

非金屬矿基本知識丛书

石棉开采

建筑工程部非金属矿工业管理局編著

中国工业出版社

非金属矿基本知识丛书之二

石 棉 开 采

建筑工程部非金属矿工业管理局 編著

中 国 工 业 出 版 社

本书介绍了石棉的性能和用途，石棉矿床的成因和矿山地质，以及石棉矿的地下开采法和露天开采法等基本知识。其他如运输、排水、凿岩爆破等方面的知识也略有叙述。

本书内容比较系统、通俗，可供新参加石棉开采工业的技术人员、行政管理干部和有一定文化水平的工人学习、参考。

非金属矿基本知识丛书之二、

石 棉 开 采

建筑工程部非金属矿工业管理局编著

*

中国工业出版社建筑图书编辑室编辑（北京德胜门内10号）

中国工业出版社出版（北京德胜门内10号）

（北京市书刊出版事业登记证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092\frac{1}{32}$ ·印张 $5\frac{5}{8}$ ·字数70,000

1962年6月北京第一版·1962年6月北京第一次印刷

印数0001—1,060·定价(10-5)0.45元

*

统一书号：15165·1358(建工-186)

目 录

前 言	5
第一章 緒論	6
第一节 石棉的分类及性能	6
第二节 石棉的用途	9
第三节 石棉矿床簡述	12
第二章 石棉矿山的生产地质	17
第一节 生产勘探	17
第二节 棉脉的尖灭	21
第三节 断层与棉脉的丢失	23
第三章 凿岩爆破	28
第一节 概述	28
第二节 凿岩工具	29
第三节 凿岩	35
第四节 矿用炸药	46
第五节 爆破器材	49
第六节 爆破技术	51
第四章 巷道支护	57
第一节 概述	57
第二节 支柱结构	58
第三节 棚子頂梁和立柱的尺寸的决定	60
第五章 矿床开拓	61
第一节 概述	61
第二节 开拓方法	61
第六章 矿床开采	67

第一节 概述	67
第二节 地下开采	67
第三节 露天开采	90
第七章 坑内通风、矿山排水和照明	98
第一节 坑内通风	98
第二节 矿山排水	107
第三节 照明	108
第八章 矿山运输	109
第一节 矿车运输	109
第二节 溜槽运输	111
第三节 轮子坡运输	112
第四节 简易架空索道运输	114

前 言

石棉，由于它具有防火、保温、隔热、耐酸、耐碱、防腐、绝缘等优良性能，日益广泛地应用于各工业部门。

石棉可以用来制造建筑材料制品（如石棉水泥瓦、石棉水泥板、石棉水泥管）、纺织制品（如石棉绳、纱、线、布、手套、鞋罩、衣、带）、保温制品（如石棉纸、硅藻土石棉泥）、制动传动制品（如橡胶石棉制带、塑料石棉制动带、塑料离合器面片）等，由此可见，石棉具有广泛的工业用途。

我国石棉资源丰富，品种繁多，有纤维蛇纹石石棉，还有角闪石石棉等。

随着我国工业生产和科学技术的不断发展，对各品种石棉的质量、规格和数量提出了更高的要求，因此大力发展石棉开采工业，满足工业生产和科学技术的发展需要，是有重大意义的。

解放以来，我国石棉开采工业的技术队伍，有了很大的发展，他们迫切需要石棉开采基本知识，因此，出版这本小册子是很有必要的。

本书内容除介绍石棉开采知识外，对石棉的矿床成因、性能、用途也作了一般叙述。同时，为了使本书的内容更适合我国具体情况，收集了我国大、中、小型石棉矿山有关开采、运输等方面的资料。

由于水平所限，难免挂一漏万，恳请读者指正。

建筑工程部非金属矿工业管理局

1961.10.

