

初论中国层控萤石矿床分类及某些地球化学特征

曹俊臣

(中国科学院地球化学研究所)

我国萤石矿产资源相当丰富,矿床(点)遍及全国二十多个省(区)。矿床成因类型和矿床组合多种多样。本文着重讨论我国层控萤石矿床的分类和某些地球化学特征。

层控萤石矿床成因分类及其地质特征

一、分类

本文按照涂光炽教授提出的有关层控矿床的概念和含义^[1]对层控萤石矿床进行了分类。由于萤石矿床具有与其他金属矿床不同的特点,因此,在具体划分类型时应有所区别。例如,在改造过程中,对原有沉积地层中F的活化转移,只是为成矿提供了一部分物质来源,而为了形成萤石,还需要有足够的Ca存在。此外,从世界范围讲,许多萤石矿化都是在成岩阶段以后的较长时间间隔内,受到晚期地质作用(如构造变动、变质、热液叠加等)而形成的。存在于原始沉积岩中的F,尽管有的是以微细的隐晶质CaF₂颗粒存在,但多数是以吸附形式分散于岩石、矿物中。因此,CaF₂(萤石)不具原生沉积特征。而后期的地质作用,首先把岩层中分散F富集起来(这种来自岩层的F,可以是围岩中的F,也可以是深部岩层中的F),再与岩层中的Ca结合成CaF₂,因此不少层控萤石矿床是后成矿床。有的层控矿床,如产于碳酸盐岩地区的矿床,从产状、矿体形态、赋矿部位、规模与构造的关系和矿化特征看,很象金属矿床的强烈改造类型,但实际上,都应划为后成矿床。而那种有原生沉积萤石遗迹、或萤石本身仍具有明显沉积本色的矿床,以及那些成矿物质(F,Ca等)均主要来自赋矿层及其上、下岩层的矿床,如某些产于火山岩区的矿床,应归为沉积改造型矿床。据此,我们初步把中国层控萤石矿床分成两大类:沉积改造矿床和后成矿床。

1. 沉积改造矿床 是指那些产于火山岩地区的层控萤石矿床。按其围岩特征,又可分为以下几个亚类:

(1) 产于酸性火山岩区内碳酸盐岩层中的矿床——内蒙古苏莫查干敖包型矿床^①。矿区内广泛出露早二叠世的浅海相酸性熔岩以及火山喷发间隙期间

形成的海相沉积碳酸盐岩层。矿床即赋存在上二叠统西里庙组三岩段的顶、底部的这套碳酸盐岩中。矿区内的矿床,如额尔其格等,具明显的沉积特征。其含矿岩石为灰岩、薄层灰岩夹有少量板岩透镜体。矿体形态、产状、矿石结构均具沉积本色。如矿体与围岩整合接触,矿石具明显层纹结构。有的矿石看起来象是结晶灰岩,但实际上是含CaF₂高达50~70%的矿石。区内这种同生沉积萤石的大量存在,为多处出现的改造程度不等、规模大小不一的层控矿床的形成,提供了雄厚的物质基础。苏莫查干敖包特大型改造型矿床,就是上述沉积萤石经后期改造或岩浆气液叠加的产物。该矿床只保存了少部分沉积特征,矿体赋存部位、规模、形态受区内构造及断裂影响十分明显。

该类矿床的成矿机制大致是:由于海底火山喷发,带来了大量的以气态HF和SiF₄等形式存在的F,其中一部分F在熔岩流淬火过程中被挟在其中而沉淀下来,大部分暂时封闭于海域中,少部分弥散于海空。在火山喷发间隙期间发生的海相碳酸盐沉积过程中,海水中的F即与海水中的硫酸盐、碳酸盐、磷酸盐、卤化物等中的Ca结合而成CaF₂,并以萤石形式同碳酸盐一起沉淀下来。嗣后,在伴随区域性变质或热液作用,对原生萤石进行溶解,并形成含CaF₂的成矿流体,顺层或沿断裂裂隙运移,在适当部位形成矿床。

(2) 产于基性火山岩地区陆源碳酸盐岩层中的矿床——贵州大厂式矿床。大厂辉锑矿—黄铁矿—萤石综合矿床,赋存在下二叠统茅口组灰岩顶部、上二叠统峨眉山玄武岩底部的“大厂层”中。大厂层为一套火山碎屑沉积与化学沉积并经蚀变的岩石^[2],即陆源碳酸盐岩层。前人研究表明,该区域内的玄武岩均属玄武岩浆前锋进入水体的产物。由于玄武岩流的前锋流入水体,带来了大量的F,Cl,Fe,Cu,Sb,P等元素^②,水体对它们起了暂时的封闭作用,使这

