

石棉及石棉制品

陆 瑞 徵 編 著
沈 梦 龢 著



建 筑 工 程 出 版 社

石 棉 及 石 棉 制 品

陆 瑞 激
沈 梦 鑫
编 著

建 筑 工 程 出 版 社 出 版

• 1 9 5 8 •

石 棉 及 石 棉 制 品

陆 瑞 激 編 著
沈 夢 盒

編 輯：殷龙珠

設 計：閻正坚

1958年9月第1版

1958年9月第1次印刷

4,060册

850×1168· $\frac{1}{32}$ ·90千字·印張 $3\frac{1}{2}$ ·插頁4·定价(9)0.50元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华書店發行 · 書号：1069

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052号)

目 录

前 言	(6)
第 一 章 石棉是怎样生成的	(7)
1. 石棉的种类	(7)
2. 石棉的生成	(8)
3. 矿脉的形态和分佈	(10)
第 二 章 石棉的性質和价值	(11)
1. 一般的特性	(11)
2. 纖維蛇紋石石棉 (溫石棉)	(12)
3. 青石棉	(14)
4. 鉄石棉	(14)
5. 直閃石	(15)
6. 陽起石和透閃石	(15)
7. 石棉的經濟价值	(15)
第 三 章 石棉的采掘和选矿	(16)
第 四 章 石棉纖維的分級	(18)
第 五 章 我国石棉矿床分佈概况	(19)
1. 四川石棉矿	(20)
2. 涇源石棉矿	(21)
3. 大安石棉矿	(21)
4. 彭县石棉矿	(21)
5. 南陽石棉矿	(21)
6. 其他地区的石棉矿	(21)
7. 国外石棉矿的主要矿床	(22)
第 六 章 石棉的用途及其制品的种类	(23)
第 七 章 石棉纖維和水泥混合的制品	(27)
1. 石棉纖維的松散和配料	(28)

2. 石棉和水泥的混合	(28)
3. 石棉水泥管	(30)
4. 石棉水泥平瓦	(32)
5. 石棉水泥波瓦	(35)
6. 石棉水泥的模制品	(35)
7. 美化着色	(36)
8. 用于电工材料的石棉水泥制品	(36)
9. 浸漬处理	(37)
10. 石棉水泥浮刻	(38)
第 八 章 石棉瀝青制品	(38)
1. 制造石棉瀝青制品的机械装备	(38)
2. 石棉瀝青板和石棉瀝青磚的工艺过程	(39)
3. 瀝青石棉布	(39)
4. 瀝青石棉紙	(40)
5. 石棉油灰	(40)
第 九 章 石棉纖維紡織制品	(40)
1. 石棉纖維紡織制品的原料—石棉紗	(40)
2. 石棉纖維中摻合植物纖維的作用	(42)
3. 石棉纖維的梳理机械(双連式梳理机)	(44)
4. 石棉紗和石棉線的支数标准	(48)
5. 石棉布及其复制品	(48)
6. 石棉繩及石棉盤根	(52)
第 十 章 制動襯帶和离合器面片	(58)
1. 石棉的含湿量对制品的影响	(58)
2. 制動襯帶的特性和用途	(59)
3. 鋼絲在制動襯帶中的作用	(61)
4. 石棉鋼絲線和橡膠合成的制動襯帶	(61)
5. 石棉鋼絲線和酚醛塑料合成的制動襯帶	(63)
6. 反白制動襯帶	(66)
7. 离合器面片	(68)
8. 制動襯帶和离合器面片的摩擦系数	(70)
9. 制動襯帶和离合器面片的質量檢驗	(72)

第十一章 石棉紙和石棉紙板	(73)
1. 石棉紙工艺过程中磁鉄矿末的处理	(74)
2. 制造石棉紙的工艺过程	(76)
第十二章 石棉保温絕热材料	(77)
1. 保温材料的种类和效用	(78)
2. 保温材料的混合原料	(79)
3. 鎂銹保温材料 (石棉灰) 的工艺过程	(80)
4. 矽藻土石棉灰	(82)
5. 石棉灰的应用	(82)
6. 重質石棉灰	(84)
7. 石棉磚	(84)
8. 鎂銹石棉管	(86)
9. 石棉管的使用方法	(87)
10. 石棉被	(88)
11. 奥集佐尔石棉板	(88)
12. 使用石棉材料作为保温層的参考資料	(90)
第十三章 橡膠石棉板	(94)
第十四章 石棉电工材料	(95)
1. 电流导線的絕緣包裹	(96)
2. 石棉纖維和酚醛塑料的塑合	(97)
第十五章 石棉制品的干燥处理	(98)
1. 干燥原理	(98)
2. 干燥設備	(99)
第十六章 石棉制品工艺过程中的粉塵控制	(103)
1. 石棉車間的通風裝置	(103)
2. 局部吸風除塵裝置	(105)
3. 石棉纖維的風送裝置	(106)
4. 粉塵過濾	(109)
5. 湿織湿編	(110)
6. 正确使用口罩	(111)
本書主要参考資料	

