中国地质调查局发展研究中心
地质信息技术实验室

物联网技术在地质领域的适用性研究
成果报告

吉林大学

二〇一二年六月

物联网技术在地质领域的适用性研究
成果报告

课题编号：中地调研合同[2011]第 218 号

课题名称：物联网技术在地质领域的适用性研究

单位负责人：李元元

课题负责人：王永志

报告编写人：何文娜 仲志成 李肃义

承担单位：吉林大学

起止时间：2011 年 8 月~2012 年 3 月

目 录

第一章 课题基本情况..... 6
第一节 课题背景..... 6
第二节 目标与任务..... 6
第三节 主要工作量及成果..... 7
第二章 课题实施及保障..... 9
第一节 课题组织与实施..... 9
第二节 质量保障..... 10
第三章 物联网概述..... 12
第一节 物联网的由来..... 12
第二节 物联网定义..... 13
第三节 物联网产生的必然..... 13
第四章 物联网国内外研究现状..... 14
第一节 国外研究现状..... 14
第二节 国内研究现状..... 16
第三节 物联网未来发展..... 21
第五章 物联网体系及关键技术..... 26
第一节 物联网基础体系..... 26
第二节 物联网的关键技术概述..... 28
第三节 RFID..... 30
第四节 传感器(MEMS)..... 34
第五节 WSN..... 38
第六节 近距离传输..... 42
第七节 智能技术..... 47
第六章 物联网主要应用..... 50
第一节 物联网应用概述..... 50
第二节 智能电网..... 51

第三节 智能交通 55
第四节 智慧物流 63
第五节 智慧医疗 66
第六节 智能家居 67
第七节 食品安全 69
第八节 智能城市 69
第九节 地质灾害 70
第七章 物联网在地质调查领域应用分析 73
第一节 应用可能性 73
第二节 地质领域应用物联网的意义 74
第三节 地质领域应用物联网的初步效果 76
第四节 地质领域物联网建设需求 78
第五节 地质物联网的技术路线 78
第六节 基于物联网的地质资料管理 83
第七节 基于物联网的地质装备管理 89
第八节 物联网在地质领域的应用前景 95
第八章 取得成果与建议 97
第一节 主要成果 97
第二节 下一步工作建议 97
主要参考文献与资料 99
附件 错误！未定义书签。

第一章　课题基本情况

第一节 课题背景

根据 2011 年度项目设计与工作安排，进一步推动中国地质调查局发展研究中心地质信息技术实验室（以下简称实验室）建设，加快形成地质调查信息化研究实验、科技创新和人才聚集的重要基地，本着“开放、流动、联合、竞争”的原则，实验室于 2011 年 8 月 5 日向国内外研究人员发布了实验室开放研究课题,并公布了《中国地质调查局发展研究中心地质信息技术实验室 2011 年度研究课题申请指南》（以下简称《指南》）。经实验室组织专家，对各单位提交的申请书进行评审，最后确定由吉林大学承担“**物联网技术在地质领域的适用性研究**”课题，按发展中心科技项目管理办法签订协议，并按发展中心相关项目管理办法执行。

课题负责单位：中国地质调查局发展研究中心

合同编号：中地调研合同[2011]第 218 号

课题起止时间：2011 年 8 月-2012 年 3 月

课题经费：15 万元

课题承担单位：吉林大学

第二节 目标与任务

一、工作目标

在对国内外物联网技术应用现状跟踪研究基础上，结合地质调查工作特点，研究物联网技术在地质调查不同工作领域应用的可能性，选择 1-2 个应用领域对其总体架构、技术体系与关键技术、实现方法等给出应用方案。

二、工作任务

1. 研究物联网的基本概念、工作原理、国内外研究与应用现状;
2. 研究物联网的技术体系结构;
3. 研究物联网的核心支撑的关键技术，如 RFID、WSN 等;
4. 研究物联网在地质调查工作应用的可能性，从技术、人员、软硬件条件等

多方面探讨;

5. 选择 1-2 个实例进行探索，并能给出初步的架构、技术体系、实现思路等。

第三节 主要工作量及成果

一、主要工作量

对物联网的由来、基本概念、涉及技术、现有应用、各类标准和商业模式进行深入的研究。主要通过以下方式来完成此项工作:

1. 收集和阅读物联网相关的书籍

借阅、购买、阅读目前市面与物联网相关的经典书籍，主要有《中国物联网发展报告（2011）》、《物联网现在与未来》、《物联网的关键技术》、《Internet of Things-Global Technological and Societal Trends》等书籍，以及相关学术论文、研究报告等。

2. 咨询相关专家

请教物联网、传感器、RFID、传感网、软件等有关专家（如周洪涛等）。

3. 参加相关会议

（1）2011 年 6 月 16 日-17 日，参加在北京中关村举办的“2011 物联网大会”，了解物联网的基本内容;

（2）2011 年 9 月 6 日-8 日，参加第四届中国（北京）国际地质技术装备展览会暨论坛，了解国内外地质装备生产公司及使用单位对地质装备的管理情况。

（3）2011 年 10 月 23-25 日，参加在大连举办的“第一届世界物联网大会”，加深物联网的关键技术及具体应用的了解。

4. 收集各类相关资料

收集与物联网有关的资料，来源主要是各网站、电子期刊网等。通过查看国内外与物联网、传感器、RFID、M2M、WSN、物联网基地等相关的网站，收集相关电子资料，进行系统化整理。

（1）收集国外最新的物联网应用进展，如欧盟、日本、美国等在智能交通、日常流通等方面的应用;

（2）收集国内最新的物联网技术与应用进展信息，如时速超 500 公里高铁使用物联网进行全程监控（2011 年 12 月 26 日）、采用物联网技术北京 2012 年将实现对

路侧停车场"三位一体"的管理、极端天气保畅通的物联网工程，等等;

5. 对物联网相关核心技术展开研究

主要涉及无线射频识别（RFID)、微机电系统（MEMS)、无线传感网络（WSN）等技术，对其使用的硬件、工作原理、实现技术路线等展开研究。

6. 研究物联网技术在交通、电力、物流、医疗、农业、军事、航空、测绘、建筑、海洋、工业、教育、公共安全等某几个方面的应用情况，收集物联网技术在地质领域的初步应用情况。

二、主要成果

通过半年多对物联网相关内容的系统研究，取得了初步的阶段性成果:

1. 研究成果报告

《物联网技术在地质领域的适用性研究成果报告》。

2. 相关应用探索

对地质领域应用物联网技术进行了探索，尤其是初步提出了在地质资料智能管理、地质装备智能管理方面应用物联网技术的可行建议。

第二章　课题实施及保障

第一节 课题组织与实施

一、课题组织

本课题由中国地质调查局发展研究中心负责课题的组织实施，吉林大学承担。

为了保证课题如期、保质保量地实施，项目组向中国地质调查局发展研究中心申请，到地质信息技术实验室实地开展工作，既保证了课题组可以在北京快速收集到最新的信息，同时又能近距离收集需求。

根据课题申请时提交的计划安排工作，并且每半个月进行一次组员碰头会，每月结束时进行本月总结，根据工作内容和进度制定下个月的工作内容、人员安排，从而保证课题及时按计划推进。

与中国地质调查局发展研究中心地质信息技术实验室课题负责人员进行良好的沟通，及时解决存在的各种问题，以保证项目顺利进行。

在课题启动后，为保证本课题如期、保质保量的完成，组成了实力较强的课题组，主要组成人员与分工如表 2-1。

表 2-1　课题组成员与分工

姓 名	职称	专业	单 位	角色
王永志	副教授	地球探测与信息技术	吉林大学仪器学院	负责人
李肃义	副教授	电子测量与仪器科学	吉林大学仪器学院	地质物联网总体研究
何文娜	博士	数字地球	吉林大学	物联网地质领域应用研究
仲志成	副教授	计算机应用	吉林大学仪器学院	物联网关键技术研究
孙亚红	博士	数字地球	吉林大学	物联网地质领域应用研究
刘长英	副教授	地质仪器科学	吉林大学仪器学院	地质物联网体系结构研究

栾卉	副教授	计算机应用	吉林大学仪器学院	地质物联网应用研究
关珊珊	研究生	地质仪器	吉林大学仪器学院	地质物联网需求研究
杨洋	研究生	电气工程	吉林大学仪器学院	地质物联网需求研究
郝成龙	研究生	电气工程	吉林大学仪器学院	物联网国内现状及技术研究
佟世蒙	研究生	电气工程	吉林大学仪器学院	物联网国外现状及技术研究

二、课题实施

为保证本课题保质保量如期完成，课题组按如下安排有序开展研究工作:

1. 2011 年 8 月，收集了大量电子、纸质的相关资料，系统研究了物联网的由来、基本定义、特点等内容，并初步形成了物联网的国外研究现状、国内研究现状分析内容;

2. 2011 年 9 月，系统整理了物联网的基本工作原理、技术框架等内容，研究了物联网使用的关键技术及相关硬件设备等，开始物联网相关实验;

3. 2011 年 10 月，对物联网应用展开了广泛的资料收集汇总分析，初步形成了物联网应用分析;

4. 2011 年 11 月，收集了具有代表性的、最新的物联网应用案例信息，初步整理了物联网在地质领域目前开展的应用情况

5. 2011 年 12 月，初步形成了研究成果报告提纲及内容说明;

6. 2012 年 1-2 月，继续完善物联网技术在地质领域的适用性研究报告，并对物联网相关实验装置进行测试;

7. 2012 年 3 月底前，提交课题最终研究工作报告及相关文档;

8. 2012 年 3-6 月，继续补充与物联网相关内容，完善成果;

9. 2012 年 7 月，参加课题验收。

第二节 质量保障

为了保障本课题研究成果质量，吉林大学给参加课题的教师、研究生等从时间、

软硬件环境等多方面提供了支持与便利条件，吉林大学仪器科学与电气工程学院的实验室及元器件库还专门提供基于物联网技术 ZigBee 相关实验的多方面支撑，相关教师还提供技术支持。

课题参加人员可以充分利用学校网络资源进行信息检索、收集各类最新的研究成果，以保证课题研究内容的丰富与全面。

第三章　物联网概述

第一节 物联网的由来

在大的危机之后，总会有新的行业诞生，引领和支撑经济的复苏、发展，从而带动社会进入新的经济上升周期。20 世纪末，一系列新兴市场遭受金融危机的冲击后，诞生了互联网，在新一轮经济危机又催生了被称为下一代科技信息革命—物联网。

1995 年，比尔-盖茨在《未来之路》（The Road Ahead）一书的预言中就已经提及了物联网相关概念（如无线网络、智能手机等）。

1998 年 1 月 31 日，美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心，做了题为《数字地球：展望 21 世纪我们这颗行星》的演讲。

20 世纪，克林顿政府提出“信息高速公路”的国家振兴战略，大力发展互联网，推动了全球信息产业的革命，美国经济受惠于这一战略的远见卓识。

物联网概念（Inernet of Things）是美国麻省理工学院 Auto-ID 中心 Ashton 教授于 1999 年最早提出来的。2005 年 11 月 17 日，在突尼斯举行的信息社会世界峰会上，国际电信联盟（ITU）发布了《ITU 互联网报告 2005：物联网》，在此报告中**正式提出了物联网的概念**。从那时到现在，物联网在世界各国、地区得到重视及快速发展。

2008 年，IBM 公司提出了“智慧地球”（Smarter Planet，SP）发展战略，受到美国政府的高度重视。 “智慧地球”旨在把 IT 前沿技术应用到各行各业之中，把传感器嵌入和装置到全球的电网、铁路、公路、桥梁、建筑、供水系统等各种物体中，并通过互联形成物联网，然后通过超级计算机和云计算技术，对海量的数据和信息进行分析与处理，将“物联网”整合起来，实施智能化的控制与管理，从而达到全球的“智慧”状态，最终实现“互联网+物联网=智慧地球”。其核心思路是“无处不在的智能对象，被无处不达的网络与人连接在一起，再被无所不能的超级计算机调度和控制”。作为新一波信息技术革命，其对于人类文明的影响将远远超过互联网。奥巴马政府将“智慧地球”发展战略作为经济发展的主导。

第二节 物联网定义

目前国际上不同组织、不同国家对物联网给予了多个定义，各自均有不同，通过分析，认为如下的定义对于物联网的阐述相对较好:

物联网（IoT: Internet of Things）是指把所有物品通过射频识别（RFID）、红外感应器、卫星定位系统、激光扫描器等信息传感设备与互联网连接起来，通过网络按约定协议实现人与物、物与物（M2M，Machine to Machine）的信息交换和通信，在此基础上实现智能识别、定位、跟踪、监控、分析和处理。简单的说，物联网就是“物物相连的互联网”。

第三节 物联网产生的必然

物联网不是一项技术，它是一些技术的总称。除了前面提到的经济危机影响与催生之外，其实物联网之所以能够普及与推广开来，主要还是技术层面日益成熟，软件、硬件等为物联网提供了必要的土壤。成熟的技术主要有:

1. 传感器技术

随着微电子技术的发展，涉及人类生活、生产、管理等方方面面的各种传感器已比较成熟，并广泛应用在日常生活当中。如常见的无线传感网络（WSN）、RFID、电子标签等。

2. 发达的网络

目前世界网络已经真的开始进入或已经进入“信息高速公路”时代，主干网速度有的以GB为单位，局域网内甚至更高。由于传输速率的提高，各种设备可以通过宽带、WiFi、ZigBee等多种方式接入到网络，而且现在越来越多的移动应用将使用范围进一步扩大。

3. 高性能的信息处理能力

有了计算机软件技术的快速发展，计算机的存储能力、计算能力的不断增强，算法效率不断提高，使得海量数据管理、海量计算不再是可能而成为现实。

第四章　物联网国内外研究现状

第一节 国外研究现状

物联网概念一经提出，由于其具有全面感知、可靠传送、智能处理等特点，得到美国、日本、英国、法国、德国、韩国等发达国家认同，并积极投入研究与试验。在传感器产业、RFID 产业、通信产业、标准化、数据存储、数据处理、智能分析及预警等多个方面取得了显著进步与成果，大部分技术趋于成熟或基本成熟，逐步形成了自上游到下游、完整的物联网产业链。

美国在引领世界信息产业前两次浪潮以后,正在继续引领第三次浪潮—物联网。物联网起源于美国，其三大核心技术 RFID（Radio Frequency Identification，无线射频识别）、MEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems，微机电系统）和 WSN（Wireless Sensor Network，无线传感网络）也起源于美国，且在这三项技术上的专利远超世界其他各国。生产物联网芯片的 Qualcomm、AMD、Broadcom、Nvidia 等著名厂商大多在美国，拥有 Cisco、GE、IBM、Intel 等世界著名的 WSN 大公司，同时还拥有 Hewlett-Packard、TI、Lexmark 等世界著名的 MEMS 公司，另外在物联网标准化方面成员大多数也是美国公司。美国拥有非常完整的物联网产业链，目前在物联网技术领域（RFID、光纤传感器等产品）已经取得丰硕成果，广泛应用电力、军事、航空、交通、测绘、建筑、海洋、物流、农业、工业、医疗、教育、公共安全等方面。其中具有代表性的主要有惠普地球中枢神经系统（CeNSE，Central Nervous System for the Earth）和 IBM 的智慧地球（Smart Planet）两个大规模的物联网平台，以及 IBM 智慧医疗、Mavia 车联网设备、Nike+跑鞋、Arrayent 即用型通信系统、Fedex SenseAware 实时追踪系统、OpenSpime 平台（WideNoise 噪声监测设备）、ioBridge 平台、Citysense 平台（夜生活导航）、MiTrueKe 实时位置优惠券等许多物联网产品，这些产品一经问世就迅速投放市场服务于大众，并于潜移默化之中改变着人们的生活。

在欧洲，由英国、德国、意大利和挪威等国家联合成立了欧洲物联网研究群 IERC，从不同方面对物联网进行研究，而且相关产品已经在物流、交通等方面投入使用。在核心技术研究方面，德国和英国等国家重点针对 RFID 技术平台和框架的研

究。

澳大利亚在物联网核心技术开发方面也有不同研究，而且已经取得初步成果，如澳大利亚国家畜牧识别系统标签已经植入 Numbaa 农场的 350 头奶牛身上,追踪奶牛的位置、喂养、产奶及健康情况。目前在物流、交通等方面也开始应用。

日本近年来在物联网方面也取得了很大进步,不但在学术上进行物联网的研究，在工业界也有许多公司投入到物联网的研究与应用中。物联网在日本已经应用到智能交通、物流、军事、灾害防治、汽车、机器人、医疗（U-Japan 战略）等方面。2011 年 8 月 19 日，日本通过对各类地震传感器采集数据分析，为福岛 6.8 级地震提前数十秒进行了预警，避免了巨大的损失。

2010 年 10 月，在韩国举行的“第十七届智能交通世界大会”上，提出了“无处不在的智能交通”，韩国的高速公路交通管理系统（ETMS）实现的实时交通信息更新、实时公交信息系统和电子能行收费等方面走在世界产列，已经初步实现了“泛在、透明、信用”的智能交通效果，即出行者在任意地点、任意时间、任何设备上能够得到及时的、可信任的交通信息。正在向物流等其他领域延伸。

新加坡已将物联网引入智能交通，荷兰和德国正在使用带有基于 GPS 设备的嵌入车载设备（OBU: On-Board Units）记录汽车和卡车行驶里程以进行收费。物联网相关技术及产品在世界各国逐步向物流、交通等多个方面延伸，甚至应用到反恐安防领域。

美国、英国等发达国家早已开始使用具有物联网特性的地质测量、矿山开采监测、地震监测、地质灾害监测等设备，并已逐步向**规模化、产业化**发展。

图 4-1　世界主要国家的物联网战略或计划

第二节 国内研究现状

一、我国物联网政策支持与导向

2009 年 8 月 7 日，温家宝总理在江苏无锡考察时，提出在无锡建设“感知中国”中心，并作了“要加快传感网研究、在无锡建设国家物联网园区”的指示。国务院、发改委、无锡市等制定了推进无锡市发展物联网的一系列政策与规划，如《国家传感网创新示范区（国家传感信息中心）建设纲要》、《无锡市物联网产业发展规划纲要（2010-2015 年）》、《无锡国家传感网创新示范区建设总体方案和行动计划（2010-2015 年）》等。2010 年北京市发布了《建设中关村国家自主创新示范区行动计划（2010-2012 年）》，开启了“感知北京”的物联网示范，将实施电动汽车、城市应急物联网视频监控等 20 个以上的示范应用，重点推动“首都城市应急管理物联网示范工程”,逐步建成以图像智能分析及视频监控系统为核心的全市应急管理物联网平台。上海市于2010年4月发布了《上海推进物联网产业发展行动方案(2010-2012年)》，提出将在上海建设涉及环境检测、智能交通、物流管理、医疗等 10 个物联网应用示范工程。此外，云南省（“物联世界，感知昆明”）、贵州省（“物联贵阳”）、成都市（“物联天下，感知成都”）、江苏省、福建省、深圳市、青岛市等也陆续出台了一批促进物联网发展的相关规划和政策措施。

2010 年 3 月 5 日，《政府工作报告》中将“加快物联网的研发应用”明确纳入重点产业振兴，物联网被正式列为国家战略性新兴产业之一，受到全社会极大关注。国务院、发改委、工信部、科技部等都投入研究制定促进物联网产业发展的扶持政策，由此推动了中国物联网建设从概念到推广、政策制定、配套建设到技术研发的快速发展。我国正着力突破传感网、物联网关键技术，尽早部署全 IP 时代相关技术研发，使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的“发动力”。

二、我国物联网研究及应用的发展情况

中国科学院早在 1999 年就启动了传感网研究，与其他国家相比具有先发优势。目前，我国在无线智能传感器网络通信技术、微型传感器、传感器端机、移动基站等方面都已取得重大进展。我国在具有战略性的物联网领域的某些方面已居于领先行列，享有国际话语权。在世界物联网领域，我国与德国、美国、韩国一起，成为国际标准制定的四大发起国和主导国之一，这将改变我国在计算机、互联网两次信息浪潮中双双落后的局面。

2009 年是中国的“物联网”元年，温家宝总理提出要建立中国的传感信息中心，并于 2010 年 3 月的政府工作报告中再次明确提出将加快物联网的应用，并纳入重点产业振兴计划，将物联网的发展真正提升到国家战略高度。科技部将传感网以及传感技术的研发计划明确列入《国家“十二五”科学技术发展规划》的相关政策中。工业信息化部于 2010 年 9 月成立了传感器网络标准化工作组，加快制定符合我国发展需求的传感网技术标准，并开始规划三网融合、物联网及下一代互联网的发展，并将物联网列为我国信息产业三大发展目标之一。

几年以来，国家迅速开展物闻网产业发展规划和试点项目建设，出台了大量产业发展政策，无锡市规划设立了国家传感网创新示范区，上海在嘉定区建立了上海物联网中心，北京市也启动物联网 5 年规划；大批企业、高校、科研院所积极开展物联网相关核心技术的研发和应用；各种产业联盟、企业联盟纷纷组建，在标准制定、技术研发、市场环境营造方面开展了大量工作。

2009 年开始，中国移动相继推出包括交通物流、电力抄表、智能楼宇、路灯监控、环境监测、安防监控及电子支付等一系列物联网相关解决方案。2009 年 11 月，中国电信与联通先后在无锡建立物联网实验室，中国联通同时参与了国家物联网规划的 15 个专项课题，并在 11 个重点领域推进物联网应用。国家电网、中兴、华为、海尔等相关企业也都开始物联网布局。国家启动了“物联网体系结构基础研究”(973 项目)。我国已初步将物联网技术应用到电信、农业、物流、交通、海洋、石油、地质灾害、洪涝灾害、气象灾害、建筑、教育、公共安防等监测与管理中，起到了巨大作用和社会效益，有很多物联网应用就发生在公众身边。

图 4-2　国家 973 计划“物联网体系结构基础研究”

在 2010 年国际电信展上，中国电信打出了“5A 数字家庭”，通过手机、电脑等

实时查看家中情况；中国移动展出了宜居通、电梯卫士、城市消防远程监控系统、地质灾害防治系统等四大物联网应用，中国联通展示了智能公交、移动采编等业务。

国家电网、煤气公司早已将远程抄表等物联网工程应用到平常百姓家，其中智能电网为国家电网近年发展的重点，预计到2015年电力物联网产业规模将达到2000亿元。中石油、中石化、中海油每年均投入数百亿元进行油田数字化和智能化改造。我国已将智能交通作为中国未来交通发展的重要方向，预计未来3年我国智能交通系统行业的投入将达到1500亿无。我国高度重视智慧物流产业的发展，2009年出台的《物流产业调整振兴规划》为物流领域的物联网应用快速发展带来了强大动力，主要应用RFID技术、传感器网络技术、GPS定位服务、移动通信和云计算技术等推动智慧物流发展，预计到2016-2020年，智慧物流领域的物联网产业市场将达到800亿元左右。近年来，我国在校园、机场、车站等公共场所的智能安防方面投入逐年加大，其中无锡传感网工程中心和浦东机场就签下了3000万元的“防入侵微纳传感网”订单。智慧医疗在我国逐步发展、应用和推广，如远距体测仪、脉博血氧仪、血糖仪、脑电传感器、医疗监护、医疗设备及人员定位器、电子病历等，预计在未来几年里，我国智慧医疗市场规模将超过100亿元。我国大力发展智能家居产业，预计2015年的市场规模将达到1240亿元。上海物联网中心将于2011年9月底投入使用，首批5亿元物联网专项基金申报工作已启动，共600多家企业申报。在上海世博会期间，RFID-SIM卡承载世博手机票成为移动首个大众物联网应用。

2011年12月26日，更高速度试验列车在中国南车四方股份公司落成，车头似宝剑车尾似火箭，该试验列车时速将超500公里。车头设计的灵感来源于中国古代兵器“剑”，突出尖楔形结构，降低了头车的阻力；车尾的造型沿袭了CRH380A的造型，尾车的升力接近零。试验列车为6辆编组，全部为动力车。 图4-3为试验列车外部、图4-4为车内的各种监测仪器。列车融合了**以太环网、物联网以及车地无线网**等技术，可以把线路上环境气候变化的相关参数自动传输到列车上。例如风霜雨雪、雷击、地震等气候变化参数，不需要调度再通过通讯告诉司机，而列车自动根据气候的判断控制运行速度，对安全性提高很多。

图 4-3　“剑”型更高速试验列车

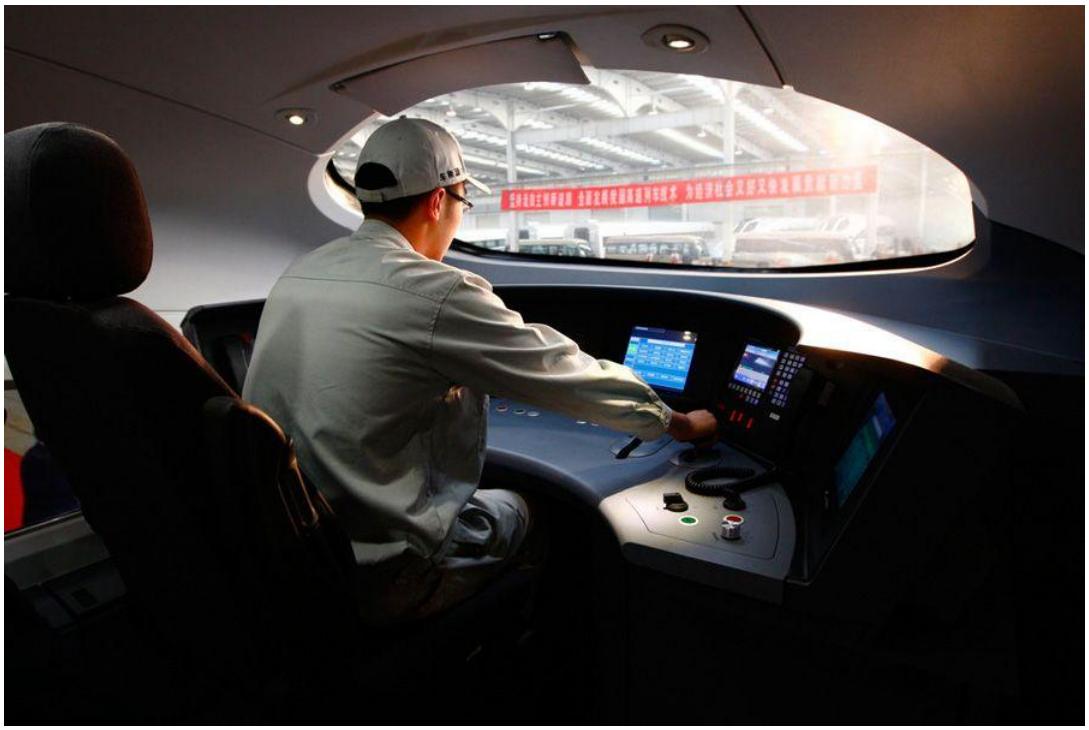


图 4-4　试验列车驾驶舱内的各种实时监测仪器

2011 年，北京市交通委员会组织水务局、气象局、国土局/地勘局、公安交管局等，投资 1 亿多元启动了北京市首个物联网工程—“极端天气条件下保障道路畅通物联网应用示范工程”，它将逐步推进“多网融合”，以解决暴雨、暴雪等极端天

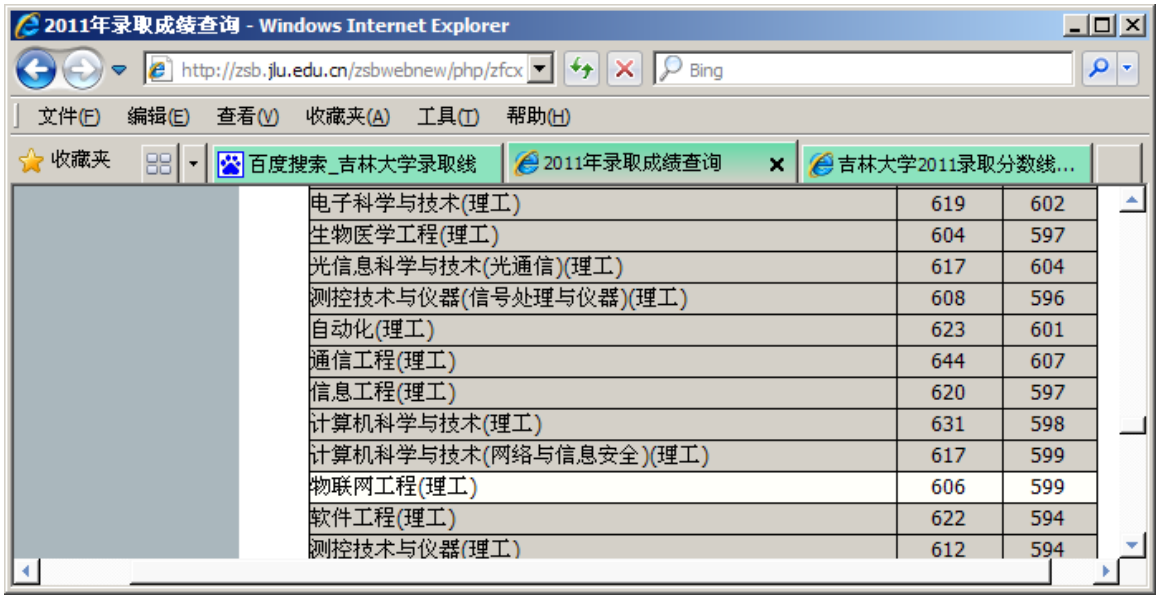
气给居民出行带来不便、造成重大安全事故等问题。

在汶川地震中，具有物联网终端特性的生命探测仪广泛应用。2011 年 8 月，由公安部消防局组织研发的“警用超宽带雷达生命探测仪”顺利通过验收，并开始在全国范围内推广。该探测仪可有效检测 20 至 30 米范围内的人体的肢体运动、心跳、呼吸等活动，实现对火场、建筑物废墟、地震救灾等高危场所，强噪场背景下，生命体的快速有效探测与定位。

