

# 新疆包尔图铜矿赋矿变质岩特征及其地质意义

张海军<sup>1,2,3</sup>, 荆德龙<sup>4</sup>, 汪帮耀<sup>4</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所矿物学与成矿学重点实验室, 广东 广州 510640;  
2. 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队, 新疆 库尔勒 841000; 3. 中国科学院  
大学, 北京 100049; 4. 长安大学地球科学与资源学院, 西部矿产资源与地质  
工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 包尔图铜矿位于和硕县乌什塔拉北山区包尔图至库米什断裂带附近, 铜矿体主要赋存于艾木太乌拉短轴背斜轴部附近的中元古界长城系星星峡群(Chxn)变质岩中, 受断裂构造控制明显。本亚组地层自背斜轴部向两翼由角闪岩相逐步过渡到绿片岩相。矿区内的变质岩既具有中酸性火山岩类岩石化学的特点又具有沉积成因岩石化学的特点, 为沉积岩与火成岩过渡类型。区内变质岩的地层学、岩相学及地球化学特征, 表明其原岩应为一套海相中酸性、基性火山碎屑岩建造。研究区变质作用以区域变质作用为主, 后期又叠加有动力变质作用, 变质作用对该矿床的形成起到了重要的作用。

**关键词:** 包尔图铜矿; 变质岩; 原岩建造; 变质作用

**中图分类号:** P618.41      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-6248(2014)02-0172-09

## Ore-hosted Metamorphic Rocks and Its Geological Significance of the Baoertu Copper Deposit in Xinjiang

ZHANG Hai-jun<sup>1,2,3</sup>, JING De-long<sup>4</sup>, WANG Bang-yao<sup>4</sup>

(1. CAS Key Laboratory for Mineralogy and Metallogeny, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Third Brigade, Xinjiang Geological and Mineral Resources Bureau, Korla 841000, China; 3. China University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Earth Science and Resources College of Chang'an University, Key Laboratory of Western China's Mineral Resources and Geological Engineering, Ministry of Education, Earth Science and Resources College, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Near the Baoertu-Kumux faults, Baoertu copper deposit near the Baoertu-Kumux faults is in the north area of the Wushitala Mountain named uxxaktal in HeShuo Heshuo County. The copper ore body bodies mainly occur in the metamorphic rocks of the Xingxingxia group (Chxn) of Mesoproterozoic Changcheng System. It is close to the axis of the minor anticline named Aimutaiwula and it is obviously controlled by the faults. This sub-group stratum stratum has a gradually transition transited from amphibolite facies to greenschist facies from the axis of the anticline to its wings. Metamorphic rocks in the mining area not only have the chemical characteristics of neutral-acidic volcanic rocks but also have the characteristics of sedimentary rocks. Its type, which belongs belong to the transition type of sedimentary rocks to igneous rocks. The stratigraphy, petrography and geochemical features of the metamorphic rocks in the mining

收稿日期: 2014-01-04; 修回日期: 2014-03-17

基金项目: 新疆维吾尔自治区矿产资源补偿费地质勘查项目“新疆和硕县包尔图铜矿普查”项目(2003040)

作者简介: 张海军(1981-), 男, 汉族, 毕业于中国地质大学矿物学、岩石学、矿床学专业, 获硕士学位, 现攻读博士研究生, 地质矿产工程师, 主要从事地质矿产勘查及相关研究。E-mail: 28896356@qq.com

area indicate that its original rock should be a combination of marine neutral-acidic and basic pyroclastic rocks. Metamorphism in this study area is dominated by regional metamorphism and superimposed dynamic metamorphism in its late stage. Metamorphism has played an important role in the formation of this deposit.

**Key words:** Baoertu copper deposit; metamorphic rocks; combination of the original rocks; metamorphism

中国铜资源相对匮乏,每年铜资源缺口达百万吨,且有逐年增大的趋势。新疆包尔图铜矿位于天山成矿带,该成矿带铜成矿潜力大(田永安等,1982;刘德权等,2001;姜寒冰等,2012)。对包尔图铜矿的研究对于天山成矿带的矿产勘查具有重要意义。经勘查发现包尔图铜矿体主要赋存于一套变质地层中,笔者对该变质地层中变质岩的岩石学、岩石地球化学等特征以及变质作用特征进行了系统研究,在此基础上对该套变质岩原岩进行了恢复,探讨了变质作用对成矿的意义。

### 1 区域地质背景

矿区所在区域属于天山区东段,位于和硕县乌什塔拉北山区包尔图至库米什断裂带附近。出露地层有元古宇、古生界、新生界。构造分区及小区以乌瓦门-包尔图深大断裂为界,北为西天山那拉提早古生代构造混杂带分区及巴仑台裂谷隆起带小区,南为奥陶纪-石炭纪南天山世洋盆分区(车自成等,1994;高俊等,1993,1997;夏林圻等,2002)。

包尔图铜矿床位于塔里木板块北缘南天山与中天山接触带的东段,乌瓦门-包尔图深大断裂以南的包尔图凹陷中,构造单元属天山褶皱系南天山褶皱带(胡剑风等,2004a;成守德等,2000)。

