

非金属矿物材料制备与工艺

韩敏芳摇编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 园 怨 号

摇图书在版编目 (悦 怨) 数据

摇非金属矿物材料制备与工艺 韩敏芳编著 郢-北京:

化学工业出版社, 园 怨 号

摇 陈 景 苑 编 著 员 参 考 书

摇 I 援非…摇 II 援韩…摇 III 援非金属矿物 工程材料 鄂

工艺学 摇 IV 援 栽 月 参 考

摇中国版本图书馆 悦 怨 数据核字 (园 怨 号 第 园 怨 号

非金属矿物材料制备与工艺

韩敏芳编著

责任编辑: 朱摇彤

责任校对: 凌亚男

封面设计: 潘摇峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 猿号 摇邮政编码 员 怨 号

发行电话: (园 怨 号 远 源 号

漂 渡: 韩 敏 芳 编 著 员 参 考 书

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 苑 圆 号 伊 苑 圆 号 摇 印 张 园 怨 号 字 数 猿 远 千 字

园 怨 号 年 苑 月 第 员 版 摇 园 怨 号 年 苑 月 第 员 次 印 刷

陈 景 苑 编 著 员 参 考 书 摇 园 怨 号

定 摇 价: 猿 圆 元

版权所有摇违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前摇摇言

非金属矿是与人类生产、生活密切相关的矿产资源之一，其被人类应用的历史可以追溯到旧石器时代。伴随着国民经济的发展，非金属矿物材料在国民经济中的地位越来越重要。非金属矿物材料的加工就是以天然的非金属矿为原料，经过一系列的加工制备步骤，形成有特殊用途的制品材料的过程。非金属矿物材料制备工艺既涉及矿物学、物理学、物理化学、无机化学、有机化学和高分子化学、流体力学等基础学科知识，又涉及机械、化工原理、精细化工、化学反应工程、硅酸盐工程等专业学科内容。因此，它是以矿物加工工程专业和无机非金属材料专业为基础，多学科交叉、结合而形成的新型综合性学科。

本书重点讨论各种非金属矿物材料制备的主要方法、基本原理、生产工艺及设备的综合加工技术，目的是使读者系统了解非金属矿物从矿山开采一直到形成有经济价值制品的过程和所经历的一系列物理、化学变化和工艺，并使读者正确理解发生上述变化的基本原理，掌握其中所采用的常规处理方法，了解实现上述过程所涉及的工艺、设备。本书在系统阐述非金属矿物材料制备技术基本知识的同时，广泛关注各种非金属矿物材料的国内外最新技术成果并使这些成果能应用于工程实践之中。

本书还对从天然非金属矿物加工开始直到加工成具有实用价值制品过程中不可缺少的工艺过程都进行详细介绍，而对专业性太强的某些环节则略加省略。请对这部分相关内容感兴趣的读者参阅有关的专业书籍。在本书第七章典型矿物材料的制备工艺部分，针对不同矿物及制品的应用，选取了较常用的、有代表性的制备工艺并进行了介绍。希望本书能对矿物加工和无机非金属材料两门学科交叉领域中的专业人员、研究人员有所帮助。

最后要说明的是，作者在本书的编写过程中进行了新的尝试和努力，难免存在不足之处，欢迎同行专家和广大读者批评指正！

编者

田田 陈年 缘月

目 录

第一章 绪论	员
第一节 非金属矿物定义和范畴	员
第二节 非金属矿物特点	员
第三节 非金属矿物分类	猿
第四节 非金属矿物材料应用	源
第五节 非金属矿物发展趋势	缘
第六节 非金属矿物材料及加工制备	苑
第二章 非金属矿物粉碎加工	怨
第一节 概 论	怨
一、定义、方法和主要参数	怨
二、粉碎理论	员
三、粉碎作业及程序	缘
第二节 传统式的破碎和粉磨	苑
一、颞式破碎机	苑
二、轮碾机	园
三、球磨粉磨	源
第三节 机械式微粉碎	猿
一、振动磨机	猿
二、悬辊式粉碎机	猿
三、搅拌磨机	猿
四、塔式粉碎机	苑
五、高速粉碎机	苑
六、胶体磨机	苑
七、离心磨机	苑
八、挤压磨机	猿
第四节 气流式超细粉碎	猿
一、气流粉碎机的特点	猿
二、气流粉碎工艺系统	源
三、气流粉碎效果的影响因素	猿

