文章编号:0258-7106 (2003) 02-0185-06

甘肃辉铜山铜矿床燕山期钾长花岗岩的发现及其地质意义*

江思宏[1]　聂凤军[1]　陈　文[2,3]　刘　妍[1]　白大明[1]
刘新宇[2]　张思红[2]

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京　100037; 2 中国地质科学院地质研究所, 北京　100037;
3 中国地质大学地球科学和资源学院, 北京　100083)

摘　要　文章对辉铜山铜矿床内的钾长花岗岩进行了岩石化学分析、钕同位素测量和高精度的$^{40}Ar/^{39}Ar$法年龄测定。结果表明,钾长花岗岩的形成时代为(192±3) Ma,相当于燕山早期,它们具有 A 型花岗岩的特征;成岩物质来自地幔,并遭受了地壳物质的混染。岩浆侵位可能与本区在燕山早期发生的陆内伸展有关。

关键词　地球化学　$^{40}Ar/^{39}Ar$测年　钾长花岗岩　夕卡岩型铜矿床　辉铜山　甘肃

中图分类号:P597+3; P618.41　　**文献标识码**:A

辉铜山铜矿床位于甘肃省安西县境内,东距兰(州)—新(疆)铁路敦煌车站(原柳园站) 25 km。研究区内前寒武纪和古生代地层出露广泛,构造形迹复杂,各类岩浆岩发育,金属矿床(点)星罗棋布,该区不仅是北山南部铜-铅-锌-银-金矿床集中区的重要组成部分,而且是了解塔里木与哈萨克斯坦—北山板块碰撞造山过程的重要窗口。近年来,在距辉铜山铜矿床西南约 20 km 处的古堡泉附近发现的榴辉岩(梅华林等,1998;于海峰等,1999),更是吸引了国内外地学界对本区的广泛关注。

辉铜山铜矿床是由甘肃省地质局祁连山地质队于 1956 年发现的一处夕卡岩型铜矿床。它产于钾长花岗岩与奥陶纪大理岩的接触带内,其成矿明显受钾长花岗岩的控制❶❷(左国朝等,1990)。辉铜山铜矿床的成矿时代一直是个悬而未决的问题,主要集中在对钾长花岗岩形成时代的认识上,前人 1∶20 万区调报告❶和左国朝等(1990)将其定为海西晚期侵入产物,而 1∶5 万区调报告❷和周良仁等(1992)将其定为印支早期。本文在详细的野外地质调查和室内工作的基础上,对辉铜山铜矿床附近钾长花岗岩中的钾长石进行了高精度的$^{40}Ar/^{39}Ar$同位素测年,不仅解决了辉铜山铜矿床的形成时代问题,而且对于认识区域构造-岩浆演化,指导区域矿产预测与评价均具有重要的理论与实际意义。

1　区域地质背景

辉铜山铜矿床位于哈萨克斯坦—北山板块东南缘,柳园—大奇山深大断裂北侧,为连接哈萨克斯坦—北山与塔里木古板块的关键部位(左国朝等,1990;刘雪亚等,1995;周济元等,1996)。区域断裂构造发育,主要为近东西向和北东向。区内出露的地层主要为新元古宙洗肠井群千枚岩、大理岩和石英片岩,中下奥陶统花牛山群绢云板岩、千枚岩、变质砂岩、大理岩、变安山岩和英安岩,以及二叠系哲斯群的火山碎屑岩(图 1)。

区域范围内各种成因类型和不同形成时代的花岗岩类侵入岩分布广泛,约占岩层(体)出露面积的 45%。主要岩石类型有石英闪长岩、花岗岩、花岗闪长岩和钾长花岗岩。岩体主要呈近东西向分布,受

* 本文得到国家自然科学基金(40073015)和国土资源大调查项目(K1.3.32)的联合资助

第一作者简介　江思宏,男,1968 年生,在职博士研究生,副研究员,主要从事贵金属矿床地质学、同位素地质学研究。

收稿日期　2002-01-28;改回日期　2003-02-11。李　岩编辑。

❶ 甘肃省地质局第一区域地质测量队.1966. 中华人民共和国区域地质测量报告(红柳园幅)(1∶200000)(矿产部分).

