



储量计算法

唐义蓝运蓉 著

国家自然科学基金资助项目

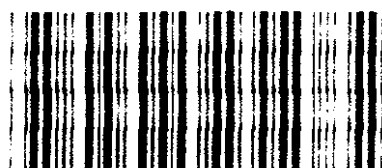
地质出版社

44283

SD 储量计算法

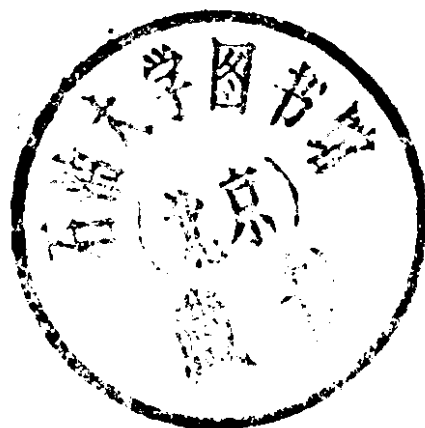
571850
唐 义 蓝运蓉 著

国家自然科学基金资助项目



00315258

*44283+



200404669



地质出版社

引 言

从地质勘探评价到矿床开采的整个工作过程,各个阶段都需要根据不同任务的要求,对矿床进行多次储量计算。储量计算工作不仅仅限于矿石埋藏量的计算,而且还涉及到矿石质量、矿体形态、规模、复杂程度、工作程度、开采条件以及经济价值等问题。因此,储量计算一直被列为地质勘探各阶段极其重要的工作。

储量计算方法与勘探方法是相辅而行的。一套勘探方法常伴随着相应的储量计算方法。由于矿床的多样性和矿体的复杂性,使得勘探方法也多种多样,伴之的便有不同的储量计算方法。就固体矿产储量计算而言,其方法已达数十种。国内用得最广的是传统几何法(传统储量计算法)。它是 50 年代从苏联引入的一套较为简易的计算方法,一直沿用至今。它对我国矿床勘探、开采起着重要作用。不过,通过 30 多年来的地质勘探工作的实践,人们已越来越感觉到传统几何法的落后。它已不能适应现代生产发展的要求。这种方法的缺点是可靠性差,其结果常会出现不可预计的误差,这对以后的工作可能会造成不同程度的损失。因此,从根本上改革传统储量计算法,十分必要。

随着生产科学技术的发展,特别是电子计算机的发展,储量计算方法亦日趋科学化。目前,国外主要应用地质统计学方法进行储量计算,这种方法比传统几何法科学得多。克立格法(地质统计学的储量计算方法)是目前国外广泛使用的储量计算方法,尤其在美国、法国、加拿大等国已形成庞大的研究和应用体系。这种方法,目前在我国也在推广和应用。此外,也有人研究和应用样条函数、最小距离法、距离幂次反比法等方法进行储量计算。

笔者从我国的地质勘探、矿山设计、矿山生产以及储量报告审查的需要出发,于 80 年代初开展了一种新的储量计算方法——

SD 储量算法(简称 SD 法)的研究。

任何方法的改革和创新都有继承性。SD 法立足于传统储量算法,吸取了地质统计学中关于地质变量具有随机性和规律性的双重性质的思想和“一条龙法”^①中提出的由直线改曲线的思想,用稳健样条函数及分维几何学作为数学工具,对传统断面法进行了深入系统地改造。

事实上,在许多储量计算方法中,断面法与块段法是两种最常用的方法,而尤以断面法最易被人们接受,并用得最广。这是因为在许多方面断面法具有其他方法不可比拟的优点。譬如,断面法用的断面图能清楚地反映出矿体断面形态和地质构造特征;使用断面图可灵活而准确地编制出若干有用图件;断面法与断面地质图能很好地结合,它们的一致性使得计算量便于地质分析。而且,断面法几乎适用于任何类型矿床,这就使得它在储量计算方法选择上,不受限制。SD 法不失传统断面法的优点,并在它的基础上,试图克服其计算粗略、不准确、可靠性差以及由于缺乏自检功能而给地质工作带来的盲目性等种种弊端和不足,使断面法更加科学化,从而提高了储量计算方法的经济效益和社会效益。

