

化探数据处理的发展、现状与趋势

吴锡生* 纪宏金 陈 明

(长春地质学院)

一、试验与普及时期(1965—1980)

我国化探数据处理是从60年代初开始。1965年谢学锦,邵跃在整理钻孔原生晕资料时,应用了滑动平均方法,使矿体周围晕的规律更加清晰。吴承列、林存山、伍宗华等在区域化探资料整理中也应用了概率统计方法,较合理地划分区域背景与异常;1966年徐道一将趋势面分析用于地层学,发表了“地层数据的趋势面分析”;1972—1974年谢学锦、林存山、杨竹溪等用趋势面分析研究了安徽某岩体磁铁矿中铜含量的分布,发现了Cu有明显的定向富集趋势,据此可作为岩体中金属为成矿提供物质来源的依据之一。他们还应用了加权内插的方法,将岩体不规则采样点数据变换成规则网格的数据进行成图,其结果Cu含量富集趋势与趋势面分析基本一致。在安徽某地铁帽分析的试验中,应用了聚类分析与因子分析,也取得了较满意的效果。1973—1975年吴锡生在吉林某地1:5万区域化探普查中应用了趋势面分析划分了区域背景与异常,并根据Cu、Pb、Zn的异常,发现了金矿脉,找到了一个小金矿;并应用聚类分析与因子分析研究了金矿区围岩与矿石中元素的综合特征,为金矿成因提供了地球化学依据。在区域化探异常评价时,应用了已知铜矿床Cu金属量建立判别函数,对未知异常作了判别与分类,取得了一定成效。

1972年冶金部由欧杨宗圻主持在广西桂林举办了地球化学学习班,聘请了於崇文、张本成、阮天健、林名章等讲授地球化学等理论与方法。在以后内部出版的学习材料中也已涉及化探数据处理方法的内容。

1973年在湖南邵阳地质部举办的激电化探学习班上,物探所介绍了应用回归分析方法从某一标高上矿体中含量来预测整个矿体中平均品位;应用判别分析区分有工业价值铁帽与无工业价值的铁帽;1973年冶金系统为推广多元统计方法在化探中的应用,欧杨宗圻委托阮天健在《地质与勘探》杂志上系统刊登了“数理统计在地球化学探矿中的应用简介”,为普及国内化探数据处理起到推动作用;同年地质科学研究院情报所编印了《化探资料数理统计方法》一书(内部参考),介绍了国外1968—1973年化探数据处理方法的应用实例与综述性论文;1974年冶金部在保定举办了第二期化探数据处理与电算学习班(为期五个月)聘请于崇文、蒋耀淞教授系统地讲授数学地质方法在化探资料整理与异常解释评价中的应用。1975年在福建召开的

* 收稿日期:1993—07—20 地址:吉林省长春市(邮政编码:130026)

全国第一次区域化探经验交流会上,黑龙江省、长春地质学院、河南省、广西省、物探所的代表都介绍了趋势面分析、移动平均,相关分析等在区域化探数据处理中的应用。1976年地质部物探局在北京举办了在质系统电算程序设计学习班,培养了一批物化探应用计算机与程序设计的技术骨干,1976~1977年陈天与、吴锡生在长春地质学院学报上系统刊登了“数学地质讲座”,介绍了数理统计的基础知识与多元统计方法及其在化探中的应用实例;1977年徐道一编著了《数学地质引论》一书,在国内首次系统地介绍了统计方法在地质中的应用;1977年地质部物探局在无锡召开了物化探电算技术交流会,对推动应用计算机整理物化探资料起了推动作用。1979年地质部物化探局在邵阳举办地质系统化探数据处理学习班,由吴锡生系统讲授了“多元统计方法”对各省化探应用多元统计方法处理化探资料起到了普及与推动作用(该讲稿1981年由河北省地矿局科技情报室出版,书名为《地球化学探矿中几种多元统计分析方法》);1979年地矿部北京计算中心根据原国家地质总局提出的重新整理1:20万区域金属量测量资料要求,研制成包括数据存储、数据处理、图像显示、绘图等多功能的化探专用处理系统(简称GC-79),大大提高了上述资料的整理速度,并有22个省局重新整理了这方面资料。GC-79系统为1978年谢学锦提出的全国区域化探的数据处理与成图作了探索性试验,为全国区域化探成图标准化方面作了先导性工作;1979年地矿部物化探局创办了《物化探电算技术》杂志,为交流与推广应用计算机处理物化探资料起到了积极的推动作用。1979年冶金部在地面物化探工作规范中也提出化探报告需作电算处理的要求。1980年於崇文等编著的《数学地质的方法与应用》和陈天与、吴锡生合编的《数学地质方法》相继出版,这类书籍对我国化探数据处理起到普及与深化应用的促进作用。

