

# 节能玻璃 与 环保玻璃

刘志海 庞世红 编著



化学工业出版社

图字05-2009-133-03883-0

节能玻璃与环保玻璃  
刘志强 庞世红 编著  
化学工业出版社  
北京 2009

# 节能玻璃与环保玻璃

刘志海 庞世红 编著

责任编辑：刘志强  
封面设计：庞世红

刘志强 庞世红

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区黄木厂173号）邮政编码：100061  
印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司  
发 行：北京市东城区东直门内大街165号  
187mm×109mm 1/16 印张 2.5 字数 28千字 2009年1月北京第1版第1次印刷

购书热线：010-64518888（传真：010-64518889） 售后服务：010-64518899



化学工业出版社

网 址：http://www.cip.com.cn

凡购本书，如有错页、漏页、倒页等质量问题，

· 北京 ·

定价：36.00元

元 00.36 元 定

图书在版编目 (CIP) 数据

节能玻璃与环保玻璃/刘志海, 庞世红编著. —北京:  
化学工业出版社, 2009. 1  
ISBN 978-7-122-03863-0

I. 节… II. ①刘… ②庞… III. 建筑玻璃  
IV. TQ172. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 158442 号

著者 庞世红 刘志海

---

责任编辑: 常 青  
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 孙凤英  
装帧设计: 杨 北

---

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 363 千字 2009 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: 36.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

我国经济已经实现连续5年增长保持在10%以上,使得我国经济发展具备许多有利条件,有着继续保持较快发展的良好基础。特别是与玻璃行业发展密切相关的住、行消费结构升级,无论是建筑业及房地产业、装饰装修业、交通运输业、电子信息业还是太阳能产业,节能、环保玻璃越来越得到广泛应用。同时,我国节能、环保政策法规的不断完善,也将极大地促进节能、环保玻璃的发展。

为了顺应玻璃产业新形势发展的需要,掌握国内外玻璃行业发展动态,推广节能、环保玻璃产品,加快发展循环经济,实现我国经济社会可持续发展,我们在参考了大量有关节能、环保玻璃方面的资料,走访了有实践经验专家学者的前提下,编写了这本《节能玻璃与环保玻璃》,以飨读者。

本书在编写过程中,中国耀华玻璃集团公司马军教授、马玉聪高级工程师和北京新立基真空玻璃技术有限公司唐健正教授等同志给予了大力支持;王建民、穆久东、张平、庞坤等同志提供了部分材料;尤其是宋秋芝、李超、王丽萍同志还利用业余时间对书稿进行了校对。在此一并致以衷心的感谢。

鉴于节能玻璃和环保玻璃是相对概念,且新产品、新技术不断出现和发展,加之笔者学识有限,难免在界定、分类、表述等方面存在疏漏和不妥之处,敬请有识之士给予批评、指正。

编著者

2008年9月

# 目 录

第一章 绪论	1
第一节 节能玻璃和环保玻璃范畴界定	1
一、节能、环保玻璃范畴界定及原则	1
二、平板玻璃加工及本体改性的方式方法	1
三、平板玻璃加工及本体改性的发展趋势	3
第二节 玻璃与节能、环保	4
一、玻璃生产的节能环保政策	5
二、玻璃应用的节能环保政策	6
第三节 节能玻璃概述	6
一、节能玻璃的定义	6
二、节能玻璃的分类	6
三、节能玻璃评价的主要参数	7
四、节能玻璃的选择	9
第四节 环保玻璃概述	9
一、环保玻璃的定义	9
二、环保玻璃的分类	9
三、环保玻璃的主要性能	10
第二章 遮光隔热的玻璃——阳光控制镀膜玻璃	13
第一节 镀膜玻璃概述	13
一、镀膜玻璃的定义及分类	13
二、镀膜玻璃的发展历史	13
第二节 镀膜玻璃的主要生产方法	15
一、镀膜玻璃的主要生产方法分类	15
二、真空阴极磁控溅射法	15
三、化学气相沉积 (CVD) 法	25
四、凝胶浸镀法	29
五、真空蒸镀法	33
六、喷镀法	39
七、其他	41
第三节 阳光控制镀膜玻璃及节能原理	44
一、概述	44
二、膜层材料及膜系结构	44
三、节能原理	46
第四节 在线镀硅质膜生产技术	47

