

火力发电厂细粉分离器改进

(哈尔滨工业大学, 黑龙江 哈尔滨 150001) 吕太
(东北电力学院, 吉林 吉林市 132012) 张卫会

摘要:介绍了我国火力发电厂中细粉分离器使用情况和改进过程,并详细介绍了新型双级分离式细粉分离器的试验数据与使用效果。

关键词:火力发电厂;制粉系统;分离效率;分离器

中图分类号: TM621

文献标识码: A

1 前言

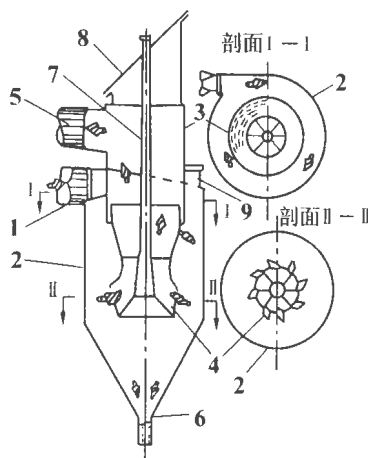
细粉分离器是火力发电厂中储式制粉系统中最重要的设备之一,其主要作用是将煤粉从乏气中分离出来。建国以来,我国推广使用的细粉分离器主要有三种基本型式,从工作原理上讲都是离心式分离器。随着火力发电厂锅炉容量的增大,分离器的直径也相应增大,如50 MW发电机组的细粉分离器直径仅为2.65 m左右,而200 MW发电机组分离器直径已经增加到4.25 m,直径增大超过60% ($\Delta D = 4.25/2.65 \times 100\% = 160.4\%$)。众所周知,离心力大小主要由切向速度和旋转半径($F = mwv^2/R$)决定,在分离器入口速度不变的情况下,同样质量的煤粉在直径4.25 m分离器中受到的离心力只有在直径2.65 m分离器中受到离心力的0.624倍。因此,在大容量机组中普遍存在细粉分离器分离效率低、乏气带粉量过多,导致排粉机(或三次风机)磨损严重、炉膛火焰中心上移,飞灰含碳量增高和一、二次蒸汽温度超标等问题。

为了使细粉分离器的形式适应锅炉容量增大的需要,我国工程技术工作者不断对分离器的形式进行改进与完善。本文仅对建国以来我国使用的细粉分离器主要形式和变革过程给予介绍,同时较详细地介绍了东北电力学院和东北电力科学研究院最新设计的双级分离式细粉分离器的基本结构及工业性试验效果。

2 我国使用的细粉分离器主要形式

2.1 ЦККБ型分离器

ЦККБ型分离器为原苏联设计的分离器。这种分离器在50年代曾在我国广泛使用,因为当时发电机组的容量较小(最大是50 MW发电机组),煤粉分离效率可达85%~90%左右。它们的结构如图1所示。



1—进口管;2—外圆筒;3—中心筒;4—导向叶片;5—出口管;6—煤粉出口;7—拉杆;8—中部防爆门;9—外圆筒上的防爆门

图1 ЦККБ型分离器

示。

这种分离器的特点是形状短粗,它的高度与直径比值: $H/D = 3.25$;进口风速:20~22 m/s;分离器阻力:1 800~

2 000 Pa。ЦККБ型分离器中心管下方装有导向叶片,在中心管中心还装有拉杆。导向叶片的作用在于使气流进入中心管时,平滑无漩涡,以便减少阻力。

拉杆的作用是当制粉系统负荷变动时,调节中心管入口面积,以提高分离效率。

由于这种分离器形状短粗,气、固分离高度较小,相应的分离效率也偏低。随着发电机组的容量增大,我国已在60年代初期逐渐淘汰了该种分离器。

2.2 НИИОГ АЗ型分离器

该形式的分离器是我国在50年代末由原苏联引进的。其结构如图2所示,该分离器具有较大高径比: $H/D = 5.464$;进口风速:18~20 m/s;分离器阻力:900~1 200 Pa。

此分离器是ЦККБ型分离器的替代形式,是一种高效低阻的气、固分离装置。该分离器主要结构特征是细长,正是由于它具有较高的筒体和狭长的锥体,使该分离器分离效率较高。它的设计效率为90%~95%,对于容量较小的发电机组其效率均可达到90%以上。目前,НИИОГ АЗ型分离器是我国火力发电厂中应用最多的分离器。

НИИОГ АЗ型细粉分离器存在的不足主要有两方面:其一,是这种细高型分离器高径比 H/D 很大,重心高,对电厂土建设计来讲是一种很不利的载荷,给厂房建筑和防震带来一定困难。其二,在发电机组容量较大时,其分离效率会明显降低。根据现场实际测试数据,当分离器直径增大到3 m以上时

