

中蒙边境及邻区典型斑岩型铜矿地球化学特征概述

唐文龙, 李俊建, 王国明

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘 要 :依据前人对中蒙边境各典型斑岩型铜矿床的研究成果,对中蒙边境古亚洲洋成矿域内典型斑岩型铜矿床的含矿岩体进行了地球化学探讨,结果表明:1)区内岩石属于钙碱性—高钾钙碱性系列、低铝质岩石;2)岩石均呈现出轻稀土富集的右倾型模式,重稀土分布平坦,岩石矿化蚀变后出现明显的负Eu异常,同位素结果表明均来自地幔的部分熔融;3)区内矿床均形成于岛弧环境,矿床的形成具有多期、多源、多构造变化特征,是特定时期地壳演化阶段构造—岩浆—热液活动的产物。通过对中蒙边境典型斑岩铜矿床地球化学的探讨,以为区内斑岩型铜矿床的找寻和评价提供参考。

关键词 :斑岩型铜矿床;地球化学;中蒙边境

中图分类号:P618.41

文献标识码:A

文章编号:1672-4135(2009)02-0098-07

中国已经成为世界第一大铜消费国,而国际铜市场价格不断攀升,使得铜矿勘探工作日益重要。斑岩型铜矿床铜品位低、储量大,是最重要铜来源。据世界已知的斑岩铜矿床时空分布规律,可大致分为三大斑岩铜矿成矿带:环太平洋带、特提斯带和中亚—蒙古带。中亚—蒙古斑岩铜多金属成矿带是中国斑岩型铜矿的重要产地之一,斑岩型矿床分布广泛。近年来在该带上先后发现了多处大型斑岩型铜矿床和铜矿化点,国内地质学者也纷纷把目光投向该带,以期找矿获得更大突破。

从大地构造位置上看,研究区地处华北板块与西伯利亚板块之间的古亚洲成矿域天山—兴蒙造山带内。该带主要由一系列向南凸的弧形构造—岩浆岩带所构成,它们不仅记载了两大板块拆分、聚合的过程,而且产出有一系列金属矿床(点),为中国北方和蒙古南部最重要的铜、金和稀有金属产地。其中岩浆弧内海西期或燕山期富碱中酸性侵入岩与铜(金)矿床(点)具有密切的空间分布关系^[1~7]。

研究区内斑岩铜多金属矿床(点)具有分布广泛、类型繁多、成矿时代相对集中和容矿围岩岩性复杂的特点。现在对该带上分布的多宝山、白乃庙、乌努格吐山、查干苏布尔加、欧玉陶勒盖、公婆泉、土屋—延东等大型—超大型斑岩型铜矿床地球化

学特征进行分析(图1),总结该带内斑岩型铜矿床地球化学特征规律,以期对斑岩型铜矿的找寻提供选区依据。

1 区域成矿地质背景分析

中亚—蒙古成矿带即古亚洲洋成矿带,带内出露地层复杂,最老的中元古界地层分布面积有限,以变质碎屑岩、碳酸盐岩、片麻岩、混合岩、斜长角闪岩等为主,呈孤岛状分布于古生代地层之中,主要分布于内蒙古包头北部的白云鄂博和甘肃的公婆泉地区^[8~9]。寒武纪和奥陶纪地层零星产出,岩性主要为绿片岩化拉斑玄武岩、片岩、硅质岩、板岩、碳酸盐岩等。志留纪地层以砂岩、板岩、灰岩、玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩为主。泥盆纪地层分布广泛,岩石类型复杂多样,常见岩性有砂岩、泥岩、板岩、灰岩以及玄武岩和火山碎屑岩。石炭纪地层也在该区广泛出露,代表性岩石有砂岩、粉砂岩、板岩、灰岩、安山岩、流纹岩及火山碎屑岩等。二叠纪地层在全区零星产出,主要由砂岩和火山岩组成。由于在三叠纪古蒙古—鄂霍茨克洋剪刀式闭合,地壳隆升剥蚀,导致三叠纪地层缺失。侏罗纪地层大致分布于全区的断陷盆地之中,地层厚度大,岩性复杂,代表性岩性组合有火山沉积岩、火山熔

收稿日期:2009-01-22 责任编辑:刘新秒

基金项目:国家地质大调查项目:中蒙边界1/100万系列地质图件编制与相关地质问题研究(1212010811061)

