

数字城市地理空间框架 理论与方法

Theory and Method in
Spatial Data Infrastructure of Cyber City

李维森 李成名 著



测绘出版社

数字城市地理空间框架理论与方法

Theory and Method in Spatial Data Infrastructure of Cyber City

李维森 李成名 著



测绘出版社

· 北京 ·

© 李维森 李成名 2015

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内容简介

本书在系统分析测绘地理信息需求产生的革命性变化的基础上,指出数字城市地理空间框架建设是城市信息化发展的必然趋势。详细阐述了地理空间框架、基础地理信息数据库和地理信息公共平台三个原理性概念之间的区别与相互关系,界定了地理空间框架的内涵与外延。研究探讨了构建数字城市地理空间框架的三套技术体系,即平台数据生产、平台建设服务和平台同步更新。以“数字临沂”地理空间框架建设为例,采用数字城市地理空间框架原理性概念以及三套技术体系,介绍了如何建设一个城市的地理空间框架。最后,总结与展望了数字城市地理空间框架建设及测绘地理信息的下一步发展。

本书可作为数字城市相关专业硕士生、博士生的教材,也可作为数字城市高级研究人员、框架建设人员以及专业应用研发人员的参考用书和技术指南。

图书在版编目(CIP)数据

数字城市地理空间框架理论与方法 / 李维森, 李成名著. —北京: 测绘出版社, 2015.10

ISBN 978-7-5030-3605-7

I. ①数… II. ①李… ②李… III. ①数字技术—应用—城市地理—地理信息系统 IV. ①P91-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 278693 号

责任编辑	沈万君	封面设计	李 伟	责任校对	董玉珍	责任印制	喻 迅
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956 (发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609 (门市部)		
邮政编码	100045				010—68531363 (编辑部)		
电子信箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	北京建筑工业印刷厂			经 销	新华书店		
成品规格	169mm × 239mm						
印 张	11			字 数	210 千字		
版 次	2015 年 10 月第 1 版			印 次	2015 年 10 月第 1 次印刷		
印 数	0001—1500			定 价	48.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3605-7/P · 779

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前言

数字城市地理空间框架是一个纵向与国家、省区框架互通，横向与各行业部门专题系统互联的城市信息化空间基础平台，是数字中国的重要组成部分，是我国新型城镇化的重要保障。

自1963年世界上第一个地理信息系统建立以来，国内外一直以数据型地理信息系统为核心构建地理空间框架，但随着越建越多，系统孤岛化和空间基底不统一的问题日益凸显。30多年来，国内外一直不懈努力，进行了数据交换格式、网络互操作、功能组件化等积极尝试。特别是近10年，网络服务技术问世以后，国内外基础软件开始探索扩展地图服务，将离线和在线交换数据发展到网上交换地图服务，尽管增强了系统间数据交换的便捷性，但仍难以实现系统的互联互通和空间基底的统一。

我国共享理念滞后、城市发展迅速和系统种类庞杂，系统孤岛化和空间基底不统一现象尤为突出，已成为城市信息资源共享与业务协同的最大障碍，严重制约城市信息化发展。究其科学问题为：一是没有从根本上突破数据型地理空间框架的思想桎梏，二是没有形成系统的地理信息网络化服务理论，三是缺乏以服务为核心的新一代基础软件。

在国家科技部“863”重点计划项目、信息产业部电子发展基金、国家标准化委员会标准制修订计划以及国家测绘地理信息局基础测绘等多个项目的联合资助下，经过近10年的努力，作者及其科研团队系统地研究了数字城市地理空间框架的理论技术、平台创建、统一支撑和标准研制等难题，实现了地理空间框架从数据型到服务型的历史性跨越，开启了我国地理信息在线统一服务的新纪元。本书的出版得到了测绘地理信息公益性行业科研专项（201412003）的资助。

