

东准噶尔蒙西斑岩型铜钼矿床地质地球化学特征

王 军¹ 聂风军² 刘 勇¹

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要:蒙西斑岩型铜钼矿床位于古亚洲洋成矿域准噶尔—南蒙古成矿带北塔山—琼河坝铜、镍、金、铁成矿区, 是东噶尔琼河坝矿集区有新突破的斑岩铜钼矿床之一。笔者从蒙西斑岩型铜钼矿床形成的地质背景、矿床地质特征和地球化学方面入手, 分析认为含矿斑岩主要为一套中晚志留世的中酸性岩石, 围岩为中—上奥陶统荒草坡群(O₂₋₃J₁), 是早古生代的斑岩铜矿, 而不是前人认为的晚古生代斑岩铜矿床。成矿期次主要分为黄铁矿—石英、黄铜矿—黄铁矿—石英和碳酸岩—石英 3 个阶段。矿石含 70% 多黄铁矿, 15% 的黄铜矿, 还有少量磁铁矿和辉钼矿。次生矿物有孔雀石、褐铁矿和蓝铜矿。矿石中矿物组合显示中—低温特征。元素地球化学特征表明, 蒙西铜钼矿床的岩石属高铝高钠钙碱性花岗斑岩, 大离子亲石元素 Sr、K、Rb、Ba、Th 等相对富集, 高场强元素 Nb、Ta、Hf 相对亏损。(Yb+Nb)-Rb 和 Y-Nb 判别图解表明岩石形成于火山弧。(R₁-R₂) 构造图解表明为同碰撞期花岗岩, 由此可以初步确认该地区主要侵入岩形成于同碰撞壳源参与的火山弧构造环境。所以蒙西斑岩型铜钼矿床的成矿构造属性为同碰撞期大陆岛弧, 说明了东准噶尔为早古生代存在构造—成矿作用。

关键词:蒙西斑岩型铜钼矿; 地质特征; 元素地球化学; 火山岛弧; 东准噶尔造山带

中图分类号: P618.41; P618.65 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)04-1151-11

蒙西斑岩型铜钼矿床是东准噶尔琼河坝矿集区有新突破的斑岩铜钼矿床之一, 矿床位于新疆维吾尔自治区伊吾县淖毛湖镇北东 60 km, 距中蒙边境仅 3 km, 构造上处于西伯利亚板块和哈萨克斯坦—准噶尔板块的接壤部位, 属天山—兴蒙造山系东准噶尔造山带内。在成矿区带上, 是古亚洲洋成矿域准噶尔—南蒙古成矿带北塔山—琼河坝铜、镍、金、铁成矿区。早在 20 世纪 80 年代末期, 原新疆地矿局地质六队、第二区域地质调查大队在该区开展矿产地质调查时, 发现了一些物化探异常和铜金矿化点, 被称为 202 斑岩铜矿床, 后来国家 305 项目在此研究时称为云英山斑岩铜矿, 2006 年新疆地矿局第一地质大队普查时称为蒙西斑岩型铜矿。先后有陈仁义^[1]、陈毓川^[2]、刘家远^[3,4]、王晓地^[5]、郭丽爽^[6]等对区内的淖毛湖北山金矿、云英山(蒙西)斑岩铜矿和铜华岭斑岩铜矿的成矿地质背景、矿床地质特征、矿床成因类型

和成矿远景进行了简要研究。特别是近几年通过与境外成矿地质特征的对比, 一致认为该区是斑岩铜矿床的有利成矿区。尤其是蒙古共和国塔林大型金矿和奥玉陶勒盖特大型铜金矿矿床^[7-10]的发现极大地推动了琼河坝地区矿产资源的勘查工作。相继发现了琼河坝、桑南、铜华岭、和尔赛铜钼矿床和一些其他类型铜金矿床^[1,2,9,11], 如绿石沟、天工石、灰西沟, 显示出琼河坝地区成矿和找矿的巨大潜力。但总体而言, 该区的地质研究程度较低, 如地层划分、侵入岩体的空间展布、斑岩体的形成时代和斑岩铜矿成矿时代和形成构造背景、成矿动力学和成矿区带划分等地质问题还缺乏系统深入的研究。这在一定程度上制约了东准噶尔琼河坝地区成矿规律研究和区域成矿预测工作, 影响了境内外成矿带的对比研究。因此, 本文以蒙西斑岩型铜钼矿床形成的地质背景、矿床地质特征和地球化学特征为基础, 初步总结蒙

收稿日期: 2009-05-10; 改回日期: 2010-06-07

基金项目: 国家科技支撑项目(2007BAB25B02)资助。

作者简介: 王军, 男, 1971 年生, 博士, 副研究员, 主要从事区域地质与成矿学研究; E-mail: wj257@126.com。

西斑岩型铜钼床的构造属性为同碰撞时期大陆岛弧,进而说明了东准噶尔有早古生代成矿地质作用存在。

1 区域地质背景

琼河坝地区构造上属于哈萨克斯坦—准噶尔板块古生代弧盆系中,出露地层有中—上奥陶统荒草坡群(O₂₋₃hcq)、下泥盆统托让格库都克组(D₁t)、下石炭统黑山头组(C₁h)、二叠系、侏罗系和第四系。

琼河坝地区岩浆活动较频繁,以中晚志留世、晚石炭世岩浆活动最为强烈,从基性到酸性岩均有,大多数为浅成侵入岩,南部为花岗岩岩基。中泥盆世和晚二叠世侵入岩零星发育。中晚志留世、晚石炭世岩浆活动与区内成矿关系密切。脉岩类型主要有闪长岩脉、闪长玢岩脉、辉绿岩脉、石英脉、花岗斑岩脉,脉体规模一般均较小,但在大岩基中的专属性基性岩脉个别规模较大,长可达2~3 km。石英脉在蒙西铜矿一带较发育,以细脉、细网脉为主,走向以近南北向为主,近东西向次之,局部石英脉具铜矿化、铁

锰矿化,这是地表寻找斑岩铜矿的主要标志。

东准噶尔琼河坝矿集区位于三塘湖盆地东南边缘,北界为阿尔曼断裂带,南界为卡拉麦里—莫钦乌拉断裂带。该矿集区经历了东准噶尔早古生代和晚古生代两期造山作用,形成了萨吾尔晚古生代岛弧^[12-16]和纸房—琼河坝早古生代大陆岛弧^[15-17],是斑岩成矿的有利地区。

2 矿床地质特征

蒙西斑岩铜钼矿床的含矿地层为中—上奥陶统荒草坡群(O₂₋₃hcq),该套地层由于受岩体侵蚀、断裂破坏和第四系覆盖,而出露不全,呈断块产出。原岩受强烈的接触变质作用,岩性主要为灰绿色—暗灰绿色变质晶屑凝灰岩、变质粉砂岩、变质粉砂质泥岩、石英片岩、变安山岩、长英质角岩等。该套地层倾向北,倾角60~75°。含矿岩体为中晚志留世侵入岩,由6个大致平行而形态不规则的岩枝组成,总体呈北西走向,长约2.85 km,宽约600 m,总面积约1.7 km²。单个岩枝长500~2300 m,宽40~60 m,走向

