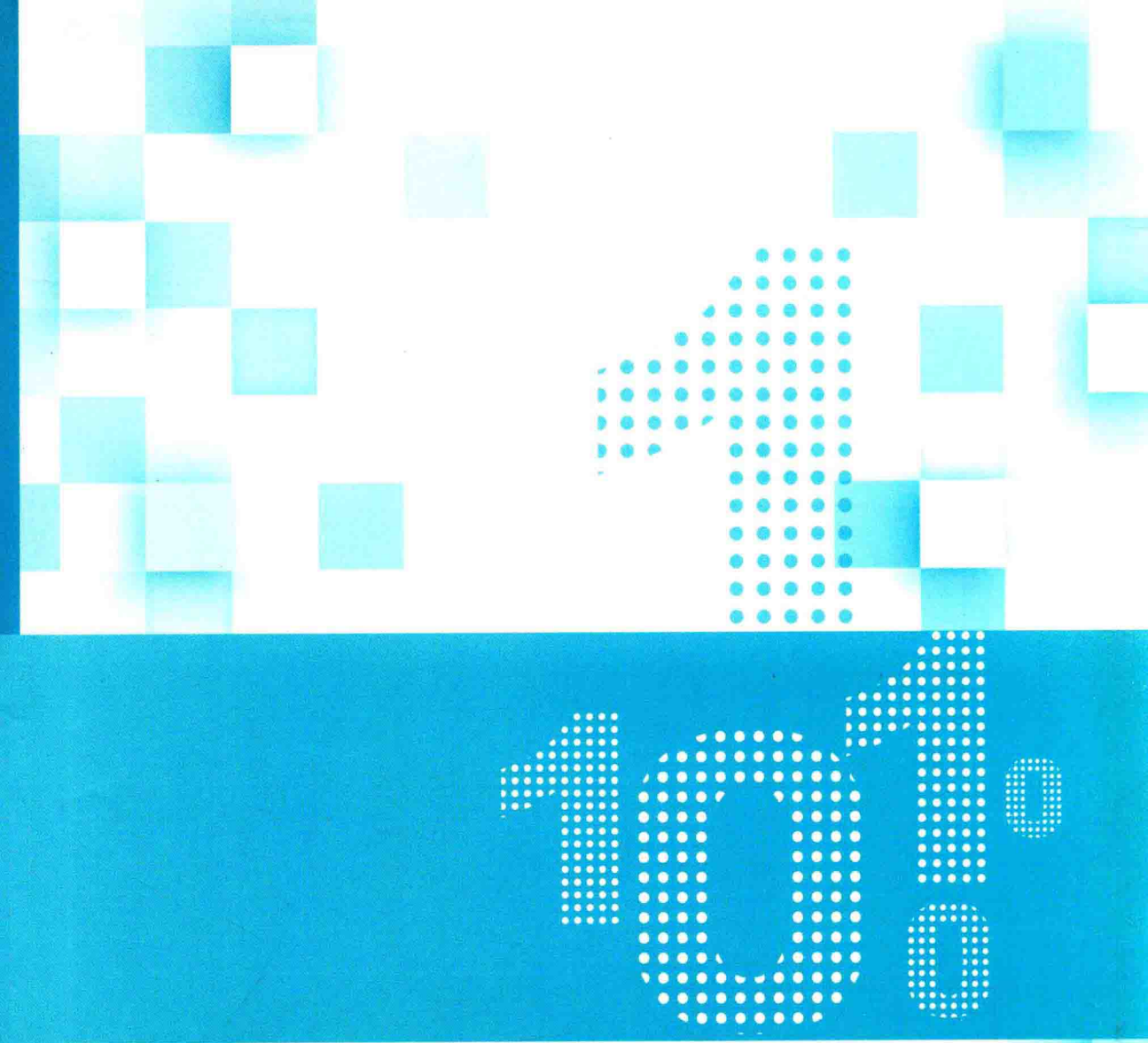




信息时代的高新技术导论

|||| XINXI SHIDAI DE GAOXIN JISHU DAOLUN

主 编 阮晓芳

第1章

信 息 篇

本章导读

生产技术是国民生产力的体现,信息时代的生产技术主要是信息技术在各个领域中的应用。本章首先介绍了计算机的概念、起源和发展,以及超级计算机的应用;其次介绍了信息技术在物联网、智慧城市、卫星导航系统、大数据和云计算、3D 打印机等领域的发展和应用。

进入 21 世纪后,随着互联网技术及移动网络技术的发展,以电子技术和信息技术为核心的第五次新科技革命逐渐形成。这次新科技革命主要围绕信息技术、生物工程技术、新材料技术、能源技术、海洋技术、空间技术六大领域展开。

信息时代的高新技术离不开信息技术的支持,信息技术的发展离不开计算机,现在各个国家都争相研制超级计算机以彰显国力。信息技术的发展同时推动着其他行业的飞速发展,在互联网的基础上推出了物联网,不久的将来,世界上任何一种物品都可以实现物与物、物与人的信息交互。在互联网、物联网的支持下,城市家园的建设和管理也将实现智能化,当前全球各大城市都在致力于智慧城市的创建。卫星导航系统是地球的眼睛,让我们能监控到世界各个角落。大数据和云计算的出现,使人类的一切畅想都成为可能,3D 打印机的发明将使人类从繁重的劳动中解脱出来。所有这些新技术的创建都为我们能更好地建设地球家园提供了强有力的帮助。

1.1 信息时代的基石——计算机

伴随计算机的出现和普及,信息成为影响整个社会发展的主要因素,信息量、信息传播的速度、信息处理的速度、信息应用的程度等都以迅雷不及掩耳之势成倍增长。

电子计算机是一种高级计算工具,它由是人类设计,体现人类所思所想,能够不带感情地对任何数据、事物进行复杂运算和精密推算。1942 年,第一台电子计算机——“ABC”计算机的出现,标志着现代电子计算机时代的到来。但在“ABC”计算机问世之前,成千上万的学者为之付出了不懈的努力。

算盘是中国人民发明的一种简单的计算工具,它是中国人民智慧的结晶,最初由算筹发展而来,它有一套完整的计算口诀,能方便、快速地进行计数。“珠算”一词最早出现在

《数术记遗》中，由东汉时期的徐岳撰写，其中有云：“珠算控带四时，经纬三才”。图 1-1 所示的中国算盘，是中国沿用时间最长的用于数字计算的工具。随着计算数据的增多，人们需要发明能够满足数值计算需求的新工具。

