



华夏英才基金学术文库

韩跃新 印万忠 著
王泽红 袁致涛

矿物材料



科学出版社
www.sciencep.com



华夏英才基金学术文库

矿物材料

韩跃新 印万忠 著
王泽红 袁致涛

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从矿物材料的基本概念、分类和加工技术出发,以矿物材料的功能为主线,系统介绍了非金属矿物填料、无机阻燃剂、矿物保温材料、陶瓷粉体材料、纳米矿物粉体材料、晶须、矿物助滤剂、树脂基摩擦材料、环境工程及催化剂用矿物材料的结构特性、制备工艺、性能检测及应用情况。

本书可供从事矿物粉体材料与工程、矿物加工工程、材料科学与工程等领域研究的技术人员参考,也可作为高等院校相关专业的本科生、研究生和教师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

矿物材料/韩跃新等著. —北京:科学出版社,2006

ISBN 7-03-016941-7

I. 矿… II. 韩… III. 矿物-材料 IV. P574.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 013269 号

责任编辑:田士勇 卜 新 / 责任校对:刘小梅

责任印制:安春生 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽 源 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006 年 5 月第一次印刷 印张: 31 1/4

印数: 1—2 500 字数: 612 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

矿物是在自然条件下形成的单质或化合物，具有固定的化学组成和特定的物理化学性质。例如，金刚石是一种矿物，化学组成为碳，它是在高温高压条件下形成的，其晶体结构呈四面体堆积的骨架状，结构十分紧密，没有方向性，莫氏硬度为 10，在所有物质中最高。又如，磁铁矿化学组成为 Fe_3O_4 ，具有强磁性，是炼铁的主要原料，也可以作为生产磁性材料的原料。在生产实践过程中，如果主要利用的是矿物的化学组成，即以提取其中的某一种或几种元素为目的，这种矿物就是一种矿物原料；如果矿物的某种物理性质被利用，这种矿物则可称为矿物材料。

在人类漫长文明的历史长河中，矿物材料与人类始终保持着十分密切的关系。我们的祖先采用粗糙石块作为打猎工具，这是人类进入旧石器时代的标志；而广泛使用磨制石器和制陶工艺，则标志着人类进入了新石器时代。石棉是矿物材料被较早应用的经典例证，“火浣之布，浣之必投于火，布则火色，垢则布色。出火而振之，皓然疑乎雪”是其真实写照。如今，矿物材料在人类的生产和生活领域中发挥着至关重要的作用。例如，新型矿物材料电气石具有释放负离子和发射远红外线的功能，已经从古代的宝石碧玺发展为一种重要的功能性矿物材料。

随着生产和社会的不断发展，矿物材料的应用范围较之从前也大大拓宽。碳酸钙矿物最早主要作为建筑材料使用，而目前经深加工后的产品可广泛应用于橡胶、塑料、涂料、造纸、药品、食品等领域，其产品类型也从最初的石料发展成为重质碳酸钙、轻质碳酸钙、纳米级碳酸钙、改性碳酸钙等。特别需要指出，在非金属矿物材料领域，部分材料是以粉体形式出现的。因此，研究粉体的制备、粉体的性能检测、粉体的表面改性以及粉体的应用具有十分重要的意义。

人类在第二次世界大战前合成了红宝石，二战期间又合成了水晶和云母，开辟了矿物材料合成的新篇章。20 世纪 50 年代，金刚石的合成取得了极大的进展。我国在 60 年代初合成了第一颗人造金刚石，并在 20 世纪末期成为世界人造金刚石的生产大国。目前矿物合成可以在气、液、固相乃至多相领域内全面进行。随着矿物材料合成技术的进步及产品质量的提高，矿物合成不但弥补了自然资源的匮乏，也促进了新材料工业的发展。该书所涉及的硫酸钙晶须、碳酸钙晶须、碳化硅晶须、功能性陶瓷粉体材料、纳米碳酸钙、纳米级氧化锌粉体等均系合成材料。矿物合成已经成为矿物加工，特别是矿物材料学科的重要发展方向，

是一个有着灿烂前景的新兴领域。

目前,人类对环境的关注程度远远超过历史上任何一个时代,天然及改性矿物材料将以原料来源广泛、产品性能优异等特点在净化环境、保护环境、实现人与自然的和谐共处过程中发挥重要的作用。随着塑料、橡胶等高分子材料的广泛使用,高聚物的阻燃问题引起了社会的广泛关注。早期应用的卤系阻燃剂在阻燃过程中会产生大量的毒烟,而这种毒烟在火灾过程中危害更大,因而在呼唤“绿色、环保”的21世纪,广泛采用氢氧化铝和氢氧化镁已成为阻燃剂发展之必然趋势。

