

新疆阿尔金断裂北缘喀腊大湾铜多金属矿床地质特征及控矿因素

吴益平¹, 陈克强², 钟莉¹

(1 新疆地质矿产勘查开发局 第一区域地质调查大队, 新疆 乌鲁木齐 830013; 2 新疆国土资源规划院, 新疆 乌鲁木齐 830013)

摘要: 通过对区域含矿岩系、火山作用、构造演化与矿产等开展地质调查表明: 这些矿床产于塔里木地块古陆缘红柳沟—拉配泉元古代裂谷带、喀腊达坂大断裂北侧, 含矿地层为蓟县系卓阿布拉克组变质火山岩, 具有典型的双峰式火山岩建造特点, 成矿作用发生于火山喷发旋回的间歇期。通过对典型矿床喀腊大湾铜多金属矿床地质特征及控矿因素研究, 表明该矿床具明显的矿化分带和蚀变分带, $\alpha^{34}\text{S}$ 测定反映硫大部分来源于海水, 成因类型属与海相火山作用有关的喷气-喷流型硫化物矿床, 该矿床的主要控矿因素为海相沉积地层、火山喷发的间歇期和断裂构造等, 变质作用对成矿有一定的富集作用。

关键词: 阿尔金断裂北缘; 双峰式火山岩; 间歇式喷发期; 成矿条件; 控矿因素

中图分类号: P61; P54 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)02-0118-07

Geological Feature and Ore-controlling Factors of Kaladawan Copper-Polymetal Deposit in Northern Side of Altyn Fault, Xinjiang

WU Yi-ping¹, CHEN Ke-qiang², ZHONG Li¹

(1. No. 1 Geological Survey Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 2. Xinjiang Academy of Land and Mineral Resources, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract From the researching on regional geology, ore-bearing rocks, volcanic and tectonic evolution, many copper-polymetal deposits were discovered in the northern side of Altyn fault in recent years, which has laid a foundation for prospecting mineral resources in the Altyn mountains. The study shows that these metal deposits distribute in Proterozoic Hongliugou-Lapeiquan rift at the continental margin of the Tarim plate and northern side of the Kaladaban fault. The ore-bearing stratum is metavolcanics of Zhuoabulake formation of Jixian system. These volcanic rocks show some characteristics of bimodal volcanic rock. The copper-polymetal mineralization occurred during the intermittent eruption of the volcanic activity. There are obvious mineralization and alteration zone in the ore area. The isotopic composition of sulfur indicates that its source is sea water and the deposit is a massive sulfide-type deposit formed in submarine exhalation process.

Key words: Northern side of Altyn fault; bimodal volcanic rock; intermittent eruption; mineralization condition; ore-controlling factors

0 引言

新一轮国土资源大调查在阿尔金断裂北缘地

区开展的矿产资源评价取得了丰硕的找矿成果, 首次在阿尔金断裂北缘晚元古代大陆边缘裂谷带相继发现喀腊大湾铜多金属矿床、喀腊达坂铅锌矿床

收稿日期: 2007-11-20

基金项目: 中国地质调查局项目(199910200248)

作者简介: 吴益平(1963-), 男, 浙江金华人, 高级工程师, 从事地质矿产勘查研究。E-mail: wy pds@163. com.

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

晚元古代以中基性侵入岩沿阿尔金北缘断裂带展布为特征,辉长辉绿岩大体顺层贯入,随地层褶皱而弯曲;古生代晚期以中-酸性侵入活动为主,中-酸性深成岩广泛分布,空间分布明显受阿尔金北缘断裂带、喀腊达坂-红柳沟断裂控制,构成近东西向分布的南北两个岩浆岩带,岩石类型有石英闪长岩、花岗斑岩、花岗闪长岩和花岗岩,伴随着岩浆热液活动形成铜、铅、银等多金属矿产。

