

文章编号: 1009-6248(2003) 01-0050-07

北祁连山大坂大岔地区蛇绿岩含矿性

杨合群, 宋忠宝, 王兴安, 李向民, 李文明, 李长安, 张瑞林, 赵东宏

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要: 北祁连山大坂大岔地区蛇绿岩有关矿产可划分为两个矿化系列: ① 蛇绿岩同生矿化系列, 指蛇绿岩套形成过程随之形成的矿产组合, 已知有与变质橄榄岩有关的岩浆成因铬铁矿, 基性火山岩有关的海底热液成因块状硫化物铜矿; ② 蛇绿岩后生矿化系列, 指蛇绿岩套形成之后再造形成的矿产组合, 已知有破碎带蚀变岩型铜矿和银矿。

关键词: 北祁连山; 大坂大岔; 蛇绿岩; 同生矿化系列; 后生矿化系列

中图分类号: P618.33, 618.41, 618.52 **文献标识码:** A

大洋扩张脊型、弧后扩张脊型和岛弧扩张脊型蛇绿岩在北祁连山带均有发现。大坂大岔地区出露有奥陶纪岛弧扩张脊型蛇绿岩(冯益民等, 1996)^[1], 本文论述该区蛇绿岩含矿性, 并将有关矿产划分为同生矿化系列和后生矿化系列。

1 蛇绿岩特征概述

大坂大岔蛇绿岩出露较为完整, 岩套综合层序如下: 底部为变质橄榄岩, 向上为辉长岩及代表岩浆补给系统的具双向冷凝边的辉绿岩墙群穿插于枕状熔岩中, 再向上为基性火山岩、硅质岩夹泥质板岩, 此外有少量中、酸性火山岩。野马沟之西, 蛇绿岩被柴达诺花岗岩基吞噬, 仅断续出露变质橄榄岩与基性火山岩捕虏体(图 1)。

前人研究资料表明^[1~4], 其中火山岩为富钠的细碧-角斑质火山岩系, 岩石化学成分 CaO 明显偏低(3.60%~5.60%), Na_2O (3.23%~7.96%) 远远高于 K_2O (0.04%~0.25%), 且岩石中出现的长石主要为钠长石($A_{b95.1\sim 98.3}$)。

我们经过对比发现, 大坂大岔地区岛弧扩张脊

型蛇绿岩套基性火山岩与其北侧摆浪沟—卡马尔沟—塔洞沟—石居里沟—九个泉地区分布的弧后扩张脊型蛇绿岩套基性火山岩的岩浆系列有明显不同。在 SiO_2 -(FeO/MgO) 和 TiO_2 -(FeO/MgO) 图解中(图 2), 摆浪沟、卡马尔沟、塔洞沟、石居里沟和九个泉基性火山岩成分点落在拉斑玄武岩区内, 大坂大岔、纳木桥基性火山岩成分点落在钙碱性玄武岩区内。这种不同是否能够正好反映构造环境的差别, 尚待进一步研究。

2 蛇绿岩同生矿化系列

蛇绿岩同生矿化系列指蛇绿岩套形成过程随之形成的矿产组合, 包括岩套底部变质橄榄岩中的岩浆成因铬铁矿和岩套上部与基性火山岩有关的海底热液喷流成因块状硫化物铜矿。

2.1 豆荚状铬铁矿

该蛇绿岩套中已发现白泉、扁麻沟、松木沟等多处铬铁矿点, 矿(化)体受镁质纯橄岩和方辉橄岩控制。规模最大者为白泉矿点, 共发现矿体 198 个, 矿石为浸染状-块状, 贫矿含 Cr_2O_3 7.43%~

