

SD 法储量计算系统在金矿勘查区中的应用
——以甘肃阳山金矿为例

李石桥, 郭俊华, 许利文

(中国人民武装警察部队黄金第十二支队, 成都 610036)

[摘要] SD 法创立于 20 世纪 80 年代初, 它是一种以 SD 动态分维几何学为理论, 以最佳结构地质变量为基础的储量计算方法; SD 法适于不同矿种及矿产勘查开采各个阶段, 是储量计算、矿业评估评审的一种工具; 它创造性的提出精度概念, 对所计算的结果以及施工工程数进行预测; 通过对 SD 法与传统法在单工程矿体圈定、计算范围、品位厚度计算方式、特高品位处理及图件输出等方面的对比, 对 SD 法计算系统的优点与不足进行了说明, 实践证明, SD 法能较好的适用于金矿勘查区的储量计算。

[关键词] 储量计算 SD 法 精度 金矿

[中图分类号] P628 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2006)01-0077-04

2004 年初, 武警黄金指挥部为适应新规范和矿业市场发展的需要, 决定在大中型金矿勘查区对 SD 法进行试应用, 实践证明, SD 法具有计算方便灵活快捷, 计算结果准确可靠及能任意圈定矿体范围计算储量等优点; 而且 SD 精度则能使探矿者了解该类型矿床勘查所需要的最稀工程密度, 地质技术人员则能摆脱繁琐的画图、计算, 所有数据由计算机进行批量处理, 降低了勘查成本, 提高了工作效率^[1]。

1 SD 法理论及软件概况

SD 法储量计算方法是以 SD 动态分维几何学为理论, 以最佳结构地质变量为基础, 以断面构形替代空间构形为核心, 以 Spline 函数及分维几何学为主要数学工具的储量计算方法。它适于不同类型的矿床, 不同规模的矿体以及不同的勘查阶段, 还可对估算的成果作精度预测^[2-4]。

1.1 SD 法系列软件概况

SD 法系列软件系统包括“SD 法计算审定系统”和“SD 法绘图系统”。它是一种商业化的矿产资源储量计算软件, 实现了从动态指标自动圈矿、储量动态计算审定到表格输出、绘图一体化, 是勘查、生产、管理及评审评估的一种工具。

软件操作过程较简单, 一般操作流程为: 分析矿区情况确定 SD 计算方案——按照 SD 格式组织原始数据——数据总检验——资源储量计算——资源

储量审定——经济评价——根据需要查询结果(明细结果、经济评价、工程预测等)——根据需要自动输出各类报表——根据需要自动绘制各类资源储量计算图件。

1.2 SD 法精度概述

SD 精度从定量角度探索矿产勘查预测、评价工程控制程度和储量精度。它的大小取决于矿体的性质, 矿体的复杂程度、勘查手段和工程控制程度。它作用有: 确定矿产资源储量的准确程度、定量确定地质可靠程度、确定工程间距, 预测工程数、度量矿产资源探采风险。

按照国土资源部颁布的《固体矿产资源/储量分类》标准, 地质可靠程度分为探明的、控制的、推断的和预测的 4 级。根据推导 SD 精度与地质可靠程度关系, SD 精度(η)为地质可靠程度提出 4 级定量标准^[5](图 1)。

80% $\leq \eta \leq 100\%$ 者, 表示为探明的;

45% $\leq \eta < 65\%$ 者, 表示为控制的;

15% $\leq \eta < 30\%$ 者, 表示为推断的;

