第 26 卷第 6 期　　物 探 与 化 探　　Vol.26,No.6
2002 年 12 月　　GEOPHYSICAL & GEOCHEMICAL EXPLORATION　　Dec.,2002

内蒙古热水金矿地球化学特征与成矿预测

朴寿成[1],李绪俊[1],郑天成[2],史风江[2],刘井军[2]
(1.吉林大学,吉林 长春　130026; 2.内蒙古宁城县 东风金矿,内蒙古 宁城　024200)

摘 要:阐述内蒙古宁城热水金矿床的地球化学特征,其矿床成因与闪长岩脉有密切关系,矿脉中 Ba、As、Sb、Hg 为上部元素,Co、Ni、Mo 为下部元素。伙计沟西山矿脉群已被剥蚀,只剩矿脉尾部;塘房沟东山的成矿地质条件较好,剥蚀程度弱于主矿区,壤中汞气异常明显,具有较好的成矿前景。

关键词:地球化学特征;闪长岩脉;成矿预测;塘房沟东山
中图分类号:P632　　文献标识码:A　　文章编号:1000-8918(2002)06-0429-04

热水金矿隶属内蒙古宁城县东风金矿,近年来由于保有储量枯竭,已成为资源危机矿山。1997~1999 年,笔者通过矿床地质研究、矿脉地球化学测量和壤中汞气测量,在热水金矿床的控矿条件、地球化学找矿标志及成矿预测方面做了一些探索,在矿床深部或边部的找矿预测方面取得了一些认识。

1 地质背景

热水金矿位于华北地台北缘,赤峰—朝阳金矿化集中区西南部,马鞍山隆断带与老哈河坳断带接合部靠隆断带一侧。矿区内出露的地层为太古宙建平群热水组,其岩石类型主要为斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩、二云母片岩,局部夹有大理岩。矿区主要褶皱构造为前塘营子倒转背斜,轴面走向东西,倾向北,倾角大于 50°。该背斜向东倾伏,核部主要为热水组下段混合岩化斜长角闪片麻岩,两翼为热水组下段二云母片岩和大理岩,矿床内几乎所有矿脉均限于背斜构造核部的混合岩化斜长角闪片麻岩中。矿区内岩浆岩主要为太古宙片麻状花岗岩和燕山期闪长岩脉。厚大缓倾斜的闪长岩脉控制了矿脉的空间分布[1],矿脉分布距该闪长岩脉有一定距离,接近或超过 300 m 均不利于矿脉的形成。矿脉的直接围岩主要为斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩和陡倾斜的闪长岩脉。矿区内有大小矿脉 50 余条,明显受断裂构造的控制,主要呈北北东、北北西—北西向和东西向。矿化类型主要为含金石英脉型,其次为蚀变岩型。矿石中金属矿物为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、银金矿和自然金,脉石矿物主要为石英,其次为绢云母、绿泥石、斜长石和方解石。围岩蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化和碳酸盐化。

2 矿床地球化学特征

2.1 热水矿床矿脉中元素的组合

在热水矿床矿脉中,Au 与 Ag、Mo、Co、Hg 呈强显著正相关(1%信度下称强显著相关,5%信度下称显著相关。下同。),而与其它元素没有明显的相关性;伴生元素 Ag、Pb、Cu、Zn、Mo 之间呈强显著正相关;活动性强的 As、Sb、Hg 也呈强显著正相关;活动性弱的 Mo、Co、Ni 之间也呈强显著正相关;Ba 与 Ag、As、Pb 呈负相关(表 1、图 1)[2]。在热液矿床中,

表 1　热水矿床矿脉中元素的相关系数

元素	Au	Ag	Mo	As	Sb	Bi	Hg	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Ba
Au	1.000												
Ag	0.617	1.000											
Mo	0.490	0.276	1.000										
As	0.126	0.139	0.059	1.000									
Sb	0.039	0.044	-0.029	0.374	1.000								
Bi	0.035	0.112	0.022	0.116	-0.016	1.000							
Hg	0.290	0.424	0.081	0.259	0.030	0.431	1.000						
Cu	-0.024	0.609	0.019	-0.025	0.040	0.052	0.168	1.000					
Pb	0.035	0.703	0.034	0.015	0.062	0.090	0.222	0.972	1.000				
Zn	-0.150	0.295	-0.105	0.039	0.088	-0.044	0.009	0.642	0.632	1.000			
Ni	-0.002	0.128	-0.020	0.064	-0.009	-0.058	-0.084	0.198	0.203	0.572	1.000		
Co	0.499	0.450	0.314	0.188	0.015	-0.017	0.218	0.024	0.050	0.245	0.301	1.000	
Ba	-0.118	-0.241	0.002	-0.182	-0.086	-0.091	-0.099	-0.129	-0.213	-0.080	-0.113	-0.102	1.000