本书是这些研究成果的高度概括和浓缩后的精华。第1章首先阐述了对测绘本质及实践中各部分作用的理解，说明需求的变化和科技的进步是推动测绘发展的双重动力，然后详细分析了用户、定位、载体和服务方式四个方面的需求变化及其带来的影响，最后明确指出测绘地理信息工作的开展应遵循地理信息发展的趋势。第2章详细阐述了地理空间框架、基础地理信息数据库和地理信息公共服务平台三个原理性概念之间的区别与相互关系，界定了地理空间框架的内涵与外延，介绍了每个概念所包含的具体内容及构成。第3章至第5章，分别介绍了构建数字城市地理空间框架的三套技术体系，包括平台数据生产技术体系、平台建设服务技术体系和平台同步更新技术体系，对每个体系的技术架构和技术内容进行了

详细的阐述，并以拥有自主知识产权的国产地理信息基础软件 NewMap 为例，介绍了三套技术体系的核心装备情况。第 6 章聚焦到一个具体的城市——山东省临沂市，采用本书介绍的原理性概念以及三套技术体系，介绍了“一库、一平台和若干应用示范”地理空间框架建设的全流程，为全国数字城市建设提供了有益的借鉴与参考。第 7 章总结了数字城市地理空间框架建设的经验教训，探讨了智慧城市的定位、认识，以及测绘地理信息在智慧城市建设中的作用。

本书在数字城市地理空间框架原理方法、平台技术和建设流程方面进行了成功的实践，经总结提炼，以飨读者。囿于作者的知识面有限和研究对象本身的复杂性，有失偏颇之处，敬请斧正。

目 录

第 1 章 需求变化引发的思考	1
1.1 用户变化及其影响	1
1.2 定位变化及其影响	3
1.3 载体变化及其影响	6
1.4 服务方式变化及其影响	7
1.5 小结	8
第 2 章 原理性概念	9
2.1 地理空间框架	9
2.2 基础地理信息数据库	14
2.3 地理信息公共平台	19
2.4 相互关系	30
2.5 小结	31
第 3 章 平台数据生产技术体系	32
3.1 技术体系架构	32
3.2 平台数据集生产	33
3.3 平台服务发布	47
3.4 核心装备及服务内容——以 NewMap 为例	56
3.5 小结	60
第 4 章 平台建设服务技术体系	61
4.1 技术体系架构	61
4.2 在线调用	62
4.3 标准服务	68
4.4 零码组装	70
4.5 二次开发	75
4.6 内嵌调用	78
4.7 核心装备——以 NewMap PLAT 为例	79
4.8 小结	82

第 5 章 平台同步更新技术体系	83
5.1 技术体系架构	83
5.2 矢量数据同步更新技术	85
5.3 影像数据同步更新技术	96
5.4 平台数据同步更新技术	103
5.5 核心装备	110
5.6 小结	116
第 6 章 典型案例——以“数字临沂”为例	117
6.1 简况	117
6.2 基础地理信息数据库建设	118
6.3 从基础地理信息到平台数据	126
6.4 “数字临沂”地理信息公共平台建设	132
6.5 应用示范建设	139
6.6 小结	150
第 7 章 总结及展望	151
7.1 回顾与反思	151
7.2 智慧城市的定位	152
7.3 智慧城市再认识	153
7.4 测绘地理信息在智慧城市中的作用	153
参考文献	155
附录 A 数据实体化内容与数据源关系示例	157
附录 B 数据实体化加工示例	158
附录 C 地图数据提取内容示例	160

Contents

Chapter 1 Thinking Induced by the Demand Changing	1
1.1 User Changes and Effects	1
1.2 Position Changes and Effects	3
1.3 Support Changes and Effects	6
1.4 Service Methods Changes and Effects	7
1.5 Summary	8
 Chapter 2 Principle Concepts	 9
2.1 Geospatial Framework	9
2.2 Fundamental Geographic Information Database	14
2.3 Common Platform of Geographic Information	19
2.4 Interrelation	30
2.5 Summary	31
 Chapter 3 Data Production Technology System of Platform	 32
3.1 Architecture of Technology System	32
3.2 Production of Platform Datasets	33
3.3 Publication of Platform Services	47
3.4 Critical Equipment —— Taking NewMap as An Example	56
3.5 Summary	60
 Chapter 4 Construction and Services Technology System of Platform	 61
4.1 Architecture of Technology System	61
4.2 Online Call	62
4.3 Standard Service	68
4.4 Zero Code Assembly	70
4.5 Secondary Development	75
4.6 Embedded Call	78
4.7 Critical Equipment —— Taking NewMap PLAT as An Example	79
4.8 Summary	82

