

DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.020

云南铜厂沟斑岩型铜钼矿矿化蚀变过程中 成矿元素迁移特征

陈建航, 刘学龙, 李振焕, 张昌振, 罗 应, 王帅帅
(昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

摘 要: 铜厂沟斑岩型铜钼矿是格咱岛弧燕山晚期 Mo 多金属成矿作用的典型代表, 矿床中与 Cu-Mo 矿化相关的蚀变作用广泛发育。文章在对该矿床岩相学研究的基础上, 选择 TiO_2 作为蚀变过程中惰性组分、运用 Gresens 方程对元素迁移进行定量分析。主量元素迁移特征显示在钾硅酸盐化蚀变阶段和石英—绢云母化蚀变阶段中 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 、 SiO_2 持续迁入, 青磐岩化阶段 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 迁入富集; 微量元素在钾硅酸盐化阶段显示为 Mo、Ba、W、Ra、Nb、Ta、LREE 元素明显迁入, 且 Ba、W 与 Mo 的富集有明显的相关性, 石英—绢云母化蚀变阶段 Pb、Zn 富集成矿, 青磐岩化阶段 Cu 富集成矿, 铜厂沟斑岩型铜钼矿矿化蚀变与成矿元素迁移特征研究对该区深部地球化学勘查指标制定、成矿信息及矿体边界确定等具有重要的参考意义。

关键词: 铜厂沟铜钼矿; 矿化蚀变; 蚀变分带; 元素迁移

中图分类号: P618.2

文献标识码: A

MIGRATION CHARACTERISTICS OF ORE-FORMING ELEMENTS DURING MINERALIZATION AND ALTERATION OF TONGCHANGGOU PORPHYRY COPPER-MOLYBDENUM DEPOSIT, YUNNAN PROVINCE

CHEN Jianhang, LIU Xuelong, LI Zhenhuan, ZHANG Changzhen, LUO Ying, WANG Shuaishuai
(Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China)

Abstract: The porphyry Cu-Mo molybdenum ore deposit is a typical example of Mo polymetallic mineralization of Geza arc in the late Yanshan period. Based on the petrographic study of this deposit, TiO_2 was selected as the inert component in the process of alteration and the element migration was quantitatively analyzed by using Gresens equation. The migration characteristics of major elements show that Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , P_2O_5 and SiO_2 continue to immigrate in the potassium silicate alteration stage and the sericitization stage of quartz stage, and that Fe_2O_3 , MgO and CaO immigrate in the prophylic stage. Trace elements showed significant migration of Mo, Ba, W, Ra, Nb, Ta and LREE in the

基金项目: 云南省科学技术奖“杰出贡献奖项目”专题四 (2017001); 自然资源部地质信息技术重点实验室开放研究课题 (2018432)

作者简介: 陈建航 (1995-), 男, 在读硕士, 矿床学专业。E-mail: chenjianhang1995@163.com

通讯作者: 刘学龙 (1983-), 男, 副教授, 矿床学专业, 从事云南三江地区的地质矿产研究及矿床学教学工作。E-mail: xuelongliu@foxmail.com

引用格式: 陈建航, 刘学龙, 李振焕, 等. 云南铜厂沟斑岩型铜钼矿矿化蚀变过程中成矿元素迁移特征 [J]. 地质力学学报, 2019, 25 (S1): 119-123 DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.020

CHEN Jianhang, LIU Xuelong, LI Zhenhuan, et al. Migration characteristics of ore-forming elements during mineralization and alteration of Tongchanggou porphyry copper-molybdenum deposit, Yunnan province [J]. Journal of Geomechanic, 2019, 25 (S1): 119-123 DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.020

potassium silicate salinization stage, and the enrichment of Ba, W and Mo was significantly correlated. Pb and Zn were enriched in quartz-sericite alteration stage, while Cu was enriched in prophylic stage. The study on mineralization alteration and migration characteristics of ore-forming elements in Tongchanggou porphyry copper-molybdenum ore deposit has important reference significance for the establishment of deep geochemical exploration index, metallogenic information and determination of ore-body boundary in this area.