前 言

石棉是我們偉大祖國豐富礦藏之一，不僅蘊藏數量多而且質量上亦佔世界第一，在我國建設事業中它的应用範圍正在不斷地擴大，編者根據學習石棉性能的初步体会，結合工作中一些經驗，編寫“石棉與石棉制品”一書，作為研究石棉及其制品的參考資料。

我國石棉工業，在目前的情況下，遠不能符合突飛猛進的工業部門的要求，一般還停滯于半手工業的生產形式，因此，本書先對石棉是怎樣生成和它的性質、價值以及如何採掘、選礦作個概括的介紹，再對它的用途和制品的種類，就編者所知一一詳加闡述，並于書末附有參考書目，借以提供給研究石棉制品和從事石棉工作者進一步深入研究的參考。

本書于1956年開始編寫，兩年來幾度修改，在修改過程中從事石棉工業的同志尤其是王廉勛、王季周兩同志提出了許多寶貴的意見。這些意見都豐富了本書的內容，編者非常感激。

編者對石棉及其制品仍在鑽研階段，又限于水平，因此，本書雖經各方面的幫助，但錯誤和粗略之處自屬難免，尚望讀者加以批評和指正。

第一章 石棉是怎样生成的

1. 石棉的种类

石棉的种类，从它所含化学元素的不同上可分成两种：一种是含有富矽酸鎂的蛇紋石类；另一种含有富矽酸鹽的角閃石类。从它的矿藏形成來說，石棉矿床不論是那一种性質的类型，它都屬於火成变質矿床的范疇。

蛇紋石类石棉，一般称为纖維蛇紋石，也称为溫石棉。

角閃石类石棉，由于各种不同的性質，大致上分为青石棉（藍色的石棉）、鉄石棉、直閃石、透閃石、陽起石等。

平常所說的石棉，大多是指蛇紋石类的纖維蛇紋石而言。因为这种石棉極容易識別，它有很柔軟的纖維，这种纖維用手很容易撕开，而在纖維叢中能很輕便地抽出很細的纖維細絲，纖維細

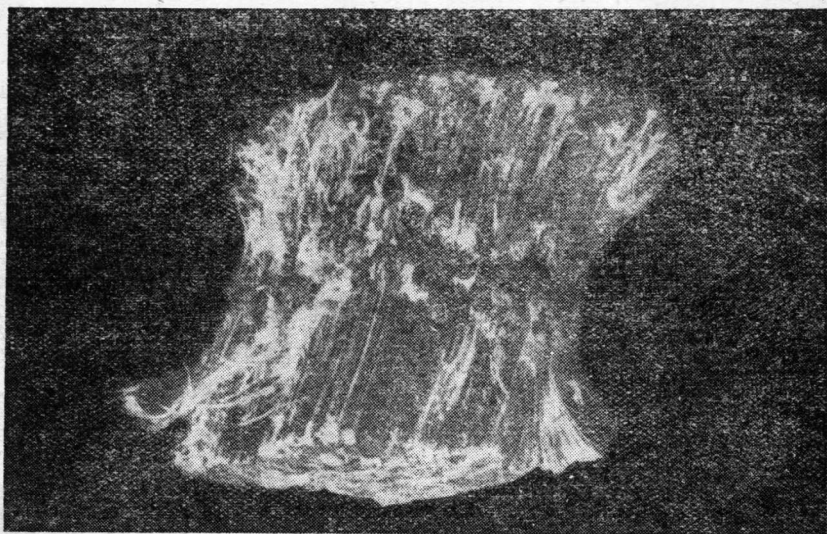


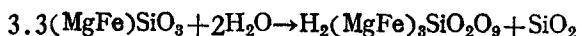
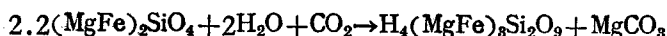
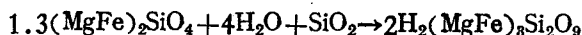
圖 1 纖維蛇紋石石棉（橫纖維狀石棉的扁平纖維體）

