

文章编号 10258-7106 (2009) 01-0073-10

新疆伊吾琼河坝地区铜、金矿成矿时代 及其找矿前景*

王登红¹ 李华芹² 应立娟¹ 梅玉萍² , 初振利³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037 ;

2 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443005 ; 3 新疆伊吾县国土资源局, 新疆 伊吾 839000)

摘 要 文章采用高分辨率、高灵敏度离子探针(SHRIMP)和 Rb-Sr 等时线定年技术, 对新疆伊吾琼河坝地区的云英山斑岩铜矿和淖毛湖北山金矿床的岩体和矿体进行了年代学研究, 获得云英山斑岩铜矿区内斜长花岗斑岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $(411.7 \pm 7.1) \text{ Ma}$ (95% 置信度, MSWD=3.0), 该矿床的含矿石英脉石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄为 $(357 \pm 15) \text{ Ma}$ (95% 置信度, MSWD=0.16), 淖毛湖北山金矿含矿石英脉中石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄为 $(346 \pm 10) \text{ Ma}$ (95% 置信度, MSWD=0.19)。测定结果显示, 该区斑岩型铜矿和破碎带蚀变岩型金矿的形成时间为晚泥盆世—早石炭世, 表明云英山式斑岩型铜金矿和淖毛湖式金矿成矿作用与泥盆纪—石炭纪汇聚阶段的火山-次火山岩浆活动有关, 也意味着在琼河坝地区具有寻找与火山作用有关的铜、金多金属矿的潜力。

关键词 地球化学, 年龄测定, 铜金矿床, 伊吾琼河坝, 新疆

中图分类号: P618.41, P618.51

文献标志码: A

Copper and gold metallogenic epoch and prospecting potential in Qionghaba area of Yiwu County, Xinjiang

WANG DengHong¹, LI HuaQin², YING LiJuan¹, MEI YuPing² and CHU ZhenLi³

(1 MRL Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443005, Hubei, China; 3 Yiwu Bureau of Land and Mineral Resources, Yiwu 839000, Xinjiang, China)

Abstract

Chronological studies of rock bodies and ore bodies in the Yunyingshan porphyry copper deposit and the Beishan gold deposit of Naomaohu district in Qionghaba area, Yiwu of Xinjiang, were performed by SHRIMP and Rb-Sr dating in this paper. The dating data obtained show that the SHRIMP U-Pb age of zircon from plagiogranite porphyry in the Yunyingshan porphyry copper deposit is $(412 \pm 7) \text{ Ma}$ (with 95% of credibility, MSWD=3.0), and Rb-Sr isochron age of quartz from ore-bearing quartz vein is $(357 \pm 15) \text{ Ma}$ (with 95% of credibility, MSWD=0.16), whereas Rb-Sr isochron age of quartz from ore-bearing quartz vein in the Beishan gold deposit of Naomaohu is $(346 \pm 10) \text{ Ma}$ (with 95% of credibility, MSWD=0.19). The above ages indicate that porphyry copper deposits and gold deposits of the fracture zone altered rock type were formed in Late Devo-

* 本文得到国家 305 项目“新疆成矿体系研究与资源潜力评估”(编号 2006BAB07B08-01)、“我国重要矿产和区域成矿规律研究”项目(编号:1212010633903)中国地质大调查“我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估”(编号 200420190004)和“中国成矿体系综合研究”项目(编号:1212010634002)的联合资助

第一作者简介 王登红,男,1967 年生,研究员,博士生导师,主要从事矿产资源研究。Email: wangdenghong@sina.com

收稿日期 2008-04-22 ; 改回日期 2008-11-05。李岩编辑。

nian and Early Carboniferous. Mineralizations of porphyry copper-gold deposits of Yunyingshan style and gold deposits of Naomaohu style were related to volcanic and sub-volcanic magmatic activities during the convergent stage of Devonian-Carboniferous period. It is also held that it is promising to explore copper and gold polymetallic deposits in Qionghaba area.

Key words: geochemistry, geochronology, copper-gold deposit, Qionghaba area of Yiwu County, Xinjiang

伊吾琼河坝铜金成矿区,是东准噶尔铜金成矿带新发现的重要成矿区之一,在地理位置上与蒙古和俄罗斯相邻,处于阿尔泰造山带与天山造山带交汇部位。近年来,通过与境外成矿地质特征的对比,普遍认为成矿条件较好,尤其是蒙古共和国一些重要矿床的发现[如塔林金矿和奥尤陶勒盖(Oyu Tolgoi)铜金矿。聂凤军等,2000],推动了对琼河坝地区矿产资源的勘查工作。

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^①在该区开展矿产地质调查时,先后发现了一些物化探异常和铜金矿化点(床)。近十余年来,陈仁义等(1995)、刘家远(2003a,2003b)、刘德权等(2005)、王晓地等(2006)和陈毓川等(2007),对区内的淖毛湖北山金矿和云英山斑岩铜矿的成矿地质背景、矿床地质特征、矿床成因类型及成因机理和成矿远景评价进行了研究。但从总体而言,该区的地质矿产勘查与研究程度仍较低,而同位素地质年代学的研究尚属空白。笔者在前人研究的基础上,对该区铜金矿床的形成时代进行了厘定,其研究成果对进一步总结东准噶尔铜金成矿带的成矿规律,以及开展区域成矿预测和找矿评价都有重要意义。

琼河坝矿区位于新疆东北部,构造上属于哈萨克—准噶尔板块古生代弧盆系(陈毓川等,2007)。区内出露地层以泥盆纪沉积岩和石炭纪沉积岩为主,奥陶系和志留系次之。侵入岩类以斜长花岗岩、花岗闪长岩为主,并常见碱长花岗岩和碱性花岗岩类小侵入体。

1 矿床地质特征

1.1 云英山斑岩铜矿床

矿床位于北塔山-琼河坝晚古生代火山岛弧带东端额仁山复背斜轴部(陈毓川等,2007),矿区内出露地层主要为下泥盆统托让库都克钙质砂岩、凝灰

质砂岩和第四系。云英山斜长花岗斑岩体侵位于下泥盆统中,主要断裂为北西向压扭性断裂,并控制矿区内斑岩体的分布(图1)。

斜长花岗斑岩体及其围岩蚀变强烈。主要为钾长石化、云英岩化、泥化、硅化和青磐岩化,并具明显的蚀变分带特征。矿化体呈浸染状产于花岗斑岩体内。矿石中Cu含量一般为0.2%,最高为1.29%。以大型斑岩铜矿边界品位0.2%为标准共圈定出矿体12个、矿化体13个。其矿石类型以星散浸染型为主,细脉浸染型次之。主要含铜矿物为黄铜矿、辉铜矿、孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿和胆矾等,非金属矿物主要有长石、石英、黑云母、绢云母和磷灰石等。

