

# 高效煤粉锅炉系统技术的工程化应用

宋春燕<sup>1,2,3</sup>

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司 节能工程技术研究分院,北京 100013; 2. 煤炭资源开采与环境保护国家重点实验室,北京 100013; 3. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室,北京 100013)

**摘要:**为验证煤粉锅炉技术替代传统燃煤工业锅炉的节能环保优势,促进我国煤炭清洁燃烧领域的变革和发展,以近年来神东煤炭集团公司高效煤粉锅炉系统技术工程化应用为实例,介绍了该技术在神东煤炭集团公司下属6个矿区共18台锅炉(合计516蒸t/h)的工程建设和示范运行,统计了系统运行2个采暖季的节能效益。神东6个矿区锅炉房锅炉平均热效率达90%以上;用户认可的节煤率达52%,因节能带来的收益超过1.5亿元;系统运行2个采暖季共减排烟尘210 t、SO<sub>2</sub> 467 t、NO<sub>x</sub> 643 t。结果表明:高效煤粉锅炉系统运行稳定,锅炉热效率高。锅炉系统正平衡效率93.21%、反平衡效率90.42%、平均效率91.82%。节能减排效益显著,是传统燃煤锅炉理想的替代品,适合在我国燃煤工业锅炉领域大规模推广。

**关键词:**高效煤粉锅炉;煤炭清洁燃烧;热效率;节煤率;节能环保

**中图分类号:**TK229.63 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2015)02-0089-04

## Industrialization of efficient pulverized coal boiler system technology

SONG Chunyan<sup>1,2,3</sup>

(1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing 100013, China; 2. State Key Laboratory of High Efficient Mining and Clean Utilization of Coal Resources (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China; 3. National Energy Technology and Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

**Abstract:** In order to verify the advantages of pulverized coal boiler versus traditional industrial coal-fired boiler and promote the development of coal combustion in a cleaner way, an efficient pulverized coal boiler system developed by Shendong Coal Group was taken as research object. The technology was adopted by 6 mining areas of Shendong Coal Group and its application in 18 boilers whose stove load was 516 t/h in total was investigated. The reduction of flue dust, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> were 210, 467, 643 t during two heating seasons, the energy-saving benefits was calculated. The average thermal efficiency of 18 boilers was above 90%, the rate of coal saving was about 52%, the energy-saving benefits was RMB 1.5×10<sup>8</sup>. The results showed that, the efficient pulverized coal boiler system had high thermal efficiency and stable performance. The positive, negative and average thermal balance efficiency was 93.21%, 90.42%, 91.82%, so the efficient pulverized coal boiler system technology fit in the traditional industrial coal-fired boiler.

**Key words:** efficient pulverized coal boiler; coal clean combustion; thermal efficiency; coal-saving rate; energy conservation and environmental protection

## 0 引 言

2010年至今,我国最大的煤炭生产企业神华神东煤炭集团公司采用煤炭科学技术研究院有限公司专有技术,在其下属6个矿区建设投运了18台(合

计516蒸t/h)高效煤粉工业锅炉,在矿区形成了连片的示范工程,产生了较大的节能环保效益。6个矿区锅炉房2个采暖季的连续稳定运行,保障了企业的经济效益和安全生产,锅炉系统污染物排放大幅减少。神华集团2014年初制定了《燃煤工业锅炉

收稿日期:2015-01-28;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.02.020

基金项目:煤炭科学技术研究院科技发展基金资助项目(2014CX03)

作者简介:宋春燕(1980—),女,内蒙古磴口人,助理研究员,硕士,从事煤粉锅炉系统工艺及工程设计工作。E-mail:songustb1225@126.com

引用格式:宋春燕.高效煤粉锅炉系统技术的工程化应用[J].洁净煤技术,2015,21(2):89-92,96.

SONG Chunyan. Industrialization of efficient pulverized coal boiler system technology[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(2): 89-92, 96.

