

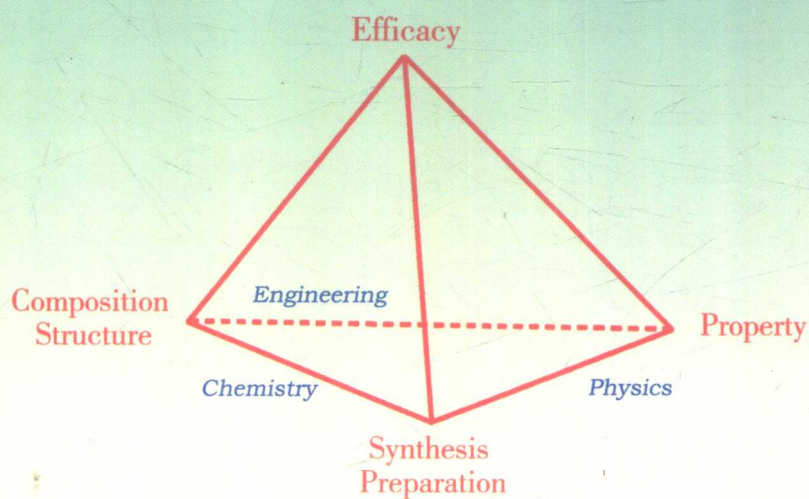
普通高等学校材料科学与工程类专业新编系列教材

Inorganic Nonmetallic Materials Technology

无机非金属材料工学

(第5版)

◎ 主 编 林宗寿
副主编 赵修建 叶 菁 徐晓虹
审稿人 王国梅 管宗甫 刘晓存 陶海征
邢伟宏 李 宏 王传彬 黄 赞



 武汉理工大学出版社
WUTP 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 Nonmetallic Materials Technology

无机非金属材料工学

(第5版)

主 编	林宗寿				
副主编	赵修建	叶 菁	徐晓虹		
审稿人	王国梅	管宗甫	刘晓存	陶海征	
	邢伟宏	李 宏	王传彬	黄 贇	



武汉理工大学出版社

Wuhan University of Technology Press

图书在版编目(CIP)数据

无机非金属材料工学/林宗寿主编.—5版.—武汉:武汉理工大学出版社,2019.1
ISBN 978-7-5629-5716-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 013835 号

项目负责人:田道全

责任编辑:田道全

责任校对:陈平

封面设计:兴和设计

出版发行:武汉理工大学出版社

社址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮编:430070

网址:<http://www.wutp.com.cn>

经销:各地新华书店

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:880×1230 1/16

印张:41.25

字数:1220 千字

版次:2019 年 1 月第 5 版

印次:2019 年 1 月第 1 次印刷 总第 18 次印刷

印数:48001—51000 册

定价:98.00 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。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·



主编简介

林宗寿，福建福鼎人，生于1957年；1975年毕业于福建省福鼎四中后上山下乡；1977年恢复高考后考取同济大学水泥专业，1981年12月毕业；1985年6月研究生毕业于武汉工业大学无机非金属材料专业；1990年从日本东京工业大学进修后回国。

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，第十一届全国政协委员，全国政协人口资源环境委员会委员；全国“五一”劳动奖章获得者，享受国务院特殊津贴专家。

主要从事水泥化学及工艺过程研究。共获专利权33项；计算机软件版权5项；发表论文120余篇；主编《无机非金属材料工学》、《水泥工艺学》、《胶凝材料学》和Cementitious Materials Science等教材；编著《水泥十万个为什么》（10卷）及《过硫磷石膏矿渣水泥与混凝土》、《水泥起砂成因与对策》、《矿渣基生态水泥》等著作；创建武汉亿胜科技有限公司；主持国家“863”等课题多项；获得国家重点新产品一项、湖北省科技进步一等奖两项及国家自然资源综合利用优秀成果奖等多项奖励。

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,及时组织并且实施了面向 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帮助下,经过大量的调研,组织了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培养目标和教学要求,从整体上考虑材料科学与工程专业的课程设置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,组成了一套完整的、各门课程有机联系的系列化教材。本套系列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。

本套系列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的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,因其为一套开创性的系列教材,所以尽管我们的编审者、编辑出版者夙兴夜寐、尽心竭力,不敢稍有懈怠,但它仍然还会存在着缺点和不足。嚶其鸣矣,求其友声,我们诚恳希望选用本套系列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,以便使我们不断地修改、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

