

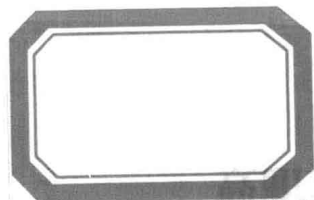
▮ BOLI CHENGXING TUIHUO CAOZUO YU KONGZHI

玻璃成形退火 操作与控制

□ 周美茹 主 编
□ 谢建群 纪福顺 副主编



化学工业出版社

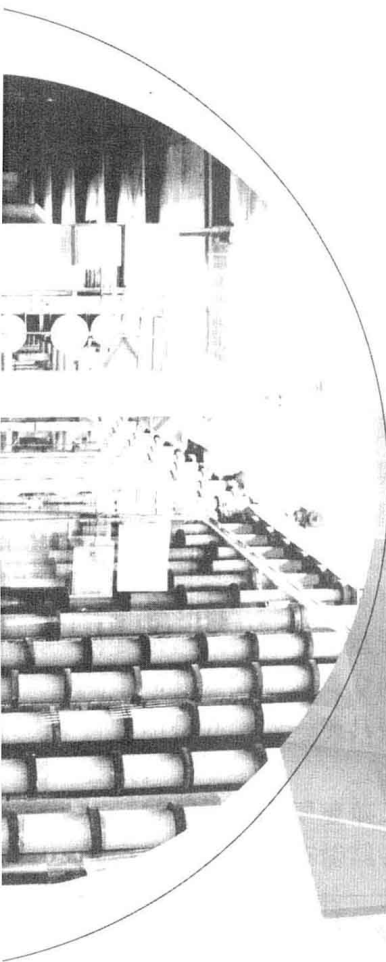


职业教育系列教材

高等材料工程技术专业校企合作开发系列教材

BOLI CHENGXING TUIHUO CAOZUO YU KONGZHI

玻璃成形退火 操作与控制



□ 周美茹 主 编
□ 谢建群 纪福顺 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

编审委员会

主任委员	王爱广	马玉聪	朱玉春	赵士军
副主任委员	谢建群	王中亮	米庆轩	石常军
委员	(按姓氏笔画排序)			
	于长湖		河北建材职业技术学院	
	马玉聪		中国耀华玻璃集团公司	
	王 宙		河北建材职业技术学院	
	王中亮		秦皇岛耀华玻璃工业园有限责任公司	
	王丽萍		秦皇岛北方玻璃集团公司	
	王爱广		河北建材职业技术学院	
	方久华		绵阳职业技术学院	
	石常军		河北建材职业技术学院	
	白 林		秦皇岛玻璃工业研究设计院	
	印文忠		华勘玻璃机械厂	
	朱玉春		河北建材职业技术学院	
	刘志海		秦皇岛耀华玻璃股份有限公司	
	闫洪涛		河北建材职业技术学院	
	米庆轩		秦皇岛宝生熔窑热工工程有限公司	
	纪军琳		秦皇岛索坤日用玻璃集团有限公司	
	纪福顺		河北省沙河市鑫利玻璃有限公司	
	孙志民		秦皇岛耀华玻璃工业园有限责任公司	
	李晓娟		河北建材职业技术学院	
	李银川		冀东水泥壁山有限责任公司	
	张文会		河北建材职业技术学院	
	张永革		秦皇岛玻璃工业研究设计院	
	张丽霞		河北建材职业技术学院	
	张利剑		洛阳理工学院洛阳建材机械厂	
	张 鹏		河北建材职业技术学院	
	陈国强		河北建材职业技术学院	
	陈宝良		秦皇岛奥格玻璃有限公司	
	武丽华		河北建材职业技术学院	
	茅力佐		中国建材国际工程集团有限公司	
	易玉强		秦皇岛玻璃工业研究设计院	
	周经培		秦皇岛玻璃工业研究设计院	
	周美茹		河北建材职业技术学院	
	孟秀华		河北建材职业技术学院	
	赵士军		河北迎新玻璃集团有限公司	
	赵北龙		河北建材职业技术学院	
	赵金柱		河北建材职业技术学院	
	胡秋明		秦皇岛耀华国投浮法玻璃有限公司	
	胡桂庚		浙江长兴诺万特克玻璃有限公司	
	都小菊		河北建材职业技术学院	
	温 江		秦皇岛通联集团公司	
	韩立平		秦皇岛玻璃工业研究设计院	
	谢建群		秦皇岛玻璃工业研究设计院	