❷ 甘肃省地质局地质力学区测队. 1980. 中华人民共和国区域地质调查报告(大泉幅、小泉幅、辉铜山矿幅、红柳园幅、小白山幅)(1∶50000)(矿产部分).

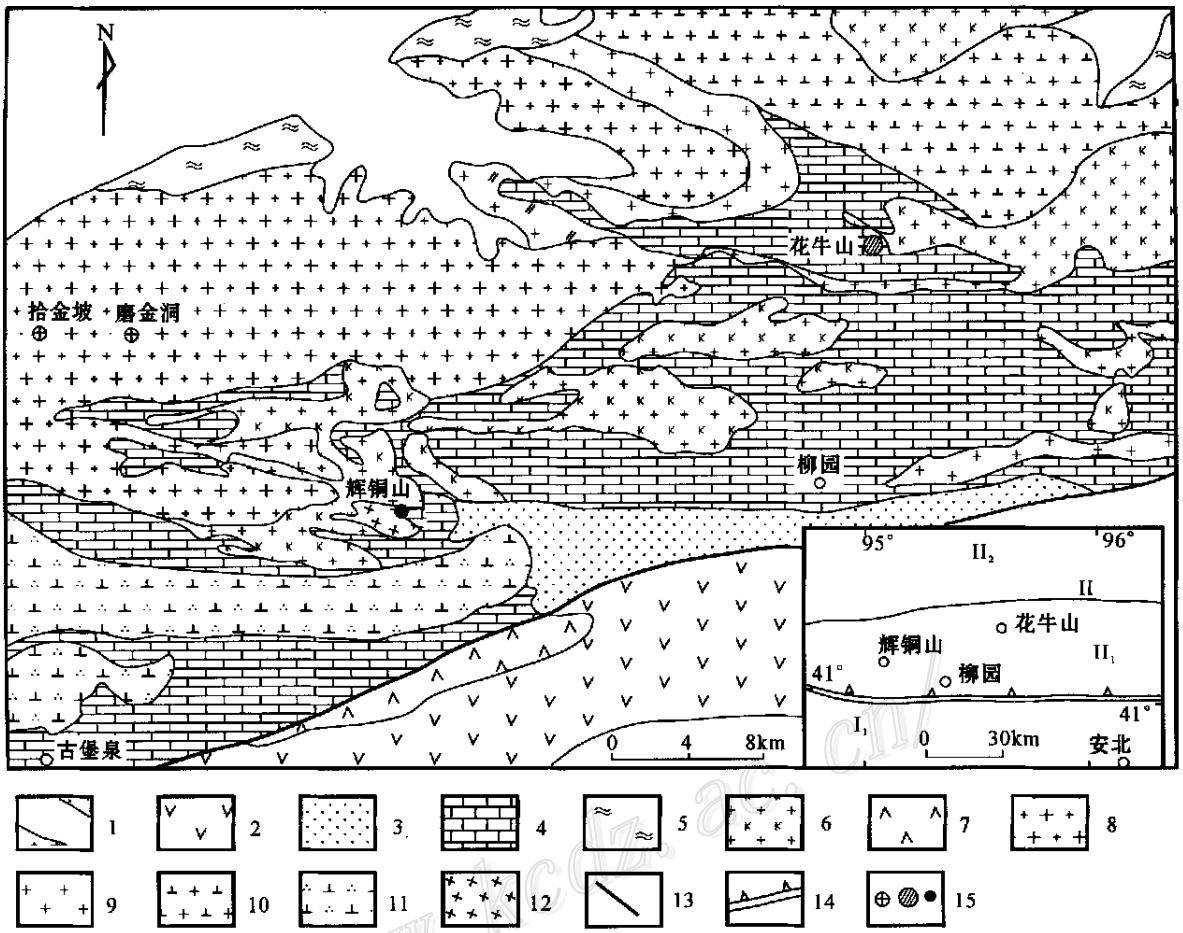

图 1 辉铜山地区区域地质简图〔根据 1: 5 万区域地质报告(辉铜山幅)❶修编〕

1 —第四系沉积物;2 —下二叠统哲斯群玄武岩、凝灰岩;3 —下二叠统哲斯群硬砂岩、千枚岩和粉砂岩;4 —中-下奥陶统花牛山群千枚岩、片岩和大理岩;5 —新元古宙洗肠井群千枚岩、大理岩和石英片岩;6 —钾长花岗岩;7 —基性岩;8 —斑状花岗岩;9 —花岗岩;10 —花岗闪长岩;11 —石英闪长岩;12 —辉长岩;13 —断层;14 —晚古生代板块缝合线;15 —金矿/铅锌银矿/铜矿床(点)。小插图:Ⅰ —塔里木板块,$Ⅰ_1$ —安北-旧寺墩构造带;Ⅱ —哈萨克斯坦-北山板块,$Ⅱ_1$ —柳园-大奇山地体,$Ⅱ_2$ —马鬃山地体

Fig.1 Simplified regional geological map of Huitongshan area in Gansu Province

1 —Quaternary sediments; 2 —Basalt and tuff of the Lower Permian Zhesi Group; 3 —Greywacke, phyllite and siltstone of the Lower Permian Zhesi Group; 4 —Phyllite, schist and marble of the Middle-Lower Ordovician Huaniushan Group; 5 —Quartz schist, phyllite