

现场 X 射线测量勘查金矿

章 晔 谢庭周 周四春 黄国强

(成都地质学院)

应用放射性同位素 X 射线荧光方法,可以在现场测量金矿中指示元素砷、铜或其他元素的荧光强度。金与其指示元素之间具有相当好的相关性。放射性同位素 X 射线荧光法利用这种相关性,在普查和勘探金矿体时,通过直接测量指示元素的荧光强度来发现矿化地区和隐伏矿体。使用这种方法在现场不必取样送化学分析,从而加速了地质调查的进程并降低了勘探成本。

自然界中的金矿物有 30 多种,以自然金与金属元素的互化物为主。自然金含有多重杂质元素,主要是性质相近的银、铜、铂和铁族元素。这些杂质元素的离子半径与金相近,原子结构也相似,故常呈类质同象存在。在热液作用形成的富硫化物的金矿床中,金主要赋存在硫化物里面。这些硫化物是黄铁矿、毒砂、黄铜矿和方铅矿。尤其是黄铁矿和毒砂,均为金的富集矿物。

用携带式 X 射线荧光仪在现场测定 Cu、Fe、As、Pb、Zn 等元素,查明金与其指示元素的相关关系,即可圈出金的远景区及隐伏矿体,进而达到找金的目的。

我国金矿的种类多,而以金与黄铁矿、黄铜矿和毒砂共生的矿床占绝大多数,有的共生元素在金矿中的含量达到工业品位,这对 X 射线测量更为有利。

物理基础和仪器

用放射性同位素源放出的 X 射线,轰击和激发待测元素,使其产生特征 X 射线。根据其能量大小可以定性地确定待测元素的类别;根据其强度高还可定量地测得待测元素的含量。

我院与重庆地质仪器厂共同研制生产的便携式 X 射线荧光仪现有 HYX—1 (轻便)、HYX—2 (双道) 和 HYX—3 (带微电脑) 三个型号,可供选用。详细情况可参考该厂的仪器说明书。

应用效果

1. 四川某金矿 该矿属于低温热液金矿床。大地构造位置处于昆仑—秦岭纬向构造带、康滇歹字型构造和龙门上华夏系、新华夏系构造的交界处。次级构造位置处于岷江南北向构造带中部磅石崖—香脂台复背斜南端东翼,磅石崖—香脂台断裂南段。

矿区出露上三叠统侏罗组千枚岩、千糜岩、砂岩及石炭系灰岩。

在断裂两侧及其破碎带内,低温热液蚀变较为强烈,主要有碳酸盐化、硅化、黄铁矿化、雄黄化、雌黄化及次生褐铁矿化等。雄黄和雌黄化的强弱与金的贫富有密切的相关关系。

金和砷的化学分析结果(表 1)表明,两者的相关系数为 0.69。

用携带式 X 射线荧光仪在该矿区的部分地段,对砷进行了特征 X 射线强度测量,结果见图 1。由图 1 可见,金含量高的地段砷含量也高,其特征 X 射线的强度也高。说明应用此法勘查金矿是可行的。

2 吉林省琿春县小西南岔金矿^[2] 该矿属于火山岩型高中温热液裂隙充填脉状矿床。矿区分南山和北山两个矿段,前者为细脉浸染型金矿,围岩为石英闪长岩;后者是脉状金铜矿床,围岩为闪长岩。主要矿石矿物有黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿及自然金等,偶见辉钼矿、斑铜矿、铜蓝和褐铁矿。脉石矿

