

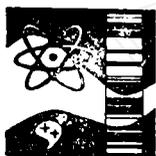
铅同位素在找矿勘探中的应用

黄 斌

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)

本文概述了铅同位素找矿方法的原理、应用范围和采样要求。结合实例,介绍了该方法在选择勘探靶区,确定矿化归类与来源,评价土壤地球化学异常和隐伏块状硫化矿床方面的应用效果。

关键词: 铅同位素; 方法原理; 采样; 应用实例



同位素地质

近年来,铅同位素已开始应用于找矿勘探。澳大利亚的B.L.Gulson在这方面做了大量工作。他认为铅同位素方法在找矿勘探中具有很大潜力,特别是通过研究地表铁帽、土壤、风化基岩、植物和地下水的铅同位素特征,寻找和评价贱金属隐伏矿床,效果尤为明显;在寻找和评价金、银和锡矿床方面也取得了进展。据称,在他用铅同位素方法评价的700余个矿床中,准确率高达85%;评价铁帽的准确率更高。

方法原理

铅同位素方法之所以能用于找矿勘探,是基于其地球化学特性。在地球化学过程中,铅同位素不仅具有计时性,而且具有示踪性。它不象O、S、H、C等轻同位素那样,在次生过程中容易受所在系统的温度、压力、pH、Eh和生物等的作用而发生变化。因此,在铁帽、土壤和风化基岩等风化产物中,原来物质的铅同位素特征能够得以保存;用其评价硫化矿床风化露头,在大多数

情况下可以得出正确的结论。

自然界中铅同位素比值变化的原因,是铀、钍的放射性蜕变,以及不同物质间的混合作用。

放射性蜕变对铅同位素比值的影响程度,取决于地质体的年龄和母源物质的Pb/Th、Pb/U值,即年龄越大,Pb/Th、Pb/U值越小,则放射成因铅所占比例越大。同时,由于 ^{238}U 、 ^{235}U 和 ^{232}Th 蜕变常数不同,故蜕变子体 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{208}Pb 的比例随时间而变化。但对一个特定的地质体来说,其年龄和母源的Pb/Th和Pb/U值,不因地质作用而改变,这就决定了铅同位素的示踪性。

不同物质混合而造成的铅同位素比值变化,取决于各端元组份铅同位素比值的差异和混合比例。显然,对于Pb/U和Pb/Th值极大的富铅体系,在其形成之后,铅同位素比值便不再改变,即被“冷冻”了;铀和钍放射蜕变和围岩混染作用对它的影响很小。这种富铅体系(如整合层状铅-锌矿床)与地幔中高度混合均匀的铅同位素“库”相关联,因此其铅同位素比例显示均一的、正常

铅特征，即落在或接近于单阶段或二阶段铅生长线上。相反，对于Pb/U、Pb/Th值较低的贫铅体系（如小型矿脉和贫铅矿体），铀、钍放射蜕变和其他物质的混染作用，对铅同位素比值影响较大，可导致铅同位素比值的不均一性，有时具线性分布特征。研究表明，具有复杂演化历史、与变质活化或花岗岩浆侵入有关的小矿脉、小型块状黄铁矿，以及由铁和贱金属元素表生作用而形成的“假”铁帽和无矿围岩等，铅同位素往往具有不均一性。因此，研究铅同位素的特征，有助于判定由不同地质作用引起的类似的地球化学异常，即区分真、假异常。通过与已知矿床铅同位素的对比研究，同样有助于优选最佳勘探靶区。

铅同位素方法目前主要用于贱金属、贵金属和铀等矿产的找矿与勘探，矿床归类与对比，以及污染监测等。

采样要求

铅同位素找矿方法的采样对象包括：铁帽（铁岩）、土壤、风化基岩、含铅单矿物、岩心、地下水、溪流沉积物和植物等。评价一个铁帽、土壤或风化基岩的地球化学异常，一般至少要采5个样品。