2012 年，随着人们对大气污染物的关注，为了很好地自动化地反应这一指标，北京市环保局决定在全市设立 35 个 PM2.5 监测子站，争取 2012 年 10 月部分上线运行，2012 年底前全部完成建设任务。届时，可以实现全方位的 PM2.5 监测。

近年来，我国大部分科研院所、高校（包括清华大学、西北工业大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、吉林大学等）都将物联网工程作为新专业或重要的研究方向，而且录取分数都相当高，就业形势特别火爆，为我国未来的物联网发展培养和储备人力资源。图 4-5 给出了吉林大学物联网工程专业 2011 年在黑龙江省的录取成绩查询结果。图 4-6 展示了长春大学学生研制的“电脑鼠”在全省“电脑鼠”比赛获一等奖（2012 年 5 月 7 日），该“电脑鼠”是一种由嵌入式微控制器、传感器和机电运动部件构成的一种智能行走装置。

另外，目前国内物联网技术的关注热点主要集中在传感器、RFID、WSN、智能计算、云计算和普适计算等领域。



电子科学与技术(理工)	619	602
生物医学工程(理工)	604	597
光信息科学与技术(光通信)(理工)	617	604
测控技术与仪器(信号处理与仪器)(理工)	608	596
自动化(理工)	623	601
通信工程(理工)	644	607
信息工程(理工)	620	597
计算机科学与技术(理工)	631	598
计算机科学与技术(网络与信息安全)(理工)	617	599
物联网工程(理工)	606	599
软件工程(理工)	622	594
测控技术与仪器(理工)	612	594

图 4-5 吉林大学物联网工程专业 2011 年在黑龙江省的录取成绩查询结果

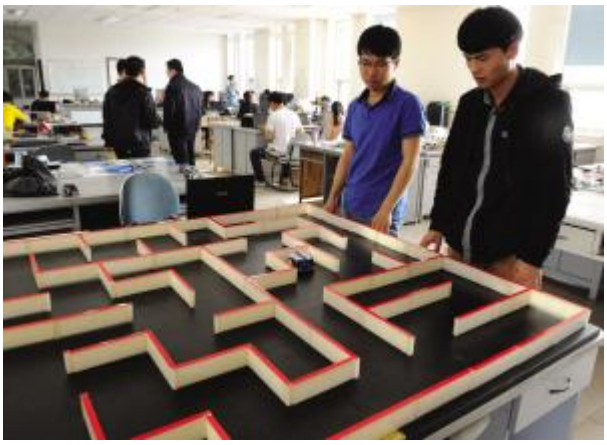


图 4-6　善走迷宫的“电脑鼠”

第三节 物联网未来发展

一、世界物联网发展评价

EPoSS 在《Internet of Things in 2020》报告中分析预测，物联网的发展将经历 4 个阶段:

（1）2010 年之前: RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域;

（2）2010-2015 年: 物体实现互联化;

（3）2020 年: 物体实现半智能化;

（4）2020 年之后: 物联网将进入全智能化。

二、中国物联网发展评价

2011 年 7 月 30 日正式出版的《中国物联网发展报告（2011）》认为，“目前物联网需要的自动控制、信息传感、射频识别等上游技术和产业都已成熟或基本成熟，而下游的应用也已广泛存在，我国物联网产业也呈现电信运营商、高校、科研机构、传感企业、系统集成、应用软件开发等环节迅速聚合联动之势，我国物联网产业链条已初步形成，物联网时代即将来临。”

三、物联网的未来发展阶段

（1）2009-2012 年: 物联网市场规模小，主要以 M2M 的形态出现。M2M 应用在现有通信网络下，市场需求主要为行业应用解决方案。

（2）2012-2015 年: M2M 有一定规模，物联网有了一定规模的企业应用。承载网络也需要一定升级以适应大量的 M2M 及物联网应用，市场需求增加。

（3）2016 年以后：物联网行业应用数量激增，已广泛渗透到大中企业、家庭应用。终端数量倍数于 H2H 通信（甚至高出 20 倍），此时承载网络也应主要围绕物联网特点来进行设计，H2H 只为辅助业务。

物联网的当前发展趋势呈现出融合化、嵌入化、可信化、智能化的特征，在管理应用发展趋势呈现出标准化、服务化、开放化、工程化的特征。物联网的发展**关键在于应用**，只有以应用需求为导向，才能带动物联网技术与产业的逢勃发展。因特网实现了世界上计算机与计算机、人与计算机、人与人之间的对话与交互，而物联网正在实现世界上物与物、人与物、人与自然之间的对话与交互。通过装置在各类物体上的射频识别电子标签、二维码、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等组成的智能传感器，经过接口与无线通信网络、因特网互联，以实现人与物、物与物相互间智能化地获取、传输与处理信息的网络就是物联网。而物联网特别重要的是其感知，包括传感器信号的采集、协同处理、智能组网、信息服务，以达到控制指挥的目的。其中传感网是感知的网络，是物和物的互联；移动通信网是信息传输的网络，是人和人的互联；因特网是连接虚拟信息共享的网络，而物联网是连接现实物理世界的网络。可以认为物联网是传感网与因特网、移动通信网这“三网”高效融合的产物，是信息系统与物理系统高效融合的产物。

总之，随着物联网技术的成熟及产品的普及，主要向着标准化集成与共享、普适计算及专业应用服务的方面发展，在服务社会、推动社会进步的同时，不断改变着现有的工作、生活模式。物联网把传统的信息通信网络延伸到更为广泛的物理世界，既是机遇更是挑战，地质调查领域也不可避免地会受到本次浪潮的冲击，亦可以借助物联网技术来提升其工作效率、精细化管理、社会化公益性的服务质量。

四、研究及关注的物联网发展方向

各国政府、企事业单位都非常关注物联网的发展，主要集中在如下一些方面：（1）物联网和泛在网的市场趋势，经济和政策法规（迈向 100 万亿对象）；（2）物联网的突破性研究和革新技术（射频识别、电子产品码、自动识别、无线网络、海量信息采集与存储、大规模计算等）；（3）普适计算和泛在网/网络（原理、方法和实践）；（4）物联网/机对机的应用（-智能方案使星球资源可持续化）；（5）物联网和泛在网的隐私和安全（从法律到保护人权）；（6）物联网的金融和商业发展（开创第三次信息革新的新时代）；（7）物联网在各领域的研究与应用。

2012 年 8 月 15-17 日将在深圳召开的“深圳国际物联网技术与应用博览会”将是一个全面覆盖整个物联网产业链的盛会，会议主要包括 RFID 产品线、智能卡产品线、智能识别产品与系统、传感器及传感网络节点、安防物联网及智能家居、核心控制芯片及嵌入式芯片、通信技术与产品、网络架构和数据处理、系统集成和软件、物联网整体解决方案等多个大类，并将重点展示物联网技术在工业、安保、交通、环保、家居、医疗、电力、物流、农业、水利、市政、汽车、航空、图书、矿业等诸多领域的示范应用。

图 4-4　深圳国际物联网技术与应用博览会（2012 年 8 月 15-17 日）

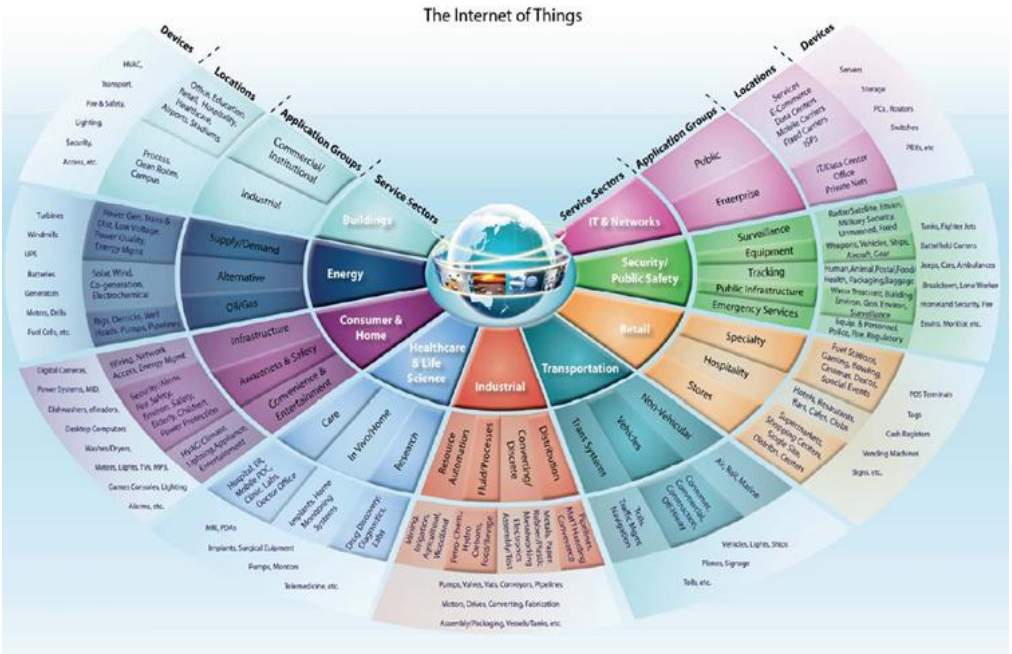


图 4-5　物联网应用、标准、设备视图

2012 年 11 月 5-7 日将在法国召开的“2012 IEEE RFID-TA Technology & Applications”是 RFID 领域的国际盛会，此次它主要关注天线原理及设计、无芯片及新兴技术、芯片及读写器设计、安全与隐私、协议和软件、传感器、普适系统、传播与本地化等方面的内容。

图 4-6 IEEERFID-TA 会议(2012.11.5-7)

五、影响物联网发展的因素

物联网未来发展潜力无限，但物联网的实现并不仅为技术问题，物联网建设过程将涉及规划、管理、协调、合作以及标准和安全保护等诸多方面，需要制订和完

善一系列的配套政策和规范。

首先，是物联网协议问题。物联网是互联网的延伸，在物联网核心层面是基于TCP/IP 协议的，但是在物联网的接入层面有诸多的协议，如 GPRS、短信、传感器、WCDMA、有线等多种通信，如果它们之间没有统一的协议基础则相互通信、承载与处理的能力将大大下降，故协议统一是物联网极大应用的关键。

其次，是一些其他因素，它们主要体现在如下一些方面:

（1） 个人隐私与安全。要避免个人数据遭窃听、受破坏的威胁。

（2） 行业标准不统一、网关成本高为物联网的应用带来一定的阻力。

（3） 产业链复杂，需要整合。如智能交通涉及政府、交通、环保、公交、公安、汽车制造、保险等。

（4） 公众信任。若物联网具有健全的安全机制，将提升公众对其信任度。

（5） 系统开放、互操作程度不够。目前 RFID、WSN 等技术领域没有一套完整的国际标准，各厂家设备往往不能互操作。各行业应用模型的开放程度还不够。

（6） 物联网相关技术仍处在发展或不成熟阶段，需要各国政府大力投入支持科研、技术转化等。

第五章 物联网体系及关键技术

物联网是一次技术革命，代表未来计算机和通信的走向，其发展依赖于在诸多领域内活跃的技术创新。物联网的支撑技术则融合了传感器技术、射频识别（RFID，Radio Frequency Identification）、无线传感网（ZigBee 技术）、智能服务等多种技术:（1）RFID 是一种非接触式自动识别技术，可以快速读写、长期跟踪管理，在智能识别领域有着非常看好的发展前景;（2）以微机电系统（MEMS）为代表的传感器技术拉近了人与自然世界的距离;（3）无线传感网以短距、低功耗为特点的传输网络的出现使得搭建无处不在的网络变为可能;（4）智能服务技术则为发展物联网的应用提供了服务内容。

第一节 物联网基础体系

一、物联网基础体系结构

从系统角度分，物联网可划分为一个由感知互动层、网络传输层和应用服务层组成的 3 层体系，即感知层、网络层和应用层。图 5-1 给出了物联网基础体系结构，图 5-2 则显示了物联网分层应用的示意图及物联网的工作流程：传感设备自动感应物品属性信息，再通过无线数据通信网络采集到中央信息处理系统，实现对物品的“透明”和“智能”管理。

感知互动层（感知层）由大量具有感知和识别功能的设备组成，可以部署于世界上任何位置、任何环境之中，被感知和识别的对象也不受限制。感知互动层的主要作用是感知和识别物体，采集并捕获信息。

网络传输层（网络层）包括各种通信与互联网形成的融合网络，是物联网的基础设施，既可以依托公众电信网和互联网，也可以依托行业专业通信网络。

应用服务层（应用层）是指将物联网技术与行业专业技术相结合，实现广泛智能化应用的解决方案集。物联网通过应用服务层最终实现信息技术与行业的深度融合，对国民经济和社会发展具有广泛影响。应用服务层的关键问题在于信息的社会化共享以及信息安全的保障。

全面感知、可靠传送、智能处理是物联网的核心能力，作为一个庞大、复杂的综合信息系统，物联网体系架构中的各个层面都涉及许多关键技术。从关键技术层

面来看，物联网感知互动层和应用服务层相关技术是物联网的特色，也是学术界和产业界关注的焦点。

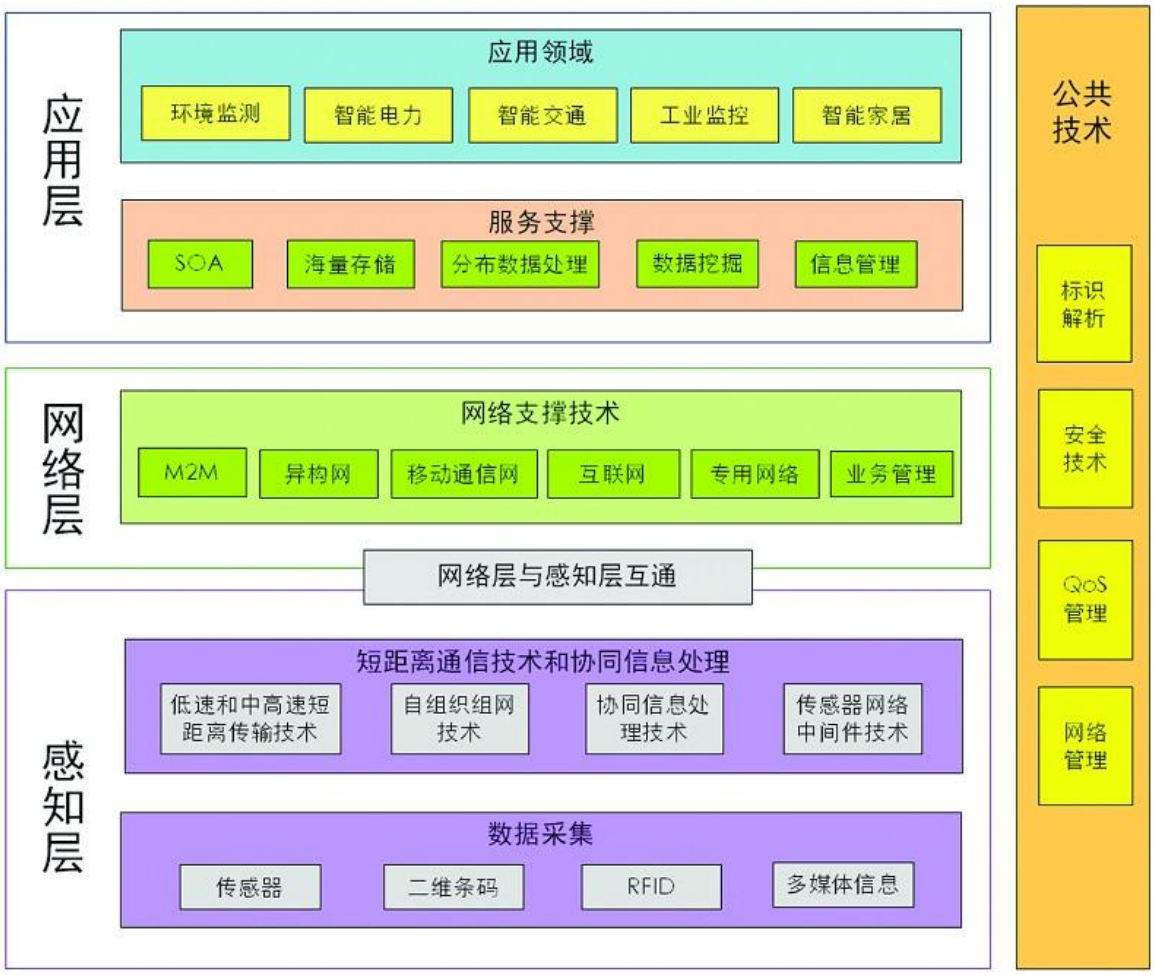


图 5-1　物联网基础体系结构

图 5-2　物联网三层结构的应用物理示意图

图 5-2 显示了来自于末端的传感器、RFID、二维码等信息通过网络（2G、3G、4G、信息管理中心等）进入存储与管理中心，并基于若干组件搭建或开发出若干应用系统，如工业监控、公共安全、城市管理、远程医疗、智能家居、智能交通、环境监测、红色农业等。

第二节 物联网的关键技术概述

一、物联网关键技术概述

物联网系统作为一个庞大、复杂的综合信息系统，涉及的各种技术非常多，重点关注感知层（RFID、传感器为主）、网络层（WSN、近距离通信、无线网络）、应用层（全 IP 方式--IPv6、海量存储、云计算）中核心的关键技术，而智能应用则以这些关键技术为支撑。

（1）传感器: 它是能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。可以使用温度传感器反应温度变化、压力传感器测重量、应变传感器测边坡、微震动传感器进行地震检波、电磁传感器进行地球物理探测等。

（2）RFID: Radio Frequency Identification，无线射频识别或射频识别，是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据，由电子标签、阅读器和天线三部分组成。国内应用以低、高频为主，未来将向超高频和微波过渡。可以用来实现公交 IC 卡、门禁、医疗、长距离和批量无接触式的岩芯标识读取等。

（3）WSN: Wireless Sensor Network，无线传感器网络是由许多在空间上分布的自动装置组成的一种计算机网络，这些装置使用传感器协作地监控不同位置的相关信息。由于它是一种大规模分布式网络，因能量有限一般是一次性网络，故常用于无人值守的恶劣环境中，如地震灾区局部短期监测。无线网络常用无线网络主要包括 WiFi（无线局域网）、WiMAX（无线城域网）、2G/3G（无线广域网）等。目前基于移动网络的 M2M（机器对机器的通信）应用已启动，随着 3G 所带来的宽带能力，移动网络支持的物联网（包括地质调查）将更流畅。

（4）近距离通信:只要通信收发双方通过无线电波传输信息，一般几十米内，主要有 NFC、UWB、ZigBee、红外、蓝牙、RFID 等，低速传输也可以用于野外数字地质填图时互传小文件，高速传输可用于野外地质调查中的影像传输。

（5）全 IP 方式--IPv6：IPv4 协议的地址资源基本枯竭，IPv6 协议可实现“一物一地址，万物皆互联”，才能为每一个传感器分配一个独立的 IP。

（6）海量存储：通过海量信息多粒度分布式存储等技术来解决海量实时数据的存储问题。

（7）云计算：Cloud Computing，它是随着虚拟化技术、宽带互联网技术、分布式技术、SOA、并行计算等发展而产生的。物联网作为地质调查数据采集的终端，云计算可以作为海量实时数据处理、计算的平台。

（8）全球定位系统

全球定位系统（Global Positioning System，GPS）接收器从几个不同的卫性接收信号，以确定位置。

此外，还需要考虑物联网安全管理、标准化等方面的技术内容，以及未来“三网融合”（互联网、电信网、播电视网）的下一代信息通信网络。

二、物联网的技术支撑与业务群

支撑物联网应用有若干计算机技术、网络技术等，其中核心的主要有 RFID、M2M、WSN 等。图 5-3 给出了作为物联网的 4 大支撑技术（RFID、M2M、传感网和两化融合）与业务群的示意效果图。

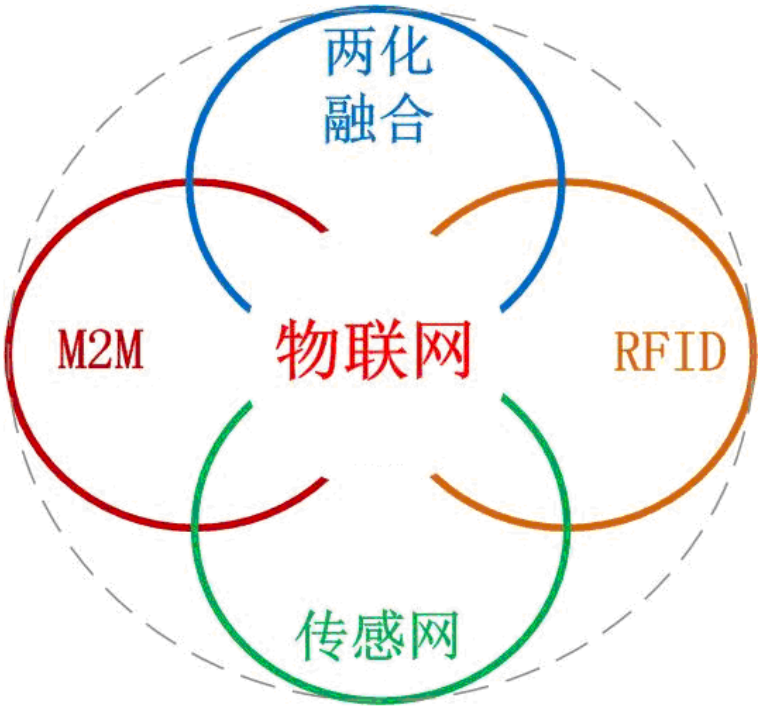


图 5-3　物联网 4 大支撑技术与业务群

第三节 RFID

一、RFID 概述

无线射频识别（RFID--Radio Frequency Identification）是一种非接触式自动识别技术，可以快速读写、长期跟踪管理，RFID 电子标签属于智能卡的一类，在物联网中重要起“使能”（Enable）作用，在智能识别领域有着非常好的发展前景。

RFID 技术是 20 世纪 90 年代开始兴起并逐渐走向成熟的一种自动识别技术,是一项利用射频信号通过空间耦合（交变磁场或电磁场）实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到识别目的的技术。电子标签是 RFID 的通俗叫法。

与目前广泛使用的自动识别技术（如摄像、条码、磁卡、IC 卡等）相比，RFID 技术突出特征为:

（1）数据读写机能强: 只要通过 RFID 阅读器即可不需接触，直接读取信息至数据库内，且可一次处理多个标签，并可以将处理信息写入标签，为下一阶段处理使用（如物流、公交智能卡）。

（2）非接触操作，长距离识别: 可以实现几厘米到几十米或更长的识别，故完成识别时无须人工干预，应用便利。

（3)形状易于小型化和多样化: RFID 在读取上并不受尺寸大小与形状的限制，不需要为了读取精确度而配合纸张的固定尺寸和印刷品质。

（4）耐环境性强: 纸张受到潮或污染就会看不到，但 RFID 对水、油和药品等物质有极强的抗污性，RFID 在各种理想与恶劣环境（油渍、黑暗、污染等）下均可读取数据。

（5）低功耗、可重复使用: 由于 RFID 为电子数据，可以反复被覆写，故亦可回收标签重复使用。RFID 功率消耗小，被动式 RFID 在无电池支持下就可以使用，也无维护保养需要。

（6）穿透性好、识别能力强: 不但可识别静止物体，还可以识别高速运动物体，并可同时识别多个电子标签。RFID 被纸张、木材、塑料等非金属或非透明的材质包覆时，也可以进行穿透性通信。不过若被铁质金属覆盖则无法通信。

（7）数据记忆容量大: 数据容量会随着记忆规格的发展而扩大，未来物品所需携带的资料量愈来愈大，RFID 可以满足要求。

（8）数据安全：通过校验或循环冗余校验的方法来保证射频标签中存储的数据的准确性。除了电子标签的密码保护外，数据部分可用一些算法实现安全管理。读写器与标签之间存在相互认证的过程，实现安全通信和存储。

二、组成与工作原理

1. RFID 系统组成

RFID 系统主要由电子标签、天线、读写器三大部分组成（如图 5-4 所示）。读写器可无接触地读取并识别电子标签中所保存的电子数据，从而达到自动识别物体的目的。读写器可与计算机相连，读取的电子标签信息被传送到计算机上。

图 5-4　RFID 组成示意图

（1）电子标签：由耦合元件及芯片组成，每个电子标签具有全球唯一的识别号，无法修改、无法仿造，电子标签内保存了约定格式的数据信息，一般附着在物体表面以标识目标对象。

（2）天线：用来在电子标签和读写器间传递射频信号—即电子标签的数据信息。

（3）读写器：用来读取或写入电子标签信息的专用设备，有手持式、固定式、移动式等。

2. RFID 工作原理

RFID 读写器一般作为计算机终端，用来实现对 RFID 卡的数据读写与存储，它是由控制单元、高频通信模块和天线组成，而电子标签一般作为无源应答器，主要由一块集成电路（IC）芯片及其外接天线组成，其中 RFID 芯片通常集成有射频前端、逻辑控制、存储器等电路，有的甚至将天线一起集成在一同一个芯片内。

图 5-5、图 5-6 给出了 RFID 系统工作原理图，其基本工作原理是 RFID 卡进入读写器的射频场后，由其天线获得的感应电流经升压电路作为芯片的电源，同时将带信息的感应电流通过射频前端电路检得数字信号送入逻辑控制电路进行信息处

理；所需回复的信息则从存储器中获取经由逻辑控制电路送回射频前端电路，最后通过天线发回给读写器。图 5-7 则显示了 RFID 卡的内部结构。

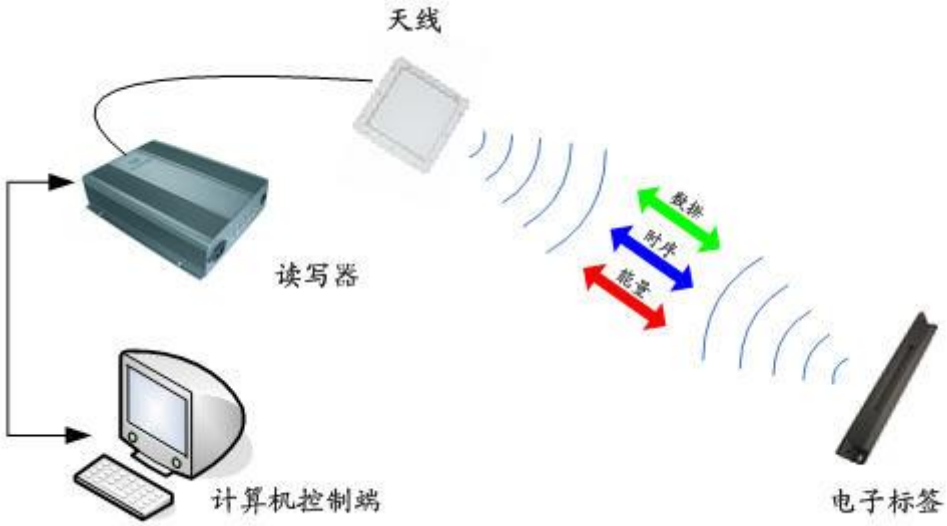


图 5-5　RFID 工作原理图 1

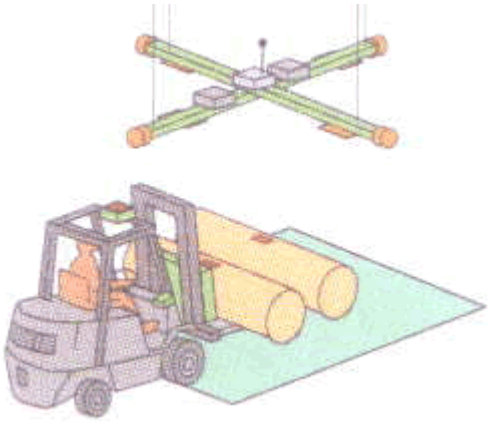


图 5-6　RFID 工作原理图 2

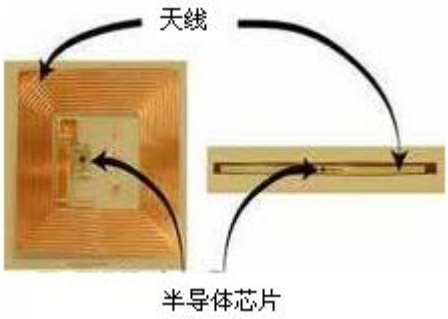


图 5-7　RFID 卡内部结构

三、RFID 技术分类

RFID 的技术分类主要有如下四种:

