

## GKPX 交互式固体矿产勘查微机评价系统

李超岭 邱丽华  
(福建省区域地质调查队·三明市)

A

着重介绍了 GKPX 交互式固体矿产勘查微机评价系统的主要技术方法和各系统子模块的功能及实现。该系统通过 C 语言与数据库文件的实时数据处理的自动成图技术,开发了丰富的、满足精度要求的储量计算有关勘探图件,以高效先进的文件流管理方式,成功地实现了固体矿产勘查评价的计算机化。

关键词 矿产勘查评价 人机交互 计算机绘图 文件流



工作方法

各种资料和测试数据的大量积累、大量综合图件的编制及繁重的储量计算,是每个大、中型矿区都会遇到的问题,往往在有限时间里,难以达到预期的目的。固体矿产勘查微机评价系统,是要从根本上解决矿区这一瓶颈问题。目前国内已有这方面的软件,但多数软件没有提供与储量计算配套并可供生产使用的计算机图件,因而使储量计算操作十分复杂,缺乏勘探数据的可视性,其可靠性和实用性也大大降低。开发适合矿区勘查评价的交互式储量计算系统是本系统软件开发的目标。

GKPX 交互式固体矿产勘查微机评价系统是结合实际生产过程开发研制的一套来源于生产、应用于生产、适合矿区固体矿产勘查评价全过程的计算机系统软件。通过 C 语言与数据库文件的实时数据处理的自动成图技术,开发了丰富的、满足精度要求的储量计算有关勘探图件,以高效先进的文件流管理方式,成功地实现了固体矿产勘查评价的计算机化。

## 1 数据标准化

储量计算的计算机化是建立在矿区数据库之上的。而数据标准化又是数据库系统最根本性的基础工作。数据标准化有两个主要作用,一是使原来那些在形式上不统一、内容上不严谨、不规范的资料按照统一的标准转化为在格式和内容上均符合统一要求的数据,保证了建立数据库和信息交换的顺利进行;二是促进了各项工作规范的制定和执行,有利于强化管理工作。所以,数据标准化工作和各项工作规范必然是紧密联系在一起。根据这一情况,采用地矿部有关地质编录标准化基本表格及其相应的关系数据模式作为本系统地质编录数据的标准化,保证了矿区基本数据的标准化及软件接口的一致性。

## 2 系统结构设计

固体矿产勘查评价工作就是要查明矿床的规模和质量,指出矿在哪里?有多少?即要查明矿床中矿体赋存形态、可采边界形态、矿体各部分矿石质量、伴生有益组分的分布、有害组分的分布特点、矿石量、金属量。这项工作在不同的勘查阶段要求不同,但工作流程大体相似。

本文 1994 年 2 月收到,6 月改回,于纯烈编辑。

储量计算的过程实质就是依据矿床勘查所获得的数据对矿床进行综合研究,并根据所给工业指标对矿床进行定量评价的过程,信息处理具体有以下特点:

- (1)信息种类多、综合性强。
- (2)数字型信息有观测值、规定值、中间值、成果值,关联性强。
- (3)一个矿区有几十甚至上百个工程,一个工程有数个至上百件样品,一件样品有单项或多项化学分析结果,并有坐标、长度、矿种等多项说明其特征的数据。点、线、面构成的数据关系结构复杂。
- (4)图形是勘探成果的重要表现形式和不可缺少的内容。

(5)在储量计算过程中,有相当多的环节(如单工程矿体圈定、矿体连接、块段划分、储量计算参数等)都需要地质人员根据所获得的信息,运用知识和经验,经过大量综合归纳、推理判断来完成的,具有较强的人工智能性。

根据上述特点,本系统在逻辑结构设计中,坚持了数据流程与地质工作的实际流程保持一致的原则,把矿区地质人员的综合、归纳、推理判断的逻辑思维和成果与计算机处理的特点很好地结合在一起,做到相互渗透。通过软接口的设计和构造,使地质人员参与计算机化的储量计算过程不仅感到轻车熟路,而又能体会到现代科学技术所带来的效率和效益。由于采用自动文件流的技术特点,避免了一般软件需要形成大量中间文本文件的过程而给操作带来的复杂性。下述的逻辑设计和物理设计的特点反映了这一主导思想。