摇摇四、扁平式气流粉碎机	源
摇摇五、循环管式气流粉碎机	源
摇摇六、对喷式气流粉碎机	源
第三章摇非金属矿物分级	缘
摇摇第一节摇筛分分级	缘
摇摇一、工作原理	缘
摇摇二、筛分机械的种类	缘
摇摇第二节摇超细分级工作原理	远
摇摇一、沉降速度	远
摇摇二、流体介质的阻力	远
摇摇三、阻力系数	远
摇摇四、沉降速度的计算	远
摇摇五、沉降速度的讨论	远
摇摇六、固体颗粒在流体介质中的运动	远
摇摇第三节摇超细分级工艺实施	远
摇摇一、干式超细分级设备	远
摇摇二、湿式超细分级设备	远
摇摇第四节摇超细产品的粒度检测	源
摇摇一、显微镜粒度检测法	源
摇摇二、沉降粒度检测法	源
摇摇三、计数器法和激光粒度分析法	源
摇摇四、比表面积法	源
第四章摇物料混合	怨
摇摇第一节摇概述	怨
摇摇一、搅拌作业中流体的运动特性	愿
摇摇二、搅拌效果	愿
摇摇三、搅拌装置选择	愿
摇摇第二节摇矿物材料浆料体系制备	愿
摇摇一、操作目的	愿
摇摇二、固体悬浮操作	愿
摇摇三、搅拌器	愿
摇摇第三节摇矿物材料塑性物料制备	愿
摇摇一、操作过程	愿
摇摇二、间歇式混合机	愿

摇摇三、连续式混合机	愿缘
摇第四节摇矿物材料固体物料制备	愿远
摇摇一、固体矿物的混合效果	愿远
摇摇二、混合效果的表示	愿远
第五章摇矿物材料成型工艺	愿愿
摇第一节摇可塑成型	愿愿
摇摇一、可塑成型工艺原理	愿愿
摇摇二、可塑成型方法	愿圆
摇第二节摇注浆成型（浇注成型）	愿愿
摇摇一、注浆成型工艺原理	愿愿
摇摇二、注浆成型方法	愿圆
摇摇三、热压注成型工艺	愿猿
摇摇四、流延法成型工艺	愿猿
摇第三节摇压制成型	愿猿
摇摇一、压制成型工艺原理	愿猿
摇摇二、等静压成型	愿愿
摇第四节摇成型方法选择和比较	愿怨
第六章摇矿物材料热工处理与制品固化	愿员
摇第一节摇矿物热工处理和煅烧改性	愿员
摇摇一、矿物的失水（脱羟）热处理	愿员
摇摇二、矿物的煅烧膨胀	愿圆
摇摇三、矿物的高温分解	愿源
摇摇四、矿物的高温晶型转变	愿缘
摇第二节摇非金属矿物材料烧结固化	愿远
摇摇一、液相烧结	愿远
摇摇二、固相烧结	愿愿
摇摇三、烧结工艺制度	愿怨
摇第三节摇非金属矿物材料胶结固化	愿圆
摇摇一、黏结剂分类	愿员
摇摇二、无机黏结剂	愿圆
摇摇三、有机黏结剂	愿源
摇第四节摇非金属矿物材料的后处理加工	愿缘
摇摇一、热处理	愿缘
摇摇二、去除加工	愿缘

