

# 和龙百里坪银、多金属矿化集中区白垩纪岩浆岩 地球化学特征与成矿

臧兴运<sup>1,2</sup>, 王建新<sup>1</sup>, 陈志强<sup>3</sup>, 谢海东<sup>1</sup>, 张彦艳<sup>1</sup>, 孙永杰<sup>2</sup>

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 吉林省地质调查院, 吉林 长春 130026;

3. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

**[摘要]** 百里坪银、多金属矿化集中区白垩纪岩浆岩主要有花岗质与闪长质两个岩石系列。前者为富钾质钙碱性岩石, 后者为富钠质碱钙性岩石, 二者具有不同的变异曲线特征; 花岗质岩石Co/Ni值平均为2.644, 闪长质岩石平均为0.498; 花岗质岩石Rb/Sr值平均为0.223, 闪长质岩石平均为0.020; 在Rb、Sr、Ba演化趋势上, 花岗质岩石趋向富集Rb, 闪长质岩石趋向富集Sr、Ba, 二者明显不同; 两个岩系代表性岩石在稀土含量、稀土比值以及稀土模式上都不相同。两者的成矿专属性为: 花岗质岩石对Ag、Cu、Pb、Zn矿化有利, 闪长质岩石对Ag、Au矿化有利。

**[关键词]** 地球化学特征; 岩石系列; 成矿; 百里坪

**[中图分类号]** P622+.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-2427 (2007) 01-014-07

以中酸性侵入岩为成矿背景的百里坪银、多金属矿化集中区, 位于中朝准地台东北部边缘的和龙地块内, 图们江大断裂西侧, 并受控于近东西向二道江—红旗河断裂带与次级北西向许家洞、荒沟断裂交汇部位(图1)<sup>[1-6]</sup>。矿化区内地质工作程度较低, 侵入岩主要有呈岩基状分布的早三叠世二长花岗岩(245~248 Ma)和呈岩株状分布的白垩纪闪长岩(119 Ma)、似斑状花岗岩(116 Ma)。成矿作用主要与白垩纪侵入岩有关, 但对其地球化学特征及其成矿专属性研究尚不深入, 直接影响矿化区内的地质找矿方向与找矿工作。本次研究从主量、微量、稀土元素地球化学特征入手, 对矿区的白垩纪侵入岩的地球化学特征及其成矿特点进行讨论, 为该区的找矿工作提供参考。

## 1 矿区地质

### 1.1 岩浆岩

二长花岗岩, 粉红—粉灰色, 中粗粒结构, 由斜长石、钾长石、石英及少量金云母组成, 受后期似斑状花岗岩等侵入影响, 具硅化及钾长石化蚀变, 局部发生碎裂化和糜棱岩化<sup>[7-8]</sup>。

似斑状花岗岩呈岩株状, 侵入于二长花岗岩中, 中粒花岗结构, 由碱性长石、石英、斜长石为主, 含少量黑云母。岩石钾交代较普遍, 并伴有硅化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化等。

闪长岩分布于矿化区中东部, 侵入二长花岗岩及似斑状花岗岩中。呈岩株状, 灰—灰

**[收稿日期]** 2006-11-15; **[修订日期]** 2007-01-15

**[作者简介]** 臧兴运 (1969-), 男, 吉林抚松人, 吉林大学硕士研究生, 吉林省地质调查院高级工程师。

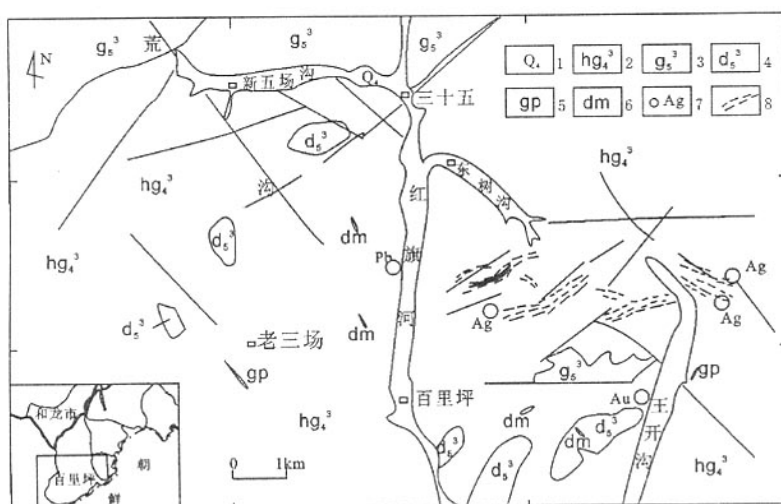


图1 百里坪地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map in Bailiping district

