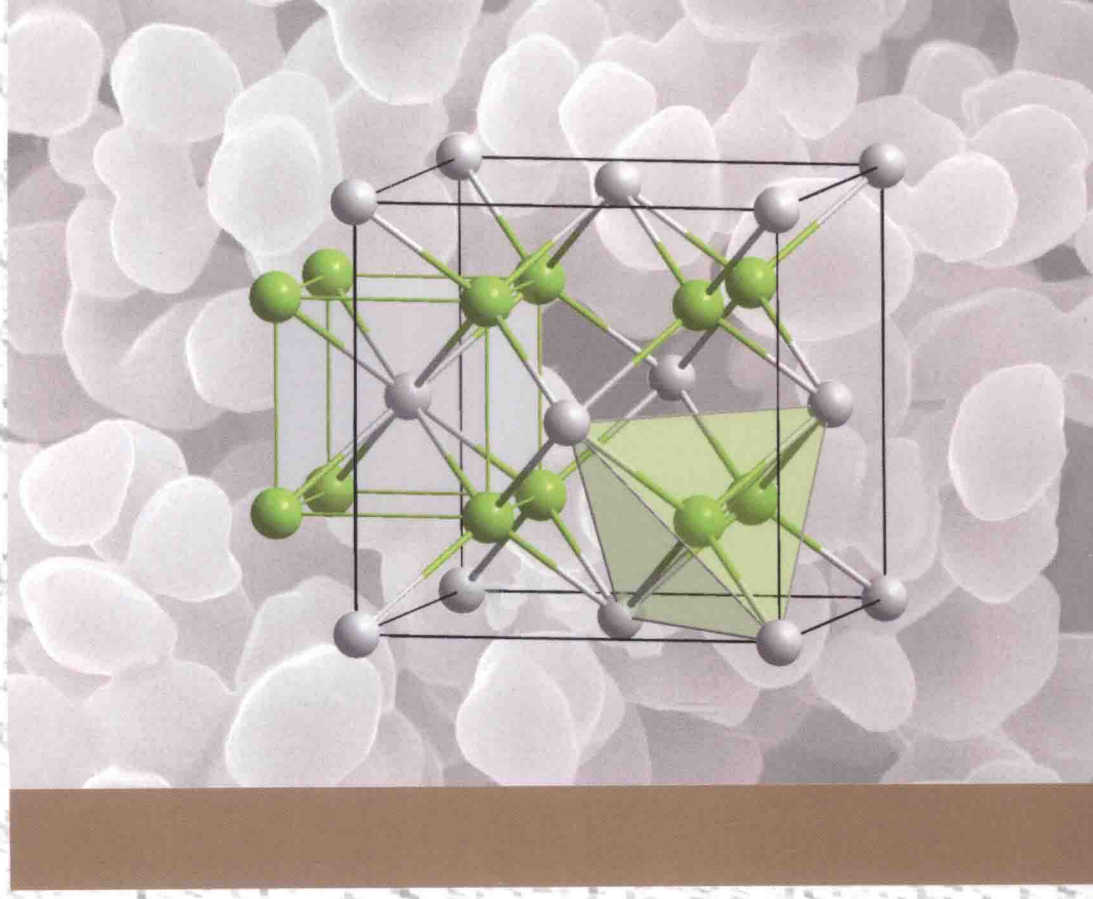

非金属矿深加工

傅平丰 杨慧芬 编

科学出版社

非金属矿深加工

傅平丰　杨慧芬　编

科学出版社
北　京

内 容 简 介

本书在参考近年来国内外非金属矿深加工技术与理论的基础上，结合作者们在非金属矿加工教学与科研方面所积累的经验，以非金属矿深加工为主线，首先阐述了超细粉体的基本特性与表征技术，并系统介绍了通用非金属矿深加工单元操作的技术原理、应用工艺与加工设备；选择矿物填料、颜料及环境材料为代表性非金属矿物材料，深入介绍这三类矿物材料的深加工技术、工艺与产品应用；另外，引入以二次资源（如废渣）为原料深加工矿物材料的实例，突出了非金属矿深加工技术在二次资源利用中的应用前景。

本书可作为矿物加工工程、无机非金属材料等相关专业的教材，也可供从事非金属矿加工、建材、化工、环保等相关领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

非金属矿深加工/傅平丰，杨慧芬编.—北京：科学出版社，2015.6
ISBN 978-7-03-043976-5

Ⅰ.①非… Ⅱ.①傅… ②杨… Ⅲ.①非金属矿物-加工 Ⅳ.①TD97

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第058921号

责任编辑：李 雪 / 责任校对：郭瑞芝
责任印制：徐晓晨 / 封面设计：耕者设计工作室

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

北京教图印刷有限公司印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销
*
2015年6月第 一 版 开本：787×1092 1/16
2015年6月第一次印刷 印张：18 3/4
字数：430 000