矿区所属的南天山褶皱带包尔图凹陷位于包尔图深大断裂以南艾木太乌拉背斜轴一带,是南天山哈尔克-库米什金、铜、铅、锌、铋、铁、锰多金属成矿带主要成矿区之一(成守德等,1993;蔡根庆等,1999;蔡宏渊等,2004)。区内构造运动强烈,热液活动频繁,变质作用明显。区域岩浆岩发育,以华力西期早期侵入的灰色二云母花岗岩为主,次为沿包尔图断裂两侧侵入的华力西中期的红色花岗岩及大量酸性岩脉(李文明等,2002)。

### 2 矿区地质概况

#### 2.1 矿区地质

矿区出露地层主要为上志留统一下泥盆统阿尔彼什麦布拉克组(S<sub>3</sub>-D<sub>1a</sub>),中元古界长城系星星峡群(Chxn)(图1)。上志留统一下泥盆统阿尔彼什

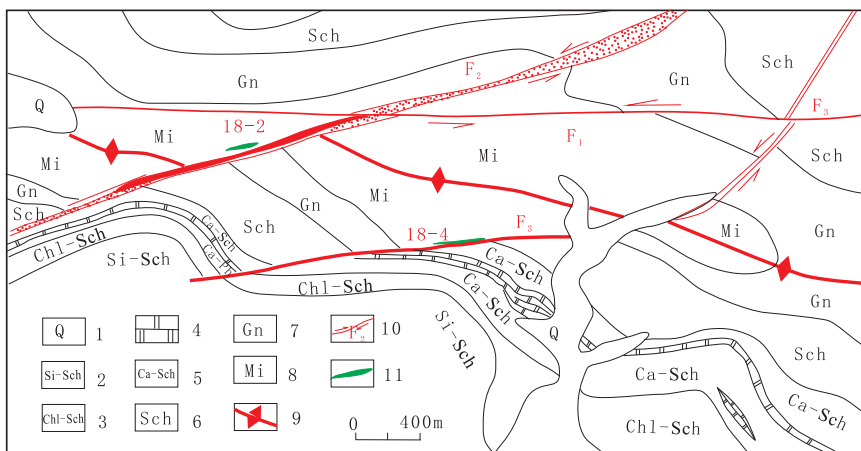


图 1 新疆包尔图铜矿区地质简图(据庞绪成等,2010 修改)

Fig. 1 Simplified geological map of the Baoertu copper ore district in Xinjiang(modified after Pang xucheng et al,2010)

- 1. 第四系;2~8. 阿尔彼什麦布拉克组;2~5. 第一亚组;2. 钙质片岩类(以云母片岩夹大理岩为主);3. 绿泥片岩;4. 大理岩;5. 云母(石英)片岩等;6~8. 星星峡群;6. 星星峡群片岩;7. 片麻岩;8. 条带状混合岩;9. 艾木太乌拉背斜轴;10. 断层及编号;11. 铜矿体及编号

麦布拉克组 ( $S_3-D_1a$ ) 岩石为一套区域变质岩, 区内出露由老至新分为 2 个亚组 4 个岩性段。第一亚组 ( $S_3-D_1a^a$ ): 划分出钙质片岩类 (Ca-Sch) (以云母片岩夹大理岩为主)、绿泥石片岩类 (Chl-Sch)、钙硅质片岩类 (Si-Ph) 3 个岩性段; 第二亚组 ( $S_3-D_1a^b$ ): 出露在中区西部一带, 划分出一个岩性段, 为板岩与大理岩互层 (Sl+Mb)。各岩性段均为整合接触。在外围找矿区 (西区及东区) 均有出露。中元古界长城系中天山群星星峡群 (Chxn) 为一套变质程度较高 (总体为低角闪岩相到角闪岩相, 局部可达麻粒岩相) 的变质岩组合, 由老至新分为划分出黑云石英片岩 ( $Chxn^a$ )、斜长黑云石英片岩、黑云斜长片麻岩 ( $Chxn^b$ )、条带状混合岩 ( $Chxn^c$ ) 3 个亚组。

区内构造以包尔图深大断裂为界, 北为西天山巴仑台裂谷隆起带, 南为南天山库米什晚志留一早泥盆世洋盆褶皱变质带及库米什山间凹陷。是天山

不同地质作用的产物, 构造线以北西西—南东东向为主。矿区构造为艾木太乌拉短轴背斜, 是矿区主要的控矿构造。矿区次级断裂有 3 组, 一组以北东东—南西西 (近东西向) 断裂为主, 另两组为北东向及近南北向, 与轴部构成“入”字形构造。该 3 组断裂是矿区主要的赋矿构造。

矿区岩浆岩活动不明显, 主要在中区西北部、西区东北部及东区中北部出露有华力西中期红色中粒二长花岗岩 ( $\gamma_4^{2c}$ )、深灰色中-粗粒角闪辉长岩 ( $\nu$ ), 另外见少量角闪辉长岩脉、闪长岩脉等 (图 2)。