## 2.1 系统逻辑结构

GKPX 系统的数据流图基本上反映了本系统的逻辑模型。

从数据流图可以看出,数据库是系统重要组成部分,它包括了基本原始数据库、系统原型库及通过控制参数库而形成的矿区原型库和在运行中产生的目标库。系统原型库、

矿区原型库和目标库是紧密相联的,它是在储量计算 E-R 分析基础上,进行抽象和综合的成果,是逻辑设计的一个重要组成部分。根据储量计算 E-R 分析,可得出:

(1)从单工程矿体圈定到矿体连接这阶段的信息处理是以线为单位的,即 1 条勘探线上有几个勘探工程是 1 对  $n$  的关系,这一特点决定了基础数据存放路径和与矿体连接有关关系数据结构的特点。

(2)矿体连接后的储量计算是以矿体为单位的。1 个矿体可以涉及 1 条或若干条勘探线及相关的勘探工程,这一特点决定了涉及矿体储量计算数据路径和其关系数据结构的特点。

## 2.2 系统物理结构

投资及费用、系统的性能要求、系统的工作负荷及约束条件是影响物理系统设计的基本因素。在一定的投资范围内,设计出能够承担逻辑系统确定的工作负荷、满足环境及其他约束条件的性能最佳等的物理系统是物理设计的原则。

选取一个最适合应用的物理结构,必须通过得当的技术处理才能达到。在本系统的研制中,我们的重点是矿区数据库的物理设计,这是因为所有的操作都是在矿区数据库之上进行的,综合储量计算数据流图的特点及信息要求的分析,所采取的技术途径有以下两个:

### (1)存取路径结构的确定

矿区一级目录:存放矿区原型库、控制参数库及矿体目标库;

