

新疆琼布拉克铜矿地质特征及矿床成因

许联刚

陕西地矿研究院有限公司 陕西 咸阳 712000

摘要: 新疆琼布拉克铜矿位于西天山阿吾拉勒成矿带西段,受琼布拉克大断裂控制,矿体赋存于下二叠统塔尔得套组火山岩与上二叠统塔姆其萨依组砂砾岩不整合界面附近,呈似层状、透镜状产出。矿床成因属火山热液型,成矿物质源于深部岩浆与地层围岩,流体以中低温、中高盐度为特征,受构造-岩浆-热液耦合作用控制,伴生银元素具综合利用价值。

关键词: 新疆; 琼布拉克铜矿; 地质特征; 矿床成因

1 琼布拉克铜矿所在区域地质背景

1.1 大地构造位置

琼布拉克铜矿位于新疆伊犁成矿带阿吾拉勒矿带西段,地处西天山构造域核心区,处于古亚洲洋闭合后形成的陆内裂谷环境,受板块俯冲与陆内伸展双重作用叠加影响,区域构造格局呈现北西西向弧形张扭性特征,并由喀什河断裂与巩乃斯河断裂夹持形成构造楔形区,其构造线走向与区域基底构造一致,受深部东西向构造力场控制。该区域历经多期次构造-岩浆活动叠加改造,中新世以来叠加青藏高原北缘构造应力场作用,断裂持续活化,形成以琼布拉克大断裂为主控的导矿构造体系,与次级断裂及褶皱构造交织构成复杂网络,控制矿床定位与分布^[1]。矿区地层以二叠系火山-沉积建造为主体,下二叠统塔尔得套组与上二叠统塔姆其萨依组呈平行不整合接触,记录了海相向陆相沉积环境的转变,中基性火山岩与陆源碎屑岩交替发育形成典型火山-沉积岩系组合,而华力西晚期中酸性-基性侵入岩多呈浅成及超浅成相侵入,局部含矿性显著,与火山岩共同构成“岩浆热源+物质供给”的成矿系统。区域成矿背景受天山造山带演化主导,火山机构与构造破碎带复合控矿,为热液流体运移与矿质沉淀提供了通道、热源及容矿空间,形成“火山-构造-岩浆”三位一体的成矿动力学环境。

1.2 地层分布

矿区出露地层以二叠系为主,自下而上依次为下二叠统塔尔得套组(P_1t)、上二叠统晓山萨依组(P_2x)及上二叠统塔姆其萨依组(P_2t)。塔尔得套组为含矿层位主体,其第五岩性段为一套韵律明显的陆相火山岩建造,以火山沉积相凝灰角砾集块岩、溢流相安山玄武岩及气爆溢流相角砾熔岩为主,火山喷发韵律清晰,为铜矿化提供了主要赋矿围岩。塔姆其萨依组为陆源碎屑岩夹火山岩建造,下部以紫红色砂岩、砂砾岩为特征,氧

化沉积环境显著;上部转为灰色、灰绿色中细粒碎屑岩夹灰黑色碳质灰岩,反映还原沉积环境。两套地层不整合界面为成矿流体提供了运移通道,铜矿化多沿界面两侧火山岩与沉积岩接触带分布,形成层控型矿化特征。

1.3 构造特征

矿区构造以断裂为主,褶皱不发育,总体呈北西西向弧形展布,中部向南凸出,东西两侧向北收敛。琼布拉克大断裂为区域主控矿构造,其旁侧次级断裂(如北东向F1、F2断裂)为成矿热液的主要通道,形成裂隙破碎带与蚀变矿化带。断裂带内岩石破碎强烈,发育碎裂岩、角砾岩化岩石,裂隙中充填石英细脉、碳酸盐细脉及绿帘石细脉,局部形成铜矿体。断裂活动具有多期次特征,早期断裂控制火山岩分布,晚期断裂叠加改造矿体,形成脉状、透镜状矿化体,矿区还发育与火山机构相关的环状、放射状裂隙,为成矿流体提供了额外的储集空间,叠加构造-火山双重作用,形成“构造破碎带+火山机构”的复合控矿模式。

