

# 国内外硅灰石矿产资源 及开发应用调研报告

国家建材局地质研究所

一九八六年五月

## 前 言

中国非金属矿工业公司根据国家建材局关于“开发新矿种，发展深加工”的战略方针，按1984年11月27日至30日在四川召开的全国建材工业非金属矿专业情报信息网第八次网长会议讨论结果，于1985年1月以（84）材非字82号文下达我所开展凹凸棒石粘土、海泡石粘土、霞石正长岩、膨润土的国内、外和硅灰石国外情报调研工作的任务。经过一年的努力，从基础理论研究到工业应用，从资源分布到评价开发均作了较全面的综合，旨在为我国非金属矿的开发提供一些背景材料。限于知识水平，不妥或谬误之处。恳请批评指正。

硅灰石资源情况及应用调研，国外部分由湖北非金属地质公司承担，国内部分由武汉工业大学承担。

报告编写人：刘逸成、（湖北非金属地质公司）

黄钟稷、毕晓平（武汉工业大学）

审稿人：沈宝琳

责任编辑：马之平

编 者

一九八六年五月

# 目 录

## 一、概 论

(一)、硅灰石的矿物特性·····	(1)
1. 硅灰石的化学成分·····	(1)
2. 硅灰石的物理性质·····	(3)
3. 硅灰石的晶体结构与光性·····	(4)
(二) 硅灰石矿床产出地质条件及成因类型	
1. 接触交代(夕卡岩)型硅灰石矿床·····	(9)
2. 接触热变质硅灰石矿床·····	(10)
3. 区域变质硅灰石矿床·····	(10)
4. 目前国内硅灰石矿床分类·····	(11)
(三) 硅灰石的工艺性能及工业应用·····	(13)
(四) 硅灰石矿石工业品级的划分和工业要求·····	(13)

## 二、我国硅灰石矿产资源及其开发应用

(一) 国内硅灰石矿床的工业指标·····	(16)
(二) 国内硅灰石矿·····	(16)
1. 吉林省硅灰石矿床·····	(19)
2. 湖北省硅灰石矿床·····	(24)
3. 安徽省硅灰石矿床·····	(27)
4. 江西省硅灰石矿床·····	(28)
5. 湖南省硅灰石矿床·····	(29)
6. 福建省硅灰石矿床·····	(30)
7. 浙江省硅灰石矿床·····	(30)
8. 河北省硅灰石矿床·····	(31)
9. 内蒙硅灰石矿床·····	(31)
10. 青海省硅灰石矿床·····	(31)
11. 新疆硅灰石矿床·····	(31)
12. 辽宁省硅灰石矿床·····	(32)

(三) 我国目前硅灰石矿床开采矿与选概况	(39)
(四) 硅灰石应用研究现状	(42)
1. 硅灰石在陶瓷工业中的应用	(43)
2. 硅灰石在钢铁工业中的应用	(45)
3. 用硅灰石做电焊条	(46)
4. 硅灰石在涂料、颜料工业上的应用	(46)
5. 硅灰石在塑料、橡胶工业中的应用	(46)
6. 硅灰石在玻璃工业上的应用	(47)
7. 用硅灰石做建筑材料	(47)
8. 用硅灰石制造粘结剂	(47)
9. 用硅灰石制造耐火材料	(47)
10. 硅灰石在造纸工业中的应用	(48)
11. 硅灰石在国防尖端工业的应用	(48)
12. 硅灰石在农业上的应用	(48)
13. 硅灰石在环保方面的应用	(48)
14. 硅灰石用作模具	(48)
15. 硅灰石用于制造过滤器	(48)
(五) 国内合成硅灰石现状	(48)

### 三、国外硅灰石资源地质及工业利用

(一) 国外硅灰石矿床成因类型	(49)
1. 接触交代(夕卡岩)型矿床	(49)
2. 接触变质(大理岩—硅灰石)矿床	(49)
3. 区域变质(硅灰石—大理岩)矿床	(50)
4. 火山喷发岩型矿床	(50)
5. 岩浆期后热液型矿床	(50)
(二) 国外硅灰石资源地质特征概述	(50)
(三) 各国硅灰石的储量和产量	(64)
(四) 世界几个主要硅灰石矿床的情况简介:	(67)
1. 威尔斯博罗矿床	(67)
2. 拉彭兰塔(Lappeenranta)矿床	(68)
3. 科依塔什(Koutam)矿床:	(68)
4. 博萨金矿床	(68)
5. 拉布兰卡(La Blanca)矿区	(69)

6. 圣菲(Santa Fe” )矿床	(70)
<b>(五) 国外硅灰石的工业应用</b>	
1. 硅灰石的工业地位	(70)
2. 国外硅灰石工业利用简况	(71)
3. 各个应用领域的技术要求	(77)
<b>(六) 地质勘探与开采方法</b>	(78)
1. 硅灰石矿床的地质勘探工作方法	(78)
2. 开采方法	(78)
<b>(七) 选矿方法</b>	(79)
1. 硅灰石选矿的意义及选矿工艺的发展	(79)
2. 世界主要硅灰石生产国的选矿工艺特点	(79)
<b>(八) 国外合成硅灰石</b>	(83)

## 四、硅灰石国内外市场及价格

<b>(一) 贸易概况</b>	(80)
<b>(二) 硅灰石的销售价格</b>	(88)
1. 芬兰、北美	(89)
2. 英国	(89)
3. 美国	(89)
4. 中国	(90)