定价：75.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

安徽大学图书馆
藏书
lib.ahu.edu.cn

前　言

中国是世界上非金属矿资源储量丰富、矿种齐全的国家之一，在全球非金属矿的开采、加工及贸易中占据重要地位。进入21世纪以来，随着传统产业的结构调整和升级、高新技术及新材料产业的发展壮大，我国非金属矿物材料的需求量持续快速增长，同时对非金属矿物材料的科技含量也提出了更高的要求。因此，综合和高效利用非金属矿产资源，加强非金属矿深加工技术与装备的研究开发，对我国非金属矿工业的可持续发展至关重要。

非金属矿加工是独具特色的矿物加工技术之一，与金属矿、能源矿的加工既有相通之处，又具其特殊性。非金属矿矿种繁多，各种矿物的结构与应用又各有差异，加工技术十分丰富。本书在查阅国内外大量文献资料的基础上，以非金属矿深加工为主题，重点阐述通用非金属矿深加工技术与装备（如超细粉碎、精细分级、表面改性、精细提纯、粉体分散及粉体的后续处理技术），并选择矿物填料、矿物颜料及矿物环境材料作为典型非金属矿物材料，深入介绍其加工技术与产品应用。为了便于读者深入理解深加工的技术内涵，详细介绍非金属矿深加工的技术原理、设备结构及运行过程。此外，在典型非金属矿物材料加工章节中，引入以二次资源（废渣等）为原料加工矿物材料的技术，以突出综合利用对非金属矿工业发展的重要性。

非金属矿的初级加工技术，如破碎与磨矿、筛分与分级、物理选矿提纯等，以及各种非金属矿物的结构、组成与应用等内容没有在本书中阐述。这些内容可参照金属矿加工、矿物学及其他矿物加工的教材或著作。

本书可作为矿物加工工程、无机非金属材料等相关专业的教材，也可作为从事非金属矿加工、建材、化工、环保等相关领域工程技术人员的参考材料。为了便于组织课堂教学及学生自学，本书在每章内容前撰写了“本章要点”，于每章结尾处归纳“本章知识点”，并标明各知识点的重要性。另外，每章结尾列出了“习题与思考题”，方便读者复习和总结。

本书共11章。第1章绪论，第2章粉体的基本特性与表征，第3章非金属矿的超细粉碎，第4章粉体的分级与超细分级，第5章非金属矿的化学精细提纯，第6章粉体的表面改性，第7章超细粉体的团聚与分散，第8章超细粉体的固液分离、干燥与收尘，第9章矿物填料的加工与利用，第10章矿物颜料的加工与利用，第11章矿物环境材料的加工与利用。其中，第1～10章由傅平丰副教授编写，第11章由杨慧芬教授编写。

全书由傅平丰副教授统稿。在编写过程中，研究生蒋蓓萍、陆琳斐、杨天文参与部分文字录入和图表整理，在此表示感谢。

本书的编写过程中，引用了非金属矿加工领域中部分专家学者的著作和学术论文等资料，在此一并表示感谢。

本书的编写得到“十二五”期间“高等学校本科教学质量与教学改革工程”和“北京科技大学教材建设基金”的资助，在此表示感谢。

由于非金属矿深加工技术发展很快，且篇幅所限，很难全面而充分地将深加工技术内容包括在其中。同时，因编者水平所限，书中不妥之处，恳请专家与读者批评指正。

编　者

2014 年 12 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　　录

前言
1　绪论 …… 1
1.1　中国非金属矿资源概况与开发利用现状 …… 1
1.1.1　中国非金属矿资源概况 …… 1
1.1.2　中国非金属矿资源开发利用现状 …… 2
1.1.3　中国非金属矿行业存在的问题 …… 3
1.2　非金属矿的分类及在现代产业中的应用 …… 4
1.2.1　非金属矿的分类 …… 4
1.2.2　非金属矿物材料在现代产业中的应用 …… 6
1.3　非金属矿加工利用技术的主要内容 …… 7
1.3.1　颗粒制备与处理技术 …… 7
1.3.2　非金属矿物材料的复合与加工技术 …… 9
1.3.3　非金属矿化工加工技术 …… 10
1.4　非金属矿深加工技术的发展趋势 …… 10
本章知识点 …… 12
思考题 …… 12
主要参考文献 …… 12
2　粉体的基本特性与表征 …… 14
2.1　粉体的粒度特性 …… 14
2.1.1　颗粒的形态特征 …… 14
2.1.2　颗粒群的平均粒径 …… 18
2.1.3　粉体的粒度分布 …… 19
2.2　粉体的表面性质 …… 26
2.2.1　比表面积与表面能 …… 26
2.2.2　表面润湿性 …… 27
2.2.3　表面吸附特性 …… 28
2.2.4　表面电性 …… 30
2.2.5　表面化学性质 …… 31
2.3　粉体堆积与压缩特性 …… 32
2.3.1　填充程度评价指标 …… 32
2.3.2　粉体的堆积 …… 33
2.3.3　粉体的压缩特性 …… 35
2.4　粉体基体特性的表征 …… 37

