



LARGE FLOAT GLASS
PRODUCTION EQUIPMENT AND CONSTRUCTION

大型浮法玻璃 生产装置及其施工

于培霞 刘 俊 主编



 中国轻工业出版社

附录 (附 2) 目次表及附录

附录 1 主要参考文献

附录 2 主要参考文献

附录 3 主要参考文献

附录 4 主要参考文献

附录 5 主要参考文献

大型浮法玻璃 生产装置及其施工

于培霞 刘 俊 主编

常州大学图书馆
藏书章

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大型浮法玻璃生产装置及其施工/于培霞, 刘俊主编.

—北京: 中国轻工业出版社, 2010.5

ISBN 978-7-5019-7547-1

I. ①大… II. ①于…②刘… III. ①浮法玻璃-生产设备②浮法玻璃-生产工艺 IV. ①TQ171.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 040187 号

责任编辑: 李建华 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 杨琳 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经销: 各地新华书店

版次: 2010 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17

字数: 392 千字

书号: ISBN 978-7-5019-7547-1 定价: 40.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90386K4X101ZBW

**《大型浮法玻璃生产装置及其施工》
编写委员会**

顾问：孙仕忠 席国勇

主审：于红旗 王雪萍

副主审：张 虎 王 全 孙积粮 李茂刚 张超生
王云哲

主编：于培霞 刘 俊

副主编：马发现 廖红盈 师国强 司建江 史晓梅

编委：陈 彤 马君贤 宋明慧 于连军 李年波
毛朝阳 李东钦 沈项平 杨武伟 张金喜
方 鹏 卢来要

前言

在国家宏观调控措施逐步深入的大环境下，我国玻璃产业取得了显著的成绩。行业经济效益持续快速增长，产品产量稳定增长，市场需求旺盛，多数产品价格有所提升、产销衔接良好；玻璃进出口贸易依然活跃，贸易逆差扩大；固定资产投资快速增长，发展后劲继续增强。从平板玻璃的下游需求来看，建筑与汽车行业仍是最主要的两个行业，其次是房地产、装饰装修、电子信息产业、日用玻璃和基础设施等下游行业，这些行业的发展都将会进一步拉动玻璃市场。

2004 年我国新建投产 24 条浮法玻璃生产线新增浮法玻璃产能 6958 万重量箱；2005 年我国新建投产 23 条浮法玻璃生产线新增浮法玻璃产能 7091 万重量箱；2006 年我国新建投产 19 条浮法玻璃生产线新增浮法玻璃产能 5402 万重量箱；2007 年我国新建投产 18 条浮法玻璃生产线新增浮法玻璃产能 5844 万重量箱，使全国浮法玻璃生产线达到 180 条。到 2009 年底全国浮法玻璃生产线达到 216 条，总产量达到 5.74 亿重量箱。

据预测，2010 年末全球玻璃市场需求达到 575 亿元，中国的需求量占 18.23%，而到 2015 年这一比例将被提高到 22.71%。2005~2010 年我国玻璃需求的年复合增长率将达到 9.96%，2010~2015 年我国玻璃需求将继续保持 9.03% 的年复合增长率（世界平板玻璃产量年平均增长率为 2.5%）。

目前，世界平板玻璃生产技术发展十分迅速，虽然在生产工艺上没有很大的突破，但生产规模在不断的扩大，日熔化量 700~800 吨级的浮法玻璃生产线已十分普遍。世界平板玻璃产量约为 3310 万吨，其中，西欧占 27%，约 894 万吨；东欧占 5%，约 165 万吨；北美占 23%，约 761 万吨；中国占 30.8%，约 1020 万吨；日本占 11%，约 364 万吨；非洲及中东地区占 3%，约 99 万吨。

按照国家的产业指导政策，“十一五”末我国十大玻璃集团生产集中度将提高到 70%。因此，玻璃行业的并购重组值得关注。另外，法国圣戈班、芬兰泰姆-巴伐郎尼、日本旭硝子等国际厂商纷纷进入我国玻璃市场，投资或合作建立离线镀膜玻璃、低辐射镀膜玻璃、强对流钢化炉等生产线。业内人士认为，国际大型玻璃公司在中国的发展，虽然进一步加剧了我国玻璃行业的竞争，但对整个玻璃行业的重组、发展将起到促进作用。

从平板玻璃行业的未来发展看，优质特种浮法玻璃和深加工玻璃是行业未来发展的重点，也是国家产业结构调整中明确规定的产业发展方向。如超白、超厚、超薄、吸热、镀膜、节能、中空、自清洁、安全玻璃等。

