

号岩体, 5、6号岩体以Mo、W元素为表征, 7、8号岩体相对应于W、Sn元素组合。4号岩体虽为斑岩型, 但因后期热液叠加, 样品多采于脉状矿化, 所以具有热液矿化的特点, 在对应分析平面点聚图上更靠近7、8号岩体, 点群分析也同7、8号岩体分为一群, 而且还把5、6号与7、8号岩体分开。据图16可将27个岩体按矿化类型及矿化程度进行分群, 分类结果比对应分析更明显。我们以夕卡岩铜钼矿化类型的1、2、3号岩体为一类, 斑岩铜(锡、铜)矿化类型4、5号岩体为一类, 以热液钨(锡)矿化类型7、8号岩体为一类作模型进行三类逐步判别, 取F值为2.5, 所选变量为W、Cr、Nb、 Al_2O_3 、

MgO五个元素, 对已知样品的判别结果归类正确率达100%, 对其作为19个待判的岩体的归类, 则可以发现与点群分析的分群结果相一致。

通过这次研究, 我们体会到: 对应分析, 确有相当的综合能力。由于它对样品和变量同时进行考虑, 故能提供整个系统的完整面貌。这对区域化探工作中岩体和地层资料的处理, 研究元素在地层和岩体中的分布, 找出不同时代和不同岩性元素分布的差异, 以及区分各地质单元的元素组合特征, 判别未知地质体的归属等, 都是有用的。以对应分析配合点群分析、判别分析等多元统计分析方法来进行综合研究, 则是一种行之有效的途径。

冰川冰地球化学测量

青海省地球化学探矿队 杨先仁 李耀坤

一、问题的提出

我们在青海南部高寒山区进行区域化探异常追踪评价过程中, 发现不少化探异常与冰川在空间位置上都有着密切的关系。有的异常(特别是与斑岩铜矿有关的异常), 由于其规模较大, 往往有一部分被冰川覆盖。如纳日贡玛, 它是三江成矿带东北端一个大型斑岩铜钼矿床。从该区冰碛测量结果表明, Cu、Mo异常有部分被现代冰川所覆盖, 反映了冰斗南侧仍有Cu、Mo矿化体存在, 但已接近边缘。外围元素Pb、Zn、Ag、Mn等已在冰川北部出现。类似的情况还有陆日格、众根涌。有的甚至异常主要部分亦被冰川覆盖, 如君乃涌1号异常带就是。该异常带是由十多个元素组成的多元素异常; 从综合异常图(图件均从略—编者)可见, Cu、Mo、Sn及其他元素异常等值线都在北部向冰川开着口(未封闭), 而且愈近冰川, 异常强度愈高, 高温成矿元素异常仅在冰川边缘出现。这些现象, 早已引起广大地质工作者的注意, 并在这一带进行了多年的冰川地球化学研究。问题的关键是: 被冰川覆盖的异常源, 能否被发现和圈定出来。我们进行了多方面的探索和试验, 发现可以利用冰川冰作为一种采

样介质, 并首次提出了冰川冰地球化学测量。

把雪作为采样介质用于地球化学探矿, 七十年代初, 已有加拿大人作过研究; I. R. Tonasson和R. J. Allan指出, 雪可以作为温带和永冻土区水化学找矿的一种采样介质。Tonasson公布了在加拿大西北Mackenzie地区雪层中微迹金属作为银——砷脉状矿化指示的研究结果。七十年代后期, 青海省地质局第四地质队对冰川与砂矿成矿关系作过研究, 总结了黄河源地区冰川砂矿的成矿控制条件和成矿规律。七十年代末, 中国地质科学院物探所在青海南部高寒山区表生作用地球化学特征的初步研究中, 指出该区河水、泉水、雪、冰等四种水体的化学组成及其在时间和空间上的变化, 在很大程度上反映了地质背景、表生条件、补给来源的差异; 认为固态水体虽然不如液态水体反应灵敏, 但是从“矿区雪”比“无矿地区雪”矿化度高, 而冰川冰又比雪更高这一点, 就足以使人产生兴趣, 使我们有可能利用冰雪的化学组成来判断积雪和冰川覆盖下成矿的可能性。中国科学院兰州冰川冻土研究所对冰川冰中所含微量元素、成冰过程、冰川运动、冰川水文、冰川构造、积累消融特征等作了大量工

