

技术 · 方法

储量计算与勘探线剖面计算机辅助成图一体化

马小刚¹, 李伟忠¹, 吴冲龙^{1,2}, 张夏林¹

(1. 中国地质大学(武汉)资源学院国土资源信息系统研究所, 武汉 430074;

2 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430074)

摘 要 引入关系数据库和 GIS 自动编图技术,改进传统的垂直断面法储量计算过程,可实现矿山储量计算和勘探线剖面计算机辅助成图的同步和一体化。在共用的矿山地矿信息点源数据库平台基础上,通过设置本地数据库,形成 GIS 操作时的外挂属性库,用来保存储量计算和机助成图过程中的动态数据。储量计算中的每一步骤中,用户以 GIS 为操作界面来同步实现对空间图元和外挂属性的操作,这其中对工程样段组合、矿体边界圈连和剖面制图综合等开发了大量自动化辅助功能。储量计算的各步完成后,勘探线剖面图和储量报表即同步生成。这种改进的工作方式实现了垂直断面法全过程的计算机辅助化,将提高这一传统方法的应用效率。

关键词 垂直断面法 本地数据库 机助成图 同步实施

中图分类号 P628 **文献标识码** A **文章编号** 0495-5331(2008)02-0073-04

1 对传统计算过程的分析

垂直断面法是我国固体矿山在勘查和开采阶段都普遍采用的一种储量计算方法,传统的计算过程中多采用手工操作,即:沿勘探线做垂直剖面并标出勘探线上的钻孔及其取样品位;根据给定的工业指标进行矿体圈定;求取每个断面上的矿石面积和平均品位;剖面间圈定矿体并计算平均品位和体积;计算矿体储量并汇总^[1]。由于数据处理量大,有很多研究人员引入了数据库和 CAD^[2,3],并开发出了相应的处理软件^[4],来改善手工计算过程、提高处理效率。但部分软件开发完成于 20 世纪 80 年代末到 90 年代初,属于 DOS 程序风格的软件,在当前实际应用中已经受到一定局限。20 世纪 90 年代末以来,国外的矿山信息化软件纷纷进入中国,这些软件中实现了先进的克里格储量计算方法,并且与三维 GIS 很好的结合起来^[5,6],但其计算过程需要详细的勘查资料,同时其应用流程、成果分类等也还需要二次开发以符合中国国情。由此可见,自主开发一套符合国内矿山技术人员操作习惯的储量计算软件很有必要。这套软件应该具有如下特点:功能点精简,优化传统方法的计算过程;图形和报表结合,使剖面成图和储量计算过程一体化;遵循国家标准和行业标准,使储量计算成果符合最新的分类规范。

2 工作基础与设计思路

2.1 以主题式点源数据库为基础

文章的研发工作源于紫金矿业集团与地大国土资源信息系统研究所合作的“紫金山矿区点源数据库及三维可视化系统”项目,该项目的核心和基础就是建立矿区的地矿点源信息数据库^[7]。点源数据库采用的是主题数据库的开发方式,以数据管理为核心,参照国家和行业标准,建立数据库的标准体系;采用对象关系数据库技术,统一存储属性数据和空间数据^[8];兼顾矿山的当前与未来需求,建立与各种业务主题相关联的数据库。与矿山有关的测绘、地质、物探、化探、遥感、试验、工程条件、水文条件、环境条件、生产条件等数据和资料都统一存储在点源数据库中,成为矿山地质勘查、开采设计和生产管理工作信息化的共用地质数据平台。为专题功能应用提供内容完备、逻辑清晰、编码规范、运行流畅的数据支持。前端的图形处理和储量计算开发平台采用 GeoV iew^[9,10],这是我国拥有自主知识产权的地学信息软件,其主体功能直接面向地矿领域。以上工作为储量计算与垂直断面成图一体化的研究打下了良好的工作基础。