### 2.2 矿体地质

包尔图铜矿主要分布于艾木太乌拉背斜核部的一套变质岩中, 由 23 号、18 号、34 号、33 号和 16 号铜矿 (化) 点组成, 共圈定大小铜矿化体 31 条。各个矿化带规模都较小, 品位较低, 相对而言, 以  $F_2$  和  $F_3$  断裂控制的铜矿体储量较大, 工业开采的条件较



图 2 包尔图铜矿区 34 号勘探线剖面图

Fig. 2 The profile of No. 34 prospecting line in Baoertu copper ore district

方便。

研究区矿石中主要金属矿物有黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿、赤铁矿及少量白铁矿等;脉石矿物主要为石英、长英质碎粒、绢云母、方解石及少量金云母、石榴石、磷灰石等;另外,还有表生矿物孔雀石和褐铁矿。

矿区铜矿化按自然类型可划分为氧化矿石、硫化物矿石及混合矿石3种类型;按构造类型可分为块状矿石、浸染状矿石、稀疏浸染状和星点状矿石4种矿化类型,以前2种矿化品位最富;按工业类型可分为热液石英脉型硫化物铜矿及硅化角砾岩型硫化物铜矿2种类型,以硅化角砾(碎裂)岩型矿化为主。

包尔图铜矿经历了石英脉—硫化物阶段—碳酸盐阶段—表生氧化阶段3个演化阶段。石英脉—硫化物阶段为包尔图铜矿主要的成矿阶段,形成具有工业意义的矿石,表生氧化期形成的矿石品位低,不具有开采价值。

### 3 赋矿变质岩特征

前人多认为矿区内矿体主要赋存于艾木太乌拉短轴背斜轴部附近的上志留统一下泥盆统阿尔彼什麦布拉克组第一亚组中(李元元,2009;朱浩锋,2010),笔者通过对地层的对比,认为前人所说的阿尔彼什麦布拉克组第一亚组岩石组合变质程度达高角闪岩相,与该组地层原始剖面中岩石变质程度不符,而与中元古界长城系中天山群星星峡群(*Chxn*)变质岩变质程度及岩石组合接近,应将其划归为星星峡群(*Chxn*)。

只有深入地研究了赋矿变质岩的岩石学特征和岩石地球化学特征,才能更好地了解在某一特定的变质条件下岩石所发生变化及其组合规律,恢复变质岩原岩,以便更好地阐明该地区所经历的地质发展和演化过程,从而为探明某些矿产的成因和其他地质问题提供必要的依据。

#### 3.1 变质岩岩石学特征

包尔图铜矿主要赋矿围岩为中元古界长城系中天山群星星峡群(*Chxn*)中深变质岩,本组地层自背斜轴部向两翼由混合岩逐步过渡到片麻岩和片岩。主要岩石类型有花岗质混合岩、黑云斜长片麻岩、二云石英片岩。外围出露有第二亚组( $S_3-D_1a^b$ )硅化碳质粉砂质片岩、绢云石英片岩、绿泥石片岩。现对矿区内出现的主要变质岩类型描述如下。

(1)花岗质混合岩:灰白色、黄褐色,花岗变晶结构,斑状结构,块状构造(图3左)。主要矿物:钠长石含量小于65%,石英含量为35%,白云母含量为1%~2%,少量磁铁矿。钠长石呈聚片双晶(消光角为 $10^\circ\sim 15^\circ$ ),细而密, $d$ 为 $0.5\text{ mm}\times 1\text{ mm}\sim 1\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ ,个别达 $3\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 。石英呈半自形粒状、粒状变晶状,不均匀分布于长石间隙内, $d$ 为 $0.1\text{ mm}\times 0.5\text{ mm}$ 。高岭土化普遍。

(2)黑云斜长片麻岩:深灰色,不等粒鳞片变晶结构,花岗变晶结构,片麻状构造。主要矿物为酸性斜长石含量为55%,石英含量大于20%,黑云母含量小于15%,次有透闪石、绿泥石、绢云母集合体含量小于10%,磷灰石少量。其中长石、石英呈粒状变晶状,石英波状消光普遍。黑云母多集中成条带状分布于浅色矿物间隙内,构成片麻状构造。原



