花”：AR技术是VR技术的延伸，它采用计算机图像技术对物理世界的实体信息进行模拟、仿真，即把现实世界变成虚拟世界。AR通过虚实结合方式为物流作业一线人员的高效率作业提供更多可能。通过把信息显示和甄别设备集成在头戴式显示设备上，使操作者不再需要手持查询信息的物品，实现了解放双手，

使人可以从事更多、更复杂精细的工作。代表性AR产品包括谷歌公司的Google Glass。

- “虚实交织”：MR技术是AR技术的升级，它通过在现实环境中引入虚拟场景信息，在现实世界、虚拟世界和用户之间搭起一个交互反馈的信息回路，形成虚拟和现实互动的混合世界。MR技术可用于智慧物流规划布局方案评估等。代表性MR产品包括微软公司的HoloLens。（见图23）

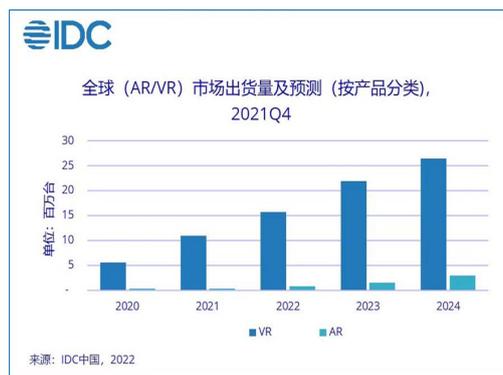


图 23：全球 AR/VR 市场出货量预测（素材来源：IDC）

“十四五”规划将VR/AR产业列为未来五年数字经济重点产业。作为“元宇宙”发展的必经之路和第一入口，XR头显市场在近五年内将迎来爆发式增长。IDC预测，XR产业将进入爆发期，有望达到年均138%的增速，头显在2025年将达到2100万台的终端销售量。

未来，依托XR系统物流企业能实现作业场景的信息化、智能化，提高工作效率，降低成本。从仓储优化、员工培训到现代化运输发展，XR技术将在全球供应链中发挥着积极的作用。

## 5G 技术

第五代移动通信技术 (5th Generation Mobile Communication Technology, 简称 5G) 是具有高速率、低时延、大连接特点的新一代宽带移动通信技术, 是实现人机物互联的网络基础设施。供应链的数智化要求依托 5G 网络设施, 通过互联网和物联网, 将物流全链路涉及的大量人员、车辆、货物、设备资产进行数据采集和数字化管理; 进而基于数据的采集、分析、运算进行智能决策。同时产生的决策需要能及时分发给各个物流环节执行主体, 以形成数字化、智能化的物流业务闭环管理。从业务需求及挑战出发, 5G 技术同供应链与物流场景的结合可分为应用和网络两大类。

- 应用层赋能: 注重物流业务场景需求与 5G 性能指标间的结合, 可以进一步分为三类: 增强移动宽带 (eMBB)、海量机器类通信 (mMTC) 以及超高可靠低时延通信 (uRLLC)。

- 网络层赋能: 注重物流业务场景需求与 5G 网络架构间的结合, 具体又可分为网络切片类和边缘技术类。(见图 24)

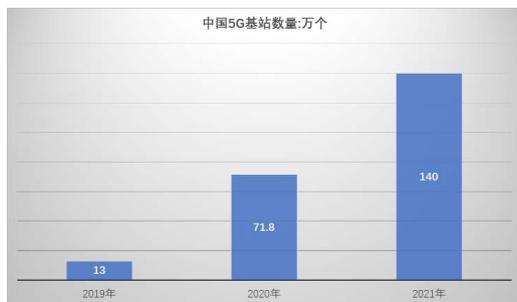


图 24: 2019–2021 年中国 5G 基站数量统计  
(数据来源: 工信部)

据 IDC 对中国 5G 网络基站的发展预测, 中国的 5G 基站数量将从 2021 年的 140 万进一步发展到 2025 年的 450 万。5G 在供应链和物流枢纽节点中因无需过多基站建设而形成投资成本小、经营风险少的最佳应用场景。比如中国电信发布的“5G+”十大应用场景中的智慧交通和车联网; 中国移动发布的 100 个 5G 应用场景中的智慧港口、智慧矿山和智慧园区; 以及中国联通规划的八大 5G 行业应用场景中的“5G+ 无人驾驶”, “5G+ 智慧物流”和“5G+ 智慧港口”等均与物流节点有关。此外, 5G 技术也还将支持 XR、IoT、数字孪生等技术的应用和发展。5G 技术的广泛应用将为供应链与物流行业各场景数智化转型升级提供有力支撑, 成为引领智慧物流的通用平台技术之一。

随着我国新基建与双循环战略, 数智化的“技术密码”给物流与供应链带来新生长。中国供应链企业与社会对数字化时代更开放和包容, 企业愿意尝试新模式、新产品和新服务, 在 5G、窄带物联网、工业互联网、人工智能等领域处在世界第一梯队, 在底层“技术密码”基础上形成的“数字驱动”、“数智化运力优化”、“一盘货”和“数智化仓储”等创新管理模式, 也推动物流与供应链的发展。同时数字化时代新的商业模式能为敏捷灵活的中国企业家带来新商机, 为中国物流与供应链换道超车提供机会, 数智化技术有望大幅提高中国物流制造能力, 提高物流与供应链服务行业的服务水平。

