



献给第30届国际地质大会

地质矿产点源信息系统 设计原理及应用

吴冲龙 汪新庆 刘 刚 罗学常 韩志军等著



中国地质大学出版社

地质矿产点源信息系统 设计原理及应用

吴冲龙 汪新庆 刘 刚 罗学常 韩志军 等著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书是作者多年来从事地质矿产勘查信息系统科学研究与技术开发的成果总结,也是这一领域中的第一部系统性专著。全书共分六章,第一章论述地矿点源信息系统的概念及其基本设计原理;第二章介绍地矿勘查系统分析的内容与方法;第三章介绍地矿点源数据库子系统总体设计;第四章介绍地矿勘查点源数据库管理系统设计的原理与应用;第五章介绍地矿勘查图件计算机辅助编绘子系统设计的原理与应用;第六章介绍地质矿产资源可利用性综合评价系统的原理与应用。

本书观点新颖、思路清晰、方法先进,反映了当前地质矿产信息系统方面科学研究与技术开发水平,可供从事地质矿产信息系统建设及应用 GIS 的科技人员及高等学校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质矿产点源信息系统设计原理及应用/吴冲龙,汪新庆,刘刚,罗学常,韩志军等著. —武汉,中国地质大学出版社,1996. 6

ISBN 7-5625-1071-7

I. 地…

II. ①吴…②汪…③刘…④罗…⑤韩…

III. 地质矿产-点源信息系统-系统设计-管理信息系统

IV. P621

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 11159 号

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 刘先洲 责任校对 胡义珍

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 880×1230 1/16 印张 13.375 字数 420 千字 插页 3

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷 印数 1—500 册

定价:35.00 元

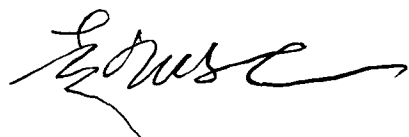
序

地质矿产勘查工作的全过程,也可以说是一项不断获取数据(资料)、分析数据(资料)和处理数据(资料)的过程。地质矿产勘查数据具有多来源、多类型、多维数、多因子和多数量的特征,怎样利用计算机技术对其进行管理、处理、编图以满足地矿资源预测、评价和决策的需要,是地质工作现代化的一个重要课题。

利用计算机技术管好、用好地矿数据(资料)的关键是建立一个信息齐备、功能强劲的点源信息系统。地矿勘查数据的获取代价十分昂贵,数据本身又具有反复使用、长期使用和多用户共享的价值,为了充分发挥它们的价值,满足各种计算机用户的需求,点源信息系统的建设应当优先建立以基层勘查单位为依托的分布式原始数据库系统,并且使数据环境从应用数据库阶段向主题数据库阶段发展。此外,应当围绕主题数据库进行各种功能处理软件的开发。建立一个高功能的点源数据库系统,不仅需要开发能够对不同类型、不同结构、不同模式的基础数据进行管理、处理和转换的软件系统,需要开发快速、方便的数据输入、输出技术和高效的计算机辅助软件工程技术(CASE),还需要有完善的、适用于不同服务环境和不同服务对象的信息系统工程方法论体系。然而在相当长的时间内,由于缺乏既有地质勘查专业知识,又有计算机应用技术的复合型人才,使这方面的研究比较薄弱。

本书作者长期坚持进行探索性研究和相应的技术开发,在上述诸方面都取得了进展,提出了较为成熟的地质矿产点源信息系统的概念模型、数据模型,并且开发出了一个面向用户的、开放式的、具有较强自适应能力的、集地矿勘查数据的采集、管理、处理、编图和资源评价于一体的地矿点源信息系统。该系统的模型和软件在煤炭、油气、金属矿产勘查、水文和工程地质勘查等领域中的推广、应用取得了实际效果,推动了这些领域信息系统的建设和计算机应用的发展。本书即是这方面研究成果的概括和总结,因而是一部很有实用价值的专著。

当今,地质矿产勘查难度日益增大,综合性日益加强,为了更好地解决各种复杂的地质问题,对地勘工作的现代化、数字化、定量化及智能化要求也日益提高,本书的出版恰应这方面的急需,所以是必要而适时的。



1996.5.21

Preface

Geological and mineral resources exploration is actually a process to gain, analyze and manipulate geological data. Geological data have a characteristic of multi-source, multi-type, multi-dimension, multi-factor and multi-quantity. In order to meet the requirement of geological and mineral resources prediction and evaluation as well as making decision, the computer management and manipulation of geological data and the usage of these data to construct maps become increasingly important. Therefore, geological data management and manipulation by using a computer is an important subject for geological work modernization.

The key to the computer management and manipulation of geological data is to establish strong-function point-source information system. Geological data can be used repeatedly for long time, and can be shared by multi-users at the same time. In order to make full use of geological data and spread the application of computer to geology, the point-source information system must be established based on distributed initial data base in original exploration units, with a data environment of subject data base instead of application data base. Moreover, the development of function software packages in the subject data base is necessary. On the other hand, the establishment of a strong-function point-source information system requires not only the development of a software which can manage, manipulate and translate primary data with different types, structures and models, and the development of rapid and convenient input and output interfaces and efficient computer aided software engineering (CASE), but also the establishment of perfect information system engineering methodology which can service different users in different environments. However, the study was less done for long time for lack of the qualified scientists and technicians with both geological knowledge and computer application techniques.

