

玻璃熔窑节能技术与耐火材料

廖教章

瑞泰科技股份有限公司

近年来，我国经济发展迅速，GDP 增长连续几年超过两位数，但是以巨大的资源能源消耗、严重的环境污染为代价。用科学的发展观为指导，实现人与自然的和谐，保持经济又好又快发展是我们的历史责任。2008 年全球金融海啸引发全球经济衰退，实体经济也收受到严重影响，中国玻璃企业也未能独善其身，节约能源既是历史使命，也是提高经济效益、渡过金融危机的有效手段。

对玻璃行业来讲，无论是平板玻璃还是其他玻璃制品，能源消耗和环境污染问题，已经引起人们的高度重视，节能减排成为玻璃工业发展技术的重要问题。由于技术和观念落后，我国玻璃工业的能耗高于世界先进水平。如浮法玻璃能耗为 8360—6900 千焦 / 公斤玻璃液，而发达国家只有 7260—5300 千焦 / 公斤玻璃液，在平板玻璃生产中能耗较高的压延、格法等生产线仍然较多，不同的日用玻璃窑因技术不同能耗水平差距较大，玻璃工业的节能空间很大。玻璃窑炉节能技术的推广应用与耐火材料息息相关，特别是高档熔铸耐火材料。下面简要探讨玻璃熔窑节能技术与耐火材料的关系，简单介绍了我国熔铸氧化铝砖在节能型玻璃窑炉中使用的一些基本情况。

一、玻璃熔窑基本节能技术措施综述

根据有关专家测试，玻璃制品生产过程中，有 20% 左右的热量用于熔化玻璃液，40% 左右随着废气进入烟道排走，还有 40% 被熔窑表面散热而损失掉。由此可见，熔窑节能潜力很大。玻璃熔窑节能工作，从技术的角度早已开始，并已经取得了不少成绩，产生了好的效果。总的来讲，电熔窑比火焰窑能耗低，大型窑比小型窑能耗低，日用玻璃窑深池比浅池能耗低，全氧燃烧窑比空气燃烧窑能耗低，与耐火材料相关的各项节能技术简单叙述如下：

- 1、采用电熔技术，从技术经济角度看，火焰窑为表面加热，具有热效率较低、窑炉结构复杂、体积大、工作环境恶劣等缺点，而电熔窑比火焰窑更节能、更可取。
- 2、玻璃熔窑大型化。在其他条件相同的情况下，窑炉越大越节能。日用玻璃窑的面积由以前的几平方、几十平方发展到今天超过了 100 平方米，浮法玻璃窑由

以前的120t/d、300t/d发展到现在，国内有了大于1000t/d的熔窑，节能效果明显；据专家对比研究，产量为600吨/天的熔窑与300吨/日的熔窑相比，能耗可降低25%~30%。此外，大型熔窑更有利于利用余热采暖、发电等，因此，玻璃熔窑大型化是我国玻璃行业降低能耗的有效途径之一。

3、改进熔窑的结构。

对于日用玻璃熔窑，熔池深池化更节能，一般池深为 1000mm—1200 mm，节能窑的池深在 1400 mm—2600 mm。提高火口面积与熔化面积的比值由 1.6%提到 1.87%，在马蹄焰窑的小炉轴线向心式偏移 0—5 度左右，有利于提高熔化效率，蓄热室上部由上升道结构改为箱式结构，采用大澄清池结构和电辅助加热等都有利于节能。

对于浮法玻璃熔窑，熔窑结构中有利于节能降耗的改进措施包括：增加一号小炉至前脸墙的距离，使用新型节能喷枪，增加小炉喷火口宽度（喇叭型小炉结构），窑池池底采用台阶式结构，限制玻璃液的回流，设置窑底鼓泡装置，增加末对小炉至矮碓的距离，浅池熔化，采用窄长卡脖，使用深层水包，投料口 L 型吊墙，采用等宽投料池结构，实现薄层投料等。

4、加强窑体保温，减少散热损失

采用窑体全保温，包括池底、池壁、胸墙、碓顶、小炉、蓄热室等，可大量减少窑体表面向外界的散热量，可达到节约燃料 20% 左右的效果。

5、富氧燃烧技术：

富氧燃烧就是在助燃空气里增加氧气含量的一种燃烧技术。据国外的经验，使用含氧 23%的富氧空气，产量可增加 10%~12%或节省燃料 8%，如空气中含氧 30%就可以节约燃料 10%~15%。

6、全氧燃烧技术。

全氧燃烧技术是节能减排的先进技术，是用纯氧代替空气，助燃剂全部用氧气（90%~100%），不仅可提高熔窑的生产能力，改善熔化质量，提高热效率，更可减少污染物的排放，有利环境保护，与蓄热窑相比，排放的NOX减少70~95%，节省燃料40%左右。自1985年美国出现第一座烧天然气全氧池窑，1989年美国出现第一座烧油全氧池窑后，全氧燃烧技术发展很快。据统计，美国在1993~1998年间，全氧燃烧池窑每年增加15%~20%。2002年北美（包括美国、

