第一章　建筑玻璃种类

本章对常用建筑玻璃的生产工艺、产品性能、板面大小和应用作一个概括性介绍，目的是为建筑设计师和建筑工程师提供一个有关建筑玻璃应用的背景资料。

第一节　普通平板玻璃

一、生产工艺

1. 垂直引上法生产工艺

垂直引上法生产工艺是将玻璃液垂直向上拉引制造平板玻璃的工艺过程。

其工艺流程见图 1－1：

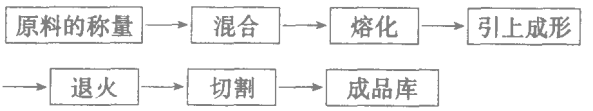


图 1－1　垂直法工艺流程图

垂直引上法分为有槽法、无槽法和对辊法三种。

（1）有槽垂直引上法（弗兰克法）

有槽垂直引上法是由比利时人 Fourcault 于 1913 年发明。

有槽垂直引上法是把中间开有纺锤形缝隙的槽子砖压入玻璃液中，从缝隙中涌出的玻璃液呈带状被向上拉引，冷却装置使玻璃快速冷却而保持板幅，约 6m 高的铁制冷却塔中的许多包覆石棉辊将玻璃向上拉引，在塔的上部切割玻璃，见图 1－2，制板温度约 1000℃。调整槽子砖的深度、槽口形状和冷却能力，可控制引上量和引上速度以调节板厚。有槽垂直引上法的优点是比较容易制得厚度均匀的平板玻璃。缺点是槽子砖的槽口四周出现玻璃失透，使板面出现“刷毛筋”。大约每两星期就必须停止引上操作，加热槽子砖，使失透产物清除。同时，第一次引上或再次引上时，槽子砖和玻璃的界面长时间产生气泡。槽子砖表面龟裂的出现，使槽子砖的使用寿命仅为 2～3 个月。

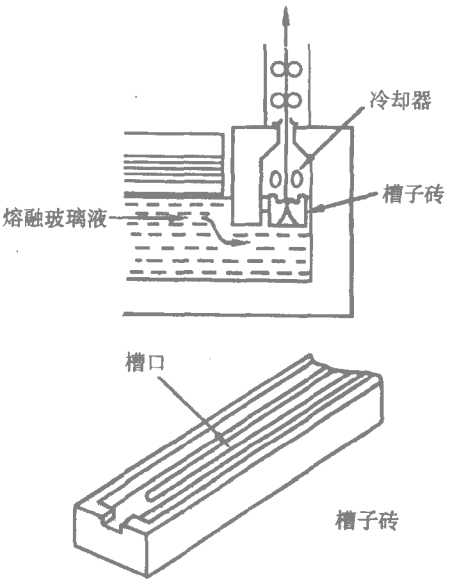


图 1－2　有槽垂直引上法

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(2) 无槽垂直引上法（匹兹堡法）

无槽垂直引上法与有槽法相似，但不用槽子砖，是一种从玻璃的自由表面引上的方法， 1925 年由美国的 Pitts-burg 平板玻璃工业公司开发。用细长的耐火材料引砖代替槽子砖，沉入玻璃液面下 5 ~ 10cm 处，引上玻璃的二端插入带沟的定边碗，进行带状引上，借助冷却装置的冷却保持板幅。与有槽方法一样玻璃同样通过 6m 的退火塔后在塔的上部被割断，见图 1 – 3。引砖使玻璃在横向形成均匀的液流并受到冷却，使引上根部稳定。玻璃液面上几毫米处所设置的 L 形砖也促使引上温度均匀。

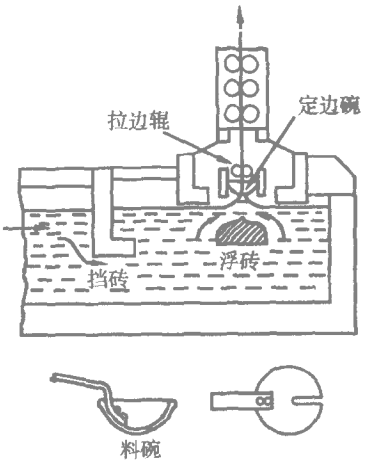


图 1 – 3　无槽垂直引上法

无槽法引上温度约比有槽法高 100℃，能防止出现失透，可连续运转约两个月。无槽法缺点是由于从自由表面引上，容易产生化学成分不均匀，横向温度的差别使板厚不均匀。

(3) 对辊法

对辊法是 1970 年日本旭硝子公司开发的一种引上方法。该方法是用一对外侧可旋转的细长圆筒状耐火材料代替槽子砖，流动液从间隙中涌出，采用与有槽垂直引上法相同的方式引上，见图 1 – 4。由于对辊旋转，不会出现失透现象而产生波筋，能连续运转 2 ~ 4 个月，在一定程度上改善了有槽法的缺点。

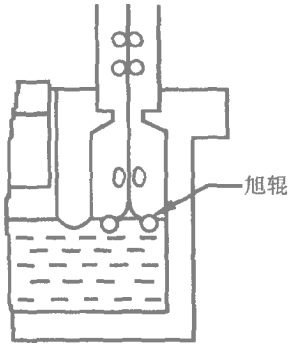


图 1 – 4　对辊法

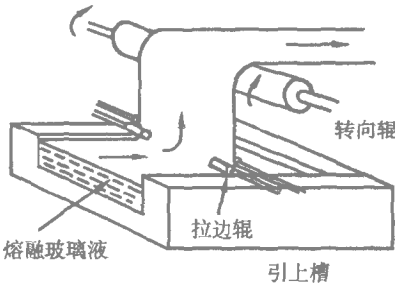


图 1 – 5　平拉法

2. 平拉法生产工艺

平拉法是通过水平拉制手段生产平板玻璃的方法。平拉法工艺的原料制备和熔化与垂直引上法基本相同，只是成形和退火工艺不一样。

该方法从浅引上室玻璃液的自由表面垂直拉引，两端设置一对称为拉边辊的刻槽水冷辊，用快速冷却装置冷却以保持板的幅宽，在上方约 60cm 处用火焰对玻璃进行再次加热，借助转向辊使之弯曲转为水平方向并送入退火炉进行退火，见图 1 – 5.