帕斯卡是现代计算机的鼻祖。1642 年他发明了机械式计算器，如图 1-2 所示。它是一种机械装置，由系列齿轮组成，外形是一个长方形盒子，类似于儿童玩具，钥匙插入装置后旋紧发条就可以进行计算了，这种机械式计算器只能做简单的加、减法运算。

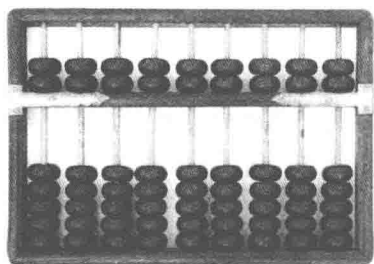


图 1-1 中国算盘

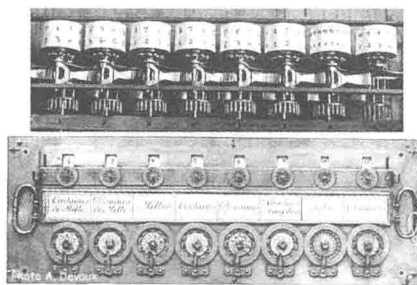


图 1-2 帕斯卡发明的第一台机械式计算器

莱布尼茨在帕斯卡机械式计算器的基础上提出了能够进行乘法运算的机械式计算器的设计思想。1673 年，他制成了世界上第一台“乘法器”，这是一种手摇式计算器，如图 1-3 所示，不仅可以做加减乘除，还可以进行平方根运算。

巴贝奇研制发明的差分机，如图 1-4 所示。其基本原理与帕斯卡机械式计算器中的转轮相似，用齿轮间的啮合、旋转、平移等方式进行数字运算。他耗费了整整 10 年时间，在 1822 年发明了第一台差分机。这台机器可以处理 3 个不同的 5 位数，计算精度达到 6 位小数。

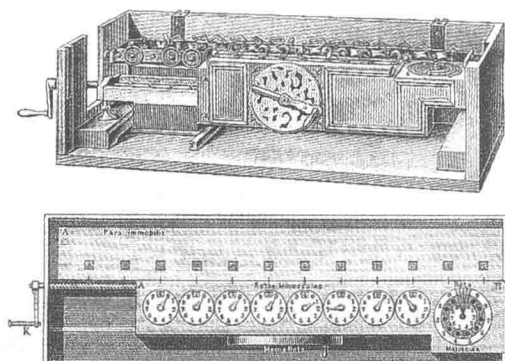


图 1-3 莱布尼茨发明的手摇式计算器

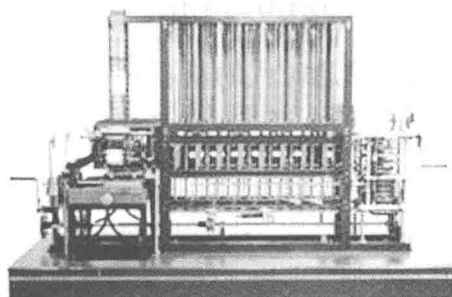


图 1-4 巴贝奇发明的差分机

英国著名诗人拜伦的女儿阿达·拉夫拉斯伯爵夫人，能够深入理解巴贝奇的思想，她是世界上第一位对计算机做出贡献的女性。她和巴贝奇一起发明了分析机，并建议将原来的十

进制数用二进制数代替，这一天才理论成为后来软件发展的源泉。她还指出，分析机可能像织布机一样进行有条不紊的工作，并发现了编程的本质。她为计算机设计了一些指令，并预言将来的某一天使用计算机可以进行音乐演奏。

1888年，美国人赫尔曼·霍勒斯发明用穿孔卡片进行数据处理的制表机，并用电气控制技术取代了纯机械装置，第一次实现了设备自动计数，计算机的发展产生了质的飞跃。以穿孔卡片记录数据，体现了现代软件的思想萌芽。制表公司的创建，使计算机正式成为一个产业进入人类社会。

万花筒

牢骚引出的发明

穿孔制表机是美国人口普查催生的计算器。1880年以前，美国的人口普查都是人工完成的。大量的人口资料堆积如山，使统计工作者望而生畏，以致1880年的人口调查统计任务一直拖到1887年也没有结果。普查完成之后，美国人意识到按照当时的人口增长速度，下一次（1890年）的普查工作10年也不可能完成统计，而美国的法律规定必须在10年内完成。赫尔曼·霍勒斯设计的这种在纸板上打孔的技术，解决了统计局的难题。在1900年美国人口普查中，由于采用了制表机，全部统计处理工作只用了1年零7个月的时间。霍勒斯于1896年创立了制表机公司，1911年该公司并入CTR（计算制表记录）公司，这就是著名的IBM公司的前身。1924年，托马斯·沃森一世把CTR更名为IBM。

1904年弗莱明发明了二极管，标志着人类进入电子文明时代。1906年，美国人德弗雷斯特发明了电子三极管，三极管是电流放大器，它本身并不会放大电流，但是可以控制电流的放大。我们可以把电流形象地比喻为水流，假设有一粗一细的两根水管相连，水管中都装有闸门，细水管的闸门很容易打开，粗水管的闸门靠细管的水流力量开启，闸门开启的大小由细管的水流来控制，三极管就类似于这水管，可以实现“以小控制大、以弱控制强”的功能，三极管的发明促成了无线电通信技术的迅速发展。

进入第二次世界大战后，英国科学家着手研究用于破解德军密码的计算机，1943年成功研制出英国第一台Colossus（巨人）计算机，这台计算机并不是真正意义上的电子计算机，算不上真正的数字电子计算机，但在继电器计算机与现代电子计算机之间起到了桥梁作用。整个第二次世界大战期间，英国一共启用过11台“巨人”机，但战后为保密都被丘吉尔首相下令销毁了。2014年9月，英国国家电脑博物馆举办了一次“二战”老兵聚会，以纪念他们在“二战”期间操作“巨人”计算机截获、破译德军密码。



纳粹密电的克星

第二次世界大战期间，“巨人”计算机问世前，盟军破译一条密电至少需要6个星期的时间，致使情报价值大打折扣。而纳粹德国当时已经启用较为先进的洛伦茨编码器，用以传递重要情报。为此，电子工程师汤米·弗劳尔斯、数学家马克斯·纽曼和一个专家小组经过11个月的努力，研制出每秒读取能力达到5000个字符的“巨人”计算机，使盟军最终在与纳粹德国的情报战中取胜。1944年至1945年，“巨人”破译纳粹德国高级别密电总计630万字，相当于5000部小说的字数总和。“巨人”之所以具有如此惊人的破译速度和准确度，是因为它是弗劳尔斯纯熟技术与纽曼科学原理的结晶，它所用元件均为手工精细制作的。

