

建材情报资料

总第8036号

玻 璃 类

苏联采用无槽法生产平板玻璃的近况

建材部技术情报标准研究所

1980年8月

70171.72

贵州省图书馆

引言

平板玻璃无槽垂直引上法是在美国于1925~1928年最早被采用的，而在欧洲是1930年。这种方法是弗克和科尔本拉玻璃方法的进一步发展。无槽法综合了从玻璃液自由表面引上(科尔本法)和垂直引上成型的原理，然而又不需要降低平板玻璃的表面质量的弗克法的槽子砖和平拉法的转向辊。

无槽法的显著特点是从玻璃液的自由表面成型玻璃而无需使用槽子砖(图1)，因而使玻璃表面质量大幅度提高。采用这种方法生产的平板玻璃没有波筋，也不含有结晶杂质(“失透”)，这两种缺陷在采用弗克法时，由于槽子砖唇口几何形状的缺陷(缺口、不平整等)和在唇口形成结晶微粒而经常发生。无槽法生产的玻璃光畸变小，表面质量好，可以广泛地代替抛光玻璃，用于镶嵌橱窗，现代化楼房的窗户、运输工具和生产釉面玻璃等。此外，无槽法具有较高的生产率，因为在玻璃液自由表面上成型，不存在流经槽子口的玻璃液量这个因素限制引上速度，而且在成型部分对玻璃液表面和整体冷却强度也大得多。如果说采用有槽法时，玻璃液的强烈冷却只是在玻璃带板根的很小范围内进行，那末在采用无槽法时，冷却则是在引上室内整个敞开的玻璃液表面进行。因此，无槽法拉引速度比有槽法高：在拉引2~3毫米厚的玻璃时高25~30%，而拉引4毫米玻璃则更高，为40~50%。

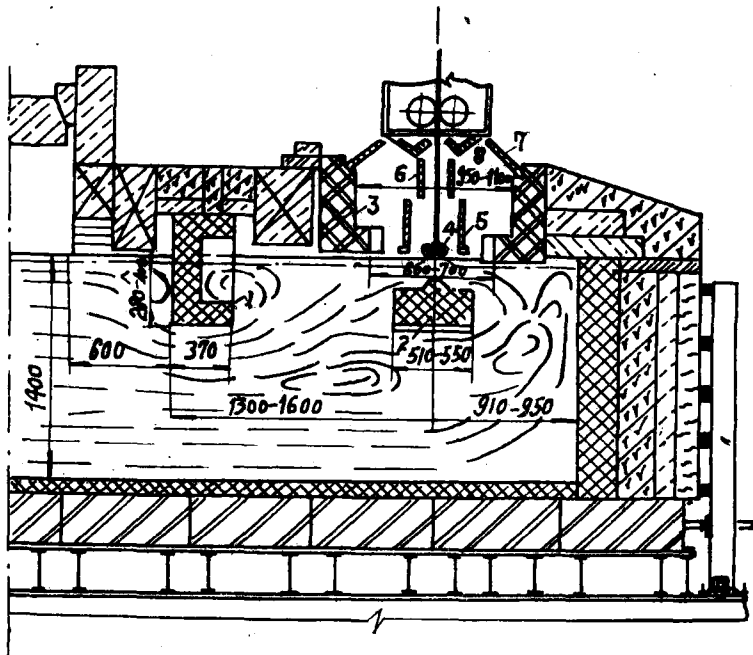


图1 引上机引上室和成型通路图

1. 桥砖；2. 引砖；3. 引上室挡屏；4. 边部成型辊；5. 主冷却器；6. 辅助冷却器；7. 顶部冷却器；8. 箱式冷却器；(收集碎玻璃的)

无槽法还有许多其它的优点：引上机作业周期长，玻璃成分中碱性氧化物比有槽法少，

因而使玻璃的化学稳定性和机械强度有所提高等等。

尽管抛光玻璃工艺有了很大发展，但是，由于无槽法生产能力高，并且可以生产出能满足现代建筑要求的高质量玻璃，因此，在近10~15年期间内，它仍将作为一种生产建筑玻璃的方法得以保存。

· 无槽厂强化生产过程和改善玻璃质量的潜力，为进一步完善该工艺和提高近10年内建成的无槽系统技术经济指标开辟了前景。

无槽拉引法发展的历史及现状

苏 联 的 无 槽 法

在国家玻璃研究院与工厂的积极合作下，曾试验了一些从自由液面成型平板玻璃的方案：通过带有宽口的槽子砖(口宽达300毫米)成型，在玻璃液上部采用异形隔热挡板和边部成型板成型，采用浸入式引砖成型。

前两种方案试图找出解决问题的新途径，但未能充分地将无槽法所特有的优点显示出来。例如，库尔罗夫斯基工厂全部改用新方法后(按隔热挡板的方案)，作业了五年，然而未能使这种无槽法稳定下来。其它工厂未能成功地掌握这种方法，也是由于熔窑，成型通路和引上室结构、上述设备的加热系统不完善以及砌筑引上室的耐火材料质量不高也有关。此外，虽然从自由液面成型本身并没有遇到什么困难，但却把上述系统作业时所存在的，即使是在有槽系统中也同样存在的毛病，也常常归咎于无槽法，有过这样的例子，伊尔比兹克工厂1956年掌握无槽法(采用浸入式引砖)，并且已经顺利地采用此法生产了整整一个周期。在第二个周期的开始阶段，由于粘土质耐火材料质量不好，以及工厂改用含铁量少的砂子而产生了大气泡，使工厂又重新装上了弗克式槽子砖，降低了成型温度，就这样改回了有槽法。

里沃夫工厂学会并成功地实现了无槽工艺的特点取得了掌握无槽法的最大成绩。该厂从1950年11月起由于不断地完善该工艺开始成功地采用无槽工艺进行生产。在很长的一段时间内，里沃夫工厂始终是苏联唯一的一个采用无槽法拉引平板玻璃的工厂。

1961年，里沃夫工厂建成了第二条更为现代化的三机无槽系统，用于生产技术玻璃。首先，该系统生产的是“反差玻璃”，用于制造金属—玻璃显象管的底部和电视机的防护屏。然后，该系统转为生产一般的建筑和技术玻璃。玻璃的成分与1号三机系统玻璃相似。

在里沃夫工厂的1号和2号系统上，解决了成型通路、引上室通路浮砖的结构玻璃冷却和成型温度制度，以及边部成型等问题。工厂与国家玻璃研究相互合作所积累的经验，为在全国进一步发展无槽法打下了基础。

1965年巴涅维日工厂(立陶宛加盟共和国)板宽为2米的四机无槽系统投产，1967年，“无产者”玻璃厂板宽2.5米的六机无槽系统投产，1969年，萨拉托夫斯基工厂六机系统(四机板宽3米，二机板宽2米)投产，1971年利西昌厂板宽3米的四机系统投产，1972年，萨尔干达乌加瓦厂四机系统(二机板宽3米，二机板宽2米)投产，同年，托克马克斯基工厂(吉尔吉斯加盟共和国)六机系统(四机板宽3米，二机板宽2米)投产，1975年，“十月革命节”厂(加里宁州)八机系统投产(六机板宽2.5米，二机板宽2米)。