平拉法与垂直引上法相比，其优点是玻璃质量好，生产周期长，拉制速度快，生产效率高。主要缺点是玻璃表面易产生麻点。

二、产品性能

1 物理性能

普通平板玻璃的一般性能见表 1－1。

表 1－1 普通平板玻璃的一般性能

一般性能	参数
密　　度	2.5g/cm^3
抗拉强度	39.2～58.8MPa
抗弯强度	82.6～91.2MPa
硬度（莫氏）	5.5～6.5
传热系数	0.756～0.818W/m^2·K
比　　热	837.36～J/kg·K
软化温度	530～650℃
线膨胀系数	9～10×10^{-6}/℃（常温～350℃）
弹性模量	7×10^{4}MPa

2. 光学性能

普通平板玻璃的光学性能见表 1－2。

表 1－2 普通平板玻璃的透光率

厚度（mm）	透光率（%）
2	88
3，4	86
5，6	82

3. 隔音与隔热性能

单片玻璃的隔音、隔热性能见图 1－6 和 1－7。

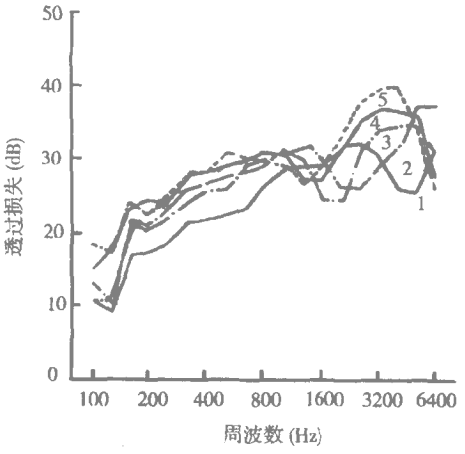


图 1－6 平板玻璃的音响透过损失

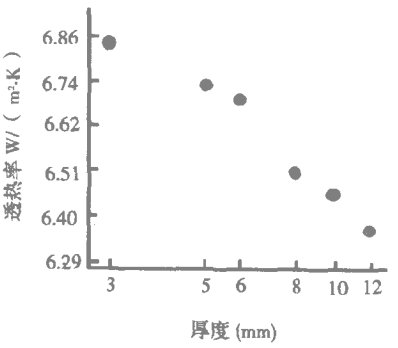


图 1－7 平板玻璃的透热率

三、普通平板玻璃的规格

1. 垂直引上平板玻璃的规格

我国部分工厂生产的垂直引上平板玻璃的规格见表 1－3。

表 1－3 垂直引上平板玻璃规格

厚　度（mm）	规　格（mm）
1.5～2	长 406～1220，宽 305～610
3	长 406～1524，宽 305～1826
4	长 406～2032，宽 305～1220
5	长 610～1829，宽 406～1524
6	长 610～2642，宽 406～2032

2. 平拉玻璃的规格

目前国内几条主要平拉玻璃生产线生产的玻璃厚度为 2～12mm，板宽达 3.66m，平拉玻璃的规格见表 1－4。

表 1－4 平板玻璃规格

宽　度（mm）	厚　度（mm）	规　格（mm）
3600（净宽）	2～12	最大：3600×2500 一般：1200×900
3660（毛宽） 3300（净宽）	2～12	最大：3300×2500
2440 2550 2600 2600	1.8/2.2 2.8/3.2 4.8/5.3 10	最大：2600×2500

四、普通平板玻璃的用途

1. 主要用于普通建筑，如民用建筑的门窗玻璃。
2. 经喷砂、雕磨、腐蚀等方法后，可做成屏风、黑板、隔断墙等。
3. 可做某些深加工玻璃产品的原片。

第二节　浮法玻璃

一、生产工艺

浮法是一种不需经过磨光，却能得到与磨光玻璃同样的平整度、两面光滑的平板玻璃制造技术，被誉为是平板玻璃工业的一次革命。1952 年英国 A·Pilkington 发明了浮法。浮法生产示意图见图 1－8及 1－9。

浮法生产的成形过程是在通人保护气体（N_2 及 H_2）的锡槽中完成的。熔融玻璃液从池窑中连续流入并漂浮在比重大的锡液表面上，在重力和表面张力的作用下，玻璃液在锡

液面上铺开、摊平，形成上下表面平整、相互平行的玻璃带，向锡槽尾部拉引，经抛光、拉薄、硬化、冷却后被引上过渡辊台。辊台的辊子转动，把玻璃带拉出锡槽进入退火窑，经退火、切裁，就得到平板玻璃产品。