褶皱构造主要为喀腊大湾复向斜,向斜轴走向近东西,褶皱核部产状较缓,向两翼产状较陡。局部岩层发育小型褶皱和揉皱构造。阿尔金北缘断裂和喀腊达坂断裂为高角度北倾的逆断层,倾角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,主要发育东西向、北东东向和北西西向3组,与之相应的次级断裂十分发育,断裂性质主要为压性、压剪性,沿断裂发育糜棱岩化带和碎裂岩化带,区域断裂构造控制了与成矿有关的火山岩带和岩浆岩带分布。

1.2 含矿岩系

分布在矿区的铜多金属矿床赋存于蓟县系卓阿布拉克组下部海相喷溢喷发的变质火山岩夹正常沉积碎屑岩系,含矿绿片岩系可以划分出下、中、上3个岩性段(图2)。

(1)下段为中酸性火山岩段,岩性主要有黑云母石英片岩、变质含角砾凝灰岩、绢云绿泥石英片岩夹变质流纹岩、绢云绿泥变质粉砂岩、含黄铁矿

二云母长石石英片岩夹黄钾铁钒化次生石英岩透镜体。属一套中酸性火山熔岩、凝灰岩夹少量沉积碎屑岩建造。

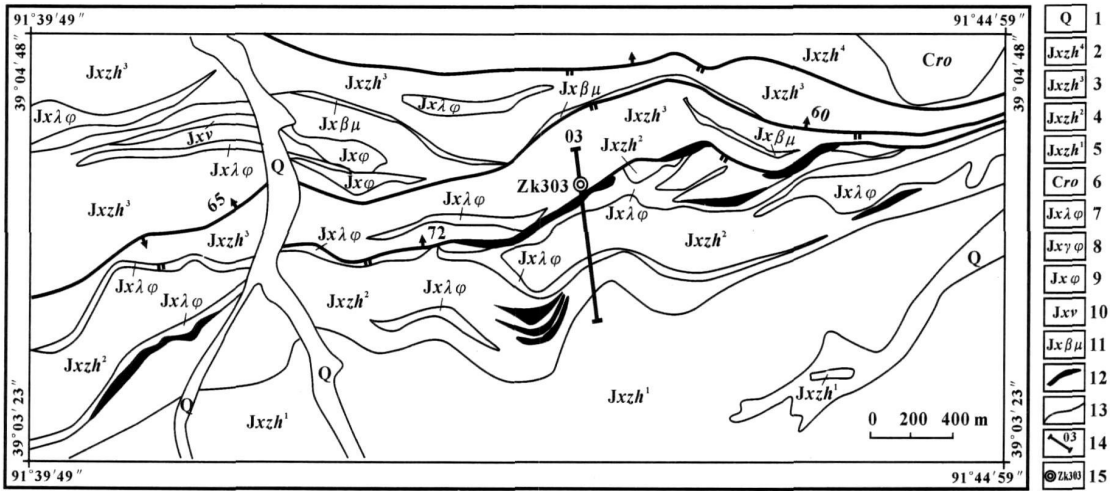
(2)中段为火山碎屑岩-正常碎屑沉积岩段,底部岩性为二云母石英片岩、含磁铁矿二云母石英片岩夹磁铁矿透镜体,下部岩性为黑云母石英片岩、二云母石英片岩、绿泥石石英片岩、白云母绿泥石石英片岩夹变质含砾灰岩,上部岩性为二云母钠长片岩、二云母透闪石片岩、含堇青石透闪石片岩、黑云母方解石片岩夹黑云母石英片岩、二云母石英片岩,层内大量侵入有次火山岩-石英钠长斑岩体。属一套正常沉积碳酸盐细碎屑岩-火山喷发岩建造,早期为硅铁质岩建造。

(3)上段为中基性火山熔岩夹火山碎屑岩段,岩性为绿泥石石英片岩、钾长石化绿泥石石英片岩、黑云母绿泥石石英片岩、绿泥石片岩夹含石榴石二云母变粒岩、含石榴石绢云母绿泥石片岩,顺层大量侵位有次火山岩-辉绿岩脉、闪长岩脉。属一套中基性火山熔岩、凝灰岩为主的火山岩建造。