(1)根据 RFID 工作频率不同，通常可分为低频(30-300kHz)、中频(3-30MHz)、

高频（300MHz-3GHz）。低频特点是 RFID 内保存的数据量较少、阅读距离较短、外形多样、阅读天线方向性不强等，主要应用于短距离、低成本的应用中（如门禁、校园卡、煤气表、水表等）；中频系统则用于需传送大量数据的应用系统；高频系统则主要应用于保存数据量较大、阅读距离较远（可达几十米）、可适应物体高速运动，性能要求高的工作环境（如火车监控、高速公路收费等），读写天线及 RFID 天线均有较强的方向性。

（2）RFID 根据读写性质可分为可读写（RW）卡、一次写入多次读出（WORM）卡和只读（RO）卡。

（3）根据 RFID 是否使用电池，可以分为有源 RFID 标签和无源 RFID 标签。有源 RFID 标签使用卡内电池能量，识别距离较长（可达十几米）但寿命有限（3-10 年）、价格高；无源 RFID 标签不含电池，接收到读写器发出的信号后，利用读写器发射击的电磁波提供能量，重量轻、体积小、寿命长、成本低、发射距离短（一般十几厘米），同时要求读写器发射功率大。

（4）根据 RFID 调制方式不同，可分为主动式 RFID 标签和被动式 RFID 标签。主动式 RFID 标签用自身的射频能量主动地发送数据给读写器,主要用于有障碍物且距离较远的应用中；被动式 RFID 标签使用调制散射方式发射数据，必须利用阅读器或读写器的载波调制自己的信号。

四、RFID 未来应用与发展

RFID 的应用领域相当广泛，在未来 8-10 年内，几乎所有的东西都可能被贴上感应标签，主要有:

（1）物流：货物追踪、信息自动采集、仓储、港口管理、邮政快递等。

（2）零售：商品的销售数据实时统计、被货提醒、防盗。

（3）制造业：生产数据的实时监控、质量追踪、自动化生产等。

（4）服装业：品牌管理、单品管理、渠道管理等。

（5）医疗：医疗器械管理、病人身份识别、婴儿防盗等。

（6）身份识别：电子护照、身份证、学生证等。

（7）防伪：贵重物品和标据的防伪。

（8）交通：高速不停车、出租车管理、公交枢纽管理、铁路机车识别等。

（9）食品：水果、蔬菜、生鲜、食品保鲜等管理。

（10）动物识别：训养动物、畜牧牲口、宠物等。

（11）汽车：制造、防盗、定位等。

（12）航空：制造、旅客机票、行李包裹定位等。

（13）军事：人员、枪支、卡车、物资等。

（14）国土（土地、地质）：界桩、控制点、标本、设备、人员等识别与追踪。

第四节 传感器(MEMS)

一、传感器概述

传感器是能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。传感器是感知延伸层获取数据的一种设备。作为物联网采集信息的终端工具，它就象物联网的“眼睛”、“鼻子”和“耳朵”，是实现自动检测和自动控制的首要环节。

MEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems，微机电系统）是由微传感器、微执行器、信号处理和控制电路、通信接口和电源等部件组成的一体化微型器件系统。MEMS 传感器能够将信息的获取、处理和执行集成在一起，组成具有多功能的微型系统，从而大幅度地提高系统的自动化、智能化和可靠性水平。MEMS 是在融合多种微细加工技术,并应用现代信息技术的最新成果的基础上发展起来的高科技前沿科学，全球目前有 600 余家单位从事 MEMS 的研制和生产工作。3D 传感器和加速计等 MEMS 器件正在包括手机、游戏机、玩具、GPS、笔记本电脑以及硬件等在内的新兴应用中迅速扩张；医疗电子、航天、汽车、生物、环境监控、军事等各种应用市场越来越对各种新型传感器产生巨大需求，越来越明显地呈现出电子化、智能化趋势。微传感器是采用微电子和微机械加工技术制造出来的新型传感器，与传统传感器相比，它体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性高，

二、传感器分类

因不同领域对传感器的要求不同，研究并生产出各种各样的传感器产品，主要有微机械压力传感器、微机械陀螺仪、微流量传感器、温湿度传感器、气体传感器、速度传感器、微加速度传感器、红外传感器、风速风向仪、接近传感器、力学传感器、生理传感器、扭矩传感器、位置传感器、光电量传感器、光学量传感器、磁学量传感器、电学量传感器、声学量传感器、编码器增量式编码器、变送器温度变送器、姿态传感器、位移传感器、密度传感器、测距传感器、光纤传感器、电力传感

器、霍尔传感器、MEMS 传感器、GIS 传感器、触摸屏传感。

三、传感器应用（MEMS）

MEMS 的应用逐年不断扩大，主要用于消费电子市场。2008 年增长了 5.5%，达 70 亿美元。2012 年可望几乎每个消费电子产品都至少配置一个 MEMS 芯片。特别基于 MEMS 的加速度计，在以 iPhone 为代表的智能手机中都必然会应用。因此世界 MEMS 的加速度计市场将从 2007 年的 6500 万个增长到 2012 年 9 亿个，销售值达 13 亿美元，手机用 MEMS 共 25 亿美元。其中汽车稳定控制用 MEMS 传感器 2012 年将增长到 7.15 亿美元。

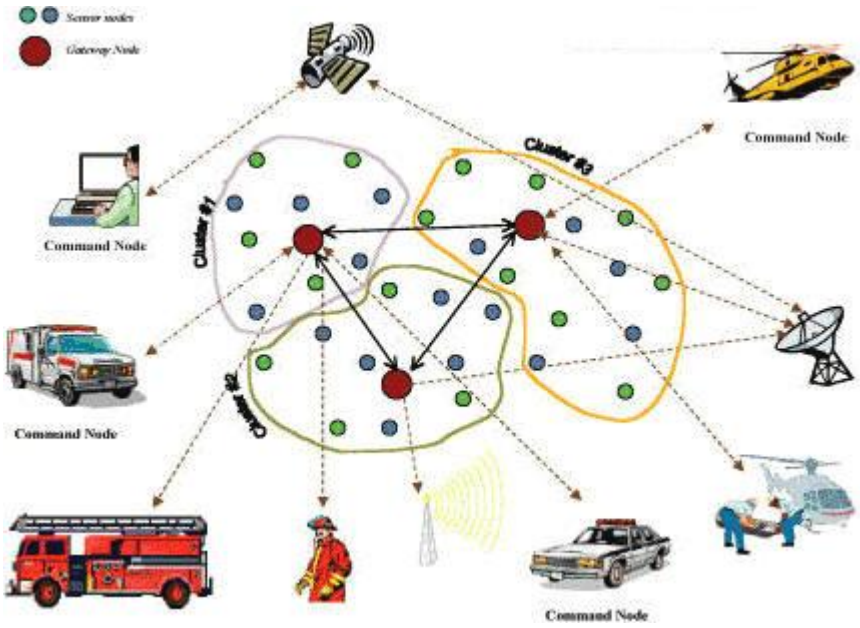


图 5-8　传感器的应用场景

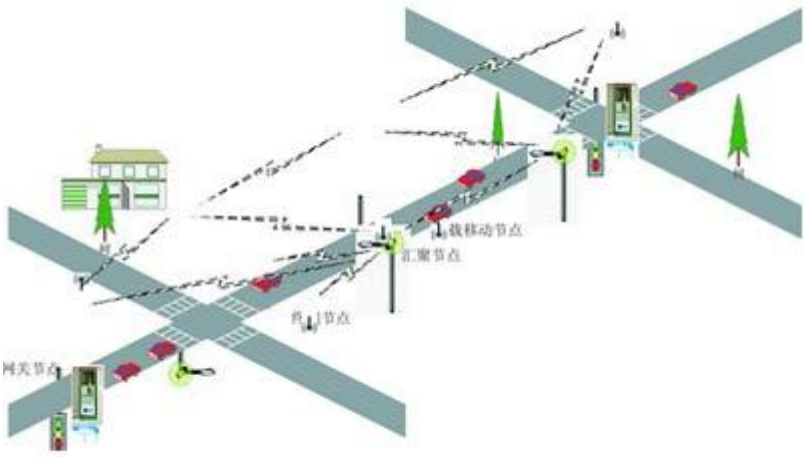
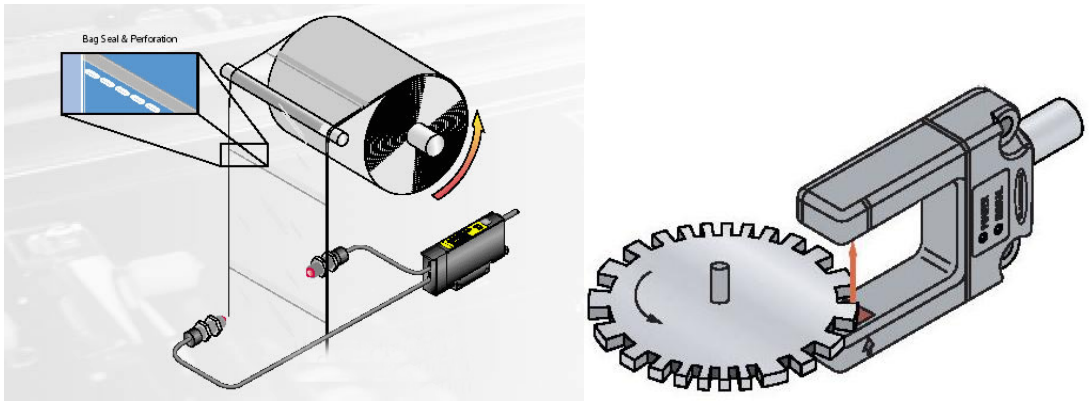


图 5-9　传感器在智能交通中的应用



5-10　微速度传感器

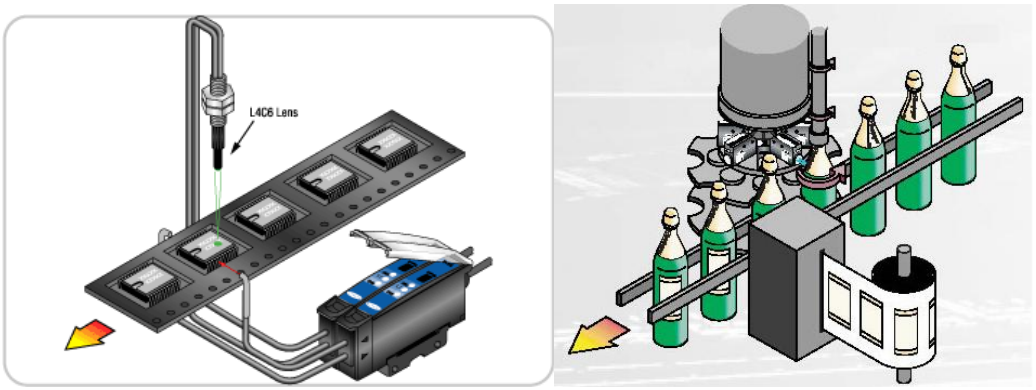


图 5-11　车间生产传感器

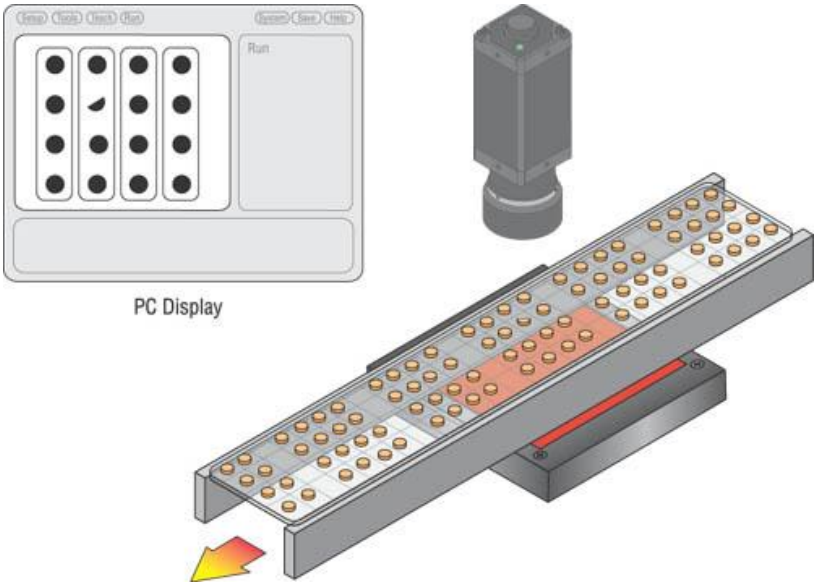


图 5-12　车间生产传感器 2

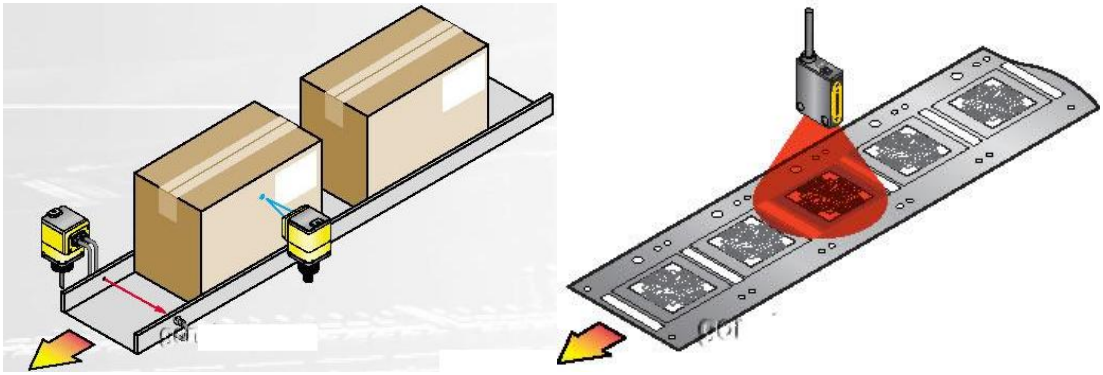


图 5-13　物流中的传感器

图 5-14　拉力传感器

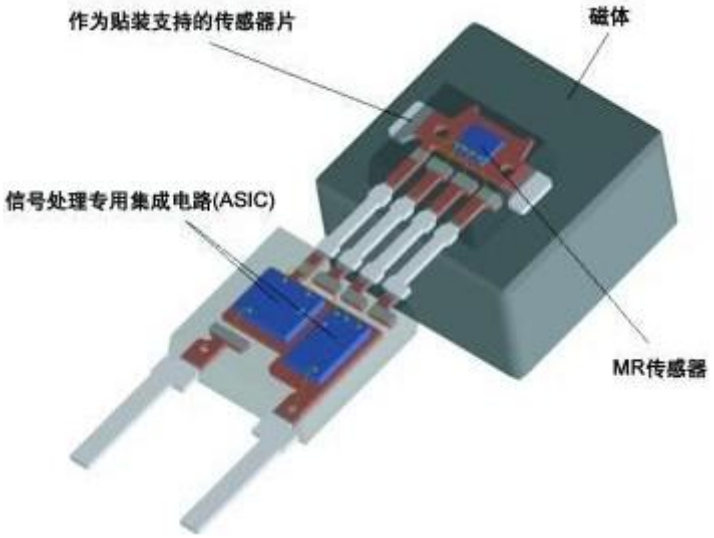


图 5-15　汽车应用中的磁阻传感器

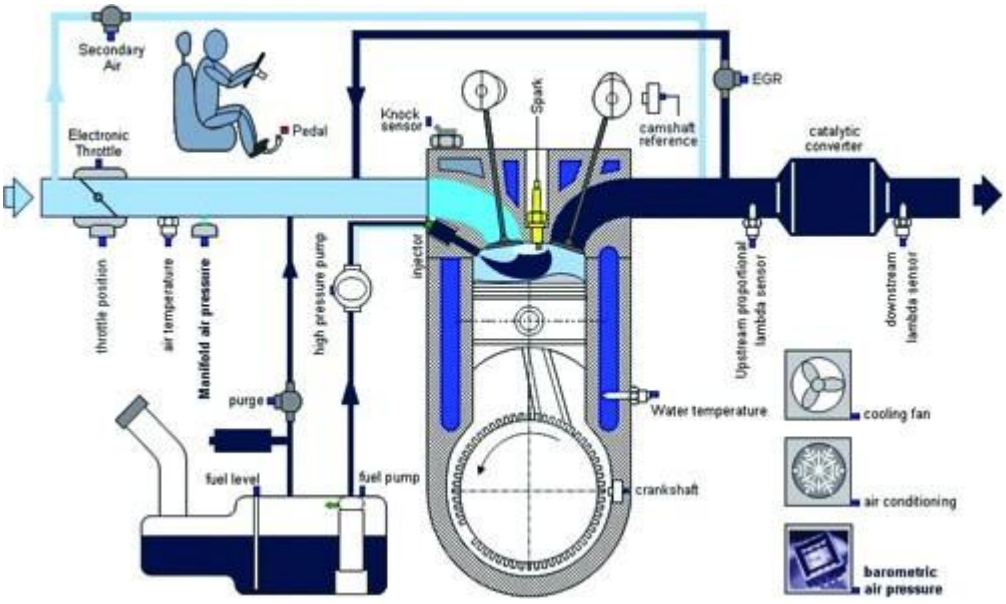


图 5-16　采用压力传感器汽车应用

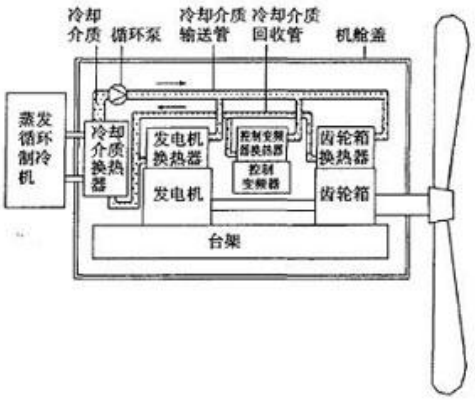


图 5-17　风力发电上的传感器

四、微传感器的未来发展方向

1. 微细化：随着集成工艺水平的提高，微传感器的体积将更小巧，更为精细。

2. 集成化：在单元体积内它将集成并实现更多的功能。

3. 多元化：为了不断满足不同领域的需求，微传感器的发展将更为多元化。

4. 产业化：按照领域需求形成一系列产业化应用产品。

第五节 WSN

一、无线传感网概述

无线传感网（WSN，Wireless Sensor Netork）的构想最初是由美国军方提出，于 1978 年由卡耐基-梅隆大学进行分布式传感器网络的研究。**无线传感网络是由许多在空间上分布的自动装置组成的一种计算机网络，这些装置使用传感器协作地监控不同位置的物理或环境状况（如温度、压力、声音、振动等）**。传感网络的每个节点除配备了一个或多个传感器之外，若还装备了一个无线电收发器、一个很小的微控制器和一能源装置（通常为电池），则构成了一个无线传感网络。WSN 综合了传感器技术、嵌入式计算技术、现代网络及无线通信技术、分布式信息处理技术等，能够通过各类集成化的微型传感器协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息，这些信息通过无线方式被发送，并以自组织多跳的网络方式传送到用户终端，从而实现物理世界、计算世界以及人类社会三元世界的连通。

WSN 是一种大规模分布式的、自组织的、无中心和多跳传输等特点的网络，常常部署于无人维护、条件恶劣的环境当中，且传感节点可以一次或多次使用。无线传感网具有自己独特的特点：（1）节点数量巨大：比传统网络大几个数量级，这

主要因为完成一项任务需要多个节点协同工作；（2）节点密集部署：传感范围依赖于传感器密度，感知要求高的在其周围就越密；（3）通信范围有限：传输能量一般为 10-100mW，传输范围 100m-1km；（4）网络拓朴结构变化大：部署前网络拓朴是未知的，部署后角度经常发生变化；（5）计算能力有限：节点数量巨大，单个成本低但总量大，成本限制计算能力，一般 CPU 只具有 8bit、4-8MHz；（6）以数据为中心：所有的数据均与部署节点无关，均可以到数据存储中心进行查询。

二、无线传感网络体系结构

随着微机电系统 MEMS 的快速发展，制造体积小、低功耗、低成本的传感器节点成为可能。采用 MEMS 技术的点与无线通信技术相结合，产生了一种全新的网络—无线传感网络。无线传感网络的部署时将大量的传感器部署在感知对象内部或附近。这些节点以自组织的方式构成无线网络，以协作的方式感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息，采用多跳中继方式将采集到的数据信息传输到 Sink 节点（如图 5-18），图 5-19 则给出了无线传感网络向上可以进一步扩展网络容量及应用、向下细至每一个传感器节点的具体组成框架示意图。

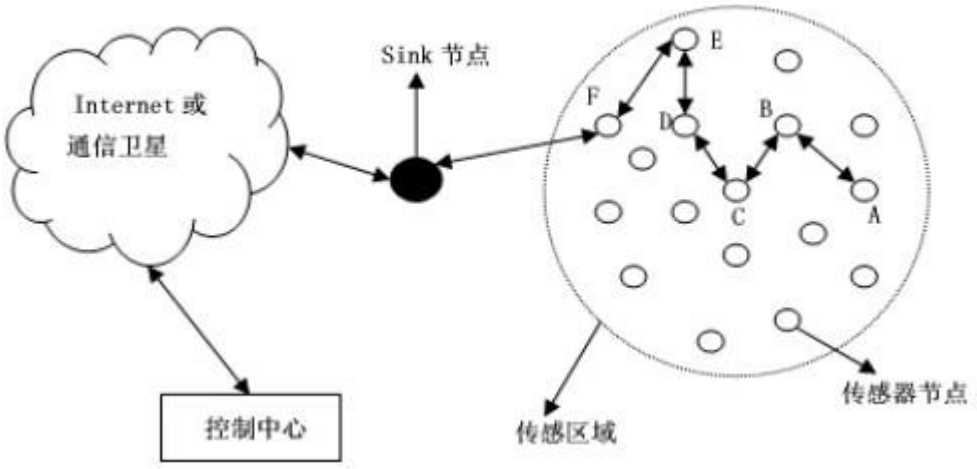


图 5-18　无线传感器网络体系结构

网络体系结构是网络的协议分层以及网络协议的集合，是对网络及其部件所应用完成功能的定义和描述。对无线传感网络来说，其网络体系结构不同于传统的计算机网络和通信网络，其通信体系结构如图 5-20 所示。该网络体系结构由分层的网络通信协议、传感器网络管理以及应用支撑技术部分组成。

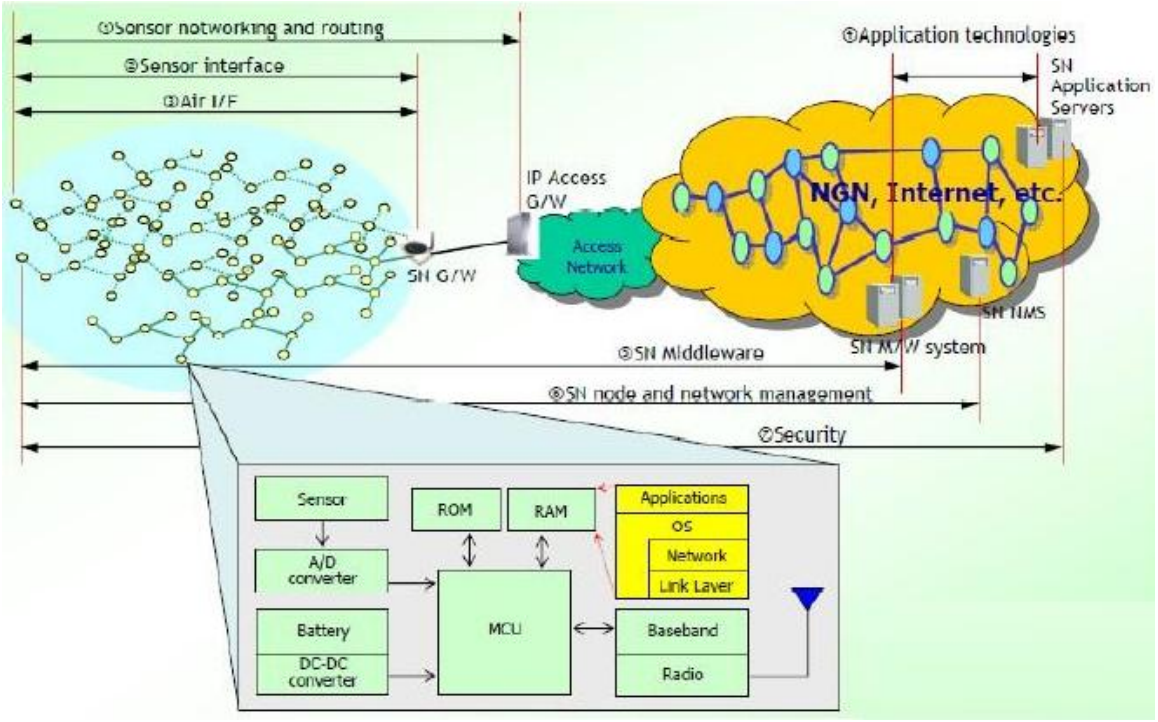


图 5-19　无线传感器网络双向示意图

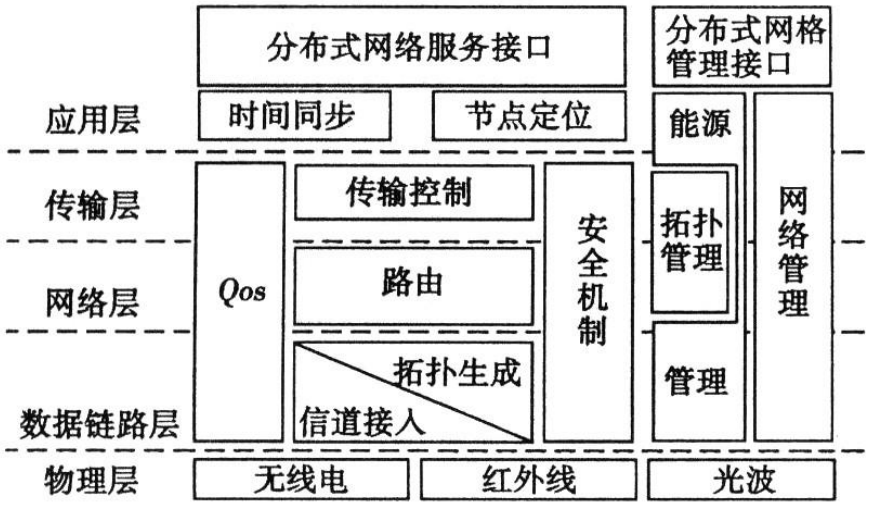


图 5-20　无线传感网络通信体系结构

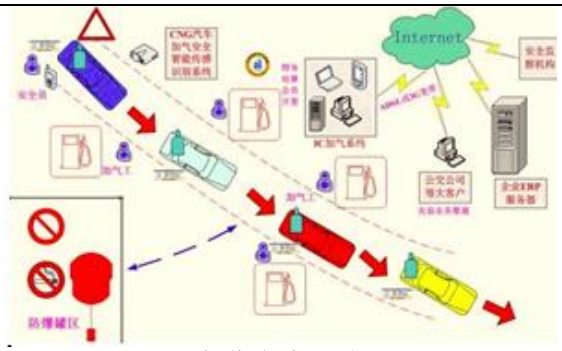
无线传感网通信分层结构为：（1）物理层：负责频段的选择、信号的调制以及数据加密等，是节点功耗的主要来源，大多选择免费的 ISM 频段。（2）数据链路层：负责数据的传输，它将数据组合成数据帧，控制数据帧在物理信道上的传输。（3）网络层：负责数据报文路由的产生和维护，建立端到端的数据通路。（4）传输层：负责传感器网络中从源节点到目的节点（一般为 Sink 节点）的数据传输。（5）应用层：一系列基于监测任务的应用软件。

