

土屋-延东铜钼矿田与成矿有关问题的讨论^{*}

刘德权¹ 陈毓川² 王登红³ 唐延龄¹ 周汝洪¹ 王金良⁴ 李华芹⁵ 陈富文⁵

(1 新疆地质矿产局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2 中国地质科学院, 北京 100037; 3 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003; 5 新疆资源环境中心, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要 为查明新疆土屋-延东铜矿的围岩地层时代、成矿时代和成矿环境等问题, 文章通过野外调查、岩矿鉴定、古生物化石鉴定和同位素年代学等方面的研究, 提出围岩地层为石炭系而不是泥盆系; 锆石 SHRIMP 定年结果表明 334.6~320 Ma 为围岩火山岩的形成时代, 另外还有两期岩浆活动(434~426 Ma 和 260 Ma); 含矿直接围岩主要是斜长花岗斑岩而不是闪长玢岩; 矿田隶属觉罗塔格构造-成矿带而不是哈尔里克带; 矿田内斑岩类以及矿带中的石炭纪花岗岩类具埃达克岩特征, 表明区域上具有良好的斑岩铜矿成矿远景。

关键词 地质学 成岩成矿时代 斑岩铜矿 埃达克岩 土屋-延东 新疆

中图分类号: P618.41; P618.65

文献标识码: A

新疆地勘局第一地质大队 1994 年在康古尔塔格地区 1:5 万区域地质调查(K-46-64-C、K-46-64-D、K-46-65-A、K-46-65-B、K-46-65-C、K-46-65-D、K-46-66-C 和 K-46-66-D 八幅联测。下文所指八幅联测与此相同)过程中发现了土屋铜矿床。1997 年起由新疆地矿局第一地质大队进行勘查。当年钻孔见矿, 矿体视厚度 360 余米(w_{Cu} 平均 0.93%)。1998 年被原地质矿产部地质调查局列为部控重点项目。1998 年发现延东铜矿, 第一个钻孔即打到视厚度 343 m (w_{Cu} 平均 0.6%)的矿体, 和上盘视厚度 202 m (w_{Cu} 平均 0.36%)的表外矿体。2002 年, 上海“新风能公司”购买该矿田勘查权, 出资由新疆地勘局对土屋矿床 II 号矿体进行勘探。至 2002 年底, 已控制土屋 II 号矿体 B+C+D 级铜金属资源量 57.37 万吨(w_{Cu} 平均 0.65%)。延东矿床 14 个钻孔初步查明的矿体厚度与土屋 II 号矿体相近或更大, 矿化带长度为土屋 II 号矿体的 3 倍以上, 其规模可能超过土屋矿床。据 2002 年新疆地矿局第一地质大队的最新报告, 333+3341 铜资源量为 434 万吨, 其中土屋(含土屋东)204 万吨, 延东 230 万吨。由此确定土屋-延东矿田具大型铜矿床规模。

该矿床为中国近年来对斑岩铜矿勘查的重大突破, 因此引起了国内外研究者的注意, 已有多篇有关

该矿床的论文发表(王福同等, 2001; 芮宗瑶等, 2001; 2002; 龙宝林等, 2001; 刘德权等, 2001; 王龙生等, 2002; 朱裕生等, 2003)。然而因目前矿田勘查仍未结束, 对矿床若干重大地质问题, 如含矿岩层的时代、围岩岩性、斑岩岩性和时代等的认识存在较大分歧。对这些问题的认识直接影响到对矿床的基本认识和今后的找矿普查方向。因此, 对此进行深入的研究和探讨是必要的。本文将就笔者的初步研究成果, 对有关问题进行讨论。

1 矿田地质概况

矿田位于新疆东天山觉罗塔格造山带北缘(图 1)。该带从泥盆纪末起成为塔里木陆块北部的被动陆缘, 在早石炭世(局部至晚石炭世初期)为拉张阶段, 堆积双峰式火山岩-陆源碎屑建造; 晚石炭世转入汇聚阶段, 堆积复理石及基-中-酸性火山岩建造, 同时发育大规模钙碱性花岗岩链, 其中斑岩类岩石中发生斑岩型铜钼矿化。觉罗塔格带在晚石炭世固结, 出现钾长花岗岩-碱性花岗岩及局部的中-酸性火山磨拉石。固结后期通过陆内堆叠作用形成康古尔塔格和尾亚韧性剪切带。固结期后的弛张期有弛张性黄山深断裂生成(充填有含铜镍镁铁-超镁铁岩)。

^{*} 本文得到国家科技攻关项目(2001BA609A-07-18A)和国家 973 项目(G1999043201)的联合资助

第一作者简介 刘德权, 男, 1935 年生, 教授级高级工程师, 长期从事新疆矿产地质勘查研究。

收稿日期 2003-04-28; 改回日期 2003-08-01; 李 岩编辑。

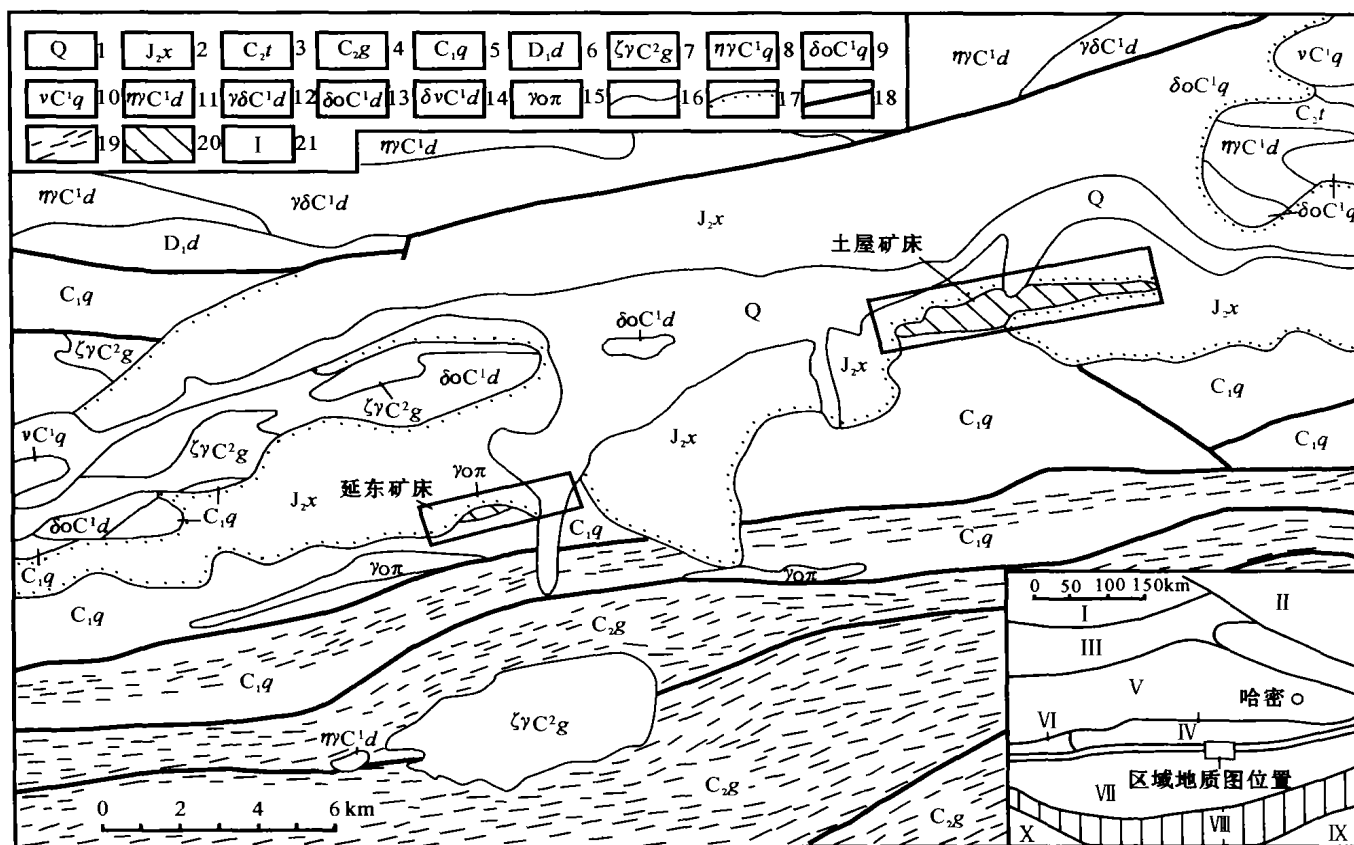


图1 新疆哈密土屋-延东矿田区域地质略图(据新疆地质矿产局第一区域地质调查队2002年资料^①修编)

