

贵州省务川—沿河地区萤石矿床流体包裹体特征

赵磊, 杨忠琴, 贺永忠, 安亚运, 盘应娟, 何犇, 易成兴

(贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550018)

[摘要] 务川—沿河地区萤石矿床萤石矿物中气液两相包裹体分为原生和次生两类。其中原生包裹体呈弥散状分布, 呈四边形、圆形、椭圆形、三角形、长条形、扁圆形、月牙形、不规则形等多种形态; 次生包裹体呈线状分布, 呈菱形、六边形、正方形、圆形、椭圆形、四边形、三角形、长条形、扁圆形等, 包裹体大小为 $4 \sim 12 \mu\text{m}$, 以 $5 \sim 7 \mu\text{m}$ 为主; 气液比为 $4\% \sim 15\%$, 一般为 5% 。13件薄片中获得包裹体均一温度数据共 191 个。其中原生包裹体均一温度数据为 $86^\circ\text{C} \sim 307^\circ\text{C}$, 主要集中在 $100 \sim 140^\circ\text{C}$; 次生包裹体均一温度为 $101^\circ\text{C} \sim 330^\circ\text{C}$, 多数为 $120 \sim 230^\circ\text{C}$ 。综合研究认为研究区内萤石矿主要形成于中低温环境, 属中低温热液矿床。

[关键词] 务川—沿河地区; 萤石矿; 流体包裹体; 热液矿床

[中图分类号] P619.21⁺5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2015)03-0196-07

1 引言

务川—沿河地区是贵州萤石矿的主要产地。前人^{[1]-[4]}曾对其进行过 1:20 万、1:5 万区调、矿调及沿河县丰水岭等萤石矿区的勘查工作, 总结了区域地质概况及局部地区较详细的基础地质和矿产地质特征, 查明了丰水岭萤石矿的储量。但对研究区内除丰水岭外其余矿床(点)的地质特征、控矿因素及找矿标志、成矿模式等均未进行深入研究。笔者于 2014 年参与了务川—沿河地区萤石矿整装勘查战略选区工作, 重点对矿区萤石矿中流体包裹体进行研究, 为进一步总结其成矿规律、成矿模式和建立研究区找矿模型提供依据。

2 研究区地质矿产概况

研究区大地构造位置位于上扬子古陆块南部被动边缘褶冲带之次级构造单元凤岗滑脱褶皱带^[5]。构造形变为 SN、NNE 及 NNW 蛇形走向的褶断组合(图 1), 褶皱多数对称, 核部较翼部舒

缓, 枢纽波状起伏。区内主构造受到近 EW 向力偶的作用, 局部岩层被强烈挤压, 背斜与向斜倾角陡至 $40 \sim 70^\circ$, 甚至发生倒转, 褶皱轴线呈“S”形弯曲, 故有 NNE、NE、NNW 等方向的变化。

区内萤石、重晶石矿与背斜构造有较大关系, 矿体产于背斜两翼桐梓组、红花园组。发育的主要背斜有天山背斜、太坝背斜、纸背口背斜、土地坳背斜及板场背斜; 发育 NNE-NE 向断裂, 少量 NW 向张性断裂。NE 向断裂是萤石、重晶石的导矿构造^[5], 矿液与地下热水在该期断裂构造生成时, 相伴上升运移。区内 NW 向断裂出露零星, 但 NW 向次级构造(节理、裂隙)与萤石矿有密切关系, 为萤石矿的容矿构造。研究区内萤石矿脉均产于 NW 向张性小断裂、张性节理中。

研究区出露地层由老至新为震旦系灯影组—三叠系嘉陵江组, 整体为一套海相沉积建造。其中寒武系—志留系地层分布最广。研究区容矿地层主要为奥陶系红花园组(O_1h)、桐梓组(O_1t), 其次为寒武—奥陶系毛田组(ϵOm)。呈带状分布于背斜核部, 岩石露头完整, 顶、底与上下地层界线清楚。岩性总体为一套碳酸盐岩夹少量碎屑岩沉积组合。

[收稿日期] 2015-02-08

[基金项目] 贵州省国土资源厅组织实施《贵州省矿产资源整装勘查找矿战略选区项目》中的一个子项目, 贵州省地质调查院《贵州省务川—沿河萤石(铅锌)找矿战略选区项目》黔国土规划院发[2014]4号资助。

