

平板玻璃生产操作基本知识

(熔窑部分)

秦皇岛耀华玻璃工厂 編著
熔窑工段工人集体

河北人民出版社

前 言

在党的社会主义建設总路綫的鼓舞下，工人群众解放了思想，破除了迷信，發揮了敢想、敢說、敢作的精神，不仅在生产上出现了大跃进的形势；而且还写出了很多作品。我厂熔制車間工人，为了总结經驗，提高生产和便于新厂同志学习，写出了“平板玻璃生产操作基本知識”一書。

这套書共分“制板”、“熔窑”、“煤气发生爐”、“原料”、“技术問題解答”五个分册，都是工人同志們集体写作的。本書是其中的一个分册。内容丰富具体，它总结了工人二三十年来的生产操作經驗，有实际也有理論，对我们当前的生产和发展我国玻璃工业有很重要的意义。

工人著書立說，說明解放了的劳动人民，在党的领导下，沒有克服不了的困难，能在生产上創造奇迹，赶上并超过国际水平；亲自从事創造物質財富的劳动人民，不但是生产者，而且是所有知識的創造者；他們能够著書立說，总结自己的生产劳动經驗，在思想理論上粉碎了资产階級看不起劳动人民的陈腐观点。我們相信，工人群众今后将会写出成千上万的更有价值的作品来。

中共秦皇島市耀华玻璃工厂委员会書記 李玉文

1958年11月

目 录

第一章 玻璃熔窑	1
第一节 带蓄热室横火焰池式平板玻璃熔窑的结构	1
第二节 熔窑的事故和处理办法	11
第二章 火焰、温度、熔化	14
第一节 火焰的燃烧与掌握	14
第二节 温度的控制操作	17
第三节 玻璃熔融与操作	23
第三章 生料入窑操作	33
第一节 人工投料	33
第二节 机械投料	34
第三节 投料操作	38
第四节 玻璃液面高低的测定	42
第四章 温度测量操作	45
第一节 光学高温计的简单构造及使用方法	45
第二节 测温操作	49
附件:	58
(一) 熔窑工段巡回检查制	58
(二) 大窑压力自动控制器	59
(三) 换火操作	60

后記

第一章 玻璃熔窖

人在五千多年前就会制造玻璃，但那时用来熔化玻璃的熔窖，不是象现在这样的熔窖，而是一个简单的小泥罐子，经过几千年的发展，才慢慢变成现在的样子。

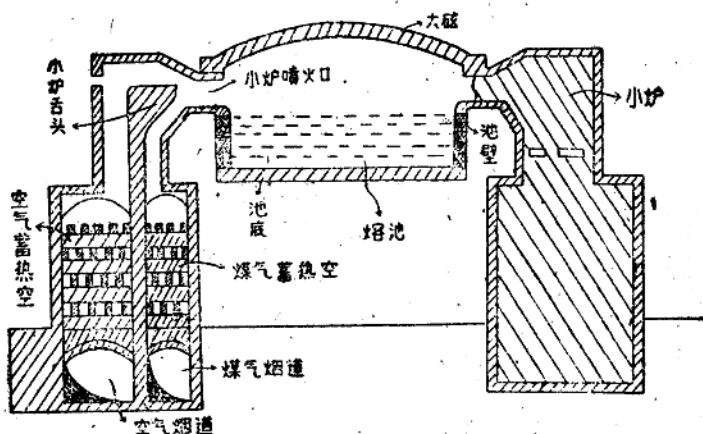
第一节 带蓄热室横火焰池式平板玻璃熔窖的结构

玻璃熔窖的种类很多，现在平板玻璃制造业常用的是带蓄热室横火焰玻璃熔窖（下称熔窖）。

现在用的熔窖一般都很大，最大的有六、七对小爐，如跟过去的坩埚相比，真是相差太悬殊了。虽然也有人管它叫做爐子，但不同于我們用来做饭的爐子，它是一个龐然大物，高有9公尺以上，寬达10来公尺，长约50公尺，可容纳玻璃液1000吨以上，重达6000多吨。其主要由烟囱、交換器、烟道、蓄热室、小爐（包括上升道及噴火口）、熔池、胸墙、前臉墙、大碇、澄清部、通路、引上窖等部分构成（图一）。