序

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010～2020年）》中指出：“职业教育要面向人人、面向社会，着力培养学生的职业道德、职业技能和就业创业能力。到2020年，形成适应经济发展方式转变和产业结构调整要求、体现终身教育理念、中等和高等职业教育协调发展的现代职业教育体系，满足人民群众接受职业教育的需求，满足经济社会对高素质劳动者和技能型人才的需要”。

2008年1月18日，由全国唯一以建材命名的河北建材职业技术学院牵头，60多家建材企业、30多家职业院校、行业协会、科研院所加盟的河北省建材职业教育集团在秦皇岛正式成立。职教集团成立后，致力于实现专业与产业、企业、岗位对接，加快校企一体化建设；致力于实现专业课程内容与职业标准对接，加快构建新的专业课程体系；致力于实现职业教育紧贴行业经济发展需求，加强职业院校专业建设，探索课程教学改革；致力于实现教学过程与生产过程对接，推进人才培养模式改革；在建材职业教育集团化办学过程中，吸引了一大批建材企业参与到职业院校的人才培养模式改革、课程体系设置、教材建设、师资队伍建设中来。中国耀华玻璃集团等数十家成员单位企业都成为职教集团牵头单位——河北建材职业技术学院的紧密型实习实训基地。这些基地的建立，密切了校企合作，使职业院校能够充分了解行业、企业文化、企业需要的人才规格、企业岗位群能力标准等，并与企业共同进行基于工作过程的课程开发与设计，使专业课程设置更充分体现职业性、实践性和开放性的要求，课程内容更重视与职业标准的对接。河北省建材职业教育集团与化学工业出版社共同策划开发的高职高专院校材料工程技术专业系列教材项目，是河北省建材职业教育集团推进集团化办学的一项具体举措，也是探索校企紧密合作培养高端技能型专门人才的一次崭新尝试。

近年来，我国玻璃工业实现了快速稳定发展，生产快速增长，自主技术创新取得新进展，结构调整和节能减排取得新成效，国际化水平进一步提高。但承担着为玻璃行业培养技能型人才的职业院校，其专业课程教材的开发却严重滞后，在本套教材出版前，高职高专材料工程技术专业玻璃类教材还是一项空白，相关参考技术书籍也非常少，远远不能满足职业院校专业课程教学和行业企业职工培训的需要。为此，河北省建材职业教育集团与化学工业出版社商定，在河北建材职业技术学院校本教材的基础上，联合开发高职高专材料工程技术专业玻璃方向系列教材，本套教材包括《玻璃成形退火操作与控制》、《玻璃熔化操作与控制》、《玻璃配合料制备操作与控制》、《玻璃机械设备操作与维护》、《硅酸盐生产过程控制技术》和《玻璃生产管理与质量控制》。

在本套教材的编写过程中，秦皇岛耀华玻璃工业园有限公司、秦皇岛玻璃工业研究设计院等多家玻璃企业及玻璃科研院所参与了本套教材的开发工作。参与本套教材编写的人员都是多年从事玻璃生产、设计的行业企业专家和职业院校教学一线专业教学名师和骨干教师，他们把自己生产、教学中取得的经验和成果毫无保留地充实到本套教材的内容中。

