

有机烃新方法在微细浸染型金矿床勘查评价中的应用

——以陕西八卦庙特大型金矿床为例

吴烈善, 韦龙明

(桂林矿产地质研究院, 广西 桂林 541004)

摘要: 有机质对金属元素的迁移、沉积、富集成矿有重要的作用。有机烃是有机质最终的裂解产物, 具有很强的挥发性和穿透性。研究发现八卦庙金矿床有机烃与矿体金品位呈正相关关系, 矿体的矿化富集中心也是有机烃的浓集中心。利用有机烃的这一特点可以进行隐伏金矿床的预测研究。

关键词: 有机烃; 金矿床; 八卦庙; 陕西省

文献标识码: A

中图分类号: P621.2; P618.51

在实践过程中, 人们发现在许多大油气田周边存在着一些重要的金属矿床(尤其是 Pb、Zn、Au 等矿床), 在进行成矿流体包裹体鉴定和成分分析时也发现其中包含有许多烷烃类物质, 同时研究发现腐殖酸和海洋生命物质对金属元素具有较强的吸收和吸附特性。这些特征显示有机质与金属元素有一种内在的联系。

研究认为, 许多金属矿床内部(特别是 Au、Pb、Zn 矿床), 含有较多的有机络离子, 如烷基($-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CH}_2$)、氨基($-\text{NH}_2$)、亚氨基($-\text{NH}$)、羧基($-\text{COOH}$)等。据 Swanson (1965) 等的资料, 在美国佛罗里达高夫海岸带中, 富含腐殖酸的沉积层中多金属元素含量要比不含腐殖酸的层段高十几倍到几千倍。最近中科院地化所和南京大学地质系的实验研究表明^[1,4], 未成熟腐殖酸和有机质可以与溶液中 88%~99% 的 Au 结合在一起, 这些有机质对贵金属元素的迁移、沉积、富集成矿有重要作用。因此, 研究有机质与成矿的关系, 利用有机气体寻找金属矿产(特别是铅、锌、金等)已成为当代地学的热点问题。

本文所提的有机烃是指以有机状态保存在岩石或土壤中的有机烃类气体, 主要包括甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、已丁烷、乙稀、丙稀等轻烷烃。

收稿日期: 2001-02-20. 李兰英、邵晓东编辑。

基金项目: 国家“九五”攻关项目(编号: 96-914-03-04)和广西留学

回国人员基金(编号: 桂科回 0009002)联合资助。

1 有机烃方法原理和研究基础

(1) 有机质与金矿床空间及其成因关系密切。研究表明^[2], 许多金矿床(体)都与有机碳, 尤其是干酪根有着直接或间接关系, 例如在扬子地块西北缘及西南缘的卡林型金矿, 有机碳含量为 0.05%~8.73%。秦岭地区的泥盆系铅锌矿床, 以及马鞍桥、金龙山、拉尔玛、李坝等金矿床均富含有机质。据扬子地块西北缘及西南缘的 7 个卡林型金矿床统计, 矿石中干酪根的含金量为 $45.9 \times 10^{-6} \sim 411.0 \times 10^{-6}$, 平均 187.48×10^{-6} (10 件样), 表明干酪根是金的重要载体, 而且干酪根的热成熟演化(反映热液作用强度)与金的成矿作用息息相关。

(2) 目前对有机质在金矿床中的作用特点有以下几方面的认识: ①有机质在沉积和早期成岩阶段生物和非生物的降解作用可以使溶液中分散的金逐步富集; ②有机质降解和分解的产物可以改变环境的物化条件, 有利于金的吸附或迁移; ③与有机质伴生的硫酸盐还原细菌可以使金的络合物间接还原成单质金; ④有机质和金属离子的螯合作用可以形成一系列的有机络合物。

(3) 有机烃异常可指示含矿构造通道, 继而进行成矿预测。有机络合物是许多金属、贵金属元素迁移的重要方式。在热液成矿过程中, 金属元素除了以 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 等化合物、络合物形式迁移外, 另一重要迁移形式便是有机络合物和有机物对金属元

素的螯合作用。当成矿热液上升到达一定构造空间后,由于物理、化学等条件的改变,会使金属元素与有机络离子(包括 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{CH}_2$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{NH}$ 、 $-\text{COOH}$ 等)分离,这些有机络离子在生物细菌作用和一定的温压下最终可转化为有机烃。

