

非金属矿产加工

KUANGCHAN JIAGONG YU KAIFALIYONG

与开发利用

冯启明 周玉林 王维清 编

地质出版社

非金属矿产加工与开发利用

冯启明 周玉林 王维清 编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书包括两篇 19 章,介绍了非金属矿加工的主要工艺技术、设备及最常见的 14 种非金属矿的加工和开发利用。第一篇重点介绍了非金属矿的破粉碎、选矿与提纯、超细粉碎与分级、改型与改性处理、固液分离与干燥工艺及非金属矿加工机械设备等方面的内容。第二篇重点介绍了最常见的 14 种非金属矿的矿产资源分布、矿石学特征、用途、工业要求和深加工技术方法等。

本书既可作为高等院校地质工程、矿产普查与勘探、矿物加工工程专业的学生教材,也可作为冶金、化工等专业生产、科研和教学人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

非金属矿产加工与开发利用 / 冯启明等编. —北京:地质出版社, 2010. 12

ISBN 978 - 7 - 116 - 06983 - 1

I. ①非… II. ①冯… III. ①非金属矿—矿产资源—资源开发—中国②非金属矿—矿产资源—资源利用—中国
IV. ①P619. 206. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 224780 号

责任编辑: 叶 丹

责任校对: 杜 悦

出版发行: 地质出版社

社 址: 北京市海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324572 (编辑部)

网 址: www.gph.com.cn

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 21.25

字 数: 500 千字

版 次: 2010 年 12 月第 1 版

印 次: 2010 年 12 月北京第 1 次印刷

审 图 号: GS (2010) 1357 号

定 价: 50.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 06983 - 1

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

人类对自然资源的认识和利用，最早就是从非金属矿开始的。随着科学技术的进步，非金属矿产在各个领域所起的重要作用引起了人们的重视，并得到了广泛的应用，解决了许多亟待解决的生产和科技问题，显示出了其开发利用的巨大潜力。现在，非金属矿产在国民经济和科学技术的各个部门正在发挥着越来越大的作用。

本书是为地质工程专业本科生编写的，同时也可作为高等院校矿产普查与勘探本科专业、矿物加工工程本科专业学生的专业课教材，还可作为冶金、化工等专业的学生以及从事非金属矿产开发利用的科技人员的参考书。

全书共两篇 19 章。冯启明负责编写绪言及第六章至第十五章，周玉林负责编写第一章至第五章，王维清负责编写第十六章至第十九章，全书由冯启明负责统稿，西南科技大学地理信息专业本科学生欧春才、地质工程专业本科学生黄祺负责了全部插图的清绘。西南科技大学教务处、环境与资源学院对本书的编写给予了大量的支持和帮助，编者谨此对参与本书编写及对本书编写给予支持和帮助的所有人员表示衷心的感谢。

限于篇幅，本书参考文献主要列举了图书专著，大量学术期刊文章和学术专业网页资料未能一一列举，在此向文献作者一并致谢。

由于非金属矿开发利用涉及众多的工程技术领域，交叉学科多、知识面广，加之编者知识的局限性和水平关系，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 1 月于西南科技大学

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一篇 非金属矿加工方法及设备

第一章 矿石的破粉碎工艺及设备	(9)
第一节 破碎筛分工艺及设备	(10)
第二节 粉磨工艺及设备	(21)
第二章 选矿与提纯	(33)
第一节 拣选与洗矿	(33)
第二节 重力选矿	(35)
第三节 浮选	(42)
第四节 磁选与电选	(54)
第五节 提纯工艺及设备	(66)
第三章 超细粉碎与分级	(73)
第一节 超细粉碎的概念及意义	(73)
第二节 超细粉碎的方法	(75)
第四章 非金属矿的改性处理	(92)
第一节 概述	(92)
第二节 表面改性方法	(94)
第三节 表面改性设备	(96)
第四节 表面改性剂	(99)
第五节 粉体表面改性效果检测分析	(106)
第五章 固液分离与干燥	(109)
第一节 固液分离	(109)
第二节 干燥	(116)

第二篇 各 论

第六章 膨润土	(124)
第一节 概述	(124)

