

云 母

新疆非金属矿山设计院

77
中国建筑工程出版社

云母是一种非金属矿物原料，其中白云母具有绝缘强度高、介质损耗小、抗电弧、耐电晕等优良的介质性能；并具有耐酸、耐碱、机械强度高和易于剥分成片的特点。片状云母广泛应用于电子、电讯、电机、电器、航海、交通、仪表、建筑等工业部门。

本书主要介绍云母的分类、性能和天然缺陷，云母矿床的地质特征、找矿、勘探及开采，云母的选矿及加工。

本书可供从事片状云母生产的地质、开采、选矿及云母加工的工人、干部和技术人员参考。

本书由新疆非金属矿山设计院编写，经新疆、内蒙、四川有关厂矿的工人、干部和技术人员进行“三结合”审查，并提供了有关资料。

云 母

新疆非金属矿山设计院

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张： 7 字数： 155 千字

1977年7月第一版 1977年7月第一次印刷

印数：1—6,980册 定价：0.52元

统一书号：15040·3349

毛主席语录

开发矿业

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

第一章 概论	1
第二章 云母的分类、性能和天然缺陷	7
第一节 分类	8
第二节 性能和天然缺陷	11
第三章 云母矿床	18
第一节 白云母矿床	18
第二节 金云母矿床	27
第四章 云母找矿和勘探	32
第一节 找矿标志	32
第二节 找矿方法	36
第三节 地质勘探工作	39
第五章 云母矿床的露天开采	46
第一节 开采境界	46
第二节 矿床开拓	51
第三节 剥离与采矿	57
第四节 废石排弃	66
第六章 云母矿床的地下开采	72
第一节 矿床开拓	72
第二节 采矿方法	77
第三节 井巷掘进及支护	92
第四节 矿井提升、运输、通风与排水	106
第七章 云母选矿	120
第一节 概述	120

第二节	工艺流程	123
第三节	主要设备	130
第四节	工业原料云母	137
第八章	云母加工	142
第一节	厚片云母	144
第二节	薄片云母	156
第三节	电容器云母	169
第四节	电子管云母零件	179
第五节	规格云母片	190
第六节	云母加工的机械化	200
第七节	云母加工厂的防尘和防暑降温	207

第一章 概 论

云母是一种重要的非金属矿物，过去俗称花皮莲、玻璃纸、天冰、天皮、千层纸等。云母在我国有着悠久的开发和使用的历史，如《新唐书·地理志》曾记载我国安徽、山东等地出产云母；据《太平寰宇记》所载，唐贞观年间曾派薛遵度在山西忻州秀容县（即今忻县）开采云母；某些史书还记载了我国劳动人民找矿、开采云母的方法；《荆南志》记载曾采得大达五尺的云母，可作屏风；还有的记载用云母作窗玻璃，“……但以映窗，使内外照明”；此外，白云母长期以来至今作为药用。随着近代电力、电子工业的发展，云母的用途更日益广泛。

尽管云母在各工业部门的用量虽然不大，但往往是一种重要的材料，尤其是在高温、高电压或高频条件下所特需的较小规格的绝缘材料更是如此。从目前国内外工业技术状况来看，在某些电气产品中，还没有可以完全代替天然云母的材料。因此，云母是我国社会主义经济建设和科学技术发展中不可缺少的材料之一。

工业上常用的片状云母主要是白云母，其次是金云母。白云母具有较高的绝缘强度和较大的电阻；较低的电介质损耗和抗电弧、耐电晕等优良的介质性能。白云母质地坚硬，机械强度高，耐高温和温度急剧变化，并具有耐酸、碱等良好的物化性能；劈分性好，能沿解理面分剥成极薄的薄片；有很好的弹性和挠曲性，具有便于冲、切、粘、卷等有利的

加工性能。金云母的上述各主要性能虽然次于白云母，但耐热性较高，特别是有一种浅色金云母，称为琥珀云母，它的各种性能比白云母还好，是一种稀有的耐热绝缘材料。

由于云母具有这些优良特性，在工业上有着广泛的用途，如用于电子、电机、电讯、电器、航海、交通、仪表、建筑等工业部门做为电容器、电子管、载波器、振荡器、高电压和大功率的发电机、电动机、直流电机和高压电器设备以及民用电器设备上的绝缘材料；用于制作高压锅炉、仪器、仪表的特需零件；云母粉可用于海轮、舰艇专用油漆和某些特殊填料等等。