①李士勤:内蒙古苏莫查干敖包特大型层控萤石矿床地质特征及成矿作用。

②陈予、刘秀成等:贵州晴隆大厂锑矿床成因探讨,1984年。

些元素不易扩散。两次喷发间歇期均伴有化学沉积,构成矿源层。后经地下热卤水溶液的溶解、搬运,使F进一步活化、转移,并且同围岩发生化学作用而形成萤石。这种矿体中硫同位素显示陨硫硫和部分沉积硫特征,说明火山作用及其间歇期的海相碳酸盐岩沉积作用,为成矿提供了物质来源。氢同位素测定表明成矿流体为大气降水^[3]。

(3) 产于基性火山岩边缘地带的单一萤石矿床——云南老厂型矿床。矿区位于贵州西部玄武岩地区外部边缘地带。区内出露地层与贵州大厂相比,缺失“大厂层”和峨眉山玄武岩,萤石矿床即赋存于下二叠统茅口组灰岩与上二叠统龙潭煤组之间的假整合面上。该矿床的成矿特征,如矿物组合、矿石类型、围岩蚀变等,均与贵州大厂极为相似,其成矿物质除一部分是在成矿溶液形成后、又与当地围岩发生作用而来外,多数可能是从相当于大厂地区所处的部位或接近火山口的更远方搬运而来,而不完全是就地取材。

(4) 产于中酸性火山岩与碳酸盐岩接触带的矿床——浙江杨家式矿床。杨家萤石矿床产于中生代陆相中酸性火山沉积岩与沉积碳酸盐岩接触带^③。研究表明,该矿床的成矿物质与火山岩和沉积碳酸盐岩有关。成矿流体有大气水参加^[4]。明显地表现出,由火山岩提供了足量F的地下热水溶液,运移到两种岩石交界处和构造裂隙的有利部位,同灰岩发生交代作用而形成CaF₂,当物理化学条件有利时,充填于接触带处的断裂裂隙中而构成脉状矿床。显然,这里的CaF₂一半来自火山岩(F),另一半来自灰岩(Ca)。

2. 后成矿床 系指产于沉积碳酸盐岩地区的萤石矿床。属于该类型的矿床,按其围岩特征及矿体形态和成矿方式,又可分成以下几个亚类:

(1) 产于灰岩地区的充填脉状式矿床——四川二河水、贵州丰水岭式矿床。我国川东南、黔东北的广大地区,广泛发育着寒武纪、奥陶纪浅海相碳酸盐岩地层。四川二河水、贵州丰水岭、申基坡等矿床,均赋存在下奥陶统的红花园组生物碎屑灰岩岩层中。这些矿床均为萤石、重晶石综合矿床。矿床受构造断裂控制十分明显,区域内无岩浆岩侵入体,也没有火山岩堆积。赋矿围岩中更看不到有原生沉积萤石的残迹。其中F主要是以分散形式存在于赋矿层或非赋矿层的上、下岩层中,有的可能来自深部,已经增温的循环于地下的热水溶液,不断摄取沉积岩层中同生沉积下来的并以分散形式存在的F。在溶液中,F可能以络

合物如SiF₆²⁻, MgF⁺, CaF⁺, NaF⁰, HF⁰形式迁移^[5],或以溶解的单矿物(CaF₂)形式迁移,在构造发育地带,上升到浅部,同围岩发生作用,使得络合物瓦解,其中F与Ca结合成CaF₂。在条件适宜时,沉淀成萤石矿。

(2) 产于白云岩中的交代型似层状矿床——河北双洞子矿床。矿区内主要为中元古界雾迷山组具燧石结核及条带的中细粒白云岩或灰质白云岩及洪水庄组页岩、板岩。矿床主要赋存在雾迷山组中部含燧石条带的白云岩中,系流动于地层构造裂隙的含F成矿溶液对围岩发生交代作用而成。其最大特点是,围岩硅化十分强烈,围岩与矿体界限不清楚。据此可知,成矿溶液中F的络合物以SiF₆²⁻形式居多数。矿体因以交代为主,产于层间破碎带,故成似层状构造。