1.4 岩浆岩分布

矿区岩浆岩以华力西晚期中酸性-基性侵入岩为主,主要分布于北部与南部,二者呈角度不整合接触。北部侵入岩以浅成相安山玢岩、英安斑岩为主,局部含铜、铅、锌等成矿元素,显示富碱特征;南部则以基性岩脉为主,如辉绿岩、辉长岩,含星点状自然铜矿化。火山岩广泛发育于下二叠统塔尔得套组,以杏仁状安山玄武岩、气孔-杏仁状安山玄武岩为典型,火山喷发韵律表现为溢流相与爆发相交替,形成多期次火山活动记录。岩浆活动与成矿关系密切,早期中基性岩浆提供成矿物质,晚期酸性岩浆热液叠加改造,形成中低温热液型铜矿化。硫同位素研究显示,成矿流体主要来源于深部岩浆,铅同位素示踪表明金属物质具有地幔-地壳混合来源特征。

2 新疆琼布拉克铜矿地质特征

2.1 矿区地质概况

新疆琼布拉克铜矿位于伊犁成矿带阿吾拉勒矿带西段,受北西西向构造控制,区域断裂与褶皱发育,岩浆活动强烈。矿区出露地层以二叠系为主,下二叠统塔尔得套组为含矿层位主体,其第五岩性段为一套火山-沉积建造,由杏仁状安山玄武岩、火山角砾岩及凝灰砂砾岩组成,与上覆上二叠统塔姆其萨依组呈不整合接触。矿区断裂以琼布拉克大断裂为主控矿构造,旁侧次级北东向断裂为导矿通道,形成裂隙破碎带与蚀变矿化带^[2]。岩浆岩以华力西晚期中酸性-基性侵入岩为主,如辉绿岩脉、闪长岩脉,多沿裂隙侵入火山岩中,局部含铜矿化,显示岩浆活动与成矿的密切关联。矿区火山岩广泛发育,以中基性火山熔岩为主,形成双峰式火山组合,为成矿提供了热源与物质来源。

2.2 岩石学特征

矿区岩石类型复杂,火山岩与侵入岩并存。火山岩以杏仁状安山玄武岩、气孔-杏仁状安山玄武岩为主,火山角砾岩、安山玢岩次之,火山喷发韵律表现为溢流相与爆发相交替,岩相分异明显。杏仁状安山玄武岩中杏仁体以气孔构造为主,气孔密集地段为矿化有利空间;火山角砾岩由火山碎屑物胶结而成,砾石成分复杂,见角砾熔岩、熔结角砾岩等。侵入岩以辉绿岩脉、闪长岩脉为主,多呈浅成相产出,与火山岩接触部位常见绿帘石化、绿泥石化蚀变。岩石矿物成分以辉石、斜长石、角闪石为主,次生蚀变矿物包括方解石、石英、绢云母等。其中,辉绿岩脉含星点状自然铜矿化,闪长岩脉局部含铜、铅、锌等成矿元素,反映岩浆岩与成矿的成因联系。

2.3 矿体特征

矿区已圈定多条矿化蚀变带与矿体,主要赋存于下二叠统塔尔得套组第五岩性段与上二叠统塔姆其萨依组不整合界面附近。典型矿体包括 I、II、VI、VII号矿体:I号矿体产于砂砾岩中,走向近东西,倾向南西,呈似层状产出,平均厚度6.02m,铜品位0.97%;II、VI、VII号矿体赋存于杏仁状玄武安山岩与角砾安山岩接触部位,形态为透镜状或分支复合状,VI号矿体地表控制最大厚度10.3m,铜品位4.28%。矿体产状受断裂与岩性控制,裂隙发育、气孔密集地段矿化显著,黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿呈他形粒状沿裂隙与气孔充填,形成浸染状、细脉状矿石。矿体铜品位变化较大,深部品位低于地表,矿化强度与构造破碎程度及蚀变强度密切相关。