# 供应链数智化实践

## 美的安得智联：城配直配集成化调度

安得智联城市配送业务负责将客户产品配送至经销商或消费者手中，客户主要为家电企业、快消企业、商超等。配送产品品类主要为家电产品和食品饮料等快消品，交付对象为 b 端、小 b 端客户以及部分 C 端客户，配送半径通常在 300KM 以下，以同城业务为主。由于业务量相对稳定，因此运力采购主要为合同模式，公司通过与个体司机签订合同构建直控运力车队。

伴随订单碎片化、小批量化的趋势和服务要求的提升，安得智联城配业务起送门槛不断降低，这使得本就缺乏规模效应的城配业务集货难度更大；同时由于小 b 端和 C 端客户的比例增加，配送位置更为分散；业务拓展也使得配送货物的品类更加丰富。如何实现配送订单的合理搭配、车辆路线设计和车型合理指派对调度人员提出了较高的要求。调度人员一方面要根据订单时效要求、位置、品类等因素搭配订单及线路设计，另一方面要结合运力资源进行合理的车型和车辆指派。

安得智联城市配送业务面临的问题主要可归纳为：1. 订单碎片化，位置分散，货物集拼及线路设计难度相对较高；2. 线路设计对调度人员依赖度高；3. 根据订单及线路情况指派合理车型，最终实现降本增效。针对以上问题，上海交大一安得智联智能物流与供应链联合研究中心设计研发了面向城配业务的直控运力智能调度系

统。该系统以运筹优化算法为核心，并接入安得智联 TMS（运输管理系统），实现对订单的合理集拼分配及运力资源的高效利用。通过推动学术成果对接和转化，坚持应用导向和持续研发，不断带动产品升级迭代，体现“人工智能”和“智能人工”相结合特点，让城市配送更加智慧高效。

城配业务的复杂和不确定性使经典车辆路径问题的模型和相关求解算法很难输出可执行决策。不仅关注对松弛问题构建算法原型来进行假设性分析与数值实验，城配调度人工智能的落地吸收了调度人员人工智慧，其中关键内容在于结合业务场景多约束条件对算法研发做适用性设计，城配调度算法目前涉及业务类型包括家电城配、商超城配、电商城配、快消品城配等；其中的约束包括装载体积约束、串点数量约束、运输距离约束、合线约束、车型拓展约束、集中度约束、拆单与合单约束、

约束类型	业务场景		
	家电	家居	快消品
装载体积	●	●	●
串点数量	◐	◐	●
运输距离	◐	◐	◐
合线约束	◐	◐	◐
车型拓展	●	●	●
集中度	●	◐	◐
拆单与合单	●	◐	◐
特定 SKU 装载	●	●	◐
逻辑区	●	◐	◐
时间窗时效	◐	◐	◐
复合策略	●	◐	●

图 25：不同业务场景下的复杂约束

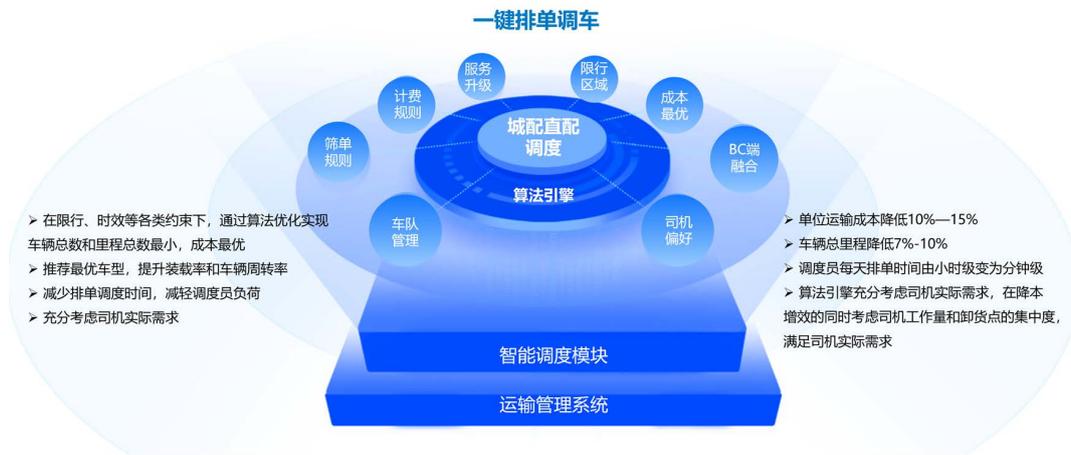


图 26：安得智联城配智能调度功能

特定 SKU 装载约束、逻辑区约束、时间窗时效约束、复合策略等多场景约束。（见图 25）

面对碎片化的订单需求，直控运力智能调度系统基于安得智联 TMS 的业务数据对区域及 b 端客户的订单需求进行预测，为集货及发货时点提供数据参考。针对分散于城市各地的订单需求，智能调度系统结合运力资源池中的现有车型、车辆装载能力及实际导航距离数据对订单进行组合集拼，实现线路设计和车型指派自动化和最优。目前直控运力智能调度系统已在全国 8 个片区、136 个配送中心推广应用，全面降低了安得城配业务对调度员人工经验的过度依赖，即使是新入职的调度员也可以利用智能调度系统快速完成调度工作，运作效率显著提升；同时由于智能调度系统从全局视角对车辆路线进行设计，效率提升的同时达到了节约成本的效果。

（见图 26）

安得智联通过和上海交通大学中美物流研究院合作共同研发了城配长合车智能调度系统，2022 年一季度开始，全国范围内推广使用了该系统，并初步实现降本增效。运营数据显示使用智能调度系统的配送中心单位运输成本较去年同期下降 4.6%，