第一章 緒 論

第一节 石棉的分类及性能

石棉是一种具有能分裂成柔軟而堅韌的纖維的矿物，它的化学成分是鎂鉄及部分鉀鈉的含水硅酸盐，一般都把它分为以下两大类。

1. 蛇紋石类石棉。这一类石棉主要是纖維蛇紋石石棉。它的工业价值最大，約占世界石棉开采量的95%。我国目前已发现的石棉矿床，絕大部分属于此类。由于这类石棉具有耐高溫的良好性能，所以又叫做**溫石棉**。

2. 角閃石类石棉。这一类石棉有直閃石石棉、鉄石棉、透閃石石棉和青石棉。角閃石石棉矿床，目前我国发现也很多。

为了进一步了解各类石棉的特点，茲分別就其一般性能及矿床产状叙述如下。

蛇 紋 石 类

1. 纖維蛇紋石石棉（溫石棉）。在此种石棉矿床中，有的石棉纖維垂直于脉壁产出，叫**橫纖維石棉**，有的纖維平行于脉壁产出，叫**纵纖維石棉**，也有纖維呈簇状产出。

未分解的块状石棉呈白色、綠黃色或金黃色，也有淺褐色的。不管它是什么顏色，但都具有发亮的絲絹光泽。如果把块状石棉分解为絮状时，則呈白色或淺灰色。橫纖維石棉的长度，1—2厘米者占多数，纵纖維石棉的长度有的則很

长。我国四川石棉矿的縱纖維石棉，其纖維长度有达 180 厘米者，这在世界上极为少见。

溫石棉最可贵的性能，是能够分解为极細微的纖維，并且具有很高的抗拉和抗撓强度，但这种机械强度随溫度的升高而降低。若把它加热到 400°C 时，抗拉和抗撓强度要降低 23% 左右，如果不继续加热再使其冷却，其强度则可恢复。这是因为加热到 400°C 时，只能使石棉中的水分析出，而没有破坏其内部结构之故。若把它加热到 600°C 时，其机械强度约降低 67%，这是因为石棉本身的结构已发生了变化。若继续加热到 1500°C 左右，石棉便熔化。从上面简单的叙述中可知，蛇紋石石棉具有良好的耐高溫性能。

石棉由于具有不容易燃烧的性能和内部（特别是分解后的松散棉）含有大量的气孔，所以它的傳热性能很差，因此石棉又是良好的保温材料。

由于石棉可分解为微細纖維的程度不同，其导热性能亦各异。分解性能越好，保温性能就愈佳。

溫石棉有着較好的抗硷性能，但抗酸性能却很差，即是很弱的有机酸，也能使其受到损坏。另外，溫石棉还具有电絕緣性能，是不良的电导体。

2. 硬蛇紋石石棉。此种石棉是纖維狀蛇紋石石棉的一种，类似粗硬的石棉。纖維結合成块，常产于蛇紋石的裂隙中，一般称之为“伪石棉”。比重 2.6。纖維质硬无撓性，易折断而不易撕开，多为黑色、淺綠、白、灰白等色。目前尚无工业价值，但其化学成分和一部分物理性质与纖維蛇紋石石棉相似。

角閃石類

1. 直閃石石棉。顏色一般為灰色、灰綠色或純白色，若含有少量鐵質則為淺綠色。此種石棉多為質脆，抗拉、抗撓強度極弱，分解為細微纖維的性能也很差，不適於紡織之用。直閃石石棉本身含有少量的吸附水，加熱到 $400-600^{\circ}\text{C}$ 時，堅固性就顯著降低，加熱到 1000°C 時，吸附水放出，繼續加熱到 1300°C 時則完全熔化。直閃石石棉具有很好的耐酸性能，甚至在 900°C 的高溫下，這種耐酸性能仍不發生變化。

2. 青石棉。是鈉鐵含水硅酸鹽，一般為藍色，經風化則褪色，甚至變為黃褐色，但將纖維撒開後，仍然保持原有的藍色，這個特征可以作為識別青石棉的方法之一。青石棉的纖維長度，一般在2厘米左右，能分解為微細的纖維，其抗拉、抗撓強度，和前述纖維狀蛇紋石石棉相差不大。將其加熱到 $50-200^{\circ}\text{C}$ 時，吸附水消失，加熱到 500°C 時，內部的結晶水失去，繼續加熱到 930°C 時（有的材料為 1150°C ）則完全熔化。

青石棉的耐酸和絕緣性很好，其耐酸性能僅次於直閃石石棉。

由上述可知，青石棉既有和溫石棉相差不大的可分解為微細而堅韌的纖維的特點，又有僅次於直閃石石棉的耐酸性能，因此青石棉是一種特殊的貴重礦物。

3. 鐵石棉。鐵石棉是一種含有大量鐵質的直閃石，其化學成分和青石棉大致相同。顏色為灰色、銀灰色、黃灰色、褐色、白色或極淡的綠色，其中以灰白色的質量最好。由於一氧化鐵的氧化作用，可使纖維變為褐色，其質量也就變