摇摇三、表面处理	员缘
摇摇四、结合与包覆	员缘
第七章摇典型非金属矿物材料及制备工艺	员苑
摇第一节摇石墨及石墨制品材料	员苑
摇摇一、晶体结构、矿物形态及性质	员苑
摇摇二、石墨的分选提纯	员怨
摇摇三、石墨电极	员员
摇摇四、电工制品	员愿
摇摇五、石墨坩埚	员圆
摇第二节摇铝土矿、刚玉、氧化铝和蓝宝石	员猿
摇摇一、矿物原料及特性	员猿
摇摇二、氧化铝粉料	员源
摇摇三、氧化铝制品及应用	员圆
摇摇四、氧化铝单晶	员员
摇摇五、氧化铝陶瓷制备	员圆
摇摇六、氧化铝隔热制品	员源
摇第三节摇石英及石英制品	员远
摇摇一、矿物原料及特性	员远
摇摇二、石英玻璃	员苑
摇摇三、熔融石英陶瓷	员圆
摇摇四、硅质耐火材料	员圆
摇第四节摇锆英石与氧化锆	员猿
摇摇一、矿物原料及特性	员猿
摇摇二、锆英石制品	员源
摇摇三、锆质制品	员远
摇摇四、从锆质原料中制备二氧化锆粉料	员苑
摇摇五、氧化锆基陶瓷及制备	员圆
摇摇六、氧化锆耐火材料	员员
摇摇七、部分稳定氧化锆——工程陶瓷	员圆
摇摇八、全稳定氧化锆——功能陶瓷	员缘
摇第五节摇蓝晶石、红柱石和硅线石	员怨
摇摇一、矿物原料及特性	员怨
摇摇二、硅线石质耐火材料	员员
摇摇三、蓝晶石质耐火材料	员猿

摇摇四、红柱石制备耐火材料·····	页源
摇摇五、高铝保护涂料·····	页源
摇第六节摇滑石·····	页缘
摇摇一、滑石性质和结构·····	页缘
摇摇二、应用领域与技术指标·····	页苑
摇摇三、滑石粉的制备·····	页猿
摇摇四、选矿提纯·····	页缘
摇摇五、表面改性·····	页远
摇摇六、滑石瓷制品·····	页苑
摇摇七、滑石在其他陶瓷制品中的应用·····	页苑
摇第七节摇高岭土·····	页源
摇摇一、矿物原料特性·····	页源
摇摇二、高岭土选矿提纯·····	页积
摇摇三、高岭土在陶瓷工业中的应用·····	页积
摇摇四、高岭土用于填料·····	页员
摇摇五、高岭土用于其他工业·····	页猿
摇第八节摇云母·····	页缘
摇摇一、矿物原料·····	页缘
摇摇二、云母纸·····	页缘
摇摇三、云母陶瓷·····	页愿
摇摇四、云母熔铸制品·····	页员
摇摇五、云母粉·····	页员
摇摇六、云母增强塑料·····	页员
摇摇七、珠光颜料·····	页圆
摇第九节摇长石·····	页猿
摇摇一、矿物原料及特性·····	页猿
摇摇二、长石的熔融特性·····	页源
摇摇三、长石在陶瓷中的作用·····	页缘
摇摇四、长石质陶瓷·····	页缘
摇摇五、长石釉料·····	页远
摇第十节摇石膏和石膏制品·····	页源
摇摇一、石膏矿物结构和性质·····	页源
摇摇二、应用领域与技术指标·····	页园
摇摇三、石膏选矿·····	页缘

摇摇四、石膏热处理改性	圆远
摇摇五、 β 型半水石膏的生产方法	圆远
摇摇六、 α 型半水石膏的生产方法	圆远
摇摇七、过烧石膏和多相石膏的生产方法	圆远
摇摇八、纸面石膏板	圆远
摇摇九、纤维石膏板	圆远
摇摇十、石膏砌块	圆远
摇第十一节摇石灰石、方解石和碳酸钙	圆远
摇摇一、矿物原料及特性	圆远
摇摇二、石灰岩的应用	圆远
摇摇三、石灰石制备水泥	圆远
摇摇四、石灰制备及应用	圆远
摇摇五、重质碳酸钙	圆远
摇摇六、轻质碳酸钙	圆远
摇摇七、碳酸钙在陶瓷中的应用	圆远
摇摇八、其他产品	圆远
摇第十二节摇菱镁矿和氧化镁	圆远
摇摇一、菱镁矿结构和性质	圆远
摇摇二、应用领域与技术指标要求	圆远
摇摇三、菱镁矿选矿加工	圆远
摇摇四、轻质氧化镁和重质氧化镁的生产	圆远
摇摇五、镁质耐火材料	圆远
摇摇六、氧化镁陶瓷	圆远
摇第十三节摇白云石	圆远
摇摇一、白云石结构和性质	圆远
摇摇二、应用领域与技术指标	圆远
摇摇三、白云石粉碎分级	圆远
摇摇四、白云石受热后物性变化	圆远
摇摇五、白云石耐火材料	圆远
摇摇六、白云石碳化法制备轻质碳酸镁	圆远
摇摇七、轻质氧化镁	猿圆
摇摇八、活性氧化镁	猿圆
摇摇九、提炼金属镁及镁化物	猿圆
摇第十四节摇萤石	猿圆