表 1

样号	Q_{Au} (g/t)	Q_{As} (%)	样号	Q_{Au} (g/t)	Q_{As} (%)	样号	Q_{Au} (g/t)	Q_{As} (%)
1	0.00	0.11	22	5.27	1.10	43	12.46	0.85
2	0.00	0.14	23	1.97	0.97	44	9.86	1.35
3	0.62	0.44	24	4.49	1.32	45	0.75	0.35
4	0.34	0.50	25	0.58	0.46	46	7.82	3.53
5	0.31	0.42	26	4.91	2.90	47	11.22	0.67
6	0.24	0.23	27	7.14	1.16	48	0.68	0.14
7	0.14	0.21	28	0.21	0.35	49	0.07	0.16
8	0.14	0.14	29	3.60	1.73	50	0.20	0.41
9	0.17	0.16	30	1.41	1.78	51	0.07	0.30
10	0.72	0.25	31	0.21	1.51	52	0.20	0.30
11	0.82	0.30	32	0.45	1.19	53	0.07	0.02
12	0.24	0.30	33	1.01	1.15	54	0.03	0.02
13	0.21	0.23	34	14.28	1.77	55	0.03	0.00
14	0.34	0.16	35	1.44	0.71	56	0.03	0.00
15	0.21	0.27	36	9.26	1.53	57	0.03	0.00
16	0.38	0.21	37	24.12	3.90	58	0.03	0.00
17	4.40	0.80	38	9.04	0.94	59	0.03	0.00
18	5.17	0.18	39	4.56	0.80	60	0.03	0.003
19	6.69	1.18	40	1.84	0.30	61	0.03	0.001
20	17.19	1.58	41	0.88	0.33	62	0.03	0.001
21	10.78	1.28	42	2.99	0.27			

物以绿泥石为主，绢云母、高岭石、斜长石次之，并含有少量石英、角闪石和黑云母。

矿体具有一般石英脉金矿床的特征，金与铁、铜、铅、锌等亲铜元素共生，与铜的关系尤为显著，而且愈近地表，这种共生关系愈明显。根据化学分析统计结果，金与铜的相关系数为0.69。因此，可用X射线测量亲铜元素组合来圈定金矿化带，并确定隐伏矿体。

部分粉末样品的X射线测量和化学分析结果列入表2。与化学分析结果相比，X射线测量结果绝大部分都在冶金部颁布的允许误差范围之内，效果良好。

该矿地处原始森林区，地表腐植层很厚，金与其共生元素的原生晕不发育，只能通过浅井探槽获取地质资料，费用很高。我们曾在岩石露头上进行了X射线测量，图2是其中一条实测剖面，效果与化探结果一致。用这种方法测量180米长300个测点的剖面，

X荧光测量与化学分析对比 表 2

样品号	化学分析 金含量 Au, g/t	X荧光测 量金含量 Au, g/t	误差	允许误差 (部颁标准)
33—1	2.24	3.47	1.23	0.50
2	4.12	4.13	0.01	0.70
3	2.19	3.09	0.02	0.50
4	4.73	4.99	0.26	0.70
5	6.30	5.30	0.92	1.00
6	4.06	3.79	0.27	0.70
7	5.82	5.33	0.49	0.70
8	6.54	4.74	1.80	1.00
9	4.06	3.73	0.33	0.70
10	4.36	4.34	0.02	0.70
34—1	0.88	1.45	0.57	0.30
2	1.49	1.78	0.29	0.50
3	2.92	2.68	0.27	0.50
4	1.62	1.20	0.42	0.50
5	2.80	2.85	0.05	0.50
6	4.17	4.40	0.23	0.70
7	3.42	3.95	0.53	0.70
8	1.74	2.35	0.61	0.50
9	2.74	1.78	0.91	0.50
10	2.18	1.92	0.26	0.50
35—11	1.93	1.87	0.06	0.50
12	1.80	1.82	0.02	0.50
13	2.36	2.23	0.13	0.50
14	2.22	2.12	0.10	0.50
15	1.48	1.79	0.31	0.50
16	3.91	2.09	1.82	0.70
17	1.60	1.97	0.37	0.50
18	1.33	1.46	0.23	0.50
19	1.30	1.79	0.49	0.50
20	1.11	1.78	0.67	0.50

