

数字地质图数据建模理论与实践

马智民 编著

西安地图出版社

数字地质图数据模型理论与方法

马智民 编著

中国地质调查局地质信息化发展战略项目资助

西安地图出版社

2005

内 容 简 介

本书是系统研究数字地质图建模理论与实践的专业书籍。全书共分9章。第一章绪论,简要阐述本研究的目的、意义和国内外研究现状;第二章数字地质图的理论基础,介绍数字地质图的概念、功能与作用及其建模的理论基础;第三章数字地质图数据建模的支撑技术,介绍面向对象建模技术、UML、XML、GML等建模语言以及WebGIS、网络地图服务与地质信息发布技术等;第四章地质空间认知与认知模型,介绍地理信息系统认知与抽象、地理空间与地理空间实体的概念、拓扑空间关系概念和模型、地质空间认知模型、地质空间认知过程模型等;第五章数字地质图关系数据模型研究,讨论数字地质图关系数据模型的设计与建模思路及其关系表的组织和结构;第六章数字地质图核心元数据库设计及其实现,论述数字地质图核心元数据及其管理系统在网络地图服务环境下设计思路和实现方法;第七章面向对象数字地质图数据模型OODGMDM,论述OODGMDM的建模思路、技术和方法;第八章OODGMDM的物理实现—以Geodatabase为例,论述OODGMDM在Geodatabase软件环境下,利用微软Mvisio Case工具模型实现的技术和方法;第九章结束语,对数字地质图数据建模的发展进行了展望。

本书对数字地质图数据建模理论、技术和方法进行了系统的分析和阐述,对地学空间信息基础设施的建设和地质图信息化、工程化具有重要意义;可作为地球科学领域从事地质信息科学的广大科研工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字地质图数据建模理论与实践/马智民编著. —西安:西安地图出版社, 2005. 03

ISBN 7-80670-869-3

I. 数... II. 马... III. 地质图-数据库系统-模型建立 IV. P285.1-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第116981号

责任编辑:史英

数字地质图数据建模理论与实践

马智民 编著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路334号 邮政编码:710054)

新华书店经销 西安地图出版社印刷厂印刷

889毫米×1194毫米·1/16开本 13.5印张 340千字

2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

印数 0001-3000

ISBN 7-80670-869-3/K·304

定价:28.00元

前言

数字地质图 (Digital Geological Map, 简称 DGM) 是以计算机可读的数字格式记录地质解释数据和地理基础数据的任何地质图形式 (Bruce R. Johnson, Boyan Brodaric, and Gary L. Raines, 1998)。它是在计算机软硬件环境支持下, 根据地质实体要素的空间特性和用户的需求、在一定的空间坐标参考系中, 以计算机可读的数字形式表示特定时间段或点上的现实地质世界中地质现象或地质事件的状况, 以及地质现象和地质事件与地质环境或地质背景之间的联系。数字地质图概念的提出, 起源于计算机地质制图, 是在计算机技术, 特别是信息技术与地质科学结合或融合的情况下提出的。

从计算机地质制图技术的角度来看, 数字地质图仅仅是计算机技术与地质制图技术的产物, 其目的是以计算机手段实现模拟地质图的自动化或半自动化制作。最初人们对于数字地质图的研究只注重计算机实现的技术层面, 随着计算机科学与技术的发展, 特别是信息技术与传统地学的不断融合, 数字地质图的应用也日益广泛和深入, 从地图制图的目的逐渐向地学分析的目的发展, 特别是地学信息科学学科的形成, 人们对数字地质图的概念、内涵及功能也在不断地深入和发掘, 数字地质图已经成为以地学分析为主要应用目的的现代地学基础数据的主要形式, 广泛地应用于国民经济建设、公共利益、国家资源分配与布局、资源评价、环境评价与监测等多个领域。随着国家空间信息基础设施 (National Spatial Information Infrastructures, 简称 NSII) 的建设和发展, 数字地质图作为地学空间信息基础设施的主要构成部分之一必将得到快速的发展和深入的应用。

数字地质图数据是国家地学空间信息基础设施 (National Geo-Spatial Information Infrastructures, , 简称 NGSII) 的主要构成元素, 为了实现地学数据的分布式异构数据库之间的数据共享和交互操作, 要求对地学空间数据必须进行有效的组织和管理, 特别是当地质学家或地学研究人员对所感兴趣的一定空间区域进行地学分析时, 其资料的来源主要来自于存放在不同地点、以不同的数据格式存储的不同空间尺度的地学数据库之中, 这些数据可能地球物理、地球化学、遥感地质、基础地理、基础地质、钻孔数据等不同类型的数据库, 也可能是文字、数字、图形、图像等数据, 但数字地质图作为应用的基础数据则被广泛地运用。因此, 如何建立一个有效的数字地质图数据的组织和管理机制, 适合于异地应用和提取, 适合于不同类型、不同空间尺度、不同来源的数字地质数据提取、挖掘和集成是当今地学信息科学领域所要解决的最基本问题之一, 也是各国地学信息科学家致力于研究的热点问题。

