

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

西天山古生代铜金多金属矿床类型、特征及其 成矿地球动力学演化

王志良¹⁾ 毛景文^{1,2)} 张作衡¹⁾ 左国朝³⁾ 王龙生¹⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

2) 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京, 100083; 3) 甘肃省地质调查院, 兰州, 730000

内容提要 根据铜金矿床的含矿主岩和成矿作用方式, 西天山的铜矿床主要可划分为3种类型: 斑岩型、夕卡岩型和火山热液型; 金矿床可划分为2种类型: 浅成低温热液型和斑岩型。研究区从北到南可划分为3条东西向的成矿带: ①阿拉套—科古琴铜多金属成矿带, 分布着与中元古界灰岩和海西中期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩—夕卡岩铜矿、与海西中期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿; ②博罗科洛金多金属成矿带, 分布着与下石炭统中酸性火山碎屑岩和中—基性熔岩有关的浅成低温热液型金矿、与海西中期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型金矿; ③阿吾拉勒铜银多金属成矿带, 分布着与二叠纪陆相中基性火山岩有关的火山热液型铜矿、与海西晚期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿。通过对西天山古生代的地球动力学演化探讨, 认为上述3条成矿带对应的大地构造单元分别为阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带、博罗科洛晚古生代弧后盆地和阿吾拉勒二叠纪裂谷带。

关键词 铜金矿床 矿床特征 成矿地球动力学 西天山 新疆

本文在西天山所研究的范围北起阿拉套山, 南到伊犁盆地, 东自独山子—库车公路, 西至中国—哈萨克斯坦边界。本区系统的地质工作始于20世纪60年代, 主要集中于区域地质矿产调查工作。迄今为止, 中小比例尺(1:50万和1:20万)的区域地质矿产调查和物化探扫面工作已全部完成, 部分地区已完成1:5万区域地质矿产调查工作。自20世纪80年代以来, 新疆地质矿产局、新疆有色地勘局和国家科技攻关305项目在该地区开展了不同程度的地质工作, 在找矿勘查方面取得了较大的突破, 先后发现了铜、金等金属矿床(点)150余处, 代表性金矿床有阿希、伊尔曼德、京希布拉克、塔吾尔别克和阿底因迪等金矿; 铜矿床有喇嘛苏、喇嘛萨依、达巴特、穷布拉克、克孜克藏南、克斯布拉克、群吉和109等铜矿。至目前为止, 在西天山完成的矿床学研究工作主要为典型矿床解剖(马润则, 1994; 李本海等, 1994; 王永新, 1994; 王志辉等, 1996; 莫江平等, 1997; 蔡宏渊等, 1998; 李华芹等, 1998; 沙德铭, 1998; 赖健清等, 1998; 杨军臣等, 1998; 贾斌等, 2001a, 2001b; 董连慧, 2001; 王核等, 2001; 肖龙等, 2002; 廖启林等,

2002; 丁乾俊等^①; 黄世乾等^②和母瑞身等^③)和单个成矿区带矿产分布规律(莫江平等, 1996; 母瑞身等, 1996; 王永新, 1997; 王核等, 2000; 邓洪涛, 2001; 董连慧等, 2001; 姜晓玮等, 2002; 丁乾俊等^①; 黄世乾等^②和母瑞身等^③)。尽管也有一些学者对西天山全区的矿产分布和成矿规律进行了探讨(母瑞身等, 1998; 隗合明等, 1999a, 1999b; 沙德铭等, 2003), 但往往缺乏对西天山全区金铜矿床类型、特征及其成矿地球动力学演化的总结。本文是在前人工作的基础上, 通过大量的野外路线地质调查和十几个铜金矿床(点)实地观察研究, 初步总结区内铜金矿床的类型、特征和时空分布, 探讨铜金矿床形成的地球动力学演化模式, 旨在推动西天山区域成矿理论研究和找矿勘查工作开展。

1 成矿地质背景

研究区位于准噶尔板块与塔里木板块夹持的伊犁板块北半部分, 即准噶尔板块与伊犁盆地之间的造山带(图1)。晚古生代由于受北侧准噶尔洋板块的俯冲作用影响, 西天山自北向南分为三个大地构造

注: 本文为国土资源大调查项目(编号 200413000026和200310200001-3)和国家重点基础研究项目(编号 G1999043216)资助的成果。

收稿日期: 2003-10-24; 改回日期: 2004-05-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 王志良, 男, 1964年生。1985年7月毕业于南京大学地质系, 2003年7月于中国地质大学(北京)获博士学位。现为中国地质科学院矿产资源研究所副研究员, 主要从事矿床地质研究工作。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街26号; 电话: 010-68999061; Email: wzl6203@hotmail.com。

单元:即阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带、博罗科洛晚古生代弧后盆地和阿吾拉勒二叠纪裂谷带。阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带北起准噶尔板块南缘断裂(阿拉山口—艾比湖—巴音沟断裂),南至科古琴山(图1),出露地层主要为下元古界温泉群二云斜长片麻岩、斜长角闪片岩、二云母片岩、角闪岩、大理岩和石英岩等;蓟县系库松木切克群大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩、灰岩、板岩和千枚岩等;寒武系泥岩、灰岩、粉砂岩、砂岩和磷块岩等;奥陶系浅海相碎屑岩、碳酸盐岩;志留系泥岩、砂岩、粉砂岩、灰岩、凝灰岩和熔岩等;泥盆系砾岩、砂岩、粉砂岩、灰岩、凝灰岩和熔岩等;石炭系砾岩、砂岩、灰岩和凝灰岩等;二叠系安山岩、流纹岩夹砂砾岩;新生界冲坡积砾石和砂土。博罗科洛晚古生代弧后盆地位于科古琴山和

阿吾拉勒山之间的博罗科洛山地区(图1),出露地层主要蓟县系库松木切克群大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩、灰岩、板岩和千枚岩等;奥陶系浅海碎屑岩、碳酸盐岩;志留系火山碎屑岩、熔岩、砂岩、灰岩和凝灰岩等;下石炭统大哈拉军山组中酸性火山碎屑岩、中基性熔岩和砂砾岩等;下石炭统阿恰勒河组砾岩、砂岩、灰岩和凝灰岩;中石炭统东图津河群灰岩、砂岩、砾岩、页岩夹凝灰岩;侏罗系陆相碎屑含煤建造;新生界冲坡积砾石和砂土。阿吾拉勒二叠纪裂谷带位于博罗科洛山与伊犁盆地之间的阿吾拉勒山地区(图1),出露地层主要为志留系粉砂岩、砂岩、泥岩和砾岩等;二叠系玄武岩、玄武玢岩、英安岩、石英斑岩、流纹岩夹砂砾岩;侏罗系陆相碎屑含煤建造;新生界冲坡积砾石和砂土。

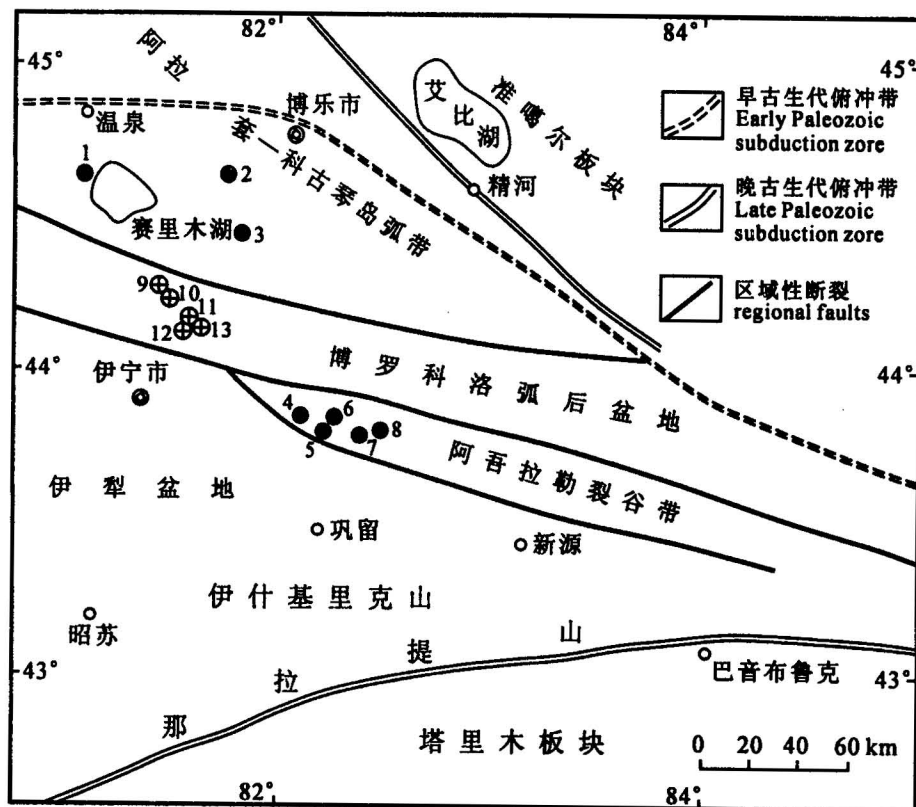


图1 西天山大地构造单元与铜金矿床分布(据隗合明等,1999b 改编)

