

DUOYUAN DIXUE XINXI XITONG YANFA JI YINGYONG

多元地学信息系统 研发及应用

黄云锴 常 河 王荣彬 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

多元地学信息系统 研发及应用

黄云锴 常 河 王荣彬 编著

北 京

冶金工业出版社

2013

内 容 提 要

本书介绍了在地理信息系统理论和方法的基础上,建立的集提取多元地学数据、挖掘地学数据之间的内在联系、对多元地学空间数据进行融合的具有综合分析、处理、统计、管理等功能的多元地学信息系统,主要内容包括多元地学信息系统及数据库设计、多元地学信息系统“C/S”结构客户端的研发、多元地学信息系统“B/S”结构的研发、多元地学信息系统的应用、多元地学信息系统主要功能。

本书可供矿产地质与勘查、矿山地质、矿产资源开发与规划管理、矿山计算机软件开发与应用等专业的科技人员、管理人员及相关专业的本科生、研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

多元地学信息系统研发及应用/黄云锴,常河,王荣彬编著.
—北京:冶金工业出版社,2013.1

ISBN 978-7-5024-6132-4

I. ①多… II. ①黄… ②常… ③王… III. ①地理信息
系统—研究 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 013243 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 杨秋奎 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6132-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷;

2013 年 1 月第 1 版,2013 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;14.25 印张;345 千字;218 页

43.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

从 20 世纪 90 年代开始,许多矿山企业就意识到企业的数字化管理与企业生产和决策有着密切的关系。“数字地球”概念出现后,各国相继提出了“数字城市”、“数字矿山”等概念。随着“数字矿山”概念逐步推广和实施,人们逐步认识到数字矿山是以空间数据为依托,以虚拟现实技术为手段,对真实矿山及相关现象进行数字化重现,并在此基础上实现数据的分析与挖掘,服务于社会经济发展、矿区环境保护、矿产资源合理开发的矿山网络体系,进而实现整个矿山系统的持续发展。建立多元地学信息系统,在地学数据的管理方面和对地学信息进行深入挖掘具有重要的实际意义。运用 GIS 方法处理多元地学信息,融合多元地学数据,建立成矿预测模型则是当今地学研究的前沿问题。

矿山企业需要大量的地质、采矿、测绘及选矿资料作为生产活动的依据。这些空间及非空间资料对矿山的生产起指导性的作用,是矿山企业的宝贵财富。随着生产的持续进行,矿山企业积累了大量的图件、文档资料。如何更好地管理、使用这些资料成为诸多矿山企业所面临的问题。传统的手工管理方式已经不能满足对资料的快速检索及更新的需要;对数据的加工、融合也变得相当困难,信息孤岛现象极其严重。对多元地学数据进行综合分析、解释,是地学研究领域的热点,也是难点所在。如何解决现有问题,更好地利用这些数据资源,对数据进行二次挖掘,从而提高矿山企业的管理质量、管理效率,是矿山企业工作者极为关心的问题。本书从矿山企业今后的找矿、采矿及选矿工作提供决策的依据等问题入手,首先从构建一个完整的多元地学信息系统的角度出发,将多元地学数据的管理与分析处理相结合,

建立了多元地学信息系统；其次，从多元地学信息提取的角度出发，建立了多元地学信息专题数据库，研究了地学信息的提取方法，挖掘地学数据之间的内在联系，对提取的多元地学空间数据进行融合与综合分析，希望能对地质、勘探、矿产资源开发、GIS 技术应用等科技工作者和有关专业师生提供参考。

