

高等学校规划教材



“十二五”江苏省高等学校重点教材

# 无机非金属材料工学

潘志华 主编  
胡秀兰 副主编

Scientific  
and Engineering  
Principles  
for Manufacture  
of Inorganic non-metallic  
Materials



化学工业出版社



高等学校规划教材



“十二五”江苏省高等学校重点教材

# 无机非金属材料工学

潘志华 主编  
胡秀兰 副主编

Scientific  
and Engineering  
Principles  
for Manufacture  
of Inorganic non-metallic  
Materials



化学工业出版社

北京

本书主要介绍无机非金属材料生产的过程和原理，在以单元操作为线索着重介绍各种无机非金属材料制造过程中涉及的带有普遍性的共同规律和特点的基础上，以典型代表性无机非金属材料为线索，分别介绍了几种无机非金属材料（水泥和其他无机胶凝材料、混凝土、陶瓷、玻璃、耐火材料等）在制造过程中涉及的基本概念、原料性质和要求、配合比设计、产品性能、国家标准、质量控制、物质变化、生产过程工艺特点等相关知识。

本书可作为高等学校无机非金属材料工程专业学生教材使用，也可作为土木工程等相近专业学生和工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

无机非金属材料工学/潘志华主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 12  
高等学校规划教材  
“十二五”江苏省高等学校重点教材  
ISBN 978-7-122-25588-4

I. ①无… II. ①潘… III. ①无机非金属材料-高等学校-教材 IV. ①TB321

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 299123 号

---

责任编辑: 窦臻

文字编辑: 李玥

责任校对: 战河红

装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装: 高教社 (天津) 印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 21½ 字数 536 千字 2016 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

随着我国改革开放基本国策的深入推进和国民经济的快速发展,无机非金属材料行业也得到迅速发展,与此同时,社会和行业对无机非金属材料工程专业的技术人才的需求也日益增长。据不完全统计,目前我国设有材料科学与工程专业的大学有近百所,其中大部分都设有无机非金属材料工程专业。无机非金属材料工学是我国全日制高等院校无机非金属材料工程专业学生的一门专业主干课程,为了满足本专业学生和本行业工程技术人员的需求,我们在江苏省教育厅的统一部署下组织相关人员编撰了本教材。

本教材分为两篇,第1篇8章,第2篇5章,总共13章。第1篇主要介绍无机非金属材料生产的过程和原理,以单元操作为线索,着重介绍了各种无机非金属材料制造过程中涉及的带有普遍性的共同规律和特点;第2篇则以典型代表性无机非金属材料为线索,分别介绍了几种无机非金属材料(水泥和其他无机胶凝材料、混凝土、陶瓷、玻璃、耐火材料等)在制造过程中涉及的基本概念、原料性质和要求、配合比设计、产品性能、国家标准、质量控制、物质变化、生产过程工艺特点等相关知识。本教材力求使学生通过本课程的学习,比较全面系统地掌握无机非金属材料生产相关的制备原理和生产工艺以及工程使用等方面的知识,并强调理论知识点与实际生产过程的对应和结合。

本书由南京工业大学潘志华担任主编,胡秀兰担任副主编,倪亚茹和冯永宝共同参与编写。编写内容分工如下:潘志华编写绪论、第1篇第1章至第3章和第6章、第2篇第1章和第2章;胡秀兰编写第1篇第4章、第5章和第7章、第2篇第3章;倪亚茹编写第1篇第8章和第2篇第4章;冯永宝编写第2篇第5章。

在本书出版之前可以见到若干版本的《无机非金属材料工学》教材,它们无论是框架结构,还是内容配置以及知识点的分布等,都各有千秋。在本书编撰过程中作者吸取和借鉴了已有版本的特长和优点,也巧妙地化解了一些问题。在内容的安排上,鉴于水泥混凝土行业的发展规模以及水泥与混凝土的紧密联系,本书特别强化了水泥和混凝土方面的知识。同时,作为教科书,为了方便学生的复习,在每章结尾部分都附加了一定数量的思考题。

