

不可忽视的化探细节

纪宏金¹, 于家明², 陶胜辉², 陆学普², 周玉香²

(1. 吉林大学地球探测科技学院, 吉林 长春 130026; 2. 吉林省第五地质调查所, 吉林 九台 130500)

[摘要] 通过一系列实例系统阐述了化探中各种细节的重要性。反面实例显示了由于疏忽细节而导致的严重失误。正面实例表明, 从细节的关注中可随时发现新的问题和开拓新的研究途径。

[关键词] 地球化学; 勘查; 细节; 实例; 隐伏矿

[中图分类号] P622⁺.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-2427 (2007) 01-049-06

地球化学找矿, 简称化探。我国自20世纪50年代开始用于生产以来, 取得了可喜的找矿成果, 目前仍在发挥着重要作用。然而化探是一项系统工程, 类似于铁环将多节木片相系成桶。其中, “环”似工程设计, “节”如采样、记录、化验、数据处理、成图 and 解释。若全部环节装配正确, 则桶中有水, 勘查成功; 若任何细节出现疏漏, 则桶中无水, 导致失败。

G. J. S. Govett 曾抱怨: “有些地球化学专题论文, 往往摆出学识专深的样子, 对实际方法细节的解释十分有限”^[1]。受此启发, 列举了大量正反两类化探实例, 涉及除化验外的上述全部环节。全部实例都是作者亲自经历的, 其中, 绝大部分实例是未曾发表的。虽然各实例都是互相独立的片段, 但内容却构成一体, 据此阐明细节的重要性, 反映各细节中蕴藏的新现象、新问题和创新机会。顺便简介了若干细小的新发现、新理念、新方法及其应用效果。

1 不同的采样布局与不同的找矿效果

采样布局是后续研究的基础。1990年, 初次涉及胶东金矿化探, 面对200多条含金构造的地表评价, 需首先确定的设计之一是采样布局。

自然想到的是沿脉采样方案, 即沿构造走向采集裂隙物质。但按传统理念, 要求垂直构造布置测线, 以便包含未受成矿作用影响的样品, 并由此确定地球化学背景^[2]。于是, 对沿脉采样方案的疑虑是: 本区构造带普遍遭受矿化影响, 沿脉采样将缺少正常岩石样品, 无法确定背景, 也难以按传统方法识别异常。但由以下考虑仍然采用了沿脉采样方案:

从理论上分析, 背景与异常是相对概念。与正常围岩相比, 构造带是异常。构造带内部也有背景与异常之分。区内成矿特征表明, 矿化具多阶段性。若将无矿化视为背景, 有矿化就是异常; 若将单一矿化当作背景, 叠加矿化就是异常。工业矿体一般受多阶段矿化叠加, 属于最高层次异常。因此, 沿脉采样方案有一定理论基础, 应能够识别出一定意义下的背景与异常。特别是那些最高层次的异常, 可能与工业矿体一致。

从技术经济上分析, 构造带是已被发现的低级别地质异常, 无需化探方法重新识别, 也无需采集围岩样品来确定其背景。

[收稿日期] 2006-10-20; **[修订日期]** 2007-01-15

[作者简介] 纪宏金 (1950-), 男, 湖北大冶人, 吉林大学地球探测科技学院教授。

该方案的实施结果是,在平度地区以2 439个化探样品的成本,评价了222条金矿脉的远景及其远景地段,筛选出Au含量为可采品位以上的84条矿化脉。其中一个最有利的矿脉被私人发现。显著的效率使这一采样方案沿用至今^[3]。

解决同类问题的一个对比方案是垂直构造带布置采样。其结果以数千地表岩石样品的成本,仅发现了一些零星点异常。

2 运积层采样与山顶古河床中的砂金

在1995年的胶东南墅金矿化探中,收集到一份矿区土壤化探图件。其中,大片区段内的元素含量很低,只有零星点异常,且无规律,令人困惑。

偶然的机会解开了这个谜团。在矿山附近一个名叫伙山的高地冲沟里,发现了运积层断面,其上部为1~2 m厚的耕作层或土壤,下部按一定韵律分别出现磨圆度较好的鹅卵石、粗沙、细沙、粉沙和泥质层,最大厚度不明。此处正好位于上述可疑地段。经过追索,在其它可观察的同类地段也发现了运积层,并在泥质层中发现鱼状动物残骸。显然,这些物质应属于古河床(湖泊或海滩)堆积物,因后期运动被抬升到现代高地。运积层中的土壤化探当然也不会有预期效果。

