

青海驼路沟钴矿床流体包裹体及成矿物理化学条件

朱华平¹, 孙丰月², 李碧乐², 王力²

(1 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要: 应用均一法、激光拉曼显微探针法研究驼路沟钴矿床的流体包裹体, 发现其包裹体类型多样, 以气液两相包裹体和富二氧化碳包裹体为主, 测得均一温度为 220 °C ~ 300 °C, 众值为 275 °C, 成矿流体形成于中低温环境。通过对其他热力学参数计算, 确定出驼路沟钴矿床成矿流体具有中低盐度、低密度、弱还原—还原性的特点。包裹体气、液相成分分析表明其与现代海底热液沉积物的流体成分类似, 进一步佐证了驼路沟钴矿床为热水喷流沉积成因。

关键词: 流体包裹体; 物理化学条件; 成矿流体; 钴矿床; 驼路沟

中图分类号: P618.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)04-0351-05

Fluid Inclusions Characteristics and Physicochemical Condition of Tuolugou Cobalt Deposit, Qinghai

ZHU Hua-ping¹, SUN Feng-yue², LI Bi-le², WANG Li²

(1 Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China;

2 School of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China)

Abstract The fluid inclusions of Tuolugou cobalt deposit are studied by Homogenization Method and Laser Raman Method. The systematical study shows that the type of fluid inclusions is multiplicity, mainly including two types: two phase liquid-vapor inclusions and abundant CO₂ inclusions. The homogenization temperatures of fluid inclusions ranges from 220 °C to 300 °C (frequent 275 °C), which indicates that the ore-forming fluids were formed under low-middle temperature condition. According to calculating other thermodynamic parameters, the ore-forming fluids in ores are characteristic of low-middle salinity, low density and weak deoxidize-deoxidize. Finally, based on the analysis of liquid-vapor phase compositions of inclusions, the compositions are similar to submarine hydrothermal, and it puts forward the new proof about the metallogeny of submarine sedimentary exhalation of ore deposit.

Key words: fluid inclusions; physicochemical condition; ore-forming fluid; cobalt deposit; Tuolugou

0 引言

驼路沟钴矿床是近年来在东昆仑南带中新发现的一重要独立钴矿床。朱华平、张德全^[1-2]对该矿床的研究表明, 该矿床的形成主要与海底热水喷流作用有关, 后期遭受构造变形改造作用。笔者率

先对驼路沟钴矿床的流体包裹体进行系统研究, 探讨了矿床的成矿流体性质、成矿物理化学条件, 进一步为该矿床的热水喷流成因提供了新的证据。

1 矿区地质概况

驼路沟矿地处东昆仑南带中段, 南距昆南断裂

收稿日期: 2006-12-19

基金项目: 中国地质调查局项目(20011020002107)

作者简介: 朱华平(1979-), 男, 江西永修人, 从事地质矿产勘查及研究。E-mail: zhp791225@yahoo.com.cn

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

带 3 km, 大地构造单元为东昆仑褶皱系布尔汗布达褶皱区与巴颜喀拉甘孜褶皱系相接触部位(图 1)。矿区内出露的地层主要为志留系海相火山—沉积碎屑岩, 未见岩浆岩侵入体。赋矿岩石为硅质钠长质岩、绿泥绢云石英片岩、绢云石英片岩, 其中热水沉积岩硅质钠长质岩是矿区内最为重要的含矿主岩。矿区蚀变较强, 主要为硅化、碳酸盐化、绢云母化、黄铁矿化和钠长石化。

矿区近南北向断裂发育, 主要有长征沟、玉女沟、龙泉沟和短沟断裂(图 1)。钴矿体断续分布于东至短沟西至长征沟呈近东西向展布的构造蚀变带中。在后期区域动力构造变形作用下, 赋矿地层发生了构造置换, 地层片理发育, 顺片理方向可见大量石英脉和碳酸盐脉(方解石)贯入, 广泛的构造置换也使矿体形成“似层非层、似脉非脉”的特点。

矿区内主要矿石矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、硫钴矿、硫铜钴矿、闪锌矿、毒砂、褐铁矿, 脉石矿物有绢云母、石英、钠长石和方解石