1. 现代河谷堆积物; 2. 早三叠世二长花岗岩; 3. 白垩纪闪长岩; 4. 白垩纪似斑状花岗岩; 5. 花岗斑岩脉; 6. 闪长玢岩脉; 7. 矿点; 8. 韧—脆性剪切带

黑色, 由斜长石及角闪石组成, 以中粒为主, 边缘过渡为细粒相, 并包裹有似斑状花岗岩<sup>[9]</sup>。

脉岩多呈NW向和NEE向, 其中闪长玢岩多呈NW分布, 受控于韧—脆性变质带或矿体附近, 并可见穿插于闪长岩体中, 矿化蚀变强。花岗斑岩脉空间上多与闪长玢岩脉相伴, 破裂与矿化蚀变均较强。

## 1.2 构造

矿化区内以断裂构造和韧—脆性剪切带为主。断裂构造主要为近EW向、NW向和NNE向(图1)。近EW向断裂属二道江—红旗河断裂带的东部, 是本区重要的导岩导矿构造, 控制着二长花岗岩和似斑状花岗岩的分布。NW向断裂具多次活动特征, 由一系列构造透镜体和破碎带组成, 切割了EW向断裂构造。NNE向断裂构造由硅化、糜棱岩化带及角砾岩带组成, 与NE向断裂构造交汇部位蚀变发育, 并伴有黄铁矿化及方铅矿化。韧—脆性剪切带呈NE向、NW向分布, 带中岩石呈不同程度的碎裂化和糜棱岩化, 目前发现的银及多金属矿体均赋存剪切带中。

## 1.3 矿体

百里坪银及多金属矿体, 根据金属矿物共生组合可划分为两种矿石类型: 银—石英—多金属类型、金—石英—黄铁矿型, 前者金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、银黝铜矿、硫铅银矿等, 空间分布上与花岗斑岩关系密切; 后者主要有黄铁矿、金银矿、银金矿等, 空间分布上与闪长玢岩关系密切。两种类型的矿石在空间上紧密伴生, 常呈渐变过渡接触关系。

矿体产于北东向或北西向韧—脆性剪切带控制的矿化蚀变带中。总体走向NE65°, 倾角近直立、舒缓波状。银品位平均为 $410 \times 10^{-6}$ , 伴生金品位平均为 $1.89 \times 10^{-6}$ 。

2 岩浆岩地球化学特征

2.1 主量元素

由表1可知,花岗质岩石与闪长质岩石的 $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O+CaO) < 1.1$ ,属于I型花岗岩系列。里特曼指数花岗质岩石平均为2.76,为钙碱性岩石;闪长质岩石平均为3.48,为碱钙性岩石<sup>[7]</sup>。

表1 百里坪地区化学成分数据表

Table 1 The data of chemical compositions

w(B)/%

样品	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	烧失量
WK-1-1	75.48	0.02	12.45	0.79	0.14	0.04	0.17	1.03	4.02	5.10	0.03	2.92	0.57
WK-6-3	74.48	0.1	13.13	0.49	0.28	0.03	0.29	1.00	4.49	4.89	0.04	1.47	0.51
WK-6-4	69.06	0.24	14.5	1.36	1.07	0.07	0.83	1.75	5.72	4.02	0.12	2.32	1.05
WK-13-2	65.16	0.4	17.18	1.54	2.09	0.09	1.54	2.23	4.06	3.14	0.25	1.52	2.08
WK-21-2	69.66	0.44	15.40	1.18	1.11	0.03	0.66	1.98	4.56	3.89	0.19	1.47	0.91
BL-2-1	74.5	0.12	12.52	1.59	0.28	0.03	0.26	0.52	4.32	4.65	0.04	1.69	1.11
WK-6-2	50.14	1.44	17.25	2.09	5.40	0.47	8.41	5.66	4.36	1.48	0.36	2.14	3.03
WK-13-1	54.26	0.94	19.18	2.65	3.85	0.17	4.47	6.12	5.17	1.08	0.39	1.08	1.19
BL-3-1	53.36	1.06	16.18	3.19	3.43	0.18	8.93	6.24	3.55	1.23	0.19	2.03	2.18

