

# 论数字城市工程及其技术体系

边馥苓<sup>1</sup> 王金鑫<sup>1</sup>

(1 武汉大学空间信息与数字工程研究中心,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘 要:**分析了数字城市的内涵,基于数字工程思想,总结了数字城市的工程结构与技术体系,进而阐述了数字城市的意义与建设策略。

**关键词:**数字城市;数字地球;数字工程;城市地理信息系统;集成

**中图法分类号:**P208

数字地球是人类对真实地球及相关现象统一的数字化重现和再认识<sup>[1]</sup>,是“人类认识地球的第三次飞跃”<sup>[2]</sup>。从理论上讲,它是地球科学与信息科学的高度综合<sup>[3]</sup>;从技术上讲,它是遥感、数据库与地理信息系统、全球定位系统、宽带网络及虚拟仿真等现代科技的高度综合与升华,是当代科学技术发展的“制高点”<sup>[4]</sup>;从本质上讲,它是信息化的地球,包括地球大部分要素的数字化、网络化、智能化、可视化的全过程<sup>[4]</sup>。

## 1 数字城市的概念理解

据统计,世界上 80% 以上的 GDP(国内生产总值)集中在城市;在发达国家中,80% 左右的人口居住在城市里<sup>[3]</sup>。城市数量的多少、发展水平的高低、城市化水平的优劣是一个国家综合国力的重要体现。

数字城市是传统城市在当今高新技术背景下的功能深化与质的升华,是其发展的新阶段。建设数字城市是城市现代化建设的主流和趋势。同信息时代的其他关键词一样,数字城市没有一个准确的、标准的定义,不同的人从不同的角度有不同的理解。据统计,对数字城市概念的理解大约有十多种。一种具有代表性的观点认为,从哲学理论上讲,数字城市是物质城市在数字网络空间的再现和反映。这里的物质城市即是人们生活的现实城市,而数字网络空间则是数字城市的载体。

数字城市包含以下三层含义:① 数字城市再现物质城市,具有全面模拟和仿真物质城市的功能。② 数字城市又超越物质城市,具有网络化、智能化和虚拟化等特点。③ 数字城市不仅能够静态地再现物质城市,而且还可以与物质城市进行智能化互动。

广义的数字城市即城市信息化,是指通过建设宽带多媒体信息网络、地理信息系统等基础设施平台,整合城市信息资源,实现城市经济信息化,建立城市电子政府、电子商务企业、电子社区,并通过发展信息家电、远程教育、网上医疗,建立信息化社区。狭义的数字城市工程是指利用数字城市的理论,基于 3S(GPS、GIS、RS)、网络、数据仓库、知识挖掘、科学计算、可视化与虚拟仿真等关键技术,深入开发和应用空间信息资源,建设服务于城市规划、城市建设和管理,服务于政府、企业、公众,服务于人口、资源环境、经济社会的可持续发展的信息基础设施和信息系统。其本质是建设空间信息基础设施,并在此基础上深度开发和整合应用各种信息资源。

可以从以下几个方面对数字城市的内涵作一个较为全面的理解。首先,数字城市是一种高新技术背景下建设与管理城市的新战略,城市的概念必然随着高新技术的发展而发展。数字城市是一种科学理念和制胜策略,具有客观性和必然性。其次,数字城市是一套城市基础设施,这包括空间数据基础设施、网络基础设施、应用与服务基础设施、

收稿日期:2004-10-20。

项目来源:国家测绘局测绘科技发展基金资助项目(14601402024-04-04);国家 863 计划资助项目(2002AA135340);湖北省自然科学基金资助项目(2001ABB041)。

标准规范与法规保障环境建设等。第三,数字城市的建设是一项长期的系统工程。数字城市不能理解为一个项目或一两个孤立的系统,而是一个从点到线再到面的过程。即使数字城市建成之后,其数据更新、系统维护、功能升级、综合开发以及法制保障等也将是一个伴随城市发展而不断发展和完善的历程。第四,数字城市将成为信息技术背景下人们工作、生产和生活的新环境、新手段,它能够全面提升城市管理水平以及人们的工作、生产效率,提高城市经济效益。第五,数字城市是一种文化理念与氛围。数字城市是数字文化的一种具体体现。它对城市的政治、经济、文化、教育、卫生甚至居民的个人生活的影响是十分巨大的,对人们数字思维方式、习惯的形成与发展起着潜移默化的作用。当然,我们并不否认数字文化的负面影响,这还要靠科学的民主法制、先进的数字文化主流意识以及社会的道德规范去削弱和克服它。