1—第四系松散沉积物;2—中侏罗统西山窑组砾岩、砂岩夹煤层;3—石炭系土屋组长石岩屑砂岩、生物灰岩、沉凝灰岩;4—石炭系干墩组长石岩屑砂岩、生物灰岩、沉凝灰岩;5—下石炭统企鹅山群玄武岩、安山玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩夹英安岩、凝灰质砂岩、砾岩;6—下泥盆统大南湖组玄武岩、火山碎屑岩;7—晚石炭世固结期钾长花岗岩(沟权山超单元);8~10—觉罗塔格带晚石炭世早期汇聚阶段花岗岩类(企鹅山超单元组合),其中:8—二长花岗岩,9—石英闪长岩,10—石英辉长岩、角闪辉长岩;11~14—哈尔里克带晚石炭世早期汇聚阶段花岗岩类(大南湖超单元),其中:11—二长花岗岩,12—花岗闪长岩,13—石英闪长岩,14—辉长闪长岩;15—晚石炭世斜长花岗斑岩;16—地质界线;17—地层不整合线;18—断裂;19—韧性剪切带;20—铜矿化蚀变带;21—构造分区

Fig.1 Regional geological sketch map of the Tuwu-Yandong ore field in Hami, Xinjiang (modified after

No.1 Geological Party of Xinjiang, 2002)

1—Quaternary sediments; 2—Conglomerate, sandstone and coal seam of Middle Jurassic Xishanyao Formation; 3—Feldspar sandstone, limestone and tuff of Upper Carboniferous Tuwu Formation; 4—Feldspar sandstone, limestone and tuff of Upper Carboniferous Gandun Formation; 5—Basalt, andesitic basalt, tuff, volcanic breccia, dacite, sandstone and conglomerate of Lower Carboniferous Qieshan Group; 6—Basalt and volcanic breccia of Lower Devonian Dananhu Formation; 7—Late Carboniferous K-feldspar granite (Gouquanshan Super-unit); 8~10—Late Carboniferous magmatic rocks in the Jueluotage tectonic belt (Qieshan Super-unit): 8—Monzonitic granite, 9—Quartz diorite, 10—Gabbro; 11~14—Late Carboniferous magmatic rocks in the Haerlik tectonic belt: 11—Monzonitic granite, 12—Granitic diorite, 13—Quartz diorite, 14—Gabbro-diorite; 15—Late Carboniferous plagiogranitic porphyry; 16—Geological boundary; 17—Unconformity; 18—Fault; 19—Shear zone; 20—Alteration zone with copper mineralization; 21—Tectonic zone

二叠纪起隆起为陆相(何国琦等,1994)。

矿田所在的区域分布有下石炭统企鹅山群细碧角斑岩建造(基性火山岩及其凝灰岩、少量凝灰质碎屑岩夹碳酸盐岩),其南、北侧分布有汇聚阶段形成

的复理石建造。

矿田附近与成矿有关的花岗岩类为整个觉罗塔格北带花岗岩链的一部分,是觉罗塔格汇聚阶段板块俯冲作用的产物。岩系为(辉长岩)-闪长岩-石英

① 新疆地质矿产局第一区域地质调查队. 2002. 五堡幅 1:25 万区域地质调查报告.

闪长岩-花岗闪长岩/英云闪长岩-二长花岗岩连续系列。各岩性段成分相对稳定(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993)。其中,土屋及其东侧赤湖地区的花岗岩类在成分及演化方面与整个觉罗塔格北带无显著区别。这也暗示了整个北觉罗塔格带斑岩铜矿成矿背景和远景的一致性。

北觉罗塔格带石炭纪汇聚阶段花岗岩类岩石为钙碱性低碱类型(里特曼指数 1.4~2.3,区域平均 1.9),其铝饱和系数 A/NKC 为 0.81~1.05,多数 0.9~1.0,属铝不饱和至弱饱和类型;其锶初始比值为 0.705~0.705, $\delta^{18}O$ 值为 6.94‰~9.06‰(何国琦等,1994)。这些数值显示其具俯冲带“I”型花岗岩类的特征。矿田围岩为下石炭统企鹅山群灰绿-紫红色拉斑玄武岩、杏仁状橄榄玄武岩及玄武安山岩,夹少量火山角砾岩,以及灰色-灰绿色砂岩和含砾砂岩等。地层总体南倾,倾角 25~65°。矿田内分布有斜长花岗斑岩,岩体大部分被砂、砾岩掩盖,露头零星,单个露头面积不足 100 m²;岩石为偏碱性过

铝花岗岩,具斑状结构、块状构造。斜长花岗斑岩的一部分已经全岩矿化。

矿田构造为一向南倾斜的单斜,并有近东西向的断裂及破碎带发育。整个矿田斜长花岗斑岩均呈近东西向延伸(矿体也呈近东西向延伸),显示成岩-成矿前的东西向线性构造对成岩-成矿具有控制作用。著名的盛产金矿的巨型康古尔塔格韧性剪切带从土屋-延东矿田南侧通过,对矿田有轻微影响,部分岩石、矿石出现糜棱岩化。

土屋-延东矿田(图 1)矿化蚀变带南北宽 250~530 m,长 15 km 以上,大部分被侏罗系覆盖。赋矿岩石为蚀变斜长花岗斑岩及其围岩下石炭统企鹅山群第二组玄武岩、安山玄武岩及凝灰岩类。矿田内已发现两个矿床:土屋矿床和延东矿床。矿体均向南呈陡倾厚板状,沿北东东向区域构造线延伸。

土屋矿床由两个矿体组成(图 2)。I 号矿体(又称土屋东矿床)基本上产于斜长花岗斑岩之中,以 $w_{Cu}=0.2\%$ 为边界品位圈定的矿化体长 1300 m,厚

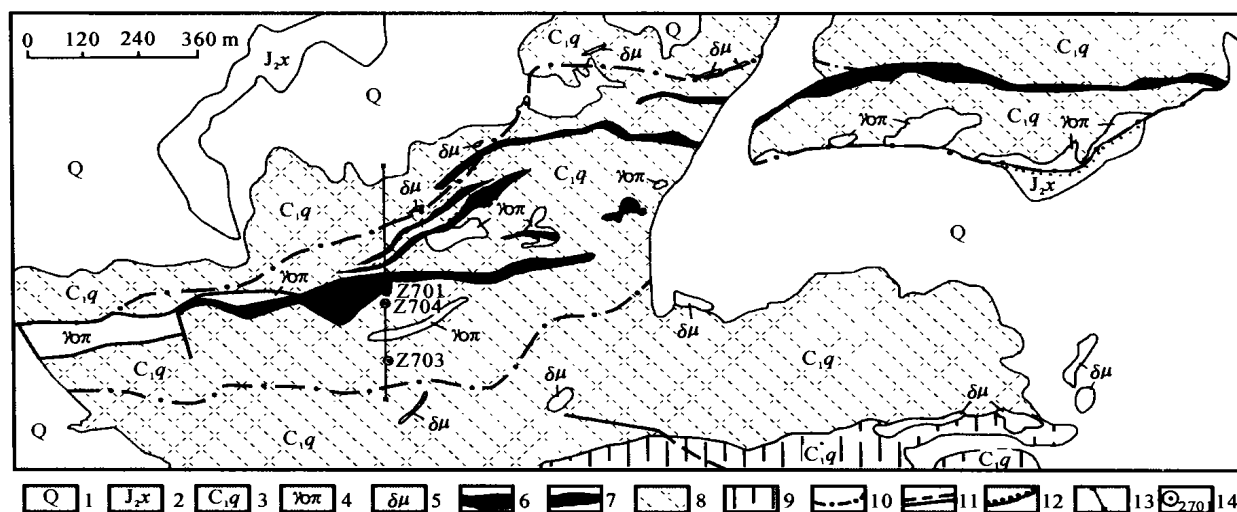


图 2 土屋铜矿床 I、II 号矿体地质略图(据新疆地质矿产局第一区域地质调查队 2002 年资料●修编)

