

# 抽炉烟干燥乏气热风复合送粉系统的工程应用研究

张兴豪

(华能南京电厂, 江苏 南京 210035)

**摘 要:** 华能南京电厂锅炉原设计燃用贫煤, 由于贫煤供应紧张, 燃煤采购成本高, 通过抽炉烟干燥、乏气热风复合送粉制粉系统改造, 使得锅炉适烧煤种从 $V_{daf} = 11\%$ 直至 $45\%$ 以上, 基本涵盖目前国内主要的动力煤种, 给煤炭采购提供极大便利, 从而大大降低了生产成本, 取得了良好的改造效果, 具有较高的推广价值。

**关键词:** 锅炉; 炉烟干燥; 制粉系统; 安全性分析

## 1 概述

华能南京电厂 2×320MW 机组锅炉系前苏联设计制造的超临界压力直流锅炉, 采用前后墙对冲燃烧方式。每台炉配备两套钢球磨煤机中间储仓式热风送粉制粉系统, 原设计燃烧晋东南贫煤 ( $V_{daf}=14.91\%$ )。近年来煤炭市场发生了较大变化, 贫煤价格偏高且供应紧张, 大大增加了电厂燃料采购成本。为扩大锅炉煤种适应范围, 增强煤炭供应安全, 电厂决定对两台炉实施扩烧烟煤技术改造, 从而降低燃料采购成本, 提高经济效益。两台炉分别于 2009 年、2010 年大修期间进行了扩烧烟煤技术改造。本文对改造中采用的西安热工研究院有限公司专利技术——抽炉烟干燥乏气热风复合送粉制粉系统进行了介绍, 重点对制粉系统改造方案 and 该系统实际应用中的安全性进行了分析研究。

## 2 贫煤烟煤普适型制粉系统简介

抽炉烟干燥乏气热风复合送粉烟煤贫煤普适型制粉系统以中间储仓式钢球磨煤机热风送粉制粉系统为原型, 从锅炉尾部烟道抽取部分炉烟经炉烟风机提升压力后送入磨煤机作为惰性介质和部分干燥介质, 与取自空气预热器出口的热风混合进入磨煤机干燥和输送煤粉, 大大降低了制粉系统的含氧量, 能够满足磨制烟煤的防爆要求; 将排粉机出口部分乏气风经乏气转移管道引至热一次风机入口, 与热风混合进入一次风箱输送煤粉, 有效降低了一次风粉混合物温度和系统氧浓度, 满足了烟煤输送的防爆防爆要求。新增加的炉烟系统和乏气转移系统上均装设有隔绝门, 通过隔绝门的开关控制可以实现典型热风送粉贫煤系统与炉烟干燥乏气热风复合送

粉烟煤系统的切换, 既能适应贫煤又适应烟煤。

## 3 制粉系统改造方案

制粉系统仍然保留原有的原煤仓、给煤机、磨煤机、排粉机、粗粉分离器、细粉分离器、粉仓等主要设备, 新增了炉烟系统、乏气转移系统、压力冷风系统、邻炉放粉系统等。

### 3.1 炉烟系统

磨煤机的干燥介质采用炉烟和热风, 炉烟抽取位置在空预器入口和引风机出口, 根据煤质水分含量不同决定抽取冷、热炉烟的占比, 即混合炉烟的温度。经炉烟风机提压后进入磨煤机, 使得系统氧浓度不超过 14%, 磨煤机出口温度不超过 120℃。在制粉系统内, 炉烟起到了干燥、输送和惰性气氛的维持等作用, 热风则起到干燥、输送和磨煤机出口温度调节的作用。制粉系统仍保留再循环管, 起到平衡制粉系统内部干燥和输送的作用。

### 3.2 乏气转移系统

原热风送粉系统改造成乏气热风复合送粉系统, 单套制粉系统的乏气通过乏气转移管送到一次风机入口, 成为主要的煤粉输送介质, 一次风机入口热风管前增加调节风门, 调节热风所占一次风比例。在部分特殊工况下, 炉烟风机出来的炉烟也可部分送入一次风箱, 起到降低一次风温和限制系统氧浓度的作用, 平时一次风系统不单独掺入炉烟。

### 3.3 压力冷风系统

增加了压力冷风管道, 低温的压力冷风直接打入一次风机入口, 作为事故冷风。平时运行时压力冷风截止门关闭, 仅在制粉系统停运导致乏气缺乏, 以及炉烟风机故障停运缺乏炉烟, 或烟煤和贫煤系统之间切换中间过渡性工况条件下才开启压力冷风

