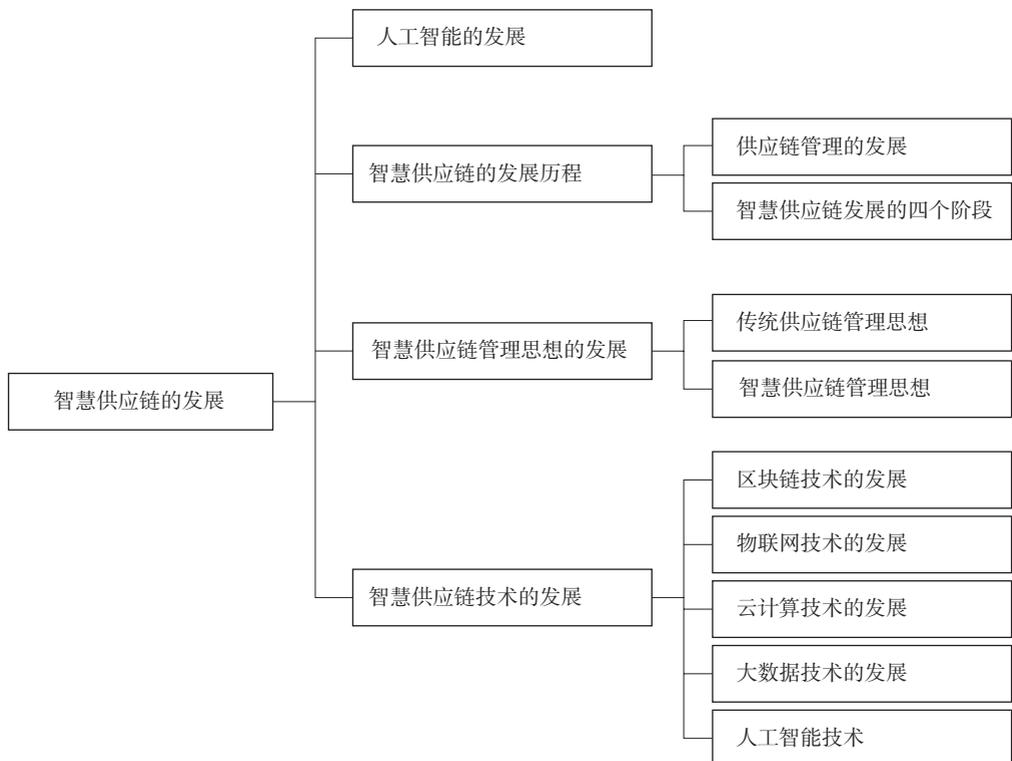


第 1 章

智慧供应链的发展

思维导图





学习目标

1. 了解供应链与供应链管理的概念。
2. 认识智慧供应链和人工智能的发展历程。
3. 了解智慧供应链和传统供应链的管理思想。
4. 理解智慧供应链与传统供应链管理思想的区别。
5. 了解供应链技术的发展和智慧供应链的主要技术。



引例

联想集团：人机协同的智能决策

随着智能制造时代的到来，大数据、物联网、人工智能等领先技术在各个领域广泛应用，同时这些技术也推动传统供应链向着智能化、智慧化的方向前进。目前，以人工智能和运筹优化为核心的智能决策技术，已应用在联想集团多个业务场景，包括联想 LAPS、来酷智慧零售、全球供应链智能分货等多个系统，在生产、零售以及物流等各个环节驱动着供应链运营更加卓越。

其中，面对多元化产品线复杂的供应链物料分配问题，联想全球供应链智能分货系统通过分配多目标解空间中的可行域区间，合理配置目标函数标量化组合函数形式，并放宽次要目标优化裕度的方式，实现了快速响应，同时也实现了多目标、精细化解决方案。例如，在联想笔记本供应链上，需要考虑到不同配件、型号、品牌、最小存货单位等多维因素，每增加一个考量维度，求解的难度都呈现指数级的增长，决策规模复杂度达到 10 的亿次方以上，这对快速做出分配方案是一个极高的挑战。为了达成这个目标，联想全球供应链智能分货系统采用了独创的多层级优化策略算法，通过逐个层级优化，将计算的复杂度减少大约 4.6 万倍，极大提高了分配效率，针对用户的不同配置需求可在秒级给出分配结果。

面对大规模生产场景，联想设计高级计划与排程系统 LAPS，引入了一种序列到序列的排产人工智能模型，并基于强化学习技术，通过对工单和生产线的机型、产能、数量、换线时长等各个参数进行分布拟合等方法，从而产生非常多的虚拟数据来进行训练，保证了排产人工智能模型的最优性和泛化性。另外，对于生产排程中种类多样、数量又多的约束条件，通过在深度学习网络的输出端设置 mask 机制，并以张量运算的方式来实现策略空间的约束方法，进而实现了大规模约束

条件的快速处理。这样，通过综合多种优化方法，进行智能决策，大幅提升了联想旗下联宝工厂的排产指标。

面对需求多样化的零售场景，联想来酷智慧零售供应链引擎将时间、地域、链路、数据、渠道等维度的数据应用到来酷的产品、场景、营销方式中，并运用机器学习的异常点检测技术，将产品销售过程中因客观因素造成的销量缺失还原成真实需求，近似地得到了真实的市场需求。在此基础上采用自主研发的概率性预测模型，输出产品在门店中销量的概率性预测结果，最终生成来酷门店未来的运营采购计划。

这种集成多种技术的智能决策技术，将供应链中的人、机更好地聚合起来，与传统供应链相比，具备多因素多目标场景的决策能力，而且优化能力更强、运行效率和响应更敏捷、关键环节业务决策全局性更优。这种智能决策的全面赋能，使联想供应链不断取得卓有成效的应用价值。

资料来源：根据联想研究院2022年4月对外发布的《联想供应链智能决策技术白皮书》以及联想集团官方网站和相关行业媒体发布的技术文章与实践案例综合整理。

1.1 人工智能的发展

人工智能被视为第四次工业革命的核心驱动力。从传统供应链发展到如今的智慧供应链，人工智能占据着不可忽视的地位，可以说人工智能是供应链的新机遇，它为供应链带来了革命性的改变。以智能机器人、智能拣选车、自动驾驶汽车为代表的智能硬件，极大地改变了现有的仓储、运输、配送等物流作业的模式；以机器视觉、大数据挖掘、深度学习为基础的智能软件，为供应链管理所涉及的信息识别、存储、管理、整合开辟了更加高效的途径。人工智能技术运用于供应链系统后能使供应链自我学习、快速反应、及时决策，促进智慧供应链的建设。