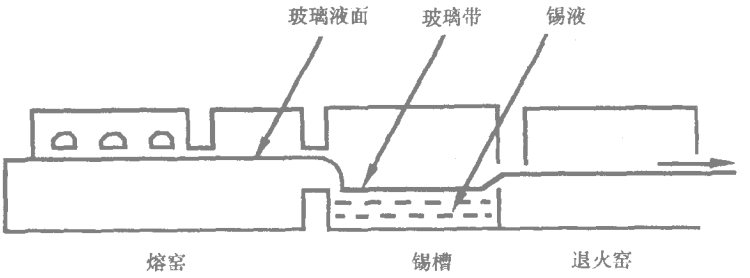


图 1－8　浮法生产示意图

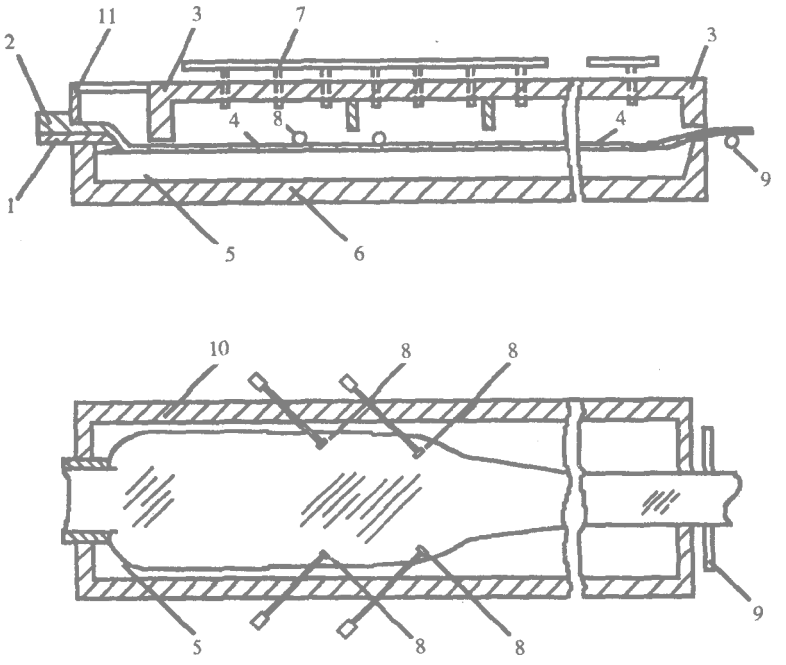


图　1－9　浮法生产示意图

1—流槽　2—玻璃液　3—顶盖　4—玻璃带　5—锡液　6—槽底
7—保护气管道　8—拉边辊　9—过渡辊台　10—胸墙　11—闸板

浮法与其他成形方法比较，其优点是：适合于高效率制造优质平板玻璃，如没有波筋、厚度均匀、上下表面平整、互相平行；生产线的规模不受成形方法的限制，单位产品的能耗低；成品利用率高；易于科学化管理和实现全线机械化，自动化，劳动生产率高；连续作业周期可长达几年，有利于稳定地生产；可为在线生产一些新品种提供适合条件，如电浮法反射膜玻璃、退火时喷涂膜玻璃、冷端表面处理等。浮法的主要缺点是基建投资和占地面积较大，由于是“单机”生产，同一时间里只能生产一种厚度的产品，偶然事故都可能造成全线停产，因此必须要求严格的科学管理，使全线的人员和设备、器件、物料都经常保持良好状态。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二、产品性能

1. 物理性能

浮法玻璃的物理性能见表 1－5。

表 1－5 浮法玻璃的物理性能

一般性能	能 数
折射率	1.52
比 热	753.62 J/（kg·K）
软化点	720～730℃
热膨胀系数	8.5×10^{-6}/℃
密 度	2500kg/m^3
杨氏模量	$>7\times10^4$MPa
弯曲强度	90MPa

2. 光学性能

浮法玻璃的光学性能见表 1－6。

表 1－6 浮法玻璃的透光率

厚度（mm）	透光率（%）
3	87
4	86
5	84
6	83
8	80
10	78
12	75

三、浮法玻璃的产品规格

浮法玻璃板宽、厚度及规格见表 1－7。

表 1－7 浮法玻璃的产品规格

宽 度（mm）	厚 度（mm）	规 格（mm）
3000	2～10	2mm、3mm 厚：1200×1500 5～10mm 厚：1200×2000 最大尺寸：3000×6000
2000	3～12	常备尺寸：2000×1500 最大尺寸：2000×3000
3600	2～20	最大尺寸： 5mm 厚：3000×3200 8～12mm 厚：3000×6000

续表

宽 度（mm）	厚 度（mm）	规 格（mm）
2400～3000	2.5～12	最大尺寸：3000×4000 最小尺寸：400×600 常备尺寸： 3mm 厚：2000×1200 2000×1300 2000×1500 1000×1200 1000×1500 900×1200 900×1500 4mm、5mm、6mm 厚： 2000×1200 2000×1300 2000×1500 1000×1500 2000×1800 2000×1600 2000×2500 2000×1500 2200×2000
2400	3～6	5mm、6mm 厚： 2000×（1300～1600） 1800×（1200～2400） 4mm 厚： 2000×（1300～1600） 1800×（1200～1500） 3mm 厚： 1800×（1200～1500）

四、浮法玻璃的用途

1. 用于房屋建筑

3mm 厚度的浮法玻璃主要用于普通民房和低层建筑物。5mm、6mm、8mm 等厚度的浮法玻璃用于高层建筑物。

2. 用于深加工的原片

第三节　钢化玻璃

一、生产工艺

玻璃可用物理或化学方法得到增强，目前主要采用物理钢化法生产钢化玻璃。物理钢化是把玻璃加热到低于软化温度后进行均匀的快速冷却，玻璃外部因迅速冷却而固化、而内部冷却较慢。当内部继续收缩时使玻璃表面产生压应力，而内部为张应力，从而提高了玻璃强度和热稳定性。按淬冷介质不同，物理钢化法可分为风冷钢化、液体钢化和固体钢

