

中国“数字国土”工程的方法论研究

吴冲龙, 刘刚

(中国地质大学国土资源信息系统研究所, 湖北武汉 430074)

摘要:“数字国土”是新世纪的一项宏伟工程,也是对“数字地球”和“数字中国”战略计划的响应,其核心问题是分布式点源空间数据库和属性数据库建设.分布式主题数据库建模、“多 S”结合与集成、三级网络结构、信息标准化体系、海量数据入库、计算机辅助设计等关键技术的攻克,是实现区域地质调查与矿产资源勘查信息化的前提,而信息安全是“数字国土”的保障.作为合理而完善的解决方案,除了制定总体规划和系统结构外,还应当制定切实可行的对策和实施步骤.这需要借鉴国际上国土资源信息系统建设和地球信息科学方向发展的最新成果,并根据我国国土资源勘查与管理的特殊布局,通过周密的系统分析和系统设计来制定.

关键词:数字国土;数字地球;数字中国;方法论;基础信息平台;点源信息系统;多 S 集成.

中图分类号: P621; P628 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2002)05-0605-05

作者简介:吴冲龙(1945-),男,教授,博士生导师,近期主要从事地矿信息系统与油气成藏模拟方面研究工作.

国土资源调查、评价、管理、规划、开发与利用等各个环节,都涉及海量数据资料的采集、管理、处理与决策,在信息资源与物质资源同等重要的今天,迫切需要利用现代信息技术,来实现国土资源信息的采集、传输、存储、处理和服务的数字化、网络化、可视化和智能化,全面提升国土资源工作的效率,实时地为政府决策和社会应用提供信息服务^[1].为此,新一轮国土资源大调查纲要^①提出了“数字国土”的概念,要求在 2010 年完成中国陆地和海域国土资源调查资料的信息化和网络化,进入国家“数字地球”信息网络.这是新世纪的一项宏伟工程,也是对“数字地球”^[2]和“数字中国”^[3]战略计划的响应.所包含的内容丰富、问题复杂,任务十分艰巨,开展相应的方法论研究将有利于制定合理而完善的解决方案.

1 数字国土的核心问题

国土资源大调查资料不仅对勘查和研究单位具有反复使用的价值,而且是社会各企事业单位进行

经济活动和各级政府机构进行经济、资源、能源和社会可持续发展决策的重要依据,因而具有长期保存的必要性;同时由于获取时的代价昂贵和对于不同勘查对象、不同勘查目的和不同勘查阶段的通用性,因而具有共享的必要性.这使得国土资源调查资料成为国家的宝贵财富,国土资源信息系统也因此成为国家经济资源信息系统的重要组成部分,并且通常被放在优先建设的地位上^[4].将数据库作为国土资源信息系统的核心,已经是各国国土资源系统工程界的共识.进行国土资源勘查、评价、规划、管理、开发与利用,涉及一系列复杂的信息处理、图件编绘、过程模拟和行为决策,需要有一个结构合理、信息齐备的国土资源点源信息系统.所谓“国土资源点源信息系统”是指建立于基层勘查单位(数据采集点)的基础信息系统^[5].它以属性数据库和空间数据库为核心,把实现地质矿产勘查全过程数据资料采集、处理计算机化,与实现地质数据资料管理、检索计算机化、网络化的目标结合起来^[6],既能作为全国国土资源信息网络结点,又能作为基层勘查单位的资料处理工作站;既能为政府决策分析服务,又能为科学研究与生产实践服务,有利于调动基层建库的积极性.国土资源点源信息系统的研发与建立,也能够使国家各类综合数据库的数据得到不断补充

收稿日期: 2002-04-23

基金项目: 原地质矿产部“九五”重点高技术开发项目(No. 950002).

①新一轮国土资源大调查纲要,国土资源部,北京,1999.