Fig. 1 Distribution of tectonic units and copper-gold deposits in the western Tianshan Mountains(modified from Wei Heming et al., 1999b)

●—铜矿床:1—喇嘛苏铜矿,2—达巴特铜矿,3—喇嘛萨依铜矿,4—穷布拉克铜矿,5—109铜矿,6—克斯布拉克铜矿,7—群吉铜矿,8—克孜克藏南铜矿;⊕—金矿床:9—伊尔曼德金矿,10—京希布拉克金矿,11—阿希金矿,12—阿底因迪金矿,13—塔吾尔别克金矿

●—Copper deposits: 1—the Lamasu copper deposit, 2—the Dabate copper deposit, 3—the Lamasayi copper deposit, 4—the Qiongbulake copper deposit, 5—the 109 copper deposit, 6—the Kesibulake copper deposit, 7—the Qunji copper deposit, 8—the Kezikezangnan copper deposit; ⊕—gold deposits: 9—the Yiermand gold deposit, 10—the Jingxibulake gold deposit, 11—the Axi gold deposit, 12—the Abiyindi gold deposit, 13—the Tawuerbieke gold deposit

研究区火山活动较频繁,喷发时代主要为海西期,少量为加里东晚期,火山活动呈近东西向带状分布。志留纪火山岩主要出露在博罗科洛晚古生代弧后盆地,岩性主要为中酸性火山碎屑岩和中基性熔岩;泥盆纪火山岩主要出露在阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带的达巴特地区,岩性为中酸性火山碎屑岩和熔岩;石炭纪火山岩主要分布在博罗科洛晚古生代弧后盆地,构成吐拉苏—也里莫墩火山断陷盆地,岩性为中酸性火山碎屑岩、中基性熔岩;二叠纪火山岩主要发育在阿吾拉勒二叠纪裂谷带,为一套陆相火山岩建造,岩性为玄武岩、玄武玢岩、安山岩、英安岩等。

区内侵入岩发育,从岩基、岩株到岩墙均有出露,呈近东西向带状分布,以中酸性岩体最为发育,侵入时代为加里东晚期和海西期(王永新,1997;沙德铭等,2003)。晚志留世侵入岩以岩株状花岗岩为主,分布在温泉县城南部,岩性为花岗岩

长岩和花岗岩。海西早期侵入岩以岩株状花岗岩为主,岩性主要为花岗斑岩、花岗闪长斑岩等,分布在伊连哈比尔尕山和科古琴山;海西中期花岗岩多呈岩株和岩基状产出,岩性为二长花岗岩、花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩和流纹斑岩等,主要分布于阿拉套山、博罗科洛山和阿希金矿东部。海西晚期花岗岩呈岩株和岩脉状产出,岩性为闪长玢岩、二长花岗岩、石英钠长斑岩、花岗斑岩和流纹斑岩等,主要分布于阿吾拉勒山一带。

2 主要铜金矿床类型划分及其时空分布

研究区分布的金属矿床种类较多,但以金铜矿床数量较多、规模较大和分布较广其特征。根据矿床的含矿主岩和成矿作用方式,铜矿床基本上可划分为

为3种类型:斑岩型、夕卡岩型和火山热液型;金矿床可划分为2种类型:浅成低温热液型和斑岩型(表1)。在阿拉套山—科古琴山之间,分布着与海西中期浅成中酸性花岗岩和中元古界灰岩有关的斑岩—夕卡岩铜矿、与海西中期酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿,成矿作用时代主要为海西中期(杨军臣等,1998;丁乾俊等^①);在博罗科洛山,分布着与下石炭统中酸性火山碎屑岩和中—基性熔岩有关的浅成低温热液型金矿、与海西中期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型金矿,它们的成矿时代主要为海西中期(李华芹等,1998);在阿吾拉勒山,分布着与二叠纪陆相中基性火山岩有关的火山热液型铜矿、与海西晚期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿,成矿作用时代为海西晚期(莫江平等,1997;黄世乾等^②)。

表1 西天山典型铜金矿床地质特征

Table 1 Geological characteristics of typical copper-gold deposits in the western Tianshan Mountains

成矿带	阿拉套—科古琴铜多金属成矿带		博罗科努金多金属成矿带		阿吾拉勒铜银多金属成矿带	
矿床名称	喇嘛苏铜矿	达巴特铜矿	阿希金矿	塔吾尔别克金矿	穷布拉克铜银矿	群吉铜矿
成因类型	斑岩—夕卡岩型	斑岩型	浅成低温热液型	斑岩型	火山热液型	斑岩型
矿化元素组合	Cu-Zn-Pb	Cu-Mo	Au-Ag	Au-Ag	Cu-Ag	Cu
矿床规模	中型	小型	大型	小型	中型	小型
矿石品位	Cu: 0.30%~3.68% Ag: 2×10^{-6} ~ 30×10^{-6}	Cu: 0.44% Mo: 0.50%	Au: 2×10^{-6} ~ 13.77×10^{-6}	Au: 3×10^{-6} ~ 20×10^{-6}	Cu: 0.5%~1.9% Ag: 20×10^{-6} ~ 60×10^{-6}	Cu: 0.74%~2.24%
大地构造位置	阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带	阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带	博罗科洛晚古生代弧后盆地	博罗科洛晚古生代弧后盆地	阿吾拉勒二叠纪裂谷带	阿吾拉勒二叠纪裂谷带
赋矿地层	中元古界灰岩	上泥盆统凝灰岩和凝灰质熔岩	下石炭统安山质火山岩	下石炭统安山质火山岩	下二叠统陆相中基性火山岩	下二叠统陆相中基性火山岩
侵入岩	海西中期花岗斑岩	海西中期花岗斑岩和流纹斑岩	海西中期二长斑岩	海西中期二长斑岩	海西晚期辉绿岩和闪长玢岩	海西晚期石英钠长斑岩和流纹斑岩
含矿主岩	海西中期花岗斑岩,中元古界灰岩	海西中期花岗斑岩和流纹斑岩	下石炭统安山质火山岩	海西中期二长斑岩	下二叠统陆相中基性火山岩	海西晚期石英钠长斑岩
控矿构造	近EW向区域性断裂和SN向断裂	NEE向逆冲断层	近EW向区域性断裂、火山机构和后期SN向断裂	EW向断裂、SN向断裂和火山盆地隆起部位	近EW向区域性断裂	EW向区域性断裂和SN向断裂
矿体形态	层状和脉状	脉状和浸染状	脉状	脉状和透镜状	层状和透镜状	脉状和透镜状
金属矿物	黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿	黄铜矿、辉铜矿、辉钼矿和黄铁矿	银金矿、自然金、黄铁矿、黄铜矿、毒砂和白铁矿	银金矿、自然金、黄铁矿和黄铜矿	辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿、黄铁矿和方铅矿	辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿和方铅矿
脉石矿物	石榴子石、透辉石、石英、方解石和绿泥石	石英、方解石、绿泥石和绿帘石	石英、绢云母、绿泥石、冰长石和方解石	石英、绢云母、绿泥石和方解石	石英、绿泥石和方解石	石英、绿泥石、绢云母和方解石
围岩蚀变	水云母化、钾化、夕卡岩化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化	钾化、硅化、粘土化、绿泥石化和碳酸盐化	硅化、绢英岩化、粘土化、绿泥石化、冰长石化和碳酸盐化	硅化、绿泥石化、黄铁绢英岩化和碳酸盐化	硅化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化	绿泥石化、泥化、硅化和碳酸盐化
成矿时代	329Ma	海西中期	330Ma	海西中期	274Ma	海西晚期
资料来源	王永新(1994); 杨军臣等(1998)	丁乾俊等 ^①	董连慧(2001); 李华芹等(1998)	贾斌等(2001a,b); 李华芹等(1998)	莫江平等(1997); 丁乾俊等 ^①	丁乾俊等 ^① ; 黄世乾等 ^②

3 铜金多金属成矿带及其典型矿床

根据矿化组合和分布特征,研究区从北到南可划分为3条东西向的成矿带(图1,表1):阿拉套—科古琴铜多金属成矿带、博罗科洛金多金属成矿带和阿吾拉勒铜银多金属成矿带,对应的大地构造位置分别为阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带、博罗科洛晚古生代弧后盆地和阿吾拉勒二叠纪裂谷带。

3.1 阿拉套—科古琴铜多金属成矿带与典型矿床

阿拉套—科古琴铜多金属成矿带北起准噶尔板块南缘断裂(阿拉山口—艾比湖—巴音沟断裂),南至科古琴山,大地构造单元为一晚古生代岛弧带(图1),与铜多金属成矿作用有关的地层主要为中元古代浅变质碳酸盐岩和硅质岩、泥盆系火山碎屑岩和熔岩等,侵入岩为海西中期中酸性花岗岩,这些岩石含铜丰度值远远高于地壳铜克拉克值,为铜矿床的矿源层(王永新,1994;丁乾俊等^①)。成矿作用明显与海西中期中酸性岩浆的侵入活动有关,主要形成斑岩型和夕卡岩型的铜多金属矿床。铜多金属矿床分布明显受东西向区域性构造控制,从西到东有喇嘛苏斑岩-夕卡岩型铜矿、喇嘛萨依夕卡岩型铜矿和达巴特斑岩型铜钼矿。

