

中国萤石矿床分类

王吉平¹ 商朋强¹ 熊先孝² 杨辉艳¹ 唐尧²

(1.中化地质矿山总局地质研究院,河北涿州 072750; 2.中化地质矿山总局化工地质调查总院,北京 100013)

摘要:通过对中国萤石矿床的成矿作用研究,综合考虑萤石矿床的成因类型和工业类型,将中国萤石矿床划分为沉积改造型、热液充填型和伴生型3种矿床类型。在全面分析萤石矿典型矿床的成矿条件、控矿因素和成矿作用的基础上,总结成矿要素,以相同或相似的二级成矿必要要素组合确定沉积改造型、热液充填型萤石矿床的亚类型,沉积改造型进一步划分出2个矿床式,热液充填型划分出5个矿床式,伴生型按伴生主矿种划分出4个矿床式。文章分析了每一个矿床式的成矿地质背景,成矿条件、矿床特征、控矿因素和成矿作用,总结了每一个矿床式的二级成矿必要要素。

关键词:中国;萤石矿床;分类;成矿要素

中图分类号:P619.2;P617 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)02-0315-11

1 萤石矿床分类研究现状

1.1 国外萤石矿床分类

国外萤石矿床分类研究始于20世纪40年代。1946年,苏联将萤石矿床划分为热液脉状矿床和热液交代矿床2大类,列入高等学校教材。1960年,A. N.列别金采夫^①把萤石矿床划分为3个类型:(1)产于火成岩中的萤石矿床;(2)产于碎屑沉积岩中的萤石矿床;(3)产于石灰岩中的萤石矿床。1985年,A. E.科里亚金^②从工业利用和萤石矿产出状态角度把萤石矿床划分为:(1)伟晶岩矿床(光学萤石矿床);(2)碳酸盐矿床(萤石-稀土);(3)深和中深热液矿床;(4)浅成火山-热液矿床(以萤石为主的脉状矿床)。

美国对萤石资源开发利用较早,地质研究程度也较高。其他的萤石主要生产国家,如墨西哥、加拿大、西班牙、英国、法国、德国、意大利、南非和泰国等,对萤石矿床的研究程度不同,矿床类型的划分也没有统一的标准。由美国地质学家S.J.莱方德

主编的《工业矿物和岩石》(1984,第4版)从经济角度出发,根据矿床的产出状态列出11种矿床类型,其中主要有以下7类:(1)产于火成岩、变质岩和沉积岩裂缝中的脉状矿床。这类矿床分布普遍,经济价值高,主要有西班牙东北部的Osor矿床、意大利北部的Torgola矿床、英国的Longstone Edgesallet-Hole矿床和美国的伊利诺斯州南部的Rosiclare-Goodhope矿脉系;(2)产于碳酸盐岩中的层状交代矿床。其时代从前寒武纪到白垩纪的碳酸盐岩中都有发现,大型矿床有南非前寒武系白云岩中的萤石矿床、墨西哥科阿韦拉排北部地区白垩系石灰岩中的萤石矿床、美国伊利诺斯-肯塔基萤石矿床、西班牙的阿斯特里斯萤石矿床等;(3)碳酸盐岩与酸性火成岩的接触交代矿床。主要有墨西哥Rio-Verde萤石矿床、美国阿拉斯加的干河萤石矿床及泰国的一些矿床;(4)产于破碎带内的网状和充填矿床,如美国新墨西哥州Zuni-Mountains矿床及南非的Zwartkloot和Buffalo矿床等;(5)在碳酸盐岩和碱性杂岩体边缘部分的萤石矿床。如西南非洲

收稿日期:2013-07-02;改回日期:2013-11-29

基金项目:国土资源部全国矿产资源潜力评价项目(1212010733810)和中国地质调查局项目(12120114003701)联合资助。

作者简介:王吉平,男,1955年生,教授级高级工程师,主要从事矿床地质研究;E-mail:wangjiping66@163.com。

①A. E.科里亚金. 非金属矿床工业类型(聂良田译,内部资料). 1985.

及意大利的一些矿床;(6)原生矿床风化后的残积矿床;(7)作为一种可回收的以脉石矿物赋存在金属矿床中的伴生萤石矿^[2-3]。

德国古登堡大学教授 Harald G Dill(2010)^[4]将矿物学和地质学特征以 x、y 轴为坐标对矿产资源进行类似于 EXCEL 电子表格的“棋盘格式”分类。岩浆岩、构造、沉积岩以 x 轴(一维/管状,二维/脉状)表述,63 种矿产包括矿物和元素以 y 轴表述,以蓝、黄、灰、橙、绿和白色表示不同的成矿作用。

该棋盘格式分类中,有经济价值的含氟矿物有萤石、黄玉、冰晶石及含磷灰石的磷块岩。氟矿床的分类方案如下(本文只列萤石矿床,未列黄玉、冰晶石等矿床)^[4]:(1)岩浆矿床:①与花岗岩体有关的萤石矿床和萤石矽卡岩钨锡和铅锌矿床。主要有日本西南部的萤石矿床、美国阿拉斯加劳斯特河氟-铍-钨成矿区萤石矿床、中国湖南柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿床,为与花岗岩侵入有关的高温萤石矿床;②与铀-稀土碳酸盐岩和碱性侵入岩有关的萤石矿床。与碳酸盐岩有关的萤石矿床有印度古吉拉特邦的 Amba-Dongar、纳米比亚的 Okurusu, Namibia、澳大利亚的 Speewah 等萤石矿床;③与花岗岩有关的铍-铌-钽-萤石矿床。主要有俄罗斯的 Voznesenka 萤石矿床;④伟晶岩型氟-(钨)矿床;⑤火山岩型氟-铀-钼矿床;⑥花岗岩体内的萤石矿床。(2)与构造有关的矿床:①含氟巨型角砾岩;②浅成低温热液(热卤水)萤石角砾岩脉。主要出现在墨西哥 Taxco 矿区,在该区,浅成低温热液脉状萤石矿床部分地过渡到碳酸盐岩型萤石矿床;③浅成低温热液氟-铍矿床(低平火山口)。该类型萤石矿床在意大利的 Monte delle Fate 地区低平火山口和火山道中较发育,属火山-沉积浅成低温热液萤石矿床,这是一群靠近地表的更新世时期的伴随着湖相泥岩和粉砂岩的低温热液矿床;④与不整合有关的铅-铋-钨萤石矿床。(3)沉积矿床:①碳酸盐岩(MVT)中的层控铅-铋-钨萤石矿床,包括交代矿床(平卧层状矿床)。该类型矿床集中于美国的伊利诺斯州肯塔基萤石成矿区,灰岩提供了萤石矿床形成的有利条件。在那里,150~200 Ma 前的含有 F 的上升热卤水流经灰岩中的断层和裂缝,形成了世界级的萤石矿床;②碳酸盐岩(MVT)中的层控萤石天青石矿床。墨西哥北部科阿韦拉州碳酸盐岩型