二、发展与提高时期(1981~1992)

我国的化探数据处理在经历了60~70年代的普及、推广与实践之后,在进入80年代时已具有进一步发展和提高的基础,具体表现如下:

(一)微处理机的普及

据地矿部物化探局1990年统计,为物化探工作配备的微型计算机已有71台,袖珍式计算机(含PC-1500)131台,中小型计算机8台,高档微型计算机5台。计算机从计算中心(站)、研究所、院校逐步普及到野外队,其应用从数据采集、整理、成图到解释,并且开始建立数据库。地矿部系统初步形成了三级计算机应用体系。

①全国级专业数据处理中心(站)。如北京计算中心和武汉、长春、成都地质计算站。北京计算中心在GC-79基础上进一步研制成GC-81第二代区域化探数据处理系统,它包括化探数据的存贮、检索、方法处理和自动成图三大部分,系统有较强的按图幅检索的功能、成图功能亦有所扩大,至1991年已处理了200多个1:20万区域化探扫面资料,大大缩短了资料处理周期,并发现了矿产地近百处。

1985年地矿部物化探研究所建立了物化探软件开发中心,为化探研制开发了地区性的区域化探资料统计、处理、成图自动化系统及相应的数据库、为各省、队独立进行区域化探资料处理与成图起到促进作用。

②省局或大队级计算站。有9个物探队配备了CS-3微型机,19个物探队配备了DUAL-68000高档微机。他们在软件开发中心的统一组织协调下,集中对物化探应用软件进行研制,开发和移植;交流和推广应用程序约200个,其中定型40个,涉及重磁、化探、数学地质、电法、绘

图、系统管理、数据库、不同机器间的信息通讯等。语句总行数达12万多条,基本上可使物化探资料的常规处理不出省队,而且在云南、陕西、浙江等省取得了较好的地质找矿效果。

③分队级站,普遍配备了袖珍式PC-1500机,已开发了一批化探方法处理程序,实现了PC-1500机与IBM-PC/XT(或长城0520机)、DUAL-68000机之间的信息通讯。这对野外进行数据采集和预处理以及小型计算处理起到积极作用。

在冶金系统的物化探队也都具备了数据处理的软硬件条件。在有色系统的各省物探队也都配备了微机及数字化仪、绘图仪等成套设备,可以独立进行数据处理与成图工作。而且冶金与有色系统有的队已建立了物化探数据库,有的队也正在准备建立相应的数据库。

由上述可见,现已在全国普及了微处理机,并且已拥有一大批化探软件开发力量,我国的化探数据处理、解释、成图工作定会走向一个新的高度。

(二)新的计算方法不断出现

在背景与异常的划分方面,当对化探分析数据作统计直方图后,发现不服从正态分布时则采用了一些转换方法。如对数转换、广义幂变换及二步转换等方法使转换后数据接近正态分布,而后确定背景与异常或作其它统计处理。此外,也应用了“总体分解法图形识别”,“框架滤波方法”,“加权游动平均法”,“普通克立格法”,“泛克立格法”等直接对全部数据进行处理,并可划分出单元素背景与异常。对于多元背景与异常的划分已应用了马氏距离(Mahalanobis distance)进行“多元背景与异常的确定”,应用因子分析对地球化学场进行分解。稳健统计方法、非参数统计方法(如EDA法)、背景校正方法等在背景与异常的划分中也都有应用。总之,如今背景与异常的确定已不再停留在背景加几倍方差简单的计算方法上,而是出现了多种多样的计算方法。它对区域化探与矿区化探背景与异常的确定提供了良好的统计计算依据,而且其应用的效果也大有改善。

