

石棉

李進庵著

地质出版社

校對石 棉

李進庵 著

地質出版社

1956·北京

本書前後共分七章敘述；內容主要包括：石棉的種類、性質、成分和用途，石棉的成因類型和礦床分布，以及石棉的勘探、開采和選礦法。其中對於石棉的性質，石棉製品的技術加工和規格，以及石棉的選礦及開采等方面，敘述的尤為詳盡。在編寫過程中曾參考很多中外資料。

今後隨著社會主義經濟建設的蓬勃發展，對石棉製品的要求；將日益增多。過去此類書籍的出版物是很少的。因此，本書可供地質工作者、石棉礦山和石棉製品廠的技術人員以及工業學校教師們作為參考之用。

石 棉

80 000 字

著 者	李 進	庵
校訂者	吳 希	瑞
出版者	地 質 出 版 社	

北京宣武門外永光寺西街3號
北京市書刊出版業營業許可證出字第009號

發行者	新 華 書 店
印刷者	天 津 人 民 印 刷 廠

編 輯：張 流 松 技術編輯：李 蓬 如
校 對：張 翼 光

印數(京)1—4750冊 一九五六年十月北京第一版
定價(10)0.50元 一九五六年十月第一次印刷
開本31²×43²/₃₂ 印張3¹/₂ 插頁 1

前 言

石棉是可紡織的天然礦物纖維，在岩石的夾層中蘊藏着，質軟如棉，所以我國通稱為石棉。它具有不腐爛、不燃燒的性質，而且還有優良的抗熱、絕緣等功能，絕非一般動植物纖維所能比擬。近世紀科學發達，陸續出現了玻璃、礦渣、岩石等三種人造纖維，但在用途上還不可能完全代替石棉，而人造石棉目前尚無成就可言，因此，石棉仍是獨一無二的寶貴產物。

石棉制品的種類很多，其中最主要的有：防火衣、防火布、防火塗料、防火板和瓦、制動帶、盤根、保溫材料、電絕緣材料、防濕建築材料和耐酸材料等是與煉鋼廠、電力廠、造船廠、汽車廠、化工廠以及鐵路機車廠等的作業與安全分不開的。因此，石棉工礦業的發展對輕工業、重工業和國防工業上都具有重大的意義。

我國石棉礦床分布的地區和面積，都很廣大，儲藏着很豐富各種各類的石棉，一般質量都很好，如果廣泛開采利用，毫無疑問是祖國建設的雄厚資源之一。解放以後，人民政府已經有計劃地重點勘探石棉礦區，並相應地培養和推廣石棉工礦企業的發展，這一切說明了石棉已開始受到國家的重視，它在祖國偉大的經濟建設中逐漸起着它應起的作用。

在國內，有關石棉的專門著作過去還不曾見到。為了介紹石棉在工業中的重要性，本人特就歷年蒐集所得，將它加以整理，並結合個人的實際體驗，寫成此書，獻給讀者，不過內容簡短，只是介紹些石棉及其工業的基本概念，當然不夠全面，還有，其中錯誤的地方，在所難免，希望讀者予以批評和指正。

李進庵

目 錄

前言	8
第一章 緒論	7
一、石棉的沿革	7
二、石棉的种类	9
1. 蛇紋石类	9
2. 閃石类	10
三、石棉的用途及石棉制品的制造方法	13
1. 石棉紡織品	13
2. 85% 美保溫材料	22
3. 石棉紙板	25
4. 石棉海棉氈	26
5. 石棉水泥瓦、板、管	27
6. 盤根	38
7. 制動帶	39
第二章 石棉的性質和成分	44
一、性質	44
1. 突出的特征	44
2. 纖維的性狀	44
3. 纖維細度	46
4. 顏色與光澤	46
5. 抗熱性能	48
6. 導熱性	51
7. 抗酸性	51
8. 絕電性能	53
9. 比重	53
二、成分	53
1. 石棉的化學成分及其重要性	54