## 2 数字城市的工程结构

### 2.1 数字工程思想阐述

经过近半个世纪的发展,实用的 GIS 系统经过了“制图型”、“办公型”、“工程应用型”到基于网络的“企业级”GIS 工程。随着信息技术的快速发展,当代 GIS 工程建设及其应用面临着前所未有的复杂局面。在目前的信息技术、网络技术、软件开发技术、通信技术以及嵌入式技术的发展背景下,早期被称为第三代地学语言的 GIS 技术已大大超越了地学领域的范畴,走向了社会化的广泛应用。GIS 工程已不是纯粹的技术工程,而是在技术、方法、组织、管理、数据共享、应用、表现形式等多方面同其他信息系统结合,逐步扩展并形成服务于不同区域、不同领域的数字工程<sup>[7]</sup>。

数字工程的核心思想就是现代信息系统建设、管理和应用的工程化,它是地球空间信息科学、GIS 技术与系统工程学相结合的产物。它强调在网格技术的背景下,现代信息系统工程建设的数据库基础设施、网络基础设施、已建系统设施、关键技术体系、应用与服务的范围和深度,以及标准规范和法规保障体系等各组成要素的全方位整合及无缝集成;它不仅适用于单项小工程,更着眼于综合型大系统群的建设。数字工程的核心技术就是空间信息网格技术。它的体系结构包括建立在异源异构的数据、网络及系统集成技术之上的数据获取与更新体系、海量数据的存储与处理(数据库)体系、信息的提取与分析(知识挖掘)体

系、网络体系以及应用(城市规划、城市交通、地籍管理、城市防灾等)与管理(专业人员小组、教育培训、安全管理、系统维护、标准与互操作规范、相关法规等)体系。它的本质就是建立空间数据基础设施,并在此基础上深度开发和整合应用各种信息资源。其目标就是要建立一个全球性的空间信息网格,数字城市、数字电力、数字国土、数字环保等都是网格上的节点<sup>[5~7]</sup>。

### 2.2 数字城市的工程特点

1) 数字城市是为整个城市提供各层次的服务,而不只是为某个、某类或某些专业部门服务。

2) 数字城市建设所面临的数据环境是极其复杂的。从类型上看,有基础空间数据、社会经济统计数据以及资源与环境等专题数据;从载体上看,有传统纸质的,有存在于各种系统中(包括网上)的电子的或多媒体的,严格地说,还有存在于各行业专家头脑中的知识“数据”;从形式、格式上看,有图形、图像、文本、表格等,有矢量的、栅格的,各种存储形式。数据整合集成的任务十分繁重。

3) 数字城市建设所面临的网络环境错综复杂。现在大多数城市都已建立了较为完善的网络体系,如电信网、有线电视网和 Internet 网,还有各部门的局域网。但由于体制等原因,这些网不但互不相联,而且结构、带宽、规模各不相同。因此,必须建立数字城市统一的网络基础设施。

4) 城市已建立的各类信息系统的水平参差不齐。经过多年的发展,城市的许多部门都建立了各自的信息系统(或具有相应的数字产品)。但由于建设的年代不同,应用目的不同,其规模与技术水平高低不一。存在于这些系统中的空间数据存在着典型的“四个不一致”:空间数据的基准不一致,空间数据的时态不一致,语义描述的不一致以及数据存储格式的不一致<sup>[8]</sup>。如何整合集成这些已有的系统也是一个十分棘手的大问题。

5) GIS 虽然仍是数字城市的基础核心技术,但传统的 GIS 技术已远远不能满足数字城市功能与应用的需求。一些 GIS 高水平的技术如数据仓库、海量数据的快速查询、数据挖掘、3D GIS、虚拟仿真、地理专业建模、空间辅助决策等,已成为数字城市的关键技术。

6) 现有城市的标准与政策环境对数字城市建设提出了严峻的挑战。目前,国内尚未见到一个较为成功的关于数字城市的典型案例,如何打造城市数字“航母”没有现成的经验可以借鉴。现有的城市各部门、行业互不相通的标准离数字城市的统一标准相差太远,相关的法律政策所涉及

的层面、达到的力度远不能满足数字城市的要求。因此,数字城市标准的制定与整合、工程的组织、管理与维护、政策法律环境的建设与完善都是有关技术与管理人员面临的新的重大课题,同时也是一个严峻的挑战。