1—第四系松散沉积物;2—中侏罗统西山窑组砾岩、砂岩夹煤层;3—下石炭统企鹅山群玄武岩、安山玄武岩、凝灰岩、火山角砾岩夹英安岩、凝灰质砂岩、砾岩;4—斜长花岗斑岩;5—闪长玢岩;6—II 号铜矿体;7—I 号铜矿体;8—黄铁绢英岩化蚀变带;9—青磐岩化带;10—地表孔雀石浸染范围;11—断层及推测断层;12—地层不整合线;13—勘探线;14—钻孔及编号

Fig.2 Geological sketch map of No. I and No. II orebodies in the Tuwu copper deposit, Hami, Xinjiang

1—Quaternary sediments; 2—Conglomerate, sandstone and coal seam of Middle Jurassic Xishanyao Formation; 3—Basalt, andesitic basalt, tuff, volcanic breccia, dacite, sandstone and conglomerate of Lower Carboniferous Qieshan Group; 4—Plagiogranitic porphyry; 5—Dioritic porphyry; 6—No. I copper orebody; 7—No. II copper orebody; 8—Pyrite-sericite-silicification alteration; 9—Propylitization; 10—Surface malachite alteration; 11—Fault and inferred fault; 12—Unconformity; 13—Exploration line; 14—Drill Hole and its serial number (modified after No. 1 Geological Party of Xinjiang, 2002)

● 新疆地质矿产局第一区域地质调查队. 2002. 五堡幅 1:25 万区域地质调查报告.

8.0~87.1 m,平均厚 38.94 m;铜品位在地表平均 0.3%,钻孔平均为 0.35%,钻孔中 Au 组合分析品位为 $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.24 \times 10^{-6}$ 。II 号矿体(又称土屋矿床)紧靠 I 号矿体西段南侧,向西延伸,一半以上的矿化赋存在围岩(玄武岩及凝灰岩)中,其余赋存在斜长花岗斑岩中。以 $w_{Cu} = 0.2\%$ 为边界品位圈定的地表矿化体长 1 400 m,厚 7.6~125.0 m,平均厚 65.87 m,Cu 品位 0.44%;钻孔中矿体厚 6.94~319.95 m,平均 96.02 m。单工程 Cu 品位最高 2.87%,一般 0.2%~0.8%。其中以 $w_{Cu} = 0.5\%$ 为边界品位圈定的矿体长 1 100 m,平均宽 19.09 m,最宽 87.2 m,平均 Cu 品位 1.03%。0~7 线控制斜深 500 m(图 3)。在矿体中段垂深 600 m 以上进行了勘探,目前已控制矿体长 1 000 m,控制深度 400~600 m,厚度 4~104.5 m,平均厚度 63.74 m,平均 Cu 品位 0.65%。

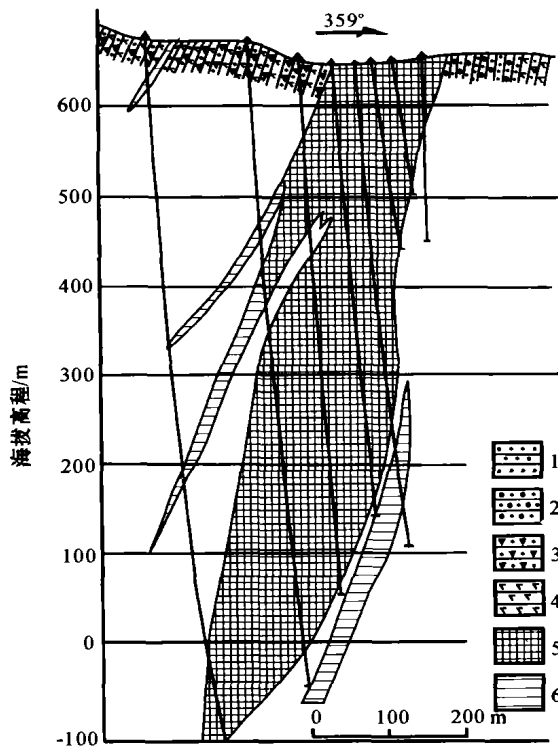


图 3 土屋铜矿床 7 号勘探线剖面图(据新疆地矿局第一地质大队 2002 年资料修编)

1—复成分砾岩;2—含砾长石岩屑砂岩、砂砾岩;3—沉凝灰岩;
4—玄武岩;5—表内矿体;6—表外矿体

Fig. 3 Geological section along No. 7 exploration line in the Tuwu deposit (modified after No. 1 Geological Party of Xinjiang, 2002)

1—Conglomerate; 2—Sandstone and conglomerate; 3—Tuff;
4—Basalt; 5—Orebody; 6—Mineralization zone with $Cu < 0.2\%$

延东矿床位于矿田西部,土屋 II 号矿体西偏南方向 8 km 处。矿化主要赋存于斜长花岗斑岩中,少部分在玄武质熔岩及凝灰岩围岩中。矿体地表大部分被侏罗系陆相含煤岩系掩盖,出露宽度、长度都很小,地表圈定矿体长 900 m,宽 26 m。1998~2002 年间施工钻孔 14 个,初步查明为一巨大厚板状矿体。控制矿体长大于 3 200 m。单工程见矿厚度 1.93~182.98 m,平均 59.91 m。钻孔中 w_{Cu} 0.2%~2.20%,一般 0.2%~0.5%。有 3 个钻孔控制矿体延深达 800 m,但仍未穿过矿体,因此,矿体延伸尚未查明。

矿石以稀疏浸染状为主,部分细脉状、团块状。矿石矿物主要为黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿、铜蓝、辉铜矿等,脉石矿物主要为石英、绢云母、高岭土、长石等。

矿床围岩蚀变围绕矿体分布。大体上,矿体内为强石英-黑云母-绢云母-硬石膏带,向外为较宽的石英-绢云母化带(绢英岩化带),更外侧为青磐岩化带。

本矿床蚀变与国外典型斑岩铜矿床的蚀变具有不同的特点,表现为泥化带不很发育,钾化不是出现钾长石而是出现新生的黑云母,且钾化带范围较宽,部分进入绢英岩化带,中心带局部硅化强烈。

2 含矿围岩及斑岩时代问题

2.1 含矿围岩的时代

关于矿田内地层的时代,新疆区域地质调查队、新疆第一地质大队等在该区 1:20 万、1:5 万区域地质调查中,根据区域地层化石对比,均将其划为石炭纪;《新疆区域地质志》(新疆地质矿产局,1993)等文献中也将其划为石炭纪。芮宗瑶等(2002)对火山岩中的单颗粒锆石进行了测年,获得两组数据:视年龄 (391 ± 8) Ma 和 (443 ± 26) Ma;同时测得全岩 Sm-Nd 等时线年龄为 (416 ± 120) Ma,由此认为围岩时代为泥盆纪。2002 年笔者同新疆第一地质大队姜立丰等一起,在矿田南侧 1 km 处的凝灰质粉砂岩中采到化石,经新疆地质研究所周守澍鉴定为 *lipsoellipticus* sp. (椭圆椭圆茎), *Linoproductus* sp. (纹线长身贝), *Cyclocyclicus* sp. (圆圆茎)等,属石炭纪。该化石产地地层与矿田地层之间连续,无大的断裂,岩性也相同。所产化石与矿田外围本组地层中 1:20

万区调^①发现的 *Eostaffella*? sp. (始斯塔夫蜓?)、*Linoproductus* sp. (纹线长身贝)、*L. Siemenensis* (*Tschernyschew*) (西门纹线长身贝)、*Buxtonia* sp. (波斯通贝)、*Dictyoclostus* sp. (网格长身贝)、*Plicatifer* sp. (轮皱贝)、*Spirifer* sp. (石燕)、*Brachythyris* sp. (腕孔石燕)、*Clathrospira kyamosa* Qiao (小石格子螺) 以及放射虫、苔藓虫碎片等的化石组合相同。因此,含矿地层的时代宜归属于石炭纪。

