

148410



工業礦物原料叢書

绝缘材料

A. A. 巴巴耶娃 著
E. K. 拉爾夫



地质出版社

工業礦物原料叢書

絕緣材料

A.A.巴巴耶娃

E.K.拉謝夫 著

李世雄 譯

地質出版社

1958·北京

本書系苏联地質部全苏礦物原料研究所主編的“对礦物原料之質量方面的工業要求叢書”(Требования промышленности к качеству минерального сырья) (为簡便起見，我們簡称“工業礦物原料叢書”)的第56册“絕緣材料”(Выпуск 56, Изодяжонные Материалы)，苏联 А. А. 巴巴耶娃(Бабаева)和Е. К. 拉謝夫(Лашев)著，苏联國立地質書籍出版社(Госгеолгиздат)于1948年出版。本書由李世雄譯，郝振东、趙家驊、姚國雄校。

工業礦物原料叢書第43号

絕 緣 材 料

著 者	А. А. 巴 巴 耶 娃
	Е. К. 拉 謝 夫
譯 者	李 世 雄
出版者	地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可證出字第50号

發行者	新 華 書 店
印刷者	天 津 人 民 印 刷 厂

印数(京)1—1,600册	1958年3月北京第1版
开本31"×43 ¹ / ₄ "	1958年3月第1次印刷
字数50,000	印張 2 ¹ / ₄
定价(10)0.30元	

目 錄

原序	4
一、 概述、分类和技术要求	5
电工絕緣材料	6
云母	8
大理石	16
滑石綠泥片岩	18
瓦板岩	20
絕热材料	21
浮石	25
凝灰岩	27
介壳石灰岩	28
砂藻土和板狀砂藻土	30
石棉	31
蛭石	40
礦物棉	43
石棉鎂石	49
石棉白云石	49
泡沫白云石	50
石膏制品	51
絕音材料和吸音材料	51
二、 原料基地概述	54
三、 最重要的經濟資料	63
参考文献	69

原 序

本書敘述工業上用途相同的一大組有用礦物，這些礦物均可作為製造各種絕緣物的原料。

絕緣材料與絕緣制品在技術上及建築上的意義都很重大。合理地使用它們不僅能保證所生產的能最大限度的充分利用，而且能為國民經濟節省巨大的物質價值。

本書的任務是從技術和經濟觀點上來闡明這種意義。同時使地質工作者特別注意製造絕緣用品和絕緣材料之礦物原料的質量要求。

一、概述、分类和技术要求

任何一种能呈自然状态时，总是在空間“漫流”的。能的这种特性会妨碍它在工業中的利用，無論如何会在經濟和技术方面造成許多不利条件，以致利用能很困难。这种“漫流”的程度愈大，能的价值就愈低，因而獲得的有效工作係数也就愈低。能的分散呈两种形式：一种是轉变为其他价值較小的能的形式（例如，电能变为热能），另一种是从这个空間区域轉移到另一个空間区域的形式。無論在那一种情况下，对一定形式的能其有效利用程度就要降低。

防止能的分散，很久以來就是技术上的一个最重要的問題。將能納入一定的軌道和最大限度地縮小能的消耗是一項極其重要的技术任务，有效的解决这项任务能給國民經濟帶來巨大的經濟利益。这项任务应借助于絕緣材料來解决。所謂絕緣材料就是指那些为了防止能的互換及能的損失而在工業上采用的絕緣制品和絕緣材料。这些絕緣制品和絕緣材料是用各种物質成分的原料制成的。絕緣材料的名称非常多。每一种被絕緣过程都要求一定的絕緣体，因此絕緣体的選擇不僅要按照被絕緣的能的形式，并且也要考慮到其运用的条件和方向。

本書所研究的礦物原料僅僅为制造主要用于工業技术方面（如电絕緣、热絕緣及音絕緣）的絕緣体的礦物原料。其他絕緣材料这里不加研究，因为它们無論在数量或質量方面，从地質工作的观点來看，并不起多大的作用。

全書的材料分配情况如下：第一章敘述电絕緣、热絕緣及音絕緣上所用的各种原料的特性；第二章略述上面所指

出的几种絕緣形式的礦產的原料基地；第三章列举一些最重要的經濟資料。

电工絕緣材料

在工業上用來絕緣电流的电工絕緣材料种类很多。对于电工絕緣材料的技術要求是以其具体用途和使用的条件來确定的。在一些情况下，电工絕緣材料应当具有較高的电阻率，在另一些情况下，必須有很大的絕緣強度或很小的介电損耗角（能的最小散失）。而在某些情况下，于一定温度範圍内电工絕緣材料之电气特性的穩定性具有特殊重要的意义。