一、生产原理 .....	47
二、在线镀硅质膜生产工艺流程 .....	47
三、在线镀硅质膜质量性能 .....	47
四、延长镀膜周期时间的措施 .....	48
第五节 阳光控制镀膜玻璃的使用 .....	49
一、设计过程 .....	49
二、安装 .....	50
三、使用维护 .....	50
第六节 阳光控制镀膜玻璃的性能、标准及检测方法 .....	50
一、阳光控制镀膜玻璃的主要性能 .....	50
二、阳光控制镀膜玻璃标准及检测方法 .....	52
第三章 节能环保的镀膜玻璃——LOW-E 玻璃 .....	56
第一节 概述 .....	56
一、LOW-E 玻璃的定义 .....	56
二、LOW-E 玻璃的分类 .....	56
三、LOW-E 玻璃的发展现状 .....	56
第二节 LOW-E 玻璃节能原理 .....	57
第三节 离线 LOW-E 玻璃 .....	58
一、离线 LOW-E 玻璃膜系结构 .....	58
二、离线 LOW-E 玻璃的特点及性能 .....	61
三、离线 LOW-E 玻璃的生产 .....	62
第四节 在线 LOW-E 玻璃 .....	62
一、在线 LOW-E 玻璃的膜层结构 .....	62
二、在线 LOW-E 玻璃的性能 .....	62
三、在线 LOW-E 玻璃的生产 .....	63
四、在线 LOW-E 镀膜玻璃生产的注意事项 .....	65
第五节 离线 LOW-E 玻璃与在线 LOW-E 玻璃的区别 .....	65
一、深加工性能的区别 .....	66
二、其他性能的区别 .....	67
三、节能效果的区别 .....	67
第六节 LOW-E 玻璃的使用方法 .....	69
一、低辐射玻璃膜面辨认方法 .....	69
二、低辐射玻璃的最佳使用方法 .....	70
第七节 LOW-E 玻璃的应用 .....	72
一、不同地区建筑物对 LOW-E 玻璃的要求 .....	72
二、LOW-E 玻璃在建筑门窗中的应用 .....	74
三、LOW-E 玻璃在建筑玻璃幕墙中的应用 .....	76
四、LOW-E 玻璃在其他行业中的应用 .....	77
第八节 LOW-E 玻璃的性能、标准及检测方法 .....	77
一、LOW-E 玻璃光谱特性 .....	77

二、LOW-E 玻璃标准及检测方法	78
第九节 LOW-E 玻璃的发展方向及趋势	82
一、针对生产方法带来的产品缺陷攻关	82
二、针对地区适用差异进行攻关	82
第四章 抗污染的环保玻璃——自洁净玻璃	84
第一节 概述	84
一、自洁净玻璃的定义	84
二、自洁净玻璃的分类	84
三、自洁净玻璃的发展现状	84
第二节 自洁净玻璃的自洁原理	85
第三节 自洁净玻璃的生产	88
一、溶胶-凝胶法	88
二、磁控溅射方法	90
三、离线 CVD 法	92
四、在线 CVD 法	92
五、溶液镀膜法	93
第四节 自洁净玻璃的使用	94
第五节 自洁净玻璃的性能及检测方法	94
一、自洁净玻璃的品种与规格	94
二、自洁净玻璃主要性能及检测方法	94
三、提高自洁净玻璃自洁性能主要措施	101
第六节 自洁净玻璃发展方向及趋势	101
第五章 全能型节能环保安全玻璃——夹层玻璃	102
第一节 概述	102
一、夹层玻璃的定义	102
二、夹层玻璃的分类	102
三、夹层玻璃的发展现状	102
第二节 夹层玻璃原料	105
一、基体材料	105
二、中间层黏合材料	105
第三节 夹层玻璃的生产	108
一、干法夹层玻璃的生产	108
二、湿法夹层玻璃的生产	112
三、EN 胶片夹层玻璃的生产	114
四、特种夹层玻璃的生产	115
第四节 夹层玻璃的使用	116
第五节 夹层玻璃的性能、标准及检测方法	116
一、夹层玻璃的性能	117
二、夹层玻璃的标准及检测方法	118
第六节 夹层玻璃的发展方向	125

85	一、汽车业用夹层玻璃的发展方向	125
86	二、建筑业用夹层玻璃的发展方向	126
88	三、技术与质量是夹层玻璃发展的永恒主题	127
<b>第六章 抗电磁干扰的玻璃——电磁屏蔽玻璃</b>		128
89	第一节 概述	128
89	一、电磁屏蔽玻璃的定义	128
89	二、电磁屏蔽玻璃的分类	128
89	三、电磁屏蔽玻璃的发展现状	130
89	第二节 电磁屏蔽基本原理	130
89	一、电磁屏蔽基本机理	130
89	二、电磁屏蔽效能	132
89	第三节 夹丝电磁屏蔽玻璃	134
89	一、夹丝电磁屏蔽玻璃的屏蔽效能	134
89	二、夹丝电磁屏蔽玻璃的生产工艺	135
89	三、夹丝电磁屏蔽玻璃的质量缺陷	137
89	第四节 镀膜电磁屏蔽玻璃	138
89	一、镀膜电磁屏蔽玻璃的定义与结构	138
89	二、镀膜电磁屏蔽玻璃的屏蔽效能	139
89	三、镀膜电磁屏蔽玻璃的生产	140
89	四、电加热电磁屏蔽玻璃	140
89	第五节 电磁屏蔽玻璃的应用	140
89	一、应用领域	140
89	二、应用设计	140
89	第六节 电磁屏蔽玻璃的发展方向及趋势	141
<b>第七章 隔热隔音的玻璃——中空玻璃</b>		142
89	第一节 概述	142
89	一、中空玻璃的定义	142
89	二、中空玻璃的分类	142
89	三、中空玻璃的发展现状	142
89	第二节 中空玻璃隔热隔音原理	143
89	一、中空玻璃的隔热原理	143
89	二、中空玻璃的隔音原理	146
89	第三节 中空玻璃生产技术	147
89	一、生产工艺方法	147
89	二、所用材料	151
89	三、生产设备	153
89	四、主要生产条件要求	153
89	五、中空玻璃失效的主要原因	155
89	第四节 中空玻璃的使用	156
89	一、中空玻璃热传递损失分析	156