本书是作者在学习和总结国内外大量数字地质图数据模型的研究成果基础上, 提出一套简洁、完整、严密、实用的数字地质图数据模型的概念和体系、数字地质图数据模型框架和实例、数字地质图数据模型的设计原理、数字地质图数据模型的实现思想和地学 (地质) 数据的模型建立理论, 并通过 1:5 万地质图数据实例, 结合地学数据库系统的分析处理, 进一步说明了该数字地质图数据模型概念和体系的正确性、可行性和实用性。本书主要研究的工作如下:

(1) 讨论数字地质图数据模型的理论基础和支撑技术。数字地质图数据模型的理论基础包括: 地质数据建模理论、地球信息科学理论、空间基础设施理论、地学空间认知理论、地学信息可视化理论、地学信息传输理论、地学空间数据挖掘与知识发现理论和模糊集合理论等。其支撑技术包括: 面向对象概念、面向对象建模技术、统一建模语言 UML、地理标记语言 GML、可扩展语言 XML、地理信息系统技术、空间数据库技术、网络地理信息系统与地质信息发布与服务技术等。UML、XML 和 GML 语言不仅是数字地质图数据模型实现的描述语言, 也是当代地学数据互操作和数据共享以及地学空间数据库实现的软件描述语言, 它们是数字地质图数据模型描述和概念设计、逻辑设计的描述工具, 也是数字地质图数据模型建立的基础。

(2) 论述地质空间认知与认知模型。主要讨论地理信息系统认知与抽象、地理空间与地理空间实体的概念、拓扑空间关系概念和模型、地质空间认知模型、地质空间认知过程模型, 重点对地质

空间认知模型的基于对象的模型、基于域的模型和基于网络的模型进行了论述。地学空间认知模型是人类对现实世界地学空间实体、地学现象及其之间相互作用、相互影响和相互关系的理解和认识,并用抽象的机制和地图符号的方式表达的地学空间概念的集合,它是建立地学信息系统和地学数据库所必须遵循的原则、基础和框架结构,为地学信息系统的逻辑数据模型和物理数据模型奠定了基础。其设计的好坏,直接影响到地学信息系统和地学数据库的实用性、可操作性和生命力。

(3) 提出数字地质图关系数据模型。主要讨论数字地质图关系数据模型的设计与建模思路,将数字地质图按照其构成要素分为五大部分,即空间对象文件、单一地质对象文件、组合地质对象文件、元数据、图例等,空间对象是地质对象与空间位置、形状和大小有关的属性和特征,它是构成数字地质图的基本对象,空间对象根据其构成的复杂程度或表示的难易程度,还可以进一步分为单一空间对象和组合空间对象,单一空间对象是地质现实世界中由单个观察点所观察或测量的描述地质现象或地质事件的对象,其构成比较简单、操作和表示相对容易;而组合地质对象是地质世界中多个观察点或一个观察点上的多组数据表示的地质现象或地质事件,其构成和表示比较复杂,对应的操作实现的难度也较高。为了对空间对象详细表示和描述,空间对象从几何形态上还可以分为点、线、多边形、表面、体等五大基本构成要素,地理信息系统的空间认知模型正是将空间对象按照几何形态进行要素分类的,对于地质领域而言,在运用 GIS 技术建立地质空间数据库时,这种方法依然有效。只不过对于地质现象和地质事件的认识上,它们比地理空间更为复杂,不确定因素也更多。因此,地质空间数据模型的建模更倾向于认识论、实体论和方法论的讨论和研究。

(4) 论述数字地质图核心元数据及其管理系统在网络地图服务环境下设计思路和实现方法。简要介绍元数据的定义、概念、作用,重点讨论数字地质图核心元数据内容和要求以及数字地质图核心元数据管理系统的设计思想与实现技术,它是实现基于网络的数字地质数据的组织、管理、发现、挖掘、发布服务以及进一步应用的工具。

(5) 提出面向对象数字地质图数据模型 OODGMDM。在对数字地质图的概念、地质图所包含内容、数字地质图数据模型的建模目的、设计目标的深入认知上,以及对现有 GIS 空间数据模型和数字地质图数据模型的分析基础上,结合国内外对数字地质图模型的研究,利用面向对象的方法建立了一个面向对象数字地质图数据模型(Object-oriented Digital Geologic Map Data Model,简称 OODGMDM)。从概念设计到逻辑设计,从整体出发,然后逐步分解细化,来构造数字地质图数据模型 OODGMDM,最后通过对 1:5 万中华人民共和国地质图中典型地质数据组织的示例进一步展示了此面向对象数字地质图数据的组织方式。

(6) OODGMDM 的物理实现有多种方法,对于不同的 GIS 软件而言,可能有不同的实现方法。就 OODGMDM 本身来说,它是一个概念和逻辑模型,独立于任何的软硬件环境。在实现上可以根据具体的软硬件环境的不同而有所差异。本书在 ArcGIS 环境下利用 Microsoft Visio CASE 工具对 Geodatabase 予以实现,讨论了 ArcGIS 的 Geodatabase 的数据模型和对空间数据的组织原理和方法,介绍了使用 Visio CASE 工具建立地质空间数据库的工作流程和步骤,并以 1:5 万数字地质图为例对其数据库的实现进行了 OODGMDM 扩展和实现,探讨了有关的实现技术,并对地质数据分类问题、数据模型实现问题、地图制图模型和模板问题等进行了讨论,提出了完全区别于传统地质数据库建库的思路和方法,这种方法也是未来 GIS 技术应用的发展趋势。

