

浙东萤石矿床地质及稀土元素地球化学

B.S. Panov*

阎鸿铨

(苏联顿涅茨克工学院)

(长春地质学院)

文中剖析了与东南沿海中生代火山岩带有关的浙东萤石矿床地质特征。萤石成矿作用是构造-岩浆活化过程的标志。以武义地区萤石中稀土元素分布特征与世界其他地区萤石矿对比,提出了该区萤石成因的一些证据,并探索到了深部可能存在盲矿的信息。

关键词: 武义萤石矿床; 构造-岩浆活化过程; 稀土元素分布特征



地质·矿床

中国东南部,是全球性环太平洋火山岩带的一个重要而又别具特色的组成部分。东南沿海中生代火山岩带宽100km以上,走向北北东,西邻前寒武纪扬子地台。这两个不同年代地质构造的衔接地带,具有复杂的地垒-地堑构造系统,加里东隆起地块紧靠前寒武纪地台,而北东向的海西-印支地堑直接与火山岩带毗连。

与中国东南沿海中生代火山岩带和燕山期花岗岩体有关,这里广泛发育着多种内生矿产,包括多金属、金、银、钼、铜、锡、铀等金属矿床和多种非金属矿床。其中萤石矿床规模巨大,具有重要工业价值。浙江省是中生代火山作用和成矿作用的重要中心区之一,这里集中了大部分萤石矿床。研究萤石矿的分布规律,并在成矿省内选择主要萤石矿床,研究其矿物-地球化学和成因特点,具有重大意义。近年苏、美等国的一些学者,对萤石矿床地质的兴趣明显增加。这不仅是由于国际市场对萤石的需求有所增长,也因萤石矿床是构造-岩浆活化过程的可靠的“指示剂”^[6]。这种活化造成了广泛的金属成矿

作用。

浙江沿海中生代地质构造演化过程中的显著特点是地壳的巨大活动性,导致许多大型断裂和强烈火山作用的发生。与大型活动性火山-构造凹陷有关的负地形被中生代火山、火山沉积物质所充填,其厚度可达20km以上。 SiO_2 和 K_2O 含量较高,喷发指数高,是这些火山岩的突出特点。

发育主要萤石矿床的浙东武义杨家地区,有前震旦纪结晶基底(陈蔡群)出露,主要由片麻岩、片岩及大理岩等构成。本区占优势的上侏罗统磨石山组火山岩,不整合于基底岩石之上,由安山岩及凝灰岩、各种流纹岩、玻屑凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质砾岩等组成。厚度在1100至17500m之间。

萤石矿化赋存在磨石山组岩石、尤其是熔结凝灰岩层中。后者由结晶玻屑结构的流纹质熔结凝灰岩、流纹质凝灰岩、凝灰质角砾岩以及凝灰质粉砂岩和泥岩组成。下白垩统沉积-火山岩系厚490~4100m,以角度不整合覆于上侏罗统之上。下部(馆头组)主要由粉砂岩、砂岩、砾岩、凝灰岩及基性

*该作者系苏联顿涅茨克工学院地质系矿床勘探教研室主任,1985年做为访问学者曾来长春地质学院工作。

火山岩构成。上部(朝川组)由砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩及酸性和中性火山岩构成。本区地质剖面以上白垩统沉积-火山岩系而结束,厚310~5700m。该岩系自下而上主要由砂岩、粉砂岩夹凝灰岩、砾岩及安山质熔结凝灰岩(方岩组)组成。向上为流纹质玻屑凝灰岩夹粉砂岩,后者被赖家组钙质泥质粉砂岩所覆盖。

本区除以火山-沉积岩石为主之外,尚见白垩纪花岗岩类及辉绿岩墙^[1, 4]。

上述中生代火山岩系剖面和武义杨家萤石矿区地质构造资料表明,熔结凝灰岩分布极广,局部与花岗岩共生,构成火山-深成岩构造。大量熔结凝灰岩的出现,可能与具有巨厚的花岗岩-变质岩层在活动区演化晚期的重熔岩浆有关。提供充填一系列巨大凹陷和盆地火山产物的岩浆源可能不深。

