

气态烃在铍厂沟金矿找矿中的应用

张苗苗¹ 陈远荣¹ 张志伟¹ 李林华²

(1. 桂林工学院, 广西 桂林 541004; 2. 内蒙古有色地勘局 108 队, 内蒙古 赤峰 024000)

提要:铍厂沟金矿床是一个受韧性剪切带控制的热液蚀变型金矿床。通过对矿石中石英包裹体成分分析、烃类组分在各中段不同岩石中的含量特征比较, 发现在该金矿的成矿过程中, 曾存在一定量有机物的参与, 有机烃气是其重要的伴生气体组分, 烃气异常与金矿化在空间上存在密切对应关系。因而利用有机烃气测量法在该区开展深部盲矿找矿具有重要意义。

关 键 词:有机烃气; 金矿; 铍厂沟

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2008)04-0738-08

有机质参与成矿作用是涉及矿床学和有机地球化学等学科的一个交叉研究方向, 而将烃气测量法应用于金属矿产勘查和深部隐伏矿体预测则是一个新的研究领域。烃气测量法已被广泛应用于油气勘查, 而大量的研究表明, 许多金属矿床在其成矿过程中, 都不同程度地存在有机物的参与, 有机物对金属元素的活化、迁移和富集均有重要的作用^[1-2]。有机质与金属成矿作用的关系极为密切, 从成矿物质的初始富集、活化转移、富集成矿直至矿体形成后叠加改造的整个成矿过程都存在有机质的参与并发挥重要作用^[3-4]。笔者试图通过烃气测量法在铍厂沟金矿中的应用研究, 探索该方法技术今后在深部盲矿找矿预测评价中的应用前景。

1 区域地质概况

铍厂沟金矿床是一个受韧性剪切带控制的热液蚀变型金矿床, 位于陕西省略阳县郭镇境内, 西与甘肃省康县毗邻。该矿床的区域构造位置处于扬子地块西北缘拉张增生带与秦岭造山带南部碰撞边缘之间的“勉(县)-略(阳)-宁(强)三角地带”。出露的地层主要有中新元古界碧口群、震旦系、泥盆系三河口

群、石炭系略阳群和志留系等。侵入岩较为发育, 超基性岩、基性岩、中性岩和酸性岩均有出露, 既有深成侵入体, 又有浅成侵入体。区内构造方面的最明显特征是, 无论是角度不整合面产状还是褶皱轴线以及韧性剪切带和深大断裂的走向均以 NW-NWW 向占绝对优势, NE 向次之, 组成了较清晰而有规律的北西向构造格架^[5-6]。

铍厂沟金矿从西向东可分为万家山矿段、张家山矿段、窑上湾矿段、寨子湾矿段、红岩湾矿段、陈家河坝矿段、刘家河坝、庙湾等 8 部分, 由南至北分为南南矿带、南矿带、细碧岩矿化带和北矿带。矿区出露的地层主要有中新元古界碧口群和中下泥盆统三河口群, 二者以断层为界。

2 矿床的有机地球化学特征

2.1 矿区烃类组分背景及局域场特征

矿区各烃类组分的背景、方差等地球化学参数变化特征见表 1。

从表 1 不难看出, 在铍厂沟金矿背景区, 各烃类组分总体上有如下的趋势:

(1) 就烃类各组分之间的量值关系而言, 从甲

表 1 铍厂沟金矿床各烃类相关地球化学参数
Table 1 Geochemical parameters of hydrocarbons in the Huachanggou gold deposit

元素	背景值(Co)	方 差(σ)	变异系数(V)
甲烷	44	19	0.43
乙烷	5.6	3.5	0.63
丙烷	2.3	1.5	0.65
异丁烷	0.38	0.15	0.39
正丁烷	0.39	0.25	0.64