(3) 产于大理岩中的充填、交代型脉状矿床——安徽横山、周山口型矿床。区域内出露地层主要为上寒武统和下奥陶统的泥灰岩、大理岩、白云岩、硅质白云岩、白云质大理岩等。横山矿床即赋存于下奥陶统的长凹口一大滩组(O₁¹⁺²)的泥质灰岩、薄—中厚层白云质大理岩中。周山口矿点处于该层上部含少量硅质团块或条带的白云岩中。两者均产于区内深大断裂附近。深大断裂活动为溶液的形成、转移和成矿提供了有利条件。深大断裂附近高氟热泉的存在和矿床内方铅矿硫同位素值($\delta S^{34}\%$ = -2.9 ~ +1.16)均表明,该矿床所需的F来自非火山作用的深部地质作用,而Ca则来自围岩(大理岩、白云岩或灰岩)。

二、成矿地质特征

我国主要层控萤石矿床的地质特征列于表1。从表1可以看出:

1. 具有工业意义的萤石矿床均赋存在特定的层位内;

2. 大多数层控萤石矿床,特别是第一类型矿床,矿体顶板或矿床的上覆岩层,均为页岩、板岩、乃至次生石英岩等透水性较差的岩石,形成了天然隔挡层;

3. 层控萤石矿床的矿物共生组合和矿石类型,从总体看都很简单。但第二种类型较第一种类型复杂,特别是大厂矿床更为复杂些;

4. 围岩蚀变比较简单。矿体两侧发育程度不等的硅化,其次是绿泥石化、重晶石化、碳酸盐化。以上蚀变特征在苏莫查干敖包矿区的沉积改造萤石矿床表现十分微弱;

5. 从成矿规模看,与火山岩无关的矿床一般为中—小型,而与火山活动有关的矿床可以达到中—大型,甚至特大型,如苏莫查干敖包矿床。显然这与火山活动

③姚洪烈:浙江省萤石矿床地质特征,1980年。

中 国 层 控 萤 石 矿 床

类型	矿床实例	矿物组合	矿石类型 (以矿物成分)	下 伏 岩 层		赋 矿 岩 性
				岩 性	时 代	
沉积改造矿床	内蒙古苏莫查干敖包萤石矿	萤石为主, 其次为方解石、石英、黄铁矿等	萤石型为主	以片理化流纹质晶屑凝灰岩为主, 夹流纹岩、板岩、千枚岩	下二叠统西里庙组 (P_1x^{1-2})	炭质板岩组成, 底部为结晶灰岩或大理岩, 顶部夹薄层钙质砂岩、结晶灰岩、大理岩
	浙江省武义县杨家萤石矿	萤石、石英为主, 少量方解石、重晶石、玉髓、蛋白石、黄铁矿、磷灰石、高岭石	萤石型、石英—萤石型为主, 局部有方解石—萤石型	中—酸性火山岩及沉积碳酸盐岩(灰岩), 有时有玄武岩	下侏罗底部 (J_3ma)	凝灰岩、硅化岩、次生石英岩、凝灰质粉砂岩及泥岩
	贵州省晴隆大厂梯—黄铁矿—萤石综合矿床	萤石、辉锑矿、黄铁矿、石英、地开石、重晶石、方解石	石英—萤石型为主, 其次萤石型、辉锑矿—萤石—石英型	厚层状泥晶灰岩	下二叠统茅口组 (P_1m)	硅化角砾状粘土岩、玄武质砾岩、蚀变玄武岩、强硅化灰岩
	云南省富源县老厂萤石矿	萤石为主, 其次有石英、地开石、辉锑矿、黄铁矿、方解石、钙铝氟石	石英—萤石型、萤石型、辉锑矿—萤石—石英型	厚层状泥晶灰岩	下二叠统茅口组 (P_1m)	产于 P_1m 与 P_2l 之间
后成矿床	河北省平泉县双洞子萤石矿	以萤石、重晶石为主, 其次为石英、方解石、极少量黄铁矿	萤石型、石英—萤石型、重晶石—萤石型	中厚层、夹稀硫酸盐条带和结核白云岩	中元古界雾迷山组下部	中—厚层夹薄层燧石条带矿化白云岩
	四川省彭水县二河水萤石矿	萤石、重晶石为主, 少量石英、方解石、黄铁矿	石英—萤石型、重晶石—萤石混合型、萤石—方解石型	厚层灰岩、白云质灰岩与白云岩互层, 顶部为深灰色白云岩	下奥陶统南津关、分产组 (O_1n, O_1f)	厚层状生物碎屑灰岩, 下部有数层含硅质条带和结核生物灰岩
	贵州省沿河县丰水岭申基坡萤石矿	萤石、重晶石为主, 少量石英、方解石、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿	萤石型 萤石—重晶石型	同 上	下奥陶统桐梓组 (O_1t)	同 上
	安徽省含山县横山萤石矿	萤石、重晶石为主, 其次为石英、方解石、方铅矿、雄黄	萤石型、萤石—重晶石型、重晶石—石英—萤石型	泥灰质薄层白云质大理岩	下奥陶统 (O_1^{1-2})	中厚层白云质大理岩、薄层—中厚层大理岩夹硅质条带燧石结核夹页岩互层

