

西藏洞中拉铅锌矿床成矿流体研究

费光春¹, 温春齐¹, 周雄^{1,2}, 吴鹏宇¹, 霍艳¹, 李葆华¹, 龙训荣¹

(1. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 2. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 成都 610041)

[摘要] 洞中拉铅锌矿床是念青唐古拉山地区扎雪-亚贵拉多金属成矿带内新发现的矿床。通过对洞中拉矿床各矿化阶段石英和方解石中的流体包裹体均一温度、压力、深度、盐度、密度和流体包裹体成分等诸多方面的初步研究表明, 洞中拉铅锌矿床成矿流体属中低温(106.80℃~296.70℃)、低等盐度(0.88~5.86wt% NaCleq)、中低等密度流体(0.83~0.95g/cm³)、属Cl⁻-SO₄²⁻-K⁺-Na⁺型水化学类型, 成矿环境为低压(26.47~67.03MPa)浅成环境(0.96~2.44km)。流体包裹体气相成分以H₂O为主, 次为CO₂; 液相组分中, 阳离子以Na⁺和K⁺为主, 阴离子以SO₄²⁻和Cl⁻为主。流体包裹体H和O同位素, 流体包裹体成分N₂-Ar-He图解和离子比值研究表明, 成矿流体可能主要来源于大气降水。

[关键词] 流体包裹体 成矿流体 铅锌矿床 洞中拉

[中图分类号] P618.65 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2010)04-0576-07

Fei Guang-chun, Wen Chun-qi, Zhou Xiong, Wu Peng-yu, Huo Yan, Li Bao-hua, Long Xun-rong. Research of mineralization fluids in the Dongzhongla lead-zinc deposit, Tibet [J]. Geology and Exploration, 2010, 46(4): 0576-0582.

西藏扎雪-金达铅锌多金属矿成矿带内嘉黎县绒多乡-墨竹工卡县门巴乡-工布江达县金达镇的铜铅锌银金多金属矿集区是冈底斯东段近年来发现的重要成矿区域, 地质、物探、化探遥感的综合研究表明该带是一个找矿潜力巨大的铜铅锌银多金属成矿带, 蕴含着巨大的找矿潜力(郑有业等, 2002; 李光明等, 2004)。通过国土资源大调查以及商业勘查发现了蒙亚啊铅锌铜多金属矿床、亚贵拉铅锌铜银多金属矿床、沙让钼矿床、拉屋铜矿床、洞中松多铅锌铜银多金属矿床和洞中拉铅锌矿床, 规模均达中大型以上(秦克章等, 2008; 唐菊兴等, 2009; 费光春等, 2010a)。流体是成矿的必要条件, 而流体包裹体作为成矿流体的直接样品, 其物质成分是探索、了解相关地质过程(如成矿作用、流体运移通道、流体迁移过程中的演化等)的密码(孟祥金等, 2005), 因此它是矿床研究的一个重要对象, 对研究成矿物质来源和成矿的物理化学条件等具有重要意义, 也为进一步指导找矿提供理论依据。基于此, 本文首次对洞中拉铅锌矿床流体包裹体进行了

研究, 进而弥补该矿床研究的一些空白。

1 成矿地质背景

洞中拉铅锌矿区地处念青唐古拉山脉南侧支脉北坡, 大地构造位于冈底斯-念青唐古拉地块之念青唐古拉中生代岛链隆起带及朱拉-门巴陆内裂谷带上(图1), 处于扎雪-金达铅锌多金属成矿带中部, 门巴-多其木断裂北侧。矿区出露的地层为中二叠统洛巴堆组(P₂l), 为一套灰岩、钙质板岩组合。矿区内构造主要为北西-南东向和近东西向的断裂构造, 断层性质以正断层为主, 多分布于矿区中北部花岗斑岩中。岩浆岩包括花岗斑岩、石英斑岩和辉绿岩三种。花岗斑岩与辉绿岩分别出露于矿区中北部和西北部, 均为复式岩体, 主岩体形成于燕山晚期, 岩脉形成于喜山早期(费光春等, 2010b)。石英斑岩呈小岩株状侵入花岗斑岩中。铅锌成矿与燕山期和喜山期两期岩浆活动有关。燕山晚期岩浆与洛巴堆组灰岩与板岩发生了热接触变质作用, 使得灰岩和钙质板岩变为脆性。

[收稿日期] 2010-01-18; [修订日期] 2010-06-21; [责任编辑] 郑杰。

[基金项目] “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAB01A04)和矿物学、岩石学、矿床学国家重点(培育)学科SZD(0407)资助。

[第一作者简介] 费光春(1982年-), 男, 博士后, 讲师, 主要从事地球化学、矿床学及成矿预测方面的研究, Email: feiguangchun07@cdut.cn。

