

中国萤石矿床 地质与勘查

吴自强 谢从智等 编著

地质出版社

57315
21

ISBN 7-116-00546-3/P·464

国内定价： 5.15 元

科 目： 210—81

中国萤石矿床地质与勘查

吴自强 谢从智 殷昌平 王素芬 编著

(浙江省矿产储量委员会)

地 质 出 版 社

内 容 提 要

《中国萤石矿床地质与勘查》是一部萤石矿床经验性总结的专著。

本书作者为萤石矿床勘查的实际工作者，具有较丰富的工作经验。书中除全面系统地论述了我国萤石矿产资源特点外，还结合萤石地质规范的要求着重讨论了中国萤石矿床类型划分、矿床勘探类型和勘探网密度的确定以及矿床勘探研究程度要求等内容。因而对于萤石矿床的勘查、评价、对于编制萤石资源规划、矿业技术政策等都有实际意义，另外对于乡镇集体小型矿山的“边采边探，采探结合”也有指导作用。

本书可供地质勘查工作者、地质院校有关专业的师生、科研单位的科技人员和矿业开发和管理部门的干部参考。

中国萤石矿床地质与勘查

吴自强 谢从智 殷昌平 王素芬 编著
(浙江省矿产储量委员会)

责任编辑：沈文彬

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：11.125 字数：261000
1989年12月北京第一版·1989年12月北京第一次印刷
印数：1—1490册 国内定价：5.15元
ISBN 7-116-00546-3/P·464

前 言

萤石是我国重要的非金属矿产之一，尤其是在我国东南部沿海地区及内蒙古等地区，具有丰富的萤石资源。

我国萤石矿产的勘查，经过几十年的工作，取得了很大的成绩，积累了丰富的经验，并且于1986年制定了适合我国特点的《萤石矿地质勘探规范》。随着国民经济发展对于萤石矿产开发的需要，随着整个矿产勘查工作的进行，萤石矿产的勘查，需要深入的研究和系统的总结，以提高地质勘查工作的地质经济效果。

《中国萤石矿床地质及勘查》的任务在于总结我国已有的萤石矿床勘查工作经验，结合《萤石矿地质勘探规范》的要求，深入讨论有关萤石矿床类型、勘探类型、勘探原则和方法以及勘查评价等若干问题。本书特点是实际资料丰富。作者期望本书能够对广大矿床勘查工作者有所帮助，对于我国今后的萤石矿床勘查工作将起到积极的推动作用。

本书在编写过程中，段承敬、汤文权、刘趋前等领导同志以及有关省、区、市储委、省地矿局、资料部门、野外队，兄弟部门的地质局、矿山局和矿山的关怀、帮助与支持，尤其是浙江省第七地质大队三分队为本书提供了新资料，在此一并表示感谢。

本书由吴自强、谢从智、殷昌平、王素芬分工编写（吴自强编写第一、二、三、七、八章，谢从智编写第四、五章，殷昌平编写第六章、王素芬负责资料和稿件审查），最后由吴自强、谢从智修改整理定稿。由于时间和水平所限，缺点错误一定不少，敬请批评指正。

作 者

1989年4月于杭州

目 录

第一章 萤石的矿物特性及其工业应用	1
第一节 氟的地球化学及萤石的矿物特性	1
第二节 萤石的工业用途及其质量要求	3
第三节 我国萤石工业的发展方向	8
第二章 萤石矿产资源的基本概况	10
第一节 我国萤石矿产资源的分布和利用现状	10
第二节 国外萤石资源及其产销状况	14
第三节 我国萤石矿地质勘查工作现状和面临的新形势	20
第四节 萤石矿山建设、开发和生产状况	23
第三章 萤石矿床类型	28
第一节 萤石矿床分类研究现状	28
第二节 中国萤石矿床分类	30
第三节 中国萤石矿床类型的基本特征	31
第四节 萤石矿床的分布规律和找矿方向	40
第四章 萤石矿床勘探研究程度	46
第一节 矿床勘探研究程度的基本要求	46
第二节 矿体形状、产状和规模的研究	47
第三节 矿石质量研究	54
第四节 矿石技术加工试验研究	59
第五节 矿床勘探控制程度和勘探深度	65
第六节 各级储量比例	69
第七节 伴生萤石矿床的勘探研究	73
第五章 萤石矿床勘探类型和勘探网度	77
第一节 我国萤石矿床勘探类型研究现状	77
第二节 划分萤石矿床勘探类型的依据	78
第三节 萤石矿床勘探类型	81
第四节 萤石矿床勘探网度	119
第六章 萤石矿床水文地质和工程地质问题研究	123
第一节 萤石矿床水文地质和工程地质的工作现状及其特点	123
第二节 萤石矿床的水文地质工程地质类型	124
第三节 水文地质工程地质类型实例	126
第四节 萤石矿床勘查中几个水文、工程地质问题	139
第七章 萤石矿床主要勘探方法	146
第一节 萤石矿床的钻探工艺	146
第二节 采样加工和K值系数	149