由于作者水平所限，书中不足之处，恳请广大读者及同行不吝指教。

作 者

2012 年 10 月

目 录

1 绪论	1
1.1 多元地学信息系统研发的背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	5
2 多元地学信息系统及数据库设计	7
2.1 需求分析	7
2.1.1 用户情况调查	7
2.1.2 应用期限	8
2.1.3 可行性分析	8
2.2 系统设计要求	9
2.3 系统组网方案	10
2.4 系统开发模式	10
2.4.1 组件选择	11
2.4.2 空间数据库引擎技术	11
2.5 开发语言及开发平台的选择	12
2.6 数据库平台选择及设计	13
2.6.1 数据库平台选择	13
2.6.2 多元地学信息数据库设计	13
2.7 系统总体设计	19
3 多元地学信息系统“C/S”结构客户端的研发	20
3.1 多元地学信息系统结构	20
3.1.1 系统体系结构	20
3.1.2 “C/S”客户端的功能设计	20
3.2 安全性控制	21
3.2.1 登录的安全性控制	21
3.2.2 登录安全控制功能的实现	22
3.2.3 基于 RBAC 的权限管理	23
3.2.4 权限管理模块数据库表的设计	24
3.2.5 权限管理模块的实现	24
3.2.6 用户角色权限状态的设定	29

3.3 组织与管理	33
3.3.1 文档资源管理与资源、类型管理	33
3.3.2 图件类别管理	34
3.3.3 所属专业管理	36
3.3.4 FTP 服务器管理	36
3.3.5 组织结构管理	37
3.4 空间数据管理	37
3.4.1 工作空间管理	38
3.4.2 空间数据组织	40
3.4.3 数据源与数据集管理	43
3.4.4 空间数据查询	47
3.4.5 数据格式交换	49
3.5 空间分析	52
3.5.1 拓扑分析	52
3.5.2 网络拓扑关系	56
3.5.3 缓冲区分析	57
3.5.4 叠加分析	57
3.6 空间数据表达	60
3.6.1 专题图制作	60
3.6.2 MapGIS 专题图自动匹配	62
3.6.3 布局排版	65
3.7 地质统计学分析及地质统计模块的实现	66
3.7.1 地质统计学的产生	66
3.7.2 区域化变量	66
3.7.3 变异函数	67
3.7.4 各向异性	75
3.7.5 估计方差	76
3.7.6 离散方差	78
3.7.7 克立金法及其解	79
3.7.8 栅格数据分析	84
3.7.9 地质统计模块的实现	86
3.8 经济评价	92
3.8.1 矿体三维模型	92
3.8.2 经济评价模块	93
4 多元地学信息系统“B/S”结构的研发	96
4.1 WebGIS 简介	96
4.1.1 WebGIS 的特点及优势	96
4.1.2 WebGIS 的功能组成	97

4.2 多元地学信息系统 WebGIS 的设计	97
4.2.1 多元地学信息系统 WebGIS 开发平台的选择	97
4.2.2 SuperMap IS . NET 的技术特点	98
4.2.3 SuperMap IS . NET 的功能	98
4.2.4 多元地学信息系统的开发环境	100
4.3 软件安装	102
4.3.1 安装软硬件的环境要求	102
4.3.2 安装 SuperMap IS . NET	102
4.3.3 安装 IIS	103
4.3.4 安装 Microsoft Visual Studio 2010	106
4.3.5 安装 Microsoft SQL Server 2005	108
4.4 安装许可配置管理工具与配置许可	113
4.4.1 安装许可配置管理工具	113
4.4.2 配置许可	115
4.5 SuperMap IS . NET 快速入门	116
4.5.1 开发步骤	116
4.5.2 配置 GIS 服务及启动	117
4.5.3 配置开发环境	118
4.5.4 新建站点工程	119
4.5.5 发布网站	122
4.5.6 网站部署	122
4.6 服务器端控件介绍	126
4.6.1 MapControl 控件	126
4.6.2 ToolbarControl 控件	126
4.6.3 其他依赖于 MapControl 的辅助控件	127
4.7 多元地学信息系统 WebGIS 总体设计	128
4.7.1 WebGIS 子系统	129
4.7.2 WebGIS 数据表	129
4.8 多元地学信息系统 WebGIS 的实现	132
4.8.1 用户登录	132
4.8.2 WebGIS 地图平台	136
4.8.3 交流平台	143
5 多元地学信息系统的应用	144
5.1 研究区地理、地质信息概况	144
5.1.1 大地构造背景	144
5.1.2 区域地质概况	147
5.1.3 地质构造	151
5.1.4 区域岩浆岩	153