Key words: Tongchnaggou Cu-Mo deposit; mineralized alteration; alteration zoning; element migration

铜厂沟斑岩型铜钼矿是格咱岛弧燕山晚期 Mo 多金属成矿作用的典型代表, 矿床中与 Cu-Mo 矿化相关的蚀变作用广泛发育。以往针对铜厂沟矿床成因、矿化蚀变特征、地球化学特征等研究表明, 铜厂沟成矿物质来源为壳幔混源且以壳源物质为主^[1-2], 且铜厂沟成矿作用与燕山期的岩浆活动关系密切^[3-4]。另外, 针对蚀变过程元素迁移的研究主要以定性分析为主, 说明矿化蚀变分带特征, 但针对蚀变过程中主要成矿元素的行为特征缺少数学方法的定量分析。随着近年来矿产资源大规模开发, 浅部资源储量日益减少, 如何利用区域蚀变特征与地球化学异常开展深部找矿的重要性日益凸显, 研究表明, 蚀变产生的地球化学指标异常是深部成矿预测的重要指标^[5-6]。因此, 通过建立恰当的蚀变元素迁移模型, 对区域蚀变过程进行充分认识, 对于铜厂沟斑岩型铜钼矿矿化蚀变与成矿元素迁移特征的研究对该区深部地球化学勘查指标制定、成矿信息及矿体边界确定等具有重要的参考意义。

1 区域地质特征

格咱岛弧带位于中咱地块东缘、甘孜—理塘缝合带西部, 南至扬子陆块西缘, 被甘孜—理塘结合带封闭, 总体呈北北西展布, 是西南三江构造—岩浆岩带中义敦岛弧的重要组成部分。格咱岛弧带是三江特提斯成矿域内重要的斑岩-矽卡岩型铜多金属矿产地之一, 铜厂沟铜钼矿作为格咱岛弧带燕山晚期钼多金属矿的典型成矿代表, 铜钼矿产资源潜力巨大。

铜厂沟斑岩型铜钼矿地理上位于云南省迪庆藏族自治州香格里拉县洛吉乡, 大地构造上处于特提斯—喜马拉雅成矿域义敦岛弧带的南端, 是扬子陆块西缘拗陷带与甘孜—理塘结合带的交汇部位, 西侧为楚波—熏洞断裂, 东侧为安家村断裂,

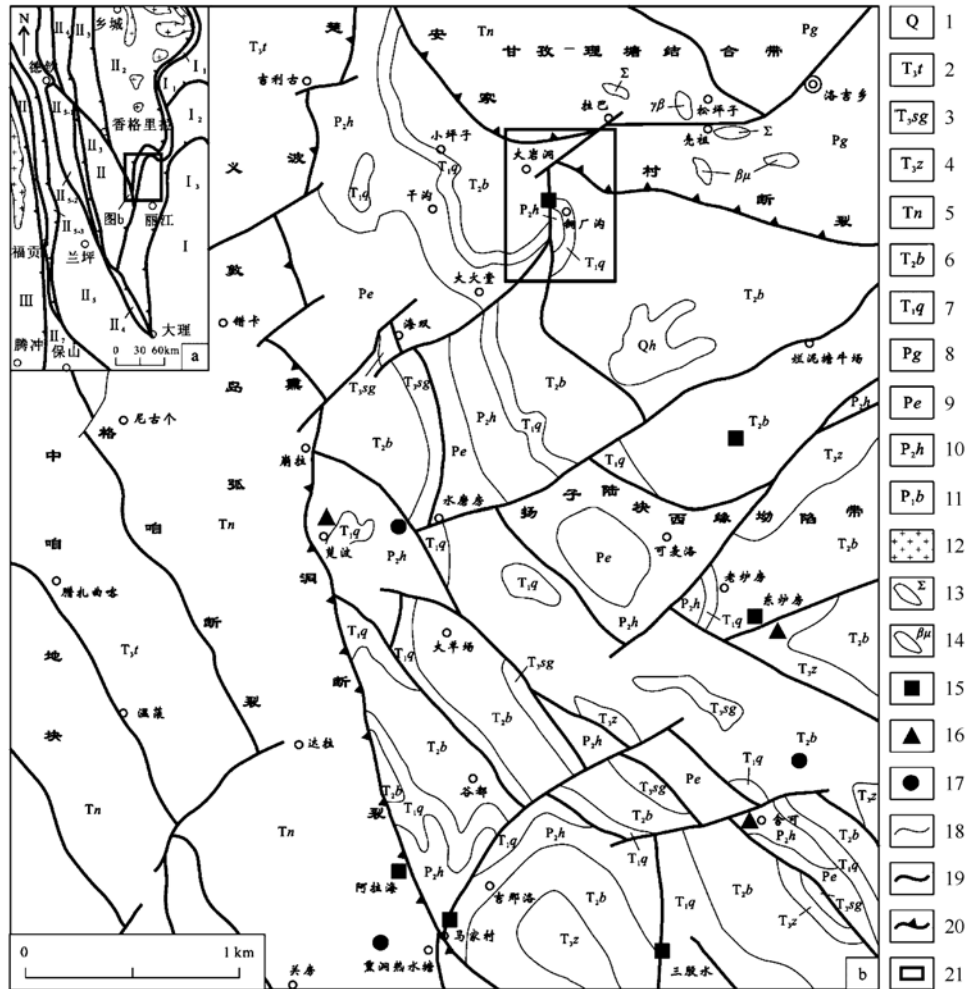
北部是甘孜—理塘结合带向南收缩部位, 南部是扬子陆块西缘拗陷带(图1)。铜厂沟斑岩型铜钼矿是格咱岛弧构造—演化成矿带燕山晚期 Mo 多金属成矿作用的典型代表^[1]。