(7) 基于 WebGIS 技术开发研制了数字地质图空间数据发布与服务系统,该系统具有地图发布向导、地图显示主窗口、地图操作工具、图元选取、地图提取、地图导航、图例/图层管理等七大功能。运用该系统对所设计和实现的 OODGMDM 数字地质图空间数据库的数据进行了提取和数据挖掘试验。试验结果表明:面向对象的数字地质图数据模型在地质图数据的组织上是可行的,对地质关系的表示是合理的,而且大大地减少了数据冗余,提高了存取和访问的效率,明显地优于传统的关系数据库组织、存储地质图空间数据的方式。

本书在编写过程中参考了美国地质调查局(USGS)和加拿大地质调查局(CGS)的数字地质图关系数据模型 4.3 版、英国地质调查局(BGS)的数字地质图 E-R 关系数据模型以及澳大利亚地质调查

前言

局 (AUGS) 的地学数据模型。2002 年在美国做高级访问学者期间有幸参加了在美国盐湖城召开的北美数字地质制图技术年会, 聆听了众多大师级数字地质图建模专家学者的学术报告, 参加了部分研讨。他们为我提供了大量的资料和数据, 特别是开拓了我的思路。2005 年初在荷兰 ITC 进修访问期间, 对地球空间信息基础设施 (GDI) 进行了学习和初步研究, 使我认识到数字地质图数据建模在 GDI 建设中的重要作用, 使我致力于数字地质图数据建模的理论和技术研究信念得到加强, 对借鉴国际该领域先进思维、方法和技术, 研究我国数字地质图数据模型起到了很大作用。虽然, 本书的研究只是一种初步的尝试和探索, 深感许多问题还有待于深入。但笔者编写本书是希望国内从事地球信息科学和地质数据信息化的专家、同行能够共同参与数字地质图数据模型的研究和实践, 早日建立我国的数字地质图数据模型, 为地质信息化、工程化和现代化贡献力量。

本书的编写得到了各方面的大力支持。我的博士导师中国地质大学的王成善教授多年来一直鼓励和支持我从事地理信息系统与地质的结合, 为本书的编写提供了许多有益的资料和很好的建议。长安大学李佩成院士、汤中立院士、王文颖教授在科学研究上对我的支持和鼓励。中国地质调查局发展中心的姜作勤教授级高工、杨东来高工、李晨阳高工在试验数据上的无私支持和帮助, 他们不仅为我的研究提供了无偿的实验数据, 也对地质图数据模型提出了很好的建议和意见, 使地质图数据模型成果更具适用性、可行性和可操作性。我的同事和朋友李勇教授、钱壮志教授、薛春纪教授、杜福元书记、张振飞教授、高凤亮工程师、栾卫东副教授、吴金华副教授、徐翠玲博士、罗斌硕士以及长安大学地球科学与国土资源学院的其他同事在工作和科研上对我大公无私的支持和帮助是这本书得以顺利完成的前提。在此向他们表示衷心的感谢。

本书在出版编辑过程中, 得到了西安地图出版社编辑史英女士、西安天时地图开发中心主任宋发林先生、西安地图出版社印刷厂张磊先生、长安大学国土资源信息中心高凤亮先生的大力帮助。另外, 本书得到了中国地质调查局地质信息化发展战略研究项目的资助, 对他们一并表示诚恳的感谢。

作者

2005 年 3 月于西安

目 录

前言

第一章 绪论.....	1
1.1 问题的提出	1
1.2 本研究的目的和意义	2
1.2.1 目的	2
1.2.2 意义	3
1.3 国内外研究现状	4
1.3.1 空间数据模型研究现状与发展	4
1.3.1.1 空间数据模型的发展历程	4
1.3.1.2 空间数据模型的研究现状	7
1.3.2 数字地质图空间数据模型研究的现状分析.....	9
1.3.2.1 国际数字地质图数据模型研究现状	9
1.3.2.2 国内数字地质图数据模型研究现状	13
1.4 本文研究的目标、思路与技术方法	15
1.5 论文内容的组织	15
1.6 本章小结	17
第二章 数字地质图的理论基础.....	18
2.1 数字地质图的概念、功能与作用	18
2.1.1 数字地质图的定义	18
2.1.2 数字地质图的功能与应用	19
2.2 数字地质图数据模型理论	20
2.3 地球信息科学理论	21
2.4 空间数据基础设施理论	24
2.4.1 空间数据基础设施的概念	24
2.4.2 SDI 的构成.....	25
2.4.3 地学信息服务	26
2.4.3.1 地学信息服务基础设施的结构	26
2.4.3.2 地学信息服务模式	28
2.5 地学空间认知科学理论	29
2.5.1 空间认知论	30
2.5.1.1 空间认知的符号模型	31
2.5.1.2 空间认知的形象思维与模式识别	31
2.5.1.3 空间认知系统与地理信息系统的认知比较	31
2.5.1.4 空间认知对地学数据建模研究的作用	32
2.5.2 地图认知论	32
2.5.2.1 地图认知模型	33
2.5.2.2 地图认知在地图可视化中的指导作用	34
2.5.3 视觉认知论	34
2.5.3.1 人脑对信息的处理（认知）模型	34
2.5.3.2 人类信息处理的计算模型	35