注:参加统计的样品共 85 件全部为无矿化区的岩石样;样品中各类烃组分均由惠普公司 Agilent6820 型气相色谱仪分析(下同)。

烷→乙烷→丙烷→丁烷,其含量呈逐步递减特征。
(2)各组分的变异系数均小于 0.7,这显示区内背景区的烃类组分变化较均匀。

上述特点表明,本区背景场中,无论是甲烷,还是乙烷、丙烷、丁烷,它们的组构关系是正常的,背景样品具有较好的代表性,它们可作为利用烃类指标在本区进行找矿预测的重要参考基础标准。

2.2 铍厂沟金矿气液包裹体组分特征

对铍厂沟金矿矿石中的气液包裹体的成分分析^[9](表 2)发现:本区的成矿热液是富含钙、钠的氯化物型碳酸盐溶液,其中还含有大量的 CO₂ 和 CH₄ 气体,本区的金可能以硫氢根络离子和氯络离子形式搬运外,部分金可能还呈有机络离子形式搬运。由于本区的成矿过程中存在一定量有机物的参与(根据包裹体中含有甲烷推断),包括烃类气体在内的各类

有机物质对于提高金属离子的活性,成矿物质的大量迁移、沉淀和富集均有重要作用与影响,有机物的衍化产物—烃类气体作为伴生气体组分之一,显然可以作为该区找矿预测的重要指标;同时,大量 Ca²⁺、Mg²⁺离子与 HCO³⁻离子结合形成碳酸盐与金伴生,因而碳酸盐化也是本区找金的重要矿物标志之一。另一方面,石英包裹体中,CO₂/H₂O = 0.002~0.005,远小于 0.5,这表明本区之成矿热液属于岩浆热液成因^[7]。

2.3 铍厂沟金矿不同矿化段(带)各矿石类型的烃气组分特征

为了了解铍厂沟金矿不同矿化段(带)有机物及其衍化物参与成矿的量度,及其对找矿的指示作用大小,分别对区内各矿化段(带)不同类型矿石的烃类组分特征进行了统计(表 3)。由表 3 看出:

(1)就甲烷而言,无论是万家山矿段、寨子湾矿段,还是南矿带和北矿带,也不管是蚀变岩型矿石,还是细碧岩型矿石,其含量均明显高于背景值,万家山矿段尤其显著。

(2)就乙烷、丙烷、异丁烷和正丁烷来说,万家山矿段和寨子湾矿段矿石的烃气含量仍然明显高于它们的矿区背景值,而南矿带和北矿带之矿石的烃气含量则低于或略高于它们的矿区背景值。

由此可见,在找矿预测评价中,万家山矿段和寨子湾矿段,各烃类指标异常均可以作为找矿评价的重要依据,而对于南、北矿化带区段,应重点参考甲烷异常特征,其他烃类指标异常则作为辅助参考依据。

表 2 铍厂沟金矿矿石中石英包裹体成分(10⁻⁶)
Table 2 Inclusion composition of quartz in ore of the Huachanggou gold deposit (10⁻⁶)

分析项目	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
变化范围	0.49~4.37	0.82~12.4	6.6~24.8	0.61~5.3	4.5~5.4	2.12~21.5	117~280
平均值(6)	2.73	6.86	11.67	2.19	4.88	10.62	201.8
分析项目	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂	O ₂
变化范围	3.92~15.3	1461~4904	4.49~9.22	0.4~0.88	0.1~2.99	0.51~2.13	0.19~2.9
平均值(6)	8.19	2088	6.72	0.67	1.38	1.04	6
							1.24

注:平均值后面括号内数字为统计样品数。

表 3 铍厂沟各矿段金矿石中烃类含量平均值
Table 3 Average contents of hydrocarbons in gold ores of various ore sectors and zones of the Huachanggou deposit

取样位置	矿石类型	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷
万家山矿段(6)	蚀变岩型	218	17.1	7.93	1.14	3.37
寨子湾矿段(20)	细碧岩型	81.2	11.3	4.99	0.52	1.39
南矿带(5)	蚀变岩型	120.3	6.29	1.73	0.28	0.51
北矿带(10)	蚀变岩型	91.7	4.75	1.58	0.44	0.28