化。物理钢化的主要设备是钢化炉，它由加热和淬冷两部分组成，按玻璃的输送方式分为垂直钢化炉和水平钢化炉两种，钢化玻璃生产工艺流程如图 1－10 所示。

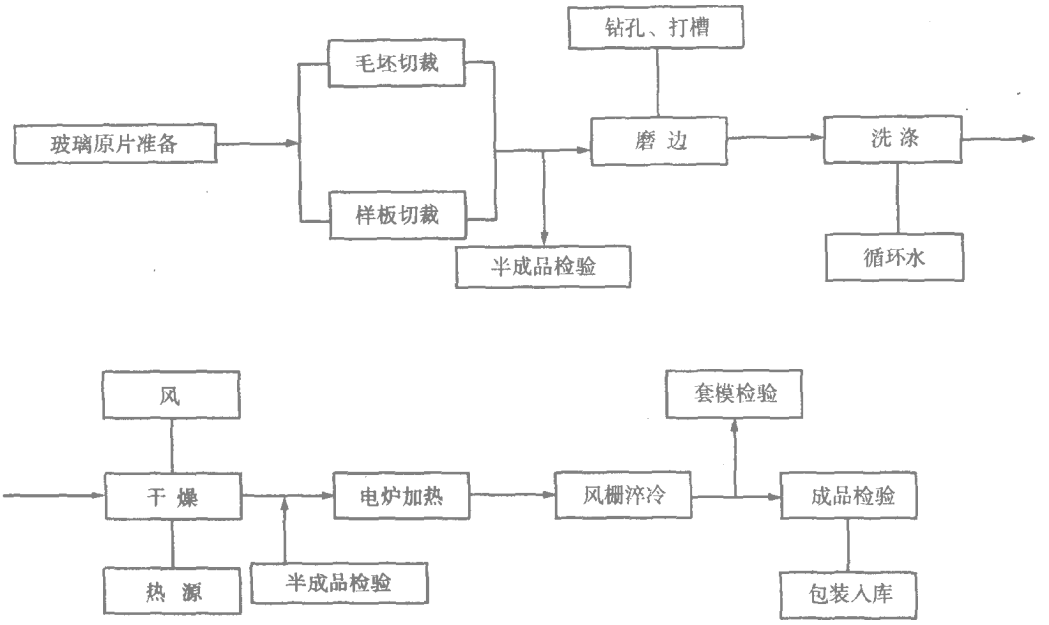


图1－10 钢化玻璃工艺流程

1．垂直钢化工艺

垂直钢化工艺是物理钢化法的一种，该系统主要由加热炉、压弯装置和钢化风栅三部分组成。

经过原片准备、切裁、磨边、洗涤、干燥和半成品检验等预处理的玻璃，用耐热钢夹钳钳住送入电加热炉中进行加热。当玻璃加热到所需温度后，快速移至风栅中进行淬冷。风栅包括排气风咀和往复运动机构，主要分为箱型、分部式、管式、回转式四种。

在钢化风栅中，用压缩空气均匀、迅速地喷吹玻璃的两个表面，使玻璃急剧冷却。在玻璃的冷却过程中，玻璃的内层和表层之间产生很大的温度梯度，因而在玻璃的表面层产生压应力，内层产生拉应力，从而提高玻璃的机械强度和热稳定性。

淬冷后的玻璃从风栅中移出并去除夹具，经检验后可包装入库。

使用垂直法生产曲面钢化玻璃，有一步法和二步法两种。

二步法是在钢化加热炉和钢化风栅之间，设有一个由前、后模组成的压弯装置。当玻璃在加热炉内加热到接近软化温度时迅速移入压弯装置中，被压弯装置弯曲成所需的曲面，然后经淬冷获得曲面钢化玻璃产品。一步法时，钢化风栅和压弯模具用对接的方式结成一体，玻璃的弯曲和淬冷在同一工位完成。

垂直钢化法的缺点是生产率低，产品存在着不可避免的夹痕缺陷，玻璃加热时出现拉长，弯曲或翘曲，不易实现生产自动化。其优点是投资少、成本低廉、操作简单，因此仍是一种可行的方法，国内厂家多数采用该法生产钢化玻璃。

2．水平钢化法

水平钢化法是使玻璃水平通过加热炉加热，然后经淬冷而使玻璃获得增强的一种工艺。水平钢化法生产钢化玻璃的设备有气垫钢化炉和水平辊道钢化炉两种。

(1) 气垫钢化法

气垫钢化法是指玻璃板由加热气体或燃烧产物构成的气垫支承，在加热炉内加热到接近软化温度；由输送机构快速送入双面气垫冷却装置，用压缩空气垫对玻璃进行急剧均匀冷却，再由转辊输送机将钢化好的成品玻璃送出。

该方法由于玻璃加热时受气垫层均匀支承，表面损伤、变形小，无夹钳印痕，不因钢化处理而在玻璃上增加新的缺陷，产品质量较高。由于气垫钢化冷却设备的冷却能力大，可以钢化 3mm 厚的薄玻璃，其强度能达到垂直钢化法钢化 5mm 玻璃的数值。此外，该法也能生产单曲面的弯钢化玻璃，并易于实现生产过程的机械化和自动化。

但气垫设备投资较大，生产的玻璃规格、形状尺寸受到一定限制，运行和操作技术要求严格，只能生产形状简单、对称形线弯玻璃等。

(2) 水平辊道输送钢化法

水平辊道输送钢化法是使玻璃由水平辊道支撑，用转辊输送机水平输送、通过加热炉加热到接近软化温度，然后经淬冷区淬冷，从而获得增强的一种方法。

主要经过三个工艺过程：输送——加热——淬冷。输送系统采用的传动方式有齿轮传动，链条传动和摩擦传动。输送辊表面应平直而且光滑，间距要合适。加热系统必须使玻璃整个表面的受热温度保持均匀，淬冷系统要快速均匀冷却玻璃。淬冷工艺采用喷气形式，主要喷气类型有狭缝式、喷咀式和简单管道式。