2. 石棉中所含雜質對工業上的影響	54
3. 清除石棉中鉄和磁性鉄的办法	56
第三章 石棉的產狀和成因	58
一、產狀	58
1. 板纖維狀石棉	58
2. 絨纖維狀石棉	58
3. 針纖維狀石棉	59
二、成因	59
1. 交代作用的假說	59
2. 裂隙充填作用的假說	61
3. 達伯和韋克的假說	63
第四章 石棉礦床的類型	65
一、超基性岩中的礦床	65
二、白云石化石灰岩中的礦床	70
第五章 石棉礦床的分布	71
一、中國	71
二、蘇聯	73
三、加拿大	76
四、南非聯邦	81
五、羅得西亞	84
六、塞浦路斯	86
七、美國	87
八、意大利	89
九、其他小型的礦區	91
第六章 石棉的勘探和開采	92
一、勘探	92
二、開采	94
1. 露天開采	95
2. 地下開采	99
第七章 石棉的選礦	102

一、破碎	104
二、烘干	106
三、貯藏	106
四、纖維的提取	107
五、开棉机	107
六、篩	108
七、空吸器	109
八、纖維收集器	110
九、清淨纖維	110
十、分等	110
十一、除莠和沉塵	111
参考文献	

第一章 緒 論

一、石棉的沿革

在兩千多年前，人們就会利用石棉，取其不易燃燒及纖維構造的特性，制成布巾。如我國古代所發明的“火浣布”，毫無疑問的就是以石棉纖維織成的布。公元前五世紀列子書曰：“火浣之布，浣之必投于火，布則火色，垢則布色，出火而振之，皓然疑乎雪”。又 1280—1367 年元史內也有記載：“石絨織為布，火不能燒”。1676 年我國商人曾在英國倫敦皇家協會的年會上展覽一塊石棉手帕，也就是古時所謂的“火浣布”。由于列子書中的記載，足見我國在 2500 年前，就已經利用石棉織布了。

外國史中也有石棉的記載，如古羅馬時代曾用石棉布包裹火葬後的屍灰。但由于用石棉織布，在技術上比較困難，因此，當時僅限于帝王和貴族之家才能使用。公元 23—79 年普林內（Pliny）曾提到這種布的用途，並且于 1702 年在一個羅馬的石棺里，發現了一塊石棉布，里面包裹着屍灰，現在這塊石棉布還在梵蒂岡的圖書館內陳列着。

希臘古史里也提到石棉物品。公元前 450 年，希臘著名雕刻家卡利馬丘斯（Callimachus）奉命在雅典神象足前雕刻神燈一盞，燈火要永遠不滅。後來希臘地理學家史特拉布（Strabo）（公元前 63 年至公元 24 年）及歷史家布魯塔施（Plutarch）（公元 46 年）都提到了那個神燈，稱為永遠不滅的燈，它的燈心就是用石棉纖維捻成的。古時希臘人稱石棉為 lithos amiantos，是意味着不污染不腐壞的石絨，顯然

是指着洗濯石棉布，可投于火中，使其潔淨而說的；也有常用 *Karystios lithos*（卡瑞斯特奧斯之石）者，大概因為卡瑞斯特奧斯地方產有柔軟的礦質纖維的原故。在一世紀時，史特拉布對於該地所產的石絨，說可織成手巾，而布魯塔施和蘇利紐斯（*Solinus*）也說到這個地區的纖維狀礦物。二世紀時，波杉紐斯（*Pausanius*）稱石棉為卡巴斯安的蘇（*Karpasians flax*）。許多人都認為這個名稱是指着希臘東北部卡巴索斯所產的礦質纖維，但是這個推想是有缺點的，因為現在已經証實在這個地區內找不着含有石棉的礦石。英人伊文斯（*John W. Evans*）在他的辨認石棉論文中，說卡巴索斯可解釋為棉花，而波杉紐斯可能因為這種礦物適于紡織，故以此字稱呼石棉。十七世紀初期蘇格蘭人李斯哥（*William Lithgow*）描寫塞浦路斯島的礦產時，說過：“奇異的亞米安德（*Amiante*）岩石可織成布，投于火中，不會燃燒，但可使布潔白”。

