



计算机“十三五”规划教材
物联网应用人才培养系列图书

WULIANWANG
JISHU JICHU

物联网技术基础

主编 黄永明 潘晓东



航空工业出版社

计算机“十三五”规划教材

物联网应用人才培养系列图书

物联网技术基础

主编 黄永明 潘晓东

本书主要内容

本书围绕物联网“感知层、网络层、应用层”三层技术知识体系来安排内容，并将最新的技术发展融入物联网概述、RFID（射频识别）技术、传感器与传感网技术、物联网安全和物联网应用。

本书依据理论和实践相结合的原则，由浅入深、由知识、深入到相关技术领域，特别遴选了一些重点的分析与介绍，帮助读者打下研究物联网技术打下

本书主要特点

本书总结了物联网所蕴含了物联网的关键技术，是一本优秀的物联网知识体系，体现了物联网的应用价值，是一本优秀的物联网知识体系，体现了物联网的应用价值。

航空工业出版社

北京

(1) 本书内容紧跟时代潮流，并且突出应用，每一章都涵盖了新知识、新技术、新设备和新方法。

(2) 本书在每章开头会对所讲内容进行概述，引导学生自主学习与深入思考，以便

内 容 提 要

本书共7章，内容涵盖：物联网概述、RFID（射频识别）技术、传感器与传感网技术、物联网通信技术、物联网智能化技术、物联网安全和物联网应用。

本书可作为职业院校物联网、计算机、电子信息与电气类专业的教材，也可供物联网及相关行业的技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

物联网技术基础 / 黄永明, 潘晓东主编. — 北京 :
航空工业出版社, 2019.1
ISBN 978-7-5165-1857-1

I. ①物… II. ①黄… ②潘… III. ①互联网络—应用—
—高等职业教育—教材②智能技术—应用—高等职业教育—
教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第029582号

物联网技术基础 Wulianwang Jishu Jichu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

北京京华铭诚工贸有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2019年1月第1版

2019年1月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 15.25 字数: 343千字

印数: 1—3000

定价: 45.00元

前言

物联网被称为世界信息产业发展的第三次浪潮，它把新一代信息技术充分运用于各行各业之中，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，改善人与自然的关系。

随着各国政府的推动，大量新兴的物联网技术应用正逐渐走进人们的生活，物联网产业也正成为推动世界经济增长的重要新兴产业。为了帮助广大读者更好地学习物联网相关知识，培养高素质的创新型物联网应用技术人员，我们精心规划和编写了本书。

本书主要内容

本书围绕物联网“感知层、网络层、应用层”涉及的三大类技术架构所组成的物联网技术知识体系来安排内容，并将最新的技术发展融入到相应的章节之中，主要内容包括物联网概述、RFID（射频识别）技术、传感器与传感网技术、物联网通信技术、物联网智能化技术、物联网安全和物联网应用。

本书依据理论和实践相结合的原则，由浅入深、层层深入，从相关物联网技术的原理和知识，深入到相关技术领域，特别遴选了一些重点生产与生活领域的应用案例进行详细的分析与介绍，帮助读者拓展思维、开阔视野，从而为进一步学习和研究物联网技术打下坚实的基础。

本书主要特色

本书蕴涵了物联网所覆盖的知识背景，整合了由局部知识构建物联网系统的思路，涵盖了物联网的关键技术，建立了从原理到标准的知识体系，前瞻了物联网的应用价值，是一本优秀的物联网通识教材。具体来说，本书具有以下几个特点：

(1) 本书内容简明，案例与时俱进，并且突出应用，每一章都充实了新知识、新技术、新设备和新方法。

(2) 本书在每章开头会对所讲内容进行概述，引导学生自主学习并深入思考，以便



目录

第1章 物联网概述	1
1.1 物联网的基本概念	2
1.2 物联网的起源与发展	4
1.3 物联网的基本特征	5
1.4 物联网的体系架构	7
1.4.1 感知层	8
1.4.2 网络层	10
1.4.3 应用层	11
1.5 物联网标准化	13
本章小结	14
本章习题	14
第2章 RFID（射频识别）技术	17
2.1 RFID 基础知识	18
2.1.1 RFID 的概念和特点	18
2.1.2 RFID 标签的分类	20
2.1.3 RFID 技术的发展	26
2.2 RFID 系统组成	28
2.2.1 RFID 系统的结构	28
2.2.2 RFID 系统中的软件组件	30
2.2.3 RFID 中间件技术	32
2.3 RFID 系统原理	35
2.3.1 电感耦合 RFID 系统	36

