



核技术在地质勘查中的应用及其前景

童纯孟

(成都地质学院应用核技术研究所 成都 610059)

摘要 本文介绍了应用 INAA 找埋藏在深处的隐伏金矿,研究许多矿产的地质问题及地质理论问题.使用 XRF 技术除对铜、铅、锌矿进行现场快速找矿评价外,还可研究控矿构造等新用途.

关键词 核技术, 地质勘查, 地气法, 隐伏矿, 稀土元素, INAA, XRF.

在矿产资源的勘查中,除了地质方法外,还常使用物探和化探等方法.物探是利用不同地质体间的物理性质差异进行分析,化探是直接对元素进行定性、半定量和定量分析.核技术方法就是利用元素的放射性这一物理性质来找矿和勘查资源的.最早用来找铀矿和钍矿,以后扩大到找油气藏和找水资源等.

近 20 多年来,人工放射方法得到应用和发展.原来是稳定的非放射性元素,经同位素源、中子源等辐照,形成放射性元素.此时,使用了新一代的 γ 能谱仪,通过特征 γ 射线的能谱测量,可以对元素做定性或半定量、定量测量,达到找矿勘查的目的.由于利用了使元素活化的核技术,使可测元素范围扩大到几十种,应用面也有相应的延展.

核技术方法它既是物探工作方法,又有化探的效果,是物探、化探方法的交叉和综合,有一定独特之处.下面将举出一些核技术在地质勘查中的一些应用及实例.

1 地气法找深部隐伏矿^[1]

随着找矿难度增大,人们一直寻求和探索找深部隐伏矿的新方法.80年代初,一种新的找矿勘查方法:地气法开始在研究;近年来,在金矿、铜镍矿和萤石矿找矿中已获得一批试验成果.

地气法的基本设想是,认为金属元素

(Cu、Pb、As 和 Zn 等)可以气体形式从地下深处上升到地表,在矿体上方形成多元素地气异常,达到找深部隐伏矿的目的.

在我们的研究中,认识到地气异常是一种弱异常,地气浓度值为 $(10^{-9} \sim 10^{-11})\text{g}/\text{cm}^2$,它是叠加在矿体上方的复盖层中.因此,现有的化探方法是不能将它们发现和显现的.要显示这个异常,就必须用一种采样器,将多元素地气单独提取,与土壤及其它盖层分开.此外,将多元素地气精确地测定出来.因此,要解决两个关键技术问题.一个是有适当的材料做地气收集材料,既有强吸附性能,又有很低的本底;另一个是用高灵敏度的分析技术,精确测定弱异常.

我们小组采用了与众不同的新技术路线.其特点是用高分子材料做采样器,并安放在采样装置中.该装置既保持气体流通,又不让采样器受复盖层的污染.在测点上埋(40~90)d后取出,采样器用反应堆中子活化分析法,测定其中的 Au、As、Sb、Cr、Ba、Zn、Co、K 和 Fe 等元素含量.

研究小组在云南和山东等地金矿上开展了试验,在已知隐伏矿上方,在地表化探无反应的地段,得到了多元素的地气异常反应.特别值得指出的是,在隐伏金矿上方,得到了清晰的金元素的异常.这是我们采用了 INAA 分析技术得到的效果,而国外,采用 PIXE 时,在

隐伏金矿上仅能得到金矿伴生元素的异常. 这次试验, 隐伏矿的埋深为(150~300)m. 在这一深度, 有良好的反应. 这是我国首次开展的地气法找矿, 试验研究的成功, 为今后寻找金矿和多金属隐伏矿提供了新手段.

2 探索矿源及成矿信息研究

稀土元素由于其地球化学性质的相对稳定性, 常用它作为地质事件的指示元素. 在不同成矿条件下, 由于地球化学条件的差异, 稀土元素的球粒陨石归一化曲线也不同. 例如, 我国西北地区与超铁镁岩体有关的铬铁矿, 块状铬铁矿石呈A曲线(图1), 与超铁镁岩有极相似的稀土模式曲线, 反映了岩浆早期分异阶段成矿, 而浸染状铬铁矿呈B曲线, 稀土元素含量相对A有增高, 有铈异常, 反映出后期热液阶段成矿.