在K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O关系图上(图2),花岗质岩石化学成分点投于钾质区,闪长质岩石化学成分点投于钠质区,二者无过渡点分布。

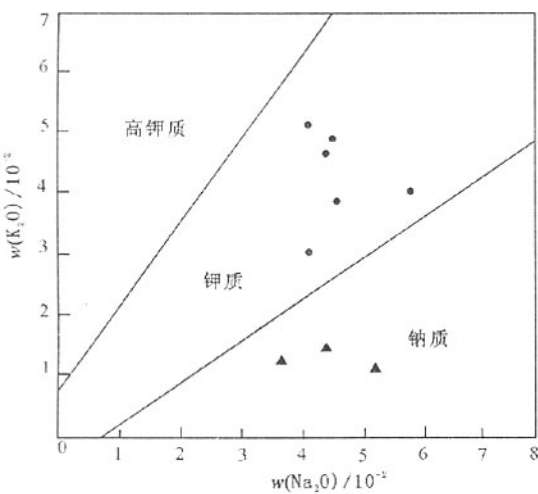


图2 Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O关系图

Fig. 2 Chart showing the relationship between Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O

▲—闪长质岩石; ●—花岗质岩石

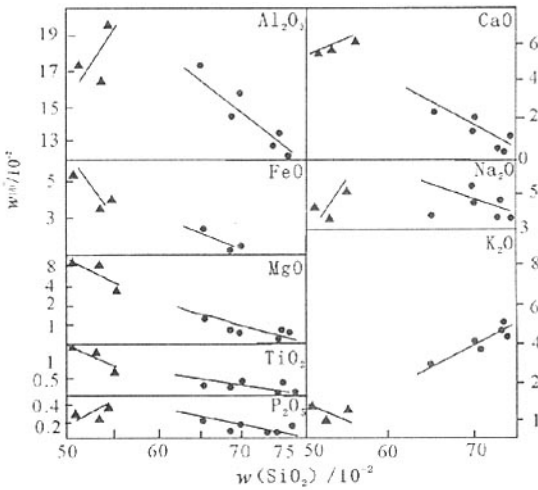


图3 Harker 变异图

Fig. 3 Harker variation chart

▲—闪长质岩石; ●—花岗质岩石

在Harker 变异图上 (图3)，随着SiO<sub>2</sub>的增加，两种岩石系列的氧化物呈现不同的演化特点：花岗质岩石的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO、MgO、TiO<sub>2</sub>、CaO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Na<sub>2</sub>O 均呈现较明显的降低趋势，K<sub>2</sub>O 则呈增长趋势；闪长质岩石的MgO、FeO、TiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O 呈现明显的降低趋势，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、CaO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>则呈增长趋势。二者变异曲线明显不同，说明不是在一次熔融事件的条件下发生分异作用的产物。

2.2 微量元素

表3 中可知，花岗质岩石Co/Ni 平均为2.644，Rb/Sr 平均为0.223；闪长质岩石Co/Ni 平均为0.498，Rb/Sr 平均为0.020。在Co、Ni 相关图上，可划分为两个相对独立的区 (图4. A 区；B 区)<sup>[9]</sup>，A 区为花岗岩区，B 区为闪长岩区。显示出本区两个岩 (浆) 石系列在源岩成分上的不同。

在SiO<sub>2</sub>—微量元素关系图上 (图5)，随着SiO<sub>2</sub>的增加，亲铁元素Co、Ni 在两种类型的岩石中都呈下降趋势；花岗质岩石中Rb 呈上升趋势，Sr、Ba 呈下降趋势；闪长质岩石Sr、Ba 呈上升趋势，Rb 呈下降趋势，说明二者的演化趋势不同。

