金属矿产

青海省苦海汞(金)矿床地质特征及找矿前景分析

丁正江[1,2]， 孙丰月[1]， 李碧乐[1]， 李世金[1,3]， 赵俊伟[3]， 赵 辉[2]， 王 力[1]

(1. 吉林大学地球科学学院,长春 130061;2. 山东省第三地质矿产勘查院,烟台 264003;
3. 青海省地质调查院,西宁 810012)

[摘 要]为查明本区成矿地质特征及综合评价其找矿潜力,通过野外地质调查和室内各类测试分析研究,表明苦海汞(金)矿床位于东昆南造山带南带,其矿体受构造和地层联合控制,呈透镜状、似层状平行产出,矿化边界性较好;矿石矿物以低温矿物组合为主,矿石组构较为单一;围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化;成矿流体为低温流体,同时有深部热液参与成矿的显示,属造山型金矿系列矿床之一。在此基础上通过对区域成矿条件及区域矿床成矿特征综合对比分析,认为苦海汞(金)矿区剥蚀深度较小,保存条件较好,具有很大的造山型金及多金属矿床找矿远景。

[关键词]苦海汞(金)矿 地质特征 造山型金矿 找矿前景 青海省
[中图分类号]P618.51 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2010)02-0198-09

Ding Zheng-jiang, Sun Feng-yue, Li Bi-le, Li Shi-jin, Zhao Jun-wei, Zhao Hui, Wang Li. Geological characteristics and prospecting potential of the Kuhai Mercury deposit in Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 2010, 46(2): 0198-0206.

苦海汞矿位于海南州兴海县和果洛州玛多县的交界处,地理坐标为东经 99°11′12″,北纬 35°15′35″,大地构造位置上属东昆仑造山带南带,南面为东昆仑与巴颜喀拉地块的分界断裂即昆南断裂带(又称东昆南复合拼贴带①),位于热深1井向斜东南翼(张以茀等,1997),区域上具有造山带多期造山成矿的特点,矿床(点)遍布(图 1),资源潜力可观。由于自然地理和交通条件等因素影响,自 1983 年原青海省地矿局化勘队发现后,该区仅有原青海省地质三队在此做过预查②,工作程度极低。2005 年笔者在该区做了大量野外考察和取样工作,并完成岩石化学、稳定同位素、流体包裹体及电子探针矿物成分分析等测试和室内综合分析,取得了新的成果。作为造山带上的一大型浅成汞(金)矿床①,它的研究对于充实造山带成矿学说和寻找造山型矿床都有着重要意义。本文试图在介绍其成矿地质特征基础上就其找矿潜力作一简要分析。

1 矿区概况

矿区出露地层主要有石炭系、二叠系和第四系,其中石炭系仅在矿区西北角小面积出露。二叠系出露下统 a 岩组,分布于全矿区,为一套陆源碎屑、碳酸盐沉积建造。矿区构造以褶皱为主,断裂次之。矿体主要赋存于中沟向斜及西沟向斜(图 2)。层间剥离裂隙发育于褶皱的翼部层间滑动面下侧脆性岩层如灰岩、砂岩等中,是矿体富集的最有利部位。矿区尚未见侵入岩出露,但区域范围内辉长岩、辉绿岩、石英闪长玢岩、斜长花岗岩、斜长花岗细晶岩、花岗岩、正长岩、伟晶岩等脉岩发育,具有由超基性-酸性的演化规律,侵入时代由海西晚期-燕山期。据区域研究资料(罗照华等,2002;袁万明等,2003),结合矿区流体包裹体测试分析研究结果(丁正江,2006;丁正江等,2009),认为区内应有隐伏岩体存在。

[收稿日期]2009-11-05;[修订日期]2010-03-18;[责任编辑]陈喜峰。
[基金项目]中国地质调查局综合研究项目(编号:200310200012)资助,并受"985"创新平台-东北地区资源与环境创新平台支持。
[作者简介]丁正江(1977 年-),男,2003 年毕业于吉林大学,获硕士学位,在读博士生,主要从事成矿理论与预测研究、应用工作,E-mail:zhj_ding@yahoo.com.cn。

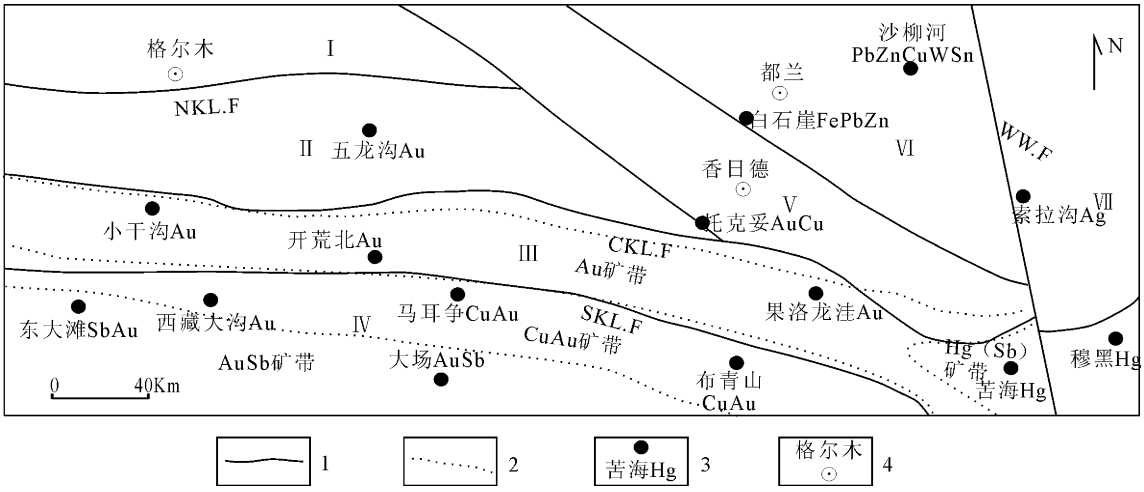


图 1　东昆南-阿尼玛卿区域矿床分带分布示意图(在注释③资料基础上编制)

