

第 1 章 绪 论

物联网是新一轮的信息技术发展浪潮，潮起处，狂风怒号。学术界关于物联网的各种学说、定义及技术文章连篇累牍。各国政界推波助澜，将物联网掀起惊天巨浪，波及世界，影响全球。美国推出的“感知地球”，我国推出的“感知中国”，德国推出的“工业 4.0”，以及“智慧城市”“智慧医疗”“智能交通”等新概念、新思潮扑面而来。物联网是什么？浪潮的根源来自哪里？本章试图给出恰当的答案。

1.1 信息物理概述

信息的概念存在于人类的意识中^[1]。对于一个物理实体，不同的人，不同的目的，可从中攫取不同的信息。例如：

马路边一块废弃的、不规则的、锈迹斑斑的金属块。

这句话含有位置、用途、形状、外观和属性等信息。

一位拾荒者看了一眼，估摸一下“重量”，根据废品价格计算一下收益，判断是否值得弯腰捡起来。这个金属块的“重量”便是拾荒者关注的信息。

一位几何教师看了一眼，估摸一下“形状”，柱、锥、台、球等不同形状快速比对一遍，判断是否可以用于几何教学。这个金属块的“形状”便是几何教师关注的信息。

一位物理教师看了一眼，估摸一下“形状”和“重量”，这个金属块的“比重”便是物理教师要关注的信息。

一位材料学的教师，根据金属块生锈的颜色，判断金属块是铁还是铜？“生锈的颜色”，是他关注的信息。

……

金属块的重量、体积、锈色、成分、元素含量的比例、延展性、比重和比热等，不同的人带着不同的目的，攫取着不同的“信息”。

啊，一个马路边锈迹斑斑的金属块，竟然含有这么多的“信息”！

世界万物，信息浩如烟海。

信息的感知方式，信息的表达方式，信息的传递方式，信息的记录方式，信息的处理方式，是伴随人类文明史一同发展进步的。

烽火台，是古人用光波来表达信息、传递信息的方法。

人类的语言、动物的吼叫、禽鸟的鸣唱，是用声波表达信息、传递信息的方法。

象形文字、意音文字，不同语系的文字是人类文明进化过程中，信息表达、信息记录、信息传递的符号。

信息除了用声、光、文字表达之外，在电气时代来临之后，人们用电信号表达信息，并骄傲地称为“我们进入了信息时代”。

除了电子信息、光信息之外，还有磁信息、量子信息等表达信息的方式，都冠以了“高科技”的神秘光环。

我们把物理学研究的力、热、光、电、声、运动等内容，用信息学的感知方法、信息学处理方法、信息学的传输方法，映射、转换在电子信息（不是光信息、量子信息）领域进行处理，形成了一门交叉学科《信息物理学》。

从物理世界感知的信息，通过网络传输到电子计算机（不是光计算机，不是量子计算机，也不是生物计算机）进行信息处理、数据计算，产生的控制指令又反作用于物理世界。有人把它称之为信息物理系统（CPS, Cyber-Physical Systems），有人称为（物联网系统，IoT, Internet of Things）。两者概念基本相似，细节、侧重点稍有不同^[1]。

有关信息物理系统的各种定义、学说，列选如下。

信息物理系统的工程说：信息物理系统是一个综合了计算、网络和物理环境的多维复杂系统，通过 3C（Communication、Computer、Control）技术的有机融合与深度协作，实现大型工程系统的实时感知、动态控制和信息服务。

信息物理系统的人体比拟说：我们可以用人体的结构来比拟信息物理系统，以帮助我们更好的了解信息物理系统。灵巧的四肢、敏锐的感官，便相当于一个嵌入了无数传感器的“信息感知物理系统”；人的大脑，赋予了人的思考能力，相当于一个高速电子计算机系统，具有很强的计算能力；发达的神经系统就像物联网系统，把感官接收的信息传递给大脑；人体大脑的“信息处理系统”高速运算，把决策命令输出，再通过神经网络系统把控制信息传递给肌体的执行机构，操纵控制这一“物理系统”。人体具有感知信息、传递信息、处理信息、控制执行的能力，是一个先进的信息物理系统。