作。以往的工作多限于对冰川的地球化学研究,并往往看作是水化学的一部分,但是上述研究仍为我们提供了许多宝贵的资料,使冰川冰地球化学测量具有更广泛的基础。

二、在君乃涌进行的冰川冰地球化学测量的试验

君乃涌位于东角涌冰川的南坡,北坡是东角涌,东角涌冰川是两者的分水岭。从五十年代以来这一带就发现了十多个小矿点。1967~1968年青海地质局物探队三分队进行水系沉积物测量时发现一个区域化探异常,面积达150公里²。异常元素组合主要为Cu、Pb、Zn、Ag等。1968年从冰川北坡东角涌一带进行了检查,发现异常和小的夕卡岩矿点、铅锌矿脉及黄铁矿化有关,异常延至冰川内,为冰川所覆盖,认为已出露的矿点没有工业价值。1980年我们从冰川南坡君乃涌进行详查评价,刚开始也把工作重点摆在离冰川较远的莫鬼一带,直到工作后期才发现化探异常靠近冰川边缘分布,在三个冰斗下方广泛分布有冰碛物,化探异常和冰碛物的分布也有着密切的关系。东角涌冰川两侧均有Cu异常,两侧水系均发源于东角涌冰川,Cu异常浓集中心靠近冰川边缘,异常组合元素Mo、Pb、Zn、Ag等也有类似情况。我们想到,君乃涌异常和北坡的东角涌异常是否存在某种联系,而异常的主体部分被东角涌冰川所覆盖。为了证实这种想法,我们垂直分水岭,选择比较平缓的第三冰斗,沿着冰川运动的方向,作了一条冰川冰地球化学剖面,结果发现了比较清晰的异常。在第三冰斗中,Cu异常表现很明显,异常强度比水化学异常强度还高。从冰川冰地球化学剖面图,可以看到冰川冰中元素含量起伏变化情况。上述成果证实完全可以利用冰川冰测量的方法来发现和圈定被冰川所覆盖的异常。

通过冰川冰地球化学测量以及土壤测量、岩屑测量等资料的综合分析研究,使我们得出了一条重要的结论,即:君乃涌化探异常和东角涌化探异常是一个整体,它们都是一个斑岩型铜—多金属矿所引起的,这一斑岩型铜—多金属矿具有较大远景。分布于东角涌冰川两侧的异常表现出

外部带和上部带的特征,根据元素组合和分带规律,得出内部带被冰川所覆盖,现在出露于东角涌、君乃涌靠近冰川边缘分布的小矿点,都是这一斑岩型铜—多金属矿的外部带和上部带的组成部分。为了进一步证实这一结论的可靠性,我们深入冰川内部调查,在冰斗内的零星露头上,终于发现了喜山期的花岗斑岩,并发现矿化和异常均围绕花岗斑岩有规律的分布:从而揭开了东角涌异常之谜。冰川冰地球化学测量也在上述实践的基础上产生了。

三、冰川冰地球化学测量的工作方法

冰川地球化学测量野外工作必须根据地形地貌特征、冰川类型和发育情况、地质背景来具体部署。在我国冰川规模一般较小,冰川类型以山谷冰川、冰斗冰川为主。如在青海南部及江河源地区往往发育以主分水岭为主干的羽状山谷冰川,主干冰川往往呈北西向分布,次级冰川呈北东向或南西向。这时测线应垂直主干冰川方向,即主要沿着次级冰川运动方向布置。比例尺应以中小比例尺为主。目标主要应针对大型或巨型异常源。点线距要考虑到通行条件和便于采样。可以有一定的伸缩性和变化,不必十分规整,也可根据具体情况,对同一冰川的不同地段采用不同的采样密度。在世界许多国家除冰斗冰川外还发育大陆冰盖式冰川,冰川覆盖着广大的地区,其他找矿方法都很难收到良好的效果。这时冰川冰地球化学测量将可作为冰川覆盖区区域化探扫面的主要手段,用来发现被冰川所覆盖的异常和矿产,工作部署需根据冰川冰地球化学扫面的要求来考虑。

采取冰川冰样品时,应带上温度计和pH试纸,对每个采样点的采样介质(冰),应测其温度和pH值。编录内容主要包括:采样点位置、深度、样品体积(或重量)、温度、pH值、冰的颜色、结构、透明度、所含泥砂杂质的特征、采样点所属冰川部位、冰川运动方向、冰川厚度及有无裂隙等。