从布置测量到最后绘出图件，为时4天。工效高、成本低，效果也较好，并能及时指导生产。

在该矿坑道内刻槽取样处进行了测量，点距10厘米，矿层上加密到5厘米，实测曲线之一（图3）明显地反映出金矿化。

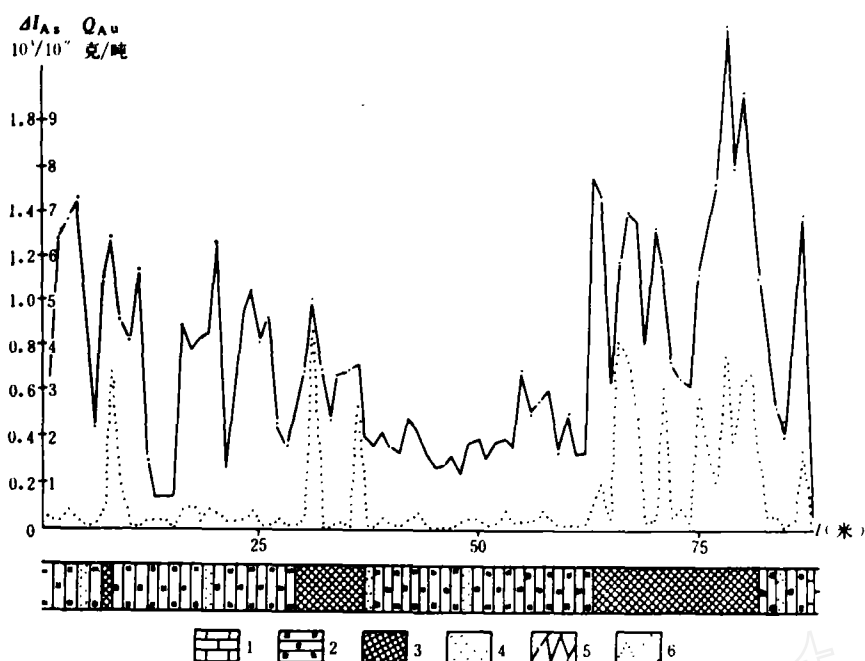


图1 四川某金矿区金含量与X射线荧光强度的关系

1—灰岩; 2—千枚岩; 3—金矿体;
4—砂岩; 5— ΔI_{Au} 曲线; 6— Q_{Au} 曲线

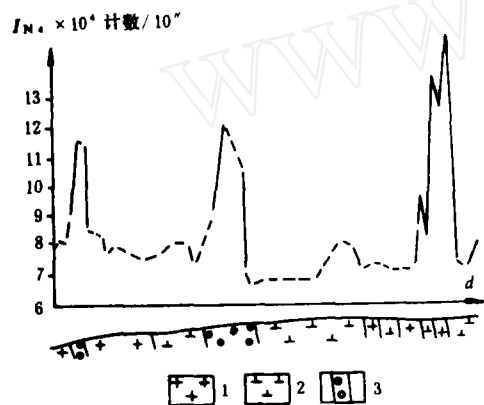


图2 Tc262—I现场X射线荧光测量曲线

1—花岗岩; 2—闪长岩; 3—矿脉

用X射线测量和化学分析划分矿层厚度的对比见表3。两种方法在矿层上测得的金含量用“线储量”表示(表4)。

X射线荧光方法求得的矿层厚度
与真厚度对比

表3

工程号	矿层真厚度 (米)	X射线荧光方法 求取的矿层厚度 (米)	相对误差 (%)
2077—3—11	0.84	0.84	0
2017—2—11	0.70	0.65	7