作者简介:唐文龙(1979—),男,硕士,工程师,从事岩石学及矿床学的研究,E-mail:twl011562@126.com。

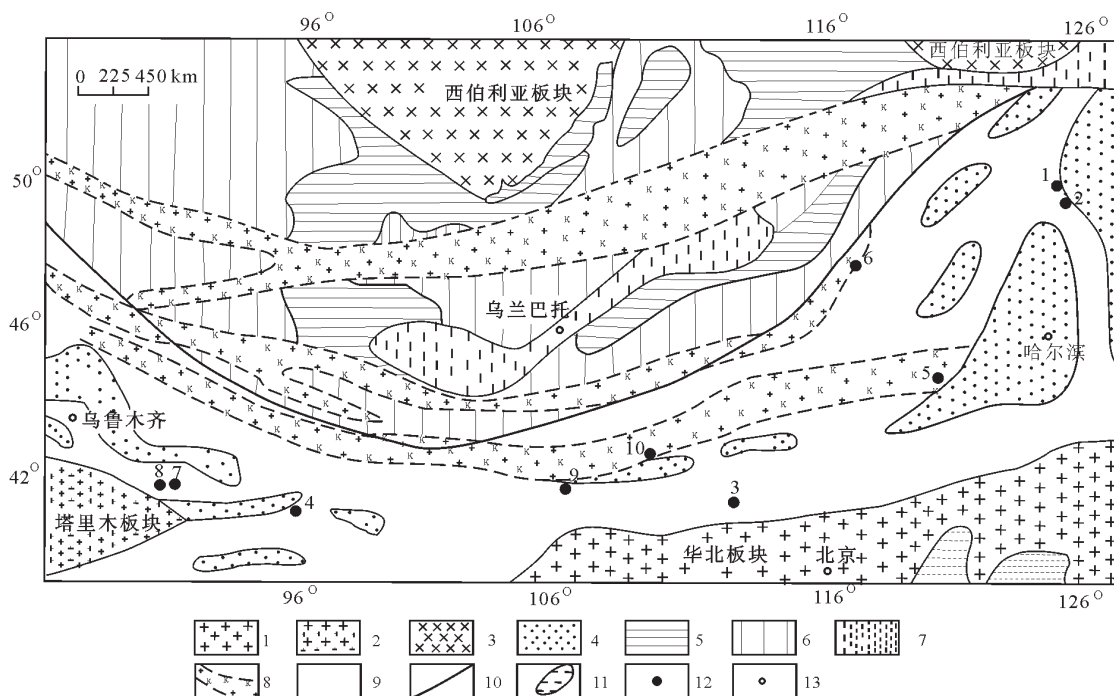
图1 中蒙边境及邻区地质矿产简图^[7]

Fig. 1 Scetch geological map of the China- Mongolia border region and its neighbor areas , showing the locations of the major porphyry copper deposits

1.华北板块 2.塔里木板块 3.西伯利亚板块 4.古中华陆块群 5.西伯利亚陆块群 6.萨彦-额尔古纳萨拉伊尔(兴凯)造山系 7.燕山造山系和喜马拉雅岛弧系 8.古生代碱性花岗岩带 9.天山-兴安海西期造山系 10.深大断裂 11.湖泊或海洋 12.斑岩铜矿床 13.城镇; 图内斑岩铜矿床编号: 1.多宝山 2.铜山 3.白乃庙 4.公婆泉 5.布敦化 6.乌努格吐山 7.土屋 8.延东

岩、砂岩、泥岩等。

2 地球化学特征

2.1 数据来源

根据已经发表的期刊、专著、矿产报告以及学位论文等,对研究区典型斑岩型铜矿床含矿体的主量元素、稀土、微量元素及同位素等数据进行分析整理。各矿床主量元素数据来源如下:多宝山^[10,13],白乃庙^[17],公婆泉^[18,20],乌努格吐山^[22,25,27],土屋-延东^[29~33],查干苏布尔加^[34]。稀土元素数据来源于:多宝山^[15,16],白乃庙^[17],公婆泉^[18,21],乌努格吐山^[23,26,27],土屋-延东^[29,31~33],查干苏布尔加^[34]。微量元素数据来源于:多宝山^[11,14],白乃庙^[17],公婆泉^[18,20,21],乌努格吐山^[25],土屋-延东^[29,31~33],查干苏布尔加^[34]。同位素数据来源于:多宝山^[12,14,32],白乃庙^[17],公婆泉^[18,19],乌努格吐山^[24,27],土屋-延东^[28~30,31,32],查干苏布尔加^[35,36]。由于数据量太大,受文章篇幅所限,在此略去原始数据。

2.2 主量元素

研究区内各含矿岩石、弱蚀变岩石和蚀变岩石除个别样品(47.81,一个)外, SiO_2 含量均大于 56, 并且 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值随着时代的变新而呈逐渐升高的趋势。在 TAS 图解(图 2)中可以看出,各岩石样品均投点于钙碱性系列区及其附近;在 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 图解(图 3)中,大部分样品落入钙碱性-高钾钙碱性系列区,部分样品甚至落入钾玄岩系列区。其中白乃庙矿区样品投点较分散,从钙碱性到高钾钙碱性系列区均有分布,多数集中于高钾钙碱性系列区或其附近;多宝山矿床具有与白乃庙矿床相似的分布特征;土屋-延东和公婆泉矿床均投点于钙碱性系列区,查干苏布尔加大部分落入高钾钙碱性-钾玄岩系列区;乌努格吐山落入高钾钙碱性系列区。在 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 变异图中,样品投点相对集中,多分布于低铝质区(图 4)。

2.3 微量元素

图 5 为研究区内斑岩型矿床各岩体的稀土元素配分模式图,从图中可以看出,研究区相对富集轻稀土元素,亏损重稀土元素,呈右倾型模型。其中

多宝山花岗闪长斑岩、花岗岩岩体 REE 为 $36.82 \sim 196.44$, $(La/Yb)_N$ 值为 $10.52 \sim 39.45$, δEu 介于 $0.01 \sim 0.89$ 之间; 乌努格吐山 REE 为 $68.85 \sim 132.6$, $(La/Yb)_N$ 值为 $5.40 \sim 21.07$, δEu 介于 $0.45 \sim 1.11$ 之间; 公婆泉 REE 为 $75.06 \sim 249.6$, $(La/Yb)_N$ 值为 $4.10 \sim 10.38$, δEu 介于 $0.61 \sim 0.77$ 之间; 查干苏布尔加含钼铜矿化蚀变花岗闪长斑岩、闪长斑岩、辉长闪长岩具有 Eu 正异常特征, δEu 在 $1.1 \sim 2.33$ 之间; 土屋—延东含矿斜长花岗斑岩同样具有 Eu 正异常的特征, δEu 介于 $0.98 \sim 1.47$ 之间。总体来看, 研究区岩矿石稀土总量较低, 轻重稀土分馏明显, 轻稀土富集, 重稀土分布平坦, 暗示源区有角闪石矿物残留。矿化蚀变对岩石稀土元素影响较大, Eu 从正异常到负异常都可出现, $\Sigma Ce / \Sigma Y$ 比值降低, 轻重稀土分馏程度减弱。