花岗质混合岩透镜体



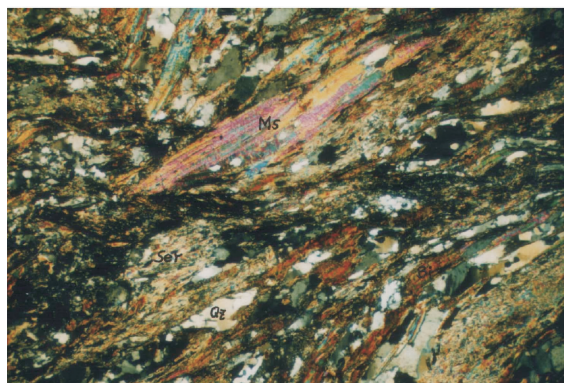
黑云斜长片麻岩正交偏光,放大25倍

图3 包尔图铜矿变质岩特征图

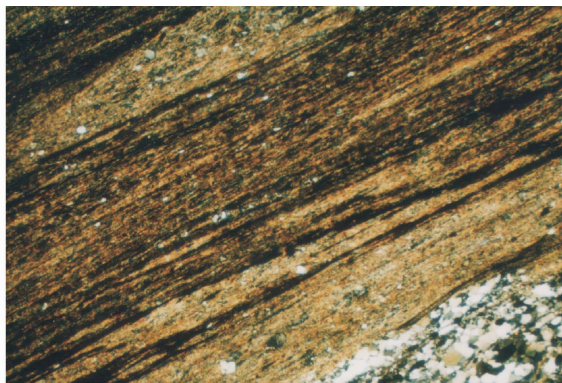
Fig. 3 The characteristics of metamorphic rocks in Baoertu copper ore district

岩受动力作用所致,少数呈残斑状。被压碎的长石则由透闪石、绿泥石及黏土类矿物的集合体代替,分布于长英质矿物的边缘,成为它们的胶结物(图3右)。

(3)二云石英片岩:浅-深灰色,纤状、鳞片变晶结构,片状构造。主要矿物石英含量为52%,次为黑云母、绢云母含量为35%,斜长石含量为8%,白云母含量小于4%,石榴子石含量小于1%,磷灰石含量小于1%。石英呈鳞片变晶状,受应力作用影响,长柱方向与片理方向一致,波状消光普遍, $d$ 为 $0.05\text{ mm}\times 1\text{ mm}\sim 0.1\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ 。云母类矿物呈纤状变晶状,常集中成条带状与长英质矿物构成平行条带状。石榴子石呈自形晶,具高正突起, $d=3\text{ mm}\pm$ 。磷灰石呈粒状、浑圆状与云母形成于条带之中, $d=0.1\text{ mm}$ (图4左)。



二云母石英片岩,正交偏光,放大25倍



绢云母石英片岩,正交偏光,放大25倍

图4 包尔图铜矿变质岩显微特征图

Fig. 4 The microscopic characteristics of metamorphic rocks in Baoertu copper ore district

(5)绿泥石片岩:暗灰绿色,加稀盐酸反应强烈。显微隐晶结构、变余粉砂质泥质结构、变余碎屑凝灰结构,片状构造。主要矿物成分为长英质粉屑( $>40\%$ ),绿泥石与绢云母( $45\%$ ),凝灰质晶屑碎屑( $>10\%$ )。岩石中的凝灰物质及粉砂质泥质多被隐晶质-显晶质的绿泥石、绿帘石及碳酸盐的集合体代替, $d<0.05\text{ mm}$ ,仅局部残留有凝灰结构特征。长英质粉屑 $d$ 为 $0.05\sim 0.1\text{ mm}$ 。凝灰质晶屑碎屑由蚀变中基性长石和少量的石英组成,它们具尖棱角状外形, $d$ 为 $0.1\sim 0.25\text{ mm}$ 。薄片里见有2%的金属矿物,具磁铁矿外形,个别为黄铁矿, $d$ 为 $0.1\sim 0.5\text{ mm}$ 。

(6)碳质石英片岩:浅灰、深灰色,显微鳞片变晶结构,变余泥质粉砂质结构,片状构造。主要矿物

(4)绢云石英片岩:浅-深灰色、褐灰色,变余不等粒砂状结构、变余不等粒变晶结构,片状构造。原岩受动力作用所致,被压碎成大小不等角砾(碎斑), $d$ 为 $0.25\text{ mm}\times 0.5\text{ mm}\sim 0.5\text{ mm}\times 1\text{ mm}$ (图4右)。因变质作用和重结晶作用,除局部残留砂状结构外,结构基本消失,原岩中较粗大的砂屑重结晶呈假斑状出现,粒径 $0.5\sim 1\text{ mm}$ ,长英质矿物呈不等粒变晶结构,粒径小于 $0.1\text{ mm}$ ,分布于较大颗粒的间隙内。而绢云母及少量绿泥石矿物集合体则分布于长英质矿物的边缘或隙内,构成胶结物。主要矿物由酸性斜长石( $40\%$ ),条纹长石+微斜长石( $25\%$ ),石英( $>20\%$ ),黑云母、绢云母及绿泥石( $15\%$ )的集合体组成。碳酸岩脉宽窄不一,多在 $0.5\sim 1\text{ mm}$ 。

由显微鳞片的石英( $45\%$ )等组成, $d<0.05\text{ mm}$ 。次为纤状变晶状的绢云母( $30\%$ ),碳质( $8\%\sim 20\%$ ),少量磁铁矿( $1\%\sim 2\%$ )及次生碳酸岩脉( $1\%\sim 2\%$ )等组成。绢云母显然为泥质重结晶的产物,集合体呈短纤状平行分布。石英脉( $5\%$ )由鳞片变晶状的集合体组成, $d<0.1\text{ mm}$ ,脉宽为 $2\sim 3\text{ mm}$ 。

