金属矿产(

青海索拉沟铜多金属矿含矿围岩主要特征

张雪亭1,陈喜峰2,姚 远1,郑 杰1,吴华英1

(1. 中国冶金地质总局矿产资源研究院,北京 100025;
2. 中国地质调查局发展研究中心,北京 100037)

[摘 要]青海索拉沟大型钢多金属矿位于鄂拉山叠覆造山带。索拉沟钢多金属矿含矿围岩为杂 色非晶质致密块状均质、具条带状构造的不纯硅质岩,其中夹有火山岩及火山碎屑岩。根据岩石化学特 征,其中火山岩属中性火山岩类。从火山岩原岩恢复图解看,在TiO₂ - SiO₂ 图解中6个点全部落入火成 岩区,而(al+fm)-(c+alk)-Si图中6个点有3个落入火山岩区,另外3个落入钙质沉积岩区,火山岩 属于安山质岩类。综合研究认为,索拉沟含矿地层宜归属为鄂拉山组,矿床类型属于与弧火山作用有关 的沉积-热液复合型矿床。

[关键词] 特征 含矿地层 索拉沟 青海
[中图分类号]P618.65
[文献标识码]A [文章编号]0495 - 5331(2014)04 - 0659 - 7

Zhang Xue-ting, Chen Xi-feng, Yao Yuan, Zheng Jie, Wu Hua-ying. Characteristics of ore-bearing wall rocks form the Suolagou copper polymetallic deposit, Qinghai Province [J]. Geology and Exploration, 2014, 50(4):0659-0665.

0 引言

索拉沟铜多金属矿床为一大型铜、锌、银多金属 矿床,位于青海省兴海县大河坝乡索拉沟 - 在日沟 地区,该矿床紧邻国道 214 线,距兴海县城 80 km, 距省会西宁 300 km,目前已有个体矿山企业建厂开 采。其构造位置为鄂拉山叠覆造山带,即西秦岭造 山带和东昆仑造山带的结合部位(图1),青海省矿 产资源找矿潜力评价结果(杨生德等,2011)将其成 矿单元划归东昆仑成矿带(三级),满丈岗成矿亚带 (四级)。

关于该矿床赋矿地层的归属、容矿岩石岩性的 厘定和矿床成因存在较大争议。"玛日塘幅 1:5 万 区域地质调查将矿区地层划到古浪堤组(T₂g),认 为矿化围岩主要为条带状粉砂质变泥岩、硅质岩、长 石砂岩、泥灰岩等(青海省地矿局第三地质队, 1988);兴海幅 1:25 万区调将矿区地层划为洪水川 组(T₁₋₂h)(青海省地矿局地质调查院,2000);青海 省第三轮成矿远景区规划将该矿床含矿地层划到古 浪堤组(T₂g),认为该矿床为海相火山岩型铜多金 属矿床(伊有昌等,2003);青海省矿产资源找矿潜 力评价工作将矿区地层划到早中三叠世洪水川组 (T₁₋₂h),认为该矿床归属为海相火山岩型铜多金属 矿床(杨生德等,2011)"等等,这些认识基本上均从 沉积的视觉分析考虑,而对矿体与围岩野外关系的 观察与分析较少,因此得出的结论需要进一步分析 与商榷。

本文在大量野外工作的基础上,通过对矿区主 矿体不同中段的剖面测制及地表露头的实地观测, 试图通过对该矿床容矿岩石、矿体及矿化体顶底板 围岩的岩性特征及其与矿体的接触关系观察和分析 入手,结合岩石地球化学、同位素地球化学、岩相学 和原岩恢复的研究方法,探讨矿区赋矿地层的归属, 提出对该矿床的成因看法,以期为该矿床的探矿开 采与区域成矿预测工作提供科学的参考依据。

1 区域成矿背景

索拉沟铜矿区位于青海著名的鄂拉山成矿带, 西侧为哇洪山-温泉断裂,东侧为宗务隆山北缘断 裂,南部被东昆仑南坡断裂限制(图1),为华里西-

[[]收稿日期]2014-03-03;[修订日期]2014-06-25;[责任编辑]郝情情。

[[]基金项目]青海省地质勘查基金项目(项目编号:QGTZXG2011-18)资助。

[[]第一作者]张雪亭(1960年-),男,教授级高工,长期从事青藏高原区域地质与成矿研究工作。E-mail;zhangxueting@ cmgb. cn。



Fig. 1 Sketch showing tectonic background of the southern slope metallogenic belt of East Kunlun

