文章编号:0258-7106 (2002) 01-0016-07

东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论*

芮宗瑶[1] 王龙生[1] 王义天[1] 刘玉琳[2]
(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 北京大学地质学系, 北京 100871)

摘 要 关于东天山土屋和延东斑岩铜矿的时代问题,前人是根据距矿区 1 km 左右的沉积岩夹层中生物化石和矿区附近的花岗质岩体的同位素年龄确定为早石炭世-二叠纪的,并推测其成矿的构造环境属于哈萨克斯坦板块的活动陆缘——石炭纪火山岛弧。文章通过对矿区各类地质体的同位素年代学研究,获得了许多新认识,归纳为:①含矿斑岩(斜长花岗斑岩)的同位素年龄为 369~356 Ma(Rb-Sr 等时线法和单颗粒锆石 U-Pb 法),属于泥盆纪末期产物;②辉钼矿的同位素年龄为(323±2) Ma(Re-Os 等时线法),属于早石炭世产物;③含矿火山岩(原定名为闪长玢岩)的同位素年龄变化于 416~360 Ma(Sm-Nd 等时线法和单颗粒锆石 U-Pb 法),可归为泥盆纪;④东天山斑岩铜矿的成矿构造环境应属于塔里木板块的活动陆缘,是泥盆纪岛弧火山-深成作用的产物。

关键词 同位素年代学 土屋铜矿 延东铜矿 东天山
中图分类号: P618.41; P597 **文献标识码**: A

新疆地质一大队(1995)在东天山地区进行找矿勘探的过程中,测得企鹅山群中花岗闪长岩为(287±42) Ma(Rb-Sr 法)、浅色石英闪长岩为 308.5 Ma(U-Pb 法),又在离土屋和延东矿区南部大约 1 km 的沉积岩夹层中采得一些生物化石,根据这些资料将斑岩铜矿的形成时间定为早石炭世-二叠纪,并推测这些斑岩铜矿产于塔里木板块与准噶尔-哈萨克斯坦板块碰撞对接缝合带的北侧,即准噶尔-哈萨克斯坦板块最南缘的石炭纪增生拼贴岛弧带中。但是,最近对矿区有关地质体进行的同位素年代学研究表明(图 1),上述有关成矿时代和成矿环境的认识值得商榷。

1 含矿斑岩的时代

前人一般认为(王福同等,2001;龙保林等,2001)在东天山土屋、延东铜矿区存在着两类含矿斑岩:斜长花岗斑岩和闪长玢岩,前者占矿化体的 10%~15%,后者占矿化体的 85%~90%。最近的研究结果表明,本区只有斜长花岗斑岩为高侵位的含矿斑岩,而闪长玢岩是富钠质火山围岩,其岩石化学特征变化于粗安质玄武岩-粗安岩(芮宗瑶等,2001)。

1.1 单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄

芮宗瑶等(2000)在采自土屋铜矿 11 号探槽北端的斜长花岗斑岩中分离出两种锆石(原编号为 TC11-1,表 1 中编号为 1~3):浅黄色透明长柱双锥状自形晶体和浅黄色透明短柱双锥状自形晶体,锆石晶体长度 0.2~0.3 mm,直径 0.1~0.2 mm,具有 3~4 次结晶生长纹(图 2)。同年,秦克章在延东铜矿的蚀变斜长花岗斑岩中分离出淡黄色透明短柱状锆石晶体(表 1 中编号为 4~7)。

以上两批样品由国土资源部天津地质矿产研究所同位素实验室李惠民和周红英测试,结果见表 1:土屋斜长花岗斑岩中锆石的$^{206}Pb/^{238}U$表面年龄统计权重平均值为(360.8±7.8) Ma,延东斜长花岗斑岩中锆石的$^{206}Pb/^{238}U$表面年龄统计权重平均值为(356±8) Ma,以上数据均表明土屋和延东斜长花岗斑岩属于晚泥盆世末期的产物。

将土屋(表 1 的)1~3 号样品的测试结果绘制成 U-Pb 谐和图(图 3),表明土屋的斜长花岗斑岩的 U-Pb 同位素年龄可能为(361±8) Ma(图 3)。