天青石-萤石矿床,发育在白垩纪灰岩中,通常在低角度的断裂附近有水力压裂的证据,La Encantada 萤石矿床的流体被认为来源于海水蒸发;③残余的和卡斯特有关的萤石矿床;④洞穴充填的萤石和钙质结砾岩。

1.2 国内萤石矿床分类研究现状

中国萤石矿床分类研究起步较晚,20 世纪 60 年代初期才开始这方面的工作。随着工业发展,对萤石矿产品的需求日益增加,萤石矿地质勘查和矿山开发得到了较快发展,尤其是进入 20 世纪 80 年代以来,陆续勘查了一批大中型矿床,矿山开发也积累了比较丰富的经验,这些成果资料,促进了萤石矿床分类和成矿理论的研究。

20 世纪 60 年代初期,长春地质学院、成都地质学院和中南矿冶学院等院校的矿床学教材^[2],根据矿床产出的围岩条件及矿物共生组合特征,将中国萤石矿划分为硅酸盐岩中的萤石矿床和碳酸盐岩(或石灰岩)中的萤石矿床 2 类。前者以浙江或辽宁的脉状萤石矿床为代表,后者主要以美国伊利诺斯州肯塔基萤石矿作实例。

1982 年,全国地质资料局在“全国萤石资源概况”^[2]中,将中国萤石矿划分为 5 个类型:(1)火山岩系中的萤石型、石英-萤石型脉状矿床;(2)老变质岩系中的石英-萤石型脉状矿床;(3)灰岩中的萤石-重晶石型脉状矿床;(4)萤石型、方解石-萤石型层状矿床;(5)多金属-萤石型硫化矿床^[2]。

1982 年,蔡国祥^[2]以成矿物质来源为基础,结合矿床成矿地质条件,将全世界的萤石矿床划分为 4 大类,11 亚类。4 大类为:(1)岩控类矿床;(2)层控类矿床;(3)变层控类矿床;(4)表生矿床。

1987 年,曹俊臣^[5]根据矿床成因和赋矿岩石类型将中国萤石矿床划分为 3 种类型:(1)产于酸-中酸性岩浆岩及其接触带的矿床;(2)产于火山岩及次火山岩中的矿床;(3)产于碳酸盐岩或其他沉积岩、火山沉积岩中的矿床。其中产于碳酸盐岩或其他沉积岩、火山沉积岩中的矿床按其成因特征又可分为热水沉积矿床和交代(充填)矿床^[5]。

1989 年,吴自强等^[2]根据中国萤石矿床的基本地质特征,结合地质勘查和工业利用现状,依据以矿床成因为基础,工业意义为指导的原则,将中国萤石矿床划分为萤石矿床和伴生萤石矿床两大类

型。萤石矿床(或称单一萤石矿床)分为3个亚类:(1)硅酸盐岩石中的充填型脉状萤石矿床;(2)碳酸盐岩石中的充填交代型脉状、透镜状萤石矿床;(3)碳酸盐岩石中的层控型层状、似层状萤石矿床。伴生萤石矿床(或称综合萤石矿床)分为3个亚类:(1)铅锌硫化物伴生萤石矿床;(2)钨、锡多金属伴生萤石矿床;(3)稀土、铁伴生萤石矿床。

2001年,徐少康(化学矿产地质研究院,2001,内部资料)分析了中国萤石矿床的形成条件后,把中国萤石矿床划分为热液型和热水沉积型两大类型,各大类型又分为单一型和伴生型2个亚型。

2002年,国土资源部发布了《重晶石、毒重石、萤石、硼矿地质勘查规范》^[6],其萤石矿床类型沿用了1986年原全国矿产储量委员会制定的《萤石矿地质勘探规范》中萤石矿床的分类,划分的萤石矿床类型与前述1989年吴自强、谢从智萤石矿床分类结果相同,不再赘述。

中国在区域性的萤石矿床分类研究中,大多以矿床成因作为划分依据。如《浙江省萤石矿1:50万成矿远景区划说明书》将浙江省萤石矿分为4个类型:(1)火山热液充填矿床;(2)次火山热液充填矿床;(3)岩浆期后热液充填矿床;(4)岩浆期后热液交代矿床。由浙、鲁、苏、皖、赣、闽、粤等省联合进行的跨省成矿远景区划研究,将中国东南沿海中生代火山岩区的萤石矿划分为火山热液型和岩浆期后热液型2大类。

国内外萤石矿床的分类还没有比较一致的原则和标准,分类方法各种各样,如按围岩性质分类,按工业利用和萤石矿产出状态分类,按矿床成因分类,按矿床成因和赋矿岩石类型分类,按矿床成因和工业意义分类等。

德国Harald G Dill教授的棋盘格式分类方案比较新颖,把世界萤石矿床分为岩浆矿床、与构造有关的矿床、沉积矿床3大类,12个次级类型,也属于按产出状态分类,萤石矿床的成矿作用没有得到较好的体现,如中国内蒙古苏莫查干敖包萤石矿床的先沉积后改造的成矿作用也没有得到体现。

2 中国萤石矿床类型划分

2.1 中国萤石矿床类型划分

本次中国萤石矿床类型划分,其目的是为中

国萤石矿成矿规律研究和潜力预测服务。依据全国矿产资源潜力预测评价项目的要求,综合考虑萤石矿床的成因类型和工业类型,将中国萤石矿床划分为3种矿床类型,即沉积改造型、热液充填型和伴生型。

中国萤石矿床以沉积改造型和热液充填型为主,伴生型萤石矿床资源量大,但品位低,不具单独开采价值,只能在主矿种开采时综合利用,占次要地位。

以往萤石矿地质勘查工作中,江西省德安县金家洞、洪溪坂萤石矿床普查、详查报告、河北省平泉县双洞子地质勘探报告等认为所勘查矿床为热液充填交代型,胡建余(1997)也将江西省德安县金家洞萤石矿床归为低温热液充填交代型^[7]。由于报告和论文中未见到萤石交代碳酸盐岩的交代结构的照片、素描或详细描述,缺乏直接证据,本文在中国萤石矿床类型中暂未单列热液充填交代型矿床类型。

