

WUTP

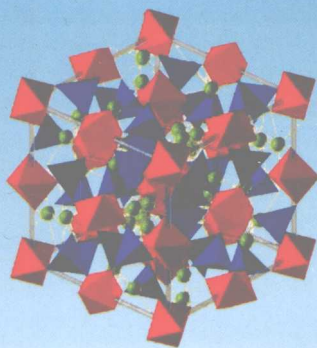
普通高等学校材料科学与工程类专业新编系列教材

*Inorganic Metalloid Materials Technics*

# 无机非金属材料工学

(第3版)

林宗寿 主编



武汉理工大学出版社

Wuhan University of Technology Press

普通高等学校材料科学与工程类专业新编系列教材

Inorganic Matalloid Materials Technics  
无机非金属材料工学  
(第3版)

主编 林宗寿

第1版副主编 李凝芳 赵修建 刘顺妮

第2、3版副主编 赵修建 吴建锋 叶菁

武汉理工大学出版社

Wuhan University of Technology Press

## 【内容提要】

无机非金属材料种类繁多、内容庞杂,本教材着重介绍其生产和制造过程中的共性规律,以单元操作为重点,系统介绍了无机非金属材料的生产过程、性能及其应用。书中尽量反映了新工艺、新技术和新产品研究方面的进展,内容全面、概念清晰、系统性强、图表丰富、文字简练。

本书可作为高等学校材料学专业的本科生教学用书,也可供科研、设计、生产等单位的科技人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

无机非金属材料工学/林宗寿主编. —3版. —武汉:武汉理工大学出版社,2008.8

ISBN 978-7-5629-2743-3

I. 无…

II. 林…

III. 无机材料-非金属材料-材料科学

IV. TB321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 129913 号

## 【主编简介】

**林宗寿** 福建福鼎人,1957年生,1981年12月毕业于同济大学,1985年6月于原武汉工业大学研究生毕业,1990年从日本东京工业大学进修回国。

现任武汉理工大学教授、博士生导师;第九、十届全国人大代表;全国“五一”劳动奖章获得者,享受国务院特殊津贴专家;香港华润水泥控股公司及华新水泥股份有限公司独立董事,武汉亿胜科技有限公司董事长兼总经理,林州市亿胜红旗渠水泥有限公司董事长。

主要从事水泥化学及工艺过程研究。共获得专利 18 项,计算机软件版权 5 项,发表论文 100 余篇,编著 450 万字《水泥十万个为什么》技术丛书一套。获得湖北省科技进步一等奖两项,以及国家自然资源综合利用优秀成果奖等多项奖励。

联系电话:027-87390107 E-mail:ys@lzslab.com

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

<http://www.techbook.com.cn>

印 刷:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:30

字 数:768 千字

版 次:2008 年 8 月第 3 版

印 次:2008 年 8 月第 8 次印刷

印 数:15501~20500 册

定 价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

# 普通高等学校材料科学与工程类专业 新编系列教材编审委员会

顾 问：郭景坤 袁润章 范令惠 杨南如  
胡道和 王民权 岳文海 曹文聪

主任委员：张联盟

副主任委员：徐德龙 郑治祥 雷绍锋

委 员：(以姓氏笔画为序)

万发荣 马保国 王国梅 王培铭 文梓芸  
叶卫平 叶枝荣 叶 菁 田道全 曲祖元  
刘亚云 刘 军 孙成林 吴建青 陈 文  
林宗寿 杨长辉 姜洪舟 钱觉时 钱春香  
高建明 徐秋林 黄佳木 黄学辉 程晓敏  
程 新 谢峻林 曾令可 葛 勇 潘 伟  
薛理辉