将延东(表 1 的)4~7 号样品的测试结果绘制成 U-Pb 谐和图(图 4),表明延东的斜长花岗斑岩的 U-Pb 同位素年龄可能为(356±8) Ma(图 4)。

* 本文为中国地质调查局地质调查项目(编号 0499165192)资助的部分成果
第一作者简介 芮宗瑶,男,1935 年生,研究员,一直从事金属矿床及矿床地球化学研究,专长于斑岩铜矿的研究。
收稿日期 2001-08-27;改回日期 2001-10-12。张绮玲编辑。

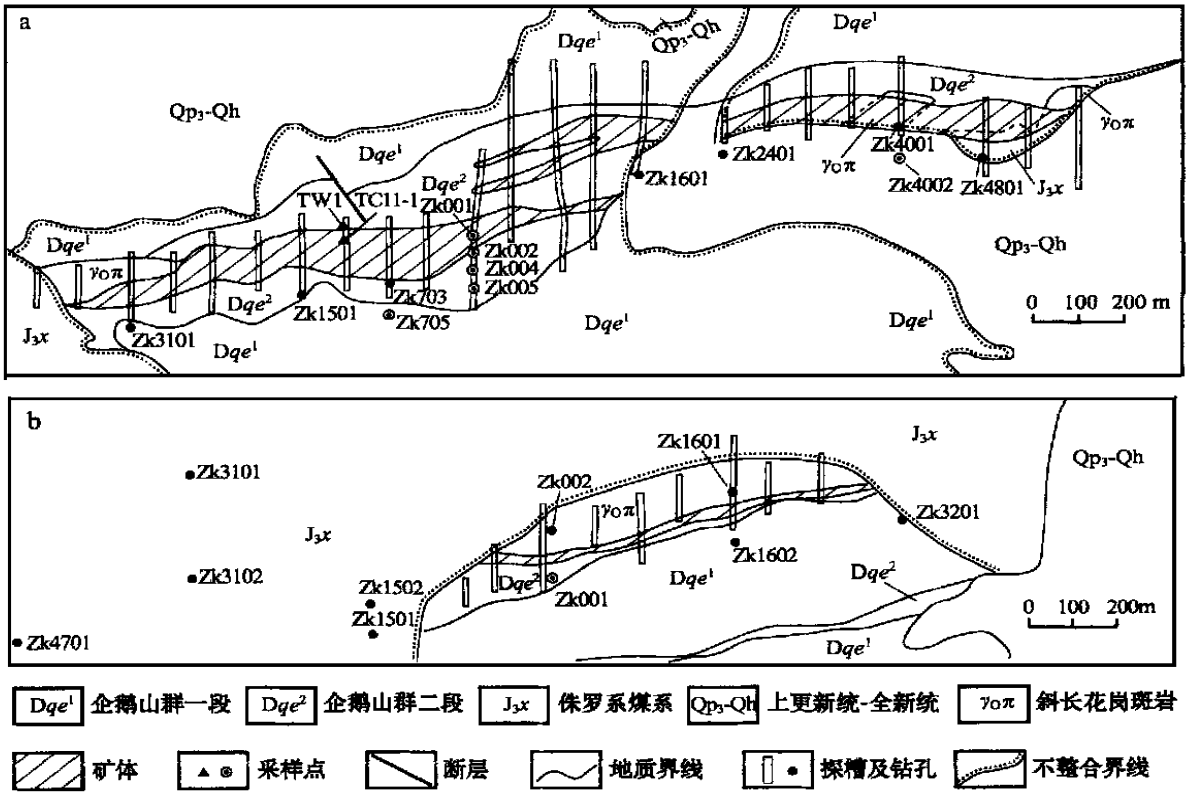


图 1　土屋(a)和延东(b)斑岩铜矿床地质及采样简图

Fig. 1　Geological sketch map of the Tuwu (a) and Yandong (b) porphyry copper deposits, showing sampling sites