2.4 矿石特征

矿石矿物以辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿为主,伴生方铅矿、闪锌矿及银、金等指示元素。辉铜矿(Cu_2S)呈浸染状分布,与斑铜矿形成共晶文象结构,形成温度175~225°C;斑铜矿(Cu_5FeS_4)以不规则粒状或脉状充填裂隙,原生斑铜矿与辉铅矿共生,次生斑铜矿沿黄铜矿边缘交代,含Au达 1100×10^{-6} 、Ag达 1000×10^{-6} ;黄铜矿(CuFeS_2)多与斑铜矿共生,含Ag达 200×10^{-6} 。矿石结构以结晶粒状为主,黄铁矿、磁铁矿呈自形晶,其他矿物多为半自形-他形晶,交代结构发育,如黄铜矿交代黄铁矿形成交叉结构。矿石构造以浸染状、细脉状为主,局部为块状,围岩蚀变以绿泥石化、碳酸盐化为主,少量硅化、绿帘石化,蚀变强度与矿化强度正相关。

3 新疆琼布拉克铜矿床成因分析

3.1 成矿物质来源

新疆琼布拉克铜矿的成矿物质具有多源性特征,主要来源于深部岩浆与地层围岩的双重贡献。研究表明,矿床碳氧同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-3.78‰至-1.15‰, $\delta^{18}\text{O}$ 值为9.22‰至12.11‰,指示成矿流体中碳氧元素主要源于地幔物质的部分熔融,同时受到大气降水的影响。流体包裹体中 CO_2 体积分数高达96%以上,进一步证明幔源流体参与成矿。矿区出露的华力西晚期中酸性-基性侵入岩(如辉绿岩脉、闪长岩脉)含铜量显著,局部铜品位可达2.42%,表明岩浆热液为成矿提供了直接物质来源。地层方面,下二叠统塔尔得套组火山岩与上二叠统塔姆其萨依组砂砾岩不整合界面附近,成矿元素Cu、Ag、Pb、Zn及指示元素Au、As显著富集,显示围岩地层亦为成矿物质的来源之一。

3.2 成矿流体性质与来源

成矿流体以中低温、中高盐度为特征,均一温度峰值集中于175~225°C,盐度变化范围较大,暗示流体经历了多阶段演化。流体包裹体类型多样,以气液两相包裹体为主,液态包裹体体积分数超80%,显微嵌入孔隙度为4%~12%,反映成矿过程中存在明显的破裂和空隙扩张作用^[3]。气相成分以 CO_2 为主,体积分数达96%以上, CH_4 、 N_2 次之,表明流体具有深源幔源特征。同位素研究显示,流体包裹体中 $\delta^{13}\text{C}$ 值与 $\delta^{18}\text{O}$ 值接近地幔岩浆去气作用产物,结合区域二叠纪后俯冲伸展背景,推断成矿流体主要源于地幔上涌的基性碱性岩浆岩,在运移过程中混入了大气降水及地层建造水,形成复合流体系统。

3.3 成矿过程与机制

成矿过程可分为三阶段:初期岩浆热液沿琼布拉克大断裂及次级构造上涌,携带Cu、Ag等成矿元素进入火山-沉积建造围岩;中期流体在杏仁状玄武安山岩气孔、

角砾安山岩裂隙等开放空间中沉淀,形成浸染状、细脉状矿石,伴随绿泥石化、碳酸盐化等围岩蚀变;晚期流体因减压沸腾作用,在张性断裂系统中卸载成矿元素,导致铜硫化物(辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿)大规模沉淀。成矿机制以构造-岩浆-热液耦合作用为主,构造活动提供流体运移通道与容矿空间,岩浆热液提供热源与物质,流体减压沸腾与温度降低共同控制铜质沉淀。矿石中辉铜矿与斑铜矿的共晶文象结构、黄铜矿交代黄铁矿的交叉结构,均指示成矿过程中存在多期次流体活动与交代作用。