满载率提升 4%。其中较早使用智能调度系统的东部各区域配送中心方公里成本同比下降 4.34%-13.47%，有效节约运输成本的同时，还提高了一线人员工作效率。该智能调度系统未来还将应用于更多配送业务类型，通过配送环节的数智化更快更优地将电商和零售渠道的快消品、家电家居产品配送至门店和用户，提升客户满意度，加深行业客户与各渠道联系，为行业客户创造更大价值。

### 美的安得智联：数智化助推制造供应链升级

随着国内市场逐步从“卖方市场”转向“买方市场”，市场竞争也从“增量博弈”转向“存量博弈”。如何构建更加柔性、协同、高效的制造供应链体系，顺应多样化、个性化的市场产品潮流，成为制造型企业需要思考和研究的重要课题。美的作为制造业的标杆，近三年已打造出五座灯塔工厂。在美的灯塔工厂转型升级的背后，美的智慧物流板块 - 安得智联提供的端到端数智化供应链服务发挥了重要作用，助力打通了灯塔工厂数字化转型过程中的全链路“任督二脉”。

安得智联将美的多年精益制造经验沉淀转化为“灯塔工厂供应链方案”，结合 SCOR 供应链运营模型，以供应链变革为主线，以供应链透明化、上下游高效协同、多频次小批量配送为目标，形成了 VMI、MILKRUN、循环包装、运包一体、JIT/JIS 配送及产中送线的生产物流全链路供应链服务能力，以此帮助上下游客户有效整合并降低供应链整体库存，提高资金利用率，降低物流运营成本，保障供应链安全。

安得提供的端到端数智化供应链解决方案，并非简单照搬行业标杆的模式和经验，而是结合美的供应链及制造体系的实际场景及特点，融合精益生产思维，对各个流程进行分析和重构，并以此为基础制定相应数字化解决方案。

下面主要从 VMI、MILKRUN 及运包一体的模式展开阐述。

VMI (Vendor Managed Inventory)。VMI 是供应商与主机厂供需匹配的关键管控节点，安得智联以自主研发的 PLS (Production Logistics System) 系统为

载体，在实现一般的收发存作业管理、账实一致透明等的物流标准要求基础上，进一步在协同和优化层面融入安得对场景数智化的思考。首先体现在“打通”，一方面打通主机厂 ERP 和 MES 的数据接口，实现 VMI 库存对上下游的透明化，另一方面打通供应商面向多个需求组织的库存，实现零部件“一盘货”，有效整合资源，降低库存；其次体现在“协同”，由于 VMI 本身定位在工厂周边，可以直接根据 MES 排产计划实现物料前置齐套及拉动上线，满足排产柔性及多频次小批量配送需求。另外通过整合 APS 排产计划、MES 生产实绩、VMI 库存以及在制品和线边的库存，PLS 系统可以为供应商提供更精准的补货计划，确保库存准确及时。据统计，PLS 上线后 VMI 物料平均库存天数下降了 30% 以上。

优化层面，通过库位推荐及拣货路径优化算法，将出入库热度高的物料推荐至离仓库出货口较近的“优等”库区（见图 27），结合轻型流利架，有效缩短拣货员行走距离，大幅提升了仓储作业效率。



图 27：库位智能推荐



图 28：安得顺德 VMI 智能仓

此外，安得顺德 VMI 仓已经实现了智能仓运作模式（见图 28），以 PLS 为大脑协同 WCS 指挥现场多种智能化设备高效作业，包括 CTU、KIVA、PTL 工作台等，大幅提升了 VMI 仓储的人效和坪效。

MILKRUN 循环取货。MILKRUN 循环取货的模式在汽车行业应用广泛，目前也不断拓展至其他行业的入厂物流体系，包括美的供应链体系。MILKRUN 模式的主要价值在于：1) 实现多频次、小批量配送，大幅减少车间面积的占用；2) 从主机厂的全局视角对部件入厂物流进行整合和优化；3) 物流费用透明化。安得主要应用场景如下图所示（见图 29），包括远距离供应商集中区域以及工厂周边供应商集中区域。

MILKRUN 体系的有效运作不仅需要飞翼车、循环器具、叉车等硬件配套，更离不开数智化能力支撑：首先是线路规划的算法。有别于城配场景的线路规划需求，城配订单的离散性和及时性需要通过上文提及的启发式算法提升调度效率并降低物流成本，而入厂物流由于有生产主计划作为规划基础，业务上有充裕时间通过精确算法对线路进行规划，并以此编排定时定班的循环取货时间线。（见图 30）

安得循环取货线路规划算法的顺利运行有两个重要条件：一个是运输数据的完整性和准确性，包括供应商货量分布、包装规格、零件特性、运输方式和频次等；另一个则是生产计划的均衡性和稳定性，



