



数字矿床及其应用实例

张述清¹, 高志武², 韦明体³

(1. 云南省地矿测绘院, 昆明 650218; 2. 昆明理工大学国土资源学院, 昆明 650093; 3. 云南省旅游学校, 昆明 650221)

[摘要] 简述了数字矿床的概念、作用及研究内容等, 以广西某矿 X 号矿床为例, 建立数字矿床。该矿床的矿体形态、产状及品位变化非常复杂, 应用普通克立格法对其进行了储量计算, 并根据计算结果, 考虑经济因素, 进行了矿山设计。

[关键词] 矿床 数字矿床 数字化 实例

[中图分类号] P624.7 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2007)06-0103-04

1 数字矿床简述

加强矿床资源的定量评估, 提高矿床数据的处理水平, 使矿床地质研究在定量化方面获得飞跃, 已是关系到人类生存和发展的重大问题。将信息处理技术融入地质学科, 重新整合各种可用技术, 解决矿床研究中存在的不足, 正是地质科学发展的必然要求。数字矿床的提出就是为了整体解决矿床及其相关资源信息的快速、全面、精确的采集、存取、处理、分析和表达等问题, 最大限度地利用知识资源, 将大量无序、分散的矿床信息加以有序集成整合, 形成经创新过的新知识, 通过计算机现代技术有针对性地提供给使用者。

数字矿床可以认为是对真实矿床及其相关现象的数字化重现及认识, 它能够对矿床资源状况进行全面、准确、实时的分析, 同时将其可靠且有效地表达成人们易于获取、容易理解和接受的信息与知识, 对矿产资源的合理利用进行科学的规划, 提出辅助决策方案等。数字矿床的核心思想就是用数字化的手段整体地解决矿床及其与空间位置相关信息的表达与知识管理, 将已知的矿床信息和社会资源信息等存入计算机中, 再根据地质的理论基础, 得到未知的有用的矿床信息, 形成一个完整的数字化的矿床数据库或数据仓库, 然后将这些数字信息转化为可视的、容易理解的图形图像信息, 构成矿床信息图谱, 并构造一个三维的虚拟化矿床, 给出整个矿床范

围内任意空间位置或围的资源信息, 进行勘探模拟, 设计矿山开采系统, 对矿床开采过程进行规划, 并结合自动化技术, 实时监控矿床生产。

2 应用实例

广西某矿 X 矿床是该矿田中规模较大的锡多金属矿体。该矿床由前期海底喷流成矿和后期构造改造造成矿形成。矿体产状随地层产状而变化, 矿体形态、产状及品位变化复杂。为适应矿山生产需要, 通过建立的数字矿床, 对其进行储量计算和矿山设计。

2.1 数字矿床的建立

2.1.1 检验数据和统计分析

对现场调研和历年的探矿和采矿资料进行整理之后, 建立了原始资料数据库。并对原始数据进行检查, 如图 1 所示, 通过在三维显示中加载钻孔数据, 观察钻孔之间的相互关系, 并确保钻孔在正确的

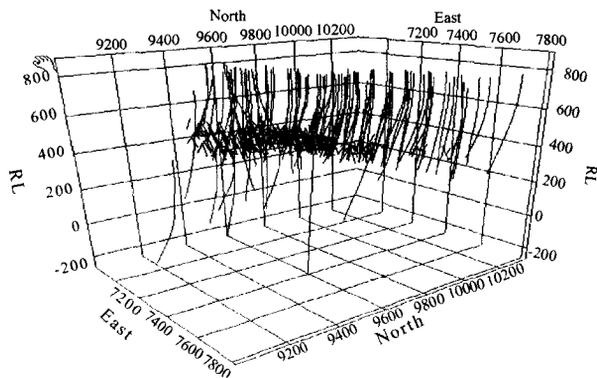


图 1 钻孔数据

[收稿日期] 2007-08-01; [修订日期] 2007-10-10。

[第一作者简介] 张述清(1965年—), 男, 2000年毕业于昆明理工大学, 获硕士学位, 高级工程师, 现主要从事测绘新技术、3S、计算机技术在测量及国土领域中的应用工作。