發电机和电工器材所采用的絕緣材料，除專門的电气性能外，还应有其他的技術性能。在大部分情况下，电工絕緣材料要承受很大的机械負荷，所以要求它們具有足夠的机械強度。电工絕緣材料的耐湿性及其高度的耐热性或耐油性往往起很大的作用。由于电工絕緣制品的使用条件和工藝过程不同，有时要求絕緣材料有很大的撓曲性或一定的硬度、成型性和導热性（發散电机工作中所產生之热）等。

由于各种不同的技術要求，以致在实际選擇絕緣材料时就不能只从任何一种性能出發。为了能可靠地保証机器和仪器的絕緣，必須根据对某种用途最主要的一些技術特性來選擇絕緣材料。

电工絕緣材料根据物理状态可分为固体的、液体的及气体的三种。同一种固体的絕緣材料根据能夠說明其主要特性的分子类型又可分为三組：

1. 中性的 帶有中性分子的絕緣材料具有很強烈的电性、不吸湿性及低的机械強度。石蜡及地蜡就屬於这一組。

后者是用硫酸精煉天然地蜡（地蜡）的方法提煉的產品，地蜡主要是由烷族羣類的碳氫化合物組成的。

2. 偶極的 根据該組電介質的極性程度不同，而有中等的或高的電性，很大的或微小的吸濕性和不高的機械強度。纖維絕緣材料（絲及紙等）以及自然或綜合的樹脂（虫漆、琥珀及酚醛塑膠等）就是該組代表性的材料。

3. 离子化合物 这个電介質組有着很高的電性和機械強度，小的吸濕性（多晶体的物質吸濕性是很強的）及高的耐熱性。結晶質物質（云母、石英）、陶瓷材料（瓷器、塊滑石和叶蜡石等）及玻璃就是屬於這一組的材料。

電工絕緣材料的工業分類在國定全蘇標準（ГОСТ）183-41中已有規定，按其耐熱性可分為五級：

A級。被油浸漬的或浸入油中的有機纖維材料（棉花、絲、紙及樹木等）及珽瑯。允許溫度的範圍為攝氏100°。

B級。是由含有膠結物的云母、玻璃紗及石棉所製成的產品。各種類型的人造云母、石棉紙或織物都屬於這一級。允許溫度的範圍為攝氏120°。

C級。為不含膠結物的云母和玻璃紗，以及石英、瓷器、玻璃及其他類似的材料。這一級允許溫度的範圍沒有規定。

BC級。是由云母、玻璃紗和石棉製成的成品，膠結物為一種特殊的漆，它比普通漆和B級絕緣體所採用的絕緣混合劑（化合物）更為耐熱。

CB級。是由云母、玻璃紗及石棉所製成的成品，膠結物為耐熱的漆，不採用A級所用的絕緣材料。

除了上述比較重要的和普遍用的分類之外，電工絕緣材料還可以按照任何一種特征（耐熱性或防濕性及耐火性等）來分類。作為電工絕緣材料的礦物和岩石可分為兩類。第一類包

括呈自然状态采用的岩礦，这些岩礦也要經過选礦和机械加工，以便选出有害雜質或自然的缺損及加工成为所需要的形狀。属于这类的主要为云母、大理石、瓦板岩（板岩）及滑石綠泥石。第二类包括呈自然状态不能利用的礦物原料，經過熔解或特殊的加工后，特别是和其他物質（有机或无机物）混合后才能利用。例如石棉、滑石、高嶺土、石英、長石、石英砂、輝綠岩及玄武岩。石棉被应用时呈紙狀、厚紙狀、帶狀或織物狀，以及呈石棉水泥平板狀。石棉水泥平板成分中包含有水泥及滑石。高嶺土、石英及長石（正長石）可作为高电压陶瓷絕緣体的原料，在制陶瓷时，要将这几种原料先經過磨碎，然后以一定的比率混合攪拌，再進行焙燒。在某些陶瓷之成分中有滑石、金紅石或鈦石。石英砂可用來制造玻璃，而石英、輝綠岩或玄武岩可用來制造熔化制品。以下所叙述的只是第一类的絕緣材料，即那些呈自然状态可用于电工絕緣工業中的絕緣材料，只要經机械加工就能形成所需的形狀。