图 29：安得 MILKRUN 循环取货体系

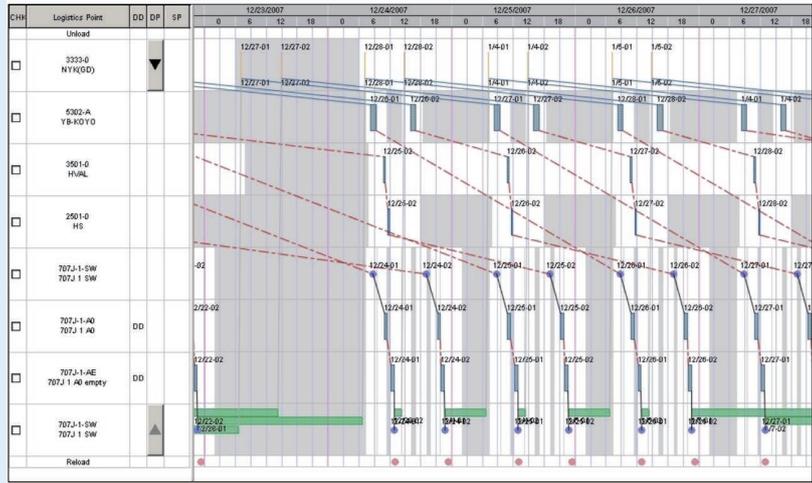


图 30：循环取货时间表

美的强大的 APS 系统保障了排产计划的均衡稳定。

循环取货的另一个重要软件支撑是安得强大的运输管理系统 TMS，结合司机端 APP 直通宝的应用，安得 TMS 有效实现了运单管理、运力管理、车辆配载、在途跟踪、回单管理、计费结算等运输全流程线上化管理，实现全链路可视及监控预警。

循环器具及运包一体。随着碳中和及绿色发展战略的持续推进，循环器具必然成为物流绿色战略的重要一环。

除绿色环保效益外，循环器具的使用也对物流运营带来更大价值：1) 降低包装成本：随着使用时间的增加，循环器具的投入成本被不断摊薄，较一次性包装可以有效降低包装成本；2) 模块化的运输单元，精准化物流量测算，有效提升车辆装载率及装卸效率；3) 容器可作为“看板”拉动的载体，通过控制循环器具的总体投入数量控制物料在供应链各流转环节的总库存。但是对于供应商或者主机厂而言，循环器具使用的最大障碍在于增加了空容器返厂

的逆向物流成本，循环器具使用的正向效益未必能对冲掉器具回收的逆向物流成本。

安得通过建立运包一体运作模型（见图 31），实现了循环容器的“一盘货”及全环节流通。举例来说，从 A 地运送到 B 地的循环器具，无需在“实空转换”后重新运输回 A 地，只需在 B 地完成器具物权交割，通过安得 CMC (Container Management Center) 全国网点，在 B 地完成“空实转换”后再运输回 A 地，从而大大节省了空容器运输返厂的物流成本。

安得以客户需求为导向的运包一体模式，帮助客户实现包装设计、包装动态/静态租赁、循环取货、包装信息化管理等全流程协同一体化，减少客户一次性非生产性投资，成本节约可控。

灯塔工厂智能制造转型升级的背后，是制造业和物流业的深度联动融合发展。这不仅是时代所趋，更是提升“两业”发展水平和国民经济综合竞争力的必由之路。随着中国制造向“中国智造”转型升级，数智化引擎驱动的物流技术创新变革将推动

制造业和物流业资源的有效整合，助力物流业降本增效，促进国民经济高质量发展。安得智联将持续推进智能制造与智慧物流的深度融合，以“灯塔工厂供应链解决方案”支持制造业产业链变革。

## 美的安得智联：城市运输线路网络智能规划

经过 17 年的深耕，安得智联在全国拥有 136 个配送中心，3000 个送装网点，近 20 万条成熟线路，为家电家居、泛快消、3C 等行业超 3000 家企业客户提供专业服务。但各行业正面临制造、分销、零售、用户等全方位变革，订单 BC 融合趋势更加明显，行业变革迫切呼唤供应链解决方案服务商进一步整合线路流量资源，合理匹配运力资源，降低运输成本，助力客户经营转型与供应链升级变革。

安得智联在城市运输网络面临的问题可归纳为：1. 线路设计高度依赖调度人员

经验判断，未考虑市场线路流向的整体流量；2. 线路新增、运营、关闭等高度依赖项目客户，未将公司整体线路流量整合；3. 线路运力依赖配送中心现有运力资源，未根据市场运力价格合理配比外部运力和自有车辆，运输成本高。

针对以上问题，安得智联联合上海交通大学中美物流研究院，基于大数据、机器学习、运筹优化等技术，结合安得在合同物流领域深耕多年的经验，共同设计研发了城市运输线路网络规划系统，该系统结合人工经验、客户要求、货物属性实现了对线路流量的合理集拼、运力资源的优化调整和运输网络智能规划。

面对客户降本需求，运输网络规划系统将公司的历史订单、订单距离、订单流量等数据导入算法工具，考虑业务属性、货物属性、时效、距离、流向以及客户垫付上楼费等约束条件，通过运筹优化算法快速、准确输出线路、路由信息。根据直控运力和外部运力的计费规则进行运输成



图 31：安得运包一体运作模式

本测算，输出线路最优运力结构。调度人员对比规划运力与现有运力的差异，通过运力经理人、直通宝工具进行运力引入，实现运力结构的调整与优化。同时，通过排线调度、履约系统采集运营数据，按日/周/月监控线路成本、装载率、流量，定期将订单数据导入算法回测工具进行回测，根据回测结果调整线路路由及运力结构，实现整个运输网络的持续优化。（见图 32）

目前安得运输网络规划系统已在全国 8 个片区、136 个配送中心推广应用，实现 12075 条线路、12737 条路由沉淀，全面降低了线路规划对人工经验的依赖。通过数智化线路决策，安得更快更优地将电商和零售渠道的快消品、家电家居产品订单流量整合到线路，充分享受规模效应，整体运输成本较 2021 年下降 4.6%。

### 美的安得智联：“一盘货”推动传统物流变革

经过多年发展与布局，美的已形成全

方位、立体式市场覆盖。早在 2014 年，美的和安得智联就提出了“一盘货”战略，从探索渠道供应链的变革，到实现数字化供应链升级、赋能，并搭建起现代物流管理的“美的模式”。

