

浮法玻璃生产操作丛书

浮法玻璃 熔化生产操作

FUFA BOLU RONGHUA SHENGCHAN CAOZUO

总主编◎韩建军

主编 谢 俊

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

浮法玻璃生产操作丛书·第二册

浮法玻璃熔化生产操作

常州大学图书馆
藏书章

总主编 韩建军

主 编 谢 俊

武汉理工大学出版社

• 武汉 •

图书在版编目(CIP)数据

浮法玻璃熔化生产操作/ 谢俊主编. —武汉: 武汉理工大学出版社, 2014. 3

(浮法玻璃生产操作丛书)

ISBN 978-7-5629-4369-3

I. ①浮… II. ①谢… III. ①浮法玻璃-熔化-生产工艺
IV. ①TQ171.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 016924 号

项目负责人: 王兆国

责任编辑: 李兰英

责任校对: 王兆国

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: 6.125

字 数: 159 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

汤李缨 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

目 录

第一章 浮法玻璃熔窑结构与工艺装备	(1)
一、玻璃熔窑概述	(1)
二、浮法玻璃熔窑结构组成	(2)
三、浮法玻璃熔窑结构设计	(11)
四、浮法玻璃熔窑各部位耐火材料设计	(13)
五、浮法玻璃熔窑关键工艺装备	(17)
六、浮法玻璃熔窑砖结构施工	(20)
七、浮法玻璃熔窑保温结构及保温材料	(26)
八、熔窑钢结构主要构件	(28)
九、玻璃熔窑的热能消耗计算	(29)
十、延长浮法玻璃熔窑窑龄的措施	(31)
十一、浮法玻璃熔窑减少能耗的主要措施	(33)
十二、国外玻璃池窑中各部位所选用的耐火材料	(36)
第二章 玻璃熔制过程与熔制工艺制度	(38)
一、浮法玻璃熔制过程	(38)
二、浮法玻璃熔制工艺制度	(40)
三、玻璃熔窑的能耗计算	(45)
四、熔制过程中的能源损失	(49)
五、熔制过程中的节能途径	(51)
六、提高玻璃熔窑熔化能力的措施	(53)
七、提高玻璃液熔化质量的措施	(54)
八、玻璃熔化新技术与新装备	(56)
九、各国浮法玻璃生产各项指标的比较	(67)

第三章 玻璃熔化岗位操作技术规程	(68)
一、熔化安全操作规程	(68)
二、熔化工艺管理规程	(68)
三、熔化班长岗位操作技术规程	(70)
四、投料工岗位操作技术规程	(71)
五、测温工岗位操作技术规程	(72)
六、熔化中控工岗位操作技术规程	(73)
七、枪工岗位操作技术规程	(74)
八、保窑工岗位操作技术规程	(75)
第四章 玻璃熔化日常操作规范	(76)
一、混合料外观质量检查	(76)
二、投料操作	(77)
三、泡界线控制操作	(81)
四、液面控制的操作	(83)
五、火焰调整的操作	(85)
六、窑压控制的操作	(88)
七、熔窑换向系统的操作	(89)
八、测温操作	(90)
九、更换喷枪操作	(91)
十、熔窑风机启动、切换基本操作	(91)
十一、切换电源时的注意事项	(92)
十二、锡槽事故处理时的熔化操作	(93)
十三、卡脖搅拌器的操作	(94)
十四、更换卡脖水包的操作	(96)
十五、小炉闸板开度调节操作	(97)
十六、总烟道闸板的调节操作	(98)
十七、旋转闸板手动操作	(98)
十八、废气换热器链条断裂造成两侧闸板落下时的操作 ..	(99)
十九、喷嘴砖的更换操作	(99)