等。矿石类型单一, 主要为黄铁矿型钴矿石。

2 流体包裹体

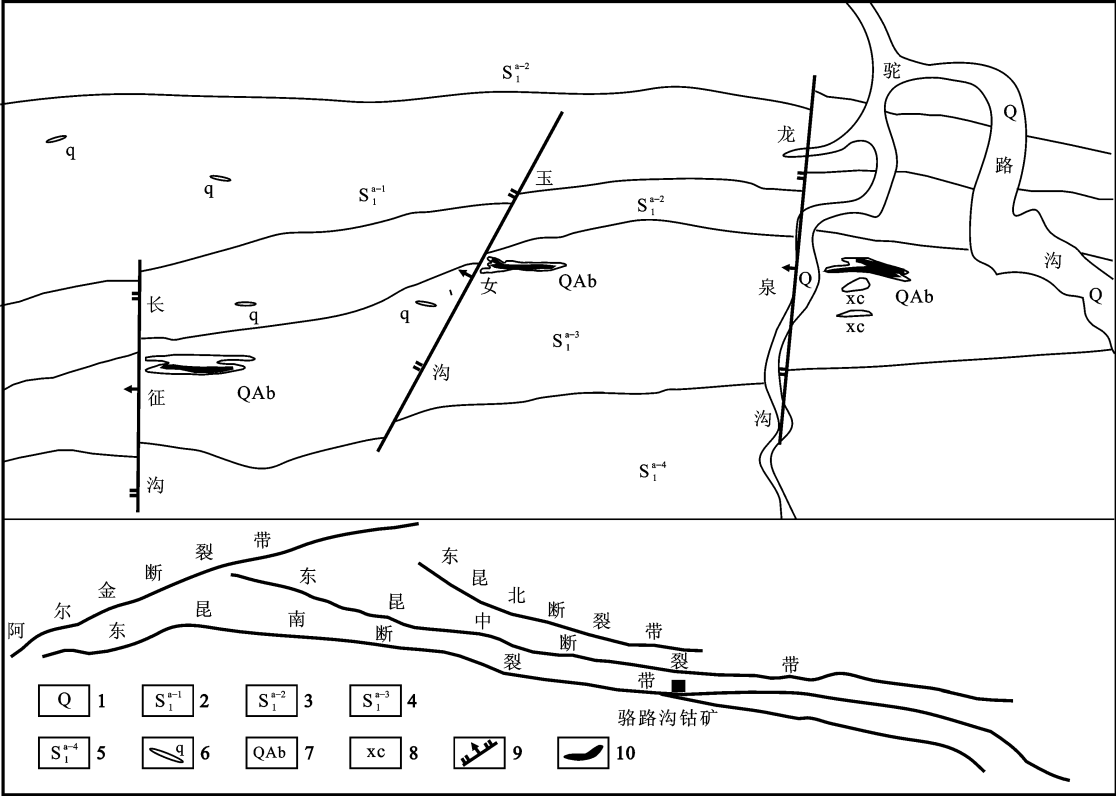
驼路沟钴矿区内石英脉、碳酸盐脉发育, 其主要由热水沉积岩在后期区域构造作用下形成, 且在沉淀过程中捕获了大量流体, 其流体与含矿主岩(热水沉积岩)中的流体具有一定继承性, 因此能代表热水喷流成矿期流体的性质。笔者在矿区范围内挑选了 4 件代表性样品作包裹体测试研究(在英国 Linkam 冷热台上测试)。

2.1 流体包裹体类型

经镜下观察, 驼路沟钴矿床包裹体绝大部分为原生包裹体, 有少量呈线性分布的次生包裹体, 直径多小于 $2\text{ }\mu\text{m}$, 后者未加以研究。其原生包裹体大致可分为 5 种类型:

2.1.1 气液包裹体

气液包裹体是该矿床包裹体的主要类型。包裹体形态大多不规则, 分布无规律, 大小一般为 $6\sim 20\text{ }\mu\text{m}$, 多数为 $10\text{ }\mu\text{m}$, 气液比 $5\%\sim 20\%$ 。



1—第四系松散堆积物; 2—绢云母石英片岩; 3—绢云母绿泥石石英片岩; 4—绢云母片岩; 5—斑点状碳质千枚岩含砾片岩变砂岩; 6—石英脉; 7—硅质钠长质岩; 8—碳酸盐岩脉; 9—推测正断层; 10—钴矿体

图 1 驼路沟矿区地质略图

Fig. 1 Simplified Geologic Map of the Tulougou Ore District

2 1 2 富二氧化碳包裹体

包裹体直径为 6~18 μm, 形状规则, 二氧化碳体积所占整个包裹体体积的 65%~95%。

2 1 3 二氧化碳包裹体

该类包裹体形态一般为不规则四边形, 大小 5~25 μm, 因未能测试包体的均一温度, 在本文中未作研究。

2 1 4 含二氧化碳包裹体

二氧化碳体积所占包裹体总体积的 40%~85%, 包裹体大小为 5~18 μm, 多数为 5 μm, 其形态一般较规则, 多为椭圆形、长条形及菱形等。

2 1 5 含二氧化碳三相包裹体

由盐水溶液、液相二氧化碳及气相二氧化碳三相组成, 其二氧化碳相所占体积一般为 70%~80%, 仅有 2 包体为 15%~20%, 气相二氧化碳质量分数与液相二氧化碳质量分数比值多为 20~40, 其发育数量少于其他类型包裹体。