注:烃类含量单位为 $\mu\text{L}/\text{kg}$;括号内数字为统计样品数。

2.4 不同矿石、岩石类型中烃类组分特征

为了弄清各烃类指标异常在矿化体周围的展布特征,对铍厂沟金矿床的不同类型地质体(包括矿体、强蚀变围岩、弱蚀变围岩和未蚀变围岩)的 Au 含量及各烃类组分相关特征进行了比较(表 4)。从表中可见:

- (1)无论是万家山矿段、寨子湾的细碧岩矿段、南矿带或北矿带,由矿体→强蚀变围岩→弱蚀变围岩→未蚀变围岩中的 Au 含量具有逐渐降低的变化趋势。
- (2)各烃类组分在万家山矿段和寨子湾细碧岩

矿段,由矿体→强蚀变围岩→弱蚀变围岩→未蚀变围岩,除甲烷外大多具有矿体和弱蚀变围岩中较高、强蚀变围岩和未蚀变围岩中较低的变化特点。

(3)在南矿带,由矿体→强蚀变围岩→弱蚀变围岩→未蚀变围岩,各烃类组分多数表现为强蚀变围岩较高,未蚀变围岩最高,矿体和弱蚀变围岩都较低的变化特点。

(4)在北矿带,各烃类组分在不同岩性中的变化特征主要显示为:由矿体→强蚀变围岩→弱蚀变围岩→未蚀变围岩,各烃类组分多数呈逐渐升高的趋势。

表 4 铍厂沟金矿各矿段矿石与不同围岩中金与烃类含量平均值
Table 4 Average contents of gold and hydrocarbons in ores and different wall rocks of different ore sectors and zones in the Huachanggou gold deposit

矿段	万家山矿段				寨子湾细碧岩			
样品性质	矿石(6)	强蚀变围岩(12)	弱蚀变围岩(19)	未蚀变围岩(69)	矿石(20)	强蚀变围岩(29)	弱蚀变围岩(26)	未蚀变围岩(21)
Au	2113	327	122	18	348	577	144	21
甲烷	218	73.2	66.1	32	81	45	68	60
乙烷	17.1	8.25	9.68	4.1	11	6.1	7.7	6.3
丙烷	7.93	3.93	5.84	2.3	5.0	2.8	3.3	3.2
异丁烷	1.14	0.69	1.22	1.0	0.5	0.3	0.4	0.4
正丁烷	3.37	1.61	2.2	0.8	1.4	0.8	0.9	0.9
矿段	南矿带				北矿带			
样品性质	矿石(5)	强蚀变围岩(5)	弱蚀变围岩(8)	未蚀变围岩(24)	矿石(10)	强蚀变围岩(5)	弱蚀变围岩(3)	未蚀变围岩(15)
Au	2971	442	118	21.9	4064	491	142	13
甲烷	120	91	94	129	65	74	80	99
乙烷	6.29	6.1	5.4	13.8	3.5	3.4	3.8	4.9
丙烷	1.7	2.1	1.6	5.92	1.2	1.0	1.1	1.4
异丁烷	0.28	0.5	0.4	0.72	0.4	0.4	0.4	0.4
正丁烷	0.51	0.6	0.4	2.04	0.2	0.2	0.2	0.3

注:烃类含量单位为 $\mu\text{L}/\text{kg}$;Au 的含量单位为 10^{-9} ;括号内数字为统计样品数。

由上述可知,成矿热液在就位、沉淀成矿及其逐渐冷却过程中,其中的伴生气受热力和内压作用驱动,不断向上和向围岩扩散。然而,可能由于各矿化段(带)的矿化特点、围岩条件、裂隙体系等方面的差异,各矿化段(带)的烃类异常模式也存在一定的差异。在万家山矿段和寨子湾细碧岩矿段,总体上形成以矿体为中心,向外波浪式降低的实心晕圈异常模式;而在南矿带和北矿带,则形成一个以矿体为中心的空心晕圈异常模式。