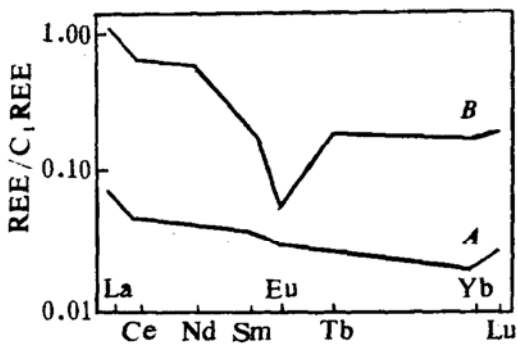


图1 不同成矿条件的稀土模式曲线图
A 块状铬铁矿, B 浸染状铬铁矿

对含金石英脉、方铅矿和黄铜矿等矿物、矿石中稀土及其它微量元素的研究, 同样可得到矿源及成矿条件等信息.

为了满足铀矿地质工作者深入研究铀矿的矿源及其它问题, 我们进行了铀矿石、矿物中的稀土元素分析方法的研究. 对铀矿石和矿物中稀土元素分析必须采用化学预处理去除铀, 以免除铀裂变及谱干扰的影响^[2]. 我们曾经利用矿石中稀土元素讨论了铀矿的矿源. 3701矿是碳酸盐岩型层控铀矿床和矿体产在断陷盆地泻湖相带, 围岩为灰岩, 处于花岗岩

簸箕状构造的间位中. 对于铀矿的源持有两种不同看法: 一种认为来自灰岩, 另一种认为来自花岗岩. 经过对灰岩、花岗岩及矿石中稀土元素的研究, 以及资料的综合比较, 得到3701矿的铀源是灰岩与花岗岩综合来源的证据, 而且与现代沉积矿床纵向循环成矿的观点是一致的. 同时对连山关地区矿石中稀土模式分布特点也作了讨论, 得知稀土元素含量与铀含量呈明显的正相关, 稀土模式曲线反映了成矿环境等信息.

3 矿床评价中的应用

80年代初, 我们利用中子活化分析的高灵敏度、微试样和多元素分析的特点, 研究了微细粒金矿的赋存状况, 并在金矿的快速评价中得到了成功的事例. 以后, 又为广西省的一座银金矿, 在无独立的金、银矿物存在的情况下, 通过单矿物微试样分析, 弄清了分布在硫化物矿物中的银与亲硫元素共生关系密切, 快速、经济地为勘探设计提供了确切的资料.

评价油气藏时, 需要了解生成油气的有机质母质类型, 因为它关系着油气的质和量. 有机质分为腐泥型和腐植型两大类. 腐泥型有机质主要生成石油, 腐植型有机质以生成天然气为主.

通常, 以有机质中主要成份干酪根的类型来表示: I型代表腐泥型; II型代表腐植型; III型为混合型. 鉴别类型的传统方法是依据干酪根中C、H和O元素组分的差异. 由于成熟作用(温度升高和压力增加), 使不同类型有机质原始组分差异变得模糊. 尤其在高成熟度时, 各类干酪根的C、H和O组分趋于一致, 使有机质类型难以准确鉴别. 为了解决这一难点, 试图寻找新的途径和方法.

我们对我国东北地区的油气藏进行研究, 对岩石样品经有机溶剂抽提, 得到氯仿沥青或氯仿沥青A(在几百g岩石样中能提取几十mg这种有机质微样). 用一般的测试方法难以测定其中微量元素含量, 所以采用INAA方法. 从得到的数据中可发现, 有机质中钒、镍含

量与母质类型有着明显的相关关系^[9]。Ⅱ型的钒、镍含量高,而Ⅲ型的含量低。对于氟仿沥青 A,Ⅱ型比Ⅲ型高(30~40)倍;对于沥青样,Ⅱ型比Ⅲ型高(3~5)倍。在研究的几十件样品中,存在着以上规律。有些样品因为成熟度高,传统方法不能得出分类,但是依靠微量元素却清晰可辨。因此,中子活化分析技术的应用,为高成熟度情况下区分有机质母质类型,提供了一种新的有效的方法。

4 X 荧光技术在地质勘查中的应用

X 荧光测量在我国找金工作中作出了贡献。利用金矿的伴生元素进行找矿,对筛选异常、评价靶区都能在现场快速进行,受到地质工作者青睐和重视。

近来,在找铜、铅、锌矿中,效果也十分明显,在新疆地区找铜矿的应用中效果更佳。在四川泸县海拔 4800m 的现代冰川上方,根据滚石及 X 荧光测量,找到了多金属(Cu、Pb 和 Zn)矿,并初步评价为一中型矿,前后只用了 8d 时间。在地形条件险恶,生活、交通条件不便之处,愈显得 X 荧光测量的优越。

