

玻璃材料手册

HANDBOOK OF GLASS MATERIALS

王承遇 陶 瑛 主编

Edited by Wang Chengyu & Tao Ying



化学工业出版社

玻璃材料手册

HANDBOOK OF GLASS MATERIALS

王承遇 陶瑛 主编

Edited by Wang Chengyu & Tao Ying



化学工业出版社

· 北京 ·

本书由国内玻璃行业科研、设计、教学、生产方面的 30 余位专家用数年时间编写而成。编写时吸取了美国、俄罗斯、日本等国家已出版的各类玻璃手册之长, 不仅反映国际上玻璃科学与工程的前沿水平, 体现了前瞻性, 展示了 21 世纪玻璃新概念、新理论和新技术, 而且结合国内玻璃工业的实际情况, 根据可持续发展方针, 介绍了资源再生利用、节约能源、保护环境方面的玻璃新成分、新工艺和新装备等内容。本书共分 29 章, 对玻璃特性和分类、传统玻璃、新玻璃分别予以介绍。传统玻璃包括平板玻璃、镀膜玻璃、安全玻璃、建筑构件玻璃、瓶罐玻璃、器皿玻璃、多孔玻璃与泡沫玻璃、仪器玻璃、药用玻璃、电真空与电子玻璃、艺术玻璃、光学玻璃、眼镜玻璃、石英玻璃、玻璃纤维、玻璃纤维增强塑料、微晶玻璃等; 新玻璃(也称新型玻璃或特种玻璃)包括激光玻璃、光导纤维、光电子玻璃、核技术玻璃、生物玻璃、生态环境玻璃、新能源玻璃、玻璃微珠、玻璃肥料。本书分别介绍了各种玻璃的内涵、分类、性质、成分、原料、制备工艺与设备、加工处理、检验、应用、存在问题、发展方向以及玻璃的国家标准和行业标准。本书文字简明扼要, 图文并茂, 多列表格, 查阅方便, 实用性强。

本书可供建材、轻工、化工、电子、电光源等行业从事玻璃生产、科研、设计和应用的技术人员、管理人员、技术工人阅读, 也可作为大专院校无机非金属材料、建筑材料、化学工程专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

玻璃材料手册/王承遇, 陶瑛主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 10
ISBN 978-7-122-01225-8

I. 玻… II. ①王…②陶… III. 玻璃-手册
IV. TQ171.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 151827 号

责任编辑: 窦 臻 冯国庆
责任校对: 战河红

装帧设计: 王晓宇

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 刷: 化学工业出版社印刷厂

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 61 $\frac{3}{4}$ 字数 1594 千字 2008 年 1 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: 138.00 元

版权所有 违者必究

编委会名单

主任 王承遇 陶 瑛

委员 (以姓氏笔画为序)

马玉聪	王承遇	卢 琪	史 非
刘志海	刘敬肖	齐 济	毕 洁
汤华娟	沈长治	沈善燮	张希艳
张国武	张振远	陈 博	陈汉仪
陈国荣	陈建华	林鸿宾	郑培之
姜妍彦	姜肇中	徐明泉	徐美君
陶 瑛	蒋亚丝	程长荫	潘玉昆
潘国璋			

《玻璃材料手册》编写人员名单

主 编	王承遇 陶 瑛				
第 1 章	玻璃的特征和品种	王承遇			
第 2 章	新玻璃和传统玻璃	王承遇			
第 3 章	平板玻璃	马玉聪			
第 4 章	安全玻璃	林鸿宾			
第 5 章	镀膜玻璃与贴膜玻璃	张国武	刘志海		
第 6 章	建筑构件玻璃	徐美君	姜妍彦		
第 7 章	瓶罐玻璃	陶 瑛	潘玉昆		
第 8 章	器皿玻璃	陶 瑛			
第 9 章	多孔玻璃和泡沫玻璃	陶 瑛			
第 10 章	仪器玻璃	沈长治			
第 11 章	医药用玻璃	毕 洁			
第 12 章	电真空和电子玻璃	程长荫			
第 13 章	艺术玻璃	王承遇	汤华娟		
第 14 章	光学玻璃	张希艳			
第 15 章	眼镜玻璃	陶 瑛			
第 16 章	石英玻璃	潘国璋			
第 17 章	玻璃纤维	姜肇中	沈善燮	陈汉仪	郑培之
第 18 章	光导纤维	张振远	徐明泉		
第 19 章	微晶玻璃	陈建华			
第 20 章	激光玻璃	蒋亚丝			
第 21 章	光电子玻璃	蒋亚丝	齐 济	史 非	
第 22 章	核技术用玻璃	陈国荣			
第 23 章	生物玻璃	刘敬肖			
第 24 章	生态环境玻璃	王承遇			
第 25 章	新能源用玻璃	陈国荣			
第 26 章	玻璃微珠	蒋亚丝			
第 27 章	玻璃肥料	王承遇	卢 琪		
第 28 章	玻璃纤维增强塑料	陈 博			
第 29 章	玻璃的国家标准和行业标准	陶 瑛			

序 言

玻璃是人类最早能够合成制作的人工材料之一。经一千多年的发展,已成为从人们生活必需品直到高新技术发展中所不可缺少的物品,已形成了如建筑用玻璃、日用器皿玻璃、医疗卫生用玻璃、交通能源用玻璃、电真空和电子学玻璃、光学和光电子玻璃等巨大产业。目前我国是玻璃制造生产的大国,但不是强国,在技术发展水平上与先进国家有较大的差距。玻璃制造是能耗多、污染大的产业,因此面对降低原材料和能源消耗,保持生态环境的要求,急需提高玻璃科学技术。

玻璃材料在宏观上正从体材料趋向低维化,向玻璃态薄膜(二维)和玻璃纤维(一维)发展,因此,玻璃的制备工艺也向多元化发展。玻璃材料从微观上也向低维复合化发展,出现玻璃态与晶态、无机和有机、金属和非金属以及多种化合物的复合化。因此,我们要了解玻璃材料的新知识和新发展。这就需要有一本全面介绍玻璃材料的新性质、新工艺、新设备和新进展的图书,这本《玻璃材料手册》正满足了广大读者的需求。