这套教材有三个特点：一是在教材编写整体思路，将知识和技能重新解构与重组，建

立基于工作过程、融合最新技术和工艺知识、强调知识-能力-素质结构整体优化的教材编写体系；二是在课程设置与内容编排上，遵循课程与岗位对接，课程内容与职业标准对接的原则，力求突出课程内容的职业性、实践性和实用性，淡化课程内容的纯理论性，兼顾课程内容的时代性和前瞻性；三是在教材具体内容的组织上，融入了学历证书与职业资格证书的双重要求，充分体现了“双证书”制度和“以服务为宗旨，以就业为导向”的职业教育的特征，突出了创新性、先进性和实用性。这套教材的公开出版，将从根本上缓解材料工程技术专业玻璃方向教材缺乏的状况，同时标志着河北省建材职业教育在集团化办学方面又迈出了新的步伐。为此，在本套教材即将出版之际，衷心感谢一年来参加本套教材编写、审稿、编辑工作的同志们为之付出的辛劳，感谢各级教育主管部门、各相关院校及行业、企业领导的大力支持！同时，也将此套教材郑重推荐给广大读者。

河北省建材职业教育集团

2012年7月

前言

近年来,由于我国经济高速发展,建筑业拉动了环保与节能的需求,促进了我国玻璃工业快速发展,玻璃行业引进大量国外先进技术、先进设备,但关于玻璃生产技术的学术著作很少,更没有适合高职高专的玻璃系列教材出版。

基于上述情况,我们在不断与玻璃企业深度合作的基础上,总结 20 年来的实践和教学经验,与行业企业、科研院所的专家一起编写了本书,在编写的过程中力求突出以下特色。

(1) 全书以浮法玻璃成形退火为重点,主要介绍了浮法玻璃成形退火工艺过程与操作、浮法玻璃成形退火设备、玻璃成形退火的缺陷、保护气体制备工艺过程与设备,同时,对压延玻璃和瓶罐玻璃的成形退火基本工艺过程做了简单介绍。

(2) 教材面向玻璃成形工与退火工岗位群,突出实践性、实用性和应用性,按成形与退火人员的知识、能力、素质要求,构建职业技能和职业素质必备的知识、技能体系,突出能力培养。

(3) 在编写过程中,吸收了项目化课程改革教学成果,结合高职高专教育的教学特点,做到教学内容与成形工、退火工职业标准对接,以适应材料工程技术专业(玻璃方向)学生学习和职业资格证书培训等不同的需要,达到传授知识、培养能力的目的。

(4) 教材中设备的内部构造与设备实物的外形图片相互对照,使学习过程更加形象、直观,增强了教材的可读性、适用性和实践性,也使学生了解所学专业与实际应用的关联性。

(5) 为适应案例教学和任务驱动式教学,在书中引入了生产实际案例,对案例进行了详细分析,并在每章后面都增加了学习思考,培养学生分析问题、解决问题的能力。

本书由周美茹担任主编,谢建群、纪福顺担任副主编。具体人员分工如下:第 1 章由秦皇岛耀华玻璃股份有限公司刘志海编写,第 2 章、第 3 章、第 6 章、第 7 章由河北建材职业技术学院周美茹编写,第 4 章由秦皇岛玻璃工业研究设计院谢建群编写,第 5 章由河北省沙河市鑫利玻璃有限公司纪福顺编写,第 8 章由秦皇岛玻璃工业研究设计院韩立平编写,第 9 章由河北建材职业技术学院于长湖和秦皇岛北方玻璃集团公司王丽萍编写,第 10 章由河北建材职业技术学院张文会和秦皇岛索坤日用玻璃集团有限公司纪军琳编写,河北建材职业技术学院的赵北龙和闫洪涛分别编写了在线镀膜部分和成形退火温度自动控制部分。另外,秦皇岛玻璃工业研究设计院张永革提供了大量浮法玻璃退火资料,中国耀华玻璃集团公司马玉聪对书稿进行了审阅并提出了许多宝贵的意见和建议,秦皇岛耀华玻璃工业园有限责任公司孙志民对部分实践操作进行了审核和修改,赵金柱和齐建党参加了部分章节的编写。全书由周美茹拟定编写大纲并负责统稿工作。另外,在编写过程中,还借鉴和采纳了许多专家的研究成果。在此,对这些专家学者表示衷心的感谢和崇高的敬意。