淬冷后的玻璃经检验入库。

水平辊道钢化法生产曲面钢化玻璃有两种方法：一种是重力弯曲法，一种是模压法。

重力弯曲法生产曲面钢化玻璃是将玻璃板放在与曲面钢化玻璃所需曲率一致的敞开式周边模上，然后使玻璃连同模具一起进入加热炉。在电加热炉中，采用煤气或者电加热元件对玻璃需要弯曲的部位集中加热。玻璃加热至软化温度后，在自身重力的作用下，形成与模具相同的曲率，然后玻璃与模具继续向前移动，进入固定式淬冷装置进行淬冷，淬冷后的玻璃经检验包装入库。

在生产曲面钢化玻璃的模压法水平辊道生产线上，设加热区、压弯区和淬冷区。玻璃板按通常方法在加热炉内加热到软化温度后，快速移到压弯区。在压弯区设有一个压弯模具，该模具由一个能上下移动的下模和一个固定的上模接触，将玻璃压成预定的弯曲度。弯曲后的玻璃板输送到淬冷区进行淬冷，淬冷后成品经检验入库。

3. 液体钢化和微粒钢化

液体钢化工艺流程为：制品——检查——加热——液冷——洗涤——检验包装

液体钢化的介质温度一般为 200～250℃，钢化时间随制品厚度的增加而增加。微粒钢化工艺流程见图 1－11。

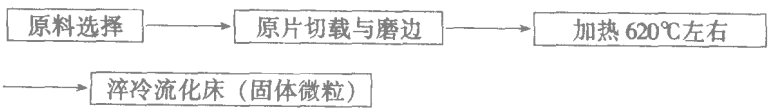


图 1－11　微粒钢化工艺流程图

微粒钢化是玻璃在远红外加热炉中加热到接近软化温度后，于流化床中经固体微粒淬冷，而使玻璃获得增强的一种工艺。一般采用 $\alpha-Al_2O_3$ 和 $r-Al_2O_3$ 粒子，颗粒尺寸小于 200μm。

二、钢化玻璃的性能

钢化玻璃除和普通退火玻璃一样具有良好的光学性能外，还具有很好的机械强度和抗热冲击强度。

钢化玻璃的抗冲击强度是普通退火玻璃的 3～5 倍。抗弯强度是普通平板玻璃的 2～5 倍。

钢化玻璃能经受的温度突变范围为 250～320℃，普通平板玻璃仅为 70～100℃。

表 1－8 为钢化玻璃和普通平板玻璃的性能比较。

表 1－8　钢化玻璃和普通平板玻璃的性能比较

种　类	厚度（mm）	热稳定性		钢球撞击强度（Pa）	抗弯强度（Pa）
		0%破坏	100%破坏		
普通平板玻璃	3	80℃	140℃	0.6	7.35×10^7
	5	60℃	120℃	1.3	6.37×10^7
	8			1.2	5.9×10^7
钢化玻璃	5	170℃	220℃	8.5	1.4×10^8
	8	170℃	220℃	8.5	1.4×10^8
	10	150℃	200℃	9.0	1.4×10^8

钢化玻璃的另一个重要特性是使用安全。在遇到较大外力而破碎时，钢化玻璃破碎成无锐角的细小碎块，不易伤人。

三、钢化玻璃的规格

受设备能力的限制，平面钢化玻璃的最大厚度为 19mm，最小厚度为 2mm。最大规格为 2080×3990mm，最小规格 100×100mm。国内曲面钢化玻璃的最大厚度为 8mm，最大规格为 1200×2400mm。

较典型的钢化玻璃制造设备有 Cattin 公司产垂直吊挂式平钢化机组。可生产厚度 4～8mm，最大规格为 2000×1500mm 的平面钢化玻璃，垂直吊挂式弯钢化机组 4～6mm，最大规格为 2050×1340mm 的曲面钢化玻璃；Glasstech 公司产水平辊道式平弯结合钢化生产线可生产厚度 3～12mm、最大规格为 3660×1220mm 的平面钢化玻璃和厚度 3～6mm、最大规格为 1830×1220mm 的曲面钢化玻璃。

四、钢化玻璃的应用

由于钢化玻璃具有较高的机械强度和破碎后的安全性，在建筑业常应用于建筑物的门、窗、商店橱窗、自动扶梯拦板、建筑屏蔽、球场后挡、架子搁板、桌面玻璃及柜台等 。

第四节　夹层玻璃

一、生产工艺

夹层玻璃的生产方法主要有两种：一种是将聚乙烯醇缩丁醛（PVB）胶片夹在两层或多层玻璃中间，放入高压釜内热压而成，称“胶片热压法”或“干法”，适用于工业化生

产；二是将配制好的粘接剂浆液灌注到已合好模的两片或多片玻璃中间，通过加热聚合或光照聚合而制成夹层玻璃，称“灌浆法”或“湿法”。两种生产工艺都可以用来制造平夹层玻璃或弯夹层玻璃。“胶片热压法”适合于大批量生产，具有强度高，光畸变小、质量稳定的特点。“灌浆法”适合多品种小批量生产，其尺寸不受胶片和高压釜的尺寸限制，但工艺过程不易控制。

1. 干法（生产平夹层玻璃）

玻璃原片经严格挑选后，按样板切裁、磨边、洗涤和干燥后，送至合片工段。

PVB 胶片经洗涤、干燥和切割后，送至合片工段。

玻璃和胶片叠合后放在预压机橡胶辊轴上，由链动装置传送前去加热和加压，可去掉玻璃和胶片间的空气，同时可使玻璃和胶片基本粘合。经预热、预压处理后的玻璃叠片放在架子上，推入高压釜作最后处理。出釜后的产品经检验入库。