1.2 淖毛湖北山金矿床

北山金矿区大地构造位置处于西伯利亚板块南缘的和布克-三塘湖晚古生代早期岛弧东段,淖毛湖早石炭世陆相火山盆地的北部外缘(刘家远,2003b)。矿区出露地层主要为下泥盆统卓木巴斯套第二亚组中酸性火山碎屑岩及第三系和第四系。赋矿地层为下泥盆统卓木巴斯套第二亚组,其主要岩石组合为硅化英安质凝灰岩、安山质凝灰岩。矿区岩浆岩主要为华力西期,多呈岩钟、岩枝和岩脉等。主要岩石类型为细粒闪长岩、闪长玢岩、辉绿玢岩等。次有石英闪长岩、花岗岩和安山玢岩等(图2),矿区构造以断裂为主,其中以NWW—NW组为主,构成了矿区构造基本格局。具有工业意义的金矿化主要集中分布在矿区东部,矿区西部仅见2条矿脉,矿体均呈脉状产出。矿区内共发现9条矿带和26个矿体。其中以Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ及Ⅸ号矿带规模较大。按矿石的矿物组成,可将矿石划分为5个自然类型,即黄铁绢英岩型、石英脉型、多金属硫化物型、碳酸盐脉型和斜长细晶岩型,其中黄铁绢英岩型和石英脉型最具有工业价值。矿石结构以自形-他形结构为主,矿石构造主要为星点浸染状构造,次为块状和条带状构造,矿石矿物主要有自然金、黄铁矿,脉石矿物以石英、绢云母、方解石为主。主要蚀变类

① 白光群. 1990. 伊吾琼河坝地区斑岩铜矿远景评价研究报告. 新疆地质矿产局第二区域地质调查大队.

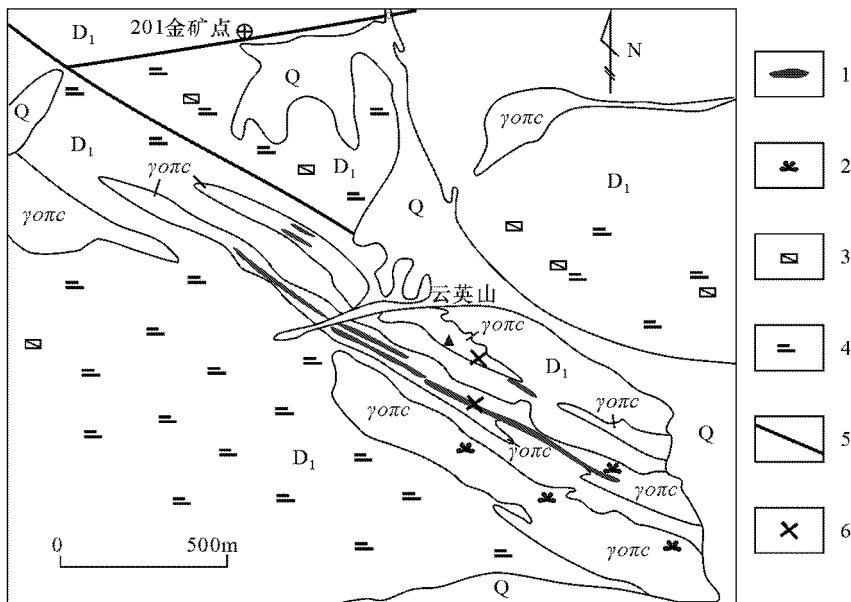


图 1 伊吾琼河坝云英山斑岩铜矿地质图(陈毓川等 2007)

Q—第四系;D₁—下泥盆统托让科库都克组;γop—斜长花岗斑岩体;1—铜矿化体;2—孔雀石化;
3—褐铁矿化;4—绢云母化;5—断层;6—采样位置

Fig. 1 Geological map of the Yunyingshan porphyry copper deposit in Qionghaba (after Chen et al., 2007)

Q—Quaternary; D₁—Lower Devonian Tuorankuduke Formation; γop—Plagiogranite porphyry; 1—Copper mineralized body; 2—Malachite mineralization; 3—Limonite mineralization; 4—Sericitization; 5—Fault; 6—Sampling location

型有硅化、黄铁矿化、绢云母化、高岭石化、碳酸盐化。其中与金矿化关系最为密切的是硅化、黄铁矿化和绢云母化等。

2 样品及测定方法

云英山斜长花岗斑岩体(YYS)SHRIMP 锆石 U-Pb 定年样品采自钻孔 ZK604 内的斜长花岗斑岩体,其位置为北纬 44°11.800',东经 95°18.291'(手持式 GPS 测定,下同)(见图 1)。岩石呈肉红色,具微晶斑状结构、块状构造。主要矿物成分为:斜长石 47%~50%,钾长石 10%~25%,石英 20%~24%,黑云母<3%。斑晶以石英和斜长石为主,钾长石次之,从野外采集的样品中分离出纯净锆石作为测年对象。

云英山斑岩铜矿床测年样品(WTO)为细脉浸染状矿石中的含铜石英脉,样品采自新疆物探队 2002 年的钻孔岩心,孔位北纬 44°11.902',东经 95°18.152'(见图 1)。淖毛湖北山金矿定年样品(NMH)采自矿区东部的 IV 号矿体采坑,采样位置为北纬 43°56.952',东经 95°10.799',矿石类型属于含金石英脉型(见图 2)。从采集的 2 个矿石样品中,分

离出纯净的石英作为测年对象。

2.1 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年方法

SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分析方法,采用宋彪等(2002)所报道的实验流程。按常规方法分选出晶形完好、无裂纹和包体少的锆石颗粒,与标准锆石样品(TEM)一起粘接在环氧树脂靶上。在年龄分析之前,对样品靶上的待测锆石进行透射光、反射光和阴极发光图像分析,据此选定被测锆石微区分析的靶位。锆石微区原位 U-Pb 同位素定年在离子探针中心的 SHRIMP II 仪器上完成。对测定结果用 SHRIMP 定年标准物质对 U-Th 和 Pb 含量及年龄做了校正。

2.2 Rb-Sr 定年分析方法

石英 Rb-Sr 等时线年龄测定方法采用李华芹等(1998)所报道的流程。Rb-Sr 含量及同位素比值采用同位素稀释法和质谱直接测定。同位素分析在宜昌地质矿产研究所同位素实验室的 MAT-261 可调多接受固体质谱计上完成。用国际标准物质 NBS987 监控仪器工作状态,用 NBS607 和 Rb-Sr 年龄国家一级标准物质(G13W0411)监控分析流程,全部化学操作均在净化实验室内进行,与样品同时测定的 Rb-Sr 全流程空白为 0.3 ng 和 0.5 ng,上述标

