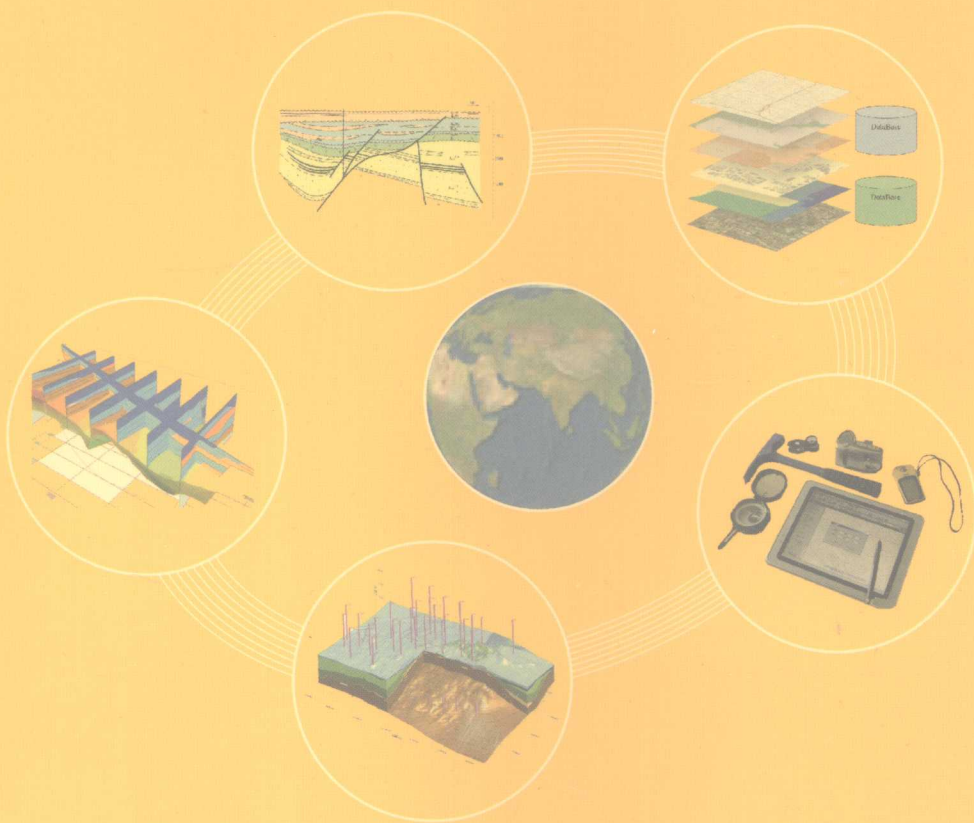




全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材



地质信息技术基础

吴冲龙 主编

<http://www.tup.com.cn>

清华大学出版社

全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材

地质信息技术基础

吴冲龙 主编

田宜平 张夏林 副主编
何珍文 谭海樵

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书着重介绍了目前在各类地质调查、矿产资源勘察和工程地质勘察领域应用较多的信息技术,其中包括地矿勘查(察)信息化与信息系统的概念,地矿勘查(察)的数据管理、空间分析、信息处理、地质信息三维可视化、地质图件机助编绘、地质过程计算机模拟等方面的基础知识、设计方法与应用技能。书中融入了地质信息科技领域的国内外最新研究成果,也包括编者们多年的科研成果和教学经验,在编写过程中力求体现系统性、先进性、实用性和实践性。本书侧重于方法应用的阐述,由于涵盖范围较宽,使用时应当结合专业特点而有所取舍。

本书适用于地质资源与地质工程学科的工程硕士生,也可作为各类地矿勘查(察)工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

地质信息技术基础/吴冲龙主编. —北京:清华大学出版社,2008.8

(全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-17220-8

I. 地… II. 吴… III. 信息技术—应用—地质调查—研究生—教材 IV. P62-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 036517 号

责任编辑:汪亚丁 赵从棉

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:34.75 彩 插:1 字 数:710 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版