矿层均赋存于中段的火山碎屑岩-正常碎屑沉积岩系,围岩主要为二云母钠长片岩、二云母透闪石片岩、含堇青石透闪石片岩、黑云母方解石片岩等,呈带状分布,受一定的层位控制,具有层控分布的特点。

1.3 火山作用与成矿

蓟县系卓阿布拉克组火山岩建造表现为拉张环



1—第四系冲积物;2—卓阿布拉克组正常矿屑沉积岩-碳酸岩段(宁静期);3—卓阿布拉克组中基性火山熔岩夹火山碎屑岩段(喷溢喷发期);4—卓阿布拉克组火山碎屑岩-正常沉积碎屑岩段(间歇式喷发期);5—卓阿布拉克组中酸性火山岩段(喷溢爆发期);6—石炭纪斜长花岗岩;7—蓟县系石英闪长岩;8—蓟县系花岗斑岩;9—蓟县系花岗闪长岩;10—蓟县系辉长岩;11—蓟县系辉绿岩;12—铜多金属矿体;13—断层;14—勘探线剖面;15—钻孔及编号;据文献[1]

图2 喀腊大湾铜多金属矿区地质简图

Fig. 2 Geology Map of Kaladawan Copper Polymetallic Ore Area

境下海底喷溢-喷发的火山活动特点, 区域上受红柳沟—拉配泉元古代裂谷带控制, 后期表现为构造挤压和变形, 火山活动经历了从中酸性-基性的演化序列, 具有典型的双峰式火山岩组合特征^[3-4]。

经过对区域火山岩地层的研究, 认为蓟县系火山活动可以进一步划分出3个喷发旋回。早期形成海相喷发的中酸性火山熔岩-火山碎屑岩组合; 中期形成浅海、滨海相火山碎屑岩为主夹正常沉积岩石组合, 伴随大规模潜火山活动, 形成次火山岩-石英钠长斑岩体; 晚期形成以海相中基性火山熔岩为主的岩石组合, 顺层大量侵位有辉绿岩脉。

整个火山喷发过程, 表现为喷溢爆发期—间歇式喷发期—喷溢喷发期的火山作用过程(图3), 间歇式火山喷发期是铜多金属成矿的重要时期, 分布有喀腊大湾铜多金属矿床、喀腊达坂铅锌矿床和更新沟铜锌矿床。向北地层中出现含碳质正常沉积细碎屑岩、碳酸盐岩建造, 说明该地区经历强烈火山喷发-喷溢旋回后进入相对宁静时期。

2 矿床特征

2.1 矿带及矿体

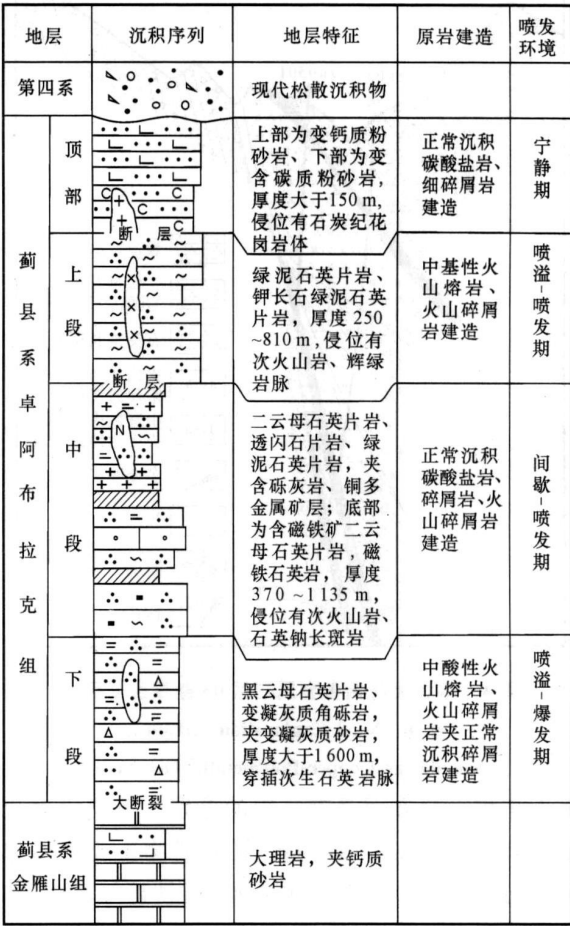
勘查结果表明, 矿体赋存于火山碎屑岩-正常碎屑沉积岩段, 集中出现在该岩段顶底界面附近, 分布有南北两个矿带, 总体近东西向断续分布延伸, 长度大于4 000 m, 倾向340°~10°, 倾角30°~80°, 带中岩石破碎、糜棱岩化、片理化发育, 普遍发生绿泥石化、绢云母化、硅化、褐铁矿化及黄钾铁矾化、高岭土化等蚀变, 并有黄铁矿、铜蓝、孔雀石、铅矾、钼矾等矿化显示。