本区与火山期后热液活动有关的多种蚀变及矿化现象广泛发育,是多种内生矿床存在的标志,其中萤石尤占特殊地位。

在构造方面,中生代岩层平缓产出,总体倾向东或东南,倾角20~30°。但在本区广泛发育的断裂带及其影响范围内,岩层具极不相同的产状。断裂带以北东向为主,其次为近东西和近南北向,由断裂构成的网带,使本区具断块构造特点,在不同方向断裂的交会地段表现尤为明显。例如,在武义杨家萤石矿区东北部,在中生代地层出露区,可见由元古代岩石构成的地垒构造。而在该区东南及其他部分则是中生代火山岩构成的地堑型凹陷。

对本区来说,北北东及北东向构造具重要控矿意义。虽然在某些近东西向及北西向断裂内也有金属矿化,但其控矿作用是次要的。

矿体一般为脉状和透镜状,沿走向长度为数十到数百m,有的可达1~2km。矿脉宽1~2m到20m以上,通常为5~7m。萤石脉产状与控矿断裂一致,倾角多为45~70°,

有时脉直立或具相反倾向。

萤石脉的空间分布具等距性。在武义地区见有50多个矿体,构成一系列矿带,已查明的矿带之间的距离为4~5km。类似规律似与古应力场的分布,以及中生代火山岩层内剪切应力轨迹的方位有关。

矿石的矿物成分相当简单。主要矿物为萤石,在脉内含量可达90%以上,并伴有石英、方解石,偶有重晶石、玉髓、蛋白石、高岭石,以及微量硫化物(黄铁矿、方铅矿、黄铜矿)。矿物分布的这种特点通常表现在上部含矿带,随深度的增加,萤石矿体内的石英,尤其是硫化物的含量将增多。萤石晶体为八面体,常达2cm以上。萤石有多种颜色,如白色、绿色、暗紫色等。

矿物构造类型较多,有块状、条带状、角砾状、晶洞以及放射状晶簇。集合体由自形程度不一、粒度不同的粒状结晶结构的矿物组成。

近脉围岩蚀变主要为石英化,次为绢云母化和高岭石化,并伴随岩石退色。

矿物气液包裹体研究资料表明,成矿温度在220~100℃范围内,而测得最多的数据为100~145℃。成矿年龄不会早于晚白垩世,因为多见萤石脉穿切本区白垩纪的火山岩和沉积岩地层。

萤石是以含有一系列类质同象元素(尤其是稀土元素)为特征的矿物。定性和定量地评价萤石中这些元素的丰度,将提供萤石矿化成因及其他方面的有用信息。为此,我们研究了取自武义(余山头 and 石龙岗)矿床一些标本的萤石单矿物中的TR、Y和Sr元素等的分布特点。

在余山头矿,萤石脉宽7~8m,除露天开采外,尚在距地表90m和140m处开采。在井下的两个中段,萤石脉已揭露长度300m以上,直到其厚度明显变小、出现分枝尖灭为止。

对萤石脉进行详细编录发现,不同颜色

的脉状和细脉状萤石具有一定的分带性，也见各种脉体的相互切割现象及几组成矿后构造裂隙，说明成矿过程发生在若干成矿阶段内，在这些成矿阶段和成矿期后，本区都处于一定的动力构造环境中。

样品采自余山头萤石矿+10m中段

($U_1 \sim U_3$)、+40m中段($U_6 \sim U_8$)及露天采场(U_9)。取样时考虑了元素丰度沿萤石脉走向或倾向上可能的变化。样品 U_{10} 取自余山头东南1km的民办矿点石龙岗。这些萤石样品的稀土及稀有元素含量分析结果列于附表。

