

SHUZI DIZHI DIAOCHA JISHU
LILUN YANJIU YU YINGYONG SHIJIAN

数字地质调查技术 理论研究与应用实践

李超岭 主编



地质出版社

数字地质调查技术理论 研究与应用实践

李超岭 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书由数字地质填图理论、技术方法与应用,资源量估算与矿体三维建模技术方法与应用,数字地质填图、资源量估算与矿体三维建模流程示例与实践三部分组成。本书是近十年来,地质调查信息化团队和数字化地质工作者对数字地质调查技术研究、开发和应用的系统总结,涵盖了数字地质调查理论与方法、区域地质调查、矿产资源调查、工程地质调查、基础地质研究等领域成果,并根据大量的实践,阐述了不同领域、不同区域、不同地质背景的新技术应用的方法、示例和流程。

本书适合从事区域地质调查、固体矿产勘查、地质科学研究的地学工作者和相关科技管理人员使用,也可作为大专院校地学类高年级学生和研究生参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字地质调查技术理论研究与应用实践 / 李超岭主
编. —北京:地质出版社, 2012. 8
ISBN 978-7-116-07777-5

I. ①数… II. ①李… III. ①数字技术—应用—地质
调查—研究 IV. ①P622—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 163884 号

责任编辑:吴宁魁

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324513 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:889mm×1194mm 1/16

印 张:28

字 数:820 千字

印 数:1—1000 册

版 次:2012 年 8 月北京第 1 版

印 次:2012 年 8 月北京第 1 次印刷

定 价:80.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-07777-5

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

《数字地质调查技术理论研究与应用实践》

编 委 会

主 编 李超岭

副主编 李丰丹 刘 畅

编 委 李超岭 李丰丹 刘 畅 于庆文

张克信 朱云海 杨东来 葛梦春

吕 霞 张振芳 耿燕婷 李健强

刘园园

前 言

以信息技术为依托,以野外一线为重点,加快高新技术在地质工作中的应用,努力提高地质工作现代化水平,是地质调查主流程信息化的主要目标。

以信息化促进地质工作现代化,关键是要实现地质调查全过程信息化。在国土资源部的高度重视和中国地质调查局的大力推动下,地质调查主流程信息化团队经过多年的努力,解决了野外数据采集信息化的难题,成功地开发了构成数字地质调查系统的四大子系统:①数字地质填图系统, RGMap (Regional Geological Mapping System); ②探矿工程数据编录系统, PEData (Prospecting Engineering Data Documentation System); ③数字地质调查信息综合平台, DGSInfo (Digital Geological Survey Information System); ④资源储量估算与矿体三维建模信息系统, REInfo (Reserve Estimate & 3D Modeling Information System)。2004年以来,该成果被广泛应用于全国区域地质调查、战略性矿产远景调查、矿产资源调查评价、危机矿山接替资源调查等几百个项目,涉及全国地质、煤炭、冶金、有色、武警黄金、化工、建材等部门,说明该系统在基础地质调查和找矿中发挥了重要作用,取得了明显的地质效益和社会效益。实践证明,该技术的应用在提高地质、物探、化探、遥感等领域信息综合分析和解释能力,提高地质调查的研究程度和精度,拓宽服务领域及改变成果的表现和服务方式等方面体现了巨大优越性和潜在价值。该成果极大地推动了我国其他领域地质调查信息化进程。其数字化成果为“地质工作更加紧密地为经济和社会发展相结合,更加主动地为经济和社会发展服务”奠定了坚实的技术保障。

本书所称的数字地质调查,主要涉及区域地质调查、区域矿产调查、区域地球物理调查、区域地球化学调查、地质勘探等内容。主要工作内容包括中-大比例尺地质矿产填图、探矿工程和采样、地球化学勘查、地球物理勘查、重砂测量、遥感地质调查、矿产检查和综合研究、资源量估算、矿体三维显示等。通过以野外地质数据获取过程的数字化为核心,研究与建立数字地质调查的理论与技术方法,通过对语义粒度、描述粒度、空间粒度和存储粒度的分割及其相关关系的研究,提出了描述适合各种比例尺的地质填图过程的数字填图技术、方法和物理建模的基本模式。基于构件、中间件、数据建模与数据库、工作流等综合技术,开发了集 GPS、GIS、RS 技术为一体的数字地质调查系统,建立了数字地质调查数字化流程。在地质调查的整个业务流程中,数字地质调查系统把数据库的建设融入日常工作和生产之中,即把地质矿产勘查(固体矿产勘查)过程数据库建设流程与具体的地质找矿业务流程紧密结合起来,它不同于以往数据库建设只是由计算机技术人员录入实现完成,而是由地质技术人员借助数字地质调查技术与系统,对地质矿产勘查(固体矿产勘查)过程中不同阶段所获得资料进行综合分析,从而大大缩短了原始资料的系统整理时间,并能依据上一阶段工作成果及时指导下一阶段工作部署。数据模型与工作阶段的融合、继承,更使项目人员可以从计算机技术的应用中体会到新技术带来的好处,又能形成新的工作模式,对提高研究精度、效率和成果的表现形式提供了重要的技术保障。

目前,该系统已实现了从地质矿产资源调查野外数据采集到地质成图、矿体圈定、品位估计全过程的数字化。其推广应用超过 5000 套以上,被培训的人员已超过 10000 名。数字地质调查系统已逐步成为国内地质调查领域的主流软件和工具。

