

· 技术分析 ·

高炉无料钟炉顶布料器的冷却分析

刘志刚¹① 卞致瑞¹ 苏维² 徐旺¹ 卜匀¹

(1:北京科技大学 北京 100083; 2:首都钢铁公司 北京 100041)

摘要 首钢一号高炉无料钟炉顶布料器是水冷、氮气密封的结构,对影响布料器冷却的各主要参数进行了分析,得出各个参数对布料器齿轮箱内温度的影响程度,在此基础上提出了一种旋转圆筒结构的改进方案,此方案可大幅度降低布料器内的温度,并可大量节省冷却水用量。

关键词 高炉 无料钟炉顶 布料器 旋转圆筒

中图分类号 TF321.3

文献标识码 A

Analysis on the Cooling for the Distributor of the Bell - Less BF Top

Liu Zhigang¹ Bian Zhirui¹ SuWei² Xu Wang¹ Bu Yun¹

(1:University of Science and Technology Beijing; 2:Shoudu Iron and Steel Co.)

ABSTRACT The distributor of the Bell - less Top of No. 1 BF at Shoudu Iron and Steel Co. is an equipment cooled with water and sealed with nitrogen. From the analysis on the main factors which affect the temperature of the distributor, the rank of these factors is resulted. Based on the analysis a new type of a revolving cylinder is developed. This new one can reduce the inside temperature of the distributor and the amount of the cooling water largely.

KEYWORDS Blast furnace Bell - less top Distributor Revolving cylinder

1 引言

布料器是无料钟炉顶设备的核心部件,它的正常运转对高炉的炉况稳定、生产顺行起着非常重要的作用。布料器安装在炉顶钢圈上,受到炉喉高温料面、热煤气、粉尘的威胁,所以对其进行冷却和密封是保证布料器正常工作的必要手段。

2 布料器工作条件和结构

2.1 布料器的工作条件

首钢一号高炉布料器为密闭循环水冷却,氮气密封,对工作条件要求比较严格。通常炉顶温度应控制在 150 ~ 300℃,齿轮箱内温度 < 70℃,气密箱内正常控制温度应 < 50℃,炉顶最高温度要求不大于 600℃,并且要求炉顶温度超过 600℃

的时间不超过 30min,炉顶压力设计为 0.2MPa。

上述环境条件为布料器的正常工作条件,炉顶温度过高且持续时间过长或者冷却效果不佳,则可能造成布料器温度过高,使其零部件出现卡死停转的现象。从而影响布料器的正常运转和使用寿命。

2.2 布料器的结构

一号高炉布料器由钢结构的气密箱外壳和内部的齿轮传动机构、中心厚管、溜槽等构成主体部分。气密箱内还有上下水槽,冷却水联络管,排水管等构成箱内冷却设备。布料器顶端还分布有冷却水进水管,加压氮气进气管,润滑油管,其结构如图 1 所示。

① 作者简介:刘志刚,男,1979 年出生,北京科技大学机械工程学院硕士研究生
万方数据

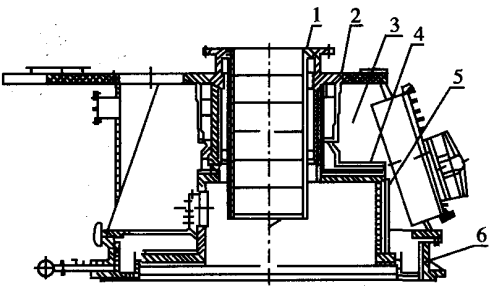


图 1 首钢一号高炉布料器结构图

1 - 中心喉管;2 - 上水槽;3 - 气密箱;
4 - 冷却水管;5 - 旋转圆筒;6 - 下水槽;

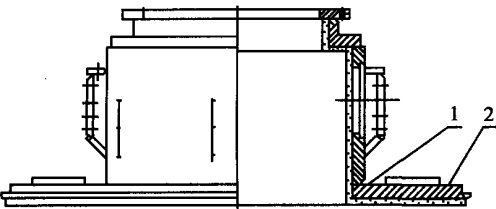


图 2 旋转圆筒结构图

1 - 旋转圆筒;2 - 耐火浇注料

3 布料器冷却效果分析

采用计算机模拟的方法对影响布料器冷却的各主要参数进行分析,达到优化各主要参数进而增强冷却效果的目的。实践表明旋转圆筒所在位置是气密箱内热量的主要来源。它直接与高炉煤气接触,所以其内侧有一层耐火浇注材料,起着隔热和防止高炉煤气冲刷的作用。旋转圆筒的结构如图 2 所示。冷却水管安装在旋转圆筒外侧,即靠近气密箱一侧,水管间用捣料