众多玻璃生产线的建设，吸纳了更多施工企业的参与，涌现出了一批高素质的专业施工队伍。为此我们组织国内主要浮法玻璃生产线设计、施工及装置制造企业人员，特

别是最新版建材施工验收规范的主要编写人员，在吸收和总结各方面的经验教训，参考部分专业书籍的基础上编写了本书。本书对于浮法玻璃特有设备如熔窑、锡槽等的施工进行了详细的介绍，而对后加工的通用设备或简单设备的施工仅做了简单的描述。

本书的读者对象为浮法玻璃施工企业技术人员、监理人员；浮法玻璃生产企业生产、技术、管理人员；浮法玻璃企业所在地的工程质量、安全监督人员；硅酸盐、建材机械大中专院校、技工学校的师生。此外还可供从事硅酸盐、建材机械的设计人员参考。

本书在编写过程中得到了中国建材工程协会、中国建材国际工程公司、蚌埠玻璃工业设计研究院、秦皇岛玻璃工业研究设计院、中国洛阳浮法玻璃集团有限责任公司、河南三建建设集团有限公司、河南省安装集团有限责任公司、中国有色金属工业六冶洛阳公司、洛阳建材机械厂、中原证券洛阳营业部、河南省第一建筑工程集团有限责任公司、河南万泰建安开发有限公司、大唐洛阳热电厂等的大力协助。各章编写人员分工如下：

司建江	(第一章第一、二节)
于培霞	(第一章第三、四、五节；第二章第二、三、四节和第四章第四节)
师国强	(第二章第一、五、六节)
史晓梅	(第三章第一节、第八章第一节)
马发现	(第三章第二节)
刘俊 毛朝阳	(第三章第三节)
马君贤	(第四章第一、三节、第七章第三节)
宋明慧	(第四章第二节)
方鹏	(第五章第一节、第六章第五节)
廖红盈	(第五章第二节)
于连军	(第六章第一、二、三、四节)
李年波	(第七章第一、二节)
马发现 李东钦	(第八章第二节)
陈彤	(第八章第三节)

在本书的前期策划和后期审核过程中，中国建材工程建设协会于红旗、张虎；中国建材国际工程有限公司江苏分公司孙仕忠；秦皇岛玻璃工业研究设计院席国勇；中国洛阳浮法玻璃集团有限责任公司王云哲；中国凯盛国际工程有限公司李茂刚；中国有色金属工业六冶洛阳公司王全；洛阳市质量技术监督局王雪萍；广东省玻璃行业协会《玻璃工业》杂志张超生；河南省安装集团有限责任公司孙积粮、沈项平、杨武伟、张金喜、卢来要等提出了很多宝贵意见，充实和完善了本书的内容，在此表示衷心的感谢。

编 者

2010年3月9日于洛阳

目录

1	第一章	浮法玻璃熔窑及其施工
1	第一节	浮法玻璃熔窑的作用
2	第二节	浮法玻璃熔窑的结构
13	第三节	浮法玻璃熔窑的施工
16	第四节	浮法玻璃熔窑钢结构的施工
29	第五节	浮法玻璃熔窑砖结构的施工
46	第二章	浮法玻璃锡槽及其施工
46	第一节	概述
49	第二节	浮法玻璃锡槽的结构
56	第三节	浮法玻璃锡槽钢结构的施工
67	第四节	浮法玻璃锡槽砖结构的施工
79	第五节	浮法玻璃锡槽的附属设施及其施工
86	第六节	锡槽的验收
89	第三章	浮法玻璃退火窑及其施工
89	第一节	玻璃中的应力及退火制度
91	第二节	退火窑的类型与结构
99	第三节	浮法玻璃退火窑的安装施工
116	第四章	浮法玻璃生产线用耐火材料及其施工
116	第一节	浮法玻璃生产线各部位用耐火材料
117	第二节	浮法玻璃熔窑用主要耐火材料
140	第三节	浮法玻璃锡槽用主要耐火材料
143	第四节	不定形耐火混凝土
153	第五章	浮法玻璃生产线冷端设备及其安装
153	第一节	冷端的工艺原理
154	第二节	冷端设备的功能、结构及其施工
171	第六章	浮法玻璃生产线的自动控制
171	第一节	熔窑仪表及自控
176	第二节	锡槽自动控制
177	第三节	退火窑仪表与自控

178	第四节	冷端设备的自动控制
184	第五节	自控设备的安装
188	第七章	浮法玻璃生产线燃烧系统及其施工
188	第一节	燃油系统及设备
197	第二节	天然气系统及设备
204	第三节	煤气发生炉系统及其设备的安装
213	第八章	浮法玻璃生产线的节能与环保装置及其施工
213	第一节	浮法玻璃节能技术概论
216	第二节	余热利用装置及其施工
240	第三节	烟气脱硫处理装置及其施工
262	参考文献	

