文章编号：1004-0609(2013)05-1405-12

青海省东昆仑地区铜矿成矿地质特征及靶区优选

张普斌[1]，张　宇[2,3]，杨自安[1]，刘忠法[2,3]，张建国[1]，石菲菲[1]，王　娟[1]

(1. 有色金属矿产地质调查中心，北京 100012；
2. 中南大学 有色金属成矿预测教育部重点实验室，长沙 410083；
3. 中南大学 地球科学与信息物理学院，长沙 410083)

摘　要：青海东昆仑地区位于秦—祁—昆古陆边缘深断裂成矿构造带西端。区内大地构造演化先后经历了 4 次较大规模的拉伸与闭合过程，以昆北、昆中和昆南三大断裂为界分为祁漫塔格晚元古—早古生代叠加裂陷带(Ⅰ)、东昆仑古生代岛弧带(Ⅱ)和古生代消减杂岩带(Ⅲ)3 个三级大地构造单元。在对典型矿床地质特征及前人资料系统分析的基础上，提出了造山晚期斑岩型+矽卡岩型铜多金属矿床、造山晚期斑岩型铜多金属矿床、晚元古代热水喷流沉积并经岩浆叠加改造富集的铜金多金属矿床 3 种重点寻找的铜矿床类型。根据区域总体成矿规律，优选出了 7 处铜矿找矿靶区，并分析了其找矿前景，认为雪山峰斑岩型铜矿靶区和东大滩斑岩与喷流沉积复合型铜矿靶区找矿前景最好。

关键词：铜矿类型；大地构造演化；成矿规律；矿床地质特征；找矿靶区；东昆仑地区
中图分类号：P612　　**文献标志码**：A

Metallogenic geological characteristics and targets optimization of copper deposit in Eastern Kunlun, Qinghai Province, China

ZHANG Pu-bing[1], ZHANG Yu[2,3], YANG Zi-an[1], LIU Zhong-fa[2,3],
ZHANG Jian-guo[1], SHI Fei-fei[1], WANG Juan[1]

(1. China Nonferrous Metals Resource Geological Survey, Beijin 100012, China;
2. Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Nonferrous Metals, Ministry of Education,
Central South University, Changsha 410083, China;
3. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Eastern Kunlun, Qinghai Province, China, is located in the west of Qing−Qi−Kun Old Land Edge Deep Fracture Metallogenic Tectonic Belt. The tectonic in Eastern Kunlun went through four large-scale stretching and closing processes, and three third tectonic units formed with Northern Kunlun Fault, Middle Kunlun Fault and Southern Kunlun Fault as boundary, are Qimantage Superimposed Rift Zone in late Proterozoic—early Paleozoic (Ⅰ), Eastern Kunlun Island-arc Zone in Paleozoic (Ⅱ) and Abatement Complex Zone in Paleozoic (Ⅲ). Based on study for geological characteristics of typical deposit and predecessors' material in the Eastern Kunlun, three key copper deposit types for prospecting, were put forward, which are namely porphyry + skarn type Cu polymetallic deposits in the late of orogenic, porphyry type Cu polymetallic deposits in the late of orogenic and copper gold and polymetallic deposits of exhalative sedimentary and superimposed on the transformation of the enrichment by magma in the late Proterozoic. Seven targets for prospecting copper deposits were chosen and the prospecting outlook was analyzed according to the regional

基金项目：国家"十一五"科技支撑计划资助项目(2006BAB01A06)；中国地质调查局青藏专项(1212010818091)；国土资源部公益性行业科研专项经费资助项目(200911007-04)；中南大学有色金属成矿预测教育部重点实验室发展基金资助项目
收稿日期：2012-06-16；**修订日期**：2013-04-26
通信作者：张　宇，博士研究生；电话：13467514755；E-mail：zyu2009@qq.com

metallogenic regularity, and it was pointed out that Xueshanfeng Target of porphyry copper deposit and Dongdatan Target of compound type copper deposit of porphyry and SEDEX have the best prospecting outlook.

Key words: copper deposit types; tectonic evolution; metallogenic regularity; geological characteristics of deposits; prospecting targets; Eastern Kunlun

东昆仑地区位于我国青藏高原东北部，柴达木盆地南缘，西起青新两省区交界，东至鄂拉山的哇洪山—温泉断裂带，东西长约 800 km。区内地势高耸，大多海拔在 4 000 m 以上，相对高差 500~1 600 m。尤其是西段的部分地带为高寒山区，常年积雪，交通困难。

20 世纪 80 年代以前，东昆仑地区地质研究薄弱，矿产资源研究很少，基本上处于未开发状态。20 世纪 80 年代以来，随着国土资源大调查和青藏高原专项的开展，对该区大地构造的特征性质和演化逐渐有所深化，举其要者，大致可分为以下 3 类：

① 大断裂说

以古凤宝(1994)[1]、张以茀等(1997)[2]为代表认为，东昆仑地区以昆北、昆中、昆南 3 条断裂为界，分为 3 个不同的区域构造单元：昆北褶皱断裂带、昆中杂岩中间隆起带、昆南褶皱带。这一观点一直影响到上世纪末，但对这 3 条深断裂的形成时代、演化特点、形成机制未能充分说明。

② 期开合说

姜春发等(1992)[3]、潘彤(2004)[4]、丰臣友等(2010)[5]、朱谷昌等(2011)[6]认为，柴南缘东昆仑的构造层演化具有多期开合特点，这个观点得到了近年来野外工作的不断证实，它确实反映了该区各期次构造运动演化过程，即元古代为陆缘裂陷、加里东期为边缘凹陷、海西期为大陆边缘海、燕山期陆内盆山构造。

③ 块构造说

近 10 年来，刘增铁等(2005)[7]、许志琴等(2007)[7]、张雪亭等(2007)[9]、范丽琨等(2009)[10]认为柴南缘东昆仑地区经多次洋陆变迁，多次俯冲碰撞、裂解拼合而成，但对每个洋壳的存在范围、俯冲带的位置、弧盆存在的准确鉴定仍存在不少疑问，如加里东洋、海西洋究竟是否存在，抑或仅是一个裂谷裂陷带，而不具备岛弧、俯冲、碰撞的过程，这些都还待深入商榷。

本文作者根据区域地质分析和几个典型矿床的重点解剖，同意多期构造运动观点，并根据事实加以补充。本区位于柴南缘、为陆缘，受深断裂控制，由于地壳减薄、地幔楔多次上涌张开，而后充填闭合，并受南部陆块挤压造山隆起，并有随时间演化而逐渐南移的特点，这样既弥补了单纯深断裂说的不足，又避免了多旋回板块碰撞说某些方面过多的推想。

近 10 年来，由于西部大开发和青藏高原专项的实施，基础地质调查和矿产勘查等工作不断深入，对于区域构造演化和成矿规律等方面取得了许多新的认识，并发现了一批铁、铜、金、钴、铅锌等重要矿床，如肯德可克铁钴铋金矿、虎头崖铅锌多金属矿、野马泉铁多金属矿、尕林格铁多金属矿、五龙沟金矿、督冷沟铜钴矿、果洛龙洼金矿等。

但是，就整个东昆仑区带而言，矿产资源的勘探开发仍处于起步阶段，特别是我国紧缺的铜矿资源，尚未取得找矿的重大突破。如何从该区特有的区域地质背景、构造演化、岩浆活动、成矿特征等方面的深入研究，根据实地调查成果，优选找矿靶区，明确找矿类型及目标，是当前的首要任务。

本文作者通过对大地构造演化、成矿规律和成矿地质条件等方面的研究，以及对区域化探异常等前人成果资料的综合分析，优选出了 7 处铜矿找矿靶区，为在该区部署下一步地质找矿工作提供了科学依据。

1 大地构造演化及成矿规律

1.1 大地构造演化

本区处于古元古欧亚大陆陆核基底南缘，秦—祁—昆边缘构造活动带，具有独特的大陆边缘活动带的大地构造特点。

自元古代柴达木古地块南缘发生边缘断裂以来，东昆仑地区先后经历了 4 次较大规模的拉伸与闭合过程[3]：

1) 中—晚元古代，柴达木古地块南缘发生近东西向的边缘裂陷，在金水口群基底之上沉积有小庙组、狼牙山组与丘吉东沟组的石英岩、石英绢云母片岩、长石石英岩夹黑云母斜长片麻岩，白云质大理岩、硅质白云质大理岩等沉积变质岩，局部有万宝沟群浅变质碎屑岩、玄武岩、碳酸盐岩，构成本区第一盖层。