2.2 中国萤石矿床亚类型-矿床式的划分

2.2.1 沉积改造型、热液充填型萤石矿床亚类型-矿床式

沉积改造型、热液充填型萤石矿床是按成因划分的,每一种类型虽然从大的方面看,其成矿作用一致,但次一级的成矿条件、控矿因素即二级成矿要素则有较大差别。如同为热液充填型萤石矿床,甘肃省高台县七坝泉萤石矿、湖北省红安县华河萤石矿、福建省将乐县常口萤石矿的形成主要受侵入岩和断裂控制,赋矿围岩岩性与其形成关系不大。而浙江省武义县杨家萤石矿、安徽省宁国县庄村萤石矿的形成则主要受火山岩和断裂控制。

沉积改造型、热液充填型萤石矿床,根据相同或相似的二级成矿要素组合,进一步划分矿床亚类型-矿床式。

2.2.2 伴生型萤石矿床亚类型-矿床式

伴生型萤石矿床是从工业利用的角度划分的,伴生型萤石矿主要伴生于铁铌稀土、钨锡钼铋、铅锌、重晶石等主矿种,品位低,不具单独开采价值,只能在主矿种开采时综合利用。一些伴生萤石矿床的主矿种进行了成矿作用研究,但对所伴生的萤石的成矿条件和成矿作用还没有进行研究,本文按伴生主矿种进行矿床式的划分。

2.3 中国萤石矿床类型划分结果

根据上述萤石矿划分原则,中国萤石矿床划分

为沉积改造型、热液充填型和伴生型3个大类型11个矿床式(表1)。

3 中国各萤石矿床类型的矿床特征和成矿要素

3.1 沉积改造型萤石矿床的矿床特征和成矿必要要素

3.1.1 苏莫查干敖包式沉积改造型萤石矿床

典型矿床:内蒙古四子王旗苏莫查干敖包萤石矿、敖包吐萤石矿。

苏莫查干敖包萤石矿位于内蒙古四子王旗卫境苏木境内,经勘探提交萤石资源量(CaF_2)达1000万t, CaF_2 含量22%~86%,平均78%。该矿床是迄今为止中国发现的最大萤石矿床,也是迄今全球范围内找到的最大规模单一萤石矿床。

苏莫查干敖包式沉积改造型萤石矿均产于二叠系下统大石寨组三岩段灰岩中,为单一萤石矿床。萤石矿体呈层状和似层状产出,严格受结晶灰岩层位控制,萤石矿床外围见有燕山期侵入岩一似斑状花岗岩。

关于苏莫查干敖包萤石矿床的成因,有两种观点,一种认为与海相火山喷发活动有关,在火山喷发间歇期发生了碳酸盐岩和萤石沉积,并在其后的区域变质或热液活动过程中进一步改造富集成矿,属于沉积改造矿床^[8-10]。另一种观点则认为,成矿物质主要来源于附近的燕山期花岗岩,应属岩浆期后热液型萤石矿床^[11,12]。笔者认为;系统的野外观察和稀土元素分析等结果表明,该矿床的形成分为华力西期萤石矿层的沉积阶段和燕山期改造阶段,即本

表1 中国萤石矿床类型划分方案
Table 1 Division scheme of deposit types for fluorite deposits in China

重要性	矿床类型	矿床式(类型)	成矿必要要素组合	典型矿床	
主要	沉积改造型	苏莫查干敖包式 沉积改造型萤石矿	裂隙盆地+灰岩+海底火山喷发+ 褶皱(断裂)+岩浆活动	内蒙苏莫查干敖包 内蒙北敖包吐	
		晴隆式沉积改造型萤石矿	沉积盆地+灰岩+火山喷发活动+ 褶皱(断裂)	贵州晴隆大厂 云南富源老厂	
	热液充填型	七坝泉式 热液充填型萤石矿	侵入岩+断裂	甘肃七坝泉、内蒙七一山、 湖北红安华河、福建将乐常口、 河南嵩县陈楼、广东河源到吉	
		武义式热液充填型萤石矿	火山岩+断裂	浙江武义杨家、河北平泉郝家楼、 安徽宁国庄村、辽宁义县三宝屯	
		八面山式热液充填型萤石矿	灰岩+断裂+侵入岩	浙江常山八面山、 江西德安洪溪板	
		湖山式热液充填型萤石矿	火山岩+侵入岩(次火山岩) +断裂	浙江遂昌湖山	
		双江口式热液充填型萤石矿	侵入岩+断裂+灰岩(捕虏体)	湖南衡南双江口	
	重要	伴生型	白云鄂博式 铁铌稀土伴生萤石矿		内蒙古白云鄂博 铁铌稀土伴生萤石矿床
			柿竹园式 钨锡钼铋伴生萤石矿		湖南柿竹园 钨锡钼铋伴生萤石矿床
			桃林式铅锌伴生萤石矿		湖南桃林铅锌伴生萤石矿床
苦草坪式重晶石伴生萤石矿				重庆苦草坪 重晶石伴生萤石矿床	

矿床为沉积改造型矿床。

华力西晚期的造山运动在苏莫查干敖包到西里庙一带形成了裂陷盆地,强烈的中酸性火山喷溢活动不仅可以形成二叠系下统大石寨组火山-沉积岩地层中的流纹岩层,同时也产出有少量纹层状或条带状萤石堆积体。燕山中期,花岗质岩浆沿着有利构造部位上侵时,在构造薄弱地带,富含挥发性组分的热液沿特定构造部位运移,并且对二叠系下统大石寨组火山-沉积岩地层中的有用组分进行淋滤、萃取,形成富含氟离子或氟络合物的热水溶液,含氟混源热液流体对早期火山-沉积岩地层和萤石矿体进行了不同程度的改造,部分地段使其富集。

成矿必要要素组合:裂陷盆地+灰岩+海底火山喷发+褶皱(断裂)+岩浆活动。

3.1.2 晴隆式沉积改造型萤石矿床的矿床

典型矿床:贵州省晴隆县大厂萤石矿床、云南省富源县老厂萤石矿床。

晴隆县大厂萤石矿床为大厂锑矿共生矿床,分为后坡矿段、沙家坪矿段和必康矿段。经勘查提交萤石资源量(CaF_2)100多万t, CaF_2 含量30%~45%。

晴隆县大厂萤石矿与锑矿共生,主要赋存于二叠系茅口组灰岩侵蚀面之上的大厂层下段峨眉山玄武岩或与其相当的火山碎屑岩(凝灰岩)的特定层位中。萤石矿体呈似层状产出,其产状与地层产状一致,又受到断裂的破坏,萤石矿体的分布、产状与形态,受构造条件的明显控制。