收稿日期:2001-11-29
万方数据

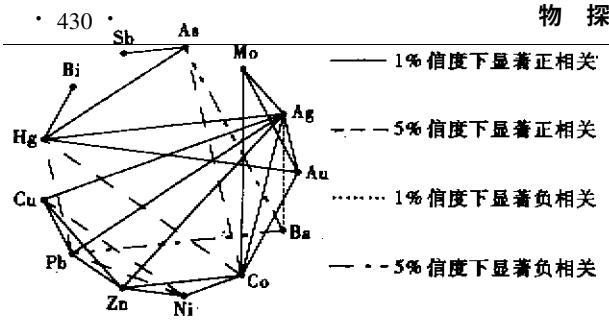

图 1 热水矿床矿脉中元素之间的相关关系

亲氧元素 Ba 和亲硫元素 As、Sb、Hg 均为活动性强的元素，但由于亲合性不同，在空间分布上可能有一定差异，所以 Ba 不仅与 Ag、As、Pb 负相关，且与其它亲硫元素也不存在正相关性。从图中看出，矿脉中活动性各异的元素之间存在着错综复杂的相关关系。地质作用与元素组合的关系，可用 R 型因子分析进行研究。根据斜交因子模型（表 2），对各因子的属性归纳如下。

表 2 热水矿床斜交因子模型

元素	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Au	0.085	-0.958	0.257	0.072	0.016	-0.189
Ag	0.784	-0.748	0.381	0.141	0.190	-0.275
Mo	0.038	-0.733	0.010	0.007	-0.060	0.073
As	0.030	-0.251	0.362	0.846	0.204	-0.235
Sb	0.115	0.021	-0.041	0.875	0.003	-0.022
Bi	0.073	-0.056	0.903	0.050	-0.022	-0.188
Hg	0.271	-0.422	0.897	0.236	0.006	-0.111
Cu	1.040	-0.065	0.109	0.007	0.227	-0.073
Pb	1.061	-0.138	0.179	0.051	0.229	-0.170
Zn	0.776	0.047	-0.040	0.111	0.779	-0.001
Ni	0.304	-0.084	-0.070	0.055	0.959	-0.120
Co	0.146	-0.780	0.194	0.194	0.615	-0.107
Ba	-0.218	0.177	-0.199	-0.205	-0.099	1.029
累计方差贡献	26.77%	43.84%	55.48%	66.30%	74.43%	81.49%

F1：[Pb、Cu、Ag、Zn、(Ni)]——硫化物矿化因子，代表矿体中部特征。

F2：[|Au、Ag、Co、Mo、Hg、(As)|]——Au 矿化因子。

F3：[Bi、Hg、(Ag、Au)]——硫化物及 Au 矿化因子。

F4：[Sb、As、(Hg)、|Ba|]—— 矿体上部元素组合。从因子模型可以看出，随着 Sb、As、Hg 的增高，Ba 有下降趋势，说明 Ba 与 Sb、As、Hg 相比，其分布距 Au 矿化中心有更大距离，且在矿化中心应出现低值或负异常。

F5：[Ni、Zn、Co、(Pb、Cu、As)]——硫化物矿化因子。代表矿体下部特征。

F6：[Ba]— 矿体上部元素因子。

2.2 热水矿床横向剖面中地球化学指标分布

前已述及，热水矿床矿脉的空间分布受缓倾斜闪长岩脉的控制，主要分布在该闪长岩脉的上盘围岩中（图 2）。综合考虑多元统计分析结果及元素在横向剖面中的空间分布，可大致归纳出热水矿床矿脉中指示元素从上到下的垂向分带序列：Ba→(As、Sb、Hg)→B→Cu→(Au、Ag)→(Pb、Zn、Mo)→(Co、Ni)