2.3 稀土元素

花岗质岩石系列中稀土元素总量 (ΣREE) 的变化范围为 (143.7~294.6) ×10<sup>-6</sup>，平均为209.6×10<sup>-6</sup>。La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub>变化范围在6.6~20.3 之间，平均为15。闪长质岩系稀土总量 (ΣREE) (153.7~460.7) ×10<sup>-6</sup>，平均为285.8 ×10<sup>-6</sup>。La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub>变化范围为10.9~15，平均为12.4。从稀土配分曲线上 (图5) 显示：花岗质系列代表性岩石花岗斑岩与闪长质系列代表性岩石闪长玢岩相比，花岗斑岩贫Ce、Pr、Sm、Eu、Lu、Y。二者具有不同的配分型式。说明二者来源不同，即二者不是一个岩浆房连续分异演化的产物。

综上所述可以认为，百里坪岩体中的花岗质和闪长质两个岩石类型来源于地壳深处不同的岩浆房，二者具有不同的地球化学特征和演化特征。

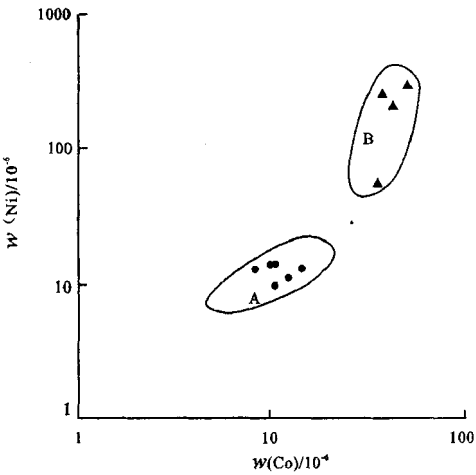


图4 Ni—Co 关系图  
Fig. 4 Chart showing the relationship between Ni and Co

▲—闪长质岩石；●—花岗质岩石

表2 百里坪地区稀土元素数据表

样品	Table 2 The data of REE														w (B) /10 <sup>-6</sup>
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
WK-1-1	73.8	20.0	23.2	4.5	1.1	0.1	5.5	2.9	7.5	4.7	5.4	12.5	6.5	0.8	4.1
WK-6-2	86.9	226.8	73.9	6.9	3.6	0.9	7.4	2.9	7.1	2.8	5.5	11.3	4.4	2.2	18.1

3 成矿专属性探讨

表3 中可知，与同类岩石的维氏值相比，Au、Ag、Cu、Pb、Zn 元素在两类岩石中都

表3 百里坪地区微量元素数据表  
Table 3 The data of trace elements

样品	Cu	Zn	Ag	Pb	As	Au	Co	Ni
WK-1-1	20	67	1.05	75	1.0	3.6	10	2
WK-6-3	27.5	68	>3	57	2.2	3.6	14.6	13
WK-13-2	18	105	0.66	38	1.0	11.8	10.5	14
花 岗 岩 系 WK-21-2	5.8	59	0.2	19.5	0.6	23.5	12	<2.0
WK-2	17	300	2.75	100	1.8	3.6	8.4	13
BL-2-1	8.2	43	1.40	62	1.4	1.9	12.3	2
BL-2-4	15	>400	>3	116	2.2	4.2	10	14
BL-6-1	5.8	125	1.45	38	1.6	1.4	7	3
BL-1-3	86	>400	>3	210	4.8	3	10.8	10
维氏	20	60	0.05	20	1.5	4.5	5	8
WK-6-2	48	>400	>3	240	1.4	2.3	52	300
WK-13-1	120	240	0.8	38	0.6	3.6	37	53
闪 长 岩 系 BL-3-1	52	120	0.34	17.5	1.4	1.6	38	240
BL-7-1	27.5	86	1.3	37	0.7	1.2	12	12.5
WK-3	58	>400	0.37	32	1.4	1.2	45	200
WK-6-10	5.8	>400	>3	215	1.6	4.4	15.5	20
维氏	35	72	0.07	15	2.4	-	10	55