坏。此种石棉纖維較长，最长者有达30—38厘米的。鉄石棉的纖維看起来很好，但其分裂性能却远不及纖維蛇紋石石棉，并且粗而硬脆，故很少用于紡織。若将其充分分解为羽毛状时，則密度比任何石棉都小，即内部有大量空隙。因此，可以作为輕質保溫材料。鉄石棉加热到50—200°C时，即排出吸附水。其熔点为1100—1200°C。耐酸性能較直閃石石棉差的多。

4.透閃石石棉。这种石棉一般是銀白色、灰色或綠灰色，含鉄較多时呈淺綠色。其纖維一般短而脆弱，不宜紡織，但耐酸性很强，和直閃石石棉差不多，熔点为1250°C。

第二节 石棉的用途

二千多年前，石棉就被人們利用，但不过只是利用其可紡性和耐高溫性能作成衣服之类的东西。随着近代工业的发展，石棉的用途也就越来越广泛了。目前用石棉制成的制品在一千种以上，广泛用于各个工业部門。

石棉绳用于玻璃工业和化学工业中。石棉扎帶及石棉布用于电机工业中，包裹电綫及絕緣器材。石棉捻綫和松绳用于各种热工設備及热傳导系統中（如动力装置、鍋炉、輸送管道等）作为絕热材料用。用石棉布制的防火安全衣帽、防火帳幕、毡子、輸送帶、滤布、盘根以及包衬等等，是各工业部門高溫作业不可缺少的。

石棉紙和石棉板，有隔音、耐燃、絕热、絕电等性能，故在近代电气工业上用途很广。

石棉纖維和硷性碳酸鎂混合制成的鎂保溫材料，适于蒸汽設備保溫之用。由于保溫材料的广泛使用，因而就能充分地利用热能，大大降低燃料的消耗。

汽車、飞机和各种傳动机械所不可缺少的刹車帶，需要有很高的机械强度和耐热性能，而石棉可以满足这些要求，因此，石棉又是制造各种制动帶的主要原料之一。

各种各样的石棉水泥瓦和石棉水泥板，广泛用于工业厂房建筑。

石棉水泥管，因为抗內压和抗外压的强度很高，同时又耐酸耐硷、耐高溫、不腐朽、不导电和不生銹，故广泛用作各种液体的輸送管路，特别是用于輸送特种液体更为理想。由此，不言而喻，由于石棉水泥管的广泛使用，可代替大量金属管材，这对我国的社会主义建設具有重大意义。特别是我国石油工业飞跃发展的今天，需要大量的輸油管。

由上述可知，从简单的防火安全衣帽到机械工业、电气工业、汽車飞机制造业、建筑业，以及其他工业部門，均需使用石棉。同时，由于科学技术的不断发展，石棉所具有的独特性能，将会应用到其他尖端工业部門，其使用范围也将日益扩大。

现将石棉的主要工业用途列表如下。

表 1 石 棉 的 用 途

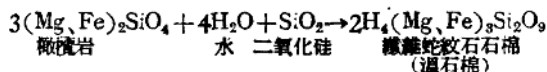
石棉制品和石棉材料的组别	最主要的石棉制品种类	所 采 用 的	
		石棉种类	石棉品级
石棉紡織材料和石棉紡織品	防火布和防火衣、制动带、加垫、盘根、电絕緣带、織成的变合板	纖維蛇紋石石棉	块状长纖維 1、2和3
石棉水泥制品	石棉水泥瓦、屋面板、墙板、复盖板、裝飾板、电气絕緣板、石棉水泥管、通风箱、承压的建筑零件	纖維蛇紋石石棉	3、4、5和6
石棉板	石棉紙板、石棉紙、石棉变合盘、石棉过滤器	纖維蛇紋石石棉	4、5和6
	耐酸过滤器和耐酸垫	角閃石石棉	3、4和5
石棉絕热材料	純石棉絕热材料、混合石棉絕热材料： 石棉——鎂絕緣层 石棉——硅藻土絕緣层等等 石棉纖維紙和圓片	纖維蛇紋石石棉	3和4 5和6 4和5
石棉——橡胶板	加垫垫	纖維蛇紋石石棉	3和4
石棉——瀝青材料	屋頂材料（石棉油毡） 防湿材料（布魯林类） 鋪筑路面	纖維蛇紋石石棉	4、5和6
石棉——塑膠材料	制动履 制耐酸仪器用材料（石棉酚甲醚树脂）	纖維蛇紋石石棉 直閃石石棉	4、5和6 3、4、5和6
石棉水泥	防火涂料及絕热涂料之混合物	纖維蛇紋石石棉	7