第一章 浮法玻璃熔窑及其施工

浮法玻璃生产工艺产生于 20 世纪 50 年代末，它是因玻璃液漂浮在熔融金属（主要是锡）表面获得抛光成型而得名的。用这种方法制得的玻璃表面平整，可与机械磨光玻璃相媲美。浮法玻璃的生产具有产品质量好、产量高、生产成本低、品种多等优点。浮法玻璃表面质量、机械强度和热稳定性较好，目前已被广泛应用于汽车、轮船、飞机等领域。浮法玻璃生产线可以长时间连续生产，不仅产量大，而且机械化、自动化水平高，生产工人少，劳动生产率高，设备维修费用少。另外，用浮法工艺可以生产 0.55~25mm 厚度的优质平板玻璃，这是其他成型工艺所望尘莫及的。用于浮法成型工艺的玻璃熔窑炉称为浮法玻璃熔窑。

第一节 浮法玻璃熔窑的作用

浮法玻璃熔窑是耐火材料砌筑的熔制玻璃的热工设备，其作用是把合格的配合料制成无气泡、条纹、析晶的透明玻璃，并使其冷却到所需的成型温度。目前，我国大多数浮法玻璃生产企业采用以重油、天然气、煤气为燃料的蓄热式横火焰熔窑来熔化玻璃。

根据熔制过程中的不同特点，从加热配合料到最终成为符合成型要求玻璃液的过程，可分为五个阶段，即硅酸盐形成阶段、玻璃液形成阶段、玻璃液澄清阶段、玻璃液均化阶段和玻璃液冷却阶段。直观地，也可分为配合料堆叠反应烧结阶段；硅酸盐形成及其熔化物熔化阶段（主要是残余石英砂溶解于已形成的硅酸盐中）；澄清消除气泡阶段（主要是降低各种气体在玻璃液中的过饱和程度）；逐渐冷却至成型温度阶段。

（1）硅酸盐形成阶段 配合料进入熔窑后，在 800~1000℃ 温度范围内发生一系列物理的、化学的和物理化学的反应。这个阶段结束时，大部分气态产物从配合料逸出，配合料最后变成由硅酸盐和二氧化硅组成的不透明烧结物。

（2）玻璃液形成阶段 当温度升到 1200℃ 时，烧结物中的低共熔物开始熔化，出现了一些熔融体，同时硅酸盐与未反应的石英砂颗粒反应，相互溶解。伴随着温度的继续升高，硅酸盐和石英砂颗粒完全溶解于熔融体中，成为含有大量可见气泡、条纹，在温度和化学组分上不够均匀的透明玻璃液。

（3）玻璃液澄清阶段 随着温度的继续升高，达到 1400~1500℃ 时，玻璃液黏度约为 10Pa·s，玻璃液在形成阶段存在的可见气泡和溶解气体，由于温度升高、体积增大、玻璃液黏度的降低而大量逸出。

(4) 玻璃液均化阶段 玻璃液长时间处于高温，并在对流、扩散、溶解等作用下，玻璃液中的条纹逐渐消除，化学组分和温度逐渐趋于均匀。此阶段结束时的温度略低于澄清温度。

(5) 玻璃液冷却阶段 将澄清和均化后的玻璃液逐渐降温，使玻璃液具有成型所需的黏度。浮法玻璃冷却结束的温度为 $1100\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 。

第二节 浮法玻璃熔窑的结构

浮法玻璃熔窑和其他平板玻璃熔窑相比，结构上没有太大的区别，属浅池横焰池窑，但从规模上浮法玻璃熔窑要大得多，目前世界上浮法玻璃熔窑日熔化量最高可达到 1100t 以上（通常用 1000t/d 表示）。浮法玻璃熔窑和其他平板玻璃熔窑虽有不同，但它们的结构有共同之处。浮法玻璃熔窑的结构主要包括：投料系统、熔制系统、热源供给系统、废气余热利用系统、排烟供气系统等。图 1-1 为浮法玻璃熔窑平面图，图 1-2 为浮法玻璃熔窑立面图。