Fig. 1　Sketch map showing distribution ore deposit belts in East Kunlun-Animaqin area

Ⅰ-昆北带;Ⅱ-昆中带;Ⅲ-昆南带;Ⅳ-巴颜喀拉带;Ⅴ-柴达木盆地;Ⅵ-柴北缘;Ⅶ-宗务隆山-青海南山;NKL. F-昆北断裂;CKL. F-昆中断裂;SKL. F-昆南断裂;WW. F-瓦洪山-温泉断裂;1-断裂带;2-成矿带界线;3-矿床位置、名称及矿种;4-城市位置及名称

Ⅰ-Northern belt of East Kunlun; Ⅱ-middle belt of East Kunlun; Ⅲ-Southern belt of East Kunlun; Ⅳ- Bayan har Belt; Ⅴ-Qaidam Basin; Ⅵ-Northern Boundary of Qaidam Basin; Ⅶ-Zongwulong Mountain-Nan Mountain belt; NKL. F. -Northern bault of Kunlun; CKL. F. -Middle bault of Kunlun; SKL. F. -Southern bault of Kunlun; WW. F. -Wahong Mountain-Wenquan bault 1-faults; 2-boundary of metallogenic belts; 3-ore deposits, location and minerals type; 4-cities and location

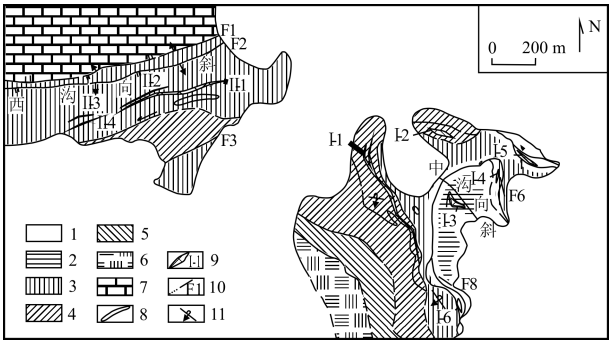


图 2　苦海汞矿区地质简图(据注释①;略修改)

Fig. 2　Schematic map of geology for Kuhai mercury deposit

1-第四系;2-千枚状板岩夹砾屑灰岩透镜体;3-千枚状板岩夹石英砂岩、砾屑灰岩;4-含炭质千枚状板岩;5-石英砂岩;6-千枚状板岩夹石英砂岩;7-绿泥石化绢云母石英片岩;8-地层透镜体;9-汞矿体及编号;10-断层及编号;11-倒转地层

1-Quaternary system; 2-phyllitic slate with phacoidal calcirudite; 3-phyllitic slate with quartz sandstone, calcirudite; 4-carbonaceous phyllitic slate; 5-quartz sandstone; 6-phyllitic slate with sandstone; 7-chloritizational sericite quartz schist; 8-stratum lenticle; 9-Mercury ore bodies; 10-measured and inferred faults; 11-overturned bedding

2　矿床地质

2.1　矿体特征

矿区由西向东依次划分为Ⅱ、Ⅰ、Ⅲ矿化带①,集中产出于下二叠统 a 岩组四岩性段 2 岩性层和五岩性段 2、3、4 岩性层中(图 2)。其中,Ⅰ矿化带揭露六个矿体,主要赋存于五岩性段灰岩中;Ⅱ矿带四个矿体,平行产出于五岩性段 3 岩性层板岩所夹的砂岩透镜体中;Ⅲ矿带因工作程度低,目前只见一个小矿体,产在四岩性段 3 岩性层含炭质千枚状板岩、石英砂岩,与上覆五岩性段 1 岩性层石英砂岩接触断裂破碎带中。从整体上看,各矿体均受褶皱、断裂构造控制,且沿一定地层层位分布,一般产在褶皱构造的轴部和翼部的层间剥离间隙、碎裂隙及节理中,或者产于褶皱翼部的断裂破碎带内(图 2,3);产状与地层产状基本一致,多呈透镜状、似层状平行产出;矿化边界性较好,矿体一般在构造倾角较陡或应力较松弛处矿体较厚、延伸也较长;单个矿体一般长 30 ~ 100 m,最长 600 m;视厚度 0. 5 ~ 4. 0 m;平均品位 0. 101 ~ 0. 539%,最高 0. 651%。

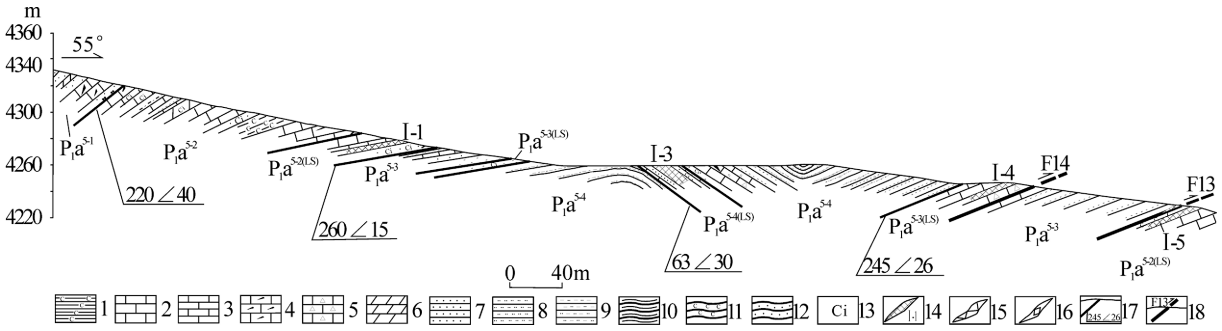


图 3　苦海汞矿实测地质剖面图(在 1∶100 实测探槽资料基础上绘制)