各章教学时数建议

序号	章	学时	序号	章	学时
1	0	2	10	9	4
2	1		11	10	12
3	2	4	12	11	8
4	3	6	13	12	10
5	4	4	14	13	14
6	5	4	15	14	6
7	6	4	16	15	4
8	7	2	17	16	6
9	8	8	18	机动	2

《无机非金属材料工学》(第5版),由武汉理工大学王国梅、陶海征、邢伟宏、李宏、王传彬、黄赟,郑州大学管宗甫,济南大学刘晓存担任审稿人,在此表示衷心感谢。特别对曾经担任过本教材副主编的李凝芳、刘顺妮、吴建锋三位教授的贡献表示敬意。对武汉理工大学出版社曹文聪同志、田道全同志、徐秋林同志为提高本教材的编写质量所付出的辛勤劳动,致以诚挚的谢意。

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

林宗寿

2018年12月于武汉

目 录

0 绪论	(1)
0.1 无机非金属材料的定义与分类	(1)
0.2 无机非金属材料的发展简史	(1)
0.3 无机非金属材料的地位和作用	(2)
0.4 无机非金属材料工业的进展	(4)
0.5 无机非金属材料的展望	(5)
参考文献	(6)

上篇 生产单元与设备

1 概述	(9)
1.1 无机非金属材料生产过程的“共性”	(10)
1.1.1 原料	(10)
1.1.2 粉体的制备与运输	(11)
1.1.3 高温加热(热处理)	(11)
1.1.4 成型	(11)
1.1.5 干燥	(11)
1.2 无机非金属材料生产过程的“个性”	(12)
1.2.1 胶凝材料类	(12)
1.2.2 玻璃、玻璃纤维、铸石和人工晶体类	(12)
1.2.3 砖瓦、陶瓷和耐火材料类	(13)
1.2.4 其他材料类	(13)
1.3 无机非金属材料的几种典型生产工艺流程	(13)
1.3.1 水泥生产工艺流程	(13)
1.3.2 陶瓷生产工艺流程	(14)
1.3.3 玻璃生产工艺流程	(14)
习题	(18)
参考文献	(18)
2 原料与燃料	(19)
2.1 石英类原料	(19)
2.1.1 石英类原料的种类	(19)
2.1.2 石英类原料的应用	(20)
2.1.3 石英的晶型转化	(20)
2.2 黏土类原料	(21)
2.2.1 黏土的成因与分类	(21)

2.2.2	黏土的组成	(22)
2.2.3	黏土的工艺性质	(23)
2.2.4	黏土质工业固体废弃物	(26)
2.3	钙质原料	(27)
2.3.1	天然钙质原料的种类和性质	(27)
2.3.2	天然钙质原料在生产中的作用及其品质要求	(27)
2.3.3	钙质工业固体废弃物	(28)
2.4	长石类原料	(29)
2.4.1	长石的种类和性质	(29)
2.4.2	长石在陶瓷和玻璃工业中的作用	(29)
2.4.3	长石的替代原料	(30)
2.5	其他原料	(30)
2.5.1	高铝质原料	(30)
2.5.2	镁质原料	(31)
2.5.3	铁质原料	(32)
2.5.4	氧化钠质原料	(32)
2.5.5	含硼原料	(33)
2.5.6	含锂矿物	(33)
2.5.7	瓷石	(34)
2.5.8	绢云母	(34)
2.5.9	透辉石	(35)
2.5.10	辅助性原料	(35)
2.6	燃料	(37)
2.6.1	固体和液体燃料的组成及其换算关系	(37)
2.6.2	气体燃料	(39)
2.6.3	发热量与标准燃料	(39)
2.6.4	其他燃料	(40)
	习题	(42)
	参考文献	(42)
3	粉粒体的制备	(43)
3.1	粉碎概论	(43)
3.1.1	粉碎的定义与分类	(43)
3.1.2	物料硬度、脆性与韧性及机械强度	(43)
3.1.3	易碎性(易磨性)	(45)
3.1.4	粉碎的施力方式	(45)
3.1.5	粉碎比	(46)
3.2	破碎	(46)
3.2.1	破碎机械分类与适用性	(46)
3.2.2	顎式破碎机	(47)
3.2.3	圆锥破碎机	(48)
3.2.4	锤式破碎机	(49)
3.2.5	反击式破碎机	(49)