5.2 多元地学信息提取与重点勘查区域圈定	156
5.2.1 地质信息的提取	156
5.2.2 地球物理信息的提取	157
5.2.3 地球化学信息的提取	159
5.2.4 遥感信息的提取	162
5.2.5 多元地学信息融合与重点勘查区域的圈定	167
5.3 研究区地质统计分析	171
5.3.1 地质统计学在地球化学异常评价中的应用	172
5.3.2 研究区化探数据分析	172
5.3.3 异常值处理	175
5.3.4 空间建模	176
5.4 预测模型的建立	180
6 多元地学信息系统主要功能	183
6.1 系统登录	183
6.2 数据管理	184
6.2.1 工作空间管理	185
6.2.2 数据库管理	186
6.2.3 叠加分析	188
6.2.4 拓扑处理	188
6.2.5 组织数据	190
6.2.6 图层管理	190
6.2.7 资源查找	192
6.2.8 按属性查询地图	192
6.2.9 导出数据	193
6.2.10 数据库间拷贝	193
6.2.11 属性数据管理	193
6.2.12 表结构管理	195
6.2.13 重建空间索引与计算范围	196
6.2.14 地图窗口	197
6.2.15 布局操作	198
6.3 地图编辑	199
6.3.1 编辑节点	200
6.3.2 精确输入	201
6.3.3 精确编辑	201
6.3.4 合并对象	201
6.3.5 对象异或	202
6.3.6 面、线转换	203
6.3.7 选择集另存为图层	203

6.4 文档资源管理	203
6.4.1 文档资源关联	203
6.4.2 文档资源维护	206
6.5 系统设置	208
6.5.1 图件类别管理	208
6.5.2 专业维护	208
6.5.3 组织机构管理	208
6.5.4 FTP 服务器设置	209
6.5.5 文档资源类型管理	209
6.5.6 新增用户	210
6.5.7 更改用户信息	211
6.5.8 用户组管理	211
6.5.9 选项	213
6.6 经济评价	214
参考文献	216

1 绪 论

1.1 多元地学信息系统研究的背景及意义

地学研究是一个不断获取各种地学数据,并进行综合分析、处理,提取有用信息,突出感兴趣的部分,达到所期望目标的过程。目前,在地学研究中广泛使用地理信息系统技术作为手段来提取、综合多元地学信息,地理信息系统的快速发展和应用,也为管理和分析地学信息提供了高效、科学的方法。随之而来的,地学研究的分析方法也悄然发生变化,应用地理信息系统来分析、处理多元地学信息已经成为当前地学研究趋势与热点。地学研究已经突破了传统方式,越来越多地倾向于一个地质学科与地理信息学科组合、交叉的领域,如何将地理信息技术完美地融入地学研究,构成一个全新的多元地学信息系统,是未来地学研究发展的关键问题。

当前地学研究将各种观测方法、手段与信息技术相结合,将地球大部分要素数字化、网络化、可视化,构成了一个信息化的地球,也可以称为“数字地球”。“数字地球”是地球探测、数据库与地理信息系统、全球定位系统、宽带网络及仿真-虚拟等现代高科技的高度综合和升华,是当代科学技术发展的制高点。

因此,地学研究需要重视的两个问题是地学信息获取的手段和地学信息的管理方法。地学信息获取的手段主要是地球探测技术,包括对大气圈、水圈、陆地圈的观测,以及对矿产资源、水资源、生态系统以及自然因素和人为因素引起的各种灾害的观测。所以,地学信息是不同来源、不同类型和不同(时-空)分辨率的以地球物理探测技术、地球化学探测技术、遥感技术等获得的地学数据,是以地理坐标为网度,涵盖了地球大气圈、水圈、陆地圈以及资源、环境乃至社会经济的多元地学数据。因此,管理多元地学信息就需要应用地理信息系统技术,建立地学信息数据库,将地学信息以可视化的方法反馈回来,并融入网络技术与全球定位技术,构成一个综合的多元地学信息系统。