Fig. 3　Geological profile of Kuhai murcury deposit(on 1∶100, based on data of a trench)

P_1a^5-下二叠统 a 岩组五岩性段:P_1a^{5-1}-1 岩性层;P_1a^{5-2}-2 岩性层;$P_1a^{5-2(LS)}$-2 岩性层透镜体;P_1a^{5-3}-3 岩性层;$P_1a^{5-3(LS)}$-3 岩性层透镜体;P_1a^{5-4}-4 岩性层;$P_1a^{5-4(LS)}$-4 岩性层透镜体;1-炭质页岩;2-灰岩;3-薄层灰岩;4-砾屑灰岩;5-角砾状灰岩;6-泥灰岩;7-砂岩;8-粉砂岩;9-泥质粉砂岩;10-泥质板岩;11-炭质板岩;12-砂质板岩;13-辰砂矿化;14-矿体及编号;15-石英脉;16-方解石脉;17-岩层界线、产状及位置;18-断层及编号

P_1a^5-Lower Permian a Group Fifth lithological sect: P_1a^{5-1}-1st lithohorizon; P_1a^{5-2}-2nd lithohorizon; $P_1a^{5-2(LS)}$-2nd lithohorizon lenticle; P_1a^{5-3}-3rd lithohorizon; $P_1a^{5-3(LS)}$-3rd lithohorizon lenticle; P_1a^{5-4}-4th lithohorizon; $P_1a^{5-4(LS)}$-4th lithohorizon lenticle; 1-carbonaceous shale; 2-limestone; 3-thin layer limestone; 4-calcirudite; 5-breccia limestone; 6-marlite; 7-sandstone; 8-siltstone; 9-pelitic siltstone; 10-pelitic slate; 11-carbonaceous slate; 12-sandy slate; 13-murcury mineralization; 14-ore bodies; 15-quartz vein; 16-calcite vein; 17-boundary of stratum, attitude of rocks; 18-faults

2.2　矿石特征及矿物组成

2.2.1　矿石类型及组构

苦海汞矿矿石类型以灰岩辰砂矿石和钙质石英砂岩辰砂矿石为主,前者主要分布在Ⅰ矿带中,后者则分布在Ⅱ矿带;石英脉辰砂矿石见于各矿带,属次要类型。

矿石结构主要有他形粒状结构、自形-半自形晶结构结构(图 4-a、b)、“双晶”结构(图 4-c)、包含结构、鲕粒结构、压碎结构(图 4-d)等。矿石构造以浸染状构造(图 4-e)、条带状构造(图 4-f)为主,脉状、网脉状、梳状、“流动”构造等构造等次之,偶见团块状构造。

2.2.2　矿物组成及特征

矿石矿物种类比较简单,主要为辰砂,次为辉锑矿、黄铁矿,偶见黄铜矿、硫锑汞矿、毒砂、自然汞及次生矿物褐铁矿等。

辰砂:主要呈他形粒状,少数为自形-半自形块状集合体;粒径 0.05 ~0.30 mm。大部分呈浸染状,少数呈细脉状或马尾丝状分布于岩石碎裂隙以及较早期方解石脉的碎裂隙中,或呈条带状、似层状分布于石英-方解石脉中。值得注意的是,较为常见“双晶”状辰砂。电子探针分析结果(表 1)显示“双晶”各处成分有较大变化(表中 MF1 ~ MF5),说明辰砂形成过程中物质成分的差异,暗示着成矿物质、流体成分的变化。

辰砂中多数含有 Au、Ag、Cu 元素,少数含 Sb、Fe、Zn,个别含 Bi(表 1)。样品含 Au 率为 40%,含量在 0.15% ~0.33% 之间,平均 0.23%;全部含有 Ag,含量为 0.21% ~0.54%,平均 0.38%;同时 50% 的样品中有 Sb 出现。这说明低温矿物辰砂通常含有与其具有相近地球化学性质的金属元素杂质,与 Au、Ag、Sb 等金属元素关系密切,具有浅成矿床的特点;而个别样品中高温元素 Bi 的出现,则指示着可能有深部流体参与成矿。

辉锑矿:较为常见,多呈他形-半自形晶针柱状或粒状集合体、不规则粒状产出,少数呈他形或小叶片状微粒(0.03 ~0.10 mm),呈星散状和马尾丝状细脉与辰砂矿化共生;有时也呈微粒状出现在辰砂颗粒中。在个别样品中含量较高,并构成辉锑矿石(分布于向呢呵区段)。

黄铁矿:主要呈草莓群状(可能为同生沉积形成)和他形粒状乳滴状浸染状、细脉状(可能为矿化早期随热液入侵而形成)分布。电子探针结果(表 1 中 11# ~13#)显示,草莓状黄铁矿普遍金含量较高,一般为 0.24% ~0.27%;其中最高者为石英砂岩中草莓状黄铁矿(TJ),含金量高达 0.72%,同时含汞,达 0.14%。说明在早期沉积过程中,不仅有汞矿质的沉淀,同时也伴有 Au、Ag、Cu、Zn、As、Sb 等元素的富集。而黄铁矿中不含高温矿物 Bi,可能意味着早期沉积中