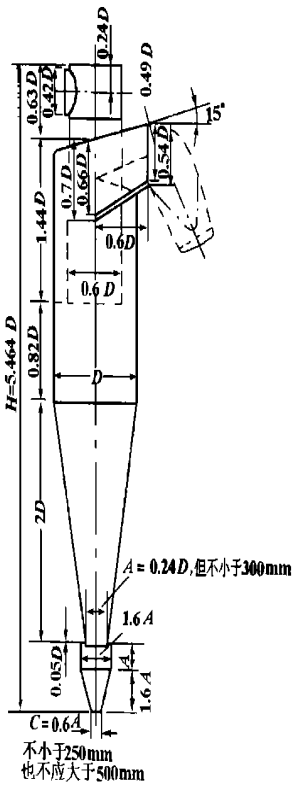


图 2 NIIOG A3 型分离器

其分离效率均低于 90%，对于直径 4.25 m 的分离器效率仅有 85%左右。

2.3 ЦП-2 型分离器和 LX 型分离器

为解决 НИИОГ АЗ 型细粉分离器高径比大,重心高的问题,前苏联在 70 年代设计出与 ЦККБ 型分离器形状类似的 ЦП-2 型分离器。其结果如图 3 所示,它的高径比 $H/D = 3.75$,进口风速和分离器阻力同 ЦККБ 型分离器基本相同。它同 ЦККБ 型分离器的主要区别是中心管下部的结构有较大差异,ЦП-2 型分离器中心管下方装有百叶窗和三片减阻导流叶片。在分离器工作时,含粉气流在内、外筒之间由上而下沿筒壁旋转,使大部分煤粉在离心力的作用下被分离出来。少部分没被分离出来的煤粉随气流经百叶窗进入中心管时又被惯性力分离。三片减阻导流叶片的作用是对内筒分离出来的煤粉进行引导,使煤粉顺利下落。

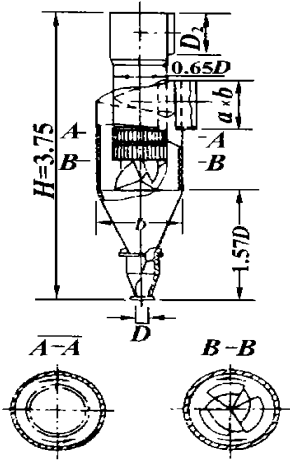


图 3 ЦП-2 型分离器

在 80 年代我国某锅炉研究所对 ЦП-2 型分离器进行改进,改进后的分离器形式被称为 LX 型。LX 型分离器的结构示意图见图 4,该分离器与 ЦП-2 型分离器在结构上的区别是筒体略有加长,内筒百叶窗的高度已经明显缩短,减阻导流叶片被简化成四棱锥的形状。它的高径比为: $H/D = 4.2$;进口风速: 21 m/s 左右;阻力: 2 000 ~ 2 100 Pa。该分离器已经在东北地区的部分火力发电厂中使用,但实际使用效果较差。如哈尔滨某发电厂 200 MW 机组使用该种分离器,排粉机的磨损非常严重,一般 30 天左右就需要对其叶轮进行补焊。辽宁某发电厂 200 MW 机组(分离器直径 4.25 m)

使用该种分离器,在经过改造将分离器筒体加长 4 m 后,其分离效率也只有 85.9%。因此,该形式的分离器已不宜再进行推广。

3 细粉分离器的改进研究

鉴于我国大、中容量机组的细粉分离器普遍存在分离效率偏低,乏气带粉严重,而目前尚无较好的分离器形式可供选择的实际情况。东北电力学院和东北电力科学研究院从 90 年代初开始,对能适应大、中容量机组的细粉分离器形式进行了深入的研究,并取得了令人满意的效果。

3.1 改进方案的研究

为解决大、中容量机组的细粉分离器存在的问题,东北电力学院和东北电力科学研究院密切合作,共同提出了双级分离的设想。该设想的基本思路是:对于大、中容量机组,细粉分离器分离效率较低的原因是因为分离器直径增大而离心力变小的原故。随着分离器直径的增大其中心管(也就是内筒)也按比例增加,对于直径 4 m 的分离器其内径已达 2.4 m。设想在保持分离器外筒分离效率不便的条件下,在内筒中增设分离元件对气粉混合物进行二次分离,达到提高分离效率的目的。同时,不应使分离器整体阻力明显增加,使中储式制粉系统在原有排粉机(或三次风机)压头下可以正常工作。该改进方案既适用于新制造的分离器,也很适用于正在运行的细粉分离器改进,因为在改造时分离器外筒和连接管口均不必改动,只在内筒中增加分离元件就可以了。