对晴隆县大厂萤石矿床的成矿物质来源、矿床成因等关键问题目前存在着较大争议。有热液成因^[13]、热水沉积成因^[14]和沉积-改造成因^[15-19]3种观点。笔者认为:系统的野外观察和稀土元素分析表明,大厂萤石矿床宏观上受地层和岩性控制,地层中保留有原始沉积构造特征,矿层具有原始沉积的特征,背斜、断裂对矿层具有控制作用,该矿床应为沉积改造型矿床。

晚二叠世,老厂地区沦为滨海,形成海湾。在二叠系茅口组灰岩风化壳粘土岩之上沉积形成了一套条带状灰岩、硅质岩。伴随着强烈的火山喷发,大量火山喷射的汽液带来了丰富的氟,这些氟以络合物的方式搬运进入水盆,与海水中的 CaCO_3 反应或交代灰岩,生成萤石矿(源)层。由于构造运动,地下卤水流经萤石矿(源)层时,溶解原来形成

的萤石,形成含矿热卤水,这种含矿热卤水对部分沉积形成的萤石矿(源)层叠加改造,形成工业萤石矿体。同时,含矿热卤水流经褶皱滑脱部位或断裂破碎带时,沉淀形成脉状或囊状矿体。

成矿必要要素组合:沉积盆地+灰岩+火山喷发活动+褶皱(断裂)。

3.2 热液充填型萤石矿床

3.2.1 七坝泉式热液充填型萤石矿床

典型矿床:甘肃省高台县七坝泉萤石矿床、内蒙古额济纳旗东七一山萤石矿床、湖北省红安县华河萤石矿床、福建省将乐县常口萤石矿床、河南嵩县陈楼萤石矿床、广东河源县到吉萤石矿床。

七坝泉式热液充填型萤石矿床赋存于断裂和断裂带中,受断裂或断裂带控制,多呈脉状产出,为单一萤石矿床。其形成与侵入岩有关,尤其是燕山期侵入岩。据统计,七坝泉式热液充填型大型萤石矿床绝大多数与燕山期侵入岩有关,而与华力西期侵入岩有关的萤石矿床多为中小型。七坝泉式热液充填型萤石矿床对赋矿地层时代、岩性无依赖性。

侵入岩在遭受风化剥蚀之后,大气降水下渗,经循环加热成为地热水过程中,从岩石中淋滤汲取出 F^- 、 Ca^{2+} 等成矿组分,其上升与在浅部岩石中渗流的相对冷水不断混合,随着温度、压力降低,pH值升高,在这种环流活动的混合区内有利空间,萤石沉淀晶出,形成萤石矿^[20]。

成矿必要要素组合:侵入岩+断裂。

3.2.2 武义式热液充填型萤石矿床

典型矿床:浙江武义杨家、河北平泉郝家楼、安徽宁国庄村、辽宁义县三宝屯。

浙江省武义县杨家萤石矿是一大型矿床,萤石资源量(CaF_2)近200万t, CaF_2 含量52%。

杨家萤石矿床所在武义萤石矿田位于陈蔡—遂昌隆起带中段上叠式的武义断陷盆地,萤石矿床赋存于断裂和断裂带中,矿体受主断裂带控制,矿体的产状与断裂带一致。矿体围岩为燕山期火山岩、火山碎屑岩等。浙江省武义地区萤石矿所在武义盆地的基底为前寒武系陈蔡群,是一套泥岩、硬砂岩夹中-酸性火山岩组成的地槽型建造,已变质形成片麻岩类、片岩类、变粒岩类等岩石。

包括杨家萤石矿在内的武义地区萤石矿区已

有不少研究成果。对该区萤石矿床的成因有2种认识:一种认为,这些萤石矿床在成因上与火山热液有关,属火山或次火山热液矿床^[21];另一种认为,这些萤石矿床的形成主要与古地热水环流汲取作用有关^[22,23]。笔者认为,本区萤石矿床均充填于断裂破碎带中,赋矿围岩是上侏罗统和下白垩统火山碎屑岩,萤石矿成矿年龄比赋矿围岩成岩年龄滞后20~75 Ma,其形成与次火山热液无直接关系。成矿物质主要来源于盖层火山碎屑岩和基底变质岩,矿体受断裂破碎带控制,成矿流体是大气降水。本区萤石矿床为燕山期低温热液矿床,其成矿作用与地热水环流汲取作用有关。

当大气降水沿断裂构造渗流到深部,随着地热增温和区域构造活动的热效应而被加热,同时,在渗流途中不断溶滤汲取出盖层火山碎屑岩和基底变质岩中的F⁻、Ca²⁺等成矿组分成为富氟热液向上运移,经过深部循环加热上升的富氟(和钙)热水与在浅部富钙红层和火山岩中渗流形成的相对富氟(和钙)的“冷水”不断混合,当温度、压力降低,pH值升高时,在这种环流活动的混合区内有利空间导致了萤石沉淀。

成矿必要要素组合:火山岩+断裂。

3.2.3 八面山式热液充填型萤石矿床

典型矿床:浙江省常山县八面山萤石矿床、江西省德安县洪溪坂萤石矿床。

八面山萤石矿床主要分布在岩前花岗岩体旁侧的寒武系泥质灰岩和灰岩地层中,按矿体赋存状态可分为产于寒武系泥质灰岩、灰岩中的矿体和产于构造带中的矿体,前者呈层状、似层状、透镜状,产状与围岩一致,后者呈脉状。

洪溪坂萤石矿床赋存于奥陶系中统汤山组瘤状灰岩、泥质条带灰岩、纯灰岩及围岩裂隙中。产于灰岩中的矿体多呈似层状、扁豆状;产于断裂破碎带中的矿体呈脉状、透镜状。

八面山式萤石矿床的最大共有特征是均赋存于灰岩中,灰岩对该类型矿床的形成具有控制作用。断裂也是该类型矿床形成的必要要素,是热液萃取灰岩中的F而形成含矿热卤水的运移通道和储集场所。