人工智能的发展也并不是一朝一夕的，它经历了很长时间的积淀，总体呈“三起两落”趋势，大体的发展历程如图1-1所示。从世界上第一台通用计算机“ENIAC”诞生开始，人们对制造人工智能的努力就没有停止过。1950年，艾伦·麦席森·图灵（Alan Mathison Turing）发表了一篇题为“机器能思考吗？”的论文，其中提出机器思维的概念，同时提出了图灵测试，大意是将人和机器放在

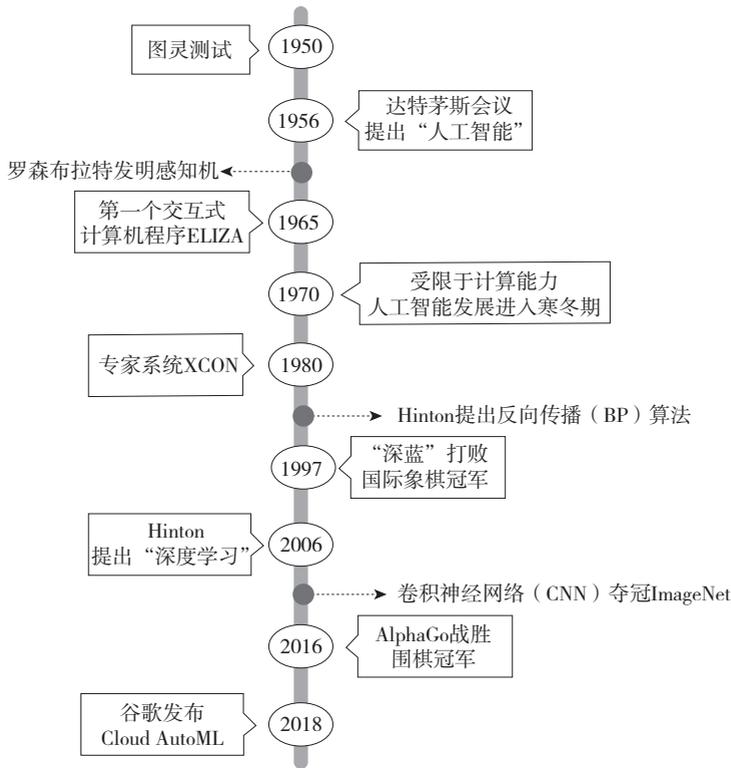


图 1-1 人工智能的发展历程

一个小黑屋里与屋外的人对话，如果屋外的人分不清对话者是人类还是机器，那么这台机器就拥有像人一样的智能。这为之后人工智能的明确提出和定义奠定了基础，因此图灵也被称为人工智能之父。而后在 1956 年的达特茅斯会议上，约翰·麦卡锡（John McCarthy）等首次提出了人工智能的概念，标志着人工智能学科的诞生。

之后的 20 年人工智能领域的新研究不断涌现，可以称之为人工智能的第一个浪潮期。1957 年，弗兰克·罗森布拉特（Frank Rosenblatt）在一台 IBM-704 计算机上模拟实现了一种他发明的叫作“感知机”（perceptron）的神经网络模型，这个模型可以完成一些简单的视觉处理任务，这将人工智能推向第一个高潮。而后约翰·麦卡锡在 1958 年开发了 LISP 语言，成为以后几十年来人工智能领域最主要的编程语言；第二年，“机器学习”一词在亚瑟·塞缪尔（Arthur Samuel）谈到编程计算机比编写程序的人更好地进行国际象棋游戏时被创造。1964 年，计算机科学家丹尼尔·鲍勃罗（Daniel Bobrow）创建了 STUDENT，一个用 LISP 编写的

早期 AI 程序，解决了代数词问题。这被认为是人工智能自然语言处理的早期里程碑。1965 年，麻省理工学院（MIT）的计算机科学家约瑟夫·维森鲍姆（Joseph Weizenbaum）开发了第一个交互式计算机程序 ELIZA，它可以通过使用模式匹配和替代方法来模拟对话，从而给出程序能更理解人们问题的假象。1969 年，马文·明斯基（Marvin Minsky）出版了《感知机》一书，书中对神经网络有了更深入的研究，但同时也提出了人工神经网络的局限。

到 20 世纪 70 年代，由于计算复杂性的增长、计算能力有限、缺乏大量常识数据，人工智能的发展陷入瓶颈，很多项目的承诺无法兑现，人们初期对人工智能过高的期望落空，人工智能的发展步入了低谷。1973 年，詹姆斯·莱特希尔（James Lighthill）关于人工智能的报告，正式拉开了人工智能寒冬的序幕。人们对于人工智能的乐观期望遭受到严重打击，许多项目的研究经费被停止或转移到其他项目。

虽然人工智能在 20 世纪 70 年代遭受了打击和质疑，但研究者并未停下脚步。1980 年，卡内基梅隆大学设计出了第一套专家系统——XCON。该专家系统具有强大的知识库和推理能力，可以模拟人类专家来解决特定领域问题。它实现了人工智能从理论研究走向实际应用、从探讨一般推理策略转向运用专门知识的重大突破。各种专家系统在医疗、化学、地质等领域被广泛应用并取得成功，这推动了人工智能走向应用发展的新高潮。同时，神经网络也有了新的研究进展。1982 年，美国的约翰·霍普菲尔德（John Hopfield）提出一种新型的神经网络，后来被称为 Hopfield 网络，它使用一种全新的方式进行学习和信息处理。1986 年，鲁玛哈尔（Rumelhar）和辛顿（Hinton）等人提出了反向传播（backo propagation, BP）算法，解决了两层神经网络所需要的复杂计算量问题，BP 算法目前也是深度学习的重要算法之一。

随着人工智能的应用规模不断扩大，专家系统的应用领域越来越广，很多问题逐渐暴露，如专家系统存在缺乏常识性知识、推理方法单一、缺乏分布式功能、难以与现有数据库兼容等问题。而且当时苹果、IBM 台式机和个人计算机蓬勃发展，其性能已经超过了运用专家系统的通用型计算机。这使得大量的资本从专家系统的应用领域撤出，人工智能研究再次遭遇经费危机。人工智能也由此进入第二个低谷期，这段时间被称为“人工智能之冬”。