测试单位：吉林省地勘局第五实验室。测试方法：大型等离子光谱。

注： $w(\text{Au})/10^{-9}$ ，其余为  $w(\text{B})/10^{-6}$ 。

有较高的质量分数，富集系数均 $>1$ ，这些成矿元素在两种类型的岩石中均有不同程度的富集<sup>[8]</sup>。Au 元素在花岗质岩石中的富集系数、离散系数较高，在岩浆演化趋势（图5）上闪长质岩石趋向于富集 Au，对 Au 成矿更为有利，与银金矿、金银矿物只出现在和闪长玢岩有关的金—石英—黄铁矿型矿石中的地质现象相吻合；Ag 元素在两种岩石类型中的富集系数、离散系数都比较高，且随着岩浆演化两种类型的岩石都趋向于富集 Ag，但银的赋存状态不同：与闪长玢岩有关的金—石英—黄铁矿型矿石中呈与金的连续固溶体（银金矿、金银矿）形式存在，与花岗斑岩有关的银—石英—多金属类型矿石中呈银黝铜矿、硫铅银矿等含银矿物形式存在，或以类质同像方式存在于方铅矿中<sup>[9]</sup>；Cu、Pb、Zn 元素在花岗质岩石富集系数、离散系数都比较高，且随着岩浆的演化，闪长质岩石中 Cu 元素有上升的趋势，花岗质岩石中 Cu、Pb

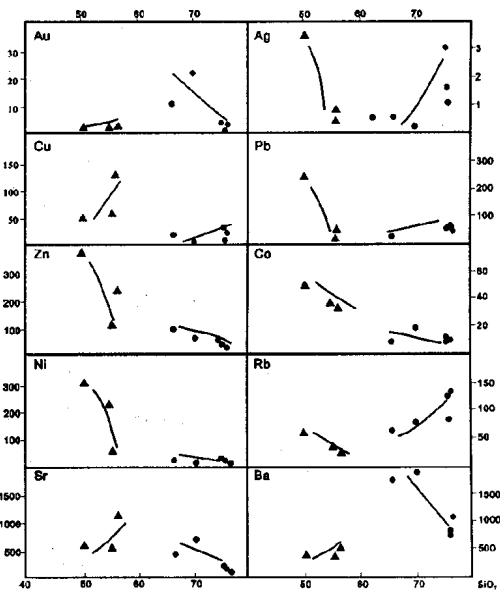


图5 SiO<sub>2</sub>-微量元素关系图  
Fig. 5 Chart showing the relationship between SiO<sub>2</sub> and microelements  
▲—闪长质岩石；●—花岗质岩石

有上升的趋势, Zn 元素则呈较缓的下降趋势, 与方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等多金属硫化物只出现在与花岗斑岩有关的银—石英—多金属类型矿石中的地质现象相吻合。

通过上述分析, 闪长质岩石对 Au、Ag 成矿有利; 花岗质岩石对 Ag、Cu、Pb、Zn 成矿有利。

#### 4 结 论

(1) 花岗质岩石与闪长质岩石来源于地壳深处不同的岩浆房, 具有不同的地球化学特征和演化征;