矿区二级目录:以线为矿区二级目录名,按线存放各勘探工程基本原始数据库及单工程目标库和各线矿体连接库。

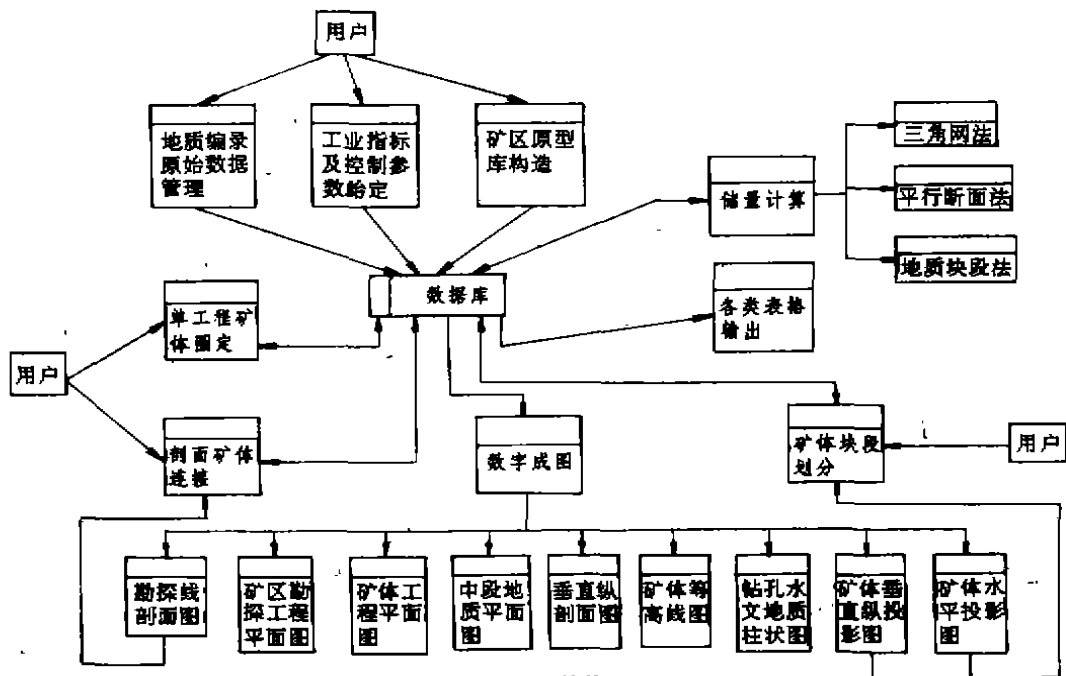
### (2)文件流结构的确定

勘探工程种类多、信息量大、在数据关系模式分析阶段,由关系模式转换为一致的内部数据模型时,注意到以下特点:化学分析样品是以勘探工程为基本单位,矿体连接是以

剖面线为基本单位,矿区储量计算是以矿体为基本单位。为使系统有效地使用计算机资源,尤其是时间和空间的效率,因此采用了文件流管理技术,在系统原型库到矿区原型库

直至目标库的转换过程中,把部分关系模式中主码提取作为该关系模式的文件名,其后的操作都是以这些基本单位进行操作的。

通过存取路径和文件流结构的设计,在



GKPx 系统数据流程图

加载运行考核中,对系统物理设计的 2 个重要指标即时间和空间上的效率都是令人满意的。如绘制 1 张勘探线剖面图,18 个钻孔,累计孔深 11396m,约 8000 件样品,2 个坑探工程,剖面图上约 60 个矿体,实时计算处理成图在屏幕上约 3~4min,HP 绘图仪输出 20min(主要是绘制时间)。

### 3 系统模块设计

本系统储量计算方法以平行断面法作为主要研制目标,同时也开发研制了三角形块段法、地质块段法,它们可使用同一套原始数据文件。三角形块段法可方便快速地计算出矿体的储量,基本上不需任何人工干预;地质块段法与平行断面法可以选择使用同样的块段划分数据。

采用模拟弹出、下拉式、光棒移动式等菜单技术构成了本系统菜单风格,具容错性,提

供了良好的用户界面和软件包装,易于矿区人员使用和掌握。同时系统集成化程度高,各模块既可单独执行,又可系统调用。

#### 3.1 原始数据管理模块

本系统采用文件流的方式,对原始数据进行管理,即以工程为单位建立各类数据库文件,这样减少系统对原始数据的检索、转换工作,也有利于用户对原始数据进行管理,特别是对大型矿区,当勘探工程数及采样数较大时,其效率将明显提高。根据以上对系统结构的分析,剖面线上有关的勘探工程原始数据库文件存放在以剖面线为子目录名的路径下,系统自动根据文件存取路径进行读写操作,提高了系统的工作效率。

系统原始数据管理模块,采用目前通用的关系数据库管理系统 FoxBASE 为运行环境,通过对 FoxBASE 提供的命令编程,采用下拉式菜单进行操作,实现了对原始数据进

行录入、修改、整理、查错等功能。对各类数据文件,按系统设计的存取路径自动进行存贮。

### 3.2 系统初始化模块

系统初始化是系统正常运行的基础,对不同工业指标、不同矿区、不同基本化学分析组分及分析元素个数,通过初始化系统会自动由系统原型库形成相应的矿区原型库。

矿区代码设置:该代码是识别矿区原型库的一种标志。一旦矿区代码给定,在其后的操作和运行过程中生成矿区原型库及目标库的文件名后缀均由该矿区代码作为后缀。因此对同一套原始数据而需要采用不同工业指标进行储量计算时,可以通过矿区代码的设定及工业指标库的改变即可实现在同一路径对相同矿区不同工业指标方案的计算,而形成的矿区原型库和目标库是相互独立的。系统初始化实质上是在系统原型库的基础上,按照化学基本定义的元素(为单成分也可能是多成分)及按照储量计算的要求,动态地在数据结构中加上所需的分析项目的数据项,而成为一个具有完整数据结构的矿区原型库。

### 3.3 单工程矿体圈定模块

单工程矿体圈定是矿产工业要求在储量计算中的最基本的体现,根据给定的工业指标及矿体圈定控制参数,圈定单工程中不同矿石类型、不同工业品级的矿体边界。因此在储量计算过程中,单工程矿体圈定是最重要的环节,其他工作都是在此基础上进行的。其结果正确与否将直接影响全矿区的储量计算质量。系统可选择单个工程或对剖面上所有工程进行矿体圈定。参加圈定的主要组分及有害组分允许多个,可根据控制参数调整矿体边界“穿鞋带帽”的厚度。

由于程序自动进行的单工程矿体圈定,难于满足矿区的特殊要求,特别是在剖面图上进行矿体连接后,从矿体整体来考虑,需要修改部分矿体的边界,因此采用人机交互方式,对单工程圈定结果进行修改(合并、穿鞋

带帽、删除、增加),并实时在屏幕上显示修改结果,直到满足矿区要求为止。

### 3.4 剖面矿体面积计算模块

剖面矿体连接是在高精度剖面图的基础上进行的,而编制精度高的剖面图又是整个工作中工作量最大、耗费时间最多的一道工序。如果一个计算机系统不能改变这一环节的手工操作的现状,即使在往后的工序中有很高的自动化程度,该系统对提高整个固体矿产勘查工作的效率也是相当有限的。因此,在计算机上怎样实现矿体连接及采取怎样的技术路线,实质上是把储量计算从手工操作解放出来的基础和关键。