信息物理系统的虚实融合说：信息物理系统是把物理设备连接到互联网上，让物理设备具有计算、通信、精确控制、远程协调和自我管理的功能，实现虚拟网络世界和现实物理世界的融合。在环境感知的基础上，融合具有计算能力、通信能力和控制能力的（网络化的设备）物理系统，通过计算进程和物理进程相互影响的反馈循环，完成现实世界与虚拟世界的相互协同和交互，提供实时感知、动态控制和信息反馈等服务。

1.2 物联网概述

物联网被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮，是比互联网应用更加广泛的一次浪潮。

物联网，国内外普遍公认的是 MIT Auto-ID 中心 Ashton 教授在 1999 年研究网络射频识别系统（RFID, Radio Frequency Identification）时最早提出来的，“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”。

物联网的传感网说：美国在 2000 年就提出了传感网概念。其定义是：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，把任何物品通过物联网域名相连接，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络概念。

在 2005 年国际电信联盟（ITU）发布的同名报告中，物联网的定义和范围已经发生了变化，覆盖范围有了较大的拓展，不再只是指基于 RFID 技术的物联网。

物联网的互联网说：物联网概念是在互联网概念的基础上，将其用户端延伸和扩展到任何物品与任何物品之间，进行信息交换和通信的一种网络概念。麦肯锡全球研究所提出的观点是：物联网是将传感器、执行器和数据通信技术内置于物理对象，使其可被整个数据网络或互联网跟踪、协调与控制。

物联网的特征说：物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息载体，让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。它具有普通对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化 3 个重要特征^[2]。

物联网的云计算说：物联网是建立在数据云存储、业务云计算之上的，是将智能终端通过先进网络相连的一个业务数据智慧处理体系。它是一个云、管、端一体化的体系，或者说是一个云计算技术与具体业务及过程管理相融合的体系。

智能在物端，智慧在云端（云储存的大数据与大数据的业务云计算）。

物联网的工程说：设备（Devices）和设施（Facilities），包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、楼控系统、家庭智能设施、视频监控系统等，和“外在使能”（Enabled）的，如贴上 RFID 的各种资产（Assets）、携带无线终端的个人与车辆等“智能化物件”或“智能尘埃”（Mote），通过各种（无线/有线，长距离/短距离）通信网络连接，实现互联互通、应用集成。在多种网络（内网（Intranet）、专网（Extranet）、互联网（Internet））环境下，采用适当的信息安全保障机制，提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维保、在线升级、统计报表、决策支持、领导桌面等管理和服务功能，实现对“万物”“高效、节能、安全、环保”的“管、控、营”一体化。

物联网工程涉及智慧校园、智能教室、智能实验室建设；涉及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、公共场所照明管控；涉及工业监测、工业（自动化）4.0；涉及环境监测、水系监测、食品溯源；涉及智慧农业、大棚管理、花卉栽培；涉及智慧医院、老人护理、个人健康；涉及军事国防的敌情侦查、情报搜集、数字化士兵等多个领域。

1.3 从物理学到信息物理学的演进

物理学是一门自然科学，它的研究对象是物质、能量、空间、时间，揭示它们各自的性质与彼此之间的相互关系，是关于大自然规律的知识。

物理学开设的课程有力学、热学、声学、光学、电磁学、凝聚态物理学、固体物理学、等离子体物理学、分子物理学、原子物理学、原子核物理学、粒子物理学、量子力学和电动力学等。

由物理学衍生出的电子科学与技术学科，研究对象是电子、光子与量子的运动规律和属性。研究各种电子材料、元器件、集成电路，以及集成电子系统和光电子系统的设计、制造，研发新产品、新技术、新工艺。它的课程除了电路基础、计算机结构与逻辑设计、信号与系统、电子电路基础、微机系统与接口、嵌入式系统、数字信号处理等电子类的基础课外，涉及物理学的课程有电磁场理论、固体物理基础、半导体物理、现代光学基础、信息电子技术中的场与波、光电子物理基础、电子器件、VLSI 设计基础、显示技术、光电子技术、微波毫米波电子学、光纤通信、半导体集成电路概论等，可以看出理论物理仍然是核心课程。

