

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 Jiping, Shang Pengqiang, Xiong Xianxiao, et al. Metallogenic regularities of fluorite deposits in China[J]. *Geology in China*, 2015, 42(1): 18–32(in Chinese with English abstract).

中国萤石矿床成矿规律

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:在萤石矿床类型划分的基础上, 根据萤石矿床的大地构造背景、分布特征、成矿条件和控矿因素, 文章划分了中国萤石矿床的成矿区带, 并对每一个成矿区带的成矿特征做了简述; 总结了我国萤石矿床成矿规律。中国萤石矿床集中分布于北部和东南部, 断裂是各种矿床类型共有的必要成矿要素。沉积改造型萤石矿床的形成与灰岩和火山岩有关; 与萤石矿床形成有关的侵入岩绝大部分为燕山期侵入岩; 无论是沉积改造型、热液充填型还是伴生型萤石矿床, 大型、特大型萤石矿床的形成多与灰岩有关。同时具备灰岩、燕山期侵入岩和断裂成矿三要素的矿床多为大型、特大型萤石矿床。中国萤石矿床的形成集中于燕山期。

关键词:中国 萤石矿床 成矿区带 成矿规律

中图分类号: P619.21*5 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2015)01-0018-15

Metallogenic regularities 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. *General Institute of Chemical Geology Survey of China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing 100013, China*)

Abstract: Based on the classification of fluorite deposits, this paper divides the metallogenic units of fluorite deposits, and briefly describes ore-forming features of every unit according to the geotectonic background, distribution features, ore-forming conditions and ore-controlling factors. In addition, the metallogenic regularities of fluorite deposits in China are summarized. Fluorite deposits are mainly distributed in northern and southeastern China. The faulted fractures constitute the common and essential ore-forming factor. The deposition-reformation type fluorite deposits are genetically related to limestone and volcanic rocks. The most intrusive rocks related to the formation of fluorite deposits belong to Yanshanian period. Most deposition-reformation, hydrothermal-reformation, associated, large and gigantic fluorite deposits are genetically related to limestone. The deposits with three ore-forming elements of limestone, Yanshanian intrusive rocks and faulted fractures are generally large or gigantic fluorite deposits. Fluorite deposits in China were mainly formed in Yanshanian period.

Key words: China; fluorite deposits; metallogenic units; metallogenic regularity

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.com.

收稿日期: 2014-01-09; 改回日期: 2014-05-27

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。

萤石矿是中国的优势矿产,也是重要的国家战略资源。近年,随着中国氟化工产业的快速发展及萤石应用领域的不断扩展,对萤石矿产的需求呈现快速增长的态势。开展萤石矿成矿规律及找矿方向研究,对于指导找矿和进行科学规划部署具有重要的现实意义。

1 中国萤石矿资源禀赋特征

中国萤石矿床分布广泛,除天津、上海、宁夏部分省市外,其余省市均有分布,主要分布于浙江、内蒙古、湖南、江西、福建、河南等省区。大中型萤石矿床集中于东部沿海、华中和内蒙古中东部^[1]。

中国萤石矿床规模以大中型为主。据统计,截至2011年底,已勘查的743处萤石矿床中,大型矿床46处,中型142处,大中型矿床数量占25%,大中型矿床查明资源量占总资源量的87%。

中国萤石矿床按产出状态分为单一萤石矿床和伴生萤石矿床。单一萤石矿床是目前正在开发利用的萤石矿,主要分布于内蒙、浙江、江西、福建等省。伴生萤石矿主要分布于湖南、内蒙、云南和江西等省,虽然资源量大,但因是钨、锡、铅锌矿、铁的伴生矿,品位多小于26%,只能在其主矿产开发时综合回收利用,受主矿种开发利用的制约。

中国萤石矿资源分布广,查明资源量较多,基本特点归纳如下:

(1)萤石资源丰富,是中国的优势矿产。据统计,截至2011年,世界探明的萤石储量2.3亿t,中国萤石储量2400万t,次于南非、墨西哥,居世界第三位。

(2)勘查程度相对较低。截至2011年底,已勘查的743处萤石矿床中,226处达到详查、勘探阶段,其余为普查、预查阶段。

(3)分布相对集中。已勘查的743处萤石矿床,分布在全国27个省、区、市,但基础储量主要集中于内蒙古、浙江、江西、福建、湖南等省区,这些省区萤石矿床数约占全国萤石总矿床数的53%,基础储量约占全国萤石总基础储量的79%。

(4)单一型高品质萤石矿床数多,储量少,伴(共)生型矿床数少,储量大^[2]。据统计,截至2011年底,已勘查的743处萤石矿床中,单一萤石矿701处,占总资源量的57.16%;伴生萤石矿42处,占总资源量的42.84%。

(5)富矿少,贫矿多。统计表明,单一萤石矿床CaF₂平均含量54%。CaF₂含量大于65%的富矿仅4435万t。这些高品位富矿主要分布在浙江、湖北、内蒙古等省区,分布不平衡。

(6)伴生萤石矿CaF₂含量一般在26%以下,主要分布于湖南、云南两省,其他省份很少(内蒙古白云鄂博铁铌稀土矿,伴生萤石未计算资源量)。

2 中国萤石矿床类型划分

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,参考前人对中国萤石矿床分类的研究,综合考虑萤石矿床的成因类型和工业类型,笔者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。根据相同或相似的二级成矿要素组合,进一步划分出11个矿床亚类型-矿床式(表1)^[3]。

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。

3 中国萤石矿成矿区带及其特征

按照《重要矿产和区域成矿规律研究技术要求》^[4]对成矿区带划分和研究的要求及原则,参照区域成矿规律研究项目组提出的《中国成矿区带划分方案》^[5]中全国I、II、III级成矿区带划分成果和地质背景研究项目组提出的《中国大地构造单元划分》^[6]方案,在划分的II级成矿区带成矿省的基础上,结合全国III级成矿区带和中国大地构造单元划分,并考虑萤石矿成矿条件和分布特征,提出中国萤石矿III级成矿区带划分方案。

3.1 萤石矿III级成矿区带划分原则及划分结果

3.1.1 成矿区带划分原则及分级^[4,7]

(1)遵循《全国重要矿产和区域成矿规律研究技术要求》中提出的成矿区带划分原则:

①区域矿产空间分布的集中性和区域成矿作用的统一性;

②成矿区(带)与矿床成矿系列的对应关系;

③地球化学场、地球物理场资料对厘定成矿区(带)的边界有参考意义。

表 1 中国萤石矿床类型划分方案(据文献[3]修改)

Table 1 Division scheme for types of fluorite deposits in China (modified after reference [3])

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	裂陷盆地+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	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	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	灰岩+断裂+侵入岩	浙江常山八面山、江西德安洪溪板	
		湖山式	火山岩+侵入岩(次火山岩)+断裂	浙江遂昌湖山	
		双江口式	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
			柿竹园式 钨锡钼铋伴生萤石矿		湖南柿竹园
			桃林式 铅锌伴生萤石矿		湖南桃林
苦草坪式 重晶石伴生萤石矿				重庆苦草坪	

(2)萤石矿Ⅲ级成矿区带一般不跨全国二级构造单元和成矿省。

(3)综合考虑Ⅲ级构造单元、全国成矿区带与萤石矿矿集区三者之间的关系。

3.1.2 成矿区带分级及命名

(1)萤石矿所在的Ⅰ、Ⅱ级成矿区带名称及编号采用全国统一的编号；

(2)Ⅲ级成矿区带以地理要素为主进行命名；

(3)为与其他单矿种及全国综合成矿区带区分,萤石矿Ⅲ级成矿区带编号上加符号“F”表示萤石矿成矿区带。

3.1.3 全国萤石矿床Ⅲ级成矿区带划分结果

根据以上萤石矿划分原则,全国共划分出15个萤石矿Ⅲ级成矿区带(图1)。

3.2 全国萤石矿床Ⅲ级成矿区带特征简述

(1)金塔—额济纳旗萤石矿成矿带(ⅢF-1)

位于甘肃省金塔县—内蒙古自治区额济纳旗一带,呈东西向展布。属古亚洲成矿域塔里木成矿省。

大地构造单元属塔里木陆块区(Ⅲ)敦煌陆块(Ⅲ-2)柳园裂谷(Ⅲ-2-1)。

成矿带内已发现热液充填型萤石矿床5处,其中中型1处,其余为小型矿床。

典型矿床:内蒙古自治区额济纳旗七一山萤石矿。矿床赋存于海西期花岗岩与志留系大理岩内外接触带,矿体呈脉状, CaF_2 76.49%~91.89%^[8]。

(2)河西走廊萤石矿成矿带(ⅢF-2)