二、按节能要求使用中空玻璃	158
第五节 中空玻璃的性能、标准及检测方法	159
一、中空玻璃的品种与规格	159
二、中空玻璃的性能	161
三、中空玻璃的标准	163
四、中空玻璃的检测方法	163
第六节 中空玻璃的发展方向及趋势	169
第八章 隔热隔音的玻璃之二——真空玻璃	171
第一节 概述	171
一、真空玻璃的定义	171
二、真空玻璃的发展现状	171
第二节 真空玻璃隔热隔音原理	172
一、真空玻璃的隔热原理	172
二、真空玻璃的隔音原理	178
第三节 真空玻璃的结构和品种	180
一、真空玻璃的结构	180
二、真空玻璃的品种	180
第四节 真空玻璃的主要性能	181
一、真空玻璃的隔热性能	181
二、真空玻璃的防结露性能	182
三、真空玻璃的隔音性能	182
四、真空玻璃的抗风压性能	183
五、真空玻璃的耐久性	183
第五节 真空玻璃的生产	184
第六节 真空玻璃的应用	185
第九章 节能和防紫外线污染的玻璃——吸热玻璃	187
第一节 概述	187
一、吸热玻璃的定义	187
二、吸热玻璃的分类	187
三、吸热玻璃的特点	187
四、吸热玻璃的发展现状	188
第二节 吸热玻璃的节能原理	188
第三节 基体着色吸热玻璃	190
一、基体着色吸热玻璃的生产方法	190
二、玻璃的着色原理	190
三、主要玻璃着色剂	195
四、基体吸热玻璃颜色转换技术	195
第四节 镀膜吸热玻璃	196
一、镀膜吸热玻璃的生产	196
二、吸热镀膜玻璃和热反射玻璃的区别	196

8. 第五节	吸热玻璃的使用	197
8.5.1	一、如何使用吸热玻璃	197
8.5.2	二、吸热玻璃的色彩选择	198
8.5.3	三、吸热玻璃慎用的原因	198
8.5.4	四、玻璃热炸裂机理及防治	199
8. 第六节	吸热玻璃的性能、标准及检测方法	202
8.6.1	一、基体着色吸热玻璃的主要性能	202
8.6.2	二、吸热镀膜玻璃的主要性能	204
8.6.3	三、基体吸热玻璃检测	204
9. 第十章	新型节能玻璃——变色玻璃	207
9.1 第一节	概述	207
9.1.1	一、变色玻璃的定义	207
9.1.2	二、变色玻璃的分类	207
9.1.3	三、变色玻璃的发展现状	207
9.2 第二节	光致变色玻璃	208
9.2.1	一、光致变色玻璃的定义	208
9.2.2	二、光致变色玻璃基本变色原理	208
9.2.3	三、光致变色玻璃的分类及变色机理	210
9.2.4	四、光致变色玻璃的特性和成分	212
9.2.5	五、光致变色玻璃变色性能的影响因素	212
9.3 第三节	电致变色玻璃	218
9.3.1	一、电致变色玻璃的定义及分类	218
9.3.2	二、电致变色的历史过程	219
9.3.3	三、电致变色玻璃的变色原理	219
9.3.4	四、电致变色玻璃的结构及制备	220
9.4 第四节	热致变色玻璃	223
9.4.1	一、热致变色玻璃的变色原理	223
9.4.2	二、热致变色玻璃研究新进展	223
9.5 第五节	液晶变色玻璃	224
9.5.1	一、液晶变色玻璃的结构	224
9.5.2	二、液晶变色玻璃的变色原理	224
9.6 第六节	变色玻璃的发展方向及趋势	225
10. 参考文献		227

# 第一章 绪 论

## 第一节 节能玻璃和环保玻璃范畴界定

### 一、节能、环保玻璃范畴界定及原则

为了论述清晰和便于理解,有必要界定节能玻璃和环保玻璃的范畴。首先强调,本书所涉及的节能玻璃和环保玻璃是相对普通透明平板玻璃(包括浮法玻璃、拉制平板玻璃和压延玻璃等)而言的,也就是说,本书所涉及的节能、环保玻璃是普通透明平板玻璃的加工或本体改性产品,并能大面积应用于建筑、汽车和其他领域。其次,本书所涉及的节能、环保玻璃产品无论采用什么方式制作、怎样组成构造,它们必须是以玻璃为主体的无法分割或分离的产品。