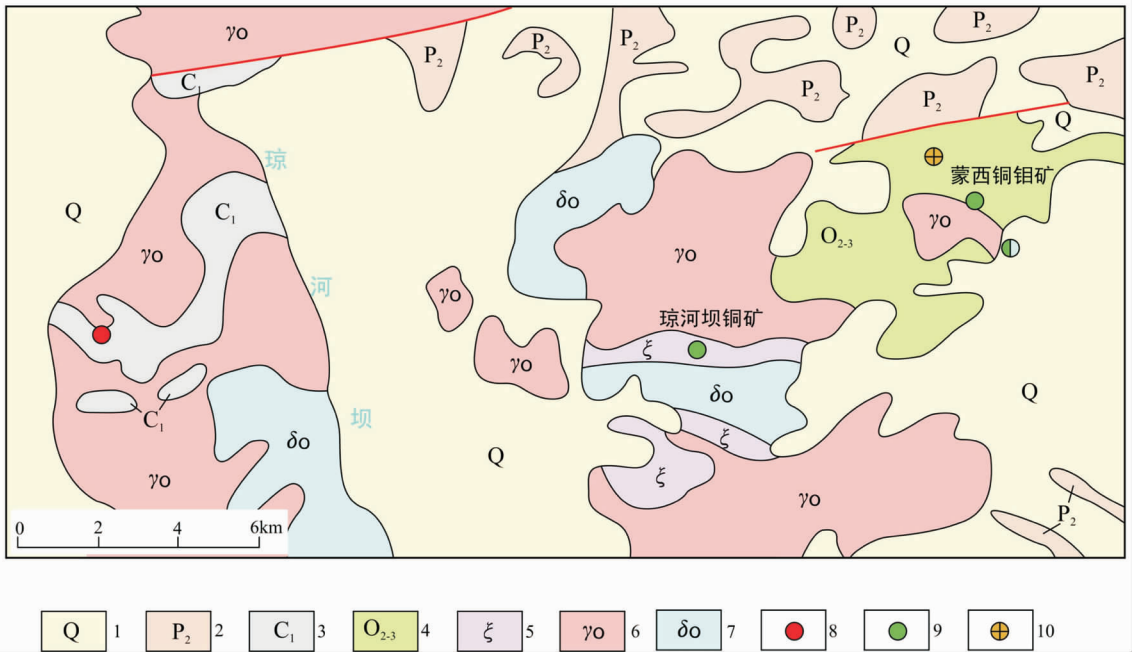


图1 蒙西铜钼矿地质图

- 1—第四系冲洪积物;2—上二叠统将军庙组;3—下石炭统黑山头组;4—中—上奥陶统荒草坡群;
- 5—钾长花岗岩;6—斜长花岗岩;7—石英闪长岩;8—铁矿;9—铜矿;10—金矿

Fig.1 Geological map of the Mengxi copper-molybdenum deposit

- 1-Quaternary alluvial-pluvial materials;2-Upper Permian Jianguanmiao Formation;
- 3-Lower Carboniferous Heishantou Formation;4-Middle - Upper Ordovician Huangchaope Group;
- 5-K-feldspar granite;6-Plagioclase granite;7-Quartz diorite;8-Iron;9-Copper;10-Gold

310°,倾向 40°,倾角 60~85°。侵入于中-上奥陶统荒草坡群(O₂₋₃hcq)中,又被晚石炭世细粒黑云花岗岩闪长岩侵入。岩性主要为中细粒闪长花岗岩、花岗斑岩和中细粒钾化英云闪长岩,属钙碱性岩浆系列。桑南铜矿和蒙西铜矿产于外接触带,说明岩体不仅是本区的主要含矿岩,而且为区域其他矿产的形成提供了物源和热源。

矿区内断裂构造较发育,以北东向压扭性断裂为主,次为北西向和东西向。区内较大的断裂有巴勒干廷哈尔山前断裂和云英山断裂。巴勒干廷哈尔山前断裂位于矿区最北部巴勒干廷哈尔山前,断裂以北为下石炭统黑山头组(C_{1h})地层和二叠纪侵入岩,以南为二叠纪地层。断裂主体走向近东西,向东延出境外。断裂带宽 200~300 m,倾向北,倾角 60~70°,为一逆冲断层,被后期断裂切割。断裂带内以碎裂岩为主,局部有次生石英岩。该断裂在航片上呈明显的线性特征,其形成时代为晚石炭世末期。云英山断裂位于矿区中部蒙西铜矿北侧,断裂以南为下石炭统黑山头组(C_{1h})、中-上奥陶统荒草坡群(O₂₋₃hcq)地层和志留纪、石炭纪侵入岩,以北为二叠系地层。断裂主体走向近东西,向东延出境外。断裂带宽 100~200 m,倾向北,倾角 40~50°,为一逆冲断层,被后期断裂切割。断裂带内以碎裂岩为主,该断裂在航片上亦呈明显的线性特征,其形成时代晚于早二叠世。

该矿床在基岩区内共圈出铜矿体 3 个,铜矿化体 9 个。地表矿体呈脉状,产于花岗斑岩体中。铜矿体长一般 80~190 m,最长 490 m,厚度一般 1~4 m,最厚 7.5 m。地表规模较大的矿体是 L12 矿体,另外在矿区南部覆盖区根据物化探异常和钻探圈出规模较大的隐伏矿体。

L12 号铜矿体:位于矿区西北部,呈脉状,地表长 490 m,宽 1.5~22 m,平均 7.5 m。含铜平均品位 0.60%。

隐伏矿体:位于矿区南部覆盖区,为斑岩体外接触带。根据物化探异常和钻探验证成果(图 2),矿化体长 1400~3000 m,宽 150~900 m,平均约 500 m。矿化体走向北东东,倾角 70~80°。

其中 ZK1401 孔全孔铜钼矿化,上部圈出 3 层铜矿体,累计视厚度 17.70 m,铜平均品位为 0.22%,钼平均品位 0.018%。下部圈出四层铜钼矿体,累计视厚度 53 m,铜平均品位 0.22%,钼品位 0.034%。ZK1402 孔也是全孔铜钼矿化,圈出 9 层铜钼矿体,

视厚度 7.8~70.74 m,累计视厚度 207.93 m。含铜品位 0.21%~0.43%,平均品位为 0.35%。含钼品位 0.01%~0.034%。

矿石特征:矿石中金属矿物以黄铁矿(占金属矿物总量的 70%)为主,次为黄铜矿(占金属矿物总量的 15%)、磁铁矿、辉钼矿。次生矿物有孔雀石、褐铁矿、蓝铜矿。脉石矿物为长石、石英、方解石、绢云母、绿泥石。矿石矿物组合显示中-低温的组合特征。黄铜矿:呈他形粒状,粒径 0.02~0.05 mm,多分布在石英颗粒间和黄铁矿边部。孔雀石:显微粒状、纤维状、束状集合体,粒径 0.01~0.05 mm,多分布于石英颗粒间,形成孔雀石石英脉。黄铁矿:半自形-他形晶,粒径 0.02~1.25 mm,变化较大。黄铁矿呈微细脉状,地表多已氧化成褐铁矿,呈胶状。蚀变岩矿石中黄铁矿多呈浸染-细脉状分布。石英:呈粒状,粒径 0.1~5 mm,内含较多杂质。小的呈显微粒状,极少部分呈隐晶质。绢云母和粘土矿物主要呈显微鳞片状集合体与硅质成分相伴,分布不均匀。