2 2 流体包裹体成分

利用激光拉曼光谱对流体包裹体成分进行了分析(表 1、2), 结果表明, 流体包裹体气相成分以 CO₂ 为主, 常见气相成分有 N₂、CO、H₂S、H₂, 且含有一定的 CH₄ 和烃类气体。该矿床包裹体的成分分析表明, 它与大部分热液区的热液沉积物中流体包裹体的成分十分吻合^[3], 其主要组分为 CO₂, 还有少量的甲烷、水、氮和其他烃类气体, 这也是大多数热水喷流沉积矿床流体成分的共性。

流体包裹体液相成分以 H₂O 为主, 含少量 CO₂、CO、H₂S、CH₄、N₂、C₂H₄ 和阴离子 Cl⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻。反映钴等成矿物质可能是以氯配合物和碳酸配合物形式进行迁移, 富含 CO₂、CH₄ 等挥发分流体的沸腾作用可使成矿溶液浓缩、pH 值和盐度升高、温度降低而导致矿质结晶沉淀。成矿流体中高的烃类气体含量也反映有机质的存在对驼路沟钴矿床成矿起了重要作用, 有机质可能对钴元素的富集有一定的贡献作用。

表 1 流体包裹体气相成分

Tab. 1 Comparative Percents of Gaseous Phase Compositions in Fluid Inclusions												w _B / %
样品编号	包体类型	H ₂ O	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₆ H ₆	N ₂	H ₂ S	CO	CO ₂
DGCM112S-W1	III	7 73	2 59	—	1 18	1 17	1 62	1 43	9 42	0 69	4 94	69 59
	II	7 84	2 16	0 30	—	0 36	0 73	0 28	10 70	0 65	2 36	74 62
	IV	21 14	1 69	1 53	1 28	1 20	0 68	0 92	6 42	0 90	6 91	57 32
DGdb01-5	II	11 13	0 75	0 61	0 60	0 45	—	0 32	11 32	0 91	3 58	70 32
	IV	26 28	2 93	1 01	1 59	1 30	1 34	1 97	11 24	1 29	8 94	42 08
PDG52-W1	III	1 31	0 90	0 27	—	0 18	0 11	—	4 35	0 40	0 97	79 70
	I	96 21	0 24	0 10	0 10	—	—	—	1 95	0 10	0 29	1 01
PDG52-B7(1)	III	11 88	0 93	0 77	0 27	0 07	0 18	2 84	5 50	0 29	1 80	73 74
	V	25 43	0 77	0 18	0 60	0 17	0 11	0 10	3 86	0 39	1 43	66 96
	I	91 13	0 24	0 10	0 15	—	—	0 03	1 22	0 11	0 58	6 44
	II	13 60	0 25	0 19	0 13	0 05	0 06	0 08	4 31	0 25	0 58	80 52

注: I 为气液两相包裹体; II 为富 CO₂ 包体; III 为 CO₂ 包体; IV 为含 CO₂ 三相包体; V 为含 CO₂ 包体; 2003 年由吉林大学地球科学学院流体包裹体分析实验室测试

表 2 流体包裹体液相成分

Tab. 2 Comparative Percents of Liquid Phase Compositions in Fluid Inclusions													w _B / %
样品编号	包体类型	H ₂ O	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	N ₂	H ₂ S	CO	CO ₂	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
DGCM112S-W1	IV	96 57	0 10	—	—	—	0 83	—	0 40	1 64	0 13	0 10	0 10
DGdb01-5	IV	95 12	0 18	0 27	—	0 10	0 37	0 13	0 75	2 50	0 20	0 11	0 14
PDG52-W1	I	98 87	0 10	0 10	—	—	0 44	—	—	0 13	0 10	0 10	0 16
PDG52-B7	V	97 30	0 10	0 10	0 11	0 11	0 36	0 12	0 35	1 45	1 07	1 18	0 54
	I	98 49	0 10	0 03	—	—	0 66	0 12	0 29	0 28	0 96	1 16	0 86
	II	97 56	0 10	—	—	—	0 84	0 10	0 39	0 92	1 16	0 84	0 79

