

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.03.010

新疆乌恰县吾合沙鲁砂岩型铜矿床地质特征及找矿标志

柳坤峰¹, 冯昌荣², 祁晓鹏¹, 谢晋¹, 翟黎明¹, 屈小相³, 雷浩¹

(1. 中陕核工业集团地质调查院有限公司, 陕西 西安 710100; 2. 新疆地矿局第二地质大队, 新疆 喀什 844002;
3. 中陕核工业集团公司, 陕西 西安 710100)

摘 要:新疆乌恰县吾合沙鲁砂岩型铜矿床位于塔西南坳陷内乌恰中新生代前陆盆地北缘, 矿体赋存于新近系克孜洛依组(N_1k)与安居安组(N_1a)之中, 圈定含矿层 7 条, 铜矿体 28 条, Cu 平均品位为 1.12%~2.03%, 矿床规模中型。含矿层呈近东西向带状展布, 长 7~13 km, 视厚度 30~180 m, 产状与矿区地层基本一致, 倾向 330°~15°, 倾角 15°~40°。主要矿石矿物为孔雀石, 其次为辉铜矿、铜蓝, 少量硅孔雀石、自然铜等; 脉石矿物主要为石英, 其他有方解石、绢云母等矿物。笔者系统研究了该矿床地质特征, 总结控矿因素, 并确定找矿标志, 分析了矿床成因, 认为吾合沙鲁铜矿为受氧化-还原障控制的砂岩型铜矿, 后期受到轻微改造。该矿床的发现对总结区域成矿规律, 指导区域找矿和成矿预测均具有一定的指示意义。

关键词:砂岩型铜矿; 地质特征; 找矿标志; 吾合沙鲁; 新疆

中图分类号: P618.41

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2020)03-0113-14

Geological Characteristics and Prospecting Indicator of Wuheshalu Sandstone Copper Deposit in Wuqia County, Xinjiang

LIU Kunfeng¹, FENG Changrong², QI Xiaopeng¹, XIE Jin¹, ZHAI Liming¹,
QU Xiaoxiang³, LEI Hao¹

(1. Sino Shaanxi Nuclear Industry Group Geological Survey Co., Ltd., Xi'an 710100, Shaanxi, China; 2. No. 2 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang, Kashgar 844002, Xinjiang, China;
3. Sino Shaanxi Nuclear Industry Group, Xi'an 710100, Shaanxi, China)

Abstract: The Wuheshalu sandstone copper deposit is located in the northern margin of Meso-Cenozoic foreland basin, southwest of the Tarim depression in Wuqia County, Xinjiang. The orebody is hosted in Neogene of the Keziluoyi Formation and Anju Formation. There are 7 ore-bearing layers and 28 copper orebodies with the average Cu grade between 1.12 and 2.03% and the medium scale deposit. The ore-bearing layers are 7—13 km long and 30—180 m of apparent

收稿日期: 2019-12-09; 修回日期: 2020-03-02

基金项目: 2013 年中央返还两权价款资金项目“新疆乌恰县萨哈尔-乌拉根一带五幅 1:5 万区域地质调查”(T14-1-LQ01), 2016 年中央返还两权价款资金项目“新疆乌恰县吾合沙鲁-阿克套一带铜矿调查评价”(T16-2-LQ20), 2017 年新疆地质勘查基金招标项目“新疆乌恰县吾合沙鲁-阿克套一带铜矿预查”(T17-3-XJ011)联合资助

作者简介: 柳坤峰(1990-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事区域地质矿产调查工作。E-mail: 739885185@qq.com

thickness, with a nearly zonal distribution in the EW direction and a dip angle of 15° — 330° , 15° — 40° . The ore minerals are mainly malachite, chalcocite, copper blue, and a small amount of silicon malachite and natural copper, etc. The gangue minerals are mainly quartz and other minerals of calcite and sericite, etc. This paper systematically studied the geological characteristics of this deposit, summarized the ore controlling factors and the prospecting indicators and analyzed the genesis of the ore deposit. it is held that Wuheshalu is a sandstone copper deposit controlled by redox barrier and some lightly tectonic activities in later stage. The discovery of this deposit is of indicative significance for the regional ore prospecting and metallogenic prediction.

Keywords: sandstone copper deposit; geological characteristics; prospecting indicator; Wuheshalu; Xinjiang

砂岩型铜矿是仅次于斑岩型铜矿的重要铜矿类型,占全球铜储量约 1/3(王伟等,2018a)。砂岩型铜矿床在中国分布广泛,主要分布于楚雄盆地、兰坪-思茅盆地、塔里木盆地及其次级盆地中(叶天竺等,2014;张锦让等,2015;黄建国等,2017)。在塔里木盆地西缘南西—北东向展布的喀什盆地、柯坪盆地、库车盆地等中生代拗陷盆地内相继发现一系列砂岩型铜矿床(王伟等,2018a,2018b;贾润幸等,2018;方维萱等,2018;杨兵,2018;HAN, et al., 2017;WANG, et al., 2017;YU, et al., 2017;时文革等,2016;李子涵,2014;马伟,2013;年武强等,2007;白开寅等,2007),这些矿床总体呈近南西—北东走向,带状分布,该砂岩型铜矿带已成为南疆地区重要的铜矿资源勘查基地(王伟等,2018c)。

乌恰中生代前陆盆地处于喀什盆地北缘,前人在盆地内已发现花园、杨叶、杨树沟、吾东、伊日库勒等多个铜矿床(点)(张宇寒等,2017;高珊等,2016;康军等,2016;辛江,2010),构成重要的成矿带,但均为小型铜矿床,在该区寻找大、中型规模铜矿仍有待突破。通过本次 1:5 万区域地质矿产调查工作,在研究区新发现吾合沙鲁中型铜矿床和阿克套小型铜矿床(柳坤峰等,2019),其分别位于吾合沙鲁复向斜的南翼和北翼,使得该区在新近系找矿有了较大的突破。依据对该矿床进行调查评价、预查 2 个阶段的工作,笔者系统研究了矿床地质特征,总结控矿因素,并确定找矿标志,分析了矿床成因,认为吾合沙鲁铜矿为受氧化还原障控制的砂岩型铜矿,后期受到轻微改造。该矿床的发现对总结区域成矿规律,指导区域找矿和成矿预测均具有一定的

指示意义。

1 区域地质背景

吾合沙鲁铜矿床位于乌恰县正西约 32 km 处,西距喀什约 200 km。大地构造位置位于塔里木盆地西北缘,北连西南天山,南邻西昆仑山,处于南天山造山带、西昆仑造山带与塔里木地块三大构造单元的交汇部位处的乌恰中生代前陆盆地^①(图 1)。具有较好的成矿地质条件,是西南天山式砂岩型铜矿有利成矿带。

区域主要出露元古界—新生界(图 1),长城系为区域结晶基底,主体为一套低—中级浅变质的细碎屑岩系,出露岩性以灰黑色二云石英片岩为主夹紫红色钙质石英粒岩。泥盆系为一套低级浅变质的细碎屑岩系,出露岩性有浅灰色绢云母千枚岩、变细砂质石英粉砂岩、灰色变粉砂质细粒石英砂岩等。侏罗系为区域含煤碎屑岩系,出露岩性为灰色复成分砾岩、含砾砂岩、灰色细砂岩、灰绿色粉砂岩以及灰黑色碳质页岩等。白垩系—古近系为一套浅海相红色碎屑岩夹碳酸盐岩。新近系为陆相河道—滨浅湖细碎屑岩沉积,产出大量沉积型矿床,主要矿种有铜、铅、锌、铀、煤、石膏等。