矿体的数目、形态、大小、空间位置等基本性质是地质人员的经验知识通过对矿床地质特点、工业部门要求等综合研究成果的表现形式。这种大量从定性资料综合分析的成果采取计算机完全自动矿体连接,现阶段是不能现实的。下面要讨论的问题不是矿体连接的本身,而是怎样把地质人员的矿体连接的结果转化为计算机可接受的代码上。

一个矿体整体形态是根据单工程矿体圈定的结果在相邻工程之间矿段的直线连接,它们是构成整个矿体的最小单位。根据这个最小单位的形态,定义一套专门格式,给不同形态面积赋予不同面积代码,在单工程圈定输出的表格上,结合剖面图,在工程的各个矿段上确定左、右或上、下邻面积编号,显然相同的面积编号就是矿体连接的最小单位和连接条件。这种方式可以很方便地把地质人员矿体连接的结果转化为计算机输入格式,实际上此过程是计算机模拟手工矿体连接的过程,因而地质人员可以很快地接受和掌握这个方法。

本系统根据工程之间的关系,把工程和面积形态结合在一起,划分出 20 种类型的面积形态代码。矿体面积编号=面积形态代码+编号;编号:本系统不做硬性规定,但通常采用左边工程编号尾数+矿体编号,这样对

每一个面积编号在剖面上都具唯一性,而且具有坐标含义,可以很快地在图上查到该面积编号所处的位置。矿体面积中的夹石,系统会根据矿段之间的关系,找出相应坐标并按等比及外推相邻工程一半距离进行处理,不需人工干预或再定义。

将剖面的矿体面积编码表填写后,就可输入计算机,系统就能输出含有矿体连接信息的剖面图,该图可直观地显示矿体连接情况。这种用图一表一图的技术实现了矿体连接的计算机代码化,不仅能够不失真地反映矿区综合研究成果,而且为面积、品位计算精度提供了保证。该方法成功地把手工矿体连接与计算机的特点结合在一起,是勘探数据处理可视化的重要方法,为储量计算的计算机化迈出了极为关键的一步。

### 3.5 矿体储量计算模块

块段划分是矿区根据矿体在空间分布的形态按照一定的储量级别和块段划分原则进行的。本系统首先为矿区提供矿体在空间分布的水平投影图,图中包括了矿体在每个工程上的见矿厚度、层数等,供用户进行手工块段划分。而块段编码定义是指把人工块段划分的结果,按照一定的要求进行计算机代码化的过程。

当勘探网确定之后,矿体的分布与几何形状决定了钻孔内见矿段的空间位置及其相互连通的关系。反之,在一定勘探网下,各工程见矿段的空间位置及其相互连通关系又体现了矿体的分布与几何形状,而且这些工程是组成矿体最小块段的结点。块段端面所处的位置有以下几种情况:

(1)结点在工程上,其结点编码就是该工程编号,如 ZK1101。

(2)如果结点是某一工程沿线线上方向的外推则往左方向上的外推在其工程编号之前加“-”,如 -ZK1101,如果往右方向的外推则在其工程编号之前加“+”,如 +ZK1101。

(3)如果一端的块段断面是以点或以线在线间方向上的外推,则沿线间的上方外推为“外推+”,沿线间的下方外推为“外推-”。

(4)外推距离均可由人工给定。

(5)块段号一般是储量级别加序号构成,如 D5。

矿区人员可根据系统提供的各矿体工程水平投影图按储量级别和块段划分原则进行块段划分。通过块段编码的定义,及该模块提供块段代码化人机交互界面,可方便自如地进行块段编码录入。并能迅速地通过屏幕输出各矿体块段划分情况。这种图一表一图技术实现了块段划分计算的代码化,提高了数据的可视性。由于工程都有绝对精确坐标,因而各块段的端面合并面积计算不仅自动化程度高,而且保证了储量计算的准确性。

