

东昆仑区域成矿特征及有关找矿突破问题分析

李智明^{1,3)}, 薛春纪²⁾, 王晓虎¹⁾, 汤桦³⁾, 涂其军¹⁾, 滕家欣³⁾, 李荣社³⁾

1) 长安大学, 西安, 710054;

2) 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 地球科学与资源学院, 北京, 100083;

3) 中国地质调查局西安地质矿产研究所, 西安, 710054

内容提要:东昆仑经历了复杂的造山过程和构造、岩浆、沉积作用, 金属成矿条件优越。以区域构造和成矿作用特点为基础, 区域自北而南可划分为4个构造—成矿带。近年来, 国土资源调查等工作在东昆仑地区的基础地质和矿产勘查等方面取得了许多令人瞩目的成绩, 发现了较多新的矿产地。本文分析了东昆仑区域地质、区域地球化学、区域矿产等特征, 研究了近年新发现矿床的成矿条件及矿床地质特征, 分析了东昆仑区域矿产勘查突破的可能途径。

关键词:新发现矿床; 区域成矿; 勘查突破; 东昆仑

东昆仑造山带地跨青海和新疆两省(区), 具有复杂的演化历史和独特的构造过程, 蕴藏着丰富的矿产资源, 以往地质矿产工作程度较低。近年来, 随着国家地质找矿战略西移和新一轮国土资源大调查工程实施, 本区基础地质和矿产勘查工作均取得明显进展, 新发现了一批钴、铜、金、钨、锡等金属矿化(李厚民等, 2000; 张德全等, 2001, 2002; 丰成友等, 2004; 潘彤等, 2003, 2004), 显示出巨大的找矿潜力。但是, 如何尽快实现大型—超大型矿床的找矿勘查突破是备受人们关注的重大问题。本文试图通过分析东昆仑区域地质、区域地球化学、区域矿产等特征, 研究近年新发现矿床的成矿条件及矿床地质, 探索在东昆仑实现大型矿床找矿突破的可能途径。

1 区域成矿地质背景

东昆仑成矿带位于青藏高原东北缘, 西起苦牙克—阿尔金断裂, 东与鄂拉山相接, 北邻柴达木盆地, 南到库赛湖—布青山一带, 是中国秦岭—祁连山—昆仑山中央造山带西部的组成部分。区内发育横贯全区的昆北、昆中、昆南3条区域性深断裂及北巴颜喀拉断裂, 自北向南将其分为昆北(火山—侵入

岩带)、昆中(花岗—变质杂岩带)、昆南(陆缘活动带)、阿尼玛卿(火山—侵入岩带)和北巴颜喀拉5个构造带(图1)。

区域出露地层以元古宇、古生界和中生界为主, 但不同构造带差别较大。在昆北断裂带及其以北地区, 主要出露晚奥陶世、晚泥盆世和晚三叠世火山岩、火山碎屑岩地层, 晚奥陶世以铁石达斯群玄武岩、安山玄武岩为主体, 厚近万米, 与该带铁、铜、钴、铋、金多金属矿产有密切的成因联系, 晚泥盆世和晚三叠世广泛分布中酸性—碱性—钙碱性系列为主的火山碎屑岩, 反映出陆相火山喷发规模较大。昆北和昆中两断裂之间以大面积分布前寒武纪变质岩系和多时代侵入杂岩为特征, 古元古界金水口群为中高级变质岩系, 中元古界冰沟群为浅变质岩系, 晚泥盆世—早二叠世广泛分布陆相火山—沉积岩。昆南和昆中断裂之间的地层较复杂, 新元古界—古生界均由浅变质中基性火山岩和火山碎屑岩等组成, 各时代地层之间均为角度不整合接触, 中三叠统闹仓坚沟组为前陆盆地沉积。阿尼玛卿—巴颜喀拉地区二叠纪火山岩地层大面积出露, 呈似层状展布, 以发育双峰式火山岩为特征。北巴颜喀拉构造带为下三

注: 本文为中国地质调查局地质大调查项目(编号200230000018)的成果。

收稿日期: 2006-12-22; 改回日期: 2007-05-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 李智明, 男, 1963年生。博士研究生, 教授级高级工程师, 主要从事区域成矿学研究。通讯地址: 710054, 西安市友谊东路438号西安地质矿产研究所技术处; Email: lzmmjy@126.com。

叠统巴颜喀拉山群巨厚的类复理石沉积建造。

区内岩浆侵入活动以昆中帶最强烈,大量分布以华力西—印支期为主的闪长岩—花岗岩类,构成东昆仑地区最醒目的岩浆岩带,在昆南和阿尼玛卿帶中分布有少量印支期(223~190Ma,许志琴等,2001)同构造花岗岩,而在南部的北巴颜喀拉构造帶中仅见极少量燕山期中酸性岩脉。此外,还有两条不同时代的蛇绿岩带,昆中蛇绿岩带和阿尼玛卿蛇绿岩带(朱云海等,1999;边千韬等,2002)。

东昆仑是一个具有复杂演化历史的多旋回复合造山带(潘裕生等,1996;殷鸿福等,1997;姜春发等,2000),主要经历了前寒武纪古陆形成(造山带基底)、早古生代(加里东期)造山[包括早古生代(Pt_3-O_3)洋盆开合及加里东($S-D_3$)褶皱山链的形成]、晚古生代—早中生代(晚华力西期—印支期)造山[包括古特提斯洋盆($C-T_3$)开合和东昆仑—巴颜喀拉褶皱山链(T_3)的形成]以及中—新生代叠复造山等4个构造旋回(徐文艺等,2001)。其中,早古生代和晚古生代—早中生代构造旋回与区内铜、金、钴等多金属矿床形成关系最密切。前者形成区内多岛洋/裂陷槽的构造格局,并于晚加里东期发生陆内俯冲,导致成矿流体活化和金属成矿物质的初始富集;后者是叠加在加里东造山带之上的一次复合造山作用,尤其是在印支末期,巴颜喀拉—阿尼玛卿洋盆向北的俯冲闭合与碰撞作用诱发了大规模金成矿作用,导致区内诸如五龙沟、开荒北、东大滩、大场、小干沟、西藏大沟等数个中、大型金、锑矿床和矿点的形成与规律性分布。

2 区域岩石建造的含矿性

通过对东昆仑地区元素地球化学数据进行分析处理并与区域地球化学背景对比表明,Cr、Ni、Co、Au、Cu、Sb、As元素在昆中和昆南两深大断裂之间呈整体的高背景特征,基性—中基性火山岩沿断裂呈线型分布(张文秦等,2002),说明昆中和昆南深大断裂对本区地层、岩浆岩及区域成矿起重要控制作用(图2)。该地区复杂的构造演化和造山运动控制着区内山脉、水系、沉积建造及岩浆活动的分布格局,决定了地球化学元素含量变化在时间的继承性和空间上的分布规律,其所形成的地球化学场、地球化学异常与已知矿(床)点空间分布的集中成带性、成群性和整体构形的有序性。

总观青海全省40种元素及氧化物的平均丰度,与全国平均丰度相比差异较小,但Au、Ba、Bi、Co、

Cu、F、Mo、Ni、Sr、Zn、 TFe_2O_3 、MgO、CaO、NaO、Nb、Rb、W、Sb等元素丰度较高^①。元素含量总体呈北高南低(北纬 36° 为界),北部元素组合复杂,离差较大;南部元素组合较简单,离差相对较小,在巴颜喀拉地区形成低缓平静地球化学场,沉积有厚层的马尔争组,其火山岩系中的铜、钴含量(分别为 $79 \times 10^{-6} \sim 97.5 \times 10^{-6}$ 和 43×10^{-9}),远远高于其他地区同类岩石,是较重要的矿源层和赋矿层,目前已知的多数VMS型矿床或矿点都与之相关;南部唐古拉准地台区元素含量变化又趋活跃的总趋势,显示出北部构造演化多期复合及岩浆活动频繁强烈和早期构造北强南弱、晚期构造运动南强北弱的时空演化特征。

