

规划空间数据协同建设管理的探索与思考

何莲娜、黄晓春、崔真真

摘要：近年来，随着社会经济文化的发展和进步，信息技术发展进入移动互联网和大数据时代，数据的价值愈发凸显，以数据资源的交互、共享、分析和挖掘为核心的数据运动在全球迅速兴起。然而目前，针对规划编制部门进行海量规划空间数据资源的有效积累与管理，利用规划决策支持等技术手段实现规划设计高效协作的成功案例在全国并不多见。本文关注点在于在城乡规划编制呼唤变革创新的年代，在大数据带来巨量级信息资源冲击的当下，如何基于协同规划的理念，有效利用计算机软硬件技术、网络技术、数据库技术及地理信息技术，变革传统的空间数据库建设与管理模式，完善基于城乡规划空间数据的信息化支撑体系，选择正确的数据建设模式，管理并利用好规划空间数据资源，以数据的协同促进规划的协同，进而提升城乡规划设计的科学性。

关键字：空间数据库、建管模式、数据可视化、空间分析、遥感、多源数据、大数据、城市计算、规划决策支持、规划支持模型

城乡规划是对一定时期内城市的经济增长、社会发展、土地利用、空间布局以及各项建设的综合部署、具体安排和管理实施，因此所涉及的数据内容十分庞杂，渗透到社会经济发展和城市建设的方方面面。城乡规划空间数据库的建设与发展所涉及的研究内容不仅包括信息化阶段的分析、发展战略的制定、规划资源的梳理、组织架构的设计、核心技术的攻克、规划应用中的落实，而且涵盖规章制度的建设、业务流程的重组以及相关部门间的协调等。其目的是为城乡规划编制与研究提供完整、安全和可靠的数据支撑，其表现形式为创建一个高效的数字化协同工作环境。

研究历程与技术思路

北京市城市规划设计研究院（以下简称北规院）自上世纪 80 年代起至今持续开展城乡规划空间数据库的建设，在此期间空间信息技术发展迅猛，经过数十年来的不断技术探索和模式研究，在数据积累、数据建设和管理、数据分析应用方面等都取得了长足的进步。



图 1 规划信息化数据库建设与应用研究思路示意图

我们的探索可分为三个阶段和三个层面（图 1）。在初级阶段（1980-2000 年），数据建设层面以地理信息和人、地、房、经济等基础数据为主；技术层面以简单图表可视化为主；应用层面侧重于基础数据的资料汇编，专注于满足规划编制最基本数据的收集、整理、表达和高知。在中级阶段（2000-2010 年），数据建设层面加强了向规划专题数据的拓展，遥感影像数据库也随着遥感技术的发展与普及得到极大扩充，并且明确了数据建设整体框架的内容和结构，完善了数据建设与管理的相关规范标准；技术层面以多维度多尺度数据综合空间分析和遥感图像自动识别技术的钻研为主；应用层面则专注于复杂的城市计算和基于遥感的城市动态监测的研究。在提升阶段（2010 年-现今），数据建设随着网页抓取和自媒体技术的蓬勃发展，多源社会数据和大数据的获取与应用成为新的关注点；技术层面则侧重于规划决策支持和大数据挖掘利用相关技术的研究；应用层面，规划支持模型和各类大数据在规划专题研究中开始扮演越来越重要的角色。

随着数据内容的不断完善，获取方式的不断丰富，建设与管理标准的不断健全，应用领域的不断拓展和研究深度的不断深化，数据不仅是简单的数据资源，而且对整个规划信息化发展起着重要的战略指导作用。

实施路径 1：构建面向协同规划设计的空间数据库

数据积累与结构框架深化

空间数据资源的积累与梳理是一个不断完善，不断深化，并且随着数据的更新节奏和业务领域的扩充不断调整的过程。我们在数据积累方面的探索大致可以分为三个阶段。**初期阶段：**有多少数据就收集多少数据，首先解决“有”的问题。我们开展了《北京现状数据汇总记城市规划基础数据获取整合机制研究》、《北京城乡规划基础数据框架体系研究》等工作。数据积累的着力点在于地理信息基础数据和人、地、房、经济基础数据。数据来源较为传统，主要依靠权威部门提供官方数据，如规划编制部门生产的用地现状、用地规划、专项规划等数据，规划审批部门生产的规划项目审批和行政许可数据，测绘部门提供的多比例尺地形图等测绘信息，统计部门提供的中宏观尺度的人口、就业、经济等数据，以及各委办局提供零散的相关专题资料等。数据的获取方式主要有部门间数据购置、数据交换、口头协商等。由于缺乏持续稳定的制度保障，精细化尺度非内生数据的共享与交流困难较大。该阶段的数据积累能够满足规划编制和规划研究的基本要求，并不具备条件指导规划信息化发展的战略和方向。