位于甘肃省高台县—永昌县一带,呈NW-SE向展布,属秦祁昆成矿域阿尔金—祁连(造山带)成矿省。

大地构造单元属秦祁昆造山系(Ⅳ)北祁连弧盆系(Ⅳ-1)走廊弧后盆地。

成矿带内已发现大型萤石矿床1处,中型矿床2处,为热液充填型萤石矿床,萤石矿呈脉状,受断裂、构造破碎带控制,矿体充填于变质岩或流纹斑岩和花岗岩中, CaF_2 31.04%~95.04%。

典型矿床:甘肃省高台县七坝泉萤石矿。该萤

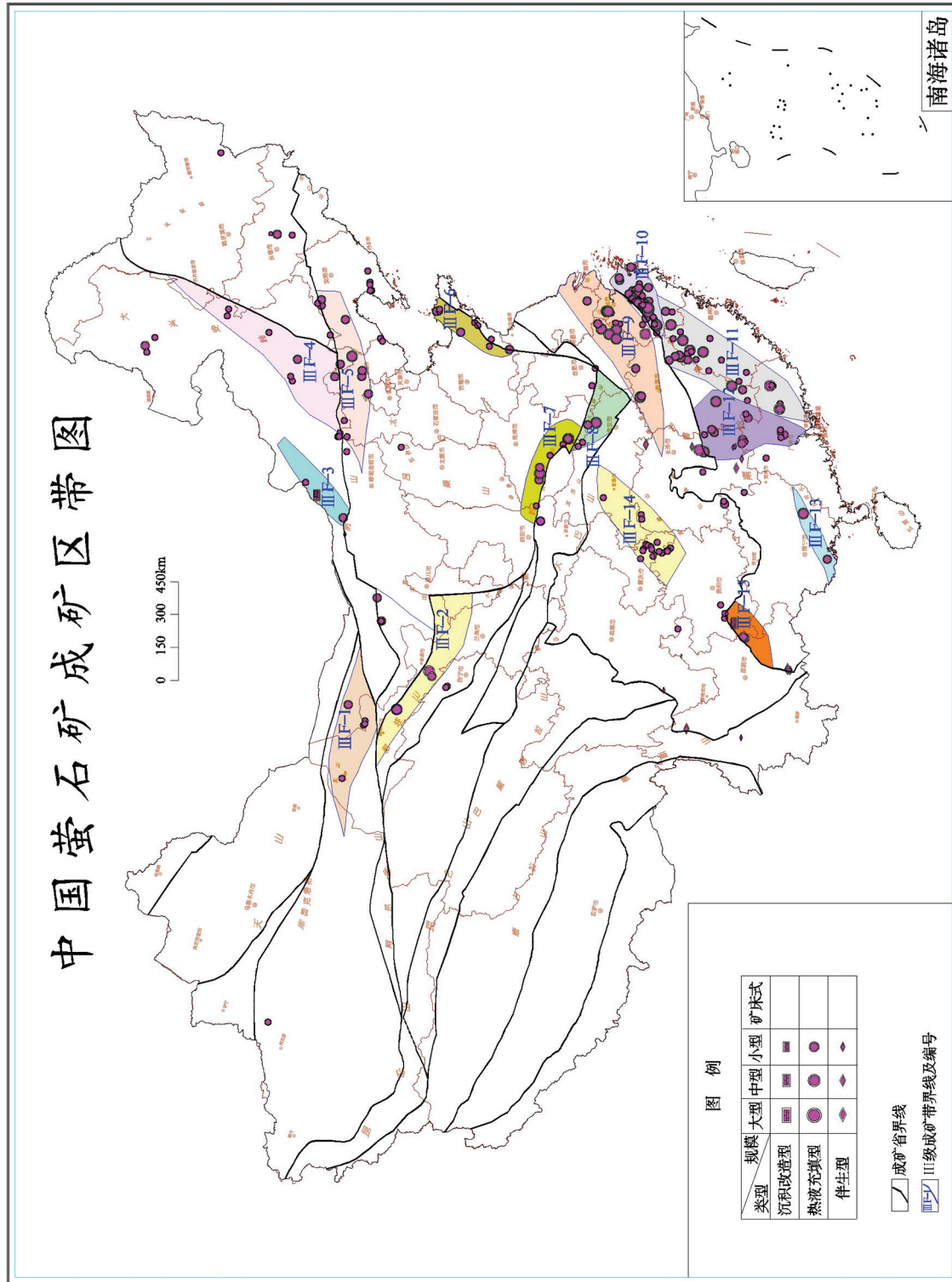


图1 中国萤石矿成矿区带(成矿省划分据文献[5])
 Fig.1 Fluorite ore metallogenic units in China (the subdivision of metallogenic provinces after reference [5])

石矿为低温热液充填型,矿体呈脉状,赋存于南山系深变质岩中,萤石矿脉受构造破碎带及节理控制, CaF_2 71.47%~95.04%。

(3) 四子王旗萤石矿成矿带(ⅢF-3)

位于内蒙古自治区二连—四子王旗—白云鄂博一线,呈NE—SN向展布,属滨太平洋成矿域大兴安岭成矿省。

I级(中国)大地构造单元属天山—兴安蒙造山系(I),II级构造单元(大相,下同)属大兴安岭弧盆系(I-1)和包尔汉图—温都尔庙弧盆系(I-8),III级构造单元(相,下同)属锡林浩特岩浆弧(I-1-6)、温都尔庙俯冲增生杂岩带(I-8-2)。

成矿带内已发现大型沉积改造型萤石矿床2处,中型热液充填型萤石矿床2处。沉积改造型萤石矿床呈层状,赋存于结晶灰岩中, CaF_2 37.02%~94.56%。热液充填型萤石矿床呈脉状,受构造裂隙控制,主要矿体分布在花岗闪长岩内接触带, CaF_2 61.24%~75.63%。

典型矿床:内蒙古自治区四子王旗苏莫查干敖包萤石矿。该矿床萤石资源量达1000万t以上,是迄今为止全球范围内找到的最大规模的单一萤石矿床。矿区出露地层有元古界艾力格庙组、古生界二叠系下统大石寨组、中生界及新生界。矿区内燕山期不同规模、不同几何形态的中酸性岩体侵入到艾力格庙群变质岩、大石寨组火山—沉积岩和侏罗系上统查干诺尔组火山岩地层中。矿区内褶皱和断裂构造发育(图2)。萤石矿床产于二叠系下统大石寨组三岩段底部结晶灰岩及大理岩中,矿层底板为片理化流纹斑岩,顶板为炭质板岩。萤石矿体呈层状和似层状产出,严格受结晶灰岩层位控制(图3)。与萤石成矿有关的断裂主要为在大石寨组三岩段底部(灰岩及大理岩层位)的层间断裂,断裂中见有萤石矿,矿体膨缩明显。萤石矿围岩蚀变不明显,主要有高岭土化、绢云母化、硅化和碳酸盐化。萤石矿石自然类型为糖粒状、角砾状、条带状—条纹状、骨架状和伟晶状萤石矿石, CaF_2 39.42%~94.56%。

对苏莫查干敖包萤石矿床的成因认识有沉积改造和岩浆热液充填两种观点^[9-11],笔者同意前一种观点。早二叠世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。

(4) 内蒙东部萤石矿成矿带(ⅢF-4)

位于内蒙古自治区乌兰浩特—化德县一线,呈NNE向展布,属滨太平洋成矿域大兴安岭成矿省。

I级(中国)大地构造单元属天山—兴蒙造山系(I),II级构造单元属大兴安岭弧盆系(I-1)和包尔汉图—温都尔庙弧盆系(I-8),III级构造单元属锡林浩特岩浆弧(I-1-6)、温都尔庙俯冲增生杂岩带(I-8-2)。

成矿带内已发现中型萤石矿床2处,其余为小型。萤石矿呈脉状、囊状,受断裂、构造破碎带控制,属热液充填型, CaF_2 平均品位 45.74%~80.58%。

典型矿床:内蒙古自治区巴林右旗苏达勒热液充填型萤石矿。矿体呈脉状,产于闪长岩体与林西组的外接触带的北东向破碎带内, CaF_2 平均品位 45.74%。

(5) 冀北—辽西萤石矿成矿带(ⅢF-5)