武义地区萤石的稀土元素和稀有元素丰度

序号	样号	取样位置及样品特点	元素丰度(ppm)							
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
1	U_1	余山头+10m中段脉中部，靠脉壁，绿色萤石	10.9	13.7	1.50	6.80	1.60	0.42	1.30	0.20
2	U_2	同上，脉南端，靠西壁，绿色萤石	6.4	11.0	0.97	3.60	0.91	0.33	1.27	0.20
3	U_3	同上，脉南端，脉内绿色萤石	17.1	28.2	3.00	8.40	1.90	0.70	1.70	0.25
4	U_4	同上，脉南端，靠东壁，绿色萤石	10.5	19.3	1.98	5.79	1.21	0.40	1.57	0.25
5	U_5	同上，脉北端，靠西壁，绿色萤石	16.8	24.7	2.90	10.5	2.80	0.86	1.90	0.25
6	U_6	余山头-40m中段，脉中部，靠东壁，绿色萤石	12.5	16.2	2.00	7.30	1.70	0.46	1.56	0.25
7	U_7	同上，脉中部，脉内，绿色萤石	9.3	14.5	1.80	5.80	1.50	0.43	1.79	0.25
8	U_8	同上，脉中部，靠西壁，绿色萤石	10.9	20.1	1.80	7.30	2.00	0.70	2.30	0.25
9	U_9	余山头地表，+10m，脉中部，紫色萤石	9.1	20.1	1.80	5.80	1.39	0.40	1.64	0.20
10	U_{10}	石龙岗，标高+40m，绿色萤石	4.6	11.2	1.10	3.30	0.81	0.31	1.40	0.21

序号	样号	取样位置及样品特点	元素丰度 (ppm)							
			Er	Dy	Ho	Tm	Yb	Lu	Y	Sr
1	U_1	余山头+10m中段脉中部，靠脉壁，绿色萤石	0.86	1.23	0.28	0.13	0.73	0.12	7.30	61
2	U_2	同上，脉南端，靠西壁，绿色萤石	0.84	1.20	0.28	0.12	0.76	0.12	4.30	57
3	U_3	同上，脉南端脉内绿色萤石	1.05	1.60	0.37	0.17	0.95	0.15	2.70	99
4	U_4	同上，脉南端，靠东壁绿色萤石	0.96	1.46	0.34	0.15	0.83	0.14	5.20	65
5	U_5	同上，脉北端，靠西壁，绿色萤石	1.10	1.60	0.37	0.17	0.96	0.15	4.50	80
6	U_6	余山头-40m中段，脉中部，靠东壁，绿色萤石	0.95	1.46	0.35	0.16	0.94	0.15	5.58	67
7	U_7	同上，脉中部，脉内，绿色萤石	1.06	1.67	0.37	0.17	1.01	0.14	5.80	69
8	U_8	同上，脉中部，靠西壁，绿色萤石	1.16	1.80	0.40	0.17	0.80	0.15	10.70	71
9	U_9	余山头地表，+10m，脉中部，紫色萤石	0.90	1.23	0.29	0.13	0.76	0.12	5.90	60
10	U_{10}	石龙岗，标高+40m，绿色萤石	0.90	1.23	0.30	0.14	0.79	0.13	6.00	52

注：以上数据为X射线荧光分析结果，分析者为北京铀矿地质研究所唐良保、甘璇玑。

附表所列数据表明，所有样品，尤其余山头的样品中稀土元素的分布相当均匀。特别是钇族多数元素的丰度实际上相同或相近(ppm)，如Tb 0.20~0.25，Er 0.84~1.16，Dy 1.20~1.80，Ho 0.28~0.40，Tm 0.12~0.17，Yb 0.73~1.01及Lu 0.12~0.15。而铈族元素的分布则有较明显的差异，Gd 1.23~2.30，Eu 0.33~0.86，Sm 0.91~2.80，Nb 3.60~10.50，Pr 0.97~