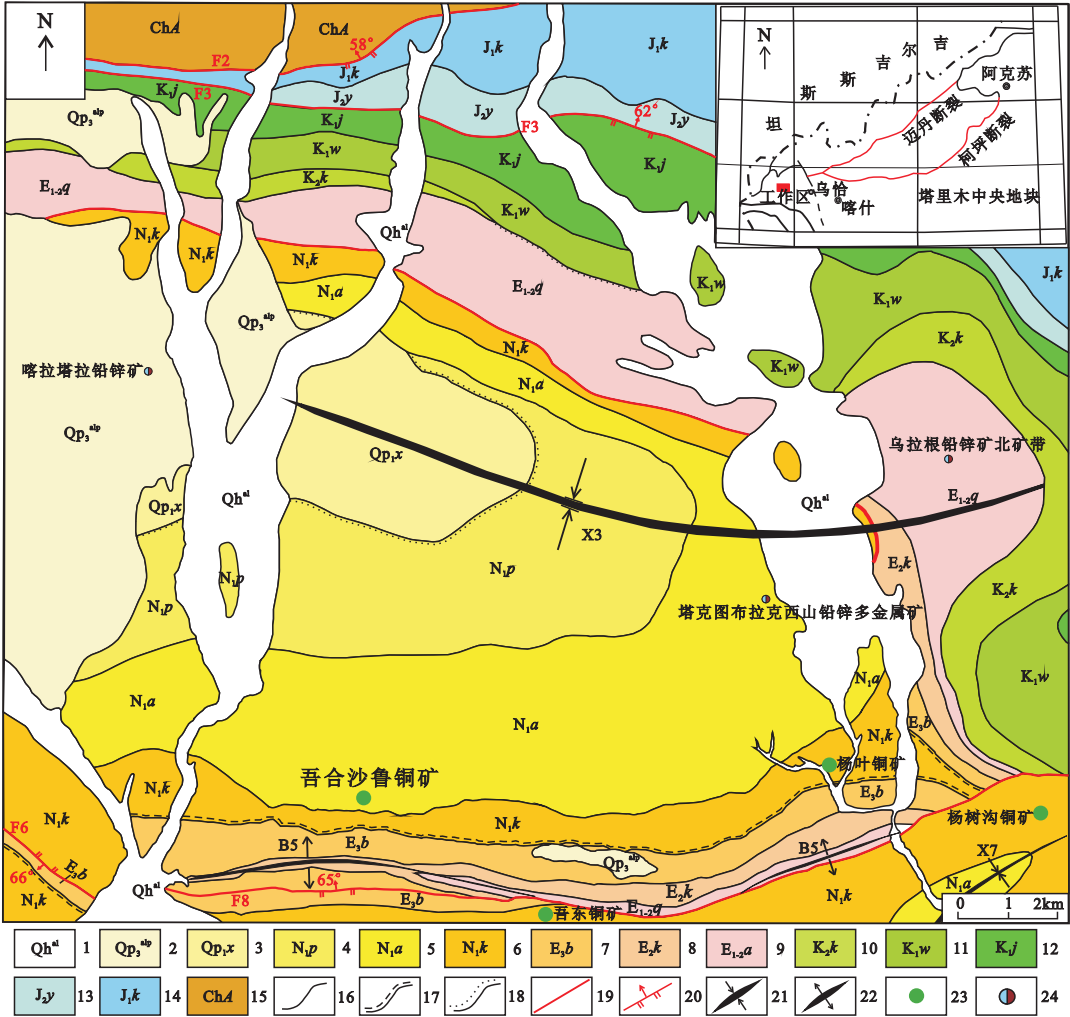
区域内未见岩浆岩。

特殊的区域大地构造位置造就了区域复杂多样的构造样式,区域上发育大量褶皱和断裂构造。褶皱构造轴线为北西—南东向,整体呈向北凸起的弧形弯曲。褶皱轴面多为北倾,翼间角较大,转折端多

^① 翟黎明,柳坤峰,郝延海,等. 新疆乌恰县萨哈尔—乌拉根一带 1:5 万区域地质矿产调查矿产报告. 喀什:新疆地矿局第二地质大队,2016.

为中常-宽缓的圆弧状。褶皱规模相对较大,横跨多套地层,涉及主要地层为新近系喀什群及第四系西域组,背斜、向斜连续发育组成复式褶皱。发育褶皱构造主要有吾合沙鲁复向斜(X3),复向斜内包含次一级褶皱硝尔布拉克向斜(X7)和喀其别克套背斜

(B5)。断裂构造较为发育,断裂总体延伸方向与区域构造线相一致,以北倾南推逆冲断裂为主,发育断裂主要有吾合沙鲁断裂(F8)、琼卓勒-哲兰都托断裂(F6)、阿尔恰尔恰断裂(F3)和乌鲁克恰提-塔孜多维断裂(F2)。



1. 第四系冲积层;2. 第四系冲洪积层;3. 第四系西域组;4. 新近系帕卡布拉克组;5. 新近系安居安组;6. 新近系克孜洛依组;7. 古近系巴什布拉克组;8. 古近系卡拉塔尔组;9. 古近系齐姆根组;10. 白垩系库克拜组;11. 白垩系乌鲁克恰特组;12. 白垩系江额结尔组;13. 侏罗系杨叶组;14. 侏罗系康苏组;15. 长城系阿克苏岩群;16. 地质界线;17. 平行不整合;18. 角度不整合;19. 断裂;20. 逆断层;21. 向斜;22. 背斜;23. 铜矿床及矿点;24. 铅锌矿床及矿点

图1 吾合沙鲁铜矿区区域地质图

Fig. 1 Geological map of Wuheshalu copper mining area

2 矿区地质及物化探特征

2.1 地质特征

新生界为矿区主要出露地层,另见少量第四系

出露。出露地层由老到新依次为卡拉塔尔组(E₂k)、巴什布拉克组(E₃b)、新近系中新统克孜洛依组(N₁k)、安居安组(N₁a)及第四系冲积层(Qh^{al})。

矿区南部见古近系小面积出露,由南向北依次

为始新统卡拉塔尔组(E_2k)和渐新统巴什布拉克组(E_3b)。卡拉塔尔组出露岩性有:灰色介壳灰岩、生物屑泥晶灰岩、少量鲕粒灰岩,下部夹少量灰红色泥岩,主体为一套碳酸盐岩沉积物。巴什布拉克组出露岩性主要有紫红色泥岩、红灰色钙质石英粉砂岩、细粒长石石英砂岩夹少量石膏薄层或网脉状石膏,上部夹灰绿色粉砂岩、泥岩。

新近系为矿区内主要地层,呈近东西向带状展布,南部与古近系呈平行不整合接触。出露地层为中统克孜洛依组(N_1k)和安居安组(N_1a),主体为一套陆相辫状河三角洲-滨浅湖相细碎屑岩沉积,出露岩性有灰色中厚层含砾粗砂岩、灰、浅灰红色巨厚层-块状中细粒岩屑砂岩、灰绿色中层细粒岩屑砂岩、浅灰红色薄层泥质粉砂岩及灰红色薄层泥岩等(图2)。吾合沙鲁铜矿产出于安居安组与克孜洛依组中,矿区附近该地层中产有花园、杨叶、吾东、杨树沟、伊日库勒等砂岩型铜矿床。

矿区内构造不甚发育,吾合沙鲁铜矿体产于吾合沙鲁复向斜南翼^①(图1),地层整体小角度向北缓倾,与吾合沙鲁复向斜北翼的阿克套铜矿床共同构成矿区典型控矿构造——褶皱(吾合沙鲁复向斜),控制了吾合沙鲁—阿克套一带铜矿的产出形态。矿区内未见断裂构造,未见岩浆岩发育。

2.2 地球物理特征

调查评价阶段对矿区开展了激电中梯剖面工作,对物性标本进行测量统计,发现矿区岩(矿)石视极化率较低,一般小于1%,含铜矿化砂岩视极化率相对较高,为0.52%~2.64%,均值为1.56%;不含铜矿化砂岩视极化率相对较低,均值为0.82%。以视极化率1.1%作为异常下限,共圈出激电异常15处^②。其中在JD1-1、JD1-3、JD1-4、JD2-3、JD2-4等重点激电异常处布设槽探及钻孔,槽探工程都基本见矿。JD2-4异常处地表出露岩性主要为新近系安居安组砂岩夹泥岩,异常总体规模及走向与地质路线调查发现的Cu3-5、Cu4-5、Cu5-5铜矿化体基本一致,为矿致异常。该处3条矿化体