第二节	一般物理化学性质及工艺性能	(127)
第三节	用途及工业要求	(129)
第四节	选矿工艺及深加工	(136)
第五节	矿床类型及资源分布	(141)
第七章	高岭土	(143)
第一节	概述	(143)
第二节	物理化学性质及工艺性能	(147)
第三节	用途及工业要求	(149)
第四节	选矿及加工	(151)
第五节	矿床类型及资源分布	(159)
第八章	坡缕石粘土	(163)
第一节	概述	(163)
第二节	形态、一般物理化学性质及工艺性能	(166)
第三节	用途及工业要求	(167)
第四节	选矿及加工	(170)
第五节	矿床类型及资源分布	(172)
第九章	海泡石粘土	(175)
第一节	概述	(175)
第二节	物理化学性质及工艺性能	(178)
第三节	用途及要求	(179)
第四节	选矿加工	(183)
第五节	矿床类型及资源分布	(183)
第十章	石墨	(185)
第一节	概述	(185)
第二节	物理化学性质及工艺性能	(186)
第三节	用途及工业要求	(187)
第四节	选矿及加工	(189)
第五节	矿床类型及资源分布	(195)
第十一章	云母	(197)
第一节	概述	(197)
第二节	物理化学性质及工艺性能	(198)
第三节	用途及要求	(200)
第四节	云母选矿	(202)
第五节	云母的综合利用	(203)
第六节	绢云母用途	(212)
第七节	矿床类型及资源分布	(213)

第十二章 石棉	(216)
第一节 概述	(216)
第二节 物理化学性质及工艺特性	(219)
第三节 用途及工业要求	(223)
第四节 选矿加工	(228)
第五节 矿床类型及资源分布	(229)
第十三章 蛭石	(233)
第一节 概述	(233)
第二节 物理化学性质及工艺性能	(234)
第三节 用途及要求	(235)
第四节 选矿及加工	(239)
第五节 矿床类型及资源分布	(242)
第十四章 金刚石	(245)
第一节 概述	(245)
第二节 物理化学性质	(247)
第三节 用途及要求	(251)
第四节 选矿加工	(253)
第五节 矿床类型及资源分布	(256)
第十五章 石膏	(260)
第一节 概述	(260)
第二节 一般物理化学性质及工艺性能	(262)
第三节 用途及工业要求	(264)
第四节 选矿及加工	(268)
第五节 矿床类型及资源分布	(269)
第十六章 叶蜡石	(272)
第一节 概述	(272)
第二节 物理化学性质	(274)
第三节 用途及要求	(275)
第四节 选矿加工	(278)
第五节 矿床类型及资源分布	(279)
第十七章 滑石	(280)
第一节 概述	(280)
第二节 物理化学性质	(282)
第三节 用途及要求	(283)
第四节 选矿加工	(284)
第五节 矿床类型及资源分布	(286)

第十八章 沸石 (288)

 第一节 概述 (288)

 第二节 一般物理化学性质及工艺性能 (299)

 第三节 用途及工业要求 (309)

 第四节 选矿工艺及深加工 (313)

 第五节 矿床类型及资源分布 (316)

第十九章 累托石粘土 (318)

 第一节 概述 (318)

 第二节 物理化学性质及工艺性能 (321)

 第三节 主要用途及要求 (323)

 第四节 选矿及加工 (324)

 第五节 矿床类型及其分布 (325)

主要参考文献 (330)

绪 论

一、有关基本概念

(一) 矿 产

矿产是指产于地壳中的、能被人类开发利用的矿物资源。

按照矿产的概念，人造矿物不能称为矿产。如人造刚玉、人造金刚石、人造水晶、人造云母等，尽管它们的性能与天然产出者相近，但它们不是在地壳中由地质作用形成的，而是在实验室或工厂由人工合成的。因此，只能把它们叫人造矿物或合成矿物。

地壳中由地质作用形成的某些矿物，因性质、用途不明，储量太少，或因科学技术的限制，目前尚不能被人类开发利用者，也不能叫矿产。

尽管人类将来可能会去月球或其他星球开采矿物资源，按矿产的概念，来自地球以外的其他星球的有用矿物资源，也不能叫矿产。

矿产的种类和数量是随着人类社会的进步，随着科学技术的发展而不断增加的。在 20 世纪初，能被工业利用的非金属矿产近 60 种，现在已达 200 余种。

所以，人类社会进步的重要标志之一，就是对于天然矿物资源的利用程度。据此，人类社会的发展从低级到高级又分为石器时代、青铜时代、铁器时代和多金属时代。

石器时代，相当于原始社会，又分为距今 200 万年的旧石器时代和距今 1 万年的新石器时代。在原始社会，人们将坚硬的石头敲碎，磨制成刀、石矛、石斧、石针等，用做生存、生活工具，用来获取食物、猎物和自卫。