3.00，Ce 1.0~28.2，La 6.4~17.1。Y元素本身也有显著差别，在所取样品中变化于2.70~10.70之间。

比较余山头地表到140m不同中段萤石矿体稀土元素的丰度，未发现明显变化。沿萤石脉走向的不同部位所取样品中的稀土元素，尤其是钇族元素丰度也无明显变化，在+10m中段，取自萤石脉内部(U_3)和两侧边部(U_2 、 U_4)的样品中，La和Ce及其

类似元素的丰度略有差别。样品U₃的La、Ce、Pr、Sm和Eu的含量比样品U₂和U₄高1.5倍到3倍。但是,在-40m中段垂直萤石脉走向上取的样品U₇、U₆及U₈中,上述现象没有出现。

石龙岗萤石与余山头萤石脉相比,其La略低(4.6ppm)。

没有发现萤石的颜色与稀土元素丰度有何关系。紫色萤石(U₉)的Eu和Sm含量与绿色萤石(U₂等)相比并不少。因此,这些元素不像文献[2]所说的,是什么绿色萤石的色素。

武义地区所取萤石样品的稀土元素总量并不高,为50.74ppm,铈族和钇族总量分别为40.78和9.96ppm。

假如把得出的资料与接近地中海成矿带的民主德国南部地区的类似资料相比较,可以发现某些特点。该区研究程度较高,据采自哈尔茨山、图林根山、兰德堡和威尔士山脉的不同萤石矿床和矿点的180个样品的资料研究确定,这些萤石的稀土总量,由于成矿地质背景和年龄的不同,在33~816ppm之间变化。研究还发现萤石的稀土量与萤石脉的剥蚀深度有关,脉体根部萤石的稀土元素含量最高,而成矿时代最晚,即萨克森期(K₂)威尔士山的热液脉状萤石的 Σ TR最少(30ppm左右)。上述稀土元素的地球化学,以及其他地质资料证明,对武义地区来说,也许对浙东其他类似地区也一样,目前所发现的仅是巨厚含萤石火山岩层的上部萤石矿体,与此有关,可以提出尚有未出露地表的萤石盲矿脉或其他类型的萤石矿化可能存在的问题。寻找类似的盲矿体,应是进一步研究工作的目标。

Ce、La比和Ce、Y比,以及Y、Sr的丰度资料也与上述看法相吻合。而且Y、Sr的丰度可能是区分不同成矿阶段萤石的标志。早阶段萤石通常含Sr低,200个样品分析结果表明其平均值为3ppm,变化范围

0.7~10ppm。含矿性最佳成矿阶段的萤石含Sr高达21至68ppm^[3]。武义萤石平均含Sr68.1ppm,变化在52~92ppm之间。这些资料可与美国伊利诺州凯文-洛克萤石矿床相比,后者萤石含Sr100ppm左右^[8]。顿巴斯和近亚速结晶地块(苏联乌克兰)萤石含Sr量差别最大,从68到1743ppm^[3]。帕科洛渥-基列耶夫矿床成矿阶段萤石的Sr丰度最高(大于1200ppm)。该矿床是产在下石炭统灰岩中的热液交代矿床。该地萤石中高含量的Sr,可能来自作为矿床围岩的灰岩。这与民主德国地质工作者关于萨克森成矿旋回含矿性最好的成矿阶段(后瓦尔梅阶段)萤石Sr含量增高的结论一致。与此有关,Sr也可能作为萤石在成因上属于具不同含矿远景的不同成矿阶段的良好地球化学指示剂。从这一点出发,以更为充分的资料为据,特别是与其他方面资料相结合,核查一下浙江以及更大范围萤石矿床Sr的分布是有意义的。再者,早世代萤石在铈族元素总量总体增高的背景下,铈钕系数值一般较小,而最晚世代的萤石富Y,并以铈钕比值高为特征。武义地区萤石的铈钕系数为1.66,与民主德国重要矿床含矿性最好的成矿阶段之萤石的铈钕比值相似,后者为1.5~2.0。在讨论本区萤石矿床成因时,必须考虑到萤石的TR和Sr的分布特点。