Bi 的缺少,结合热液期形成的辰砂中含 Bi:0.92% 的事实,可能正说明热液成矿期有深源流体的加入。

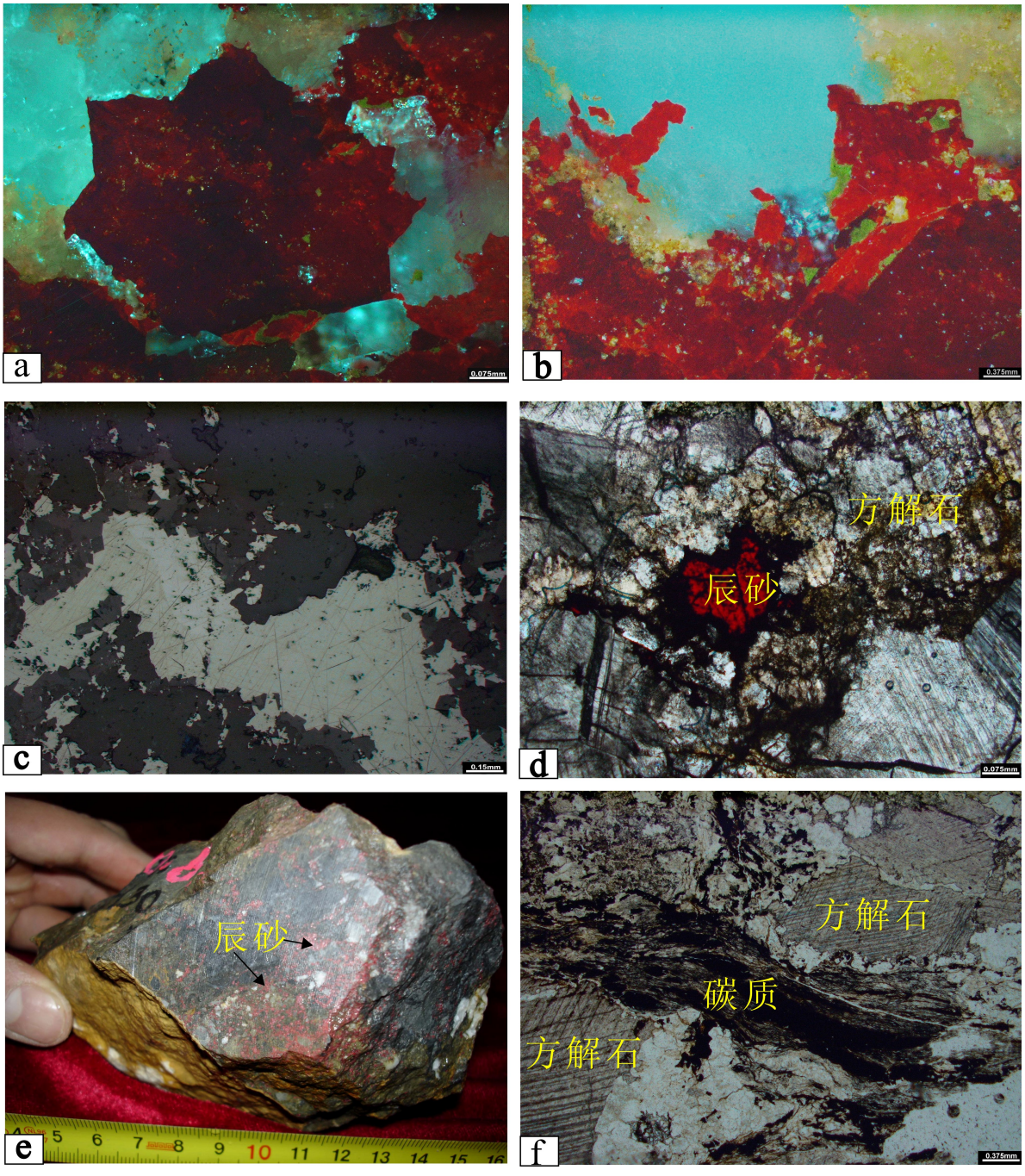


图 4　矿石结构构造图

Fig. 4　Structure pictures of ores

a-自形辰砂呈枫叶状产出于石英脉中(暗红色为辰砂;正交偏光×200);b-石英脉与石英砂岩交界处之半自形辰砂(暗红色为辰砂;正交偏光×40);C-"双晶"状辰砂(黑色-石英,浅色-辰砂;单偏光×100);d-辰砂充填于早期方解石碎裂隙之中(单偏光×200);e-硅化浸染状辰砂矿石(手标本);f-炭质呈条带状,又被变形扭曲(单偏光×40)

a-idiomorphic crystal of cinnabars;b-subhedral cinnabars between quartz vein and sandstone; c-"twin crystal" cinnabar; d-cinnabar filling in the cranny of calcite ;e-disseminated siliconation cinnabar ore;f-carbonaceous appearing banded structure

表 1 苦海汞矿床辰砂、黄铁矿电子探针分析结果表(%)

Table 1 Electron probe analysis result of Murcury and Pyrites from Kuhai deposit(%)