传感器网络管理技术主要是对传感器节点自身的管理以及用户对传感器网络的管理，主要完成能量管理、拓朴管理、QoS 支持、网络管理、网络安全、移动控制、

远程管理等。

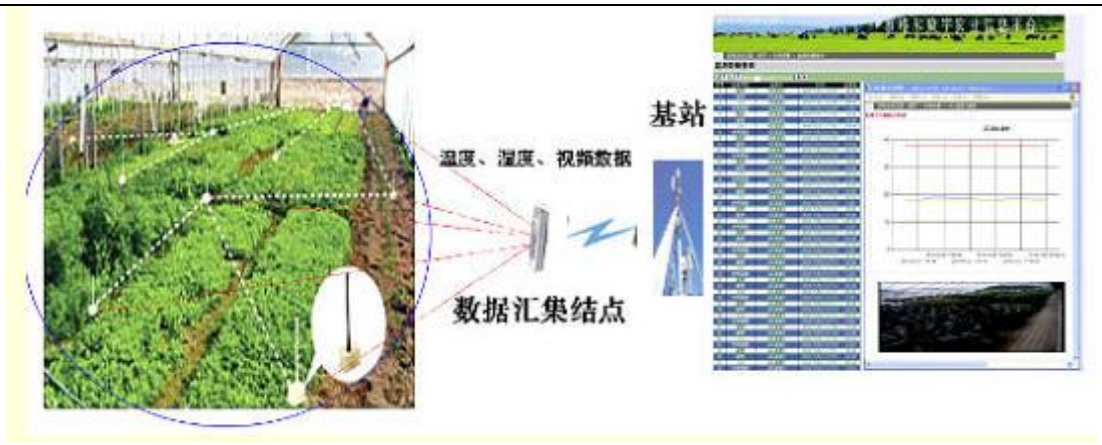
三、无线传感网的应用

无线传感网络以其易于构建、灵活部署的特点在许多行业得到了广泛应用，可能在智能家居、停车收费、远程船只管理、核电站运行监测、农业生产过程管理、机场安全管理、桥梁稳定性监测、实时医疗等方面得到具体应用，并且取得了很好的阶段性成果。

<table>
<tr>
<td>
智能家居</td>
<td>
停车收费</td>
</tr>
<tr>
<td> 
气体安全监控</td>
<td>
核电站运行监测</td>
</tr>
<tr>
<td>

船只管理</td>
<td>

工厂生产监控</td>
</tr>
</table>



农业生产过程管理

机场安全管理

桥梁稳定性监测

智能医疗

图 5-21　WSN 应用

第六节 近距离传输

一、ZigBee 概述

ZigBee 来源于蜜蜂的八字舞，即蜜蜂（bee）和“嗡嗡”（zig）的抖动翅膀来与同伴传递信息，即蜜蜂依靠这样的方式构建蜂群的通信网络。ZigBee 的设计目标

是在保证低功耗的前提下，开发一种易部署、低复杂度、低成本、短距离、低速率、自组织的无线网络，在工业控制、家庭智能化、无线传感器网络等领域有广泛的应用前景。

ZigBee 具有如下技术优势：（1）低功耗：非工作模式下，ZigBee 节点处于休眠状态，设备搜索时间一般为 30ms，激活时间为 15ms，活动设备信道接入时延为 15ms；工作模式下传输速率低、数量量小，故信号收发时间短、功耗小，非常省电，若工作时间小于 1%的应用，电池寿命可达 10 年。（2）低成本：协议简化降低了对节点存储和计算能力的要求，8051 的 8 位微控制器全功能设备需 32KB 代码，精简功能仅需 4KB 代码，且 ZigBee 协议免专利费。（3）低速率：工作在 20-250kbit/s 的较低速率，能够满足低速率数据传输要求。（4）近距离：ZigBee 点对点传输范围一般介于 10-100m 之间，在增加射频发射功率后，传输范围可达 1-3km。（5）短时延：ZigBee 响应速度快，接入网络快，一般在 45ms 左右，而蓝牙则需 3-10s、WiFi 需 3s。（6）网络容量大：一个 ZigBee 网络最多包括 255 个节点，若通过网络协调器，整个网络最多可支持超过 64000 个 ZigBee 网络结点，并且各个网络协调器可以互相连接，则整个 ZigBee 网络节点的数目将十分庞大。（7）高安全：ZigBee 提供了数据完整性检查功能，具有三级安全保护机制。（8）数据传输可靠：ZigBee 的介质直接接入控制层（MAC 层）采用 talk-when-ready 的碰撞避免机制，可提高系统信息传输的可靠性。

二、ZigBee 协议与网络拓朴

ZigBee 联盟是一个快速成长的非盈利性业界组织。ZigBee 联盟 2004 年 12 月推出了基于 IEEE802.15.4 标准的 ZigBee 协议栈。ZigBee 具有高性价比、高可靠性、低成本、低功耗等特点。它的协议结构由物理层（PHY）、介质访问层（MAC）、网络层（NWK）和应用层组成。ZigBee 协议体系如图 5-22 所示，ZigBee 的网络层和应用层由 ZigBee 联盟制定，物理层和 MAC 层由 IEEE802.15.4 标准定义。

ZigBee 用于组建低速率、低功耗的无线个域网（LR WPAN），网络的基本组成单元是设备，两个或两个以上设备可构成一个无线局域网。根据设备在网络中的作用，可分为协调器、路由器和终端设备等 3 种（如图 5-23），则一个 ZigBee 网络由一个协调器、多个路由器和多个终端设备节点组成。协调器的主要功能是建立和配置网络，是该网络上的第一个设备；路由器允许其他设备加入网络，多跳路由和协助它自己的子终端设备进行通信。

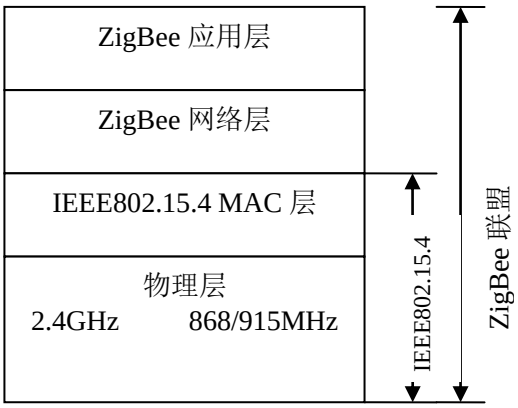


图 5-22　ZigBee 协议体系框图

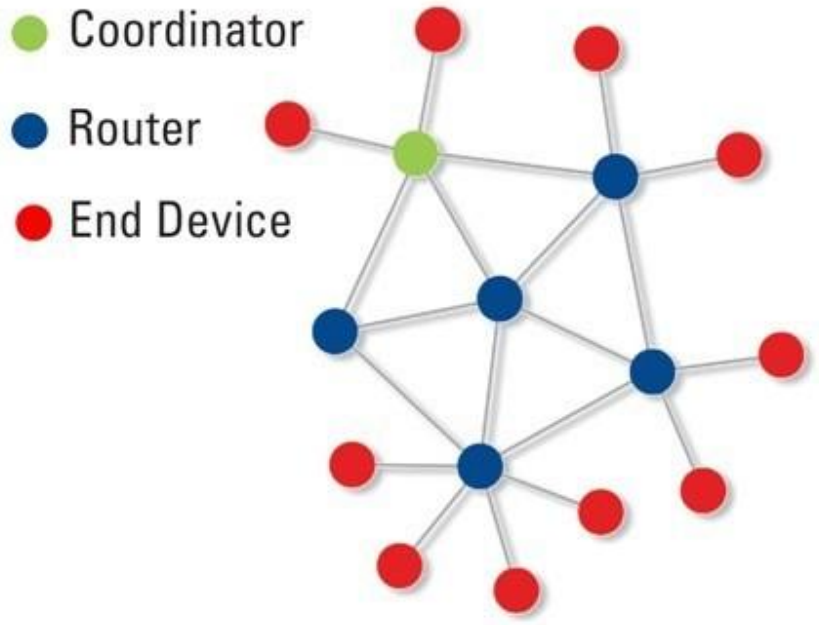


图 5-23　ZigBee 网络基本组成结构

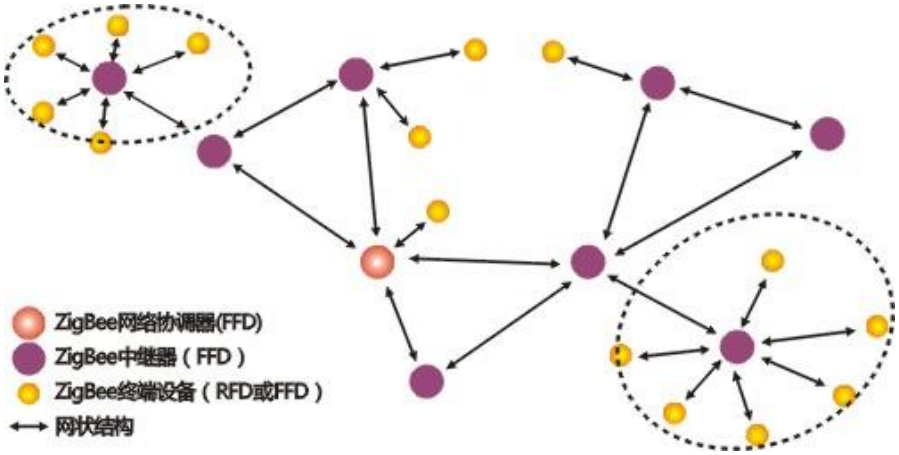


图 5-24　ZigBee 网络组成与设备功能

ZigBee 网络中设备根据能力大小可分为全功能设备（FDD，Full-Function Device）、精简功能设备（RFD，Reduced-Function Device）两种，全功能设备可作

为无线个域网的协调器、路由器和终端设备，可与多个全功能、精简功能设备通信；精简设备结构简单，一次只能与一个全功能设备通信。由于网中大多数设备都是精简设备，所以这种模式的组网成本低。图 5-24 给出了 ZigBee 网络组成与设备功能。

基于 ZigBee 组建的网络支持星型、网状、树形网络，树形结构是网状结构的一个特例。在树形结构中大部分设备是全功能设备，精简功能设备都位于树的叶子结点。可以采用多个相邻的网络结构构成更大的网络结构，图 5-26 给出了由多个网状结构构成的较大的树簇结构。

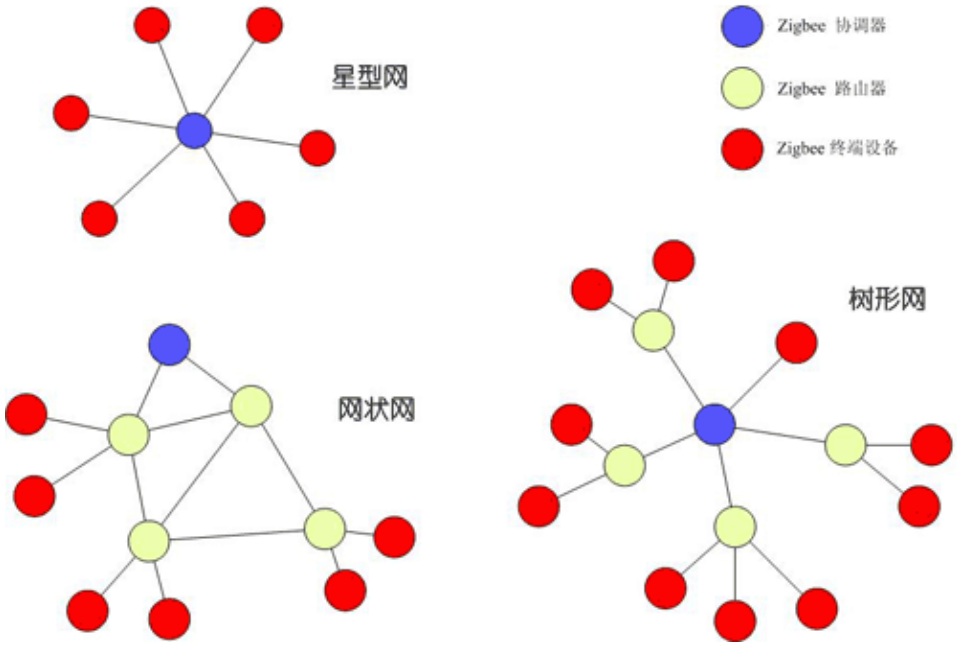


图 5-25　ZigBee 支持的网络拓扑

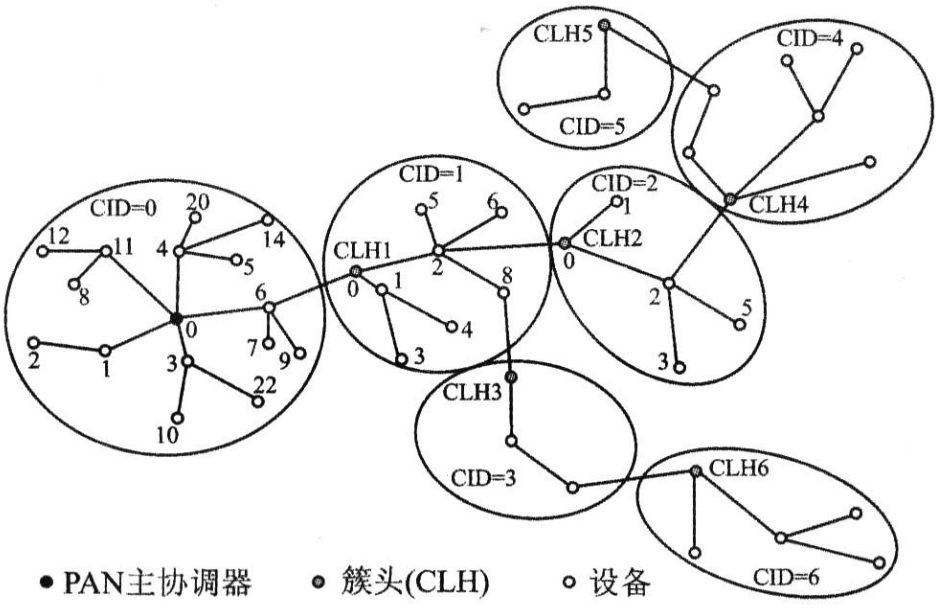


图 5-26　树簇网络

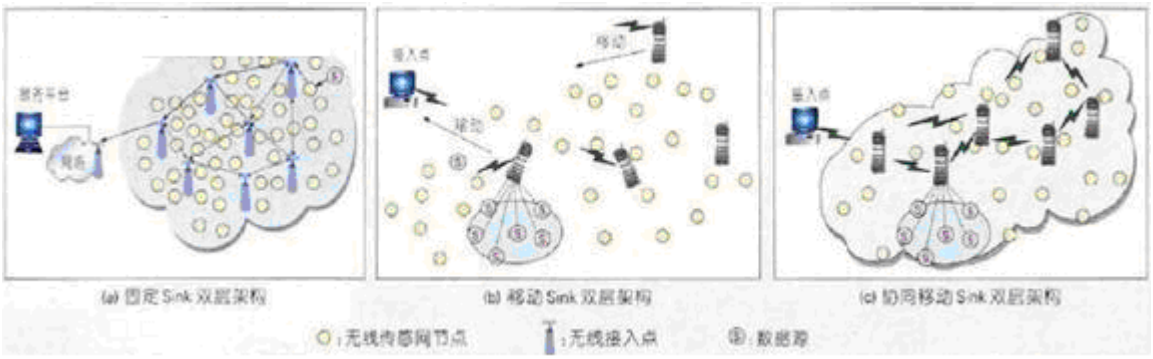


图 5-27　ZigBee 与 WSN 组成网络

三、ZigBee 的应用

ZigBee 网络的冗余、自组织和自愈能力适合于许多类型的应用，主要包括数字家庭、工业控制、智慧交通、智能医疗、国防安全、环境监控等领域的应用。图 5-28 至图 5-30 给出了 ZigBee 的应用总视图及相关应用视图效果。

图 5-28　ZigBee 的应用总体视图

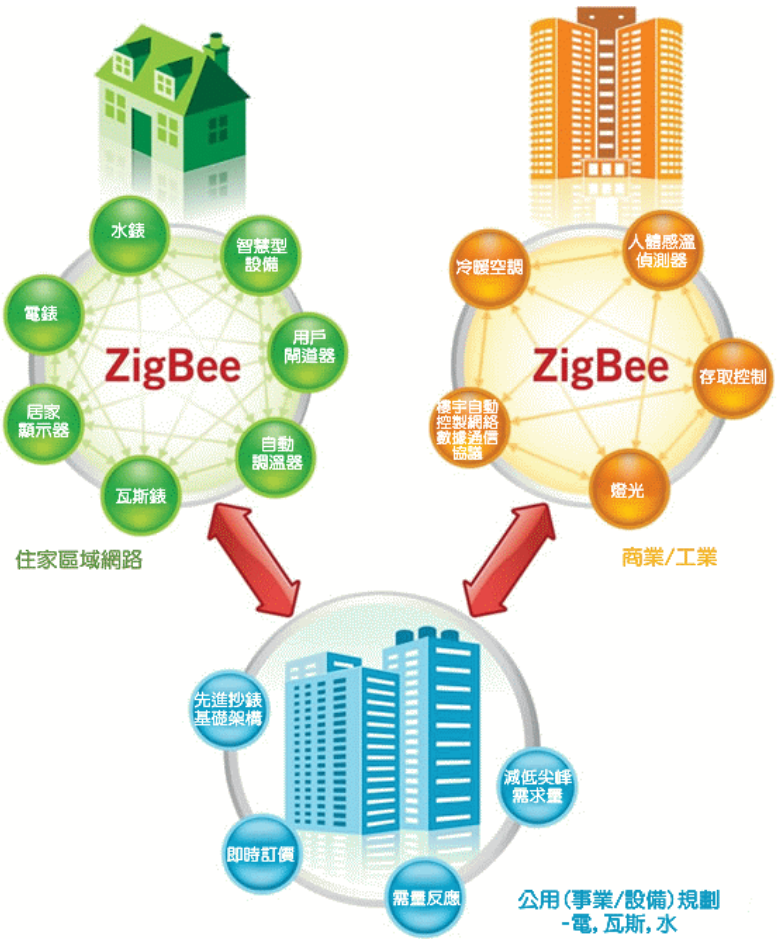


图 5-29　ZigBee 的具体应用视图 1

图 5-30　ZigBee 的具体应用视图 2

第七节　智能技术

在物联网时代，无处不在的传感设备犹如无数双“锐眼”，将密密麻麻的装有电子标签的物品尽收眼底。物联网中央信息处理系统则通过高性能计算等技术，对整

个网络内的人员、设备、物品和基础设施运算、控制和管理。

物联网中的智能分为个体智能和空间智能两个层次:（1）个体智能对应的是嵌入式智能平台（Embedded Intelligent Platform, EIP）技术，空间智能层次对应的是智能空间（Intelligent Space/iSpace/Smart Space）技术。

一、嵌入式智能平台技术

1. EIP 定义

嵌入式智能技术 EIP 是以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格的专用计算机系统。

2. 使用技术

EIP 融合了微处理器技术、超大规模集成电路（VISI）技术、嵌入式软件技术等全球最新科技产业的技术。

3. 应用情况

在通信、网络、金融、交通、视频、商业、军事装备、仪器仪表、制造业控制等方面。

4. 未来发展

未来几年内，EIP 将信息化、智能化、网络化三者完美结合的特性优势必将更加明显，发展空间必将进一步扩大。

二、智能空间技术

1. 智能空间技术定义

智能物联网中物物相连，构成一个立体的现实空间。智能空间技术为如何利用空间信息提供服务给出了解决办法。智能空间是“一个嵌入了计算、信息设备和多模态传感器的工作空间，其目的地是使用户能非常方便地在其中访问信息和获得计算机的服务来高效地进行单独工作和与他人的协同工作”。智能空间可以看成是物理世界和信息空间的融合，具备感知/观察、分析/推理、决策/执行三大基本功能。

2. 基本功能

（1）用户及携带的移动设备能方便地与智能空间进行交互;

（2）能自动捕获和动态监测其中发生的活动;

（3）能对发生的特定事件做出合理瓜并采取相应措施;

（4）对空间中的各种动态变化具有鲁棒性和适应性。

3. 基本用途

（1）用来维持正常运行的系统设备：获取现实物理世界中环境参数的设备（如传感器节点、送话器等）、基于输信息做出相应决策的执行器（如机器人等），等等。

（2）提供日常服务的用户设备：随时进行空间交互的无线移动设备（手机、掌上电脑等）、带有自适应性的智能设备（如生物传感器、智能机器人等），等等。

第六章 物联网主要应用

第一节 物联网应用概述

物联网是以感知为核心的物物互联的综合信息系统，是继计算机、互联网之后信息产业的第三次浪潮。物联网将无数的物品加装小巧、智能的传感器，用于动物、植物、机器等传感器与电子标签接口数量将大大超过手机数量。2011 年以后，内嵌芯片、传感器、无线射频的“智能物体”超过 1 万亿个，物联网将会发展成为一个上万亿为单位的大规模的高科技市场。

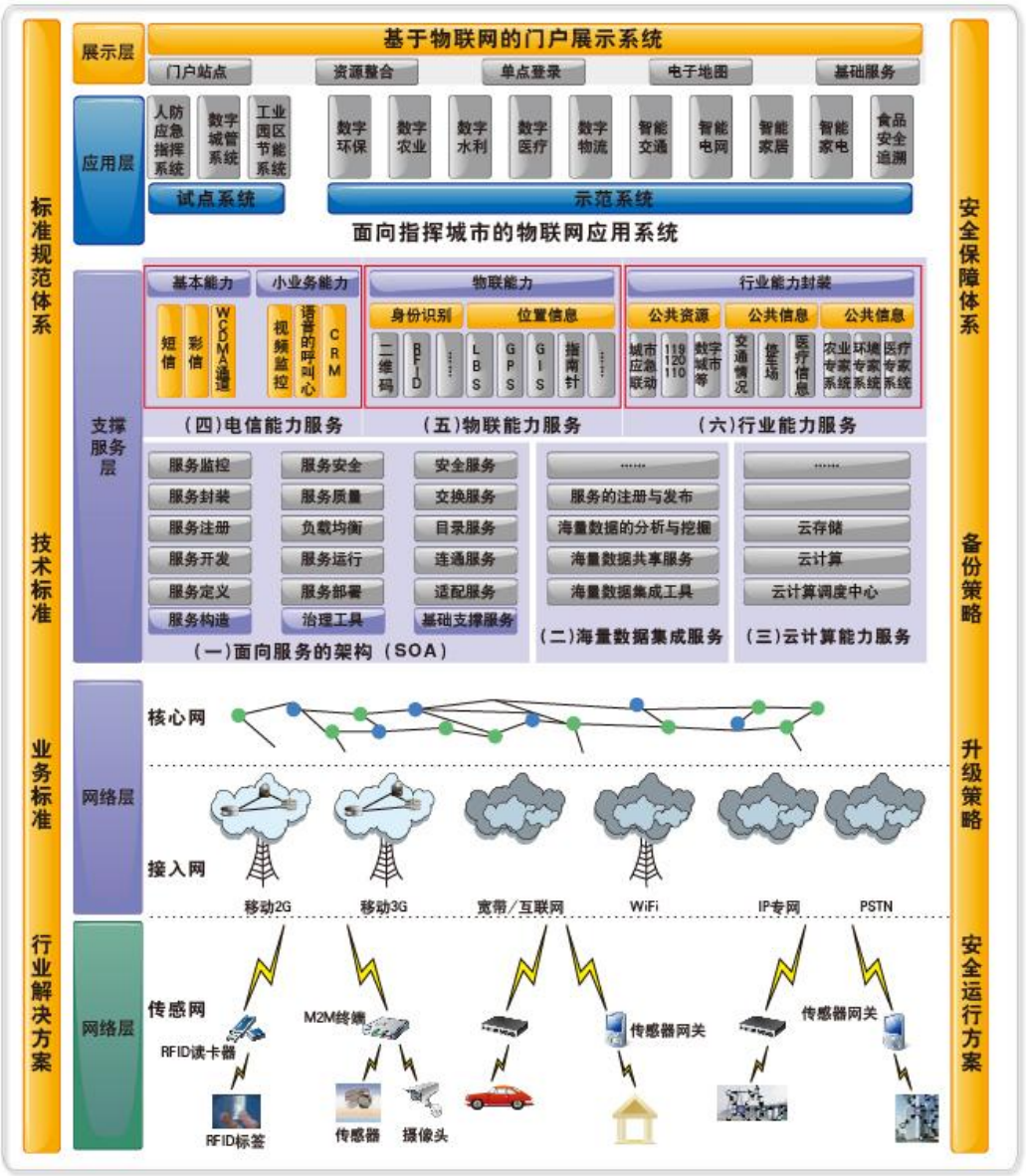


图 6-1　物联网技术与应用

图 6-2　物联网应用示例

第二节 智能电网

一、智能电网概念及引入

为了满足未来电网和能源的发展要求，国内外电力企业、研究机构和学者一直在对电网的发展模式进行思考和探索，并逐步提出了“智能电网”的概念。2001 年美国电力科学研究院提出了“Intelligrid（智能电力）”的概念，并对智能电网进行了研究。欧洲在 2005 年成立了 Smart Grids 欧洲技术论坛，对欧洲智能电网发展战略进行了研讨，并推出了《欧洲智能电网技术框架》。近年来我国也在关注国内外

智能电网方面的最新研究进展。2007 年 10 月，华东电网正式启动了智能电网可行性研究项目，计划建成具有自愈能力的智能电网。2009 年 5 月，国家电网公司正式对外公布了“坚强智能电网”计划：2009-2010 年重点开展智能电网的发展战略和投资规划；2010-2015 年全面建设并初步形成电网运行控制和互动服务体系；2016-2020 年全面建成坚强的智能电网，由此正式拉开了中国坚强智能电网研究与建设的序幕。

智能电网通过在物理电网中引入先进的传感技术、通信技术、计算机技术、自动控制技术和其他信息技术，将发电厂、高压输电网、中低压配电网、用户等传统电网中层级清晰的个体无缝地整合在一起，使用新一代的智能控制系统和决策支持系统，实现电力流、信息流的受控双向流动。使用户之间、用户与电网公司之间实时交换数据，大大提升电网运行可行性和综合效率。智能电网本质上是信息通信技术与传统电网的“融合”，可以极大地提升电网的信息感知、信息互联和智能控制能力。

二、智能电网特点

目前，国内外对下一代电网的认识以及普遍希望它具有的特性有:

（1）需要具有自愈能力。可以在故障发生后的短时间内及时发现，并自动隔离故障，防止电网大规模崩溃，这是智能电网最重要的特征。自愈电网不断对电网设备的运行状态进行监控，发现不正常信号后及时进行纠正和控制，以减少固设备故障导致的供电中断。

（2）具有高可靠性。一方面需要提高电网内关键设备的制造水平和工艺，提高设备质量，延长使用寿命；另一方面随着通信、计算机技术的发展，需要对设备的实时状态进行监测，以便及早发现事故隐患。

（3）资产优化管理。智能电网采用数字化处理手段达到对设备的信息化管理，从而延长设备的正常运行时间，提高设备的资源利用效率。

（4）经济高效。电力系统投资巨大，智能电网可以提高电网运行效率，减小输电损耗，提高能源利用效率。

（5）与用户友好互动。用户可以实时了解电价状况和计划停电信息，以合理安排电器使用；电力公司也可以获取用户的详细用电信息，以提供更多的增值服务。

（6）兼容大量分布式电源的“即插即用”。太阳能电池板、储能设备、小型

发电设备广泛

三、面向智能电网应用的物联网架构

面向智能电网应用的物联网结构主要分为感知层、网络层和应用处理层。感知层主要通过各种电力系统状态传感器，如电压、电流、功率传感器、温度传感器、身份标签等传感器及其组建的无线传感网络等技术，采集从发电、输电、配电侧到用电侧的各类设备上的运行状态信息。网络层以电力光纤网为主，辅以电力线载波通信网、无线宽带网，实现感知层各类电力系统信息的广域或局部范围内的信息传输。应用处理层主要采用智能计算、模式识别等技术实现电网信息的综合分析和处理，实现智能化的决策、控制，并提供智能化服务，有效整合通信基础设备资源和电力系统基础设备资源，使信息通信基础设备资源服务于电力系统运行，提高电力系统的信息化水平，改善现有电力系统基础设施的利用效率。

