第46卷第4期 2022年8月

doi: 10.11720/wtyht.2022.1438

张凯涛, 白德胜, 李俊生, 等. 豫西合峪—车村地区萤石矿床地质特征及物质来源研究进展[J]. 物探与化探, 2022, 46(4): 787-797. http://doi. org/10.11720/wtyht. 2022.1438

Zhang K T, Bai D S, Li J S, et al. Research progress in the geological characteristics and material sources of fluorite deposits in the Heyu-Checun area, western Henan Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2022, 46(4):787-797. http://doi.org/10.11720/wtyht. 2022. 1438

豫西合峪—车村地区萤石矿床地质特征 及物质来源研究进展

张凯涛1,白德胜1,李俊生1,刘纪峰1,许栋2,苏阳艳1,樊康1

(1.河南省地质矿产勘查开发局 第二地质矿产调查院,河南 郑州 450001;2.河南省地质矿产勘查开发局 第三地质矿产调查院,河南 郑州 450000)

摘要:通过对豫西合峪—车村地区 30 余个萤石矿床的地质矿产、勘查地球化学资料进行归纳分析,总结区内萤石 矿床类型、空间分布及地球化学特征,探究矿床成因和物质来源。合峪—车村地区萤石矿类型主要为单一型,矿床 分布于燕山期花岗岩及其外接触带的断裂带上;合峪岩体形成年龄为 124.7~148.2 Ma,太山庙岩体形成年龄为 115~123.1 Ma,萤石成矿年龄为 120~126.8 Ma,说明成矿作用发生在合峪岩体侵入末期、太山庙岩体形成年龄为 成矿流体属中低温、低盐度、低密度的 NaCl-H₂O 体系,指示区内矿床为中低温浅成热液型萤石矿床。区内萤石稀 土元素配分模式可分为略微左倾型、平坦型及右倾型 3 类,以右倾型为主,且右倾型萤石稀土元素配分模式与燕山 期花岗岩相似,二者均表现为强 Eu 负异常和弱 Ce 负异常,说明燕山期花岗岩对萤石的形成提供了一定的物质来 源。成矿元素 F 可能主要来源于合峪岩体和太山庙岩体,成矿元素 Ca 部分来源于花岗岩围岩。

关键词:地质特征;物质来源;萤石;合峪-车村

中图分类号: P595; P597.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2022) 04-0787-11

0 引言

萤石是世界上重要的非金属矿产之一,是现代 氟化工的重要原料。豫西合峪—车村地区是河南省 重要的萤石矿集区之一^[1],位于滨太平洋成矿域华 北陆块南缘成矿带、小秦岭—外方山 Au-Mo-W-Pb -Zn-Ag-萤石-重晶石成矿亚带上^[2-3]。近年来,河 南省地矿局在合峪—车村地区投入了较大资金开展 萤石矿勘查工作,取得了较好找矿成果,相继发现了 车村(CaF₂ 矿物量约150万 t)、木植街(CaF₂ 矿物 量约75万 t)两个大中型萤石矿床。老的萤石矿 山,如陈楼、杨山、马丢、竹园沟等通过深部探矿,萤 石资源量大幅度增长,区内总萤石矿物量超过1500 万 t,远景萤石矿物量有望达到3000万 t。目前,区 内共有大中小型萤石矿 30余处,正在开展的河南省 财政萤石矿地质勘查项目近 10项,韭菜沟、万沟、杨 山外围等勘查项目成果也显示了较大的萤石矿资源 潜力。

众多专家学者对合峪—车村地区萤石矿床开展 了调查研究,在成矿地质条件、矿体特征、成矿期次、 成矿流体、稀土元素及矿床成因等方面取得了重要 认识。胡呈祥^[4]总结了车村附近南坪地区萤石矿 的地质特征,认为矿床为低温热液成因;邓红玲 等^[5]、席晓风等^[6]、冯绍平等^[7]对杨山萤石矿的地 质特征和稀土元素分布特征进行了详细阐述,提出 杨山萤石矿为岩浆热液型萤石矿床,物质来源与花 岗岩关系密切;赵玉等^[8-9]对马丢萤石矿的微量元 素地球化学特征、稀土元素分布特征及流体包裹体 特征进行了分析,推断马丢萤石矿应为低温热液裂

收稿日期: 2021-08-09; 修回日期: 2021-11-25

基金项目:河南省 2020 年度财政地质勘查项目(豫自然资发[2020]18 号);河南省地质矿产勘查开发局 2021 年度地质科研项目(豫地矿科研 [2021]Z-9 号)

第一作者:张凯涛(1990-),男,工程师,研究方向:固体矿产勘查。Email:dkeyzkt@163.com

通讯作者: 白德胜(1968-),男,教授级高工,研究方向:矿产勘查与评价。Email:baidh1968@163.com

隙充填脉状矿床;庞绪成等^[10-11]对车村一带的萤石 矿床开展了专项研究,将萤石的成矿过程划分为4 个成矿期次,测定了不同成矿期次的成矿温度和萤 石成矿年龄,认为萤石形成于燕山期早白垩世,矿床 类型为中低温热液型萤石矿床。

可以看出,研究区内勘查地质资料和矿床理论 研究成果众多,但大多数均是针对独立或小范围内 的萤石矿床,尤其是在矿床地质特征、地球化学特 征、矿床成因及成矿物质来源等方面对整个合峪— 车村地区萤石矿床没有形成系统、完善的统一认识。 本文以"河南省洛阳市合峪地区萤石矿整装勘查" 项目为依托,在充分收集研究区 30余份不同萤石矿 床地质资料和研究成果基础上,总结归纳矿床分布 特征、成岩成矿年龄、稀土元素和成矿流体特征,进 一步探讨矿床成因和成矿物质来源,对该区萤石找 矿具有重要的指导意义。

1 成矿地质背景

合峪—车村地区萤石矿床位于华北克拉通南缘 与北秦岭造山带交汇处,区域地层具典型的基底— 盖层二元结构,基底主要为新太古界太华群变质岩 系,盖层主要由中元古界熊耳群火山岩系、官道口群 陆源碎屑岩系及新元古界栾川群、下古生界陶湾群 沉积岩系组成,在山前地带、沟谷洼地还分布有少量 第四系冲积物、残坡积物(图1)。区域断裂构造发 育,按构造走向可划分为近 EW 向、NW 向、NE 向和 近 SN 向 4 组,其中近 EW 向的栾川断裂带和马超营 断裂带为区域性深大断裂,NW 向、NE 向和近 SN 向 次级断裂叠加在近 EW 向断裂上,构成了典型的网 格状构造体系,对区域上构造—岩浆活动有着重要 的控制作用。区域内岩浆活动频繁且强烈,在古元 古代、中元古代、新元古代、古生代及中生代均有发 生,具多期次、多旋回特征,以中酸性岩浆活动为 主^[5]。其中,燕山晚期岩浆活动规模较大,太山庙 岩体、金山庙岩体、五丈山岩体及合峪岩体等均形成 于这一时期,控制着区内斑岩型、岩浆热液型矿床的 分布。