3.3 粉磨	(50)
3.3.1 慢速磨机	(50)
3.3.2 辊压机	(53)
3.3.3 辊筒磨机	(54)
3.3.4 辊式磨机	(54)
3.4 超细粉碎	(56)
3.4.1 超细粉碎机械的分类	(56)
3.4.2 超细粉碎机械	(57)
3.5 分级	(60)
3.5.1 分级机的分类	(60)
3.5.2 分级机的性能评价	(61)
3.5.3 筛分分级	(62)
3.5.4 流体分级	(63)
3.6 粉磨系统比较	(65)
3.6.1 几种典型的粉磨系统	(65)
3.6.2 水泥生产粉磨系统	(67)
3.7 超微粉体的合成	(69)
3.7.1 超微粉体合成方法的分类	(69)
3.7.2 超微粉体合成的气相法	(70)
3.7.3 超微粉体合成液相法	(73)
3.7.4 超微粉体合成固相法	(83)
习题	(85)
参考文献	(85)
4 输送、混合与均化	(86)
4.1 气力输送系统	(86)
4.1.1 气力输送系统的分类与特性	(86)
4.1.2 气力输送系统	(87)
4.2 连续输送机械	(93)
4.2.1 胶带输送机	(93)
4.2.2 螺旋输送机	(94)
4.2.3 斗式提升机	(95)
4.2.4 链式输送机	(96)
4.2.5 振动输送机	(98)
4.3 供料与给料装置	(99)
4.4 混合	(100)
4.4.1 混合状态的表征	(101)
4.4.2 混合机的类型	(101)
4.4.3 间歇式混合机	(102)
4.4.4 连续式混合机	(103)
4.4.5 气力式混合机	(103)
4.4.6 混合机的选择	(104)
4.5 均化	(104)

4.5.1	原料与燃料的预均化堆场	(104)
4.5.2	生料的均化	(106)
	习题	(109)
	参考文献	(109)
5	熔化与相变	(110)
5.1	熔化	(110)
5.1.1	概述	(110)
5.1.2	熔窑	(112)
5.1.3	玻璃池窑中的热传递与玻璃液流动	(114)
5.1.4	玻璃的熔制过程	(115)
5.1.5	配合料的加热反应	(116)
5.2	相变	(119)
5.2.1	熔体和玻璃体的晶核形成与晶体生长过程	(119)
5.2.2	玻璃的分相	(122)
5.2.3	微晶玻璃	(126)
5.2.4	熔铸耐火材料的晶化	(130)
5.2.5	结晶窑	(130)
	习题	(131)
	参考文献	(131)
6	成型	(132)
6.1	浆料的成型	(132)
6.1.1	混凝土浆体的密实成型	(132)
6.1.2	陶瓷注浆成型	(134)
6.2	玻璃熔体的成型与退火	(138)
6.2.1	玻璃熔体的主要成型性质	(138)
6.2.2	成型制度	(139)
6.2.3	吹制成型	(140)
6.2.4	拉制成型	(141)
6.2.5	浮法生产平板玻璃	(142)
6.2.6	玻璃的退火处理	(145)
6.3	可塑成型	(147)
6.3.1	可塑泥料的流变特性	(147)
6.3.2	挤压成型	(148)
6.3.3	旋坯成型	(149)
6.3.4	滚压成型	(149)
6.3.5	塑压成型	(149)
6.4	粉料压制成型	(150)
6.4.1	压制成型的工艺原理	(150)
6.4.2	压制成型对粉料的要求	(151)
6.5	陶瓷成型新技术	(152)
6.5.1	胶态成型	(152)
6.5.2	注射成型	(154)

6.5.3	离心沉积成型	(156)
6.5.4	电泳沉积成型	(156)
6.5.5	无模成型	(157)
6.5.6	自反应喷射成型	(157)
6.5.7	压滤成型	(158)
6.5.8	喷吹成型	(159)
6.5.9	浸渍成型	(159)
6.5.10	电弧喷涂成型	(159)
6.5.11	爆炸烧结成型	(160)
	习题	(161)
	参考文献	(161)
7	脱水与干燥	(162)
7.1	物料的去湿方法	(162)
7.2	干燥的物理过程	(162)
7.2.1	物料与水分的结合形式	(162)
7.2.2	物料与结合水分的平衡关系	(163)
7.2.3	物料干燥过程	(163)
7.2.4	干燥收缩及制品变形	(164)
7.3	脱水设备	(165)
7.3.1	浓缩	(165)
7.3.2	过滤	(167)
7.4	干燥设备	(169)
7.4.1	干燥方法与干燥器的选型	(169)
7.4.2	干燥器	(170)
	习题	(173)
	参考文献	(174)
8	煅烧与烧成	(175)
8.1	水泥熟料的煅烧	(175)
8.1.1	水泥熟料煅烧设备的分类	(175)
8.1.2	悬浮预热器	(177)
8.1.3	分解炉	(181)
8.1.4	回转窑	(191)
8.1.5	水泥熟料冷却机	(193)
8.1.6	燃烧器	(194)
8.1.7	增湿塔	(196)
8.1.8	余热发电	(197)
8.2	陶瓷的烧成	(198)
8.2.1	黏土、长石和石英原料在烧成过程中的变化	(198)
8.2.2	坯和釉在烧成过程中的物理化学变化	(199)
8.2.3	烧成制度的制定	(201)
8.2.4	陶瓷烧成设备——窑炉	(203)
8.2.5	先进陶瓷的烧结方法简介	(214)

