

37-43 一个巨大水晶中流体包裹体
温压地球化学特征*

刘家齐

曾贻善

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003) (北京大学地质学系, 北京 100871)

摘 要 对荡坪钨铍矿床晶洞中一长 33 cm 的水晶不同横切块和同一切块的核部、中间过渡带和边缘环带包裹体的均一温度、盐度、密度和压力进行了研究,并用热爆法对群体包裹体成分和用激光拉曼探针针对单个包裹体成分进行了测定。得知成矿作用温压地球化学条件演变规律,由晶体核部到其边缘环带,均一温度、盐度、压力逐渐降低,成矿溶液的密度递增;群体包裹体中的挥发组分主要是 H_2O (占挥发分总量的 96%~99%),其次是 CO_2 、 N_2 、 CO 、 CH_4 和 H_2 等;单个包裹体中含有较多的有机质(C_1 — C_6)和 H_2S 等。认为该钨铍矿床晶洞中水晶晶体是在相对开放体系中生长的,成矿早期的流体为岩浆期后气化高温热液,至成矿晚期逐渐演变为以大气降水为主的低温热液。

关键词 温压地球化学 水晶 包裹体 钨铍矿床 荡坪 江西

液包体

钨矿床

华南钨锡铍矿床石英脉或脉侧蚀变围岩的晶洞中,常可见结晶完好的水晶、萤石、白钨矿、黑钨矿、辉钼矿和白云母等单晶和晶簇。作者等于^[1,2]先后对钨矿床晶洞中水晶和黑钨矿作过研究,并利用水晶流体包裹体研究成矿作用年龄。近几年来,在国家自然科学基金资助下,对水晶生长过程的温压地球化学条件作了较为详细的工作。

本文研究的水晶体产于江西省大余县西华山花岗岩中的荡坪钨铍矿床。水晶全长在黑钨矿—绿柱石—石英脉侧强烈蚀变的富云母相云英岩的晶洞中。晶洞略呈扁平的椭圆形,距脉壁约 10 cm,其长轴大体平行脉壁(约 5°交角),高约 50 cm,宽 20~30 cm。晶洞中共有 4 个较大水晶体,最大者长 33 cm,直径 5~12 cm。在水晶晶簇根部还有暗绿色八面体萤石,似八面体白钨矿、板条状黑钨矿,针状、毛发状辉钼矿和白云母等。在水晶的晶面上还附着无色透明的立方体萤石、层解石等。晶洞中矿物共生组合与矿脉中矿物共生组合基本一致。

1 流体包裹体类型及特征

将长 33 cm 的水晶横切成九等分,由顶部至根部相应编号为 1~9(图版-1)。将其中的第 1、6、9 号切块的边缘环带、中间过渡带和核部分别编号为 1a、1b、1c、6a、6b、6c、9a、9b、9c,并磨制成两面抛光的测温片,然后在 ORTHOPLAN 显微镜下进行全面观察测定,结果(表 1)表

1999 年 6 月 24 日收稿。

* 国家自然科学基金项目“成矿流体中的羧酸”(No. 49673193)的部分成果。

明:(1)流体包裹体类型主要有两种,Ⅰ——两相水溶液包裹体,其气相(气泡)体积分数为6%~35%,Ⅱ——单相水溶液包裹体,其气泡体积分数≤5%;(2)在水晶结晶作用的早期(即在晶体的核部),流体包裹体主要是两相水溶液包裹体(>90%),随着时间的推移,即在晶体的中间过渡带和更晚期形成的边缘环带,该类包裹体的数量逐渐减少至5%以下,而单相水溶液包裹体的数量逐渐增加至>95%;(3)晶体不同部位的包裹体形态、大小也明显不同,核部包裹体分布稀疏,个体大,以负晶形、椭圆形为特征(图版-4、7、10),而晶体边缘环带包裹体则以不规则状且沿环带分布为特征(图版-2、5、8)。

2 流体包裹体的均一温度、盐度、密度和压力

用法国产的 Chaixmecca-180~+600℃显微冷热台测定了晶体不同部位流体包裹体的均一温度、冷冻温度(换算成盐度),结果列于表1,将均一温度(T_h)、盐度(S)、密度(ρ)数据投到三者的关系图上^[3](图1),可得知水晶体生长过程流体密度变化特点。根据所测定的流体包裹体的温度、盐度、相应密度求得相关压力^[4]。由表1和图1明显看出,不同切块中流体包裹体的均一温度、盐度和压力值,由水晶体核部→边缘环带呈规律性的递减,而密度则递增。

