

doi:10.3799/dqkx.2010.024

# 东天山板块缝合区(带)的构造演化与 多金属矿床成矿的关系

木合塔尔·扎日<sup>1</sup>, 吴兆宁<sup>1</sup>, 吴昌志<sup>1,2</sup>, 帕拉提·阿布都卡迪尔<sup>1</sup>

1. 新疆大学地质与勘查工程学院,新疆乌鲁木齐 830046

2. 南京大学地球科学与工程学院,江苏南京 210093

**摘要:**研究表明位于康古尔断裂和阿齐克库都克断裂之间的东天山板块缝合(区)带经历了4个阶段的演化过程,即泥盆纪吐哈古大洋形成、早石炭世俯冲造山、晚石炭世碰撞造山以及二叠纪造山期后缝合带的进一步变形。自北而南划分为4个构造带,共同组成了一个向下收敛的楔状缝合区(带)。东天山的矿产严格受构造控制,相应地从北向南分布有前缘推覆带斑岩型铜矿床→蛇绿混杂岩带铜(镍)硫化物矿床和韧性剪切带型金矿床→叠瓦岩片带矽卡岩型铜多金属矿床→热液型金矿床。这些类型的矿床集结成东天山地区4条大的成矿带:康古尔断裂以北铜矿带,金、铜镍硫化物矿床成矿带(北带),阿齐山—雅满苏铁(铜)、银多金属成矿带(南带)和中天山地块铁、铅锌、银成矿带。

**关键词:**东天山;板块缝合区(带);构造地质;多金属成矿系统;矿产勘查。

中图分类号: P618.2

文章编号: 1000-2383(2010)02-0245-09

收稿日期: 2009-08-31

## Relationship between Tectonic Evolution and Polymetallic Mineralization of the East Tianshan Plate Suture Zone

Muhetaer Zari<sup>1</sup>, WU Zhao-ning<sup>1</sup>, WU Chang-zhi<sup>1,2</sup>, Parati Abudukadir<sup>1</sup>

1. School of Geology and Exploration Engineering, Xinjiang University, Urumchi 830046, China

2. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China

**Abstract:** Previous researches indicate that the eastern Tianshan plate suture zone between Kangur and Aqqikkudug faults underwent four stages geological evolution, namely, the formation of Tupan-Hami ocean in Devonian, subduction-type orogeny in Early Carboniferous, collisional orogeny in Late Carboniferous and post orogenic further deformation of the plate suture in Permian. Four obvious tectonic belts of the East Tianshan suture zone can be subdivided from north to south, which constitute a downward convergent wedge-shaped suture zone. Distribution of ore deposits in the East Tianshan is controlled by tectonics. From north to south, they are porphyry copper deposits in the front nappe belt, magmatic Cu (Ni) sulfide deposits and ductile shear zone type gold deposits in the phiolite mélange belt, skarn type copper-polymetallic deposits and hydrothermal gold deposits in the imbricate rock slices. The above different types in East Tianshan aggregate into four large metallogenic belts: copper metallogenic belt to the north of Kangur fault, gold, copper and nickel metallogenic belt (north belt), iron, copper, and silver polymetallic metallogenic belt of Yamansu-Aqqikkudug area (south belt), iron, lead-zinc and silver metallogenic belt.

**Key words:** East Tianshan mountains; plate suture zone; tectonics; polymetallic metallogenic series; mineral exploration.

东天山是我国西部重要的矿产资源远景区,也是目前国土资源调查和国家“973”项目等重点调查及研究的热点地区之一。广义的东天山地区包括吐

—哈盆地南缘、库鲁克塔格和北山北麓以及觉罗塔格山—南湖戈壁等。构造上处于西伯利亚、准噶尔—哈萨克斯坦和塔里木三大板块的交汇处(Windley

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 40862006);国家自然科学基金委对外交流与合作项目(No. 40910183);新疆维吾尔自治区科技厅少数民族特培计划项目(No. 200823119);新疆大学“天山学者”特聘教授配套科研项目;新疆维吾尔自治区高校重点项目(No. XJEDU2006 I 06)。

作者简介:木合塔尔·扎日(1960—),男,博士,教授,硕士生导师,从事区域大地构造学的教学和科研工作。E-mail: mhtrz\_xju@sina.com.cn

*et al.*, 1990; 肖序常等, 1992; 何国琦等, 1994; Qin *et al.*, 2003; 何国琦和朱永峰, 2006; Zhu *et al.*, 2007), 为中亚增生型造山带的关键部位, 以晚古生代新陆壳增生和小陆块汇聚为特征(肖序常等, 1992; 何国琦等, 1994; Xiao *et al.*, 2004). 本文所指东天山位于新疆东部, 西起小热泉子, 东至甘新交界(图 1), 是我国重要的铜、镍、金、铁、铅锌等大型矿床集结区。近几年来, 土屋、延东等大型斑岩铜矿和彩霞山大型铅锌矿床、维权银多金属矿及图拉尔根、白石泉等铜镍矿床的新发现, 使东天山成为我国西部勘查、研究的热点地区。

矿床是大地构造发展演化的产物, 不同矿床类型形成于不同的构造环境和构造演化阶段以及特定的空间部位。因此矿床的时空分布及其特征是大地构造演化的重要指示标志(Hutchinson, 1980, 1993), 可以为重建地质历史, 包括大地构造单元的划分、大地构造格局及其演变的重建, 提供重要的科学依据(李锦轶等, 2002)。尽管前人对东天山的大地构造演化进行了大量的研究工作(肖序常等, 1992; 姬金生等, 1994; 周济元等, 1994; 马瑞士等, 1997; 陈富文等, 2003), 但对一些重大地质问题, 如东天山板块接合部位究竟在何处, 它是一个缝合线还是一个较宽广的缝合区(带), 尚存在较大分歧。针对这些问题, 作者根据多年的研究已提出东天山地区康古尔断裂和阿齐克库都克断裂之间的区域为塔里木板块

和准噶尔板块之间的板块缝合区(带)的新认识(木合塔尔·扎日等, 2009)。本文在这个新认识的基础上, 从成矿学角度进行分析, 探讨东天山板块缝合带与多金属矿床间的成因联系, 力求促进该区找矿研究的深入, 并为勘查工作部署提供新思路。