（一）烟囱和抽力：

烟囱是熔窖的排气孔，燃烧了的廢气都经过它排出去。因为廢气从蓄热室出来经过烟道到烟囱根还有 400°C 热度，气体在热的时候比較輕， 400°C 的气体比它在 0°C 时，要輕 2.47 倍。我們在平常生活中可以看到，輕的物体总要往上升，所以在烟囱里較热的廢气，就要往上升，而熔窖里的廢气又去补充它的位置，这就形成了烟囱的抽力。烟囱内

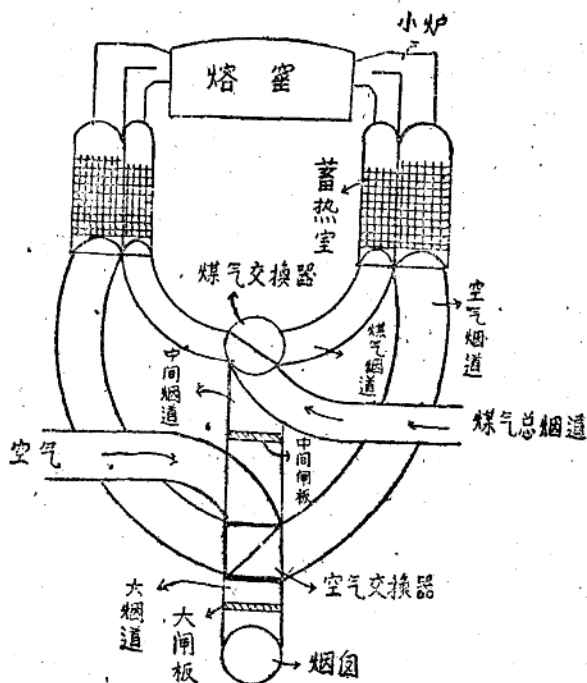


图一 熔窑纵断面示意图

的温度愈高，抽力愈大。因空气越到上层温度越低，所以烟囱越高抽力也越大（图二）。

烟囱的抽力关系着熔窑的操作，直接影响大窑压力与煤气空气混合燃烧。太大的抽力使得熔窑处于负压状态，冷空气容易从各处缝隙钻入窑里，因此就会损失大批热量，而耗费许多燃煤。熔窑的负压也是造成泡界线外发生泡沫的一个原因，使得引上玻璃品质不好。但是烟囱抽力太小，也会造成熔窑压力过大，火焰发浑，熔化不好，熔窑各处冒火；同时会使熔窑各部消损很快，减短熔窑的使用寿命。因此熔窑的压力最好维持在 $0 \sim 1$ 公厘/水柱高度。

因为烟囱的抽力是由于烟囱内部热气体比外边冷空气轻而造成的，所以温度和风向的变化，都会有所影响。熔窑工作者都要经常注意这些变化，注意熔窑的压力和烟囱的抽力，及时作必要的调节。通常烟囱设计者都把烟囱抽力作得很富裕，有足够的余量来调节窑内压力。通常烟囱抽力都是