在主编王承遇和陶瑛教授的主持下,邀请了一批有造诣的资深和青年玻璃工作者,成功地编写了这本手册,它的出版将对我国玻璃学术界和行业界起重要和积极的作用。

中国科学院院士

中国硅酸盐学会名誉理事长

于福喜

2007年7月于上海

王承遇 陶瑛

2007年8月8日于上海

前 言

自改革开放以来,我国玻璃科学与技术得到迅速发展,特别是玻璃工业的生产能力和产量位居世界大国前列,但产品品种、质量、原材料消耗、能耗、附加值与国际上仍有较大差距,今后我国玻璃工业应从“以量为本”和“粗放型”向“以质为本”和“集约型”转变,由玻璃大国向玻璃强国转变。改变发展方式,提高发展质量,除机制、体制创新外,主要依靠科学技术来改造提升玻璃行业,用创新来增加玻璃行业的附加值,变中国制造为中国创造。为此迫切需要借鉴国内外在这方面的先进技术与成熟经验,而作为工具书的技术手册是从业人员获取知识和技术的一种便捷工具。20世纪80年代我国有关部门曾组织了全国玻璃专家编写一本玻璃方面的手册,笔者也参加过编写工作,但由于多方面因素,手册未能出版。进入21世纪,各方面要求更为迫切,为此,受化学工业出版社邀请,笔者组织全国从事玻璃科研、设计、教学、生产等部门的30余位专家、学者共同编写了这部《玻璃材料手册》。

手册编写中吸取了美国、俄罗斯、日本等国已出版的各类玻璃手册之长,不仅反映国际上玻璃科学与工程前沿水平,体现了前瞻性,展示了21世纪玻璃新概念、新理论和新技术,还有已经形成和正在进入产业化的新品种、新技术,并且结合国内玻璃工业的实际情况,根据可持续发展方针,介绍在资源再生利用、节约能源、保护环境方面的成分、工艺和装备。

全书做到文字简明扼要、图文并茂、多列表格、查阅方便,着重实用性,不仅叙述玻璃性质、功能、制备工艺,而且介绍设备以及大量生产性数据。

《玻璃材料手册》共分29章,由玻璃特性和分类、传统玻璃、新玻璃三部分组成。传统玻璃包括平板玻璃、镀膜玻璃、安全玻璃、建筑构件玻璃、瓶罐玻璃、器皿玻璃、多孔玻璃与泡沫玻璃、仪器玻璃、药用玻璃、电真空与电子玻璃、艺术玻璃、光学玻璃、眼镜玻璃、石英玻璃、玻璃纤维、玻璃纤维增强塑料、微晶玻璃等。新玻璃(也称新型玻璃或特种玻璃)包括激光玻璃、光导纤维、光电子玻璃、核技术用玻璃、生物玻璃、生态环境玻璃、新能源玻璃、玻璃微珠、玻璃肥料等。每章分别介绍该章玻璃的内涵、分类、性质、成分、原料、制备工艺与设备、加工、检验、应用、存在问题和发展方向。各章节的编写者均为此项领域的专家,有丰富的经验和较高的造诣。

在编写过程中得到中国硅酸盐学会名誉理事长、中科院干福熹院士的支持和帮助,并为手册撰写序言,特此致谢!中国硅酸盐学会理事、玻璃分会名誉理事长、中国建筑材料科学研究院原院长龚方田教授和中国日用玻璃协会专家委员会常务副主任、中国中轻国际工程有限公司梁德海教授级高工对手册编写也给予支持和帮助,在此一并致谢!