本书在编写过程中得到了多个部门和领导的关心和指导,在数次讨论过程中,杨南如教授就本书的框架结构、内容安排等一系列问题提出了许多有益的意见和建议,对本教材的编撰起到了画龙点睛的作用,使编者深受启发;沈晓冬教授认真审阅了书稿,并提出若干具体意见,为书稿的修改完善提供了重要参考;另外,本书在编撰和出版过程中得到了江苏省教育厅和南京工业大学的大力支持,谨在此一并表示衷心感谢。

由于受到编者水平和编撰时间的限制,本书中可能存在诸多不妥之处,恳请读者和同行专家予以批评指正,以便再版时及时纠正。

编者

2015年9月于南京

## 绪论

0.1 无机非金属材料定义与分类 .....	1
0.2 无机非金属材料发展简史 .....	2
0.3 无机非金属材料地位和作用 .....	3
0.4 无机非金属材料的工业进展 .....	4
0.5 无机非金属材料工学的研究对象和任务 .....	5

## 第1篇 生产过程原理

## 第1章

## 概述

1.1 无机非金属材料生产过程的共性 .....	8
1.1.1 原料 .....	8
1.1.2 干燥 .....	8
1.1.3 粉碎与储运 .....	9
1.1.4 成型 .....	9
1.1.5 高温加热 .....	10
1.2 无机非金属材料生产过程的个性 .....	10
1.2.1 胶凝材料类 .....	10
1.2.2 玻璃、玻璃纤维、铸石、人工晶体类 .....	11
1.2.3 砖瓦、陶瓷、耐火材料类 .....	11
1.3 无机非金属材料的几种典型生产工艺流程 .....	12
1.3.1 水泥生产工艺流程 .....	12
1.3.2 玻璃生产工艺流程 .....	12
1.3.3 陶瓷生产工艺流程 .....	12
1.3.4 耐火材料生产工艺流程 .....	12
思考题 .....	14

第2章

原料

2.1 原料总论 .....	16
2.2 黏土类原料 .....	17
2.2.1 黏土 .....	17
2.2.2 黏土的成因及其分类 .....	18
2.2.3 黏土的组成 .....	19
2.2.4 黏土的工艺性质 .....	19
2.3 石英类原料 .....	21
2.3.1 石英类原料的种类和性质 .....	21
2.3.2 石英的晶型转化 .....	22
2.3.3 石英类原料的作用 .....	22
2.4 长石类原料 .....	22
2.4.1 长石类原料的种类和性质 .....	22
2.4.2 长石的作用 .....	23
2.4.3 长石的代用原料 .....	23
2.5 钙质原料 .....	24
2.5.1 钙质原料的种类和性质 .....	24
2.5.2 钙质原料在生产中的作用及其品质要求 .....	24
2.5.3 钙质工业废渣 .....	25
2.6 铝质原料 .....	25
2.6.1 高铝矾土 .....	25
2.6.2 硅线石族 .....	25
2.7 镁质原料 .....	25
2.8 其他原料 .....	26
2.8.1 含钠原料 .....	26
2.8.2 含硼原料 .....	27
2.8.3 铁质原料 .....	28
2.8.4 辅助性原料 .....	28
思考题 .....	32

第3章

粉体制备

3.1 破碎 .....	33
3.1.1 破碎的方式 .....	33
3.1.2 破碎比 .....	33
3.1.3 粒度表示方法 .....	34
3.1.4 破碎设备 .....	35

3.2 粉磨 .....	36
3.2.1 球磨机的工作原理、特点及类型 .....	36
3.2.2 粉磨作业流程 .....	37
3.2.3 影响磨机产量的主要因素 .....	37
3.2.4 超细粉磨 .....	38
3.3 分级 .....	39
3.3.1 分级和分级效率 .....	39
3.3.2 固体颗粒的筛分分级 .....	40
3.4 超微粉合成 .....	41
3.4.1 化学反应法 .....	41
3.4.2 冷冻干燥法 .....	41
3.4.3 喷雾干燥法 .....	41
3.4.4 生成物沉淀法 .....	42
3.4.5 蒸发-凝聚法 .....	43
3.4.6 气相反应法 .....	43
思考题 .....	44