收稿日期: 2003-03-10; 修回日期: 2003-05-28

基金项目: 中国地质调查局“甘肃北祁连山错沟—寺大隆一带铜矿预测与评价”项目的部分成果

作者简介: 杨合群(1953-), 男, 山西闻喜人, 理学硕士, 研究员, 从事矿产资源评价研究工作。

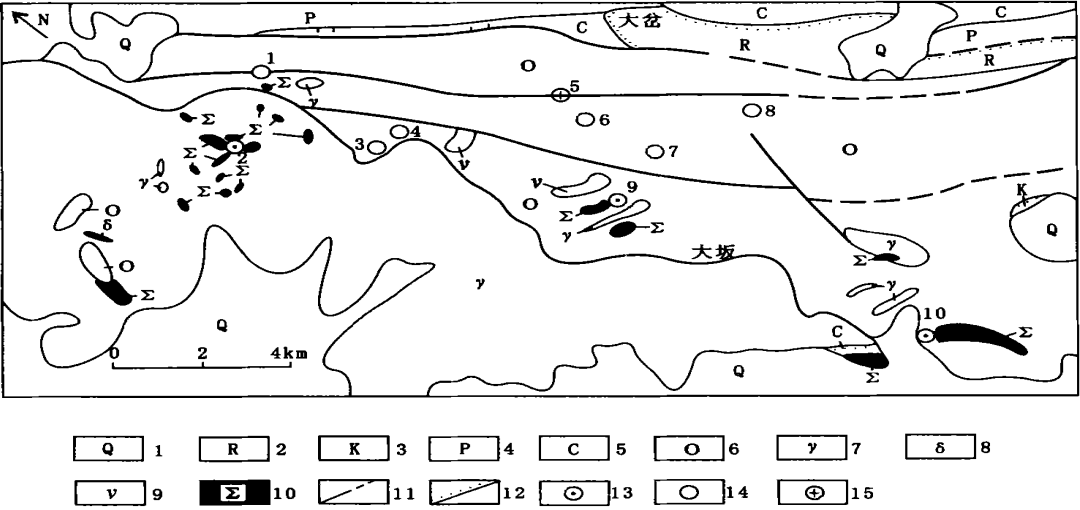


图1 北祁连山大坂大岔地区地质略图

Fig.1 Geological sketch map of Daban-Dacha area in North Qilian Mts.

1. 第四系; 2. 第三系; 3. 白垩系; 4. 二叠系; 5. 石炭系; 6. 奥陶系; 7. 花岗岩; 8 闪长岩; 9. 辉长岩; 10. 超基性岩; 11. 断裂; 12. 超覆界线; 13. 铬矿; 14. 铜矿; 15. 银矿。矿床(点)编号: 1. 红沟西岔铜矿点; 2. 松木沟铬矿点; 3. 野马沟脑铜矿点; 4. 野马沟阴山湾铜矿点; 5. 纳木桥银矿点; 6. 纳木桥西岔铜矿点; 7. 纳木桥东岔铜矿点; 8. 东山顶铜矿床; 9. 白泉铬矿点; 10. 扁麻沟铬矿点

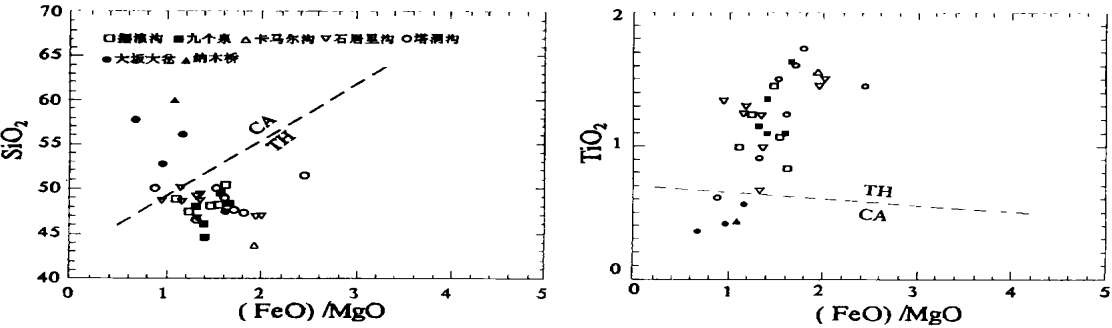


图2 火山岩 SiO_2 -(FeO/MgO) 和 TiO_2 -(FeO/MgO) 图解

Fig.2 SiO_2 -(FeO/MgO) and TiO_2 -(FeO/MgO) diagram of volcanic rocks

岛弧扩张脊火山岩: 大坂大岔, 纳木桥; 弧后扩张脊火山岩据 [1~5] 及内部报告①: 摆浪沟、九个泉、卡马尔沟、石居里沟、塔洞沟; CA. 钙碱性玄武岩; TH. 拉斑玄武岩 (分区界线据都城秋穗, 1975)