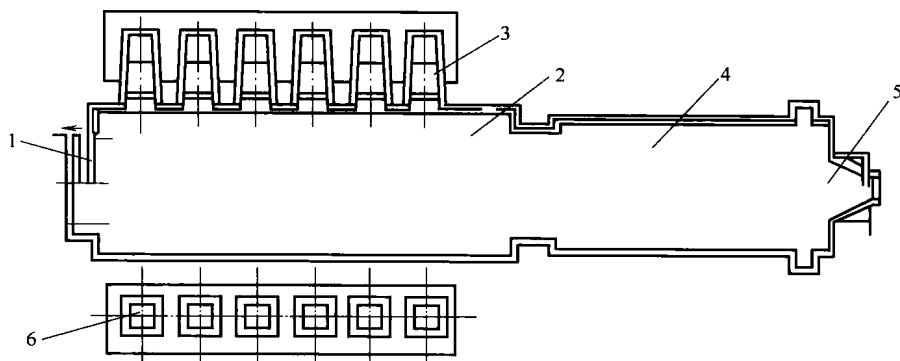


图 1-1 浮法玻璃熔窑平面图

1—投料口 2—熔化部 3—小炉 4—冷却部 5—流料口 6—蓄热室

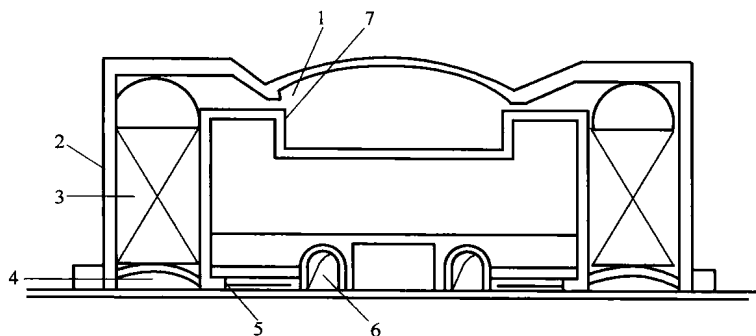


图 1-2 浮法玻璃熔窑立面图

1—小炉口 2—蓄热室 3—格子体 4—底烟道 5—联通烟道 6—支烟道 7—燃油喷嘴

一、投料池

投料池位于熔窑的起端，是一个突出于池窑外面的并且与池窑相通的矩形小池。投料口包括投料池和上部挡墙（前脸墙）两部分，配合料从投料口投入窑内。

投料是熔制过程中的重要工艺环节之一，它关系到配合料的熔化速度、熔化区的热点位置、泡界限的稳定，最终会影响到产品的质量和产量。由于浮法玻璃熔窑的熔化量较大，采用横焰池窑，其投料池设置在熔化池的前端。投料池的尺寸随着熔化池的尺寸、配合料状态、投料方式以及投料机的数量而定。配合料状态有粉状、颗粒状和浆状（目前一般使用粉状）；投料方式由选用的投料机而确定，有螺旋式、垄式、辊筒式、往复式、裹入式、电磁振动式和斜毯式等（目前多采用垄式投料机和斜毯式投料机）。

（1）采用垄式投料机的投料池尺寸 采用垄式投料机的投料池宽度取决于选用投料机的台数，可以用简单的公式计算：

$$B=Ln+300$$

式中 B ——投料池宽度，mm；

L ——投料机中心距离，mm；

n ——选用投料机的数量，台。

投料池的长度可根据工艺布置情况和前脸墙的结构要求来确定。

（2）采用斜毯式投料机的投料池尺寸 斜毯式投料机目前在市场上已普遍使用，它的投料方式与垄式投料机相似，只是投料面比垄式投料机要宽得多，因此其投料池的尺寸在设计上与采用垄式投料机的投料池尺寸没有太大的区别，主要取决于熔化池的宽度和投料面的要求。

随着玻璃熔化技术的成熟和熔化工艺的更新，浮法玻璃熔窑投料池的宽度越来越大。因为配合料吸收的热量与其覆盖面积是成正比的，投料池越宽，配合料的覆盖面积越大，越有利于提高热效率和节能，也利于提高熔化率。因此，目前在大型浮法玻璃熔窑的设计中，均采用投料池与熔化池等宽和准等宽的模式。随着投料池宽度的不断增大，大型斜毯式投料机也应运而生，熔化池和投料池宽度均为 11m 的熔窑，采用两台斜毯式投料机即可满足生产和技术要求。

二、熔化部

浮法玻璃熔窑的熔化部是进行配合料熔化和玻璃液澄清、均化的部位，如图 1-3 所示。熔化部前后由熔化区和澄清区组成；上下又分为上部空间和下部池窑。其中上部空间又称为火焰空间，是由前脸墙、玻璃液表面、窑顶的大碓与窑壁的胸墙围成的充满火焰的空间；下部池窑由池底和池壁组成。也就是说熔化区的功能是配合料在高温下经物理、化学反应形成玻璃液，而澄清区的功能是使形成的玻璃液中的气泡迅速完全排出，达到生产所需的玻璃液质量。

1. 火焰空间

火焰空间内充满了来自热源供给的灼热火焰气体，火焰气体将自身热量用于熔化配

合料,同时也辐射给玻璃液、窑墙和窑顶。火焰空间应能够满足燃料完全燃烧,保证供给玻璃熔化、澄清和均化所需的热量,并应尽量减少散热。

2. 池窑

池窑是配合料熔化成玻璃液并进行澄清和均化的部位,它应该能供给足够量的熔化完全的透明玻璃液。为使池窑达到一定的使用年限,池壁厚度一般在 250~300mm,池底厚度根据其保温情况而决定,不采用保温带池底厚度一般为 300mm。

