

防治技术

增压风机入口烟道磨损优化分析

彭世才, 吴其荣, 饶汉渝

(中电投远达环保工程有限公司, 重庆 400060)

摘要:冲刷磨损是目前工业系统运行的主要问题之一。本文通过对电厂增压风机前的一段双入口烟道进行了 CFD 分析, 通过增加导流板来减小系统的压力不平衡性, 改善颗粒对烟道的磨损, 考察了不同粒径的灰分颗粒对烟道和导流板磨损趋势, 为实际工程中的防磨措施制定提供参考。

关键词:导流板; 烟道; 磨损; 颗粒

中图分类号: X701.3

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2014)05-0043-02

EROSIVE OPTIMIZED ANALYSIS OF THE GAS DUCT BEFORE BOOSTER FAN INLET

PENG Shi-cai, WU Qi-rong, RAO Han-yu

(CPI Yuanda environmental-protection engineering co.,ltd. China .400060)

Abstract: Erosive wear is a main operation problem in industry. This article modeled a double inlet duct of the power plant's booster fan using the CFD methods, the pressure unbalance and duct erosive are improved when installed the guides, meanwhile this article researched different size particle wear on the duct and guide vane, the result is a refer to prevent erosion for practical engineering.

Key words: Guide vane; Gas duct; Erosive wear; Particle

引言

冲刷磨损一般是指流体或固体颗粒以一定的速度和角度对物体表面进行摩擦, 发生材料损耗的一种现象或过程。冲刷磨损经常出现在机械、化工、冶金、能源、航空等许多工业部门, 是引起设备失效或材料破坏的重要原因之一^[1]。冲刷磨损是由于固体颗粒撞击管道壁使得管道材料发生点蚀, 固体颗粒与管道壁之间的摩擦力移除管道壁的材料。固体颗粒与管道间的摩擦因素、固体颗粒与被测流体的速度、撞击角的大小及固体颗粒大小是影响冲刷磨损的主要因素。撞击磨损是通过固体颗粒对管道壁的撞击作用来移除管道材料的。相比之下, 撞击磨损的磨损量远小于冲刷磨损的磨

损量^[2,3]。火电厂的烟道系统是电厂的主要设备系统之一, 其运行状况决定着电厂的安全情况, 有效防止其磨损状况是十分必要的, 本文选取脱硫系统增压风机入口的一段典型烟道来分析其磨损情况, 并基于 CFD 软件来进行壁面磨损速率分析。

1 模型概述

CFD 模拟就是通过计算机数值计算和图像显示, 对包含有流体流动和热传导等相关物理化学现象的系统所做的分析。本文采用 Fluent 中定义的颗粒磨蚀模型来计算磨损量, 并用磨损率来描述磨损量。磨损率的定义为^[4-7]:

$$R_{erosion} = \sum_{P=1}^{N_{particles}} \frac{m_p C(d_p) f(a) v_p^{3(n_p)}}{A_{face}}$$

式中 d_p 为颗粒粒径, um; $C(d_p)$ 为颗粒粒径函

收稿日期: 2013-09-10

第一作者简介: 彭世才, 1981 年 4 月出生, 男, 本科学历, 长期从事燃煤电厂烟气脱硫、脱硝工程管理工作。

数; a 为颗粒的碰撞角度,rad; $f(a)$ 为颗粒碰撞角度的函数; vp' 为颗粒的碰撞速度,m/s; $b(vp')$ 为颗粒碰撞速度的函数; A_{face} 为壁面单元的面积, m^2 ; m 为计算过程中颗粒 p 所代表的质量流率, kg/s ; $N_{particles}$ 为在单元面积 A_{face} 上发生碰撞的颗粒数目,个; $R_{erosion}$ 为磨损率, $kg/(m \cdot s)$ 。

2 模拟方案

本文选取的模型为一段双入口双出口的脱硫增压风机入口烟道,烟道共分两段,包括两个入口和两个出口,中间经过汇合、再分开分别进入出口1和出口2,出口1和出口2即为增压风机入口。导流板段分别为1、2、3,模型按1:1的比例建立。模型采用了六面体网格,模型的计算是基于Fluent软件进行的,采用了Realizable $\kappa-\epsilon$ 湍流模型^[8]。本文建立的三维模型如图1所示。