断裂构造和岩石孔隙是有机烃运移的有利通道,甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)等烃气还是成矿热液的直接伴生组分(有机包裹体为证),从而构成了烃气异常源;成矿作用越强烈,有机物裂解越彻底,有机烃类含量越高。反过来说,有机烃浓集中心也就指示了成矿中心所在,有机烃的晕中心也就是矿床富集中心。

(4)有机烃具有很强的穿透能力,能够形成隐伏矿的地表气体晕。当前寻找难识别、隐伏大矿、富矿,常规方法已很难奏效,必须研制一种“深穿透力”的化探新方法,才能解决覆盖地区深部找矿难的问题。烃类气体具有极低的沸点和极高的蒸汽压,因而具有很强的挥发性和穿透能力。它们可以通过各种裂隙、粒间孔隙等途径垂直向上迁移至地表,部分被地表土壤以吸附相和碳酸盐包裹相等形式固定下来,从而在地表形成烃类异常,这是利用有机烃进行隐伏矿床预测的基础。

2 有机烃方法在八卦庙金矿床中的应用研究

2.1 八卦庙矿床地质特征

八卦庙矿床位于秦岭东段凤(县)-太(白)铅锌金多金属矿田的北部,西距凤县约40 km。矿床南北以两条近东西走向的大断裂为界,北部为凤县-山阳深大断裂,南部为两当-镇安深断裂。矿区主断裂 F_1 (呈NW向)位于金矿床北侧古道岭组与星红铺组接触界面及其附近。另外在 F_1 南侧发育了与之平行的若干条断裂,它们构成矿区的脆-韧性剪切带。

矿区出露地层为中泥盆统古道岭组上岩段和上泥盆统星红铺组下岩段,矿区外围还出露上泥盆统上部九里坪组。古道岭组上岩段是一套中厚层灰岩、含碳灰岩夹少量白云质千枚岩;星红铺组岩性是铁白云质粉砂质千枚岩夹条带状碳酸盐岩;九里坪组地层主要是碎屑岩与碳酸盐岩互层。金矿体主要呈层状、似层状,少量呈透镜状,沿走向、倾向具有膨胀收缩、分支复合、尖灭再现现象。矿体厚度一般几米至十几米,矿体延长、延伸可达400~500 m以上。金矿体

品位一般为 $1.32 \times 10^{-6} \sim 15.15 \times 10^{-6}$,平均在 $3 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ 左右。金矿石有3种类型:①强烈蚀变褪色岩石;②含金石英脉;③含金铁白云石石英脉。矿石结构为他形粒状、不规则胶状等;矿石构造以浸染状、细脉状、网脉状、团块状、条带状为主。金矿物主要为含银自然金,金矿物多呈显微金-明金(0.07~0.7 mm),以粒间金为主,主要载金矿物为石英、黄铁矿和磁黄铁矿。

2.2 不同地质体的有机烃分布状况

有机烃在不同岩性以及含金量不同的岩石中也有不同的变化趋势。从表1可以看出岩石的有机烃含量比地表土壤的有机烃高出2~60倍,在同一类岩性中矿石比围岩的有机烃含量高,蚀变褪色千枚岩比不褪色千枚岩高,富矿的节理石英脉比顺层产出的石英脉要高,在不同岩性中有机烃含量从高到低的顺序是:节理脉→顺层脉→石英脉+围岩→褪色千枚岩→深色千枚岩→褪色含钙质条带千枚岩(简称条带岩)→含钙质条带千枚岩→土壤,这一变化趋势与岩石中金品位变化趋势大体一致,这也说明岩石中金含量与有机烃含量存在正相关关系。