在英国研发计算机的同时，美国科学家也在紧锣密鼓地进行研制工作。1944年，美国科学家艾肯在IBM的支持下，成功研制出机电式计算机MARK-I。

这是世界上最早的通用型自动机电式计算机，它取消了齿轮传动装置，以穿孔纸带传送指令。艾肯研制MARK-I的灵感来自于一个世纪以前巴贝奇留下的思想精华。MARK-I的外壳用钢和玻璃制成，长15米，高2.4米，自重31.5吨，使用了15万个元件和800千米电线，每分钟能够进行200次运算。

1946年后进入电子计算机时代，构成计算机的电子器件是划分计算机发展的阶段性标志。电子计算机经历了四个阶段，分别是电子管计算机、晶体管计算机、集成电路与大规模集成电路计算机、超大规模集成电路计算机。

第一代电子管计算机（1946—1958）：运算次数仅为每秒几千到几万次，体积大、耗电、价格昂贵、运算速度和可靠性低，仅用于军事和科学研究工作中。

第二次世界大战后，随着火炮的发展，弹道计算日益复杂，原有的一些计算机已不能满足使用要求，迫切需要一种新的、快速的计算工具。在美国军械部的支持下，1946年2月15日，世界上第一台通用电子数字计算机“埃尼阿克”（ENIAC）宣告研制成功，如图1-5所示。它的成功，是计算机发展史上的一座里程碑。承担开发任务的“莫尔小组”由四位科学家和工程师埃克特、莫克利、戈尔斯坦、博克斯组成。

“埃尼阿克”共使用了18000个电子管，另加1500个继电器以及其他器件，其总体积约90立方米，重达30吨，占地170平方米，需要用一间30多米长的大房间才能存放，是个地地道道的庞然大物。它每秒钟能做5000次加法，或者400次乘法。实际上“埃尼阿克”还不完善，它没有存储器，只有用电子管做的寄存器，仅仅能寄存10个数码。当需要换算别的题目时，得重新焊接连线，很费时间。1951年，埃克特和莫克利成功研制了UNIVAC-1（UNIVersal Automatic Computer I），这是第一个进行批量生产的计算机，自此电脑

开始走出实验室服务于社会和公众。1952年, UNIVAC-1 因准确地预测出美国总统的大选结果而名声大噪。

在 ENIAC 的启迪下, 制表机出身的 IBM 决定开发计算机市场。1951年, IBM 公司聘请冯·诺依曼担任公司的科学顾问, 1952年12月研制出 IBM 第一台存储程序计算机, 即 IBM 701 机。这台存储程序计算机和 ENIAC 一样也是为美国军方制造的, 它一举击败竞争对手 UNIVAC, 奠定了蓝色巨人 IBM 公司在计算机产业界的领袖地位。

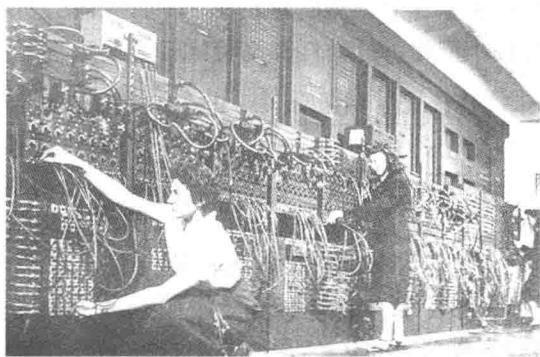


图 1-5 埃尼阿克计算机

第二代晶体管计算机 (1959—1964): 采用晶体管作为逻辑开关元件, 使用磁芯作为内存, 外部存储器采用磁盘和磁带, 存储量增加, 可靠性提高, 输出、输入方式有了很大改进, 开始使用操作系统, 有了各种高级语言。主要用于商业、大学教学研究和政府机关。

1947年12月, 美国贝尔实验室的肖克莱、巴丁和布拉顿组成的研究小组, 研制出一种点接触型的锗晶体管。晶体管出现后, 人们就能用一个小巧的、消耗功率低的电子器件, 来代替体积大、功率消耗大的电子管了。1950年又发明了面结型晶体管。相比电子管, 晶体管体积小、重量轻、寿命长、发热少、功耗低, 电子线路的结构大大改观, 运算速度则大幅度提高。发明晶体管的肖克莱在加利福尼亚创立了当地第一家半导体公司, 这一地区后来被称为硅谷。

美国贝尔实验室于1954年研制成功第一台使用晶体管的第二代计算机 TRADIC。相比采用定点运算的第一代计算机, 第二代计算机普遍增加了浮点运算, 计算能力实现了一次飞跃。

1956年, IBM 公司的约翰·巴克斯研制成功第一个高级程序语言 FORTRAN, 它是世界上第一个被正式推广使用的高级语言。FORTRAN 语言是1954年被提出来的, 1956年开始正式使用, 至今已有60多年的历史, 但仍经久不衰, 在数值计算领域中还能见到它的身影。

美籍华人王安博士发明了磁芯存储器, 于1949年获得了美国专利, 开创了磁芯存储器时代。1951年, 王安将他的磁芯存储器发明专利以50万美元转让给了IBM, 并创办了著名的王安实验研究公司, 成功开发了数款计算器和计算机产品, 促进了电脑技术的发展。从50年代初到70年代初集成电路技术成熟之前长达20年的时间里, 磁芯存储器在计算机的主存储器领域一直处于统治地位。

第三代集成电路与大规模集成电路计算机 (1965—1970): 体积、耗电量进一步减小, 运算速度和可靠性进一步提高, 对计算机程序设计语言进行了标准化工作, 并提出了计算机结构化程序设计思想, 使用了操作系统, 应用更加广泛。

集成电路是一种微型电子器件或部件，即采用一定的工艺，把一个电路中所需的晶体管、二极管、电阻、电容和电感等元件及布线互连一起，制作在一小块或几小块半导体晶片或介质基片上，然后封装在一个管壳内，所有元件在结构上已组成一个整体，使电子元件向着微型化、低功耗和高可靠性方面迈进了一大步。