本书可作为高职高专和高等院校应用型本科材料类相关专业的教学用书，也可作为玻璃行业企业的培训教材，同时也是工程技术人员的技术参考用书。

尽管我们在探索教材特色等方面做了非常大的努力，但是由于编者水平有限，不当之处在所难免，恳请各教学单位、企事业单位及读者在使用本教材时批评指正，以便修订时改进。

编 者
2012 年 7 月

目 录

1

绪 论

1

- 1.1 平板玻璃在国民经济发展中的地位 1
- 1.2 平板玻璃成形的演变过程 2
- 1.3 我国浮法玻璃的发展过程 2
- 1.4 浮法玻璃成形退火的现状 3
- 1.5 浮法玻璃的新技术发展 4
 - 1.5.1 电子工业用超薄浮法玻璃工艺技术 4
 - 1.5.2 玻璃镀膜技术 5
 - 1.5.3 浮法玻璃退火窑辊道技术 5
 - 1.5.4 一窑多线 5
 - 1.5.5 计算机模拟技术在玻璃工业中的应用 6
 - 1.5.6 节能工艺技术 6
 - 1.5.7 环保技术 6

2

玻璃成形工艺原理

7

- 2.1 与玻璃成形有关的性质 7
 - 2.1.1 玻璃状态转化性质 7
 - 2.1.2 玻璃的黏度 8
 - 2.1.3 表面张力 14
 - 2.1.4 玻璃的热学性质 17
 - 2.1.5 玻璃的析晶性能 19
 - 2.1.6 润湿现象 20
- 2.2 浮法玻璃成形原理 22
 - 2.2.1 浮法玻璃摊平抛光机理 22
 - 2.2.2 浮法玻璃液摊平抛光的条件 23
 - 2.2.3 浮法玻璃的平衡厚度（自然厚度） 24
 - 2.2.4 玻璃液在锡液面上的浮起高度 26
 - 2.2.5 浮法玻璃的浮托介质 27
 - 2.2.6 薄玻璃的成形原理 29
 - 2.2.7 厚玻璃的成形原理 31
- 2.3 浮法玻璃成形的工作原理 31
 - 2.3.1 锡槽内的热交换 31

3

2.3.2	玻璃带的表面温度与介质的温度关系	33
2.3.3	玻璃带在锡槽中的冷却速度	34
2.3.4	锡槽内保护气体的流动	35
2.3.5	锡槽内锡液的流动	36
学习思考题		37

玻璃成形工艺控制与操作

38

3.1	浮法玻璃成形的工艺分区	38
3.1.1	抛光区	38
3.1.2	徐冷区	39
3.1.3	成形区	39
3.1.4	冷却区	39
3.2	浮法玻璃成形工艺制度与控制	40
3.2.1	温度制度	40
3.2.2	气氛控制	45
3.2.3	压力制度	50
3.2.4	成形工艺指标控制案例	51
3.2.5	锡槽控制与检测系统	53
3.3	薄玻璃成形技术	55
3.3.1	拉薄过程分析	56
3.3.2	薄玻璃生产方法	58
3.3.3	薄玻璃生产中拉边机参数的设置	60
3.3.4	影响薄玻璃表面质量的因素	65
3.3.5	浮法薄玻璃成形操作	67
3.4	厚玻璃成形	67
3.4.1	厚玻璃生产方法	68
3.4.2	生产厚玻璃遇到的问题及解决办法	69
3.4.3	厚玻璃生产工艺参数举例	71
3.4.4	浮法厚玻璃成形操作	71
3.5	玻璃厚薄差的控制	72
3.5.1	控制厚薄差的意义	73
3.5.2	控制薄玻璃厚薄差的措施	73
3.5.3	厚玻璃的厚薄差	75
3.5.4	玻璃板厚薄差的调整	75
3.6	浮法玻璃在线镀膜	76
3.6.1	镀膜玻璃的定义和分类	76
3.6.2	在线玻璃镀膜方法	76
3.7	浮法玻璃成形日常生产操作	81
3.7.1	改板操作	81
3.7.2	拉边机操作	84
3.7.3	更换冷却水包	86