2.4.1 超细粉体粒度的测量 …… 37
2.4.2 超细粉体比表面积的测量 …… 39
2.4.3 超细粉体的表面分析 …… 40
2.4.4 粉体表面电性的测量 …… 41
本章知识点 …… 42
思考题 …… 42
主要参考文献 …… 43
3 非金属矿的超细粉碎 …… 44
3.1 粉碎的基本理论 …… 44
3.1.1 物料基体特征 …… 44
3.1.2 施力作用与粉碎过程 …… 46
3.1.3 超细粉碎能耗理论与粉碎极限 …… 49
3.1.4 粉碎过程物理模型 …… 51
3.2 超细粉碎过程化学 …… 52
3.2.1 超细粉碎过程机械化学 …… 52
3.2.2 超细粉碎过程的分散与助磨 …… 55
3.3 超细粉碎设备 …… 57
3.3.1 高速机械冲击式粉碎机 …… 57
3.3.2 气流磨 …… 60
3.3.3 振动磨 …… 63
3.3.4 胶体磨 …… 65
3.3.5 介质搅拌磨 …… 66
3.3.6 超细粉磨设备选型原则 …… 67
本章知识点 …… 67
思考题 …… 68
主要参考文献 …… 68
4 粉体的分级与超细分级 …… 70
4.1 粉体分级基本理论 …… 71
4.1.1 分级效率 …… 71
4.1.2 分级粒径 …… 72
4.1.3 分级精度 …… 73
4.1.4 分级效果的综合评价 …… 73
4.2 离心式粉体分级设备 …… 73
4.2.1 粗分级机 …… 73
4.2.2 离心式选粉机 …… 74
4.2.3 旋风式选粉机 …… 75
4.2.4 O-Sepa 选粉机 …… 77
4.3 粉体超细分级原理 …… 79

4.3.1　离心分级原理 …… 79
4.3.2　惯性分级原理 …… 80
4.3.3　迅速分级原理 …… 80
4.3.4　减压分级原理 …… 80
4.4　粉体的干式超细分级 …… 82
4.4.1　干式超细分级的关键技术 …… 82
4.4.2　干式超细分级设备分类 …… 83
4.4.3　惯性式分级机 …… 83
4.4.4　MS 型叶轮式分级机 …… 84
4.4.5　MSS 型超细分级机 …… 85
4.4.6　ATP 型超细分级机 …… 85
4.4.7　射流分级机 …… 87
4.5　粉体的湿式超细分级 …… 88
4.5.1　湿式超细分级概述 …… 88
4.5.2　卧式螺旋离心分级机 …… 89
4.5.3　小直径水力旋流器 …… 90
4.5.4　离旋器 …… 91
4.5.5　碟式离心分级机 …… 91
4.6　超细粉碎与超细分级组合工艺 …… 92
4.6.1　闭路超细粉碎工艺与循环负荷率计算 …… 92
4.6.2　干式超细粉碎工艺 …… 93
4.6.3　湿式超细粉碎工艺 …… 96
本章知识点 …… 98
思考题 …… 99
主要参考文献 …… 100
5　非金属矿的化学精细提纯 …… 101
5.1　矿物原料的浸出提纯 …… 101
5.1.1　酸法浸出 …… 102
5.1.2　矿物的碱处理及盐处理 …… 103
5.1.3　影响酸碱提纯效果的主要因素 …… 104
5.1.4　矿物浸出工艺设备 …… 105
5.2　矿物原料的化学漂白 …… 106
5.2.1　化学漂白的原理及方法 …… 106
5.2.2　化学漂白工艺的影响因素 …… 108
5.3　矿物原料的煅烧 …… 109
5.3.1　煅烧或热处理的目的 …… 109
5.3.2　矿物煅烧原理 …… 110
5.3.3　煅烧设备 …… 113

本章知识点 …… 117
思考题 …… 117
主要参考文献 …… 118
6　粉体的表面改性 …… 119
6.1　粉体表面改性的目的与分类 …… 119
6.2　粉体表面有机改性 …… 120
6.2.1　表面有机改性的机理 …… 120
6.2.2　表面有机改性的方法 …… 122
6.2.3　典型表面有机改性剂 …… 123
6.3　粉体表面包覆改性 …… 131
6.3.1　粉体表面包覆改性作用 …… 131
6.3.2　粉体表面包覆改性方法 …… 132
6.4　粉体表面改性工艺 …… 135
6.4.1　干法表面改性工艺 …… 135
6.4.2　湿法表面改性工艺 …… 136
6.5　典型表面改性设备 …… 137
6.5.1　干法表面改性设备 …… 137
6.5.2　湿法表面改性设备 …… 141
本章知识点 …… 141
思考题 …… 142
主要参考文献 …… 142
7　超细粉体的团聚与分散 …… 144
7.1　超细粉体的团聚 …… 144
7.1.1　超细颗粒的界面特性 …… 144
7.1.2　超细粉体产生团聚的原因 …… 145
7.1.3　粉体团聚种类与团聚机理 …… 146
7.2　超细粉体在液相中的分散 …… 147
7.2.1　超细粉体在液相中的分散过程 …… 147
7.2.2　超细粉体在液相中的稳定机理 …… 149
7.2.3　超细粉体在液相中的分散方法 …… 151
7.2.4　分散剂及作用形式 …… 155
7.3　超细粉体在气相中的分散 …… 156
7.3.1　气相中粉体颗粒间的作用力 …… 157
7.3.2　超细粉体在气相中的分散方法 …… 158
本章知识点 …… 160
思考题 …… 160
主要参考文献 …… 161
8　超细粉体的固液分离、干燥与收尘 …… 163