(after Zhang et al., 2007a)

1 - main suture belt;2 - secondary suture belt;3 - subduction direction of New Proterozoic-Early Paleozoic suture belt;4 - subduction direction of Late Paleozoic-Early Paleozoic suture belt;5 - A type subduction zone;6 - line of tectonic units;7 - number of first level tectonic units;8 - number of second-third level tectonic units;9 - Suolagou deposit; I - Xiyu plate; I ₅ - the south Qilian landmass; I ₆₋₁ - Zong-wulong mountain-Xinghai aulacogens; I ₆₋₂ - Zeku back arc foreland basin; I ₇ - Oulongbuluke landmass; I ₈ - Saishitang-Xitieshan-Wa-hongshan Neoproterozoic—Early Palaeozoic plate junction zone; I ₉₋₁ - Qaidam Meso-Cenozoic post-orogenic molasse foreland basin; I ₉₋₂ - Qimantage northern slope-Xiariha Neoproterozoic—Early Palaeozoic magmatic arc zone; I ₁₀ - Qimantage-Dulan Neoproterozoic—Early Palaeozoic plate junction zone; I ₁₁₋₁ - the East Kulun middle belt magmatic arc zone; I ₁₁₋₂ - Nalinggelehe post-orogenic molasse foreland basin; II (SCP) - Tibet-Yunnan plate; II ₁₋₁ - Kunlunshankou-Changmahe subduction accretionary wedge; II ₁₋₂ - Bayan Har remnant ocean; II ₄ - Kekexili-Jinshajiang Late Paleozoic-Early Paleozoic plate junction zone; KZS-the East Kulun middle belt Neoproterozoic-Early Palaeozoic plate junction zone; KZS-the East Kulun middle belt Neoproterozoic-Early Palaeozoic plate junction zone; KSPZ-subduction-collision-complex zone in the southern slope of East Kunlun

印支构造阶段西域板块内部西倾山地块的西部边 缘,是南昆仑主裂谷系北侧的三叉分支裂谷北支 (苦海-姜路岭构造带)覆盖区域,具有东西向构造 对接而成的陆内叠覆造山带特点和叠加成矿带属 性,是北特提斯重要的构造结、岩浆结、成矿结所在,

主体裂谷系的地层为石炭 - 二叠纪宗务隆山 群,矿区没有出露或被掩盖。矿区出露的地层主要 为南部马尔争复杂岛弧的北侧早中三叠世弧后盆地 泥沙质复理石建造及晚三叠世上叠盆地岩系,也是 宗务隆裂谷的上覆"盖层"。与之配套发育的火山 岩广布,石炭二叠纪以基性、中基性岩为主,具有海 660

也是青海省地质构造最为复杂的地区之一(郭正府

等,1998;刘成东等,2004)。

底火山喷发特点;三叠纪以中酸性、中性岩为主。中 三叠世火山活动以海底裂隙喷发喷气作用为主,晚 三叠世火山活动以陆相中心式喷发爆发作用为主, 具有多期次、多中心喷发的特点,形成本区大面积分 布的陆相火山岩。此外,尚有三叠纪造山型酸性侵 入岩分布。

2 矿区地质

矿区出露地层主要为晚三叠世鄂拉山组和第四 系(图2)。晚三叠世鄂拉山组可划分为三个岩性 层:即板岩层、条带状粉砂质变泥岩层和板岩夹条带 状变泥岩层。板岩层主要由灰黑色板岩组成;条带 状粉砂质变泥岩层以条带状粉砂质变泥岩为主,下





1 - 弗四系; 2 - 二登系郭拉山狙弗一石技材砂质做石、砂石、砂石、砂石、泥灰石; 3 - 斑状化冈石; 4 - 次流线石; 5 - 锕9 体
1 - Quaternary; 2 - silty slate, siltstone, sandstone and marl of the first member of the Permian Elashan Formation; 3 - porphyritic granite; 4 - subrhyolite; 5 - copper orebody

部夹有中细粒长石石英砂岩和少量中酸性火山碎屑 岩,中上部见有硅质岩和泥质岩条带,本岩性层为矿 区的含矿层位;板岩夹条带状变泥岩层岩性以灰黑 色板岩为主,夹有条带状变泥岩和少量中细粒长石 砂岩。

