



◎ 李宗华 著



数字城市空间数据基础设施建设与应用



科学出版社

www.sciencep.com

TU984.1/37

2008

数字城市空间数据基础 设施建设与应用

李宗华 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

数字城市和城市信息化建设是当前我国城市建设与发展及科学研究领域的热点问题。本书主要论述了数字城市的起源、概念与内涵,提出了数字城市空间数据基础设施的定义、建设任务及体系结构,研究了城市空间数据的来源、尺度和精度,探讨了多源、多尺度空间数据的处理与集成问题,阐述了城市空间数据的管理、维护与更新机制,介绍了数字武汉空间数据基础设施的建设以及在城市规划、国土资源管理、公共服务和城市网格化管理中的应用情况。

本书可供从事数字城市建设研究人员、城市地理信息系统建设和维护人员、城市规划 and 国土资源管理信息化工作者、相关专业的高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字城市空间数据基础设施建设与应用/李宗华著. —北京:科学出版社,2008

ISBN 978-7-03-018949-3

I. 数… II. 李… III. 城市建设-地理信息系统-研究 IV. TU984
P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 153561 号

责任编辑:韩 鹏 王新玉/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 1 月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—3 500 字数:274 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

信息化和经济全球化已成为当今人类社会发展的总趋势,信息化程度和水平已成为衡量一个国家、地区,乃至一个城市经济社会发展和综合实力的重要指标。城市是一个地区的经济、文化、信息和政治中心,是人类文明的辐射源和聚集地,因此城市的信息化成为全球信息化的核心。数字城市是人类认识物质城市的又一次飞跃,不仅给城市带来新的发展机遇和活力,而且也城市、社会、经济、人口等全面、健康、和谐、可持续发展提供了重要的支持。数字城市概念一经提出,迅速成为城市信息化建设的一面旗帜。1999年11月在我国北京举办首届数字地球研讨会,特别是2001年9月在广州举办“中国国际数字城市建设技术研讨会暨21世纪数字城市论坛”后,各地迅速掀起了数字城市建设的热潮。

该书作者抓住数字城市建设的基础性问题——空间数据基础设施建设中的空间数据组织、管理、共享、应用等进行了深入的研究和分析,对数字城市空间数据基础设施的理论框架、空间数据的尺度和精度、数据的处理与集成、更新与维护等问题进行了深入的研究,提出了数据的分类体系,讨论了城市空间基础数据的特征、尺度、精度,不同数据的协调,多源数据的收集、处理、组织、集成、更新、管理与维护等问题,具有一定的理论深度。这些研究成果在数字武汉空间数据基础设施建设中得到了很好的应用。数字武汉空间数据基础设施建设是建设部“城市数字化工程”的示范项目,也是科技部“十五”科技攻关计划“城市规划、建设、管理与服务的数字化工程”的试点项目,该项目被中国地理信息系统协会评为2006年度全国地理信息系统优秀应用金奖,入选“2006年中国信息化推荐案例”。以此为基础建立的武汉市城市网格化管理与服务系统获得2006年度武汉市科技进步一等奖,武汉市土地利用动态管理信息系统建设获得国土资源部2005年度科技进步二等奖,武汉市规划国土公众信息服务系统被评为武汉市电子政务“十佳应用系统”,入选国家信息化优秀案例。这些成绩的取得,既是数字城市空间数据基础设施理论在武汉市的具体应用,也为数字城市空间数据基础设施理论的研究提供了丰富的实践经验,对于当前我国城市空间数据基础设施的建设是有益的探索,具有较高的实用价值。

数字城市空间数据基础设施建设和应用是一项不断发展的创新性工作,我殷切地希望该书的出版能够对数字城市空间数据基础设施建设起到推动作用。

中国科学院院士
中国工程院院士
武汉大学 教授

李德仁

2006年12月

前 言

“数字城市”是当前信息化建设的热门课题,许多城市都以“数字城市”建设为旗帜大力推进城市信息化建设。目前最集中的是城市规划和国土资源部门,纷纷以数字城市建设为目标开展城市基础地理信息系统建设,并以此为基础开展各种应用,建立各种专业的城市管理信息系统。

本书以数字城市空间数据基础设施建设为主题,对数字城市的内涵、空间数据基础设施、城市空间数据组织、管理、共享和应用等问题进行了深入的研究和分析,是作者近年来在数字城市领域所取得的研究和建设成果的总结,内容包括以下几个方面:

(1) 对数字城市的起源、概念与内涵,以及数字城市的内容与框架进行了研究。数字城市总体上由基础层、管理层和应用层三部分组成。其核心思想是最大限度地利用信息资源,核心技术是3S和虚拟现实、宽带网络等,主题是数据、软件、硬件、模型和服务,本质是基于网络的计算机信息系统。

(2) 数字城市空间数据基础设施建设是数字城市建设的基础工程,本书论述了数字城市空间数据基础设施的定义、建设任务及体系构成,研究了数字城市空间数据基础设施理论框架、数据分类、关键技术、标准体系、管理运行机制以及共享服务模式。针对目前数字城市空间数据基础设施建设的数据体系分类方法不能同时兼顾数据生产、更新和方便使用的不足,提出了兼顾生产、更新与使用的新的数字城市空间数据基础设施的数据分类方法,提出了空间信息的在线服务模式。

(3) 对空间基础数据的来源、尺度和精度进行了研究,分析了衡量城市空间数据尺度的4个指标:比例尺、范围、详尽程度和分辨率。总结了现有测量规范对主要城市空间基础数据的精度要求,提出了数字城市空间基础数据的平面精度的分级体系和不同尺度与精度条件下城市空间数据协调的一般方法。

(4) 研究了数字城市多源、多尺度数据的处理与集成问题,包括多源数据的收集与处理、基于文件方式的空间数据组织与集成、基于数据库方式的空间数据组织与集成等。研究了数据库环境下遥感影像数据建库问题,包括数据模型、数据存储、空间索引、数据的维护与管理,探索了遥感影像的压缩、分块和数据库设置等问题。对于矢量数据转换与处理问题,在OpenGIS协会提出的语义映射的基础上进行扩展,将空间运算引入数据的转换过程,实现了异构数据的重构和快速转换。

(5) 研究了数字城市空间数据的管理、维护与更新机制,重点研究了基于城市管理的数据维护与更新方法、数据库系统中数据更新的技术实现以及数据的日常管理与维护等。根据当前城市基本比例尺地形图的生产和更新仍主要以图幅为单位进行的具体实际,在基于版本更新、基态修正更新的基础上,提出了“版本修正”快速更新基础图件的方法并进行了技术实现,提出了基于规划管理和土地管理成果更新城市空间基础数据

的思路与方法。

(6) 以数字武汉空间数据基础设施为例,研究了基于城市公共宽带网络构建城市空间数据基础设施传输网络的思路与方法,论述了区域划分与编码、数据库设计、数据处理与建库的工作内容、工作流程与技术方法。

(7) 论述了以数字武汉空间数据基础设施为基础,集成规划设计、国土资源、规划国土管理审批等多源、多尺度信息,建立数字规划国土综合地理信息平台的技术与方法,并介绍了平台的运行、维护和应用情况。

(8) 论述了以数字武汉空间数据基础设施为基础,进行土地利用更新调查和建立土地利用动态管理信息系统的情况,重点研究了土地利用现状数据库建设、数字高程模型在耕地坡度调查中的应用、高分辨率卫星遥感影像在土地利用现状更新调查中的应用等问题。

(9) 以“数字武汉——规划国土在线”网站建设为例,论述了以空间数据为载体,在互联网上开展规划国土管理信息公开与服务的技术方法,重点介绍了系统总体设计、电子地图系统开发、城市规划信息公示、地价查询与土地交易信息平台、在建项目及拆迁信息查询功能的开发建设情况。

(10) 论述了基于城市空间数据基础设施,建设城市网格化管理与服务系统的思路、过程与方法,重点介绍了城市网格化管理的基本概念、服务系统总体框架、功能设计与运行模式。以武汉市为例,介绍了以城市空间数据基础设施为基础开发城市网格化管理与服务系统的总体框架及建设运行情况。

本书是在作者的博士论文基础上完成的,值此书出版之际,谨向导师李德仁院士表示衷心感谢!本书在出版过程中得到了武汉市“213 人才工程”的资助和科学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏之处,欢迎读者批评指正。