该序列与格里戈良提出的热液矿床典型分带序列[3]和李惠等人提出的金矿床原生晕的分带序列[4]基本相似，说明矿脉的地球化学信息包含了原生晕

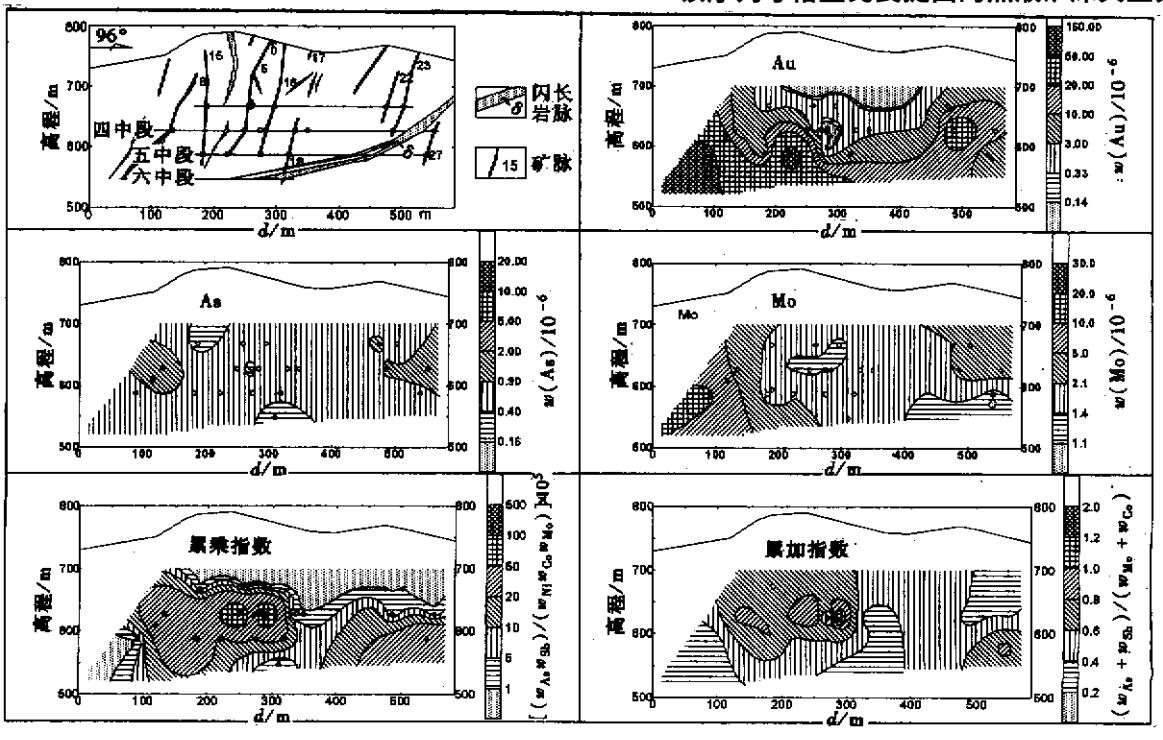

图 2 热水矿床横向剖面地球化学指标分布

万方数据

的大部分信息,因此也基本适用于矿脉的地球化学研究。

累乘指数$[(w_{As}w_{Sb}w_{Hg})/(w_{Ni}w_{Co}w_{Mo})]\times10^5$和累加指数$(w_{As}+w_{Sb})/(w_{Mo}+w_{Co})$的变化特征也反映了上述分带序列的规律。