模型范围之内。

在确保数据无误的情况下,对数据进行了统计分析,得出如下结论:X号矿体的品位分布极不均匀,锡品位满足对数正态分布。

2.1.2 地质现象和矿化范围的表现与解释

利用地形数据,生成三维的数字地形模型,如图2所示。

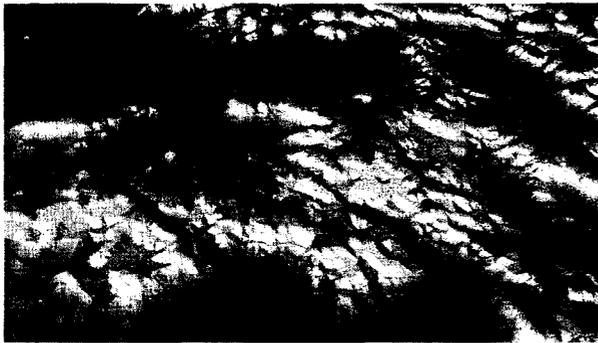


图2 数字地形图

在剖面上将钻孔上大于边界品位的样品边界根据矿体产状等地质特征连接起来,成为一条封闭的多边形,得到了经过解释的剖面矿化图。然后在三维立体中连接剖面的解释。这样,剖面上的矿化解释就形成了立体的矿体。

图3为完成后的X号矿体的地质模型图。将化探数据叠加在地形图上面,可以清楚地看到化探异常所在位置。

2.1.3 组合样品和统计分析

将位于矿化范围的样品数据过滤生成新的化验

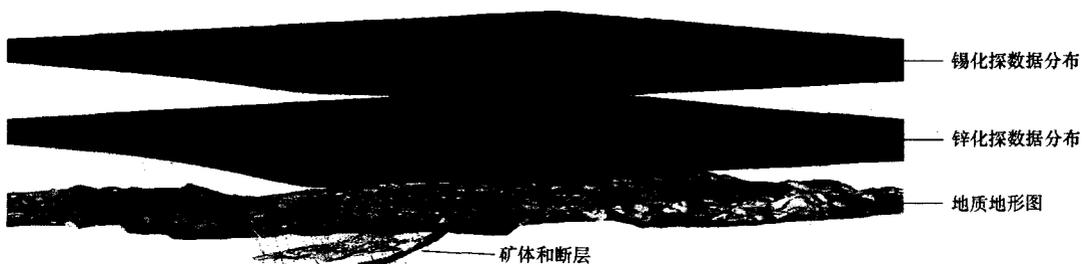


图3 地质模型

文件。然后对新的化验文件进行组合。结合实际生产,组合样的长度选为1m。对组合后的化验文件再次进行统计分析。表1为锡的组合样统计结果。

表1 锡的组合样统计结果

正态统计		对数统计	
点	18679	点	18679
均值	0.568	自然对数均值	-1.751
方差	1.22478	自然对数方差	2.70995
标准差	1.1067	自然对数标准差	1.64619

锡的组合样基本满足对数正态分布,通过三参数对数正态计算得到第三参数为0.00005。另外,锡的组合样中有99.86%的组合样品位在8%以下。取特高品位值为8,所有大于8的品位均用8来代替。锡的对数直方图见图4。

2.1.4 变异函数与交叉检验

锡的组合样符合三参数对数正态,所以在计算变异函数时要选择自然对数转换。结合矿体的产状,综合分析后,取主轴方向为方位角90°,倾角0°,选取第二轴的方向为方位角180°,倾角10°,第三轴的方向为方位角0°,倾角80°。完成变异函数的计算后,采用单个球状模型拟合,得到变异函数的参数如下:块金为1.79,局部基台(跃迁系数)为0.78,总基台为2.57。3个方向的变程分别为204m、169m、68m。计算出的变异函数如图5所示。图中,十字叉为计算出来的实验变异函数值,线为拟合的变异函数曲线。

由此,得到x矿体的变异函数模型如下式表示:

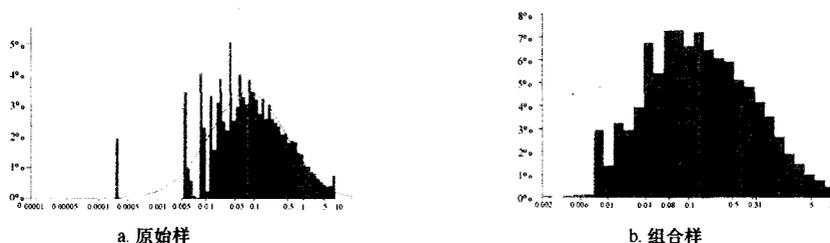


图4 锡的对数直方图

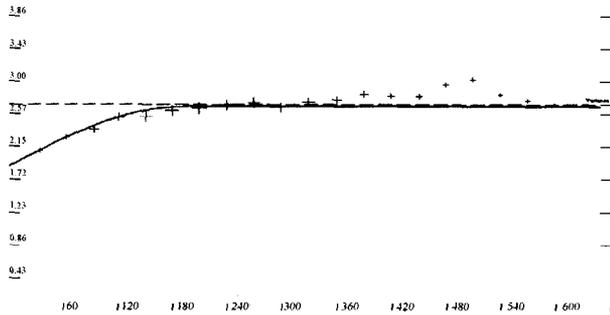


图5 变异函数曲线(方位角90°,倾角0°)