李宗华

2006 年 11 月于武汉

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 数字城市的起源、内涵与框架	1
1.1.1 数字城市的起源	1
1.1.2 数字城市的概念与内涵	3
1.1.3 数字城市的内容与框架	5
1.2 城市空间数据基础设施研究和建设现状	6
1.2.1 国家空间数据基础设施发展情况	7
1.2.2 城市空间数据基础设施研究和建设状况	9
1.2.3 城市空间数据基础设施建设存在的主要问题	10
1.3 本书的主要内容与结构	12
1.3.1 本书研究的主要内容	12
1.3.2 本书的结构	13
第 2 章 数字城市空间数据基础设施建设的理论框架	14
2.1 数字城市空间数据基础设施的总体框架	14
2.1.1 数字城市空间数据基础设施的定义	14
2.1.2 数字城市空间数据基础设施建设的主要任务	14
2.1.3 数字城市空间数据基础设施的体系构成	15
2.2 数字城市空间数据基础设施的数据体系	16
2.2.1 现有研究的回顾及其局限性	16
2.2.2 实用的分类体系研究	17
2.2.3 数据字典与元数据	19
2.3 数字城市空间数据基础设施的技术体系	20
2.3.1 数据采集与处理技术	20
2.3.2 数据传输技术	21
2.3.3 数据管理技术	21
2.3.4 数据开发与利用技术	22
2.3.5 三维城市模型建设技术	23
2.4 数字城市空间数据基础设施的标准体系	24
2.4.1 标准体系的基本框架	24
2.4.2 现有城市空间数据采集和处理标准	25

2.5	数字城市空间数据基础设施的管理体系	28
2.5.1	数字城市空间基础信息的管理机制	28
2.5.2	数字城市空间信息管理的政策与法规	29
2.5.3	数字城市空间信息的安全管理	31
2.6	数字城市空间基础信息的共享与服务	31
2.6.1	数字城市空间信息共享的技术方法	32
2.6.2	数字城市空间信息的共享服务模式	33
2.6.3	数字城市空间数据交换中心建设	34
2.7	本章小结	35
第3章	数字城市空间基础数据的数据源研究	36
3.1	数字城市空间基础数据的来源与特征	36
3.1.1	基于行业的城市空间基础数据的来源	36
3.1.2	基于不同技术方法的城市空间基础数据的来源	37
3.1.3	基于数据形式的城市空间基础数据的来源	38
3.1.4	数字城市空间基础数据的基本特征	39
3.2	数字城市空间基础数据的尺度	41
3.2.1	数字城市空间基础数据尺度的表达	41
3.2.2	数字城市空间基础数据尺度的应用	42
3.3	数字城市空间基础数据的精度	45
3.3.1	主要城市空间基础数据的测量精度及其指标	46
3.3.2	数字城市空间基础数据精度分级体系	47
3.4	不同尺度和精度条件下城市空间数据的协调	49
3.4.1	分辨率与比例尺的关系与协调	49
3.4.2	不同尺度下数据精度的协调	50
3.5	本章小结	51
第4章	数字城市多源多尺度空间数据的处理与集成	52
4.1	多源数据的收集与处理	52
4.1.1	基于语义映射的异构数据转换	53
4.1.2	遥感影像数据的收集与处理	56
4.2	基于文件方式的空間数据组织与集成	60
4.2.1	基于文件方式进行数据组织的一般方法	60
4.2.2	基于文件方式的矢量数据的组织与集成	60
4.2.3	基于文件方式的影像数据的组织与集成	61
4.3	基于数据库方式的空間数据库的组织与集成	61
4.3.1	基于数据库方式的矢量数据的组织与集成	61
4.3.2	基于数据库方式的影像数据的组织与集成	61
4.4	多源多尺度数据的组织方法	67
4.4.1	大范围城市空间数据的组织方法	67