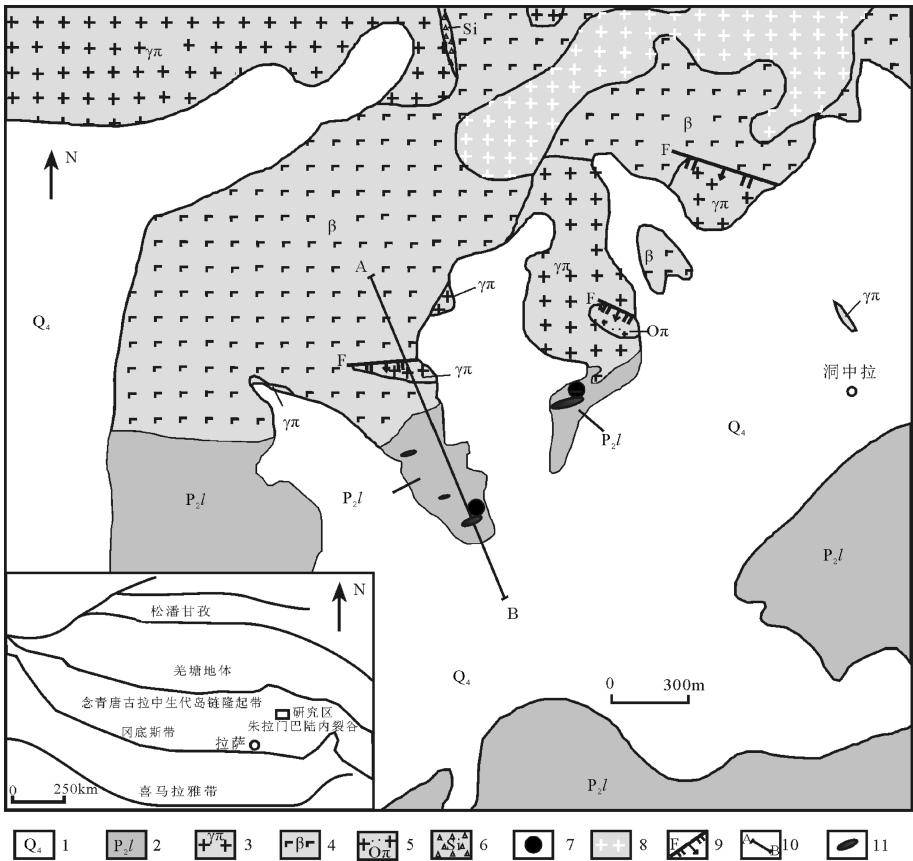


图 1 洞中拉铅锌矿区地质略图(据崔晓亮 2009,修改)
Fig.1 Simplified geological map of the Dongzhongla lead-zinc deposit
(modified after Cui,2009)

- 1-第四系;2-中二叠统洛巴堆组;3-花岗斑岩;4-辉绿玢岩;5-石英斑岩;6-硅质岩;7-取样位置;
8-终年积雪区;9-断层;10-实测剖面;11-矿体
1-Quaternary;2-Luobadui Formation of Middle Permian;3-porphyry granite;4-quartz porphyry;5-allgovite;
6-silicite;7-sampling location;8-snow area;9-fault;10-section;11-orebody

喜山期岩浆顺着燕山晚期岩浆上升的空间再次侵位,隐爆作用的产生,大量的大气降水下渗,由于地热梯度及岩浆热效应而使流体温度升高,不同性质流体的混合和物理化学环境的改变,铅锌矿化作用得以发生,矿体受洛巴堆组灰岩(大理岩)和钙质板岩的层间东西向裂隙控制,而形成层状、似层状透镜状矿体。矿区的围岩蚀变较弱,包括硅化、绿泥石化、绿帘石化、黄铁矿化、矽卡岩化等。硅化主要分布在岩浆岩、灰岩、铅锌矿体边部、破碎带和岩石的裂隙中,与铅锌矿化密切相关。2001 年,西藏自治区地质矿产勘查开发局第二地质大队,在对金达异常检查评价时,发现了洞中拉铅锌矿,在沙让一带发现了钼矿化线索。后经 2005 年普查工作,圈定矿段 4 条。2007 年进行了详查工作。I 号矿段表断续出露长度为 152m,工程控制的矿体长度是 212m,控制

矿体最大垂深 229m。矿体呈北东-南西向展布,向南东(155°)倾斜,倾角较陡,一般在 50~70°之间。矿体呈似层状-透镜状。矿体厚度较大且较稳定,厚度变化系数为 65%,属较稳定型。II 矿段位于 I 号矿段西南部约 500m 处。该矿段由 II-1、II-2、II-3 三个矿体组成。平均长约 40m。左右,宽 2m 到 4mm 之间。I 号和 II 号矿段均赋存于洛巴堆组灰岩和板岩之间。III 号和 IV 号矿段均为地表矿体,仅由剥土工程控制,规模较小(崔晓亮,2009)。

2 流体包裹体的特征

2.1 流体包裹体岩相学特征

根据各个期次成矿条件的不同,依据热液脉体的交切关系和矿物蚀变交代关系对成矿过程划分了 3 个成矿阶段:磁黄铁-黄铜矿-闪锌矿阶段(I)、闪锌矿-方铅矿阶段(II)和闪锌矿-方解石

表1 洞中拉铅锌矿床流体包裹体温度、盐度和密度

Table 1 Temperature, salinity and density of the fluid inclusions in the Dongzhongla lead-zinc deposit