由物理学衍生出的计算机、通信工程、网络工程等学科，除了专业基础课外，其电磁场理论、半导体物理，量子力学，量子光学，仍然是核心课程之一。

物联网工程学科的设立，从物理学中发掘其理论基础和技术源泉，构建物联网工程的学科知识体系，仍然是物联网工程学科建设工作、高等教育工作者的重要工作和使命。

物联网的重要组成部分是信息感知。丰富的半导体物理效应，是研制信息感知的元件、传感芯片的重要载体。物联网工程中信息感知的基础之一是半导体物理学。

运动物体（车辆、飞行器、工程机械）控制，自动控制理论是核心，物理学的运动学、力学是基础。

从物理学向信息物理学演进，是信息物理学发展的必经之路，是物联网工程学科的基础所在。

物理学和科学技术的关系是相互交叉、相互促进的。例如，核能的利用、激光器的产生、层析成像技术（CT）、超导电子技术、电子计算机的诞生等案例，几乎所有的重大高新技术领域的创新成果，事先都在物理学中经过长期的酝酿而形成。

物理学中的力学和热力学是第一次工业革命的理论基础和技术指南，推动社会进入了机械化时代。物理学家、数学家、哲学家是机械化时代的中坚力量。

近代物理学，推动了第二次产业革命，电磁学理论推动人类社会由机械化进入电气化时代。物理学家、工程师、企业家是电气化时代的中流砥柱。

量子力学是信息技术的源泉，是信息技术的原创理论基础，它推动了第三次技术革命，推动人类社会进入信息化时代。物理学家、软件工程师、企业家是信息时代推动社会进步

的核心力量。

在量子力学基础上,信息时代的4大关键技术(信息处理、信息存储、信息显示、信息传输)得到高速发展,形成的信息产业,以3~5年发生一个巨大变化的速度改变着人类的生活方式,改变着工业生产的流程和方法。巨磁阻效应的发现,使信息存储技术有了重大突破;物理学家对液晶的研究,改变了信息显示技术,使液晶显示器大量普及和应用;量子霍尔效应,使场效应晶体管结构、集成电路产业飞速发展。以上这些重要科学发现和重大信息技术来自于基础物理学^[3]。

物理学对客观世界的规律作出了深刻的揭示,形成了一整套独特而卓有成效的思想方法体系。物理学是科学发展的基础,技术进步的源泉,人类智慧的结晶,社会文明的瑰宝。物理学思想与方法不仅对物理学本身有价值,而且对整个自然科学的发展都有着重要的贡献,信息物理学之于物联网工程,其指导意义是清晰、明确的^[2]。

1.4 从互联网到物联网的演进

计算机网络是由许多计算机组成的,若要实现计算机之间传输数据,必须要做两件事,即数据传输到哪里?怎样保证数据迅速、可靠地传输到目的地?

TCP(Transmission Control Protocol,传输控制协议)和IP(Internet Protocol,网间协议)解决了这两个问题,IP协议负责数据的传输到哪里,而TCP协议负责数据的可靠传输。它们在数据传输过程中主要完成以下功能:

- 首先由TCP协议把数据分成若干数据包,给每个数据包写上序号,以便接收端把数据还原成原来的格式。
- IP协议给每个数据包写上发送主机和接收主机的地址,一旦写上源地址和目的地址,数据包就可以在互网上传送数据了。IP协议还具有利用路由算法进行路由选择的功能。
- 这些数据包可以通过不同的传输途径(路由)进行传输,由于路径不同,加上其他原因,可能出现顺序颠倒、数据丢失、数据失真甚至重复的现象。这些问题都由TCP协议来处理,它具有检查和处理错误的功能,必要时还可以请求发送端重发。