4.4.2 多源数据的组织方法	68
4.4.3 多尺度数据的组织方法	68
4.5 本章小结	69
第5章 数字城市空间基础数据的管理维护与更新	70
5.1 基于城市管理的空间基础数据更新	70
5.1.1 基于规划管理成果更新空间基础数据	71
5.1.2 基于土地管理成果更新空间基础数据	72
5.1.3 基于城市管理的更新系统的经济技术分析	72
5.2 城市空间基础数据库更新的技术实现	74
5.2.1 基于版本数据和基态修正数据的数据库更新	74
5.2.2 基于“版本修正”的数据库更新方法	76
5.3 数据库管理与维护	79
5.3.1 数据的安全维护	79
5.3.2 数据的备份	80
5.3.3 数据的恢复	82
5.4 本章小结	82
第6章 数字武汉空间数据基础设施建设的实施	84
6.1 武汉市地理概况	84
6.2 网络基础设施的选择与构建	85
6.2.1 武汉网络数据通信基础设施现状及分析	85
6.2.2 武汉有线宽带 IP 城域网以及与各有关单位的网络互联	87
6.3 区域划分以及空间基础数据建库主要内容	90
6.3.1 区域划分与编码	90
6.3.2 空间基础数据建库的主要内容	93
6.4 数据库设计	95
6.4.1 数据库概念设计	95
6.4.2 数据库逻辑设计	95
6.4.3 数据库物理设计	101
6.4.4 数据库的角色与权限	101
6.5 数据处理与建库	102
6.5.1 地形图数据的处理与建库	102
6.5.2 遥感影像的处理与建库	103
6.5.3 地名数据的处理与建库	103
6.5.4 DEM 处理与建库	104
6.5.5 城市三维模型建设	104
6.6 本章小结	109
第7章 数字规划国土综合地理信息平台建设及应用	110
7.1 平台总体框架	110

7.1.1	平台建设目标	110
7.1.2	平台建设框架	110
7.1.3	平台实现的主要功能	111
7.2	设计、调查与管理信息的建库与集成	112
7.2.1	规划设计信息	112
7.2.2	国土资源信息	115
7.2.3	管理审批信息	118
7.2.4	多媒体及其他信息	118
7.3	平台运行与更新	121
7.3.1	维护更新与工作分工	121
7.3.2	平台应用的基本情况	122
7.4	本章小结	124
第8章	武汉市土地利用动态管理信息系统建设应用	125
8.1	系统总体框架	125
8.1.1	系统建设目标	125
8.1.2	系统功能设计	126
8.1.3	系统运行与更新维护模式	127
8.2	土地利用现状数据库建设与更新	128
8.2.1	基期土地利用现状图的数字化与数据处理	128
8.2.2	基期年土地利用数据库建设	129
8.2.3	土地利用变更与建库	132
8.3	DEM在土地耕地坡度调查中的应用	132
8.3.1	利用DEM计算坡度	133
8.3.2	坡度等级的计算与赋值	133
8.3.3	武汉市DEM的建立与坡度等级计算	134
8.4	高分辨率卫星遥感影像在土地利用更新调查中的应用	135
8.4.1	遥感影像纠正与精度分析	135
8.4.2	变化信息提取及精度分析	138
8.5	土地利用现状数据库的应用	141
8.5.1	在地籍管理工作中的应用	141
8.5.2	在国土资源其他业务中的应用	142
8.5.3	在相关行业中的应用	143
8.5.4	在政府决策中的应用	144
8.6	本章小结	145
第9章	武汉市规划国土公众信息服务系统建设应用	146
9.1	系统建设总体框架	146
9.1.1	系统建设目标	146
9.1.2	系统总体设计	147

9.2 数字武汉电子地图系统的开发	149
9.2.1 电子地图数据的主要内容	149
9.2.2 电子地图系统的主要功能	150
9.3 规划成果的公开与公示	151
9.3.1 “四线”规划控制信息查询	151
9.3.2 规划成果的展示	153
9.4 地价查询与土地交易信息平台	154
9.4.1 地价查询	154
9.4.2 土地交易信息平台	156
9.5 在建设项目及拆迁信息查询	156
9.6 本章小结	157
第10章 城市网格化管理与服务系统建设与应用	159
10.1 城市网格化管理模式	159
10.1.1 城市网格化管理的基本概念	159
10.1.2 城市网格化管理的主要特点	159
10.2 城市网格化管理与服务系统的总体框架	160
10.2.1 基于城市空间数据基础设施的网格化管理与服务系统总体框架	160
10.2.2 城市网格化管理与服务系统的功能设计	162
10.2.3 城市网格化管理的组织运行模式	163
10.3 城市网格化数据库建设	165
10.3.1 数据内容	165
10.3.2 网格划分与编码	166
10.3.3 数据组织与数据库设计	168
10.3.4 数据处理与建库	170
10.3.5 网格化管理数据更新	171
10.3.6 武汉市网格化管理与服务系统运行实例	174
10.4 本章小结	175
参考文献	176