2.2 储量计算数据处理的总体思路

点源数据库中存储的数据来源于矿山勘查和生产开采,数据整理入库后,成为各专题应用的共用数

[收稿日期] 2007-01-22; [修订日期] 2007-03-26。

[基金项目] 校企联合科研攻关项目资助。

[第一作者简介] 马小刚(1980年—),男,2002年毕业于中国地质大学,获学士学位,在读博士生,现主要从事国土资源信息研究与开发工作。

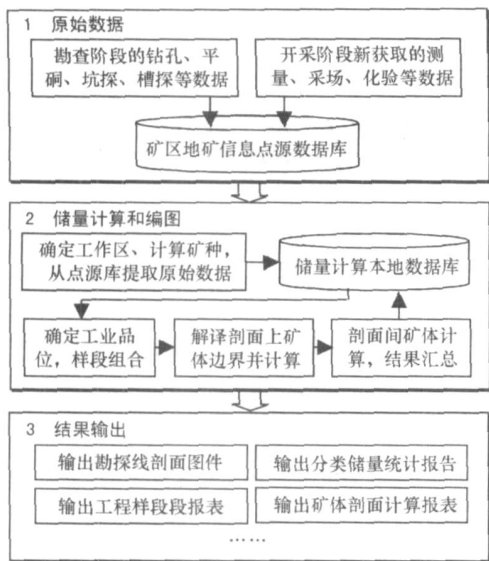


图 1 储量计算功能开发总体设计思路

据平台,为确保其准确性和稳定性,数据内容不得改动。而储量计算是矿山地质和技术部门的主要工作之一,会随着勘查阶段的推进和资料的丰富而进行多轮次的计算,具有动态的特点。因此考虑设置专供储量计算应用的本地数据库(图 1),它从点源数据库中提取储量计算所需的钻探和坑探等原始采样数据以供储量计算。在计算过程中,对图形和属性的处理同步进行,每一步骤直接和本地数据库发生数据交换,在计算完成后,图形也编辑完成,只需配置对应的图框和图签即可输出,报表输出模块直接从本地数据库中读取数据,按格式输出到 Word 或 Excel 中。采用本地数据库的方式一方面降低对共用数据平台的过多读写,避免误操作;另一方面满足储量计算过程中数据反复读写对数据库响应效率的要求。

3 储量计算与辅助成图一体化处理过程

3.1 计算过程的模块划分

垂直断面法在计算原理上相对简单,但如果要提高操作速度,需要开发许多对应的功能模块。依照传统方法的流程,我们将计算过程分为矿区信息与计算参数设置、断面上单工程样段圈定与计算、断面上矿体边界连接与计算、断面间块段组合与计算、图形和统计报表输出等几个模块(图 2)。传统的计算过程中,由于图纸和报表的分离,计算过程中的每一个阶段都要生成阶段工作底图,然后结合属性报表在底图上操作,阶段工作成果还要再次清绘为图形和整理成报表才能进入下一工作步骤。针对以上问题,我们在开发中实现了全过程的计算机辅助化,所有的工作都在计算机上完成,各模块提供如下功

能:对操作繁琐的工序如原始工程样品图形清绘,提供全自动的辅助工具;对需要人机交互的步骤如工程样段圈定,断面矿体圈定,提供全自动与半自动结合的辅助工具;以断面图为可视化操作界面,程序自动对本地数据库读写记录;通过制图综合功能直接生成符合标准的图件,通过统计报表功能生成符合版式的各类报表。