1972年，里沃夫工厂建立了第三条板宽为3米的一机无槽系统，生产整体着色的吸热玻

璃。新建的无槽系统和工厂的设计是由国家玻璃设计院与国家玻璃研究院以及其它组织协作进行的。

无槽法蓬勃发展的结果，使其在 7~10 年的时间内，成为一种生产建筑平板玻璃和技术玻璃的主要方法，在无槽系统上生产的窗玻璃量达 3700 万米² (1977 年数据)。

无槽法拉引玻璃的成份和物理—化学性能

用无槽法可以生产各种成份的玻璃。决定无槽拉引成型制度和整个工艺过程的最重要的物化性能是粘度和粘度与温度的关系、结晶性能、表面张力和硬化速度。无槽法玻璃成份中的碱性氧化物含量为 13.5~14.0%，比有槽法低 1.0~1.5% (提高硅含量代替之)。因此，在同一温度下，无槽法玻璃的粘度比有槽法高 (见图 2)，从而保证了拉引速度的提高。

《无槽法生产平板玻璃技术操作规程》规定的典型的无槽法玻璃成份见表 1。为了进行比较，表中还举出了比利时“格拉维伯尔”公司、美国“匹兹堡”公司、苏联在掌握该法期间里沃夫工厂和其它玻璃厂无槽玻璃成份，以及典型的有槽法玻璃成份。

表 2 中例举了无槽厂玻璃的物理—化学和成型性能。玻璃的成份见表 3。

在苏联和其它国家，正进行改变垂直引上玻璃化学成份，以改善其成型及其它性能的工作。

在一定成型温度时，对玻璃液粘度影响最大的是碱性氧化物和氧化铝。为了提高拉引速

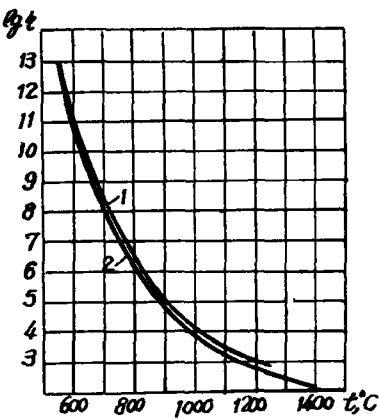


图 2 玻璃粘度与温度的关系
1. 无槽法拉引玻璃;
2. 有槽法拉引玻璃。

表 1

工 厂	化 学 成 份 (%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9
无槽拉引法								
根据《规程》统一的成份……	72.6 ±0.3	1.5 ±0.15	0.12 ±0.01	8.2 ±0.2	3.5 ±0.2	13.7* ±0.2		不高于 0.4
比利时“格拉维伯尔”公 司工厂……	71.55	1.3	0.09	8.56	3.86	14.3	0.28	0.3
美国“匹兹堡”公司工厂	72.9	1.3	0.1	8.6	3.5	13.2	0.2	0.2
波兰“桑多麦日斯基工厂	73.02	1.33	0.14	8.3	3.0	13.63	—	0.3
有槽拉引法								
根据《规程》统一的成份	72.4 ±0.3	2.0 ±0.15	不高于0.2 ±0.01	6.6 ±0.2	4.2 ±0.2	14.8 ±0.2	— —	不高于 0.5

* 换算为 Na₂O，其中 0.5+1.5% K₂O 换算为 Na₂O

表 2

工 厂	粘度特性			结 晶 特 性			计算的成型特性		
	T ϕ	T p	T $_{\phi}$	T $_{\text{ВПК}}$ °C	T $_{\text{Vмакс}}$ °C	V $_{\text{макс}}$ (毫微米/分)	ΔT	W $_1$	W $_2$
巴涅维日斯基工厂	998	728	553	975	925	1.30	-23	175	270
里沃夫工厂	998	723	551	997	950	1.40	-1	172	275
托克马克斯基工厂	998	726	553	1000	925	2.80	+2	173	272
萨尔干达乌加瓦工厂	1000	728	554	1025	950	1.30	+25	172	272
利西昌工厂	996	728	552	1025	950	1.30	+29	176	268

注: T $_{\text{Vмакс}}$ —晶体最大生长速度的温度;

V $_{\text{макс}}$ —晶体最大生长速度

表 3

工 厂	化 学 成 份 (%)							
	SiO $_2$	Al $_2$ O $_3$	Fe $_2$ O $_3$	CaO	MgO	Na $_2$ O	K $_2$ O	SO $_3$
巴涅维日斯基工厂	72.51	1.56	0.14	7.77	3.79	13.66	—	0.40
里沃夫工厂	72.60	1.60	0.13	7.60	3.70	14.00	—	0.37
托克马克斯基工厂	72.60	1.60	0.10	7.90	3.60	13.80	—	0.40
萨尔干达乌加瓦工厂	72.60	1.45	0.10	8.00	3.90	13.65	—	0.30
利西昌工厂	52.60	1.50	0.10	8.00	3.80	13.54	0.36	0.41

度, Φ .Г萨里诺夫和B.A普罗宁对降低玻璃成份中的碱性氧化物含量和提高氧化铝含量情况下无槽引上机的作业进行了研究, 同时将玻璃中的氧化铝含量从1.38%提高至1.96%。和将碱性氧化物含量从13.97%降至12.97%, (靠增加氧化硅组分)使拉引速度提高了3~5米/时。在这种情况下, 生产的玻璃质量和引上机作业的稳定性都与该系统在生产化学成份保持在《规程》规定范围内的玻璃时相同。他们认为, 通过提高氧化铝含量减少碱性氧化物含量来改变现行无槽玻璃各种组份的含量是合理的。但同时也有相反的意见, 主张提高无槽引上玻璃中的碱性氧化物含量。例如, 美国“匹兹堡”公司所提出的无槽和浮法玻璃成份中就提高了碱性氧化物的含量:

SiO $_2$ 71~73.3; Al $_2$ O $_3$ 0.7~1.5; Fe $_2$ O $_3$ 0.05~0.06; CaO5.5~7.5; MgO3.5~4.5; Na $_2$ O15.5~16.5; K $_2$ O0~0.05; SO $_3$ 0.2~0.5。

如同专利中所指出的, 在三机无槽拉引系统上进行的实验证明, 在改为所推荐的成份后, 熔窑的生产能力从125吨/日提高到150吨/日, 拉制厚度2.3毫米的玻璃的速度从120米/时提高到144米/时。由于降低了玻璃液的结晶能力, 引上和连续作业的周期也提高了1~2倍。

实验室研究证明, 如下成份的玻璃熔液中砂子颗粒的熔化时间要比在一般成份中少15~35%(%) : SiO $_2$ 72.68; Al $_2$ O $_3$ 1.21; Fe $_2$ O $_3$ 0.08; CaO6.4; MgO3.65; Na $_2$ O15.58; K $_2$ O0.15; SO $_3$ 0.24。同时应指出, 这种新成份玻璃的化学稳定性能满足美国窗玻璃标准的要

求。此外，上述成份还扩大了玻璃的成型温度范围。

无槽引上法的结构和工艺特性

现行无槽引上系统的特性

许多无槽引上系统在投产后都进行了改造，增设和加宽了引上机。目前，进行生产的无槽系统共有 9 个（萨拉托夫技术玻璃厂的系统停产后），其中，一个系统是二机，两个是三机，两个是四机，一个是六机，三个是八机，无槽系统的主要特性例于表 4。

