

模糊数学在地质找矿中的应用与展望

忠 实

模糊数学能否在地质领域中应用,在地质找矿中的应用前景是否乐观,这要取决于:作为“工具”的模糊数学是否有“能力”来解决地质找矿中的问题。如果有能力,前景就是乐观的。本文就此作些讨论。

—

模糊数学是六十年代中期兴起的一个数学分支,它随着社会发展的需要,已经在图象识别、人工智能、自动控制、信息处理、经济学、心理学、社会学、生态学、语言学、管理科学、医疗诊断、法律和哲学研究等领域得到了广泛地应用。

人所共知,经典数学在科学技术各领域和国民经济各部门中所起的作用是巨大的。但是,人们又发现:经典数学要求对象的精确性与现实问题中的不精确性之间存在着很

大的矛盾,电子计算机虽然已具有惊人的解决问题的能力,但在处理复杂问题时,就不那么令人满意了;对于特别复杂的系统,如生物系统、经济系统、地质过程等等,人们只能给予十分粗糙的定性描述,无法进行定量处理。经典数学在这些问题面前,就显得无能为力了。

人们经过长期的探索,发现问题的实质是作为经典数学的基础——康托 (Cantor) 集合论或经典集合论中的基本概念——集合的概念有局限性,必须经过推广,才能使我们构造的数学模型同复杂的客观现实相适应。L. A. Zaden 教授,观察了现实中的大量现象,提出了一个新的概念——Fuzzy (模糊) 集合的概念。从这一概念出发,形成了模糊集合论,进而形成了一个新的数学分支——模糊数学。这样,以往用经典数学

中。这种自碎火山—侵入岩还常与锡矿化有关,如广东西岭的锡矿,自碎次花岗斑岩呈 4 平方公里大小的岩体侵入于下侏罗统砂页岩和同源火山岩中,锡矿体就赋存于自碎次花岗斑岩与下侏罗统砂页岩的接触带内,构成了斑岩锡矿。钨钼矿亦与这种自碎火山—侵入岩有关,江西阳储岭斑岩钨钼矿的成矿母岩是一种具隐爆特征的二长花岗斑岩,主要表现为岩石本身普遍具碎屑结构,造岩矿物甚至某些副矿物都碎裂为碎斑和碎晶。粤东南莲花山斑岩钨矿赋存于隐爆成因的次石英粗面斑岩中,岩体长 2 公里,宽 100~450 米,岩体顶部具碎斑结构,往深处延伸,即转变为正常的斑岩。另外,在这种自碎火山侵入岩中也发现了金的矿化,在山东、浙江的一些晚侏罗世火山岩分布区,其基底岩石

是含金较高的变质岩,后者是金的深部矿源层,再结合对火山机构的圈定,可作为火山岩中寻找金矿的远景地区,在这些地区必须注意寻找与自碎火山—侵入岩有关的斑岩型和脉型金矿。在找矿时要特别注意那些小的自碎次火山岩体,要注意研究火山机构的总体特征,仔细地划分岩相。总之,自碎火山—侵入岩是从富含挥发分的酸性、中酸性或碱性的岩浆中结晶生成的,有关的火山、次火山热液一般偏酸性或富碱质,这些热液在不断交代围岩的过程中使其中有用组分活化转移,从而在火山机构的有利部位富集成矿,特别对 U、Sn、W、Mo、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、有更重要的意义。

参考文献 (略)

(南京大学地质系)

(笔者认为包括统计数学), 描述客观现实的不足之处得到了弥补, 现在由经典数学、模糊数学对现实中的复杂问题进行数学描述, 就显得更完善, 更切合实际了。

在Cantor集合论中, 集合的概念是: 一个元素 X (对象, 成员) 或者属于或者不属于这个集合, 二者必居其一。因此, 一个经典集合 A , 可以完全由一个仅取0或1为值的二值函数 $f(x)$ 所刻画。这个二值函数, 称为集合 A 的特征函数。我们可以把特征函数在 X 时的值, 理解为对象 X 对集合 A 的隶属程度。 X 属于 A , $f(x)=1$, 否则为零。例如, 我们讨论问题的范围为全体男人 (叫论域), 120斤重以上的男人的集合, 是个经典集合。有一个体重130斤的男人, 他属于这个集合, 特征函数 $f=1$; 一个体重为110斤的男人, 他不属于这个集合, 特征函数 $f=0$ 。对于任何一个男人, 是属于这个集合, 还是不属于这个集合, 二者必居其一。同样, 身高1.7米以上男人的集合, 大于35岁男人的集合等, 都是经典集合。