二十、生产过程中发现熔窑铁件损坏时的操作	(99)
二十一、冷却部、流道口温度控制操作	(99)
第五章 熔化应急处理操作规程	(101)
一、停电	(101)
二、停燃料	(104)
三、停水	(104)
四、停压缩空气	(105)
五、助燃风机停、助燃风中断	(106)
六、L吊墙风机停	(107)
七、钢碓碓风机停	(107)
八、池壁(U形吊墙)风机停	(107)
九、搅拌器停转	(108)
十、投料机故障	(108)
十一、空气交换器故障	(109)
十二、窑闸板钢丝绳断落	(111)
十三、计算机控制系统故障	(111)
十四、卡脖水包漏水	(112)
十五、搅拌器漏水	(113)
十六、前脸墙水包出现漏水	(114)
十七、漏玻璃水	(114)
十八、窑头出现空仓	(115)
十九、跑料	(116)
二十、投料机跑空车	(116)
二十一、窑压自动失灵	(117)
二十二、换火故障造成窑内对火	(117)
二十三、蓄热室堵塞	(117)
二十四、熔窑大碓烧蚀流落碓滴	(118)
二十五、窑体穿火	(118)

第六章 熔化缺陷处理操作	(119)
一、熔化过程中产生的气泡	(119)
二、熔化过程的配合料结石	(128)
三、熔化过程的耐火材料结石	(134)
四、玻璃体的析晶结石	(138)
五、熔化过程中引起的波筋条纹	(143)
六、熔化过程中引起的光学变形	(146)
七、熔化过程中夹杂物的诊断方法	(146)
第七章 浮法玻璃熔窑的日常维护与冷修	(149)
一、浮法玻璃熔窑的日常维护保养	(149)
二、浮法玻璃熔窑的热修	(150)
三、放玻璃液	(154)
四、熔窑冷修	(157)
五、烤窑	(158)
第八章 玻璃熔化的主要职业危害与防治措施	(168)
一、燃烧烟尘	(168)
二、车间油雾	(169)
三、辐射热危害及防护	(169)
四、噪声危害及防护	(170)
五、其他危害及防护	(170)
第九章 国家标准规范主要内容介绍	(173)
一、《平板玻璃行业准入条件》	(173)
二、《平板玻璃工厂节能设计规范》	(174)
三、《平板玻璃单位产品能源消耗限额》	(175)
四、《清洁生产标准 平板玻璃行业》	(176)
五、《平板玻璃工业大气污染物排放标准》	(177)
六、《玻璃工厂工业卫生与安全技术规程》	(177)
参考文献	(179)

第一章 浮法玻璃熔窑结构与工艺装备

一、玻璃熔窑概述

玻璃熔窑是熔制玻璃的热工设备,通常由耐火材料构成。它利用燃料的化学能、电能或其他能源产生的热量,造成可控的高温环境,使玻璃配合料在其中经过传热和动量传递等过程,完成物理和化学变化,经过熔化、澄清、均化和冷却等阶段,为生产提供一定数量和质量的玻璃液。

1. 玻璃熔窑的分类

- (1)按熔制玻璃所用容器的构造可分为:池窑、坩埚窑;
- (2)按所使用的能源可分为:火焰窑、电熔窑、火焰-电熔窑;
- (3)按熔制过程的连续性可分为:间歇式窑、连续式窑;
- (4)按烟气余热回收设备可分为:蓄热式窑、换热式窑;
- (5)按窑内火焰流动的方向可分为:横焰池窑、马蹄焰池窑、纵焰池窑、倒焰窑、平焰窑;
- (6)按制造的产品可分为:平板玻璃熔窑、日用玻璃熔窑。

2. 浮法玻璃熔窑

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,都是由熔化部、冷却部、成形作业室、小炉、废气余热利用设备、空间分隔设备与玻璃液分隔设备、保温与冷却设施、废气排出与鼓风助燃装置及窑体钢结构等部分组成。