为了更好地对十年来数字地质调查技术开发和应用的系统总结,地质调查主流程信息化团队多次召开学术交流和讨论会,优选了历年来发表的有关数字地质调查技术方法和应用的文章。文章的作者根据大量的实践,阐述了不同领域、不同区域、不同地质背景的新技术应用的方法,涵盖了数字地质调查理论技术与方法、区域地质调查、矿产资源调查、工程地质调查、基础地质研究等领域的研究成果。

随着数字地质调查技术推广应用的深入,越来越多的地质专业技术人员开始使用数字地质调查技术并贯穿整个业务流程。地质调查主流程信息化团队根据应用需求和要求,对上千个区域地质调查图幅及30多个矿区资源量估算和矿体三维建模,成功地采用数字地质调查技术的数字化业务流程进行了系统的总结和归纳,专门编写了以业务流程为主线的数字地质填图、资源量估算和矿体三维建模数字化流程和范例:①以1:5万图幅区域地质调查为例,从业务流程出发,详细给出了从野外手图、野外总图、实际材料图、编稿地质图,最终到地质图空间数据库全过程数字化流程示范。通过系统的流程、交互步骤示例和引导,用户可以很快地把数字填图技术融入地质填图的业务流程中,并在业务工作的每一个环节中发挥作用。②以2个矿区为示范,详细给出了从探矿工程编录、矿区平面图、勘探线剖面图、单工程矿体圈定、矿体连接、块段划分、资源量估算、矿体三维建模、与资源量计算相关的图表制作等全过程的数字化过程(包括地质统计学法)的示范。通过系统的流程、交互步骤示例和引导,用户可以便捷地把资源量估算与矿体三维建模技术融入业务流程中,并在业务工作的每一个环节中发挥作用。③以1:25万地质图空间数据库建设为例,详细给出了按照《DD2006-06 数字地质图空间数据库》标准建立空间数据库的方法、流程和质量控制。相信上述以业务流程为主线的数字地质填图、资源量估算和矿体三维建模数字化流程和范例会给刚入门的同仁带来抛砖引玉的作用。

本书是地质调查信息化团队和数字化地质工作者集体劳动的成果。与已出版的《数字地质调查系统操作指南》构成姊妹篇。全书由李超岭统稿。在编写过程中,我们得到了国土资源部、中国地质调查局、中国地质调查局发展研究中心、国土资源部高咨中心、天津地质调查中心、沈阳地质调查中心、西安地质调查中心、成都地质调查中心、武汉地质调查中心、南京地质调查中心、中国地质大学(武汉)、国土资源部矿产资源储量评审中心、中国地质大学(武汉)地理信息系统软件及其应用教育部工程研究中心、紫金矿业集团股份有限公司、北京科技大学和各省(区、市)地质调查院等单位领导和专家的指导,在此我们表示衷心的感谢。由于编者水平有限,难免会有错误之处,敬请用户对本书和软件系统提出意见和建议。特别欢迎通过 www.dgst.cgs.gov.cn 直接把意见反馈给我们,以利于我们在今后的升级版本中修改完善,更好地为大家服务。

编 者

2012年5月8日

目 录

前言

第一部分 数字地质填图理论、技术方法与应用

中国数字地质调查系统基本构架及其核心技术的实现	李超岭 杨东来 李丰丹等 (3)
地质图的产生、发展和使用	陈克强 (28)
数字地质填图 PRB 粒度理论框架研究	李超岭 张克信 于庆文等 (43)
数字地质调查系统空间数据库建库流程中关键技术的解决方案	李丰丹 李超岭 刘 畅等 (56)
基于数字地质调查系统的遥感等数据在构造-地层分区和地层单位识别中的应用 ——以 1:25 万民和县幅、临夏市幅和定西市幅数字地质 填图为例	张克信 孙 贇 于庆文等 (63)
在基于数字填图系统的 1:25 万区域地质调查修测中 前人地质资料的利用与数据采集	覃小锋 周开华 胡贵昂等 (72)
数字地质调查中多源地学数据在造山带构造单元划分及大地构造演化研究方面的应用 ——以青海民和地区为例	朱云海 李超岭 孙 贇等 (82)
数字地质调查系统在 1:25 万区域地质调查修测中的应用	祝 艳 柳长峰 沈利霞等 (88)
基于数字剖面的河流阶地与新构造运动研究 ——以内蒙古西拉木伦河河流阶地为例	周文孝 葛梦春 于庆文等 (95)
浅覆盖区多源数据融合整合的技术方法	郭奎城 马江水 孙广瑞等 (103)
数字地质调查系统在林周地区地球化学数据处理中的应用	徐开锋 秦 丽 贺 丽 (109)
数字地质调查系统在以工程环境为重点的区域地质 调查中的应用	谢启兴 文锦明 梅 刚等 (114)
数字填图系统中实测剖面柱状图制作方法	朱云海 李超岭 于庆文等 (123)
数字剖面系统中导线平移的处理方法	朱云海 林启祥 李超岭等 (130)
数字地质调查系统空间数据库建库技术方法应用 ——以 1:5 万瑶里幅地质图空间数据库制作为例	张彦杰 李丰丹 刘 畅等 (134)
基于数字地质调查系统的矿产远景调查数据库建设 ——内蒙古达拉庙矿产远景调查项目数据库建设和体会	陶继雄 王 弢 罗忠泽等 (149)
关于国标《区域地质图图例》	其和日格 (159)
数字地质调查技术支持网站功能介绍及使用说明	吕 霞 刘 畅 李丰丹等 (170)