秘 书 长：田道全

总责任编辑：徐秋林

## 出版说明

材料是社会文明和科技进步的物质基础和先导,材料科学与能源科学、信息科学一并被列为现代科学技术的三大支柱,其发展水平已成为一个国家综合国力的主要标志之一。教育部颁布重新修订的《普通高等学校本科专业目录》后,为适应 21 世纪人才培养需要,及时组织并实施了面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划、世界银行贷款 21 世纪初高等理工科教育教学改革项目,部分高等学校承担了其中材料科学与工程专业教学改革项目的研究与实践。已经拓宽了专业面的材料科学与工程专业,相应的业务培养目标、业务培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化。原有的教材已经不能适应新专业的培养目标和教学要求,组织一套新的材料科学与工程专业系列教材已成为众多院校的翘首之盼。武汉理工大学出版社在教育部高等学校材料科学与工程专业教学指导委员会的指导和支持下,经过大量的调研,组织国内几十所大学材料科学与工程学科的知名教授组成“普通高等学校材料科学与工程类专业新编系列教材编审委员会”,共同编写了这套系列教材。

本套教材的主、参编人员及编委会顾问,遵照教育部材料科学与工程专业教学指导委员会的有关会议及文件精神,经过充分研讨,决定首批编写出版 14 种主干课程的教材,以尽快满足全国众多院校的教学需要,以后再根据专业方向的需要逐步增补。本套新编系列教材的编写具有以下特色:

**教材体系体现人才培养目标**——本套系列教材的编写体现了高等学校材料科学与工程专业的人才培养目标和教学要求,从整体上考虑材料科学与工程专业课程设置的课程和各门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时统一协调与整后合,组成一套完整的、各门课程有机联系的系列化教材。本套教材的编写除正文以外,还增加了本章内容提要、本章小结、思考题与习题等内容,以使教材既适合于教学需要,又便于学生自学。

**教材内容反映教改成果**——本套系列教材的编写坚持“少而精”的原则,紧跟教学内容和课程体系改革的步伐,教材内容注重更新,反映教学改革的阶段性成果,以适应 21 世纪材料科学与工程专业人才的培养要求。本套系列教材的编写中,凡涉及材料科学与工程学科的技术规范与标准,全部采用国家最新颁布实施的技术规范和标准。

**教材出版实现立体化**——本套教材努力使用和推广现代化的教学手段,实现立体化出版,凡具备条件的课程都将根据教学需要,及时组织编写、制作和出版相应的电子课件或教案,以适应教育方式的变革。

本套教材是在教育部颁布实施重新修订的本科专业目录后,组织全国多所高等学校材料科学与工程学科的具有丰富教学经验的教授们共同编写的一套面向新世纪、适应新专业的全新的系列教材。能够为新世纪我国材料科学与工程专业教材建设贡献微薄之力,自是我们应尽的责任和义务,我们感到十分欣慰。然而,正因其为一套开创性的系列教材,尽管我们的编审者、编辑出版者夙兴夜寐、尽心竭力,不敢稍有懈怠,它仍然还会存在缺点和不足。嚶其鸣矣,求其友声,我们诚恳希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提宝贵的意见和建议,以便我们不断修改、完善全套教材,共同为我国高等教育事业的发展作出贡献。

武汉理工大学出版社

# 前 言

(第 3 版)

为适应教育部面向 21 世纪材料类专业课程体系改革要求,加强学生的基础理论知识,调整知识结构,拓宽知识面,提高社会适应能力,培养高质量智能型、复合型人才,在原国家建材局人事教育司、无机非金属材料教学指导委员会和武汉工业大学出版社的大力支持下,由林宗寿任主编,李凝芳、赵修建、刘顺妮任副主编,1999 年编写出版了《无机非金属材料工学》教材。该教材是以无机非金属材料二级学科为专业方向,促进传统的三级学科间的联系、交叉和专业知识的相互利用。通过该课程的学习,使学生掌握无机非金属材料的制备原理和生产过程,工艺流程的共性和特点,并对无机非金属材料的性能、生产过程和应用有较全面的了解。

由于《无机非金属材料工学》这本教材在编写前,尚无类似的教材,属于第一次编写,必然存在一些不足之处,再加上许多国家标准的修改以及工艺的进步,设备的更新换代,因此,需要对该教材进行改编。为此,重新组织了由林宗寿任主编,赵修建、吴建锋、叶菁任副主编的教材改编小组,对该教材进行修改,形成了《无机非金属材料工学》第 2 版,于 2006 年 8 月出版。经两年多的教学实践,编写小组认为有必要再次进行修改,故产生了第 3 版《无机非金属材料工学》。