2.3　稀土元素地球化学

从稀土元素配分曲线[5](图 3)中可以看出,矿石中稀土元素的组成与闪长岩类脉岩相近,而与花岗岩、变质岩类存在较大差异。

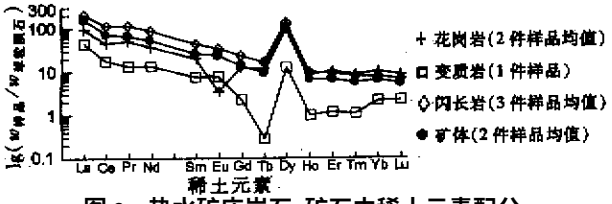

图 3　热水矿床岩石、矿石中稀土元素配分

上述情况说明,闪长岩脉不仅控制了热水矿床中矿脉的分布,而且可能是 Au 矿的矿质来源。

3　找矿方向

3.1　热水矿床的地球化学找矿标志

综上所述,对热水矿床的找矿标志有如下认识。

背斜构造核部的混合岩化斜长角闪片麻岩带是矿脉赋存的有利部位。

矿脉主要产在厚大缓倾斜闪长岩脉的上部,距该闪长岩有一定距离,太近(接近)或太远(超过 300 m)均不利于矿脉的形成。陡倾斜的闪长岩脉可成为矿脉的直接围岩。闪长岩脉不仅控制了热水矿床中矿脉的分布,而且可能是 Au 矿的矿质来源。

Ba、As、Sb、Hg 异常组合在垂向上反映矿带上部或上部晕的特征,Co、Ni、Mo 异常组合在垂向上反映矿带下部或尾部晕的特征。如果 Ba、As、Sb、Hg 及$[(w_{As}w_{Sb}w_{Hg})/(w_{Ni}w_{Co}w_{Mo})]\times10^5$、$(w_{As}+w_{Sb})/(w_{Mo}+w_{Co})$异常相对较强,Co、Ni、Mo 等下部元素的异常相对较弱,则说明是矿体的上部或前缘,已知矿体向深部有较大延深或深部有盲矿体存在;反之,如果 Co、Ni、Mo 等下部元素的异常相对较强,Ba、As、Sb、Hg 及$[(w_{As}w_{Sb}w_{Hg})/(w_{Ni}w_{Co}w_{Mo})]\times10^5$、$(w_{As}+w_{Sb})/(w_{Mo}+w_{Co})$异常相对较弱,则说明是矿体的下部或尾晕,矿体向深部没有多大延深或无矿体存在。

3.2　矿区成矿预测

从图 2 可以看出,矿床的五、六中段上部元素 As 含量和组合指数值都较低,下部元素 Mo 在西侧的深部有所增高,显示出六中段已到矿床的尾部。

热水矿床的矿脉主要分布在塘房沟以西,伙计沟以东,②号缓倾斜闪长岩脉的上盘(图 4)。在伙计沟以西浅部也发现有矿脉,但由于伙计沟断层使西盘上升被剥蚀,只剩下矿脉群的尾部,深部无找矿意义。在塘房沟东山,由于唐房沟断层使东盘下降,有利于矿脉的保存,因此在③号闪长岩脉的上盘具有较好的成矿前景。

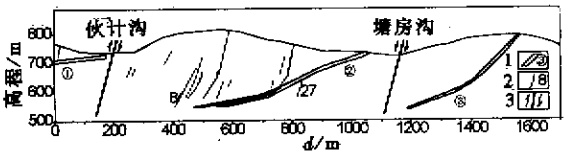

图 4　热水矿区矿脉与闪长岩脉分布示意

1—闪长岩脉及编号;2—矿脉及编号;3—断层

主矿区东部的塘房沟东山,南高北低,地形相对平缓,黄土覆盖较厚,除在南部黄土层较薄处有少量的小民采坑外,北部厚覆盖区没有工程控制。根据矿床分段富集规律[6],该区正好是成矿的有利地段。从塘房沟东山壤中汞气测量结果(图 5)中可以看出,该区存在着北北西向和北北东向的 3 个壤中汞气异常带,与主矿区矿脉的展布方向一致,可能指示隐伏矿体存在。在 3 线以南,汞气异常明显减弱,这与在 3 线以南民采坑中矿化较差的情况相吻合,因此找矿重点应放在 3 线以北。从异常规模和强度来看,东测的Ⅰ号异常最具成矿远景。