① 青海省区测队. 1:20万野牛台幅(J-47-)区域地质测量报告. 1967; 甘肃省区测队. 1:20万肃南幅(10-47-10)区域地质测量报告; 甘肃省区调队. 北祁连山东段寒武纪奥陶纪火山岩系地层划分和火山机构的研究. 1980; 姚国金等. 肃南地区早中奥陶世火山岩系初步认识. 1980; 甘肃省区调队. 1980; 北祁连山东—中段寒武系奥陶系细碧-石英角斑岩系岩石化学成分. 1980.

15.08%，富矿含 Cr_2O_3 25.32% ~ 32.11%，但矿体规模均很小，长度多在 1 m 以下（酒泉地调队，1986）。

2.2 块状硫化物铜矿

该蛇绿岩套中已发现的块状硫化物铜矿有大岔东山顶矿床，分布于肃南县大岔牧场小东岔东侧海拔 4 000 多米的山岭顶部，甘肃省酒泉地调队（1986）^① 对其进行过普查，在 矿带圈定 2 个氧化矿体；在 矿带圈定 16 个原生硫化物矿体。2000 年本项目调查在 矿带新圈定原生硫化物矿体 1 个。

2.2.1 含矿火山岩系

前人地质报告认为，矿区火山岩是一套海相喷发的浅变质火山岩系，喷发旋回先酸后基，下部为中酸性亚旋回，上部为中基性亚旋回。铜矿（化）主要赋存于两个亚旋回的接触部位及中基性亚旋回中。本项目根据细碧质枕状熔岩中岩枕的产状倒转现象（图 3），恢复原始层序为基性火山岩在下，中酸性火山岩在上，代表着先基性后中酸性的火山活动顺序。火山岩以基性为主。含矿围岩夹碧玉岩团块，证明火山活动间歇期海底热液喷流活动的存在。