序号	样号	矿物	类型	阶段	点数	均一相态	变化范围 (℃)	均值 (℃)	标准 偏差	冰点温度(℃)		盐度(wt% NaCleq)			密度 (g/cm ³)
										点数	范围	范围	均值	偏差	
1	DZL020	石英	气液水	I	9	液态	221.50~252.50	240.31	8.72	6	-2.5~-0.6	1.05~4.18	2.33	1.20	0.83
2	DZL049	石英	气液水		8	液态	154.30~296.70	213.54	47.90	5	-1.5~-1	1.74~2.57	2.07	0.33	0.86
3	DZL022	石英	气液水		8	液态	143.80~256.90	203.7	38.61	4	-2.4~-1.4	2.41~4.03	3.42	0.73	0.89
4	DZL012	方解石	气液水		5	液态	186.00~247.70	216.46	23.86	5	-0.8~-0.3	0.53~1.40	0.98	0.36	0.87
5	DZL005	石英	气液水	II	7	液态	174.90~221.20	203.94	16.60	3	-2.2~-1	1.74~3.71	2.67	0.99	0.90
6	DZL008-2	石英	气液水		3	液态	166.30~198.00	181	15.97	3	-1.5~-1.3	2.24~2.57	2.35	0.19	0.91
7	DZL050	石英	气液水	III	9	液态	143.10~210.40	173.43	19.10	3	-3.5~-2.1	3.55~5.71	4.94	1.21	0.93
8	DZL021	方解石	气液水		3	液态	106.80~144.70	126.83	19.04	5	-3.6~-0.3	0.53~5.86	1.70	2.33	0.93
9	DZL039	方解石	气液水		5	液态	146.00~161.20	155.66	5.86	1	-0.5	0.88	0.88	0	0.95

注:I-磁黄铁矿-黄铜矿-闪锌矿阶段;II-闪锌矿-方铅矿阶段;III-闪锌矿-方解石阶段;
盐度计算公式据 Hall 等(1988): $\omega=0.00+1.78\theta-0.0442\theta^2+0.000577\theta^3$,其中 ω 为NaCl质量百分比; θ :-冰点温度(℃)。密度的计算据刘斌(1999):
 $D=A+B\times T+C\times T^2$,D为流体的密度;T为均一温度(℃);A、B、C为无量纲参数。DZL-012和021样品用纯水体系参数计算密度,据刘斌(1999)。

阶段(Ⅲ)。洞中拉矿床各成矿阶段流体包裹体的形态和大小略有差异。

磁黄铁矿-黄铜矿-闪锌矿阶段(Ⅰ):样品中矿石矿物与脉石矿物共生,如黄铁矿、磁黄铁矿与石英、黄铜矿与石英共生。脉石英中的流体包裹体较多,成群、星散状分布。大小为1~60μm,主要为8~25μm,形态主要为不规则形、椭圆形、负晶形,次为长条形、三角形。流体包裹体类型以气液水包裹体为主(91~95%),少量纯液相水包裹体(4~8%),可见极少量气相包裹体(1%)。气液比在8~22%之间变化,主要在10~15%。

闪锌矿-方铅矿阶段(Ⅱ):该阶段中的矿石的矿物组合为方铅矿-闪锌矿(-磁黄铁矿)、黄铜矿-方铅矿-黄铜矿-闪锌矿。样品中方铅矿-闪锌矿与石英共生。样品中的石英流体包裹体中,形态有椭圆形、长条形、负晶形,不规则状。类型主要为气液流体包裹体(>95%),少量液相水流体包裹体(<5%),主要呈星散状和群状分布,大小为1~405μm,主要为5~25μm。气液比在5~12%之间变化,主要在8~10%。

闪锌矿-方解石(Ⅲ):该阶段中矿石的矿物组合较少,见有少量的方铅矿化,主要矿物组合为方解石-磁黄铁矿组合。该阶段方解石流体包裹体主要为气液流体包裹体(96~98%),次为液相流体包裹体(2~4%)。以长条形、负晶形、不规则状、多呈或星散分布。流体包裹体大小一般为1~40μm,主要为6~20μm。气液比在5~14%之间变化,主要在6~12%。

2.2 流体的温度和压力

流体包裹体均一温度在成都理工大学资源工程系包裹体实验室测试。测试仪器为英国 Linkam THNSG600 型冷热台。对洞中拉矿床 9 件样品的均一温度测试结果如表 1 所示。

从表 1 可见,① I 阶段样品(3 件)25 个流体包裹体均一温度变化范围从 143.8~296.7℃;② II 阶段样品(4 件)24 个流体包裹体均一温度变化范围从 143.10~247.70℃;③ III 阶段方解石(2 件)8 个流体包裹体均一温度最低,变化范围 106.8~161.2℃。由表 1 的统计可知,从铁铜硫化物阶段→铅锌硫化物阶段→方解石阶段,流体均一温度呈现逐渐降低的趋势:143.8~296.7℃→143.10~247.70℃→106.8~161.20℃。

2.3 流体的盐度和密度

低盐度流体包裹体的测定主要采用先测试流体包裹体的冰点,然后再计算其盐度。本次研究的样品中镜下未发现食盐子晶体,为低盐度流体包裹体,测试结果见表 1。

由表 1 的统计可知,洞中拉矿区样品的冰点温度范围为-3.6~-0.3℃,计算的盐度范围为 0.53~5.86,平均为 2.22±0.76 wt% NaCleq,属于低盐度流体。从I阶段→II阶段→III阶段,流体盐度无明显变化趋势;密度呈现逐步升高的趋势:0.86(0.83~0.89)g/cm³→0.917(0.87~0.93)g/cm³→0.94(0.83~0.95)g/cm³,显示成矿流体属低盐度中低等密度流体。