矿石结构构造:矿石结构有显微鳞片变晶结构、他形粒状结构、半自形-他形粒状结构,构造有团块状、细脉浸染状构造。绢云母和绿泥石呈显微鳞片集合体,定向排列。黄铜矿呈他形粒状、半自形-他形粒状结构状和细脉浸染状构造分布在矿石中。黄铜

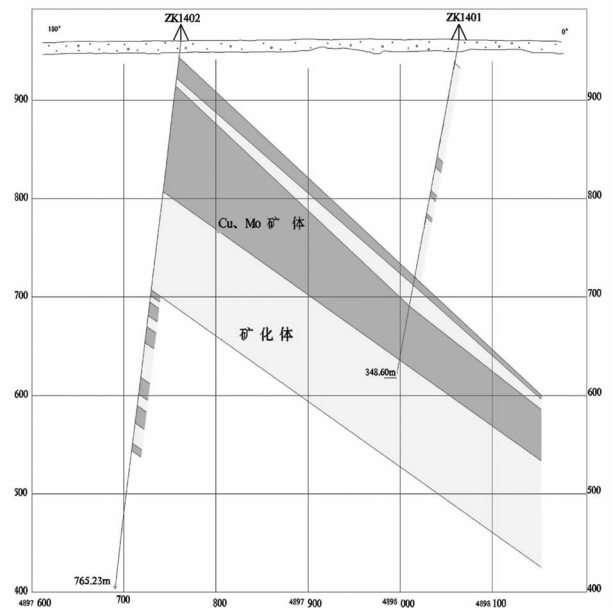


图 2 蒙西铜钼矿 14 号勘探线剖面图
Fig.2 Geological section along No.14 exploration line of the Mengxi Cu-Mo deposit

矿、黄铁矿呈团块状分布在矿石中。

成矿期次主要表现为黄铁矿-石英、黄铜矿-黄铁矿-石英和碳酸岩-石英 3 个阶段。黄铁矿-石英阶段:是矿化初期阶段。矿物共生组合为黄铁矿、绢云母、绿泥石、石英、方解石,没有铜矿物出现。黄铜矿-黄铁矿-石英阶段:是主成矿阶段。矿物共生组合为黄铁矿、黄铜矿、石英、绿泥石、绢云母,少量方解石。碳酸岩-石英阶段:是成矿期后阶段。矿物共生组合为石英、方解石、铁白云石、绿泥石、绢云母,为中低温矿床。

蚀变分带:矿体由内向外可划分 3 个蚀变带。内带为钾化带,主要为钾长石化、云英岩化,以发育钾长石脉为特征,含少量黑云母;中带为泥化带,发育绢英岩化、泥化、硅化。常叠加在钾化带之上,钾化与绢英岩化叠加部位为主要矿化地段;外带为青磐岩化带,主要有绿泥石化、绿帘石化、碳酸岩化。硅化主要由富含石英的原岩,经热水活化而引起。石英细脉状、网脉状,脉宽一般 1~10 mm,最宽达 10 cm,与铜矿化关系密切。绢云母化中的绢云母是主要区域变质矿物,但在矿化蚀变带中,与矿化体关系密切。它与石英、绿泥石紧密结合,呈微鳞片状集合体定向排列。黄铁矿化的矿物黄铁矿;呈半自形晶-他形粒状,局部呈自形晶,分布于矿化蚀变带中,粒径 0.02~1.00 mm,多沿裂隙分布,呈浸染状-细脉状分布,大多与硅化石英相伴。地表多氧化成褐铁矿。碳酸盐化

的主要矿物为方解石,少量铁白云石,多形成脉体,矿化明显减弱。一般脉宽 1~10 mm,最宽达 10 cm。

3 含矿斑岩岩石地球化学特征

蒙西铜钼矿床含矿斑岩岩石在 TAS 图解上大部分落入花岗闪长岩类(图 3),主量元素见表 1。岩石中 SiO_2 含量为 50.42%~66.89%,属于中酸性岩石, Al_2O_3 含量 14.28%~18.04%。A/CNK 值为 1.80~3.07,平均值为 2.13,大于 1.1,属高铝花岗岩。($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) 含量为 3.06~7.45%, Na_2O 为 2.84%~4.64%, K_2O 为 1.04~4.01%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为大部为 0.45,只有 2 个大于 1.12,显示富 Na 特征。斑岩里特曼指数 σ 值为 2.24~6.18 显示出钙碱性特征。 MgO 含量为 0.69%~3.41%; CaO 为 0.94%~2.84%, TFe 为 1.77%~5.09%, P_2O_5 为 0.0822%~0.41%。在 SiO_2 - K_2O 图解(图 4)中大部分落入到钙碱性系列。

含矿斑岩的 $\sum\text{REE}$ 为 50.29×10^{-6} ~ 122.77×10^{-6} ,变化范围较小,稀土含量见表 1,轻稀土含量为 31.74×10^{-6} ~ 76.56×10^{-6} ,重稀土含量为 13.95×10^{-6} ~ 46.28×10^{-6} ,轻稀土富集,重稀土含量低。 δEu 值为 0.85~1.05,只有 2 个大于 1.05,总体上表现为亏损和 Eu 负异常,说明岩体经过分异结晶(以斜长石的分异结晶为主后残余岩浆结晶的产物^[20-22]), δCe 为 0.85~1.05, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 1.13~3.09,平均为 2.26,表明轻稀土相对富集,轻、重稀土之间分馏相对明显, Eu

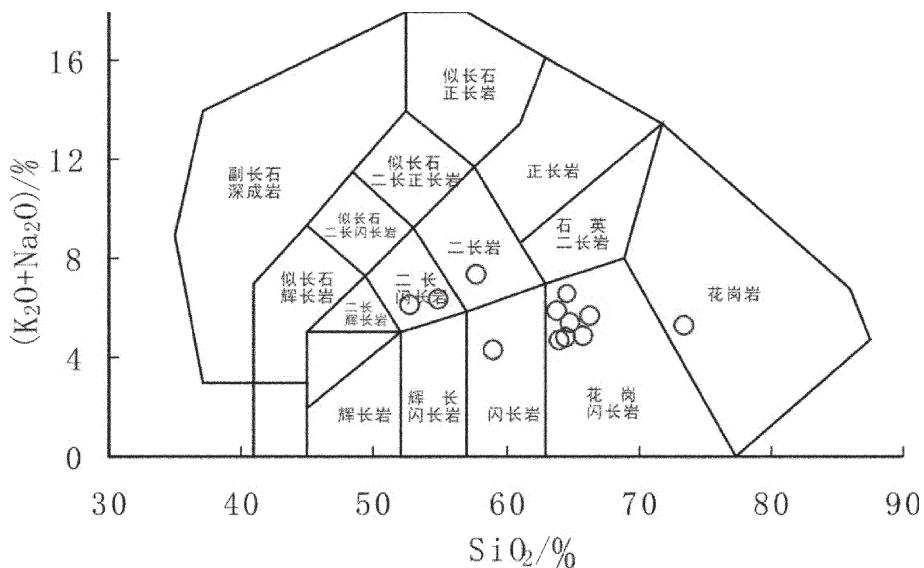


图 3 蒙西斑岩铜钼矿花岗岩 TAS 图

Fig.3 TAS diagram for granitoids of the Mengxi porphyry copper-molybdenum deposit