$\eta \leq 10\%$ 者, 表示为预测的。

2 应用

2.1 矿床地质概况

本次应用的金矿为一微细浸染型岩金矿床, 矿体严格受构造控制, 主要赋存于中泥盆统三河口组

[收稿日期] 2005-01-05; [修订日期] 2005-04-26; [责任编辑] 余大良。

[第一作者简介] 李石桥(1971 年-), 男, 1993 年毕业于长春工业高等专科学校, 工程师, 现主要从事金矿地质及水文地质勘察工作。

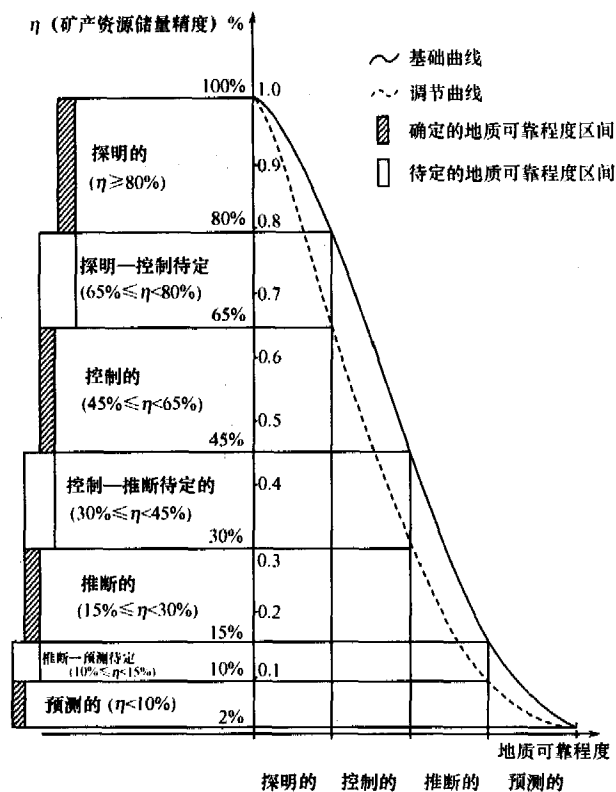


图 1 SD 精度与地质可靠程度关系应用图(据恩地公司)

第三、四岩性段的千枚岩中,目前探获金资源量已达到超大型金矿规模。金矿带 EW 向长 30km,宽 0.5~3km,共分 5 个矿段,本次计算的矿脉走向 65°~75°,倾向南,倾角 55°~65°,走向上呈似层状,倾向上呈楔形状。矿体规模通过槽、坑、钻探工程控制长度超过 2000m,控制斜深超过 400m,一般 200~300m。矿体具有膨缩现象,金矿化不均匀,矿体平均厚度 2.67m,最厚处钻孔穿矿厚度超过 30m。平均品位 6.86×10^{-6} ,最高品位超过 200×10^{-6} 。除

部分地段有矿体出露,大部分地表均为第四系残坡积层覆盖,覆盖层最厚处超过 100m,共布置了 30 条勘探线,主要采用钻孔控制,线间工程间距大约为 200m;24~36 线之间加密施工了坑道和探槽。矿区钻孔、坑道、探槽等原始资料齐全。

2.2 计算方案及计算步骤

通过对矿区原始资料的整理分析,区内各种类型数据较齐全翔实,整体上矿体产状较陡,大部分钻孔揭露矿体厚度较薄,因此,确定选用标准型 B 地理坐标框块计算方案。利用 SD 软件系统所提供的 EXCEL 数据转换表格(共 10 种类型表格),按系统要求组织原始计算数据,将辅助性计算表格——工程地质界线表和勘探线剖面地质界线条单独建文件夹列出,其余所有数据表格放在同一个文件夹中,数据经校对无误后利用 SD 法软件系统转换成系统可利用的格式,进行各类计算,得出储量计算结果。录入地质可靠程度及经济评价指标后即可对矿区进行审定,查询矿区储量计算的明细结果、经济评价、进行工程预测等,并利用系统本身外挂程序输出各类报表。最后启动绘图系统,绘出各类图件。

2.3 SD 法计算与传统法计算对比分析

2.3.1 计算结果对比

本次计算主要为验证 SD 法在金矿勘查区中的应用,计算的范围为正在进行施工勘查的部分范围。第一方案为区内某一时间段进行勘查时施工的控制工程,计算的控制工程数 21 个,第二方案为在第一方案的基础上,向东增加一条勘探线和向西增加两条勘探线进行勘查,共新增 5 个工程进行控制,计算的控制工程数 26 个。SD 法和传统法以各自的运算规则与理论对每个方案进行推断计算,得出各自结果(表 1)。

表 1 SD 法与传统法计算结果的对比

方案	SD 法估算	SD 精度(η)	传统法估算	绝对误差	相对误差
第一方案	金属量 30715kg	41.97%	金属量 20858kg	9857kg	32.09%
第二方案	金属量 36402kg	47.25%	金属量 28775kg	7627kg	20.95%

表中可以看出,二者数据结果相对误差均超过 20%,传统法计算结果偏低。本次传统法计算基本上以 200m 网度的勘探线划分矿块,每一矿块的矿体外推范围较保守,计算结果偏低,同时矿块的划分及在处理特高品位时以单工程的平均品位代替参与储量计算,也使本次计算结果偏低。SD 法在计算时,则将整个矿体当成一个矿块,以样条函数计算储量,在处理单工程特高品位时,考虑相邻工程品位以样条函数曲线的方式对特高品位进行处理,样品处理方法比较符合实际,在进行矿体的外推时考虑矿

体变化规律,储量计算结果较准确可靠。同时 SD 法精度可计算出勘查所需的最低工程数,使勘查者能以最少的勘查工程数满足勘查程度的需要,降低了勘查成本,而传统法计算时则没有此功能。