表 4

无槽系统特性	工 厂								
	里沃夫厂			巴涅维日斯基厂	“无产者”厂	利西昌厂	托克马克斯基厂	萨尔干达乌加瓦厂	“十月革命节”厂
	第 1 系统	第 2 系统	第 3 系统						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
该系统投产年份	1950	1961	1972	1965	1967	1971	1972	1972	1975
熔窑：									
宽度，米.....	7.0	6.0	6.0	8.0	9.0	9.0	10.0	8.0	10.0
窑池深度，米.....	1.2	1.5	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
总面积，米 ²	193	206.8	134.6	379	539.4	474	617	366	625
熔化部面积(加热部分)米 ²	92	98.4	56.9	170	262	246	265	170	271
冷却与熔化部面积关系 米 ² /米 ²	1.10	1.10	1.37	1.23	1.06	0.93	1.33	1.15	1.31
1 米玻璃带宽度所平均的熔窑 面积米 ² /米 ² ：									
熔化部：	15.3	16.4	14.2	17.0	13.8	15.4	13.3	17.0	14.3
冷却部：	16.8	18.1	19.4	20.9	14.6	14.3	17.6	19.6	18.7
日生产能力吨/日(1977年)	82	84	47	140	255	220	306	138	174
玻璃液中隔挡装置种类：	无	无	锆刚玉质 隔挡装置	无	循环水冷 器	循环水冷 器	格尔马诺 夫式挡板	循环水冷 器	循环水冷 器
引上室通路：									
引上机台数：	8	8	2	4	8	6	6	4	8
引上机宽米：	2.0	2.5	2.0	2.5	2.5×6 2.0×2	3.0×4 2.0×2	3.0×4 2.0×2	3.0×2 2.0×2	2.5×6 2.0×2
玻璃带总板宽米：	6	7.5	4	10	19	16	20	10	19
引上机高米：	4.5	7.85	7.85	6.85	7.85	11.7	11.7	11.7	7

现在全苏共 46 台无槽引上机作业，其中 17 台板宽 2 米，19 台为 2.5 米，10 台为 3 米。无槽系统成型的玻璃带总宽度为 111.6 米。这些系统装备有高生产能力的现代化结构的玻璃熔窑，熔窑具有足够的熔化和冷却面积以及很宽的窑池—8~10 米。大多数窑池的深度为 1.4 米（里沃夫工厂第 1、3 系统除外）。无槽系统的熔窑具有比有槽法熔窑更大的冷却部。熔窑冷却部面积与熔化加热部面积的比：从 0.93 米²/米²至 1.33 米²/米²。所有熔窑都采用天然气加热，只有一个窑（“十月革命节”厂）采用液体燃料（重油牌号为 M100）。一些窑（利西昌、托克马克斯基和萨尔干达乌加瓦厂）具有高蓄热室。

除巴涅维日斯基厂和里沃夫厂第 1 号、2 号系统外，大多数无槽系统在玻璃液中设有分隔装置——格尔马诺夫浸入式挡板，锆刚玉质分隔装置或循环水冷器。

熔窑装备有现代化的温度控制系统和热工自动调节系统。按熔化的玻璃液算熔窑的生产能力为(吨/日):四机窑—140~150吨/日,六机窑—220~260吨/日,八机窑—300~340吨/日。

无槽引上系统工艺操作制度

无槽引上窑热、气作业制度与有槽法窑作业制度无根本区别(成型温度除外),是根据一般的玻璃熔制要求制定的。正确地控制作业制度的主要任务是保证高温强制熔化玻璃和供给化好的并加热均匀的玻璃液用于成型。

无槽拉引玻璃熔窑作业制度是根据采用无槽拉引法生产玻璃工厂的《工艺操作规程》规定的。在《规程》的基础上,各工厂又制定了具体的工艺制度。根据《规程》,现代化无槽引上窑在采用天然气加热时,熔化温度应为 $1580 \pm 10^{\circ}\text{C}$,而用液体燃料加热时为 $1550 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

具有规定生产能力的熔窑的正常燃料消耗应能使熔化带(配合料和泡沫带)的长度占熔窑加热部长度的40~50%。熔化带是池窑中热量的主要需要部位。在该部位所消耗的热量基本上决定着熔窑的熔化能力和玻璃液的质量。按有槽法工厂《规程》,前两对小炉在熔窑具有正常生产能力时,其燃料消耗的总量应不低于整个熔窑燃料消耗的30%。

《规程》对无槽法确定了前两对小炉更高的燃料消耗总量—不低于35%,因为无槽玻璃的矽含量低。整个熔化部的各小炉(包括热点区域)燃料消耗总量为熔窑的75~85%。从第一对小炉到热点区域小炉的燃料消耗量应不断递增,而在热点后的小炉则应顺次减少。

熔窑的生产能力越高,引入的碎玻璃量越少,复盖玻璃液面的配合料层越密实,越厚,则前两对小炉燃料消耗的绝对值则应越高。在熔化池末端有耳池以及在玻璃液内和气体空间用分隔装置将熔化部和冷却部分隔开来的情况下,必须增加整个熔窑燃料消耗,以增加加热末端的热量。

熔窑气体制度的主要参数是火焰空间气体介质的压力和化学成份。窑内气体压力是通过改变烟囱总闸板位置自动保持稳定。闸板位置的改变是根据与熔窑成型通路内玻璃液面上取得的压力脉冲相应的差压计信息调节的。

熔化部前两对小炉内燃烧天然气,空气过剩 $\alpha = 1.03 \sim 1.05$,在负荷最大的小炉内燃烧,空气过剩系数 $\alpha = 1.08 \sim 1.10$,而在净液面区域内的小炉内燃烧,空气过剩量 $\alpha = 1.15 \sim 1.25$,在烧液体燃料时,空气过剩量比此系数高10%。

配合料和泡沫对玻璃液面的复盖程度应稳定:根据窑温和单位面积熔化率,熔化带长度(算至泡切线)应在熔窑加热部长度的40~50%的范围之内。同时,熔化泡沫带应短于配合料带。(玻璃熔窑工艺制度参数对熔化带长度的影响的研究结果见资料《玻璃与陶瓷》1978年第一期4~6页。)一般配合料界线位于2~3对小炉。

根据《规程》与配合料一起加入的碎玻璃量应占熔化玻璃液的20~30%配合料为70~80%。为了均匀地沿熔窑熔化部宽度将配合料复盖在玻璃液面上,投料池宽度应为熔窑宽度的65~70%,配合料的水份应为4~5%。

根据《规程》,打炉时,应保持引上机通路内玻璃液温度的恒定,其方法是将熔化带前在对小炉的气体消耗量减少,据计算为80标准米³/吨玻璃液(670~675千卡/公斤)。同时,在

必要时，根据热电偶控制信号增加末对小炉的燃料消耗。

“无产者”玻璃厂八机无槽窑在熔窑生产能力提高(降低)1吨/时的情况下，气体消耗量增加(减少)110标准米³/时。打炉和上炉时，采用改变第一区域小炉(3对小炉)的气体消耗量的方法进行这种热工制度的调整。

在冷却池内温度波动不应超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (根据安装在罐上的热电偶显示)。