## 五、予测与展望

<b>(一) 未来的供需与应用结构</b>	(92)
<b>(二) 发展趋势</b>	(93)
<b>(三) 到2000年的预测</b>	(94)
1. 资源	(94)
2. 开采、消耗和贸易	(94)

## 六、综合述评

# 一、概 论

硅灰石是一种天然产出的偏硅酸钙，作为一种工业矿物，它的应用历史还很短。世界最早开始生产硅灰石的国家是美国，1933年美国加利福尼亚克恩县的柯德赛丁(Code Siding)硅灰石矿床开始生产硅灰石，制造白色的矿物纤维，从60年代开始，它作为一种快速烧成的理想材料，在釉面砖的生产上获得了广泛的应用。

由于硅灰石具有一系列优异性能，在陶瓷、涂料、冶金保护渣、塑料、橡胶、建筑材料、新型复合材料、电焊材料、绝缘陶瓷泡沫材料、造纸等工业作为填料得到广泛应用，它赋与各种产品和复合材料以优良性能，如机械性能、介电性能、抗热性、稳定性等。并在一些应用中能节约能源，降低成本，在工业生产中有着显著的工艺效果和经济效益。

近年来，世界硅灰石的生产迅速增长，年开采量由1981年的15万吨增长到1985年的约25万吨，其应用范围也日益扩大。

七十年代末期以来，我国先后在湖北、江西、吉林、安徽、福建、湖南、浙江、内蒙、河北、辽宁、新疆、黑龙江等省发现了硅灰石矿产资源，储量较为丰富。从1981年开始了工业性的开采，几年来，我国硅灰石产品已进入国际市场，出口量日趋增加。为了适应国民经济发展的需要，促进硅灰石的开发与利用，兹将国内外发展概况作一介绍

## (一) 硅灰石的矿物特征

硅灰石是一种钙的偏硅酸盐矿物，是接触交代变质而形成。

硅灰石(Wollastonite, Волластонит)。这一名称是根据英国化学家W.H.Wollaston而得名。

### 1. 硅灰石的化学成分:

硅灰石的化学分子式： $\text{CaSiO}_3$ ，或结构式 $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ ，化学成分理论组成CaO为48.25%， $\text{SiO}_2$ 为51.75%，但天然产出的硅灰石，组分中的Ca可被少量的Fe、Mg、Mn、Ti、Sr所置换，并混有少量的Al和微量的K、Na。

下面列举我国和世界上一一些硅灰石的分析结果列表对比如下(表1)。

天然硅灰石在其化学成分中常含某种数量的杂质，主要混染元素为铁、锰、镁等。着色氧化物( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{TiO}_2$ )的存在，将影响硅灰石的工业应用。在硅灰石成矿过程中，相对低温的环境比高温环境铁锰混染的可能性小。但须指出，影响硅灰石成分中杂质含量的主要因素不是成矿时的温度环境，而是成矿物质(成矿原岩)及围岩的化学成分。例如，苏联斯留江硅灰石矿床，硅灰石中FeO的含量为0.05—0.18%，Mn为痕迹—0.1%，我国吉林大顶山硅灰石中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量为0.16%，均属含着色氧化物很低的矿石，形成于较纯净的成矿母岩中。

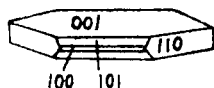
硅灰石化学分析表

表1

序号	产地	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	烧失量	总计
1	湖北小箕卜	50.23	44.90	0.46	0.82	—	1.00	—	—	—	0.01	—	—	2.47	99.89
2	吉林长威子	50.96	47.01	1.94	0.30	—	0.37	—	—	—	—	—	—	1.02	101.60
3	吉林大顶子	49.99	46.19	—	0.16	—	0.25	—	0.06	0.17	0.02	—	—	2.75	99.58
4	湖北丰山洞	49.01	42.16	0.99	2.23	—	1.49	—	—	—	—	—	—	2.29	98.17
5	江西上饶铁山	52.43	42.36	0.62	0.51	—	0.88	—	0.08	0.025	—	—	—	5.38	—
6	江西上高蒙山	41.39	47.84	0.67	0.18	—	10.71	—	微	0.16	—	—	—	1.73	—
7	湖南大义山	59.00	39.00	4~5	1~3	—	1.5~1.7	—	<0.2	<0.6	<0.6	—	—	—	—
8	吉林延吉大灰沟	44.88	45.54	0.53	0.06	0.34	—	—	—	0.05	—	—	—	8.05	99.36
9	青海都芸	51.58	38.35	3.53	0.28	0.99	1.63	0.16	1.3	0.26	0.14	0.38	—	—	—
10	安徽狮子山	49.30	45.43	0.24	0.16	0.89	0.25	—	0.10	0.18	—	—	—	2.85	99.42
11	美国威尔斯博罗	48.73	37.84	0.34	—	6.63	3.63	—	—	—	—	—	—	—	99.97
12	美国纽约州	50.90	46.90	0.25	0.55	—	0.10	0.12	—	—	0.89	—	—	—	—
13	苏联塔吉克	51.08	43.42	0.60	0.54	—	0.85	—	0.07	—	—	—	—	—	—
14	苏联斯留江卡	40.20	46.70	0.03	0.16	—	1.01	—	—	—	—	—	—	—	—
15	芬兰彭蓝塔	51.96	45.80	0.58	0.24	—	0.55	—	—	—	—	—	—	—	—
16	日本神奈川县	50.50	48.08	0.40	微	—	0.44	—	—	—	—	—	—	—	—
17	澳大利亚新南威尔斯	49.92	45.02	0.87	0.90	0.08	0.16	1.93	—	—	—	0.65	0.16	—	100.14
18	加拿大魁北克	50.15	46.97	0.14	0.04	0.60	—	0.96	0.05	0.35	—	0.38	—	—	100.09