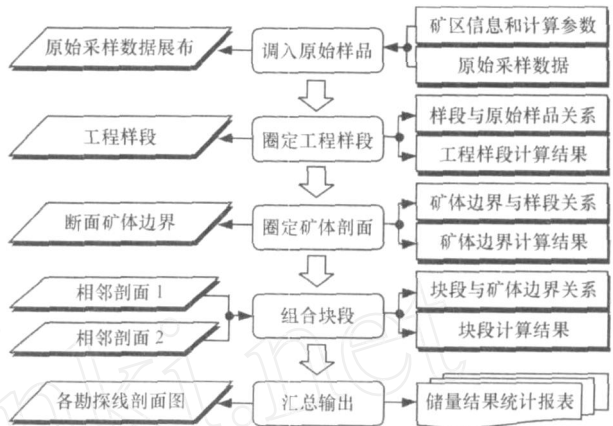


图 2 储量计算与辅助成图一体化过程

3.2 储量计算与辅助成图的同步实现

设计的各模块功能采用国产 GIS 软件 GeoView 做二次开发。与一般的 GIS 软件相同,GeoView 对空间数据操作时,每一个图层都附带对应的属性结构并随图层一同存储,如原始采样数据层、工程样段层、断面矿体边界层等,但这种随图层保存的属性信息难以满足储量计算的要求,因为储量计算中除了需要原始采样数据,工程样段数据和矿体断面边界数据外,还需要这些数据之间的相互关系(图 3)。因此考虑设置单独的本地属性数据库,利用关系数据库的数据管理可以完全满足储量计算读写数据的需求。在储量计算各步骤操作时,属性数据库用外挂的形式和空间数据交互,同时在空间数据的各个图层中设置简单的属性结构,通过编写程序,满足图层上的图元和关联的外挂属性数据表中的记录一一对应即可。这样就可可在各步骤中同步完成储量计算和图形编辑。如图 2 所示,确定矿区信息和计算对象、工业品位等参数后,程序即将原始采样的样品编号、工程编号、空间位置、化验值等信息从点源数据库的不同表中读出并写入到本地的原始采样数据表。选择一个勘探线,在空间数据的原始采样数据展布层中绘出该剖面上所有原始样品,在图层上显示的样品图元根据其长度、品位值等自动赋以相应的图例,并显示其长度值和品位值。下一步是圈定工程样段,用户同时操作原始采样数据层和工程样

段层,在新加、删除一个工程样段图元时,程序自动根据图上圈定的原始样品和工程样段的关系去读原始采样数据表,计算工程样段的长度、品位等属性,最后把工程样段和原始样品关系、工程样段计算结果等写入到外挂的本地数据库中。圈定矿体剖面 and 组合块段的操作原理与圈定工程样段相同,只是在组合块段时,系统同时对相邻的两个剖面操作。通过以上各步完成所有勘探线的数据处理和组合块段计算后,在汇总输出模块中组合各图层,经过制图综合生成勘探线剖面图件;报表输出功能按选择直接读取本地数据库,生成勘查工程原始采样数据和工程样段计算表、矿体剖面面积及平均品位计算表、矿体内块段储量分类别汇总表、矿区内矿体储量分类汇总表等各种报表。

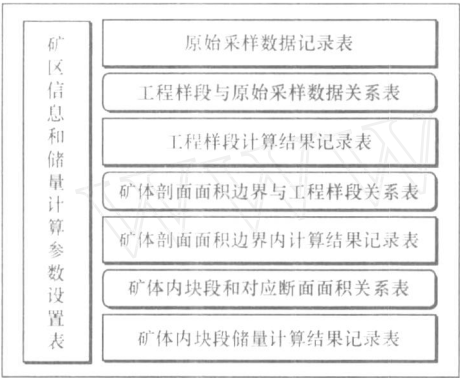


图 3 储量计算过程中的关系模式和表集结构

4 开发中的技术难点和解决方案

4.1 本地数据库中对关系模式与专题应用的协调

在关系数据库中,关系模式的规范化过程是通过分解来实现的。把低一级的关系模式分解为若干个高一级的关系模式,让一个关系描述一个概念、一个实体或者实体间的一种联系。以解决插入、删除异常、修改复杂、数据冗余等毛病^[11]。在储量计算本地数据库中,根据计算过程中的“原始样品 工程样段 断面矿体边界 矿体内块段”这一数据流程,设置了对应的关系模式结构和表集(图 3)。但是在实际操作中发现,如果严格的把关系模式分解到第三范式或第四范式,在一些需要对多表操作的功能中需要编写繁琐的程序才能完成一个专题应用功能,因此对一些表的字段组合做了改动,适当增加了冗余,并制定了对应的专题视图,简化了数据处理的程序。可见,在关系数据库具体应用中,并不是规范化程度越高,数据模式就越好,而必须结合应用环境和具体情况合理地选择数