玻璃科学与技术日新月异,新玻璃不断涌现,传统玻璃行业也在不断改进,手册中难免挂一漏万,存在很多不足之处,希望海内外专家和读者多加批评指正,使此手册逐渐完善。

王承遇 陶 瑛

2007年8月于大连工业大学

目 录

第 1 章 玻璃的特性和品种 1

1.1 玻璃的起源和在人类文明史中的地位 1

1.1.1 玻璃的起源 1

1.1.2 玻璃在人类文明史中的地位 2

1.2 玻璃的定义 3

1.2.1 广义和狭义的玻璃定义 3

1.2.2 玻璃和非晶态固体的相关性 4

1.2.3 玻璃的特征 7

1.3 玻璃的品种 10

1.3.1 按成分分类 10

1.3.2 按形状分类 18

1.3.3 综合分类 19

参考文献 25

第 2 章 新玻璃和传统玻璃 26

2.1 新玻璃的内涵与功能 26

2.1.1 新玻璃的内涵 26

2.1.2 新玻璃的功能 26

2.2 新玻璃与传统玻璃的区别 28

2.2.1 新玻璃与传统玻璃的生产工艺区别 29

2.2.2 新玻璃产业与传统玻璃产业的 区别 30

2.3 新玻璃和传统玻璃的发展方向 31

2.3.1 新玻璃的增长趋势 31

2.3.2 新玻璃的发展方向 35

2.3.3 纳米化的新玻璃 36

2.3.4 传统玻璃的现状 38

2.3.5 传统玻璃的发展趋势 40

参考文献 45

第 3 章 平板玻璃 46

3.1 概述 46

3.1.1 平板玻璃的定义 46

3.1.2 品种 46

3.1.3 规格 46

3.1.4 性能 49

3.2 平板玻璃的生产 51

3.2.1 平板玻璃的成分及原料 51

3.2.2 平板玻璃的熔制 51

3.2.3 平板玻璃的成形 52

3.2.4 平板玻璃的退火 56

3.3 平板玻璃的检验 58

3.3.1 玻璃物化性能的检验 58

3.3.2 玻璃成品质量的检验 58

3.4 平板玻璃切割 60

3.5 平板玻璃的包装、贮存与运输 61

3.5.1 平板玻璃的包装 61

3.5.2 平板玻璃的贮存 62

3.5.3 平板玻璃的运输 62

3.6 平板玻璃的质量标准 62

3.6.1 普通平板玻璃的质量标准 62

3.6.2 浮法玻璃的质量标准 63

3.6.3 压花玻璃的质量标准 65

3.6.4 夹丝玻璃的质量标准 66

3.7 平板玻璃的应用及发展方向 67

3.7.1 平板玻璃的应用 67

3.7.2 平板玻璃的发展方向 68

参考文献 71

第 4 章 安全玻璃 72

4.1 安全玻璃的定义与分类 72

4.2 钢化玻璃 73

4.2.1 钢化玻璃的发展简况 73

4.2.2 钢化玻璃的性能 73

4.2.3 钢化玻璃的生产工艺 74

4.3 夹层玻璃 87

4.3.1 夹层玻璃的分类 87

4.3.2 夹层玻璃的特点及性能 88

4.3.3 夹层玻璃的制造工艺 91

4.4 防火玻璃 96

4.4.1 复合防火玻璃 96

4.4.2 单片防火玻璃 99

4.4.3 离子交换增强玻璃工艺中需要 改进或解决的问题 100

4.4.4 特种组分防火玻璃 102

4.5 电磁屏蔽玻璃 102

4.5.1 定义和分类	103	6.3.6 工艺条件	163
4.5.2 电磁屏蔽的原理	103	6.4 釉面玻璃	163
4.5.3 电磁屏蔽玻璃的制造方法	103	6.4.1 品种	163
4.6 特种安全玻璃	106	6.4.2 技术特征	163
4.7 安全玻璃 3C 认证	108	6.4.3 生产工艺	164
4.7.1 检验类别及细则	108	6.4.4 釉面玻璃主要生产原料与工艺 装备	164
4.7.2 申请程序与单元划分指南	110	6.4.5 釉面玻璃生产工艺条件	165
参考文献	113	6.4.6 釉面玻璃的应用	168
第 5 章 镀膜玻璃与贴膜玻璃	114	6.5 槽型玻璃	169
5.1 镀膜玻璃	114	6.5.1 品种	169
5.1.1 镀膜玻璃的定义和分类	114	6.5.2 技术特性	170
5.1.2 镀膜玻璃的发展过程	114	6.5.3 生产工艺	172
5.1.3 镀膜玻璃的生产方法	116	6.5.4 原料	172
5.1.4 镀膜玻璃的主要品种	127	6.5.5 生产设备	173
5.1.5 镀膜玻璃的应用领域	131	6.5.6 槽型玻璃的生产工艺条件	173
5.2 贴膜玻璃	133	6.6 冰花玻璃	174
5.2.1 概述	133	6.6.1 品种	174
5.2.2 贴膜玻璃的分类	134	6.6.2 技术特征	174
5.2.3 贴膜玻璃的制造工艺	134	6.6.3 生产工艺	174
5.2.4 性能指标	134	6.6.4 原材料及生产设备	174
5.2.5 玻璃贴膜的主要生产商	134	6.6.5 工艺条件	174
5.2.6 贴膜玻璃的应用	134	6.6.6 应用	178
参考文献	137	6.7 斑纹玻璃	178
第 6 章 建筑构件玻璃	138	6.7.1 品种及规格	178
6.1 中空玻璃	138	6.7.2 主要性能和组成	179
6.1.1 品种和规格	138	6.7.3 斑纹玻璃的生产	179
6.1.2 技术特性	139	6.7.4 斑纹玻璃在建筑中的应用	181
6.1.3 生产工艺	140	6.8 调光玻璃	182
6.1.4 原料	146	6.8.1 调光玻璃的分类	182
6.1.5 生产设备	149	6.8.2 温致变色和压致变色调光玻璃	182
6.1.6 工艺条件	150	6.8.3 电致变色玻璃	182
6.2 真空玻璃	151	6.8.4 电致变色玻璃窗在建筑上的 应用	187
6.2.1 产品结构	152	6.9 点式建筑玻璃	188
6.2.2 品种	152	6.9.1 概述	188
6.2.3 技术特征	153	6.9.2 点式建筑玻璃技术的特点、组成 及分类	188
6.2.4 生产工艺	156	参考文献	191
6.2.5 应用	158	第 7 章 瓶罐玻璃	192
6.3 玻璃砖	160	7.1 瓶罐玻璃的分类	192
6.3.1 品种	160	7.2 瓶罐玻璃的技术要求	193
6.3.2 技术性能	161	7.3 瓶罐玻璃的化学成分	197
6.3.3 生产工艺	161	7.3.1 瓶罐玻璃成分类型	198
6.3.4 原料	162		
6.3.5 生产设备	163		

7.3.2 钠钙瓶罐玻璃成分	198
7.3.3 高钙瓶罐玻璃成分	199
7.3.4 高铝瓶罐玻璃成分	199
7.4 瓶罐玻璃原料和配料	202
7.5 瓶罐玻璃的熔制	204
7.5.1 瓶罐玻璃节能火焰熔窑	204
7.5.2 电助熔火焰池窑	207
7.6 瓶罐玻璃的成形	208
7.6.1 供料槽和供料机	208
7.6.2 瓶罐玻璃成形机	211
7.7 瓶罐玻璃的退火和涂层	216
7.7.1 瓶罐玻璃的退火	216
7.7.2 瓶罐玻璃的表面处理	218
7.8 瓶罐玻璃的质量检验	220
7.8.1 瓶罐玻璃的缺陷	220
7.8.2 瓶罐玻璃质量检验	221
7.9 瓶罐玻璃的应用和发展方向	222
7.9.1 瓶罐玻璃的应用	222
7.9.2 瓶罐玻璃的发展方向	223
参考文献	223
第8章 器皿玻璃	225
8.1 器皿玻璃的品种和技术要求	225
8.1.1 器皿玻璃的品种	225
8.1.2 器皿玻璃的技术要求	226
8.2 器皿玻璃成分	229
8.2.1 明料成分	229
8.2.2 有色器皿玻璃成分	231
8.2.3 乳浊器皿玻璃成分	234
8.3 器皿玻璃的原料	235
8.3.1 器皿玻璃的主要原料	235
8.3.2 器皿玻璃的着色剂	236
8.3.3 器皿玻璃的澄清剂	236
8.3.4 器皿玻璃脱色剂	237
8.4 器皿玻璃的熔制	237
8.4.1 器皿玻璃的坩埚窑熔制	237
8.4.2 器皿玻璃的火焰池窑	240
8.4.3 器皿玻璃火焰加热与电加热结合的池窑	242
8.4.4 器皿玻璃的全电熔池窑	243
8.5 器皿玻璃的成形	245
8.5.1 器皿玻璃的吹制成形	245
8.5.2 器皿玻璃的压制成形	246
8.5.3 器皿玻璃的压-吹成形	249
8.6 器皿玻璃的热加工与退火	251