加拿大和墨西哥),全氧燃烧已有136座窑,占北美玻璃熔窑总数25%,尤其是3座大型浮法玻璃熔窑采用了全氧燃烧技术。我国也有厂家即将在500吨/天的浮法上采用全氧燃烧技术。

7、提高熔窑寿命。

由于玻璃池窑运行后期的散热大大高于运行初期,降低熔窑后期在整个窑期的比例,也具有明显的节能效果。这是我国一座瓶罐窑与国外瓶罐窑几个指标(一个窑期的平均值)的对比,可以看到窑龄与热耗的关系:

指标	热耗(千焦/公斤玻璃液)	热效率(%)	窑龄(年)
国外	4600	55	9—11
国内	9000	30	3—5

我国浮法玻璃熔窑的窑龄已由5年左右延长至8年左右,正向着10~12年的目标努力。

有些节能技术是单项使用的,但更多的技术措施使综合使用效果更好,一座30m²的小瓶罐窑,综合采用了以上相关技术后,出料量提高了58%,熔化率提高41%,热耗降低65%,热效率提高63%。

二、节能技术的推广应用,离不开高档熔铸耐火材料

上述各节能技术与高档熔铸耐火材料密切相关,没有档次高、质量好的熔铸耐火材料,先进的节能技术无法实现。

电熔窑更节能,它要求熔铸锆刚玉砖的档次和质量都相当的高,否则电极孔砖会很快侵蚀损坏,窑炉寿命无法保证,甚至带来事故。

玻璃熔窑大型化是很好的节能措施,因此已被广泛采用,但是以熔铸耐火材料发展为前提。玻璃熔窑越大,对熔窑的安全运行要求就越高,砌筑熔窑用的熔铸耐火材料尤显重要。比如同样是平板玻璃,小型的格法、压延,由于规模小,设计窑龄短,对耐火材料的要求就相对较低,而大型浮法窑对熔铸耐火材料的要求就很高,既要有良好的质量水平,又要有很好的质量稳定性。

在日用玻璃窑中,深池技术玻璃质量高、节能效果好,虽然窑炉设计者们越来越多地使用此技术,但深池玻璃窑的池壁砖是一次浇铸成型的立浇无缩孔砖,熔铸耐火材料单砖高度达到2200MM,有的高度超过2500MM,技术难度大,缩孔和裂纹的控制、砖材质量均匀性非常重要。

目前普遍采用的窑炉全保温技术更是要求熔铸耐火材料的性能指标达到较高的水平，特别是对玻璃相渗出温度和抗玻璃液侵蚀性能的要求较高。原料纯度控制不好、有些甚至采用玻璃窑用过的废砖直接做原料，工艺落后或工艺控制水平低而生产出来的产品不能在全保温技术窑炉上使用。

提高熔窑寿命是很好的节能减排技术措施。虽然影响不同类型窑炉的平均寿命不同的因素很多，但均与耐火材料的各项使用性能密切相关。现在浮法窑的窑龄为 5—8 年，还将进一步把窑龄延长至 10~12 年，耐火材料必须有更大的提高。合理选配耐火材料是提高窑炉寿命的重要方法，熔窑各部位的作业条件不同，耐火材料的损毁机理与破坏程度也不相同，必须根据各部位的具体情况合理选择配置，才能使各部位材料的使用寿命相匹配，提高熔窑的整体效果，降低成本。

全氧燃烧技术是我国玻璃工业技术发展的必然方向，全氧技术虽然有许多优点，但其窑炉结构与一般窑不同，由于采用全氧燃烧，熔窑内碱蒸气和水蒸汽浓度升高，加速了耐火材料的侵蚀，尤其是上部结构，对耐火材料提出了更高的要求。由于要求上部结构砖在 1600—1650℃ 的运行温度下，要保持“干燥”、具有更高的抗蠕变性能，目前采用的硅砖已不再适应需要，必须找替换材料，如熔铸氧化铝系列耐火材料、低玻璃相 AZS 系熔铸耐火材料和新的特优硅砖等。

三、熔铸氧化铝砖在玻璃熔窑节能中的作用

熔铸氧化铝砖的使用与否，使用多少是评价浮法玻璃熔窑档次的一个重要因素，它对玻璃的质量影响很大，在窑炉节能中起到很大作用。

熔铸 $\alpha - \beta \text{Al}_2\text{O}_3$ 流道、流槽是生产浮法玻璃必不可少的材料，要淘汰技术落后的、能耗较高的格法、平拉等平板玻璃生产技术，而推广使用能耗较低的浮法技术必须使用熔铸 $\alpha - \beta \text{Al}_2\text{O}_3$ 砖。