位于河北省康保县—平泉县—辽宁省阜新市一带。呈东西向展布,属滨太平洋成矿域华北(陆块)成矿省。

I级(中国)大地构造单元属华北陆块区(II),II级构造单元属晋冀陆块(II-2)、大青山—冀北岩浆杂岩(II-3)和阴山—冀西北陆块(II-4),III级构造单元属遵化岩浆弧(II-2-1)、冀北岩浆弧(II-3-1)、承德—建平再造杂岩带(II-3-2)和色尔腾山—冀西北岩浆弧(II-4-2)。

成矿带内已发现大型萤石矿床1处,中型7处,均为热液充填型。矿体呈脉状,少量呈似层状和扁豆状,受断裂、构造破碎带控制,产于侏罗纪的凝灰角砾岩、安山质凝灰岩、砾岩、砂岩等的断裂构造破碎带、太古宇大营子组大理岩与燕山期花岗岩接触带和含燧石条带结核白云质灰岩的破碎带中。

典型矿床:河北省平泉县郝家楼萤石矿。矿体呈脉状,产于侏罗纪的凝灰角砾岩、安山质凝灰岩、砾岩、砂岩等的断层构造破碎带中,属热液充填型萤石矿床。

(6) 鲁东萤石矿成矿带(ⅢF-6)

位于山东省东部平度—郯城县一线,呈NE—SW向展布,属滨太平洋成矿域华北(陆块)成矿省。

I级(中国)大地构造单元属华北陆块区(II),II

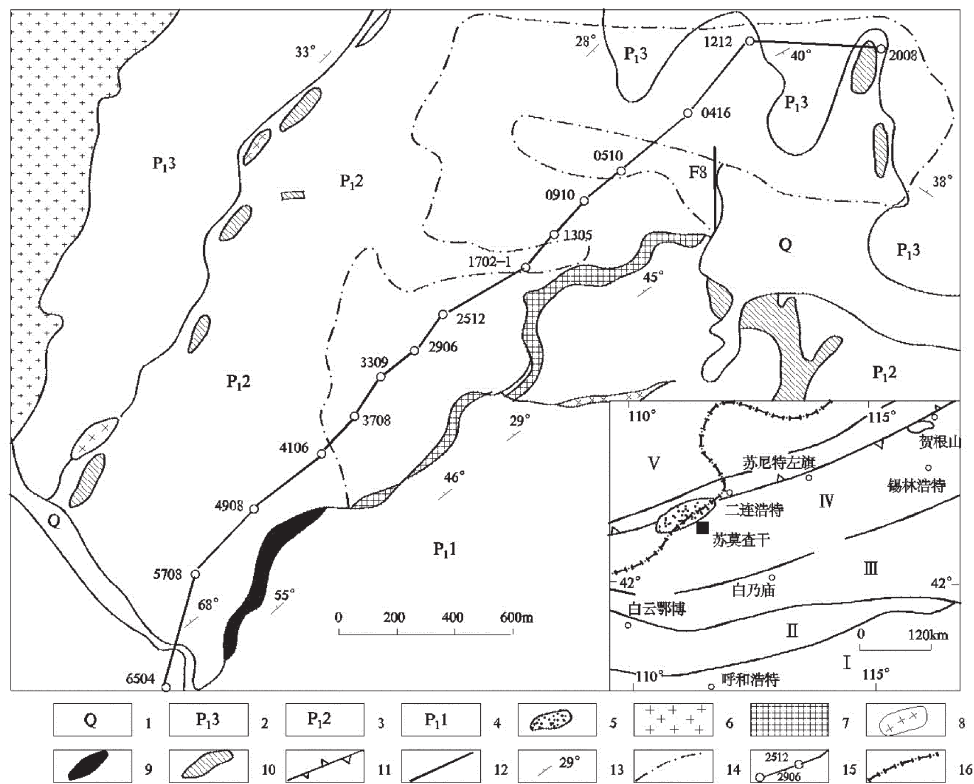


图2 苏莫查干敖包萤石矿床地质略图(据文献[11])

华北陆台: I—古元古代—太古宙结晶基底; II—中、新元古代古大陆边缘; III—白乃庙—温都尔庙前寒武纪—早古生代构造-岩浆岩带; IV—二连浩特—贺根山古生代构造-岩浆岩带; 西伯利亚板块: V—阿巴嘎旗—东乌珠穆沁旗古生代构造-岩浆岩带; 1—第四系; 二叠系下统大石寨组火山-沉积岩; 2—片理化流纹岩(或斑岩); 3—炭泥质板岩夹灰岩透镜体; 4—流纹岩夹炭泥质板岩; 5—艾力格庙前寒武纪中间地块; 6—燕山期似斑状花岗岩; 7—萤石矿体露头; 8—镁铁质岩脉; 9—砂卡岩; 10—灰岩; 11—古板块缝合带; 12—断层; 13—地层产状; 14—根据钻孔数据所圈定的矿体边缘; 15—矿床纵剖面位置; 16—国界

Fig. 2 Simplified geological map of the Somochagan Obo fluorite deposit, Inner Mongolia (after reference [11])

North China Craton: I—Paleo-Proterozoic to Archean crystalline basement; II—Mid-Proterozoic to Neoproterozoic continental margin; III—Pre-Cambrian to Early Paleozoic tectono-magmatic belt of Bainaimiao—Odor Sum; IV—Erenhot—Hegenshan Paleozoic tectono-magmatic belt; Siberian Plate: V—Late Paleozoic tectono-magmatic belt of Abag Banner—Dong Ujimqin Banner. 1—Quaternary; Lower Permian volcano-sedimentary rocks of Xilimiao Formation; 2—Foliated rhyolite (porphyritic rhyolite); 3—Carbonaceous and argillaceous slate intercalated with limestone lenticles; 4—Rhyolite intercalated with argillaceous slate; 5—Precambrian intermediate block; 6—Yanshanian porphyritic granite; 7—Mafic intrusive dyke; 8—Outcrop of fluorite body; 9—Skarn; 10—Limestone; 11—Suture zone of continental plates; 12—Fault; 13—Attitude of strata; 14—Fluorite body boundary defined by systematic drilling; 15—Location of the longitudinal geological section of the fluorite deposit; 16—National boundaries

级构造单元属胶辽陆块(II-1), III级构造单元属陈台沟—沂水古陆核(II-1-1)、胶辽裂谷(II-1-2)。

成矿带内已发现中型萤石矿床3处,小型矿床7处。其中,单一萤石矿8处(属热液充填型),重晶石伴生萤石矿2处。矿体呈脉状,受断裂构造控制,产于变质岩、花岗闪长岩和中生代燕山期花岗岩体中, CaF₂品位29%~90%。

典型矿床:山东省平度县三合山萤石矿。矿体呈脉状,产于断裂构造带中。

(7)豫南萤石矿成矿带(III F-7)

位于河南省洛南县—信阳市一线,呈NW-SE向展布,属滨太平洋成矿域华北(陆块)成矿省。

I级(中国)大地构造单元属华北陆块区(II), II级构造单元属豫皖陆块(II-6), III级构造单元属太华—登封岩浆弧(II-6-2)、华南北缘陆缘盆地。

成矿带内萤石矿床均为热液充填型,其中大型2处,中型5处。矿体呈脉状,受断裂构造控制,产于燕山晚期中—粗粒似斑状花岗岩的断裂破碎带和前

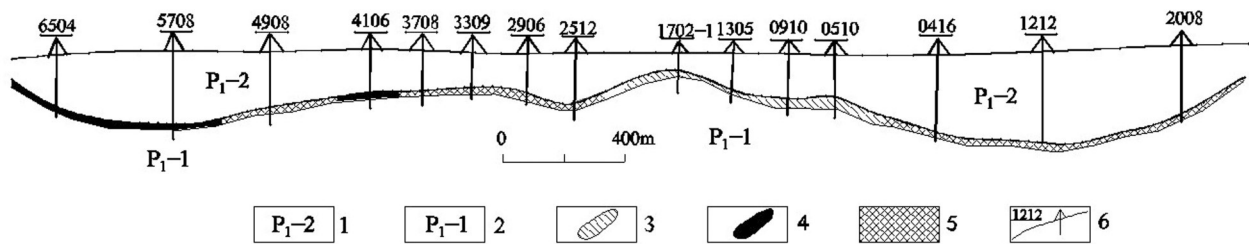


图3 苏莫查干敖包萤石矿床纵向剖面图(据文献[11])