本版《无机非金属材料工学》共分为三篇:第一篇生产过程原理与设备;第二篇主要品种工艺原理与性能;第三篇环境保护。简明扼要地介绍了无机非金属材料各主要操作单元的原理及设备,无机非金属材料主要品种:水泥、玻璃、陶瓷、混凝土、耐火材料、气硬性胶凝材料、人工晶体的基本概念、生产工艺、产品性能以及无机非金属材料工业的环境保护。该书密切联系当前工厂生产实际和技术发展水平,尽量反映新工艺、新技术、新产品。

该书编写分工如下:林宗寿编写绪论、第 1 章、第 2 章、第 8 章的第 8.1 节和第 8.2 节、第 10 章、第 16 章、第 17 章和第 18 章;叶菁编写第 3 章、第 7 章;崔亚伟编写第 4 章;韩建军编写第 5 章、第 12 章的第 12.1 节;徐晓虹编写第 6 章、第 8 章的第 8.3 节、第 14 章;吴建锋编写第 13 章;万惠文编写第 9 章、第 11 章;刘启明和陶海征共同编写第 12 章的第 12.2 节;刘启明编写第 12 章的 12.3 节;王忠编写第 15 章。赵修建负责第 5 章、第 12 章的统稿;叶菁负责第 3 章、第 7 章的统稿;吴建锋负责第 6 章、第 8 章的第 8.3 节、第 13 章、第 14 章的统稿;其余章节由林宗寿统稿,全书内容取舍及章节编排由林宗寿负责。

本教材第一版由原武汉工业大学曹文聪、中国工程院院士吴中伟分别主审,在改编第 2 版时得到武汉理工大学谢俊林、刘书君、周立秋、何峰、伍洪标、陈元魁、邢伟宏等领导和同仁们的大力支持,在此表示衷心的感谢。特别是对第 1 版副主编李凝芳、刘顺妮两位教授的开创性工作表示敬意。对武汉理工大学出版社田道全、徐秋林为提高本教材的质量付出的艰辛劳动,致以诚挚的谢意。

由于本教材内容广泛,编者水平所限,不完善之处在所难免,希望同行和读者批评指正,以便再版时修改。

林宗寿

2008 年 7 月 于武汉

# 目 录

绪论	(1)
----	-----

## 第一篇 生产过程原理与设备

1 概述	(6)
1.1 无机非金属材料生产过程的共性与个性	(6)
1.1.1 无机非金属材料生产过程的共性	(6)
1.1.2 无机非金属材料生产过程的个性	(8)
1.2 无机非金属材料的几种典型生产工艺流程	(10)
1.2.1 水泥生产工艺流程	(10)
1.2.2 玻璃生产工艺流程	(12)
1.2.3 陶瓷生产工艺流程	(12)
思考题	(14)
2 原料与燃料	(15)
2.1 钙质原料	(15)
2.1.1 钙质原料的种类和性质	(15)
2.1.2 钙质原料在生产中的作用及其品质要求	(16)
2.1.3 钙质工业废渣	(16)
2.2 粘土类原料	(16)
2.2.1 粘土的成因与分类	(16)
2.2.2 粘土的组成	(17)
2.2.3 粘土的工艺性质	(18)
2.2.4 粘土质工业废渣	(20)
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(Crystalline Modification)	(22)
2.4 长石类原料	(23)
2.4.1 长石的种类和性质	(23)
2.4.2 长石在陶瓷和玻璃工业中的作用	(23)
2.4.3 长石的代用原料	(24)
2.5 其他原料	(24)
2.5.1 高铝质原料	(24)
2.5.2 镁质原料	(25)
2.5.3 铁质原料	(26)
2.5.4 $\text{Na}_2\text{O}$ 质原料	(26)