该书的特点主要体现在三个方面。一是将矿物材料与非金属矿产资源的开发利用紧密结合起来。二是把普通矿物材料与高技术新材料融合在一起。该书既研究了重质碳酸钙、滑石粉等普通粉体材料,又对矿物晶须、纳米级矿物材料及功能性陶瓷粉的制备进行了系统论述。三是在矿物材料制备过程中,强调了颗粒粒度与颗粒形状的控制,在分子、原子等超微粒子的层面实现矿物材料的控制生长,这是高新技术与传统学科有机结合的典范。该书内容在矿物材料制备,特别是在矿物粉体材料颗粒粒度与形貌控制方面,堪称特色鲜明、独树一帜。

该书系东北大学矿物材料与粉体技术研究中心的韩跃新教授、印万忠教授、王泽红副教授、袁志涛副教授在从事矿物材料研究、开发与教学过程中工作成果的汇集与总结。该书以矿物材料的制备为主线,首次将非金属矿深加工、粉体制备、矿物合成、矿物材料的应用有机结合在一起,分类进行论述,内容涵盖了非金属矿物粉体材料、无机阻燃剂、保温材料、陶瓷粉体、纳米矿物粉体、矿物晶须、矿物助滤剂、树脂基摩擦材料及环境矿物材料等各方面的知识。近年来,东北大学矿物材料与粉体技术研究中心在矿物材料的研究与开发方面取得了优异的成绩,先后成功地实现了硫酸钙晶须和纳米碳酸钙的工业化生产,创造了良好的经济效益和社会效益。相信该书的出版必将会对我国矿物材料工业的发展与进步起到积极的推动作用。

陈丙辰

2005年12月

前 言

矿物材料是以天然矿物或岩石为原料加工、改造所获得的材料或能直接应用其物理、化学性质的矿物或岩石。与传统无机材料相比,矿物材料更重视利用矿物岩石的结构和性质,以最大限度发挥天然矿物材料的性能优势为目的。材料结构向多元化、功能化、生态化和智能化发展,矿物材料也逐渐成为现代材料科学的重要组成部分,成为与材料相关的众多工业领域和相关学科关注的热点。矿物材料性能优异,在耐火、保温、绝缘、陶瓷、建材、化工、填料、农用、药用、环保、研磨和宝石等领域具有广泛的应用价值,在国民经济和科学技术等方面发挥着越来越大的作用。

本书以矿物材料的功能为主线,系统介绍了非金属矿填料、无机阻燃剂、矿物保温材料、陶瓷粉体材料、纳米矿物粉体材料、晶须、矿物助滤剂、树脂基摩擦材料、环境工程及催化剂用矿物材料的结构特性、制备工艺、性能检测及应用情况。本书大部分内容来源于作者所在的东北大学矿物材料与粉体技术研究中心长期从事矿物材料制备及其应用研究所取得的成果,同时也包括国内外矿物材料领域的最新研究成果。我们近年来在纳米碳酸钙、硫酸钙晶须、碳酸钙晶须、纳米钛酸锶、纳米银、纳米氧化锌、纳米氢氧化镁、电气石等矿物材料制备和应用方面取得了许多突出成果,某些矿物材料的制备与应用技术已经达到了国际先进水平。目前,我们利用自主研发的技术,在河南省许昌市建成了年产1.5万t的纳米碳酸钙生产线,并在沈阳建成了年产2000t的硫酸钙晶须工业化生产厂,其他矿物材料的产业化也正在实施。

本书由韩跃新、印万忠、王泽红、袁致涛共同撰写。全书共分10章,其中第1、5、7章由韩跃新教授执笔,第3、4、10章由印万忠教授执笔,第6、8章由王泽红副教授执笔,第2、9章由袁致涛副教授执笔。全书由韩跃新教授统稿,印万忠教授负责全书的整理工作。

本书的编写和出版,得到了华夏英才出版基金的资助,同时也得到了东北大学各级领导的关怀和支持,在此表示衷心的感谢。本书介绍的研究成果,全部在东北大学矿物工程研究所完成,汇集了全体博士和硕士研究生的辛勤工作,在此