## 成型

4.1 成型过程中的流变特性 .....	45
4.1.1 三种基本变形及三种理想体的流变模型 .....	46
4.1.2 胀流性流体与假塑性流体 .....	47
4.1.3 流变模型与本构方程 .....	47
4.1.4 流动曲线、应力曲线和应变曲线 .....	48
4.1.5 徐变曲线和松弛曲线 .....	49
4.1.6 触变性与反触变性 .....	50
4.2 浆料的成型 .....	50
4.2.1 成型的工艺原理 .....	50
4.2.2 陶瓷注浆成型 .....	51
4.2.3 混凝土和耐火混凝土浆体的密实成型 .....	55
4.3 可塑成型 .....	59
4.3.1 可塑泥料的流变特性 .....	59
4.3.2 可塑成型的方法 .....	60
4.4 压制成型 .....	63
4.4.1 压制成型工艺原理 .....	63
4.4.2 压制成型对粉料的要求 .....	64
4.4.3 压制成型的过程 .....	65
4.5 玻璃的成型 .....	67
4.5.1 玻璃成型理论基础 .....	68

4.5.2	玻璃成型制度	69
4.5.3	玻璃成型方法	71
4.5.4	玻璃的退火	75
	思考题	77

## 第5章

### 干燥

5.1	干燥方法	78
5.1.1	外热源法	78
5.1.2	内热源法	82
5.2	干燥过程	84
5.2.1	物料中水分的性质	84
5.2.2	物料干燥过程	85
5.3	影响干燥的因素	86
5.3.1	传热速率	86
5.3.2	外扩散速率	87
5.3.3	内扩散速率	87
5.3.4	制品在干燥过程中的收缩与变形	87
5.4	干燥制度	88
5.4.1	干燥过程中应该控制的参数	88
5.4.2	热空气干燥制度的类型	89
5.4.3	采用热空气干燥工艺时的注意事项	89
5.4.4	陶瓷干燥速率的控制与选定	89
	思考题	90

## 第6章

### 煅烧

6.1	水泥熟料的煅烧	91
6.1.1	水泥熟料的形成过程	91
6.1.2	水泥熟料煅烧设备	92
6.1.3	回转窑的煅烧方法	92
6.1.4	熟料热化学及回转窑的热工特性	93
6.1.5	典型回转窑煅烧系统	95
6.1.6	熟料冷却机	100
6.2	陶瓷、耐火材料原料的煅烧	102
6.2.1	陶瓷原料的煅烧	102
6.2.2	耐火材料原料的煅烧	103



思考题 .....	104
-----------	-----

## 第7章

### 烧成

7.1 常见烧成或烧结方法 .....	105
7.1.1 热致密化方法 .....	105
7.1.2 反应烧结 .....	105
7.1.3 液相烧结 .....	105
7.1.4 高温自蔓延烧结 .....	106
7.2 煅烧过程中的物理化学变化 .....	106
7.2.1 低温预热阶段 .....	106
7.2.2 氧化分解阶段 .....	106
7.2.3 高温玻化成瓷阶段 .....	106
7.2.4 冷却阶段 .....	107
7.3 烧成制度 .....	107
7.3.1 烧成制度与产品性能的关系 .....	107
7.3.2 烧成制度的制订 .....	112
7.4 烧成方法 .....	115
7.4.1 低温烧成与快速烧成 .....	115
7.4.2 特种烧成方法 .....	117
思考题 .....	119

## 第8章

### 熔化

8.1 熔化的原理和过程 .....	120
8.1.1 基本原理 .....	120
8.1.2 熔化的三个重要过程 .....	121
8.1.3 熔化过程的影响因素 .....	121
8.2 玻璃的熔制 .....	121
8.2.1 玻璃的熔制过程 .....	122
8.2.2 玻璃的熔制方法 .....	129
8.2.3 玻璃熔制的温度制度 .....	131
8.3 熔体和玻璃体的相变 .....	133
8.3.1 熔体和玻璃体的成核与晶体生长过程 .....	133
8.3.2 熔铸耐火材料的晶化 .....	135
8.3.3 玻璃分相 .....	135
思考题 .....	136