第三节	关于综合勘查方法的使用	150
第四节	关于综合评价	153
第五节	关于光学萤石矿床的评价	157
第八章	萤石矿床勘查评价中的几个具体问题	161
第一节	萤石矿床规模划分问题	161
第二节	萤石矿床工业指标问题	164
第三节	关于D级储量问题	167
第四节	关于矿床勘查阶段的技术经济评价问题	168
结语		170
主要参考文献		172

第一章 萤石的矿物特性 及其工业应用

第一节 氟的地球化学 及萤石的矿物特性

一、氟的地球化学

氟(F)元素于1813年由法国科学家Ampire发现,命名为fluorine,列入元素周期表第二周期第七族,属卤族元素。在地球化学中,由于它易与金属元素形成可溶性的化合物进行迁移,故又称矿化剂元素。氟的原子序数为9,质量数为19。它只有一个同位素,其质量数为18.9984046。氟的气体在 -188.14°C 时变成黄色液体;在 -219.62°C 时变成黄色固体;在 -235.0°C 时,固体的颜色变为白色。氟的负电位为 -2.85V ,它是周期表中最活泼的元素,很容易与所有的有机物和无机物甚至某些惰性气体结合。

氟在地壳各类岩石中的含量如表1-1。

表 1-1 不同类型岩石中氟的平均含量表

岩石类型		变化范围	平均含量 (ppm)
岩 浆 岩 类	橄 榄 岩	12—21	16
	辉 长 岩	300—480	390
	金伯利岩	250	
	闪 长 岩	390—1940	673
	碱 性 岩	220—12400	1957
	花 岗 岩	520—4550	1322
	流 纹 岩	280—1080	645
	安 山 岩	210—505	361
沉 积 岩	玄 武 岩	180—540	402
	石 灰 岩		220
	白 云 岩	110—400	260
	碳酸盐岩		330
	砂岩及硬砂岩	10—1100	200
变 质 岩	页 岩	10—7600	940
	片麻岩、绿片岩、 黑色片岩、石英片岩	200—300	374
	角闪岩、云母片岩	1100—1600	

(据刘英俊等《元素地球化学》(科学出版社,1984)综合而成)

综上所述,氟元素具有下列主要特点:

1. 氟只有一个稳定同位素,这使氟的核化学比较简单,并使挥发性的氟化物可用于

同位素的分离,如 ^{235}U 与 ^{238}U 的分离。

2. 氟主要以离子或络阴离子的形式存在于造岩矿物或副矿物中,并形成大量独立的氟矿物如萤石(CaF_2)、氟镁石(MgF_2)等。

3. 氟含量在地壳各类岩石中有从超基性岩→基性岩→中性岩→酸性岩逐渐增高的趋势,在不同成因岩石类型中,则从岩浆岩→沉积岩→变质岩渐趋降低。不同时代的花岗岩中的氟含量具有明显的变化,如雪峰期为726ppm,加里东期为792ppm,海西—印支期为944ppm,燕山期为1388ppm,从雪峰到燕山期氟的丰度有明显的增加。多数研究者把地壳中氟的克拉克值定为625—725ppm,是丰度较大的元素之一。

4. 在自然界中,特别是在潮湿气候条件下,常使包含在岩石中的氟很易溶解,并遭受强烈的淋失,难于形成次生富集带。土壤中氟的含量变化在30—320ppm之间,平均为200ppm,比在酸性岩中及地壳中的平均含量都低。

二、萤石的矿物特征

萤石又名氟石(fluorite),是一种含氟量最高的矿物,由拉丁字“flurum”而得名。萤石的化学成分为氟化钙,其分子式为 CaF_2 ,其中含氟48.67%、钙51.33%,并含微量的硅、铝、镁、锶、钇、铈、铀等杂质元素和地沥青、三氧化二铁等其他混入物。钙常被稀土元素(主要是钇和铈)取代,当含钇较多时称钇萤石(yttriofluoride),其分子式为 $(\text{Ca}, \text{Y})\text{F}_{2-3}$;当氯元素以类质同像混入时即呈黄色,称黄萤石。