3 烃类组分的纵向变化特征

为了查明各烃类组分在纵向上的变化规律,指导深部找矿预测,对部分矿带不同的烃含量特点进行了统计(表 5)。从表 5 中可见:

- (1)在细碧岩矿带作为重要伴生组分的各烃类组分具有从地表→1390 中段含量迅速升高,后从 1390 中段→1310 中段→1270 中段→1230 中段含量逐步降低的变化特征。烃类的高值异常中心位于矿体头部和前沿,而金的异常浓集中心位于矿体中部与中下部,显示了金与烃类组分之间存在纵向富集分带,烃类高值异常中心位于金矿化富集中心上方 100~120 m 处。
- (2)在南矿带,烃类组分具有从地表→1230 中段→1190 中段含量迅速增高,后再缓慢降低的变化特点。由于烃类组分的易挥发性,它们的迁移距离通常较远,在南矿带的矿带中部存在高值烃类异常,显然属于叠加晕异常,预示着该矿化带可能存在两期矿化叠加或者是该矿化带深部还存在盲矿体。后经深部开拓工程验证,证实该预测结论正确。

综上所述,在陕西铍厂沟金矿的成矿过程中,曾存在一定量有机物的参与,作为有机物衍化产物的烃类气体是其重要的伴生气体组分之一,与金矿化存在密切的关联性。另一方面,无论是水平方向,还是在纵向上,烃类异常与金异常之间存在空间分带性,就水平方向而言,在有的矿化段或矿化带上,烃类异常具有从金矿体向外逐渐降低的变化特征,而有的矿化段或矿化带,烃类异常中心位于金矿化富集中心外侧,并呈晕圈状围绕金矿体分布;纵向上,烃类异常具有明显的前缘晕和头晕特征,金矿化富集中心位于烃类异常中心下方 100~120 m 处。因此,利用烃气测量法在该区开展深部盲矿找矿评价是可行的,烃类组分高值异常可作为深部存在金富矿体的重要指示标志。

4 未知区异常规律与深部成矿预测

为了摸清本区深部及近矿外围的矿产资源情况,扩大矿山资源,确保铍厂沟金矿可持续性发展,笔者在各矿化段均开展了预测评价工作,下面仅以万家山矿段为例说明之(图 1~6)。万家山矿段 2 号坑中段的烃类测量结果:

- (1)主成矿元素 Au 在区内明显形成两个异常浓集中心,一个位于石门(即坑口)往西约 50 m 处,另一个位于石门往西约 110 m 处。相对来说,西边之异常范围大,异常值也更高,中心点达 4 g / t 以上。
- (2)烃类组分中,甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷异常均较发育,形成多个异常浓集中心,其中主要在石门以西 50~60 m 一带和石门以西 90~120 m 一带形成高强异常,并与金异常具有显著关联性。其

表 5 铍厂沟金矿细碧岩矿带、南矿带烃类在不同中段含量平均值
Table 5 Average contents of hydrocarbons in different levels of spilite and south ore zones
in the Huachanggou gold deposit

矿带	标高	相 对 位 置	Au	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷
细碧岩	地表	矿前缘	37.1	18.8	2.55	1.39	0.63	0.63
	1390 中段	矿头	1076.2	107.8	16.73	6.44	0.52	1.83
	1310 中段	矿中、矿前缘叠加	1165.3	49.9	7.19	3.98	0.45	1.47
	1270 中段	矿中下、矿头叠加	1573.0	47.8	6.20	2.30	0.23	0.65
	1230 中段	矿尾、矿中叠加	1458.6	34.6	4.68	1.95	0.27	0.48
南矿带	地表	矿头	61.0	22.5	1.96	0.82	0.32	0.29
	1230 中段	矿中	1217.2	120.3	6.66	1.80	0.32	0.42
	1190 中段	矿中下	640.3	92.9	5.25	1.64	0.41	0.40