### 二、平板玻璃加工及本体改性的方式方法

平板玻璃加工及本体改性的方式方法不外乎以下五种。

#### 1. 提高玻璃的强度,增强玻璃的安全性

普遍认知的安全玻璃主要包括钢化玻璃和夹层玻璃、贴膜玻璃三大类。

**钢化玻璃:**通过物理或化学的方式方法,在玻璃表面造成压应力层,使它增加一个预应力来提高玻璃总的拉伸应力,经过如此处理的玻璃称为钢化玻璃或强化玻璃。钢化玻璃的强度是普通平板玻璃的3~5倍,当外来冲击能量超过其内能时,玻璃在表面开始破裂并延伸至内部,在其内能的作用下,玻璃被撕裂成小碎块,破裂的小碎块对人的伤害很小。提高玻璃强度的主要途径是在玻璃表面形成压应力层。所以,钢化玻璃分为物理骤冷钢化玻璃和化学钢化玻璃两种。钢化玻璃是一种安全增强玻璃,具有良好的安全性和可靠性。

**夹层玻璃:**它是由两片或者两片以上的玻璃用合成树脂黏结在一起而制成的一种安全玻璃,当它破损时碎片不会飞散。夹层玻璃的生产有干法和湿法两种形式,目前干法生产是主流。夹层玻璃的品种种类很多,按组成的材料可分为普通夹层玻璃、吸热(着色)夹层玻璃、镀膜夹层玻璃、装饰夹层玻璃、防火夹层玻璃、电热夹层玻璃、防眩夹层玻璃、调光夹层玻璃、防紫外线夹层玻璃以及电磁屏蔽玻璃等。

**贴膜玻璃:**贴膜玻璃是在平板玻璃表面贴一种多层的聚酯膜,以改善玻璃的性能和强度,使其具有保温、隔热、防爆、防紫外线、美化外观、安全等功能。目前主要用于汽车和建筑门窗、隔断顶棚等。玻璃贴膜后,相对普通平板玻璃、钢化玻璃、半钢化玻璃,安全性大幅提高。目前,世界上已有60多个国家使用玻璃膜,1988年日本政府制定了《窗玻璃用贴膜标准》(JISRA5759),我国有关部门已制定了《贴膜玻璃》行业标准。

在以上安全玻璃中只有夹层玻璃符合本书论述范围,且根据节能或环保性能,将分别在

不同章节中论述。

## 2. 改变平板玻璃的几何形状

众所周知，平板玻璃一般是平整光滑的，但在使用中，人们往往需要一些具有弧度或曲面的玻璃，这就需要改变平板玻璃的几何形状。目前主要产品有圆弧弯曲玻璃、玻璃果盘、玻璃锅盖等，但他们的成型机理大致相同。

圆弧弯曲玻璃：也称为热弯玻璃、弧弯玻璃，为玻璃二次升温接近软化温度时，按需用要求，经压弯变形而成。按弯曲程序又分为浅弯和深弯。浅弯多用于建筑装潢、汽车、船舶挡风玻璃，玻璃家具装饰系列（如电视柜、茶几）等；而深弯可广泛用于卧式冷柜、陈列柜台、观光电梯走廊、玻璃顶棚、观赏水族箱等。如果在热弯的同时进行钢化处理就是热弯钢化玻璃，玻璃锅盖属于此类。现在一些弧形玻璃幕墙为了保证其安全性，多采用热弯钢化玻璃。

只改变几何形状对节能环保作用不大，所以该系列产品不在本书的表述之内。

## 3. 玻璃表面处理

玻璃表面处理包括两个方面：一方面是丰富玻璃表面，即利用物理或化学方式在玻璃表面上制作出不同的花纹和图案；另一方面是对玻璃表面进行涂镀处理。

磨光玻璃：在浮法玻璃产生之前，一些玻璃需要磨光才能达到两个表面呈完全平行的目的。磨光玻璃就是用金刚砂、硅砂等磨料对普通平板玻璃或压延玻璃的两个表面进行研磨使之平坦以后，再用红粉、氧化锡及毛毡进行抛光。浮法玻璃的诞生取代了磨光玻璃。

彩绘玻璃：彩绘玻璃又称为绘画玻璃，是一种可为门窗提供色彩艺术的透光材料。一般是用特殊釉彩在玻璃上绘制图形后经过烤烧制作而成，或在玻璃上贴花烧制而成，制作方法有点像陶瓷。

喷砂玻璃和蚀刻玻璃：是用 0.1~0.7MPa 的高压空气将金刚砂等微粒喷吹到玻璃表面，使玻璃表面产生砂痕，它可以雕蚀出线条、文字以及各种图案，不需加工的部位用橡胶、纸等材料作为保护膜遮盖起来。如果在喷砂玻璃（全部喷砂）的基础上，再进行浸酸烧蚀，就会得到毛面蚀刻玻璃，也叫冰花玻璃。