絲一般具有絲絹光澤。如果把這種石棉折曲時，又可感到它有一種韌性，不過在柔韌程度上卻比棉花差一些。由於它具有這樣的性質，無形中就代表了各種類型的石棉，事實上石棉這個名稱是包括許多不同性質的石棉的總稱。

2. 石棉的生成

(1) 纖維蛇紋石類。超基性岩中的礦床：纖維蛇紋石石棉礦床是屬於熱液礦床。大多數是由純橄欖岩和輝岩變化後的產物。超基性岩（純橄欖岩、橄欖岩、輝岩）的蛇紋岩化過程是在含 SiO_2 或 CO_2 的熱液影響下，鎂正矽酸鹽和鎂偏矽酸鹽轉變為含水鎂矽酸鹽——蛇紋石。

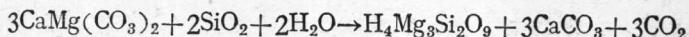
其變化如下列反應式：



當熱液沿毛細孔慢慢侵入超基性岩的塊體里時，整個岩塊就均勻發生蛇紋化，橄欖石和輝石慢慢地被蛇紋石置換，並形成片狀蛇紋石——葉狀蛇紋石。如果在超基性岩的塊體里有破碎的裂隙的構造帶為大量熱液的迅速游動打開通路，使熱液能進入超基性岩冷縮時形成的潛伏收縮裂隙中去，那麼沿着熱液的通道蛇紋石化就能很快地進行。同時沿着潛伏裂隙，還產生了極多的蛇紋石結晶中心，它們之間的距離非常短。這些蛇紋石結晶除了能向垂直於裂隙壁方向繼續發展外，在其它任何方向都相互妨礙，因此它們主要就在这个發展方向上形成纖維蛇紋石石棉。岩石的蛇紋岩化隨着熱液繼續沿裂隙深入而進行，並且由於過飽和的蛇紋石溶液流到正在生長的纖維蛇紋石纖維的末端，纖維蛇紋石的纖維長度因此增加，蛇紋石化的寬度也跟着增加，熱液停止，蛇紋石化也同時停止。因此石棉脈的寬度與蛇紋岩帶的寬度是有一定比例關係的。

白云岩化石灰岩中的礦床：白云石化石灰岩受到火成岩侵入

体有关的热液的影响时，有时就转变为蛇紋岩。順着热液流动的層理面上的裂隙和構造裂隙以及沿着由于在蛇紋岩化时，岩石体积增大所造成的裂隙即开始發育变为纖維蛇紋石，裂隙附近的石灰岩，首先被蛇紋岩所代替而转变为致密狀蛇紋岩，較远的地方有蛇紋石和方解石組成的岩石（蛇紋大理岩）。在石灰岩中形成这种的蛇紋岩帶，一般都含有相互平行而厚度不等的石棉脉。其变化如下列反应式：



形成蛇紋岩所需要的水分和 SiO_2 是由酸性和基性侵入体帶來的，而鎂为石灰岩本身所有或为受到某种程度的白云化作用（如河北涞源县的石棉矿即属于此类）。

（2）角閃石类。角閃石石棉矿，它不像纖維蛇紋石石棉生成在一定性質的岩石中。

青石棉以層狀矿脉的形态蘊藏在鉄質砂岩之中，它有时是有規則的平行脉壁，有时似乎又呈不規則状态。一般青石棉矿脉均聚合成羣，并分佈在鉄質砂岩与白云岩接触处的附近。含石棉脉帶矿脉的厚度可以从 $1/4 \sim 7$ 公尺。青石棉脉帶的数量，有时达30条左右，它的纖維垂直着随着脉壁分佈或稍作微傾斜形。据到过南陽青石棉矿場的同志談起，南陽的青石棉矿脉也有作瘤狀矿脉的。青石棉纖維的長度平均有20—30公厘或更長。