2.3.2 电磁反向散射耦合 RFID 系统	37
2.4 RFID 的典型应用	40
本章小结	41
本章习题	41
第 3 章 传感器与传感网技术	45
3.1 传感器概述	46
3.1.1 传感器的概念	46
3.1.2 传感器的组成	47
3.1.3 传感器的分类	48
3.1.4 传感器的性能指标	49
3.2 常用传感器	52
3.2.1 温度传感器	52
3.2.2 光电传感器	55
3.2.3 气敏传感器	60
3.2.4 力敏传感器	61
3.2.5 磁敏传感器	63
3.2.6 超声波传感器	64
3.2.7 激光传感器	67
3.2.8 生物传感器	67
3.3 传感器的典型应用	68
3.4 无线传感器网络概述	68
3.4.1 无线传感器网络的基本概念	69
3.4.2 无线传感器网络的体系结构	69
3.4.3 无线传感器网络的特点	72
3.5 无线传感器网络面临的挑战	73
3.6 无线传感器网络的典型应用	74
本章小结	75
本章习题	75
第 4 章 物联网通信技术	79
4.1 短距离无线通信技术概述	80
4.2 蓝牙技术	81
4.2.1 蓝牙技术概述	81
4.2.2 蓝牙系统组成及工作原理	85

4.2.3 蓝牙技术的应用	87
4.3 ZigBee 技术	89
4.3.1 ZigBee 技术概述	90
4.3.2 ZigBee 网络结构及组网技术	91
4.3.3 ZigBee 技术的应用	94
4.4 Wi-Fi 技术	95
4.4.1 Wi-Fi 的概念和特点	95
4.4.2 Wi-Fi 网络结构及工作原理	97
4.4.3 Wi-Fi 技术的应用	101
4.5 超宽带 (UWB) 技术	102
4.5.1 超宽带技术概述	103
4.5.2 超宽带技术的应用	105
4.6 移动通信技术	106
4.6.1 移动通信技术概述	107
4.6.2 第一代移动通信 (1G): 模拟语音	108
4.6.3 第二代移动通信 (2G): 数字语音	109
4.6.4 第三代移动通信技术 (3G)	114
4.6.5 第四代移动通信技术 (4G)	118
4.6.6 第五代移动通信技术 (5G)	122
本章小结	124
本章习题	124
第 5 章 物联网智能化技术	127
5.1 云计算	128
5.1.1 云计算的定义和特点	128
5.1.2 云计算的架构	129
5.1.3 云计算的分类	133
5.1.4 云应用	138
5.1.5 云计算的发展	140
5.2 大数据	141
5.2.1 大数据的概念	142
5.2.2 大数据的结构	143
5.2.3 大数据处理流程及关键技术	145
5.2.4 我国大数据发展现状	147

5.3 人工智能	148
5.3.1 人工智能概述	148
5.3.2 人工智能的应用	149
5.3.3 人工智能的发展	152
本章小结	153
本章习题	153
第6章 物联网安全	157
6.1 物联网安全概述	158
6.1.1 物联网安全的研究现状	158
6.1.2 物联网的安全需求	160
6.1.3 物联网的安全体系架构	162
6.1.4 物联网安全的关键技术	164
6.2 RFID 安全技术	168
6.2.1 RFID 系统的安全问题及安全需求	169
6.2.2 RFID 系统的安全解决方案	171
6.3 无线传感器网络安全	176
6.3.1 无线传感器网络的安全目标	176
6.3.2 无线传感器网络面临的攻击及防御机制	177
6.4 物联网面临的安全问题及安全机制	181
6.4.1 感知层安全	181
6.4.2 网络层安全	182
6.4.3 处理层安全	183
6.4.4 应用层安全	184
本章小结	185
本章习题	186
第7章 物联网应用	189
7.1 智能农业	190
7.1.1 智能农业概述	190
7.1.2 智能农业系统架构	192
7.1.3 智能农业应用案例	193
7.2 智能交通	197
7.2.1 智能交通概述	197
7.2.2 车联网概述	200