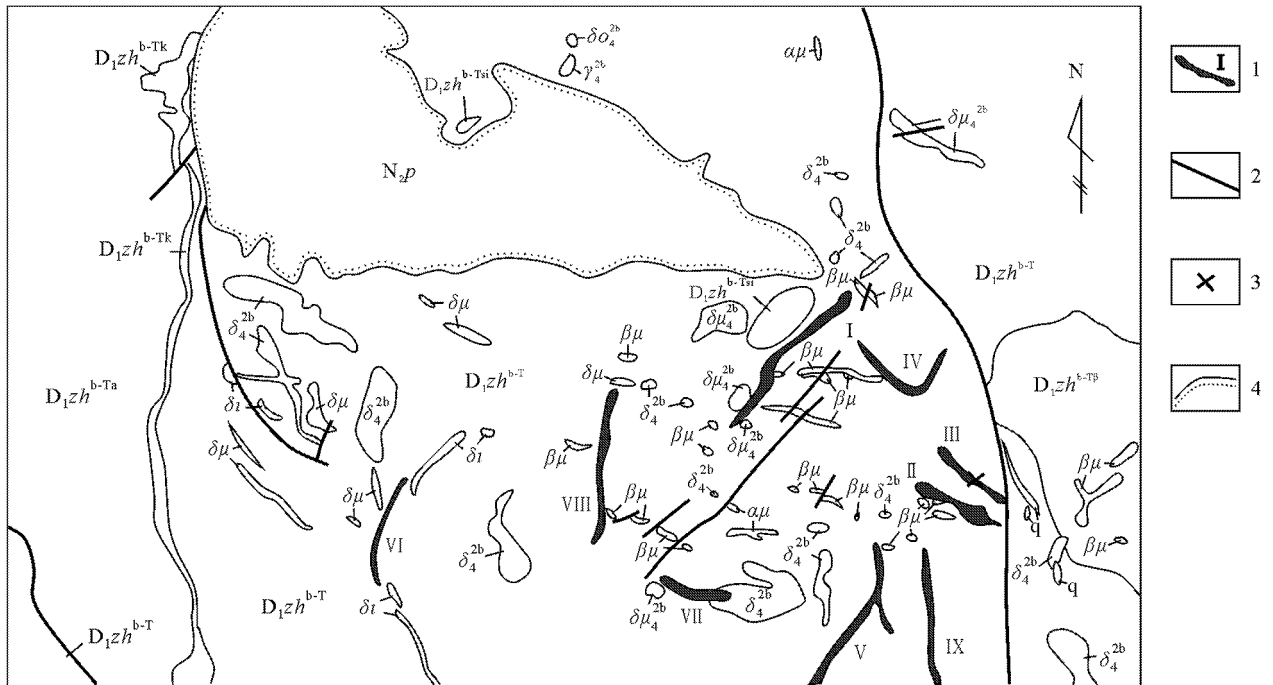


图 2 伊吾北山金矿区地质简图(刘家远, 2003a。作者注, 引用原图无比例尺)

N_2p —第三系上新统葡萄沟组橙黄色粉砂质泥岩、灰白色粘土岩; D_1zh^{b-Tsi} —下泥盆统卓木巴斯套组第二亚组硅化英安质凝灰岩; D_1zh^{b-T} —下泥盆统卓木巴斯套组第二亚组英安质凝灰岩; D_1zh^{b-Ta} —下泥盆统卓木巴斯套组第二亚组安山质凝灰岩; D_1zh^{b-Tr} —下泥盆统卓木巴斯套组第二亚组玄武质晶屑凝灰岩; D_1zh^{b-Tk} —下泥盆统卓木巴斯套组第二亚组凝灰质结晶灰岩; γ_4^{2b} —华里西中期第二侵入次花岗岩; $\delta\alpha_4^{2b}$ —华里西晚期第二侵入次石英闪长岩; δ_4^{2b} —华里西晚期第二侵入次闪长岩; $\delta\mu_4^{2b}$ —华里西晚期第二侵入次闪长玢岩; $\beta\mu$ —辉绿玢岩; $\delta\mu$ —中性岩; $q\mu$ —安山玢岩; δc —斜长细晶岩; q —石英脉; 1—金矿带及主矿体编号; 2—断层; 3—采样位置; 4—不整合面

Fig. 2 Geological sketch map of the Beishan gold deposit in Yiwu (after Liu, 2003a)

N_2p —Orange silty mudstone and grayish white clay rock in Pliocene Pliocene Putaogou Formation; D_1zh^{b-Tsi} —Silicified dacitic tuff in 2nd Sub-formation of Lower Devonian Zhuomubasitao Formation; D_1zh^{b-T} —Dacitic tuff in 2nd Sub-formation of Lower Devonian Zhuomubasitao Formation; D_1zh^{b-Ta} —Andesitic tuff in 2nd Sub-formation of Lower Devonian Zhuomubasitao Formation; D_1zh^{b-Tr} —Basaltic crystal tuff in 2nd Sub-formation of Lower Devonian Zhuomubasitao Formation; D_1zh^{b-Tk} —Tuffaceous crystalline limestone in 2nd Sub-formation of Lower Devonian Zhuomubasitao Formation; γ_4^{2b} —Second intrusive granite in Middle Variscan orogeny; $\delta\alpha_4^{2b}$ —Second intrusive quartz diorite in Late Variscan orogeny; δ_4^{2b} —Second intrusive diorite in Late Variscan orogeny; $\delta\mu_4^{2b}$ —Second intrusive diorite porphyrite in Late Variscan orogeny; $\beta\mu$ —Diabase-porphryrite; $\delta\mu$ —Intermediate rock; $q\mu$ —Andesitic porphyrite; δc —Plagioclite; q —Quartz vein; 1—Gold ore belt and serial number of the main ore body; 2—Fault; 3—Sampling location; 4—Unconformity

准物质多次测定的平均值分别为 NBS987: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值为 0.71025 ± 0.00006 (2σ); NBS607: Rb 为 523.22×10^{-6} , Sr 为 65.56×10^{-6} , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 1.20035 ± 0.00010 (2σ); G13W0411: Rb 为 249.08×10^{-6} , Sr 为 158.39×10^{-6} , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.76006 ± 0.00015 (2σ), 等时线年龄计算的设定误差: $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} = 3\%$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.01\%$ 。

3 测定结果

3.1 云英山斑岩铜矿床

3.1.1 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄

表 1 列出了云英山斜长花岗斑岩体 (YYS) 锆石

SHRIMP U-Pb 年龄测定数据, 图 3 为被测锆石的阴极发光 (CL) 图像及测定点位和相应的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值的视年龄。由表 1 数据可以看出, 所有测定点的 Th/U 比值除 YYS-2-7.1 异常外, 其余的均分布在 0.19~0.38 之间。在阴极发光图像中, 被测锆石内部均显示较清晰的韵律环带结构 (图 3), 表明为典型的岩浆结晶锆石。除测点 YYS-2-6.1 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值年龄 (363 Ma) 较其他测点的明显偏低外, 其余 11 个样品的变化范围均在 400~430 Ma 之间, 在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上均投影在谐和线上或其附近 (图 4)。这一特征也指示被测锆石未遭受明显的后期热事件的影响。11 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值年龄的加权平均值为 $(411.7 \pm 7.1) \text{Ma}$ (95% 置