3 区域成矿特征及找矿进展

3.1 区域矿床成矿系列

东昆仑造山带经历了复杂的造山过程和构造—岩浆活动,为区内金属矿产的形成提供了极有利条件。总的来说,该区成矿作用具有多期、多矿种和多类型的特点。成矿多期性表现为元古宙、加里东期、海西期、印支期、燕山期在该区均可(已)发生成矿作用。从迄今发现的140余处矿产地来看,主要矿种有Au、Cu、Co、Pb、Zn、W、Sn、Cr、Fe等,显示了矿种的多样性。在昆北、昆中、昆南和巴颜喀拉构造帶中皆有矿产分布,但是在不同构造帶中分布的矿产种类和密集程度不同。昆北为Fe(Au)多金属成矿帶、昆中为Au多金属成矿帶、昆南为Cu、Co多金属成矿帶、北巴颜喀拉为Au、Sb成矿帶。

张德全等^②根据成矿环境和矿床成矿作用特征将区内金属矿产大致分为两个矿床组合:即①与板块裂解有关的喷气—沉积矿床组合,包括SEDEX型和VMS型Cu、Co、Pb、Zn矿床,如驼路沟Co—Au矿、督冷沟Cu—Co矿、纳赤台含铜黄铁矿点、马尔争铜矿点等;②与陆—陆碰撞或陆内俯冲有关的造山矿床组合,包括矽卡岩型、斑岩型、热液脉型、造山型Cu、Au、Fe、W、Sn、Co、Pb、Zn等矿床,如肯德可克Co—Bi—Au矿床、野马泉铁矿、托克妥铜矿、五龙沟、开荒北、大场、东大滩等金矿。按照成矿地质历史演化特征,又划分出5个矿床成矿系列,分别为与新元古代—寒武纪裂解有关的铜多金属矿床成矿系列、与晚奥陶—早志留世裂解有关的钴多金属矿床成矿系列、与晚加里东陆—陆碰撞有关的金多金属矿床成矿系列、与晚古生代裂解有关的铜多金属矿床成矿系列、与晚华力西—印支期造山有关的

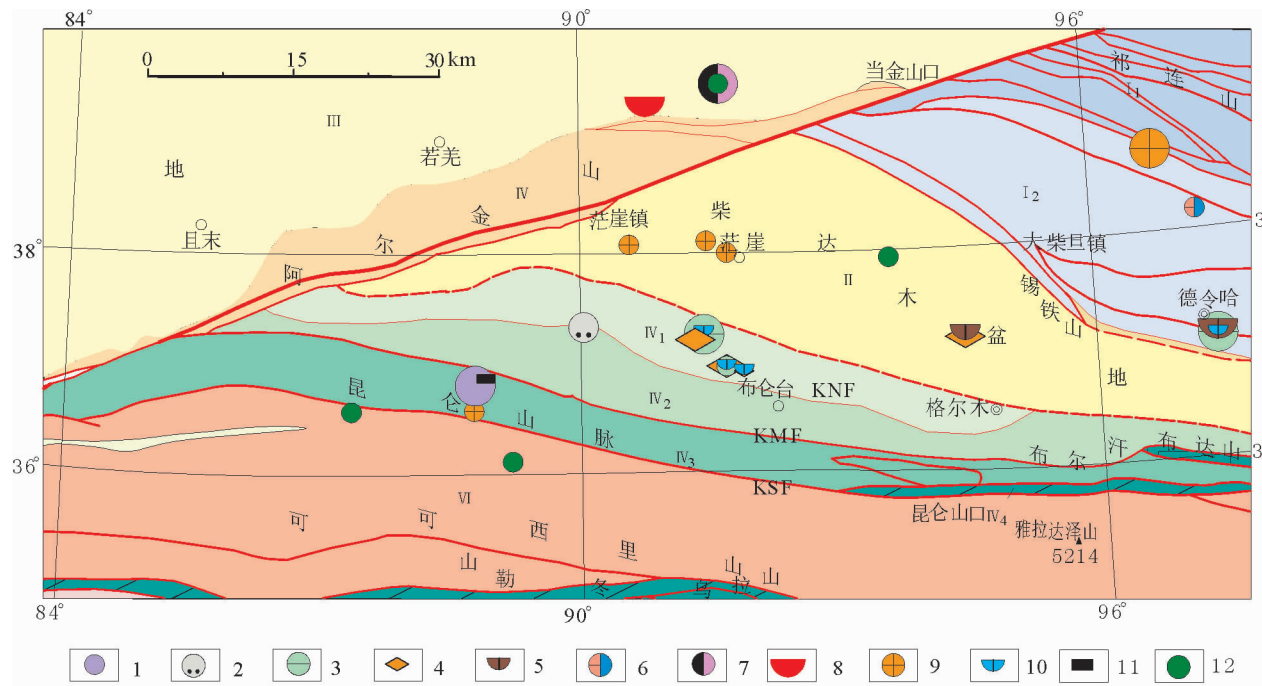


图 1 东昆仑构造分区及新发现矿产地分布图

Fig. 1 Distribution map of structural zone of the eastern Kunlun Mountains and mineral resources

构造分区: I₁—北祁连造山带; I₂—南祁连陆块; II—柴达木陆块; III—塔里木盆地; IV₁—昆北早古生代造山带; IV₂—昆中陆块; IV₃—昆南晚古生代造山带; IV₄—阿尼玛卿结合带; V—阿尔金造山带; VI—巴颜喀拉褶皱带。矿产地及矿种: 1—钨; 2—锑; 3—锂; 4—钾; 5—硼; 6—银铅; 7—镍铅; 8—钾盐; 9—金; 10—碘; 11—煤; 12—铜。主要断裂: KNF—昆北断裂; KMF—昆中断裂; KSF—昆南断裂

Structure Zone: I₁— north Qilian orogenic belt; I₂— south Qilian block; II— Qaidam block; III— Tarim basin; IV₁— northern Kunlun early Paleozoic orogenic belt; IV₂— middle Kunlun block; IV₃— southern Kunlun later Paleozoic orogenic belt; IV₄— A'nimaqing suture belt; V— Altyn orogenic belt; VI— Ba'yankalafolded belt. Mineral deposit or point and kind of mineral resources: 1— tungsten; 2— antimony; 3— lithium; 4— potassium; 5— boron; 6— silver and lead; 7— nickel and lead; 8— potash salt; 9— gold; 10— iodine; 11— coal; 12— copper. Main fault: KNF— northern Kunlun fault ; KMF— middle Kunlun fault; KSF— southern Kunlun fault