第二部分 资源量估算与矿体三维建模技术与应用

多模交互式钻孔综合柱状图生成技术与实现	李超岭 陈飞翔 (185)
基于 DGSS 体系的资源储量估算与矿体三维建模信息系统 研究与实现	李丰丹 刘 畅 李超岭等 (196)
REInfo 在内蒙古三贵口矿区资源量估算中的应用	陈春香 郑元平 (204)
数字地质调查系统在西藏驱龙矿区资源量估算中的应用	徐开锋 刘鸿飞 蒋光武等 (211)

基于地质统计学法的三维储量估算系统研究与应用 刘海英 刘修国 李超岭 (219)

3D 矿床建模技术在数字矿产勘查中的应用 倪平泽 刘修国 李超岭等 (226)

矿体三维矿床建模技术在新疆阿舍勒铜矿中的应用 倪平泽 刘修国 李超岭等 (235)

第三部分 数字地质填图、资源量估算与矿体三维建模流程示例与实践

1:5 万数字填图全过程数字化应用示例 地质调查主流程信息化团队 (247)

数字地质图空间数据库建库技术流程与质量控制 张振芳 王岳明 赵 佳等 (327)

数字地质图空间数据库数据质量检查与评价 张振芳 赵 佳 王岳明 (347)

资源储量估算与矿体三维建模信息系统实验教程 地质调查主流程信息化团队 (363)

 实验一 矿区数据交换入库 (364)

 实验二 工业指标设置与单工程矿体圈定 (374)

 实验三 剖面矿体连接 (383)

 实验四 传统方法资源储量估算 (392)

 实验五 地质统计学法资源储量估算及三维显示 (413)

 实验六 采空区三维模型显示与分析应用 (429)

第一部分 数字地质填图

理论、技术方法与应用

中国数字地质调查系统基本构架及其核心技术的实现

李超岭¹ 杨东来¹ 李丰丹¹ 刘畅¹
刘修国² 于庆文³ 吕霞¹

(1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 2. 中国地质大学(武汉)信息工程学院, 湖北 武汉 430074; 3. 中国地质调查局, 北京 100037)

摘要: 数字地质调查系统是贯穿整个地质矿产资源调查全过程的软件, 涵盖地质矿产调查、矿产资源勘查、矿体模拟、品位估计、资源量估算、矿山开采系统优化等内容。本文从数字地质调查系统的应用技术层面出发, 从数据“层”模型、数据流“池”技术、不同阶段数据模型继承技术、数据互操作技术等几个方面讨论了核心技术及其实现, 通过基于无缝一体化技术的数据采集、管理、综合处理与成果表达, 在实体或矿块的矿床建模技术与品位估计、储量估算等方面展现了全地质调查过程的数字化, 不但为地质人员应用高新技术降低了门坎, 而且极大地提高了研究精度和效率, 丰富了成果的表现形式和服务形式。随着数字地质调查系统的完善和应用水平的提高, 数字地质调查系统将成为中国地质调查的主流软件体系。

关键词: 数字地质调查系统; 数字填图; 资源量估算; 矿床建模; 矿体三维可视化

地质矿产资源调查的主要工作内容包括中—大比例尺地质矿产填图、探矿工程和采样、地球化学勘查、地球物理勘查、重砂测量、遥感地质调查、矿产检查和综合研究、资源量估算、矿体三维显示等。由于涉及的专业多、内容复杂, 因此, 一体化的描述、组织、管理和处理, 不同阶段的数据模型具有无缝互通和继承的技术问题, 成为数字地质调查系统研究的主要内容和实现的难点。正因为此, 国内外矿业界在数据采集后的处理方面, 特别是在矿山的储量计算、矿山生产的三维可视化技术方面, 形成了一系列技术含量高、价格昂贵的计算机软件系统。国外具有代表性的有 MINMINE (澳大利亚)、Minesight (英国)、DATAMINE (美国)、Surpac (澳大利亚)、Mircomine (澳大利亚)、Vulcan (澳大利亚) 等^[1]。但目前国内外还没有贯穿整个地质矿产资源调查完整全过程的软件, 包括覆盖贯穿于矿床预查前(矿调、填图)、预查、普查、详查、勘探和开采的各个阶段的软件, 集地质填图和地质剖面法、地质块段法、地质统计学法 3 种储量计算方法为一体的三维可视化软件系统, 而 DGS Soft (Digital Geological Survey Software) 软件体系(简称数字地质调查系统, DGS Soft)就是基于 GIS 与数据库技术、VC++6.0 开发平台, 面向广大地质人员, 面向国内需求旺盛的数字地质矿产调查与数字矿山的解决方案而开发的, 实现了从地质矿产野外地质调查到地质成图、矿体圈定、矿床地质建模、品位估计和储量估算全过程的数字化。各子系统覆盖整个地质矿产资源调查与评价流程的关系见图 1。