The present authors develop an open strong-function point-source information system, and yield the conceptual models and data models. The information system is geared to the needs of users, and can be used to perform the collection, management and manipulation of geological data, map construction and geological resources evaluation. The application and spread of the models and software packages of this information system to exploration of coal, oil and gas, metallic ore deposits, hydrogeology and engineering geological are successful, pushing the development of information system and application of computer in the above-mentioned fields. This book is a synthesis of achievement gained in these fields, and therefore, is a very practical works.

At the present time, the increasing difficulty and complexity in geological and mineral resources exploration require increasing modernization, digitization, quantification and intellectualization of geological processes. The publication of this book can meet this requirement, and is necessary and in good time.

Zhao Pengda
May 21, 1996

前言

当前,计算机技术在地质矿产勘查领域中的应用,已经从单一的数据管理、数学计算和图件编绘,发展到多种技术综合运用的新阶段。这一状况反过来对资料数据提出了更高的要求,深入开发资料数据的利用价值也成为地质矿产信息系统建设的主要目标;而且信息高速公路的迅速开通,使在全国范围内的信息联机检索变为可能。在这种形势下,从地质矿产领域的实际情况和具体需要出发,在地矿领域已有的计算机应用成果基础上,研制一种既能够作为全国地矿信息网络结点,又能够为基层单位提供一个综合进行数据管理、数学计算、图件编绘和评价决策的高功能地矿点源信息系统,实现地质矿产勘查数据资料室内处理的计算机化,一直是我们的愿望和追求的目标。

近十年来,在中国地质大学、地质矿产部科技司、煤炭工业部中国煤田地质局、地质矿产部石油局地质研究所、地质矿产部信息研究院、水利部长江水利委员会、中国精煤总公司神府分公司、中国有色金属总公司厦门钨品厂及厦门金鹭特种合金公司等领导机构和支持、帮助下,我们坚持进行这方面的探索性研究,先后承担并完成了“沉积盆地地质信息计算机处理的途径与方法”、“煤炭资源勘查区点源信息系统”、“典型盆地(凹陷)天然气运移、聚集的数学模型”、“南水北调中线工程地质勘察信息系统”、“煤矿地质数据库系统”、“全国煤炭资源数据库系统”、“河南煤炭资源分类综合评价系统”和“华南钨矿资源信息系统”等八个研究项目,目前正在执行“计算机辅助1:5万区域地质填图系统”和“海上油气勘探目标模拟评价系统”项目,基本上涉及了煤、油气、金属、水文和工程等地质矿产勘查行业。本书在上述研究工作的基础上,对所取得的进展和经验进行总结,着重介绍地质矿产点源信息系统的系统分析、数据库管理软件的二次开发、数据库应用子系统设计、主要勘查图件机助编绘子系统设计和矿产资源可利用性综合评价子系统设计等方面的原理及应用。关于勘查区数据处理系统方面的储量计算、空间信息的提取与转换(GIS应用)、地矿数据的多元统计分析、矿产资源的定量预测,以及地质与成矿过程的数学模拟等子系统的设计与应用,限于篇幅不在此赘述。

必须强调指出的是,目前正在地学领域中推广应用的GIS(Geographical Information System)软件具有很强的空间数据管理和处理功能,但是,由于地质数据本身及其管理和处理方面的复杂性和特殊性,如果没有高功能的地矿数据库、模型库、知识库、方法库和专门的地矿图件编绘系统支持,也很难在地矿领域发挥作用。在未来的地矿点源信息系统开发中,一方面应当借鉴和利用GIS的空间数据管理与处理功能,另一方面应当加强数据库、图形库、模型库、知识库、方法库等五库合一的软件平台开发。此外,在“5S(GPS、RS、DBS、GIS和ES)”的集成化方面,还有许多工作要做。我们期待着能在这一领域继续进行更加深入的探索。

本书执笔的分工如下:第一章,吴冲龙;第二章,吴冲龙、罗学常、周江羽;第三章,吴冲龙、汪新庆;第四章,汪新庆、吴冲龙、韩志军;第五章,刘刚、陈建国;第六章,吴冲龙、李绍虎、王根发。初稿完成后,由吴冲龙负责统一编纂定稿。罗映娟、张琼岩承担图件的清绘和文稿的计算机打印工作。

李绍虎、黄凤鸣、袁艳斌、陆汝纶、王仁铎、金友渔、星金仲、黄长青、王金平、刘来福、胡益成、刘军旗、余奇礼、刘聪元和秦建彬等同志,先后参加过部分项目的研究工作。杨起、赵鹏大、李德仁等院士,李思田、陈钟惠、李宝芳、郭熙年、陈德基、李汉青等教授,袁国泰、景玉龙、徐家谟、刘乃坝、姜作勤、其和日格、孙培基、曾澜、吴冲浒、杜忠信、刘同高等高级工程师在研究过程中给予了许多支持、指导和帮助。赵鹏大和李德仁院士审阅了全部书稿,赵鹏大院士还为本书撰写了序。刘先洲副编审在本书的编辑出版过程中,为保证质量而花费了巨大精力。值此著作面世之际,谨向他们以及所有在各方面关心和帮助过我们的人表示诚挚的谢意。

陈荣辉女士生前为上述各项研究所作出的默默奉献,是我们永世难忘的。

吴冲龙等
1995. 6. 26.