2. 湿法（生产弯夹层玻璃）

湿法夹层玻璃生产工艺流程如图 1－12 所示。

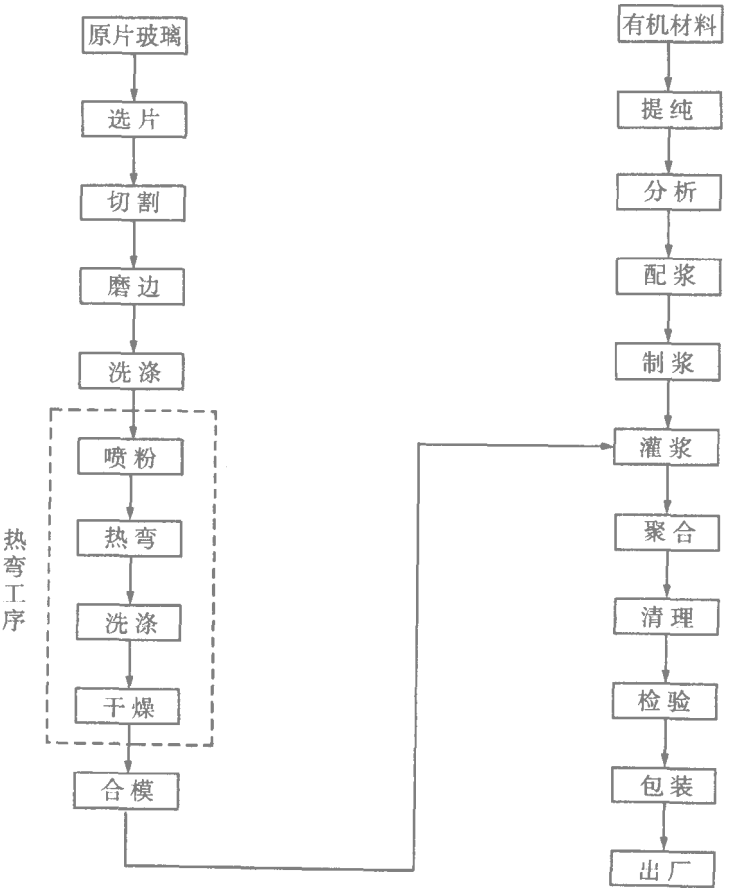


图 1－12　湿法夹层玻璃生产工艺流程图

首先对原片玻璃质量进行目测检查，然后按样板切成规定尺寸和形状的玻璃，把切好

需要全本请访问 www.ertongbook.com

的玻璃进行磨边、洗涤、干燥，在玻璃的内表面喷洒滑石粉后成对地合拢起来，运到热弯炉中进行热弯，把弯好的玻璃用洗涤剂擦洗后，用温水或自来水冲洗干净、擦干。检查待合模的两片玻璃之间的间隙，是否符合技术条件的规定。然后将玻璃移至清洁房间内进行合模，在两片玻璃之间留出给定的间隙。按给定配方配制浆液，通过加热方法进行预聚合，使浆液达到一定粘度，把制好的浆液灌入合模的玻璃空腔内，放入烘箱，按规定的升温速率进行聚合。聚合完成后，将温度降至室温后取出玻璃，清理玻璃表面和边部，按技术标准进行检验、包装、入库、出厂。

二、产品规格

夹层玻璃的中间层厚度为 0.38～1.52mm，一般为 0.38 或 0.76mm。国内用做夹层玻璃的原片有多种厚度。常见的有 3mm、5mm、6mm 和 8mm 等。夹层玻璃的厚度和面积可根据用户需要而定。

目前我国有数十条夹层玻璃生产线，大多采用国际技术和生产设备制造夹层玻璃，其生产工艺主要是“胶片热压法”，所能制造的夹层玻璃的最大尺寸取决于高压釜的直径。使用引进生产线，具有较大生产规模的厂家有深圳的中国南玻璃集团公司、中国秦皇岛耀华集团公司、洛玻集团公司、上海皮尔金顿公司等。

三、夹层玻璃的性能

1. 安全特性

建筑用夹层玻璃能抵挡意外撞击的穿透，减少破碎或玻璃掉落的危险，即使玻璃碎了，碎片仍会与 PVB 胶片在一起，就可避免因玻璃掉落造成人身伤害或财产损失。

2. 保安防范特性

建筑用夹层玻璃对人身和财产具有保护作用。标准的“二夹一”玻璃能抵挡一般冲击物的穿透，用 PVB 胶片特制成的夹层玻璃能抵挡住枪弹、炸弹和暴力的攻击。

3. 隔音特性

PVB 胶片具有对声波的阻尼功能，使建筑用夹层玻璃能有效地控制声音的传播，起到良好的隔音效果。

表 1－9 为各种夹层玻璃的声音传播损失等级（STC）。

表 1－9 各种夹层玻璃的声音传播损失等级（STC）

总厚度（mm）		里面（mm）	PVB 厚度（mm）	外面（mm）	stc（dB）（100～5000HZ）
简单夹层玻璃	6.76	3	0.76	3	35
	9.76	6	0.76	3	36
	10.52	6	1.52	3	37
	12.76	6	0.76	6	38
	13.52	6	1.52	6	39
	16.76	10	0.76	6	40
	19.52	12	1.52	6	41

续表

总厚度（mm）		里面（mm）	空气厚度（mm）	外面（mm）	STC（dB）（100～5000HZ）
复合夹层玻璃	24.76	6.76mm 夹层玻璃	12mm 空气	6	39
	23.76	6.76mm 夹层玻璃	12mm 空气	5	39
	28.76	10.76mm 夹层玻璃	12mm 空气	6	40
	36.76	6.76mm 夹层玻璃	25mm 空气	5	42
	61.76	6.76mm 夹层玻璃	25mm 空气	5	45
	111.76	6.76mm 夹层玻璃	50mm 空气	5	48
	117.76	12.76mm 夹层玻璃	100mm 空气	5	49
	25.52	6.76mm 夹层玻璃	12mm 空气	6.76mm 夹层玻璃	42
	119.52	12.76mm 夹层玻璃	100mm 空气	6.76mm 夹层玻璃	51

