

## 链篦机的热工测试及节能研究

冯俊小<sup>1</sup>, 郑海薇<sup>1</sup>, 张永明<sup>2</sup>, 杨金保<sup>2</sup>

(1. 北京科技大学 热能工程系, 北京 100083; 2. 首钢矿业公司, 河北 迁安 064404)

**摘要:**在对首钢矿业公司链篦机-回转窑系统中链篦机进行热工测试的基础上,结合生产设备、工艺及运行特点,分析和诊断了其热能利用状况。结果表明:链篦机炉体散热较小,但存在烟罩内串风严重、预热二段吸风量较大等缺点。针对这些缺点,提出了一些节能措施,为该工艺和设备的进一步完善提供了可靠的理论依据。

**关键词:**链篦机-回转窑;热工测试;节能

**中图分类号:**TF806.12

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-6988(2008)01-0011-03

## Thermal Measurement and Researching on Energy-Saving of Chain Grate

FENG Jun-xiao<sup>1</sup>, ZHENG Hai-wei<sup>1</sup>, ZHANG Yong-ming<sup>2</sup>, YANG Jin-bao<sup>2</sup>

(1. Department of Thermal Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China; 2. Mining Company, Capital Iron and Steel Company, Qian'an 064404, China)

**Abstract:** Based on the thermal measurements and the characteristics of equipment, process and operation, heat utilization status of the chain grate of Shougang Mining Company grate-kiln system is analyzed and diagnosed. According to the result, the heat losses of the chain grate is small. However, the flow of air is serious between the hoods, and air suction is large in the second preheating section meanwhile. Focusing on these shortages, several energy-saving measures are proposed to provide a reliable theoretical basis for the further improvement of the grate.

**Key words:** grate-kiln; thermal measurement; energy saving

链篦机-回转窑球团法是一种联合机组生产球团矿的方法,其主要特点是生球的干燥预热、预热球的焙烧固结和焙烧球的冷却分别在三个不同的设备中进行<sup>[1]</sup>。而作为生球脱水干燥和预热氧化的热工设备——链篦机,是将生球布在慢速运行的篦板上,利用环冷机余热及回转窑排出的热气流对生球进行鼓风干燥、抽风干燥及预热氧化,然后直接送入回转窑进行焙烧。该球团法具有对原料的适应性强、单机生产能力大、焙烧均匀、球团质量好、能耗低、可使用煤粉作燃料和经营费用低等一系列突出优点,因而这种球团法获得迅速发展<sup>[2-4]</sup>。

自2000年首钢矿业公司率先建成100万t/a以粉煤为燃料的链篦机-回转窑-环冷机球团生产线以来,国内已有数十套该类生产系统投入运行,但尚

缺乏对该系统进行全面测试和研究。本文的研究就是致力于填补这一空白<sup>[5,6]</sup>。

### 1 热工测试方法

热工测试应在链篦机正常稳定生产的条件下进行,整个系统的热平衡测定次数不少于两次。进入系统的生料物理水、灼减量及熟料的理化检测在测定期间内送检3次,而燃料组成和发热量为一次取样检测。在一个测定周期内,风温、风压、风量测定两次,气体成分分析4次。

2006年,对首钢球团厂的链篦机-回转窑系统进行了热工测试。本次链篦机热平衡测试的范围见图1,测试项目包括进出链篦机系统的物料和热量。对于连续生产的链篦机系统,根据物料及能量守恒,在稳定状态下,单位时间内输入及输出的热量与物料相等。输入物料包括进入链篦机的生球和来自于回转窑、环冷机的气体;输出物料包括干返料、完成干燥预热后进入回转窑的球团和各段排出的烟气。