法蘭克國王查勒斯大帝（公元 768 至 814 年）知悉拉錫德酋長將進兵攻擊時，他設宴招待酋長代表，宴後，故意把油污棹布投于火中，焚燒後，取出潔淨的棹布示眾，諸客相顧失色，畏其有召神之力，遂訂和約，這是歷史上利用石棉布的“神秘性”免動干戈的故事。

1250 年馬可孛羅遊歷西伯利亞邊境時，見有能沆火的紡織品，當地人告訴他說，布系火蛇皮所制（古人迷信火蛇能在火中生活着），但当他尋踪追跡，結果知道是用礦石纖維織成的布，而且連編織方法也明白了，這在“東洋見聞記”中有此記述。

公元 1710—1720 年在烏拉爾山發現石棉礦山。帝俄彼得大帝時代（1672—1725 年）曾建立第一個石棉工廠，制造石

棉布、袜子、手套、手提包等物，繼續經營五、六十年之久，但因銷路不暢而停止生產。

挪威卑尔根市主教——潘杜皮第安在他 1750 年出版的“挪威博物学”書内，述說有人曾利用石棉制紙，書寫重要文件，企圖永久保存，但未能达到目的，因为石棉紙虽能耐火，而字跡一經火燒則化为烏有。

此后約在1808年意大利有一位妇女，名叫娃德尼娜，把石棉紡綫織布，并且作了質量很高的石棉紙，她苦心研究石棉的結果，給后几十年中的意大利石棉工礦事業作出了很大的貢獻。1860—1875年間，意大利已有数处石棉工厂，制造石棉繩及隔热板，这些產品在 1873 年巴黎万國展覽会陈列中，得到了很多人的贊許。

到1877年加拿大發現塞德福特石棉礦山之后，这些神秘故事和傳說的記載才算告一段落，同时也就是石棉跨入了工業生產的一个歷史时期。此后，各國石棉工礦事業相繼發展，尤其是在二十世紀的今日，石棉已成为現代化工業國家中所不可缺少的一种礦產原料。

二、石棉的種類

石棉不是一个特殊的礦物名称，是具有纖維結構而且有分解成微細纖維特性的礦物。但可以說，它是用來称呼許多種纖維狀礦物的一个商業命名。这些纖維狀的礦物，在化学成分上大有分別，并且它的纖維長度，柔軟性和抗張強度也各有差異，自然其用途也各不相同。因此，當我們見着某一种石棉时，必須首先确定它的學名。

普通最常見的石棉，可分为蛇紋石和閃石兩大类：

1. 蛇紋石类：

(1) 纖蛇紋石 (2) 硬蛇紋石

2. 閃石類:

(1) 直閃石 (2) 青石棉 (3) 鉄石棉 (4) 透閃石
(5) 陽起石 (6) 角閃石 (7) 石棉、不灰木

1. 蛇紋石類:

(1) 纖蛇紋石 (Chrysotile——希臘字 Chrysos, tilos [金纖維]) 石棉是纖維狀蛇紋石，或称之为溫石棉，為含有結晶水的鎂矽酸鹽，化學成分理論上為 $H_4Mg_3Si_2O_{10}$ 或 $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ (SiO_2 43.35 % , MgO 43.65 % , H_2O 13.00 %)，但實際上， MgO 和 SiO_2 常部分地為 FeO 、 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 等所代替。它和塊狀蛇紋石的成分相同，而且總是同塊狀蛇紋石相伴生。它本身含有兩個分子的結晶水，雖然理論重量占 13 %，但實際上測定的水份經常在 12—15 % 之間。它的抗張強度大并富有撓性，比重 2.4—2.5，硬度在 3.0—3.5；纖維長的，最適合紡織用。目前全世界所產的石棉大部分都屬於這一種。