根据一些工厂的经验和国家玻璃研究院的推荐，成型通路温度可以根据安装在熔窑与边部引上机中心线交叉部位的底部热电偶的显示来控制。例如，“无产者”玻璃厂八台引上机作业时，第3号和第6号引上机的“十字罐”处玻璃液温度保持在 $1160 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (按装在铂套中的底部热电偶显示，热电偶在底板上伸出100毫米)。

沿熔窑长度上按形成两个最大负荷点来分配天然气消耗量，并在这两点之间减少气体耗量(下降点)，这对具有多对小炉(6~8对)熔窑完善温度制度的发展方向。这种制度是高尔基—勃尔玻璃厂研制成功，并首先应用的。该制度的本质在于，作为对净液面区域最高热负荷点的补充，在配合料带造成第二个气体消耗最高点，并减少稠密熔化泡区域的燃料供量。这种具有两个最高热负荷点，按熔窑小炉分配气体消耗量的方法，能够保持熔窑长度上的一般温度曲线(具有一个热点)，但同时消除了稠密熔化泡沫区域燃料的无效消耗。众所周知，稠密的泡沫是一种玻璃液表面的热绝缘层，阻碍着来自火焰的热交换，对泡沫下部的玻璃液不能进行有效的加热。托克马克斯基玻璃厂顺利地掌握了具有双高热负荷点的作业制度，并应用在六机无槽系统的池窑上。稠密熔化泡沫区域气体消耗量达配合料区域最大消耗量的50~60%。

托克马克斯基工厂按熔窑小炉分配气体量以及熔窑各相应区域内绝对和相对热负荷值列于表5。

表 5

参 数	小 炉						
	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号
气体消耗量(%)	11.3	20.3	21.3	11.3	20.3	10.3	5.3
绝对热负荷 $\times 10^3$ 千卡/(米 ² ·时)	66.9	173	178	96	180	95.6	50.9
相对热负荷(属于第一高热负荷点)	0.375	0.985	1	0.54	1.01	0.538	0.285
熔制区域	配合料带		熔 化 泡		净 液 面		

在熔化区域内进行热负荷重新分配使气体介质的热点从1545℃提高到1570℃，而不会使上部结构发生局部过热，并且，能造成更强的喂料循环周期。熔窑的燃料消耗降低了10%。

大多数无槽引上熔窑按高温熔化制度(最高温度1570~1590℃)熔化(无产者厂，利西昌厂，托克马克斯基厂等)。采用上述工艺制度和现代化的无槽引上窑设备，能保证强化熔制过程和得到高质量玻璃液。具有不同数量引上机的无槽系统熔窑典型工艺制度列于表6。

表 6

工 艺 参 数	里沃夫工厂 2 号系统	巴涅维日斯基	托克马克斯基	托克马克斯基	“十月革命 节”厂
	该系统无槽引上机台数				
	8 ①	4 ①	6 ①	8 ①	8 ②
1	2	3	4	5	6
熔窑生产能力, 吨/日	72	160	280	340	330 (设计)
单位面积熔化率, 公斤/(米 ² ·日)					
熔化面积.....	900	870	910	1250	530
总面积.....	405	390	445	535	250
熔窑上部结构温度(℃)					
1 至 2 对小炉之间	1520		1450	1490	1390
2 至 3 对小炉之间	1560		1480	1560	1480
3 至 4 对小炉之间	1500	1535	1500	1590	1500
4 至 5 对小炉之间	—	—	1530	1560	1540
5 至 6 对小炉之间	—	—	1490	1520	1500
6 至 7 对小炉之间	—	—	1440	1470	1480
7 至 8 对小炉之间	—	—	—	—	1465
冷却温度(℃)	1260	1150	1270	—	1335
		(按接近底部 的热电偶读数)			
成型通路中心部温度(℃)	—	1220	1245		1160
燃料消耗总量(米 ³ /时)	—	2350	2700	4560	3750
燃料按小炉的分配量(%)					
第 1 对小炉	—	15.9	11.3	14.7	42.7
第 2 对小炉	—	18.7	20.3	18.2	42.7
第 3 对小炉	—	19.8	21.1	18.6	42.7
第 4 对小炉	—	22.0	11.3	18.6	64.7
第 5 对小炉	—	15.8	20.3	16.4	46.7
第 6 对小炉	—	7.8	10.3	8.2	64.7
第 7 对小炉	—	—	5.3	6.3	10.6
1 公斤熔化玻璃液的平均热量消耗 (千卡)	3460	3400	1970	2740	4900

① 燃料采用天然气。

② 燃料采用重油。

成 型 通 路

成型通路围绕冷却部窑池的布置, 应保证玻璃液达到每个引上机时的温度都相同(见图 3)。三至四台引上机时, 这一问题很好解决。只要将通路对称排列就可以。在 6~10 台引上机时, 两侧引上机成型通路成对地沿玻璃液通路排列, 其通路要长一些, 以便玻璃液在其中移动的过程里, 能冷却至中心部位引上机的成型温度。同时, 两侧通路的长度选择, 应使玻璃液移动至所有引上机的路程都一致, 其长度是从熔窑冷却部中心线上的几个位于截面之中的假设点算至引上机(考虑到可能出现的玻璃液流道)。一般采用的通路长度列于表 7 中(米);

表 7

通 路	熔 窑 引 上 机 台 数				
	2	3	4	5	8
至中部引上机	4.55	3.5~4.0	3.7~4.9	2.9~4.2	4.15
至侧部引上机	—	3.5~4.0	3.6~4.6	4.6~4.8	4.3
至侧边部引上机	—	—	—	9.0~11.5	9.3

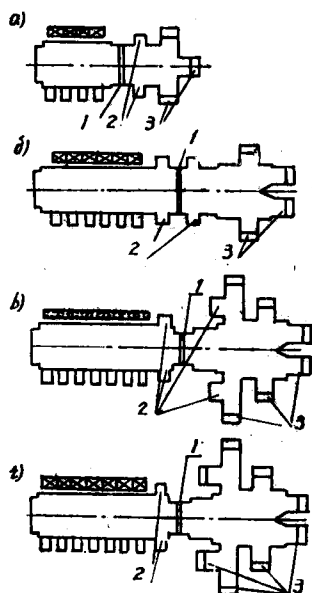


图 3 无槽引上窑图

- 1) 8 机窑, 2) 4 机窑, 3) 6 机窑, 4) 8 机窑
 1—隔挡部件,
 2—耳池(“匹兹堡”式小室)
 3—引上机中心线

遵守上述条件, 便可以保证玻璃液在各引上室前的温度一致; 尽管引上机所成型的玻璃品种不同, 引上机的宽度和拉引速度也不同, 但中部引上机和侧部引上机的温差一般不高于 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

与有槽法不同的是, 无槽法通路的宽度比玻璃带宽 $200\sim 300$ 毫米, 而有槽法通路宽度要比额定玻璃带宽度宽 $1.2\sim 1.5$ 米。这样, 能使供给成型玻璃带边部的玻璃液较玻璃带的主要部分凉一些, 使边部易于成型, 减轻边部成型装置的作业, 和最大限度地利用通路宽度。

当拉引的玻璃带宽度为 2 米时 (带边为 $2.1\sim 2.15$ 米), 通路宽度为 $2.4\sim 2.5$ 米, 当玻璃带宽度为 $2.5\sim 3$ 米时, 通路相应宽度为 $3\sim 3.5$ 米。