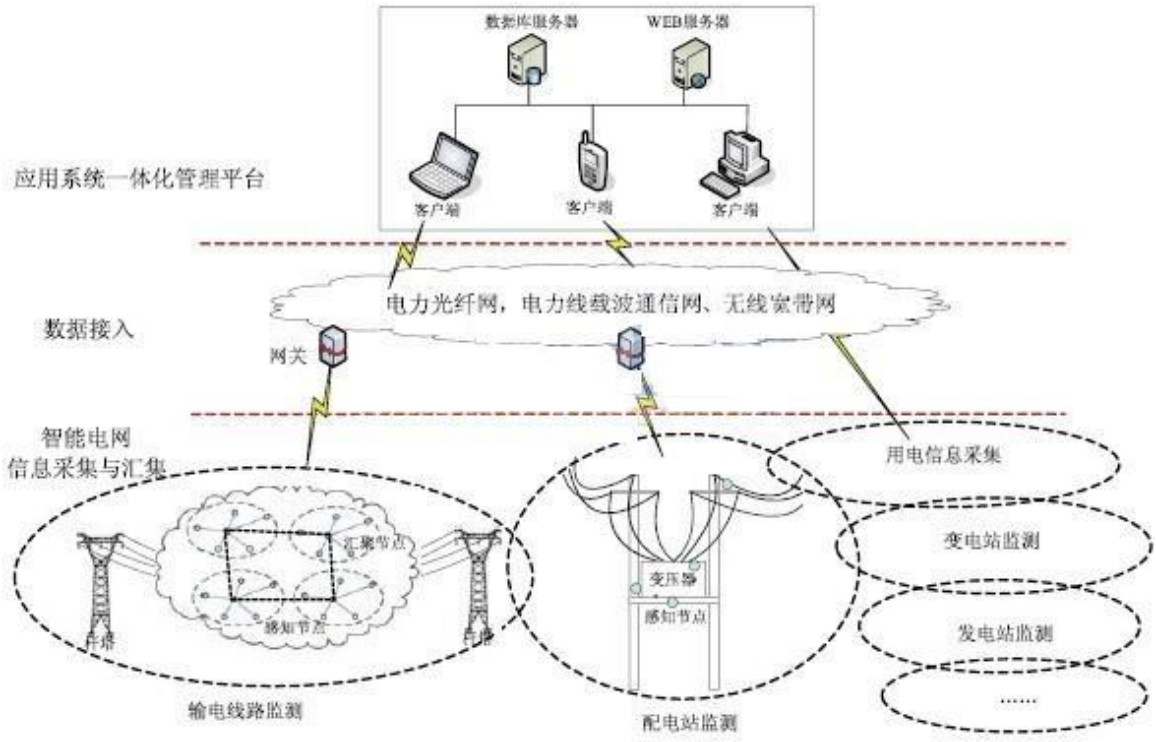


图 6-3　面向智能电网应用的物联网架构

物联网技术能够广泛应用在智能电网的各个环节，有效地为电网中发电、输电、变电、配电、用电等环节提供强有力的技术支撑，并且可以全方位提高智能电网各个环节的信息感知深度和广度，为实现电力系统的通知化以及对信息流、业务量、电力流提供可靠支持。在发电领域，物联网可用于机组监控、分布式电厂监控、能耗监控、电源接入等。物联网在输电线路监控、杆塔防护、智能变电站、配电自动

化、状态监测、作业与设备管理等方面也有广泛的应用需求。智能表计及高级量测、智能用电、多网融合、电动汽车及充电、能效监测与管理、电力需求侧管理等方面更是智能电网中物联网应用的主要场合。

四、智能电网中的物联网技术

智能电网技术涵盖发电、输电、调度、变电、配电、用电等众多基础环节，而物联网技术由于其先进的信息采集与信息交互方式，在智能电网中将大量用于信息采集、状态监测、回馈控制等方面，如设备线路运行状态检测、电能配给及质量控制、变电站信息采集等。

（一）智能电网的信息感知

1. 电流/电压/功率传感器：用于获取输电线路的输电电压、电流和功率等电能参数，是电网监测系统中最重要的组成部分，通常采用非接触式测量，这种方式尤其适用于高压且不易改变线路拓朴的长距离输电场合。其中，霍尔电流、电压传感器是常用传感器件，具有精度高、线性好、响应快、过载能力强和不损失测量电路能量的优点。

2. 用电高级测量传感器：主要有智能电表、智能插座和各种嵌入在电器内的耗电传感器等。

3. 电力设备温度检测传感器：主要使用红外测测、光纤测温等传感器，以测量变电站电缆、闸刀触点等温度。

4. 输电线路状态检测传感器：用于监视输电线路设备积污、输电线摆幅、覆冰等状态，预防污闪、风偏、放电、线路压断等线路事故。

5. 变电站运行感知：主要采用光学电压互感器测量所测的电压值、UHF 放电检则传感器进行局部放电检则，等等。

（二）智能电网的信息传输

我国已经建成了三纵四横的主干通信网络，形成了以光纤通信为主，微波、载波等多种通信方式并存的电力通信网络格局。无线传感技术也得到了一定的应用，如基于无线传感网络的输电线路在线监测系统、无线数字测温系统等。

（三）智能电网的信息处理

主要采用信息聚合技术、智能调度技术作为智能电网信息处理的两大手段:（1）信息聚合技术是在传输数据的同时对数据进行处理，传输与融合并行；（2）智能调

度主要是用来实现电能生产与消耗之间平衡的一种手段,将电能分配到需要的地方。

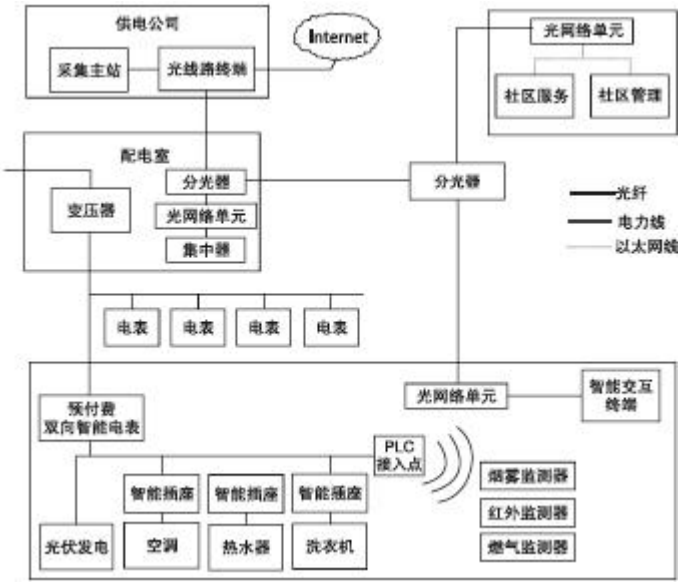


图 6-4　智能电网采集与传输

第三节 智能交通

一、智能交通 ITS

面对交通运输系统带来的拥堵、能耗、污染以及安全等问题，世界各国政府与交通专家均研究解决复杂交通运输问题。20 世纪 90 年代提出了智能交通系统 ITS（Intelligent Transportation System），并于 1994 年在巴黎举行了第一届 ITS 世界大会。2007 年 10 月 9-13 日，第十四届智能交通世界大会在北京展览馆举行。大会展示了中国多年来各部门、各地区在 ITS 领域所取得的成就，并加强了中国在 ITS 领域的对外交流。

物联网技术智能交通是交通管理与物联网系统相结合的产物,它将先进的传感、通信、数据处理等物联网技术，应用于交通运输领域，以构建一个安全、畅通和环保的交通运输系统。其中包括交通管理、交通诱导和出行信息服务、智能道路收费、公共交通管理和智能汽车等多个方面的应用。智能交通系统目前世界上应用最为广泛的地区是日本，如日本的 VICS 系统相当完毕和成熟，其次美国、欧洲等地区也普遍应用。我国也进行了智能交通系统建设，北京、上海、广东等地也已广泛使用。

智能交通包含的子系统大体可分为几个方面:（1）车辆控制系统: 指辅助驾驶员驾驶汽车或替代驾驶员自动驾驶汽车的系统。该系统通过安装在汽车前部和旁侧的雷达或红外探测仪，可以准确地判断车与障碍物之间的距离，遇紧急情况，车载

电脑能及时发出警报或自动刹车避让，并根据路况自己调节行车速度，人称“智能汽车”。目前，美国已有 3000 多家公司从事高智能汽车的研制，已推出自动恒速控制器、红外智能导航仪等高科技产品。(2) 交通监控系统：该系统类似于机场的航空控制器，它将在道路、车辆和驾驶员之间建立快速通讯联系，哪里发生了交通事故、哪里交通拥挤、哪条路最为畅通，该系统会以最快的速度提供给驾驶员和交通管理人员。(3) 运营车辆高度管理系统：该系统通过汽车的车载电脑、高度管理中心计算机与全球定位系统卫星联网，实现驾驶员与调度管理中心之间的双向通讯，来提供商业车辆、公共汽车和出租汽车的运营效率。该系统通讯能力极强，可以对全国乃至更大范围内的车辆实施控制。目前，行驶在法国巴黎大街上的 20 辆公共汽车和英国伦敦的约 2500 辆出租汽车已经在接受卫星的指挥。(4) 旅行信息系统：是专为外出旅行人员及时提供各种交通信息的系统。该系统提供信息的媒介是多种多样的，如电脑、电视、电话、路标、无线电、车内显示屏等，任何一种方式都可以。无论你是在办公室、大街上、家中、汽车上，都能从信息系统中获得所需要的信息。

智能交通系统是一个复杂的综合性的系统，从系统组成的角度可分成以下一些子系统：(1) 先进的交通信息服务系统(ATIS)；(2) 先进的交通管理系统(ATMS)；(3) 先进的公共交通系统(APTS)；(4) 先进的车辆控制系统(AVCS)；(5) 货运管理系统；(6) 电子收费系统(ETC)；(7) 紧急救援系统(EMS)。

我国政府已经将智能交通作为中国未来交通发展的重要方向，加大对智能交通系统的投资力度。据统计，2007-2012 年中国智能交通系统建设投资的年均复合增长率将超过 20%，预计未来 3 年我国智能交通系统行业的投入将达到 1500 亿元。

图 6-5　ITS 发展路径

图 6-6　中国智能交通系统

二、智能交通中的物联网技术

智能交通中的物联网技术具有典型的物联网三层架构，由感知层、网络层和应用层组成。其中感知层主要实现交通流信息的采集、车辆识别和定位等功能；网络层主要实现交通信息的传输，一般包括接入层和核心层；应用层中的数据处理层主要实现网络层与各类交通应用服务间的接口和能力调用，包括对交通流数据进行清洗和数据融合以及与 GIS 系统的协同等。应用层既包括局部区域的独立应用（如车辆智能控制服务待），又包括大范围的应用（如不停车收费等）。

（一）交通信息采集

实时、准确地获取交通信息是实现智能交通的依据和基础。交通信息包括静态信息和动态信息两类，静态交通信息主要是基础地理信息、道路交通信息（如路网分布）、停车场信息、交通管理设施信息、交通管制信息以及车辆、出行者等出行统计信息。静态信息的采集可以通过调研或测量来获取。而动态通信信息包括时间和空间上不断变化的交通流信息，主要包括车辆位置和标识、停车位状态、交通网络状态（如行程时间、交通流量、速度）等。

交通信息感知通过多种传感器（网）及其延伸技术来实现，如 RFID、二维码、定位、地理信息系统等，实现车辆、道路和出行者等多方面交通信息的感知，甚至

可以实现车辆标牌的自动感知与识别、车辆位置感知等一系列对交通系统的全面感知功能:

（1）基于固定传感器的交通流量采集: 主要有磁频感知技术、波频感知技术、视频感知技术等。

（2）基于卫星定位的交通流量采集: 主要基于美国 GPS、我国北斗定位系统。

（3）基于蜂窝网络的交通流量采集: 主要基于 GSM、WCDMA 等基于直接、间接方法进行采集。

（4）地理感知技术: 一般通过经纬度、时间等来表示。

（5）标识技术: 可采用远距离识别的超高频射频识别技术等来实现。

（二）智能交通信息传输

智能交通物联网的网络层通过泛在网的互联功能来实现感知信息的高可靠性、高安全性传输。互联网和移动通信网等公共通信网络是智能交通物联网的核心网络，主要通过面向车路通信的短程通信技术、面向车车通信的车载网络技术。

1. 专用短程通信 DSRC

车路通信主要依靠专用短程通信实现，专用短程通信的英文缩写为“DSRC”((Dedicated Short-Range Communication）是车辆与道路基础设施间通信而设计的一种专用无线通信技术，是针对固定于车道或路侧的路侧单元与装载于移动车辆上的车载单元（电子标签）间通信接口规范。它通过信息的双向传输将车辆和道路基础设计连接成一个网络，车辆将运行数据提交到道路监测网络，作为动态交通信息上传到指挥中心，又通过指挥中心和附近车辆发布的信息获得驾驶安全、道路和停车场使用的状况实时数据，实现车与路的一体化，DSRC 支持点对对、点对多点通信，具有双向、高速、实时性强等特点，广泛应用于道路收费、车辆事故预警、车载出行信息服务、停车场收费等领域。

2. 移动自组织网络技术 MANET

车-车间无线通信主要是依赖于移动自组织网络技术（MANET，Mobile Ad Hoc Network)，它可以实现几十到几百米范围的车辆之间直接传递信息，也称为车-车间通信自组织网络（VANET，Vehicular Ad Hoc Network)。车辆通过无线接口自动检测通信范围内的车辆，并自动维护网络拓朴状态信息，可以动态地在多个车辆之间形成一个互通信息的网络。

（三）智能交通物联网接入技术

智能交通物联网接入技术主要有有线接入和无线接入两类，有线接入主要有光纤接入、铜线接入等，无线接由包括蜂窝移动通信网络（GSM 和 3G）或无线局域网技术 WLAN（Wireless Local Area Network）。

三、智能交通体系结构

图 6-7 给出了基于物联网技术的智能交通框架体系，由图中可知对各种信息进行处理之后数据可以保存在数据仓库中，可以由数据中心进行处理，并基于空间位置等多种技术进行动态分析，可以实时给出事故案例分析、监控预警等。图 6-8 则显示了基于物联网技术的智能交通自动检测车辆情景。

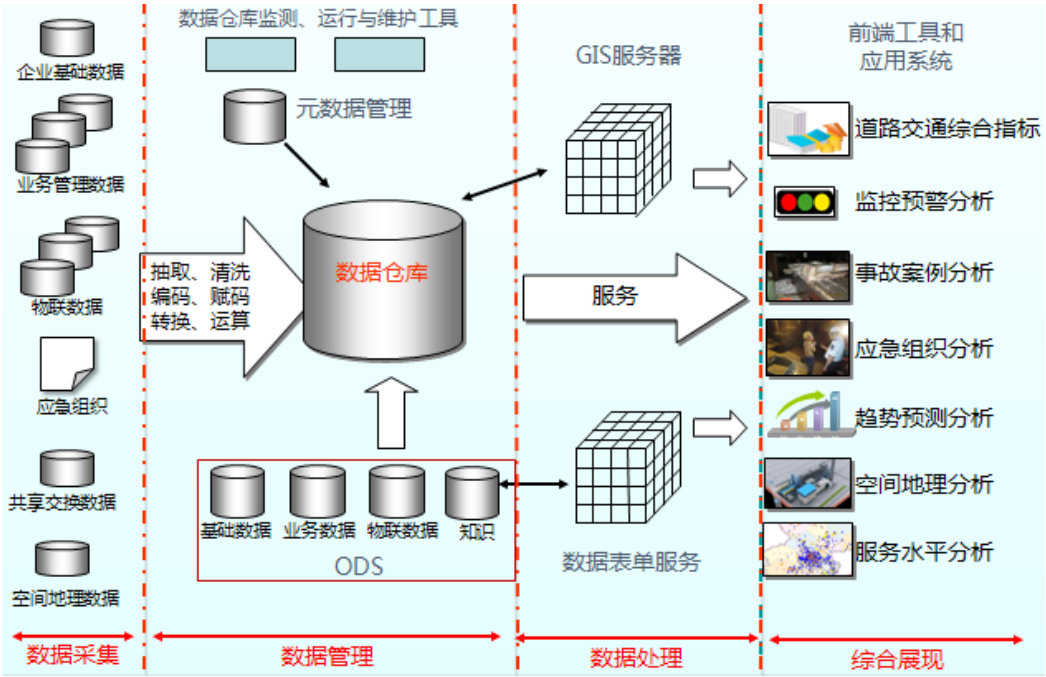


图 6-7　基于物联网技术的智能交通框架体系

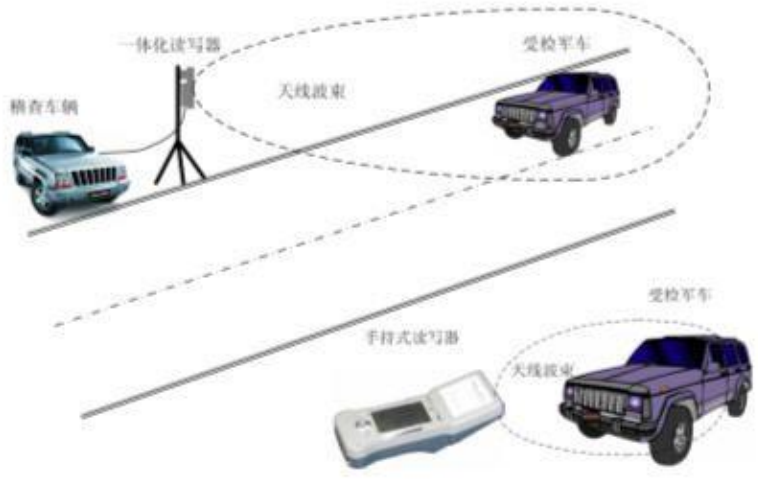


图 6-8　基于物联网技术的智能交通自动检测车辆的情景

图 6-9 给出了基于传感网络的交通信息检测系统结构，图 6-10 则展示了一个属于智能交通的智慧运输平台框架结构。

四、智能交通应用与未来

智能交通主要应用在城市公交交通（如杭州市的公交车智能调度，自动定位等）、高速公路（实时监控）、高铁（路侧及火车）、铁路（青藏线等）上，包括倒车雷达、倒车视频、测速雷达、车牌识别、电子狗、电子收费系统(ETC,Electronic Toll Collection）等均属于智能交通的范畴，甚至道路上的路况指示牌、信息牌信息也能通过手机获取(如保福寺桥至学院桥畅通)。图 6-11 给出了智能交通的应用情况，图 6-12 给出了 ETC 收费场景图，图 6-13 则给出了 ETC 收费原理图。

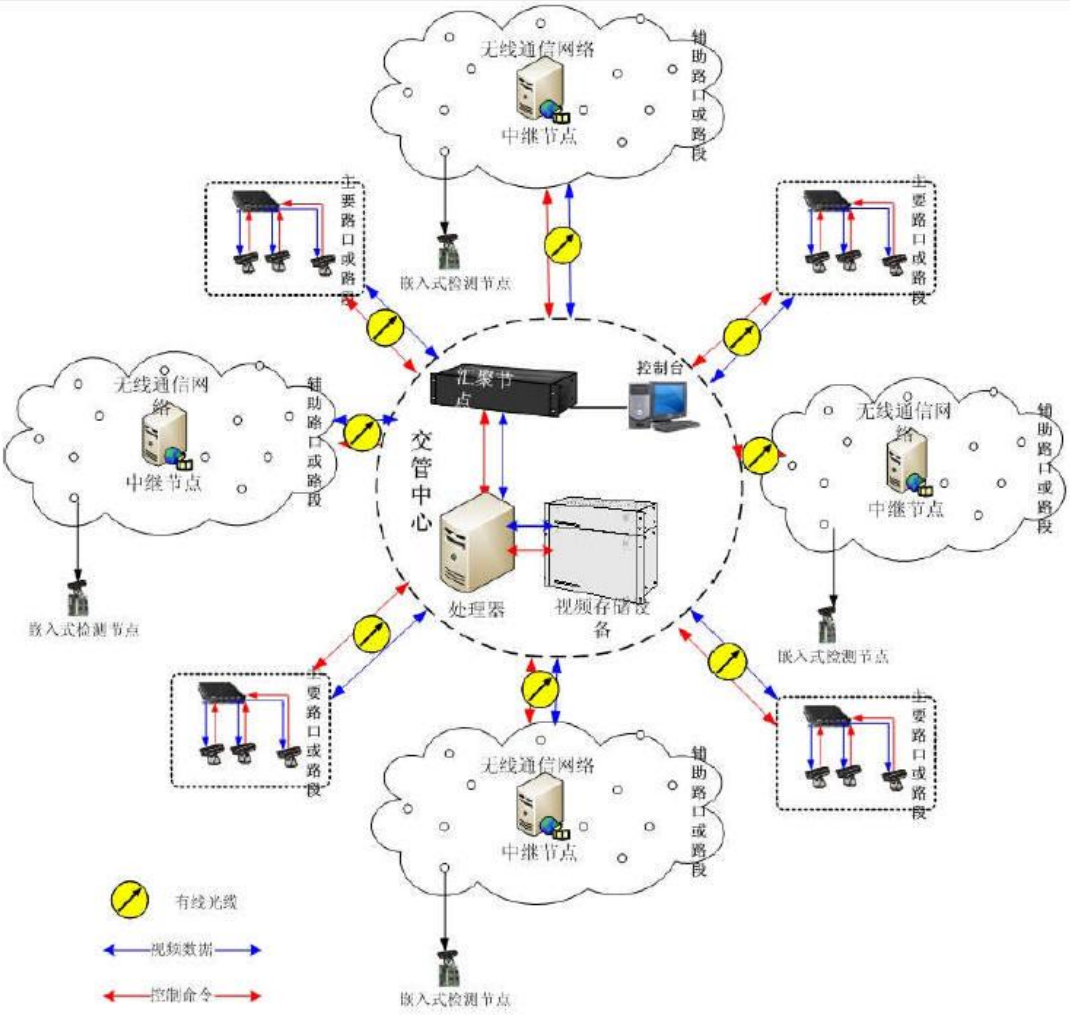


图 6-9　基于传感网络的交通信息检测系统结构

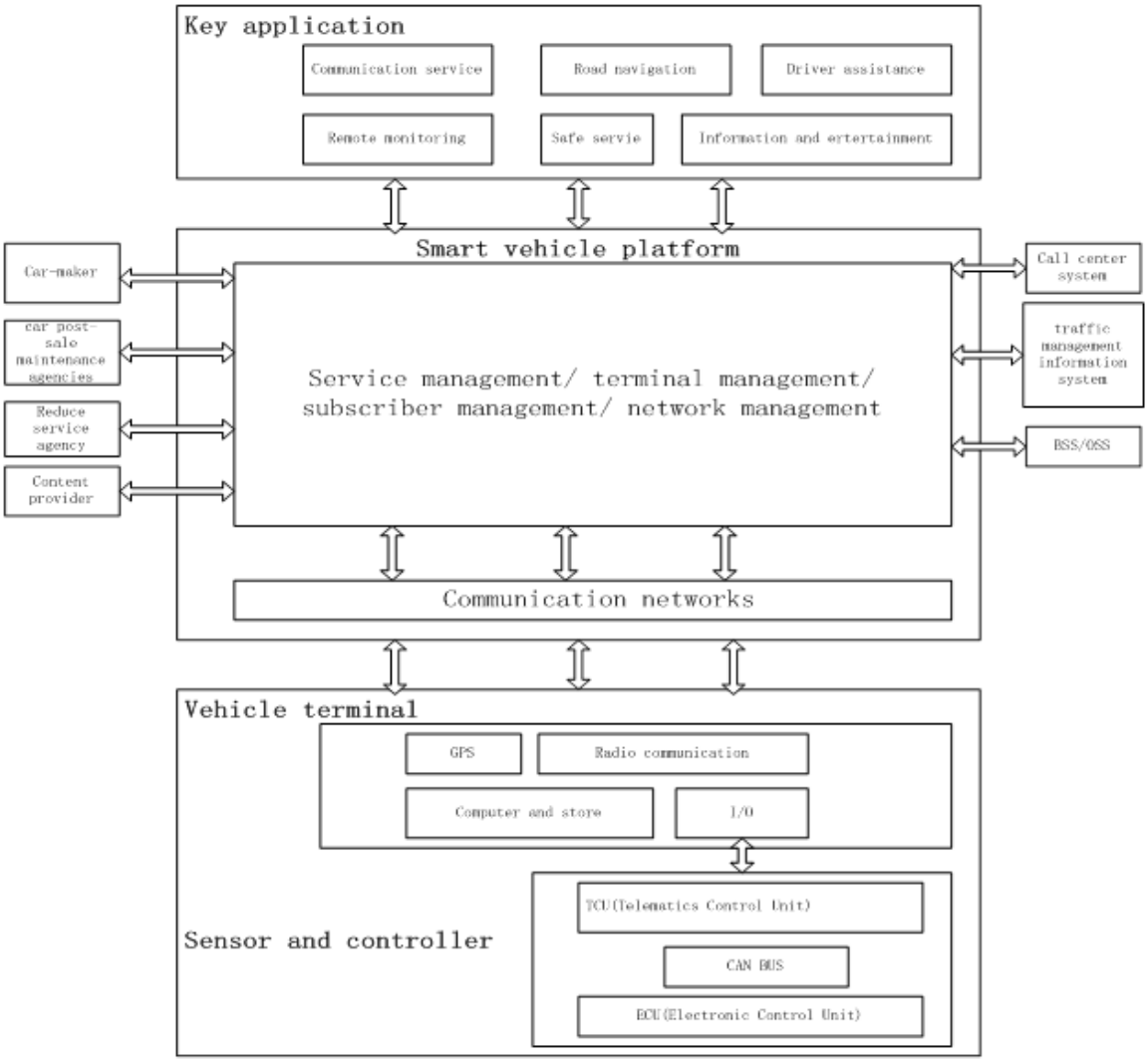


图 6-10　智慧运输平台结构

图 6-11　智能交通应用情况

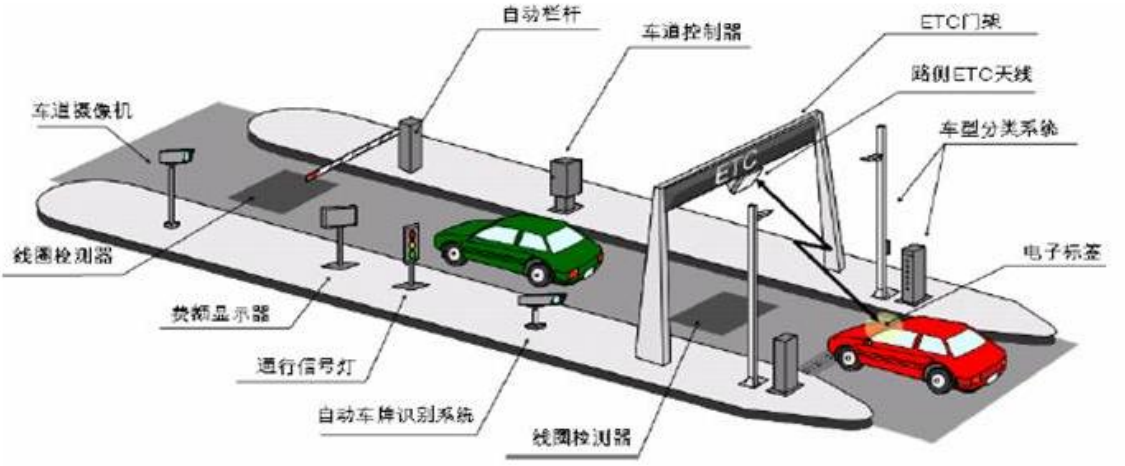


图 6-12　ETC 收费场景图

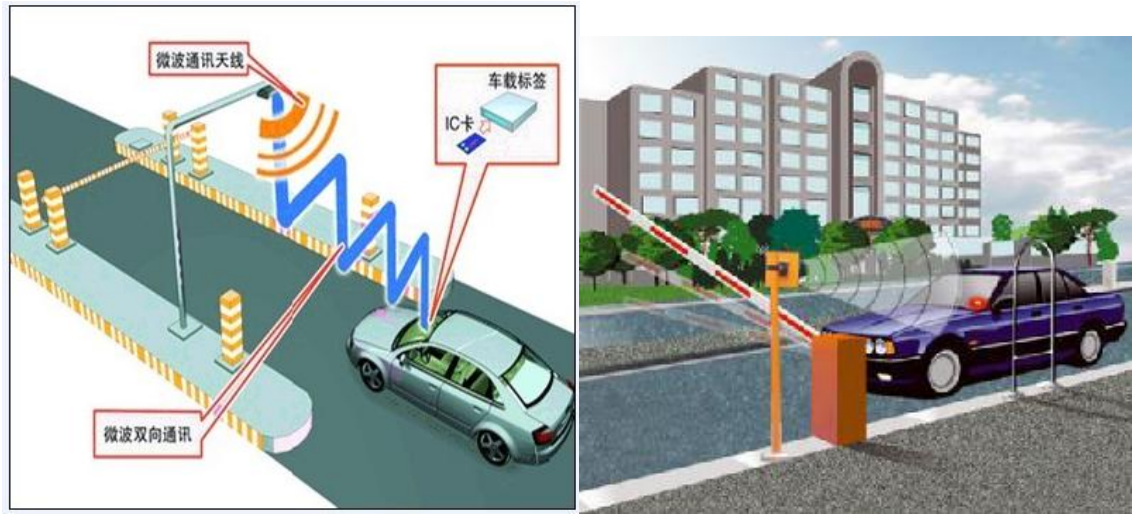


图 6-13　ETC 收费原理图

2012 年初，北京市投资 1 亿多元，启动了“极端天气条件下保障道路畅通物联网应用示范工程”，对道路、桥梁、气象等运用移动互联网、基于位置的服务、视频识别等智能技术开展动态感知试点。

2011 年 8 月 24 日，北京市交通委发布未来 5 年北京交通信息化发展目标。“十二五”期间，北京市规模投资 56 亿元提升智能交通。市民将可通过网站、热线、手机、车载导航等多种形式，实时掌握路况信息，提前安排出行。同时自行车租赁也有望实现网络化服务。2012 年北京市政府印发“智慧北京行动纲要” 到 2015 年将实现八大行动计划，建立动态感知信息网络，对市的公交地铁将实现视频全覆盖。

