

中图分类号:TQ171.77\*6.21 文献标识码:A

# 单元窑炉热工平衡测算及节能分析

张铁柱,邵胜利

(泰山玻璃纤维有限公司,泰安 271000)

摘要:针对4万t玻璃纤维窑炉和通路建立热平衡测算方案并进行热工平衡测试和计算;分析了影响热平衡的各个因素,为玻璃纤维窑炉开展节能降耗工作提出建议。

关键词:玻璃纤维;单元窑炉;热工平衡测算

## Thermal Balance Calculation and Energy Efficiency Analysis for Unit Melter

ZHANG Tiezhu, SHAO Shengli

(Taishan Fiberglass Inc., Taian 271000)

Abstract: A plan for evaluating the thermal balance in a 40 000 t/a fiberglass furnace was made, and the thermal balance was measured and calculated accordingly, based on which the factors affecting the balance were analyzed and some suggestions on reducing energy consumption of fiberglass furnaces were raised.

Key words: glass fiber; unit melter; thermal balance calculation

### 0 前言

窑炉是玻璃纤维生产装备的心脏,也是企业生产过程中能耗最大的设备,其能耗占到企业总能耗的70%以上。为了有效地降低能耗,对玻璃纤维单元窑炉的能耗进行科学的有效热平衡测算和分析是节能的重要环节。窑炉热工平衡测算是窑炉进行热工调查的有效手段<sup>[1]</sup>。通过窑炉热工平衡计算可以

提高窑炉的能源利用率,为窑炉的设计、施工和现场操作做出科学评价;找出热工方面存在的问题,指导窑炉工艺调整,为窑炉节能降耗提供依据。泰山玻纤公司4万t池窑于2008年3月顺利点火,至今已安全运行3年时间。该池窑采用当今世界上最先进的玻璃纤维成形工艺,配置了最先进的DCS控制系统,对配料、熔制、拉丝等工艺技术参数实现自动化集中控制。池窑的窑型结构为单元窑,采用纯氧燃烧和电助熔熔化技术,熔化面积为65 m<sup>2</sup>,熔化率为1.8。作业通路为“H”型结构,共安装50块4 000孔铂金漏板,产品全部为直接纱。本文对该窑炉和作业通路进行热工平衡测算,并根据运算结果提出了

收稿日期:2011-02-25

修回日期:2011-03-22

作者简介:张铁柱,男,1975年生,泰山玻璃纤维有限公司技术部主任工程师。

节能措施建议。

### 1 窑炉热平衡测算方案

进行窑炉热工平衡测算依据是质量守恒定律和能量守恒定律。本次进行单元窑炉热工平衡测算分为单元窑炉熔化部和通路两部分,在热平衡测试时,对两个部分分别进行计算。图1显示了窑炉运行系统,熔化部热工系统主要是熔化部、水平烟道、流液洞部分;通路热工系统包括主通路、过渡通路和成形通路以及流液洞部分。

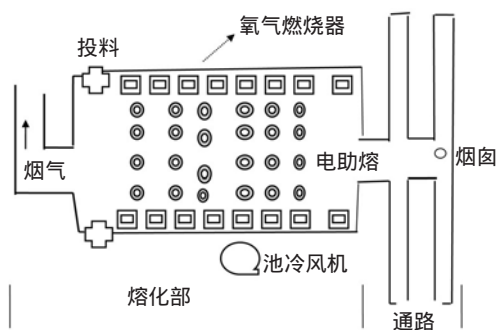


图1 窑炉运行系统图

#### 1.1 熔化部测算方案

熔化部采用纯氧燃烧和电助熔辅助熔化技术,燃料为天然气,氧气助燃。熔化部系统的分界面是:窑体的外表面、配合料进投料口及玻璃液进入流液洞的界面以及燃料、助燃氧气等物料进入熔化部,烟气离开炉体的界面。进入体系的物料有:天然气、氧气、配合料、压缩空气;出体系的物料有烟气、熔化好的高温玻璃液等,两者实现物料质量平衡,如表1所示。

#### 1.2 通路测算方案

通路也采用纯氧燃烧,燃料为天然气,氧气助燃。通路系统的分界面是:玻璃液进入流液洞的界面,玻璃液离开各漏板的漏板砖的界面,天然气及助燃氧气进入通路,烟气离开各排烟烟囱的界面。进入体系的物料有:天然气、氧气、澄清温度下的高温玻璃液,出体系的物料有成型温度下的高温玻璃液、烟气等,两者实现物料平衡,如表2所示。

表1 建筑用发泡陶瓷保温板的主要性能指标

内容	质量 /kg
燃料	355
助燃介质	1 530
入体系质量	配合料 4 950
压缩空气	30
进体系物料总质量	6 865
出体系质量	烟气 2 112
玻璃液	4 538
其他出体系物件	215
出体系物料总质量	6 865

注: 该质量为每小时的进入质量。

表2 通路进出物料平衡表

内容	质量 /kg
通路燃气	105
通路助燃介质	512
入体系质量	进入通路玻璃 4 538
进体系物料总质量	5 155
出通路烟气	615
出放料漏板玻璃	120
出体系质量	通路成形玻璃液 4 418
其他出体系物料	2
出体系物料总质量	5 155