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ 1.89 + 0.78 \cdot \left(\frac{3h}{204} - \frac{h^3}{2 \cdot 204^3} \right) & 0 < h \leq 204 \\ 1.89 + 0.78 & h > 204 \end{cases}$$

相应的转换矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 204/169 & 0 \\ 0 & 0 & 204/68 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1.2071 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

然后,对变异函数进行交叉验证,对交叉验证的结果作统计分析,如表2所示。

表2 交叉验证结果分析

转换:自然对数	附加常数=0.00005 点数:18679	
	均值	标值差
原数据	0.56644	1.0812
转换后	-1.7497	1.6428
估计值	-1.7535	0.83107
反转换后	0.64477	0.54528
克立格标准差	1.4177	0.011595
误差/克立格标准差	0.002795	0.95003

可以得出结论:变异函数模型的拟合符合精度要求,可用于估值。

2.1.5 品位估值

品位估值采用对数克立格法进行计算,使用在地质模型中的组合样进行计算。单元块的大小均设为10m×10m×2.5m。克立格法计算的三维品位模型图如图6所示。

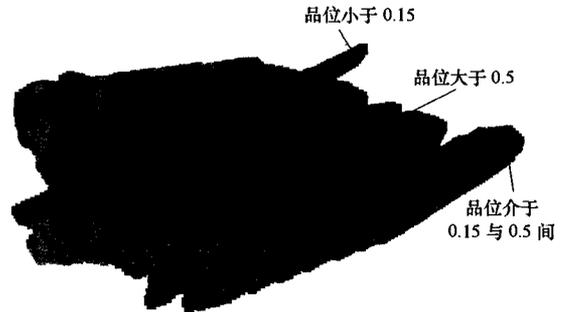


图6 三维空间的品位分布

2.2 储量计算及矿山设计

2.2.1 储量报告

根据品位估值的结果,就可以生成储量报告。计算储量选用的比重均为3t/m³。计算的储量报告如表3所示。

根据储量报告,绘制出品位-吨位曲线(图7)。

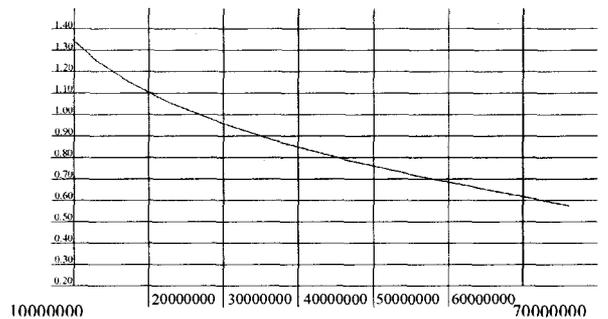


图7 品位-吨位曲线

表3 储量报告

品位范围		当前				累计			
自	到	体积/m ³	吨位/t	品位	金属量(0.01t)	体积/m ³	吨位/t	品位	金属量(0.01t)
1	100	204150	612450	2.37	1449669.2	204150	612450	2.37	1449669
0.9	1	3090700	9272100	1.28	11896104	3294850	9884550	1.35	13345773
0.8	0.9	1076875	3230625	0.95	3056171.3	4371725	13115175	1.25	16401945
0.7	0.8	1432938	4298812.5	0.85	3641094.2	5804662.5	17413988	1.15	20043039
0.6	0.7	179600	5248800	0.75	3926102.4	7554262.5	22662788	1.06	23969141
0.5	0.6	2147413	6442237.5	0.65	4174569.9	9701675	29105025	0.97	28143711
0.4	0.5	2573388	7720162.5	0.55	4238369.2	12275063	36825188	0.88	32382080
0.3	0.4	2970275	8910825	0.45	3992049.6	15245338	45736013	0.8	36374130
0.2	0.3	3497900	10493700	0.35	3662301.3	18743238	56229713	0.71	40036431
0.15	0.2	3391325	10173975	0.25	2553667.7	22134563	66403688	0.64	42590099
0.1	0.15	2402475	7207425	0.15	1095528.6	24537038	73611113	0.59	43685628