and marble of the Neoproterozoic Xichangjing Group; 6 —K-feldspar granite; 7 —Basic rocks; 8 —Porphyritic granite; 9 —Granite; 10 —Granodiorite; 11 —Quartz diorite; 12 —Gabbro; 13 —Fault; 14 —Late Palaeozoic plate suture line; 15 —Au, Pb-Zn-Ag and Cu deposits or ore spots. Ⅰ —Tarim plate; $Ⅰ_1$ —Anbei-Jiushidun tectonic zone; Ⅱ —Kazakhstanian-Beishan plate; $Ⅱ_1$ —Liuyuan-Daqishan terrane; $Ⅱ_2$ —Mazongshan terrane

区域深大断裂控制明显。

2 矿床特征简述

矿区内出露的地层为下-中奥陶统花牛山群的大理岩和云母石英片岩(图 2)。岩石蚀变强烈,主要是夕卡岩化,其次是蛇纹石化与角岩化。

矿区内出露的岩浆岩主要有辉长岩和砖红色钾长花岗岩。辉长岩分布于矿区南侧,侵入于大理岩中,在接触带上产生蛇纹石化和角岩化,与成矿无关。

钾长花岗岩分布于矿区北部,它是该矿床的成矿母岩。详细的野外地质调查与室内岩相学研究结果表明,辉铜山铜矿床附近的钾长花岗岩体呈不规

❶ 甘肃省地质局地质力学区测队. 1980. 中华人民共和国区域地质调查报告(辉铜山矿幅)(1: 50000).

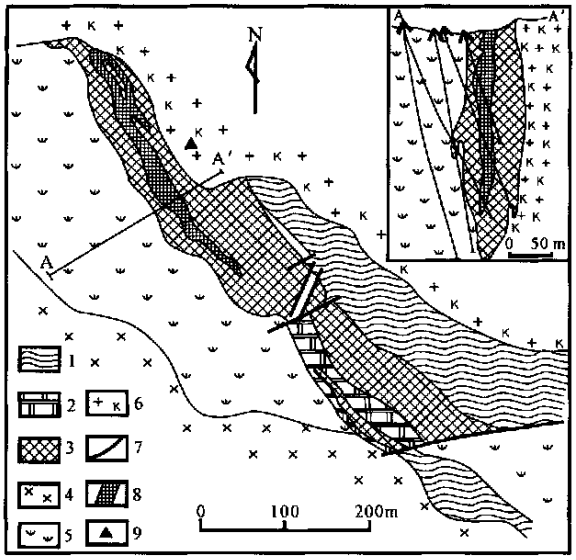

图 2　甘肃辉铜山铜矿床西矿区地质简图(根据甘肃省地质局资料❶修编)

