

第 1 章 物联网与智能物流



随着物联网（Internet of Things, IoT）技术的不断发展，物联网在物流业的物品可追溯领域、可视化与智能化管理、物流生产与配货等方面得到广泛应用。物流业是最早接触物联网的行业之一，也是最早应用物联网技术，实现物流作业智能化、网络化和自动化的行业。

智能物流是指货物从供应者向需求者的智能移动过程，包括智能运输、智能仓储、智能配送、智能包装、智能装卸以及智能信息的获取、加工和处理等多项基本活动，为供方提供最大化的利润，为需方提供最佳的服务，同时也应消耗最少的自然资源和社会资源，最大限度地保护好生态环境，从而形成完备的智能社会物流管理体系。

本章将学习以下内容：

- 物联网和智能物流的概念
- 智能物流的核心技术
- 智能物流的应用情况

物联网在物流行业的应用由来已久，如早期的车辆卫星监控、条码技术等物流行业都有普遍应用，但是如何将物联网与物流深度融合还需要进一步的探究，智能物流不仅体现在物联网技术的应用，更重要的是如何更好地服务于物流，真正实现物流管理的智能化、可视化、可追溯。

1.1 物联网的概念

近几年来物联网技术受到了人们的广泛关注，“物联网”被称为继计算机、互联网之后，世界信息产业的第三次浪潮。于是在不同的阶段或从不同的角度出发，对物联网就有了不同的理解和解释。目前，有关物联网定义的争论还在进行之中，尚不存在一个世界范围内认可的权威定义。为了尽量准确地表达物联网内涵，需要比较全面地分析其实质性技术要素，以便给出一个较为客观的诠释。

1.1.1 起源与发展

物联网的概念最早出现于比尔·盖茨 1995 年出版的《未来之路》一书。该书提出了“物

物”相联的物联网雏形，只是当时受限于无线网络、硬件及传感器设备的发展，并未引起世人的重视。

1998年，美国麻省理工学院（MIT）创造性地提出了当时被称为EPC（Electronic Product Code）系统的“物联网”构想。1999年，美国Auto-ID首先提出“物联网”的概念，主要是建立在物品编码、射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术和互联网的基础上。这时对物联网的定义很简单，主要是指把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来，实现智能化识别和管理。也就是说，物联网是指各类传感器和现有的互联网相互衔接的一种技术。

2005年，国际电信联盟（International Telecommunications Union International, ITU）在《ITU互联网报告2005：物联网》中，正式提出了“物联网”的概念。该报告指出，无所不在的“物联网”通信时代即将来临，世界上所有的物体从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过互联网主动进行交换。射频识别技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将得到更加广泛的应用。

2008年3月在苏黎世举行了全球首个国际物联网会议“物联网2008”，探讨了“物联网”的新理念和技术，以及如何推进“物联网”的发展。奥巴马就任美国总统后，与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”，作为仅有的两名代表之一——IBM首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”的概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施，并阐明了其短期和长期效益。奥巴马对此给予积极回应：“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去，毫无疑问，这就是美国在21世纪保持和夺回竞争优势的方式。”“智慧地球”的概念一经提出，就得到了美国各界的高度关注；甚至有分析认为，IBM公司的这一构想将有可能上升至美国的国家战略高度，并在世界范围内引起轰动。

2009年8月7日，温家宝在无锡微纳传感网工程技术研发中心视察并发表重要讲话，“在传感网发展中，要早一点谋划未来，早一点攻破核心技术”，提出了“感知中国”的理念，这标志着政府对物联网产业的关注和支持力度已提升到国家战略层面。之后，“传感网”、“物联网”成为热门名词术语。2009年9月11日，“传感器网络标准工作组成立大会暨感知中国高峰论坛”在北京举行，会议提出了传感网发展的一些相关政策。2009年11月12日，中国移动与无锡市人民政府签署“共同推进TD-SCDMA与物联网融合”战略合作协议，中国移动将在无锡成立中国移动物联网研究院，重点开展TD-SCDMA与物联网融合的技术研究与应用开发。

2010年年初，我国正式成立了传感（物联）网技术产业联盟。同时，工业和信息化部也宣布将牵头成立一个全国推进物联网的部级领导协调小组，以加快物联网产业化进程。2010年3月2日，上海物联网中心正式揭牌。在《2010年政府工作报告》中明确提出：“今年要大力培育战略性新兴产业；要大力发展新能源、新材料、节能环保、生物医药、信息网络和高端制造产业；积极推进新能源汽车、电信网、广播电视网和互联网的三网融合取得实质性进展，加快物联网的研发应用；加大对战略性新兴产业的投入和政策支持。”

2011年11月28日，工业和信息化部正式发布了我国“物联网‘十二五’发展规划”。该规划要求到2015年，我国要在核心技术研发与产业化、关键标准研究与制定、产业链条建立

与完善、重大应用示范与推广等方面取得显著成效，初步形成创新驱动、应用牵引、协同发展、安全可控的物联网发展格局。

目前，我国物联网发展与全球同处于起步阶段，初步具备了一定的技术、产业和应用基础，呈现出良好的发展态势。

产业发展初具基础。RFID 产业市场规模超过 100 亿元，其中低频和高频 RFID 相对成熟。全国有 1600 多家企事业单位从事传感器的研制、生产和应用，年产量达 24 亿只，市场规模超过 900 亿元，其中，微机电系统（MEMS）传感器市场规模超过 150 亿元；通信设备制造业具有较强的国际竞争力。建成全球最大、技术先进的公共通信网和互联网。机器到机器（M2M）终端数量接近 1000 万，形成全球最大的 M2M 市场之一。据不完全统计，我国 2010 年物联网市场规模接近 2000 亿元。

1. 技术研发和标准研制取得突破

我国在芯片、通信协议、网络管理、协同处理、智能计算等领域开展了多年技术攻关，已取得许多成果。在传感器网络接口、标识、安全、传感器网络与通信网融合、物联网体系架构等方面相关技术标准的研究取得进展，成为国际标准化组织（ISO）传感器网络标准工作组（WG7）的主导国之一。2010 年，我国主导提出的传感器网络协同信息处理国际标准获正式立项，同年，我国企业研制出全球首颗二维码解码芯片，研发了具有国际先进水平的光纤传感器，TD-LTE 技术正在开展规模技术试验。

2. 应用推广初见成效

目前，我国物联网在安防、电力、交通、物流、医疗、环保等领域已经得到应用，且应用模式正日趋成熟。在安防领域，视频监控、周界防入侵等应用已取得良好效果；在电力行业，远程抄表、输变电监测等应用正在逐步拓展；在交通领域，路网监测、车辆管理和调度等应用正在发挥积极作用；在物流领域，物品仓储、运输、监测应用广泛推广；在医疗领域，个人健康监护、远程医疗等应用日趋成熟。此外，物联网在环境监测、市政设施监控、楼宇节能、食品药品溯源等方面也开展了广泛的应用。