在分类方面,应用了模糊聚类分析、寻根聚类 and 对应聚类分析。罗吉斯蒂判别分析、多变量场方法、最优分割法,RESMA系统等。这些方法在区分矿与非矿异常和样品的分类等方面具有更多的优点。

在元素和样品的相关性研究方面,除了仍在应用回归分析、因子分析、对应分析等方法外,还采用自相关结构分析与马尔科夫分析,这两种方法可有助于研究元素含量的分散和富集规律。

在异常评价方面,应用了成矿能量评价法、标准矿化估值法、成矿可能度预测法、成矿概率指数法、成矿相对指数、综合信息方法、模式识别等评价异常的含矿远景,还应用二维或三维延伸方法评价异常的深部含矿性。这些方法均可使化探异常评价趋于定量化。

在成图方面,地矿部北京计算中心已研制了地球化学编图系统,该系统可用计算机自动绘制地理底图,并应用计算机图形图像技术,表达化探信息,实现了笔式绘图仪绘制等值线图、符号图、色块图等,如今又有彩色静电绘图仪绘制彩色等值线图、公块图和立体图等。物化探研究所在IBM-PC机和MV400机上研制开发了化探资料数据成图系统,包括常用的多元统计分析与多元场法等实用化探资料处理程序,而且物化探所和中国地质大学(武汉)计算中心均已引进彩成图仪。有色系统科研院所也已开发了物化探数据处理和图像处理系统,并正准备引进空间信息系统(SIS)。故今后我国地球化学制图面貌将大大改观。以上介绍的我国化探数据处理与成图技术的发展与现状,只是国内近十余年来开拓发展的一部分,但也可看出我国近十余年来化探数据处理方法与成图技术等的发展是相当迅速。

三、化探数据处理的发展趋势

化探数据处理方法在勘查地球化学中是起着承前启后的作用,它是以化探采样和样品分析良好的数据质量为基础,而处理结果与图示的信息又为化探异常评价、圈定找矿靶区以及其它应用领域服务。

化探数据处理方法的发展又与应用数学和计算机技术的发展密切相关。从目前国内外文献可知,其发展趋势有以下几点值得注意:

第一,新的数学方法不断引入

最早引入化探数据处理的数学方法是多元统计方法,但近年来,地质统计学、模糊数学、数量化理论、稳健统计学,灰色系统等许多新的应用数学也相继引入化探数据处理中,新的数学方法的引入,使化探数据处理能力扩展,开拓了人们的思路,也必将有助于化探数据处理方法的不断发展与完善。

第二,两种统计分析方法的相互渗透

近些年来,一些地质统计学家,如 F. P. Agterberg 已将地质统计学与多元统计相结合,提出了新的统计方法,如“空间因子分析(SFA)”,“因子克立格分析,(FKA)”等。SFA 方法是将马尔科夫概型分析中的一些数学概念与因子分析结合,此方法可以确定在给定滞后条件下具有最大自相关变量的线性组合,通过转移矩阵求得两点空间因子分析模型的各个因子。应用该方法可划分空间不同地质体的分布与各种矿化集中地段。FKA 方法是将地质统计学与因子分析相结合。因此进行因子克立格分析时,首先要进行结构分析,建立变量空间变化模型。FKA 方法建模的目的是把平稳的或非平稳的现象尽可能分解成如同用结构分析表示的它自身所固有的各种不同特征的“频率”。该方法适用于化探中的不规则采样,而且信息可以是单变量的也可以是多变量的,多变量信息可以取自同一地点,也可以在不同地点收集。应用 FKA 方法有助于化探区域背景与异常的确定。