矿区构造以褶皱构造为主,褶皱构造比较简单, 表现为一向东倾斜的单斜构造。区内断裂构造不甚 发育,发育近南北向、北北西向、北西向及北北东向 断裂,断裂规模一般不大,生成时间较晚,应属区域 北北西向构造的低序次断裂。

矿区中生代早期岩浆活动表现比较强烈,晚三 叠世晚期陆相火山岩与印支期侵入岩较为发育,晚 三叠世早期海相沉积地层中见有不少凝灰岩及含火山碎屑的不纯硅质岩。

3 矿床地质特征

索拉沟铜多金属矿床矿体形态简单,单个矿体 呈似层状、透镜状沿一定地层层位产出,产状与地层 产状基本一致,受地层控制比较明显,地表矿体受地 层的控制和地形的影响,呈向东凸出的弧形展布,目 前矿区主要有 MI – MV 等五个矿体群。矿体中主要 有用元素铜、铅、锌具有比较明显的分带性。矿石类 型按有用矿物含量和组合可分为黄铜矿石、方铅矿 石、闪锌矿石、方铅闪锌矿石、闪锌方铅矿石、闪锌黄



图 3 索拉沟铜多金属矿床岩石和矿石结构构造特征

Fig. 3 Photos showing rock textures and ores of the Suolagou copper polymetallic deposit, Qinghai Province a - 纹层状黄铜矿矿石;b-硅质岩裂隙中充填黄铜矿脉;c-网脉状黄铜矿脉;d-条带状硅质岩;e-条带状硅质岩;f-硅质岩 a - lamellar chalcopyrite mineralization; b - chalcopyrite in the fracture of siliceous rocks; c - vein mineralization of chalcopyrite; d banded sili ceous rocks; e - banded siliceous rocks; f - siliceous rocks(+)

铜矿石、方铅闪锌黄铜矿石、黄铜闪锌矿石、磁黄铁 黄铜矿石等。矿石矿物主要有磁黄铁矿、黄铁矿、黄 铜矿、闪锌矿、方铅矿,其次有白铁矿、胶状黄铁矿, 偶见有黝铜矿、毒砂、白铅矿、自然秘等。脉石矿物 主要为石英、长石、方解石、绿泥石、绿帘石,次为绢 云母、黑云母、阳起石、沸石及少量透辉石、葡萄石、 萤石等。矿石构造以纹层状构造(图 3a)、块状构 造、网脉状构造(图 3b,c)为主。矿石结构以他形粒 状结构、交代残留结构为主,其次有半自形 - 自形粒 状结构、胶状结构、固溶体分离结构等。围岩蚀变主 要有硅化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、黑云母化、 钠长石化、碳酸盐化、葡萄石化、沸石化及角岩化等。

4 含矿围岩特征

4.1 岩石学和岩相学特征

在对 0 勘探线 4390 穿脉和地表开展踏勘的基础上,对 0 勘探线主矿体进行了平硐实测剖面控制。 总体看,含矿岩系总体上为一大套岩性较为单一的 条带状硅质岩建造的岩石,矿化体、矿体与地层产状 一致,为连续沉积接触关系,其连续沉积厚度超过 200 m(图 4),与地表出露的面貌一致(图 3d,e),岩 石新鲜,发育水平层理,有深浅不同的条带和条纹组成,具中厚层状构造,单层厚度多在 20~40 cm,岩 石坚硬致密,具贝壳状断口,无斑晶。

此外,在一些横向裂隙断裂(切层断裂)发育部位,也见有明显的矿化富集现象(图 3b,c),矿化沿 662



 interbedded thin and thick siliceous rocks; 2 - altered and mineralized silty siliceous rocks; 3 - fault; 4 - hornstone silty siliceous rocks; 5 - mineralized banded siliceous rocks; 6 - copperoxide orebody

裂隙富集,明显切割沉积层及先期矿化层,说明有后 期热液的叠加成矿作用。

岩石岩相学特征:由硅质、陆源粉砂、细砂、新生 矿物组成。硅质由隐晶状玉髓组成,粒度 < 0.01 mm,构成岩石主体。陆源粉砂、细砂由石英组成,次 棱角 - 次圆状,粒度一般 0.01 ~ 0.05 mm 为粉砂, 少数 0.05 ~ 0.15 mm 为细砂,星散状分布。新生矿 物为次闪石及少量碳酸盐(图 3f)。次闪石呈细小 针柱状,杂乱状均匀分布岩内,粒度 < 0.05 mm。碳 酸盐呈它形粒状,星散状分布,粒度 < 0.2 mm。岩 石内见少量裂隙,被硅质、帘石等充填。在硅质岩暗