(1) 前脸墙结构 前脸墙是熔化部火焰空间的前部端墙,横跨在投料池的上部,以阻挡熔窑前端投料口处的热气体(含火焰)逸出和热辐射。

①拱碇结构前脸墙 这种前脸墙是由两层或三层碇和砌在碇上的耐火砖构成,前脸墙下弓形口还需加挡火墙阻挡火焰喷出,以节约燃料,保护投料机。挡火墙的承重靠一横跨投料池的大水包提供,大水包上挂刀把形耐火砖,以阻止火焰直接与水包接触,刀把形砖上码砌条形砖,其结构如图 1-4 所示。采用这种结构形式的前脸墙,由于安全因素,受到其股跨比的限制,其跨度不宜太大,一般不超过 7m,即便这样,由于前脸碇和挡火墙受到火焰烧损和碱性气氛的侵蚀,很容易损坏,挡火墙和水包损坏后,可以热修更换,前脸碇一旦烧损严重,只能放水冷修。因此,这种前脸墙结构在浮法玻璃熔窑上正在被淘汰,浮法玻璃熔窑以外的平板玻璃熔窑仍在使

用。普通拱碇结构前脸墙受到跨度和安全因素的限制,而为了进一步提高熔化面积,必须加宽投料池、扩大投料面,为解决此矛盾,产生了 L 形吊墙。

② L 形吊墙结构 大型浮法玻璃熔窑较为广泛采用的是 L 形前脸吊墙。该吊墙是单独悬吊的,通过机械千斤顶可以调节吊墙距玻璃液面的高度。L 形吊墙由耐热钢件和耐火材料构成,其结构安全性不受其宽度的影响,L 形吊墙的宽度可与熔化池等宽,这样可满足投料池的等宽或准等宽设计需要。

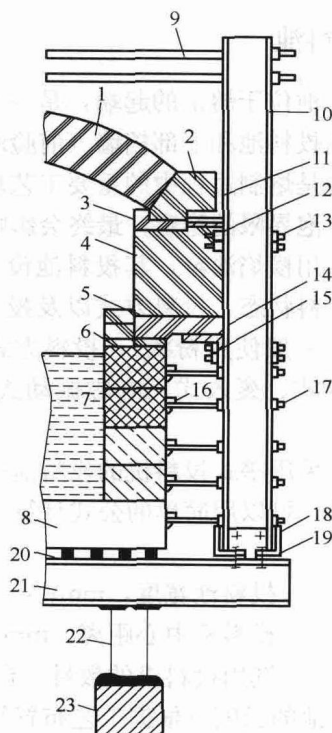


图 1-3 熔化部剖面结构

- 1—窑顶(大碇) 2—碇脚(碇碇) 3—上间隙砖
- 4—胸墙 5—挂钩砖 6—下间隙砖 7—池壁
- 8—池底 9—拉条 10—立柱 11—碇碇角钢
- 12—上巴掌铁 13—联杆 14—胸墙托板
- 15—下巴掌铁 16—池壁顶铁 17—池壁顶丝
- 18—柱脚角钢 19—柱脚螺栓
- 20—扁钢 21—次梁 22—主梁
- 23—窑柱

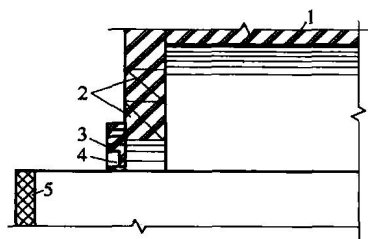


图 1-4 普通拱碇结构前脸墙

- 1—大碇 2—前脸墙 3—刀把砖
- 4—水包 5—投料口池壁

采用 L 形吊墙的同时加长加料池，不但减少了粉尘，还加强了对配合料的预熔作用。L 形吊墙分为直段部分和 L 形部分，直段耐火材料采用优质硅砖，鼻部采用烧结莫来石和烧结锆玉材料，吊墙外墙壁采用陶瓷纤维毡进行保温，鼻部前端设有水包，起到冷却后密封的作用。其结构形式如图 1-5 所示。

L 形吊墙与以往的多幅碓相比，具有延长前脸墙使用寿命、增强节能效果、改善现场环境、保护投料机、提高熔化速度、减少粉尘飞扬、提高格子体的寿命等特点。在前脸墙的设计过程中，应注意合理选择与熔化部 1# 小炉中心线的距离。距离过小会加速前脸墙的烧损，减少配合料的预热效果，增加 1#、2# 小炉烧损及堵塞等；距离过大又会造成投料池温度过低、料堆熔化、前进困难等缺陷，目前国内浮法玻璃生产线根据燃料和吨位的不同，前脸墙与熔化部 1# 小炉中心线的距离范围一般在 3.2~4.3m。