序号	样号	Hg	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Fe	S	Total
1	F1	86.97	0.24	0.48	0.09	0	0	0	0	0	0	12.4	100.18
2	F2	87.94	0	0.54	0	0	0	0	0.21	0	0	11.61	100.29
3	F3	85.59	0	0.43	0	0	0.06	0	0.22	0	0	13.65	99.96
4	F4	86.11	0.33	0.43	0	0	0.04	0	0	0	0.07	13.13	100.11
5	F5	85.27	0.21	0.27	0.07	0	0	0	0	0	0.01	14.02	99.85
6	B	84.11	0	0.34	0.13	0	0	0	0	0.92	0.07	14.34	99.92
7	C	86.92	0.15	0.43	0.02	0	0.14	0	0.02	0	0.05	12.06	99.80
8	K1	86.52	0	0.28	0.06	0	0	0	0	0	0.02	13.08	99.96
9	K2	87.23	0	0.21	0.13	0	0	0	0.11	0	0	12.27	99.96
10	A	84.60	0	0.47	0.08	0	0.05	0	0.08	0	0	14.66	99.95
11	TJ	0.14	0.72	0.02	0	0	0.15	0	0	0	44.87	54.22	100.12
12	E1	0	0.27	0	0.22	0	0.19	0.38	0.15	0	54.82	44.63	100.66
13	E2	0	0.24	0.03	0.16	0	0.22	0	0	0	46.66	52.71	100.02

注:1#~10#为辰砂,11#~13#为黄铁矿,吉林大学实验中心电子探针室王微于 2005 年测定。

脉石矿物主要为石英、方解石,少量白云石、绢云母、绿泥石及石膏等。

2.2.3 矿石化学成分

矿区九件矿石组合分析样结果①显示,矿石主要元素为 Hg,富含 Au 和 As,且已达综合利用指标,可作为伴生元素进行综合回收;同时伴生有少量的 Ag、Sb 元素,表现出一套低温热液矿床矿物组合特征。

2.3 围岩及围岩蚀变

矿体围岩主要为灰岩、千枚状板岩、石英砂岩。围岩蚀变广泛发育,但蚀变种类较简单,主要为硅化、碳酸盐化。其中,灰岩中的蚀变多为碳酸盐化、硅化;砂岩中以硅化为主,次为碳酸盐化。这说明热液期虽有外来成分加入,但主要还是围岩本身的物质成分。

此外,还发育有褐铁矿化。区内所有汞矿体都毫不例外地存在不同程度的褐铁矿化。一般来说,凡是褐铁矿化强的地段,辰砂矿化也较强;褐铁矿化弱者,辰砂矿化也相应减弱。

2.4 成矿期次的划分

通过对矿石特征、矿物间穿切包含关系等研究认为,矿床的形成经历了成矿前汞的初始沉积富集、矿化期热液成矿作用和表生氧化等三期成矿作用过程(表 2)。第一期表现为形成区内大面积分布的二叠系-三叠系含汞碳酸盐、砂岩建造,汞达到初步"富集"的状态。第二期热液成矿期受韧-脆性变形、褶皱构造控制,成矿流体上升淋滤出汞矿质,沿断裂运移,于有利地段沉积富集成矿。第三期主要是由于成矿后地壳抬升剥蚀而形成的氧化矿石带,地表上常见褐铁矿化。其中热液成矿期辰砂(黄铁矿)-石英碳酸盐阶段和石英碳酸盐脉-辰砂阶段是成矿的主要阶段。

3 矿床类型及找矿潜力分析

3.1 矿床类型及成矿作用过程

通过矿床地质研究,结合有关测试分析结果(丁正江,2006),苦海汞矿成矿温度介于 118.8~291.6℃之间,成矿压力介于 8.78~22.48 MPa 之间,主要集中在 12~18 MPa 范围内,据孙丰月等提出的利用成矿压力计算成矿深度公式(孙丰月等,1995;孙丰月等,2000)计算出成矿深度为 1.2~1.8 km,故我们认为苦海含金汞矿床属于造山带上之中偏低温热液矿床,相当于 Groves 等(1998)所提出的造山型金矿系列的浅成矿床(丁正江等,2009)。

表 2　苦海汞矿成矿期次及矿物生成顺序表

Table 2　Ore-forming process and minerals generation sequence in kuhai deposit

矿物类型	沉积预富集期	热液期				表生氧化期
		石英-辰砂(黄铁矿)阶段	辰砂(黄铁矿)-石英碳酸盐阶段	石英碳酸盐脉-辰砂阶段	石英-碳酸盐脉(辰砂)阶段	
稠密浸染状辰砂	成矿物质预富集期	▬▬	▬▬			
脉状辰砂		———	———	——		
稀疏浸染状辰砂		——	▬▬▬	———	—	
草莓状黄铁矿		▬▬▬	——			
星点状黄铁矿		—	———	—		
黄铜矿		—	——			
辉锑矿			———	——		
毒砂		——				
自然汞		—	—			
褐铁矿						▬▬
硅化石英		▬▬▬	▬▬	—		
脉状石英		———	▬▬▬	———	———	
细粒石英			——	———	—	
蚀变方解石		—	▬▬	———	—	
脉状方解石			———	▬▬▬▬	————	
白云石			—	—	——	

苦海汞矿的形成可分为两个阶段:一个阶段是:海西旋回,苦海地区处于东昆仑南坡台地边缘斜坡相,伴随古特提斯洋壳沿昆南断裂向北的俯冲过程,不断接受滨海-浅海相沉积,大规模的陆源碎屑混杂沉积、海生生物沉积带来了丰富的汞矿质,形成区内地层 Hg 的地球化学高背景场;另一个阶段是:印支晚期,巴颜喀拉洋闭合,陆陆碰撞造山开始。构造岩浆等热事件的发生促使了本区内广泛的地下水循环系统的发育,同时也提供了大量的流体。地下水热液(可能混有大气降水)及岩浆热液沿着深大断裂及次级褶皱断裂构造迁移,从围岩中不断萃取成矿物质,在构造、物理地球化学条件适宜的地方(通常为褶皱翼部层间剥离间隙及碎裂隙、节理等)聚集形成汞矿体。