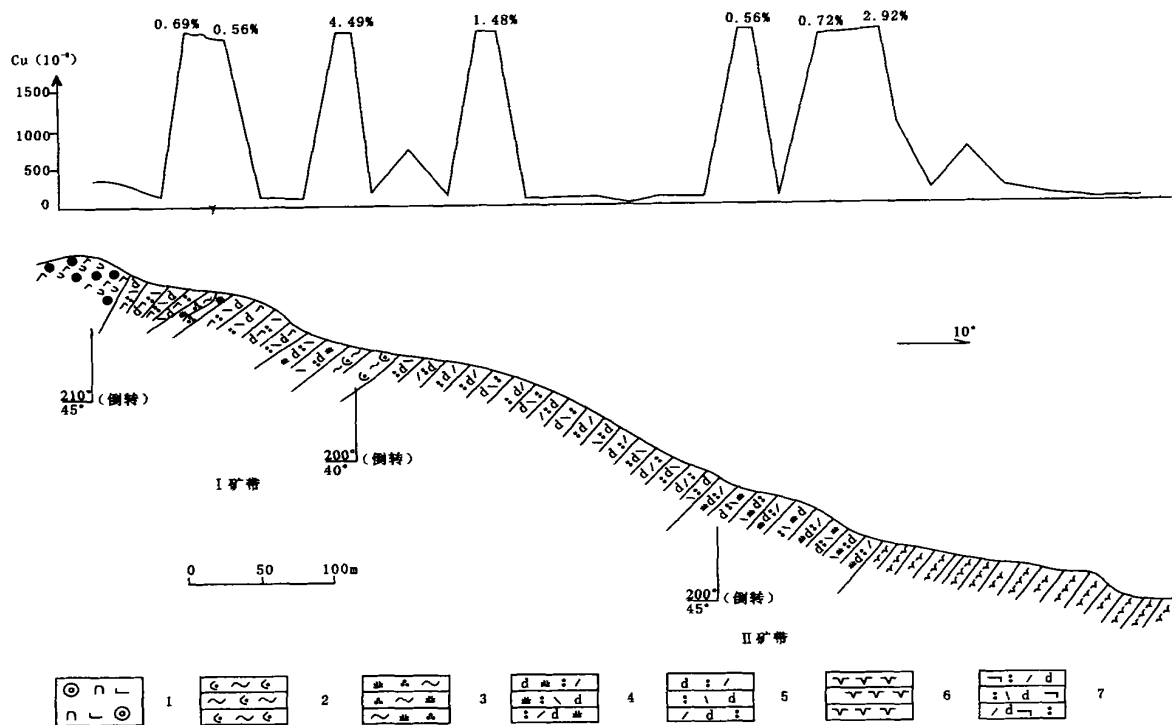


图 3 大岔东山顶铜矿床地质-地球化学剖面

Fig. 3 Geological and geochemical section of Dongshanding copper deposit in Dacha

1. 细碧质枕状熔岩; 2. 绿泥石碳酸盐化沉凝灰岩; 3. 孔雀石化绿泥石英片岩; 4. 孔雀石化沉凝灰岩;
5. 沉凝灰岩; 6. 角斑岩; 7. 细碧质沉凝灰岩

2.2.2 矿化蚀变带与矿体特征

号矿化蚀变带长 180 m，宽 40 ~ 70 m，地表以褐铁矿化、孔雀石化为主，少量黄铁矿化。矿化蚀变岩石为石英绿泥石片岩。酒泉地调队（1986）在

矿带地下所圈定 16 个原生硫化物小矿体，形态为脉状、透镜状，倾向 175° ~ 210°，倾角 44° ~ 84°，矿石中硫化物主要为黄铁矿和黄铜矿，局部有少量闪锌矿、黝铜矿；脉石矿物主要为石英和绿泥石，含

① 甘肃省地矿局酒泉地调队. 甘肃省肃南裕固族自治县大岔铜矿区初步普查地质报告. 1986.

少量方解石; 矿石构造以浸染状、脉状浸染状为主, 少量块状; 矿石中主要有用组分铜含量变化于 0.20% ~ 10.46%, 平均品位 0.78%; 伴生组分 Pb 0.00% ~ 0.05%, Zn 0.01% ~ 0.09%, $Ag\ 1\times 10^{-6}\sim 4\times 10^{-6}$, S 0.19% ~ 4.42%。

号矿化蚀变带位于 号矿化蚀变带南约 150 m 处, 呈 NW—SE 向展布, 长约 300 m, 最宽 80 余 m, 一般 20 ~ 50 m。地表铜矿物有孔雀石、蓝铜矿、斑铜矿、铜蓝等, 未见原生硫化物。1999 年项目论证时, 我们根据露天采坑中发现的块状斑铜矿矿石

的线索推断该矿化带深部可能找到原生块状硫化物铜矿石。2000 年本项目开展调查之时, 恰逢肃南县民采在 号矿化蚀变带地下约 40 m 处刚发现原生硫化物矿石, 我们借助不规则的民采平硐进行了编录和采样分析, 确定为隐伏的富铜原生硫化物矿体。虽然民采硐形状不规则, 并且未穿透矿体, 但平硐特殊弯曲的形状在平面上能够控制矿体的一半, 另一半则按对称特点外推。推断的矿体水平断面大致为椭圆形, 其长轴约 45 m, 延长方向呈 NW—SE 向; 短轴约 13.5 m (图 4)。该矿体中心分布块状矿

