

金矿找矿中的核技术及其应用

余 慧

(中国地质科学院地球物理地球化学探研究所 ,河北 廊坊 065000)

摘要 :通过测定特征放射性核素的含量变化以及利用成矿组分中一些高品位共生元素与金密切的相关关系 ,可利用地面伽马能谱与 X 荧光测量在现场快速揭示金矿化的存在 ,同时对金的品位进行准定量评价 ,以及指导野外地质采样和山地工程。

关键词 :金矿床 ,金矿化 ,放射性核素 ,地球化学

中图分类号 :P632 文献标识码 :A 文章编号 :1000-8918(2000)04-0263-05

在我国 ,通过化探扫面 ,已发现了大量的 Au 异常 ,找矿效果十分显著。然而如何进一步对众多的异常进行追索、筛选、评价是能否找到金矿床的必经之路 ,在这一阶段 ,选择理想的工作方法和技术就自不待言。目前 ,快速查证 Au 异常比较有效的新方法是 Au 的野外现场快速分折法 ,这种方法实质是一个能够携带到野外的小分析包 ,对 Au 的品位在野外进行较准确的确定 ,与传统的工作方法相比大大缩短了样品分析周期 ,达到了对异常进行快速查证的目的 ,但其工作效率较低 ,在条件艰苦的地区 ,实验条件不易保证。对于物探方法而言 ,磁法、电法“直接”找 Au 还有一定的局限性 ,对快速扫面和定量—半定量 Au 品位评价就更谈不上。相比之下 ,伽马能谱、X 荧光等核技术方法在这方面具有明显的优势 ,不但仪器轻便、工作效率高 ,而且能在现场快速圈定异常并能对 Au 的品位进行准定量评价。其次 ,在地质理论和成矿规律的研究等方面能给出有益的探索 ,是 Au 及其它矿产资源异常查证的理想手段。

1 地面伽马能谱测量

利用地面伽马能谱勘查 Au 矿 ,通过研究 U ,Th ,K 放射性核素在 Au 矿化带及近矿围岩中的分布、分配关系 ,找出与 Au 有关的标志性特征参数 ,用于同类地质条件下的找 Au 预测^[1]。研究发现 ,Au 矿在形成过程中和形成之后成矿介质中的少量放射性核素 U ,Th ,K 会发生活化转移 ,重新分配 ,导致矿化地段的元素含量与围岩中元素含量产生较明显的差异。仅就 Au 和 U 关系而言 ,可把 Au 矿床分为 Au-U 型和非 Au-U 型。对 Au-U 型矿床 ,如澳大利亚的奥林匹克坝和南非的兰德等世界著名的 Au-U 矿床 ,用地面伽马能谱方法无疑是有效的勘查手段 ,对非 Au-U 型矿床 ,无论 Au 矿床产出在沉积岩、岩浆岩还是变质岩中 ,大多数 Au 矿床的形成常伴有强烈的热液蚀变现象 ,蚀变作用是导致 Au 和放射性核素活化转移的重要条件之一。蚀变岩型 Au 矿 ,其含岩石和近矿围岩中的放射性核素 U ,Th ,K 常常发生较大的变化。如硅化使 U ,Th ,K 析出(形成 U ,Th ,K 的相对亏损) ,钠化使 U 活化转移 ,形成 U 的相对亏损 ,钾化使 K 含量增高 ,形成 K 异常。另外 ,Au 矿床的产出 ,还十分明显地受构造控矿 ,在构造成矿带、断层、裂隙等部位 ,也是形成放射性异常的关键部位^[2]。所有这些因素都为放射性

勘查 Au 矿提供了依据。伽马能谱测量可直接在现场快速给出 U、Th、K 的结果,研究这些结果及其比值的高低差异,便可快捷地揭示矿化与非矿化岩石的地质界限,进而指导矿产勘查。