表 1 新疆云英山斑岩铜矿区斜长花岗斑岩锆石测年数据

Table 1 SHRIMP dating of plagio-granite porphyry from the Yunyingshan porphyry copper deposit in Xinjiang								
测点	$^{206}\text{Pb}_c^*/\%$	$w_{\text{U}}/10^{-6}$	$w_{\text{Th}}/10^{-6}$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^{**}/10^{-6}$	$^{206}\text{Pb}^{**}/^{238}\text{U}$ 年龄	$^{207}\text{Pb}^{**}/^{235}\text{U} \pm \%$	$^{206}\text{Pb}^{**}/^{238}\text{U} \pm \%$
YYS-2-1.1	0.45	342	80	0.24	19.0	403 ± 6	0.4980 ± 2.1	0.0645 ± 1.5
YYS-2-2.1	0.37	283	78	0.29	15.8	405 ± 6	0.4850 ± 2.7	0.0648 ± 1.5
YYS-2-3.1	0.54	360	59	0.17	20.3	408 ± 6	0.4960 ± 2.0	0.0654 ± 1.5
YYS-2-4.1	1.02	150	33	0.23	8.58	414 ± 7	0.5210 ± 3.5	0.0663 ± 1.6
YYS-2-5.1	0.48	467	109	0.24	27.5	426 ± 6	0.5047 ± 2.0	0.0683 ± 1.4
YYS-2-6.1	0.71	195	72	0.38	9.78	363 ± 6	0.4300 ± 2.8	0.0580 ± 1.6
YYS-2-7.1	0.30	326	19	0.06	19.1	422 ± 7	0.4980 ± 2.2	0.0677 ± 1.6
YYS-2-8.1	0.62	188	67	0.37	10.8	413 ± 7	0.4970 ± 2.6	0.0662 ± 1.5
YYS-2-9.1	3.40	77	22	0.29	4.45	412 ± 8	0.4520 ± 4.2	0.0659 ± 1.8
YYS-2-10.1	0.29	595	157	0.27	32.8	400 ± 6	0.4832 ± 1.8	0.0639 ± 1.4
YYS-2-11.1	0.27	512	129	0.26	28.7	406 ± 6	0.4934 ± 1.9	0.0651 ± 1.4
YYS-2-12.1	0.23	494	89	0.19	29.3	430 ± 6	0.5190 ± 1.9	0.0689 ± 1.4

注：误差为 1σ。* Pb_c 代表普通铅，**Pb 代表放射成因铅。应用实测的²⁰⁸Pb 对普通铅进行了校正。

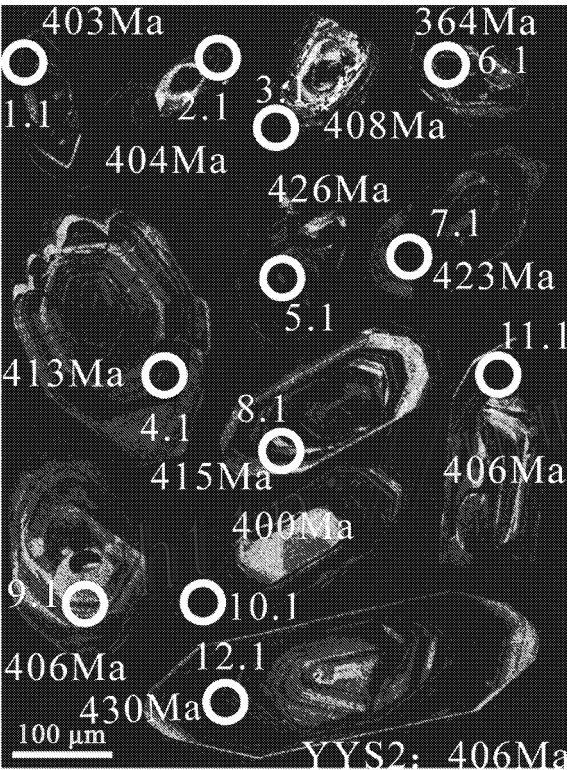


图 3 云英山斜长花岗斑岩体 (YYS) 阴极发光图像及测定点位和相应的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄

Fig. 3 Cathodoluminescence image of Yunyingshan plagiogranite porphyry (YYS) and the dating locations as well as the corresponding ²⁰⁶Pb/²³⁸U age

信度, MSWD=3.0)(图 4), 该年龄代表了斑岩体形成的时间, 即形成于早泥盆世。

3.1.2 含石英英脉的 Rb-Sr 年龄

表 2 列出了采自云英山斑岩铜矿床含铜石英英脉

中石英矿物 (WTO₂) 的 Rb-Sr 年龄测定结果。10 个样品所拟合的直线具有良好的线性关系(图 5)。用 Isoplot 程序计算, 并求得相应等时线年龄为(357 ± 15)Ma(95% 置信度), (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i = 0.70506 ± 0.00018(95% 置信度), MSWD=0.16。测定结果表明, 云英山斑岩铜矿形成的时间应为晚泥盆世—早石炭世, 即成矿作用发生的时间要比矿区内斜长花岗斑岩体的形成(411 Ma)约晚 50 Ma。由于所测定的石英是从含铜石英脉中挑选出来的, 而含铜石英脉与浸染状矿石之间常常互相过渡(石英脉与围岩之间常无截然界线)宏观上难以区分先后。据此推断, 铜矿化作用可能与晚泥盆世岩浆热液活动关系更密切, 而早泥盆世斑岩体为含矿围岩。另外, 石英矿物具有低的(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i 值, 显示其成矿物质来源的深源特征。

3.2 淖毛湖北山金矿床

样品采自淖毛湖北山金矿区东部的Ⅲ号矿带内, 含金石英脉中石英矿物 Rb-Sr 等时线测定结果如表 3 和图 6 所示。8 个样品所确定的直线具有良好的线性关系(图 6), 用 Isoplot 程序处理数据, 求得相应的等时线年龄为(346 ± 10)Ma(95% 置信度), (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i = 0.70534 ± 0.00005(95% 置信度), MSWD=0.19。测定结果表明, 淖毛湖北山金矿形成于早石炭世, 与新疆东准噶尔地区中酸性浅成岩建造时代基本一致, 属华力西中晚期产物。矿体的(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i 比值与同区域产出的斑岩型铜矿一样, 其物质来源也具有深源特征。

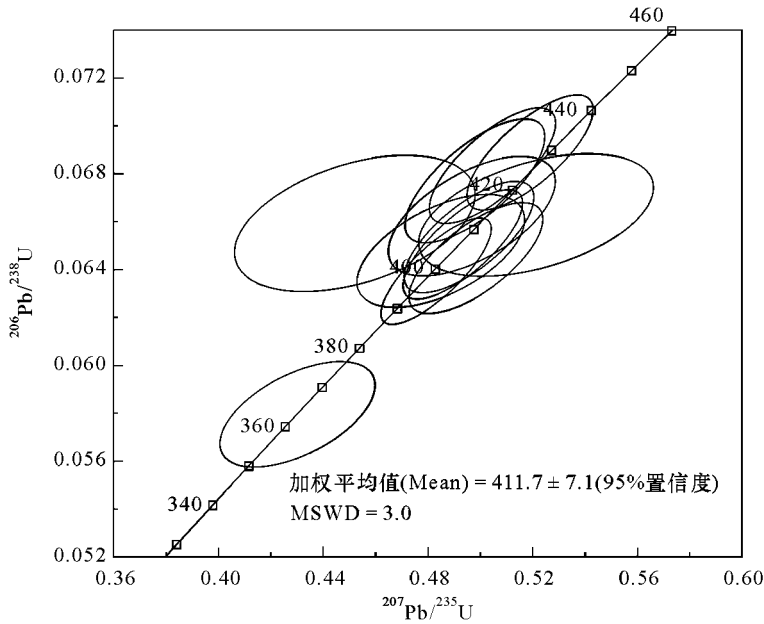


图 4 云英山斜长花岗斑岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 4 SHRIMP U-Pb concordant diagram of zircon from Yunyingshan plagiogranite porphyry