中国科学院地学部的许多学者经过多年的讨论,已达成共识,他们认为地质科学未来的发展必须是多学科的综合交叉发展。地学涉及的问题很广,包括地球上的各个圈层,而地球又是宇宙中的星体,因此地质科学的发展又和宇宙的发展有着密切的联系。按照现在科学技术的发展水平,单一学科要想解决与地质学相关的问题非常困难,由此地质科学的发展要形成一个多学科的综合研究,这是地质科学今后发展的总趋势。

参加32届国际地质大会(IGC)的中国地质代表团在总结当代地球科学现状与发展动向时指出:“传统地质学科的界线几乎难以分辨,以领域和目标聚焦的学科组合与交叉,正在构造‘大地质学’和‘整体地质学’的新系统。”

2008年11月11日,在2008诺贝尔奖获得者北京论坛上,华人图灵奖得主姚期智指出:“多学科交叉融合是信息技术发展的关键。当不同的学科、理论相互交叉结合,同时一种新技术达到成熟的时候,往往就会出现理论上的突破和技术上的创新。”

的确,当前任何一个与地学有关的重大科学或社会课题,都不是单一学科所能胜任的。原长春地质学院所完成的地矿部“八五”深部地质调查重点项目“中国满洲里-绥芬河地学断面”,正是多学科联合攻关的一个例证。地球科学学院教授们在讨论学科建设时,经常用学科交叉、融合、整合、联合、综合、合作或渗透等词汇来表达这类小异而大同的意思。以要解决的问题为目标,集聚相关学科联合攻关,已成共识。

在32届国际地质大会期间,国际地质科学联合会(IUGS)的前主席Edward de Mulder指出:“在人造卫星从外层空间来探测我们的行星地球之前,固体地球是地质学家唯一的研究领域。那时有诸如地球物理、地球化学之类的学科划分。而现在,这种分科变得不那么重要了,新一代地质学家既会测量,又会建模,而地球物理学家和地球化学家正在研究化石。”“行星地球”(planet earth)、“系统地球”(system earth),在地球之前加上这些字,意味着眼界的扩大和观念的改变。显然,一味固守传统的学科划分,很难与当今地球科学的发展趋势合拍。IUGS的前主席Robin Brett对此作了更为详尽的解释。他认为,早年的地球学科被过分地割裂开来。地球物理学家难以与地质学家对话,反之亦然;而现在不同了,跨学科(interdisciplinary)才是最好的科学。跨学科不仅指地球科学之内的各学科之间的合作,而且要在地质学与生物学、物理学、化学以及其他许许多多科学领域之间进行交叉。地质学家走向海洋(过去主要是研究大陆),通过海洋地质和地球物理研究,发现了“板块构造”(plate tectonics)。而板块构造概念反过来又引起了地质学、地球物理学和地球化学等几乎所有地学学科领域思维的变化。不同领域的专家们认识到,只有彼此协力合作,才能解决问题。地球科学家在寻求若干年前看似毫不相干的学科领域间的合作。在这一背景下,“地球系统科学”(earth system science)诞生了。

IUGS的另一位前主席,巴西的U. Cordini博士指出:“当20世纪60年代板块构造出现之时,地质学家经历了一场非同寻常的科学革命。我们确实比以往更加联合一致,用整体论的方法(holistic approach)来研究行星地球。而且我们还准备以跨学科的方式(interdisciplinary way)来与众多科学和技术领域的专家们合作。在合作中,地质学家具有擅长观察和监测地球过程的优势,具备处理大尺度的长时间和大空间问题的能力。当今的地球科学家和专业人员都清醒地认识到,地球科学与环境问题关系密切,地球科学的重要意义与日俱增。”