八面山式萤石矿床的成因有充填交代^[24,25]、热液充填^[26]和沉积改造^[27]3种观点,笔者暂按热液充填型讨

论。在寒武纪即形成矿源层,燕山期由于岩浆侵入,含矿热液萃取矿源层中的F⁻、Ca²⁺,在接触带、层间破碎带和断裂中沉淀、充填形成中低温热液萤石矿床。

成矿必要要素组合:灰岩+断裂+侵入岩。

3.2.4 湖山式热液充填型萤石矿床

典型矿床:浙江省遂昌县湖山萤石矿床。

湖山热液充填型萤石矿床赋存于断裂和断裂带中,矿体受断裂带控制,其产状与断裂带一致。萤石矿的围岩为侏罗系上统、白垩系下统火山岩、火山碎屑岩、砂砾岩、泥质粉砂岩等。萤石矿体多赋存于燕山期侵入岩-花岗斑岩与侏罗系上统、白垩系下统火山岩、火山碎屑岩、砂砾岩、泥质粉砂岩的接触带中,该热液充填型萤石矿床的形成与燕山期侵入岩、燕山期的火山岩、火山碎屑岩及断裂有关。

燕山运动早中期,该区形成了火山断陷盆地并沉积了一套火山碎屑岩、陆缘碎屑岩。由于地下水的循环作用,使火山碎屑岩、钾长花岗斑岩中的Ca²⁺、F⁻等离子溶解于地下水中,形成了含矿溶液。燕山晚期,区域性构造运动使盆地内部形成了张性、张扭性断裂,成矿溶液运移并集中充填于断裂带中,形成湖山萤石矿床。

成矿必要要素组合:火山岩+侵入岩(次火山岩)+断裂。

3.2.5 双江口式热液充填型矿床

典型矿床:湖南省衡南县双江口萤石矿床。

双江口式萤石矿床赋存于燕山期花岗岩体的构造破碎带中,矿体呈脉状,严格受断裂破碎带控制。该类型萤石矿床的形成受燕山期花岗岩体和构造破碎带的控制,同时还受到灰岩的制约。当萤石矿体所在的破碎带较宽,而且附近又有泥盆系中统棋梓桥组灰岩捕虏体时,则矿体厚且品位高;当破碎带狭窄,附近没有棋梓桥组灰岩捕虏体时,则矿体薄而且品位低,甚至尖灭^[28]。

成矿必要要素组合:侵入岩+断裂+灰岩(捕虏体)。

3.3 伴生型萤石矿床

3.3.1 白云鄂博式铁铈稀土伴生萤石矿床

典型矿床:内蒙古白云鄂博式铁铈稀土伴生萤石矿床。

白云鄂博铁铈稀土伴生萤石矿床,萤石为伴生矿产,铁铈稀土和伴生萤石矿体均赋存于震旦纪至奥陶纪白云鄂博群H8岩段中,受白云鄂博群H8岩

段白云岩控制。萤石呈星散状、条带状存在于白云岩中,萤石含量:高品位铁矿石中在10%以下,中品位萤石型铁矿石中为10%~18%,低品位萤石型铁矿石中为15%~24%。

3.3.2 柿竹园式钨锡钼铋伴生萤石矿床特征

典型矿床:湖南省郴县柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿床。

柿竹园式钨锡钼铋伴生萤石矿床,萤石为伴生矿产。矿床赋存于千里山岩体与泥盆系上统余田桥组泥质条带灰岩的内外接触带。萤石主要呈不规则粒状分布于整个矿床各种矿石类型中,含量一般在10%~20%。经勘探,提交并经批准的表内+表外D级萤石(CaF_2)资源量达7000多万t。

3.3.3 桃林式铅锌伴生萤石矿

典型矿床:湖南省临湘县桃林铅锌伴生萤石矿床。

桃林热液充填型铅锌伴生萤石矿赋存于燕山期花岗岩与板溪群变质岩接触带附近的破碎带中,矿体呈脉状。在破碎强烈地段,含矿率较高,而在破碎轻微地段,含矿率较低,或不含矿。该类型萤石矿床的形成受燕山期侵入花岗岩和破碎带控制。

3.3.4 苦草坪式重晶石伴生萤石矿

典型矿床:重庆市彭水县郁山萤石重晶石矿区苦草坪矿床。

苦草坪热液充填型重晶石(共)伴生萤石矿体赋存于奥陶系下统红花园组和桐梓组地层内的北北西向断裂中。矿体呈脉状,其形成受成矿断层和容矿地层的控制。萤石重晶石矿床产于奥陶系下统红花园组灰岩和奥陶系下统桐梓组五段、六段灰岩的断裂中,受层位控制明显,而在桐梓组五段、六段之下的层位和红花园组之上的大湾组,未见矿体形成。矿体围岩为奥陶系下统红花园组灰岩和奥陶系下统桐梓组五段、六段灰岩,萤石、重晶石矿主要产于较纯的生物碎屑灰岩内,少数与白云质灰岩及泥质灰岩有关。在红花园组之上的大湾组页岩中则未能形成矿体,萤石重晶石矿体的形成受灰岩岩性控制。

4 中国萤石矿床类型分布特征

中国萤石矿床类型分布见图1,分述如下:

4.1 沉积改造型萤石矿床

沉积改造型萤石矿床是中国主要的矿床类型,

仅分布于内蒙古、贵州和云南省。主要产于天山—兴蒙造山系、扬子陆块区西部^[29]。

产于天山—兴蒙造山系的沉积改造型萤石矿床位于内蒙四子王旗萤石矿成矿区,形成时期为华力西期(二叠纪)和燕山期,经过勘查的沉积改造型萤石矿床2处,四子王旗苏莫查干敖包萤石矿床资源量达1000万t,是中国特大型萤石矿床。

产于扬子陆块区西部的沉积改造型萤石矿床位于滇东南—黔西南萤石矿成矿带,形成于华力西期(二叠纪)和燕山期。经过勘查的沉积改造型萤石矿床4处,为中小型萤石矿。典型矿床有贵州省晴龙县大厂萤石矿。

4.2 热液充填型萤石矿床

热液充填型萤石矿是中国主要的矿床类型,分布广泛。主要分布于东南沿海浙江、福建、江西等省。

热液充填型萤石矿主要产于武夷—云开—台湾造山系、扬子陆块区、华北陆块区、秦祁昆造山系、天山—兴蒙造山系和塔里木陆块区。燕山期是热液充填型萤石矿床形成的主要时期,其次为华力西期。华力西期形成的萤石矿床主要分布于甘肃省中部一带。