8.1　超细粉体的固液分离 …… 163
8.1.1　固液分离概述 …… 163
8.1.2　过滤分离 …… 166
8.1.3　离心分离 …… 173
8.2　超细粉体的干燥 …… 177
8.2.1　物料干燥基础知识 …… 178
8.2.2　干燥器分类 …… 179
8.2.3　几种典型的干燥器 …… 179
8.3　超细粉体的气固分离与收尘 …… 184
8.3.1　收尘器的类型与分离性能 …… 185
8.3.2　旋风收尘器 …… 187
8.3.3　袋式收尘器 …… 189
8.3.4　电收尘器 …… 192
8.3.5　湿式收尘器 …… 194
本章知识点 …… 196
思考题 …… 196
主要参考文献 …… 197
9　矿物填料的加工与利用 …… 198
9.1　矿物填料概述 …… 198
9.1.1　矿物填料的分类 …… 198
9.1.2　矿物填料的应用与发展趋势 …… 199
9.1.3　矿物填料的性质 …… 201
9.2　碳酸钙填料 …… 201
9.2.1　碳酸钙填料的分类与结构特性 …… 201
9.2.2　重质碳酸钙的加工 …… 203
9.2.3　轻质碳酸钙的加工 …… 205
9.2.4　纳米碳酸钙的加工 …… 207
9.2.5　碳酸钙的改性加工 …… 211
9.2.6　利用二次资源生产碳酸钙填料 …… 215
9.2.7　碳酸钙填料的应用 …… 218
9.3　高岭土填料 …… 219
9.3.1　高岭土的矿物特性 …… 219
9.3.2　高岭土的提纯与增白处理 …… 220
9.3.3　高岭土的超细粉碎工艺 …… 223
9.3.4　高岭土的改性 …… 224
9.3.5　高岭土的应用 …… 227
本章知识点 …… 228
思考题 …… 228

主要参考文献 …… 229
10　矿物颜料的加工与利用 …… 232
10.1　钛系颜料加工与利用 …… 232
10.1.1　钛白粉的生产工艺 …… 232
10.1.2　钛白替代品的加工技术 …… 235
10.1.3　国内钛白的生产与应用现状 …… 240
10.1.4　云母钛珠光颜料 …… 241
10.2　铁系颜料加工与利用 …… 244
10.2.1　氧化铁颜料的种类、性质与应用 …… 244
10.2.2　氧化铁颜料的生产工艺 …… 246
10.2.3　利用工业废物生产氧化铁颜料 …… 248
10.2.4　氧化铁颜料的表面改性 …… 252
10.2.5　国内氧化铁产品生产现状和发展趋势 …… 256
本章知识点 …… 258
思考题 …… 258
主要参考文献 …… 259
11　矿物环境材料的加工与利用 …… 262
11.1　无机矿物吸附材料 …… 262
11.1.1　沸石 …… 262
11.1.2　膨润土 …… 267
11.1.3　硅藻土 …… 269
11.1.4　海泡石 …… 271
11.2　矿物过滤材料 …… 273
11.2.1　颗粒滤料的过滤机理 …… 273
11.2.2　改性石英砂滤料 …… 274
11.2.3　多孔陶瓷滤料 …… 277
11.3　环境修复矿物材料 …… 280
11.3.1　非金属矿物修复环境的机理 …… 280
11.3.2　修复环境用非金属矿物 …… 282
本章知识点 …… 283
思考题 …… 283
主要参考文献 …… 284
附录　常用筛孔尺寸与目数对应表 …… 286
索引 …… 287

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

1 绪　论

本章要点：本章主要介绍中国非金属矿资源总体概况；分析当前中国非金属矿开发利用现状及存在的问题；介绍非金属矿的分类、非金属矿物材料在各个工业领域中的应用；重点介绍非金属矿加工利用技术所包含的3个方面的内容（颗粒制备与处理技术、非金属矿物材料的复合与加工技术及非金属矿化工加工技术）；结合现代产业对非金属矿物材料的新要求，分析非金属矿深加工技术的发展趋势。

1.1　中国非金属矿资源概况与开发利用现状

非金属矿（nonmetallic minerals）指工业上不作为提取金属元素来利用的有用矿产资源，国外也称为工业矿物与岩石（industrial mineral and rocks），是与金属矿产、能源矿产并列的三大矿产之一。非金属矿产中除少数是用来提取某种非金属元素，如磷、硫、钾等外，大多数非金属矿产是利用其矿物或矿物集合体（包括岩石）的某些物理、化学性质和结构特性等，如云母的绝缘性，石棉的耐火、耐酸、绝缘、绝热和纤维特性。