地调项目: 中国地质调查局“计算机辅助区域地质调查系统”(编号: 200018200210151)、“矿产资源调查野外数据采集系统”(编号: 1212010550901)、“地质调查数据处理与综合分析系统”(计划项目编码: 1212010350203)、“地质调查野外数据采集系统推广与技术支持”(工作项目编码: 1212010510903)、全国危机矿山接替资源找矿项目办公室项目“危机矿山勘查项目成果报告编制 GIS 系统研究”([2007] 098)、矿产资源补偿费战略性矿产远景调查项目“战略性矿产远景调查部署研究及成果综合”(任务书编号: 矿调[2006] 17-1)资助。

作者简介: 李超岭(1957—), 男, 博士, 研究员, 从事数字地质调查、地质领域本体技术、数据模型、GIS 与网格 GIS 技术等方面的研究。
E-mail: lichaoqing@126.com

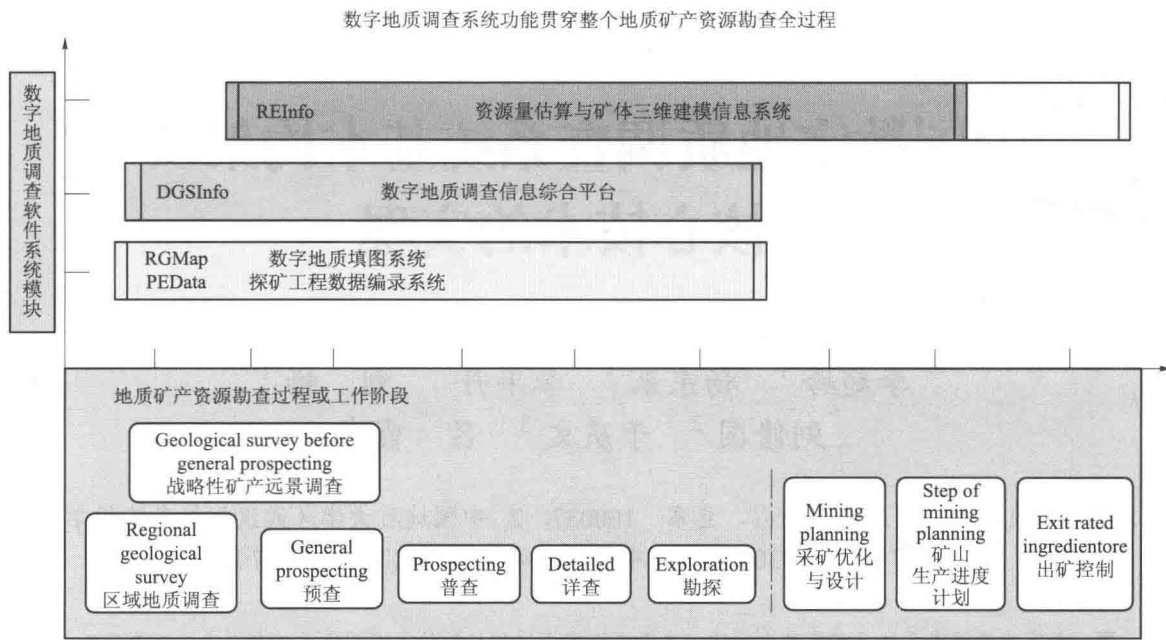


图 1 各子系统覆盖整个地质矿产资源调查与评价流程的关系

1 数字地质调查软件构架与功能组成

1.1 数字地质调查软件体系构架

DGS Software 软件系统简称数字地质调查系统。该系统由四大子系统构成。① 数字地质填图系统，RGMap (Regional Geological Mapping System)；② 探矿工程数据编录系统，PEData (Prospecting Engineering data documentation System)；③ 数字地质调查信息综合平台，DGSInfo (Digital Geological Survey Information System)；④ 资源处量估算与矿体三维建模信息系统，REInfo (Reserve Estimate System)。数字地质调查系统的软件构架和功能组成见图 2。

系统的运行环境：采用 WINDOWS CE (Windows Mobile 5.0 或 Windows Mobile 2003) 作为野外数据采集系统的开发平台，VC6.0 作为桌面数据管理与处理的软件开发平台。WINDOWS XP 为操作系统。MapGIS 仍作为野外数据采集系统、空间数据管理的支撑平台(中间件)。数据库软件系统采用 Access 数据库文件格式，但管理功能自行开发(保证与专业系统的紧耦合性)。

数字地质调查系统相关的硬件包括掌上机、GPS、数字化罗盘、便携式计算机、数码相机、摄像机、语音录音笔。图 3 是数字地质调查系统静态实施视图的建模图。

1.2 数字地质调查系统功能简介

数字地质调查系统各子系统的功能如下。

RGMap 数字填图系统野外数据采集系统的主要功能：具有整合显示地理、地质、遥感等多源地学数据，GPS 导航与定位，电子罗盘测量，路线地质调查地质点、地质界线、点间分段路线地质(不定长的)数据描述，产状、素描、化石、照片、样品、地球化学数据、重砂、矿点检查等数据采集，路线信手剖面自动生成、实测地质剖面导线、分层、地质描述、素描、照片、采样、化石等野外数据采集等功能。