这场人工智能之冬持续到 20 世纪 90 年代中期，之后人工智能又进入快速发

展期。1995年，计算机科学家理查德·华莱士（Richard Wallace）开发了聊天机器人 ALICE，其灵感来源于维森鲍姆的 ELIZA。ALICE 与 ELIZA 的区别在于增加了自然语言样本数据收集，能够利用互联网不断增加自身的数据集。此后还出现了许多经典案例，例如 1997 年，IMB 的计算机深蓝 Deep Blue 战胜了人类国际象棋冠军加里·卡斯帕罗夫（Garry Kasparov），这是人工智能史上的一个重要里程碑。2011 年 IBM 创建的计算机系统“沃森”在美国智力竞赛“危险边缘”中击败了该节目的连任冠军；谷歌的围棋人工智能程序“阿尔法围棋”（AlphaGo）于 2016 年和 2017 年连续战胜两届围棋世界冠军李世石和柯洁。这些都是人工智能发展应用中的重大事件。

同时，人工智能神经网络发展方面也大放光芒。2006 年，神经网络专家辛顿提出“深度学习”的概念，并提出神经网络深度学习算法，向支持向量机发出挑战，这使人工智能获得突破性进展，开启了深度学习在学术界和工业界的浪潮。同年，李飞飞教授意识到了专家学者在研究算法的过程中忽视了“数据”的重要性，与其同事构建了大型图像数据集——ImageNet，目的是帮助进行物体识别软件研究。2012 年，辛顿的学生在多伦多大学举办的视觉识别挑战赛上设计出深度卷积神经网络算法，并打败了工业界的巨头谷歌，这被业内认为是深度学习革命的开始。2014 年，伊恩·古德费罗（Ian Goodfellow）提出生成对抗网络（GAN）算法，这是一种用于无监督学习的人工智能算法，这种算法由生成网络和评估网络构成。深度学习的发展狂潮至今仍在持续，以深度神经网络为代表的人工智能技术飞速发展，大幅跨越了科学与应用之间的“技术鸿沟”。

目前，人工智能的研究发展仍在向前推进，尤其是自动化机器学习和深度学习，已经成为了全球关注的焦点。人工智能正在加速与其他学科领域的交叉渗透，带给人类全新的智慧化的世界。

1.2 智慧供应链的发展历程

供应链的概念在 20 世纪 80 年代提出，在 20 世纪 90 年代逐步发展，有很多不同的定义。早期人们认为供应链是企业内部的物流过程，它是指将采购的原材料和零部件，通过生产转换和销售等活动传递到用户。当时，人们将供应链局限于

单个企业内部，强调企业内部采购、库存、生产和销售等部门之间的协调。^①

进入20世纪90年代，人们意识到企业上下游之间协同发展的重要性，对于供应链的理解发生变化，认为供应链不只是指企业内部各部门的协作，企业之间的协同合作也与供应链有关系，并首次将供应商纳入供应链范畴，强调企业与其供应商之间的供需关系。

之后发展的供应链概念开始注意企业与零售商、经销商的联系，认为供应链与所有内外部企业有关，涉及产品到达顾客之前所有参与供应、生产、分配和销售的企业。美国学者史蒂文斯（Stevens）在1999年表示：“通过增值过程和分销渠道控制从供应商到用户的流就是供应链，它开始于供应的源点，结束于消费的终点。”^②这个概念扩大了供应链的范围，对供应链的起点和终点给出了较为准确的定义，强调了外部环境的作用。

同时，清华大学蓝伯雄教授认为，所谓供应链，就是原材料供应商、零部件供应商、生产商、分销商、零售商、运输商等一系列企业组成的价值增值链。原材料、零部件依次通过“链”中的每个企业，逐步变成产品，最终交到用户手中，这一系列的活动构成一个完整的供应链。蓝伯雄教授详细描述了供应链中的参与者以及其中发生的活动，强调了供应链的完整性，同时还提出供应链是一条满足最终用户需求的增值链。

随着现代科技的发展以及市场环境的快速变化，企业之间的关系逐步趋于网络化。供应链更强调战略伙伴关系，强调各企业之间的关系，对供应链概念的理解由线性的单链转变为非线性的网链。1999年，哈里森（Harrison）在所编辑的《供应链管理》的导论中就曾定义：“供应链是执行采购原材料，将它们转换为中间产品和成品，并将成品销售到用户的功能网链。”

2008年，马士华在《新编供应链管理》一书中写道：“供应链是围绕核心企业，通过对工作流、信息流、物料流、资金流的协调与控制，从采购原材料开始，制成中间产品及最终产品，最后由销售网络把产品送到消费者手中的，将供应商、制造商、分销商、零售商，直至最终用户连成一个整体的功能网链结构。”他认为，供应链是一个扩展的企业模式，包含了所有加盟的节点企业，从原材料供应

① 马士华. 供应链管理[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2010.

② 张永强. 西方国家供应链联盟演变历程及对中国的启示[J]. 南开管理评论, 2001, 4(4): 73-77.

开始经过不同企业的制造加工、组装、分销，直至交付给最终用户。这个定义侧重于围绕核心企业建立战略联盟关系。^①

我国国家标准《物流术语》(GB/T 18354—2021)将供应链定义为“生产及流通过程中，围绕核心企业的核心产品或服务，由所涉及的原材料供应商、制造商、分销商、零售商直到最终用户等形成的网链结构”。^②本书采用此供应链定义展开描述。

供应链概念的发展过程其实与企业管理模式的转型有关：企业从纵向一体化管理模式指通过扩大自身规模或参股到其他企业去进行管理，发展到主攻核心业务、外包非核心业务的横向一体化管理模式。这一转变使得企业与企业之间的合作广泛化，形成了一条从供应商到制造商再到分销商、零售商的贯穿所有企业的“链”。其中，相邻的节点企业有供需关系，供应链就由此构建而成。供应链管理模式的形成，通过纵向一体化到横向一体化的转变，企业传统管理模式逐渐转变为供应链管理模式的，并被人们广泛应用。

1.2.1 供应链管理的发展

关于供应链管理的定义有不同的提法。最初，与供应链的发展过程类似，人们并没有将供应链管理和企业间的管理及整体管理联系起来，早期观点主要集中于物流管理。例如，琼斯（Jones）和莱利（Riley）在1985年将供应链管理定义为从供应商到最终消费者的物流整合计划和控制。他们认为供应链管理只是为了实现供应商供应和顾客物料需求的同步化。^③

随着对供应链理解的变化，学者对供应链管理的理解也开始发生改变。20世纪90年代开始人们注意到要实现物料的运转，供应链参与者之间的信息提供也很重要，进而将供应链成员间的信息流纳入供应链管理范畴。例如，伊文斯（Evens）认为：“供应链管理是通过前馈的信息流和反馈的物流及信息流，将供应商、制造商、分销商，直到最终用户连成一个整体的管理模式。”^④

① 马士华. 供应链管理[M]. 武汉：华中科技大学出版社，2010.