1 —片岩;2 —大理岩;3 —夕卡岩;4 —辉长岩;5 —蛇纹岩;6 —钾长花岗岩;7 —断层;8 —矿体;9 —采样位置

Fig.2　Simplified geological map of the western part of the Huitongshan copper deposit in Gansu Province

1 —Schist; 2 —Marble; 3 —Skarn; 4 —Gabbro; 5 —Serpentinite; 6 —K-feldspar granite; 7 —Fault; 8 —Orebody; 9 —Sampling location

则脉状分布,总体近东西向,出露面积约 30 km^2。岩石呈砖红色,中细粒花岗结构、块状构造,主要由钾长石(≥60 %)、石英(30 % ~ 35 %)和少量斜长石、黑云母组成,副矿物有磁铁矿、钛铁矿、榍石、独居石、锆石、磷灰石等。钾长花岗岩不具明显的岩相分带,在岩体中常见围岩的残留顶盖和捕虏体。在岩体内接触带见有同化混染现象,在与奥陶纪灰岩接触处发生夕卡岩化和大理岩化。

铜矿体产于钾长花岗岩与花牛山群地层的接触带中。接触带主要由石榴石夕卡岩、角岩和夕卡岩化大理岩组成。矿体主要赋存在夕卡岩中(图 2),呈透镜状产出,与接触带产状一致。

该矿床分为两个矿区,其中东矿区长 700 m,宽 200 m,由 5 条矿体组成,一般长 18 ~ 44 m,厚 3 ~ 5 m,延深小于 50 m;西矿区长 2 000 m,宽 300 ~ 500 m,由 7 条矿体组成,一般长 74 ~ 340 m,厚 2 ~ 10 m,最大垂深 500 m。

矿石具浸染状构造。金属矿物主要有辉铜矿、黝铜矿、斑铜矿、黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿及少量闪锌矿、毒砂和方铅矿。脉石矿物主要有石榴石、绿帘石、透辉石、透闪石、硅灰石、方解石和石英等。地表常见孔雀石,氧化带深度 20 ~ 30 m。矿石铜含量(w_{Cu})变化范围为 0.36 % ~ 1.81 %,局部氧化矿石可达 10 %❶。

3　样品采集及 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素分析方法

供 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素年龄测试的钾长石采自辉铜山铜矿床附近的砖红色钾长花岗岩。镜下观察显示,钾长石多呈他形板状,显微条纹构造发育,蚀变微弱。岩石中钾长石体积分数大于 98 %,完全可以满足样品分析测试的要求。$^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素年龄测定是在中国地质科学院同位素开放实验室完成的。关于 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素年龄的测试方法,请参见聂凤军等(2002)的描述。

4　分析结果与讨论

4.1　分析结果

在 400 ℃到 1 400 ℃的温度区间内,对辉铜山钾长花岗岩中的钾长石进行了 11 个阶段的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 阶段加热分析,其结果及特征比值列于表 1。所获数据构成一条未受明显热事件扰动的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄谱线(图 3)。在年龄谱线左侧始点处(图 3)出现 5 个偏低的视年龄值,即(158.8 ±9.8) Ma、(166.4 ±11.0) Ma、(176.7 ±7.3) Ma、(171.7 ±7.0) Ma 和(178.5 ±11.5) Ma,但是其所占比例仅为 5.67 %,可能是后期热事件或者实验误差所致,谱线的其余部分比较平坦,有效坪年龄为(191.9 ±2.5) Ma,相当于燕山早期。

由参与坪年龄计算的 6 个点获得的等时线年龄为(196.0 ±5.0) Ma(2σ)(图 4),MSWD = 4.84,$^{40}Ar/^{36}Ar$ 初始比值为(273.8 ±35.9) Ma(2σ),在误差范围内接近于尼尔值(295.5),反映了数据分布较为均匀,样品中没有过剩 Ar 的存在。等时线年龄与坪年龄在误差范围内完全一致,说明 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄的测定是可信的,且具地质意义,它代表辉铜山铜

❶ 甘肃省地质局. 1976. 甘肃省地质矿产图说明书(1:500000)(矿产部分).

http://www.kcdz.ac.cn/

表 1 辉铜山铜矿钾长花岗岩中钾长石的$^{40}Ar/^{39}Ar$阶段加热分析数据($J=0.012106$, $m=96.65$ mg)