综上所述,建设数字城市是一项长期、复杂的系统工程,包括技术应用工程、组织管理工程、标准规范及政法建设工程。首先必须进行科学的总体规划,制定统一先进的技术路线,确立切实可行的建设策略,然后进行高效的组织管理,加大领先技术的应用力度,优先建立统一的城市基础信息平台和一些典型的有影响的重点示范工程,在取得经验教训的基础上,再进行优化以及新系统的建设,有计划、有步骤地推进整个工程的建设,在总体框架完成的基础上,进行数字城市高层次的开发和利用。

### 2.3 数字城市的工程结构

从上面的分析可以看出,数字城市的工程特点与数字工程新理念十分吻合,因为数字工程是 20 年来教学科研与开发建设实践的提炼与总结,它科学地反映了当代信息技术背景下实用 GIS 系统开发与建设的客观规律,理应成为数字城市建设的“技术纲领”。从数字工程的角度,数字城市的工程结构如图 1 所示。

数字城市的工程结构从下向上分为基础层、框架层、行业应用层与高级应用层。建设数字城市,首先要进行异源异构的数据(空间与非空间)整合与集成、城域网络集成以及基于两者的异源异构系统的集成,同时进行城市主干宽带网络总线建设,在此基础上建立和完善城市空间数据基础设施(CSDI)与城市信息基础设施(CII,城域信息高速公路)。基于 CSDI 和 CII,在网络技术、组件构件技术、中间件技术、OpenGIS 技术、数据仓库技术等的支持下,建立城市基础地理信息系统工程以及城市信息资源共享与交换中心,在此基础上构建核心的城市基础信息共享与处理平台——城市空间信息网格(CSIG),然后在统一的平台上整合和建立数字行业(城规、国土、环保、交通、文教等)的应用,建立电子政务、电子商务平台,构建数码城市三维可视化环境、数字社区、数字家庭等。在整个数字城市工程建立和完善的基础上,基于系统的重组与优化、知识挖掘技术、地理建模技术、科学计算(网格计算)技术、空间辅助决策技术等,进行深层次的挖掘。如建立虚拟政府的“一站式办公”平台,城市 110、120、119 三网合一的城市综合应急系统、城市地理事件的反演

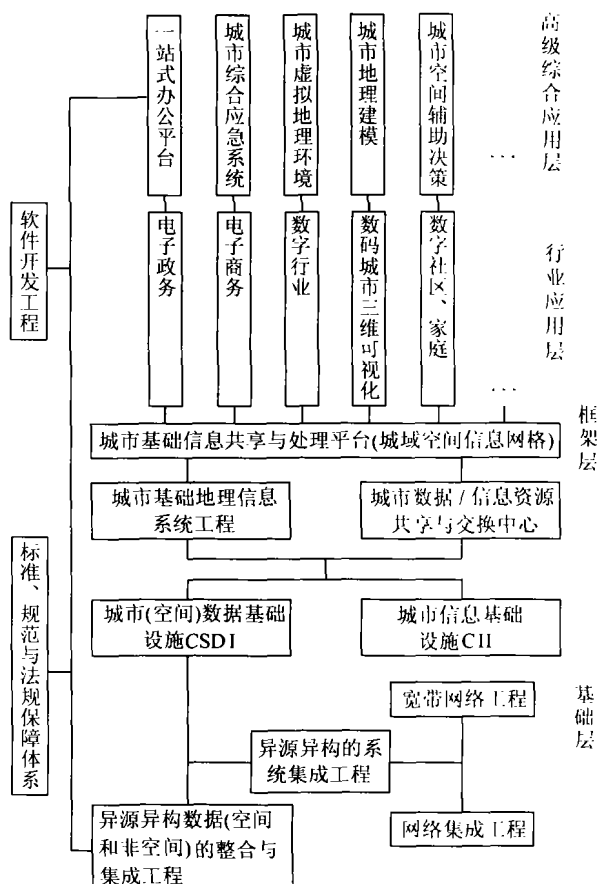


图 1 数字城市的工程结构

Fig. 1 Engineering Structure of Digital City

仿真、城市防灾减灾系统、城市空间辅助决策系统等。数字工程建设与应用始终贯穿着软件开发工程实施以及标准与规范、法规与制度的健全与保障。

## 3 数字城市的技术体系

### 3.1 技术体系框架

数字城市的技术体系是目前数字城市领域研究的热点,许多人从不同的角度都作了较为全面的探讨。从前面数字城市概念与工程的介绍可以看出,构筑数字城市至少需要计算机网络技术(Web,包括 Internet)、数据库管理技术(DBMS)、遥感(RS)影像应用技术、GIS 技术、GPS 技术、虚拟现实技术(VR)等的支持。然而,应用这些技术只能建立数字城市的基本框架,并不能实现完全意义上的城市信息化,因为许多底层的技术问题还有待进一步的研究和发展<sup>[9]</sup>,如异源异构数据的整合与集成技术、网络集成技术、宽带网络技术、高分辨率遥感卫星影像的信息提取技术、海量存储技术(分布式数据库、数据仓库与联邦数据