SD 法的全称是最佳结构曲线断面积分储量计算及储量审定算法。“SD”代表三种含意。其一:最佳结构曲线是由 Spline 函数(三次样条函数)拟合的,取 Spline 的第一个字母 S,取断面积分一词的汉语拼音的第一个字母 D,亦即“SD”;其二:SD 法计算过程,主要采用搜索递进法,取“搜索”一词的汉语拼音的第一个字母 S,

① 云南地质矿产局龙之中工程师于 1979 年发表了“一条龙式断面法储量计算的理论与实践”一文,文中将数值积分原理用于储量计算,得出“一条龙公式”和“一条龙曲线”,使传统的断面法储量计算由直线法改为曲线法。该法的思路是极可取的,但是,处于萌芽中的“龙法”存在不少弊病。第一,一条龙曲线具有多解性,实际上它是一条因人而异的随机曲线,凭经验手工绘制而得,难以用数学模拟,自然不易电算;第二,地质变量是具有规律性和随机性双重性质的变量,如果不经科学处理,直接将它作为确定性量运算,显然是不恰当的。“龙法”在这方面采用了传统储量算法的不足之处,这便是它难于被人接受、推广的主要原因。

取“递进”一词的汉语拼音第一个字母 D,亦即“SD”;其三:SD 法具有从定量角度审定储量的功能,取“审定”一词汉语拼音声母的第一个字母,亦即“SD”。由此,“SD”具有原理、方法、功能几方面的含义,SD 储量算法也由此而命名。

SD 法是以方法简便灵活为准则,以储量精确可靠为目的,以最佳结构地质变量为基础,以断面构形为核心,以 Spline 函数及分维几何学为主要数学工具的储量计算方法。它有别于地质统计学储量算法,是一种比传统储量算法更深入、更可靠的自动化储量计算方法。

SD 法的研究基于理论与实践相结合的原则,从实际出发,设计和引用了一些数学模型,然后将这些模型用于一些已探已采的矿区矿山进行验证,从实际效果中分析和评述该方法。几年来,SD 法对已经开采和正在开采的国内四个省,八个矿种,六个矿床类型,十三个矿山(区)五十多个矿段(块)进行了试算和投产计算,取得了很好的效果,实践证明了 SD 法理论的正确性。

上文提到的八个矿种是:铁、锰、铜、铅、锌、锡、钴以及石灰岩。六个矿床类型是:热液、矽卡岩、沉积、沉积变质、风化壳、砂矿等诸类型矿床。所计算的矿山(区)是:云南易门里士铜矿、凤山铜矿、狮山铜矿、老厂钴矿,云南个旧马拉格老阴山铅矿、老厂锡矿、松树脚锡矿,云南会泽铅锌矿、云南建水锰矿,四川会理锌矿,四川拉拉铜矿,贵州 GC 石灰岩矿,山东淄博黑旺铁矿。

SD 法的电算程序主要用 FORTRAN-IV 编写,部分计算及绘图程序用 BASIC 编写。SD 法试算的电算过程,分别在四川、云南两省的计划经济委员会电子计算中心的 WANG-2200VS80 和 VS100 机上进行。蓝运蓉同志担任程序的编制、调试的主要任务。在这过程中,四川、云南两省计划经济委员会电子计算中心给予了很大支持和帮助。在收集资料过程中,得到有色金属工业总公司滇川两省的分公司、昆明有色金属设计研究院、易门铜矿、云锡公司、云南 313 地质队、会泽铅锌矿、建水锰矿、会理锌矿、淄博黑旺铁矿等单位同志的大力帮助。在 SD 法理论探讨过程中,云南大学数学系王

学仁教授、保明堂副教授、中国地质大学(武汉)校长赵鹏大教授、中国科学院系统所苏玉田副研究员等予以支持和帮助。国家矿产储量管理局尹镇南高级工程师对 SD 法研究成果进行了认真的审核。此外,SD 法整个研究过程中得到了地质矿产部科技司、国家储量管理局、云南地质矿产局科技处以及云南地质矿产局职工大学的全力支持。对以上参与、帮助和支持研究工作的单位和个人,笔者在此表示衷心感谢!