和更新^[7], 避免成为死库和呆库, 还能推进地矿信息的社会化服务。

2 点源数据库的建模方式

我国各地矿部门的基层单位从 20 世纪 80 年代中后期开始, 建立了大量微型应用库和专项库。这些数据库基本上属于应用数据库范围, 建设方式大多数是简单地利用现成的商业化软件来装载数据, 很少做高层次的再开发, 其显著特点是: (1) 以功能处理为核心, 以功能软件为基础, 设计依据是某个勘查单位、某个研究单位或某个公用专业领域的当前需求; (2) 缺乏统一的概念模型、数据模型和标准的术语代码、图式图例, 也缺乏统一的数据标准和软件接口。近年来, 许多单位用地理信息系统(GIS)来建立空间数据库, 虽然解决了大量图件信息的存储和管理问题, 但仍未脱离应用数据库范畴^[8]。这些数据库的信息既不完整又有冗余, 许多数据和图件资料被重复存贮、重复加工, 即使采用异构平台的数据检索技术也无法实现交叉访问, 不能支持未来的再开发、再提高, 难以被纳入国家“数字国土”网络中去, 很容易成为“信息孤岛”。

西方国家在 20 世纪 60~70 年代曾因此而走过一段弯路, 应当引以为戒。点源属性与空间数据库的合理建模方式是分布式主题数据库(subject data base)方式, 即不以功能处理为核心, 而以数据管理为核心; 统一概念模型和数据模型, 实行术语、代码和图式、图例标准化; 兼顾行业的当前需求与未来需求, 通过缜密的系统分析和系统设计来形成与基层多种业务主题相关联的分布式点源主题数据库, 进而通过网络发展成为国土资源信息检索系统^[7]。

3 建立点源信息系统的核心技术

在测绘部门, 为了保证空间分析的数据源并补充功能的不足, 通常采用以 GIS 为核心的“3S (GIS、RS、GPS)”集成技术。李德仁^[9]根据航空摄影制图的需要, 进一步建立了“5S (GIS、RS、GPS、DPS、ES)”结合与集成技术。由于测绘部门所需管理和处理的是单纯的空间信息, 以 GIS 为核心的上述“3S”或“5S”结合与集成技术, 足以支撑日常工作, 而新一轮国土资源大调查所要管理和处理的是庞杂

的数据集合, 除了多维空间数据之外, 还有多源、多类、多量和多主题的属性数据。它们将随着调查工作的进行而逐渐积累。因此, “数字国土”应当是 3 维乃至 4 维多源空间数据与属性数据的有机集合, 仅仅上述“3S”或“5S”是不够的。

“数字国土”工程中的基层点源信息系统设计, 应该考虑关系式数据库(RDBS)和空间数据库(GIS)的集成, 还要增加用于数据分析和资源预测、评价的模型库、方法库, 甚至要考虑构建数据集市、数据仓库与数据银行, 同时还要开发复杂的野外数据采集系统。此外, 还要求实现地下结构三维可视化^[10]查询与分析。也就是说, 应当采用“多 S (DBS、GIS、RS、GPS 和 ES 等)”结合与集成技术, 使之成为一种以分布式主题数据库为核心的综合技术系统^[9]。这种国土资源点源信息系统的结构是技术方法与应用模型的层叠式复合结构, 各种功能处理软件的开发都围绕主题数据库展开。它以图幅为单位, 可以实现国土资源调查与勘探的全过程计算机辅助化, 为资源评价、规划、开发的决策支持可视化、智能化打下基础。

4 国土资源数据库的管理体制

国土资源信息系统的数据库有 2 个并行的发展方向: 一个是大型集中式方向; 一个是微型分布式方向。上述由西方诸国和我国所建立的早期全国规模信息系统, 基本上都是大型集中式的。大型集中式数据库通常建立在巨型和大、中型机上, 优点是便于集中管理, 缺点是不便于各地使用, 而且也难以组织、容纳繁多的数据类别和复杂的数据结构, 难以应付日益增多的信息处理需求, 更难以做到数据及时更新。随着微型机技术的发展, 高功能的工作站和微机大量涌现, 特别是由于网络技术的发展, 使分散于各地的信息资源的管理、交叉访问及远程传输成为可能, 分布式信息系统受到普遍重视。西方发达国家此类信息系统的近期发展, 便是分布式点源信息系统与网络技术结合的结果。这样做也有利于各地实现资源、环境与经济信息的联机检索或商业化服务。

“数字国土”网络可以按中央、大区、省和地区四级布局。除遥感信息外, 所有原始数据均装载在基层(地区、地调院、勘探队)点源数据库中, 通过网络构成分布式异构信息平台和数据集市。省级网络中心设置于国土厅或地勘局, 建立相应的数据仓库, 但主