8.6.1 器皿玻璃的爆口和烘口	251
8.6.2 器皿玻璃的火焰抛光	253
8.6.3 器皿玻璃的退火	253
8.7 晶质玻璃	256
8.7.1 晶质玻璃的特征与分类	256
8.7.2 铅晶质玻璃	257
8.7.3 无铅晶质玻璃	261
8.8 耐热餐具和炊具玻璃	264
8.8.1 耐热餐具、炊具品种	264
8.8.2 耐热餐具、炊具玻璃的性能要求	265
8.8.3 高硼硅酸盐玻璃耐热器皿	266
8.8.4 耐热乳白玻璃器皿	267
8.8.5 耐热微晶玻璃成分	269
参考文献	272

第9章 多孔玻璃和泡沫玻璃 273

9.1 概述	273
9.1.1 多孔玻璃的特性	273
9.1.2 多孔玻璃的制备	275
9.1.3 多孔玻璃的应用	284
9.2 泡沫玻璃	288
9.2.1 泡沫玻璃的特性与分类	288
9.2.2 泡沫玻璃的几种制造方法	296
9.2.3 粉末法生产泡沫玻璃工艺	297
9.2.4 熔岩泡沫玻璃的制备	305
9.2.5 泡沫微晶玻璃的制备	310
9.2.6 泡沫玻璃的质量检验	311
9.2.7 泡沫玻璃的应用和发展方向	314
参考文献	315

第10章 仪器玻璃 317

10.1 仪器玻璃的分类	317
10.1.1 国际标准中玻璃仪器分类	317
10.1.2 仪器玻璃的品种	317
10.1.3 美国材料协会标准对仪器玻璃的规定	318
10.1.4 国内仪器玻璃的习惯分类	318
10.1.5 国际标准中 ISO 3585—1998 规定的 3.3 硼硅玻璃	318
10.2 仪器玻璃的技术要求	319
10.2.1 仪器玻璃终端用户要求	319
10.2.2 玻璃仪器制造过程的要求	322
10.2.3 玻璃仪器制造过程的劳动卫生和环保要求	322

10.3 仪器玻璃的成分及特性	323	11.7.2 硫酸铵自动投片机	376
10.3.1 硼硅玻璃 3.3 及类似玻璃	323	11.8 医药用玻璃的检验	376
10.3.2 ASTM E 438 I 型 B 硼硅玻璃及 近似硼硅玻璃	323	11.8.1 医药用玻璃理化性能的检验	376
10.3.3 ASTM E 438 II 型钠钙玻璃	326	11.8.2 医药用玻璃制品的检验标准	378
10.3.4 其他玻璃成分	326	11.8.3 医药用玻璃管规格的检验	380
10.4 仪器玻璃生产要点	327	11.8.4 医药用玻璃生产中常见问题及 解决	381
10.4.1 硼硅玻璃 3.3 的熔化温度	327	参考文献	383
10.4.2 玻璃液分层	328		
10.4.3 硼硅玻璃 3.3 的硼挥发问题	329	第 12 章 电真空和电子玻璃	384
10.4.4 硼硅玻璃 3.3 成形	329	12.1 电真空玻璃	384
10.4.5 硼硅玻璃 3.3 分相问题	332	12.1.1 电真空玻璃的性能要求	384
10.5 仪器玻璃发展方向	334	12.1.2 与电真空玻璃封接用的金属与 合金	385
参考文献	334	12.1.3 钨组玻璃	386
第 11 章 医药用玻璃	336	12.1.4 钼组玻璃	387
11.1 医药用玻璃概况	336	12.1.5 铂组玻璃	387
11.1.1 医药用玻璃的特性及要求	336	12.1.6 中间玻璃	389
11.1.2 医药用玻璃制品的分类	337	12.1.7 硼硅酸盐玻璃膨胀系数的 估算	389
11.2 医药用玻璃成分	339	12.2 阴极射线管玻璃	392
11.2.1 中性玻璃成分	339	12.2.1 阴极射线管玻璃的性能要求	392
11.2.2 安瓿玻璃成分	340	12.2.2 黑白显像管玻璃	394
11.2.3 输液瓶玻璃成分	343	12.2.3 彩色显像管玻璃	397
11.2.4 抗生素瓶玻璃成分	344	12.2.4 投影管玻璃	402
11.2.5 生物制剂瓶玻璃成分	344	12.2.5 阴极射线管玻璃制造时的环境 保护	402
11.2.6 注射器玻璃成分	345	12.2.6 附录	403
11.2.7 采血管等耐 γ 射线辐照的医疗 器具玻璃成分	345	12.3 电光源玻璃	404
11.2.8 棕色医药用玻璃成分	345	12.3.1 普通灯泡和荧光灯	405
11.2.9 其他模制医药用玻璃成分	347	12.3.2 特种泡壳	405
11.3 医药用玻璃的熔制	347	12.3.3 钠灯	406
11.3.1 医药用玻璃熔窑	347	12.3.4 汞灯	406
11.3.2 医药用玻璃熔窑附属设备	349	12.4 焊料玻璃	406
11.4 医药用玻璃管的成形	354	12.4.1 焊料玻璃的性能要求	407
11.4.1 丹纳拉管法成形设备	355	12.4.2 常规型焊料玻璃	408
11.4.2 医药用玻璃拉管线	364	12.4.3 结晶型焊料玻璃	409
11.5 医药用玻璃瓶的成形	366	12.4.4 混合型焊料玻璃	413
11.5.1 管制瓶的成形	366	12.4.5 焊料玻璃的制造工艺	414
11.5.2 色环易折安瓿的成形	371	12.4.6 焊料玻璃在电子工业中的 应用	414
11.5.3 医药用模制瓶的成形	373	12.5 显示器基板玻璃	416
11.6 医药用玻璃的退火	373	12.5.1 等离子显示 (PDP) 基板 玻璃	417
11.6.1 模制瓶的退火	373	12.5.2 液晶显示器基板玻璃	421
11.6.2 管制瓶的退火	374		
11.7 医药用玻璃的表面处理	375		
11.7.1 疏霜化处理工艺	375		