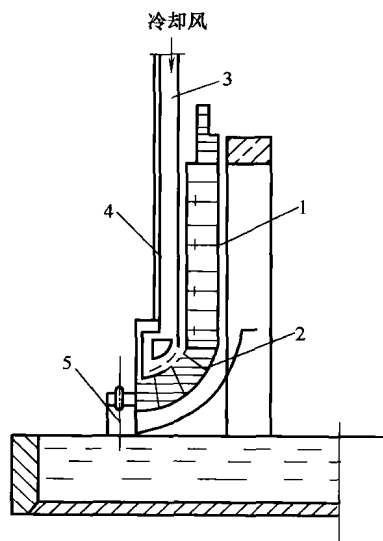


图 1-5 L 形吊墙结构

1—垂直墙区 2—下鼻区 3—吊杆
4—钢壳 5—水冷门

(2) 胸墙结构 浮法玻璃熔窑由于各个部位受侵蚀情况及热修时间各不相同，为了分开热修损坏最严重的部分，将胸墙、大碓、池窑分成三个单独支撑部分，最后将负荷传到窑底钢结构上，胸墙的承重是由胸墙托板（用铸铁或角钢）及下巴掌铁传到立柱上，最后传到窑底钢结构上。

胸墙的设计需保证在高温下有足够的强度，其中挂钩砖是关键部位，在胸墙的底部设有挂钩砖，挡住窑内火焰，不使其穿出烧坏胸墙托板和巴掌铁。一般熔化区胸墙采用 AZS33 电熔砖，上间隙砖采用低蠕变耐崩裂的烧结锆英石砖，澄清区胸墙一般采用优质硅砖。

胸墙的高度取决于燃料的种类和质量、熔化率、熔化耗热量、熔窑规模、散热量、气层厚度等因素。

从理论上讲，只要保证胸墙采用耐火材料的抗侵蚀能力，胸墙就不会成为影响到熔窑寿命的关键部位，然而在实际使用中，很多熔窑因熔化区胸墙内倾导致熔窑寿命缩短，有的熔窑在后期由于放料不及时，出现了胸墙倒塌事故。究其原因，主要是由于大碓砌筑结束后紧固拉条时导致胸墙托板倾斜（外高内低）使胸墙内倾。另一个原因是由于池壁绑砖后，胸墙托板暴露在火焰空间中，使托板变形，导致胸墙内倾。为了减少或避免这一现象的出现，对熔窑胸墙进行了改进设计，这种结构的特点是取消了间隙砖，大碓碓脚直接靠紧胸墙，胸墙托板降低，上层胸墙有意内倾，大碓边碓砖采用三层锆英石砖，熔化区挂钩砖取消了挂钩设计，这样可避免因电熔 AZS 质挂钩砖质量原因，导致挂钩砖断裂而引起胸墙内倾。另外，有些大型熔窑将 50mm 厚普通碳钢托板改为 60mm 厚中硅球墨铸铁托板，也收到良好效果。

(3) 大碓结构 大碓的作用是与胸墙、前脸墙组成火焰空间，同时，还可以作为火

焰向物料和玻璃液辐射传热的媒介，即吸收燃料燃烧时释放的热量，再辐射到玻璃液表面上。

大碓的重量是由钢碓通过上巴掌铁并由立柱传到窑底钢结构上。

大碓的高低和特性可通过股跨比来反映。从热工角度考虑，大碓低一些是有益的，能尽可能地将热量辐射给玻璃液。降低大碓高度可通过降低胸墙高度和减少大碓股来实现，但是，胸墙高度是受到小炉喷出口和大碓的结构强度等因素的限制；股高越小，推力越大，同时散热也小。减少碓股会增加大碓的水平推力，碓的不稳定性加大。一般大型浮法玻璃熔窑的大碓股跨比为 1:8 左右。根据熔化部的长度，大碓可以分为若干节，一般至少在三节以上。砌筑时每节碓之间预留的膨胀缝为 100~120mm，前、后山墙处的碓顶膨胀缝要留宽些。

大碓一般采用优质硅砖砌筑，砖的形状为楔形，横缝采用错缝砌筑，灰缝（又称泥缝）的大小根据所采用砌筑灰浆（又称泥浆）的具体要求来确定，一般为 1~2mm。

浮法玻璃熔窑大碓大多采用钢碓，并要求吹风冷却。两边钢碓的斜面延长线需通过大碓弧的圆心，形成的夹角为大碓的中心角。

大碓的寿命决定了整个熔窑的窑龄，大碓在使用中的薄弱环节为测温孔、测压孔等孔洞、大碓砖的横缝（又称顶头缝）、每节碓的碓头以及大碓的边碓部分。窑炉在正常作业时，窑内为正压，碓顶的各种孔洞很容易因穿火被越烧越大，边碓如果与钢碓接触不够紧密，很容易被火焰冲刷、烧损，因此，这些地方应采用性能较好的耐火材料，目前使用较多的是烧结锆英石砖。