PEData 探矿工程数据编录系统的主要功能：探槽、浅井、坑道、钻孔探矿工程野外数据采集与原始地质编录，并现场实时自动形成探槽、浅井、坑道、钻孔探矿工程图件。

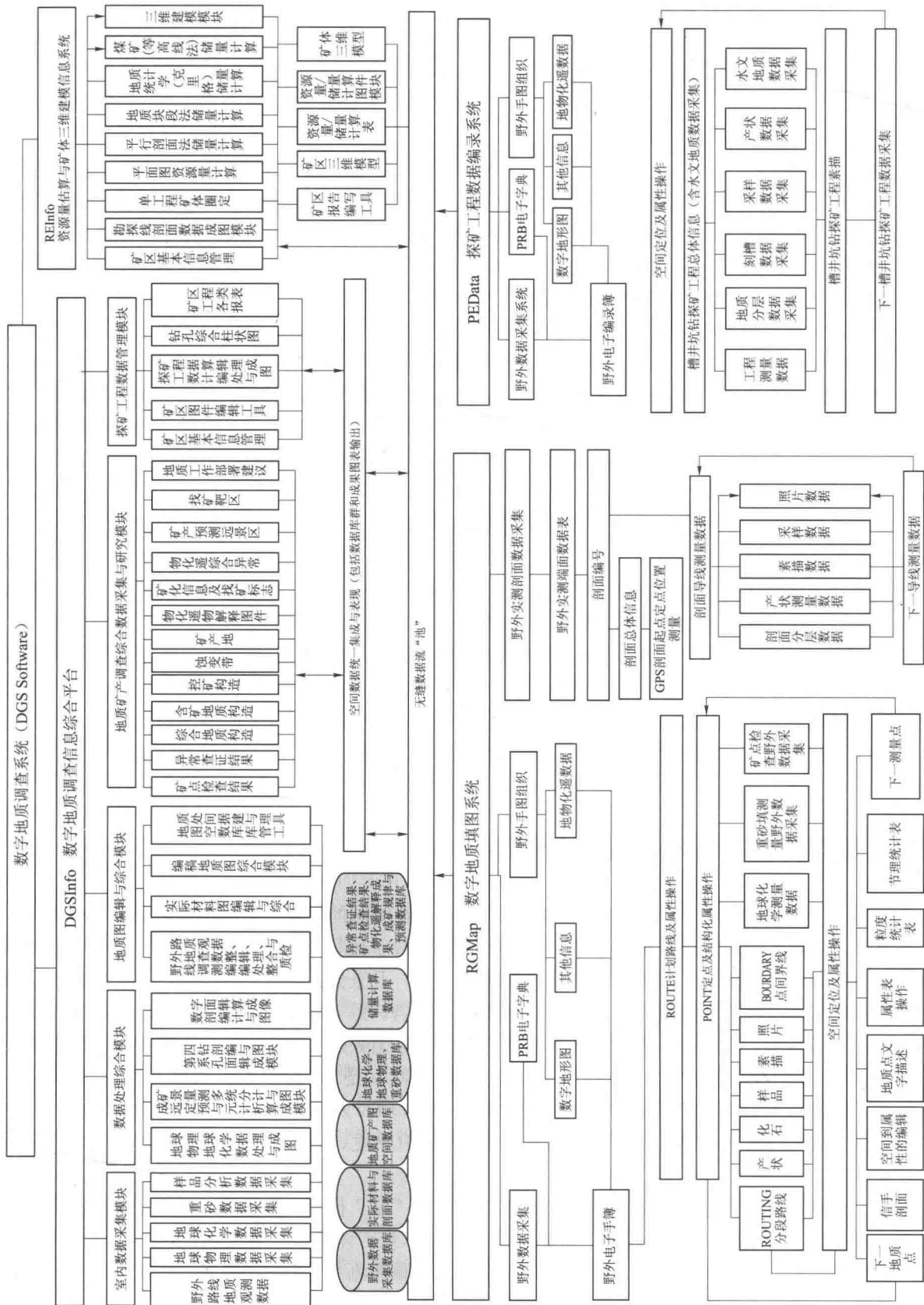


图2 数字地质调查软件构架和功能组成

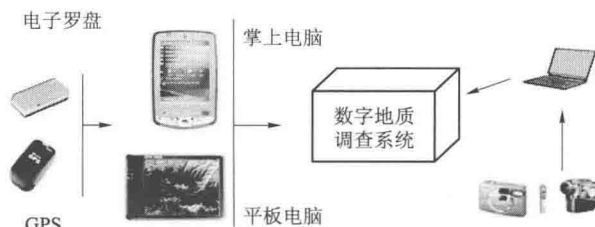


图3 数字地质调查系统静态实施视图的建模图

DGSInfo 数字地质调查信息综合平台的主要功能：提供全国大、中比例尺标准图幅接图表，野外 PRB^[2] 数据检查与编辑，PRB 数据入库，PRB 数据整理与处理（数据浏览、数据提取形成专题图层），剖面厚度自动计算，剖面图和柱状图自动绘制，等值线计算与制图，多元统计计算与成图，地球化学数据采集、处理与成图，地球物理数据处理与成图，PRB 空间数据定量评价，实际材料图编辑与属性继承操作，1:10 万实际材料图投影到 1:25 万图幅（或者 1:2.5 万到 1:5 万），编稿地质图编辑与地质图空间数据库建立，异常查证结果数据库、矿点检查结果数据库以及综合地质构造图层、含矿地质建造图层、控矿构造图层、矿产地图层、矿化信息及找矿标志图层、蚀变带信息、物、化、遥等综合异常图层、矿产预测远景区图层、找矿靶区图层、地质工作部署建议图层等内容的成矿规律与矿产预测图数据库的建立等功能，满足完成野外手图、PRB 图幅库、实际材料图、编稿地质图及地质图空间数据库整个过程的要求。覆盖各种比例尺填图全过程。