喇嘛苏铜矿床 该矿床位于阿拉套—科古琴铜多金属成矿带西部,矿区出露地层为中元古界库西姆切克群大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩、灰岩、板岩和千枚岩等,侵入岩呈小岩株及岩席状产出,岩性为花岗斑岩、花岗闪长斑岩、闪长玢岩和辉绿玢岩。与成矿有关的侵入岩主要为花岗斑岩和花岗闪长斑岩,其侵位时代为海西中期(王永新,1994)。矿区构造复杂,从南至北是一个复

式背斜,一系列东西向及南北向断裂发育,其中一近东西向的韧性剪切带横贯矿区,控制着岩浆岩和矿体的分布。地表出露及工程揭露的矿体有18个,主要赋存在浅成酸性岩体或岩体与地层的接触带(图2),铜品位一般0.30%~3.68%,银品位为 2×10^{-6} ~ 30×10^{-6} (王永新,1997)。矿体一般长20~400m,宽1~20m,呈层状、似层状、浸染状、脉状产出。矿石中原生金属矿物为磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、硫铜钴矿、辉钼矿等,次生矿物有斑铜矿、辉铜矿、铜蓝、褐铁矿、孔雀石等,脉石矿物主要为石榴子石、透辉石、石英、方解石和绿泥石,近矿围岩蚀变为水云母化、钾化、夕卡岩化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化。矿物生成期分为夕卡岩期和热液期。夕

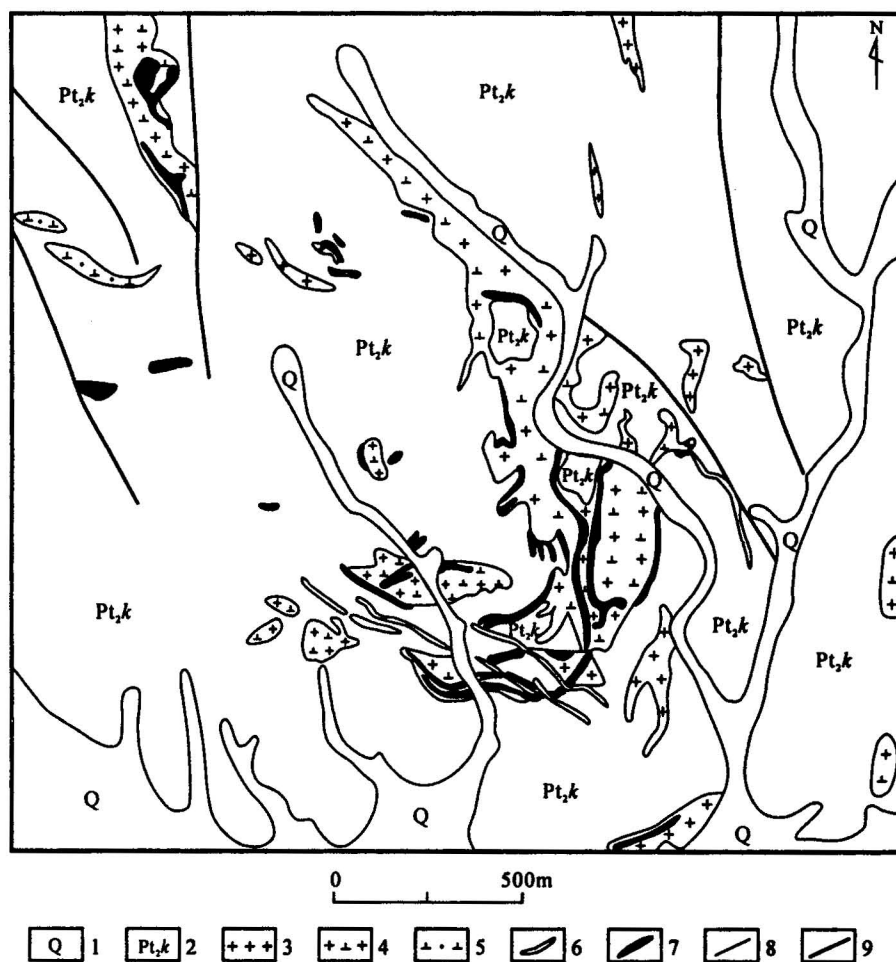


图2 喇嘛苏铜矿床地质简图(据王核等,2001改编)

Fig. 2 Simplified geological map of the Lamasu copper deposit
(modified from Wang He et al., 2001)

- 1—第四系沉积物;2—中元古界库西姆切克群大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩;3—花岗斑岩;4—花岗闪长斑岩;5—闪长玢岩;6—辉绿玢岩;7—铜矿体;8—地质界线;9—断层
1—Quaternary sediments;2—Mesoproterozoic marbleized limestone, dolomitic limestone and siliceous limestone of the Kuximuqieke Group;3—granite-porphry;4—granodiorite-porphry;5—diorite-porphry;6—diabase-porphry;7—copper orebody;8—geological boundary;9—fault

卡岩期分为早晚两个成矿阶段:早夕卡岩阶段的矿物共生组合为石榴石、透辉石、钙铁辉石;晚夕卡岩阶段主要生成符山石、透辉石、阳起石、绿泥石和绿帘石等,叠加在早夕卡岩之上,形成复杂的夕卡岩,本阶段形成的金属矿物有磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿。热液期以交代和充填方式改变夕卡岩矿物,生成硫化物、石英和方解石等,为该矿床的主成矿期。矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围为 $+0.2\text{‰} \sim +6.9\text{‰}$,平均为 $+4.3\text{‰}$,接近于陨硫硫的特征,显示硫来自深部或岩浆(赖健清等,1998)。氢氧同位素显示为岩浆热液与大气降水的混合(杨军臣等,1998)。流体包裹体均一温度 $102 \sim 281^\circ\text{C}$ (丁乾俊等^①)。根据金属硫化物微量元素分配温度计计算出的温度为 $193 \sim 305^\circ\text{C}$,平均 272°C (杨军臣等,1998)。可见,该矿床为一斑岩-夕卡岩型铜矿床。

达巴特斑岩铜矿位于阿拉套—科古琴铜多金属成矿带中部,矿区出露的地层主要为上泥盆统托斯库尔他乌组凝灰岩和凝灰质熔岩,中部出露一长约 2km 、宽 $120 \sim 500\text{m}$ 的酸性浅成侵入岩体,岩性为花岗斑岩和流纹斑岩(图3),形成时代为海西中期(丁乾俊等^①)。在该侵入岩体南侧与地层接触带有一走向 NWW 、倾向 NNE 的逆冲断层,它控制着主要矿体的分布(图3)。目前地表圈定的铜矿体有4个,主要赋存在斑岩体中,少量产在地层与斑岩体的接触带(图3),铜品位平均为 0.44% 。根据2002年和2003年的两个钻孔结果,在斑岩体中分别见到了厚 100m 的铜矿体和 70m 的钼矿体,品位均超过 0.5% 。矿体一般长 $60 \sim 300\text{m}$,宽 $1 \sim 16\text{m}$,呈细脉浸染状、脉状和透镜状产出。矿石中金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、辉铜矿、磁黄铁矿、斑铜矿、铜蓝、褐铁矿和孔雀石等,脉石矿物主要为石英、方解石、绿泥石、钾长石、绢云母和萤石等。在凝灰岩和凝灰质熔岩中发育钾化、硅化、白云母化和萤石化等蚀变,在斑岩体中发育硅化、钾化、绢云母化、碳酸盐化和萤石化等,在火山机构南接触带见有粘土化、绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化和

叶腊石化等蚀变。流体包裹体均一温度有三个峰值 230°C 、 300°C 和 460°C (丁乾俊等^①)。可见,该矿床为一与酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿。

3.2 博罗科洛金多金属成矿带与典型矿床

博罗科洛金多金属成矿带位于科古琴山和阿吾拉勒山之间的博罗科洛山地区,大地构造单元为一晚古生代弧后盆地(图1)。 NWW 向的区域性断裂控制着弧后盆地断陷区多个火山盆地的展布。金多金属矿床主要产在吐拉苏—也里莫墩断陷火山盆地中,出露的地层主要为下石炭统大哈拉军山组火山碎屑岩、火山熔岩,下石炭统阿恰勒河组碎屑岩,第四系沉积物。侵入岩主要为海西中期花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和二长斑岩。金矿床的赋矿围岩多数为下石炭统大哈拉军山组火山岩,少数为浅成的二长斑岩。近 EW 向的区域性断裂、 SN 向断裂和火山机构控制着金矿体的分布。金矿床主要有两种成因类型,浅成低温热液型和斑岩型,前者以阿希、京希布拉克和伊尔曼德金矿为代表,后者以塔吾尔别克和阿庇因迪金矿为代表,这些金矿床构成一个醒