8.2.6 节能减排的燃烧技术	(218)
习题	(220)
参考文献	(221)
9 大气污染与防治	(223)
9.1 粉尘的污染与防治	(224)
9.1.1 粉尘的产生	(224)
9.1.2 粉尘的性质与危害	(224)
9.1.3 粉尘的治理技术	(227)
9.1.4 粉尘治理设备的工作原理	(230)
9.2 氮氧化合物的污染与防治	(237)
9.2.1 氮氧化合物的危害	(237)
9.2.2 氮氧化合物的产生	(237)
9.2.3 氮氧化合物的治理技术	(238)
9.3 二氧化硫的污染与防治	(243)
9.3.1 二氧化硫的危害	(243)
9.3.2 二氧化硫的产生	(243)
9.3.3 二氧化硫的治理技术	(244)
习题	(252)
参考文献	(252)

下篇 主要品种与性能

10 水泥	(255)
10.1 硅酸盐水泥熟料的组成	(256)
10.1.1 水泥熟料的化学成分及矿物组成	(256)
10.1.2 水泥熟料的率值	(259)
10.1.3 水泥熟料的矿物组成的计算方法	(262)
10.2 硅酸盐水泥生料的配合	(265)
10.2.1 水泥熟料的配料方案设计	(265)
10.2.2 水泥生料的配合比的计算方法	(267)
10.3 硅酸盐水泥熟料的煅烧	(270)
10.3.1 水泥生料的干燥与脱水	(270)
10.3.2 碳酸盐的分解	(271)
10.3.3 固相反应	(272)
10.3.4 水泥熟料的烧结	(273)
10.3.5 水泥熟料的冷却	(275)
10.3.6 其他组分的作用	(276)
10.3.7 水泥熟料单位质量热耗	(278)
10.4 硅酸盐水泥的制成与标准	(280)
10.4.1 混合材料	(280)
10.4.2 通用硅酸盐水泥的定义、分类及技术要求	(289)
10.4.3 石灰石硅酸盐水泥	(294)
10.4.4 水泥的粉磨	(295)

10.4.5	水泥的储存与均化	(297)
10.4.6	水泥的包装与散装	(297)
10.5	硅酸盐水泥的水化和硬化	(298)
10.5.1	水泥熟料矿物的水化	(298)
10.5.2	硅酸盐水泥的水化	(302)
10.5.3	水化速率与凝结时间的调节	(303)
10.5.4	水化热	(304)
10.5.5	体积变化	(304)
10.5.6	水泥石的结构	(305)
10.6	掺有混合材料的硅酸盐水泥的水化和硬化	(306)
10.6.1	矿渣硅酸盐水泥的水化和硬化	(306)
10.6.2	火山灰质硅酸盐水泥的水化和硬化	(307)
10.6.3	粉煤灰硅酸盐水泥的水化和硬化	(307)
10.6.4	石灰石硅酸盐水泥的水化和硬化	(308)
10.7	硅酸盐水泥的化学侵蚀	(308)
10.7.1	淡水的侵蚀	(308)
10.7.2	酸和酸性水的侵蚀	(309)
10.7.3	硫酸盐的侵蚀	(310)
10.7.4	含碱溶液的侵蚀	(310)
10.7.5	提高水泥抗蚀性的措施	(311)
10.8	特种水泥	(311)
10.8.1	快硬硅酸盐水泥与特快硬硅酸盐水泥	(311)
10.8.2	铝酸盐水泥	(314)
10.8.3	抗硫酸盐、中低热及道路硅酸盐水泥	(316)
10.8.4	膨胀水泥和自应力水泥	(320)
10.8.5	油井水泥	(325)
10.8.6	装饰水泥	(329)
10.8.7	砌筑水泥	(330)
10.8.8	过硫石膏矿渣水泥	(331)
	习题	(332)
	参考文献	(334)
11	混凝土	(335)
11.1	混凝土的组成材料	(336)
11.1.1	水泥	(337)
11.1.2	细集料	(338)
11.1.3	粗集料	(341)
11.1.4	混凝土拌和用水和养护用水	(345)
11.1.5	混凝土外加剂	(346)
11.1.6	矿物掺和料	(352)
11.2	混凝土的主要技术性质	(357)
11.2.1	混凝土拌和物的工作性	(357)
11.2.2	混凝土的强度	(360)

