

地质统计学及其在元江金矿的应用^①

燕永锋, 秦德先, 洪托, 夏既胜

(昆明理工大学矿产地质研究所, 云南昆明 650093)

摘要 在概述地质统计学研究现状的基础上, 系统介绍了由昆明理工大学矿产地质研究所开发研制的“矿床数学——经济模型”软件包各模块功能. 并以元江金矿为例, 说明了该软件包的实用性和先进性.

关键词: 地质统计学; 储量计算; 矿床模型

中图分类号: TD177.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2001)06-044-04

1 地质统计学的研究现状及其相应软件包编制的意义

地质统计学是近四十年来发展起来的一门新兴边缘交叉学科, 它主要是为解决矿床从普查勘探、矿山设计到矿山开采整个过程中各种储量计算和误差估计问题而发展起来的^[1]. 经过近四十年的发展, 建立了自己的理论基础和比较系统、完整的方法体系, 并编制了一套在当时可谓实际有效的软件包和程序库.

1977年, 我国开始引入地质统计学^[2], 受到广泛重视, 在少数大矿山(如德兴铜矿)进行了实践和应用, 并取得了很好的效果. 国内地质系统的一些科研院所及高校也进行了研究, 研制或购买了相应的软件包, 为地质统计学在我国的推广应用和软件包的编制积累了丰富的经验. 但是由于地质统计学涉及地学、数学、矿业工程、计算机等多个专业, 为多学科交叉领域^[3], 有一定的难度, 目前尚未在国内广泛推广应用. 另外, 在这近四十年的发展过程中, 计算机科学更是得到了突飞猛进的发展, 计算机技术已渗透到人们生活和社会生产的各个领域, 使得原来的计算机软件包显得越来越跟不上时代的步伐:

① 原来的软件包都是用基于DOS平台的称之为“第三代语言”的结构化编程语言(如FORTRAN、BASIC、C等)编制而成, 而在Windows成为计算机操作系统主流的今天, 面向对象编程的称之为模块化编程的第四代语言已成为软件开发的主流语言. 使用这种语言可以编制出操作更为简单和界面美观的软件.

② 在当今市场经济条件下, 人们对数据资料的检索和更新速度及其共享性提出更高的要求, 而随着数据库技术的发展, 各种新近开发的关系数据库管理系统不仅能满足以上要求, 而且, 为数据的安全性和完整性提供了保证.

③ 我国引进的地质统计学软件包和程序库, 都是英文界面, 使得矿山的工程技术人员在操作上有一定的语言障碍, 使它的推广应用受到限制.

④ 从国外引进的软件包没有结合中国国情, 局限于当时的计算机发展水平.

⑤ 制图模块不够灵活多样.

因此, 加强地质统计学的研究, 并编制一套操作简单、界面友好、易于普及和适合中国国情的地质统计学软件包, 对地质统计学在我国的推广应用和指导矿山生产有着十分重要的理论及现实意义.

针对上述情况, 昆明理工大学国土资源工程学院矿产地质研究所, 近年来在其它院校和科研院所工作的基础上, 吸收他人经验, 系统研究了地质统计学的原理和方法, 经过三年的艰苦努力, 终于成功编制出适合中国国情的“矿床数学——经济模型”软件包, 并在国内各大矿山进行了推广应用, 取得了可喜的成果.

① 收稿日期: 2000-12-18; 基金项目: 本文是云南省院省校科技合作项目“云南省黄金战略规划与增储研究”的部分成果;
第一作者简介: 燕永锋, 男, 1970年10月生, 博士. 研究方向: 矿业经济的教学和科研.

2 软件包模块功能简介及运行环境

2.1 功能简介

“矿床数学——经济模型”软件包是一种用于建立“矿床数学——经济模型”的综合软件包。它是在昆明理工大学秦德先教授的组织 and 指导下,在该校地质、采矿、数学及计算机等专业的教师参与和密切配合下,组成以作者为主的程序开发小组,经过三年艰苦努力研制而成。该软件包以 Windows 95 (或 Windows 98、Windows NT)为操作平台,采用目前流行的 Access 数据库,以先进的可视化编程语言 Visual Basic 5.0 为开发工具,结合矿山生产实际开发而成。

与国内外目前同类软件相比有以下特点:①运行于 Windows 95 (或更高版本)平台之上,中文界面,操作简单,使用方便,结合中国国情,具有易推广和易普及的特点;②提供以文本格式为主、数字化仪录入为辅两种录入手段;③灵活多样的查询、编辑和输出功能以及丰富的报表、图形输入样式;④提供了与其它数据库和相关软件接口的功能,使该系统的数据可被其它数据库管理系统和相关软件查询和编辑;⑤直接面向矿山生产设计者,完成设计者要做的各种计算和绘图工作,功能齐全,覆盖了矿山地质设计的全过程。

