



浮法玻璃生产操作丛书

# 浮法玻璃 成形生产操作

FUFA BOLLI CHENGXING SHENGCHAN CAOZUO

总主编◎韩建军

主编 吕鑫

武汉理工大学出版社  
Wuhan University of Technology Press

浮法玻璃生产操作丛书·第三册

武汉理工大学出版社

编审委员会

(浮法玻璃生产操作丛书)

# 浮法玻璃成形生产操作

丛书总主编 韩建军

总主编 韩建军

主 编 吕 鑫

武汉理工大学出版社

武汉理工大学出版社

ISBN 7-5629-1880-0  
定价：18.00元

武汉理工大学出版社

· 武汉 · 武汉理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据 第三版, 并丛书题名及出版社名称

浮法玻璃成形生产操作/吕鑫主编. —武汉:武汉理工大学出版社, 2014. 3

(浮法玻璃生产操作丛书)

ISBN 978-7-5629-4370-9

I. ①浮… II. ①吕… III. ①浮法玻璃-玻璃成形-生产工艺  
IV. ①TQ171.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 018543 号

项目负责人:王兆国

责任编辑:李兰英

责任校对:张明华

装帧设计:吴极

出版发行:武汉理工大学出版社

地址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮编:430070

经销:各地新华书店

印刷:武汉兴和彩色印务有限公司

开本:880×1230 1/32

印张:6.5

字数:169 千字

版次:2014 年 3 月第 1 版

印次:2014 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册

定价:22.00 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 ·

# 浮法玻璃生产操作丛书

## 编审委员会

名誉主编 程金树 赵修建 吕在国

丛书总主编 韩建军

丛书总副主编 徐麟 刘超 谢俊 吕鑫

丛书总编委(按姓氏笔画排列):

王道德 王 静 田培静 刘新生 孙宜华

汤李纓 阮 健 何 峰 张 成 张明德

张金奎 李 平 李 宏 陆 平 周学东

郑 滔 金文国 胡开文 胡魁亮 贺建华

谈小平 高贤安 陶海征 黄俊波 黄玲林

## 前 言

玻璃是现代社会生活中不可缺少的材料。平板玻璃工业是我国建材工业的重要组成部分。目前,我国有 300 多条浮法玻璃生产线。近年来,行业结构调整、资源整合以及生产工艺技术的自主创新等举措初见成效,促进了我国浮法玻璃工业产值增长和节能减排等目标的实现。但纵观整个行业的发展现状,我国浮法玻璃对生产一线岗位操作进行规范、培训指导等方面的理论总结还相对滞后,在原料选择、燃料使用、设计规范、生产操作、质量控制、问题处理等方面存在参差不齐的现象。为了推动玻璃生产企业规范技术操作与可持续发展,硅酸盐建筑材料国家重点实验室(武汉理工大学)、绿色建筑材料及制造教育部工程研究中心(武汉理工大学)、湖北省玻璃工业工程技术研究中心(湖北三峡新型建材股份有限公司)、河北省沙河玻璃技术研究院、三峡大学、上海睿信玻璃技术装备工程有限公司、上海和利玻璃技术有限公司等院校及浮法玻璃相关企业,共同编著了这套《浮法玻璃生产操作丛书》。

本丛书共分六册,第一册《浮法玻璃原料生产操作》,第二册《浮法玻璃熔化生产操作》,第三册《浮法玻璃成形生产操作》,第四册《浮法玻璃退火生产操作》,第五册《浮法玻璃冷端生产操作》,第六册《燃料与燃烧生产操作》。丛书全面介绍了浮法玻璃生产各工段使用设备概况、基本工艺计算、正常生产操作、事故处理操作、质量缺陷判断与处理措施等专业操作知识,符合现代浮法玻璃生产的实际情况。

丛书由韩建军任总主编,徐麟、刘超、谢俊、吕鑫任副总主编,胡开文为第一分册主编,谢俊为第二分册主编,吕鑫为第三分册主

编,刘超为第四分册主编,吕在国为第五分册主编,陆平为第六分册主编。

丛书第一分册的第1章由胡开文、谢俊编写,第2章由张金奎、胡开文编写,第3章由徐麟、吕鑫编写,第4章由汤李樱、王静编写,第5章由李平、吕鑫编写,第6章由胡开文、刘新生编写,第7章由王道德、郑滔编写,第8章由刘新生、韩建军编写,第9章由刘超、孙宜华编写,第10章由周学东、黄玲林编写。