3.2　找矿潜力评析

苦海汞矿大地构造位置上位于东昆仑昆南构造带之上,处于边缘造山带挤压环境中;地层为一套富炭质以碳酸盐岩为主的构造混杂岩,并有较高的汞异常值;构造上,它处于东昆南带东端,为东昆南断裂、东昆中断裂、瓦洪山-温泉断裂(东昆仑东端界限)所夹持的三角地带,地质构造复杂,这有利于热液系统内成矿流体持续广泛循环,淋滤地层中的矿质并在有利地段沉淀富集形成大型-超大型矿床。

同时,从成因上看,苦海汞矿属于 Groves 等(1998)所提出的造山型金矿范畴,为其浅部端元矿床类型。苦海汞矿作为浅成矿床的出现,无论是从造山型金矿成矿的纵向连续成矿规律上看(Groves D I.,1993;关键,2004),还是从该区成矿分带特征上看(胡正国等,1999;袁万明等,2000;丰成友等,2004a;丁清峰等,2005;赵俊伟,2008)(图 1),在该区寻找大场金锑矿床式造山型金多金属矿床是大有希望的,依据如下:

(1) 区域地层包含多层含炭质岩性地层单元,这些含炭质碳酸盐砂岩建造在构造旋回中于滨海-浅海相环境沉积,富集 Au、Hg、Sb、As、Sn 等成矿元素并表现出很高背景值,为后期成矿作用打下了可靠物质基础。

(2) 东昆仑复合造山带经历多期构造旋回,发育多级构造区带;其中昆中、昆南、北巴颜喀拉等 NWW-EW 向断裂切割深(至少达下地壳)、多期次活动,甚至还是不同时期的缝合带或俯冲-碰撞带,是汇聚板片的边界。这些深断裂旁侧发育的一系列大型剪切带已被证实是柴北缘-东昆仑地区造山型金矿床的区域导矿或控矿构造,其次级构造(断裂、

褶皱等)则作为控制矿床和矿体的容矿构造出现(张德全等,2001),这为该区大规模成矿提供了良好的构造条件。

(3) 向南北两方向,岩相构造类似的已发现的如大场(Au-Sb)、西藏大沟(Au)、东大滩(Sb-Au)、开荒北(Au)、小干沟(Au)、五龙沟(Au)等造山型金矿床(点)表现出了成矿温度相对逐渐增高的趋势(张德全等,2001;李厚民等,2001;丰成友等,2004a,2004b;赵俊伟,2008;赵财胜等,2005)(表3)。苦海汞矿相当于东昆仑造山带成矿系统中带状成矿的中间区,从成矿温度的高低排列上看,苦海汞矿就处于东昆仑造山成矿带这一"向形"的轴部-低温带上(图1)。

(4) 区域上已发现的矿床,矿石矿物都较简单,除含有主成矿元素外,主要是黄铁矿,其他矿物较少;并且呈现出由苦海向南北两方向,随矿床成矿深度和成矿温度增加,辉锑矿含量逐渐减少而毒砂含量逐渐增加的趋势(张德全等,2001;丰成友等,2004a;赵俊伟,2008)。苦海汞矿床处于毒砂相对较少而辉锑矿较多的矿化位置。

表3 东昆仑造山带几个典型造山型金矿床(点)成矿特征一览表

Table 3 Metallogenic characteristics of several gold deposits in East Kunlun belt

矿产地	构造位置	岩系、控矿构造	成矿时代	矿石类型	元素组合	矿体形态	矿床矿物	成矿温度
五龙沟(大型)	东昆中带中段	NWW向大型剪切带旁侧的NW-NNW向剪切带或断裂-裂隙带	印支期(236 Ma)	破碎带蚀变岩型	Au-As-Sb	透镜状,斜列式成群成带	黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、黄铜矿、自然金、银金矿;绢云母、石英	186~380℃
小干沟(矿点)	东昆南带中西段	浅变质的三叠纪前陆盆地细碎屑岩中NWW向大型剪切带旁侧NW向断裂-裂隙系统	印支期	破碎带蚀变岩为主少量石英脉	Au-Sb-As	透镜状或脉状体斜列式成群分布	黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、辉锑矿、自然金;石英、绢云母、绿泥石	-
开荒北(中型)	东昆南带中段	三叠纪前陆盆地浊积岩(低绿片岩相)中NWW向大型剪切带内的NW-NWW向断裂-裂隙系统	印支期	石英脉为主少量蚀变岩	Au-Sb-As	斜列式含Au石英脉群	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉锑矿、毒砂;石英、绢云母、绿泥石、碳酸盐	143~259℃
苦海(大型)	东昆南带东段	区域断裂带附属的一系列小型短轴状、开阔型复式背、向斜构造及NE-SW向为主的断裂	晚印支期	蚀变岩为主石英脉次之	Hg-(Au)	透镜状、似层状沿一定地层层位之断裂-剥离裂隙分布	辰砂、少量辉锑矿、黄铁矿;石英、方解石	120~220,240~300℃
大场(大型)	北巴颜喀拉带东段	大型剪切带内NW向褶皱轴部(为主)和翼部(次之)的断裂-裂隙系统	印支期(218Ma)	破碎带蚀变岩为主少量石英脉	Au-Sb	脉状、透镜状,沿褶皱轴部及翼部断裂-裂隙斜列展布	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、自然金、银金矿;石英、绢云母、高岭石、碳酸盐、长石	118~275℃
西藏大沟(矿点)	北巴颜喀拉带中段	三叠系复理石/浊流沉积岩系(低绿片岩相)中的大型EW-NWW向剪切带内的NW向断裂-裂隙系统	印支期	破碎带蚀变岩为主少量石英脉	Au-Sb	脉状、透镜状,沿断裂-裂隙系统。斜列式展布	黄铁矿、辉锑矿、方铅矿;石英、绢云母、绿泥石、碳酸盐	-
东大滩(中型)	北巴颜喀拉带中西段	三叠系复理石/浊流沉积岩系(低绿片岩相)中的大型NWW-EW向剪切带内的NW向断裂-裂隙系统	印支期	破碎带蚀变岩为主石英脉次之	Sb-Au	透镜状分段集中斜列式成群成带产出	黄铁矿、辉锑矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、自然金、银金矿;石英、绢云母、高岭石、碳酸盐	144~299℃