SD 法经国家矿产储量管理局组织有关数学、数学地质、矿床勘探、计算机软件等方面的专家进行评审,并通过。评审意见认为:SD 法在理论上构思新颖、有独创性,这套方法在实践上是可行的,具有实用价值,达到了国内先进水平。

SD 法涉及的内容很广。本书侧重于 SD 法研究成果,突出新概念、新观点的提出。采用论述和实例相结合的手法阐述其理论和方法。尽量减少繁琐的公式推导,使其简明易懂。

本书的第一篇由唐义撰写;第二篇由蓝运蓉撰写;附篇由唐义、蓝运蓉合写。

本书中的一些概念、观点多是笔者首先提出,不当或错误之处,恳请读者批评指正。

目 录

引言	1
第一篇 SD 储量计算法基本理论	
绪论	5
第一章 结构地质变量	12
第一节 结构地质变量的概念	12
第二节 权尺	13
第三节 M 值的求取	16
第四节 结构地质变量曲线	18
第五节 原始数据的稳健性处理研究	20
第二章 矿体圈定	26
第一节 工业指标与矿体圈定	26
第二节 矿体边界线的圈定	33
第三节 断面投影误差	35
第三章 储量计算	36
第一节 储量计算中基本参数的求取方法	36
第二节 普通 SD 法	40
第三节 SD 搜索法	41
第四节 SD 递进法	43
第五节 任意矿段(块段)的储量计算	49
第六节 不平行断面的储量计算	53
第七节 品位吨位曲线	57
第四章 SD 精度法	59
第一节 概述	59
第二节 基本思想	60
第三节 预测精度的基本表达式	66

第四节	取样工程的分布均匀程度对储量预测精度的影响	71
第五节	精度参数	76
第六节	框架指数及SD 预测精度	85
第七节	SD 预测精度分析	91
结论		100
第二篇 SD 储量计算法的实施及矿区实例分析		
第一章	SD 储量计算法步骤	102
第一节	方法的选择	102
第二节	计算步骤	104
第二章	SD 储量计算法程序包说明	111
第一节	SD 储量计算法程序包	111
第二节	程序包使用说明	117
第三节	程序使用操作步骤	117
第三章	矿区实例分析	126
第一节	与传统法可比性试算实例	126
第二节	探采对比计算实例	127
第三节	投产计算的矿区实例	156
第四节	矿区实例分析小结	164
结束语		165
附篇	矿体的分维概念	169
参考文献		176

引 言

从地质勘探评价到矿床开采的整个工作过程,各个阶段都需要根据不同任务的要求,对矿床进行多次储量计算。储量计算工作不仅仅限于矿石埋藏量的计算,而且还涉及到矿石质量、矿体形态、规模、复杂程度、工作程度、开采条件以及经济价值等问题。因此,储量计算一直被列为地质勘探各阶段极其重要的工作。

储量计算方法与勘探方法是相辅而行的。一套勘探方法常伴随着相应的储量计算方法。由于矿床的多样性和矿体的复杂性,使得勘探方法也多种多样,伴之的便有不同的储量计算方法。就固体矿产储量计算而言,其方法已达数十种。国内用得最广的是传统几何法(传统储量计算法)。它是 50 年代从苏联引入的一套较为简易的计算方法,一直沿用至今。它对我国矿床勘探、开采起着重要作用。不过,通过 30 多年来的地质勘探工作的实践,人们已越来越感觉到传统几何法的落后。它已不能适应现代生产发展的要求。这种方法的缺点是可靠性差,其结果常会出现不可预计的误差,这对以后的工作可能会造成不同程度的损失。因此,从根本上改革传统储量计算法,十分必要。

随着生产科学技术的发展,特别是电子计算机的发展,储量计算方法亦日趋科学化。目前,国外主要应用地质统计学方法进行储量计算,这种方法比传统几何法科学得多。克立格法(地质统计学的储量计算方法)是目前国外广泛使用的储量计算方法,尤其在美国、法国、加拿大等国已形成庞大的研究和应用体系。这种方法,目前在我国也在推广和应用。此外,也有人研究和应用样条函数、最小距离法、距离幂次反比法等方法进行储量计算。