所研究地区萤石成矿的地球化学特点,表现为铈-镧族元素为主,而钇族元素为辅。这反映在 Σ TRCe: Σ TRY=4.1上,比民主德国萤石高1.5到3倍。从所研究样品的Ce、La及其亲缘稀土元素(尤其是Eu)的分布特点上看,本区萤石的成矿,当是深部岩浆-氟体系的产物。在该体系中,氟以与碱金属、碱土金属及其他组份的化合物形式迁移。

从矿物-地球化学、构造及其他特点看,浙江省所述地区的矿床属于纯萤石矿建造,该建造在萤石(主要为冶金品级萤石)工业储量总平衡中占主导地位。通常与构造-岩

浆活化过程有关所形成的这些萤石矿床的显著特点之一,在于矿床赋存在线型含矿构造内,这种构造构成富萤石的成矿带。外贝加尔、蒙古、美国西部、墨西哥、巴西和南部非洲的萤石成矿带,可以作为上述构造的典型实例。例如在外贝加尔,北东走向的白垩纪萤石成矿带,从哈马尔-达板到斯达诺沃山脉长达800km,宽200km^[5]。在美国新墨西哥州,数百条中生代含重晶石、方解石的萤石脉长度不等,它们一起组成了一条长30km、宽5km的成矿带。再从世界其他地区一些更大的、常以数百km计的成矿带资料看,中国东南沿海宽阔而巨厚的中生代火山岩带有很大延伸,加上其地球化学和成矿作用的若干特点,都使我们在估价带内找到新的萤石矿,包括未出露地表的盲矿的可能性,持乐观态度。

在讨论这些矿体的物质来源的问题时,值得注意的是,近来越来越多的资料表明,它们具有深部地幔特点。例如,研究大陆和大洋玄武岩中F的分布表明,该元素的丰度在大陆内,从拉斑玄武岩向太平洋夏威夷群岛的霞石岩增高^[8]。F仅与K₂O具有良好的相关关系,而且这种相关性首先在上地幔含K₂O约为10%,F为0.4%,H₂O为4%的金云母中得以确定。由地幔橄榄岩部分熔

融所形成的各种类型岩浆,随着分馏作用的进行和向地球表层的运动,改变着本身的成分,直到变成酸性岩浆并从中析出F。

考虑到环太平洋带成矿作用和岩浆作用的全球性特点,中国东南中生代火山岩带中所查明的萤石成矿作用的若干特征,对有相似地质演化历史的环太平洋带其他部位同样具有对照意义。

最后,作者谨向浙江省地矿局、东风萤石公司、北京铀矿地质研究所和长春地质学院的有关同行表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 高振西、潘江,地质学报,1957,第37卷,第1期。
- [2] Минералы (справочник), Т. 2, вып. I, М., Изд. АН СССР, 1963, с. 20.
- [3] Панов Б. С. и др., Региональная минералогия, вып. 2, "Наук думка", К., 1978, с. 26—37.
- [4] Панов Б. С. и др., Изв. ВУЗ, сер. геол. и разведка, 1988, №3, с. 52—59.
- [5] Флюорит (ресурсы, закономерности образования и размещения), М., Изд. "Наука", 1976, с. 288.
- [6] Шеглов А. Д., Докл. АН СССР, 1969, т. 188, №2, с. 421—423.
- [7] 汤正义等,地质与勘探,1986,第1期,26—33页。
- [8] Aoki K., et al., Contribs mineral and petrol., 1981, 76.

Geology and REE Geochemistry of Fluorite Deposits in Eastern Zhejiang Province

B. S. Panov Yan Hongquan

In this paper some geological features of the fluorite deposits related to the Mesozoic volcanic rock belt along the southeastern coastal area of Zhejiang Province have been analysed. Metallogenesis of fluorite deposits characterizes the activation process of tectonomagma. By comparing the REE distribution characteristics in fluorite ores in Wuyi area with those in other areas over the world, some evidences on the origin of fluorite deposits in Zhejiang have been found. From this information it is believed that the existence of blind ore bodies at depth is possible.