图二 烟道示意图

用烟道闸板来控制，闸板开得大就有比较大的抽力，闸板关小烟囱就少抽些废气。熔窑的闸板有的是用人工操纵，有的是自动调节（见附件二）。

虽然废气的温度高会使得烟囱抽力大，但是也有两个缺点：

（1）废气的温度高，从烟囱排出的废气必然带走很多的热量，而热量是煤气烧出来的，煤气又是煤变成的，这样多带走一部分热，岂不是多浪费一些煤？

（2）任何一种物体在热的时候就会膨胀，气体的膨胀

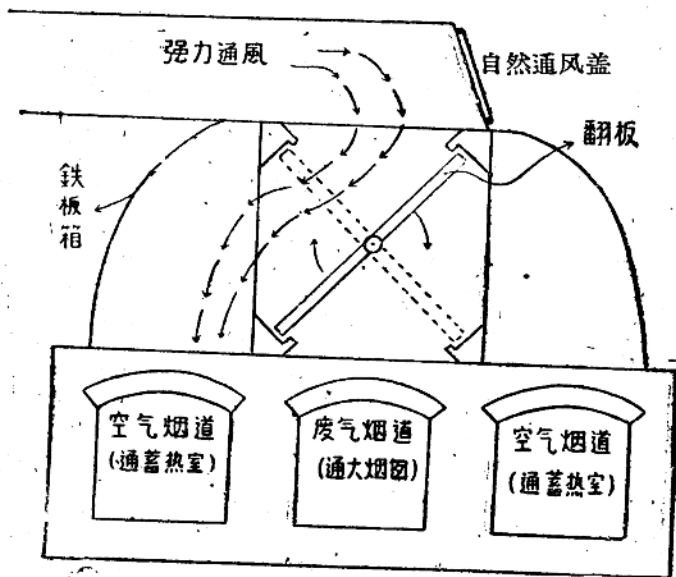
更厉害。这样在同一个烟囱里，冷些的气体就会比热些的废气走的痛快些，温度比较高的废气就要受到较大的阻力。所以，废气的温度不能过高，一般将大烟道温度维持在 500°C 左右为宜。

(二) 交换器及换火：

玻璃熔窑燃烧用的煤气与空气，进入熔炉前先经过蓄热室，后经小炉口喷出来，混合燃烧生成的废气，从另一个蓄热室钻进烟道，从大烟囱跑出来。

空气与煤气的行进方向不是永远固定的，一段时间后它就更换方向。使燃烧空气（通称风）改变方向的装置，叫空气交换器。变换煤气方向的装置叫煤气交换器。

空气交换器，有的是用铁板制的一座箱子（图三），中

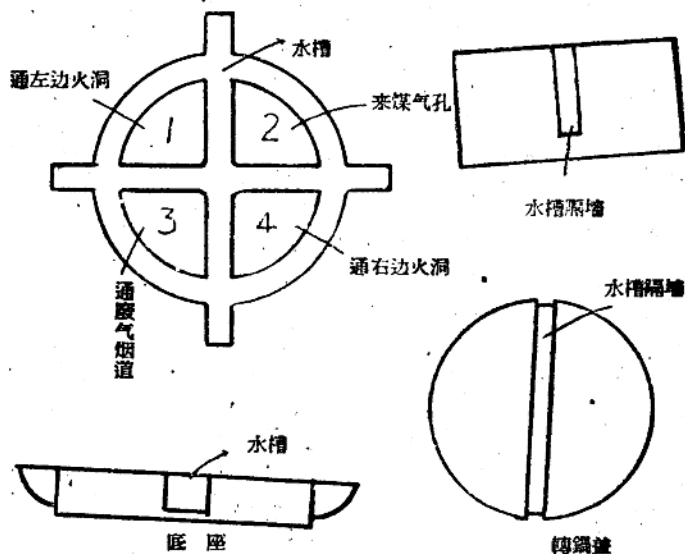


图三 翻板式空气交换器

間有一块翻板，交換器下边是三个烟道口，两边各通向一座蓄热室，中間与中間烟道和大烟道相連。当要空气改变入窖方向时，搖轉翻板即可。

空气交換器的严密与否，对大烟囪的抽力影响很大，同时翻板与底座間的縫隙也能造成送入空气的大量逸出。这不仅会使塔爐廢气抽不出去，压力增加，也会造成燃燒空气不足，火焰发渾。另一方面从翻板縫隙跑出去的空气与廢气中剩余煤气相遇，并在交換器中燃燒，有損于交換器。所以在操作中要严格注意。

