

# 面向综合勘探方法决策支持的数据库技术\*

武虹<sup>1</sup> 刘大安<sup>1</sup> 何振宁<sup>2</sup> 涂新斌<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院地质与地球物理研究所工程地质力学重点实验室 北京 100029) (<sup>2</sup>中国铁路工程总公司 北京 100844)

**摘要** 着重介绍了开发铁路地质综合勘探方法决策支持系统(RGDSS)所进行的有关数据库的开发与应用情况。通过决策支持技术与数据库技术的分析,认识到数据库技术在决策支持系统开发中的重要性,从而进行了面向综合地质勘探方法决策支持需求的工程实例等数据库的开发。开发结果表明,这种全新的用面向功能的数据库管理系统开发来研制决策支持系统的做法是可行的。

**关键词** 决策支持系统, 综合勘探方法, 数据库开发

**分类号** P 624, P628+.4

**文献标识码** A

**文章编号** 1000-6915(2002)03-0418-05

## 1 前言

在工程地质勘察中,为了适合各类岩土工程地质勘探经济、可靠和高效等多方面的要求,紧密结合工程需要,开展综合勘探已成必然<sup>[1]</sup>。综合勘探方法的比选是一复杂的综合判断过程,主要体现在:(1)岩土工程问题本身的复杂性<sup>[2]</sup>;(2)岩土工程问题指标描述方式的多变性;(3)指标类型及度量标准的不统一性等等<sup>[3]</sup>。因此,综合勘探方法的选择十分依赖于地质与勘探专家的经验水平。20世纪70年代以来,岩土工程已进入了模型化研究阶段,加之岩土工程的许多问题涉及到推理过程、专家实际经验等等,而这几乎不可能用一般的数学方法有效地建立这种思维过程的数学模型<sup>[4]</sup>。鉴于此,针对铁路这一特殊领域,作者开展了基于成功工程和专家经验的铁路地质综合勘探方法决策支持系统(RGDSS)的研究,以弥补数学模型的不足,辅助用户进行最佳综合地质勘探方法的决策。本文将着重从数据库技术的应用研究方面,介绍如何面向地质综合勘探方法决策支持功能,通过一体化的数据库管理系统的开发来建立决策支持系统的开发方法。

## 2 决策支持系统与数据库技术

### 2.1 决策支持系统及其关键问题

2000年4月20日收到初稿,2000年6月9日收到修改稿。

\* 国家自然科学基金(49972090)资助项目。

作者 武虹 简介:女,29岁,1991年毕业于成都理工学院水文地质与工程地质系水文地质与工程地质专业,2000年于中国科学院地质与地球物理研究所获硕士学位,现受聘于中国科学院网络信息中心超级计算机室,主要从事工程地质与网络计算服务方面的研究工作。

决策支持系统(decision support system,简称DSS)是20世纪80年代迅速发展起来的新型计算机学科,它综合利用并有机组合了大量数据和模型,辅助各级决策者实现科学决策<sup>[5]</sup>。在DSS中,一般将数据库系统看作是其中一个重要的组成部分,二者是不等同的。但由此而引发出一个关键性的问题就是上述三个部件,尤其是数据部件与模型部件的接口问题,此外,部件的集成则是另一个不容忽视的关键技术问题。

### 2.2 数据库技术发展现状

数据库技术的发展经历了从第一代的网状、层次型数据库,第二代的关系型数据库,到第三代数据库(尽管其在学术上和技术上都不十分成熟,但1990年DBMS功能委员会发表的“第三代数据库宣言”则是第三代数据库出现的标志<sup>[6]</sup>),再到当前的数据仓库和数据集市<sup>[5]</sup>等几个阶段。而直接面向高度数据综合、决策支持的最新数据库技术也正在受到人们的重视<sup>[7]</sup>。

### 2.3 数据库技术在工程地质领域中的应用

数据库在岩土工程中的应用已相当广泛,除了作为一些基础地质资料的常用处理工具之外,它的应用已延伸至与GIS相结合<sup>[8]</sup>、与地质工程监测系统<sup>[9]</sup>相结合和与网络处理相结合等各个领域。许多城市的工程地质数据库系统都已建立并逐步投入使用<sup>[10]</sup>,各种专门的数据库,如隧道围岩分类的数据

库、岩土体力学参数数据库、膨胀岩数据库、地质矿产点源数据库系统(GMPDBS)<sup>[11]</sup>等都已建成或正在完善。因此,数据库技术已成为计算机科学在工程地质及岩土工程领域中应用最为活跃的一门技术。