[作者简介] 赵磊(1982—), 男, 贵州省赫章县人, 工程师, 在读硕士, 长期从事区域地质、矿产地质及石油地质调查与研究。

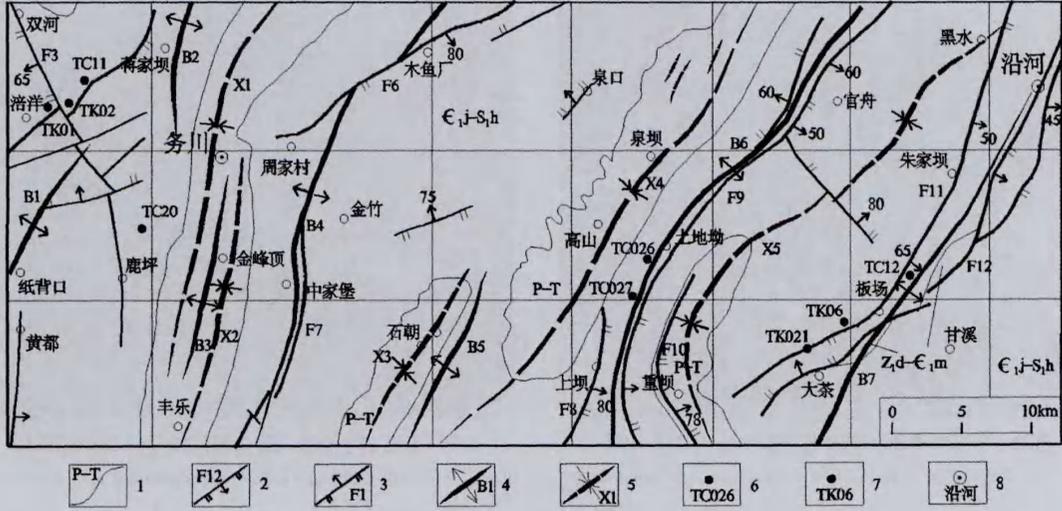


图1 研究区地质构造略图

(据《贵州省务川—沿河萤石矿找矿战略选区报告》修改)

Fig. 1 Geologic structural map of the target area

- 1—地层代号及界线; 2—正断层及编号; 3—逆断层及编号; 4—背斜及编号; 5—向斜及编号;
- 6—探槽取样点及编号; 7—踏勘取样点及编号; 8—地名

2 流体包裹体特征

本次研究对务川—沿河片区代表性萤石矿点(务川县涪洋镇、务川县都儒镇、沿河县泉坝乡、沿河县土地坳、沿河县板场丰水岭等)进行了采样。样品均选自探槽或平洞中新鲜未经风化的矿石,并挑取了白色、紫色及少量灰绿色等不同颜色、不同组构的样品。共采集了20件萤石矿样,切制流体包裹体片,对其进行了显微镜下鉴定和流体包裹体显微测温分析。

2.1 样品测试方法

流体包裹体显微测温在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室的流体包裹体实验室完成。所用仪器为英国产 Linkam MDSG 600 型冷热台及德国 ZEISS 公司的偏光显微镜,两者匹配进行包裹体观察和温度测定工作。测温范围为 196 ~ +600℃,冷冻和加热可控速率范围为 0.1 ~ 130℃/min,精确度为 0.1℃。流体包裹体测试过程中,升温或降温速度控制在 5 ~ 20℃/min,相变点附近速度控制在 0.5 ~ 1℃/min,部分包裹体还进行了反复测温检验,保证了测试结果的准确性。

2.2 包裹体岩相学特征

萤石是较易生长流体包裹体的矿物。显微镜下观察发现,该区萤石样品中包裹体具有个体较小、数量多的特点。样品中包裹体分布较均匀,多数呈孤立状,部分成群成带分布。其类型主要为气液两相包裹体,分原生和次生两类(图2、3)。原生包裹体是在主矿物结晶或重结晶过程中,与主矿物同时形成并被主矿物包裹形成的包裹体,在主矿物中随机分布或沿晶面生长;形态呈四边形、圆形、椭圆形、三角形、长条形、扁圆形、月牙形、不规则形等。次生包裹体是主矿物形成后,由于后期构造热事件影响使主矿物破裂产生裂隙或孔隙,后期流体介质进入这些后生裂隙和孔隙,并使主矿物产生部分溶解,之后重新结晶,并圈闭这些后来流体而形成的包裹体,形态呈菱形、六边形、正方形、圆形、椭圆形、四边形、三角形、长条形、扁圆形等;它们常沿切穿主矿物晶体的愈合裂隙分布,反映主矿物结晶之后的地质事件。包裹体大小为 4 ~ 12 μm 之间,一般为 5 ~ 7 μm 居多;气液比以 5% 为主,最少为 4%、最高可达 15%。各个矿床点的流体包裹体岩相学特征及显微测温结果见表 1。