土壤样品取自风化壳的B层，也可利用化探样品的副样。

在样品采集、加工和运输过程中要严防交叉污染。高铅与低铅样品务必分开处理，分别包装。因此，事先应了解样品的铅含量。要注意采样的代表性，高铅、低铅样品应各占一定比例。

实例

例1 安徽铜陵地区确定金矿靶区

(1) 地质概况 区内褶皱构造发育。次生氧化作用强烈，铁帽发育，可分3类。

其中一类产于中、上石炭统黄龙、船山组地层中，沿地层断续分布，具区域分布特点。已探明的戴家冲铁帽型金矿、马山一天鹅抱蛋山原生硫铁金矿和新桥铁帽型金银矿均产在该层中。此类铁帽多处发现有金异常，金分布极不均匀，用化探方法评价异常，有许多不确定性。

(2) 目的和任务 对处于勘探阶段的、铜官山背斜周围的章木山、碎石岭和梅家山等铁帽型矿点进行钻探优选评价；对处于普查阶段的、舒家店背斜周围的高架山、亮天堂和水竹岭铁帽进行找矿评价。

(3) 采样 每个铁帽矿点分别采5~16个样，并尽量包括不同颜色和结构构造的铁帽。

(4) 靶标值的确定 以已知的戴家冲铁帽型金矿铅同位素的测定值作为评价铜官山背斜周围几处铁帽的靶标值；以新桥铁帽型金银矿铅同位素的测定值作为评价舒家店周围几处铁帽的靶标值。

(5) 同位素结果 测定结果见图1和图2。利用作者提出的勘探权重模式^[5]，对上述铁帽进行了计算（表1）。结果表明，章木山和高架山铁帽铅同位素比值较均一，接近靶标值，其勘探权重较大。

(6) 验证 章木山和碎石岭铁帽的钻探结果与铅同位素结论一致。

几个铁帽点的铅同位素勘探权重 表1

铁帽地名	样品数	铅同位素比值平均值及变差系数*			勘探权重(W)
		$X \pm \alpha$	$Y \pm \beta$	$Z \pm \gamma$	
章木山	7	18.425 ± 0.46	15.674 ± 0.75	38.676 ± 1.0	59.0
碎石岭	8	18.443 ± 0.66	15.712 ± 0.77	38.800 ± 1.1	26.3
梅家山	5	18.556 ± 1.3	15.877 ± 2.1	39.340 ± 2.7	3.5
高架山	5	18.472 ± 1.1	15.710 ± 0.86	38.80 ± 1.2	33.6
亮天堂	7	18.478 ± 1.5	15.726 ± 0.84	38.866 ± 1.1	27.7

* X、Y、Z 分别表示 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ， α 、 β 、 γ 依次为 X、Y、Z 的变差系数。