表 1 蒙西铜钼矿床含矿斑岩主量元素(%)、微量元素和稀土元素(10^{-6})分析结果
 Table 1 Major (%), trace and rare earth elements (10^{-6}) compositions of the Mengxi porphyry copper-molybdenum deposit

样号	MX-02	MX-04	MX-06	MX-07	MX-08	MX-09	MX-10	SN-01	SN-02	SN-03	HES-01	HES-04	HES-07	HES-08	HES-09
岩石名称	英云闪长岩	花岗斑岩	花岗斑岩	花岗斑岩	二长花岗岩	花岗斑岩	英云闪长岩	花岗斑岩	英云闪长岩	二长花岗岩	二长花岗岩	英云闪长岩	花岗斑岩	花岗斑岩	英云闪长岩
Al ₂ O ₃	14.37	18.04	16.53	15.06	15.56	15.82	15.88	16.95	17.05	14.49	16.25	15.97	16.31	15.57	15.32
CaO	2.96	1.41	4.03	4.17	4.25	3.98	4.11	5.69	5.95	7.37	3.26	3.52	3.23	5.68	7.11
Fe ₂ O ₃	1.82	6.36	2.43	3.39	2.95	3.46	2.93	4.86	4.43	1.01	1.62	1.57	1.37	1.52	0.75
FeO	1.62	2.08	2.08	2.26	1.98	1.01	1.19	4.49	4.92	1.6	1.86	1.8	1.76	1.22	1.44
K ₂ O	4.01	3.53	1.04	1.92	2	1.7	1.75	2.22	2.06	1.09	1.86	1.59	1.39	1.33	2.43
MgO	1.3	2.02	2.12	2.51	2.14	2.18	2.11	3.42	3.41	1.28	1.6	1.54	1.42	0.83	0.69
MnO	0.073	0.12	0.13	0.092	0.072	0.077	0.066	0.17	0.18	0.06	0.078	0.062	0.16	0.093	0.15
Na ₂ O	3	2.84	4.64	3.64	3.56	3.62	3.77	4.63	4.79	4.48	4.51	4.17	4.56	3.23	3.28
P ₂ O ₅	0.082	0.13	0.16	0.13	0.12	0.12	0.12	0.41	0.38	0.11	0.14	0.13	0.13	0.11	0.099
SiO ₂	69.32	56.5	64.16	64.4	65.88	65.35	65.9	53.1	53.44	60.54	65.39	67.08	66.15	64.75	62.55
TiO ₂	0.38	1.07	0.4	0.49	0.45	0.46	0.45	1.2	1.22	0.26	0.34	0.34	0.31	0.26	0.22
LOI	1.02	5.86	1.84	1.79	1.02	1.87	1.42	2.38	2.1	6.93	2.18	1.77	2.64	5.36	5.86
合计	99.96	100	99.56	99.85	99.98	99.65	99.7	99.52	99.93	99.22	99.09	99.54	99.43	99.95	99.9
K ₂ O/Na ₂ O	1.34	1.24	0.22	0.53	0.56	0.47	0.46	0.48	0.43	0.24	0.41	0.38	0.3	0.41	0.74
K ₂ O+Na ₂ O	7.01	6.37	5.68	5.56	5.56	5.32	5.52	6.85	6.85	5.57	6.37	5.76	5.95	4.56	5.71
La	11.3	15.6	6.18	11.3	9.15	11.8	9.8	13	13.9	10.2	8.37	8.74	8.21	10.4	10.6
Ce	23.9	30.4	12.6	24.9	19.2	24	17.8	32.5	33.2	20	16	16.4	15.9	21.5	21.8
Pr	2.79	3.79	1.93	2.97	2.34	2.88	2.39	4.08	4.12	2.2	2.17	2.08	2.08	2.36	2.45
Nd	11.6	16.1	8.41	12.3	9.74	11.4	9.68	18.6	19.3	8.64	8.94	8.17	8.47	9.5	9.47
Sm	2.66	3.95	1.94	2.93	2.24	2.45	2.1	4.77	4.64	1.73	1.9	1.71	1.65	1.88	1.76
Eu	0.68	1.16	0.68	0.75	0.72	0.71	0.67	1.45	1.4	0.62	0.63	0.63	0.56	0.62	0.73
Gd	3	4.11	2.05	3.23	2.75	2.72	2.42	5.67	5.67	1.74	2.11	1.91	1.72	1.86	2.02
Tb	0.47	0.62	0.32	0.52	0.44	0.42	0.38	0.79	0.8	0.23	0.29	0.25	0.25	0.25	0.28
Dy	2.93	3.97	1.93	3.2	2.74	2.59	2.36	4.79	4.86	1.32	1.67	1.5	1.49	1.54	1.69
Ho	0.59	0.77	0.38	0.69	0.58	0.53	0.49	1	1	0.27	0.33	0.3	0.28	0.29	0.32