美的原有的传统营销模式，存在多级经销商导致的数据断层成本叠加、压货式销售掩盖了市场现状及使得下游博弈严重、物料呆滞使得长线物料制约了生产柔性、库存居高浪费严重。美的决定在内部全面推行 C2M，从传统的“以产定销”压缩模式转型为“以销定产”的拉动模式，让消费者数据驱动企业的经营生产。2015 年，美的在洗衣机事业部试点“T+3”模式，获得了初步成效。2016 年，“T+3”模式在整个集团全面推广。在美的内部，这种以客户为导向的产销模式被称为“T+3”模式，即把产品从下单到交付分为 4 个阶段——下单、备料、生产和发运，每个阶段都需要一定的周期，T0 就是下单周期，T1 是备料周期，T2 是生产周期，T3 是发运周期。总体交付周期压缩到 12 天以内。“T+3”模式要求所有订

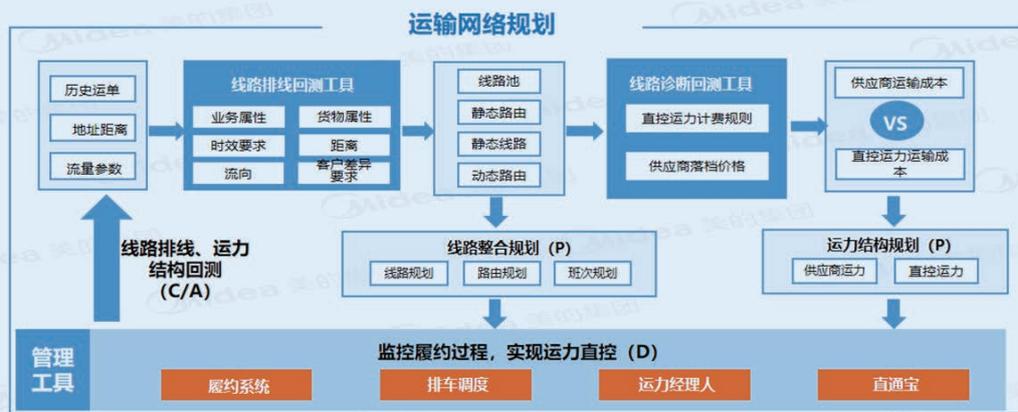


图 32：安得运输网络规划系统



图 33：安得智联“一盘货”解决方案数智化支撑

单来自一线，有了订单以后，通过一盘货库存数据进项评审，工厂对有效订单组织备料、生产、发运。以数智化形式拉通全价值链协同，不断优化流程缩短交货周期，提升效率，降低成本。

为支撑美的 T+3 项目变革，通过“一盘货”统仓统配使得美的在全国的仓库从 2200 多个减少到 136 个，仓库数量下降了 94%；550 多万平的仓库面积减少到了 160 多万平，整个仓库面积下降 70%；订单的交付周期，也从原来的 45 天缩短到了 20 天，（行业整体周期为 40 余天）；库存周转天数从 51 天到 35 天。在库存大幅下降的同时，仓库效率大幅提升。

安得智联是美的集团零售变革的供应链支撑，打通端到端流程，向计划前端及渠道后端双向延伸，通过零部件一盘货，成品一盘货及用户直达送装一体，强化了订单流、信息流、实物流的高度合一，使资源配置效率最优。安得通过支持线上线

下交易处理接入，集中管控全渠道商品库存数据，提供统一的库存服务接口，从而实现各渠道和业务系统之间拉通。（见图 33）

“一盘货”战略分三个步骤推进了美的供应链的转型升级：

- 第一阶段：物理上的“一盘货”。通过库存物理上的“一盘货”，减少产品搬运次数，提升产品品质，减少物流中间环节节点，提高效率，并利用数字化技术实现库存透明；同时在物理仓整合的基础上开展共同仓储、共同配送，降低成本，实现了标准仓储与标准配送，提升了末端服务体验。
- 第二阶段：渠道上的“一盘货”。通过线下各级渠道库存打通共享，实现更低安全库存满足市场供应，解决了销售业绩短期影响和渠道物权转移问题。
- 第三个阶段：线上线下“一盘货”。通过解决线上、线下产品区隔，利用数智化技术将库存打通共享，实现了物流环节

整合共享和线上线下一盘货”。

## 青啤供应链新升维，联合安得智联 共创快消行业一体化供应链新模式

啤酒行业产业集中度非常高，前 5 大品牌市场占有率超过 80%，因为产品客单价与重量因素线上化占比偏低，以线下渠道销售为主；随着渠道深度分销、渠道下沉、多元化、线上化、产品高端化、订单碎片化趋势越来越明显，要求啤酒行业供应链具备更强的柔性交付能力，以抢夺存量市场抓住任何增量机会。

青啤供应链中心以河南市场未来 3 年增量目标为牵引，率先推进供应链转型以支撑营销能力提升，通过线上线下一盘货及统仓统配方案，帮助经销商转型，释放精力全力投入市场销售；通过集约化仓储、带板运输、机械化作业解决工厂到门店的

多次人工搬运与散装作业；通过全渠道库存共享减少渠道库存、减少渠道缺货，提升全渠道产品新鲜度；通过与第三方物流平台的共创合作，方案有效解决了经销商物流资源淡旺季闲置 / 不足、仓储硬件低标风险、旺季缺货、等货时间长以及端渠道库存不可视、销售预测难、库存盘点难、淡季减仓难 / 旺季增仓难、产销平衡难等诸多难点。借助平台优势提供金融、代收货款、回瓶等一体化服务为啤酒行业提供了一体化供应链服务新模式。