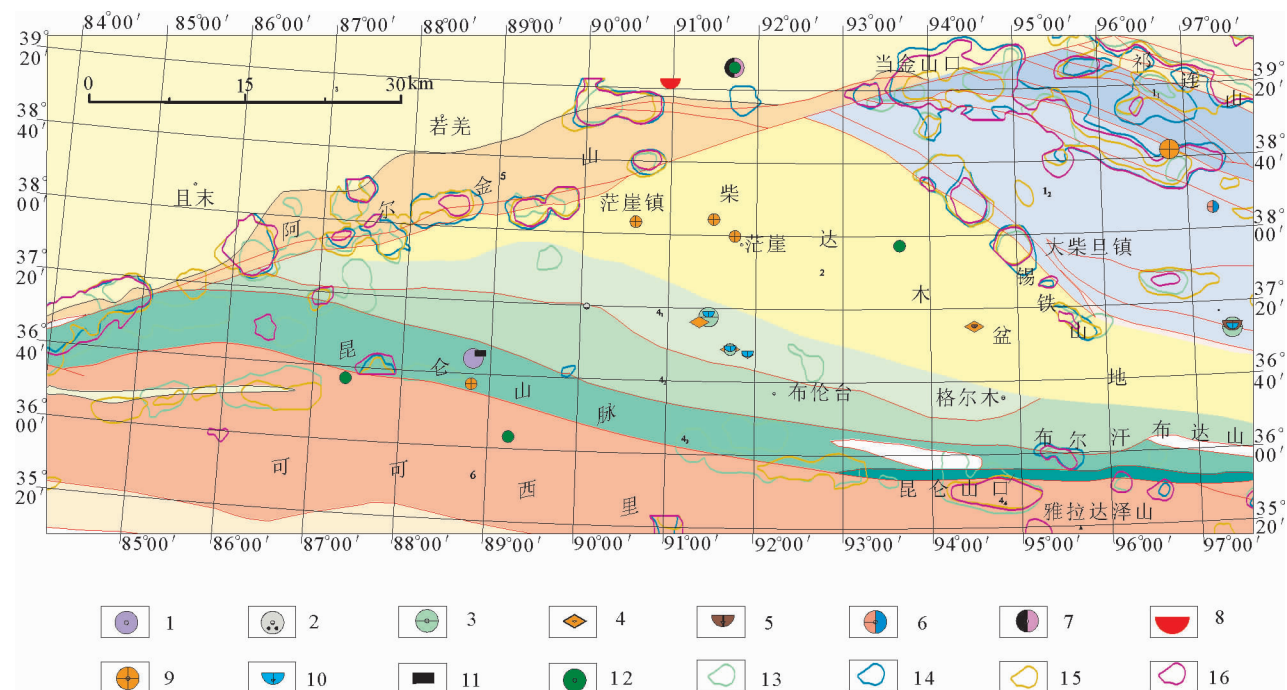


图2 东昆仑地区Cu、Cr、Co、Ni地球化学异常及矿床、矿点分布图

Fig. 2 The map of Cu, Cr, Co, Ni geochemical anomaly and ore deposit or ore spot in the eastern Kunlun Mountains

- 1—钨; 2—锑; 3—锂; 4—钾; 5—硼; 6—银铅; 7—镍铅; 8—钾盐; 9—金; 10—碘; 11—煤; 12—铜;
- 13—铜元素异常线; 14—铬元素异常线; 15—钴元素异常线; 16—镍元素异常线
- 1—tungsten; 2—antimony; 3—lithium; 4—kalium; 5—boron; 6—silver and lead; 7—nickel and lead; 8—potash salt; 9—gold;
- 10—iodine; 11—coal; 12—copper; 13—copper abnormal line; 14—chromium abnormal line;
- 15—cobalt abnormal line; 16—nickel abnormal line

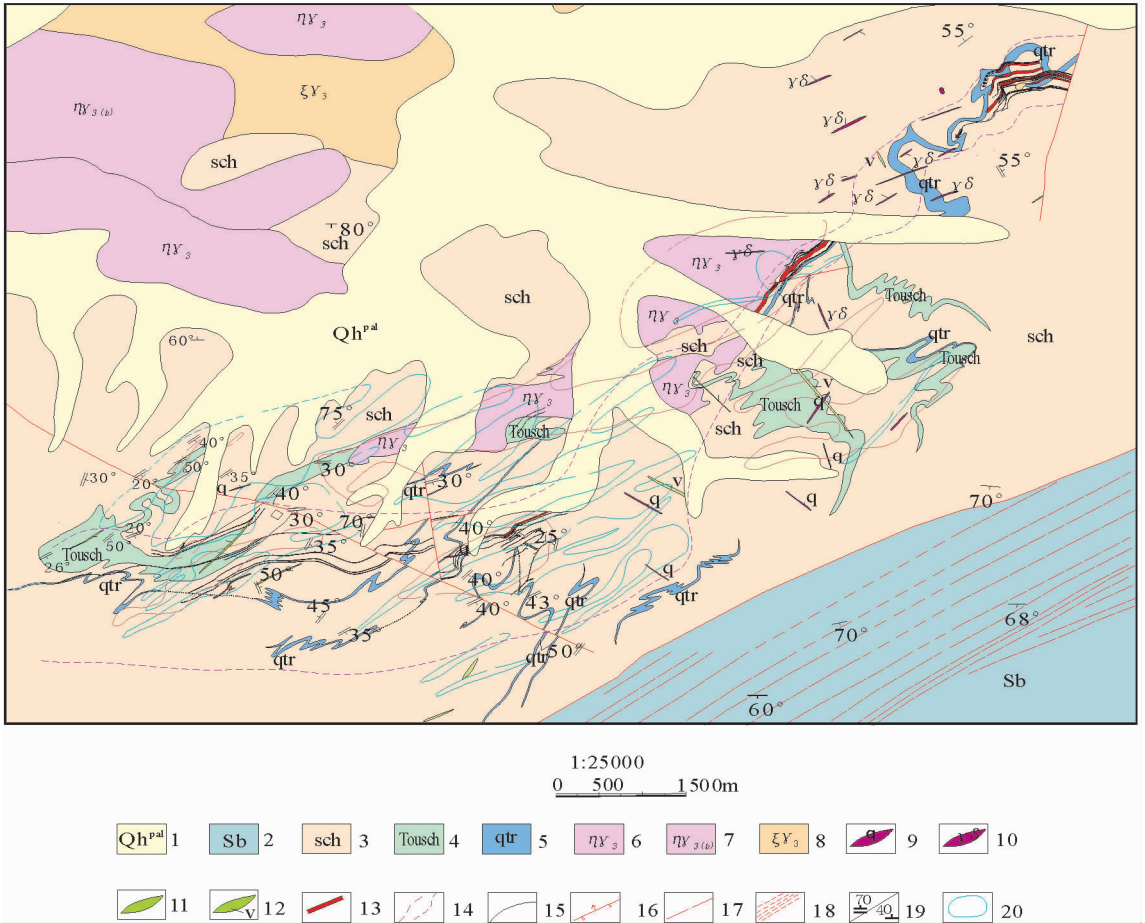


图3 新疆白干湖钨锡矿床地质图

Fig. 3 Geologic map of the Baiganhu tungsten and tin deposits, Xinjiang

- 1—冲洪积砂砾岩及卵砾岩; 2—白干湖组灰绿色粉砂岩、岩屑杂砂岩、粉砂质泥岩、绢云母石英片岩夹凝灰质长英砂岩, 含笔石化石; 3—金水口群灰色—灰黑色二云石英片岩、浅绿色绿泥绢云石英片岩、灰黑色黑云石英片岩、变石英砂岩; 4—金水口群电气石石英片岩; 5—金水口群石英透闪岩; 6—二长花岗岩; 7—似斑状二长花岗岩; 8—钾长花岗岩; 9—石英脉;
- 10—花岗闪长岩脉; 11—辉长岩脉; 12—辉绿岩脉; 13—钨锡矿体及编号; 14—钨锡矿化蚀变带; 15—地质界线; 16—实测断层;
- 17—遥感解译断层; 18—挤压片理化带; 19—地层/片理产状; 20—1/20000 岩屑钨异常及编号