## 1 板块缝合带的构造样式及格局

东天山板块缝合带位于东天山中部, 夹持在康古尔断裂和阿齐克库都克断裂之间的区域, 简称康—阿碰撞缝合带(木合塔尔·扎日等, 2009)。从区域性重要断裂的分布看(图 1, 表 1), 东天山板块缝合带在空间上从北到南可以分为 3 个一级构造单元, 即准噶尔板块南缘的大南湖—哈尔里克岛弧带、康—阿碰撞缝合带和塔里木板块北缘的中天山岛弧带(地块)。

### 1.1 大南湖—哈尔里克岛弧带

位于康古尔断裂以北的吐哈盆地南缘, 主要由泥盆纪大南湖和石炭纪企鹅山岛弧带组成, 具有较强的塑性变形特征。构造变形以中高角度逆冲断层和少数正断层及反冲断层为主的断片状逆冲推覆为主要特点。褶皱构造由紧闭褶皱渐变为开阔褶皱、单斜和挠曲褶皱。构造定向由明显渐变为不明显, 反映构造挤压应力逐渐减弱的趋势, 变形形状以脆性剪切为主。根据野外调查及室内分析, 该带构造变形特

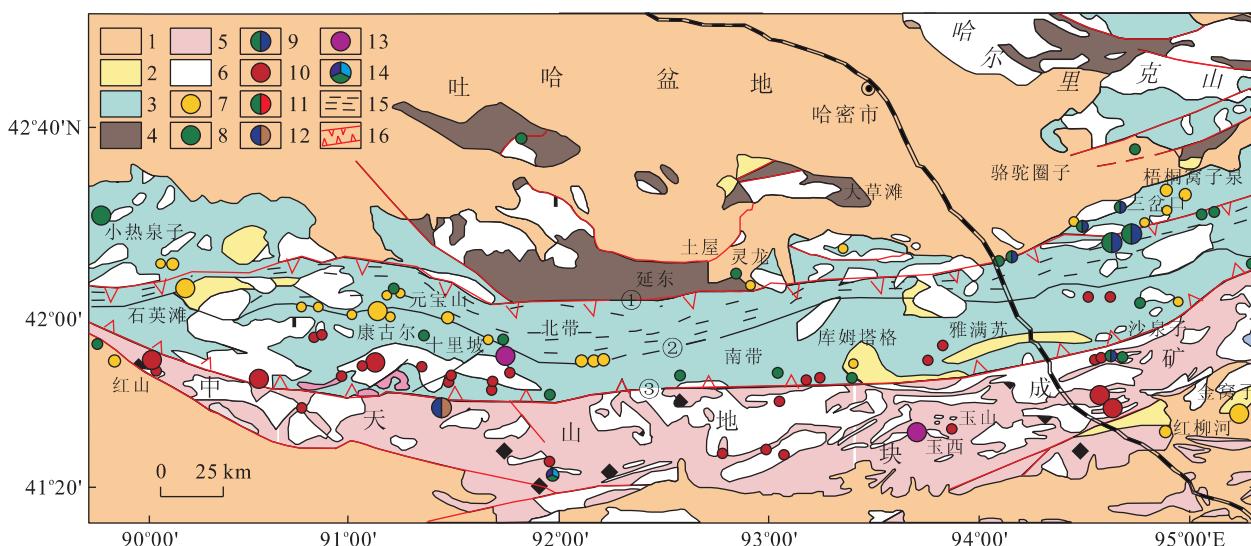


图 1 东天山构造格架与矿床分布(据王京彬等, 2006 修编)

Fig. 1 Map of the tectonic framework and deposit distribution in the East Tianshan Mountains

1. 中新生代沉积盖层; 2. 二叠纪陆相火山—沉积岩系; 3. 石炭纪火山—沉积岩系; 4. 奥陶—泥盆纪火山—沉积岩系; 5. 前寒武纪变质岩; 6. 花岗岩类; 7. 金矿床; 8. 铜矿床; 9. 铜镍硫化物矿床; 10. 铁矿床; 11. 铁铜矿床; 12. 铅锌矿床; 13. 银多金属矿床; 14. 多金属矿床; 15. 剪切带; 16. 板块缝合带; ①康古尔断裂; ②雅满苏断裂; ③阿齐克库都克大断裂

表1 研究区构造单元划分

Table 1 Tectonic unit division of research area

一级构造单元	二级构造单元	地壳属性	物质组成	构造样式	构造单元边界断裂
准噶尔板块	大南湖岛弧带	过渡型地壳	泥盆纪活动陆缘岛弧	前缘推覆带	
康古尔—阿齐克库都克碰撞缝合带	北带	洋壳	早石炭世洋盆残片	蛇绿混杂岩片	康古尔断裂
	南带	过渡型地壳	早石炭世岛弧残片、中石炭世弧后盆地残片	叠瓦岩片	雅满苏断裂
塔里木板块	中天山岛弧带(地块)	陆壳	中元古代活动陆缘岛弧	后缘脆性变形带	阿齐克库都克断裂

征可分为前缘推覆构造带和外缘带,构成总体向南倾斜的前缘推覆带(疏纳诺尔褶断带)(图2).

## 1.2 康—阿碰撞缝合带

根据内部构造变形的差异,以雅满苏断裂为界,康—阿碰撞缝合带可分为南、北两个二级构造单元,分别称北带和南带.

(1) 北带为康古尔韧性剪切带,夹于康古尔断裂与雅满苏断裂之间,长约600 km,宽5~20 km,总体产状向南倾,以蛇绿混杂岩断片、火山岩断片和强烈的变质、变形为特征. 野外对该带进行详细观察,石炭系地层受强烈挤压,岩石普遍发生片理、劈理和糜棱岩化,构成一套变形变质强烈的蛇绿混杂岩片带. 原岩主要为复理石建造(干墩组)和枕状拉斑玄武岩—放射虫硅质岩—泥质岩等深水相组合(梧桐窝子组),其时代缺乏可靠的化石和同位素年代学依据,但被晚石炭世花岗岩侵入,在区域“地层”划分中被定为下石炭统,也可能有更老的岩块混杂其中(王京彬等,2006).