在Fuzzy集合论中, Fuzzy集合的概念, 不同于经典集合的概念。构成Fuzzy集合 $\underline{A}$ 的元素不是非此即彼的那样分明, 而是不分明的。表示元素 X 隶属 $\underline{A}$ 的程度的程度函数, 是在 $[0, 1]$ 区间上取任一实数值。如, 讨论全体男人 (论域), 相当重的男人的集合, 就是一个模糊集合。多重叫相当重, 这是不分明的。假如120斤就称得上相当重, 体重130斤重的男人隶属这个集合的程度函数, 可取1, 110斤重的男人隶属这个集合的程度函数, 可取0.9, 100斤重的男人隶属这个集合的程度函数, 可取0.8, 50斤重的男人隶属这个集合的程度函数, 可取0, 每个男人隶属这个集合的程度是不一样的, 它叫模糊集合。同样, 相当高的男人的集合, 胖男人的集合, 年轻男人的集合等, 都是模糊集合。

为了讨论两种集合之间的关系, 我们再分析一下男人组成的集合。120斤重以上

的男人组成的集合, 是经典集合, 相当重的男人组成的集合, 叫模糊集合。体重为160斤重的男人, 即是前一个经典集合的成员, 也是隶属程度相当高 (可以认为 $f=1$) 的下一个模糊集合的成员; 体重为70斤重的男人, 他就不是经典集合的成员, 而还是模糊集合的一个成员, 只不过是隶属模糊集合的隶属程度很低而已。从而得出, 两种集合之间关系的第一个结论是: 经典集合是模糊集合的特殊情况。

再分析这个例子。120斤重以上的男人组成的集合为经典集合, 相当重的男人组成的集合为模糊集合, 得出120斤以上男人, 既是经典集合的成员, 又是模糊集合的成员 (全体男人都是模糊集合的成员)。这就是集合可以转化, 转化的条件是“120斤以上”“相当重”, 在这些条件下, 经典集合与模糊集合实现了转化, 当转化条件是分明的, 这时转化为经典集合, 当转化条件是不分明的, 这时就转化为模糊集合, 这就是经典集合与模糊集合之间关系的第二个结论。

两种集合所以能在一定条件下实现转化, 是因为集合的元素 (成员, 对象) 具有两种属性—精确性、模糊性所至 (到目前为止, 人们只认出了它的两种属性。研究它的精确性一面, 产生了经典集合论及其经典数学, 研究它的模糊性一面, 产生了模糊集合论及模糊数学, 将来人们再认识了它的新的属性, 还会产生新的集合论及其相应的数学分支)。同一个元素具备两种属性这是客观存在的事实, 正如恩格斯所指出的: “……在每一个瞬间是它自身, 但却又是别的什么。”从辩证的观点看, 模糊性是绝对的、普遍的, 精确性是相对的、特殊的。如在我们讨论的例子中, 160斤重的男人, 即是体重超过120斤重的男人”组成的经典集合的成员, 又是“相当重的男人”组成的模糊集合的成员。当条件是分明的 (120斤), 它的“精确性”就显露出来了, 当条件是不分明的

(相当重),它的模糊性就显露出来,看来元素的两种属性在一定条件下也是可以转化的。元素的两种属性在一定条件下互相转化,这是两种集合可以互相转化的依据;模糊性是经常的、绝对的,精确性是瞬时的、相对的,精确性是模糊性的瞬时存在形式,这就是“经典集合是模糊集合的特殊情况”的依据。

综上所述,得出:(1).模糊数学本身并不模糊,同经典数学一样也是严谨的,只是它所研究的对象是模糊的,或说得更确切些,是研究元素的模糊性一面。(2).因为元素的精确性是模糊性的瞬时表现形式,笔者认为:经典集合是模糊集合的特殊情况,经典集合论就是模糊集合论的特殊情况,经典数学也就是模糊数学的特殊情况。可以预计,经典数学的各学科要全面的推进到模糊数学领域中去,将产生:模糊几何、模糊代数、模糊方程、模糊拓扑、模糊概率统计等等。(3).模糊数学虽然是新生的数学分支,但它有强大的生命力。凡是经典数学所能触及到的学科、应用领域它都能触及到,经典数学没有触及到,没有能力触及到的学科、应用领域,它也有能力去触及。模糊数学对客观事物的描述能力将远远超过经典数学。(4).因为地质过程是一个非常复杂的系统,所以,地质工作者寄希望于模糊数学。

二

现在我们所看到的地质实体,是经过亿万年的地质过程形成的,这个地质过程是一个非常复杂的系统。在漫长的地质过程中,元素聚集成矿物,矿物和其它物质构成了岩石,由岩石又形成了地层、岩体,有用的元素又富集成矿体等等,所有这些看来似乎简单的地质过程,却有一个复杂的系统。