直閃石石棉矿床，它是瘤狀和透鏡狀的矿脉，形态是極不規則的，大小也沒有一定。

透閃石石棉矿床和陽起石石棉矿床，主要生于蛇紋岩和滑石岩中或生于石灰質云母



圖 2 縱纖維蛇紋石石棉

片岩及片麻岩中，形成縱纖維狀或橫纖維狀的矿脉。石棉聚积的厚度可从几公分到几十公尺，長度也有几十公尺。

3. 矿脉的形态和分佈

依据纖維蛇紋石石棉矿脉的形态和矿脉在圍岩中的分佈情况，可把纖維蛇紋石石棉矿脉分为6种变态。

(1) 單式纖維蛇紋石石棉矿脉。生成在弱蛇紋石化的超基性岩中，矿脉的兩側为塊狀蛇紋岩帶所包围。在这种矿脉中，石棉纖維的長度有时达到70—75公厘；一般为10—20公厘或更短。蛇紋岩帶的脉壁厚度，通常要超过單式纖維蛇紋石石棉矿脉的6倍。單式脉形成的網狀矿脉，很可能延伸达数十公尺長，部分是長纖維石棉。这种矿脉，在最好的情况下，仅仅是掘出物总量的0.5—2.0%。

(2) 复式纖維蛇紋石石棉矿脉。它与單式矿脉不同，它是一系列为塊狀蛇紋岩壁所隔开而彼此平行着的石棉細脉。在脉系的邊緣部分通常分佈着較長的石棉細脉，蛇紋岩壁的厚度为50—70公分，这种矿脉中的長纖維石棉比單式矿脉中的長纖維石棉要短些，但在掘出物的总产量中，石棉可佔10—12%。

(3) 網狀石棉矿脉。它多方向形成的網狀穿插在弱蛇紋石化的超基性岩和致密的蛇紋岩脉中，穿插在弱蛇紋石化的超基性岩脉中的石棉纖維長度达20公厘或更長，在致密蛇紋石岩脉中的石棉纖維比較短一些，为5—10公厘。在岩体中石棉产量佔3—8%或更多。

(4) 細脉型石棉矿脉。它具有相互平行的石棉脉系，有时穿过几十公尺寬的蛇紋岩帶。纖維的長度比較短，約在1—3公厘，少数比較長的纖維亦只有5—6公厘。在岩体中石棉实出率可以从1—15%。

(5) 單獨狀矿脉。它有細脉型和复式脉型的脉帶，在矿脉帶中石棉的厚度只有几公分，岩体中石棉实出率只有1%左右。

(6) 縱纖維狀石棉的扁平纖維体。它填充在塊狀蛇紋岩的

裂縫中，或在皺折形蛇紋岩的岩層中縱纖維石棉成片狀嵌在中間，纖維的長度有達幾公分，因它的堅固性小，掘出時的石棉都是松散的，岩體中的石棉突出率達1.5—8%（我國四川石棉縣石棉礦即屬於此類）。

第二章 石棉的性質和價值

1. 一般的特性

石棉的性質，總括地說它具有防火、絕熱、耐酸、耐鹼、保溫、防腐、隔音和電絕緣等特性。而且它的纖維絲堅韌而不易折斷，還有相當高的機械強度。但是由於各種石棉所含的化學元素各不相同，所以性質也各異，並不能一概而論。例如纖維蛇紋石石棉，它有很細的纖維絲，能耐相當高的溫度，而比較容易受酸的侵蝕，並且有很好的耐鹼性。青石棉的耐溫度和耐鹼性次於纖維蛇紋石石棉，而它具有抗酸的特性。