至于芮宗瑶等(2002)所获同位素年龄数据,其原文也已指出:① 所采锆石可能为捕获锆石,其真实年龄应较分析计算数据(360~416 Ma)小;② 全岩 Sm-Nd 数据有 7 组,基本都在线上,全部参加计算得年龄值为 1 570 Ma 以上,为假等时线。该文中仅取其中三点,勉强计算出一个 416 Ma 的数值,但误差却高达 120 Ma。

2002~2003 年,芮宗瑶和本课题组一起对土屋矿区及外围赋矿玄武岩层中的锆石(矿区 9 颗锆石,外围 19 颗锆石)进行了 SHRIMP 定年,分别获得 1 849~162.4 Ma 及 1 904~233.7 Ma 的数据(表 1)。在土屋矿区对已经矿化的玄武岩(样号 T50-62)测定了 10 个锆石颗粒,获得 9 个颗粒为(320.1±7.7) Ma(95%置信度)的数据,只有一个颗粒测得(426.0±8.9) Ma(表 2)。对延东矿区地表赋矿玄武岩(样号 TCO-262)中的 12 个锆石颗粒测得从(978.6±70) Ma 至(244.2±2.9) Ma 的年龄值,其中有 3 组比较集中的年龄为:(434±21) Ma(3 个颗粒)、(334.6±4.8) Ma(3 个颗粒)、(260±46) Ma(3 个颗粒)(表 2)。上述数据变化较大,是反映了测试问题还是构造演化本身的复杂性还有待深入探讨,但可以得到这样的一些信息:① 本处火山岩中包含有多时代的锆石信息,给确定成岩时代带来了困难;② 有 3 组年龄相对比较集中(434~426 Ma、334.6~320 Ma 和 260 Ma),尤其是 334.6~320 Ma 的一组更加突出。考虑到矿区之北有泥盆纪岩浆活动,矿区之南有富碱花岗岩侵入到本套火山岩中,因此,早、晚两组年龄可能是反映了这两次岩浆活动事件,而中间一组年龄很可能代表了本处火山岩的形成年代。

2.2 含矿斑岩时代及成矿作用时代

关于与成矿有关花岗岩类的时代,过去已有如

下数据:铁岭岩体斜长花岗岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 315.7 Ma(王璧香等,1989),企鹅山岩体石英闪长岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄为 308.52 Ma^②,赤湖岩体石英闪长岩单颗粒锆石的 U-Pb 年龄为 329.44 Ma 和 330.22 Ma(据新疆地质矿产局第一区域地质调查队、新疆地质矿产局第一地质大队等八幅联测)。综合起来看,岩体侵位年龄应在 300~330 Ma 左右。

笔者从土屋东 48 号探槽的斜长花岗斑岩中分离出不同晶形的 16 颗锆石,进行原位微区定年(北京离子探针中心测试,原始数据将另文发表),测得其加权平均值为(333±2) Ma(95%置信度);以同样技术对采自延东矿床 ZK001 孔的斜长花岗斑岩中的锆石进行测试,得出不同晶形锆石的年龄为(334±2) Ma(95%置信度),与外围石炭纪花岗岩年龄在误差范围内一致。

关于成矿作用时代,芮宗瑶等(2001)获得矿床辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(322.7±2.3) Ma(7 点,相关系数 0.99999)。此数据可能近似反映了主成矿期时代。

3 矿体围岩及含矿斑岩问题

矿床勘查和研究初期,在土屋 II 号矿体地质图上划出了较大面积的闪长玢岩。因此有的文献将本矿田表述为“矿化主要产于闪长玢岩中,少量产于斜长花岗斑岩中”(王福同等,2001)。并认为矿床属“闪长岩模式”斑岩铜矿床。芮宗瑶等(2001)对“闪长玢岩”的存在提出了疑问,认为可能大部为火山岩。陈文明等(2002)研究后认为“闪长玢岩”应是钠质中酸性-基性火山岩。2002 年,本课题组对此进行了实地考察和岩矿样品研究,鉴定了近 400 片岩石薄片(包括钻孔剖面 4 个、地表剖面 2 条及笔者自采样品),确认含矿岩石主要是斜长花岗斑岩,原划出的大面积“闪长玢岩”多为玄武岩类火山岩,只有少量闪长玢岩。因此,成矿母岩是斜长花岗斑岩,而含矿岩石是斜长花岗斑岩及其围岩玄武岩、安山玄武岩及凝灰岩。早期文献提到的“安山岩类”岩石基本不存在。

据镜下观察,闪长玢岩呈全晶质,暗色率较低,

① 新疆第一区域地质调查队. 2000. 1:20 万五堡幅区域地质调查报告.

② 新疆地矿局第一地质大队. 1995. K-46-64C、D, K-46-65A、B、C、D, K-46-66C、D 1:5 万区调报告.

表 1 土屋矿区及外围含矿玄武岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年数据

Table 1 U-Th-Pb SHRIMP dating of zircon from basalts hosting the Tuwu copper deposit