达标整治计划》,到2015年底,力争淘汰300台以上小锅炉,并实现300台以上锅炉完成节能环保改造<sup>[1-3]</sup>。如将我国现有燃煤工业锅炉采用煤粉锅炉技术改造升级,全国每年可减排CO<sub>2</sub>约5亿t、SO<sub>2</sub>约300万t、粉尘约30万t、废渣约3000万t,能够大幅改善我国的空气质量,每年可节约标准煤1亿t左右<sup>[4-5]</sup>。

## 1 项目概况

神东煤炭集团公司是中国神华能源股份有限公司的核心煤炭生产企业,地跨陕、蒙、晋三省,目前拥有19个矿井,主要产煤为优质动力煤,年产能超过2亿t。煤炭科学技术研究院有限公司节能工程技术研究分院于2010年以来,在其中6个矿区改造、新建锅炉房共18台锅炉,折算合计516蒸t/h;2个制粉站,总生产能力40万t/h。主要用途为冬季矿区及井下供暖和浴水。目前已运行2~3a,效果良好。神东公司矿区煤粉锅炉系统应用见表1。

表1 神东公司矿区煤粉锅炉系统应用列表

地点	建设时间	锅炉(磨 机)型号	数量/ 套	总蒸发量 (产量)/ (t·h <sup>-1</sup> )
补连塔矿	2010年	SZS20-1.6-AIII	5	100
	2013年	DHS40-1.6-AIII	2	80
寸草塔二矿	2012年	SZS20-1.6-AIII	4	80
万利一矿	2010年	SZS10.5-1.0/ 115/70-AIII	2	30
	2012年	SZS4.2-1.0/ 115/70-AIII	1	6
石圪台矿	2011年	SZS20-1.6-AIII	2	40
	2013年	SZS30-1.6-AIII	2	60
哈拉沟选煤厂	2011年	SZS20-1.6-AIII	2	40
保德选煤厂	2011年	SZS20-1.6-AIII	3	60
	2013年	SZS20-1.6-AIII	1	20
补连塔制粉站	2010年	HC1700	3	30
保德制粉站	2011年	HC1300	2	10

## 2 工程实例

石圪台锅炉房为神东煤炭集团新建锅炉房之一,原设计规模为6×20 t/h,两期项目已建成2×20 t/h+2×30 t/h系统,预留2台扩建端位置,锅炉采用全膜式壁“D”型炉SZS20-1.6-A III、SZS30-

1.6-A III型,目前锅炉满负荷运行无备用。锅炉房的建成为神木县大柳塔镇石圪台矿供暖和浴水保证了稳定的热源,目前已经运行2个采暖季。

### 2.1 工艺流程设计

采用煤粉厂集中制粉式工艺,锅炉尾部配置省煤器加强换热。炉膛底部配置埋刮板,二回程对流管束区及炉膛积灰落入炉底水封埋刮板,刮板机出口湿灰由拉灰小车收集,定期清理。布袋除尘器下接气力输灰仓泵,除尘器定期喷吹落入仓泵后,由压缩空气送至密闭灰仓,定期由密闭罐车拉走进行二次利用<sup>[6-8]</sup>;锅炉二回程对流管束区配置声波吹灰器,在线清除管壁灰粘垢。高效煤粉锅炉系统总工艺流程如图1所示。

### 2.2 主要设备选型及结构设计

石圪台矿2×20 t/h+2×30 t/h锅炉系统配置按设备列表可分为10个集成设备单元(站),即:煤粉储供单元、燃烧器单元、锅炉本体单元、除尘单元、热力单元、点火油气站、惰性气体保护站、压缩空气站、飞灰收集及储存单元和测控单元。另外,按照当地环保要求选配脱硫和脱硝设施。20 t/h高效煤粉锅炉系统配置见表2。