注:烃类含量单位为 $\mu\text{L/kg}$, Au 的含量单位为 10^{-9} 。

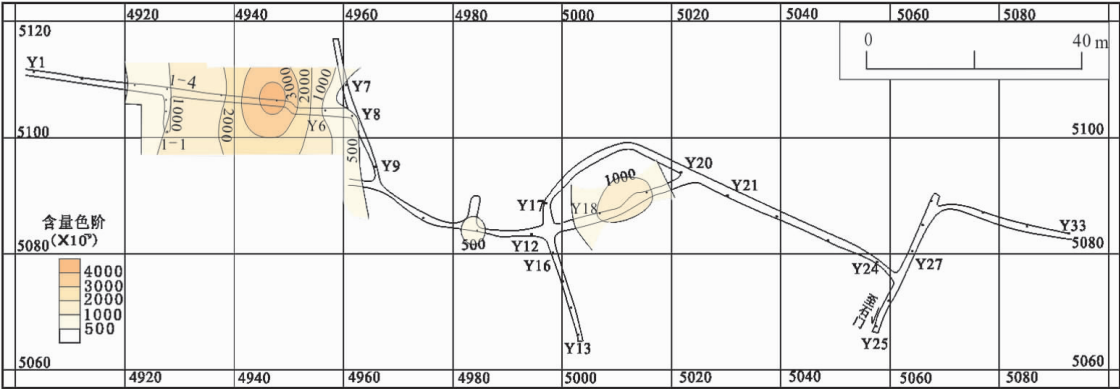


图 1 万家山矿段 1550 中段金异常平面图
Fig.1 Plan map of the gold anomaly in the 1550 level in the Wanjiashan ore sector

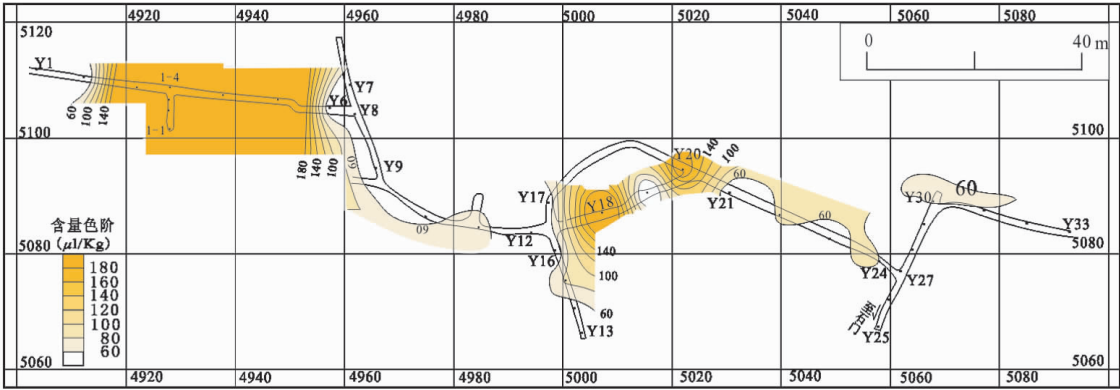


图 2 万家山矿段 1550 中段甲烷异常平面图
Fig.2 Plan map of methane anomaly in the 1550 level in the Wanjiashan ore sector