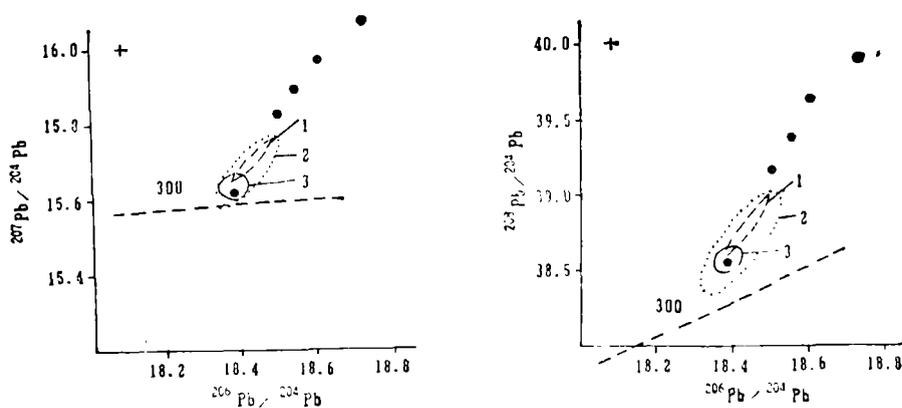


图 1 铜官山地区铁帽铅同位素变差椭圆比较图

●—梅家山铁帽；1—碎石岭铁帽；2—章木山铁帽；3—戴家冲铁帽（+号表示测量精度，下同）

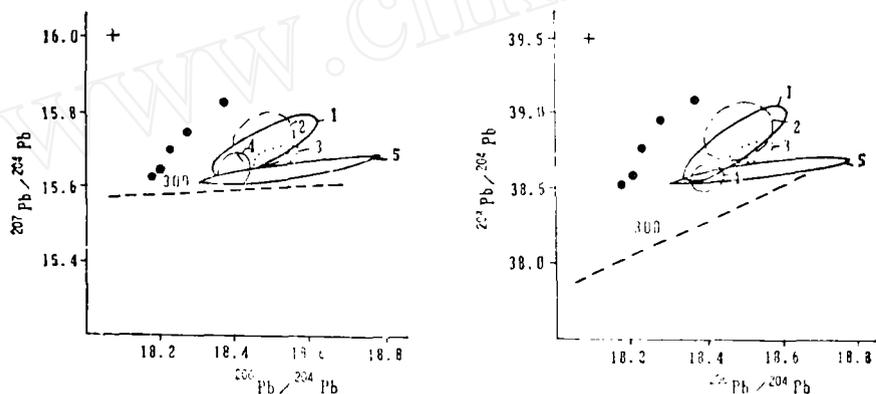


图 2 舒家店地区铁帽铅同位素变差椭圆比较图

●—水竹岭；1—高梁山铁帽；2—亮天山铁帽；3—新桥虎山硫铁矿；4—戴家冲金矿床；5—新桥金、银、硫铁矿

例 2 德拉克地区二叠纪火山岩中金、银矿化的归类与来源*

(1) 地质概况 金、银矿化露头主要发育在一套二叠纪铁镁质—长英质火山碎屑岩、熔岩和表生碎屑岩中。矿化呈网脉状和浸染状赋存在火山角砾岩中。矿化的母岩认为是火山岩。在火山岩的上、下岩层内发现了其他类型矿化，其母岩不是火山岩。上述地层均被三叠纪花岗岩侵入。

* 文中例 2、例 3 和例 4 均据 B.L.Gulson 的资料整理而成。

(2) 目的和任务 由于在露头上难以判明矿化类型，同时不同物质来源的矿化可以形成类似的矿床类型，本例的目的是确定 Ag、Au 异常是属于“靶标”矿床的矿化异常抑或非矿化异常，并确定矿化母岩。