Table 1 Majo	or elemen	t compos	sitions of	wall rock	in the S	uolagou	copper po	olymetallic	deposit	, Qinghai	Province	e(%)
样品编号	SiO_2	$\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$	$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	FeO	MgO	CaO	$\operatorname{Na}_2 O$	K ₂ O	MnO	${\rm TiO}_2$	P_2O_5	烧失量
SLDYP10Bb1 - 1	60.25	18.35	0.58	4.45	2.52	3.32	1.25	7.85	0.08	0.63	0.12	0.50

表1 青海索拉沟铜多金属矿床含矿围岩主量元素分析结果(%)

	2	2 5	2 5				-	2		-	2 5	
SLDYP10Bb1 -1	60.25	18.35	0.58	4.45	2.52	3.32	1.25	7.85	0.08	0.63	0.12	0.50
${\rm SLDYP10Bb9}-1$	60.24	17.11	0.57	5.00	2.47	6.29	1.52	3.73	0.13	0.66	0.14	2.10
$\rm SLDYP11Bb1-1$	58.77	15.47	0.75	3.80	2.32	9.13	1.39	2.72	0.15	0.55	0.12	4.72
$\rm SLDYP11Bb1-2$	53.21	13.44	0.90	5.25	1.90	12.39	0.83	2.84	0.40	0.56	0.13	7.99
SLDYP12Bb5 -1	63.86	16.42	0.93	3.30	2.63	3.31	1.05	6.70	0.07	0.50	0.11	1.11
$\rm SLDYP13Bb3-1$	54.60	16.70	0.78	4.55	2.14	8.36	1.00	5.28	0.21	0.54	0.12	5.65

测试单位:核工业北京地质研究院分析测试研究中心。

色条带密集及破碎较多的地段易形成矿化富集,而 沿较大的节理、裂隙密集带形成次生氧化富集。矿 化以原生矿为主,氧化矿次之,发育黄铜矿(图3c、 d)、黄铁矿、孔雀石、铜蓝,方铅矿、闪锌矿也可见 及,矿石以层块状、团块浸染结构为主。

4.2 岩石化学特征

从野外实测剖面的岩石化学分析结果(表1)可 以看出,野外采集的6套含矿围岩样品,SiO₂含量变 化在53%~64%之间,其中有3个样品SiO₂含量超 过60%,3个样品SiO₂含量低于60%。根据TiO₂ – SiO₂图解(图5a)投点,6个点全部落入火成岩区; 按照变质岩原岩恢复图解投点,在(al+fm) – (c+ alk) – Si图(图5b)中6个点有3个落入火山岩区, 3个落入钙质沉积岩区,野外观测未发现钙质沉积 岩。综合岩石化学特征认为,其含矿围岩主体为不 纯硅质岩,其中的火山岩为典型的中性岩浆岩的成 分特点,属于安山岩系列。里特曼指数 $\sigma = K_2O + Na_2O/SiO_2 - 43$ 变化在0.24~0.8之间,为钙碱性 岩系列,显示弧火山岩构造环境。

矿石硫化物闪锌矿中的 δ^{34} S 为 2.1‰、黄铜矿 δ^{34} S 为 1.9‰、方铅矿 δ^{34} S 为 1.4‰,与陨石硫接近, 推测硫来自于深部岩浆。

从以往取得的地球化学资料看(王爱学等, 1993),该区有多套地层含火山岩。鄂拉山群火山 岩成分较复杂,以中性岩为主,从玄武岩 - 流纹岩均 有,具有后造山松弛反弹拉张的特点,也有后造山的 高钾钙碱性特点,显示应力转换阶段的属性。

早 - 中三叠世隆务河组火山岩的岩石类型为安 山岩、流纹岩,以夹层、透镜状近东西向产于隆务河组 杂色碎屑岩中,火山岩空间上延展性差,火山活动微 弱。具中钾钙碱性系列,显示壳源特征。该区的中三 叠世古浪堤组为一套不含火山岩的碎屑岩建造。