收稿日期:2007-09-15

作者简介:冯俊小(1960—),男,教授,博士生导师,从事热能与动力工程方面的教学和科研工作。

热收入来源于回转窑和环冷机的高温烟气和链篦机内球团中 FeO 的氧化放热;热支出则包括有效利用热量及各种热损失等。

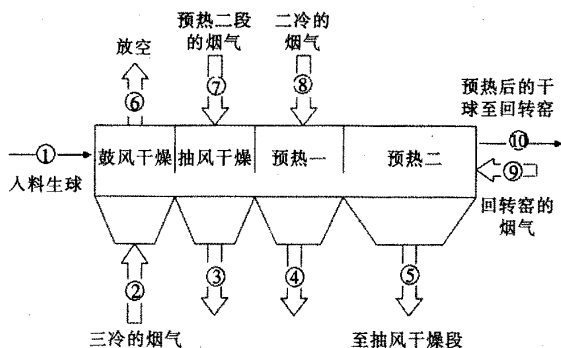


图 1 链篦机示意图

## 2 热工测试结果及节能对策

根据本次热工测试所得的结果, 对其进行数据整理、物料平衡计算及热量平衡计算, 其结果见表 1、表 2。

## 2.1 热平衡表分析

根据式(1),代入数据得链篦机的热利用率为80.48%,说明设备结构设计合理,保温技术措施得当,保温效果好。

$$\eta' = \frac{\text{链篦机总收入热量} - \text{循环热量} - \text{烟气带走的热量}}{\text{链篦机总收入热量} - \text{循环热量}} = \frac{\sum Q_1 - Q_3 - Q'_2 - Q'_3 - Q'_4}{\sum Q_1 - Q_3} \times 100\% \quad (1)$$

表 1 鏈篋机物料平衡表

收入项				支出项			
符号	项 目	t/h	%	符号	项 目	t/h	%
$G_1$	进入物料的重量	309.03	21.65	$G_1'$	物料带出的重量	272.29	19.08
$G_2$	鼓风干燥段鼓入气体的重量	200.15	14.02	$G_2'$	鼓风干燥段烟气的重量	64.31	4.51
$G_3$	抽风干燥段鼓入气体的重量	411.04	28.80	$G_3'$	抽风干燥段与预热一段东侧排出烟气的重量	310.51	21.75
$G_4$	预热一段鼓入气体的重量	178.82	12.53	$G_4'$	抽风干燥段与预热一段西侧排出烟气的重量	388.80	27.24
$G_5$	预热二段鼓入气体的重量	125.65	8.80	$G_5'$	预热二段烟气重量	411.04	28.80
$G_6$	预热二段吸风的重量	202.75	14.20	$G_6'$	干返料的重量	14.01	0.98
				$G_7'$	多管除尘中除去的飞灰的重量	2.22	0.16
				$\Delta G$	差值	-35.73	-2.50
合计		1 427.45	100	合计		1 427.45	100

表 2 链篦机热平衡表

收入热量				支出热量			
符号	项 目	$\text{kJ/h} \times 10^6$	%	符号	项 目	$\text{kJ/h} \times 10^6$	%
$Q_1$	物料带入的热量	1.20	0.22	$Q_1'$	物料带出的热量	219.2	39.44
$Q_2$	鼓风干燥段鼓入气体所带的热量	25.97	4.67	$Q_2'$	鼓风干燥段烟气带走的的热量	5.3	0.95
$Q_3$	抽风干燥段鼓入气体所带的热量	128.3	23.09	$Q_3'$	抽风干燥段与预热一段东侧排出烟气带走的的热量	35.8	6.44
$Q_4$	预热一段鼓入气体所带的热量	133.93	24.10	$Q_4'$	抽风干燥段与预热一段西侧排出烟气带走的的热量	42.35	7.62
$Q_5$	预热二段鼓入气体所带的热量	151.9	27.33	$Q_5'$	预热二段烟气带走的热量	130.6	23.50
$Q_6$	氧化亚铁氧化放出的热量	114.61	20.59	$Q_6'$	干返料带出的热量	3.16	0.57
$Q_7$	预热二段鼓入气体燃烧带入的热量	0	0.00	$Q_7'$	冷却水带走的热量	4.07	0.73
				$Q_8'$	炉体散热	6.55	1.18
				$Q_9'$	生料中水分蒸发吸收的热量	64.87	11.67
				$Q_{10}'$	篦板带走的热量	63.44	11.42
				$\Delta Q$	差值	-19.62	-3.50
合计		555.91	100	合计		555.91	100

链篦机的热量收入主要来自回转窑的尾气和环冷机冷却气体,由表 2 可以看出预热一段、预热二段鼓入气体即二冷段和回转窑的烟气所带入的热量所占比例较大,达到 67%;入链篦机的球团温度较低,故球团带入的热量占热收入总量的比例很小,只有 0.22%。