2.4 成矿流体压力与深度

依据邵洁涟(1988)提出的经验公式: $P_1=P_0\times T_h/T_0\times 0.1$; $P_0=219+26.2\times S$; $T_0=374+9.2\times S$;

表 2 洞中拉矿床流体包裹体成矿压力及成矿深度
Table 2 Metallogenetic pressures and depths of the fluid inclusions in the Dongzhongla deposit

序号	样号	矿物	成矿阶段	压力 (MPa)			成矿深度 (km)		
				范围	平均值	偏差	范围	平均值	偏差
1	DZL020	石英	I	33.15 ~ 40.96	36.59	3.03	1.21 ~ 1.49	1.33	0.11
2	DZL049	石英		30.70 ~ 36.81	32.29	2.56	1.12 ~ 1.34	1.17	0.09
3	DZL022	石英		31.49 ~ 38.53	34.17	3.32	1.15 ~ 1.40	1.24	0.12
4	DZL012	方解石	II	28.22 ~ 76.09	56.55	20.72	1.03 ~ 2.77	2.06	0.75
5	DZL005	石英		33.40 ~ 36.90	34.98	1.78	1.21 ~ 1.34	1.27	0.06
6	DZL008-2	石英		30.93 ~ 33.93	32.22	1.55	1.12 ~ 1.23	1.17	0.06
7	DZL050	石英	III	59.43 ~ 71.96	67.03	6.68	2.16 ~ 2.62	2.44	0.24
8	DZL039	方解石		26.70 ~ 36.49	28.75	4.33	0.97 ~ 1.33	1.05	0.16
9	DZL021	方解石		26.47 ~ 26.47	26.47	0	0.96 ~ 0.96	0.96	0

式中 P_1 为成矿时的压力,单位为 MPa; P_0 为成矿溶液形成时的初始压力; T_h 为流体包裹体的均一温度,单位为 K; T_0 为成矿溶液形成时的初始温度; S 为流体包裹体溶液的盐度。成矿深度按照地压梯度(27.5MPa/km)计算(温春齐等,2006)。洞中拉矿床流体的压力与成矿深度见表 2。

由表 2 可见,① I 阶段流体包裹体成矿压力变化范围为 30.70 ~ 40.96MPa,平均值为 34.35MPa;② II 阶段流体包裹体成矿压力变化范围为 28.22 ~ 76.09MPa,平均值 47.69MPa;③ III 阶段流体包裹体成矿压力变化范围为 26.47 ~ 76.09MPa,平均为 27.61 MPa。由此可见,洞中拉矿区流体的成矿均一压力均较低,从 I 阶段→II 阶段→III 阶段整体上表现出逐步降低的特点。成矿深度也表现为逐步减小的趋势。

3 流体化学成分特征

3.1 流体包裹体气相成分特征

流体包裹体气相和液相成分由中国科学院地质与地球物理研究所流体包裹体实验室朱和平测试。采用日本 RG202 和瑞士安维公司生产的 Prisma TM QMS200 型四极质谱仪测试流体包裹体气相群体成分分析,为封闭式电子轰击型离子源,配有法拉第杯和二次电子倍增器接收系统;数据处理为 Quadstar TM 422 分析软件,测试结果如表 3 所示。

由表 3 可知,三个成矿阶段的 6 件矿物流体包裹体群体气相成分具有相似特点:1) 气相成分以 H₂O 为主,次为 CO₂,少量含 CH₄、C₂H₆、N₂、Ar 和微量的 H₂S、He 和 O₂ 未能检测出;2) 方解石流体包裹体中 H₂O (71.54 ~ 92.09 mol %) 明显低于石

英(>97.62 mol %),而方解石流体包裹体中 CO₂ (6.773 ~ 22.93 mol %) 明显高于石英(<2.162 mol %);3) 石英流体包裹体中 H₂O 含量为 98.60±0.66 (97.62 ~ 99.02%),CO₂ 含量变化范围 1.24±0.63 (0.852 ~ 2.162),CH₄、C₂H₆、H₂S、N₂、Ar 含量较少。各成矿阶段中气体成分以 H₂O 为主,这与流体包裹体镜下观测结果一致,主要为气液水包裹体一致。无机气体(CO₂)多而烃类物质(CH₄、C₂H₆等)少,表明这种条件下更容易使流体中矿质沉淀,这是因为有机烃类的存在对于矿物的自洁晶作用(结晶)是一种障碍物或其中的杂质。

从 I 阶段→II 阶段→III 阶段,气相成分中除 N₂ 以外,其他气相成分的含量呈降低趋势;液相离子成分中,Cl⁻、Na⁺和 K⁺呈降低趋势,而 Ca²⁺因成矿阶段进入方解石阶段导致 Ca²⁺含量增加。