表1 水晶不同部位的包裹体特征及其均一温度、盐度、密度、压力

Table 1 Features, homogenization temperature, salinity, density and pressure of fluid inclusions from different parts of the same quartz crystal

编号	包裹体类型	大小/ μm	形态	包裹体中气泡的体积分数/%	各类包裹体的比例/%	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$	盐度/ $w(\text{NaCl})/\%$	密度/ g/cm^3	压力/ MPa
1a	Ⅰ Ⅱ	3~15 3~10	不规则状、椭圆形	6~10 0~5	5~10 90~95	140~150	0.9~2.5	0.940	0.40
1b	Ⅰ Ⅱ	10~30 5~20	椭圆形、负晶形、不规则状	10~15 0~5	20~30 70~80	164~170	1.6~3.5	0.920	0.65
1c	Ⅰ Ⅱ	20~60 10~15	负晶形、椭圆形	10~25 0~5	95 5	280~305	7.9~8.7	0.820	8.0
6a	Ⅰ Ⅱ	3~10 3~10	不规则状、椭圆形	6~10 0~5	10 90	165~170	2~3.5	0.920	0.65
6b	Ⅰ Ⅱ	10~30 5~15	不规则状、椭圆形	10~30 3~5	60~70 30~40	285~305	7.9~9.6	0.830	6.9
6c	Ⅰ Ⅱ	20~80 10~20	负晶形、椭圆形	15~35 3~5	98 2	305~315	7.9~8.7	0.805	9.1
9a	Ⅰ Ⅱ	6~10 <3	不规则状、椭圆形	5~8 0~5	90 10	165~185	3.5~5.4	0.920	0.87
9b	Ⅰ Ⅱ	20~40 10~20	不规则状、椭圆形	6~10 0~5	80 20	230~270	5~7.1	0.840	4
9c	Ⅰ Ⅱ	20~60 10~20	不规则状、椭圆形	15~35 3~5	98 2	310~325	7.2~7.9	0.785	10.5

3 流体包裹体成分

3.1 群体包裹体气相成分

将水晶体 1、6、9 三个切块晶体核部(c)和边缘环带(a)两部分,分别破碎成 0.25~0.5 mm 粒级,经镜下挑选纯净的单矿物,用稀盐酸处理后,再用去离子水清洗干净,并在 110 ℃ 条件下烘干备用,称取 0.5 g 样在惰性气体作用下,置于石英管中加热至 550 ℃,使水晶中流体包裹体爆裂,并通入 SP-2305 气相色谱仪,测定水晶群体包裹体的 H₂O、CO₂、CO、CH₄、H₂ 和 N₂ 等挥发组分,结果列于表 2。

由表 2 可以看出,不同切块、不同部位的群体包裹体的挥发组分主要是 H₂O(98.84%~99.66%),其次是 CO₂、

N₂(分别为 0.23%~0.63%和 0.09%~0.47%)和微量的 CO、CH₄、H₂ 等。同一切块由核部→边缘环带包裹体中 H₂O 的含量增加 1~3 倍。这可能是由于晶体核部包裹体个体大,矿物破碎成 0.25~0.5 mm 粒级时易被破坏;而边缘环带包裹体细小,沿环带分布,破碎时不易被破坏。

表 2 水晶不同部位群体包裹体气相成分

Table 2 Gas phase compositions in group inclusions from different parts of the same quartz crystal

编号	H ₂ O		CO ₂		CO		CH ₄		H ₂		N ₂	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1c	1288.9	99.35	4.98	0.38	0.64	0.05	0.12	0.01	0.08	0.01	2.67	0.21
1a	2399.0	99.66	5.65	0.23	0.18	0.01	0.08	0.003	0.09	0.004	2.17	0.09
6c	673.2	98.84	4.27	0.63	0.25	0.04	0.15	0.02	0.03	0.004	3.17	0.47
6a	2031.6	99.0	9.96	0.49	0.16	0.01	0.10	0.005	0.24	0.01	8.67	0.42

注:由陕西地质矿产局综合研究队测定;A—绝对数量(10⁻⁶),B—相对数量(%)。

3.2 单个包裹体中气相和液相成分

用法国产的 RAMNOR-U1000 型激光拉曼探针,分别测定水晶体中第 6 切块的核部 2 个包裹体和边缘环带 1 个包裹体的气相和液相成分。实验条件是:Ar 激光器激光波长为 514.5 μm,激光功率为 700 V、双单色器狭缝为 450 μm,色散率为 92⁻¹/mm,光电倍增管高压为 1 530 V,微区样品室实验温度 20 ℃、湿度 55%,在研究中,应用基团伸缩振动鉴定 CO₂、H₂O、N₂、H₂、H₂S、CH₄、C₂H₂、C₂H₆、C₃H₆、C₃H₈、C₄H₄、C₆H₆,利用拉曼散射的相对横截面,按照 Placzek 公式计算每一组份的摩尔分数(x_B)(表 3),其成分特点为:

(1)晶体核部单个包裹体气相成分主要是 CO_2 和有机成分($\text{C}_1\text{—C}_6$)(x_B 平均值分别为 43.6%和 29.25%),其次为 H_2O 、 H_2S 、 N_2 和 H_2 等;液相成分主要是 H_2O (x_B 平均值为 38.8%),其次为 CO_2 和有机成分($\text{C}_1\text{—C}_6$)(x_B 平均值分别为 28.1%和 25.55%)及少量 H_2S ;

(2)晶体边缘环带单个包裹体气相成分主要是有机成分($\text{C}_1\text{—C}_6$)和 CO_2 (x_B 分别为 35.6%和 34.5%),其他还有 N_2 、 H_2O 和 H_2S 等;液相成分主要为液态 CO_2 (x_B 平均值为 48.45%),其次为 H_2O 和有机成分($\text{C}_1\text{—C}_2$)(x_B 平均值分别为 34.6%和 16.95%);

(3)在晶体不同部位单个包裹体的有机成分($\text{C}_1\text{—C}_6$)里,烯烃类的丙稀总是最重要组分,其次是甲烷。

表 3 水晶体不同部位单个包裹体气相(V)和液相(L)成分摩尔分数

Table 3 Gas and liquid phase compositions of individual inclusion from different parts of the same quartz crystal

编号	相态	H_2O	CO_2	N_2	H_2	H_2S	CH_4	C_2H_2	C_2H_6	C_3H_6	C_3H_8	C_4H_6	C_6H_6
6c-1	V	19.0	44.2		4.0		4.0	10.3		14.7		4.0	
	L	40.9	31.6			7.0	6.0	3.6			6.1	4.8	
6c-2	V	9.3	43.0	8.5		10.1	6.6		4.5	13.7		1.6	2.7
	L	36.7	24.6			8.1	10.0	4.8		13.7		2.1	
6a	V	11.0	34.5	12.1		6.8	7.4	6.5		16.8		4.9	
	L ₁	32.2	58.0				3.1	6.7					
	L ₂	37.0	38.9					6.7		11.7			5.7

注:由西安地质矿产研究所拉曼探针室测定。

4 讨 论

黑钨矿-绿柱石-石英脉侧云英岩晶洞中矿物共生组合与矿脉中矿物共生组合极为一致表明,两者的原始成矿流体是同源的,从晶洞周围的花岗岩云英岩化蚀变更为强烈,几乎全部变为白云母及少量萤石、石英组成的富云母相云英岩特征来看,晶洞水晶较矿脉石英里的包裹体原始充填的流体更富挥发组份,并被封闭在环境相对稳定的椭球体中。大水晶体根部切片镜下观察(图版-8)表明,成矿流体刚开始结晶时有众多结晶中心,并形成许多小晶体。其后,生长快的晶芽形成较大的结晶中心,生长成大水晶体。在晶体生长的早期,为气化-高温(300~325℃)、盐度 $w(\text{NaCl})$ 相对较高(8%~9%)、压力相对较大(8~10.5 MPa)、 SiO_2 浓度高的热流体处于相对封闭的稳定环境中,在热流体极为缓慢冷却的条件下,形成晶体核部(呈透明块体而无环带构造),其包裹体稀疏,呈负晶形,个体较大(几十至 200 μm)且随机分布(图版-10),随着晶体不断长大,晶洞中的 SiO_2 的浓度逐渐降低,又由于晶洞周围的地表水不断的渗透进入晶洞,使晶洞中流体的 SiO_2 的浓度被进一步稀释,从而使温压地球化学环境处于不断改变和达到新的相对平衡之中。这种变化,导致在晶体生长中期,在晶体中间过渡带显现出生长环带,在晶体生长晚期,其温压地球化学环境变化速率加快,在晶体边缘带环带构造由宽变狭,反映结晶环境变化更剧烈,此时的包裹体变为不规则状,且沿生长环带分布(图版-2),流体的温度降为 140~150℃,盐度下降为 <1%,压力减少为 0.4~0.9 MPa。