区内火成岩以玄武岩为主, 主要岩性分别为花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi$), 辉绿玢岩($\beta\mu$), 燕山期中酸性浅成岩体为区内主要侵入岩体, 其中呈不规则侵入的花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi$)与铜厂沟铜钼多金属成矿作用密切相关。矿化以钼为主, 局部具弱铜矿化, 矿体表现为铜钼共生矿, 由浅部到深部分别为铜为主—铜钼共生—钼为主, 呈明出显的垂直分带现象^[2]。截止2017年, 铜厂沟铜钼矿矿区已经探明资源储量约为142.5 MT (0.3Mt@0.3% Mo, 0.034Mt@0.8% Cu)^[3]。

2 矿床地质特征与蚀变分带

二叠系和三叠系地层为铜厂沟矿区内主要的出露地层。同时, 区内断裂与褶皱活动明显发育, 并且组成了以北西向为主、北东向次之的短轴褶皱和断裂系统。矿区岩浆岩、斑岩—矽卡岩型钼多金属矿体的分布受到沿背斜轴部发育的拉巴河断裂控制。矿区岩浆活动强烈, 广泛发育中基性火山岩和中酸性、碱性侵入岩^[4]。具体的矿化组合表现为: 浅部黄铜矿—黄铁矿—辉钼矿, 中部辉钼矿—黄铜矿—黄铁矿、深部以辉钼矿—黄铜矿—黄铁矿组合为主, 高品位的辉钼矿—白钨矿—黄铁矿在核部富集。

区内围岩蚀变可划分为: 斑岩体核部含矿性较好的钾硅酸盐化带, 以钾长石、黑云母的发育为特征, 可见完整的钾长石斑晶; 矿区分布最广的石英-绢云母化蚀变带, 以强硅化为特征, 早期硅化表现为微粒石英集合体呈弥散状分布, 中期硅化以基质中石英次生增大为特征, 常与绢云母、黄铁矿伴生; 最外围的青磐岩化带, 表现为在斑



1—第四纪全新世堆积层; 2—上三叠统图姆沟组; 3—上三叠统松桂组; 4—上三叠统中窝组; 5—三叠系泥汝组; 6—中三叠统北衙组; 7—下三叠统青天堡组; 8—二叠系冈达概组; 9—二叠系峨眉山组; 10—上二叠统黑泥哨组; 11—下二叠统冰峰组; 12—黑云花岗岩; 13—超基性岩脉; 14—辉长辉绿岩脉; 15—铜钼矿点; 16—金矿点; 17—铅锌矿点; 18—地质界线; 19—断裂; 20—分区断裂; 21—研究区

图 1 格咱岛弧区域地质图 (据文献 [7] 修改)

Fig. 1 Geological map of the Geza arc (after reference [7])