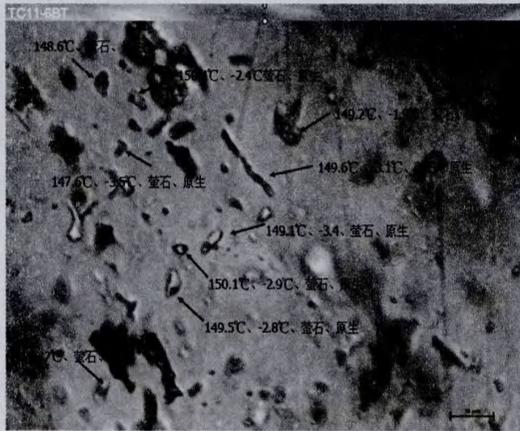


图2 萤石矿中原始气液包裹体特征 (TC11-6BT)

Fig. 2 Original gas-liquid inclusion characteristics in fluorite mine



图3 萤石矿中次生气液包裹体特征 (TC11-2BT)

Fig. 3 Secondary gas-liquid inclusion characteristics in fluorite mine

表1 务川-沿河研究区萤石矿床中包裹体显微测温结果统计表

Table 1 Statistics of inclusion micro temperature measurement results of fluorite deposit in Wuchuan-Yanhe target area

样号	矿物 (测试数)	形态	类型	大小 (μm)	气液比 (%)	均一温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冰点 ($^{\circ}\text{C}$)	备注
TC27-4BT (沿河土地坳)	白色萤石 (15)	四边形、三角形、长条形、椭圆形、圆形月牙形、不规则	原生	4~7	15	86.4~307.4	-2.6	
TC11-6BT (务川涪洋)	紫色萤石 (20)	四边形、三角形、长条形、椭圆形、圆形不规则	原生	5~12	10	147.6~154.6	-4.3~1.9	原生 19 个, 次生 1 个
			次生	5	5	148.9	—	
TC11-2BT (务川涪洋)	白色萤石 (20)	四边形、三角形、长条形、椭圆形、圆形正方形、不规则	原生	5~9	5	98.2~149.3	-4.7~4.1	原生 8 个, 次生 12 个
			次生	4~12	10	126.4~142.1	-4.6~3.9	
TKO2-BT (务川涪洋)	白色萤石 (19)	正方形、三角形、菱形、六边形、长方形、正方形、椭圆形	原生	5~9	10	128.7~138.0	-8.6~6.8	原生 6 个, 次生 13 个
			次生	4~12	10	104.1~140.0	-19.0~3.3	
TKO6BT (沿河板场)	白色萤石 (15)	不规则、椭圆形、长条形、四边形、三角形	原生	3~7	5	96.8~123.1	-21.2~11.2	
TC27-2BT (沿河土地坳)	白色萤石 (5)	椭圆形、长条形	原生	4~5	5	101.3~106.3	—	
TKO1BT (务川涪洋)	白色萤石 (15)	椭圆形、长条形、四边形、三角形、椭圆形	原生	2~8	5	109.1~144.2	-9.6~6.4	原生 12 个, 次生 3 个
			次生	5	5	126.7~127.1	—	
TC26-3BT (沿河土地坳)	白色萤石 (4)	长条形、四边形	次生	5~6	5	101.4~107.4	—	
TC26-3BT (沿河土地坳)	白色萤石 (16)	椭圆形、圆形、长条形、四边形、三角形、不规则	原生	3~8	10	140.4~214.0	-5.4	原生 13 个, 次生 3 个
			次生	4~5	5	158.9~167.4	—	
TC12-2BT (沿河板场)	灰绿色萤石 (16)	椭圆形、不规则、长条形、圆形、椭圆形	原生	3~7	10	158.9~331.4	—	其中原生 9 个, 次生 7 个
			次生	4~6	5	205.3~262.1	—	
TC26-4BT (沿河土地坳)	白色萤石 (16)	长条形、不规则、椭圆形、正方形	原生	4~10	5	190.5~296.8	-5.5	