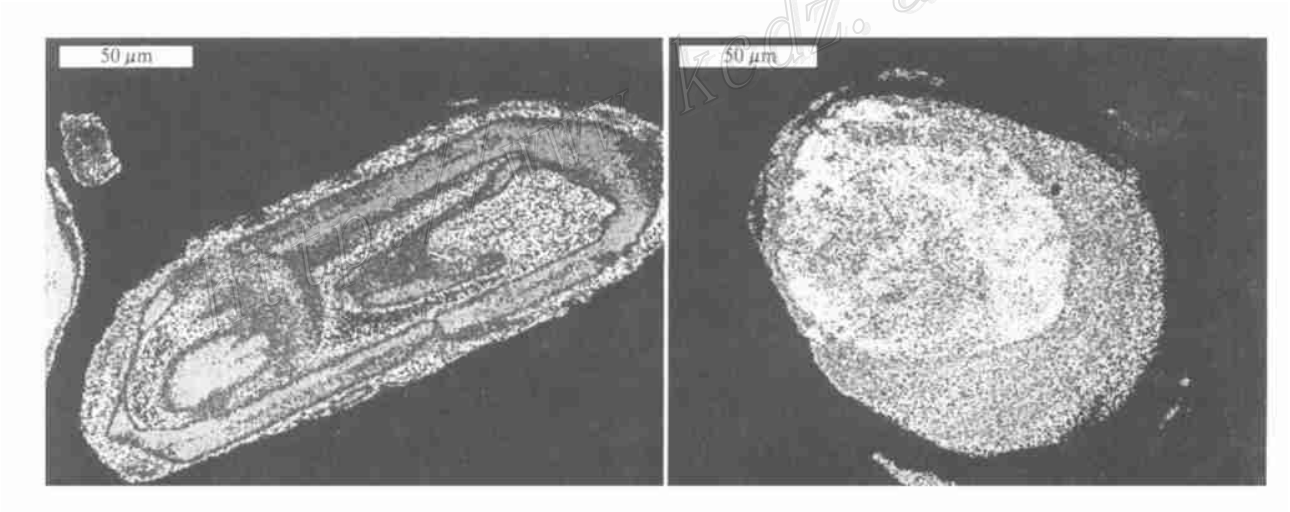


图 2　土屋斜长花岗斑岩中锆石的电子探针扫描照片

Fig. 2　Electron microprobe of zircons from the plagiogranite porphyry in Tuwu area

表 1 中 4 ~ 7 样品的铅显然有丢失,故造成 $^{207}Pb/^{206}Pb$表面年龄值偏小。

1.2　Rb-Sr 等时线同位素年龄

芮宗瑶等(2000)分别在土屋铜矿钻孔中选取 4

表 1 土屋和延东斜长花岗斑岩单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄测试结果

Table 1 Single-zircon U-Pb ages of the plagiogranite porphyry in Tuwu and Yandong area

序 号	锆石类型及特征	m/ μg	w_B/10⁻⁶ U	w_B/10⁻⁶ Pb	m(普通铅)/ ng	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	表面年龄/ Ma $^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
1	浅黄色透明长柱状双锥自形晶体	15	233	14	0.007	1 833	0.0883	0.0581 (21)	0.436 (22)	0.0544 (18)	364	367	386
2	浅黄色透明长柱状双锥自形晶体	15	105	10	0.059	114	0.1412	0.0571 (39)	0.423 (45)	0.0538 (41)	358	359	362
3	浅黄色透明短柱状双锥自形晶体	10	242	15	0.007	1255	0.1326	0.0572 (18)	0.424 (19)	0.0538 (16)	359	359	364
4	浅黄色透明短柱状双锥自形晶体	5	298	20	0.013	441	0.1511	0.0569 (37)	0.421 (40)	0.0525 (35)	357	350	309
5	浅黄色透明短柱状双锥自形晶体	5	377	42	0.100	84	0.1042	0.0572 (25)	0.395 (71)	0.0500 (84)	359	338	196
6	浅黄色透明短柱状双锥自形晶体	5	494	54	0.120	89	0.1480	0.0567 (19)	0.389 (36)	0.0498 (40)	356	334	185
7	浅黄色透明短柱状双锥自形晶体	5	254	16	0.010	489	0.1383	0.0558 (44)	0.382 (46)	0.0496 (41)	350	328	177