2.3 地表探槽与坑道的有机烃分布状况

我们在八卦庙矿床金矿体最富大的1320 m中段PD1坑67穿及其他地表相对应的Tc68-1探槽分别采样,以探讨有机烃含量在垂向上的变化规律。

根据金和有机烃的测试数据(表2)来看,无论是地表还是坑道,有机烃的各项指标均与金含量呈正相关关系,而且甲烷含量远大于其他烃类成分含量(图1、2)。另外在PD1-67穿作为八卦庙金矿床矿体最富厚大部位,其金的最大值为 27.50×10^{-6} ,平均含量达 4.80×10^{-6} ,相对应的有机烃总量最大值为75 571.81 $\mu\text{L}/\text{kg}$,平均值为22 324.70 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 。Tc68-1探槽作为矿体的头部,其金最大值为 7.50×10^{-6} ,平均含量为 1.51×10^{-6} ,有机烃总量的最大值和平均值分别为13 755.30 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 和2 876 $\mu\text{L}/\text{kg}$,这些均显示有机烃含量与金含量呈正相关关系,矿体富厚中心,也就是有机烃富集中心,从矿体富集中心到地表矿体头部,有机烃和金含量在垂向上表现为逐渐减弱的趋势。

2.4 不同勘探线的有机烃含量对比

我们又在代表矿体贫化尖灭部位的1320 m中段PD1坑88穿进行采样,以探讨有机烃含量在横向上的变化规律。

表 1 八卦庙金矿床不同岩性金和有机烃含量对比表

Table 1 Contents of gold and organic hydrocarbon in different rocks of Baguamiao gold deposit

岩性 (样品数)	Au	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆	总量
褪色条带岩 (1)	0.015	1130.40	145.60	56.00	169.8	130.4	1673.450
深色条带岩 (1)	0.043	457.70	51.83	23.60	83.62	76.22	713.190
最小值	0.100	159.20	22.43	15.40	51.68	59.30	318.342
土壤千枚岩(5) 最大值	3.540	638.90	211.40	150.00	590.0	298.9	2005.500
平均值	1.532	349.70	84.27	59.44	229.5	169.2	937.763
最小值	0.015	128.00	16.94	11.43	32.56	32.10	228.070
深色千枚岩(12) 最大值	5.000	4227.00	508.80	164.10	462.5	331.9	5766.210
平均值	0.589	1347.78	158.78	64.61	193.4	170.4	1969.655
最小值	0.400	1625.00	81.60	27.01	105.5	86.64	1938.748
褪色千枚岩(4) 最大值	20.620	8354.00	1019.00	299.40	1030.0	692.0	11522.040
平均值	5.793	4910.80	538.30	158.90	535.45	389.1	6603.145
最小值	0.162	484.60	23.17	12.81	31.62	31.22	592.025
石英脉+围岩(6) 最大值	28.800	10479.80	1381.30	562.10	1568.00	1569.00	15899.310
平均值	6.175	4233.23	587.98	295.94	790.32	754.10	6846.669
最小值	0.046	1474.10	205.10	76.00	204.70	149.50	2155.693
顺层石英脉(6) 最大值	4.600	29021.00	3893.00	1170.00	3706.00	2551.00	40845.910
平均值	2.114	18430.02	2449.85	776.42	2246.95	1563.75	25806.204
最小值	2.690	7954.00	1172.00	610.00	1819.00	1867.00	13815.880
节理石英脉(4) 最大值	28.800	41094.00	5504.00	1766.00	4695.00	3161.00	56935.710
平均值	12.830	25272.50	3477.25	1270.50	3238.75	2327.00	36144.135

Au 含量单位为 10⁻⁶,其他为 μL/kg.

表 2 八卦庙金矿床不同勘探线金、有机烃含量表

Table 2 Contents of gold and organic hydrocarbon in rocks from different positions of Baguamiao gold deposit

样号(样品数)	Au	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₂ H ₄	C ₃ H ₆	总量
最小值	0.015	457.7	51.83	23.6	83.62	76.22	713.19
PD1-88 穿(5) 最大值	3.89	10480	1381	390.7	1109.1	760.9	14374.75
平均值	1.32	2857.3	377.1	119.4	340.1	248.60	4023.82
最小值	0.10	128.0	6.657	1.920	6.537	5.861	227.00
Tc68-1(18) 最大值	7.50	7954.0	1172.0	610.0	1819.0	1867.00	13755.30
平均值	1.51	1626.9	225.5	139.1	405.2	403.60	2876.00
最小值	0.046	872.2	81.6	27.01	105.5	86.64	1329.27
PD1-67 穿(18) 最大值	27.50	75207.0	5504.0	1766.0	4695.0	3161.00	75571.81
平均值	4.80	17195.5	1716.5	566.3	3117.0	1079.00	22324.70

Au 含量单位为 10⁻⁶,其他为 μL/kg.