## 第 2 篇 代表性无机非金属材料

### 第 1 章

## 水泥和其他无机胶凝材料

1.1	硅酸盐水泥	138
1.1.1	硅酸盐水泥组分材料	139
1.1.2	硅酸盐水泥的定义和分类	139
1.1.3	硅酸盐水泥技术要求	140
1.1.4	合格品与不合格品	140
1.2	硅酸盐水泥熟料	141
1.2.1	化学成分	141
1.2.2	矿物组成	142
1.2.3	熟料的率值	144
1.2.4	熟料矿物组成的计算	147
1.3	硅酸盐水泥生料的配合	148
1.3.1	熟料组成设计	148
1.3.2	水泥生料配料计算	150
1.4	硅酸盐水泥熟料的煅烧	154
1.4.1	干燥与脱水	154
1.4.2	碳酸盐分解	154
1.4.3	固相反应	156
1.4.4	熟料的烧成	157
1.4.5	熟料的冷却	158
1.4.6	其他组分的作用	159
1.5	硅酸盐水泥的水化和硬化	161
1.5.1	熟料矿物的水化	161
1.5.2	硅酸盐水泥的水化	164
1.5.3	水化速率与凝结时间的调节	165
1.5.4	水化热	166
1.5.5	体积变化	166
1.5.6	水泥石的组成与结构	167
1.6	环境介质对水泥石的化学侵蚀	168
1.6.1	淡水侵蚀	168
1.6.2	酸和酸性水侵蚀	169
1.6.3	硫酸盐侵蚀	170
1.6.4	含碱溶液侵蚀	170
1.6.5	改善水泥石抗蚀性的措施	171
1.7	掺混合材料的硅酸盐水泥	171
1.7.1	水泥混合材料	171

1.7.2 掺混合材料的硅酸盐水泥 .....	173
1.7.3 掺混合材料的硅酸盐水泥的生产及其性能 .....	174
1.8 特性水泥和专用水泥 .....	174
1.8.1 快硬和特快硬水泥 .....	174
1.8.2 抗硫酸盐水泥、中低热水泥和道路水泥 .....	177
1.8.3 膨胀和自应力水泥 .....	179
1.8.4 油井水泥 .....	180
1.8.5 装饰水泥 .....	181
1.9 其他无机胶凝材料 .....	181
1.9.1 石膏 .....	181
1.9.2 石灰 .....	184
1.9.3 水玻璃 .....	185
思考题 .....	187

## 第2章

### 混凝土

2.1 混凝土组分材料 .....	189
2.1.1 骨料 .....	190
2.1.2 化学外加剂 .....	194
2.2 混凝土拌合物性能 .....	196
2.2.1 和易性 .....	196
2.2.2 和易性测定方法及指标 .....	197
2.2.3 影响和易性的主要因素 .....	199
2.2.4 混凝土拌合物浇筑后的性能 .....	199
2.3 混凝土的性能 .....	201
2.3.1 抗压强度 .....	201
2.3.2 抗拉强度与抗折强度 .....	204
2.3.3 混凝土在荷载作用下的变形 .....	206
2.3.4 混凝土在非荷载作用下的变形 .....	207
2.4 混凝土耐久性 .....	211
2.4.1 耐久性的概念 .....	211
2.4.2 混凝土抗渗性 .....	211
2.4.3 混凝土抗冻融性能 .....	214
2.4.4 混凝土钢筋锈蚀 .....	215
2.4.5 典型环境混凝土结构的耐久性设计 .....	216
2.5 混凝土配合比设计 .....	219
2.5.1 基本参数 .....	219
2.5.2 混凝土配合比设计规范与方法 .....	220
思考题 .....	225