Table 1 $^{40}Ar/^{39}Ar$ incremental heating analytical data of K-feldspar from the K-feldspar granite of the Huitongshan copper deposit

阶段	θ/℃	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$^{40}Ar^*/^{39}Ar_K$	$^{39}Ar_K/10^{-14}$ mol	t/ Ma	$\Sigma^{39}Ar$/ %	$^{40}Ar^*$/ %
1	400	31.6414	0.0815	0.9497	7.5987	105.00	158.8±9.8	0.72	0.59
2	500	19.2042	0.0381	0.3833	7.9814	133.00	166.4±11	1.63	0.79
3	600	15.6277	0.0242	0.2210	8.5020	231.00	176.7±7.3	3.21	1.46
4	700	15.1682	0.0235	0.3778	8.2469	268.00	171.7±7.0	5.05	1.64
5	800	20.0438	0.0389	0.5592	8.5927	91.00	178.5±11.5	5.67	0.58
6	900	11.2869	0.0059	0.0782	9.5471	731.00	197.3±2.6	10.68	5.19
7	1000	16.2334	0.0225	0.1276	9.5810	288.00	198.0±7.0	12.66	2.05
8	1100	12.5276	0.0119	0.0725	9.0229	718.00	187.0±4.0	17.58	4.82
9	1200	11.0254	0.0070	0.0409	8.9696	2021.00	186.0±3.0	31.43	13.49
10	1300	10.1899	0.0037	0.0233	9.0795	5793.00	188.1±2.2	71.13	39.13
11	1400	10.4986	0.0028	0.0000	9.6519	4212.00	199.4±2.0	100.00	30.25

注:$^{40}Ar^*$表示放射性成因^{40}Ar。测试仪器:MMI 200 型质谱仪;测试单位:中国地质科学院同位素开放实验室。

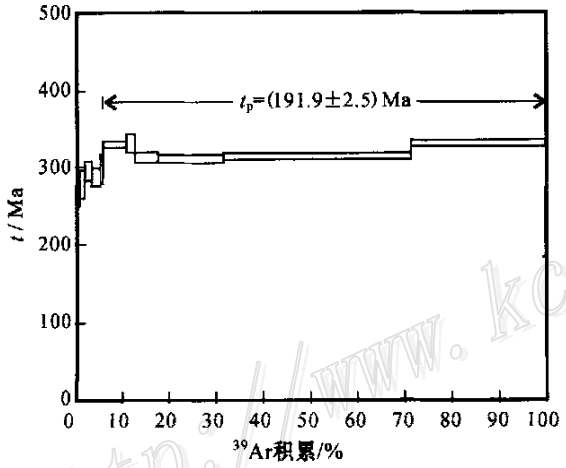

图 3 辉铜山铜矿床钾长花岗岩中钾长石的$^{40}Ar/^{39}Ar$阶段升温年龄谱图

Fig.3 $^{40}Ar/^{39}Ar$ stepwise heating age spectra of K-feldspar from the K-feldspar granite in the Huitongshan copper deposit

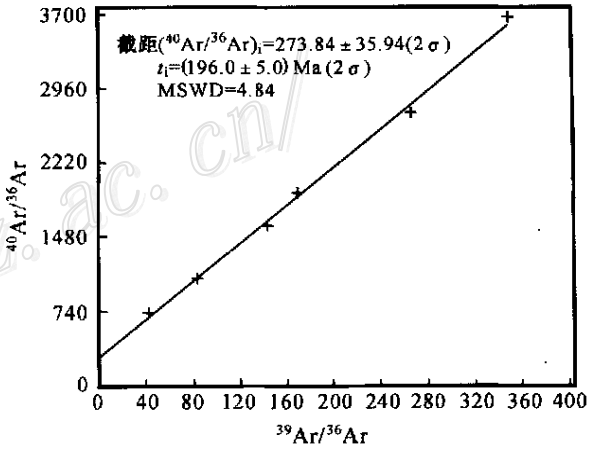

图 4 辉铜山铜矿床钾长花岗岩中钾长石的$^{40}Ar/^{36}Ar$-$^{39}Ar/^{36}Ar$同位素等时线图

Fig. 4 $^{40}Ar/^{36}Ar$ versus $^{39}Ar/^{36}Ar$ isochron diagram of K-feldspar from the K-feldspar granite in the Huitongshan copper deposit