笔者从我国的地质勘探、矿山设计、矿山生产以及储量报告审查的需要出发,于 80 年代初开展了一种新的储量计算方法——

SD 储量算法(简称 SD 法)的研究。

任何方法的改革和创新都有继承性。SD 法立足于传统储量算法,吸取了地质统计学中关于地质变量具有随机性和规律性的双重性质的思想和“一条龙法”^①中提出的由直线改曲线的思想,用稳健样条函数及分维几何学作为数学工具,对传统断面法进行了深入系统地改造。

事实上,在许多储量计算方法中,断面法与块段法是两种最常用的方法,而尤以断面法最易被人们接受,并用得最广。这是因为在许多方面断面法具有其他方法不可比拟的优点。譬如,断面法用的断面图能清楚地反映出矿体断面形态和地质构造特征;使用断面图可灵活而准确地编制出若干有用图件;断面法与断面地质图能很好地结合,它们的一致性使得计算量便于地质分析。而且,断面法几乎适用于任何类型矿床,这就使得它在储量计算方法选择上,不受限制。SD 法不失传统断面法的优点,并在它的基础上,试图克服其计算粗略、不准确、可靠性差以及由于缺乏自检功能而给地质工作带来的盲目性等种种弊端和不足,使断面法更加科学化,从而提高了储量计算方法的经济效益和社会效益。

SD 法的全称是最佳结构曲线断面积分储量计算及储量审定算法。“SD”代表三种含意。其一:最佳结构曲线是由 Spline 函数(三次样条函数)拟合的,取 Spline 的第一个字母 S,取断面积分一词的汉语拼音的第一个字母 D,亦即“SD”;其二:SD 法计算过程,主要采用搜索递进法,取“搜索”一词的汉语拼音的第一个字母 S,

① 云南地质矿产局龙之中工程师于 1979 年发表了“一条龙式断面法储量计算的理论与实践”一文,文中将数值积分原理用于储量计算,得出“一条龙公式”和“一条龙曲线”,使传统的断面法储量计算由直线法改为曲线法。该法的思路是极可取的,但是,处于萌芽中的“龙法”存在不少弊病。第一,一条龙曲线具有多解性,实际上它是一条因人而异的随机曲线,凭经验手工绘制而得,难以用数学模拟,自然不易电算;第二,地质变量是具有规律性和随机性双重性质的变量,如果不经科学处理,直接将它作为确定性量运算,显然是不恰当的。“龙法”在这方面采用了传统储量算法的不足之处,这便是它难于被人接受、推广的主要原因。

取“递进”一词的汉语拼音第一个字母 D,亦即“SD”;其三:SD 法具有从定量角度审定储量的功能,取“审定”一词汉语拼音声母的第一个字母,亦即“SD”。由此,“SD”具有原理、方法、功能几方面的含义,SD 储量算法也由此而命名。

SD 法是以方法简便灵活为准则,以储量精确可靠为目的,以最佳结构地质变量为基础,以断面构形为核心,以 Spline 函数及分维几何学为主要数学工具的储量计算方法。它有别于地质统计学储量算法,是一种比传统储量算法更深入、更可靠的自动化储量计算方法。

SD 法的研究基于理论与实践相结合的原则,从实际出发,设计和引用了一些数学模型,然后将这些模型用于一些已探已采的矿区矿山进行验证,从实际效果中分析和评述该方法。几年来,SD 法对已经开采和正在开采的国内四个省,八个矿种,六个矿床类型,十三个矿山(区)五十多个矿段(块)进行了试算和投产计算,取得了很好的效果,实践证明了 SD 法理论的正确性。