•根据徐英杰、姚洪烈、仇守昌、李士勤、陈予、刘秀成、四川107队、贵州106队、安徽327队资料汇编。

带来了大量的F有关;

6.赋矿岩层的时代主要是奥陶纪、二叠纪和侏罗纪, 少部分为元古代;

7.从区域上讲, 云南、贵州、四川等沉积碳酸盐岩发育地区, 集中了较多的层控萤石矿床。

控矿因素和物质来源

一、控矿因素

1.岩性控制 萤石矿床明显受岩性控制。例如, 后成类型 (特别是灰岩地区) 的萤石矿床, 具有工业

意义的矿体, 往往都赋存在中—厚层、质地较纯、粒度较粗的灰岩中。这种岩石一般性脆, 透水性较强, 而且含钙高, 硅和镁的含量相对较低。如二河水萤石矿床, 主要富矿体赋存在下奥陶统的红花园组内, 部分可延伸到大湾组和分乡组。从该矿区岩层中 CaO/MgO , Si/Ca 的平均值 (表2) 可以看出, 红花园组的 CaO/MgO 值最高, 其次是大湾组, 对成矿较为有利。

丰水岭矿床和二河水矿床的赋存部位相同, 均产于红花园组内。矿体遇到渭潭组和桐梓组时即尖灭。

在老厂萤石矿床中, 以茅口组灰岩与龙潭组硅质

分 类 及 成 矿 地 质 特 征*						表 1
层 位	上 覆 岩 层		成矿方式及 矿体形态	围 岩 蚀 变	成矿温度 (°C, 均一法)	成 矿 模 式
时 代	岩 性	时 代				
下二叠统 西里庙组 (P ₁ x ³)	以流纹质晶屑 凝灰岩为主, 夹 流纹岩、英安岩、 凝灰质板岩	下二叠统 西里庙组 P ₁ x ⁴	沉积并经改造、 充 填 交 代 层状、脉状等	高岭土化及轻微绢云 母化、绿泥石化、硅 化、碳酸盐化	85~270℃ (个别330~ 480℃)	特大型
上侏罗统磨石 山组(J ₃ m) 下白垩统朝川 组(K ₂ c)	凝灰岩、砂页岩、 安山玄武岩、含 钙质粉砂岩等	上白垩统 方 岩 组 (K ₂ f)	充填兼交代型 脉 状	硅化、高岭土化、绿 泥石化、碳酸盐化、 局部可见绢云母化	160~205℃	大 型
上二叠统 “大厂层” (P ₂ d)	玄武岩、火山碎 屑角砾岩与生物 灰岩互层	上二叠统峨眉 山、龙潭组 (P ₂ l、P ₂ l)	充填兼交代型 似层状、脉状 不规则状	硅化、粘土化、黄铁 矿化、萤石化	110~146℃ (个别170℃)	大 型
	硅化角砾岩、凝 灰质砂砾岩、粉 砂岩	上二叠统 龙 潭 组 (P ₂ l)	充 填 型 脉 状 “牛鞭状”	硅化为主、其次有高 岭土化、绢云母化	98~145℃	大 型
中元古界雾 迷山组中部 Z ₂ w(F)	硅化硅质角砾岩 及硅化页岩或 板岩	中元古界洪 水庄组及雾 迷山顶部	交代型 似层状(牛鞭状) 透镜体状	硅 化	120~150℃ (个别270℃)	大 型
下奥陶统 红花园组 (O ₁ h)	页岩夹薄层生物 灰岩、中厚层粉 砂质页岩夹页岩	下奥陶统 大湾组 (O ₁ d)	充填式 脉 状	硅 化	98~110℃ (个别120~ 145℃)	中 型
同 上	同 上	下奥陶统 湄潭组 (O ₁ m)	充填式 脉 状	硅化、方解石化、重 晶石化	100~203℃	小一中型
下奥陶统 (O ₁ ³⁺⁴)	页岩、钙质页岩 及凝灰岩	中、上奥 陶 统 (O ₂ 、O ₃)	充填兼交代型 脉 状	硅化为主、其次有褐 铁矿化、重晶石化、 萤石化	210℃±	小一中型

