

文章编号: 1006-6616 (2010) 04-0340-09

巴尔喀什成矿带博尔雷斑岩铜矿床 地质特征与成矿时代

赵恒乐¹, 陈宣华², 屈文俊³, 杨屹¹,
李学智¹, 杨农², 陈正乐², 韩淑琴²

(1. 新疆维吾尔自治区地质矿产开发勘查局第一区调大队, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

3. 国家地质实验测试中心, 北京 100037)

摘要: 巴尔喀什成矿带是世界著名的中亚成矿域斑岩型铜钼成矿带, 产出许多大型—超大型斑岩型铜钼矿床和一些石英脉—云英岩型钨钼矿床。本文介绍了巴尔喀什成矿带博尔雷大型斑岩型铜(钼)矿床地质特征, 并对该矿床 2 件辉钼矿样品进行了铼—钨同位素分析, 得到博尔雷大型斑岩型铜(钼)矿床的辉钼矿模式年龄(平均值)为 315.9 Ma, 说明了晚石炭世巴尔喀什成矿带斑岩型铜钼矿床的形成年龄, 属海西晚期构造—岩浆活动的产物。博尔雷斑岩铜矿成矿时代介于东天山与西准噶尔斑岩型铜矿床的成矿时代之间。

关键词: 铼—钨同位素年龄; 辉钼矿; 博尔雷斑岩铜矿床; 巴尔喀什成矿带; 哈萨克斯坦

中图分类号: P618.4

文献标识码: A

博尔雷 (Borly) 大型斑岩型铜—金—钼矿床地处哈萨克斯坦巴尔喀什成矿带, 产出在世界十大斑岩型铜矿床之一的科翁腊德斑岩型铜矿床附近。巴尔喀什成矿带是中亚成矿域(或称为古亚洲成矿构造体系)^[1] 哈萨克斯坦—天山马蹄形构造带的内缘、巴尔喀什—准噶尔造山带的核心部位, 该带不仅是哈萨克斯坦最主要的斑岩型铜矿化集中区^[2~5], 也是世界重要的十个斑岩铜矿成矿区带之一。

博尔雷斑岩铜矿的成矿时代被认为是晚古生代, Singer et al.^[6] 根据有关资料加以综合, 给出博尔雷斑岩铜钼矿床的成矿年龄为 329 Ma。本文根据辉钼矿铼—钨同位素年龄, 确定了博尔雷斑岩型铜钼成矿作用的年龄, 并与我国境内西、东准噶尔和东天山斑岩铜矿带的铜钼成矿作用年龄进行了对比分析。

收稿日期: 2010-08-20

基金项目: 国家科技支撑计划重点项目(编号: 2007BAB25B02) 资助。

作者简介: 赵恒乐 (1965-), 男, 山东龙口人, 大学本科, 高级工程师, 主要从事区域地质调查和矿产资源勘查工作。E-mail: zhao813@126.com。

1 中亚成矿域巴尔喀什成矿带地质概况

1.1 中亚成矿域

中亚成矿域, 西起欧亚两大洲交界的呈南北走向的乌拉尔, 从其南部折向东, 经哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦, 吉尔吉斯斯坦、新疆塔里木以北地区、青海和甘肃北部、内蒙西部、蒙古国西部, 直达包括贝加尔湖东部地区在内的南西伯利亚^[7]。中亚成矿域是与环太平洋成矿域和特提斯成矿域并列的全球三大成矿域之一, 以发育中、晚元古代及古生代活动带与成矿作用为特点^[7], 分布有多期次、多类型的火山岩、花岗岩、基性岩、超基性岩、蛇绿岩带及变质岩带; 在地质历史上经历了大陆基底形成、古亚洲洋陆缘增生和滨西太平洋大陆边缘活动及陆内断块升降等多个阶段, 造就了多种有利的成矿环境^[1]。中亚成矿域因其巨量的金属和非金属矿产而闻名于世, 成矿作用极其复杂多样^[8-9], 特别是斑岩型铜—钼—金和石英脉—云英岩型钨钼成矿作用占据了重要地位。