我国幅员广阔，云母资源丰富，云母矿床几乎遍布全国各地。许多地区蕴藏着有工业价值的云母矿床。例如：新疆某含云母地区，东西长三百余公里，南北宽三十至五十余公里，遍布七县，含云母的伟晶岩脉多达十万条，储量丰富。又如四川的某云母矿区，分布范围达千余平方公里，含云母伟晶岩脉亦有数万条，云母质量很好；再如内蒙古自治区在相当大的地区内不断地有白云母和金云母矿脉出露，种类较多，有不少大型云母矿床。

我国虽有开发和使用云母的悠久历史，有着丰富的云母资源，但解放前基本上没有云母工业。解放后，在毛主席革命路线指引下，建立并发展了云母工业。我国地质战线的广大职工，遵照毛主席关于“**开发矿业**”的教导，足迹踏遍祖国山河，采用各种勘探方法，找到并探明了许多云母资源，为我国云母工业的发展打下了可靠的基础。无产阶级文化大革命以来，云母工业战线上的广大职工以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，批判了刘少奇、林彪和“四人帮”推行的反革命修正主义路线，认真贯彻两条腿走路的方针，在建立

大型云母工业基地的同时，发展了大量的中小型云母企业，初步形成了从找矿勘探和开采、选矿、加工直到人工合成云母的比较完整的云母工业。矿山开采逐步走向机械化，建设了一批机械化程度较高的露天采矿场和矿井；改进了一些适合我国云母矿山特点的采矿方法，如：水平分层选别充填采矿法、浅眼留矿法、削壁和砌壁采矿法等。研制了机械分选设备和小型运输设备。在云母产量较大的省、自治区，建立了现代化的综合加工厂，包括有厚片、薄片、电子管、电容器、规格片、磨粉、模具、造纸、机修等车间，能生产各种片状云母产品，基本实现了综合加工。主要生产车间设置有通风除尘装置。改进了云母加工流程并创造了先进的加工方法，改进了工器具，研制了各种专用设备以及轻便除尘装置。

目前，在云母工业生产中，仍以片状云母为主，即直接利用云母的天然晶体，剥分、加工成各种云母产品。由于云母常存在着各种自然缺陷和加工损伤，资源利用率很低。通常从开采的云母矿石中，仅能选出30%左右的工业原料云母，而在加工时工业原料云母最大利用率不过25~30%，一般仅15%左右，从采出云母到成品总的利用率只有4~9%，绝大部分云母废弃了。因此利用废料，制成新的云母产品或其他含云母的新产品，大搞综合利用是一项十分重要的工作。马克思说：“生产排泄物(即生产上所说的废料)会在同一个产业部门或另一个产业部门再转化为新的生产要素。”我国云母工业战线的广大工人、干部和技术人员自力更生，艰苦奋斗，在云母综合利用方面做了不少工作，已试制成功粉云母纸、再生云母纸、大鳞片云母纸、云母玻璃、云母陶瓷、云母粉等产品。现简单介绍如下：

(一) 粉云母纸

利用云母加工过程中产生的废料，采取高温煅烧酸处理法生产云母纸。

（二）再生云母纸

利用加工的云母碎渣，用高压水冲浆制成云母纸。

（三）大鳞片云母纸

用料及生产方法大致与再生云母纸相同，唯鳞片大而薄。

以上三种产品主要是代替天然云母薄片，用于电机制造工业。目前已代替了部分薄片，取得了很好的效果。需要指出的是云母纸将有可能用作云母电容器和电子管材料。

（四）云母玻璃

系用纯洁的天然云母或合成云母碎料，与特制的低熔点或较高熔点玻璃，经分别磨细、混均、热压后形成。它除具有较高的介质性能外，还可进行车、铣、磨等机械加工，主要用于电子和强电流等工业部门。