矿体在含矿地层中成群分布, 达22个之多, 其中北矿带圈出15个矿体, 南矿带圈出7个矿体, 形态为层状、似层状、透镜状, 倾向320°~325°, 倾角51°~64°, 长度400~1 280 m, 厚度1.95~24.70 m, 与地层整合接触, 矿体边界一般清晰, 产状与区域构造线方向和围岩层理产状基本一致(图4)。

2.2 矿石类型

矿中有用组分质量分数: 铜0.06%~0.57%、铅0.06%~3.05%、锌0.09%~4.13%。伴生组分质量分数: 金(0.01~2.49)×10⁻⁶, 银(4.50~62.70)×10⁻⁶, 硫3.04%~17.46%, 达到综合回收利用指标。

矿石矿物有黄铁矿、磁铁矿, 其次是闪锌矿、方铅矿、辉铜矿、黄铜矿、自然铜、斑铜矿; 氧化矿物有



1—砂砾石堆积物; 2—变钙质粉砂岩; 3—变含碳质粉砂岩; 4—绿泥石英片岩; 5—二云母透闪石片岩; 6—二云母石英片岩; 7—含磁铁矿二云母石英片岩; 8—含砾灰岩; 9—黑云母石英片岩; 10—凝灰质角砾岩; 11—大理岩; 12—变钙质砂岩; 13—石炭纪花岗岩; 14—石英钠长斑岩; 15—辉绿岩脉; 16—次生石英岩脉; 17—铜多金属矿层

图3 喀腊大湾铜多金属矿区火山岩岩相层序

Fig.3 Geology Map of Kaladawan Copper-Polymetallic Ore Area

蓝铜矿、孔雀石、赤铁矿、针铁矿等; 脉石矿物有石英、绿泥石、绢云母、黑云母、石榴石、阳起石、方解石、长石、萤石、重晶石、高岭石、明矾石、石膏、锆石、榍石、磷灰石。

矿石结构主要有结晶结构、变晶结构、交代-充填结晶结构、填隙结构、碎裂结构、包裹结构或固溶体分离结构; 矿石构造以条带浸染状、条纹浸染状构造为主, 部分矿石具块状、细脉状、团块状等构造。