FOREWORD

The application of a computer to exploration of geological and mineral resources has developed into a new stage of using varied techniques from simple data management, mathematical calculation and map construction. This development requires high-quality information. Therefore, the main task of researches on study and development of geological and mineral resources information system is to make full use of the existing data. Additionally, the open of information expressway makes it possible to connect information systems in the country. In this book, we develop a multi-function geological and mineral resources point-source information system on the basis of the previous achievement in application of computer techniques in geological and mineral resources exploration. This information system is designed according to the actual situation and requirement, and can be used as not only a note of state geological and mineral resources information networks but also an information system for data management, mathematical calculation, map construction and decision evaluation.

In recent decade, with the help and support from China University of Geosciences, Science and Technology Department of Ministry of Geology and Mineral Resources, Bureau of Coal Geology of Ministry of Coal Industry, Institute of Petroleum Geology of Ministry of Geology and Mineral Resources, Information Institute of Ministry of Geology and Mineral Resources, Yangtze Committee of Water Conservancy of Ministry of Water Conservancy, Shenfu Company of China Jingmei Corporation, Xiamen Tungsten-Product Factory and Golden Egret Special Alloy Company of China Nonferrous Metal Corporation, we have achieved the projects: "Methods and Techniques Used in the Sedimentary Basin Geological Information Manipulation", "Coal Resources Exploration Point-source Information System", "Mathematical Model for Gas Migration and Accumulation in Typical Basin or Depression", "Engineering Geological Exploration Information System for the Central Diverting Water Engineering", "Coal Mining Data Base Management System", "National Coal Resources Data Base Management System", "Henan's Coal Resources Integrating Evaluation System" and "South China's Tungsten Resources Information System". These projects and the projects, "1 : 50000 scale Regional Geological Map Computer-Aided Mapping System" and "Marine Petroleum Exploration Target Modelling and Evaluation System", being performed now, involved coal, oil, gas, metal and hydrogeology and engineering geology. On the basis of these studies, this book summarizes the advance and achievement, and provides readers with knowledge about the point-source information system analysis, secondary development in data management software, and design of data base application software, computer aided map construction software and design of integrating feasibility evaluation software. The design and application of data manipulation software for calculation of reserves, sampling and translating of space data (application of GIS), multivariant statistical analysis of geological and mineral resource data and quantitative prediction of mineral resources as well as mathematical model of geological and ore-forming processes are beyond this book.

It is needed to note that the Geographical Information System (GIS) commonly used at present in geological fields are robust in spatial data management and manipulation functions. But it is difficult to give full play to these functions without the support of mineral resources data base, model base, knowledge base, method model and techniques used in geological map construction because of the complexity and particularity of geological data and data management and manipulation. On the one

hand, in the future, the spatial data management and manipulation functions of GIS should be used to develop a new geological and mineral resources point-source information system. On the other hand, a five in one software package consisting of data base, configuration base, model base, knowledge base and method base should be developed. Additionally, the integration of GPS, RS, DBS, GIS and ES (5S) is necessary.

Writers of this book are as follows: the first chapter, Wu Chonglong; the second chapter, Wu Chonglong, Luo Xuechang, Zhou Jiangyu; the third chapter, Wu Chonglong, Wang Xinqing; the fourth chapter, Wang Xinqing, Wu Chonglong, Han Zhijun; the fifth chapter, Liu Gang, Chen Jianguo, Han Zhijun; the sixth chapter, Wu Chonglong, Li Shaohu, Wang Genfa. Wu Chonglong performed the bulk of the work in the production editing. Luo Yingjuan and Zhang Qongyan drew the diagrams and typed the manuscript.

We acknowledge Li Shaohu, Huang Fengming, Yuan Yanbin, Lu Rulun, Wang Renduo, Jin Youyu, Xing Jinzhong, Huang Chongqing, Wang Jinping, Liu Laifu and Hu Yicheng for participating in development of this information system, Professor Yang Qi, Zhao Pengda, Li Deren, Li Sitian, Chen Zhonghui, Li Baofang and Guo Xinian, and senior engineer Yuan Guotai, Zhang Hongnian, Jing Yulong, Xu Jiamo, Liu Nanba, Sun Peiji, Zeng Lan, Wu Chonghu, Du Zhongxin and Liu Tonggao for support and help, Academician Zhao Pengda and Li Deren for reviewing the manuscript and Academician Zhao Pengda for writing preface, and vice-copy editor Liu Xianzhou for careful readings and thoughtful comments. In addition, a special note of thanks is extended to my late wife, Chen Ronghui, who managed to make a significant contribution to developing this information system.