续表 1

样号	MX-02	MX-04	MX-06	MX-07	MX-08	MX-09	MX-10	SN-01	SN-02	SN-03	HES-01	HES-04	HES-07	HES-08	HES-09
岩石名称	英云闪长岩	花岗岩	花岗岩	花岗岩	二长花岗岩	花岗岩	英云闪长岩	花岗岩	英云闪长岩	二长花岗岩	二长花岗岩	英云闪长岩	花岗岩	花岗岩	英云闪长岩
Er	1.82	2.32	1.12	2.05	1.75	1.56	1.54	2.77	2.82	0.8	0.97	0.91	0.85	0.83	1
Tm	0.26	0.34	0.18	0.31	0.27	0.23	0.24	0.41	0.41	0.12	0.14	0.13	0.13	0.14	0.16
Yb	1.82	2.27	1.19	2.31	1.96	1.74	1.67	2.65	2.75	0.85	1	0.92	0.89	0.94	1.14
Lu	0.28	0.34	0.18	0.36	0.31	0.26	0.25	0.41	0.4	0.13	0.15	0.15	0.14	0.15	0.18
Y	17.1	20.7	11.2	19.3	16.9	15	15	27.3	27.5	8.48	9.83	8.82	8.2	9.21	10.8
REE	81.2	106.44	50.29	87.12	71.09	78.29	66.79	119.95	122.77	57.33	54.5	52.62	50.82	61.47	64.4
LREE	52.93	71	31.74	55.15	43.39	53.24	42.44	74.4	76.56	43.39	38.01	37.73	36.87	46.26	46.81
HREE	28.27	35.44	18.55	31.97	27.7	25.05	24.35	45.55	46.21	13.94	16.49	14.89	13.95	15.21	17.59
Lr/HR	1.87	2	1.71	1.73	1.57	2.13	1.74	1.63	1.66	3.11	2.31	2.53	2.64	3.04	2.66
80Ge	1	0.93	0.85	1.01	0.97	0.96	0.86	1.05	1.03	0.99	0.88	0.9	0.9	1.02	1
δEu	0.74	0.88	1.04	0.75	0.89	0.84	0.91	0.87	0.83	1.09	0.96	1.07	1.02	1.01	1.18
Cu	28.7	0.15%	56.3	300	297	0.56%	0.29%	215	204	313	503	353	135	22.5	29.3
Zn	51.3	87.6	53.7	43.3	38.2	56.4	34.1	97.3	100	43.6	41.5	40.1	114	43.9	75.7
Rb	83.1	77.9	8.66	66	68.9	31.1	21.3	25.2	28.5	29.8	21.9	27.3	25.8	20.3	53.7
Sr	411	172	846	421	404	309	282	1011	1354	348	558	632	569	341	440
Zr	116	154	58.6	120	111	90.5	89.3	138	145	64.4	87	117	95.4	98.8	111
Nb	3.58	4.67	2.06	3.39	3.31	3.01	2.95	3.37	3.45	2.95	3.51	3.63	3.74	3.91	3.12
Ba	847	323	481	678	707	537	525	1007	1174	391	909	727	564	252	480
Hf	3.13	3.8	1.57	2.97	2.82	2.35	2.37	3.35	3.48	1.63	2.02	2.76	2.2	2.38	2.43
Ta	0.28	0.28	0.11	0.26	0.33	0.23	0.25	0.22	0.22	0.23	0.23	0.26	0.25	0.28	0.17
Pb	10.9	3.4	3.67	5.01	5.01	4.95	5.67	5.9	5.76	6.5	5.34	5.11	14.4	6.08	8.16
Th	4.79	2.77	0.25	2.81	2.88	2.29	2.29	2.24	2.39	1.81	1.18	1.4	1.27	1.6	1.34
U	1.29	1.78	0.23	1.03	0.83	1.61	0.93	0.76	0.81	1.34	0.43	0.54	0.45	0.84	0.42
Ag	0.262	0.636	0.184	0.243	0.006	1.76	2.89	0.116	0.136	0.216	0.275	0.171	0.199	0.053	0.212
Au	0.58	6.78	3.04	4.48	5.19	71.8	87.5	2.76	1.41	2.03	1.44	3.07	1.67	0.67	1.59
(La/Yb) _N	4.2	4.64	3.51	3.31	3.15	4.58	3.97	3.31	3.42	8.11	5.66	6.42	6.23	7.48	6.28
(La/Sm) _N	2.67	2.49	2.01	2.43	2.57	3.03	2.94	1.72	1.89	3.71	2.77	3.22	3.13	3.48	3.79
(Gd/Yb) _N	1.34	1.47	1.4	1.13	1.14	1.27	1.17	1.66	1.67	1.66	1.71	1.68	1.57	1.6	1.44

为 0.82~1.83, (La/Sm)_N 值较高 (3.15~8.11), 反映轻稀土的分馏相对明显; (Gd/Lu)_N 值较低 (1.72~2.79), 反映重稀土的分馏不明显; 岩体的稀土元素特征具有大陆边缘花岗岩类的一般特征^[23-26]。

相对于主量元素来说, 微量元素在岩浆上升过程中和岩石形成以后, 都比较稳定, 不易受到大陆地壳混染和后期蚀变的影响, 所以能更准确地反映岩浆来源和形成环境^[22,25-27]。微量元素含量见表 1, 在微量元素蛛网图(图 5)上, 蒙西铜钼矿床岩石具有相似的配分结构, 大离子亲石元素 Sr、K、Rb、Ba、Th 等相对富集, 高场强元素 Nb、Ta、Hf 相对亏损, 表现为富含壳源元素^[19-21,31], 与洋壳玄武岩相比亏损 Th、Nb, 与大洋岛弧相比亏损 P, 斑岩具有富 Pb 而贫 Ta 特征, 其曲线形态与大陆岛弧花岗岩很接近^[21-23,31], 说明蒙西斑岩铜钼矿形成大陆岛弧, 是斑岩铜矿的有利环境。

和典型的 Adakite 岩相比, 重稀土分异十分明显, La/Yb 往往大于 20, 而该地区的重稀土亏损不明显, La/Yb 却小于 20; 其他的地球化学特征与典型的 Adakite 岩相似。在 (Yb+Nb)-Rb 和 Y-Nb 判别图解中(图 6), 全部样品落入火山弧花岗岩区, 表明岩石形成于火山弧^[22,25-27,32]。在 R₁-R₂ 构造图解(图 7), 含矿花岗斑岩样品大部分落入同碰撞期花岗岩范围。综上所述可以初步得出该区域主要侵入岩形成的大地构造背景为同碰撞构造环境。压缩的

构造背景有利于斑岩矿床的形成, 与压缩作用有关的地壳增厚往往形成大型的斑岩矿床, 如智利的中部和北部地区、美国亚利桑纳州的西南部以及伊朗等地区的斑岩铜矿^[26,28,29,32], 说明琼河坝铜地区斑岩铜矿成矿潜力巨大。

4 结 论

(1) 区域地质特征说明蒙西斑岩铜钼矿位于东准噶尔早古生代弧盆系, 早古生代挤压造山作用下形成的。含矿斑岩主要为一套中晚志留世的中酸性岩石, 围岩为中-上奥陶统荒草坡群。蒙西斑岩铜矿床是早古生代的斑岩铜矿而不是前人认为的晚古生代斑岩铜矿床。

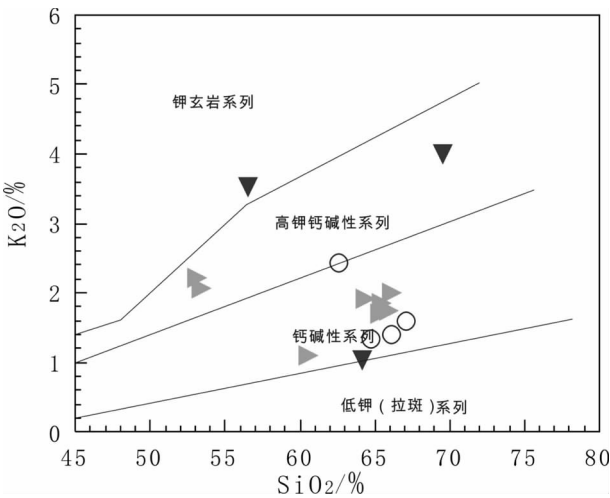


图 4 蒙西斑岩铜钼矿岩石 SiO₂-K₂O 图
Fig.4 SiO₂-K₂O diagram of the Mengxi porphyry copper-molybdenum deposit