但从规模上说,浮法玻璃熔窑要大得多,目前国内浮法玻璃熔窑日熔化量最高已达到 1200t 以上。

二、浮法玻璃熔窑结构组成

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。其平面图和立面图分别见图 1-1 和图 1-2。

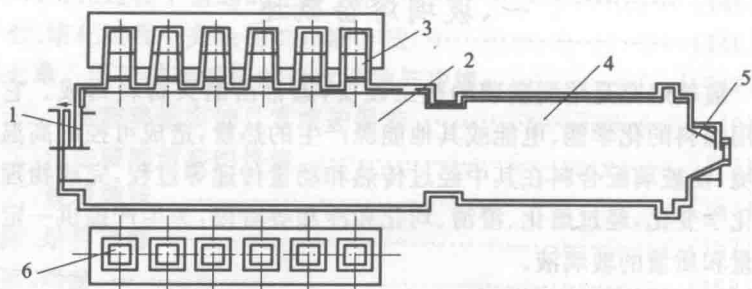


图 1-1 浮法玻璃熔窑平面图

1—投料口；2—熔化部；3—小炉；4—冷却部；5—流料口；6—蓄热室

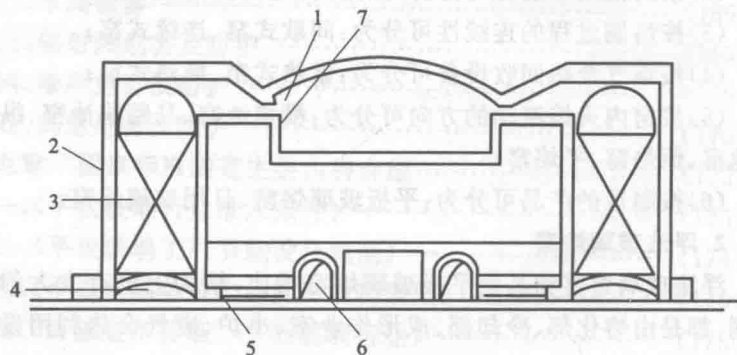


图 1-2 浮法玻璃熔窑立面图

1—小炉口；2—蓄热室；3—格子体；4—底烟道；5—连通烟道；6—支烟道；7—池壁

1. 投料口

投料池位于熔窑的起端,是一个突出于窑池外面并和窑池相通的矩形小池。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(图 1-3)投入窑内。

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。

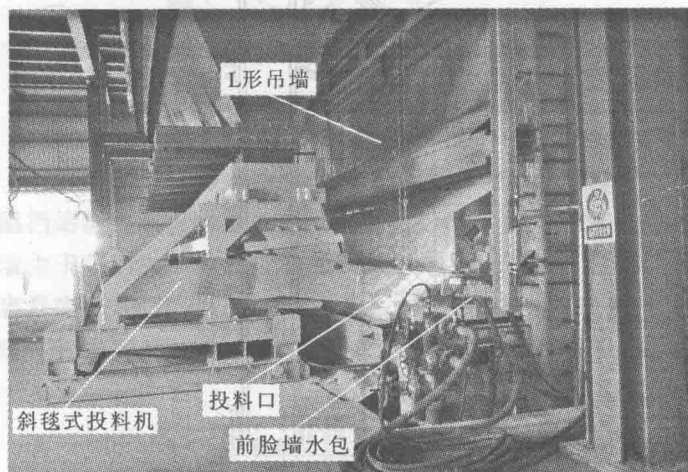


图 1-3 投料口外观图

2. 熔化部(图 1-4)

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。熔化部由熔化区和澄清区组成。熔化区的功能是使配合料经强烈的物理、化学反应形成玻璃液;澄清区的功能是使玻璃液中的气泡快速排除,使玻璃液质量达到生产优质浮法玻璃的要求。