上文提到的八个矿种是:铁、锰、铜、铅、锌、锡、钴以及石灰岩。六个矿床类型是:热液、矽卡岩、沉积、沉积变质、风化壳、砂矿等诸类型矿床。所计算的矿山(区)是:云南易门里士铜矿、凤山铜矿、狮山铜矿、老厂钴矿,云南个旧马拉格老阴山铅矿、老厂锡矿、松树脚锡矿,云南会泽铅锌矿、云南建水锰矿,四川会理锌矿,四川拉拉铜矿,贵州 GC 石灰岩矿,山东淄博黑旺铁矿。

SD 法的电算程序主要用 FORTRAN-IV 编写,部分计算及绘图程序用 BASIC 编写。SD 法试算的电算过程,分别在四川、云南两省的计划经济委员会电子计算中心的 WANG-2200VS80 和 VS100 机上进行。蓝运蓉同志担任程序的编制、调试的主要任务。在这过程中,四川、云南两省计划经济委员会电子计算中心给予了很大支持和帮助。在收集资料过程中,得到有色金属工业总公司滇川两省的分公司、昆明有色金属设计研究院、易门铜矿、云锡公司、云南 313 地质队、会泽铅锌矿、建水锰矿、会理锌矿、淄博黑旺铁矿等单位同志的大力帮助。在 SD 法理论探讨过程中,云南大学数学系王

学仁教授、保明堂副教授、中国地质大学(武汉)校长赵鹏大教授、中国科学院系统所苏玉田副研究员等予以支持和帮助。国家矿产储量管理局尹镇南高级工程师对 SD 法研究成果进行了认真的审核。此外,SD 法整个研究过程中得到了地质矿产部科技司、国家储量管理局、云南地质矿产局科技处以及云南地质矿产局职工大学的全力支持。对以上参与、帮助和支持研究工作的单位和个人,笔者在此表示衷心感谢!

SD 法经国家矿产储量管理局组织有关数学、数学地质、矿床勘探、计算机软件等方面的专家进行评审,并通过。评审意见认为:SD 法在理论上构思新颖、有独创性,这套方法在实践上是可行的,具有实用价值,达到了国内先进水平。

SD 法涉及的内容很广。本书侧重于 SD 法研究成果,突出新概念、新观点的提出。采用论述和实例相结合的手法阐述其理论和方法。尽量减少繁琐的公式推导,使其简明易懂。

本书的第一篇由唐义撰写;第二篇由蓝运蓉撰写;附篇由唐义、蓝运蓉合写。

本书中的一些概念、观点多是笔者首先提出,不当或错误之处,恳请读者批评指正。

第一篇 SD 储量计算法基本理论

绪 论

所谓矿产储量计算狭义地说,是依据矿床地质勘探过程中所获取的有限地质信息来对地下矿藏量进行估算,即依据各种地质工程取样的样品数据来估算矿体的埋藏量。矿体的复杂性、取样的有限性以及所采用的不同储量计算方法本身的局限性,这三种因素使得这种估算必然存在不同程度的误差,而这种误差有时是不可预测的。这三种因素也是相互影响、相互制约的。如果能改进储量计算方法,减小其局限性,增强其适用功能,即可削弱其它两种因素对储量计算的影响。

一、储量计算方法评述

如果矿体形态简单、矿化均一或工程控制非常密集,则无论使用何种储量计算方法,其储量误差都不会太大。反之,如果矿体形态和矿化复杂或工程控制稀疏,则使用不同的储量计算方法,其结果可能差别甚大。每一种储量计算方法都有它各自的适用条件,忽略这个条件,效果可能会很差。

在阐述 SD 法之前,先介绍几种与 SD 法有关的储量计算方法。

1. 传统几何法

传统几何法(或称传统法),是我国建国以来用得最广的储量计算法。传统几何法,一般是指固体矿产储量计算中常用的算术平均法、块段法、断面法、多角形法或多边形法等。虽然,这些方法的特点和功能不同,但它们都是遵循一个基本原则,即把形状复杂的