注: 该质量为每小时的变化质量。

## 2 热平衡测算

热平衡计算以0 为基准温度,燃料发热量以燃料应用基低位发热量为基准,以能量守恒方程为依据,以1 h的物料和能量为收支平衡进行计算。

热平衡测试中使用的主要设备仪器有:数字温度计、红外辐射高温温度计、红外辐射热成像仪、烟气分析仪、干湿球温度计、风速仪、高温粘度仪、流量计等。

### 2.1 熔化部

表3为窑炉熔化部收支能量平衡表。从表中看出,窑炉输入能量主要是燃料燃烧热和电助熔提供的能量;在输出体系中主要是玻璃液带出的能量、窑炉

表面散热量和烟气带出的热量<sup>[1]</sup>。

表3 窑炉热平衡表

项目	热量 /kJ	比例/%
燃料燃烧热	$1\ 766.53 \times 10^4$	73.1
燃料显热	$2.36 \times 10^4$	0.1
助燃介质显热	$4.19 \times 10^4$	0.2
输入体系能量 空气显热	$0.13 \times 10^4$	0
配合料显热	$13.77 \times 10^4$	0.6
电助熔能供入热	$630.53 \times 10^4$	26.1
输入体系总热量	$2\ 417.51 \times 10^4$	100.0
玻璃液带出显热	$707.06 \times 10^4$	29.2
玻璃液带出潜热	$470.53 \times 10^4$	19.5
池窑表面散热	$470.67 \times 10^4$	19.5
孔口辐射散热	$0.092 \times 10^4$	0
电助熔和投料机	$102.78 \times 10^4$	4.3
输出体系能量 冷却水带出热		
冷却风带出热	$19.38 \times 10^4$	0.8
烟气显热	$533.52 \times 10^4$	22.1
蒸汽潜热	$161.49 \times 10^4$	6.7
其他能量损失	$-48.00 \times 10^4$	-2.0
输出体系总热量	$2\ 417.52 \times 10^4$	100.0

注：该质量为每小时的变化质量。

## 2.2 通路

表4为窑炉通路部分收支能量平衡表。从表中看出，通路输入能量主要是燃料燃烧热和从窑炉带入的高温玻璃液提供的能量；在输出体系中主要是玻璃液带出的能量、通路表面的散热量，以及烟气带走的能量<sup>[1]</sup>。

## 2.3 窑炉热效率计算

综合窑炉和通路的能量分析计算，得出窑炉的热效率、天然气有效能耗比例和全窑的单位能耗。表5为窑炉测算数据指标。

## 3 结果讨论和节能分析

通过对窑炉现场数据测量和计算，我们可以得到以下几点：

表4 通路热平衡表

项目	热量 /kJ	比例/%
通路燃料输入热量	$507.80 \times 10^4$	41.7
通路气体燃料显热	$0.68 \times 10^4$	0.1
输入体系能量 通路助燃介质显热	$1.41 \times 10^4$	0.1
玻璃液带入热量	$707.16 \times 10^4$	58.1
输入通路总热量	$1\ 217.05 \times 10^4$	100.0
成型玻璃液带走热量	$579.00 \times 10^4$	47.6
放料玻璃流股带走热量	$15.73 \times 10^4$	1.3
通路表面散热	$475.01 \times 10^4$	39.0
输出体系能量 通路烟气带走热量	$116.94 \times 10^4$	9.6
通路水包冷却水带走热量	$23.34 \times 10^4$	1.9
通路其他热损失	$7.03 \times 10^4$	0.6
输出通路总热量	$1\ 217.05 \times 10^4$	100.0

注：该质量为每小时的变化质量。

表5 窑炉能耗测算数据

项目	数据
窑炉热效率/%	52
天然气有效能量利用率/%	39
全窑(窑炉+通路)单位能耗/kcal·kg <sup>-1</sup>	1 56

(1) 窑炉热效率达到52%，天然气的有效能量利用效率达到39%，属于较高的热利用率水平，这主要得力于采用纯氧燃烧和电助熔技术；玻璃窑炉的单位能耗为6 489.54 kJ/kg玻璃，指标较为理想。但从窑炉和通路的输出能耗比例看，仍有节约的空间。

(2) 在熔化部热工平衡计算中，输出体系中的烟气显热占22.1%，这部分被散失掉的热量是相当可惜的。我们要充分考虑此部分余热的利用价值，比如利用余热进行烘干原丝、利用余热制造蒸汽等方式，进而提高窑炉热效率。

(3) 在熔化部热工平衡计算中，输出体系中池窑表面散热占19.5%，这部分被散失掉的热量也是相当大的。从窑炉安全的角度上考虑，通过窑炉外表面散失部分是必要的；但从节能的角度上，对胸墙、碓顶等部位采用一些新型保温材料，提高其保温性

(下转第20页)

(上接第3页)

能,也是可行的。这对环境改善和节能都是有益的。

(4) 在通路热工平衡计算中,输出体系中池窑表面散热占39%,这部分被散失掉的热量是相当大的。在今后的设计中,要考虑对通路进一步采取更好的

保温措施,提高保温性能,降低能耗。

#### 参考文献

- [1] 孙承绪,陈润生.玻璃窑炉热工计算及设计[M].北京:中国建筑工业出版社.1983. 