2) 寒武纪早期，沿昆中大断裂该区再次张开，形成边缘海盆，发育有火山喷发沉积岩系，具有大陆边缘裂谷特征。至奥陶、志留纪时，该区又大幅度拉伸，形成滩间山群(纳赤台群[7−8])以基性、中基性为主的厚层火山喷发沉积岩系及与其有关的喷流沉积铁多金属矿层或矿源层。加里东运动结束了第二次裂陷拉伸环境历史，使柴南缘形成了一个由紧密褶皱及大量花岗

岩侵入体组成的柴南缘加里东造山带，使柴达木古陆块南缘大面积增生[11−12]。

3) 晚古生代—早中生代，自昆南断裂带以南发生大面积、长距离裂陷，即古特提斯洋形成，该区为多岛海洋。其北面陆地一侧形成泥盆—石炭纪的小型陆相火山和碎屑盆地沉积；其南面海洋一侧形成大片浅海相碳酸盐台地沉积。诸多古老片岩和片麻岩岛及早古生代岛屿被包在石炭—二叠纪的碎屑—碳酸盐岩层之中。二叠纪末的海西运动结束了第 3 次拉伸沉积历史，古特提斯洋在该区消失，形成海西期昆中褶皱造山带，并有造山花岗岩侵入[13]。

4) 在大陆体制下，该区由于基底近东西向断裂和后期叠加的北西向、北东向及近南北向断裂所形成的局部拉伸、断块升降，形成许多断断续续、雁列分布的陆相碎屑沉积中新生代山间盆地，即盆山构造。

李廷栋(1995)[14]指出“秦祁昆边缘断裂带之所以多次开合，乃是由于边缘断裂带显示出地壳减薄、地幔楔上涌所致”，这种地幔楔上涌随区域地质构造的演化具有周期性和递进性的特点。

1.2　大地构造分区

根据大地构造演化和构造特征，东昆仑地区以昆北、昆中和昆南[15]三大断裂为界分为 3 个三级大地构造单元(图 1)。

1) 祁漫塔格晚元古—早古生代叠加裂陷带(Ⅰ)。其南北两侧分布有富含铜等成矿元素的古元古基底(金水口群深变质火山沉积岩)，是本区最老的铜多金属矿源层。中晚元古第一盖层的火山沉积岩富含多金属成矿元素，并有多金属矿层产出，是本区又一含矿层。早古生代寒武—奥陶—志留纪，该区处于边缘拗陷带，除陆缘碎屑、浅海−深海相沉积外，有大量的中晚奥陶世海相火山喷发沉积岩及铁铜多金属矿层，为该区铜多金属矿的主要含矿层。晚古生代—中新生代构造岩浆活动叠加，对该区早期含铁铜多金属矿源层的成矿物质的淬取、改造、富集成矿起重大作用。

2) 东昆仑古生代岛弧带(Ⅱ)。介于昆北断裂与昆中断裂之间，分布有许多孤立的基底岩块和介于各岩块之间的古生代火山—沉积岩系，经晚古生代隆起造山，有大量的华力西期二长花岗闪长岩侵入，并残留一些洋壳残留体超基性蛇绿岩块。

3) 古生代消减杂岩带(Ⅲ)。位于昆中断裂带以南，特别是格尔木以东，二叠纪火山沉积岩与三叠纪复理石浊积岩非常发育，在马尔争至哈图沟(布尔汉布达山)地区，形成了大片热水喷流沉积岩及与之有关的喷流沉积矿床。这一带岩块组成非常复杂，它包括了许多不同时代的构造岩块或岩片，其中有蛇绿岩块、古基底岩块、晚古生代火山−沉积岩块。

以上的大地构造分区反映了柴南缘东昆仑边缘裂陷带多期活动，具有逐渐向南部推移而在原位地段有重复叠加的特征。因此，祁漫塔格晚元古—早古生代叠加裂陷带奠定了铁铜铅锌金属矿源的丰富物质基础，而后又因印支期造山岩浆侵入作用，使早期矿源进一步活化富集、改造叠加成矿。

1.3　成矿规律

根据上述资料分析，按该区构造演化和地层组合，东昆仑地区有 4 个构造层群：① 前古生代变质岩构造层群(金水口群与万宝沟群[16])；② 早古生代浅变质岩构造层群(纳赤台群[10]和滩间山群)；③ 晚古生代海相沉积−火山沉积岩系构造层群；④ 中新生代陆相沉积

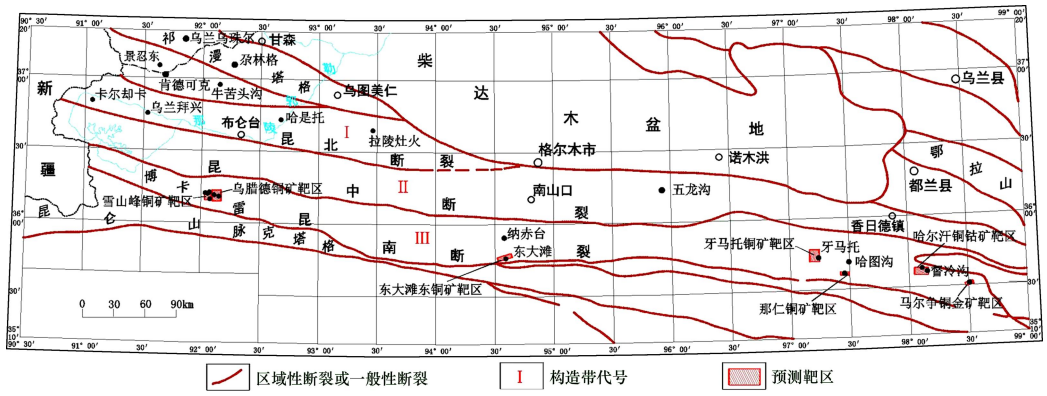

图 1　青海省东昆仑地区构造分区及铜矿找矿靶区分布图：Ⅰ—祁漫塔格晚元古—早古生代叠加裂陷带；Ⅱ—东昆仑古生代岛弧带；Ⅲ—古生代消减杂岩带

Fig. 1　Layout map of tectonic division and copper deposit targets in Eastern Kunlun in Qinghai Province, China: Ⅰ—Qimantage Superimposed Rift Zone in late Proterozoic−early Paleozoic; Ⅱ—Eastern Kunlun Island-arc Zone in Paleozoic; Ⅲ−Abatement Complex Zone in Paleozoic

−火山沉积岩系构造层群。前三者均位于柴达木古陆块南缘，代表 3 次构造上的开合运动，而最后一次则代表大陆内部开合与升降运动。在前 3 次开合运动的后期，都有相当规模的岩浆侵入活动，特别是印支期的造山岩浆侵入活动对该区的内生成矿作用影响最大。

分析认为，该区铜矿床主要有 3 种类型，各分布于不同的构造岩浆成矿带内：一是造山晚期矽卡岩型+斑岩型矿床，如卡尔却卡铜钼矿等；二是造山晚期斑岩型矿床，如乌兰乌珠尔斑岩铜(锡)矿和鸭子沟铜钼矿等[5,17−18]；三是晚元古代热水喷流沉积并经岩浆叠加改造矿床[19](如督冷沟铜钴矿)或晚元古代热水喷流沉积+斑岩的复合型矿床(如东大滩)。不同类型铜矿床(点)分布特征见表 1。

应该指出的是，上述不同类型矿床常常同位产出，这些地段找矿前景最佳。

表 1 不同类型铜矿床(点)分布特征表

Table 1 Layout feature table of different types of copper deposits (mine sites)

大地构造位置		矿点名称	矿床类型
祁漫塔格晚元古—早古生代叠加裂陷带	北侧加里东隆起区	乌兰乌珠尔矿床、小盆地矿点	斑岩型
	南侧加里东隆起区	求勉雷克卡尔却卡矿床、索拉吉尔矿点	矽卡岩型+斑岩型
	中部早古生代裂陷带	鸭子沟矿床	斑岩型
		冰沟南、哈德甘南、景忍东等矿点	矽卡岩+斑岩型
		迎庆沟、哈雅克登北、石头沟、哈是它、红卫山等矿点	矽卡岩型
东昆仑古生代消减杂岩带		乌腊德、高雪西 282、高雪西 285 等矿点	斑岩型
		哈图沟那仁矿点	矽卡岩+斑岩型
		督冷沟、纳赤台、哈尔汗、牙马托、马尔争等矿点	火山喷流沉积(改造)型
		东大滩铜矿点	火山喷流沉积+斑岩型

