

# 热水沉积铁白云石微斜长石岩的 发现及其找矿意义\*

夏学惠

(化工部化学矿产地质研究院, 涿州 072754)

主题词 铁白云石微斜长石岩 热水沉积 硫化物矿床 找矿标志

提要 铁白云石微斜长石岩作为一种特殊岩石类型, 在辽东元古宙裂谷块状硫化物矿床中与成矿关系密切。岩石呈韵律层状, 富含 K、B、Si, 在  $Al_2O_3-SiO_2-(CaO+MgO)$  和  $Fe-Mn-(Cu+Ni+Co)$  三角图上均落入热水沉积岩区。稀土元素具有铈负异常、轻稀土元素富集等特征。硅同位素地球化学显示该岩石为热水沉积成因。此类岩石做为一种热水沉积岩具有重要的找矿意义, 依据这一标志在老矿山外围已经找到了硫化物矿体。

在对辽东地区硫铁矿床进行找矿方向研究过程中, 在硫铁矿矿层中发现了一种特殊的岩石类型——铁白云石微斜长石岩, 此种岩石作为一种热水沉积岩, 在国内外文献中还未见报导\*。

## 1 铁白云石微斜长石岩产出的地质背景

辽东风城地区辽河群内赋存着一系列硫化物矿床, 矿床的产出受辽东裂谷控制。我们在对裂谷内张家沟-蔡家沟硫铁矿成矿带的研究中, 发现硫铁矿床中发育一层特殊韵律层状的铁白云石微斜长石岩, 它与块状硫化物矿床关系密切。该区的块状硫化物矿床赋存于元古宙辽河群高家峪组一套火山-沉积变质岩系中。硫化物成矿带呈东西向展布, 延长约 30km, 受辽东裂谷内次级盆地控制。主要含矿岩石为透辉石大理岩、石墨变粒岩、方柱石大理岩、电气石岩、电气石磁铁矿岩、浅粒岩、铁白云石微斜长石岩等。在垂直剖面上铁白云石微斜长石岩是组成热水沉积结构序列<sup>[1]</sup>的主要岩石类型之一。

## 2 铁白云石微斜长石岩产状及岩石学

铁白云石微斜长石岩主要产出在层状硫化物矿体的下盘, 呈层状、透镜状, 与地层产状一致, 受区域变质作用与地层产生同步褶皱。铁白云石微斜长石岩与硫化物矿化密切伴生, 发育在电气石岩层位内, 并与纹层状电气石岩呈渐变过渡关系或呈韵律互层。

\*第一作者简介 夏学惠, 男, 生于 1956 年, 高级工程师, 从事硫化物矿床及矿物学专业研究。

本文于 1997 年 4 月收到, 1997 年 6 月改回。

\*经地质矿产部查新咨询中心检索。

铁白云石微斜长石岩主要为灰色,具纹层状、韵律层理构造(照片1)。韵律层主要由不同矿物组分变化所致,如浅色层主要由铁白云石与微斜长石构成(照片2),暗色层由电气石与微斜长石组成(照片3),有时出现镁电气石与微斜长石铁白云石的混合层,这种现象在同一块薄片上就可以观察到(照片3)。组成浅色层与暗色层的矿物韵律性非平衡有序现象明显。韵律层的分层尺度一般在0.5—5cm。据PHILIPA 500-X扫描电镜能谱分析,浅色层富K Al Si,暗色层富Fe Mg B。组成韵律层的微斜长石颗粒细小,粒度均匀,粒径在0.08—0.1mm。在正交偏光显微镜下,可见格子双晶(照片4)。暗色层内的铁白云石粒径0.08—0.1mm,铁白云石与微斜长石相互嵌布,铁白云石自形程度较高。在地层剖面中可见这种韵律层作规律性变化,最多可出现2—3个旋回。组成韵律性层理的铁白云石微斜长石岩的矿物主要为微斜长石,含量在50%—95%,铁白云石含量1.0%—50%,含少量磁黄铁矿与电气石。从岩石X衍射物相分析(图1)谱图中可以看出,微斜长石和铁白云石衍射谱线明显。