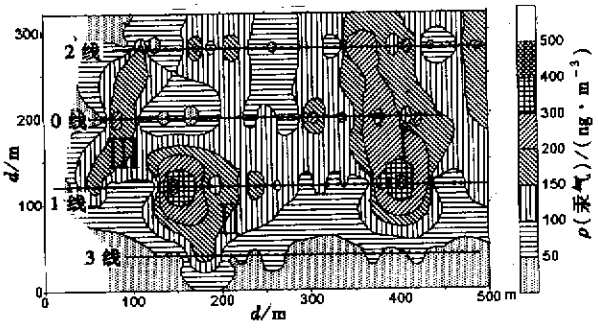

图 5　塘房沟东山壤中汞气异常

4　结语

综上所述,对热水矿床的成矿规律和找矿方向得出如下认识。

(1)热水矿床的金矿化受褶皱构造控制,背斜核部的斜长角闪片麻岩发育地段是成矿有利部位。

(2)热水矿床的成因和矿脉的空间分布与缓倾斜厚大闪长岩脉关系密切,主要工业矿体位于该闪长岩脉上盘。

(3)伙计沟西山已遭强烈剥蚀,只剩矿脉的尾部。塘房沟东山黄土覆盖区具有利的成矿地质条件,壤中汞气异常明显,成矿前景较好。

万方数据

本研究得到东风金矿领导和同行的热情帮助，在此致谢。

参考文献：

[1] 李军，滕飞，樊玉清. 内蒙宁城热水金矿闪长岩脉特征及控矿[J]. 黄金，2000，21(5).
[2] 黄薰德，刘树田，朴寿成，等. 吉林放牛沟多金属矿床地球化学及地球化学找矿模型[M]. 吉林：吉林科学技术出版社，1992.
[3] Beus A A，grigorian S V. Geochemical Exploration Methods For Mineral Deposits[M]. moscow，1975.
[4] 李惠，张文华，刘宝林，等. 中国主要类型金矿床的原生晕轴向分带序列研究及其应用准则[J]. 地质与勘探，1999，35(1).
[5] 涂光炽. 地球化学[M]. 上海：上海科学技术出版社，1984.
[6] 刘连登，陈国华，刘允良，等. 脉型金矿矿体分段富集论[J]. 长春科技大学学报(增刊)，2000，30.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE RESHUI GOLD DEPOSIT IN INNER MONGOLIA AND ORE PROGNOSIS

PIAO Shou-cheng[1]，LI Xu-jun[1]，ZHENG Tian-cheng[2]，SHI Feng-jiang[2]，LIU Jing-jun[2]
(1. *Jilin University*，*Changchun* 130026，*China*；2. *Dongfeng Gold Mine of Ningcheng County*，*Inner Mongolia*，*Ningcheng* 024200，*China*)

Abstract：This paper describes geochemical characteristics of the Reshui gold deposit in Inner Mongolia. The formation of this deposit is closely related to the diorite dyke. Ba，As，Sb and Hg in the ore vein are upper elements，whereas Co，Ni and Mo are lower elements. Gouxishan ore vein group is estimated to have been denuded，with only the tail part left. Tangfanggoudongshan has fairly good ore-forming geological conditions，its denudation is not so strong as that of the main ore district，and its soil mercury anomaly is quite obvious；therefore，it should have fairly promising metallogenic prospects.

Key words：geochemical characteristics；diorite dyke；ore prognosis；Tangfanggoudongshan

作者简介：朴寿成(1950－)，男(朝鲜族)，副教授。1977 年毕业于长春地质学院勘探系，从事地球化学教学与研究，已发表论文 20 余篇。

上接 424 页

异常值与背景值的比值，可根据回归方程(回归直线)预测出单井涌水量。

4. 与其它物探方法一样，应用激电法寻找地下水同样具有条件性和多解性。在对资料进行分析解释时，必须充分地收集和掌握地质构造、岩性分层和物性特征，方能取得理想的效果。

参考文献：

[1] 李金铭. 激电法找水[A]. 李金铭. 电法勘探新进展[C]. 北京：地质出版社，1996.

THE APPLICATION OF IP METHOD TO GROUNDWATER EXPLORATION

LONG Fan，HAN Tian-cheng
(*Designing Institute of Engineering Research*，*Headquarters of Shenyang Military Area Command*，*Shenyang* 110162，*China*)

Abstract：With some practical examples，this paper has summed up the effectiveness of IP method in the exploration of underground water and the water-searching regularity in the army water supply.

Key words：IP method；semi-attenuation time；physical anomaly of water-bearing strata；regression analysis

作者简介：龙凡(1945－)，男，毕业于北京地质学院，现任沈阳军区司令部工程科研设计院副院长，高级工程师，党的十四大代表，国家有突出贡献中青年专家，全国学雷锋先进个人，曾多次立功获奖。

万方数据