② 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会. 物流术语：GB/T 18354—2021[S]. 北京：中国标准出版社.

③ 王金圣. 供应链及供应链管理理论的演变[J]. 财贸研究，2003（3）：64—69.

④ 王金圣. 供应链及供应链管理理论的演变[J]. 财贸研究，2003（3）：68.

1997年科普扎克(Kopczak)提出供应链管理是对一系列实体的管理,包括供应商、物流服务提供商、制造商、分销商和批发商,在此过程中贯穿着物流、产品和信息流。他认为,供应链管理就是对供应链中各实体进行协调,对“三大流”进行优化和控制。同一年,拉隆德(Lalonde)提出供应链管理的流程思想,认为供应链管理的是伙伴关系、信息和物料流的流程,这些是超出企业的边界的。^①

此后,马士华又在《新编供应链》一书中定义:“供应链管理就是使供应链运作达到最优化,以最低的成本,让供应链从采购开始,到满足最终顾客的所有过程,包括工作流、实物流、资金流和信息流等均能高效率地操作,把合适的产品以合理的价格,及时准确地送到消费者手上。”^②其认为,供应链管理就是要对供应链进行人为的干预,使其按照企业意愿对流程进行整合和协调,从而达到供应链整体运作绩效最佳的效果。

结合上述学者对供应链管理给出的定义,可以看出供应链管理是一种集成的管理思想和方法,是对供应链所有环节的一体化管理。国家标准《物流术语》(GB/T 18354—2021)将供应链管理定义为:“从供应链整体目标出发,对供应链中采购、生产、销售各环节的商流、物流、信息流及资金流进行统一计划、组织、协调、控制的活动和过程。”^③

随着供应链及供应链管理概念逐渐清晰,供应链按照不同的划分标准进行了分类。比如,按照供应链存在的稳定性划分为稳定的供应链和动态的供应链;按供应链所支持的产品在市场上的表现特征或按供应链的功能模式,划分为效率性供应链和反应性供应链,等等。

直到今天,供应链和供应链管理仍在不断更新变化中。例如在当今的市场中大多是动态的供应链,人们也更倾向于响应性供应链。随着经济全球化及信息技术的快速发展,供应链逐步走向电子化、智能化、绿色化,新的供应链模式不断涌现,如敏捷供应链、弹性供应链、绿色供应链,等等。

1. 敏捷供应链

20世纪90年代,敏捷性作为一种战略思想被提出,目的是提高制造系统对

^① 方娜,黄磊. 供应链管理概念研究综述[J]. 当代经济, 2008(18): 146-147.

^② 马士华. 新编供应链管理[M]. 北京: 人民大学出版社, 2013.

^③ 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 物流术语: GB/T 18354—2021[S]. 北京: 中国标准出版社.

外部环境变化的应变能力，这为供应链提供了不同的思路。随后，在市场需求多变的环境下，人们将敏捷化思想融入供应链管理中，逐步形成了敏捷供应链。敏捷供应链依赖于各企业基于战略一致性而形成的动态联盟，将应对市场环境的复杂多变、实现多样化客户需求瞬时反应作为主要战略目标，并从整个供应链的角度考虑，把握市场变化，找准客户需求并适时进行生产，加快各环节的运作效率，最终达到双赢。区别于一般的供应链，敏捷供应链不仅形成了一体化的战略动态联盟，还能够对动态联盟进行快速的重构和调整，从而优化联盟运行，提高供应链的敏捷性。

2. 弹性供应链

到 2001 年，人们逐渐意识到企业在为取得竞争优势而采取减库存、业务外包、集中化等策略时，也将面临更大的风险。企业想要在不损害利益的同时又不承担较大的风险，关键是要打造一个具有弹性的供应链。供应链弹性一词在当时被大家提出，其含义是供应链网络系统在经历风险而发生中断之后恢复到初始状态或理想状态的能力。弹性供应链与之前提出的敏捷供应链有相似之处，它们都具有对供应和需求不可预见的变化作出快速反应的能力，即敏捷性。但也有不同之处，弹性供应链在要求敏捷性的基础上还要求具有柔性。柔性是指对环境变化或不确定性事件作出反应的能力，这可以使企业在供应链网络系统中断后及时进行重新部署，将对企业造成的负面影响减到最小。弹性供应链具有柔性、可伸缩性、敏捷性等多种特性。在弹性供应链的构建中，经常建立基于核心企业的供应链信息共享机制、多层次的供应链防御体系等，以此来提高供应链抵御风险的能力，保证供应链能进行正常运作。

进入 21 世纪以来，互联网与电子商务迅速兴起，消费者通过网络就能获取所需产品或者服务的信息，实现网上购物，这给供应链管理带来了不小的影响。企业通过互联网技术实现企业间的信息集成，围绕核心制造商，将供应链上下游各成员和相关的金融机构进行整合，形成电子商务供应链，并在其中消除一些不必要的运作。电子商务供应链可以进行客户关系管理，更好地了解客户需求，并通过自助交易等自助式服务降低成本，利用电子数据交换实现企业间信息流和资金流的交换，以此提高对客户的响应速度，实现柔性的和稳定的供需关系。