3.1	陶瓷的分类 .....	227
3.1.1	按坯体的物理性能特征分类 .....	227
3.1.2	按陶瓷概念和用途分类 .....	227
3.2	陶瓷的组成、结构与性能 .....	228
3.2.1	陶瓷性能与材料键性、结构的关系 .....	228
3.2.2	陶瓷强度的控制和脆性的改善 .....	228
3.3	陶瓷坯料的配制 .....	229
3.3.1	确定坯料配方的原则 .....	229
3.3.2	坯体组成的表示方法 .....	229
3.3.3	配料计算 .....	231
3.3.4	坯料制备 .....	235
3.3.5	坯料制备流程 .....	238
3.3.6	调整坯料性能的添加剂 .....	239
3.4	成型方式的选择 .....	239
3.5	釉料及色料 .....	240
3.5.1	釉的作用及分类 .....	240
3.5.2	釉层的性质 .....	241
3.5.3	坯釉适应性 .....	243
3.5.4	釉料的组成 .....	244
3.5.5	釉料制备 .....	245
3.5.6	施釉 .....	246
3.5.7	色料 .....	247
3.6	普通陶瓷的烧成 .....	247
3.6.1	烧成方法的比较 .....	247
3.6.2	烧成方式的选择 .....	249
3.7	陶瓷产品的缺陷分析 .....	249
3.7.1	斑点 .....	249
3.7.2	变形 .....	249
3.7.3	落脏 .....	250
3.7.4	裂纹 .....	250
3.7.5	起泡 .....	250
3.7.6	棕眼 .....	251
3.7.7	缺釉 .....	251
3.7.8	色泽不良 .....	251
3.7.9	夹层 .....	251
3.7.10	釉缕 .....	252
3.7.11	波纹 .....	252
3.7.12	橘釉 .....	252
3.7.13	烟熏 .....	252
3.8	普通陶瓷 .....	252



3.8.1	日用瓷	252
3.8.2	卫生陶瓷	255
3.8.3	建筑陶瓷	256
3.8.4	电瓷	258
3.8.5	化工陶瓷	259
3.9	特种陶瓷	261
3.9.1	结构陶瓷	261
3.9.2	功能陶瓷	262
	思考题	265

## 第4章

# 玻璃

材料火插



4.1	玻璃的定义与通性	266
4.1.1	玻璃的定义	266
4.1.2	玻璃的通性	266
4.2	玻璃的分类	267
4.2.1	光学功能玻璃	267
4.2.2	电磁功能玻璃	268
4.2.3	热学功能玻璃	268
4.2.4	力学功能玻璃	269
4.2.5	生物及化学功能玻璃	269
4.3	硅酸盐玻璃的组成、结构与性质	269
4.3.1	硅酸盐玻璃的组成	270
4.3.2	玻璃的结构因素	271
4.3.3	玻璃性质	271
4.4	普通玻璃配合料制备	276
4.4.1	玻璃组成的设计和确定	276
4.4.2	配合料计算	276
4.4.3	配合料制备要求	279
4.5	玻璃体的缺陷	280
4.5.1	气泡	280
4.5.2	结石	281
4.6	普通玻璃制品的生产	281
4.6.1	瓶罐玻璃	281
4.6.2	器皿玻璃	282
4.6.3	平板玻璃	284
4.6.4	仪器玻璃	286
4.6.5	颜色玻璃	288
4.7	玻璃的深加工	288
4.7.1	冷加工	289

4.7.2	热加工	289
4.7.3	玻璃的表面处理	289
4.8	特种玻璃	290
4.8.1	光导纤维	290
4.8.2	激光玻璃	291
4.8.3	微晶玻璃	291
4.8.4	光致变色玻璃	292
	思考题	293