2.4 同位素

区内多宝山斑岩型铜矿行硫同位素测定结果显示, $\delta^{34}S$ 介于 $-0.75 \sim -1.1\%$ [37] 之间, 与陨硫值接近, 表明硫元素主要来源于地壳深部或上地幔。该区初始 Sr 值为 $0.7037 \sim 0.7054$, 在 Sr 同位素演化图上投点于玄武岩源区。公婆泉铜矿石的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值为 0.1 , 介于含矿岩体花岗闪长斑岩 ($\epsilon_{Nd}(t) = 3.1$) 和英安斑岩 ($\epsilon_{Nd}(t) = -3.6$) 之间; 蚀变岩 $\epsilon_{Nd}(t)$ 为 -0.5 [38], 同样介于两斑岩之间, 说明成矿物质来源于上地幔, 并且成矿与斑岩关系密切。而低正 $\epsilon_{Nd}(t)$ 的花岗闪长斑岩可能来源于上地幔, 较低的负 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值的英安斑岩说明原岩中壳源物质占据了主要成分。土屋—延东矿床含矿斜长花岗斑岩的 Rb—Sr 同位素值 $I_{Sr} = 0.70328 \pm 0.00032$, $\epsilon_{Sr}(t) = -11.2 \sim -17.5$, $\epsilon_{Nd}(t) = -1.4 \sim 9.4$ [34], 和硫化物的硫同位素分析结果 $\delta^{34}S = -0.5 \sim 1.2\%$ [39], 均与陨硫相似, 表明该斜长花岗斑岩源于上地幔并在上升过程中混染了部分壳源物质。乌努格土山矿区斜长花岗斑岩是矿床形成的主要热源和成矿物质来源, 其黄铁矿和黄铜矿的硫同位素 $\delta^{34}S = -0.2 \sim 3.4\%$, 组成均一, 表明 S 来源于下地壳或地幔。白乃庙矿区全区的 $\delta^{34}S$ 介于 $+1.9 \sim -5.3\%$ 之间, 变化范围小, 平均为 2.7% , 表明硫来源于上地幔或下地壳。该区铅同位素投影(图 6)均落于造山带区域和上地幔与造山带之间靠近地幔处, 表明源于上地幔并受造山作用影响。