### 2.3 工程建设情况

2台20 t/h于2011年3月开始进行系统工艺与标准设备选型工作,随之开展锅炉房施工图设计。2011年5月下旬施工图定稿,6月初开始进行锅炉房的土建施工,同时非标设备、标准设备的制造、采购工作全面展开。8月中旬锅炉本体加工完毕并运抵现场;10月上旬,锅炉系统安装工作全面完成并进入系统调试、试运阶段;10月下旬试运结束,系统正式为矿区及井下进行供暖蒸汽。

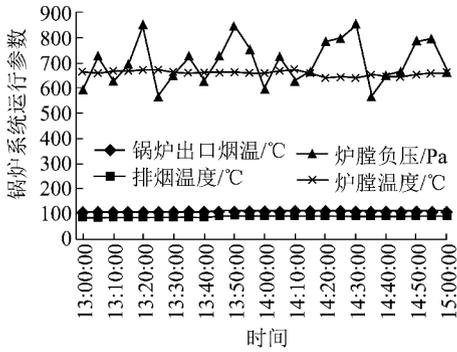
2台30 t/h锅炉于2013年9月开始施工,2014年2月正式为矿区及井下进行供暖蒸汽。

### 2.4 示范运行情况

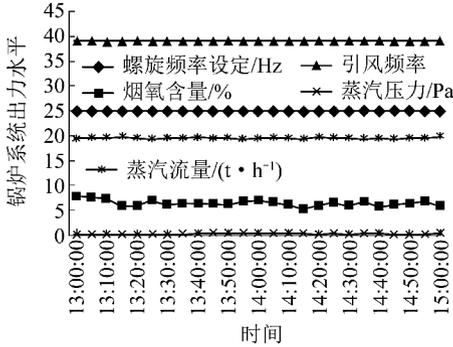
本示范工程于2011年10月上旬陆续交付使用,已运行2个采暖季,累计运行约8000 h,总体运行情况良好,未发生一例因运行故障而影响矿区及井下供暖的事故。

经北京市煤炭节约办公室节能监测站对系统热工性能测试<sup>[7-9]</sup>结果表明:当锅炉出力3225 kg/h时,锅炉排烟温度148.11℃、排烟处空气过剩系数1.33、飞灰可燃基含量20.79%、灰中炭残余率7.72%<sup>[10]</sup>,锅炉系统正平衡效率93.21%、反平衡效率90.42%、平均效率91.82%。





a) 锅炉系统运行参数



b) 锅炉系统出力水平

图2 锅炉运行参数随时间的变化



图3 燃烧火焰状况

由图3图可看出:①炉膛负压有所波动,但总体上属于正常范围,负压波动分析是由于除尘器脉冲喷吹时所造成的影响,锅炉为全膜式壁结构,且炉底刮板机为水封设备,锅炉整体气密性良好。②氧气含量、蒸汽流量、蒸汽压力及排烟温度数据稳定,火焰明亮,燃烧状况较好,蒸汽流量平均为19.56 t/h,基本达到了额定负荷,出力较好。

### 3 节能效益

神东公司6个矿区锅炉房采用煤粉锅炉技术替代原链条锅炉后,节能环保优势显著。煤粉锅炉2011—2012年、2012—2013年2a的运行中,锅炉平均热效率达90%以上,用户认可的节煤率达52%,因节能带来的收益超过1.5亿元。系统运行2a共节省燃煤量 $(14.06-5.1)+(14.06-8.85)=14.17$ 万t,经北京节能环保中心检测系统除尘效率达95%以上,

灰中炭残余率7.72%<sup>[10]</sup>,SO<sub>2</sub>排放质量浓度≤200 mg/m<sup>3</sup>,NO<sub>x</sub>排放质量浓度≤200 mg/m<sup>3</sup><sup>[11]</sup>,达到GB13271—2014《锅炉大气污染物排放标准》,经计算系统运行2a后共减排烟尘210 t、SO<sub>2</sub>467 t、NO<sub>x</sub>643 t。煤粉锅炉改造前后经济效果对比见表3。其中,经济效益包括吨蒸汽成本降低而造成的总运行成本减少值,以及节省的燃料煤外销后额外产生的产值(原煤价格按照当地320元/t)。