当作电工絕緣材料利用的礦物原料，也可用于其他技術方面，如大理石被广泛用作鋪面石，瓦板岩主要作为屋頂材料使用等。下面所列举的是电气工業对絕緣材料的技術要求，如作其他用途，則該要求不能适用。因为在这种情况下，对原料有完全不同的技術要求。这些要求在另外有关研究各个礦物原料的工業礦物原料叢書中有詳細的叙述。

云 母

在电工絕緣方面只采用白云母、金云母和少量黑云母。白云母 $(\text{KH}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12})$ 是一种含鉀的云母，而金云母 $(\text{KH}_2\text{Mg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{12})$ 和黑云母 $(\text{KH}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Al}, \text{Fe})\text{Si}_3\text{O}_{12})$ 是一种鎂

鉄質云母。

云母由于有結晶片狀構造，因此具有極完全的解理，使我們能用分开晶体的方法得到具有彈性和撓曲性的叶片。由于云母有这种技術意义很大的性能以及很高的电气絕緣性能、机械性能、耐酸性、不燃性和高度的耐热性，所以云母是非常貴重的。往往是不能用其他絕緣材料代替的。电气絕緣工業上用的是呈片狀的云母，其形狀、大小及厚度各有不同。制造电机的人造云母絕緣、电容器、生產无綫电真空管及飛機發動机的电塞等时用云母最广。此外，在其他各种較次要的电工絕緣制品中也要使用云母。

电气絕緣性能是云母当作电工絕緣材料使用的主要性能。如云母有礦物包裹体或气孔就能减低电工絕緣材料的質量。此外，云母的耐热性以及薄片的大小及其表面特征（波狀程度）有时在电气絕緣制品的生產过程中有着重大的意义。

根据云母工業所采用的技術条件（1946年），片狀云母——白云母和金云母——按形狀大小可分为八个号碼（表1）。按直角四边形的面積來确定云母片应屬於那一个号碼，該直角四边形要放在不触及云母裂縫的云母片上。直角四边各边之比不超过 1:1 至 1:3。各种不同云母之模制品的大小要按圖样确定。

片狀云母根据礦物包裹体的含量及表面特征來划分等級（表2）。

每一云母薄片的礦物包裹体含量与表面特征，是在其沒有裂縫的面積範圍內确定的。表2内所指出的是將晶体劈开后取得的片狀云母（塊云母）划分成的云母等級。云母原料（晶体）等級之比是說明其質量的。对于每一种云母制品都

云母的号码

表 1

号	碼	放在云母片上的直角四边形的面积 (平方公分)	
		自	至 (本身除外)
1		155	200
2		90	155
3		65	90
4		40	65
5		19	40
6		10	20
7		6	10
8		4	6

云母的等级

表 2

等 級	白 云 母		金 云 母	
	有斑点的面积和没有裂 缝的薄片云母的总面积 之比不超过 (%)	表 面	表 面	面
I	—	帶有曲率半徑很大的平波紋		
II	25	微波紋表面	微波紋表面 和 微波紋表面	
III	50	波紋表面	强波紋表面 和 强波紋表面	
IV	超过 50	强波紋表面, 有皺紋、		

規定了特別的等級。

製造人造云母絕緣體所用的云母。在电机上广泛地使用着人造云母。这种人造云母是面積較大和厚度不同的板狀或片狀的云母，它是由中号和小号細小的片狀云母（碎云母）粘結（加壓）而成的。使用人造云母就可以用小云母片來代替大的云母片，因为从云母原料中取出的大云母片 往 往 有 限。对于碎云母的技术要求应与國定全苏 标准 3028—45—

致，該标准按云母片的大小分为八个号碼（表3）。

碎云母的号碼

表 3

号碼	放在云母片上直角四边形的面积(平方公分)	
	自	至(本身除外)
4	50	65
4 $\frac{1}{2}$	40	50
5	30	40
5 $\frac{1}{2}$	20	30
6	15	20
6 $\frac{1}{2}$	10	15
7	6	10
8	1	6

碎云母可能具有任意外形。根据加工方式的不同，碎云母可分为純淨碎云母、半純淨碎云母和碎塊云母三种^①。

碎塊云母在截碎前的初步加工就是用刀子切去一部或全部的裂縫。在純淨碎云母中，周圍的裂縫向内深入的范围不能超过5—7公厘（取决于号碼）。在半純淨碎云母或碎塊云母（沒有預先除去裂縫）中，裂縫和細孔不得深入薄片橫面的 $\frac{1}{4}$ ，而在碎塊云母（預先沒有消除裂縫）中，裂縫和細孔則不得超过薄片橫面的 $\frac{1}{3}$ 。