## 2. 硅灰石的物理性质

纯硅灰石多为白色，有时为带浅灰或浅红白色。透明或半透明。有杂质时可染成褐色或黑色（含碳或铁锰）。纯硅灰石条痕为白色、玻璃光泽、解理面上为珍珠光泽。单晶体沿(001)或(100)延展成板状或片状如图1。单晶极为罕见。自然界多呈放射状，纤维状，片状，羽毛状或块状。以纤维状最为常见。例如湖北大冶硅灰石纤维状集合体巨晶。大顶山为细小纤维状，而长崴子的硅灰石却为块状集合体。一般硅灰石均为针状。纤维状。甚至细小颗粒也是纤维状。在电镜(8,000倍)下观察硅灰石外表仍是纤维状，而砸碎后仍是板状。据资料报导硅灰石纤维的纵横比(纤维长:纤维直径)为7~8比1。据有关实验报导经过化学处理的硅灰石纤维其纵横比可达20:1，而我国自然产出的硅灰石纵横比可达20:1到30:1。



1. 硅灰单晶晶形



2. 硅灰石集合体

硅灰石比重为2.87~3.09，硬4.5~5，性脆，易研磨成极细的颗粒。如将硅灰石加工处理使成超细粉(小于0.5微米)，应用上有更广阔的前景。硅灰石有很好的反光性能，当纯度为99%，粒度小于325目矿样亮度与亮度为100的标准白原料氧化镁对比获反光率为92~96%（我国吉林大顶子与长崴子的白度亮度都很好，深受外商欢迎）。硅灰石在紫外光照射下发荧光，有的发磷光。

硅灰石熔点为1540℃，若含杂质则熔点大大降低，一般在900℃时较稳定。超过1100℃全变成灰硅钙石和斜硅钙石。

硅灰石膨胀系数较低，膨胀系数变化也较小，而且为线性均匀膨胀。图3和表2是对湖北大冶硅灰石矿沿柱状延长方向(b轴)的实测膨胀曲线和计算的线膨胀系数的结果。

硅灰石具有优良的绝缘性能，高抗热性能、 $\alpha$ -硅灰石电阻值较大，数值为 $1.6\sim 1.7 \times 10^{14}$ 欧姆/厘米。所以适于制造低损耗瓷。

硅灰石有较好的化学稳定性，在25℃的中性水中溶解度为0.0095克/100毫升。在一般情况下耐酸、耐碱、耐化学腐蚀性。有良好的化学稳定性。但在浓HCl中发生分解，形成絮状物。

以上物理化学性能常因硅灰石中钙被铁、锰、镁、锶、钛所部分代替，形成固溶体，则对其矿物特性和合成工艺，具有相当大的影响。所以对我国各个矿床的硅灰石应用之前必须进行性能测试工作。

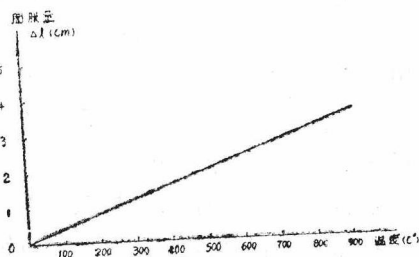


图3 湖北大冶小箕卜硅灰石实测膨胀曲线  
(放大倍数195, 棒长54.62mm)



湖北大冶硅灰石矿物不同温度范围内膨胀系数

表2

温 度 范 围	190~ 100℃	19~ 200℃	19~ 300℃	19~ 400℃	19~ 500℃	19~ 600℃	19~ 700℃	19~ 800℃
膨胀系数 ( $10^{-6}$ mm/度)	5.28	5.44	5.90	6.19	6.32	6.52	6.67	6.71

### 3. 硅灰石晶体结构与光性特征

#### (1) 硅灰石晶体结构

硅灰石属单链硅酸盐矿物，为三斜晶系，有三种同质多象变化。一种为高温变体。又叫假硅灰石，成假斜方晶系，实质上属三斜晶系，在自然界极少见。而另二种是低温变体，即硅灰石—Tc和硅灰石—ZM，其中硅灰石—Tc属三斜晶系，而硅灰石—ZM（过去又称副硅灰石）属单斜晶系。见表3。

硅灰石的三种变体

表3

变 体 划 分、 名 称			晶 系	产 出 特 征
硅 灰 石 (广义)	低温形体 ( $\alpha$ -硅灰石)	硅灰石—TC (普通硅灰石)	三 斜	自然产出硅灰石之主体，常见。
		硅灰石—ZM (副硅灰石)	单 斜	自然产出较少。
CaSiO <sub>3</sub>	高温形体 ( $\beta$ -硅灰石)	(假硅灰石)		自然产出罕见。产于煤，石油燃烧的高温环境。

根据矿物学对化合物高温相的惯用命名原则，高温形体假硅灰石称为 $\beta$ -CaSiO<sub>3</sub>。与此相反水泥研究工作者却采用兰金和赖特的命名法将假硅灰石（高温形体）称为 $\alpha$ -CaSiO<sub>3</sub>。为了避免混乱，规定采用高温或低温硅灰石就较妥当。国际矿物协会新矿物名称委员会批准使用硅灰石（低温形体）和假硅灰石（高温形体）名称，而建议废除副硅灰石一词。（原先指硅灰石低温形体之中单斜晶系）而建议加后缀来区别低温形体二种多形变体。即硅灰石—Tc，和硅灰石—ZM（原副硅灰石）。