### 3.2 岩石地球化学特征

本次研究工作中在包尔图铜矿区采集了6类主要的变质岩石样品做岩石化学分析(表1、表2)。

从表中可以看出这6种类型变质岩石化学特征具有共同的特点, $\text{SiO}_2$ 含量较高且变化不大,一般介于 $64\%\sim 75\%$ ,只有GS-6号样较少,为 $52.52\%$ 。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量介于 $12\%\sim 16\%$ ,小于 $20\%$ 。 $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量除GS1、GS5号样为 $0.78\%$ 小于 $3\%$ 外,

其他介于4%~6%,均小于15%。 $K_2O$ 、 $Na_2O$ 含量介于2%~4%,接近中酸性火山岩类岩石化学的特点。但 $K_2O/(K_2O+Na_2O)$ 的值除GS1号、GS5号样分别为0.43、0.2,均小于0.5外,其他比值都高于0.5,又具有沉积岩岩石化学的特点,为沉积岩与火成岩过渡类型,由富含中酸性火山碎屑沉积岩变质而成。

从表中尼格里参数值可以看出,其共同特点是

$Al > Alk, Qz \gg 12$  (除6号样 $Qz = -3$ 外),均为正常系列铝过饱和、 $SiO_2$ 过饱和岩石。 $SiO_2$  (石英)含量高,偏酸性,为构造活动中岩石发生硅化的结果,本区铜矿化多与硅化紧密相关。不同之处为GS2号样(黑云石英片岩) $Qz$ 值相对较低,而K和Mg值相对较高,偏基性组分相对较高。GS6号样(绿泥石片岩) $Qz$ 值为负值,而K和Mg值相对较低,偏碱性凝灰质、钙质组分相对较高。

表1 包尔图铜矿变质岩主量元素分析结果表

Tab. 1 Analysis of major element of metamorphic rocks in Baoertu copper ore district

样品 编号	氧化物重量(%)													
	$SiO_2$	$Fe_2O_3$	FeO	$Al_2O_3$	$TiO_2$	$K_2O$	$Na_2O$	CaO	MgO	MnO	$SO_3$	$P_2O_5$	$H_2O$	灼失量
GS-1	74.83	0.16	0.62	12.88	0.02	3.05	4.00	1.34	0.28	0.018	0.13	0.00	0.08	0.98
GS-2	64.32	1.11	4.56	15.16	0.60	3.25	2.55	1.77	3.06	0.054	0.13	0.018	0.25	1.88
GS-3	67.56	1.17	3.09	14.38	0.50	3.15	3.05	2.32	1.77	0.037	0.13	0.00	0.17	1.11
GS-4	64.22	0.90	3.33	11.16	0.70	2.54	1.78	6.41	1.50	0.14	0.42	0.00	0.08	6.73
GS-5	75.24	0.25	0.54	14.39	0.12	3.24	4.40	1.43	0.35	0.00	0.11	0.00	0.01	0.69
GS-6	52.52	3.75	5.67	15.15	2.51	1.10	4.28	8.77	2.19	0.18	0.30	0.00	0.03	4.34

注:1号样:花岗质混合岩;2号样:黑云石英片岩;3号样:黑云斜长片麻岩;4号样:含黄铁矿碳质石英片岩;5号样:褐灰色花岗质混合岩。6号样:绿泥石片岩。

表2 包尔图铜矿变质岩岩石化学特征值表

Tab. 2 Analysis of petrochemistry characteristics of metamorphic rocks in Baoertu copper ore district

样品 编号	尼格里参数值							ACF与A'KF						
	al	fm	c	alk	Si	$Qz$	K	Mg	A	C	F	A'	K	F
GS-1	47.69	6.72	9.0	36.59	470	224	0.3	0.4	43.41	34.06	22.53	12.0	59.1	28.9
GS-2	36.29	37.56	7.7	18.45	261	87	0.5	0.5	40.03	11.03	48.94	21.7	15.5	62.8
GS-3	38.43	27.79	11	22.51	306	116	0.4	0.4	36.21	20.5	43.29	25.4	20.6	54.0
GS-4	29.1	25.7	30.4	14.8	284	125	0.48	0.38	22.9	44.1	33	/	/	/
GS-5	48.4	6.7	8.7	36.2	430	185	0.33	0.45	47.3	32.2	20.5	19	55	26
GS-6	26.1	32.1	27.5	14.2	154	-3	0.14	0.30	23.8	40.8	35.4	/	/	/

注:1号样:花岗质混合岩;2号样:黑云石英片岩;3号样:黑云斜长片麻岩;4号样:含黄铁矿碳质石英片岩;5号样:褐灰色花岗质混合岩;6号样:绿泥石片岩。

## 4 变质岩原岩恢复

识别和恢复变质岩的原岩性质是研究变质作用和变质岩的重要内容之一。变质岩原岩恢复可以根据地质产状和岩石组合、矿物成分和矿物共生组合、结构构造特征以及岩石地球化学特征(李天斌等,2006)。笔者尝试通过以下3个方面对包尔图铜矿区的变质岩进行原岩恢复。