3.4 矿床成因类型探讨

综合地质、地球化学及流体特征,琼布拉克铜矿成因类型可归为与构造破碎带密切相关的火山热液型铜矿床,兼具斑岩型矿床特征。其成因机制以岩浆热液为主导,深部岩浆房分异出的含矿流体沿断裂构造上升,在火山-沉积建造围岩中沉淀成矿。矿体形态受杏仁状玄武安山岩气孔发育程度与构造破碎强度控制,显示层控-构造复合控矿特征。流体包裹体中CO₂主导的气相成分、地幔源碳氧同位素组成,以及围岩蚀变类型(绿泥石化、碳酸盐化),均指向幔源岩浆热液成矿作用。矿区次火山岩相特征(如隐爆角砾岩筒)表明,浅成-超浅成岩浆活动对成矿具有叠加改造作用,进一步支持火山热液型矿床的成因分类。

4 琼布拉克铜矿资源潜力评估

4.1 资源储量估算

琼布拉克铜矿已探明铜金属储量(D+E级)达8万吨,科研预测储量亦为8万吨,总资源量规模达中型,具备进一步扩储潜力。矿区铜品位变化范围为0.21%至1.13%,平均品位0.49%,主要矿体如L1、L7号矿体铜品位分别达0.66%与0.49%,显示出局部高品位富集特征。矿体形态以似层状、透镜状为主,沿北西西向断裂构造与火山-沉积建造接触带分布,赋存于下二叠统塔尔得套组火山岩及中二叠统晓山萨依组砂砾岩中。伴生银元素在斑铜矿中含量达0.19%,局部达工业利用标准,综合开发价值显著。

4.2 找矿标志总结

琼布拉克铜矿找矿标志包括:(1)直接标志:地表氧化铜矿物(孔雀石、铜蓝、褐铁矿)发育,沿裂隙

破碎带呈蜂窝状、皮膜状产出;(2)间接标志:北西西向裂隙破碎带及杏仁状安山玄武岩、火山角砾岩接触带为重要容矿构造,伴随硅化、绿泥石化、碳酸盐化蚀变;(3)地球化学异常:Cu-Ag-Pb-Zn综合异常沿断裂带呈东西向长椭圆形分布,与火山岩中Cu、Ag富集层位吻合;(4)地球物理特征:高精度磁法可有效圈定火山岩带,激电中梯测量显示浅部氧化矿体无明显高极化异常,但深部存在高极化体,指示隐伏矿体存在^[4]。

4.3 资源潜力预测

琼布拉克铜矿资源潜力显著,未来扩储方向包括:

(1)深部延伸:矿体深部工程控制不足,部分矿体边界未完全探明,深部存在品位变富可能;(2)构造延伸:北西西向断裂带及次级北东向断裂为导矿-容矿构造,其延伸方向尚未完全验证,可能存在新矿体;(3)层位扩展:下二叠统塔尔得套组火山岩与中二叠统晓山萨依组砂砾岩接触带为成矿有利层位,区域化探显示Cu异常向西延伸,指示外围找矿潜力;(4)综合利用:伴生银元素在斑铜矿中含量达工业标准,深部矿体次生富集作用可能形成更高品位矿段。综合地质、地球化学及物探证据,矿区资源量有望进一步扩大。

结束语

琼布拉克铜矿地质特征表明,火山-沉积建造与构造活动为成矿提供了物质基础与空间条件,深部岩浆热液与大气降水混合形成的复合流体系统主导成矿过程。矿区深部及外围仍具找矿潜力,通过进一步开展构造解析、地球化学填图及深部钻探验证,有望实现资源量升级,为区域铜资源开发提供支撑。

参考文献

- [1]庄庆.新疆琼布拉克铜矿地质特征及矿床成因[J].世界有色金属,2019(20):124,126.DOI:10.3969/j.issn.1002-5065.2019.20.067.
- [2]单立华,徐九华,卫晓峰,苏大勇,等.新疆阿希勒金矿地质特征及成矿远景分析[J].地质与勘探,2020(1):23-24.
- [3]王婷霞,罗刚,刘坤等.新疆某高结合率硅质氧化铜矿选矿试验研究[J].甘肃冶金,2023,45(06):1-3.
- [4]张依梦,徐崇文,胡月等.新疆西南天山伽师砂岩型铜矿床古环境分析[J].矿产勘查,2023,14(11):2017-2031.