二河水矿区部分化学成分比较 表 2

比 值	上寒武统 (Є ₃ m)	下 奥 陶 统 (O ₁)		
		南津关 (O ₁ n) 分乡组 (O ₁ f)	红花园组 (O ₁ h)	大湾组 (O ₁ d)
CaO/MgO	1.39	21.82	45.23	28.50
Si/Ca	0.78	0.53	1.13	6.46

岩接触时矿化最佳; 遇到泥质灰岩或凝灰质砂砾岩、粉砂岩时, 矿化变差。同时还发现矿体任何部位都没有单独产在同一岩层的。只有在两种岩层的接触处才

能成矿。矿体对顶底板的这种专属性, 无疑也是与围岩的物质成分或构造相联系的。

2. 构造断裂控制 层控萤石矿床常与背斜构造有关, 即矿体通常产于背斜核部、近轴两翼或背斜转弯处, 尤以后成类型矿床最明显。矿体又往往储存在垂直于背斜轴的断裂裂隙(即所谓背斜加一刀)中, 少数产于与背斜轴平行的断裂裂隙或破碎带中。如川东南地区萤石—重晶石矿床所处的区域, 系由一系列平行的褶皱组成, 褶皱轴向东北20~40°, 局部呈S形或弧形, 延长数十公里至百余公里, 形成一个“新华夏

体系”展布的地区。主要的二河水萤石矿床即处于郁山背斜核部的下奥陶世地层中。矿体严格受北北西向的一组断裂控制，使萤石矿体呈雁行状排列。

双洞子萤石矿床。赋存于双洞子背斜核部。矿体产于一组近于平行岩层走向的雾迷山组顶部与洪水庄组底部的层间破碎带中，呈鞍状或似层状产出。

苏莫查干敖包矿区北端有一组形态极其复杂的紧密线形褶皱构造，褶皱轴线北东—南西，厚大矿体一般分布于短轴背斜轴部或其两翼的构造有利部位。

老厂萤石矿的主体构造是由北东50°的老厂背斜及一系列同向压扭性断裂组成。而对成矿起决定性作用的则是沿背斜轴延伸的 F_1 和 F_2 断层，其中 F_1 对成矿意义最大。充填于 F_1 和 F_2 断层的所谓陡倾矿体，与产于背斜核部龙潭组与茅口组岩层之间的缓倾矿体（呈似层状产出），构成牛轭状（图1），形成规模可观的工业矿床。

从上可知，层控萤石矿床受层位和构造控制十分明显。一定时代、一定组成成分的围岩为找矿提供了物质基础，而构造和断裂则提供了有利的通道和空间，有利的地层和构造，共同制约着层控萤石的矿化规模和矿体形态。

二、成矿物质来源

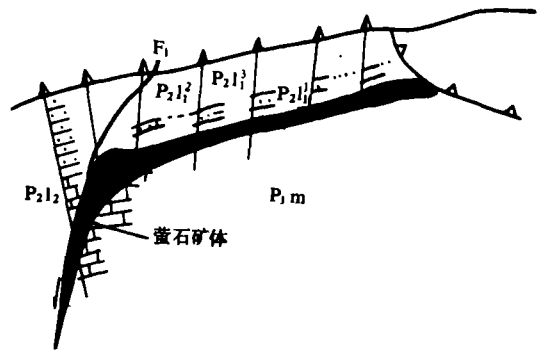


图1 老厂萤石矿区548线剖面图
 P_2l_2 —龙潭组二段; $P_2l_1^3$ —龙潭组一段三层; $P_2l_1^2$ —龙潭组一段二层; $P_2l_1^1$ —龙潭组一段一层; P_1m —茅口组

成矿物质F和Ca可能有两种来源：①两者均来自沉积岩本身；②F来自火山岩，Ca来自碳酸盐岩。

1. 氟的来源 为了查明F的来源，我们对上述矿区内主要出露岩层进行了部分F和Cl的测定。同时，为了便于比较，还对冰洲石矿区也进行了相应地测定工作。其结果见图2。图中横坐标为F含量（ppm），纵坐标为相应含量出现的频率。从图2可以看出，萤石矿区地层中的F含量，在高含量区内出现频率较高，相反，Cl的高频率处于低含量区。而冰洲石矿区正好