除地质找矿外,在地质和核物探人员的配合下,X 荧光技术的应用有了新的发展。如:

1. 根据 X 荧光剖面测量,将成矿元素(如 Cu、Pb 和 Zn 等)含量制作成剖面图、等值图,便可帮助地质人员研究构造。根据异常发育的分布,判断该地区的主要控矿构造、阻矿构造和成矿后构造等。还可以进一步对该地区地质体受力体系作出判断性解释。

2. 在勘探过程中,不仅 X 荧光可做沿壁测量,得到矿体的金属含量,而且还可以根据矿体中元素的比值(例如 Pb 和 Zn 比值),来判断是矿体的头部、尾部还是中部;有了及时的信息,对勘探工程的进一步布置有益。

3. 研究成矿规律上的应用。成矿过程往往十分复杂,矿体周围发育不同类型的蚀变产物,X 荧光测量可以帮助认识哪一种蚀变与矿化有关。这对于成矿规律研究有实际意义。又如沉积矿床,通过 X 荧光测量,可得到矿体分

布在某一沉积相,是没有经过取样和送化验室分析而直接在现场得到,这样的信息立即可用来研究成矿规律,得出找标志,是很有实际意义的。

在上面几个方面实例的启迪下,举一反三。在地质和核物探人员的密切配合下,选取有地质特征意义的元素,利用元素的含量和元素对含量比值,能否将 X 荧光技术用在现场划分地质构造、进行地层对比和判断沉积相等?显然,应用还可不断地开发和创造。

5 国外核技术在地质勘查中应用实例

5.1 中子活化氟量测量的发展

中子活化氟量测量是前苏联 70 年代发展的一种核物探方法,原来主要用于普查萤石,现已用来普查磷、钨、锡、铍、锑、汞、铀钍和彩石等矿产。因为氟参与许多金属矿床的形成,在其周围生成晕,是可靠的指示元素。

沉积火山岩系中发育了网状脉石英;黑钨矿床,矿体赋存于钙质岩层内,下伏岩层为凝灰页岩,上伏有凝灰砂岩和凝灰页岩。含氟矿物为萤石和黄玉。地面有(0.5~1.5)m 的现代沉积,测区东部地形平缓,作了车载中子活化测量,西部地形条件差,作了步行测量,测网为 200×20 m²。

氟的等值图,最低异常浓度为 0.1% 和 0.25% 等值线与含矿的钙质岩层十分吻合,网状脉对应的氟含量 > 1%。在许多云英岩带上都得到明显氟异常,并发现与之有关的锡矿和彩石矿^[4]。

5.2 美国和加拿大用于找贵金属矿

中子活化测金的灵敏度高,试样几十 mg 时能检出 ng/g。由于不少金矿的颗粒微细,不仅肉眼观察不到,就是在显微镜下也不易发现。因此,常用中子活化对形成卡林型金矿有希望的地区做金含量检查。在 60 年代以前,美国对微粒金矿注意不够,在使用新分析方法后,20a 间先后发现了 40 余个此类金矿,这一经验值得重视。

美国加利福尼亚干旱地区开展生物地球

化学法,分析树叶中的金,过去这种方法不能实际应用.在采用中子活化分析后,采样量减少到150g,不须灰化,压片后直接测量,加大了找矿的深度.又如加拿大北部地区,用生物地化法找铂矿,利用铂族中铱(活化分析检出限可达0.05ppb)发现铂族元素富集而找到远景区,方法简便.

5.3 地气法在瑞典与捷克

瑞典的Boliden公司与伦德科技学院的核物理系合作,发展起来的地气法,应用的是质子激发X荧光分析技术^[5].在冰碛物和原层基岩复盖下,圈定了已知硫化物矿床的范围.在超基性岩体中,找铜镍矿.

沙特阿拉伯用地气法在沙漠做金矿详查.

捷克Brno公司,将地气法主要用于填绘深部断裂结构、油气勘查以及为大型工程选址,而且能穿透几km厚的沉积盖层,进行海底构造填图.

5.4 美国核技术应用促进了宇航事业的发展

70年代,一系列的阿波罗登月,取回了珍贵的月海玄武岩样品.为了用最小的试样,得到能尽可能多的资料,于是采用了中子活化分析.对于宇宙微尘,每颗重量仅有几微克,利用中子活化分析与探针技术结合,可准确得出几十种元素含量.

月球样品的研究,促使人们对地球玄武岩地幔和地壳物质进行研究,加深了对地球演变的认识,也促进了微量元素地球化学理论和宇宙地球化学理论的发展.