(3) 采样 样品为方铅矿、闪锌矿和黄铁矿单矿物，以及取自探槽和钻孔的全岩（用作研究母岩）。

(4) 同位素结果 根据铅同位素特征，将金、银矿化分为两类：①与德拉克火山岩有关的矿化；②与花岗岩有关的矿化。火山岩全岩及其长石的铅同位素比值，落在

通过已知矿床靶标值的直线上，而花岗岩全岩及其长石铅同位素比值的拟合线不通过靶标值（图3），由此判定靶标矿床的母源物质来源于火山岩。

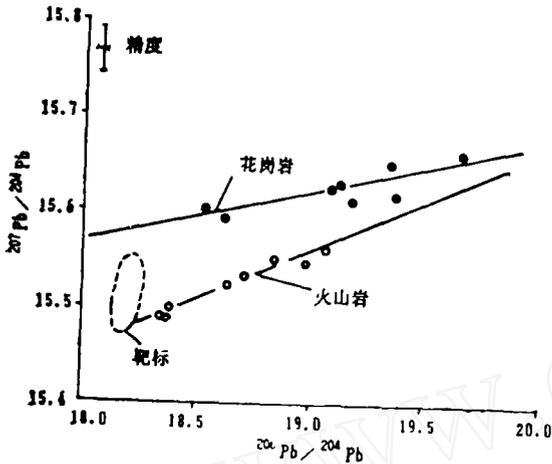


图3 德拉克地区金、银矿化的母源

例3 贝纳布拉地区土壤地球化学异常评价

(1) 地质概况 拉克伦褶皱带的志留纪火山碎屑岩地层中发现地球化学异常。已经探明威尔加和库拉旺两个矿区。威尔加矿区探明含Cu-3.3%, Pb-0.4%, Zn-5.4%, Ag-29.6g/t的矿石400万t。地表异常不发育。认为是隐伏矿化（图4），属火山成因的贱金属块状硫化物矿床。

(2) 目的与任务 块状硫化物矿化和没有经济价值的脉状矿化，在土壤中引起了相似的地球化学异常。该区有22个异常未检验。下面仅讨论“X勘探区”异常。

(3) 物、化探异常 “X勘探区”有T.E.M异常显示；有强的Cu、Pb、Zn、Ag异常反映。在富含硅质的露头上见浸染状黄铁矿、闪锌矿和黄铜矿。

(4) 采样 7个样品采自120×100m²范围内的B层土壤。Pb含量20~1840

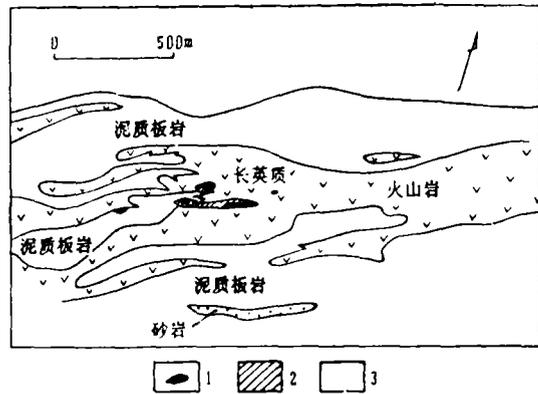


图4 库拉旺矿区地质略图及土壤铅地球化学异常

Pb含量 (ppm), 1—>490; 2—260~490; 3—<260

ppm, 大多数超过300ppm。

(5) 同位素 土壤和岩心分析查明，威尔加和库拉旺勘探区的块状硫化物，以及没有经济价值的脉状矿化，分别具有不同的铅同位素比值。“X勘探区”的铅同位素数据落在脉状矿化范围内（图5）。