印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:68.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:016805-01

编 委 会

主 编：吴冲龙

副主编：田宜平 张夏林 何珍文 谭海樵

编写组：吴冲龙 张夏林 何珍文 田宜平

刘 刚 毛小平 谭海樵 汪新庆

翁正平 徐 凯 孔春芳 李伟忠

李 星 刘军旗 胡新丽 李绍虎

李新川 张志庭 綦 广

前言

本书由全国工程硕士专业学位教育指导委员会地矿领域协作组推荐,经指导委员会组织专家评审并经指导委员会批准,成为全国工程硕士教育核心教材建设工程的首批资助项目之一。本书适用于地质资源与地质工程一级学科的各类工程硕士,也可作为地质工科和地质理科各类研究生和本科生的教学参考书。本书的学时为 60 学时,与本书相匹配有上机实习指导书。

目前,我国各基础地质调查、矿产地质勘察、工程地质勘察和环境地质勘察部门,都在大力推进地质工作信息化,新一代的地质与矿产勘察领域的研究生只有努力学习和掌握地矿勘察信息技术,才能适应科技发展和 ze 展的需求,成为合格的高级地质矿产勘察工程技术人才。根据地矿领域协作组研讨会的要求,本书不仅涵盖地质信息技术的各个重要方面,还强调理论与实践相结合,面对具有不同信息科技知识基础的学员,侧重于应用。在编写过程中力求体现先进性、实用性、系统性和实践性。着重介绍目前在地质调查与矿产勘察领域广泛应用的信息技术原理、方法与应用,其中包括地矿信息科学与信息系统的基本概念,地矿勘察的数据管理、空间分析、遥感信息处理、地质图件机助编绘、地质信息三维可视化、地质过程计算机模拟等方面的基本原理、设计知识与应用技能。本书引用了现有文献资料中大量成熟的观点、方法和成果,并且尽可能地在相应位置做了标注;书中也融入了编者们的多年的科研成果和教学经验。本书配备有适量的实习软件,读者通过实习可以很快地掌握实际应用的方法和技巧。由于本书内容涵盖面宽,各专业在教学中可以根据需要而有所取舍。

本书的主编单位是中国地质大学(武汉),参编单位包括中国地质大学(北京)、中国矿业大学、西北大学和长安大学等。编写组成员由各参编单位委派人员组成。各章节执笔人的分工如下:第 1 章,吴冲龙、刘刚;第 2 章,吴冲龙、田宜平、刘军旗;第 3 章,张夏林、汪新庆、何珍文;第 4 章,田宜平、谭海樵、李伟忠、胡新丽;第 5 章,刘刚、翁正平、綦广;第 6 章,毛小平、吴冲龙、李星;第 7 章,徐凯、孔春芳、李绍虎;第 8 章,翁正平、刘军旗、李新川;

第9章,何珍文、汪新庆、张志庭。本书各章节的初稿完成之后,由吴冲龙进行汇总编纂。本书在出版前曾在中国地质大学(武汉)研究生院的相关专业试用,编写组根据试用情况对书稿作了进一步修改。