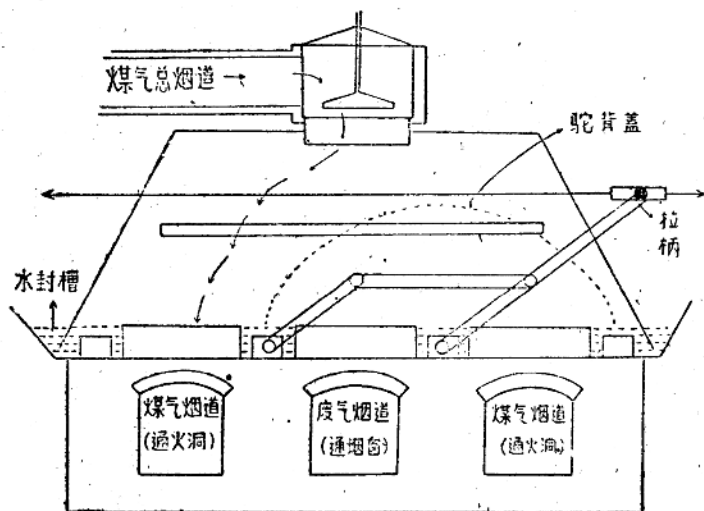
煤气交換器常用的有两种：一种是轉鍋式的，另一种是駝背式的。轉鍋式煤气交換器（图四）主要是由一座固定底



图四 轉鍋式煤气交換器

座与一个转动圆盖构成。底座是个圆圈形状，内有四个烟道口水槽。转动圆盖是用钢板做成，中间有一道水槽隔墙，平时锁入转锅底水槽内，换火时提起，转四分之一，这样就改变了煤气入窑的方向，如原来2与4、1与3相通，煤气进入右边火洞，火就从右边小爐噴出，而廢气就經過左边小爐和火洞进入1，因1与3相通，則廢气由3排出流向大烟道。換火后因轉鍋盖轉动四分之一，所以此时只能1与2、3与4相通，火即由左边小爐噴出，右边則泄廢气。

駝背式煤氣交換器（圖五），在烟道方面的構造上，是



圖五 駝背式煤氣交換器

与翻板式空气交换器一样。它是用鑄鐵制成，一个封密的箱子，箱內有一活动的駝背盖来回挪动。煤氣交換器在使用中应注意水封槽內的水量，必需維持一定高度，以煤氣跑不出

来为宜。水溫度不要过低和过高，最好应維持在40—60℃。

換火是一項很重要的工作，空气和煤气不能同时交換，一般多是先換煤气，后換空气。在操作中必需有专人负责指揮，严格遵守換火規程，以防止发生煤气爆炸事故。交換器在操作时有一极短時間呈中立状态，燃燒空气与煤气都要經過交換器直接跑到大烟囱里去，这是不可避免的損失。所以換火时的操作時間愈快愈好。为此一些先进的工厂都采用机械自动操作，在几秒鐘內就交換完毕。

(三) 烟道:

烟道的主要作用是連通交換器和熔窑、烟囱几个部位；供給煤气、空气和送出廢气。从煤气交換器到蓄热室的一段叫煤气烟道，从空气交換器到蓄热室的一段叫空气烟道。煤气交換器和空气交換器之間的叫中間烟道。空气交換器通到烟囱的叫大烟道。在大烟道和中間烟道各有一道閘板（见图二），来控制蓄热室溫度及大烟囱的抽力。

烟道的第一个要求是寬敞，以使气体能順利的通过，因此，日常应注意烟道內的烟子和磚渣堆积情况，必須进行清理，否則会增加阻力。另外烟道的四周牆，要求严密，避免漏风現象，以免影响抽力。

(四) 蓄热室:

它是煤气和空气預热的部分，在小爐和烟道接連的地方（见图一），里面用鋁磚碼成格子体，窑內的廢气在此通过时，大量的热被格子体吸收，換火后就傳給在此經過的冷空气和煤气，平常燃燒空气，經過烟道进入蓄热室前，平均为170℃，經過預热就能达到1200℃左右。煤气在煤气交換器出来約为500℃左右，經過蓄热室就能达到1000℃左右，这样就能大大地提高燃燒效率。