东昆仑岩带的早 - 中三叠世洪水川组、闹仓坚 沟组火山岩以中酸性火山碎屑岩为主,少量玄武安 山岩、安山岩、英安岩等。以中酸性为主,主体为 中-高钾钙碱性系列岩石。

比较可知,该套地层的层状火山岩产状与隆务 河组和闹仓坚沟组中的火山岩类似(伊有昌等, 2003),其成分与鄂拉山组和洪水川组接近,的确反 映了该区构造-岩浆结的复杂复合特点。

5 讨论与结论

5.1 含矿地层特征与区域沉积环境简析

从矿区赋矿岩石的变质变形特点来看,该套岩 石新鲜、未发生变质,变形不强,岩层倾角中等到低 缓,具有中生代三叠纪地层的面貌,从其分布空间来 看属于鄂拉山地区,以往多数地质工作者均视其为 硅质岩系,近期资料显示其中有火山岩夹层,对其地 层归属仍有分歧。

在矿区和邻区三叠纪地层中,东昆仑南坡的洪 水川群、闹仓坚沟组,东昆仑中北带的八宝山组,鄂 拉山带的鄂拉山组和西倾山带的隆务河组、古浪堤 组均与之面貌不尽一致。近年来,随着热水沉积成 矿作用的升温,许多人都认为该套硅质岩的含矿围 岩应属于热水沉积的产物,其沉积环境为海相。按 照青海以往对三叠纪地层沉积环境的一般性认识,晚 三叠世青海除唐古拉地区的雁石坪群之外已全部进 入陆内发展阶段,其地层均为陆相沉积。据此最近青 海资源潜力评价项目将其归入早中三叠世的洪水川 组(青海省地矿局,2011)。而将其归入中三叠世古浪 堤群(青海省地矿局第三地质队,1988,1993)和将该 套地层归入晚三叠世鄂拉山群的方案(青海省地矿 局,2003;张雪亭等,2007b)也是主要方案之一。

大量资料表明,中晚三叠世交替阶段,青海地层 的确具有海陆交互相的特点,也是值得重视的地质 事实。在该套含矿地层外部见有晚三叠世鄂拉山群 陆相火山岩,其柱状节理发育,火山碎屑岩分布广 泛。火山岩的岩石类型包括玄武岩和中酸性岩类, 沉积岩夹层中产植物化石。在其同层位的地层八宝 山组中,在草木策(青海省地矿局,1997)地区发现其



图 5 青海索拉沟铜多金属矿床含矿围岩 TiO₂ - SiO₂ 图解(a)和(al + fm) - (c + alk) - Si 图解(b 底图据西蒙南,1953) Fig. 5 TiO₂ - SiO₂(a) and(al + fm) - (c + alk) - Si (b, after Symoner,1953) diagram of wall rock of the

Suolagou copper polymetallic deposit, Qinghai Province

下部存在典型的海相地层,产海相化石和灰岩夹层, 说明晚三叠世早期东昆仑地区海水并未完全退出。 在其北部的中南祁连山地区,晚三叠世地层称为默 勒群,其包含阿塔寺组和尕勒得寺组,大量的研究证 实其为海陆交互相地层,说明晚三叠世早期中南祁 连山地区仍有海水侵没。

一般认为,古特提斯洋的关闭是自中二叠纪世 由中西亚向东亚扩展,东部自大别山向西推进,进入 晚二叠世 - 中三叠世巴颜喀拉残留洋演化阶段(任 继舜,1999;张雪亭,2007a),晚三叠世海水自巴颜喀 拉向南退入班公湖 - 怒江与新特提斯洋主域,海水 在青海北部和西部的普遍存在,说明其在中部的鄂 拉山、兴海等地也应有残留海域存在,它们彼此相 连,并与南部的班公湖 - 怒江洋盆连为一体。青海 中部真正脱离海侵是晚三叠世中晚期地壳整体抬升 陆内叠覆造山之后,这应该是将索拉沟铜矿划归鄂 拉山群的主要依据。

5.2 构造面貌与地层归属

从索拉沟所在的构造格局看(青海省地矿局地 质调查院,2000),哇洪山 - 温泉断裂以东基本构造 面貌为北西向构造和北东向构造呈棋盘格状发育, 没有明显的优选方向,显示近东西向或北西西向的 块体聚合应力状态,其奠定时间为晚三叠世。而以 西主体构造线北西西、近东西向构造占主体,显示近 南北向的块体聚合作用,其奠定时间为中三叠世之 前。而索拉沟所在的区域全部位于哇温断裂以东, 与东部西秦岭构造区面貌一致,显示陆内对接区域 位于西秦岭西缘带,并造成鄂拉山组地层跨越哇温 断裂,向西也有小面积分布的情况。此外,按常规地 层的分区边界以海陆变迁的陆块大界线来限定为 宜,不能以陆内带作为分界断裂。