合峪—车村地区出露地层简单,中元古界熊耳 群火山岩在研究区北部大面积出露,主要岩性为安 山岩、流纹岩;官道口群龙家园组分布在研究区西 部,岩性主要为含燧石条带白云岩、白云岩;新元古 界宽坪群四岔口岩组变质沉积碎屑岩系分布在栾川 断裂带南侧,岩性以石英片岩、斜长角闪片岩及大理 岩为主;栾川群南泥湖组在研究区西南部有小面积 分布,岩性主要为石英片岩、大理岩、石英岩;在车村 一带及沟谷洼地出露有少量第四系。合峪—车村地 区断裂构造发育,按空间展布特征可划分为 NW 向、 NE 向、近 EW 向和近 SN 向4组,其中 NW 向、NE 向断裂较为发育。区内岩浆活动具有规模大、类型 多、活动周期长的特点,岩浆岩以侵入岩为主,呈 NW 向条带状展布,主要分布有太山庙岩体、老君山 岩体、伏牛山岩体、合峪岩体及石人山岩体等。



Fig. 1 Regional geological map of Heyu-Checun area fluorite deposit

2 矿床类型及空间分布特征

2.1 矿床类型

豫西合峪—车村地区萤石矿床与燕山期花岗岩 侵入活动密切相关,矿体的产出受断裂构造控制,属 于受断裂构造控制的、与燕山期花岗岩有关的中低 温热液充填型脉状萤石矿。萤石矿主要为单一萤石 矿,极少伴生型萤石矿。

合峪—车村地区萤石矿体按走向分为 NW 向、 NE 向、EW 向和 SN 向 4 组,以 NW 向、NE 向及 EW 向为主,矿体主要产于花岗岩、安山岩中发育的断裂 构造内,规模较大的矿体多赋存于花岗岩体内的断 裂带内。区内分布有大、中、小型萤石矿床 30 余个 (图 2、表 1),其中马丢、杨山、车村、中兴及阳桃沟 等萤石矿为大型矿床,马丢萤石矿 CaF₂ 矿物量近 500 万 t。

矿体形态简单,呈脉状和透镜状产出,矿体沿走向延伸一般 200~700 m,延伸较大的矿床有陈楼萤 石矿 I 号矿体(延伸1550 m)、车村 M35 支-I 矿体 (延伸 900 m)及杨山萤石矿Ⅲ,号矿体(延伸 812 m)。矿体沿倾向延伸一般 100~300 m,延伸较大的 矿床有马丢萤石矿柳扒店矿段Ⅱ,号矿体(延伸560 m)和中兴萤石矿 I 号矿体(延伸 534 m)。矿体产 状基本上与含矿断裂构造带一致,沿走向和倾向具 膨大收缩、分支复合现象。矿体倾角一般 50°~80°, 为陡倾矿体,矿体厚度一般为1.00~3.00 m,矿体收 缩位置厚度最小 0.59 m.膨大位置厚度可达 16.81 m (竹园沟萤石矿 K, 矿体), 整体上全区各矿体厚度 变化较小,矿体形态复杂程度为简单--中等(西部 合峪矿段矿体较稳定,厚度变化小,矿体形态简单; 相比合峪矿段,东部车村矿段矿体厚度变化稍大,形 态复杂程度为简单—中等)。矿体品位一般 20.46% ~72.36%,局部品位大于90%,平均品位大于35%, 各矿体组分分布均匀--较均匀,东部车村矿段矿体 品位变化大于西部合峪矿段。规模较大的矿床中矿 石类型主要为块状萤石,该类矿石品位高,往往形成 富矿体(w(CaF₂) > 65%)。矿石的主要矿物组合 有萤石、萤石+石英(玉髓)两种,围岩蚀变主要为硅 化、高岭土化、绢云母化等。



Fig. 2 Distribution mapof fluorite deposits in Heyu-Checun area

表1 合峪—车村地区萤石矿规模^[12]

Fable 1	Thelist	of fluori	te deposit	s in	Heyu-	Checun	area
---------	---------	-----------	------------	------	-------	--------	------

序号	矿区名称	规模	序号	矿区名称	规模
1	吕布沟萤石矿	小型	18	马丢萤石矿	大型
2	顺达萤石矿	小型	19	古满沟萤石矿	小型
3	桑树沟萤石矿	小型	20	奋进萤石矿	小型
4	砭上萤石矿	中型	21	康达萤石矿	小型
5	水葫芦沟萤石矿	小型	22	阳桃沟萤石矿	大型
6	杨寺萤石矿	小型	23	两叉安通威萤石矿	小型
7	鸡爪沟萤石矿	小型	24	车村萤石矿	大型
8	杨山萤石矿	大型	25	竹园沟萤石矿	中型
9	小涩沟萤石矿	小型	26	龙脖凹萤石矿	小型
10	木植街萤石矿	中型	27	中兴萤石矿	大型
11	隆博萤石矿	小型	28	张元河南村萤石矿	小型
12	乱石沟萤石矿	小型	29	灰菜沟萤石矿	小型
13	玉新萤石矿	小型	30	栗扎坪萤石矿	小型
14	范进寺萤石矿	小型	31	六合萤石矿	小型
15	东草沟萤石矿	小型	32	陈楼萤石矿	大型
16	下马丢萤石矿	小型	33	段家庄萤石矿	小型
17	枣树凹萤石矿	小型			

2.2 矿床空间分布特征

豫西合峪—车村地区萤石矿床的分布与燕山期 花岗岩、断裂构造关系密切。

2.2.1 矿床与花岗岩体的关系

合峪—车村地区萤石矿主要分布在鲁山—车 村—庙子断裂带北侧,燕山期合峪、太山庙花岗岩体 及其内外接触带(图1)。根据区域萤石矿床与燕山 期花岗岩的位置关系,可划分为3类:燕山期花岗岩 体内部(杨山,编号8;阳桃沟,编号22)、燕山期花 岗岩体与中元古界熊耳群火山岩接触带(小涩沟, 编号9)、中元古界熊耳群火山岩内部,其中大部分 萤石矿产于燕山期花岗岩体内部。