另外提供了探矿工程数据数据综合、处理、制图过程：探槽、浅井、坑道、钻孔探矿工程数据、勘探线数据、采样分析数据录入与组织管理，自动生成坑道、探槽、钻孔、浅井工程图件的基本内容投影在矿区平面图上，自动输出坑道、探槽、钻孔、浅井工程编入数据采集表、素描图、矿区平面图，多模式多用途钻孔综合柱状图应用等相关功能。

REInfo 资源量估算与矿体三维建模信息系统的主要功能：基于条件表达式的工业指标设置，勘探线剖面生成与编辑，单工程（单指标、多指标）矿体圈定与人机交互编辑，人机交互矿体连接（直线、曲线及提供连接规则），地质块段法储量计算，地质剖面法储量计算，采样平面图法，地质统计学储量计算（含距离加权反比），煤矿储量计算、矿体三维显示与分析等功能，输出各种与储量计算有关的表格与图件。

2 数字地质调查系统关键技术研究

数字地质调查系统与其他类似软件最大的不同点就是，在应用的层面上，该软件把地质矿产调查业务流程数字化，即数字地质调查系统要把整个地质调查过程数字化与无缝的一体化。换句话说，如果每个阶段的数据和系统不能连通，都需要靠数据交换才能整合，不但会丢失大量的信息，而且也提高了应用的门坎，因此工作流程的无缝是整个软件系统的关键和难点。另一方面，不同工作阶段的数据库是数字地质调查的重要成果，该数据的建设应该不再是与工作流程无关的工作，而是不同工作阶段的组成部分之一。每一个阶段的数据库都来自前一个工作阶段的数据库，又是下一个工作阶段数据库继承的基础。由于把软件工作流程与数据库建设融合到具体的业务工作中，项目人员可以从计算技术角度应用体会到新技术带来的好处，同时又能形成新的工作模式，为提高研究精度、研究效率和成果的表现形式提供了重要的技术保障。

为解决上述问题，数字地质调查系统采用了数据的数据“层”模型、数据流“池”技术、不同阶段数据模型继承技术^[3]、数据互操作技术。数据分层模型技术是矿体模拟、品位估计、资源量估算、矿山开采系统优化要实现业务流程的无缝一体化的核心技术，数据流“池”与数据互操作技术是野外数据采集、数字填图、地质矿产图、成矿规律与矿产预测图综合评价、空间数据库等内容的核心技术。各技术方案分述如下。

2.1 数据“层”模型及其关系

2.1.1 数据“层”模型

数字地质调查系统涉及的数据来源广、类型多、数据量大、关系复杂,要想有效地存储、管理和使用这些数据就必须首先对这些数据按各种方式进行分类。

不同的工作阶段具有不同的数据模型,不同的工作阶段不同的数据模型具有继承性,避免在同一数据模型中出现“父子”同辈(把客观描述与综合分析结果放在同一实体中)的问题,是数据建模的一个准则。本系统按照工作阶段的不同、使用方式和作用不同,在纵向上将这些数据划分为不同的层,即原始资料数据层、工程数据层、模型数据层、成果数据层,层次依次由低到高。一般情况下上层数据基于下层数据分析得到,底层数据不允许用户改动。整个数据库的层次结构如图4所示。

原始数据层:是指地质路线观察、实测剖面、槽探、井、坑探、钻孔中的野外现场描述,深井档案,各种测试数据和地球物理、地球化学勘查中获取的原始资料。

这一层次的数据为野外数据采集或搜集到的第一手资料的数字化形式,表现为图形或表格形式,一般不允许更改。

工程数据层:是指地理空间数据、遥感影像数据、钻孔(包括槽、井、坑)轨迹数据、化学样品数据、储量估算基础数据和收集的地质图、地质构造图、地质剖面图、岩层岩性等基础性数据,其中地理空间数据包括地形图、DEM数据,储量估算基础数据包括单工程矿体圈定结果、剖面圈定结果及进行储量估算时生成的部分中间性数据。这一层次的数据是基于原始数据层的数据经标准化处理或分析解释后得到的,既有表格数据,又有二维矢量图形数据、影像数据和DEM栅格数据,一般不允许用户修改。

模型数据层:是指在工程数据层基础上生成的统计模型、三维模型,其中各类模型都是由用户基于工程数据层的数据分析得到的,既有二维模型又有三维模型(包括实体模型和块体模型),这一层次的数据可根据需要进行修改。

成果数据层:是指系统生成的最终应用成果资料,包括地质图、地质矿产图、各种储量估算结果图、取样平面图、矿体纵投影图、储量计算剖面图或勘探线剖面图、三维模型分析结果,有二维矢量图形、三维空间数据、数据表、图片数据、视频数据等多种形式。这一层次的数据由用户基于工程数据层的数据和模型数据层的数据进行分析而得到,允许进行编辑修改。

2.1.2 数据库之间的逻辑关系

各个数据库之间的逻辑关系及数据流程如图5所示:首先是将采集或搜集到的有关原始资料按照国家标准、行业标准或部门标准进行标准化处理,将标准化后的数据作为后续的综合研究、三维建模、储量估算的基础数据存入工程数据库中。进行综合研究、三维建模、储量估算时从工程数据库中提取所用的基础数据,从模型数据库中提取评价模型,并将生成的综合研究成果、三维模型分析结果、储量估算结果存入成果数据库中进行保存,对外进行发布和应用。系统运行时整个系统的数据库之间的逻辑关系如图5所示。