彩色釉面玻璃：彩色釉面玻璃是在平板玻璃的一个侧面烧结上无机颜料，并经过热处理后制成的一种不透明的彩色玻璃。根据不同的颜料，可生产出不同色彩效果的釉面玻璃。单一色彩可用于门窗，多彩的彩釉玻璃（又叫花岗岩玻璃或大理石玻璃）可用于建筑内外墙或地面。

雕刻玻璃：人类很早就开始采用手工方法在玻璃上刻出美丽的图案，现已采用电脑数控技术自动刻花机加工各种场所用高档装饰玻璃。

以上是玻璃表面处理的第一方面，即利用物理或化学的方式改变表面的光泽或绘制图案。玻璃表面处理的第二方面就是，以平板玻璃为基板在其表层涂覆一层或多层金属或非金属材料，涂覆层使原来玻璃性能改变，即玻璃表面涂膜改性技术产品。

镀膜玻璃：自 1835 年出现手工镀银制镜方法之后，20 世纪相继发明了各种物理的（真空喷涂、磁控溅射等）、化学的（水解沉积、热解沉积等）或物理-化学的镀膜方法，现已可制造出数十种各具特色功能的加工制品。如镀银、镀铝、镀硅的镜面玻璃，热反射镀膜玻璃，低辐射镀膜玻璃，防紫外线镀膜玻璃，电磁屏蔽玻璃，防水镀膜玻璃，光致变色玻璃，电致变色玻璃，自洁净玻璃等。

在以上玻璃表面处理中镀膜玻璃除镜面玻璃外，均是本书论述的重点，并根据膜层性能

和用途，将分章节着重论述。

#### 4. 隔热隔音玻璃组件

众所周知，建筑物的门窗是保温隔热、节能的薄弱环节，普通单层玻璃窗的传热系数为 $6.0\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ，为了满足人们对窗玻璃的隔热、隔音的需求，中空玻璃应运而生，随后便发展出充气中空玻璃和真空玻璃。

**中空玻璃：**是由两块或多块玻璃板组成的板之间有隔热、隔音空隙的玻璃。中空玻璃自20世纪50年代初形成机械化小批量生产以来，发展非常迅速，在经济发达国家已经广泛地应用，除用于建筑业外，还用于车船工业和电冰箱。中空玻璃的空隙最初是干燥的空气，目前多用热效率比空气低的其他气体。原片也从单一的普通平板玻璃发展为深加工玻璃，其隔框也从空腹薄铝型材发展为橡胶隔热条等。我国1964年开始用手工方法小批量生产。

**真空玻璃：**自1893年保温热水瓶问世以来，就一直有人研究能否将真空技术用在玻璃上，1994年我国获得此项技术使用权，目前的自主研发产品已经面市。

隔热、隔音本身就是节能、环保的体现，所以均在本书论述范围之内。

#### 5. 平板玻璃本体改性

所谓平板玻璃本体改性就是在玻璃配合料中加入适当物质后，使平板玻璃的性能发生变化，目前主要是使玻璃着色、变色等。

**吸热玻璃：**是指能吸收大量红外线辐射能而又保持良好可见光透过率的玻璃。它是在普通钠钙玻璃中引入起着色作用的氧化物或对玻璃表面涂覆吸热薄膜，使玻璃着色而具有较高的吸热性能，吸热玻璃按颜色分主要有茶色、灰色、蓝色、绿色、古铜色、青铜色、粉红色、金色、棕色等。我国基体着色吸热玻璃生产始于1985年5月，当时秦皇岛耀华玻璃厂在单机无槽玻璃熔窑研究开发并批量生产出茶色玻璃，开创了大型玻璃熔窑生产吸热玻璃先河；而镀膜吸热玻璃则随着镀膜玻璃一起开始。