2.5.2.3 表象研究	36
2.5.2.4 视觉认知与信息技术	37
2.6 地图可视化理论	37
2.6.1 TAYLOR 的现代地图学核心论	37
2.6.2 MACEACHREN 的[地图学]3 空间表达论	38
2.6.3 DiBIASE 的科学探索工具论	38
2.6.4 龚建华等人的认知与交流融合论	38
2.7 地图(学)信息传输理论	39
2.7.1 地图(学)信息传输理论的发展历史	39
2.7.2 廖克等学者对新的地图(学)信息传输模式的认识	41
2.7.2.1 强调地图信息对使用者的作用, 充分考虑信息传递的效果	42
2.7.2.2 强调表达地图编制者对地学环境信息的认识	42
2.7.2.3 注重科学性与艺术性的统一与协调	43
2.7.3. 危拥军等人的现代地图信息传输功能扩展论	43
2.7.3.1 成果表现形式: 由多用户单一产品向单一用户多样化产品扩展	43
2.7.3.2 信息传输方式: 由静态向动态扩展	43
2.7.3.3 信息表现范围: 由二维向三维、四维和多维扩展	44
2.7.3.4 信息接收方式: 由被动向主动扩展	44
2.7.3.5 信息传输手段: 由常规制图技术向各种新技术应用扩展	44
2.7.3.6 信息传输途径: 由视觉向视觉、听觉、触觉等多种感觉形式扩展	45
2.8 模糊集合理论	45
2.8.1 模糊集合理论的基本定义和操作	45
2.8.1.1 模糊集合的基本概念定义	45
2.8.1.2 模糊集合的基本操作定义	46
2.8.2 模糊集合理论在地学信息建模中的作用	46
2.8.3 模糊集合理论的应用	46
2.9 数据挖掘和知识发现理论	47
2.9.1 当前的主要研究内容	47
2.9.2 基本概念、过程与步骤	47
2.9.2.1 概念	47
2.9.2.2 过程	48
2.9.2.3 步骤	48
2.9.3 数据挖掘的分类	48
2.9.3.1 按挖掘的数据库分类	48
2.9.3.2 按挖掘出的知识分类	48
2.9.3.3 按挖掘使用的技术方法分类	48
2.9.4 数据挖掘对地学信息可视化的指导作用	49
2.9.5 空间数据挖掘	49
2.9.5.1 空间数据挖掘概念	49
2.9.5.2 空间数据挖掘的研究框架	50
2.9.6 知识发现与可视化融合	50
2.9.6.1 融合的概念模式	50
2.9.6.2 研究面临的困难	51
2.9.6.3 在地学信息可视化系统中的应用	51

2.10 本章小结	51
第三章 数字地质图的支撑技术	53
3.1 面向对象技术基础	53
3.1.1 面向对象技术的基本概念	53
3.1.1.1 面向对象的基本思想	53
3.1.1.2 面向对象的基本概念	54
3.1.2 面向对象建模	55
3.1.2.1 分布式对象技术	56
3.1.2.2 CORBA 对象技术	57
3.1.2.3 ACTIVEX/DCOM 对象技术	58
3.2 统一建模语言 UML	60
3.2.1 UML 主要内容	60
3.2.1.1 UML 语义	61
3.2.1.2 UML 表示法	61
3.2.2 UML 与其它模型语言的比较	62
3.2.3 UML 的主要特点	62
3.3 地理标记语言——GML	62
3.3.1 OPENGIS 概述	62
3.3.1.1 OPENGIS 规范	62
3.3.1.2 OPENGIS 体系构成	63
3.3.2 可扩展标记语言——XML	63
3.3.2.1 XML 简介	63
3.3.2.2 XML 的特点	63
3.3.2.3 XML 相关技术	64
3.3.3 地理标记语言——GML	64
3.3.3.1 GML 设计目的	65
3.3.3.2 GML 模型	65
3.3.3.3 GML 框架	66
3.3.3.4 GML 的应用	67
3.4 地理信息系统技术	67
3.5 空间数据库技术	69
3.5.1 全关系型空间数据库管理系统	71
3.5.2 对象—关系数据库管理系统	71
3.5.3 面向对象空间数据库管理系统	72
3.5.4 面向对象的矢栅一体化空间数据库管理系统	72
3.6 网络地理信息系统与地质信息发布服务技术	74
3.6.1 万维网地理信息系统 (WEBGIS) 主要特点	75
3.6.1.1 基于 INTERNET/INTRANET 标准	75
3.6.1.2 分布式服务体系结构	75
3.6.1.3 发布速度快, 范围广, 维护方便	75
3.6.1.4 数据来源丰富、分布存档	76
3.6.1.5 用户界面友好	76
3.6.1.6 系统建设投资少	76