岩体外呈带状分布, 金属硫化物矿化总体减弱, 岩石颜色明显发绿, 局部有黄铜矿化。

3 研究内容与讨论

基于研究区内地质条件与研究目的, 研究整合了所采集的铜厂沟矿集区不同矿化程度岩心分析测试样共计 36 件, 其中全岩的主量元素和微量元素测试在核工业北京分析测试中心完成, 主量元素的测定采用 X-荧光光谱仪 (XRF) 测定, 精度优于 5%。微量元素和稀土元素的分析测试仪器为 Finnigan MAT 制造的 Element I 型 ElementIII 高分辨率电感耦合等离子质谱仪 (ICP-MS), 相对湿度

30%, 误差范围小于 5%。

选择 TiO_2 作为惰性组分, 运用 Gresens 方程^[8-9]对蚀变过程中元素迁移行为进行定量分析计算, 通过绘制铜厂斑岩型沟铜钼矿蚀变矿化过程主微量元素迁移图, 总结铜厂沟矿集区各蚀变阶段过程中成矿元素迁移演化特征。

在钾硅酸盐化蚀变阶段中主量元素 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 、 SiO_2 均呈现为持续迁入, 而 CaO 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 MnO_2 呈淋滤迁出 (图 2), 在这过程中主量元素 K_2O 、 Al_2O_3 、 SiO_2 的大量带入与该阶段的钾长石化、绢云母化密切相关; 到了石英绢云母化阶段, 上一阶段主量富集元素 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 、 SiO_2 持续迁入富集,

其中 SiO₂ 的持续富集使得该蚀变阶段次生石英矿物大量发育，次生石英矿物的大量发育也成为这一蚀变阶段的主要特征之一，也使得硅化、绢云母化作用持续增强且成为主要蚀变作用；到了青磐岩化

阶段，前两阶段以 K₂O、P₂O₅ 为代表的大量富集的主量元素开始淋滤迁出，而 Fe₂O₃、MgO、CaO 开始明显迁入富集，这与该青磐岩化蚀变过程中的黄铁矿化、绿泥石化蚀变作用关系密切。

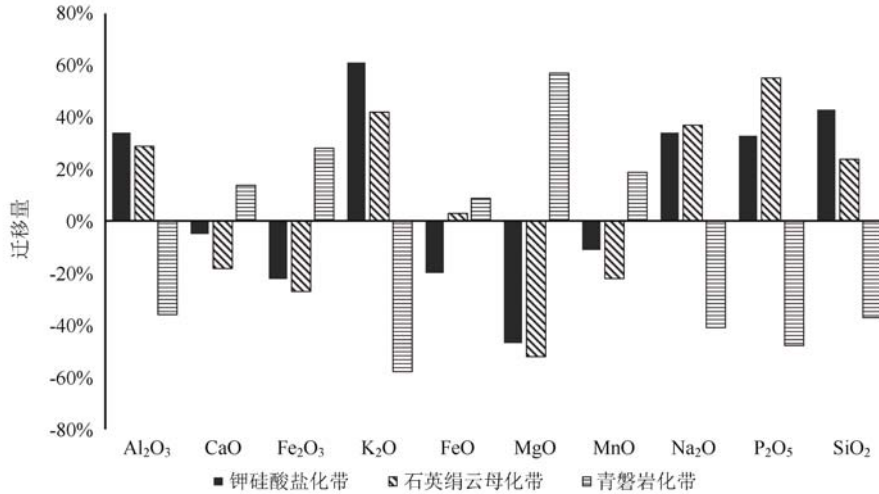


图2 铜厂沟铜钼矿蚀变矿化过程主量元素迁移图

Fig. 2 Migration diagram of major elements during alteration and mineralization of Cu-Mo ore

在蚀变矿化阶段微量元素表现为：Mo、Ba、W、Ra、Nb、Ta 等亲石元素在钾硅酸盐化阶段就显示为大量迁入富集成矿（图3），需要注意的是钾硅酸盐化蚀变过程中 Ba、W 与 Mo 的大量富集具有明显相关性，其中 Ba、W、Mo 是高温成矿带的重要元素组合，所以 W、Ba 可对该矿区 Mo 成