样号	$^{206}\text{Pb}/\% \text{ U}/10^{-6}$	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*/10^{-6}$	t/Ma			$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{总}}$		$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		误差 $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ (1 σ)						
				$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}(1)$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}(2)$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}(1)$	$\pm\%$	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	$\pm\%(1)$	$\pm\%(1)$	$\pm\%(1)$								
D49, 选自土屋矿区南部含矿玄武岩																			
D49-1.1	0.59	181	96	0.55	52.0	1849 \pm 19	1893 \pm 22	1334 \pm 45	0.0974	0.81	3.010	1.2	0.0922	1.3	4.222	1.8	0.3322	1.2	0.670
D49-2.1	0.48	402	258	0.66	26.6	475.8 \pm 5.3	480.3 \pm 5.4	402 \pm 12	0.0525	2.2	13.06	1.2	0.0486	3.6	0.513	3.8	0.07659	1.2	0.307
D49-3.1	0.76	544	172	0.33	31.7	419.3 \pm 4.5	423.6 \pm 4.6	371 \pm 19	0.0528	1.3	14.88	1.1	0.0466	3.6	0.432	3.8	0.06720	1.1	0.298
D49-4.1	5.47	77	55	0.74	1.79	263.4 \pm 4.4	164.3 \pm 3.0	135 \pm 19	0.0838	4.7	39.2	2.7	0.040	43	0.140	43	0.02551	2.7	0.063
D49-5.1	2.81	152	127	0.86	8.37	390.5 \pm 5.5	396.8 \pm 5.1	304 \pm 22	0.0643	2.4	16.01	1.4	0.0412	13	0.355	13	0.06245	1.4	0.109
D49-6.1	1.94	128	242	1.95	10.9	597.5 \pm 8.0	609.0 \pm 7.9	459 \pm 30	0.0599	2.4	10.30	1.4	0.0437	9.4	0.585	9.5	0.0971	1.4	0.147
D49-7.1	0.47	333	175	0.55	51.7	1068 \pm 11	1070 \pm 12	1046 \pm 35	0.0776	1.4	5.551	1.1	0.0736	2.1	1.828	2.4	0.1802	1.1	0.475
D49-8.1	0.54	290	200	0.71	11.2	281.3 \pm 3.3	282.5 \pm 3.3	243.4 \pm 8.8	0.0529	2.2	22.42	1.2	0.0485	4.3	0.299	4.4	0.04461	1.2	0.273
D49-9.1	0.19	600	154	0.27	50.9	605.7 \pm 6.4	580.7 \pm 7.1	343 \pm 11	0.0961	4.6	10.15	1.1	0.0946	4.7	1.285	4.8	0.0985	1.1	0.231
P5-65, 选自土屋矿区南部含矿玄武岩																			
P5-65-1.1	0.11	935	443	0.49	58.6	453.3 \pm 7.8	466.6 \pm 8.4	134 \pm 23	0.0327	12	13.73	1.8	0.0318	12	0.319	12	0.0729	1.8	0.146
P5-65-2.1	0.15	198	178	0.93	9.72	356.9 \pm 7.9	365.7 \pm 8.2	212 \pm 14	0.0349	6.2	17.56	2.3	0.0336	8.3	0.264	8.6	0.0569	2.3	0.263
P5-65-3.1	0.25	633	251	0.41	26.2	302.2 \pm 5.4	310.6 \pm 5.6	146 \pm 11	0.0317	7.8	20.84	1.8	0.0297	9.0	0.197	9.2	0.04799	1.8	0.198
P5-65-4.1	0.04	436	121	0.29	25.6	426.4 \pm 7.7	434.8 \pm 8.1	261 \pm 24	0.0395	7.2	14.62	1.9	0.0392	8.2	0.369	8.4	0.0684	1.9	0.224
P5-65-5.1	-	368	194	0.55	14.1	281.9 \pm 5.4	289.7 \pm 5.6	132.4 \pm 4.9	0.02716	3.6	22.37	2.0	0.02936	3.3	0.1809	3.8	0.04469	2.0	0.509
P5-65-6.1	0.12	675	260	0.40	63.1	664 \pm 11	679 \pm 12	492 \pm 24	0.04443	1.6	9.21	1.8	0.04341	1.7	0.650	2.5	0.1086	1.8	0.726
P5-65-7.1	0.13	379	262	0.71	16.8	324.9 \pm 7.8	332.0 \pm 8.2	260 \pm 18	0.0361	13	19.35	2.5	0.0350	14	0.249	14	0.0517	2.5	0.178
P5-65-8.1	0.17	517	421	0.84	20.8	294.4 \pm 5.3	293.2 \pm 5.4	207 \pm 30	0.0568	2.1	21.40	1.9	0.0555	2.2	0.358	2.9	0.04672	1.9	0.646
P5-65-9.1	1.18	226	128	0.59	13.9	440.5 \pm 8.9	441.1 \pm 8.7	288 \pm 40	0.0642	2.7	14.14	2.1	0.0547	9.6	0.533	9.8	0.0707	2.1	0.212
P5-65-10.1	0.08	225	182	0.84	52.4	1543 \pm 26	1541 \pm 28	980 \pm 68	0.0976	1.1	3.697	1.9	0.0969	1.2	3.613	2.2	0.2705	1.9	0.834
P5-65-11.1	1.59	86	43	0.52	4.40	366.6 \pm 8.9	363.2 \pm 8.9	391 \pm 27	0.0743	4.5	17.09	2.5	0.0615	7.4	0.496	7.8	0.0585	2.5	0.322
P5-65-12.1	0.00	677	444	0.68	96.8	992 \pm 20	966 \pm 21	1507 \pm 35	0.09481	0.79	6.01	2.2	0.09481	0.79	2.174	2.4	0.1663	2.2	0.943
P5-65-13.1	0.00	932	387	0.43	29.7	235.0 \pm 4.2	233.7 \pm 4.2	254.5 \pm 6.1	0.05530	1.8	26.93	1.8	0.05530	1.8	0.2831	2.5	0.03713	1.8	0.716
P5-65-14.1	0.19	313	142	0.47	12.8	299.5 \pm 5.7	296.3 \pm 5.8	354 \pm 12	0.0625	3.8	21.03	2.0	0.0610	4.3	0.400	4.7	0.04755	2.0	0.417
P5-65-15.1	0.05	206	53	0.26	61.3	1916 \pm 33	1905 \pm 37	1956 \pm 66	0.1228	1.1	2.890	2.0	0.1224	1.2	5.84	2.3	0.3461	2.0	0.816

注:样品由芮宗瑶采集,测试工作由北京离子探针中心完成,成果与芮宗瑶共享。(1)普通铅以测定的 ^{206}Pb 来校正;(2)普通铅以假定 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄一致来校正。测试仪器型号:SHRIMP II。分析时采用跳峰扫描,每7次扫描记录一次平均值,一次离子为约4.5 nA,10 kV的 O^+ ,靶径25~30 μm ,质量分辨率约5000(1%峰高)。

表 2 土屋和延东矿区企鵝山群矿化玄武岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年数据

Table 2 U-Th-Pb SHRIMP dating of zircon from basalts hosting the Tuwu and Yandong copper deposits

样号	$^{206}\text{Pb}/\% \text{ U}/10^{-6}$	$\text{Th}/10^{-6}$	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*/10^{-6}$	t/Ma		$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{a}}$	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	误差 (1 σ)							
					$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}(1)$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}(2)$							$^{206}\text{Pb}/^{232}\text{Th}(1)$	$\pm \%$	$\pm \%(1)$	$\pm \%(1)$	$\pm \%(1)$		
T50-62, 选自土屋矿区企鵝山群玄武岩中																			
T50-62-1.1	3.05	182	90	0.51	11.0	423.7 \pm 8.9	426.0 \pm 8.9	376 \pm 45	0.0756	2.1	14.72	2.2	0.0507	13	0.475	14	0.0679	2.2	0.161
T50-62-2.1	1.91	398	314	0.82	17.1	308.4 \pm 6.1	309.5 \pm 6.1	270 \pm 15	0.0650	4.7	20.40	2.0	0.0496	10	0.335	10	0.04901	2.0	0.199
T50-62-3.1	0.99	594	956	1.66	26.4	322.3 \pm 7.1	321.9 \pm 7.1	290 \pm 120	0.0618	2.5	19.51	2.3	0.0538	5.7	0.380	6.2	0.0513	2.3	0.367
T50-62-4.1	4.52	169	83	0.51	8.78	362.9 \pm 8.0	368.7 \pm 7.8	241 \pm 49	0.0779	6.0	17.27	2.3	0.0408	22	0.326	22	0.0579	2.3	0.103
T50-62-5.1	4.62	120	58	0.50	5.70	332.0 \pm 8.3	332.5 \pm 7.4	305 \pm 63	0.0890	3.4	18.92	2.6	0.052	21	0.377	21	0.0528	2.6	0.122
T50-62-6.1	1.31	609	644	1.09	26.9	318.9 \pm 9.1	318.8 \pm 9.1	234 \pm 11	0.0636	2.1	19.72	2.9	0.0530	5.9	0.371	6.6	0.0507	2.9	0.444
T50-62-7.1	3.00	253	215	0.88	11.4	319.7 \pm 6.4	321.4 \pm 6.2	247 \pm 18	0.0728	2.4	19.67	2.0	0.0485	11	0.340	11	0.0508	2.0	0.182
T50-62-8.1	2.32	186	174	0.97	8.58	329.5 \pm 6.9	326.9 \pm 6.8	330 \pm 17	0.0781	4.6	19.07	2.2	0.0596	10	0.431	10	0.0524	2.2	0.211
T50-62-9.1	4.40	112	100	0.92	5.04	315.7 \pm 7.9	315.0 \pm 7.0	306 \pm 32	0.0897	3.3	19.93	2.6	0.054	19	0.377	19	0.0502	2.6	0.132
T50-62-10.1	0.52	213	161	0.78	10.1	344.3 \pm 6.8	347.5 \pm 7.2	88 \pm 16	0.0500	10	18.23	2.0	0.0457	12	0.346	12	0.0549	2.0	0.169
TCO-262, 选自延东矿区企鵝山群																			
TCO-262-1.1	1.08	422	249	0.61	14.2	244.2 \pm 2.9	246.8 \pm 2.9	180.9 \pm 8.7	0.0512	3.9	25.90	1.2	0.0425	7.1	0.226	7.2	0.03861	1.2	0.167
TCO-262-2.1	0.55	163	130	0.83	9.99	442.3 \pm 5.7	443.3 \pm 5.6	387 \pm 18	0.0583	2.7	14.08	1.3	0.0538	6.6	0.527	6.7	0.07101	1.3	0.199
TCO-262-3.1	0.71	398	148	0.38	14.7	270.0 \pm 3.2	272.2 \pm 3.2	212 \pm 14	0.0506	2.1	23.38	1.2	0.0449	5.6	0.265	5.7	0.04277	1.2	0.211
TCO-262-4.1	0.82	230	187	0.84	13.9	436.5 \pm 5.3	441.4 \pm 5.3	344 \pm 15	0.0530	2.1	14.27	1.2	0.0462	5.3	0.447	5.5	0.07005	1.2	0.228
TCO-262-5.1	0.83	849	626	0.76	39.3	335.5 \pm 3.6	334.6 \pm 3.6	291.3 \pm 9.7	0.0621	2.3	18.72	1.1	0.0554	3.7	0.408	3.8	0.05343	1.1	0.288
TCO-262-6.1	0.89	527	341	0.67	24.4	335.1 \pm 3.8	333.8 \pm 3.8	317.4 \pm 9.7	0.0636	2.1	18.74	1.2	0.0564	4.1	0.415	4.3	0.05336	1.2	0.274
TCO-262-7.1	2.50	61	32	0.53	2.82	330.2 \pm 6.4	332.2 \pm 5.6	248 \pm 46	0.0684	4.0	19.03	2.0	0.0482	19	0.350	19	0.0526	2.0	0.106
TCO-262-8.1	2.98	174	90	0.53	7.66	312.6 \pm 5.2	314.5 \pm 4.8	260 \pm 34	0.0719	4.5	20.12	1.7	0.0478	16	0.327	16	0.04969	1.7	0.109
TCO-262-9.1	25.83	190	33	0.18	36.0	977 \pm 70	843 \pm 65	4430 \pm 2200	0.375	8.2	6.11	7.7	0.190	30	4.3	31	0.164	7.7	0.250
TCO-262-10.1	0.27	617	130	0.22	56.4	649.4 \pm 7.1	647.9 \pm 7.2	1057 \pm 27	0.06539	0.91	9.44	1.1	0.06319	1.3	0.923	1.7	0.1060	1.1	0.663
TCO-262-11.1	4.76	114	72	0.65	4.61	282.2 \pm 5.1	273.3 \pm 4.0	322 \pm 37	0.1144	2.4	22.35	1.9	0.0775	13	0.478	13	0.04474	1.9	0.146
TCO-262-12.1	1.39	182	113	0.64	10.8	425.8 \pm 5.3	427.8 \pm 5.3	375 \pm 19	0.0628	3.7	14.64	1.3	0.0515	6.8	0.485	6.9	0.06828	1.3	0.186