3.2 流体包裹体液相成分

液相成分方面特点:1) 石英中流体包裹体液相阳离子成分中,主要为 Na⁺、K⁺ 离子含量低;Ca²⁺、Mg²⁺ 含量很低,石英流体包裹体 Mg²⁺ 未检出;阴离子成分中,主要为 SO₄²⁻ 离子,次为 Cl⁻ 离子,F⁻ 离子含量很低,未检出。2) 方解石中流体包裹体液相阳离子成分中,主要为 Na⁺ 离子,次为 K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺ 未检出;阴离子成分中,主要为 SO₄²⁻ 离子,次为 Cl⁻ 离子,F⁻ 未检出。液相成分 SO₄²⁻ 含量与气相成分以高 CO₂ 最多相一致,表明成矿流体为较高氧化状态。

通过对表 3 流体包裹体液相成分计算,获得洞中拉矿区流体的水化学类型总体为 SO₄²⁻ 和 Na⁺ 为主,以 Cl⁻-K⁺ 为次的体系,属 Cl⁻-SO₄²⁻-K⁺-Na⁺ 型水化学类型。

4 成矿流体来源

4.1 流体包裹体成分比值

根据洞中拉矿床流体包裹体液相成分及气相成分计算出流体中阳、阴离子数或阳、阴离子百分数(表3)。研究认为,Na⁺/K⁺比值可以作为判断热液类型的一个标志(Roedder, 1984),即岩浆热液的Na⁺/K⁺一般小于1,而与沉积或地下热卤水有关的矿床Na⁺/K⁺较高。由表3可见,洞中拉矿床流体包裹体的Na⁺/K⁺均大于1.38,显示其流体为非岩浆

表3 洞中拉矿床流体床包裹气相、液相测试结果
Table 3 Chemical compositions of gas and liquid phases of the fluid inclusions in the Dongzhongla deposit

样号	DZL022	DZL049	DZL005	DZL050	DZL021	DZL039
矿物	石英	石英	石英	石英	方解石	方解石
成矿阶段	I		II		III	
H ₂ O	98.81	99.02	98.93	97.62	92.09	71.54
N ₂	0.073	0.078	0.160	0.132	0.699	2.741
He	-	-	-	-	-	-
Ar*	0.005	0.010	0.013	0.015	0.063	0.505
O ₂	-	-	-	-	-	-
CO ₂	1.077	0.857	0.852	2.162	6.773	22.93
CH ₄	0.030	0.028	0.038	0.060	0.288	1.727
C ₂ H ₆	0.005	0.007	0.008	0.011	0.087	0.551
H ₂ S	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0004	0.0016
F ⁻	-	-	-	-	-	-
Cl ⁻	1.82	1.94	2.81	2.03	1.12	1.15
SO ₄ ²⁻	2.25	19.4	1.02	13.5	3.39	1.74
NO ₃ ⁻	-	-	-	-	-	-
Na ⁺	2.18	4.79	2.12	3.92	1.18	1.21
K ⁺	0.24	3.48	0.109	2.01	0.213	0.387
Mg ²⁺	-	-	-	-	0.246	0.36
Ca ²⁺	0.201	0.3	0.544	0.501	-	-
Na ⁺ /K ⁺	9.1	1.38	19.5	1.95	5.52	3.12
Na ⁺ /Ca ²⁺	10.87	15.95	3.9	7.83	-	-
Na ⁺ /(Mg ²⁺ +Ca ²⁺)	10.87	15.95	3.9	7.83	4.78	3.36
Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻	0.81	0.1	2.74	0.15	0.33	0.66

注:“-”表示为未检出结果;气相成分含量单位:mol%,液相成分含量单位:μg/g。

热液来源。当F⁻/Cl⁻比值很小时,即成矿热液以Cl⁻为主要阴离子,F⁻/Cl⁻比值以及其他离子的作用可以忽略时,反应原生沉积或地下热卤水成因(卢焕章等,1990)。II阶段样品的Na⁺/K⁺比值(1.38~9.10),平均5.24比III阶段的Na⁺/K⁺比值低(平均10.73);但是II阶

段样品Na⁺/Ca²⁺比值(10.87~15.95)高于II阶段样品比值(3.90~7.83),说明II阶段Ca²⁺浓度高。石英的Na⁺/K⁺比值均大于方解石的比值。

4.2 成矿流体N₂-Ar-He三角图解

将Ar、H₂、N₂含量值投入Norman等(1994)Ar-H₂-N₂图解(图2)中,因显示He含量未检出,即测试值低于检测线(<0.001)。故投点可视为位于Ar-N₂线上或附近,即大气降水与岩浆水的混合,以大气降水为主。结合石英和方解石流体包裹体成分三角图解研究,初步确定洞中拉成矿流体不是岩浆热液来源,而是地下热卤水和大气成因水的混合来源。