矿到起一定的指示作用；同时在钾硅酸盐化阶段 LREE 明显迁入富集，而 HREE 几乎没有迁入，这使得矿区轻重稀土产生明显分异，轻稀土整体富集而重稀土明显亏损，通过计算该矿区稀土元素球粒陨石标准化配分模式后也验证了这一点（图4）。

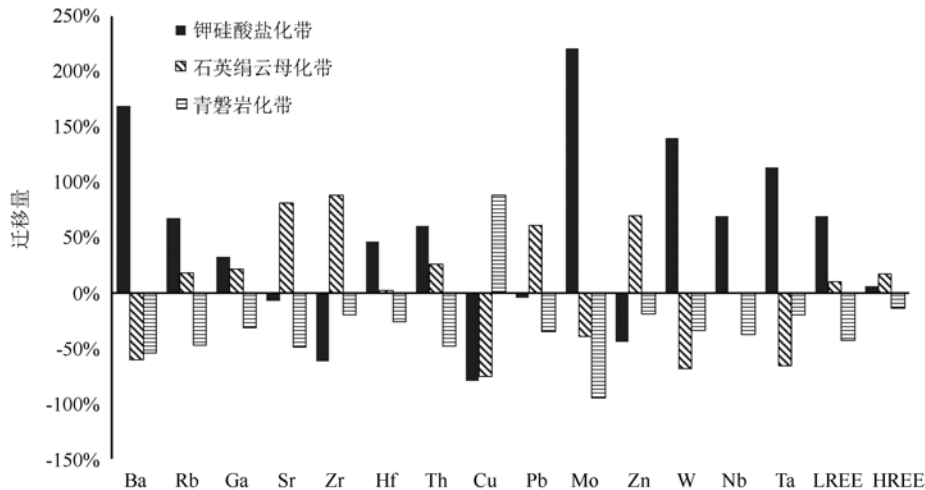


图3 铜厂沟铜钼矿蚀变矿化过程微量元素迁移图

Fig. 3 Migration diagram of trace elements during alteration and mineralization of Cu-Mo ore

石英-绢云母化蚀变阶段 Pb、Zn 等亲硫元素开始迁入富集成矿，Ba、Cu、W 等元素则显示为部分淋滤迁出状态；到了青磐岩化阶段微量元素开

始大部分淋滤迁出，Cu 也是在这一阶段才开始迁入富集成矿，这也很好的解释了铜厂沟铜钼矿钼、铜储量显示较大差别的现象。

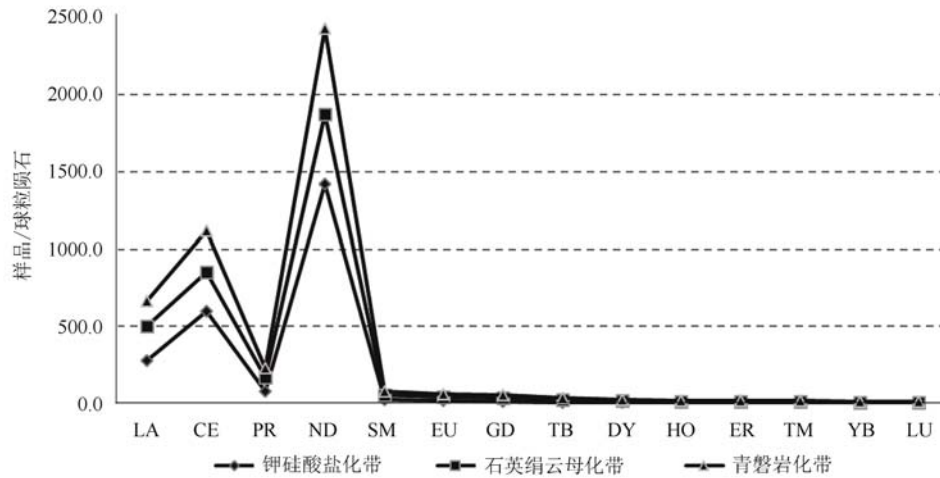


图 4 铜厂沟稀土元素球粒陨石标准化图解

Fig. 4 Standardization diagram of rare earth elements chondrite in Tongchanggou

4 结论

综上所述, 铜厂沟斑岩型铜钼矿在蚀变矿化过程中, 钼在钾硅酸盐化阶段富集成矿, 且钼的成矿富集与 Ba、W、与 Mo 的大量富集具有明显相关性, 可对该矿区成矿起到一定的指示作用; 矿区轻重稀土明显分异, 轻稀土整体富集, 重稀土亏损; 铜在青磐岩化蚀变阶段开始迁入并且富集成矿。