摇摇一、矿物原料及特性·····	猿圆
摇摇二、萤石的工艺特性·····	猿源
摇摇三、萤石的用途·····	猿源
主要参考文献·····	猿远

第一章摇绪摇摇论

第一节摇非金属矿物定义和范畴

非金属矿物是指除了矿物燃料以外的其化学组成或技术和物理性能可供工业利用而具有经济价值的所有非金属矿物与岩石，一般也称为工业矿物。

严格限定非金属矿物一词的应用范畴是有一定困难的：首先它包括了大量用于工业矿物原料的金刚石、蓝晶石等宝石矿物；其次是某些金属矿石也可以作为某种利用其技术和物理特性而不是利用其来冶炼金属元素的工业原料，如用于耐火材料和吸附剂的铝土矿，用于染料的赤铁矿等也在此范围内。再者，有些文献还把一些人工产物也归入非金属矿物之中，如水泥、石灰、工业副产品磷石膏、人造金刚石、人造云母、矿棉等。

我们这里定义非金属矿物的含义限于除矿物燃料以外且具有工业价值和可供开采、利用并包括宝石在内的天然非金属矿物与岩石。其目的在于强调从工业经济的角度来论述有关的非金属矿产，从而与一般的矿床学专著有所区别。

第二节摇非金属矿物特点

相对于金属和燃料矿产而言，非金属矿物有它自己的特点。

首先，与金属矿石通过冶炼而利用其金属元素不同，非金属矿物极大部分是利用其固有的技术和物理特性（如石棉、滑石、云母等）或加工后形成的技术和物理特性（如珍珠岩、膨胀黏土等）。

其次，与金属及矿物燃料不同，每一种非金属矿物往往具有多种用途。不同的非金属矿物有时又可互相代用；而且随着科学技术的发展，同一种非金属矿物的用途也会越来越广。例如，高岭土最早只是一种陶瓷原料，以后又成为造纸、橡胶、搪瓷、医药填料，近代经过处理的高岭土还被广泛用于石油加工工业。又如滑石与高岭土都可以作为造纸填料，而叶蜡石又可代替高岭土作为陶瓷原料。

其三，与金属矿床的有限种类不同，非金属矿物的种类不但很多，而且常有变化。随着科学技术的发展，非金属矿物的种类不断增多。本世纪初能利用的非金属矿物仅 100 多种，现在已达 1000 多种。随着科学技术的发展，非金属矿

物的种类还不断发生变化，有一些非金属矿物被废弃不用，有一些过去认为无价值的矿物与岩石现在却具备工业价值。例如压电石英在 19 世纪 20 年代以前是一种宝贵的资源，以后就被人造压电石英代替。又如云母过去主要用于制作电容器与电子管和用于电机的绝缘材料、高压锅炉及仪器、仪表的零件、涂料填料等。19 世纪 20 年代后期电机绝缘材料所需的大片云母已被碎云母制成的云母纸代替，高压锅炉零件已被人造云母代替，现在仅电容器和电子管尚需少量天然大片云母，因此在 20 年代末有些从事大片天然云母勘察的地质队已经撤离，有的矿山也已关闭。再如，玄武岩和辉绿岩在过去是一种没有工业价值的岩石，最多用于建房的石材而已。但现在用玄武岩制成的铸石已广泛用于冶金、化工、水电、建材等工业部门，节约大量金属及橡胶材料。钢铁企业的无缝钢管矿浆运输管道一般仅能使用 15 年，改用铸石后寿命可延长 10 年，一个厂每年可节约几万元。所以，从事非金属矿物的资源勘察工作与金属及燃料矿床的资源勘察不同，除一般的地质技术外，必须经常注意科学技术对矿物、岩石材料的需求动向并研究矿物、岩石的新用途。