注：$^{206}Pb/^{204}Pb$ 已对实验空白(Pb = 0.040 ng, U = 0.020 ng)及稀释剂作了校正，其它比率中的铅同位素均为放射成因同位素，括号数字为 2σ，例如：0.0569(37)，表示 0.0569 ±0.0037。

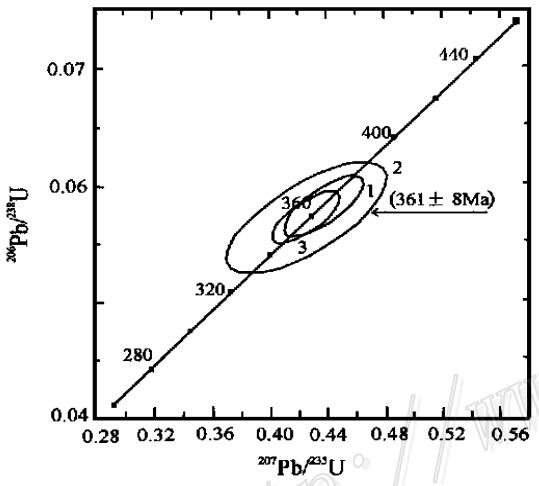


图 3 土屋斜长花岗斑岩中锆石的 U-Pb 同位素年龄谐和图

Fig. 3 The U-Pb concordia diagram of zircon from the plagiogranite porphyry in Tuwu area

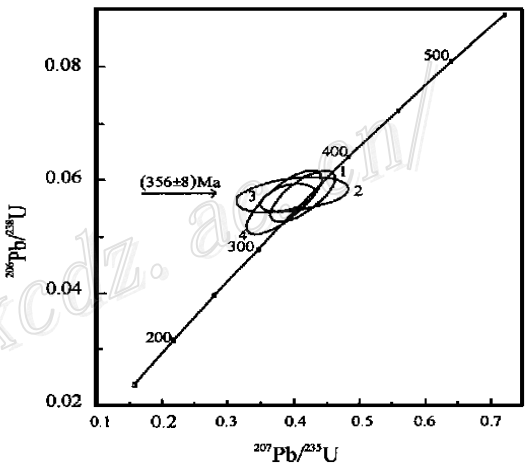


图 4 延东斜长花岗斑岩中锆石的 U-Pb 同位素年龄谐和图

Fig. 4 U-Pb concordia diagram of zircon from the plagiogranite porphyry in Yandong area

件、土屋铜矿 11 号探槽北端选取 1 件、延东铜矿钻孔中选取 2 件斜长花岗斑岩样品，这些样品全为新鲜的含矿斜长花岗斑岩，未见风化。由国土资源部地质研究所同位素实验室张宗清和唐索寒等对这些样品进行了 Rb、Sr 同位素分析，测试工作是在 MAT261 质谱仪上完成，质量分馏采用 $^{87}Sr/^{86}Sr = 8.37521$ 校正，标准测定结果 NBS987$SrCO_3$ 的 $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.71025 \pm 0.000022$，Rb、Sr 流程空白为 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ g。分析结果见表 2，结果表明土屋 - 延东斜长花岗斑岩的 Rb-Sr 等时线年龄为(369 ±69) Ma(图 5)，初始锶比值为 0.70328 ±0.00032。由于 MSWD 达到 6.4，故 Rb-Sr 等时线年龄值应用受到影响。但考虑多种测试方法值都吻合，故该测试值仍具有参考意义。

http://www.kcdz.ac.cn

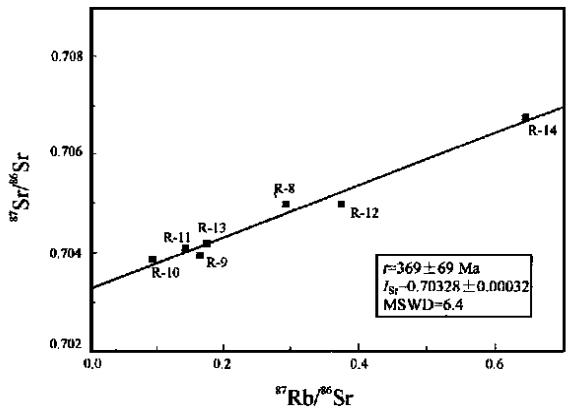


图 5　土屋-延东斜长花岗斑岩 Rb-Sr 等时线图

Fig. 5　The Rb-Sr isochron diagram of the plagiogranite porphyry in Tuwu-Yandong area