的相距距离较近,综合地质及异常区内槽探TC7401、TC7802、TC7803资料,布设并施工深部工程ZK6904,见矿体厚4.21 m,Cu品位为2.89%,达到了较为理想的效果。

在重要矿化区段开展1:1万激电(中梯)剖面测量工作后,矿区开展了EH4剖面测深工作,共有6条EH4测深剖面,给出了地表以下约500 m深度的反演结果。其中CS3剖面位于西部测区,与地质95号勘探线为同一位置。整个剖面由南向北贯穿了4条铜矿(化)体(Cu7-3、Cu5-2、Cu4-1、Cu2-1)(图3)。Cu5-2铜矿(化)体在地质上该处有孔雀石化砂岩出露,EH4反演结果中,在深度为80 m附近出现了高阻(相对围岩)异常信息。推断解释为铜矿(化)体。经过ZK9504钻孔验证,见发育铜矿化2层,分别位于79.10~79.71 m(视厚度0.61 m,品位为0.33%)和83.13~83.74 m处(视厚度0.61 m,品位为2.18%)。

2.3 地球化学特征

1:5万水系沉积物测量工作在区域上共圈定地球化学综合异常15个^③。其中,Cu类综合异常8个,3个Cu类甲级综合异常在吾合沙鲁铜矿区内,编号分别为Hs-10、Hs-11和Hs-12(图4)。异常地段出露地层主要为新近系克孜洛依组(N_1k)和安居安组(N_1a)细粒岩屑长石砂岩、钙质粉砂岩、泥岩等。

异常以Cu元素异常为主,伴生有Pb、Ag、As等元素异常。Cu元素异常规模较大,强度较高,具有三级浓度分带。异常整体走向与地层走向一致,且异常高值点位于地层的接触带附近,而地层的接触带属于薄弱带,是元素富集的有利空间。因此,异常成因与地层沉积有较为密切的联系。通过对比区内典型矿床发现,异常所处地段与杨树沟、杨叶等砂岩型铜矿地质特征相近。后期1:1万岩石地化剖面查证发现,剖面中Cu高值点对应岩性为细粒砂岩和泥质粉砂岩,并在细粒砂岩中发现铜矿层,找到多处铜矿化线索。

① 翟黎明,柳坤峰,郝延海,等. 新疆乌恰县萨哈尔-乌拉根一带1:5万区域地质矿产调查地质报告. 喀什:新疆地矿局第二地质大队,2016.

② 翟黎明,王海军,柳坤峰,等. 新疆乌恰县吾合沙鲁-阿克套一带铜矿调查评价报告. 喀什:新疆地矿局第二地质大队,2017.

③ 翟黎明,张嘉升,郝延海,等. 新疆乌恰县萨哈尔-乌拉根一带1:5万区域地质矿产调查化探报告. 喀什:新疆地矿局第二地质大队,2016.

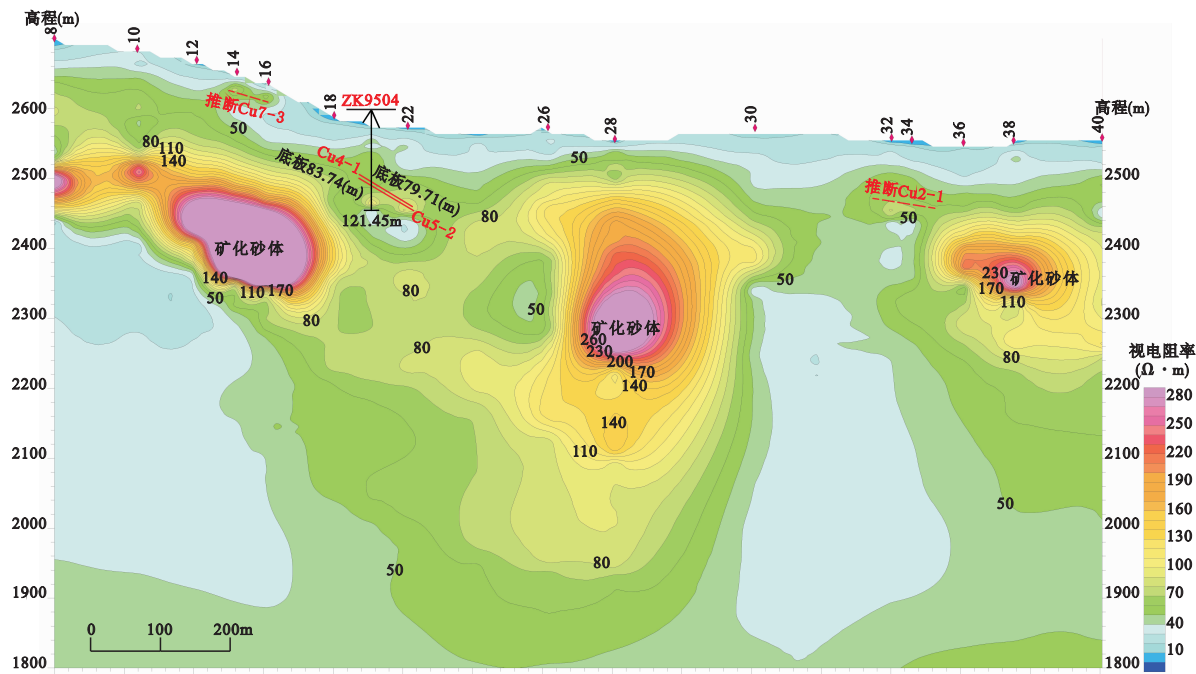
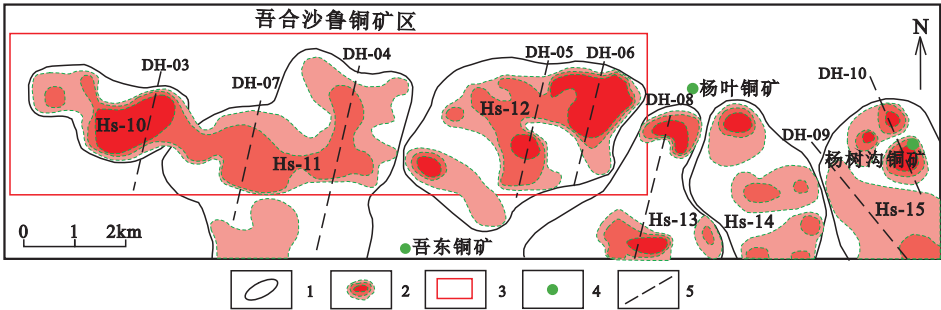


图 3 吾合沙鲁铜矿区 CS3 剖面推断解释图

Fig. 3 The CS3 profile interpretation map of Wuheshalu copper mine



1. 1 : 5 万地球化学综合异常; 2. 单元素 Cu 异常三级浓度分带; 3. 吾合沙鲁铜矿区范围; 4. 铜矿点;
5. 1 : 1 万岩石地化剖面

图 4 吾合沙鲁铜矿区区域地球化学综合异常分布图

Fig. 4 Distribution map of regional geochemical anomalies in Wuheshalu copper mining area

3 矿床特征

3.1 矿体特征

矿体赋存于新近系克孜洛依组(N_1k)与安居安组(N_1a)之中,主要含矿层有 7 条,编号 Cu1—Cu7,铜矿(化)体 28 条^①(表 1)。含矿层呈层状、似层状,