由此还涉及伙山脚下的砂金来源之谜。每当暴雨过后,伙山南坡下的沟谷中便有砂金可淘。伙山是附近唯一高地,方圆仅数里,高差不过百米。经地质观察,山上并无原生金矿化或有关蚀变。砂金来自哪里?最可能的答案也是庄稼地下的上述运积层。此推断不久后也许会得到当地淘金者的验证。

庄稼地下淘砂金的一个已知实例得之于辽宁省北瓦地区一个名叫养马场(古代养马)的平缓山顶。此山高差数百米,山顶耕作层下厚度不明的古沉积物富含砂金,其中砂砾具有很好的磨圆度。因无水系发育,每逢大雨,村民们才可在庄稼地下淘取砂金。显然,此山之顶应属于被抬高的古代洼地,企图由此砂金追踪原生金是不可能的。这一现象无疑有益于砂金起源及有关找矿问题的讨论。

3 采样的不一致性和假异常

1991年,在黑龙江某1:5万图幅的区域化探数据处理中,发现一处长数公里的线状金异常,自然的解释为线性构造所至。恰好其附近有环形异常,因而此格局被认为有利于成矿。然而,事关靶区预测,经过慎重分析,对上述异常提出了疑问。

通过回忆和查阅记录发现,该异常正好属于某工作小组同一天采集的全部样品。当天工作条件较好,保证了每个样品都是正常水系沉积物,其含Au量可能较高。但一般情况下采样条件恶劣,河床上部为悬空的塔头草和腐殖质,中间是流水,下部或为坚固基岩,或为未开化冻土;加上蚊虫叮咬,采样困难,若遇变种的草扒子(形似臭虫),还有生命危险,故只能采得漂浮腐殖质,Au含量自然较低。

采样一致性是化探的基本要求。由于上述线性异常源于采样的一致,它自然影响异常解释评价的准确性。

在岩石化探中也存在类似问题。采集新鲜岩石的要求一般难以实现,特别是地表的系统岩石采样中,大多数情况下只能得到风化半风化岩石。有时,偶遇采矿浅井,若不畏劳苦下井采集新鲜矿石,则反而破坏了样品的一致性。

4 采样记录的利用与成果解释

化探采样中通常有大量宝贵的地质记录,但遗憾的是这种纪录很少被有效利用。在金矿化探采样中,我们曾试验对每个样品做出数量化地质记录,将地质变量与元素含量一起构成数据样本,进行多元统计分析,使地质地球化学信息有机关联,简化繁琐的主观综合分析。

在山城金矿的井下化探中,被记录的数量化地质信息包括:主构造面走向、主构造面倾角、石英脉厚度、粗粒浸染状黄铁矿化、细粒脉状黄铁矿化、多金属矿化、菱铁矿化、闪长玢岩和皇斑岩等9个数量化地质变量。经多元统计分析,与地质结论相符,得到了有关地质地球化学信息的时间空间分布特征^[4]:

①代表主成矿阶段特征的细粒脉状黄铁矿化、多金属矿化、Au-Ag-Cu-As-Sb-Hg组合因子与主构造面走向密切负相关,揭示了主构造面走向对多金属矿化阶段和工业矿体空间分布的控制作用。

②反映早阶段矿化特征的石英脉厚度、粗粒浸染状黄铁矿化、菱铁矿化、Pb-Ba组合因子与主构造面倾角密切负相关,揭示了构造面倾角大小对早阶段矿化的控制作用。

由此可联想到其它采样记录的利用。例如,在石油化探中,采样对象是土壤,不同土壤含沙量不同,对被测组分的吸附能力也不同,不同样品的测试数据难以等权地反映深部情况。若采样时能对含沙量做出记录,并据此对其影响做出校正,则可能得到更好效果。

5 指示元素的局限性与深部预测

指示元素是化探的重要概念之一^[2],通常有高温、低温、前缘和尾部元素之分,是指导深部预测的基础。但这些概念若被过分机械地使用而缺少综合分析,有时也会误入歧途。

在胶东纪山金矿的某次研究中,3号矿脉16号勘探线以东、负10 m中段之上出现了As、Sb异常。研究者按照一般意义,将其视为头部元素异常或矿体上部特征,将该地段下部作为找矿靶区,结果钻探验证落空。

1997年,另一单位对该矿进行了综合分析研究,结果表明,该地段的As、Sb异常并非矿体上部指示。从矿物和元素组合看,该地段为无意义的粗粒立方体形黄铁矿,是上述As、Sb异常的可能来源之一;从矿化阶段看,此类矿物产于非主成矿阶段,无找矿价值;从统计分析看,主要表现为Co、Ni、Mo组合类,As、Sb的影响不再突出。总之,前期预测失误的原因之一是机械应用“头部指示元素”概念,没有充分考虑综合因素。