由于目前缺乏矿石及火山岩夹层的测年资料, 64 硅质岩的时代依据也不确定,岩石组合面貌特殊,与 已知地层单位的面貌均有差异。但是,相对而言将 其归属晚三叠世早期鄂拉山组下部的层位较为合 适,具有海相地层特点,鄂拉山组也为一套海陆交互 相地层,具有形成硅质岩的环境条件,因此索拉沟含 矿地层的归属似乎仍放入鄂拉山组为宜,只是过去 鄂拉山组单纯陆相地层的概念需要更新,其为一套 海陆交互相地层,下部以海相沉积环境为主,上部为 陆相沉积环境。这样就可以较好地解释目前的争 议,为区域成矿预测奠定基础。

6 成因探讨

综上可知,索拉沟铜多金属矿主矿体及主体矿 化层与杂色不纯硅质岩为顶底板的近矿围岩呈连续 沉积接触关系,显示热水沉积的矿床属性。从整个 含矿岩系岩性组合分析,不纯硅质岩中夹有中性火 山岩夹层,反映了与火山喷发有关的特点。成矿物 质显示,硫来源于深部岩浆,显然也是火山作用成矿 的证据,但又不能划入火山岩型矿床,因为以火山岩 为直接成矿围岩的矿化富集作用表现并不明显。从 切层的构造裂隙矿化富集事实分析,该矿沉积成矿 之后的热液成矿作用明显,而这些与矿化有关的断 裂构造,其断距小,以节理和裂隙为主,结合成矿物 质的深部岩浆来源,我们认为其属于与火山喷发有 关的同期断裂构造,是火山热液成矿的表现。因此, 该矿床的成因主体为以沉积岩为围岩的所谓 "SEDEX"型热水沉积矿床,叠加有火山热液成矿作 用,热水的主要来源为深部岩浆,前者为间火山期沉 积产物,后者为火山喷发期产物,推测含矿硅质岩下 部仍有底部火山岩层位,它们为一个完整的火山喷 发-沉积-火山喷发成矿旋回,故我们称其为与弧 火山作用有关的沉积-热液复合型矿床。同类矿床 的预测方向应考虑索拉沟矿床所处的成矿构造部 位,矿床近南北两侧的同层位地层成为区域找矿的 重要方向。此外,加强索拉沟地区火山热液成矿作 用及成矿系列研究,加强矿区深部和外围强蚀区斑 岩型矿床的寻找与研究,是今后值得重视的课题。

致谢项目实施过程中得到了青海国土资源厅 勘查处王爱学专家的指导,野外工作期间得到了索 拉沟铜矿沈生琛总工、甘得春技术负责等多位专家 的帮助和指导,特此致谢!

[References]

- Bureau of Geology and Mineral of Qinghai Province. 1997. Rock and strataof Qinghai Province [M]. Wuhan: China University of GeosciencesPress: 1 - 340 (in Chinese)
- Guo Zheng-fu, Deng Jin-fu, Xu Zhii-qin. 1998. Late Palzeozoic-Mesozoic intracontinental orogenic process and intermedate-acidic [J]. Geoscience, 12(3):344 - 351 (in Chinese with English abstract)
- Liu Cheng-dong, Mo Xuan-xue, Luo Zhao-hua. 2004. Mixing events between the crust and mantle-derived magmas in Eastern Kunlun: Evidence from zircon SHRIMP chronology[J]. Chinese Science Bulletin,49(6):596 - 602(in Chinese with English abstract)
- Qinghai Geological Survey Institute. 2000. Regional geological surveys report of People's Republic of China: 1:250000 regional geological surveys report of Xinghai area[M]. Beijing: Geological Publishing House: 10 - 35 (in Chinese)
- Ren Ji-shun. 1999. A introduction to tectonic map of China [M]. Beijing: Geological Publishing House: 1 - 50(in Chinese)
- The third geological brigade of Bureau of Geology and Mineral Exploration of Qinghai Province. 1998. Regional geological surveys report of People's Republic of China: 1:50000 regional geological surveys report of Zairigou area [R]. Xining: Bureau of Geology and Mineral Exploration of Qinghai Province: 1 - 109 (in Chinese)
- Wang Ai-xue, He Li-zeng, Guo Shi-zhen, Zhou Jin-yuan. 1993. Detailed survey geological report of Suolagou polymetallic deposit in Daheba country Xinghai area, Qinghai Province [R]. Xining; Bureau of Geology and Mineral Exploration of Qinghai Province:1-112 (in Chinese)