1.1.2 定义和主要特点

由于物联网概念出现不久，其内涵还在不断发展、完善。目前，对于“物联网”这一概念的准确定义尚未形成比较权威的表述。

1. 物联网的定义

目前，物联网的精确定义并未统一。关于物联网（IoT）比较准确的定义是：物联网是通过各种信息传感设备及系统（传感器、射频识别系统、红外感应器、激光扫描器等）、条码与二维码、全球定位系统，按约定的通信协议，将物与物、人与物、人与人连接起来，通过各种接入网、互联网进行信息交换，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。这个定义的核心是，物联网的主要特征是每一个物件都可以寻址，每一个物件都可以控制，每一个物件都可以通信。

物联网的上述定义包含了以下 3 层主要含义。

(1) 物联网是针对具有全面感知能力的物体及人的互联集合。

两个或两个以上物体如果能交换信息即可称为物联。使物体具有感知能力需要在物品上安装不同类型的识别装置,如电子标签、条码与二维码等,或通过传感器、红外感应器等感知其存在。同时,这一概念也排除了网络系统中的主从关系,能够自组织。

(2) 物联网必须遵循约定的通信协议,并通过相应的软、硬件实现。

互联的物品要互相交换信息,就需要实现不同系统中实体的通信。为了成功通信,它们必须遵守相关的通信协议,同时需要相应的软件、硬件来实现这些规则,并可以通过现有的各种接入网与互联网进行信息交换。

(3) 物联网可以实现对各种物品(包括人)进行智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能。

这也是组建物联网的目的。也就是说,物联网是指通过接口与各种无线接入网相连,进而联入互联网,从而给物体赋予智能,可以实现人与物体的沟通和对话,也可以实现物体与物体相互间的沟通和对话,即对物体具有全面感知能力,对数据具有可靠传送和智能处理能力的连接物与物的信息网络。

2. 有关物联网的其他定义

目前,存在着物联网、传感网及泛在网等相关概念,而且对于支持人与人、人与物、物与物广泛互联,实现人与客观世界的全面信息交互的全新网络如何命名,也存在着物联网、传感网、泛在网 3 个概念之争。有关物联网概念的比较有代表性的表述有以下几种:

(1) 麻省理工学院(MIT)最早提出的物联网概念。

早在 1999 年,MIT 的 Auto-ID 研究中心首先提出:把所有物品通过 RFID 和条码等信息传感设备与互联网连接起来,实现智能化识别和管理。这种表述的核心是 RFID 技术和互联网的综合应用。RFID 标签可谓是建立物联网最为关键的技术与产品,当时认为物联网最大规模、最有前景的应用就是在零售和物流领域。利用 RFID 技术,通过计算机互联网实现物品(商品)的自动识别、互联与信息资源共享。

(2) 国际电信联盟(ITU)对物联网的定义。

2005 年,国际电信联盟(ITU)在“The Internet of Things”报告中对物联网概念进行了扩展,提出了任何时刻、任何地点、任意物体之间的互联,无所不在的网络和无所不在的计算的发展前景,如图 1.1 所示。图中显示物联网(IoT)是在任何时间、环境,任何物品、人、企业、商业,采用任何通信方式(包括汇聚、连接、收集、计算等),以满足所提供的任何服务的要求。按照 ITU 给出的这个定义,物联网主要解决物品到物品(Thing to Thing, T2T)、人到物品(Human to Thing, H2T)、人到人(Human to Human, H2H)之间的互联。这里与传统互联网最大的区别是,H2T 是指人利用通用装置与物品之间的连接,H2H 是指人与人之间不依赖于个人计算机而进行的互联。需要利用物联网才能解决的是传统意义上的互联网没有考虑的、对于任何物品连接的问题。

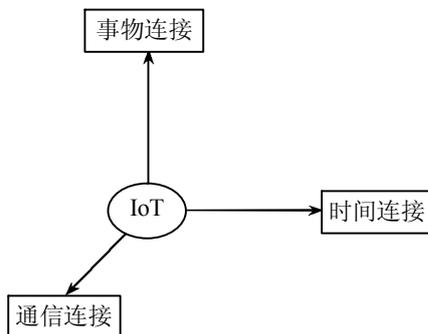


图 1.1 物联网示意模式

物联网是连接物品的网络，有些学者在讨论物联网时，常常提到 M2M 的概念。可以将 M2M 解释成为人到人 (Man to Man)、人到机器 (Man to Machine)、机器到机器 (Machine to Machine)。实际上，M2M 所有的解释在现有的互联网上都可以实现，人到人之交互可以通过互联网进行，也可以通过其他装置（如第三代移动电话）间接地实现，可以实现十分完美的人到人的交互；人到机器的交互一直是人体工程学和人机界面领域研究的主要课题；而机器与机器之间的交互已经由互联网提供了最为成功的案例。

本质上，人与机器、机器与机器的交互，大部分是为了实现人与人之间的信息交互，万维网 (World Wide Web) 技术成功的原因在于通过搜索和链接，提供了人与人之间异步进行信息交互的快捷方式。通常认为，在物联网研究中不应该采取 M2M 概念，因为这是一个容易形成思路混乱的概念，采用 ITU 定义的 T2T、H2T 和 H2H 的概念则比较清楚。

(3) 欧洲智能系统集成技术平台 (EPoSS) 报告对物联网的阐释。

2008 年 5 月 27 日，欧洲智能系统集成技术平台 (EPoSS) 在其发布的报告“Internet of Things in 2020”中，分析预测了物联网的发展趋势。该报告认为：由具有标识、虚拟个性的物体/对象所组成的网络，这些标识和个性等信息在智能空间使用智慧的接口与用户、社会和环境进行通信。显然，对物联网的这个阐述说明 RFID 和相关的识别技术是未来物联网的基石，并侧重于 RFID 的应用及物体的智能化。

(4) 欧盟第 7 框架下 RFID 和物联网研究项目组对物联网给出的解释。

欧盟第 7 框架下 RFID 和物联网研究项目组对 RFID 和物联网进行了比较系统的研究后，在其 2009 年 9 月 15 日发布的研究报告中指出：物联网是未来互联网的一个组成部分，可以定义为基于标准的和交互通信协议的且具有自配置能力的动态全球网络基础设施，在物联网内物理和虚拟的“物件”具有身份、物理属性、拟人化等特征，它们能够被一个综合的信息网络所连接。