(2) 南带位于雅满苏大断裂与阿齐克库都克大断裂之间,前人多称为阿齐山—雅满苏带. 出露的地层为石炭系雅满苏组和奥陶系布拉克组,总体产状向南倾,变形变质程度比北带要弱,叠瓦状推覆岩片和平行褶皱极为发育,构成缝合带的构造叠瓦岩片带(南带).

## 1.3 塔里木板块北缘的中天山岛弧带

位于阿齐克库都克断裂以南,主要由中元古界

的长城系星星峡群和蓟县系卡瓦布拉克群的片岩、片麻岩、混合岩和大理岩等组成,由于强烈的构造挤压,加里东晚期和华力西中期形成的侵入岩以大面积散布的板状、环状、菱形块状构造形态为特征,构成了东天山板块缝合带的后缘脆性变形带.

## 2 板块缝合带矿床类型与时空分布格局

东天山板块缝合带(康—阿缝合带)及其边缘地区在晚古生代构造演化期间存在多期次的成矿作用,它们在时空上与晚古生代岩浆侵位—火山活动有着密切关系. 所以,矿床的形成与康—阿碰撞缝合带在晚古生代期间的构造演化、构造作用及岩浆活动密切相关. 该碰撞缝合带相关区域分布的主要矿床类型有:斑岩型铜(钼)矿、基性—超基性杂岩体中的铜镍硫化物矿床、火山成因块状硫化物矿床(VMS)、火山岩型铁(铜)矿床、矽卡岩型铁矿和很多金属矿床、自然铜矿床、剪切带型金矿床、浅低温热液型金矿床等(王京彬等,2006). 按这些矿床与缝合带(带)构造单元的对应关系,可分出4个成矿带.

### 2.1 康古尔断裂以北(大南湖—哈尔里克岛弧带)铜矿带

该带主要发育斑岩型和火山热液型铜矿床. 斑岩型铜矿床分布于碰撞缝合带北侧前缘推覆带的南缘地带,以土屋、延东大型斑岩铜矿床为代表,外围尚有赤湖、灵龙等矿床,构成了康古尔断裂北侧的斑岩铜矿带. 土屋铜矿主要产于斜长花岗斑岩及安山质围岩中. 含矿的斜长花岗斑岩具有埃达克岩特征(张连昌等,2004),其锆石的U-Pb年龄为361±8 Ma(芮宗瑶等,2002). 延东斜长花岗斑岩单颗粒锆石的U-Pb年龄为356±8 Ma,蚀变绢云母K-Ar年龄为341±5 Ma,石英<sup>39</sup>Ar/<sup>40</sup>Ar年龄为347±2 Ma(秦克章等,2002). 延东矿区细脉浸染状辉钼矿Re-Os等时线年龄为343 Ma(徐新煌等,1998). 以上表明含矿的斜长花岗斑岩应形成于晚泥盆世末

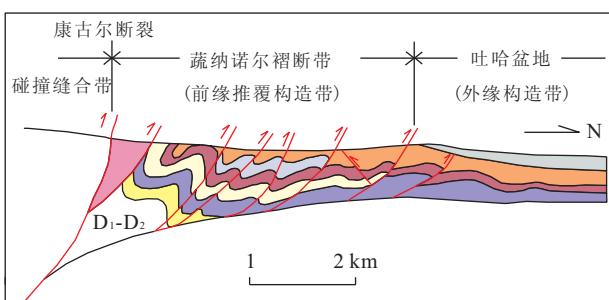


图2 缝合带北侧前缘推覆带(疏纳诺尔褶断带)构造剖面

Fig. 2 Profile of the front nappe belt in north of the East Tianshan plate suture zone

据新疆吐哈盆地南缘1:20万成矿预测综合研究报告,1991修编

361~356 Ma, 成矿时代为早石炭世初 341~347 Ma。这与其所处的地质环境一致, 即斑岩铜矿形成于陆相环境。该区晚泥盆世为陆相火山喷发, 而早石炭世小热泉子组沉积则开始变为海相环境, 不利于斑岩铜矿的形成(王京彬等, 2006)。

以小热泉子为代表的热液脉型铜矿床位于前缘推覆带南缘, 研究区外围的西侧。成矿围岩为下石炭统上部的细砂岩和泥质岩石, 含矿岩石为凝灰岩和凝灰质碎屑沉积岩。热液型铜矿床同生和后生特点都比较明显, 在矿区有花岗斑岩和石英闪长玢岩呈岩墙产出。铜矿化明显受一条 NE 向断裂与其两侧次一级断裂的控制, 虽然在主断裂中也有矿化, 但主要矿体出现在两侧次一级断裂中。岩性对于成矿也有明显的制约, 尽管矿体的主岩都是沉积岩类, 但物质组分有区别。大而富的矿体几乎毫不例外地出现在中部的碳质岩系中, 矿化既由断裂控制, 局部也显示出交代地层之现象, 因此出现了层状矿体和矿石具有类似层纹状构造(韩春明等, 2002; 毛景文等, 2002a, 2002b)。

## 2.2 金、铜镍硫化物矿床成矿带(缝合区北带)

北带发育韧性剪切带型金矿床、浅成低温热液型金矿床和铜镍硫化物矿床。韧性剪切带型金矿床分布于碰撞缝合带的蛇绿混杂构造岩片强应变韧性构造带中, 自西向东已经发现有麻黄沟、康古尔、马头滩、大东沟、长城山、翠岭等金矿床, 构成康古尔塔格金矿带。矿化类型有蚀变岩型及石英脉型, 容矿岩石主要有下石炭统雅满苏组中酸性火山岩及碎屑岩(康古尔金矿、马头滩金矿)、干墩组浅变质碎屑岩(红石金矿)和海西期花岗岩(麻黄沟金矿)(王京彬等, 2006)。代表性的康古尔金矿床矿石样品中绢云母的 Ar-Ar 坪年龄为 261.0~252.5 Ma(陈文等, 2007); 含金石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为 282±5 Ma, 硫化物 Sm-Nd 等时线年龄为 290±7 Ma, 矿区蚀变安山岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 290±5 Ma(李华芹等, 1998)。