11.2.3	混凝土的形变性能	(364)
11.2.4	混凝土的耐久性	(366)
11.3	混凝土配合比设计	(368)
11.3.1	混凝土初步配合比计算	(368)
11.3.2	混凝土的试配与调整	(375)
11.3.3	混凝土配合比设计实例	(377)
11.4	特种混凝土	(381)
11.4.1	轻集料混凝土	(381)
11.4.2	多孔混凝土	(382)
11.4.3	水玻璃耐酸混凝土	(383)
11.4.4	大体积混凝土	(383)
11.4.5	纤维增强混凝土	(384)
11.4.6	聚合物混凝土	(385)
	习题	(386)
	参考文献	(388)
12	玻璃	(389)
12.1	玻璃的通性	(389)
12.2	玻璃的分类	(390)
12.2.1	普通工业玻璃的分类	(390)
12.2.2	特种玻璃的分类	(392)
12.3	硅酸盐玻璃的组成、结构与性质	(396)
12.3.1	硅酸盐玻璃的组成	(396)
12.3.2	玻璃的结构	(398)
12.3.3	玻璃的性质	(400)
12.4	普通玻璃配合料的制备	(409)
12.4.1	玻璃组成的设计与确定	(409)
12.4.2	玻璃配合料的计算	(409)
12.4.3	玻璃配合料的制备要求	(414)
12.4.4	玻璃的着色	(416)
12.5	玻璃体的缺陷	(421)
12.5.1	气泡	(421)
12.5.2	结石	(422)
12.6	玻璃制品的加工	(423)
12.6.1	玻璃的冷加工	(423)
12.6.2	玻璃的热加工	(423)
12.6.3	玻璃的表面处理	(424)
12.7	玻璃的品种	(425)
12.7.1	平板玻璃	(425)
12.7.2	深加工玻璃	(427)
12.7.3	其他建筑玻璃	(439)
12.7.4	特种玻璃	(441)
	习题	(455)

参考文献	(455)
13 陶瓷	(456)
13.1 绪论	(456)
13.1.1 陶瓷的定义与分类	(456)
13.1.2 陶瓷的组成、结构与性能	(459)
13.1.3 普通陶瓷品种	(460)
13.2 陶瓷坯料及其制备	(465)
13.2.1 陶瓷坯体所用原料及其氧化物在坯体中的作用	(465)
13.2.2 确定陶瓷坯料配方的原则	(467)
13.2.3 陶瓷坯体组成的表示方法	(467)
13.2.4 陶瓷坯体的配料计算	(468)
13.2.5 坯料的制备	(474)
13.2.6 调整坯料性能的添加剂	(479)
13.3 成型	(480)
13.4 釉料及色料	(484)
13.4.1 釉的作用及分类	(484)
13.4.2 釉层的性质	(485)
13.4.3 坯-釉适应性	(487)
13.4.4 釉料的组成与制釉原料	(488)
13.5 烧成方式的选择与陶瓷产品的缺陷分析	(500)
13.5.1 烧成方式的选择	(500)
13.5.2 陶瓷产品的缺陷分析	(501)
13.6 特种陶瓷	(505)
13.6.1 结构陶瓷	(505)
13.6.2 功能陶瓷	(520)
习题	(539)
参考文献	(540)
14 耐火材料	(542)
14.1 概述	(542)
14.1.1 耐火材料的分类	(542)
14.1.2 耐火材料的组成与性质	(543)
14.1.3 耐火材料的生产工艺过程	(545)
14.2 硅酸铝质耐火材料	(549)
14.2.1 硅酸铝质耐火材料生产的物理化学原理	(549)
14.2.2 黏土质耐火材料	(550)
14.2.3 高铝质耐火材料	(550)
14.2.4 硅线石族矿物及其应用	(551)
14.3 硅质耐火材料	(552)
14.3.1 硅质耐火材料生产的物理化学原理	(552)
14.3.2 硅砖的生产工艺要点	(553)
14.4 碱性耐火材料	(554)
14.4.1 镁质耐火材料	(554)