万花筒

集成电路究竟是谁发明的？

20 世纪 60 年代，德州仪器公司的杰克·基尔比发明了基于锗的集成电路，在此基础上仙童公司的罗伯特·诺伊斯发明了基于硅的集成电路，德州仪器公司和仙童公司就谁最先发明集成电路这个问题大打官司。1969 年，法庭最终判决基尔比和诺伊斯为集成电路的共同发明人，集成电路的专利权属于基尔比，集成电路内部连接技术的专利权属于诺伊斯，他们都因此成为微电子学创始人。

集成电路的问世催生了微电子产业，采用集成电路作为逻辑元件成为第三代计算机的最重要特征。此外，系列兼容和采用微程序设计也是第三代计算机的重要特点，作为第三代计算机的杰出代表，“蓝色巨人 IBM”几乎成为计算机的代名词。

第四代超大规模集成电路计算机（1970 年以后）：体积小、耗电量大大减少，已经看不到电路。计算机的运算器、控制器等核心部件集成在一个集成电路芯片上（CPU），运算速度和可靠性进一步提高，速度可达到每秒几百万到上亿次，计算机逐渐走进普通人家，人们的生活全面进入信息时代。

1968 年，从仙童公司出来的格鲁夫、诺伊斯和摩尔成立了 Intel 公司。1971 年，Intel 公司的工程师霍夫发明了世界上第一个微处理器——4004，这款 4 位微处理器虽然只有 45 条指令，而且每秒只能执行 5 万条指令。甚至比不上 1946 年世界第一台计算机 ENIAC。但微处理器所带来的计算机和互联网革命，改变了整个世界。1981 年 IBM 公司开始使用 Intel 的 8088 微处理器作为其核心处理器，Intel 从此名声大振。

1980 年，IBM 公司选中微软公司为其新的 PC 机编写操作系统软件，这是微软公司发展中的一个重大转折点。微软公司起初以 5 万美元的价格从西雅图的一位程序编制者手中买下了一个操作系统 QDOS 的使用权，在进行部分改写后提供给 IBM，并将其命名为 Microsoft DOS，即磁盘操作系统，IBM-PC 机的普及使 MS-DOS 取得了巨大的成功，微软公司成为世界软件开发的先导，也是全球最大的电脑软件提供商。

史蒂夫·乔布斯、史蒂夫·沃兹尼亚克和罗·韦恩在 1976 年 4 月 1 日组建了苹果电脑公司。苹果公司是一家高科技公司，核心业务为电子科技产品，知名的产品有 Apple II、Macintosh 电脑、Macbook 笔记本电脑、iPod 音乐播放器、iTunes 商店、iMac 一体机、iPhone

手机和 iPad 平板电脑等。2012 年 8 月 21 日，苹果成为世界市值第一的上市公司。

1.2 信息时代的“巨无霸”——超级计算机

进入 20 世纪 80 年代，我国的高速计算机，特别是向量计算机有新的发展。1983 年中国科学院计算技术研究所完成了我国第一台大型向量机——757 机，计算速度达到每秒 1 000 万次，如图 1-6 所示。计算机系统硬件由一台向量处理机（主机）和一台外围机组成。主存储器容量为 508KB，字长 72 位。向量机的字长和指令均为 64 位，机器指令 107 条。

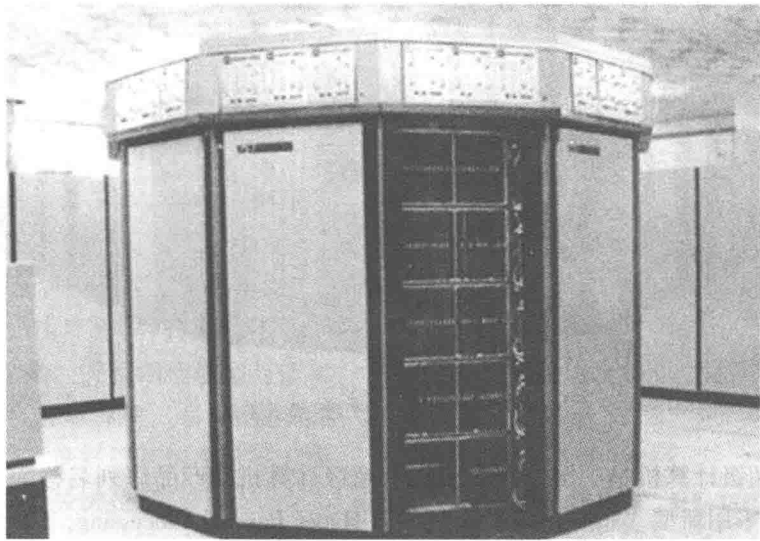


图 1-6 中国第一台千万次大型计算机“757”主机

“银河 1 号”巨型计算机，是 1983 年 12 月 22 日我国第一台被命名为“银河”的亿次巨型电子计算机，由国防科技大学计算机研究所在长沙研制成功。它的出现向全世界宣布：中国成了继美、日等国之后，能够独立设计和制造巨型机的国家。它填补了国内巨型计算机的空白，标志着中国进入了世界研制巨型计算机国家的行列。

中国制造的“神威一号”高性能计算机于 1999 年 8 月问世，峰值运行速度为每秒 3 840 亿次，在全世界已投入商业运行的前 500 位高性能计算机中排名第 48 位，能模拟基因排序、中长期气象预报等一系列高科技项目的实验结果，使中国的科学研究与经济建设向前跨进一大步。

“神威”计算机先后安装在北京高性能计算机应用中心和上海超级计算中心。国家气象中心利用“神威”计算机精确地完成了极为复杂的中尺度数值天气预报。中科院大气物理研究所用“神威”机进行新一代高分辨率全球大气模式动力框架的并行计算，取得了令人鼓舞的结果。“神威”计算机为气象气候、石油物探、生命科学、航空航天、材料工程、环境科学和基础科学等领域提供了不可缺少的高端计算工具，取得了显著效益，在我国经济建设和科学研究中发挥了重要的作用。

图 1-7 所示的“曙光”系列服务器是由中国科学院国家智能计算机研发中心研制和开发的高性能计算机系统。2000 年推出每秒浮点运算速度 3 000 亿次的“曙光 3000”超级服务器。2004 年上半年推出每秒浮点运算速度 10 000 亿次的“曙光 4000”超级服务器。曙光系列高性能计算机系统不仅具有重大的学术价值，它们在各种计算中心、网络中心、信息中心、清算中心、结算中心、计费中心、数据中心、处理中心、电子商务和交换中心，以及大专院校、科研院所、大中型企业和政府机关做主服务器；还广泛应用于石油、气象、水利水电、航空航天及汽车轮船设计模拟、地震监测预报、环境监测分析、金融证券、生物信息处理、网络信息服务和基础科学计算等行业领域。