综上所述, 区内斑岩型铜矿床锶同位素初始值

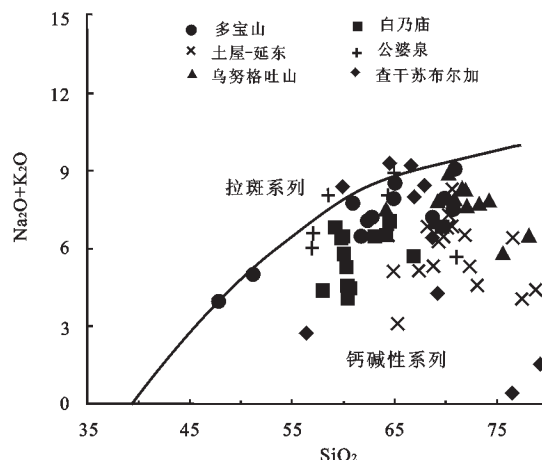


图2 各斑岩型铜矿床岩石的 TAS 图解

Fig. 2 Diagram of TAS for the porphyry copper deposits

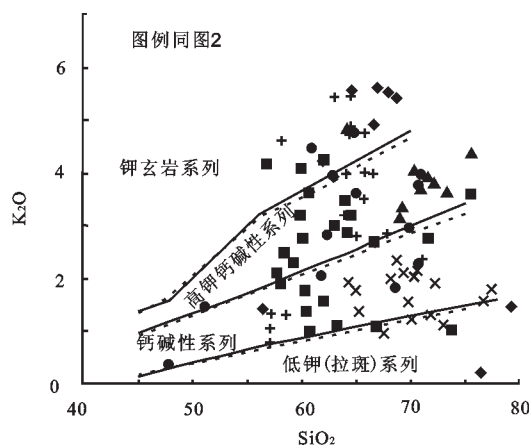


图3 各斑岩型铜矿床岩石的 K₂O-SiO₂ 图解

Fig. 3 Diagram of K₂O-SiO₂ for the porphyry copper deposits

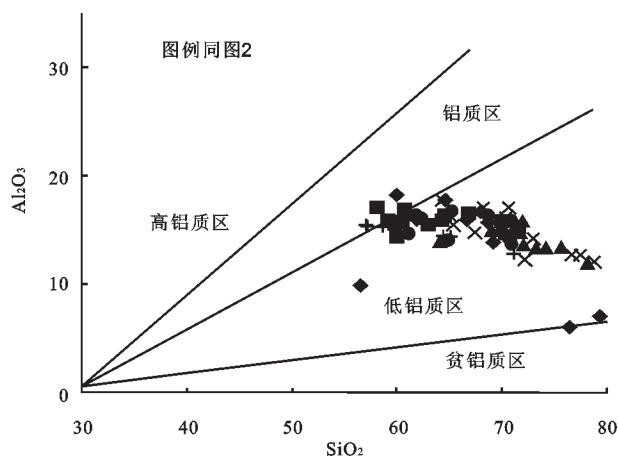


图4 各斑岩型铜矿床岩石的 Al₂O₃-SiO₂ 图解

Fig. 4 Diagram of Al₂O₃-SiO₂ for the porphyry copper deposits

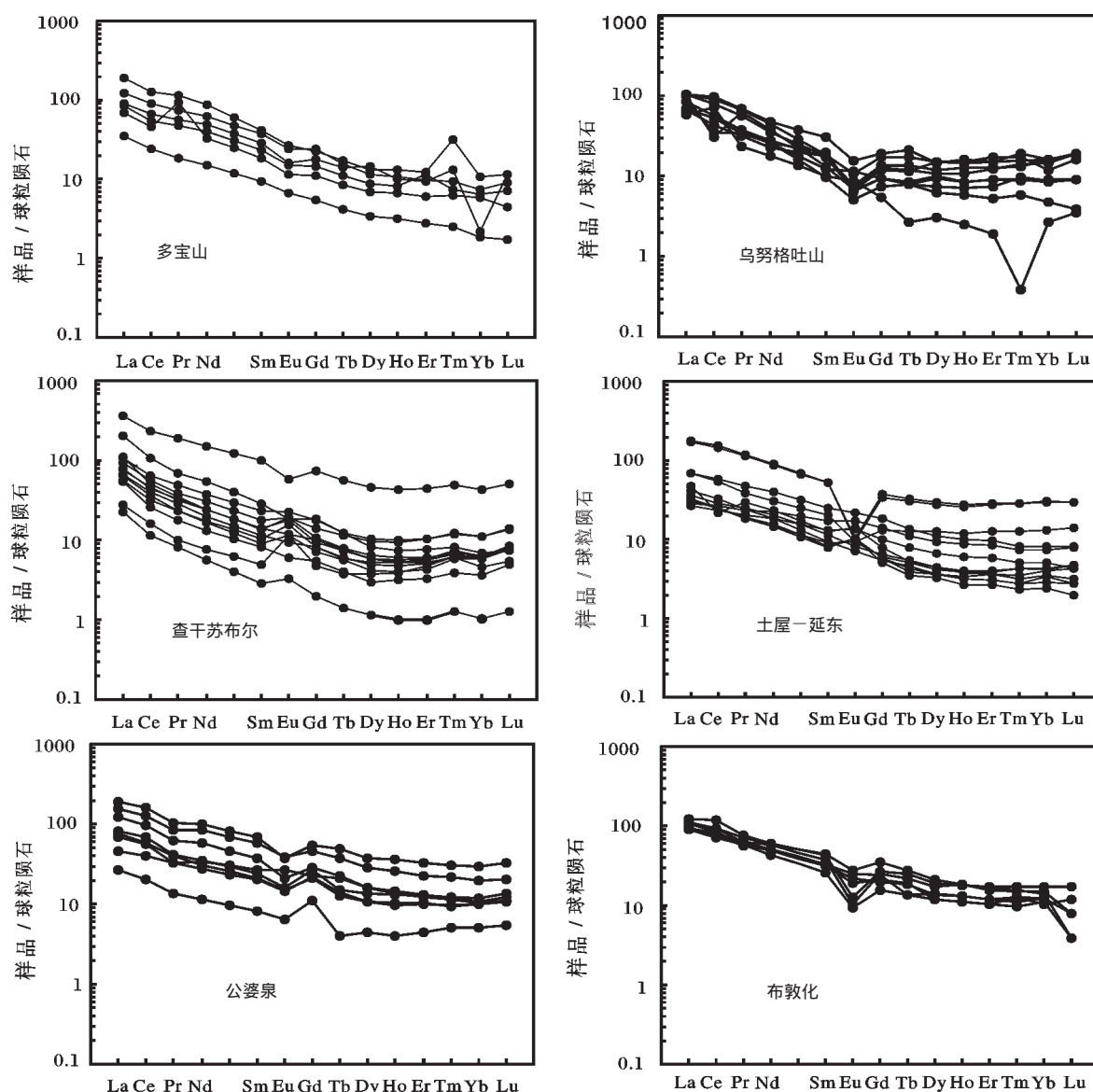


图5 研究区各斑岩型矿床岩石稀土元素配分模式图

Fig. 5 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the rocks of porphyry copper deposits

都较小(一般小于 0.708), 绝大多数 $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为正值, 地球化学值投影于亏损地幔附近^[23,37,40]。同位素结果显示其源区均来源于地幔的部分熔融, 少部分混有下地壳物质。

3 构造特征

自早古生代, 古亚洲洋向华北—塔里木板块俯冲, 导致大规模火山喷发活动, 在阿尔泰山南缘、北山、白乃庙和多宝山—铜山等地形成巨厚的岛弧型海相火山—沉积岩、碳酸盐岩夹玄武岩和加里东期岛弧型闪长岩、花岗闪长岩类侵入岩, 进而构成早古生代岛弧带、岩浆岩带。这次碰撞拼贴使得中蒙古地块与兴安地块成为一体, 构成了中亚蒙古—