3.7.4	扒渣机操作	88
3.8	成形常见故障处理	88
3.8.1	流量突然变小	88
3.8.2	锡槽内玻璃带出现突然变宽	89
3.8.3	玻璃带根变化的原因分析与处理	89
3.8.4	玻璃带根回缩的原因分析与处理	90
3.8.5	玻璃带摆动原因分析与处理	90
3.8.6	玻璃带跑偏原因分析与处理	90
3.8.7	沾边原因分析与处理	91
3.8.8	卷机头原因分析与处理	91
3.8.9	脱边的原因分析与处理	93
3.8.10	断板的原因分析与处理	94
3.8.11	发生满槽的原因分析与处理操作	95
3.9	成形突发事故处理	95
3.9.1	发生停电、闪电事故的处理	95
3.9.2	停水事故的处理	97
3.9.3	停保护气体事故的处理	97
3.9.4	主传动停车事故处理	99
3.9.5	电阻丝脱落	99
3.9.6	锡槽内设施漏水	99
3.9.7	生产时拉边机停转事故处理	99
3.9.8	槽底浮砖的处理操作	100
3.9.9	流量调节闸板断裂事故处理	100
	学习思考题	101

玻璃成形设备

102

4.1	锡槽概述	102
4.1.1	浮法玻璃成形对锡槽的要求	103
4.1.2	锡槽的分类	104
4.2	锡槽进口端	105
4.2.1	锡槽进口端结构组成	106
4.2.2	锡槽进口端结构设计	112
4.3	锡槽主体结构	114
4.3.1	锡槽的结构形式	114
4.3.2	锡槽的金属外壳	115
4.3.3	锡槽槽底砖的结构与材质	115
4.3.4	锡槽的槽底设计	121
4.3.5	锡槽底砖安装	123
4.3.6	锡槽顶盖	126
4.3.7	锡槽胸墙	129
4.3.8	锡槽的钢结构	131

4.4	锡槽出口端	132
4.4.1	出口端结构组成	133
4.4.2	过渡曲线与过渡辊子的“四度”	133
4.4.3	过渡辊台的密封及保温	135
4.4.4	过渡辊下的擦锡装置	136
4.4.5	锡槽出口端结构设计	136
4.5	锡槽电加热系统	137
4.5.1	电加热元件	138
4.5.2	锡槽加热与电功率分配	140
4.6	锡槽槽底冷却风系统	143
4.6.1	冷却风机的选择和布置	143
4.6.2	送风气流组织方式	144
4.7	锡液深度设计与锡容量计算	145
4.7.1	锡液液面的位置	145
4.7.2	锡液深度	145
4.7.3	容锡量的计算	145
4.8	锡槽主体结构尺寸初步计算	146
4.8.1	计算依据	146
4.8.2	锡槽主体结构尺寸初步计算	147
4.9	锡槽新技术	151
4.9.1	锡槽结构的新特点	151
4.9.2	先进的锡槽结构特点	151
4.10	成形附属设备	152
4.10.1	拉边机	152
4.10.2	直线电机	159
4.10.3	冷却水包与锡液冷却器	163
4.10.4	定边砖、背衬砖及鼻砖	164
4.10.5	石墨内衬和石墨挡坎	164
4.10.6	石墨挡坝	165
4.10.7	扒渣池	165
4.10.8	锡液泵	165
4.10.9	挡边器和卷边器	165
4.10.10	挡旗	166
4.10.11	锡槽玻璃测厚仪	167
4.10.12	锡槽排气装置	167
4.10.13	锡槽保护气体净化循环装置	167
4.10.14	浮法玻璃擦锡装置	167
4.10.15	锡槽槽内气氛检测装置	168
4.10.16	冷却风机	168
4.10.17	保护气体系统	168
4.11	锡槽的烘烤	168
4.11.1	烘烤前的检查	168