2 典型铜矿床地质特征

2.1 卡尔却卡铜钼矿

矿化类型多样，主要为印支晚期花岗闪长岩、华力西晚期似斑状黑云母二长花岗岩与奥陶—志留纪滩间山群碳酸盐岩接触带的矽卡岩型铜钼矿化[20−21]，多个矿体沿走向波状弯曲，膨大缩小，呈“S”形在矽卡岩带中断续分布，构成长约 3 000 m 的矿带(见图 2)，平

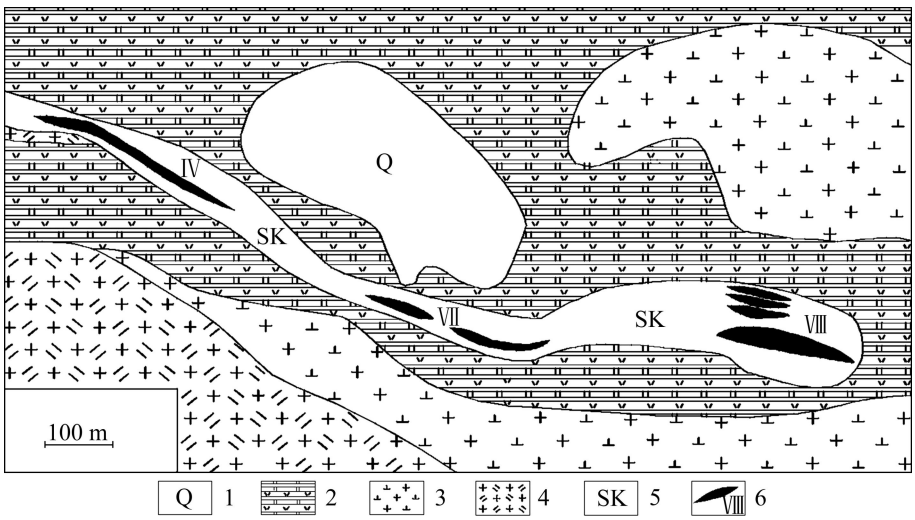

图 2 卡尔却卡 B 区地质图(据青海省地质调查院资料修编，2007)：1—第四系；2—滩间山群浅变质碎屑岩，变中—基性火山岩夹灰岩、白云质大理岩；3—印支期花岗闪长岩；4—华力西晚期似斑状二长花岗岩；5—矽卡岩；6—矿带及编号

Fig. 2 Geological map of Area B in Kaerqueka Mining Area (modified from materials in Geological Survey Institute of Qinghai Province, 2007): 1—Quaternary; 2—Grade metamorphic clastic rocks in Tanjianshan Group, metamorphic basic volcanic rocks with limestone and dolomitic marble; 3—Granodiorite in Indosinian; 4—Porphyritic monzogranite in late Variscan; 5—Skarn; 6—Ore belt and number

均厚度为 10.7 m，最大厚度达 33.4 m，倾向北，倾角近直立，铜平均品位为 0.58%，最高品位为 6.20%，是目前主要勘查类型；其次是似斑状黑云母二长花岗岩体中的斑岩铜矿化[22]，铜矿体长 200~1 890 m，厚 1.54~13.50 m，平均品位为 0.29%~1.00%。矿体呈透镜状，串珠状，走向北西—南东向，向北东陡倾；还发现有大理岩破碎带、硅化带中的金铅锌矿化，矿化蚀变带长大于 400~800 m，宽 20~180 m，矿体呈透镜状，近东西向展布，金最低品位为 1.04 g/t，最高品位为 32.80 g/t，平均品位为 3.61 g/t。

2.2　乌兰乌珠尔铜(锡)矿

乌兰乌珠尔斜长花岗岩体内，多方向断裂发育，形成多个破碎带[23−24](见图 3)。其中北西向的Ⅰ号含矿蚀变破碎带长约 6 km，最大宽度达 120~150 km，其中见 3 条铜矿体、2 条锡矿体；北东东向的Ⅱ号含矿蚀变破碎带长 5.6 km，宽 20~150 m，其中有 9 条铜(化)矿体、6 条锡(化)矿体。主矿体呈似层状，东西向展布，长 200~630m。其他矿体呈透镜状，规模较小。矿石矿物有黄铁矿、黄铜矿、白铁矿、锡石、黝锡矿及表生矿物。Cu 品位为 0.26%~0.62%，Sn 品位为 0.10%~0.21%。含矿岩性为花岗斑岩、糜棱岩化斜长花岗岩(见图 4)。围岩蚀变，斑岩中心往外依次为：钾化−绢英岩化带→绢英岩化带→青盘岩化带。

2.3　督冷沟铜钴矿

出露地层为万宝沟群火山沉积岩(见图 5)，局部有加里东期辉绿岩、华力西期中酸性浅成岩产出。万宝沟群火山沉积岩的层间断裂发育，岩层强烈揉皱。铜矿体赋存于安山岩、玄武安山岩之上的绿泥绢云母千枚岩中，呈长扁豆状、似层状，长 500~1 000 m(其中富矿矿体长 10~100 m)，宽 1~21.35 m。Cu 平均品位为 0.28%~1.13%，最高可达 32.7%；Co 平均品位为 1.13%；Au 平均品位为 0.27 g/t。矿石矿物有蓝铜矿、孔雀石、辉铜矿、黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿等。矿石具浸染状、细脉浸染状、条带状构造，富矿石则为块

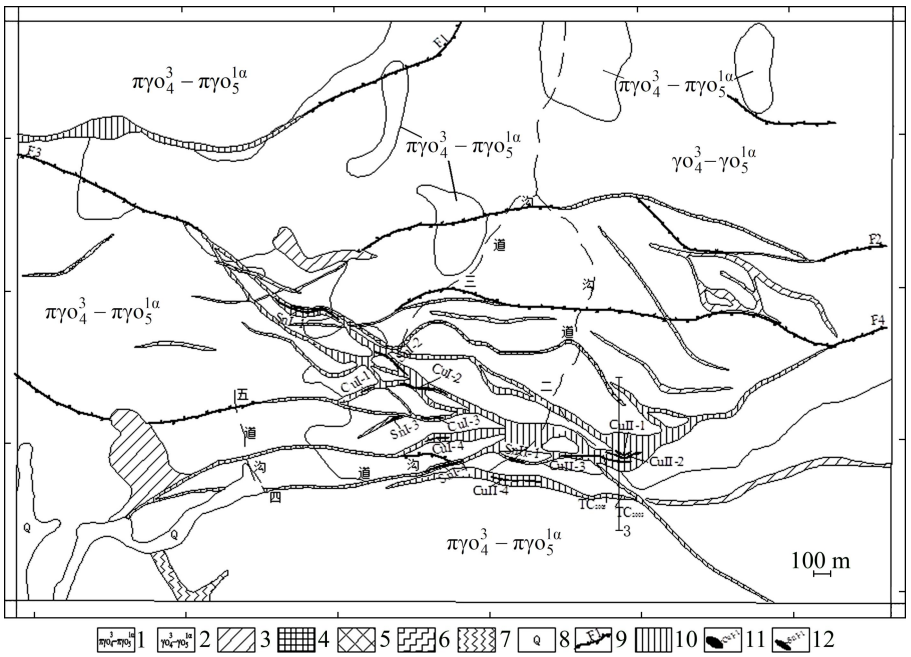

图 3　乌兰乌珠尔矿区地质图(据青海省地调院资料修编，2006)：1—晚海西－早印支似斑状花岗岩侵入体($\pi\gamma o_4^3-\pi\gamma o_5^{1a}$)；2—晚海西－早印支花岗岩侵入体($\gamma o_4^3-\gamma o_5^{1a}$)；3—早印支花岗斑岩脉($\pi\gamma_5^{1a}$)；4—晚印支细粒花岗岩脉($\gamma_5^{1b}$)；5—印支期钾长花岗岩脉($\varepsilon\gamma_5^1$)；6—燕山期闪长玢岩脉($\delta\mu$)；7—燕山晚期钾长花岗岩体($\gamma_5^{2b}$)；8—第四系；9—逆断层；10—蚀变破碎带；11—铜矿体及编号；12—锡矿体及编号