物联网概念这几年可谓是炙手可热。物联网是在计算机互联网的基础上,利用RFID、无线数据通信等技术,构造一个覆盖世界万物的Internet of Things的网络。从互联网到物联网,在螺旋式发展的进程中,网络的形式和内涵都发生了深刻变化。在物联网络中,物品(商品)能够彼此进行“交流”,无须人的干预。物联网早期利用射频自动识别(RFID)技术,通过计算机互联网实现物品(商品)的自动识别和信息的互联与共享。而RFID,正是能够让物品“开口说话”的一种技术。在“物联网”发展过程中,传感器感知物体和设备的信息,通过无线数据通信网络,把它们自动采集

到的信息传输到中央信息系统，实现万物识别，进而通过计算机网络实现信息交换和共享，实现对万物的透明识别、管理、控制。

1.4.1 物联网对工业自动化的推动作用

工业化的基础是自动化，工业自动化领域发展了近百年，理论、实践都已经非常完善了。特别是随着现代大型工业生产自动化的不断兴起和过程控制要求的日益复杂，应运而生的 DCS 控制系统，是现代自动控制理论与计算机技术、系统控制技术、网络通信技术和多媒体技术结合的产物。分布式控制系统 DCS (Distributed Control System) 的理念是分散控制，集中管理。虽然自动设备全部联网，并能在控制中心监控，DCS 系统实现了分散控制，集中管理，但不一定是最优控制。优化控制是自动化理论追求的目标。通过物联网根据所采集的工况信息，通过分析与优化技术，找到最优的控制方法，是物联网推动 DCS 控制系统优化的路径之一。

1.4.2 物联网对信息化技术的推动作用

IT 信息发展的前期其信息服务对象主要是人，主要解决的是信息孤岛的问题。当为人服务的信息孤岛问题解决后，是要在更大范围解决信息孤岛问题，即将物与人的信息打通。人获取了信息之后，可以根据信息判断，做出决策，从而触发下一步操作；物体获得了信息是不能做出决策的，如何让物体在获得了信息之后具有决策能力？智能分析与优化技术是解决这个问题的一个手段，在获得信息后，依据历史经验及理论模型，快速做出最优决策。

数据的分析与优化技术在工业化与信息化方面都有需求。城市智慧化、行业的智能化，离不开数据分析与优化技术。数据的分析与优化是物联网的关键技术之一，也是未来物联网发挥价值的关键点。

1.4.3 物联网的特征

物联网是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型传感器，每个传感器都是一个信息源，不同类型的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性、连续性和周期性。按一定的频率周期性地采集环境信息、运动信息、工况信息。循环往复，不断更新。

物联网是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网信息传输的重要基础和核心仍采用 TCP/IP 协议，不排除会有物联网专用协议诞生。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输，由于其数量极其庞大，形成了海量信息，在传输过程中，为了保障数据的正确性和及时性，必须适应各种异构网络和协议。

物联网不仅仅提供了传感器的连接，其本身也具有智能处理的能力，能够对物体实施智能控制，形成智能硬件。物联网将传感器和智能处理相结合，利用云计算、模式识别等各种大数据处理技术，其应用领域涉及智慧校园、智慧医院、智慧农业、智慧城市等范畴。物联网研发工程师从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的数据，以适应不同项目的不同需求，发现新的应用领域和应用模式。

物联网提供不拘泥于任何场合、任何时间的应用场景与用户的自由互动。它依托云服务平台与用户之间的良性互动。云计算提供优化、实时的工业控制过程，产品质量更好，生产效率更高；农作物生长条件的优化调节，更及时的数据采集和分析建议，使农产品更高产，成本更低廉；智能家居给出更佳的用户体验，更自如的工作和生活环境，是通往人类智能生活的物理支撑。

1.4.4 物联网类别

- 私有物联网：一般面向单一机构内部提供服务，如一个家庭、一个班组、一个店铺、一个微型加工实体等。
- 公有物联网：基于互联网向公众或大型用户群体提供服务，如电信部门、电力部门、自来水公司等。
- 社区物联网：向一个关联的“社区”或机构群体，如一个城市政府下属的各委办局（如公安局、交通局、环保局、城管局）等提供服务。
- 混合物联网：上述两种或两种以上的物联网的组合，其后台有统一运维实体。
- 医学物联网：将物联网技术应用于医疗、健康管理、老年健康照护等领域。
- 建筑物联网：将物联网技术应用于路灯照明管控、景观照明管控、楼宇照明管控、广场照明管控等公共场合电器设备管理领域。