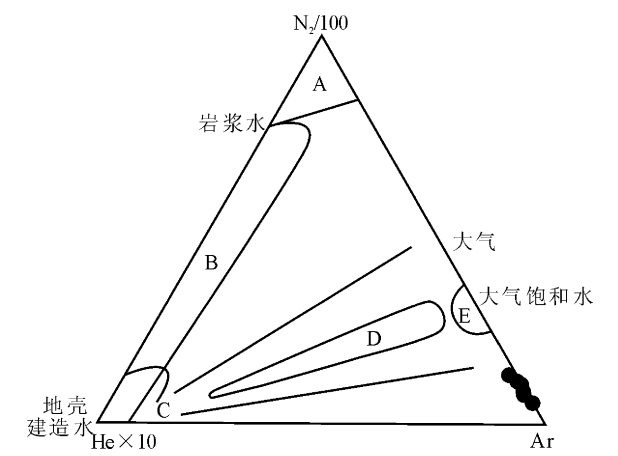


图2 成矿流体N₂-Ar-He三角图解(背景图据Norman et al., 1994)
Fig.2 N₂-Ar-He triangular diagram for mineralization fluids(Background is after Norman et al., 1994)
A-岩浆水;B-沉积热卤水;C-裂谷玄武岩或流纹岩有关岩浆水;D-深部循环的大气降水;E-浅部循环的大气降水(包括海水)
A-magmatic water; B-sedimentary hot brine; C-rift valley basalt or rhyolite magma water; D-deep cycle atmospheric water; E-superficial cycle atmospheric water(including sea water)

4.3 流体包裹体H和O同位素

洞中拉流体包裹体水氢、氧同位素测试由核工业地质局北京地质研究院稳定同位素室(刘汉彬)完成,结果如表4所示。洞中拉矿区4件脉石英和2件方解石流体包裹体水的氢同位素组成δD_水为-127.2‰~-99.6‰,平均值-115.52‰;δ¹⁸O_水‰为1.9‰~15.90‰,平均值7.14‰。

Taylor(1974)估计,在岩浆温度下与硅酸盐熔融体处于同位素平衡的岩浆水,其δ¹⁸O值为6‰~9‰,δD值为-85‰~-40‰;Sheppard(1986)经计算获得的岩浆水的同位素组成为δ¹⁸O=5.5‰~9.5‰,δD=-80‰~-40‰。计算方解石流体包裹体水的氧同位素组成δ¹⁸O_{H₂O}为-3.52‰。将计算的流体水氧同位素和实测流体包

裹体水氢同位素组成(表 4)投于 $\delta D-\delta^{18}O$ 图解(图 3)上,可以清楚地看到,洞中拉矿区成矿流体不是来源于岩浆水,也不是来源于变质水,可能来源于大气降水成因的浅部循环地下热水,而同一矿集区内亚贵拉铅锌多金属矿床(YGK)的成矿流体也来源于雨水热液,但是相比洞中拉具有更多的岩浆水比例。

表 4 洞中拉石英群体流体包裹体水的氢氧同位素测试结果
Table 4 Hydrogen and oxygen isotopic compositions in the Dongzhongla deposit

序号	样号	成矿阶段	矿物	$\delta D_{\text{水}}/\text{‰}$	$\delta^{18}O_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$	$\delta^{18}O_{\text{水}}/\text{‰}$	均一温度(t) / $^{\circ}\text{C}$
1	DZL022	I	石英	-127.2	6.4	-5.06	203.70
2	DZL049		石英	-121.9	6.9	-3.97	213.54
3	DZL005	II	石英	-105.4	1.9	-9.55	192.03
4	DZL050		石英	-99.6	3.7	-9.85	173.43
5	DZL021	III	方解石	-114.3	5.3	-8.69	126.83
6	DZL039		方解石	-124.7	15.9	4.17	155.66

备注:同位素地质温度计经验公式(Clayton, 1974): $1000\ln\alpha_{\text{矿物-水}} = A \times 10^6/T^2 + B$, $T = t + 273.15^{\circ}\text{C}$ 。石英的 A 和 B 分别取 3.38 和 -3.40;方解石的 A 和 B 分别取 2.78 和 -3.39。

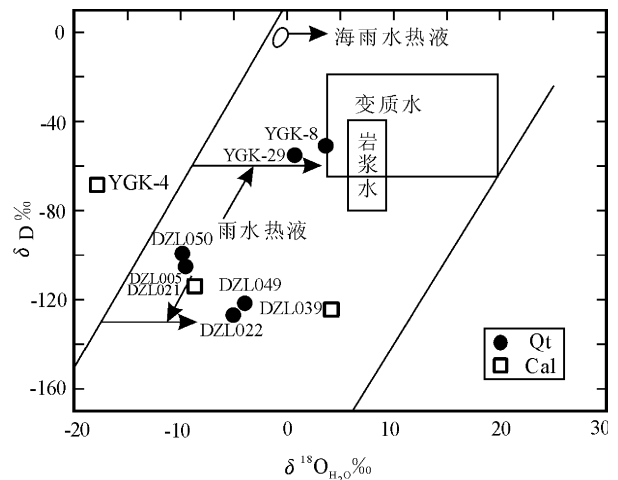


图 3 流体的氢氧同位素图(背景图据 Sheppard, 1986)
Fig. 3 Diagram of δD vs. $\delta^{18}O$ for ore forming fluids
DZL-洞中拉;YGK-亚贵拉,数据源于(连永军等,2009)
DZL-Dongzhongla deposit;YGK-Yaguila deposit(after Lian *et al.*, 2009)

5 结论

综上所述,洞中拉铅锌矿床为最近发现的新矿床,数量有限的样品未必能满足对该矿床成矿流体总体特征的研究需要。希望通过不同测试方法,能对成矿流体的来源做出合理的解释。笔者通过对洞中拉铅锌矿床流体包裹体进行了初步研究,但仍可得出以下认识。