2.2.2 矿床与含矿断裂构造关系

合峪—车村地区萤石矿的产出严格受含矿断裂构造控制,按含矿断裂构造产状可分为 NE、NW、近 EW 向及近 SN 向4组。NE 向含矿断裂主要有 F11 和 F7;NW 向含矿断裂主要有 F13 和 F6;NEE-近 EW 向含矿断裂主要有 F3 和 F27;近 SN 向含矿断 裂主要有 F12等。其中,近 EW 向、NW 向、NE 向为 主要含矿构造,近 SN 向构造规模较小。就单个含 矿断裂来说,近 EW 向 F3、NW 向 F13(古满沟)、NE 向 F11 含矿断裂构造中萤石矿数量多,规模较大,其 次为 NW 向 F6、NE 向 F7等,如分布于 EW 向 F3 断 裂带的中兴萤石矿(编号 27,大型)、NW 向 F13 断 裂带的杨山萤石矿(编号 8,大型)及古满沟萤石矿 (编号 19,小型)、NE 向 F7 断裂带的竹园沟萤石矿 (编号 25,中型)及 F7 断裂带的阳桃沟萤石矿(编号 22,大型)。

合峪—车村地区萤石矿的分布与区域性断裂构

造的距离有一定关系。矿床大多分布于马超营断裂 两侧 3.0 km 范围以内(主要分布于北侧),鲁山— 车村—庙子断裂及其北侧 2.5 km 以内。

3 矿床地球化学特征

3.1 成岩成矿年龄

3.1.1 合峪岩体年龄

前人采用不同方法测定了合峪花岗岩体的年龄(表 2),可以看出,合峪岩体经历了多期次岩浆活动的叠加,最老年龄(148.2±2.5)Ma,中期侵入年龄为131.8~144.4 Ma,合峪岩体中的细晶岩、花岗斑岩脉岩年龄可作为末期侵入时间上限,介于124.7~130.2 Ma。同时,老的Nd同位素两阶段亏损地幔模式年龄 $T_{DM2}(1.85~2.27 \text{ Ga})$ 和负的 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值(-16.4~-11.2)指示合峪花岗岩体物质来源可能主要来自古老的地壳;合峪岩体在Nd-Sr同位素图解上位于玄武岩源区与陆壳源区之间的过渡地带^[17],说明源岩可能有少量幔源岩浆加入。

3.1.2 太山庙岩体年龄

叶会寿等^[20]、高昕宇^[21]、齐玥^[22]对太山庙岩体 进行了黑云母 Ar-Ar、花岗岩锆石 U-Pb 年龄测定。 依据花岗岩的结构构造,太山庙岩体可划分出 3 种 岩相:细粒似斑状花岗岩、中细粒钾长花岗岩和中粗 粒钾长花岗岩,其平均锆石 U-Pb 年龄分别为 122.2、 120.9、118.6 Ma,在形成时间上细粒似斑状花岗岩 最早,中细粒钾长花岗岩次之,中粗粒钾长花岗岩最 晚。总的来说,锆石 U-Pb 定年结果表明复式太山 庙岩体的岩浆活动具有多阶段、持续时间长的特征, 形成年龄为 115~123.1 Ma。因此认为太山庙岩体 是在早白垩世晚期形成的,晚于合峪岩体的侵位 年龄。

3.1.3 萤石成矿年龄

合峪—车村地区萤石成矿时代研究较少,庞绪 成等^[10]、刘纪峰等^[23]对车村地区的康达、陈楼萤石 矿采用 Sm-Nd 法测定了萤石成矿年龄,本次又对研 究区东部的竹园沟萤石矿的成矿年龄进行了测定, 年龄等时线 MSWD 均小于 1,测试结果精度较高。 康达、陈楼萤石矿分别位于鲁山—车村—庙子镇大 断裂北侧的 F11 和 F3 次级断裂构造带上,测得二者 的 Sm-Nd 同位素等时线年龄分别为(123±9.1) Ma、 (120±17) Ma;竹园沟萤石矿分布于 F7 断裂构造带 上,本次测得其萤石成矿年龄为(126.8±9.1) Ma。 总的来说,合峪—车村地区萤石矿床主要形成于燕 山期早白垩世,萤石成矿年龄介于 120~126.8 Ma,

岩体	序号	岩性	测试方法	年龄/Ma	误差/Ma	数据来源	
	1	黑云母	黑云母 Ar-Ar	131.8	0.65	张宗清等[13]	
-	2	巨斑状黑云二长花岗岩	锆石 U-Pb	127.2	1.4	李永峰[14]	
	3	黑云母	黑云母 Ar-Ar	131.8	0.7	тт , ц[15]	
	4	黑云母	黑云母 Ar-Ar	132.5	1.1	Han, et al	
	5	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	134.5	1.5	郭波等[16]	
	6	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	135.4	5.4		
	7	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	148.2	2.5	→m: <i>→水</i> [17]	
	8	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	141.4	5.4	向 明于寺。"	
合	9	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	135.3	4.9		
峪	10	多斑花岗斑岩	锆石 U-Pb	136.1	1.4		
岩	11	大斑多斑中粗粒黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	139.8	1.3	木主塩左[18]	
体	12	大斑多斑中粗粒黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	143.5	1.3	学在把寺	
	13	含中斑中粒黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	133.0	1.0		
	14	正长花岗岩	锆石 U-Pb	143.1	2.1		
	15	正长花岗岩	锆石 U-Pb	144.4	4.0	庞绪成等[11]	
	16	细晶岩脉	锆石 U-Pb	128.1	2.9		
	17	细晶岩脉	锆石 U-Pb	130.2	2.7		
	18	花岗斑岩脉	锆石 U-Pb	124.7	2.9		
	19	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	134.0	3.0	\mathbf{D}_{1} , \mathbf{t}_{1} , \mathbf{l}	
	20	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	144.0	3.0	bao, et al	
	21	碱长花岗岩	锆石 U-Pb	115.0	2.0	叶会寿等[20]	
	22	中粗粒正长花岗岩	锆石 U-Pb	123.1	3.0		
	23	细中粒正长花岗岩	锆石 U-Pb	121.3	3.0	高昕宇[21]	
太	24	正长花岗斑岩	锆石 U-Pb	112.7	5.0		
山 ⁻ 庙 岩 体	25	中粗粒钾长花岗岩	锆石 U-Pb	121.0	2.2		
	26	中粗粒钾长花岗岩	锆石 U-Pb	116.2	1.3		
	27	中细粒钾长花岗岩	锆石 U-Pb	121.7	2.5	→ IE[22]	
	28	中细粒钾长花岗岩	锆石 U-Pb	120.0	2.2	JT 切	
	29	细粒似斑状花岗岩	锆石 U-Pb	122.0	1.6		
	30	细粒似斑状花岗岩	锆石 U-Pb	122.3	1.5		