中亚成矿域的主体是巴尔喀什—准噶尔—南蒙古斑岩铜(钼)矿带^[10], 巴尔喀什成矿带是其重要组成部分。中亚成矿域斑岩型矿床有蒙古查干苏布尔加和欧玉陶勒盖等铜矿、哈萨克斯坦科翁腊德、阿克斗卡、科克赛和博尔雷等铜矿以及萨亚克砂卡岩型铜矿区的斑岩铜矿、乌兹别克斯坦卡马基尔—达尔涅等铜矿、西准噶尔包古图铜矿、东天山土屋—延东铜矿等, 它们多形成于石炭—二叠纪, 个别为早古生代产物。

1.2 巴尔喀什成矿带

巴尔喀什成矿带是(环)巴尔喀什—(环)准噶尔—南蒙古斑岩铜(钼)矿带^[10]的一部分。环巴尔喀什地区是中亚成矿域中最主要的金属成矿密集区, 该地区地质演化历史复杂, 形成了众多世界级的铜矿、金矿和银多金属矿床^[9], 因此, 巴尔喀什成矿带被认为是中亚成矿域的核心部分之一^[9]。巴尔喀什成矿带晚古生代斑岩型铜矿床的形成与该地区泥盆纪火山—岩浆弧、石炭纪—二叠纪火山—岩浆弧有关^[11]。

巴尔喀什成矿带分为北、南两个矿化集中区, 前者西起莫特地块, 向东经阿克斗卡, 延入我国新疆西准噶尔的包古图一带。该带东西长近 1000 km, 已发现规模不等的大小矿床(点)近百处, 其中的科翁腊德(铜储量 > 800 万吨)和阿克斗卡(铜为 588 万吨)均属世界著名的超大型斑岩型铜钼矿床^[3-4]。

本文研究的博尔雷斑岩型铜矿床产在巴尔喀什成矿带的西部地区。巴尔喀什成矿带西部铜—钼—钨矿床的成矿系列, 可能经历了受多旋回地球动力学控制的活动大陆边缘岩石圈岩浆活动的演化过程, 是在古生代(尤其是中、晚古生代)中亚核心部位多阶段俯冲、地壳增生和侧向生长的造山历史中铸就而成^[12-15]。从弧后洋的构造背景(火山块状硫化物 Cu—Au 矿床)发展到受俯冲控制的钙碱性岩浆活动(斑岩型铜矿床), 随后进入低程度部分熔融的地壳分异作用和广义的岩浆内部分离作用阶段(斑岩型钼矿床和石英脉—云英岩型钨钼矿床), 最后形成非造山的二叠纪大陆裂谷(过碱性钠闪石花岗岩 REE—Zr—Nb 富集系统)^[12]。

2 矿床地质特征

博尔雷斑岩型铜矿床位于哈萨克斯坦杰兹卡兹甘省 Priozirny 区, 在巴尔喀什市北 60

km 处, 距科翁腊德铜矿床 45 km, 地理坐标为东经 74°42'41"、北纬 47°11'45", 海拔约 493 m。矿区主要位于 Tokrausky 复向斜的南部。

矿区主要组成岩石为: 下石炭统 Karkaralinskaya 组岩屑晶屑凝灰岩、火山熔岩和次火山岩; 中—上石炭统 Keregetass 组英安岩、有时为粗面英安岩或安山岩—英安岩熔结凝灰岩、微晶凝灰岩、凝灰熔岩、熔岩和次火山岩岩体。矿区中心部位为 Borlinksy 岩体, 它是 Kyzylzhalsky 侵入岩体的一个岩枝。该岩枝具有三期岩相结构, 第一岩相为石英闪长岩, 第二岩相 (也是最主要的) 为黑云母角闪花岗闪长岩, 第三岩相为浅色花岗斑岩。这些岩相又被一具有复杂枝状结构的花岗闪长斑岩岩体所穿切。该岩体侵入之后, 伴随有强烈的隐爆角砾岩化作用、热液蚀变和石英—硫化物网状脉的形成。该区最年轻的岩石组合是早二叠世 Zhaksitagalinsky 杂岩体中的碱性花岗斑岩岩墙和次火山岩岩体。独立的正长闪长岩和辉绿玢岩岩墙也曾有报道。矿区内发育有许多北东走向和北西走向的断层^[16]。