可对比的是,在上述地段西侧出现两种有意义的样品类型:一是As、Sb、Hg、Ba组合类,具典型前缘特征;二是Cu、Pb组合类,为多金属矿化特征,属于主成矿阶段产物;两者叠加是形成工业矿体的重要条件。据此将该地段下部作为深部预测的靶区,经钻探见到高于工业品位的金矿体。

6 方法失当与决策失误

在化探数据处理中,趋势面法、移动平均法、克立格法和分数维法^[5]的先后流行,代表了追求世界先进水平的自然趋势。但若盲目使用,有时也会失误。

曾有文献介绍了某图幅化探数据的分数维法处理结果。其异常等值线以平行的东西走

向为主,中间夹排列有序的椭圆线圈,形如多层平板间充满鸡蛋。其主体特征被解释为东西向构造,并声称这种构造未能被地质和地球物理方法发现。这种结果确实可以引人关注,但如此规则几何图形所表现的地质构造格局实在难以令人置信,而且也不难验证它完全形成于方法错误。

文章差错乃在所难免,一时得失如过眼云烟。但这种失误一旦涉及科研生产,则可能损失巨大。1987年,某矿区化探中采用当时流行的移动平均法来识别异常。因稳健性问题处理失当,图中出现一个大面积虚假异常区。在该结果的激励下,决策者将该异常区作为钻探目标。尽管有关著名教授和地方主管在听取并认可专业化探人员汇报后否定了该异常,但遗憾的是,最终以全部白眼实施了2000多米钻探计划。

7 简化图件与找矿效果

化探的特点之一是信息量大,图件繁杂。从大量数据中寻找关键信息,将复杂的多元素地球化学信息简化(而不是更加复杂化)于单一图件,是人们追求的一个目标。综合异常纲要图就是对化探信息充分简化后形成的单一图件^[6]。

1996年,在旧店金矿的中间研究报告中,包含了3号矿脉的综合异常纲要图,给出了深部预测靶区。其验证效果虽好,但经历了长时间的等待。

出乎意料的是,当矿山技术人员掌握了该图件的使用方法后,迅速行动,取得了意外的收获。他们不是急于验证给定的深部预测靶区,而是利用该图件给出的找矿“方向线”和方便的已有工程,反方向追索。数日之后,便于已知矿体上方发现了盲矿体,并幽默地说研究者预测“失误”,因为只顾深部预测,忘了上部预测。

8 数学方法与隐伏矿预测

数学方法有时被笑谈为数学游戏,但一种有效的数学方法确实能像游戏一样吸引研究者,因为它能帮助人们发现哪些难以直观辨认的信息^[7],例如以对应分析^[8]为基础的对应聚类分析方法^[9]。该方法是为化探数据处理问题而设计的,但后来被分别应用于环境地球化学、元素医学、经济学和社会学等领域^[3]。最近,该方法又发展成为一种新的区域地球化学模式识别方法,它可利用区域化探数据制作成单一图件,并据此识别岩型、构造、成矿条件和找矿靶区^[10]。

在隐伏矿预测这个普遍关心的问题中,该方法给出了意外的效果。1996年,在旧店金矿3号脉的地质评价中,利用采矿巷道内214个样品9种元素数据作了对应聚类分析。结果将全部样品分为三大类:第一类以Au、Ag、Bi、Co为标型元素,属于金矿体类型,全部16个已知矿体中,除4号无控制样品外,其余15个均位于该类样品分布区;第二类以As、Sb、Hg、Pb为标型元素,是金矿体的外围元素组合;第三类以Ni为标型元素,主要反映基性脉岩样品特征。据此分类图件,方便地进行了隐伏矿预测。

一个不寻常的现象出现于隐伏的16号矿体上部巷道。在大约100 m范围内,上述9种元素含量都显著小于平均值(可称为负异常)。然而,对应分类图显示,在该矿体上方半径约40 m的扇区内,全部8个样品都属于金矿体类型。因此,对应聚类分析有效识别了“负异常”中的隐伏矿体。

这种预测效果的出现决非偶然,而是有其理论上的原因(另文),其所用方法为盲矿隐

伏矿预测开拓了新的想象空间。当然,如果没有矿山提供的方便条件,这种特殊功能很难被发现。

9 综合解释与难得的认可

化探是整个地质工程的子系统。化探、物探和地质信息的综合解释,是一个非常复杂而重要的问题。然而,与此相关的另一个重要的问题是如何获得人们对某种解释结果的认可和及时获得工程验证。