苦海汞矿数据来自本文;其他矿床资料据参考文献整理。

(5) 成矿流体研究表明,苦海汞矿床成矿流体主要来源于大气水且可能有少量岩浆热液的加入(丁正江等,2009),与已研究的东昆仑地区造山型金矿成矿流体同属于含碳的低盐度(ω(NaCl)为0.35% ~9.54%)的 $H_2O-CO_2\pm CH_4\pm N_2$ 体系(丁正江等,2009;丰成友等,2004b;赵财胜等,2005);说明可能是同一体系流体在不同阶段、不同深度、不同区带上的表现。

(6) 苦海浅成中偏低温矿床的存在,反映出该区剥蚀程度低(<1.8 km),矿床保存条件好,有利于在其下部及外围寻找相关矿床。

总之,不论从区域成矿条件、成矿规律,还是从矿床所处构造位置、矿床特征、矿床成因以及保存条件上看,苦海汞金矿区在深部和外围都具有广阔的找矿前景,值得做进一步勘查和研究工作。

[注释]

① 孙丰月. 2003. 新疆-青海东昆仑成矿规律和找矿方向综合研究

② 原青海省地质三队. 1987. 青海省苦海汞矿床地质初步普查报告

③ 青海省地质调查院. 2000. 青海省地质矿产图(1/100 万)

[References]

Zhang Yi-fu, Pang Cun-lian, Li Chang-li, Chen Guo-long, Xu Zhong-jie. 1997. Forming and evolution of the Hoh Xil-Byanhar sedimentary basin[M]. Xining: Qinghai People's Press

Luo Zhao-hua, Ke Shan, Cao Yong-qing, Deng Jin-fu, Chen Hong-wei. 2002. Late indosinian mantle-derived magmatism in the East Kunlun[J]. Geological Bulletin, 21(6):292-297

Yuan Wan-ming, Mo Xuan-xue, Wang Shi-cheng, Zhang Xue-ting. 2003. The relationship between gold mineralization and regional tectonic evolution in the eastern Kunlun Mountains[J]. Geology and Exploration, 39(3):5-8

Ding Zheng-jiang. 2006. Study on geological characteristics and metallogenesis in Kuhai mercury deposit, Qinghai Province[D]. Changchun: Jilin University

Ding Zheng-jiang, Sun Feng-yue, Li Bi-le, Zhao Jun-wei, Li Shi-jin. 2009. Study on forming conditions and metallogenesis of Kuhai mercury deposit, Qinghai Province[J]. Journey of Jilin University: Earth Sciences Edition, (01):9-15

Sun Feng-yue, Shi Zhun-li. 1995. Gold ore geology, lithogenesis and metallogenesis related to the differentiation of mantle-derived C-H-O fluids in Jiaodong Peninsula, Eastern China[M]. Changchun: Jilin People's Press: 1-170

Sun Feng-yue, Jin Wei, Li Bi-le, Peng Xiao-lei. 2000. Thought about ore-forming depth of hydrothermal vein gold deposits[J]. Journey of Changchun University of Science and Technology, 30(sup.):27-30

Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam M. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types[J]. Ore Geology Reviews, 13(1-5):7-27

Groves D I. 1993. The crustal continuum model for late-Achaean load-gold deposits of Yilgarn Block, Western Australia[J]. Mineral Deposita, 28:366-374

Guan Jian. 2004. Study on metallogenetic law of precious and non-ferrous deposits in the southeast part of Jilin Province[D]. Changchun: Jilin University

Hu Zheng-guo, Liu Ji-qing, Qian Zhuang-zhi, Li Hou-min, Sun Ji-dong, Su Chun-qian, Yan Zhen, Ren Jia-qi, Zheng Tao, Gu Feng-bao, Wei Xin-jun. 1999. Regional minerogenic regularities of East Kunlun-North Bayanhar mountains and prospecting thought[J]. Journal of Xi'an Engineering University, 21(04):48-52

Yuan Wan-ming, Mo Xuan-xue, Yu Xue-hui, Luo Zhao-hua, Gan Wei-dong. 2000. Gold metallogenic belts and prospecting direction in eastern Kunlun area[J]. Geology and Exploration, 36(05):20-23

Feng Cheng-you, Zhang De-quan, Wang Fu-chun, She Hong-quan, Li Da-xin, Wang Yan. 2004a. Multiple orogenic processes and geological characteristics of the major orogenic gold deposits in East Kunlun Area, Qinghai Province[J]. Acta Geoscientia Sinica, 25(04):32-39

Ding Qing-feng, Sun Feng-yue. 2005. Expert evidence method of weighting and its application in the eastern Kunlun Mountain[J]. Geology and Exploration, 41(04):91-97

Zhao Jun-wei. 2008. Study on orogenic gold mettallogenic series in Eastern Kunlun orogenic belt, Qinghai Province[J]. Jilin University