“矿床数学——经济模型”软件包的主要功能如下:

①地质原始资料数据库的形成:包括钻孔工程名称、测斜数据、样品品位、岩性代码、地形数据等,并按指定长度生成工程数据的组样。

②地质数据的统计分析:计算单样、组样的样品品位的平均值、方差、标准差,并输出相应的统计直方图。

③地形建模:进行建模范围内的三维地形建模。

④岩性建模:运用已有的岩性数据对单个单元块进行岩性估值,并结合地质工作者的实际经验来解释地质岩性资料。

⑤变异函数:三维空间任意方向求取矿床实验变异函数值,并自动拟合理论变异函数,完成对矿区范围内区域化变量的结构分析。

⑥品位建模:包括克里格法和距离反比法两种估值方法,分别对建模范围内的单元块进行估值。克里格法是一种方差最小、估计误差为零的最优无偏估计,因而被广泛采用。

⑦储量计算:根据矿山需要,按不同边界品位以单元块为最小单元,计算各个采场的矿产资源储量。对于露天矿山,按用户定义的露天采坑参数,建立相应的露天采场及计算最终露天采坑的储量及剥采比。

⑧根据生产成本和市场变化情况,确定矿床临界品位及进行经济效益的动态分析。

⑨图形绘制:包括地形等高线图、工程分布图,任意比例尺、任意方向的岩性分布图、品位分布图和品位等值线图。

各模块见程序框图(图1)。

2.2 运行环境

①硬件环境(以下均为最低配置):

主机:586(主频166HZ)以上的品牌或兼容机;

内存:32MB;

硬盘:2GB以上;

绘图机:A1幅面彩色喷墨绘图机(如HP650C)采用串、并口均可;

数字化仪:Calcomp 9600 采用RS-232串口;

打印机:24针或喷墨宽行打印机,采用并口。

②软件环境:

操作系统:Windows 95 (98、NT)或更高;

辅助软件:Office 97 (或更高), AutoCAD R12 (或更高)。

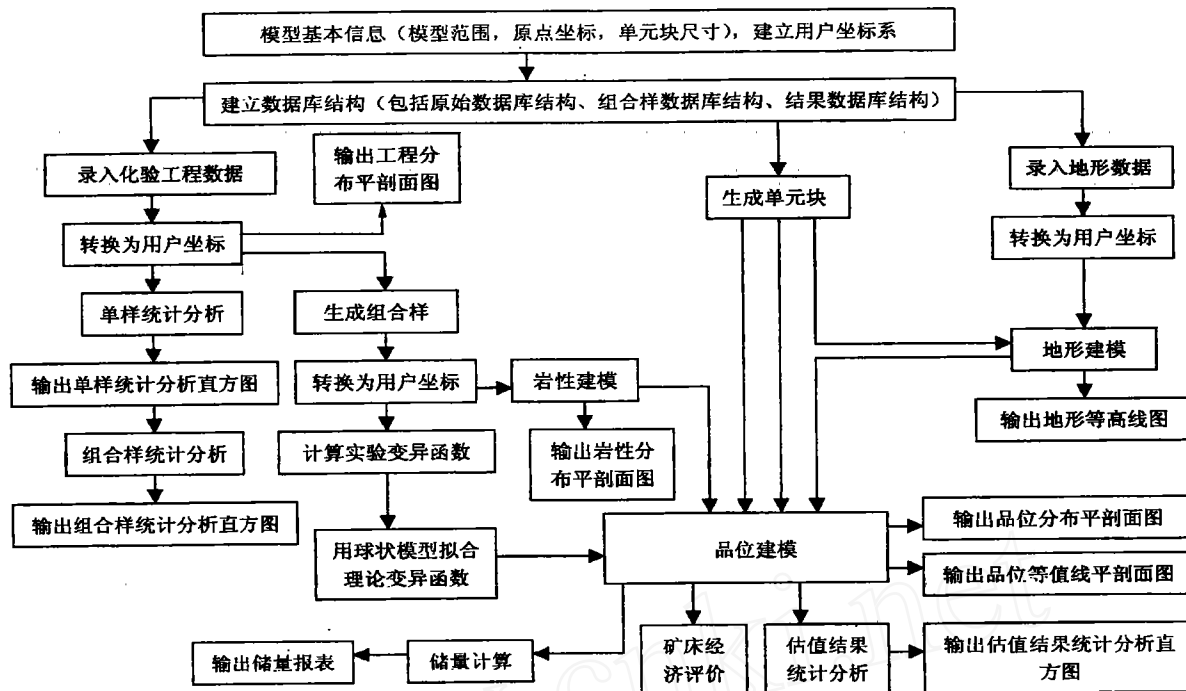


图1 “矿床数学—经济模型”软件包程序框图

3 软件包的推广应用

“矿床数学——经济模型”软件包编制成功后,已先后在云南省易门三家厂铜矿床、云南省大姚凹地直铜矿床、云南省晋宁磷矿、广西大厂锡矿92号矿体、云南省圭山煤矿和云南省元江金矿进行了推广应用,取得了良好的效果,得到矿山生产单位的一致好评。下面以云南省元江金矿为例说明其应用效果。

