

隧道式玻璃退火窑

冬 心 編

輕工业出版社

隧道式玻璃退火窑

冬 心 編

輕工業出版社

1959年·北京

內 容 介 紹

在玻璃工业中的退火设备种类不少，目前在國內比較容易推广的隧道式玻璃退火窑是我国大跃进以来玻璃工业技术革新的方向之一。

在这本小冊子中，作者根据实际經驗把隧道式退火窑的优点、結構、設計、砌筑施工以及操作規程作了极为簡明的专章介紹，可供國內各地玻璃厂中的設計人員和操作工人学习参考。

隧道式玻璃退火窑

冬 心 編

*

輕工業出版社出版

(北京市广安門內白廣路)

北京市書刊出版業營業許可証出字第009号

輕工業出版社印刷厂印刷

新華書店科技發行所發行

各地新華書店經銷

寫在前面

在鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下，玻璃行业和其他行业一样，在党的正确領導下全体职工正以冲天的革命干劲开展了以技术革命为中心的增产節約运动，千方百計的挖掘潜力，改進設備，提高劳动生产率，爭取作到優質、高产、低耗。

在玻璃工厂中，退火窑是仅次于玻璃熔窑的热工設備。隧道式退火窑是玻璃工业技术革新的方向之一，因此，作者根据現有的退火窑写出了这本小册子；作为隧道式玻璃退火窑設計、砌筑和操作时的参考。在編写过程中得到了領導的大力支持和穆永祥同志的大力协助，初稿又經万文藻同志审阅，并提出了宝贵意見，作者特在此致謝。

由于作者經驗不足，水平有限，編写中錯誤和缺点一定不少，尚望各地同志提出宝贵意見。

目 录

一、隧道式玻璃退火窑的特点.....	(5)
二、隧道式玻璃退火窑的构造.....	(7)
三、隧道式玻璃退火窑的设计.....	(11)
四、隧道式玻璃退火窑的砌筑.....	(16)
五、隧道式玻璃退火窑的操作.....	(20)

一、隧道式玻璃退火窑的特点

退火（又称烘炼）是消除玻璃制品内部残余应力的操作，是玻璃工艺中很重要的一道工序。退火的好坏，直接影响着制品的各种使用性能。退火所能使用的设备很多，在我国除少量的自动化包装玻璃厂采用先进的煤气加热自动履带连续式退火窑外，大部分工厂还使用着落后的间歇式室形退火窑。虽然间歇式的室形退火窑构造简单，造价便宜，可以任意的改变退火制度，能够烘炼大小不一、厚度不同的制品，但是由于操作的间歇性，生产效率很低，不能适合大规模生产的需要。此外，这种退火窑也不易操作，燃料消耗量较高，退火质量也不稳定，劳动条件很差，工人要从 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的炉中将制品取出；并且每天都要生火熄火，非常麻烦，煤烟粉尘充满车间，影响工人的身体健康，因此，间歇式室形退火窑必须加以改进。在设备复杂、造价昂贵的先进自动化退火窑不能普遍采用的时候，目前推广这种土洋结合的隧道式玻璃退火窑是非常合适的。

经过较长时间的使用，证明隧道式玻璃退火窑具有以下优点：

1. 使用隧道式玻璃退火窑可以连续生产，在同一时间内，有制品送入窑内，也有制品退火完毕，生产效率很高，特别适合规模较大的生产中使用。一般的隧道式玻璃退火窑每昼夜能退大瓶24,000余个，能替代间歇式室形退火窑6座。

2. 窑内的温度由窑头到窑尾是循序下降的，在每个固定的部位温度波动不大。沿着窑的长度温度分布符合退火过程的要求，有仪表可严格控制，使制品不致忽冷忽热和避免退火不均匀的缺点。这就降低了退火残损，保证了制品的质量。

3. 制品在隧道式玻璃退火窑中退火，在小車中放5~6层，而制品在間歇式室形退火窑中退火，要碼的很高，拾爐时殘損較大。隧道式玻璃退火窑溫度控制容易，出爐方便，所以退火和拾爐的殘損很少，一般可降低95%。

4. 節約燃料。每日三班制，6个班生产500克酒精瓶需用6座間歇式退火窑進行退火。每座退火窑耗煤600余斤（其中块煤占65%，末煤占35%），6座退火窑合計耗煤3,600余斤。隧道式玻璃退火窑能代替6座退火爐，每日耗煤1,800余斤，可節約燃料1倍左右。隧道式玻璃退火窑完全使用末煤和次煤進行退火，这样就能節約块煤和好煤支援重工业建設，并降低了工厂成本。