萤石的颜色极多,一般呈绿、紫、玫瑰、白、黄、蓝,有时呈蓝黑、紫黑及棕褐等色,无色透明者少见。当加热到300℃时,其色可以消失,但在X射线照射后,又可恢复原色。在紫外线或阴极射线照射下能发强烈紫色荧光。引起萤石颜色多变的原因是多方面的,A. N. 苏杰尔金认为,是与含微量稀有元素和少量的铁、锰氧化物杂质或碳氢化合物的分散包裹体有关,如铕(Eu)的存在使萤石呈蓝色,钐(Sm)呈淡绿色,混入钇(Y)呈黄色,含沥青杂质的萤石呈乌灰色等。也有人认为,萤石的颜色与温度有关,紫色者形成温度高,淡蓝色者形成温度次之,两者与钨(W)、锡(Sn)、钼(Mo)矿床有关,绿色者形成温度较低,与硫化物矿床有关等等。

萤石属等轴晶系,常呈立方体、八面体,也有呈菱形十二面体的单晶及其聚形,或不规则粒状集合体,有时呈土状。萤石的晶体形态具有标型特征,它随着介质的pH值和离子浓度的变化而变化,在碱性溶液中结晶时, F^- 离子起主导作用, F^- 离子网面密度发育大,晶面(100)呈立方体;在中性溶液中结晶时, Ca^{2+} 和 F^- 作用相当,而 Ca^{2+} 、 F^- 组成的网面密度发育最大,晶面(110)呈菱形十二面体;在酸性溶液中, Ca^{2+} 起主导作用, Ca^{2+} 网面密度发育最大,晶面(111)呈八面体。

萤石具玻璃光泽,性脆,断口呈贝壳状,沿八面体解理完全,硬度4,条痕为白色,相对比重3.18,熔点1360℃,难溶于水,易溶于酸。萤石的折射率低, $n=1.433-1.435$,弱色散性,有透过紫外和红外线的特殊能力。

在自然界中能与氟组成化合物的元素约有15种,形成含氟矿物约25种,除萤石(CaF_2)外,常见的有冰晶石(Na_3AlF_6)、氟磷灰石 $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH})]$ 、黄玉 $[\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F}, \text{OH})]$ 、氟硅钾石(K_2SiF_6)等等。

第二节 萤石的工业用途及其质量要求

人类利用萤石，已有悠久的历史。15世纪初阿格里科拉 (G. Agricola) 发现萤石具有“Flures” (意即“流动”的特性)，而将其用于冶炼工业作熔剂原料。

萤石是最重要的含氟工业矿物。不但广泛用于冶金、化工、陶瓷、建材以及机械、电机、航空、农业、医药、精密仪器等工业部门，而且是原子能、火箭、宇航等尖端科学和新兴工业的重要高能材料；色泽鲜艳透明的萤石块体，还可作美术工艺品和雕刻原料。

萤石矿通过选矿加工，可生产3种不同规格的产品。一般 CaF_2 含量在65%以上，块度为6—350毫米，通称块精矿； CaF_2 含量大于65%，粒度小于6毫米的粒状萤石，通称碎屑矿； CaF_2 含量在93%以上，粒度小于100目至200目，通称粉精矿。萤石加工产品根据用途不同可以划分为4个销售等级，即冶金级、化工级（酸级）、玻陶建材级及光学级。

一、冶金工业

萤石使用量约占世界萤石产量的50%左右，冶金级萤石块精矿适用于钢铁冶炼作助熔剂。主要利用萤石能降低熔炼温度，使金属与炉渣分离，促进炉渣流动，有助于金属冶炼中脱硫和脱磷，增强金属产品的可锻性和抗张强度。对碱性氧气炉在精炼过程中，萤石能够形成稳定的泡沫乳浊液。根据萤石的效能和炉子的类型，每生产一吨钢需萤石量一般为3—5公斤美国为2—20磅（注：磅为英美制重量单位，1磅=0.453592kg）不等。冶金工业部对适用于冶金工业利用的萤石质量标准作如下规定，即YB325—81标准：

1. 化学成分

表 1—2

品 级	化 学 成 分				一 般 用 途
	CaF ₂	SiO ₂	S*	P	
	不小于	不大于			
1	95	4.7	0.10	0.06	冶炼特殊钢、特种合金用
2	90	9.0	0.10	0.06	冶炼特殊钢、特种合金用
3	85	14.0	0.10	0.06	冶炼优质钢用
4	80	19.0	0.15	0.06	冶炼普通钢用
5	75	23.0	0.15	0.06	冶炼普通钢、化铁、炼铁用
6	70	28.0	0.15	0.06	化铁和炼铁用
7	65	32.0	0.15	0.06	化铁和炼铁用

* 冶金用萤石块精矿规定的含S量要求过严，据统计与目前我国一些大型钢厂使用情况出入较大——编者

2. 产品块度：6—350毫米。小于6毫米的不超过10%，大于350—400毫米的不超过10%，不允许有大于400毫米的。当需方对块度另有要求时，可经供需双方商定。