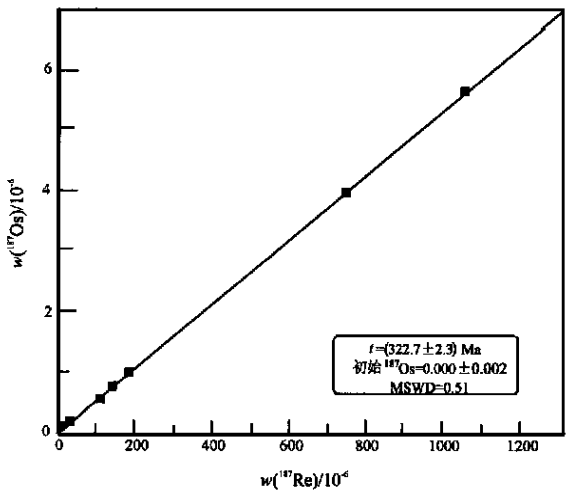


图 6　土屋和延东辉钼矿等时线年龄

Fig. 6　Re-Os isochron diagram of the molybdenite from Tuwu and Yandong area

以上单颗粒锆石 U-Pb 年龄和 Rb-Sr 同位素等时线年龄都表明,土屋和延东含矿斑岩(斜长花岗斑岩)侵位于晚泥盆纪末期,而不是中石炭世-二叠纪产物。

2　矿石的时代

芮宗瑶等(2000)分别在土屋钻孔中选取 4 件、在延东钻孔中选取 3 件辉钼矿样品,国土资源部国家地质实验测试中心杜安道和王淑贤等进行 Re-Os 同位素等时线年龄测定,测试结果和计算结果分别见表 3。

普通 Os 是根据 Nier 值的 Os 同位素丰度,通过 $^{192}Os/^{190}Os$ 测量比计算得出的,模式年龄 t 按下式计算:

$$t = 1/\lambda[\ln(1 + {}^{187}Os/{}^{187}Re)]$$

^{187}Re 衰变常数 $\lambda = 1.666 \times 10^{-11}/a$。测试结果(表 3)表明,土屋和延东 7 件辉钼矿的线年龄具有很高的置信度,表明辉钼矿形成于 322 Ma 左右(图 6)。

矿石的形成时代与蚀变岩的形成时代具有最密切的关系,因此蚀变岩形成时间范围常作为矿石形成时间的参考。目前仅秦克章(2000,未刊稿)在土屋和延东获得两件含矿斑岩蚀变岩中的绢云母 K-Ar 同位素年龄,它们分别为(311 ±5) Ma 和(341 ±5) Ma。因此,结合辉钼矿的 Re-Os 同位素年龄和蚀变岩的同位素年龄,推测矿石的形成时代可能变化于 360 ~ 310 Ma 之间,属于早石炭世。

3　含矿围岩时代

3.1　单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄

芮宗瑶等(2000)采得 3 件含矿围岩样品,分别为含矿火山岩(闪长玢岩)、玄武岩和英安岩,送至国土资源部天津矿产地质研究所李惠民处进行单颗粒锆石 U-Pb 年龄测试,目前只获得少部分数据。其中,在含矿富钠质火山岩(闪长玢岩)中,李惠民等测试到了两组锆石:一组锆石粒度稍大,测得同位素年龄值为(443 ±26) Ma;另一组锆石粒度稍小,测得同位素年龄值为 393 Ma。从这些锆石的形态特征推测,闪长玢岩应为火山岩,其生成年龄应小于(443 ±26) Ma,而大于(361 ±8) Ma(图 7)。并且,第一组粒度较大的锆石很可能是捕获晶锆石,故含矿火山岩的年龄肯定小于(443 ±26) Ma。