条纹浸染状矿石和条带状矿石在有用元素和

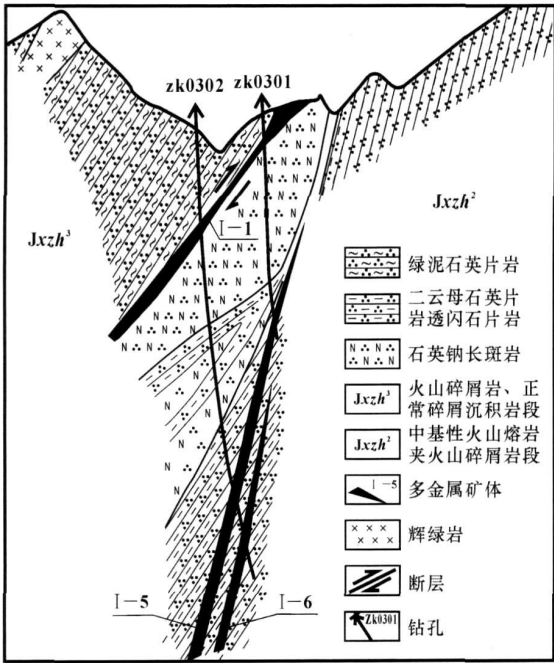


图 4 喀腊大湾铜多金属矿区 03 勘探线剖面¹¹

Fig. 4 No. 3 Exploration Section in

Kaladawan Copper Polymetallic Ore Area

矿石矿物组合方面具有一定的差别。条纹浸染状矿石有用组分以铅、锌为主，矿石矿物主要为闪锌矿、方铅矿，少量黄铁矿、辉铜矿、磁铁矿等；脉石矿物主要有白云母，其次是石英、方解石；条带浸染状矿石有用组分主要为铜、锌，金属矿物主要为黄铁矿、磁铁矿，其次是黄铜矿、闪锌矿，脉石矿物主要有石英，其次是白云母、绿泥石、斜长石，少量萤石、重晶石。

2.3 矿化分带性

(1) 矿石结构分带。矿石类型由下而上垂向构造分带明显，有典型的双元分带结构，下段为条带浸染状矿石，上段突变为条纹浸染状矿石，二者界线清晰，顶部与围岩界线突变，底部与围岩为渐变过渡关系。

(2) 矿物组合分带。矿物组分具有相似分带特点，由下而上依次变化为黄铁矿-磁铁矿-石英组合、黄铁矿-黄铜矿-磁铁矿-石英组合、黄铁矿-磁铁矿-方铅矿-闪锌矿-石英组合、黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-白云母组合。

(3) 矿石有用元素分带。按矿石有用组分划分为铅矿石、铅锌矿石、锌矿石、铜锌矿石和铜矿石等 4 种类型。横向由南向北矿石中铜、锌元素含量降低，铅元素含量明显增高；垂向由下而上铜、锌含量降低，而铅含量增高，依次出现硫、硫-铜-锌、硫-铅-锌。

表现出有用元素在矿层内良好的分带特点。

2.4 蚀变分带性

(1) 蚀变类型。矿化有关的蚀变带呈线形分布，受近东西向断裂构造控制，长度达数千米，宽度数米至数十米。近矿围岩蚀变类型主要有硅化、黄铁矿化、次生石英岩化、白云母化、黑云母化、绿泥石化、绿帘化、碳酸盐化，其次有钾长石化、钠长石化、石榴石化、重晶石化、萤石化、明矾石化、高岭土化等。其中，硅化、白云母化、黄铁矿化与成矿关系密切。

(2) 蚀变分带。围绕矿体蚀变具有明显带状分布特点，矿体自身就是强烈的硅化、黄铁矿化、磁铁矿化、白云母化带，向矿体外侧硅化、黄铁矿化、白云母化显著减弱，而绿泥石化、绿帘化、钾长石化和碳酸盐化明显增强。总体的蚀变分带由内向外依次变化为硅化黄铁矿化带、白云母化黑云母化（绿泥石化）带、绿泥石化钾长石化碳酸盐化带，矿物组合具体表现为：石英-黄铁矿-磁铁矿共生组合；白云母-黄铁矿-石英共生组合；绿泥石化-石英-白云母-钾长石-碳酸盐共生组合。

2.5 矿质来源

硫同位素测定（表 1），矿石黄铜矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $(17.89 \sim 19.81) \times 10^{-3}$ ，平均 18.81×10^{-3} ，3 个样品硫同位素组成非常集中，说明硫源比较单一，反映出成矿环境和成矿物理化学条件较为稳定（图 5）^[1]。同时， $\delta^{34}\text{S}$ 值正向偏离陨硫比较大，反映出硫源较大部分来源于海水（或硫酸盐、蒸发岩等）。