3.2 实验室试验研究

为了验证双级分离的设想是否可行,首先在实验室进行了试验研究。试验过程共分三个步骤进行,第一步是采用优化对比试验的方法,确定双级分离式细粉分离器分离元件的最佳形式。在对实型和模型进行相似计算的基础上,对现场目前使用的 НИИОГ АЗ 型分离器和 LX 型分离器进行试验研究,然后,对各种改进方案分别进行对比、试验研究,其目的在于寻找最好的分离元件结构形式,通过试验得到的结论是:内筒螺旋隔室分离元件是高效低阻的最佳形式。第二步是使用正交试验的方法,对在前一步优化试验过程中确定的最佳分离元件的主要几何尺寸进行试验研究。试验的主要目的,是确定对分离元件效率及阻力影响较大的三个主要因素(分离元件直径 D 、分离元件长度 H 和分离元件入口截面积 A)的最优化水平搭配。试验的最后一步是对选取的分离元件最优水平搭配形式进行试验研究,并通过试验数据设计出工业试验的图纸。

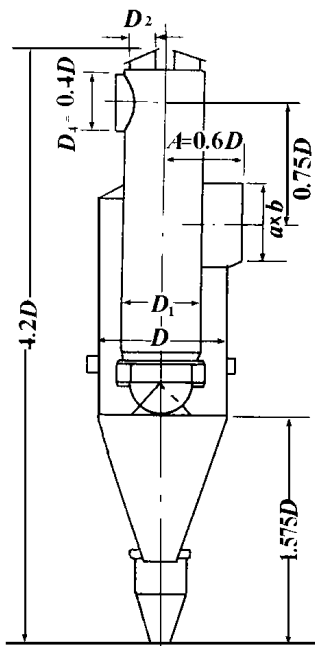


图 4 LX 型分离器

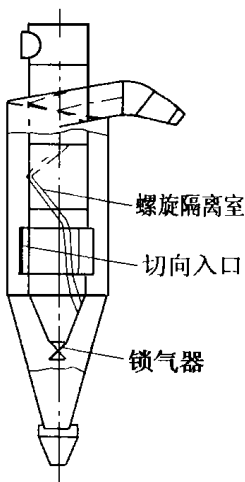


图 5 螺旋隔室双级分离式细粉分离器

通过实验室试验研究,设计出的螺旋隔室双级分离式细粉分离器的结构如图 5 所示,其结构特点是在内筒上设有螺旋线形的灰尘隔离室,当含有煤粉的气、固混合物进入内筒后,在离心力作用下部分固体粒子会被甩入螺旋线型隔离室被分离出来。由于隔离室是气体流动的死区,所以避免了上升气流对固体粒子的携带。螺旋线旋转方向与气流流动方向相同,既可以减少阻力,又可以降低隔离室磨损。

捕捉下来的粒子沿隔离室被引至锥体,经过专门设计的内筒锁气器被排出内筒,从而达到了提高分离效率的目的。由于螺旋线隔离室的相对尺寸很小,若螺旋线高度布置得当,对内、外筒中气流的流动影响极小。所以,分离器阻力增加不十分明显。

3.3 工业性试验过程

为检验新型双级分离式细粉分离器的现场实用性能,在完成了实验室试验之后,在锦州发电厂 1 号锅炉直径 3.2 m 的细粉分离器(200

MW 机组配四台钢球磨煤机)安装螺旋隔室分离元件,主要试验数据如表 1 所示。

从试验数据可知:加装了分离元件及锁气器的直径 3.2 m 分离器,分离效率提高 2.66%,其阻力增加了 135 Pa,乏气含粉量比原来减少了 21%左右(运行过程中排粉机电流无明显增大的现象)。该改造从 1996 年 8 月实施,10 月机组开始运行,迄今为止已经连续运行近两年,分离元件及锁气器均没有发现明显的磨损现象。该厂已经在 1998 年 8 月,将此项技术革新推广到 6 号锅炉的细粉分离器上,现在该机组已投入正常运行,效果良好。

表 1 安装螺旋隔室分离元件前、后试验数据表

安装分离元件前、后比较项目			试 验 数 据	
序号	项 目	单 位	改造前	改造后
1	入口负压	Pa	3471	3138
2	出口负压	Pa	4342	4144
3	分离器阻力	Pa	871	1006
4	入口含粉浓度	g/m ³	552.7	566.2
5	出口含粉浓度	g/m ³	63.34	49.82
6	分离器效率	%	88.54	91.20
7	系统通风量	m ³ /h	80 693	79 198
8	系统出力	t/h	44.60	44.84