欧盟第 7 框架下 RFID 和物联网研究项目组的主要任务是：实现欧洲内部不同 RFID 和物联网项目之间的组网；协调包括 RFID 在内的物联网的研究活动；对专业技术平衡，以使得研究效果最大化；在项目之间建立协同机制。

总而言之，通过以上对物联网的几种表述可知，“物联网”的内涵起源于由 RFID 对客观

物体进行标识并利用网络进行数据交换这一概念，不断扩充、延展、完善而逐步形成，并且还在丰富、发展、完善之中。

1.1.3 核心技术

物联网已成为目前 IT 业界的新兴领域，引发了相当热烈的研究和探讨。不同的视角对物联网概念的看法不同，所涉及的关键技术也不相同。可以确定的是，物联网技术涵盖了从信息获取、传输、存储、处理直至应用的全过程，在材料、器件、软件、网络、系统各个方面都要有所创新才能促进其发展。国际电信联盟报告提出，物联网主要需要 4 项关键性应用技术：一是标签物品的 RFID 技术；二是感知事物的传感网络技术（Sensor Technologies）；三是思考事物的智能技术（Smart Technologies）；四是微缩事物的纳米技术（Nanotechnology）。

欧盟“物联网研究路线图”将物联网研究划分为 10 个层面：一是感知，ID 发布机制与识别；二是物联网宏观架构；三是通信（OSI 参考模型的物理层与数据链路层）；四是组网（OSI 参考模型的网络层）；五是软件平台、中间件（OSI 参考模型的网络层以上各层）；六是硬件；七是情报提炼；八是搜索引擎；九是能源管理；十是安全。当然，这些都是物联网研究的内容，但对于实现物联网而言略显重点不够突出。

通过对物联网的内涵分析，可以将实现物联网的核心技术归纳为感知技术、网络通信技术（主要为传感网技术和通信技术）、数据融合与智能技术、云计算等。

1.1.4 应用前景

物联网是一个由感知层、网络层和应用层共同构成的庞大的社会信息系统，是一个涉及国民经济各行各业、社会与生活各个领域的一个无所不包的庞大的产业链。物联网的结构复杂，主要包括感知、传输和应用这 3 个层面。而感知层又包含多种技术，包括传感器网络、智能卡、RFID 标签、识别码等。网络层融合三网，无论是通信网、计算机网还是广电网及各种专网都可以作为物联网应用传输的载体。第三是应用的层面，把感知和传输来的信息进行分析和处理。做出正确的控制和决策，实现智能化的管理、应用和服务。它实现的是物与物、人与物之间的感知和发挥智能的作用。

随着信息技术、网络技术的快速发展和物联网的广泛应用，我们生存的世界发生着翻天覆地的变化。百姓已经亲身体会到数字化技术应用和信息化建设对国家经济社会发展的推动，也体会到信息技术发展对于改善民生、方便百姓、提高老百姓生活质量和幸福感的巨大作用。

1.2 智能物流定义及其发展

智能物流（Intelligent Logistics System, ILS）是指货物从供应者向需求者的智能移动过程，包括智能运输、智能仓储、智能配送、智能包装、智能装卸及智能信息的获取、加工和处理等多项基本活动，为供方提供最大化的利润，为需方提供最佳的服务，同时也应消耗最少的自然

资源和社会资源，最大限度地保护好生态环境，从而形成完备的智能社会物流管理体系。

物流信息技术是物流现代化的重要标志，也是物流技术中发展最快的领域。未来智能物流系统将采用最新的红外、激光、无线、编码、认址、自动识别、定位、无接触供电、光纤、数据库、传感器、RFID、卫星定位等高新技术，这种集光、机、电、信息等技术于一体的新技术在物流系统的集成应用就是物联网技术在物流业应用的体现。

1.2.1 起源与发展

随着物联网的发展，物流也自然朝着智能化的方向发展。虽然智能物流一词在物流业已被广泛谈论，对它的阐述和解释也是多种多样、见仁见智，但还只是停留在智能物流系统这一层次上。而实际上智能物流应该是一个体系，它是智能型社会的一个重要基础。

提到智能物流不得不提“智慧物流”，两者本质一样，都是物联网下物流的发展方向。“智慧物流”是 2009 年 12 月中国物流技术协会信息中心、华夏物联网、《物流技术与应用》编辑部联合提出的概念。在 2009 年，奥巴马提出将“智慧的地球”作为美国国家战略，认为 IT 产业下一阶段的任务是把新一代 IT 技术充分运用到各行各业之中，具体地说，就是把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中，并且被普遍连接，形成“物联网”，然后将“物联网”与现有的互联网整合起来，实现人类社会与物理系统的整合。在这个整合的网络中，存在能力超级强大的中心计算机群，能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制，在此基础上，人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活，达到“智慧”状态，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系。

在中国 2009 年 8 月 7 日，温家宝总理在无锡提出了“感知中国”的理念，表示中国要抓住机遇，大力发展物联网技术。11 月 3 日，温家宝总理再次指示要着力突破传感网、物联网关键技术。进入 2010 年，物联网成为当年“两会”的热门话题，“积极推进‘三网’融合，加快物联网的研发应用”也首次写入政府工作报告。据了解，2010 年一系列物联网发展相关的产业政策将陆续出台，如 2011 年年底工业和信息化部出台的“物联网‘十二五’发展规划”。

从物流行业的发展过程看，物流的智能化、集成化及智能物流系统是社会经济发展的必然要求，同时科学技术的进步又为其实现提供了现实基础。

1. 电子商务和供应链发展的要求

电子商务的发展带来了巨大的物流需求，同时也给物流企业提出了新的要求，如能够及时、准确地进行物流信息的获取和传递，为客户提供实时的货物和订单状态信息，对订单进行及时、准确的处理，对运输车辆进行实时优化调度，准确预测货物的销售，优化库存，对供应商进行优化选择等；并且随着电子商务的不断发展，其对物流的要求将会越来越高。而要满足这些要求，实现电子商务的高效运转，一个高效、畅通、智能化的物流系统是必不可少的。

从广义的供应链的角度来看，物流成为连接供应链内各个主体的最重要桥梁，成为供应链活动的主要内容，供应链的实现离不开物流。图 1.2 是一个完整的供应链系统模型，系统中

通过供应链的物流、信息流、资金流是双向的，可以看出物流在这些过程中扮演重要的角色，涉及计划和控制的所有因素。供应链管理使材料和物品在不同的供应链成员之间最优化的流动，而信息系统可以促使供应链有更高的效率，提供信息帮助公司协调、调度和控制采购、生产、库存管理、产品配送和服务。随着互联网技术的发展，基于互联网的物流系统可以为供应链管理提供标准的管理工具，促进全球供应链发展，降低成本，能够有效响应顾客，协调供应链协作。图 1.3 是一个基于互联网的物流系统模型，第三方物流粉墨登场。