(2) 硬蛇紋石 (Picrolite) 石棉是纖維狀蛇紋石的一種，類似粗硬的石棉，纖維結合成塊，常產于蛇紋石的裂縫中，一般称之为“偽石棉” (Bastard asbestos)。比重 2.6。纖維有長到 23 公分的，惟質硬無撓性，甚易折斷，而不易撕開。有黑色、淺綠或灰白等色，但目前工業及藝術上一般尚無利用的價值，然按其化學成分和一部分物理性質同纖蛇紋石相似，將來或有被利用的可能性。

2. 閃石類:

(1) 直閃石 (Anthophyllite) 石棉主要化學成分是 $(Mg, Fe) SiO_3$ 。這種石棉的纖維大都是質脆而抗張強度弱，不宜紡織，然而比纖蛇紋石較為耐酸及耐熱，這是它的

优点。

(2) 青石棉 (Crocidolite——字源由希臘字 [Krokis 羊毛] [lithos 石] 湊成的) 是一种纖維狀的鈉閃石，呈藍色，亦称为开普藍 (Cape blue)。化学式 $\text{NaFe}(\text{SiO}_3)_2 \cdot \text{FeSiO}_3$ ，为單斜晶系晶体，帶有絹絲的光澤，比重 3.3，不甚耐热，但抗張強度大，能分裂成微細有堅韌的纖維，适于制造耐压的石棉水泥管等。因它具有优良的吸附性能，所以又可以用來制造防毒面具的过滤器。

(3) 鉄石棉 (Amosite) 是一种含有大量鉄質的直閃石，其化学成分与青石棉大同小異，只少含一些鹼金屬。惟纖維不是藍色，多呈淺棕、淺綠及灰白各色，比重 2.7。它的纖維虽然大都很長，但粗而且硬，因此，纖維虽長也很少用于紡織，然在其他工業上的用途很大。化学成分含有鋁而不含鈉，并且物理性質同青石棉不大一样，故不能列为青石棉。Amosite 名称的來源系以首次开采这种石棉的公司名字 (Asbestos Mines of South Africa) 头一个字母湊成的。

(4) 透閃石 主要化学成分是 $\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$ ，結晶屬於單斜晶系。一般为銀白色，含鉄較多时呈淺綠色，如果它含鉄多于 2% 时，則为陽起石。它的纖維短而脆弱，不宜紡織，惟耐酸性極強，最适合制造濾酸物品用。这种石棉首次是在意大利透磨拉山谷中 (val Tremola) 發現的，因此，外文命名为 Tremolite。

(5) 陽起石 (Actinolite) 化学式 $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_3)_4$ ，纖維硬脆而无彈力，用途很少。Actinolite 是希臘字，譯为“光”和“石”，系指它有放射光澤的意义。

(6) 角閃石 (Hornblende) 主要化学成分是 $\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4 + \text{Na}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4 + \text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{SiO}_6)_2$ 。它同透閃

石的分別就是在成分中含有較多的鋁。透閃石同角閃石這兩種石棉都有工業價值，以意大利所產的品質最好，可以紡織。

(7) 石棉 (Mountain leather, Mountain cork)、不灰木 (Mountain wood) 這兩種石棉亦系矽酸化合物，為由纖維組成之薄片，往往含水。色灰、白、綠或褐。體質甚輕，能浮于水面。

不灰木 (Mountain wood) 為致密的纖維結合而成，視之與干木頭頗相似，色灰褐。以上三種纖維均無工業價值。熔融難易不定，能熔成有色玻璃樣的物質。不熔于酸類。一般都誤認為有用的石棉。