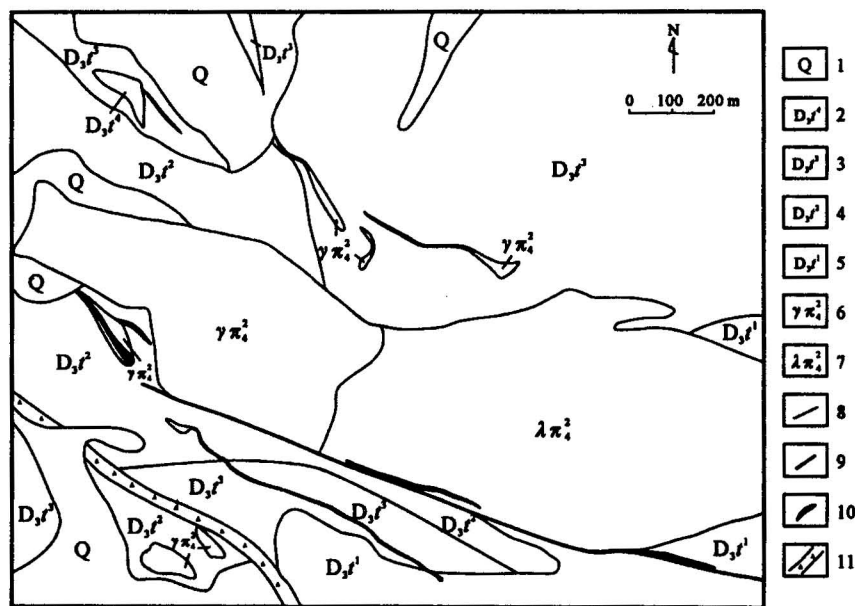


图3 达巴特铜矿床地质简图(据丁乾俊等^①改编)

Fig. 3 Simplified geological map of the Dabate copper deposit (modified from Ding Qianjun et al. ^①)

- 1—第四系沉积物;上泥盆统托斯库尔他乌组; 2—凝灰质角砾岩和熔岩段, 3—凝灰质砂岩段, 4—凝灰岩段, 5—英安岩; 6—花岗斑岩; 7—流纹斑岩; 8—地质界线; 9—断层; 10—铜矿体; 11—破碎带
- 1—Quaternary sediments; Upper Devonian Tuosikuertawu Formation; 2—tuffaceous breccia and lava Member, 3—tuffaceous sandstone Member, 4—tuff Member, 5—dacite Member; 6—granite-porphyry; 7—rhyolite porphyry; 8—geological boundary; 9—fault; 10—copper orebody; 11—fracture zone

目的以阿希金矿为中心、与火山岩有关的金成矿带(图1)。

阿希金矿位于博罗科洛金多金属成矿带西部,矿区出露地层主要为下石炭统大哈拉军山组辉石安山岩、英安岩、火山角砾岩和凝灰岩等,下石炭统阿恰勒河组海相碎屑岩和生物碎屑灰岩等,第四系沉积物。侵入岩主要为海西中期浅成二长斑岩。金矿体发育于火山机构边缘的环形断裂中,并受矿区南侧 NWW 向区域性断裂和后期南北向基底断裂控制(图4)。金矿体主要有4个,主要赋存在大哈拉军山组火山碎屑岩和火山熔岩中。其中1号矿体规模最大,呈脉状近 SN 向产出,长大于1000m,宽11~15m,延深达450m。金矿石品位 $2 \times 10^{-6} \sim 13.77 \times 10^{-6}$,平

均 5.58×10^{-6} 左右,储量达50t(母瑞身等^⑧)。热液活动可分为3个阶段:第一阶段为微晶石英脉阶段,石英脉呈浅灰白色,含少量黄铁矿,金品位低;第二阶段为金属硫化物石英脉阶段,是金矿的主成矿阶段。形成了规模大的烟灰色石英脉,含有一定量的多金属硫化物,金属矿物为自然金、银金矿、黄铁矿、白铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿、赤铁矿、镜铁矿、褐铁矿、斑铜矿、铜蓝和孔雀石等,脉石矿物为石英、绢云母、白云母、方解石、冰长石、绿泥石、重晶石和玉髓;第三阶段为碳酸盐脉阶段,碳酸盐矿物主要为方解石,叠加在前两个成矿阶段所形成的脉体之上。近矿围岩蚀变为绢云母化、钠长石化、硅化、绿泥石化、冰长石化、碳酸盐化、伊利石化和水白云母化。成矿时代为330Ma(李华芹等,1998)。矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围为 $+0.95\% \sim +4.3\%$,变化范围小,接近于陨硫,显示硫来自深部岩浆(李本海等,1994)。氢氧同位素显示成矿流体接近大气降水,流体包裹体均一温度 $120 \sim 180^\circ\text{C}$,盐度平均为 3% (NaCl_{eq}),成矿深度为 $300 \sim 900\text{m}$ (沙德铭,1998)。可见阿希金矿为一低硫绢云母-冰长石型浅成低温热液型矿床。

塔吾尔别克金矿位于阿希金矿东南3km,矿区出露地层主要为下石炭统大哈拉军山组辉石安山岩、英安岩、火山角砾岩和凝灰岩等,第四系沉积物。矿区中部出露浅肉红色二长斑岩,明显受 NWW 向区域断裂和 SN 向断裂控制(图5),斑岩体内发育原生裂隙,充填着石英细脉和碳酸盐细脉,石英细脉中往往含有金属硫化物和金。金矿体主要赋存在海西中期二长斑岩中,少量在斑岩体与地层的接触带中(图5),矿体形态为脉状和透镜状,长 $30 \sim 250\text{m}$,宽 8m 。金矿石平均品位 $3 \times 10^{-6} \sim 20 \times 10^{-6}$,平均为 5×10^{-6} (母瑞身等^⑧)。成矿作用可划分3个阶段,第一阶段发生

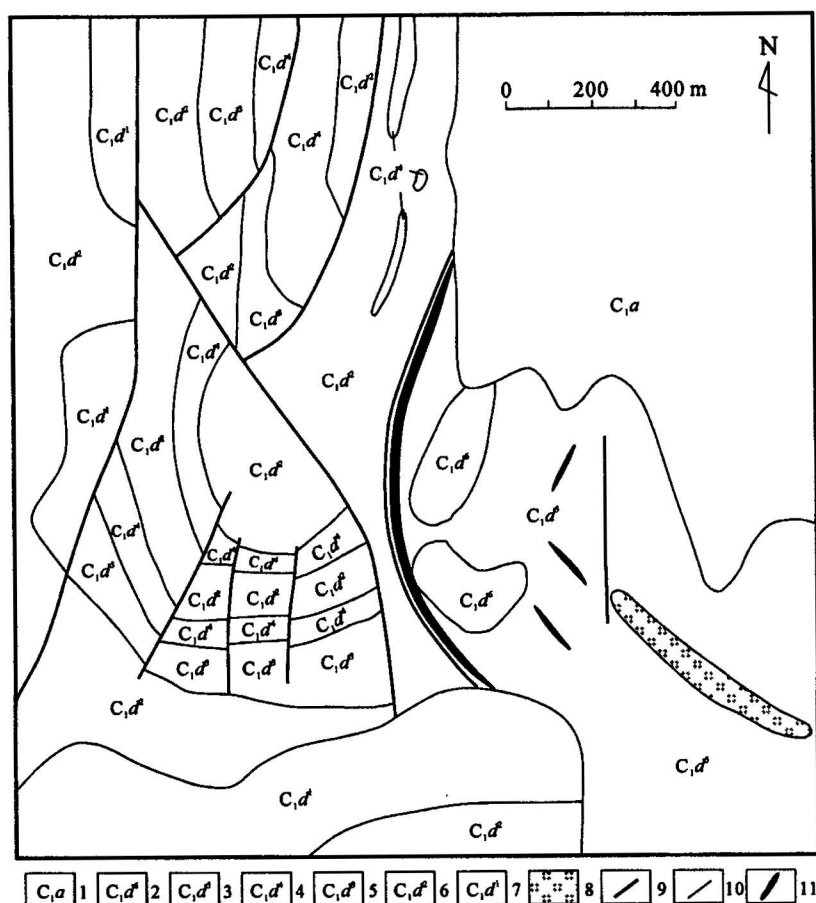


图4 阿希金矿床地质简图(据母瑞身等^⑧改编)

Fig. 4 Simplified geological map of the Axi gold deposit

(modified from Mu Ruishen et al. ^⑧)

1—下石炭统阿恰勒河组凝灰质砂岩和灰岩;下石炭统大哈拉军山组:2—角砾熔岩,3—安山玢岩,4—火山角砾岩,5—集块角砾岩,6—安山岩,7—凝灰岩;8—二长斑岩;9—断裂;10—地质界线;11—金矿体