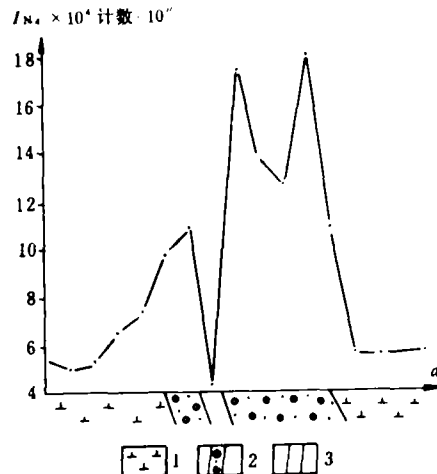


图3 2077—3—11号矿脉现场X射

线荧光测量曲线

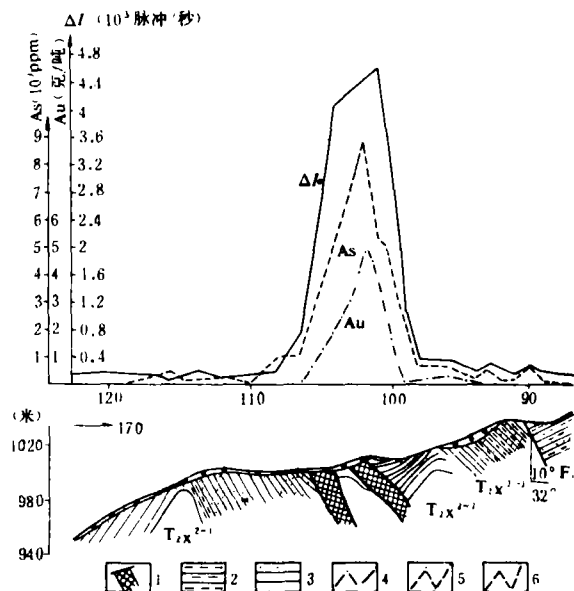
1—闪长岩; 2—矿脉; 3—石英

3. 贵州省某金矿^[3] 该地区的浸染状金矿含有毒砂、含砷黄铁矿、雄黄和雌黄等矿物。前两种矿物通常都含金。在金矿化的分散晕中, 砷是最重要的指示元素。化学分析结果表明, 金矿体内砷与金含量之间有共消长关系, 而且在金含量超过边界品位(1克/吨)时, 砷含量都在1000ppm以上。进一步研究发现,

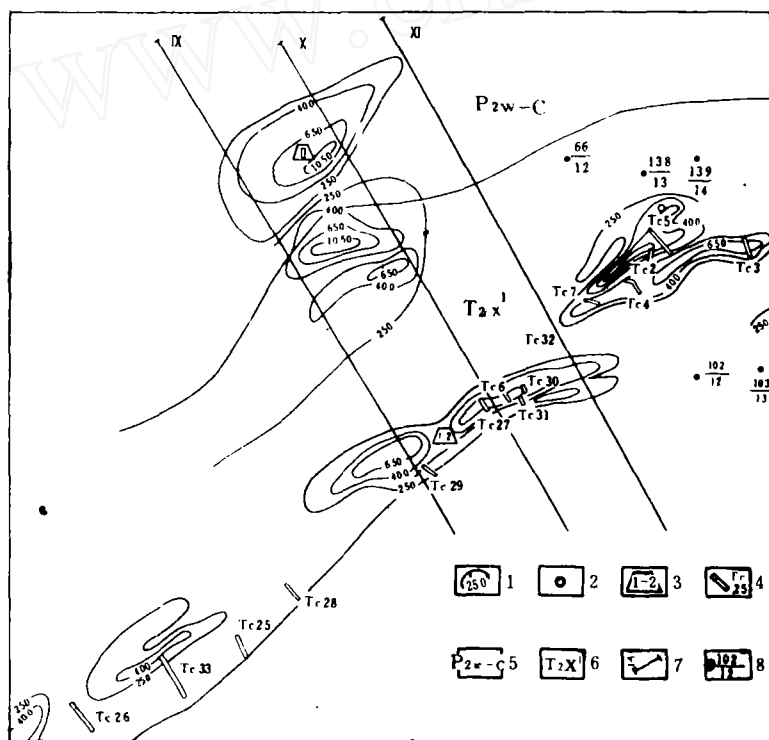
表 4

工程号	取样总长 (米)	化学分析 线 储 量 (米·克/吨)	X荧光法 线 储 量 (米·克/吨)	相对误差 (%)
2017	6.60	8.701	6.570	+9.9
2077	11.70	11.5717	109.10	-5.0