博尔雷矿床主要有两个矿区。矿体走向为北北西向, 倾向较陡, 更有向北东陡倾的。矿床中心部位的矿体长 800 m, 厚 15~340 m, 深度为 200~460 m。矿床东区的矿体长 260 m, 厚 50~150 m, 深度在 120 m 以下。中心矿体 (图 1) 由一些相邻的透镜状矿体结合而形成一独立的富矿体。从地表向下 20~35 m 处, 这个柱状富矿体被一水平的氧化矿组成的层状“帽子”所覆盖, 因此, 矿体形态看起来呈钉子状^[16]。

博尔雷斑岩铜矿具有明显的三期热液作用: 早期为碱性阶段, 包括长石化、绿泥石化、硅化、绿帘石化、葡萄石化作用; 中期为酸性阶段, 包括绢云母化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化; 后期也是碱性阶段 (即晚期碱性阶段), 包括硅化、碳酸岩化等^[16]。矿化主要与早期碱性阶段及酸性阶段关系密切, 主要的原生矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿, 次生矿物包括闪锌矿、黝铜矿、砷铜矿、方铅矿、磁铁矿、斑铜矿和磁黄铁矿等。

博尔雷斑岩铜矿床已经勘探并计算了储量, 储量约为 60 万吨铜 (品位 0.34%), 为大型矿床。在整个矿床中铜和钼的品位都不是很高, 分别为平均 0.33% 和 0.11%。总体上 Cu: Mo 比值为 33: 1。矿床中还伴生有金 (平均品位为 0.03 g/t)、银 (平均品位为 1341 g/t)、铼 (平均品位为 0.42 g/t)、硒 (平均品位为 3.01 g/t) 和钴等金属元素。大多数 (90%) 有经济价值的矿石集中在中心矿体, 其余 10% 赋存于东部矿体中。尽管博尔雷铜矿的规模较小, 但仍然可以作为科翁腊德斑岩铜矿床的后备资源而等待开发。

3 分析结果与讨论

辉钼矿铼—钨同位素体系提供了理解成矿系统中硫化物成矿作用的关键信息, 而这些关键信息并没有被蚀变矿物中的其它同位素体系所记录^[17]。

3.1 样品处理与分析方法

用于铼—钨同位素年龄测定的 2 个辉钼矿样品采自哈萨克斯坦巴尔喀什成矿带西段的博尔雷斑岩型铜矿床的矿石之中。经研磨和分选后辉钼矿样品均达到了合适的纯度 (大于 98%), 粒度为 200 目, 并具有一定的均匀性, 可有效克服失耦现象^[18-19]对准确定年的影响^[20]。