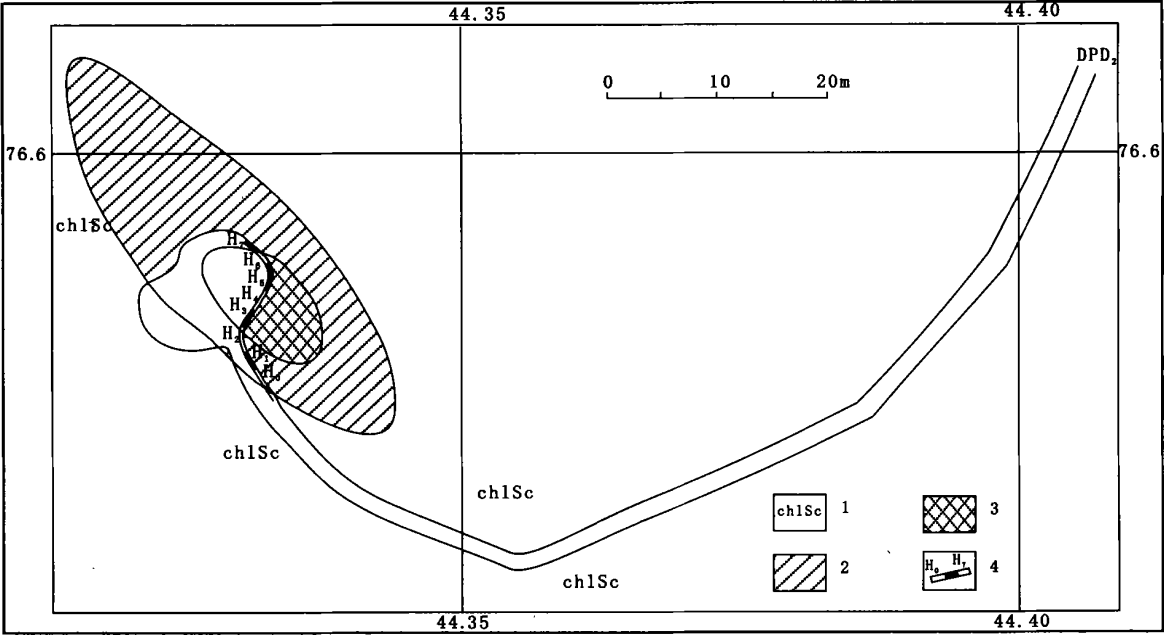


图 4 大盆东山顶铜矿床 I 矿带隐伏矿体中段平面图

Fig.4 Level plan map of the buried ore body in mineralized belt I of Dongshanding copper deposit in Dacha
1. 石英绿泥石片岩; 2. 网脉浸染状硫化物铜矿; 3. 块状硫化物铜矿; 4. 刻槽采样位置及编号

石, 四周为网脉浸染状矿石, 二者过渡位置有少量角砾状铜矿石。块状矿石中金属硫化物(黄铜矿、黄铁矿)集合体呈致密块状产出, 有时含少量石英及绿泥石。角砾状矿石由金属硫化物(黄铜矿、黄铁矿)胶结蚀变岩角砾组成, 岩石角砾形状不规则, 尖棱角状, 大小一般 5 ~ 10 mm, 含量 25% ~ 30%。网脉浸染状矿石由金属硫化物(黄铜矿、黄铁矿)集合体呈不规则网状细脉和浸染状分布于石英绿泥石片岩组成, 细脉宽度变化于 0.1 ~ 3 mm。据刻槽采样分析, 块状矿石铜含量 5.17% ~ 27.61%, 平均品

位 10.94%; 网脉浸染状矿石铜含量 0.2% ~ 1.50%, 平均品位 0.71%。利用基本化学样的副样按样长组合分析, 伴生组分含量为: $Au\ 30.0\times 10^{-9}$ 、 $Ag\ 3.20\times 10^{-6}$ 、 $Te\ 2.20\times 10^{-6}$ 、 $Co\ 0.00433(\%)$ 、 $Ni\ 0.00943(\%)$ 、 $Pb\ 0.0029(\%)$ 、 $Zn\ 0.05(\%)$ 、 $S\ 6.58(\%)$ 、 $MgO\ 6.47(\%)$ 、 $F\ 0.0158(\%)$ 、 $As\ 6.68\times 10^{-6}$ (测试者: 西安地矿所测试中心)。

按有关规范中伴生有益组分评价的参考指标考虑, 该矿体矿石的 S、Ag 有综合利用价值。

2.2.3 矿床成因

根据上述先基性后中酸性的火山活动顺序和铜矿(化)主要赋存于两个亚旋回的接触部位及中基性亚旋回中,可知成矿与基性火山活动关系密切。该含矿层位夹碧玉岩团块,证明火山活动间歇期海底热液喷流活动的存在。矿石成分富铜贫铅,也说明成矿金属来源于基性火山岩,而不是酸性火山岩。因为以酸性火山岩为成母岩时,块状硫化物总体金属元素组合为 $\text{Cu} + \text{Zn} + \text{Pb}$; 以基性火山岩为成母岩时,块状硫化物总体金属元素组合为 $\text{Cu} + \text{Zn}$, 贫 Pb 。