1—Lower Carboniferous tuffaceous sandstone and limestone of the Aqialehe Formation; Lower Carboniferous Dahalajunshan Formation: 2—brecciform lava, 3—andesite porphyry, 4—volcanic breccia, 5—agglomerate and breccia, 6—andesite, 7—tuff; 8—monzonite porphyry; 9—fault; 10—geological boundary; 11—gold orebody

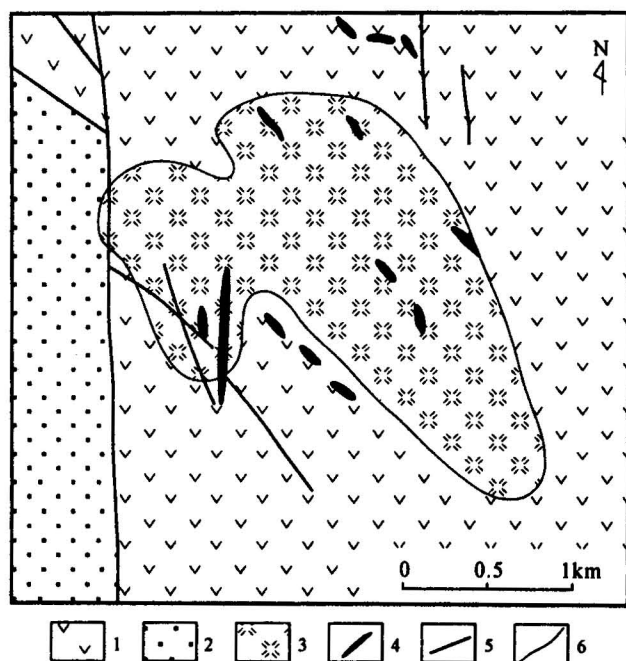


图 5 塔吾尔别克金矿床地质简图
(据贾斌等, 2001b 改编)

Fig. 5 Simplified geological map of the Tawuerbieke gold deposit (modified from Jia Bin et al., 2001b)

下石炭统大哈拉军山组: 1—安山岩、英安岩和火山角砾岩; 2—凝灰岩; 3—二长斑岩; 4—金矿体; 5—断裂; 6—地质界线
Lower Carboniferous Dahalajunshan Formation: 1—andesite, dacite and volcanic breccia; 2—tuff; 3—monzonite porphyry; 4—gold orebody; 5—fault; 6—geological boundary

在二长斑岩体内, 热液沿微裂隙发生渗透交代作用, 出现大面积的热液蚀变, 形成绢云母化、硅化、绿泥石化、白云母化和黄铁矿化, 金矿化微弱。第二阶段是金的主成矿期, 发育大量黄铁石英脉, 矿物组合为自然金、黄铁矿、石英和绢云母等。第三阶段为碳酸盐石英脉阶段, 矿物组合为方解石、石英、黄铁矿和重晶石等。矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为+4.2‰, 接近于陨硫, 显示硫来自深部岩浆。氢氧同位素显示成矿流体以大气降水为主混入少量岩浆水, 流体包裹体均一温度约130℃, 盐度平均为1.03% (NaCl_{eq})。可见, 该矿床为一与酸性浅成侵入岩有关的斑岩型

金矿。

3.3 阿吾拉勒铜银多金属成矿带与典型矿床

阿吾拉勒铜银多金属成矿带位于博罗科洛山与伊犁盆地之间的阿吾拉勒山地区, 大地构造单元为一二叠纪裂谷带(图1)。出露的地层主要下二叠统陆相中基性火山岩、上二叠统砂砾岩和第四系沉积物。侵入岩主要为海西晚期浅成的花岗斑岩、流纹斑岩、石英钠长斑岩、闪长玢岩和辉绿玢岩等, 其K-Ar同位素年龄为239~285Ma(莫江平等, 1996)。伊犁盆地北缘近EW向区域性断裂控制着火山岩和浅成斑岩体的展布。铜银矿床的赋矿围岩多数为下二叠统陆相中基性火山岩, 少数为浅成斑岩体。铜矿床主要有两种成因类型, 即与二叠纪陆相火山岩有关的火山热液型铜矿和与海西晚期浅成侵入岩体有关的斑岩型铜矿, 前者以穷布拉克、克斯布拉克和克孜克藏南铜矿为代表, 后者以群吉和109铜矿为代表。

穷布拉克铜银矿床位于阿吾拉勒铜银多金属成矿带中西部。矿区出露的地层主要为下二叠统塔尔德套组玄武岩、玄武安山岩和安山岩、上二叠统塔姆其萨依组砂砾岩和第四系沉积物。侵入活动不强, 表现为一些规模小的闪长玢岩脉和辉绿岩脉。矿区构造为一向南倾斜的单斜构造, 断裂比较发育, 区域构造线近EW向(图6), 矿区北缘为规模较大的近EW向穷布拉克断裂, 控制着铜银矿体的分布。铜银矿体主要有5个, 赋存在中基性火山岩中, 形态为脉状和透镜状, 矿体长200~450m, 宽2~13m, 矿石中Cu

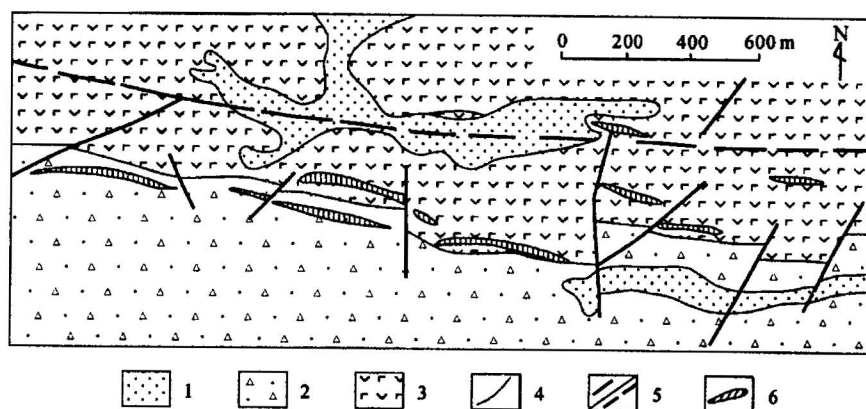


图 6 穷布拉克铜矿床地质简图(据莫江平等, 1997 改编)

Fig. 6 Simplified geological map of the Qiongbulake copper deposit (modified from Mo Jiangping et al., 1997)

1—第四系沉积物; 2—上二叠统塔姆其萨依组砂砾岩; 3—下二叠统塔尔德套组玄武岩、玄武安山岩和安山岩; 4—地质界线; 5—实测/推测断裂; 6—铜矿体
1—Quaternary sediments; 2—sandstone and conglomerate of the Upper Permian Tamuqisayi Formation; 3—Lower Permian basalt, basaltic andesite and andesite of the Taerdetao Formation; 4—geological boundary; 5—measured/inferred fault; 6—copper orebody

品位一般0.5%~1.9%,Ag为 $20 \times 10^{-6} \sim 60 \times 10^{-6}$ (莫江平等,1997)。成矿作用可分为2个阶段,即富硫化物-绿泥石-石英阶段(主成矿阶段)和含硫化物石英方解石阶段(晚成矿阶段)。成矿时代为274Ma(莫江平等,1997)。围岩蚀变为绿泥石化、碳酸盐化、绿帘石化和硅化,矿化富集程度与蚀变强度成正相关关系。矿石以浸染状和细脉状为主,局部为块状。金属矿物组合较简单,地表为孔雀石和辉铜矿,浅部以辉铜矿和斑铜矿为主,深部则为黄铜矿、黄铁矿和自然铜。矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+4.6‰~+6.4‰,接近于陨硫硫,显示硫来自深部岩浆,流体包裹体均一温度约90~129℃(莫江平等,1997)。可见穷布拉克铜矿床为一低温火山热液型铜矿。

群吉铜矿位于穷布拉克铜银矿床SEE 20km处,矿区出露的地层主要为下二叠统塔尔得套组玄武岩、玄武安山岩和安山岩,第四系沉积物。侵入岩主要为海西晚期浅成石英钠长斑岩和流纹斑岩,其Rb-Sr等时线年龄为309Ma(黄世乾等^②),斑岩体长约1500m,宽约200m,其展布受SN向断裂和NWW向的区域性断裂控制(图7)。铜矿化多数发育在石英钠长斑岩中,少数在石英钠长斑岩体与中基性火山岩的接触带中。石英钠长斑岩体普遍铜矿化,矿化以细脉浸染状和稀疏浸染状为主,以0.5%为边界品位,确定了10个铜矿体,形态为脉状和透镜状,矿体长20~130m,宽5~15m,矿石中Cu品位最高可达2.24%(黄世乾等^②)。矿石中金属矿物为辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿、磁铁矿、铜蓝、褐铁矿和孔雀石等,脉石矿物主要为石英、钠长石、方解石、绿泥石和绿帘石等。围岩蚀变为硅化、钠化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、碳酸盐化和泥化等。可见该矿床为一与海西晚期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿。