第二分册的第1章由程金树、谢俊编写,第2章由何峰、胡开文编写,第3章由李宏、田培静编写,第4章由吕鑫、张成编写,第5章由黄俊波、刘超编写,第6章由吕在国、韩建军编写,第7章由徐麟、陆平编写,第8章由张金奎、刘超编写,第9章由刘超、黄玲林编写。

第三分册的第1章由张明德、吕鑫编写,第2章由吕在国、何峰编写,第3章由谢俊、王静编写,第4章由田培静、王静编写,第5章由黄俊波、胡开文编写,第6章由吕鑫、汤李樱编写,第7章由刘新生、韩建军编写,第8章由周学东、黄玲林编写。

第四分册的第1章由高贤安、陆平编写,第2章由吕在国、刘超编写,第3章由谈小平、陶海征编写,第4章由韩建军、谢俊编写,第5章由刘超、黄玲林编写。

第五分册的第1章由吕在国、周学东编写,第2章由郑滔、陶海征编写,第3章由郑滔、陆平编写,第4章由胡魁亮、周学东编写,第5章由吕鑫、阮健编写,第6章由金文国、周学东编写,第7章由阮健、胡开文编写,第8章由刘超、黄玲林编写。

第六分册的第1章由徐麟、田培静编写,第2章由吕在国、王静编写,第3章由陆平、阮健编写,第4章由汤李樱、李宏编写,第5章由何峰、陶海征编写,第6章由孙宜华、吕鑫编写,第7章由吕在国、何峰编写,第8章由谢俊、吕鑫编写,第9章由贺建华、田培静编写,第10章由陆平、吕鑫编写,第11章由汤李樱、胡开文编写,第12章由贺建华、刘超编写,第13章由周学东、黄玲林编写。

丛书由韩建军、吕在国、谢俊、刘超、吕鑫、陆平、胡开文审校定稿。

丛书在内容编排上,遵循“理论上够用,指导生产中实用”、“注重岗位、遵循行业标准”的原则,力求突出浮法玻璃生产的实践性、实用性和职业性,同时兼顾内容的理论性和实时性;书中有大量的图表,适合从事浮法玻璃生产的管理人员、技术人员、主要岗位操作人员阅读,本丛书也可作为玻璃工程人员的技术参考、岗前培训用书。

丛书中所介绍的生产技术操作知识大多来源于实际生产经验、业界知名专家的著作,以及所有编委的实践经历。笔者希望浮法玻璃生产线从设计投产之初就建立起规范统一的良好操作习惯,使企业在投产后的生产操作和管理过程中少走弯路,尽早步入正轨,并试图使企业员工在学习本书后能独立进行岗位操作。但需要声明的是,即使是在生产上和实践中多属有效的操作,因部分内容出现的年代较早、生产线装备差异、玻璃成分变化以及各企业的操作方法略有不同等多方面的因素,不一定能符合所有企业的实际情况。为此,望读者根据企业自身工艺装备特点和实际操作方法进行补充和完善。

虽然我们有多从事无机非金属材料,特别是玻璃材料的教学、科研与生产方面的理论成果和生产实践,但是由于水平有限,丛书中错误及疏漏之处在所难免,敬请读者及各界同仁批评指正。

在丛书资料多年收集整理过程中,承蒙各位专家、学者和企业家们提供的宝贵帮助,使得丛书能顺利出版,在此深表谢意!