### 4.1 地层学标志

中天山东段隆起带由许多前寒武纪变质地块组

成,上覆未变质的古生代和中生代沉积盖层。其中,前寒武纪变质地块主要由星星峡群和天湖群组成,星星峡群岩石广泛遭受了绿片岩相到角闪岩相的变形和变质作用,局部达到麻粒岩相。岩性主要为片麻岩、片岩、混合岩和大理岩。矿区内该组变质岩为一套富含斜长石、石英和云母类矿物的片岩、片麻岩,很少见钾长石,石英和黑云母均为鳞片变晶状,并有长英质变粒岩的产出,为一套副变质岩。

### 4.2 岩相学标志

结晶片岩夹碳酸盐岩本身就反映着海相沉积物的特征。变质建造中残留条带状构造。同一块片麻

岩标本,既出现不等粒花岗变晶结构,又出现鳞片变晶结构,前者为砂状结构的变质产物,后者为泥质结构的变质产物,记录着沉积韵律的特征。片麻状构造,或称平行构造,明暗条带一般连续性较好,是原始沉积韵律的写照。

根据矿物组合可知,长英质矿物达70%以上,云母类矿物20%,含少量的石榴子石、绿泥石、角闪石、黄铁矿、磷灰石、透闪石等,钙质成分较少。

结合岩石地球化学特征,该组变质建造应为一套富含中酸性火山物质泥质碎屑岩。

### 4.3 原岩性质判断

根据岩石化学特征,原岩可能具富含中酸性火山泥质碎屑岩的特点。采用 $(al+fm)-(c+alk)-Si$ 图解及ACF和 $A'KF$ 图解加以判断(图5、图6)。

在图5中,1、3号样均落入火山岩区附近砂质沉积岩区,且1号样硅质成分较高(表现为深海相沉积作用明显)。4、5、6号样均落入火山岩区附近钙质沉积岩区,且6号样钙质成分较高(表现为浅海相化学沉积作用明显)。2号样落入火山岩区附近泥质沉积岩区的浅色层(1和8点连线上),属于砂质泥岩类。

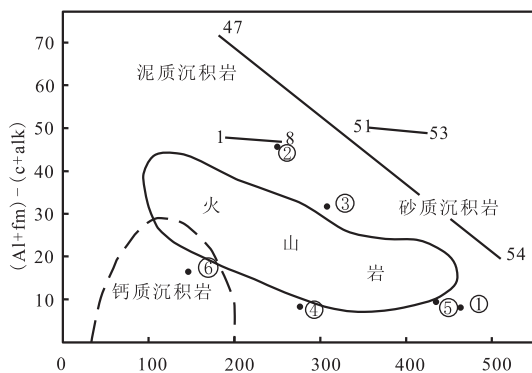


图5  $(al+fm)-(c+alk)-Si$  图解

Fig. 5 The  $(al+fm)-(c+alk)-Si$  diagrammatize

- ①. 灰白色花岗质混合岩; ②. 黑云石英片岩; ③. 黑云斜长片麻岩;  
④. 含黄铁矿石英片岩; ⑤. 肉红色岗质混合岩; ⑥. 绿泥石片岩

在图6中,除1、5号样不能确定原岩性质外,在ACF图解中,2号样落入黏土和页岩区,3号样落入杂砂岩区,4、6号样落入泥灰岩区,为同一类型。在 $A'KF$ 图解中,2号、3号样均落入杂砂岩区,即2号、3号样原岩是同一类型的。

综上所述,包尔图铜矿区1号样、5号样(花岗质混合岩)、3号样(黑云斜长片麻岩)原岩为砂质岩

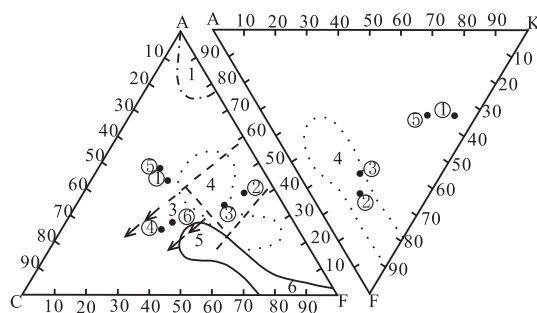


图6 ACF和 $A'KF$ 图解

Fig. 6 The ACF and  $A'KF$  diagrammatizes

1. 富铝黏土和页岩; 2. 黏土和页岩(含碳酸盐0~35%)(断线之内);  
3. 泥灰岩(含碳酸盐35%~65%)(箭头线之内); 4. 杂砂岩(点线之内); 5. 玄武质岩和安山质岩(实线之内); 6. 超镁铁质岩。①. 灰白色花岗质混合岩; ②. 黑云石英片岩; ③. 黑云斜长片麻岩; ④. 含黄铁矿石英片岩; ⑤. 肉红色岗质混合岩; ⑥. 绿泥石片岩