各省均将智能交通划入未来发展计划。

第四节 智慧物流

一、智慧物流架构

物联网技术已经贯穿至物流行业全过程的每一个环节，涉及节点原材料、仓库、工厂、分拣仓库、批发、零售、消费者等。货物从材料到加工、库存、运输、客户等均可以实时跟踪监控，包括货物的状态、数量等均可以随时掌握。

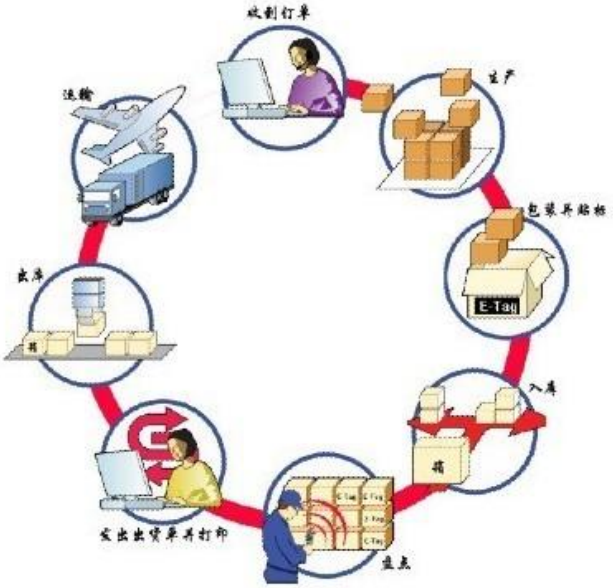


图 6-14　智能物流环节

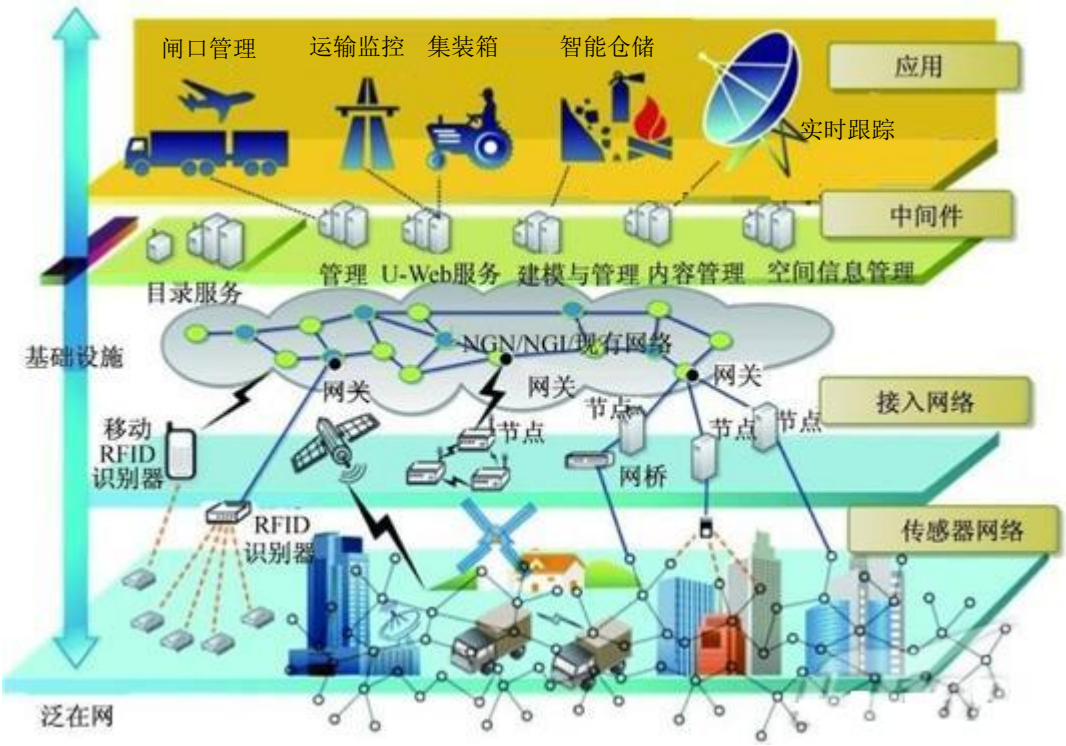
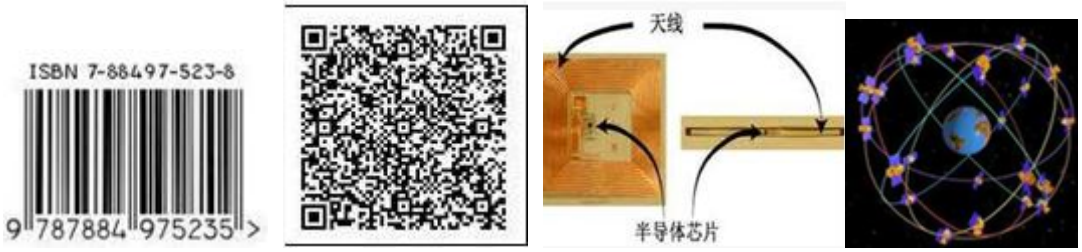


图 6-15　智慧物流系统架构

智慧物流实际就是物联网技术在物流业的应用，主要包括 RFID 技术、传感器网络技术、GPS 定位服务、移动通信和支计算技术等物联网新技术的应用。图 6-15 给出了按基于物联网构建的智能物流的系统架构。

二、智慧物流的信息感知

智慧物流的信息感知使用多种技术，主要有条形码识别技术、射频识别技术、定位与跟踪技术、集装箱识别技术、电子铅封技术、船舶自动识别技术等。



(a) 一维条形码　(b)二维条形码　(c) RFID　(d)GPS

(e)集装箱识别　(f)电子铅封　(g) 船舶自动识别技术

图 6-16　智慧物流信息感知技术

三、智慧物流的数据通信

基于物联网技术的物流信息网络一般仍然采用传统骨干互联网或移动通信网，也会采用强度较高的数字安全机制，亦可定制专网来实现更好的服务质量。主要采用数字集群通信技术、宽带无线接入技术、无线移动通信技术。

四、智慧物流的处理与应用

智慧物流中的各种物流信息通过感知和传输，最终汇集到统一的物流信息中心进行跨整个物流链的信息处理，可以提供一系列的应用与服务，主要有物流公共信息服务、电子数据交换（EDI，Electronic Data Interchanage）、堆场智能调度、闸口自动化、配送分析等。目前国内应用较为有名的有上海大通关电子平台、中铁快运供给信息共享平台、宁波第四方物流平台等，以及汽车零件生产踊跃管理等。

图 6-17　智慧物流分拣、核对环节

图 6-18　国际机场物流自动分拣

图 6-19　汽车零配件生产

五、智慧物流的未来发展

预计在未来10-20年内，我国RFID产业中>50%将是物联网在物流产业中形成的，那时GPS、GIS、自动化仓库、智能集装箱等多种物联网技术将大规模应用在物流领域。预计到2015年，智慧物流领域物联网产业市场规模将达到300亿元，2016-2020年期间的智慧物流领域物联网产业规模将达到800亿元左右。

图 6-20　物联网在物流方面的国内应用

第五节 智慧医疗

智慧医疗是将物联网技术与医疗卫生领域需求融合的产物，旨在通过先进的感知技术实现医疗信息的准确、综合、实时感知，通过便捷的、全方位的通信技术（有线、无线等，室内可以使用Wi-Fi等）实现医疗系统的互联互通，通过高效的数据处理技术实现医疗信息全面的、科学的分析，从而提升医疗服务信息化水平。

智慧医疗可以对医院、医生、患者、病历、药品、手术器械、医疗仪器等进行全方位、实时的跟踪监测与查询、分析，从而实现全流程的精确性跟踪管理。可以实现生命体征监测、医疗设备及人员的实时定位、跌倒检测、药品防伪、血液管理、医疗垃圾管理、远程医疗等。

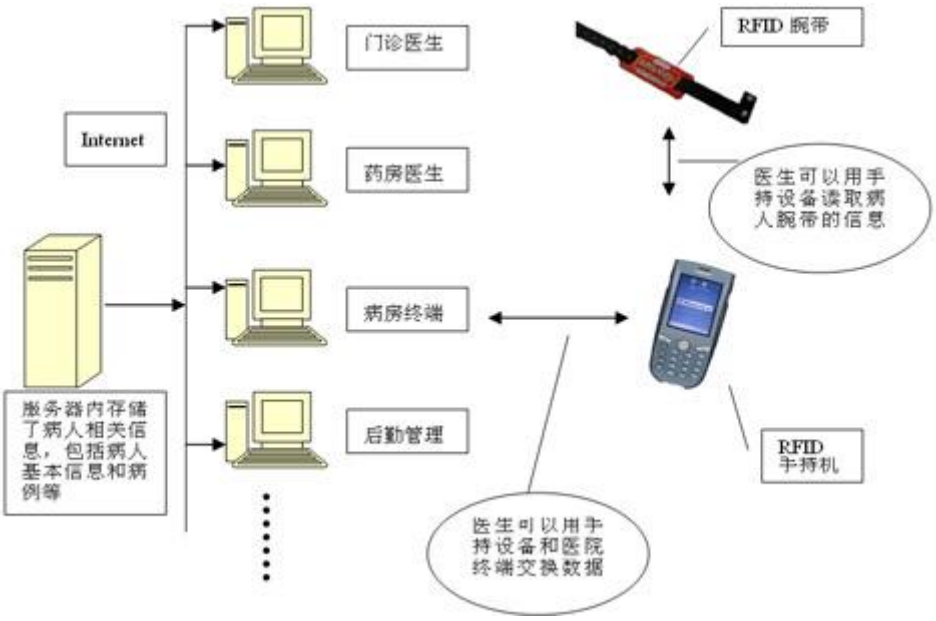


图 6-21　智慧医疗示意图

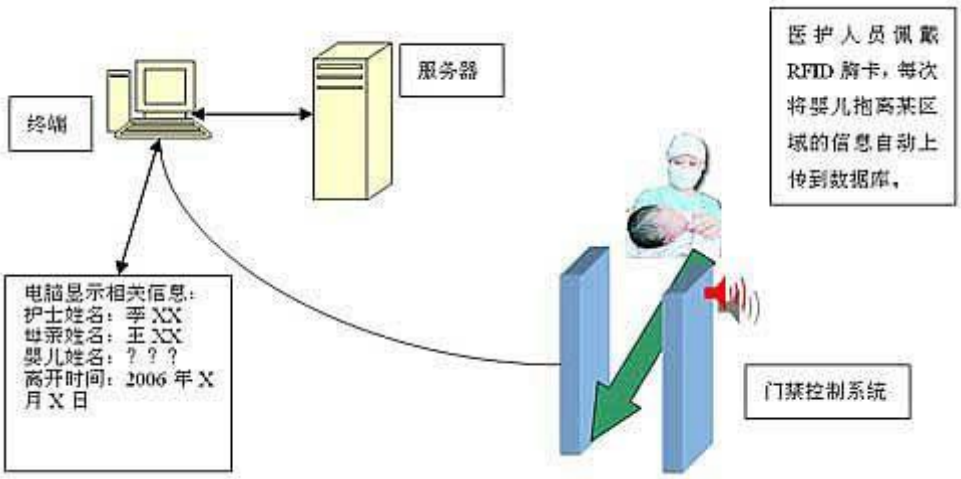


图 6-22　RFID 腕带应用在母婴识别示意图

第六节 智能家居

智能家居是将物联网技术应用在家庭中的典型案例，可以实现家庭中应用的诸多物体通过无线（ZigBee 等）、有线（光纤等）等多种形式构建局域网，并连接到广域网，实现全方位、全天侯的监测与管理。可通过网页、C/S、手机（iPhone、Andriod 等）、iPad 等随时对家里的设备进行操作，如加热或关闭热水器、打开或关闭电饭煲、打开或关闭空调等，并且可以随时查看水温、饭状态、老人的血压、室内温度、自来水水质、计算机状态、煤气情况、空间质量等。图 6-23 给出了智能家居的示意图。

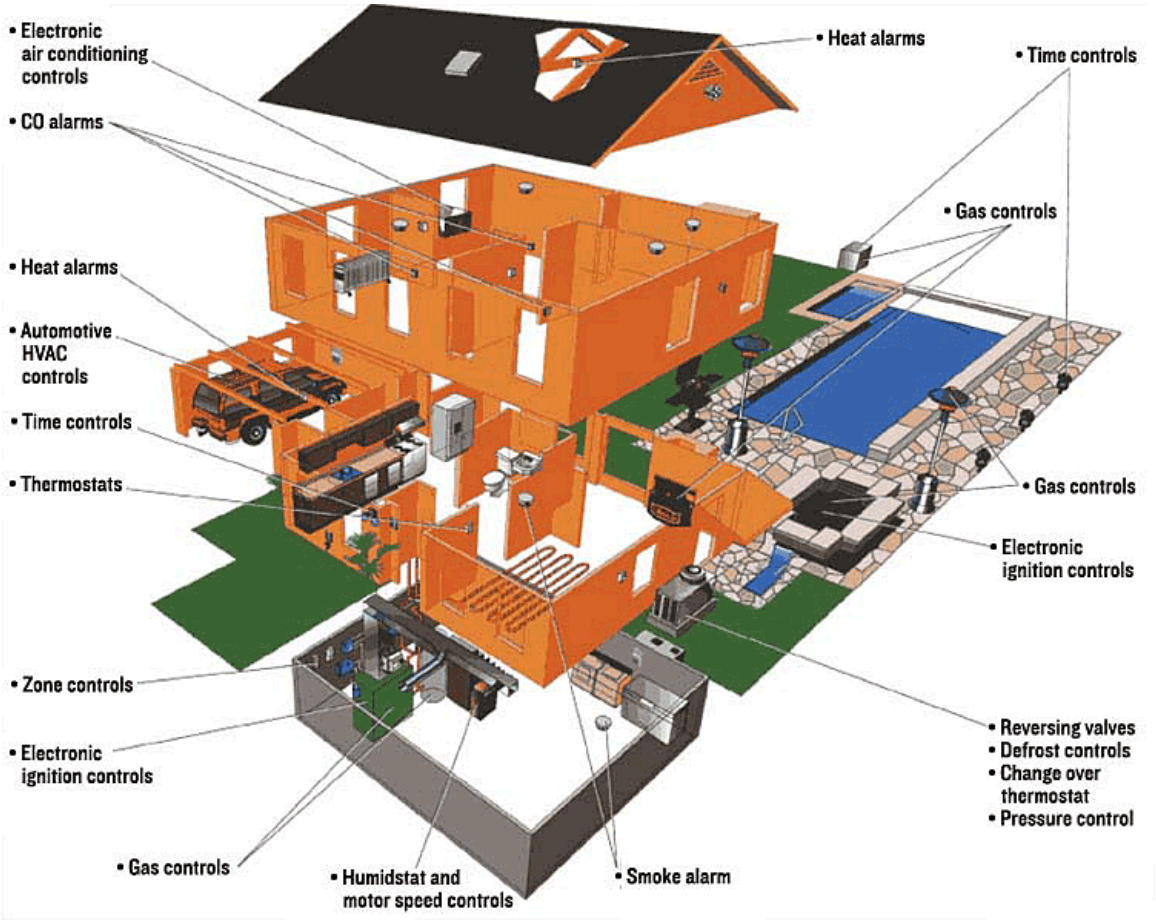


图 6-23　智能家居示意图

图 6-24　中国移动宜居通首页

目前，国内外很多大公司均推出了各种智能家居解决方案。中国移动等公司也推出了相应产品（如图 6-24 所示）。宜居通是中国移动推出的采用 TD-SCDMA 无线通信技术和物联网技术带来的家庭信息化新产品，在现有 TD 无线座机基础上，通过接

入无线传感设备，采集处理各类环境信息，经由无线网络传递，方便用户实时监控与管理。宜居通在具备 TD 无线移动座机功能之余，更从安防预警、家电远程控制等方面全方位优化生活方式和居住环境，满足用户对智能家居现代生活的需求。

第七节 食品安全

可以将物联网技术应用到食品安全管理中。建设食品安全追溯信息平台，实现对婴幼儿配方奶粉、原料乳粉和畜禽、水产品等重点食品从养殖、收购、加工、储运到销售的全程追溯；在大型食品批发市场、商场、超市和互联网公共服务平台上提供食品信息查询验证。

从 2010 年开始，商务部在大连、上海等 20 个城市开展肉菜流通追溯体系试点。今后将逐步扩大覆盖面，分期分批向其他城市推广，力争在“十二五”末覆盖全国百万人口以上的城市。

2012 年初，北京市启动了“放心肉”工程。今后市民持购买猪肉时打印的标签条码，就可以追踪这块猪肉从进场屠杀到上市零售的全程。目前，该工程将先在家乐福、京客隆的 64 家门店试点，两年内将覆盖全市的屠宰企业、批发市场和超市门店，并逐步覆盖社区菜市场。北京市计划近期启用餐馆食材电子监管系统，并在大型餐饮企业试点，逐步推广至全市 6.3 万家餐饮机构。所有餐馆饭让采购的葱姜蒜、肉类、果蔬等都将通过互联网在线电子平台进行登记。届时，包括生产、流通、购入、票据等信息实时传输至市卫生监督所的电子信息系统中，一旦出现食品安全事故，将可在此平台追溯食材源头。

第八节 智能城市

2012 年 2 月，北京市东城区表示，历时 5 年建设覆盖全区的图像信息管理系统已全面建成，2013 处图像采集点遍及繁华商场、中小学周边，实现了管理监控平台、共享交换平台和 17 个街道派出所视频监控平台关联互通。目前，首都中心区范围内共建成图像采集点 305 处，所有图像信息全部实现 24 小时监控，保证 15 天的存储时效。

2012 年上半年，丰台区使用液化石油气的 2100 户餐饮企业将试点强制安装燃气浓度报警器，防止因燃气泄漏造成火灾、爆炸事故。今后将在全市 7 万家餐饮企业推广（70%的在用钢瓶不合格，70%用户不知道谁在供气）

2012 年 3 月，《北京市市政市容“十二五”时期城市道路公共服务设施建设规划》发布，本市将对废物箱、交通类护栏、街牌、步行者导向牌、公交车站设施、报刊亭等 12 类道路公共设施都将通过实行电子编码管理，建立数据库，相关部门对设施的点位设置、点位变化、日常保洁维护情况等可以实时掌控，加强监管职责，实现设施统一、归口管理。

第九节 地质灾害

“地质灾害防治系统”采用专业群测群防信息终端采集监测数据，基于现代移动通信技术实现数据的可靠传递，通过专业行业软件对海量数据进行智能分析处理，是一套集地质灾害预警、信息管理与决策支持服务于一体的智能化信息系统。

三峡库区秭归县在全国率先建成县级山洪地质灾害防治业务平台。该平台由 57 个自动气象站、电子显示屏、预警大喇叭、实景监测系统等组成。自动气象站每小时自动提供实时气象数据，传输至该县气象局综合气象业务服务平台。如遇特殊气象灾害，秭归县气象局专家组实施 24 小时全天候值守，及时发布山洪灾害预警，确保居民生命财产安全。

图 6-25 三峡库区建成首个县级山洪地质灾害气象保障网

图 6-26　地质灾害监测系统

图 6-27 中国移动地质灾害防治系统

2012 年上半年，神舟九号与天宫一号完成对接任务，成功返回地面。在轨期间不但进行了手动对接、分离等操作，还进行了在轨多种科学实验，尤其是可以在天宫与地面进行在线视频、发邮件等，还与当时正在进行 7000 米海试的“蛟龙号”（带有压力传感器、温度传感器、摄像机等，随时与海面、地面进行各类信息交互）互相发送信息。这些技术将为今后地质灾害相关监测与管理打下基础。

第七章 物联网在地质调查领域应用分析

第一节 应用可能性

一、政策可行性

国务院、发改委、各省市均不同程度地发布了关于推进物联网研究、应用的政策，并制定了近期、中期、长期的发展规划，并给予雄厚的资金支持、场地支持、乃至税收支持。王家耀院士、李德仁院士等在与中国地质调查局工作人员交流时均提到了物联网的应用，并得到了中国地质调查局相关信息专家的认可。故抛除安全性之外，从政策上是可行的。

二、技术可行性

RFID、MEMS、WSN、GPS、传感器等物联网相关技术及其产品趋于成熟，配套的各类软硬件也日益完善，数据传及交换协议也趋于标准化，故将这些成熟的软件、硬件产品有机地集成在一起，融入各类地质模型，研制出符合地质领域需求的物联网设备从技术是可行的。

2012 年 2 月 25 日，我国在西昌卫生发射中心用长征三号丙运载火箭成功将第十一颗北斗导航卫生送入太空预定转移轨道。今后我国还将陆续发射多颗北斗导航组网卫星。2012 年底，将形成覆盖亚太部分地区的服务能力。2020 年左右，将建成由 30 余颗卫星组成的北斗卫星导航系统，提供覆盖全球的高精度、高可靠的定位、导航和授时服务。届时，可以通过北斗实现高速的全球地质信息传输，并为地质物联网提供理想的通信手段。

三、经济可行性

物联网的应用及推广，关键在资金链上。随着物联网技术的不断成熟，应用不断增加，其产品价格会逐步降低。在地质领域应用物联网技术时，初始在资金不充足时，可以少投入一些，在后期资金充足且价格下降时，再多投入设备部署及软件应用。目前国家投入专项资金，大力推进地质调查工作，各省亦投入相应资金予以支持，故从经济上开展地质物联网应用是可行的。

四、应用可行性

为地质领域开发的物联网产品和其他领域的产品同样具有操作简单（甚至不用人工操作）、不需要专业培训即可使用或维护，且大部分是部署后独立运行、自动与管理中心进行交互，一般不需人为参与。只有少数应用需要专业技术人员操作。故从应用上是可行的。

第二节 地质领域应用物联网的意义

1. 有利于加强我国地质灾害实时监测和预防

我国有10多万处地质灾害点需监测预警，每年汛期只能通过“群测群防”方式动员数十万群众现场昼夜值守，耗费大量人力物力，漏报率高。近年来，我国在甘肃舟曲、云南怒江、福建、贵州等相继发生多起滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷以及汶川地震等地质灾害，福建紫金矿业、云南曲靖等尾矿溃坝，山西等省份煤矿因垮塌、透水或瓦斯引起的矿难，均给国家和人民生命财产造成了巨大损失。国家测量控制点、矿业权边界界桩、野外地质调查设备和车辆等丢失，岩芯、纸质等实物地质资料的管理不利，均给地质调查工作带来诸多不便和损失。虽然国家已经投入大量的人力、物力、财力，采用各种手段进行监测、预防和管理，但还存在时效性不强、准确度不够，难以达到理想效果的不足。若在各种事故易发区全面或重点布设位移计、伸缩仪、倾斜仪、水量计、压力仪、温度仪等传感装置及摄像头等设备，即采用物联网技术进行精确的实时监控，及时对相关数据进行分析，智能化地向防灾减灾应急指挥中心提出预测、预报和预警等决策分析结果，有效应对地质灾害的突发性、动态性、隐蔽性及非正常活动性，不延误救援最佳时机，将最大限度地减少或避免人员伤害和财产损失(包括2011年“到北京故宫去看海”的雨情均可通过在低洼处、易发生灾害点设立设置监测设备，可实时预警)。

2. 为我国地质调查工作提供信息技术支撑

在我国地质调查工作中，有计划、有步骤地在不同地区（尤其是交通不便和环境恶劣的地方）布设各类物联网设备(传感器、RFID、GPS、红外装置、摄像头等)，可以有效扩大地质调查的覆盖范围，提高地质调查信息的实时性和精确度，可形成从野外到室内、从地下到地上、由点到面、由局部到区域的动态调查，可以获得更为及时、准确可靠的地质信息，并可以通过三维或多维立体化展示，有利于我国的地质调查工作精细化管理，有利于提高为地质管理人员、专业工作人员、参与人员、

社会大众提供及时、准确、真实可信的公益性社会化服务质量。

为野外地质工作人员、车辆、各种地质装备、探测与测量仪器、钻孔、矿业权界桩、控制点、地质标志等配备具有GPS+RFID的电子标签，不但有利于工作上的准确定位、数据采集与传输，提高工作精度，而且还有利于保障人身及财产安全（如便于寻找和搜救）、资源合理配置。

在重点区域、地质体、危岩等依据需求布设密度不同的各类 GPS+RFID+传感器的监测设备，可以有效补充以往基于GPS设备精确度不够、实时性差等不足。亦可以将其应用到海洋溢油、海水水质、生态变化监测，以及海底热液硫化物勘探方面。

3. 有利于我国基础地质研究工作

在重要基础地质研究区、重点地质体上部署各类传感器、电子标签等，可以长期实时监测陆地或海洋的地应力变化、地壳扩张、构造失稳、岩溶裂隙、地面沉降、微地形、地震、生态变化等，为地质研究工作提供详实的基础性信息，采用不同的模型与算法对长序列信息进行分析、挖掘，可以得出更有说服力的成果。

4. 有利于改进我国地质调查工作社会化服务的工作模式

采用物联网实时、高效、动态的特性，可以为地质调查收集大量有价值的信息，对获得的各类实时性监测信息进行处理、深加工，再结合基础地理、地质、水文、环境等背景信息，采用相应的模型或算法分析，主动给出科学的分析及预测结果，提供高效的信息服务，有利于改进社会化服务模式和加强服务质量。

为每一段或一组岩芯、每一个地质资料（如成果报告、图件、光盘等）嵌入电子标签（被动式或主动式）的电子标签，通过固定或手持RFID检测仪，可以自动感知库存资料的状态、数量、位置等，能够大大提高地质资料管理和借阅的工作效率。

5. 有利于推进精细化的矿政管理

在我国重点矿山或重点资源地，有计划地布设各类传感器、GPS、RFID、摄像头等设备，通过有线和无线网络连接，对地下瓦斯、温度、巷道、开采情况、采空区、地下水、环境、生态、土地复垦、工人进出矿山等进行全方位的实时监测、监控，矿区或各级管理部门对采集的信息进行实时处理分析，将有利于矿山健康、有序开采，甚至可以对事故赔偿或骗赔提供科学依据，推动精细化的矿山日常管理和矿政管理，更进一步地推动国土资源“一张图”及**动态**监管。

第三节 地质领域应用物联网的初步效果

国土资源部、中国地质调查局一直以来特别关注应用最新的信息技术应用到土地、地质、海洋等领域，尤其是近些年与物联网相关技术的应用更是，主要体现在地质灾害、环境、地下水质监测等方面。图 7-1 给出了国土资源部与地质灾害相关信息网站，图 7-2 给出了中国地质调查局网站上的地质灾害版块。

中国地质调查局殷跃平总工主持发明了地质灾害配套监测预警仪器，在全国推广应用，使 2 万多处地质灾害隐患点实现了仪器监测自动预警，成功预警了数百起灾害，避免了近万人的伤亡。这些技术被国际滑坡协会评价为地质灾害监测预警技术研发的重大进展，在日本、加拿大和东南亚等推广应用。

图 7-1 国土资源部地质灾害预警相关内容

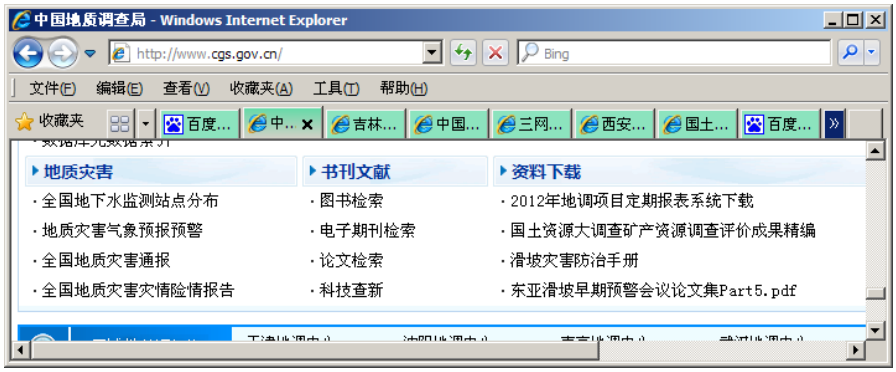


图 7-2 中国地质调查局网站上的地质灾害版块

图 7-3　中国移动地质灾害防治系统

中国地质调查局发展研究中心李超岭研究员主持开发了包括野外数字地质填图系统（RGMap）等的数字地质调查系统，并创新地开发了地质三维罗盘和野外数据采集为一体的野外数据采集器，可以运行在掌上机或笔记本上，通过互联网、蓝牙、卫星（租用北斗或国外 IP 卫星）等进行通信与连接，目前已在地质调查领域推广 5000 多套，填补了我国地质调查的野外数字地质填图的空白。

中国地震研究所自主研发了地震烈度传感器，基于 IPv6 接入形成地震监测传感器网络，大大提高了地震监测的准确度和实时性。为保证三峡库区及航道的安全与稳定，国家发改委批准了“三峡库区高切坡监测预警”等项目，布设了大量传感器、摄像头等，通过对 2792 个高切坡的监测和预警，发现 2 个高切坡险情，有效避免重大灾情发生。