2 X 荧光测量

放射性方法有两大分支,一是天然放射性测量法如伽马能谱法,另是人工放射性法如 X 荧光法。后者的原理是用人工放射性同位素放出高能粒子(如 X 射线)去激发岩石矿物中的某一元素使其产生特征 X 射线,由于不同原子序数的元素放出的特征 X 射线的能量是不同的,因而可以定性地判别是什么元素;如果岩石矿物中某元素含量高,则该元素放出的特征 X 射线的荧光计数率也高,反之其含量则低。就目前的技术而言,由于 Au 的品位一般较低,用 X 荧光法在现场直接测量 Au 的品位,还有一定的困难^[3]。Au 矿床地球化学研究显示,在绝大多数矿床中,Au 可以与其地球化学性质相似的元素呈集合体的形式出现,这些元素的集合体共同构成了 Au 矿床的地球化学异常。其中有 2 组具有普遍意义的 Au 矿指示元素,一组通常称为“Cu 组”,一组称为“Ag 组”。Cu 组元素由 Cu、Zn、Pb、As、Sc、W、Hg、Bi、Se 等组成,在自然界中常以硫化物形式存在,故又称为亲硫元素;Ag 组元素由 Ag、Sb、Sn、Cd、In、Te 等组成,测量这 2 组元素的总量或某个重要的指示元素,能够勘查各种类型的 Au 矿床。据统计,多金属硫化物型 Au 矿床是我国主要的金矿床类型,Au 与部分亲铜元素密切伴生,因此测量“Cu 组”元素来勘查 Au 矿更具有普遍意义^[4]。在亲铜元素中,As 具有特殊的找 Au 指示作用,又是典型的亲硫元素,在大多数 Au 矿床中,As 普遍富集,且含量是 Au 的几倍到数十倍,很容易用 X 荧光法探测,然后通过 As 与 Au 之间的相关性来定量—半定量预测 Au 的品位。

3 应用实例

3.1 区域地质特征

矿区位于柴达木准地台的柴北缘残山断褶带,是柴达木准地台与塔里木地台的衔接部位。出露地层主要为前寒武系的变质岩系。岩浆岩发育,主要是酸性—中酸性侵入岩,断裂构造极为发育。

3.2 以往工作程度及成矿元素地球化学特征

1994 年青海地矿局化探队在该区进行 1:20 万水系沉积物化探扫面中圈出一些 Au、As、Sb 和 As、Sb、Sn 为组合的综合异常。1996 年青海地矿局第一地质大队的 1:5 万水系沉积物测量圈出一批 Au、As、Sb 异常且发现与 1:20 万异常有较好的重叠性。在对所圈出的异常进行检查时发现蚀变带内有毒砂矿化的岩脉,通过采样送室内化学分析,发现毒砂内含 Au,且 Au 与 As 具有很强的相关性。后因工作力度不够,未能圈出 Au 矿体。

3.3 应用效果

1998 年再次对该区的异常进行查证。采用地面伽马能谱和 X 荧光测量方法、野外现场化学分析法,并配合地面普查、槽探同时进行,后因碎样机发生故障,现场化学分析法基本停止,主要以 X 荧光测量为主进行工作。所用仪器为上海电子仪器厂生产的 FD-3022 型伽马能谱仪和中国地质大学(北京)研制成功的 84A86 型 X 荧光分析仪,以 As 为找 Au 的指示元素。踏勘时重点检查蚀变带内分布的含 Au 毒砂脉,另外还在地表发现有 Cu 矿化。图 1 是 U、Th、K 核素的质量分数及其比值在 0 号剖面含 Au、Cu、As 矿脉上的异常,从图上看,在矿脉上方, U、Th 表现为略低于围岩的低值异常, w_K/w_{Th} ($w_K w_U$)/ w_{Th} (w_K)²/($w_U w_{Th}$) 均显示明显的高值异常。图 2、图 3 分别是 0 号、2 号剖面线上 X 荧光测量与室内化学分析结果的对