表 2 云英山斑岩铜矿石英矿物 Rb-Sr 同位素年龄测定结果

Table 2 Rb-Sr isotope dating of quartz from the Yunyingshan porphyry copper deposit

样号	$w_{Rb}/10^{-6}$	$w_{Sr}/10^{-6}$	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr \pm 2\sigma$
WTO2-1	0.8117	2.191	1.0690	0.71051 ± 0.00002
WTO2-2	0.7168	2.210	0.9352	0.70977 ± 0.00003
WTO2-3	0.3368	1.256	0.7734	0.70897 ± 0.00003
WTO2-4	0.5131	1.418	1.0430	0.71038 ± 0.00002
WTO2-5	0.7995	1.943	1.1860	0.71108 ± 0.00001
WTO2-6	0.8600	1.880	1.3190	0.71178 ± 0.00002
WTO2-7	0.2284	1.094	0.6017	0.70815 ± 0.00002
WTO2-9	0.4884	1.570	0.8972	0.70967 ± 0.00005
WTO2-11	0.2597	1.155	0.6484	0.70834 ± 0.00005
WTO2-12	0.2354	1.047	0.6481	0.70835 ± 0.00001

4 讨论和结论

4.1 云英山铜矿的成岩、成矿作用发生于不同时代

上述研究成果表明,云英山斑岩铜矿区的斜长花岗斑岩形成于早古生代与晚古生代的过渡阶段[(412±7)Ma],不同锆石颗粒的年龄变化于430~403 Ma,似乎早于围岩地层(下泥盆统托让格库都克组)的时代。考虑到对于围岩本身的研究程度比较低,而本次从同一岩体同一组钻孔岩心样品中挑选出来的锆石又具有相对分散的同位素年龄,只能推论云英山斜长花岗岩本身成因比较复杂。而围岩是否为准噶尔北部其他地区的托让格库都克组具有区

域可比性,也需要进一步研究。再考虑到岩体中含铜石英脉的形成年龄为(357±15)Ma,比岩体晚了50 Ma以上。因此,成岩、成矿不属于同一个时代。另外,图3也显示某些锆石形成于364 Ma(点号6.1),因此,晚泥盆世的岩浆活动可能也是存在的(可在今后的工作中通过填图进一步区分不同时代的岩体),而且与成矿作用发生的时代基本一致。

4.2 淖毛湖北山金矿的成矿时代

淖毛湖北山金矿含金石英脉形成于(346±10)Ma,属于早石炭世,表观上比云英山铜矿晚11 Ma,但总体上可能与云英山铜矿一起属于同一区域性成矿事件的产物。李华芹等(2004)曾经测得区域上硫磺山花岗斑岩的锆石 U-Pb 年龄为340.2 Ma,与铜沟铜矿有关闪长玢岩的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为339 Ma,硫磺山金矿的含铜石英脉的 Rb-Sr 等时线年龄为346 Ma。

4.3 找矿前景浅析

由于云英山铜矿发现比较晚,工作程度比较低,在目前资料比较少少的情况下,暂时将其类型定为斑岩型(陈毓川等,2007)。总体上看,云英山斜长花岗斑岩本身的含矿性,以及目前测定的含铜石英脉的年龄是否代表了整个矿床的形成时代也都还需要研究。但是,主岩体的定位发生于志留纪与泥盆纪之间的过渡时期(410 Ma),而含铜石英脉形成于泥盆纪与石炭纪的过渡时期(354 Ma),表明成岩、成矿作

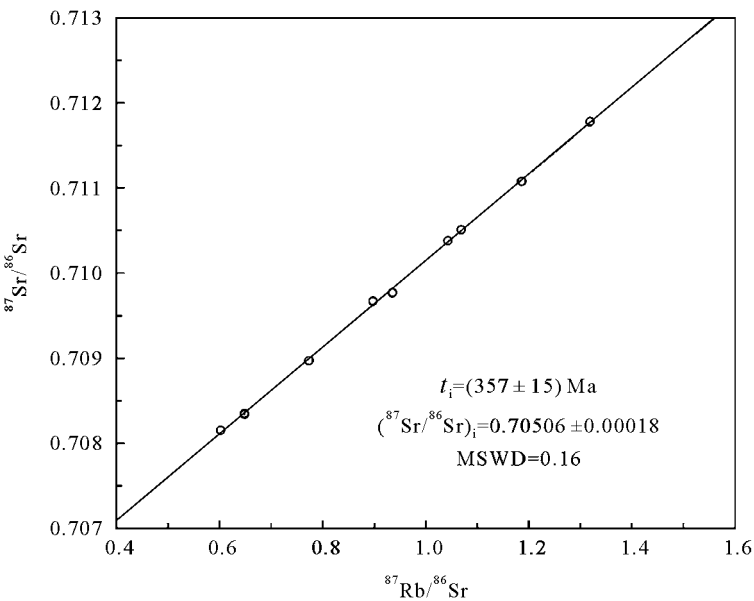


图 5 云英山斑岩铜矿石英矿物 Rb-Sr 同位素年龄等时线图

Fig. 5 Isochron diagram of Rb-Sr isotope age of quartz from the Yunyingshan porphyry copper deposit

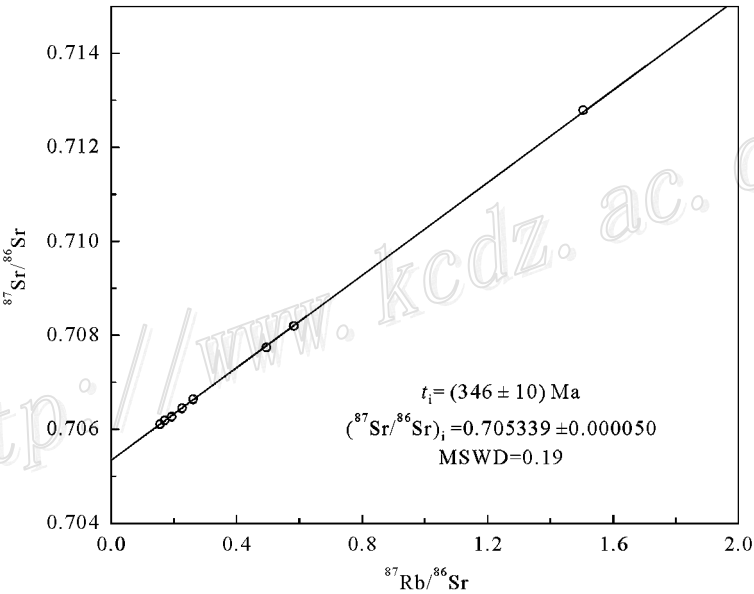


图 6 淖毛湖北山金矿石英矿物 Rb-Sr 同位素年龄等时线图

Fig. 6 Isochron diagram of Rb-Sr isotope age of quartz from the Beishan gold deposit in Naomaohu area