浅成低温热液型金矿以石英滩矿床为代表, 产于康古尔剪切带内的阿尔巴萨依组的火山岩中, 含金微晶石英脉的容矿围岩以长英质火山岩为主, 少量安山岩类, 矿化类型属低硫化物的冰长石—绢云母型, 成矿年龄为 288±7 Ma 和 276±7 Ma(李华芹等, 1998)。

区内铜镍硫化物矿床主要分布在北带东延地区黄山—镜儿泉和香山一带, 含矿岩体为以基性岩为主的侵入杂岩体, 主要岩石类型有闪长岩、辉石闪长

岩、角闪辉长苏长岩、橄榄辉长岩、角闪辉石岩和橄榄岩等。超基性岩体沿康古尔塔格断裂及其次级断裂侵位于石炭系干墩组和梧桐窝子组中, 这些岩体高度分异, 普遍有铜矿化。主要矿床有康古尔剪切带北侧的图拉尔根矿床以及康古尔剪切带内的黄山、黄山东、香山等矿床。另外, 还有北带与南带过渡部位的二红洼铜镍矿床、阿齐克库都克断裂南侧中天山地块上的白石泉、天宇铜镍矿床等。可以看出, 区内铜镍硫化物矿床具有跨构造单元发育的特征(图 1)。这些矿床的成矿特点类似, 主要为形成于橄榄岩—辉长苏长岩相中的浸染状—稠密浸染状和贯入的块状—半块状两种矿化类型。含矿岩体侵入的最新地层为石炭系, 同位素测年结果显示, 矿床的形成时代集中在 280 Ma 左右(秦克章等, 2002; 毛景文等, 2002a, 2002b; 陈世平等, 2005; 毛启贵等, 2006), 应为早二叠世同一构造—岩浆事件的产物。

## 2.3 阿齐山—雅满苏铁(铜)、银多金属成矿带(缝合区南带)

该带主要有热液型金矿床和矽卡岩型铜多金属矿床。前者主要分布于叠瓦岩片带(南带)中的石英滩和西凤山一带, 形成与早二叠世末造山期后斑状闪长岩、闪长玢岩、细粒闪长岩小岩株密切相关的岩浆热液型金矿床(西凤山)和与早二叠世陆相火山岩、火山角砾岩有关的火山热液型金矿床(石英滩)(韩春明等, 2002)。其中, 石英滩火山热液型金矿床位于秋格明塔什强应变构造带南侧约 4 km 处, 容矿围岩阿齐克布拉克组未发生韧性剪切变形。矿区内发育了大量的脆性断裂构造, 主要为近于东西向张(扭)性断裂, 是主要的容矿构造。

矽卡岩型铜多金属矿床以维权、路白山铜矿床为代表, 位于缝合带的叠瓦岩片带(南带), 维权是一个铜银铅锌多金属矿床, 具有很好的找矿远景。矿床产于下石炭统雅满苏组的砂岩、凝灰岩、灰岩互层带中, 直接容矿围岩为钙铁榴石矽卡岩。与成矿有关的百灵山花岗岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 297±3 Ma(王龙生等, 2005)。

## 2.4 中天山地块铁、铅锌、银成矿带

该带位于阿齐克库都克断裂南侧的中天山地块内, 主要矿床有: 产于前寒武纪片岩中的大型沉积—变质型铁矿床(天湖、玉山)、与岩浆活动有关的铁铜矿床(阿拉塔格、双庆)等。近年来发现的彩霞山大型铅锌矿床和吉源多金属矿床, 受蔚县系卡瓦布拉克群碳酸盐岩地层控制, 具有明显的层控性, 又经历了海西期花岗岩的改造富集(王京彬等, 2006)。结合该带

过去已发现的玉西银矿、铅炉子铅锌矿等,不难看出中天山地块存在着铁—铅锌很多金属的成矿活动。

### 3 讨论

#### 3.1 板块缝合带的晚古生代构造演化与成矿特征

康—阿碰撞缝合带是准噶尔—哈萨克斯坦板块和塔里木板块在晚古生代时期碰撞结合的宏观构造标志。根据构造变形、地质体之间的覆盖穿切关系、地层建造、岩浆活动等特征,可以认为该区晚古生代构造演化是一个连续渐进的板块“开”、“合”及造山过程,总体可分为泥盆纪大洋形成、早石炭世俯冲造山、晚石炭世碰撞造山以及二叠纪造山期后缝合带碰撞、推覆和形成4个阶段(图3)。

##### 3.1.1 泥盆纪洋壳单向俯冲阶段 泥盆纪以前,准噶尔—哈萨克斯坦和塔里木板块之间为吐哈(北天

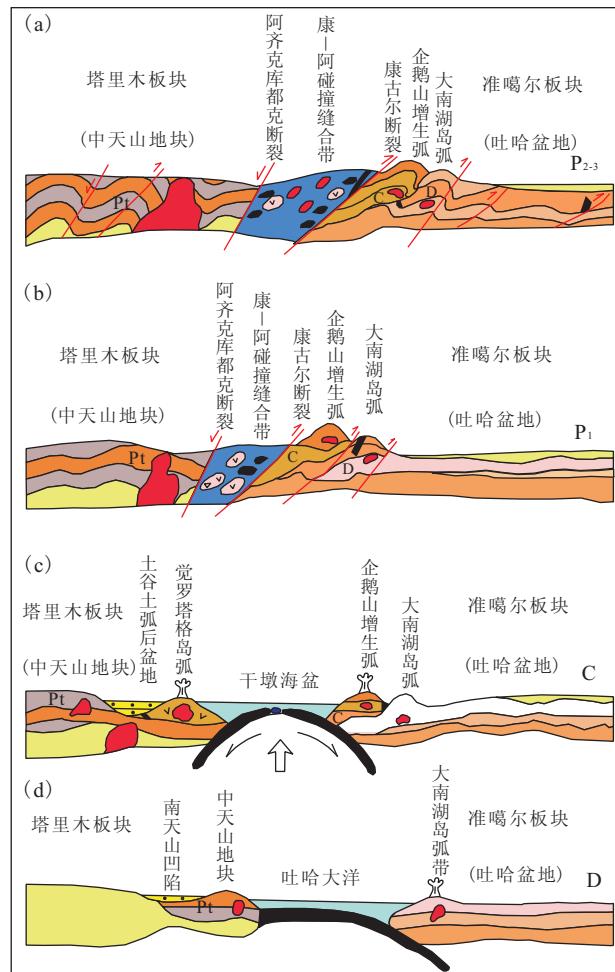


图3 东天山板块缝合带晚古生代构造演化示意图

Fig. 3 Schematic diagrams of Paleozoic tectonic evolution for East Tianshan plate suture zone