1) 洞中拉铅锌矿床流体包裹体完全均一温度变化范围为 $106.80 \sim 296.70^{\circ}\text{C}$,样品平均温度 $126.83 \sim 240.31^{\circ}\text{C}$ 。计算的压力和成矿深度显示,洞中拉铅锌矿床属于低压($26.47 \sim 67.03\text{MPa}$)浅成环境($0.96 \sim 2.44\text{km}$)。计算盐度为低等盐度流体($0.88 \sim 50.85\text{wt}\% \text{NaCl}_{\text{eq}}$),密度为中低等密度($0.83 \sim 0.95 \text{g}/\text{cm}^3$),故该矿床属于浅成中低温低盐度热液矿床。

2) 流体包裹体成分分析结果显示,气相成分以 H_2O 为主,次为 CO_2 ,少量的为 CH_4 、 C_2H_6 、 N_2 、Ar 等还原性气体。液相组分中,石英阳离子的相对含量关系为: $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$,方解石中为 $\text{Na}^+ > \text{K}^+$ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ,石英和方解石中阴离子的相对含量关系为: $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}^-$,成矿流体类型属 $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{K}^+ - \text{Na}^+$ 水化学类型。

3) 通过对石英和方解石流体包裹体 H 和 O 同位素组成、离子比值和流体成分研究,显示洞中拉成矿流体具有地下热卤水和大气成因水混合来源,以大气降水为主。

致谢 调查研究过程中得到了西藏地勘局多吉院士,地调院刘鸿飞、张金树高工;西藏鑫湖矿业有限公司陈关新矿长,王成松、苟金波工程师及成都理工大学催晓亮博士的帮助。匿名审稿专家提出了宝贵的修改意见,在此一并致谢。

[References]
Clayton R N, Rex R W, Syers J K. 1972. Oxygen isotope abundance in quartz from Pacific pelagic sediments[J]. Journal of Geophysical Research, 77(21):3907-3915
Cui Xiao-liang. 2009. Geological characteristic of lead-zinc polymetallic deposit in medro Gongkar country, Tibet[D]. Master Degree Thesis of Chengdu University of Technology:19-20 (in Chinese with English abstract)
Fei Guang-chun, Wen Chun-qi, Wang Cheng-song, Zhou Xiong, Wu Peng-yu, Wen Quan, Zhou Yu. 2010a. Zircon SHRIMP U-Pb age of porphyry granite in Dongzhongla lead-zinc deposit, Mozhugongka County, Tibet[J]. Geology in China, 37(2):470-476 (in Chinese with English abstract)
Fei Guang-chun. 2010b. Research on metallization of the Dongzhongla epithermal-type lead-zinc deposit in Tibet, China[D]. doctor Degree Thesis of Chengdu University of Technology:19-25 (in Chinese with English abstract)
Hall D L, Sterner S M, Bodnar R J. 1988. Freezing point depression of $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$ solutions[J]. Economic Geology, 83(1):197-202
Li Guang-ming, Pan Gui-tang, Wang Gao-ming, Huang Zhi-ying, Gao Da-fa. 2004. Evaluation and prospecting value of mineral resources in Gangdisse metallogenic belt, Tibet, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (science & technology edition), 31(1):22-27 (in Chinese with English abstract)
Lian Yong-lao, Cao Xin-zhi, Yan Chang-hai, Du Xin, Gao Ming, Luo Xue. 2009. Geological characteristics and genesis of Yaguila lead-zinc deposit in the Gongbujiangda county of Tibet province[J]. Geology and Exploration, 45(5):570-576 (in Chinese with English abstract)

abstract)

(2);55-60(in Chinese with English abstract)

- Liu Bin, Shen Kun. 1999. Fluid inclusion thermodynamics[M]. Beijing: Geological publication house;1-92(in Chinese)
- Lu Huan-zhang, Li Bin-lun, Shen Kun. 1990. Inclusions geochemistry [M]. Beijing: Geological Publication House;151-181(in Chinese)
- Meng Xiang-jin, Hou Zeng-qian, Li Zhen-qing. 2005. Fluid inclusions and ore-forming processes of three porphyry copper deposits in Gangdese belt, Tibet[J]. Mineral deposits, 24(4): 398-408(in Chinese with English abstract)
- Norman D I, Musgrave J A. 1994. N_2 -Ar-He compositions in fluid inclusions; N_2 -Ar-He compositions in fluid inclusions, indicators of fluid source[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 58(3): 1119-1131
- Qin Ke-zhang, Li Guang-ming, Zhao Jun-xing, Li Jing-xiang, Xue Guo-qiang, Yan Gang. 2008. Discovery of Sharang large-scale porphyry molybdenum deposit, the first Single Mo deposit in Tibet and its significance[J]. Geology in China, 35(6): 1101-1112(in Chinese with English abstract)
- Roedder E. 1984. Fluid inclusions[J]. Reviews in Mineralogy, 12;413-473
- Shao Jie-lian. 1988. Mineralogy exploration of gold deposit[M]. Beijing: China University of Geosciences Press;147-205(in Chinese)
- Sheppard S M F. 1986. Igneous rocks III, Isotopic case studies of magmatism in Africa, Eurasia and oceanic islands[J]. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 16(1): 319-371
- Tang Ju-xing, Chen Yu-chuan, Wang Deng-hong, Xu Yuan-ping, Qu Wen-jun, Huang Wei, Huang Yong. 2009. Re-Os dating of molybdenite from the Sharang porphyry molybdenum deposit in Gongbo'gyamda county, Tibet and its geological Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 83(5): 698-704(in Chinese with English abstract)
- Taylor H P. 1974. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition[J]. Economic Geology, 69(6): 843-883
- Wen Chun-qi, Duo Ji, Fan Xiao-ping, Hu Xian-cai, Li Bao-hua, Sun Yan, Liu Wen-zhou, Huo Yan. 2006. Characteristics of ore-forming fluid of Mayum gold deposit, west Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 25(1-2): 261-266(in Chinese with English abstract)
- Zheng You-ye, Wang Bao-sheng, Fan Zi-hui, Zhang Hua-ping. 2002. Analysis of tectonic evolution in the eastern section of the Gangdise mountains, Tibet and the metallogenic potentialities of copper gold polymetal[J]. Geological Science and Technology Information, 21