（五）云母陶瓷

系用合成或天然云母粉与玻璃粉混合，先冷压成坯，经过干燥、焙烧，然后热压或注射成型。它具有抗腐蚀、高强度、耐高温等特点，可用于导弹绝缘、高气密、高真空设备。

（六）云母粉

是将纯洁的天然云母或合成云母碎料磨细后生产的一种矿物原料。目前的产品有用先进的气流磨生产的超细云母粉和一般的云母粉，主要用于油漆、橡胶、塑料产品中作无机充填料以及用作各种耐热、保温建筑材料和润滑剂。

目前国内外生产的合成云母是合成氟金云母，是根据天然云母的主要化学成分和结晶原理用人工方法合成。主要生

产方法有内热法、铂坩埚法（晶种法）和纯铁坩埚法。合成云母长期使用温度可达1100°C，耐热性、透光性及耐辐射性均较天然云母好，放射性本底小，可与许多金属焊接。此外，还可用于 α 射线管、各种窗口及原子能工业中。我国已成批生产较大的单晶片，存在的缺点是可用片收成率低，耗电量大，成本高，但其发展前景很大。

从我国云母矿山的分布、资源特征及生产几个方面来看，云母矿山有如下几个特点：

（一）我国大型云母矿区一般分布在高山严寒地区，交通不便；

（二）云母矿区面积大，除目前已发现相当数量的大型矿脉外，还有大量的矿脉小而分散。有的单脉长数十米，宽两、三米或更小，大型矿脉长二百米左右，宽可达数十米。矿脉相距均较远，几条脉在一起呈脉组产出者较少；

（三）勘探工作的结果表明，除一部分矿脉产状较稳定外，许多矿脉生成规律和赋存条件复杂，有似脉状、透镜状、板状、球状、管状、串珠状、树枝状等，在同一条脉中，产状变化很大，侧伏、倾伏规律不易掌握；

（四）矿脉均匀矿化者较少，多系断续矿化，或呈巢状、囊状矿化。矿化位置变化大，有些矿脉的云母矿化位置时而顶板，时而底板，时断时续，捉摸不定；

（五）已探明的云母矿脉中，有相当数量的富脉，含矿率可达每立方米100~200公斤，但也有不少矿脉，每立方米矿石中工业原料云母含量为4~10公斤，或可达20~30公斤；

（六）单脉储量较小，有的仅有工业原料云母数十吨至数百吨，千吨以上者较少；

(七) 云母晶体与其他脉石(石英、长石)比重相近,而又多呈块状或片状,与其它有用矿物相比,用通常的选矿方法或化学方法选别较难。但云母矿石爆破后易于分离出云母晶体,有利于检选及回收大片度云母;

(八) 云母开采过程中要保护晶体,因为目前工业上主要是直接利用云母晶体,生产中要尽量减少断裂、裂缝、松散、污染等,以防降低晶体的利用率。

在云母找矿、勘探、矿区规划、矿床开拓、开采、选矿方法的选择以及生产设备的配备等均需充分考虑这些特点。

毛主席教导我们:“在生产斗争和科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。因此,人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。”我国云母工业广大职工坚定地沿着伟大领袖和导师毛主席的革命路线,以阶级斗争为纲,坚持党的基本路线“抓革命、促生产”,阔步前进,必将为我国的社会主义建设作出更大的贡献。

第二章 云母的分类、性能和天然缺陷

云母是地壳上的主要造岩矿物之一，分布很广，约占地壳总量的 3.8%，但由于受到生成条件等的限制，大多是一些细小的晶体，往往没有可采价值，工业上用的大块、优质云母矿床并不多见。

云母是一组矿物的总称。按矿物学分类，云母族矿物属于具有连续层状硅氧四面体构造的硅酸盐。

云母族矿物的化学成分十分复杂，各种化学元素的含量变化也很大，其中主要包括如下一些元素：O、H、K、Na、Li、Mg、Fe、Al和Si等。云母的化学成分可表达为： $R^{1+}R_2^{2+}[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ 或 $R^{1+}R_2^{3+}[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ ，式中 $R^{1+}=K$ ， $R^{2+}=Mg^{2+}$ 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} ； $R^{3+}=Al^{3+}$ 、 Fe^{3+} 、 Mn^{3+} 。此外， Li^{1+} 亦可加入云母的晶格，占据晶格中相当于 Mg、Al 的位置。由此可见，云母是碱金属和碱土金属的铝硅酸盐。