3. 绿色供应链

随着世界经济的增长，资源的消耗日益增加，同时资源浪费和环境破坏事件

也屡见不鲜，于是保持可持续发展、降低碳排放、提倡绿色产品成为全球的重要议题。这对于各企业尤其是制造和生产企业来说是一个挑战。企业开始将环境问题置于整个供应链中，注意对环境的保护，追求经济与环境协调发展，绿色供应链也应运而生。绿色供应链管理不仅能够使企业承担社会责任，为环保事业作出贡献，还能提高企业发展的持续性。目前，绿色管理、绿色产品的生产以及绿色回收等在很多供应链中被实现，如施乐、IBM、惠普等公司把绿色环保作为企业文化渗透在各运营环节中，选择对环境影响更小的采购方法，改进生产工艺，并调整供应商、零售商、经销商等的准入标准，以此推动自身绿色供应链的发展。

1.2.2 智慧供应链发展的四个阶段

如今，制造业逐渐向智能化转型，如“工业4.0”“工业互联网”，涌现了人工智能等新一代信息技术，这使得传统产业结构和运营模式发生改变，供应链也随之发生了变化。供应链管理呈现出智慧化的特征，各种信息技术融合到供应链的管理和运作中，智慧供应链也由此出现，极大提升了供应链的运作和管理。

智慧供应链主要有以下四个发展阶段。

1. 第一阶段：企业内部孤立发展期

这一时期是企业内部功能集成阶段，也就是传统供应链管理阶段。在此阶段，企业内部分工明确、功能齐全，但部门之间信息不通畅。供应链仅局限于企业内部，而且各个部门之间的交流和协作很大程度上依靠人工进行，对于技术软件缺乏应用，这使信息传递具有滞后性，导致采购、生产、物流、销售等部门信息不畅通。此外，这一阶段企业外部需求旺盛，需求大于供应，企业的核心任务就是扩大产能。这使得企业追求生产专业化，忽视企业整体的系统性，部门间各自为营，增加了跨部门的沟通障碍，进一步演变为“山头主义”。尽管企业处于高速增长阶段，但所有的库存、交付问题都因高增长而被暂时掩盖。

2. 第二阶段：局部数字化转型期

这一时期是技术和管理相结合阶段，也就是局部数字化阶段。在此阶段，企业外部供需关系相对平衡，供应逐渐大于需求，产能开始过剩，企业增长开始放缓，因为前期高速发展而导致的库存堆积、订单交付延迟、质量不合格、成本过高等问题开始浮现。这时，企业的核心任务是提高响应市场的效率，基本解决第

一阶段的隐性问题。企业开始整合供应链各职能部门，以解决内部协作问题。其中，主要利用技术和软件工具解决信息传递问题，将技术与管理相结合，如使用EPR等企业资源管理系统对企业全过程的业务进行运营管理。此外，企业对组织架构进行规划修整，向集成供应链发展，打造集成供应链架构，以统一管理各部门。由此，企业在局部已经具备了数字化管理能力，但却无法跟其他数字化管理工具共享互通，企业之间仍然存在沟通障碍。

3. 第三阶段：数字化深度融合与协同期

这一时期进入数字化全面贯通阶段，实现技术和管理的融合。在此阶段，企业已经完成了内部的信息数据整合，并且供应链合作伙伴开始协作，供应链的纵向集成，采购、仓储、运输、销售等实现一体化流通。这时，企业的核心任务是以顾客需求为导向，打造柔性竞争力。在内部供应链集成基础上，内部供应链开始外扩，建立与研发、销售等的跨职能协作系统；企业对内研发、销售、供应链这三大价值链职能部门团结一致，高效协同，以满足客户需求为中心，重塑竞争优势；此外有效整合供应商资源，创造客户价值。此外，供应链技术软件逐步完善，与供应链管理各个流程相融合，能支持跨企业角色合作，满足业务流之间的信息传递和数据获取，实现通过数据驱动完成决策和控制，虽然极大地提高了整个供应链的效率，但其数据获取和数据决策系统仍然不够完善。

4. 第四阶段：智慧生态圈构建期

这一时期是智慧供应链阶段。在该阶段，供应链外部供需关系进入“互联网+”时代，智能化技术发展逐渐成熟，各种新型的商业模式层出不穷。这时，企业的核心任务是创新，从以顾客需求为导向转到为顾客创造价值。此时，数字化向供应链的上下游乃至整个产业链延伸，供应商、制造商、分销商、物流服务提供商、金融服务商等实现一体化整合，形成一个整体的价值链网络体系，实现端到端的价值链数字化集成以及全流程的数字化透明化管理，供应链走向智能化的发展道路。此外，各种新兴技术的出现，如物联网大数据联合、区块链底层重构、无边界创新等技术使得多个行业不同组织的供应链得以整合优化，进入智慧生态圈。通过网络平台，各企业相互匹配并进行合作，形成智慧供应链，由此真正实现了通过需求感知形成需求计划，聚焦于横向流程端到端整合，并在此基础上形成智慧供应链。

1.3 智慧供应链管理思想的发展

1.3.1 传统供应链管理思想

供应链管理通过对供应链系统进行计划、组织、领导、控制等一系列活动或过程来优化整个供应链上的资源配置，从而达到以高水平的服务满足客户需求的目的。有效的供应链管理归功于整个系统结构的持续改善，在以往的研究中，学者将传统供应链管理的基本思想归纳为以下几点。

(1)“横向一体化”管理思想。“横向一体化”是指企业将非核心业务外包给其他企业，并与这些企业形成水平关系，进而只专注自身核心业务，充分发挥核心竞争优势，并通过协作的方式整合外部资源来保证总体运营效益。

(2)“合作竞争”思想。供应链企业之间的关系是既相互合作，又相互竞争。合作是指供应链中的各企业通过相互配合、协同合作来创造相对于其他供应链的竞争优势，以获取更大的市场份额；而竞争是指供应链内部企业之间的分配竞争。

(3)“最终客户导向”管理思想。供应链管理是以客户需求为原动力的“拉式”管理，能否按时保质保量地向顾客提供服务或者交付产品，是企业能否获得竞争优势的关键，供应链管理的本质是通过满足顾客需求来提高顾客满意度。

(4)“多流集成”思想。集成化管理的思想和方法也是供应链管理的关键所在，即强调供应链内部各组织之间的集成与协作，建立一种从供应商开始，经由制造商、分销商、零售商到客户的全要素、全过程的集成化管理模式，具体也可以表现为各组织之间的物流、商流、信息流以及资金流的集成化管理。