库)、高速并行计算(网格计算)、信息的共享与互操作技术、多元数据融合技术、三维再现与虚拟仿真技术、元数据结构及其标准、数据挖掘技术、空间辅助决策技术等,所有这些技术按照在数字城市建设中的重要程度,可以概括为基础技术和关键技术两大类<sup>[9]</sup>;而按照其在数字城市建设中的基本功能,可以分为四种类型:数据获取与集成技术、数据存储与管理技术、数据传输与共享技术、数据应用与表现技术<sup>[9,10]</sup>。完整的数字城市技术体系如图 2 所示。

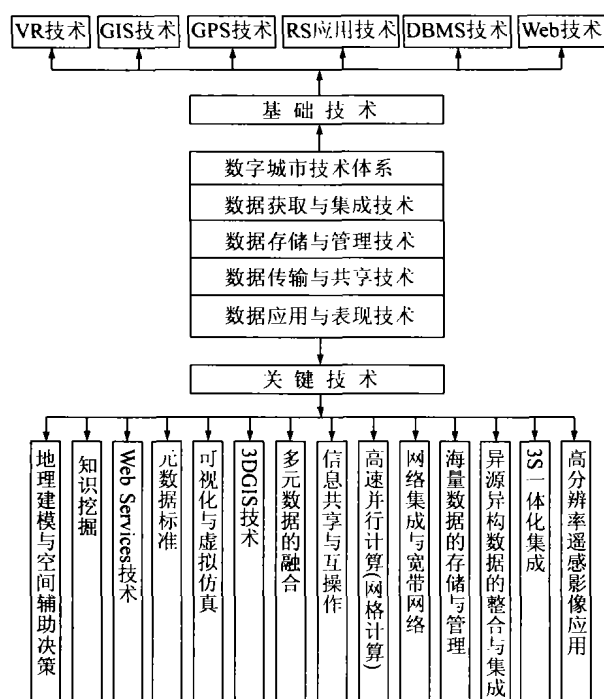


图 2 数字城市的技术体系

Fig. 2 Technical System of Digital City

### 3.2 数字工程的集成技术

关于数字城市的关键技术体系,许多文献都作了比较详细的介绍。下面仅对建设数字城市必不可少的基础关键技术——数据与网络的集成技术作一简单介绍。

#### 3.2.1 异源异构数据的整合与集成技术

由前述可知,建设数字城市所面临的数据环境是极其复杂的。如何选择、整合、优化和集成这些异源、异构、异质、多尺度、多分辨率、多时相的数据,是数字城市首先要解决的关键技术。

在选定基础 GIS 软件系统与数据库管理软件系统的基础上,首先对每种类型的数据都要在工程设计中制定统一的数据格式、数据标准、数据库格式。然后对海量的数据进行主题性的选择,再(借助 GIS 软件)进行数据格式标准转换,经质量控制后,进入数据库和数据仓库。这主要有以

下两种情况。

1) 所有的基础空间数据系列必须具备相应统一的空间定位标准,即具有统一的平面坐标基准、高程基准、投影类型和分带系统。来自不同系统的数据(纸质图形数据首先进行数字化)必须进行坐标系统转换,数字城市必须采用统一的中国国家标准,以国际国内功能强大的 GIS 系统为基础软件(系列),在此基础上进行统一的规范化整合。经过质量控制的入库数据,必须在数学精度、属性精度、完整性、逻辑一致性等方面符合国家空间数据标准及工程设计标准,其技术路线见图 3 (其中模型数据包括 DEM 数据和 DOM 等影像数据)。需要说明的是,这里的图形数据(矢量数据)有不同的比例尺系列,模型数据(栅格数据)具有不同的分辨率系列。