以控制一次风粉混合温度,防止燃烧器和粉管烧损。

### 3.4 邻炉放粉系统

从一台锅炉给粉机平台落粉管下方至邻炉磨煤机出口管道之间铺设放粉管道,在该炉长时间停运期间,利用正常运行的邻炉制粉系统排粉机抽力将粉仓存粉输送至邻炉,防止停运锅炉粉仓因长时间存粉而发生自燃、爆炸等不安全事故。

## 4 制粉系统主要参数控制及安全性能分析

锅炉扩烧烟煤改造后,制粉系统、乏气转移系统和一次风系统均为含粉介质,存在爆炸的可能和危险,需要采取防爆设计并明确运行控制方式。一般含粉气流的爆炸需要三个必要条件:温度、含氧量、煤粉浓度,当三个条件全部满足时才可能发生爆炸事故。制粉系统、乏气转移系统和一次风系统的防爆控制措施也是从这三方面入手,来避免三个条件同时满足。

### 4.1 制粉系统

#### (1) 温度控制

规程要求磨煤机出口温度控制范围:热空气干燥时,烟煤、褐煤不超过  $70^{\circ}\text{C}$ ;烟气、空气混合干燥时,烟煤不超过  $120^{\circ}\text{C}$ ,褐煤不超过  $90^{\circ}\text{C}$ 。在掺烧褐煤入炉煤水分约 20%时,采用热炉烟加热风干燥的情况下,正常运行中磨煤机出口温度一般不超过  $80^{\circ}\text{C}$ ,完全满足规程要求;在燃用水分较低的烟煤时,可以采用冷炉烟加热风干燥方式,磨煤机出口温度可以控制在  $90^{\circ}\text{C}$  以下的安全范围。

#### (2) 含氧量控制

规程要求制粉系统含氧量控制:烟煤不超过 14%,褐煤不超过 12%;目前单台炉烟风机最大出力为  $67000\text{m}^3/\text{h}$  左右,烟气含氧量 4% 左右,此状态下基本能够满足制粉系统磨制烟煤氧量控制要求;但不能完全满足制粉系统磨制褐煤氧量控制要求,高负荷下热烟气含氧量较低时基本能够满足,低负荷下热烟气含氧量较高时无法满足。燃用烟煤与褐煤的混煤时,应该按照爆炸性强的褐煤来进行氧量控制。

#### (3) 煤粉浓度

制粉系统大部分管道及设备中的煤粉浓度约为  $0.3\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^3$ ,刚好处在煤粉浓度可能爆炸的范围,规程要求制粉系统需采用防爆设计(加装防爆门等措施)。在改造设计阶段已完成防爆门设计校核。

综上所述,制粉系统的防爆控制重点在温度控制和含氧量控制上,煤粉浓度无法控制,也没必要控制,只要在运行措施上保证温度和含氧量两个重要参数控制在规程允许范围以内,可以避免制粉系统爆炸发生的可能。在制粉系统温度和氧量参数同时失控发生爆炸事故后,防爆门会及时定向爆破排泄爆炸气流,保护设备和人身安全。

### 4.2 一次风系统

#### (1) 温度控制

规程要求一次风粉混合物温度控制:烟煤  $<160^{\circ}\text{C}$ ;褐煤  $<100^{\circ}\text{C}$ ;

单侧制粉系统乏气风量约  $72000\text{Nm}^3/\text{h}$  (标准状态下  $0^{\circ}\text{C}$ ),温度约  $70^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ 。单侧制粉乏气全部导入一次风系统,一次风总风量约  $136000\text{Nm}^3/\text{h}$ ,送粉热风风量约  $64000\text{Nm}^3/\text{h}$ ,热风温度约  $320^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。一次风箱温度约  $190^{\circ}\text{C}\sim 220^{\circ}\text{C}$ ,风粉混合物温度约  $110^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ 。燃烧烟煤时能够满足规程要求,燃烧褐煤时一次风系统需要掺入适量冷风运行,使得风粉混合温度小于  $100^{\circ}\text{C}$ 。