Chapter 5 Synchronous Update Technology System of Platform	83
5.1 Architecture of Technology System	83
5.2 Synchronized Update of Vector Data	85
5.3 Synchronized Update of Image Data	96
5.4 Synchronized Update of Platform Data	103
5.5 Critical Equipment	110
5.6 Summary	116
 Chapter 6 Typical Case – Taking Digital Linyi Geospatial Framework as An Example	 117
6.1 The Basic Situation	117
6.2 Construction of Fundamental Geographic Information Database	118
6.3 Production of Platform Data	126
6.4 Construction of Common Platform of Geographic Information	132
6.5 Construction of Application	139
6.6 Summary	150
 Chapter 7 Summary and Outlook	 151
7.1 Review and Reflection	151
7.2 Location of Smart City	152
7.3 Reexamining of Smart City	153
7.4 The Role of Geo-Information in Smart City	153
 References	 155
 Appendix A The Example of Relationship Between Entity Content and Data Source	 157
 Appendix B The Example of Data Entity Processing	 158
 Appendix C The Example of Map Data Extraction Contents	 160

第1章 需求变化引发的思考

测绘是对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等进行测定、采集、表述以及对获取的数据、信息、成果进行处理和提供的活动^[1]，究其本质是对真实世界的综合表达。实施这一活动的主体是具有专业知识与专门技能的人群，客体是现实世界，其结果是测绘产品，最终用途是帮助人类足不出户或者不必亲自实践就能科学地认识现实世界。当今社会，需求的变化和科技的进步是持续驱动测绘前行的双重动力^[2, 3]，特别是测绘从模拟走向数字以来，测绘以前所未有的加速度发展，其变化量逾越模拟时代几十年乃至上百年。

1.1 用户变化及其影响

1.1.1 用户变化

测绘专业人士利用专业的测绘工具，将现实世界的测量结果使用规范的地图语言表达出来，提供给第三方。作为第三方的用户，长期以来大多是具有一定基础测绘知识的人士，能读懂且会用地图与地理信息，而这些用户通常分布在国土、规划、房产、水利、林业、交通等所谓的“强 GIS^①”部门。这一时期，用户范围相对窄，专业性强，对地图与地理信息的精度要求较高、形状务必准确；由于这些部门后期在测绘产品基础上，要添加本部门丰富的属性信息，对测绘产品的属性反倒要求不高，测绘部门只需提供通用的测绘产品，即符合国家、行业规范的产品，根本不必担心应用问题，因为“强 GIS”部门对规范、对如何应用有足够的认知、理解和技术能力。

近年来，全球性的数字化、信息化步伐加速，国外一些权威统计机构调查分析资料表明，几乎没有什么部门能够离开地图与地理信息，其应用范围也自然而然地从“强 GIS”部门逐渐拓展至“弱 GIS”部门——如工商、税务、统战、发改、党委等，成为电子政务的基础性信息。这一时期，用户不再局限于具有一定基础测绘知识的专业人群，而是逐渐普及到无专业背景的普通用户。普通用户读不懂专业地图与地理信息，并且也不再追求高精度、准形状，相反更关注附载在地图

^① GIS, geographic information system, 地理信息系统。

与地理信息之上感兴趣的目标及其属性,测绘引以为豪的精度和形状很自然地难以引起“弱 GIS”部门的共鸣,所关注的目标及其属性匮乏却让人缺乏使用的欲望。一些部门和企业开始致力于弥补这一遗憾,在通用的地图与地理信息产品之上,添加一些关注的目标及属性,制作生产政务电子地图,以满足“弱 GIS”部门的应用需求,取得了事半功倍的效果。

几乎同时,在我国通过技术手段解决了地图与地理信息保密瓶颈后^[2],地图与地理信息产品才以几何级数式增长的速度开始了大众化。其中,导航领域最具代表性,短短十年时间,智能手机、便携式导航设备、汽车、家用电器等带有导航功能的电子产品广为普及,再加上国际互联网的推波助澜,数以十亿计的普通老百姓变成了地图与地理信息的忠实用户,精度、信息内容、表达方式、存储介质等无不在颠覆人们对地图与地理信息传统的理解和认知(见图 1.1)。用户群体的变化蕴含了巨大的商机,吸引着具有国际影响力的资本、企业迅速介入,不断翻新地图与地理信息的产品模式和服务方式,潜移默化地影响业内的思想和行为。