续表

样号	矿物 (测试数)	形态	类型	大小 (μm)	气液比 (%)	均一温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冰点 ($^{\circ}\text{C}$)	备注
TC20-4BT (务川都儒)	白色萤石 (15)	长条形、不规则、椭圆形	原生	4~11	5	169.3~255.2	-13.2~4.6	原生 11 个, 次生 4 个
		长条形、不规则	次生	4~12	10	168.5~278.1	-5.8~2.6	
TK021BT (沿河板场)	白色萤石 (15)	椭圆形、长条形、不规则	原生	4~10	5	118.8~208.1	-16.8~3.5	原生 13 个, 次生 2 个
		长条形、棱形	次生	4~5	5	128.9~130.0	-11.8	

注:“—”表示测试无结果

2.3 包裹体均一温度

20 件薄片样品中有 13 件中获得包裹体均一温度数据,共计 191 个数据(见表 1)。其中原生包裹体测温数据 143 个,次生包裹体测温数据 48 个。在原生包裹体均一温度数据中,最低温度 86.4 $^{\circ}\text{C}$ 、最高 307.4 $^{\circ}\text{C}$,多数为 100 $^{\circ}\text{C}$ ~140 $^{\circ}\text{C}$;次生包裹体中最低温度 101 $^{\circ}\text{C}$ 、最高 330 $^{\circ}\text{C}$,集中为 120 $^{\circ}\text{C}$ ~230 $^{\circ}\text{C}$ 。10 件样品获冰点数据 72 个,其中原生包裹体冰点温度数据 46 个,最高温度 -1.9 $^{\circ}\text{C}$ 、最低温度 -21.2 $^{\circ}\text{C}$,一般为 -3~5 $^{\circ}\text{C}$;26 个次生包裹体冰点温度数据中,最高温度 -2.6 $^{\circ}\text{C}$ 、最低温度 -19 $^{\circ}\text{C}$ 。由均一温度数据图(图 4)中可看出,原生包裹体均一温度主要集区位于 100 $^{\circ}\text{C}$ ~140 $^{\circ}\text{C}$,其次是 150 $^{\circ}\text{C}$ ~170 $^{\circ}\text{C}$,少量大于 200 $^{\circ}\text{C}$,说明大部分萤石矿成矿温度属于低温成矿,少部分为中温成矿;次生包裹体均一温度主要位于 100 $^{\circ}\text{C}$ ~150 $^{\circ}\text{C}$,其次是 160 $^{\circ}\text{C}$ ~200 $^{\circ}\text{C}$,少量为 200 $^{\circ}\text{C}$ ~330 $^{\circ}\text{C}$,说明有第二次热液活动充填,少量属于中-高温热液成矿,主体仍属于低温热液成矿阶段的产物。同时,表 1 数据也反映出沿河地区的萤石矿成矿温度普遍比务川片区高,即萤石矿成矿温度由东向西具有降低趋势。

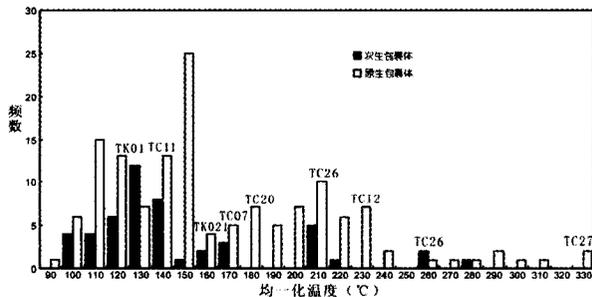


图 4 务川-沿河研究区萤石中赋存包裹体均一温度与成矿期次直方图

Fig. 4 Histogram of inclusion homogeneous temperature and mineralization stage in fluorite in Wuchuan-Yanhe target area

3 成矿期次及成矿物质来源探讨

由萤石矿中的包裹体特征可知,存在原生和次生两类包裹体,说明矿床的形成后经历了再次热液事件。在野外调查中,萤石矿结构特征较为复杂,萤石、重晶石和方解石共伴生,相互胶结、穿插(图版 1、2)。室内岩矿鉴定发现萤石呈两世代特征,各自偏集条带状产出(图版 3)。第一世代萤石结晶粒度 <3.00 mm~0.10 mm(一般 <2.00 mm~0.10 mm),中~细粒级,自形-半自形,粒状变晶;第二世代萤石结晶粒度 <1.00 mm,细-显微级,自形-半自形,粒状变晶。部分萤石内部包裹有自形板柱状重晶石(图版 4)。同时,也发现重晶石呈两世代产出,其中第二世代重晶石呈脉状穿插第一世代重晶石和萤石(图版 5、6)。由此亦可说明萤石矿的形成经历二个成矿期次。