3. 萤石中一般不应有泥土、废石等其他杂质。

硫、磷是冶炼钢铁中的主要有害元素。硫可使钢在加工轧制时产生热脆断裂现象，降低钢的延展性和耐蚀性。因此，要求萤石精矿中硫的允许含量为0.2—0.3%^①。磷能促使钢产生冷脆，降低钢的冲击韧性，影响锻接。要求萤石精矿中磷的允许含量应小于0.06%。

① 据全国各大钢厂目前使用萤石精矿中的实际允许含量

硅和钡在冶炼钢铁中也属有害元素。因为硅要中和一些 CaF_2 ，增加 CaF_2 的消耗量。对冶炼优质钢用的萤石精矿，要求 CaF_2 的含量大于85%， SiO_2 的含量不超过14%；钡的存在会减低炉渣的流动性，影响冶炼效果。美国对一般有害杂质的允许含量规定为：硫0.3%，铅0.25—0.5%，以及少量的磷。1976年美国对储备冶金级萤石的质量规定如表1—3。

表 1—3 美国储备冶金级萤石的质量要求 (P-69b-R2)

成 分	重量百分比 (千品)
有效的 CaF_2	≥ 70.00
硫 (或硫化物)	≤ 0.30
Pb	≤ 0.25
As	≤ 0.10
Ba	≤ 0.10
Zn	≤ 0.10

(据浙江省金华地质大队《萤石译文专辑》1984)

二、化学工业

化学工业所消耗的萤石约占世界萤石总量的40—50%，并逐年增加，是制造氢氟酸和其它氟化盐的主要化工原料。萤石粉精矿可通过化学加工处理制成氟化氢，其在商业上有两种产品：一是无水氟化氢，它是一种冒烟的液体。二是吸水后形成通常含70%氟化氢的氢氟酸。氟化氢可以用于人工合成冰晶石，也是生产各种有机和无机氟化物及氟元素的关键原料。此外氟化氢还有许多其它重要用途，如在烷基化物生产中作催化剂，也可用在钢的酸浸、搪瓷脱膜、玻璃浸蚀和各种电镀等工艺中。生产1吨纯铝，需用50—100斤公酸级萤石粉精矿来转换成人工合成冰晶石和氟化铝。氟元素是用电解法利用无水氟化氢制得的，它在常温常压下呈气态，是制造六氟化铀、六氟化硫和卤化氟的主要原料。六氟化铀是一种气体，通过扩散作用能把铀²³⁵从铀²³⁸中分离出来。六氟化硫是一种带有高绝缘性能的稳定气体，用在同轴电缆、变压器和雷达导波器中。卤化氟具有重要用途，主要用来代替更难于控制和处理的氟元素。

目前国外已研究使用乳化全氟化学药品作为血液的代用品，它能代替氧的输送，具备血液的许多功能，在病情紧急和突然缺乏自然血液的情况下，用于抢救动物和人的生命。

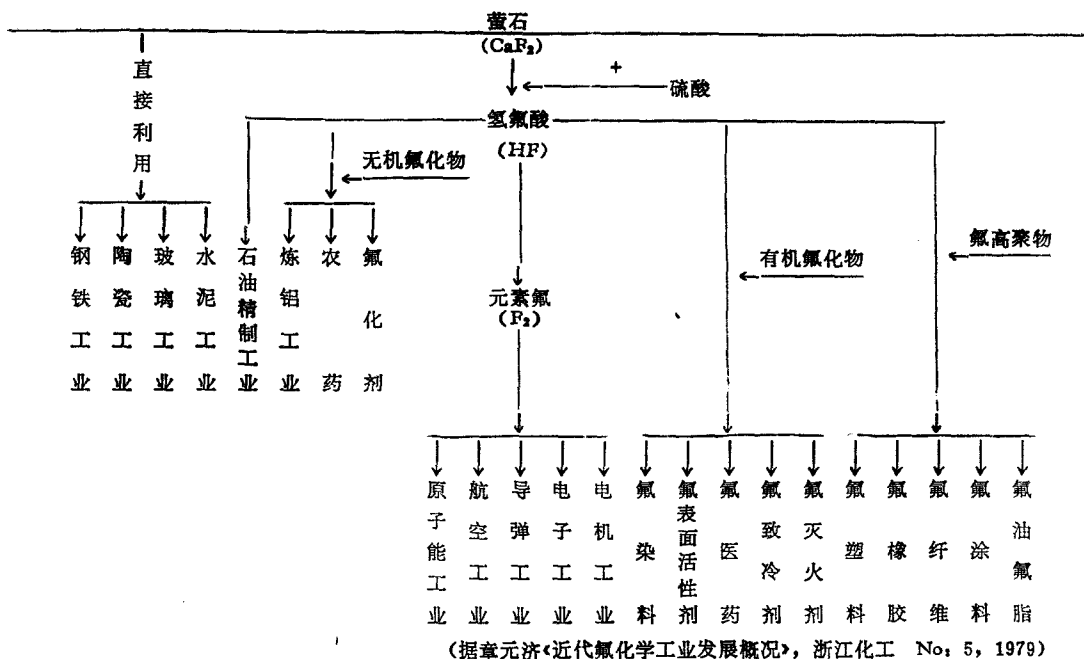
无机氟化物可用作杀虫剂、防护剂、防腐剂、添加剂、电镀溶液、助熔剂、抗氧化剂等。三氟化硼是一种重要的催化剂。