硫同位素组成可为硫的来源提供信息。据酒泉地调队(1986)测定资料,该矿床黄铁矿和黄铜矿的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化于 $8.39\text{‰} \sim 10.07\text{‰}$ 。按地质环境考虑海水硫酸盐还原硫和玄武岩中幔源硫两端员不同比例的混合:据 Sangster (1976)^[6] 研究资料,奥陶纪海水硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 27.5‰ , 该时期海水沉积硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值比海水硫酸盐低约 15.6‰ , 可推算海水还原硫的 $\delta^{34}\text{S}$ 值约为 12‰ ; 幔源硫的理论值为 $\delta^{34}\text{S} = 0$ 。将上述 $8.39\text{‰} \sim 10.07\text{‰}$ 的值解释为 0 和 12‰ 这两个端员的不同比例混合是合理的。

总之,该矿床为海底热液喷流成因。在奥陶纪岛弧扩张脊环境,海底幔源基性火山岩浆喷发,带来丰富的成矿物质。喷发间歇期,海底的熔岩冷却过程产生大量裂隙,可导致海水渗滤。扩张脊的高热流背景,特别是熔岩之下存在的浅部岩浆房作为

“热引擎”可驱动海底热卤水对流循环。经水岩作用,可以浸出火山岩中多种元素。同时,玄武岩发生蚀变,形成细碧岩或细碧质玄武岩。基性火山岩贫 Pb , 决定了成矿热液贫 Pb 。

含矿热液在“热引擎”推动下,沿熔岩中张断裂系统向上运移,随物化条件改变,在喷流裂隙上部和中心形成块状矿石,包括断裂中角砾较多时形成角砾状矿石,喷流裂隙下部和边部形成网脉状矿石。成矿过程中,热液既沉淀硫化物,也沉淀硅质,因此石英是最常见的脉石矿物;热液对围岩作用,发生硅化、绿泥石化等蚀变。