2.5.5	含硼原料	(27)
2.5.6	辅助性原料	(27)
2.6	燃料	(29)
2.6.1	燃料的种类	(29)
2.6.2	燃料组成及其换算	(29)
2.6.3	发热量与标准燃料	(31)
2.6.4	清洁燃料(洁净燃料)	(32)
	思考题	(34)
3	粉粒体制备	(35)
3.1	粉碎概论	(35)
3.1.1	粉碎的定义与分类	(35)
3.1.2	物料的硬度、脆性与强度	(35)
3.1.3	易碎性与易磨性	(36)
3.1.4	粉碎的施力方式	(36)
3.1.5	粉碎比	(37)
3.2	破碎	(37)
3.2.1	破碎机械分类与适用性	(37)
3.2.2	顎式破碎机	(38)
3.2.3	圆锥破碎机	(39)
3.2.4	锤式破碎机	(41)
3.2.5	反击式破碎机	(41)
3.2.6	辊式破碎机	(42)
3.3	粉磨	(43)
3.3.1	粉磨机械	(43)
3.3.2	球磨机	(43)
3.3.3	辊式磨	(46)
3.3.4	振动磨	(48)
3.4	分级	(49)
3.4.1	分级的定义与分类	(49)
3.4.2	分级机性能评价	(49)
3.4.3	筛分分级	(51)
3.4.4	流体分级	(52)
3.5	粉体的合成制备方法	(54)
3.5.1	气相合成法	(54)
3.5.2	固相合成法	(55)
3.5.3	液相合成法	(55)
	思考题	(56)
4	物料输送及混合	(57)
4.1	气力输送	(57)



4.1.1	气力输送装置的类型	(57)
4.1.2	气力输送装置的主要部件	(58)
4.1.3	空气输送斜槽	(61)
4.2	连续输送机械	(62)
4.2.1	皮带输送机(Belt Conveyor)	(62)
4.2.2	螺旋输送机(Screw Conveyor)	(63)
4.2.3	斗式提升机(Bucket Elevator)	(64)
4.2.4	埋刮板输送机(Continuous Conveyor)	(65)
4.2.5	振动输送机(Vibrating Conveyor)	(66)
4.3	供料	(67)
4.4	混合	(69)
4.4.1	混合度	(69)
4.4.2	混合机类型	(70)
4.4.3	混合机理	(72)
4.4.4	影响混合的因素	(72)
	思考题	(73)
5	熔化和相变	(74)
5.1	熔化	(74)
5.1.1	概述	(74)
5.1.2	熔化设备——熔窑	(75)
5.1.3	玻璃池窑中的热传递与玻璃液流动	(77)
5.2	熔体和玻璃体的相变	(79)
5.2.1	熔体和玻璃体的成核与晶体生长过程	(79)
5.2.2	微晶玻璃	(81)
5.2.3	熔铸耐火材料的晶化	(82)
5.2.4	玻璃的分相	(82)
5.2.5	结晶窑	(85)
	思考题	(86)
6	成型	(87)
6.1	概述	(87)
6.2	流变学基本知识	(87)
6.2.1	三种基本变形及三种理想体的流变模型	(87)
6.2.2	胀流性液体与假塑性液体	(88)
6.2.3	流变模型与本构方程	(89)
6.2.4	流动曲线、应力曲线和应变曲线	(90)
6.2.5	徐变曲线和松弛曲线	(91)
6.2.6	触变性与反触变性	(92)
6.3	浆料的成型	(92)
6.3.1	混凝土浆体的密实成型	(92)