填充。
3.1 模型的建立
由于旋转圆筒结构是对称的,且其结构比较复杂,本文选择旋转圆筒的一部分进行分析,建立图 4 所示的有限元模型。

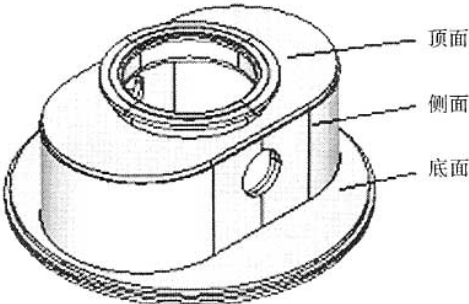


图 3 旋转圆筒立体图

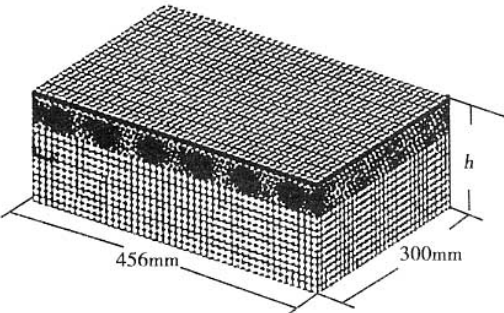


图 4 有限元模型

在图 3 所示的旋转圆筒顶面、侧面和底面分别取出旋转圆筒壁的一部分建立有限元模型。其中模型长度为 456mm,宽度为 300mm,厚度 h 为各部位旋转圆筒的壁厚,施加如表 1 所示的边界条件。

表 1 施加的边界条件					
炉顶温度 /℃	耐火浇注料导热系数 /W·(m·k) ⁻¹	钢板的导热系数 /W·(m·k) ⁻¹	捣料的导热系数 /W·(m·k) ⁻¹	管内的换热系数 /W·(m ² ·k) ⁻¹	箱内的换热系数 /W·(m ² ·k) ⁻¹
300	1.5	52	10	2360	20

计算得出旋转圆筒外表面的表面温度的平均值为 43.4℃,与测量的气密箱内的平均温度值 46.8℃相差 3.4℃,相差 7.8%。同时考虑到旋转圆筒溜槽悬挂处的两个侧面没有冷却水管,此处温度远远高于平均值。所以认为此模型在一定误差范围内能正确反映气密箱内的温度。

3.2 主要参数对旋转圆筒表面温度的影响

以在旋转圆筒底面所取的模型为例,说明主

要参数对旋转圆筒表面温度的影响。
3.2.1 耐火浇注料厚度和导热系数的影响
固定其它参数的值,分别改变耐火浇注料的厚度和导热系数,得出旋转圆筒表面的温度与厚度和导热系数的曲线见图 5 和图 6 所示。
从图 5 和图 6 中可以看出耐火浇注料的厚度不宜取得过小,当其厚度小于 40mm 时,旋转圆筒的表面温度会随着厚度的减小迅速升高,但当大于 40mm 时旋转圆筒表面温度下降的趋势随着厚

度增加而减小。所以耐火浇注料的厚度宜取 40mm~50mm。而耐火浇注料的导热系数取得越小旋转圆筒的表面温度就越低,但其导热系数是由材料决定的,所以在满足其它性能的条件下选小的导热系数。