对于蓄热室的温度，应当经常进行测量，注意温度的分布和升降情况。平常要求煤气蓄热室的温度比空气蓄热室的温度低一些，以免煤气预热温度太高，使火焰上卷，损坏炉体，影响熔化。

蓄热室因经常受高温燃烧和窑内料粉侵蚀的结果，时间过长就发现堵塞的现象，而影响蓄热能力和抽力，因而在平时应加强检查，经过一段时间就应用蒸汽吹扫，或更换格子砖。

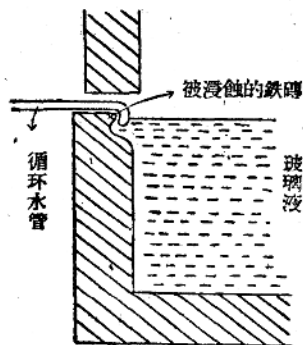
(五) 小爐：

小爐是煤气和空气会合、喷出燃烧的设备（见图一），就象气焊的嘴子一样，是整个熔窑组成的最主要部分。

一般对小爐的要求是：喷出的火焰集中，并贴近玻璃液面；空气和煤气混合得好，燃烧快，以每秒8米的速度向前行进。

(六) 窖池：

窖池是构成熔窑的另一个主要部分（见图一），用大型粘土砖砌成的窖底和用铁砖砌成的池壁。但在生产中玻璃熔窑



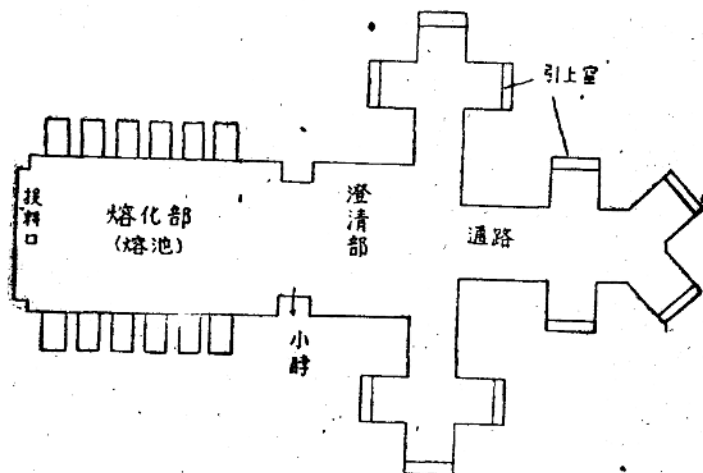
图六 铁砖里面加水管的情形

的池壁容易受原料中碱的浸蚀以及玻璃液的洗刷，所以平常被浸蚀薄的时候，都用冷风吹上，这样可使靠形成一层温度较底的玻璃液来保护铁砖。有的在最上面一行铁砖里面加上金属的水管（图六），因为这里有一层凝结的玻璃水，使铁砖不易腐蚀，以延长其寿命。

前端是添料口，为添入生料

的地方，形状不固定，多由添料方法决定。

中間有一小脖，在熔池与澄清部中間，比其他地方都窄，可以擋住一部分热玻璃液进入澄清部并将一部分凉玻璃液对流到熔化部（图七）。



图七 熔窑平面图

（七）大碇：

熔化部碇頂的功用，主要是把火焰的热量反射到玻璃液上，普通的碇頂都是圓弧形，用碇磚砌成。因为大碇的重量很大，所以都用工字鉄、拉条，来支持它。

熔化部的碇頂，應該分成几段来砌，在每节的中間留一定的漲縫，这样在加热膨脹的时候，不致发生意外。

（八）胸墙：

胸墙的作用和大碇有点相象，在燃燒室的部分，可以把火焰的溫度輻射到玻璃面上来，使窑里面保持很高的溫度来

熔化原料。在沒有火焰的部分，又可以保持玻璃液的溫度使它均勻。

胸牆都是用磚砌成的，因為要保持在內溫度，一般都比较厚，普通都是450—500公厘。它的高度是由小爐口的高度來決定。

(九) 前臉牆：

前臉牆也叫后牆，它的構造要由投料的方式來決定。用人工投料時中間有一道拉門；使用螺旋式投料時，是留幾個安投料機的圓口，使用攪式投料機，則要留一個較大的方形投料口。

(十) 澄清部：

是指小脖到通路之間的一段，但正式的澄清地方應是從泡界綫開始到小脖的一段。我們現在所說的澄清部，實際上應叫做冷卻部。冷卻部是由磚頂胸牆、池牆構成的，它的主要作用是將玻璃液的溫度逐漸降低，使其借對流的作用，混合的更好一些。