也表示感谢。作者还要特别感谢为本书作序的矿物加工界老前辈陈丙辰教授，陈教授仔细审阅了本书，并提出了许多宝贵的意见。同时，作者对书中引用文献的所有著作权人表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错漏之处，敬请广大读者指正。

作 者

2006 年 1 月于沈阳

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 矿物材料的分类和加工技术	2
1.2.1 矿物材料的分类	2
1.2.2 矿物材料加工技术	6
参考文献	23
第 2 章 非金属矿填料	24
2.1 概述	24
2.1.1 非金属矿填料的应用	24
2.1.2 矿物填料的性质	29
2.1.3 矿物填料的表面改性	30
2.2 碳酸钙	31
2.2.1 矿物原料及特性	31
2.2.2 碳酸钙的分类及性质	32
2.2.3 填料碳酸钙的制备	36
2.2.4 碳酸钙的表面改性	39
2.2.5 填料碳酸钙的主要用途	41
2.3 滑石	48
2.3.1 滑石的性质和结构	48
2.3.2 滑石的提纯与粉体制备	49
2.3.3 滑石的表面改性	52
2.3.4 滑石的应用	53
2.4 高岭土	60
2.4.1 矿物原料特性	60
2.4.2 高岭土加工技术	60
2.4.3 高岭土作为填料的应用	69
2.5 二氧化硅	73

2.5.1 矿物原料及性质	73
2.5.2 石英	74
2.5.3 粉石英	75
2.5.4 白炭黑	79
2.6 硅灰石	87
2.6.1 硅灰石的矿物学特征	87
2.6.2 硅灰石针状粉超细粉碎与分级	88
2.6.3 硅灰石的人工合成方法	91
2.6.4 硅灰石的工业应用	93
2.7 云母	96
2.7.1 云母的基本特性	96
2.7.2 云母的加工	97
2.7.3 云母的应用	98
2.8 其他非金属矿填料	100
2.8.1 叶蜡石	100
2.8.2 海泡石	101
2.8.3 白云石	102
2.8.4 石墨	103
2.8.5 重晶石	104
参考文献	105
第3章 无机阻燃剂	108
3.1 概述	108
3.2 三氧化二锑	112
3.2.1 概述	112
3.2.2 三氧化二锑的阻燃机理	112
3.2.3 三氧化二锑的制备和生产	112
3.2.4 纳米三氧化二锑的制备	119
3.2.5 三氧化二锑的应用	120
3.2.6 三氧化二锑阻燃剂的发展方向	121
3.3 氢氧化铝	122
3.3.1 概述	122
3.3.2 氢氧化铝的阻燃机理	122
3.3.3 氢氧化铝的制备与生产	124
3.3.4 氢氧化铝的应用研究	127
3.4 氢氧化镁	129

3.4.1 概述	129
3.4.2 氢氧化镁的阻燃机理	130
3.4.3 氢氧化镁的制备与生产	132
3.4.4 氢氧化镁的应用	151
3.5 复合阻燃剂	162
参考文献	164
第4章 矿物保温材料	170
4.1 概述	170
4.2 泡沫石棉	171
4.3 硅藻土	175
4.4 珍珠岩	178
4.5 膨胀蛭石	187
4.6 复合硅酸盐	189
参考文献	193
第5章 陶瓷粉体材料	194
5.1 概述	194
5.2 氧化铝	194
5.2.1 氧化铝结晶构造	194
5.2.2 氧化铝粉体的制造方法及分类	195
5.2.3 氧化铝粉体的应用	197
5.3 氮化硅	199
5.3.1 基本性质	199
5.3.2 粉体制备工艺	201
5.3.3 氮化硅粉体的应用	203
5.4 氮化铝	204
5.4.1 氮化铝特性	204
5.4.2 氮化铝粉末制备	205
5.4.3 氮化铝粉体的应用	206
5.5 氮化硼	207
5.5.1 结晶化学与性能	207
5.5.2 氮化硼粉末制备	209
5.5.3 氮化硼的应用	211
5.6 碳化硅	212
5.6.1 碳化硅的晶体结构	213
5.6.2 碳化硅的基本特性	214