英国矿物岩石学家剑桥大学W. Deer教授较详细地阐述了硅灰石的晶结结构。

硅灰石的晶体结构是一种无穷链状硅酸盐，Ca—O八面体以一棱依次连接成一条无限延长的Ca—O八面体直链，成为硅灰石结构的枢轴，由Si—O四面体组成的硅氧链与此枢轴的棱相连接（图4）或与Ca—O八面体的自由氧顶点相连接（图5）。图4中，每隔一个Ca—O八面体的棱和两个〔Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>〕型的Si—O四面体相连接，由于Ca—O八面体的棱长为3.65Å（图6）。而〔Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>〕双四面体的高度为4.1~4.2Å（图7），所以〔Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>〕就呈弯曲状和Ca—O八面体的棱扣紧，致使〔Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>〕双四面体的相反方向上的两条棱一个向上，一个向下偏扭。两对相邻的〔Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>〕通过一个Si—O四面体连接起来，从而形成一条无限延长的Si—O四面体单链。平行b晶轴方向上，链每隔三个Si—O四面体重复（图8）。

硅灰石结构的链并不相连(图9)。从图10表明,硅灰石具有极完全的{100}解理和完全的{001}解理。

硅灰石Si—O之间的距离为1.52~1.64KX, Ca—O之间距离变化在2.32~2.40KX之间。



图4 硅灰石四面体以棱与钙氧八面体相连

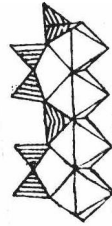


图5 硅灰石四面体链与钙氧八面体的自由氧顶点相连接

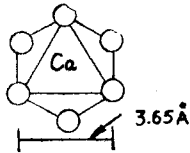


图6 Ca—O八面体棱长3.65Å



图7 (Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)双四面体的高度为4.1~4.2Å

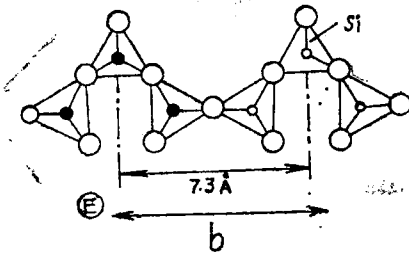


图8 硅灰石结构中b轴方向链每隔三个硅氧四面体重复

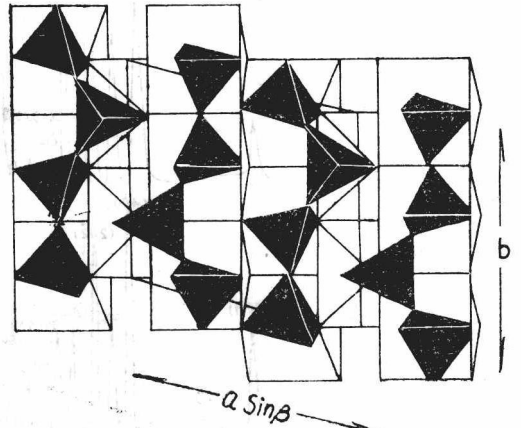


图9 硅灰石结构顶视投影图(XY)

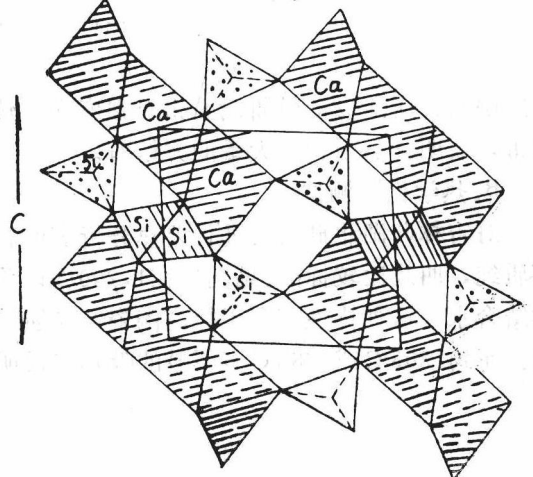


图10 硅灰石结构侧视投影图

为进一步说明硅灰石的晶体结构,下面列举我国几个矿山的硅灰石X衍射、红外光谱及热学性质测试结果

#### A. X光衍射成果

对吉林、湖北与安徽硅灰石做了X射线粉晶照相及X射线衍射分析,证明我国几个硅灰石矿山的硅灰石均属三斜晶系低温型硅灰石。(见图11硅灰石X光衍射曲线图)

从图11中可以看出: XK四—5为吉林大顶子较纯的硅灰石样品,四条特征峰数据与美国“ASTM”标样卡片基本相同,小箕铺样品曲线也很相似。而盘石长崴子样(XK盘—1)与吉林延吉县大回沟样品中含较多