信息科学的发展也对地质科学有很大的影响,信息科学的发展为我们在较短的时间内实现地质工作的信息化提供了保障,以信息化来代替地质工作的现代化。随着科学技术的进步,要求地质科学研究的方法技术也要随之变化。遥感技术、卫星技术、全球定位系统、地理信息系统、地质层析成像技术、计算机技术在矿业、环境领域已经得到广泛的应用。

地理信息系统(geographical information system, GIS)在20世纪80年代初被引入地学领域,在地质、物探、化探、遥感等多元地学信息的融合、分析、解释方面为地质学家提供了新的方法。借助GIS技术,通过各种空间分析方法对地学信息进行综合分析,为研究区域成矿系统和多元信息成矿预测带来了新的手段和科学依据。

GIS是对地球空间数据进行采集、存储、检索、分析、建模和表达的计算机系统,是集地理学、测绘遥感学、空间科学、信息科学、计算机科学和管理科学为一体的新兴边缘科学。

美国科学院地理信息科学院士 Michael Frank Goodchild 教授在 1999 年讨论了地理信息科学需要解决的问题,提出地理信息科学有三大部分,即个人、系统以及社会。其中个人部分包括认知科学、环境心理学、语言学等;系统部分包括计算机科学、信息科学等;社会部分包括经济学、社会学、社会心理学、地理学、政治学等。

美国的国家地理信息分析中心(NCGIA)从 1998 到现在启动了很多项目,影响很大,目前好多理论研究都顺着这个项目设立的方向在做。后来美国的几个大学联合成立了大学地理信息科学研究会(UGGIS),在 1996 年专门阐述了地理信息科学研究方向,包括空间数据获取与集成、分布式计算、地理表达扩展、地理信息认知、地理信息互操作、尺度、GIS 环境下的空间分析、空间信息基础设施的未来、地理数据不确定性与基于 GIS 的分析、GIS 与社会。

国内李德仁院士在 2000 年认为地球空间信息学包括 7 个理论问题:

- (1) 地球空间信息的基准,包括几何、物理和时间基准;
- (2) 地球空间信息标准;
- (3) 地球空间信息的时空变化理论;
- (4) 地球空间信息的认知;
- (5) 地球空间信息的不确定性;
- (6) 地球空间信息的解译与反演;
- (7) 地球空间信息的表达与可视化。

GIS 的发展是与计算机技术的发展、网络的发展以及数字地球的发展紧密相关的。

林珪教授认为 GIS 包括空间数据库、空间分析、可视化三大功能,后来把模型库和虚拟环境加进来,还包括一个网络支撑环境。从地图到地理信息系统与虚拟地理环境,是地理学语言的演变,这是从虚拟现实这个角度看 GIS 的发展。

武汉大学朱庆教授总结了 GIS 技术的发展动态,认为 GIS 向多维、动态、一体化方向发展;GIS 系统体系结构向开放式、网络化、信息栅格发展;软件实现向组件化、中间件、智能体方向发展;空间信息技术和通信进一步融合;数据获取向“3S 集成”方向发展,尤其是 Sensor Web 的发展;数据存储管理向分布式存储及其互操作方向发展;数据处理向移动计算、普适计算和语义网方向发展;人机交互向自然的虚拟环境方向发展等。

GIS 的未来研究包含 10 个前沿问题:

(1) 地理认知、地理信息本体论以及概念格。地理认知研究很早,它与认知心理学、地理思维、地图认知、地理行为学密切相关。地理信息本体论主要是讨论各个专业应用领域概念与语义的相互关系、层次性与一致性等,相关研究涉及语义互联网、地理信息系统之间的语义互操作、知识级地理信息共享与知识重用以及地球科学中的语义建模等。在地理信息本体研究中,概念格是一个前沿研究方向,涉及概念的内涵与外延等。