4.11.2	烘烤前的技术与工器具准备	170
4.11.3	锡槽烘烤升温原则与烘烤要点	172
4.11.4	加锡	173
4.11.5	500t/d 锡槽烘烤案例	175
4.12	锡槽生产前的引头子	177
4.12.1	引头子温度制度	177
4.12.2	准备工作	178
4.12.3	工作流程	178
4.12.4	引头子操作	178
4.12.5	引头子注意事项	179
4.13	成形设备的日常维护	180
4.13.1	锡槽的密封操作	180
4.13.2	拉边机日常维护	181
4.13.3	吹扫锡槽顶盖	181
4.13.4	生产过程中吹扫流道闸板	182
4.13.5	日常生产加锡	183
4.13.6	锡槽维护的其他操作	184
4.14	锡槽的维修	185
4.14.1	热换流量调节闸板	185
4.14.2	热换流槽唇砖	186
4.14.3	更换八字砖	188
4.14.4	更换背衬砖	189
4.14.5	倒换锡槽槽底风机	189
4.14.6	更换过渡辊	190
4.15	成形设备巡检	191
4.15.1	岗前巡检和班中巡检	191
4.15.2	设备巡检要点	191
4.16	砸头子与冷修放锡	193
4.16.1	砸头子	193
4.16.2	锡槽冷修放锡	194
	学习思考题	194

玻璃成形缺陷

196

5.1	锡槽中的化学反应	196
5.1.1	玻璃液与耐火材料之间的化学作用	196
5.1.2	锡液在锡槽内的化学反应	197
5.1.3	锡化合物的性质	198
5.2	锡槽中离子扩散与离子交换反应	199
5.2.1	离子扩散与离子交换反应机理	199
5.2.2	玻璃的渗锡	201
5.2.3	氢气和氧气在锡液中的溶解	202

5.3	锡槽中的氧污染和硫污染	203
5.3.1	锡槽中的污染的来源	203
5.3.2	氧污染和硫污染治理措施	205
5.3.3	锡槽内硫污染案例	207
5.4	浮法玻璃成形缺陷的判断与处理	210
5.4.1	成形缺陷的分类	210
5.4.2	锡污染引起的缺陷	210
5.4.3	耐火材料引起的缺陷	212
5.4.4	槽底气泡及其他气泡缺陷	213
5.4.5	操作制度等引起的缺陷	214
5.4.6	辊道疵点	215
5.4.7	其他缺陷	215
5.5	成形缺陷的综合控制	217
5.5.1	系统动态平衡方法	217
5.5.2	过程控制的方法	218
5.5.3	综合治理成形缺陷措施	219
5.6	成形缺陷处理案例	220
5.6.1	玻璃状滴落物案例	220
5.6.2	光畸变点处理案例	222
5.6.3	投产初期锡槽气泡处理案例	223
	学习思考题	224

6

玻璃退火工艺控制与操作

225

6.1	玻璃退火工艺原理	225
6.1.1	玻璃黏度的参考点	225
6.1.2	退火温度范围（退火区域）	226
6.1.3	玻璃的热应力	226
6.1.4	退火原理	231
6.2	浮法玻璃退火工艺过程	232
6.2.1	退火工艺目标与退火标准	232
6.2.2	退火窑各工艺分区及长度计算	232
6.2.3	影响玻璃退火质量的因素及措施	237
6.3	浮法玻璃退火窑的加热系统	241
6.3.1	退火窑的烤窑加热	241
6.3.2	退火窑的保温加热	242
6.3.3	退火窑的生产加热	242
6.3.4	电加热器	243
6.4	浮法玻璃退火窑冷却系统	244
6.4.1	退火窑内玻璃带的散热	244
6.4.2	退火窑的冷却方式及冷却风流向	244
6.4.3	冷却风管的布置和风机选型	246