1—大石寨组炭泥质板岩夹结晶灰岩; 2—大石寨组流纹岩; 3—大理岩透镜体; 4—砂卡岩; 5—萤石矿体; 6—钻孔及编号(平面位置见图2)

Fig. 3 Simplified longitudinal geological section of the Somochagan Obo fluorite deposit, Inner Mongolia (after reference [11])

1—Carbonaceous and argillaceous slate intercalated with crystalline limestone; 2—Rhyolite (porphyritic rhyolite); 3—Marble lens; 4—Skarn;

5—Fluorite body; 6—Drill hole and its serial number (for location see Fig. 2)

震旦系变质岩中。

典型矿床:河南省嵩县陈楼萤石矿。产于燕山晚期中—粗粒似斑状花岗岩的断裂破碎带中,为中低温热液裂隙充填型萤石矿, CaF_2 平均品位为 70.61%。

(8) 鄂东北萤石矿成矿带(ⅢF-8)

位于湖北省随州市—大悟县一线,呈 NW-SE 向展布,属滨太平洋成矿域秦岭—大别成矿省。

I 级(中国)大地构造单元属秦祁昆造山系(Ⅳ), II 级构造单元属秦岭弧盆系(Ⅳ-10)、大别—苏鲁地块(Ⅳ-11), III 级构造单元属北秦岭岩浆弧(Ⅳ-10-2)、武当陆缘裂谷(Ⅳ-10-7)、大别高压—超高压变质岩石折返带(Ⅳ-11-1)。

成矿带内已发现大型萤石矿床 1 处,中型 1 处。矿体呈脉状,产于变质岩系中,受断裂构造控制,为中低温热液裂隙充填型萤石矿。

典型矿床:湖北省红安县华河萤石矿。矿体呈脉状,产于前震旦系变质岩系裂隙中,矿石中 CaF_2 含量一般在 85% 以上^[2]。

(9) 皖南—赣北萤石矿成矿区(ⅢF-9)

位于江西省德安县—江苏省吴县一带,总体呈 NE-SW 向展布,涉及江西省北部、安徽省东南部和浙江省西部,属滨太平洋成矿域扬子成矿省。

I 级(中国)大地构造单元属扬子陆块区(Ⅵ), II 级构造单元属下扬子陆块(Ⅵ-1), III 级构造单元属下扬子(苏皖)前陆盆地(Ⅵ-1-1)、怀玉山—天目山被动边缘盆地(Ⅵ-1-2)、幕阜山(鄂东)被动边缘盆地(Ⅵ-1-4)、江南古岛弧(Ⅵ-1-6)。

成矿区内已发现 20 余处萤石矿床,多为大中型。矿体呈脉状、似囊状、扁豆状,产于震旦、寒武、

奥陶、侏罗系等地层的断裂带、断裂破碎带中,受断裂带控制,其围岩有灰岩、白云质灰岩、晶屑凝灰岩和燕山期花岗闪长岩等,属低温热液充填型矿床。

典型矿床:浙江省常山县八面山萤石矿区高坞山萤石矿、江西省德安县洪溪板萤石矿。

浙江省常山县八面山萤石矿区高坞山萤石矿:矿体呈层状、似层状、脉状。层状、似层状矿体产于大理岩化灰岩、泥质灰岩、大理岩层间破碎带内,脉状矿体产于断裂带构造裂隙内^[12]。

(10) 浙中萤石矿成矿区(ⅢF-10)

位于浙江省中部江山—象山县一线,呈近东西向展布,属滨太平洋成矿域华南成矿省。

I 级(中国)大地构造单元属武夷—云开—台湾造山系(Ⅴ), II 级构造单元属郴州—萍乡—江绍结合带(Ⅴ-1)、华夏地块(Ⅴ-3)、东南沿海岩浆弧(Ⅴ-4)。

成矿区内已发现萤石矿床 60 余处,多为大中型萤石矿床,均属热液充填型。矿体呈脉状、透镜状、似囊状。大部分萤石矿产于上侏罗统次火山岩体内、上侏罗统晶屑凝灰岩和燕山期花岗闪长岩接触处之断裂带中,少部分产于中下元古界陈蔡群变质岩中,受断裂破碎带控制。

典型矿床:浙江省武义县杨家萤石矿、浙江省遂昌县湖山萤石矿。

武义县杨家萤石矿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中。区域地层有前寒武系陈蔡群变质岩、下古生界龙泉群变质岩和上侏罗统一下白垩统火山岩地层。区域断裂发育,形成了东西向、北东向和北西向构造带。区内侏罗纪晚期发生了频繁而剧烈的火山活

动,形成了巨厚的火山岩系。

矿区出露地层有侏罗系上统至白垩系下统磨石山组火山岩系。矿区内断裂构造较发育,断层往往被石英、萤石或方解石所充填(图4)。

萤石矿体赋存于北东向的主断裂带中,受主断裂带控制。矿体的产状与断裂带一致,矿体为比较规则的脉状,与围岩的接触面一般都有明显的界线(图5)。矿石自然类型为块状、条带状、角砾状萤石矿石, CaF₂含量平均52%。

围岩蚀变有硅化、高岭土化、碳酸盐化、叶蜡石化、绿泥石化和黄铁矿化。矽卡岩化是最为常见的一种围岩蚀变,凡有萤石矿脉存在的部位,围岩都有强烈破碎矽卡岩化现象。

杨家萤石矿的形成与燕山期火山岩及断裂有关,火山岩是F的重要来源,断裂是含矿热液运移的通道和萤石矿体的储集空间,该萤石矿床为中-低温热液充填型矿床^[13,14]。

(11)粤东—闽北萤石矿成矿区(ⅢF-11)

位于广东省河源县—福建省邵武—浙江省云

和县一线,总体呈NE-SW向展布。属滨太平洋成矿域华南成矿省。

I级(中国)大地构造单元属武夷—云开—台湾造山系(V), II级构造单元属华夏地块(V-3)。

成矿区内已发现热液充填型萤石矿床30多处,多为大中型萤石矿床。矿体主要呈脉状,产于变质岩和沉积岩的断裂破碎带和裂隙中,受断裂破碎带控制。

典型矿床:福建省将乐县常口萤石矿、浙江省龙泉县八都萤石矿。

福建省将乐县常口萤石矿:矿体赋存于晚侏罗世似斑状中粒钾长花岗岩岩体外接触带的NEE向断裂破碎带硅化角砾岩中,受断裂构造控制,矿体呈脉状产出, CaF₂ 53.03%^[15]。

(12)粤北—湘南萤石矿成矿区(ⅢF-12)

位于湖南省醴陵县—广东省南雄县一线,呈南北向分布。属滨太平洋成矿域华南成矿省。

I级(中国)大地构造单元属武夷—云开—台湾造山系(V), II级构造单元属罗霄—云开弧盆系

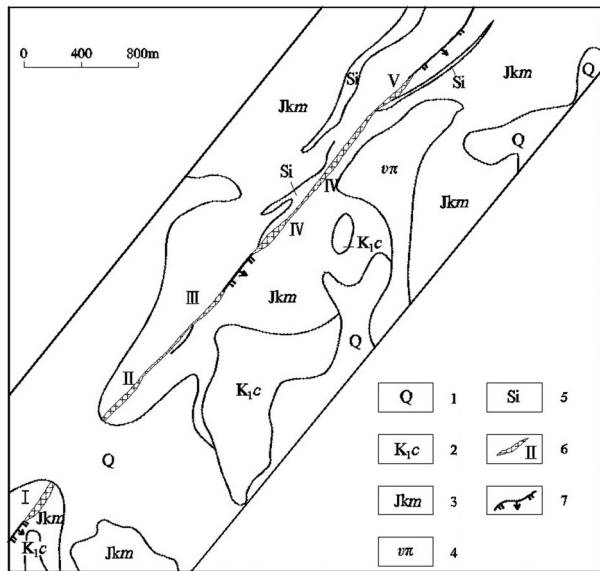


图4 杨家萤石矿地质示意图(据文献[2])