1.1.1　中国非金属矿资源概况

目前，自然界已发现的非金属矿种类达1500多种，已开发的仅有200多种。世界非金属矿产资源丰富，高岭土、菱镁矿、石膏等大宗非金属矿产储量都在百亿吨以上。中国是世界上非金属矿资源总量丰富、矿种齐全、但人均拥有量较少的国家之一。据统计，我国已经发现的非金属矿种有126种，已探明储量的非金属矿产有91种，涵盖了冶金辅料、化工原料、建材原料和其他非金属矿品种。我国非金属矿资源禀赋上乘，矿产品和制成品已经出口到130个国家和地区。其中，鳞片石墨、萤石、铝矾土和菱镁矿储量、产量、出口量均为世界第一。在我国发现的非金属矿中，石墨、石膏、膨润土、石灰石、菱镁矿、重晶石、芒硝等矿种的储量居世界首位；滑石、石棉、萤石、硅灰石的储量居世界第2位；磷、硫、高岭土、珍珠岩、天然碱、耐火黏土的储量居世界第3位；大理石、花岗石及砂石等矿产也名列前茅。表1-1是我国主要非金属矿产资源情况。

表1-1　我国主要非金属矿产资源情况

矿种	矿区数/个	2002年年底探明储量/万t	主要分布地区及所占比例/%
晶质石墨	91	17702.0	黑龙江(64.34)、四川(9.56)、山东(7.47)、河南(4.69)
隐晶质石墨	12	4431.7	湖南(75.52)、吉林(11.35)
滑石	53	25132.6	江西(29.41)、辽宁(26.21)、青海(16.73)、山东(10.29)、广西(9.44)
萤石	205	2930.6	内蒙古(85.35)、甘肃(6.17)、安徽(4.10)

续表

矿 种	矿区数/个	2002 年年底探明储量/万 t	主要分布地区及所占比例/%
菱镁矿	26	342250.5	辽宁(85.14)、山东(10.11)、西藏(1.66)
重晶石	120	36835.5	贵州(30.31)、湖南(16.23)、广西(15.39)
膨润土	100	278537.0	广西(26.01)、新疆(13.45)、内蒙古(8.58)、河北(5.60)
硅藻土	45	41328.8	吉林(50.97)、云南(19.95)、浙江(10.37)、河北(6.77)
硅灰石	39	14446.1	吉林(40.19)、云南(16.77)、青海(12.32)、江西(11.63)
高岭土	229	153694.1	广东(28.66)、陕西(24.96)、福建(11.24)、广西(7.89)
石膏	195	639.60	山东(59.39)、湖北(6.73)、内蒙古(5.73)、青海(4.78)
石棉	50	9409.0	青海(61.53)、四川(16.65)、陕西(10.97)、新疆(6.62)、甘肃(1.59)

1.1.2　中国非金属矿资源开发利用现状

目前，我国非金属矿工业已建立起勘探、开采、加工、销售、研发的工业体系，非金属矿工业已成为国家的支柱产业。我国的石墨、萤石、重晶石、硅灰石、石材等产品在国际市场上占有较大的份额，出口非金属矿产品的品种已有 100 多种。2010 年，全国规模以上非金属矿工业企业实现销售收入 3860 亿元、利润 360 亿元，年均分别增长 34%和 41%，主要非金属矿产品产量持续增长。

非金属矿工业的发展，促进了相关行业的发展和提高。我国非金属矿的开发涉及建材、地矿、冶金、化工、机电、煤炭、核工业、轻工、有色等多个行业，各行业根据各自的条件，开发了不同品种的产品，形成了多行业开发的格局。当前，我国非金属矿业与世界先进水平的差距逐步缩小，已拥有比较成熟的加工高纯石墨、石英、硅藻土、高岭土、膨润土、云母制品、重质碳酸钙的生产技术；能生产各类超细粉碎与精细分级的装备，一些设备的性能及工艺技术指标已接近或达到国际先进水平；能生产汽车、机电、环保等行业所需的石墨密封材料、石墨导电涂料、石墨润滑材料、石棉摩擦材料、防火隔热材料以及催化、吸附与过滤材料和分子筛及防辐射、高硬、高耐磨材料等。

虽然我国的非金属矿工业取得了长足的发展，但在产出的非金属矿产品中，粗级产品比重大，高附加值产品少，形成“一流资源、二流产品”的不利局面。非金属矿产品出口量大，但出口却以低附加值的初级加工产品为主，而部分高端的非金属矿产品仍需大量进口，进出口贸易中存在严重的“低出高进”现象。表 1-2 是由中国海关总署信息中心提供的 2006 年我国非金属矿产品进出口情况。可见，虽然出口额大于进口额，形成贸易顺差，但同类产品的进口价却远高于出口价，即发达国家从我国廉价进口优质原料，经深加工后以高价出口到我国，我国的宝贵自然资源为别国创造了巨大的价值。