第 1 章 绪 论

1.1 数字城市的起源、内涵与框架

当今社会正处于一个工业社会向信息社会转型的过渡时期,如果说工业社会的特征之一是城市化,那么信息社会的特征之一就是数字化。

城市是有一定人口规模,并以非农业人口为主的居民集居地,是聚落 (settlement) 的一种特殊状态。城市不仅具有区域性和综合性的特点,而且属于历史范畴。一方面,人们都把城市作为人类文明的代表,时代经济、社会、科学、文化的渊藪和焦点。另一方面,城市也集中了整个社会生活、整个时代所具有的各种矛盾。所以,城市也是一个复杂的动态的大系统,也包罗造成空间现象的非空间过程 (许学强等, 2001)。因此,城市的信息化就成为社会信息化的核心和关键所在。

数字城市 (digital city) 又称数码城市、数字化城市、电子城市、智能城市、信息城市、数位城市、数码港、信息港等,是从“数字地球 (digital earth)”、“赛博空间 (CyberSpace)”和信息城市 (information city) 的概念延伸、发展而来的。它是社会信息化发展的必然,本质上是指城市的数字化、网络化、可视化和智能化。数字城市是人类认识物质城市的又一次飞跃,不仅给城市带来新的发展机遇和活力,而且也城市、社会、经济、人口等全面、健康、和谐、可持续发展提供了重要的支持。

1.1.1 数字城市的起源

1) 数字城市源于数字地球概念的提出

1998 年 1 月 31 日,时任美国副总统的戈尔 (Gore, 1998) 在美国开放地理信息系统协会年会上,发表了题为《数字地球: 21 世纪理解我们这颗星球的方式》的报告,提出了“数字地球”的概念,勾绘出信息时代人类在地球上生存、工作、学习和生活的时代特征,并设想了一个美妙的未来: 一个孩子戴上头盔显示器,他能够看到加加林、阿姆斯特朗在太空中所见的地球的样子, he 可以把所选择的国家和地区逐步放大,具体到某个城市的某个街道,甚至某幢楼房的某一盆花。他也可以在时间隧道中畅游。他来到法国的凯旋门,通过覆盖在数字地球上的数字地图、新闻影片、报纸和其他资料来了解法国的历史。他可以回溯到几天前、几年前甚至几个世纪前……

戈尔在报告中称: 数字地球给我们提供了一个空前无比的机会,可以把我们的社会和星球的原始数据流转换成人们可以理解的信息,这种数据不仅包含高分辨率的卫星影像、数字地图,也包括经济、社会和人口的信息。如果成功的话,它将在教育、可持续发展的决策、土地利用规划、农业以及危险处理等领域产生很大的社会和商业效益。数

字地球计划还可以为我们提供在人为的或自然的灾害问题、长期面临的环境问题方面的解决方案。数字地球计划还能促进大型产业的增长和提供更多的就业机会。戈尔还列举了数字地球在指导外交、旅游、打击犯罪、保持生态多样性、预测气候变化以及增加农业生产等方面应用的例子。

什么是“数字地球”?所谓“数字地球”,可以理解为对真实地球及其相关现象统一的数字化重现和认识。其核心思想是用数字化的手段来处理整个地球的自然和社会活动等方面的问题,最大限度地利用资源,并使普通百姓能够通过一定方式方便地获得他们所想了解的有关地球的信息,其特点是嵌入海量地理数据,实现多分辨率、三维对地球的描述,即“虚拟地球”。通俗地讲,就是用数字的方法将地球、地球上的活动及整个地球环境的时空变化装入电脑中,实现在网络上的流通,并使之最大限度地为人类的生存、可持续发展和日常的工作、生活、娱乐服务。严格地讲,数字地球是以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础,以宽带网络为纽带,运用海量地球信息对地球进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述,并利用它作为工具来支持和改善人类活动和生活质量(李德仁,1999b)。

“数字地球”是信息高速公路、空间数据基础设施建设向纵深发展的又一战略。针对“数字地球”,中国科学院陈述彭院士认为,“数字地球并非是一个孤立的科技项目或技术目标,而是建立一个整体性的、导向性的战略思想,美国提出数字地球这一战略思想,绝非偶然,有着深远的政治意义和经济背景。”徐冠华、陈运泰等院士认为这是美国出于其国家目标和全球战略的需要,在相当程度上是出于发展经济、增加就业机会以及保持美国科学技术(尤其是高新技术)领先地位的需要。

戈尔提出“数字地球”的概念后,同年9月又提出了“数字化舒适社区建设”的倡议,“数字城市”建设由此开始并引起全球各类组织的广泛关注,成为数字地球建设的重要组成部分。