1—第四系; 2—白垩系下统朝川组; 3—侏罗系上统至白垩系下统磨石山组; 4—霏细岩; 5—硅质岩(或硅化带); 6—萤石矿体; 7—正断层

Fig. 4 Geological sketch of the Yangjia fluorite deposit, Zhejiang (after reference [2])

1—Quaternary; 2—Lower Cretaceous Chaochuan Formation; 3—Upper Jurassic—Lower Cretaceous Moshishan Group; 4—Felsite; 5—Siliceous rock(silicified belt); 6—Fluorite body; 7—Normal fault;

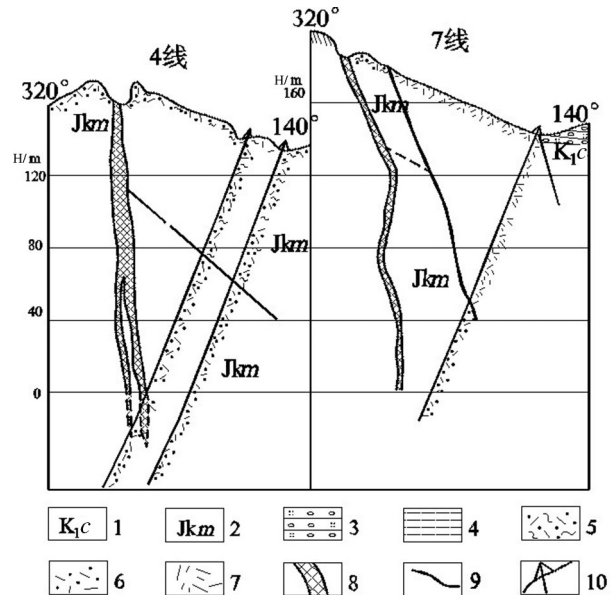


图5 杨家萤石矿勘探线剖面图(据文献[2])

1—下白垩统朝川组; 2—侏罗系上统至白垩系下统磨石山组; 3—凝灰质砾岩; 4—页岩; 5—熔结凝灰岩; 6—凝灰岩; 7—霏细岩; 8—萤石矿体; 9—岩性界线; 10—钻孔

Fig. 5 Geological section along the exploration line of the Yangjia fluorite deposit (after reference [2])

1—Lower Cretaceous Chaochuan Formation; 2—Upper Jurassic—Lower Cretaceous Moshishan Group; 3—Tuffaceous conglomerate; 4—Shale; 5—Welded tuff; 6—Tuff; 7—Felsite; 8—Fluorite body; 9—Lithologic boundary; 10—Drill hole

(V-2)、华夏地块(V-3),Ⅲ级构造单元属罗霄岩浆弧(V-2-1)。

成矿区内已发现单一萤石矿床10余处,伴生型萤石矿床2处。单一萤石矿床为热液充填型,以大中型矿床为主。

单一萤石矿矿体呈脉状,产于燕山早期黑云母二长花岗岩与震旦系砂岩、板岩地层接触带附近及花岗岩体内硅化破碎带中,受断裂破碎带、构造裂隙控制,属断裂、裂隙充填中低温热液矿床。

典型矿床:湖南省衡南县双江口萤石矿,矿体产于花岗岩体内硅化破碎带中,呈脉状,为中温热液充填石英脉型萤石矿床^[16]。

伴生型萤石矿:典型矿床为湖南省郴县柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿床,主矿种为钨、锡、钼、铋,萤石为伴生矿产。矿床赋存于中生代花岗岩岩株与泥盆系上统余田桥组灰岩接触带内^[17]。

(13) 桂南萤石矿成矿带(ⅢF-13)

位于广西壮族自治区防城港市—玉林市一线,呈NE-SW向展布,属滨太平洋成矿域华南成矿省。

I级(中国)大地构造单元属武夷—云开—台湾造山系(V),Ⅱ级构造单元属罗霄—云开弧盆系(V-2),Ⅲ级构造单元属六万大山—大容山岩浆弧(V-2-3)、钦防残余盆地(V-2-4)、十万大山断陷盆地(V-2-5)。

成矿带内已发现热液充填型萤石矿床5处,其中大型1处。矿体呈脉状、透镜状,产于印支期花岗岩体中的断裂带内、花岗岩及白垩系红色砂砾岩的断裂带中。受断裂破碎带、构造裂隙控制,属断裂、裂隙充填中低温热液矿床。

典型矿床:广西壮族自治区玉林县北市萤石矿。矿体呈脉状、透镜状,产于NW向断层中,矿体围岩为花岗岩及白垩系红色砂砾岩,平均含CaF₂72.5%,为一大型热液充填型萤石矿床。

(14) 渝南—贵北萤石矿成矿带(ⅢF-14)

位于重庆市武隆县—贵州省沿河县一线,属滨太平洋成矿域扬子成矿省。

I级(中国)大地构造单元属扬子陆块区(VI),Ⅱ级构造单元属上扬子古陆块(VI-2),Ⅲ级构造单元属川中前陆盆地(VI-2-3)、扬子陆块南部碳酸盐台地(VI-2-4)。

成矿带内已发现萤石矿床20余处,均为小型矿

床。其中单一萤石矿19处,伴生萤石矿3处。

单一萤石矿矿体呈脉状、扁豆状、透镜状,产于奥陶系宝塔组灰岩与志留系页岩的NW向断裂破碎带中。为受断裂控制的中温热液充填型矿床。矿石类型以块状萤石和含重晶石萤石为主。CaF₂平均品位40.82%~86.63%。

伴生型萤石矿:主矿种为重晶石,萤石为(共)伴生矿产。产于奥陶系红花园组中厚层状石灰岩、寒武系楼关山组白云质石灰岩中的断裂、裂隙中,与断裂构造的关系密切。

典型矿床:重庆市黔江县箐箕滩萤石—重晶石矿。矿体赋存于下奥陶统顶部,呈陡倾斜脉状产出,矿石矿物主要为萤石及重晶石。

(15) 滇东南—黔西南萤石矿成矿带(ⅢF-15)

位于云南省富源县—贵州省安顺市一线,呈NE-SW向展布,属滨太平洋成矿域华南成矿省。

I级(中国)大地构造单元属扬子陆块区(VI),Ⅱ级构造单元属上扬子古陆块(VI-2),Ⅲ级构造单元属南盘江—右江前陆盆地(VI-2-8)。

成矿带内有萤石矿床10余处,以中小型为主。其中即有沉积改造型又有热液充填型萤石矿床。

典型矿床:贵州省晴龙县大厂萤石矿:萤石矿是大厂锑矿的共生矿。矿体呈层状赋存于上二叠统沉积岩中^[18,19]。

4 中国萤石矿成矿规律

4.1 中国萤石矿床的空间分布规律

4.1.1 中国萤石矿床总体空间分布规律

中国萤石矿床分布广泛。在地理分布上,除天津、上海、宁夏部分省市外,其余省市均有分布,但分布不均匀,集中于中国的北部、东南和西南部。按行政区划,主要分布于浙江、内蒙古、湖南、江西、福建、河南等省区。大中型萤石矿床集中于东部沿海、华中和内蒙古中东部。

从大地构造位置看,中国萤石矿床主要分布于天山兴蒙造山系、武夷—云开—台湾造山系、扬子陆块区,其次为秦祁昆造山系、塔里木陆块区。沉积改造型萤石矿床,多分布于中国北部中蒙交界的两大板块缝合线和西南基性火山岩发育地区;热液充填型萤石矿床主要分布于中国东部和东南部新生代岩浆活动频繁的地区,即扬子陆块区下扬子陆

块和武夷—云开—台湾造山系郴州—萍乡—江绍结合带、华夏地块、东南沿海岩浆弧^[6]。伴生型萤石矿床主要分布于武夷—云开—台湾造山系罗霄—云开弧盆系和华夏地块。

中国萤石矿床成矿必要要素有灰岩、火山岩(包括火山碎屑岩)、侵入岩(花岗岩、次火山岩等)和断裂等。灰岩、火山岩和侵入岩均为矿床形成的物源条件,断裂是各种矿床类型共有的必要成矿要素。沉积改造型萤石矿床的形成与灰岩和火山岩有密切关系,这种与浅海相灰岩有关的萤石矿床多形成大型、特大型萤石矿床。形成大型萤石矿床的侵入岩绝大部分为燕山期侵入岩,而与华力西期及更早期的侵入岩有关的矿床多为中小型矿床。无论是沉积改造型、热液充填型还是伴生型萤石矿床,大型、特大型萤石矿床的形成多与灰岩有关。如苏莫查干沉积改造型萤石矿床,资源量达1000万t以上,柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿床萤石资源量达数千万t,浙江省常山县八面山萤石矿床高坞山矿段萤石资源量逾200万t。同时具备灰岩、燕山期侵入岩和断裂成矿三要素的矿床多形成大型、特大型萤石矿床。如苏莫查干沉积改造型萤石矿床、柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿床、常山县八面山矿床高坞山矿段热液充填型萤石矿床、湖南双江口热液充填型萤石矿床等。