4 地球动力学演化与铜金成矿作用

西天山地区出露最古老地层为温泉群,为古元古代时期形成一套深变质岩系,野外调研发现一套深变质的副片麻岩与片岩互层,并夹有变质中基性火山岩(阳起石片岩、斜长角闪片岩),有明显的递变韵律层系,为一套拉张型被动陆缘含火山活动的斜坡相浊流沉积建造,暗示在斜坡之上的陆棚基底和物源剥蚀区应有太古宙地层存在,这表明在伊犁板块下部应有太古宙基底存在。中一新元古代,西天山地区为一套稳定型碎屑岩、碳酸盐沉积,火山物质较少,这时期整个天山地区、塔里木地区及甘肃北山地

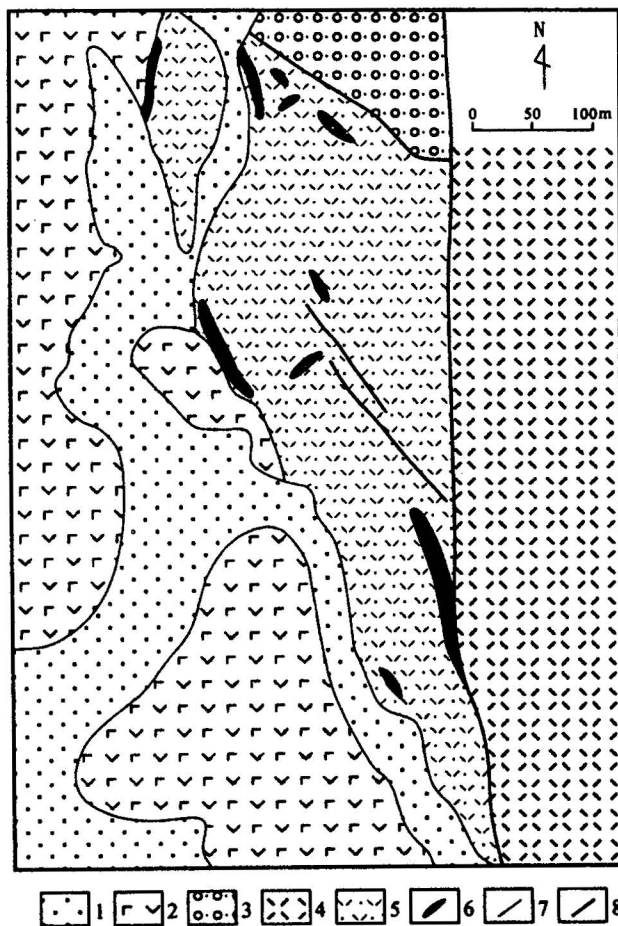


图7 群吉铜矿床地质简图(据黄世乾等^②改编)

Fig. 7 Simplified geological map of the Qunji copper deposit (modified from Huang Shiqian et al. ^②)

1—第四系沉积物;2—下二叠统塔尔得套组玄武岩、玄武安山岩和安山岩;3—下二叠统塔尔得套组砂砾岩;4—流纹斑岩;5—石英钠长斑岩;6—铜矿体;7—地质界线;8—断裂

1—Quaternary sediments; 2—Lower Permian basalt, basaltic andesite and andesite of the Taerdetao Formation; 3—Lower Permian sandstone and conglomerate of Taerdetao Formation; 4—rhyolite porphyry; 5—imandrite porphyry; 6—copper orebody; 7—geological boundary; 8—fault

区沉积环境基本相似。青白口纪末—早震旦世初,晋宁(塔里木)运动热事件使塔里木板块、伊犁板块(包括阿拉套微板块)和准噶尔板块形成了一个泛大陆(罗迪尼亚超大陆)。以后,随着罗迪尼亚超大陆的裂解,在中晚寒武世—奥陶纪期间,准噶尔板块和伊犁板块发生分离,形成准噶尔洋,而阿拉套微板块则在准噶尔洋中间(图8-1)。早志留世,在温泉—博乐—依连哈比尔尕—干沟一线,准噶尔洋板块开始往南俯冲到伊犁板块之下,在赛里木和博罗科洛一带形成火山-侵入岩带,构成赛里木和博罗科洛早古生代

岛弧带(张良臣等,1985;肖序常等,1992)(图8-2)。早、中、晚志留世皆有火山活动,但分布不均匀,早志留世喷发酸性火山凝灰岩及少量中性火山岩,中志留世为中基性、基性火山岩及凝灰岩,沉积了大量凝灰质砂岩,晚志留世为杂砂岩堆积,类似下磨拉石沉积,有少量火山活动。晚志留世末,在温泉县城南部温泉群内有花岗岩浆侵位活动。晚志留世阿拉套微板块与伊犁板块发生碰撞,两者重新拼合成一个整体的伊犁板块。泥盆纪—石炭纪期间,沿阿拉山口—艾比湖—巴音沟一线,准噶尔洋板块继续向伊犁板块俯冲,形成一个完整的晚古生代沟-弧-盆体系,即阿拉山口—艾比湖—巴音沟海沟带、阿拉套—科古琴晚古生代岛弧带和博罗科洛晚古生代弧后盆地(图8-3)。晚泥盆世—早石炭世,随着准噶尔洋板块的继续向南俯冲,在阿拉套—科古琴一带出现火山活动,形成火山碎屑岩和熔岩,侵入岩有浅成中酸性斑岩体和深成相中酸性花岗岩,构成晚古生代岛弧带,形成喇嘛苏斑岩-夕卡岩型铜矿、喇嘛萨依夕卡岩型铜矿和达巴特斑岩型铜钼矿(图8-3)。早中石炭世,在博罗科洛晚古生代弧后盆地,构造环境为松弛-拉张阶段(沙德铭等,2003),从而在弧后盆地的基础上形成火山断陷盆地,发育有下石炭统中酸性火山碎屑岩和中—基性熔岩,侵入岩为浅成中酸性斑岩体和深成相中酸性花岗岩,形成以阿希金矿为中心、与火山岩和次火山岩有关的浅成低温热液型和斑岩型金成矿带(图8-3)。晚石炭世—早二叠世,准噶尔洋闭合,准噶尔板块与伊犁板块碰撞对接,西天山地区进入板内活动时期(图8-4),应力性质由挤压变为伸展,地壳深部拉张破裂,由于下地壳拆沉或地幔岩浆上涌,出现大规模的基性—中基性—中酸性陆相火山喷发活动,形成大小不一的裂谷型火山岩带,其中以阿吾拉勒陆相火山岩带最具代表性(图8-4),其陆相火山岩建造由玄武岩、玄武玢岩、安山岩、英安岩、石英钠长斑岩和流纹斑岩等组成,形成与火山岩有关的穷布拉克、克斯布拉克和克孜克藏南火山热液型

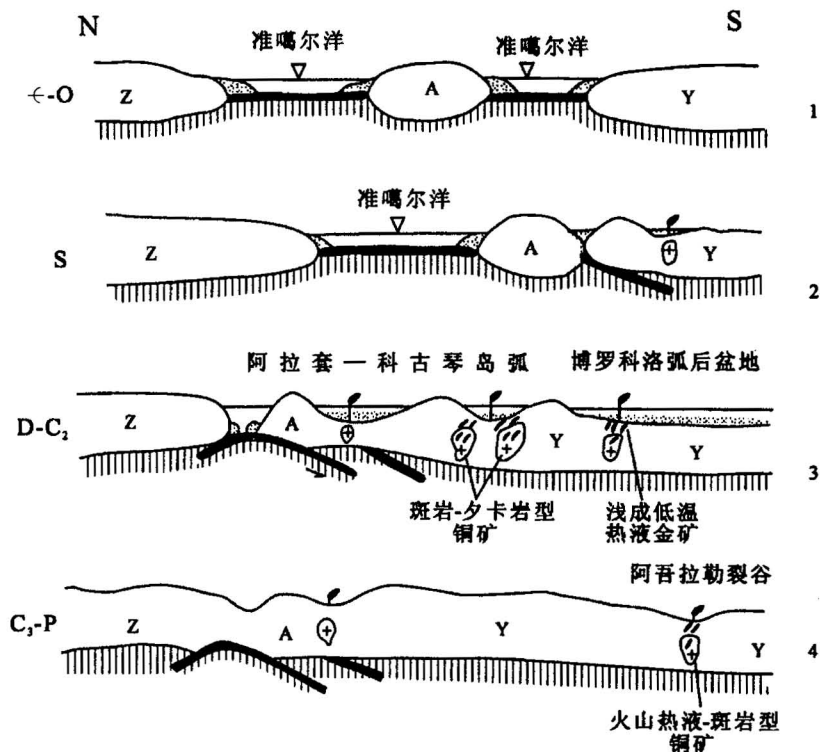


图8 西天山地球动力学演化与铜金成矿模式

Fig. 8 Geodynamic evolution and metallogenic model of copper-gold deposits in the western Tianshan Mountains