山)古大洋(李锦轶等,2006)。从泥盆纪开始,由于吐哈古洋洋壳向准噶尔—哈萨克斯坦板块俯冲(毛景文等,2002a,2002b),在准噶尔板块南缘曾发生小规模的海—陆相火山喷发,形成准噶尔—哈萨克斯坦板块最南缘的活动陆缘泥盆纪(有可能始自奥陶纪)到早石炭世的岩浆弧大南湖岛弧带,组成该岛弧的岩石从东部的梧桐窝子,向西经大南湖、康古尔塔格、恰特卡尔塔格,到托克逊南都有出露,反映出该地块可能是古洋盆边缘的岛弧的一部分(李锦轶等,2002)。

在缝合带南缘,阿其克库都克深断裂以南的众高山一带(中天山岛弧带的一部分),早泥盆世含幔源组分的壳源I型花岗岩(锆石SHRIMP年龄值为 $408 \pm 20$  Ma)大面积分布,这些具有造山性质的岩体是在泥盆纪吐哈古大洋向南局部俯冲的作用下侵位而铸就的众高山古生代陆缘岩浆弧的主体<sup>①</sup>。

**3.1.2 石炭纪洋壳双向俯冲阶段** 石炭纪早期开始,吐哈古大洋板块强烈活动,并发生双向俯冲,使其萎缩渐为残余海盆。此时,南带发育的下石炭统雅满苏组在本区以沉积岩为主,区域上本组底部则为以安山岩为主的火山岩系;上石炭统土古土布拉克组火山岩岩石组合为玄武岩+安山岩+英安岩+流纹岩及对应的火山碎屑岩,岩石化学和地球化学特征表明为拉斑玄武岩系列和钙碱性系列,两个系列的构造环境判别皆属岛弧火山岩区<sup>②</sup>,从而构成雅满苏火山岛弧带;随着洋壳板块的逐渐消减,南北两侧陆壳板块不断增生,加速了大洋的消亡速度。因此,石炭纪早期是洋盆收缩关闭时期。

石炭纪晚期,随着准噶尔—哈萨克斯坦和塔里木板块碰撞作用的继续,洋壳消失,进入板块“合”的阶段,最终两大板块成为连为一体的大陆地壳(李锦轶等,2006)。同时,在本区上升的总趋势中,仍保持着局部的狭长海盆,如干墩海盆等;其中沉积了厚度巨大的复理石杂砂岩建造,其间同时发育构造混杂堆积岩、非完整序列蛇绿岩带(缺失第一层)和洋壳残片等。从局部残存的零星标志大致恢复的地层层序中,碎屑粒度自下往上有由粉砂—中粗砂—含砾级渐变的趋势,显示出海退沉积特征。在该岩组碎屑岩砂屑成分中,岩屑成分以火山岩和花岗岩为主,石英含量极低,构造环境属板块局部碰撞后残存的大洋盆地<sup>③</sup>。因此,石炭纪晚期是增生岛弧的火山活动

① 中国地质大学(武汉)地质调查研究院,2005. 新疆哈密市路白山一带1:5万区域地质矿产调查项目报告.

② 新疆维吾尔自治区地质调查院,2003. 新疆哈密市土屋—延东以铜为主的资源调查评价报告.

基本结束并转入花岗岩侵入时期。总之，整个石炭纪经历了洋壳双向俯冲→洋壳消失→形成大陆地壳等阶段。

**3.1.3 早二叠世陆—陆碰撞造山阶段** 早二叠世，由于两大板块碰撞作用的加剧，洋壳俯冲终止直至残余海盆消亡，结束了吐哈古大洋的演化历史。碰撞挤压造山作用，不仅使区内紧邻碰撞对接处的早期沉积建造形成一系列轴面向南缓倾的单斜式倒向褶皱，而且在阿齐克库都克深断裂和康古尔深断裂所夹持的区段（干墩残留海盆和雅满苏火山岛弧带）内形成了一个结构复杂、组合较为齐全的碰撞缝合带，且构成了连接南北两大板块之纽带——即康—阿碰撞缝合带（图 3）。碰撞缝合带内现存的混杂堆积物、构造岩片、片理带、众多韧性—韧脆性剪切带、脆性断裂破碎带、揉皱—褶皱带所构成的构造混杂带以及与岩性和构造相关的多金属成矿带等，均为两板块间碰撞造山的标志（木合塔尔·扎日等，2009）。这个时期，碰撞缝合带的北带区域韧性剪切活动、变质作用和断裂活动异常强烈，出现了幔源和壳源岩浆大规模侵入。南带变形变质相对较弱，主要表现为花岗岩侵入、钙碱性火山岩喷发和逆冲推覆构造的发育。

**3.1.4 中、晚二叠世陆内逆冲变形阶段** 中、晚二叠世，塔里木块板与准噶尔—哈萨克斯坦块板继续碰撞，使整个区域受到逆冲推覆作用，并使塔里木块板北缘中天山地块仰冲于板块缝合带楔状体（康—阿缝合带）之上，构成了现今构造样式。

二叠纪的构造变形可一直延伸至三叠纪。三叠纪的构造演化主要表现在零星花岗岩的侵入和剪切带成矿作用的发育（Zhu et al., 2007）。在石英滩金矿厂到鄯善采石场一带，花岗岩侵入到石炭系雅满苏组、阿齐山组、干墩岩组及下二叠统阿其克布拉克组中。鄯善采石场中粒钾长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为  $252.7 \pm 7$  Ma 和  $230 \pm 2.3$  Ma（李文明等，2002）。东天山地区出露的三叠纪花岗岩还包括尾亚岩体、天湖花岗岩、白石头泉天河石花岗岩等（Zhu et al., 2007）。其中尾亚岩体 SHRIMP U-Pb 年龄为  $219 \sim 246$  Ma（顾连兴等，2006；Zhu et al., 2007），形成于印支期。