### 2.4 用数据库开发决策支持系统的思路

通过上述对数据库技术发展与应用现状的分析和研究,作者认为,可以直接应用最新的数据库技术进行决策支持系统的开发,从而合理、有效地解决了上述两个 DSS 开发的关键技术问题。其主要思路是:在充分分析铁路地质综合勘探方法决策思维过程的基础上,筛选出在推理过程中所需要的基础地质数据资料和应用背景知识,运用新的面向对象关系型数据库开发技术,直接面向决策支持功能,建立一体化的知识库、数据库与模型库,从这一新的角度进行决策支持系统的开发。

## 3 RGDSS 数据库设计分析

### 3.1 RGDSS 数据库开发工具的选择

Access97 是 Microsoft 公司设计的强有力和灵活的在 Windows 环境下运行的 DBMS 和 MIS 系统开发工具,它具有面向对象的关系型数据库的基本特征,可以满足一般复杂的各种应用编程要求。而且,对于知识库较小的专家系统,内存和推理效率不成问题,可直接对内部知识库进行编辑而无须外部知识库,这种方式特别适合于用解释方法运行的高级语言编写的专家系统,因此,铁路地质综合勘探方法决策支持系统(简称为 RGDSS)中的数据库部分采用了中文 Access97 数据库管理系统(DBMS)。

### 3.2 RGDSS 数据库设计原则分析

#### 3.2.1 RGDSS 推理过程数据需求分析

数据需求分析,就是分析决策思维与推理过程中所需要的基础数据与资料,从而为面向决策支持的数据库设计打下基础。

从以上专家决策思维过程可看出,在决策推理中,关键的第一步应考虑的是工程的类别和所需解决的工程地质问题。由上述涉及的两个主要因素——工程类型和地质问题可看出,要做出推理决策,首先必须搞清楚涉及的工程地质问题及相关的勘察方法,同时还必须拥有一定量的有关基础地质、地层及地下水情况等方面的实际资料,因此,可确定数据库的设计中需考虑以下几个方面的问题:

- (1) 地层条件及特征;
- (2) 工程地质问题;
- (3) 基础地质特征;
- (4) 地下水特征;
- (5) 勘察方法及勘测阶段;
- (6) 相关的其他信息,如某工程的基本信息(勘察部门、勘察日期)、勘察效益等。

其中第 6 项作为数据库相关各信息的连接部分是不可缺少的,通过这类信息可以满足整个数据库的查询及浏览等功能。因此,虽然它在整个专家决策支持系统的推理中似乎无关紧要,但它却是整个数据库中连接其他相关信息的纽带,极为重要。

#### 3.2.2 RGDSS 综合勘探方法比选中的专家决策思维分析

根据反复分析,可基本概括出选择综合勘探方法时,从工程分类到勘察方法选取的专家决策思维

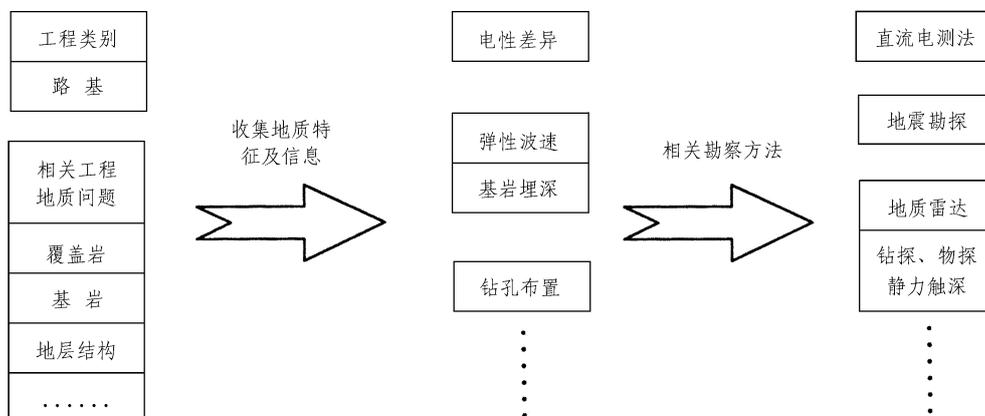


图 1 综合地质勘探方法专家决策思维示意图

Fig.1 The thought of expert decision in the field of synthetic geological exploiting methods