编 者

2013年12月30日

(18)	.....	.....	.....
(30)	.....	.....	.....
(38)	.....	.....	.....
(40)	.....	.....	.....
(41)	.....	.....	.....
<b>第一章</b>	<b>锡槽结构与工艺设备</b>	.....	(1)
一、	锡槽的分类	.....	(1)
二、	锡槽的结构组成	.....	(3)
三、	成形工艺装置与设备	.....	(8)
四、	锡槽结构设计与计算	.....	(17)
五、	中国浮法锡槽技术与国外先进水平的比较	.....	(27)
<b>第二章</b>	<b>锡槽安装与烘烤</b>	.....	(30)
一、	锡槽安装要求与程序	.....	(30)
二、	锡槽钢结构安装	.....	(31)
三、	锡槽砖结构施工	.....	(34)
四、	锡槽安装后的验收	.....	(37)
五、	锡槽投产前的烘烤	.....	(40)
六、	锡槽投产前的加锡	.....	(48)
七、	过渡辊台的安装与烘烤	.....	(50)
八、	锡槽冷修前的放锡与降温	.....	(52)
<b>第三章</b>	<b>浮法成形工艺制度</b>	.....	(54)
一、	浮法玻璃的成形机理	.....	(54)
二、	浮法玻璃成形方法	.....	(57)
三、	浮法玻璃成形工艺制度	.....	(63)
四、	成形工艺管理规程	.....	(68)
<b>第四章</b>	<b>浮法成形工艺参数与计算</b>	.....	(71)
一、	成形工艺技术指标	.....	(71)
二、	成形工艺参数计算	.....	(73)



三、拉边机工艺参数比较·····	(87)
<b>第五章 浮法成形操作的基本方法</b> ·····	(92)
一、日常操作·····	(92)
二、正常生产操作·····	(95)
三、特殊情况下的操作·····	(117)
<b>第六章 浮法成形过程中生产事故的处理方法</b> ·····	(123)
一、设备事故的处理方法·····	(123)
二、工艺事故的处理方法·····	(129)
三、特殊事故的处理方法·····	(135)
<b>第七章 浮法成形过程中质量缺陷的处理措施</b> ·····	(142)
一、锡污染缺陷的处理措施·····	(142)
二、耐火材料缺陷的处理措施·····	(157)
三、工艺操作缺陷的处理措施·····	(167)
四、锡与锡化合物的性质介绍·····	(178)
五、锡槽中的污染循环和防止措施·····	(181)
六、成形缺陷来源的分析途径·····	(183)
七、气泡的检测方法·····	(185)
<b>第八章 国家标准规范主要内容介绍</b> ·····	(188)
一、《平板玻璃行业准入条件》·····	(188)
二、《平板玻璃工厂节能设计规范》·····	(188)
三、《清洁生产标准 平板玻璃行业》·····	(189)
四、《玻璃工厂工业卫生与安全技术规程》·····	(189)
<b>参考文献</b> ·····	(191)
(20)·····	玻璃工艺学(第三版),三
(21)·····	玻璃工艺学(第三版),四
(17)·····	玻璃工艺学(第三版),五
(18)·····	玻璃工艺学(第三版),一
(22)·····	玻璃工艺学(第三版),二

# 第一章 锡槽结构与工艺设备

## 一、锡槽的分类

### 1. 按流槽形式分类

- (1) 宽流槽型: 流槽宽度和玻璃原板宽度相近。
- (2) 窄流槽型: 流槽宽度在 600~1800mm 范围内。

### 2. 按锡槽主体结构分类

- (1) 直通型: 锡槽进口端和出口端宽度相同。此种形式的锡槽结构简单, 一般配置宽流槽。
- (2) 宽窄型: 锡槽进口端较宽, 出口端较窄, 结构较复杂, 常与窄流槽配合。

### 3. 按胸墙结构形式分类

#### (1) 固定胸墙式

胸墙设计为固定的, 所有操作孔、检测孔都有固定的位置和一定的尺寸。此种结构整体性能好, 便于密封, 但操作孔位置固定, 操作不够灵活。

#### (2) 活动胸墙式

胸墙上部分为固定式, 沿口以上至固定胸墙的间隙用活动边封填塞。这种结构的操作孔可以根据需要灵活设置, 便于操作, 适用于生产多品种产品, 但密封较为困难。

#### (3) 固定胸墙加活动边封式

这种结构综合了以上两种结构的优点, 将经常操作处设计成活动边封, 以便于生产操作; 而在后部不经常操作处设计为固定式

胸墙结构,仅预留必要操作孔,以便于锡槽的密封。国内锡槽多采用这种结构。

#### 4. 按发明厂家分类

##### (1) PB 法锡槽

PB 法锡槽由英国皮尔金顿玻璃有限公司发明。该锡槽的进口端为窄流槽形式,主体结构(即槽体)为宽窄型,内衬耐火材料,外壳为钢罩。锡槽的出口端由过渡辊台组成。见图 1-1。