Wu Chonglong *et al*

June 26, 1995

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 地矿点源信息系统的特点	(1)
第二节 地矿点源信息系统的开发现状与研制目标	(2)
第三节 地矿点源信息系统的结构与功能	(4)
第二章 地质矿产勘查系统分析	(7)
第一节 系统需求与系统结构分析	(7)
第二节 业务现状与数据现状分析	(13)
第三节 勘查区实体(地质)模型研究	(19)
第三章 地矿点源数据库子系统总体设计	(35)
第一节 几个基本概念	(35)
第二节 硬件系统及软件平台的选择与配置	(37)
第三节 数据库结构设计	(38)
第四节 数据字典设计	(47)
第五节 数据库管理系统设计技术	(51)
第四章 地矿点源数据库管理系统设计	(56)
第一节 GMPDBMS 设计概述	(56)
第二节 主控模块设计	(68)
第三节 基本管理子系统(GMPDBMS-M)设计	(71)
第四节 应用专题子系统(GMPDBMS-U)设计	(105)
第五节 操作维护子系统(GMPDBMS-S)设计	(114)
第五章 地矿勘查图件计算机辅助编绘子系统设计	(119)
第一节 GMMCAD 子系统设计概述	(119)
第二节 地矿图件编绘子系统的设计原理	(123)
第三节 地矿图件编绘子系统的基本子程序	(130)
第四节 专题图件编绘程序设计	(143)
第六章 地质矿产资源可利用性综合评价系统(GMRCVS)	(159)
第一节 地矿资源可利用性综合评价系统设计原理	(159)
第二节 煤炭资源可利用性综合评价模型设计	(166)
第三节 水利枢纽坝址工程地质综合评价模型设计	(188)
参考文献	(202)
英文摘要	(204)
结束语	(211)

CONTENTS

1. Introduction to geological and mineral resources point-source information system	(1)
1.1 Features	(1)
1.2 Significance and goals	(2)
1.3 Structures and Functions	(4)
2. Exploration system analysis	(7)
2.1 Requirement and structure analysis	(7)
2.2 Current business and data situation analysis	(13)
2.3 Case model study	(19)
3. Designs of subsystems	(35)
3.1 Basic concepts	(35)
3.2 Hardware selection and installation	(37)
3.3 Design of database structures	(38)
3.4 Design of data dictionary	(47)
3.5 Techniques used in the design of database management system	(51)
4. Design of point-source exploration database management system	(56)
4.1 Design summary of GMPDBMS	(56)
4.2 Design of subject control module	(68)
4.3 Design of basic management system (GMPDBMS-M)	(71)
4.4 Design of application-specific system (GMPDBMS-U)	(105)
4.5 Design of operation and maintenance system (GMPDBMS-S)	(114)
5. Design of computer aided map construction system (GMMCAD)	(119)
5.1 Introduction	(119)
5.2 Design principle	(123)
5.3 Basic program	(130)
5.4 Program design for specific maps	(143)
6. Integrated availability evaluation system (GMRCVS)	(159)
6.1 Design principle	(159)
6.2 Model design of GMRCVS for coal resources	(166)
6.3 Model design of GMRCVS for hydro-junction dam engineers	(188)
References cited	(202)
Abstract	(204)
Conclusions	(211)

第一章 绪 论

所谓地质矿产点源信息系统,是指建立于基层勘查单位(数据采集点)的基础信息系统。它是地质矿产勘查单位对资料数据进行收集、存贮、管理、处理和使用的综合性技术系统。一个完整的地质矿产点源信息系统,由勘查数据管理和勘查数据处理两大部分组成。前者即勘查数据库子系统,后者包含勘查数值计算子系统、勘查图件机助编绘子系统、地质与成矿过程数学模拟子系统(对于油气勘查而言,即为盆地模拟子系统)和资源评价决策支持子系统。开发地矿点源信息系统的困难,不仅在于需要开发大量的高功能应用软件、需要高效率的软件辅助开发工具(CASE 技术),还在于需要有完善的、适合于不同服务环境和不同服务对象的系统工作平台及信息工程方法论体系。

第一节 地矿点源信息系统的特点

一、与一般企业信息系统的差别

地矿点源信息系统与一般企业信息系统之间,在服务性质和服务内容方面存在着本质差别。一般企业信息系统主要着眼于“产品生产过程”和“产品流通过程”的信息收集、存贮、管理和处理,为产品结构调整、产量和质量控制、品种更新、新产品设计以及日常生产管理提供自动化工具和决策依据,因此也被称为企业管理信息系统;地矿点源信息系统则主要着眼于“原材料的特征和性质”的信息收集、存贮、管理和处理,为原材料价值的综合评价及其利用方式、利用方向的决策提供依据,同时也为揭示产品原料形成的自然规律提供依据。地质矿产勘查的“产品”是勘查报告——描述被勘查对象的特征和性质的数据、资料集合。因此,从某种意义上说地矿点源信息系统本身不仅是“原材料”与“产品”的管理工序,而且还是“产品”的生产工序。上述本质差别决定了地矿点源信息系统具有一般企业信息系统所没有的许多特点。然而,在实际工作中,这一本质差别往往被忽视了,导致在地矿点源信息系统开发上套用一般企业信息系统的思路与方法,效果不很理想。在我国地矿信息系统开发即将进入高潮阶段的今天,对这个问题应当认真地加以探讨和总结。