（4）池壁、池底的结构 池窑由池壁和池底两部分组成，池壁和池底均用大砖砌筑。池窑建筑在由窑下炉柱支撑的钢结构梁上，整个池窑的重量及其盛装的玻璃液的重量均由窑下炉柱支撑的钢结构承担，浮法玻璃熔窑的炉柱一般为混凝土质或钢质立柱。炉柱上面架设沿窑长方向的工字钢或 H 型钢主梁，大型浮法玻璃熔窑主梁一般为 4 根，在主梁上沿主梁垂直方向安装工字钢次梁。以前没有窑底保温时，直接在次梁上铺扁钢，在扁钢上铺黏土大砖，此时次梁应避免黏土大砖的砖缝，每块砖的下面要对应 2 根扁钢和 2 根次梁。目前保温技术已经普遍采用，窑底结构也随之发生变化，即在次梁上沿垂直次梁方向铺设槽钢，槽钢内卡砌垛砖，垛砖上铺设池底黏土大砖，铺大砖之前，在槽钢上焊活动钢板支撑架，并在垛砖之间，支撑架之上砌保温层。池深变浅和窑底保温后，底层玻璃液温度升高，流动性增大，为减少玻璃液对池底砖的腐蚀，在黏土大砖之上铺保护层，即捣打一层厚 25mm 的锆英石捣打料或锆刚玉质捣打料，再在其上铺一层厚度为 75mm 的电熔锆刚玉或烧结锆刚玉砖。

池壁砌筑在池底黏土大砖上。因熔化部玻璃液表面进行燃料的燃烧和配合料的熔化，玻璃液表面的温度达到 1450℃ 以上，玻璃液的对流也较强，加之液面的上下波动，因此，池壁的腐蚀比较严重，特别是玻璃液面线附近池壁损坏较快。以前，因投资费用和其他因素的影响，池壁往往采用多层结构，下部用黏土砖，中部采用电熔莫来石砖，上部使用电熔锆刚玉砖，此种结构池壁的受侵蚀情况不均匀，即接近液面线处侵蚀最严重，这种池壁对玻璃液的质量影响较大。

目前，浮法玻璃熔窑池壁采用整块大砖——通常采用刀把砖竖缝干砌，材质一般为

2. 冷却部的结构

冷却部的作用是将已熔化好的玻璃液均匀冷却降温。

冷却部结构与熔化部结构基本相同,由大碓、碓碓、胸墙、池壁和池底及相应的钢结构等组成。池深可以和熔化部相同也可以略低一些,大碓跨度比熔化部要小一些,因此结构上略微简单一点,但所用耐火材料根据玻璃质量的要求有所不同。高档玻璃冷却部池壁以及池底铺面砖一般采用 α - β - Al_2O_3 砖,铺面砖下的捣打层用 α - β - Al_2O_3 质捣打料,这些材料的发泡指数为零,污染指数为零,因此对玻璃液不构成污染。胸墙、大碓采用优质硅砖较好。

四、小炉、蓄热室

小炉和蓄热室是熔窑结构的主要组成部分,浮法玻璃熔窑的小炉和蓄热室结构组合形式根据燃料形式的不同有两种形式,即箱形组合和半箱形组合。燃油、天然气的熔窑采用箱形组合,燃发生炉煤气的熔窑采用半箱形组合。浮法玻璃熔窑的小炉和蓄热室设置在池窑的两侧,对称布置,根据熔化量的规模不同,设 4~10 对小炉。

1. 小炉

(1) 名称 浮法玻璃熔窑小炉根据使用燃料的不同而有不同的类型。

燃料是发生炉煤气的,其燃烧设备称之为小炉,小炉口称为喷火口。

燃料是重油或其他液体燃料时,采用的是喷嘴(即燃烧器),小炉口称为喷出口。

(2) 小炉的作用 小炉是玻璃熔窑的重要组成部分,是使燃料和空气预热、混合、组织燃烧的装置。它应该能保证火焰有一定的长度、亮度、刚度,有足够的覆盖面积,不发飘、不分层,还要满足窑内所需的温度和气氛的要求。

煤气和空气分别由蓄热室预热后经过垂直通道(上升道)和水平通道进入预燃室,在预燃室内进行混合和部分燃烧,并以一定方向和速度喷入窑内继续燃烧,烟气这时则进入对面的小炉,因此,小炉起到一个空气通道和排烟通道的作用。但是,小炉的结构对于窑内的传热情况及玻璃熔化过程有着重要的作用。