除上述组成云母基本晶胞的主要元素外，在其成分中还有次要元素。类质同象置换在云母中甚为普遍，同时，机械混入物 Mn、F、Rb、V、B、Ga、Ti、Zr、Sn、In、Ba、Sr、Ca、Cl、S、P、U 和 Zn 等亦加入其中。

云母族矿物由于在构造上相同，因此在形态和物性上有很多相似的地方。

云母均属单斜晶系，形成六方形或菱形的片状或板状晶体（图2-1），有时形成假六方柱状晶体。

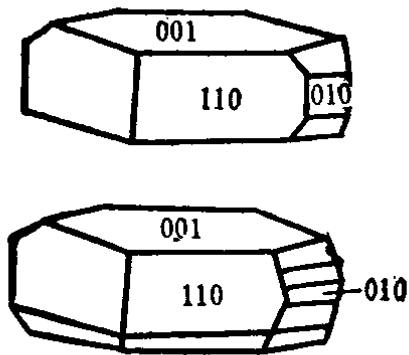


图 2-1 云母晶体的形状

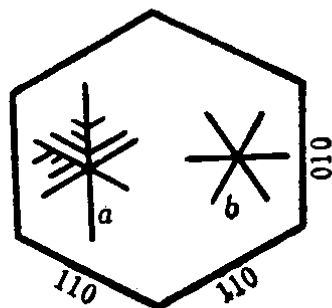


图 2-2 云母解理上的打象
(a) 和压象 (b)

云母皆有平行于 (001) 方向的极完全解理，平行于 (110) 和 (010) 方向的不完全解理。薄片可弯曲，但具弹性。摩氏硬度2~3。

如果在云母 (001) 解理面上置一钝针，用锤敲击，则所有云母都形成所谓打象。打象的裂纹有三组：呈六射状，有两组差不多与 (001) 和 (110) 相交的棱平行；另一组与 (010) 平行，这一组往往最长，它指示出了晶体的 X 轴方向。显然，打象的裂理是沿云母的不完全解理方向发生的。如果把厚板状的云母放在软垫上，再用圆头棒击打，则形成压象。压象的六射裂纹与晶棱垂直，与打象的方向相错 30° (图2-2)。

云母常成双晶发育，双晶轴平行于 (001) 而与 (001) 和 (110) 相交棱垂直，接合面为 (001)，双晶轴在接合面中，双晶面在 (001) — (110) 晶带中而与 (001) 垂直。

第一节 分 类

云母族矿物根据化学组成的不同，可分为三个亚族：白

云母亚族、黑云母亚族和鳞云母亚族。近来，某些伟晶岩中发现有巨晶镁硅白云母，就其性能而言，工业上可利用，也属一种工业类型云母。

一、白云母（铝云母、钾云母）亚族

包括白云母和钠云母，其中白云母较为常见。

白云母：化学成分为 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$ ，式中部分 Al 可被 Fe 和 Cr 取代。白云母中 SiO_2 为 45.2%， Al_2O_3 为 38.5%， K_2O 为 11.8% 和 H_2O 为 4.5%。此外，尚含少量 Na、Ca、Mg、Ti、Cr、Mn、Fe 和 F 等（表 2-1）。

白云母的化学成分 表 2-1

氧化物	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O
重量 (%)	44.11	30.22	5.02	1.61	0.09	0.62	0.55	0.95

氧化物	K_2O	Li_2O	TiO_2	H_2O^+	H_2O^-	F	挥发物	共计
重量 (%)	9.84	0.15	0.40	4.10	0.85	0.80	0.86	100.17

白云母薄片透明无色，有时微带浅黄、浅绿、浅灰、浅棕和琥珀色等，颜色变化与类质同象混入物有关。玻璃光泽，解理面上呈珍珠光泽。折光率 $N_g=1.588\sim1.615$ ， $N_m=1.582\sim1.611$ ， $N_p=1.552\sim1.572$ 。比重 2.76~3.10。