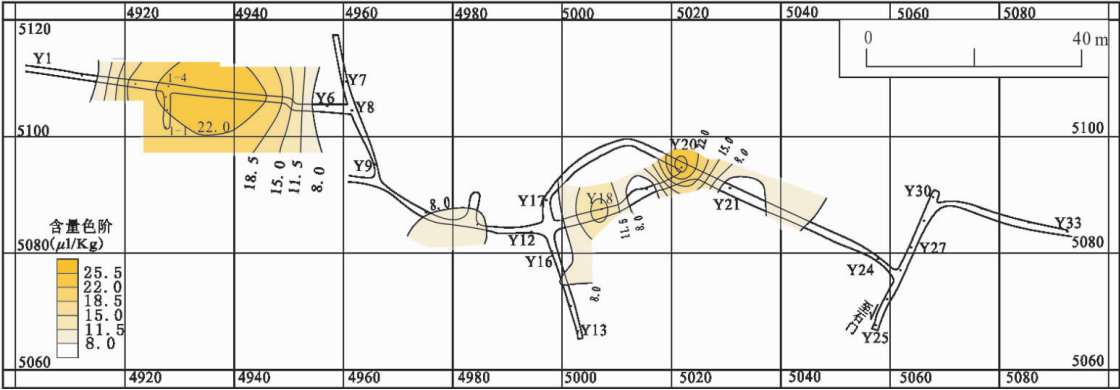


图 3 万家山矿段 1550 中段乙烷异常平面图
Fig.3 Plan map of ethane anomaly in the 1550 level in the Wanjiashan ore sector

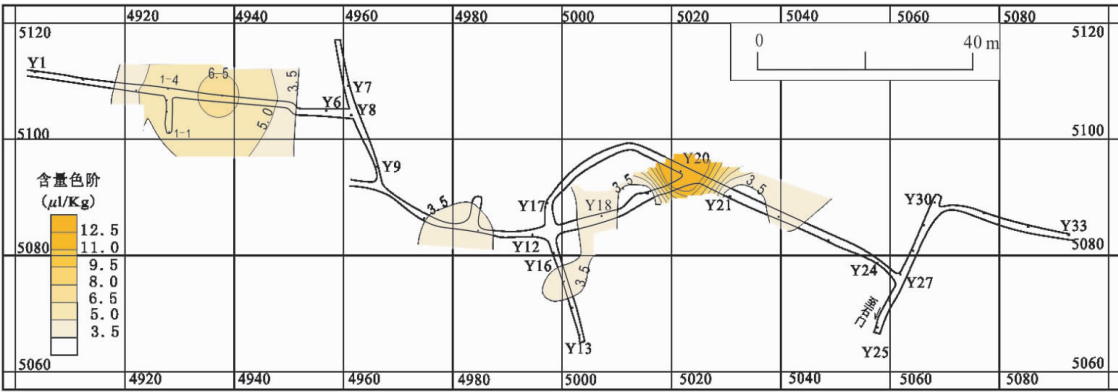


图 4 万家山矿段 1550 中段丙烷异常平面图
Fig.4 Plan map of propane anomaly in the 1550 level in the Wanjiashan ore sector

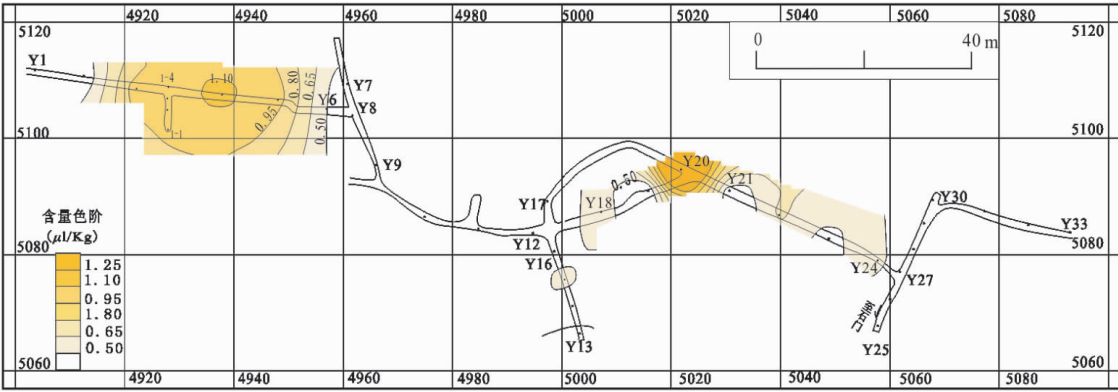


图 5 万家山矿段 1550 中段异丁烷异常平面图
Fig.5 Plan map of isobutane anomaly in the 1550 level in the Wanjiashan ore sector