或未知的矿体描绘成与该矿体体积大致相等的简单形体,并将矿化复杂状态变为在影响范围内的匀化状态,从而计算其体积、矿石量、平均品位、金属量等。传统法的优点在于简便、易于掌握、不使用计算机也可以进行计算,因而该法一直沿用至今。特别,当工程数很少,只对矿产储量进行概略估计时或初勘阶段对储量精度要求不高时,采用该法是可行的,并且非常方便灵活;当矿体形态简单或品位变化不大,或者工程数非常之多、控制程度相当高时,传统几何法也是可行的。但当矿体形态和矿化复杂、工程控制不是特别密集时,而想用传统法计算得到精度较高的储量是很困难的。这是因为,根据很有限的工程资料编绘的简单矿体形体,很难说是与真实复杂形体的体积大致相等,并且,把取样点的品位延拓到它的所谓的影响范围(块段)而作为该范围品位的均值,这种影响范围也很难说是它的真正影响范围。这样,由此计算的矿石储量和品位便会产生事先无法得知的随机误差。这就是传统法可靠性差的原因所在。并且这种可靠性或误差还无法进行自身估计。

如果能够使传统法比较真实地把形状复杂或未知的矿体描绘成与之体积大致相等的简单形体,那么,计算的效果显然会好些。如果再解决误差(或精度)的自审功能,则这种储量计算方法将是很可行的。SD 法正是在这些方面取代传统法的。

2. 样条函数法

样条函数是近二十年来发展起来的一门数学分支学科,它主要应用于飞机、船舶制造业。将它用于矿产储量计算,是基于某些矿体矿化是连续的、甚至是可导的条件。例如某些矿化均匀的沉积矿床、层控矿床等。当稀疏地施以工程后,将得到的各工程观测点连接起来,可以认为连接的曲线是一条光滑曲线,于是用样条函数拟合,并进行样条函数积分,从而计算储量。此即样条函数储量算法。在样条函数中,储量计算一般采用 Spline 函数,亦叫三次样条函数。知道或给定各观测点的一阶导数的样条函数亦称埃米尔特函数,由此定义可以知道埃米尔特函数储量算法实质上是样条函数法的一种类型。

样条函数法在我国运用时间不长,应用范围也不广。它是 70 年代末 80 年代初在我国地质、煤炭系统发展起来的。这种方法适用于断面图上连续变化的矿体圈定和计算。对于形状和矿化复杂的矿体,其效果较差。SD 法最初也是在 70 年代末从研究样条函数开始而发展起来的,即用样条函数进行数值积分而着手改造传统法。当时尚未出现样条函数储量算法。样条函数法类似于 SD 法中的普通 SD 法,但普通 SD 法还适用于形状和矿化复杂的矿体的储量计算。

3. 距离幂次反比法

距离幂次反比法,与前面两类方法截然不同。它不考虑观测值的厚度、矿体形态和体积,是一种类似于后面将讨论的克立格法的品位局部估计方法。

距离幂次反比法以品位变化是距离的函数为依据而建立的一种方法。某一个点的品位值可用它周围不同距离点的已知品位对它进行估计。离被估计点距离越远,估计作用越小,距离越近,估计作用越大,即呈现出距离幂次的反比函数关系。幂次可以是一次、二次,也可是多次。但一般采用二次,称为距离平方反比法。

一般认为,距离平方反比法如果用得恰当,其效果是较好的。但是,这种“恰当”,却不容易掌握,同时,它的幂次用多大合适?也常是凭经验。不过,距离平方反比法在考虑变量空间相关权时,距离越远权越小,距离越近权越大的思想是可取的。SD 法在一定程度上吸取了这种思想。

4. 地质统计学储量算法

地质统计学储量算法(克立格法)被认为是目前世界上最先进、最科学的储量算法。它是建立在概率统计学基础之上而发展起来的一门学科。

地质统计学区别于经典统计学的重要标志是地质统计学将变量区域化。它以区域化变量作为理论基础,系统地研究区域化变量增量的空间相关性及其变化规律,从而对被估块段进行无偏估计,并可以提供估计值的置信区间。这种方法的出现,使矿产储量计算