1987年,对辽宁北瓦铅锌矿的研究表明,已知工业矿体所处地质单元满足以下必要条件:①存在辽河群大石桥组层状变质岩系;②存在正负相伴的磁异常;③存在Cu、Sn高背景区和热液地球化学分带之内带。而已知无工业意义的大背景矿化点,仅满足上述条件①。由于待评价的西大岗矿化点也仅满足条件条①,故可推断其不具工业意义。但是,这种推理方法通常因缺少直接证据而被置之不理。若干年后,才得知这一推断已被工程证实。

几乎完全类似的实例出现在广东惠来地区火山岩型铜矿项目的区域物化探综合解释中。在区内的八万附近,地质上主要出露花岗岩,存在北东向蚀变带;航磁出现正负相伴强异常;化探则表现了Cu和Sn的最大异常区。这些特点与区内已知铜矿床一致,被数据处理与综合解释人员推荐为重要靶区。对此,大多数意见认为地质证据不足,不应作为找矿目标。后经讨论,该区被作为排序最后的靶区实施工程验证。有趣的是,在全部被验证目标中,该靶区以最佳矿化状态做出了回报。

10 结 论

通过多年工作实践证明,易于被疏忽的化探细节问题关系到地质工作的成败,它既是对研究者和决策者的挑战,也为方法创新和决策成功提供了机会。

感谢朱永正、刘连登、孙丰月教授和徐外生高工,感谢已故张秋生、朱国林教授和王有爵高工;感谢胶东旧店、南墅、山城、纪山金矿的合作者。是他们的大力支持与真诚合作,才诞生了本文所述的成功实例,也才能使笔者完成此文。

参 考 文 献

- [1] R. J. Howarth. Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting. Handbook of Exploration Geochemistry [M]. Elsevier. Amsterdam. 1983, 2.
- [2] 王崇云. 地球化学找矿基础 [M]. 北京:地质出版社, 1987.
- [3] 纪宏金, 孙丰月, 陈 满, 等. 胶东地区裸露含金构造的地球化学评价 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2005, 35 (3): 308-312.
- [4] 曾道明, 纪宏金, 陈 满, 等. 胶东山城金矿地质与地球化学变量的关系 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2006, 36 (4): 511-515.
- [5] 杨润海, 沈秋伟, 杨培安. 分形方法在揭示基底控岩控矿条件方面的应用 [J]. 长春地质学院学报, 1991, 21 (1): 102-107.
- [6] 纪宏金, 仲崇学. 区化探中若干新图件的计算与制作 [J]. 物探化探计算技术, 1991, 13 (2): 98-104.
- [7] 谢学锦. 区域化探 [M]. 北京:地质出版社, 1979.
- [8] 周光亚, 夏立显. 非定量数据分析及其应用 [M]. 北京:科学出版社 1993.

- [9] Ji Hongjin, Zhu Yongzheng, Wu Xisheng. Correspondence Cluster Analysis and Its Application in Exploration Geochemistry [J]. *Geochem. Explor.* 1995, (55): 137-144.
- [10] Ji Hongjin, Zeng Daoming, Shi Yanxiang, *et al.* Semi — hierarchical correspondence cluster analysis and regional geochemical pattern recognition [J]. *Geochem. Explor.* 2006: (10).

The indispensable details in geochemical exploration

Ji Hong-jin¹, YU Jia-ming², TAO Sheng-hui², LU Xue-pu², ZHOU Yu-xiang²

(1. *College of Geo-exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China;*

2. *The Fifth Geologic Survey of Jilin Province, Jiutai 130500, China*)

[Abstract] The importance of various details in geochemical exploration is systematically expatiated by a series of examples. The serious misplay resulted in ignoring the details are displayed by negative examples. The positive examples shown that the new problems can be found at any moment, and some new searching way can be exploited from attention of the details.

[Key words] geochemistry; exploration; details; example; hidden ore body

(上接第 44 页)

Application of PRB data model technology in 1 : 250 000 regional geological survey of Jilin Province

ZHANG Yan-ling, WANG Kai-hong, REN Jun-li, ZHAO Chuan-jie

(*Survey of Regional Geology and Mineral Resources of Jilin Province, Changchun 130022, China*)

[Abstract] The article combines with the practice of 1 : 250 000 regional geological survey and produces the application process of PRB data model from field to indoor, and to the stage of final achievement in regional geological survey. It fully reflected that the technology is an important technical method of modern geological work gathering GIS, GPS, RS and computer technology in one.

[Key words] Regional geological survey; digital charting; PRB model technology; data collecting in field