表 1 硫化物硫同位素测试结果

Tab. 1 Sulfur Isotopic Data of Sulfides

序号	样号	岩石类型	测试矿物	$\delta^{34}\text{S}/10^{-3}$
1	K9-6	条带状矿石	黄铜矿	17.89
2	K28-10	条带状矿石	黄铜矿	18.71
3	K219-4	条带状矿石	黄铁矿	19.81

注：由中国科学院地质与地球物理研究所测试，数据均为相对国际标准 CDT 之值

与国内其他铜矿床相比，同北祁连山铁铜沟铜矿床相似^[5]，而比深源硫为主的典型斑岩型德兴铜矿床和紫金山铜金矿床更富集重硫。阿舍勒铜矿床硫化物与硫酸盐矿物具有明显的硫同位素分馏现象^[6]，而喀腊大湾铜矿床更多地受到富集重硫的海相沉积岩硫源影响。与阿尔金地区其他铜矿化和矿床相比^[7-11]，它比索尔库里北山铜银矿床和秦布拉克铜矿点稍富集重硫，比拉配泉、卡特里西和

盖吉里克铜矿(点)更明显地富集重硫。

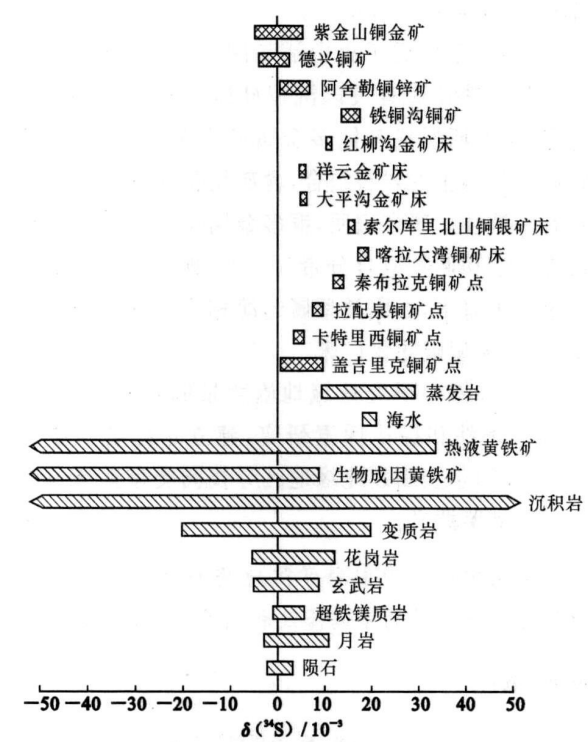


图 5 硫同位素对比

Fig. 5 Comparative Diagram of Sulfur Isotopes

2.6 成因类型分析

该含矿岩系属蓟县系卓阿布拉克组中浅变质海相火山岩-碎屑岩建造, 具有典型的双峰式火山岩组合特征。矿层分布该建造的火山碎屑-正常沉积碎屑岩段, 为火山喷发旋回由酸性向中基性喷发过渡的间歇式火山喷发-喷流阶段形成的岩石组合, 矿体整合于地层产出, 由上部条纹状、条带状和下部细脉浸染状和团块状等矿石组成, 具典型双层结构, 由下而上表现为黄铁矿石→含铜黄铁矿石→铅锌矿石的垂向分带特点。

初步分析其成因类型属与海相火山作用有关的喷气-喷流型硫化物矿床, 具有寻找与火山作用有关块状硫化物矿床前景。

3 控矿因素分析

3.1 成矿条件分析

3.1.1 成矿的时代性

全球范围太古代、元古界是火山成因类块状硫化物铜-多金属矿床最重要的成矿时期, 其次是古生界。在阿尔金断裂北缘一带的分布喀腊大湾铜多金属矿床、喀腊达坂铅锌矿床和更新沟铜锌矿床等众多矿床(点), 均产于红柳沟-拉配泉元古代裂