	表 2	谷哈右体的	卡嵌测定的	允订	
Table 2	Age det	termination	statistics	of Hevu	plut

说明成矿作用发生在合峪岩体侵入末期、太山庙岩 体侵入早期。

3.2 流体包裹体特征

本次对东部车村矿段的陈楼萤石矿和西部合峪 矿段马丢萤石矿的流体包裹体特征进行了统计分 析,重点研究了包裹体的岩相学特征、温度、盐度及 成矿深度。

3.2.1 包裹体岩相学特征

陈楼、马丢矿区萤石包裹体具有数量多、尺寸 大、成群分布的特征,形状以椭圆状、似椭圆状及不 规则状为主,说明成矿作用后期经历了一定构造改 造作用^[9,24]。区内包裹体以纯液相和气液两相包裹 体为主,还可见少量纯气相包裹体、富 CO₂ 两相包 裹体及裂隙较发育的包裹体,其中气液两相包裹体 中气相体积占比 5%~35%,少数包裹体相比可达 55%。包裹体的大小尺寸变化范围较大,多数集中 于 2~30 μm 之间,最大可达约 50 μm。

3.2.2 包裹体温度和盐度

东部车村矿段陈楼矿区包裹体温度按不同成矿

阶段统计[25]。陈楼萤石矿成矿过程可划分为4个 阶段:石英脉形成阶段(I)、早期萤石形成阶段 (Ⅱ)、萤石主成矿阶段(Ⅲ)和碳酸盐化阶段(Ⅳ)。 萤石产出于第Ⅱ、Ⅲ成矿阶段,萤石包裹体温度测试 结果表明,第Ⅱ成矿阶段包裹体均一温度主要集中 于115.6~359.2℃,平均均一温度为235.6℃,冰 点温度主要集中于-0.10~-0.95 ℃,平均冰点温度 -0.35 ℃, 计算获得成矿流体盐度介于 0.18%~ 1.66% NaCleary,平均盐度为 0.71% NaCleary,流体密度主 要集中于 0.62~1.00 g/cm3,平均密度值 0.81 g/cm3; 第Ⅲ成矿阶段包裹体均一温度主要集中于 123.2~ 349.5 ℃,平均均一温度为187.7 ℃,冰点温度主要 集中于-0.10~-3.33 ℃,平均冰点温度-0.38 ℃, 计算获得成矿流体盐度介于 0.17%~2.46% Na-Clear, 平均盐度为 0. 67% NaClear, 流体密度主要集 中于 0.61~1.00 g/cm³,平均密度值 0.81 g/cm³。

西部合峪矿段马丢矿区同一成矿阶段萤石包裹 体温度按不同中段(773、730、715 m)统计^[9]。773 m 中段萤石包裹体均一温度范围为122.2~262.4 ℃, 峰值主要介于 140~160 ℃,冰点温度范围为-3.4~ -0.1℃,峰值主要介于-0.8~-0.1℃,计算获得成 矿流体盐度范围为 0.18%~3.39% NaClear, 峰值主 要介于 0.35%~1.56% NaClear, 密度范围为 0.77~ 0.959 g/cm³,平均密度值为 0.909 g/cm³;730 m 中 段萤石包裹体均一温度范围为 135.7~339.5 ℃,峰 值主要介于 140~160 ℃,冰点温度范围为-1.7~ -0.1 ℃,峰值主要介于-1.2~-0.1 ℃,计算获得成 矿流体盐度范围为 0.18%~2.90% NaClaw,峰值主 要介于 0.18% ~ 2.07% NaCleny, 密度范围为 0.62~ 0.949 g/cm³,平均密度值为 0.879 g/cm³;715 m 中 段萤石包裹体均一温度范围为 134.2~213.8 ℃,峰 值主要介于 160~180 ℃,冰点温度范围为-1.7~ -0.1 ℃,峰值主要介于-0.6~-0.1 ℃,计算获得成 矿流体盐度范围为 0.18%~2.90% NaClery,峰值主 要介于 0.18%~1.05% NaCleary, 密度范围为 0.85~ 0.959 g/cm³,平均密度值为 0.919 g/cm³。对 3 个 中段所有包裹体测温结果进行统计分析,包裹体均 一温度主要集中于 150~180 ℃,平均均一温度为 176.3 ℃, 计算获得成矿流体盐度介于 0.53%~ 1.35% NaClary,平均盐度为 1.14% NaClary,流体密 度主要集中于 0.81~0.94 g/cm3,平均密度值 0.90 g/cm^{3}

不同成矿阶段和不同中段萤石包裹体温度、盐 度、流体密度结果显示,合峪—车村地区萤石的均一 温度范围为 176.3~235.6 ℃,指示区内萤石矿床属 于中低温热液矿床;成矿流体盐度介于 0.67%~ 1.14% NaCl_{eqv},盐度值变化范围较小,暗示矿床成 矿流体在物质成分和物理化学状态上具有一致性; 流体密度介于 0.81~0.90 g/cm³,显示低密度流体 特征,指示成矿流体可能来自上涌的热水溶液。因 此,合峪—车村地区萤石矿成矿流体属于中低温、低 盐度、低密度的 NaCl-H₂O 体系。

3.2.3 成矿深度

根据合峪—车村地区萤石包裹体的温度、盐度, 计算得到车村矿段陈楼萤石矿第Ⅱ、Ⅲ成矿阶段的 成矿压力为 6.9~24.2 Mpa、7.3~20.0 MPa,相应成 矿深度范围依次为 0.69~2.42 km、0.73~2.00 km, 平均值分别为 1.47 km、1.17 km; 合峪矿段马丢萤 石矿 773、730、715 m 三个中段的成矿压力为 22.4~ 30.4 MPa、22.4~29.5 MPa、22.4~29.5 MPa,相应 成矿深度范围依次为 0.75~1.03 km、0.75~0.99 km、 0.75~0.99 km,平均值分别为 0.84 km、0.82 km、 0.81 km(表 3)。