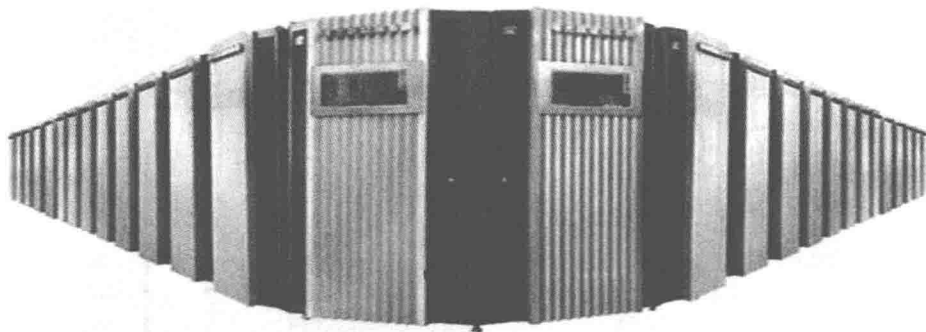


图 1-7 “曙光”超级计算机

中国魔方超级计算机是中国首台百万亿次超级计算机，产品序列名称为“曙光 5000A”。“曙光 5000A”采用新型“超并行”体系结构（Hyper Parallel Processing, HPP），是中国自主知识产权产品，具有高性能、高效率、高密度、高性价比、低功耗以及广泛适用性等特点。

万花筒

魔方计算机名称的来历

上海超级计算中心对“曙光 5000A”计算机采用双命名形式，除已有的产品序列名称“曙光 5000A”外，特地向公众征集个性名称。活动历时 3 个月，经过几轮的筛选，最后选取北京的一位 IT 工程师尹立宁提交的名称，命名为：魔方（Magic Cube）。魔方代表了对未知的探索和大自然的无穷变化，魔方的变化多样性正体现了现代超级计算机的可重构特性。魔方在转动的过程中寻求规律、最终达致完美几何图形，与科学研究工作者在看似无序的世界中寻求物质本质和自然规律的特征十分契合。

“曙光 5000A”投入应用后，将为气象、海底隧道、环保、船舶、大飞机制造、汽车、建筑、钢铁、石油、机电、高校、科学院等领域提供强有力的计算服务，为城市减灾防震提

供安全保障。在2008年11月17日最新公布的全球高性能计算机TOP 500强排行榜中,“曙光5000A”排名世界超级计算机第十。这一成绩让中国成为世界上第二个可以研发生产超百万亿次超级计算机的国家。

“天河一号”超级计算机由中国国防科学技术大学研制,部署在北京的国家超级计算机中心,其测试运算速度可以达到每秒2 570万亿次。2010年11月14日,中国首台千万亿次超级计算机系统“天河一号”排名全球第一。至2011年才被日本超级计算机“京”超越;2012年6月18日,国际超级电脑组织公布的全球超级电脑500强名单中,“天河一号”排名全球第五。

国际TOP 500组织2013年11月18日公布了最新全球超级计算机500强排行榜榜单,“天河二号”以比第二名美国的“泰坦”快近一倍的速度再度登上榜首,如图1-8所示。它以峰值计算速度每秒5.49亿亿次、持续计算速度每秒3.39亿亿次双精度浮点运算的优异性能位居榜首,成为全球最快超级计算机。“天河二号”超级计算机,在体系结构、微异构计算阵列、高速互联网络、加速存储架构、并行编程模型与框架、系统容错设计与故障管理、综合化能耗控制技术以及高密度高精度结构工艺等方面,突破了一系列核心关键技术。



图1-8 “天河二号”超级计算机



小知识

超级计算机的速度单位

超级计算机速度以每秒浮点运算次数“FLOPS”作度量单位,常见的表示电脑中的峰值或速度的单位如下:

一个 MFLOPS = 每秒 100 万 ($=10^6$) 次的浮点运算

一个 GFLOPS = 每秒 10 亿 ($=10^9$) 次的浮点运算

一个 TFLOPS = 每秒 1 万亿 ($=10^{12}$) 次的浮点运算

一个 PFLOPS = 每秒 1 千万亿 ($=10^{15}$) 次的浮点运算

一个 EFLOPS = 每秒 100 亿亿 ($=10^{18}$) 次的浮点运算

此外,由于浮点积和熔加运算或乘积累加是两次的浮点运算(每条FMA指令包括加/减及乘),因此当处理器支持FMA指令时,峰值是两倍每秒所能运行FMA指令的数目。

1.3 信息时代的新秀——物联网

物联网在国际上又称为传感网，掀起了继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮。物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上延伸和扩展的网络，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间的信息交换和通信。因此，物联网是通过射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器、气体感应器等信息传感设备，按约定的协议，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，简而言之，物联网就是“物与物相连的互联网”。

物联网的到来，使世界上所有的物体，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的交换。在物联网时代，通过在各种各样的日常用品上嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，在任何时间任何地点，从人与人之间的沟通连接扩展到人与物或物与物之间的沟通。

全球都将物联网视为信息技术的第三次浪潮，并将其确立为取得未来信息社会竞争优势的关键。据美国独立市场研究机构 Forrester 公司预测，物联网所带来的产业价值要比互联网高 30 倍，物联网将形成下一个上万亿元规模的高科技市场。

物联网应用涉及国民经济和人类社会生活的方方面面。由于物联网具有实时性和交互性的特点，因此，物联网的应用非常广泛，主要包括绿色农业、智能工业、智能物流、能源电力、公共安全、市政管理、节能环保、远程医疗、智能家居、智能交通和金融保险等领域。

物联网技术在农业中的应用，既能改变原有的农业经营管理方式，也能提高动植物疫病疫病防控能力，确保农产品质量安全，引领现代农业发展。通过物联网，利用 RFID 技术、传感器和二维码等方式随时随地可以获取物体的信息，利用云技术、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和处理，对农作物实施智能化的控制。物联网可以对果园生产、粮食生产、畜牧生产进行实时监控，智能控制农业设施，高效地实施农机调度，对资源环境进行监测，掌握农副产品的安全等，用以提高农产品的质量。



物联网的起源

物联网理念最早可追溯到比尔·盖茨 1995 年出版的《未来之路》一书，在《未来之路》中，比尔·盖茨已经提及物互联，只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展，并未引起重视。1998 年，美国麻省理工学院（MIT）阿什顿（Ashton）教授在研究 RFID 时创造性地提出了当时被称作 EPC 系统的物联网构想。1999 年，建立在物品编码、RFID 技术和互联网的基础上，美国 Auto-ID 中心首先提出了物联网概念。