在前沿科学的研究中,中子活化分析自身的技术也得到快速发展.半导体探测器的使用

及计算机的引入,使核分析技术从核物理学家、核化学家的手中解放出来,进入到应用学科研究人员手中,应用面又一次扩大,与其它学科渗透、结合,有的已形成新的边缘学科.

以上列举了在找矿、勘探和评价过程中核技术应用的实例,也举出了矿床成因和成矿规律研究中的应用,这些例子不是特例,是可推广的.这些事实说明了核技术应用的广泛适用性,并且可以进一步开发.在了解透彻核技术的特点后,对实际存在的问题、难点进行筛选,找出适用于“特点”的可解问题,于是新的应用就会形成.

地质找矿、找深部矿、隐伏矿和超大型矿,离不开成矿的微量元素地球化学研究.

地质勘查中引入核技术后,可节省时间和节约经费.当使用得当和管理合理时,就有高经济效益,这是核技术应用生命力之所在.目前,我国核技术在地质勘查中应用不够普遍,原因众多,而渠道不通畅是主要原因之一.

核技术在地学的推广应用中,应重视与地质的密切结合,以及与其它资料的综合应用,这样才能提高应用水平.

参 考 文 献

- 1 童纯茵等. Nucl. Sci. and Tech., 1991, 2(2): 116
- 2 童纯茵等. 矿物岩石, 1986, 6(3): 168
- 3 童纯茵等. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articales, 1991, 181(1): 239
- 4 汪云鹏编译. 地质科技动态, 1987, 17: 7
- 5 吴传壁编译. 地质科技动态, 1988, 4: 62

Application and Vistas of Nuclear Techniques in Geological Prospecting

Tong Chunhan

(Institute of Applied Nuclear Techniques, Chengdu College of Geology, Chengdu 610059)

Abstract This paper presents the application of INAA to prospect deep—hidden gold deposits and a study of many problems concerned with mineral geology and geological science. By the method of

XRF the rapid evaluation on the spot of Cu, Pb and Zn ores can be achieved besides, the new application such as the deposit structure can be also studied.

Key Words nuclear techniques, geological prospecting, geogas, hidden deposit, REE INAA, XRF.

辐射加工技术国际会议预告 ——RadTech Asia '93

93年亚洲辐射加工技术行业会议,是亚洲和太平洋地区辐射加工技术行业协会举行的第四次国际性辐射加工会议.它将于1993年11月10至13日在东京的日本会议中心举行.

会议专题讨论的内容是:1.材料与正离子化学,2.水合(Water-borne)体系,3.亚太地区辐射加工技术行业协会各成员国(包括日、中、印度、澳、印尼、泰、朝、越、新、马、菲等12国)辐射加工评介.其中1、2两条是对辐射加工技术的理论探索.会议一般性报告内容是:1.设备(紫外光系统、电子束系统、激光光源),2.化学(单体、低聚物/予聚物、光反应引发剂、添加剂、反应机制和反应动力学),3.性能测试(剂量学、固化度、分析方法、物理特性和化学特性),4.应用:①印刷(出版业、包装业及其他)、②涂装(木材、金属、金属化制品、无机材、塑料、纸、信息卡)、③粘合剂(层压粘合剂、压敏粘和剂)、④照相蚀刻(照相制版、照相铸型)、⑤电子学(抗紫外线、抗电子束、抗X射线等制品、印刷线路板)、⑥信息传输与接收(光纤、磁介质、光介质)、⑦生物与医学应用、⑧回收利用,5.基层制备(电晕处理、火焰处理、等离子体处理),6.安全与控制(测试、法规、生理保健、化学安全防护、生态学考

虑),7.市场经济,8.其他.

会议期间除宣读论文、专题报告和讨论外,还将按排在11月10日参观东京地区的辐射加工科研和生产单位,还有辐射加工设备、工艺及产品的展览.会议预计将有:辐射加工行业的科技人员,政府官员,生产厂家、公司及用户方面的人员,共约500人至700人参加.会务费(包括伙食费及资料费),科研院所人员每人3万日元,公司人员每人4万日元.要求在1993年3月31日前报名,6月份提交报告文章及是否参展、参观、参加座谈会等详细资料.

会议主席: Kazuo SASAKI.

联系地址:

RadTech Japan.
#401, Soshu Build
4-40-13 Takadanobaba
Shinjuku-ku Tokyo, 169, Japan
Tel: 81-3-3360-0135
Fax: 81-3-3360-0946

(中科院近物所 王兴林供稿)