中期阶段：数据要精细化，数据之间开始有了关系，数据的内容和结构有了完整的构架，数据建设的实施有了可遵循的规范标准。在该阶段随着政府政务公开的要求，部门间数据共享平台的建设，以及规划编制业务前端对于专题数据库建设意识的增强，规划专题数据库的建设有了质的飞跃。我们开展了《城市功能核心区规划设计综合数据库建设与应用研究》、《北京市五线专题数据库建设研究》、《北京市地下空间专题数据库建设研究》、《北京市住房

专题数据库建设与应用研究》等工作，先后建设完成了包括历史文化名城、城市住房、公共服务设施、商业服务设施、工业、物流仓储、道路与交通设施、市政设施、工程综合、地下空间、城市安全和生态环境等方面的空间数据库；同时完成了区域数据库的建设，其内容侧重京津冀或全国主体功能区等更大区域空间范围内的数据建设，包括行政区划、道路交通、河湖水系、城镇村集中建设区、土地利用、区域 DEM、城市级社会经济、区县级社会经济等数据子库。

另一方面，随着遥感技术的不断发展，遥感专题数据库也得到了不断的丰富。我们开展了《北京遥感信息资源整合及其在城市规划中的应用研究》，对于不同片源、不同分辨率、不同年代的遥感影像在数据采集方法、数据更新保障机制、数据适用空间尺度，以及数据在不同层面的规划编制与研究中的应用情况作了深入剖析，建立了具有工程性、可持续性的大区域范围遥感数据库，为实现多源遥感影像及其解译信息在多层城市规划设计中的工程应用提供了良好基础。该阶段的数据积累已经相当丰富，而且有章可循，有方可依，对指导数据库建设持续开展具有重要意义。

近期阶段：尝试基于数据开展规划支持模型的研究，数据建设开始关注获取和分析外围数据，为规划信息化的发展寻找新的突破口。多源规划数据和大数据带来新思路。多源规划数据泛指通过非官方渠道获取的规划信息资源，主要是指利用信息技术和计算机技术主动获取的官方小数据和自媒体方式各类专题数据，包括权威部门和数据生产商等社会力量通过互联网公开发布的开放数据，以移动互联网和传感器网络为载体的社会化数据等。多源规划数据获取的实现是切实拓宽数据获取渠道，打通数据瓶颈，丰富规划资源的有效方法和有益尝试。



图 2 自媒体时代丰富的多源数据与大数据资源

而随着信息技术在日常生活中的广泛应用，产生了大量微观尺度的城市空间信息和人类城市活动信息。这些信息被大量集聚在互联网、移动互联网和传感器网络中，形成了极为丰富的数据资源，人们称之为“大数据”。维基百科把大数据定义为一个大而复杂的、难以用现有数据库管理工具处理的数据集。广义上，大数据有三层内涵：一是数据量巨大、来源多样和类型多样的数据集；二是新型的数据处理和分析技术；三是运用数据分析形成价值。如微博数据、公交卡刷卡数据、移动手机数据、银行卡消费数据等都是典型的、已被成功应用的大数据，对科学研究、经济建设、社会发展和文化生活等各个领域正在产生革命性的影响。

当前，大数据已然成为城乡规划编制与规划研究中必不可少的数据补充，其获取、建设与应用是规划数据资源扩展的新方向。

大数据以及其他基于互联网的多源社会数据的获取主要利用爬虫技术进行网页搜索、信息聚焦和数据抓取。至截稿日已成功获取住建委、经信委、高德地图、安居客等官方网站公开的相关数据资源。在数据获取方式上主动出击，改变被动依赖共享的传统方式，切实地丰富了规划资源，夯实数据基础（图2）。