参考文献	423	14.3.2 高折射率低色散光学玻璃	476
第 13 章 艺术玻璃	425	14.3.3 低折射率高色散光学玻璃	480
13.1 人造珠宝玻璃	426	14.3.4 低色散光学玻璃	483
13.1.1 人造珍珠	427	14.3.5 特低折射率光学玻璃	485
13.1.2 人造宝石玻璃	429	14.3.6 特殊色散光学玻璃	486
13.2 乾隆玻璃	433	14.3.7 空间光学玻璃	489
13.2.1 乾隆玻璃的成分	433	14.4 有色光学玻璃	491
13.2.2 乾隆玻璃的制造工艺	435	14.4.1 有色玻璃的分类	491
13.3 吹制法和无模自由成形法艺术 玻璃	435	14.4.2 有色玻璃的色度表示	492
13.3.1 吹制法艺术玻璃	436	14.4.3 有色光学玻璃的品种	492
13.3.2 威尼斯玻璃	442	14.5 红外和紫外光学玻璃	498
13.3.3 威尼斯式玻璃器皿	443	14.5.1 红外光学玻璃概述	498
13.3.4 萨珊玻璃	444	14.5.2 几种主要的红外光学玻璃	499
13.3.5 仿大理石玻璃	444	14.5.3 紫外光学玻璃	508
13.3.6 霜花玻璃	445	参考文献	510
13.3.7 无模自由成形玻璃	445	第 15 章 眼镜玻璃	511
13.4 浇注与模熔法艺术玻璃	446	15.1 眼镜玻璃的品种和技术要求	511
13.4.1 浇注法艺术玻璃	446	15.1.1 眼镜玻璃的品种	511
13.4.2 模熔法艺术玻璃	447	15.1.2 眼镜玻璃的技术要求	513
13.4.3 脱蜡铸造法艺术玻璃	448	15.2 眼镜玻璃制备工艺	513
13.5 玻璃花球、弹子与料器	449	15.2.1 坩埚炉熔炼法	513
13.5.1 玻璃花球	449	15.2.2 池窑连续熔炼法	514
13.5.2 玻璃弹子	450	15.2.3 全铂炉连续熔炼法	515
13.5.3 玻璃料器	450	15.3 矫正视力镜片玻璃	516
13.6 热熔玻璃	452	15.3.1 白托和光白托镜片玻璃成分	516
13.7 磨刻玻璃	453	15.3.2 UV 光白托镜片玻璃	516
13.7.1 刻花玻璃	453	15.3.3 克罗克斯和克罗赛脱眼镜 玻璃	518
13.7.2 雕刻玻璃	458	15.3.4 高折射率、低密度眼镜玻璃	520
13.7.3 玻璃表面的自动刻花	459	15.4 光致变色眼镜玻璃	522
13.7.4 玻璃激光刻花	459	15.4.1 光致变色原理	522
13.7.5 激光内雕	461	15.4.2 光色玻璃的特性和成分	523
参考文献	463	15.5 防护眼镜玻璃	527
第 14 章 光学玻璃	464	15.5.1 遮阳眼镜玻璃	527
14.1 光学玻璃的特性和品种	464	15.5.2 工业护目镜玻璃	529
14.1.1 光学玻璃品种	464	15.5.3 激光护目镜玻璃	530
14.1.2 光学性能	465	15.5.4 微波护目镜玻璃	531
14.2 无色光学玻璃	465	15.6 电影看光镜和彩色电视机防疲劳镜 玻璃	532
14.2.1 冕牌光学玻璃	466	15.6.1 电影看光镜玻璃	532
14.2.2 火石类光学玻璃	470	15.6.2 彩色电视机防疲劳高折射率 低密度眼镜玻璃成分	533
14.2.3 环保光学玻璃	472	参考文献	534
14.3 特种光学玻璃	473		
14.3.1 特高折射率光学玻璃	473		