值此书出版之际,谨向所有关心和帮助过我们的专家和同行们致以诚挚的谢意。

教材中如有错误、遗漏或需改进之处,请批评指正,我们将在再版时加以吸收。

编者

2008年2月

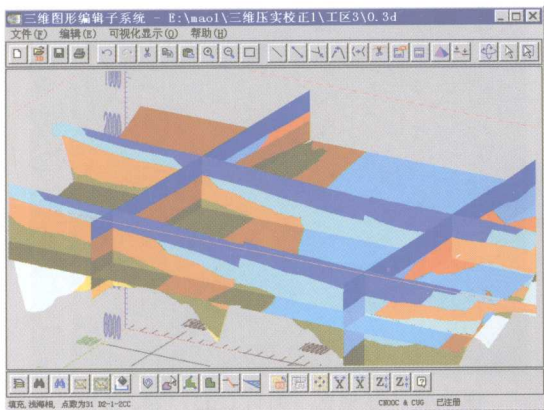


图 5-57 任意切割剖面图、水平切面图和栅状图

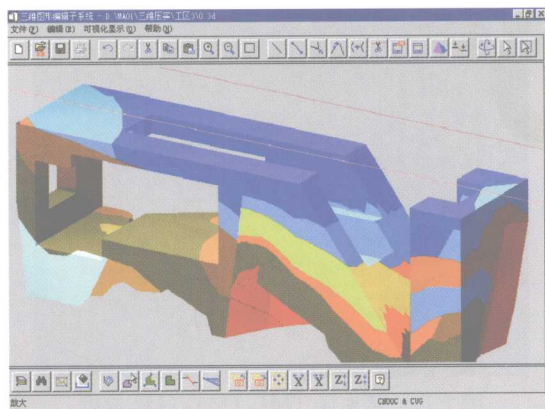


图 5-58 对三维数字地质体任意挖刻沟槽、坑洞

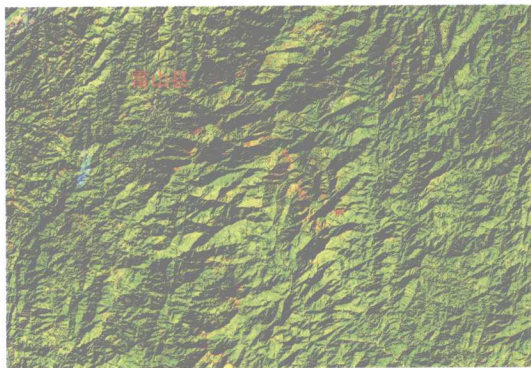


图 7-4 板溪群变质岩的图像特征(贵州省东南部)