5. 減輕了工人体力劳动。一方面減輕挑爐工人的体力劳动，因間歇式退火窑火池靠近工人操作地区；夏天溫度高，每次挑進产品2~3个，沒有間休的时间，工作緊張。隧道式玻璃退火窑火池距离远，溫度不高，每次挑進产品5~6个，有間歇时间。另一方面使用間歇式退火窑，拾爐工人劳动条件不好，劳动强度較大，工人要从80~120°C的高溫中将制品拾出，在炎夏时容易暈倒；使用隧道式玻璃退火窑工人在正常的室溫中進行工作，对身体健康大有帮助。

6. 生产管理簡單，間歇式退火窑制品要在窑內存2~3天，而隧道式玻璃退火窑制品在3~4小时左右就可出窑，成形过程中的缺陷可即早发现。另外，也省去了天天点窑封窑熄火等工作，生产管理較為簡單。

7. 隧道式玻璃退火窑特別适合池爐产品的退火，由于池爐挑料地点与隧道式玻璃退火窑挑爐地点的固定，大大縮短了跑瓶的距离，从而也减少了跑瓶过程中的殘損，也減輕了工人的体力劳动。

8. 車間面積占用較小，隧道式玻璃退火窑除加熱及保溫帶必須放到車間內，其他部分可以放到室外。每晝夜退火一斤酒瓶11,400个，半斤酒瓶12,000个的隧道式玻璃退火窑，占用車間面積約24平方米，它可以替代占用8平方米的間歇式退火窑20个（計160平方米）。这样就减少了基本建設的投資。

9. 隧道式玻璃退火窑构造非常簡單，造价便宜，一般工人可砌筑，特別適合中小型玻璃工厂使用。

此外，使用隧道式玻璃退火窑，还有节省人工，爐齡較长的优点。当然，并不能說隧道式玻璃退火窑就完美无缺了，它的主要缺点表现在：在同一時間內只能退火一定种类的制品，不能任意改变退火制度。大型的高級制品退火还有困难，这还有待窑爐工作者繼續努力，克服缺点，以期更臻完善。

二、隧道式玻璃退火窑的構造

隧道式玻璃退火窑是一种細长而类似隧道的退火設備，由加热带、保溫帶和冷却帶三部分組成（見附图4）。除了高溫部分使用耐火材料外，其他部分都用紅磚砌筑。窑內和窑外都鋪設着与窑平行的輕型鋼軌，上面放着盛放退火制品的小車。在退火时，小車推到窑內，經過預热以后用叉子将制品送入車內，制品首先在加热带逐漸提高到退火溫度，再在溫度恒定的保溫帶維持一定時間，然后逐漸冷却到室溫，車出窑后取出制品。这个过程是連續進行的。

加热带 位在窑的首部，用耐火粘土磚砌成，約占窑长的20%左右，其寬度和高度与保溫帶相同，窑頂起碇窑底鋪設鋼軌。在加热带的下面砌有燃燒固体燃料——煤——的燃燒室。在加热带底部的二側砌有3~4对互相对称的出火口。煤在燃燒

室燃燒后，火焰由噴火口噴出，經過加熱帶保溫帶，廢氣由頂部的煙囪排出。在加熱帶的一側牆上砌有二個或三個制品送入口，尺寸為 0.5×0.3 米，口與口之間的距離應適應小車的要求，一般為0.5米左右。

在加熱帶的前面（爐坑上面用鋼材架好），砌出能盛放一個小車的預熱帶。目的在於小車進入加熱帶前經過預熱，以免熱的制品放到冷的小車上發生炸裂現象。在窑頭裝上可以上下的窑門。

加熱帶下面燃燒室的結構影響到窑內的溫度、燃料的消耗及窑爐的使用壽命，目前一般多採用下面兩種方法砌築：

（1）大磚法；就是燃燒室的三面牆砌到合適的高度后，在對稱的兩面牆上隔一定距離立放14~16塊已經加工的大型耐火磚，使其相接，然后用大磚蓋平，砌出窑底，在兩邊留出出火口。燃料燃燒后，火焰從立着的大磚空隙進入出火口，噴到窑室（當然燃燒室也加熱了窑底）。這種砌築方法的優點是結構簡單，砌築方便；缺點是立放着的大型耐火磚易被燒壞，壽命較短，一般為半年左右。

（2）砌弦法 就是燃燒室的三面牆砌到合適的高度后，在對稱的兩面牆上砌起弦腳，在兩面對稱的留出3~4對出火口，然后用磚砌平，成為平坦的窑底，並且砌出出火口。這是一種較好的砌築方法，雖然砌築稍微複雜，但是使用壽命較長，可達一年至一年半。