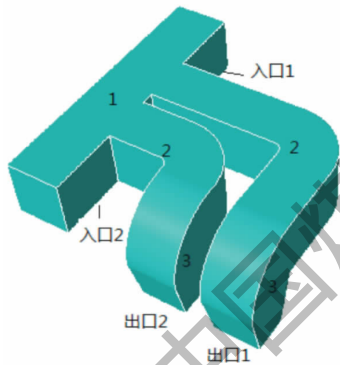


图1 增压风机入口烟道图

3 结果分析

3.1 优化分析

为了优化本段烟道,共进行了两个方案的分析,方案一为无导流板方案,方案二为增加了导流板(1、2段)的方案。从表1中可以看出,方案一的两侧压降偏差高达17.3%,对后续风机的运行存在较大的安全隐患,而方案2两侧的偏差为2.6%,较方案1有较大的优化空间,且增加导流板后,烟气中颗粒对烟道壁面的磨损也大大降低,由方案1的磨损速率为 $5.2e-11 kg/m^2 \cdot s$ 降低到有导流板的 $1.4e-10 kg/m^2 \cdot s$,磨损速率的降低有利于降低管道磨损的风险,但增加导流板后,导流板的磨损风险增加,因此需做好导流板本体的防磨损措施。有无导流板对烟道磨损情况见图2、图3所示。

表1 有无导流板的模拟分析

	压损/1pa	压损 2/pa	偏差/%	磨损速率/($kg/m^2 \cdot s$)
方案1:无导流板	404	474	17.3	$1.4e-10$
方案2:增加导流板	422	433	2.6	$5.2e-11$

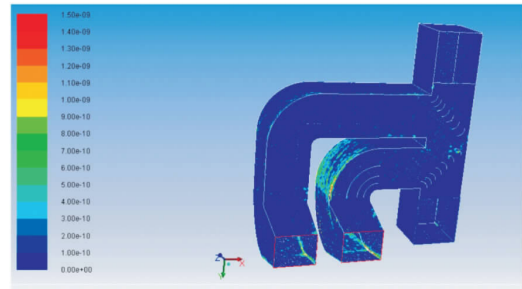


图2 有导流板时的烟道磨损分布

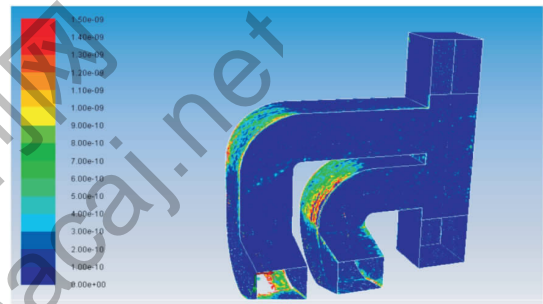


图3 无导流板时的烟道磨损分布

3.2 不同粒径颗粒对磨损的影响

图4为不同粒径的颗粒对烟道和导流板的磨损速率,从图4中可以看出,随着颗粒粒径的增加,其对烟道的磨损也不断增加,但对导流板1和导流板2的磨损速率呈现出降低态势,且当颗粒粒径大于 $50 \mu m$ 时,其导流板1磨损速率小于导流板2的磨损速率。同时从图中可以看出,当安装有导流板后,颗粒对导流板的磨损速率明显高于对烟道的磨损速率,且比未安装导流板时对烟道的磨损速率降低一个数量级,说明增加导流板后可有效降低对烟道壁面的磨损速率。

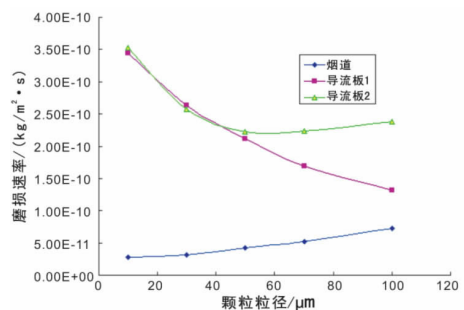


图4 不同颗粒粒径对烟道和导流板的磨损速率

5 “DFG-LCS 液体收集系统”实验与设计

在完成上述工作后,我们基本确定了杨柳青四期 2×300 MW 机组湿烟囱内冷凝液的总量及分布情况,通过物理模型和 CFD 气流组织模拟进一步熟悉掌握了冷凝液在烟囱/烟道内的运动情况,确定了烟气在流动过程中的压力损失以及冷凝液二次夹带的形式,由此便可进行“DFG-LCS 液体收集系统”实验与设计工作。