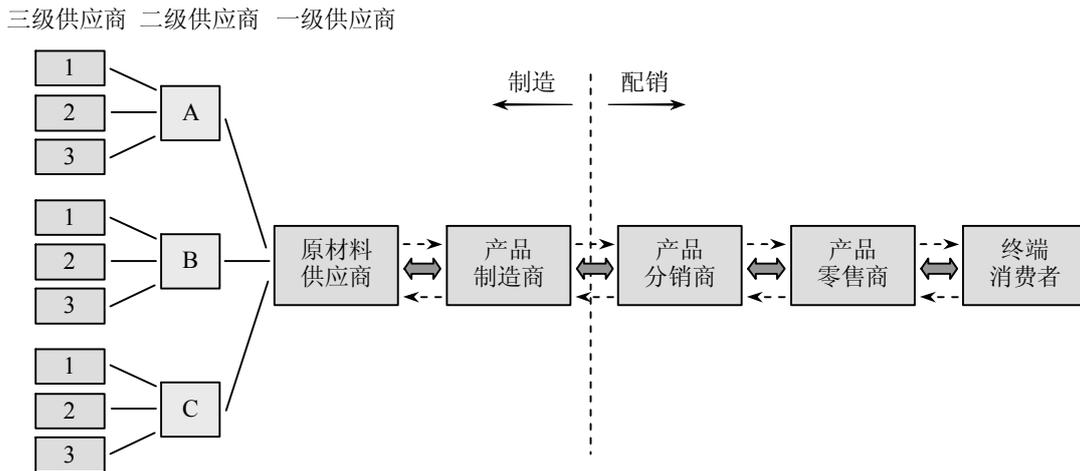


图 1.2 一个基本的供应链系统

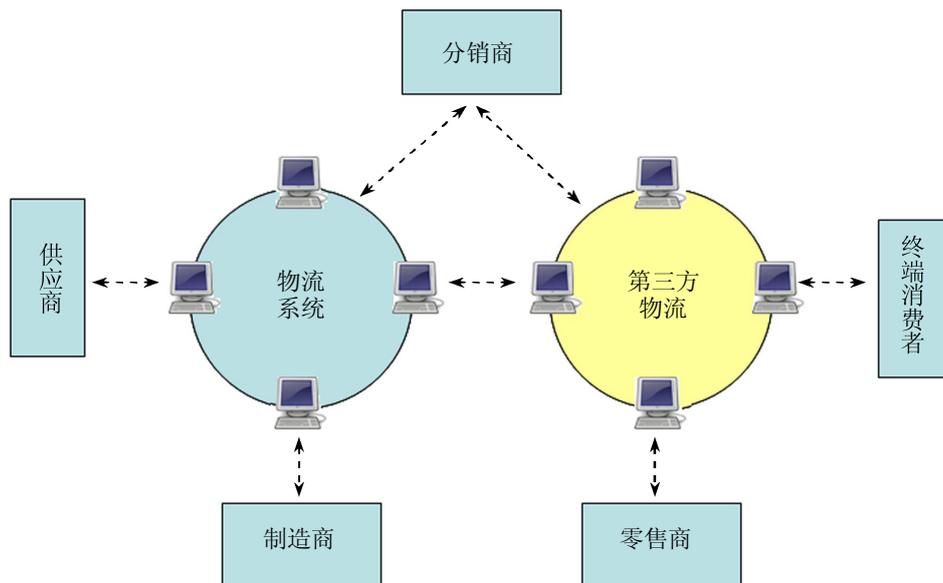


图 1.3 基于互联网的物流系统模型

不同的供应链管理技术对物流提出不同的具体要求,如 JIT (Just In Time),为实现“零库存”,需要供应商及时、准确交货,并且要求供应商能够对订货的变化作出快速反应,实现和生产商的信息共享;要求高效率、低成本的物流运输装卸方式;能够和零售商进行信息共享,提高市场预测的准确程度。不仅要求整条供应链的物流系统的信息获取和传递具有比较高的实时性,而且要求对信息进行快速处理,以便及时为供应链管理者提供辅助决策支持,如市场预测、运输优化等。而这些功能依靠传统的物流系统是无法实现的,通过引入智能物流系统,应用信息技术、智能技术及系统集成技术,一方面可以大大提高供应链各主体之间信息的共享性、可视性,另一方面也为信息处理提供了新的解决方案,提高供应链决策的科学水平和效率。

2. 我国现实国情的要求

由于物流产业在国民经济中的基础作用,物流信息化已成为我国信息化战略的重要内容。我国传统物流产业走的是一条物质和能量高投入、高消耗的路子。显然,在可持续发展的今天,这种发展模式越来越不能适应社会经济对物流产业的要求。因此寻求避免物质和能量的高投入、高消耗,充分利用和挖掘现有基础设施的物流能力,满足社会日益复杂的物流要求,实现物流产业可持续发展的有效途径是我国物流领域目前所面临的一个重要问题。

3. 物流自身发展的内在要求

任何事物发展都有其内在的规律性,都是从简单到复杂、从低级到高级螺旋上升的过程。物流的发展也不例外,经历了由简单的静态储存物流、储运物流向复杂的一体化物流、供应链物流、电子物流的发展过程,物流信息化则经历了由简单粗放型、计算机简单应用型向信息管理系统化、整体化的发展过程。物流智能化是物流的信息化和自动化的高级形态。

4. 科学技术的发展为智能物流系统的实现提供了可能

信息技术及人工智能技术得到迅猛发展,如普适计算技术,强调和环境融为一体的计算,人们能够在任何时间、任何地点、以任何方式进行信息的获取与处理。在普适计算的环境中,无线传感器网络将广泛普及,各种新型交互技术如触觉显示、有机发光二极管显示(简称 OLED)等,将使交互更容易、更方便。人们不断将这些技术应用于物流领域,开发了许多智能物流应用产品。总之,科学技术的发展为智能物流系统的实现提供了可能。

物联网的思想和技术曾用于解决物流领域的问题。2005年,在运输物流行业,Michael ten Hompel 设计了从发件人到收件地址的物流自动投递系统,可以看做物联网在物流行业的应用实例。又如 2007年, Berning 和 Vastag 将动态路径规划算法用于构建的自动运输物流网络等。此外,供应链中物品的跟踪追查以及有效顾客反应系统的改善,都曾涉及物联网技术(Gaßner and Bovenschulte, 2009)。