#### (2) 煤粉浓度控制

对于中间储仓式制粉系统,乏气带粉是不可避免的,正常运行时乏气带粉率一般为 10%,当细粉分离器效率较差,导致乏气带粉量上升,达到爆炸浓度(煤粉爆炸浓度范围为  $0.3\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^3$ ) 极限后,会发生爆炸的可能。不爆炸的浓度随煤种的不同而有所区别,要求小于  $0.1\sim 0.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。1 号炉安装子母式分离器后,正常运行时乏气带粉量控制在 10%,煤粉量大约为  $80\text{t}/\text{h}\times 10\%=8000\text{kg}/\text{h}$ ,乏气风量约为  $160000\text{m}^3/\text{h}$ ,因此分离器后乏气的煤粉浓度为  $8000/160000=0.05\text{kg}/\text{m}^3$ ,乏气导入一次风系统后,一次风的带粉量降低到约  $0.03\text{kg}/\text{m}^3$ ,因此没有爆炸的可能性;2 号炉未安装子母式分离器,运行时乏气带粉量控制在 18%,煤粉量大约为  $80\text{t}/\text{h}\times 18\%=14400\text{kg}/\text{h}$ ,乏气风量约为  $160000\text{m}^3/\text{h}$ ,因此分离器后乏气的煤粉浓度为  $14400/160000=0.09\text{kg}/\text{m}^3$ ,乏气导入一次风系统后,一次风的带粉量降低到约  $0.054\text{kg}/\text{m}^3$ ,没有爆炸的可能性;但存在局部混合不均匀现象。如果细分离器下木屑分离器(煤粉筛子)堵塞失效,则乏气严重带粉,严重时粉尘浓度会上升到  $0.5\text{kg}/\text{m}^3$  以上,一次风系统带粉达到  $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ ,处于爆炸压力最大范围内。所以,煤粉浓度控制重点是杜绝木屑分离

器堵塞,防止细粉分离器底部完全堵塞,乏气大量带粉进入一次风系统。

### (3) 含氧量控制

单侧制粉乏气氧浓度控制在 12%,导入一次风系统与热风掺混后,一次风箱内的氧浓度约为  $(12\%+21\%)/2=16.5\%$ ,起到了一定的防爆作用。即使进一步加大烟气量,将一次风箱平均氧浓度控制在 14% 以下的惰性氛围内,在一次风机入口热风与带粉乏气混合初期,总是会存在氧浓度超限的可能,所以说控制氧浓度对一次风系统是不现实的。

综上所述,一次风系统与制粉系统不同,防爆控制重点在温度控制和煤粉浓度控制上,整个系统含氧量无法完全控制在规程允许范围之内,在运行措施上需要保证温度和煤粉浓度两个重要参数的控制,可以避免一次风系统的爆炸。

### 4.3 乏气转移系统

乏气转移系统介质为排粉机出口带粉乏气,介质煤粉浓度、氧量、温度等均于排粉机前相同,正常运行时三个控制参数均可控制在安全范围以内,不会发生爆炸。

## 5 改造后运行情况及经济效益分析

两台炉自改造投运以来,系统运行稳定,乏气转移系统切换灵活方便,两台贫煤锅炉已能完全单烧烟煤。本系统的最大特点在于保留了原有的系统,在必要时也可以切回原系统燃烧贫煤,这使得华能南京电厂适烧煤种从  $V_{daf}=11\%$  直至 45% 以上,基

本涵盖目前国内主要的动力煤种,给煤炭采购提供极大便利,从而大大降低了生产成本。改造后为了提高经济效益,进一步降低煤炭采购成本,根据市场煤价的变化,采购了一批价格低廉的褐煤进行掺烧,通过运行调整优化,已基本能够掺烧 50% 比例褐煤,大大节约了燃料采购成本,预计单台炉节约燃料成本上千万元,取得了很好的经济效益。

### 参考文献:

- [1] 冯俊凯. 锅炉原理及计算[M].北京:科学出版社,1994.
- [2] 周虹光,闵宏斌.抽低温炉烟干燥乏气热风复合送粉烟煤贫煤普适型制粉系统[P].中国专利:201010013734.5, 2010.
- [3] DL/T466-2004,电站磨煤机及制粉系统选型导则[S].
- [4] 西安热工研究院有限公司.华能南京电厂#1炉掺烧烟煤改造调试报告[Z].西安热工研究院有限公司,2009.
- [5] 西安热工研究院有限公司.华能南京电厂#2炉掺烧烟煤改造冷态调试及NO<sub>x</sub>测试报告[Z].西安热工研究院有限公司,2010.

### 作者简介:

张兴豪(1969-),男,江苏扬州人,高级技师、工程师,锅炉专工,主要从事电厂锅炉专业管理工作, E-mail: lwnlong@sina.com。