青岛啤酒 2020 年率先在河南推行了线下渠道一盘货，河南 RDC 和经销商仓整合实现了共同仓储、共同配送、直送门店，减少无效搬运次数及仓库面积，仓库总数量减少 80%；仓库总面积降低 60%；物流总成本下降 13%；有效拉通工厂与 RDC 间的高效流转，主要辐射工厂实现了 100% 带板运输与机械化作业；严格执行



图 34：“一盘货”策略的实施效果：缩短了客户服务距离、提升了供应链效率

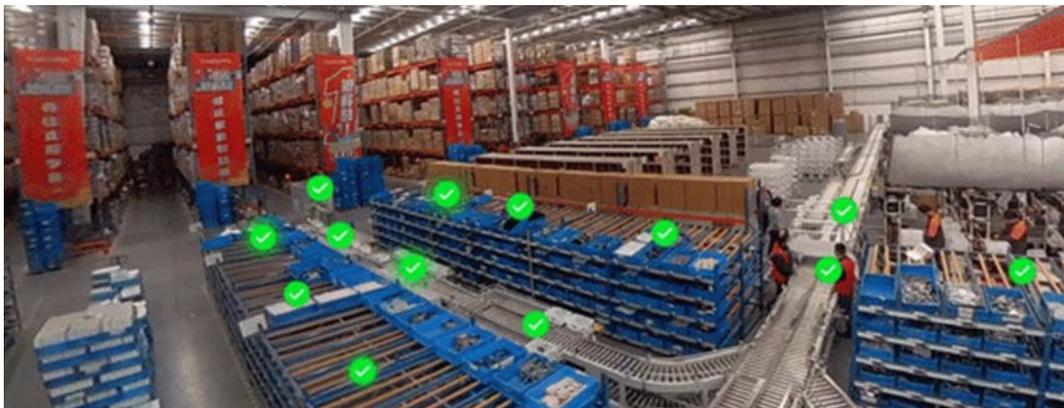


图 35：发网科技平台中的仓内流程跟踪透明监控技术

批次管理、先进先出，全渠道产品新鲜度提升 50%；库存周转率提升 50%；经销商库存共享后结构性缺货大幅下降，实现更低安全库存满足区域市场销售，并在内部开展大范围推广复制。

2021 年青啤规划推行线上一盘货与部分 To B/C 一体化交付模式，实现一盘货满足多电商平台交付，以减少线上缺货与库存滞销，提升销售预测准确率、订单满足率与产品新鲜度；实现了两个渠道多平台订单、库存、人员、场地、设备及作业资源共享；多渠道库存共用，降低产品呆滞率，库存下降 30%，人员 / 设备优化 15%，库存 100% 灵活应对平台订单需求，大幅提升客户交付的满意度。（见图 34）

## 发网智能仓储：面向平台供应链的数字化仓储

随着电商行业的兴起，如何柔性解决供应链行业中存在的仓储自动化程度低、人工成本较高的痛点，是电商仓储升级的“潜台词”。电商仓储由于业务复杂性高等特征，在智慧仓储实践中具备典型借鉴意

义。一方面，电商仓储由于客户区域覆盖广、发货量大、SKU 多，发货时限短，对仓储物流时效有超高要求。另一方面，电商业内竞争日趋白热化，使得电商希望后续仓储成本一降再降。从品牌商 / 电商视角看，如果仓配外包，那需要保证发货的基础上进一步压低外包成本，压力转移到第三方仓储。如果自己仓配发货，人工越来越贵，软件、设备、流程的优化成为绕不开的路。

过去 10 年里，仓储物流由人工向智能化升级的需求突飞猛进，巨大的市场空间吸引不少科技企业进入。对于智慧供应链的参与者而言，如何利用自动化和无人化帮助企业降本增效成为首要目标。仓储物流既考验品牌与新技术的拥抱程度，也考验和智慧供应链的深度结合能力。以上海发网为代表的云仓和智能仓储型企业，致力于打造基于 BI 大数据分析的智能物流云平台，以平台信息技术、智能物流硬件设备为支撑，整合仓储、运输、配送等资源，驱动业务撮合、流程跟踪、透明监控、为商家提供全渠道供应链管理与仓配一体解决方案。（见图 35）

2019 年以来，发网科技正式和上海交



图 36：《央视新闻》针对发网储位智能平衡算法和上架算法的报道

通大学中美物流研究院合作将智慧物流、智能制造、物流教育定位公司三大战略靶向，将智慧供应链的实践耕耘到更多行业。电商仓储智能化是发网科技最强领域之一，在发网科技的仓库内，智能算法这种不容易直接被客户感知的技术，其价值也被直观地展示在客户面前。其中上海交通大学团队和发网科技团队协同研发的储位智能平衡算法和上架算法，让每一个货品上架的有据可依，动态计算使约 90% 的订单能通过流水线拣选。过去传统拣选，人员 70% 的时间是在拣选走动的路上而非拣选本身，而在发网自动线，每个拣选人员完成拣选的活动范围都不超过 2 平米。每个拣选员面前拣货容器不间断，保持工作量均衡和订单持续输出，如果某拣货站异常则还会自动调整保持业务连贯。如此一来，流水线对比人工效率产生质的飞跃。这一智能技术的在发网嘉合仓落的使用结果，一方面在 2021 年 3 月获得《央