3 蛇绿岩后生矿化系列

指蛇绿岩套形成之后叠加或者再造的形成的矿产组合。例如蛇绿岩套各类岩石中破碎带蚀变岩型和石英脉型铜、金、银矿。

3.1 破碎带蚀变岩型铜矿

区内发现的该类铜矿有:纳木桥东岔、野马沟、白泉河西岔沟脑等铜矿点。下面简介野马沟破碎带蚀变岩型铜矿。

野马沟脑铜矿点与新发现的野马沟阴山湾铜矿点分布受同一构造破碎带控制(图5),分别位于两侧山坡。

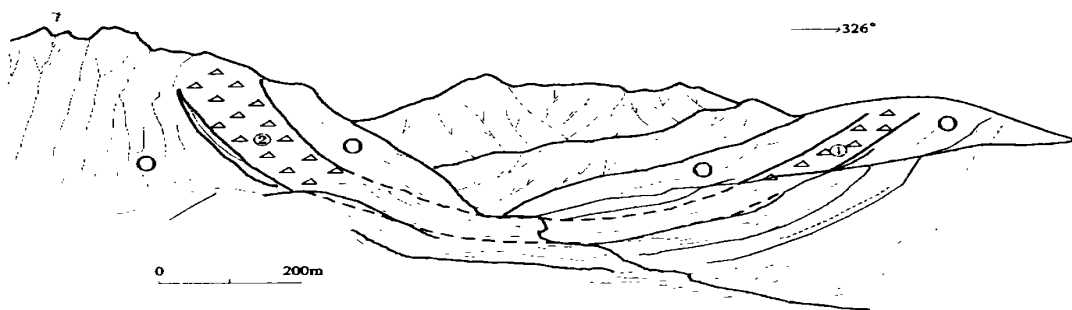


图5 野马沟含铜构造破碎带素描

Fig. 5 Sketch of Cu-bearing structural fracture zone in Yemagou

O. 为奥陶系火山岩; 空心三角表示出露的含铜构造破碎带;

①. 野马沟脑铜矿点分布地段; ②. 野马沟阴山湾铜矿点分布地段

野马沟脑铜矿点由前人进行 1:20 万区调填图时发现,并进行了初步地表检查,矿体呈似层状产出,分布与地层走向一致,矿体间呈相互平行排列,

矿化由许多富、贫矿体及非矿围岩组成。富矿厚 $1 \sim 0.5 \text{ m}$, 长 $0.5 \sim 10 \text{ m}$ 。共分 12 个矿化带, 规模分别为: $15 \text{ m} \times 1.05 \text{ m}$; $15 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$; $50 \text{ m} \times (0.5$

~ 2.5) m; 150 m × 6 m; (150 ~ 300) m × (1.2 ~ 6) m; 300 m × (2 ~ 2.5) m; 300 m × 20 m; 300 m × 6 m; 7.2 m × 0.6 m; 第 10 ~ 12 矿化带大部分为稀疏矿化。矿石以浸染状为主, 局部为块状。矿物以黄铁矿、黄铜矿为主。含铜富者达 1% ~ 2%, 一般 0.3% ~ 0.6%, 低者为 0.09% ~ 0.22%。脉岩为石英脉、方解石脉。围岩蚀变: 硅化、绿泥石化、绿帘石化等。据本项目踏勘了解, 最近有个体探矿者在此矿点施工平硐, 从已揭露情况看, 含矿围岩主要为细碧质凝灰岩, 另有少量细碧岩; 矿化受次级

构造控制, 宽 1 ~ 4 m, 产状 216° ~ 241° 38° ~ 62°; 矿化体宽度 30 ~ 50 cm, 矿化表现为黄铜矿化、黄铁矿化和孔雀石化, 矿化呈细脉浸染状分布, 采 2 个拣块样分析 (表 1 中 YMH₁, YMH₂), 铜含量分别为 2.59% 和 1.95%。局部有富含黄铜矿的石英脉产出, 宽仅 10 cm, 黄铜矿含量可达 25%, 黄铁矿含量 50%, 硫化物聚集为团块状, 采 1 个拣块样分析 (表 1 中 YMH₃), 铜含量为 5.11%。该富铜石英脉与后期断层产状一致, 为 216° 62°。说明这些富铜矿体与后期的构造富集有关。

表 1 野马沟铜矿石分析结果

Tab.1 Analytical result of copper ores from Yemagou

样品编号	位 置	采样方法	矿石类型	Au (10 ⁻⁶)	Cu (10 ⁻²)	Ag (10 ⁻⁶)	备 注
YMH ₁	南西山坡	拣块	浸染状铜矿石	0.00	2.59	8.0	野马沟脑 铜矿点
YMH ₂	南西山坡	拣块	细脉浸染状铜矿石	0.00	1.95	6.0	
YMH ₃	南西山坡	拣块	团块状铜矿石	0.00	5.11	14.0	
YsH ₁	阴山湾	拣块	浸染状铜矿石	0.00	0.15	0.0	野马沟阴山湾 铜矿点
YsH ₂	阴山湾	拣块	团块状铜矿石	0.00	2.43	12.0	

注: 测试者为西安地质矿产研究所测试中心 (2000)。

野马沟阴山湾铜矿点与前述的野马沟脑铜矿点隔沟相望, 由本项目组踏勘确定。该矿点矿化围岩为细碧岩和细碧质凝灰岩。目前在垂直岩层走向上 300 m 范围内共发现 7 条小矿化带, 其走向基本一致, 均为北西向, 矿化带宽 0.7 ~ 1 m。矿化表现为黄铜矿化和黄铁矿化, 黄铜矿以浸染状为主, 局部黄铜矿呈细脉状或团斑状产出, 黄铁矿呈浸染状自形晶, 局部采拣块样分析 (表 1 中 YsH₁ 和 YsH₂), 铜含量分别为 0.15% 和 2.43%; 围岩蚀变为绿泥石化和硅化。