中科院与新西兰等国家合作，基于传感器等技术研制成功一个用于监测海底稳定性的仪器，已布设于我国近海深钻中。中科院南海所曹文熙研究员领导的研究团队，经过多年努力研制了我国第一台海洋光学浮标，攻克了浮标数据采集和实时通信技术，可以通过卫星进行实时定位。

中国海洋研究所的“大洋一号”多年来一直进行海底矿产资源（如热液硫化物）的勘探，已完成了 7000 米海试的“蛟龙号”在海底采集了海底锰结核、生物等样品，标志着我国已具备可以到达全球 70%以上海底的能力，将有利于我国进军海洋矿产资源勘探与开发。孙九林院士等正在山西开展重点煤矿物联网应用试点，主要研究从矿山开采到环境污染、水资源影响、生态影响、土地复垦等全方位、一体化的监

控与管理。

吉林大学等高校自主研发的大型地质仪器远程监测系统、核磁共振水仪、大深度探矿仪、电磁式传感地震仪、光纤传感监测仪等多种找矿的地质仪器，幸免具有物联网特性，已逐步走出试验阶段投入生产，此外“千人计划”引进的黄大年教授还初步进行了移动地球探测平台建设。

第四节 地质领域物联网建设需求

在我国地质调查领域，目前还没有明确提出全面应用物联网的应用需求。在充分了解基础地质调查、水文地质、工程地质、地质信息化等方面的前提下，系统收集地下水位、地下水污染、地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷、地面塌陷、浅层地温能、滑坡、崩塌、地震、地壳运动、地壳位移、地质勘探、矿山开采、危机矿山、矿业权管理等方面对监测与管理需求。条件允许的情况下，计划到中国地质调查局、中国地质调查局发展研究中心或江苏省地质调查院进行实地调研,请教地质调查专家、地质信息化专家等。

到物联网相关企业了解技术的最新进展，以及产品的应用效果和在地质领域中应用的可能性、可行性。

在消化、吸收各类需求的情况下，将物联网技术有机融入地质领域，提出切实可行的地质领域对物联网的需求列表。

第五节 地质物联网的技术路线

一、构建技术路线

物联网不是现有技术的颠覆性革命，而是通过对现有技术的综合运用，在地质领域中应用物联网技术亦是如此。深入研究和掌握 RFID、WSN、GPS、红外感应器、Internet 与移动网络、网络服务、海量数据存储、高性能计算、数据交换、信息融合等核心技术，结合地质调查领域不断增长的相关需求，将这些技术与其他技术综合运用到地质工作需求中，形成一个完整的集成解决方案。

物联网系统作为一个庞大、复杂的综合信息系统，涉及的技术非常多，重点关注感知层（RFID、传感器为主）、网络层（WSN、近距离通信、无线网络）、应用层（全 IP 方式--IPv6、海量存储、云计算）中核心的关键技术，而应用以上关键技术支撑即可形成高效、精确服务于地质领域的智能地质（或智慧地质）。

感知层部署各类传感器（张力、水位、压力等各因传感器）、RFID 等感知设备，作为地质信息触角感知（采集）各类地质参数。

网络层可与感知层进行单向或双向通信，将感知层获取的各类地质信息通过网络（WSN、无线网络、近距离通信等）发送到地质信息存储与处理中心（可以是分中心，也可以是集中处理中心），亦可以向感知设备发送指令或信息。

应用层则是对通过网络层获取来的各类地质参数进行加工处理、查询、统计分析等重要层，可以借助 IPv6、海量存储（数据仓库等）、高性能计算（云计算等）等各种软件技术（中间件），开发地质应用组件、通用或专用的应用功能（甚至是智能分析），以满足不同的地质领域需求。

图 7-4　地质物联网总体技术框架

由于感知层、网络层、应用层等相关关键技术在前面相关章节中已经分别阐述过了，并且在物联网应用章节中展示了相关的应用，应用方法与前面不同领域中的应用方法大同小异，在此不再一一细述。

二、地质物联网的总体框架（初）

地质调查领域的物联网的总体架构（以下简称地质物联网）是参考物联网的基本体系结构进行构建的，亦由感知层、网络层和应用层三层组成，自下而上经过采集到传输、保存、处理、分析、应用等环节，可形成一个“**感、传、知、用**”的完整流程。

（1）感知（互动）层：本层由大量具有感知和识别功能的设备组成，是物联网的基础层及信息接口，主要用来感知和识别物体，采集并捕获地质调查相关信息。主要有地震烈度监测仪、滑坡监测仪、电子标签、地面沉降监测仪、尾矿环境污染监测仪、数字地质填图采集器、三维地质罗盘、航空探测、摄像头等，用来识别、

监测和管理地震（位置、烈度……）、钻孔（X、Y…）、界桩（X、Y、许可证号…）、危岩体（位置、高程、形态…）、地下水（流向、流速…）、岩芯(编号、岩性、项目名称…)等。

（2）网络（传输）层：是各种通信网络和互联网形成的融合网络，完成信息、数据与指令在感知层与应用层之间传递。它包括互联网、移动通信网、卫星网、广电网以及行业专用通信网（或局部独立应用网络）。各地正在构建立政府物联专网，未来也可能建立地质调查物联专网。建设初期，可以通过互联网、卫星网、政府专网，后期可以通过政府物联专网或地质物联专网进行数据传输。在技术成熟时，未来可以利用光网络构建地质物联专网。

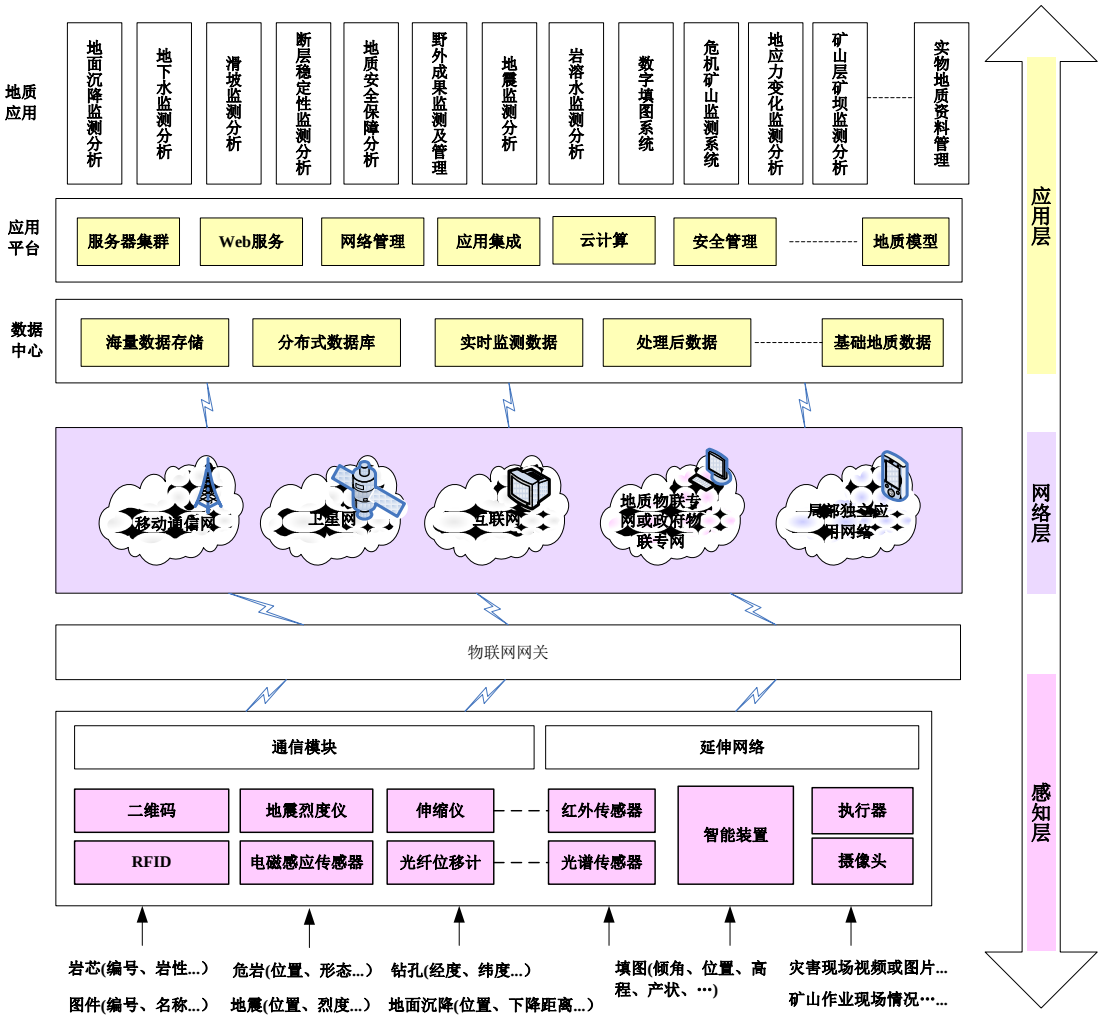


图 7-5　地质物联网总体架构（初）

（3）应用（服务）层：是指将物联网技术与地质行业专业需求相结合。细分为数据中心、应用（计算）平台、地质应用。

地质物联网数据中心：将感知层采集到的数据统一（实时或定时）发送到数据

中心保存。涉及操作系统、大型数据库、数据库自动管理、数据库集群、数据查询优化等。

地质物联网计算平台：对感知层传来的数据进行处理和分析，并开发满足各专业需求的业务模型，并形成地质调查中心、地质灾害应急指挥中心等。通过服务等技术手段构建开放式的数据集成与共享平台，能够与其他系统平台、物联网平台进行通信、集成。

地质应用：通过 Web 服务或 P2P 等访问地质物联网应用平台中（或其他系统、物联网）的地质模型、数据服务等，根据业务需要构建不同的智能系统，给出各类地质调查、灾害预警、决策分析结果等。可能的应用有地面沉降监测分析、地震监测分析、滑坡监测分析、地下水监测分析、断层稳定性监测分析、地质安全保障分析、野外成果监测及管理、动态数字填图系统、岩溶水监测分析、危机矿山监测系统、地应力变化监测分析、矿山实时监测分析、实物地质资料管理与应用等，以及资源储量动态计算、地质环境实时动态评价、矿业权动态审批等。

三、地质物联网的物理部署（初）

在山区、矿区等地部署的各类传感器（位移计、倾斜仪、伸缩仪、水量计等）和若干个无线接收器，在局部组成了一个无线局域网，无线接收器自动接收感知设备采集的数据，再通过物联网网关连接到 Internet 等网络上，再将数据发送到数据中心。采用 3G 的地质调查智能设备，可以直接连接到移动网络上，与数据中心和应用平台进行交互。某些使用 GPS 的设备则可以通过北斗等卫星发送数据。而摄像头（有线、无线）采集的数据可以通过互联网、专网等进行传输。地质仪器测量的数据，可以先统一解析到一个便捷式计算机上，再通过移动网络或互联网、地质物联专网等进行发送。而每一个智能节点也具备一定的分析能力，当发生超过基准值时，在发送数据的同时进行现场预警。但是大范围、综合性的分析则需要由计算平台对地质物联网数据中心内的实时数据进行深加工、统计分析，将结果返给使用者，同时也可以发送给能够接收信息的终端设备。调度和管理人员通过网络与智能终端进行通信，远程管理监测、分析、管理感知终端设备。为了减轻网络数据传输的压力，实时性要求高的可以实时测量、实时采集、实时传输、实时分析；时效性要求不高的，则可以进行定时（几分钟、几小时、几天、几星期等）采集与传输。

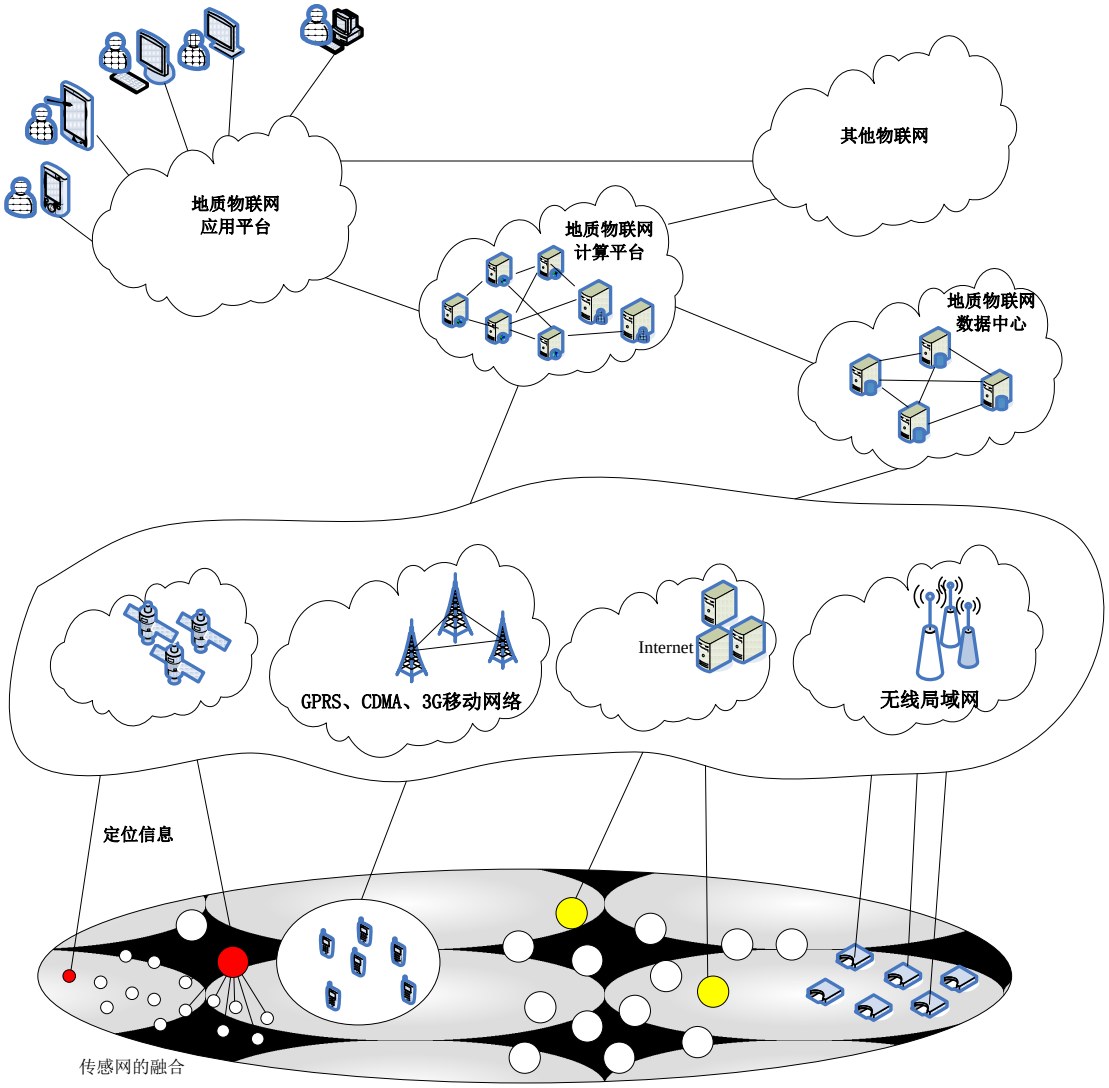


图 7-6　地质物联网物理部署（初）

四、地质物联网的连接假想图

图 7-7 给出了未来地质物联网连接假想图，它将以中国地质调查局为核心（可以考虑利用地质信息网格），西安、沈阳等六大区所为分节点，区下为省级节点，省级节点下再有市或数据汇聚点，再往下则为较小的数据汇聚点或实际的数据采集点（即叶子节点）。叶子节点为采用 RFID、传感器、GPS 等技术的野外数据采集设备，汇聚节点、市级节点、省级节点、大区节点、国家节点可以是一个机器或计算中心，而连接线则为实现通讯的各种网络（可以是无线传感网、无线网络、移动互联网、政府网、政府物联专网或未来的地质物联专网），形式上就构成了一个地质物联网。终端结点的数据采集可以通过无线、有线等网络发送数据，既可以由人工提取数据，也可以使用有人或无人驾驶飞机、汽车等近或远距离收集，亦可以通过租用卫星（如通过北斗卫星）完成数据传输。

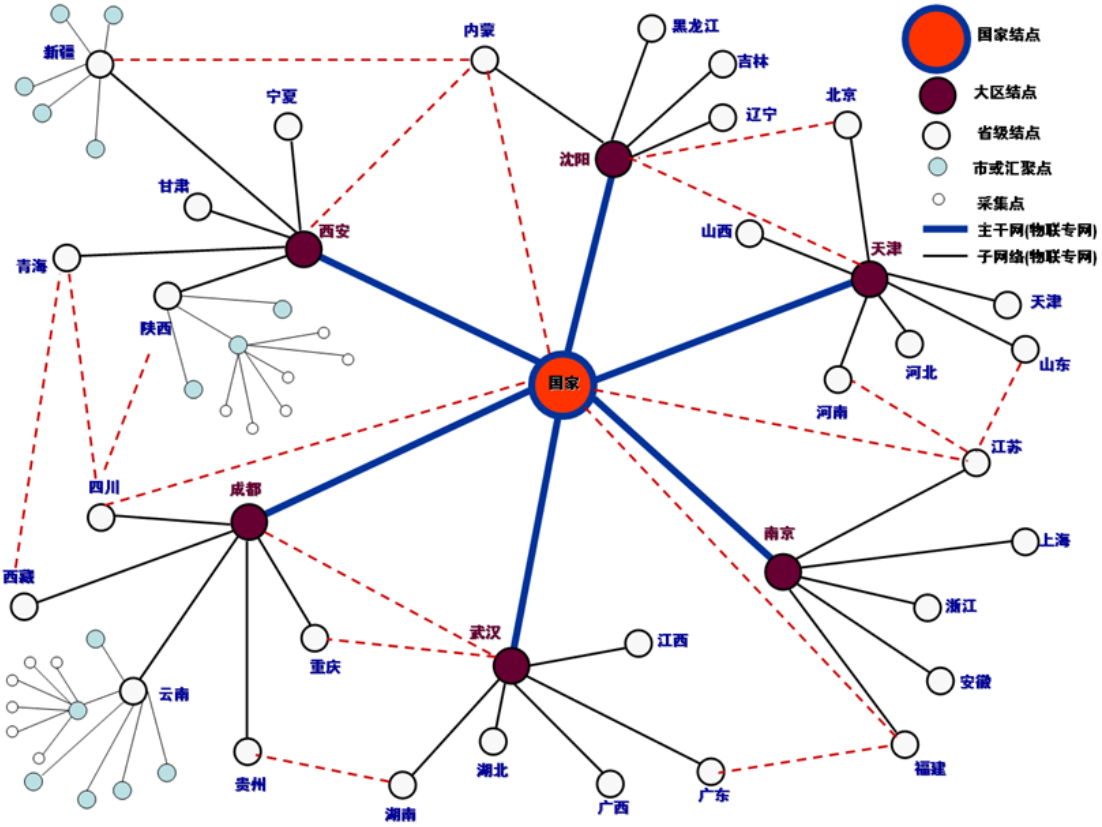


图 7-7　地质物联网树形连接假想图

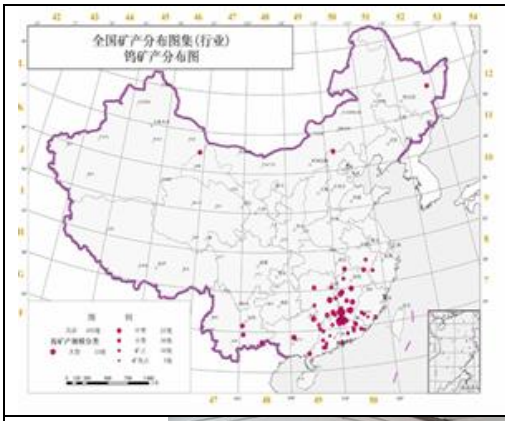
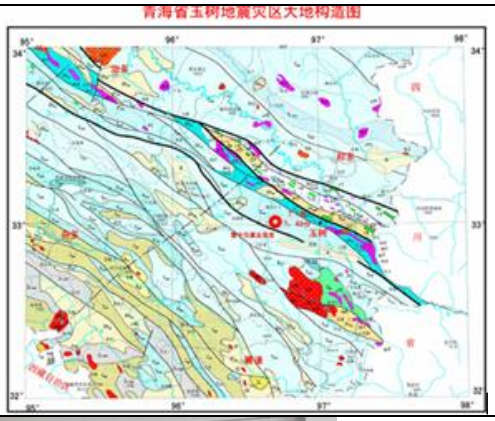
第六节 基于物联网的地质资料管理

一、地质资料情况

地质资料是地质工作积累的一系列重要成果（纸质地质资料、电子，以及岩芯、标本等，如图 7-8 所示），它是地质行业科学研究、工程勘查、生产等过程中形成的各类数据，是无数地质领域专家智慧的结晶，是宝贵的知识性财富。地质资料是集体劳动成果，可为后期的工作人员起到重要的借鉴作用，如果可以将这些地质资料进行系统化的收集、整理、汇集、集成，规范化数据组织与存储，实现地质资料的共享和重复开发利用，并向大众提供有序的、长期的、公益性的社会化服务，能够有效地发掘地质资料的潜在价值，最大限度地避免重复开发和不必要的投入，为国家节约开支。

目前在全国开展了地质资料信息集群化产业化试点工作，全国地质资料馆、各省地质资料馆等均在探索地质资料管理、应用的方法，并取得了初步成果。同时全

国地质资料馆亦正在部署应用地质资料库存管理系统，能够实现汇交、入库、库存管理、借阅等全流程的管理。

 	电子数据
	岩芯情况
	标本情况
	纸质资料情况

资料借阅情况

图 7-8 地质资料情况

二、地质资料物联网应用需求

物联网技术可以实现每一个物体联网，能够完成每个物联设备的信息采集、保存、查找、分析等操作，从而实现精细化管理。目前全国地质资料虽然已经使用计算机等技术（如条形码）辅助管理，有效提高了工作效率，但是资料的管理仍旧是全人工入库、存放、借阅查找、盘点等，对于资料存放的实际位置、在库状态、未经借阅手续直接出库等无法自动知晓；另外在资料盘点时，需要人为一个一个资料核对，工作量巨大，且容易出错。应用 RFID 等物联网相关技术，可以通过改造已有系统解决上述问题，进而促进高效的地质资料管理工作。

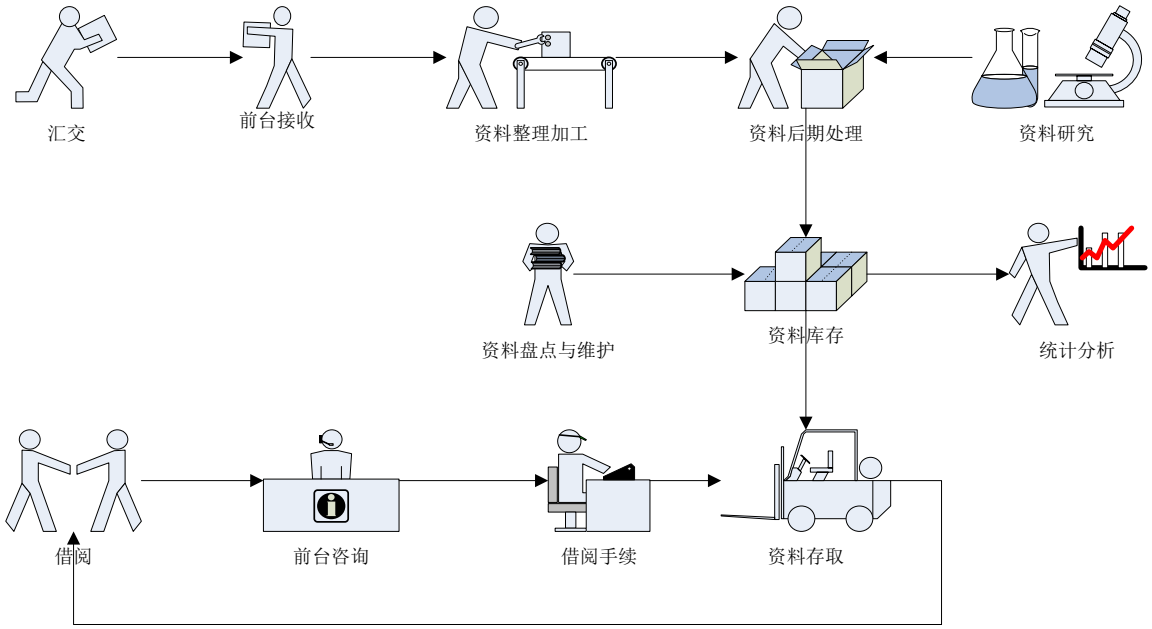


图 7-9　地质资料管理流程

图 7-9 给出了地质资料管理管理流程。事先为各种形状、型号的地质资料制作

好 RFID 电子标签，在资料后期处理环节将 RFID 电子标签贴敷到地质资料上；在后期查询、借阅、库存自动盘点等业务中均可以与电子标签进行关联，尤其可以进行无接触式（近距离 1m-100m、远距离 100m-3km）的自动感知（探测），并对资料进行准确定位。另外，如果阅读器的射频能量足够强、部署足够多的情况下（甚至未来可以借助通信工作站节点），理论上可以实现每一个地质资料从小范围--资料馆内部）到大范围内自动管理（地质资料馆内外）。

三、基于物联网的地质资料框架

将物联网相关技术应用到地质资料管理中，就可以进行基于物联网的地质资料管理。图 7-10 给出了基于物联网的地质资料初步框架，它参考地质物联网总体框架（初）进行构建，也是由感知层、网络层和应用层三层组成，形成了一个可以从数据采集到传输、保存、处理、分析、应用的通过网络互通信息的完整应用。

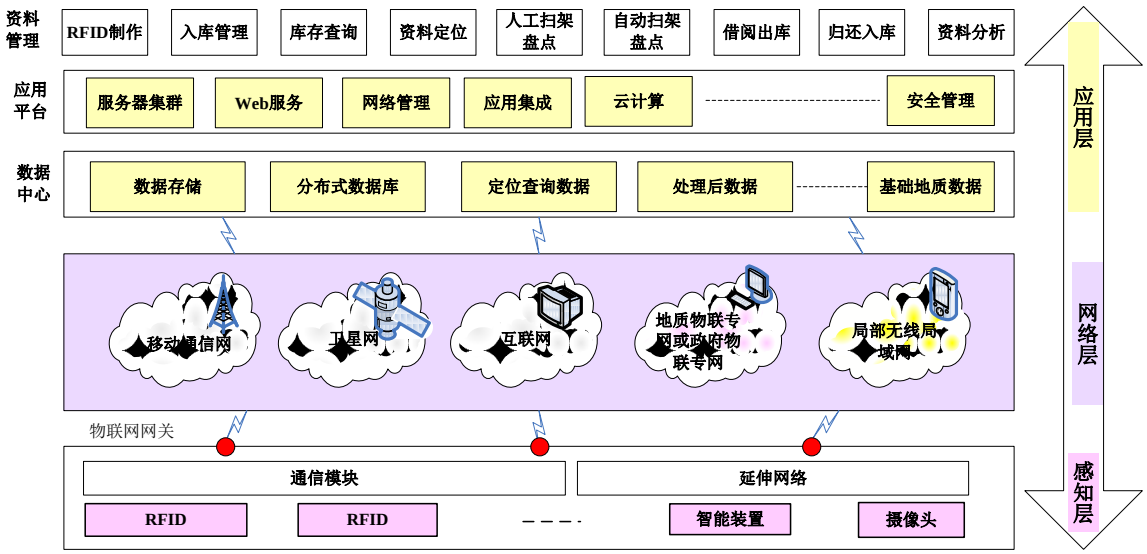


图 7-10　基于物联网的地质资料框架（初）

（1）感知层：本层由感知和识别地质资料的电子标签（RFID）、摄像头等组成，用来采集并捕获地质资料的相关信息。

（2）网络层：主要由无线局域网及有线局域（光纤）网组成，无线局域网通过有线网络连接到互联网、移动通信网、卫星网、广电网以及行业专用通信网（或局部独立应用网络）。

（3）应用层：可以应用集群、Web 服务、云计算、分布式等技术实现地质资料自动化、精确性管理。

四、相关实现思路与技术方法

1. 地质资料标识

在地质资料经过汇交环节、通过分类整理后，对地质资料信息登记入库，对每一档地质资料贴敷上一个 RFID 标签,也可以对一档地质资料中的每一个地质资料加一个电子标签，通过 RFID 阅读器读取并记录到资料信息中。可以为一档地质资料加一个 RFID，同时可再为一档电子资料中的不同本资料增加 RFID，因为在借阅时存在一次只借一档资料中的一本或几本资料的情况。