**变色玻璃：**是指在比如光照或通过低压电流、表面施压等外能作用下能够改变颜色，且随外能的变化而变化，当施加外能消失后又可逆地自动恢复到初始状态的玻璃，也叫调光玻璃或透过率可调玻璃。

平板玻璃本体改性的目的除产品美观外，主要就是增加节能环保功能，所以属于本书论述的内容。

### 三、平板玻璃加工及本体改性的发展趋势

平板玻璃加工及本体改性的产品品种繁多，但基本包括以下内容：机械产品（磨光玻璃、喷砂或磨砂玻璃、喷花玻璃、雕刻玻璃），热处理产品（钢化玻璃、半钢化玻璃、弯曲玻璃、釉面玻璃、彩绘玻璃），化学处理产品（化学钢化玻璃、毛面蚀刻玻璃、朦砂玻璃、光面蚀刻玻璃），镀膜玻璃（吸热玻璃、热反射玻璃、电磁屏蔽玻璃、防水玻璃、玻璃镜、LOW-E玻璃、杀菌玻璃、自洁净玻璃），玻璃组件（普通中空玻璃、真空玻璃、充气中空玻璃），夹层玻璃（PVB膜片夹层玻璃、EN胶片夹层玻璃、饰物夹层玻璃、防弹玻璃、防盗玻璃、防火玻璃等），贴膜玻璃（防弹玻璃、镭射玻璃、遮阳绝热玻璃、贴花玻璃），本体改性玻璃（基体着色玻璃、变色玻璃、本体自洁玻璃）。由此可见，平板玻璃深加工及本体改性不只是利用单一的技术和方法进行生产，而是用多种技术综合的方法生产，其产品的应用也更趋复合性，比如夹层-中空玻璃。所以平板玻璃加工及本体改性的发展趋势主要有以下几个方面。

### 1. 镀膜玻璃的涂层材料开发

镀膜玻璃受不同涂层材料及厚度、层数的影响,可获得不同颜色、不同功能的玻璃制品。尽管我国已经拥有各种生产工艺和技术,已生产出各种功能的产品,比如 LOW-E 玻璃、自洁净玻璃等节能环保玻璃制品,但我国的玻璃膜技术的研发仍属于跟随型的,尚未建立起系统、规范的研究体系,所以随着人们对镀膜玻璃多种功能的需求,要求玻璃生产企业、研究院所与膜技术相关的化工业、冶金业联合,发明出一批更具特征功能的涂层材料。总之,新的涂层材料的开发研究无疑是产生新型镀膜玻璃的关键。

### 2. 夹层玻璃及贴膜玻璃膜片开发

PVB膜自20世纪30年代问世以来,一直是汽车和飞机风挡玻璃的优良中间层材料。PVB膜片具有特殊的性能:它与无机玻璃有很好的黏结力,膜片的光学指标很好,透光率达到90%以上;它的耐热性、耐寒性、抗冲击性和抗老化性能都很好;它的折射率和玻璃几乎一样。至目前为止,还没有其他材料能够取代它,但由于用PVB膜片生产夹层玻璃需用高压釜,生产工艺较复杂,所以1997年日本积水化学工业株式会社首次在我国展示了非高压釜夹层玻璃样品,即EN膜夹层玻璃。这种夹层玻璃主要用于建筑物和装饰夹层玻璃,目前我国也已开发出夹层玻璃膜片,但是质量尚待提高改进。贴膜玻璃用的玻璃膜片我国尚不能生产,亟待开发研究。总之,这些有机材料胶合膜的开发应由玻璃行业与化工等行业共同联合开发。

### 3. 各种玻璃合理组合开发新品种

该产品不限于一种功能、而是将多种功能结合起来,即通过多种功能的玻璃合理组合,从而得到最有效利用资源、满足不同需求的新产品。如镀膜(LOW-E膜)中空玻璃兼有遮阳、保暖和装饰功能,比普通中空玻璃节约能源18%;又如将涂光催化降解薄膜的隔音、消除霜露功能和具有降解污的“自洁”功能结合。再如将丝网印花和钢化结合起来,制成丝网印花钢化玻璃;将玻璃镜表面镀膜通电加热或防水膜而生产的防雾玻璃镜等。在组合中要有突破,要采取逆向思维,要善于学会利用玻璃自身的缺陷。比如,利用钢化玻璃炸裂时会形成均匀颗粒的特点,生产夹层碎花玻璃时,就有一种朦胧、破碎的美感,此产品已应用于豪华宾馆、商店等高雅场所的门窗及隔断。

### 4. 能产生特色功能的玻璃原料开发

平板玻璃生产除基体着色之外,目前尚无重大且可行的玻璃本体改性技术产生,这就需要业内人士进一步研究开发。

总之,我国在目前加工玻璃及本体改性生产工艺的基础上,应加大玻璃改性材料的开发研究,从而使玻璃产品向复合功能型、生态智能型的节能环保方向发展。

## 第二节 玻璃与节能、环保

节约能源是我国的基本国策,是建设节约型社会的根本要求。平板玻璃及其加工制品不仅是重要的生产资料,也是不可缺少的生活资料,与国民经济发展有着极为密切的联系,被广泛应用于建筑业、工业和交通运输业等行业。随着现代建筑等领域的发展需要,其制品由过去单纯作为采光和装饰功能,逐步向控制光线、调节热量、节约能源、控制噪声、改善环境等多功能发展,就此,我国针对玻璃的生产及应用出台了一系列的政策法规。