3.1 低温萤石成因分析

一般认为,高于正常埋藏温度形成的萤石定义为中高温萤石,中高温萤石矿产主要受控于基底断裂与热液上涌,形成的萤石矿常伴生有重晶石;而均一化温度小于或等于桐梓组地质历史过程中最大埋藏温度的划分为低温成因萤石,具有成矿品位好、矿物单一等特点。同时,低温成因萤石为原生萤石溶蚀、运移及再结晶的产物,具有分布范围广,成矿条件复杂等特点。

根据研究区区域地质资料对埋藏史及地温场进行恢复表明,桐梓组底部在印支期中三叠世末达到最大埋藏深度,约 4 200 m,假设地表温度 20 $^{\circ}\text{C}$,若根据该时期古地温梯度 2.90 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ^[6],估算桐梓组最大埋藏温度为 142 $^{\circ}\text{C}$ (图 5),反映出研究区中、低温热液进入地层的关键时刻是 230 Ma~65 Ma,埋深为 4 200 m~2 400 m。

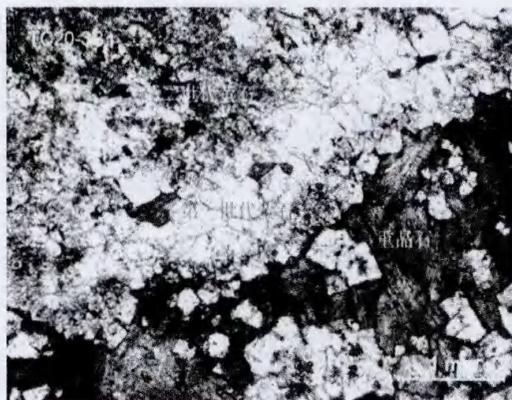
图版:



1 角砾状重晶石被萤石胶结



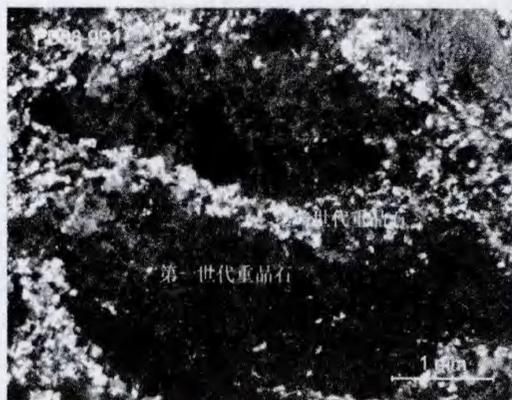
2 角砾状方解石、重晶石被萤石胶结



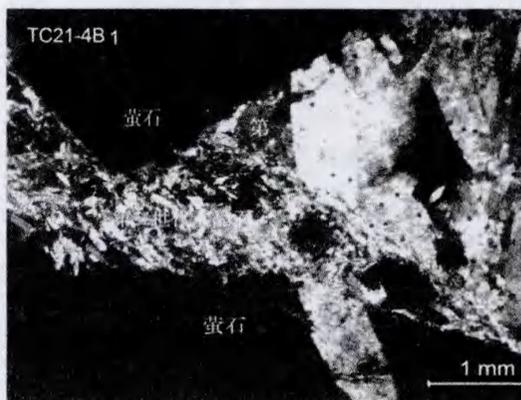
3 两世代萤石呈条带状产出(单偏光)



4 萤石内部包裹的自形板柱状重晶石(单偏光)



5 第二世代重晶石穿插第一世代重晶石(正交偏光)



6 第二世代重晶石穿插第一世代重晶石和萤石(正交偏光)

3.2 物质来源

萤石矿的成矿模式是一个较复杂的过程,其大致为:以牛蹄塘组为代表的上震旦统-下寒武统黑色岩系中的 Ba 含量高,极有可能为成矿热液提供了 Ba 源;寒武系蒸发岩系中的硫同位素