注: I 为气液两相包裹体; II 为富 CO₂ 包体; III 为 CO₂ 包体; IV 为含 CO₂ 三相包体; V 为含 CO₂ 包体; 2003 年由吉林大学地球科学学院流体包裹体分析实验室测试

3 成矿物理化学条件

研究通过英国 Linkam 冷热台测定了流体包裹

体的均一温度和冰点,并根据盐度、冰点关系的实验曲线获得盐度数据,再根据均一温度、流体盐度、流体密度间关系得出流体密度^[4-8],结果见表 3。

表 3 驼路沟矿床流体包裹体特征

Tab. 3 Characteristics of Fluid Inclusions of Tuoluguo Deposit

样品编号	测定矿物	测试个数	包裹体类型	均一温度/℃		盐度/%		密度/(g·cm ⁻³)	
				范围	平均	范围	平均	范围	平均
DGCM112S-W1	石英	15	I II III	177.9~268.2	239.7	0.6~8.4	4.4	0.81~0.95	0.84
DGdb01-5	石英	22	I II IIIIV	201.5~293.6	256.2	3.2~8.9	6.5	0.80~0.93	0.84
PDG52-B7(1)	方解石	26	I IIIIV V	133.7~314.6	234.9	2.6~14.1	8.7	0.74~1.02	0.88
PDG52-B7(2)	方解石	30	I II IIIIV	134.9~318.5	228.3	2.8~16.4	8.7	0.70~1.02	0.89

注: I 为气液两相包裹体; II 为富 CO₂ 包裹体; III 为 CO₂ 包裹体; IV 为含 CO₂ 三相包裹体; V 为含 CO₂ 包裹体; 2003 年由吉林大学地球科学学院流体包裹体分析实验室测试

3 1 成矿温度

采用 Linkam THMS-600 型冷热台分别对石英及方解石中发育的包裹体进行冷冻及均一法测温研究。包裹体测温结果显示,驼路沟钴矿床成矿流体属 NaCl-H₂O-CO₂ 体系类型。本次研究共测得均一温度点 46 个,将所得数据制成直方图(图 2)。该图有近似单峰的特征,且均一温度绝大部分(约 50%)集中在 220℃~300℃(所用的压力都未经压力校正),众值为 275℃,平均值为 242℃;此外也有几个包裹体的温度点在 140℃~160℃呈现小峰值,这可能反映了它们是在远离喷出口所捕获的,热液流体与低温海水发生了一定的混合,所以其温度偏低,表明驼路沟钴矿床成矿流体主要形成于中低温环境。

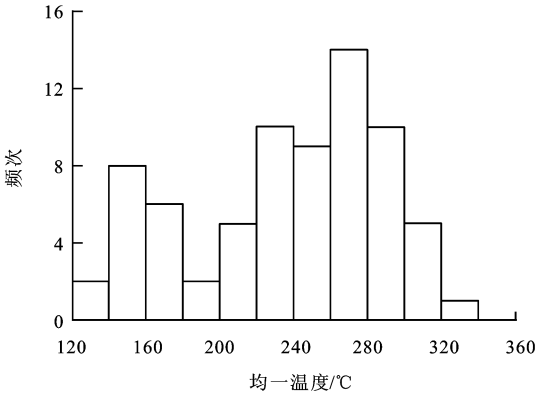


图 2 流体包裹体均一温度频次直方图

Fig 2 Histograms of Homogenization Temperature

3 2 流体盐度与密度

求得流体包裹体 $w(\text{NaCl})$ 0.6%~13.7%,存在 2 个峰,众值分别为 3%~7%、12%~13%(图 3),表明可能存在 2 种盐度不同的流体,这与均一温度的 2 个峰值有着对应的关系。热水喷流沉积成矿流体远离喷出口流动时,随着温度降低,其