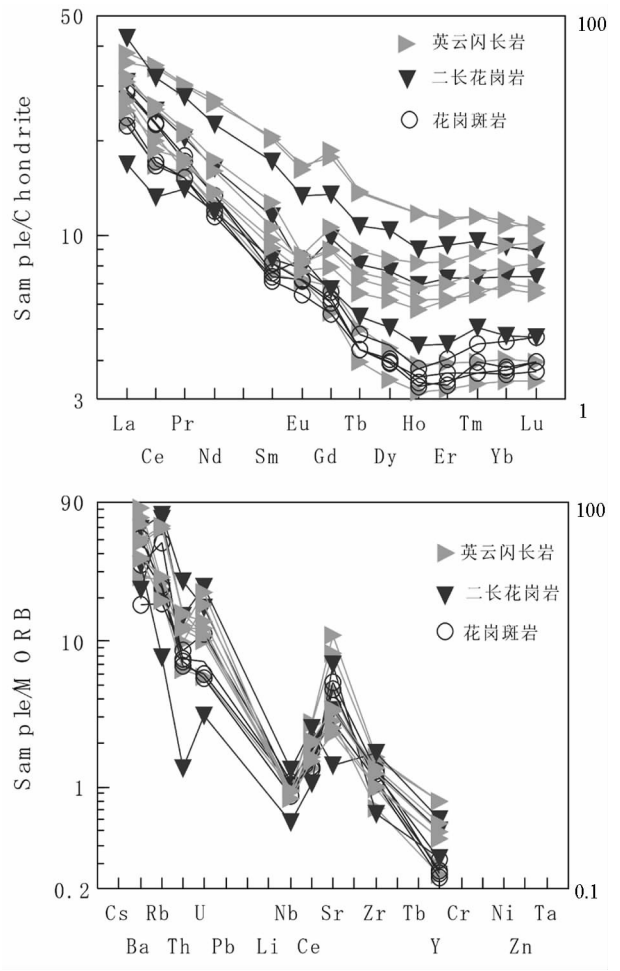


图 5 含矿斑岩稀土配分图及微量元素蛛网图
Fig.5 Chondrite-normalized REE patterns and MORB-normalized trace element spidergram for porphyries of selected ore deposits

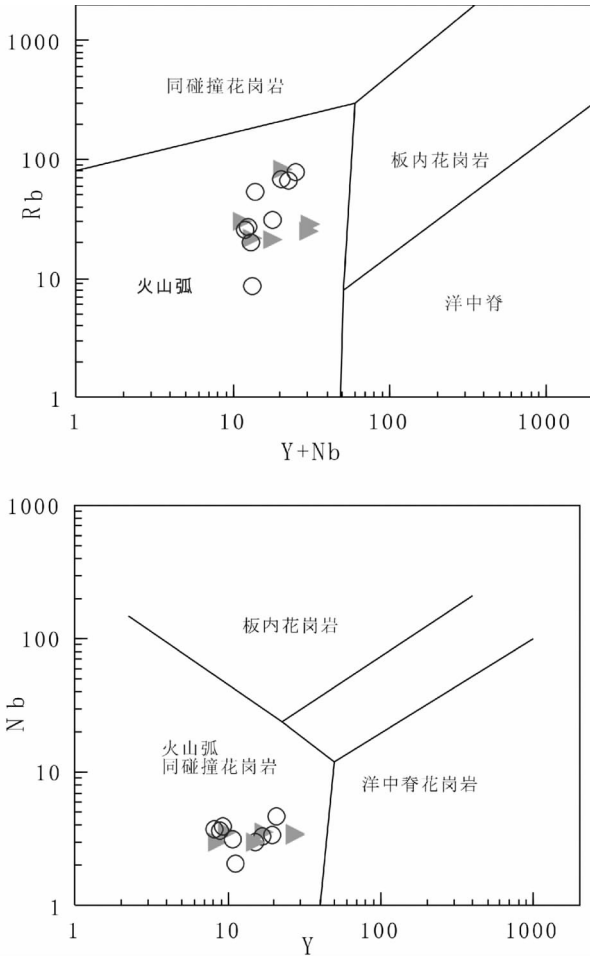


图6 花岗岩类 Rb-Y+Nb(a)和 Nb-Y(b)构造判别图
Fig.6 Tectonic discrimination diagram of Rb-Y+Nb (a) and Nb-Y(b) for granitoids (after Pearce et al.,1984)

(2)岩石地球化学元素特征表明,蒙西铜钼矿床的岩石属高铝高钠钙碱性花岗岩。轻稀土相对富集,轻、重稀土之间分馏相对明显。重稀土的分馏不明显,总体上表现为亏损和 Eu 负异常,岩体的稀土元素特征具有大陆边缘花岗岩类的一般特征。大离子亲石元素 Sr、K、Rb、Ba、Th 等相对富集,高场强元素 Nb、Ta、Hf、Ti 相对亏损。具有大陆岛弧花岗岩的特点。

(3) (Yb+Nb)-Rb 和 Y-Nb 判别图解说明蒙西斑岩铜钼矿形成火山弧花岗岩区, R₁-R₂ 构造图解表明蒙西斑岩铜钼矿形成同碰撞期花岗岩,可以初步得出该区域主要侵入岩形成的大地构造背景为同碰撞构造环境火山弧花岗岩。压缩的构造背景有利于斑岩矿床的形成。

(4)毗邻的蒙古 Oyu Tolgoi 特大型斑岩铜矿特

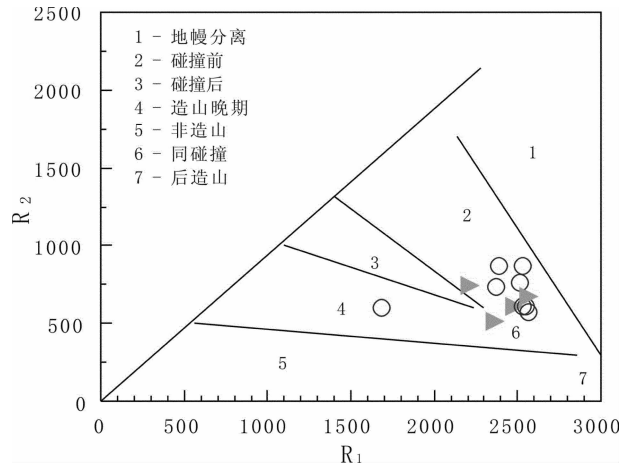


图7 R₁-R₂ 构造图解
Fig.7 R₁-R₂ tectonic discrimination diagram

征与东准噶尔蒙西斑岩铜矿床成矿地质特征相似,琼河坝铜地区斑岩铜矿成矿潜力巨大,蒙西斑岩铜钼矿床具有特大型矿床的潜力。

本文完稿后承蒙耿树方研究员审阅并提出宝贵意见,在此表示感谢!