## 一、玻璃生产的节能环保政策

2001年2月原国家经贸委发布了国经贸运行[2001]99号文《关于2001年建材行业总量控制的实施意见》，明确表示2001年将关闭高污染、高能耗的小玻璃生产线100条，压减生产能力1000万重量箱，全国平板玻璃总产量控制在1.7亿重量箱；2001年4月原国家经贸委下发了国经贸传[2001]21号文《关于对平板玻璃建设项目进行清理的紧急通知》，要求自通知下发之日起，一律停止各类平板玻璃项目的审批；2001年12月，国务院办公厅发布了国办发[2001]95号文《国务院办公厅转发国家经贸委国家计委〈关于从严控制平板玻璃生产能力切实制止低水平重复建设意见的通知〉》，要求各省、自治区、直辖市人民政府、国务院各部委、各直属机构从严控制平板玻璃生产能力，切实制止低水平的重复建设。2002年9月原国家经贸委发布国经贸投资[2002]235号《关于严格项目审批程序，制止电解铝、小火电、水泥、平板玻璃盲目建设的通知》，强调玻璃行业要严格执行《国务院办公厅转发国家经贸委国家计委〈关于从严控制平板玻璃生产能力切实制止低水平重复建设意见的通知〉》精神，所有平板玻璃技术改造项目，不论投资大小，一律报原国家经贸委审批，对未经国家批准的项目，银行不得给予贷款。

针对当前国内玻璃工业发展中存在的问题，为加快转变经济增长方式，推进结构调整，实现玻璃行业又好又快的科学发展，2006年年底，国家发改委等六部委联合发出了《关于促进平板玻璃工业结构调整的若干意见》，进一步明确了“十一五”期间玻璃工业结构调整的指导思想和目标措施。这一文件的出台对抑制玻璃行业低水平重复建设、促进行业结构调整发挥了重要导向作用。

2007年8月，国家发改委发出《关于做好淘汰落后平板玻璃生产能力有关工作的通知》，要求各地做好淘汰落后平板玻璃生产能力工作，目前仍然存在落后平板玻璃生产工艺的省区要加快制定淘汰落后平板玻璃产能量化指标，制定切实可行的实施方案。同时定制了“十一五”期间要完成淘汰规模小、能耗高、质量差、环境污染严重的平拉工艺等落后的平板玻璃3000万重量箱以上，2007年要淘汰1200万重量箱以上的目标。2007年9月，国家发改委颁布了《平板玻璃行业准入条件》。该《条件》分别从生产企业布局、工艺与装备、品种质量、能源消耗、环境保护、安全卫生和社会责任等方面对平板玻璃行业的准入条件进行了明确规定。对产能较为集中的东部沿海和中部地区严格限制新上平板玻璃项目，重点进行现有生产线的技术改造和升级，新建仅限于发展特殊品种的优质浮法玻璃生产线。同时为提高档次和效益，提高产业集中度，新建浮法线应主要依托现有国家重点支持的大型企业集团，其他新建项目原则上不予批准。

2007年12月国家环境保护总局发布了《清洁生产标准——平板玻璃行业》(HJT 361—2007)。标准从生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标(末端处理前)、废物回收利用指标和环境管理要求六个方面作了强制性规定。

另外，还将陆续出台新的标准，包括修订后的《平板玻璃标准》、《平板玻璃工业污染物排放标准》、《平板玻璃工业能耗限额标准》等。这些政策法规以及标准的颁布和实施，将会极大解决我国玻璃行业现存的许多问题，如：产能扩张过快，效益下降；能耗高，污染重，资源环境压力增大；产品结构不合理；行业技术落后，产业集中度低等。

## 二、玻璃应用的节能环保政策

20世纪80年代初期,我国开始注重制定建筑节能政策和实施建筑节能计划,经过20多年的努力,我国建筑节能工作已取得多方面进展。出台了一系列政策、法规和工作规划,如《中华人民共和国节约能源法》、《中华人民共和国建筑法》、《建设部建筑节能技术政策》。1995年发布了行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—95);2001年发布了行业标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001),2001年11月发布了《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2001);2003年发布的行业标准《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2003);2005年4月发布了我国首部《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005),该标准提高了建筑玻璃、幕墙、墙体材料的保温隔热标准;2006年8月发布了《公共建筑节能设计标准(征求意见稿)》。据悉,上海、北京、天津、深圳等城市已被建设部定为首批试点地区,要求今后新建的住宅达到节能65%的目标,并先在政府办公楼实施节能标准,随后普及全部建筑领域。建筑节能政策和计划的实施,为建筑玻璃尤其是具有功能性的技术玻璃带来巨大商机。2004年10月发布了我国首个汽车节能国家标准《乘用车燃料消耗量限值》(GB 19578—2004),《乘用车燃料消耗量限值》将分两个阶段实施,对于新开发车型,第一阶段的执行日期为2005年7月1日,第二阶段的执行日期为2008年1月1日;国家环保总局发布的汽车《车内空气污染物浓度限值及测量方法》于2008年3月正式实施。

环保要求节能,节能促进环保。近三四十年来,“开放与交流,舒适与自然,环保与节能”逐渐成为新世纪国际建筑的三大原则,建筑节能成为世界性潮流,绿色建筑概念大行其道。绿色建筑使用绿色建材和绿色能源,在制造、使用过程中造成的地球环境负荷最小,有利于人类健康。它满足可持续发展的需要,做到了发展与环境的统一、现代与长远的结合。我国玻璃工业生产技术已达到相当高的水平,优质的玻璃产品为节能提供了物质保障,具有节能环保功效的玻璃已被广泛应用。