谷带蓟县系卓阿布拉克组, 说明元古界蓟县纪是区域重要的成矿期, 在成矿时代方面具有一致性。

3.1.2 火山岩-火山沉积岩演化及其成矿

研究表明, 含矿岩系具有典型的双峰式火山岩组合特征, 在整个火山喷发旋回, 火山活动经历了中酸性-基性的演化序列, 表现出喷溢爆发期-间歇式喷发期-喷溢喷发期的火山作用过程。

矿床主要形成于火山喷发的间歇期, 喷发活动趋于减弱, 大量沉积火山碎屑岩以及正常沉积细碎屑岩, 伴随大规模的潜火山岩侵入活动, 该时期以火山活动喷气-喷流为主要特点, 沉积了整合于地层分布的含铁硅质岩以及铜多金属矿层。

3.1.3 构造活动及其成矿

阿尔金深断裂系统的发生与演化是控制红柳沟-拉配泉元古代裂谷带发生与演化最基本的地质因素, 阿尔金北缘大断裂构成的近北东向断裂系统, 联合控制了近东西向分布的喀腊达坂火山岩带内火山喷发集中区及其矿床的分布。

资料分析表明, 与成矿有关的火山岩带线状分布在裂谷边缘大断裂附近, 说明拉张环境下区域性断裂构造对含矿岩系的控制作用, 前期以控制区域火山喷溢-喷发为主要特征, 形成与火山作用有关的铜多金属矿床, 后期则由于断裂活动的多期次活动表现出构造挤压与变形, 起到了对原生矿层的改造作用。

3.2 控矿条件分析

3.2.1 地层沉积控矿

阿尔金断裂北缘铜多金属矿床均赋存于蓟县系卓阿布拉克组绿片岩系, 火山活动是区域控矿至关重要的因素, 含矿地层总体产状与地层基本一致, 该时期形成的海相火山岩地层是重要的赋矿层位。

3.2.2 火山岩建造及演化控矿

火山岩建造及演化对铜多金属矿床形成有明显的控制, 在整个火山喷发旋回过程中, 相对宁静的间歇式火山喷发阶段是重要的成矿时期, 该阶段火山岩建造以火山碎屑喷发和正常的含铁硅质-正常碎屑-碳酸盐沉积为主要特点, 伴随着铜多金属矿床的形成。

3.2.3 构造作用控矿

红柳沟-拉配泉元古代裂谷带喀腊达坂断裂在长期构造演化发展过程中, 对火山岩建造有明显地控制作用。同时该断裂系统又为矿质富集提供了有利的赋存空间, 区内发育的北西西向和近东西向次级断裂是主要的赋矿构造, 已圈定的矿带及矿

体均沿断裂分布。

3.2.4 变质作用控矿

区域变质作用和动力变质作用也是成矿的重要控制因素之一,具体表现为对原生矿层的改造作用,致使矿床和矿石的原有形貌发生改变,同时也造成了成矿元素在后期热水作用下,通过活化、近距离转移和再沉积,进一步增大了矿体规模和品位。

3.3 找矿标志

(1)圈定的铜多金属矿床均分布在蓟县系卓阿布拉克组火山碎屑岩-正常碎屑沉积岩段,层控特征明显,是铜多金属矿化体较为集中的分布区域,可作为间接找矿标志。

(2)研究认为,含矿地层原岩由火山岩-火山碎屑岩组成,喷出岩以中酸性向中基性方向演化,喷发过程经历了连续式喷溢爆发→间歇式爆发→连续式喷溢爆发,而间歇式喷发阶段是区内最有利的成矿期,该阶段形成的火山碎屑岩-正常碎屑岩沉积层可作为间接成找矿标志。

(3)近矿围岩蚀变类型复杂,见有次生石英岩化、硅化、绢云母化、碳酸盐化、绿帘化,各种蚀变分布呈带状,具有一定的分带性。圈定的铜多金属矿化体地表均有铜蓝、孔雀石、褐铁矿、黄钾铁矾等矿化显示,矿化标志明显,可作为直接找矿标志。