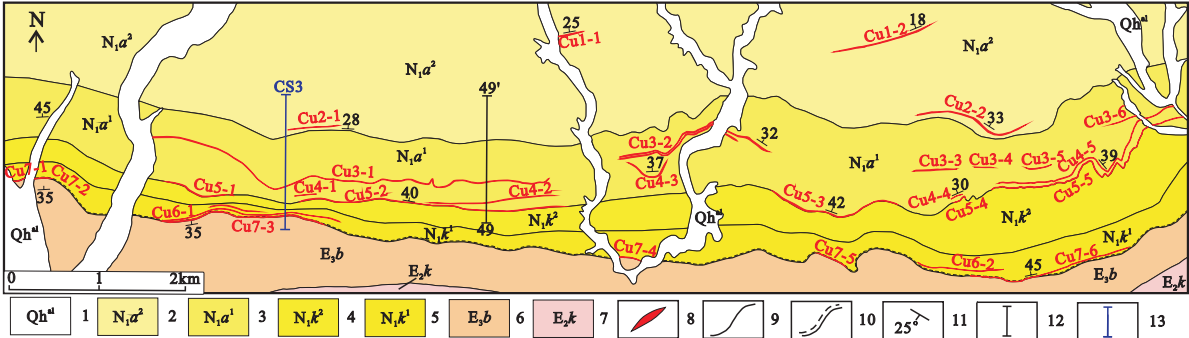
产状与矿区地层基本一致,倾向 $330^{\circ}\sim 15^{\circ}$,倾角 $15^{\circ}\sim 40^{\circ}$ (图 5)。含矿层长 7~13 km,视厚度 30~180 m。克孜洛依组中矿体主要赋存于该组下段浅灰绿色细粒岩屑砂岩之中(Cu7、Cu6)(图 2)。安居安组中矿体主要赋存于该组下段浅灰色、灰绿色巨厚层-块状中-细粒岩屑砂岩(Cu5、Cu4、Cu3)和中段含砾粗砂岩(Cu2、Cu1)之中(图 6)。

① 翟黎明,柳坤峰,屈小相,等. 新疆乌恰县吾合沙鲁-阿克套一带铜矿预查报告. 喀什:新疆地矿局第二地质大队,2018.

表 1 吾合沙鲁铜矿区铜矿(化)体形态、规模、产状表

Tab. 1 A list of morphology, size and occurrence of copper bodies inWuheshalu copper mining area

铜含 矿层	铜矿 (化)体	规 模(m)		产 状(°)		矿 体 形 态	Cu 品位(%)
		长	真厚度	倾向	倾角		
Cu1	Cu1 - 1	400	0.50~1.50	340	25	似层状	0.95
	Cu1 - 2	240	0.50~0.80	355	18~26	似层状	1.52
Cu2	Cu2 - 1	540	0.55~1.0	350~13	25~35	似层状	0.99
	Cu2 - 2	1 345	1.55~2.12	340~15	25~40	似层状	1.25~1.40
Cu3	Cu3 - 1	4 250	0.45~1.38	339~5	30~40	似层状	0.27~0.88
	Cu3 - 2	1 850	0.86~2.48	340~15	20~40	似层状	0.44~4.30
	Cu3 - 3	500	1.83	342~7	25~35	似层状	0.78
	Cu3 - 4	210	0.5~2.5	350~10	20~35	似层状	0.50~0.90
	Cu3 - 5	310	3.66	345~5	25~40	似层状	0.56
	Cu3 - 6	300	1.47~5.60	352~7	35~40	似层状	0.35~2.03
Cu4	Cu4 - 1	250	0.85~1.20	352~6	35~40	似层状	0.64
	Cu4 - 2	1 600	0.49~3.86	350~5	30~40	层状	0.79~2.54
	Cu4 - 3	550	0.56~1.00	330~10	25~40	似层状	0.39~0.70
	Cu4 - 4	150	0.45~1.00	330~10	15~30	似层状	2.10
	Cu4 - 5	2 800	0.28~1.93	335~10	25~40	层状	0.83~2.36
Cu5	Cu5 - 1	700	0.85~1.5	348~355	20~40	似层状	0.80~1.65
	Cu5 - 2	3 000	0.90~3.21	340~355	22~40	层状	0.66~2.52
	Cu5 - 3	1 550	0.92~2.00	332~10	35~42	层状	0.35~0.44
	Cu5 - 4	150	0.47~0.59	345~2	25~40	层状	0.51~1.63
	Cu5 - 5	2 900	0.69~2.30	330~10	20~40	层状	0.34~3.62
Cu6	Cu6 - 1	2 100	0.45~3.00	345~10	20~35	层状	1.66~2.08
	Cu6 - 2	1 000	1.00~1.50	340~10	30~40	似层状	0.5~1.25
Cu7	Cu7 - 1	130	0.5~1.00	335~350	20~40	似层状	0.40~0.80
	Cu7 - 2	200	0.5~1.00	355~5	15~30	似层状	0.50~1.00
	Cu7 - 3	1 875	0.95~1.95	340~15	25~40	层状	1.54~3.61
	Cu7 - 4	200	1.0~1.50	355~10	30~40	似层状	0.50~1.20
	Cu7 - 5	350	1.20~1.60	350~10	20~40	似层状	0.45~1.30
	Cu7 - 6	1 850	0.50~3.02	320~355	35~45	似层状	0.61~1.10



1. 第四系全新统冲积层;2. 安居安组第二段;3. 安居安组第一段;4. 克孜洛依组第二段;5. 克孜洛依组第一段;6. 巴什布拉克组;7. 卡拉塔尔组;8. 铜矿(化)体及编号;9. 地质界线;10. 平行不整合界线;11. 产状;12. 勘探线剖面;13. EH4 剖面

图 5 吾合沙鲁铜矿区矿床地质图

Fig. 5 Geological map of copper deposits in Wuheshalu mine

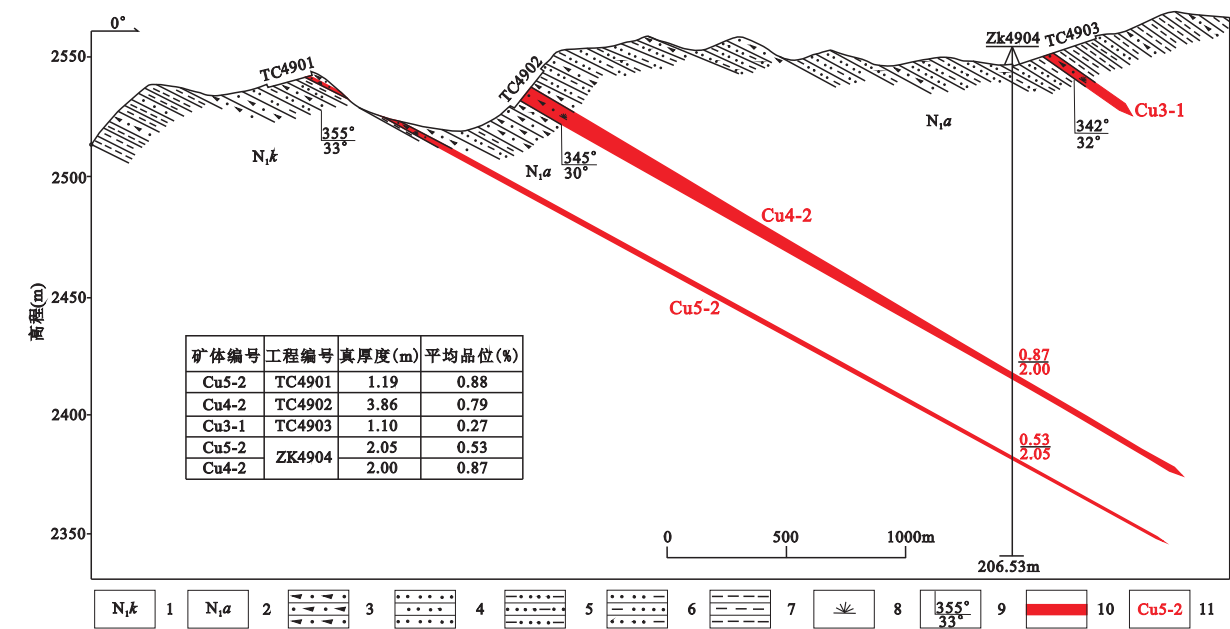


图 6 吾合沙鲁铜矿区西段 49 号勘探线剖面图

Fig. 6 Profile of exploration line No. 49 in the western section of Wuheshalu copper mining area