区粗粒火山碎屑岩,而2号样(黑云石英片岩)原岩为泥质岩区细粒火山碎屑岩,物质成分为中酸性火山碎屑岩,代表中-深海相的中酸性火山碎屑沉积岩建造。而4号样(含黄铁矿石英片岩)、6号样(绿泥石片岩)原岩为泥灰岩区火山泥质、凝灰质碎屑岩,代表浅海相中酸性、基性火山碎屑沉积岩建造。由此看来,各类岩石原岩均与中酸性火山物质碎屑沉积有关。而结晶片岩中所夹大理岩层则代表了火山作用间隙的海相碳酸盐岩沉积。

## 5 变质作用特征及其成矿意义

包尔图铜矿区变质作用可分为区域变质作用和动力变质作用。

研究区经历了晚元古代晋宁期塔里木运动和早泥盆世末期库米什运动,遭受了广泛的区域变质作用,分别形成了角闪岩相变质岩和绿片岩相变质岩。在艾木太乌拉背斜核部,矿区地层主要出露片麻岩、角闪片岩等,部分地段有花岗质混合岩。岩石中矿物组合主要为斜长石(或钠长石)+角闪石+黑云母+石英。变质程度较深,达角闪岩相;两翼主要为黑云(二云)石英(斜长)片岩类,变质程度浅,矿物组成主要为斜长石+绿泥石+绢云母+黑云母+石英。斜长石的 $An$ 大多低于17~20,为绿片岩相。这反映2期变质作用的结果。

本区动力变质作用叠加于区域变质作用之上,主要沿断裂两侧一定范围内形成了碎裂程度不一的

岩石类型。总体上经历了由构造角砾岩至碎裂岩、再至糜棱岩的递增碎裂变质作用阶段。但由于构造应力强弱不一,在不同地段、不同深度范围内形成的碎裂岩有明显的差异。

在区域变质作用过程中,变质作用形成的流体,可从围岩中萃取出 Cu 等成矿元素,可使成矿元素得到初步富集(李天斌等,2006)。另外,与区域变质作用有关的混合岩化,亦可以使成矿元素活化、迁移,并在有利部位聚集成矿。这 2 种地质作用均为该矿床成矿作用的一部分,并为后期成矿作用中矿质的进一步聚集成矿起到了重要作用。

本区的构造-热运动作用于背斜轴部一带,形成了一系列轴向张性断裂,从而为含矿热液的形成和运移提供了条件,同时也为含矿热液运移富集提供了容矿空间。成矿热液以络合物的形式沿断裂带运移与淀积,从而形成具有工业意义的铜矿床。

## 6 结论

(1)矿体主要赋存于艾木太乌拉短轴背斜轴部附近的中元古界长城系中天山群星峡群(Chxn)中深变质岩中;本组地层自背斜轴部向两翼由角闪岩相逐步过渡到绿片岩相;主要岩石类型有花岗质混合岩、黑云斜长片麻岩、二云石英片岩。

(2)矿区内的变质岩既具有中酸性火山岩类岩石化学的特点,又具有沉积成因岩石化学的特点,为沉积岩与火成岩过渡类型。

(3)区内变质岩的地层学、岩相学及地球化学特征表明其原岩应为一套海相中酸性、基性火山碎屑岩建造,结晶片岩中所夹大理岩层则代表了火山作用间隙的海相碳酸盐岩沉积。

(4)研究区变质作用以区域变质作用为主,后期又叠加有动力变质作用;区域变质作用过程中使成矿元素得到初步富集,构造-热动力作用形成了一系列轴向张性断裂从而为含矿热液的形成和运移提供了条件,同时也为含矿热液运移富集提供了容矿空间。

## 参考文献(References):

蔡根庆,姜常义,张子敏,等.南天山东段贵重有色金属成矿条件及找矿靶区优选[R].国家305项目内部报

告,1999.

Ca Genqing, Jiang Changyi, Zhang Zimin, et al. Metallogenic conditions and prospecting target areas selection of precious nonferrous metal in east part of Southern tianshan [R]. Internal Report or National 305 Project, 1999.

蔡宏渊,邓贵安.中国新疆天山地质与矿产论文集:南天山铜、铅锌矿床成矿条件及靶区评价[C].北京:地质出版社,2004:171-177.

Ca Hongyuan, Deng Guian. paper Anthology of geology and resources of Xinjiang, China: Metallogenic conditions and Prospecting targets assessment of Copper and Lead-zinc ore deposits in Southern Tianshan Mountain [C]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 171-177.

车自成,刘洪福,刘良.中天山的形成与演化[M].北京:地质出版社,1994:23-29,86-88.

Che Zicheng, Liu Hongfu, Liu Liang. The formation and evolution of middle Tianshan Mountain [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 23-29, 86-88.

成守德,李耀增,王元龙.新疆矿产资源成矿特征与分布规律[J].矿床地质,1993,12(1):1-9.

Cheng Shoude, Li Yaozeng, Wang Yuanlong. Meltallogenic Characteristics and Distribution Patern of Mineral Resources in Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 1993, 12 (1): 1-9.