(5)“信息化”管理思想。供应链系统效率低下的问题之一在于供应链上下游企业之间存在一定的信息差，导致供应链各组织不能及时进行信息和资源共享，不能建立快速反应机制。因此，借助先进的信息化技术来保证供应链各组织成员信息的无缝衔接，对市场及客户需求变化作出快速反应是必不可少的。

1.3.2 智慧供应链管理思想

毋庸置疑的是无论传统的供应链还是现在的智慧供应链，其最终目标均是提高顾客满意度，以最低的成本为顾客提供最好的服务。智慧供应链是将现代信息技术应用于传统供应链，利用物联网、云计算、大数据等技术手段帮助供应链建立起信息技术高度集成、内部信息资源深度整合的网络化、信息化和智能化的信

息网络系统，以实现整个供应链内部企业的互联互通，保障整个供应链的运作流程能够在基于信息整合的基础上进行高效运转。换言之，智慧供应链的核心是通过供应链上下游企业之间各种信息的无缝对接，最大程度地消除信息不对称以及信息在传递过程中失真等问题，从根本上提高供应链的运作效率。信息技术在智慧供应链中占据了举足轻重的地位，因此智慧供应链与传统供应链的不同之处在于，传统供应链的核心思想是利用企业外部的资源，更好地满足终端用户的需求，而智慧供应链是将解决“信息沟通”作为供应链管理的核心思想，从根本上解决现如今供应链的瓶颈问题。

因为智慧供应链是由传统供应链发展而来，且二者拥有相同的目标，所以智慧供应链仍保留了传统供应链管理的部分基础思想，并因信息技术的加入衍生出了一些新的管理思想。基于此，可以将智慧供应链的基本思想归纳为以下几个方面。

(1) 以客户为导向。这一点与传统供应链相同，但需要注意的是，随着市场环境由卖方市场向买方市场转变，企业的运营关注点早已由“以产品为中心”逐步转变为“以客户为中心”。客户对产品的需求越来越多样化、个性化，这就要求企业能够精准地获取客户需求，并利用高效的信息整合与传递快速响应客户的需求变化，同时具备大规模定制的能力来保证为客户提供令其满意的产品或者服务。

(2) 信息共享与整合。智慧供应链的突出特点是能够充分利用现代信息技术收集市场和客户信息，通过与供应链内部成员的信息传递保证企业之间的信息共享，有效打破供应链内部成员信息系统的异构性问题，融商流、物流、信息流和资金流为一体，更好地实现信息的无缝对接，建立供应链一体化信息平台，最终实现整个供应链内部企业能够同步开展业务活动的目标。

(3) 高效协同化。不同于传统供应链中企业间单纯的产品上下游关系，在新兴信息技术的助力下，现代智慧供应链已经发展成为一个以产品整个生命周期为基础的产业链条，也是一个整体合作、协调一致的系统，系统中各成员协调运作、紧密配合，以网状结构连接在一起。信息共享可以确保供应链内部各成员共同参与产品的整个生产流程，包括计划、采购、生产、配送以及退货等。另外，企业还可以通过供应链的一体化信息平台对业务流程的各个环节进行监督和反馈。信息共享可以确保供应链内部各成员的业务活动协调一致同步进行，提高整个供应链的协作效率，加强企业间合作的深度和广度。

(4) 智慧化。智慧供应链的一个突出特点就是智慧化，总体表现为智慧供应链上下游企业能够充分利用现代信息技术，通过高效的信息整合和传递来保证企业之间的信息共享，提高供应链企业的运营效率和市场竞争力。具体表现为信息技术可以实现对所收集信息的深度分析从而为管理者提供决策支持，如系统可以根据收集到的信息自动生成各种约束和选择条件，甚至智能生成一些备选方案供决策管理者参考，帮助管理者在多变的市场环境下快速制订可行性计划，实现大规模的优化决策。另外，新兴技术在供应链上的应用使得供应链的可视化、透明化、协同化等功能得以实现。可视化是指可以将供应链中的信息数据运用可视化技术更直观地展示出来，便于追溯和交互；透明化是指供应链内部的信息开放与共享；协同化是指供应链的可视化与透明化使供应链参与者能更好地了解供应链内部信息，从而提升供应链整体效率并增强协同性；智慧化则是推动供应链高效协同的关键。

(5) 创新性。在市场快速变化的情况下，传统供应链中的商流、物流、信息流、资金流的运转方式以及企业活动的组织方式也需要随之变革。智慧供应链运用现代信息通信技术，对商流、物流、信息流、资金流问题采取创新的处理方式，通过对供应链的技术、管理、模式、制度等方面进行创新，提高供应链上下游企业间流动的效率和顺畅性；通过供应链的建构和发展，提升产业竞争力。

1.4 智慧供应链技术的发展

在智慧供应链中技术是很重要的一部分，但最初的技术并不成熟。21世纪之前没有信息汇聚的平台，传感技术不成熟，通信技术也不完善，不能用无线通信覆盖各个环节。当时，对于端到端的讨论更多的是期待，而不是真正实现。进入21世纪，互联网和电子商务涌现，信息技术开始迅速发展，射频识别（RFID）、无线通信、全球定位系统（GPS）、地理信息系统（GIS）、电子数据交换（EDI）等技术逐渐普及，这些信息技术使企业资源规划系统（EPR）、仓库管理系统（WMS）、客户关系管理系统（CRM）等供应链系统运作更快速。由于供应链纵向集成思想的出现，基于互联网的信息传递应用系统也应运而生，互联网独特的架构给供应链上下游合作伙伴的多对多协作提供了便捷的方式，这使不同信息系统通过点对点的中间件有效连接，进而实现信息的快速传递和无缝沟通，但同时这也增加了

供应链运作的规模和复杂性。

传统的中间件构建的点到点连接本身就具有内在局限性：这些网络不可扩展，会影响对需求的及时响应，且其功能很难强化；由于中间件要在局域网上进行，有时会出现与企业防火墙冲突的情况。因此，随着供应链的运作日益复杂，这些基础的信息通信技术和信息传输系统很难再为供应链提供更多作用和功能。

如今，以 RFID、GPS、EDI 等信息技术手段为基础进行的技术创新，催生了大量更胜一筹的新兴技术，将供应链推向智能化、智慧化。下面介绍几种主要的智慧供应链技术的发展情况。