过程：(1) 确定工程分类及提出应解决的工程地质问题；(2) 相关地质特征及信息的收集、现有勘探方法分析、知识获取、已有工程情况类比分析；(3) 推荐合理的综合勘探方法模式。以图 1 所示的路基工程为例，展示了其推理过程。

### 3.3 RGDSS 数据库结构设计

#### 3.3.1 系统的总体结构

按照决策推理过程中的专家思维与数据需求，确定本系统需具备：(1) 实例模块，指已有模式，即以往成功的工程实例；(2) 知识模块，勘探方法的相关知识，如适用范围、方法原理等；(3) 用户咨询决策对话模块以及推理模块，即下文的模式库。此外，从系统的完备性考虑，还需有今后成功的工程实例的输入接口模块，即工程库。因此，确定整个系统共分为综合勘探知识库、工程库、实例库、模式库和专家决策支持系统 5 个部分，各库既可相对独立，又可通过库之间的交叉索引形成一个有机整体，共同支持决策推理和知识查询(图 2)。决策推理所需要的信息量是较大的，而实例库主要的作用是供用户查询、浏览以前成功的勘探模式实例。因此，数据库所包含的数据信息不仅要反映工程的基本信息——实例库、知识库和工程库，而且还应包括推理决策中所要用到的推理的相关数据，即综合勘探模式库。在整个数据库结构设计中，实例库的设计至关重要，它不仅要做到包含工程全部的相关信息，而且要为推理决策提供一个良好的开端。因此，以下主要论述实例库的设计，其余各库的设计留待以后论述。

#### 3.3.2 实例库的结构设计

实例库共分为 13 个表，表中均以“实例工程 ID”字段作为关键字，以连接相关的 13 个表，这 13 个表的分类及相关字段类型见表 1。

其中工程地质信息、地形构造地下水、覆盖层岩性、地质基本信息描述、勘探程序、勘探工作量均存放着一个工程勘察的各类相关描述性信息；工程地质问题、工程地质勘探方法、工程地质勘探方法结果及勘探方法则为描述实例中遇到的工程地质问题相应的勘探方法及效果。由表 1 可看出，实例库的设计已基本涵盖了一个勘察工程的所有信息，

表 1 实例库的表结构设计

Table 1 Structural design of tables in example model

信息类别	表名	主要字段类型
基本信息	工程基本信息	文本、日期、整型、备注、OLE
地质信息	地形构造地下水	整型、文本、备注
	地层岩性	整型、文本、备注
	覆盖层情况	整型、文本、单精度型
	地质基本信息描述	整型、备注
工程地质信息	工程地质问题	整型、文本、备注
	工程地质勘探方法	整型、文本、备注
	工程地质勘探结果	整型、文本、备注
相关描述信息	勘探效益与评价	整型、文本、备注
	工点图件	整型、文本
勘探信息	勘探方法	整型、文本、备注
	勘探程序	整型、备注、OLE
	勘探工作量	整型、单精度型、文本、OLE

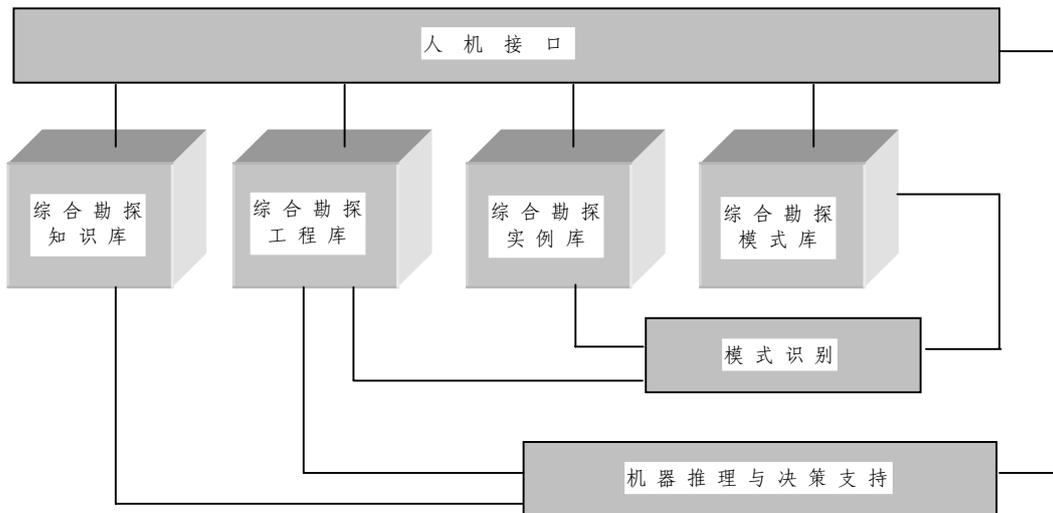


图 2 铁路地质综合勘探方法专家决策支持系统总体结构框图

Fig.2 Structural frame of decision support system of synthetic geological exploitation methods for railway