通路与玻璃带的宽度比例, 以及与玻璃带边部宽度的比例, 在很大程度上取决于边部的成型条件, 以及在成型过程中与此相关的玻璃带收缩, 而玻璃带的收缩又取决于拉引玻璃的厚度与速度。与此同时, 如同弗克法成型时, 玻璃带的宽度取决于槽子口长度, 那样, 无槽法拉引时, 玻璃带的宽度可借

助于边部成型装置来改变。

熔窑窑池和成型通路的深度相同, 为 $1.2\sim 1.5$ 米。通路深(有槽法时深度为 0.9 米)可促使通路内玻璃液对流加强, 减少底部冷却对成型液流温度的影响。

通路的端部和墙体(见图 1)均仔细地进行了保温处理: 侧墙的保温层为 $400\sim 500$ 毫米, 端墙— $500\sim 700$ 毫米, 保温采用多层式: 紧靠通路砌的是 250 毫米厚的轻质粘土砖, 而后是硅藻土砖层和泡沫玻璃层。外表又用粘土质涂物仔细地密实处理过。

通路底一般是不进行保温处理的, 在里沃夫工厂的 1 号和 2 号熔窑上, 通路底进行了保温一称之为“热底”。当底部进行保温处理后, 耐火材料会受到强烈的侵蚀。通路深(的情况下 $1.4\sim 1.5$ 米), 最好还是采用“冷底”(无保温层), 这样可以保证在较长的冷修周期内底部的耐火材料使用稳定。但在这种情况下, 则必须要求熔窑作业制度稳定, 以消除比处于“热底”情况下更凉的底层玻璃液被带入成型液流中去的可能。目前尽管在其它无槽法生产厂采用的是“冷底”, 但是, 在无槽法拉引的过程中, 在成型通路内未出现过冷凝和玻璃结

晶的现象。通路墙是用高铝质耐火材料或“科尔维什特”材料砌筑的(КОРВИШИТ), 粘土质通路底用锆刚玉质或“科尔维什特”板材保护。

无槽引上机和引上室中心线位于距通路端墙900~950毫米处(见图1)。防止线道的桥砖距通路内引上机中心线为900~1300毫米, 桥砖为厚实的耐火材料体, 它将通路和引上室的玻璃液和气体空间分隔开来(见图4)。

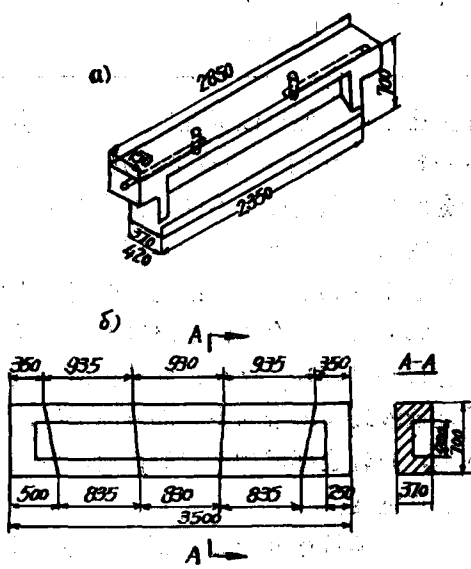


图4 桥砖图
a—粘土质悬吊式桥砖;
b—由电熔耐火材料组成的压式桥砖

桥砖的位置、浸入深度和到引上机的间距, 影响着玻璃液向引上室的运动线路和成型体端部的温度均匀性。将桥砖的位置加深, 或靠近无槽引上机能提高从通路端部流向玻璃板带根的玻璃液的温度(图1中示出了成型通路内玻璃液的运动特性线路)。因此, 桥砖同时又是调节玻璃成型温度制度的重要手段。从这个观点看, 桥砖能够上下前后调节最为理想。

一般桥砖的浸入深度在通路深1200毫米时为250毫米, 通路深度为1400~1500毫米时, 为320~460毫米。在沿玻璃液通道成对排列的侧部引上机处(多机系统), 桥砖浸入深度一般要比其它引上机处更深一些, 桥砖的上部将引上室与熔窑气体空间分隔开, 以便消除熔窑气温度和压力的变化对引上室内制度的影响。

桥砖是用耐火粘土制成的(见图4a), 一般使用寿命为1~2年。近年来, 采用电熔耐火材料IIAK1681制成的桥砖得到了广泛应用(见

图4, 6)。这种桥砖的使用寿命预期为整个熔窑的使用周期(4~5年)。耐火粘土质的桥砖能制成整体结构式, 电熔耐火材料制的桥砖则只能制成拼集结构式, 由几块大砖组成, 其边部装入通路墙体的砖槽中, 并像平瓷那样压紧。桥砖与引上室挡屏之间所形成的空间称之为前室。

至桥砖前的成型通路磁, 一般制成硅砖质平磁, 桥砖后面的通路是采用硅砖拼集成的平吊磁复盖(或用粘土砖)。通路端部一般用粘土砖复盖。

人们发现, 成型通路内有很强的玻璃液对流。国家玻璃研究所进行的研究证明, 通路内玻璃液以很复杂的路线运动, 在向引上室运动中, 以扇状形式从通路中心向其侧墙散开。因此, 玻璃带是由运动玻璃液的比较窄的部分形成的, 例如, 这个较窄的部分按桥砖后面通路的截面计算, 当通路宽为2.4米, 深为1.2米时, 这个部分的宽度为1350毫米(为通路宽度的56%), 当通路深为1.4米, 玻璃液对流更强时, 这个窄部分总计为1000毫米(为通路宽度的42%)。液流的宽度愈往深处则愈小。此时, 成型液流的厚度(沿深度)也会达到相当的数值: 当通路深为1.2米时, 成型液流的厚度为750毫米, 通路深1.4米时, 为1150毫米。当离引上室更远时, 例如, 在桥砖前的截面上, 成型液流的厚度较小, 为600~700毫米。

这样, 玻璃带是在各不相同的深度中运动的玻璃液所形成的。因此, 玻璃液沿深度的热均一性必须提高, 并且, 为了保持玻璃液流的稳定, 熔窑的作业制度也必须稳定。

在成型液流之外向引上室方向移动的直接对流玻璃液，沿着通路墙通过时，会向墙体偏转，进入靠近底部的回流中。

为了强化在通向第一对侧部引上机的延长的通路中的物料交换，通路配有耳池一即“匹兹堡”式小室)见图3)。

引 上 室

玻璃带是从厚度为60~120毫米的玻璃液自由表面层成型的，这层玻璃液是被一块专门的、浸入在玻璃液中的耐火材料体与熔液的下面部分分隔开来的，这块耐火材料一般称作引砖(见图1)。这块引砖挡住通路内底层玻璃液对表面层玻璃液的热幅射，造成一个达到成型温度的稳定冷却的条件。玻璃液表层越薄，在其沿引砖向玻璃带板根移动的过程中冷却强度也越大，因而使玻璃带的拉引速度越高。由于玻璃液温度在通路中是由其中心线至侧墙逐渐下降，因此，为了均匀沿板根的温度以及玻璃带沿宽度上的玻璃厚度，引砖的上表面一般制成中心部带有一个不大的上斜坡(15—25毫米)。这样，玻璃液冷却层厚度从边部到中心部逐渐减小。在没有这个上斜坡的情况下，玻璃带中部将会比其它部位要薄，致使玻璃带中部出现裂纹，并且将裂纹引向边部也很困难。