注:样品由芮宗瑶采集,测试工作由北京离子探针中心完成,成果与芮宗瑶共享,详见芮宗瑶等完成的《新疆哈密市土屋-延东铜矿典型矿床研究》科研报告(2002年12月)。(1)普通铅以测定的 ^{204}Pb 来校正;(2)普通铅以假定 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄一致来校正。测试仪器型号:SHRIMP II。分析时采用跟踪扫描,每7次扫描记录一次平均值,一次离子为约4.5 nA,10 kV的 O^{2-} ,靶径25~30 μm ,质量分辨率约5000(1%峰高)。

而且具中基性浅成岩特有的极细长针状副矿物磷灰石(长宽比大于 10)。而玄武岩类火山岩则无此类磷灰石,岩石暗色率一般比闪长玢岩要高得多。

表 3 为区域火山岩的岩石化学成分,从表中也

看出,含矿的企鹅山群火山岩建造属于缺乏安山岩类的细碧角斑岩组合,为构造带拉张阶段产物。其 $w(\text{SiO}_2)$ 落在 56%~62% 之间者不是安山岩,而是 $w(\text{K}_2\text{O})$ 含量 < 1% 的角斑岩。

表 3 土屋地区石炭系企鹅山群第二组火山岩化学成分

Table 3 Chemical composition of volcanic rocks from Carboniferous Qieshan Formation in Tuwu

岩石(样数)	$w(\text{B})/\%$													合计
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	烧失量	
细碧岩(10)	48.51	1.16	16.96	3.74	6.82	0.16	5.90	8.61	3.38	0.38	0.23	0.08	4.06	99.97
玄武岩(6)	50.05	1.07	17.03	4.70	5.84	0.17	4.52	7.64	3.48	1.65	0.40	0.13	3.41	100.07
安山玄武岩(6)	53.45	1.05	16.38	4.39	4.76	0.12	4.42	7.95	3.44	0.67	0.28	0.06	3.24	100.19
角斑岩(6)	58.98	0.81	15.28	5.76	3.22	0.13	2.38	4.58	5.10	0.76	0.30	0.12	2.79	100.20
石英角斑岩(1)	66.93	0.6	13.88	2.95	2.36	0.07	0.98	2.1	4.74	2.46	0.13	0.2	1.32	98.72
流纹岩(1)	71.48	0.4	12.01	2.61	1.27	0.03	0.39	1.9	3.22	2.61	0.11	0.09	2.46	98.58

数据来源:新疆地质矿产局第一地质大队 1:5 万八幅联测(1995)。

4 矿田含矿斑岩类具埃达克岩特征

埃达克岩是指具有高铯、低钇等特定地球化学特征的一套中酸性火山岩和侵入岩组合(Kay, 1978),一般认为是来自俯冲板片熔体或下地壳重熔的岩浆产物(Defant et al., 2001)。据 Thieblemont 等(1997)统计,在全球 43 个 Au、Ag、Cu、Mo 低温热液和斑岩矿床中,有 38 个与埃达克岩有关。智利上千万吨级的斑岩铜矿床的赋矿斑岩,均为埃达克岩(Oyarzun et al., 2001);菲律宾的斑岩铜矿和低温热液金矿床,14 个中有 12 个与埃达克岩有关(Sajona et al., 1998)。因此,埃达克岩成为近年来国内外研究的热点之一。

据本文初步研究,土屋-延东矿田所在的觉罗塔

格带石炭纪花岗岩类以及矿田斜长花岗斑岩类均具高铯、低钇等特征,其主要特征值见表 4。由表 4 可见,土屋成矿带汇聚期石炭纪钙碱性花岗岩类 w_{Sr} 平均 416×10^{-6} , w_{Y} 平均 14.6×10^{-6} , w_{Yb} 平均 1.53×10^{-6} , $w_{\text{Sr}}/w_{\text{Y}}$ 平均 30.1,类似于埃达克岩类。而土屋-延东矿田斜长花岗斑岩的埃达克岩指数与区域平均值完全一致,说明它们同源。其镁指数($\text{Mg}^\#$)为 31~45,平均 39,比环太平洋带埃达克岩的镁指数(平均 51)低,而与我国多数地区埃达克岩相同,表明觉罗塔格带形成斑岩铜矿的岩浆不是俯冲洋壳板片的重熔,而可能来自下地壳的重熔。

土屋-延东矿床斑岩及觉罗塔格带区域花岗岩类具埃达克岩特征,表明该成矿带对形成斑岩铜矿是有利的,具有找矿远景。

表 4 新疆东天山土屋-赤湖地区花岗岩类埃达克岩指数表

Table 4 Adakite chemical indices of granitoids from Tuwu-Chihu area, East Tianshan, Xinjiang

岩 石	$w(\text{B})/\%$			$\text{Mg}^\#$	$w_{\text{B}}/10^{-6}$			$w_{\text{Sr}}/w_{\text{Y}}$	$w_{\text{Y}}/w_{\text{Yb}}$	$\Sigma\text{REE}/10^{-6}$	LREE/HREE	δEu
	SiO_2	Al_2O_3	MgO		Sr	Yb	Y					
区域花岗岩												
最低	56.03	13.36	0.58	31	300	0.89	11.3	21	7.7	71.07	5.43	0.79
最高	71.58	18.92	3.86	45	760	2.70	22.8	60	12.5	107.43	11.35	1.24
平均(15 个样)	64.55	15.53	1.83	39	416	1.53	14.6	30.1	9.6	85.30	7.4	1.00
土屋-延东矿田斜长花岗斑岩												
	70.56	15.38	0.93	38.2	330	1.34	11.7	28.2	8.7	76.32	8.18	1.12

原始数据据新疆地矿局第一区调队、第一地质大队等资料综合。

5 矿田所在构造带的归属问题

土屋-延东矿床所在构造-成矿带的构造归属,曾有哈尔里克和觉罗塔格带两种说法。笔者认为:

(1) 土屋-延东矿床围岩和成矿斑岩为石炭纪,而不是泥盆纪。

(2) 土屋-延东带北侧的大南湖-大草滩断裂带,是觉罗塔格造山带与哈尔里克造山带的地体拼接线。该线两侧的区域构造线走向,以及地层、岩浆岩的地球化学等都有明显区别(图4)。该线西段在1:5万区域地质调查过程中已发现多处蛇绿岩块(李文铅等,2000)。