6 实施效果

“DFG-LCS 液体收集系统”设计、生产完成后,于 2013 年 10 月~11 月在杨柳青电厂实施安装,11 月 17 日正式投入使用。经现场实地检验发现,原先电厂较严重的“烟囱雨”现象已得到明显控制,“烟囱雨”治理效果明显。

7 结论

华能杨柳青电厂四期 2×300 MW 湿烟囱“烟囱雨”防治工程的成功,显现出“DFG-LCS 液体收集系统”技术的先进性及可行性。

(上接第 44 页)

4 预防措施及防磨损分析

本文针对脱硫塔入口烟道进行了数值模拟与分析,通过增加不同烟道段的导流板来分析其影响状况,重点考察了压力分布和磨损速率,得到了如下结论:

(1)通过增加导流板有利于改变双入口增压风机的压力平衡,有利于降低压损,平衡增压风机,稳定系统;

(2)当烟道内未增加导流板时,应在烟道外弯头侧增加防磨损措施;当增加导流板后有利于减小烟道的磨损,但会增加对导流板本身的磨损,因此需考虑对导流板的磨损,且导流板的磨损程度远大于对烟道的磨损程度。

(3)不同颗粒径的灰分对导流板和烟道的磨损

“DFG-LCS 液体收集系统”主要有以下优点:

(1)结构简单,生产周期较短;

(2)适用范围广:可广泛应用于混凝土、玻璃钢、砖、金属内筒等湿烟囱;

(3)安全可靠:后期设备维护简单,系统运行时也无需额外消耗能量;

(4)高效:该系统可以基本解决目前脱硫湿烟囱存在的“烟囱雨”现象,相比于国内其他烟囱雨治理方法,具有突出的高效性。

参考文献

- [1]周至祥. 湿法 FGD 湿烟囱工艺的问题及对策[J]. 电力环境保护, 2003, 19(1): 19~21.
- [2]张爽. 湿法烟气脱硫装置采用湿烟囱排放的探讨[J]. 电力建设, 2005, 26(1): 64~66.
- [3]杨振利. 无 GGH-FGD“湿烟囱”降雨问题分析[J]. 电力设备, 2008, 9(12): 55~57.
- [4] 聂鹏飞, 张宏宇. 火电厂无 GGH 湿法脱硫机组湿烟囱降雨原因分析及对策[J]. 工业安全与环保, 2012, 38(2): 4~8.
- [5]C. Dene. Revised Wet Stack Design Guide [R]. USA: Electric Power Research Institute, 2012: 2~23~2~29.
- [6]David K. Anderson. The planning and design of effective wet duct/stack systems for coal fired utility power plants [R]. CICIND REPORT, 24(2): 37~41.

趋势是不同的,随着颗粒粒径的增大,烟道磨损速率增加,但对导流板的磨损程度减小,且不同导流板处的磨损趋势是不同。

参考文献

- [1] 黄勇, 蒋晓东, 施哲雄. CFD 在三通冲蚀磨损研究中的应用[J]. 化工装备技术, 2005, 26:65~67.
- [2]孙家枢. 1992. 金属的磨损.北京:冶金工业出版社, 1992.
- [3] 任建新, 熊亮, 张利军. 基于 CFD 的固体颗粒对流量计振动管的磨损分析[J]. 传感技术学报. 2011, 24(8): 1208~1211.
- [4]Fluent. 2002. The user's guide of Fluent[M]. Fluent, 2002.
- [5]John AndersonhillMcgraw. 2002. Computational Fluid Dynamics [M].清华大学出版社, 2002.
- [6] 王福军. 2004. 计算流体力学分析 [M]. 清华大学出版社, 2004.
- [7]赵新学, 金有海. 基于 CFD 的旋风分离器壁面磨损数值预测[J]. 石油机械. 38(12):42~45.
- [8]李斌, 刘强, 吴其荣. 180 度双入口脱硫吸收塔的优化模拟[J]. 四川环境. 2012(3):122~125.