5.6.3	碳化硅粉体的制备	215
5.6.4	碳化硅的应用	218
5.7	碳化硼	219
5.7.1	碳化硼的晶体结构	220
5.7.2	碳化硼的基本特性	221
5.7.3	碳化硼粉体的合成	222
5.7.4	碳化硼的应用	223
5.8	碳化钛	224
5.8.1	碳化钛的晶体结构	224
5.8.2	碳化钛的基本特性	225
5.8.3	碳化钛的合成	226
5.8.4	碳化钛的应用	226
5.9	钛酸锶	229
5.9.1	钛酸锶的特性	229
5.9.2	钛酸锶粉体的制备方法	230
5.9.3	钛酸锶粉体水热合成工艺研究	234
5.9.4	钛酸锶水热合成机理研究	246
5.9.5	钛酸锶的应用	247
参考文献		250
第6章 纳米矿物粉体材料		254
6.1	纳米碳酸钙	254
6.1.1	碳化法制备纳米碳酸钙	257
6.1.2	纳米碳酸钙的表面改性	276
6.1.3	纳米碳酸钙的应用	292
6.2	纳米氧化锌	295
6.2.1	氧化锌及纳米氧化锌的性质	295
6.2.2	纳米氧化锌制备方法	296
6.2.3	沉淀法制备纳米氧化锌	298
6.2.4	纳米氧化锌的应用	310
6.3	纳米银	312
6.3.1	银的物理和化学性质	312
6.3.2	纳米银粉的特性	313
6.3.3	纳米银粉的分类和制备方法	314
6.3.4	液相化学还原法制备纳米银	316
6.3.5	银及纳米银的应用	320

6.4 纳米硫酸钡	323
6.4.1 硫酸钡的性质	323
6.4.2 纳米硫酸钡的制备方法	323
6.4.3 纳米硫酸钡的应用	327
6.5 纳米碳化硅	328
6.5.1 纳米碳化硅粉体主要制备方法	328
6.5.2 纳米碳化硅粉体的提纯热处理	335
参考文献	337
第7章 晶须	340
7.1 晶须的概念	340
7.2 晶须的特性	340
7.2.1 力学性质	340
7.2.2 晶须的磁性	342
7.2.3 晶须的电性	343
7.2.4 晶须的其他性质	343
7.3 晶须的一般生长方法	343
7.3.1 晶须的气相生长	344
7.3.2 晶须的液相生长	347
7.3.3 晶须的固相生长	352
7.4 晶须的功能	357
7.5 几种典型的晶须材料	358
7.5.1 硫酸钙晶须	359
7.5.2 碳酸钙晶须	375
7.5.3 钛酸钾晶须	383
7.5.4 碳化硅晶须	387
7.5.5 硼酸铝晶须	391
7.5.6 氧化锌晶须	393
参考文献	397
第8章 矿物助滤剂	400
8.1 过滤操作及助滤剂	400
8.2 硅藻土助滤剂	402
8.2.1 硅藻土助滤剂的作用机理	402
8.2.2 硅藻土助滤剂生产方法及性能比较	403
8.2.3 硅藻土助滤剂的优缺点	406
8.2.4 硅藻土助滤剂应用实例	406

8.2.5 硅藻土助滤剂研究与应用方向	409
8.3 珍珠岩助滤剂	410
8.3.1 珍珠岩助滤剂生产工艺	410
8.3.2 珍珠岩助滤剂的物理化学性能	410
8.3.3 珍珠岩助滤剂的等级	411
8.3.4 珍珠岩助滤剂的作用	412
8.3.5 珍珠岩助滤剂的使用方法	412
8.3.6 珍珠岩助滤剂的优缺点	412
8.3.7 珍珠岩助滤剂的应用领域	413
8.4 其他助滤剂	413
8.4.1 石棉助滤剂	413
8.4.2 纤维素助滤剂	414
8.4.3 碳素助滤剂	415
参考文献	415
第9章 树脂基摩擦材料	416
9.1 树脂基摩擦材料的结构与组成	416
9.1.1 有机黏结剂	416
9.1.2 纤维增强材料	418
9.1.3 填料	419
9.2 矿物增强材料	421
9.2.1 石棉	421
9.2.2 天然矿物纤维	425
9.3 摩擦材料中的矿物填料	428
9.3.1 概述	428
9.3.2 增摩填料	429
9.3.3 减摩填料	434
9.4 摩擦材料生产工艺	435
9.4.1 压塑料的制备	435
9.4.2 预成型	437
9.4.3 成型和固化	438
9.4.4 压制品的后加工处理	439
参考文献	440
第10章 环境工程及催化剂用矿物材料	441
10.1 环境工程用矿物材料	441
10.1.1 膨润土	443