第三节 石棉矿床简述

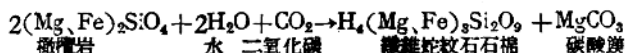
目前，最有工业价值的石棉矿床为纖維蛇紋石石棉矿床（即溫石棉矿床），因此，仅将此类矿床中的两个主要类型简单叙述如下。

生在超基性岩中的矿床

此处所謂超基性岩主要是指橄欖岩。此种矿床之形成，是由于原生超基性岩体受到火成岩（如花崗岩）侵入体的热液的作用，因而发生蛇紋石化。在发生蛇紋石化过程中，由于有适合发生化学反应的环境（如有适于纖維蛇紋石化的裂隙构造等）而产生纖維蛇紋石化，即形成石棉矿床，其化学反应方程式如下：



或



化学反应式中的橄欖岩为原生岩体，水、二氧化硅（ SiO_2 ）及二氧化碳（ CO_2 ）均来自火成岩侵入体。

当含有二氧化硅和二氧化碳的热液（火成岩侵入体的热液中，常含有大量的二氧化硅和二氧化碳）沿着橄欖岩中的裂隙流动时，只要有合适的化学反应条件，就发生化学反应而形成石棉脉。

生在超基性岩中的石棉矿床，其棉脉类型有如下几种：

1. 单式石棉脉。石棉脉在块状蛇紋岩中只有一条，如图1所示。但是也有在块状蛇紋岩带两侧生成单式脉的，其纖維

維长度一般在1—2厘米之間，有时可达7.5厘米。棉脉延長数十米不等。

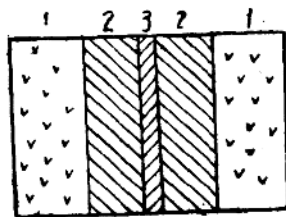


图 1 单式石棉脉

1—微糜岩；2—块状蛇紋岩；3—纖維蛇紋石石棉

2. 复式石棉脉。石棉脉在块状蛇紋岩帶中，呈一組而平行。兩側的較寬，中間的變窄，如图 2 所示。

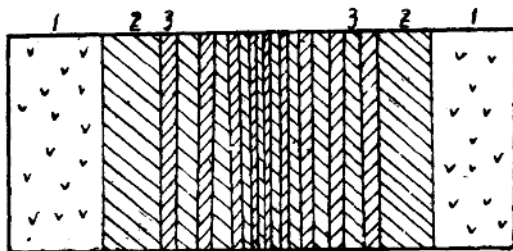


图 2 复式石棉脉

1—微糜岩；2—块状蛇紋岩；3—纖維蛇紋石石棉

3. 网状石棉脉。此种棉脉是由許多較細的石棉脉纵横交錯穿插在几乎完全蛇紋石化了的地段內，如图 3 所示。棉脉纖維长度平均为 5—10 毫米，有时可达 10—20 毫米。

4. 綫脉型石棉脉。此种棉脉是厚度不一且相互平行的石棉脉，产于較寬的块状蛇紋岩帶內，如图 4 所示。蛇紋岩帶

寬可達數十米，石棉纖維長度一般在1—3毫米左右，偶爾也有達到5—6毫米的。

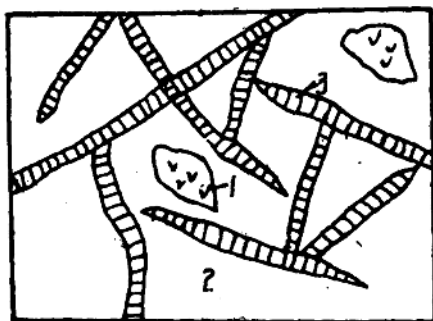


图 3 网状石棉脉

1—微體岩；2—塊狀蛇紋岩；3—纖維蛇紋石石棉



图 4 細脉型石棉脉

5. 单独状石棉脉。此种棉脉在块状蛇紋岩帶內呈单独狀分布，彼此之間相隔較远，如图5所示。块狀蛇紋岩帶寬可从数十米到数百米不等。平行的石棉脉分布于块狀蛇紋岩帶內。纖維長度不一，長的可达30—50毫米，在分布帶中石棉