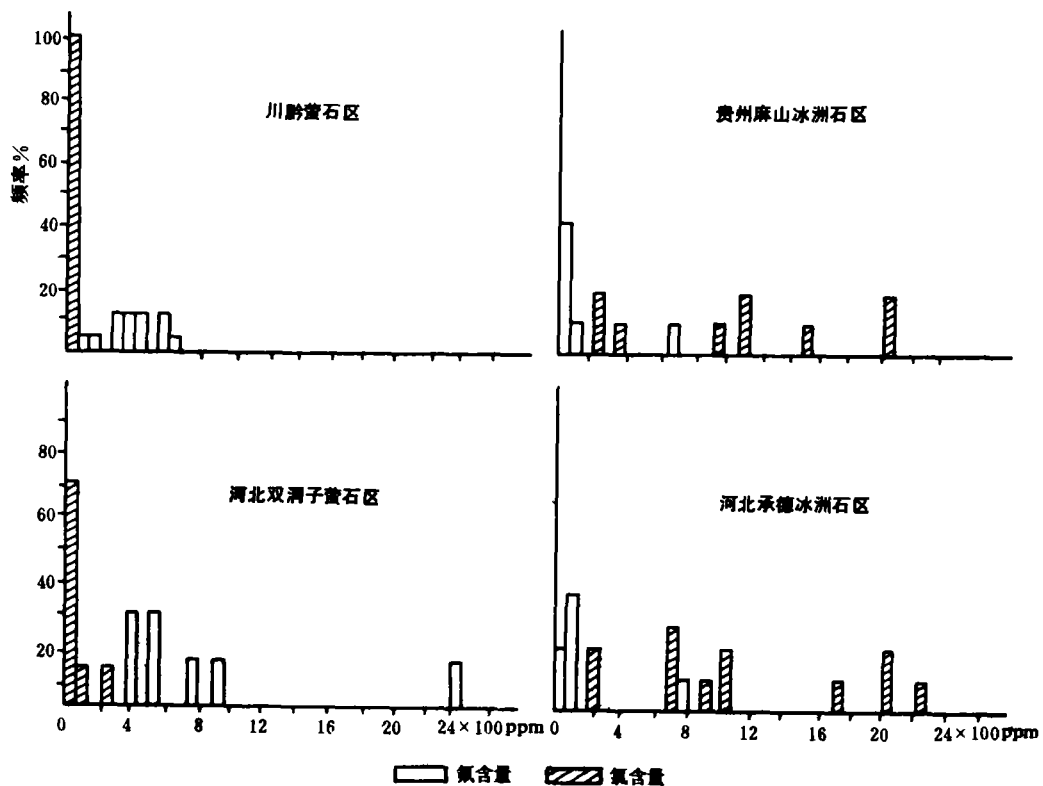


图2 萤石矿区与冰洲石矿区(碳酸盐岩地区)氟、氯含量比较

与此相反。

应当说明的是,萤石矿区F的本底值高,部分可能与后来的交代作用有关。但总的趋势可以看出,萤石矿区内岩层含F量是偏高的,这是层控萤石矿床成矿的有利条件。当然,对于F来自深部的矿区而言,赋矿层不能算作矿源层。即使对于不是与深大断裂有明显关系的后成矿床(如二河水和双洞子矿床),它们所需要的F也不能排除来自深部或大区域内其他含F较高岩层的可能性,因此,这里所指的供F岩层只是相对而言,具体来源还要根据矿床本身地质、地球化学特征而定。

例如,杨家矿床,矿区内三次火山喷发活动所形成的岩石、F的平均含量可以高出克拉克值4~6倍。而原来未蚀变的灰岩中含F很少(100~200 ppm)或没有。虽然F是来自于火山岩。大厂矿区茅口组和龙潭组含氟均较低,“大厂层”底部直至玄武岩,含氟均较高。同样证明了氟来自火山喷发作用。

贵州大厂矿田各岩层含F平均值(%) 表3

项目	茅口组	大厂层			峨眉山组	龙潭组
	p _{1m}	p _{2d} ¹	p _{2d} ²	p _{2d} ³	p _{2e}	p _{2l}
F	0.0445	0.3282	0.2382	0.1357	0.1445	0.0360

内蒙古苏莫查干敖包萤石矿区的部分资料表明,下二叠统西里庙组二岩段流纹岩含F 0.116~0.688%,三岩段碳质板岩及钙质砂岩含F 0.206~2.363%。它们的F含量,尤其赋矿部位的三岩段的含量,已大大超过F的克拉克值,证明古地理为高F化学环境,有利于成矿(据李士勤)。