要负担全省网络管理和网络应用开发任务.大区网络中心可设置于地调中心或研究所,存放部分综合数据,或建立相应的数据银行,但主要负担全区网络管理和网络应用开发任务.中央网络中心可设于国土资源部或中国地调局信息中心,除了存放一些重要的综合数据外,主要负担全国网络管理.在进行数据库总体设计时,可采取数据管理系统与数据应用系统之间相对独立原则及多层服务的数据集市策略^[11].应用软件的体系结构设计可基于 Internet/Intranet 运行环境,待有了我国自己的网络运行环境后再转换.系统总体上使用多层客户机/服务器结构,其中,应用系统层、中间服务层和数据库层是最基本的3个层次.基于 Internet 的 Browser/Server 结构,系统运行不受地域和时间的限制,可大大提高系统和现有数据的利用效率;而精心设计的可复用构件可为系统的扩展、后续开发或移植提供良好的基础,将大大缩短开发周期,节约开发和维护成本.

5 实现信息共享的必要基础

信息标准化体系的制定是“数字国土”工程的一项关键性基础工作.它不仅关系到基础信息平台的共享性,而且关系到国土资源勘查与评价、资源开发与利用的规划决策、资源开发利用的动态管理等应用系统的有效性,对整个信息化工程具有重大的规范和指导意义^[12].信息标准化体系的制定,应当在“数字国土”工程的规划期就着手进行.

“数字国土”的信息标准化体系应当建立在广泛采用国际和国家标准的基础上,同时兼顾国土资源行业的特点.近些年来,在全国信息技术委员会、全国电子业务标委会、全国地理信息系统标委会、全国地矿信息标准委员会和国家技术监督局的支持下,先后制订了7类共60多个与地质矿产和土地资源信息采集、存储和管理有关的国家和行业新标准.例如:网络平台建设标准类、数据通用标准类、基础数据平台的软件开发标准类、应用软件平台结构标准类、基本数据信息化标准类、CAD制图标准类、国家信息安全标准类,等等.这些标准应当被纳入“数字国土”的信息标准化体系中.由于“数字国土”工程不但涉及信息系统和信息技术的标准与规范,还涉及国土资源勘查与开发利用工作本身的一系列标准和规范,而上述标准大多是在“数字国土”工程实施之前制定的,因此必须根据“数字国土”的要求,清理汇

总这些相关的国家标准和行业标准,并且按照“数字国土”工程的进程制定修编规划,协调各部门分期分批修订、补充和新制标准.

6 数据国土建设的瓶颈问题

信息系统建设的难题是海量属性数据和空间数据的入库.这涉及3方面的问题:其一是政策法规问题,各个部门和单位有些顾虑,不愿意交出多年积累的资料.其实,数据入库后是可以控制的,可以分密级采取保护措施,同时开展有偿服务.西方发达国家的经验证明,各企业、单位从信息共享中所取得的效益,比从互相封锁数据资料中所取得的效益要大得多.我国国务院已经颁布了地质资料汇交的有关条例,应当坚决贯彻执行.其二是入库资料的甄别问题.系统的当前需求与未来需求密切结合,是决定哪些数据应当入库的依据.应当严格地遵循以系统分析作为系统设计基础的原则,组织有关专家进行深入的研讨,从用户需求分析入手,进行数据模型构建.只有这样才能保证数据库系统具有结构合理、信息齐备的点源主题式品格.其三是入库技术与经费问题.我国50年来积累的数据量十分庞大,需要投入大量的人力和财力方能完成入库任务.除了调动基层勘查单位数据入库的积极性外,一方面要组织力量研究开发数据输入的快捷软件工具,另一方面要落实数据整理和输入经费.