三叠纪的成矿作用主要与该地区巨型剪切带的演化相关。秋格明塔什—黄山剪切带（又称康古尔塔格剪切带）内已发现三叠纪时期形成的矿床有：红山（ $246.5$  Ma）、白山铼钼矿（ $239 \sim 225$  Ma）、金窝子 210 金矿（ $228$  Ma）、石英滩金矿（ $237$  Ma）、双峰山金

矿（ $226$  Ma）和小白石头泉金矿（ $248$  Ma）等多个金矿床（Zhu et al., 2007）。以上表明，东天山地区在三叠纪时期主要是剪切带型金矿床的形成时期。

### 3.2 区域成矿规律

东天山康—阿板块碰撞缝合带及其边缘地区，在晚古生代构造演化期间发育的铜、金、铜镍硫化物等多金属矿床的成矿具有十分明显的时—空演化规律。这些矿床的形成在时、空上与康—阿碰撞缝合带晚古生代期间的构造演化、构造变形和岩浆活动等密切相关。在碰撞缝合带的不同部位形成特定矿床类型（图 4）。矿床形成时间从北向南变新；铜矿床成矿过程受造山变形演化控制，矿床产于造山期形成的康古尔断裂的边部；对金矿来讲，矿体定位于韧性断裂向韧性转化时的韧性剪切带之中。构造边缘成矿是其空间分布的突出特征。区域成矿构造对比研究显示，碰撞缝合带已发现的许多铜金矿床（点）都具有构造边缘成矿特点。

根据研究区成矿阶段和相关地质体的年龄，结合地质构造演化，笔者认为前缘推覆带大草滩断裂与康古尔断裂之间的土屋、延东等大型斑岩型铜（钼、金）矿床和浅成热液型铜矿发生于早石炭世时期吐哈古大洋向北俯冲的企鹅山岛弧形成阶段，斑岩型铜矿成矿年龄  $341 \sim 347$  Ma（秦克章等，2002），故具有岛弧类型的成矿特征。

分布于蛇绿混杂带（北带）东延地区黄山—镜尔泉一带的铜镍硫化物矿床产于基性—超基性杂岩体

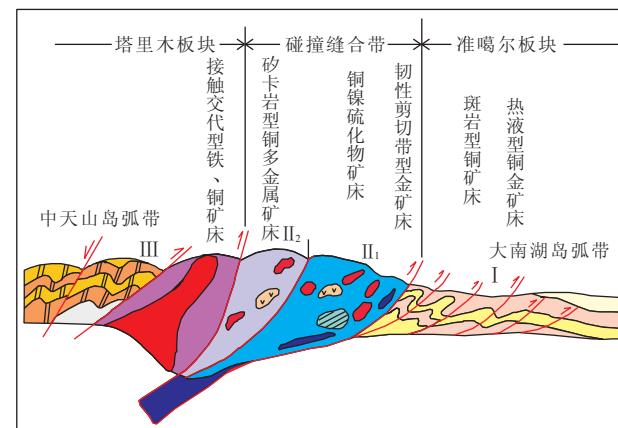


图 4 康—阿碰撞缝合带板块构造不同部位主要矿床形成规律示意图

Fig. 4 Schematic diagram of ore deposit distribution pattern in different plate tectonic positions of the Kangar-Aqqikkudug collision suture zone

I. 前缘推覆带；II<sub>1</sub>. 蛇绿混杂带；II<sub>2</sub>. 叠瓦岩片带；III. 后缘伸展变形带

中,矿床的形成时代集中在 280 Ma(毛景文等,2002a,2002b;秦克章等,2002;陈世平等,2005;毛启贵等,2006),具有俯冲碰撞带岩浆活动特征的成矿类型特点;产于本带(北带)的韧性剪切带型金矿床形成于二叠纪时期碰撞缝合带强烈陆内俯冲和走滑造山阶段,主成矿阶段为 261.0~252.5 Ma(陈文等,2007),代表了碰撞缝合带强烈挤压和走滑造山时期阶段的成矿作用;故该带为碰撞缝合带早期强烈挤压、后期走滑造山成矿类型。

分布于叠瓦岩片带的韧性剪切带型金矿床形成的时间和方式与蛇绿混杂带(北带)相同;矽卡岩型铜多金属矿床形成于晚石炭世—早二叠世碰撞缝合带强烈的陆内造山及造山期后的大规模岩浆侵入阶段,故又具有大陆碰撞时期与岩浆侵入有关的构造单元接触带成矿类型,也具有后期走滑造山成矿类型。

由此可以看出,东天山板块缝合带晚古生代内生金属矿床具有十分明显的空间分带特征,即由北向南依次出现前缘推覆带斑岩型铜矿床→蛇绿混杂岩带铜(镍)硫化物矿床和韧性剪切带型金矿床→叠瓦岩片带矽卡岩型铜多金属矿床和热液型金矿床空间分布格局(图 4).由此可见,大地构造条件是成矿的基本控制因素,一定的大地构造环境产生一定的岩石建造和成矿系列(王京彬等,2006).

## 4 结论及找矿方向

东天山板块缝合带夹持在康古尔断裂和阿齐克库都克断裂之间的区域,从北到南可以分为 3 个一级构造单元,即准噶尔板块南缘的大南湖—哈尔里克岛弧带、康—阿碰撞缝合带和塔里木板块北缘的中天山岛弧带(地块).该区晚古生代构造演化是一个连续渐进的板块“开”、“合”及造山过程,可分为泥盆纪大洋形成阶段、早石炭世俯冲造山、晚石炭世碰撞造山、二叠纪陆—陆碰撞造山缝合带的形成以及推覆变形等 4 个阶段.各阶段形成的矿床构成了空间分带明显的东天山成矿系列,从北向南分布有前缘推覆带斑岩型铜矿床→蛇绿混杂岩带铜(镍)硫化物矿床和韧性剪切带型金矿床→叠瓦岩片带矽卡岩型铜多金属矿床和热液型金矿床.