3.2　全岩 Sm-Nd 同位素年龄

本次工作分析了 7 件火山岩围岩的 Sm、Nd 同位素值(表 4),其中只有 3 件样品(表 4 中 1 —3 号)具有线性关系(图 8),获得 Sm-Nd 等时线年龄为(416 ±120) Ma。从多种同位素年龄研究来看,该值具有一定的参考意义,但必竟呈线性系的点太少和误差太大,它们的年龄意义在应用时应引起注意。

4　讨论

东天山土屋和延东斑岩铜矿的成矿地质背景普

表 2 土屋 - 延东斜长花岗斑岩 Rb-Sr 同位素分析结果表

Table 2 Rb-Sr isotope composition of the plagiogranite porphyry in Tuwu-Yandong area

编号	$w_{Rb}/10^{-6}$	$w/10^{-6}$	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	2σ	$\varepsilon_{Sr}(t)$
ZK002-367	20.07	623.8	0.093	0.7039	12	-12.3
ZK705-519	19.05	390.6	0.141	0.7041	11	-12.7
YZK001-637	25.85	456.9	0.164	0.7040	14	-16.5
ZK705-846.2	20.15	327.2	0.178	0.7042	13	-14.4
ZK004-396	74.44	744.0	0.290	0.7050	14	-11.2
ZK001-462	58.04	452.1	0.372	0.7050	11	-17.5
TC11-1	65.08	293.2	0.643	0.7067	24	-12.7

表 3 土屋和延东辉钼矿的 Re、Os 同位素测试结果

Table 3 Re, Os isotope composition of molybdenite from Tuwu and Yandong area

编号	原样名	样重/g	w(普 Os)/10^{-9}	$w_B/10^{-6}$			模式年龄/Ma
				Re	^{187}Re	^{187}Os	
0828-1	ZK4002-168	0.00327	0.0(3.0)	1167(9)	733.5(5.6)	3.980(25)	325(3)
0828-2	ZK705-227.8	0.00310	0.0(4.3)	1665(11)	1047(7)	5.684(37)	325(3)
0828-3	YZK001-275	0.02560	0.0(0.9)	18.26(0.12)	11.48(0.08)	0.06105(87)	318(5)
0828-4	YZK001-312	0.01592	0.0(0.5)	209.1(1.1)	131.5(0.7)	0.7058(30)	321(2)
0828-5	ZK705-472.5	0.01055	0.0(1.2)	321.1(1.5)	201.8(0.9)	1.085(4)	322(2)
0828-6	ZK004-650.6	0.01305	0.0(1.3)	257.8(1.3)	162.1(0.81)	0.8679(53)	321(3)
0828-7	ZK001-749	0.01023	0.0(0.8)	37.14(0.16)	23.35(0.10)	0.1264(2)	324(5)

注:括号内的数据为标准偏差。

表 4 土屋火山岩围岩的 Sm、Nd 同位素分析结果

Table 4 Sm, Nd isotopes of the wall-rock from the volcanic rock in Tuwu area

序 号	原样品号	岩性	$w_B/10^{-6}$		$\frac{^{147}Sm}{^{144}Nd}$	$\frac{^{143}Nd}{^{144}Nd}$	2σ	$\varepsilon_{Nd}(t)$
			Sm	Nd				
1	ZK0.04-555	富钠质火山岩	5.645	29.343	0.1164	0.512868	10	+8.8
2	ZK004-212.3	富钠质火山岩	2.692	12.085	0.1247	0.512910	6	+8.6
3	TW1	英安岩	6.433	27.265	0.1427	0.512942	9	+8.8
4	TW2	玄武岩	5.102	22.156	0.1393	0.512760	8	+5.4
5	ZK705-325.5	富钠质火山岩	3.797	14.606	0.1572	0.512941	10	+8.0
6	ZK705-274	富钠质火山岩	3.178	13.399	0.1435	0.512917	8	+8.3
7	TC11-2	富钠质火山岩	7.904	33.255	0.1438	0.512914	8	+8.2