表3 神东公司矿区煤粉锅炉改造前后经济效果对比

项目	原链条锅炉	高效煤粉锅炉	
		2011—2012年	2012—2013年
在用装机容量/(蒸t·h <sup>-1</sup> )	281	310	350
员工数/人	231	115	130
产汽量/万t	33.86	42.33	74.49
耗煤量/万t	14.06	5.1	8.85
总运行成本/万元	5980.36	5756.88	10130.64
蒸汽成本/(元·t <sup>-1</sup> )	176.61	136(核定价)	136(核定价)
经济效益/万元		5711.68	10091.01

### 4 结论

1) 神东集团采用煤炭科学研究总院自主研发的煤粉工业锅炉系统技术,建设了6个锅炉房516蒸t/h的规模,安全运行了2个采暖季,产生了很大的经济和环保效益。锅炉平均热效率达90%以上,用户认可的节煤率达52%,因节能带来的收益超过1.5亿元,减排烟尘210 t、SO<sub>2</sub>467 t、NO<sub>x</sub>643 t。

2) 神东集团所处地域冬季寒冷,目前上述6个锅炉房在2~3个采暖季的运行中,未发生因为供暖而影响矿区和井下生产的事故,保障了企业的安全生产和经济效益。

3) 经北京市煤炭节约办公室节能监测站对系统热工性能测试结果表明:锅炉系统正平衡效率93.21%、反平衡效率90.42%、平均效率91.82%;锅炉系统污染物排放大幅减少,优于传统锅炉。

#### 参考文献:

[1] 司建楠. 高效煤粉锅炉推广列入能效提升计划[EB/OL]. (2014-03-31). <http://www.cinn.cn/yel/313069.shtml>.  
 [2] 黄素红. 矿区推广高效煤粉锅炉系统的经济技术分析[J]. 神华科技, 2011, 9(6): 93-95.

(下转第96页)

本指标项,可实现实时数据及统计指标的及时处理。用户可根据需要灵活配置报表模板,后台报表服务根据模板自动完成数据抽取、数据关联计算及报表生成。报表系统提供了完备的电厂及公司级的脱硝系统日、月、年报表,可采用通用报表平台配置定制实现。报表系统支持 XML、EXCEL 导出。

### 3.3 历史数据存储与查询

系统数据存储采用实时数据库与关系数据库相结合的存储方式,所有平台采集的一次数据及实时计算数据均存储于实时数据库中。为快速查询统计指标,所有报表统计指标均存储于关系数据库中。当利益相关方对监管结果有异议时,可从平台实时采集的一次数据开始追踪,查看预处理数据、计算指标直至最终报表统计数,保证了平台监测数据的透明、公开、公正。

系统数据的查询支持基于网页方式实现数据查询和曲线展示,按照电厂、机组、数据分类、数据来源、标签名称、标签描述等信息查询测点和指标。

## 4 结 论

1) 火电厂  $\text{NO}_x$  排放在线监测系统对于 CEMS 数据通过 104 接口软件进行秒级采样传输,采样和统计计算频率更高,能够更加及时准确地反应环保设备的运行状况和污染物排放情况。

2) 在采集 CEMS 数据的基础上(环保部门监测系统仅采集 CEMS 数据),火电厂  $\text{NO}_x$  排放在线监测系统全面采集了脱硝系统的设备运行性数据,数据采集更加全面,统计分析结果更加准确。

3) 在全面采集 CEMS 数据及环保设备运行数据的基础上,绘制了各机组环保设备运行工艺流程监视图,实现了对脱硝设备全过程监视,使用户能够更加全面掌握脱硝系统运行状态。

4) 火电厂  $\text{NO}_x$  在线监测系统已在某发电集团得到应用,实现下属火电机组污染物排放的实时监管,加强了集团集中管控能力,完成企业及其下属电厂火电机组污染物排放数据的统计、分析,促进污染物减排工作。

### 参考文献:

[1] 杨楠,王雪.氮氧化物污染及防治[J].环境保护与循环经济,2010,8(11):63-67.  
[2] 马广大.大气污染控制工程[M].2版.北京:高等教育出版社,2008:3-4.