其四，非金属矿物和市场的关系比金属与燃料矿床之间的关系更为密切。另外，它们之间的价格差别也很大，这与它们产地的地理位置有很大关系。例如，建筑用的砂和卵石，其产地必须尽可能靠近城市或建设地区，偏僻地区的砂和卵石就没有工业价值。有一些价格较低的非金属矿物如石灰岩、石膏，其产地必须靠近铁路或通航河流以降低矿山开采时运输道路的建设费用和开采过程中的运输费。价格的差别不但在不同矿种中相差很大，如金刚石与建筑集料；而且在同一矿种的不同类型矿石间差别也很大，如纤维石膏的售价比泥质石膏高出几倍。在资源勘察中必须充分了解这方面的行情，否则就可能会对一些滞矿进行大量地质工作而浪费人力、物力。

其五，非金属矿物的成矿地质条件较为复杂。这种复杂性体现在以下两个方面：一是体现在非金属矿物多是广泛分布的造岩矿物与一般岩石在特殊地质条件下的某个变种，而对这种特殊地质条件的判别往往是很困难的；二是体现在有的矿种的矿床成因远比金属和燃料矿床多样而且其地质特征也各不相同。前者最典型的如云母，它作为造岩矿物几乎无所不在，但大片的工业云母产出的概率很小，产出的地质条件要求很严。后者如高岭土既有热液成因，又有风化成因和沉积成因。如果细分仅我国国内分布的就有 10 种或 12 种成矿作用与成矿地质背景各异、地质特征出入很大的矿床类型。

由于非金属矿物具有上述特点，因此对从事这方面资源勘察的地质人员不但要求有全面、精湛的地质理论与技术，而且要求熟悉加工工艺和市场行情，熟悉科学技术发展对非金属材料的需求。

第三节 摇非金属矿物分类

由于非金属矿物种类繁多，每一矿种又常有几种成因，其用途又五花八门，一种矿常具有多种用途，不同种矿又可相互代用，因此要提出一种妥善的分类方法就较为困难。近二十年来提出的分类方案为数不少，从分类原则而言大体有以下三类。

第一类是以地质成因为分类基础的。如贝茨将非金属矿物分为伟晶岩、脉岩、交代、变质、沉积共 缘种，将岩石分为岩浆、变质、沉积共 猿种。如霍敏多夫斯基将非金属矿产分为外生矿产（风化、溶解、沉积、有机物深处转化）、岩浆矿产（岩浆、火成碎屑、射气、伟晶岩）、变质矿产（区域变质、接触变质、动力变质）、复杂成因矿产等四大类 猿种。

第二类是以产品的价值为分类原则的，如赖特和伯内特将非金属矿物分为低价大体积的如建筑材料，高价大体积的如化工材料，高价小体积的如长石、滑石三大类。

第三类是以工业用途为分类原则的，如费歇尔（云猿）将工业矿物与岩石分为建筑材料、陶瓷原料、耐火材料、化工材料和肥料等。克莱因则按矿物的工艺技术性能先分为化学矿物和物理矿物两大类，然后再按用途分类。也有将地质因素与经济用途联系起来考虑作为分类原则的，如杜恩（阅猿）提出的坐标中一轴是用途和工艺，另一轴是岩石类型的分类模型。

采用地质因素与用途相联系 的分类原则能较好地体现各种非金属矿物的特性，但由于一种矿种具有多种成因和多种用途，因而采用过细的精确分类是有困难的，所以只能进行粗略的分类以有助于抓住非金属矿物的要点。按工业用途的矿物分类见表 猿。