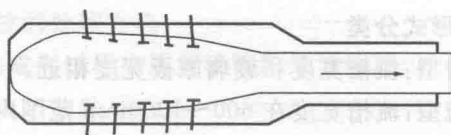


图 1-1 PB 法锡槽平面示意图

##### (2) LB 法锡槽

LB 法锡槽由美国匹兹堡玻璃公司发明。该锡槽的进口端为宽流槽形式,主体结构为直通型,内衬为耐火材料,外壳为钢罩,其出口端也为过渡辊台结构。见图 1-2。



图 1-2 LB 法锡槽平面示意图

##### (3) 洛阳浮法锡槽

洛阳浮法锡槽由中国玻璃工作者设计,由于在洛阳试生产成功而得名。这种锡槽结构采用窄流槽、宽窄型主体结构、过渡辊台等。锡槽内衬为耐火材料,外壳为钢罩。见图 1-3。

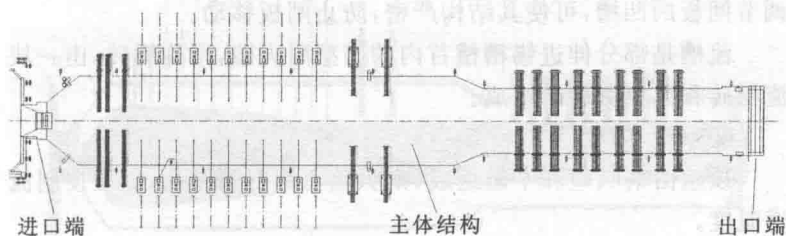


图 1-3 洛阳浮法锡槽结构示意图

## 二、锡槽的结构组成

锡槽的结构通常分为三部分，即进口端、主体部分和出口端。

### 1. 进口端

从熔窑冷却部后山墙外壁至锡槽钢壳首部端壁，为锡槽的进口端结构。它是连接熔窑和锡槽的通道，为喇叭形结构；进口端由流道、流槽、顶碯、侧墙、安全闸板、调节闸板等组成。见图 1-4。

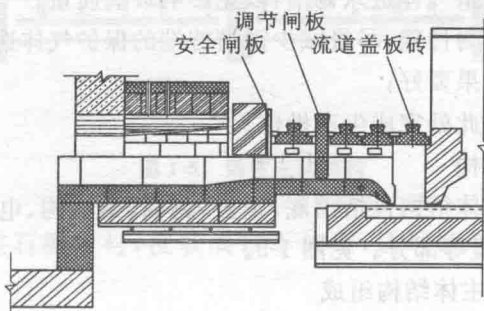


图 1-4 锡槽进口端

#### (1) 进口端结构组成

##### ① 流道、流槽

流道是玻璃液从熔窑流入锡槽的通道，流道上有安全闸板和

调节闸板的凹槽,可使其结构严密,防止闸板移动。

流槽是部分伸进锡槽槽首内的槽型耐火砖,俗称唇砖,由一块流槽砖和两块侧壁砖组成。

### ②顶碓、侧墙

顶碓由喇叭碓和平碓组成,喇叭碓上留有测温孔,以便控制流道温度。

侧墙在适当的位置留有加热孔洞,以便在必要时用气体或液体燃料对流道进行加热,或用水平硅碳棒进行电加热。

### ③安全闸板、调节闸板

安全闸板由镍铬耐热钢制成,当发生事故时,安全闸板整体落下起到截流作用。

调节闸板通过控制机构来调节玻璃液的流量,从而控制玻璃带宽度。

## (2)对锡槽入口端结构的要求

- ①与熔窑和锡槽的衔接要紧凑,防止玻璃液外漏;
- ②阻止熔窑气体进入锡槽,以免影响玻璃质量;
- ③加强密封性能,尽量减少锡槽首端的保护气体逸出;
- ④保温效果要好;
- ⑤方便在此处完成生产操作。