物联网是信息通信技术发展的新一轮制高点，在工业领域中被广泛应用，与未来先进制造技术相结合，形成智能化的制造体系，这一制造体系目前仍在不断发展和完善之中。将具有环境感知能力的各类终端、基于泛在技术的计算模式、移动通信等不断融入到工业生产的各个环节，可大幅提高制造效率，改善产品质量，降低产品成本和资源消耗，将传统工业提升到智能工业的新阶段。

物联网在工业领域的应用主要集中在以下几个方面：

(1) 制造业供应链管理。物联网应用于企业原材料采购、库存、销售等领域，通过完善和优化供应链管理体系，提高了供应链效率，降低了成本。通过在供应链体系中应用传感网络技术，构建全球制造业中规模最大、效率最高的供应链体系。

(2) 生产过程工艺优化。物联网技术的应用提高了生产线过程检测、实时参数采集、生产设备监控、材料消耗监测的能力和水平，使生产过程的智能监控、智能控制、智能诊断、智能决策、智能维护水平不断提高。钢铁企业应用各种传感器和通信网络，在生产过程中实现对加工产品的宽度、厚度、温度实时监控，提高产品质量，优化生产流程。

(3) 产品设备监控管理。各种传感技术与制造技术的融合实现了对产品设备操作使用记录、设备故障诊断的远程监控。某些跨国集团在全球建立了面向不同产品的综合服务中心，通过传感器和网络对设备进行在线监测和实时监控，并提供设备维护和故障诊断的解决方案。

(4) 环保监测及能源管理。物联网与环保设备的融合实现了对工业生产过程中产生的各种污染源及污染治理各环节关键指标的实时监控。在重点排污企业排污口安装无线传感设备，不仅可以实时监测企业排污数据，而且可以远程关闭排污口，防止突发性环境污染事故发生。电信运营商已开始推广基于物联网的污染治理实时监控解决方案。

(5) 工业安全生产管理。把感应器嵌入和装配到矿山设备、油气管道、矿工设备中，可以感知危险环境中工作人员、设备机器、周边环境等方面的安全状态信息，将现有的网络监管平台提升为系统、开放、多元的综合网络监管平台，实现实时感知、准确辨识、快捷响应及有效控制。

(6) 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。

在逐步走入物联网的时代，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。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。由此可见，自动化、信息化、网络化，是能够体现这个时代智能的三个主要特征。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，智能物流将是物流业未来发展的方向。

目前，智能物流在快递、零售行业方面应用得比较广泛，主要体现在物流的实时跟踪、运输系统的智能调度等方面。

图1-9所示的是美国联邦快递 FedEx 公司的智能物流，FedEx 公司之所以能提供准时

送达服务，就是运用了智能物流系统。FedEx 公司每天要处理全球 211 个国家的近 250 万件包裹，通过利用物流实时跟踪系统，准时送达率达到了 99%。

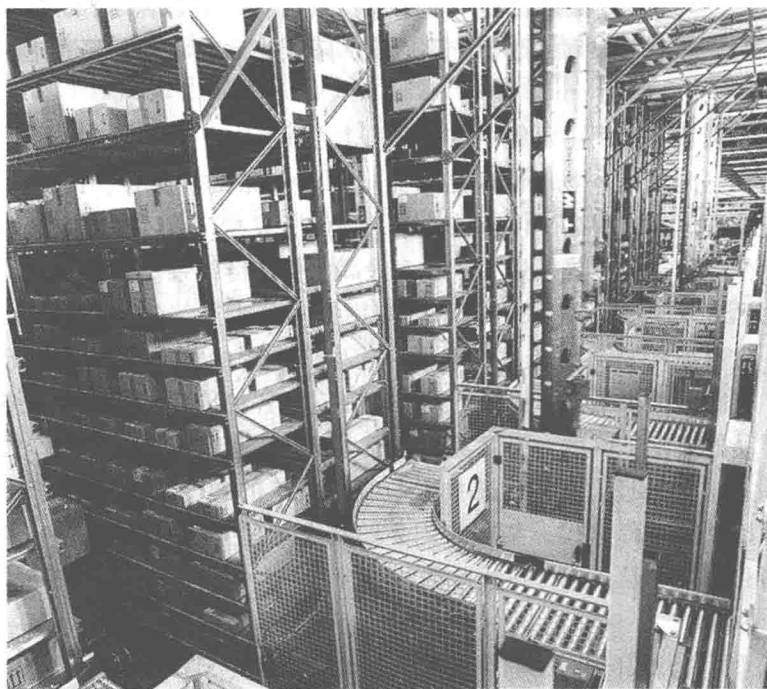


图 1-9 联邦快递公司 FedEx 的智能物流

作为国际大型零售业巨头，美国沃尔玛在智能化物流方面的投入十分巨大。它拥有全美最大的送货车队，24 小时昼夜不停地工作。车辆全部安装了 GPS 卫星定位系统，调度中心可实时掌握车辆及货物的情况，如车辆在什么地方，离目的地还有多远，还有多长时间能够运到。沃尔玛为每家分店的供货次数通常是一天一次，做到始终能够及时补货，所以才能领先于竞争对手。一般来说，物流成本占整个销售额的 10% 左右，有些食品行业甚至达 20% 或者 30%。但是，在采用智能物流系统调度后，沃尔玛的配送成本仅占它销售额的 2%。拥有如此灵活高效的物流调度，才使得沃尔玛在竞争激烈的零售业中保持领先。

图 1-10 所示的智能电网以双向数字科技创建的输电网络传送电力，它可以侦测电力供应者的电力供应状况、一般家庭用户的电力使用状况，从而调整家电用品的耗电量，以此达到节约能源，降低损耗，增强电网可靠性的目的。智能电网包含了一个智能型电表基础建设，用于记录系统所有电能的流动。通过智能电表，可以随时监测电力使用的状况。智能电网包括超导传输线以减少电能的传输损耗，还具有集成新能源，如风能、太阳能等的的能力。当电能便宜时，消费者可以开启某些家用电器，如洗碗机，工厂可以启动在任何时间段都可以进行的生产过程；在电能需求的高峰期，则可以关闭一些非必要的用电器来降低用电需求。