第 16 章 石英玻璃	535	应用	607
16.1 概述	535	17.3 特种玻璃纤维	614
16.2 石英玻璃品种	535	17.3.1 高强度、高弹性模量玻璃	
16.2.1 透明石英玻璃的品种	535	纤维	614
16.2.2 不透明石英玻璃品种	535	17.3.2 耐高温玻璃纤维	619
16.2.3 特种石英玻璃品种	537	17.3.3 低介电玻璃纤维	623
16.3 石英玻璃性能	537	参考文献	624
16.3.1 透明石英玻璃的特性	537	第 18 章 光导纤维	625
16.3.2 不透明石英玻璃性能	554	18.1 氧化物玻璃光纤	625
16.3.3 特种石英玻璃性能	556	18.1.1 多组分玻璃光纤材料	625
16.4 石英玻璃生产工艺	561	18.1.2 常用几种芯/皮玻璃材料主要	
16.4.1 石英玻璃原料制备技术	562	性能	627
16.4.2 电熔工艺技术及装备	567	18.1.3 多组分玻璃光纤的制造工艺	627
16.4.3 气炼工艺技术与装备	572	18.1.4 光纤制品的制造方法	628
16.4.4 气炼电熔综合工艺技术及		18.1.5 多组分玻璃光纤的应用	631
装备	575	18.2 氟化物玻璃光纤	634
16.4.5 石英玻璃深加工工艺	576	18.2.1 前言	634
16.5 石英玻璃的应用	580	18.2.2 氟化物玻璃及光纤成分	634
16.5.1 高新技术和军事工业的应用	580	18.2.3 氟化物玻璃的制造	636
16.5.2 信息产业方面的应用	580	18.2.4 氟化物玻璃的特性	637
16.5.3 照明电器工业方面的应用	580	18.2.5 氟化物玻璃光纤的制造技术	639
16.5.4 其他工业部门的应用	581	18.2.6 氟化物玻璃光纤的光损耗	643
16.5.5 合理选择品种	581	18.2.7 氟化物玻璃光纤的强度	646
16.5.6 产品使用建议	582	18.2.8 氟化物玻璃光纤的应用	647
参考文献	582	18.3 硫系玻璃光纤	647
第 17 章 玻璃纤维	583	18.3.1 前言	647
17.1 连续玻璃纤维	583	18.3.2 硫系玻璃的组分	648
17.1.1 概述	583	18.3.3 硫系玻璃的特性	648
17.1.2 连续玻璃纤维成分及性能	583	18.3.4 硫系玻璃原料的提纯	649
17.1.3 连续玻璃纤维制造工艺和		18.3.5 硫系玻璃的熔制	651
设备	585	18.3.6 硫系玻璃光纤的制备	651
17.1.4 浸润剂	593	18.3.7 硫系玻璃光纤的特性	655
17.1.5 连续玻璃纤维纱线分类及		18.3.8 硫系玻璃光纤的应用	655
性质	596	参考文献	658
17.1.6 连续玻璃纤维织物分类及		第 19 章 微晶玻璃	659
性能	599	19.1 微晶玻璃概述	659
17.1.7 连续玻璃纤维织物涂层	600	19.1.1 微晶玻璃的定义和分类	659
17.1.8 连续玻璃纤维制品的应用		19.1.2 微晶玻璃的显微结构	660
简介	601	19.1.3 生产工艺过程	662
17.2 玻璃棉	603	19.1.4 生产设备	664
17.2.1 玻璃棉定义和分类	603	19.2 特种微晶玻璃	664
17.2.2 玻璃棉的成分及生产方法	603	19.2.1 低膨胀微晶玻璃	664
17.2.3 玻璃棉制品的基本特性和		19.2.2 高绝缘微晶玻璃	666

19.2.3 云母微晶玻璃	667	21.1.1 玻璃与非线性光学效应	695
19.2.4 生物微晶玻璃	668	21.1.2 非线性光学玻璃的组成与 性质	696
19.2.5 透明微晶玻璃	669	21.1.3 非线性光学玻璃的制备方法	701
19.2.6 封接用微晶玻璃	669	21.1.4 非线性光学玻璃的应用及发展 方向	702
19.2.7 高膨胀微晶玻璃	670	21.2 发光玻璃	703
19.3 建筑微晶玻璃	670	21.2.1 发光玻璃定义与分类	703
19.3.1 建筑微晶玻璃的组成和原料	670	21.2.2 发光玻璃的组成	705
19.3.2 生产工艺要点	671	21.2.3 发光玻璃的性质	706
19.3.3 性能及应用	672	21.2.4 发光玻璃的制备	708
19.4 废渣微晶玻璃	672	21.2.5 稀土长余辉发光玻璃的应用与 发展趋势	709
19.4.1 矿渣微晶玻璃	673	21.3 声光玻璃	710
19.4.2 玄武岩微晶玻璃	675	21.3.1 声光效应与声光玻璃	710
19.4.3 其他废渣微晶玻璃	676	21.3.2 玻璃中的声光偏转原理	711
参考文献	677	21.3.3 声光玻璃的种类、成分及 制造	711
第 20 章 激光玻璃	679	21.3.4 对声光玻璃的品质要求	712
20.1 激光玻璃的发展	679	21.3.5 声光玻璃的性质、应用及发展 方向	712
20.2 玻璃中的激活离子	680	21.4 法拉第旋光玻璃	713
20.3 钕玻璃基质	682	21.4.1 费尔德常数	714
20.3.1 Nd^{3+} 的受激发射截面	682	21.4.2 逆磁旋光玻璃	714
20.3.2 合适的发光条件	682	21.4.3 顺磁旋光玻璃	715
20.3.3 非线性折射率 n_2	682	21.4.4 法拉第旋光玻璃的应用	719
20.3.4 热光稳定性	683	21.5 超声延迟线玻璃	720
20.3.5 热机械性质	683	21.5.1 超声延迟原理及玻璃延迟线 构造	720
20.4 硅酸盐钕玻璃	684	21.5.2 对超声延迟线玻璃的要求	721
20.5 磷酸盐激光钕玻璃组成	685	21.5.3 延迟线玻璃的性质	721
20.6 磷酸盐激光钕玻璃品种	686	21.5.4 超声延迟线玻璃组成的选择	722
20.7 磷酸盐激光玻璃制造技术	687	21.5.5 超声延迟线玻璃的应用	723
20.7.1 非激活损耗的降低	687	21.6 二次电子发射玻璃	724
20.7.2 氢氧根的消除	688	21.6.1 二次电子发射玻璃的性质与 要求	724
20.7.3 铂颗粒的消除	688	21.6.2 二次电子发射玻璃的组成与 特性	725
20.7.4 高均匀大尺寸玻璃的制造	688	21.6.3 二次电子发射玻璃的制造 工艺	726
20.8 磷酸盐激光钕玻璃的连续熔炼	689	21.6.4 二次电子发射玻璃的应用	727
20.9 磷酸盐激光钕玻璃的质量指标	690	21.7 半导体玻璃	727
20.10 钕激光玻璃	690	21.7.1 半导体玻璃的导电机理	727
20.10.1 Er^{3+} 光谱和激光	691	21.7.2 半导体玻璃的分类	728
20.10.2 钕激光玻璃的组成	691	21.7.3 半导体玻璃的特性	729
20.10.3 钕激光玻璃的性质	692		
20.11 激光玻璃的应用	692		
20.11.1 激光钕玻璃的应用	692		
20.11.2 激光钕玻璃的应用	693		
参考文献	694		
第 21 章 光电子玻璃	695		
21.1 非线性光学玻璃	695		