提高玻璃质量、生产深加工玻璃或直接在线镀膜等，是节能的另外一种手段。提高浮法玻璃熔窑档次、熔窑大型化，冷却部铺底和池壁必须采用 $\alpha - \beta \text{Al}_2\text{O}_3$ 砖。我国平板玻璃面临着产业升级和结构调整的问题，目的之一就是要节能减排，平板玻璃除了扩大规模外，更重要的是增加高档玻璃的比例，这就要求窑炉高档化。与国外相比，我国高档浮法玻璃所占比例较小，国外高档玻璃窑设计是：冷却部池壁、铺底、流道、流槽、卡脖等部位均采用熔铸氧化铝砖。瑞泰科技股份有限公司出口俄罗斯的由德国 HORN 公司设计的两个 650 吨/日浮法窑，整个窑炉冷却

部全部采用熔铸 α - β 氧化铝材料，每窑用量超过120吨。而国内中档浮法窑，冷却部上层池壁、冷却部铺底、流道、流槽均采用 α - β Al_2O_3 砖，国内管理较好、技术先进、实力较强的玻璃厂家在窑炉冷却部均配套选用 α - β Al_2O_3 砖。而生产太阳能基板玻璃的生产线整个窑炉冷却部全部采用熔铸 α - β 氧化铝材料。

由于 α - β 具有很强抗玻璃液冲刷、侵蚀性能，在日用玻璃窑的工作池和供料道采用熔铸 α - β 氧化铝材料，能提高玻璃制品的品质和合格率，减少废品回炉数量，本身就是节能的措施之一。因此，生产高档器皿玻璃制品时，工作池和供料道使用 α - β Al_2O_3 砖能达到理想的效果。如美国OI公司所有料道均使用 α - β Al_2O_3 砖；德国SORG公司设计的瓶罐窑，供料道也采用 α - β Al_2O_3 砖。

全氧燃烧窑节能效果好，窑的上部结构砖要求玻璃相的含量低，在1600—1650℃下不“湿”，特别是大碓顶，更需要使用 α - β Al_2O_3 砖，如现在石家庄宝石集团的一座电子窑就是全氧燃烧窑，其碓顶和胸墙就是 α - β Al_2O_3 砖，现在使用效果良好。

四、结束语：

节能减排已成为我国玻璃行业的头等大事，新的节能技术还有待研究，现有技术全面推广应用离不开熔铸耐火材料。中国熔铸耐火材料行业已经崛起，经过中国建筑材料科学研究总院研发人员为首的几代中国熔铸耐火材料人的努力，现在品种齐全、质量可靠，完全可以满足使用要求。中国熔铸耐火材料行业将与中国玻璃行业并肩携手，开展节能、爱护地球、实现人与自然的和谐。

备注：文章摘自2010年4月都江堰玻璃熔窑优化设计与节能技术交流会报告汇编

作者: 廖教章
作者单位: 瑞泰科技股份有限公司

本文读者也读过(10条)

1. [王晓红](#) [对国内外玻璃窑用关键耐火材料性能剖析研究](#)[会议论文]-2010
2. [李军](#) [浅谈石墨模型在熔铸 \$\alpha\$ - \$\beta\$ 氧化铝砖生产中的应用](#)[会议论文]-2000
3. [李铁](#), [徐宝奎](#), [张立文](#), [孙宏明](#), [李亚杰](#) [熔铸 \$\alpha\$ - \$\beta\$ 氧化铝制品生产线技术改造要点](#)[会议论文]-2001
4. [廖教章](#) [玻璃熔窑节能技术与耐火材料](#)[会议论文]-2009
5. [沈钢](#), [周章怀](#), [蔡中开](#) [熔铸刚玉耐火材料制品的着色浅析](#)[会议论文]-1999
6. [李晓光](#) [生产高质量玻璃用熔铸氧化铝](#)[期刊论文]-[辽宁建材](#)2001(4)
7. [盛敏琪](#), [寇小川](#), [张晓波](#), [梁宏勋](#), [张庆华](#) [熔铸氧化铝耐火材料偏析现象的研究](#)[会议论文]-
8. [王培华](#) [浮法玻璃窑用熔铸材料的应用与发展](#)[会议论文]-
9. [刘锡俊](#), [陈松林](#), [王杰曾](#), [袁林](#), [叶亚红](#), [李鹏海](#), [赵洪亮](#), [汪长安](#) [烧结 \$\alpha\$, \$\beta\$ -Al₂O₃砖的制备与性能研究](#)[会议论文]-2010
10. [王征](#), [王文卓](#) [全氧和重碱环境用再结合镁铝尖晶石材料](#)[会议论文]-2010

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7350712.aspx