包括地质信息及相关勘察信息, 无论是从查看、查询、浏览, 还是从推理、描述方面, 以上结构设计均能较好地实现这些功能, 从而为决策推理流程设计打下了良好基础。

## 4 铁路工程地质综合勘探应用

### 4.1 RGDSS 系统建立情况

如前所述, 业已建立的本系统由工程实例库、综合勘探方法知识库、工程库及模式库等 4 个库和专家决策推理机制组成, 具有图文并茂、界面友好、操作简便、智能化程度高、人机交互能力强、信息资源丰富、知识性与可读性较强等显著特点。其中工程实例库共收入铁道部门 40 a 来成功的工程实例共计 57 个, 工程类型涉及隧道、选线、桥梁、路基、水源、站场、房建及其他共计 8 大类别; 方法知识库涵盖了铁路工程地质勘探的包括地质调绘、遥感、物探、钻探、原位测试、岩土试验等 6 大类共计 72 小类勘探方法; 模式库主要包括从历年来成功的实例中提取并精炼而成的共计 52 个基本模式及推理所需的各种量化指标; 另外还包括图片资料 200 多张, 共计 55.3 MB(为节省空间, 图片均存为 JPG 格式)。整个系统(包括 Access 数据库源文件 MDB 格式和可执行文件 MDE 格式)约需要 200 MB 的运行空间。

### 4.2 RGDSS 应用情况

本系统已成功地应用于铁路部门的几个具体的工程实例, 并取得较好的效果。以渝怀线圆梁山隧道为例, 简要介绍 RGDSS 在工程中的应用情况, 其他具体应用情况有待另文详述。

渝怀线圆梁山隧道的地质条件大致为: 沉积岩与浅变质岩地区, 岩溶发育, 中高山区, 岩石类型主要为沉积岩灰岩、砂岩及泥、页岩等, 地质构造主要有断层、向斜, 地下水为构造裂隙水和岩溶水, 属局部覆盖区。需解决的工程地质问题主要有: 地下水、岩性、断层、地下暗河、岩溶水及岩溶发育带等。

针对以上具体的工程地质条件及问题, RGDSS 共推荐了 5 种相关的综合勘探方法模式, 适用级别分别为“非常适用”和“比较适用”, 分别解决以上的各类工程地质问题。系统推荐的工程实例主要为: (1) 朔黄线长梁山隧道地质综合勘探; (2) 衡广复线南岭隧道地质综合勘探等。其中前者解决的工程地质问题主要有: 裸露断层、岩性界面、地下水、覆盖层等, 勘探方法有电剖面法、地震折射波法、各

类测井以及钻探等; 后者解决的工程地质问题主要有: 地下暗河通道和测定地下水流速、流向, 其相应的勘探方法为地质调绘、充电法、自然电场法、电剖面法及钻探等。长梁山隧道中的具体工程地质问题——断层、岩性及地下水等和南岭隧道中的岩溶地下暗河通道都是极有针对性地对应用于圆梁山隧道勘探中所出现的问题。因此, 系统推荐的以上两个实例的参考指导意义是很好的。此外, 本系统为广大铁路工程地质人员, 特别是缺乏实践经验的青年技术人员, 提供了应用地质综合勘探技术的专家经验和计算机工具, 对于进一步推广地质综合勘探, 促进铁路勘测设计计算机一体化的发展具有重要意义。