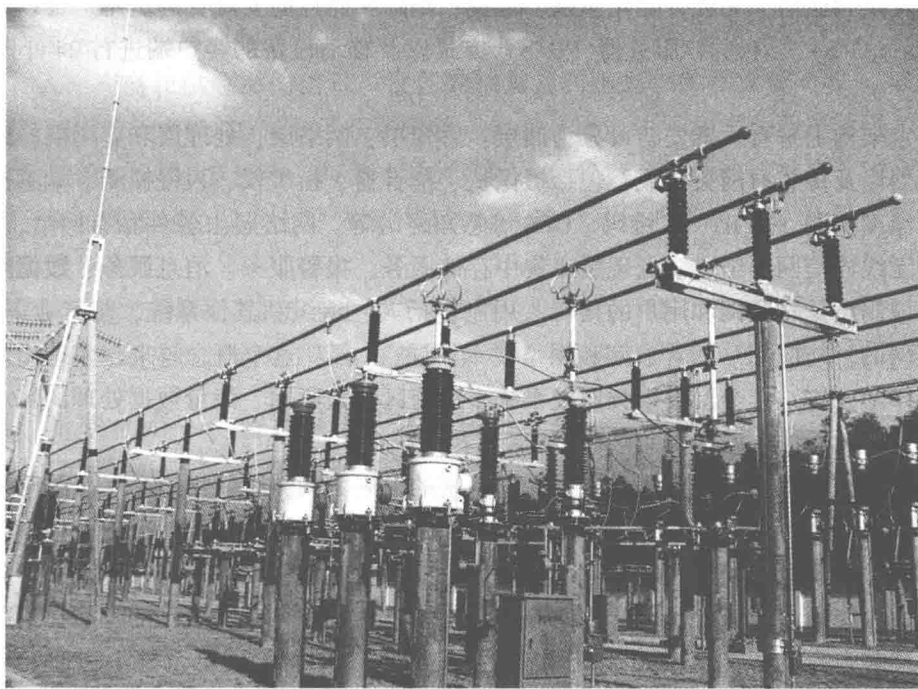


图 1-10 智能电网

智能电网的优点在于：在客户和电力企业之间建立起双向信息流，提供互动性服务，更迅速地响应客户需求，提升客户满意度；丰富电力企业需求及管理手段，提高能源利用率；通过远程自动化表计管理，节约人力成本，提高工作效率；通过自动数据收集，及时掌握设备运行工况，节约检修和维护成本；有效防范窃电，盗窃、破坏电力设施等违法行为。

美国和欧洲在智能电网发展方面具有代表性。美国圣地亚哥海滨城市微型智能电网的性能是独一无二的，它能在发生大规模电网故障时使电网与电站实现精确隔离，并在故障修复后精确再结合，对电力输出几乎不造成影响。不管是电站发电还是消费者在家中利用太阳能发电，电力储存都能通过智慧型电表基础建设（Advanced Metering Infrastructure, AMI）连接到变电站中，提高配电网馈线和变电站等电网组成部分的可靠程度并减低高峰负荷。

欧盟国家是世界智能电网的领跑者之一。在欧盟国家中，丹麦是这方面技术领先的国家，目前，该国 20% 的电力来自风力发电，并已开发出世界上智能化程度最高的电网。与此同时，丹麦政府还致力于与大公司结成战略同盟，建立更好的智能电网基础设施。鉴于欧盟地区国家众多，各国采用的电力标准各不相同，欧盟也希望借智能电网建设的契机，统一各国标准，把整个欧洲的电网连成一片。

云安防是基于物联网模式并且采用云存储技术来满足现代化安防的需求。具体实现是指通过集群应用、网格技术、分布式文件系统等功能，将视频监控、门禁控制、RFID 射频识别、入侵报警、消防报警、短信报警、GPS 卫星定位等技术通过“云”集合起来协同工作，

进行信息交换和通信,完成智能化识别、定位、跟踪和监控的安防管理。用户可以通过客户端/服务器(C/S)、浏览器/服务器(B/S)方式以及移动设备的客户端进行24小时的无缝远程监管。

从技术架构上来看,云安防可分为四层:感知层、网络层、处理层和应用层。感知层由各种传感器以及传感器网关构成,包括摄像机、拾音器、指纹仪、入侵探测、烟感探测、震动探测、温度探测、RFID、二维码、GPS等感知终端等。网络层由各种私有网络、互联网、电话网和无线通信网等组成。处理层由集中存储服务、报警服务、消息服务、数据服务等部分组成。应用层是物联网和用户的接口,用户包括人、组织和其他系统,与行业需求结合,实现物联网的智能应用。随着数字和网络技术发展,“云”这个概念越来越多地出现在我们身边。而伴随公安、社会治安视频监控系统多级跨区域大联网、海量数据处理的需求越来越迫切,“云”技术也越来越多地应用在视频监控系统中。

物联网在城市交通中的应用是未来交通系统的发展方向,智能交通是一个基于现代电子信息技术面向交通运输的服务系统。智能交通系统包括车辆控制系统、交通监控系统、车辆管理系统、旅行信息系统等。它的突出特点是以信息的收集、处理、发布、交换、分析、利用为主线,为交通参与者提供多样性的服务。在该系统中,车辆靠自己的智能在道路上自由行驶,公路靠自身的智能将交通流量调整至最佳状态,借助于这个系统,管理人员将对道路、车辆的行踪掌握得一清二楚。

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。

交通监控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信联系。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。

车辆管理系统通过汽车的车载电脑、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信,来提供商业车辆、公共汽车和出租汽车的运营效率。该系统的通信能力极强,可以对全国乃至更大范围内的车辆实施控制。

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,如计算机、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,只要采用其中任何一种方式,你都能从信息系统中获得所需要的信息。有了该系统,外出旅行者就可以眼观六路、耳听八方了。

物联网在卫生领域的应用,可以提高医疗卫生服务水平。通过电子医疗和RFID物联网技术能够使大量的医疗监护的工作实行无线化的应用,可以大幅度地体现高度的共享,和降低公众的医疗成本。有些不必去医院占用物理资源的病,它的信息可以提前通过物联网进行采集,病人在家可以进行自我医疗服务;复杂的疑难病症通过远程医疗请各方专家进行会诊,以便得到更好的治疗。