6.3.2	陶瓷注浆成型	(94)
6.4	玻璃熔体的成型与退火	(97)
6.4.1	玻璃的主要成型性质	(97)
6.4.2	成型制度的制定	(98)
6.4.3	吹制成型(Blow Process)	(99)
6.4.4	拉制成型(Drawing Process)	(100)
6.4.5	浮法生产平板玻璃	(101)
6.5	可塑成型	(105)
6.5.1	可塑泥料的流变特性	(105)
6.5.2	挤压成型	(106)
6.5.3	旋坯成型	(106)
6.5.4	滚压成型	(106)
6.5.5	塑压成型	(107)
6.6	粉料压制成型	(107)
6.6.1	压制成型工艺原理	(107)
6.6.2	压制成型对粉料的要求	(108)
6.6.3	压制设备	(109)
6.7	粒化	(110)
6.7.1	转动粒化	(111)
6.7.2	喷雾干燥造粒	(111)
	思考题	(112)
7	脱水与干燥	(113)
7.1	物料的去湿方法	(113)
7.2	干燥的物理过程	(113)
7.2.1	物料与水分的结合方式	(113)
7.2.2	物料与结合水分的平衡关系	(114)
7.2.3	物料干燥过程	(114)
7.2.4	干燥收缩及制品变形	(115)
7.3	脱水设备	(116)
7.3.1	浓缩	(116)
7.3.2	过滤	(117)
7.4	干燥设备	(118)
7.4.1	干燥器的分类	(118)
7.4.2	干燥器的选择	(118)
7.4.3	干燥器	(119)
7.4.4	干燥技术的新发展	(122)
	思考题	(122)
8	煅烧与烧成	(123)
8.1	概述	(123)

8.1.1	热量传递(Heat Transfer) .....	(123)
8.1.2	质量传递(Mass Transfer) .....	(123)
8.1.3	动量传递(Momentum Transfer) .....	(124)
8.2	水泥熟料的煨烧 .....	(124)
8.2.1	水泥熟料的形成 .....	(124)
8.2.2	水泥熟料煨烧设备的分类 .....	(124)
8.2.3	悬浮预热器(Suspension Preheater) .....	(125)
8.2.4	分解炉 .....	(130)
8.2.5	回转窑 .....	(135)
8.2.6	熟料冷却机(Clinker Cooler) .....	(137)
8.3	陶瓷的烧成 .....	(139)
8.3.1	坯、釉在烧成过程中的物理化学变化 .....	(139)
8.3.2	烧成制度的制定 .....	(141)
8.3.3	陶瓷烧成设备——窑炉 .....	(143)
	思考题 .....	(154)

## 第二篇 主要品种工艺原理与性能

9	气硬性无机胶凝材料 .....	(156)
9.1	石灰 .....	(156)
9.1.1	石灰的原料及制备 .....	(156)
9.1.2	生石灰的熟化和硬化 .....	(157)
9.1.3	石灰的应用 .....	(157)
9.2	石膏及其制品 .....	(158)
9.2.1	石膏胶凝材料的生产 .....	(158)
9.2.2	半水石膏的凝结与硬化 .....	(158)
9.2.3	建筑石膏的性质和技术要求 .....	(159)
9.2.4	建筑石膏的应用 .....	(160)
9.3	镁质胶凝材料 .....	(160)
9.3.1	镁质胶凝材料的生产 .....	(160)
9.3.2	镁质胶凝材料浆的制取和硬化性能 .....	(161)
9.3.3	镁质胶凝材料的应用 .....	(162)
9.4	水玻璃 .....	(162)
9.4.1	水玻璃的硬化 .....	(162)
9.4.2	水玻璃的性质 .....	(163)
9.4.3	水玻璃的用途 .....	(163)
	思考题 .....	(163)
10	水泥 .....	(164)
10.1	硅酸盐水泥熟料的组成 .....	(164)
10.1.1	熟料化学成分及矿物组成 .....	(164)