方法研究进入了一个新阶段。

在最大限度地利用勘探工程所提供的信息方面,克立格法不失为一种理想的储量计算方法。但在勘探资料不理想的情况下,例如当工程数或取样点过多或过少,用克立格法计算储量却不太适宜。取样点过多,用一般的传统法不仅简便易行,而且效果也较好。D. G. Krige 本人也承认(潘恩沛等,1988):如果在块段中有许多可用数据点,一般说,这时用地质统计学原理获益较少;如果数据点相当丰富而且分布均匀,这时应用地质统计学估计整个矿床获益也很小。他认为,对于这样的样品,直接取平均值就够了;取样点过少,运用地质统计学,信息量就不足,很难得到可靠的估计。法国学者 R. G. Wadley 说(潘恩沛等,1988):“当远景估算是建立在仅有数十个钻孔基础上的时候,应用地质统计学是不恰当的”。笔者在实践中也遇到类似的问题,本书将在其它章节中讨论。D. G. Krige 还认为(潘恩沛等,1988):“只有当根据有限数据估量单个矿石块段,而且估计误差很大,这时克立格法才会显示出明显的优点”。由此可以看出,克立格法的应用是有条件的。

SD 法对克立格法这一应用条件可以适当放宽,该法对于工程数不苛求,一般只要有数十个至百余个钻孔,就能取得较好的效果。而且在适用范围上,SD 法也有较大的适应性。当工程数较多时,SD 法效果更好,而且计算工作量也不会增加很多。

二、SD 法的基本思想及概貌

所有储量计算方法都会由于矿体复杂性和取样的有限性,而会不同程度地遇到障碍。SD 法也不例外。

矿体的复杂性,这里主要指矿体形态的复杂程度和品位空间变化程度。对于大多数矿床矿体说来,矿体形态是复杂的,品位的空间变化亦很大。在某些储量计算方法中用某一位置上取样的量值(如厚度、品位等)代替周围一定范围的量值。这种将取值作为均值的统计学思想,经过多年实践目前已被公认为是不合理的。但是,什么样的储量计算方法能对取值的处理更为合理呢?许多人正在做这方面的研究。人们已经认识到,矿体空间任一点的地质变量

(如厚度、品位等)都具有规律性和随机性的双重性质。仅仅注意地质变量的规律性而忽视其随机性,如果采用确定性模型,则矿体越复杂其储量误差越大;仅仅考虑地质变量的随机性而忽视其空间变化规律性,如果采用纯统计模型,就失去了储量计算的地质意义。既考虑规律性又考虑随机性,是目前一些新的储量计算法普遍注意到的问题。为了克服表现矿体复杂性的地质变量随机因素干扰,SD 法引出了结构地质变量概念。

取样的有限性,是指地质勘探工作受到经济效益的约束,而不可能随意取样。一般说来工程越多,勘探程度亦越高,从而对地质现象认识越深入,储量计算亦越准确。但是,工程过多,不仅经济不合理,而且延长了勘查周期。在地质勘查整个过程(各个阶段)中,工程数和取样数都有一定的局限性,用较少的已知数据去估计复杂矿体的总体,而使其吻合勿误,这是难以实现的。不过,对于一个具体的矿体而言,施以一定量的工程,就已经体现了它的某种控制程度。只是在具体地从定量角度指明工程控制程度和储量计算精度问题上遇到了困难。然而,我们可以看到,工程控制程度常是由矿体的复杂程度来决定的,而矿体的复杂程度又是在一定数量的工程控制条件下去描述的。利用这种相依关系,SD 法采取了一系列从数据取值直到整个运算的稳健步骤,导出了搜索递进算法,以及极限精度法——SD 精度法。从而实现 SD 动态审定一体化储量计算,使得 SD 法能根据地质工作阶段划分的要求,正确掌握取样的有限性,确定工程控制程度。

动态计算,是基于矿体既是地质体,又是经济体的事实,对于在各种条件下随经济变动引起变化的矿体储量计算。因此,矿产储量应是动态的,例如动态地确定工业指标,动态地圈定矿体,动态地计算储量和精度预测以及经济评价等。

审定计算,是指对储量精度、储量级别的审定。这是当今其它一些储量计算方法尚未解决好的重要问题(潘恩沛等,1988)。SD 法在解决这个问题时引入了分数维的概念,将矿体降维后,由分维数来刻画储量精度。对于同一矿体,随着观测点的增多,分维数逐