视新闻》的独家报道，同时也获得了国际管理科学与工程重要会议《华人学者管理科学与工程协会（CSAMSE）第十三次国际年会》的管理实践奖一等奖。（见图 36）

智能仓储在发网仓储管理中的应用覆盖了流程的各个方面，发网研发团队与中美物流研究院共同完成了 3D 装箱推荐、订单波次与仓库内路径规划、社区团购路径规划、自动分拣线边储位分配等智能算法研究。发网库内已完成“3D 装箱推荐”部署，使用后的包材推荐准确率，由人工模式下的 55% 上升到 95%。

### 货拉拉：数智化车货匹配平台<sup>[1]</sup>

在以零散需求和分散运力为主的同城货运细分市场中，信息不对称是制约货运效率提升的关键瓶颈。与客运场景中客与车的高度标准化不同，货运场景中的货物

[1] 案例来源于搜狐科技 5G&AI 峰会专访实录《货拉拉 CTO 张浩：货运核心能力是实现人车货路仓的数字化》”

五花八门，车型种类繁多，时常出现车到之后才发现装不了的情况。因此，如何借助数字化的手段，实现合理高效的车货匹配是一个核心的问题。

车货匹配平台的本质是通过有效的信息展示，同时实现货物与车辆在装载方面的最佳匹配，以及货主与司机在价格和服务方面的最佳匹配。合理高效的车货匹配平台可以提高撮合成功率，实现运能的合理利用，降低车辆空驶率，从而降低成本，提升货主和司机的满意度，最终转化为用户粘性，使平台可以更好地聚拢零散的需求和分散的运力，实现良性循环。

货拉拉通过以人、货、车数字化为基础，采用订单推荐和司机自主接单的模式，以资质管控和事后运营保障安全合规，建立了良性发展的车货匹配平台。通过对用户的使用习惯进行深度挖掘，对用户货物的品类、重量和尺寸、运输路线、服务习惯等进行精准的预测，以及用户对

货物的表达和车载设备对货物的识别，实现了人和货的数字化管理；通过对加入平台车辆的资质审查，以及在业务进行过程中车载设备对车辆的定位和监控，实现了车的数字化管理。运营模式方面，平台接到订单之后，基于司机的位置、车型、历史表现等信息，通过算法将匹配度好的订单推荐至司机，再由司机自主决定是否接单。这样既保证了车货匹配的质量，也给司机保留了一定的自由度。为保障运输的安全与合规，一方面货拉拉通过与公安机关、车管所等一起对车辆资质、司机资质进行审查，对不良用户进行管控，另外一方面通过车载设备实现服务过程完整记录，百分之百实现事后的勘责或追责。货拉拉正持续通过运筹优化、计算机视觉、自然语言处理等技术持续提升人、车、货、路的数字化水平，增强车货匹配的效率，提高平台的竞争力和社会价值。（见图 37）

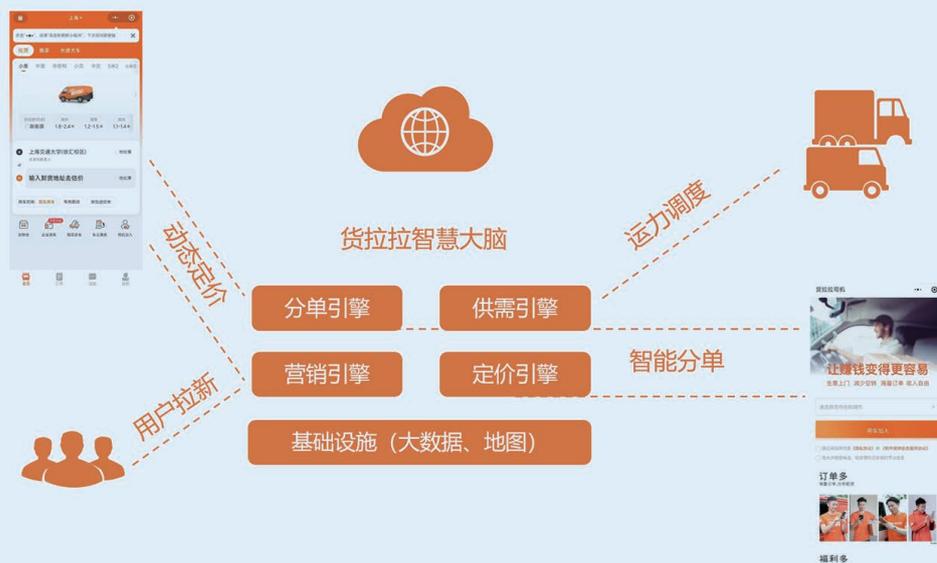


图 37：货拉拉车货匹配平台智慧大脑（素材来源：运联网）

## 蚂蚁集团：区块链、绿色计算助力低碳供应链数字化转型<sup>[2]</sup>

蚂蚁集团于2021年3月提出“碳中和”计划，应用技术创新探索绿色发展。其于9月推出基于区块链技术开发的SaaS碳矩阵平台，通过物联网实时收集数据进行系统的自动核算与碳排放可视化，并应用区块链追溯查证，助力企业对碳中和全流程进行科学管理。同年双十一期间，蚂蚁集团在经过两年的技术探索后实现了“绿色计算”的首次规模化应用，采用离线混合部署技术、云原生

分时调度、AI弹性容量三种资源调度技术实现算力共享，提高算力资源效率，降低数据中心的碳排放量。

经过一系列的节能减排举措，蚂蚁集团完成2021年度运营排放的碳中和目标，且在自身运营与供应链两方面总碳减排量达37909.87t。其中，蚂蚁集团通过节能减排、优化效率等绿色运营实践，减少碳排放1668.60t；通过自主研发的“绿色计算”技术，帮助供应链上游数据中心减少碳排放29591.48t，占总碳减排量的78%。（见图38）