纖維蛇紋石石棉和青石棉的耐酸耐鹼，實際試驗情況如下：

（1）在鹽酸中，

在25%鹽酸溶液中煮沸2小時損失的重量：

纖維蛇紋石石棉減少57%

角閃石類型青石棉減少7—12%

（2）在硫酸中，

在0.2當量濃度的硫酸中煮沸48小時後損失的重量：

纖維蛇紋石石棉減少19.4%

角閃石類型青石棉減少3—1%

（3）在氫氧化鈉中，

在30度波美濃度的氫氧化鈉溶液中煮沸5小時損失的重量：

纖維蛇紋石石棉減少2%

角閃石类型青石棉 減少8—12%

由上面可以看出耐酸性角閃石类型的青石棉比較好，而耐碱性則纖維蛇紋石石棉好一些。

石 棉 性 質 表

表 1

性 質	纖維蛇紋石石棉	青 石 棉
密度 (克/立方公分)	2.2—2.4	3.2—3.3
硬度 (莫氏)	2.5—4	4
纖維的外形	白色有光澤	深青色 光澤小
柔順性	柔軟	柔軟
強韌性	強	稍弱
比熱	0.2	0.2
導熱係數 (克·卡/公分·秒·°C)	0.0006	
熔解點 (°C)	1200—1600	900—1150
使用溫度 (°C)	400	200
最高使用溫度極限 (°C)	600—800	
加熱減量 (%) 800°C	13—15	3—4
吸濕量 (%)	1—3	1—3
耐酸性	弱	強
耐碱性	強	弱
鐵質含量 (%)	4.5以下	3.5以上
抗張強度 (公斤/平方公厘)	300	330
紡織	可	可
作為絕緣材料	適宜	較差

石棉性能的優劣，除了按物理性質和它的纖維長度而判斷外，還要看它所含的結晶水多少，一般都以結晶水含量多的列為優等，因為它的纖維也比較柔軟。相反地結晶水含量愈少而愈劣，它的纖維則來得粗硬而容易折斷（凡物質中所含之水，有一定的比例，此等物質中的水，謂之結晶水亦有稱之為結構水及高溫水）。一般纖維蛇紋石石棉結晶水的含量約在13%左右。

2. 纖維蛇紋石石棉（溫石棉）

纖維蛇紋石石棉（溫石棉），一般地講它是石棉中的優等石

棉，它的纖維很柔軟，富有堅韌性，纖維細絲可以捻成線，它的纖維細絲呈露着絹絲光澤，導熱系數低和比重小而機械強度很高（200—300 公斤/平方公厘），但這數值，是屬於抗張強度，纖維彎曲或由於其他機械加工，便嚴重地降低了它的機械強度。

抗張強度（公斤/平方公厘）

表 2

石 棉 類 別	原 始 石 棉	經過機械加工	併成 5 股石棉繩
標準纖維	300	200	150
半易碎纖維	200	100—150	50
易碎纖維	200以下	30	經受不起

纖維蛇紋石石棉分為三類，標準纖維、半易碎纖維、易碎纖維。標準纖維堅固性高適合加工，半易碎纖維堅固性低，只可與標準纖維混合着使用，並且它的數量要有一定的限制，易碎纖維在任何石棉制品中基本上是不能利用。它在加工時很容易變為塵末，增加工藝過程的困難。這種易碎纖維在有實際經驗的同志識別起來，只要用手對折五次，就可以加以確定。

纖維蛇紋石，它能耐相當高的溫度而不易斷裂或熔化。但石棉烘培煨燒到 450°C 的溫度時，它僅僅失去所含的結晶水而變脆，溫度加到 800°C 時，現出斷裂的形態，加到 1500°C 時，才開始熔解；由此可見它的耐溫度。這類石棉還有相當高的耐鹼性，但是比較容易受酸的侵蝕。它是製造石棉紡織品的優良材料。

纖維蛇紋石，如若由於經過高溫而改變其性質，即使重新加入水分，也不可能恢復它的原有的特性，故各種石棉制品使用溫度的極限範圍為 $600—800^{\circ}\text{C}$ ，最大也不得超過 900°C 。對高溫操作的機械設備，在選用石棉絕熱材料時，要充分掌握石棉的特性。

北京電器工業研究所沈陽分所對溫石棉的物理特性，作了如下的分析：

折射率.....	1.53—1.57
耐熱性.....	約600° C
熔點.....	1500° C
耐鹼性.....	高的
耐酸性.....	弱的

上面所講的是指纖維蛇紋石，包括各種產狀的纖維蛇紋石，如橫纖維、縱纖維和斜纖維。

3. 青 石 棉

青石棉是角閃石類的一種。它的天然體積和纖維狀態都呈着一種深灰綠色和藍色，並且具有可以撓曲的特徵；比重為 3.2—3.3。這種石棉的耐熱率和耐鹼率都低於纖維蛇紋石，並且在 930—1150° C 的溫度時便會熔化，這種石棉具有高度抗酸力，而且還具有相當高的絕緣度。它的纖維的柔軟性和纖維蛇紋石的纖維差不多，不過在加工時，比較容易折斷，用於紡織方面比纖維蛇紋石略遜一些，但適宜於用作化學工業的材料。