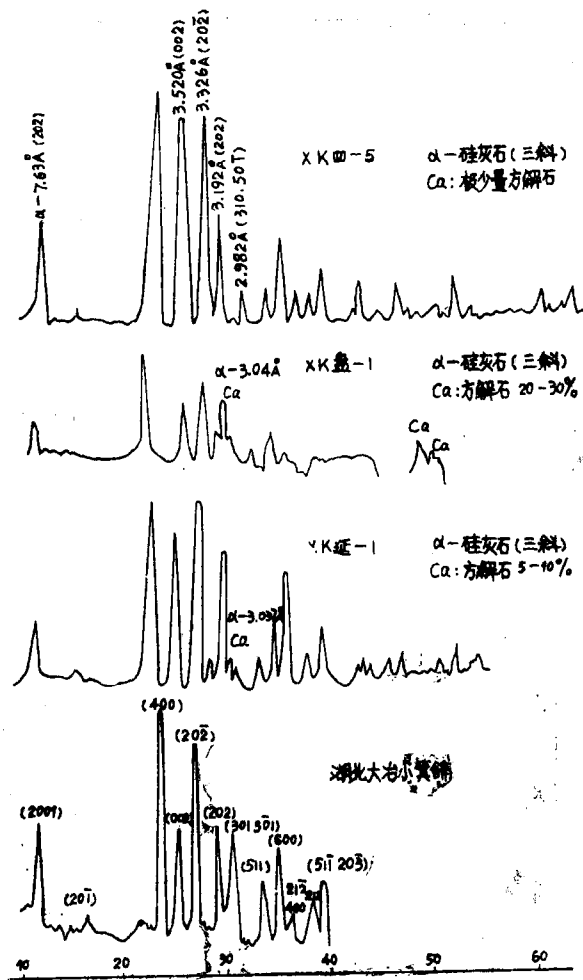


图11 硅灰石X光衍射曲线图

的方解石，而造成衍射曲线的相对强度变化较大。但其硅灰石仍属低温三斜硅灰石。出现吸收带，表明样品中含有大量的方解石。

### B. 热学性质测试

对吉林与湖北硅灰石进行差热分析表明。大顶子矿粗晶硅灰石与大冶小箕铺纤维状硅灰石质纯，曲线比较标准。见图12在1,200度以前无明显放热和吸热效应。表明不含吸附水和化学结合水。这种特性有利于提高陶瓷产品质量。差热曲线到1200°~1266°C吸热说明相变开始。而到1308°C或1285°C有明显的吸热谷说明是低温硅灰石。

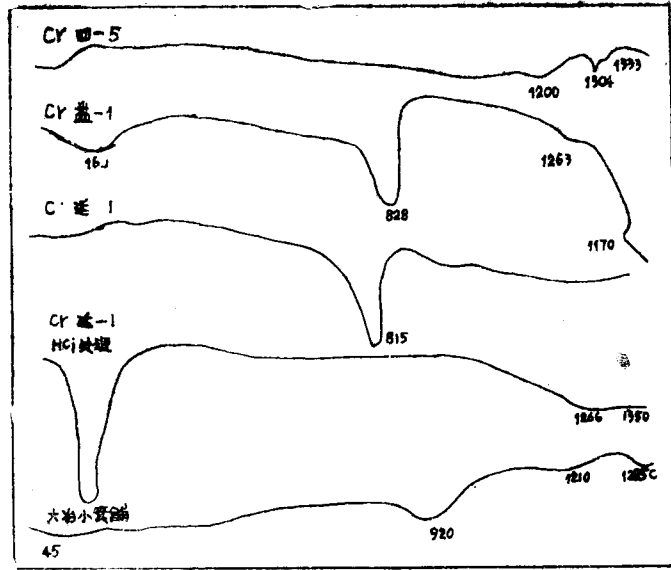


图12 硅灰石差热分析曲线图

硅灰石X射线分析结果对比表

表4

A.S.T.M美国卡片		吉林大顶子 X射线衍射	安徽狮子山 X射线衍射		安徽狮子山 X射线粉晶照相		
d (Å)	I/I <sub>0</sub>	d (Å)	d (Å)	I/I <sub>0</sub>	d (Å)	I/I <sub>0</sub>	hkl
7.70	4	7.69	7.687	29			200
3.83	8		3.837	100	3.83	4	400
3.52	8	3.520	3.515	46	3.53	3	002
3.31	8	3.326	3.317	66	3.30	9	202
3.09	3	3.095	2.089	21	3.06	2	202
2.97	10	2.982	2.978	16	2.957	10	310.501
2.55	3		2.557	37	2.533	2	600
2.29	4		2.302	24	2.275	5	601.203