(2) 面向“人”、面向社会的 GIS 发展。Harvey J. Miller 2005 年讨论“关于人在地理信息科学中的位置”(what about people in geographic information science)的学术问题。龚建华与林珪从另外一个角度提出面向“人”的 GIS,认为传统的 GIS 是面向“地”的 GIS,是侧重于地理生态世界,是以点、线、面为基本表达单位;而面向“人”的 GIS,是侧重于生活世界以及社会世界,是以个体、群体、组织为基本表达单位。地理信息科学中关于“人”的研究,主要包括人的心理(心脑)、生理(身体)以及社会(个体)三个方面。

(3) 地学模拟、情景决策支持分析。地学模拟方法近年来越来越受到学界的关注。相关研究包括基于多智能体的 SARS 传播模拟分析等。

(4) 时空过程表达、时空数据模型、时空分析。例如,扬州市水环境污染时空模型、滑坡过程时空模型、洪水演进过程模型、风暴过程模型等。随着“数字海洋”的发展,海洋现象动态变化过程时空表达与模型值得关注。

(5) 网络环境下的分布式三维可视化、虚拟环境与数字地球。Google Earth 体现了这方面的工作与最新成就。中科院遥感所的虚拟地理环境研究团队近年来一直在探讨这个问题。数字地球带来的全球 GIS 的发展更值得关注。

(6) 协同地理信息系统。过去 GIS 是单用户的,为一个人设计使用的,但是现在是很多人同时用一个 GIS 系统。协同 GIS 就是一组人在 GIS 支持下一起解决一个地理问题。协同 GIS 与“GIS 和社会”以及“PPGIS”(公众参与地理信息系统)都有关系。

(7) 移动地理信息系统,移动地理计算。基于手机的 GIS,用户很广,其产业以及相关 GIS 服务理念影响很大。

(8) 数据挖掘与知识发现。美国成立国家可视化分析中心,专门发展视觉分析学,分析各种各样数据。目前这个方向在可视化领域里是个热点。

(9) 网络技术发展与网格 GIS。这是国家“十一五”、“863”将要重点发展的领域。

(10) 遥感信息技术与 GIS 分析。宫鹏提出的“声像一体化湿地连续遥感监测技术:平台建设试验”,以及香港中文大学的关于基于声音遥感图像(soundscape)的应用,都是关于声音遥感的新探索。

多元地学信息系统主要是以地质科学理论、方法为基础,应用地理信息系统技术来解决地学信息的获取、存储、数据处理、空间分析及输出过程中所提出的一系列问题,将地球表面信息和地下信息以可视化的技术表现出来并对其进行空间分析。应用地理信息系统技术可以实现地学信息的空间分析和模拟,研究与地球科学有关的一些实际问题,如建设数字地球、数字矿山、数字地质等。

多元地学信息系统对地学信息的处理主要包括以下方面:

(1) 地理、地质等空间信息。通过空间检索、叠加分析、拓扑分析、缓冲区分析等方法,进一步挖掘的地学信息,获得空间要素之间的内在联系。

(2) 地球物理信息。地球物理信息主要是对地球物理信息进行解释,分析区域重力特征和区域磁场特征,提取布格重力异常等值线和航磁异常等值线,生成栅格异常图来研究区域地质情况。

(3) 地球化学信息。应用地质统计学的方法和手段,对地球化学数据进行统计分析,通过插值方法获得预测表面模型,来表述地球化学元素的分布与迁移特性,预测重点勘查区域。

(4) 遥感信息。人类利用陆地资源卫星获得了大量地球表面的卫星遥感图像,而且数据类型不断丰富,分辨率大大提高,为全面反复深入观察地壳表面地质结构、构造及其组分,提供了一种有力的手段。对遥感信息的处理是以遥感信息为依据,结合地质调查和地球物理等资料对遥感数据进行解译,获得地学信息,主要研究地质遥感信息的提取、处理和解释。