从引砖的横断面看，引砖可以具有各种形状的上表面：双斜面形的，不同曲线半径的磨圆表面形的，以及微平面形的(见图5)。双斜面形和磨圆表面形的引砖可以促使玻璃液在流向玻璃带板根时粘度增长平稳。引砖的上斜坡以及其上表面在双向(纵向和横向)上的曲率半径一般取决于经验。

由于在靠近引上室侧墙处玻璃液会发生较强的冷却，因此，为了防止进入边部成型的玻璃液温度过低，而把引砖靠近侧墙的两端(在其上部，从两侧和下部)作成斜形的。这种斜面能够增加引砖上面玻璃液的厚度和减少边部玻璃液从引砖上通过的途程。

引砖的宽度也有着重要的意义。在其它条件相同的情况下，引砖越宽拉引速度就越高。所采用引砖宽达1120毫米。在里沃夫工厂所进行的实验证明，玻璃带可以在任何一种宽度的引砖上成型(所实验的引砖宽度从150毫米至720毫米)。在同样的作业条件下，窄的引砖可以改善玻璃表面质量，但引上速度会下降，而宽的引砖

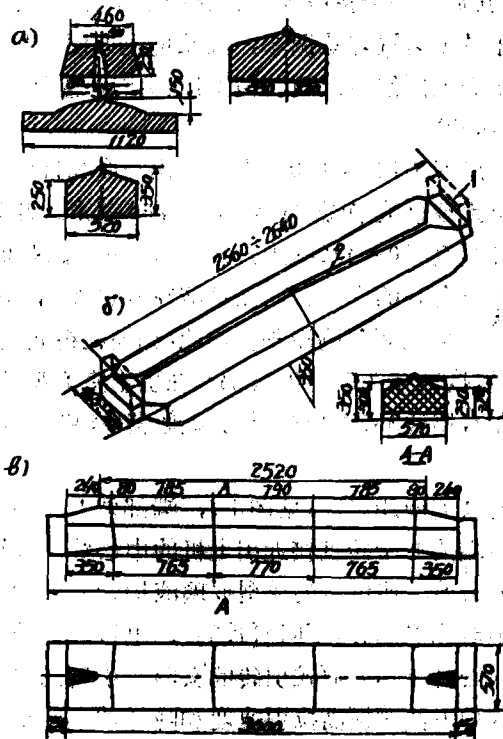


图5 引上室引砖图

a-引砖形状(横剖面); d-耐火粘土质引砖的全图(尺寸为拉引2引2-米玻璃带的宽度); b-用电熔耐火材料制的固定的压紧式引砖(尺寸为拉引2.5米玻璃带的宽度);

1-端部突起(“兔子”); 2-中心“凸脊”

则能提高引上速度，但玻璃的厚度差和波筋等项质量则会下降。目前，苏联绝大多数工厂都采用宽度为460~520毫米宽的引砖。

引砖可做成整体的，或是沿中心线带有一条纵向窄缝的形状。缝隙上口宽30~50毫米，砖底口80~100毫米(见图5)。一般认为，引砖上有这条缝会对玻璃带成型带来好的影响，因为这条缝可以均化沿板根厚度上玻璃液的温度，此外，还以加热冷凝最厉害，缓慢地在板根中部流动的玻璃液层(沿板根厚度)，以防止玻璃的结晶。也有资料报道，当缝隙宽度适宜时，板根中部的冷凝玻璃液层会通过缝隙向下，并被液流带走。与此同时，在使用带缝的引砖时，拉引速度会下降。目前在苏联已没有采用这种带有缝隙的引砖。

为了消除垂直的蜂窝状侵蚀现象，引砖以及桥砖的底表面最好作成向玻璃液流动的方向倾斜并带有上斜坡状的。引砖的形式见图5。

无槽引上窑的特点是其宽度有所增加，以及暴露玻璃液面大，采用了较薄的和不大隔热的引上室侧墙，并用冷却器将引上室上部复盖住。引上室墙体是由两块长靴形的厚度为180~250毫米“L”型砖构成的。“L”型砖放置在玻璃液面以上25~75毫米的高度。“L”形砖规格尺寸如图6所示。

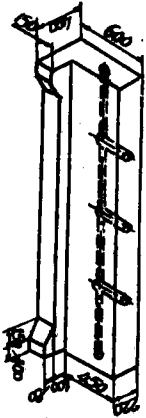


图6 引上定档屏
(L形砖)图

L型砖一般制成压紧式或悬吊式两种。悬吊式L型砖调节时较为方便。当玻璃带宽度比较大(例如8米)的情况下，这时L型砖相应长度为3.5米，将其放入一个挤压的间距之内是十分复杂的。式L型砖主要优点在于悬吊装置容易调节，以及更换方便。目前，压紧式L型砖只在里沃夫工厂使用，而其他工厂都使用悬吊式L型砖(附带有压紧保险装置)。

L型砖的底部具有厚度为100~150毫米，突出长度为150~200毫米的翼缘，翼缘使暴露玻璃液面宽度为650~750毫米。此外，翼缘使L型砖边部宽度增至400~420毫米，这对减弱表层玻璃液在进入引上室前的冷却有良好的作用。而玻璃液在桥砖后面随着引上室冷空气的作用开始从表面急剧冷却。因此，如果在桥砖前玻璃液沿250毫米深层的温度落差为5~10℃，那么在引上室L型砖前则会达到40~60℃，在端墙处200毫米深层的温度落差则为35~55℃。

为了均化从熔窑方向和通路端部进入成型的玻璃液的温度(见图1)，端部外L型砖置于距玻璃液面25~40毫米的位置，并且比引上室热端的L型砖更接近引上机的中心线。在这种L型砖不对称放置的情况下，可以调节板根里外温差，使供给的成型玻璃液均匀一致。另外，还可以将引砖向熔窑一端移动几厘米或是采用不对称形引砖(不同肩式的)，也可以调节板根里外温差。国家玻璃研究院与“无产者”工厂共同进行了不同肩式引砖的实验，引砖的热端肩与冷端肩宽分别为335和265毫米，实验证明，这种方法对提高拉引速度和降低玻璃的引上损耗是有效的，使用这种不同肩式引砖的引上机生产能力提高了9~12%。

引上室上部是由冷却器构成的，冷却器的下部与L型砖相衔接，上部与引上机底座相接。采用冷却器连接引上室和引上机，就有可能选择适宜的悬吊式L型砖的位置，以及在烤窑后校正引上机与压紧式引砖相对位置。此外，顶部冷却器还可以加强对玻璃带的冷却。

引上室及通路内的非标准耐火材料部件

上面已经说过，压紧式桥砖和引砖是采用电熔耐火材料IIAK1681制成的。

浮式引砖和整块的桥砖(在里沃夫工厂和“无产者”工厂)是用风动捣固机将半干的耐火粘土料(湿度6~8%)捣打制成的。耐火粘土料中80%是在1350℃焙烧过的耐火粘土熟料，20%是经过№05筛子(144孔/厘米²)筛过的耐火泥。晾干的制品(20~30天)按8昼夜曲线焙烧至1360℃，并保温16小时。桥砖和引砖是经过加热后直接放入通路和引上室中去的。

