

# 高效煤粉工业锅炉系统在城市供热的应用

冯现河<sup>1 2 3</sup>

- (1. 煤炭科学研究总院 节能与工程技术研究分院 北京 100013;
2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室 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:** 介绍了一种新型高效煤粉工业锅炉系统技术及其在城市供热方面的应用情况。文中首先从技术来源、工艺流程、技术参数及应用特点等方面对该系统进行了说明,通过供热能效分析及典型供热案例解析,对该技术的经济和环保特性进行了全面详细的论述。通过与热电联产、天然气、水煤浆供热等其他城市供热模式的对比,说明煤粉工业锅炉供热系统具有一定的优势,选址更为灵活,经济性较强,适应性也更为广泛。这为探索新型的城市供热模式提供了思路和参考。

**关键词:** 能源;煤粉工业锅炉;城市供热;燃烧效率;节能环保

中图分类号: TQ351; TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2013)03-0089-04

## Application of efficient coal powder industrial boiler system in urban heat supply

FENG Xianhe<sup>1 2 3</sup>

- (1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, China Coal Research Institute, 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 & Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

**Abstract:** Introduce the efficient coal powder industrial boiler system from the aspects of technologies source, process, technical parameters and application characteristics. Emphasize its application in urban heat supply. The analysis of energy efficiency and typical heat supply cases indicate the economic and environmental characteristics of the system. The results show that, compared with other urban heat supply systems such as combined heat and power generation, natural gas, coal water mixture, the coal powder industrial boiler system has remarkable advantages, its site selection is more flexible, it also has wide adaptability and great economic benefits.

**Key words:** energy; coal powder industrial boiler; urban heat supply; combustion efficiency; energy saving and environmental protection

收稿日期: 2013-03-27 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 国家国际科技合作项目煤炭高效低排放燃烧技术联合开发资金资助期项目(2011DFA60390)

作者简介: 冯现河(1970—),男,山东泰安人,工学学士,长期从事工业锅炉质量管理、工程管理工作。E-mail: fengxianhe01@163.com。

引用格式: 冯现河. 高效煤粉工业锅炉系统在城市供热的应用[J]. 洁净煤技术, 2013, 9(3): 89-92, 01.

## 0 引言

中国城市供热热源形式多样,有热电厂、集中锅炉房、分散锅炉房等。供热所用能源包括煤炭、燃油、天然气、电能、核能、地热、太阳能等,集中供热所用能源仍以煤炭为主。

随着社会经济的发展,国家在能源政策上提出了节约与开发并重的方针,在城市环境保护和节约能源方面采取了一系列措施,各地方城市供热产业迅猛发展,形成了以热电联产为主,集中锅炉房为辅,其他方式为补充的供热局面<sup>[1]</sup>。

本文主要介绍一种新型高效煤粉锅炉技术系统,并重点对其应用于城市供热的经济和环保性进行综合分析,为探索新型的城市供热模式提供参考。

## 1 新型高效煤粉锅炉系统

高效煤粉工业锅炉始于1995年,由煤炭科学研究总院自主研发,经过实验室研究、中试试验、工业示范等阶段,已在全国一半以上省市进行推广应

用,获得了国家科技支撑计划、863计划、国际合作及中央国有资本金预算等重点项目的资助。目前,国家发改委、工信部已分别将其列入节能产品推广目录<sup>[2]</sup>。

### 1.1 工艺流程

该锅炉系统采用全密闭精确供粉,狭小空间截面炉膛内煤粉低氮稳燃,锅炉积灰和灰粘污自清洁等先进技术,以煤粉塔、供料器、燃烧器、锅炉、布袋除尘器、热力系统、辅助系统及自动控制等为系统构成要素<sup>[3]</sup>。如图1所示,其工艺流程是:来自煤粉加工厂的密闭罐车与煤粉塔对接,将符合质量标准的煤粉密相气力输送注入煤粉储罐。储罐内的煤粉按需进入计量仓后由供料器及风粉混合管道送入煤粉燃烧器。燃烧器和锅炉炉膛构成燃烧系统,燃烧产生的高温烟气完成换热后进入布袋除尘器,出除尘器的洁净烟气经引风机排入大气,布袋收集的飞灰密闭排出,集中处理。锅炉系统的运行由点火程序控制器和PLC上位计算机系统共同完成<sup>[4]</sup>。