综上所述,荡坪钨铍热液矿床的主要成矿阶段晶洞中一个巨大水晶体生长过程的流体包

裹体温压地球化学演化特征表明:(1)热液矿床石英脉晶洞中晶体生长是在相对开放的体系中完成的;(2)成矿流体为岩浆期后热液,其演化到晚期阶段,由于地表大气降水的渗透,便由以岩浆水为主的气化-高温热液变为以大气降水为主、岩浆热液为辅的混合低温流体,至此,成矿作用终止。

参 考 文 献

- [1] 刘家齐,常海亮.南岭地区某些燕山期花岗岩及其脉钨矿床温压地球化学研究.南岭地质矿产科研报告集,第1集.武汉:武汉地质学院出版社,1987
- [2] 李华芹,刘家齐等.热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用.北京:地质出版社,1993
- [3] Ahmad S N, Rose A W. Fluid inclusions in porphyry and skarn ore at Santa Rita, New Mexico. *Econ. Geol.*, 1980, 75(2): 229—250
- [4] 卢焕章,李秉伦等.包裹体地球化学.北京:地质出版社,1990

FLUID INCLUSION THERMOBAROGEOCHEMICAL FEATURES OF A MEGA-QUARTZ CRYSTAL

Liu Jiaqi

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003)

Zeng Yishan

(Department of Geology, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

Systematic study was carried out on the fluid inclusion thermobarogeochemical features of a mega-quartz crystal from the Dangping W-Be deposit, Jianxi, which shows that: (1) the homogenization temperature, salinity and pressure decrease, the density of ore-forming fluid increase regularly from core to margin of the crystal; (2) compositions of the gas phases in group inclusions are dominated by H_2O (96% ~ 99%) with a little CO_2 , CO , N_2 , CH_4 , H_2 and so on; (3) there are some organic matter ($C_1 - C_6$) within the individual inclusions. According to the thermobarogeochemical features, it is concluded that the crystal grew in an relatively open system and metallogenetic fluids of the early and late stage belong to post-magmatic high-temperature hydrothermal solution and low-temperature hydrothermal solution dominated by atmospheric water, respectively.

Key words thermobarogeochemistry quartz crystal fluid inclusion W-Be deposit Dangping Jianxi

图版说明

(图版见 43 页)

1. 水晶体顶部至根部切块顺序编号是 1~9
2. 1 号切块边缘环带(1a)包裹体沿生长带分布
3. 1 号切块过渡带(1b)流体包裹体
4. 1 号切块核部(1c)流体包裹体
5. 6 号切块边缘环带(6a)流体包裹体沿生长带分布
6. 6 号切块过渡带(6b)流体包裹体
7. 6 号切块核部(6c)流体包裹体
8. 9 号切块边缘环带(9a)由若干具环带构造的小晶体组合成大晶体
9. 9 号切块过渡带(9b)流体包裹体
10. 9 号切块核部(9c)流体包裹体

V—包裹体中气泡, L—包裹体中液相, Mu—白云母

冈瓦纳国际学术讨论会在宜昌召开

1999 年 10 月 10~20 日,“中国及相关冈瓦纳衍生地体地球动力学和构造演化国际学术讨论会”在湖北省宜昌市召开。参加会议的有中国、美国、日本、韩国、英国、德国、加拿大、印度、澳大利亚、斯里兰卡、泰国、马来西亚、越南及我国香港特别行政区等 14 个国家和地区的 70 多位地质学家。

此次会议由中国地质调查局、中国地质科学院、国际地科联 UNESCOIUGS-IGCP 368/411/440 项目、中国自然科学基金委、中国地质大学(北京)等单位联合发起。中国地质调查局张洪涛副局长、中国地质科学院赵逊副院长等领导到会祝贺并出席了开幕式。会议共收到各种相关论文和摘要 80 余篇,并以国际学术刊物“冈瓦纳研究”特刊形式在会前出版。有 35 位地质学家在大会上发言,共同探讨和交流自太古代以来罗迪尼亚和冈瓦纳超级大陆裂解及相关冈瓦纳构造演化等方面的问题和研究成果。还有十几位地质学家通过展版的形式展示近年来全球不同地区在地壳早期演化方面所获得的新成果、新技术和新方法。

大会还成功组织了会前对长江三峡太古代至中生代地层序列和会后对横亘我国中部的秦岭大别造山带及其毗邻的扬子板块北缘、华北板块南缘太古代至元古代地质事件和中越边境新发现的古生代蛇绿岩和火山岩建造的野外地质考察。

此次会议是宜昌地质矿产研究所(中国地质调查局中南中心)整体划入中国地质调查局后组织的第一次国际性学术会议,由于组织工作到位,使整个会议自始至终洋溢在热情、和谐、严谨的氛围中,因而受到各方好评。

中国地质调查局中南中心 曾冶红 供稿

图版