青铜时代，相当于奴隶社会，始于公元前 2200 年。青铜冶铸技术是从石器加工和制陶业中发展起来的。人们在寻找和加工石料过程中，逐渐认识了自然铜和铜矿石、锡矿石和铅矿石，烧制陶器的丰富经验，又为青铜的冶铸提供了必要的高温、燃料和耐火材料。如有名的青铜剑、乐器和重达 875kg 的商代晚期的司母戊鼎，就是这个时代的成就。在我国及古代东方一些国家在青铜时代就出现了奴隶制国家。

铁器时代，始于封建社会初期，约公元前 770 年，铁器的出现和使用促进了生产力的大发展，封建制的主仆关系开始产生并逐渐发展起来，铁器时代的出现相当于封建社会初期。

多金属时代，人们把现代又称为多金属时代。由于科学技术的高度发展，铁器材料的一些性能已远远不能满足其需要，因而人类就开始大量使用各种金属矿，因此人类社会进入了多金属时代。

非金属时代，有人预言，在不久的将来，甚至在 21 世纪后期，人类就会进入非金属时代，或称第二个石器时代。

为什么有人预言在不久的将来人类会进入非金属时代？其原因是矿产资源具有在人类历史时期不可再生性的特点。即在一个短的时期内（如几百万年）不可能形成新的矿床，因为地质历史是以 100 万年为一个基本单位，一个矿床的形成大多需要几千万年甚至上亿

年时间。另外、一些金属矿产和能源矿产在不久将会枯竭，不可更新和再生，用一点就少一点，所以，相对于金属矿产来说，非金属在地壳的储量就非常丰富，因为地壳的物质组成中，Si、Al、O 占地壳总量的 82.85%，而绝大多数非金属矿都是硅酸盐或铝硅酸盐，一旦金属矿产枯竭，人类要生存，社会要发展，人类只能开发利用非金属矿产资源。

当然，非金属矿产资源以及一切自然资源不都是取之不尽、用之不竭的。但非金属矿产资源的范围、种类随着科学技术的进步会不断扩展和增加，令人们可以依靠科学技术“变废为宝”，从这个意义上说，非金属资源在总体上又是无限的。因而未来可能是非金属时代，或新的石器时代。

（二）矿产的分类

矿产按性质和主要工业用途分为三大类：即金属矿产、能源矿产和非金属矿产。

1. 金属矿产

金属矿产是指能从中提取金属元素的有用矿物资源。例如：Fe，Mn，Cr，V 等黑色金属矿产；Cu，Pb，Zn，Mg 等有色金属矿产；Au，Ag，Pt，Pd 等贵金属矿产。

2. 能源矿产

能源矿产是指能为工业或民用提供能源的地下资源。例如：煤，石油，天然气等有机能源矿产；U，Th 等核能源矿产；温泉，地热等地热能源矿产。

3. 非金属矿产

非金属矿产是指从中可提取非金属元素或者可以直接加以利用的矿物和矿物集合体。主要利用其中非金属元素的矿产，例如自然硫、黄铁矿、磷矿、钾盐等矿产；直接利用矿物或矿物集合体的某些物理、化学性能或工艺性能，例如：金刚石：高硬度、高折光率、其他特殊性质（半导体、导热性）；白云母：电绝缘性、透明性、珍珠光泽；水晶：光学性质、压电性；沸石：离子交换性、吸附性、分子筛性质、过滤性；高岭土：湿润可塑性、灼烧固特性、水中分散性和黏结性；膨润土、凹凸棒土：吸附性、造浆性、分散性、触变性等胶体性质；硅藻土：疏松多孔性、过滤吸附性、保温隔热性；膨胀珍珠岩、膨胀蛭石：多孔性、多孔隔热性、耐热阻燃性作保温隔热防火制品，吸附过滤性。

二、非金属矿产开发利用的任务

1. 非金属矿的选矿加工

非金属矿的选矿加工是非金属矿产开发利用的前期工作，其主要内容有：非金属矿的破碎、粉碎工艺及设备；非金属矿的选矿与提纯；非金属矿的超细粉碎与分级；非金属矿的改型及改性；固液分离与干燥。