资料来源：淮南矿业学报1983.1，建材地质1981.1。

### C. 红外光谱测试结果

吉林省地质局对大顶子、长崴子、大回沟；中科院对大冶小箕铺硅灰石做了红外吸收光谱测试，其谱线特征与国外标准硅灰石吸收曲线基本一致（见图13）。

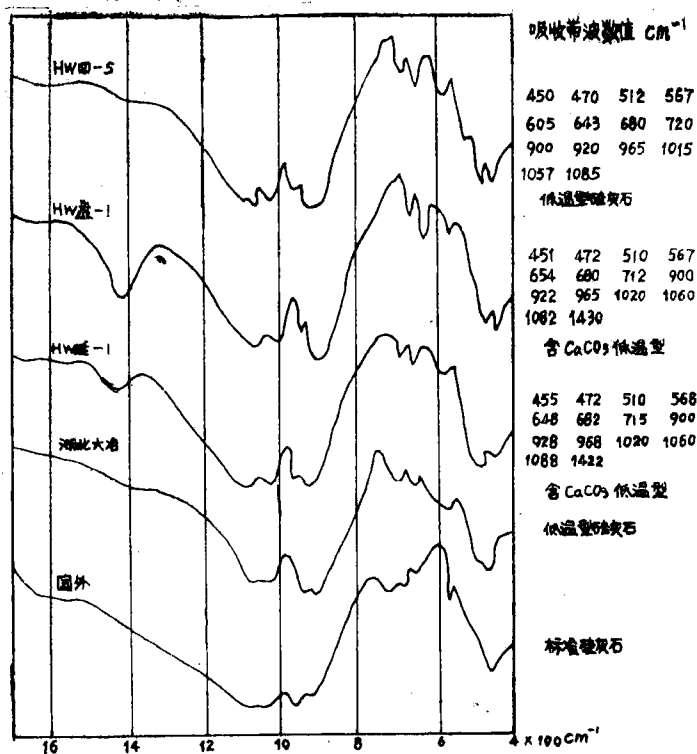


图13 硅灰石红外光谱谱线图

在 $565\sim 682\text{cm}^{-1}$ 波段间三个中等强度的窄吸收带。证实我国各矿区的硅灰石单位晶胞为三个 $\text{Si}-\text{O}$ 四面体组成的典型低温相硅灰石，而长威子（盘—1）和大回沟（延—1）两个样品在 $1400\text{cm}^{-1}$ 波段结构大量破坏，迅速向高温硅灰石转化，而长威子硅灰石（盘—1）和大回沟硅灰石（延—1）样品中方解石含量高。所以， $825^\circ\text{C}$ 、 $845^\circ\text{C}$ 出现明显的吸热谷。说明方解石结构遭到破坏，大回沟（延—1）经 $\text{HCl}$ 处理后，则 $845^\circ\text{C}$ 方解石吸热谷消失。

通过差热曲线分析说明吉林与湖北硅灰石均属低温硅灰石。并且与以上X光衍射和红外光谱分析资料一致。

### (2) 硅灰石光学性质

显微镜下，薄片中的硅灰石大都呈柱状，中等正突起。纵切面近于平行消光，干涉色一级灰到一级黄白。横切面斜消光，干涉色一级桔黄。

$$N_p = 1.616 \sim 1.640$$

$$N_m = 1.628 \sim 1.650$$

$$N_g = 1.631 \sim 1.653$$

$$N_g \sim N_p = 0.031 \sim 0.014$$

$$2V = 38^\circ \sim 60^\circ$$

$$N_g a = 34^\circ \sim 39^\circ$$

$$N_m b = 3^\circ \sim 5^\circ$$

$$N_p c = 28^\circ \sim 34^\circ$$

光轴面// (010)

色散:  $r > v$

空间群:  $P\bar{1}$ 。

单位晶胞:  $a_0 = 7a.94\text{Å}$ 、  $b_0 = 7.32\text{Å}$ 、  $c_0 = 7.07\text{Å}$ 、  
 $\alpha = 90^\circ 03'$ 、  $\beta = 95^\circ 17'$ 、  $\gamma = 102^\circ 28'$

纯CaSiO<sub>3</sub>的各种结构变体的典型光性数值

表5

硅灰石变体	NP	Nm	Ng	Ng~NP	NgΔa	Nmb	光性符号
硅灰石—TC	1.618	1.630	1.632	0.014	39°	4°	(-)
硅灰石—ZM	1.618	1.630	1.632	0.014	38°	0°	(-)
假硅灰石	1.610	1.611	1.654	0.044	9°	—	(+)

(摘自造岩矿物: 单链硅酸盐)

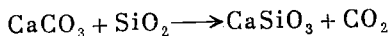
根据消光角的大小可以鉴定硅灰石和副硅灰石, 硅灰石的消光角为3°—5°, 而单斜副硅灰石的消光角为0°。这两种硅灰石可以用单晶X射线照片(即X射线粉晶谱来鉴定, 假硅灰石的重折率非常高, 而2V(+)很小, 硅灰石的重折率微弱且延性不良

## (二) 硅灰石矿床产出地质条件及成因类型

硅灰石作为一种变质矿物, 广泛地分布于变质及蚀变岩石之中, 但有经济价值的工业矿体只能赋存于特定的地质环境中。

在接触变质作用中, 由于侵入岩体的热力, 使石灰岩重结晶, 二氧化硅从火成岩中释放出来形成钙质硅酸盐类角闪岩。与此同时, 由于岩浆中的锰、氧化硅、铝和铁等转移到石灰岩中形成“夕卡岩”。生成了硅灰石、石榴石和透闪石矿物, 通常有好的分带, 可能形成于岩浆侵入的后期。

在多数情况下, 成矿原岩为硅质灰岩, 成矿作用的主要化学反应过程为:



方解石 石英 硅灰石

据Winkler (1965) 的研究, 认为这一成矿作用大约发生在450°C—600°C 的温度条件下, 半深成—浅成的较低压力的地质环境, 利于成矿

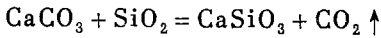
世界上具有工业意义的硅灰石矿床可概括为三个成因类型, (1) 接触交代变质(夕卡岩型) 硅灰石矿床; (2) 接触热变质硅灰石矿床; (3) 区域变质硅灰石矿床。其中以以前两类矿床为主, 区域变质作用所形成的矿床较为次要。