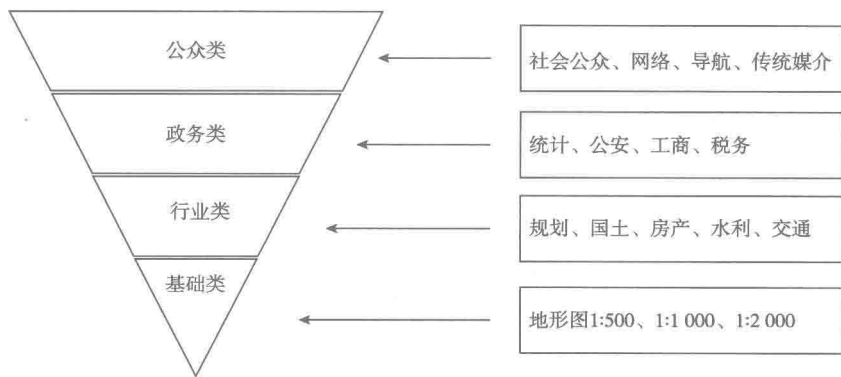


图 1.1 地图与地理信息用户的变化

1.1.2 带来的影响

地图与地理信息用户从专业化走向大众化,不仅仅表现在数量上的井喷式增长,而且结构也产生了质变,无疑会导致需求潜移默化地发生变化,进而言之,这些变化又对地图与地理信息发展产生了不可小觑的影响。内容上,从着重考虑自然特性为主向社会属性逐渐扩展;精度上,从一元精度向多元化发展。总之,随着专业化走向大众化,用户对感兴趣的目标及其属性要求越来越高,对精度要求反倒越来越低,其变化规律如图 1.2 所示。

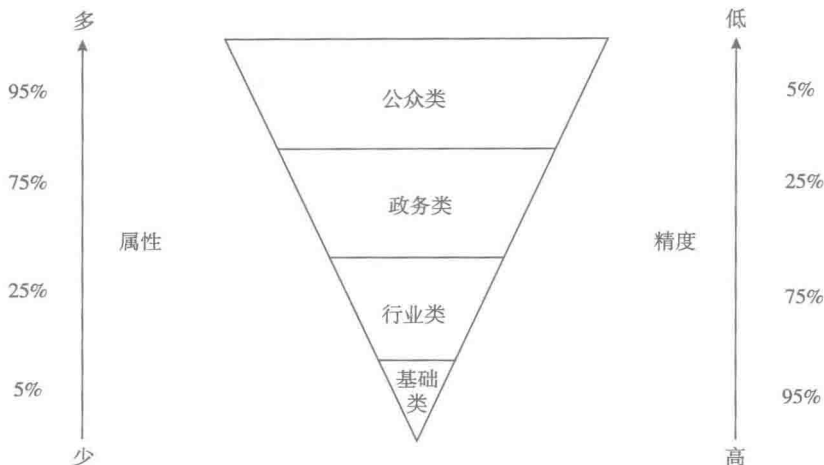


图 1.2 用户需求在精度和内容方面的变化规律

1.1.3 思考分析

测绘包括测量与绘图。前文对用户变化及影响的分析表明，仅仅注重位置和形状的测绘已经远远不能够满足用户的需求，用户感兴趣的目标及其属性的定位调查突显出前所未有的重要。适者生存，在传统专业测绘队伍的犹疑和彷徨中，一批冲破传统思维桎梏、敢为天下先、对市场需求异常敏锐的现代企业，在地图与地理信息通用产品的基础上，调查感兴趣的目标及属性信息，生产制作能够满足普通老百姓吃、住、行、游、购、娱等要求的大众化地图。短短几年时间，高德软件、四维图新、凯立德、腾讯等公司推出了基于位置的地图服务系列产品，既向大众普及了地理信息，同时自身也得到社会广泛认同和飞速发展，人数规模从几十人壮大至数千人，在美国、香港、深圳等地上市。反观传统测绘单位，惯性思维导致在新兴的大众化地图服务市场中占有的市场份额很低。