物联网可以用于药品管理和用药环节。将药品名称、批次及生产、销售等环节的信息都存于 RFID 标签中,当出现问题时,可以了解全过程。可以用于医疗设备管理,将医疗设备的 RFID 存入生产商和供应商的信息、设备的维修保养信息、医疗设备不良记录跟踪信息等,通过应用医疗设备 RFID 简化了设备巡检、维护。可以用于病房和药房管理,每位住院的患者都将佩戴一个 RFID 腕带,存储了患者的相关信息,包括药物过敏史、每天用药和打针情况等,并可帮助医生或护士对交流困难的病人进行身份的确认,RFID 腕带确保标志对象的唯一性及准确性。

整体而言,随着物联网与医疗卫生领域的融合,实现患者与医务人员、医疗机构、医疗设备间,药物之间的智能互动,使医疗系统变得更加便捷、全面,引领医疗卫生迈进智能新时代。

1.4 新型家园——智慧城市

智慧城市是把新一代信息技术充分地运用到城市的各行各业之中,是基于知识社会下一代创新的城市信息化高级形态,实现信息化、工业化与城镇化深度融合,有助于缓解“大城市病”,提高城镇化质量,实现精细化和动态管理。智慧城市不仅仅是物联网、云技术等新一代信息技术的应用,更是一个有机结合的大系统,涵盖了更透彻的感知、更全面的互联、更深入的智能。物联网是智慧城市中非常重要的元素,它支撑着整个智慧城市系统。物联网为智慧城市提供了坚实的技术基础,提供了城市的感知能力,并使得这种感知更加深入、智能。通过环境感知、水位感知、照明感知、城市管网感知、移动支付感知、个人健康感知、无线城市门户感知、智能交通的交互感知等,智慧城市才能实现市政、民生、产业等方面的智能化管理。而物联网的主要目标之一是实现智慧城市,许多基于物联网的产业和应用都是服务于智慧城市的主流应用,换句话说,智慧城市是物联网的靶心。

智慧城市是在数字城市建立的基础框架上,通过物联网将现实世界与数字世界进行有效融合,感知现实世界中人或物的各种状态和变化,由云计算中心处理其中海量和复杂的计算与控制,实现城市管理和对公众的智能化服务。智慧城市需要依托数字城市建立起来的地理坐标和城市各种信息的内在有机联系和关系,并在此基础上增加实时传感、控制以及分析处理的功能。可用公式表示为:智慧城市 = 数字城市 + 物联网 + 云计算。

数字城市相关技术包括天空地一体化的空间信息快速获取技术、海量空间数据调度与管理技术、空间信息可视化技术、空间信息分析与挖掘技术、网络服务技术等方面。物联网能够实现人与人、人与机器、机器与机器的互联互通。云计算是一种基于互联网的大众参与的计算模式,其计算资源是动态、可伸缩、被虚拟化的,而且以服务的方式提供。

智慧城市的空间基础设施包括位置云、遥感云、地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 等。位置云是将手机接收到的卫星导航信号与其他定位相关的传感器信息传输到云技术中心,通过实时计算,实现室内外高精度的手机连续位置定位;遥感云是利用云公共服务平台,将海量遥感数据、复杂的遥感处理与分析方法放在远程的云计算平台中,利

用云计算平台弹性的计算能力，用户无需搭建专用环境，只需要选择数据和算法后即可获取最终结果；地理信息系统（GIS）与视频集成可以实现静态数据和动态数据的融合应用，地理信息系统与天空地一体化传感网集成可以根据用户需求做出快速响应。

目前，政府有关部门和企业正在智慧电网、智慧交通、智慧水利、智慧公共服务、智慧楼宇和智慧家居六大关键领域积极推进智慧城市建设，同时，也有一些城市提出建设智慧医疗、智慧养老、智慧园区、智慧安防以及智慧政务等。无论怎样细分应用领域，都是智慧城市建设的一个方面，不能相互替代。而在整个智慧城市建设中，智慧安防是智慧城市核心应用之一，在整个智慧城市建设中，智慧安防关注面和涉及面是最大的。

2009年9月，美国中西部爱荷华州的迪比克市与IBM共同宣布，将建设美国第一个“智慧城市”——一个由高科技充分武装的60 000人社区。通过采用一系列IBM新技术“武装”的迪比克市将完全数字化，并将城市的所有资源都连接起来，包括水、电、油、气、交通、公共服务等，因此可以侦测、分析和整合各种数据，并智能化地做出响应，服务于市民的需求。其通过使用传感器、软件和互联网让政府和市民能够测量、检测和调整他们使用水、电和交通的方式，以期打造更加节能、智能化的城市。

新加坡致力于打造“智慧城市”，预计在2025年完成建设覆盖全市的数据收集、连接和分析基础设施及操作系统，以提供更好的公共服务。1998年新加坡就开始着手建造电子道路收费系统（Enterprise Resource Planning, ERP），通过对道路交通数据的收集和测算来界定拥堵路段，汽车在交通拥堵路段通行时要进行收费。这一做法在世界上还是首创，并取得了很好的成效。仅仅通过ERP来构建智能交通系统还是不够的，新加坡还将城市路网信息连接成网络，安装传感器、红外线设备，通过优化交通信号系统、电子扫描系统、城市快速路监控信息系统、接合式电子眼及ERP系统等提供历史交通数据和实时交通信息，对预先设定时段的交通流量进行预测。新加坡人民可以通过手机网络、车载GPS查询未来一小时内的交通情况，并选择合适的出行时间和路线。

瑞典的智慧城市建设在交通系统上得到最大的体现。在瑞典首都斯德哥尔摩，平均每天有45万辆汽车驶过城市中央商务区，严重交通拥堵时有发生。IBM为瑞典公路管理局设计、构建并且运行了一套先进的智能收费系统，包含摄像头、传感器和中央服务器，确定交通工具并根据车辆出行的时间和地点收费，这一举措将使交通量降低20%，排放量减少12%。在IBM公司的助力下，斯德哥尔摩在通往市中心的道路上设置了18个路边控制站，通过使用RFID技术以及利用激光、照相机和先进的自由车流路边系统，自动识别进入市中心的车辆，交通拥堵降低了25%，交通排队所需的时间下降50%，道路交通废气排放量减少了8%~14%，二氧化碳等温室气体排放量下降了40%。

2009年7月，日本政府提出国家信息化战略，大力发展电子政府和电子地方自治体，推动医疗、健康和教育的电子化。让国民管理自己的信息资料，通过互联网安全可靠地完成工资支付等各种手续，对其进行综合管理，使国民享受到一站式的电子政务服务。

韩国政府通过布建智能网络、推广信息基础环境建设等，让韩国民众可以随时随地享有科技智能服务，努力打造一个绿色的、资讯化的、无缝连接、便捷的生态型和智慧型城市。通过