### 1. 接触交代(夕卡岩)型硅灰石床床

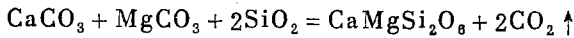
夕卡岩型矿床多数产于中酸性侵入体与碳酸盐类岩石的接触带中, 少数产于侵入体或围岩中。在成矿作用中, 有明显的接触交代变质作用, 形成夕卡岩, 硅灰石岩体产于夕卡岩中构成夕卡岩的组成部分, 可划分出石榴石硅灰石夕卡岩带、辉石硅灰石夕卡岩带、硅灰石夕卡岩带等不同的矿物组合的夕卡岩带。该类硅灰石矿床的矿石中含杂质较多。成矿有利的岩石条件是其围岩为碳酸盐岩, 岩浆岩侵入体为花岗岩, 花岗闪长岩, 闪长正长岩等。成矿物质来源部分是侵入体带来的, 部分是地层中供给的。与矿化有利的侵入体为花岗闪长岩, 石

英闪长岩、花岗闪长斑岩、石英二长闪长斑岩、花岗斑岩、石英斑岩等。与这些侵入体接触的不同时代的碳酸盐岩，尤其是含硅质，泥质的碳酸盐岩石为有利的成矿地层。

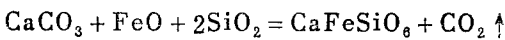
接触交代作用所形成的夕卡岩矿床在我国占有极为重要的工业地位，已知有铜、铁、铅、锌等十余种，成为我国钢铁与有色基地。在夕卡岩矿床形成过程中的早期夕卡岩化阶段，称为“无矿阶段”，形成了岛状和链状无水硅酸盐矿物。这时便形成了硅灰石，透辉石、铝钙—钙铁石榴石等典型夕卡岩矿物，并有一定的分带性。典型的夕卡岩矿物在高温（600℃以上）低压（1~2千巴）条件下形成，反应式如下：



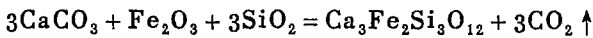
（硅灰石）



（透辉石）



（钙铁辉石）



（钙铁榴石）

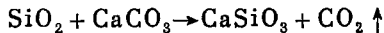
在夕卡岩化过程中硅灰石品位富集到一定程度则形成夕卡岩型硅灰石矿床，而金属硫化物成因更为复杂。所以夕卡岩型硅灰石矿与金属夕卡岩矿床空间分布可能一致，但也可不一致。这样就形成了硅灰石矿物可能是金属矿床中的脉石矿物，也可能是金属矿体的近矿围岩，也可能是单独形成硅灰石矿床。

夕卡岩型硅灰石矿床，形状不规则，规模小到中等，矿物共生组合比较复杂，矿石类型多样。我国湖北小箕铺硅灰石矿，苏联中哈萨克斯坦的博萨金，乌兹别克的科依塔什硅灰石矿床均属该类型矿床。

## 2. 接触热变质硅灰石矿床

该类矿床赋存于盖层碳酸盐沉积建造中，成矿原岩为含硅质不纯石灰岩、硅质结核灰岩、硅质条带灰岩等。矿床在空间分布上也是侵入体与围岩（碳酸盐）接触带上或捕虏体中，有时远离侵入体。形成硅灰石的物质，来源于地层本身，而侵入体提供了热源。吉林地矿局第一调查所在这方面做了深入的研究，发现硅灰石中的微量元素含量与地层中石英的微量元素相关系数很高，而与侵入体中 $\text{SiO}_2$ 却关系不大。

地层中的 $\text{SiO}_2$ 与 $\text{CaCO}_3$ 在侵入体热力影响下即可形成硅灰石，反应方程如下：



一般认为当温度升到大约400~450℃这个反应开始，并继续到方解石，二氧化硅耗尽为止，实验证明在400~450℃以下不能形成硅灰石。在压力释放条件下，方程也不向右进行，也不利于形成硅灰石。

由于热传导范围的局限性，该类矿床一般不会远离接触带。硅灰石与方解石、石英伴生形成硅灰石岩、石英硅灰石岩，方解石硅灰石岩。我国吉林省磐石长崴子硅灰石矿、苏联中哈萨克斯坦阿克索兰硅灰石矿床即为此类型。

## 3. 区域变质硅灰石矿床

该类矿床主要赋存于前寒武系变质花岗岩片麻杂岩系中，成矿岩石为含石英的钙质碳酸盐岩石，含硅灰石的碳酸盐岩层是层状或似层状产出于深变质的片麻岩、片岩岩石组合中。常

见伴生岩石有石英透辉石岩、石榴石片麻岩、斜长片麻岩、黑云母片麻岩、辉石角闪石片麻岩等。矿区有时可见到区域变质背景上迭加有夕卡岩化作用的现象,发育规模巨大的夕卡岩带。

区域变质矿床物质来源于地层,在区域变质高温条件下,当存在一定的构造条件(压力释放)或介质条件变化下形成硅灰石矿床,广泛分布于显生宙盖层碳酸盐建造中,目前,国外所需硅灰石的大部分产自产于前寒武纪花岗片麻岩杂岩中的区域变质型硅灰石矿床。该类矿床规模巨大,矿层稳定,矿石矿物成分简单,有害杂质(主要为铁、锰)含量低。在苏联斯留金城西南部产有著名的阿萨莫夫区域变质硅灰石矿床,有C<sub>2</sub>级储量276万吨。目前美国、芬兰、肯尼亚、纳米比亚、印度等国正在开采这类矿床。在我国虽未在该类矿床中发现有工业价值的矿床,但区域变质型硅灰石矿床在我国有良好的成矿地质条件,是今后的重要找矿方向。