表 1-2　2006 年我国非金属矿产品进出口情况

矿种	出口额/万美元	进口额/万美元	进出口价差		
			进口平价/(美元/t)	出口平价/(美元/t)	进口价/出口价
膨润土	3319	1084	241.2	91.3	2.6

续表

矿种	出口额/万美元	进口额/万美元	进出口价差		
			进口平价/(美元/t)	出口平价/(美元/t)	进口价/出口价
鳞片石墨	4902	299	7595.1	308.5	24.6
滑石	9354	1265	463.3	137.5	3.4
高岭土	7016	6967	202.9	57.2	3.5
重晶石	13510	42	427.6	38.3	11.2
云母粉	1300	426	836.7	129.4	6.5
蓝晶石	46	356	306.9	99.9	3.1
石英	692	451	493.9	81.4	6.1
硅砂	2973	3946	397.5	3.5	113.6

目前，我国非金属矿加工工业在提纯技术、超细粉碎技术、表面改性技术、复合材料、功能材料等方面仍然较为落后。我国的超细粉碎技术是在引进消化吸收的基础上发展起来的，已研制成功的各类超细粉碎设备及工艺技术，现已走向工业化生产和应用阶段，但与国外发达国家相比仍有一定的差距，主要表现为处理能力小、能耗高、环境污染较大。在粉体表面改性方面，与先进国家存在的差距主要表现在改性活化工艺和设备方面。国外先进的改性设备具有自动加药、生产连续、温度可控、单位产品药剂用量少、能耗低、颗粒高度分散、自动化程度高、操作简单方便等特点。而国内粉体表面处理的设备还难以完成粒径 1μm 以下的粉体材料表面改性。近年来，非金属矿物的纳米技术开始出现。目前，聚合物－黏土矿物纳米复合材料已成为日本、美国、德国等发达国家近年来材料科学研究的热点，我国也取得了一些成果，但较国外仍然存在品种少、转化为生产力距离较大的缺点。

1.1.3 中国非金属矿行业存在的问题

我国非金属矿行业在取得成就的同时，也存在诸多问题，制约着非金属矿行业的可持续发展，主要表现在以下几个方面。

(1)资源保证程度出现危机。随着工业化进程的快速推进，我国非金属矿产需求增长很快，资源急剧消耗，资源保障程度迅速下降，过去曾为我国优势的非金属矿种现在则出现资源危机。我国萤石资源储量严重不足，到 2020 年，预计消耗量远超过现有的基础储量；滑石、重晶石到 2020 年几乎耗尽。再如，占全国隐晶质石墨储量 72.56%的鲁塘微晶石墨，现在保有储量 1620 万 t，如果以每年 200 万 t 的速度递减，则 8 年内探明资源消耗殆尽；石膏 2001 年年底保有储量 583 亿 t，70%以上储量属于暂难利用储量。粗略估计，我国每年需耗费各种非金属矿产品达 20 亿 t。

(2)行业集中度低，规模化企业少。全国超过 8 万家非金属矿山企业中，95%以上是中小型企业，其中相当大一部分是个体小矿，全行业各矿种都缺少大型骨干企业。因中小型企业多，我国非金属矿普遍存在滥采乱挖、采富弃贫、浪费土地资源、污染环境的问题。

行业中中小型企业矿石回采率只有50%，普遍存在选矿回收率低的问题，相当一部分企业选矿回收率仅为40%～50%，资源的利用率仅为20%～25%。例如，郴州的隐晶质石墨有50%作为燃料烧掉，是极大的资源浪费。

(3)非金属矿粗级产品比重大，深加工程度不高。主要表现在技术落后、产品单一，如我国在引进日本石墨乳生产线后，开发出200多种产品，而国外则多达1400余种；技术水平和劳动生产率低；技术成果工程化中，缺少对非金属矿加工技术及加工设备的系统化开发、集成研究和成套化的研究；非金属矿技术成果转化与工程化的窗口、平台少；多注意单个矿种的特性开发利用，忽略了共性技术的系统研究。

(4)对矿产利用及资源保护缺乏指标评价体系。对于勘探和生产过程中的贫化率、损失率、回收率和综合利用率等技术经济指标，无制度、无定量化指标体系制约。

1.2　非金属矿的分类及在现代产业中的应用

1.2.1　非金属矿的分类

非金属矿种类繁多，不同学者提出多种分类方法。但从分类的原则而言，大体上有三种：以地质成因为分类原则；以产品价值为分类原则；以工业用途为分类原则。

目前多按非金属矿的工业用途来分类。我国按非金属矿的工业用途分为6类：化工原料、建筑材料、冶金工业辅助原料、轻工原料、电气及电子工业原料、宝石类及光学材料。美国分为14类：磨料、陶瓷原料、化工原料、建筑材料、电子及光学材料、肥料矿产、填料、过滤物质及矿物吸附剂、助熔剂、铸型原料、玻璃原料、矿物颜料、耐火原料、钻井泥浆原料。表1-3是从非金属矿物功能材料角度进行分类的。