(5) 重点勘查区综合评价。综合分析地质信息、地理信息、地球物理信息、地球化学

信息、遥感信息等,对多元地学数据进行挖掘与融合,应用空间分析的方法和地质统计学方法预测重点勘查区域。

综上所述,在地学研究实际工作中,主要面临地学要素信息的存储、提取,地学信息的综合分析,多元地学信息的表达等问题。GIS 技术恰好可以解决上述问题。GIS 的空间分析和空间索引技术可以用于地学信息的提取与综合分析等问题,用插值方法绘制表面模型可以实现地球物理、地球化学等多元地学信息的表达。所以,GIS 与地学研究相融合,建立一个多元地学信息系统来存储、提取、综合分析多元地学信息,具有重要的研究价值与现实意义。

1.2 国内外研究现状

在地学研究工作中真正开始使用 GIS 技术是在 20 世纪 80 年代。近年来,随着计算机和网络技术的快速发展,地学领域对空间数据共享的实际需求,以及地学信息分析方法的变化,GIS 技术与地学研究的融合步入了一个新的发展阶段,GIS 对地学研究工作开始产生越来越重要的影响。

地学研究中的矿产资源预测在 20 世纪 50 年代还是完全建立在地质类比的基础之上,到了 60 年代,开始使用多元统计的方法结合专家系统来对地质、物探、化探和遥感数据进行综合分析。从 80 年代开始,则以 GIS 为工具,在对地质空间数据进行融合、分析的基础上,建立成矿预测模型,成为了一种以预测图件为成果的新一代预测方法。

应用 GIS 进行矿产资源勘查首先从加拿大开始,随后美国和法国也开展了大量的研究工作。加拿大地调所(GSC)地质统计专家 Frederik P. Agterberg 和 Graeme F. Bonham Carter 教授在 Nova Scotia 地区的金矿勘探和在新布伦斯瑞克北部矿产资源预测中,提出用条件概率与贝叶斯规则相结合的证据加权模型(weights of evidence mode),实现二元模式图综合的新方法。这种方法经多次改进,已作为基于 GIS 的矿产资源预测的主要方法在世界各国得到了广泛的应用。1982 年美国地质勘探局(USGS)建立了矿产资源评价计划(CUS-MAP)的 GIS 原型系统,用于美国本土的矿产资源评价。首先对地质、地球物理、地球化学、遥感、地形、矿产等数据进行数字编码,并得出其间的空间关系,然后建立了矿床的经验模型。通过研究,确定了矿产资源评价对栅格、矢量和表格数据处理的能力及相互间接口的需求,以及在 GIS 内建立、应用模型和表示评价结果的制图功能的需求。1988 年澳大利亚成立了 GIS 技术和应用专家组成的自然资源信息中心(NRIC),同年启动了一个以综合大量不同类型的空间数据为目的的研究项目。Lesley Wybom 等建立了 GIS 澳大利亚金属矿产预测空间数据专家系统,提出了在已知矿床很少的情况下应用 GIS 进行资源评价的方法。90 年代中后期,南非地学委员会 GSSA 开始应用 GIS 来进行矿产资源预测,建立了多元地学信息数据库。

我国应用 GIS 进行矿产资源预测开始于 20 世纪 80 年代中期。许多大学、研究所、地质局都应用 GIS 进行了多元地学信息融合与矿产资源预测方面的研究。1995 年 4 月,地调局在川西扬子地台西缘部分地区 4 个 1:20 万图幅立项开展了地理信息系统应用的试验研究,建立了目标图层综合的数学模型,基于 ARC/INFO 开发了证据加权法软件模块,在扬子地台西缘成功地应用 GIS 方法完成了对剪切带型金矿和斑岩铜矿的预测。“九五”期间,赵鹏大院士总结出 GIS 技术应用于地质异常圈定和成矿预测,可进行区域“成矿可能地