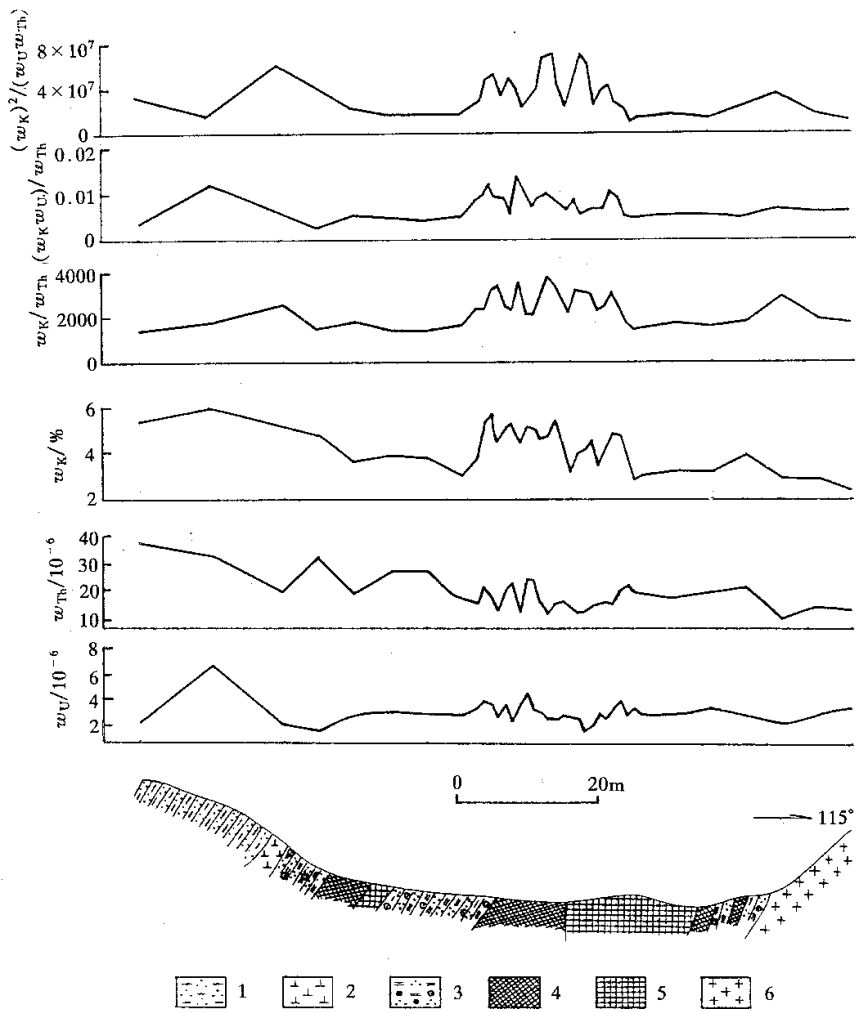


图 1 0号剖面线含金铜矿脉上的伽马能谱异常

1—黑云石英片岩 2—闪长岩 3—矿化绢英岩 4—金铜矿体 5—金铜矿化体 6—细晶岩

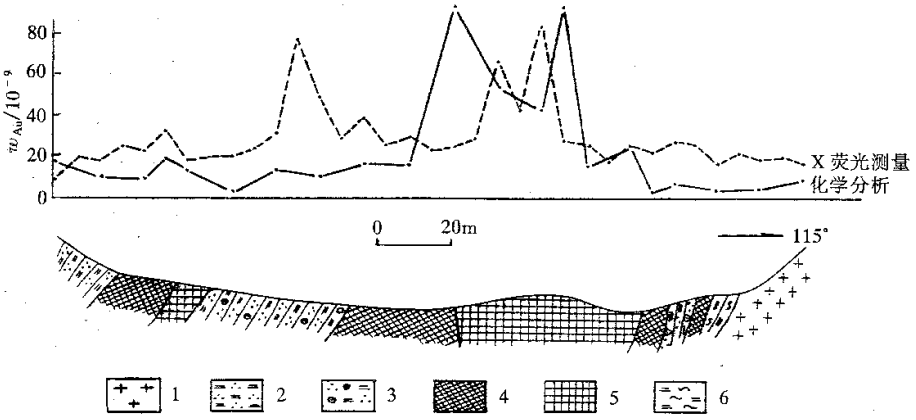


图 2 0号剖面线含金铜矿脉综合异常

1—细晶岩 2—绢英岩 3—矿化绢英岩 4—金铜矿体 5—金铜矿化体 6—绿泥绢云石英片岩

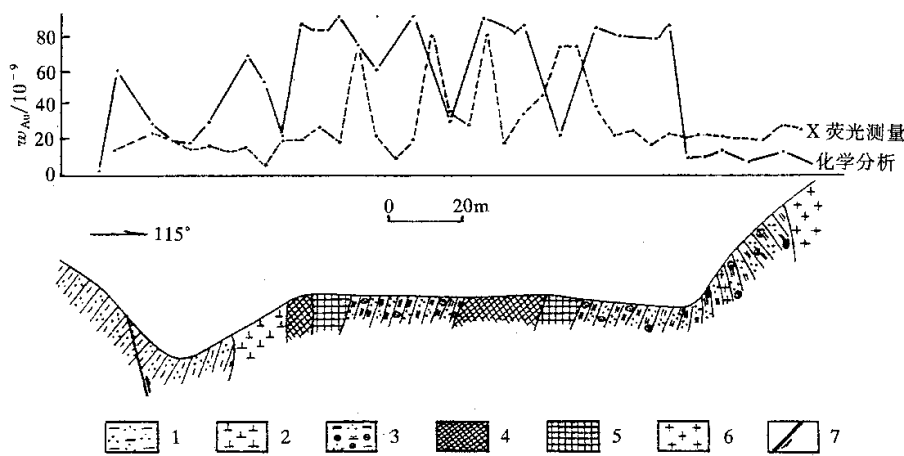


图 3 2号剖面线含金铜矿脉综合异常

1—黑云石英片岩 2—闪长岩 3—矿化绢英岩 4—金铜矿体 5—金铜矿化体 6—细晶岩 7—断层

比,从图上看,在含 Au、Cu、As 矿脉上方,X 荧光异常明显。根据 As-Au 相关关系预测的 Au 含量与室内分析结果基本一致,异常区与围岩的界限清楚,避免了非矿地段化探采样的盲目性。

3.4 研究矿床的成因及找矿方向

由于不同温度的成矿热液在不同围岩和构造条件下形成的金矿床的围岩蚀变不同,放射性核素 U、Th、K 的质量分数比也不同。以钾化蚀变作用为例,在岩浆期后的中低温热液蚀变过程中,K 大量进入,热液中碱浓度增加,Th 络合物溶解度也增高,导致 Th 以液相的形式大量流失。因此可采用比值来突出金矿蚀变带的作用。从图 1 的结果看,本区能谱比值参数 w_K/w_{Th} ($w_K w_U/w_{Th}$) (w_K/w_{Th}) (w_K/w_{Th}) 呈高值异常的特征。 w_K/w_{Th} 比值就是利用 K 与 Th 的相反行为来突出热液的钾化蚀变作用,是评价中低温热液型金矿广泛采用的参数。 $(w_K w_U/w_{Th})$ 比值实质是用 w_{Th}/w_U 来归一化 w_K ,目的是消除高温热液蚀变的影响,突出中低温钾化蚀变作用。 (w_K/w_{Th}) 比值进一步突出钾化蚀变内带的作用。从 3 种比值参数的地球化学意义及效果来看,本区的成矿蚀变类型属中低温热液钾化蚀变型。

通过样品室内化学分析结果以及 X 荧光数据得出相关矩阵如下,见表 1。相关矩阵结果显示,该地区与 Au 地球化学性质密切相关的元素是 As-Pb-Sb-Hg-Ag,As 的 X 荧光计数与 Au

表 1 元素相关矩阵

元素		化 学 分 析 方 法										X 荧光法
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	Mo	
化学分析方法	Au	1.00										
	Ag	0.66	1.00									
	Cu	0.01	-0.21	1.00								
	Pb	0.87	0.68	-0.06	1.00							
	Zn	0.08	-0.16	0.86	0.03	1.00						
	As	0.91	0.74	-0.08	0.88	-0.03	1.00					
	Sb	0.86	0.71	-0.07	0.76	-0.01	0.95	1.00				
	Bi	-0.01	-0.01	0.12	0.02	0.15	-0.09	-0.05	1.00			
	Hg	0.72	0.61	-0.01	0.64	0.05	0.86	0.94	-0.10	1.00		
	Mo	-0.19	-0.10	-0.17	-0.20	-0.15	-0.20	-0.20	0.60	-0.30	1.00	
X 荧光法		0.81	0.74	-0.11	0.81	-0.07	0.93	0.87	0.02	0.78	-0.12	1.00