桥砖和引砖的使用温度取决于流经它们的玻璃液最高温度：桥砖的使用温度为1250℃，引砖为1150~1200℃。

引上室L型砖工作于较大的温差下，尤其是引上前烧头子时，因此采用热稳定性较高的半酸性耐火粘土制做(带熔融石英外加剂)，其成份为：耐火粘土熟料45%，熔融石英35%，粘土20%。

L型砖用风动捣固机成型，物料湿度为6~7%，而L型砖的外表面和下表面厚度为20~25毫米的保护层是一起成型的。保护层采用蓝晶石—硅线石作原料，该原料以蓝晶石—硅线石精选矿为主料(80%)，并掺入磨细的粘土作添加剂(20%)。由于蓝晶石—硅线石中氧化铝含量较高(达60%)，因而热稳定性能也较高，并使L型砖耐玻璃液碱蒸气冷凝水侵蚀的性能稳定。这种冷凝水会在L型砖的底部形成流痕或水滴，污染玻璃液。

半酸性耐火粘土质L型砖的焙烧温度为1150℃，超过这一温度，就会使熔融石英从无定形态转变成方石英，发生体积变化，从而降低耐火材料的热稳定性。

L型砖一般是在砌筑通路时，处于冷态下安装的，通常使用整个周期。在连续作业中进行更换时，L型砖要在热态下安装(从焙烧窑中取出的温度为1050℃)。

从玻璃自由液面成型的工艺

玻璃液是从引上室的两端流向引砖的。进入成型的玻璃液在从引上室L型砖下流出时，就开始受到强烈的冷却，而且这种冷却在其沿引砖移动时逐渐加热。因此可以认为，板根的大小与暴露的玻璃液面宽度相应。玻璃液沿引砖中心线形成玻璃带板根清晰的轮廓，板根宽度一般为80~120毫米。当成型制度正常时，板根的轮廓为直线形，并以拉引线为基准呈对称分布。玻璃液温度不均匀或是进入了结瘤都会造成板根弯曲。如果从通路端部流入成型的玻璃液比从热端流入的玻璃液凉，那么，整个板根就会偏离拉引线而向凉的一端稍微移动。

玻璃带两个边部由专用的边部成型装置固定住并被其冷却。这样，成型的玻璃带边部比玻璃带的主要部位冷却得快，并使其处于拉紧状态。

引上室内和玻璃带的冷却主要是靠引上室内的冷却器来实现的。在玻璃液面上30~70毫米和离玻璃带150~200毫米处，安装了第一对L型冷却器(见图1)，它主要对玻璃带板根处的玻璃液进行冷却，以形成固定玻璃带的宽度。

在第一对冷却器上方100~200毫米处，设置有辅助冷却器，其作用主要是将玻璃带从塑性状态冷却至硬化状态，以便进入引上机进行退火。

为了得到更高的拉引速度，在玻璃液面上有时还设置椭圆截面的管式冷却器。这种冷却器与底部冷却器的水平突起部的作用相同，但因其位置的调整不受限制，因而更为适用。

冷却器具有曲折的(蛇形的)结构，是用截面为50×30毫米的直角管制成的。曲折式冷却

器与直流式冷却器的区别在于，水可以连续而且均匀地流经冷却器所有部位（沿其长度和高度），对玻璃带进行均匀的冷却。每台引上机的耗水量在较宽的范围内变动（从12到30米³/小时），这决定于玻璃带的宽度，管路水压。冷却器出口端容许的水温，以及影响冷却器进口水温的季节和时间。在使用软化水时，出口端水温可提高些，从而可以减少用水量。因此，在计算水的需要量和冷却制度特性时，应取1公斤所拉引的玻璃的单位热散失量作基础。按上述条件，单位热散失量波动在130~260大卡/（时，公斤）之间，如果不考虑顶部冷却器，该值平均为130~170大卡/（时，公斤）。

为了增加有益的散热量，建议在冷却器朝玻璃带的一面涂上薄薄的一层耐热的无光泽的黑色涂料，其背面涂上一层有光泽的白色涂料。

板边的成型、保持和借助板边拉紧玻璃带的平薄部分是由边部成型碗和强制旋转辊（拉边器）实现的（见图7）。边部成型碗位于玻璃液表面以上50~80毫米。成型碗有一道径向切口，其间是构成玻璃带边部根基的板根边缘。

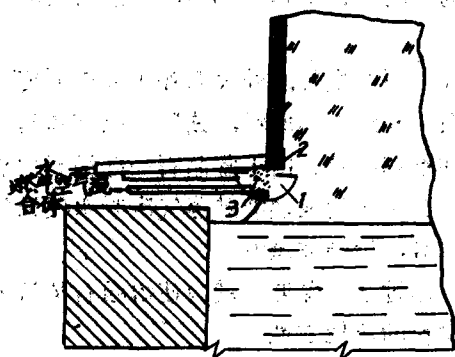


图 7

成型碗对成型的边部起着机械作用，好象是在用切口的边缘部将拉引起的玻璃液的多余部分割下来，并将已部分成型的玻璃带边部供给位于其上的边部成型辊。成型碗的切口限制着玻璃带的过份膨胀和边部向侧边的移动。同时，成型碗使玻璃液靠近边部的部分不受边部成型辊的冷却影响，以及使位于其上的玻璃带边部不受玻璃液的热辐射。

为了较准确地调节玻璃液温度，在成型碗下面装有半环式烧嘴。烧嘴沿周长布有小孔，

通过这些小孔供给与空气混合的燃烧气体，这种燃烧气体在燃烧时火舌很短。为了制取燃气空气混合体，采用了国家玻璃研究院研制的混合装置，这种装置可在不同的燃料消耗情况下，供给烧嘴比例稳定的燃气空气混合体。

在成型碗上方30~70毫米处（玻璃液面上80~150毫米处）是边部成型辊，该辊为带有突起刻纹的圆柱状头，固定在水冷轴的端头，水冷轴与玻璃带拉引同向转动。成型辊直径一般为50毫米，长为45毫米。成型辊头部（或辊子本身）夹紧玻璃带边，将其冷却并成型为板边（见图8）。辊子的刻纹使其夹紧玻璃带，增加玻璃液的冷却表面。辊子可横向和纵向自由移动，以便装卸和调节对玻璃带的拉力。

由于板根端部玻璃液粘度较高。因此，玻璃带边部容易比其中部厚。为了造成对板边的拉力和最大限度地使整个玻璃带厚度均匀，边

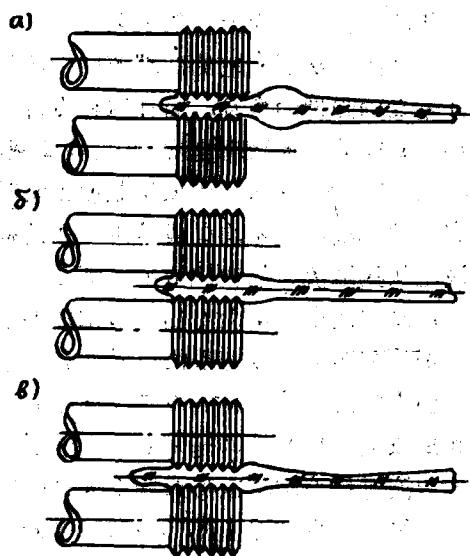


图 8 处于不同滞后系数情况下的板边图

a-发于滞后系数高于正常值的情况下，B-处于正常滞后系数情况下，B-处于滞后系数低于正常值的情况下

部成型辊是以线性速度旋转的，为玻璃带拉引速度的30~40%。例如，当玻璃带运动速度为45米/小时，辊子转速为15米/小时，则玻璃带与辊子的运动速度差为30米/小时，因此，玻璃带边部被拉长和拉薄，像通过一个成型槽口那样，从靠得很近的辊子之间的缝隙中拉引出来。这时，辊子所产生的制动作用使板边具有适合的拉力。一般用滞后系数来说明成型辊的滞后速度，滞后系数等于辊子的线速度与玻璃带拉引速度之比：

$$K = \frac{V_p}{V_{\pi}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot 60}{V_{\pi}} = \frac{\pi \cdot D \cdot 3600}{V_{\pi} \cdot \Gamma}$$