http://www.kcdz.ac.cn/

矿钾长花岗岩中钾长石的形成时间。由于夕卡岩是在岩浆岩上升定位过程中由岩浆热液交代围岩形成的,与其有关的矿床的形成时间与岩体的侵位时间接近,因此,在辉铜山铜矿床钾长花岗岩中获得的钾长石$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄值可以近似代表辉铜山夕卡岩铜矿形成的时间。

4.2 讨 论

前人一直认为本区并不存在燕山期的构造-岩浆活动(左国朝等,1990;周良仁等,1992),但是,聂凤军等(2002)最近在花牛山地区大面积分布的钾长花岗岩中获得了(194.0±1.0) Ma 的$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄,与本文在辉铜山铜矿附近获得的钾长花岗岩的形成年龄近于一致。这说明,尽管两者颜色不同,前者为浅肉红色,后者为砖红色,但是花牛山的钾长花岗岩与辉铜山的钾长花岗岩可能是同期岩浆活动的产物。从辉铜山到花牛山,这种燕山早期钾长花岗岩的出露面积近 300 km^2,近东西向分布,受深大断裂控制明显。这种大面积分布的钾长花岗岩说明了本区在燕山早期存在一次重要的构造-岩浆侵入活动。

本文及前人❶❷的岩石化学分析数据表明，辉铜山地区和花牛山地区的钾长花岗岩均具有 A 型花岗岩的成分特点，其中辉铜山地区钾长花岗岩(4 个样品)的 $w(SiO_2)$ 含量变化于 76.22% ~ 77.31%，$w(Al_2O_3)$ 为 11.87% ~ 12.39%，$w(Na_2O)$ 为 3.77% ~ 4.06%，$w(K_2O)$ 为 4.27% ~ 4.95%，$w(K_2O) > w(Na_2O)$，$w(K_2O) + w(Na_2O)$ 为 8.04% ~ 8.77%，$w(CaO)$ 为 0.51% ~ 0.78%；花牛山地区钾长花岗岩(5 个样品)的 $w(SiO_2)$ 含量变化于 72.53% ~ 74.28%，$w(Al_2O_3)$ 为 12.76% ~ 14.15%，$w(Na_2O)$ 为 3.74% ~ 3.96%，$w(K_2O)$ 为 4.54% ~ 5.50%，$w(K_2O) > w(Na_2O)$，$w(K_2O) + w(Na_2O)$ 为 8.34% ~ 9.46%，$w(CaO)$ 为 0.74% ~ 1.70%。在图 5 中，这两个地区的钾长花岗岩均投在 A 型花岗岩区，反映了这些花岗岩可能都是造山期后构造-岩浆活动的产物(Eby，1992；Whalen et al.，1987)。全岩钕同位素分析结果(聂凤军等，2003)进一步表明，辉铜山和花牛山钾长花岗岩的 $^{147}Sm/^{144}Nd$ 比值分别为 0.0514 和 0.0877，$^{143}Nd/^{144}Nd$ 比值分别为 0.512579 和 0.512701，ε_{Nd}(190 Ma)分别为 +2.4 和 +3.9，这表明，这两个岩体都含有幔源组分，而且岩浆在上侵过程中混入了部分地壳物质。

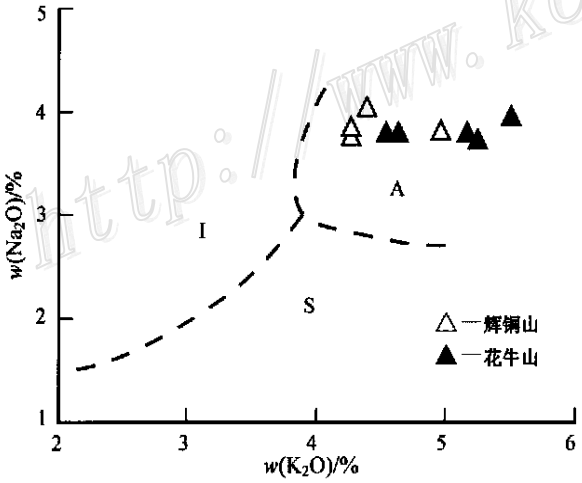

图 5　辉铜山和花牛山地区钾长花岗岩的 $w(Na_2O)$-$w(K_2O)$ 图(引自 Collins et al.，1982)