除以上兩大類石棉之外，尚有一種纖維狀礦物稱為 Pali-gorskite。在過去，一般都認為它同石棉 (Mountain leather) 相同。我國、蘇聯、美國和意大利等均產這種礦產。常呈大、扁而松的片形，同白藍色的石灰岩及方解石相伴生。干時，質輕而強韌，頗似鹿革。若以水浸之，能吸收大量的水份。膨脹後，質軟纖弱，易于撕開，如同紙漿一樣。性甚耐酸，可與耐酸的閃石類石棉相媲美。比重為 1.58—1.97。美國阿拉斯加州所發現的經其礦務局化驗的結果：二氧化矽 49.50%，氧化鎂 8.11%，三氧化二鋁 14.27%，三氧化二鐵 2.62%，二氧化鈦 0.32%，氧化鈣 3.34%，氧化鉀 0.06%，氧化鈉 0.34%，灼熱減量 21.43%（附着水 7.05%，結晶水 10.85%）。因其含有多量的鋁質又富于耐酸性質，故不能列入蛇紋石類中；又因其折光率僅為 1.53，比閃石類最低者尚低些，故不應屬於閃石類中，目前僅可說它是石棉的一種。從這個纖維狀礦物的特征來說，能代替一部分石棉用來製造輕質、耐酸、防火及隔音等物品。

三、石棉的用途及石棉制品的制造方法

石棉的用途非常广大，而且对许多种工业都起着或多或少的作用，絕非狹窄的篇幅所能尽述。在今日科学發达的时代里，除广泛利用石棉現有的特殊性質外，科学家們尚繼續不断地尋求現所未知的性能，以便使石棉制品推向更新的階段。目前由石棉制成的產品，种类繁多，約在一千种以上。但在現階段下，其主要成就尚不外乎用于防禦和隔絕气候变迁、腐蝕、火災、声音、震动、热、冷、酸、鹼、电和意外危險等等。

在苏联，石棉利用的范围已有新的發展，除广泛的应用在屋面复盖、管道工程、保温材料及石棉橡膠等制品外，最近已应用到建筑物的承压結構方面。如圓柱、小樑、楼板、枕木等。

按石棉纖維，可分为“紡織的纖維”和“非紡織的纖維”。纖維蛇紋石、青石棉、鉄石棉和透閃石的長纖維可称为紡織纖維，非紡織的纖維則属于以上各种石棉的短纖維和其他閃石类的石棉纖維。

1. 石棉紡織品 石棉纖維在未經紡織之先，必須用机械將細砂等雜質完全除淨，不但產品質量可以提高，又可避免損坏紡織机器。其紡織方法大抵与紡織棉、毛、絲等相同。

石棉纖維表面的形狀与有机纖維大不相同，如羊毛纖維为鱗形叠复，棉纖維絞曲不平而且細度不均，故彼此易于附結。至于石棉纖維的形狀与絲纖維頗相类似，唯更形平滑，有如杆狀。因此，如果要紡成百分之百的純石棉紗，是非常迟慢而且極費工时的，故一般的石棉紡織工業者，在產品原料里，每摻以他种纖維，混合紡織。例如，經常用棉花、人

造絲、玻璃纖維等來輔助提高石棉的出紗率。至于要摻拌多少棉花或他種纖維，則視石棉的質量及所要求成品的質量而定，惟一般少有超過20%者。例如，優質的長纖維石棉摻以2%的棉花，即可容易地紡紗織布。

制造紡織品，有時也可混合使用不同產地和不同種類的神棉，其成分比例，可按原料的質量、價格及成品要求的條件而定。混合石棉與棉花時多放在旋轉的攪拌器內，徹底攪拌均勻。然後經梳纖維機將纖維梳成平行的方向，並除去細砂和塵土，反復數次，則纖維形同輕松氈狀。再將此氈狀物分成若干狹條，揉紡成紗。由紗制成紡織品的程序，與一般棉毛紡織廠所用的方法相同。