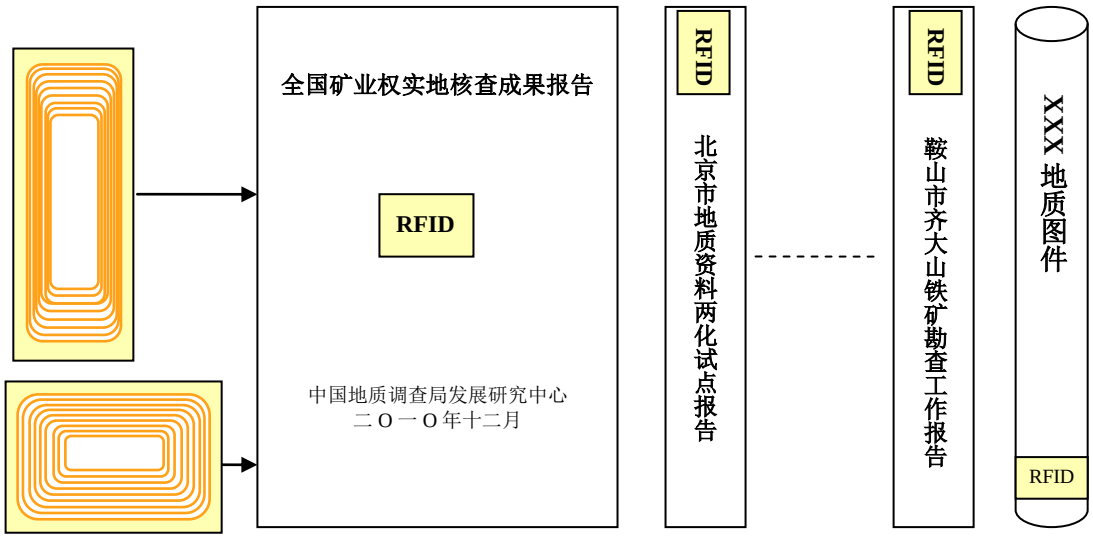


图 7-11　地质资料贴敷 RFID 标签示意图

可以为地质资料使用标准的 RFID 标签，也可以根据地质资料的形状、型号制作不同的规格的 RFID 电子标签（扁的、长方形的、细的等），以方便 RFID 阅读器能够准确侦测每一个地质资料。

为保证 RFID 阅读质量,可以考虑采用金属板将两个背对背的地质资料架进行屏蔽，对资料架上众多资料之间亦可以加上屏蔽层。

2. 地质资料借阅

为每一档、每一本地质资料增加 RFID 电子标签之后，可以在借阅、归还地质资料时通过手持式或固定的阅读器对 RFID 电子标签进行自动识别。

3. 地质资料定位

使用传统的条形码进行地质资料管理也能够实现 RFID 电子标签一样的管理功能，但是它最大的缺点就是无法确定库存中是否存在某个编号的地质资料，另外在进行库存定位、库存盘点时不但可以实时确定某个地质资料是否在库，并且可以给

出地质资料的准确位置。

定位可以为借阅、整理提供帮助。因为资料有可能没有放入正确的位置，系统能够进行自动提示。借阅某一地质资料时，系统可以自动定位其真正的位置（不一定是规定的位置），为取资料人员提供准确的信息；归还时亦可自动对其应存放的位置进行提示，以及给出该位置是否被占的信息。

4. 地质资料盘点或理架

地质资料库存盘点是一项巨大的工程，需要拆盒一份一份资料手工核对，尤其是对数以万计、甚至十几万、几十万个地质资料进行清点时，耗费时间长、需要人力多，这不但影响正常使用，且较难精确核准库存资料情况。

图 7-13　地质资料库存情况

对采用 RFID 的地质资料可以实现不拆盒的、自动的、快速而准确的库存盘点（或扫架）。可以采用手持式、车载式、车载自动式、全自动式的盘点：（1）手持式盘点：由盘点人员手持通过 WiFi 通信的、使用电池的 RFID 阅读器循着柜架一排一排、一层一层地进行扫架，距离可以通过阅读器功率调节来实现；获得的数据能够自动发送到服务器上进行核对、保存。（2）车载式：由于地质资料架子有多层，对放置在高处的地质资料进行盘点正常需要使用梯子等辅助工具，可以将 RFID 阅读器放在一个手推车上，并为阅读器配置一个可以上下自动伸缩、左右 360 旋转的装置，这样就可以边推边走边逐排、逐层（一排有多层）进行扫架盘点，盘点的信息全部自动通过 WiFi 传输并保存到数据库中；逐层扫描时可以通过调节阅读器的自动上下升降以实现逐层扫描。（3）车载自动式：可以制作一个智能小车，小车可以根据地质资料架的空间布置、编排自动寻址，并且车载式阅读器可以上下、左右自动调节进行扫架，具体扫架方法与车式扫架相同，主要不同之处就是车载阅读器为自动智能运行。该方法可以在晚上或某些时间（周末、假期）自动对库房中所有的资料进行扫描，并通过 WiFi 与服务器进行数据通信。（4）全自动盘点：可以在地质资料库房中

的多个节点上布设不同功率的阅读器，将它们固定在对应的位置，每一个阅读器均覆盖负责一定区域内的地质资料。

在对资料进行一排一排的扫描时，系统可以自动核对每一个资料是否都在正确位置，即对错误位置资料显示其目前位置，并给出正确位置指示。也可以采用 RFID+视频一起采用自动工作模式进行管理。未来甚至可以考虑使用 RFID+视频+机械手进行自动查询、准确定位、自动提取资料。

图 7-14 给出了 RFID 阅读器进行自动扫架的示意图，可以人工辅助（推动、上下升降）亦可自动实现。

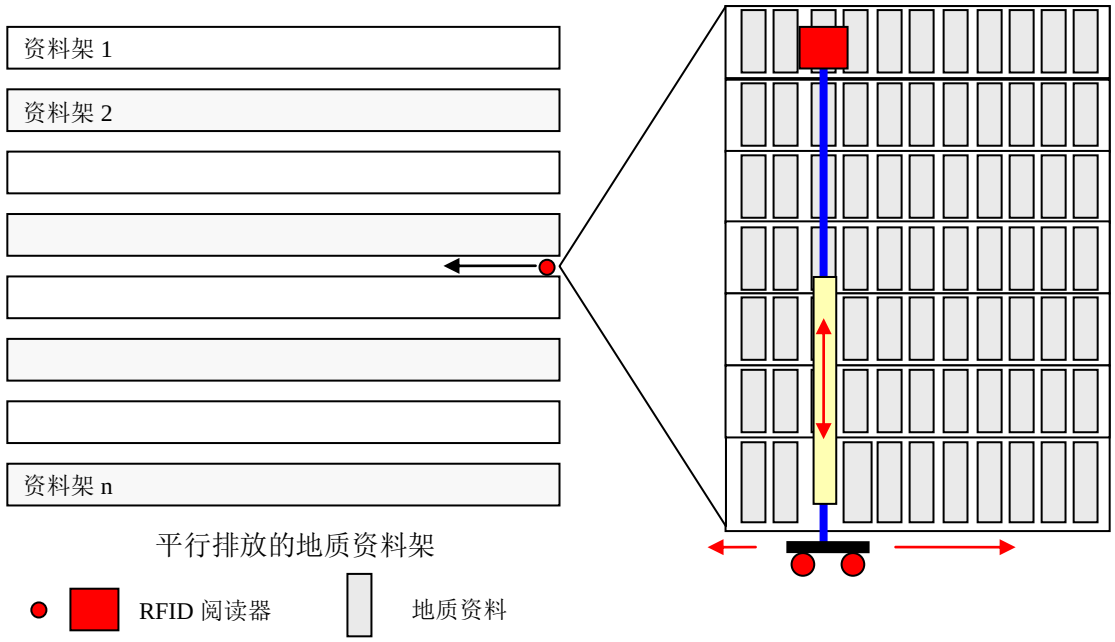


图 7-14　地质资料自动扫架示意图

第七节 基于物联网的地质装备管理

地质装备在地质工作领域中发挥了重大作用，它们是地质工作人员探测难以达到或未知地下世界的工具与触角。地质装备主要分布在各地勘单位、地质队等生产部门，也有部分部署在科研院所。地质装备成本相对较高，为地质装备加上智能身份证（RFID 或传感器），这对地质装备进行科学的自动化管理将具有重要意义。

一、地质装备情况

1. 中国地质调查装备

中国地质调查装备情况可以从中国地质调查局技术装备网站上进行初步查询，（http://www.cgs.gov.cn/xxfw/jszb/index.htm）。

图 7-15　中国地质调查局的技术装备专业网站

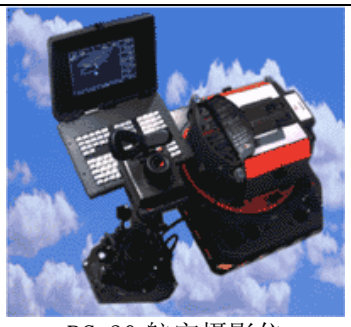
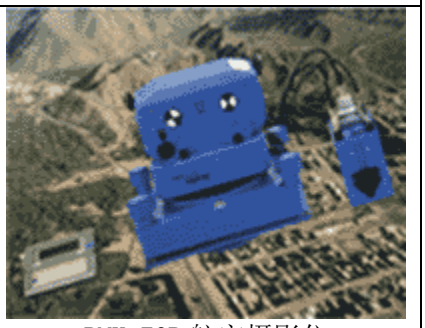
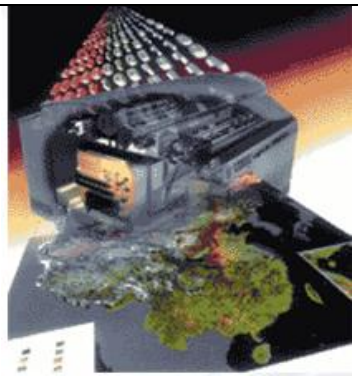
2. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心技术装备（部分）

装备类型	方法	装备	
调查技术装备	电法仪器	SIR-3000 型地质雷达	瞬变电磁仪 PRO-TEM67
	弹性波法	SWS-1A 多功能面波仪	数字地震仪
	放射性、遥感	CD-1α 杯测氡仪	大面阵数码像机
	测试、检测设备	便携式水质分析仪	Global 流速仪

监测技术装备		 温湿度记录仪 CENTER-313	 徕卡 TCA1201 全站仪
地下水监测设备		 WS1040	 水质快速检测仪
地灾监测预警仪器		 滑坡裂缝报警器	 滑坡伸缩仪
物探类设备		 一发双收声波测井仪	 SJC-A 型轻便水文测井仪
钻探类		 地下水分层采样系统	 FFS－A 型地下水定深取样器

3. 中国国土资源航空物探遥感中心技术装备（部分）

装备类型	装备	
航空物探设备	 HC-90K 型航空氦光泵磁力仪	 CS-1 型航空磁自动数字补偿仪

	 IMPULSE 航空电磁仪	 GG-24 型双星座全球导航定位仪
航空遥感设备	 RC 30 航空摄影仪	 RMK TOP 航空摄影仪
影像处理设备	 PhotoScan 高精度影像扫描仪	 激光数码成像仪

4. 中国地质科学院勘探技术研究所装备（部分）

图 7-16　岩芯钻机

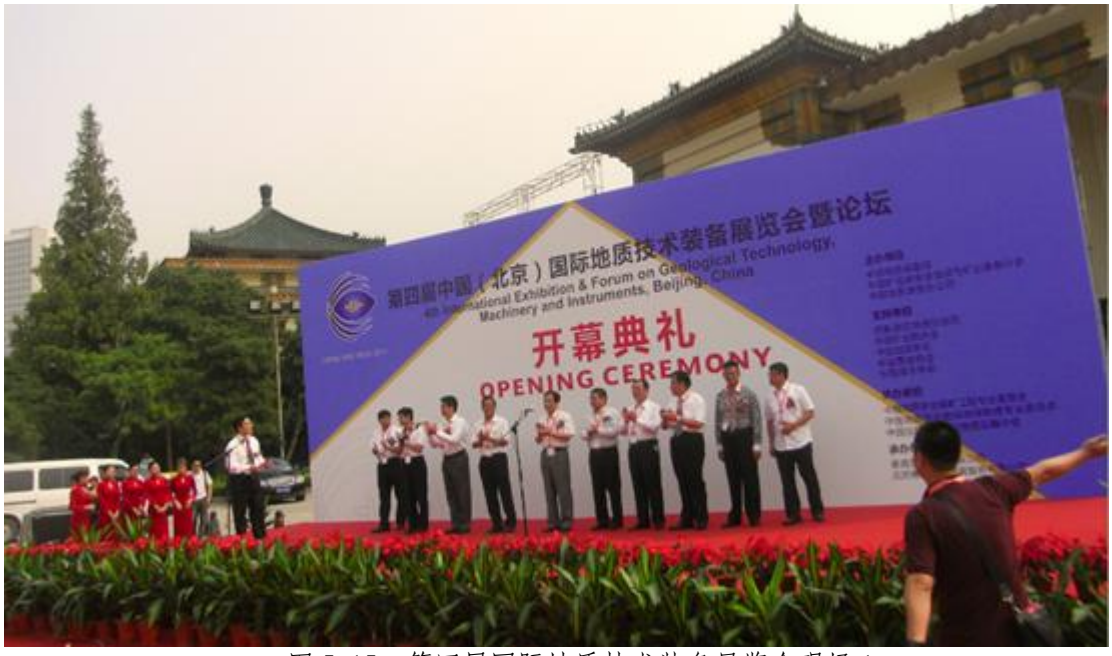


图 7-17　第四届国际地质技术装备展览会现场 1

图 7-18　第四届国际地质技术装备展览会现场 2

图 7-19　第四届国际地质技术装备展览会现场 4

二、应用物联网的地质装备管理初探

地质资料位置相对固定，管理也较为规范。由于地质装备工作现场的随机性、

工作环境的不确定性，故对地质装备的管理还主要停留在初步的人工管理。可以为每一个地质装备或某组装备（如钻探机械）中的每一个组件（如支架）加上 RFID 或传感器，这样不但可以对设备进行管理，还可以与设备一起进行某些测量（如随钻测量泥浆成分、地下的温度和压力等）。

使用 RFID 作为设备身份管理将是最易于实现的。在地质装备保管单位、野外工作场所，架设一个功率较大的、无线 RFID 阅读器，它可以对通过它的各种设备自动识别及管理（进库、出库等），可以让管理人员随时掌握地质装备情况。识别的信息可以通过无线网络、有线网络进行传输，在单独一台计算机或全国的某个数据中心进行监控与管理。有利于地质装备的盘点（野外或单位内）、组装设备时缺少哪些组件等，甚至缺少的组件在现场还是在单位等。

图 7-20 给出了我国目前正在研究并实施的万米钻探装备情况，它由许多个小装备、组件、零件构成，在运输过程中需要先拆解再运输，运输到目的地后再重新组装。为了能够快速组装和避免丢失，可以为每一个设备、组件或零件配备 RFID 或其他传感器等，使用移动感知设备对这些组成部分进行动态管理，可以随时进行查找、盘点等，甚至可以根据事先定好的顺序，在安装时可以自动提示下一个安装的组件是哪一个，以及这个组件是否存在，甚至可以定位到这个组件在什么位置。

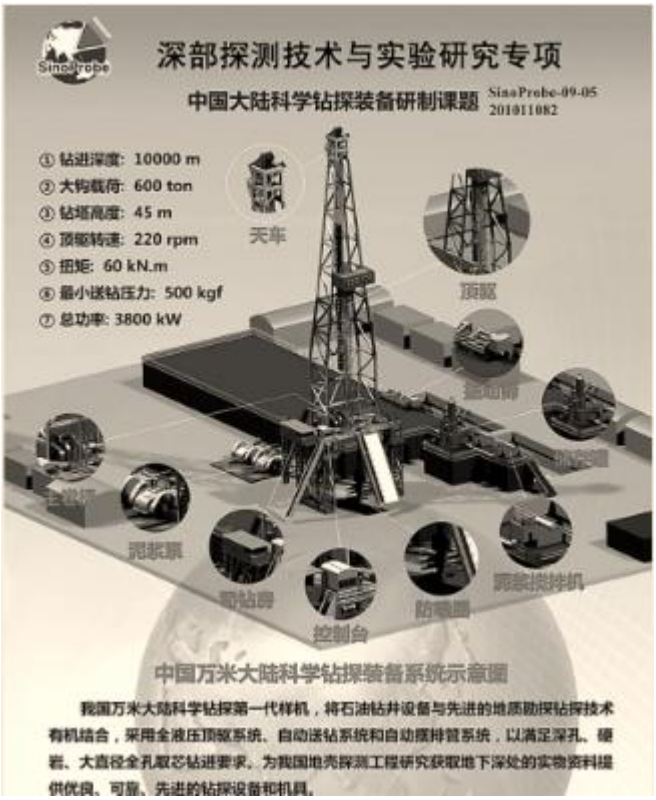


图 7-20　万米钻信息

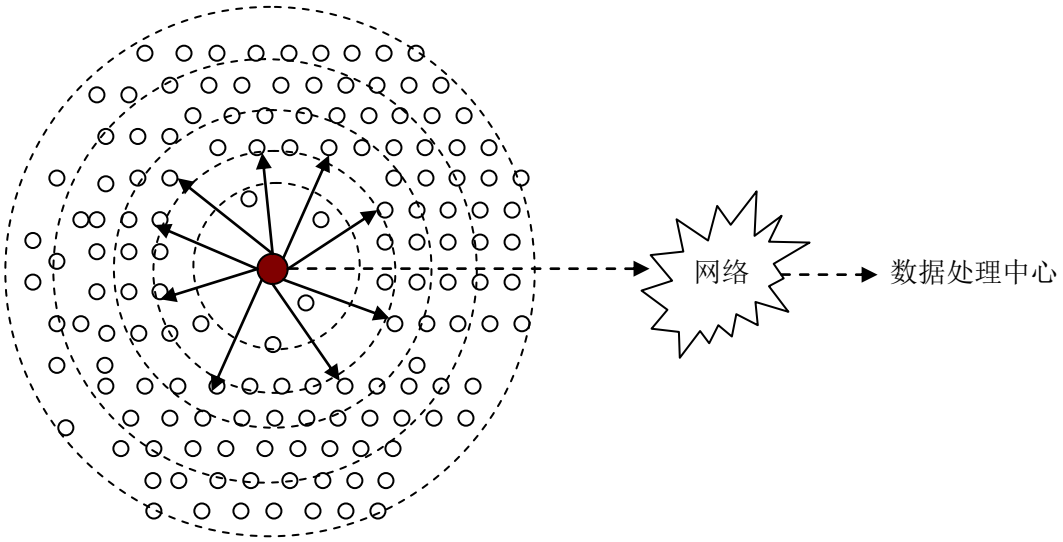


图 7-21　地质装备管理初步探讨示意图

第八节 物联网在地质领域的应用前景

物联网技术因其覆盖面广、实时性强、精确度高，在地质调查领域中具有广泛的应用前景，初步体现在如下几个方面:

1. 地质灾害监测及预警

突破复杂地质条件下实时监测、自动预警、远程传输和低耗电等关键技术，研制地质灾害监测预警仪，在地质灾害易发区、活动频繁点、可能发生地部署，可以预警泥石流、地陷、崩塌、地面沉降、地震等各类地质灾害，将有效避免人民群众生命及财产损失。

2. 高效的野外地质填图

在解决野外数字地质填图设备与数据中心之间高效数据传输问题后，将会实现野外、室内实时联动，完成动态的二维数字地质填图，甚至未来可以实现真正意义上的三维数字地质填图。

3. 野外的地质调查成果管理

为各类地质装备、钻孔、探井、矿业权界桩、控制点等加上电子标签或 GSP 设备等，可以实现远程实时监测、以“图”动态管理国家地质工作成果。

4. 通过中国地质调查网格进行海量数据处理

引入物联网后，数以万计（或亿计）终端采集设备的实时监测并发送数据，必将产生数据大爆炸，则产生海量数据存储（可能很短时间内就会形成 1PB）及计算

的压力，可以考虑采用中国地质调查网格的信息资源及计算能力解决此问题，充分发挥其海量数据管理、高效计算和节点自治的优势。

5．移动地质计算

随着移动云计算（中国移动的“大云”计划）、移动地球探测等平台的提出与建设，在地质领域采用移动地质计算或服务将成为可能。

6．地质资料储存与管理

全国及各省地质资料馆（含实物中心）正在开展地质资料的系统化清理工作，若将编目后的实物地质资料嵌入电子标签，实现智能化库存管理、借阅管理等，将有力推动地质资料的社会化服务，更好地发挥其潜在价值。

7．打造数字矿山

通过在矿山的巷道、采掘面、运输车、挖掘机、泵秤、排水口等装设RFID、各类传感器（测瓦斯、压力、温度、）、红外装置等，为工人配带嵌入电子标签的工作牌等措施，这些设备采集的信息可以实时反馈到矿山管理中心，形成从地下到地上的数字矿山。为有序开采、地下水监测、危机矿山等提供参考。

8．其他地质工作

如可以用传感器为冰川稳定性、位移、融化等监测，也可加上摄像头进行实时监控。

总之，结合地质工作特点与需求，采用物联网技术与相关软硬件技术的融合，为地质调查领域建立一个从数据的感知采集到数据传输、数据接收、数据整理及存储、数据处理、智能分析、决策支持全过程的物联网，为最终打造我国“智慧地质”打下基础。

第八章 取得成果与建议

第一节 主要成果

一 提交内容

1. 成果名称

《物联网技术在地质调查领域的适用性研究》的研究工作报告。

2. 成果的核心内容

（1）物联网技术国内外的研究与应用情况

（2）系统化地阐述地质调查领域对物联网存在或可能有的需求。

（3）针对地质调查领域特点，结合物联网技术，以地质装备、地质资料管理为例，进行物联网在地质调查领域应用研究，给出了所涉及的需求、框架、实现方法、关键技术等，形成较为完整的典型物联网解决方案，为未来的“智慧地质”进行了初步探索。

二 学术论文

撰写了“物联网技术在地质领域的适用性研究”、“基于物联网技术的交通保畅工作建设研究”等学术论文，并投到核心期刊上，待发表。

三 学生培养

（1）培养以物联网相关内容作为毕业论文研究的研究生 2 名；

（2）培养以物联网相关技术作为毕业设计的本科生 2 名。

第二节 下一步工作建议

1. 开展与物联网安全相关内容的研究；

2. 开展“三网合一”及其在地质领域应用研究；

3. 开展基于 RFID、传感器等物联网技术在地质资料方面的实质性应用试点，不再简单停留在研究阶段。

4. 开展物联网与云计算关系的研究，有条件的情况下可以展开相关一体化软件研究；

5. 开展在室内、野外的分布式物联网应用研究;
6. 对物联网标准化展开研究;
7. 移动支付研究与应用;
8. 物联网与智慧城市;
9. 通过北斗进行物联网应用研究。

主要参考文献与资料

[01]黄桂田,龚六堂,张全升.中国物联网发展报告(2011)[M].社会科学文献出版社,2011。

[02]王志良.物联网现在与未来[M].机械工业出版社，2010。

[03]张新程，付航，李天璞，等.物联网关键技术[M].人民邮电出版社，2011。

[04]周洪波.物联网技术、应用、标准和商业模式[M].电子工业出版社，2011。

[05]北京市交通委员会.极端天气条件下保持道路交通畅通物联网示范工程项目建议书[R].2011.

[06]北京市交通委员会.极端天气条件下保持道路交通畅通物联网示范工程项目设计[R].2012.

[07]北京市地质研究所.公路高边坡地质灾害监测系统建设[R].2012.

[08]Ovidiu Vermesan, Peter Friess.Internet of Things-Global Technological and Societal Trends[M]. River Publisher.2011

[09]刘海涛.物联网技术应用[M].机械工业出版社，2011.

[10]Kevin Ashton. That ‘Internet of Things’ Thing [EB/OL]. RFID Journal,http://www.rfidjournal.com/atticle/view/4986.

[11]Internet of Things in 2020: Roadmap for the future.EPoSS[EB/OL]. http://www.iot-visitthefuture.eu/fileadmin/documents/researchforeurope/270808_IoT_in_2020_Workshop_Report_V1-1.pdf

[12]Gerald Santucci. The Internet of Things: A Window to Our Future[EB/OL]. http://www.theinternetofthings.eu/content/g%C3%A9rald-santucci-internet-things-window-our-future.

[13]The National Intelligence Council. Disruptive Civil Technologies Six Technologies with Potential Impacts on US Interests out to 2025[EB/OL]. http://www.dni.gov/nic/confreports_disruptive_tech.html.

[14]Technology Review,10 Emerging Technologies that will Change the World. http://www.technologyreview.com/Infotech/13060.

[15]IBM. The Smart City[EB/OL]. http://www.ibm.com/thesmartercity.

[16]IBM. Smarter Planet[EB/OL]. http://www.ibm.com/smarterplanet/-us/en/overview/ideas/index.html?re=spf.
[17]第十七届智能交通世界大会. 无处不在的智能交通[EB/OL].http://www.itschina.org/UserFiles/2010-4/26/2010426152747638.pdf
[18]环球交通视窗.智能交通的应用：井然有序的首尔[EB/OL].http://www.fjjt.gov.cn:8000/ShowArticle.asp?ArticleID=4535
[19]Noboru Koshizuka. Dreaming the Future of the Internet of Things[EB/OL].http://www.eurojapan-ict.org/ppts_forum_July/Koshiz-uka.pdf, 2009.
[20]温家宝.2010年政府工作报告[EB/OL].http://www.gov.cn/2010lh/con-tent_1555767.htm
[21]中国物联网研究发展中心.中国物联网产业发展年度蓝皮书（2010），2010。
[22]Harald Sundaeker, Patrick Guillemin, et al. Vision and Challenges for Realizing the Internet of Things.publications Office of the European Union.2010.
[23]Gao Jia, Liu Fangli, Ning Huansheng, et al. RFID Coding, Name and Information Service for Internet of Things[J].CCWMSN07, 2007.
[24]马建.物联网技术概论[M].机械工业出版社，2011。
[25]徐勇军.物联网实验教程[M]. 机械工业出版社，2011。
[26]殷跃平，中国滑坡防治工程理论与实践[J].水文地质工程地质，1998，25(1):5-9.
[27]李超岭.数字地质调查系统操作指南(上、中、下)[M].地质出版社，2011. [23]王志良.物联网现在与未来[M].机械工业出版社，2011。
[28]北京市政府.建设中关村国家自主创新示范区行动计划（2010-2012 年）[R].2010。
[29]朱鸿鹄，殷建华，洪成雨等， 基于光纤传感的边坡工程监测技术[J]. 工程勘察，2010，38(3)，6-14.
[230]罗志会等， 大量程分布式光纤传感器的研究与应用[J]. 光电子激光，2010，21(3)，851¯854.
[31]刘海涛.加快物联网研究 迎接信息产业发展新浪潮.经济日报，2010.

[32]孙其博，刘杰，黎善意. 物联网：概念、架构与关键技术研究综述[J].北京邮电大学学报，2010，33（3）:1-9.
[33]刘强，崔莉，陈海明.物联网关键技术与应用[J].计算机科学，2010，37（6）:1-4，10.
[34] CASAS J R, CRUZ PJS,ASCE M,Fiber optic sensors for bridge monitoring[J],An International Journal, Engineering Structure, 2004, 26(11): 1647¯1657.
[35] HILL K O, FUJII Y. JOHNSON D C. et al., Photosensitivity in optical fiber waveguide: application to reflection filter fabrication [J] Applied Physics Letters, 1978, 32(10): 647¯649.
[36] MENDEZ A. MORSE T F. MENDEZ F., Applications of embedded optical fiber sensors in reinforced concrete buildings and structures[C]. Fiber Optic Smart Structures and Skins, 1990: 60¯69
[37] MELTZ G, MOREY W W, GKENN W H, Formation of Bragg gratings in optical fibers by a transverse holographic method[J], Optics Letters, 1989, 14(15): 823¯825
[38] IDRISS R L, Monitoring of a smart bridge with embedded sensors during manufacturing, construction and service [C] , Proceeding of the 3rd International Workshop on Structural Health Monitoring, 2001, 604¯613
[39] KRONENBERG P, CASANOVA N, INAUDI D,et al., Dam monitoring with fiber optics deformation sensors[C], Proceeding of SPIE, Smart Structures and Materials.1997, 2～11
[40] CHAN TH, YUL,TAM HY,et al. ,Fiber Bragg grating sensors for structural monitoring of Tsing Ma bridge, background and experimental observation[J].Engineering Structures, 2006,28(5),648～659
[41] HISHAM M,PETER J,KENICHI S, et al., Distributed optical fiber strain sensing in a secant piled wal[C], Proceeding of the Seventh International Symposium on Filed Measurements in Geomechanics , 2007, 22¯31.
[42]王桂芬.坚持不懈探索海洋立体监测技术[EB/OL].中国科学院.http://-www.scsio.ac.cn/wh/cxwk/201007/t20100709_2900303.html