4.1.2 沉积改造型萤石矿床的空间分布规律

该类型矿床主要集中分布于内蒙古四子王旗

一带和贵州省晴隆县—云南省富源县一带。从大地构造位置看,内蒙古四子王旗一带属天山—兴蒙造山系大兴安岭弧盆系和包尔汗图—温都尔庙弧盆系,萤石矿床产于中蒙交界的两大板块缝合线的边缘。晴隆县—富源县一带位于扬子陆块区上扬子古陆块,萤石矿床产于基性火山岩发育地区。

在地理位置上,该类型萤石矿床分布于内蒙古中部及贵州、云南交界处,其他地区目前未见该类型萤石矿床。

沉积改造型萤石矿床赋矿岩层均与碳酸盐岩有关。内蒙古四子王旗一带萤石矿床产于二叠系下统大石寨组三岩段所夹的灰岩及大理岩层中,矿体严格受碳酸盐岩层位控制。而晴隆县大厂、富源县老厂萤石矿床赋存于二叠系下统茅口组灰岩假整合面之上,二叠系上统龙潭组凝灰质砂砾岩、硅化灰岩层中^[9,10,18](表2)。

4.1.3 热液充填型萤石矿床的空间分布规律

大地构造位置上,该类型萤石矿床分布于天山—兴蒙造山系、华北陆块区、秦祁昆造山系、武夷—云开—台湾造山系和扬子陆块区,集中分布于武夷—云开—台湾造山系。

地理位置上,该类型萤石矿床分布于全国各地,集中分布于中国东部,而在东经98°以西地区,仅见小型萤石矿床、矿点,未见中大型萤石矿床。在中国东部地区,集中于浙江、福建、江西等省,其次为广东、广西、河南、河北等省区。

表2 中国沉积改造型萤石矿床的赋矿岩性及矿化特征

Table 2 Ore-hosting lithology and mineralization features of deposition-reformation type fluorite deposits in China

矿床类型	典型矿床	下伏岩层		赋矿层位		上覆岩层		矿体形态
		岩性	层位	岩性	层位	岩性	层位	
苏莫查干散包式	内蒙古四子王旗苏莫查干散包	片理化流纹斑岩、晶屑凝灰岩为主,夹流纹岩、板岩、千枚岩	二叠系下统大石寨组第二岩段(P ₁ d ²)	炭质板岩、底部为结晶灰岩或大理岩,顶板夹薄层砂岩	二叠系下统大石寨组第三岩段(P ₁ d ³)	以流纹质晶屑凝灰岩为主夹流纹岩、英安岩及凝灰质板岩等	二叠系下统大石寨组第四岩段(P ₁ d ⁴)	层状、似层状、脉状
晴隆式	贵州晴隆大厂	厚层状泥晶灰岩	二叠系下统茅口组(P ₁ m)	角砾状粘土岩、角砾状石英岩、黄铁矿化硅化粘土岩	二叠系上统“大厂层”(P ₂ d)	玄武岩、浅海相碎屑岩、生物碎屑灰岩、凝灰岩夹煤层	二叠系上统玄武岩组、龙潭组(P ₂ β、P ₂ l)	似层状或透镜状
	云南富源老厂	厚层状泥晶灰岩	二叠系下统茅口组(P ₁ m)	凝灰质砂砾岩、硅化泥质灰岩、粉砂岩与白云质灰岩互层、硅化灰岩等	二叠系上统龙潭组(P ₂ l)下部	浅海相细砂岩、粉砂岩等。	二叠系上统龙潭组(P ₂ l)中部	似层状、囊状、陡倾斜矿体

热液充填型萤石矿床的赋矿围岩多种多样,既有太古宇变质岩,又有古生界沉积岩和中新生界火山岩、侵入岩。其岩性有片麻岩、大理岩、泥质灰岩、钙质泥页岩、花岗岩、安山岩、正长斑岩、石英斑岩、熔岩凝灰岩、流纹岩等。赋矿围岩为灰岩者多形成大型矿床,如八面山萤石矿床、德安县洪溪坂萤石矿床^[12]。

热液充填型萤石矿床多与侵入岩有关。七坝泉式热液充填型萤石矿床在空间分布上与侵入岩有关,萤石矿床附近有侵入岩存在。岩浆活动为地下热水萃取F、Ca成为含矿热卤水提供了热源。武义式热液充填型萤石矿床的形成与火山岩有关,这种火山岩是萤石矿床F的源岩之一。八面山式热液充填型萤石矿床在空间分布上不仅与侵入岩有关,而且还与沉积灰岩、泥灰岩有关。

热液充填型萤石矿床均与大断裂、断裂破碎带有关。大断裂、断裂破碎带是含矿热源的运移通道和赋矿空间。

据统计,形成热液充填型大型萤石矿床的侵入岩绝大部分为燕山期侵入岩。

热液充填型萤石矿床的形成与高含F的源岩有关,矿床周围必然有高含F的岩石,其岩性可以是变质岩,沉积岩(尤其是灰岩)和侵入岩。

4.1.4 伴生型萤石矿床的空间分布规律

伴生型萤石矿床主要伴生于铁矿、稀土、钨、锡、钼、铋、铍、铅锌矿、重晶石矿。与钨锡钼铋和铁矿伴生的多形成大型、超大型伴生萤石矿床,而与重晶石共伴生的多为小型萤石矿床。

地理分布上,伴生萤石矿床分布于内蒙古、湖南、四川、重庆、云南和贵州等省市,集中于中国中部和西南地区。内蒙古白云鄂博铁铌稀土伴生萤石矿床是中国北方唯一大型伴生萤石矿床,萤石含量低($<10\% \sim 20\%$);湖南是中国伴生萤石矿资源量最大的省份,郴县柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿资源量达特大型规模,平均品位 $19.00\% \sim 21.31\%$;临湘县桃林铅锌伴生萤石矿资源量达大型规模,萤石平均品位 9.37% 。四川省和重庆市主要为与重晶石共伴生的萤石矿,规模较小。云南省的伴生萤石矿主要是钨、锡、铋的伴生萤石矿。

从大地构造位置看,伴生萤石矿床分布于天山—兴蒙造山系、扬子陆块区及扬子陆块区与西藏—

三江造山系接触带附近。

碳酸盐岩对大型、超大型伴生萤石矿的形成具有重要的控制作用。湖南省郴县柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿床产于千里山岩体与余田桥组泥质条带灰岩的内外接触带,内蒙古白云鄂博铁铌稀土伴生萤石矿床赋存于白云鄂博群八岩段白云岩中。

4.1.5 萤石矿床的控矿因素

控制萤石成矿作用的主要因素是岩石类型和构造特征。这2种因素,对不同类型的萤石矿床,其控制作用程度有所不同。

(1) 岩石类型

岩石类型对萤石矿化的影响,因矿床类型而异。产在酸性—中酸性岩浆岩及其接触带的矿床,一般与萤石矿化有关的岩浆岩为酸性或中酸性岩。萤石矿化很少与基性或碱性岩浆岩有关。以酸性花岗岩(包括黑云母花岗岩、花岗斑岩)及某些中酸性岩(如花岗闪长岩、闪长岩)等富 SiO_2 或钙碱性岩石对成矿有利^[20]。