7.2.3 智能交通应用案例	202
7.3 智能物流	204
7.3.1 智能物流概述	204
7.3.2 智能物流仓储管理系统	205
7.3.3 智能物流应用案例	207
7.4 智能家居	210
7.4.1 智能家居概述	211
7.4.2 智能家居系统体系结构	212
7.4.3 智能家居系统应用案例	214
7.5 智能电网	216
7.5.1 智能电网概述	216
7.5.2 智能电网整体架构	218
7.5.3 智能电网应用案例	221
7.6 其他方面的应用	224
7.6.1 在共享单车中的应用	224
7.6.2 在智能医疗中的应用	225
7.6.3 在抗震救灾中的应用	228
本章小结	229
本章习题	229
参考文献	232



第1章

物联网概述

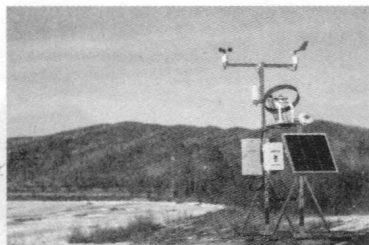


物联网（Internet of Things，简称 IoT）被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮，它是新一代信息技术的重要组成部分，也是“信息化”时代的重要发展阶段。目前，物联网已经成为国家战略性新兴产业中信息产业发展的核心领域，将成为未来社会经济发展、社会进步和科技创新的最重要的基础设施，也关系到未来国家物理基础设施的安全利用。

1.1

物联网的基本概念

物联网作为新一代信息技术的典型代表，目前在全球范围内呈现出爆发式增长态势，不同行业 and 不同类型的物联网应用为我们开启了万物互联时代。图 1-1 为物联网的主要应用场景。



环境监测



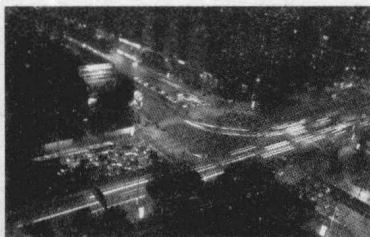
食品安全



智慧城市



智能家居



智能交通



智能农业

图 1-1 物联网的主要应用场景

由于物联网的理论体系尚未完全建立，对其认识还不够深入，目前它还没有一个精确且公认的定义。

1999 年，美国麻省理工学院的专家们认为，物联网就是将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的网络。

2005 年，国际电信联盟（ITU）对“物联网”的含义进行了扩展，认为信息与通信技术的目标已经从任何时间、任何地点连接任何人，发展到连接任何物品的阶段，而万物的连接就形成了物联网，即物联网是对物体具有全面感知能力，对信息具有可靠传输和智能处理能力的连接物体与物体的信息网络。

2009年9月,欧盟相关组织发布《物联网战略研究路线图》报告,指出:物联网是未来Internet的一个组成部分,可以被定义为基于标准的和可互操作的通信协议且具有自配置能力的动态的全球网络基础架构。物联网中的“物”都具有身份标识、物理属性和实质上的个性,通过智能接口实现与信息网络的无缝整合。

我国有学者认为,物联网是一种“泛在网络”,就是利用互联网将世界上的物体都连接在一起,使世界万物都可以上网。具体可以理解为:通过射频识别(RFID)装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等各种装置与互联网结合成一个全新的巨大网络,将现有的互联网、通信网、广电网及各种接入网和专用网连接起来,实现智能化识别和管理。

2010年,我国政府工作报告所附的注释中对“物联网”有如下说明:物联网是指通过信息传感设备,按照约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,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。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

中国国家标准 GB/T 33745—2017《物联网术语》对物联网的定义为:物联网是指通过感知设备,按照约定协议,连接物(即物理实体)、人、系统和信息资源,实现对物理和虚拟世界的信息进行处理并作出反应的智能服务系统。

国内普遍引用的物联网定义为:物联网是通过信息传感设备,按照约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,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。