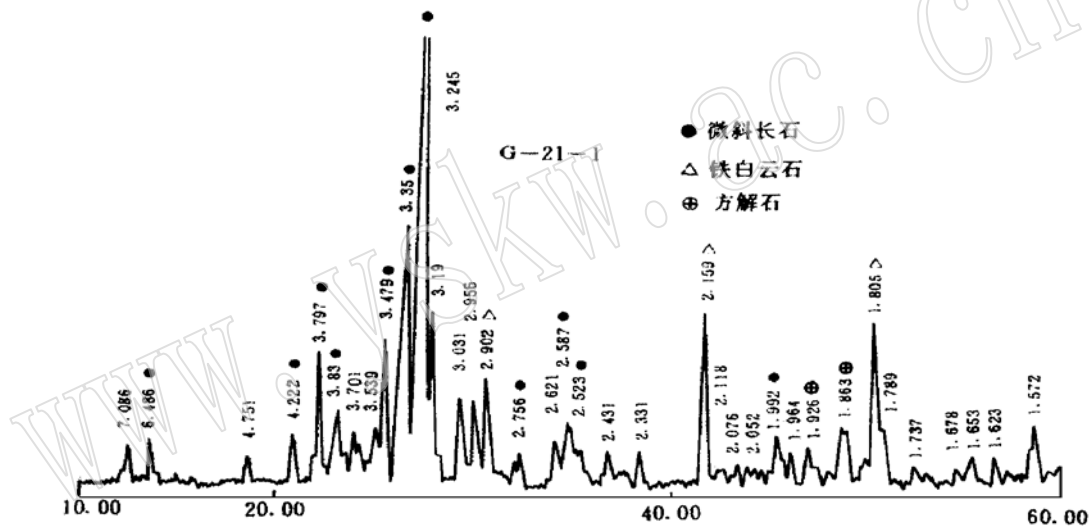


图1 铁白云石微斜长石岩X衍射谱图

Fig. 1 X-Ray diffraction pattern of ankerite microcline

岩石中的微斜长石电子探针分析结果见表1。微斜长石 $K_2O$ 含量在13.80%—14.43%, $CaO$  0.35%—0.70%, $Na_2O$  1.00%—1.62%,长石分子 $O_r$ 在98%以上。经提纯后的2件微斜长石X衍射粉晶分析[采用分析数据 $A20_{(204-060)}$ 测定长石有序度],该类长石的有序度 $\delta$ 值接近于1,变化在0.9754—0.9975间,主要为最大微斜长石。

铁白云石与微斜长石这种特殊的矿物共生组合,在岩浆岩和正常沉积岩中是不多见的。它的出现反映了一种特殊的海相沉积环境,在该区具有显著的成因和找矿意义。

### 3 岩石化学组分特征

铁白云石微斜长石岩化学成分见表2。从表2中可以看出,岩石以富含 $SiO_2$ 、 $K_2O$ 为特

征。SiO<sub>2</sub> 含量在 58.48%—60.97%, K<sub>2</sub>O 含量在 7.10%—8.89%。CaO/MgO 值小于 1, 变化在 0.146—0.356 间。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 比值变化在 0.26—0.76 间, 反映岩石是在还原环境下形成的。

表 1 微斜长石电子探针分析结果

Table 1 Electron microprobe analyses of microclines

样品号	G-21-1	G-21-2	G-21-3	G-21-4
矿物名称	微斜长石	微斜长石	微斜长石	微斜长石
SiO <sub>2</sub>	64.02	64.77	63.59	64.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.86	18.70	19.67	19.48
FeO	0.26	0.35	0.57	0.00
CaO	0.35	0.40	0.70	0.43
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	13.80	14.34	14.11	14.43
Na <sub>2</sub> O	1.00	1.62	1.38	1.19
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.09	0.20	0.23	0.00
总计	98.38	99.98	99.55	99.95