## 2. 主体结构

锡槽的主体结构包括槽底、顶盖、胸墙、钢结构、电加热、保护气体、冷却装置等部分。见图 1-5。

### (1)锡槽主体结构组成

#### ①槽底

槽底是直接盛装锡液的设备,由槽底钢壳、锡槽底砖、侧壁砖组成。槽底采用低氢渗透性、高抗碱性侵蚀、高强度、弹性好、高密度的黏土大砖砌筑,底砖是阶梯形砖,并设有锡沟、挡坎等。槽底钢壳采用具有良好的气密性和抗锡液渗漏性的钢板;锡槽宽段池

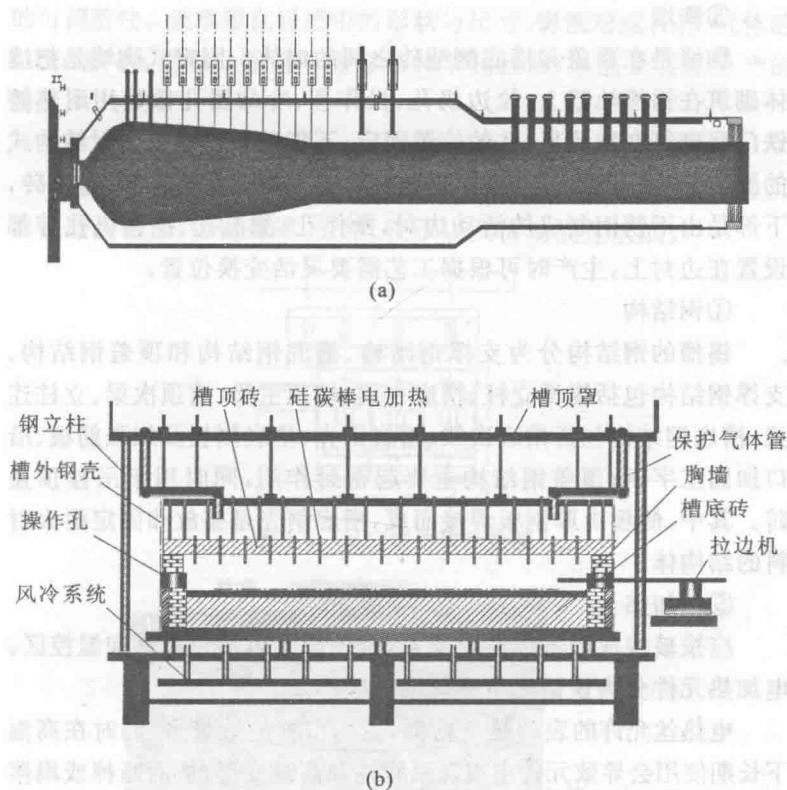


图 1-5 锡槽主体结构

(a) 锡槽平面示意图; (b) 锡槽横向示意图

壁内侧安装石墨内衬,使玻璃带不沾边,还可减轻氧对锡液的污染。

## ② 顶盖

锡槽顶盖一般采用吊平顶全密封的结构形式,其作用为便于密封、吊装和安装电热元件和测压元件、安装保护气体管道。顶盖外壳为钢罩,顶盖为平顶结构;槽顶耐火材料内表面基本呈水平状态,热面材料为硅线石,上表面为保温砖。

### ③胸墙

胸墙是在顶盖和槽底侧壁砖之间的墙体。固定式胸墙是把墙体砌筑在锡槽池壁上,拉边机孔、操作孔、冷却器孔都是用耐热铸铁门框砌筑在胸墙里,孔的位置固定,不能随意移动。边封结构式的胸墙分为上、下两部分,上部选用隔热性好的漂珠轻质保温砖,下部是由不锈钢制成的活动边封,操作孔、测温孔、拉边机孔等都设置在边封上,生产时可根据工艺需要灵活变换位置。

### ④钢结构

锡槽的钢结构分为支撑钢结构、槽底钢结构和顶盖钢结构。支撑钢结构包括锡槽立柱、槽底主梁、槽顶主梁、槽顶次梁、立柱连梁;槽底钢结构包括槽底次梁、槽底钢壳、槽底侧板及加强筋板、沿口加固工字钢;顶盖钢结构主要起密封作用,同时用于吊挂顶盖砖。其中,侧板由厚钢板焊接而成,槽底钢壳是盛放和固定耐火材料的结构体。