保溫帶 位在窑的中部，和加熱帶一樣用耐火粘土磚砌成。長度和加熱帶相同（或稍微長些），一般占窑長的20%左右；其寬度和加熱帶相同。窑頂起弦，在窑底鋪設小車可以在上面走動的鐵軌。保溫帶是玻璃制品在退火溫度維持一定時間的地帶，所以，不但要求溫度平衡，並且要求各處均勻。維持

保温带温度的方法，除加热带的废气外，在保温带的首部还应砌出补助加热的小爐，使保温带尾部不致和前部温差太大。此外，为了便于检查窑内情况，可拆出由小車掉下来的制品，清扫窑底，在保温带和冷却带都安設着两个检查門，尺寸为 0.7×0.7 米，这个門当停窑时才打开，其他時間封閉，不能漏气，以免影响爐温。

冷却部 位在窑的尾部。因为这个阶段温度較低($300^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$)，所以一般使用建筑用紅磚砌筑，长度占窑长的60%，是全窑最长的一带，因为没有出火口，所以寬度比加热带及保温带較窄。在冷却部，越往后高度越小，上面砌碯。

冷却带是玻璃制品的冷却地带。冷却速度越慢，冷却带則越长，制品的退火質量越好。另外，在窑的长度上，應該保持温度徐徐下降，避免忽冷忽热，影响制品質量。因此，冷却带的中部安有一个烟囱，以調节窑内温度。为了保証各带的温度，在保温带的尾部或冷却带适当的地方挂上石棉帘；此外，在冷却带的前部和后部有可以检查窑内情况的检查口。

隧道式玻璃退火窑上面砌着长碯，为了保証在加热过程中不致塌陷，在加热及保温带每隔2米用3吋半或3吋角鉄作立柱，用5/8吋圓鉄作拉条夹住。因为冷却带的温度較低，为了节约鋼材可以使用木材作立柱。此外，在加热带中部，保温带尾部及冷却地带的碯上都有用白鉄作的高4~5米、直径300毫米的烟囱四个；其作用不仅供点爐时抽走濃烟之用，平时排除废气，而且能够調节温度。

隧道式玻璃退火窑整个操作过程是連續進行的，不断有制品送入窑内，不断有制品退火完毕，小車在窑内每隔一定時間走动一次。为了便于小車运行在窑的长度上应有1/20左右的傾斜，这样就可以节省力气。小車运行中常用的牵引設備有下

面几种:

(1) 導鏈 它的特点是构造简单, 使用方便, 但负荷不能太大, 所以多使用在小窑上。

(2) 手推絞車 推动手柄1(见图1), 使主动轴2转动, 拉車的鋼繩不断的繞在主軸上的长圆形輪上, 使小車在窑內移动。这种絞車是用木材作成的, 结构非常简单, 使用也很方便, 但需要操作的工人較多, 不大常用。

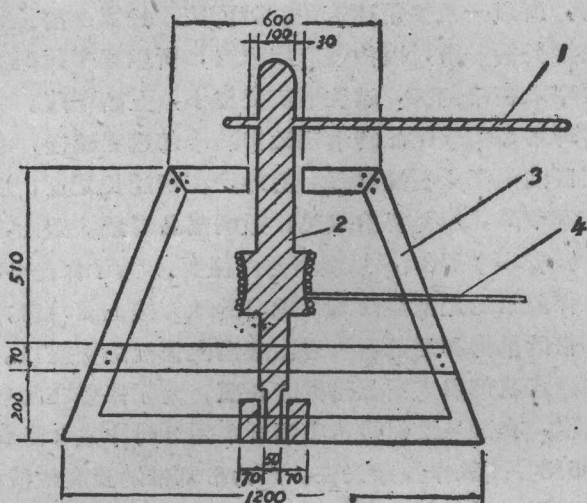


图1 手推絞車

(3) 手搖絞車 搖动手柄1(见图2), 齿輪2,3旋轉, 带动鼓軸4上的齿輪5, 使拉車的鋼繩不断的絞在鼓輪上, 使小車在窑內移动。这种絞車可以使用电动。构造虽然复杂一些, 但操作比較方便, 拉力較小, 現已普遍采用。