总之,东天山地区经历了复杂而强烈的构造演化过程,具有巨大的成矿和找矿潜力.其中,大中型铜矿勘查的重点区域应是吐哈盆地南缘,中天山和

阿齐山—雅满苏地区是铁、银多金属、铅锌的重点找矿区,康古尔剪切带则是东天山金成矿最有利的地段.

## References

- Chen, F. W., He, G. Q., Li, H. Q., et al., 2003. Tectonic attribute of the Qoltag orogenic belt in the East Tianshan mountains, northwestern China. *Geology in China*, 30 (4): 361—366 (in Chinese with English abstract).
- Chen, S. P., Wang, D. H., Qu, W. J., et al., 2005. Geological features and ore formation of the Hulu Cu-Ni sulfide deposit, eastern Tianshan, Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 23(3): 230—233 (in Chinese with English abstract).
- Chen, W., Zhang, Y., Qin, K. Z., et al., 2007. Study on the age of the shear zone-type gold deposit of East Tianshan, Xinjiang, China. *Acta Petrologica Sinica*, 23 (8): 2007—2016 (in Chinese with English abstract).
- Gu, L. X., Zhang, Z. Z., Wu, C. Z., et al., 2006. Some problems on granites and vertical growth of the continental crust in the eastern Tianshan mountains, NW China. *Acta Petrologica Sinica*, 22 (5): 1103—1120 (in Chinese with English abstract).
- Han, C. M., Mao, J. W., Yang, J. M., et al., 2002. Types of Late Palaeozoic endogenous metal deposits and related geodynamical evolution in the East Tianshan. *Acta Geologica Sinica*, 76(2): 222—234 (in Chinese with English abstract).
- He, G. Q., Li, M. S., Liu, D. Q., et al., 1994. Palaeozoic crustal evolution and mineralization in Xinjiang of China. Xinjiang People's Publishing House, Urumchi (in Chinese).
- He, G. Q., Zhu, Y. F., 2006. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions. *Geology in China*, 33(3): 451—460 (in Chinese with English abstract).
- Hutchinson, R. W., 1980. Massive base metal sulphide deposits as guides to tectonic evolution. In: Strangway, D. W., ed., *The continental crust and its mineral deposits*. *Geological Association of Canada Special Paper*, 20: 599—684.
- Hutchinson, R. W., 1993. Some broad processes and affects of evolutionary metallogenesis. *Resources Geology Special Issue*, 15(5): 45—55.
- Ji, J. S., Tao, H. X., Zeng, Z. R., et al., 1994. *Geology and mineralization of the Kangguertage gold metallogenic belt in eastern Tianshan*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).

- Li, H. Q., Xie, C. F., Chang, H. L., et al., 1998. Study on metallogenetic chronology of non-ferrous and precious metallic ore deposits in North Xinjiang, China. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Li, J. Y., Wang, K. Z., Li, W. Q., et al., 2002. Tectonic evolution since the Late Paleozoic and mineral prospecting in eastern Tianshan mountains, NW China. *Xinjiang Geology*, 20(4): 295—301 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. Y., Wang, K. Z., Sun, G. H., et al., 2006. Paleozoic active margin slices in the southern Turfan-Hami basin: geological records of subduction of the Paleo-Asian Ocean plate in Central Asian regions. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1087—1102 (in Chinese with English abstract).
- Li, W. M., Ren, B. C., Yang, X. K., et al., 2002. The intermediate-acid intrusive magmatism and its geodynamic significance in eastern Tianshan region. *Northwestern Geology*, 35(4): 41—64 (in Chinese with English abstract).
- Ma, R. S., Shu, L. S., Sun, J. Q., 1997. The tectonic deformation evolution and metallization in the eastern Tianshan belt, Northwest China. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Mao, J. W., Yang, J. M., Han, C. M., et al., 2002a. Metallogenetic systems of polymetallic copper and gold deposits and related metallogenetic geodynamic model in eastern Tianshan, Xinjiang. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(4): 413—424 (in Chinese with English abstract).
- Mao, J. W., Yang, J. M., Qu, W. J., et al., 2002b. Re-Os dating of Cu-Ni sulfide ores from Huangshandong deposits in Xinjiang and its geodynamic significance. *Mineral Deposits*, 21(4): 323—330 (in Chinese with English abstract).
- Mao, Q. G., Xiao, W. J., Han, C. M., et al., 2006. Zircon U-Pb age and geochemistry of the Baishiquan mafic-ultramafic complex in the eastern Tianshan, Xinjiang Province: constraints on the closure of the Paleo-Asian Ocean. *Acta Petrologica Sinica*, 22(1): 153—162 (in Chinese with English abstract).
- Muhetaer, Z. R., Zhang, X. F., Wu, Z. N., et al., 2009. Redefinition of the suture zone between the Jumgar-Kazakhstan and Tarim plates in eastern Tianshan, Xinjiang, China and its significance. *Earth Science Frontiers*, 16(3): 138—148 (in Chinese with English abstract).
- Qin, K. Z., Fang, T. H., Wang, S. L., et al., 2002. Plate tectonics division, evolution and metallogenetic settings in eastern Tianshan mountains, NW China. *Xinjiang Geology*, 20(4): 302—308 (in Chinese with English abstract).
- Qin, K. Z., Zhang, L. C., Xiao, W. J., et al., 2003. Overview of major Au, Cu, Ni and Fe deposits and metallogenetic evolution of the eastern Tianshan mountains, north-western China. In: Mao, J. W., Goldfarb, R. J., Seltmann, R., et al., eds., *Tectonic evolution and metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan: proceedings volume of the international symposium of the IGCP-473 project in Urumqi, IAGOD Guidebook Series*, 227—248.
- Rui, Z. Y., Wang, L. S., Wang, Y. T., et al., 2002. Discussion on metallogenetic epoch of Tuwu and Yandong porphyry copper deposits in eastern Tianshan mountains, Xinjiang. *Mineral Deposits*, 21(1): 16—22 (in Chinese with English abstract).
- Wang, J. B., Wang, Y. W., He, Z. J., 2006. Ore deposits as a guide to the tectonic evolution in the East Tianshan mountains, NW China. *Geology in China*, 33(3): 461—469 (in Chinese with English abstract).
- Wang, L. S., Li, H. Q., Liu, D. Q., et al., 2005. Geological characteristics and mineralization epoch of Weiquan silver (copper) deposit, Hami, Xinjiang, China. *Mineral Deposits*, 24(3): 280—284 (in Chinese with English abstract).
- Windley, B. F., Allen, M. B., Zhang, C., et al., 1990. Paleozoic accretion and Cenozoic redeformation of the Chinese Tien Shan Range, Central Asia. *Geology*, 18: 128—131.
- Xiao, W. J., Zhang, L. C., Qin, K. Z., et al., 2004. Paleozoic accretionary and collisional tectonics of the eastern Tianshan (China): implications for the continental growth of central Asia. *American Journal of Science*, 304(4): 370—395.
- Xiao, X. C., Tang, Y. Q., Feng, Y. M., et al., 1992. Tectonics in the North Xinjiang and its adjacent area. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Xu, X. H., Wen, C. Q., Mao, Y. S., et al., 1998. Ore types and their genetic significance of the Xiaorequanzi Cu deposit, Xinjiang. *Mineral Deposits*, 17 (Suppl.): 679—682 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, L. C., Qin, K. Z., Ying, J. F., et al., 2004. The relationship between ore-forming processes and adakitic rock in Tuwu-Yandong porphyry copper metallogenetic belt, eastern Tianshan mountains. *Acta Petrologica Sinica*, 20(2): 259—268 (in Chinese with English abstract).