武夷—云开—台湾造山系萤石矿床数量多、规模大。包括浙中、粤东—闽北、粤北—湘南、桂南萤石矿成矿带。经过勘查的矿床110处,多为大中型矿床。查明资源量约2300万t。典型矿床有浙江省武义县杨家萤石矿床、浙江省遂昌县湖山萤石矿床、福建省将乐县常口萤石矿床、湖南省衡南县双江口萤石矿床等。

产于扬子陆块区的萤石矿床主要属于皖南—赣北、渝南—贵北、滇东南—黔西萤石矿成矿带。经过勘查的热液充填型萤石矿床43处,皖南—赣北萤石成矿带多为大中型,渝南—贵北、滇东南—黔西萤石成矿带多为小型矿床。典型矿床有浙江省常山县八面山萤石矿区高坞山萤石矿床、江西省德安县洪溪板萤石矿床等。

产于华北陆块区的萤石矿床主要位于冀北—辽西、鲁东、豫南萤石成矿带,经过勘查的热液充填型萤石矿床37处,以大中型为主。典型矿床有河北省平泉县郝家楼萤石矿床、河南省嵩县陈楼萤石矿床等。

产于秦祁昆造山系的萤石矿床主要位于高台—

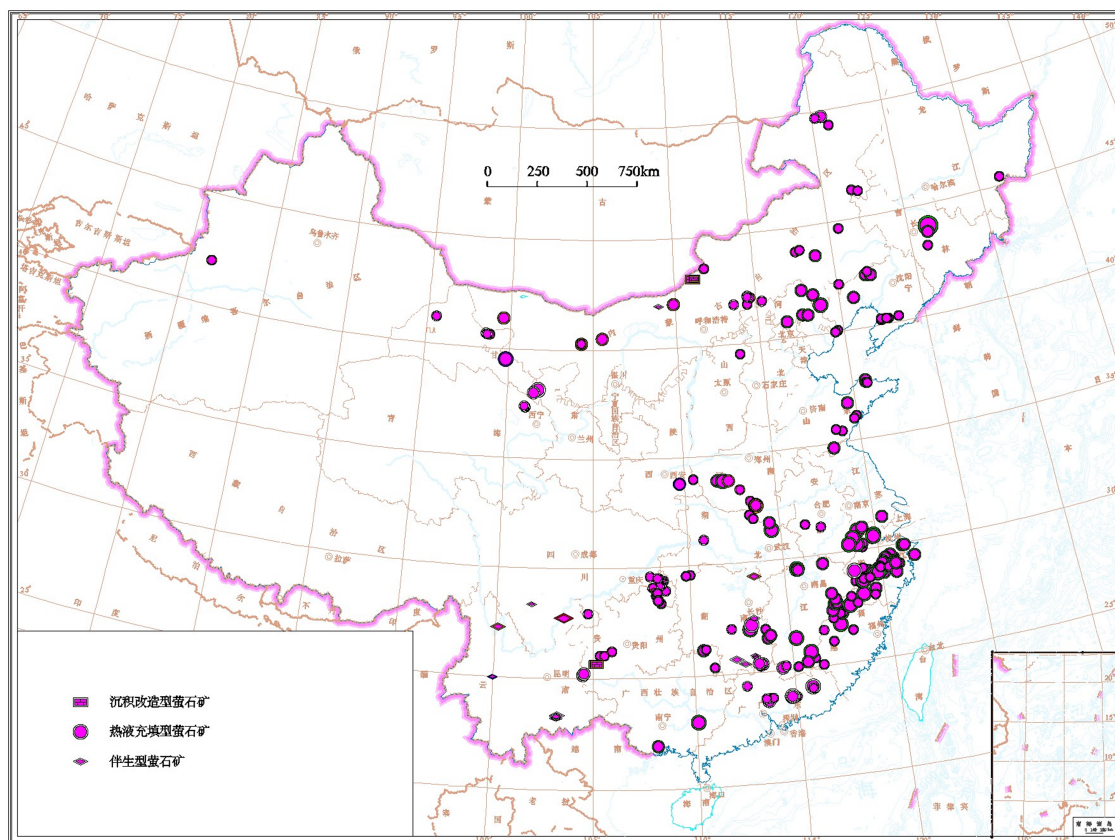


图1 中国萤石矿床类型分布图

Fig.1 Distribution of deposit types for fluorite deposits in China

阿左旗、鄂东北萤石成矿带,经过勘查的热液充填型萤石矿床6处,以大中型为主,典型矿床:甘肃省高台县七坝泉萤石矿床、湖北省红安县华河萤石矿床。

产于天山—兴蒙造山系热液充填型萤石矿床主要位于内蒙东部萤石成矿带。经过勘查的热液充填型萤石矿床10处,以中小型为主,典型矿床有内蒙古自治区巴林右旗苏达勒萤石矿。

产于塔里木陆块区的热液充填型萤石矿床位于金塔—鄂济纳旗萤石矿成矿带。经过勘查的热液充填型萤石矿床5处,以中小型为主,典型矿床有内蒙古自治区额济纳旗七一山萤石矿。

4.3 伴生型萤石矿床

伴生型萤石矿床系伴生于其他金属矿或稀土矿的萤石矿床。这种萤石矿品位低,不具单独开采价值,但资源量巨大,在主矿种开采时可综合回收利用。

中国经过勘查的伴生萤石矿18处,矿床数少,但资源量大,主要分布于湖南省东部、南部和云南

省南部及内蒙古白云鄂博一带。所处大地构造位置为武夷—云开—台湾造山系、扬子陆块区和华北陆块区。

产于武夷—云开—台湾造山系的伴生型萤石矿床主要分布于湖南省东部、南部,经过勘查的伴生型萤石矿床5处,其中大型2处,湖南省郴县柿竹园钨锡钼铋矿伴生萤石矿资源量达7000多万t,是该类型典型矿床。

产于扬子陆块区的伴生型萤石矿床主要分布于云南省南部,经过勘查的伴生型萤石矿床10处,为中小型萤石矿,为铅锌铜锡等多金属矿伴生矿。

产于华北陆块区的伴生型萤石矿床主要分布于内蒙古白云鄂博一带,典型矿床为内蒙古自治区白云鄂博铁铌稀土伴生萤石矿。该铁铌稀土矿产于寒武系—奥陶系白云岩—灰岩岩系中,萤石含量(CaF_2)10%~24%,主矿、东矿段萤石资源量估计3000多万t(未见批准萤石资源量)。