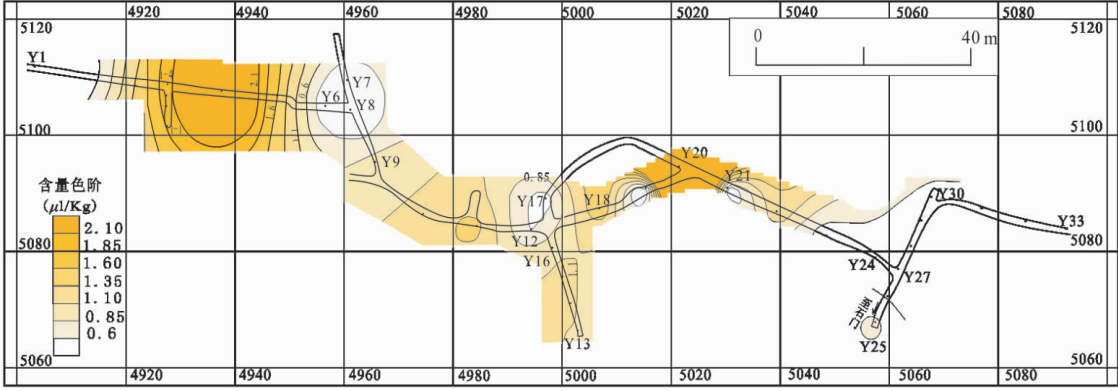


图 6 万家山矿段 1550 中段正丁烷异常平面图
Fig.6 Plan map of n-butane anomaly in the 1550 level in the Wanjiashan ore sector

中,在石门西部 40~60 m 一带,各烃类指标异常具有呈环带分布特点,环带内的低值异常区正好是金高值异常分布区,它们之间形成明显的镶嵌结构;在石门西部 90~120 m 处,各烃类组分构成了比较宽阔的断续环带异常,以正丁烷的环带异常尤为明显,在烃类环带异常低值区靠西一侧,金形成了高强异常,金异常与烃类组分异常之间也构成了明显的镶嵌结构。

以上化探异常特征表明,其一,万家山矿段 1550 中段(2 号坑中段)之金矿体属于矿体头部,往下还有很大延伸,估计不会少于 150 m;第二,该区之金矿体具有向东侧伏特征;第三,在 1550 中段矿化富集地段主要位于该矿段西部(石门西约 110 m 的主巷道周围),从 1550 中段往下,矿化富集地段将逐渐东移至石门与主巷道交叉部位北部一带;第四,区内之矿体虽然较连续,但品位变化大,主要形成两个矿化富集中心,一个位于石门西约 50 m 处,另一个位于石门西约 110 m 周围;第五,石门东部约 20 m 的主巷道深部还有望找到较好的金矿体。

可喜的是,后经物探激电测量和深部工程验证,证实了上述预测结论是正确的,并获新增黄金可开采储量约 1000 kg。

5 结 论

通过对铍厂沟金矿床的烃气测量应用研究,得出了以下结论:

(1)铍厂沟金矿在成矿过程中存在一定量有机物参与,烃气指标可作为该区找矿预测的重要标志,烃类异常可作为深部成矿和找矿的重要评价依据。

(2)区内烃类异常具有明显的前缘晕和头晕特征,但不同矿化段,烃类异常模式存在一定的差异,在万家山矿段和寨子湾细碧岩矿段,总体上形成以矿体为中心,向外波浪式降低的实心晕圈异常模式;而在南矿带和北矿带,则形成一个以矿体为中心的空心晕圈异常模式。

(3)区内在利用烃气指标进行找矿预测评价时,于万家山矿段和寨子湾细碧岩矿段,各烃类组分异常均可作为重要评价依据,而对于南矿带和北矿带,主要参考甲烷异常特征,乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷等烃类组分异常作为辅助评价参考依据。

(4)烃类高值异常与金矿化富集中心具有密切的空间关联性,烃类高值异常中心通常位于金矿化

富集中心上方 100~120 m 处。

(5)未知区的应用评价结果表明,烃气测量法作为区内找矿预测评价手段之一,是切实可行的,并取得了较好找矿效果,该方法技术在隐伏金矿找矿中具有较大的应用前景。

参考文献(References):