遍被认为是属于哈萨克斯坦-准噶尔板块的活动陆缘,即石炭纪火山岛弧(王福同等,2001;龙保林等,2001)。最新的研究成果表明这种认识存在误区。首先,土屋和延东含矿火山围岩不是石炭系,而是泥盆系,因此夹持于大草滩断裂与康古尔塔格大断裂之间的企鹅山群火山岩则可能归并到大南湖组和头苏泉组火山岩系中。再则,企鹅山群所属的构造归并到哈尔里克-康古尔塔格古生代岛弧带比较合理。因此,既然哈尔里克-康古尔塔格及土屋-延东一带为泥盆纪的火山岛弧,则推测准噶尔洋盆向南俯冲而形成沟-弧-盆体系就比较合理了(图 8)。其中,海沟为卡拉麦里-麦钦乌拉俯冲带,岛弧为哈尔里克-康古尔塔格泥盆纪火山岩带(其中包括土屋和延东),弧后盆地为石炭纪苦水-干墩沉积岩带和阿齐山-雅满苏火山岩带,它们在弧后盆地的基础上拉张为石炭纪裂陷槽。

由于成矿斜长花岗斑岩侵位于泥盆纪末期,这似乎表明企鹅山群的时代不可能晚于斜长花岗斑岩的侵位时代。

根据地质观察,辉钼矿形成于矿化的中晚期,亦即晚于黑云母-绿泥石-硫化物和石英-硫化物的形成时代;而早于碳酸盐-硫化物(少量)、石膏(硬石膏)-硫化物(少量)和浊沸石的形成时代。总之,矿化主要形成于早石炭世。

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

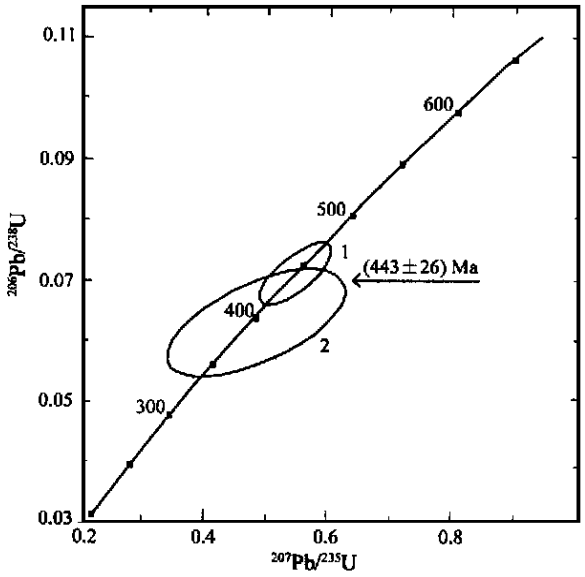


图 7　土屋含矿火山岩单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄

Fig. 7　Single-zircon U-Pb age of the ore-bearing volcanic rock in Tuwu area

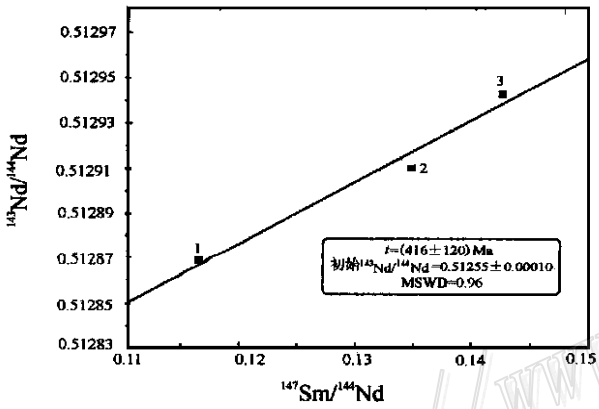


图 8　土屋火山岩 Sm-Nd 等时线图

Fig. 8　Sm-Nd isochron diagram of the volcanic rock in Tuwu area

5　结　论

(1) 土屋和延东含矿斑岩(斜长花岗斑岩)的同位素年龄变化于 369 ~ 356 Ma;