[3] 张强.燃煤电站 SCR 烟气脱硝技术及工程应用[M].北京:化学工业出版社,2007:7-14.  
[4] Shi Yun, Xia Yinfeng, Lu Bihong, et al. Emission inventory and trends of  $\text{NO}_x$  for China, 2000—2020[J]. Journal of Zhejiang University—Science A: Applied Physics and Engineering, 2014, 15(6):454-461.  
[5] 汤文全,袁强.烟气在线监测系统在火电厂中的应用[J].电力建设,2003,23(4):48-49.  
[6] 栾辉,王淑梅,张芳,等.我国污染源在线监测系统运维管理存在问题及建议[J].资源节约与环保,2014(4):68-69.  
[7] 饶衍.污染源在线监控系统日常运行中存在的问题与建议[J].环境研究与监测,2014,27(4):17-18,37.  
[8] 陈超.谈污染源在线监控系统存在的问题与对策[J].科学时代,2013,23(11):23-24.  
[9] 韩素良,李江萍,陈洪雨,等.烟气污染物排放远程实时监测系统在火电厂的应用[J].电器工业,2009,12(6):60-62.  
[10] 邹建明.在线监测技术在电网中的应用[J].高电压技术,2007,33(8):203-206.  
[11] 王志轩.我国火电厂烟气排放连续监测系统装设及应用的若干问题[J].中国电力,2002,35(11):74-78.  
[12] 王志轩.装设烟气连续监测系统实现火电厂污染物排放的规范化管理[J].电力环境保护,1998,14(4):19-20.  
[13] 丁卉,孔凡新,付丛伟,等.烟气连续排放自动监控系统的应用[J].热力发电,2007,7(4):75-76.  
[14] 王文庆,刘超飞,王忠杰,等.省级电网节能减排在线监测系统开发与应用[J].电力信息与通信技术,2014,12(5):97-102.  
[15] 李佳颖,应启夏.大气颗粒物浓度在线监测方法研究[J].仪器仪表学报,2006,27(6):1643-1644.  
[16] 葛军,张华峰,党倩,等.并网燃煤机组污染物在线监管系统研究[J].电力信息与通信技术,2014,12(8):93-96.

(上接第92页)

[3] 韩宝平.矿区环境污染与防治[M].徐州:中国矿业大学出版社,2008.  
[4] 王善武.我国工业锅炉节能潜力分析与建议[J].工业锅炉,2005(1):7-16.  
[5] 刘春生.新型高效煤粉锅炉供热系统在城市供热中的推广和应用[J].区域供热,2013(2):60-62.  
[6] 何海军,李小炯.煤粉工业锅炉的运行特点与经济分析[J].洁净煤技术,2013,19(4):77-80.  
[7] 冯现河.高效煤粉工业锅炉技术开发及示范推广[J].洁净煤技术,2011,17(4):62-66.  
[8] 吴从容,黎华,李茂东,等.燃煤工业锅炉热效率快速测试方法分析[J].能源与环境,2012(4):23-24.  
[9] 任海锋,阎维平,吴威.不确定度原理在锅炉热效率测试中的应用[J].热力发电,2013,42(3):8-10.  
[10] 张凝凝.补连塔矿煤样分析报告[R].北京:煤炭科学技术研究院有限公司煤化工分院,2015:1-6.  
[11] 柳乃明.锅炉  $\text{NO}_x$  和  $\text{SO}_2$  检测报告单[R].北京:煤炭科学技术研究院有限公司,2014:1-3.