3.2 矿石质量

3.2.1 矿石的物质成分

通过对吾合沙鲁铜矿中矿石进行物相分析,由表 2 可以看出,Cu 的氧化率非常高,平均氧化铜占有率高达 91.13%,硫化铜仅占 7.89%,所以吾合沙鲁铜矿中硫化矿较少,大部分为氧化型矿石。主要矿石矿物为孔雀石,其次为辉铜矿、铜蓝,少量硅孔雀石、自然铜、赤铜矿,微量黝铜矿、黄铁矿、赤铁矿、褐铁矿及磁铁矿(图 7)。另外在裂隙中充填有白色颗粒状可溶盐类;脉石矿物主要为石英,其他有方解石、绢云母、长石、黑云母、石膏、黏土等矿物。

3.2.2 矿石结构

矿石结构:矿石结构主要为粒状结构、胶状结构。

粒状结构:辉铜矿、孔雀石、铜蓝等呈他形粒状结构,粒径为 0.01~5.0 mm,是矿石中最常见的结构。

胶状结构:辉铜矿与钙质矿物在矿石中一起构成砂岩中碎屑矿物的胶结物,矿物颗粒较为细小。

矿石构造:矿石中最常见的构造是层状、条带状、浸染状、团块状,见少量薄膜状、柱状、星点状构

造、结核状构造和细脉状构造等(图 8)。

4 矿床成因

4.1 控矿因素

4.1.1 大地构造与成矿

阿克然隆起位于矿区以北,该构造单元内广泛出露基底地层长城系阿克苏岩群,该岩群具有较高的 Cu、Au 等元素背景值,拣块样分析结果显示 Cu 品位最高为 5.12%,伴生 Au 最高为 1.04×10^{-6} ,具有较好的找矿前景。同时作为乌恰盆地北缘重要的铜矿源层,为盆地内砂岩型铜矿提供了大量的矿源物质。受成矿物质来源影响,区域上砂岩型铜矿床均集中分布于乌恰盆地北缘。

4.1.2 沉积环境与成矿

岩相对于矿床的形成和产出具有重要的控制作用,尤其是对于本区同生沉积铜矿床的控制作用尤为突出。克孜洛依组和安居安组为一套陆相辫状河三角洲-湖泊相沉积环境,含铜砂岩主要形成于三角洲分支河道及水下分流河道环境。

4.1.3 地层氧化还原障控矿

吾合沙鲁铜矿赋存于克孜洛依组和安居安组砂

表 2 铜物相分析结果表
Tab. 2 Copper phase analysis

样品	硫化铜(%)		氧化铜(%)		硫酸铜(%)	铜总量		铜物相占比(%)					
	原生	次生	自由	结合		实测	计算	原生硫化铜	次生硫化铜	自由氧化铜	结合氧化铜	硫酸铜	合计
WS01	0.01	0.03	0.35	0.06	0.01	0.46	0.46	2.17	6.53	76.09	13.04	2.17	100
WS02	0.02	0.30	1.65	0.13	0.02	2.17	2.172	0.94	14.15	77.83	6.14	0.94	100
WS03	0.02	0.35	1.30	0.05	0.02	1.71	1.74	1.15	20.11	74.72	2.87	1.15	100
WS04	0.01	0.03	2.50	0.32	0.02	2.87	2.88	0.35	1.04	86.8	11.11	0.70	100
WS05	0.01	0.32	2.91	0.41	0.02	3.65	3.67	0.27	8.72	79.3	11.17	0.54	100
WS06	0.01	0.07	1.03	0.19	0.02	1.33	1.32	0.76	5.30	78.03	14.40	1.52	100
WS07	0.04	0.05	1.88	0.38	0.02	2.31	2.32	1.72	2.16	81.04	14.22	0.86	100
WS08	0.01	0.05	1.20	0.38	0.02	1.62	1.66	0.60	3.00	72.30	22.90	1.20	100
WS09	0.06	0.01	0.96	0.38	0.01	1.41	1.42	4.23	0.70	67.61	26.76	0.70	100
WS10	0.02	0.03	0.53	0.41	0.00	0.94	0.99	2.00	3.03	53.55	41.42	0.00	100
平均	0.02	0.02	1.43	0.27	0.02	1.85	1.86	1.42	6.47	74.73	16.40	0.98	100

注:由新疆地矿局第二地质大队实验室进行物相分析测试,采用仪器为原子吸收分光光度计 WEX-120B。

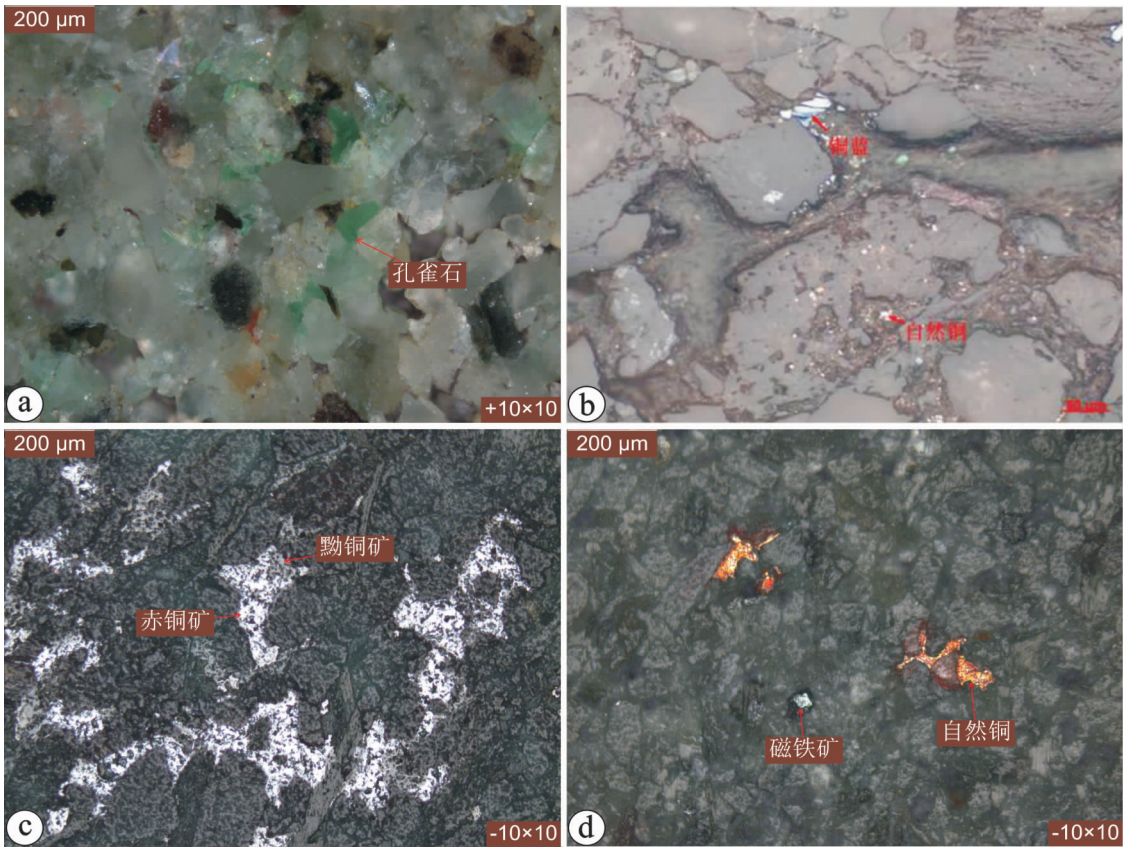


图 7 显微镜下矿石矿物特征图

Fig. 7 Mineral characteristics of ore under microscope



a. 层状构造;b. 条带状构造;c. 浸染状构造;d. 团块状构造;e. 薄膜状构造;f. 柱状构造;g. 星点状构造;h. 结核状构造;
i. 细脉状构造

图 8 吾合沙鲁铜矿区矿石构造图

Fig. 8 Ore structure diagram of Wuheshalu copper area

岩之中,并且受岩性控制。克孜洛依组中矿体主要赋存于该组下段浅灰绿色细粒岩屑砂岩之中。安居安组中矿体主要赋存于该组下段浅灰色、灰绿色巨厚层-块状中-细粒岩屑砂岩和中段含砾粗砂岩之中。矿体均分布在氧化-还原过渡带,浅灰绿色砂岩、浅灰色含砾砂岩为铜矿的成矿地球化学障,控制了砂岩型铜矿体的发育。