### ⑤电加热

应按玻璃成形各区温度要求,合理设置电加热功率和温控区。电加热元件分为铁铬铝电热丝或硅碳棒。

电热丝允许的表面热负荷低,现场布置的数量多,同时在高温下长期使用会导致元件出现高温脆性和高温变形,从而断掉或塌落在锡槽内,严重影响正常生产。而硅碳棒的表面热负荷较大,便于集中布置,可调性强,具有高密度带涂层的发热段,因而使用寿命长。

## (2)对锡槽主体结构的基本要求

### ①结构的严密性

严密性良好的锡槽才能建立起稳定的热工作制度,才能降低锡耗、气耗,才能生产出高质量的玻璃。

### ②工艺上的可调性

工艺上的可调性,是指对锡槽纵向和横向的温度、玻璃液流量

的可调整性。玻璃带在锡槽中的形状与尺寸、锡液对流、保护气体的纯度、氢气含量和分配量等应容易调节和控制,以满足实际生产的需要。

### 3. 出口端

锡槽和退火窑之间的一段热工设备叫出口端(图 1-6、图 1-7),也称过渡辊台,由密封罩、渣箱、辊子以及传动装置组成。

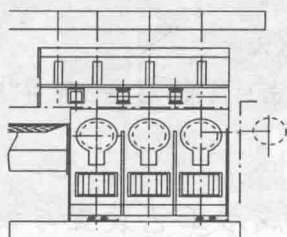


图 1-6 出口端结构示意图

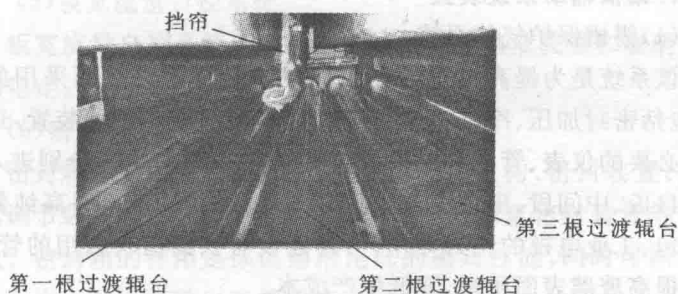


图 1-7 出口端实物图

#### (1) 出口端结构组成

①密封罩是方形钢壳结构,内设轻质保温材料,在上部安装第一道挡帘,将锡槽出口的空间缩小到仅让玻璃带通过,每根辊子上部都设有挡帘以分割上部空间。挡帘的材质可选用波纹不锈钢或耐高温陶瓷纤维。

②下部的渣箱与锡槽下面的轨道连接在一起,随同锡槽一起



膨胀后移。在渣箱的侧壁上留有扒渣门,以便清理碎玻璃碴。

③过渡辊台上3根辊子的轴承座安装在箱体的两面侧墙上,3根辊子呈爬坡状分布,可以上下调节高度,与退火窑辊子同步传动。

④每根辊子的下部都设有分割板和石墨块擦锡装置,通过板簧组和擦锡调节装置使石墨块始终和辊子下表面接触。

⑤锡槽出口的端板冷却器上留有氮气出口,以加强渣箱的密封性能。

#### (2)对出口端的基本要求

加强锡槽尾部的密封性能,适应玻璃带“爬坡”的需要,解决锡槽的纵向膨胀。

### 三、成形工艺装置与设备

#### 1. 锡槽辅助系统装置

##### (1)锡槽保护气体系统

该系统是为提高槽内的压力和保护气体的纯度而采用的装置,包括密封加压、冷却、过滤、脱氧、脱硫、干燥等各种装置,还配备有必要的仪表、管材等。保护气体分为四个子系统,分别进入锡槽入口段、中间段、出口段及操作门和观察窗;并设一路高纯氮气供氮包、工业电视的气封等用;另外还设有供锡槽吹扫用的管路,用以提高玻璃表面质量,降低生产成本。

##### (2)锡槽槽底冷却风系统

槽底冷却选用离心通风机,三用三备,对锡槽槽底钢板进行冷却,杜绝漏锡事故的发生。

##### (3)流道安全闸板提升装置

流道安全闸板提升装置由架体和闸板组成。架体悬挂在上部轨道梁下,闸板材料为耐热钢。由人工操纵,可快速落下闸板,切断玻璃液流。