注: 电子探针分析由地质科学院矿床所陈克樵完成(仪器: JCA-733 型)。

表 2 铁白云石微斜长石岩化学成分

Table 2 Chemical composition of ankerite microclinites

样品号	G-18	G-9	G-1	G-21-1	平均值
岩石名称	铁白云石微斜 长石岩暗色层	铁白云石微斜 长石岩浅色层	铁白云石微斜 长石岩	铁白云石 微斜长石岩	
SiO <sub>2</sub>	59.35	60.63	58.48	60.97	59.86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.26	15.24	14.40	11.84	14.19
TiO <sub>2</sub>	0.56	0.42	0.59	0.45	0.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.13	0.60	1.69	1.96	1.36
FeO	2.88	2.30	2.22	2.58	2.50
MnO	0.058	0.056	0.14	0.66	0.23
CaO	1.40	1.90	1.94	1.25	1.62
MgO	5.21	5.34	6.55	8.52	6.45
K <sub>2</sub> O	8.89	7.10	7.19	8.68	7.97
Na <sub>2</sub> O	0.30	1.20	2.34	0.44	1.07
B <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.47	0.00	0.66	1.21	1.09
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.10	2.11	1.76	0.12	1.27
CO <sub>2</sub>	0.28	0.59	0.56	0.69	0.53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.12	0.14	0.11	0.12
有机 C	0.21	1.15	0.46	0.56	0.60
合计	99.20	98.76	99.12	100.04	99.37

化学分析由化工部地质测试中心完成。

为判别铁白云石微斜长石岩的成因, 将化学成分计算值投在(al+ fm) —(c+ alk) —Si 图上, 岩石投影点落在靠近火山岩附近的泥质沉积岩区。在 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> —SiO<sub>2</sub> —(CaO+ MgO) 图解(图 2)中, 与正常沉积岩和现代红海盆地热卤水化学沉积物对比, 本区铁白云石微斜长石岩投点均落在介于碳酸盐岩与泥砂岩的过渡区内, 与红海热卤水化学沉积物分布区一致<sup>[2]</sup>。

这种成分的特殊性意味着热水沉积岩与正常沉积岩物质来源是有差异的。在  $\text{Fe}-\text{Mn}-(\text{Cu}+\text{Ni}+\text{Co}) \times 10$  三角图(图3)中,铁白云石微斜长石岩的投点主要集中在热水沉积物的富Fe端员。

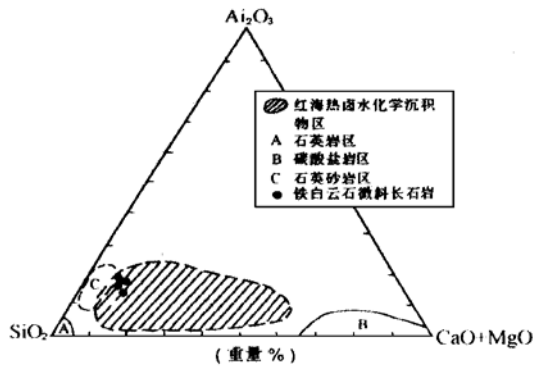


图2 岩石  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-(\text{CaO}+\text{MgO})$  图解<sup>[3]</sup>

Fig. 2  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-(\text{CaO}+\text{MgO})$  diagram of the rock

A—石英岩; B—碳酸盐岩; C—石英砂岩;  
D—铁白云石微斜长石岩

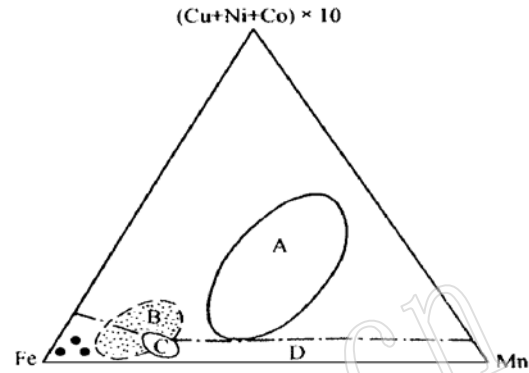


图3 岩石  $\text{Fe}-\text{Mn}-(\text{Cu}+\text{Ni}+\text{Co})$  图解<sup>[4]</sup>

Fig. 3  $\text{Fe}-\text{Mn}-(\text{Cu}+\text{Ni}+\text{Co})$  diagram of the rock