4.1.4 矿体构造改造

褶皱构造对本区铜矿具有明显的控制作用。矿区褶皱多形成于早更新世末的喜马拉雅运动,其时代明显晚于矿床形成时间。矿区内吾合沙鲁向斜使原本近水平的含矿层弯曲变形,南翼吾合沙鲁铜矿区矿体向北缓倾。对矿区褶皱的研究对于分析矿体的空间展布及寻找隐伏矿体具有重要意义。

4.2 找矿标志

(1)地表出露的铜矿氧化露头是找矿的直接标志,在近地表可见明显的孔雀石、铜蓝及赤铜矿等矿

物,构成了地表矿化露头。

(2)新近系克孜洛依组和安居安组的灰色-浅灰绿色厚层-巨厚层岩屑砂岩为找矿的最有利层位。

(3)化探异常及地球化学剖面元素异常高值点是找矿的直接标志。

(4)物探异常(激电、EH4)为找矿间接标志,可指导深部找矿。

(5)地表明显的古采硐、采坑是找矿的人工标志。

综上所述,在矿区及区域上,应该在新近系安居安组和克孜洛依组内有明显物化探异常的灰色-浅灰绿色厚层-巨厚层岩屑砂岩中寻找砂岩型铜矿床。

4.3 成因浅析

区域上砂岩型铜矿床(点)众多,以库车盆地滴水铜矿、柯坪盆地伽师铜矿、喀什盆地萨热克铜矿最为典型,前人对区域砂岩型铜矿从不同学科角度对矿床成因认识各不相同。对滴水铜矿的成因认识,

前人提出不同的观点。如同生沉积成因观点(刘伟, 2008;张振亮等, 2014)、改造成因观点(赵洪礼, 2009)、后生改造成因观点(曹养同等, 2010)及沉积-改造型成因观点等(王伟等, 2018c;郭全, 2017;韩文文等, 2011;廖炳勇等, 2013)。对伽师铜矿成因提出沉积-改造型(王伟等, 2018b;年武强等, 2007)、沉积层控型(张振亮等, 2014;张江, 2011;丛培章等, 2016)等观点。对萨热克铜矿成因主要观点有:矿床南矿带为沉积-热液叠加改造型铜矿,北矿带为沉积-改造型铜矿(胡剑辉等, 2014)、与盆地卤水活动有关的铜矿床(祝新友等, 2011)、沉积-改造型铜矿

(高珍权等, 2005)。
吾合沙鲁铜矿呈带状分布在距塔里木古陆块较近的乌恰中新世代沉积盆地内,盆地相对稳定并长期接受陆源物质的沉积。以干旱、半干旱氧化、蒸发气候环境下形成的暖色岩石浅灰红色中细粒砂岩、砂砾岩、灰红色泥岩、泥质粉砂岩等为主,局部夹潮湿、还原条件形成的深色或冷色岩石灰绿色细砂岩、粉砂岩等,后者赋存矿体或矿化体。
矿区内矿体主体呈层状、似层状,少量透镜状,与围岩产状一致(表 3)。主要矿石矿物为孔雀石,其次为辉铜矿、铜蓝,少量硅孔雀石、自然铜、赤铜

表 3 吾合沙鲁铜矿床与区域典型矿床特征对比表
Tab. 3 Comparison of characteristics between typical deposits and Wuheshalu copper deposit

矿床		滴水铜矿	伽师铜矿	萨热克铜矿床	吾合沙鲁铜矿
大地构造位置		塔里木陆块西北缘库车前陆拗陷盆地	塔里木陆块西北缘柯坪前陆盆地	塔里木陆块萨热克巴依中生代断陷盆地	塔里木陆块西北缘乌恰前陆盆地
矿产要素	构造部位	秋里塔格构造带西段的铜矿	柯坪塔格背斜南翼	萨热克巴依向斜两翼	吾合沙鲁向斜南翼
	赋矿地层	新近系中—上新统康村组	古近系渐新统苏维依组	侏罗系上侏罗统库孜贡苏组	新近系中新统克孜洛依组 and 安居安组
	赋矿岩石	灰绿色薄层状细砂岩和薄层条带状泥灰岩	灰绿色含岩屑钙质细砂岩	灰绿色砾岩夹砂岩透镜体	浅灰绿色细砂岩及灰绿色含砾砂岩
	矿体分布规律	矿体呈层状、似层状,少量呈与地层产状一致的拉长透镜状。矿体整体连续性较好,少量矿体在深部沿断层、层间滑动断裂呈脉状产出,表明矿体有后期改造作用叠加	矿体主要呈层状、似层状,与顶底板围岩产状相同。部分矿体沿断层、层间滑动断裂和节理裂隙呈脉状产出,深部还可见到矿体局部倒转	矿体呈层状、透镜状,走向北东东向,南倾,倾向上总体沿砾岩层延深,控制延深逾 500 m,总体层控,也可见穿层现象,在深部可见厚大的透镜状矿体	矿体主体为层状、似层状、透镜状,与围岩产状一致。在部分矿体中,可见辉铜矿沿植物根茎富集呈不规则的团块状富集,部分辉铜矿呈细脉状产出,斜穿层理
矿产要素	矿石特征	地表主要金属矿物为赤铜矿、孔雀石、蓝铜矿、黑铜矿、氯铜矿、褐铁矿等氧化矿物,深部矿体中主要金属矿物为辉铜矿、斑铜矿、蓝辉铜矿、黄铁矿等原生硫化物,偶见少量黄铜矿、方铅矿、铜蓝	金属矿物主要为辉铜矿,次为孔雀石,斑铜矿主要见于深部,见少量铜蓝、磁铁矿等,偶见少量黄铁矿、赤铜矿、针铁矿	主要金属矿物为辉铜矿、孔雀石,见少量黄铜矿、蓝铜矿、铜蓝、闪锌矿等	主要矿石矿物为孔雀石,其次为辉铜矿、铜蓝,少量硅孔雀石、自然铜、赤铜矿,微量黝铜矿、黄铁矿、赤铁矿、褐铁矿及磁铁矿;粒状、胶状结构;浸染状、星点状、团矿状、细脉状、结核状构造
	围岩蚀变	蚀变以近矿围岩大规模褪色为主,主要表现为红色、红褐色砂岩、泥岩褪色为灰色、灰绿色、浅灰色等浅色调	围岩蚀变较弱,矿石由褐色褪色为灰绿色、浅蓝绿色	蚀变以近矿围岩大规模褪色为主,次为绢云母化、碳酸盐化等。主要表现为紫色砾岩褪色为灰绿色、灰色	围岩蚀变较弱,浅灰色褪色蚀变
	矿床规模	中型	大型	大型	中型

矿,微量黝铜矿、黄铁矿、赤铁矿、褐铁矿及磁铁矿。矿体中部分辉铜矿呈粒状分布于砂岩碎屑颗粒之间,少量呈胶状结构与钙质矿物一起构成砂岩中碎屑矿物的胶结物,局部矿化不均匀富集成薄层状,矿石多受砂岩沉积层理控制,局部发育辉铜矿矿物结核,显示矿床与地层同沉积的成因特点。但在部分矿体中,可见辉铜矿沿植物根茎富集,呈不规则的团块状,部分辉铜矿细脉斜穿层理,且在砂岩底部矿石富集部位多伴有明显的褪色蚀变现象,砂岩由灰色、浅灰绿色变为浅灰色,表明矿体经过明显的热液改造。具氧化性的含Cu卤水与还原性的含S溶液在氧化还原界面处相互反应形成铜矿床。因此,吾合沙鲁铜矿为受氧化、还原障控制的砂岩型铜矿,后期受到轻微改造。