2. 非金属矿产开发利用

其主要内容有：非金属矿产的物质成分特征及主要矿物的晶体结构特征；物化性能及工艺性能特点、用途及其要求；非金属矿产选矿提纯等深加工工艺及其产品开发；非金属矿产矿床类型及资源分布。

三、非金属矿产在国民经济中的作用

人类对自然资源的认识和利用，最早就是从非金属矿开始的。经过石器时代，推动了人类历史的发展。青铜、铁器的出现，促使燃料矿质和金属矿质业在前两个世纪相继进入

鼎盛时期，然而非金属矿质却处于落后状态。

第二次世界大战后，由于世界各国国民经济的恢复和发展，非金属矿质业才日益引起人们的重视。自 20 世纪 50 年代以来，进行了大量地表金属富矿的开发，但仍不能满足工业快速发展的要求。

随着科学技术的进步，对非金属矿产在钻探泥浆、陶瓷制品、耐火材料、隔热保温材料，以及做磨料、肥料、宝石等方面的作用引起了人们的重视，并得到了广泛的应用。此时，全世界非金属矿产值已超过金属矿产值的 20%（1950 年全世界非金属矿年产值为 407 亿美元，美国 1953 年非金属原料年产值 35 亿美元，金属矿原料年产值 33 亿美元）。从 20 世纪 70 年代开始，非金属矿产以其优异的性能：耐高温、抗腐蚀、黏结性、可塑性、吸附性、低辐射性、热膨性、抗老化、高强、耐磨、轻质、吸音、隔热、压电、绝缘、介电、电光、声光、半导体等特殊性能而被广泛用于建筑、轻纺、化工、冶金、农业、交通、环保医疗等方面以及新能源、节能材料、电子技术、光电通信、宇宙、军工、海洋工程、生物工程等现代科学技术的各个领域，解决了许多亟待解决的尖端科技问题，显示了金属矿产不能起到的作用和不可比拟的巨大威力。

进入 20 世纪 80 年代，非金属矿产处于蓬勃发展时期，其年产值已超过金属矿产值的 60%。现在，非金属矿产在我国国民经济和科学技术的各个部门发挥着越来越大的作用。

1. 冶金工业

耐火材料：硅、镁、铝、碳质等耐火材料用非金属矿原料有：石英、耐火粘土、铝土矿、菱镁矿、白云石、石墨、高铝矿物、红柱石、蓝晶石、叶蜡石、天然锆砂等。

铁精矿球团黏结剂用非金属矿原料有：膨润土、凹凸棒土、海泡石粘土、累托石粘土等。

熔剂原料：如石灰石、白云石、萤石等

钢锭保护剂、熔炼坩埚用原料：如石墨等。

2. 机械工业

切割、研磨、抛光用非金属矿原料有：金刚石、刚玉、石榴子石等。

铸造型砂用非金属矿原料有：石英砂、锆石、刚玉、橄榄石。

固结润滑剂：如石墨、辉钼矿。

型砂黏结剂用非金属矿原料有：膨润土、凹凸棒土、海泡石粘土、累托石高岭土、伊利石粘土等。

3. 电气电子工业

绝缘材料：云母、滑石等。

导电材料：石墨。

压电材料：水晶。

半导体材料（单晶硅）原料：石英等。

4. 石油及石油化工行业

石油钻井用造浆材料：膨润土、凹凸棒土、海泡石粘土、累托石粘土等。

加重剂：如重晶石、磁铁矿等。

钻头材料：如金刚石等。

石油催化裂化用的催化剂载体：沸石、硅藻土、凹凸棒石粘土，海泡石粘土；石油产

品脱色用的活性白土原料：如膨润土、凹凸棒土、海泡石粘土等；都是非金属矿。

5. 日用化工产业

洗涤用品，如洗衣粉、肥皂、香皂、洗发膏、牙膏等需用沸石、膨润土、凹凸棒土等作填料、增稠剂、助剂；化妆品需用滑石、高岭土、云母、碳酸钙等作填料。

6. 无机化工产业

H_2SO_4 ， HCl ， Na_2CO_3 ， KOH ， NaOH 等基础无机化工产品用原料，几乎都来自非金属矿，如自然硫、黄铁矿、石盐、石灰石、钾盐矿等。