I—I 型花岗岩；S—S 型花岗岩；A—A 型花岗岩

Fig.5　$w(Na_2O)$ versus $w(K_2O)$ diagram from the K-feldspar granite near Huitongshan and Huaniushan areas(after Collins et al，1982)

I—I type granite；S—S type granite；A—A type granite

聂凤军等(2002)研究表明，花牛山地区钼、金和铅锌银矿化与钾长花岗岩具密切的时空关系，花牛山铅锌银矿与辉铜山铜矿床一样，均直接产于钾长花岗岩与中-下奥陶统花牛山群大理岩的接触带中。这表明，燕山早期的花岗岩在上升侵位过程中不仅可能带来了大量的成矿物质，更为重要的是，它是成矿作用的“发动机”。如前所述，本区地处哈萨克斯坦—北山与塔里木古板块碰撞会聚带，区域岩浆岩和金属矿床(点)的形成过程极为复杂(聂凤军等，2000；刘雪亚等，1995)。哈萨克斯坦—北山与塔里木古板块在三叠纪晚期的最终碰撞和对接作用(刘雪亚等，1995)导致大规模的岩浆侵入活动。到了燕山早期，本区进入碰撞后的陆内伸展时期，深源岩浆和成矿流体可能沿早期断裂带进入地壳浅部，进而形成高钾和富硅的钾长花岗岩和有关的金属矿床(点)。区域上钾长花岗岩分布广泛，并多处与中-下奥陶统花牛山群碳酸盐岩地层接触，非常有利于形成与钾长花岗岩有关的夕卡岩型铜和铅锌矿床。因此，加强对燕山早期钾长花岗岩的研究不仅有利于加深对本区大地构造演化的认识，而且有助于对区域矿产资源的评价与找矿勘查工作的部署。

5　结　论

(1) 辉铜山铜矿床钾长花岗岩中的钾长石高精度 Ar/Ar 测年结果表明，钾长石有效坪年龄为(192±3) Ma，为燕山早期的构造-岩浆活动产物。

(2) 考虑到夕卡岩型铜矿体大都在钾长花岗岩与下-中奥陶统花牛山群大理岩接触带上产出，可以认为铜矿化发生的时间基本与钾长花岗岩的侵位时间相吻合，同属燕山早期岩浆活动的产物。

(3) 区域上大规模分布的钾长花岗岩可能与本区在燕山早期发生的陆内伸展构造作用有关。花岗岩在侵位过程中不仅带来了大量的成矿物质，而且直接导致金属成矿作用的发生，从而形成了铜、铅、锌、金和钼等矿床(点)。

致　谢　野外工作期间得到内蒙古地质调查院

❶ 甘肃省地质局地质力学区测队. 1980. 中华人民共和国区域地质调查报告(辉铜山矿幅)(1∶50000).

❷ 甘肃省地质矿产局酒泉地质矿产调查队. 1988. 甘肃省安西县花牛山金银铅锌矿田普查地质报告.

http://www.kcdz.ac.cn

王新亮、苏新旭和赵月明高级工程师,沈阳地调中心李景春副研究员以及中国地质科学院矿产资源研究所赵省民副研究员的帮助,在此深表谢意。

References

Collins W J, Beams S D, White A J R, et al. 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia [J]. Contrib. Mineral. Petrol., 80:189 ~ 200.

Eby G N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications[J]. Geol., 20: 641 ~ 644.

Liu X Y and Wang Q. 1995. Tectonics of the orogenic belts in Beishan Mt. in western China and their evolution[J]. Geological Research, (28): 37 ~ 48 (in Chinese with English abstract).