#### 4. 目前国内硅灰石矿床分类

我国七十年代末由于硅灰石矿床在全国各地不断发现。它已成为我国重要非金属矿产之一。为查明成矿规律及寻找评价硅灰石矿床。一些地质工作者在硅灰石矿床成因类型及工业类型方面发表了一些文章。但由于我国硅灰石矿床勘探仅在80年代初才正式开始,地质资料与研究程度还不够深入,有待进一步的工作。按目前资料简要介绍如下:

(1) 我国硅灰石矿床成因分类之一:(吉林省第一调查所分类方法)

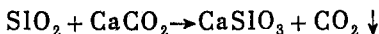
##### I. 层控接触变质硅灰石矿床

硅灰石矿床成矿物质CaO来源于灰岩。SiO<sub>2</sub>来源于灰岩中的硅质,包括燧石条带与结核。侵入体只提供热量。其主要论据是:(1)矿床在空间分布于不同时代硅质灰岩与侵入体接触带上,但矿体严格受含硅质灰岩的层位控制。纯灰岩与侵入体接触并不形成硅灰石矿而形成大理岩。(2)硅灰石与火成岩中的石英与沉积岩中石英质做微量元素相关分析,结果是硅灰石与沉积岩的硅质密切相关。而与侵入岩中的石英不相关。(3)硅灰石微观包裹体研究很少发现气液相包体,说明岩浆中热液与挥发分没参加反映。(4)矿物组合简单,矿体形态多与围岩产状一致呈层状,似层状。

属本类型的矿床有吉林省盘石县长崴子,梨树县的大顶山,延吉县的细鳞河,福建长太县科山等硅灰石矿床。国外有新西兰纽兰兹省霍利克,芬兰拉布伦达,澳大利亚塔斯马尼亚。法国普沃吕德等硅灰石矿床。

##### II. 夕卡岩型硅灰石矿床

矿床产于中酸性侵入体与碳酸盐类岩石的接触带中。少量分布在侵入体内或围岩中。硅灰石成矿物质CaO来自沉积灰岩中, SiO<sub>2</sub>主要来自岩浆热液中,二者起交代作用在夕卡岩早期阶段形成硅灰石。化学反映方程如下:



硅灰石的形成与温度,压力有关,根据推论温度约在500~800°C,压力在1~2千巴的地质环境中形成硅灰石矿床\*。此类硅灰石矿床矿体形态变化大,矿物共生组合较复杂。硅灰石常与石榴石、透辉石、方解石、石英、斑铜矿、黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿共生。属此类矿床的有湖北大冶小箕铺。湖北阳新李家湾、丰山洞。

##### III. 与区域变质作用有关的硅灰石矿床

我国目前尚未发现具工业价值的此类矿床,苏联阿拉善地盾周围古老地层中发现这类矿

\*注:吉林地质局第一调查所曲元贵、刘志贤、孙鸣飞、张大山、刘庆彦、尹秀梅等同志对硅灰石矿床分类在“非金属矿”与“吉林地质”杂志上发表的文章。



床，规模大，质纯，是很重要的一种成因与工业类型。

(2) 我们硅灰石矿床成因分类之二 (孙祁对大冶阳新一带硅灰石矿床分类)

I、夕卡岩型硅灰石矿床：按矿体赋存条件及控制因素可划分为：

(A) 正接触带—断裂复合构造式：矿体产在岩体与碳酸盐岩接触带上夕卡岩带中，受接触及复合褶皱断裂构造控制。矿体形状为似层状、大透镜状、规模大、品位高，例如湖北冯家山、叶花香、丰山洞等。

(B) 外接触带—层间构造式：小岩枝插入碳酸盐围岩中，其上下盘形成硅灰石夕卡岩扁豆体，成群出现则为有工业价值的矿床。

(C) 残留体—捕虏体式：硅质碳酸盐岩层被中酸性岩体侵入肢离破碎成捕虏体。已全部交代成硅灰石夕卡岩。硅灰石质地优良。大冶小箕铺为典型。

II、大理岩硅灰石矿床：富含硅质的碳酸盐岩受中酸性岩体侵入之热力影响下，使原岩中硅质与方解石重新结合形成硅灰石，矿体多赋存在侵入体以外200~400m热力晕之内。共生矿物为方解石、硅灰石、钙铝榴石、透辉石、符山石，矿石为结核状与条带状。品位50%±。经选矿方能使用。

现将国内外硅灰石矿床分类综合列表如下：

国内外硅灰石矿床分类对比表

表6

学派	夕卡岩型	区域变质型	超基性岩与碱性岩型	备注
欧美分类	A.接触带似层状矿床 B.夕卡岩型捕虏体矿床 C.硅灰石—大理岩带矿床 D.硅灰石—钙硅酸盐带矿床 E.岩浆期后溶液型硅灰石矿床 F.喷出石灰岩块中的硅灰石矿床			根据“国外地质”综述资料分类
苏联分类	I 直接接触带上硅灰石矿床  II. 远离侵入体的硅灰石矿床	与古老变质杂岩有关的硅灰石矿床	1.接触带上 2.碳酸盐化过程中 3.热液蚀变黄长岩中	根据国外资料
中国目前分类	(一) 接触交代矽卡岩型 正接触带—断裂复合构造式 外接触带—层间构造式 残留体—捕虏体式  接触带似层状 捕虏体椭圆状 钙硅酸盐岩 岩浆期后热液型  (二) 层控接触热变质矿床 (或称岩浆变热质) (或称大理岩型)	区域变质矿床		综述国内资料分类