7. 轻工业

玻璃原料：如石英、长石、霞石、石灰石、白云石等。

陶瓷原料：如粘土、长石、石英等。

纸张填料、涂料：如高岭土、滑石、石灰石、重晶石、硅灰石等。

塑料、橡胶充填材料和增强材料：如各类粘土及改性粘土、滑石、叶蜡石、云母、石棉、方解石等。

涂料填料：如各类粘土、云母、滑石等。

食品工业的酒类（啤酒）、饮料、糖液、食用油脂的净化、过滤、脱色、除臭、除杂质等所用吸附过滤脱色用的活性白土、硅藻土等。

纺织印染用部分浆料原料，如膨润土、凹凸棒石粘土等；都是非金属矿。

8. 建筑材料工业

我国生产建筑材料所用非金属矿量占非金属矿总质量的 90% 以上，占其总价值的 60%。

各种卫生陶瓷、墙地砖、马赛克等建筑陶瓷，电气电子陶瓷，建筑玻璃，水泥，石灰、砖瓦等用原料。

石棉制品、岩棉、玻纤，膨胀珍珠岩及其制品、膨胀蛭石及其制品等保温隔热材料所用原料。

石膏板、菱镁瓦、花岗石、大理石等建筑装饰材料。

以上建筑材料用原料如石灰石、粘土、石英、长石、石膏、菱镁矿、蛭石、白云石，砂、砾等都是非金属矿。

9. 农业

农肥三大元素的 N，P，K，其中 P 主要来自磷灰石、磷块岩；K 主要来自钾盐、钾长石、白榴石、明矾石等。

土壤改良剂用非金属矿有：沸石、蛭石、石膏、石灰石、粘土矿等。

高效农肥、农药（杀虫剂、除草剂）载体、分散剂、防粘剂用非金属矿有：各类粘土如膨润土、凹凸棒石粘土、海泡石粘土、沸石、石灰石等。

饲料添加剂用非金属矿有：石灰石，磷酸盐类矿物，粘土类矿物，如膨润土、高岭土、凹凸棒石、海泡石、石盐、沸石、珍珠岩、蛭石、滑石等。

10. 环境保护业

非金属矿也大量用于环境保护中的三废处理。

工业废水（如电镀、造纸、印染、屠宰、制药等废水）的净化处理，中、低放射性废水处理。

有害废气（燃煤热电厂、养殖场、化工厂等排放的废气 SO_2 、 N_2 、 NH_3 、有机胺、有机硫等臭气）的处理，都要大量使用沸石、粘土、石灰石、膨胀珍珠岩、硅藻土等非金属矿。

垃圾、核废料填埋场的防渗、吸附固化、隔离都要用膨润土等粘土材料。

放射性尘埃的吸附过滤用的蓝石棉等都是非金属矿。

11. 国防、航空航天工业

耐高温、耐腐蚀、耐辐射、微波吸收材料、密封材料所用原料：如石墨、石棉等。

对光、电、磁、声、热具有转换、传输功能的材料需用的水晶、金刚石、红蓝宝石、石榴子石、冰洲石等都是非金属矿晶体。

12. 珠宝业

各种宝石、玉石几乎都来自非金属矿，如钻石、红宝石、蓝宝石、翡翠、玛瑙、鸡血石等。

综上所述，非金属矿产应用领域无处不在，无处不有，遍及国民经济和生活的各个部门。可以说，没有非金属矿，就没有现代工业、现代农业、现代科学技术，更不会有现代生活。

四、我国非金属矿业现状和发展方向

我国非金属矿业起步较晚，是一个新兴的工业，也是一个有发展前途的朝阳工业。我国非金属矿工业在过去很长一段时期内，其发展是粗放型的，主要靠扩大规模求得经济增长，资源综合利用率低，浪费十分严重，对环境的污染严重，企业的经济效益低，竞争力弱，与发达国家相比差距较大。首先，在产值方面，金属矿仍占主要地位，其次被利用的矿种少。目前我国探明储量的非金属矿种 80 余种，被利用的仅 50 余种，而真正形成生产能力的仅 30 多种。由于基础薄弱、人才缺乏、装备老化、管理水平低下等原因，导致许多矿种的特殊性能还未研究和揭示出来，系统的基础理论研究重视不够，尤其是应用开发方面的研究不够深入。