Z—准噶尔板块; A—阿拉套微板块; Y—伊犁板块

Z—The Junggar plate; A—the Alatau microplate; Y—the Ili plate

铜矿床,与次火山岩有关的群吉和109斑岩型铜矿床。西天山作为古亚洲造山带或泛阿尔泰造山带的一部分(Yakubchuk et al., 2001),其动力地球学演化与相邻地区密切相联。就我国境内与中亚地区的天山而论,阿拉套与准噶尔地块之间的阿拉山口—艾比湖—巴音沟断裂被认为是石炭纪末期准噶尔板块与伊犁板块的碰撞缝合线(张良臣等,1985;肖序常等,1992;高俊等,1995;吴世敏等,1995;李向东等,1996),向西可以延伸至哈萨克斯坦,可能与乌拉尔东部连接。西天山铜金成矿带与哈萨克斯坦巴尔喀什铜金成矿带相比,两者的大地构造单元同属伊犁板块,铜金矿床的赋矿岩石主要为晚古生代火山岩或次火山岩,控矿构造主要为 NWW 向的区域性断裂与火山机构环形断裂,成岩成矿时代多为海西期(戴自希等,2001)。铜矿床均以斑岩型为主,分布在伊犁板块北部的晚古生代岛弧带,在巴尔喀什铜金成矿带的北带,有数个世界级的超大型斑岩铜矿床(阿克赛斑岩铜矿、阿克托盖斑岩铜矿、科恩纳德斑岩铜矿),在西天山铜金成矿带的北带发现了几个

中小型的斑岩-夕卡岩型和斑岩型铜矿(喇嘛苏斑岩-夕卡岩型铜矿和达巴特斑岩铜矿等);金矿床以浅成低温热液型为主,均分布在伊犁板块中部晚古生代弧后断陷火山盆地中,在巴尔喀什铜金成矿带和西天山铜金成矿带分别产有阿尔哈尔雷大型金矿和阿希大型金矿(戴自希等,2001)。可见,西天山铜金成矿带与哈萨克斯坦巴尔喀什铜金成矿带具有相似的成矿条件和成矿模式,应加强在西天山地区的成矿理论研究和找矿勘查工作。

致谢 在野外工作期间得到了国家305项目办公室、新疆地勘局、新疆有色地勘局、新疆有色金属公司和当地政府的大力支持与帮助。笔者等就有关问题与王见藩高工、王宝瑜高工、何国琦教授、成守德高工、李锦轶研究员和秦克章研究员等进行了有益讨论。在此,笔者一并致以诚挚的谢意。

注 释

- ① 丁乾俊,吴文奎,黄世乾. 1990. 博罗霍洛远景成矿区地物化综合研究及找矿靶区圈定. 国家305项目 IV7-1 专题报告. 国家305项目办公室.
- ② 黄世乾,郑宾成,刘志国,刘运纪. 1991. 阿吾拉勒山铜等有色金属矿产地、物、化综合研究和靶区优选. 国家305项目 IV7-3 专题报告. 国家305项目办公室.
- ③ 母瑞身,田昌烈,杨芳林. 1995. 新疆伊宁县阿希金矿控矿规律与外围靶区评价研究. 国家305项目 85-902-04-01 专题报告. 国家305项目办公室.

参 考 文 献

- 蔡宏渊,郑跃鹏,邓贵安. 1998. 喇嘛苏铜矿床斑岩体地质地球化学特征及含矿性评价. 矿产与地质,12(6):386~392.
- 戴自希,白冶,吴初国,古方,朱明玉,尚修治. 2001. 中国西部和毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究. 北京:地震出版社,1~201.
- 邓洪涛. 2001. 博罗科努山北坡金铜成因类型探讨. 新疆地质,19(2):123~126.
- 董连慧,田昌烈. 2001. 西天山吐拉苏一也里莫墩金成矿带简述. 地质与资源,10(2):85~90.
- 董连慧. 2001. 阿希金矿主要蚀变类型及其与金矿化关系. 地质与资源,10(3):129~132.
- 高俊,肖序常,汤耀庆,赵民,王军. 1995. 西南天山构造地质学初步研究. 地质学杂志,19(2):122~128.
- 贾斌,母瑞身,田昌烈,沙德铭. 2001a. 新疆阿希金矿浅成低温流体特征. 黄金地质,7(1):39~46.
- 贾斌,母瑞身,田昌烈,沙德铭,杨森. 2001b. 塔吾尔别克-阿庇因迪斑岩型金矿特征. 地质与资源,10(3):139~145.
- 姜晓伟,王永江. 2002. 西天山阿希型金成矿系列及其成因. 中国地质,29(2):203~207.
- 赖健清,彭省临,钟运鄂,邵拥军,王核. 1998. 新疆温泉县喇嘛苏铜多金属矿床成因初探. 有色金属矿产与勘查,7(5):267~288.
- 李本海,薛秀娣. 1994. 新疆阿希金矿 I 号矿床矿石特征及其成因意义. 新疆地质,12(2):146~156.
- 李华芹,谢才富,常海亮. 1998. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学. 北京:地质出版社,1~264.

- 李向东,李茂松. 1996. 中国西天山地质构造与西邻区的对比研究. 地质论评,42(2):107~115.
- 廖启林,赖健清. 2002. 新疆北部喇嘛苏铜矿区有关岩石的稀土元素地球化学. 地质找矿论丛,17(3):145~151.
- 马润则. 1994. 新疆阿希矿区火山岩岩石化学特征及其形成环境. 成都理工学院学报,21(2):19~28.
- 莫江平,黄明扬,覃龙芳,卢汉堤. 1996. 新疆阿吾拉勒陆相火山岩型铜矿成矿研究. 矿产与地质,10(4):217~223.
- 莫江平,蔡宏渊. 1997. 新疆布拉克铜矿床成矿模式. 矿产与地质,11(1):26~31.
- 母瑞身,田昌烈,杨芳林,刘海山,贾斌,沙德铭. 1996. 新疆阿希地区金矿概论. 贵金属地质,5(1):5~20.
- 母瑞身,田昌烈,黄明扬,蔡宏渊,植起汉,漆树基,曹洛华,王润三. 1998. 西天山金、铜矿地质特征简述. 贵金属地质,7(1):1~18.
- 沙德铭,田昌烈,董连慧. 2003. 西天山中北段铜、金矿床成矿规律初探. 新疆地质,21(2):185~189.
- 沙德铭. 1998. 西天山阿希金矿流体包裹体研究. 贵金属地质,7(3):180~188.
- 王核,彭省临,赖健清. 2000. 天山赛里木湖-博罗霍洛地区大地构造演化、分区及成矿. 大地构造与成矿,24(4):295~302.
- 王核,彭省临,赖健清. 2001. 论新疆喇嘛苏铜矿床的多因复成成矿作用. 大地构造与成矿,25(2):149~154.
- 王永新. 1994. 新疆喇嘛苏铜矿成矿地质条件. 矿产与地质,8(5):369~372.
- 王永新. 1997. 新疆伊犁亚板块矿产初探. 新疆有色金属,(2):1~7.
- 王志辉,唐菊兴. 1996. 新疆伊犁阿希金矿床矿石建造特征及成因. 矿物岩石,16(1):68~73.
- 魏合明,王全庆,宁晰春. 1999a. 西天山北部大地构造背景与成矿关系及找矿预测. 西安工程学院学报,21(4):14~18.
- 魏合明,吴文奎,薛春纪. 1999b. 新疆西天山金属矿床、成矿系列及形成演化规律. 地质学报,73(3):219~230.
- 吴世敏,卢华复,马瑞士,贾东,蔡东升. 1995. 西天山一带大地构造相划分及其构造演化特征. 中国区域地质,(2):149~156.
- 肖龙,王方正,Begg Graham,付民禄. 2002. 新疆希—伊尔曼德金矿床矿化类型:热液蚀变及流体包裹体证据. 矿床地质,21(1):58~64.
- 肖序常,汤耀庆,冯益民,朱宝清,李锦轶,赵民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社,1~169.
- 杨军臣,崔彬,李天福. 1998. 新疆博乐喇嘛苏铜矿床地质特征和成因研究. 地质论评,44(1):23~30.
- 张良臣,吴乃元. 1985. 天山地质构造及演化史. 新疆地质,3(3):1~14.

References

- Cai Hongyuan, Zheng Yaopeng, Deng Guian. 1998. Geological and geochemical features and evaluation of ore-bearing potentiality of porphyritic bodies in the Lamasu copper deposit. Mineral Resources and Geology, 12(6): 386~392 (in Chinese with English abstract).
- Dai Zixi, Bai Ye, Wu Chuguo, Gu Fang, Zhu Mingyu, Shang Xiuzhi. 2001. Comparison of Cu-Au ore-prospecting potentials between western China and its adjacent countries. Beijing: Seismological Press, 1~201 (in Chinese).
- Deng Hongtao. 2001. Discussion on genesis types of the Au-Cu deposits along northern foothill of the Boluokenu Mountain. Xinjiang Geology, 19(2): 123~126 (in Chinese with English abstract).