10.1.2	熟料的率值	(167)
10.1.3	熟料矿物组成的计算	(170)
10.2	硅酸盐水泥生料的配合	(172)
10.2.1	熟料组成设计	(172)
10.2.2	生料配比计算	(174)
10.3	硅酸盐水泥熟料的煅烧	(177)
10.3.1	干燥与脱水	(177)
10.3.2	碳酸盐分解	(177)
10.3.3	固相反应	(178)
10.3.4	熟料的烧结	(179)
10.3.5	熟料的冷却	(181)
10.3.6	其他组分的作用	(182)
10.3.7	熟料热耗	(184)
10.4	硅酸盐水泥的制成	(186)
10.4.1	水泥混合材料	(187)
10.4.2	通用硅酸盐水泥定义、分类及技术要求	(190)
10.4.3	石灰石硅酸盐水泥	(194)
10.4.4	水泥粉磨的工艺流程	(195)
10.4.5	影响水泥粉磨产、质量的因素	(195)
10.4.6	水泥储存与均化	(196)
10.4.7	水泥包装与散装	(197)
10.5	硅酸盐水泥的水化和硬化	(197)
10.5.1	熟料矿物的水化	(197)
10.5.2	硅酸盐水泥的水化	(200)
10.5.3	水化速率与凝结时间的调节	(201)
10.5.4	水化热	(202)
10.5.5	体积变化	(203)
10.5.6	水泥石的结构	(203)
10.6	掺混合材料的硅酸盐水泥的水化和硬化	(204)
10.6.1	矿渣水泥的水化和硬化	(204)
10.6.2	火山灰水泥的水化和硬化	(205)
10.6.3	粉煤灰水泥的水化和硬化	(206)
10.6.4	石灰石硅酸盐水泥的水化和硬化	(206)
10.7	硅酸盐水泥的化学侵蚀	(206)
10.7.1	淡水侵蚀	(207)
10.7.2	酸和酸性水侵蚀	(207)
10.7.3	硫酸盐侵蚀	(208)
10.7.4	含碱溶液侵蚀	(209)
10.7.5	提高水泥抗蚀性的措施	(209)

10.8	特性水泥和专用水泥	(210)
10.8.1	快硬和特快硬水泥	(210)
10.8.2	抗硫酸盐、中低热及道路水泥	(213)
10.8.3	膨胀和自应力水泥	(216)
10.8.4	油井水泥	(217)
10.8.5	装饰水泥	(218)
10.8.6	砌筑水泥	(219)
	思考题	(220)
11	混凝土	(223)
11.1	概述	(223)
11.1.1	混凝土的定义及分类	(223)
11.1.2	混凝土的特点	(223)
11.1.3	对混凝土的基本要求	(224)
11.2	普通混凝土的组成材料	(224)
11.2.1	水泥	(225)
11.2.2	细骨料	(226)
11.2.3	粗骨料	(228)
11.2.4	混凝土拌和用水和养护用水	(232)
11.3	混凝土的主要技术性质	(233)
11.3.1	混凝土拌合物的和易性	(233)
11.3.2	混凝土的强度	(236)
11.3.3	混凝土的变形性能	(239)
11.3.4	混凝土的耐久性	(242)
11.4	混凝土外加剂	(244)
11.4.1	混凝土外加剂分类	(244)
11.4.2	减水剂	(245)
11.4.3	引气剂	(247)
11.4.4	缓凝剂	(247)
11.4.5	速凝剂	(248)
11.4.6	使用外加剂的注意事项	(248)
11.5	混凝土配合比设计	(249)
11.5.1	混凝土配合比参数的确定	(249)
11.5.2	混凝土配合比设计的步骤	(249)
11.5.3	混凝土配合比设计实例	(252)
11.6	其他品种混凝土	(254)
11.6.1	高性能混凝土(HPC, High Performance Concrete)	(254)
11.6.2	轻骨料混凝土(Light Weight Aggregate Concrete)	(255)
11.6.3	耐酸混凝土(Acid-Resistance Concrete)	(257)
11.6.4	纤维增强混凝土(Fiber Reinforced Concrete, FRC)	(257)