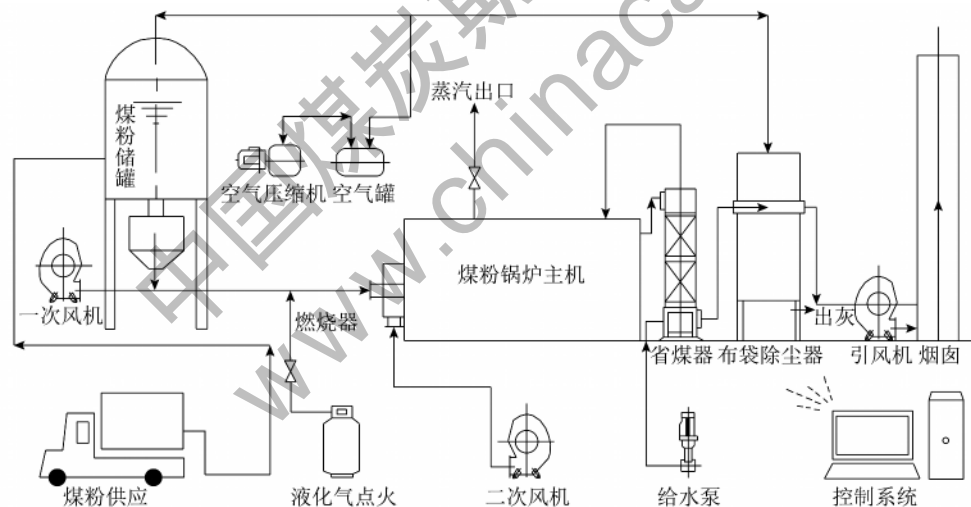


图1 煤粉工业锅炉工艺流程

### 1.2 技术参数

该项系统技术单位节能量为0.02 tce/蒸t,燃料燃烧效率可达98%以上,热效率达90%以上,烟尘排放小于20 mg/m<sup>3</sup>,炉内脱硫率达到40%左右,SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>排放均达到国家环保要求<sup>[5]</sup>。

### 1.3 应用特点

#### 1) 投资省

整体建设投资与传统燃煤锅炉持平,但由于锅炉热效率提高了30%,按综合实际供热面积计算,单位面积建设投资大幅下降。

#### 2) 占地少

与传统燃煤锅炉相比,不需煤场和渣场,占地面积减少60%<sup>[6]</sup>。

#### 3) 热效率高

传统燃煤锅炉平均热效率只有60%左右,而新型煤粉炉热效率达93%以上,远高于其他类型的供热锅炉<sup>[7]</sup>。

#### 4) 成本低

燃料用量比传统燃煤锅炉减少近1/2,综合成本减少30%以上,实现了最大程度的节能。

5) 达标排放

经过实际运行检测,新型煤粉锅炉燃烧烟气参数完全可以满足 GB 13271—2001《锅炉大气污染物排放标准》的要求,并且实现了最大程度的减排。

6) 环保

由于燃烧煤粉和燃尽产生的灰全部密封储供,彻底改变了传统锅炉脏乱差的形象。

7) 测控科学

锅炉所有系统均由煤炭科学研究总院研制的测控系统控制运行,操作人员只需输入简单指令,

锅炉等设备就会自动运行,基本实现无人值守。

8) 安全稳定

煤粉的燃烧速度较油气慢,自发形成燃烧、爆炸的可能性也要小,加之采用了高可靠程序点火控制系统,设置静电接地、CO<sub>2</sub>保护和防爆门,系统运行安全稳定<sup>[8]</sup>。