以上五类数据资源构成城乡规划空间数据库，既包括规划相关管理部门间内部数据的协议与交换，又包括权威部门和数据生产商等社会力量通过互联网公开发布的开放数据，以及移动互联网和传感器网络为载体的社会化数据等。为了统筹管理规划数据资源，我们开展了《面向协同规划设计的空间数据平台建设与应用》的研究，以便摸清规划资源，梳理协同关系，建立数据框架。在系统、全面梳理规划业务最基本、最常用、最核心的各类数据资源，以及各业务间相互调用与支撑关系的基础上，明确了数据库子库、数据类、数据主题和数据集的多层级数据结构（图3）。



图3 城乡规划空间数据库结构示意图

此外，城乡规划信息数据库建设的相关技术规范也必须及时跟进，包括数据制作流程规范、数据质量检查控制标准、元数据标准、符号库标准、数据更新流程与办法等。同时需要建立健全的更新机制，明确数据库扩展所需要进行的分析和设计、明确所涉及的领域专家、数据库高管和规划专题负责人对于定义数据、扩展数据、执行标准建库等工作的职责分工，保障数据库的持续发展。

数据建设与管理模式演变

空间数据库的建设和管理是一个分阶段的长期过程，也是一个从无到有、从初期探索、尝试到逐步深化、规范建设的过程，并且随着不断地梳理业务流程、盘点规划资源和评估主要问题，建设与管理模式将得到持续地调适和优化。总体上看，规划行业空间数据库建设和

管理可以分为零散模式、集中模式、协同模式三个阶段。其中零散模式适用于空间数据库建设探索期，侧重技术的摸索，初步开展规划资源的有序收集，并选择试点开展空间数据建设。在规划信息化迅速发展的今天，多数城乡规划编制和管理部门基本走出零散模式。集中模式和协同模式是当前数据库建设和管理的主流模式，在不同的阶段都发挥着重要的作用。

集中建设与管理模式（图 4）的参与主体是统一由在新技术掌握和应用上具有优势的信息部门主导，优点在于数据库建设质量优，建设效率高，保障良好的维护和管理，缺点在于规划设计部门在数据获取、数据库建设、更新维护管理等环节参与甚少，规划专业空间数据单纯依靠信息技术部门难以得到及时有效的更新，利用效率低下。该模式适用于数据库建设积累期，且数据资源结构简单，内容较少的单位。

协同建设与管理模式（图 5）的参与主体是分别由信息部门主管基础空间数据，规划编制部门主管规划专业空间数据，优点在于实现合理分工，分建共享，数据库建设质量优，建设效率高，保障基础数据库和规划专业数据库都能得到良好的维护和管理，数据应用更贴近业务需求。但该模式的实施要求信息部门建立完整的数据库框架和严谨的数据库建设管理规范标准，并需要开发数据库建设与管理平台。适用于数据库建设成熟期，拥有超大数据量和复杂数据结构的城市级信息资源管理。