4. 控制阳光和防紫外线特性

建筑用夹层玻璃能有效地减弱太阳光的透射，防止眩光，而不致造成色彩失真，能使建筑物获得良好的美学效果，并有阻挡紫外线的功能，可保护家具、陈列品或商品免受紫外光辐射而发生褪色。

通过设计与选材，夹层玻璃还可以具有电磁屏蔽，防火、防盗等功能。

四、夹层玻璃的应用

由于夹层玻璃具有很高的抗冲击强度和使用的安全性，因而适用于建筑物的门、窗、天花板、地板和隔墙；工业厂房的天窗；商店的橱窗；幼儿园、学校、体育馆、私人住宅、别墅、疯人院、银行、珠宝店、邮局等保存贵重物品建筑及玻璃易破碎建筑的门、窗等。

第五节　中空玻璃

一、生产工艺

生产中空玻璃的方法有多种，按照工艺可作如下划分：

- 中空玻璃的生产方法
  - 胶接工艺
    - 简单封接
    - 双重封接
  - 焊接工艺
  - 熔接工艺

由于焊接工艺生产成本较高，熔接工艺对原片要求严格且不能制造大型中空玻璃，胶接工艺技术与设备均较简单，因而是目前广泛采用的中空玻璃制造方法。

所谓胶接工艺就是把两片玻璃板与一个间隔框粘接在一起，来生产中空玻璃的一种工艺。

玻璃原片在切割机上切割，用机械吸盘或人工放在直立输送线上，送入洗涤干燥机进行洗涤和干燥处理，然后进入合片工序。

其工艺流程见图 1－13。

先在间隔框的四周与玻璃板相接触的表面涂上丁基橡胶，然后用人工将框放在玻璃板上，加入压合机，与另一片玻璃对齐使之重合，并对组件加压，然后再进入自动涂胶装置。所涂的胶为聚硫橡胶，几个小时后便可自然干燥硬结，成品经检验后入库。

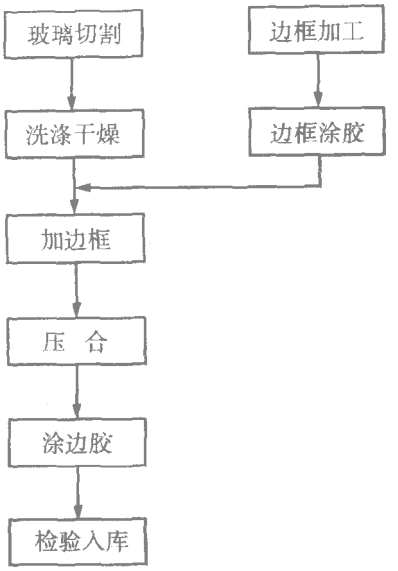


图 1－13 中空玻璃工艺流程

二、产品性能

1 隔热性能

普通平板玻璃的热传导系数（K值）为 0.8W/m²·℃，而空气的热传导系数为 0.03 W/m²·℃。这就是具有中间空气层的中空玻璃大幅度提高保温隔热性能的原因。中空玻璃与单片玻璃及其他墙体材料的传热系数见表 1－10。

表 1－10 中空玻璃、单片玻璃及其他墙体材料的传热系数

材 料	厚 度（mm）	传热系数（W/m²℃）
单片平板玻璃	3	6.84
单片平板玻璃	5	6.72
单片平板玻璃	6	6.69
双层中空玻璃	3＋A6＋3	3.59
双层中空玻璃	3＋A12＋3	3.22
双层中空玻璃	5＋A12＋5	3.17
三层中空玻璃	3＋A6＋3＋A6＋3	2.43
三层中空玻璃	3＋A12＋3＋A12＋3	2.11
混凝土墙	100	3.26
砖墙	270	2.09
木板	20	2.67

2. 防结露特性

中空玻璃比普通单层玻璃的热阻大得多，所以可大大降低结露的温度，而且中空玻璃内部密封，空间的水分被干燥剂吸收，也不会在隔层出现露水。例如，采用 5mm厚单层玻璃时，当室外风速为 5m/s，室内温度为 20℃，相对温度为 60%，当室外温度为 8℃时，玻璃朝向室内的一侧就开始结露；而同样条件下，16mm（5＋6A＋5）双层中空玻璃在室外温度降至 －2℃才开始结露；27mm（5＋6A＋5＋6A＋5）厚的三层中空玻璃在室外温度为 －11℃时才开始结露。

3. 隔音性能

中空玻璃的隔音性能与玻璃的厚度和空气隔层有关，一般情况下可以降低噪音 30～40dB。中空玻璃在隔音效果上比单片玻璃有明显的改善。但不如双层窗的隔音效果。这是

因为中空玻璃的两层玻璃实质上是一个整体，并且空气隔层一般较小，在共振透射和耦合作用的影响下，对声波的透射限制还没有想象的那么理想。

要提高中空玻璃的隔音性能，可以从以下几方面着手：

(1) 中空玻璃的两层原片不要等厚；

(2) 两层玻璃不要完全平行。

4. 中空玻璃的配片及其对性能的影响

中空玻璃允许的配片方式见表 1－11。

表 1－11 中空玻璃允许的配片方式

玻璃品种	外层玻璃	内层玻璃
普通平板玻璃	可以	可以
钢化玻璃	可以	可以
夹层玻璃	可以	可以
吸热玻璃	可以	不可以
热反射玻璃	可以	不可以
磨砂玻璃	可以	不可以
低辐射玻璃	不可以	可以