组成与矿物重晶石中的 S 硫同位素相似,说明寒武系蒸发岩系可能为成矿提供了 S 源;上震旦统陡山沱组-下寒武统明心寺组富 F 的地层可为成矿提供 F 源;下奥陶统赋矿地层中含活泼性 CaO 高,以及下伏碳酸盐岩地层同样可为成矿提供足够的 Ca 源。成矿物质经地层水和大气降水淋

滤、溶解、萃取后,通过富集、汇聚成含矿热液,热液上涌过程中受上覆湄潭组地层遮挡而停止向上运移,随着温度的降低,在桐梓组及红花园组地层中北西向张性裂隙中交代结晶、沉淀、成矿^[7]。如沿河地区,TC12、TC26、TC27等,形成原生中高

温矿床,赋存在萤石中的包裹体温度普遍高于200℃,最高可达331℃。古陆隆起的形成早期阶段,随着基底主断裂的开启,成矿流体活动一般具分布范围小,成矿温度高的特点。

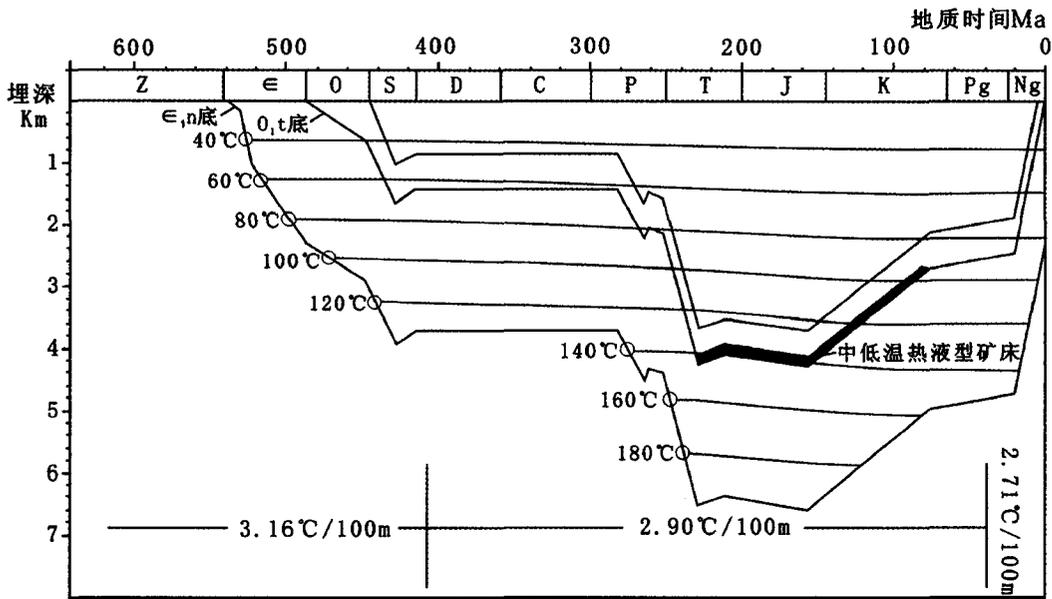


图5 研究区埋藏史与热史恢复图

Fig. 5 Recovery of burial history and thermal history of the target area

一般认为低温萤石矿物质来源于中高温萤石的溶解或再次结晶,在印支—燕山期,随着扬子古陆的持续抬升,形成了西高东低的构造格局,地层发生褶皱变形,并形成NNE向断裂^[8]。含矿流体在构造作用力和地层温压梯度的驱动下沿桐梓组、红花园组构造裂隙或者断裂系统向上运移,受湄潭组厚层泥页岩的遮挡停止运移,伴随着温度和压力的降低,CaF₂和BaSO₄结晶、成矿,形成低温萤石矿床,一般孔隙较发育层段为成矿富集区(桐梓组、红花园组颗粒碳酸盐岩),形成的萤石包裹体均一温度较低,低温萤石矿分布范围广,为研究区内萤石矿床形成的主要阶段^[9]。此阶段成矿流体分布范围大,且获得的包裹数量最多也说明了该期为成矿流体活动的最高峰。如在务川片区,TK01、TK02、TC011等,赋存在萤石中的包裹体温度普遍低于200℃,介于100~150℃之间,主要为中-低温热液矿床。

由此可以看出,研究区萤石矿成矿流体温度,从沿河—务川呈降低趋势;沿河NE向大断裂为主要控(导)矿构造;务川地区NE向断裂为次一级控(导)矿构造;而全区NW向节理、裂隙为主要容矿构造。