兴安微板块。华北板块北缘形成了柯单山—温都尔庙蛇绿岩带和温都尔庙—白乃庙沟弧盆体系^[41]。晚志留世, 古亚洲洋与古大陆的碰撞作用可能再次诱发构造—岩浆活动, 形成奥陶纪—泥盆纪岛弧—弧后盆地火山沉积建造^[42~43]和早中海西期碰撞型花岗岩类侵入岩, 大面积的海西期碰撞型花岗岩类侵入岩。多宝山、查干苏布尔加、欧玉陶勒盖和二连—东乌旗等地的巨厚火山沉积地层及大面积分布的海西期花岗岩即是这一时期岩浆活动的产物。

晚古生代早期, 受古大陆边缘地体拼贴与增生作用的影响, 古亚洲洋板块向北一侧的消减作用形成泥盆系—石炭系岛弧火山岩和海西期花岗岩, 与此同时, 大洋板块向南一侧的消减作用, 同样产生

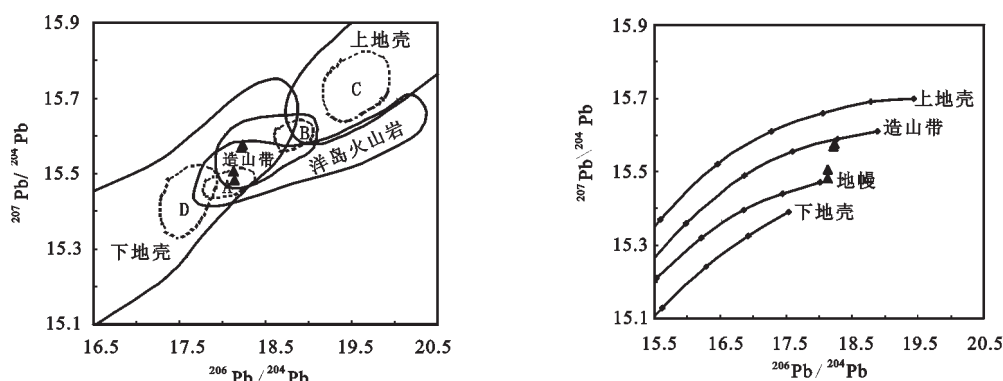


图 6 白乃庙矿区铅同位素投影图

Fig. 6 Diagram of Pb isotope for the Bainaimiao deposit

有泥盆纪 - 石炭纪岛弧型火山岩和海西期花岗岩类侵入岩。下二叠世与石炭纪火山 - 沉积岩地层的不整合接触关系标志着此期构造运动的终结。晚二叠世到早三叠世, 华北 - 塔里木板块和西伯利亚板块两大古陆块最终碰撞拼贴, 将华北 - 塔里木板块与西伯利亚板块拼为一体, 形成大面积碱性花岗岩。

燕山期, 研究区受太平洋板块斜向俯冲欧亚大陆和蒙古 - 鄂霍茨克洋剪刀式闭合双重作用的影响, 引发强烈的中酸性火山喷发和岩浆侵入活动, 东部区表现为一系列地体的拼贴及推覆构造, 进而形成一系列北东 - 北北东向断陷带和断隆带。斑岩铜矿床主要沿北东 - 北北东向断隆与断陷盆地交接部位产出, 并且与中酸性侵入岩体具有密切的时空分布关系。

研究区内各斑岩型铜矿床岩矿石锶同位素初始值 I_{Sr} 绝大多数都小于 0.706, $\epsilon_{Nd}(t)$ 值绝大多数大于零, 说明它们都来源于地幔。尽管本区矿床的成矿时代跨度较大, 但锶、钕同位素变化却小, 说明从早古生代直至中生代, 含矿岩石的来源基本类似。矿床均分布在西伯利亚板块与华北板块的碰撞

缝合带上, 矿区内岩石具有岛弧型火山 - 侵入岩特征。对各矿床样品投点可以看出(图 7) 样品均落在火山弧系列区, 表明产于洋壳物质部分熔融的岛弧环境。在 $(La/Yb)_N - (Yb)_N$ 图解(图 8)中, 样品有的落在经典岛弧区, 有的落在埃达克岩区。

图 9 是研究区典型斑岩型铜矿床的 R1-R2 图解, 从图中可以看出多宝山铜矿床样品投影比较分散, 绝大部分岩矿石投点落在同碰撞、碰撞后隆起、造山晚期等区域。综合研究表明, 多宝山斑岩型铜矿床的形成具有多期次的特点, 古亚洲洋向布列亚 - 佳木斯地块之下的消减、拼贴是多宝山斑岩铜矿的主成矿期; 在海西期, 古亚洲洋最终闭合, 引起陆壳增生, 该期构造 - 热事件使多种有利地质因素叠加, 促使矿床最终形成。晚期燕山运动为成矿期后的构造运动, 对矿床具有破坏或保护作用^[38]。白乃庙铜矿床样品投影点与多宝山相似, 大部分岩矿石投点落在板块碰撞前、碰撞后隆起和同碰撞区。从元古宙到早古生代, 蒙古海处于扩张阶段, 海底火山活动强烈, 火山气液携带成矿物质进入海盆后沉积成矿。加里东晚期, 在南北向构造挤压下, 东西向构造发育, 花岗闪长斑岩携带成矿元素侵位, 并为成