10.1.2	凹凸棒石	445
10.1.3	海泡石	448
10.1.4	麦饭石	451
10.1.5	硅藻土	455
10.1.6	电气石	458
10.1.7	沸石	468
10.1.8	环境矿物材料作用机理	474
10.2	催化剂用矿物材料	476
10.2.1	矿物材料在催化裂化催化剂中的应用	476
10.2.2	活性白土	477
10.2.3	高岭土	477
10.2.4	层柱黏土	479
10.2.5	海泡石	481
参考文献		481

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

材料可分为金属材料、有机材料、无机非金属材料及复合材料。矿物材料是指以天然矿物或岩石为主要原料经加工、改造所获得的材料或者能直接应用其物理、化学性质的矿物或岩石。其含义包括四个方面：① 能被直接利用或经过简单的加工处理（如破碎、选矿、切割、改性等），即可被利用的天然矿物、岩石；② 以天然的非金属矿物、岩石为主要原料，通过物理化学反应（如焙烧、熔融、烧结、胶结等）制成的成品或半成品材料；③ 人工合成的矿物或岩石；④ 这些材料的直接利用目标主要是其自身具有的物理或化学性质，而不局限于其中的个别化学元素。矿物材料包括：机械工业和航空航天工业用的石墨密封材料和石墨润滑剂、石棉摩擦材料、高温和防辐射涂料等，微电子工业用的石墨导电涂料、显像管石墨乳、熔炼水晶等，以硅藻土、膨润土、海泡石、凹凸棒石、沸石等制备的吸附、助滤和环保材料，以高岭土为原料制备的煅烧高岭土、铝尖晶石、莫来石、赛隆、分子筛和催化剂，以珍珠岩、硅藻土、石膏、石灰石、蛭石、石棉等制备的隔热保温防火和节能材料及轻质高强度建筑装饰材料，以碎云母为原料生产的超细云母填料、颜料以及云母纸和云母板等，以膨润土为原料制备的凝胶及有机膨润土等。

矿物材料学是从矿物学、岩石学的角度来研究矿物材料的性质与其物质组分、结构、构造、晶界、粒径和使用原料以及加工工艺等之间的关系，以探索矿物材料的生产工艺、技术和应用的一门综合性边缘学科。矿物材料学是矿物学、岩石学、矿物加工学和材料学等学科相结合的产物，是现代最活跃、最具生命力的新兴学科之一。

矿物材料的发展更有利于人类社会的可持续发展，与传统无机材料相比，矿物材料重视科学发掘和利用矿物岩石的结构、性质和性能，以最大限度地发挥天然功能材料的性能优势为重要目标。由于天然矿物岩石种类及性能的多样性，矿物材料应用潜力极大，可以适应各行各业的应用要求。不论是新材料的开发，还是传统材料的更新换代，都有广阔的用武之地，其应用领域与范围必将越来越广，在国民经济中的作用会越来越大。

我国非金属矿产资源分布极其广泛，种类齐全，储量也十分丰富，已探明非

金属矿有 86 种, 矿产地 5500 多处。其中, 石墨、滑石、石膏、菱镁矿、叶蜡石、重晶石、膨润土、硅灰石等 20 多种非金属矿探明的储量均位居世界前列。因此, 利用我国丰富的非金属矿产资源, 进行非金属矿物材料学的研究, 加强非金属矿物材料的开发与应用, 具有十分重要的战略意义。