含量較高。

6. 层状石棉脉。

此种棉脉常产于蛇纹岩裂隙中或沿着岩层面生长，纖維順着裂隙延伸，因此纖維長度不受裂隙寬度的限制，可以很長，通常所谓的縱纖維石棉就是这种石棉。

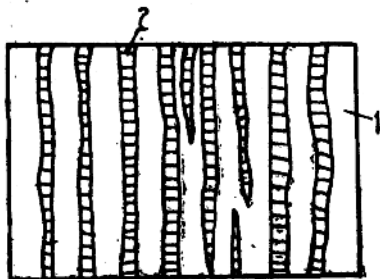


图 5 单独状石棉脉

1—块状蛇纹岩；2—纖維蛇紋石石棉

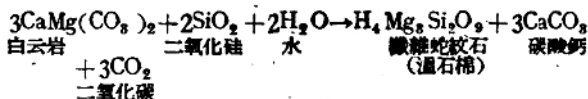
7. 显微状石棉

脉。此种棉脉产于致密蛇纹岩中，棉脉的寬度很难用肉眼分辨，纖維長度0.2—0.4毫米。

以上各种石棉脉，一段在矿床中并不是单独出现，而是几种伴生产出，其中多为單式、复式、网状、細脉状棉脉。世界上著名的石棉矿床大都是生在超基性岩中，而且多由这四种棉脉組成。

白云岩化石灰岩內的矿床

此种石棉矿床又是一个类型。它是由火成岩侵入体的热液在白云岩化石灰岩(或白云質大理岩等)的裂隙中流动时，遇有合适的化学反应条件即发生化学反应(纖維蛇紋石化)而形成石棉脉，其化学反应方程式如下：



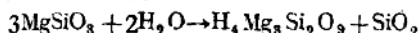
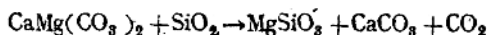
反应式中二氧化硅(SiO_2)和水的来源是酸性或基性侵入体的岩浆(如花崗岩侵入体的岩浆)。

本类矿床的石棉脉多为单独式石棉脉，其规模一般都是比較小的。

近代很多学者，对石棉矿床成因，持有不同的见解。生在超基性岩中的石棉矿床的成因，除上述外，还有胶体成因的说法。持这种见解的人认为发生蛇纹石化时，形成蛇纹石的融熔状胶凝体，而胶凝体在干缩过程中产生收缩裂隙，这种现象正如普通融熔状的胶凝体干燥后产生裂隙一样。在裂隙的张开过程中，胶体的质点沿着张力方向作纤维状的排列，从而形成纤维蛇纹石（即温石棉）。另外，关于纤维蛇纹石化所必需的热液的来源问题，除上述的来自火成岩侵入岩浆的说法以外，还有认为是来自超基性岩本身，即认为超基性岩的蛇纹石化是超基性岩本身后期热液的自然变质作用。

总观许多学者所持的不同见解，前面我们所述的成矿理论具有普遍意义。而其他如胶体成因的说法及热液来源问题的后一种说法，据实际材料证明，只实用于个别矿区且不为主要。同时胶体成因的矿床规模均为很小，因此，一般将矿床的形成理论作前面的解释是有理由的，根据我国已发现的石棉矿床来看也是这样。

白云岩化石灰岩中的石棉矿床的成因，也有另外的见解。认为白云岩化石灰岩是由于接触变质作用而形成顽火辉石等矿物，然后经热液交代作用，发生蛇纹石化，化学反应方程式为：



顽火辉石

纤维蛇纹石（温石棉）

这种说法适于个别矿区，非普遍规律，而绝大部分矿床则属上述情况。