我国的非金属矿工业的发展方向，是要逐步向深加工及制品方向转移，采用高新技术对企业进行技术改造，以优质产品参与国内外市场竞争，使非金属矿深加工及制品的产值达到行业总产值的 70% ~ 80%，重点矿种的技术装备水平以及深加工及制品技术，要达到 20 世纪 90 年代中期国际先进水平；石材、石墨等优势矿产要创若干个国际名牌产品；开发利用方式要向集约型转变，保护资源、矿山生态环境要得到改善。发展方向与重点：

1) 抓住石材、石墨、方解石、硬质高岭土等几个矿种，形成大规模、高质量的加工基地或企业集团，扶持一批优势矿种发展。

2) 加快深加工技术、装备的发展，围绕支柱产业和出口创汇开发深加工产品。

3) 大力开拓国际市场，增加制品的出口。

21 世纪的科技进步、硅酸盐工业的发展和绿色产业结构的延伸，正在为我国非金属矿物材料的新兴工业体系营造更大的发展空间，孕育着良好的创新条件，同时也带来了强劲的驱动压力。我国的非金属矿矿物材料产业主要源于硅酸盐工业、材料工业对非金属矿物特性的需求，因此，我国非金属矿工业也应该利用这一机遇开创新的纪元，搞好可持续

发展，这是我国非金属矿行业责无旁贷的历史使命，也是行业兴旺的新的起飞点。

近年来，全国基本上已形成了一个非金属矿热，不仅传统的建材行业搞非金属矿，石油、冶金、化工、煤炭、地矿等部门也在搞非金属矿的应用与开发。因此，非金属矿业发展前景非常广阔。

第一篇 非金属矿加工方法及设备

非金属矿是人类利用最早的地球矿产资源。从原始人使用的石斧、石刀到现在以各种非金属矿物为原料制造的无机非金属材料、复合材料、微电子材料等当代新材料，人类在利用非金属矿物资源方面走过了从简单利用到初步加工后利用，再到深加工和综合利用的漫长历程。非金属矿加工利用技术的每一次进步都伴随着人类科学技术的每一次发展。同时，人类科学技术的每一次革命都促进了非金属矿加工利用技术的进步。但是，在现代科技革命及新兴产业发展之前的人类漫长历史发展中，基本上是以金属材料为主导，非金属矿仅用于建筑材料、铺路材料等领域。现代科技革命及产业发展开创了广泛应用无机非金属材料及复合材料的新时代。这些无机非金属材料均与非金属矿有关。非金属矿及其加工业已被普遍视为当今及 21 世纪的朝阳产业。非金属矿及其制品工业产值在工业发达国家已远远超过金属矿产。

传统产业的技术进步或技术改造也与非金属矿物加工技术密切相关。例如，造纸工业从普通纸张到涂布纸及其他高级纸品的技术进步需要高纯、超细和高白度的高岭土、碳酸钙、滑石等非金属矿物；冶金工业的技术进步要求高品位及一定粒度级配的高铝非金属矿物（硅线石、红柱石、蓝晶石等）及镁（菱镁矿）碳（石墨）耐火材料；高分子材料的技术进步需要相容性好而且具有增强作用的非金属矿物填料，如碳酸钙、高岭土、滑石、硅灰石、云母、石英、长石等。因此，为满足传统产业的技术进步或技术改造对非金属矿产品的技术要求，要对非金属矿进行提纯、粉碎（包括超细粉碎）和表面改性等深加工处理。

非金属矿加工技术还与当代环保技术及其产业相关，许多非金属矿物如凹凸棒石、海泡石、沸石、硅藻土、膨润土、蛭石、蛋白土、珍珠岩等经过除杂提纯、活化处理、粉碎分级、成型造粒等加工后，具有较高的活性和选择性吸附的特性，可广泛应用于废水、废气、废固有毒及有害物质的处理。

现代产业发展对非金属矿物原（材）料要求的提高是非金属矿加工利用技术发展的原动力；同时，现代科技革命和产业发展提高了非金属矿加工业自动控制、质量检测等的技术水平。微型计算机的发展推进了非金属矿加工业的自动化控制水平和产品质量的提高，使加工产品的性能及质量检测手段更加可靠。新材料产业的发展使非金属矿加工设备的耐磨性、能量利用率及其综合性能大大提高；碳化硅、刚玉、陶瓷、高聚物基复合材料等高硬耐磨内衬材料使磨机及分级机的内衬使用寿命大大延长；不锈钢以及高聚物基复合材料使设备的防酸碱腐蚀和防氧化性能大大提高。正是现代科技革命和高技术新材料产业的发展以及传统产业的技术进步、环境保护、节能等对非金属矿产品数量的增加和质量要求的提高推动了现代非金属矿加工技术的发展。