辉钼矿样品的铼—钨同位素分析由国家地质实验测试中心铼—钨同位素年代学实验室完成。关于样品的铼、钨化学分离与处理流程和质谱测定技术的描述请见文献^[21-26]。

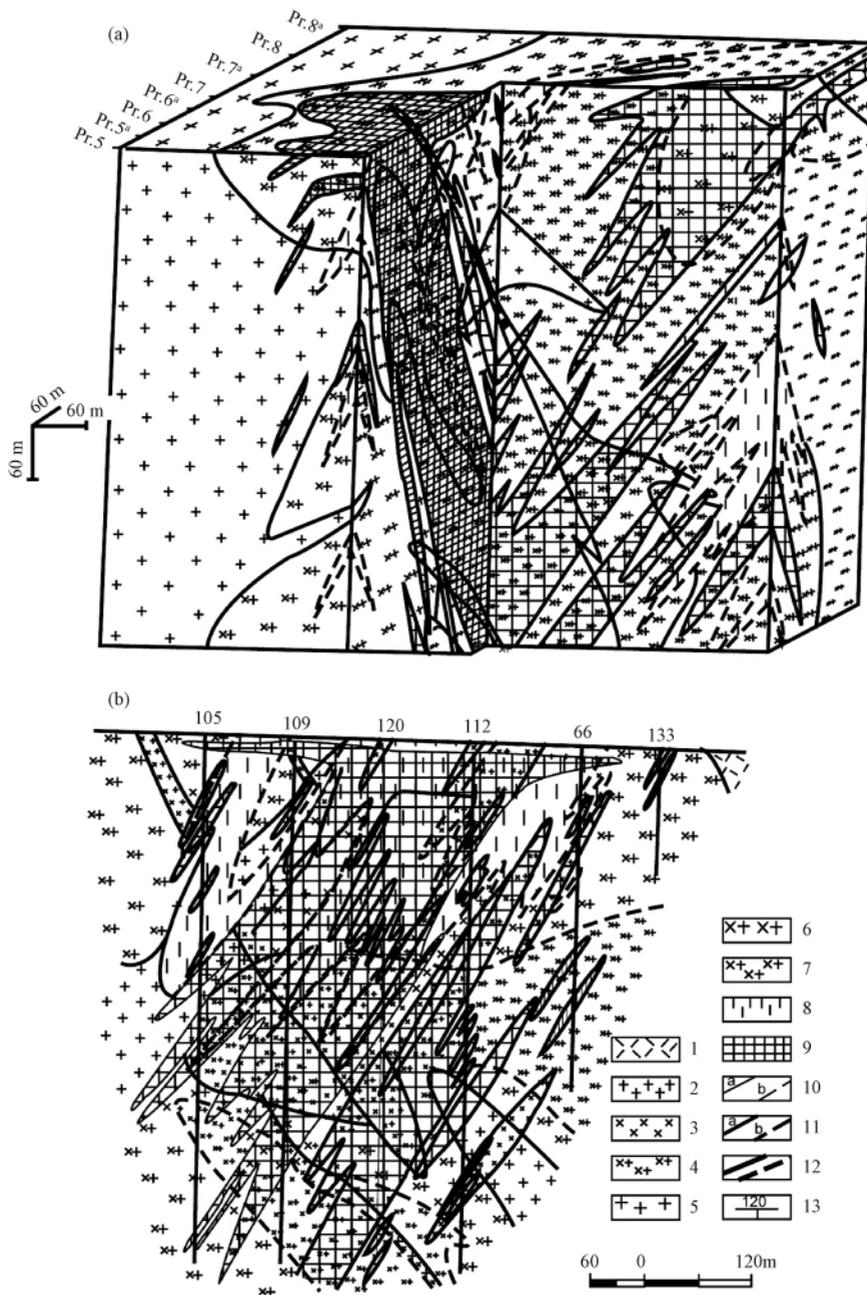


图 1 博尔雷斑岩型铜矿床立体图解 (a) 和矿带分布图 (b)

(据 Zhukov NM, 转引自 Abdulin et al., 1998^[16])

Fig. 1 Bloc-diagram (a) and ore zone (b) of Borly porphyry Cu deposit

(after Abdulin et al. 1998^[16])

1. 英安岩质喷出岩和凝灰岩; 2. 细粒花岗斑岩; 3. 斑状闪长岩; 4. 含大量斑铜矿的斑状花岗闪长岩; 5. 花岗岩; 6. 等粒花岗闪长岩; 7. 含大量细晶岩的斑状花岗闪长岩; 8. 绢英岩; 9. 矿体; 10. 侵入体 (a) 和传统的接触变质带 (b); 11. 内插法 (a) 和外延法 (b) 确定的矿体界线; 12. 断层; 13. 钻孔

3.2 分析结果与讨论

分析结果列于表 1 中。

表 1 哈萨克斯坦巴尔喀什成矿带博尔雷斑岩铜钼矿床辉钼矿样品 Re-Os 同位素分析数据

Table 1 Re-Os isotopic data for molybdenites from Borly Cu-Mo deposits in Balkhash metallogenic belt, Kazakhstan and the standard material

编号	原样名	样重 (g)	Re ($\mu\text{g/g}$)		普 Os (ng/g)	
			测定值	误差	测定值	误差
090414 ~ 17	xh080912-9 (1)	0.00118	2712	50	2.696	3.464
090414 ~ 18	xh080912-9 (5)	0.00109	2772	40	0.670	3.004
^{187}Re ($\mu\text{g/g}$)		^{187}Os (ng/g)		模式年龄 (Ma)		
测定值	误差	测定值	误差	测定值	误差	
1705	32	9001	80	316.1	7.0	
1742	25	9184	79	315.6	5.9	

注: 测试单位为国家地质实验测试中心铼—钨同位素年代学实验室

本次测试得到巴尔喀什成矿带西部博尔雷斑岩型铜(钼)矿床的辉钼矿模式年龄为 316.1 ± 7.0 Ma 和 315.6 ± 5.9 Ma, 平均为 315.9 Ma。