stract).

Zhou, J. Y., Mao, Y. S., Huang, Z. X., et al., 1994. Paleoenvironmental volcanic geology in the eastern Tianshan Mts. . Chengdu Sci. & Tech. Univ. Press, Chengdu (in Chinese).

Zhu, Y. F., Zhou, J., Zeng, Y. S., 2007. The Tianger (Bingdaban) shear zone hosted gold deposit, West Tianshan, NW China: petrographic and geochemical characteristics. *Ore Geology Reviews*, 32(1—2):337—365.

## 附中文参考文献

陈富文,何国琦,李华芹,2003. 论东天山觉罗塔格造山带的大地构造属性. *中国地质*,30(4):361—366.

陈世平,王登红,屈文俊,等,2005. 新疆葫芦铜镍硫化物矿床的地质特征与成矿时代. *新疆地质*,23(3):230—233.

陈文,张彦,秦克章,等,2007. 新疆东天山剪切带型金矿床时代研究. *岩石学报*,23(8):2007—2016.

顾连兴,张遵忠,吴昌志,等,2006. 关于东天山花岗岩与陆壳垂向增生的若干认识. *岩石学报*,22(5):1103—1120.

韩春明,毛景文,杨建民,等,2002. 东天山晚古生代内生金属矿床类型和成矿作用的动力学演化规律. *地质学报*,76(2):222—234.

何国琦,李茂松,刘德权,等,1994. 中国新疆古生代地壳演化与成矿. 乌鲁木齐:新疆人民出版社.

何国琦,朱永峰,2006. 中国新疆及其邻区地质矿产对比研究. *中国地质*,33(3):451—460.

姬金生,陶洪祥,曾章仁,等,1994. 东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿. 北京:地质出版社.

李华芹,谢才富,常海亮,等,1998. 新疆北部有色金属矿床成矿作用年代学. 北京:地质出版社.

李锦铁,王克卓,李文铅,等,2002. 东天山晚古生代以来大地构造与矿产勘查. *新疆地质*,20(4):295—301.

李锦铁,王克卓,孙桂华,等,2006. 东天山吐哈盆地南缘古生代活动陆缘残片:中亚地区古亚洲洋板块俯冲的地质记录. *岩石学报*,22(5):1087—1102.

李文明,任秉琛,杨兴科,等,2002. 东天山中酸性侵入岩浆作用及其地球动力学意义. *西北地质*,35(4):41—64.

马瑞士,舒良树,孙家齐,1997. 东天山构造演化与成矿. 北京:地质出版社.

毛景文,杨建民,韩春明,等,2002a. 东天山铜金多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模型. *地球科学——中国地质大学学报*,27(4):413—424.

毛景文,杨建民,屈文俊,等,2002b. 新疆黄山东铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素测定及其地球动力学意义. *矿床地质*,21(4):323—330.

毛启贵,肖文交,韩春明,等,2006. 新疆东天山白石泉铜镍矿床基性—超基性岩体锆石 U-Pb 同位素年龄、地球化学特征及其对古亚洲洋闭合时限的制约. *岩石学报*,22(1):153—162.

木合塔尔·扎日,张晓帆,吴兆宁,等,2009. 东天山准噶尔—哈萨克斯坦板块与塔里木板块缝合线的再厘定及其意义. *地学前缘*,16(3):138—148.

秦克章,方同辉,王书来,等,2002. 东天山板块构造分区、演化与成矿地质背景研究. *新疆地质*,20(4):302—308.

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. *矿床地质*,21(1):16—22.

王京彬,王玉往,何志军,2006. 东天山大地构造演化的成矿示踪. *中国地质*,33(3):461—469.

王龙生,李华芹,刘德权,等,2005. 新疆哈密维吾尔族(铜)矿床地质特征和成矿时代. *矿床地质*,24(3):280—284.

肖序常,汤耀庆,冯益民,等,1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社.

徐新煌,温春齐,茅燕石,等,1998. 新疆小热泉子铜矿床的矿石类型及其成因意义. *矿床地质*,17(增刊):679—682.

张连昌,秦克章,英基丰,等,2004. 东天山土屋—延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系. *岩石学报*,20(2):259—268.

周济元,茅燕石,黄志勋,等,1994. 东天山古大陆边缘火山地质. 成都:成都科技大学出版社.