Fig. 3　Geological map of Wulanwuzhuer Mining Area (modified from materials in Geological Survey Institute of Qinghai Province, 2006): 1—Porphyritic granite intrusive body in late Hercynian—early Indosinian($\pi\gamma o_4^3-\pi\gamma o_5^{1a}$); 2—Granite intrusive body in late Hercynian—early Indosinian($\gamma o_4^3-\gamma o_5^{1a}$); 3—Granite-porphyry vein in early Indosinian($\pi\gamma_5^{1a}$); 4—Fine-grained granite vein in late Indosinian(γ_5^{1b}); 5—K-feldspar granite vein in Indosinian($\varepsilon\gamma_5^1$); 6—Diorite porphyry vein in Yanshanian($\delta\mu$); 7—K-feldspar granite body in late Yanshanian(γ_5^{2b}); 8—Quaternary; 9—Reverse fault; 10—Altered fracture; 11—Cu ore body and number; 12—Sn ore body and number

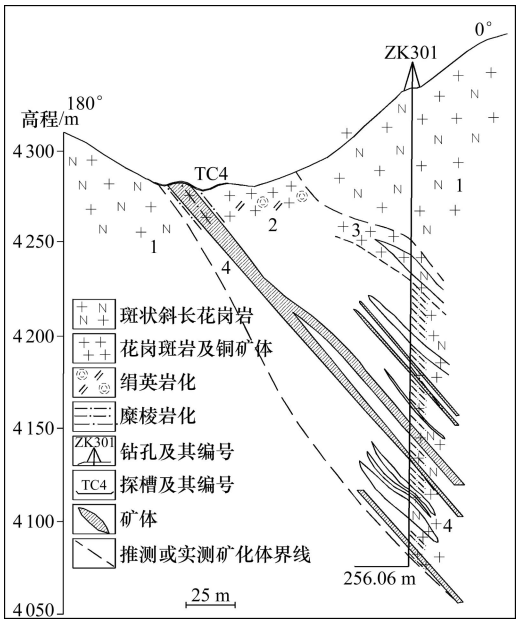

图 4 乌兰乌珠尔铜矿 3 号勘探线剖面图(据青海省地调院资料修编，2006)：1—似斑状斜长花岗斑岩；2—硅化、绢云母化含矿花岗斑岩；3—含铜花岗斑岩；4—糜棱岩化斜长花岗岩

Fig. 4 Profile map of exploration line No.3 in Wulanwuzhuer Cu deposit (modified from materials in Geological Survey Institute of Qinghai Province, 2006): 1—Porphyritic plagioclase granite porphyry; 2—Silicified, sericitized and mineralized granite porphyry; 3—Copper-bearing granite porphyry; 4—Mylonization plagiogranite

状构造。围岩蚀变有青磐岩化、绢云母化、硅化、碳酸盐化，其中硅化和碳酸盐化与矿化关系较为密切[23]。

3 靶区优选及找矿前景分析

靶区优选方法：在对大地构造演化、构造特征和成矿规律进行研究以及对前人资料进行分析的基础上，首先，根据区带地质成矿背景研究找出最有利成矿地段；其次，从 1/20 万及 1/5 万区测资料中选出较好成矿结点、已知矿床矿点或物探、化探异常带；最后，根据遥感影像定位，进行现场勘查取样、分析靶区地质成矿条件，适当增加物化探工作取得新资料，找到或圈出矿(化)体，并分析前景、作出优选判断。最终，在该区优选出 7 处铜矿找矿靶区(见图 1)。

3.1 雪山峰斑岩型铜矿靶区

位于布伦台西南 70 km，面积约 48 km^2，交通不甚方便。该区已发现高雪西 282 和高雪西 285 两处铜矿点。出露地层为晚元古代万宝沟群火山沉积岩与奥陶系滩间山群(见图 6)，矿体产于海西期二长花岗岩与花岗闪长岩复式侵入体内接触带附近的花岗岩闪长岩、万宝沟群变火山岩－蚀变玄武岩、片理化火山角砾岩的裂隙带及糜棱岩化破碎带中，常见细脉浸染状的含铜硫化物和含铜石英脉。主要金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、少量斑铜矿、磁黄铁矿，脉石矿物主要为石

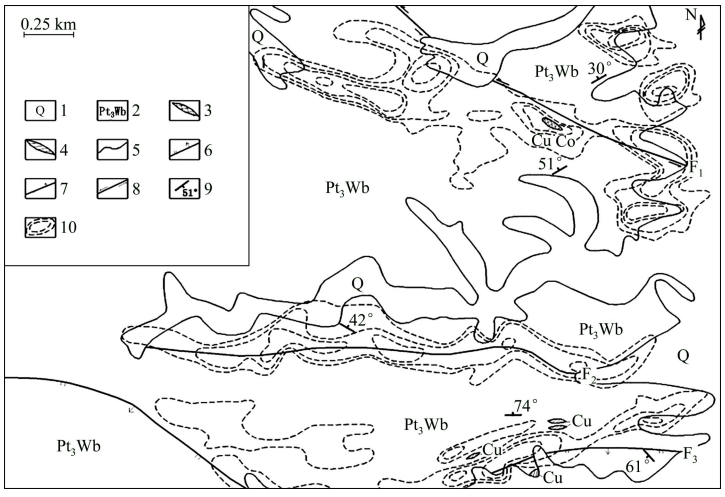

图 5 督冷沟矿区综合地质图(据青海有色矿勘院资料修编，2004)：1—第四系；2—万宝沟群火山沉积岩；3—铜钴矿体；4—铜矿体；5—地质界线；6—实测正断层及编号；7—实测逆断层及编号；8—平移断层及编号；9—地层产状；10—激电异常等值线

Fig. 5 Comprehensive geological map of Dulenggou Mining Area (modified from materials in Nonferrous Mine exploration Institute of Qinghai Province, 2004): 1—Quaternary; 2—Volcanic-sedimentary in Wanbaogou Group; 3—Copper-cobalt ore body; 4—Copper ore body; 5—Geological boundary; 6—Measured normal fault and number; 7—Measured reverse fault and number; 8—Strike-slip fault and number; 9—Attitude of stratum; 10—Induced polarization anomaly contour

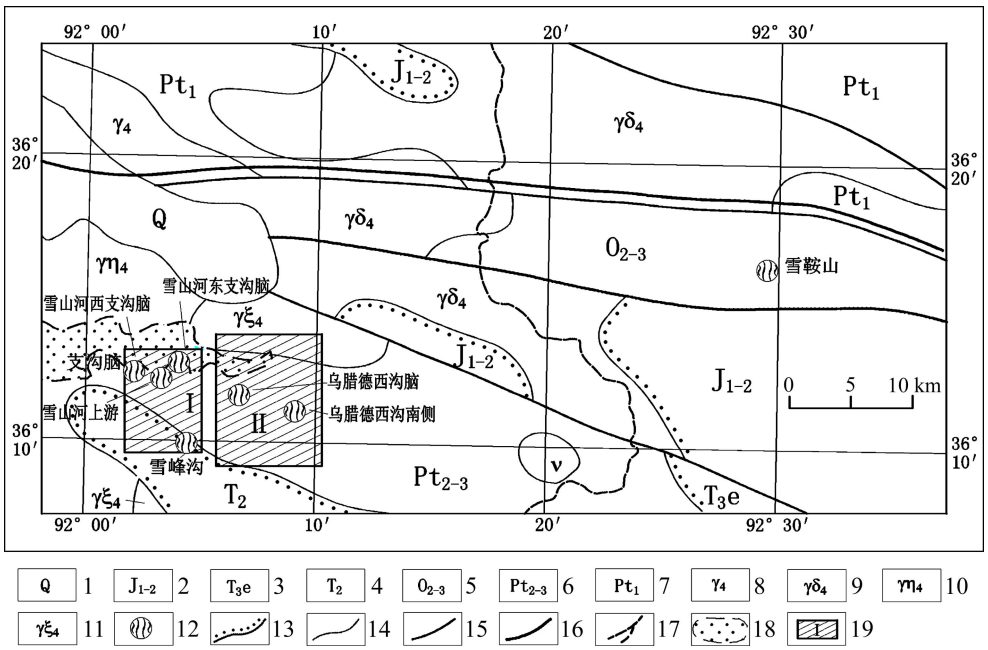

图 6　东昆仑地区雪山峰、乌腊德铜矿找矿靶区地质图(据“1：500000 柴达木南北缘铜铅锌多金属矿成矿规律图”修编)：1—第四系；2—下、中侏罗统含煤碎屑岩；3—上三叠统鄂拉山组陆相火山岩；4—中二叠统碎屑岩夹页岩、灰岩；5—中、上奥陶统火山沉积岩；6—中上元古界万宝沟群变质火山沉积岩；7—下元古界变质岩；8—花岗岩；9—花岗闪长岩；10—二长花岗斑岩；11—正长花岗岩；12—铜矿点；13—不整合界线；14—地质界线；15—断裂；16—深大断裂；17—河流；18—雪被；19—预测靶区(Ⅰ.雪山峰靶区；Ⅱ.乌腊德靶区)