6.4.4	浮法玻璃退火窑各区的冷却风控制	248
6.5	浮法玻璃退火的温度制度与控制	253
6.5.1	纵向退火温度制度	253
6.5.2	退火窑的温度控制	255
6.6	退火窑各区的应力控制	259
6.6.1	永久应力控制	259
6.6.2	暂时应力控制	263
6.7	浮法玻璃退火操作技术	266
6.7.1	浮法玻璃退火操作的指导思想	266
6.7.2	厚玻璃退火操作技术	267
6.7.3	薄玻璃退火操作技术	269
6.8	常见退火问题处理操作	271
6.8.1	玻璃板整体向上、向下弯曲	272
6.8.2	玻璃的纵炸	273
6.8.3	横炸	275
6.8.4	混合式炸裂	277
6.8.5	其他炸裂	278
6.8.6	玻璃切割问题	279
6.9	浮法玻璃退火纵炸案例	282
6.9.1	案例概况	282
6.9.2	纵炸原因分析	283
6.9.3	生产调整	283
6.9.4	案例评述	284
6.10	退火窑常规操作	284
6.10.1	退火窑改板操作	284
6.10.2	退火窑风机操作规程	285
6.10.3	退火窑主传动操作	285
6.11	退火窑突发事件的处理	286
6.11.1	退火窑停电处理规程	286
6.11.2	退火窑某辊停转处理	286
6.11.3	退火窑内挡帘掉落处理	286
6.11.4	退火窑停水处理	286
	学习思考题	286

7

玻璃退火窑

288

7.1	玻璃退火窑概述	288
7.1.1	退火窑的类型	288
7.1.2	浮法玻璃退火窑现状	289
7.2	退火窑结构	290
7.2.1	退火窑结构概述	290
7.2.2	STEIN 退火窑各分区结构	290

7.2.3	STEIN 退火窑与 CNUD 退火窑的性能比较	294
7.3	退火窑辊道与传动	299
7.3.1	退火窑辊道运转特点与要求	299
7.3.2	退火窑辊道的结构和材质	300
7.3.3	退火窑辊道传动装置	301
7.4	Low-E 浮法玻璃退火窑特点	304
7.4.1	在线低辐射玻璃的特点	304
7.4.2	在线低辐射镀膜工艺对浮法退火窑的要求	304
7.4.3	在线镀膜退火窑操作控制	306
7.5	退火窑的烘烤	307
7.5.1	升温前的准备	307
7.5.2	退火窑升温曲线的制定	308
7.5.3	升温烤窑	308
7.5.4	生产前设备检查工作	310
7.6	退火窑生产操作	310
7.6.1	退火窑引头子操作	310
7.6.2	退火窑日常维护	311
7.6.3	退火窑巡检	312
7.6.4	退火窑砸头子	312
	学习思考题	313

8

保护气体制备工艺与设备 314

8.1	保护气体制备基础	314
8.1.1	空分制氮的基础知识	314
8.1.2	氮分解制氢的基础知识	315
8.2	高纯氮制备工艺与设备	316
8.2.1	高纯氮制备工艺流程	316
8.2.2	空分制氮设备	318
8.3	氮分解制氢工艺与设备	321
8.3.1	氮分解制氢工艺流程	321
8.3.2	氮分解制氢设备	322
8.4	保护气体的输送和分配	324
8.4.1	保护气体的输送	324
8.4.2	保护气体的混合	325
8.4.3	配气工艺流程	325
8.4.4	配气方法	325
	学习思考题	325

9

压延玻璃成形与退火 326

9.1	压延法成形与退火工艺	326
-----	------------------	-----

9.1.1	压延成形工艺	326
9.1.2	压延玻璃的退火特点	327
9.1.3	太阳能超白压延玻璃简介	328
9.2	压延玻璃的成形与退火设备	329
9.2.1	压延机	329
9.2.2	过渡辊台与退火窑	329
9.3	压延玻璃的生产操作	330
9.3.1	砸头子操作	330
9.3.2	引头子操作	331
9.3.3	正常生产调整	331
	学习思考题	332