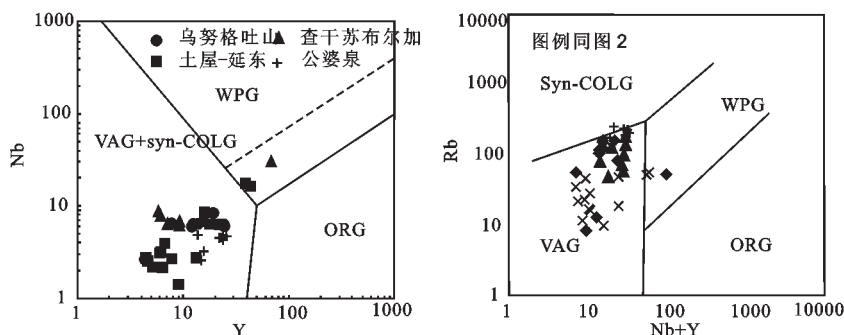
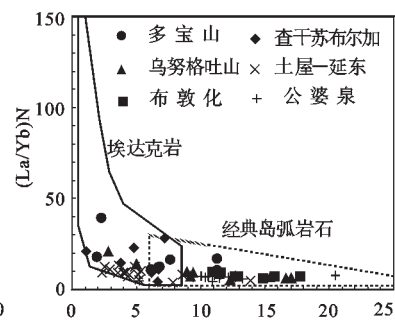


图 7 研究区各斑岩型铜矿床岩石的构造图解

Fig. 7 Tectonic diagram for the rocks in the porphyry copper deposits

图 8 岩石的 $(La/Yb)_N - (Yb)_N$ 图解Fig. 8 Diagram of $(La/Yb)_N - (Yb)_N$

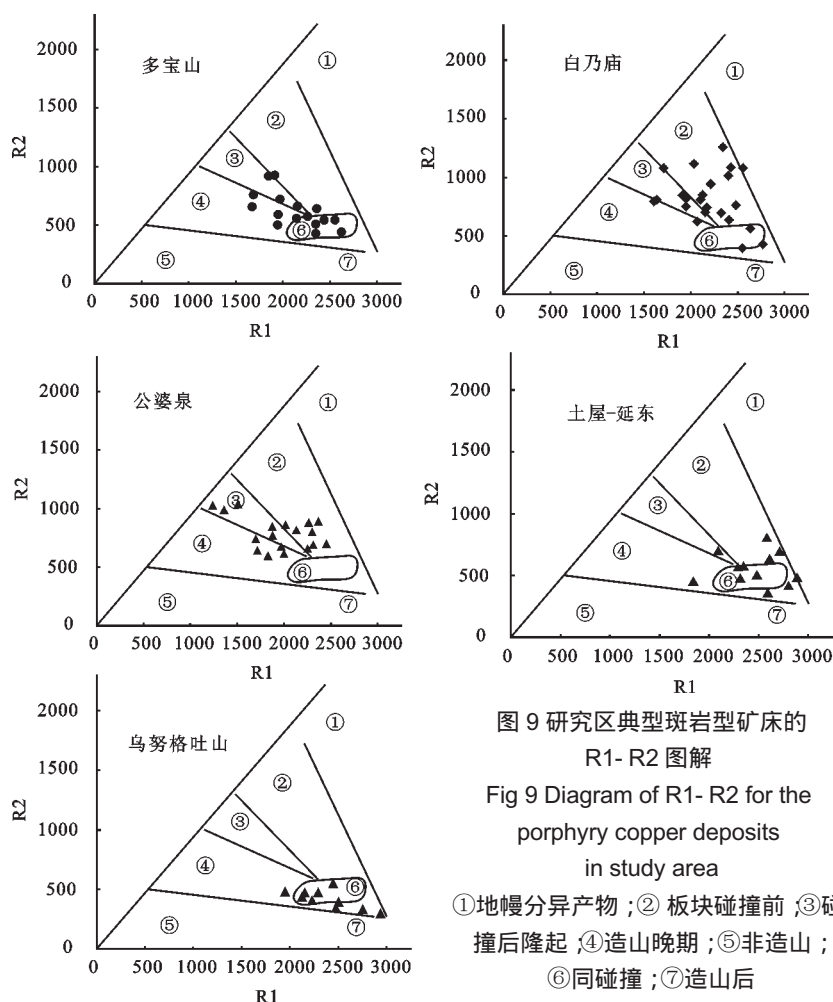


图9 研究区典型斑岩型矿床的
R1- R2 图解

Fig 9 Diagram of R1- R2 for the
porphyry copper deposits
in study area

①地幔分异产物; ②板块碰撞前; ③碰撞后隆起; ④造山晚期; ⑤非造山;
⑥同碰撞; ⑦造山后

矿作用提供热源,含矿热液进一步使原来矿体加富改造,此时期为白乃庙最重要的一个成矿时期。海西晚期阶段,在同一应力场作用下,斑岩侵入体变形变质,对铜矿体起了一定的破坏作用。公婆泉斑岩型铜矿床岩石投影点落入碰撞前、碰撞后隆起和造山晚期等区域。早古生代时,哈萨克斯坦板块的南北两侧发生增生,发育了比较完整的沟-弧-盆体系,并喷发、沉积了大量的奥陶纪-志留纪岛弧型火山-沉积岩,火山气液携带成矿物质在盆地发生初步沉积成矿作用。至晚古生代时期,随着蒙古洋的闭合,哈萨克斯坦板块与西伯利亚板块碰撞拼贴,导致了广泛的构造-岩浆活动,大量的岩浆开始侵入,带来了大量的成矿物质,并使火山岛弧中的Cu等成矿物质活化、迁移,形成斑岩型铜矿床,印支期,进入古亚洲洋闭合末期,构造-岩浆活动频繁,对铜矿体具有一定的破坏作用。