Fig. 6　Geological map of Xueshanfeng and Wunade targets of prospecting copper deposits(modified from ‘The figure of Cu-Pb-Zn polymetallic metallogenic regularity in the south and north margin of Qaidam at 1:500000’): 1—Quaternary; 2—Coal-bearing clastic in Lower and Middle Jurassic; 3—Continental volcanic rocks in Elashan Formation in Upper Triassic; 4—Clastic interbedded with shale in Middle Permian; 5—Volcanic-sedimentary in Middle and Upper Ordovician; 6—Deterioration volcanic-sedimentary in Wanbaogou Group in Middle and Upper Proterozoic; 7—Metamorphic in Lower Proterozoic; 8—Granite; 9—Granodiorite; 10—Monzonitic granite porphyry; 11—Syenogranite; 12—Copper point; 13—Unconformity boundary; 14—Geological boundary; 15—Fault; 16—Deep fault; 17—River; 18—Snow; 19—Prospecting targets(Ⅰ.Xueshanfeng Target; Ⅱ.Wunade Target)

英、方解石。围岩蚀变主要有绢云母化、硅化、绿泥石化、绿帘石化、阳起石化、碳酸盐化。矿化带呈近东西向，断续长 2 km，宽 600 m 以上，矿化范围达 1.4 km^2。取样分析，Cu 品位为 1.24%；Zn 品位为 0.02%；Ag 品位为 11 g/t；Co 品位为 0.01%。

铜矿类型应为早元古代含硫化物海相火山岩经海西期岩浆侵入叠加改造而成的斑岩型铜矿。在该区寻找斑岩型铜矿具有很大的前景。

3.2　乌腊德斑岩型铜矿靶区

位于布伦台西南 70 km，西侧紧邻雪山峰靶区，属雪山峰西部沟脑，面积约 80 km^2，交通不便。出露地层主要为万保沟群变火山岩－蚀变玄武岩、片理化火山角砾岩等。有一条近东西向大逆断裂切过(见图 6)，断层走向近东西，向南倾，倾角约 40°。多方向的次级断裂发育，其中近东西向断裂与主断裂平行，产状相似。区内有石英闪长岩呈小岩株侵入于万保沟群变质火山岩内，小岩脉发育。岩体呈金鱼状，西部向西突出，中部岩体膨胀增大，东部岩体分成 4 个分枝，并向东尖灭。岩体为中细粒结构，中心呈似斑状构造，岩体面积约 3.2 km^2。

矿体主要分为 3 类：①产于岩体接触带上的石英脉型勘探，脉长 300 m，宽 20~30 cm，含黄铁矿、黄铜矿及少量闪锌矿；② 产于岩体西部侵入混合岩化片麻岩及条带状大理岩夹层间破碎带、硅化带的矿体，厚 1~2.5 m，断续出露达 1 km 以上；③产于石英闪长岩体内外接触带的细脉浸染状矿化带，宽 500~700 m，围绕接触带成半环状，矿物成份主要为孔雀石，可见有少量黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿。

围岩蚀变主要有硅化、绿泥石化、次闪石化、黄铁矿化。在大理岩附近，有石榴石、透辉石矽卡岩化。取样分析，Cu 品位为 0.21%~0.32%，Au 品位为

5×10^{-9}~40×10^{-9}。地表褐铁矿化与孔雀石化强烈、普遍。乌腊德夏拉郭勒岩体周边铜矿化也十分普遍。

矿床类型为脉型、破碎蚀变带型与细脉浸染型三位一体的斑岩型铜矿。该区岩体围岩(元古代编制火山沉积岩)为本区最老矿源层，受后期代造山构造岩浆活动强烈改造，对成矿甚为有利，具斑岩型铜矿的找矿前景。

3.3 东大滩斑岩与喷流沉积复合型铜矿靶区

位于格尔木市以南约 90 km，面积约 45 km^2，交通较方便(见图 7)。矿体产于纳赤台群石英绢云母片岩、大理岩与海西期二长花岗岩的接触带中。

纳赤台群大理岩透镜体夹层中的主矿体呈北东向展布，长约 2 000 m，宽 91~193 m。已圈出 19 个铜矿体，呈透镜状和脉状，产状与围岩一致，铜矿体长 18~150 m，厚 1~5.5 m，Cu 品位为 0.30%~2.18%，最高为 8.83%。

接触带内外为细脉浸染状矿化，细脉宽 0.2~2.0 cm，细脉带以含铜石英、黄铁矿为主，脉间为细粒黄铁矿、黄铜矿浸染，粒度 0.5~2.0 mm。二长花岗岩中长石多已蚀变，绢云母化、硅化发育，具有斑岩型铜矿的主要蚀变特点。

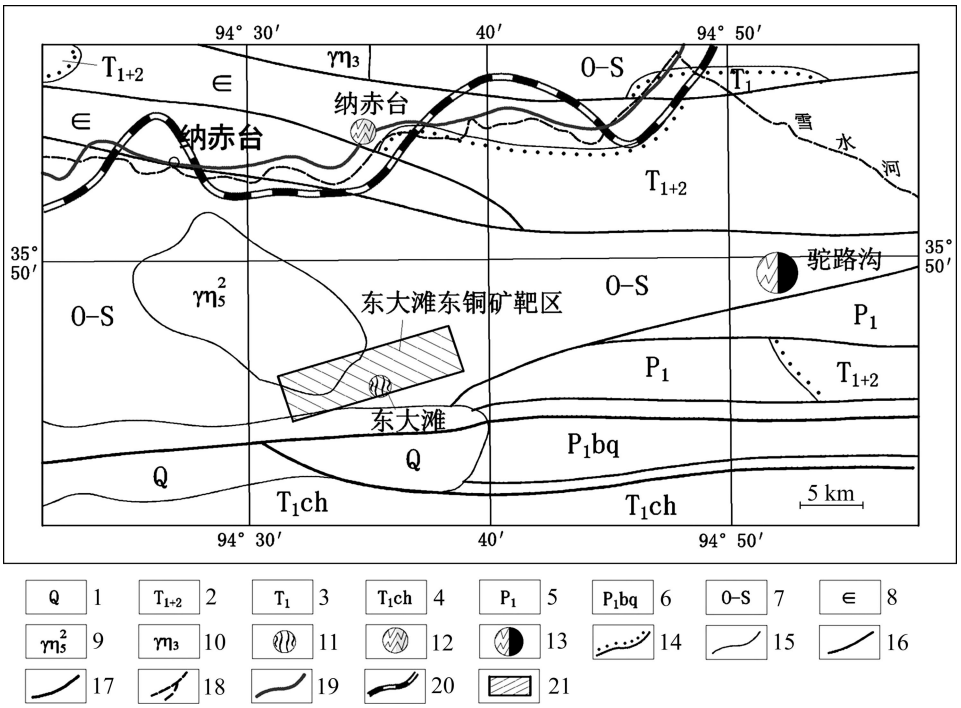

图 7 东昆仑地区东大滩铜矿找矿靶区地质图(据“1：500000 柴达木南北缘铜铅锌多金属矿成矿规律图”修编)：1—第四系；2—下、中三叠统砂板岩；3—下三叠统砂岩、灰岩、砾岩；4—下三叠统昌马河群砂岩、板岩互层夹灰岩、砾岩；5—下二叠统灰岩夹粉砂岩、砂页岩；6—下二叠统布青山群砂板岩夹灰岩、火山岩、砾岩；7—奥陶—志留系纳赤台群中基性火山沉积岩、碎屑岩及碳酸盐岩；8—寒武系基性火山沉积岩；9—印支—燕山期二长花岗斑岩；10—加里东期二长花岗斑岩；11—铜矿点；12—小型金铜矿床；13—中型钴金矿床；14—不整合界线；15—地质界线；16—断裂；17—深大断裂；18—河流；19—公路；20—铁路；21—预测靶区