### 相当于15000辆 行驶一年产生的碳排放

（假设一辆小轿车一年行驶12000公里，行驶一公里排放0.203千克二氧化碳）

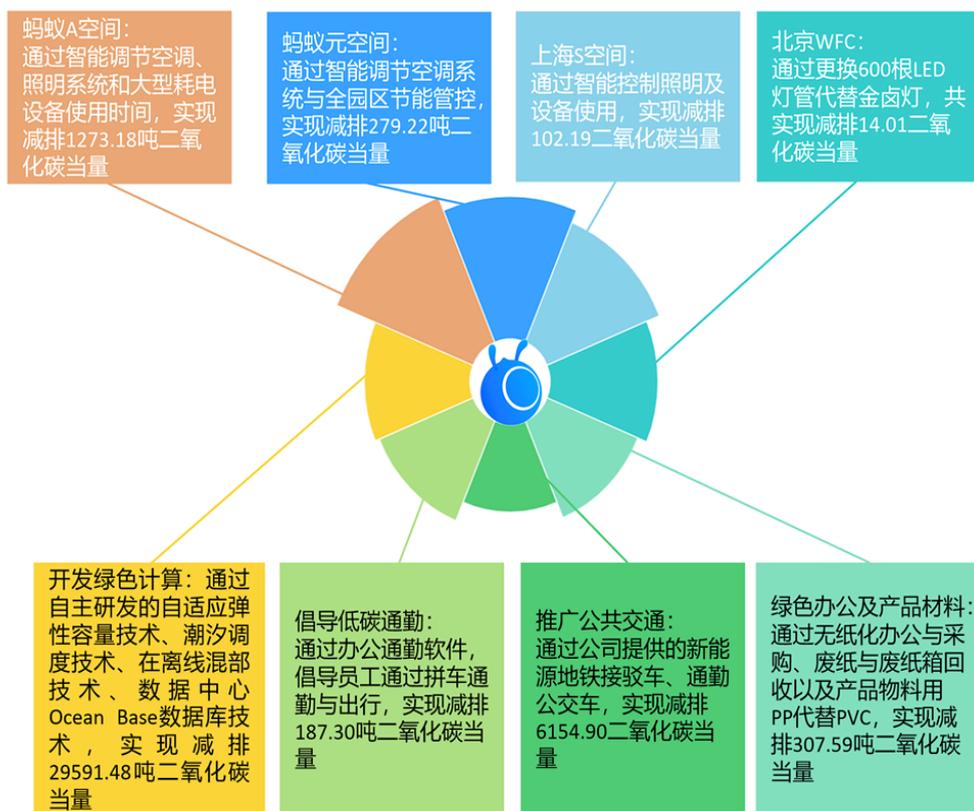


图38：蚂蚁集团2021年度碳减排量各项数据（素材来源：蚂蚁集团官方公众号）

[2] 案例来源于蚂蚁集团官方公众号报告《蚂蚁集团实现2021年运营排放碳中和》

## 结束语

新的历史时期下，我国推出了一系列重要经济发展战略来应对复杂多变的经济格局。这些战略引领企业突破传统束缚，在新的经济与市场格局下建立自身的竞争优势，以巩固我国企业在全球经济和社会发展中的地位。二十大报告指出要构建全国统一大市场，建设高效顺畅的流通体系。供应链作为人类生产活动的动脉，在新的历史时期和经济格局下面临重大发展机遇和挑战。一方面，新信息技术浪潮激发了新一轮工业革命，催生出新的产业机会和商业变革，为供应链变革创造了良好的商业与技术环境。另一方面，全新的需求格局、要求给企业发展带来更多、更复杂的目标和约束。尤其是生产与销售方式的转变对企业的供应链管控提出了全新的挑战。

供应链是企业应对市场变革的重要战场，充分利用当下新技术革命的红利，通过数智化手段提升供应链现代化水平，将成为运营决策者应对复杂变化的市场格局的发展利器。本文围绕供应链数智化主题，从国家经济战略层面分析新时期供应链发展的需求，从企业发展需求层面探讨当下供应链发展面临的趋势和挑战。面对供应

链发展的新需求、新趋势、新挑战，本文提出以数智化为手段，带领供应链未来向集成化、智能化、协同化、服务化、绿色化五个方向发展。不同发展路径下，供应链数智化是由具体的技术和应用场景组成的。这些复杂业务场景下具体问题的解决离不开人工智能、物联网、区块链、云计算等新技术的应用和赋能。本文从技术视角介绍一些适用供应链场景下的新技术、新方法，并通过一系列实际案例展示供应链的数智化实践。

未来已来，数字经济时代下产业升级，制造业高质量发展不再是口号，供应链的数智化转型升级已在企业中不断深化。然而供应链的数智化过程并非一朝一夕，也不是功能技术模块的简单采购和拼接。数智化需要企业不同部门、层级、业务的参与者保持一致的理念，通过互相协作，共享资源来实现数字化和智能化的目标。这是一种数智化思维模式的建立过程，也是一种数智化能力习惯的培养过程。我们敬献此文分享供应链数智化的相关见解和实践经验，希望可以帮助更多的制造企业和供应链企业寻找发展数智化的方向和路径，开启数字时代大门。

上海交大 - 美的安得智联智慧物流与供应链联合研究中心