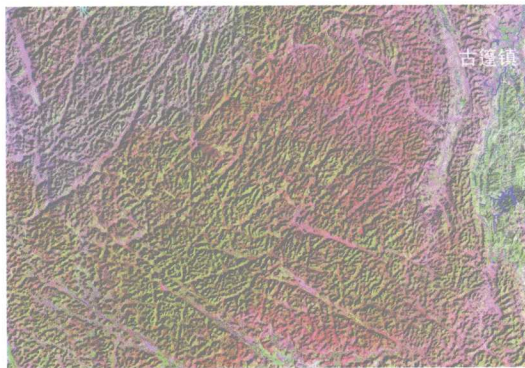


图 7-5 桂中石灰岩的图像特征

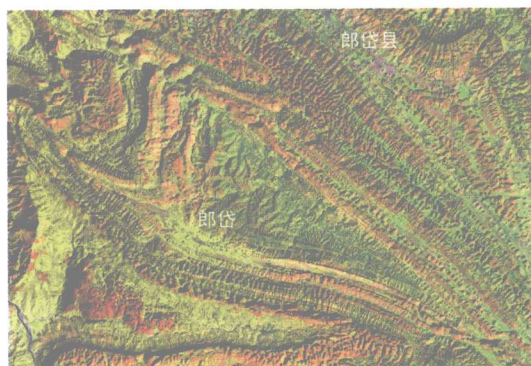


图 7-10 贵州西部郎岱向斜褶皱的图像特征

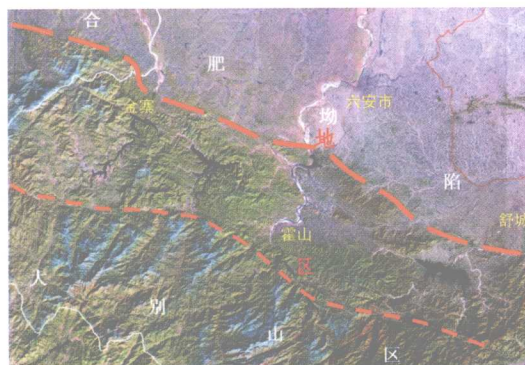


图 7-11 断裂构造的图像特征

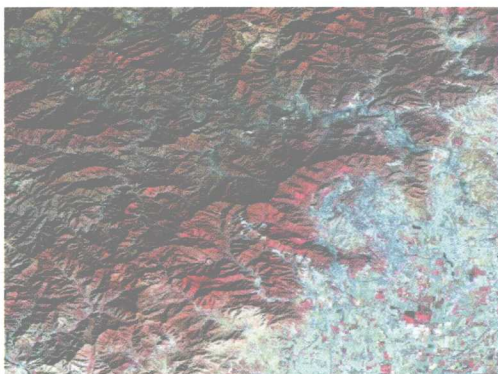


图 7-14 某地区 TM4, TM3, TM2 波段
遥感图像的彩色合成结果

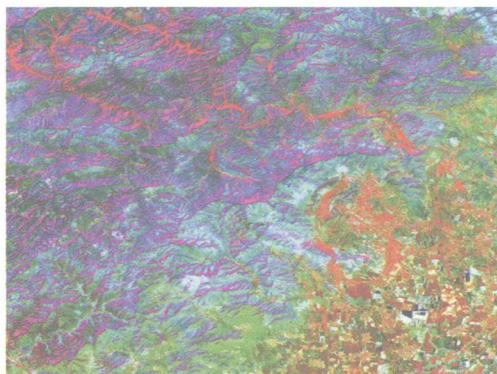


图 7-15 某地区 TM4, TM3, TM2 波段
遥感图像的比值处理结果

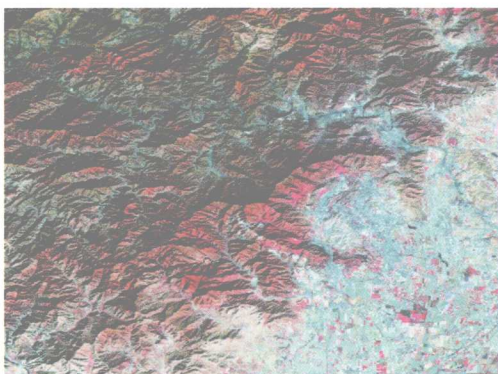


图 7-17 某地区 TM4, TM3, TM2 波段遥感
图像的直方图均衡化处理结果

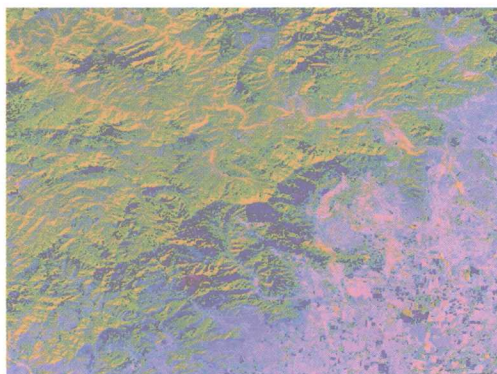


图 7-18 某地区 TM4, TM3, TM2 波段
遥感图像的 HIS 变换

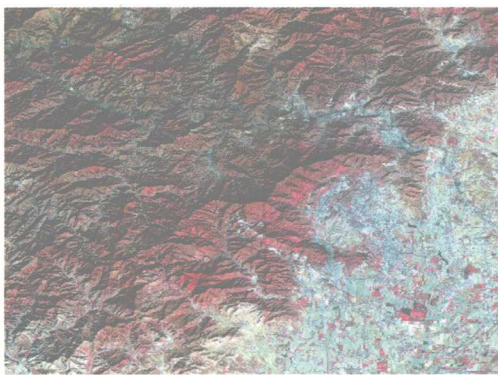


图 7-19 某地区 TM4, TM3, TM2 波段
遥感图像的空间滤波



图 7-20 某城市的 SPOT 与 TM 融合影像

目 录

第 1 章 地矿勘察工作信息化理论、方法概述

/1

1.1 地矿勘察工作信息化的理论问题	1
1.1.1 地矿勘察工作信息化的概念	1
1.1.2 关于主题式共用地矿数据平台	2
1.1.3 关于地矿勘察工作主流程改造	6
1.2 地矿勘察工作信息化的技术问题	7
1.2.1 地矿勘察工作中的信息技术应用	7
1.2.2 地矿勘察信息技术的集成化	13
1.3 地矿点源信息系统的开发方法	14
1.3.1 地质矿产点源信息系统的概念	14
1.3.2 信息系统开发的基本方法	19
1.3.3 地矿信息系统的开发与建造过程	27
思考题	31

第 2 章 地矿勘察系统分析

/32

2.1 系统需求与工作环境分析	32
2.1.1 系统需求分析	32
2.1.2 系统工作环境与工作流程分析	37
2.1.3 系统保护的策略	39
2.2 业务现状与数据现状分析	42
2.2.1 业务现状与数据来源	42
2.2.2 地矿勘察数据的分类	45

2.2.3	地矿数据特征的分析	47
2.2.4	代码的分类与选择	48
2.3	实体(地质)模型研究	52
2.3.1	金属、非金属矿产资源勘察评价模型	53
2.3.2	煤炭资源勘察模型	59
2.3.3	油气资源勘察评价模型	64
2.3.4	工程地质勘察评价模型	71
	思考题	78