D ——辊径，米； n ——辊子旋转频率，米/小时； V_{π} ——玻璃带速度，米/时； Γ ——辊子转的时间，秒在正常的作业条件下 $K = 0.3 \sim 0.4$

辊子转动是由单独的电传动装置进行的，并能根据成型制度的要求，在很宽的范围内进行调节。

改变边部成型辊的滞后程度是调节玻璃带和边部成型过程的最有效的方法。在其他条件稳定的情况下，将辊子旋转频率减低至合适的频率以下，会使辊子的制动作用加强，并使板根边部出现过冷现象。这时的板边，尤其是其缘绝部会增厚，并且板边进入两边辊之间的缝隙中（见图8，B），玻璃带的宽度会增加。这时，板根变薄，并呈平整的拉紧状态。由于板边加厚会形成薄处，使板边在机膛内滑落。

将辊子的旋转速度增至合适的速率以上，会使板边被挤出辊子，在辊子前的玻璃带上形成厚处（见图8，a），板根的轮廓会变弯曲。如果进一步加快辊子的速度，则会导致板边脱离和使玻璃带弯曲。

当改变玻璃厚度时，也要调整辊子的滞后值及其位置。众所周知，在改为拉引较薄的玻璃或拉引速度较高时，玻璃带的宽度就要减小。例如，当玻璃厚度从6毫米改变至2毫米时，玻璃带的收缩则会根据边部成型装置上部玻璃带宽度增加大约3.5%~16%。当改为拉引较薄玻璃时，玻璃带收缩的增加会使玻璃板边进入引上机拉引辊的端部沟槽之间的缝隙内，靠近辊子的圆柱形部分，这会造成板边在辊子间被压碎的危险，况且，较薄的玻璃带更易于弯曲。因此，当改为拉引较薄的玻璃时，必须借助边部成型辊增加玻璃带及其边部的拉力，将成型辊从引上室向外抽，并根据玻璃带的速度减低成型辊的旋转速率。

板边成型制度和对玻璃带的拉力还影响着玻璃带平面上的残余应力的分布。正交于玻璃样片平面进行的偏光显微镜观察表明：处于受压状态下的板边部，有一条拉应力带，在板边成型和退火不好的情况下，其宽度能达200毫米。对这条玻璃进行切割，一般会产生破碎。这就使玻璃带边切割很困难，以致减少玻璃带的有效板宽和增加玻璃的损失。这种拉应力时常造成板边在引上机内从玻璃带上、或在输送带上从玻璃片上炸裂下来。因此，必须减小靠近边部的拉应力区和残余应力值。将边部成型辊旋转频率提高至正常值以上，可减小应力带宽度，而降低频率，则会增加其宽度。

因此，平稳地调节边部成型辊的转速是控制成型工艺的一个主要手段，并广泛地为引上机看炉工所使用。

板边成型的正确与否决定着拉引工艺的稳定性、靠近玻璃带边部区域应力的分布、玻璃带的厚度差，以及边部损失量。

引上室内的玻璃液温度是判定成型工艺的最重要参数。根据一些工厂所测定的结果，在

引上室 L 型砖前成型通路内玻璃液的平均温度应为 1170~1200℃，在通路端部为 1150℃，在引上室内 L 型砖底下的出口部玻璃液表面温度为 1100~1150℃。

为了均化里外 L 型砖的玻璃液温差，应调节桥砖的深度，将外 L 型砖冷却器置于离玻璃带较远的地方，并将里 L 型砖冷却器靠近玻璃带。

根据拉引的玻璃厚度，板根温度一般为 930~960℃（根据光学高温计对准板根端部测定的）。

引 上 机

无槽拉引玻璃的方法对引上机提出了许多特殊要求，这些主要是由采用这种拉引方法时使用引上机的热工特性决定的：引上室内以及在进入引上机的引上室出口处玻璃带的温度很高，拉引速度快，在引上机膛内玻璃带和其板边温度的差值大等。提高玻璃的成型速度最好采用高度达 12 米，并具有多对辊子的引上机（31 对）。在 60 年代，国家玻璃研究院设计局和全苏玻璃机械设计研究院为重建的无槽系统设计了一些新结构的引上机（表 8）

表 8

型 号	玻璃带宽度（有效板宽）（米）	引上机膛高度（米）	辊子对数	辊子直径（毫米）	传动功率（千瓦）	设计拉引速度（米/时）
BBC2A.....	2	8	21	150	2.2	146
BBC2AM.....	2	11.8	31	150	1.6	186
BBC2, 5AM.....	2.5	8	21	180	1.6	180
BBC2AMK	2	7.03	18	150	1.6	180
BBC2, 5AKI	2.5	7.03	18	180	1.6	180
BBC3A	3	11.73	31	180	4.5	达 200

在利西昌、托克马克斯基和“萨尔干达乌加瓦”工厂安装的是 BBC3A 型和 BBC2AM 型引上机，在“无产者”工厂——BBC2, 5AM 和 BBC2A 型，在“十月革命节”厂——BBB2, 5AKI 和 BBC2AMK 型，在巴涅维日斯基厂——BBC2, 5AKI 型。引上机必须较高，因为要在玻璃带高速移动时使其退火好并在出引上机膛时将温度降至 100℃，当引上机高度不够时，由于玻璃在其中自然冷却的强度小，因而玻璃带从引上机膛口出来时的温度仍在 200~250 度的范围内，这就难于进行任何手工操作，会增加玻璃中的暂时应力，并增加其在输送线上，切裁过程中和堆垛时的损失。

对引上机机膛内实际退火制度的分析证明，尽管在退火区域后可以提高冷却速度，但实际上冷却速度却沿引上机高度随着玻璃带的运动而减慢。这是自然冷却的缺点，也是必须采用高引上机的原因。同时，拉引的玻璃带越宽，玻璃在机膛出口处的温度也应越低，以便减小玻璃弯曲的可能。

用于无槽法拉引玻璃的引上机悬吊较低——从通路附近的平面到第一对辊子的中心线为 900—950 毫米。在引上机正常作业时，底部的三对辊子是架开的，以防止玻璃带上出现辊迹，玻璃带进入引上机的温度为 650~750℃。在引上机开始引上或是出现掉炉危险时，前几对辊子才放下来。引上机悬吊较低减小了未被辊子夹住的玻璃带的长度，自然，也就减少了掉炉的危险，尤其是在开始引上时更是如此。