据库模式。

4.2 操作空间数据的计算机辅助手段

在“原始样品 工程样段 断面矿体边界 矿体内块段”这一数据处理流程中,由于数据处理量大、需要专家知识判断等而一直需要手工操作,难以提高处理效率。对此作者采用了多种方法,让计算机完成繁重的数据批处理工作,对需要用户交互操作的部分,提供大量的辅助工具支持。对原始样品可直接按属性设置颜色、长度、标注等,然后全自动展布到原始样品图层。对工程样段圈定提供全自动与半自动相结合的方法^[12],在圈定多个原始样品后,程序立即在图层上动态显示其长度和加权品位以辅助用户判断。对断面矿体边界的圈定,系统提供端点捕捉和自动拓扑连接,边界外推时根据其属性值提供半自动辅助控制,提高了制图效率(图 4)。在不同勘探线间组合矿体内块段时,同时调入两个勘探线剖面交互处理。通过以上难点的解决,使各个操作步骤都在计算机上得到了辅助支持,提高了储量计算各模块的数据处理效率。

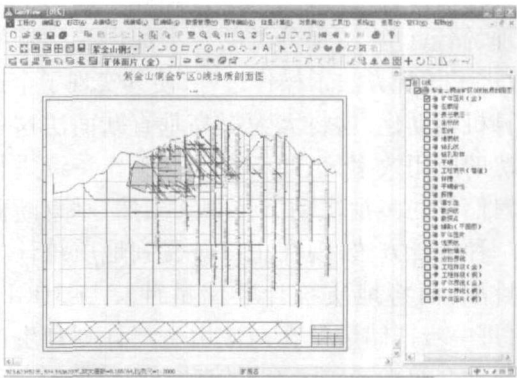


图 4 勘探线剖面图成果实例

勘探线编号	储量分带	平均品位(g/t)	矿石量(t)	金属量(kg)
3528240000000000	121	1.29	319402	412.782
	121b	0.89	74088	66.472
	122	1.53	72082	110.301
	122b	1.72	243587	419.247
	111b	1.79	557527	998.968
	282	1.45	25888	39.794
	251b	2.05	34436	70.942
	总计	1.59	1329732	2118.506

图 5 储量计算结果报表实例

4.3 储量计算结果的分类标准

新的《固体矿产资源/储量分类》国家标准已经颁布实施,它改变了沿用多年的“ABCD”、“表内”和

“表外 等分类方法,代之以用“EFG”组合即“经济意义 (Economic Viability),可行性研究 (Feasibility Assessment),地质可靠程度 (Geological Assurance)”来构成分类标准,以逐步达到与国际接轨^[13,14]。储量计算的结果必须要依照新的标准分类才能提交报告,各级地矿管理部门已对此提出了严格的要求。在我们的开发的功能模块中均按照新的分类标准对储量计算结果编码(图5)。最后生成的储量报表也依照《固体矿产勘查 矿山闭坑地质报告编写规范》行业标准来执行。确保了生成的储量报告符合国家和行业规范。

5 结论

文章的研究以地矿信息点源数据库为基础,通过设置本地数据库作为数据处理载体,实现了勘探线剖面成图与垂直断面法储量计算的同步。在每一步骤中,以空间数据为操作对象,同步实现对外挂属性数据库的操作,储量计算各步骤完成后即可输出勘探线剖面图件和储量报表。通过对本地关系数据库的合理设计、计算机辅助全自动和半自动空间图形处理、储量计算结果分类的标准编码等问题的解决,改进了传统方法的操作过程,使其实现了全过程的计算机辅助化,这将大大提高垂直断面法这一传统方法的应用效率,也便于在勘探工作持续进行过程中对储量的多批次动态计算。当然,垂直断面法作为一种传统方法,现在正日益受到地质统计学方法的挑战,而将地质统计学储量计算与3D GIS结合,可进一步把储量计算与矿山生产计划和生产管理直接结合起来。矿区地矿信息点源数据库所采用的主题数据库方式,使其能支持不同专题的应用功能开发,在其基础上对克里格法和3D GIS进行综合