- 1—diluvial gravel and ovum gravel; 2—the Baiganhu Formation; grayish green siltstone, debris greywack, silty mudstone and sericite quartz schist with tuffaceous feldspar quartz sandstone, including graptolite fossil; 3—the Jinshui kou Group; gray, grayish black two-mica quartz schist, light green chlorite sericite quartz schist, grayish black biotite quartz schist, metamorphic quartz sandstone; 4—the Jinshui kou Group; tourmaline quartz schist; 5—the Jinshui kou Group; quartz tremolite; 6—adamellite; 7—porphyritic-like adamellite; 8—moyite; 9—quartz vein; 10—granodiorite vein; 11—gabbro vein; 12—diabase vein; 13—tungsten, tin ore body and serial numbers; 14—tungsten, tin mineralization alteration zone; 15—line of geological limitation; 16—measured fault; 17—remote sensing decipher fault; 18—compressive schistosity zone; 19—stratum schistosity occurrence; 20—1/20000 debris tungsten anomaly and serial numbers

金多金属矿床成矿系列。

3.2 主要找矿进展

新一轮国土资源大调查工作开展以来,东昆仑地区新发现了一系列矿床和找矿新线索(图 1),特别是白干湖钨锡矿床、肯德可克钴金铋多金属矿床和驼路沟大型钴金矿床的发现成为东昆仑地区地质找矿方面新的重大突破,同时,还发现了具大型远景规模的大场蚀变岩型金矿床,使得东昆仑地区成为我国又一重要的铜钴金多金属成矿带,目前已成为我国重点支持的铜钴金多金属矿产勘查地区之一。

3.2.1 新疆白干湖钨锡矿床

位于昆北裂陷造山带北侧、祁漫塔格弧后/裂陷槽的西部、阿尔金北西缘断裂和木孜塔格—鲸鱼湖深断裂之间。矿区出露地层为古元古代金水口群中等变质岩系,主要岩性为二云片岩、电气石二云片岩、大理岩、硅质岩等,北东走向的白干湖超壳断裂从矿区通过,岩浆岩以加里东期花岗岩闪长岩为主,其次为钾长花岗岩(图 3)。

该区为钨地球化学高背景区。目前控制矿带长 14km,宽 3~5km,发现 29 条钨锡矿体。分 3 个矿段,Ⅰ矿段有 12 条矿体,控制矿体长 200~3800m,钨矿体平均厚度 1.04~3.7m,锡矿体平均厚度 2.04~9.14m,WO₃ 平均品位 0.12%~0.57%,Sn 平均品位 0.12%~0.90%。矿石类型为石英脉、蚀变岩型,主要矿石矿物为黑钨矿、白钨矿、锡石;Ⅱ矿段有 6 条矿体,矿体受加里东期花岗岩和金水口群大理岩接触带控制。控制矿体长 220~660m,矿体平均厚 2.2~39.73m,WO₃ 平均品位 0.14%~0.51%,最高品位达 40.16%,矿石类型为似矽卡岩型白钨矿;Ⅲ矿段有 11 条矿体,矿体受金水口群二云片岩和加里东期花岗岩闪长岩接触带控制,控制矿体长 400~1000m,平均厚 1.35~22.45m,WO₃ 平均品位 0.09%~2.63%,最高品位 49.39%。矿石类型为石英大脉型及细脉浸染型,矿石矿物主要为黑钨矿,个别为锡石,伴生少量铜矿物。目前估算整个矿床 WO₃ 远景资源量大于 50 万吨。

白干湖钨锡矿床主矿体产于中生代花岗岩与元古宙硅质条带状大理岩、石英岩和黑云母石英片岩、二云母电气石石英片岩变质建造的外接触带内,内、外接触带普遍富含电气石,蚀变带初步控制宽度 150m,长 1100m。岩体产状和矿化类型与我国柿竹园超大型 Bi—W—Sn 矿床具有一定的可比性,并都含有大量挥发组份,前者赋存大量萤石,白干湖 W、Sn 矿床则以富含电气石为特征,显示出具有形成大

型、超大型矿床的有利地质背景和成矿条件,有可能使东昆仑成为我国又一重要的 W、Sn 矿产基地和找矿远景区。

3.2.2 肯德可克钴铋金矿床

是近年在东昆仑地区发现的重要钴多金属矿床,位于昆北裂陷造山带祁漫塔格弧后裂陷构造带中部的加里东期火山盆地中,赋矿地层为上奥陶统铁石达斯群火山岩系的上段,产出热水沉积硅质岩系。矿体呈层状、似层状(图 4),在走向、倾向上变化较大,走向上有分支、复合现象,在倾向上具有尖灭再现、侧现、呈雁行斜列的特点。目前工程控制含矿蚀变带长 1000m,宽 20~100m,圈出钴铋金矿体 15 条,单个矿体长 140~340 m,宽 0.92~4.62 m,钴品位为 0.032%~0.360%,金品位 1.79×10^{-6} ~ 12.2×10^{-6} (最高达 38.2×10^{-6}),铋 0.766%~2.08%。矿石矿物组合为黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、辉铜矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、石榴子石、透辉石、方解石、石英、绢云母等,见独立钴矿物方钴矿。对其成因尚存在争议,潘彤等(2003)研究认为肯德可克钴铋金矿床为热水沉积—多期热液叠加改造的复成因叠生矿床。

3.2.3 驼路沟钴金矿床

为近年发现的我国西北首例独立大型钴(金)矿床,地处东昆仑之昆南构造带的中段,产于早古生代浅变质(绿片岩相)火山—沉积岩系中,发育典型的喷气沉积石英钠长石岩。矿区构造为一轴向近 EW 的紧闭复式背斜,轴部由黑色页岩组成,翼部地层次级褶皱、小褶曲十分发育。断裂构造主要有两种,其一为近于平行褶皱轴向的逆冲断裂;其二是短小的切层断裂,它们均为破矿构造。未见侵入岩出露。在一个东自短沟、西至长征沟长约 7km、宽 15~50m(最宽 200m)近 EW 向展布的钴金含矿层中共圈定短沟、玉女沟、长征沟 3 个矿段,计 23 个矿体(图 5)。单个矿体呈层状、透镜状产于矿化层中,一般长 50~500m,平均厚 1.31~7.71m,Co 平均品位为 0.06%,最高达 0.58%,伴生 Au 平均品位为 0.45×10^{-6} ~ 1.05×10^{-6} ,最高达 5.19×10^{-6} 。经深部坑、钻探工程验证,玉女沟、短沟矿体向深部有变富、变厚的趋势,特别是短沟坑探见矿厚度达 13m,深部钻孔中钴矿体视厚度可达 20m。初步估算钴资源量超过 2 万吨,已达大型规模。矿体倾向以 NNE(5°~35°)为主,少数 NNW(345°~353°),倾角陡(60°~86°)。矿石为典型的黄铁矿型,根据矿石构造又可划分为块状、条带状和浸染状三种。矿