产于碳酸盐岩地区的萤石矿床,矿化对围岩的依赖关系十分明显。前已述及,中国沉积改造型萤石矿床的赋矿层位、赋矿围岩都与碳酸盐岩有关。产于碳酸盐岩地区的热液充填型萤石矿床,矿化对围岩岩性的依赖关系更为明显。例如,江西德安洪溪板萤石矿床,矿区出露地层主要为志留系的薄层砂岩夹页岩和奥陶系的瘤状灰岩夹泥质条纹灰岩和白云质灰岩等,矿脉主要产于中奥陶统的纯灰岩中,上奥陶统的瘤状灰岩次之,志留系的砂岩、页岩中除在断裂附近次级裂隙中见有少量沿裂隙充填的萤石脉、网状萤石脉外,一般对矿化只起盖层作用,而下奥陶统的白云质灰岩、白云岩未见萤石矿化。在川东南、黔东北地区的萤石矿床,主要赋存在下奥陶统红花园组的中厚层较纯的生物灰岩中,而红花园组上部的大湾组的粉砂岩、泥质砂岩,及红花园组下部的分乡组的灰质白云岩、白云质灰岩矿化则很弱。

产于碳酸盐岩中的萤石矿床,白云岩或白云质灰岩、白云质大理岩或灰质白云岩等富镁岩层,或为萤石矿化层的基底岩层,或为其赋矿岩层。例如,河北平泉双洞子萤石矿床赋存于白云岩中,安徽含山县横山萤石矿床赋存于白云质大理岩或白云岩中,江西德安洪溪板萤石矿床也产于白云岩、

白云质灰岩上部的纯灰岩中。李长江和蒋叙良研究了皖、浙、赣、闽等地区的萤石矿床后指出,在这些萤石矿化比较发育的地区,基底地层中往往含有晚震旦—寒武纪的灰质白云岩、白云岩或白云质灰岩等沉积地层,少数萤石矿床和含矿岩体也直接产于这些地层中^[21]。国外已发现的沉积萤石矿床,大多数与白云岩、炭质白云岩等有关。实验资料也证实,F倾向于在白云岩等富Mg岩层中富集。由此可看出,F的浅部富集以致成矿,与所在岩层或其底部的富镁性是相联系的,这可以用F在地下热水溶液中的迁移形式来解释^[20]。

在F的迁移形式中, MgF^+ 络合物是所有含F络合物中最稳定的形式之一。这是由于 MgF_2 的溶解度远大于 CaF_2 。因此,当Mg/Ca值增大时,有利于F的迁移,而Ca的增加(比值减小)则有利于F的沉淀。即成矿溶液中 Mg^{2+} 的增加,强化了 MgF^+ 的形成,促进了F的迁移。因此,基底富Mg岩层或赋矿层中的富Mg岩石,成为F活化、迁移的物质基础,而赋矿层(或较上的非赋矿层)中的富Ca岩石为F的富集和萤石成矿提供了有利条件^[20]。

(2)构造特征

构造对萤石成矿的控制作用中,褶皱与断裂相比,断裂为主,褶皱次之。除产于沉积岩中的矿床主要与背斜有关(较多的产于背斜核部、近轴两翼)外,其余均受断裂、裂隙控制。对于热液充填型萤石矿床,断裂提供了热液运移的通道和萤石矿床形成的储集场所。

许多萤石矿床实例表明,在一个矿床或矿区内,总有一个方向的含矿断裂含矿最佳,该断裂往往成为矿区的主导控矿断裂,又称主干断裂。这类主干断裂,在那些与背斜有关的矿床内,往往近于垂直背斜走向,少数近于平行背斜走向。不但单个矿田或矿床如此,就是在一个较大的地区范围内,也存在主干断裂问题。例如,中国东南部萤石矿出露地区,大部分含矿断裂为NNE向,或NE向。从更大范围看,华北东部沿海、华中、华南、华东等中生代岩浆活动地带的萤石主矿脉方向,亦即产于酸性、中酸性岩浆岩及其接触带的矿床和产于火山岩及次火山岩中的萤石矿床的主控断裂方向,多数为NE向或NNE向,显然,这是与中国东部NE向构造密切相关的^[20]。

4.2 中国萤石矿床的时间分布规律

4.2.1 中国萤石矿床总体时间分布规律

中国萤石矿仅有少数大型矿床的萤石做了SHRIMP U-Pb同位素年龄、Sm-Nd同位素年龄、Sm-Nd等时线年龄和裂变径迹法年龄测定,一些矿床根据野外宏观观察和同位素年龄2种方法确定成矿时代,大部分依靠野外宏观观察确定成矿时代。

中国萤石矿床自兴凯期至燕山期均有分布,集中于燕山期,其次为华力西期,兴凯期、加里东期和印支期则成矿较少。据统计,探明的萤石矿资源量中,燕山期占91%,华力西期占7%左右,兴凯期、加里东期和印支期均不足1%(图6)。燕山期是中国萤石矿床形成的最主要时期。总体来看,随着时代变新,成矿强度逐步增加。

从矿床类型来看,伴生型萤石矿最早出现于兴凯期,热液充填型最早出现于加里东期,而沉积改造型最早出现于华力西期。

从形成时间上来看,早期形成的萤石矿床类型较单一,而后逐步变多。

4.2.2 沉积改造型萤石矿床时间分布规律

前已述及,中国沉积改造型萤石矿床矿层或矿源层形成时代为二叠纪(华力西期),改造期为燕山期,其他时期该类型萤石矿床分布较少。

内蒙古苏莫查干敖包和贵州晴隆大厂2个沉积改造型萤石矿成矿区相距甚远,沉积成矿和改造时期相同,并且均与沉积碳酸盐岩有关,这种成矿时代、赋矿围岩的一致性,是中国沉积改造型萤石矿床的特点。

4.2.3 热液充填型萤石矿床时间分布规律

中国热液充填型萤石矿床最早形成于加里东期,兴盛于燕山期。由图6可看出,中国热液充填型萤石矿床集中分布于燕山期,其次为华力西期。燕山期形成的热液充填型萤石矿床探明资源量占全国探明总资源量的43%左右,占全部热液充填型萤石矿床探明资源量的93%左右。

热液充填型萤石矿床形成时期分2种情况,一种是岩浆期后热液充填矿床,一种是沉积形成矿源层,后被热液萃取沉淀充填叠加形成矿床。岩浆期后热液充填矿床,是在围岩成岩之后,由热液活动引起。成矿时期有中元古代、震旦纪、奥陶纪、泥盆纪、石炭纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪。统计表明,中

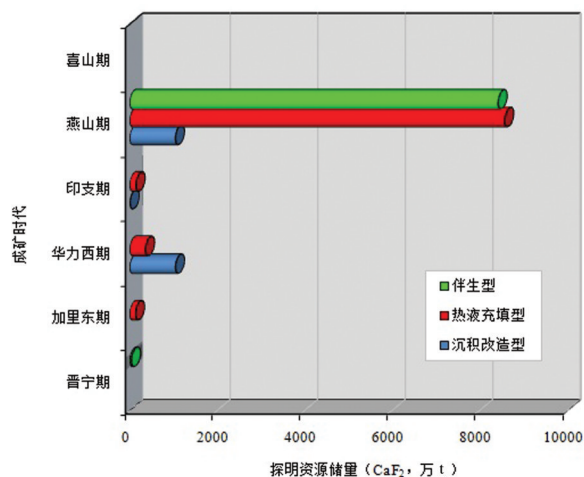


图6 不同构造时段萤石矿床探明资源量统计图

Fig.6 Proved resource diagrammatic map of fluorite deposits formed in different structure periods

国90%以上的萤石矿床与燕山期造山运动有关,且又以燕山时期的岩浆活动对成矿更为有利。那些产于酸性、中酸性岩浆岩及其接触带的萤石矿床,多数与燕山中晚期花岗岩有成生联系,只有少数矿床形成于其他时期,且多作为其他矿种的伴生矿物出现,总体资源量较小。

中国热液充填型萤石矿床成矿主要与燕山晚期岩浆活动有关的现象,与世界萤石矿床的形成时间分布规律相同。有人指出,随着地质时代的变新,萤石的资源量明显增加。中国科学院地球化学研究所对华南花岗岩类中F的含量进行系统测试后得出结论,随着花岗岩时代的变新,不仅含F量增加,而且F矿物的种类、含量也有规律性的变化。在燕山期花岗岩中,主要以萤石、黄玉为主。显然,较新的地层、较晚期的岩浆活动,都对F的富集成矿有利。萤石矿形成时代较晚的事实,与F本身的性质也有关系。F同Cl一样,都是比较活泼的元素,在早期地质时代的沉积成岩或岩浆活动过程中形成的萤石矿,又在后来的漫长地质时代中经历了风化、淋滤、变质、热液活动等的破坏作用,使F有可能重新活化、转移、成矿。因此,同目前世界范围内很少见到时代很早的含Cl的盐矿一样,也很少见到形成时代很早的萤石矿床^[20]。