## 5 结 论

铁路地质综合勘探方法的专家决策支持系统(RGDSS)是为了提高地质综合勘探技术的应用水平, 辅助用户进行最佳综合地质勘探方法的决策, 为用户迅速方便地提供各种有用的信息, 并根据用户提供的信息, 进行推理判断, 推荐最适合的模式而开发的实用软件系统。本文研究表明, 如何根据最基本的地质综合勘探的需求分析, 选择适合的系统开发工具、设计出满足决策推理的数据库结构, 是系统开发过程中最为重要的问题。当然, 决策支持系统作为人工智能是目前发展最快的分支之一, 其本身的理论与方法也仍在发展之中, 加之本文中所述的 RGDSS 也只是初步的研究, 因此, 面对自然界如此纷繁复杂的工程地质现象, 该系统解决具体复杂问题的能力会有一定的限制, 为此, 作者正在进一步开发研究更有针对性的系统, 如铁路隧道综合物探方法智能决策支持系统。但作为决策支持的辅助工具, RGDSS 还是具有较大的实用意义的。**致谢** 本研究得到铁道部合同编号为 97G23-B 项目及中国科学院地质与地球物理研究所工程地质力学重点实验室的资助, 并得到王思敬院士的指导。同时, 本系统开发过程中参与研制与开发的有刘玉乾、潘瑞林、王多全、张 翰、王 洁等等, 在此一并表示谢意。

### 参 考 文 献

- 1 何振宁. 铁路地质工作中开展综合物探的体会[J]. 水文地质工程地质, 1982, 9(6): 49~52
- 2 杨志法. 系统科学在工程地质力学中的应用[A]. 见: 中国科学院地质研究所工程地质力学开放研究实验室 1992 年年报[C]. 北京: 地

- 震出版社, 1993, 127~136
- 3 夏元友, 朱瑞庚. 岩质边坡稳定性多人多层次模糊综合评价系统研究[J]. 工程地质学报, 1999, (3): 46~53
- 4 刘怡芬, 胡瑞林, 石建省等. 地质灾害预测防治智能决策系统设计与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997
- 5 陈文伟. 智能决策技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998
- 6 李昭原. 数据库技术新进展[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997
- 7 刘大安, 刘小佳, 袁宝远等. 地质灾害防治信息工程数据运筹技术[J]. 自然灾害学报, 2000, (1): 62~67
- 8 刘大安, 刘小佳. 地质工程监测信息系统开发[J]. 工程地质学报, 1997, (4): 351~357
- 9 杨志法, 刘大安, 刘英等. 关于综合地质信息系统的设计与应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(增): 1 226~1 229
- 10 黄运飞, 冯静. 计算工程地质学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1992
- 11 汪新庆, 刘刚, 韩志军等. 地质矿产点源数据库系统的模型库及其分类体系[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(2): 199~203

## DATABASE TECHNOLOGY OF DECISION SUPPORT OF SYNTHETIC EXPLORATION-ORIENTED METHODS

Wu Hong<sup>1</sup>, Liu Da'an<sup>1</sup>, He Zhenning<sup>2</sup>, Tu Xinbing<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Geology and Geophysics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029 China)

(<sup>2</sup> China Railway Engineering Corporation, Beijing 100844 China)

**Abstract** It is necessary to build decision support system(DSS) of the synthetic exploration methods in the engineering geology because choosing methods in this area is highly reliant on the experience of experts. The development and application of database(DB) in the process of developing RGDSS is emphatically introduced. Through the analysis of DSS and DB, the importance of DB for developing DSS is understood, so the decision support-oriented DB of engineering examples for the synthetic geological exploration methods is firstly developed. The practical studies and applications show that it is feasible to develop a decision support system using object-oriented database management system.

**Key words** decision support system, synthetic exploration methods, database development

### 新书简介

《土木工程监测技术》一书由夏才初、潘国荣等编著, 中国建筑工业出版社 2001 年出版, 全书 308 页, 共十章, 内容包括监测技术基础知识、建筑工程、基坑工程、岩石隧道工程、软土隧道工程(盾构、顶管等)、道路工程、边坡工程等的施工监测和长期监测, 以及地质雷达技术在土木工程中的应用。详细介绍各种监测项目的原理、方法、仪器仪表、测点布设技术以及各种土木工程的监测要求。重点论述了各种土木工程中所需进行的监测项目的确定、监测手段的选择、仪器仪表量程和精度的确定、监测频度和预警值的确定, 以及预警制度等监测规划大纲制订中的重要技巧。既体现有关标准、规程和规范, 也融入大量的最新科研成果和经验资料。

本书是从事土木工程监测、设计、监理、施工等科技人员的重要工具书, 也可作为土木工程相关专业研究生和本科生的教材。定价 25 元, 欲购者可与夏才初联系(联系地址: 上海市同济大学地下建筑与工程系, 邮编: 200092, 手机: 13601726265)。