二、地矿点源信息系统的“五多”特点

与一般企业信息系统相比,地质矿产点源信息系统的显著特点是数据源丰富、数据量庞大、数据类型众多、数据结构复杂,即所谓多源、多量、多类、多元、多维。地质矿产勘查工作每日每时都在获取数据资料,数据来源除专业地球物理和地球化学勘探外,主要有岩芯描述、测井曲线、地震剖面、力学测试、采样化验、日常生产记录、水文地质调查、综合研究与编图,以及已有的各种勘查和研究成果。随着地质矿产勘查工作的发展及勘查技术的进步,所获取的数据资料量急剧地增加,我们面临的将是一个数据的海洋。地质矿产勘查工作所获取的数据资料种类繁多,从表现形式上看,可划分为数字型数据、文字型数据、日期型和图形型数据等四类;从数学性质上看,可划分为名义型数据、有序型数据、间隔型数据和比例型数据等四类(赵鹏大等,1983)。其中,名义型和有序型数据是定性数据,而间隔型和比例型数据是定量数据。文字型数据是定性数据的表现形式,也可以是定量数据的概括和归纳;数字型数据首先是定量数据的表现形式,也可以是定性数据的转换形式;图形数据是指那些观测时直接以图形形式记录下来的数据,例如模拟地震及模拟测井数据。另有些图形,例如用数字地震和数字测井数据形成的剖面图和曲

线图,在实际工作中的应用比其原始数字数据本身还要广泛,也归入图形型数据类。定性数据一般是离散型的,易于存入计算机(可通过代码进行信息转换),但不便进行数值运算,只有当设法将其转化或分解为定量数据时,才能进行数值运算。定量数据既有离散型,也有连续型的,二者均可进行数值运算,但连续型者不能被计算机接受,必须事先离散化才便于存贮。

三、数据采集与管理策略

地质科学长期以来是属于描述性科学范畴,定性数据所占比例极大(约占 60%),为了推进地质过程的定量研究,开发相应的模拟系统和人工智能分析系统,加紧研究适合于定性数据的数学方法及大力改进地质现象的描述方式是十分重要的。同时,为了便于存贮、管理和处理,所有这些数据采集的标准化也是极其重要的。然而,变定性描述为定量描述,变自由描述为标准化描述,涉及到一系列观念、概念、习惯的更新和野外观测技术、观测方法的改进,需要多方面的共同配合和长期努力。地质矿产勘查数据结构的复杂性主要表现在数据本身是多维和多元的,相互之间既成层次关系又成网络关系,存贮和管理这些数据十分困难,不但需要有合理的实体模型,并且需要做大量规范化工作和研制强功能的数据库系统(吴冲龙等,1987),在进行数据库的数据文件转换时,既要顾及具体数据库管理系统的数据组织方式,又要考虑数据的存贮效率和访问效率。根据地矿勘查的工作特点和流程,地矿点源数据库的设计应采用由下而上和由上而下相结合的设计方式(吴冲龙等,1992)。所谓由下而上是指通过用户需求调查和数据现状调查来建立各种地质模型和数据模型,进而汇总成为数据库的概念模式和数据模式,然后转化为物理模式。所谓由上而下是指在数据模式研究时,先根据地质工作的当前模型和未来模型确定总体模型,再逐级分解实体集及其属性。实体集的分解需经过给定初选文件名、选择描述实体集的全部属性、确定索引关键字、分析实体集内各属性依赖关系、进行数据规范化处理等几个严格步骤。

第二节 地矿点源信息系统的开发现状与研制目标

地质矿产勘查工作每日每时都在获取资料和数据。目前,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,采矿工业技术的发展又要求不断提高勘查精度。这些新的要求将会使地质资料和数据数量急剧地增加,而勘查技术的进步和新手段的出现使这些成为可能。因此,现代地质矿产勘查工作所面临的将是一个“数据海洋”。怎样管理好这些数据并迅速、有效地经常利用这些数据去解决各种复杂的地质问题,是摆在我们面前的一个重要任务。显然,这个问题的最优途径是建立良好的地质矿产勘查信息计算机管理系统。只有计算机技术才能使数据的存贮、检索和处理实现自动化、高速化,既提高工作效率,又保证工作精度。

一、地矿点源信息系统的开发现状

地质矿产勘查的数据资料由于具有反复使用、长期使用的价值,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矿种、不同勘查目的和不同勘查阶段的通用性,而具有共享的必要性。这两种必要性的存在使得地矿勘查资料和数据成为国家的宝贵财富,因而国家地矿信息系统也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。一些经济发达的西方国家,诸如美国、加拿大、法国、德国、澳大利亚以及俄罗斯等,都已部分实现地矿信息的联机检索或商业化服务,甚至形成了一种新兴的信息产业。我国从 80 年代中后期开始也已经起步,并且已经在许多工业部门建立起了有关数据资料的大量大型专项库、综合库和微型应用库。

地矿信息系统的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。上述西方诸国所建立的早期全国规模信息系统,以及我国已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,而且容量有限,也难于组织、容纳繁多的数据类别和复杂的数据结构,更难于应付日益增多的信息处理需求。近年来,随着微型机技术的普及和提高,高功能的微机、工作站大量涌现,分布式数据库系统受到普遍的重视,特别是网络技术的发展使分散于各地的计算机资源和信息资源的管理、交叉访问及远距离传输成为可能。西方发达国家地矿信息系统的近期发展,便是分布式数据库与网络技术结合的结果。