综上所述,该区各典型的斑岩型铜矿床均具有岛弧型构造特征,矿床的形成具有多期次、多来源、多构造变化的特征,基本与R1-R2构造判别图解

所得结果一致。另外,各矿床均受到了后期构造的破坏作用,岩石变质变形强烈。

4 结论

(1)研究区大多数斑岩型铜矿均产于火山岛弧岩浆岩中,属于钙碱性系列或高钾钙碱性系列,仅有少部分斑岩铜矿床属于碱性系列,矿区内岩石多属于低铝质岩石。

(2)研究区内斑岩铜矿床均呈轻稀土元素富集的右倾型模型。重稀土分馏程度较低,暗示源区有角闪石矿物残留。矿化蚀变后稀土元素出现明显的负异常。

(3)区内斑岩型铜矿床铷初始值都较小(一般小于0.708),绝大部分 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值大于零,地球化学值投影于亏损地幔附近。硫同位素相对集中,且与陨石硫值相近。同位素结果显示其源区均来源于地幔的部分熔融,少部分混有下地壳物质。

(4)研究区斑岩铜矿产出的地质环境为火山岛弧带,并经历了多次的叠加改造作用具有多期多源的特征。

参考文献:

- [1] 唐克东.中朝板块北侧褶皱带构造演化及成矿规律[M].北京:北京大学出版社.1992,1-277.
- [2] Cunningham W D. Lithospheric controls on late Cenozoic construction of the Mongolia Altai [J]. Tectonics, 1998, 17: 891-902.
- [3] Gerel O. Phanerozoic felsic magmatism and related mineralization in Mongolia [J]. Bulletin of the Geological Survey of Japan, 1998, 49: 239-248.
- [4] Lamb M A and Badarch G. Paleozoic sedimentary basins and volcanic-arc systems of southern Mongolia: New stratigraphic and sedimentological constructions [J]. International Geology Review, 1997, 39: 542-576.
- [5] Lamb M A and Cox D. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age data and implications for porphyry copper deposits of Mongolia [J]. Econ. Geol., 1998, 93: 524-529.
- [6] 徐志刚. 大兴安岭及其邻区构造演化及控矿作用 [A]. 赵