图 4 集中模式数据库建设与管理结构示意图

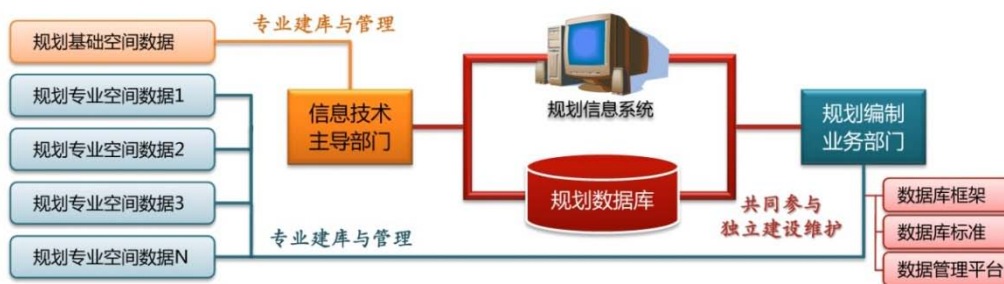


图 5 协同模式数据库建设与管理结构示意图

基于对三种模式的研究和探索，研究认为协同模式是充分调动各专业部门专业优势，实现规划空间资源自下而上协同建设、系统整合和综合利用的最佳模式。

实施路径 2：钻研数据分析与应用的关键技术

数据只有被有效利用和合理共享才能实现其最大价值。如何运用信息技术手段，最大限度地撬动数据的力量，是我们对数据分析关键技术研究的核心关注点。我们的探索主要体现

在数据可视化、多维度空间分析、遥感智能识别、规划决策支持和大数据挖掘等几个方面。

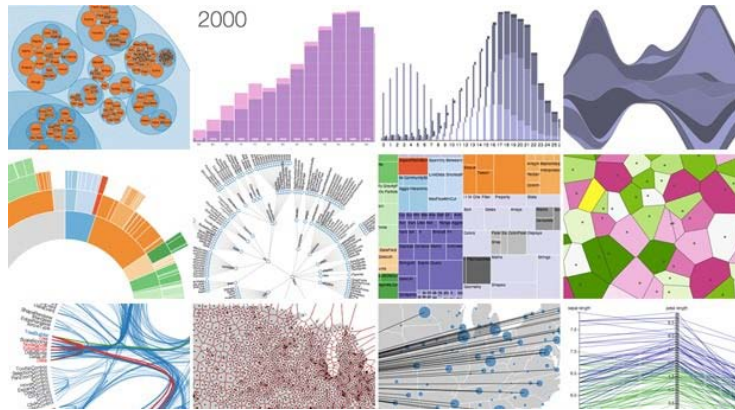


图 6 可视化技术示意图

首先需要采用有针对性的数据可视化技术 (Information Visualization) 实现对非空间数据直观高效的表达。随着数据内在关系复杂度以及数据量的不断攀升, 数据形式不再是单纯的数值或二维表格, 复杂的层级结构和关联关系型数据越来越多。数据可视化是一种将数据转换为便于理解和使用的图形的技术和艺术, 其目的是增强数据识别效率, 传递有效信息。我们的实践从单纯利用 Excel 完成简单的柱图、饼图、折线图, 渐渐发展到针对数据的特性和维度, 综合使用 Tableau、Circos、Many Eyes、D3.js、Splunk、R、Gephi 等主流数据可视化工具 (图 6), 极大的提高了数据表达和决策的效率。

针对空间数据则需要基于空间分析技术 (Spatial Analyst) 实现对多维度、多尺度、多时相的城乡规划数据的综合分析。空间分析是为了解决地理空间问题而进行的数据分析与数据挖掘, 是从一个或多个空间数据的空间关系中获取派生信息和新知识的过程, 是通过空间数据和空间模型的联合作用来挖掘空间目标的潜在信息。常见的空间分析如空间信息分类、叠加分析、网络分析、邻域分析、地理统计分析等在 ArcGIS 软件中有完美的实现 (图 7), 在大量的城市规划研究中发挥了重要的作用。另外还有一系列适应地理空间数据高性能计算的模型和方法, 如元胞自动机、遗传算法等, 需要在规划决策支持系统中解决。