(4)矿带及矿体主要赋存于北西西向、东西向断裂,延伸方向与火山岩带一致,注意沿构造破碎带寻找矿化富集地段。含矿岩系内部火山碎屑岩、正常碎屑岩沉积层增厚处,矿体成群分布,规模增大,矿化相对集中,可作为间接找矿标志。

(5)含矿地层出现铜、铅、锌为主的化探异常,元素组合复杂,主要有金、银、铜、铅、锌、镉、锡、钼等元素,异常高值区是含矿有利地段,可作为地球化学找矿标志^[12]。

(6)磁测结果含矿地层出现在磁场梯度带的结合部位,激电、磁法等物探方法圈定的低阻、高极化率异常是硫化物富集的重要标志,可以直接指示矿体的存在,偶极测深高极化低电阻异常是深部隐伏矿体重要的地球物理找矿标志。

4 结语

(1)喀腊大湾铜多金属矿床的形成与蓟县纪火山活动具有十分密切的联系,火山活动经历了中酸性-基性的演化序列,表现出喷溢爆发期-间歇式喷

发期-喷溢喷发期的火山作用过程,具有典型的“双峰式”火山岩石组合特点。

(2)矿床形成于火山活动间歇式喷发期,早期形成与硅铁建造有关以沉积硅质岩类为主的岩石组合,中晚期形成与铜多金属矿有关以喷发-沉积碎屑岩类为主的岩石组合,含矿层位在区域分布上具有一致性。研究表明,铜多金属矿石具有典型的结构分带和矿物组合分带, $\alpha^{34}\text{S}$ 测定反映硫大部分来源于海水,成因类型属与海相火山作用有关的喷气-喷流型硫化物矿床。

(3)在综合研究区域地质背景的基础上,进行了成矿条件和控矿因素研究,建立了综合找矿标志,对在阿尔金断裂北缘地区寻找同类型矿床具有一定的借鉴意义。

成文中得到中国科学院地质与地球物理研究所张连昌研究员的审阅修改和指导,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] 杨 风,李学智,吴益平,等.新疆阿尔金断裂北带矿产资源评价成果报告[R].乌鲁木齐:新疆地质调查院,2004.
- [2] 李 侠.阿尔金构造带形成机制探讨[J].长安大学学报:地球科学版,2003,25(1):7-10.
- [3] 毛德宝,王克卓,钟长汀,等.阿尔金成矿带主要成矿系列及其地质特征[J].地质与勘探,2003,39(5):1-25.
- [4] 毛德宝,武永平,葛桂平,等.阿尔金成矿带主要金属矿床地质地球化学特征及成因初探[J].地质调查与研究,2006,26(1):1-10.
- [5] 乌介人,任秉琛,黄玉春,等.西北海相块状硫化物矿床[M].武汉:中国地质大学出版社,1994.
- [6] 陈毓川,叶庆同,冯 京,等.阿舍勒铜锌成矿带成矿条件和预测研究[M].北京:地质出版社,1996.
- [7] 万 博,张连昌.新疆阿尔泰山南缘泥盆纪多金属成矿带Sr-Nd-Pb同位素地球化学与构造背景探讨[J].岩石学报,2006,22(1):145-152.
- [8] 王小凤,陈宣华,陈正乐,等.阿尔金山地区铜金矿化富集规律[J].地质力学学报,2001,7(3):201-207.
- [9] 陈正乐,陈宣华,王小凤,等.新疆阿尔金山拉配泉铜矿矿区地质特征及成因初析[J].地质力学学报,2002,8(1):71-78.
- [10] 刘俊涛,杨振军,姚新年,等.新疆阿尔金山南缘断裂带东段成矿地质条件及找矿前景浅析[J].地质与勘探,2004,40(4):32-36.
- [11] 韩 颐,赵树铭.新疆主要铅锌矿床类型及成矿规律[J].新疆地质,2006,24(3):253-255.
- [12] 杜佩轩,田素荣,田 晖,等.新疆区域勘查地球化学研究进展及找矿重大突破[J].西安工程学院学报,2000,22(4):22-26.