有机氟化物在氟化学工业中占有重要地位。氟化的含氯烃和碳氟化合物主要由无水氟化氢与氯仿和四氯化碳相互作用而成，它们的特点是毒性小、化学稳定性高。主要作冷冻剂、空气溶胶促进剂、溶剂聚合物的中间体和碳氟化合物树脂和弹性体。碳氟化合物树脂是一种十分惰性的化合物，摩擦系数极小，在不能用润滑油的机械零件中得到广泛应用。另外抗化学腐蚀的衬片、阀门零件、管道和箱体的衬里、耐酸软管等产品的生产都要使用碳氟化合物树脂。

总之，萤石不但是钢铁、陶瓷等工业部门的重要辅助原料，也是发展氟化学工业的关键原料。它与各有关工业部门的关系可归纳如表1—4。

氟化学工业的产品虽多，但主要有氢氟酸、氟卤烃类致冷剂、氟塑料（包括氟橡胶）、氟精细工业四大类。其中氢氟酸或氟化氢的生产是关键，每生产1吨氢氟酸需要含氟化钙

表 1—4 萤石产品应用方向



大于93—97%的酸级萤石粉精矿3吨，美国为2.2吨。冶金工业部对适用于化学工业的酸级萤石粉精矿的质量标准作如下规定（表1—5，即YB326—70标准）。

表 1—5 酸级萤石粉精矿质量标准

等 级	氟化钙不小于（%）	杂质不大于（%）	
		石 英	碳 酸 钙
1	98	0.8	1.0
2	97	1.0	1.2
3	95	1.4	1.5
4	93	2.0	不规定

（注：萤石粉精矿的粒度，要求通过200网目筛占75%以上）

本标准适用于经选矿所得的萤石粉精矿，供炼铝、化学制酸及玻璃工业用。

1. 萤石粉精矿按化学成分，分为四个等级，均以绝对干品位计算。
2. 粉精矿中水分不大于0.5%。
3. 粉精矿中不得混入外来夹杂物。

二氧化硅和碳酸钙是化工级萤石粉精矿产品的主要有害成分。二氧化硅的存在会增加氟化钙的消耗量，硅质所形成的硅氢酸会污染氢氟酸表面。碳酸钙的存在会引起使混料膨胀的二氧化碳离析。如果含有过量的硫化物（或硫），在炉中加工混料时硫化物离析出硫，会引起输送管道和捕集设备堵塞，所以硫亦是化工萤石粉精矿中的有害组分。

美国对储备化工级（酸级）萤石粉精矿的质量规定如表1—6。

表 1—6 美国储备化工级（酸级）萤石质量要求表

成 分	重量百分比（干品）（%）
CaF ₂	≥97.00
SiO ₂	≤1.00
S（或硫化物）	≤0.03
CaCO ₃	≤1.25
NaCl	≤0.02
重金属氧化物（R ₂ O ₃ ）	≤0.40
Be	≤10ppm

资料来源同表1—3

三、玻璃、陶瓷工业

玻璃、陶瓷工业中的萤石用量较少，约占总产量的5%左右。在玻璃和陶、搪瓷制品中，萤石作助熔剂和乳浊剂，也用作制造不透明的白色或带色玻璃及珐琅或釉料的粉白剂和阻光剂；因为萤石在制陶过程中能产生氟化氢，氟化氢与石英颗粒作用能腐蚀其表面，松散其结构，增加二氧化硅的表面活性。根据产品不同，萤石用量也有差异。玻璃制品中一般萤石的重量约占混料重量3—10%；陶、搪瓷制品中约占10—20%，一般要求CaF₂含量大于80—93%的制陶级萤石。冶金工业部对于玻璃、陶瓷及建材所用萤石质量标准如表1—7规定，即YB325—81标准，其块度要求一般与冶金用萤石相同。

表 1—7 玻、陶、建材用萤石质量标准(YB325—81)

品 级	化 学 成 分 (%)				一 般 用 途
	CaF ₂	SiO ₂	S	P	
	不小于	不 大 于			
1	90	9.0	0.10	0.06	建筑工业（制造水泥和玻璃等）
2	85	14.00	0.10	0.06	
3	75	23.00	0.15	0.06	
4	65	32.00	0.15	0.06	