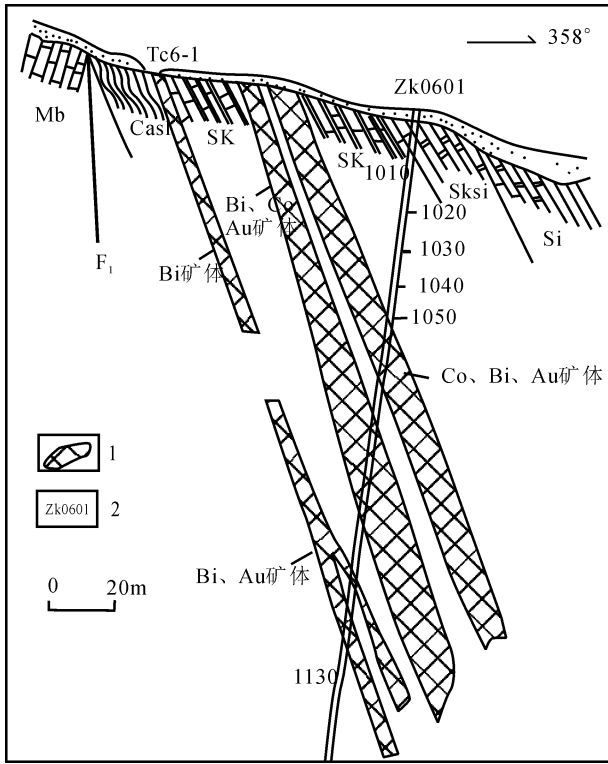


图 4 肯德可克钴铋金矿 6 勘探线剖面图
 Fig. 4 The profile of the sixth exploration line in Kendekeke Co., Bi, Au deposit

Mb—大理岩; Casl—含炭钙质板岩; SK—矽卡岩; Sksi—矽卡岩化硅质岩; F1—断层; Si—硅质岩; 1—矿体; 2—钻孔
 Mb—Marble; Casl—carbon-bearing calcareous slate; SK—skarn; F1—fault; Si—silicilite; 1—orebody; 2—drill hole

石矿物以黄铁矿为主, 另含少量毒砂、黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿和痕量钴镍黄铁矿、含钴黄铁矿、自然金、自然铜、自然锡等, 脉石矿物主要有石英、钠长石、碳酸盐、绢云母、绿泥石等。矿石中独立钴矿物含量甚少, 通过反光镜下观测及电子探针分析显示, 钴主要赋存于黄铁矿中。

丰成友等(2006)对其开展了系统的地质、地球化学和成矿年代学研究, 结果表明, 其形成于活动大陆边缘的局限裂陷海盆环境; 黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值(集中在 $-1.8\text{‰} \sim -0.2\text{‰}$) 接近于零, 显示硫为深部来源; 不同类型矿石的成矿流体 $^3He/^4He$ 介于 $0.10 \sim 0.31Ra$ (平均 $0.21Ra$)、 $^{40}Ar/^{36}Ar$ 比值为 $302 \sim 569$ (平均 373), 结合氢、氧同位素结果, 反映钴矿化流体主要来源于在赋矿岩系中深循环的大气降水; 获得矿石中黄铁矿 Re-Os 等时线年龄为 $432 \pm 23Ma$ 和 $442 \pm 17Ma$; 该矿床成因为同生喷流热水沉积成因。

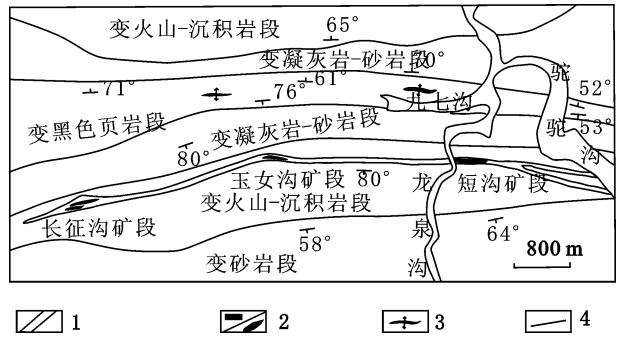


图 5 驼路沟钴金矿床地质略图(据丰成友等, 2006)
 Fig. 5 Geological sketch of the Luotugou cobalt and gold deposit
 1—钴(金)矿带; 2—钴(金)矿体; 3—背斜; 4—断层
 1—cobalt (gold) mineralization belt; 2—cobalt (gold) orebody; 3—anticline; 4—fault

3.2.4 大场及其外围的加给陇洼金矿

位于青海省曲麻莱县加给陇洼—大场河一带, 是青海省首次发现的特大型金矿床, 地处可可西里—巴颜喀拉印支褶皱系北巴颜喀拉造山带 Au、Sb 成矿带中段, 区内广泛分布巴颜喀拉山群变砂岩夹板岩组、变砂岩组地层, 为一套陆源碎屑岩系组成。构造复杂, 褶皱构造以复式褶皱为主, 矿体位于甘德—玛多断裂带与巴颜喀拉山中央断裂带交汇部位, 赋存于甘德—玛多断裂两侧次级断裂中, 表明该断裂是含矿热液运移的通道, 平行排列的次级断裂则为容矿构造。

大场矿区主要金矿带总长达 9000m 以上, 目前共圈定金矿体 28 条, 矿体规模大小不等(图 6), 长度在 160~990m 的有 16 条, 在 1000~1760m 的有 7 条, 在 2180~3620m 的有 5 条, 地表厚度 0.56~19.33m, 沿走向分枝复合、膨大缩小特征明显。矿体形态单一, 多为层状或似层状。矿体品位不稳定, 从地表向深部品位变化较大, 金矿体平均品位 $5.31 \times 10^{-6} \sim 6.09 \times 10^{-6}$, 平均厚 4.48~5.42 m。主矿体为 9、10、11、15、18 号矿体, 其次为 6、16、19、20、21、3、4、5 号矿体。大场金矿区金资源量约 190 余吨。大场金矿床外围的加给陇洼金矿地表圈定金矿体 16 条, 矿体长度在 160~700m 的有 4 条, 大于 1000m 的有 3 条, 最长可达 3500m; 矿体地表厚度 0.22~3m, 最厚达 6.8m, 金品位 $1.3 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$, 最高达 18.4×10^{-6} , 估算金资源量约 10t。

矿石自然类型以金属硫化物矿化蚀变碎裂岩型金矿石为主, 其次还有少量块状辉锑矿矿石和辉锑

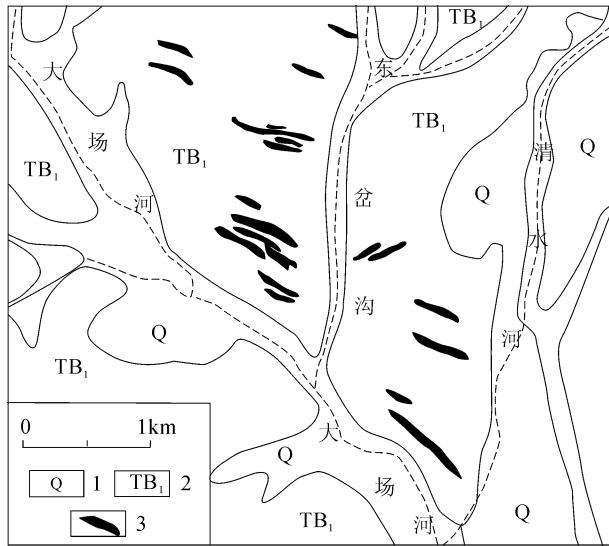


图 6 大场金矿床地质简图(据丰成友等,2004)

Fig. 6 Geological sketch of the Dachang gold deposit

1—第四系;2—三叠系巴颜喀拉山群中灰绿色砂岩夹板岩;3—金矿体

1—Quaternary; 2—Triassic gray green sandstone with slate of the Bayankalashan Group; 3—gold orebody