(6) 验证 在富硅的岩石里钻孔见到脉状矿化。

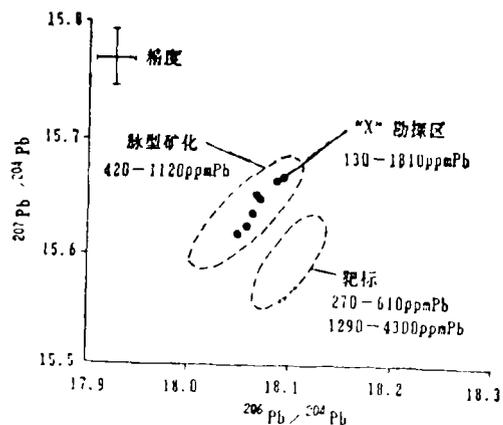


图5 贝纳布拉地区的土壤异常

例4 在没有已知矿床的地区评价隐伏块状硫化物矿床

(1) 地质概况 区内出露由变质的沉

积岩、火山杂岩、碳酸盐岩和髓石组成的一套岩石。变质程度为闪长岩相。远古代深风化岩石的出露面积约占5%。在4km长的风化基岩中有地球化学异常显示。

(2) 目的与任务 确定钻孔位置,查明贱金属硫化物矿床。

(3) 物化探异常 大面积的SIROTE M调查没有结果。地表化探异常不明显。取样钻查明的化探异常如图6。

(4) 同位素结果 靶标值是根据30个样品数据确定的。根据取样钻同位素数据圈出3个远景地段(图7)。铅含量大于1%、铅同位素比值与靶标值的差值大于15%的一

些样品,反映了没有经济意义的矿化。

(5) 验证 中部地段已由钻探验证。南部地段部分钻孔也发现够工业品位的铅、锌矿化。北部地段尚未验证。

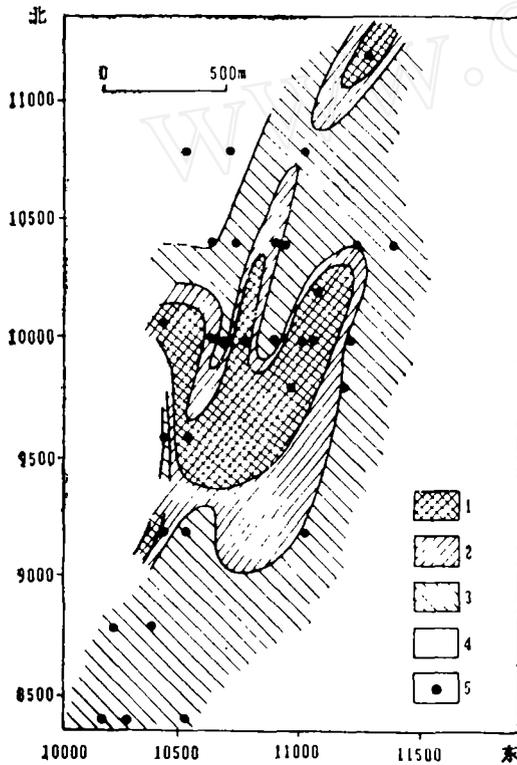


图6 基岩铅含量

Pb含量 (wt%): 1—>1; 2—0.5~1.0;
3—0.1~0.5; 4—<0.1; 5—取样孔

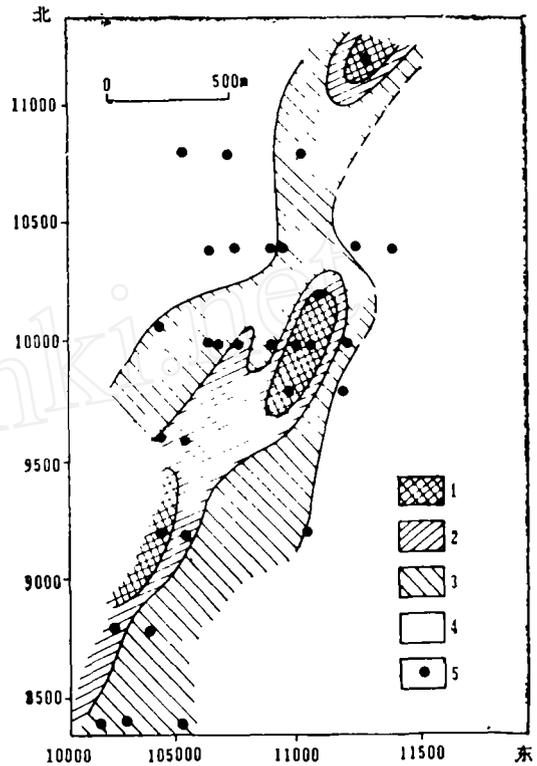


图7 基岩同位素组成与靶标值对比
与靶标值之差(%): 1—<1; 2—1~2; 3—
2~5; 4—>5; 5—取样孔

参 考 文 献

- [1] Gulson, B. L., Second European Colloquium for Geochronology and Isotope Geology, Heidelberg, 1972, Sept., p.78.
- [2] Gulson, B. L. and Mizon, K. J., J. Geochem. Explor., 1979, №11, pp. 299—320.
- [3] Gulson, B. L., Lead Isotope in Mineral exploration, Elsevier, 1986.
- [4] Gulson, B. L., J. Geochem. Explor., 1989, №32, pp.309—310.