(2) 闪长质岩石对 Ag、Au 成矿有利, 花岗质岩石对 Ag、Cu、Pb、Zn 成矿有利。

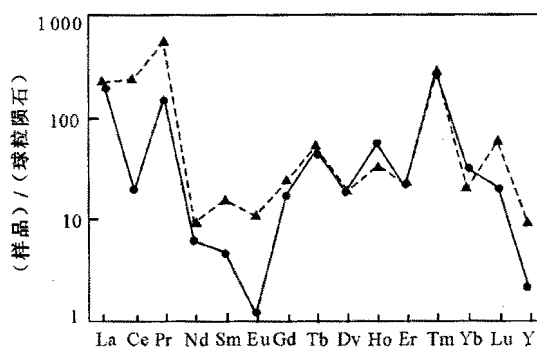


图6 百里坪两岩石系列稀土配分型式

Fig. 6 REE assignment pattern chart about the two rocks series

▲—闪长质岩石; ●—花岗质岩石

#### 参 考 文 献

- [1] 曾庆栋, 沈远超, 刘世臣. 吉林省金城洞绿岩带构造变形序列 [J]. 吉林地质, 1994, 13 (1): 60-68.
- [2] 李俊建, 沈保丰, 李双保等. 辽北—吉南早前寒武纪大陆壳的地质特征和演化 [J]. 中国区域地质, 1998, 17: 30-38.
- [3] 曾庆栋, 沈远超, 戴新义等. 吉林省金城洞地区元古宙花岗岩地质地球化学特征 [J]. 地质与勘探, 2001, 37 (1): 79-81.
- [4] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [5] 沈保丰, 骆 辉, 韩国刚等. 辽北—吉南太古宙地质与找矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [6] 张艳斌, 吴福元, 翟明国等. 和龙地块的构造属性与华北地台北缘东段边界 [J]. 中国科学D辑, 2004, 34 (9): 795-806.
- [7] 武汉地质学院. 岩浆岩岩石学 [M]. 北京: 地质出版社, 1985, 207-208.
- [8] 李 伟, 王建新. R 型聚类分析在确定成矿岩体中的应用 [J]. 世界地质, 2003, 22(2): 147-1.
- [9] 王建新, 臧尧令, 刘志英等. 吉林省和龙市百里坪地区银、多金属矿成矿地质条件及找矿方向 [R]. 吉林大学地球科学学院, 2001.

## Geochemical characteristics and mineralization of the Cretaceous period magmatic rock of the Bailiping silver-polymetallic ore-concentrated province, Helong area

ZANG Xing-yun<sup>1,2</sup>, WANG Jian-xin<sup>1</sup>, CHEN Zhi-qiang<sup>3</sup>,

XIE Hai-dong<sup>1</sup>, ZHANG Yan-yan<sup>1</sup>, SUN Yong-jie<sup>2</sup>

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. Institute of Geological Investigation of Jilin Province, Changchun 130026, China; 3. The First Geological Exploration and Mineral Development Institute of Shandong Province, Ji'nan 250014, China)

[Abstract] The Cretaceous period rocks can be divided into granitic rock series and dioritic rock series in the Bailiping silver-polymetallic ore-concentrated province. The granitic rock contains rich potassic calc-alkaline, and the dioritic rock contains rich sodium alkali-lime, their variation curve characteristics are different; the two rock series have different ratio of Co/Ni, Rb/Sr, The granitic rock is rich in Rb and the dioritic rock is rich Sr, Ba. The two rock series are different in REE content, REE ratio and REE pattern. The mineralization forming specialization of the two rock series is that it is rich in the ore of Ag, Cu, Pb, Zn in granitics rock series and rich in the ore of Ag, Au in dioritics rock series.

[Key words] geochemical characteristics; rock series; mineralization; Bailiping

(上接第 13 页)

### 参 考 文 献

- [1] 秦 宏, 姜秀民, 孙 键等. 中国油页岩的能源利用 [J]. 节能, 1997 (12).
- [2] 何永光, 宋 岩. 油页岩的综合利用 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2005 (1).
- [3] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [4] 吉林省第二地质调查所. 吉林省九台头道嘴子陶粒页岩详查报告 [R]. 2002.
- [5] 吉林省第二地质调查所. 吉林省德惠杨树陶粒页岩详查报告 [R]. 2002.
- [6] 吉林省第二地质调查所. 吉林省德惠山前陶粒页岩详查报告 [R]. 2002.
- [7] 吉林省第二地质调查所. 吉林省德惠双庙陶粒页岩详查报告 [R]. 2002.

## The physicochemical properties and technical performance of the haydite shale in the Jiutai—Changchun convex belt

MENG Guang-cai<sup>1</sup>, NIU Ji-hui<sup>2</sup>, HU Ying-bin<sup>2</sup>, WANG Yan-mei<sup>3</sup>, SUN Xin<sup>2</sup>

(1. The Second Geologic Survey of Jilin Province, Jilin 132001, China; 2. Institute of Geologic Investigation of Jilin Province, Changchun 130061, China; 3. The Fifth Geologic Survey of Jilin Province, Jiutai 130500, China)

[Abstract] Through the study on the physicochemical properties of the haydite shale, in the Qingshankou Formation, late Cretaceous system, Mesozoic, including the technical performance of the haydite shale, it is considered that haydite is a new, satisfactory architectural raw material.

[Key words] haydite shale; physicochemical property; technical performance