表 3 淖毛湖北山金矿石英矿物 Rb-Sr 同位素年龄测定结果

Table 3 Rb-Sr isotope dating of quartz from the Beishan gold deposit in Naomaohu area				
样号	$w_{Rb}/10^{-6}$	$w_{Sr}/10^{-6}$	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr \pm 2\sigma$
NMH4-5	0.6483	3.777	0.4948	0.70774 ± 0.00006
NMH4-6	0.3302	3.650	0.2608	0.70664 ± 0.00002
NMH4-9	0.1364	2.529	0.1555	0.70611 ± 0.00004
NMH4-11	0.4933	2.441	0.5825	0.70820 ± 0.00005
NMH4-12	0.3037	3.884	0.2254	0.70645 ± 0.00002
NMH4-14	0.1134	1.918	0.1705	0.70619 ± 0.00006
NMH4-15	1.5960	3.0590	1.5050	0.71279 ± 0.00002
NMH4-16	0.1381	2.066	0.1927	0.70627 ± 0.00002

用可能与不同时期的构造事件有关。东天山地区发生在泥盆纪与石炭纪过渡时期的成矿事件还有：可可乃克铜矿有 357 Ma 的同位素年龄记录，硫磺山铜铅锌矿有 346 Ma 的记录，金窝子金矿有 354 Ma 的岩浆活动记录（李华芹等，2004）。其他重要矿床见表 4。可见，该时期在东天山地区也是一个重要的成矿期。

晚古生代泥盆纪—石炭纪是东天山乃至整个

表 4 新疆东天山地区泥盆纪—石炭纪期间构造-岩浆-成矿作用的年代学记录

Table 4 Chronological record of tectonic-magmatic-mineralization process during Devonian and Carboniferous in East Tianshan , Xinjiang

产地位置(样号)	岩石或矿床类型	测试样品	方法	<i>t</i> /Ma	资料来源
阿其克库都克断裂南侧	花岗闪长岩	锆石	SHRIMP U-Pb	350 ± 7	孙桂华等 ,2006
赤湖斑岩钼铜矿床	矿区斜长花岗斑岩	锆石	SHRIMP U-Pb	322 ± 10	吴华等 ,2006
大盐池东	花岗闪长岩	锆石	SHRIMP U-Pb	323.0 ± 5.9	王德贵等 ,2006
觉罗塔格南缘	红云滩花岗岩体	锆石	LAM-ICP/MS	328.5 ± 9.3	吴昌志等 ,2006
土屋-延东大型斑岩铜矿	企鹅山群玄武岩	透辉石、斜长石和全岩	Sm-Nd 内部等时线	334 ± 36	侯广顺等 ,2005
土屋-延东大型斑岩型铜矿	企鹅山群	锆石(基性火山岩中)	U-Pb	322.6 ± 2.0	李向民等 ,2004
彩华沟铜铅锌矿	火山热液型	酸性凝灰岩	全岩 Rb-Sr	328.6 ± 8.0	姬金生等 ,1998
可可乃克铜矿	岩浆热液型	含铜黄铁矿体	矿石 Rb-Sr	357 ± 26	李华芹等 ,2004
硫磺山金矿	潜火山热液型	矿化石英脉	石英包裹体 Rb-Sr	346 ± 30	李华芹等 ,2004
硫磺山铜铅锌矿	斑岩型	矿化石英脉	石英包裹体 Rb-Sr	346 ± 30	李华芹等 ,2004
铜花山铜铅锌矿	火山热液型	铜花山组	全岩 Rb-Sr	340 ± 3	周汝洪 ,1987
土屋铜钼矿	斑岩型	矿石	辉钼矿 Re-Os	322.7 ± 2.3	芮宗瑶等 ,2002
巴仑台乌瓦门岩体	片麻花岗闪长岩	全岩	Rb-Sr	402 ± 3	周汝洪 ,1987
北山坡北铜镍矿区	超镁铁岩	全岩	Sm-Nd	320 ± 74	李华芹等 ,2004
北山坡北铜镍矿区	花岗岩脉	锆石	U-Pb	320.1 ± 23.0	李华芹等 ,2004
赤湖岩体	石英二长闪长岩	锆石	U-Pb	329.44	周汝洪 ,1987
大南湖岩体	二长花岗岩	锆石	U-Pb	358.14	周汝洪 ,1987
二红山岩体	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	333 ± 9	田慧新等 ,1990
金窝子岩体	花岗闪长岩	全岩	Rb-Sr	354 ± 31	李华芹等 ,2004
觉罗塔格岩体	闪长岩	锆石	U-Pb	345 ± 7	周汝洪 ,1987
觉罗塔格岩体	二长花岗岩	锆石	U-Pb	351	陆松年等 ,1990
库米什 307 号岩体	钾长花岗岩	全岩	Rb-Sr	334	胡受奚等 ,1990
硫磺山岩体	花岗斑岩	锆石	U-Pb	340.2 ± 4.3	李华芹等 ,2004
南山口岩体	钾长花岗岩	全岩	Rb-Sr	325 ± 13	李华芹等 ,2004
东天山秋格明塔什岩体	花岗闪长岩	锆石	U-Pb	324.7	周汝洪 ,1987
东天山四顶黑山岩体	斜长花岗岩	锆石	U-Pb	337	杨甲全等 ,2002
东天山四顶黑山岩体	片麻状花岗岩	锆石	U-Pb	340	杨甲全等 ,2002
铜沟铜矿	闪长玢岩	全岩	Rb-Sr	339 ± 17	李华芹等 ,2004
哈密二宫 94°34'30" 42°42'10"	斜长花岗岩 ,侵入 C ₂	全岩	Rb-Sr 等时线	368.4	周汝洪 ,1987
哈密坡北	铜镍矿	铜镍矿石	Re-Os	410	王虹等 ,2007
哈密天湖北	黑云母斜长片麻岩	锆石	U-Pb	398	胡霏琴等 ,1993
哈密天湖北 94°33' 41°43'30"	黑云母斜长片麻岩	锆石	U-Pb	343	胡霏琴等 ,1993
黄山东岩体	闪长岩、辉长岩	全岩	Sm-Nd	320 ± 38	李华芹等 ,1998
可可乃克	块状矿石	全岩	Rb-Sr 等时线	357.3 ± 10.6	李华芹等 ,1988

新疆的成矿高峰期之一(王登红等 ,2007a)。目前在新疆天山成矿省已经通过同位素年代学等方法判断形成于泥盆纪—石炭纪的重要金属矿床主要有 :①西天山的阿希金矿 ,是新疆目前最大的岩金矿床之一 ,成因上与早石炭世的陆相火山作用有关(李华芹等 ,1998 ;王登红等 ,2007b) ;②东天山的金窝子金矿 ,也是东天山地区最大的金矿之一 ,与云英山和北山金矿基本同时代 ;③东天山的土屋-延东斑岩型铜矿 ,是新疆目前最大的铜矿 ,形成时代晚于云英山和北山约 30~20 Ma(表 4)。被认为形成于同一成矿带的蒙古奥尤陶勒盖超大型斑岩铜矿 ,其花岗岩中黑云母的 K-Ar 年龄为(411 ± 3)Ma(转引自刘益康