可以看出,区内萤石矿成矿深度介于 0.81~ 1.47 km,符合中低温浅成热液型萤石矿床的特征。 同时,萤石成矿作用过程中从早期萤石形成阶段到 后期萤石主成矿阶段,成矿压力值具减小趋势,成矿 深度亦相应减小,说明成矿热液随着成矿过程的进 行,由深部逐渐向浅部运移。

表 3 合峪—车村地区萤石矿成矿压力及成矿深度估算^[8,11]

Table 3	Estimation table of	f metallogenic j	pressure and	metallogenic	depth of	f fluorite	deposits i	in Heyu-	Checun	area
---------	---------------------	------------------	--------------	--------------	----------	------------	------------	----------	--------	------

矿区	成矿阶段及位置	压力范围/Mpa	平均压力/Mpa	成矿深度范围/km	平均成矿深度/km
防米带工业	第Ⅱ成矿阶段	6.9~24.2	14.7	0.69~2.42	1.47
你按 重 11 9	第Ⅲ成矿阶段	7.3~20.0	11.7	0.73~2.00	1.17
	773m 中段	22.4~30.4	25.3	0.75~1.03	0.84
马丢萤石矿	730m 中段	22.4~29.5	24.6	0.75~0.99	0.82
	717m 中段	22.4~29.5	24.3	0.75~0.99	0.81

3.3 稀土元素特征

合峪—车村地区萤石矿床赋矿围岩大多为合峪 花岗岩体,少部分为太山庙花岗岩体。前人对合峪、 太山庙花岗岩体的稀土元素特征开展了大量的研 究^[18,20,24,26-27],绘制了两大岩体的球粒陨石标准化 稀土元素分布模式(图3、图4),可以看出,合峪、太 山庙花岗岩体均具有轻稀土富集、重稀土亏损的特 点,在稀土元素球粒陨石标准化配分图上表现为显 著的右倾趋势。合峪花岗岩体稀土元素总量(不包 括Y)ΣREE 平均值 192. 64×10⁻⁶,轻重稀土比 w(LREE)/w(HREE)平均值 15. 46,(La/Yb)_N 平均 值 21. 37,(La/Sm)_N 平均值 5. 80,(Gd/Yb)_N 平均 值 3.17, δ Eu 平均值 0.60, δ Ce 平均值 1.12;太山庙 花岗岩体稀土元素总量(不包括 Y) **S**REE 平均值 213.02×10⁻⁶,轻重稀土比 w(LREE)/w(HREE)平 均值 13.47,(La/Yb)_N 平均值 13.01,(La/Sm)_N 平 均值 7.89,(Gd/Yb)_N 平均值 1.18, δ Eu 平均值 0.43, δ Ce 平均值 0.98。两大岩体轻重稀土发生不 同程度的分馏,轻稀土和重稀土内部均发生了一定 程度的分异作用, δ Eu 值指示两大岩体具有显著 Eu 负异常特征,在其稀土元素球粒陨石标准化配分图 上可观察到明显的"V"字形曲线,Ce 异常不明显或 表现为弱 Ce 正异常。









对合峪—车村地区陈楼、杨山、马丢、车村、竹园 沟、奋进萤石矿 50 件萤石样品的稀土元素数据进行 统计分析^[7,8,23,27],绘制了萤石球粒陨石标准化稀土 元素配分图(图 5),根据稀土元素配分曲线变化趋 势可将样品分为 3 类。第一类 13 件样品的稀土元 素配分曲线表现为略微左倾趋势,萤石稀土总量 SREE(不包括 Y)范围为 35.03×10⁻⁶~168.85× 10⁻⁶,轻重稀土比值 w(LREE)/w(HREE)范围为0.57~0.90,平均值 0.73;(La/Yb)_N比值范围为 0.25~0.52,平均值 0.33,轻重稀土发生了一定程度 的分馏作用;(La/Sm)_N比值范围为 0.53~1.62,平 均值 1.21,(Gd/Yb)_N比值范围为 0.19~0.52,平均 值 0. 29,轻稀土和重稀土内部发生了微弱的分异作 用; δ Eu 值介于 0. 34~0. 67,平均值 0. 60,表现为 Eu 负异常, δ Ce 值介于 0. 87~0. 99,平均值 0. 92,整体 表现为弱 Ce 负异常。第二类 12 件样品的稀土元素 配分曲线较为平坦,萤石稀土总量相对较低, **S**REE (不包括 Y)范围为 16. 23×10⁻⁶~100. 85×10⁻⁶,轻重 稀土比值 w(LREE)/w(HREE)范围为 1. 07~1. 56, 平均值 1. 26; (La/Yb)_N比值范围为 0. 51~0. 88,平 均值 0. 71,轻重稀土发生了微弱分馏作用; (La/ Sm)_N比值范围为 0. 84~2. 84,平均值 1. 72, (Gd/ Yb)_N比值范围为 0. 23~0. 68,平均值 0. 47,轻稀土 和重稀土内部发生了一定程度的分异作用; δ Eu 值 介于 0.54~0.82,平均值 0.64,表现为 Eu 负异常, δCe 值介于 0.84~1.19,平均值 0.95,整体表现为弱 Ce 负异常。第三类 25 件样品的稀土元素配分曲线 表现为右倾趋势,萤石稀土总量 ΣREE(不包括 Y)范 围为 10.46×10⁻⁶~175.02×10⁻⁶,轻重稀土比值 w(LREE)/w(HREE)范围为 1.79~13.30,平均值5.21;(La/Yb)_N比值范围为 1.00~13.11,平均值 4.52,轻重稀土发生了较强的分馏作用;(La/Sm)_N 比值范围为 1.61~11.14,平均值 4.97,(Gd/Yb)_N 比值范围为 0.23~1.69,平均值 0.64,轻稀土和重 稀土内部发生了一定程度的分异作用;δEu 值介于 0.44~0.97,平均值 0.77,表现为 Eu 负异常,δCe 值 介于 0.79~1.37,平均值 0.95,整体表现为弱 Ce 负 异常。