提示

物联网目前还没有一个明确、统一的定义,一方面说明了物联网的发展还处于探索阶段,不同背景的研究人员、设备厂商、网络运营商都是从各自的角度去构想物联网的发展状况,对物联网的未来缺乏统一而全面的规划;另一方面也说明了物联网不是一个简单的技术热点,而是一个融合了感知技术、通信与网络技术、智能运算技术的复杂信息系统,人们对它的认识还需要一个过程。

根据物联网的定义,可以从技术和应用两个方面对其进行理解。

(1) 技术理解。物联网是物体的信息利用感应装置,经过传输网络,到达指定的信息处理中心,最终实现物与物、人与物的自动化信息交互与处理的智能网络。

(2) 应用理解。物联网是把世界上所有的物体都连接到一个网络中,形成“物联网”,然后又与现有的互联网相连,实现人类社会与物体系统的整合,达到更加精细和动态的方式去管理生产和生活。

简而言之,物联网就是“物物相连的互联网”。在这个网络中,物体之间能够彼此进行“交流”,而无需人工干预。

1.2 物联网的起源与发展

20 世纪 90 年代有关物联网的研究开始萌芽，此后其概念及内涵随着技术和应用的发展而不断演进。

物联网的理念最早出现于比尔·盖茨 1995 年出版的《未来之路》一书。在《未来之路》中，比尔·盖茨已经提及物物互联的构想，只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展，并未引起人们的重视。

1999 年，美国麻省理工学院（MIT）Auto-ID 中心的 Kevin Ashton 和他的同事首次提出 Internet of Things 的概念。他们主张将 RFID（射频识别）技术和互联网结合起来，通过互联网实现产品信息在全球范围内的识别和管理，形成 Internet of Things。这是物联网发展初期提出的概念，强调物联网用来标识物品的特征。

2005 年 11 月 17 日，在突尼斯举行的信息社会世界峰会（WSIS）上，国际电信联盟（ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》。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信息交换；射频识别（RFID）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 5 月，欧洲智能系统集成技术平台（EPoSS）在《物联网 2020（Internet of Things in 2020）》报告中分析预测了未来物联网的 4 个发展阶段：（1）2010 年之前，单体互联，RFID 广泛应用于物流、零售和制药领域；（2）2010~2015 年，物体互联，无线传感器网络技术大规模应用，主要是恶劣环境、环保和农业的大规模应用；（3）2015~2020 年，物体进入半智能化阶段，物体和物体之间实现初步互联，物体信息可以通过无线网络发送到手机或互联网等终端设备上，实现信息共享；（4）2020 年之后，物体进入全智能化阶段，最终形成全球统一的“物联网”。

2009 年 1 月 28 日，奥巴马就任美国总统后，与工商界代表举行了一次圆桌会议。IBM 公司代表提出了“智慧地球”的研究计划，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。当年，美国将新能源和物联网列为振兴经济的两大核心武器。

我国政府也高度重视物联网的研究和发展。2009 年 8 月 7 日，温家宝总理在无锡视察时发表重要讲话，明确要求尽快建立中国的传感信息中心，提出“感知中国”的战略构想。2010 年，物联网首次被写入我国政府工作报告，受到了全社会极大的关注，这一年也被称为中国物联网元年。

为了推进物联网产业体系的不断完善，我国就物联网发展制定了多项国家政策及规划。2011 年 11 月 28 日，工业和信息化部发布了《物联网“十二五”发展规划》，将超高频和

微波 RFID 标签、智能传感器等领域明确为支持重点，并明确在九大领域开展示范工程。

2013年2月5日，国务院出台《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》，提出了推动我国物联网有序健康发展的思路，总体目标是实现物联网在经济社会各领域的广泛应用，掌握物联网关键核心技术，基本形成安全可控、具有国际竞争力的物联网产业体系，成为推动经济社会智能化和可持续发展的重要力量。