2.3.2 图件输出对比

SD 法所有的图件输出皆在 CAD 模式下进行。本次应用 SD 法生成的图件与传统法图件轮廓大体相似,由于各自计算方法的外推原理不一致,使二者图形边缘部分存在差异(图 2)。在制图程序上,传统法先根据工程见矿情况,划分矿块,在聚脂薄膜上

绘制图件,计算完毕后,将图件扫描进行计算机矢量化,经多次检查后出图(上图)。而SD法则在软件

计算完成后,启动绘图软件自动出图(下图)。

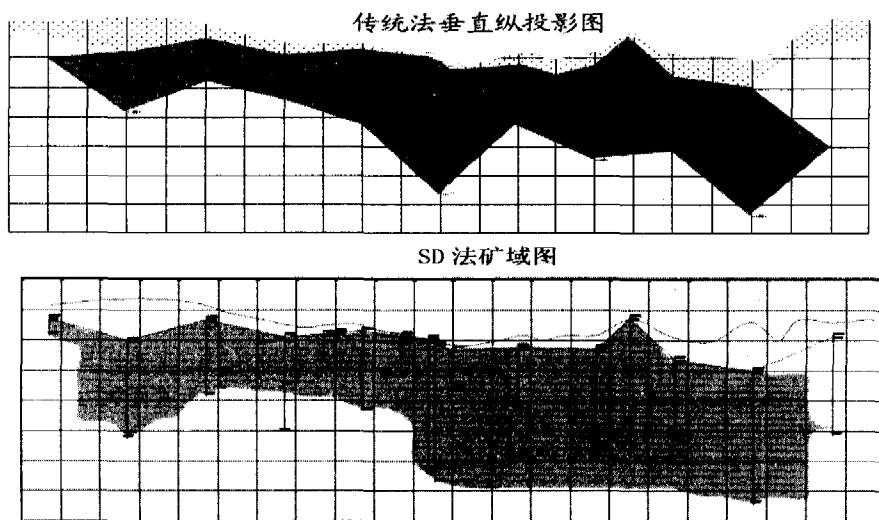


图2 传统法与SD法纵投影图对比
(上部为传统法纵投影图,下部为SD法矿域图)

2.3.3 数据处理方法对比

1) 单工程矿体圈定方式的差异

传统法按工业指标的要求,为使矿块的平均品位达到 3×10^{-6} 、矿体的平均品位达到 5×10^{-6} ,不得不把一些工程中的 $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ 的样品当夹石或非矿石进行了剔除。而SD法是按工业指标对工程中达到边界品位(1×10^{-6})的所有样品均进行了圈定计算。

2) 品位、厚度计算方式的差异

传统法是将复杂矿体描绘成简单的几何体,以简便的数学公式如加权法或算术平均法计算矿体平均品位和平均厚度;它不考虑参与计算数据的空间结构性,当品位、厚度变化较大时,其结果受块段划分的影响也较大,特别是低勘查阶段,工程稀少时,表现更为突出。SD法品位、厚度是按照工程所揭露的矿体变化规律采用SD样条函数搜索积分求得,结果是较稳健可靠。

3) 特高品位(风暴品位)的处理方法不同

传统法处理特高品位时,一般取矿体平均品位的6~8倍来衡量,当矿体品位变化系数大时采用上限值,变化系数小时采用下限值,处理方法是利用特高品位所影响的单个块段的平均品位或该工程的平均品位(厚度大时)代替。用SD法计算时,在权尺化过程中将风暴品位值削减,将削减值代替风暴值,处理时首先求出风暴品位下限值,在求取下限值时不仅考虑了平均品位,还强调了邻域品位。矿区(段)内凡样品品位值 $\geq$ 下限值的品位都认为是风

暴品位,用该下限值代替风暴品位置于原始数据中参与计算,计算结果较准确可靠。本次对比计算中,SD法根据当前工程控制程度下矿体的复杂度确定其风暴品位倍数限,第一方案为8.906倍,风暴品位下限值为 74.592×10^{-6} ,第二方案为7.695倍,风暴品位下限值为 68.725×10^{-6} 。而本矿区传统法确定的特高品位的倍数限统一为6倍,以单工程的平均品位代替特高品位进行处理,应用中有两个样品传统法进行了特高品位处理,而SD法因样品未达到风暴品位下限值没有处理。

4) 外推范围计算方式的差异

勘探线上有矿计算点与无矿计算点的确定方式不同,传统法按照规范进行楔形的有限外推或无限外推,所有外推为等值外推,本次应用的矿体外推,倾向上以钻孔最低见矿点为外推点,走向上则以勘探线上有矿点为外推点。而SD法是按照相邻工程揭露矿体的品位、厚度变化规律用边值公式搜索求得矿体的外推点,它考虑了矿化与矿体的连续性,以工业指标界限进行曲线外推。在倾向中以最深见矿标高进行模糊外推和以边值公式进行走向边界外推。