3.6.1.7 系统安全性	76
3.6.1.8 系统协同性	76
3.6.2 主要 WEBGIS 系统平台基本功能	76
3.6.2.1 ARCVIEW INTERNET MAP SERVER(ARCVIEW IMS)平台	77
3.6.2.2 MAPOBJECTS INTERNET MAP SERVER(MO IMS)平台	78
3.6.2.3 ARCIMS 平台	78
3.6.3 WEBGIS 基本原理	80
3.6.3.1 利用 CGI 方法建立 WEBGIS 系统	81
3.6.3.2 利用服务器端应用程序接口建立 WEBGIS 系统	82
3.6.3.3 利用 PLUG-IN 插件技术方法建立 WEBGIS 系统	82
3.6.3.4 ACTIVEX 控件和 DCOM 组件对象模型建立 WEBGIS 系统	83
3.6.3.5 利用 JAVA 编程语言建立 WEBGIS 系统	83
3.7 本章小结	84
第四章 地质空间认知与认知模型	85
4.1 地理信息系统认知与抽象	85
4.1.1 信息系统的认知与抽象	85
4.1.2 地理信息系统认知与抽象	86
4.2 地理空间与地理空间实体	88
4.2.1 地理空间的概念与内涵	88
4.2.2 地理空间实体	89
4.2.3 地理空间实体特征	89
4.2.3.1 空间位置特征	89
4.2.3.2 属性特征	89
4.2.3.3 时间特征	90
4.2.3.4 空间关系	90
4.3 拓扑空间关系	90
4.3.1 基于维数扩展的 9-交模型 DE9-IM	91
4.3.2 基于 DE9-IM 的空间关系描述	92
4.4 地质空间认知模型	94
4.4.1 基于对象的模型	94
4.4.2 基于网络的模型	95
4.4.3 基于域的模型	95
4.5 地质空间认知过程模型	96
4.5.1 层次世界模型	96
4.5.1.1 现实世界模型	97
4.5.1.2 地质现实世界模型	97
4.5.1.3 地质信息工程世界模型	97
4.5.1.4 地质概念世界模型	97
4.5.1.5 地质尺度世界模型	98
4.5.1.6 地质要素定义世界模型	98
4.5.1.7 地质要素表达世界模型	99
4.5.1.8 地质要素几何世界模型	100
4.5.1.9 地质要素实体世界模型	101

目 录

4.5.1.10 地质空间集成世界模型	101
4.5.1.11 地质空间产品世界模型	102
4.5.2 转换算子	102
4.5.2.1 命名算子	102
4.5.2.2 选择算子	102
4.5.2.3 抽象算子	103
4.5.2.4 度量算子	103
4.5.2.5 分层算子	103
4.5.2.6 编码算子	103
4.5.2.7 测量算子	104
4.5.2.8 集合算子	104
4.5.2.9 融合算子	104
4.5.2.10 计算算子	104
4.6 本章小结	105
第五章 数字地质图关系数据模型研究	107
5.1 一些基本问题的讨论	107
5.1.1 地质图表示的复杂性	107
5.1.2 数字地质图的一致性问题	107
5.2 数字地质图数据模型的基础	109
5.2.1 数字地质图关系数据模型建模的思路	109
5.2.2 关系数据库的一般考虑	111
5.3 地质图关系数据模型	113
5.3.1 规定	113
5.3.2 元数据、图例及其关系表	115
5.3.2.1 元数据	115
5.3.2.2 图例	115
5.3.2.3 图例关系表	116
5.3.3 空间对象文件	117
5.3.3.1 空间对象文件	117
5.3.3.2 空间对象文件关系表	118
5.3.4 单一对象文件	119
5.3.5 组合对象文件	120
5.3.6 岩石单元	122
5.3.7 地质构造要素	125
5.4 本章小结	126
第六章 数字地质图核心元数据库设计及其实现	127
6.1 空间数据元数据的基本问题	127
6.1.1 元数据定义与内容	127
6.1.2 元数据的用途与作用	128
6.2 数字地质图核心元数据	129
6.3 数字地质图核心元数据库管理系统设计与实现	130
6.3.1 数字地质图核心元数据的数据模型设计	130
6.3.2 数字地质图核心元数据的实现	131