基于以上背景,结合物流行业信息化发展现状,考虑到物流业是最早接触物联网的行业,也是最早应用物联网技术,实现物流作业智能化、网络化和自动化的行业。2008年德国不来梅大学 Log Dynamics 实验室 Dieter Uckelmann 归纳总结了智能物流的基本特征。

目前,很多先进的现代物流系统已经具备了信息化、数字化、网络化、集成化、智能化、

柔性化、敏捷化、可视化、自动化等先进技术特征。很多物流系统和网络也采用了最新的红外、激光、无线、编码、认址、自动识别、定位、无接触供电、光纤、数据库、传感器、RFID、卫星定位等高新技术，这种集光、机、电、信息等技术于一体的新技术在物流系统的集成应用，就是物联网技术在物流业应用的体现。

智能物流理念的出现，顺应历史潮流，也符合现代物流业发展的自动化、网络化、可视化、实时化、跟踪与智能控制的发展新趋势，符合物联网发展的趋势。

1.2.2 定义和主要特点

智能物流的智能性体现在：一是实现监控的智能化，主动监控车辆与货物，主动分析、获取信息，实现物流过程的全监控；二是实现企业内、外部数据传递的智能化，通过电子数据交换（Electronic Data Interchange, EDI）等技术实现整个供应链的一体化、柔性化；三是实现企业物流决策的智能化，通过实时的数据监控、对比分析，对物流过程与调度的不断优化，对客户个性化需求的及时响应；四是在大量基础数据和智能分析的基础上，实现物流战略规划的建模、仿真、预测，确保未来物流战略的准确性和科学性。

智能物流，是基于互联网、物联网技术的深化应用，利用先进的信息采集、信息处理、信息流通、信息管理、智能分析技术，智能化地完成运输、仓储、配送、包装、装卸等多项环节，并能实时反馈流动状态，强化流动监控，使货物能够快速、高效地从供应者送达给需求者，从而为供应方提供最大化利润，为需求方提供最快捷服务，大大降低自然资源和社会资源的消耗。

随着技术的日趋进步与日益成熟，智能标签、无线射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、电子数据交换（Electronic Data Interchange, EDI）技术、全球定位系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）、地理信息系统（Geographic Information System, GIS）、智能交通系统（ITS）等纷纷进入应用领域。现代物流系统已经具备了信息化、数字化、网络化、集成化、智能化、柔性化、敏捷化、可视化、自动化等先进技术特征。很多大型国际物流企业也采用了红外、激光、无线、编码、认址、自动识别、定位、无接触供电、光纤、数据库、传感器、RFID、卫星定位等高新技术。因此，市场需求和技术革新催生了智能物流。智能物流，又被称为智慧物流，源于 IBM 提出的“智慧地球”，现在有专家又进一步提出了“智慧城市”的概念。

智能物流具有智能化、柔性化、一体化、社会化的显著特征，归纳为如图 1.4 所示。

1. 智能化

这是物流发展的必然趋势，是智能物流的典型特征，它贯穿于物流活动的全过程，随着人工智能技术、自动化技术、信息技术的发展，其智能化的程度将不断提高。它不仅限于库存水平的确定、运输道路的选择、自动跟踪的控制、自动分拣的运行、物流配送中心的管理等问题，随着时代的发展，也将不断地被赋予新的内容。

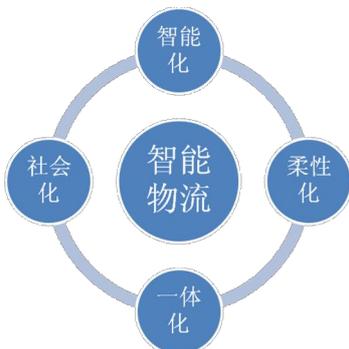


图 1.4 智能物流的特征

2. 柔性化

本来是为实现“以顾客为中心”理念而在生产领域提出的，即真正地根据消费者需求的变化来灵活调节生产工艺。物流的发展也是如此，必须按照客户的需要提供高度可靠的、特殊的、额外的服务，“以顾客为中心”服务的内容将不断增多，服务的重要性也越来越大，如果没有智能物流系统柔性化的目的是不可能达到的。

3. 一体化

智能物流活动既包括企业内部生产过程中的全部物流活动，也包括企业与企业、企业与个人之间的全部物流活动等。智能物流的一体化是指智能物流活动的整体化和系统化，它是以智能物流管理为核心，将物流过程中运输、存储、包装、装卸等诸环节集成一体化系统，以最低的成本向客户提供最满意的物流服务。

4. 社会化

随着物流设施的国际化、物流技术的全球化和物流服务的全面化，物流活动并不仅仅局限于一个企业、一个地区或一个国家。为实现货物在国际间的流动和交换，以促进区域经济的发展 and 世界资源优化配置，一个社会化的智能物流体系正在逐渐形成。构建智能物流体系对于降低商品流通成本将起到决定性的作用，并成为智能型社会发展的基础。

1.3 核心技术的组成

“物联网技术”的核心和基础仍然是“互联网技术”，是在互联网技术基础上的延伸和扩展的一种网络技术；其用户端延伸和扩展到了任何物品和物品之间，进行信息交换和通信。因此，物联网技术的定义是：通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，将任何物品与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、追踪、监控和管理的一种网络技术，叫做物联网技术。

物联网主要有 3 层架构，即感知层、通信层和应用层，如图 1.5 所示。从物联网本质上看，物联网是现代信息技术发展到一定阶段后出现的一种聚合性应用与技术提升，将各种感知技

术、现代网络技术和人工智能与自动化技术聚合与集成应用，使人与物智慧对话，创造一个智慧的世界。因为物联网技术的发展几乎涉及信息技术的方方面面，是一种聚合性、系统性的创新应用与发展，才被称为是信息技术的第三次革命性创新。



图 1.5 物联网 3 层架构

按照物联网的 3 层结构，物联网的技术也可以归纳为 3 类，下面依次进行介绍。

(1) 感知层。承担物的信息的采集以及对物体属性进行标识，静态属性是指物本身的唯一标识，也就是物的“身份证”可以直接存储在标签中，动态属性是指物在生产、加工、物流过程中产生的关键信息，为物的追溯提供可靠信息，需要先由传感器实时探测，在感知层可以应用的技术包括智能卡、RFID 电子标签、识别码和传感器等，可以归纳为识别和感知特征，即纳入联网的“物”一定要具备静态属性和动态属性的自动识别与自动感知功能的功能。