致谢:中国萤石矿床类型划分是“全国矿产资

源潜力评价”项目中“全国化工矿产资源潜力评价”工作项目“中国萤石矿成矿规律研究”的部分成果。“中国萤石矿成矿规律研究”是在“全国矿产资源潜力评价”项目的统一组织和指导下完成的,得到了叶天竺、陈毓川、王瑞江、王登红等专家的指导。“中国萤石矿成矿规律研究”报告成稿后,中化地质矿山总局地质研究院韩鹏高级工程师、邓小林教授级高级工程师、中化地质矿山总局教授级高级工程师王炳铨、李艳双,中国地质科学院矿产资源研究所研究员徐志刚、盛继福进行了认真审阅,提出了许多宝贵意见,特致谢意。

参考文献(References):

- [1] (苏)A. N. 列别金采夫. 萤石矿床类型和勘探方法[J]. 中国地质, 1960, (4): 37-44.
(The Soviet Union) A. N. Lebedintsev. The types and exploration methods of fluorite deposit[J]. *Geology in China*, 1960, (4): 37-44 (in Chinese).
- [2] 吴自强, 谢从智, 等. 中国萤石矿床地质与勘探[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 28-40.
Wu Ziqiang, Xie Congzhi, et al. *China Fluorspar Deposit Geology and Exploration*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 28-40(in Chinese).
- [3] S. J. 莱方德, 等. 工业矿物和岩石[M](第四版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1983: 195-217.
Stanley J. Lefond, et al. *Industrial Minerals and Rocks*(4th edition)[M]. Beijing: China Building Industry Press, 1983: 195-217 (in Chinese).
- [4] Harald G. Dill. The “chessboard” classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium[J]. *Earth-Science Reviews*, 2010, (100): 1-40, 252-260.
- [5] 曹俊臣. 中国萤石矿床分类及其成矿规律[J]. 地质与勘探, 1987, (3): 12-17.
Cao Junchen. The classification and minerrogenic regularity of fluorite deposits in China[J]. *Geology and Prospecting*, 1987, (3): 12-17(in Chinese with English abstract).
- [6] 国土资源部. 重晶石、毒重石、萤石、硼矿地质勘查规范[M]. 北京: 地质出版社, 2003: 1-28.
Ministry of Land and Resources of People's Republic of China. *Specification for Barite, Withrite, Fluorite and Boron Mineral Exploration*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003: 1-28 (in Chinese).
- [7] 胡建余. 德安县金家洞萤石矿床地质特征[J]. 江西地质科技, 1997, 24(3): 107-110.
Hu Jianyu. Geological characteristics of Jinjiadong fluorite deposit in Dean County [J]. *Geological Science and Technology of Jiangxi*, 1997, 24(3): 107-110(in Chinese with English abstract).
- [8] 李士勤. 火山作用形成的特大型沉积萤石矿床[J]. 地质与勘探, 1985, 21(1): 30-31.
Li Shiqin. Gigascope sedimentary fluorite deposit formed by volcanism[J]. *Geology and Prospecting*, 1985, 21(1): 30-31(in Chinese).
- [9] 曹俊臣. 中国矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 314-340.
Cao Junchen. *Mineral Deposits of China*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 314-340(in Chinese).
- [10] 曹俊臣. 中国萤石矿床稀土元素地球化学及萤石的矿物物理特征[J]. 地质与勘探, 1997, 33(2): 18-23.
Cao Junchen. Geochemistry of REE of fluorite deposit and physical properties of fluorite mineral in China[J]. *Geology and Prospecting*, 1997, 33(2): 18-23(in Chinese with English abstract).
- [11] 王万昌, 杨宝善, 张绍平. 苏莫查干敖包—西里庙萤石矿床地质特征及成矿地质作用探讨[J]. 内蒙古地质, 1986, (1): 20-30.
Wang Wanchang, Yang Baoshan, Zhang Shaoping. Geological features and mineralization process of Sumoqagan Obo superlarge independent fluorite deposit, Inner Mongolia [J]. *Inner Mongolia Geology*, 1986, (1): 20-30(in Chinese).
- [12] 许东青, 聂凤军, 钱明平, 等. 苏莫查干敖包超大型萤石矿床的稀土元素地球化学特征及其成因意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(1): 29-41.
Xu Dongqing, Nie Fengjun, Qian Huping, et al. REE geochemistry and genesis of Sumochagan Obo superlarge fluorite deposit[J]. *Mineral Deposits*, 2009, 28(1): 29-41(in Chinese with English abstract).
- [13] 蔡华君, 张宝贵, 李院生. 辉铋矿—萤石共生矿床中萤石的稀土元素地球化学[J]. 地质地球化学, 1996, (2): 103-106.
Cai Huajun, Zhang Baogui, Li Yuansheng. REE geochemistry of fluorite in antimonite—luorite associated mineral[J]. *Geology and Geochemistry*, 1996, (2): 103-106(in Chinese).
- [14] 李明道. 一个热水沉积铋矿床—以贵州晴隆大厂铋矿床为例[J]. 贵州地质, 2008, 25(1): 26-40.
Li Mingdao. A kind of hydrothermal sedimentation antimony deposit—Taking the Dachang antimony deposit in Qinglong, Guizhou as the example[J]. *Guizhou Gology*, 2008, 25(1): 26-40 (in Chinese with English abstract).
- [15] 廖善友, 胡涛. 贵州晴隆大厂铋矿床控矿条件及成矿机制[J]. 贵州地质, 1990, 2(3): 229-236.
Liao Shanyou, Hu Tao. Ore—controlling conditions and ore—forming mechanism of the Dachang antimony deposit in Qinglong, Guizhou Province[J]. *Guizhou Geology*, 1990, 2(3): 229-236(in Chinese with English abstract).
- [16] 陈豫, 刘秀成, 张启厚. 贵州晴隆大厂铋矿床成因探讨[J]. 矿床地质, 1984, (3): 1-12.
Chen Yu, Liu Xiucheng, Zhang Qihou. A tentative discussion on