2) 数字城市脱胎于“赛博空间”的设想

也有些学者认为,“数码城市”是脱胎于“赛博空间”的设想。1984年,加拿大科幻小说家威廉·吉布森(William Gibson)在科幻小说《新浪漫者》(Neuromancer)中,提出了“赛博空间”(CyberSpace)的概念(爱德华和加斐诺,1999;李德仁,2000c)。他将赛博空间定义为由计算机生成的景观,是连接世界上所有人、计算机和各种信息源的全球计算机网络的虚拟空间。在小说中,他描写了计算机网络化把全球的人、机器、信息源都联结起来的新时代,昭示了一种社会生活和交往的新型空间。随后,以Cyber为前缀的词汇迅速流行起来,出了《赛博文化》杂志、《赛博空间独立宣言》,每两年召开一次“国际赛博空间会议”,一些以赛博空间问题作为研究对象的研究机构相继建立,赛博词汇也进入政府文件、报告中。由“CyberSpace”而引申到“CyberCity”,科学家把它翻译成“数码城市”,在香港及南方一些城市,也把Digital City译成“数码城市”。

3) 数字城市是信息城市的深化

现代信息技术推动人类进入信息社会,城市化与城市发展理论的研究也进入一个新

阶段。在力图解释一个地理摩擦几乎为零的信息化时代,研究城市还能否成为经济活动集聚的中心,以及未来城市应该如何发展的过程中,学者们提出了一系列有关城市发展的新理论,其中包括全球城市(世界城市)理论、柔性城市(后福特城市)理论、信息城市假说、学习城市以及智能社区理论等等(邓静等,2001)。

“信息城市(information city)”的理论是由 M. 卡斯特尔斯提出的,卡斯特尔斯认为,“信息城市”是“信息社会”的体现,所谓的“世界城市”就是他所指的“信息城市”。虽然很多学者都研究过城市的高技术革命,但是卡斯特尔斯的理论是最全面的,它不仅分析了高技术产业,而且更重要的是分析了他们对社会经济活动的影响。他认为,技术革命最重要的影响是服务转变,我们的世界将是一个新的社会结构——信息社会。根据这个概念,经济生产、文化交流、政治军事赖以依存的社会结构都会依赖于对信息和知识的收集、储存、处理和生产的基础上。信息将成为所有社会过程和社会组织的原材料。卡斯特尔斯认为,信息没有空间特性,因此,信息技术使得地理摩擦几乎为零,世界经济将由“地方的空间(space of place)”转向“流的空间(space of flow)”。也可以认为,数字城市是信息城市概念的进一步深化。

1.1.2 数字城市的概念与内涵

由于数字城市是一个正在发展演变的概念,人们对它至今没有统一的解释。不同学者对数字城市所下的定义也不尽相同。俞正声(2000)认为,所谓“数字城市”与“园林城市”、“生态城市”、“山水城市”一样,是对城市发展方向的一种描述,是指数字技术、信息技术、网络技术要渗透到城市生活的各个方面。这将是世纪之交最重要的技术革命,将深刻改变人们习惯的工作方式、生活方式甚至风俗习惯和思维方法。中国科学院可持续发展战略首席科学家牛文元(2001)认为,数字城市是从工业时代向信息化时代转换的基本标志之一。它一般是指在城市“自然、社会、经济”系统的范畴中,能够有效获取、分类存储、自动处理和智能识别海量数据的、具有高分辨率和高度智能化的、既能虚拟现实又可直接参与城市管理和服务的一项综合工程。李琦(2003b)从行业的角度总结了4种有代表性的观点:

(1) 建设部观点。建设部系统对数字城市的理解是,数字城市是城市规划、建设、管理与服务的数字化,建设数字城市就是要实施城市规划、建设、管理与服务的数字化工程。建设部组织建设系统的高校、企业等部门的专家学者,历时一年多,提出了城市数字化工程方案,作为建设部系统“十五”信息化与数字城市建设的纲要。建设部在其“十五”科技攻关项目“城市规划、建设、管理与服务数字化工程专项”的建议书中认为,“数字城市”是综合运用地理信息系统(GIS)、遥感、遥测、网络、多媒体及虚拟仿真等技术对城市的基础设施、功能机制进行信息自动采集、动态监测管理和辅助决策服务的技术系统,它具有城市地理、资源、生态环境、人口、经济、社会等复杂系统的数字化、网络化、虚拟仿真、优化决策支持和可视化表现等强大功能。它是由 UGIS—WEB UGIS—COM UGIS—VR UGIS—CYBER UGIS 发展而成,具有城市地理信息系统的全部功能,但功能更强、更丰富,二者的主要区别在于数字城市对城市有关数据能