5 结论

(1)通过1:5万区域地质矿产调查,在乌恰中新世代前陆盆地中发现吾合沙鲁砂岩型铜矿,矿体赋存于新近系克孜洛依组与安居安组之中。矿体均赋存于浅灰绿色巨厚层-块状细粒岩屑砂岩及灰绿色中-细粒含砾岩屑砂岩底部及中部,地层控矿作用明显。

(2)初步圈定含矿层7条,铜矿(化)体28条,矿床规模近中型。含矿层呈近东西向带状展布,长7~13 km,视厚度30~180 m,产状与矿区地层基本一致,倾向330°~15°,倾角15°~40°。

(3)地表出露的铜矿氧化露头是找矿的直接标志;新近系克孜洛依组和安居安组的灰色-浅灰绿色厚层-巨厚层岩屑长石砂岩为找矿最有利层位;化探异常及地球化学剖面测量高含量点是找矿的直接标志;物探异常(激电、EH4)为找矿间接标志;地表明显的古采铜、采坑是找矿的人工标志。

(4)通过矿区内矿体特征、岩石组合、氧化-还原障与矿体赋存关系、沉积环境等调查,结合区域典型矿床对比研究,认为吾合沙鲁铜矿为受氧化-还原障控制的砂岩型铜矿,后期受到轻微改造。

致谢:中国地质调查局西安地质调查中心王永和研究员对本文的修改提出了建设性意见,有色金属矿产地质调查中心王磊高级工程师对本文修改提出宝贵意见,徐磊、王少华、蔡振锋、彭岩等参加了研究矿床的野外工作,审稿专家为完善本文提出了宝贵的意见和建议,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献(References):

- 白开寅,韩照信. 新疆康古尔塔格金矿床的副氯铜矿发现及其地质意义[J]. 西北地质,2007,40(02):114-117.
- BAI Kaiyan, HAN Zhaoxin. Paratacamite of Kanggu'ertage gold deposit in the XinJiang UygurAutonomous region of China[J]. Northwestern Geology, 2007, 40(02): 114-117.
- 曹养同,刘成林,陈永志,等. 库车前陆盆地古近系一新近系铜矿化特征及铜的来源、富集分布初探[J]. 地质学报, 2010,84(12):1791-1804.
- CAO Yangtong, LIU Chenglin, CHEN Yongzhi, et al. Characteristics of Copper Mineralization in the Kuqa Foreland Basin, and Origin, Enrichment and Distribution of Copper. [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(12): 1791-1804.
- 丛培章,赵云平,施龙青. 伽师铜矿矿体特征及矿床成因分析[J]. 矿业工程,2016,14(06):3-5.
- CONG Peizhang, ZHAO Yunping, SHI Longqing. Analysis on Ore Body Characteristics and Genetic Mechanism of Ore Deposit of Qieshi Copper Ore[J]. Mining Engineering, 2016,14(06):3-5.
- 方维萱,王磊,郭玉乾,等. 新疆萨热克巴依盆内构造样式及对萨热克大型砂砾岩型铜矿床控制规律[J]. 地学前缘,2018,25(03):240-259.
- FANG Weixuan, WANG Lei, GUO Yuqian, et al. Tectonic patterns in the Sarekebayi apart-pull basin and their ore-controlling regularities for the Sareke glutenite-type copper deposit in XinJiang, China[J]. Earth Science Frontiers, 2018,25(03):240-259.
- 高珊,高纬,赵良军,等. 新疆乌恰县花园铜矿遥感近矿找矿标志分析[J]. 测绘与空间地理信息,2016,39(08):42-44+48.
- GAO Shan, GAO Wei, ZHAO Liangjun, et al. Analysis of the Close-range Ore Prospecting Indicators of Remote Sensing Geology for Huayuan Copper Deposit, Wuqia County in XinJiang[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2016,39(08):42-44+48.
- 高珍权,方维萱,王伟,等. 沟系土壤测量在新疆乌恰县萨热克铜矿勘查中的应用效果[J]. 矿产与地质,2005,(06):669-673.
- GAO Zhenquan, FANG Weixuan, WANG Wei, et al. Application effect of drainage soil survey in Sareke Copper deposit prospecting, Wuqia, XinJiang[J]. Mineral Resources and Geology, 2005, (06):669-673.
- 郭全. 新疆滴水砂岩型铜矿成矿特征与富集规律[J]. 新疆

- 有色金属,2007,(S2):12-15.
- GUO Quan. Mineralization characteristics and enrichment law of Dishui sandstone type copper deposit in xinJiang [J]. XinJiang Nonferrous Metal,2007,(S2):12-15.
- 韩文文,陶晓风,岳相元. 新疆滴水砂岩铜矿床特征及成因探讨[J]. 华南地质与矿产,2011,27(03):184-190+220.
- HAN Wenwen,TAO Xiaofen,YUE Xiangyuan. Geological Characteristics and Metallogenesis of Dishui Sandstone-type Copper Deposit,Xinjiang[J]. Geology and Mineral Resources of South China,2011,27(03):184-190,220.
- 胡剑辉,吉蕴生,曾志钢,等. 新疆萨热克铜矿床地球化学异常评价研究[J]. 矿产勘查,2014,5(02):281-292.
- HU Jianhui,JI Yunsheng,ZENG Zhigang,et al. Evaluation of geochemical anomalies of the Sareke copper deposit in Xinjiang[J]. Mineral Exploration,2014,5(02):281-292.
- 黄建国,杨剑,崔春龙,等. 塔里木盆地西南缘库斯拉甫一带泥盆纪砂岩型铜矿地质特征——以赛格孜干勒克铜矿为例[J]. 西北地质,2017,50(02):136-141.
- HUANG Jianguo,YANG Jian,CUI Chunlong,et al. Geological Characteristics of Devonian Sandstone-type Copper Deposit in Kusilafu Area, Southwestern Tarim Basin from Saigeziganleke Copper deposit[J]. Northwestern Geology,2017,50(02):136-141.
- 贾润幸,方维萱,李建旭,等. 新疆萨热克铜矿床铍-锶同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质,2018,37(01):151-162.
- JIA Runxin,FANG Weixuan,LI Jianxu,et al. Re-Os isotopic dating and its geological significance from Sareke copper deposit in Wuqia,Xinjiang[J]. Mineral Deposits,2018,37(01):151-162.
- 康军,贺小鹏. 新疆乌恰县伊日库勒—吾东一带砂岩型铜矿地质特征及其成因探讨[J]. 西部探矿工程,2016,28(09):136-139.
- KANG Jun,HE Xiaopeng. Geological characteristics and genesis of sandstone-type copper deposit in yirikule-wudong area of wuqia county,Xinjiang[J]. Western Mining Project,2016,28(09):136-139.
- 李子涵. 新疆滴水砂岩型铜矿床地质特征及成矿规律研究[D]. 长春:东北大学.2014.
- LI Zihan. Geological Characteristics and Metallogenic Regularity of Dishui sandstone-type Copper Deposit in Xinjiang[D]. Changchun: Northeastern University,2014.
- 廖炳勇,张建岭,张强. 新疆拜城察尔其铜矿床成矿模式[J]. 云南地质,2013,32(02):145-149.
- LIAO Bingyong,ZHANG Jianling,ZHANG Qiang. The Metallogenetic model of Chaerqi cu deposit in Baicheng,Xinjiang[J]. Yunnan Geology,2013,32(02):145-149.
- 刘伟. 新疆察尔齐砂岩铜矿地质特征及成矿成因[J]. 新疆有色金属,2008,(S2):24-27.
- LIU Wei. Geological characteristics and metallogenic cause of copper ore from chaerqi sandstone in Xinjiang[J]. Xinjiang Nonferrous Metal,2008,(S2):24-27.
- 柳坤峰,冯昌荣,翟黎明,等. 新疆乌恰县吾合沙鲁地区水系沉积物地球化学特征与找矿远景[J]. 现代地质,2019,33(04):759-771.
- LIU Kunfeng,FENG Changrong,ZHAI Liming,et al. Geochemical Characteristics of Stream Sediments and Prospecting Direction in the Wuheshalu Area, Wuqia County,Xinjiang[J]. Geoscience,2019,33(4):759-771.
- 马伟. 新疆滴水砂岩型铜矿沉积物粒度特征及沉积体系研究[D]. 长春:东北大学,2013.
- MA Wei. Sediments Grain-size Characteristics and Depositional System Research of Dishui Sandstone-hosted Copper Ore in Xinjiang[D]. Changchun: Northeastern University,2013.
- 年武强,罗卫东,石玉君,等. 新疆伽师砂岩型铜矿地质特征及找矿标志[J]. 甘肃地质学报,2007,(Z1):28-33.
- NIAN Wuqiang,LUO Weidong,SHI Yujun,et al. Geological Characteristics and prospecting in dications of sandstone copper in Jiashi of XinJiang Province[J]. Gansu Geology,2007,(Z1):28-33.
- 时文革,巩恩普,褚亦功,等. 新疆拜城新近系含铜岩系沉积体系及沉积环境[J]. 沉积学报,2015,33(06):1074-1086.
- SHI Wenge,GONG Enpu,CHU Yigong,et al. Sedimentary System and Depositional Environment of Copper-Bearing Rock Series of Neogene in Baicheng County,Xinjiang[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2015,33(06):1074-1086.
- 时文革,姚玉增,巩恩普,等. 新疆滴水陆相砂岩型铜矿成因浅析[J]. 地质与资源,2016,25(01):60-68.
- SHI Wenge,YAO Yuzeng,GONG Enpu,et al. Research on Metallogeny of the Dishui lacustrine Sedimentary Rock-hosted Copper Deposit in XinJiang region[J]. Geology and Resources,2016,25(01):60-68.
- 王伟,李文渊,高满新,等. 塔里木陆块西北缘萨热克砂岩型铜矿床构造-流体演化对成矿的制约[J]. 地质通报,2018a,37(07):1315-1324.
- WANG Wei,LI Wenyuan,GAO Manxin,et al. Constraints on tectonic,fluid and metallogenic system evolution for the formation of Sareke sandstone copper deposit in northwestern Tarim block [J]. Geological Bulletin of China,2018a,37(07):1315-1324.
- 王伟,李文渊,唐小东,等. 塔里木陆块西北缘伽师铜矿成矿流体特征与成矿作用[J]. 岩石矿物学杂志,2018b,37