熔化部又分为上部空间和下部池窑。其中上部空间又称火焰空间,是由前脸墙、玻璃液表面、窑顶的大碓与窑壁的胸墙所围成的充满火焰的空间;下部池窑由池底和池壁组成。

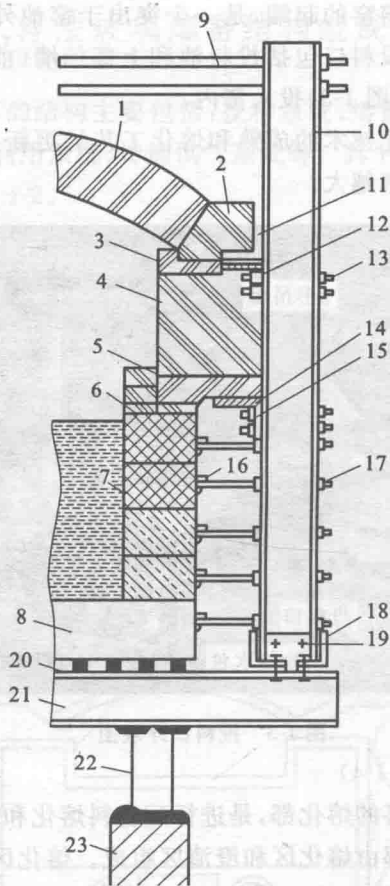


图 1-4 熔化部剖面结构

- 1—窑顶(大碓);2—窑脚(碓碓);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—窑嘴角钢;12—上巴掌铁;13—连杆;
 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

(1)前脸墙结构(图 1-5)

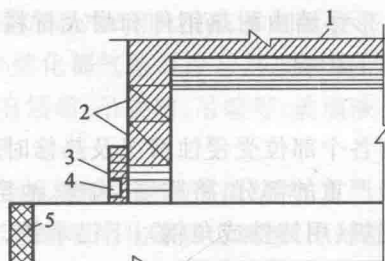


图 1-5 普通拱碯结构前脸墙

1—大碯；2—前脸墙；3—刀把砖；4—水包；5—投料口池壁

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)的逸出和热辐射。前脸墙由于受到火焰的烧损和粉料侵蚀容易损坏，并且在热风烤窑时容易变形，因此，目前国内大多数浮法玻璃企业采用的是 L 形吊墙(图 1-6)。

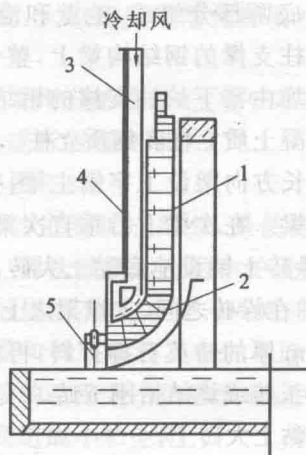


图 1-6 L 形吊墙结构

1—垂直墙区；2—下鼻区；3—吊杆；4—钢壳；5—水冷门

L形吊墙是单独悬吊的,通过机械千斤顶可以调节吊墙与玻璃液面的距离。L形吊墙由耐热钢件和耐火材料构成,其结构安全性不会受其宽度的影响。

(2) 胸墙结构

浮法玻璃熔窑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。胸墙托板(用铸铁或角钢)、下巴掌铁、立柱、窑底钢结构承受胸墙重量。胸墙底部设有挂钩砖,用于挡住窑内火焰,防止它窜出烧坏胸墙托板和巴掌铁。

(3) 大碓结构

大碓的作用是与胸墙组成火焰空间,同时,还可以作为火焰向玻璃液辐射传热的媒介,即吸收燃料燃烧时释放的热量,再将热量辐射到玻璃液表面上。

大碓一般用优质硅砖砌筑,大碓碓碴大多采用钢碓碴。

(4) 池壁、池底的结构

窑池由池壁和池底两部分组成,池壁和池底均用大砖砌筑。窑池建筑在由窑下炉柱支撑的钢结构梁上,整个窑池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受,浮法玻璃熔窑的炉柱一般为混凝土质立柱和钢质立柱。

在炉柱上面沿窑长方向架设工字钢主梁,在主梁上沿主梁垂直方向安装工字钢次梁。在次梁上沿垂直次梁方向铺设槽钢,在槽钢内卡砌垛砖,在垛砖上铺设池底黏土大砖,铺大砖之前,在槽钢上焊活动支撑架,并在垛砖之间、支撑架之上砌保温层。在黏土大砖上捣打一层 25mm 厚的锆英石捣打料,再在上面铺一层厚度为 75mm 的电熔锆刚玉砖或烧结锆刚玉砖。

池壁砌筑在池底黏土大砖上。