表 1—8 浙江东风萤石公司陶瓷、建材用萤石碎屑矿质量要求

品 级	化 学 成 分 (%)				粒 度
	CaF ₂	SiO ₂	S	P	
	不小于	不 大 于			
1	85	14.00	0.10	0.06	于小6毫米
2	75	23.00	0.10	0.06	
3	70	28.00	0.15	0.06	
4	65	32.00	0.15	0.06	

注：上述1—7、1—8两表中存在的主要问题是：对玻璃、建材用萤石精矿中规定的SiO₂、S、P含量不适用；对陶瓷用萤石有害组分Fe₂O₃、CaCO₃未提出要求——编者

浙江东风萤石公司对陶瓷、建材用萤石碎屑矿作了如表1—8的内部规定。

三氧化二铁和碳酸钙是玻璃、制陶级萤石产品的主要有害杂质。含铁会使各种产品具有不良的颜色；碳酸钙会使玻璃和陶、搪瓷制品变脆。二者最大允许含量分别为 Fe_2O_3 0.2—0.12%， CaCO_3 1.0—1.5%。

四、建材工业

主要用于水泥生产中。萤石作为煅烧熟料的矿化剂，可以降低燃料的烧结温度，减少燃料消耗，并能获得比较松脆的熟料，容易粉碎，节省动力。水泥生产中对萤石质量要求不高，一般含 CaF_2 60% 的矿石即可。因为组成水泥熟料的有益化学成分主要是 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 ，它们主要形成熟料中的硅酸三钙 (3CaO 、 SiO_2)、硅酸二钙 (2CaO 、 SiO_2)、铝酸三钙 (3CaO 、 Al_2O_3) 及铁铝酸四钙 (4CaO 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3)，所以对有害杂质没有作具体规定。

五、光学萤石

是贵重的光学工业矿物原料，在自然界中很少形成单独的光学萤石矿床。少量光学萤石与普通萤石共生产出。

表 1—9 光学萤石晶体质量标准

级 别	可 用 部 分 采 取 率	可用部分尺寸 (毫米)	备 注
特	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积 $\geq 90\%$	$\geq 50 \times 50 \times 25$	选矿时，除将不透明部分或其它缺点浓集部分打掉外，一般应保留些缺陷部分，以免使用单位加工时损坏晶体有用部分
1	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积 $\geq 80\%$	$\geq 20 \times 20 \times 10$	
2	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积 $\geq 60\%$	$\geq 10 \times 10 \times 4$	
3	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积 $\geq 40\%$	$\geq 10 \times 10 \times 4$	
4	1. 无缺点部分占整个晶体或碎块的体积 $\geq 5\%$ 2. 凡带有均匀浅色（不具乳色）均列入该级	$\geq 6 \times 6 \times 6$	

光学萤石因其折射率对不同长度的光波变化较小，没有双折射现象，且能自由地通过红外线和紫外线，宜于制造显微镜的消色差物镜、摄谱仪棱镜等；钇萤石因硬度较高，解理不发育，机械性能远比一般萤石优良，更宜于制造光学镜头和仪器窗口；人工合成的高纯度萤石当含稀土元素钕 (Nd)、镝 (Dy) 达到一定量时，可作激光材料；色泽鲜艳、透明的绿色及紫色块状萤石可作工艺雕刻的饰品。

在光学工业上，对萤石的技术要求十分严格，需质纯、无色（或带均匀的浅色）、透明、解理不发育、红、紫外线透光性强、无裂隙、无包裹体，机械性能良好，厚度为1.5毫米的萤石薄片透过波长为4.5微米的红外线必须在80%以上。对晶体规格和质量标准，1961年建材工业部作了如表1—9的规定。

第三节 我国萤石工业的发展方向

按世界年钢产量约7亿吨,每生产1吨钢需3—5公斤萤石计,需要萤石约300万吨。在玻璃、陶瓷工业,年需要量约30—40万吨。在氟化学工业中,每生产1吨氢氟酸需要3吨萤石粉精矿;世界每年生产氢氟酸为100万吨,需要萤石粉精矿300万吨,而每生产1吨萤石粉精矿,需 CaF_2 含量 $\geq 40\%$ 的萤石原矿3吨,则需要消耗900万吨萤石原矿。因此,萤石用于氟化学工业的数量相当可观。

据统计1980—1985年世界萤石年产量为500—700万吨,各工业部门的萤石消耗量为:钢铁冶炼工业占52.4%;碳氟化合物占28.6%;炼铝工业占15%;其他工业部门占4%。实际应用于氟化工业占43.6%,接近总产量的二分之一,仅稍次于冶金工业。在我国1982—1986年萤石年产量为100—110万吨,其中应用于冶金工业占30.8%,氟化学工业占6.4%,外贸出口占62.8%。可见,我国萤石生产主要是供给外贸出口,而用于国内氟化学工业其数量甚微,这使我们有一种强烈的紧迫感应尽快发展我国的氟化学工业。