A—正常水成沉积区; B—红海热卤水化学沉积区;  
C—太平洋锰结核区; D—热水沉积物区

岩石化学分析表明,硼在铁白云石微斜长石岩中含量较高,  $\text{B}_2\text{O}_3$  含量变化在 0.00%—2.47%, 平均 1.09%。这一结果与岩矿鉴定岩石内含有少量电气石是一致的。硼在沉积物中主要以被粘土矿物吸附形式存在。泥质岩中硼的含量与沉积古盐度有关, 硼含量越高, 介质的盐度越大。正常沉积粘土岩硼的含量为  $102 \times 10^{-6}$ 。而本区铁白云石微斜长石岩中硼含量平均为  $360 \times 10^{-6}$ , 由此可以推测, 成矿盆地中海水的盐度是异常高的, 岩石沉积时可能受到富硼热水的影响。

岩石微量元素分析与对比见表3, 可以看出铁白云石微斜长石岩中钡含量较高, 平均为  $219.67 \times 10^{-6}$ 。钡在表生条件下惰性强, 不可能发生远距离迁移, 岩石中异常高含量的钡不可能来自陆源。岩石  $\text{Sr}/\text{Ba}$  比值明显小于1, 变化在 0.17—0.79 间。一般认为热液成因的岩石  $\text{Sr}/\text{Ba} < 1$ , 沉积成因的岩石  $\text{Sr}/\text{Ba} > 1$ 。本区铁白云石微斜长石岩钡含量高的原因可能与海底喷气热液活动有关, 在岩石沉积过程中可能受到富钡环境的影响, 在研究区的东部, 同层位内的张家堡子铅锌矿床的顶部就发育有重晶石层<sup>[5]</sup>。

#### 4 岩石稀土元素地球化学特征

铁白云石微斜长石岩稀土元素分析结果见表4, 其稀土元素配分模式见图4, 从图4与计算结果可以看出, 岩石稀土元素总量( $\Sigma\text{REE}$ )变化在  $(171.71-245.76) \times 10^{-6}$ , 轻稀土元素含量大于重稀土元素含量。岩石稀土元素配分模式为一向右倾斜的曲线(图4), 轻稀土元素部分呈陡倾斜, 而重稀土元素部分倾斜程度较缓。Ce 具轻度负异常,  $\delta\text{Ce}$  变化在 0.74—0.85。Ce 亏损一般反映为海相沉积作用的产物, 而花岗岩类是不会出现 Ce 亏损现象的。这

从一个侧面反映了本区微斜长石岩为非火成岩类。

表3 铁白云石微斜长石岩微量元素( $10^{-6}$ )

Table 3 Trace element contents of ankerite microclinites ( $10^{-6}$ )

样号	岩石名称	B	Sr	Ba	As	Co	Ni	Cu	Mn	P
G-1	铁白云石微斜长石岩	550	65	382	88	22	48	53	186	392
G-21-1	铁白云石微斜长石岩	370	59	196	142	34	51	49	192	257
M-03	铁白云石微斜长石岩	160	64	81	160	33	56	89	250	269
平均值	铁白云石微斜长石岩(3)	360	62.67	219.67	130	29.7	51.7	63.7	209.3	306
	深海粘土 <sup>①</sup>	230	180	2300	13	74	225	250	6700	1500
	深海碳酸盐岩 <sup>①</sup>	55	200	190	1	0.71	31	30	1000	350
	砂岩 <sup>②</sup>	35	20	40	1	0.30	2			

注: 3件微量元素平均值由国家地质测试中心分析, 分析方法: 等离子光谱, 发射光谱, 原子吸收光谱等。

①据 J. I. Prever, 1982, ②据 K. K 图雷克莱因, 1961<sup>[6]</sup>。

表4 铁白云石微斜长石岩稀土元素组成( $10^{-6}$ )

Table 4 REE analysis of ankerite microclinites

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dv	Ho
G-1	57.31	100.80	10.76	44.35	6.48	1.14	4.86	0.76	3.08	0.56
G-9	45.16	78.47	8.23	34.96	5.66	1.10	5.10	0.49	4.96	0.96
G-21-1	44.56	79.40	8.62	35.43	5.14	0.90	3.59	0.52	2.55	0.42
M-03	33.69	59.26	7.91	30.30	5.21	0.85	4.54	0.65	3.77	0.77