从上述资料看, 野马沟铜矿类型显然属破碎带蚀变岩型, 推断基性火山岩中成矿物质活化再富集的热动力可能来源于附近的花岗岩浆侵入作用。

3.2 破碎带蚀变岩型银矿

2000 年 6 月本项目组经实地踏勘和采样分析, 在纳木桥北山坡上踏勘破碎蚀变带 3 条, 确认银矿化带两条。该银矿化带受构造破碎蚀变带控制, 围岩为奥陶系细碧质火山岩。肉眼观察到的特征为硅化、绿泥石化、孔雀石化、褐铁矿化, 新鲜面可见原生硫化物。

1 号矿化带, 出露褐铁矿化蚀变带长约 20 m, 宽约 5 m, 产状为 170° 78°; 局部见轻微的孔雀石化现象。蚀变带中石英透镜体发育。2 号矿化带, 出露褐铁矿化蚀变带长度约为 30 m, 宽约 1 m, 产状为 230° 78°。3 号矿化带, 矿化蚀变带长约 20 m, 最宽处 5 m, 产状为 220° 85°。肉眼所见矿化主要表现为黄铁矿化。对各矿化带矿化蚀变岩采拣块样分析, 结果列于表 2。

表 2 纳木桥银矿石分析结果

Tab.2 Analytical result of Ag ores from Namuqiao

矿化带编号	样号	样品名称	Au (10 ⁻⁶)	Cu (10 ⁻²)	Ag (10 ⁻⁶)
1 号	Dny1H1	褐铁矿化蚀变岩	0.0	0.02	8.0
2 号	Dny2H1	蚀变岩型银矿石	0.0	0.05	154
3 号	Dny3H1	富黄铁矿银矿石	0.0	0.06	248

注: 测试者为西安地质矿产研究所测试中心 (2000)。

从以上资料可知, 纳木桥银矿属破碎带蚀变岩型, 推断为基性火山岩中矿质活化再富集成因, 2 号和 3 号矿化带银含量较高, 有进一步工作价值, 应沿断裂破碎带扩大找矿。

4 结论

北祁连山大坂大岔地区蛇绿岩有关矿产可划分为两个矿化系列。

(1) 蛇绿岩同生矿化系列, 指蛇绿岩套形成过程随之形成的矿产组合, 已知有变质橄榄岩有关的岩浆成因铬铁矿, 基性火山岩有关的海底热液喷流成因块状硫化物铜矿。

(2) 蛇绿岩后生矿化系列, 指蛇绿岩套形成之后再造形成的矿产组合, 已知有破碎带蚀变岩型铜矿和银矿。

参考文献:

- [1] 冯益民, 何世平. 祁连山大地构造与造山作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [2] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连山海相火山岩岩石成因 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [3] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连山及邻区火山作用与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [4] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2001.
- [5] 龚全胜. 肃南塔洞沟早奥陶世蛇绿岩的成因和侵位 [J]. 甘肃地质学报, 1997, 6 (1): 23-36.
- [6] Sangster D F. Sulphur and lead isotopes in strata-bound deposits [A]. in Wolf K H, ed., Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits [C]. Amsterdam, Elsevier, 1976, (2): p 219-266.

Ore-bearing property of ophiolite in Daban-Dacha area , North Qilian Mts.

YANG He-qun, SONG Zhong-bao, WANG Xing-an, LI Xiang-min,
LI Wen-ming, LI Chang-an, ZHANG Rui-lin, ZHAO Dong-hong
(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China)

Abstract: The mineral resources related to ophiolite in Daban-Dacha area of North Qilian Mts., may be divided into the following two series of mineralization:

(1) Syngenetic series of mineralization in the ophiolite, i. e. mineral resources assemblage formed along with forming process of the ophiolite suit , magmatogenic chromite ore related to the metamorphic peridotite and hydrothermal massive sulfide copper ore at seafloor was known to us.

(2) Epigenetic series of mineralization in the ophiolite, i. e. mineral resources assemblage recomposed after forming process of the ophiolite suit , altered rock type copper ore and silver ore in fracture zone was known to us.

Key words: North Qilian Mts.; Daban-Dacha area; ophiolite; syngenetic series of mineralization; epigenetic series of mineralization