(04):605-620.

- WANG Wei, LI Wenyuan, TANG Xiaodong, et al. Ore-forming fluid features and mineralization of the Jiashi copper deposit in northwestern Tarim Block[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2018b, 37(04):605-620.
- 王伟, 李文渊, 唐小东, 等. 塔里木陆块西北缘滴水铜矿成矿流体特征与成矿作用[J]. *地质与勘探*, 2018c, 54(03):441-455.
- WANG Wei, LI Wenyuan, TANG Xiaodong, et al. Ore-forming fluid features and mineralization of the Dishui copper deposit in the northwest of Tarim block[J]. *Geology and Exploration*, 2018c, 54(03):441-455.
- 辛江. 新疆乌恰县杨叶砂岩型铜矿地质特征及成因浅析[J]. *矿床地质*, 2010, 29(S1):393-394.
- XIN Jiang. Geological characteristics and genesis of Yangye sandstone type copper deposit in Wuqia county, XinJiang[J]. *Mineral Deposits*, 2010, 29(S1):393-394.
- 杨兵. 陆相红层型铜铅锌矿床与红层盆地热卤水成矿作用[J]. *中国地质*, 2018, 45(03):441-455.
- YANG Bing. Red bed Cu-Pb-Zn deposits and mineralization of hot brine in continental red bed basin [J]. *Geology in China*, 2018, 45(3):441-455.
- 叶天竺, 吕志成, 庞振山, 等. 勘查区找矿预测理论与方法[M]. 北京:地质出版社, 2014.
- YE Tianzhu, LÜ Zhicheng, PANG Zhenshan, et al. Prediction theory and method of prospecting in exploration area[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014.
- 张江. 新疆伽师铜矿床地质特征及成因模式[J]. *地质找矿论丛*, 2011, 26(04):373-377.
- ZHANG Jiang. Geological characteristics of Jiashi Cu deposit in Xinjiang and the genetic model[J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 2011, 26(04):373-377.
- 张锦让, 温汉捷, 裘愉卓, 等. 兰坪盆地西缘沉积岩容矿脉状 Cu-Ag($\pm$ Pb-Zn)多金属矿床成矿流体特征[J]. *矿床地质*, 2015, 34(03):497-520.
- ZHANG Jinrang, WEN Hanjie, QIU Yuzhuo, et al. Characteristics of ore-forming fluids of Cu-Ag($\pm$ Pb-Zn) polymetallic deposits in western Lanping Basin, Yunnan Province[J]. *Mineral Deposits*, 2015, 34(03):497-520.
- 张宇寒, 胡煜昭, 任涛, 等. 塔西花园砂岩型铜矿床氧化铜矿物研究[J]. *矿物学报*, 2017, 37(05):625-629.
- ZHANG Yuhan, HU Yuzhao, REN Tao, et al. Research on Copper Oxide Minerals of Huayuan Sandstone Copper Deposit in West of the Tarim Basin[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2017, 37(05):625-629.
- 张振亮, 冯选洁, 董福辰, 等. 西南天山砂砾岩容矿床类型及找矿方向[J]. *西北地质*, 2014, 47(03):70-82.
- ZHANG Zhenliang, FENG Xuanjie, DONG Fuchen, et al. Type, Genesis and Exploration Direction of Glutenite-hosted Ore Deposits in the Southwestern Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. *Northwestern Geology*, 2014, 47(03):70-82.
- 赵洪礼. 新疆滴水砂岩型铜矿床特征与成矿模式探讨[J]. *新疆有色金属*, 2009, 32(S1):43-45.
- ZHAO Hongli. Study on characteristics and metallogenic model of water-drop sandstone-type copper deposit in XinJiang[J]. *Xinjiang Nonferrous metal*, 2009, 32(S1):43-45.
- 祝新友, 王京彬, 王玉杰, 等. 新疆萨热克铜矿——与盆地卤水作用有关的大型矿床[J]. *矿产勘查*, 2011, 2(01):28-35.
- ZHU Xinyou, WANG Jinbin, WANG Yujie, et al. The geologic characteristics of sareke copper deposit, XinJiang, China——Ore genesis related to basin brines[J]. *Mineral Exploration*, 2011, 2(01):28-35.
- 柳坤峰, 冯昌荣, 雷浩, 等. 水系沉积物测量发现新疆乌恰县吾合沙鲁中型铜矿[J]. *中国地质*, 2020, 47(2):548-549.
- LIU Kunfeng, FENG Changrong, LEI Hao, et al. The discovery of the Wuheshalu medium-sized copper deposit in Wuqia County, Xinjiang, by stream sediment survey [J]. *Geology in China*, 2020, 47(2):548-549 (in Chinese with English abstract).
- WANG Lei, FANG Weixuan, JIA Runxing, et al. The Features of Sedimentary Facies and Copper Enrichment Metallogenic Regularities of Kuzigongsu Group in Sareke Glutenite Type Copper Deposits, Wuqia, Xinjiang [J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 2017, 91(supp. 1):195-196.
- YU Wangjie, FANG Weixuan, Guo Yuqian, et al. On Mineralize-halo-forming Mechanism of Sareke Glutenite-type Copper Deposit in Xinjiang[J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 2017, 91(supp. 1):245-246.
- HAN Wenhua, FANG Weixuan, ZHANG Guishan, et al. Studies on Cataclastic Lithofacies and Copper Metallogenic Regularity for the Glutenite-type Sareke Copper deposit, Xinjiang [J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 2017, 91(supp. 1):210-211.