所谓“氟化学工业”是指以萤石粉精矿为基本原料,制成氢氟酸和无水氟化氢;与有机化合物合成形成多种有机氟化工产品,而后又可制成许多含氟高聚物;无水氟化氢电解制成元素氟后,能制得一系列高氟化物,其产品有20—30大类,几千种之多。

就世界范围而言,氟化学工业是一门新兴的化学工业,它的发展约有100年的历史。而我国氟化学工业起步较迟,1950年上海鸿原化工厂首次试制成功氟制冷剂F-12及F-22,同年浙江化工试验所试制成功无机氟农药及有机氟杀鼠剂,虽然目前中国科学院有机化学研究所在人造血液、全氟离子膜的研制方面处于世界领先地位,但我国整个氟化学工业的发展是缓慢的,与世界先进国家相比差距十分悬殊。

发展氟化学工业有利于萤石资源的合理开发和充分利用,是提高资源经济效益、社会效益和环境效益的有效途径。我国每年用于氟化学工业仅占萤石产量6%左右,而有60%以上的产量以原矿或初级产品供外贸出口。就目前国内市场价格计算(按1988年2月以前价格),含 CaF_2 品位大于85%块精矿为75元/吨; CaF_2 品位大于97%的粉精矿为150元/吨^①,年产100万吨萤石产品(以10万吨粉精矿、90万吨块精矿和碎屑矿计),仅能获得近1亿元的产值,而且要消耗300万吨的工业储量,相当于每年消耗一个大型矿山,可见资源价值低、消耗大、经济效益微薄,已成为萤石矿业的突出问题。在外贸出口中,萤石的国际市场价为150美元/吨,美国出口价为172—175美元/吨,墨西哥和南非出口价为90—100美元/吨,西班牙出口价为115美元/吨;而我国出口日本价为61美元/吨,出口巴基斯坦为58美元/吨。在国际市场上我国萤石产品价格也处于最低状态,而且以高品位的萤石块精矿为主,粉精矿占少量,严重影响了萤石资源的合理使用和经济效益的提高。例如我国出口1吨 CaF_2 含量80—85%的块精矿,其售价为58—62美元/吨,而国际市场上粉精矿价是150—160美元/吨,这种市场价格是极不合理的。

据统计,国内块精矿(含 $\text{CaF}_2 > 65\%$)售价55元/吨,成本为52元/吨,仅得微利3元/吨;粉精矿售价为160元/吨,成本为110元/吨,得利即达50元/吨,相当于块精矿的17倍。如果加

① 1988年2月15日国家物价局等单位调整了萤石矿产品价格。详见第二章第二节

工成无水氢氟酸,售价为3500元/吨,可获利1800元/吨;再深度加工成聚四氟乙烯树脂,售价为40000元/吨,获利20000元/吨;1吨聚四氟乙烯需消耗萤石粉精矿5吨,5吨粉精矿获总利为250元,1吨聚四氟乙烯比5吨粉精矿获利高80倍。目前国内年产聚四氟乙烯1000吨,产值为4000万元,如果再加工成制品,其产值就可翻一翻,又比聚四氟乙烯获利高出1倍,其产值就相当于我国萤石的年总产值。再如以二氟一氯一溴甲烷(简称1211灭火剂)为例,售价15000元/吨,我国年产700吨,产值为1000万元,而生产1吨“1211”灭火剂,只需萤石粉精矿1.8吨,其获利高达1.8吨粉精矿的40倍。就浙江省来说,1987年萤石产量为60万吨按调价前的国内价格计算,产值约6000万元。其中化工级粉精矿14万吨,产值约2400万元,利税总额700多万元。若全部粉精矿用于生产氢氟酸,产量为4.7万吨,利税总额约4700万元,再转化为氟里昂(F-22),产量6.22万吨,利税总额2.5亿元。F-22提供利税是粉精矿的近36倍。如若将60万吨萤石矿的二分之一转化为聚四氟乙烯,产值可达几十亿元,一年可提供利税10多亿元^①。因此,在科学技术和商品经济发达的今天,要把资源优势变成经济优势不能不重视矿产品自用率比重的提高和产品深度加工业的发展。