够自动采集、处理分析、传输分发、自动或半自动智能决策,可直接为社会公众提供便利的网络服务。

(2) 测绘系统观点。测绘系统对数字城市的理解是,数字城市就是将真实城市以地理位置及其相关关系为基础而组成数字化的信息框架,并在该框架内嵌入我们所能获得的信息的总称,提供快速、准确、充分和完整地了解和利用城市中各方面的信息。数字城市的本质(或者核心)就是海量城市空间数据与三维城市地理信息系统、时序城市地理信息系统的融合。数字城市首先是国家空间数据基础设施在城市尺度的具体化实施,是指城市空间数据基础设施(USDI),数字城市工程就是要建立和完善城市空间数据快速高效的获取、共享与应用体系,建设城市基础地理信息系统,完善以城市基础地理数据(4D 数字产品)为核心的城市空间信息基础设施建设,在此基础上建立城市的四维时空参考框架,集成多样化的信息应用。目前,已有相当一部分城市在规划或国土部门信息中心以及勘测部门的基础上相继成立城市地理信息中心,牵头组织数字城市的规划、设计与工程实施。

(3) 3S 系统观点。3S 系统对数字城市的定义是,数字城市就是基于 3S(地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS、遥感系统 RS)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、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,进一步深化和完善城市地理信息系统建设,并在此基础上深度开发和整合应用各种信息资源。

(4) 信息产业部观点。信息产业部较集中地代表了 IT 领域的观点。IT 领域对数字城市的提法是宽带数字城市,即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。信息产业部信息化推进司在 2001 年广州数字城市会议上发表的《国家城市信息化建设指南》集中体现了上述观点。

上述 4 种观点分别从城市规划建设、城市基础空间数据库建设、城市地理信息系统应用、城市整体信息化 4 个角度,对数字城市的概念进行了定义。综合以上观点,数字城市概念可分为广义的和狭义两种:广义上指城市的信息化。它既是城市信息化总的概述,又是城市信息化的目标,是用数字化的手段来处理、分析和管理整个城市,促进城市的人流、物流、资金流、信息流、交通流的通畅、协调。“数字城市”为调控城市、预测城市、监管城市提供了革命性的手段,是对城市发展方向本质特征的一种描述。狭义上是指综合运用地理信息系统、全球卫星定位系统、遥感系统、网络等关键技术,建设服务于城市规划、建设、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。

不论“数字城市”如何定义,下列几点则是共同特征:

(1) 数字城市的核心思想:最大限度地利用信息资源;

(2) 数字城市的核心技术:地理信息系统、全球定位系统、遥感、空间决策支持、管理信息系统、虚拟现实以及宽带网络等技术;

(3) 数字城市的主题：数据、软件、硬件、模型和服务；

(4) 数字城市的本质：基于网络的计算机信息系统。

1.1.3 数字城市的内容与框架

数字城市的内容与框架，既是理论问题，也是具体实践问题。数字城市应包括哪些内容，如何构成，不同领域的专家也有着不同的认识。李琦（2000）提出了数字城市由基础层、应用层和决策层3部分构成，赖明等（2001a）提出数字城市由关键技术、数字城市平台和用户3部分构成，承继成等（2003）提出数字城市由基础设施和应用工程两大部分组成。一般认为，数字城市涉及城市信息化的方方面面，总体上可以分为3个层次、9个组成部分，它们构成一个统一的整体（如图1-1所示）。3个层次为：基础层、管理层和应用层。9个组成部分为：城市信息基础设施、城市空间数据基础设施、空间信息资源管理与交换中心、法律法规与政策、技术与标准、政府类应用、行业类应用、企业类应用、公众类应用。