表 猿 按工业用途的矿物分类

用 途	工 业 矿 物	工 业 岩 石
摇化工原料	摇岩盐、芒硝、天然碱、明矾石、自然硫、黄铁矿、方解石	
摇光学工业原料	摇光学石膏、光学萤石、光学石英、冰洲石	
摇电器和电子工业材料	摇石墨、电气石、白云母	
摇农药、农肥原料	摇磷灰石、钾盐、芒硝、石膏	摇磷块岩
摇研磨和宝石原料	摇金刚石、刚玉、石榴子石、蓝晶石	
工业填料、过滤剂、吸收剂和载体材料	摇滑石、蓝石棉、沸石	摇高岭土、膨润土、硅藻土、漂白土、海泡石、黏土

用摇摇途	工 业 矿 物	工 业 岩 石
摇染料		摇白垩、红土
摇绝热、隔声、绝缘和轻质材料	摇石墨、石棉、蛭石	摇珍珠岩、硅藻土、浮石、火山灰、石膏岩
摇铸石材料		摇辉绿岩、玄武岩、粗面岩、安山岩
摇建筑材料、集料、轻骨料、砖瓦材料		摇大理石、花岗岩、砂和卵石、膨胀页岩、砖瓦页岩、黏土
摇水泥和黏结原料		摇灰岩、大理岩、黏土、页岩、砂岩、凝灰岩、火山灰、沸石岩、石膏岩
摇玻璃原料	摇长石	摇石英砂、石英岩、霞石正长岩、硬硼钙石
摇陶瓷原料	摇叶蜡石、长石、硅灰石、透辉石、滑石	摇高岭土、绢英石、细晶岩、霞石正长岩
摇耐火材料和铸造材料	摇石墨、菱镁矿、叶蜡石、红柱石、蓝晶石、蓝线石、硅线石	摇白云岩、石英岩、铝土矿、黏土、砂
摇熔剂和冶金原料	摇萤石、长石、硼	摇灰岩、白云岩
摇钻探工业材料	摇重晶石	摇膨润土、凹凸棒石黏土、海泡石黏土

第四节摇非金属矿物材料应用

就广义而言，中华民族对非金属矿产资源的利用最早可以追溯到距今约 圆万 园年以前，当时云南元谋人已经懂得选择质地较硬的石英岩打制石器。在距今 圆万 愿千年旧石器时代的山西峙峪人用石镞作为弓箭的主要部分曾使狩猎活动得到迅速发展。在距今 员万年前开始的新石器时代，中华民族的先人已逐渐掌握从地层里开采石料的技术。石器在古代还作为医疗用具。河北藁城台村商代晚期（公元前 员圆年 ~ 前 员圆年）遗址中出土的石质砭镰，就是利用其锋利的刃口以切割肿疡和放血的器具，是以后金属砭镰与针灸用具的最古老形式。

总之，在我国对非金属矿物的应用具有悠久的历史。

高岭土在我国最早用于陶瓷原料。据考证，中国目前已知的最早陶器制作于八九千年前的新石器时代。中国目前已知的最古老瓷器制作于公元一世纪的东汉时期，比欧洲早一千多年。在英语中陶瓷一词乃由中国的国名 悦 转化而来，而作为主要陶瓷原料的高岭土（~~唵~~）和组成高岭土的主要矿物高岭源