- the genesis of the Dachang antimony deposits, Qinglong County, Guizhou Province[J]. *Mineral Deposits*, 1984, (3): 1-12(in Chinese with English abstract).
- [17] 陈代演. 滇东黔西主要层控锑汞矿床稳定同位素研究[J]. *贵州地质*, 1991, (3): 227-240.
- Chen Daiyan. A Research on stable isotopes of major strata-bound Sb-Hg ore deposits in eastern Yunnan and western Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 1991, (3): 227-240(in Chinese with English abstract).
- [18] 周德忠, 杨国桢, 毛健全. 贵州晴隆大厂火山沉积-构造改造锑矿床地质特征及成因分析[J]. *贵州工学院学报*, 1980, (1): 1-18.
- Zhou Dezhong, Yang Guozheng, Mao Jianquan. Analysis on geological features and origin of Qinglong Dachang volcanic edimentary-tectonic reworking stibium deposit in Guizhou [J]. *Journal of Guizhou University of Technology*, 1980, (1): 1-18(in Chinese).
- [19] 曹俊臣, 李本超, 李新安, 等. 层控萤石矿床地球化学[C]//涂光焱, 等. 中国层控矿床地球化学(第二卷). 北京: 科学出版社, 1987: 224-259.
- Cao Junchen, Li Benchao, Li Xinan, et al. Geochemistry of Strata Bound Fluorite Deposit[C]//Tu Guangchi, et al (eds.). *Geochemistry of Strata Bound Deposit of China (Vol.2)*. Beijing: Science Press, 1987: 224-259(in Chinese).
- [20] 李长江, 蒋叙良. 中国东南部两类萤石矿床的成矿模式[J]. *地质学报*, 1991, 65(3): 263-273.
- Li Changjiang, Jiang Xuliang. The minerogenetic model of two types of fluorite deposits in southeast China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1991, 65(3): 263-273(in Chinese with English abstract).
- [21] 张惠堂, 杨耕东, 张存威. 试论武义地区萤石矿床特征及其成因[J]. *成都地质学院学报*, 1984, (1): 13-22.
- Zhang Huitang, Yang Gengdong, Zhang Cunwei. Discussion on the features and origin of fluorite deposit in Wuyi district[J]. *Journal of Chengdu College of Geology*, 1984, (1): 13-22(in Chinese).
- [22] 章永加. 浙江武义盆地萤石矿成因分析[J]. *成都理工学院学报*, 1996, 123(4): 46-49.
- Zhang Yongjia. An analysis for the genesis of the fluorite deposits in Wuyi basin, Zhejiang[J]. *Journal of Chengdu Institute of Technology*, 1996, 123(4): 46-49 (Chinese with English abstract).
- [23] 韩文彬, 张文育, 黄文明, 等. 浙江武义萤石矿田同位素地球化学研究[J]. *地球化学*, 1992, (4): 354-365.
- Han Wenbin, Zhang Wenyu, Huang Wenming, et al. Isotope geochemistry of fluorite deposits in Wuyi ore field, Zhejiang Province[J]. *Geochimica*, 1992, (4): 354-365(Chinese with English abstract).
- [24] 袁德丰, 郑兴泉, 陈荫, 等. 浙江省常山县八面山矿区萤石及钨、锡多金属成矿地质特征[J]. *化工矿产地质*, 2005, 27(3): 139-149.
- Yuan Defeng, Zheng Xingquan, Chen Yin, et al. Geologic features of fluorite W, Sn, and polymetal mineration of Bamianshan mine in Changshan, Zhejiang[J]. *Geology of Chemical Minerals*, 2005, 27(3): 139-149(Chinese with English abstract).
- [25] 何华军, 汪隆武, 刘友华. 八面山接触交代型萤石矿地质特征及找矿方向[J]. *铜业工程*, 2008, (2): 18-22.
- He Huajun, Wang Longwu, Liu Youhua. The characteristics and prospecting direction of Bamianshan metasomatic fluorite deposit[J]. *Copper*, 2008, (2): 18-22(Chinese with English abstract).
- [26] 夏学惠, 徐少康, 严生贤, 等. 浙江八面山特大型萤石矿床成因研究[J]. *化工矿产地质*, 2009, 31(2): 65-75.
- Xia Xuehui, Xu Shaokang, Yan Shengxian, et al. Studies on genesis of unique fluorite deposit in Bamianshan Zhejiang Province[J]. *Geology of Chemical Minerals*, 2009, 31(2): 65-75 (Chinese with English abstract).
- [27] 夏学惠, 韩豫川, 连卫, 等. 浙江八面山特大型萤石矿床的沉积成矿特征[J]. *沉积学报*, 2010, 28(6): 1175-1181.
- Xia Xuehui, Han Yuchuan, Lian Wei, et al. Sedimentary genesis feature of Bamianshan unusual large fluorite deposit in Zhejiang Province[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(6): 1175-1181 (Chinese with English abstract).
- [28] 刘昌福. 湖南双江口萤石矿床特征、控矿因素及找矿标志[J]. *中国矿业*, 2007, 16(8): 96-98.
- Liu Changfu. The geological characters and the factors of controlling ores and the prospecting direction of fluorite deposits of Shuangjiangkou in Hunan[J]. *China Mining Magazine*, 2007, 16(8): 96-98(Chinese with English abstract).
- [29] 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等. 中国大地构造单元划分[J]. *中国地质*, 2009, 36(1): 5-28.
- Pan Guitang, Xiao Qinghui, Lu Songnian, et al. Division of tectonic units in China[J]. *Geology in China*, 2009, 36(1): 5-28 (in Chinese with English abstract).

The classification of fluorite deposits in China

WANG Ji-ping¹, SHANG Peng-qiang¹, XIONG Xian-xiao²,
YANG Hui-yan¹, TANG Yao²

(1. *Geological Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Zhuozhou 072750, Hebei, China;*
2. *China Taian Geological Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing 100013, China*)

Abstract: The fluorite deposits have been divided into three types, i.e., sedimentary-reformation type, hydrothermal fluid filling type and accompanying type on the basis of studying ore-forming process of the ore deposits and synthesizing their genetic types and industrial types. Based on an analysis of the ore-forming conditions, ore control factors and mineralization of characteristic fluorite deposits, this paper summarizes metallogenic factors. And then the sedimentary-reformation deposits and hydrothermal fluid filling deposits have been divided into subtypes. The sedimentary-reformation deposits are classified into two deposit types, the hydrothermal fluid filling deposits into five deposit types and accompanying deposits into four deposit types according to principal commodity. Ore-forming geological background, ore-forming conditions, deposit features, ore-control factor and mineralization of each deposit type are analyzed, and the secondary and necessary factors of mineralization are summarized.

Key words: China; fluorite deposit; type; ore-forming factors

About the first author: WANG Ji-ping, male, born in 1955, professor, mainly engages in the study of geology of ore deposits;
E-mail: wangjiping66@163.