(3) 上述地体拼接线南北两侧分属于不同的古生物地理区。该线以北,产安加拉植物群及大量单带型珊瑚和腕足类 *Paramuirwoodia* 等,属于西伯利亚生物区;该线以南不含上述生物,而含 *Giganto-Productus*、*Kuichowophyllum* 等温带型生物,属于华南生物区。因此,该线所代表的已闭合的洋盆曾具有分隔生物区系的规模,即可能有古北天山大洋存在。

应当说明,1994年新疆地质矿产局第一地质队

在1:5万八幅联测中,将土屋西65 km处的大草滩断裂带上产安加拉植物群化石的碎屑岩地层归入其新建的“企鹅山群”顶部,与产长身贝、始斯塔夫蜓等的中、下部合称为“企鹅山群”。一些作者便以此作为将整个“企鹅山群”分布区(包括土屋-延东矿田范围)划入北区-哈尔里克带的重要证据。但据笔者研究,该地产安加拉植物群化石的碎屑岩(原划为企鹅山群第三组第二亚组)岩性与其下的第一亚组有很大差异。前者为正常沉积,碎屑成分中有大量碳酸盐岩岩屑,属于汇聚环境产物。而整个所谓“企鹅山群”其他各组,均为玄武岩-角斑岩及其凝灰岩类,即使是顶部凝灰质碎屑岩类中的碎屑,也不含碳酸盐岩岩屑,属于拉张阶段基性火山岩建造。而且,该地安加拉植物群化石时代为晚石炭世(三分法的中石炭世晚期),而其“第一亚组”及“第二组”中所产长身贝、始斯塔夫蜓类等化石为早石炭世晚期。两者不但生物区不同,时代也不同。因此,1994年1:5万八幅联测新建的企鹅山群应分解(2002年新疆第一区调队在该区1:25万修测中已将其解体)。笔者认为,原企鹅山群第三组第二亚组应归哈尔里克地层

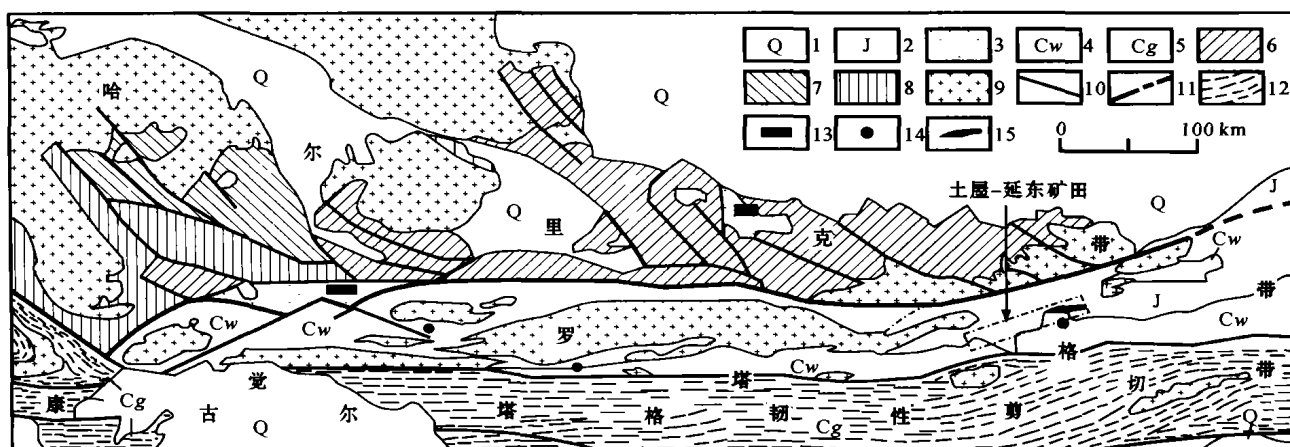


图4 新疆东天山哈尔里克带-觉罗塔格带分界带略图(据新疆地质矿产局第一区调队2002年1:25万地质图修编)

1—新生界松散沉积物;2—侏罗系陆相碎屑岩;3—哈尔里克带上石炭统下部碎屑岩建造;4—觉罗塔格带下石炭统梧桐窝子组双峰式火山岩建造;5—觉罗塔格带下石炭统干墩组火山岩-碎屑岩建造;6—哈尔里克带泥盆系;7—哈尔里克带志留系;8—哈尔里克带奥陶系;9—侵入岩类(辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩等,未分);10—断裂;11—大南湖-大草滩断裂,哈尔里克带与觉罗塔格带的地体拼接线;12—康古尔塔格韧性剪切带;13—冷水型安加拉植物群化石产地;14—温水型长身贝、始斯塔夫蜓、石燕等化石产地;15—矿体

Fig. 4 Geological map of the Haerlik-Jueluotage tectonic belt in East Tianshan, Xinjiang (modified after the 1:250000 regional geological map by No. 1 Regional Geological Party of Xinjiang, 2002)

1—Quaternary sediments; 2—Jurassic terrestrial clastic rocks; 3—Upper Carboniferous clastic rocks in Haerlik belt; 4—Bimodal volcanic rocks of Lower Carboniferous Wutongwozi Formation in Jueluotage belt; 5—Volcanic-clastic rocks of Lower Carboniferous Gandun Formation in Jueluotage belt; 6—Devonian strata in Haerlik belt; 7—Silurian strata in Haerlik belt; 8—Ordovician strata in Haerlik belt; 9—Intrusive rocks, such as gabbro, diorite, granodiorite, monzonitic granite and K-feldspar granite; 10—Fault; 11—Dananhu-Dacaotan fault between Haerlik terrain and Jueluotage terrain; 12—Kangguertage shear zone; 13—Localities of cool water type Angara flora fossils; 14—Localities of warm water type productoid, *Eostaffella*, *Spirifer* and other fossils; 15—Ore body

小区,其余部分为拉张阶段基性火山岩为主的双峰式火山岩建造,与过去东天山觉罗塔格带区调中建立的梧桐窝子组是同一地层,不应另建新组。

(4) 盛产金矿的康古尔塔格石炭纪韧性剪切带从土屋-延东矿田南侧通过。一些作者将此韧性剪切带作为哈尔里克带和觉罗塔格带的“缝合线”。笔者认为,该韧性剪切带为觉罗塔格带内部的、于固结后期因继续挤压而产生的陆内堆叠产物,其南北两侧岩性和时代以及构造样式、岩浆作用等均相同。不同点仅在于南北两侧剥蚀程度不同,这是韧性剪切带使南北两侧相对升降而造成的,该带不具有构造单元分界的性质。

另外,大南湖—大草滩断裂带(哈尔里克带和觉罗塔格带的地体拼接线)、康古尔塔格韧性剪切带和充填黄山类型含铜镍镁铁-超镁铁岩带的石炭纪末弛张性黄山深断裂带,这 3 条构造线成因不同、时代不同,仅仅因构造原因(中-新生代新疆地壳大幅度缩短),使其现代地理位置相近、甚至部分重合,以致许多作者将它们混为一谈了。

6 矿床成矿模式

综上所述,笔者提出新疆土屋-延东斑岩铜矿田成矿模式如下:矿床产于觉罗塔格晚古生代造山带中,成矿与晚石炭世早期汇聚阶段钙碱性火山-深成岩建造有关。赋矿岩体为斜长花岗斑岩及围岩(玄武质火山岩、火山碎屑岩)。岩体就位及成矿均受线性构造控制,致使矿体呈厚板状(图 5)。

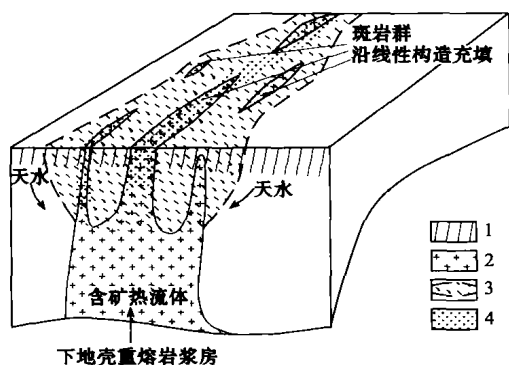


图 5 哈密土屋-延东斑岩铜钼矿田成矿模式图

1—石炭系火山岩、凝灰岩地层;2—斜长花岗斑岩;

3—铜钼矿化带;4—围岩蚀变晕

Fig. 5 Metallogenic model of the Tuwu-Yandong Cu-Mo orefield in Hami

1—Carboniferous volcanic rocks and tuff; 2—Plagiogranitic porphyry; 3—Cu-Mo mineralization zone; 4—Alteration zone

致 谢 本专题得到国家 305 项目办公室、新疆地质矿产勘查开发局及其所属第一地质大队、第六地质大队及第一区调队的支持和帮助,特此一并致谢!