最后, 再談一談小車的問題。小車是装玻璃制品到窑內退火的設備, 因此, 不但要有足够的强度能够承受玻璃制品所給

与的压力，而且要使上下制品受热均匀。为了满足上述要求，一般是使用三角铁焊接的，上面铺有铁丝网。小車的大小影响窑的各部分尺寸。太寬了，窑就要相应的加寬，窑內溫度不易控制，影响退火質量。太高了，会使車上部和下部的制品退火質量不均。一般的尺寸，长为0.8~1.5米、寬0.8~1.2米、高0.2~0.4米。在可能的情况下，长和寬可以相等。

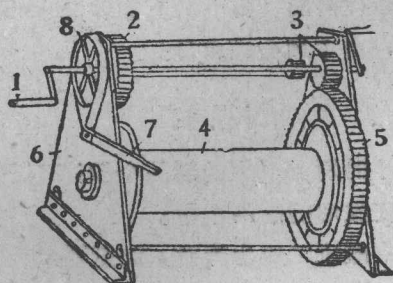


图2 手搖絞車

1.手柄； 2.齒輪； 3.小齒輪； 4.鼓軸； 5.大齒輪； 6.機座；
7.制動桿； 8.帶圈。

三、隧道式玻璃退火窑的設計

隧道式玻璃退火窑的設計必須符合下面几点要求：

(1) 滿足生产能力的要求 所設計的隧道式玻璃退火窑在单位時間能够退火的玻璃制品，相当或稍大于設計能力；

(2) 溫度分布均匀 各带的溫度应符合退火制度的要求；

(3) 節約燃料 单位重量的玻璃制品退火所需要的燃料，应降低到最少限度；

(4) 結構簡單，造价便宜；

(5) 容易控制，操作方便。

設計時必須充分考慮設計要求，根據燃料、所要退火的玻璃制品的種類、操作水平以及工廠的實際情況，設計出合適的退火窯來。

(一) 設計能力的計算

設計能力即單位時間（每小時）能夠退火的制品的數量（個數或重量），由下列公式求得：

$$G = \frac{E}{24}$$

G——單位小時所要退火的制品個數；

E——每晝夜成形的制品個數。

如果工廠是一班或二班生產時，24則要改為8或16。

(二) 退火制度的確定

玻璃制品的退火制度包括退火的溫度和退火的時間（加熱和冷卻時間以及在退火溫度維持的時間）。這是隧道式玻璃退火窯設計中十分重要的數據。因此，要根據制品的種類、要求、制品的形狀、壁厚等，經過詳細計算，反復考慮，再結合上工人的操作經驗才能確定。

(1) 退火溫度 退火溫度是根據退火試驗確定的。退火溫度有上限和下限之分，其定義是：退火溫度上限，即在此溫度時玻璃中的應力能在3分鐘內去除95%；退火溫度下限，即在此溫度時玻璃中的應力在3分鐘內去除1%。

實際退火溫度是選擇在退火溫度的上限和下限中間偏下一些。如果太接近上限，應力雖然消除的很快，但是溫度下降時，溫度間隔較大，降溫需要很長時間。如果退火溫度選擇的

太接近下限，則消除应力需要保持很長時間。另外，退火溫度也可以根据軟化点進行估計，一般的汽水瓶、酒瓶、藥瓶等玻璃瓶罐，为550~600°C。燒杯、燒瓶等玻璃仪器为500~580°C。口杯灯罩等日用器皿为450~550°C。

設計窑爐的燃燒室噴火口及其他尺寸时，必須考虑退火溫度，不但能够不費勁的达到，而且要容易調節，溫度又能均匀。

(2) 退火時間 包括加熱時間、冷却時間及在退火溫度停留的時間。这个数据根据制品的种类要求、形状、厚薄及窑的构造决定。一般的玻璃瓶罐，壁厚6~8毫米，退火時間为2~2.5小时。要求較高、壁較厚的制品可适当延长。

(三) 窑长的計算

(1) 小車个数 計算窑长时首先应根据設計能力确定窑的小車数：

$$n = N \frac{60}{Z} + 1$$

n ——窑中的小車数；

1 ——預熱小車个数； N ——制品的退火時間(小时)；

Z ——窑中前一个小車和后一个小車所間隔的時間，一般控制在8~12分鐘。太长或太短都会影响退火質量。这个数据由下列公式求得

$$Z = \frac{60A}{G}$$

A ——为每个小車所能盛装的制品个数，小車尺寸确定后，由实验求得； G ——为单位小时所要退火的制品个数。

(2) 窑长(預熱車除外)

$$L = nL + S(n - 1) + 2S,$$

n ——为小車的个数；

L——為小車的長度；

S——為小車之間距離，一般為150~250毫米左右；

S₁——為小車距窑頭或窑尾的距離，一般為150毫米左右。

(3) 窑的分段 隧道式玻璃退火窑在窑的長度上根據退火制度的要求，分成加熱、保溫、冷卻三帶。在加熱帶下面砌有燃燒室。三帶的劃分，主要根據理論上加熱時間、保溫時間和冷卻時間的比值及實際資料。作者認為這樣是比較合適的：加熱帶的長度（除去窑前的預熱車）等於或者稍小於保溫帶的長度，其兩帶長度之和為窑長的40%左右。