(2) 通信层。承担信息的传输，借用现有的无线网、移动网、固联网、互联网、广电网等即可实现。物联网的数据通信和交互网络是将物与物、人与人、人与物之间相互联通，并实现数据传递和交互的传输网络，这种网络的范围比互联网（人与人之间的网络）的范围要大得多，触及的层面也深得多，其目的就是为了将信息、数据、信号、指令等内容从一个物联网节点传到另一个节点。总之，对于物联网来说，只要是处于网络前端节点，以提取一定的信息或数据的技术、装置或产品，都可以视为“广义感知器”中的一种，它是物联网存在的数据来源和基础，物联网所有的应用都是以这些被采集起来的各类信息和数据来实现的。就目前物联网技术发展基础而言，物联网的数据通信和交互网络应至少包括以下部分：基于 TCP/IP 网络技术的互联网、传输模拟量的裸光纤、传输技术和传输网络等，其中 ZigBee、Wi-Fi、2G、3G 等是已有的传输技术，未来将会出现新的传输技术。

(3) 应用层。实现物与物之间、人与物之间的识别与感知，发挥智能作用，主要指为各种具体应用提供公共服务支撑环境。应用平台层的主要技术特征是开放性和规范性，应用平台设计的主要技术领域包括软件中间件、资源描述与组织、各种标识的管理、信息安全保证、网

络计算、数据分析与挖掘等。

物联网是现代信息技术发展到一定阶段的一种聚合性应用与创新，是现代信息技术集成应用创新的革命，因此物联网技术涉及很多方面，十分庞杂，这里从物流行业应用的角度对物联网技术进行介绍。

物联网是现代信息技术发展到一定阶段的一种聚合性应用与创新，是现代信息技术集成应用创新的革命，因此物联网技术涉及很多方面，十分庞杂，这里从物流行业应用的角度对物联网技术进行介绍。

根据物联网的本质，物联网主要有三大技术体系：一是感知技术体系；二是通信与网络技术体系；三是智能技术体系。下面结合物流行业应用情况进行分析。

1. 智能物流的感知技术

物流行业中，物流的作业对象是各种“物”，这些“物”不仅品种繁多、形状各异，而且还处在不定的“移动”、“交换”过程中，因此物流业组建物联网，发展智能物流，在感知层采用的感知技术也很多。

综合来看，如表 1.1 所示，在物流行业目前最常用的物联网感知技术可以归纳为传感技术、RFID 技术、GPS 技术、视频识别与监控技术和智能嵌入技术等。

表 1.1 物联网感知技术分类

| 序号 | 物流活动 | 物联网技术 |
|----|---------------|---|
| 1 | “物”进行识别、追溯 | RFID 技术、条码自动识别技术 |
| 2 | “物”进行分类、拣选、计数 | RFID 技术、激光技术、红外技术、条码技术 |
| 3 | “物”进行定位、追踪 | GPS 卫星定位技术、GIS 地理信息系统技术、RFID 技术及车载视频技术等 |
| 4 | “物”进行监控 | 视频识别技术、RFID 技术、GPS 技术等 |

2. 智能物流的通信技术

在现代物流作业中，既有区域范围内的厂区生产物流的运作与管理，又有大范围的物流线路运输与调度，更有以仓储系统与拣选系统为主的智能物流中心的物流系统作业与运筹；面对复杂的、流动的物，要实现在“物流”过程中的物联网，需要多种技术集成应用。

在区域范围内的物流管理与运作的信息系统，常采用企业内部局域网直接相连的网络技术，并留有与互联网、无线网扩展的接口；在不方便布线的地方，常采用无线局域网技术。

在大范围物流运输的管理与调度信息系统，常采用互联网技术、GPS 技术、GIS 地理信息系统技术相结合，组建货运车联网，实现物流运输、车辆配货与调度管理的智能化、可视化与自动化。

在以仓储为核心的物流中心信息系统，常采用现场总线技术、无线局域网技术、局域网技术等网络技术。

在网络通信方面，常采用无线移动通信技术、3G 技术、M2M 技术、直接连接网络通信技术

等。综合分析，物流行业为了使移动或存储中形态各异的“物”能够联网，最常采用的网络技术是局域网技术、无线局域网技术、互联网技术、现场总线技术和无线通信技术。

3. 智能物流的智能技术

现代物流系统是在一个移动中的复杂的大系统，其系统内部不仅物品复杂、形态各异和性能各异，而且作业流程复杂：既有存储又有移动；既有交换又有分拣；既有包装和组合又有拆分与拣选等。这样的物联网，其信息系统是复杂的、开放的，更是多样的，物流信息系统中既有信息流，又有资金流，还涉及商业交换的商流等信息，因此涉及的智能技术也是广泛的与复杂的，更是面向社会信息系统开放与融合的。

在企业厂区的生产物流物联网系统，常采用的智能技术主要有 ERP（Enterprise Resource Planning）技术、自动控制技术、专家系统技术等；在大范围的社会物流运输系统，常采用的智能技术是：数据挖掘技术、智能调度技术、优化运筹技术等；在以仓储为核心的智能物流中心，常采用的智能技术有自动控制技术、智能机器人技术、智能信息管理系统技术、移动计算技术、数据挖掘技术等；以物流为核心的智能供应链综合系统、物流公共信息平台等领域，常采用的智能技术有智能计算技术、云计算技术、数据挖掘技术、专家系统技术等智能技术。

综合来看，物流行业物联网常用的智能技术有智能分析与控制技术、云计算技术、移动计算技术、ERP 技术和数据挖掘技术等。

1.4 物联网的智能物流应用

物联网技术已经在智能物流中得到了应用，不同行业物流与物联网技术需求也不一样，但是物联网技术应用的目标都是要将物流更加智能，适应现代物流服务发展要求。目前，物联网在智能物流的应用还处于初级阶段，如何推动物联网技术在物流中更好地应用，如何解决智能物流对于物联网技术新的需求是下一步智能物流发展的目标和方向。

1.4.1 物联网推动智能物流的发展

物联网的兴起引发物流信息化整合进入一个新周期，在这个阶段，信息技术的单点应用将会逐步整合成一个体系，以追求整体效应，从而带来物流信息化的变革，推进物流系统的自动化、可视化、可控化、智能化、系统化、网络化的发展，形成智慧物流系统。

物流业是物联网很早就实实在在落地的行业之一，很多先进的现代物流系统已经具备了信息化、数字化、网络化、集成化、智能化、柔性化、敏捷化、可视化、自动化等先进技术特征。很多物流系统和网络也采用了最新的红外、激光、无线、编码、认址、自动识别、定位、无接触供电、光纤、数据库、传感器、RFID、卫星定位等高新技术，这种集光、机、电、信息等技术于一体的新技术在物流系统的集成应用就是物联网技术在物流业应用的体现。