Fig. 7 Geological map of Dongdatan targets of prospecting copper deposits in Eastern Kunlun(modified from ‘The figure of Cu-Pb-Zn polymetallic metallogenic regularity in the south and north margin of Qaidam at 1:500000’): 1—Quaternary; 2—Sandy slate in Lower and Middle Triassic; 3—Sandstone, limestone and conglomerate in Lower Triassic; 4—Sandstone and slate interbedded with limestone and conglomerate in Changmahe Group in Lower Triassic; 5—Limestone interbedded with Siltstone and sand shale in Lower Permian; 6—Sandy slate interbedded with limestone, volcanic rocks and conglomerate in Buqingshan Group in Lower Permian; 7—Medium-basic volcanic sedimentary rocks, clastic and carbonate rocks in Chitai Group in Ordovician—Silurian; 8—Basic volcanic−sedimentary in Cambrian; 9—Monzonitic granite porphyry in Indosinian−Yanshanian; 10—Monzonitic granite porphyry in Caledonian; 11—Copper point; 12—Small-scale gold-copper deposit; 13—Medium-sized cobalt-gold deposit; 14—Unconformity boundary; 15—Geological boundary; 16—Fault; 17—Deep fault; 18—River; 19—Highway; 20—Railway; 21—Prospecting targets

矿物组合为斑铜矿、黄铜矿、铜蓝、黝铜矿、辉铜矿、黄铁矿、方解石、石英等，矿石结构为它形−半自形粒状结构、文象及乳滴状结构。矿石构造有浸染状、条带状、细脉−网脉状等。

铜矿类型为斑岩与喷流沉积复合型铜矿。该区处于东昆仑古生代消减杂岩带和海西期造山花岗岩的叠加复合带上，早期有纳赤台群中的喷流沉积矿化，晚期有海西期花岗岩浆叠加改造，矿源丰富，成矿条件优越，具中大型喷流沉积与斑岩复合型铜矿床的找矿前景。

3.4　牙马托层控热液改造型铜矿靶区

位于布尔汉布达山近主山脊处，面积约 40 km^2，交通不便。出露有中晚元古万保沟群变质火山沉积岩系和志留−泥盆系浅变质砂板岩。华力西期花岗闪长岩岩株和燕山期正长花岗斑岩脉发育。

矿(化)体产于万宝沟群绿泥石片岩和花岗闪长岩接触带中。绿泥石片岩的蚀变破碎带有不均匀铜矿化和石英脉，矿化带产状与绿泥石片岩基本一致，出露长大于 2 000 m，宽 100 m。其中有 5 个矿体，长约 50 m，宽 1~3 m，Cu 品位为 1.2%~2.0%，主要矿物成分为黄铁矿、石英，见少量黄铜矿、闪锌矿。含 Cu 石英脉，长大于 30 m，厚 0.5~1.6 m，Cu 品位为 0.31%，蚀变为硅化与绿泥石化；接触带铜矿化产于矽卡岩中，矽卡岩沿岩体接触带呈鸡窝状、团块状断续分布，长 30~50 m，宽 1~3 m。围岩多为志留−泥盆系浅变砂板岩。磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿，少量黄铜矿、斑铜矿等金属矿物呈脉状及浸染状散布于矽卡岩中。Cu 品位为 0.4%~1.2%。

该区位于古生代消减杂岩带东端，有富含铜等成矿元素的万宝沟群变质中基性火山岩(矿源层)，经华力西期花岗闪长岩侵入叠加改造，形成层控热液改造型铜矿。区内已发现多处铜矿化点，构成一个层控热液改造型铜矿化带，有望成为一个中−大型的铜矿带。

3.5　哈图沟那仁矽卡岩型−斑岩型铜矿靶区

位于巴隆哈图沟约 30 km 处，面积约 24 km^2，交通不甚方便。构造位置为古生代消减杂岩带东段，哈图弧形构造的弧顶部位，主要地层为下古生代奥陶—志留纪云母石英片岩、绿泥石片岩、变安山岩及上覆二叠纪马尔争组火山沉积岩。该区西南部有华力西期花岗闪长岩。岩体接触带角岩化强烈，并常见有脉状、网脉状石榴石、透辉石矽卡岩。沿接触带有褐铁矿铁帽成群、成片出露，断续达 1 000 m，其中常见孔雀石、铜蓝。

铜矿化主要有两类：下古生代变质火山岩(安山岩及绿片岩)中的铜矿化和花岗闪长岩的内外接触带中的铜矿化。产于变质安山岩及绿片岩中的铜矿化带，断续长 1 400 m，单个矿体长 40 m，宽 15~30 m，矿化不均匀，一般含铜较低，Cu 品位为 0.15%~0.63%。初步查定两个矿体，规模分别为 135 m×17 m、50 m×2.5 m，铜品位为 0.2%~1.0%；产于花岗闪长岩内外接触带的铜矿体，长约 1 200 m，宽 80~450 m。岩体蚀变强烈，绢云母化、硅化均较发育，外接触带泥化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化亦甚普遍，具有斑岩铜矿的矿化特征，地表褐铁矿铁帽普遍，常见有孔雀石、铜蓝等。

该区位于东昆仑古生代消减杂岩带东段，出露早古生代海相中基性火山喷发沉积岩系，有晚古生代造山花岗岩侵入，对形成斑岩−矽卡岩型铜多金属矿床甚为有利，围岩蚀变普遍，矿化范围较广，有矽卡岩型−斑岩型铜矿的找矿前景。

3.6　哈尔汗火山喷流沉积(改造)型铜钴矿靶区

位于香日德镇南约 60 km 处，面积约 90 km^2，东邻督冷沟矿床，交通较方便。构造位置为古生代消减杂岩带东段。出露地层主要有上元古界万宝沟群安山质凝灰岩、凝灰质熔岩、蚀变玄武岩、玄武安山岩夹绿泥石千枚岩、炭质板岩、碳酸盐岩，总厚度大于 1 200 m，是铜钴矿的重要矿源层。断裂以北东—南西向为主，多发育于万宝沟群火山岩与凝灰质碎屑岩的过渡部位，沿断裂带内岩石蚀变强烈，片理化发育，并有辉绿岩脉、闪长岩脉、斑岩脉等侵入。

该区已发现铜(钴)矿化带 4 条，圈定铜矿(化)体 9 条，铜品位为 0.22%~1.65%，伴生有钴。其中，M1 矿化带呈近东西向展布，长约 4 000 m，宽 15~20 m，产于上元古界万宝沟群中的断层破碎带中，矿化类型以片理化蚀变玄武岩为主，蚀变有黄铁绢英岩化及青盘岩化。地表矿化以铜的氧化物为主，主要有蓝铜矿、孔雀石，次为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿；M2 矿化带呈东西—北东向展布，矿化带长约 1 600 m，宽 10~80 m。铜矿化赋存于玄武岩与绿泥绢云千枚岩的接触部位(主要集中在玄武岩)，呈多层矿化，矿化有孔雀石、蓝铜矿、辉铜矿、黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿等；M3 矿化带呈北东向展布，长约 2 000 m，宽 10~250 m，铜矿化产于断层破碎带和闪长岩脉的接触部位，含矿围岩为蚀变玄武岩，蚀变有硅化、绢云母化及碳酸盐化，有孔雀石、兰铜矿、黄铜矿等分布；M4 矿化带长约 3 700 m，宽 10~70 m，主要赋存于硅化、绿泥石化的玄武安山岩中，地表主要见孔雀石、蓝铜矿，次

为浸染状辉铜矿。在破碎带中，厚 1~5 cm 的石英细脉较发育，并发现一处含铜石英脉型的铜矿化点。

综上所述，铜矿化有两种类型：① 产于火山岩(安山玄武岩或凝灰岩)中的 VHMS 型矿床；② 产于玄武岩与绿泥绢云千枚岩之间或绿泥绢云千枚岩中的 SEDEX 型矿床。据 1/5 水系沉积物测量，圈定了哈尔汗 AS 甲 1Cu(Co)异常，异常面积大，平均值高，具浓度分带。表明该区具有热水喷流沉积(改造)型铜矿的找矿前景。

3.7 马尔争热水喷流沉积型铜矿靶区

位于布尔汉布达山南坡约 60 km 处，面积约 22 km^2，交通不方便。该区已发现亚门乌拉、乌苏屋矮两处矿点，相距 9.5 km，其成矿地质背景与矿床特征基本相同。

赋矿地层为下二叠统马尔争组[24](相当于布青山群 c 岩组)砂岩、火山岩系，有一条二长斑岩岩脉侵入，岩脉走向近东西向。矿体产于条带状粉砂岩与凝灰质泥质粉砂岩互层带内，铜矿(化)体呈断续小透镜状及似层状沿层间裂隙分布，每层厚 3~10 cm，许多细层与透镜体组成一个矿带。单个矿体长约 50~150 m，矿带延伸长约 2.5 km。矿石矿物主要有孔雀石、铜蓝、褐铁矿，其中偶见黄铜矿、斑铜矿残留颗粒。矿化带上盘硅化、绿泥石化发育。铜品位一般较低，为 0.3%~0.8%，个别地点达 1.2%，伴生的 Au 品位为 0.18 g/t、Ag 品位为 1.6g/t。总体特点是规模较大，品位偏低，矿体沿固定层位分布，层控明显。