一般信息系统的数据库环境可分为数据文件、应用数据库、主题数据库和信息检索系统(James, 1977)等四种。这种划分也适合于地矿行业,四种数据库环境与地矿行业计算机应用及地矿信息系统建设的几个阶段相对应(表 1-1),反映了有关技术水平和理论方法体系的发展过程。从目前的情况看,我国地矿行业信息系统的数据库环境基本上属于应用数据库范围,这类数据库的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,设计依据是某个地矿勘查单位或研究单位的当前需求——为了编制某些专用图件、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查设计与报告;②缺乏统一的概念模型、数据模型、数据标准和数据代码,缺乏统一的硬、软件平台和接口,各单位分散开发,各行其是。这些地矿应用数据库系统与一般企业信息系统的状况(张颖,1993)相似,成为一系列“信息孤岛”,信息既不完整又有冗余,许多数据资料被重复存贮、重复加工,无法实现交叉访问,不能支持未来的再开发、再提高,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。采用“系统集成”的方式固然可以将“信息孤岛”联接成“信息大陆”,但修改管理软件、重新组织数据和编制接口软件所耗费的人力和资金将大大超过系统重建。西方国家 60~70 年代的教训值得引以为戒。解决的途径是:改用主题数据库(Subject Data Bases)的设计思路与方法,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需求与未来需求,通过严格的系统数据分析和模型设计来形成与各种业务主题相关联的数据库,进而发展成为完善的信息检索系统。

二、地矿点源信息系统研制目标

地质矿产勘查信息系统不仅应当以数据库为核心,而且应当把勘查区点源数据库的建立放在优先进行的地位。今后地质矿产勘查工作面对的将是数量极大、极复杂的数据集合,这些数据是随着地质勘查工作的进行而逐渐积累的。它们经常被目的不同的用户同时使用。用户对数据检索、查询、显示、处理等总是要求尽可能方便、迅速、准确。不难想象,没有一个结构合理、信息齐备的点源数据库,是无法实现这些要求的,既难以支持日常的检索、查询和处理功能,也无法建立区域性的综合信息系统,即使建立了也无法实现综合数据的动态管理并保证信息的准确性和完整性。

表 1-1 地矿点源信息系统建设的发展阶段划分

Table 1-1 Development stages of point-source information system for geological and mineral resources

norian 模 型		初级阶段		中级阶段		高级阶段	
		起 步	蔓 延	控 制	集 成	数据管理	成 熟
James 环 境		数据文件	应用数据库		主题数据库		信息检索
技术特征	核 心	功能处理			数据管理		
	目 标	追求数据处理的功能			追求数据资源的利用价值		
通讯方式				邮寄磁介质	局部网络	远程网络	
发展时序	北 美	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	以后
	中 国	70 年代	80 年代	80 年代	90 年代	90 年代	以后

为了最大限度地发挥信息系统的作用,应当使每个分布式数据库成为信息齐备的主题式数据库 (Subject Data Base),同时应当配置适宜的功能处理软件系统,以使每个分布式数据库都能够实现从野外采集数据到数据存贮,从数值计算到图件编绘,从信息提取、转换到地矿资源预测、评价,再到勘查开发决策的完整生产流程。这种具有完善的硬、软件配置的分布式地质矿产信息系统,便是我们所说的地矿点源信息系统。对于信息源所在处或地矿勘查单位而言,它是个功能强劲的工作站;而对于国家地矿信息系统而言,它是一个信息齐备的网络结点。目前,国内外许多类似的点源信息系统都是采用 ARC/INFO 等 GIS 来实现综合分析、编图和评价功能的(姜作勤等,1992)。这种 GIS 是一种地理领域的通用点源信息收集、管理和处理的软件系统,本身带有数据库并且具有较强的二维空间数据管理、处理能力和区域评价能力(李德仁等,1993,1994)。但其数据环境基本上属应用数据库,功能处理系统专用性也比较强,目前还难以面对地质矿产领域的多源、多类、多元和多维数据的综合存贮、管理和处理,难于支持复杂地矿信息的综合分析、综合解释和复杂地质问题的综合解决。因此,在总结以往工作成果的基础上,借鉴和采纳 GIS 的有关技术,进一步研究和开发适合于地矿信息系统的数据库子系统和功能处理子系统,亦即研制高功能的地矿点源信息系统,是摆在我们面前的紧迫任务。

高功能点源信息系统的未来研制目标将是:在全国地矿行业十年来大量成果的基础上开发一个以主题数据库为核心、五库(数据库、图形库、模型库、方法库和知识库)合一的、标准化的多功能应用系统,能够实现从多源、多类、多维、多元数据采集到建库、数据处理、图件编绘,再到综合解释、预测、评价和决策的完整工作流程,具有统一的数据模型、标准的代码体系、规范的信息处理方式和优化集成的功能软件;该系统又是一个开放式的应用软件开发平台,不但提供各种接口以便能随时接纳国内外的新功能软件成果,还能支持各用户按各自的特殊需要方便地进行补充再开发。这一技术系统既能作为地矿与环境点源信息工作站使用,也能作为本部门地矿与环境信息系统网络结点使用,它是实现地矿信息综合利用、综合处理和综合解释,从而提高地质资料利用价值、推动地质科学向定量化方向发展的重要条件,也是为各类各级综合数据库系统提供数据流的源泉。这是一个宏大的目标,一旦实现,不仅能够大大提高地矿勘查资料数据管理和处理的自动化水平,充分发挥地矿勘查点源信息的价值,还将对国家地矿信息系统的建设起积极的推动作用。