从表 2 可以看出,无论是 PD1-67 穿还是 PD1-88 穿有机烃的含量也同样与金呈正相关关系. 甲烷含

量也远远大于其他烃类成分含量(图 3);有机烃总含量与金含量仍然呈正相关关系.

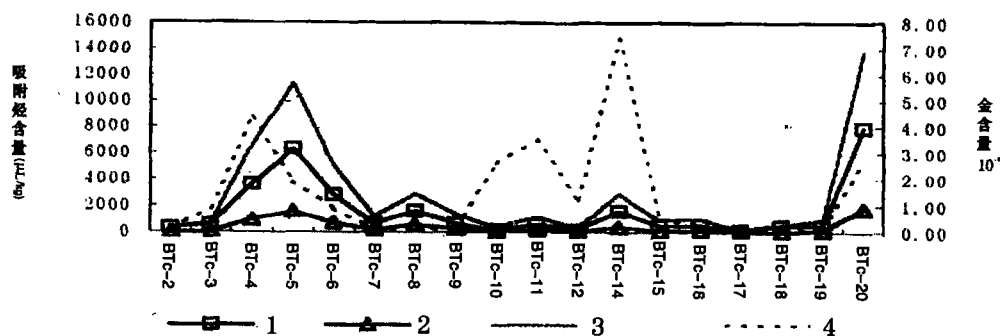


图1 八卦庙 Tc68-1 吸附烃与金相关图

Fig.1 Correlation of absorbed hydrocarbon and gold of Trench Tc68-1 of Baguamiao gold deposit

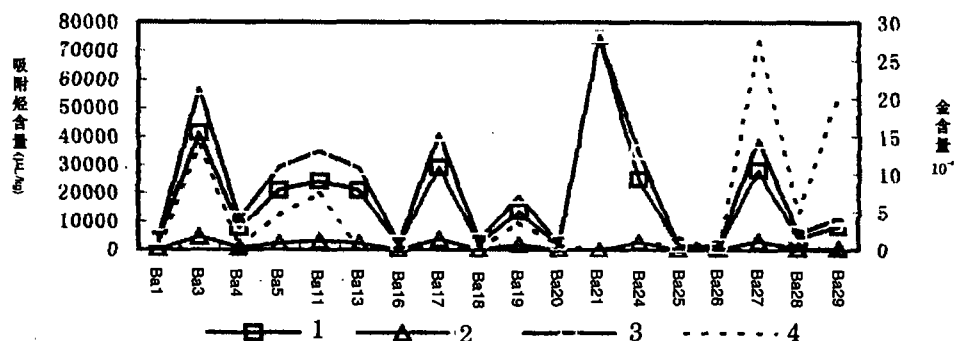
1—CH₄; 2—C₂H₂; 3—吸附烃总量(total of absorbed hydrocarbon); 4—Au

图2 八卦庙 PD1 坑 67 穿吸附烃与金相关图

Fig.2 Correlation of absorbed hydrocarbon and gold in Gallery PD1 of Baguamiao gold deposit

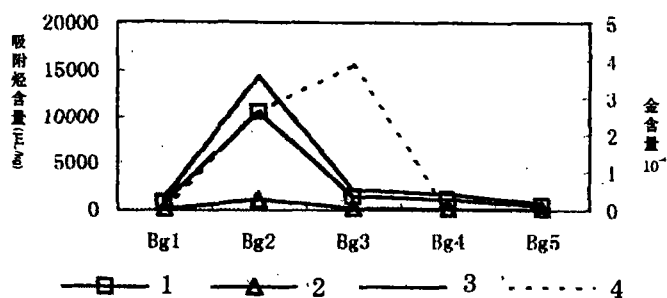
1—CH₄; 2—C₂H₂; 3—吸附烃总量(total of absorbed hydrocarbon); 4—Au

图3 八卦庙 PD1-88 穿吸附烃与金相关图

Fig.3 Correlation of absorbed hydrocarbon and gold in Gallery PD1-88 of Baguamiao gold deposit