6.3.3 元数据管理系统的功能实现	132
6.3.3.1 元数据浏览功能	132
6.3.3.2 元数据编辑与修改	132
6.3.3.3 用户自定义代码与记录格式	132
6.3.3.4 自由选择代码库	132
6.3.3.5 条件查询	132
6.3.3.6 辅助建立属性表	132
6.3.3.7 辅助输入	132
6.4 本章小结	134
第七章 面向对象数字地质图数据模型 OODGMDM.....	135
7.1 UML 中关系的表示	135
7.1.1 依赖关系	135
7.1.2 泛化关系	135
7.1.3 关联关系	136
7.1.4 实现关系	137
7.1.5 支持 UML 的 CASE 工具	137
7.2 OODGMDM 概念设计	138
7.3 OODGMDM 逻辑设计	140
7.3.1 核心类对象设计	141
7.3.2 概念类对象设计	142
7.3.3 描述类对象设计	143
7.4 OODGMDM 对地图单元描述示例	147
7.5 本章小结	149
第八章 OODGMDM 的物理实现——以 GEODATABASE 为例.....	151
8.1 GEODATABASE 简介.....	151
8.1.1 GEODATABASE 的关键概念.....	151
8.1.2 GEODATABASE 的体系结构.....	153
8.1.3 GEODATABASE 在 RDBMS 中的存储.....	153
8.2 GEODATABASE 的建模思路与建模技术.....	154
8.2.1 ARCGIS 的数据模型.....	154
8.2.2 MICROSOFT VISIO 建模技术.....	156
8.3 OODGMDM 的物理实现.....	157
8.3.1 OODGMDM 模型的物理实现思路.....	157
8.3.2 workflow 定义	158
8.3.3 地质单元描述	159
8.4 实现技术的讨论	163
8.4.1 关于地质数据分类问题	163
8.4.2 关于地学数据模型的问题	165
8.4.3 关于地质制图数据模型的问题	165
8.5 OODGMDM 应用实例.....	166
8.5.1 数字地质图空间数据发布服务	166
8.5.1.1 空间数据发布服务系统主界面	167
8.5.1.2 空间数据发布服务的安全设计	170

目 录

8.5.2 地学空间数据发布服务系统的实现	170
8.5.2.1 利用 JAVASCRIPT 实现基本功能函数库	170
8.5.2.2 元数据服务的实现	171
8.5.2.3 用户管理功能的实现	172
8.5.2.4 地图发布向导功能的实现	172
8.5.2.5 系统功能集成	173
8.5.2.6 地图提取主要功能实现	173
8.5.3 对 OODGMDM 的测试试验	176
8.6 本章小结	176
9 结束语	178
9.1 主要研究工作和结论	178
9.3 进一步研究的工作及对未来的展望	179
参考文献	181

第一章 绪论

数字地质图 (Digital Geological Map, 简称 DGM) 是以计算机可读的数字格式记录地质解译数据和地理基础数据的任何地质图形式 (Bruce R. Johnson, Boyan Brodaric, and Gary L. Raines, 1998)。它是在计算机软硬件环境支持下, 根据地质实体要素的空间特性和用户的需求, 在一定的空间坐标参考系中, 以计算机可读的数字形式表示特定时间段或点上的现实地质世界中地质现象或地质事件的状况, 以及地质现象和地质事件与地质环境或地质背景之间的联系。数字地质图概念的提出, 起源于计算机地质制图, 是在计算机技术, 特别是信息技术与地质科学结合或融合的情况下提出的。

从计算机地质制图技术的角度来看, 数字地质图仅仅是计算机技术与地质制图技术的产物, 其目的是以计算机手段实现模拟地质图的自动化或半自动化制作。最初人们对于数字地质图的研究只注重计算机实现的技术层面, 随着计算机科学与技术的发展, 特别是信息技术与传统地学的不断融合, 数字地质图的应用也日益广泛和深入, 从地图制图的目的逐渐向地学分析的目的发展, 特别是地学信息科学学科的形成, 人们对数字地质图的概念、内涵及功能也在不断地深入和发掘, 数字地质图已经成为以地学分析为主要应用目的的现代地学基础数据的主要形式, 广泛地应用于国民经济建设、公共利益、国家资源分配与布局、资源评价、环境评价与监测等多个领域。随着国家空间信息基础设施 (National Spatial Information Infrastructures, 简称 NSII) 的建设和发展, 数字地质图作为地学空间信息基础设施的主要构成部分之一必将得到快速的发展和深入的应用。

数字地质图数据是地学空间信息基础设施的主要构成元素, 为了实现地学数据的分布式异构数据库之间的数据共享和交互操作, 要求对地学空间数据必须进行有效的组织和管理, 特别是当地质学家或地学研究人员对所感兴趣的一定空间区域进行地学分析时, 其资料主要来自于存放在不同地点、以不同的数据格式存储的不同空间尺度的地学数据库之中, 这些数据可能是地球物理、地球化学、遥感地质、基础地理、基础地质、钻孔数据等不同类型的数据库, 也可能是文字、数字、图形、图像等数据, 但数字地质图作为应用的基础数据则被广泛地运用。因此, 如何建立一个有效的数字地质图数据的组织和管理机制, 适合于异地应用和提取, 适合于不同类型、不同空间尺度、不同来源的数字地质数据提取、挖掘和集成是当今地学信息科学领域所要解决的最基本问题之一, 也是各国地学信息科学家致力于研究的热点问题。

1.1 问题的提出

随着计算机技术的发展, 特别是地理信息系统和网络技术在地学领域应用的深入, 地质图作为地学研究的基础图件, 正在告别纸质时代, 进入数字化时代。中国地质调查局自上世纪 90 年代末期, 开始实施数字国土项目, 全国到 2002 年底已经完成了 227 个标准图幅的建库工作, 全库数据量达到 16GB。其中, 原图扫描的栅格数据 117 幅、MAPGIS 和 ARCINFO 格式数据 227 幅、ArcSDE 数据库图元总数 788190 个。数据库建设以空间数据为核心, 采用了国内、国际先进、通用的技术平台, 研究并建立了面向对象的地质图空间数据库数据模型, 并首次将此模型应用到 1:5 万数字地质图空