根据云母片的厚度，碎云母可分为四組（表4），同时只允許第七和第八号可以生產加厚的粗碎云母。

① 碎塊云母是分裂晶体时取得的薄片，同时要除去顯著有缺陷的部分；純淨云母是一种碎塊云母的薄片其四周邊緣上的有缺陷部分用刀切去；半純淨云母也是一种碎塊云母的薄片，切去邊緣使余下的裂縫或細孔不深于薄片橫面的 $\frac{1}{4}$ 。

碎云母的厚度

表 4

級 別	云母片的厚度(公厘)	
	自	至
1	0.0.0	0.0.0
2	0.0.0	0.030
3	0.005	0.035
4	0.005	0.045

碎白云母根据礦物包裹体的含量可分为四級，而碎金云母根据表面的特征可分为二級(表 5)。

碎云母的等級

表 5

等 級	白 云 母	金 云 母
	含礦物包裹体的薄片的面積和薄片 总面積之比，不超过(%)	表 面
II	10	平波紋表面和微波紋表面
III	25	波紋表面和多皺紋表面
IV	50	—

碎塊云母不分等級，一般出產的僅是最低的 7 和 8 号。

根据使用的条件不同，各种人造云母对原料的礦物成分、号码或厚度有不同的要求，对加工的等級和特征也有不同的要求。

于表 6 内列出目前为制造各种人造云母所需用之碎云母的規格。

电容器用云母。对于电容器用云母僅使用白云母，因为它比金云母具有較高的电气絕緣性能，特別是具有較小的电

制造人造云母用的碎云母的规格

表 6

人造云母之类型	云母之种类	云母加工的特征	云母号	云母的厚度(組)	云母等級
換向器用人造云母	金云母	碎塊的	8	3—4	任何等級
製模用人造云母	白云母	} 半純淨的	5—7	1—2	I—III (白云母)
	金云母				I—II (金云母)
云母板	白云母	} 碎塊的	8	3—4	任何等級
	金云母				
云母紙	白云母	} 半純淨的	6—7	1—2	I—III (白云母)
	金云母				I (金云母)
耐熱人造云母	金云母	碎塊的	8	3—4	任何等級
云母帶	白云母	} 純淨的或 半純淨的	5—6 $\frac{1}{2}$	1—2	I—II (白云母)
	金云母				I (金云母)
云母箔	白云母	} 純淨的或 半純淨的	6—7	1—2	I—III (白云母)
	金云母				I (金云母)

介質損耗角。电容器用云母是一种長方形的薄片，它的厚度是从0.02到0.08公厘。根据电容器类型的不同，薄片的大小亦不相同。大部分薄片的面積是在1到30平方公分之間（甚至更小一些）。对电容器用云母的技术要求，主要是限制其中的气体包裹物和礦物包裹体的含量，因为这些气体包裹物和礦物包裹体会引起电介質損耗角的增大。对于电容器用云母的表面特征要求并不很嚴格；在比較次要的电容器用云母中可以利用有波紋表面的云母，但是在云母內根本不允許有小凸起或褶皺，因为它能阻碍云母与導电体緊密接触，同样也不允許在表面上有裂縫、細孔或很深的擦痕。

按1941年公布的云母工業的技术条件。电容器用云母根

据包裹体（气体的及礦物的）的含量、表面特征及电气性能可分为六个等级（表7）。

电容器用云母的等级

表 7

最 大 限 度	等 级					
	特級	I	II	III	IV	V
气体包裹物(%)	0	3	5	10	15	20
礦物包裹体(斑点、鈣斑除外)(%)	0	3	5	10	15	20
云母表面(以标准來确定)	平整表面		微波紋表面		波紋表面	
击穿电压(在油內, 当60赫芝时)不低于(千伏), 厚度为(公厘)						
0.02	3.6	3.0	3.0	2.4	—	—
0.03	4.0	3.6	3.6	2.9	—	—
0.04	5.2	4.2	4.2	3.5	—	—
0.05	5.8	4.8	4.8	4.1	—	—
0.06	6.4	5.4	5.4	4.7	—	—
当1兆赫芝时 $\tan \delta$ 不大于	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003