2.2 数据流“池”技术

数据流“池”是野外路线观测或工程编录所获得的各种数据,从野外手图,到图幅库、实际材料图、编稿地质图,直至地质图与专题图空间数据库流向的“逻辑共享池”。“逻辑共享池”的数据就像液体一样,可为不同阶段数据库的互通和实现数字地质调查全流程的一体化数字化提供保证。

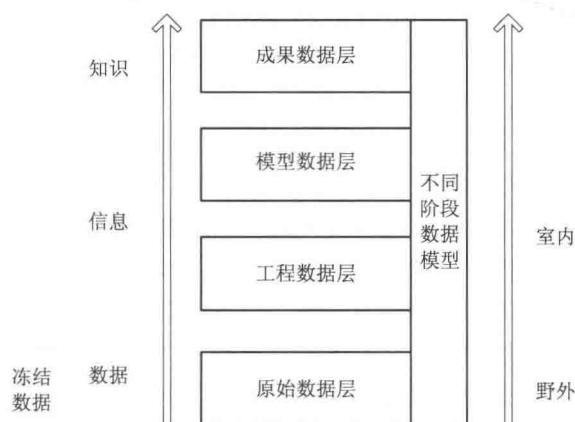


图4 数字地质调查系统数据“层”模型

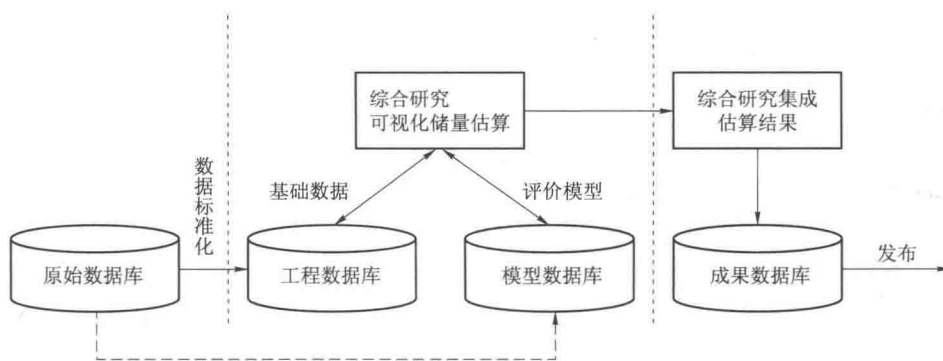


图5 数据库之间的逻辑关系

数字填图数据流“池”由原型库、背景图层、图幅库、野外手图库、多目标地球化学数据库、样品数据库、地球化学、地球物理、数字剖面、实际材料图、采集日备份数据、资源评价、综合成果、空间数据库、勘探线剖面图、资源量估算、结果报表等目录组成，用于不同阶段数据的存放、交换和传递。每个目录是一个空间域，具有时间（工作阶段）、空间（同一空间域的专业垂直分层）的属性，每一个目录的元素名称（文件）受时间与空间的命名协议约束（由系统按约束条件自动给定）。目录之间的数据交换与流动受数据模型继承的约束。

图6为数字地质调查数据流“池”模型的数据流图。

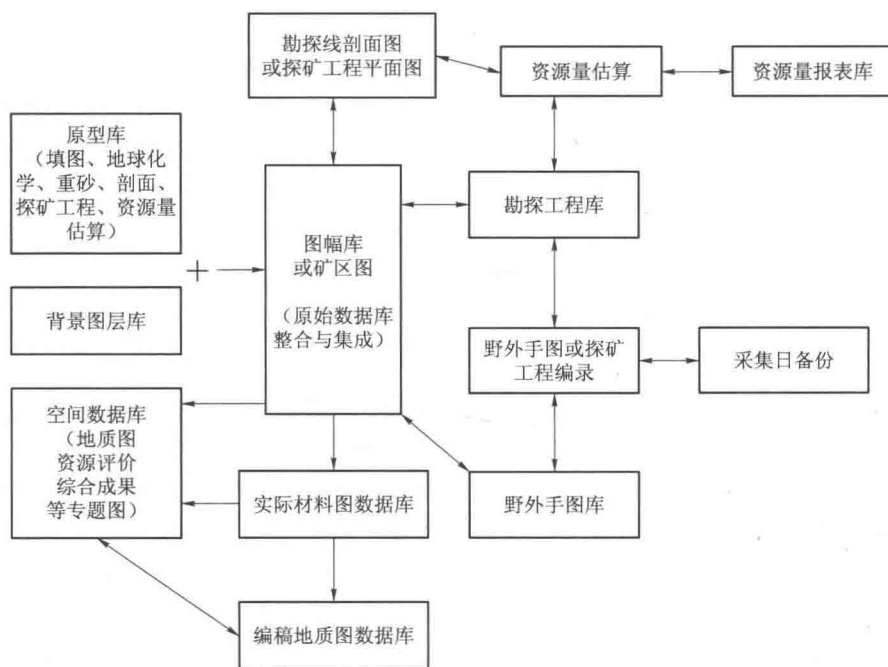


图6 数字地质调查数据流“池”模型的数据流图

2.3 不同阶段数据模型继承技术

以下以数字填图 RGMap 和 DGSInfo 为例，介绍不同阶段数据模型继承技术。目前，该技术已扩展到异常查证结果数据库、矿点检查结果数据库和综合地质构造图层，含矿地质建造图层，控矿构造图层，矿产地图层，矿化信息及找矿标志图层，蚀变带信息、物、化、遥等综合异常图层，矿产预测远景区图层，找矿靶区图层，地质工作部署建议图层等内容的成矿规律、矿产预测图件与数据库的制作。