段”分析、组合异常的“找矿可行地段”分析、组合异常的“找矿有利地段”分析、多元信息的“潜在资源地段分析”以及多元信息的“远景矿体地段分析”。地矿部以基于 GIS 的矿产资源评价中的成矿信息提取及评价方法模型,开发相应的资源评价系统为目的,开展了重点科技项目“基于 GIS 的固体矿产资源评价系统”的研究,所开发的系统包括地、物、化、遥的单专题的成矿信息提取及成矿信息的综合能力,可支持用户针对不同的评价对象采用不同的评价方法;地矿部重点科技项目“大型、特大型金矿床密集区综合信息成矿预测地质信息系统”以山东省大型、特大型金矿密集区为研究对象,根据王世称教授的评价思想,在 MAPGIS 平台上进行二次开发,形成大型、特大型金矿床密集区综合信息成矿预测地质信息系统。中国地质科学院以肖克炎博士为首的课题组在 MAPGIS 软件平台上开发了矿产资源评价系统(MRAS)。中国地质大学(武汉)数学地质遥感地质研究所开发了金属矿产资源评价分析系统(MORPAS)。

国内外的研究和实践证明,GIS 技术在地学研究工作中的应用,改变了传统的研究方法体系,简化了分析过程,提高了多元地学信息提取和综合分析的效率与可行性。在地学研究工作中,以 GIS 为主要工具进行分析研究已经得到了国内外地质学家的重视,成为工作中不可缺少的工具。随着 GIS 技术的发展,可获取数据资源的不断增加,分析方法研究的不断深入,地学研究 with GIS 的结合会更加紧密,对地质工作者的思维方式也将产生深远的影响。

2 多元地学信息系统及数据库设计

多元地学信息系统及数据库的设计,应该使系统处理事务的能力满足多元地学数据管理和应用的目的,并探索处理、分析多元数据的需求,分析系统目标的可行性,建立总体设计方案。多元地学信息系统与多元地学信息数据库密不可分,系统以数据库为核心,数据库以系统来显示应用,所以设计的主要任务是根据研制的目标来规划系统和数据库的规模,确定各个组成部分,并说明它们在整个体系中的作用与相互关系以及确定硬件配置,规定采用的技术,保证系统和数据库总体目标的实现。

2.1 需求分析

需求分析是多元地学信息系统设计的基础,是将收集的信息根据系统设计的要求归纳整理后,得到对系统整体性的概略描述和可行性分析的结论。需求分析主要是调查多元地学信息系统的总体功能要求及对各功能模块的具体要求,确定系统的基本服务对象和内容,建立系统的概念模型,选择合适的软件及硬件配置。在分析用户需求时,应同时考虑目前需求和未来的升级情况,以便使系统结构趋向合理,易于用户扩充和更新,保持系统功能的最佳状态。

需求分析过程是一个继承和发展的过程。“继承”是要求全面调查、了解目前系统所需处理的常规工作,理解工作的运作及关键性步骤,是一个学习、认识和调查各类数据内容和行为的过程。“发展”则是基于对现有数据和工作流程理解的基础上,用新观点、新技术来更高效地完成同样的日常任务,提高用户的工作效率。

2.1.1 用户情况调查

多元地学信息系统是面向用户的,既包括专业人员,也包括管理人员,根据应用情况不同可对用户的专业做如下分类:

(1) 用户希望通过多元地学信息系统来实现当前工作业务的数字化,改善数据采集、分析、表示的过程。目的是对工作领域的前景进行分析,引入行业的新技术、新方法。这类用户主要包括与地理、地质专业相关的一些测量调查部门和制图部门。这些部门会投入大量资金来开发应用软件,且会一直使用,并对软件的实际应用情况和系统升级提出要求。

(2) 用户需要使用多元地学信息系统开拓和发展新的工作,这类用户以具有行政职能或生产管理职能的部门为主,也包括进行系列专题调查的单位,例如矿产资源规划、矿产资源利用现状调查,以及进行特殊项目调查和研究工作的单位。这些单位或部门是多元地学信息系统的潜在用户。

(3) 用户对信息的需求是未知的或是可变的,通常这类用户是高等院校和科研机构。他们已经在使用 GIS 的相关软件作为科学研究工具,所以希望获得一个具有定制功能的多