该区位于古生代消减杂岩带东段，有下二叠统海相中基性火山岩与浅海相泥砂质碎屑岩建造，其中有多次活动的同生断裂，有利于形成热水喷流沉积型硫化物矿床。区域地质特征显示，马尔争组沿布尔汉布达山南坡直至布青山一带，层控型铜多金属矿点、化探异常(见图 8)断续分布[4]，构成长达数十公里的矿化异常带，具热水喷流沉积型铜矿的找矿前景。

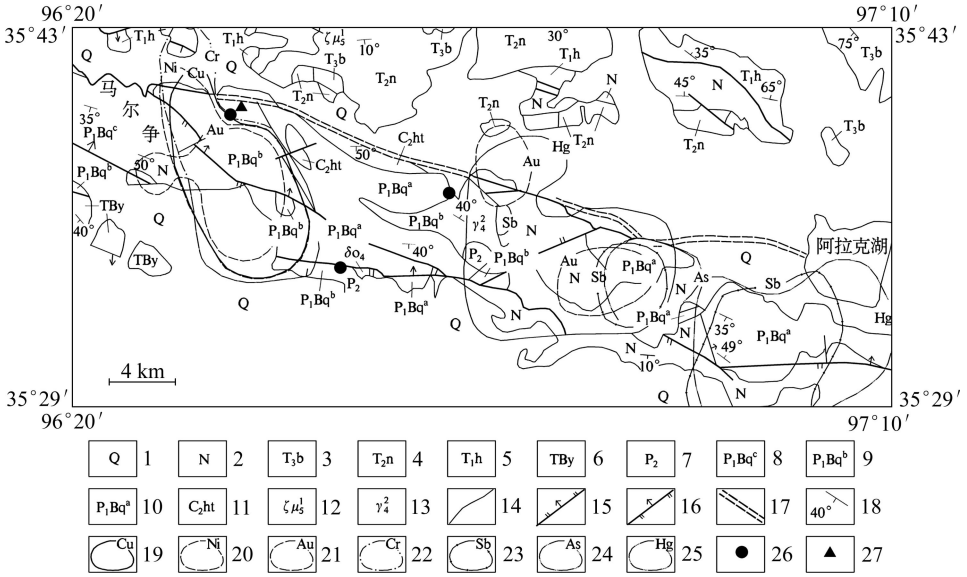

图 8 马尔争地区地质构造及化探异常分布略图(据《青海金矿》修编)：1—第四系；2—第三系；3—上三叠统八宝山群；4—中三叠统闹仓坚沟组；5—下三叠统洪水川组；6—三叠系巴颜喀拉山群；7—上二叠统(未分)；8—下二叠统布青山群 c 岩组；9—下二叠统布青山群 b 岩组；10—下二叠统布青山群 a 岩组；11—上石炭统特洛哇组；12—印支期安山玢岩；13—华力西期细粒至中细粒花岗岩；14—地质界线；15—正断层；16—逆断层；17—现代活动断层；18—地层产状；19—铜异常；20—镍异常；21—金异常；22—铬异常；23—锑异常；24—砷异常；25—汞异常；26—铜矿(化)点；27—铁矿点

Fig. 8 Layout sketch map of geological structure and geochemical anomalies in Maerzheng (modified from 'The gold deposits in Qinghai Province'): 1—Quaternary; 2—Tertiary; 3—Babaoshan Group in upper Triassic; 4—Naochangjiangou Group in Middle Triassic; 5—Hongshuichuan Group in Lower Triassic; 6—Bayanelashan Group in Triassic; 7—Upper Permian (Not divided); 8—Formation c in Buqingshan Group in Lower Permian; 9—Formation b in Buqingshan Group in Lower Permian; 10—Formation a in Buqingshan Group in Lower Permian; 11—Teluowa Group in Upper Carboniferous; 12—Andesitic porphyrite in Indosinian; 13—Fine-grained granite in Variscan; 14—Geological boundary; 15—Normal fault; 16—Reverse fault; 17—Modern active faults; 18—Attitude of stratum; 19—Copper anomalies; 20—Nickel anomalies; 21—Gold anomalies; 22—Chromium anomalies; 23—Antimony anomalies; 24—Arsenic anomalies; 25—Mercury anomalies; 26—Copper point; 27—Iron point

4　结论

1) 东昆仑地区是一个位于柴达木陆块南缘的边缘深大断裂活动带，具有多期活动、开合演化特征，以昆北、昆中和昆南三大断裂为界跨 3 个三级大地构造单元，即祁漫塔格晚元古—早古生代叠加裂陷带(Ⅰ)、东昆仑古生代岛弧带(Ⅱ)和古生代消减杂岩带(Ⅲ)。区内地层出露较全，地质构造复杂，岩浆活动强烈，有多种金属成矿类型。

2) 印支期构造岩浆活动对该区内生成矿具有决定性影响，它一方面活化改造早期地层中成矿物质，另一方面又叠加了岩浆带来的新组份，结果形成了该区特有的多种类型矿床组合格局。该区铜多金属成矿类型主要有矽卡岩型+斑岩型矿床、斑岩型矿床、热水喷流沉积(改造)或热水喷流沉积+斑岩的复合型矿床，且常有数个类型的矿床同位产出。

3) 根据区内成矿地质条件和部分物化探资料分析认为，该区铜等金属矿产找矿潜力大，并初步选出雪山峰斑岩型铜矿靶区、乌腊德斑岩型铜矿靶区、东大滩斑岩与喷流沉积复合型铜矿靶区、牙马托层控热液改造型铜矿靶区、哈图沟那仁矽卡岩型—斑岩型铜矿靶区、哈尔汗火山喷流沉积(改造)型铜钴矿靶区和马尔争热水喷流沉积型铜矿靶区等 7 个有力找矿靶区。

致谢：在本文研究和编写过程中，得到了中南大学吴延之教授、西北有色地质勘查局罗才让教授的悉心指导，在此深表感谢！

REFERENCES

[1] 古凤宝. 东昆仑地质特征及晚古生代—中生代构造演化[J]. 青海地质, 1994(1): 4−14.
GU Feng-bao. Geological characteristics and tectonic evolution from Paleozoic to Mesozoic in Eastern Kunlun[J]. Qinghai Geological, 1994(1): 4−14.

[2] 张以茀, 庞存廉, 李长利, 陈国隆, 徐忠杰. 可可西里三叠纪沉积盆地的形成与演化[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1997.
ZHANG Yi-fu, PANG Cun-lian, LI Chang-li, CHEN Guo-long, XU Zhong-jie. Formation and evolution of sedimentary basins in Triassic in Kekexili[M]. Xining: Qinghai People's Publishing House, 1997.

[3] 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 朱志直, 赵　民, 柴耀楚, 施希德, 王怀, 胡金庆. 昆仑开合构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 1−224.
JIANG Chun-fa, YANG Jing-sui, FENG Bing-gui, ZHU Zhi-min, ZHAO Min, CHAI Yao-chu, SHI Xi-de, WAMG Huai, HU Jin-qing. Kunlun opening-closing tectonics[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 1−224.

[4] 潘　彤. 青海东昆仑督冷沟铜钴矿床控矿条件的探讨[J]. 矿产与地质, 2004, 18(2): 109−112.
PAN Tong. Discussion on ore controlling condition of Dulengou Cu-Co deposit in Eastern Kunlun Metallogenic Belt, Qinghai[J]. Mineral Resources and Geology, 2004, 18(2): 109−112.

[5] 丰臣友, 李东生, 吴正寿, 李军红, 张占玉, 张爱奎, 舒晓峰, 苏生顺. 东昆仑祁漫塔格成矿带矿床类型、时空分布及多金属成矿作用[J]. 西北地质, 2010, 43(4): 10−15.
FENG Cheng-you, LI Dong-sheng, WU Zheng-shou, LI Jun-hong, ZHANG Zhan-yu, ZHANG Ai-kui, SHU Xiao-feng, SU Sheng-sun. Deposit types, spatial and temporal distribution and polymetallic mineralization of Qimantage Metallogenic Belt in Eastern Kunlun[J]. Northwest Geological, 2010, 43(4): 10−15.