表1-3　非金属矿物材料的类型及其应用

序号	材料类型	非金属矿物原料	非金属矿物材料或制品品种	应用领域
1	填料和颜料	方解石、大理石、白垩、滑石、叶蜡石、伊利石、石墨、高岭土、地开石、云母、硅灰石、透辉石、硅藻土、膨润土、皂石、海泡石、凹凸棒石、金红石、长石、锆英砂、重晶石、石膏、石英、石棉、水镁石、沸石、透闪石、蛋白土等	细粉(10～1000μm)、超细粉(0.1～10μm)、超微细粉或一维、二维纳米粉(0.001～0.1μm)，表面改性粉体、高纯度粉体、复合粉体、高长径比针状粉体、大径厚比片状粉体、多孔隙粉体等	塑料、橡胶、胶黏剂、化纤、油漆、涂料、陶瓷、玻璃、耐火材料、阻燃材料、胶凝材料、造纸、建材等
2	力学功能材料	石棉、石膏、石墨、花岗岩、大理岩、石英岩、锆英砂、高岭土、长石、金刚石、铸石、石榴子石、云母、滑石、硅灰石、透闪石、石灰石、硅藻土、燧石、蛋白石等	石棉水泥制品、硅酸钙板、纤维石膏板、石料、石林、结构陶瓷、无机/聚合物复合材料(上下水管、塑钢门窗等)、金刚石(刀具、钻头、砂轮、研磨膏)、磨料、衬里材料、制动器衬片、闸瓦、刹车带(片)、石墨轴承、垫片、密封环、离合器面片、润滑剂(膏)、汽缸垫片、石棉橡胶板、石棉盘根等	建材、建筑、机械、电力、交通、农业、化工、轻工、航空航天、石油、微电子、地质勘探、冶金、煤炭等

续表

序号	材料类型	非金属矿物原料	非金属矿物材料或制品品种	应用领域
3	热学功能材料	石棉、石墨、石英、长石、金刚石、蛭石、硅藻土、海泡石、凹凸棒石、水镁石、珍珠岩、云母、滑石、高岭土、硅灰石、沸石、金红石、锆英砂、石灰石、白云石、铝土矿等	石棉布、片、板、岩棉、玻璃棉、矿棉吸声板、泡沫石棉、泡沫玻璃、蛭石防火隔热板、硅藻土砖、膨胀蛭石、膨胀珍珠岩、微孔硅钙板、玻璃微珠、保温涂料、耐火材料、镁炭砖、碳-石墨复合材料、储热材料、莫来石、堇青石、氧化锆陶瓷等	建材、建筑、冶金、化工、轻工、机械、电力、交通、航空航天、石油、煤炭等
4	电磁功能材料	石墨、石英、水晶、金刚石、蛭石、硅藻土、云母、滑石、高岭土、金红石、电气石、铁石榴子石、沸石等	碳-石墨电极、电刷、胶体石墨、氟化石墨制品、电极糊、沸石电导体、热敏电阻、电池、非线性电阻、陶瓷半导体、石榴石型铁氧体、压电材料(压电水晶、自动点火元件等)、云母电容器、云母纸、云母板、电瓷、电子封装材料等	电力、微电子、通信、计算机、机械、航空、航天、航海等
5	光功能材料	石英、水晶、冰洲石、方解石等	偏光、折光、聚光镜片、光学玻璃、光导纤维、滤光片、偏振材料、荧光材料等	通信、电子、仪器仪表、机械、航空、航天、轻工等
6	吸波与屏蔽材料	金红石、电气石、石英、高岭土、石墨、重晶石、膨润土、滑石等	氧化钛(钛白粉)、纳米二氧化硅、氧化铝、核反应堆屏蔽材料、护肤霜、防护服、保暖衣、塑料薄膜、消光剂等	核工业、军工、化妆(护肤)品、民(军)用服装、农业、涂料、皮革等
7	催化材料	沸石、高岭土、硅藻土、海泡石、凹凸棒石、地开石等	分子筛、催化剂、催化剂载体等	石油、化工、农药、医药等
8	吸附材料	沸石、高岭土、硅藻土、海泡石、凹凸棒石、地开石、膨润土、皂石、珍珠岩、蛋白土、石墨、滑石等	助滤器、脱色剂、干燥机、除臭剂、杀(抗)菌剂、水处理剂、空气净化剂、油污染处理剂、核废料处理剂、固沙剂等	啤酒、饮料、食用油、食品、工业油脂、制药、化妆品、环保、家用电器、化工等
9	流变材料	膨润土、皂石、海泡石、凹凸棒石、水云母等	有机膨润土、触变剂、助沉剂、增稠剂、胶凝剂、流平剂、钻井泥浆等	各种油漆、涂料、黏合剂、清洗剂、采油、地质勘探等
10	黏结材料	膨润土、海泡石、凹凸棒石、水云母、碳酸钙、石英等	团矿黏结剂、硅酸钠、胶黏剂、铸模、黏土基复合黏结剂等	冶金、建筑、汽车、铸造、轻工等
11	装饰材料	大理石、花岗岩、云母、叶蜡石、蛋白石、水晶、石榴子石、橄榄石、玛瑙石、玉石、辉石、孔雀石、冰洲石、琥珀石、绿松石、金刚石、月光石、磷灰石等	装饰石材、珠光云母、彩石、各种宝玉石、观赏石等	建筑、建材、涂料、皮革、化妆品、珠宝业、观光业等
12	生物功能材料	沸石、麦饭石、高岭土、硅藻土、琥珀石、凹凸棒石、膨润土、皂石、珍珠岩、蛋白土、滑石、电气石、碳酸钙等	药品及保健品、药物载体、饲料添加剂、杀(抗)菌剂、吸附剂、化妆品添加剂	制药业、生物化学工业、农业、畜牧业、化妆品等