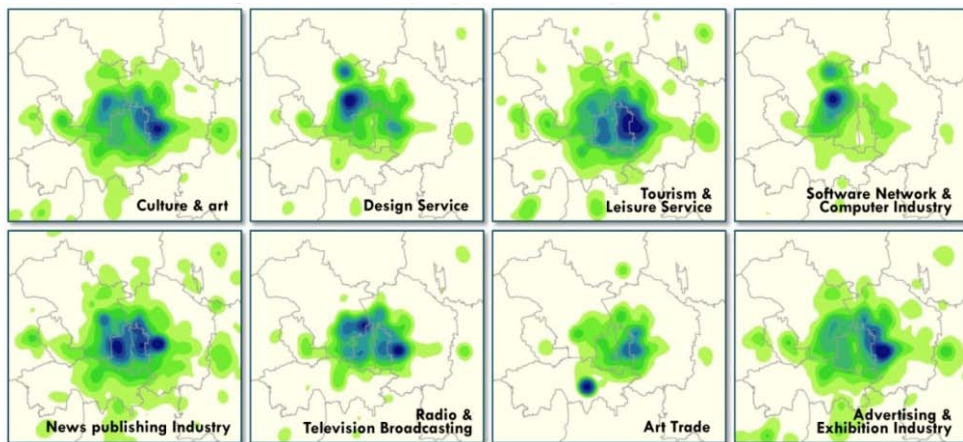


图 7 利用多维度空间分析实现就业人口集聚程度定量解析

规划决策支持系统 (Planning Support System, Harris 1989) 是一种合适的模式, 能

将一系列计算机为基础的方法、模型组合为一个综合系统，使之能够支持空间规划功能。规划决策支持系统将 GIS、模型、可视化功能组合起来，在规划过程中收集、组织、分析和交流信息。规划决策支持已经被公认为是在快速发展的城市化进程中社会经济和城乡建设的必然要求。在此背景下，我们开展了《规划支持系统框架体系及典型应用研究》，通过面向我国城乡规划完整的内容体系，以北京城乡规划编制体系为例，建立与之相关联的规划支持系统框架体系，并深入研究不同层面不同类别规划编制要求（含技术标准），提出不同阶段辅助规划分析与决策的技术方法，从而不仅完善了规划支持系统基础理论，而且提出了规划支持系统建设实施策略，重点研发了规划支持系统平台，从理论体系、实施策略、应用工具等多方面实现了规划支持系统和实际业务工作的有效对接。

针对遥感影像数据则需要引入遥感图像自动识别技术（Automatically Information Extraction from Remote Sensing）实现对地球表面及其环境在遥感图像上的信息进行属性的智能识别和分类。为了提高遥感影像解译的效率和精度，我们相继开展了《基于高分辨率遥感影像的城市用地信息提取方法研究》、《基于夜间微光遥感技术的建成区界定新方法》、《基于遥感影像解译城乡规划用地的标准研究》等一系列课题研究，解决了部分遥感在城市规划中应用的不足，如社会属性难以判别，人工目视解译强度大效率低等，切实提升了遥感资料在城乡规划中的可利用性。

大数据从数据类型、结构、量级、更新速度上呈现出的多样性和复杂性，都有别于传统意义的小数据，从采集、导入和预处理、统计和分析，到最终数据挖掘处处存在特异性。采集并发数高、导入和预处理数据量大、数据挖掘计算量大等特点，要求在采集端部署大量数据库，深入设计负载均衡和分片，普通分析和分类汇总需要 Oracle 的 Exadata 和 MySQL 的列式存储 Infobright 等，而批处理或者基于非结构化数据的需求则应该使用 Hadoop。典型的挖掘算法如用于聚类的 K-Means、用于统计学习的 SVM，和用于分类的 Naïve Bayes，主要使用的工具有 Hadoop 的 Mahout 等。目前我们对大数据的相关技术研究尚处摸索阶段。

实施路径 3：拓展数据在城乡规划领域的应用实践

基于协同规划理念的规划空间数据库在数据建设层面和规划应用支持层面均发挥了显著成效。在数据建设层面，持续为北京市总体规划编制、评估、修改，北京市中心城和新城控制性详细规划动态维护，北京市规划审批数据分析等一系列重大规划提供了内容翔实、质量上乘、现势性极强的基础地理信息数据，人口、用地、建筑、经济核心数据，以及公共设施、交通设施、市政设施等专题数据支撑，其相关的各类标准和制度也得到逐步的建立和完善。针对基础数据基本统计分析，推出了《北京规划基础资料汇编 2004 年版》、《北京规划基础资料汇编 2008 年版》、《北京城乡规划人地房基础数据年报 2011 年版》（图 8）、《北京市规划用地审批数据统计分析（2010-2013 年）》等，以基础资料汇编的方式对数据的整体结构和内容，尤其是具有普适价值的关键数据进行全面展示和告知。针对遥感动态监测数据，

开展了《北京市六环内 2001-2013 年城市建设用地变化趋势分析》、并建设了《北京建设用地遥感动态监测信息系统》，为宏观把控城市建设用地扩张规模与方向、洞悉用地结构变化趋势以及查处违法建设提供了客观依据。