- 一鸣,张德全.大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价[C].北京:地震出版社,1997,1-21.
- [7] 聂凤军,江思宏.中蒙边境及邻区斑岩型铜矿床地质特征及成因[J].矿床地质,2004,23(2):176-189.
- [8] 内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1991,1-725.
- [9] 甘肃省地质矿产局.甘肃省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989,1-692.
- [10] 冶金部地质研究所.多宝山斑岩(钼)矿床某些地球化学特征及地球化学异常分带[J].地质与勘探,1979(1):72-79.
- [11] 姚志强,张德全,赵玉明.多宝山大型斑岩铜矿地质及成矿模式[A].赵一鸣,张德全.大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价[C].北京:地震出版社,1997,48-82.
- [12] 赵元艺,马志红,冯本智,等.多宝山铜矿床系统地球化学及找矿研究[M].长春:吉林人民出版社,1997,1-155.
- [13] 杜琦.多宝山斑岩铜矿床蚀变与矿化特征[J].地质学报,1980,4:310-323.
- [14] 杜琦.多宝山斑岩铜矿床[M].北京:地质出版社,1988.
- [15] 赵元艺,赵广江.黑龙江多宝山铜矿田稀土元素地球化学特征及多宝山铜矿床成因模式[J].吉林地质,1995,14(2):71-78.
- [16] 张炯飞,李之彤,金成洙.中国东北部地区埃达克岩及其成矿意义[J].岩石学报,2004,20(2):361-368.
- [17] 韩杰.内蒙古自治区四子王旗白乃庙铜矿床地质特征及成矿规律研究[R].内蒙古自治区一〇三地质队,1987.
- [18] 江思宏,聂凤军,刘妍,等.北山公婆泉斑岩型铜矿床地球化学特征研究[J].地质地球化学,2002,30(2):25-33.
- [19] 王大为,邹治平,李绍雄.甘肃公婆泉铜矿成矿地质特征及矿床成因[J].西北地质科学,1995,16(1):115-122.
- [20] 戴霜,任育智,程戡,等.公婆泉铜矿岛弧型含矿斑岩地质地球化学特征[J].兰州大学学报(自然科学版),2002,35(5):100-107.
- [21] 游小毛.甘肃公婆泉铜矿区斑岩岩浆起源及成岩成矿大地构造背景[J].大地构造与成矿学,1999,23(2):167-171.
- [22] 宋国立.内蒙乌努格吐山斑岩铜钼矿床地质特征[J].河北地质学院学报,1985(3):46-55.
- [23] 秦克章,王之田.内蒙古乌努格吐山铜-钼矿床稀土元素行为及意义[J].地质学报,1993,67(4):323-335.
- [24] 秦克章,李惠民,李伟实.内蒙古乌努格吐山斑岩铜钼矿床的成岩、成矿时代[J].地质评论,1999,45(2):180-185.
- [25] 王之田,秦克章.乌努格吐山下壳源斑岩铜钼矿床地质地球化学特征与成矿物质来源[J].矿床地质,1988,7(4):3-15.
- [26] 王之田,秦克章.REE在判别斑岩体含矿性上的应用[J].地质科技情报,1991,10(2):37-41.
- [27] 张海心.内蒙古乌努格吐山铜钼矿床地质特征及成矿模式[D].吉林大学,2006.
- [28] 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):256-260.
- [29] 张连昌,万博,李文铅,等.新疆吐哈盆地南缘铜矿带含矿斑岩的地球化学及形成环境[J].岩石学报,2006,22(1):225-235.
- [30] 何国琦,李茂松,刘德权,等.中国新疆古生代地壳演化及成矿[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994,177-208.
- [31] 张连昌,秦克章,英基丰,等.东天山土屋-延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系[J].岩石学报,2004,20(2):259-268.
- [32] 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):16-22.
- [33] 陈文明,曲晓明.论东天山土屋-延东(斑岩)铜矿的容矿岩.矿床地质,2002,21(4):331-340.
- [34] 方维萱,杨社锋,刘正桃,等.蒙古查干苏布尔加(Tsagaan Suvarga)大型斑岩型铜钼矿床含矿蚀变岩常量、微量和稀土元素地球化学特征及意义[J].中国稀土学报,2007,25(1):85-94.
- [35] Yasushi Watanabe, Holly J. Stein. Re-Os ages for the erdenet and Tsagaan Suvarga porphyry Cu-Mo deposits, Mongolia, and tectonic implications [J].Econ. Geo., 2000, 95: 1537-1542.
- [36] Bat-Erdene Khashgerel, Robert O. Rye, Jeffrey W. Hedenquist. Geology and reconnaissance stable isotope study of the Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au system, South Gobi, Mongolia [J]. Economic Geology, 2006, 101(3): 503-522.
- [37] 马德有.多宝山铜矿同位素地质特征[J].矿床地质,1984,3(1):47-51.
- [38] 江思宏,聂凤军,刘妍,等.北山公婆泉斑岩型铜矿床地球化学特征研究[J].地质地球化学,2002,30(2):25-33.
- [39] 芮宗瑶,刘玉琳,王龙生,等.新疆东天山斑岩型铜矿带及其大地构造格局[J].地质学报,2002,76(1):83-94.
- [40] 芮宗瑶,张洪涛,陈仁义.斑岩铜矿研究中若干问题探讨[J].矿床地质,2006,25(4):491-500.
- [41] 牛树根.华北地台北侧的古板块构造演化.地质科技情报,1993,12(1):17-21.
- [42] 李双林,迟效国,戚长谋.中国满洲里-绥芬河地学断面构造地球化学层与构造演化,地质地球化学,1996,(6):45-52.
- [43] 王喜臣,王训练,王琳,等.黑龙江多宝山超大型斑岩铜矿的成矿作用和后期改造[J].地质科学,2007,42(1):124-133.

Study on the Geological Characters of the Zhijian Bauxite Ore Deposit in Hena Province

HUANG Chao-yong¹, WENG Ji-chang^{1, 2}, LI Wen-zhi², LUO Ming-wei²,

LI Zhan-ming², CUI Bei-lei², WANG Hui-jun²

(1 No.2 Geoexploration Party of Henan Bureau of Geoexploration and Mineral Development, Xuchang, Henan 461000, China; 2 Henan Geological Survey, Zhengzhou 450007, China ;)

Abstract : Zhijian bauxite district is located in Shanmenxia- Xinan bauxite mineralization belt. Through geological exploration and comprehensive research on the deposit, it is suggested that the bauxite ore is in the top of Benxi Fm. Carboniferous System. The bauxite- bearing rock series have 3 sedimentary cycle and 4 lithology association type. The shallow ore bodies have funnel forms, their thickness change obviously. The funnels linked only by a very thin bauxite ore bed. And the thin bed change into thick stratified- like orebody, and the thickness is very stable. Zhijian bauxite deposit formed in the short regression period during the big scale seawater progressionstage in Carboniferous. The sediment of bauxite is a kind of high density detrital fluid sediment, the deposit belongs to sedimentary type.

Key words: bauxite; feature of bauxite- bearing rock series; orebody; ore feature; Henan Zhijian

Geochemical Features of the Typical Porphyry Copper Deposits in China- Mongolia Border and Its Neighbor Areas

TANG Wen-long, LI Jun-jian, WANG Guo-ming

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources; Tianjin 300170)

Abstract: According to the study on the porphyry copper deposits in China- Mongolia border region, the authors try to summarize and study the typical porphyry copper deposits in the Paleasian metallogenic domain through geochemistry method. It is suggested that: 1) the rocks in the region belonged to the series rocks of calc- alkaline to high- K calc- alkaline and low- aluminium. 2) The rocks show Chondrite- normalized REE patterns are oblique to right side and enriched in LREE, flat HREE distribution patterns with obvious Eu negative anomaly. The result of isotopes indicated that all of them are from mantle partial melting. 3) The deposits in this region are all formed in island- arc environment, and in the specific period of crustal evolution stage. The formation of the deposits have the characteristics of multi- epoch metallogenic, several sources and multi- tectonic movement. This study can help to hunt the big porphyry copper deposit ore in this region.

Key words: porphyry copper deposits ; geochemistry ; China- Mongolia border region