2.2.2 矿山设计与经济评价

根据该矿田已有资料,将地下开采系统数字化,如图 8 所示。系统中包括坑道、竖井、斜坡道等。根据块模型中每个单元块所处的空间位置、与开采系统的相对位置、岩性、单元块品位等因素,赋以不同的开采成本和运输成本、选矿成本、冶炼成本,计算每个单元块内所含金属价值,金属价值减去总成本,就能得到该单元块的赢利评价。

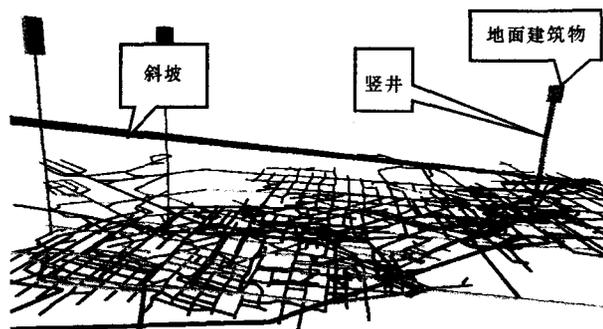


图 8 地下开采系统

图 9 为计算之后的三维盈亏分析图。

根据前面的估值结果,对矿山进行采场设计,并制定采矿计划。图 10 为设计好的采场,不同的颜色表示计划在不同时期开采的采场。

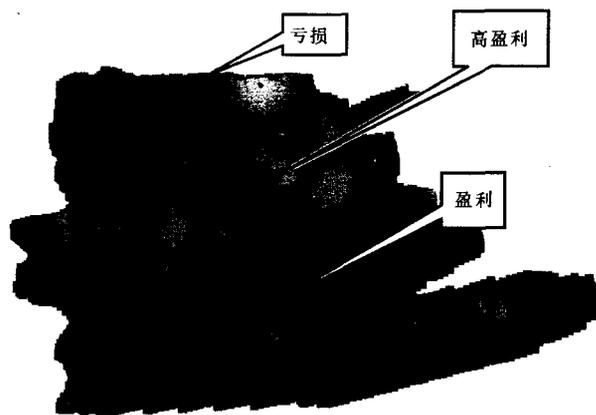


图 9 盈亏分析

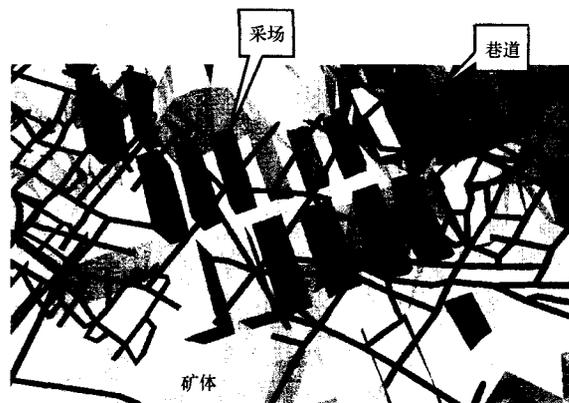


图 10 采场设计

3 结语

通过矿床数字化,应用数字矿床,使复杂的矿床信息得以直观表示,对每一单元块的盈亏分析,使矿山设计得以优化。

[参考文献]

- [1] 高志武,秦德先. 数字矿床概述[J]. 金属矿山,2005,344(2):54-56.
- [2] 秦德先,燕永锋. 矿床数学经济模型[M]. 昆明:云南科技出版社,2001.
- [3] 张述清,黄伟昌. 网络地理信息系统关键问题综述[J]. 地矿测绘,2001(3):6-8.

DIGITAL MINERAL DEPOSIT AND LIVING APPLICATION EXAMPLE

ZHANG Shu-qing¹, GAO Zhi-wu², WEI Ming-ti³

(1. Yunnan Surveying and Mapping Institute of Geology and Mineral Resources, Kunming 650218;

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093;

3. Yunnan Tourism School, Kunming 650221)

Abstract: Concept, affect and research content of digital mineral deposit are introduced. No. X deposit in Guangxi is chosen for an example to establish a digital mineral deposit. Changes of occurrence, shape and grade of this deposit are very complicated. Common kriging method is applied to estimate reserves and then the mine is designed based on estimation results and other economic factors.

Key words: mineral deposit, digital mineral deposit, digitization, example