## 第5章

### 耐火材料

5.1	耐火材料的分类、组成、结构和性质	294
5.1.1	耐火材料的分类	295
5.1.2	耐火材料的组成与结构	295
5.1.3	耐火材料的性质	297
5.2	耐火材料的生产过程	299
5.2.1	原料的选择和加工	299
5.2.2	坯料的制备	301
5.2.3	成型	302
5.2.4	干燥	302
5.2.5	烧成	302
5.2.6	耐火材料生产的特殊过程	303
5.3	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系耐火材料	303
5.3.1	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系耐火材料的物理化学基础	303
5.3.2	氧化硅质耐火材料	304
5.3.3	半硅质耐火材料	305
5.3.4	黏土质耐火材料	306
5.3.5	高铝质耐火材料	307
5.4	碱性耐火材料	307
5.4.1	镁质耐火材料	308
5.4.2	白云石质耐火材料	311
5.4.3	镁橄榄石质耐火材料	312
5.5	锆质耐火材料	312
5.5.1	锆英石耐火材料	312
5.5.2	氧化锆耐火材料	313
5.5.3	锆质熔铸耐火材料	313
5.6	含碳耐火材料	314
5.6.1	碳素耐火材料	315
5.6.2	石墨耐火材料	315
5.6.3	碳化硅质耐火材料	315

5.6.4 碳复合耐火材料 .....	317
5.7 不定形耐火材料 .....	317
5.7.1 浇注耐火材料 .....	318
5.7.2 可塑耐火材料 .....	319
5.7.3 其他不定形耐火材料 .....	319
5.8 轻质耐火材料 .....	320
5.8.1 轻质耐火材料的生产方法 .....	321
5.8.2 几种主要轻质耐火材料及性能 .....	321
5.8.3 多孔隔热耐火材料 .....	323
5.8.4 纤维隔热耐火材料 .....	324
思考题 .....	325



参考文献

---

# 绪论

如果说书籍是人类文明发展的阶梯的话,那么,材料就是人类文明发展的基石。人类文明的发展依赖于材料的使用,新材料的诞生则在很大程度上推动了人类文明的进步。在人类文明发展史上,工具的使用被公认为人类与动物之间根本性的区别之一。由于工具的诞生,人类的生活方式从被动获取转变为主动制作或获取,生产效率大大提高。而工具的背后起支撑作用的正是材料。当然,不同的材料对应不同的工具,也就对应不同的生产效率。以至于人们常用材料的种类和名称来划分或代表人类社会发展的不同时代,如旧石器时代、新石器时代、青铜时代、铁器时代、水泥时代、钢时代、硅时代、功能材料时代等。作为科学技术高度发达、生产效率空前高涨的现代社会的信息时代,究其后台背景其实也是材料——硅材料和功能性材料,尤其是芯片材料。随着人类社会的进步和科学技术的发展,材料的数量不断积累,成千上万,甚至不计其数。正是这些默默无闻的材料支撑着人类的日常生活和社会生产活动。基于迄今为止的认知,无机非金属材料只是世界上已知材料当中的一部分,除此之外,还有金属材料和有机高分子材料。从材料的获取途径不难知道,有的材料是可以天然获取的,但有的材料是需要人工制造的。更重要的是,有的材料是属于未来的新材料,即现在还没有,需要人类去研究和开发。因此,如何高效地开展材料的制造,如何有效地实施材料的利用以及如何及时地研究开发出新的材料和新的制造方法,便自然成为科技工作者和莘莘学子不得不思考的问题和使命。不过,找到这些问题的答案并非一朝一夕之功,也非一招一式之举,可能需要付出一生的努力,甚至需要几代人前赴后继的接力。毫无疑问,作为追寻这些答案的第一步应该是认识材料,认识无机非金属材料。

## 0.1 无机非金属材料的定义与分类

无机非金属材料(inorganic nonmetallic materials)是以某些元素的氧化物、碳化物、氮化物、卤素化合物、硼化物以及硅酸盐、铝酸盐、磷酸盐、硼酸盐等物质组成的材料,是除有机高分子材料和金属材料以外的所有材料的统称。无机非金属材料是20世纪40年代以后,随着现代科学技术的发展从传统的硅酸盐材料演变而来的,是与有机高分子材料和金属材料并列的三大材料之一。

在晶体结构上,无机非金属材料的元素结合力主要为离子键、共价键或离子-共价混合键。这些化学键所特有的高键能、高键强赋予了这一大类材料高强度、高硬度、耐磨损、耐腐蚀、高熔点和良好的抗氧化性等基本属性,以及宽广的导电性、隔热性、透光性及良好的铁电性、铁磁性和压电性等特殊功能性。