第3章 地矿属性数据库子系统的设计与应用

/79

3.1	数据库系统概述	79
3.1.1	数据库基本概念	79
3.1.2	数据结构的模型与关系数据库	84
3.1.3	数据库的结构与工作原理	93
3.2	地矿属性数据库结构设计	97
3.2.1	勘察区数据模式的建立	98
3.2.2	数据文件结构的设计	98
3.3	数据字典的概念与设计	107
3.3.1	数据字典的基本概念	107
3.3.2	模型数据字典	109
3.3.3	代码数据字典	113
3.3.4	方法数据字典	118
3.3.5	综合数据字典	121
3.3.6	数据字典在 CASE 技术中的应用	126
3.4	地矿属性数据库系统的应用	128
3.4.1	地矿属性数据库系统的启动和系统管理	129
3.4.2	数据输入、查错与修改	134
3.4.3	专题数据的提取与组织	143
3.4.4	数据的打印输出	147
3.4.5	系统工具模块的使用	149
	思考题	150

第4章 地质空间信息子系统的设计与应用

/151

4.1	地质空间信息子系统的结构与功能	151
-----	-----------------------	-----

4.1.1	地质空间信息子系统的结构	151
4.1.2	硬件组成	151
4.1.3	软件系统	155
4.2	地矿空间数据库的应用设计	160
4.2.1	空间数据库设计的概念	160
4.2.2	空间数据库的总体设计	161
4.2.3	空间数据库的详细设计	176
4.2.4	系统实施、测试与优化	185
4.3	地矿空间数据编辑、处理与空间分析	191
4.3.1	地矿空间数据的编辑	191
4.3.2	地矿空间数据类型的转换	199
4.3.3	空间数据的提取和空间分析	203
4.3.4	空间数据格式的转换标准	211
4.4	地质空间信息子系统应用举例	214
4.4.1	基础地质调查中的空间数据采集与整理	214
4.4.2	地质异常的空间分析与资源预测	227
4.4.3	空间信息系统在工程地质中的应用	235
	思考题	242
第5章 地质数据可视化与图件机助编绘		/243
5.1	地质数据可视化与图件编绘概述	243
5.1.1	数据可视化的一般概念	243
5.1.2	地矿图件计算机辅助设计概述	246
5.1.3	地矿图件编绘子系统的功能与结构	250
5.2	地矿图件机助编绘子系统的开发基础	253
5.2.1	图形的表示与生成原理	253
5.2.2	地矿图件编绘子系统的基本子程序	261
5.3	地矿图件机助编绘的程序设计	274
5.3.1	钻孔(井)柱状图编绘程序	274
5.3.2	勘探线剖面图编绘程序	278
5.3.3	等值线图编绘程序	281
5.4	地矿图件机助编绘子系统的应用	290
5.4.1	基础图形系统的选择	290
5.4.2	实用图形系统的建立与应用	292