## 2.2 吸风量

预热二段东西侧排出的烟气温度分别为 355.5℃和 316℃, 此段篦板的平均温度为 636.11℃, 由此可见此处吸入大量冷风。经计算此处吸风量高达 202 750 kg/h, 从图 2 可以看出该风量占链篦机总收入风量的 28%。冷风的大量吸入, 大大降低了烟气

温度,不利于球团的干燥和预热,在一定程度上造成能质的降低和热量的浪费。



图2 链篦机收入风量

### 2.3 炉膛内串风

本次测试中发现的一个主要问题是链篦机烟罩风箱内的串风比较严重。以鼓风干燥段为例,鼓入该段的风量约为16万 $\text{m}^3/\text{h}$ ,而鼓出量还不到5万 $\text{m}^3/\text{h}$ 。除去机尾漏走一部分以外,大量的风进入了抽风干燥段。这是由于鼓风段为正压,而抽风段为负压造成的。鼓风段气体温度较低,平均只有100℃,大量串入抽风干燥段,造成抽风段的烟罩温度降低,不利于抽风段的干燥预热,其他几段也是如此。

### 2.4 机体散热

通过测试发现链篦机前后端墙、两侧炉墙温度均在100℃左右,炉底的风箱温度较高,但也不超过300℃,机体散热损失只占总收入热量的1.18%。可见链篦机机体热损失较小,保温效果好,节能效果明显。

### 2.5 篦板带走热量

由热平衡测试计算结果可以看出,篦板带走热量高达 $63.44 \times 10^6 \text{ kJ/h}$ ,占总收入热量的11.42%,造成了较大的能量损失。这一方面是由于工艺决定了机头篦板温度较高,另一方面则是因为篦板的自重太大,带走了大量的热量。所以应对链篦机篦板进行结构优化,减轻篦板质量,对其进行绝热保护等,则可在较大程度上减少篦板所带走的热量,可进一步提高链篦机的热利用率。

### 2.6 球团中的水分蒸发

本次测试还检测了鼓风干燥段放空气体中的含湿量,以检测球团中的水分在各段的干燥情况。实际测得鼓风干燥段排出气体的相对湿度为51.6%,计算水分在鼓风段蒸发量为800.65 $\text{kg/h}$ ,占总水量

的6.2%。即球团中的水分在鼓风干燥段干燥了6.2%,其余的在抽风段和预热一段干燥。

### 2.7 对链篦机系统检测数据优化的建议

本次测试发现链篦机-回转窑系统的检测控制系统并不是很完善,有些数据不全,有些不准确,在此提出以下建议:

链篦机内烟罩和风箱温度数据较多,但是风量检测少;链篦机各段的出入口的气体的流量、温度、压力、出入料球的温度等基本没有检测数据;链篦机处的吸风量较大,若能实时检测出各段出入口的风量,对于控制链篦机的吸风,以及链篦机内的串风问题都有帮助,以实现链篦机在较好的状态下工作;鼓风干燥段可加仪器检测放空气体湿度,以便更好的了解和控制球团的干燥情况。

## 3 结论

该链篦机采用回转窑和环冷机烟气的余热进行球团的干燥和预热,大大地提高了该生产线的能源利用率,降低了球团生产的能源消耗,产品生产成本大幅度下降,其成功经验值得推广。测试结果也表明该链篦机生产运行管理基本正常,存在的主要问题有漏风、内部各段串气、链篦笨重等,在今后的工作中需要不断完善和改进。

### 参考文献:

- [1] 余永富. 我国铁矿资源有效利用及选矿发展的方向[J]. 金属矿山, 2001(2): 9-11.
- [2] 熊守安, 朱德庆, 范晓慧, 等. 链篦机-回转窑法氧化球团矿试验研究[J]. 烧结球团, 2002, 27(4): 1-6.
- [3] EARNEY, Fillmore C F. New ores for old furnaces: pelletized iron [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1969, 59(3): 512-534.
- [4] Leonieva AI, Bryankin KV, Kononov VI, et al. Heat and mass transfer during drying of a liquid film from the surface of a single inert particle[M]. Drying Technology, 2001.
- [5] 王介生, 张勇, 丛峰武, 等. 鞍钢200万吨氧化球团链篦机-回转窑系统的设计[M]. 烧结球团, 2005, 30(4): 9-12.
- [6] 冯俊小, 刘红艳. 顺流加热含碳球团直接还原的实验研究[J]. 工业加热, 2005, 34(3): 53-55.