Fig. 5 Normalized REE distribution pattern of fluoritein Heyu-Checun area

稀土元素的吸/解附、络合两个过程是轻重稀土 发生分馏作用的主要原因^[27],当流体中的稀土元素 以吸附作用为主存在时,会导致轻稀土富集,(La/ Yb)_N>1;当流体中稀土元素主要以络合物的形式存 在时,会导致重稀土富集,(La/Yb)_N<1。合峪—车 村地区萤石的轻重稀土元素均发生了一定程度的分 馏作用,其中第一、第二类萤石样品表现为重稀土富 集,(La/Yb)_N<1,暗示这两类萤石中的稀土元素主 要是以络合作用为主,指示成矿流体经历了较长时 间的演化,稀土元素在流体中形成络离子并得到了 充分的分异,代表流体演化后期的萤石成矿活动;第 三类萤石样品表现为轻稀土富集,(La/Yb)_N>1,说 明这类萤石中的稀土元素主要是以吸/解附作用为 主,代表区域上萤石矿化的早期热液及成矿活动。

4 成矿物质来源探讨

合峪—车村地区的萤石稀土元素配分模式比较 复杂,这与本区萤石多期次成矿有关,也指示萤石成 矿物质来源具有多源性。第一、二类萤石稀土元素 配分曲线显示为略微左倾型或平坦型,与幔源花岗 岩稀土元素配分模式相似,认为可能是成矿热液对 深源流体稀土元素特征的继承;第三类萤石稀土元 素配分曲线表现为右倾型,与燕山期合峪、太山庙花 岗岩的稀土元素配分模式相一致,且均显示出强 Eu 负异常和弱 Ce 负异常,说明成矿物质来源与燕山 期花岗岩有关,即燕山期花岗岩对区域上萤石的形 成提供了一定的物质来源。

同时,康达萤石矿床¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 测定值为 0.511 666±0.000 016, $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值为-15.9,与合峪花岗 岩体的¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 初始比值 0.511 715~0.511 982, $\varepsilon_{Nd}(t) = -16.4 \sim -11.2$ 相近^[17,28],说明康达萤石矿 床与合峪岩体有一定的成因联系。陈楼萤石矿床测 得¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 比值为 0.512 031±0.000 026, $\varepsilon_{Nd}(t)$ 比值为-8.8,与太山庙岩体的¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 初始比值 (0.511 653~0.512 506)和 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值(-16.2~-7.5) 相一致^[21],暗示陈楼萤石矿床和太山庙岩体在成因 上关系密切。合峪、太山庙岩体与区内萤石矿床 的¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 初始比值和 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值基本一致,且三 者的 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 值均为负值,指示在物质来源上与两大 岩体一致或相近,这与研究区岩(矿)石稀土元素分析结果相吻合。

萤石成矿作用过程中,一般具有就地取材的特点,成矿物质来源往往位于矿体附近^[29]。有专家学者研究发现,与花岗岩有关的萤石矿床的F元素主要来自花岗岩中的黑云母^[30],合峪—车村地区萤石矿主要赋存于合峪岩体和太山庙岩体,赋矿围岩主要为黑云二长花岗岩和钾长花岗岩,是典型的与花岗岩有关的萤石矿床。周坷^[31]对合峪岩体中的CaO和F含量进行了测定,合峪岩体的F平均含量较高(1024×10⁻⁶),超过中国花岗岩中F平均含量(450×10⁻⁶)^[32]的两倍,成矿流体可以通过淋滤花岗岩为萤石成矿作用提供F元素。合峪岩体中CaO平均含量1.68%,略高于中国花岗岩CaO平均含量(1.35%)^[32],也可作为成矿元素Ca的来源之一。太山庙钾长花岗岩中黑云母和F含量相对较少,但也是区内萤石矿床成矿物质的重要来源。

5 结论

1)豫西合峪—车村地区萤石矿床主要以单一 萤石矿为主,矿床主要分布于燕山期花岗岩体内及 其内外接触带的断裂构造中,与燕山期岩浆活动及 断裂构造关系密切。

2) 合峪岩体经历了多期次岩浆活动的叠加,最 老年龄(148.2±2.5) Ma,中期侵入年龄为131.8~ 144.4 Ma,末期侵入时间介于124.7~130.2 Ma;太 山庙岩体形成年龄为115~123.1 Ma,晚于合峪岩体 的侵位年龄。研究区萤石成矿年龄介于120~126.8 Ma,说明成矿作用发生在合峪岩体侵入末期、太山 庙岩体侵入早期。

3)流体包裹体特征显示,合峪—车村地区萤石 包裹体均一温度 176.3~235.6℃,成矿流体盐度 0.67%~1.14% NaCl_{eqv},流体密度 0.81~0.90 g/cm³; 成矿流体属于中低温、低盐度、低密度的 NaCl-H₂O 体系,指示区内矿床为中低温浅成热液型萤石矿床。

4) 合峪、太山庙岩体的稀土元素均具轻稀土富 集、轻重稀土发生不同程度分馏的特点,其球粒陨石 标准化配分曲线均表现为右倾型。研究区萤石具有 多期次成矿的特点,其稀土元素球粒陨石标准化配 分曲线可分为略微左倾型、平坦型及右倾型三类,以 右倾型为主,略微左倾型、平坦型萤石成矿时间较 晚,右倾型萤石代表早期成矿阶段。右倾型萤石的 稀土元素球粒陨石标准化配分曲线与燕山期合峪、 太山庙花岗岩相似,且均表现为强 Eu 负异常和弱 Ce负异常,说明萤石的部分成矿物质来源于燕山期 花岗岩。萤石与合峪、太山庙岩体的成岩成矿年 龄、¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd比值及 *e*_{Nd}(*t*)值相近,也说明成矿物 质来源与燕山期花岗岩有关。

5)综合分析认为,成矿元素 F 可能主要来源于 合峪、太山庙岩体,成矿元素 Ca 部分来源于花岗岩 围岩。

参考文献(References):

- [1] 赵鹏,郑厚义,张新,等. 中国萤石产业资源现状及发展建议
 [J]. 化工矿产地质,2020,42(2):178-183.
 Zhao P,Zheng H Y,Zhang X, et al. Resource actualities and demand countermeasures of fluorite in China[J]. Geology of Chemical Minerals,2020,42(2):178-183.
 [2] 王吉平,商朋强,熊先孝,等. 中国萤石矿床分类[J]. 中国地
 - 质,2014,41(2):315-325. Wang J P,Shang P Q,Xiong X X,et al. The classification of fluorite deposits in China[J]. Geology in China,2014,41(2):315-325.
- [3] 王吉平,商朋强,熊先孝,等.中国萤石矿床成矿规律[J].中国 地质,2015,42(1):18-32.
 Wang J P, Shang P Q, Xiong X X, et al. Metallogenic regularities of fluorite deposits in China[J]. Geology in China, 2015,42(1):18 - 32.
- [4] 胡呈祥.河南嵩县南坪地区萤石矿地质特征及成因[J].现代 矿业,2016,32(6):165-168.
 Hu C X. Geological characteristics and genesis of fluorite deposits

in Nanping area, Songxian, Henan province [J]. Modern Mining, 2016,32(6):165-168.