等 ,2003) ,与云英山岩体的时代基本同时。2004 年 3 月 26 日 Ivanhoe 宣布 ,奥尤陶勒盖圈定的矿体长 4.5 km ,计算推测资源量是 16.0 亿吨矿石 ,平均含铜 0.63% ,铜金属 1 034 万吨 ,平均含金 0.17 × 10⁻⁶ ,金属量达 272 吨(<http://www.getfilings.com/o0000945234-04-000312.html>)。

综上所述 ,在位于东天山成矿省与阿尔泰成矿省东延交汇部位的琼河坝矿集区(陈毓川等 ,2007) ,目前还没有发现大型以上的重要矿床 ,但琼河坝火山岩型富铁矿、淖毛湖北山破碎带蚀变岩型金矿、淖毛湖陆相火山岩型明矾石-硫铁矿以及云英山斑岩型铜矿等不同类型矿床的存在 ,都说明该地区具备

一定的成矿条件,成岩、成矿时代也与东天山和中蒙边境重要矿床(如奥尤陶勒盖)的时代一致。不同地质阶段的过渡时期往往有利于成矿,该区斑岩型铜矿和破碎带蚀变岩型金矿均形成于泥盆纪与石炭纪的过渡时期,表明云英山式的斑岩型铜金矿和淖毛湖式的金矿成矿作用与泥盆纪-石炭纪汇聚阶段的火山-次火山岩岩浆活动有关(陈毓川等,2007),也意味着在琼河坝地区具有寻找与火山作用有关的铜、金多金属矿的潜力。因此,应该加强对该地区成矿条件、成矿规律的研究,推动地质找矿工作的进展。

志 谢 感谢新疆第六地质大队吴华队长、哈密国土局陈世平博士等人的大力帮助,也感谢审稿人的细心审阅和修改建议。

References

- Chen R Y, Liu G H and Ma Y W. 1995. Geological characteristics and genetic mechanism of Cu-Au mineralization in Qionghaba, Xinjiang [J]. *Geology and Prospecting*, 31(1): 26-31 (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C, Liu D Q, Tang Y L, Wang D H, Zhou R H, Wang J L, Li H Q and Wang X D. 2007. Strategic research on large scale ore concentration areas of solid minerals in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 156-171 (in Chinese).
- Hou G S, Tang H F, Liu C Q and Wang Y B. 2005. Geochronological and geochemical study on the wallrock of Tuwu-Yandong porphyry copper deposits, eastern Tianshan mountains [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 21(6): 1729-1736 (in Chinese with English abstract).
- Hu A Q, Zhang G X and Li Q X. 1993. Isotope geochemistry and crustal evolution of Northern Xinjiang [A]. In: Tu G C, ed. *New progress of solid geoscience in Northern Xinjiang* [C]. Beijing: Sci. Press. 27-28 (in Chinese).
- Hu S X, Guo J C, Gu L X, Zhou S Z, Yan Z F, Yang H, Wang J Z and Liu Y D. 1990. Geological feature of the Caledonian orogenic belt and its importance in the tectonic framework of the East Tianshan district (E85°-95°) [A]. *Xinjiang Geol. Sci.* (the first edition) [C]. Beijing: Geol. Pub. House. 32-46 (in Chinese).
- Ji J S, Feng C Y and Zhang L C. 1998. Regional metallogenic study in East Tianshan [J]. *Mineral Deposits*, 17(Supp.): 197-200 (in Chinese).
- Li H Q, Xie C F and Chang H L. 1998. Isotopic geochronology of non-ferrous metal deposits in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-376 (in Chinese).
- Li H Q and Chen F W. 2004. Isotopic geochronology of regional mineralization in Xinjiang, northwest China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-390 (in Chinese with English abstract).
- Li X M, Xia L Q, Xia C C, Xu X Y, Ma Z P and Wang L S. 2004. Zircon U-Pb geochronology of volcanic rocks of the Qi 'eshan Group in the East Tianshan mountains [J]. *Geol. Bull. China*, 23(12): 1215-1220 (in Chinese with English abstract).
- Liu D Q, Tang Y L and Zhou R H. 2005. Copper deposits and nickel deposits in Xinjiang, China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 222-244 (in Chinese).
- Liu J Y. 2003a. Prediction of hidden gold deposits of the subvolcanic porphyry type in the Beishan gold mining area, Yiwu County, Xinjiang [J]. *Geology and Prospecting*, 39(3): 9-13 (in Chinese with English abstract).
- Liu J Y. 2003b. Main characters of the gold ore deposits and prospect in Beishan gold mine area, Yiwu County, Xinjiang, China [J]. *J. Guilin Institute of Technology*, 23(3): 251-257 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y K and Xu Y B. 2003. The prospecting and main features of Oyu Tolgoi porphyry Cu-Au deposit in Mongolia [J]. *Geology and Prospecting*, 39(1): 1-4 (in Chinese with English abstract).
- Lu S N and Gao Z J. 1990. Subdivision of Precambrian in Northern Xinjiang [A]. *Xinjiang Geol. Sci.* (the first edition) [C]. Beijing: Geol. Pub. House. 78-89 (in Chinese).
- Nie F J and Jiang S H. 2000. Discovery and its exploration significance of Talin mettes Uul gold mineralized belt, south Mongolia [J]. *Geol. Inner Mongolia*, (2): 20-23 (in Chinese with English abstract).
- Rui Z R, Wang L S, Wang Y T and Liu Y L. 2002. Discussion on metallogenic epoch of Tuwu and Yandong porphyry copper deposits in eastern Tianshan mountains, Xinjiang [J]. *Mineral Deposits*, 21(1): 16-22 (in Chinese with English abstract).
- Song B, Zhang Y H and Liu D Y. 2002. Introduction to the naissance of SHRIMP and its contribution to isotope geology [J]. *J. Chinese Mass Spectrometry Society*, 23(1): 58-62 (in Chinese with English abstract).
- Sui G H, Li J Y, Wang D G, Gao L M and Song A J. 2006. Zircon SHRIMP U-Pb ages of granite and granodiorite at the south side of the Aqqikkuduk fault, East Tianshan, Xinjiang, China, and its tectonic implication [J]. *Geol. Bull. China*, 25(8): 945-952 (in Chinese with English abstract).
- Tian X H and Xu D Z. 1990. Sn-bearing granite in east Junggar (west region) of Xinjiang and discrimination on ore-bearing ability of biotite [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Wang D G, Li L Q and Li G. 2006. SHRIMP U-Pb dating of zircons from the east Dayanchi granodiorite, East Tianshan, Xinjiang, China [J]. *Geol. Bull. China*, 25(8): 960-962 (in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Chen S P, Wang H, Meng G X, Chen Z H, Wang C H and Li C J. 2007a. Mineralization pedigree and prospecting for iron deposits in eastern Tianshan [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 31(2): 186-192 (in Chinese with English abstract).
- Wang D H, Ying L J, Wang C H, Chen Z H, Xu J X, Zeng Z L, Chen Y C, Xu J and Bai G. 2007b. Principle metallogenic regularity and