2013年9月5日，国家发改委等部门联合印发《物联网发展专项行动计划》，10个专项行动计划分别从各自角度对2015年物联网行业将要达到的总体目标作出了规定。

2015年5月19日，国务院发布《中国制造2025》，并指出“加快开展物联网技术研发和应用示范，培育智能监测、远程诊断管理、全产业链追溯等工业互联网新应用”。

可见，物联网在中国的受关注程度是在美国、欧盟及其他各国不可比拟的，中国在物联网理念和应用方面可以说已经走在了世界的前面。

1.3 物联网的基本特征

和传统的互联网相比，物联网应具备3个基本特征：一是全面感知，即利用传感器（网络）、RFID技术等随时随地获取对象信息；二是可靠传输，即通过各种电信网络与互联网的融合，实现对数据和信息实时准确地传输；三是智能处理，即利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对海量的数据和信息进行分析 and 处理，对物体实施智能化的控制。

1. 全面感知

全面感知是指利用射频识别（RFID）、传感器、定位器和二维码等手段随时随地对物体进行信息采集和获取。

物联网为每一件物体植入一个“能说会道”的高科技感应器，这样冷冰冰的、没有生命的物体就可以变得“有感受、有知觉”。例如，洗衣机可以通过物联网感应器“知晓”衣服对水温和洗涤方式的要求；借助物联网，人们可以了解到自己的孩子一天中去过什么地方、接触过什么人、吃过什么东西等。

在物联网中，传感器发挥着类似人类社会“语言”的作用，借助这种特殊的“语言”，人和物体、物体和物体之间可以相互感知对方的存在、特点和变化，从而进行“对话”与“交流”。

物联网离不开传感设备。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，就像视觉、听觉和嗅觉器官对于人的重要性一样，它们是物联网不可或缺的关键元器件。有了它们才可以实现近/远距离、无接触、自动化感应和数据读出、数据发送等。物联网之所以又称为传感器网络，就是因为传感设备在网络中起到了关键作用。

2. 可靠传输

可靠传输是指通过各种电信网络与互联网的融合，对接收到的感知信息进行实时远程传送，实现信息的交互和共享，并进行各种有效的处理。在这一过程中，通常需要用到现有的电信网络，包括无线和有线网络。由于传感器网络只是一个局部的无线网，因此移动通信网（如 4G 网络）就成为物联网的一个有力支撑。

物联网与手机 4G 网络相结合，大大改变了人们的生活方式，使之更加便捷。例如，我们可以通过手机远程控制家中摄像头、空调、台灯的运行和开启状态，调整其参数（方位、温度、亮度等），从而实现随时随地控制，既安全又节能。

3. 智能处理

物联网是一个智能的网络，面对采集的海量数据，必须通过智能分析和处理才能实现智能化。智能处理是指利用云计算、数据挖掘、模糊识别等各种智能计算技术，对随时接收到的跨地域、跨行业、跨部门的海量数据和信息进行分析处理，提升对物理世界、经济社会各种活动和变化的洞察力，实现智能化的决策和控制。

物联网通过感应芯片和射频识别（RFID）装置等时时刻刻获取人和物体的最新特征、位置和状态等信息，这些信息将使网络变得更加“博闻广识”。更为重要的是，利用这些信息，人们可以开发出更高级的软件系统，使网络能变得和人一样“聪明睿智”，不仅可以眼观六路、耳听八方，还会思考、联想。例如，当我们行驶在路上时，只需要通过联网的导航仪或手机就可以了解实时路况，从而绕开拥堵路段。

知识库

目前，物联网的技术难点主要有以下几个：

（1）技术标准问题。世界各国存在不同的标准。由于标准问题，导致设备无法互通，数据无法交互使用，不能形成规模化效益，限制了物联网产业的发展，这也是物联网标准化面临的重要难题。

（2）数据安全问题。由于传感器数据采集频繁，基本可以说是随时在采集数据，数据安全必须重点考虑。

（3）IP 地址问题。在物联网中，每个物品都需要被寻址，也就是说需要一个地址。物联网中需要更多的 IP 地址。我们知道 IPv4 很快就要分配完，那就需要 IPv6 来支撑。IPv6 已经逐渐被使用和推广。

（4）终端问题。物联网中的终端除了具有自己的功能外，还拥有传感器和网络接入功能，且不同的行业千差万别，如何满足终端产品的多样化需求，对研究者和运营商来说都是一个巨大挑战。