3 结论与探讨

1) SD法储量计算系统以计算机批量处理数据,系统自动化程度较高。当数据量小时,可以直接利用界面提供的录入口进行数据录入;当数据量大时,如果没有建立固定的DBF、DXF、DAT、TXT等数

据管理库,则常用系统提供的 Excel 电子表格进行录入,特别是已经建立有 Excel 电子文档的,则可通过复制功能批量导入。本次应用选取 Excel 数据导入方式,利用时间少,工作效率较高。

2) 数据检验是 SD 法正式计算前的一项基本工作,它能保证原始数据不会出现因人为因素导致的逻辑性错误,将数据准备过程中的人为性错误降低。数据检验不能通过,应根据提示进行检查,主要有以下几项内容:①基本情况表中各项内容是否与工程数据表中内容一致。②钻孔及坑道、探槽的最终深度是否大于或等于采样的最终深度。③所有数据是否严格按照 SD 法提供的表格进行录入,录入后数据是否经软件自带的数据查错功能进行检查。④工程地质界线表和勘探线剖面地质界线表是否另建文件夹单独列出。

3) SD 精度不仅可以度量资源储量的精确程度,同时还可以确定工程间距,预测工程数,指导下一步勘查施工。本次应用的不足是 SD 精度稍偏高,控制点及外推点本身并不参与 SD 精度计算,但本次精度计算结果却受其影响,因此,当勘探线上工程控制数较少时,建议少增加控制点或外推点,以免影响精度评价。

4) 在图件输出之前,对于图签、责任表以及出图标准,可按本单位的标准统一制成图块,代替原图签及责任表,图件生成后,所有图形均可用 AutoCAD R14 有关命令进一步加以完善。成图打印时,在打印窗口选择 1:1 的比例进行打印,当精度要求不是很高时,可选择“自动调整比例”,效果也较好。

5) 在输入地形点数据或投影地形点数据时,两点之间距离不能太近,对于施工后的工程,必须按要求将该点坐标加入到地形数据表中。本次应用中发

现,当勘探线上地形点高程变化大而输入的两点间平距较小时,剖面图上地形线将打绞;在绘制剖面地形线时软件不能自动提取工程点坐标进行绘图,而造成工程点出现在剖面线以上或以下,对于施工后的工程,必须按要求人工将该点坐标加入到地形数据表中;另外剖面图件中岩性花纹也不能自动标注,所有这些都需要软件功能进一步完善与提高。

总之,SD 法储量计算方法是科技人员自行创新研制的矿产资源储量计算方法。本次仅在一条矿脉进行应用,和传统法的比较有一定的局限性,所指出的优点与不足也只是一家之言,其结论仅供参考。但该法的应用,能使矿床(体)储量计算工作有很大的进步,它的动态圈矿、自动成图等,大大减少了地质技术人员内业资料整理工作量,提高了工作效率;它的精度计算能指导探矿者以最稀工程密度探求最大的找矿效益。其强大的数字化管理功能,为将来的数字地质、信息地质做好了准备,促进了行业技术的进步。

成文后得到向永生高级工程师的阅改,也得到 SD 评估师马爱玲女士的帮助,谨表谢意。

[参考文献]

- [1] 侯德义,刘鹏鄂,李守义,等. 矿产勘查学[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [2] 中华人民共和国国家标准. 固体矿产地质勘查规范总则[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [3] 国土资源部储量司 编著. 矿产资源储量计算方法汇编[M]. 北京:地质出版社,2000.
- [4] 唐 义,蓝运蓉. SD 储量算法[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [5] 中华人民共和国地质矿产行业标准,岩金矿地质勘查规范[S]. 北京:地质出版社,2003.

APPLICATION OF SD RESERVES CALCULATION SYSTEM IN GOLD EXPLORATION AREAS: TAKING EXAMPLE OF YANGSHAN GOLD DEPOSIT, GANSU

LI Shi-qiao, GUO Jun-hua, XU Li-wen

(No. 12 Gold Geological Party of CAPG, Chengdu 610036)

Abstract: SD method was established in the beginning of 1980s. It is based on dynamic fractal geometry and structural geologic variable theory. The method can be applied in different type deposits and every stage from ore surveying to exploration, and is a tool for reserves calculation and assessment. Precision in SD method can forecast result of reserves calculation and number of construction work. By comparing SD method and traditional method in orebody outline of single engineering, calculation limits, calculating pattern of grade, managing higher grade and diagram output, advantage and disadvantage of SD method calculation system are explained. It is proved that SD reserves calculation system can be used in gold exploration areas.

Key words: reserves calculation, SD method, precision, gold deposit