矿—石英脉金锑矿石。金属矿物以黄铁矿、毒砂、辉锑矿为主,其次有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等,非金属矿物包括石英、绢云母及碳酸盐类矿物。矿石结构有碎裂结构、他形粒状结构、变余砂状结构、交代残余结构等,矿石构造主要为浸染状构造、团块状构造。金主要以自然金呈树枝状、片状、粒状、薄膜状赋存在矿物粒间或裂隙中。碳酸盐化十分普遍,黄铁矿化、绢云母化、辉锑矿化、硅化与金、锑矿化关系最密切。可将主热液成矿期分为多金属硫化物—石英、辉锑矿—石英和石英—碳酸盐 3 个矿化阶段。张德全等(2005)获得矿石绢云母 ^{39}Ar - ^{40}Ar 年龄为(218±3.2)Ma。

3.2.5 督冷沟铜钴矿床

位于昆南裂陷造山带的东段,赋矿地层为万宝沟群变火山—沉积岩系。矿区以 NE—SW 向逆断层为主的断裂构造十分发育,表现为沿万宝沟群火山岩与凝灰质碎屑岩间形成较大规模的韧性剪切带、糜棱岩带、断裂破碎带等,对地层、矿体具较大破坏性。矿区可分为南、北两个铜钴矿带,前者 NE 走向,长约 4.2km,宽 0.4~0.8km,由 5 个矿体组成,单个矿体呈平行复脉状、透镜状,长 32~220m,厚度一般<2m;后者呈 NEE 走向,长约 4km,宽 0.5~1.0km,由 11 个矿体组成,单个矿体呈似层状、透镜状、脉状(图 7),长 100~410m,厚 1.5~4.0m。铜

平均品位 0.62%~11.2%,钴平均品位 0.03%~0.77%。金属矿物主要有黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、辉钴矿、黄铁矿,次生金属矿物有蓝辉铜矿、铜蓝、蓝铜矿、孔雀石、赤铁矿、褐铁矿等,非金属矿物主要为石英、方解石、绢云母、绿泥石、绿帘石等。矿石结构主要为半自形结构、交代结构、交代残余结构、压碎结构,主要矿石构造为块状、条带状、斑杂状、浸染状、细脉浸染状构造等。围岩蚀变以青磐岩化、绢云母化、硅化和碳酸盐化为主,其中后三者与金属矿化关系最密切。矿床成因为被后期构造改造的块状硫化物铜钴矿床。除督冷沟矿床外,在其外围的柯柯赛、海寺等矿点检查中发现有重要的富钴矿化线索。

督冷沟铜钴矿是东昆仑地区继肯德可克钴铋金矿和驼路沟钴金矿以后的又一重要发现,从而使东昆仑自西到东从肯德可克、驼路沟、督冷沟、德尔尼构成一条巨型钴金铜多金属成矿带,显示出东昆仑地区在铜钴多金属矿产具有很大的找矿潜力。

4 区域找矿问题分析

4.1 探寻适合本地区有效的找矿技术方法

(组合)是实现重大找矿突破的关键

随着地质找矿工作的不断深入,露天矿和易识别矿已勘查殆尽,隐伏矿体预测已成为当务之急,当今的矿产评价工作重点已转移到隐伏矿体预测与评价工作之中。隐伏矿体之间以及它们与各类地质体之间既存在物理、化学等性质差异,又存在着一些根本的共同点,即它们均是成矿地质作用的产物,在地质和成矿作用过程中形成不同矿种和不同类型的矿床,但它们在空间分布等方面存在一定的规律性。近几年来运用化探、物探中的重力、电法、磁法、地震和遥感等新技术、新方法在工作程度极低地区和已知矿集区矿床深部隐伏矿体预测与评价工作中发挥了重要作用,如阿尔金白干湖地区的钨锡矿和东天山地区的土屋—延东大型铜矿床的发现等,因此,在东昆仑地区应加强先进的探矿技术方法与手段的应用。

另一方面,由于东昆仑地区特殊的地理气候条件,冷冻层较厚,碎石堆覆盖严重,因此,诸如电法等金属矿床较为有效的地球物理找矿方法在本区的应用效果却很不理想,也极大地制约了矿产寻找和勘查工作,这就需要尽快摸索出一套与本地区相适应的、有效的找矿技术方法或方法组合。

4.2 加强本地区不同类型矿床的主导控矿因素

分析和研究,进一步指导找矿

东昆仑地区地层时代、岩性的多样性为成矿作

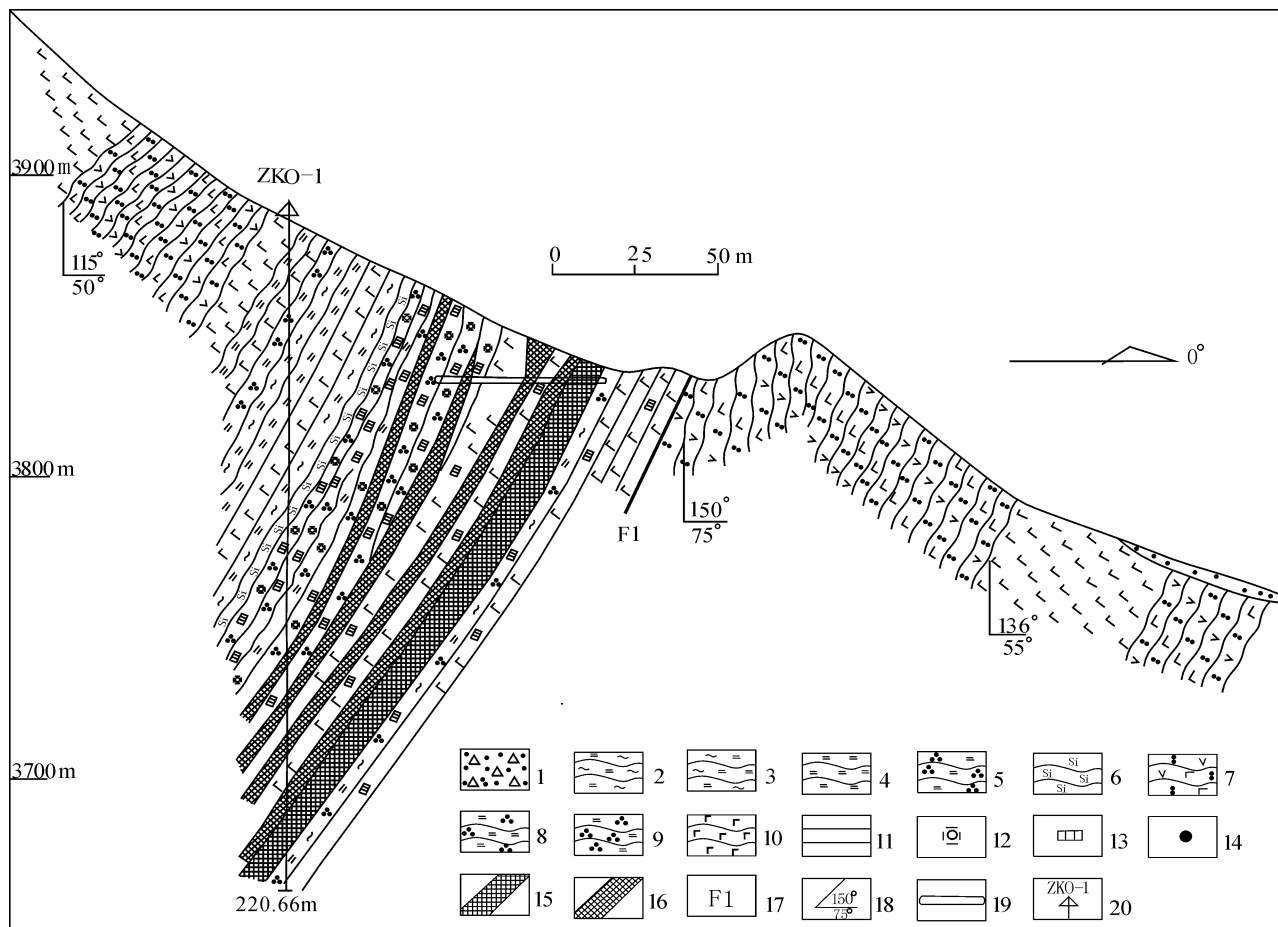


图7 督冷沟铜钴矿床北矿带0号勘探线剖面图(据青海有色地勘局资料修编)