2. 钙的来源 前节已述,萤石成矿作用对围岩的依赖关系十分明显,纯净的中厚层灰岩或白云岩对第二种类型的某些矿床成矿有利。这一点从一个侧面反映了Ca来自④沉积碳酸盐岩。某些矿床内广泛发育的交代作用和部分Sr稳定同位素研究结果,更进一步证实了这一点。如:双洞子萤石矿是一个以交代为主的矿床,富含F的成矿溶液,与围岩发生交代作用而成矿。表4列出的是随硅交代作用的加强,白云岩丢失Ca, Mg, 而增加Si的情况。

双洞子萤石矿床内围岩Si/(Ca+Mg)变化 表4

样号	Pa-1	Pa-2	Pa-3	Pa-4	Pa-5	Pa-6
岩石	纯白云岩	蚀变角砾岩	蚀变白云岩	强蚀变白云岩	硅化角砾岩	硅化岩
$\frac{Si}{Ca+Mg}$	0.12	0.64	0.918	3.915	251.6	252.97

杨家萤石矿床矿体下盘的原生沉积碳酸盐岩(灰岩),经交代后变成次生石英岩。灰岩中的CaO由27.56%降为13.31%(据姚洪烈),而且由南西向北东方向,硅化愈强,矿化愈好。

Ca和Sr有相似的地球化学特征。Sr很少以单矿物形式出现,往往以类质同像存在于含Ca或Ba的矿物中。因此,通过对矿体内矿物和围岩Sr⁸⁷/Sr⁸⁶值的测定及其相互比较,可以判断Ca的来源^[5]。部分Sr⁸⁷/Sr⁸⁶值测定结果列于表5。从表5可以看出:

Sr稳定同位素测试结果 表5

编号	名称	矿床	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
Pa-8-4 Pc2-3	萤石 白云岩	双洞子 ↓	0.70907 ± 0.00016 0.70935 ± 0.00006
L-25 L-40A(2) L-33	萤石 "灰岩	老厂 ↓	0.70886 ± 0.00015 0.70985 ± 0.00009 0.70825 ± 0.0002
Fa-3 Fd-7 R80-71	萤石 "灰岩	大厂 ↓	0.70829 ± 0.00005 0.71038 ± 0.00016 0.70733 ± 0.00024
郁-1 郁-5 Y _D -B-17	萤石 重晶石 灰岩	二河水 ↓	0.71050 ± 0.00016 0.70950 ± 0.00009 0.71008 ± 0.00003
Y-11 Y-35	灰岩 方解石	杨家 ↓	0.70854 ± 0.0001 0.71022 ± 0.0002

分析者:王俊文、成忠礼。

(1) 沉积碳酸盐岩中的比值,与同时代的海相沉积碳酸盐和硫酸盐比值(0.7067~0.7091)相近^[6];

(2) 无论是哪一种类型的层控萤石矿床,矿体中单矿物(萤石、重晶石或方解石)内的Sr⁸⁷/Sr⁸⁶值,与相应的围岩比值很相似。因此可以判断这些矿物中的Sr(同时也说明Ca)来源于沉积碳酸盐岩。例如,大厂和老厂矿体萤石中的该比值,与下二叠统茅口组灰岩相似,这充分表明,CaF₂的形成与大厂层底部存在的沉积碳酸盐-灰岩密切相关。而杨家矿床的比值特征更体现了火山岩与沉积岩各自贡献一半成分的特点。应当指出的是,Sr⁸⁷/Sr⁸⁶值受各种因素如风化、岩石化学成分等影响,有的脉体中比值略高于围岩,表明在其形成过程中,又接受了外来高比值的锶源。使本身比值增高^[8]。因此,这里给出的比值,只能是彼此相近而已,绝对相等的情况极少。

有关问题讨论

一、成矿溶液的性质

1. 基本地质事实

(1) 萤石矿床矿体两侧均发育程度不等的硅化, 有的尚有高岭土化。有的矿床硅化强时, 矿化就好。这些现象除表明在溶液中 F 与 Si 结合成 SiF_6^{2-} 而迁移外, 也说明成矿溶液是酸性的^[7]。

(2) 有的萤石矿体两侧不仅发育硅化和高岭石化, 还有绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化。反映出不同围岩成分与溶液发生离子交换的差异, 导致形成不同的矿物组合。同时表现出成矿溶液在蚀变过程中 pH 值升高的过程, 即由偏酸性到偏碱性的变化过程。个别矿床矿体(如老厂)的下盘与灰岩接触带, 存在一薄层钙铝氟石 $[\text{Ca}, \text{Al}(\text{F}, \text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$, 不仅证明了 F 与 Al 可以 AlF_3 络合物形式存在于溶液中^[8], 更进一步证实了溶液的酸性特点;