关于矿物。平时,人们根据矿物的力学、光学、化学等特性,综合起来,对矿物进行鉴定。不论通过什么手段,所获得的关

于矿物的定量、半定量的数据都是模糊的。如,晶体形态参数是多少,才是某一种矿物的标准晶体的参数呢?很难回答。因为矿物的实体在长期的地质过程中,受各种因素的影响,矿物的晶型的实体已不可能是标准晶型,已受所程度不同的歪曲,从这个意义上讲,矿物晶型实体本身就是不分明的,即模糊的,又由于显而易见的原因,我们所获得的关于晶型参数的信息,也是模糊的。再如,关于矿物各种光学常数,象折射率等,也是模糊的。因为在不同时期,不同地点的漫长地质过程中,形成的矿物实体受到歪曲,矿物的光学性质受到种种干扰,又由于测量的误差,所获得的光学常数是,才是某种矿物的标准光学常数呢?也是难于回答,所以也是模糊的。同样的原因,关于矿物的硬度、比重等参数也是模糊的。其它关于矿物的定性描述,如颜色、光泽、条痕等,不言而喻,那更是模糊的,不分明的。所以,矿物是一个模糊的概念,用数学语言来说,是一个维数很高的模糊集合。

基于类似的原因,岩石、地层、岩体、断裂等地质概念,都是模糊的概念,都是维数很高的模糊集合。

为了要识别一个矿体,就要研究矿体变化的规律,矿化的变化,品位的变化,矿体界线、围岩蚀变、控矿因素、原生晕、次生晕的变化规律,各种物理场的变化规律等等。定性的描述是模糊的。就是反映原生晕、次生晕的信息,各种物理场的信息,也都是模糊的,界线不分明的。所以我们同样认为,矿体也是一个模糊概念,是一个维数更高的模糊集合。

综上所述,可以得出这样的结论:漫长的地质过程是一个非常复杂的系统,对这个系统的描述,需要有与之相适应的数学方法。长期以来,对于地质体这个对象,人们只认识到它的漫长性、复杂性、多样性、多解性、偶然性,而没有认识到它的模糊性。因此,

地质工作一直处于定性描述阶段,所得到的地质概念多数是模糊概念,而且是维数很高的模糊集合。只有当模糊数学应用到地质工作中,地质工作才有了与之相适应的数学方法,对地质体的描述才能更加符合客观实际。

三

模糊数学的诞生,将会给地质找矿工作带来新的生机。对今后十年或稍长一点的时间里,我们可以作这样的展望:

(1) 将要诞生一门新的学科—模糊数学地质。

在长期的地质实践中,人们为要描述漫长而又复杂的地质过程,几乎涉及到了经典数学的所有学科,特别在人们认识了地质对象的随机性以后,用概率统计数学模型来描述地质对象得到了广泛的应用,相应地产生了数学地质,取得了前所未有的好效果。今天,地质对象的模糊性又被我们所揭示,可以预料,用模糊概率统计数学模型来描述地质现象将更确切,效果将更好。

(2) 会使地质找矿工作由定性描述阶段转入定量计算阶段,将要相继诞生新的地质理论。

前一阶段,人们认为,由于计算机的出现将促使地质找矿工作由定性描述为主的阶段向以定量计算为主的阶段转化。现在看来,这个提法是不准确的。固然计算机的出现对推动这个转化起了很大的作用,但由于经典数学不能确切描述复杂的地质过程,所以这个转化是不精确的。由于模糊数学的诞生,并开始与地质结合,促使地学各学科、各应用领域,都要研究、提出各自的模糊地质模型及相应的模糊数学模型,从中就产生出新的地质理论,这就标志着地质找矿工作以定

量计算为主的阶段已经开始。

(3) 地质找矿工作将有新的重大突破。突破的条件,已经具备。①、大量地质数据的积累,为突破提供了信息依据。我们知道,共性存在于个性之中,普遍性寓于特殊性之中,在大量的地质数据之中,寓于着地质对象的随机性、模糊性及各种地质规律,这就给地质找矿工作的重大突破提供了最基础的条件。②、高速计算机的飞速发展,为突破提供了有效的计算工具。③、模糊数学的出现和新的地质理论的诞生,为地质找矿工作的突破提供了理论依据。④、各种类型的模型识别,为突破提供了方法依据。通过总结前人的成功经验,本着从已知到未知的原则而建立起来的地质模型及相应的数学模型,用来鉴别未知模型的“是”与“非”。一些地质问题将会得到合理的解决,如矿物的鉴定、岩石的鉴别、地层的鉴别,岩体的鉴别、矿与非矿异常的区分、矿体及矿床类型的确定及鉴别等等——特别是一些重大地质问题的突破,都离不开一定类型的识别。

地质矿产部长春计算站同长春地质学院石油测井教研室合作,应用模糊统计识别方法,建立“油层”、“水层”的模糊教学模型,对油田的未知地层进行判别,判对率达到95%以上,取得了可喜的成果。我们要充分利用这些已经具备的有利条件,努力工作,争取早出现、多出现地质找矿工作的突破。

“模糊数学在地质找矿中的应用”,前景是乐观的。我们希望,能在十年或稍长一点的时间以后,怀着喜悦的心情来回顾“模糊数学在地质找矿中的应用”所取得的丰硕成果!

(地质矿产部长春计算站)