博尔雷斑岩型铜矿床辉钼矿具有较高的 Re 含量(为 $2712 \sim 2772 \mu\text{g/g}$)和相对较低的普通 Os 含量(为 $0.670 \sim 2.696 \text{ ng/g}$), 并具有非常高的 Re/Os 比值(为 $1.006 \times 10^6 \sim 4.137 \times 10^6$), 符合杜安道等^[20]给出的斑岩 Cu-Mo 矿床辉钼矿特征。由于岩浆成因的含硫化物岩石(和矿物)具有与它们的母硅酸盐岩浆相似但略低的 Re/Os 比值^[27], 因此, 博尔雷斑岩型铜钼矿床的岩浆源岩(即该地区地幔熔体)理应具有更高的 Re/Os 比值。

与巴尔喀什成矿带类似, 我国新疆西、东准噶尔、东天山和内蒙古等地区也发育了带状分布的斑岩型铜钼矿带, 具有类似的成矿时代。如西准噶尔晚古生代达拉布特岛弧南部的包古图斑岩型铜钼矿床, 产在包古图 V 号岩体中, LA ICP-MS 给出石英闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄为 309.9 ± 1.9 Ma^[28], 辉钼矿 Re-Os 年龄为 310 Ma^[29]。东天山土屋—延东斑岩型铜矿床, 产在年龄为 334 ± 3 Ma \sim 333 ± 4 Ma (锆石 SHRIMP U-Pb)^[30]的斜长花岗斑岩中, 铜矿体中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 323 ± 2 Ma^[31]。东天山赤湖斑岩型钼铜矿床产在斜长花岗斑岩体中, 锆石 SHRIMP U-Pb 定年给出 $322 \text{ Ma} \pm 10 \text{ Ma}$ 的岩体结晶年龄^[32]。由此可见, 哈萨克斯坦巴尔喀什成矿带西部斑岩型铜钼矿床成矿时代(315.9 Ma, 博尔雷铜矿), 介于东天山(323 ± 2 Ma, 土屋—延东斑岩铜矿^[31]; $322 \text{ Ma} \pm 10 \text{ Ma}$, 赤湖斑岩钼铜矿^[32])与西准噶尔(310 Ma, 包古图斑岩铜钼矿^[29])之间。

4 结论

巴尔喀什成矿带是中亚成矿域内重要的斑岩型铜—钼成矿带。本文通过对巴尔喀什成矿带西部博尔雷斑岩型铜矿床 2 件辉钼矿样品进行铼—钨同位素测年分析, 并与我国西、东准噶尔和东天山成矿带斑岩型铜矿床成矿时代进行了初步对比, 得到以下结论:

- (1) 博尔雷斑岩型铜(钼)矿床的辉钼矿模式年龄(平均值)为 315.9 Ma。
- (2) 博尔雷斑岩型铜矿床成矿时代介于东天山与西准噶尔斑岩型铜矿床成矿时代之间。