谨以此文祝贺尊敬的导师李廷栋院士 80 华诞,祝导师健康长寿!

参考文献 (References):

[1] 陈仁义, 刘光海, 马义文. 新疆琼河坝铜金矿化地质特征及成因机理[J]. 地质与勘探, 1995, 31(1):26-31.
Chen Renyi, Liu Guanghai, Ma Yiwen. Geological characteristics and genetic mechanism of Cu-Au mineralization in Qionghaba, Xinjiang [J]. Geology and Prospecting, 1995, 31 (1):26-31 (in Chinese with English abstract).

[2] 陈毓川, 刘德权, 唐延龄, 等. 中国新疆战略性固体矿产大型矿集区研究[M]. 北京:地质出版社, 2007:156-171.
Chen Yuchuan, Liu Dequan, Tang Yanling, et al. Strategic Research on Large Scale Ore Concentration Areas of Solid Minerals in Xinjiang, China[m]. Beijing:Geological Publishing House, 2007: 156-171(in Chinese).

[3] 刘家远. 新疆伊吾县北山金矿区次火山斑岩型隐伏金矿预测研究 [J]. 地质与勘探, 2003, 39(3):9-13.
Liu jia yuan. Prediction of hidden gold deposits of the subvolcanic porphyry type in the Beishan gold mining area, Yiwu County, Xinjiang[J]. Geology and Prospecting, 2003,39(3):9-13(in Chinese with English abstract).

[4] 刘家远. 新疆伊吾县北山金矿床主要特征及其扩大找矿前景[J]. 桂林工学院学报, 2003, 23(3):251-257
Liu Jiayuan. Main characteristics and ore-prospecting vista of the Beishan gold deposit in Yiwu County, Xinjiang[J]. Journal of Guilin

- Engineering College, 2003, 23 (3):251-257 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王晓地, 刘德权, 唐延龄, 等. 伊吾县琼河坝地区斑岩铜矿床地质特征及远景评价[J]. 新疆地质, 2006, 24(4):398-404.
Wang Xiaodi, Liu Dequan, Tang Yanling, et al. Metallogenic characteristics and perspective of the porphyry copper in Qionghaba, Yiwu County [J]. Xinjiang Geol., 2006, 24 (4):398-404 (in Chinese with English abstract).
- [6] 郭丽爽, 张锐, 刘玉琳, 等. 新疆东准噶尔铜华岭中酸性侵入体锆石 U-Pb 年代学研究 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2009, 45 (5):819-824.
Guo Lishuang, Zhang Rui, Liu Yulin, et al. Zircon U-Pb age of Tonghualing intermediate-acid intrusions in Eastern Junggar, Xinjiang [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2009, 45(5):819-824 (in Chinese with English abstract).
- [7] 聂凤军, 江思宏, 张义, 等. 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.
Nie Fengjun, Jiang Sihong, Zhang Yi, et al. Geological features and origin of porphyry copper deposits in China-Mongolia border region and its neighboring areas [J]. Mineral Deposits, 2004, 23(2):176-189(in Chinese with English abstract).
- [8] 刘益康, 徐叶兵. 蒙古国 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿的勘查 [J]. 地质与勘探, 2003, 39(1):1-4.
Liu Yikang, Xu Yiebin. The prospecting and main features of Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au deposit in Mongolia [J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(1):1-4 (in Chinese with English abstract).
- [9] 韩宝福, 何国琦, 王式洸, 等. 新疆北部后碰撞幔源岩浆活动与陆壳纵向生长[J]. 地质论评, 1998, 44(4):396-406.
Han Baofu, He Guoqi, Wang Shiguang, et al. Postcollisional mantle-derived magmatism and vertical growth of the continental crust in North Xinjiang [J]. Geological Review, 1998, 44 (4):396-406 (in Chinese with English abstract).
- [10] 王福同, 冯京, 胡建卫, 等. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义[J]. 中国地质, 2001, 28(1):36-39.
Wang Futong, Feng Jing, Hu Jianwei, et al. Characteristics and significance of the Tuwu porphyry copper deposit, Xingjing [J]. Geology in China, 2001, 28(1):36-39(in Chinese).
- [11] 芮宗瑶, 王福同, 李恒海, 等. 新疆东天山斑岩铜矿带的新进展 [J]. 中国地质, 2001, 28(2):11-16.
Rui Zongyao, Wang Futong, Li Henghai, et al. Advance of the porphyry copper belt of the East Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. Geology in China, 2001, 28 (2):11-16 (in Chinese with English abstract).
- [12] 王福同, 庄道泽, 胡建伟, 等. 物探在新疆土屋地区铜矿找矿中的应用——兼谈斑岩铜矿藏分“三位一体”的找矿模式[J]. 中国地质, 2001, 28(3):40-46.
Wang Futong, Zhuang Daoze, Hu Jianwei, et al. Application of geophysical exploration method in the Tuwu area, Xinjiang——On the prospecting model of porphyry copper deposit [J]. Geology in China, 2001, 28(3):40-46(in Chinese).
- [13] 龙保林, 薛迎喜, 冯京, 等. 新疆东天山斑岩铜矿的找矿模型试探 [J]. 中国地质, 2001, 28(5):35-38.
Long Baolin, Xue Yingxi, Feng Jing, et al. Prospecting model of the porphyry copper deposits of East Tianshan, Xinjiang[J]. Geology in China, 2001, 28(5):35-38(in Chinese).
- [14] 杨文平, 张招崇, 周刚, 等. 阿尔泰铜矿带南缘希勒克特哈腊苏斑岩铜矿的发现及其意义[J]. 中国地质, 2005, 32(1):107-114.
Yang Wenping, Zhang Zhaochong, Zhou Gang, et al. Discovery of the Xileketehalsu porphyry copper deposit on the southern margin of the Altay copper metallogenic belt[J]. Geology in China, 2005, 32 (1):107-114(in Chinese with English abstract).
- [15] 李锦轶, 何国琦, 徐新, 等. 新疆北部及邻区地壳构造格架及其形成过程的初步探讨[J]. 地质学报, 2006, 80(1):148-168.
Li Jinyi, He Guoqi, Xu Xin, et al. Crustal tectonic framework of Northern Xinjiang and adjacent regions and its formation [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80 (1):148-168 (in Chinese with English abstract).
- [16] 李锦轶, 王克卓, 李亚萍, 等. 天山山脉地貌特征、地壳组成与地质演化[J]. 地质通报, 2006, 25(8):895-909.
Li Jinyi, Wang Kezhuo, Li Yaping, et al. Geomorphological features, crustal composition and geological evolution of the Tianshan mountains [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(8):895-909(in Chinese with English abstract).
- [17] 肖文交, 韩春明, 袁超, 等. 新疆北部石炭纪-二叠纪独特的构造-成矿作用: 对古亚洲洋构造域南部大地构造演化的制约[J]. 岩石学报, 2006, 22(5):1062-1076.
Xiao Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, et al. Unique Carboniferous-Permian tectonic-metallogenic framework of northern Xinjiang (NW China): constraints for the tectonics of the southern Paleasian domain [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (5):106-1076 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王书来, 王京彬, 彭省临, 等. 新疆可可塔勒铅锌矿成矿流体稀土元素地球化学特征[J]. 中国地质, 2004, 31(3):308-314.
Wang Shulai, Wang Jingbin, Peng Shenglin, et al. REE geochemistry of ore fluids in the Koktag lead-zinc deposit, Xinjiang[J]. Geology in China, 2004, 31 (3):308-314 (in Chinese with English abstract).
- [19] 何国琦, 李茂松, 周辉. 论大陆岩石圈形成过程中的克拉通化阶段[J]. 地学前缘, 2002, 9(4):217-224.
He Guoqi, Li Maosong, Zhou Hui. The stage of cratonization in the formation of continental lithosphere [J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9(4):217-224(in Chinese with English abstract).
- 陈富文, 何国琦, 李华芹. 论东天山罗塔格造山带的大地构造属性[J]. 中国地质, 2003, 30(04):361-366.
Chen Fuwen, He Guoqi, Li Huaqin. Tectonic attribute of the Qoltag orogenic belt in the East Tianshan Mountains, northwestern China[J]. Geology in China, 2003, 30(4):361-366(in Chinese with English abstract).
- [20] 秦克章, 方同辉, 王书来, 等. 吐哈盆地南缘古生代“天窗”卡拉塔格铜金矿化区的发现及其成矿潜力 [J]. 中国地质, 2001, 28