四、冰川冰样品化验分析及数据处理

冰川冰样品不要加热,而使其缓慢融解变为水,即可进行水质简项分析。分析包括Ca²⁺、

Mg²⁺、K⁺、Na⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、CO₃²⁻、HCO₃⁻、Cu、HM (重金属)、pH值、矿化度 (K)、固形物重量、硬度, 以及用FD—3002水化学找钍仪测定Ra含量等。这些分析项目可在现场进行。分析数据, 需根据冰的比重(冰样融化前, 应先及时测定其比重), 换算成冰中的含量。在简项分析的基础上, 在实验室内进一步可对冰融化成水的沉淀物和固形物进行光谱全分析, 或把水样经浓缩沉淀后, 根据实验室设备条件, 采用多种高灵敏度分析方法的配合(如各种微束分析等)分析其中所有欲测元素的含量。分析项目应根据工作性质和要求具体选择。

根据野外采样结果和分析成果, 可以计算出各种元素或离子的背景值和异常下限, 圈出元素等量线图、异常图或冰川地球化学图。根据需要也可作趋势分析、点群分析、因子分析等。我们对君乃涌冰川冰测量成果进行了点群分析和因子分析, 取得了良好的效果。

在大陆冰盖地区用冰川冰测量作为区域化探扫面主要手段时, 分析的元素应当尽可能多一些, 并要制定统一的分析流程和标准。这样将可以提供更多的找矿和地球化学信息, 也便于大范围内甚至全球范围的对比, 同时可为圈定地球化学区、农牧业供水和其他建设项目提供基础资料。扫面样品的数据处理和成图都可在计算机上完成。同时也需要制定统一的要求和标准。

五、冰川冰地球化学测量的特点及展望

为了进一步探索冰川冰测量的地球化学原理, 我们翻阅了大量冰川研究的文献, 结合在青海南部地区的实践, 还发现冰川地球化学交换作用是很显著的。冰, 是地球上一种质量最轻、熔点最低、最后分异而成的表生矿物。由于冰川底部强烈的刨蚀作用及相互挤压以及基底起伏悬殊, 使冰川冰本身产生出许多裂隙, 这些裂隙有的直接贯通到冰川表面, 有的断断续续呈边幕式排列。如贡嘎山海螺沟冰川长15公里, 冰川内裂隙纵横, 多而不乱, 以侧裂隙为最发育, 冰雪覆盖横裂隙形成冰碛。同时由于冰川运动所产生的局部的热和力的作用, 使一些矿物发生溶解和其他形式的化学作用; 再加之毛细管、不冻水、重

力、融冻、吸附等的联合作用, 热力梯度、浓度梯度和压力梯度的影响, 使得冰川冰上部和下部侧部之间的交换扩散作用得以较好地进行, 为冰川冰地球化学测量提供了前提。由于上述作用, 冰川冰地球化学测量还具备一个良好的特点, 就是探测的深度比较大。据君乃涌资料探测深度可达20~30米。

冰川冰样品虽然最后都溶解成水进行分析, 但是由于冰川冰测量较少受气候和季节的影响, 也很少受雨雪的稀释作用, 因此它的异常很稳定, 从而克服了水化学测量最困难的问题, 使得冰川冰地球化学扫面成为可能。冰川运动速度比河水缓慢得多。冰川运动速度根据中国科学院兰州冰川冻土研究所资料, 我国大陆型冰川运动速度为: 几十米/年, 海洋型冰川一般几百米/年。这种速度与河水相比是很缓慢的, 这也使得冰川中元素的含量比较稳定。这些特点也使得冰川冰地球化学测量处于固态和液态介质之间的性质; 它即不同于水化学测量也不同于土壤测量, 而有它自己的特点和规律。这也是冰川冰测量独立于水化学测量的原因。

通过对君乃涌地区冰和水化学特点的比较, 冰川冰相对来说, 硬度低, Cu²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺、CO₃²⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻离子含量低, 而矿化度(K)、Cu和Cl的离子、重金属(HM)含量较高。从上述特点可以看出盐类的扩散和吸附作用在冰川冰中占有重要的地位。从其他金属离子的含量也可看出, 在表生条件下不稳定的元素反映比较清晰, 如Cu、Pb、Zn、Ba、Sr、Ti、Mn等。

冰川冰地球化学测量应用条件是: ①在山谷各冰川发育地区, 可以作为一种发现、追踪、圈定化探异常的手段, 如在我国西部高寒山区的景观地球化学条件下; ②在大陆冰盖地区可以作为一种区域化探扫面方法; ③可以作为研究冰川冰地球化学特点的有效手段。具有上述地球化学景观条件的地区在国内外是很广泛的。中国冰川覆盖面积56481公里², 全球陆地冰盖面积达16.2×10⁶公里²。因此冰川冰地球化学测量是有广阔前途的。

本文所述的样品化验由唐道流工程师承担, 周昌范等同志参加野外工作, 谨此致谢。