1.4.1 区块链技术的发展

区块链技术是一种基于互联网技术和计算机算法而生成的分布式数据库。该技术有安全性高、去中心化、数据信息持久化、难篡改、开放性高等优点。相比大数据技术而言，区块链技术没有中心机构，其采用分布式系统结构，将数据遍布在完整的信息网络之中。这就在很大程度上避免了如果中心机构被攻击，所有数据都会被破坏或是丢失的情况。在物联网技术中，即使某个节点被攻击，也可以保证其余的数据完好，从而提高数据的安全性。同时，区块链技术采用非对称加密的形式，对其数据进行保护，进一步降低数据丢失或损坏的可能。以非对称加密技术为基础而产生的数字签名，可以使区块链中的数据不被篡改与删除，不仅提高了数据的真实性，也使之前录入的数据不会丢失，最大限度地实现了数据信息的持久化。

区块链技术的发展历经了五个关键阶段。

1. 第一阶段：早期探索期（1979—2007 年）

20 世纪 70 年代末至 21 世纪初，多项研究奠定了区块链的技术基础。1979 年，出现的默克尔树（Merkle Tree）技术用于公钥分配与数字签名；1991 年，斯图尔特·哈伯（Stuart Haber）与 W. 斯科特·斯托尔内塔（W. Scott Stornetta）提出时间戳协议，整合默克尔树实现多文档单块存储；1997 年，亚当·巴克（Adam Back）设计的哈希现金（HashCash）机制为工作量证明（PoW）算法提供雏形。此阶段构建了区块链技术的底层框架。

2. 第二阶段：比特币与区块链的诞生（2008—2013 年）

2008 年，中本聪（Satoshi Nakamoto）发表《比特币：一种点对点的电子现

金系统》，首次阐述区块链运作原理；2009年1月开采出含50个比特币的创世区块；2010年，程序员拉斯洛·汉耶兹（Laszlo Hanyecz）用10 000比特币完成首次现实交易，标志着该技术进入应用阶段。

3. 第三阶段：聚焦技术拓展（2014—2017年）

2014年，维塔利克·布特林（Vitalik Buterin）提出以太坊的概念并引入智能合约；2015年，以太坊主网上线，支持去中心化应用开发；2017年，欧洲七家银行组建数字贸易链联盟（Digital Trade Chain Consortium），推动贸易融资领域应用。

4. 第四阶段：进入产业融合期（2018—2023年）

2018年，欧盟启动区块链观察台，百度发布区块链即服务平台（BaaS）；2019年，亚马逊推出企业级区块链托管服务；2020年，全球生产环境区块链应用占比超15%；2021—2022年，NFT应用爆发，低碳区块链网络兴起；2023年，中国发布区块链领域首个国家标准《区块链和分布式记账技术 参考架构》（GB/T 42752—2023）。

5. 第五阶段：展望未来趋势（2024年及以后）

据高德纳咨询公司（Gartner Group）2023年预测，区块链商业价值将于2026年突破3 600亿美元，2030年全球市场规模预计达3.1万亿美元，技术融合与跨行业应用将成为核心增长引擎。

1.4.2 物联网技术的发展

物联网是以互联网、电信网等为基础延伸和拓展的网络。物联网通过各类传感器、射频识别（RFID）、全球定位系统、红外感应器、移动电话等设备，按约定的协议，将各类物品信息输入到互联网中，实现了人与物、物与物、物与人的交互连接。

物联网技术发展历经了三个关键阶段。

1. 萌芽期（1991—2004年）

1991年，凯文·阿什顿（Kevin Ashton）教授率先提出物联网概念，开启其探索之路。1995年，比尔·盖茨（Bill Gates）在《未来之路》一书中构想物物互联，可惜未获广泛关注。1999年，美国麻省理工学院正式定义物联网，且射频识别、传感器技术的发展，让其初现雏形。

2. 初步发展期（2005—2008年）

2005年，国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）正式提出物联网概念，行业迈向初步发展。此阶段射频识别、传感器等技术广泛应用，概念渐入人心。2007年，苹果手机问世，为用户与联网设备互动带来新方式，推动了物联网的发展。

3. 高速发展期（2009年至今）

2009年，美欧及中国分别将物联网列为国家战略，标志物联网进入高速发展时期。2014年，中国提出“互联网+”等计划，推动传统产业智能化转型。伴随5G、人工智能等技术的成熟，物联网应用场景拓展，市场规模剧增，预计2025年全球物联网连接数将达251亿台，规模超1.5万亿美元。

1.4.3 云计算技术的发展

云计算技术本质上是为用户提供云计算与云储存服务。每一位用户都可以按照自己的需求和使用量付费并使用其计算能力与数据资源。云计算技术因其灵活性高、可靠性高、性价比高、可扩展等优势被广泛应用在金融、教育、物流等领域。

云计算技术的发展历程大致可分为以下四个阶段。

1. 概念萌芽阶段（20世纪60—90年代末）

20世纪60年代，计算机科学家约翰·麦卡锡提出“计算力会像电力一样成为一种公共资源”的设想，这为云计算概念埋下了种子。当时，计算机资源稀缺且昂贵，在集中式计算模式下，用户通过终端连接大型主机获取计算能力，类似如今云计算的共享理念。1996年，美国一家公司在内部文件中首次提到“云计算”一词，但此时云计算更多停留在概念层面，尚未形成清晰的技术架构和商业模式。

2. 技术探索阶段（2000—2007年）

2002年，亚马逊推出亚马逊云科技（AWS）的前身，开始提供一些简单的存储和计算服务，不过尚未以云计算的概念推向市场。这一尝试为后来云计算服务模式奠定了基础。2006年，亚马逊正式推出弹性计算云（EC2）服务，标志着云计算从概念走向实用。EC2允许用户按需租用计算资源，开启了云计算按需付费的商业模式，让中小企业和创业者能以较低成本获取强大的计算能力。

3. 快速发展阶段（2008—2015年）

2008年，谷歌发布了基于云计算的操作系统 Chrome OS，进一步推动云计算在客户端应用的发展。同年，微软推出 Windows Azure 云计算平台（现更名为 Microsoft Azure），加入云计算市场竞争。此后，各大科技巨头纷纷布局，推动了云计算技术快速发展。2010年后，OpenStack 项目启动，作为一个开源的云计算平台，为企业和开发者提供了构建私有云或公有云的解决方案，降低了云计算的技术门槛，促使更多企业投身云计算领域，推动云计算市场规模迅速扩大。