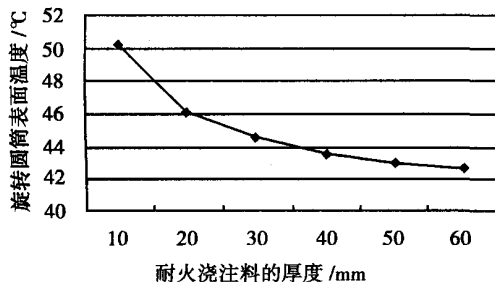


图 5 旋转圆筒表面温度与耐火浇注料厚度关系

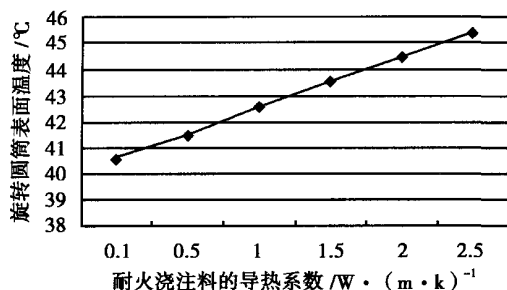


图 6 旋转圆筒表面温度与耐火浇注料的导热系数关系

3.2.2 旋转圆筒钢板厚度对其表面温度的影响

固定其它参数值,改变旋转圆筒钢板的厚度得出旋转圆筒表面温度的数据见图 7。

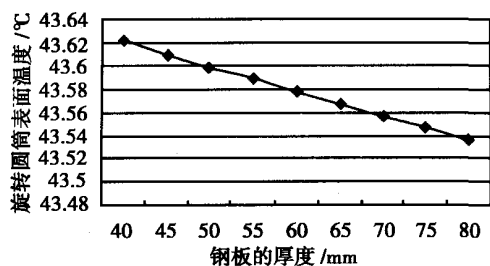


图 7 旋转圆筒表面温度与钢板厚度的关系

从图 7 中可以看出,旋转圆筒表面温度随着钢板厚度的增加而减小,但钢板厚度对温度的影响非常小,所以要提高冷却效果增加钢板的厚度这种方法不可取。

3.2.3 捣料的导热系数和厚度的影响

蛇形管之间用捣料填充,图 8、图 9 是捣料的导热系数和厚度对旋转圆筒表面温度的影响。

捣料的导热系数不宜取得过小,宜取 $20 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{k})^{-1}$ 。但捣料的导热系数对旋转圆筒的表万方数据

面温度的影响最大差值为 1.019°C 。捣料的厚度宜取 50mm~60mm,但对其厚度对表面温度的影响不是很大,最大差值为 0.679°C 。

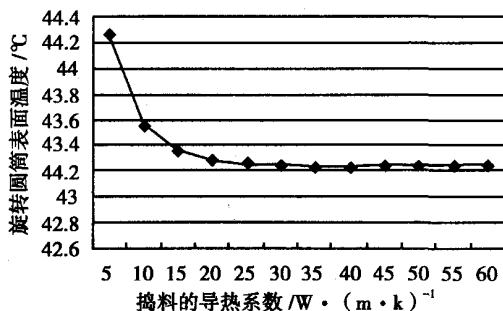


图 8 旋转圆筒的表面温度与捣料的导热系数关系

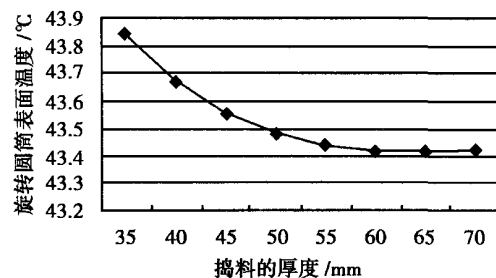


图 9 旋转圆筒的表面温度与捣料的厚度的关系

3.2.4 旋转圆筒表面的换热系数的影响

旋转圆筒外侧位于气密箱内,其表面的换热系数对旋转圆筒的表面温度的影响见图 10。

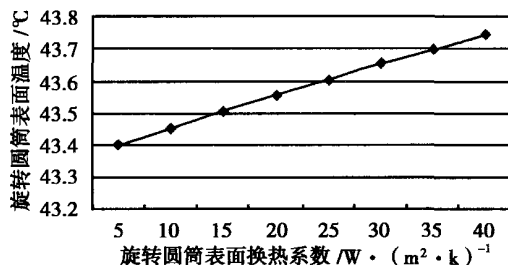


图 10 旋转圆筒的表面温度与其表面换热系数的关系

旋转圆筒外表面的换热系数对其表面温度的影响不是很大,最大温差为 0.341°C ,但随着表面换热系数的增大,其表面温度会略有增加。

3.2.5 蛇形管直径对旋转圆筒表面温度的影响

按标准取蛇形管内径分别为 18mm,23mm,28mm,34mm 进行计算,管内流速取统一值和各自的最大值计算旋转圆筒的表面温度如图 11 所示。其中表 2 中为各冷却水管流速为固定值和达到各自最大值时的换热系数。