石（~~陶瓷器~~）又都是以中国瓷都景德镇的陶瓷原料产地高岭村来命名的。另外，在西周（公元前 841 年 ~ 前 771 年）我国已有黏土制成的瓦与铺地磚。石棉在中国古籍中称为“不灰木”、“石绒”、“石麻”，以石棉织成的布称为“火布”、“火羹”。在周穆王（公元前 976 年 ~ 前 926 年）中国即已有“火棕布”。远在商周时期（公元前 1600 年 ~ 前 1046 年）我国已掌握利用多种矿物染料为服装染色的技术；而最早对于宝石产地的记载见于春秋战国时期（公元前 770 年 ~ 前 221 年）的《山海经》中。云母在我国最早就是作为宝石来对待的。硫磺、芒硝最早出现在唐代（公元 618 年 ~ 907 年）的炼丹术中。新近出土的秦末汉初（约公元前 206 年 ~ 前 206 年）浅蓝色透明的平板玻璃，长 19.5 厘米，宽 10.5 厘米，厚 0.5 厘米，与今日所见玻璃无异。我国的卤水很早即已开采，西晋（公元 265 年建立）时我国已能用天然气煎煮采得的卤水；而石膏、芒硝在我国古代用于药石的记载在古籍中已有近千年历史。我国对耐火材料、冶炼熔剂和石墨的使用也是很早的。在西汉（公元前 206 年 ~ 公元 8 年）中晚期已可以看到由耐火黏土掺石英等制成的耐火砖。这种砖的种类多样可用于不同的炼炉及炼炉的不同部位。同时还发现有石灰岩，对熔渣的化验发现含 1.5% 的氧化铁、0.5% 的氧化硅，说明当时冶炼铁已使用碱性熔剂。同时还有和现代球墨铸铁的 1.5 级石墨相当的带放射状的球状石墨。在我国古代，石灰岩不仅用于冶炼熔剂，而且还用于造纸业中。汉和帝（公元 89 年 ~ 105 年）蔡伦造纸时可能已用灰岩碱液煮煮造纸原料。石灰岩还早已用于瓷业釉料。据查北宋（公元 960 年 ~ 1126 年）定窑（今河北曲阳）是用白云岩作为釉料。南宋（公元 1127 年 ~ 1279 年）景德镇则开始用石灰岩作为釉料。石材在古代建筑上的应用当推我国著名的安济桥（俗称赵州桥）。赵州桥在赵州（今河北赵县）由匠人李春所造，历经 1300 多年保存迄今，在用材与建筑艺术上以现代的眼光来看也要赞叹不已。

总之，中华民族在漫长的历史中曾经为人类文明作出过卓越贡献，在非金属材料的应用史上也同样有自己创造性的成就。

第五节 非金属矿物发展趋势

从原始时代开始，人类就是在广泛利用非金属材料（如石器、陶器）的基础上开始发展的，以后金属材料逐步代替原始的非金属材料，从而产生现代工业与文明。但随着科学技术的进步，目前在一些发达的国家里非金属矿物的开发速度与产值已超过金属资源。在未来世界中，非金属材料将占有极为重要的地位，人类将重新返回到大量利用非金属矿物等非金属材料的时代中去，从而进入一个新的“石器时代”。非金属矿物对社会的意义及其发展趋势可从以

缘

下三个方面显现出来。

其一是产值的快速增长。在 1950 年以前，世界上金属原料的开发速度还大于非金属矿物，但 20 世纪 50 年代开始，情况发生变化：1950 年世界非金属矿物的产量已比金属矿产高出 10%，到 1955 年已超过 20%。在发达国家，目前非金属矿物的总产值一般要比金属矿物原料的产值高出一倍。近 10 年来，美国非金属矿物的消费量平均增长率为 2.5%，而金属矿物原料仅为 1.5%。由于我国属于发展中国家，因此 10 年来非金属矿物的产量飞速增长，其增长速度远远大于世界各国的平均增长速度。我国某些非金属矿物年产量与 1950 年产量的比值见表 1-1。

表 1-1 我国某些非金属矿物年产量与 1950 年产量的比值

年 份	1950 年	1955 年	1960 年	1965 年	1970 年	1975 年	1980 年	1985 年	1990 年
水泥灰岩	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
玻璃硅质原料	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
石棉	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
石膏	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
石墨	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
滑石	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
高岭土	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