间数据库建设中(罗晓玲, 2004)。1:25万数字地质图数据库也在建设之中, 1:50万数字地质图数据库建设已经完成。然而, 关于数字地质图理论方面的研究明显滞后于实践工作, 对建立统一、标准的地质数据集的质量有着严重的影响, 特别是长期以来, 数字地质图数据库的建设, 按照传统的地理信息系统二元模型建立地质空间数据库, 人为地将地质数据分为图形(空间)数据和属性数据两部分, 分别以不同的方式存储在空间数据库和关系数据库之中, 不仅对应用分析、地质制图带来不便, 而且也和数据更新和维护带来不便。另外, 对于同一个地质对象, 由于数据采集的方法的差异和不同专业地质学家的认识上的不同, 导致了在数据库中的歧义表示, 影响了地质数据库的质量, 也为这些数据的进一步应用带来了麻烦。因此, 对数字地质图进行严格的数学定义, 和由此而产生的推理准则, 以及建立不依赖于计算机软硬件平台的统一的数字地质图数据模型, 就成为当前地学信息化建设亟待解决的理论和和技术问题。

1.2 本研究的的意义

近年来, 以GIS技术为主导的地学信息技术发展迅猛, 数字地球、数字城市、数字区域等概念的提出, 使得人们对于地学空间基础设施建设的步伐加快, 世界各国都在努力建设各自的地学空间数据库。现代的空间数据库已经发展到广泛运用数据库技术、网络技术、数据仓库技术, 建设分布式空间数据, 而且要求地学空间数据的表示、存储、管理、操作和分析基于DBMS或面向对象数据库实现统一管理和处理, 而且地学空间数据的共享、交互操作也成为当前地学空间信息基础设施建设和研究的主要热点问题。

在地质领域, 运用最为广泛的是数字地质图数据, 它不仅是描述现实地质世界的主要空间数据, 也是一切与地球, 特别是与地球发展、演化有关研究的主要信息源。无论是进行城市建设、农业土地质量评价、环境监测、资源评价, 或是矿产资源开发与勘探、油气藏开发与评价、自然灾害防治等都将数字地质图作为基础资料进行应用。随着信息化时代的到来, 建立大型、交互使用的分布式地学空间数据库已成为历史发展的必然趋势。数据模型是数据库设计的基础, 是对数据库用户工作环境的空间抽象, 是应用问题向计算机应用系统转换的桥梁和纽带。数据模型作为数据库设计的核心, 一直是数据库建设所关注的问题。地学空间数据模型研究是地学空间数据库的基础, 地学空间模型是地学专家对地球表层系统观察认识的建模, 它反映了地学专家看待和调查地球表层系统的方式。

1.2.1 研究目的

本论文研究的目的旨在为数字地质图数据库建设提供一个不依赖于计算机软件和硬件环境的、可操作性强、支持地学数据共享、用户可以根据自己的应用特点进行扩充的数字地质图数据模型。

数字地质图数据模型的目的是为了在计算机中对地质图数据的组织、存储和应用提供一种结构, 该结构应当独立于任何计算机应用软件, 可以在任何GIS系统中实现。数字地质图数据模型正式地定义了一套语法, 该语法独立于任何地质图词汇。为了使数字地质图数据模型更为有效, 语法和词汇都是重要的。当前努力的首要目标是为数字地质图信息开发一个数据模型(即完整的语法), 其次,

开发可能用到的尽可能多的词汇,词汇可以帮助人们对于模型的深入理解。

数字地质图关系数据模型是为关系数据库组织和存储地质图数据而建立的“实体—关系”数据模型。面向对象的数字地质图数据模型在本质上更加概念化,而且更注重未来的发展。这两种方法的努力都试图使得数字地质图独立于任何给定的软件和硬件结构。该关系数据模型在 ArcGIS 或 ArcView GIS 软件中予以实现。

1.2.2 研究意义

数字地质图数据模型的研究意义表现在以下几个方面:

(1)地学数据是描述地球表面或近地表地球演化历史及变化趋势的多学科数据,涉及地层、岩石、构造、古生物、矿产、地球物理、地球化学、地质遥感、野外测量、土地等领域的数据。它们从不同的角度或侧面反映了地球发展和演化的信息,无论从空间上还是属性上它们都是相互联系的,而且具有多学科交叉和相互渗透的特点,因此必须考虑各学科数据之间的关系。

(2)地球演化经历了约 45 亿年,一个地区的地质对象,如地层、岩石在形成时间上存在着先后次序。从空间上看,各种地质对象也是相互联系的。地质图是地球表面及浅地表三维地质现象的综合表达,它运用地质概念模型,通过二维图形表达近三维地质状况,而这种三维地质状况是通过地质对象在空间上和时间上的依赖关系反映的。所以一些地质专家认为数字地质图不仅仅是以点、线、面表达的图形,而反映了地质对象内在的本质的联系。