样号	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc	REE	$\delta\text{Eu}$	$\delta\text{Ce}$	(L/H) <sub>N</sub>
G-1	1.46	0.20	1.29	0.18	12.53	9.72	245.76	0.70	0.85	6.17
G-9	2.66	0.37	2.16	0.27	25.45	5.78	216.45	0.70	0.85	3.24
G-21-1	1.19	0.16	1.03	0.12	9.53	8.40	193.16	0.71	0.84	0.47
M-03	2.27	0.32	2.11	0.31	20.02	5.36	171.71	0.36	0.74	3.27

G-1, G-21-1, M-03 为铁白云石微斜长石岩, G-9 为铁白云石微斜长石岩的浅色层。

样品由国家地质实验测试中心谭元媛分析。

在 La/Yb— $\Sigma\text{REE}$  判别图(图5)中, 铁白云石微斜长石岩的投点均落入靠近玄武岩的沉积岩区。证明该类岩石为非岩浆成因的产物, 而属一种特殊的钙质泥质沉积物。

## 5 岩石硅同位素地球化学

为了进一步考查铁白云石微斜长石岩的成因, 我们将两件岩石采用丁悌平<sup>[8]</sup>等建立的方法, 从岩石中提纯二氧化硅, 制备  $\text{SiF}_4$  进行 Si 同位素分析, 测得铁白云石微斜长石岩的硅同位素  $\delta^{30}\text{Si}$  分别为 0.1‰ 和 0.4‰。这一结果与热泉水中溶解硅的  $\delta^{30}\text{Si}$  值 0.1‰—0.4‰ 一致。岩石的硅同位素地球化学特征反映出本区元古宙的层状铁白云石微斜长石岩为热水沉积作用的产物。

据 Clayton 和 Douthitt<sup>[9, 10]</sup> 研究, 不同来源的  $\text{SiO}_2$  具有不同的  $\delta^{30}\text{Si}$  值, 热水来源  $\text{SiO}_2$  的  $\delta^{30}\text{Si}$  变化范围在 -1.5‰—0.8‰, 正常地下水自生石英  $\delta^{30}\text{Si}$  值变化在 1.1‰—1.4‰, 热

泉水中溶解硅  $\delta^{30}\text{Si}$  值为  $0.0\text{‰}$ — $0.4\text{‰}$ ，海洋中溶解硅  $\delta^{30}\text{Si}$  值为  $-0.4\text{‰}$ — $0.2\text{‰}$ 。岩石硅同位素结论与前面讨论的结果是一致的。

## 6 岩石的成因及找矿意义

通过辽东地区硫化物成矿带内铁白云石微斜长石岩研究表明，此类岩石是一种与块状硫化物矿床密切伴生的热水沉积岩。沉积盆地层序分析表明，岩石形成于火山活动的间歇期。富含钾质的凝灰物质散落于盆地内，由于同生断裂活动，进入盆地富含矿化剂的热与其作用，形成了该区的铁白云石微斜长石岩。含矿建造主要由热水沉积的电气石岩、铁白云石微斜长石岩、硫化物矿层、方柱石大理岩组成，反映它们应为低补偿与非补偿盆地的沉积物，陆源物质加入很少。沉积环境分析表明，盆地内富含 B、Ba、K、Si、Cl、 $\text{H}_2\text{S}$  等组分，与现代红海中的热卤水有许多相似之处。

铁白云石微斜长石岩呈韵律层状产出，这种韵律层反映了一种非平衡有序成因。它可能与裂谷内同生断裂喷流热动力学有关。

铁白云石微斜长石岩作为一种特殊的热热水沉积岩类，具有明显的找矿标志层意义。韵律层状岩石在沉积建造中出现，预示着其附近可能出现硫化物矿床。这种岩石的出现反映海底热水沉积的成矿信息。利用这种标志层特征，在辽东地区找矿取得了突破性进展，在老矿山外围找到了硫铁矿富矿层。