物联网正在向泛在化演进，其他形式的物联网不断推出，并且将渗透到社会的方方面面。

1.4.5 物联网理解偏差

在物联网发展进程中，定义不断演变，功能不断拓展，不少人没有及时更新概念，存在一些对物联网的理解偏差。

1. 把物联网概念等同化了

认为物联网和互联网是一致的，没有新意。在信息传输环节，物联网传输协议利用了互联网传输协议，不排除有物联网专用传输协议诞生。在信息感知部分、信息处理部分及信息存储部分是有差别的。

2. 把物联网概念减小了

由于历史原因，美国科学家研究 RFID 时，提出的概念把传感网或 RFID 网等同于物联网。传感技术和 RFID 技术是信息采集技术之一。用信息传感技术定义物联网，忽略了信息传输过程、信息处理过程，因而传感网不是物联网。除传感技术和 RFID 技术外，GPS、视频识别、红外、激光扫描等所有能够实现自动识别与物物通信的技术都可以成为物联网的信息采集技术。传感网或者 RFID 网只是物联网的信息感知部分，但不是物联网的全部。

3. 把物联网概念扩大了

把物联网当成互联网的无限延伸，把物联网当成所有物的完全开放、全部互连、全部共享的互联网平台。实际上物联网绝不是简单的万物共享互联网的无限延伸。现实中没必要也不可能使全部物品联网；也没必要使私有网、专业网、局域网都连接到全球互联网共享平台。今后的物联网与互联网会有很大不同，类似智能物流、智能交通、智能电网等专业网；智能小区等局域网才是物联网的最大应用空间。

4. 把物联网概念虚化了

认为物联网就是万物互联无所不在的网络，因此认为物联网是空中楼阁，是很难实现的技术。事实上物联网是实实在在的，很多初级的物联网应用早就在为我们服务着。物联网理念就是在很多现实应用基础上推出的聚合型集成的创新，是对早就存在的具有物物互联的网络化、智能化、自动化系统的概括与提升，它从更高的角度升级了我们的认识。

5. 把物联网概念用滥了

把物联网当成个筐，什么都往里装；基于自身认识，把能够互动、通信的产品都当成物联网应用。比如仅仅嵌入了一些传感器，就成了所谓的物联网家电；把产品贴上了 RFID 标签，就成了物联网应用等。这种误导消费者的做法，有时不一定是商家不懂物联网，而是商家为了经济利益而有意为之。

随着物联网工程的普及和物联网教育的成熟，物联网教材的完善，物联网理论基础的奠定，人们对物联网的种种理解偏差会逐步消除。希望“物联网工程实战丛书”能给读者带来思想的启发和技术的帮助。

1.5 小 结

本章讲解了信息物理学（CPS）和物联网（IoT）的概念，以及不断演进的物联网与互联网的相同点与不同点。本章阐述了物理学对信息技术的影响和推动，论证了从物理学到信息物理学、从互联网到物联网，科学技术螺旋式演进的发展进程。

1.6 习 题

1. 简述信息物理学的定义。
2. 简述互联网与物联网的相同点与不同点。
3. 社会调研：通信工程专业与网络工程专业的课程比较。
4. 科技调研：比较台式机、笔记本、PAD 掌上电脑（平板电脑）、智能手机的相同点与不同点。
5. 思辨：大脑的信息存储、信息处理、信息检索机制是什么？人的记忆力是什么？

参考文献

- [1] 物联网基础[EB/OL]. <https://software.intel.com/zh-cn/iot/journey/basics>.
- [2] 张亚勤. 物联网, 是互联网走向物理化的重要趋势[J/OL]. 中国智慧城市, 各家观点 [2015-07-22]. <http://www.smartcitychina.cn/MingJiaGuanDian/2015-07/5257.html>.
- [3] 薛其坤. 物理学与现代信息技术[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/2390b75631126edb6f1a10f9.html>.