“螺旋隔室双级高效细粉分离器研制”项目已于 1997 年 3 月通过了东北电业管理局组织的科技成果鉴定,鉴定结论是:“新型细粉分离器设计合理构思新颖,既考虑了防磨和防爆问题,又具有增加阻力少,分离效率高的优点。该分离器设计是成功的,属国内首创,达到国际先进水平,可以在我国大型火力发电厂中间储仓式制粉系统中广泛应用。”同年 9 月该项目获得东北电力集团(直属)科技进步二等奖。

4 结 论

中间储仓式制粉系统在选择离心式细粉分离器时,应根据机组的容量进行选择。对于发电功率 100 MW 以下的小型发电机组(一般分离器直径 3 m 以下),可以选择 НЦИОГ АЗ 型分离器。对于发电功率大于 100 MW 的大、中型发电机组,可考虑使用新型双级分离式细粉分离器。对于目前正在运行大、中型发电机组若存在细粉分离器分离效率偏低问题,可以根据本双级分离的原理进行改进与完善。双级分离式细粉分离器的结构形式在蒸发量大于 410 t/h 的煤粉炉中间储仓式制粉系统中,有广泛的推广价值。

参 考 文 献

- [1] 陈明绿等. 除尘技术的基本理论及应用. 中国建筑工业出版社, 1981.
- [2] 谭天佑. 工业通风除尘技术. 中国建筑工业出版社, 1984.
- [3] Syred N, Biffin M. Novel cyclone dust separators for coal combustors and boilers International symposium on coal combustion, 1987.
- [4] Licht W. Air pollution control engineering basic calculation for particulate collection. 1980.
- [5] 贾鸿祥. 制粉系统设计与运行. 水利电力出版社, 1995.

(何静芳 编辑)

粉煤流化床燃烧(PC—FBC)炉膛烟温试验研究= **Experimental Study of the Flue-gas Temperature Distribution in a Pulverized Coal-fired Fluidized Bed Furnace** [刊, 汉] / Chen Hongwei, Ding Changfu, Yan Shunling, et al (North China Electric Power University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —128 ~ 130

Pulverized-coal fluidized-bed (PC—FB) combustion pertains to a new type of efficient clean-coal combustion method. Presented in this paper are the results of a study concerning the flue-gas temperature distribution characteristics in a PC—FB furnace. The main contents of the study include: the stability and uniformity of flue-gas flow in the PC—FB furnace, the bed temperature, fluidized speed, the particle average diameter of the bed material, secondary air flow rate, the effect of the secondary-air feed location on the flue-gas temperature distribution in the furnace. In addition, a rational furnace flue-gas temperature distribution is also given on the basis of the above study. **Key words:** pulverized-coal, fluidized bed, combustion, temperature distribution.

铜冶炼厂余热锅炉的设计特点= **Design Features of a Copper Smeltery Heat-recovery Boiler** [刊, 汉] / Xiao Pinhua (Nanchang Non-ferrous Metallurgical Design Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —131 ~ 133

On the basis of proven engineering practice summed up are the general principles and specific features of a steel smeltery heat-recovery boiler. With the aim of changing the present situation of having to use imported heat-recovery boilers for copper smelteries there exists a real urgency to develop heat-recovery boilers based on domestic design for use in such smelteries. **Key words:** copper smeltery, heat recovery boiler, design features

火力发电厂细粉分离器改进= **An Improvement on Thermal Power Plant Fine Pulverized-coal Separators** [刊, 汉] / Lu Tai (Harbin Institute of Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —134 ~ 136

The general situation of the use and evolution of fine pulverized-coal separators for thermal power plants since the founding of the People's Republic of China was reviewed and the test data and use-effectiveness of a novel dual-stage finely-pulverized coal separator described in detail. **Key words:** thermal power plant, pulverized-coal preparation system, separation efficiency, separator

船用汽轮循环泵的改进设计= **Improved Design of a Marine Steam Turbine Circulating Pump** [刊, 汉] / Qiu Zufa, Gao Lei, Qin Xiaocheng (Harbin No. 703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —137 ~ 139

The design and production technology of a marine steam turbine circulating pump has been improved on to resolve a whole range of problems. The circulating pump following such an improvement has undergone a land-based test and seafaring verification inspection and been found to have fully met the preset target concerning its performance. **Key words:** turbine circulating pump, improvement, design

火电厂空气干燥器 PLC 控制系统的设计与实现= **Design and Implementation of the PLC Control System of a Thermal Power Plant Air Dryer** [刊, 汉] / Li Dazhong, et al (North China Electric Power University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —2000, 15(2). —140 ~ 141

A modification design was conducted of the control system of a thermal power plant boiler air-dryer through the addition of a OMRON PLC controller. The on-site commissioning tests show that the PLC-based control system has promoted a safe and reliable operation with powerful functions and a high flexibility in conducting operation changes. As a result, all design targets have been attained. **Key words:** PLC controller, air dryer, operating time-sequence, control logic