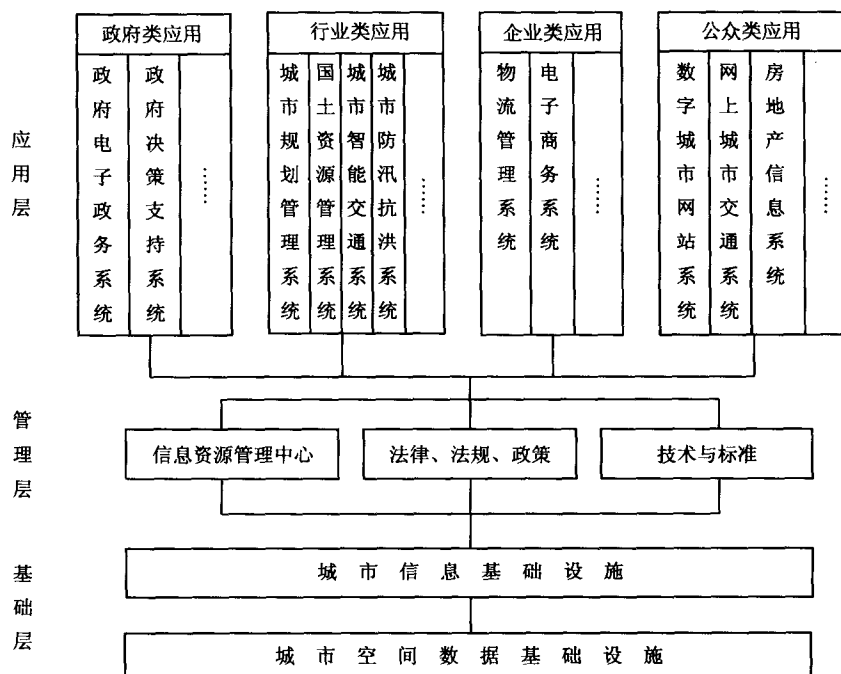


图 1-1 数字城市框架示意图

1) 基础层

数字城市的基础层由城市信息基础设施和城市空间数据基础设施两部分构成。

(1) 城市空间数据基础设施。城市空间数据基础设施将建立一个无缝的、集成的地理空间数据和服务体系，主要包括城市空间数据框架、空间数据协调管理、更新与分发

体系和机构、空间数据交换标准、元数据等。

(2) 城市信息基础设施。即城市信息高速公路,它由中心骨干网、区域骨干网和单位局域网3部分组成。

2) 管理层

管理层是对空间信息实施有效的管理,包括信息资源的使用、共享、分发服务,法律法规与政策、技术与标准等内容。

(1) 空间信息资源管理与交换中心。城市空间信息资源管理与交换中心进行城市空间基础信息资源的统一管理以及数据资源的共享服务、分发调度等。

(2) 法律、法规和政策。通过制定相应的法律、法规和政策,保护数据生产者和使用者的合法权益,促进数据共享和信息安全。

(3) 技术与标准。数据标准是保障数据共享使用的关键,制定数据共享标准,保障数据生产和使用。

3) 应用层

(1) 面向政府的应用。包括市委、市政府及各职能部门的自动化办公系统和政务信息的互通互联。其目的是实现电子政府的建设目标,推进城市首脑机关的信息网络化、政务公开化、办公自动化和决策智能化,如电子政务系统和决策支持系统。

(2) 面向各行业的应用。包括城市规划、管理、科教等各行业的信息化,以及为提高办事效率和服务质量,为加速信息化建设而研制的各种专业管理信息系统。如城市规划管理信息系统、城市智能交通系统、人口资源与管理信息系统、资源与土地管理系统、房地产交易系统、生态环境监测系统以及公安、科教、医疗卫生等系统。

(3) 面向企业的应用。包括企业数字化和有关专业信息系统的建立,内容涵盖企业管理和产销活动的信息化以及调整机制、市场分析、技术创新等决策的科学化和智能化。

(4) 面向社会的公众应用。即社会服务的数字化,如网上城市交通、数字社区、数字旅游等。

1.2 城市空间数据基础设施研究和建设现状

人类的活动是以地球空间为基础,空间信息既是人类社会信息的重要组成部分,也是相关社会信息的重要载体。据统计分析,在全世界数据中,约有75%到80%的数据与地理参考特征有关(Lance Mckee, 1996)。因此,研究空间信息成为研究人类社会信息的重要方面,城市空间数据基础设施也成为建设数字城市的重要基础和不可跨越的重要阶段。

基于对地理空间信息重要性的认识以及地理空间数据应用的现状,美国于1994年颁发了《协调地学数据的获取与访问:国家空间数据基础设施》的12906号总统行政令,实施国家空间数据基础设施建设计划。空间数据基础设施(SDI)的目标是建立、