1.2 定位变化及其影响

1.2.1 定位变化

模拟时代的地图反映了地形、地貌、水系、植被、土质等自然状况，旨在承载国土、规划、建设、水利、环保等部门的专题内容，是这些专业部门在空间上“精打细算”、开展各自业务工作的背景图，如画上规划红线就成为了规划图，追加桩点坐标就成为了施工放样图。这个时期地图的定位是背景参考。

进入数字化阶段以后，模拟时代“地图”的称谓渐渐被“地理信息”所取代。

地理信息可以任意叠加专题信息,少则几层,多则能达几十层、数百层,甚至上千层,并且实体化后的地物亦可挂接几十、上百项属性信息,相对模拟时代的地图,地理信息的定位与作用已变为各种专题信息集成叠加的“空间基底”,如图1.3所示。与过去显著不同的是,地图在应用过程中,一件产品每次只能供一个用户拥有和使用,而地理信息在应用过程中,特别是进入网络化时代后,一件产品甚至同时可供多个用户、多种空间信息使用。而统一的空间参考,是专题信息在空间上统一的基准,是集成叠加的平台,是信息共享交换的基础。如果把信息基础设施比喻成“高速公路”,那么唯一的、权威的、通用的地理信息就可喻为运行在路上的“货车”,荷载各种各样的专题信息送达网络各节点。简而言之,模拟时代的地图是方便“人”使用的,数字时代的地理信息是方便“机器”使用的。

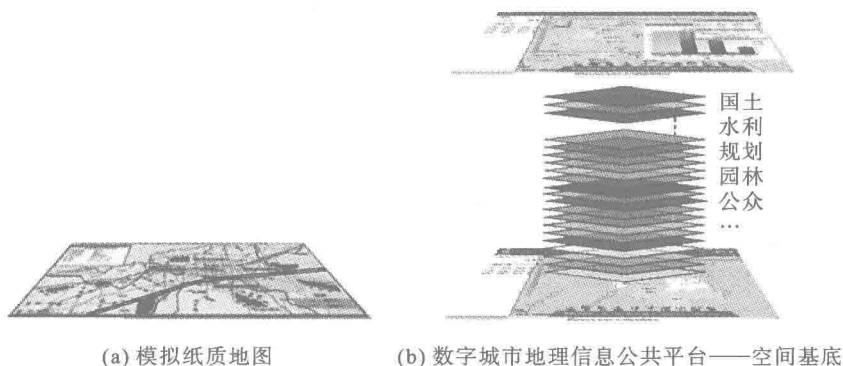


图 1.3 不同时代地图和地理信息的定位

1.2.2 带来的影响

模拟时代,测绘技术人员面对客观现实世界,不仅要测量,而且还要使用地图符号表达。各应用部门在图上作业时,技术人员首先要熟练掌握表达客观现实世界的“地图语言”——地图符号及规则^[5]等,要具备读懂地图的能力,然后再标绘本专业的信息内容,形成一张基于地图的部门专业图件,如图1.4(a)。在这个阶段,“地图语言”形成的核心驱动力是方便人类的“易写、易读、易懂”,如注记高程时,应断开连续的等高线;整个地图符号系统和规则以愉悦人类视觉为最终目的。

进入数字化时代,相当长一段时期人们只是把模拟地图通过数字化变成数字化地图,承载的介质变了,但其本质未变。当业界认识到数字化的模拟图使用价值有限,并且逐渐认清空间分析、高效处理的要求以后,地理信息建库数据及其整套工艺流程开始形成,并逐渐成为主导形式。这一提升的本质是地图的一次重大变革,其定位已经从愉悦人类视觉的地图开始走向愉悦机器视觉的地图,如图1.4(b)。