三、中空玻璃的规格

常用中空玻璃产品的形状和最大尺寸见表 1－12。

表 1－12 常用的中空玻璃的形状和最大尺寸(mm)

原片玻璃厚度	空气层厚度	正方形尺寸	矩形尺寸
3	6，9，12	1200×1200	1200×1500
4		1300×1300	1300×1500 1300×1800 1300×2000
5		1500×1500	1500×2400 1600×2400 1800×2500
6		1800×1800	1800×2400 2000×2500 2200×2600

四、中空玻璃的应用

由于中空玻璃具有隔热、隔音、防结露、抗冷辐射、施工方便等优点，国内外已广泛应用于工业与民用建筑的门、窗、幕墙、围墙、天窗及透光屋面等部位。既增加采光面积，又具有显著的节能效果。

第六节 夹丝、夹网玻璃

夹丝、夹网玻璃是在玻璃压延成型时，将具有一定图案的金属丝网嵌入其内部的玻璃，是一种生产工艺简单，价格低廉，性能较好的玻璃。

一、夹丝、夹网玻璃的性能

1. 防火性

对于一般玻璃来说，当发生火灾之际，易受到辐射热而破裂，从而导致火焰蔓延。夹丝、夹网玻璃可以克服这一弊病。当玻璃受热后，虽然产生裂纹，但是由于有金属丝、网的支持而不会很快崩落，能在一定时间内阻止或迟缓火焰的蔓延。

2. 安全性

当夹丝或夹网玻璃受到猛烈撞击而破碎时，玻璃的碎片不会飞散，所以有防止或减轻人身伤亡的效果。另外，该玻璃安装在门窗上，也有一定程度的防盗作用。

二、夹丝、夹网玻璃的规格

夹丝、夹网玻璃的规格见表 1－13。

表1－13 夹丝、夹网玻璃的规格

类 别	规 格（mm）
1	1200×900×6
2	1200×800×6
3	1200×700×6
4	1200×600×6

三、用途

夹丝、夹网玻璃可以作为二级门窗防火材料使用。

如果将夹丝玻璃进行双面磨光，或采用浮法工艺制作，玻璃透明而无畸变，可以作为体育场馆等的安全栏栅。此外，由于它还具有防震特性，还适合于振动较大的工业厂房等建筑物屋面、门窗、仓库门窗等。

第七节 热反射玻璃

一、生产工艺

热反射玻璃生产方法有热分解法（包括喷涂和浸渍两种方法）和磁控真空溅射法等，都是在玻璃表面涂以金、银、铜、铝、镍、铁等金属、金属氧化薄膜或非金属氧化薄膜；或采用电浮法、等离子法，向玻璃表面层渗入金属离子以置换玻璃表面层原有的离子而形成热反射膜。

二、性能

1. 性能指标名词解释

（1）光透射 Light transmission（LT）

玻璃透射的光通量与光源束的入射光通量之比，该指标仅指可见光，波长范围为380～780nm。

（2）光反射 Light reflection（LR）

玻璃反射的光通量与入射光通量之比。

(3) 紫外透射 Utra – violet

紫外辐射的比例，波长范围为 280 ~ 380nm。

(4) 直接能量透射 Direct energy transmission (DET)

直接穿过玻璃且波长无变化的太阳能与光源入射总能量的百分比。

(5) 能量反射 Energy reflection (ER)

玻璃反射的太阳能所占入射能量的百分比。

(6) 能量吸收 Energy absorption (EA)

玻璃吸收的太阳能与入射总能量之比。吸收能量还将以不同速率向室内外辐射。

(7) 太阳能因子 Solar factor (SF)

穿过玻璃进入室内的总太阳能量与入射能量之比，又称为总能量透射（Total energy transmission）。这一总能量是直接透射（DET）和玻璃吸收能（EA）向室内再幅射的能量之和，见图 1 – 14。

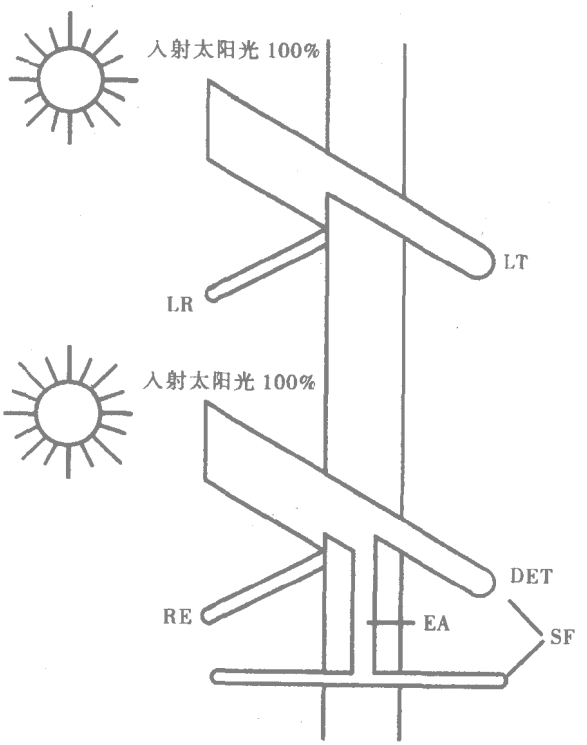


图 1 – 14 太阳光与能的入射示意图

(8)遮阳系数 Shading coefficient (SC)

它是太阳能通过某一种玻璃进入室内的总量与通过厚度 3mm 的普通无色玻璃的总量之比值。即：

$$\text{遮蔽系数} = G/0.89$$

需要全本请访问 www.ertongbook.com