[6] 朱谷昌, 丰臣友. 柴达木南北缘大型铜铅锌矿资源基地评价技术开发及应用报告[R]. 北京: 有色金属矿产地质调查中心, 2011.
ZHU Gu-chang, FENG Cheng-you. Evaluation report on technology development and application of large copper lead-zinc mine resource base in Qaidam north and south margin[R]. Beijing: China Nonferrous Metals Resource Geological Survey, 2011.

[7] 刘增铁, 任家琪, 杨永征, 孙崇仁. 青海金矿[M]. 北京: 地质出版社, 2005: 214−217.
LIU Zeng-tie, REN Jia-qi, YANG Yong-zheng, SUN Chong-ren. Gold deposits in Qinghai province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005: 214−217.

[8] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 张建新, 吴才来. 造山的高原: 青藏高原的地体拼合、碰撞造山及隆升机制[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 3−29.
XU Zhi-qin, YANG Jing-sui, LI Hai-bing, ZHANG Jian-xin, WU Cai-lai. Orogenic plateau: Terrain collage, collision orogenic and uplift mechanism of Qinghai-tibet plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007: 3−29.

[9] 张雪亭, 杨生德. 青海省板块构造研究—1:100 万青海省大地构造图说明书[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 128−162.
ZHANG Xue-ting, YANG Sheng-de. Study on plate tectonic in Qinghai Province: Instructions of tectonic map of Qinghai Province at 1:1 million[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007: 128−162.

[10] 范丽琨, 蔡岩萍, 梁海川, 李宏录. 东昆仑地质构造及地球动力学演化特征[J]. 地质调查与研究, 2009, 33(3): 181−186.
FANG Li-kun, CAI Yan-ping, LIANG Hai-chuan, LI Hong-lu. Characteristics of geological structure and geodynamic evolution of Eastern Kunlun[J]. Geological Survey and Research, 2009, 33(3): 182−186.

[11] 潘裕生, 周伟明, 许荣华, 王东安, 张玉泉, 谢应雯, 陈挺恩, 罗辉. 昆仑山早古生代地质特征与演化[J]. 中国科学: D 辑, 1996, 24(4): 302−307.
PAN Yu-shen, ZHOU Wei-ming, XU Rong-hua, WANG Dong-an, XIE Ying-wen, CHEN Ting-en, LUO Hui. Geological characteristics and evolution in early Paleozoic in Kunlun Mountain[J]. Science in China: Series D, 1996, 24(4): 302−307.

[12] 尹福光, 潘桂棠, 李兴振. 昆仑多岛弧盆系及泛华夏大陆的增生[J]. 大地构造与成矿学, 2003, 27(1): 22−28.
YIN Fu-guang, PAN Gui-tang, LI Xing-zhen, Multi-arc-basin system of Kunlun orogenic belt and the Pan-Cathaysian Continental accretion[J]. Geoteceonics and Metallogeny, 2003, 27(1): 22−28.

[13] 郭正府, 邓晋福, 许志琴, 莫宣学, 罗照华. 青藏晚古生代—中生代中酸性火山岩与陆内造山过程[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 344−352.
GUO Zheng-fu, DENG Jin-fu, XU Zhi-qin, MO Xuan-xue, LUO Zhao-hua. Acidic volcanic rocks and intracontinental orogenic process in late Paleozoic — Mesozoic of Qinghai Tibet[J]. Modern Geology, 1998, 12(3): 344−352.

[14] 李廷栋. 青藏高原隆升的过程和机制[J]. 地球学报, 1995(1): 1−9.
LI Ting-dong. The uplifting process and mechanism of the Qinghai—Tibet Plateau [J]. Acta Geoscientica Sinica, 1995(1): 1−9.

[15] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991: 521−574.
Geology and Mineral Resources Bureau of Qinghai Province. Regional geology of Qinghai Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 521−574.

[16] 朱志直, 赵 民, 郑健康. 东昆仑中段纳赤台群的解体与万宝沟群的建立[C]//青藏高原地质文集, 1985, 16: 1−14.
ZHU Zhi-zhi, ZHAO Min, ZHEN Jian-kang. Disintegration of Nachitai Group and establish of Wangbaogou Group in middle of Eastern Kunlun[C]//Geological Essays of Qinghai-Tibet Plateau, 1985, 16: 1−14.

[17] 丰成友, 李东生, 吴正寿, 马圣钞, 李国臣, 王 松. 青海东昆仑成矿带斑岩型矿床的确认及找矿前景分析[J]. 矿物学报, 2009(S1): 171−172.
FENG Cheng-you, LI Dong-sheng, WU Zheng-shou, MA Shen-cao, LI Guo-cheng, WANG Song. Confirmation of the porphyry-type deposits and prospective analysis of Eastern Kunlun Metallogenic Belt in Qinghai Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2009(S1): 171−172.

[18] 姜寒冰, 李文渊, 谭文娟, 张照伟, 高永宝, 郭周平, 宿晓虹. 东昆仑那陵格勒一带斑岩铜矿的初步研究[J]. 西北地质, 2010, 43(4): 245−254.
JIANG Han-bing, LI Wen-yuan, TAN Wen-juan, ZHANG Zhao-wei, GAO Yong-bao, GUO Zhou-ping, SU Xiao-hong. Preliminary study on porphyry copper deposit in Nalinggele in Eastern Kunlun[J]. Northwest Geological, 2010, 43(4): 245−254.

[19] 李智明, 薛春纪, 王晓虎, 汤 桦, 涂其军, 滕家欣, 李荣社. 东昆仑区域成矿特征及有关找矿突破问题分析[J]. 地质论评, 2007, 53(5): 708−718.
LI Zhi-ming, XUE Ji-chun, WANG Xiao-hu, TANG Hua, TU Qi-jun, TENG Jia-xin, LI Rong-she. Features of regional mineralization and analysis of the exploration development in the Eastern Kunlun Mountains[J]. Geological Review, 2007, 53(5): 708−718.

[20] 李东生, 张占玉, 苏生顺, 郭世珍, 张海兰, 奎明娟. 青海卡尔却卡铜钼矿床地质特征及成因探讨[J]. 西北地质, 2010, 43(4): 239−244.
LI Dong-sheng, ZHANG Zhan-yu, SU Sheng-shun, GUO Shi-zhen, ZHANG Hai-lan, KUI Ming-juan. Geological characteristics and genesis of the kaerqueka copper molybdenum deposit in Qinghai Provinc[J]. Northwest Geoscience, 2010, 43(4): 239−244.

[21] 宋文彬, 赖建清, 黄 敏, 杨自安, 张普斌, 欧阳华平. 青海省卡尔却卡铜多金属矿床流体包裹体特征及成矿流体[J]. 中国有色金属学报, 2012, 22(3): 733−742.
SONG Wen-bin, LAI Jian-qing, HUANG Min, YANG Zi-an, ZHANG Pu-bing, OUYANG Hua-ping. Characteristics of fluid inclusions and origin of Kaerqueka copper polymetallic deposit, Qinghai Province[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2012, 22(3): 733−742.

[22] 李世金, 孙丰月, 王 力, 李玉春, 刘振宏, 苏生顺, 王 松. 青海东昆仑卡尔却卡多金属矿区斑岩型铜矿的流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2008, 27(3): 399−401.
LI Shi-jin, SUN Feng-yue, WANG Li, LI Yu-chun, LIU Zheng-hong, SU Sheng-sun, WANG Song. Study on fluid inclusions of Kaerqueka copper polymetallic porphyry copper deposit in Kunlun, Qinghai Province[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(3): 399−401.

[23] 胡永达, 孙丰月, 李碧乐, 丁清峰. 青海东昆仑乌兰乌珠尔铜矿金属矿物特征及意义[J]. 地质与资源, 2006, 15(3): 191−199.
HU Yong-da, SUN Feng-yue, LI Bi-le, DING Qing-feng. Characteristics and significance of metallic minerals from Wulan Wuzhuer copper deposit in the Eastern Kunlun Orogenic Belt, Qinghai Procince[J]. Geology and Resources, 2006, 15(3): 191−199.

[24] 佘宏全, 张德全, 景向阳, 关 军, 朱华平, 丰成友, 李大新. 青海省乌兰乌珠尔斑岩铜矿床地质特征与成因[J]. 中国地质, 2007, 34(2): 306−314.
SHE Hong-quan, ZHANG De-quan, JING Xiang-yang, GUAN Jun, ZHU Hua-ping, FENG Cheng-you, LI Da-xin. Geological characteristics and genesis of the Wulan Wuzhuer porphyry copper deposit in Qinghai[J]. China Geology, 2007, 34(2): 306−314.

(编辑 何学锋)