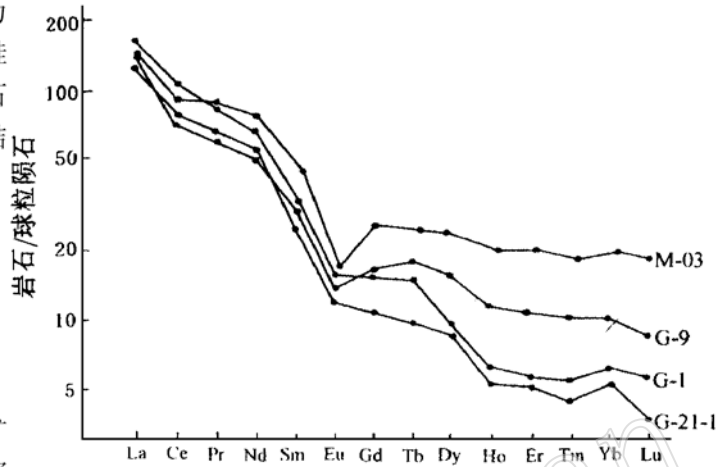


图4 铁白云石微斜长石岩稀土元素分配模式  
Fig. 4 Chondrite normalized REE Patterns of ankerite microcline

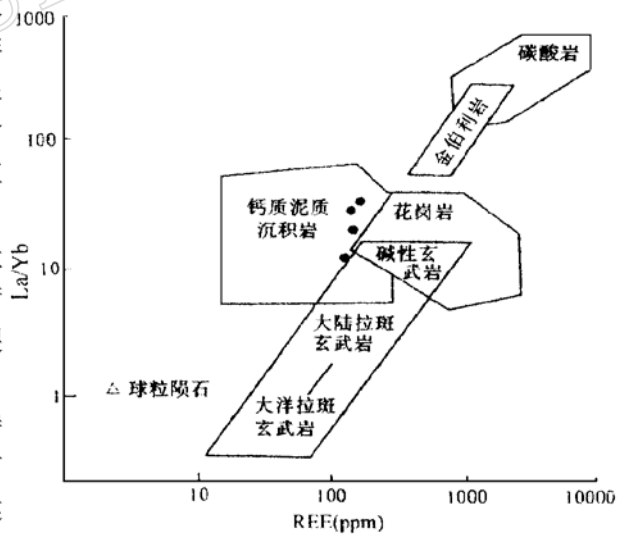


图5 岩石  $\text{La}/\text{Yb}-\Sigma\text{REE}$  判别图(原图据 Allegre, 1974)<sup>[7]</sup>  
Fig. 5 The  $\text{La}/\text{Yb}-\Sigma\text{REE}$  diagram of ankerite microclinites

## 参 考 文 献

- 1 夏学惠. 辽东地区硫铁矿床中电气石岩热水沉积剖面结构序列. 岩石学报, 1997, 13(2): 215—225.
- 2 Bischoff J L. Red sea geochemical brine deposits: their mineralogy, chemistry, and genesis. Seafloor spreading centers hydrothermal system. strou sbury, Doeden, 1980.
- 3 孙海田、葛朝华. 中条山式热液喷气成因铜矿床. 北京: 北京科学技术出版社, 1990.
- 4 Rona P A. Criteria for recognition of hydrothermal mineral deposits in ocean crust. *Economic Geology*, 1978, 73(2): 135—160.
- 5 夏学惠. 辽东早元古代裂谷多金属硫铁矿床地质及其成矿规律. 化工矿产地质, 1997, 19(2): 73—81.
- 6 刘文均. 沉积地球化学常用数据的应用问题. 山西地质, 1991, 6(1): 116—117.
- 7 王中刚、于学元、赵振华. 稀土元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1989.
- 8 丁梯平等. 硅同位素地球化学. 北京: 地质出版社, 1994.
- 9 Clayton R N. High temperature isotope effects in the early solar system. In: Valley et al eds, *Reviews in Mineralogy*. Houston: Pergamon press. 1986, 16: 129—139.
- 10 Douthitt C B. The geochemistry of the stable isotopes of silicon. *Geochim Cosmochim Acta*, 1982, 46(8): 1449—1458.