21.7.4 半导体玻璃的生产工艺	730
21.7.5 半导体玻璃的应用	730
21.8 超导玻璃	731
21.8.1 超导玻璃的分类及特点	731
21.8.2 超导玻璃的生产工艺	733
21.8.3 超导玻璃的用途	734
参考文献	734

第 22 章 核技术用玻璃

22.1 核废物固化玻璃	736
22.1.1 核废物	736
22.1.2 核废物固化	736
22.1.3 核废物固化玻璃	738
22.2 剂量计用玻璃	743
22.2.1 剂量计用玻璃	743
22.2.2 辐射着色玻璃	743
22.2.3 热释光玻璃	747
22.2.4 荧光玻璃	748
22.3 闪烁体玻璃	750
22.3.1 闪烁体材料	750
22.3.2 闪烁体玻璃	751
22.4 抗辐射及辐射保护玻璃	757
22.4.1 抗辐射玻璃	757
22.4.2 辐射防护光学玻璃	767
参考文献	771

第 23 章 生物玻璃

23.1 生物材料与生物玻璃	773
23.2 生物玻璃的种类与特点	775
23.2.1 45S5 生物活性玻璃	775
23.2.2 生物微晶玻璃	776
23.2.3 多孔生物玻璃或微晶玻璃	779
23.2.4 含生物玻璃相的复合生物材料	780
23.3 生物玻璃的组成与结构特征	780
23.4 生物玻璃的生物特性	782
23.4.1 生物玻璃诱导磷灰石层形成的机理	782
23.4.2 生物玻璃与细胞的相互作用	784
23.5 生物玻璃的制备	786
23.5.1 熔融法制备生物活性玻璃	786
23.5.2 溶胶-凝胶法制备生物活性玻璃	786
23.5.3 溶胶-凝胶自蔓延法制备生物玻璃超细粉	789

23.5.4 溶胶-凝胶生物活性玻璃涂层	789
23.5.5 放射治疗用玻璃微球的制备	790
23.5.6 热疗用微晶玻璃的制备	791
23.6 生物玻璃的应用与发展方向	793
23.6.1 生物玻璃的应用领域	793
23.6.2 晶化对生物玻璃应用的影响	795
23.6.3 生物玻璃在骨水泥中的应用	796
23.6.4 生物玻璃的发展与改进	797
参考文献	800

第 24 章 生态环境玻璃

24.1 自清洁玻璃	802
24.1.1 自清洁玻璃的自洁原理和品种	803
24.1.2 自清洁玻璃的种类	805
24.1.3 自清洁玻璃的性质与表征	805
24.1.4 镀 TiO ₂ 膜的自清洁玻璃的制备与性能	808
24.1.5 表面改性的 TiO ₂ 膜自清洁玻璃的制备与性能	817
24.1.6 铁酸锌膜的自清洁玻璃	822
24.1.7 自清洁玻璃的应用和发展方向	825
24.2 抗菌玻璃	827
24.2.1 抗菌玻璃的特征和品种	828
24.2.2 掺杂抗菌剂的抗菌玻璃	830
24.2.3 掺抗菌剂的多孔微晶抗菌玻璃	836
24.2.4 涂光催化膜抗菌玻璃	839
24.3 防止海洋生物污染玻璃	843
24.3.1 防海洋生物污染玻璃性能和分类	843
24.3.2 防海洋生物污染玻璃的制备	845
24.3.3 防海洋生物污染涂层的制备与应用	846
参考文献	849

第 25 章 新能源用玻璃

25.1 快离子导体玻璃	850
25.1.1 Ag ⁺ 导电玻璃	851
25.1.2 Na ⁺ 导电玻璃	852
25.1.3 Li ⁺ 导电玻璃	853
25.1.4 Cu ⁺ 导电玻璃	857
25.1.5 质子导电玻璃	858
25.2 太阳能电池用玻璃	860