References

- Chen W M and Qu X M. 2002. Host rocks of Tuwu-Yandong (Porphyry) copper deposit in Tianshan Mountains [J]. *Mineral Deposits*, 21(4): 331~340 (in Chinese with English abstract).
- Defant M J and Kepezhinskis P. 2001. Evidence suggests slab melting in arc magmas[J]. *EOS*, 82: 62~69.
- He G Q, Li M S, Liu D Q, et al. 1994. Paleozoic crustal evolution and mineralization in Xinjiang of China[M]. Urumchi: Xinjiang People's Pub. House, Hongkong: Educational and Cultural Press Ltd. 177~208 (in Chinese with English abstract).
- Kay R W. 1978. Aleutian magnesian andesites: melts from subducted Pacific Ocean crust[J]. *J. Volcanol Geotherm. Res.*, 4: 117~132.
- Li W Q, Dong F R and Zhou R H. 2000. The discovery and its features of the Kanggurtage ophiolite suite in Shanshan, Xinjiang[J]. *Xinjiang Geol.*, 18(2): 121~128 (in Chinese with English abstract).
- Liu D Q, Tang Y L and Zhou R H. 2001. Ore-forming condition and perspective for porphyry copper deposits in Xinjiang[J]. *Xinjiang Geol.*, 19(1): 43~48 (in Chinese with English abstract).
- Long B L, Xun Y X, Feng J, et al. 2001. Prospecting model of the porphyry copper deposit in East Tianshan, Xinjiang [J]. *Chinese Geol.*, 28(5): 35~38 (in Chinese with English abstract).
- Oyarzun R, Mfarquez A, Lillo J, et al. 2001. Giant versus small porphyry copper deposits of Cenozoic age in northern Chile: adakitic versus normal calc-alkaline magmatism[J]. *Mineralium Deposita*, 36: 794~798.
- Rui Z Y, Wang F T, Li H H, et al. 2001. Advance of the porphyry copper belt of the East Tianshan mountains, Xinjiang[J]. *Chinese Geol.*, 28(2): 11~16 (in Chinese with English abstract).
- Rui Z Y, Wang L S, Wang Y T, et al. 2002. Discussion on metallogenic epoch of Tuwu and Yandong porphyry copper deposits in Eastern Tianshan, Xinjiang[J]. *Mineral Deposits*, 21(1): 16~22 (in Chinese with English abstract).
- Sajona F G and Maury R C. 1998. Association of adakites with gold and copper mineralization in the Philippines[J]. *Cr. Acad. Sci. II A*, 326(1): 27~34.
- Thieblemont D, Stein G and Lescuyer J L. 1997. Epithermal and porphyry deposits: the adakite connection[J]. *Cr. Acad. Sci. II A*, 325(2): 103~109.
- Wang B X. 1989. Geochemistry features of granitoids in the east section of Tianshan, Xinjiang[J]. *Acta Geologica Sinica*, 63(3): 236~245 (in Chinese with English abstract).
- Wang F T, Feng J, Hu J W, et al. 2001. Characteristics and significance of the Tuwu porphyry copper deposit, Xinjiang[J]. *Chinese Geol.*, 28(1): 36~38 (in Chinese with English abstract).
- Wang L S, Rui Z Y and Liu Yulin. 2002. Metallogenic model of por-

- phyry copper deposits at Tuwu and Yandong in Eastern Tianshan [J]. Mineral Deposits, 21(supp.): 473~475(in Chinese).
- Wang Q, Xu J F and Zhao Z H. 2001. The summary and comment on research on a new kind of igneous rock-Adakite[J]. Advance in Earth Science, 16(2): 201~208 (in Chinese with English abstract).
- Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources. 1993. Regional geology of Xinjiang[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 454~457 (in Chinese).
- Zhang Q, Wang Y, Qian Q, et al. 2001. The characteristics and tectonic-metallogenic significance of the Adakites in Yanshan period from eastern China[J]. Acta Petrologica Sinica, 17(2): 236~244 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Y S, Wang F T, Long B L, et al. 2003. Polygenic information prospecting model for Tuwu-Yandong porphyry Cu-Mo deposits [J]. Mineral Deposits, 22(3): 287~294(in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 陈文明, 曲晓明. 2002. 论东天山土屋-延东(斑岩)铜矿的容矿围岩[J]. 矿床地质, 21(4): 331~340.
- 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 1994. 新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 香港: 香港文化教育出版社. 177~208.
- 李文铅, 董富荣, 周汝洪. 2000. 新疆都善康古尔塔格蛇绿岩的发现及其特征[J]. 新疆地质, 18(2): 121~128.
- 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 2001. 新疆斑岩铜矿成矿条件和远景[J]. 新疆地质, 19(1): 43~48.
- 龙宝林, 薛迎喜, 冯京, 等. 2001. 新疆东天山斑岩铜矿的找矿模型[J]. 中国地质, 28(5): 35~38.
- 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.
- 芮宗瑶, 王龙生, 王义天, 等. 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.
- 王碧香. 1989. 新疆北天山东段花岗岩类地球化学特征[J]. 地质学报, 63(3): 236~245.
- 王福同, 冯京, 胡建卫, 等. 2001. 新疆土屋大型斑岩铜矿特征及发现意义[J]. 中国地质, 28(1): 36~38.
- 王龙生, 芮宗瑶, 刘玉琳. 2002. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床成矿模式[J]. 矿床地质, 21(增刊): 473~475.
- 王强, 许继锋, 赵振华. 2001. 一种新的火成岩——埃达克岩的研究综述[J]. 地球科学进展, 16(2): 201~208.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社. 454~457.
- 张旗, 王焰, 钱青, 等. 2001. 中国东部燕山期埃达克岩的特征及其构造-成矿意义[J]. 岩石学报, 17(2): 236~244.
- 朱裕生, 王福同, 龙宝林, 等. 2003. 土屋-延东斑岩型铜(钼)矿床多源信息找矿模型[J]. 矿床地质, 22(3): 287~294.

A Discussion on Problems Related to Mineralization of Tuwu-Yandong Cu-Mo Orefield in Hami, Xinjiang

Liu Dequan¹, Chen Yuchuan², Wang Denghong³, Tang Yanling¹, Zhou Ruhong¹, Wang Jinliang⁴,
Li Huaqin⁵ and Chen Fuwen⁵

(1 Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Urumqi 830000, Xinjiang, China; 2 Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 4 Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China; 5 Resource and Environment Center of Xinjiang, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

Abstract

The Tuwu-Yandong Cu-Mo deposit is a super-large porphyry deposit discovered in recent years. Fossils indicate that the host rocks are of Carboniferous instead of Devonian. SHRIMP dating results of zircons from the host volcanic rocks give three groups of data, in which the ages from 334.6 Ma to 320 Ma indicate the rock-forming epoch of host rocks, while the ages from 434 Ma to 426 Ma and the age of 260 Ma show other two epochs of magmatism. The host rocks of mineralization are plagiogranitic porphyry rather than dioritic porphyry. The orefield is located in the Jueluotage tectonic-mineralization belt, not in the Haerlik belt. The adakite features of the porphyry rocks in the orefield and the Carboniferous granitoids in this region suggest good prospects in search for porphyry-type copper deposits in East Tianshan region.

Key words: geology, ore-forming and rock-forming ages, porphyry copper deposit, adakite, Tuwu-Yandong, Xingjiang