(3)地质数据的类型复杂多样。从表现形式上看,既有野外地质调查记录、科研报告及综合解释性成果,又有大量的测试分析数据、航空遥感影像数据。从数据获取来源上,有航天、航空对地观测数据,地面地质调查数据,也有通过地质钻孔及深部地质多学科测量数据。从数据加工分类来看,既有原始的地质测量数据,又有分析解释成果数据,还有各种产品数据。研究这些数据合理高效计算机管理模型是一项十分重要的任务。

(4)由于研究的目的和用途的差异,对地球观测的空间尺度可以有所不同,既可以从全球、地区、省域的空间视野进行观察,也可以是标本、显微尺度的观察。不同空间尺度下观察结果的精度、内容、方式都是不一样的。数字地质空间数据库的应用需要对不同空间尺度的数据进行集成。而且随着对地观测技术的发展和水平的提高,地球观测数据的种类也会不同增加,这就要求地学空间数据库能够反映多尺度水平的地学数据。

(5)大多数地学数据是关于地球发展、演变的历史数据,与人类社会经济数据相比,其时效性较差,一旦地学数据被建成地学数据库以后,便可以长期为社会所使用。因此,必须研究合理、正确的地学数据模型,以保证建成的地学数据库数据的长期有效性。同时,也要建立完善良好的可扩充机制,充分满足地学数据更新和新类型地学数据的增加。

(6)地学数据由于其较强的专业性,使其不像商业和日常生活数据那样,容易被公众理解和使用,社会上大多数对地学数据感兴趣的人员,由于缺乏足够的地学背景知识难以正确理解和使用地学数据。因此,通过一定的概念模型以及元数据模型有助于公众理解地学数据。

(7)地学空间数据库本身的跨学科特性,决定了其设计、建库、维护、更新需要多学科专业技术人员的共同协作,要求 GIS 数据库专家必须对地学环境有足够的认识,详细正确地了解地学对象实体及其相互关系,才能将地学数据准确地用 GIS 数据库语言表达出来。反过来,地学专家又必须将地学数据模式化,向 GIS 数据库专家解释地学工作领域涉及的数据类型、地质实体、实体描述、专题要素、可能的表格形式以及它们之间可能的相关关系等。地学空间数据模型是一种概念化的语义模型(逻辑模型),并不涉及具体的数据库系统内部结构,是用接近于应用领域的术语来表达数据及其之间的关系,因此,它是 GIS 数据库专家、地学专家及用户之间沟通的桥梁。

(8)地学数据共享与交流随着网络技术的发展越来越重要,而数据的共享与交互操作,是空间数据定义和组织的关键,特别是数字地球、数字区域、数字国土、数字城市等概念和技术发展,对地学数据共享和互操作提出了更高、更迫切的需求。长期以来,由于缺乏统一、标准的地学数据模型,地学空间数据库工作者在掌握 GIS 的基础理论方法的前提下,往往根据自己的理解和经验创造性地开发地学空间数据模型。不同人员使用的 GIS 软件不同,所开发的数据模型也不同,导致了同一地质实体的数字化表示的区别和差异,而且,对于地学空间数据的编码、空间数据分层的不一致,很难实现数据的共享与有效的管理,进而限制了数据的使用价值。统一的地学空间数据模型的建立和标准的制定将规范和解决上述问题,最大程度地实现数据共享。

(9)地学空间数据模型也是建立基于 Internet 数字地质图书馆的基础。它为数字地质图书馆的空间数据存储和管理提供理论基础和数据结构支持以及数据访问、查询操作。

1.3 国内外研究现状

数字地质图是重要的空间数据,其发展是随着 GIS 技术的发展而演进的,许多技术问题与计算机技术、信息技术和地学信息技术的发展有关。因此,有必要探讨一下空间数据库数据模型的研究现状和发展历程。

1.3.1 空间数据模型研究现状与发展

空间数据库作为复杂的空间信息系统的重要的核心组成部分,不仅能够存储、处理和表达现实世界中各种现象和事件的属性信息,而且涉及大量复杂的空间定位特征及其相互关系的拓扑学联系的组织和管理。作为空间数据库的理论基础,空间数据库模型是对客观事物和现象抽象概括的结果,是关于数据及其逻辑联系的组织形式的表示。空间数据模型在空间语义和属性语义方面更加完整地模拟和抽象客观地学世界,它不仅是空间数据库的核心,也是所有地理信息系统赖以成功的基石。

1.3.1.1 空间数据模型的发展历程

不同的空间数据模型用不同的数据抽象与逻辑描述来反映客观事物。近年来,虽然人们对地理信息系统的空间数据模型和数据结构进行了大量的研究,开发了许多商用 GIS 软件,如 ArcGIS、MapInfo、Geomedia、MapGIS、GeoStar 等,但截止目前 GIS 软件仍然没有统一完备的数据模型,即使 GIS 数据模型的概念也没有统一的认识(张巍、龚健雅,1995)。在 GIS 企业界将空间数据存储