Mei H L, Yu H F, Li Q, et al. 1998. First discovery of eclogite and paleoproterozoic granite in Beishan area, Gansu [J]. Chinese Science Bulletin, 43(19): 2105 ~ 2111(in Chinese with English abstract).

Nie F J, Jiang S H, Zhao X M, et al. 2000. Type and evolution of gold deposits in the Beishan district of northwest China[J]. J. Changchun Univ. Sci. Tech., 30(supp.): 21 ~ 26 (in Chinese with English abstract).

Nie F J, Jiang S H, Liu Y, et al. 2002. $^{40}Ar/^{39}Ar$ isotopic age dating on K-feldspar separates from eastern Huaniushan granite, Gansu Province, and its geological significance[J]. Scientia Geologica Sinica, 37(4): 415 ~ 422(in Chinese with English abstract).

Whalen J B, Currie K L and Chappel B W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis[J]. Contri. Mineral. Petrol., 95: 407 ~ 419.

Yu H F, Lu S N, Mei H L, et al. 1999. Characteristics of Neoproterozoic eclogite-granite zones and deep level ductile shear zone in western China and their significance for continental reconstruction[J]. Acta Petrol. Sinica, 15 (4): 532 ~ 538 (in Chinese with English abstract).

Zhou J Y, Zhang B, Zhang C W, et al. 1996. Geology of silver, rhenium-molybdenum, gold and copper deposits occurring within the eastern Tianshan ancient continent and along its margin[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 191(in Chinese).

Zhou L R and Cai H X. 1992. Geological features of the Indosinian intrusions in Huaniushan area[J]. Northwestern Geol., 13(3): 7 ~ 13 (in Chinese).

Zuo G C and He G Q. 1990. Plate tectonics and metallogenic regularities in Beishan region[M]. Beijing: Beijing Univ. Pub. House. 1 ~ 209 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

刘雪亚, 王 荃. 1995. 中国西部北山造山带的大地构造及其演化[J]. 地学研究, (28): 37 ~ 48.

梅华林, 于海峰, 李 铨, 等. 1998. 甘肃北山地区首次发现榴辉岩和古元古代花岗质岩石[J]. 科学通报, 43(19): 2105 ~ 2111.

聂凤军, 江思宏, 赵省民, 等. 2000. 北山地区金矿床类型和生成演化[J]. 长春科技大学学报, 30(增刊): 21 ~ 26.

聂凤军, 江思宏, 刘 妍, 等. 2002. 甘肃花牛山地区燕山期花岗岩$^{40}Ar/^{39}Ar$同位素年龄及其地质意义. 地质科学, 37(4): 415 ~ 422.

聂凤军, 江思宏, 白大明, 等. 2003. 北山地区金属矿床成矿规律与找矿方向[M]. 北京: 地质出版社. 77 ~ 132.

于海峰, 陆松年, 梅华林, 等. 1999. 中国西部新元古代榴辉岩-花岗岩带和深层次韧性剪切带特征及其大陆再造意义[J]. 岩石学报, 15(4): 532 ~ 538.

周济元, 张 斌, 张朝文, 等. 1996. 东天山古大陆及其边缘银、铼钼、金和铜矿地质[M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 191.

周良仁, 蔡厚维. 1992. 花牛山印支期岩体的地质特征[J]. 西北地质, 13(3): 7 ~ 13.

左国朝, 何国琦. 1990. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社. 1 ~ 209.

Discovery of Yanshanian K-feldspar Granite in Huitongshan Copper Deposit, Gansu Province, and Its Implication

Jiang Sihong[1], Nie Fengjun[1], Chen Wen[2,3], Liu Yan[1], Bai Daming[1], Liu Xinyu[2] and Zhang Sihong[2]

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China; 3 College of Earth Science and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract

Located in the southern part of the Beishan Mountain, the Huitongshan deposit is an important skarn type copper deposit in this region. The orebodies occur in the contact zone between the K-feldspar granite and the marble of the Middle - Lower Ordovician Huaniushan Group. The ore - forming age of the deposit has not been

(下转第 128 页)(to be continued on p.128)

http://www.kcdz.ac.cn