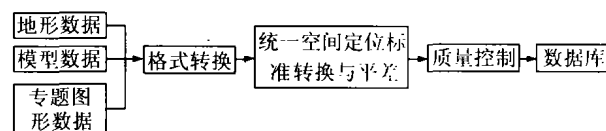


图 3 基础空间数据的整合技术路线

Fig. 3 Technical Approach of Basic Spatial Data Integration

2) 对于大量的各种属性数据,包括各类统计数据专题属性数据(主要是文本、表格、图片及多媒体数据等),首先进行“主题性”的选择,即它必须反映某一主题或服务于某项功能;然后根据系统数据库的详细设计进行规范化整理,按照统一格式进行数据采集;最后经过质量检查才能入库。如图 4 所示。

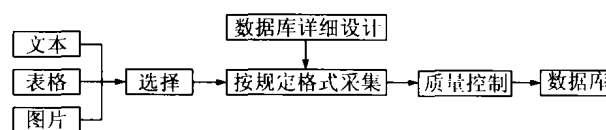


图 4 各种属性数据的整合技术路线

Fig. 4 Technical Approach of Attribute Data Integration

#### 3.2.2 网络集成技术

数字城市涉及海量的数据,作为信息高速公路,网络自然是越宽越好。一般来说,城市的网络建设已有了很好的基础,城域电信网、有线电视网、Internet 网以及许多部门都已建立了局域网,这些网络结构不同,规模大小不一,却是数字城市的网络设施基础,必须充分利用。首先,必须制定网络的总体规划,合理分级。城市主干网总线、带宽、设备与技术必须跟上网络技术的潮流,应达到国际国内先进水平。区域骨干网应根据区域的实际情况,确定先进技术与设备的分配比例,合理设

置带宽,做到既与总线链接,有足够的扩容能力,又与局域网链接,充分利用已有的网络基础。然后,构建城市总线网,在此基础上对局域网进行技术改造和完善,并与总、支干网进行统一的链接和集成。

在以上两个集成的基础上,可以基本完成异源异构的信息系统的集成。此外,还必须基于 WebGIS 中间件技术,实现不同地理信息系统之间的功能互操作。

### 参 考 文 献

- 1 李德仁. 数字地球与 3S 技术. <http://www.ezhou.gov.cn/sz8.htm>, 2001
- 2 李琦, 吴少岩. 数字地球——人类认识地球的第三次飞跃. 北京:北京大学出版社, 1999
- 3 承继成, 林晖, 周成虎, 等. 数字地球导论. 北京:科学出版社, 2000
- 4 徐冠华. 数字地球导论. 北京:科学出版社, 2000
- 5 边馥苓, 涂建光. 从 GIS 到数字工程. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(2): 95~99
- 6 张超. 地理信息系统实习教程. 北京:高等教育出版社, 2000
- 7 夏曙东, 李琦, 承继成. 空间信息格网和关键技术分析. 地球信息科学, 2002(4): 30~35
- 8 李德仁. 论天地一体化的地球空间信息科学及对研究生教育的要求. 武汉大学研究生学报·自然科学版, 2004, 21(1): 1~4
- 9 郭平. 数字城市的技术体系. 见:《数字城市的理论与实践》编委会. 数字城市的理论与实践(上册). 广州:广东世界图书出版公司, 2001. 447~450
- 10 党安荣, 王晓栋, 毛其智. 构筑数字城市的主要技术和方法探讨. 见:《数字城市的理论与实践》编委会. 数字城市的理论与实践(上册). 广州:广东世界图书出版公司, 2001

第一作者简介:边馥苓,教授,博士生导师。现从事 GIS 理论及其应用研究。代表成果:《地理信息系统原理与方法》;三峡工程测绘管理信息系统;深圳、南海、重庆、青岛、萧山城市规划、市政建设管理信息系统等 20 多项。

E-mail: flbian@wtusm.edu.cn

## Engineering and Technical System of Digital City

BIAN Fuling<sup>1</sup> WANG Jinxin<sup>1</sup>

(1 Research Center of Spatial Information and Digital Engineering, Wuhan University,  
129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Explaining the concepts of digital city and digital engineering, this paper discusses the engineering frame and technical system of digital city and discusses the significance of its building strategy.

**Key words:** digital city; digital earth; digital engineering; urban GIS; integration

**About the first author:** BIAN Fuling, professor, Ph.D supervisor. Her main research is on the theory and application of GIS. Her major achievements are "principles and methods of GIS", Surveying and Mapping Management System in Three Gorges Project, etc. She is in charge of more than 20 urban planning, land administration systems in Shenzhen, Nanhai, Chongqing, Qingdao, Xiaoshan, etc.

E-mail: flbian@wtusm.edu.cn

(责任编辑: 涓涓)