随着蛇形管直径的增加,不管是流速为一固定值还是达到各自的最大值,旋转圆筒的表面温度都会随之降低。

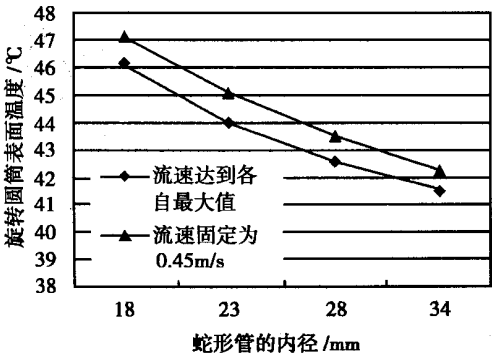


图 11 旋转圆筒的表面温度与蛇形管直径的关系

表 2 冷却水管中的换热系数

冷却水管中的换热系数/ $\text{W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{k})^{-1}$		
蛇形管内径 /mm	流速为 $0.45/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	流速达到最大值 / $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
18	2595	3600
23	2470	4070
28	2360	4460
34	2285	4840

3.2.6 冷却水水温的影响

冷却水的平均水温分别取 10℃、20℃、30℃、40℃、50℃，旋转圆筒的表面温度与水温的关系见图 12。

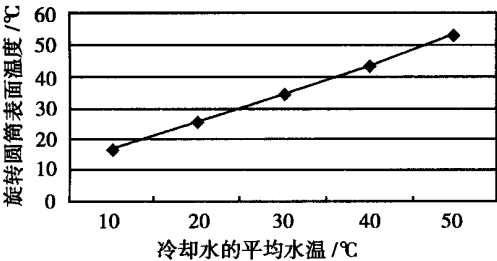


图 12 旋转圆筒表面温度与冷却水的平均温度的关系

冷却水的温度对旋转圆筒的表面温度影响最大，所以降低冷却水的温度可以提高冷却效果。但是冷却水的温度主要受环境温度影响。

4 改进后的旋转圆筒结构

图 13 为改进后的旋转圆筒结构，主要改变了旋转圆筒钢板的结构，由原来的一层厚 70mm

的钢板改为两层厚度为 30mm 的钢板，即图 13 中钢板 4、6，并增加了隔热保温材料 5 (JBT888 型海泡石基保温涂料)。耐火浇注料 7 的厚度、隔热保温材料 5 厚、盖板 1、捣料 2 的结构和厚度均不变。采用同样的计算条件，得出旋转圆筒表面的最高温度为 40.527℃，和结构没有改变前相比温度降低了 3.03℃。相反如果改进后旋转圆筒的表面温度和改变前相同，则冷却水管的换热系数 $2360 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{k})^{-1}$ 就可以降为原来的 5%，这样就可以大大减少冷却水的用量。

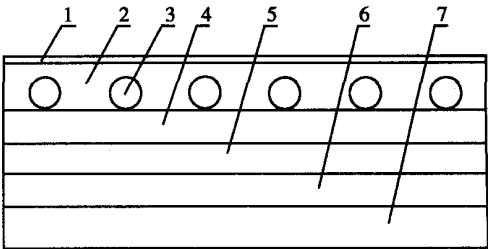


图 13 改进后的旋转圆筒壁面截面图

1 - 盖板; 2 - 捣料; 3 - 冷却管; 4 - 钢板; 5 - 隔热保温材料; 6 - 钢板; 7 - 耐火浇注料

5 结论

1) 布料器内各参数对齿轮箱内温度的影响程度各不相同，其中以耐火浇注料的厚度和导热系数，蛇形管的直径和冷却水的温度影响最大。改进这些参数均可以明显的降低齿轮箱内的温度。

2) 改进后的旋转圆筒的结构可以大幅度降低齿轮箱内的温度，还可以大大减少冷却水的用量。

参考文献

[1] 蒋锋. PW 无料钟炉顶设备的消化吸收及使用维护. 炼铁, 1999(9): 70 ~ 74
[2] 蹇华. 高炉罐式炉顶齿轮箱的性能及其优化. 武钢技术, 1998(11): 31 ~ 33
[3] 张建章. 我厂机窑窑罩的隔热保温措施. 四川水泥, 1995(3): 30

(收稿日期: 2006 - 07 - 28)

(接 17 页)

Strain Analysis for Engineering Design. 1997, 32(1), p 47 - 59

[5] Scott, C. S., Kozluk, M. J. . A finite element analysis of the residual stresses incurred during bending of pipes. American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP. 2002,

441. p 63 - 70

[6] 文联奎. 有限元法在催化裂化烟汽轮机管线应力计算中的应用. 北京石油大学学报, 1995, 19(3)
[7] 朱明善. 工程热力学, 北京: 清华大学出版社, 1995
[8] 席文君. 铝热 - 离心法制备不锈钢内衬复合钢管残余应力有限元分析. 工艺与设备, 2000(7)

(收稿日期: 2005 - 07 - 24)