同时规划空间数据库在规划应用支持层面有更广泛的应用。在复杂城市计算算法研究方面，开展了《微观尺度下人口空间分布模拟与规划应用研究》、《基于数学迭代法分析就业人口空间分布与规划用地关系的研究》、《基于气象条件的北京市域空间布局研究》、《北京城乡建设用地可利用空间资源研究》等。在规划支持模型建设方面，开展了基础综合模型、专业综合模型和专业独立模型三个层次的模型研究，如《城乡空间发展模型》、《现状综合分析模型》、《限建区规划模型》、《交通与土地整合分析模型》、《交通承载力分析模型》、《市政设施承载力分析模型》、《保障性住房实施评估与选址模型》、《文化设施评价与选址模型》等。在大数据利用方面，开展了《利用公交 IC 卡刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行》、《基于公交 IC 卡地铁刷卡记录评估北京市总体规划实施情况》、《基于微博数据分析规划圈的人脉关系研究》等。规划应用支持层面的一系列应用在服务于规划信息技术推广、服务于规划编制设计、服务于规划管理决策、服务于不同规划专业的融合和协同等方面取得了显著成效，从而为预判不同的城市发展策略和政策影响、实现城市理性增长、综合协调并确定城市设施的合理规模和布局、确保城市低碳发展等规划实际工作提供了重要的分析手段和决策技术支持。

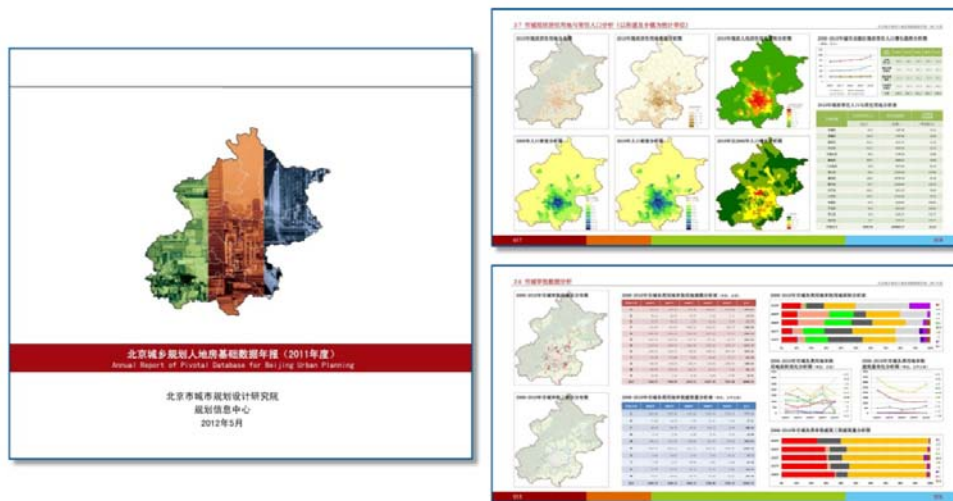


图 8 《北京城乡规划基础数据年报（2011 年）》（节选）

结束语

规划空间数据库的建设目标是利用信息技术手段，以城乡规划对数据、技术和知识的需求为牵引，以信息资源建设与应用为中心，实现基础数据多渠道采集更新、多专业数据安全规范管理和综合数据高效便捷共享，并为开展基于城乡规划信息的规划综合分析提供系统的规划业务应用系统。为此我们将进一步跟踪新技术发展趋势，深化研究，为城乡规划的科学制定和实施提供有力支撑。

参考文献

- [1] 仇保兴. 中国城市规划信息化发展进程[J]. 规划师, 2007, 23(9): 59-61.
- [2] 李德仁. 数字城市及其典型应用[J]. 中国信息界, 2009(12): 14-16.
- [3] 徐开明, 等. 基于多级异构空间数据库的地理信息公共服务机制[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2008, 33(4): 402-404.
- [4] 李海涛, 等. 城市基础地理信息数据库建设若干问题的研究[J]. 地理空间信息, 2007, 5(2): 20-22.
- [5] 诸云强, 等. 地球系统科学数据共享研究与实践[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(1): 1-8.
- [6] 王学华, 等. 多源空间信息数据库数据更新技术研究[B]. 测绘通报, 2013, (02): 45-47.
- [7] 文薪荐. 面向城市地理空间框架架构的数据库设计思路研究[P]. 测绘与空间地理信息, 2013, (06):
- [8] 维克托·迈尔-舍恩伯格, 等著, 盛杨燕, 等译. 大数据时代[CIP]. 杭州: 浙江人民出版社, 2013.
- [9] 王华, 等. 试论数字城市地理空间框架在城市规划中的应用[J]. 地理空间信息, 2010, 18(2): 1-4.
- [10] 李和平, 等. 城市规划社会调查方法[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [11] 朱宏斌, 等. 城市基础地理信息数据库更新方案研究[J]. 测绘通报, 2011(1): 25-27.