4. 鐵 石 棉

鐵石棉亦是角閃石類的一種，它的顏色一般都是黃灰色的，它的纖維未變形時有很強的抗張力；但是在加工變形後，就大大地降低了纖維的機械強度。纖維的長度平均起來也不在纖維蛇紋石和青石棉之下，但是它的纖維則不如纖維蛇紋石和青石棉那樣可以分成纖維絲，比較起來要顯得粗糙一些，因為它所含的結晶水比纖維蛇紋石石棉和青石棉來得少的緣故。舉個例子說，纖維蛇紋石和青石棉的纖維細絲，就像蠶絲一樣，而鐵石棉的纖維絲就象麻的粗絲。鐵石棉的纖維比較脆硬，容易折斷。

鐵石棉的特性，就是耐熱率比青石棉稍高，但容易折斷。它有相當強的耐鹼性，但耐酸性則較青石棉差。這種石棉纖維不大容

易加工，不大适合用于紡織制品，必須摻入相当数量的混紡料。

5. 直閃石

直閃石，是屬於角閃石類。它呈着細柱狀或針狀的纖維，長度很短而不堅韌，它的機械強度也較低，實際上是不適合于制造紡織品。由于它有很強的抗酸性和耐鹼性，適宜于制造化學工業的過濾材料。更因為它的結晶水要在 1000°C 時失去，因此它常被用作高溫化學反應的接觸劑。

6. 陽起石和透閃石

陽起石雖然也屬於纖維質角閃石類，但是它並沒有很好的纖維叢，僅僅是礦石形態上呈露纖維狀，在工業上沒有什麼利用價值。

透閃石是從縱纖維狀結構的脈狀體產出，一般為銀白色，如果含有百分之幾的鐵，則呈淺綠的色彩，纖維短而不堅韌，熔點在 1250°C 左右，耐酸性與直閃石差不多。

7. 石棉的經濟價值

石棉的性質各異，對於它的價值和用途，當然也就有所不同。一般對纖維蛇紋石評價最高，用途也相當廣泛，其次則為青石棉。因為這兩種石棉纖維長而柔軟，同時還有很高的機械強度。纖維蛇紋石因為含有少量的氧化鐵，所以要很好的處理後，才適宜制造電流絕緣材料，但是它在制造紡織材料上佔着主要地位。角閃石類的鐵石棉和直閃石也有很大的經濟價值，制造過濾、絕緣、耐酸、耐鹼的材料在化學工業上是有它們一定的作用的。

石棉價值是按它能無限制分裂成細絲而有很高的機械強度，和它的堅韌性以及它所應具備各種物理性質而評定，不應僅看它纖維絲的長短或顏色。在某一種範圍內還要看它的纖維長度，可是太長的纖維在某些用途上尤其是制造工業材料上並不是主要的條件。

石棉的用途是非常广泛的，只要有相当设备的现代工业都用得着以石棉为主体所制造的各种材料。如现代化的交通工具和矿山上的机械设备，均需要配上以石棉制造的附件。特别是在汽车、航空和拖拉机工业和石棉水泥、石棉沥青等制品在建筑工业方面佔有着首要地位，它有着极大的国民经济意义。由于石棉具有防火、绝热、绝缘、耐酸、耐碱、保温、防腐等多方面特性，因此，它的应用范围不断地扩大，现在世界上石棉制品及和其他配合成分含有石棉的制品已超过1,000多种，而成了唯一的具有多方面用途的工业材料。

石 棉 的 化 学 成 分

表 4

类 别	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +FeO	MgO	CaO+Na ₂ O	H ₂ O
纖維蛇紋石石棉	39—43	0—1.5	0.2—2.5	40—41.5	0—0.3	13—14.5
角閃石青石棉	50—52	0—9.1	35.5—39	0—3.5	6—8	2.2—2.3
普通角閃石石棉	49—59	0.7—2.8	25—35	8—16	0.5—3	1.5—26

第三章 石棉的采掘和选矿

石棉的采掘通常为露天或坑内采掘，将掘得含有石棉的围岩和脉石与石棉一起在矿场就地作粗略的分离，将岩石放棄，而将含有石棉的矿石运往选矿厂。第一步进行人工手选，将长纖維及硬石棉完全选出。然后用破碎机进行粗碎后再进行第二次手选，依次进行干燥后再用籠型机粉碎使石棉与岩石完全分离而后过篩，得到短的纖維。

石棉在过篩分离以前，其第一个阶段，是工人用手来从矿石中选出最长的纖維与硬石棉。第一次篩分后，将篩子上流下来的