4 结论

(1)务川—沿河萤石矿床流体包裹体主要为气液两相包裹体,分原生和次生两类,包裹体形态变化大。包裹体大小为4 μm~12 μm,气液比5%左右。均一温度普遍低于200℃,一般为100℃~150℃之间,而高于200℃的包裹体较少见。

(2)通过对研究区萤石矿包裹体显微测温、统计与成因分析,该地区萤石矿形成总体为中-低温环境,属中-低温热液矿床。

(3)研究区萤石矿包裹体均一温度特征表明,沿河片区的成矿温度普遍高于务川片区,且中温矿床主要集中于沿河片区,而低温矿床主要集中于务川片区。

(4)研究区萤石矿成矿流体主要沿着NE向断裂上涌,最终在桐梓、红花园地层中的NW向次级断裂(节理、裂隙)中形成大小不一的萤石、重晶石矿床。

(5)研究区萤石矿的成矿模式大致为:在中三叠世末,上扬子古陆发生隆起,在研究区西部等

地形成了基底断裂及次级断裂时不断溶解、萃取不同地层中的 Ca、F、Ba 等成矿元素,通过富集、汇聚形成含矿热液,热液上涌受上覆湄潭组地层遮挡停止运移,伴随着温度的降低,在桐梓组、红花园组地层中 NW 向张性裂隙中沉淀或交代结晶,并富集成矿。

致谢:本文在写作过程中得到贵州省地质调查院陶平研究员的悉心指导,在此表示衷心感谢!

[参 考 文 献]

[1] 贵州地矿局 108 地质大队. 1:20 万正安幅区调报告. 1972; 1:20 万沿河幅区调报告[R]. 1968.

[2] 贵州地矿局 103 地质大队. 贵州省沿河县丰水岭萤石矿区详细普查地质报告[R]. 2003.
 [3] 贵州地矿局 103 地质大队. 沿河丰水岭萤石-重晶石矿床地质勘探报告[R]. 2007.
 [4] 侯兵德. 沿河丰水岭萤石矿地质特征及成因浅析[J]. 西部探矿工程, 2011, 5: 149-156.
 [5] 贵州省地矿局. 贵州省区域矿产志[R]. 1986.
 [6] 杨平, 谢渊, 等. 雪峰山西侧震旦系陡山沱组烃源岩生烃潜力及油气地质意义[J]. 中国地质, 2012, 10.
 [7] 刘健, 叶飞. 沿河县丰水岭萤石矿床地质特征、成矿模式及找矿标志[J]. 企业技术开发, 2013, 32(16): 89-91.
 [8] 王砚耕. 贵州构造基本格架及其特征[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1991.
 [9] 贵州省地质调查院. 贵州省务川-沿河萤石矿(铅锌)找矿战略选区项目[R]. 2014.

Fluid Inclusion Characteristics of Fluorite Deposit in Wuchuan-Yanhe Area of Guizhou

ZHAO Lei, YANG Zhong-qin, HE Yong-zhong, AN Ya-yun, PAN Ying-juan, HE Ben, YI Cheng-xing

(Guizhou Academy of Geologic Survey, Guiyang 550005, Guizhou, China)

[**Abstract**] In fluorite deposit of Wuchuan-Yanhe area, the gas-liquid two-phase inclusion of fluorite is original and secondary. The original inclusion distributed dispersely and had many shapes: tetragonum, circle, oval, triangle, elongated, pblateness, crescent and irregular shape, the secondary inclusion distributed linearly and rhombus, hexagon, square, circle, oval, tetragonum, triangle, elongated, pblateness and other shapes. The inclusion size is 4 to 12 μ m, mainly is 5 to 7 μ m. The gas liquid ratio is 4% to 15%, normally is 5%. 191 homogeneous temperature data of inclusion are acquired in 13 thin sections. The homogeneous temperature of original inclusion is 86 $^{\circ}$ C to 307 $^{\circ}$ C, mainly is 100 $^{\circ}$ C to 140 $^{\circ}$ C. The homogeneous temperature of secondary inclusion is 101 $^{\circ}$ C to 330 $^{\circ}$ C, mainly is 120 $^{\circ}$ C to 230 $^{\circ}$ C. The research shows the fluorite in this formed in middle-low temperature environment, it's middle-low temperature geothermal deposit.

[**Key words**] Wuchuan-Yanhe area; Fluorite deposit; Liquid inclusion; Geothermal deposit