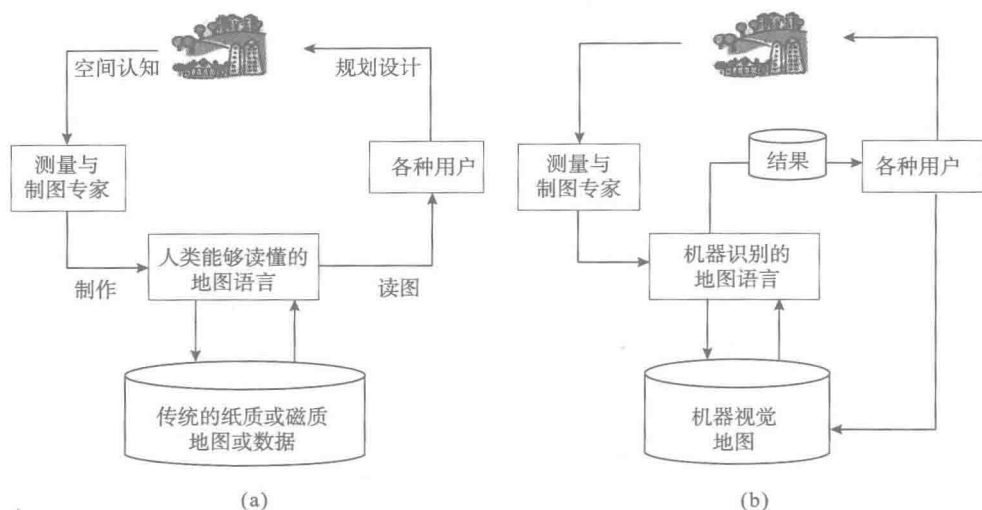


图 1.4 不同时代地图的定位

机器视觉地图的出现，是数字化时代向智能化时代过渡的开端。由于没有完全定位到智能化时代进行顶层设计，而是需求拉动下的自然发展，导致今天模拟时代、数字时代和智能化时代的数据组织方式、表达手段和分析方法并存，用户各取所需。但未来从模拟到数字再到机器视觉地图，是地理信息制图技术发展的必然趋势。

1.2.3 思考分析

机器理解地图与人类理解地图差异较大。尺度方面，1:500、1:1 000、1:2 000 等系列尺度易于人类的口算心算，而在计算机“0”“1”二进制环境中，若继续沿用这种尺度系列已不适宜，而应该采用更符合计算机“口算心算”的尺度（ 2^n ），如1、4、16、64、256、1024等。组织方面，实体化组织方式取代了点、线、面基本空间数据模型。形式上，不再是矢量或栅格，而是以多级地图瓦片形成的“金字塔”^[6]。形式上，更多是易于机器理解识别的表达模式。多年来，测绘人一直在模拟时代的思维惯性下，开展数字化，始终没有摆脱模拟地图根深蒂固的影响，相反倒是跨界而来的谷歌地图成为了网络瓦片“金字塔”地图的先驱，开辟了地理信息在线服务的全新境界。随着自动化、智能化的要求和呼声越来越高，站在全新的高度，系统地思考地理信息的抽象、表达、组织、分析等理论与方法，才能构建起智能化技术体系，从而加快数字化到智能化的过渡。

1.3 载体变化及其影响

1.3.1 载体变化

地理信息最初从画在树皮、石块,篆刻在铜鼎、瓷陶等器皿,到标绘纸张之上,尽管载体不同,本质并未变化,都是把丰富多彩的三维客观现实世界抽象表达在平面或曲面上。依托缩微的平面载体表达广阔的立体世界,如起伏的山峦浓缩成一圈圈等高线,高楼大厦简化为底座轮廓线及层高标注,诸如此类。这种用二维表达三维的手段尽管相当成熟,但有时难免捉襟见肘、力不从心。磁介质普及以后,地图与地理信息的记录方式开始从模拟介质转向磁介质,并且磁介质逐渐成为主导的存储与传输、交换方式。时至今日,光盘、硬盘、U盘、磁带等存储设备已经成为人们生产生活中不可缺少的基本工具。

1.3.2 带来的影响

磁介质完全能够以数字形式虚拟化地将客观现实世界表达并记录下来,彻底突破了高维空间必须降维表示的限制。三维世界表达,如起伏的地形、地下纵横交错的管线、地上鳞次栉比的高楼大厦都可以在数字化的环境中通过三维的手段真实再现。磁介质给人类提供了以三维形式表达三维世界的工具和手段,会带来地图表达语言的深刻变化:地图符号更加形象、表达规则更加复杂、效果更加贴近真实。