第三节 地矿点源信息系统的结构与功能

一、地矿点源信息系统总体结构

地矿点源信息系统的设计应当建立在结构—功能一致性的准则之上。功能要求是结构组织的依据,而结构组织是功能要求的体现。高功能的地矿点源信息系统是一个以点源主题数据库为核心的综合技术系统,其结构可用图 1-1 来表示。

地矿点源信息系统的结构从技术方法体系角度可分为内、中、外三层。内层为数据管理层,是整个系统的核心,它贯穿于系统运作的全过程,也贯穿于系统功能应用的各个层次。数据管理层的职能是实现数据组织、存贮、检索、转换、传输和交叉访问。外层是技术方法层,是整个系统的手足与工具,可为功能应用层的各个层次及数据管理层服务。它包括各种高功能的硬、软件平台和多媒体技术、人工智能和人工神经网络技术。中层是功能应用层,是整个系统的躯体,它由下而上分为点源数据库、数值计算、图件编绘和评价决策等四个层次。功能应用层的职能是实施系统的全部功能处理,其底部的数据库子系统与内层的数据管理连为一体。

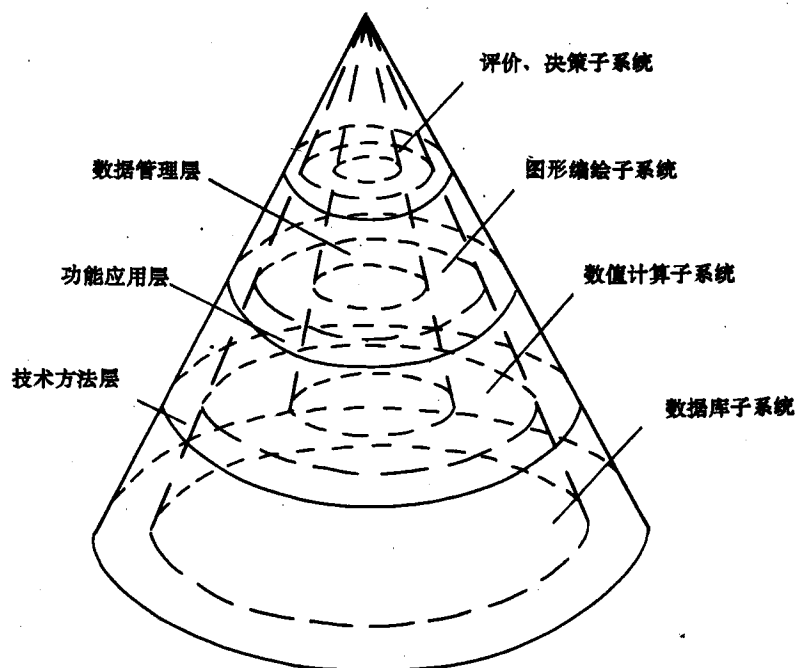


图 1-1 地矿点源信息系统的结构

Figure 1-1 Structure of point-source information system for geological and mineral resources

二、上叠式层次结构与功能

地矿点源数据库子系统是整个信息系统功能应用层的基础,在本系统中,各种功能处理软件的开发都应当有共同的数据库基础——主题数据库。该数据库子系统应当以数据管理为核心,实行数据模型与代码标准化,并且有强大的数据存贮、管理和操作功能,必须具有信息齐备、功能强劲、安全高效、应用方便的特点,做到既能很好地为当前各个功能应用层提供数据服务,又能为整个信息系统的未来再开发及区域性、全国性信息网络建设作好准备。

地矿勘查的点源数值计算子系统处于点源信息系统的第二层,包括日常数据处理、储量计算、多元统计分析、地质规律分析和过程模拟等次级子系统。这个子系统既可直接为地勘单位的日常生产管理和报告编写服务,又为地质规律、成矿规律及找矿勘探方法的研究服务。当前的一般企业管理信息系统也重视过程模拟,但它们的过程模拟是指企业生产工艺过程、产品流通过程和企业发展过程模拟,可统称为企业过程模拟。地矿勘查的点源数值计算子系统所面对的过程模拟,不但包括企业过程——矿产资源勘查开发过程的模拟,而且包括地质过程和成矿过程的模拟。地质规律分析主要包括勘查区(研究区)的构造作用、岩浆作用、沉积作用、变质作用和成矿作用的规律分析,由于涉及参数众多、关系极其复杂,宜采用人工智能和人工神经网络技术来实现。

地矿勘查图件机助编绘子系统处于本系统的第三层,包括地面地质、钻探、物探、化探和遥感等技术手段所形成的各种日常生产图件、解释图件和综合图件。地质矿产勘查和科研工作的成果大多以图件的方式来表达,这些图件的种类之多、数量之大、结构之复杂,也是一般企业管理信息系统所不能比拟的。完整的图件编绘子系统的设计和研究包括两个大的部分,其一是图形的计算机辅助设计(Map CAD),其二是图件的计算机辅助出版(Map CAP),二者既有区别又有联系。Map CAD 所追求的目标是:怎样

利用计算机的辅助功能,高效率地将各种技术手段所获取的、并经过数值计算子系统处理过的原始数据资料转化为高质量的图形信息;而 Map CAP(computer-aided publish)所追求的目标是:怎样利用计算机的辅助功能,准确地将 Map CAD 或手工方式所设计的图形读入并编辑成合乎要求的印刷版型。二者的根本区别在于前者着眼于地矿信息的图形表达方式设计,后者着眼于已经形成的图形的修饰和排版设计。此外,地质图件的多媒体动态、彩色、立体编制技术和显示技术,也是一个重要的部分,目前正在迅速地、向地质信息处理全过程渗透。