元江金矿历经几上几下勘查,成果资料较多,矿山建设投产以来10多年的生产探矿和采矿,又增加了大量资料和数据,同时不少大专院校和研究机构又在区内做过研究工作。这些不同类型资料数据的综合分析研究,用传统方法难于凑效。最好是应用电子计算机及其专用软件,通过建立数据库和矿床模型来完成。另外,元江金矿矿体圈定所用的经济技术指标是在当时计划经济的历史背景下制定的,并且由于勘探时期采用传统的矿体储量计算方法和当时技术条件的限制,使许多老硐和探槽资料未参加储量计算。随着科学技术的进步和冶炼技术的提高,元江金矿用以前的边界品位和工业品位圈定的矿体已不符合现在矿山的生产实际。通过对这些老资料综合系统的研究和矿床经济建模,可使勘探时许多被列为废石和表外矿的储量变为表内矿储量,从而增加矿山的金矿储量,延长矿山的的服务年限,达到充分合理地利用资源,减少矿石资源的浪费和环境污染的目的。

结合元江金矿上述实际情况,运用新编制的软件包,通过建立元江金矿的矿床数学——经济模型,取得了如下新成果和新认识:

① 建立了元江金矿的原始资料数据库,矿山可随时进行检索、更新和调用,有利于矿山生产的动态管理。

② 对矿区内的5000多个Au品位化验数据进行了反复的审议,挑选出4827件样品,并改组成4853件组合样。对组合样进行的统计分析表明: Au品位平均值 $\bar{x} = 1.88 \text{ g} \cdot \text{t}^{-1}$, 标准差 $\sigma_x = 4.64$, 变化系数为 $V_x = \sigma_x = 246.8\%$, 为品位分布极不均匀矿床。Au品位服从对数正态分布,可选择对数克立格法进行品位估值。

③ 对元江金矿床进行的结构分析发现,元江金矿金品位分布属各向异性分布,各向异性比为:走向:倾向:厚度=4:2.3:1。这一结果与地质实际情况吻合,即金矿化的连续性在矿体走向方向上较其它两个方

向强,而厚度方向的连续性最弱,也验证了编制软件包所用方法的合理性(图 2、图 3、图 4)。

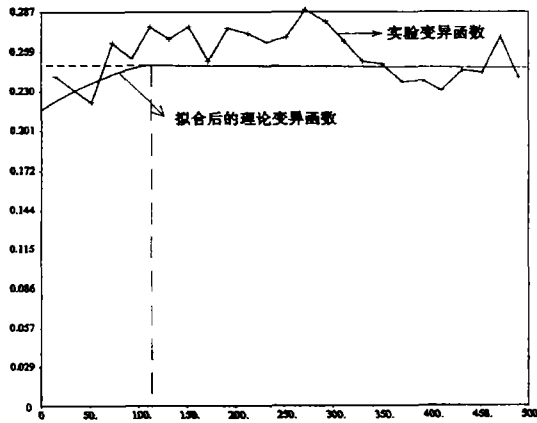


图 2 元江金矿走向变异函数图

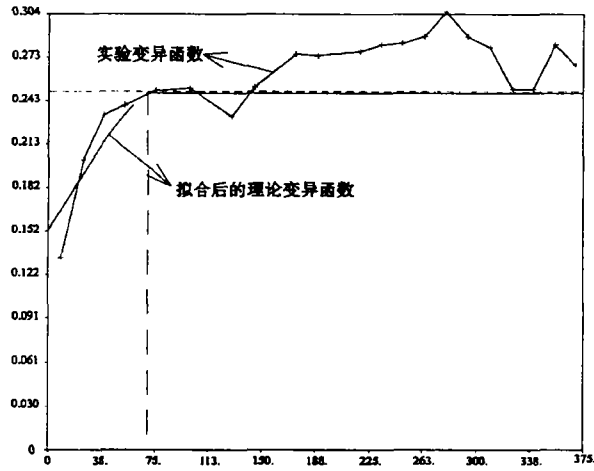


图 3 元江金矿倾向变异函数图

表 1 元江金矿建模范围内储量计算结果一览表

边界品位 /g·t ⁻¹	储量 /t	平均品位 /g·t ⁻¹
0.2	××	××
0.5	××	××
1.0	××	××
1.5	××	××
2.0	××	××
2.5	××	××
3.0	××	××
3.5	××	××
4.0	××	××