1.4.2 物联网在智能物流中的应用

当前,物联网发展正推动着中国智慧物流的变革。随着物联网理念的引入,技术的提升,政策的支持,相信未来物联网将给中国物流业带来革命性的变化,中国智慧物流将迎来大发展的时代。未来物联网在物流业的应用将出现以下 4 大趋势:

一是智慧供应链与智慧生产融合。随着 RFID 技术与传感器网络的普及,物与物的互联互通,将给企业的物流系统、生产系统、采购系统与销售系统的智能融合打下基础,而网络的融合必将产生智慧生产与智慧供应链的融合,企业物流完全智慧地融入企业经营之中,打破工序、流程界限,打造智慧企业。

二是智慧物流网络开放共享,融入社会物联网。物联网是聚合型的系统创新,必将带来跨行业的网络建设与应用。如一些社会化产品的可追溯智能网络能够融入社会物联网,开放追溯信息,让人们可以方便地借助互联网或物联网手机终端,实时便捷地查询、追溯产品信息。这样,产品的可追溯系统就不仅仅是一个物流智能系统了,它将与质量智能跟踪、产品智能检测等紧密联系在一起,从而融入人们的生活。

三是多种物联网技术集成应用于智慧物流。目前在物流业应用较多的感知手段主要是 RFID 和 GPS 技术,今后随着物联网技术发展,传感技术、蓝牙技术、视频识别技术、M2M 技术等多种技术也将逐步集成应用于现代物流领域,用于现代物流作业中的各种感知与操作。例如,温度的感知用于冷链物流,侵入系统的感知用于物流安全防盗,视频的感知用于各种控制环节与物流作业引导等。

四是物流领域物联网创新应用模式将不断涌现。物联网带来的智慧物流革命远不是前面能够想到的以上几种模式。实践出真知,随着物联网的发展,更多的创新模式会不断涌现,这才是未来智慧物流大发展的基础。

1.4.3 智能物流提出的新挑战

物流业是物联网很早就实实在在落地的行业之一,很多先进的现代物流系统已经具备了信息化、数字化、网络化、集成化、智能化、柔性化、敏捷化、可视化、自动化等先进技术特征。智能物流是物流发展的必然趋势,智能物流的发展得益于计算机技术、网络技术、自动化技术、人工智能技术的发展,同时还需要政府和社会的调控和推动,为智能物流发展创造很好的外部环境,只有这样才能促进智能物流健康、有序地向前发展。

智能物流的发展会更加突出“以顾客为中心”的理念,根据消费者需求变化来灵活调节生产工艺;智能物流的发展将会促进区域经济的发展 and 世界资源优化配置,实现社会化。

首先通过智能物流系统的 4 个智能机理,即信息的智能获取技术、智能传递技术、智能处理技术、智能利用技术来分析智能物流的应用前景。

(1) 智能获取技术使物流从被动走向主动,实现物流过程中的主动获取信息、主动监控车辆与货物、主动分析信息,使商品从源头开始被实施跟踪与管理,实现信息流快于实物流。

(2) 智能传递技术应用于企业内部和外部的数据传递。智能物流的发展趋势是实现整个供应链管理的智能化, 因此需要实现数据间的交换与传递。

(3) 智能处理技术应用于企业内部决策。通过对大量数据的分析, 对客户的需求、商品库存等做出决策。

(4) 智能利用技术在物流管理的优化、预测、决策支持、建模和仿真、全球化管理等方面应用, 使企业的决策更加准确和科学。

物联网发展推动着中国智能物流的变革, 随着物联网理念的引入、技术的提升、政策的支持, 相信未来物联网将给中国物流业带来革命性的变化, 中国智能物流将迎来大发展的时代。虽然目前物流领域应用物联网还不是很广泛, 但物流领域的应用更能体现物联网的价值。将来物联网应用发展到一定程度, 物流将在整个物联网产业中发挥巨大作用, 占据重要地位。因为物流关注的是物品流动过程, 而物联网本身就是物品流通过程中物品和互联网的连接, 因此其在物品流通过程中的应用会更广泛。

未来物联网在物流业的应用将出现以下 5 大趋势:

1. 统一标准, 共享物流的物联信息

目前, 尽管物联网在物流业具有很多应用, 但是大部分的应用还是局部的、局域网络的应用, 不同的系统难以融合, 各自的网络有各自的标准体系, 形成的是一个物联网信息孤岛。

虽然在物联网时代, 很多物联网局部应用是闭环的和独立的, 没必要实现全部的物品互联到一个统一的网络体系。但是, 在物联网基础层面, 统一的标准与平台是必需的, 局部的物联网系统、物联局域网等都可以在统一的标准体系上建立。

目前物联网的基础感知层面的标准体系是混乱的, 同一个物品在不同的物联网系统具有不同的编码, 也具有不同的规则, 给今后的网络融合及物联网应用会带来一系列的问题。

中国物品编码中心专家认为, 统一的物联网基础(编码)体系是物联网运行的前提, 只有在统一的体系基础上建立的物联网才真正能做到互联互通, 做到信息共享和智慧应用, 就像互联网体系一样。目前, 尽管有很多感知技术体系, 但目前只有 RFID 技术体系中 EPC 技术, 才能够真正实现物联网的理念, 因为 EPC 系统是全球统一的编码体系。

由于上述原因, 专家认为, 物联网最先开始的应用系统应该是 EPC 系统, 目前物流业的一些案例(如未来商店、配送系统、职能货架、航空运输、集装箱通关等), 也都运用了 EPC 系统相应的技术。在全球著名的制造商、销售商、技术提供商、技术产品提供商共同参与下, EPC 已经形成了较为完备的标准体系, 其超高频 C1G2 标签协议等标准已经被接受为 ISO 国际标准。因此不论从需求、上下层连接基础设施建设、市场的发展状况来看, 物流领域的物联网将最先形成。

建立统一的标准是物联网发展趋势, 更是物流行业应用市场的需求, 也是物流行业物联网的大趋势。目前这一问题也已经引起物联网业界广泛关注, 但标准问题牵涉各种利益, 中国物联网领域的标准之争将给中国物联网应用带来一系列问题。

2. 互联互通，融入社会物联网

物联网是聚合型的系统创新，必将带来跨系统、跨行业的网络建设与应用；随着标签与传感器网络的普及，物与物的互联互通，将给企业的物流系统、生产系统、采购系统与销售系统的智能融合打下基础，网络的融合必将产生智慧生产与智慧供应链的融合，企业物流完全智慧的融入企业经营之中，打破工序、流程界限，打造智慧企业。