万方数据
 $n=42$ (n 为点数), $r_{0.05}=0.62$ (r 为相关系数)

的相关性达到 0.81 ,As 与 Au 的相关性为 0.91 ,Au 和 As 与 Cu 的相关性差。从野外 X 荧光实测剖面结果及室内化学分析结果发现 ,Au ,As ,Cu 在垂向上具有分异现象 ,Au 和 As 的含量随深度的增加呈逐渐降低的趋势 ,属矿体上部特征元素 ,而 Cu 的品位随深度逐渐增加。这一认识在 1999 年的确探工程找矿中得到证实 ,并从初期的单纯找 Au 转向浅部以找 Au 为主 ,深部以找 Cu 为主的找矿方向 ,目前该地区已圈出一条 Cu-Au 矿化带。在 X 荧光法的指导下 ,槽探、地质采样工作效率和准确率得到大大提高。

4 结论与认识

综上所述 ,在本地区地面伽马能谱和 X 荧光测量是勘查 Au ,Cu 等矿床的有效方法 ,在矿化带上方 ,伽马能谱 K 质量分数及 U ,Th ,K 各指标间的质量分数比值参数都有明显的异常显示 ,与围岩的界限清楚。以 As 为最佳指示元素的 X 荧光法对本地区的 Au 矿勘查具有明显的效果。基于 Au-As 间的密切相关关系 ,用仪器进行半定量评价 Au 品位是可行的。尤其在已有化探异常的基础上进一步缩小靶区时能起到事半功倍的效果。另外 ,对矿床成因和指导找矿方面进行了有益的探索。值得提出的是 ,在不同的地区和不同的矿床上 ,伽马能谱的特征参数、X 荧光的最佳指示元素是不同的 ,因此在开展工作之前有必要做一些试验 ,要充分收集该地区已有的化探资料 ,了解元素间的相关性有助于合理选择 X 荧光测量所需的指示元素。随着工作程度的深化 ,仪器性能的提高 ,野外现场 Au 的准定量评价将更加准确。

本文撰写过程中得到叶树民、尹冰川、迟清华、余宝鑫、徐善法、白金峰等同志的支持 ,在此表示感谢。

参考文献：

[1] 王继伦 ,李善芳 ,齐文秀 ,等.中国金矿物探、化探方法技术的研究与应用[M].北京 :地质出版社 ,1997.
[2] 邱元德.金矿床放射性勘查的良好效果[J].物探化探计算技术 ,1996 ,18(增刊).
[3] 章晔 ,华荣洲 ,石柏慎.放射性方法勘查[M].北京 :原子能出版社 ,1990.
[4] 葛良权 ,周四春 ,赖万昌.原位 X 辐射取样技术[M].成都 :四川科学技术出版社 ,1997.

THE APPLICATION OF NUCLEAR TECHNIQUE
TO THE PROSPECTING OF GOLD DEPOSITS

YU Hui

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration ,CAGS ,Langfang 065000 ,China)

Abstract : According to the variation in content of characteristic radioactive nuclide and the close relationship between high-grade associated elements in ore-forming components and gold ,the ground gamma-ray spectrometry and X-ray fluorescence spectrometry can be used to reveal the existence of gold mineralization rapidly in field and make semi-quantitative evaluation of gold grade. This is of great significance in guiding field geological sample collection and mountain land engineering.

Key words : gold deposit ,gold mineralization ,radioactive nuclide ,geochemistry

(下转 277 页)

(上接 267 页)

作者简介：余慧(1960－)，女，江西南昌人。现在中国地质科学院物化探研究所从事地热、油气化探、找矿及结构安全性检测等工作，工程师，已发表论文 10 多篇，合著专著 1 部。

万方数据