致谢: 本研究野外地质调查与采样工作得到新疆维吾尔自治区国家 305 项目办公室和哈萨克斯坦萨特巴耶夫地质科学研究所、以及所有参加野外工作人员的支持与帮助, 谨表衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 陈宣华, 陈正乐, 杨农. 区域成矿与矿田构造研究: 构建成矿构造体系 [J]. 地质力学学报, 2009, 15 (1): 1 ~ 15.
CHEN Xuanhua, CHEN Zhengle, YANG Nong. Study on regional mineralizations and ore-field structures: bring on the building of mineralizing tectonic systems [J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15 (1): 1 ~ 15 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈宣华, 王志宏, 杨农, 等. 中亚巴尔喀什成矿带萨亚克大型铜矿田矿床地质特征与成矿模式 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (2): 189 ~ 202.
CHEN Xuanhua, WANG Zhihong, YANG Nong, et al. Geological Characteristics and Metallogenic Model of Large-scale Sayak Skarn Copper Ore Field, Balkhash Metallogenic Belt, Central Asia [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (2): 189 ~ 202.
- [3] 陈宣华, 杨农, 陈正乐, 等. 哈萨克斯坦阿克斗卡超大型斑岩型铜矿田地质特征与成矿模式 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (4): 326 ~ 339.
CHEN Xuanhua, YANG Nong, CHEN Zhengle, et al. Geological Characteristics and Metallogenic Model of Super-Large Porphyry Copper Deposit in Aktogai Ore Field, Kazakhstan [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (4): 326 ~ 339.
- [4] 韩淑琴, 陈宣华, 杨农, 等. 哈萨克斯坦科翁德斑岩型铜矿地质特征与成矿模式 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (2): 203 ~ 212.
HAN Shuqin, CHEN Xuanhua, YANG Nong, et al. Geological characteristics and metallogenic model of super-large Kounrad porphyry copper deposit, Kazakhstan [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (2): 203 ~ 212.
- [5] 王志宏, 陈宣华, 杨农, 等. 巴尔喀什成矿带奎干一玛依布拉克斑岩型铜矿区矿床地质特征与开发前景分析 [J]. 地质力学学报, 2010, 16 (2): 213 ~ 222.
WANG Zhihong, CHEN Xuanhua, YANG Nong, et al. The geological characteristics and development prospects of deposits in Kuigan-Maibulak copper ore region in Balkhash metallogenic belt [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (2): 213 ~ 222.
- [6] Singer D A, Berger V I, Menzie W D, Berger B R. Porphyry copper deposit density [J]. Economic Geology, 2005, 100: 491 ~ 514.
- [7] 涂光炽. 初议中亚成矿域 [J]. 地质科学, 1999, 34 (4): 397 ~ 404.
TU Guangzhi. On the Central Asia metallogenic province [J]. Scientia Geologica Sinica, 1999, 34 (4): 397 ~ 404 (in Chinese with English abstract).
- [8] 何国琦, 朱永峰. 中国新疆及其邻区地质矿产对比研究 [J]. 中国地质, 2006, 33 (3): 451 ~ 460.
HE Guoqi, ZHU Yongfeng. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions [J]. Geology in China, 2006, 33 (3): 451 ~ 460 (in Chinese with English abstract).
- [9] 朱永峰, 何国琦, 安芳. 中亚成矿域核心地区地质演化与成矿规律 [J]. 地质通报, 2007, 26 (9): 1167 ~ 1177.
ZHU Yongfeng, HE Guoqi, AN Fang. Geological evolution and metallogeny in the core part of the Central Asian metallogenic domain [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26 (9): 1167 ~ 1177 (in Chinese with English abstract).
- [10] 李明, 周圣华, 胡庆雯, 等. 中亚成矿域斑岩铜 (钼) 矿带的认识与建立 [J]. 中国地质, 2007, 34 (5): 870 ~ 877.
LI Ming, ZHOU Shenghua, HU Qingwen, et al. Knowledge of porphyry Cu (Mo) ore belts in the Central Asian metallogenic domain and their establishment [J]. Geology in China, 2007, 34 (5): 870 ~ 877 (in Chinese with English abstract).

abstract).