非金属矿加工的目的在于通过一定的工艺设备加工出满足众多应用领域如冶金、化工、轻工、石油、机械、电子、建材等传统产业和信息（包括微电子）、新材料、航空航天、

生物化学等高新技术新材料产业以及环保产业等要求的具有一定的粒度大小和粒度分布、纯度或化学成分、物理化学性能、表面性能等的非金属矿产品。

非金属矿加工主要是指非金属矿的破粉碎及分级，选矿和提纯，改型与表面改性及其他技术，如过滤、干燥、造粒、混合等。

破粉碎及分级是非金属矿加工利用技术中最基本、最常用和最主要的技术之一，非金属矿要深度利用，首先需要进行破碎、磨矿、分级甚至超细粉碎与分级等一系列细化和粒级分化过程。选矿和提纯技术是实现非金属矿有效利用的重要加工技术之一，是保证非金属矿自身性质得以充分发挥的必要手段。改型是利用一些非金属矿本身具有的离子交换性能，通过人工方法改变其属性，使其具有一些特殊性能的工艺技术。如膨润土的钠化、酸活化和有机化改型等就是其代表。表面改性是指采用一定的方法对矿物进行表面处理，有目的地改变矿物的表面的物理、化学性质，以满足其应用需要的一种工艺。

第一章 矿石的破粉碎工艺及设备

破碎与粉碎（磨矿）是指通过一定的机械设备使矿物原料粒度减小的一种作业。

根据颗粒粉碎过程中所形成的产品粒度特征及这一过程中所用粉碎设备施力方式的差别，可将物料粉碎分为四个阶段：破碎、粉碎、超细粉磨、超微粉磨；各个阶段的粒度特征如表 1-1 所示。

表 1-1 粉碎各阶段产品粒度特征

阶 段		给料最大块粒度/mm	产品最大块粒度/mm	粉碎比
破 碎	粗 碎	1500 ~ 300	350 ~ 100	3 ~ 15
	中 碎	350 ~ 100	100 ~ 30	3 ~ 15
	细 碎	100 ~ 40	30 ~ 5	1 ~ 20
粉 碎	一段磨矿	30 ~ 10	1 ~ 0.3	1 ~ 100
	二段磨矿	1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.075	1 ~ 100
超细粉磨		0.1 ~ 0.075	0.075 ~ 0.0001	1 ~ 1000
超微粉磨		0.075 ~ 0.0001	- 0.0001	1 ~ 1000

破碎与粉碎在使用的方法及产物粒度上有所不同，破碎产物的粒度较大，而粉碎产物的粒度细小。通常将粒度减小至 30 ~ 5 mm 的作业称之为破碎，相应的设备为破碎机；再细的粉碎作业则称为粉碎或磨矿，相应的设备为磨矿机。

通常破碎和磨矿是分阶段进行的，这是因为多数情况下现有的设备还不能一次就将大块原矿粉碎至要求的细度。具体选择破碎与磨矿段数时要依原矿性质、原料粒度、产品细度及设备类型而定。物料每经过一次破碎机或磨矿机，称为一个破碎或磨矿段。对于每一段破碎或磨矿作业，物料粉碎前后的粒度（即给料粒度与产物粒度）之比为该段破碎或磨矿作业的破碎比或粉碎比，它反映了经过破碎机或磨矿机粉碎后，原料（矿）粒度减少的程度。各段破碎或粉碎作业破碎比或粉碎比的乘积为该破碎或粉碎工艺流程的总破碎比或总粉碎比。

物料粉碎的难度称作可碎性。物料的可碎性与它本身的强度、硬度、密度、结构的均匀性、黏性、裂痕、含水量以及形状等因素有关。强度与硬度都表示物料对外力的抵抗能力，所以强度与硬度都大的物料比较难粉碎。

破粉碎过程进行的程度可以用破（粉）碎比表示，即被粉碎物料粉碎前的粒度与粉碎产物粒度的比值来表示。破（粉）碎过程中，每个阶段达到的破（粉）碎比称为部分破（粉）碎比或阶段破（粉）碎比，整个破（粉）碎过程中达到的粉碎比叫总破（粉）碎比。

在非金属矿加工中，破碎与磨矿作业的目的主要有三个：一是直接加工满足应用领域