[附中文参考文献]

- 崔晓亮. 2009. 西藏墨竹工卡县洞中拉铅锌多金属矿床地质特征[D]. 成都理工大学硕士学位论文;19-20
- 费光春, 温春齐, 王成松, 周雄, 吴鹏宇, 温泉, 周玉. 2010a. 西藏墨竹工卡县洞中拉花岗岩斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J]. 中国地质, 37(2): 470-476
- 费光春. 2010b. 西藏洞中拉热液型铅锌矿床成矿作用研究[D]. 成都理工大学博士学位论文;19-25
- 李光明, 潘桂棠, 王高明, 黄志英, 高大发. 2004. 西藏冈底斯成矿带矿产资源远景评价与展望[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 31(1): 22-27
- 连永牢, 曹新志, 燕长海, 杜欣, 高明, 罗雪. 2009. 西藏工布江达县亚贵拉铅锌矿床地质特征及成因分析[J]. 地质与勘探, 45(5): 57-63
- 刘斌, 沈昆. 1999. 流体包裹体热力学[M]. 北京: 地质出版社;40-92
- 卢焕章, 李秉伦, 沈昆. 1990. 包裹体地球化学[M]. 北京: 地质出版社;151-181
- 孟祥金, 侯增谦, 李振清. 2005. 西藏冈底斯三处斑岩铜矿床流体包裹体及成矿作用研究[J]. 矿床地质, 24(4): 389-408
- 秦克章, 李光明, 赵俊兴, 李金详, 薛国强, 严刚. 2008. 西藏首例独立铅矿-冈底斯沙让大型斑岩铅矿的发现及其意义[J]. 中国地质, 35(6): 1101-1112
- 邵洁涟. 1988. 金矿找矿矿物学[M]. 北京: 中国地质大学出版社;147-205
- 唐菊兴, 陈毓川, 王登红, 王成辉, 许远平, 屈文俊, 黄卫, 黄勇. 2009. 西藏工布江达县沙让斑岩铅矿床辉钼矿铼-钨同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 83(5): 698-704
- 温春齐, 多吉, 范小平, 胡先才, 李保华, 孙燕, 刘文周, 霍艳. 2006. 西藏西部马攸木金矿床成矿流体的特征[J]. 地质通报, 24(1-2): 261-266
- 郑有业, 王保生, 樊子珩, 张华平. 2002. 西藏冈底斯东段构造演化及铜金多金属成矿潜力分析[J]. 地质科技情报, 21(2): 55-60

Research of Mineralization Fluids in the Dongzhongla Lead-Zinc Deposit, Tibet

FEI Guang-chun¹, WEN Chun-qi¹, ZHOU Xiong^{1,2}, WU Peng-yu¹, HUO Yan¹, LI Bao-hua¹, LONG Xun-rong¹

(1. College of earthsciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chengdu 610041)

Abstract: The Dongzhongla lead-zinc deposit is one of the newly founded deposits, which lies in the Zhaxue-Yaguila mining area, Nyainqentanglha Range, Tibet. This work has studied the homogeneous temperature, pressure, depth, salinities and compositions in quartz and calcspar in various mineralization stages of the hydrothermal ore-forming process of this deposit. The result indicates that the ore fluids belong to low and medium temperature (106.80 ~ 296.70°C), low salinity (0.88 ~ 5.86wt% NaCl_{eq}), low and medium density (0.83 ~ 0.95g/cm³) and the Cl⁻-SO₄²⁻-K⁺-Na⁺ hydrochemical type. They formed at a low pressure (26.47 ~ 67.03MPa) and in a shallow (0.96 ~ 2.44km depth) environment. The gaseous content of the fluid inclusion is dominant by H₂O, and secondly by CO₂. In the liquid phase components, Na⁺ and SO₄²⁻ are dominant with small amount of K⁺ and Cl⁻. Oxygen and hydrogen isotopes compositions, N₂-Ar-He diagram and ratio of the ion indicate that the mineralization fluids may originate primarily from atmospheric precipitation.

Key words: fluid inclusion, mineralization fluid, lead-zinc deposit, Dongzhongla