- [11] 李光明, 秦克章, 李金祥. 哈萨克斯坦环巴尔喀什斑岩铜矿地质与成矿背景研究 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (12): 2679 ~ 2700.
LI Guangming, QIN Kezhang, LI Jinxiang. Geological features and tectonic setting of porphyry copper deposits rounding the Balkhash region, Central Kazakhstan, Central Asia [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (12): 2679 ~ 2700.
- [12] Heinhorst J, Lehmann B, Ermolov P, Serykh V, Zhurutin S. Paleozoic crustal growth and metallogeny of Central Asia; evidence from magmatic-hydrothermal ore systems of Central Kazakhstan [J]. Tectonophysics, 2000, 328 (1 ~ 2): 69 ~ 87.
- [13] Heubeck C. Assembly of central Asia during the middle and late Paleozoic. In: Hendrix M S, Davis G A. eds. Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution of central Asia: From continental assembly to intracontinental deformation [J]. Boulder, Colorado, Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 1 ~ 22.
- [14] Xiao W J, Windley B F, Yuan C, Sun M, Han C M, Lin S F, Chen H L, Yan Q R, Liu D Y, Qin K Z, Li J L, Sun S. Paleozoic multiple subduction-accretion processes of the southern Altai [J]. American Journal of Science, 2009, 309: 221 ~ 270. DOI: 10.2475/03.2009.02.
- [15] Xiao Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, Sun Min, Lin Shoufa, Chen Hanlin, Li Zilong, Li Jiliang, Sun Shu. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: Implications for the tectonic evolution of central Asia [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32: 102 ~ 117.
- [16] Abdulin A A, Bespaev H A, Daukeev C Zh, Miroshnichenko L A, Votsalevskiy E S. Copper deposits of Kazakhstan, reference book [M]. Almaty, Kazakhstan: Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, 1998, 1 ~ 141.
- [17] Selby D, Creaser R A. Re-Os geochronology and systematics in molybdenite from the Endako porphyry molybdenum deposit, British Columbia, Canada [J]. Economic Geology, 2001, 96: 197 ~ 204.
- [18] Stein H J, Scherst'en A, Hannah J L, Markey R J. Subgrain-scale decoupling of Re and ¹⁸⁷Os and assessment of laser ablation ICP-MS spot dating in molybdenite [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2003, 67 (19): 3673 ~ 3686.
- [19] Stein H J, Markey R J, Morgan J W, Hannah J L, Scherst'en A. The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite: How and why it works [J]. Terra Nova, 2001, 13 (6): 479 ~ 486.
- [20] 杜安道, 屈文俊, 王登红, 等. 辉钼矿亚晶粒范围内 Re 和 ¹⁸⁷Os 的失耦现象 [J]. 矿床地质, 2007, 26 (5): 572 ~ 580.
DU Andao, QU Wenjun, WANG Denghong, et al. Subgrain-size decoupling of Re and ¹⁸⁷Os within molybdenite [J]. Mineral Deposits, 2007, 26 (5): 572 ~ 580 (in Chinese with English abstract).
- [21] 杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 等. Carius 管溶样和负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-钨同位素地质年龄 [J]. 岩矿测试, 2001, 20 (4): 247 ~ 252.
DU Andao, ZHAO Dunmin, WANG Shuxian, et al. Carius tube sample preparation [J]. Rock and Mineral Analysis, 2001, 20 (4): 247 ~ 252 (in Chinese with English abstract).
- [22] 杜安道, 何红蓼, 殷宁万, 等. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究 [J]. 地质学报, 1994, 68 (4): 339 ~ 347.
DU Andao, HE Hongliao, YIN Ningwan, et al. A study on the Rhenium-Osmium geochronometry of molybdenites [J]. Acta Geologica Sinica, 1994, 68 (4): 339 ~ 347 (in Chinese with English abstract).
- [23] Du Andao, Wu Shuqi, Sun Dezhong, Wang Shuxian, Qu Wenjun, Richard Markey Holly Stein, John Morgan, Dmitry Malinovskiy. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: molybdenite HLP and JDC [J]. Geostandard and Geoanalytical Research, 2004, 28 (1): 41 ~ 52.
- [24] 屈文俊, 杜安道. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确测定辉钼矿铼-钨地质年龄 [J]. 岩矿测试, 2003, 22 (4): 254 ~ 257.
QU Wenjun, DU Andao. Highly precise Re-Os dating of molybdenite by ICP-MS with Carius tube sample digestion [J]. Rock and Mineral Analysis, 2003, 22 (4): 254 ~ 257 (in Chinese with English abstract).
- [25] 屈文俊, 杜安道. 电感耦合等离子体质谱测定辉钼矿中 Re、Os 含量时的质量分馏效应的校正 [J]. 质谱学报, 2004, 25 (增刊): 181 ~ 182.