Zhang De-quan, Feng Cheng-you, Li Da-xin, Xu Wen-yi, Yan Sheng-hao, She Hong-quan, Dong Ying-jun, Cun Yan-he. 2001. Orogenic gold deposits in the North Qaidam and East Kunlun Orogen, West China[J]. Mineral Deposits, 20(2):137-146

Li Hou-min, Shen Yuan-chao, Hu Zheng-guo, Qian Zhuang-zhi. 2001. Minerogenetic mechanism and condition of Wulonggou gold deposit in East Kunlun Mountains, Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 37(01):66-70

Feng Cheng-you, Zhang De-quan, Wang Fu-chun, Li Da-xin, She Hong-quan. 2004b. Geochemical characteristics of ore-forming fluids from the orogenic Au(and Sb)deposits in the eastern Kunlun area, Qinghai province[J]. Acta Petrologica Sinica, 20(4):949-960

Zhao Cai-sheng, Sun Feng-yue, Mao Jing-wen, Ding Qing-feng, Zhao Jun-wei, Li Shi-jin. 2005. Fluid inclusion characteristics of Dachang gold deposit, Qinghai Province and their geological significance[J]. Mineral Deposits, 24(03):116-127

[附中文参考文献]

张以茏,庞存廉,李长利,陈国隆,徐忠杰. 1997. 可可西里-巴颜喀拉三叠纪沉积盆地的形成和演化[M]. 西宁:青海人民出版社

罗照华,柯　珊,曹永清,邓晋福,谌宏伟. 2002. 东昆仑印支晚期幔源岩浆活动[J]. 地质通报, 21(6):292-297

袁万明,莫宣学,王世成,张雪亭. 2003. 东昆仑金成矿作用与区域构造演化的关系[J]. 地质与勘探,39(3):5-8

丁正江. 2006. 青海省苦海汞矿地质特征及成因研究[D]. 长春:吉林大学

丁正江,孙丰月,李碧乐,赵俊伟,李世金. 2009. 青海省苦海汞矿床形成条件及成因探讨[J]. 吉林大学学报:地球科学版,(01):9-

15
孙丰月,石准立,冯本智. 1995. 胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿[J]. 长春:吉林人民出版社:1-170
孙丰月,金 魏,李碧乐,彭晓蕾. 2000. 关于脉状热液金矿床成矿深度的思考[J]. 长春科技大学学报,30(增刊):27-30
关 键. 2004. 吉林东南部贵金属及有色金属成矿规律研究[D]. 长春:吉林大学
胡正国,刘继庆,钱壮志,李厚民,孙继东,苏春乾,闫 臻,任家琪,郑涛,古凤宝,魏新俊. 1999. 东昆仑区域成矿规律分析-关于找矿工作的战略思考[J]. 西安工程学院学报,21(04):48-52
袁万明,莫宣学,喻学惠,罗照华,淦卫东. 2000. 东昆仑热液金成矿带及其找矿方向[J]. 地质与勘探,36(05):20-23
丰成友,张德全,王富春,佘宏全,李大新,王 彦. 2004a. 青海东昆仑复合造山过程及典型造山型金矿地质[J]. 地球学报,25(04):32-39
丁清峰,孙丰月. 2005. 专家证据权重法及其在东昆仑地区的应用[J]. 地质与勘探,41(04):91-97
赵俊伟. 2008. 青海东昆仑造山带造山型金矿床成矿系列研究[D]. 吉林大学
张德全,丰成友,李大新,徐文艺,阎升好,佘宏全,董英君,崔艳合. 2001. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床[J]. 矿床地质,20(2):137-146
李厚民,沈远超,胡正国,钱壮志. 2001. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及成矿机理[J]. 地质与勘探,37(01):66-70
丰成友,张德全,王富春,李大新,佘宏全. 2004b. 青海东昆仑造山型金(锑)矿床成矿流体地球化学研究[J]. 岩石学报,20(4):949-960
赵财胜,孙丰月,毛景文,丁清峰. 赵俊伟. 李世金. 2005. 青海大场金矿床流体包裹体特征及其地质意义[J]. 矿床地质,24(03):116-127

Geological Characteristics and Prospecting Potential of the Kuhai Mercury Deposit in Qinghai Province

DING Zheng-jiang[1,2], SUN Feng-yue[1], LI Bi-le[1], LI Shi-jin[1,3], ZHAO Jun-wei[3], ZHAO Hui[2], WANG Li[1]
(1. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun* 130061; 2. *No.* 3 *Exploration Institute of Geology and Minerals, Shandong Province, Yantai* 264003; 3. *Qinghai Institute of Geological Survey, Xi'ning* 810012)

Abstract: In order to learn the characteristics and synthetically evaluate the prospecting potential of the deposit, we have conducted field survey and many types of laboratory tests. The result shows that the ore bodies of the Kuhai gold-bearing mercury deposit, located in the southern orogenic belt of the East Kunlun, is controlled by lithological layers and structures. The ore rocks are composed of low temperature minerals, and the conformation and structure and mineralization types are simple. Alteration of the country rocks includes silification and carbonation. The mineralization occurred in a setting with low liquid and hot liquid from depth involved. It is a hydrothermal deposit in the orogenic belt. Based on these geological characteristics, we make comparison of metallogenesis of the Kuhai mercury with regional mineralization conditions. It is suggested that the Kuhai mercury (gold) deposit has a shallow depth of denudation, good preservation conditions and a bright prospect of exploration for orogen-type gold and multiple metal deposits.

Key words: Kuhai mercury deposit, geological characteristics, orogenic gold deposit, prospecting potential, Qinghai Province