进入 21 世纪, 冶金、建材、石油化工、机电、汽车、造纸等传统产业将引入新技术和使用新材料来进行技术革新和产业升级, 这与矿物材料或深加工产品密切相关。例如, 冶金工业的技术进步和产品结构调整需要高品质的以硅线石、红柱石、蓝晶石等高铝矿物为原料的高铝耐火材料和以菱镁矿、石墨为原料的镁-碳复合材料; 新型建材和防火、节能产品的发展需要大量的石膏板材和饰面板, 花岗岩、大理岩板材和异形材, 以硅藻土、超细石英粉、石灰粉、针状硅灰石等为原料的微孔硅钙板、膨胀珍珠岩、轻质保温隔热材料; 石油化工行业的技术进步和产业升级需要大量具有特定孔径分布、活性和选择性好的沸石、高岭土催化剂或载体以及以膨润土为原料的活性白土; 机电工业的技术进步需要以碎云母为原料制造的云母纸和云母板绝缘材料、高性能的柔性石墨密封材料、石墨盘根、石棉基板材和垫片; 高分子材料的发展以及工程塑料、塑钢门窗等高分子基复合材料的兴起需要大量的超细活性碳酸钙、高岭土、滑石、针状硅灰石、云母、透闪石、二氧化硅、氢氧化镁、氢氧化铝等功能填料; 汽车工业的发展需要大量以石棉、石墨、针状硅灰石等非金属矿为基料的摩擦材料和以超细碳酸钙、高岭土、珠光云母等为颜料和填料的汽车专用涂料; 汽车面漆、乳胶漆等高档油漆以及防腐蚀和辐射、道路发光、吸波等特种涂料需要大量的珠光云母、着色云母、超细高白度碳酸钙、超细二氧化硅和玻璃微珠、针状超细硅灰石、超细高白度煅烧高岭土、有机膨润土等非金属矿物颜料、填料和增黏剂; 造纸工业的技术进步和产品结构调整需要大量高纯、超细的重质碳酸钙、高岭土、滑石等高白度非金属矿物颜料和填料。

因此, 传统产业的技术进步和产业升级是 21 世纪初我国矿物材料制备技术和产业发展的主要市场之一, 新型矿物材料的制备是今后材料行业的重要发展方向之一。

1.2 矿物材料的分类和加工技术

1.2.1 矿物材料的分类

制备矿物材料的主要原料是非金属矿物, 非金属矿物是指除了矿物燃料以外的化学组成或技术和物理性能可供工业应用且具有经济价值的所有非金属矿物与岩石, 一般称为工业矿物。按地质成因分类, 非金属矿物可分为伟晶岩、脉岩、

交代岩、变质岩和沉积岩等五种，非金属岩石可分为岩浆岩、变质岩和沉积岩三种；以工业用途分类，可分成建筑材料、陶瓷材料、耐火材料、化工材料和肥料用非金属矿等，如表 1.1 所示^[1]。

表 1.1 非金属矿物按工业用途的矿物分类^[1]

用 途	工业矿物	工业岩石
化工原料	岩盐、芒硝、天然碱、明矾石、自然硫、黄铁矿、方解石	
光学工业原料	光学石膏、光学萤石、光学石英、冰洲石	
电器和电子工业材料	石墨、电气石、白云母	
农药、农肥原料	磷灰石、钾盐、芒硝、石膏	磷块岩
研磨和宝石原料	金刚石、刚玉、石榴子石、蓝晶石	
工业填料、过滤剂、吸收剂和载体材料	滑石、蓝石棉、沸石	高岭土、膨润土、硅藻土、漂白土、海泡石黏土
颜料	赤铁矿、孔雀石、方解石	白垩、红土
绝热、隔声、绝缘和轻质材料	石墨、石棉、蛭石	珍珠岩、硅藻土、浮石、火山灰、石膏岩
铸石材料		辉绿岩、玄武岩、粗面岩、安山岩
建筑材料、集料、轻骨料、砖瓦材料		大理石、花岗岩、砂和卵石、膨胀页岩、砖瓦页岩、黏土
水泥和黏结原料		石灰岩、大理岩、黏土、页岩、砂岩、凝灰岩、火山灰、沸石岩、石膏岩
玻璃原料	石英、长石	石英砂、石英岩、霞石正长岩、硬硼钙石
陶瓷原料	叶蜡石、长石、硅灰石、透辉石、滑石	高岭土、绢英石、细晶岩、霞石正长岩
耐火材料和铸造材料	石墨、菱镁矿、红柱石、蓝晶石、硅线石	白云岩、石英岩、铝土矿、黏土、沙
熔剂和冶金原料	萤石、长石、硼	灰岩、白云岩
钻探工业材料	蒙脱石、重晶石、坡缕石	膨润土、凹凸棒石黏土、海泡石黏土

矿物材料按生产方式进行分类，即按矿物材料工程进行分类，可分为熔浆冷凝型材料、成型烧结型材料和骨料胶凝型材料等三种类型。

根据矿物材料成分结构和加工改造特点，可将矿物材料分为四大类型^[2]。

① 天然矿物材料。指直接利用其物理、化学性质的矿物或岩石，经物理加工未改变原料成分和结构。包括填料类（如重钙粉、滑石粉等）、装饰类（如石