参考文献/References

- [1] 李文昌, 余海军, 尹光侯, 等. 滇西北铜厂沟钼多金属矿床辉钼矿 Re - Os 同位素年龄及其成矿环境 [J]. 矿床地质, 2012, 31 (2): 282 - 292.
LI Wenchang, YU Haijun, YIN Guanghou, et al. Re - Os dating of molybdenite from Tongchanggou Mo-polymetallic deposit in northwest Yunnan and its metallogenic environment [J]. Mineral Deposits, 2012, 31 (2): 282 - 292. (in Chinese with English abstract)
- [2] 刘学龙, 李文昌, 朱俊, 等. 滇西北铜厂沟斑岩型 Mo - Cu 矿床蚀变分带、脉体系统研究进展 [C] // 第八届全国成矿理论与找矿方法学术讨论会论文集摘要文集. 北京: 《矿物学报》编辑部, 2017: 2.
LIU Xuelong, LI Wenchang, ZHU Jun, et al. Research progress on the alteration zone and vein body system of Mo - Cu deposit in Tongchang gully in northwest Yunnan [C]. Acta Mineralogica Sinica (in Chinese)
- [3] 高雪, 孟健寅. 滇西北铜厂沟 Mo - Cu 矿床成矿流体和成矿物质来源: 矽卡岩矿物学与稳定同位素证据 [J]. 岩石学报, 2017, 33 (7): 2161 - 2174.
GAO Xue, MENG Jianyin. The source of ore-forming fluids and materials in the Tongchanggou Mo - Cu deposit, northwestern Yunnan, China: Constrains from skarn mineralogy and stable isotopes [J]. Acta Petrologica Sinica, 2017, 33 (7): 2161 - 2174. (in Chinese with English abstract)
- [4] 余海军, 李文昌, 尹光侯, 等. 滇西北铜厂沟 Mo - Cu 矿床岩体年代学、地球化学及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2015, 31 (11): 3217 - 3233.
YU Haijun, LI Wenchang, YIN Guanghou, et al. 2015. Geochronology, geochemistry and geological significance of the intrusion from the Tongchanggou Mo - Cu deposit, northwestern Yunnan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2015, 31 (11): 3217 - 3233. (in Chinese with English abstract)
- [5] 刘林, 芮会超. 成矿预测的发展现状及趋势 [J]. 地质力学学报, 2016, 22 (2): 223 - 231.
LIU Lin, RUI Huichao. Present situation and development tendency of metallogenetic prediction [J]. Journal of Geomechanics, 2016, 22 (2): 223 - 231. (in Chinese with English abstract)
- [6] 张欢欢, 白和, 王和平, 等. 构造 - 蚀变 - 地球化学综合找矿预测方法研究——以陕西小秦岭金矿田 Q173 号矿脉为例 [J]. 地质力学学报, 2016, 22 (2): 269 - 284.
ZHANG Huanhuan, BAI He, WANG Heping, et al. Study on the Q173 vein in Xiaolinling gold field with the method of structure-alteration-geochemistry prospecting prediction [J]. Journal of Geomechanics, 2016, 22 (2): 269 - 284. (in Chinese with English abstract)
- [7] YU H J, LI W C, YIN G H, et al, 2014. Zircon U - Pb ages of the granodioritic porphyry in the Laba molybdenum deposit, Yunnan, SW China and its geological implication [J], Acta Geologica Sinica, 88 (4): 1183 - 1194.
- [8] GRESENS R L. Composition-volume relationships of metasomatism [J]. Chemical Geology, 1976, 2: 47 - 65.
- [9] GRANT J A. The isocon diagram; a simple solution to Gresens' equation for metasomatic alteration [J]. Economic Geology, 1986, 81 (8): 1976 - 1982.