在不同阶段数据存放、交换和传递的过程中，采用下列技术来为不同阶段数据模型的继承技术提供

技术支持。

(1) 不同阶段数据模型应遵循数据流池的约束关系,在描述粒度和内容上应有客观到主观的循序渐进的过程,同一业务流程数据模型应具有继承性和连续性,不能出现父子同辈的问题。图 7 是数据流池与数据模型之间的关系。

(2) 野外手图库完全继承了原型库的数据结构与内容。

(3) 图幅库完全继承野外手图库的空间数据结构与内容, 而共享野外手图库非结构化的数据。

(4) 实际材料图部分继承了图幅库的空间数据结构,采用线—线、面—线属性自动复制技术实现部分继承。在实际材料图中,地质界线图层(GEOLINE)的属性可以由野外采集图层 BOUNDARY 的界线属性部分继承。该继承通过在野外采集图层中各选择一条 BOUNDARY 界线,同时在 GEOLINE 图层中也选中位置相同的线实体,则野外数据采集界线属性自动传递 GEOLINE 图层上所选的地质界线。地质体面图层(GEOPOLY)的属性可以由野外采集图层 ROUTING 的属性赋给。通过采集图层 ROUTING 和地质体面图层 GEOPOLY 选中操作,即选择 ROUTING 图层上的一条线,在 GEOPOLY 图层上选择一个面实体,然后确认,则分段路线属性“填图单位”就赋给了 GEOPOLY 图层上所选的面实体。

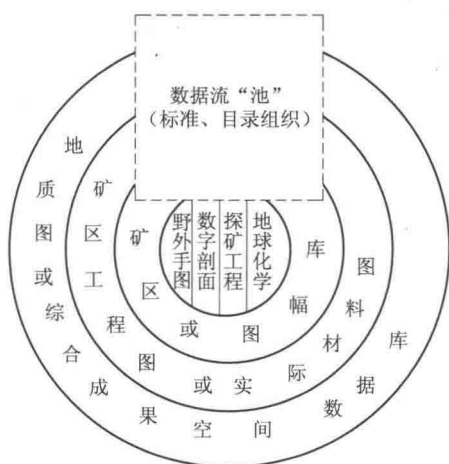


图 7 数据流池与数据模型之间的关系

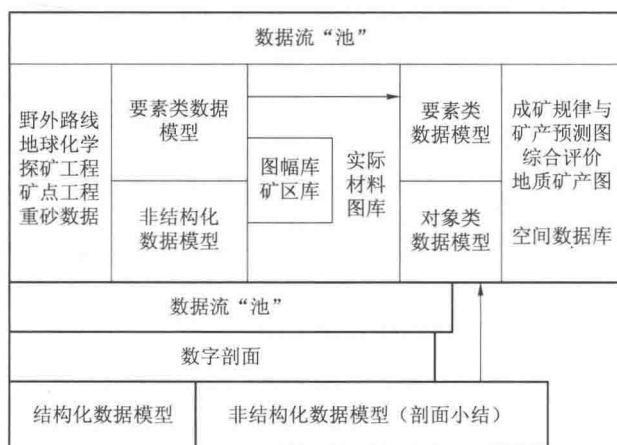


图 8 不同阶段结构化与非结构化数据模型的继承关系

(5) 编稿地质图部分继承了图幅库的空间数据结构,同时采用对半结构化数据的提取技术实现要素类和对象类数据的转换部分继承。实际材料图与编稿地质图的数据模型最大的区别在于综合解释成果的成分增多了。除了采用地理数据库数据模型的要素类和对象类描述外,还需要大量的非结构化的综合数据来补充才能完整。比如,地层对象类的数据模型中含有大量的综合解释数据,如地层单位时代、岩石组合名称、岩石组合主体颜色、岩层主要沉积构造、生物化石带或生物组合、地层厚度、所含矿种等。这些数据在图幅测试的每一条剖面小结中可以找到。但剖面小结的描述基本上是非结构化的数据,这就要求剖面小结具有半结构化的特点,通过关键字的发现,自动继承到 PRB 编稿地质图的数据模型的字段中。图 8 是不同阶段结构化与非结构化数据模型的继承关系。

(6) 基于地质图一体化的描述、组织和存储的数据建模原则,地质图空间数据库由 12 个基本要素类、12 个对象类和 8 个综合要素数据集构成。解决了最终解释成果空间数据库的数据模型是在不同阶段结构化与非结构化数据模型关系上通过抽象与综合来实现“继承”、用对象类和要素类的互操作来实现空间与非空间的属性继承传递的机制^[3]。

2.4 数据互操作技术

本系统所指的互操作技术是指各子系统之间的数据互操作(图9),数字地质调查系统涉及的数据文件类型有 MapGIS、Access、XML、Image、DBF。根据工作任务和目的把系统分成不同的模块有助