## 第三节 节能玻璃概述

### 一、节能玻璃的定义

目前,节能玻璃尚无准确的定义,所谓节能玻璃是人们将某些玻璃的性能与普通玻璃比较后提出的,是个相对概念,目前我国还没有关于节能玻璃具体的衡量指标。一般认为,节能玻璃通常是指具有隔热和遮阳性能的玻璃。

### 二、节能玻璃的分类

按生产工艺分类:可分为一次制品和二次制品两种,也就是分为在线产品和离线加工产品。一次制品的节能玻璃主要有基体着色吸热玻璃、在线LOW-E玻璃、在线热反射镀膜玻璃等;二次制品的节能玻璃主要有镀膜着色吸热玻璃、离线LOW-E玻璃、离线热反射镀膜玻璃、中空玻璃、夹层玻璃、真空玻璃等。

按性能分类:可分为隔热性能型节能玻璃、遮阳性能型节能玻璃和吸热性能型节能玻璃等。其中隔热性能型的节能玻璃有中空玻璃、真空玻璃等;遮阳性能型节能玻璃有LOW-E



玻璃、热反射镀膜玻璃等；吸热性能型的节能玻璃有吸热玻璃等。

按产品结构分类：可分为玻璃原片、表面覆膜结构、夹层结构和空腔结构四种。其中玻璃原片的节能玻璃有基体着色吸热玻璃、变色玻璃等；表面覆膜结构的节能玻璃有阳光控制镀膜玻璃、LOW-E玻璃、自洁净玻璃、镀膜吸热玻璃、镀膜电磁屏蔽玻璃等；夹层结构的节能玻璃有普通夹层玻璃、夹丝电磁屏蔽玻璃等；空腔结构的节能玻璃有中空玻璃、真空玻璃等。

### 三、节能玻璃评价的主要参数

自然界中热量的传递通常有三种形式：对流、辐射和传导。由于玻璃是透明材料，通过玻璃的传热除上述三种形式外，还有太阳能量以光辐射形式的直接透过。衡量通过玻璃进行能量传播的参数有传热系数  $K$  值（在美国称为  $U$  值）、太阳能透过率、遮蔽系数、相对热增益等。

#### 1. 传热系数 $K$ 值

众所周知，在能量传递的三种方式中，辐射传递是能量通过射线以辐射的形式进行的传递，这种射线包括可见光、红外线和紫外线等，就像太阳光线的传递一样；对流传递是由于在玻璃的两侧具有温度差，造成空气在冷的一面下降而在热的一面上升，产生空气的对流，而造成能量的流失；传导传递是通过物体分子的运动，带动能量进行运动，而达到传递的目的。

节能玻璃之所以节能，是因为它比普通玻璃具有更高的隔热性能或遮阳性能，一般用传热系数  $K$  值表示。

传热系数  $K$  值表示的是在一定条件下热量通过玻璃在单位面积（通常是  $1\text{m}^2$ ）、单位温差（通常指室内温度与室外温度之差，一般  $1^\circ\text{C}$  或  $1\text{K}$ ）、单位时间内所传递热量（ $\text{J}$ ）。 $K$  值是玻璃的传导热、对流热和辐射热的函数，是这三种热传递方式的综合体现。普通平板玻璃的传热系数  $K$  值见表 1-1。

表 1-1 平板玻璃的传热系数  $K$  值 单位： $\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$

厚度/mm		3	5	6	8	10	12	15	19
窗帘	有	4.34	4.29	4.25	4.20	4.14	4.09	4.01	3.91
	无	5.55	5.45	5.40	5.30	5.22	5.14	5.10	4.86

注： $1\text{cal}=4.1840\text{J}$ ，下同。

玻璃的  $K$  值越大，它的隔热能力就越差，通过玻璃的能量损失就越多。比如吸热玻璃的节能是通过太阳光透过玻璃时，将  $30\% \sim 40\%$  的光能转化为热能而被玻璃吸收，热能以对流和辐射的形式散发出去从而减少太阳能进入室内，因此吸热玻璃具有较好的隔热性能。中空玻璃由于在两片玻璃之间形成了一定厚度的气体层，中间空气或其他气体层的流动被限制从而减少了玻璃的对流和传导传热，因此它具有较好的保温隔热能力。所以若用吸热玻璃制成中空玻璃，则隔热效果更加显著。真空玻璃是一种基于保温瓶原理的玻璃，外表上与普通玻璃并无差别，但其传热系数比普通玻璃低 6 倍，比普通中空玻璃低 3 倍，节能性能大大优于前两者。

#### 2. 太阳能参数

玻璃既能透过光线，又有反射光线和吸收光线的的能力，所以厚玻璃和重叠多层的玻璃往