### 3.6 储量汇总计算模块

自动形成全矿区的矿体编码库。自动将各矿体按块段的不同储量级别的体积、品位、矿石量、金属量分别统计汇总入库。

该模块可根据矿区原型库自动转化为相应的目标库,汇总库独立性好,可保证信息更新唯一性。

### 3.7 制表模块

模块可输出 18 种有关储量计算表格和 12 种原始数据表格;有些表格是人机交互的介质,如矿体连接、块面划分等;该模块可对同一数据库按阶段输出,保证了更新一致性和计算同步性;程序可根据基本化学分析指标的个数自动生成单成分或多成分相应的表格;自动生成相应矿区名称的表头和制表日期。表格内容丰富,除了提供储量计算成果表格外,还提供了储量计算过程包括各种坐标的有关表格,这些表格反映了数据之间的因果关系、完整成套,可为用户、主管部门或储委作为检查储量计算过程的依据。

### 3.8 绘图模块

实现丰富的,可应用于生产和满足矿区要求及在实际工作中工作量最大、耗时最多

的与储量计算有关的重要勘探图件的绘制是本系统的最大特点。实际上,它是评价系统的自动化程度与水平的一种尺度。本系统抛弃了一般软件需借助 Auto CAD 及类似的辅助软件才能成图的方法,采用 C 和数据库的实时处理进行自动成图,确保了成图精度和自动化。本系统实现了以下勘探图件的绘制:(1)矿区勘探工程平面图;(2)勘探线剖面图;(3)矿体工程水平投影图;(4)矿体工程垂直纵投影图;(5)矿体水平投影图;(6)矿体垂直纵投影图;(7)矿体顶、中、底板等高线图;(8)中段图;(9)垂直纵剖面图;(10)钻孔水文地质柱状图;(11)矿区钻孔三角网络图;(12)三角形块段储量计算结果图。

系统图形软件输出接口丰富,所有图形除实时可在屏幕和 8 种绘图仪输出外,通过图形文件可在约 100 多种打印机、绘图仪、激光印字机等外设上输出。图件比例尺可由用户任意给定,图面修饰规范化和自动化,用户不需介入。操作界面简单,易于使用。上述图件的绘制涉及的工程、数据类型、信息多而复杂,系统根据原型库的设计技术自动实现各文件的直接读写操作,进行实时绘图输出。勘探数据可视化、储量计算的精度和可靠性可在制图过程中得到充分反映。人机交互界面录入的数据可以迅即在屏幕上显示或通过不同外设输出。由于图形的输出是依赖于相应的数据库基础之上进行的,用户发现错误和需要修改时可以很快地通过数据库在相应的位置进行修改,数据的这种可视性大大加强了系统与用户界面的透明度。

#### 4 结语

本课题在配合我国特大型铜(金)矿区铜矿详查、金矿详查及铜矿勘探设计的生产过程中,经历了实际生产应用中的开发、完善、提高、检验的逐步加深研究的综合过程。1993 年 9 月由国家储量管理局、地矿部高咨中心、北京科技大学、福建地矿局等有关部门的专家,对该系统进行了评审鉴定,一致认为该系统“经受了生产实践的考验,以其出色的成果证实了自己的实用性,与目前国内同类软件相比较,更易于地质人员所接受,达到了国内先进水平”。

随着现代化水平的提高,社会对矿产资源的需求将愈来愈大,在时间上、技术上的要求也愈来愈高,因而把现代科学技术转化为生产力,直接为矿区详查、勘探服务,就更显得紧迫和重要,可以肯定地说,GKPX 交互式固体矿产勘查微机评价系统已从根本上向实现符合我国国情的固体矿产勘查计算机化迈出了重大一步。

本课题在研制过程中,得到了福建地质局、闽西地质大队矿区技术人员的支持,在此一并致谢。

#### 参考文献

- 1 查良琦,陈继宁,孙毅梅,沈介民.实用微型计算机图形学.北京:电子工业出版社,1990,81~109.
- 2 张海藩.软件工程导论.北京:清华大学出版社,1987,36~74,157~202.
- 3 侯德义.找矿勘探地质学.北京:地质出版社,1984.
- 4 成都地质学院,昆明工学院.找矿勘探学.北京:地质出版社,1980.

#### GKPX Interactive Computer Assist Evaluation System for Solid Mineral Exploration

Li Chaoling, Qiu Lihua

The paper presents the technical method of GKPX interaction computer assist evaluation system for solid mineral exploration and the function as well as the achievement of every modular system in this system. The plentiful, high precision mineral exploration maps concerning calculation of reserves can be draw by means of automatic mapping technology of combining C with database the computerization of solid mineral exploration is really realized through the management way of a striking effect file-stream.