## The Discovery of Hot Water Ankerite Microcline and Its Ore- prospecting Significance

Xia Xuehui

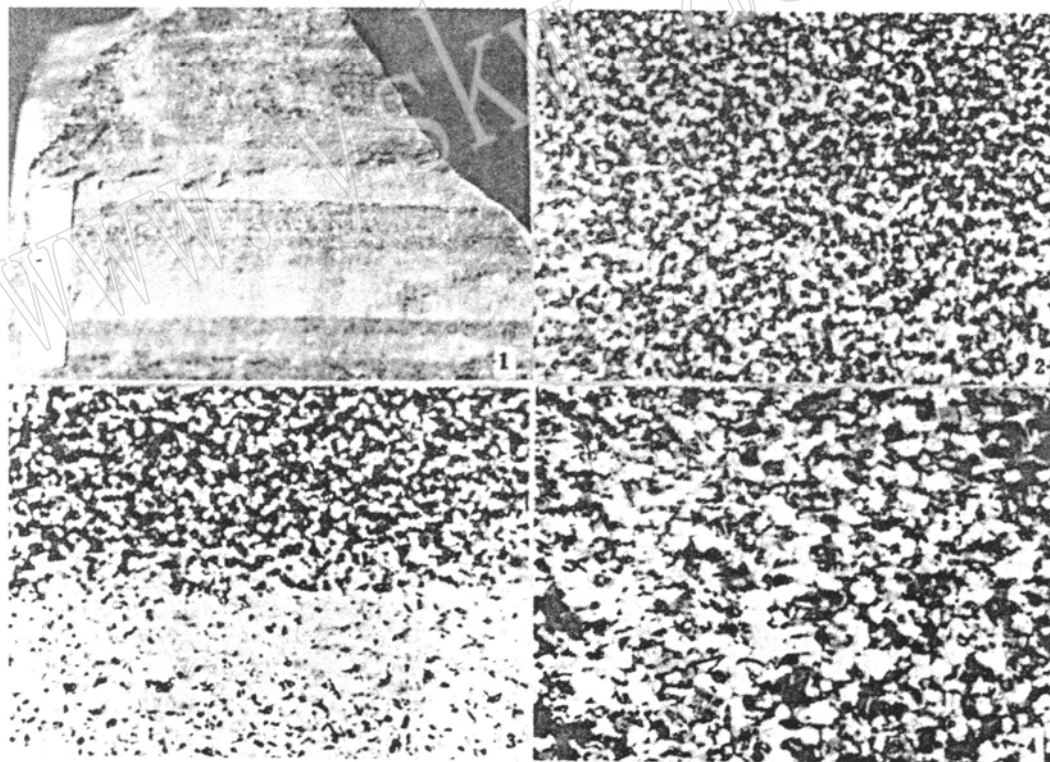
(MCT Geological Institute for Chemical Minerals, Zhuozhou 072754)

**Key words:** ankerite microcline; hot water deposition; sulfide deposit; criteria for ore prospecting

### Abstract

Ankerite microcline, a special type of rock, is closely related to the ore-forming process of massive sulfide deposits in the East Liaoning Proterozoic rift. Assuming rhythmic layering form, the rock is rich in K, B and Si and falls into the field of hot water deposition both in  $Al_2O_3-SiO_2-(CaO+MgO)$  diagram and in  $Fe-Mn-(Cu+Ni+Co)$  diagram. Its REE geochemistry is characterized by negative Ce anomaly and enrichment of LREE, and its Si isotopic geochemistry implies an origin of hot water deposition. As a sort of hot water sedimentary rock, it exhibits important ore-prospecting indicator significance. With this rock as an indicator, sulfide orebodies were discovered on the outskirts of the old mine.

夏学惠：热水沉积白云石微斜长石岩的发现及其找矿意义



照片 1 铁白云石微斜长石岩的韵律层理, 标本编号 G- 21

照片 2 岩石由微斜长石组成, 薄片, 正交偏光 40×

照片 3 铁白云石与微斜长石、电气石在一块薄片上的变化特征, 浅色部分为铁白云石与微斜长石, 暗色部分为微斜长石和电气石, 薄片, 单偏光 40×

照片 4 微斜长石的格子双晶, 薄片, 正交偏光 400×