成守德,张湘江.新疆大地构造基本格架[J].新疆地质,2000,18(4):293-296.

Cheng Shoude, Zhang Xiangjiang. Geotectonic Division of Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2000, 18(4): 293-296.

高俊,何国琦,李茂松.西天山造山带的构造变形特征研究[J].地球学报,1997,18(1):1-9.

Gao Jun, He Guoqi, Li Maosong. Studies on the Features of the Structural Deformations in the Western Tianshan Orogenic Belt [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1997, 18 (1): 1-9.

高俊,肖序常,汤耀庆,等.南天山库米什蓝片岩的发现及其大地构造意义[J].中国区域地质,1993,(4):344-347.

Gao Jun, Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, et al. The Discovery of Blueschi in Kumux of the South Tianshan Mountains and its Tectonic Significance [J]. Geology of



- China, 1993,(4): 344-347.
- 胡剑风, 刘玉魁, 郑多明, 等. 新疆库米什盆地构造特征及勘探前景 [J]. 新疆石油地质, 2004, 25(1): 26-28.
- Hu Jianfeng, Liu Yukui, Zhen Duoming, et al. Structural Feature in Kumux Basin and Its Exploration Prospecting [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2004, 25(1): 26-28.
- 姜寒冰, 杨合群, 董福辰, 等. 东天山-北山地区成矿单元划分 [J]. 西北地质, 2012, 45(3): 1-12.
- Jiang Hanbing, Yang Hequn, Dong Fuchen, et al. Division of Metallogenic Unit in the East Tianshan-Beishan Area [J]. Northwestern Geology. 2012,45(3): 1-12.
- 李朝阳, 徐贵忠, 胡瑞忠, 等. 中国铜矿主要类型特征及其成矿远景 [M]. 北京: 地质出版社, 2000: 51-247.
- Li Zhaoyang, Xu Guizhong, Hu Ruizhong, et al. China's copper type characteristics and their metallogenic prospect [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2000: 51-247.
- 李元元. 新疆和硕县包尔图铜矿地质特征及成矿潜力分析 [D]. 长安大学, 2009.
- Li Yuanyuan. Study on Geological Characteristics and Prospecting Potential of Baoertu Copper Deposit in Heshuo County, Xinjiang Province [D]. Chang'an University, 2009.
- 李文明, 任秉琛, 杨兴科, 等. 东天山中酸性侵入岩浆作用及其地球动力学意义 [J]. 西北地质, 2002, 45(4): 41-64.
- Li Wenming, Ren Bingchen, Yang Xingke, et al. The intermediate-acid intrusive magmatism and its geodynamic significance in Eastern Tianshan region [J]. Northwestern Geology. 2002, 45(4): 41-64.
- 李天斌, 张学文, 王成, 等. 北祁连山东段海原一带海原群变质岩原岩恢复及其构造背景 [J]. 地质通报, 2006, 25(-2): 194-203.
- Li Tianbin, Zhang Xuewen, Wang Cheng, et al. Reconstruction of protoliths of metamorphic rocks and tectonic setting of the Haiyuan Group in the eastern segment of the North Qilian Mountains, China [J]. Geological Bulletin of China. 2006, 25(-2): 194-203.
- 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 中亚古生代造山带成矿作用基本特征 [J]. 西北地质, 2001, 34(2): 1-10.
- Liu Dequan, Tang Yanling, Zhou Ruhong. The characteristics of mineralization of the Central Asian Paleozoic orogenic zone [J]. Northwestern Geology. 2001, 34(2): 1-10.
- 庞绪成, 朱浩锋, 胡瑞忠, 等. 新疆包尔图铜矿稀土元素地球化学特征及其地质意义 [J]. 中国地质, 2010, 37(6): 1699-1709.
- Pang Xucheng, Zhu Haofeng, Hu Ruizhong, et al. REE geochemical Character of the Baoertu copper deposit in Xinjiang and its geological significance [J]. Geology in China, 2010, 37(6): 1699-1709.
- 田永安, 宋来忠. 新疆主要构造体系与铜矿的关系 [J]. 西北地质, 1982, 15(3): 18-29.
- Tian Yongan, Song Laizhong. The Relationship between the Mine Tectonics and Copper Ore Deposits in Xinjiang Province [J]. Northwestern Geology. 1982, 15(3): 18-29.
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 等. 天山古生代洋陆转化特点的几点思考 [J]. 西北地质, 2002, 35(4): 9-20.
- XIA Linqi, XIA Zuchun, XU Xueyi, et al. Some thoughts on the characteristics of Paleozoic ocean-continent transition from Tianshan mountains [J]. Northwestern Geology. 2002, 35(4): 9-20.
- 朱浩锋. 新疆包尔图铜矿区地质地球化学特征及深部预测 [D]. 河南理工大学, 2010.
- Zhu Haofeng. The Geological-Geochemical Characteristics and Prediction of Deep in Baoertu Copper Deposit, Xinjiang [D]. Henan Polytechnic University, 2010.