- Yang Sheng-de, Li Huai-yi, Pan Tong, Li Shi-jin. 2012. Copper mineral resources evaluation in Qinghai Province[R]. Xining: Bureau of Geology and Mineral Exploration of Qinghai Province: 1 – 120 (in Chinese)
- Yin You-chang, Luo Rang-chai, Pan Tong. 2003. The third round prospective assessment of mineral deposits and regional planning and prospecting target of Qinghai Province [R]. Xining: Bureau of Geology and Mineral of Qinghai Province: 1 - 50 (in Chinese)
- Zhang Xun-ting, Yang Sheng-de. 2007a. Studies on plate tectonic of Qinghai Province[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1 - 177(in Chinese)
- Zhang Xun-ting, Yang Sheng-de. 2007b. Regional geology of Qinghai Province[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-57(in Chinese) [附中文参考文献]
- 郭正府,邓晋福,许志琴.1998. 青藏东昆仑晚古生代末 中生代酸性 火成岩与陆内造山过程[J]. 现代地质,12(3):344 - 351
- 刘成东,莫宣学,罗照华.2004.东昆仑壳-幔岩浆混合作用:来自锆石 SHRIMP 年代学的证据[J].科学通报,49(6):596-602
- 青海省地矿局.1997.青海省岩石地层[M].武汉:中国地质大学地质 出版社:1-340
- 青海省地矿局第三地质队.1988. 中华人民共和国区域地质调查报告:再日沟幅1:5万区域地质调查报告[R]. 西宁:青海省地矿局:1-109

青海省地矿局地质调查院.2000.中华人民共和国区域地质调查报告: 兴海幅1:25万区域地质调查报告[M].北京:地质出版社:10-35

- 任继舜.1999.中国大地构造图及说明书[M].北京:地质出版社:1-50 王爱学,何立增,郭世珍,周金元.1993.青海省兴海县大河坝乡索拉沟
 - 矿区多金属矿详查地质报告[R].西宁:青海省地矿局:1-112
- 杨生德,李怀毅,潘彤,李世金.2011.青海省矿产资源潜力评价铜矿 预测报告[R].西宁:青海省地矿局:1-120
- 伊有昌,罗才让,潘彤.2003.青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿 靶区预测[R].西宁:青海省地矿局:1-50
- 张雪亭,杨生德.2007a.青海省板块构造研究[M].北京:地质出版 社:1-177
- 张雪亭,杨生德.2007b.青海省区域地质概论[M].北京:地质出版 社:1-57

Characteristics of Ore-Bearing Wall Rocks from the Suolagou Copper Polymetallic Deposit, Qinghai Province

ZHANG Xue-ting¹, CHEN Xi-feng², YAO Yuan¹, ZHENG Jie¹, WU Hua-ying¹

(1. Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 100025;

2. Development and Research Center, China Geological Suvery, Beijing 100037)

Abstract: The large-size Suolagou copper polymetallic deposit is located in the Elashan ore belt of Qinghai Province. This work is based on field investigations, detailed rock geochemistry, isotope geochemistry, petrography feature and protolith recovery analysis, and the result shows that the ore-bearing wall rocks of the Suolagou deposit are compact massive impured siliceous rocks with banded structure, intercalated with volcanic rocks and volcaniclastic rocks. Petrochemical characteristics suggest that the volcanic rocks are of intermediate type. The six samples of impured siliceous rocks belong to volcanic rocks in the $TiO_2 - SiO_2$ diagram, while in the (al + fm) - (c + alk) - Si diagram, three of them fall into area of volcanic rocks and the others fall into area of calcareous sedimentary rocks. The volcanic rocks in the impured siliceous rocks are andesitic rocks. An integrated analysis indicates that, the ore-bearing stratum belongs to the Elashan Formation, and this deposit is of sedimentary-hydrothermal superimposition type.

Key words: characteristics, ore bearing stratum, Suolagou, Qinghai Province