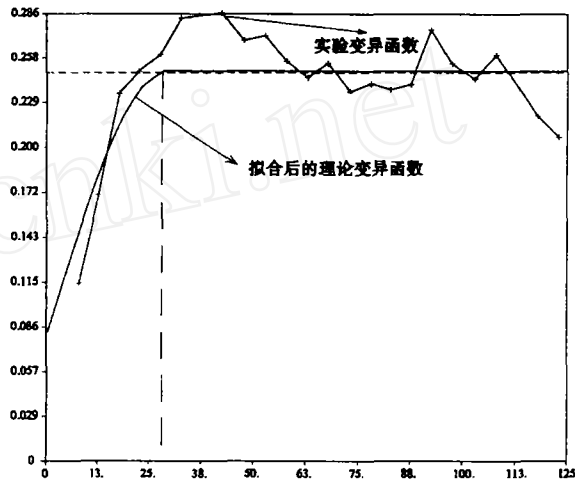


图 4 元江金矿厚度方向变异函数图

④ 建立了元江金矿床的地形模型、岩性模型、品位模型,该模型的计算结果可以根据原始资料的改变而改变,为矿山生产的动态管理提供了科学依据。

⑤ 在品位建模的基础上,计算出在多种边界品位下的金储量和平均品位。其中在边界品位为 0.5g/t 时的金储量为××吨,在边界品位为 1.0g/t 时的金储量为××吨(表 1)。

⑥ 运用价格法进行了矿床经济评价,评价结果认为:在当前技术经济条件下,原生矿的最低工业品位为××g/t,氧化矿的最低工业品位为××g/t。

⑦ 通过矿床建模、工业指标优化和二次圈定矿体,为矿山新增金储量约××吨,从而延长了矿山生产的服务年限,为充分地利用矿产资源,减少资源浪费和环境污染提供了科学依据。

参考文献:

[1] [法]A.G. 儒尔奈耳, H.J. 尤日布雷格茨著, 侯景儒, 黄兢先等译. 矿业地质统计学[M]. 北京: 冶金工业出版社. 1982.
 [2] 王仁铎, 胡光道. 线性地质统计学[M]. 北京: 地质出版社. 1988, 5.
 [3] David, M. . Geostatistical Ore Reserve Estimation[M]. Elsevier. Amsterdam. 1977. 5~6.

(下转第 52 页)

混沌转动,表现了外界激励能量增大时,简单机构中出现的运动的复杂性;

(4) 简单机构也出现极为复杂的运动,其根本原因,在于机构内乘的受力非线性(即恢复力为 $mgsin\theta$).随着激励参数的增大,简单机构通过周期倍化而进入了貌似无规的混沌振动,说明非线性及复杂运动是普遍存在的.上述分析不仅可以在电子计算机上作出仿真,也完全可以用实际机构来实现.

参考文献:

- [1] 周凌云等.非线性物理理论及应用[M].北京:科学出版社,2000.85~111.
- [2] 黄润生.混沌及其应用[M].武汉:武汉大学出版社,2000.31~61.
- [3] 张益群.非线性振动中的混沌现象及混沌摆[J].昆明工学院学报,1992,17(5):59~63.

Complex Movement in Simple Mechanism

ZHANG Yi-qun, ZHU zhen-bing, WU guang-ming

(The Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract From the point of view of engineering application, this paper analyses the global motion in the most simple mechanism(i. e. simple pendulum), including harmonic vibration, non-harmonic vibration, critical orbital motion, continuous rotation, decreasing vibration, forced vibration, period-doubling and chaotic vibration. The status of linear vibration and non-linear vibration in the global motion, chaotic vibration and its way of period-doubling are introduced.

Key words: simple pendulum; global motion; chaotic vibration

(上接第47页)

Geo-statistics and Its Application in Yuanjiang Gold Mine

YAN Yong-feng, QIN De-xian, HONG Tuo, XIA Ji-sheng

(The Geological Institute of Mineral Deposit, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract Based on the summarization of geostatistics researching situation, the functions of each module of the Deposit Mathematical and Economical Software are systemically introduced, which is developed by the Mineral and Geology Institute of Kunming University of Science and Technology, A sample is provided on Yuanjiang gold mine, the practicability and the advancement of the software are demonstrated.

Key words: geostatistics; deposit model; reserve estimation