1.2.2　非金属矿物材料在现代产业中的应用

非金属矿物材料是指以非金属矿物和岩石为基本或主要原料，通过物理、化学方法制备的功能性材料或制品。与传统的非金属矿产品（原矿及初加工的矿物原料与岩石）相比，非金属矿物材料具有产品品种多、技术含量高、应用领域广、附加值大等特点。随着现代科技进步和产业发展，非金属矿及其加工利用水平已成为反映一个国家科技发达程度的重要标志之一，非金属矿加工工业（尤其是深加工产业）已被视为 21 世纪的朝阳工业之一。

非金属矿物材料与建材、化工、轻工、冶金、机械、交通、能源、电子等传统产业的发展密切相关。例如，造纸工业的铜版纸、涂布纸和纸板、彩喷纸及其他高档纸和特种纸的发展，需要大量的高纯、超细的碳酸钙、高岭土、滑石、二氧化硅等高白度非金属矿物填料和涂料；高分子材料（塑料、橡胶、胶黏剂等）的发展需要大量的超细和活性碳酸钙、高岭土、滑石、硅灰石、云母、透闪石、二氧化硅、水镁石以及氢氧化镁、氢氧化铝等功能矿物填料和颜料；汽车面漆、乳胶漆等高档油漆涂料及防腐蚀和辐射、道路发光等特种涂料需要大量的珠光云母、着色云母、超细和高白碳酸钙、二氧化硅、硅灰石、重晶石、高岭土、膨润土等非金属矿物颜料、填料和增黏剂、消光剂；冶金工业的发展和产品结构调整需要高品质的硅线石、红柱石、蓝晶石等以高铝矿物为原料的高铝耐火材料和以镁（菱镁矿）和碳（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、花岗岩和大理岩板材和异形材，以及以超细石英粉、石灰粉等为原料的微孔硅钙板、膨胀珍珠岩、蛭石、硅藻土等保温隔热材料、石棉制品及氢氧化镁、氢氧化铝等低烟无卤阻燃材料等；石化工业发展需要大量具有特定孔径分布、活性和选择性好的沸石及高岭土催化剂、载体、吸附剂，以膨润土、海泡石等为基料的钻井泥浆材料和以重晶石为原料的泥浆加重剂，以及具有较高球形度的压裂砂；机电工业的发展需要以碎云母为原料制造的云母纸和云母板绝缘材料、高性能柔性石墨密封材料、石墨盘根，以及石棉基和硅灰石基的板材、垫片和摩擦材料等；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物为基料的摩擦材料及以滑石、云母、硅灰石、透闪石、超细碳酸钙等为无机填料的工程塑料和底漆；化纤工业的发展需要超细二氧化钛、电气石、二氧化硅、氧化铝、云母等功能无机填料，以生产出抗菌、保温、除异味和释放负离子等有利于人类健康的功能纤维；现代酿造业（如啤酒酿造）和食品工业的发展需要大量的硅藻土基助滤剂和黏土矿物基吸附材料；现代高速公路标志涂料中也要使用球形二氧化硅或玻璃微珠等非金属矿物粉体材料。因此，传统产业的技术进步和产业升级与非金属矿紧密相连，是 21 世纪初我国非金属矿深加工技术和产业发展的主要机遇之一。

目前，随着产业结构的调整，除了以高新技术改造和提升传统产业之外，以微电子、信息、生物、航空航天、海洋开发，以及新材料、新能源为主的高技术和新材料产业逐渐壮大。众多高技术和新材料产业与非金属矿物材料密切相关。例如，高纯石英等硅基材料是集成电路芯片、塑封料、抛光料及光纤型、激光光源和辐射光源型透明石英玻璃管、耐高温型石英玻璃管及单晶硅生产用坩埚的主要材料。用石墨制成的材料具有优良的隔热、耐高温（3000℃以上）、减磨润滑和防辐射等性能，广泛用作核反应堆的中子减速剂和防原子辐

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com