(四) 窑寬的計算

主要取決於小車的寬度。在隧道式玻璃退火窑中，加熱帶因為窑底砌有噴火口，所以在寬度上稍大於冷卻帶。

加熱帶的寬度：

$$B_1 = b + 2S_0 + 2S_1$$

b——為小車的寬度；

S₀——為噴火口的寬度（見燃燒室部分）；

S₁——為小車距噴火口的寬度，一般為50~80毫米。

保溫帶及冷卻帶的寬度：

$$B_2 = b + 2S_2$$

b——為小車的寬度；

S₂——為小車距窑牆的距離，一般為80~100毫米左右。

窑牆的厚度：窑牆的厚度應該考慮所承受的負荷、窑的大小及熱工絕緣。在隧道式玻璃退火窑中的加熱帶及保溫帶使用耐火粘土磚砌築，厚度為230毫米。冷卻帶使用建築用紅磚砌築，厚度為250毫米。如果為保證爐內溫度，減少熱能的輻射，在加熱帶及保溫帶的牆外可砌紅磚，厚度為125毫米。

(五) 窑高的計算

窑的高度在加热阶段非常重要。太低了会烤坏制品，太高了会使窑内温度不均匀；同时这三个阶段的高度应有所差别。

加热带及保温带的高度：

$$H_1 = h + h_0 + h_1$$

h ——为地面距小車高度，一般为200毫米左右；

h_0 ——为小車的高度；

h_1 ——在加热及保温带小車距窑頂的高度，一般为600~800毫米。

冷却带的高度：

$$H_2 = h + h_0 + h_3$$

h ——为地面距小車的高度，一般为200毫米左右；

h_0 ——为小車的高度；

h_3 ——在冷却带小車距窑頂的高度，一般約300~400毫米左右。

窑弦：一般的拱高（弦拱）为跨距的 $1/8 \sim 1/10$ 。太平了强度不够，容易塌陷。

(六) 燃燒室的確定

隧道式玻璃退火窑是使用固体燃料的，由于构造非常简单，无需进行复杂的热工计算。一般的爐柵面积为 1 米^2 、长1.4~1.5米、寬0.6~0.8米、高1.5米左右噴火口的寬度一般为180毫米左右。

四、隧道式玻璃退火窑的砌筑

隧道式玻璃退火窑是比较简单的热工设备，在砌筑上除遵守一般的砌砖规则外，没有什么特殊要求。一般的说来，较好的砌筑质量，不但能保证退火质量，而且能够节省燃料，延长窑炉的使用寿命，所以对砌筑必须给予应有的重视。

(一) 砌 筑 材 料

耐火粘土磚 隧道式玻璃退火窑的加热带（包括预热室和燃烧室）和保温带是使用耐火粘土磚砌筑的。所使用的耐火粘土磚应该有较高的耐火度（最高使用温度在 $1,500^{\circ}\text{C}$ 左右）以及较好的温度急变抵抗性（耐急冷急热）。外形尺寸应该正确，不应缺稜少角和有裂纹。敲打时应有清脆的响声。为了节约耐火材料，拆炉的旧磚，如果损坏不太严重，经过整理后可以用于不重要的部位。耐火磚应该保存在仓库中，不应受风吹雨打和经受严寒，否则磚的使用性能会变坏。运输耐火磚时应该轻装轻放，避免过多残损。

紅磚 冷却部使用建筑用紅磚砌筑。对于紅磚的要求是，在外观上应该有正确的尺寸、平滑的表面和明显的稜角；用錘敲打时有清脆的响声；物理性能上应该有足够的机械强度（抗压强度 $50\sim 150$ 千克/厘米²，抗折强度 $16\sim 23$ 千克/厘米²）和较好的耐寒性（在 -15°C 时磚能耐15次冻结无任何损坏）。使用前，应在磚上撒些水，以利磚的粘結。

耐火泥 耐火粘土磚的砌筑一般是使用耐火泥作粘結材料的。对耐火泥的要求有：

- (1) 有足够的粘結能力，能使磚与磚粘結在一起；