1.4 物联网的体系架构

要彻底、清晰地认识物联网，就必须从体系架构和技术发展的角度了解物联网的系统组成。从系统结构的角度看，人们普遍认同的物联网体系架构是由感知层、网络层和应用层组成的三层体系，如图 1-2 所示。

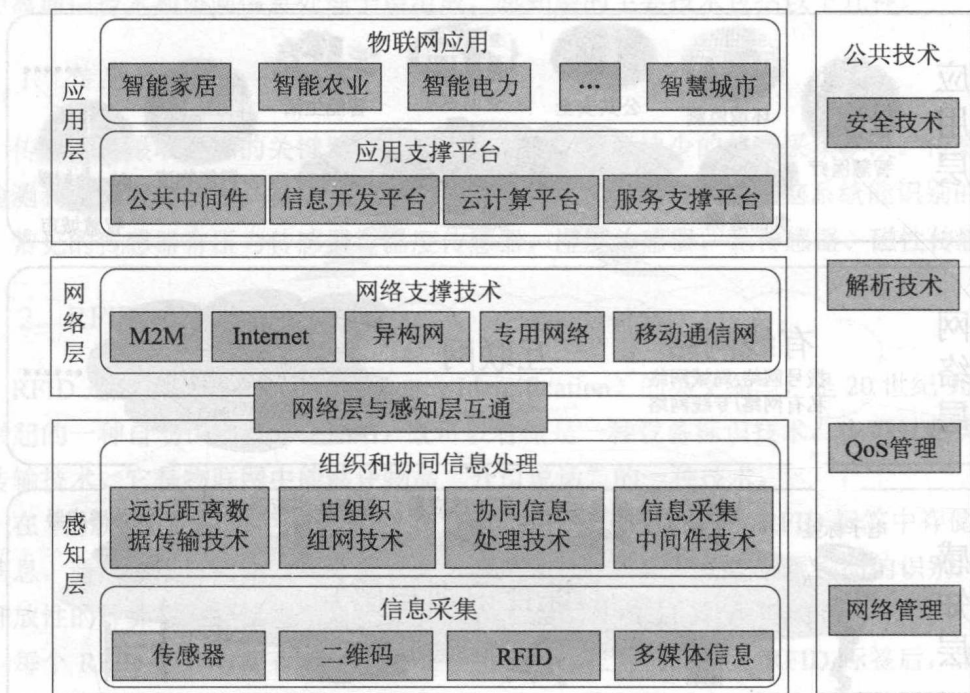


图 1-2 物联网三层体系架构

其中，感知层以二维码、RFID、传感器为主，是物联网的识别系统。通过感知层，物联网可以随时随地获取物体的信息。网络层是互联网、广电网络、通信网络的融合，是物联网的传输系统。通过网络层，将物体的信息实时、准确地传递出去。应用层涉及云计算、数据挖掘、中间件等技术，是物联网的智能处理系统。通过应用层，对感知层获取的信息进行处理，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等实际应用。

注意

在以上三层之外，还包括一些公共技术，它们是管理和保障物联网整体性能的技术，包括网络管理、QoS（Quality of Service，服务质量）管理、解析技术和安全技术等。

提示

物联网各层的关系可以这样理解：感知层相当于人体的皮肤和五官，它利用 RFID、摄像头、传感器、GPS、二维码等随时随地识别和获取物体的信息；网络层相当于人体的神经中枢和大脑，它通过移动通信网络与互联网的融合，将物体的信息实时准确地传递出去；应用层相当于人的社会分工，它与行业需求相结合，对感知层得到的信息进行处理，实现各种实际应用，如图 1-3 所示。



图 1-3 物联网三层结构模型

在各层之间，信息不是单向传递的，也有交互、控制等，所传递的信息多种多样，这其中关键是物品的信息，包括在特定应用系统范围内能唯一标识物品的识别码和物品的静态与动态信息。

1.4.1 感知层

感知层主要用于采集物理世界中发生的物理事件和数据，包括各类物理量、标识、音频、视频数据。物联网数据采集涉及传感器、RFID、蓝牙、ZigBee、多媒体信息采集、二维码和实时定位等技术。