地矿勘查、开发决策支持子系统处于地矿点源信息系统的最高层,包括矿产、水文、工程、环境等地矿资源的数量、质量及赋存、分布状况预测的次级子系统,以及勘查开发的地质技术经济条件综合评价、决策支持次级子系统。它们可以通过经典数学、随机数学、模糊数学和灰色系统方式,以及人工智能和人工神经网络方式来实现。由于地矿资源开发利用条件的影响因素众多,也由于地矿资源开发与环境保护之间存在着复杂的制约关系,这一决策支持子系统的改进和完善,将越来越多地依赖于人工智能和人工神经网络技术。人工神经网络(ANN——Artificial Neural Network)能够模仿人的神经系统,进行信息传输和从研究实例中自动获取知识,在非线性复杂问题的分析和判断方面具有明显优势,值得重视。决策支持子系统的职能,是为领导机构及地勘单位立项或承接任务提供决策依据,随着市场经济及计算机技术的发展,其开发、应用的必要性和可行性,正越来越多地被人们所认识。

综上所述,地矿点源信息系统的研究和开发,是实现地矿勘查、科研和管理现代化的关键措施,是国家地矿信息系统建设的基础工程,应当引起足够的重视。经国家计委和国家经济信息中心批准,我国各工业部门的地矿信息系统建设已经先后在“七五”和“八五”起步,并且也已经取得了一系列初步成果。但是,相比较而言,我国在这方面仍然比较落后。为了迅速赶上世界先进水平,以便最大限度地发挥地矿信息系统的效益,必须认真地总结经验与教训,同时应充分吸取有关西方国家的经验与教训,避免重走他们失误的老路。为此,除了必要的政策、法规及管理方面的保证外,还需根据我国的现实状况,加强计算机软硬件技术和信息工程方法论体系方面的研究,改变那种将地矿信息系统的建设视为单纯的计算机应用,期望依靠某些新的功能处理技术来代替点源信息系统建设的想法和做法。

第二章 地质矿产勘查系统分析

系统分析是地质矿产点源信息系统设计的基础。它有两项任务:其一是分析系统的需求与结构特征,具体地了解并掌握地质矿产点源信息系统的服务对象、设计目的、结构要素、性能指标、工作环境、工作流程及系统保护策略;其二是分析系统的业务现状和数据现状,逐步建立系统的实体模型、概念模型和数据模型。考虑到今后的推广应用,系统分析应当顾及全国范围内同类地质矿产资源的不同勘查区实际情况。

第一节 系统需求与系统结构分析

一、用户需求调查

主要是调查各级、各方用户对地矿点源信息系统的总体功能要求及对各子系统的具体要求,然后由此来确定系统的基本服务对象和内容、划定系统的边界、建立系统的实体模型和概念模型、选择合理的软硬件配置。在分析用户需求时,应当同时兼顾目前和将来,以便使系统结构趋向合理,易于扩充和转换,使系统功能保持最佳状态。根据国内、外的经验与教训,用户调查工作一定要走在信息系统设计的最前面。

地矿点源信息系统的用户包括所在勘探队的基层工程技术人员、局和勘探队各级工程技术人员和行政领导,以及上级综合信息系统管理人员。其中勘探队的基层工程技术人员和各级技术人员,将是本信息系统最主要和最经常的服务对象,因此也是本项用户调查的主要对象。用户调查主要是采用直接征询(座谈或填写专用调查表格)与查阅有关勘查规范、勘查报告相结合的形式进行的。调查的主要内容是各级、各方用户对地矿点源信息系统的功能要求,例如需要从系统中查询哪些数据?各种数据以什么方式存入?要求对这些数据进行哪些处理?处理后以什么形式输出?等等。这方面的工作应当扎扎实实地进行。

表 2-1 是南水北调中线工程地质勘查信息系统用户需求调查的部分结果,它是通过直接征询得到的。

根据地质矿产部和各有关主管工业部门及国家标准局(国家技术监督局)颁布的各种规范、标准,以及相应的各种勘查阶段的设计书和总结报告,可以完整地归纳出系统将要面对的工作内容、所涉及的数据项和字符值,还可以统计出其中常用的数据项和字符值的数量。

从各种调查结果看,各级、各方面用户使用勘查区点源数据库的目的主要有三个方面,即:①编制勘查设计和勘查报告;②进行地质特征综合研究和经济技术条件综合评价;③为上级综合库提供数据。因此,数据的查询、检索以专题方式为主、随机方式为辅;数据处理亦相应地以批处理为主,实时方式为辅。一般地说,各种查询检索与处理方式都要求响应时间尽可能短,但具体追求的目标有所差异。随机查询、检索与实时处理追求的是个别数据或数据组的快速单一响应,而专题查询检索与批处理追求的是整体数据或数据组的快速综合响应。显然,前者仅要求采取优化的磁盘调度策略和文件组织策略;后者则除此之外,还要求 DBMS 有同时快速打开几个甚至十几个数据文件的能力,要求用户子模式有较强的连接、统计、转换和计算功能,并要求微型计算机有较大的内存和运算速度。