- Dong Lianhui, Tian Changlie. 2001. Geology of the Tulasu-Yelimodun gold mineralization zone, western Tianshan, Xinjiang. *Geology and Resources*, 10(2):85~90(in Chinese with English abstract).
- Dong Lianhui. 2001. The main alteration type of Axi gold deposit and its relationship to the gold mineralization. *Geology and Resources*, 10(3):129~132(in Chinese with English abstract).
- Gao Jun, Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Zhao Min, Wang Jun. 1995. Preliminary research on the tectonostratigraphy in the southwestern Tianshan Mountains. *Journal of Stratigraphy*, 19(2):122~128(in Chinese with English abstract).
- Jia Bin, Wu Ruishen, Tian Changlie, Sha Deming. 2001a. The characteristics of the mineralization fluid of the Axi gold deposit in Xinjiang. *Gold Geology*, 7(1):39~46(in Chinese with English abstract).
- Jia Bin, Wu Ruishen, Tian Changlie, Sha Deming, Yang Sen. 2001b. The characteristics of the Tawuerbieke-Abiyindi porphyry gold deposits. *Geology and Resources*, 10(3):139~145(in Chinese with English abstract).
- Jiang Xiaowei, Wang Yongjiang. 2002. Characteristics and genesis of the minerogenetic series of the Axi gold deposits in western Tianshan. *Geology in China*, 29(2):203~207(in Chinese with English abstract).
- Lai Jianqing, Peng Shenglin, Zhong Yun'e, Shao Yongjun, Wang He. 1998. On the genesis of the Lamasu copper-polymetallic deposit in Wenquan, Xinjiang. *Geological Exploration for Non-ferrous Metals*, 7(5):267~288(in Chinese with English abstract).
- Li Benhai, Xue Xiudi. 1994. Ore characteristics of Axi No. 1 gold deposit and its genetic significance. *Xinjiang Geology*, 12(2):146~156(in Chinese with English abstract).
- Li Huaqin, Xie Caifu, Chang Hailiang. 1998. Study on metallogenetic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in North Xinjiang, China. Beijing: Geological Publishing House, 1~264(in Chinese with English abstract).
- Li Xiangdong, Li Maosong. 1996. Tectonic correlation between western Chinese Tianshan and its western adjacent area. *Geological Review*, 42(2):107~115(in Chinese with English abstract).
- Liao Qilin, Lai Jianqing. 2002. REE geochemistry of rocks in the Lamasu copper deposit in northern Xinjiang. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 17(3):145~151(in Chinese with English abstract).
- Ma Runze. 1994. Petrochemical features and forming environment of volcanic rocks from the Axi ore area in Xinjiang. *Journal of Chengdu University of Technology*, 21(2):19~28(in Chinese with English abstract).
- Mo Jiangping, Huang Mingyang, Qin Longfang, Lu Handi. 1996. Genesis of continental volcanic type copper deposits in Awulale, Xinjiang. *Mineral Resources and Geology*, 10(4):217~223(in Chinese with English abstract).
- Mo Jiangping, Cai Hongyuan. 1997. Metallogenic model of the Qiongbulake copper deposit in Xinjiang. *Mineral Resources and Geology*, 11(1):26~31(in Chinese with English abstract).
- Mu Ruisheng, Tian Changlie, Yang Fanglin, Liu Haishan, Jia Bin, Sha Deming. 1996. The outline of gold deposits in the Axi area. *Journal of Precious Metallic Geology*, 5(1):5~20(in Chinese with English abstract).
- Mu Ruisheng, Tian Changlie, Huang Mingyang, Cai Hongyuan, Zhi Qihan, Qi Shuji, Cao Luohua, Wang Runsan. 1998. Geological characteristics of gold and copper deposits in western Tianshan Mountains. *Journal of Precious Metallic Geology*, 7(1):1~18(in Chinese with English abstract).
- Sha Deming. 1998. The fluid inclusion of the Axi gold deposit in West Tianshan Mountains. *Journal of Precious Metallic Geology*, 7(3):180~188(in Chinese with English abstract).
- Sha Deming, Tian Changlie, Dong Lianhui. 2003. The preliminary study on the ore-forming regularity of gold and copper ore deposits in the Mid-North section of western Tianshan Mountains. *Xinjiang Geology*, 21(2):185~189(in Chinese with English abstract).
- Wang He, Peng Shenglin, Lai Jianqing. 2000. Geotectonic evolution, division and mineralization in the Sailim-Bolohuoluo region, Tianshan Mountains. *Geotectonica et Metallogenia*, 24(4):295~302(in Chinese with English abstract).
- Wang He, Peng Shenglin, Lai Jianqing. 2001. Polygenetic compound minerogenesis in the Lamasu copper deposit, Xinjiang. *Geotectonica et Metallogenia*, 25(2):149~154(in Chinese with English abstract).
- Wang Yongxin. 1994. Ore-forming conditions of the Lamasu copper deposit, Xinjiang. *Mineral Resources and Geology*, 8(5):369~372(in Chinese).
- Wang Yongxin. 1997. A discussion on mineral resources in Yili subplate. *Xinjiang Nonferrous Metal*, (2):1~7(in Chinese).
- Wang Zhihui, Tang Juxing. 1996. Ore formation feature and genesis of the Axi gold deposit, Illi, Xinjiang. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 16(1):68~73(in Chinese with English abstract).
- Wei Hemin, Wang Quanqing, Ning Xichun. 1999a. Relationship between tectonics and mineralization in the northern part of western Tianshan and its application to ore prospecting. *Journal of Xi'an Engineering University*, 21(4):14~18(in Chinese with English abstract).
- Wei Hemin, Wu Wenkui, Xue Chunji. 1999b. Metallogenic series and their formation and evolution in western Tianshan, Xinjiang. *Acta Geologica Sinica*, 73(3):219~230(in Chinese with English abstract).
- Wu Shimin, Lu Huaifu, Ma Ruishi, Jia Dong, Cai Dongsheng. 1995. Classification of tectonic facies and their evolutionary features in the western Tianshan Mountains. *Regional Geology of China*, (2):149~156(in Chinese with English abstract).
- Xiao Long, Wang Fangzheng, Begg Graham, Fu Minlu. 2002. Gold mineralization styles of Jingxi-Yelmend deposit: evidence from hydrothermal alteration and fluid inclusion data. *Mineral Deposits*, 21(1):58~64(in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang, Tao Yaoqing, Feng Yimin, Zhu Baoqing, Li Jinyi, Zhao Min. 1992. Tectonic evolution of the northern Xinjiang and its adjacent regions. Beijing: Geological Publishing House, 1~169(in Chinese with English abstract).
- Yakubchuk A, Seltmann R, Shatov V, et al. 2001. The Altaids: tectonic evolution and metallogeny. *SEG Letter*, 46(1):7~13.
- Yang Junchen, Cui Bin, Li Tianfu. 1998. Geology features and genesis of the Lamasu copper deposit in Bole, Xinjiang. *Geological Review*, 44(1):23~30(in Chinese with English abstract).
- Zhang Liangchen, Wu Naiyuan. 1985. The geotectonics and its evolution of Tianshan. *Xinjiang Geology*, 3(3):1~14(in Chinese with English abstract).

Types, Characteristics and Metallogenic Geodynamic Evolution of the Paleozoic Polymetallic Copper-Gold Deposits in the Western Tianshan Mountains

WANG Zhiliang¹⁾, MAO Jingwen^{1,2)}, ZHANG Zuoheng¹⁾, ZUO Guochao³⁾, WANG Longsheng¹⁾

1) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

2) *Faculty of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083*

3) *Gansu Geological Survey, Lanzhou, Gansu, 730000*

Abstract

Based on ore-bearing host rocks and mineralization patterns of copper-gold deposits in the western Tianshan Mountains, copper deposits can be classified into three types, i. e. porphyry copper deposits, skarn copper deposits and volcanogene hydrothermal copper deposits; gold deposits can be grouped into two types, i. e. epithermal gold deposits and porphyry gold deposits. There exist three E-W-trending mineralization zones in the western Tianshan Mountains: ① the Alataw-Kokirgin copper polymetallic mineralization zone, which comprises porphyry-skarn copper deposits related to the Mesoproterozoic limestone and Mid-Hercynian hypabyssal medium-acidic intrusive rocks, porphyry copper deposits connected with Mid-Hercynian hypabyssal acidic intrusive rocks; ② Boluokeluo gold polymetallic mineralization zone, which consists of epithermal gold deposits related to Lower Carboniferous medium-acidic pyroclastic rock and medium-basic lava, porphyry gold deposits connected with Mid-Hercynian hypabyssal medium-acidic intrusive rocks; ③ Awulale copper-silver polymetallic mineralization zone, which is composed of volcanogene hydrothermal copper deposits related to Permian continental medium-basic volcanic rocks, porphyry copper deposits connected with Late-Hercynian hypabyssal medium-acidic intrusive rocks. Based on discussion on the Paleozoic geodynamic evolution in the western Tianshan Mountains, three mineralization zones mentioned above are correspondent with the Alataw-Kokirgin Late Paleozoic island arc zone, the Boluokeluo Late Paleozoic back-arc basin and the Awulale Permian rift zone respectively.

Key words: copper-gold deposits; ore deposit characteristics; metallogenic geodynamics; western Tianshan Mountains; Xinjiang

~~~~~