目前,国内生产规模为 400t/d 以上的浮法玻璃熔窑采用 6 对小炉的居多,700t/d 以上的有的采用 7 对小炉,最多达到 10 对小炉。在小炉的设计时由于燃油、燃煤以及燃气的特性决定了小炉技术参数的差异性,如小炉喷出口的总面积与熔化部面积的比值以及小炉斜碓的下倾角度等。

(3) 小炉的结构 小炉由顶碓、侧墙和坑底组成。小炉与熔窑连接的碓称为小炉平碓,与蓄热室连接的碓称为后平碓,中间部分碓为斜碓。图 1-6 为烧油小炉的结构。碓和侧墙、坑底组成小炉空间。浮法玻璃熔窑的平碓采用插入式结构,做成上平下弧形,并与熔窑胸墙匹配,前述防止胸墙内倾的措施是将胸墙设计为内倾式,并且大碓边碓砖直接压在胸墙上,因此小炉平碓(图 1-7)也要相应设计成如图 1-8 所示的结构,这种结构也是目前普遍采用的。

小炉斜碓是组成小炉的重要部位,也是容易被烧损的部位,斜碓的设计要与相应的小炉平碓结构匹配,如图 1-8 所示(图 1-8 是与图 1-7 的平碓相对应的斜碓结构)。

后平碓、侧墙和坑底结构较简单,这里就不一一叙述了。

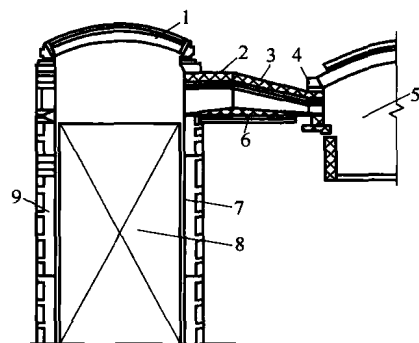


图 1-6 烧油小炉的结构

- 1—蓄热室顶碇 2—小炉后平碇 3—小炉斜碇 4—小炉平碇 5—熔化部 6—小炉坑底 7—蓄热室内侧墙 8—格子体 9—蓄热室外侧墙

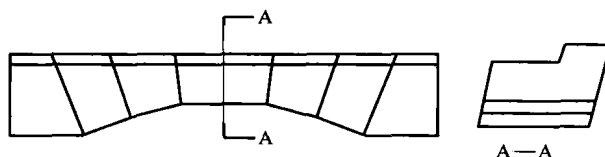


图 1-7 小炉平碇

(4) 烧煤气小炉的结构特点 烧煤气小炉在结构上与烧油小炉除了上述不同点外，最主要的不同之处还有小炉舌头。通常小炉舌头伸出长度为 400~450mm，如图 1-9 所示。

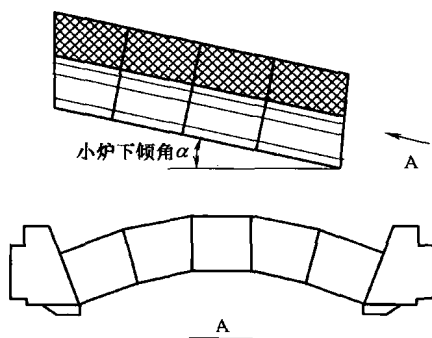


图 1-8 小炉斜碇

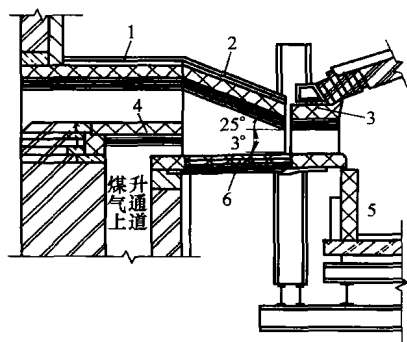


图 1-9 烧煤气小炉的结构

- 1—小炉后平碇 2—小炉斜碇 3—小炉平碇 4—舌头碇 5—熔化部 6—小炉底

一般烧煤气小炉口的高度为 400~500mm，拱的股跨比为 1:10。

蓄热室烧煤气小炉的斜碇形式目前有两种：一种是直通形；另一种是喇叭形。直通形小炉的优点是：煤气呈扁平状出上升道，容易与助燃空气混合，混合气体对小炉侧墙的冲刷小，而且小炉结构简单，施工方便。喇叭形小炉的优点是：喇叭形状强制性地使火焰形成扩散状，可提高火焰的覆盖面，并能改善因煤气上升道间距较小而造成维修环境恶劣的状况。