14.4.2	镁质耐火材料的结合相	(556)
14.4.3	碱性耐火材料的主要品种及应用	(557)
14.5	氧化物-碳复合耐火材料	(559)
14.5.1	碳与氧化物反应的热力学原理	(559)
14.5.2	结合剂	(560)
14.5.3	碳复合耐火材料的主要品种	(561)
14.6	熔铸耐火材料	(562)
14.6.1	Al_2O_3 - ZrO_2 - SiO_2 系统熔铸耐火材料制品	(563)
14.6.2	Al_2O_3 熔铸耐火材料	(563)
14.6.3	ZrO_2 熔铸耐火制品	(564)
14.7	不定形耐火材料	(564)
14.7.1	不定形耐火材料的结合剂	(564)
14.7.2	典型浇注料的品种及应用	(566)
14.7.3	其他不定形耐火材料	(567)
14.8	隔热耐火材料	(568)
14.8.1	隔热耐火材料的分类	(568)
14.8.2	隔热耐火材料的制造方法	(569)
14.8.3	隔热耐火制品的种类	(569)
14.8.4	耐火纤维	(570)
14.8.5	Al_2O_3 和 ZrO_2 空心球及其制品	(571)
14.9	特种耐火材料	(572)
14.9.1	概述	(572)
14.9.2	氧化物耐火材料	(572)
14.9.3	非氧化物及其复合耐火材料	(573)
14.10	耐火材料在无机非金属材料工业中的应用	(575)
14.10.1	耐火材料在水泥工业中的应用	(575)
14.10.2	耐火材料在玻璃工业中的应用	(577)
14.10.3	耐火材料在陶瓷工业中的应用	(578)
	习题	(579)
	参考文献	(580)
15	人工晶体材料	(581)
15.1	人工晶体材料的分类及应用	(581)
15.1.1	半导体晶体	(582)
15.1.2	压电晶体	(582)
15.1.3	硬质晶体	(582)
15.1.4	光学晶体	(583)
15.1.5	非线性光学晶体	(583)
15.1.6	激光晶体	(583)
15.1.7	电光晶体	(583)
15.1.8	磁光晶体	(584)
15.1.9	热释电晶体	(584)
15.1.10	铁电晶体	(585)

15.1.11 X射线分光晶体	(585)
15.1.12 闪烁晶体	(585)
15.2 晶体生长	(585)
15.2.1 晶体生长热力学	(585)
15.2.2 晶体生长动力学	(588)
15.3 晶体的生长方法	(590)
15.3.1 熔体生长法	(591)
15.3.2 低温溶液生长法	(593)
15.3.3 高温溶液生长法	(595)
15.3.4 气相生长法	(598)
15.3.5 固相生长法	(601)
习题	(601)
参考文献	(602)
16 碳材料	(603)
16.1 碳材料的结构与性能	(603)
16.1.1 碳的生成	(603)
16.1.2 碳的形态	(605)
16.1.3 石墨和炭的晶体结构	(607)
16.1.4 炭的石墨化	(609)
16.1.5 碳材料的性能	(612)
16.2 炭和石墨材料	(614)
16.2.1 炭和石墨材料的生产用原料	(614)
16.2.2 炭和石墨材料的生产工艺	(614)
16.2.3 炭和石墨材料的品种及应用	(616)
16.3 碳纤维	(616)
16.3.1 碳纤维的种类	(617)
16.3.2 碳纤维的制备	(617)
16.3.3 碳纤维的结构	(619)
16.3.4 碳纤维的性能	(620)
16.4 金刚石薄膜	(621)
16.4.1 金刚石薄膜的合成	(621)
16.4.2 金刚石薄膜的性质	(621)
16.4.3 金刚石薄膜的应用	(622)
16.5 石墨层间化合物	(622)
16.5.1 石墨层间化合物的结构特征及分类	(623)
16.5.2 石墨层间化合物的合成原理及方法	(623)
16.6 碳-碳复合材料	(625)
16.6.1 碳-碳复合材料的组成与结构	(625)
16.6.2 碳-碳复合材料的制备	(625)
16.6.3 碳-碳复合材料的性能特点	(626)
16.6.4 碳-碳复合材料的防氧化	(627)
16.7 富勒烯	(628)