(十一) 通路：

通路的作用是把玻璃液引到引上窯去，同時有冷卻作用，使玻璃混合的更均勻，讓流到引上窯的玻璃液恰好達到所需要的粘度和溫度。

為了避免結晶和兩邊涼中間熱的現象，在通路外牆必需有很厚的保溫牆。

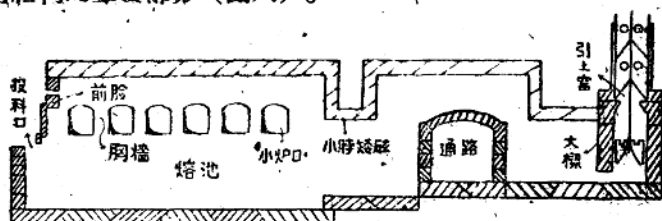
通路進口處或各通路中間，一般設有耐火材料制成的卅形磚（通稱大磚）浮在玻璃面上，以擋住液面的雜物。

(十二) 引上窯：

它是引上作業的地方，通路來的玻璃液，由此被引為玻璃板。在通路與引上窯間，有大梁浸入玻璃液中，以使下面

一层温度比较更均匀的玻璃液流到引上窑。

熔窑的种类很多，形式也不一同。以上说到的也只是熔窑结构的主要部分（图八）。



图八 熔窑横断面示意图

第二节 熔窑的事故和处理办法

熔窑是在高温下进行生产的。由于长期的浸烧结果，有时会发生烧流、跑玻璃水等事故。现将秦皇岛耀华玻璃厂生产过程中常发生的一些事故和处理办法简要介绍于下：

（一）小炉及砑烧流：

这多是在火瓢温度达到相当高度时所造成的。如遇这种情况，可把该小炉的火闸板尽量关小，以便火焰下压，后再测一下小炉反砑的温度，使其温度降到 1580°C 以下，平常可以维持在 $1560-1570^{\circ}\text{C}$ 可避免此事故。

（二）小炉挂钩砖烧流：

此现象多是在强氧化火焰的小炉发生。

在1953年二号窑西四号小炉挂钩砖烧流过一次，当时立即测其温度为 1580°C （光学高温计测）。此现象常是发生在火根。如产生此事故时，可把风闸板关小，如果采取这个措施之后，挂钩砖的温度仍不见下降，可把风火闸板都关小，但风要多关一些，以降低挂钩砖的温度。

(三) 蓄热室内的格子砖烧流:

一般发生在空气蓄热室, 因为其温度超过 1300°C 以上 (指距地面 1.5 米处) 的温度, 粘土砖即软化, 所以空气蓄热室的温度不要过高, 如发现此事故, 可将该小爐的风閘板关小。

(四) 大碓烧流:

在 1951 年二号窑东三号小爐处的大碓曾烧流过一次, 其主要原因是三号小爐的风火閘板开的太大, 火发飘, 再加上窑内总的空气量和煤气量开度太大, 而造成这一事故。

如发现大碓烧流, 应首先观查大碓烧流处在那个小爐的上面, 然后馬上关小该小爐的火閘板, 并且要根据情况, 可多关些, 关后要测被烧流处的温度, 如果仍不下降, 可繼續关小火閘板, 直到被烧流处的温度降到 1560°C 左右为止 (但在关火閘板时要注意, 使火焰与大碓要有一定距离, 否則起不到应有的作用)。

(五) 鉄砖漏孔跑玻璃水:

熔爐池壁漏孔的事故, 要称塔窑最大事故, 如果发现的不及时, 或处理的不当, 即能造成停止生产的危险。所以塔窑工作者对这一事故要特别注意。一般这类事故, 都是在窑比較老的时候容易发生, 主要原因有以下几点:

(1) 由于停电鉄磚的冷却风車突停。这种情形在 7—9 月份容易发生 (7—9 月份通称雨季), 由于暴雨打雷容易造成停电, 除此以外, 也有时由于某个开关, 或馬达发生事故, 也会造成停电。

(2) 由于下大雾或树挂, 风車 (冷却鉄磚的) 入风处的鉄絲网被堵塞, 长时间未被发现, 这样外边的冷空气就不能被风車吸进去, 鉄磚处就逐漸的失去了冷却风, 因而在鉄

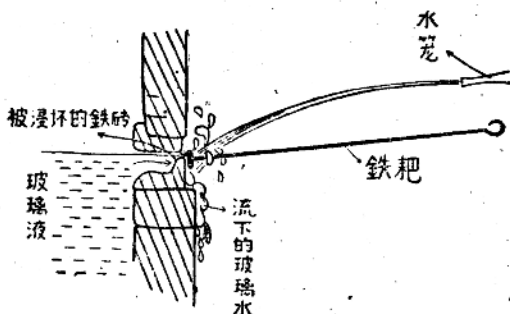
磚特別薄的地方就会冒出玻璃水来。

(3) 冷却鉄磚的风管掉，或挪动，使风管离开了原来需要吹的位置，未能及时发现加以糾正，也会造成跑玻璃水。

如发生跑玻璃水事故后，首先要鎮靜头脑清醒，不要精神过于緊張，手忙脚乱，这是唯一应注意的問題。

采取第一个措施是停止下料，然后再用鉄耙子对准漏口堵住，再以水龍头不断的澆水，使漏孔处的玻璃水凝固，不再流出，有时漏口处的玻璃水表面上虽凝固了，但从下边仍会往外流。这时可用撬棍将凝固了的玻璃水打掉，再以水澆，用耙子堵住漏口处，直到全部凝固了，玻璃水停止外溢为止，然后用200公厘厚的鉄磚擋住加风冷却，这时才算摆脱了危險。

生产过程中，熔窑可能发生的事故是較多的，在熔窑工作的人員，必須最高度注意，加强檢查制度，防止事故发生，保証正常生产（图九）。



图九 跑玻璃水时搶救的情形

第二章 火焰、溫度、熔化

火焰、溫度和熔化，是熔窯工作的重要組成部分。它們之間的關係是互為因果的關係，而引上作業却有很大影響，所以，我們熔窯工作者，要特別注意它們的變化情況，要想盡辦法，使它保持良好的狀態。

第一節 火焰的燃燒與掌握

在玻璃生產過程中火焰燃燒的是否合理，對原料的熔融速度，和熔化質量，及作業溫度都有極大的影響。正確而合理的掌握火焰，是玻璃工業和熔窯操作中一個關鍵問題，如果火焰掌握的合理，既能節約燃料，又能使原料熔化的又快，又好，否則就會造成熔化不良，溫度波動，浪費燃料，更嚴重的是由於作業溫度的波動而影響生產。

這裡所說的合理的掌握火焰，即使空氣和煤氣配合的合適，使火焰能充分的燃燒，而不使空氣過盛，或煤氣過盛，為此在平常把火焰都規定一個標準，作為操作的指南。

（一）火焰標準：

窯廠一般是以三、四號小爐的火焰為標準，要求三、四號小爐的火焰能達到對面小爐口，並有時進到小爐口內為宜。並要求白亮，接近玻璃面，至於具體的標準，要根據每個窯的具體情況和特點，來規定火焰的標準。並且火焰的長短與煤的種類有密切的關係，例如大同煤由於其中含揮發份較少，所以火焰短。開灤煤含揮發份較多，火焰一般是較長的。因此在規定火焰標準時，要根據不同的煤種，與其揮發份含量的多少，來規定其長度。對於火焰這些條件的觀察，