## 2 新型煤粉锅炉与燃料锅炉供热能效对比

不同燃料锅炉供热建设及运行成本对比见表1。

表1 不同燃料锅炉供热建设及运行成本对比

类型项目	原煤	天然气	水煤浆	新型煤粉
锅炉房占地面积/m <sup>2</sup>	400~500	300~400	400~500	400~500
锅炉房外地(煤渣场)占地面积/m <sup>2</sup>	1000~1200	200~250(满足间距)	200~250(满足间距)	200~250(满足间距)
土地费用/万元	250	100	100	100
土建费用/万元	100	80	80	80
安装费用/万元	100	60	150	100
设施设备费用/万元	700	500	900	700
建设费用合计/万元	1150	740	1230	980
折合吨建设成本/万元	57.5	37	61.5	49
设计供热面积/万 m <sup>2</sup>	20	20	20	20
超负荷供热能力/万 m <sup>2</sup>	2	0	2	10
实际可供热面积/万 m <sup>2</sup>	22	20	22	30
单位供热面积建设成本/(元·m <sup>-2</sup> )	52.3	37.0	55.9	32.7
燃料低位发热值/(MJ·m <sup>-3</sup> )	20.06	33.86	18.22	29.47
燃料价格	0.61元/kg	1.47元/m <sup>3</sup>	0.71元/kg	0.90元/kg
折合标煤价格/(元·kg <sup>-1</sup> )	0.89	1.27	1.14	0.89
锅炉热效率/%	65	90	85.75	93.36
单位供热面积燃料成本/(元·月 <sup>-1</sup> )	2.9	3.0	2.7	2.0
单位供热面积水、电、人工工资、维修大修、折旧、管理等综合成本/(元·月 <sup>-1</sup> )	2.1	1.5	1.7	1.5
单位供热面积成本/(元·月 <sup>-1</sup> )	5.0	4.5	4.4	3.5

优点	燃料供应充足、可大量储备;	自动化程度高;燃烧效率高;节省人工;干净卫生;达标排放。	燃烧效率高;用工较少;排放达标。	自动化程度高;燃烧效率最高;用工较少;干净卫生;达标排放;具备天然气和新型煤粉切换混烧和单烧功能;可大量储备。
缺点	自动化程度、燃烧效率很低;用工多;脏乱差;排放超标、污染环境;投资高。	燃料单一、不能储存,一旦天然气供应中断,无法供热;锅炉寿命短;不能大量储备。	浆泵或配套除尘等设备寿命短;灰浆收集再利用难度大;点火成本高;不能大量储备。	制粉原煤必须选用高热值、高挥发分、低硫和低灰分煤种

以1台14 MW(20 t/h)热水锅炉为例,新型煤粉锅炉房占地1 hm<sup>2</sup>左右,建设费用约980万元,略高于天然气锅炉房,超负荷供热能力高达30万 m<sup>2</sup>,单位供热面积建设成本仅为32.7元,为各种能源供热最低。燃烧所用煤粉必须是专用煤粉,制粉用原煤必须是优质煤,低位发热值在27.21 MJ/kg以上,挥发分在35%以上,灰分在8%以下,含硫量在4%以下。目前制粉用原煤为新疆黑山煤,低位发热值超过29.31 MJ/kg,制粉后运抵锅炉房的价格为900元,折合成标准煤为0.89元/kg,低于天然气的1.27元和水煤浆的1.14元<sup>[9]</sup>。锅炉燃烧过剩空气系数为1.29,排烟温度112.4℃,热效率为93.36%,为各种能源供热之首<sup>[10]</sup>。

### 3 新型煤粉锅炉系统的应用

2011年3月,甘肃省工信委带领省内部分煤炭企业、供热企业对高效煤粉锅炉进行考察,对高效节能、环保微排、低成本安全的运转特性有了初步了解。兰州市热力总公司为切实降低公司运营成本,实现节能减排和提高兰州大气环境质量,经过充分研究论证,决定对北方机械厂锅炉房进行改造,将原有3台4.2 MW燃煤锅炉拆除,在原锅炉内部更新2台14 MW新型高效煤粉锅炉。2012年3月,西北地区第一台高效煤粉供热锅炉成功点火运营,供热运行安全稳定,实现了安全环保、节能降耗的目标。