[5] 邓红玲,张苏坤,汪江河,等.河南省栾川县杨山萤石矿床地质特征及成因研究[J].中国非金属矿工业导刊,2017(3):37-40.

Deng H L,Zhang S K, Wang J H, et al. Geological characteristics and genesis of the Yangshanfluorite deposit in Luanchuan, Henan province[J]. China Non-metallic Minerals Industry, 2017(3):37 -40.

- [6] 席晓凤,吴林涛,马珉艺. 杨山萤石矿矿床地质特征及围岩稀 土元素地球化学特征[J]. 中国矿业,2018,27(S1):147-150.
 Xi X F,Wu L T,Ma M Y. Geological characteristics and rare earth element geochemistry of Yangshan fluorite ore[J]. China Mining Magazine,2018,27(S1):147-150.
- [7] 冯绍平,汪江河,刘耀文,等. 豫西杨山萤石矿稀土元素地球化 学特征及其指示意义[J]. 稀土,2020,41(5):50-58.
 Feng S P, Wang J H, Liu Y W, et al. Geochemical characteristics and indicative significance of rare earth elements in Yangshan fluorite deposit in western Henan province[J]. Chinese Rare Earths, 2020,41(5):50-58.
- [8] 赵玉.河南栾川马丢萤石矿地质地球化学特征及成因探讨
 [D].北京:中国地质大学(北京),2016.
 Zhao Y. Geochemistry characteristics and genesis of Madiu fluorite deposits in Luanchuan region, Henan[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing),2016.

[9] 赵玉,张寿庭,裴秋明,等.河南栾川马丢萤石矿床流体包裹体 研究[J].矿物学报,2015,35(S1):649.

Zhao Y, Zhang S T, Pei Q M, et al. Study on fluid inclusions of Madiu fluorite deposit in Luanchuan, Henan province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2015, 35(S1):649.

 [10] 庞绪成,司媛媛,刘纪峰,等.河南嵩县康达萤石矿 Sm-Nd 同位 素年龄及地质意义[J].矿物岩石地球化学通报,2019,38(3): 534-538.

Pang X C, Si Y Y, Liu J F, et al. Sm-Nd isotopic dating and geological significance of Kangda fluorite deposit in Songxian County of Henan Province [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2019, 38(3):534 – 538.

[11] 庞绪成,董文超,李文明,等.河南省嵩县萤石矿控矿因素及成 矿机理研究报告[R].焦作:河南理工大学,2018.

Pang X C, Dong W C, Li W M, et al. Research report on ore controlling factors and metallogenic mechanism of fluorite deposit in Songxian, Henan province [R]. Jiaozuo; Henan Polytechnic University, 2018.

[12] 杨东潮,孟芳,白德胜,等.河南省洛阳市合峪地区萤石矿整装 勘查报告[R].郑州:河南省地质矿产勘查开发局第二地质矿 产调查院,2021.

Yang D C, Meng F, Bai D S, et al. Report on the whole loading exploration of fluorite ore in Heyu area, Luoyang City, Henan Province [R]. Zhengzhou: No. 2 Institute of Geological & Mineral Resources Survey of Henan, 2021.

[13] 张宗清,张国伟,唐索寒.南秦岭变质地层同位素年代学[M]. 北京:地质出版社,2002.

Zhang Z Q, Zhang G W, Tang S H. Isotopic geochronology of metamorphic strata in South Qinling [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002.

[14] 李永峰.豫西熊耳山地区中生代花岗岩类时空演化与钼(金) 成矿作用[D].北京:中国地质大学,2005.

Li Y F. The temporal-spital evolution of Mesozoid granitoids in the Xiong' ershan area and their relationships to molybdenum-gold mineralization [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2005.

- [15] Han Y G, Zhang S H, Franco P, et al. Evolution of the Mesozoic granites in the Xiong'ershan-Waifangshan Region, Western Henan Province, China, and its tectonic implications [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(2):253-265.
- [16] 郭波,朱赖民,李犇,等.华北陆块南缘华山和合峪花岗岩岩体 锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成与成岩动力学背景[J]. 岩石 学报,2009,25(2):265-281.

Guo B, Zhu L M, Li B, et al. Zircon U-Pb age and Hf isotope composition of the Huashan and Heyu granite plutons at the southern margin of North China Craton: Implications for geodynamic setting [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(2):265 – 281.

[17] 高昕宇,赵太平,原振雷,等.华北陆块南缘中生代合峪花岗岩的地球化学特征与成因[J].岩石学报,2010,26(12):3485-3506.

Gao X Y,Zhao T P,Yuan Z L,et al. Geochemistry and petrogenesis of the Heyu batholith in the southern margin of the North China block[J]. Acta Petrologica Sinica,2010,26(12):3485-3506. [18] 李春艳,吕宪河,李瑞强,等.河南1:5万合峪(149E013016)、 木植街(149E013017)、栗树街(149E014016)、车村 (149E014017)、二郎庙幅(149E014018)区域地质矿产调查报 告[R].郑州:河南省地质调查院,2016.
Li CY,Lyu XH,Li RQ, et al. 1:50 000 regional geological and

mineral survey report of Heyu (I49E013016), Muzhijie (I49E013017), Lishujie (I49E014016), Checun (I49E014017) and Erlaongmiao (I49E014018) in Henan Province [R]. Zhegzhou: Henan Geological Survey Institute, 2016.

- [19] Bao Z W, Xiong M F, Li Q. Mo-rich source and protracted crystallization of Late Mesozoic granites in the East Qinling porphyry Mo belt (central China): Constraints from zircon U/Pb ages and Hf-O isotopes[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2018, 160: 322 – 333.
- [20] 叶会寿,毛景文,徐林刚,等.豫西太山庙铝质A型花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地球化学特征[J].地质论评, 2008,54(5):699-711.
 Ye H S, Mao J W, Xu L G, et al. SHRIMP zircon U-Pb dating and geochemistry of the Taishanmiao aluminous type granite in Western

Henan Province[J]. Geological Review, 2008, 54(5);699-711.
[21] 高昕宇. 华北克拉通南缘外方山和伏牛山地区早白垩世花岗 岩成因研究[D]. 广州:中国科学院大学, 2012.
Gao X Y. Geochemistry, geochronology and petrogenesis of early Cretaceous granites in the southern margin of the NorthChina Craton[D]. Guangzhou; University of Chinese Academy of Sciences, 2012.