5.5 数字地质体的三维可视化分析	307
5.5.1 三维数字地质体的模拟生成	307
5.5.2 三维数字地质体的矢量剪切分析	313
思考题	317

第6章 地质、成矿过程计算机模拟 /318

6.1 构造-地层格架演化的二维模拟	318
6.1.1 几何平衡剖面法模拟	318
6.1.2 物理平衡剖面法模拟	327
6.2 盆地古构造应力场模拟	331
6.2.1 二维盆地构造应力场模拟的方法模型	331
6.2.2 盆地构造应力场演化模型	336
6.2.3 阜新盆地古构造应力场模拟示例	339
6.3 地热场与有机质热演化模拟	347
6.3.1 盆地地热场演化动态模拟方法原理	347
6.3.2 镜质组反射率 R_o 动态模拟原理	357
6.3.3 地热场与有机质演化模拟的工作流程	362
6.4 盆地模拟和油气系统模拟简介	364
6.4.1 盆地模拟技术简介	364
6.4.2 油气系统模拟技术简介	379
思考题	391

第7章 地质遥感数据的处理与应用 /392

7.1 遥感图像的地质学理解与解译	392
7.1.1 遥感图像的地质学理解	392
7.1.2 遥感地质信息的解译标志	394
7.2 地质遥感数据的处理方法	404
7.2.1 遥感图像的预处理	404
7.2.2 遥感图像的增强处理	405
7.2.3 遥感图像的分类	414
7.3 地质遥感数据处理的应用	415
7.3.1 区域地质调查中遥感信息处理的应用	415
7.3.2 矿产资源遥感信息处理的应用	415

7.3.3 地质灾害遥感信息处理的应用	423
思考题	428

第8章 计算机网络与地质数据传输 /429

8.1 计算机网络概述	429
8.1.1 计算机网络的概念	429
8.1.2 局域网	435
8.1.3 Internet 的发展与应用	453
8.2 计算机网络的设计与实现	462
8.2.1 网络建设的系统分析	462
8.2.2 网络建设的系统设计	463
8.2.3 设备安装与网络互联	472
8.2.4 计算机网络的管理与维护	475
8.3 地质数据网络的建设和应用	482
8.3.1 地质勘察数据网络建设概况	482
8.3.2 我国的地质调查数据网络	485
8.3.3 我国的国家地质科学数据网络	490
8.3.4 野外地质数据的传输系统	492
思考题	493

第9章 地质信息系统集成 /494

9.1 地质信息系统集成概述	494
9.1.1 地质信息系统集成的概念	494
9.1.2 地质信息系统集成的原则与方法	495
9.1.3 地质信息系统集成的体系结构	497
9.1.4 地质信息系统的多 S 集成技术	498
9.2 地质信息系统的网络集成	500
9.2.1 地质信息系统的网络集成体系	500
9.2.2 点源地质信息系统的网络集成	502
9.3 地质信息系统的系统集成	503
9.3.1 数据集成的方法与规范	504
9.3.2 系统数据标准化	505
9.3.3 系统元数据标准与应用	506

9.4 地质信息系统的应用集成	509
9.4.1 地质信息系统应用集成的概念	510
9.4.2 地质信息系统应用集成的标准化	511
9.4.3 地质信息系统应用集成的技术方法	515
9.5 地质信息系统集成的实例	523
思考题	527