白云母化学稳定性较金云母为高。熔点 1260~1290℃，薄片熔融时成灰或黄色玻璃状物质，吹管焰烧之难熔。

重要异种：铬云母为鲜绿色含铬白云母；绢云母为细小鳞片状黄至绿色白云母。

二、黑云母（镁铁云母）亚族

包括金云母和黑云母，在成分上为连续类质同象系列。

金云母（镁云母）：化学成分为 $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{F}, \text{OH}]_2$ ，其中 K_2O 为 7~10.3%， MgO 为 21.4~29.4%， Al_2O_3 为 10.8~17%， SiO_2 为 38.7~45% 和 H_2O 为 0.3~4.5%，并含少量 Fe、Ti、Mn、Na 和 F 等。

金云母呈银灰、黄金、黄棕、红褐和琥珀等色，当为厚板时呈暗黑色。颜色的变化与类质同象混入物有关。玻璃光泽，解理面呈珍珠至半金属光泽。薄片透明，对光观察，有时呈星彩色性，这是因为其中含有的包裹体作规则排列所致。折光率 $N_g = N_m = 1.565 \sim 1.606$ ， $N_p = 1.535 \sim 1.562$ 。比重 2.7~2.86。

熔点 1270~1330°C，吹管焰燃烧难熔。闭口管中加热出水。不溶于盐酸，但在浓硫酸内加热煮沸，分解而成乳浊液。

黑云母：化学成分为 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$ ，各种成分含量变化很大，亦含 Ti、Na 和 F 等。

呈黑、褐黑色，有时微带橘红或绿色。不透明。强玻璃光泽或半金属光泽，解理面上略带珍珠晕彩。折光率 $N_g = N_m = 1.60 \sim 1.66$ ， $N_p = 1.56 \sim 1.60$ 。比重 2.7~3.1。

熔点 1145~1395°C，熔后成灰或黑色玻璃状物，吹管焰燃烧难熔。在盐酸中微起分解作用，但在浓硫酸中加热全部分解。

三、鳞云母（锂云母）亚族

包括鳞云母和铁锂云母。

鳞云母：化学成分为 $\text{KLi}_{1.5}\text{Al}_{1.5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{F}, \text{OH}]_2$ ，由于类质同象取代频繁往往导致成分变化。

颜色浅紫、浅红、浅黄、灰白和白等。玻璃光泽，解理面呈珍珠光泽。折光率 $N_g=N_m=1.55$ ； $N_p=1.53$ 。半透明。比重2.8~2.9。

吹管焰燃烧易熔成白色釉状物，染火焰呈红色（锂的反应）。在酸中不溶解，但熔融后能溶解。

铁锂云母：化学成分为 $KLiFeAl[AlSi_3O_{10}][F,OH]_2$ 。颜色黄、棕、黑和紫灰等，少数暗绿。通常不透明或半透明。玻璃光泽，解理面呈珍珠光泽。 $N_g=1.58$ ； $N_m=1.57$ ； $N_p=1.55$ 。比重2.9~3.2。

吹管焰燃烧易熔成暗色玻璃状物，微具磁性，染火焰呈红色（锂的反应）。粉末能溶于稀盐酸。

四、镁硅白云母

化学式为 $K_2Al_3(Mg,Fe^{2+})[Si_7AlO_{20}][OH]_4$ 。除主要成分外，尚含 Na、Ca、Mn、Ti和F等，以类质同象形式存在。

颜色绿（含 Fe^{2+} ），随片厚的增大而逐渐加深。半透明。玻璃光泽。折光率、光轴角有明显变化，当 $N_g\approx N_m=1.599$ 时， $N_p=1.573$ 。比重2.881~3.151。

熔点在1200°C以上。

第二节 性能和天然缺陷

目前片状云母在工业上的利用价值，主要取决于它的绝缘性能和物理性能的优劣，有无天然缺陷及其程度，因而云母的性能和天然缺陷是评价云母矿床的一个重要方面。

一、性能

剥分性：指云母沿完全解理面方向剥分的性能。以单位