- [22] 齐玥. 东秦岭地区晚中生代老君山岩体和太山庙岩体成因
 [D]. 北京:中国科学技术大学,2014.
 Qi Y. Petrogenesis of Laojunshan and Taishanmiao granite plutons in eastern Qinling, central China [D]. Beijing: University of Science and Technology of China,2014.
- [23] 刘纪峰,白德胜,张凯涛,等.豫西陈楼萤石矿床地质特征及 Sm-Nd 同位素年龄[J].矿物岩石,2020,40(1):69-75. Liu J F,Bai D S,Zhang K T, et al. Geological characteristics and Sm-Nd isotopic age of Chenlou fluorite deposit, Western Henan Province[J]. Mineralogy and Petrology,2020,40(1):69-75.
- [24] 李文明. 豫西南陈楼萤石矿地质地球化学特征及深部远景
 [D]. 焦作:河南理工大学,2018.
 Li W M. Geological-geochemical characteristics and deep metallogenic prospect of fluorite depositin Chenlou, southwest Henan Province[D]. Jiaozuo; Henan Polytechnic University, 2018.
- [25] 庞绪成,李文明,刘纪峰,等.河南省嵩县陈楼萤石矿流体包裹 体特征及其地质意义[J].河南理工大学学报:自然科学版, 2019,38(1):45-53.

Pang X C ,Li W M,Liu J F, et al. Fluid inclusion and geological significance of Chenlou fluorite deposit in Songxian county, Henan province [J]. Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science ,2019,38(1) :45 - 53.

[26] 席晓凤,吴林涛,张林飞. 马丢萤石矿矿床地质特征及围岩稀 土元素地球化学特征[J]. 中国矿业,2019,28(Z2):272-274.
Xi X F, Wu L T, Zhang L F. Geological characteristics and REE geochemistry of Madiu fluorite deposit[J]. China Mining Magazine,2019,28(Z2):272-274.

- [27] 董文超,庞绪成,司媛媛,等.河南嵩县车村萤石矿床稀土元素 特征及地质意义[J].中国稀土学报,2020,38(5):706-714.
 Dong W C, Pang X C, Si Y Y, et al. REE geological characteristics of Checun fluorite deposit in Song county, Henaprovince [J].
 Journal of the Chinese Society of Rare Earths,2020,38(5):706-714.
- [28] 王建其,朱赖民,郭波,等. 华北陆块南缘华山、老牛山及合峪 花岗岩体 Sr-Nd,Pb 同位素组成特征及其地质意义[J]. 矿物 岩石,2015,35(1):63-72.

Wang J Q, Zhu L M, Guo B, et al. Characteristics of Sr-Nd and Pb isotopic composition and its geological significance of granitic plutons in the Huashan, Laoniushan and Heyu area at the southern margin of north China Craton [J]. Mineralogy and Petrology, 2015, 35(1):63-72.

[29] 曹俊臣.华南低温热液脉状萤石矿床稀土元素地球化学特征 [J].地球化学,1995,24(3):225-234.

Cao J C. REE geochemical characteristics of epithermal vein fluorite deposits in south China[J]. Geochimica, 1995, 24(3): 225 –

234.

- [30] 曹俊臣. 热液脉型萤石矿床萤石气液包裹体氢、氧同位素特征
 [J]. 地质与勘探,1994,30(4):28-29.
 Cao J C. Hydrogen and oxygen isotopic characteristics of fluorite gas liquid inclusions in hydrothermal vein fluorite deposits[J]. Geology and Exploration,1994,30(4):28-29.
- [31] 周珂.豫西鱼池岭斑岩型钼矿床的地质地球化学特征与成因研究[D].北京:中国地质大学(北京),2008.
 Zhou K. Geology, geochemisty and metallogenesis of theYuchiling porphyry Molybdenum deposit, westernHenan province [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing),2008.
- [32] 史长义,鄢明才,刘崇民,等.中国不同岩石类型花岗岩类元素 丰度及特征[J].物探化探计算技术,2005,27(3):256-262.
 Shi C Y, Yan M C, Liu C M, et al. Abundances of chemical elements indiferent rock types of the granetoids of china and its characteristics[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration,2005,27(3):256-262.

Research progress in the geological characteristics and material sources of fluorite deposits in the Heyu-Checun area, western Henan Province

ZHANG Kai-Tao¹, BAI De-Sheng¹, Li Jun-Sheng¹, LIU Ji-Feng¹, XU Dong², SU Yang-Yan¹, FAN Kang¹ (1. No. 2 Institute of Geological & Mineral Resources Survey of Henan, Zhengzhou 450001, China; 2. No. 3 Institute of Geological & Mineral Resources Survey of Henan, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Based on the data on the geology, minerals, exploration, and geochemistry of more than 30 fluorite deposits in the Heyu-Checun area, western Henan Province, this study summarized the types, spatial distribution, and geochemical characteristics of fluorite deposits in the area and explored the genesis and material sources of the deposits. The fluorite deposits in this area have simple types and are distributed in Yanshanian granites and along the fault zone of the external contact zone of the granites. The formation ages of the Heyu and Taishanmiao plutons are 124. $7 \sim 148.2$ Ma and $115 \sim 123.1$ Ma, respectively. The mineralized age of fluorites is $120 \sim 126$. 8 Ma, indicating that the mineralization occurred in the late stage of the intrusion of the Heyu pluton and the early stage of the intrusion of the Taishanmiao pluton. The ore-forming fluids belong to the NaCl-H₂O system with a medium-low temperature, a low salinity, and a low density, indicating that the deposits in the area are medium-low-temperature supergene hydrothermal fluorite deposits. The chondrite-normalized REE patterns of fluorites in the area can be divided into slightly leftward, flat, and rightward types dominated by the rightward type. Moreover, the rightward chondrite-normalized REE patterns of fluorites. The metallogenic element F may mainly originate from the Heyu and Taishanmiao plutons, while the metallogenic element Ca partly comes from granites as surrounding rocks.

Key words: geological characteristics; material sources; fluorite; Heyu-Checun

(本文编辑:蒋实)