1—CH₄; 2—C₂H₄; 3—吸附烃总量(total of absorbed hydrocarbon); 4—Au

67 穿金含量和有机烃含量明显比 88 穿的要高。67 穿金含量 $0.046 \times 10^{-6} \sim 27.5 \times 10^{-6}$, 平均值 4.80×10^{-6} ; 有机烃 $1\,329.27 \sim 75\,571.81 \mu\text{L/kg}$, 平均值 $22\,324.70 \mu\text{L/kg}$ 。而 88 穿金含量 $0.015 \times 10^{-6} \sim 3.89 \times 10^{-6}$, 平均值 1.32×10^{-6} ; 有机烃 $713.19 \sim 14\,374.35 \mu\text{L/kg}$, 平均值 $4\,023.82 \mu\text{L/kg}$ 。表明从矿体富厚中心部位到矿体贫化尖灭部位, 有机烃含量总体上与金含量变化一致, 都表现出逐渐减少的趋势, 即越靠近主矿体, 有机烃含量越高, 矿体中心即是有机烃的富集中心。

3 结 论

(1) 在露头良好的地区, 或已经有(探槽)工程控制的找矿靶区, 开展八卦庙金矿找矿预测, 可以直接进行石英脉的有机烃测试, 这样将获得更加直接、有效的找矿信息, 成矿预测更加准确。根据我们已经取得的经验, 当石英脉有机烃含量高达几万 $\mu\text{L/kg}$ 时, 金矿床规模可以达大型—特大型(如八卦庙超大型金矿床的有机烃最高含量 7 万多 $\mu\text{L/kg}$); 当有机烃含量在 $10\,000 \mu\text{L/kg}$ 左右时, 金矿规模可能达中小型以上; 如果岩石中的有机烃含量仅有几百 $\mu\text{L/kg}$, 则基本无金矿化或金矿不成规模。

(2) 从矿体富厚中心到矿体边部, 有机烃含量都呈现减弱的变化趋势, 说明有机烃的含量变化和矿体金含量变化相一致, 对于金矿体的贫富具有明显的指示意义。在实际应用中, 如果地表露头或探槽的石英脉有机烃含量达到一定规模, 即便分析金品位不太高, 在走向上或倾向上也可能有金矿体的出现, 利用这一规律可以预测寻找隐伏金矿床(体)。

参考文献:

- [1] 涂光炽, 等. 低温地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 139—152.
- [2] 刘东升, 编. 中国卡林型(微细浸染型)金矿[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994. 374—103.
- [3] 李广之, 岳向阳. 浅析酸解烃机理[J]. 油气化探, 1999, 6(3): 17—19.
- [4] 胡凯, 刘英俊, 贾蓉芳, 等. 低温热液条件下有机质富集金机理的实验研究[J]. 中国科学(B辑), 1993, 23(8): 880—888.
- [5] 吴烈善, 韦龙明, 朱桂田, 等. 八卦庙大型金矿床深部物源的地球化学证据[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 146—149.
- [6] 陈远荣, 尹意求, 贾国相, 等. 地球化学综合方法找矿应用试验研究[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 569—573.
- [7] Fein J B, Williams-Jones A E. The role of mercury-organic interactions in the hydrothermal transport of mercury[J]. Economic Geology, 1997, 92(1): 20—28.

APPLICATION OF ORGANIC HYDROCARBON IN EXPLORATION AND EVALUATION FOR DISSEMINATED GOLD DEPOSITS: A case study of the Baguamiao superlarge gold deposit in Shaanxi Province

WU Lie-shan, WEI Long-ming

(Guilin Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004, China)

Abstract: Organic material plays an important role in the migration, precipitation, enrichment and mineralization process of metallic elements. Organic hydrocarbon, with strong volatility and penetrability, is the final product of organic material splitting. The study for Baguamiao gold deposit reveals that the organic hydrocarbon is positively correlated to the gold grade of ore. The mineralizing center of the deposit coincides with the concentrating center of organic hydrocarbon. This character of organic hydrocarbon may be applied to prognosis for hidden gold deposits.

Key words: organic hydrocarbon; gold deposit; Baguamiao; Shaanxi Province

作者简介: 吴烈善(1966—), 男, 高级工程师, 从事矿床地质研究工作; 通讯地址: 桂林市辅星路2号 桂林矿产地质研究所, 邮政编码 541004, E-mail: wlishan @ 163.net