其二是与非金属矿物有关的某些工业在国民经济发展过程中往往具有超前的特性。非金属矿物作为各工业部门的原材料，其中大多数与一些基础工业及生产消费品的工业有关。根据世界各国经济建设的经验，与此有关的不少工业往往在国民经济的发展过程中具有超前的特性。所谓超前发展是指其发展速度要高于国民经济总的发展速度，可以用超前系数（又称弹性系数）即该工业产量递增率与全国总产值递增率之比来表示。一般经济发展越快，超前速度越高。以水泥生产为例，在发达国家经济快速发展的 1950~1955 年共 5 年间，其超前系数美国为 1.5，前苏联为 1.5，日本为 1.5，前联邦德国为 1.5，法国为 1.5。我国当前每万元基本建设投资平均消耗水泥 1.5 吨，而按实际年产量只能满足 1.5 吨。这种超前特性，一方面体现这些工业在国民经济发展中的重要意义，说明它们常常是整个国民经济快速发展的前提与基础；另一方面则指出在经济腾飞过程中，对非金属矿物的需求量会大大高于平均的发展水平，需要提前做好充分的资源准备。

其三是非金属矿物与当代的技术革命有密切关系。与非金属矿物直接有关的新材料技术是第三次技术革命的支柱与基础。在这种情况下较多的新矿种、新矿床类正在不断进入工业利用的领域。新的技术革命正在世界范围内兴起，

而且将会由此而产生经济发展的快速增长和社会重大变革。新技术革命的标志是微型电子计算机、新能源、新材料、遗传工程、光电技术、激光技术、海洋工程和宇航工程等新技术的广泛开发利用，而新材料又是新技术革命的核心之一，是其他技术的基础。目前材料科学正在迅速发展，材料种类和品种正在迅速增加，世界范围内已注册的各种新材料达万余种。这些材料可以分为金属材料、非金属材料、半导体材料、复合材料和合成材料等许多类。而其中除金属材料以外，几乎多少都与非金属矿物有关：与目前最引人注目的一些新材料如精细陶瓷、光导纤维、激光材料、复合材料则关系更为密切。新型的工业陶瓷材料仍将由资源丰富的黏土制成，但它们一改以往陶瓷易碎、较重、有惰性的弊病而保持陶瓷稳定的化学性能、耐热性能和绝缘性能，是一种在工业、医学和科学研究中大有发展前途的新材料。新型工业陶瓷用途广泛，发展迅速，可以分为高温结构材料、透光材料、电子材料、耐磨材料、生物陶瓷等多种种类。它们可以作为涡轮发动机的叶片，可以像金刚石一样坚硬耐磨而用来制造理想的刀具与轴承，可以作为固体润滑材料、高亮度钠灯的灯管，可以因具有电学、力学和热力学的特性而作为无线电和电子工业的材料和器材。具有耐热、耐蚀、耐磨性的精细陶瓷将是宇航、航空、原子能、代用能源开发等尖端工程及医学、生物学和电子工业不可缺少的材料。有些科学家认为人类工业材料史上有三次革命：第一次是石器时代，第二次是塑胶时代，第三次便是新型工业陶瓷时代。此外，随着技术革命的发展，在一般工业中，新的节能和优质增产的非金属矿物代替传统原料的趋向也有所增强，如硅灰石、透闪石、钙长石在陶瓷工业中的应用，硬硼钙石在玻璃工业中的应用，海泡石、坡缕石和累托石黏土在工业中的应用等。另外，传统的工业矿物原料的范围也在不断扩大，如绢英岩在陶瓷工业中和霞石正长岩在玻璃和陶瓷工业中的应用，天然轻骨料和隔热、隔热、防火、防震轻质材料在建筑材料工业中的应用。所以，可以说非金属矿物的开发是工业技术革命的基础。

第六节 摇非金属矿物材料及加工制备

自然界里的矿物首先经过地质勘察，确定其成分和工业经济价值后才能进行开采，然后就其应用要求再进行矿物加工。在加工利用非金属矿产资源的途径中，最简单的是直接利用，例如砂、石、黏土等在建筑上的应用。经过选矿加工的产品虽然提高资源的利用层次及经济价值，但本质上仍是一种原料，即制取某种材料的原材料。

对于金属矿物其应用的目的是要通过冶炼来提取其中的金属元素。对于燃料矿物则要通过化学反应提取其中的热能或有机化学组分。这两类矿产都是以