随着社会物联网体系的开放，物流行业部分局部的物联网应用会很快融入社会物联网，如社会化产品的可追溯智能网络就可以方便地融入社会物联网，开放追溯信息，让人们可以方便地借助互联网或物联网手机终端，实时、方便地查询追溯产品信息。这样，产品的可追溯系统就不仅仅是一个物流智能系统了，它将与质量智能跟踪、产品智能检测等紧密联系在一起，从而融入人们的生活。

物流与人们生活密切相关，渗透在生活的方方面面，不仅产品追溯系统，今后其他的物流系统也将根据需要融入社会物联网或与专业智慧网络互通，如智慧物流与智能交通、智慧制造、智能安防、智能检测、智慧维修、智慧采购等系统融合等，从而为社会全智能化的物联网发展打下基础，智慧物流也成为人们智慧生活的一部分。

3. 多种技术，物流领域集成应用

目前在物流业应用较多的感知手段主要是 RFID 和 GPS 技术，今后随着物联网技术的发展，传感技术、蓝牙技术、视频识别技术、M2M 技术等多种技术也将逐步集成应用于现代物流领域，用于现代物流作业中的各种感知与操作。例如，温度的感知用于冷链；侵入系统的感知用于物流安全防盗；视频的感知用于各种控制环节与物流作业引导等。

4. 创新模式，物流领域不断涌现

物联网是聚合、集成的创新理念，随着物联网的发展，会有更多的创新模式不断涌现。目前，就有很多公司在探索新的物联网在物流领域应用新模式。例如，将邮筒安上感知电子标签，组建网络，进行智慧管理，并把邮筒智慧网络用于快递领域；当当网在无锡新建的物流中心就探索物流中心与电子商务网络融合，开发智慧物流与电子商务相结合模式；无锡新建的粮食物流中心就探索将各种感知技术与粮食仓储配送结合，实时了解粮食温度、湿度、库存、配送等信息，打造粮食配送与质量检测管理的智慧物流体系等。

5. “物”有智慧，实现智慧物流变革

目前，在物流行业，中国物联网的应用还仅处于“物联网”初级阶段，仅仅实现了对“物”的联网，仅仅实现了物流信息由过去的“告知”到主动的“感知”，在此基础上实现智能追溯、监控与可视化管理。即使是有智能的物流系统，也是建立在感知、联网基础上，借助于人的智能或信息系统的智能进行自动化和智能化应用，作为物流对象的“物”还是处于被动状态。

目前德国弗朗恩霍夫物流研究院正在研究真正让物流中的“物”本身具有智能的智能物流体系。也就是说，让物流中的物自己知道自己要到哪里去，自己应该存放在什么位置等，在这一理念下建立物流的物联网系统，就与原来的物联网系统大不一样。因为，物不需要再听从系统的指令，而是主动的“物流”，这样将完全打破原来的物流信息系统架构，甚至会对物流

运作过程中的现代物流技术装备带来巨大影响，会对现代仓储、物流中心的结构都带来革命的变化。这将是真正的“智能物”流，也真正实现了智能物流的变革。

1.5 小结

在物流领域，物联网只是一种技术手段，实现智能化的物流才是目标。在如今的物联网时代，智能除了获取信息外，还要将采集的信息通过网络传输到数据中心，由数据中心做出判断和控制，进行实时调整。所以智能实际上是一个动态的控制反应过程，是在不断调整的。这个调整是根据实时采集的信息做出的判断和控制，要动起来，要有联网，要在线运行。

智能物流的出现，标志着信息化在整合网络和管控流程中达到了动态的、实时进行选择和控制的管理水平。所以，一定要根据自身的实际水平和客户需求来确定信息化的定位。智能物流将是物流业未来发展的方向。

思考题

1. 讨论表述物联网的定义，你认为应如何理解物联网的内涵？
2. 分析已有的物联网体系结构，如何架构物联网体系？
3. 何谓智能物流？简述其定义。
4. 智能物流的关键技术有哪些？简述之。
5. 简论智能物流与物联网之间的关系。
6. 列举智能物流的主要发展趋势，并描述智能物流的应用前景。

参考文献

- [1] 胡忠望. “物联网工程”新专业课程体系的设计[J]. 中国电力教育, 2010(22), 109-110.
- [2] 物联网“十二五”发展规划[EB/OL]. 中国工业和信息化部, 2012.
- [3] 焦泉. 从物联网知识产权问题分析中国物联网发展出路[J]. 发展论坛, 2010(5), 39-41.
- [4] 贾雯杰. 解读物联网的发展与趋势[J]. 信息科技, 2010(8), 202-204.
- [5] 吴同. 浅析物联网的安全问题[J]. 网络安全, 2010(8), 7-8.
- [6] 吴凡. 让物联网不再“看上去很美”[J]. 产业观察, 2010(8), 251-252.
- [7] 胥军. 物联网给力, 智能物流起步[J]. 信息与电脑, 2011(9), 83-85.
- [8] 周立新, 刘坤. 智能物流运输系统[J]. 同济大学学报, 2002, 30(7), 829-832.
- [9] 沈苏彬. 物联网的体系结构与相关技术研究[J]. 南京邮电大学学报: 自然科学版, 2009, 29(6), 1-11.

- [10] 赵立权. 智能物流及其支撑技术[J]. 科技前沿, 2005 (7), 52-53.
- [11] 谢东亮, 王羽. 物联网与泛在智能[J]. 中兴通讯技术, 2010 (6), 54-57.
- [12] 吴晓钊, 王继祥. 物联网技术在物流业应用现状与发展前景[J]. 物流技术与应用, 2011, 16 (2), 52-59.
- [13] Gershenfield N. :When Things Start to Think[M]. Henry Holt and Company, New York, 1999.
- [14] Davidsson P, Henesey L, Ramstedt L, Törnquist J, Wernstedt F. An Analysis of Agent-Based Approaches to Transport Logistics [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2005, 13 (4), 255–271.
- [15] Uckelmann D. A Definition Approach to Smart Logistics[C]. Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking - 7th International Conference, 2008, 273-284.
- [16] Uckelmann D, Harrison M, Michahelles F. Architecting the Internet of Things [M], Springer, Berlin, 2011.
- [17] Taylor A, Harper R, Swan L, Izadi S, Sellen A, Perry M. Homes That Make Us Smart [J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2007, 11 (5), 383-393.
- [18] Weiss F. C. L, Kerschbaum F. Industrial Privacy in RFID-based Batch Recalls.[C]. In Proceedings of InSPEC'09, 2009, 192-198.
- [19] Laudon K. C, Laudon J. P. Essentials of Management Information Systems [M]. 8th Edition, Prentice Hall, 2007.