参考文献

/529

第1章

地矿勘察工作信息化理论、方法概述

基础地质调查、矿产地质勘察、工程地质勘察、环境地质勘察和灾害地质勘察(总称为地矿勘察)各专业的工作过程,本质上都是信息的获取、整理、处理、解释和应用过程。从野外数据采集到室内数据综合整理、数据管理、数据处理、图件编绘、成果分析与解释、勘察对象的预测与评价,再到工作成果的保存、管理使用和出版印刷,甚至地矿勘察工作的科学管理与决策等,无不与信息技术紧密相连。地质矿产勘察信息技术涉及地质学、矿产勘察学、工程地质学、计算机应用和信息系统领域的诸多分支学科。

1.1 地矿勘察工作信息化的理论问题

1.1.1 地矿勘察工作信息化的概念

我国的地矿勘察工作信息化概念是20世纪80年代中期提出来的,地质矿产部曾作为全国性工程加以推动。自从国外提出“数字地球”(Core,1998)以来,我国的地矿勘察工作信息化工程便因被纳入“数字中国”(徐冠华等,1999)和“数字国土”(张洪涛,2001)工程而加速进行了,但至今没有明确的定义。

地矿勘察工作信息化不是地质信息技术的简单应用,而是涉及更为深刻的领域。根据国内外地矿工作领域信息技术的应用状况及其所带来的影响,地矿勘察工作信息化是指:采用信息系统对传统的地矿勘察工作主流程进行充分改造,实现了全程计算机辅助化,数据在各道工序间流转顺畅、充分共享。这里面包含着3项相互密切相关的内容:①建立以主题式地矿点源数据库(包括空间数据库和属性数据库)为基础的共用数据平台,力求避免系统内出现大量的数据冗余;②利用信息系统技术对地矿工作主流程进行充

分改造,实现从野外数据采集到室内综合整理和编图,再从成果保存、管理、使用到资源评价、预测的全程计算机辅助化;③进行“多S”的技术集成、网络集成、数据集成和应用集成,使各部分有机结合、相互衔接,数据在其中流转顺畅、充分共享,同时实现勘察数据的三维可视化(吴冲龙等,2005)。这3项内容既是推进地矿勘察工作信息化、建立和完善地质信息技术体系所必须进行的工作内容,也是衡量一个地矿勘察单位勘察工作信息化程度的基本标志。前者是后二者的基础。显然,在地矿勘察工作的各个环节应用计算机技术,仅仅是地矿勘察工作信息化的开端,而非地矿勘察工作信息化的完成。

所谓“多S”是DBS、GIS、GPS、RS、DPS、CADS、MIS、ES等的总称。其中,DBS是data base system(数据库系统)的缩写;GIS是geographic information system(地理信息系统)的缩写;GPS是global position system(全球定位系统)的缩写;RS是remote sensing(遥感)的缩写;DPS是digital photograph system(数字摄影系统)的缩写;CADS是computer aided design system(计算机辅助设计系统)的缩写;MIS是management information system(管理信息系统)的缩写;ES是expert system(专家系统)的缩写。“多S”的技术集成、网络集成、数据集成和应用集成,是地矿勘察工作信息化的高级形式。

1.1.2 关于主题式共用地矿数据平台

实现地矿工作信息化的关键环节,是建立以主题式点源数据库为基础的共用数据平台。主题式点源数据库可将实现地质矿产勘察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、网络化这两大目标结合起来,为使国家资源信息系统具有支持政府决策和进行地质研究的双重功能提供必要保证(吴冲龙等,1998)。

1. 建立共用地矿数据平台的必要性

地质矿产勘察工作每日每时都在获取资料和数据。随着大批已发现的资源转入勘探和开采,要求在找矿难度较大的深部或新区取得新的进展,同时,新一轮的基础地质、工程地质、环境地质、灾害地质和农业地质的开展也使地质资料和数据的数量急剧地增加。