在世界上近代氟化学工业,正在向高、精、尖的多功能材料和精细化工产品方向发展,因其产品性能特优,用途很广,用量少,效果好,价格昂贵,经济和社会效益远胜过其他化工产品,而且为其它化工产品所无法比拟。据邓黎明等统计,东阳化工厂是浙江省生产氢氟酸、氟里昂最早最大的厂家,建于1965年,1966—1987年投资总额418万元,利税总额2350.36万元,投资回收期2年。1985年百元资金利税率为74.5%,仅次于烟草业的388.8%,木材采运业的79.1%,位居全省第三。是纺织业的2倍多,食品业的3倍多,电气业的1.62倍,电子业的1.77倍,仪器仪表业的2.1倍,比全国石油化工的48.68%要高出百分之20几。因此,为了提高我国萤石资源的利用程度和经济价值,必须加速发展氟化学工业。

就世界范围而言,萤石资源虽分布普遍,储量丰富,但单一及高品位萤石富矿储量并不多。据报道,目前世界萤石储量只能提供利用20—30年,21世纪初,世界萤石储量资源将出现危机状态。因此,近几年来世界萤石产量始终保持在500—700万吨左右,工业发达国家,大量进口萤石初级产品,以满足冶金和氟化工业发展的需要。如苏联每年从我国进口10万吨萤石,美国每年从墨西哥、南非、西班牙进口90万吨萤石及氢氟酸,日本每年从南非、泰国、肯尼亚进口15万吨萤石,美、日还从我国进口大量萤石。美、苏等国虽有较丰富的萤石资源,但并不大量开采,以进口来满足需要。从70年代开始,美、英、法、苏等工业发达国家已把萤石列为战略资源,每年给予一定数量的储备。而我国萤石资源虽较丰富,开采量也很大,但氟化学工业不发达。究其原因,除科学技术落后外,加工工业不发达,多渠道初级产品或原矿出口,以谋求眼前利益,不能不说是重要的原因。而且我国萤石矿业的开发中,滥采乱挖、采富弃贫、开大弃小、开厚弃薄, CaF_2 品位30—40%的贫矿未被利用的现象普遍存在,资源损失浪费现象十分严重。因此,加强对萤石资源的保护和合理使用,已成为当前的迫切任务。同时,就我国目前的资源条件、地理分布、交通能源、技术素质、大批选厂的新建,以及氟化学工业投资少,一次性投入规模可大可小,投入产出周期短,总投资回收期短,资金利税率高等特点,具备了发展氟化学工业的条件,尤其是地处东南沿海的浙江,更具备了发展和建立氟化学工业基地的优势。

① 据浙江省科技发展对策研究中心办公室与浙江省科技情报研究中心合编“决策参考”,1988年第6期(总46期)

第二章 萤石矿产资源的基本概况

第一节 我国萤石矿产资源的分布和利用现状

萤石矿产资源分布十分普遍，世界各大洲都有发现。但在地壳中的分布密度和矿床规模，各地区有很大的差别。从成矿地质条件来评价，环太平洋成矿带的萤石储量约占全球萤石储量的二分之一以上，是全球萤石资源的重要分布区。

我国东部和东南部的广大地区，属环太平洋成矿带的一部分。调查表明，我国萤石矿产在全国31个省、自治区、直辖市中，已发现矿床、矿点874处（表2—1），除天津、上海两市尚未发现矿产地，海南、台湾省未作统计外，其他27个省、自治区、直辖市中都有萤

表 2—1 全国各大区萤石矿床、矿点统计表

大区名称	省、区、市名称	矿床数	矿点数	小 计	备 注
东北区	辽宁、吉林、黑龙江	9	11	20	
华北区	内蒙古、山西、宁夏、河北、北京	70	111	181	其中内蒙古矿床59处、矿点98处，合计157处，占总数17.96%
西北区	陕西、甘肃、青海、新疆	11	27	38	
中南区	湖南、湖北、河南、广西、广东	37	43	80	湖南伴生萤石矿有7处
华东区	江苏、浙江、江西、福建、安徽、山东	195	318	513	其中浙江矿床168处，矿点191处，合计359处，占总数41.08%
西南区	四川、云南、贵州、西藏	31	11	42	贵州伴生矿1处，云南伴生矿9处
总 计	27	353	521	874	其中上储量平衡表单一矿床150处，伴生矿床17处

注：矿化点浙江202处，内蒙古136处未列入内

石矿床、矿点分布，其中山西省、西藏自治区仅发现矿点，尚未探明储量；黑龙江、吉林、江苏、新疆、青海、宁夏、北京等省、市、自治区矿床（点）少，探明储量不多；萤石矿资源主要集中分布在我国东部及东南部的浙江、福建、江西、湖北、湖南、河南等省，其中浙江省矿床（点）359处，占全国总数的41.08%，为我国萤石矿产的主要集中区。近年来内蒙古自治区有新的突破，发现了一批矿产地，计有矿床（点）157处，占总数的17.96%；辽宁、甘肃、广东、广西等省、区也有一定数量的矿床、矿点发现和探明储量。