1.3.3 思考分析

早已熟知的比例尺、图示规范等地图表达方法,到了三维环境中,基本失去了其固有的本质和内涵,取而代之的是模型等级(即层次细节)、视点远近等新内容,投影方式也从平行投影变成了中心投影,高度、距离、面积、体积的量测也不再是按图上距离与实际距离对应的比例尺进行简单的倍数换算。然而,用三维表达现实客观世界时,究竟从现实世界中抽象什么内容、如何表达、怎样处理相互之间的关系等等,在今天意见仍不统一。实际建设中,悬殊高达十几倍的三维建模市场价格也从一个侧面反映了认识不一、各执己见的乱象。尽早进行规范是共识,但不能从二维到三维简单地外延,而应站在三维表达世界的高度,借鉴二维表达世界的经验,重新审视和构架三维表达世界的地图文字、语法等系统化的理论与方法。

1.4 服务方式变化及其影响

1.4.1 服务方式变化

20世纪80年代末到90年代初,在计算机、局域网等信息技术的支撑和推动下,测绘地理信息领域实现了从模拟到数字化的变革。测绘地理信息服务方式逐步由提供模拟地图转变为提供硬拷贝数据,受时间、批次、供应单位、用户再加工等诸多因素的影响,形成以地理信息为基础的专题应用系统,其空间基底五花八门、多种多样,甚至成为信息化推进过程中的“瓶颈”。在突发事件应急、综合信息集成、部门精细化管理与宏观决策等过程中,由于空间基底的不统一,导致信息整合耗时费力,分析结果缺少可靠性。因此,整个区域建立一个连续的、统一的、权威的、唯一的空间基底或地理空间框架支撑国民经济信息化和当地经济社会发展刻不容缓、势在必行。

1.4.2 带来的影响

如何在一个区域形成一个统一的地理信息支撑?一种思路是集中式,依托四大数据库的建设,把地理信息统一硬拷贝提供给综合部门,与其他专题信息集成后对外服务,但地理信息,特别是与经济社会发展密切相关的要素如交通、居民地等内容变化快,缺乏测绘地理信息专业队伍长期及时更新维护,难以满足政府及各部门对地理信息的现势性要求。另一种思路是沿袭传统数据提供的思路,即硬拷贝,长期提供的结果势必造成基底不统一。本书作者及其科研团队在国际上率先依托广域网络,提出测绘地理信息数据“分布式存储、逻辑式集中、‘一站式’服务”的理念,完全不同于以上的“数据物理集中式”和“数据硬拷贝式”,为有别于过去的方式,凸显其特点,谓之“地理信息公共平台”^[7]。如同电网一样,用户打开开关,电灯即亮,关闭开关,电灯即灭,这背后有一张强大的电网支撑着,用户不用也无须关心电流源自何方,只需按流量付费即可。地理信息公共平台的背后有互联互通、协同服务的国家、省、市、县,甚至乡镇、村多级节点构成的地理信息网支撑。授权用户也无须关心各种尺度的地理信息数据源自何处,键入网址就可调用丰富的地理信息服务、二次开发接口与功能。

1.4.3 思考分析

地理信息公共平台替代传统的数据提供方式,在互联网时代为用户提供在线服务,实际上是通过技术的手段,实现测绘地理信息数据的“使用权”与“所有权”的有效分离。一是解决了测绘人硬拷贝时代的尴尬:提供数据,死路一条,因为一旦数据对外提供,很难限制拷贝、复制等扩散行为,高付出仅得到一次回报;

不提供数据，必然导致各应用部门从不同的渠道获取数据，测绘地位和价值就会不断边缘化。二是方便使用，众多用户只享有使用权，不必为所有权买单，费用锐减，而且所用的是最现势的数据。三是促进共享，当各类用户都把自身与空间位置有关的信息放在统一的地理信息公共平台上，不仅可消除因空间基底不统一造成的信息孤岛，而且可以充分享用大量信息资源共享带来的倍增价值。

1.5 小结

近年来，测绘地理信息需求发生了革命性的变化，对地图和地理信息的抽象、表达、存储、管理、服务和应用带来了深远的影响。本章透过表象、追根溯源、科学划段、提取特征，揭示信息化时代地图与地理信息发展的脉络，预见其发展趋势。