补充技术条件规定了在模压或切断时产生的边缘裂缝、成层、压痕、倒刺和折角大小的最大允许偏差。

无线电真空管的零件。于无线电真空管内用云母做各种型式的零件，这些零件用来固定金属部分并使之绝缘。由于真空管的种类不同，云母零件具有的形态和大小也是多种多样的。一般云母零件的面积大约为1—12平方公分之间。零件都是由白云母制成的，因为白云母要比金云母具有较高的机械性能。根据1941年云母工业的技术条件，无线电真空管所需之零件应具有平整表面或弱波紋表面和完全合乎图样的尺寸。不允许有折曲的、扭歪或弯曲的零件。除了在距零件

內孔之邊緣 1 公厘有黑色斑点（磁鐵礦）以外，其他各色礦物包裹體是允許存在的。包裹體所占的面積不可超過零件全面積的 10%。在模壓云母時所形成之小的邊緣裂縫的長度不能大於 3 公厘。

棒狀云母和隔板云母。在航空發動機點火栓內用云母作為絕緣點火栓棒（中央電極）。棒狀云母用白云母製成，它是一種長方形的薄片。這些薄片的長度可達 100 公厘，而其面積為 20 - 40 平方公分，甚至於還大一些，因此薄片應用尺寸較大的云母來製造。隔板云母是用作絕緣點火栓擋管之用，它也是長方形的薄片，同時還接近於棒狀云母的尺寸。對隔板云母則使用白云母及金云母。棒狀云母薄片的厚度是從 0.015 到 0.035 公厘，而隔板云母薄片的厚度是從 0.015 到 0.040 公厘。根據 1946 年云母工業的技術條件，棒狀云母及隔板云母內允許含有各種顏色的礦物包裹體，其中黑色斑点（磁鐵礦）的含量不許過多，同時要求其面積不超過 1 平方公厘，並黑色斑點之間的距離不應小於 5 公厘。棒狀云母內氣體包裹物的含量也不應多。這些包裹體及包裹物的總面積不應大於云母片總面積的 25%，而每個包裹體的直徑也不能超過 7 公厘。棒狀云母和隔板云母可以有波紋表面，但不允許有顯著的褶皺及彎曲。

航空發動機所用的點火栓，除用棒狀云母和隔板云母外，還使用云母墊圈，這些墊圈放在點火栓內，呈強壓柱狀，能絕緣中央電極。墊圈用白云母和金云母製成，其面積很小。工作時，點火栓電極溫度能達到攝氏 800°，這部分要用金云母墊圈絕緣。根據 1946 年云母工業的技術條件，在白云母墊圈內允許含有各種顏色的礦物包裹體，但黑色包裹體（磁鐵礦）的含量應該是很少的。墊圈所用的白云母應該具

有平整表面或微波紋表面。金云母墊圈要求有相當高的耐熱性及機械強度（將墊圈疊成柱狀經壓力試驗來確定強度）。

其他一些型式的電工絕緣制品，很少有重要用途，如各種尺寸及形狀的襯墊、墊圈及環子等，因此對它們所提出的要求不嚴，只要求它們的尺寸合格，沒有較大的裂縫及細孔（詳見工業礦物原料叢書中的“云母”）。

大 理 石

在電工技術方面，大理石主要是作配電板之用。為此目的，不僅可使用由方解石和白云石顆粒變質的全品質的大理石，此外，對配電板還可使用致密的、部分受變質的大理石灰岩和白云岩（顯品質的和隱品質的）。

當作電工絕緣材料用的大理石板，通常安設在室內。工作電壓一般不高于550伏特。根據上述使用方法，大理石的技術規格不只是依其電氣特性來確定。重要的指標是大理石的機械性能以及較好的可加工性，有這種性能就容易在大理石面上鑽孔，以便裝配儀器和固定大理石板。此外，大理石作電工絕緣材料使用時，裂縫和孔隙度也是其重要的質量指標。大理石內的裂縫即使不大，也可能減低絕緣強度。大理石的孔隙度大，就具有較大的吸水性能，就會降低電阻。大理石的磨光也是很重要的，這種磨光不僅是根據它的機械性能，同時也根據硬礦物含量之多少而決定，如石英、玉髓及燧石，這些礦物能影響大理石的加工性。其他雜質含量多時，則會降低大理石的絕緣強度，尤其黃鐵礦（及其他硫化物）雜質是最有害的。這種黃鐵礦呈小的晶體散布于大理石內，有時在顯微鏡下觀察發現這種晶體散布在裂隙之間。褐鐵礦及赤鐵礦包裹體的作用不大。因為它們常常呈極小的浸