11.6.5	聚合物混凝土 (Concrete-Polymer Material) .....	(258)
	思考题 .....	(259)
<b>12</b>	<b>玻璃</b> .....	(260)
12.1	概述 .....	(260)
12.1.1	玻璃的种类及特性 .....	(260)
12.1.2	硅酸盐玻璃的组成与结构 .....	(260)
12.1.3	玻璃的结构因素与性质 .....	(261)
12.1.4	主要硅酸盐玻璃制品的种类、用途 .....	(268)
12.2	玻璃原料与制品加工 .....	(273)
12.2.1	原料及配合料的制备 .....	(273)
12.2.2	玻璃制品的加工 .....	(280)
12.3	特种玻璃 .....	(288)
12.3.1	特种玻璃概述 .....	(289)
12.3.2	光导纤维 .....	(293)
12.3.3	激光玻璃 .....	(296)
12.3.4	光致变色玻璃 .....	(296)
12.3.5	非线性光学玻璃 .....	(297)
12.3.6	快离子导体玻璃 .....	(298)
12.3.7	生物功能玻璃 .....	(300)
12.3.8	多孔玻璃 .....	(301)
	思考题 .....	(303)
<b>13</b>	<b>陶瓷</b> .....	(304)
13.1	概述 .....	(304)
13.1.1	陶瓷的定义与分类 .....	(304)
13.1.2	陶瓷的组成、结构与性能 .....	(306)
13.1.3	普通陶瓷品种 .....	(308)
13.2	坯料及制备 .....	(312)
13.2.1	坯用原料及其氧化物在坯中的作用 .....	(312)
13.2.2	确定坯料配方的原则 .....	(313)
13.2.3	坯体组成的表示方法 .....	(313)
13.2.4	配料计算 .....	(314)
13.2.5	坯料制备 .....	(320)
13.2.6	调整坯料性能的添加剂 .....	(324)
13.3	成型 .....	(326)
13.4	釉料及色料 .....	(328)
13.4.1	釉的作用及分类 .....	(328)
13.4.2	釉层的性质 .....	(329)
13.4.3	坯釉适应性 .....	(331)
13.4.4	釉料的组成与制釉原料 .....	(332)

13.4.5	釉料配制原则	(334)
13.4.6	配料计算	(334)
13.4.7	釉料制备	(339)
13.4.8	施釉	(340)
13.4.9	陶瓷色釉料	(341)
13.5	烧成方式的选择和陶瓷产品的缺陷分析	(345)
13.5.1	烧成方式的选择	(345)
13.5.2	陶瓷的缺陷分析	(346)
13.6	特种陶瓷	(349)
13.6.1	结构陶瓷	(350)
13.6.2	功能陶瓷	(354)
	思考题	(363)
<b>14</b>	<b>耐火材料</b>	<b>(365)</b>
14.1	概述	(365)
14.1.1	耐火材料的定义和分类	(365)
14.1.2	耐火材料的组成与性质	(365)
14.1.3	耐火材料生产工艺过程	(367)
14.1.4	耐火材料的应用领域	(368)
14.2	硅酸铝质耐火材料	(369)
14.2.1	硅酸铝质耐火材料生产的物理化学基础	(369)
14.2.2	粘土质耐火材料	(370)
14.2.3	高铝质耐火材料(High-Alumina Refractory)	(370)
14.3	硅质耐火材料	(371)
14.3.1	硅质耐火材料生产的物理化学原理	(371)
14.3.2	硅砖的生产工艺要点	(372)
14.3.3	白泡石砖(天然硅砖)	(372)
14.3.4	石英玻璃制品	(373)
14.4	镁质耐火材料	(373)
14.4.1	镁质耐火材料生产的物化基础	(373)
14.4.2	镁质耐火材料的主要品种及生产	(376)
14.4.3	镁质耐火材料的应用	(377)
14.5	熔铸耐火材料	(378)
14.5.1	熔铸莫来石耐火材料(Fused Cast Mullite Refractory)	(378)
14.5.2	熔铸锆刚玉耐火材料(Fused Cast Zirconia-Alumina Refractory)	(378)
14.5.3	熔铸高铝耐火材料(Fused Cast High Alumina Refractory)	(378)
14.6	轻质耐火材料	(379)
14.6.1	轻质耐火材料的生产方法	(379)
14.6.2	几种主要轻质耐火材料的性能	(380)
14.6.3	耐火纤维	(382)