研究,是需要继续进行的课题。

[参考文献]

- [1] 赵鹏大. 矿产勘查理论与方法 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2001
- [2] 沈步明,沈远超. 金属矿山地质数据库与地质统计学 [M]. 北京:科学出版社, 1994.
- [3] 骆中洲. 矿山系统工程及 CAD 技术 [M]. 北京:煤炭工业出版社, 1997.
- [4] 国土资源部储量司. 矿产资源储量计算方法汇编 [M]. 北京:地质出版社, 2000.
- [5] 罗周全,刘晓明,吴亚斌,等. 地质统计学在多金属矿床储量计算中的应用研究 [J]. 地质与勘探, 2007, 43 (3): 83 - 87.
- [6] 邓明国,李文昌,秦德先,等. 克立格方法在个旧矿区芦塘坝 10 - 9号矿体储量计算中的应用 [J]. 地质与勘探, 2006, 42 (6): 67 - 70.
- [7] 吴冲龙,汪新庆,刘刚,等. 地质矿产点源信息系统设计原理与应用 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996.
- [8] 吴冲龙,刘刚. 中国“数学国土”工程的方法论研究 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2002, 27 (5) 605 - 609.
- [9] Wu C L, Liu G, Tian Y P, et al GeoView: a computer-aided system for informatization of geological and mineral resources survey and exploration works [A]. Proceedings of AMG '05: GIS and Spatial Analysis [C], Toronto, Canada, 2005. pp. 958 - 963.
- [10] Zhang X L, Wu C L, Weng Z P, et al Using 3D GIS to Construct the Digital Mine of Zijinshan Deposit [A]. Proceedings of AMG '07: Geomathematics and GIS Analysis of Resources, Environment and Hazards [C], Beijing, China, 2007. pp. 334 - 338.
- [11] 萨师焯,王珊. 数据库系统概论 (第三版) [M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [12] 徐兵,马小刚,田宜平. 递归算法在单工程矿体边界圈定中的应用 [J]. 有色金属 (矿山部分), 2006, 58 (6): 21 - 24.
- [13] 张金带. 矿产储量与轴矿储量计算中几个问题的探讨 [J]. 负矿地质, 2000, 16 (3): 171 - 179.
- [14] 杨兵. 对我国新的矿产资源储量分类标准及其与国际接轨的点看法 [J]. 地质与勘探, 2004, 40 (1): 73 - 76.

INTEGRATION OF CALCULATION OF MINERAL RESERVES AND COMPUTER AIDED MAPPING OF VERTICAL SECTIONS

MA Xiao - gang¹, LI Wei - zhong¹, WU Chong - long^{1,2}, ZHANG Xia - lin¹

(1 Institute of Land and Resources Information System, Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract: Applying relational database and GIS auto - mapping to improve process of vertical section method in conventional mineral reserves calculation can achieve integration of reserves calculation and computer aided mapping of vertical sections. The working was based on the common point source database of mine geology and ore information. The local database was a smaller external database, which stored the dynamic data for GIS operating and attribute calculation. In the each step of the reserves calculation, with GIS as an operating interface, user can operate spatial data and external attribute data synchronously. Quite a few auto - techniques, such as combining of sample, joining and closing of ore body boundaries, and map generalization, are developed. Vertical section maps and of reserves calculation reports were formed together after the process was finished. This improved working approach realizes the computerized entire process of the vertical section method, and enhances the practical efficiency of this conventional method.

Key words: vertical section method, local database, computer aided mapping, synchronized implementation