国内目前也提出了“对应聚类分析”,它是将对应分析与聚类分析结合的多元统计新方法,该方法有助于样品与变量之间统一的进行分类与解释。

因此,统计方法之间相互渗透与结合是今后化探数据处理发展的趋势之一。

第三,充分挖掘信息为解决地质问题服务

长期以来,化探及其数据处理的主要任务是为地质找矿服务,特别是区域化探扫面工作开展以后,找矿效果极为明显。但往往忽视开发数据中存在的地质信息。近年来,国外比较强调元素在空间上的分布和组合模式,这种模式的特征量在不同级次的模式中是有变化的。他们通过方差与相关关系的空间变异来揭示地质作用的规律,是一个值得注意的动向。有人指出,现在应把“量的地球化学”过渡为“关系的地球化学”、全苏地质研究所针对用地球化学方法解决地质问题的需要,提出了多重相关的处理方法,该方法要求根据所研究的地质问题,选用一系列元素作多层次的相关性研究,处理结果一般表示成多重相关表达式,表达式分左右两部分,一部分元素之间都是正相关关系,其中元素间相关程度大小用符号(如括号、方框)表示,而表达式的另一部分元素间都是负相关关系,整个表达式所表示的元素正负相关性和相关程度,是被研究地质体生成时把地球化学环境的反映,而表达式中相关元素的组合及相关程度的变化,特别是某些元素从多重相关表达式的一侧向另一侧的“跳跃”,则是地球化学条件变化的反映。因此,这种数据处理方法可更深入地揭示地质作用本质。前苏联已在三叠纪沉积岩系的划分,红

色盆地沉积环境的对比,火山进发的相分析等方面作了这种处理获得了较好的地质效果。

於崇文教授在其所编写的《数学地质的方法与应用》一书中已较系统地介绍了多元统计分析在地质和化探工作中的应用。然而国内至今尚有某些地质领域尚未涉足。因此,今后化探数据处理向地质及其它领域的开发应用是具有广阔的前景。

第四,全国与全球地球化学填图的数据处理与成图技术

我国区域化探全国扫面工作不久即将完成,而全球的地球化学填图计划即将实施。我国将来出版的地球化学图集,涉及30个省、市、自治区的区域化探数据,如何进行统一的处理与成图,并展示出国际水平的图件,是化探工作者都在关注的大事。我国在地球化学图集编制过程中的数据处理方法与成图技术,也将为全球地球化学填图的成图工作提供经验。因此,这是一项化探数据处理方法与成图技术极有意义的研究工作。

第五,建立计算机模式识别系统

矿床的形成是受一定的地质、物理(褶皱作用,断裂作用、剪切作用等)和化学条件的制约,它们的产出和分布不是随机的或偶然的,而是遵循一定的经得起模式识别和分析检验的模式。可以展望,今后模式分析在地质、地球化学测量的解释中会得到广泛的应用,其中基本模式识别、模拟技术等将起主要作用。

欧阳宗圻在成矿—成晕地球化学模式以及典型有色金属矿床地球化学异常模式方面作了大量的研究,但这些成果主要还是通过作者自己的智慧汇集起来的,而如今化探资料数量十分庞大,需要计算机帮助我们存储数据和作模式加工,建立起计算机模式识别系统,这将有助于地球化学异常的评价和地质找矿工作。当然这并不排除在此过程中人的主观能动作用和积累的经验,因为成矿作用及其所形成的地球化学异常模式是一个极为复杂的问题,因此建立人机联系的计算机模式识别系统仍然是发展化探数据处理方法与技术的趋势之一。