- prospecting guidances of precious metal deposits in China[J]. Earth Science Frontiers, 14(5): 71-81 (in Chinese with English abstract).
- Wang H, Qu W J, Li H Q and Chen S P. 2007. Dating and discussion on the rock-forming and ore-forming age of newly-discovered Cu-Ni-sulfide deposits in Hami, Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 81(4): 526-530 (in Chinese with English abstract).
- Wang X D, Liu D Q, Tang Y L and Zhou R H. 2006. Metallogenic characteristics and perspective of the porphyry copper in Qionghaba, Yiwu County[J]. Xinjiang Geol., 24(4): 398-404 (in Chinese with English abstract).
- Wu C Z, Zhang Z Z, Zaw K, Della-Pasque F, Tang J H, Zheng Y C, Wang C S and San J Z. 2006. Geochronology, geochemistry and tectonic significances of the Hongyuntan granitoids in the Qoltag area, Eastern Tianshan[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1121-1134 (in Chinese with English abstract).
- Wu H, Li H Q, Chen F W, Lu Y F, Deng G, Mei Y P and Ji H G. 2006. Zircon SHRIMP U-Pb dating of plagiogranite porphyry in the Chihu molybdenum-copper district, Hami, East Tianshan[J]. Geol. Bull. China, 25(5): 549-552 (in Chinese with English abstract).
- Yang J Q, Zhong L and Deng G. 2002. Metallogenic prognosis and prospecting targets of Pobei basic-ultrabasic rock bodies 1 and 10 in Beishan area[J]. Xinjiang Geol., 20(3): 214-218 (in Chinese with English abstract).
- Zhou R H. 1987. Progress on isotopic geochronology in Xinjiang[J]. Xinjiang Geol., 5(4): 5-15 (in Chinese).
- ### 附中文参考文献
- 陈仁义, 刘光海, 马义文. 1995. 新疆琼河坝铜矿地质特征及成因机理[J]. 地质与勘探, 31(1): 26-31.
- 陈毓川, 刘德权, 唐延龄, 王登红, 周汝洪, 王金良, 李华芹, 王晓地. 2007. 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. 156-171.
- 侯广顺, 唐红峰, 刘丛强, 王彦斌. 2005. 东天山土屋-延东斑岩铜矿围岩的同位素年代和地球化学研究[J]. 岩石学报, 21(6): 1729-1736.
- 胡霏琴, 张国新, 李启新. 1993. 新疆北部同位素地球化学与地壳演化[A]. 见: 涂光炽, 主编. 新疆北部固体地球科学新进展[C]. 北京: 科学出版社. 27-28.
- 胡受奚, 郭继春, 顾连兴, 周顺之, 严正富, 杨浩, 王金珠, 刘延东. 1990. 加里东造山带在东天山(E85°-95°)构造格架中的重要地位及其地质特征[A]. 新疆地质科学(第1辑)[C]. 北京: 地质出版社. 32-46.
- 姬金生, 丰成友, 张连昌. 1998. 东天山成矿区成矿规律研究[J]. 矿床地质, 17(增刊): 197-200.
- 李华芹, 谢才富, 常海亮. 1998. 新疆北部有色金属矿床成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社. 1-376.
- 李华芹, 陈富文. 2004. 中国新疆区域成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社. 1-390.
- 李向民, 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 马中平, 王立社. 2004. 东天山企鹅山群火山岩锆石 U-Pb 年代学[J]. 地质通报, 23(12): 1215-1220.
- 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 2005. 中国新疆铜矿床和镍矿床[M]. 北京: 地质出版社. 222-244.
- 刘家远. 2003a. 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, 39(3): 9-13.
- 刘家远. 2003b. 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, 23(3): 251-257.
- 刘益康, 徐叶兵. 2003. 蒙古 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿的勘查[J]. 地质与勘探, 39(1): 1-4.
- 陆松年, 高振家. 1990. 新疆北部前寒武系划分[A]. 新疆地质科学(第1辑)[C]. 北京: 地质出版社. 78-89.
- 聂凤军, 江思宏. 2000. 中蒙边境塔林大型金矿化带的发现对我们的启示[J]. 内蒙古地质, (2): 20-23.
- 芮宗瑶, 王龙生, 王义天, 刘玉琳. 2002. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论[J]. 矿床地质, 21(1): 16-22.
- 宋彪, 张玉海, 刘敦一. 2002. 微量原位分析仪器 SHRIMP 的产生与锆石同位素地质年代学[J]. 质谱学报, 23(1): 58-62.
- 孙桂华, 李锦轶, 王德贵, 高立明, 宋安江. 2006. 东天山阿其克库都克断裂南侧花岗岩和花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 地质通报, 25(8): 945-952.
- 田慧新, 徐德章. 1990. 新疆东准噶尔(西域)含锡花岗岩特征及黑云母对含矿性的判别作用[M]. 北京: 地质出版社. 56-71.
- 王德贵, 李丽群, 李刚. 2006. 东天山大盐池东花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J]. 地质通报, 25(8): 960-962.
- 王登红, 李纯杰, 陈郑辉, 陈世平, 肖克炎, 李华芹, 梁婷. 2006. 东天山成矿规律与找矿方向的初步研究[J]. 地质通报, 25(8): 910-915.
- 王登红, 陈世平, 王虹, 孟贵祥, 陈郑辉, 王成辉, 李纯杰. 2007a. 成矿谱系研究及对东天山铁矿找矿问题的探讨[J]. 大地构造与成矿学, 31(2): 186-192.
- 王登红, 应立娟, 王成辉, 陈郑辉, 许建祥, 曾载淋, 陈毓川, 徐珏, 白鸽. 2007b. 中国贵金属矿床的基本成矿规律与找矿方向[J]. 地学前缘, 14(5): 71-81.
- 王虹, 屈文俊, 李华芹, 陈世平. 2007. 哈密地区新发现铜镍硫化物矿床成岩成矿时代的测定及讨论[J]. 地质学报, 81(4): 526-530.
- 王晓地, 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 2006. 伊吾县琼河坝地区斑岩铜矿称矿地质特征及远景评价[J]. 新疆地质, 24(4): 398-404.
- 吴昌志, 张遵忠, Zaw K, Della-Pasque F, 唐俊华, 郑远川, 汪传胜, 三金柱. 2006. 东天山觉罗塔格红云滩花岗岩年代学、地球化学及其构造意义[J]. 岩石学报, 22(5): 1121-1134.
- 吴华, 李华芹, 陈富文, 路远发, 邓刚, 梅玉萍, 姬后贵. 2006. 东天山哈密地区赤湖钼铜矿区斜长花岗岩斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄[J]. 地质通报, 25(5): 549-552.
- 杨甲全, 钟莉, 邓刚. 2002. 北山地区坡北1号、10号基性-超基性岩体成矿预测及找矿方向[J]. 新疆地质, 20(3): 214-218.
- 周汝洪. 1987. 新疆同位素地质年代学研究的进展[J]. 新疆地质, 5(4): 5-15.