盐度也会缓慢增大。包裹体密度平均为 0.84~0.89 g/cm³,略低于海水密度。

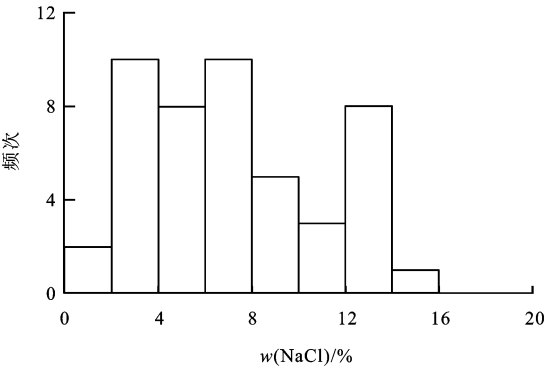


图 3 流体包裹体盐度频次直方图

Fig. 3 Histograms of Salinity of Fluid

Inclusions of Fluid Inclusions

3 3 流体气体还原参数值及成矿压力

流体包裹体气体还原参数 R 能定性地表成矿溶液的氧化还原性质^[9]。经计算驼路沟钴矿床中的 $R\{(\text{N}_{\text{H}_2} + \text{N}_{\text{CH}_4} + \text{N}_{\text{CO}} + \text{N}_{\text{H}_2\text{S}})/\text{N}_{\text{CO}_2}\}$ 为 1.02~6.08,表明成矿流体形成于弱还原—还原环境。

根据包裹体中的均一温度、盐度及密度值,按刘斌^[7-8]推导的压力估算方程,求得流体压力为 $(2.8 \sim 35.42) \times 10^6 \text{ Pa}$,众值为 $14 \times 10^6 \text{ Pa}$,平均为 $14.14 \times 10^6 \text{ Pa}$,显示成矿是在压力较低的环境下进行的。

4 结语

(1) 驼路沟矿床的流体包裹体分为 5 类,分别为气液两相、富二氧化碳、纯二氧化碳、含二氧化碳和含二氧化碳三相包裹体。

(2) 流体包裹体的成分以二氧化碳为主,还有少量甲烷、水、氮和其他烃类气体,与 SEDEX 矿床

及现代海底热液沉积物的流体成分类似, 且进一步佐证了驼路沟钴矿床为热水喷流成因。

(3)矿床的成矿流体以中低温、中低盐度、低密度、弱还原—还原性为特点。伴随流体向上运移的演化过程进行, 盐度、密度呈上升趋势, 温度逐渐下降, 而且钴等成矿物质可能是以氯配合物和碳酸配合物形式进行迁移。

(4)矿床的成矿压力低, 平均为 $14\ 14\times 10^6$ Pa, 成矿温度也较低, 平均为 $242\ ^\circ\text{C}$, 表明这种富含钴等成矿物质的流体是在海底较浅部发生喷发而沉积成矿的。因此, 该矿床的找矿勘探工作不易往深部进行。

参考文献:

[1] 朱华平, 孙丰月, 李碧乐, 等. 青海驼路沟钴矿床的地质特征及

找矿方向研究[J]. 地质找矿论丛, 2004, 19(3): 147-152.
[2] 张德全, 王彦, 丰成友, 等. 驼路沟喷气沉积型钴(金)矿床的地质、地球化学[J]. 矿床地质, 2002, 12(3): 213-222.
[3] 侯增谦, 张绮玲. 冲绳海槽现代活动热水区 CO_2 -烃类流体: 流体包裹体证据[J]. 中国科学: D 辑, 1998, 28(2): 142-148.
[4] 张文淮, 陈柴英. 流体包裹体地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993.
[5] 卢焕章, 李秉伦, 沈昆, 等. 包裹体地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
[6] 刘斌, 朱思林, 沈昆. 流体包裹体热力学参数计算软件及算例[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
[7] 刘斌. 利用不混溶流体包裹体作为地质温度计和压力计[J]. 科学通报, 1986, 31(18): 1432-1436.
[8] 徐文忻. 矿物包裹体中水溶气体成分的物理化学参数图解[J]. 矿产地质, 1991, 5(22): 200-206.
[9] 李秉伦. 矿物中包裹体气体成分的物理化学参数图解[J]. 地球化学, 1986, 15(2): 126-137.

欢迎订阅 2008 年《吉林大学学报(地球科学版)》

《吉林大学学报(地球科学版)》是教育部主管、吉林大学主办的地球科学类综合性学术期刊。其前身是《长春科技大学学报》(1998 年前是《长春地质学院学报》), 主要刊登地球科学各领域的最新科研成果。

《吉林大学学报(地球科学版)》为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊, 现为美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《剑桥科学文摘: 自然科学》(CSA)等检索文献源和《中国科学期刊文摘数据库》等源刊。

《吉林大学学报(地球科学版)》国内外公开发行, 双月刊, 单月 26 日出版, A4 开本, 168 页, 定价 16 元, 全年 96.00 元。国内统一刊号 CN 22—1343/P, 国际标准刊号 ISSN 1671—5888。国内由吉林省报刊发行局发行, 邮发代号 12—22, 国外由中国国际图书贸易总公司发行, 发行代号 BM5074。

欢迎广大读者到当地邮局(所)订阅。