在编写本文过程中林存山、沈庸立、欧阳宗圻、王义为等同志提出了宝贵意见,欧阳宗圻、王义为同志还提供了部分资料,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 谢学锦:1989年,区域化探,地质出版社。
- [2] 谢学锦:1989年,区域地球化学异常评价,地球化学异常评价文集,中国地质学会勘查地球化学专业委员会出版。
- [3] 於崇文等:1978年,数学地质的方法与应用,冶金工业出版社。
- [4] 张本仁:1989年,成矿成晕理论与地球化学异常评价,地球化学异常评价文集,中国地质学会勘查地球化学专业委员会出版。
- [5] 张本仁:1981年,有关地球化学找矿的某些基础理论,现代成矿理论及勘查地球化学汇编,第二集。
- [6] 黎彤、倪守斌:1990年,地球和地壳的化学元素丰度,地质出版社。
- [7] 孙焕振:1986年,金银矿产普查中的化探应用效果及若干问题的讨论,物探与化探,第4期。
- [8] 陈天与、吴锡生:1990年,数学地质方法,吉林人民出版社。
- [9] 吴锡生:1989年,多元统计在地球化学异常评价中的应用,地球化学异常评价文集,中国地质学会勘查地球化学专业委员会出版。

(下转第92页)

型等的方法及软件的研究。

在人工智能的研究方面美国 Plansky 等人发表了系列文章,论述地质人工智能研究的现状、设计思想以及发展前景。他们认为,地质、矿业以及行星科学正处在跨进完全自动化的技术革命的门槛上,综合的知识系统、智能传感器以及自适应性软硬件的结合将有助于这一跨越。人工智能系统近期的发展方向是认识、学习及自适应功能。这方面引人注目的是所谓“神经网络”(neural network)它是一种能在一定程度上模仿人脑思维活动而从已知模式中进行学习的智能系统。在会上有三篇论文分别介绍了“神经网络”在光学图象分析,模式分类以及测井数据对比中的应用。其中后者的作者是江汉石油学院周承当及刘瑞林(译音),可惜他们没能到会。

总的来说,这次会议相当成功的它不仅给各国的数学地质工作提供了一次交流和探讨的机会,而且使与会者感到数学地质还是大有成绩大有奔头的。会议的不足之一是发展中国家的代表很少。虽然会议设有旅费补助,但数量很少,而且通知得很晚,使一些人虽收到通知也来不及办理有关手续。我国有些学者不能到会可能也与此有关。我在 IAMG 理事会上提出了这个问题,但现任主席 M. Hohn 百般无奈地说:“以后的会议连这样的补助也不会有了。”IAMG 已决定每年召开一次学术大会,明年的会将在加拿大召开。看来,发展中国家的学者要想在 IAMG 讲坛上占一席之地,还得靠自力更生。好在第30届国际地质大会将于1996年在北京召开,热切希望我国数学地质工作者将已有的成绩好好总结一下,准备好论文在这个大会上显示一下我们的风采。

周 蒂

1993年11月2日于德国罗斯托克

A GRAND MEETING TO CELEBRATE THE 25th ANNIVERSARY OF IAMG

Zhou Di

(上接第88页)

GEOCHEMICAL DATA PROCESSING IN CHINA: THE PAST, PRESENT, AND FUTURE

Wu Xisheng

(Changchun College of Geology)

【作者简况】吴锡生,男,1934年生,江苏省无锡人。毕业于东北地质学院地球物理探矿系,1956年后从事勘查地球化学教学与科研工作,现为长春地质学院研究员、地球化学找矿教研室主任、中国地质学会勘查地球化学专业委员会委员、吉林省暨长春市地质学会勘查地球化学专业委员会主任委员、《长春地质学院学报》及《物探化探电算技术》编委。先后发表论文20余篇,为《数学地质方法》作者之一,《化探数据处理方法》教材主编。目前感兴趣的研究方向是区域地球化学与农业、地方病关联性数据处理与成图方法以及地球化学的数学模型及计算机模拟等。