Fig. 7 The profile of 0 exploration in northern ore belt of the Dulenggou copper and cobalt deposit

1—第四系;2—石英绢云绿泥板岩;3—绿泥绢云板岩;4—绢云板岩;5—绢云石英板岩;6—硅质岩;7—中基性凝灰质板岩;8—石英绢云千枚岩;9—绢云石英千枚岩;10—变玄武岩;11—糜棱岩化带;12—硅化;13—黄铁矿化;14—黄铜矿化;15—铜钴矿体;16—铜矿体;17—逆冲断层及编号;18—地层产状;19—坑探位置;20—钻孔位置及编号

1—Quaternary;2—quartz sericite chlorite slate;3—chlorite sericite slate;4—sericite slate;5—sericite quartz slate;6—silicite;7—neutral and basic tuffaceous slate;8—quartz sericite phyllite;9—sericite quartz phyllite;10—meta-basalt;11—mylonitized zone;12—silicification;13—pyritization;14—chalcopyritization;15—copper and cobalt orebody;16—copper orebody;17—thrust and serial numbers;18—stratigraphic occurrence;19—pitting position;20—drill hole position and serial numbers

用的多期性、多矿种、多类型特点的形成提供了有利的地层条件。东昆仑地区金矿的赋矿地层主要有古元古代、中元古代、新元古代、晚奥陶世、石炭纪、二叠纪和三叠纪地层。近年来发现的钴矿床(点)显示,钴矿化明显受奥陶系、石炭系和二叠系地层控制。上奥陶统铁石达斯群火山岩是肯德可克以西祁漫塔格裂陷槽(东昆仑西段)形成双峰态模式拉斑玄武岩和钙碱性熔岩,应是钴多金属矿勘查的重要地段,铜多金属矿主要与晚奥陶世、石炭纪和二叠纪三个时代地层有关,奥陶系滩间山群碳酸盐岩、含钙碎屑岩和台型沉积石炭系碳酸盐与中酸性侵入岩接触带形成的矽卡岩型铁、钴、铜、多金属矿,构成东昆仑

北带祁漫塔格和察汉乌苏地区的铁、钴、铜、多金属成矿带。石炭系火山岩和二叠系火山岩中出现大量铜、金异常和铜金矿(化)点,构成东昆仑南缘金、铜、汞成矿带,诺木洪河上游和布青山等成矿远景区。

线性构造对区域成矿具有明显的控制作用,大型斑岩型铜矿床、构造蚀变岩型金矿、喷流沉积及改造型铜、铅锌多金属矿床等与深部构造有着密切的成因联系。东昆仑成矿带发育多条巨型断裂构造,如阿尔金断裂、昆中、昆南断裂等,这些线性构造不仅控制了这些成矿区带岩浆活动的分布和区域变形变质作用的格局,而且是造山带中应力释放的重要场所,其次级断裂或主断裂构造的交叉部位往往是

矿床赋存的重要场所,因此,在各成矿带资源评价过程中应注意研究深大断裂构造对区域成矿控制作用的研究。

4.3 充分借鉴已有的成功找矿经验和工作方法

新疆维吾尔自治区地质调查院在研究全球斑岩成矿地质条件、控矿因素和找矿标志基础上总结东天山地区景观条件和土屋地区斑岩铜矿找矿实践提出了斑岩铜矿“三位一体”找矿模式的有效勘查方法(王福同等,2001a)。所谓的“三位一体”即斑岩体、孔雀石化和激电异常,该模式强调控矿条件(于斑岩体紧密相关)、硫化物的局部富集(激电异常)并排除黄铁矿干扰(孔雀石化)。以该找矿模式为指导,开展地面激电异常检查和槽探揭露,使得延东和灵龙地区铜矿找矿工作取得重大突破。当斑岩体、矿体为侏罗系、第四系等中、新生代地层覆盖或岩体剥蚀程度低时,地表难以观察斑岩体和孔雀石化,“三位一体”中的斑岩体转化为“重力低(花岗斑岩、破碎含矿闪长岩)或重力高(含矿闪长玢岩)”,孔雀石化转化为沿构造带分布的化探异常(王福同等,2001b)。在该条件下物探(激电、重力、磁法)将是隐伏斑岩铜矿最重要的探矿手段之一。东昆仑地区与东天山地区在成矿地质条件和地形地貌景观条件等方面有许多相似之处,运用该找矿经验和科学技术方法,在斑岩型铜矿方面有望取得较好的找矿效果。

4.4 不同构造单元的主攻矿种和重要的矿床类型

东昆仑造山带经历了复杂的造山过程和构造—岩浆—沉积作用,为多金属成矿作用提供了有利的背景条件。区内成矿作用在不同构造单元中主要的矿种及矿床类型有不同的特点。

昆北或柴南缘成矿带中部被中—新生代拗陷沉积覆盖,分为东、西两段。东段为察汗乌苏地区,西段为祁漫塔格地区,总体呈近东西向展布,带内已发现各类矿床(点)80余处,为青海省重要的金、钴、铜、铋、钨、锡、铅、锌、铁多金属成矿带,主攻矿床类型应为以矽卡岩型和热水沉积—改造型。东段察汗乌苏地区,已圈出 Au、Co、Cu、Pb、Zn、Ag 等化探和重砂异常多处,显示找矿前景较好。西段祁漫塔格地区中,上奥陶统铁石达斯群火山岩,火山喷气所形成的硅质岩及含碳较高的泥硅质岩石,且与区域线形构造的平行,受几组断裂构造控制的喷流层地段,应是寻找火山—喷流改造型以钴为主有色金属矿的勘查地区。根据有色青海地质局近年在该地区找矿成果,化探元素 Cu、Co、Ag、As、Sb 组合,可作为寻找钴矿的地球化学标志。祁漫塔格地区有多处 Cu、

Co、Au、Ag、As、Sb、Mn 组合异常,地质大调查工作开展以来在肯德可克、野马泉、尕林格、黑山、哈是托等地方取得了较好的找矿成果,显示该区 Cu、Co、Au 等多金属具有较大的找矿潜力,可作为今后进一步工作的重要依据。新疆东昆仑地区白干湖 W、Sn 有可能使东昆仑成为我国又一重要的 W、Sn 矿产基地和找矿远景区。

昆中金、铁成矿带近年发现了具有大型成矿远景的五龙沟金矿。区内主攻矿种为 Au、Cu、Fe、W 等,较有规模的矿床属沉积变质型铁矿和构造蚀变岩型金矿。已发现的白日其利、大水沟、希望沟、洪水河、色日德等地段具形成金矿的良好地质条件,是区内较好的金成矿带,区内还发现有较多的热液型铅锌铜等多金属矿(化)点,均有较大的找矿潜力。