4. 成熟应用阶段（2016年至今）

2016年起，云计算在各行业广泛应用，从互联网企业逐渐渗透到金融、医疗、制造等传统行业。例如，金融机构利用云计算提高数据处理效率和风险防控能力；医疗机构借助云计算实现医疗数据共享和远程医疗服务。

目前，云计算技术已经逐步应用到供应链的各个环节中。通过对产品库存信息的整合，可以帮助企业实时调节库存，更好地服务消费者；企业应用云计算技术和大数据技术整合相关运输信息可以更好地实施车辆调度，降低运输成本；为更好地了解消费者需求和偏好，企业应用云计算技术可以对消费者信息进行收集与整理，为后续的产品决策提供帮助，不断优化产品，满足消费者需求。

1.4.4 大数据技术的发展

大数据技术是一种对海量信息进行筛选、处理，使宽泛、杂乱的信息优化为企业可用的、价值高的信息的技术。大数据技术的发展历经四个关键阶段。

1. 概念孕育阶段（20世纪60年代—20世纪末）

20世纪60年代，数据库管理系统诞生，为数据的存储和管理奠定了基础，人们开始意识到数据积累的价值。1980年，未来学家阿尔文·托夫勒（Alvin Toffler）在《第三次浪潮》中提及“大数据”，将其赞颂为“第三次浪潮的华彩乐章”，但此时大数据概念还很模糊。1997年，加利福尼亚大学伯克利分校的迈克尔·富兰克林（Michael J. Franklin）提出“面向超大数据库的计算”，为大数据技术的发展提供了早期理论探索。

2. 技术奠基阶段（2000—2009年）

2003—2006年，谷歌发表关于 GFS、MapReduce 和 BigTable 的三篇论文，提出分布式存储和计算的新方法，为大数据处理提供了关键思路。2004年，道·卡

廷 (Doug Cutting) 基于谷歌论文开发出 Hadoop, 它是一个开源的分布式计算平台, 让大数据处理有了可行的技术框架, 极大推动了大数据技术从理论走向实践。

3. 快速发展阶段 (2010—2016 年)

2011 年, 麦肯锡发布报告《大数据: 创新、竞争和生产力的下一个前沿》, 强调大数据的重要性, 引起各界广泛关注, 大数据市场开始迅速扩张。2012 年, 美国政府推出“大数据研究和发展计划”, 投入大量资金推动大数据技术研发。同期, 众多大数据相关的开源项目涌现, 如 Spark 等, 提升了数据处理速度和效率, 丰富了大数据技术生态。

4. 深度应用阶段 (2017 年至今)

大数据技术在各行业深度落地, 如金融领域用于风险评估与精准营销, 医疗行业助力疾病诊断与药物研发等。同时, 人工智能与大数据深度融合, 机器学习、深度学习算法依赖海量数据优化模型, 提升预测和决策能力。随着 5G 的发展, 数据量爆发式增长, 对大数据的实时处理、隐私保护等技术提出新挑战, 推动大数据技术持续创新。

大数据技术在供应链中有着广泛的应用。企业通过大数据技术与相关技术的应用, 可以广泛分析与调用资源数据, 助力企业的研发与生产。大数据技术的应用也帮助企业了解消费者的需求, 有利于企业明确自身产品的市场定位, 进行更有针对性的营销与推广。企业通过大数据技术可以对自身的资产情况、产品库存情况有更加清楚的了解, 助力企业优化供应链管理。

1.4.5 人工智能技术

如前文所述, 人工智能技术在传统供应链发展到智慧供应链的过程中, 占据着不可忽视的地位。人工智能技术是使计算机具备听说技能、学习技能、思考技能、实践技能的一种生物智能技术。

随着人工智能技术的不断发展和成熟, 它在各个领域的应用也越来越广泛, 如自动驾驶、医疗诊断、金融风险预测、智能家居、工业制造、教育赋能、传媒娱乐、农业生产等。在交通领域, 自动驾驶技术借助人工智能实现车辆自动行驶, 提升出行安全性与效率, 减少交通事故; 在医疗领域, 人工智能助力医疗诊断, 通过分析医学影像和病历数据, 辅助医生更精准地判断病情, 提高诊断准确性;

在金融行业，人工智能用于风险预测，对海量金融数据进行分析，提前识别潜在风险，保障金融稳定；在智能家居领域，智能设备在人工智能的支持下，可依据用户习惯自动调节家电设备，营造便捷舒适的居住环境；在工业制造中，人工智能参与质量检测和生产流程优化，快速检测产品缺陷，预测设备故障，提高生产效率与产品质量；在教育领域，人工智能实现个性化学习与智能辅导，根据学生特点定制学习方案，实时解答疑问；在传媒娱乐领域，人工智能用于内容推荐和虚拟主播，精准推送用户感兴趣的内容，虚拟主播还能完成新闻播报等工作；在农业领域，人工智能可监测作物生长状况和畜牧养殖，及时发现病虫害和疾病隐患，提高农业生产效益。



本章小结

本章对智慧供应链的发展进行总体介绍，主要是从发展、管理思想、技术等方面去理解智慧供应链。首先回顾了供应链以及供应链管理的定义，介绍了智慧供应链的不同发展阶段；其次对人工智能的发展历程进行了简单的介绍；然后分析了传统供应链的管理思想，进而引出智慧供应链的管理思想及其与传统供应链管理思想的主要区别；随后简单分析了供应链技术的发展；最后着重讨论了智慧供应链中的主要技术。



重要概念

供应链 (supply chain)

供应链管理 (supply chain management)

横向一体化 (horizontal integration)

纵向一体化 (vertical integration)

人工智能 (artificial intelligence)

智慧化 (intelligentization)



即测即练



案例讨论



找煤网助力煤炭行业数智化



思考题

1. 供应链概念从 20 世纪 80 年代提出后经历了怎样的发展变化?
2. 供应链管理的定义在不同阶段有哪些不同观点?
3. 智慧供应链的四个发展阶段各有什么特点?
4. 传统供应链管理的基本思想包括哪些方面?
5. 智慧供应链管理的基本思想与传统供应链相比, 有哪些继承和创新之处?