25.2.1 硅太阳能电池盖玻璃	861	27.3.2 对食用菌的施肥效果	912
25.2.2 太阳能电池基板玻璃	864	27.3.3 对葡萄和苹果的施肥效果	913
25.3 太阳能集热器用玻璃	869	27.3.4 对花卉的施肥效果	913
25.3.1 太阳能集热器	869	27.3.5 对蔬菜的施肥效果	913
25.3.2 集热板盖玻璃	870	27.3.6 玻璃肥料的发展方向	915
25.3.3 盖玻璃表面的增透处理	872	参考文献	915
25.4 反应堆控制棒和激光核聚变用 玻璃	875	第 28 章 玻璃纤维增强塑料	917
25.4.1 反应堆控制棒玻璃	875	28.1 复合材料基本概念与分类	917
25.4.2 激光核聚变用玻璃	877	28.2 玻璃纤维增强塑料的特性	917
参考文献	886	28.2.1 设计与制造上的四大特点	917
第 26 章 玻璃微珠	887	28.2.2 性能特点	917
26.1 种类、用途和发展	887	28.3 国内外发展概况	924
26.1.1 玻璃微珠的种类和用途	887	28.3.1 玻璃钢溯源与国外发展沿革	924
26.1.2 玻璃微珠的发展	887	28.3.2 我国玻璃钢工业发展历程	925
26.2 用于逆向反射的玻璃微珠	888	28.3.3 我国玻璃钢行业的特点	926
26.2.1 逆向反射反光材料的种类	888	28.3.4 我国玻璃钢行业现状及其与国际 水平的比较	926
26.2.2 逆向反射的光学原理	889	28.4 玻璃纤维增强塑料的主要成分与 功能	929
26.2.3 微珠玻璃的组成	890	28.5 玻璃纤维增强塑料承受荷载简析	930
26.3 玻璃微珠成球工艺	891	28.6 树脂系统	930
26.4 其他玻璃微珠	892	28.6.1 树脂的特性要求	930
参考文献	895	28.6.2 树脂类型	931
第 27 章 玻璃肥料	896	28.7 玻璃纤维增强塑料 (FRP) 制品 成形方法	936
27.1 玻璃肥料的特性与分类	896	28.7.1 FRP 制品成形三要素	936
27.1.1 玻璃肥料的特性	896	28.7.2 FRP 制品成形工艺分类	937
27.1.2 玻璃肥料的分类	898	28.7.3 成形工艺选择	937
27.2 玻璃肥料的成分与制备	899	28.7.4 常用 FRP 成形工艺简介	940
27.2.1 玻璃肥料的成分选择	899	参考文献	962
27.2.2 玻璃肥料的制备工艺	900	第 29 章 玻璃的国家标准和行业标准	963
27.2.3 硅酸盐玻璃肥料	900	29.1 标准的类别	963
27.2.4 磷酸盐玻璃微量元素肥料	902	29.2 玻璃的国家标准	964
27.2.5 含氮的磷酸盐玻璃肥料	906	29.2.1 玻璃的强制性国家标准	964
27.2.6 杀菌除臭的磷酸盐玻璃肥料	908	29.2.2 玻璃的推荐性国家标准	965
27.2.7 稀土元素与微量元素的玻璃 肥料	909	29.3 玻璃的行业标准	968
27.2.8 用液态排渣锅炉制备玻璃 肥料	911	29.3.1 玻璃的强制性行业标准	968
27.3 玻璃肥料的应用与发展	912	29.3.2 玻璃的推荐性行业标准	970
27.3.1 对水稻的施肥效果	912		

第1章

玻璃的特性和品种

地球形成时,含氧化硅的岩浆,如石英斑岩岩浆或其他火成岩浆,在迅速冷却过程中形成了天然玻璃,如珍珠岩、黑曜岩、松脂岩等。火山喷发岩浆时,迅速冷却也会形成珍珠岩、黑曜岩等,这些天然玻璃曾被人类的祖先作为工具来使用。这里讨论的仅为人工制造的玻璃。

1.1 玻璃的起源和在人类文明史中的地位

1.1.1 玻璃的起源

人类制造玻璃的时间在文献的记载中不完全相同,牵涉到什么制品才是玻璃的问题,如果将陶瓷上的玻璃态也算作玻璃的话,则在公元前 8000 年就有陶瓷上釉的制品,这样玻璃制品的起源就很早了。如果将石英砂加石灰石和碱混合加热到 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$,由于温度比较低,只能烧结而不能熔化,得到含有一些玻璃态和未熔石英砂及其他未熔原料的混合物,国外称为费昂斯 (Faience),国内称为釉砂;如果石英砂和碱加石灰石及其他原料混合后加热到 1000°C 或更高温度,则玻璃态含量比釉砂更高,国外称为费列特 (Frit),国内称为玻砂(玻璃和石英砂的混合物),釉砂和玻砂均可为玻璃的先驱,出土的这类制品经考古学家估计,最早制造的时间为公元前 3500 年,因此一般认为人类制造玻璃起源于公元前 3000~2000 年,大多数文献也认为玻璃起源于距今 5000 年前。

中国发现最早的釉砂和玻砂起始于西周和春秋中期,是一些有色的镶嵌珠、璧、耳珰、剑首等装饰品,岩相分析说明这些釉砂和玻砂中含有石英晶体,含玻璃相很少。由于中国的玻璃出现比西方晚约 1000 多年,而且至今中国还没有出土制造玻璃的作坊,于是西方学者认为中国的玻璃是在公元前 500 年由西方传入的,即“外来说”。

从制作釉砂和玻砂到制造玻璃,为了降低熔化温度,需要寻找合适的助熔剂,这些助熔剂往往产自当地原料,我国古人很早就将硝石 (KNO_3) 应用于炼丹术,硝石的熔点很低 (330°C),引入玻璃中作助熔剂就制成了钾钙硅酸盐玻璃。在商周时期炼制青铜中,我国已有使用铅矿的经验,将方铅矿 (PbS) 和重晶石 (BaSO_4) 作为助熔剂,制成铅钡硅酸盐玻璃。于是从战国开始,我国形成了钾硅酸盐 ($\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$) 和铅钡硅酸盐两大玻璃系统。古代美索不达米亚的玻璃是钠钙硅酸盐 ($\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$) 成分,古埃及玻璃也是典型的钠钙硅酸盐玻璃 ($20\text{R}_2\text{O} \cdot 12\text{RO} \cdot 68\text{SiO}_2$) 成分, K_2O 、 MgO 的含量很低, PbO 、 BaO 则是微量。西方铅钡玻璃到 17 世纪才出现,我国古代的铅钡玻璃是西方所没有的,因此 20 世纪 50 年代中国学者提出了中国古玻璃是自己制造,即“自创说”。

我国最早称呼玻璃的名称出现于战国时期,称为“琳”,又称“陆离”,西汉称为琉璃(流离、璃),宋代称为药玉(假玉)、玉,明代称为“硝子”。“玻璃”的名称开始于唐代,有的学者认为“硝子”一词出现在唐代以后。宋代将进口的玻璃器具称为“玻璃”,中国自制的玻璃称为“琉璃”,“琉璃”这一名称一直沿用到清代。“硝子”这一名称后来传到日本,