(3) 不少萤石矿床中萤石与重晶石共生, 有的成为萤石—重晶石或重晶石—萤石矿床, 显示了成矿溶液富 SO_4^{2-} 的酸性特点。

2. 实验证明

据 (1) 实验表明, 在 $T = 150 \sim 180^\circ\text{C}$, $\text{pH} = 4$ 或更高时, CaF_2 的溶解度随 pH 值变化保持不变; 在 $\text{pH} < 4$ 时, 溶解度随 pH 值减小而增加, 在 $\text{pH} < 3$ 时, 溶解度随 pH 值减小急剧增加^[8] (图 3a), 这表明只有溶液达到酸性时, CaF_2 才有可能从围岩中溶解出来。在 pH 值增高后, 便可从溶液中沉淀出来, 达到改造的目的。

(2) 图 3b 示出 SiF_6^{2-} 在水溶液中的稳定区。从图可知, 只有酸性条件, 才有利于它的稳定存在。

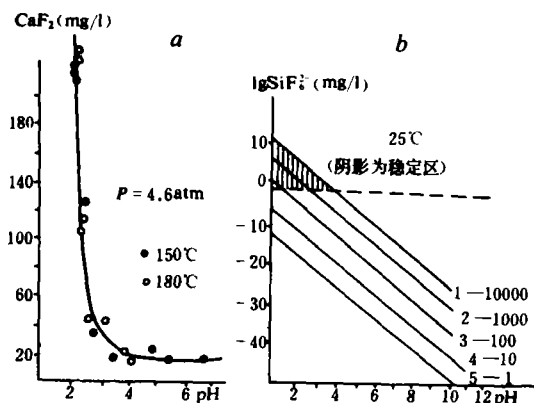


图3 萤石溶解和 SiF_6^{2-} 稳定度与 pH 关系

此外, 我们做的部分包裹体成分测定也表明, 成矿流体为富含 Cl^- , SO_4^{2-} , F 的酸性混合溶液。

综上所述, 层控萤石矿床的成矿溶液是酸性或弱酸性的。

二、层控萤石矿床找矿方向

1. 发育浅海相酸性熔岩, 并居于火山活动中心地带, 且在火山喷发间歇期有长期浅海相碳酸盐沉积的地区;

2. 海相基性喷发岩的边缘地区, 陆相中酸性喷发岩与沉积碳酸盐岩接触带;

3. 古陆板块缝合线处或深大断裂发育地区;

4. 对于有萤石矿化的区域, 注意在那些质纯、层厚的灰岩、白云岩或大理岩的相应层位以及背斜轴部、近轴两翼、背斜转折处、断裂裂隙发育地带寻找矿体。

本项研究工作是在涂光炽教授领导下进行的。参加本课题研究的尚有施继锡、李本超、李新安、王岩等同志。野外工作中得到全国有关省地质局、队、矿山的大力支持; 分析测试工作由九室、一室、五室协助完成。工作中王秀璋、陈先沛、张惠芬、陈丰、刘国彬等同志给予了关心和支持, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 涂光炽等: 中国层控矿床地球化学, 第一卷, 北京, 科学出版社, 1984年, 第1~12页
- [2] 曹俊臣等: 地球化学, 1981, 第4期, 第373~380页
- [3] 曹俊臣等: 矿物学报, 1983, 第3期, 第184~192页
- [4] 张惠堂等: 成都地质学院学报, 1984, 第1期, 第13~22页
- [5] Ruiz, I. et al: Econ. Geol., 1980, V. 75, P. 1200~1209
- [6] Burke, W. H. et al: Geology, 1982, No. 10, P. 516~519
- [7] 王联魁、曹俊臣等: 地球化学, 1977, 第1期, 第26~46页
- [8] Жованский, Э. Я.: В кн. Геохимия Фтора в осадочных породах Юго-запада восточно-Европейской платформы, Киев, "Науков Думка" с. 74~136
- [9] 乌尔夫, К. Н.: 层控矿床和层状矿床, 北京, 地质出版社, 第5卷, 第1~10页, 1980年
- [10] Sato, K.: Mineralium Deposita, 1980, V. 15, No. 3, P. 327~334
- [11] 中国科学院贵阳地球化学研究所: 《华南花岗岩类的地球化学》, 北京, 科学出版社, 1979年, 第339~354页
- [12] Schneider, I. J. et al.: Mineralium Deposita, 1977, V. 12, P. 22~36