昆南金、铜、钴成矿带矿产勘查工作程度很低,近年才进行金、铜异常检查,是金、铜、铁、钴多金属矿床成矿极有利的区带。已发现各类矿床(点)和矿化点 90 余处,主攻矿种为 Co、Cu、Au,主攻矿床类型为热水喷流沉积钴、铜、金矿床,热液脉状 Cu、Co 矿床和构造蚀变岩型金矿。骆驼沟大型钴矿床和督冷沟铜钴矿床的发现显示该地区是寻找大型热水喷流沉积 Cu、Co、Au 矿床的有利地区,这些矿床大都沿昆中断裂或昆南断裂带分布。

巴颜喀拉北段为一印支期造山带,研究程度较低,但大量的矿床(点)密集分布已显示出该带的巨大找矿潜力,根据大场金矿的成矿温度与压力,其成矿深度较大(6km 左右),温度较高(均一温度 194~326℃),显示出了构造蚀变岩型金矿的特点。主攻矿种为 Au、Sb、Hg,主攻矿床类型为构造蚀变岩型金矿和热液脉型 Sb、Hg 矿床。北巴颜喀拉山造山带内在寻找构造蚀变岩型金矿为主的同时,应结合其相邻区的大地构造环境,元素异常的分带性,向北应注意铜矿和汞、锑矿的勘查工作。

上述地区是东昆仑成矿带具有成大型、超大型矿床潜力的首选矿区 and 主攻矿种。通过对上述具有规模潜力的典型矿区、矿床在矿体深部查证和区域找矿中碰到的新问题展开成矿控矿规律的深入研究,将为区域矿产资源潜力调查评价工作提供新思想、新思路、新工艺,为制定下一步找矿勘查战略和战术方案提供科学依据。

5 结论

(1)东昆仑是一个多旋回复合造山带,具有复杂的地质构造演化历史和良好的岩石含矿建造,成矿

条件优越,成矿作用具有多期、多矿种和多类型的特点。

(2)近年来,本区金属矿产勘查取得新的重要进展,发现了多个大、中型规模的铜、钴、金、钨、锡矿床,以及一系列矿点、矿化点和化探异常,暗示其资源潜力巨大,是我国又一重要的新的金属成矿带。

(3)探寻适合本地区有效的找矿技术方法(组合)、加强本地区不同类型矿床的主导控矿因素分析和研究,充分借鉴已有的成功找矿经验和工作方法以及进一步明确找矿方向等是本地区重大找矿突破的重要方面。

注 释

① 孙丰月. 2004. 东昆仑成矿带重大找矿疑难问题研究. 吉林大学地质调查院(2004年度设计书).

② 张德全等. 2002. 东昆仑地区综合找矿预测与突破. 中国地质科学院矿产资源研究所(科研报告).

参 考 文 献 / References

- 边千韬,赵大升,叶正仁,常承法,罗小全,高山林. 2002. 初论昆祁秦缝合系. 地球学报,23(6):501~508.
- 邓尔新. 1994. 盲矿预测. 四川有色金属. 3:43~52.
- 丰成友,张德全,王富春,余宏全,李大新,王彦. 2004. 青海东昆仑复合造山过程及典型造山型金矿地质. 地球学报,25(4):415~422.
- 丰成友,余宏全,张德全,李大新,李进文,崔艳合. 2006a. 青海驼路沟型钴(金)矿床成矿物质来源的黄铁矿氩硫铅同位素示踪. 地质学报,80(9):1465~1473.
- 丰成友,张德全,屈文俊,杜安道,李大新,余宏全. 2006b. 青海格尔木驼路沟喷流沉积型钴(金)矿床的黄铁矿 Re-Os 定年. 地质学报,80(4):571~576.
- 姜春发,王宗起,李锦轶. 2000. 中央造山带开合构造. 北京:地质出版社,1~154.

- 李厚民,沈远超,胡正国. 2000. 青海东昆仑驼路沟钴(金)矿床地质特征. 矿物岩石地球化学通报,19(4):321~322.
- 潘彤,孙丰月. 2003. 青海东昆仑肯德可克钴镍金矿床成矿特征及找矿方向. 地质与勘探,39(1):18~22.
- 潘彤. 2004. 青海东昆仑督冷沟铜钴矿床控矿条件的探讨. 矿产与地质,18(2):109~112.
- 潘裕生,周伟明,许荣华,王磊,姜立丰,张征. 1996. 昆仑山早古生代地质特征与演化. 中国科学(D辑),26(4):302~307.
- 王福同,冯京,胡建伟,冯京,姜立丰,张征,胡长安. 2001a. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义. 中国地质,28(1):36~39.
- 王福同,庄道泽,胡建伟,等. 2001b. 物探在新疆土屋地区铜矿找矿中的应用——兼斑岩铜矿“三位一体”找矿模式. 中国地质,28(3):40~46.
- 徐文艺,张德全,闫升好,李大新,丰成友,余宏全,董英君. 2001. 东昆仑地区矿产资源大调查进展与前景展望. 中国地质,28(1):25~29.
- 许志琴,李海兵,杨经绥,陈文. 2001. 东昆仑南缘大型转换挤压构造带和斜向俯冲作用. 地质学报,75(2):156~164.
- 殷鸿福,张克信. 1997. 东昆仑造山带的一些特点. 地球科学,22(4):339~342.
- 张德全,党兴彦,余宏全,李大新,丰成友,李进文. 2005. 柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的 Ar-Ar 测年及其地质意义. 矿床地质,24(2):87~98.
- 张德全,丰成友,李大新,徐文艺,闫升好,余宏全,董英君,崔艳合. 2001. 柴北缘—东昆仑地区的造山型金矿床. 矿床地质,20(2):137~146.
- 张德全,王彦,丰成友,李大新,闫升好,崔艳合. 2002. 驼路沟喷气沉积型钴(金)矿床的地质—地球化学. 矿床地质,21(3):213~222.
- 张文秦,汪彩芳,刘成东,范宜仁. 2002. 依据化探成果对东昆仑地质背景的讨论. 现代地质,16(3):257~262.
- 朱云海,张克信, Pan Yuanming, 陈能松, 王国灿, 侯光久. 1999. 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义. 地球科学,24(2):134~138.

Features of Regional Mineralization and Analysis of the Exploration Development in the Eastern Kunlun Mountains

LI Zhiming^{1,3)}, XUE Chunji²⁾, WANG Xiaohu¹⁾, TANG Hua³⁾,
TU Qijun¹⁾, TENG Jiixin³⁾, LI Rongshe³⁾

1) Chang'an University, Xi'an, 710054;

2) State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083;

3) Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an, 710054

Abstract

Eastern Kunlun tectonic belt locates in the western of Qinling—Qilian—Kunlun central organic belt. It is the typical compound organic belt, and possesses a complicated evolutionary history and unique tectonic process. It can be divided as the north Kunlun, the middle Kunlun, the south Kunlun, Animaqing and Bayankala five tectonic units. The five units possess themselves characteristics in their regional stratigraphy, magmatite, tectonics, regional gravity character and regional geochemical characters. The eastern Kunlun is an important metallogenic domain such as cobalt, copper, gold, tungsten, tin,

plumbum, zinc and so on. Recently, the foundation geological researches and mineral exploration on the eastern Kunlun have made lots of important progresses, a lot of new deposits and mineralization facts have been found, such as Tuolugou cobalt deposit, Kendekeke cobalt, gold, bismuth multiple metal deposit, Baiganhu tungsten, tin deposit and Dachang gold deposit, and so on, especially, the discovery of cobalt deposits in the eastern Kunlun domain is a very important discovery. Through studying the metallogenic geology conditions and deposits characteristics about these new discovered deposits, this paper has put forward some opinions about the main mineral kinds and their deposit type and the exploration directions.

Key words: new discovered ore deposits; regional metallogeny; exploration development; eastern Kunlun