- (3): 16-23.
- Qin Kezhang, Fang Tonghui, Wang Shulai, et al. Discovery of the Kalatage Cu -Au mineralized district and its prospecting potentiality, Paleozoic window at the south margin of the Tu-Ha basin[J]. *Geology in China*, 2001, 28(3):16-23(in Chinese).
- [21] Chappell B W, White A J R. Two contrasting granite types [J]. *Pacific Geol.*, 1974, 8:173-174.
- [22] Cullers R L, Graf J L. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks-ore Petrogenesis[C] //Rare Earth Element Geochemistry., Amsterdam: Elsevier 1984, 275-308.
- [23] Brown G C, Thorpe R S, Webb P C. The geochemical characteristics of gneissoids in contrasting arc and comments on magma sources [J]. *Journal of Geological Society*, 1984, 141:413-426.
- [24] Cornell D H, Shutte S S, Eglinton B L. The Ongeluk basaltic andesite formation in Grigualancl West, South Africa: submarine alteration in a 2222 Ma Proterozoic sea [J]. *Precambrian Research*, 1996, 79:101-123.
- [25] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes [C] //Saunders A D and Norry M J (eds). *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society of Special Publications 42. 1989:313-345.
- [26] Pearce J A, Lippard S J, Roberts S. Characteristics and tectonic significance of suprasubduction zone ophiolites [C] //Kokelaar B P, Howells M F. *Marginal Basin Geology*. Oxford: Blackwell, Geol. Soc. Spec. Publ., 1984, 16:77-94.
- [27] Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies [C] //Henderson P. (ed.). *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 1984, 63-114.
- [28] Wood D A. A variably-veined sub-oceanic upper mantle: genetic significance for mid-ocean ridge basalts from geochemical evidence [J]. *Geology*, 1979, 7:499-503.
- [29] Norman M D, Leeman W P. Open-system magmatic evolution of andesites and basalts from the Salmon Creek volcanics, southwestern Idaho U.S.A. [J]. *Chemical Geology*, 1990, 81 (3): 167-189.
- [30] 赵振华. 微量元素地球化学原理 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 114-184.
- Zhao Zhenhua. *Geochemical Principle of the Trace Elements* [M]. Beijing: Science Press, 1997: 122-125 (in Chinese).
- [31] 邓晋福, 罗照华, 苏尚国, 等. 岩石成因、构造环境与成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- Deng Jinfu, Luo Zhaohua, Su Shangguo, et al. *Lithogenesis, Tectonic Setting and Ore Deposition* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004 (in Chinese).
- [32] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic of granitic rocks [J]. *J. Petrol.*, 1984, 25: 956-983.
- [33] 肖庆辉, 卢欣祥, 王菲, 等. 柴达木北缘鹰峰环斑花岗岩的时代及地质意义 [J]. *中国科学(D辑)*, 2003, 33(12):1194-1200.
- Xiao Qinghui, Lu Xinxiang, Wang Fei, et al. Geochronological studies of rapakivi granites in north of Qaidam basin and its geological implications [J]. *Science in China (Series D)*, 2003, 33 (12):1193-1200 (in Chinese).
- [34] 聂凤军, 江思宏, 张义, 等. 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.
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Zhang Yi, et al. Geological features and origin of porphyry copper deposits in China-Mongolia border region and its neighboring areas [J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23(2): 176-189 (in Chinese with English abstract).

Geological and geochemical characteristics and geological implications of the Mengxi porphyry copper–molybdenum deposit in East Junggar region

WANG Jun¹, NIE Feng–jun², LIU Yong¹

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*; 2. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*)

Abstract: The Mengxi porphyry copper–molybdenum deposit is located in the Beitashan–Qiongheba copper, nickel, gold and iron ore district of the Junggar–Southern Mongolia metallogenic belt within the Paleo–Asian oceanic metallogenic domain. Based on an analysis of the geological background as well as geological and geochemical features of this region, the authors hold that the ore–bearing porphyry consists mainly of Middle–Late Silurian intermediate–acid rocks, with the wall rocks being Middle–Upper Ordovician Huangcaopo Group ($O_{2-3}hcq$), and the ore deposit is an Early Paleozoic porphyry copper deposit instead of a Late Paleozoic porphyry copper deposit considered by previous researchers. The ore–forming process can be divided into three stages, i.e., the pyrite–quartz stage, the chalcopyrite–pyrite–quartz stage, and the carbonate rock–quartz stage. Metallic mineral ores include more than 70% pyrite, 15% chalcopyrite, and a small amount of magnetite and molybdenite. Secondary minerals are malachite, limonite, and blue copper ore. The mineral assemblages are mainly of medium–low temperature. Element geochemical features show that rocks of the copper–molybdenum deposit are Al–high, Na–high calc–alkaline granite relatively enriched in ion lithophile elements Sr, K, Rb, Ba, Th and depleted in high–field strength elements Nb, Ta, Hf, Ti. The discrimination diagrams of $(Yb + Nb)–Rb$ and $Y–Nb$ show that the rocks were formed in a volcanic arc. The $(R1–R2)$ structural diagram suggests syn–collisional granite. It is thus concluded that the main intrusive rocks in the region resulted from the participation of volcanic arc crustal collision in the tectonic setting, and that the structure in the Mengxi porphyry copper–molybdenum deposit is a syn–collisional continental island arc.

Key words: Mengxi Cu–Mo porphyry copper deposit; geological features; element geochemistry; magmatic arc; East Junggar orogenic belt

About the first author: WANG Jun, male, born in 1971, doctor, mainly engages in the study of regional geology and metallogenesis; E–mail: wj257@126.com.