瓶罐玻璃成形与退火

333

10.1	概述	333
10.1.1	玻璃瓶罐分类	333
10.1.2	玻璃瓶罐的成形方法	333
10.2	吹-吹法成形	334
10.2.1	吹-吹法成形的基本原理	334
10.2.2	吹-吹法成形的操作工序	334
10.2.3	吹-吹法成形工艺	335
10.3	压-吹法成形	343
10.3.1	压-吹法成形的基本原理	343
10.3.2	压-吹法成形的操作工序	343
10.3.3	压-吹法成形的工艺	343
10.4	瓶罐玻璃的退火	344
	学习思考题	346

参考文献

347

1 | 绪 论

自古以来，玻璃即作为生活用品、装饰品、工业材料等为人们所使用，并存在于人们生活的空间中。在现代化生活中，各种电子设备（如彩色电视机、DVD、通信设备、照相机、摄像机，日常生活中的冰箱、灶具、洗衣机）乃至航空、航天及交通运输，人们优美的居住环境中空间的隔断、照明、装饰等，均离不开玻璃制品。

玻璃制品在 200 多年前还主要依靠人工成形，此后逐渐被半自动化或自动化的机械成形所取代，这使玻璃生产得以高速率、高速化、精细化。工业生产中对需求量大、要求精细的产品，如平板玻璃、瓶罐玻璃、管玻璃及通信光纤、光学玻璃等产品采用自动化/机械化的生产，对与礼品、灯饰及绚丽多彩的器皿等则多采用人工或半人工的成形方法。本书重点介绍平板玻璃中的浮法玻璃成形与退火，对压延玻璃与瓶罐的成形退火只作简单介绍。

1.1 平板玻璃在国民经济发展中的地位

平板玻璃及其深加工制品不仅是重要的生产材料，也是不可缺少的生活材料，随着建筑业的发展，逐步产生了如何使空间变得豪华壮美的建筑艺术。在一个景区中，各建筑物就能融为一体，原有的和后建的建筑物之间应能相互呼应，应该把光线与色彩的变化和美学、结构轻型化、透明与反射等因素结合起来。玻璃应是达到上述目的理想材料之一。它能把被它隔离开来的空间联系起来，从而在建筑艺术中自然而然地找到了自己的位置。可以说，没有玻璃，就没有现代建筑。

以汽车为代表的交通机械工业需要透视性强、可见光透过率高和有一定冲击强度的材料，玻璃就是这类材料中的最佳选择。在我国，汽车工业已成为带动整个经济增长的支柱产业之一。在新材料层出不穷的今天，传统的车体材料正在被性能更优良的、结构更轻型的新材料所代替。但是，在今后较长的时间内，玻璃作为汽车的前后窗和侧窗材料将是不可替代的。没有玻璃，现代化的交通工具将无法发挥其高速、安全、舒适、节能等优势。

电子工业历来是应用平板玻璃的大户，大型计算机屏幕、小型计算机的液晶显示板，其材料都是超薄平板玻璃。各种工业仪表、实验室所用载片，也都是超薄玻璃做的。

新兴节能材料行业也越来越依赖玻璃，比如光伏电池，其电极背板及保护盖板的最佳材料就是超白浮法玻璃和超白压延玻璃。还有必须采用耐热玻璃的电器设备，如微波炉专用玻璃转盘、微波炉灯罩及特殊场合的防火玻璃，都是高硼硅平板玻璃。

总之，随着社会经济的发展，人类对生活与工作空间的要求不断提高，人们对玻璃的要求已不仅局限于能够采光、透明和挡风雨，而且要求它具有隔热、隔声、调光等功能，并且无有害辐射、无污染等。近几十年，一些玻璃新品种及深加工制品不断被开发出来，为人们的衣食住行提供了诸多舒适、安全、节能的条件，大大提高了人类生活和工作的质量。随着更多的新技术、新设备、新产品的出现，玻璃对人类生产和生活条件的改善将发挥越来越重