(2) 矿石和蚀变岩的同位素年龄变化于 360 ~ 310 Ma;

(3) 含矿火山岩的同位素年龄变化于 416 ~ 360 Ma;

(4) 土屋和延东斑岩铜矿产于塔里木板块的活动陆缘,属于泥盆纪火山岛弧,铜成矿作用受控于火山-深成作用过程。其地球动力学机制与准噶尔洋盆向南俯冲消减于塔里木古大陆之下的构造演化过程有关。

References

Long B L, Xue Y X, Feng J, et al. 2001. Prospecting model of the porphyry copper deposits of East Tianshan, Xinjiang[J]. Chinese Geology, 28(5): 35 ~ 38 (in Chinese).

Ma R S, Wang C Y, Ye S F, et al. 1993. The tectonic framework and crust evolution in Eastern Tianshan[M]. Nanjing: Press of Nanjing University, 11 ~ 219 (in Chinese).

Qin K Z. 2000. The orogeny of central Asia type and mineralization in north Xinjiang[D]. Beijing: Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, 194 (in Chinese with English abstract).

Rui Z Y, Wang F T, Li H H, et al. 2001. Advance of the porphyry copper belt of the East Tianshan Mountain[J]. Chinese Geology, 28(2): 11 ~ 16 (in Chinese).

Wang F T, Feng J, Hu J W, et al. 2001. Characteristics and significance of the Tuwu porphyry copper deposit, Xinjiang[J]. Chinese Geology, 28(1): 36 ~ 39 (in Chinese).

附中文参考文献

龙保林, 薛迎喜, 冯　京, 等. 2001. 新疆东天山斑岩铜矿的找矿模型试探[J]. 中国地质, 28(5): 35 ~ 38.

马瑞士, 王赐银, 叶尚夫, 等. 1993. 东天山构造格架及地壳演化[M]. 南京: 南京大学出版社.

秦克章. 2000. 新疆北部中亚型造山与成矿作用[D]. 北京: 中国科学院地质研究所. 194 页.

芮宗瑶, 王福同, 李恒海, 等. 2001. 新疆东天山斑岩铜矿带的新进展[J]. 中国地质, 28(2): 11 ~ 16.

王福同, 冯京, 胡建卫, 等. 2001. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义[J]. 中国地质, 28(1): 36 ~ 39.

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

Discussion on Metallogenic Epoch of Tuwu and Yandong Porphyry Copper Deposits in Eastern Tianshan Mountains, Xinjiang

Rui Zongyao, Wang Longsheng, Wang Yitian
(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)
Liu Yulin
(Department of Geology, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract

With regard to the metallogenic epoch of the Tuwu and Yangdong porphyry copper deposits in Eastern Tianshan Mountains, the previous researchers held that they were of early Carboniferous-Permian according to the fossil organism discovered in the sedimentary rocks about 1 km away from the ore district and the isotope ages of the granitoids adjacent to the ore district. In addition, the tectonic setting of the copper mineralization was inferred to be of the active continental margin of Kazakhstan plate - the Carboniferous volcanic island arc. However, the suggestions mentioned above need to be reconsidered according to the new evidence of isotope chronology obtained in this study: (1) the age of the plagiogranite porphyry (ore-baring porphyry) is about 369 ~ 356 Ma (Rb-Sr isochron dating and single-zircon U-Pb dating), indicating that the porphyry occurred at the end of Devonian; (2) the age of molybdenite is (323 ±2) Ma (Re-Os isochron dating), suggesting its formation in early Carboniferous; (3) the age of the altered rock is about 341 ~ 310 Ma (K-Ar dating), implying that the alteration must have taken place in early Carboniferous; (4) the ages of ore-bearing volcanic rocks (named diorite porphyrite before) range from 416 Ma to 360 Ma, which should be assigned to Devonian; and (5) the tectonic setting of porphyry copper deposits in Eastern Tianshan Mountains belongs to the active continental margin of the Tarim Plate, and hence the deposits are likely to be products of the island arc volcanism-plutonic activity.

Key words: isotope chronology, Tuwu copper deposit, Yandong copper deposit, Eastern Tianshan Mountains

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