由于地质矿产勘察的数据资料具有反复使用、长期使用的价值,因而具有长期保存的必要性;同时又由于获取时的代价昂贵和对于不同勘察对象、不同勘察目的和不同勘察阶段的通用性,因而具有共享的必要性。这两种必要性的存在使得地矿勘察资料和数据成为国家的宝贵财富,其数据库的建设通常被放在优先地位(Johnson et al., 1991)。欧美各国都建立了大量的地矿数据库,并且实现了联机检索或商业化服务。我国从20世纪80年代中后期开始起步,在许多工业部门建立了大量不同类型的数据库。近期,国土资源部提出了实现地质调查信息化,提高地质工作的技术含量,建立国家地学数据库和开放式的社会服务体系的总目标。中国地调局也确定了以主流程信息化建设为核心,包括地

学数据库建设、信息标准建设、网络建设等内容在内的地质调查信息化工作总体框架。经过几年的努力,又建立了上万个数据库,各种数据产品正在快速产生着。

我国地矿行业信息系统建设所采用的数据环境多数是应用数据库。这类数据库的显著特点是:①以功能处理为核心,以功能软件为基础,设计依据是某个地矿勘察单位或研究单位和某个项目的当前需求——为了存储或编制某些专用图件、解决某些专门问题、实现某些功能处理、分析某些地质规律或编写某些勘察设计与报告;②各单位、各项目分散开发,缺乏统一的概念模型、数据模型、数据标准、数据代码、软件平台和接口。这些应用数据库的优点是易于设计、易于掌握、易于应用;缺点是所存储的信息既不完整又有冗余,许多数据资料被重复存储、重复加工,因缺乏共享性而无法实现交叉访问,很容易成为“信息孤岛”,不能支持未来的再开发、再提高。换言之,目前国内应用数据库难以满足迅速增长的信息处理要求,更难以被纳入国家地矿信息系统网络中去。解决的途径是:采用主题数据库(subject databases)的设计思路与方法(James,1977),不是以功能处理为核心,而是以数据管理为核心;统一概念模型和数据模型,实行术语、代码标准化;兼顾地矿行业的当前与未来需求,通过系统分析和模型设计来形成与各种业务主题相关联的数据库(吴冲龙等,2002),建立以主题式点源数据库为核心的共用数据平台。

2. 共用地矿数据平台的分布式结构

地质矿产勘察数据库有两个并行的发展方向:一个是大型集中式方向,一个是微型分布式方向。西方诸国所建立的早期全国规模信息系统,以及我国早期建立的全国矿产储量数据库、全国1:20万化探数据库、全国1:100万和1:20万重力数据库、全国石油探井数据库和全国煤质数据库等,基本上都是大型集中式的。大型集中式数据库都是建立在巨型和大、中型机上的,其优点是便于集中管理,缺点是不便于各地使用,而且也难于组织、容纳繁多的点源数据类别和复杂的数据结构,更难于应付不断增多的日常点源信息处理需求。微型分布式数据库是指建立于基层勘察单位的各种点源数据库系统。从某种意义上说,只有建立以点源数据库为核心的点源地矿信息系统,才能真正满足地矿工作信息化的需求。20世纪90年代以来,随着微型机技术的普及和提高,分布式数据库建设提上了议事日程。特别是近年来网络和网格技术的发展,使分散于各地的点源地矿信息资源的管理、交叉访问、数据互操作及远距离传输成为可能,分布式点源地矿信息系统的价值受到普遍的认同。这显然是一个值得重视的发展方向。

由于我国幅员辽阔,地矿勘察数据量庞大,以主题式点源数据库为基础的共用数据平台可以分级建设和管理,按中央(部委、集团公司)、省(厅局、矿务局、石油管理局)和地区(地区国土局、地质队、大型矿山、采油厂、大专院校)三级布局。地区级共用数据平台存放除遥感信息外的所有点源数据,省级共用数据平台可存放部分综合数据和大型待开发矿床的原始数据,中央级共用数据平台可存放一些重要的综合数据和超大型待开发矿床或