7 野外地质调查信息化的途径

从20世纪80年代开始,在美国、加拿大和澳大利亚等国,人们采用固化于掌上机的数据采集系统来采集野外GPS数据和属性描述数据;采用关系数据库来存放野外调查和室内测试数据,并且仍然采用手工方式编制地质图,然后扫描进入GIS,经矢量化后进行机助编辑、空间分析和分版制图.掌上机体积小、重量轻、电池使用时间长,对我国西部高山地区的填图工作较为适合,但由于输入格式是固化了的,难以适应不同地区的不同数据采集要求;特别是不能装入“多S”集成的野外数据采集系统,无法在野外直接修编草图,更不能越过室内手工编图阶段.便携机在体积、重量和价格上已经逐步接近掌上机,电池使用时间也可延长至6h以上,具有了野外实

用价值。因此,可以考虑同时开发便携机版和掌上机版的野外数据采集系统。

在我国东部城市、平原、丘陵和低山地区以及勘探区和矿区,都可以配备超轻便型便携机(重 1 kg 以下)和具有“多 S”集成功能的野外数据采集子系统;在室内则配备有综合整理、空间分析、区域评价、图件编绘和决策支持等功能强劲的处理软件,实现区域和矿山地质填图的全过程计算机辅助化。该系统以图幅为单位,还可以方便地将野外地质资料与物探、化探、遥感和钻探资料集成起来,使图幅内的各种空间数据和属性数据的存贮、检索和处理实现自动化、高速化、网络化、综合化和可视化,达到“多 S”信息交互检索、综合处理和综合应用的目的。

8 “数字国土”的安全保障

Internet 所具有的开放性、国际性和自由性,使原来由单机安全事故引起的损害可能传播到其他系统和主机,引起大范围的瘫痪和损失,“数据国土”所面临的信息安全风险极大。如何保证网络信息系统的安全,已成为必需考虑和解决的首要问题。

因此,在进行“数据国土”工程整体规划的同时,应当制定信息系统安全保障体系的建设规划和分步实施计划。首先,有必要建立一个基础安全防护体系,保证信息平台的安全,然后根据各应用系统的开发和运行情况逐步完善,建立包括物理安全、链路安全、网络安全、管理安全、应用安全及系统安全在内的完整安全防护体系。其目标是:确保合法用户使用合法网络资源;保证网络管理/网络传输的信息资源不被窃取、篡改;审计、跟踪敏感信息的流向,防范敏感信息通过网络泄露;检测并处理网络安全漏洞,减少可能被黑客利用的不安全因素;在病毒到达内部网之前或者是在病毒传播感染和发作之前就被检测并清除;确保网络的入侵能够被检测并提供日志,以便跟踪和事后追踪,保证即使网络系统正遭受攻击也能够继续运行;确保重要服务器系统在意外损坏情况下,能通过灾难恢复系统在最短时间内恢复正常工作。为此,需要开展安全技术的研究与开发,特别是分布式数据库平台的数据备份和恢复技术。美国的政府分布式数据库在“9·11”事件中遭受破坏而无法恢复,应当引以为戒。

开展这项工作应当遵循:(1)需求、风险、代价平衡的原则;(2)综合性、整体性原则;(3)需求与生命

周期一致性原则;(4)易操作性原则;(5)适应性及灵活性原则;(6)多重保护与隔离原则;(7)可评价性原则。各项安全技术和安全措施都需要通过 CA 认证中心认证,做到既保证网络运行安全的整体性,又保证实现网络运行安全的动态性。

9 结论

“数字国土”工程是对“数字地球”和“数字中国”战略计划的响应,是推进新世纪国土资源信息化的一项宏大工程。这项工程涉及公用基础信息平台、数据库建模方式、系统集成技术、系统管理体制、信息化体系、海量数据入库和信息安全保障体系等基本问题。为了妥善地解决这些问题,使该项工程具有前瞻性、可行性和有效性,应当借鉴国际上国土资源信息系统建设和地球信息科学(GeoInformatics)发展的最新成果,并根据我国国土资源勘查与管理工作的特殊布局 and 特殊要求,通过全面的系统分析和系统设计,实事求是地制定工程的总体目标、分阶段目标、系统总体逻辑结构和功能结构,以及对各种重大问题的应对策略和工程实施计划。

参考文献:

- [1] 张洪涛. 服务国家目标,体现科技创新[J]. 中国地质, 2001, 28(1): 4-8.
ZHANG H T. Serve the national aim and incarnate the innovation of science and technology [J]. China Geology, 2001, 28(1): 4-8.
- [2] Core A. The Digital Earth: understanding our planet in the 21st century [J]. The Australian Surveyor, 1998, 43(2): 89-91.
- [3] 徐冠华,孙枢,陈运泰,等. 迎接数字地球的挑战[J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 85-89.
XU G H, SUN S, CHEN Y T, et al. Meeting the challenge of "Digital Earth" [J]. Journal of Remote Sensing, 1999, 3(2): 85-89.
- [4] 吴冲龙. 计算机技术与地矿工作信息化[J]. 地学前缘, 1998, 5(2): 343-355.
WU C L. Computing technology in the field of geology and mineral resource [J]. Earth Science Frontiers, 1998, 5(2): 343-355.
- [5] 吴冲龙. 地质矿产点源信息系统的开发与应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(2): 193-198.
WU C L. Development and applications of geological and mineral resources point-source information system (GMP-

- IS) [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(2): 193—198.
- [6] Johnson B D, Bradbury R. The National Resource Information Centre (NRIC); its role in the identification, access and integration of resource information in support of government decision making processes and in geoscience research [A]. Abstracts — Geological Society of Australia [C]. Sydney, N S W, Australia; [s. n.], 1991. 109—110.
- [7] 吴冲龙, 汪新庆, 刘刚, 等. 地质矿产点源信息系统设计原理与应用 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
WU C L, WANG X Q, LIU G, et al. Geological and mineral resources point-source information system; design principles and applications [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.
- [8] 袁艳斌, 刘刚, 韩志军, 等. “数字国土”在“数字地球”中的地位及其模型探讨 [J]. 地质科技情报, 1999, 18(3): 90—94.
YUAN Y B, LIU G, HAN Z J, et al. Discussion about model of “Digital Territory” and its position in “Digital Earth” [J]. Geological Science and Technology Information, 1999, 18(3): 90—94.
- [9] 李德仁. 论全球定位系统(GPS)、数字摄影测量系统(DPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和专家系统(ES)的结合 [A]. 见: 杜道生. GPS、RS、GIS的集成与应用 [C]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1995. 200—209.
- LI D R. Discuss for combine of global position system (GPS), digital photograph system (DPS), remote sensing (RS), geographical information system (GIS) and expert system (ES) [A]. In: DU D S, ed. Integration and application of GPS, RS, GIS [C]. Wuhan: Wuhan Technical University of Surveying and Mapping Press, 1995. 200—209.
- [10] Power W L, Lamb P, Horowitz F G. From databases to visualization; data transfer standards and data structures for 3D geological modeling [J]. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1995, 4: 65—70.
- [11] 李向阳, 吴冲龙, 汪新庆. 分布式地矿点源信息系统的构件化体系结构设计 [J]. 国土资源科技管理, 2001, (6): 41—45.
LI X Y, WU C L, WANG X Q. Component based architecture design for distributed geological and mineral resource point-source information system [J]. Science and Technology Management of the Land and Resources, 2001, (6): 41—45.
- [12] 韩志军, 吴冲龙, 袁艳斌. 地质矿产信息系统开发的标准 [J]. 中国标准化, 1999, (11): 7—8.
HAN Z J, WU C L, YUAN Y B. Standardization of development of the geological and mineral resources information system [J]. Standardization of China, 1999, (11): 7—8.

Discussion on Methodology of “Digital Land and Resources of China” Project

WU Chong-long, LIU Gang

(Land and Resources Information System Institute, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: “Digital State Land and Resources”, a grand project in the 21st century, is a response to the state strategic plans called “Digital Earth” and “Digital China”, respectively. Its core is the construction of distributed point-source spatial database and attribute database. The important problems of technology are the modeling of the subject database, the “multi-S” integration, the three level network structure, the computer-aided design of geological maps, the information standardization system, the entry of numerous data to the database and the information security. This grand project needs a set of logical and perfect solutions. Problem-shooting countermeasures and procedures are suggested that have incorporated latest achievements in the construction of land and resources information system in the world and those in the development of geoinformatics, and followed the overall system analysis and system design in line with the special pattern of the Chinese land and resources exploration and management.

Key words: Digital State Land and Resources; Digital Earth; Digital China; methodology; basic information platform; point-source information system; multi-S integration.