在CY测区布置了比例尺为1:50000的土壤地球



1—金矿体; 2—粘土岩; 3—砂岩; 4—砷特征 X 射线荧光强度; 5—土壤中 Au 含量; 6—土壤中 As 含量



1—神特征 X 射线荧光强度等值线 (脉冲/秒); 2—金含量高于边界品位的土壤样品采集点;
3—荧光异常编号; 4—构造破碎带及槽探工程; 5—上二叠统吴家坪至长兴组;
6—中三叠统新苑组第一段; 7—勘探线剖面; 8—测线两端点的点号和线号

化学测量和 1:10000 的地球化学岩石测量,同时还布置了测网为 $100 \times 10 \sim 20$ 米的面积性 X 射线荧光测量。在荧光测量的异常地段,测网加密到 $50 \times 5 \sim 10$ 米。在每个测点挖 30 厘米深的坑,不取样就地测量。以砷的荧光强度 250 脉冲/秒 (砷含量 300 ppm) 为界,圈出了两个异常带 (图 5)。图中 I 号异常形成东西向四个异常中心,在这些异常中心取土样,金含量均达 1 ~ 5 克/吨。图中 II 号异常形成南北方向的 3 个异常中心,是此次发现的新矿带,正准备验证。

在未知区即测区外围,地表大部分为第四纪所覆盖,仅有零星的露头出现。地质曾挖探槽两条,但未揭露出金矿化。后用 X 射线测量,仅 3 天即圈出 III 号异常带 (图 6)。图 6 中有 3 个异常中心,砷的荧光强度最高达 3315 脉冲/秒。在 3 个异常区中心取样化验,含金量分别为 1、4 和 6 克/吨,证实砷的荧光异常系金矿引起,值得进一步勘探。

以上工作说明,用国产轻便 X 射线荧光仪 (砷的检出限优于 0.01%) 勘查浸染状金矿是完全可行的。在四川、吉林、贵州等省,用同样仪器和类似的方法找金,也取得了好的地质效果,发现了一些新的隐状金矿带。国外也有类似的找金矿的经验。这种方法的特点是,在野外布置一定测网,就地挖坑测量,不采样,不需化学分析,因而加快了勘探速度,降低了成

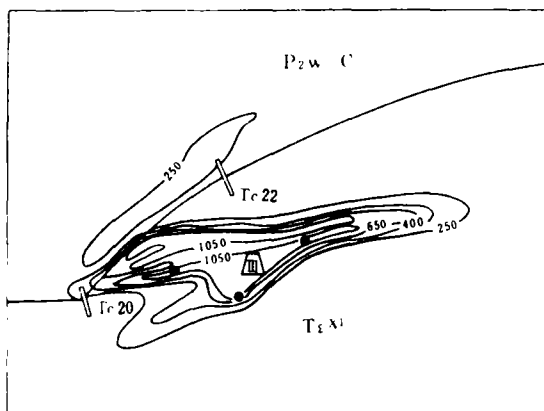


图 6 STZ 测区砷特征 X 射线荧光强度等值线平面图
(图例同图 5)

本,是一种经济效益很高的找金方法。

参 考 文 献

- [1] 章 晔等:《X 射线荧光探矿技术》,北京,地质出版社,1984 年
- [2] 章 晔等:成都地质学院学报,1984,第 1 期
- [3] 齐 涿:《地球物理文集核地球物理专辑》,北京,地质出版社,1986 年

In-situ X-ray Measurements for Gold Exploration

Zhang Ye, Xie Tingzhou, Zhou Sichun, Huang Guoqiang

(Chengdu College of Geology)

Abstract

Fairly good correlations exist between gold and its pathfinder elements (As, Cu, etc.) in a gold ore deposit. These correlations are used in radioisotope X-ray fluorescence Method to measure the fluorescence intensity of those pathfinder elements directly in-situ in search for concealed gold ore body. No channel samples are required to be sent to the laboratory for chemical analysis in this method. Because of this advantage of the method, the progress of geological exploration for gold can be speeded up and the production cost will be much reduced as well.