4.2.4 伴生型萤石矿床时间分布规律

中国伴生萤石矿床形成于兴凯期、印支期和燕

山期,燕山期伴生萤石矿探明资源量占全部伴生萤石矿探明资源量的99%左右,燕山期是中国伴生萤石矿形成的最主要时期。

湖南省郴县柿竹园钨锡钼铋伴生萤石矿床、临湘县桃林铅锌伴生萤石矿床、重庆市彭水县苦草坪重晶石伴生萤石矿床形成于燕山期,云南永善县金沙厂铅锌矿伴生萤石形成于震旦纪。

5 小结及勘查工作建议

(1)中国萤石矿床分布广泛,大中型萤石矿床集中于内蒙古、浙江、江西、福建、湖南等省区。中国单一萤石矿床数多,是目前正在开发利用的萤石矿。伴生萤石矿床数少,资源量较大,但品位低,不具单独开采价值。

中国萤石矿富矿少,贫矿多,勘查程度相对较低。

(2)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。根据相同或相似的Ⅱ级成矿要素组合,进一步划分出11个矿床亚类型-矿床式。中国萤石矿床以沉积改造型和热液充填型为主。

(3)在Ⅱ级成矿省的基础上,全国共划分出15个萤石矿Ⅲ级成矿区带。

(4)中国萤石矿床主要分布于天山兴蒙造山系、武夷—云开—台湾造山系、扬子陆块区,其次为秦祁昆造山系,塔里木陆块区。中国萤石矿床成矿必要要素有灰岩、火山岩(包括火山碎屑岩)、侵入岩(花岗岩、次火山岩等)和断裂等。灰岩、火山岩和侵入岩为矿床形成的物源条件,断裂是各种矿床类型共有的必要成矿要素。沉积改造型萤石矿床的形成与灰岩和火山岩有密切关系;形成大型萤石矿床的侵入岩绝大部分为燕山期侵入岩;无论是沉积改造型、热液充填型还是伴生型萤石矿床,大型、特大型萤石矿床的形成多与灰岩有关;同时具备灰岩、燕山期侵入岩和断裂成矿三要素的矿床多形成大型、特大型萤石矿床。

(5)中国萤石矿床自兴凯期至燕山期均有分布,集中于燕山期,其次为华力西期,兴凯期、加里东期和印支期则成矿较少。燕山期是中国萤石矿床形成的最主要时期。

沉积改造型萤石矿床矿层或矿源层形成时代均为二叠纪,改造期均为燕山期;热液充填型萤石

矿床成矿时期有中元古代、震旦纪、奥陶纪、泥盆纪、石炭纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪, 90%以上的萤石矿床与燕山期造山运动有关, 且又以燕山时期的岩浆活动对成矿更为有利。伴生萤石矿床的形成时代多为燕山期。

(6)根据中国萤石矿成矿规律, 沉积改造型萤石矿床的形成与灰岩和火山岩有密切关系, 内蒙古四子王旗一带具备形成大型萤石矿床的灰岩、燕山期侵入岩和断裂三成矿要素, 具有很好的找矿远景, 目前已发现苏莫查干敖包、敖包吐大型萤石矿床, 是优先部署勘查工作的远景区。

(7)浙江西部、江西东北部出露寒武系碳酸盐岩, 燕山期侵入岩分布广泛, 断裂构造发育, 具备形成大型萤石矿床的成矿要素, 已发现常山县八面山萤石矿区高坞山大型萤石矿床, 该区域具有很好的找矿远景, 是优先部署勘查工作的远景区。

(8)浙江中部、福建北部燕山期侵入岩分布广泛, 断裂构造发育, 具备形成大型萤石矿床的成矿要素, 已发现许多大中型萤石矿床, 成矿条件好, 也是优先部署勘查工作的远景区。

致谢: 本文是“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。文章成稿后, 中化地质矿山总局地质研究院韩鹏高级工程师、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] 王吉平, 商朋强, 牛桂芝. 中国萤石矿主要矿集区及其资源潜力探讨[J]. 化工矿产地质, 2010, (2): 87-94.
Wang Jiping, Shang Pengqiang, Niu Guizhi. Discussion on China fluorite-concentrating area and the resource potentiality [J]. Geology of Chemical Minerals, 2010, (2): 87-94(in Chinese with English abstract).
- [2] 吴自强, 谢从智, 殷昌平, 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, Yin Changping, et al. China's Fluorspar Deposit Geology and Exploration[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 28-40(in Chinese).
- [3] 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 Jiping, Shang Pengqiang, Xiong Xianxiao, et al. Classification of fluorite deposits in China[J]. Geology in China, 2014, 41(2): 315-325(in Chinese with English abstract).
- [4] 陈毓川, 王登红, 徐志刚, 等. 重要矿产和区域成矿规律研究技术要求[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 39-51.
Chen Yuchuan, Wang Denghong, Xu Zhigang, et al. Technical Requirements for the Important Mineral Resources and Regional Metallogenic Regularity in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 39-51(in Chinese with English abstract).
- [5] 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社, 2008: 1-138.
Xu Zhigang, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. The Scheme of the Classification of the Minerogenetic Units in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 1-138(in Chinese with English abstract).
- [6] 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).
- [7] 熊先孝, 薛天星, 商朋强. 重要化工矿产资源潜力评价技术要求[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 42-47.
Xiong Xianxiao, Xue Tianxing, Shang Pengqiang. The Technical Requirements of Major Chemical Industry Underground Resources Potentiality[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 42-47(in Chinese).
- [8] 聂风军, 江思宏, 刘妍, 等. 阿拉善东七一山大型萤石矿床萤石钷-铍同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质, 2002, 21(1): 10-15.
Nie Fengjun, Jiang Sihong, Liu Yan, et al. Sm-Nd isotopic dating of fluorite separates from Dongqiyishan fluorite deposit, Alxa, western Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits, 2002, 21(1): 10-15 (in Chinese with English abstract).
- [9] 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).
- [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] 聂风军, 许东青, 江思宏, 等. 内蒙古苏莫查干敖包特大型萤石矿床地质特征及成因[J]. 矿床地质, 2008, 27(1): 1-13.
Nie Fengjun, Xu Dongqing, Jiang Sihong, et al. Geological features and origin of Sumochagan Obo superlarge independent fluorite deposit, Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(1): 1-13(in Chinese with English abstract).
- [12] 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 (in Chinese with English abstract).
- [13] 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).
- [14] 蒋叙良, 李长江. 浙江萤石矿床的稀土元素地球化学特征[J]. *矿床地质*, 1993, 12(1)55-66.
Jiang Xuliang, Li Changjiang. REE geochemistry of fluorite deposits in Zhejiang Province[J]. *Mineral Deposits*, 1993, 12(1): 55-66(in Chinese with English abstract).
- [15] 王宏海. 将乐萤石矿床地质特征及成因[J]. *地质与勘探*, 1991, (3): 21-43.
Wang Honghai. Geological feature and genesis of Jiangle fluorite deposit[J]. *Geology and Prospecting*, 1991, (3): 21-43(in Chinese with English abstract).
- [16] 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(in Chinese with English abstract).
- [17] 刘义茂, 王昌烈, 胥友志, 等. 柿竹园超大型钨矿床的成矿作用与成矿条件[J]. *湖南地质*, 1995, 14(4): 211-219.
Liu Yimao, Wang Changlie, Xu Youzhi, et al. The ore-forming process and condition of Shizhuyuan ultra-large type tungsten deposit. *Hunan Geology*, 1995, 14(4): 211-219(in Chinese with English abstract).
- [18] 陈豫, 刘秀成, 张启厚. 贵州晴隆大厂锑矿床成因探讨[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 Deposit*, 1984, (3): 1-12(in Chinese with English abstract).
- [19] 廖善友, 胡涛. 贵州晴隆大厂锑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]. *Geology of Guizhou*, 1990, 2(3): 229-236(in Chinese with English abstract).
- [20] 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).
- [21] 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, (3): 263-274.
Li Changjiang, Jiang Xuliang. The minerogenetic model of two types of fluorite deposits in southeastern China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1991, (3): 263-274(in Chinese with English abstract).