- QU Wenjun, DU Andao. Correction of mass bias in the determination of rhenium and osmium in molybdenite by ICP-MS [J]. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 2004, 25 (Suppl.): 181 ~ 182 (in Chinese with English abstract).
- [26] 李勇, 陈宣华, 屈文俊, 等. 巴尔喀什成矿带阿克沙套云英岩型钨钼矿床地质特征与铼-钨同位素测年分析 [J]. *地质力学学报*, 2010, 16 (4): 349 ~ 358.
- LI Yong, CHNE Xuanhua, QU Wenjun, et al. Geological characteristics and Re-Os isotopic dating of Akshatau greisen-type W-Mo deposit in Balkhash metallogenic belt [J]. *Journal of Geomechanics*, 2010, 16 (4): 349 ~ 358 (in Chinese with English abstract).
- [27] Lambert D D, Foster J G, Frick L R, Li C, Naldrett A J. Re-Os isotopic systematics of the Voisey's Bay Ni-Cu-Co magmatic ore system, Labrador, Canada [J]. *Lithos*, 1999, 47: 69 ~ 88.
- [28] 唐功建, 王强, 赵振华, 等. 西准噶尔包古图成矿斑岩年代学与地球化学: 岩石成因与构造、铜金成矿意义 [J]. *地球科学*, 2009, 34 (1): 56 ~ 74.
- TANG Gongjian, WANG Qiang, ZHAO Zhenhua, et al. Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyries in the Baogutu area (western Junggar): petrogenesis and their implications for tectonics and Cu-Au mineralization [J]. *Earth Science*, 2009, 34 (1): 56 ~ 74 (in Chinese with English abstract).
- [29] 宋会侠, 刘玉琳, 屈文俊, 等. 新疆包古图斑岩铜矿床地质特征 [J]. *岩石学报*, 2007, 23 (8): 1981 ~ 1988.
- SONG Huixia, LIU Yulin, QU Wenjun, et al. Geological characters of Baogutu porphyry copper deposit in Xinjiang, NW China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23 (8): 1981 ~ 1988 (in Chinese with English abstract).
- [30] 陈富文, 李华芹, 陈毓川, 等. 东天山土屋—延东斑岩铜矿田成岩时代精确测定及其地质意义 [J]. *地质学报*, 2005, 79 (2): 256 ~ 261.
- CHEN Fuwen, LI Huaqin, CHEN Yuchuan, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating and its geological significance of mineralization in Tuwu-Yandong porphyry copper mine, east Tianshan Mountain [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, 79 (2): 256 ~ 261 (in Chinese with English abstract).
- [31] 芮宗瑶, 王龙生, 王义天, 等. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论 [J]. *矿床地质*, 2002, 21 (1): 16 ~ 21.
- RUI Zongyao, WANG Longsheng, WANG Yitian, Liu Yulin. Discussion on metallogenic age of the Tuwu and Yandong porphyry copper deposit in East Tianshan Mountains [J]. *Mineral Deposits*, 2002, 21 (1): 16 ~ 21 (in Chinese with English abstract).
- [32] 吴华, 李华芹, 陈富文, 等. 东天山哈密地区赤湖铜矿矿区斜长花岗斑岩锆石 SHRIMP 年龄 [J]. *地质通报*, 2006, 25 (5): 549 ~ 552.
- WU Hua, LI Huaqin, CHNE Fuwen, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of plagiogranite porphyry in the Chihu molybdenum-copper district, Hami, east Tianshan [J]. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25 (5): 549 ~ 552 (in Chinese with English abstract).

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC AGE OF BORLY PORPHYRY CU DEPOSITS IN BALKHASH METALLOGENIC BELT , KAZAKHSTAN

ZHAO Hengle¹ , CHEN Xuanhua² , QU Wenjun³ , YANG Yi¹ ,
LI Xuezhi¹ , YANG Nong² , CHEN Zhengle² , HAN Shuqin²

(1. Geological Survey Team , Bureau of Xinjiang Geological Exploration , Urumqi , Xinjiang , 830011 , China ;

2. Institute of Geomechanics , Chinese Academy of Geological Sciences , Beijing 100081 , China ;

3. National Research Center for Geoanalysis , Beijing 100037 , China)

Abstract: The Balkhash Metallogenic Belt in Kazakhstan , with the output of many large and super-large porphyry Cu-Mo deposits and some quartz-vein greisen W-Mo deposits , is a very famous porphyritic Cu-Mo metallogenic belt in Central Asian Metallogenic domain. In this paper , the geological characteristics of the Borly Porphyry Cu Deposit are briefly introduced , and 2 molybdenite samples from the deposit are selected for Re-Os isotopic dating. The molybdenites from porphyritic Borly Cu-Mo deposit give average model Re-Os ages of 315.9 Ma. The Re-Os model ages of the deposit suggest that Late Carboniferous porphyry granitoid and pegmatite magmatism during Late Hercynian movement. Comparing to the Juggar-East Tianshan porphyry Cu metallogenic belt in northwestern China , the time of the Cu-Mo metallogenesis in Balkhash metallogenic belt , is between that of Tuwu-Yandong and Baogutu porphyry Cu deposits in East Tianshan and west Junggar.

Key words: Re-Os isotopic age , molybdenite , Borly Porphyry Cu deposit , Balkhash Metallogenic Belt , Kazakhstan