紡紗的石棉纖維須符合于蘇聯石棉標準規格第三等級以上的，和加拿大標準等級第三組以上的纖維標準規格，才可以紡紗。再由紗可制成綫、繩、紫帶、布、布管等產品。

由于石棉纖維多含有大量或極小量的鐵質，所以，紡織品也分含多量鐵與含微量鐵的兩種。國外曾有如下的規定見表1，這個規定在化學和電氣工業使用方面是值得注意的。

按含鐵量分等

表 1

等 別	含鐵（總數）最高百分率	含磁性鐵最高百分率
含多量鐵	6%	2%
含微量鐵	2%—1.75%	1%—0.75%

美國材料試驗協會為了明確石棉紡織品內含有若干成分的植物、動物或人造纖維，曾規定了紡織品的等級標準規格（見表2），今錄下作為參考：

石棉紡織品等級標準

表 2

等 級 名 稱	石棉含量 (按重量計)	耐 熱 溫 度 約 數
AAAA*	99%—100%	482°C
AAA*	95%—(但不包括)99%	427°C
AA	90%— " 95%	316°C
A	85%— " 90%	288°C
Underwriters	80%— " 85%	260°C
Commercial	75%— " 80%	204°C

* 此兩等級若有金屬綫加入絞熱的，其耐熱溫度可增至 954°C。

製造石棉紡織品應用那個等級的石棉，可按產品使用的目的去選擇。AAAA 以下各等級遇溫度高于 427°C 時，其抗張強度會迅速降低。使用于酸鹼用途上，大約都用最高的等級。AA 或 A 兩等級足可用于絕電制品上。

以銅、黃銅、鉛、鋅等綫加入石棉纖維絞熱紡織，稱為金屬紡織品，可以增加抗張強度及堅固耐久性。常用的金屬綫直徑系由 0.195 至 0.52 公厘。

A. 石棉紗是用純石棉或摻以其他纖維作為原料紡成的，前已述及，但由於石棉纖維本質的優劣，纖維長度及所摻入的其他纖維量等的組成不同，紗的細度就很難正確地測定出來，所以，只可將一個單位重量的紗，對其長度來表明紗的細度，通稱為支或號。若以紗的直徑來表明細度，不甚妥當，因為石棉紗的直徑是極不均勻的。

各國所定紗的支數，在重量及長度單位上各各不同。美國規格規定一股紗一磅 (0.454 公斤) 重，一百碼 (91.44 公尺) 長，稱為一支 (Cut)。例如：1 磅重，12 支，單股紗，長度約合 1200 碼 (1097.28 公尺)。3 股，12 支紗絞成一根綫，則 1 磅 (0.454 公斤) 重的綫長度約為 400 碼 (365.75 公

尺)。如此类推。平常应用的紗多由5支至35支。其每磅內所容許的碼數公差，在5—14支者為 ± 50 ，16—30支為 ± 100 ，35支為 ± 200 。

英國規格規定1股紗，1磅重，50碼長稱為1支（Count）。2支紗單股1磅重，長度則為100碼。因為搓捻程度不同，可能縮短了長度，英國製造廠經協議規定了紗綫長度的容許差數約為12.5%。例如：1股16支1磅重的紗，長度應為800碼，但是長度減短12.5%，也就是余剩700碼，仍算為合格品。

歐洲各國，如法國等使用公制的國家，稱紗的支數為號（號），系用公斤及公尺計算。例如：1股紗，1公斤重，100公尺長稱為第一號。第五號紗是1股1公斤重，其長度為500公尺。

茲舉蘇聯石棉撚綫的規格和要求，見表3；日本礦物纖維制品工業協會組合所制定的石棉紗繩規格，乃以直徑為本，見表4。

蘇聯石棉撚綫的規格和要求

表 3

綫的粗度 (公厘)	撚綫的公制號		綫的強力不小於 (克)
	公制號數	容許公差(%)	
0.5	20.5	±1.5	1000
0.75	15.6		1125
1.0	8.0		1250
1.5	5.5		1550
2.0	4.0		2600
2.5	3.0		3600

吸水率不大於4%。灼燒減量不得超過32%。