14.6.4	氧化铝、氧化锆空心球及其制品	(384)
14.7	不定形耐火材料	(385)
14.7.1	浇注耐火材料	(386)
14.7.2	可塑耐火材料	(387)
14.7.3	其他不定形耐火材料	(388)
14.8	含碳质耐火材料	(389)
14.8.1	碳素耐火材料(Carbon Refractory)	(389)
14.8.2	石墨耐火材料(Graphite Refractory)	(389)
14.8.3	碳化硅耐火制品	(390)
14.9	特种耐火材料简介	(391)
14.9.1	概述	(391)
14.9.2	特种耐火材料与普通耐火材料的区别	(392)
14.9.3	特种耐火材料的用途	(393)
14.9.4	国内外特种耐火材料及发展趋势	(393)
	思考题	(396)
<b>15</b>	<b>人工晶体</b>	(397)
15.1	晶体的分类及应用	(397)
15.1.1	半导体晶体(Semiconductor Crystal)	(398)
15.1.2	压电晶体(Piezoelectric Crystal)	(398)
15.1.3	硬质晶体(Rigid Crystal)	(398)
15.1.4	非线性晶体(Nonlinear Optical Crystal)	(398)
15.1.5	光学晶体(Optical Crystal)	(398)
15.1.6	激光晶体(Laser Crystal)	(399)
15.1.7	电光晶体(Electro-Optical Crystal)	(399)
15.1.8	磁光晶体(Magneto-Optical Crystal)	(399)
15.1.9	热释电晶体(Pyroelectric Crystal)	(399)
15.1.10	铁电晶体(Ferroelectric Crystal)	(399)
15.1.11	X射线分光晶体(X-Ray Spectroscopy Crystal)	(399)
15.1.12	闪烁晶体(Scintillation Crystal)	(400)
15.2	晶体生长	(400)
15.2.1	晶体生长热力学	(400)
15.2.2	晶体生长动力学	(403)
15.3	晶体生长方法	(408)
15.3.1	从熔体中生长晶体	(408)
15.3.2	低温溶液生长	(410)
15.3.3	高温溶液生长	(412)
15.3.4	水热法生长	(415)
	思考题	(415)



## 第三篇 环境保护

<b>16 大气污染及其防治</b> .....	(416)
16.1 烟尘和粉尘的污染及其防治.....	(417)
16.1.1 烟尘及粉尘的危害.....	(417)
16.1.2 粉尘的基本性质.....	(417)
16.1.3 烟尘污染的防治.....	(419)
16.1.4 粉尘污染的防治.....	(420)
16.2 除尘设备.....	(422)
16.2.1 沉降室.....	(422)
16.2.2 惯性除尘器.....	(422)
16.2.3 旋风除尘器.....	(423)
16.2.4 袋式除尘器.....	(423)
16.2.5 颗粒层除尘器.....	(424)
16.2.6 湿式除尘器.....	(425)
16.2.7 电除尘器.....	(427)
16.2.8 除尘效率的计算.....	(427)
16.2.9 除尘设备的适应性.....	(429)
16.3 废气的污染及其防治.....	(429)
16.3.1 硫氧化物的危害及其防治.....	(429)
16.3.2 氮氧化物的危害及其防治.....	(431)
16.3.3 碳氧化物的危害及其防治.....	(432)
16.3.4 含氟废气的危害及其防治.....	(433)
16.3.5 含镉废气的危害及其防治.....	(434)
16.3.6 含铅废气的危害及其防治.....	(435)
16.3.7 含砷废气的危害及其防治.....	(435)
思考题.....	(436)
<b>17 废水污染及其处理</b> .....	(437)
17.1 概述.....	(437)
17.2 含固体悬浮物废水的危害及其处理.....	(438)
17.2.1 固体悬浮物的危害.....	(438)
17.2.2 含固体悬浮物废水的处理.....	(438)
17.3 含酚废水的危害及其处理.....	(440)
17.3.1 酚的危害.....	(440)
17.3.2 含酚废水的处理.....	(440)
17.4 含氟废水的处理.....	(441)
17.4.1 石灰-二氧化碳曝气法.....	(441)
17.4.2 镁盐-石灰法.....	(441)
17.5 含砷废水的处理.....	(442)