无机非金属材料品种繁多，用途各异，因而迄今为止并没有一个统一而完善的分类方法。出于认识和研究的需要，通常把它们分为传统的（普通的）和现代的（新型的或特殊的）无机非金属材料两大类。

传统的无机非金属材料是工业和基本建设所必需的基础材料。如水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料，等等。其中，水泥是一种重要的建筑材料；耐火材料与高温技术用途广泛，尤其用于与钢铁工业的发展关系密切的窑炉用材料；各种规格的平板玻璃、仪器玻璃和普通的光学玻璃以及日用陶瓷、卫生陶瓷、建筑陶瓷、化工陶瓷和电瓷等产量大、用途广，与工业生产和人们的日常生活息息相关。其他产品，如搪瓷、磨料（碳化硅、氧化铝等）、铸石（辉绿岩、玄武岩等）、碳素材料、非金属矿（石棉、云母、大理石等）也都属于传统的无机非金属材料。

新型无机非金属材料是指 20 世纪中期以后发展起来的、具有特殊性能和用途的材料。它们是现代新技术和新产业、传统工业技术改造、现代国防和生物医学，尤其是现代信息技术产业不可或缺的物质基础，主要有各种功能陶瓷（functional ceramics）、非晶态材料（noncrystal materials）、人工晶体（artificial crystals）、无机涂层（inorganic coatings）、无机纤维（inorganic fibers）等。

在无机非金属材料中，水泥、陶瓷、耐火材料、玻璃等传统材料的主要成分均为硅酸盐，因而长期以来，在学术界和产业界习惯上将传统无机非金属材料统称为硅酸盐材料。而实际上现代无机非金属材料在化学组成上已经远远超出了硅酸盐化合物的范围，甚至扩展到了其他氧化物、氮化物、硼化物、碳化物、硫化物和钛酸盐、铝酸盐、磷酸盐等几乎所有无机化合物。甚至还有相当一些无机材料在组成上完全不含或仅少量含有氧化硅组分，如刚玉瓷、镁质耐火材料、磷酸盐和硼酸盐光学玻璃等。更有不少制品（如氧化锆陶瓷）的组成中，氧化硅反倒成为最有害的杂质，生产中必须严格加以控制。所以，再用硅酸盐材料来概括所有的无机材料，尤其是现代无机非金属材料，显然不够全面和确切。但在国际上，由于陶瓷历史最悠久且应用广泛，在学术界和产业界仍然沿用陶瓷（ceramics）来作为无机非金属材料的代名词。

## 0.2 无机非金属材料发展简史

传统的硅酸盐材料一般是指以天然的硅酸盐矿物（黏土、石英、长石等）为主要原料，经高温烧制而成的一大类材料，故又称窑业材料，包括日用陶瓷、一般工业用陶瓷、普通玻璃、水泥、耐火材料，也包括石灰、石膏等。这类材料具有非常悠久的历史，从远古旧石器时代的石器工具，原始部落所制作的粗陶器，我国商代开始出现的原始瓷器和上釉的彩陶，东汉时期的青瓷，经过唐、宋、元、明、清不断发展，已达到相当高的制作技术和艺术水平，并成为中华民族的瑰宝。与此并行发展的耐火材料（黏土质和硅质材料），从青铜器时代、铁器时代到近代钢铁工业的兴起，都起过关键的作用。距今五六千年的古埃及文物中即发现有绿色玻璃珠饰品，我国白色玻璃珠亦有近三千年的历史。17 世纪以来，由于用工业纯碱代替天然草木灰与硅石、石灰石等矿物原料生产钠钙硅酸盐玻璃，各种日用玻璃和技术玻璃迅速进入普通家庭、建筑物和工业领域。

在距今五六千年的史前和古代建筑中已大量使用石灰和石膏等气硬性胶凝材料，公元初期就有了水硬性石灰和火山灰胶凝材料。但是，用人工方法工业化生产硅酸盐水泥，还只有一百多年的历史。19 世纪初，英国人 J. Aspdin 发明了用天然黏土质原料和石灰质原料经高