- [1] 陈远荣,戴塔根,党宇涛,等.有机烃气法在个旧锡矿松树脚矿田中的应用[J].物探与化探,2001,25(3):180-184.
Chen Yuanrong, Dai Tagen, Dang Yutao, et al. The application of organic hydrocarbon gas technique to the Songshujiao ore-field in the Gejiu Tin mine [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2001, 25(3):180-184(in Chinese with English abstract).
- [2] 孙庆津,张维海,张维萍,等.有机质在铀成矿过程中作用的实验模拟研究[J].中国地质,2007,34(3):463-469.
Sun Qingjin, Zhang Weihai, Zhang Weiping, et al. Experimental simulation study of the role of organic matter in the formation of uranium deposits [J]. Geology in China, 2007, 34 (3):463-469(in Chinese with English abstract).
- [3] 陈远荣,贾国相,徐庆鸿.气体集成快速定位预测隐伏矿的新技术研究[M].北京:地质出版社,2003.
Chen Yuanrong, Jia Guoxiang, Xu Qinghong. Research of New Technique on Location Forecast of Hidden Deposits by Gas-Methods [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2003(in Chinese).
- [4] 陈远荣,贾国相,戴塔根.论有机质与金属成矿和勘查[J].中国地质,2002,30(3):257-262.
Chen Yuanrong, Jia Guoxiang, Dai Tagen. The role of organic material in metallic mineralization and its application in metal exploration [J]. Geology in China, 2002, 30 (3):257-262 (in Chinese with English abstract).
- [5] 白忠.陕西铍厂沟金矿床成矿热力学条件及金的迁移和沉淀[J].西南工学院学报,1995,1(4):76-81.
Bai Zhong. Thermodynamical conditions of mineralization and the transportation and deposition of Au in Huachanggou Gold Deposit [J]. Journal of Southwest China Institute of Technology, 1995, 1(4): 76-81(in Chinese with English abstract).
- [6] 张雪亮,陈远荣,徐庆鸿,等.陕西铍厂沟金矿床成矿物质来源探讨[J].矿产与地质,2007,21(1):7-21.
Zhang Xueliang, Chen Yuanrong, Xu Qinghong, et al. Matter source of the Huachanggou gold deposit in Shanxi province [J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 21 (1):17-21 (in Chinese with English abstract).
- [7] 张正伟,林潜龙,杨晓勇,等.鲁山棚沟金矿床包裹体特征及找矿意义[J].河南地质,1997,15(2):85-93.
Zhang Zhengwei, Lin Qianlong, Yang Xiaoyong, et al. The features and prospecting significance of the inclusion of Penggou gold deposit in Lushan county [J]. Henan Geology, 1997, 15 (2):85-93 (in Chinese with English abstract).

Application of gaseous hydrocarbon in gold exploration of the Huachanggou gold deposit

ZHANG Miao-miao¹, CHEN Yuan-rong¹, ZHANG Zhi-wei¹, LI Lin-hua²

(1. Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China;

2. 108 Geological Party, Inner Mongolia Bureau of Nonferrous Geological Exploration, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China)

Abstract: The Huachanggou gold deposit is a hydrothermal alteration-type deposit controlled by a ductile shear belt. The paper summarizes the application of the organic hydrocarbon gas method in gold exploration in the Huachanggou gold deposit. Analysis of the composition of quartz inclusions in ore and comparison of the content features of hydrocarbon components in different types of rock in several levels show that a certain amount of organic matter had participated in the process of gold mineralizing in this gold deposit. Organic hydrocarbon gas is its important associated gas component and there is a close relationship between hydrocarbon gas anomalies and gold mineralization in space. Therefore, the application of the organic hydrocarbon gas method has great significance for looking for deep blind ore deposits.

Key words: organic hydrocarbon gas; gold deposit; huachanggou

About the first author: ZHANG Miao-miao, female, postgraduate of Guilin University of Technology;
E-mail: gismiaomiao@126.com.