#### 3.1 环保性

##### 3.1.1 热工

项目投产后,经国家机械工业锅炉及环保产品质量监督检测中心测试,锅炉燃烧效率98%,热效率93.36%。热效率不但远高于普通工业链条炉的60%,比水煤浆锅炉的85.57%和天然气锅炉的90%还要高<sup>[11]</sup>。

##### 3.1.2 污染物排放

烟尘排放质量浓度为11.11 mg/m<sup>3</sup>; SO<sub>2</sub>排放质量浓度为329.92 mg/m<sup>3</sup>,是兰州市锅炉大气污染物排放标准的65.98%。

由于锅炉炉膛采用低温燃烧新工艺,产生的NO<sub>x</sub>极低,排放质量浓度仅为309.24 mg/m<sup>3</sup><sup>[12]</sup>。

##### 3.1.3 全封闭物流

此外,煤粉锅炉所需煤粉采用全封闭罐车运

输,进入锅炉站后经车载气力输送泵注入全密闭的煤粉塔内储存,燃烧后烟气经高效布袋除尘器收集的极少量的灰,通过气力输送到全密闭的灰塔,由全封闭专用罐车运到商品混凝土生产基地,全部作为混凝土生产添加剂使用,实现了煤粉的高效燃烧和全利用。整个物流过程没有污染,安全环保<sup>[13]</sup>。

#### 3.2 经济性

在经济性方面,虽然锅炉核心设备和控制部分与传统燃煤锅炉投资持平,但由于煤粉锅炉不需要煤场和渣场,用地减少60%,不需要炉排、上煤、出渣等易损装置,基本全自动化运行,设备维护成本和人力成本大幅降低,稳定运行得到保证<sup>[14]</sup>。

煤炭燃烧效率提高30%以上,节煤量达40%,节电量30%,综合成本降低20%~30%。由于锅炉热效率大幅提高,煤粉锅炉比同等规模的传统燃煤锅炉在保证安全稳定供热的前提下,超负荷供热能力强,达到50%以上,节省投资的同时,提高了运转效益<sup>[15]</sup>。

### 4 结 论

1) 相对于传统燃煤供热,煤粉工业锅炉是一种新型城市供热模式,可以实现环保、节能、安全、稳定、自控运行。

2) 相对于热电联产大集中供热模式的“大投资、大锅炉、大烟囱、大管网、受电厂制约和常年排放”而言,新型煤粉锅炉供热系统具有占地少、投资省、环境污染小等显著特点,可以轻松按照街区设置锅炉房,实施分布式区域供热,更利于城市在治理煤烟型大气污染方面有所作为。

3) 相对于天然气和水煤浆供热,新型煤粉锅炉供热成本较低,运行经济,有利于维护供热企业利益,防止运营亏损,减少因供热价格上涨带来的支出负担。由于新型煤粉锅炉供热的生命力更强、适应性更广,在德国等发达国家被列为最重要的供热方式之一,取得了与天然气锅炉相当的技术和环境效果。

因此,作为城市治理大气污染的新举措和实施环保节能经济分布式供热的一种新模式,该系统在城市供热行业具有广阔发展前景。

(下转第101页)

3) 相同反应条件下 3 种活性焦中 TX 样 NO 的脱除率相对较好,与两种商用活性焦相比, TX 样脱硝效率低于 GH 样,而高于 XH 样。TX 活性焦达到了商业活性焦脱硝性能,可做进一步研究用于指导活性焦制备工艺,以提高其脱硝性能。

#### 参考文献:

- [1] 管锡珺,董典同,马培建,等. NO<sub>x</sub> 的产生及脱除研究进展[J]. 青岛建筑工程学院学报, 2002, 23(4): 35-40.
- [2] 张立群. 电厂燃煤锅炉同时脱硫脱氮技术分析[J]. 科技情报开发与经济, 2005, 15(7): 152-153.
- [3] 高巨宝,攀越胜,邹峥,等. 活性炭烟气脱硫脱氮技术的现状[J]. 电力建设, 2006, 27(2): 66-68.
- [4] 王仲霞. 干法氮氧化物脱除技术的发展状况及其工业应用[J]. 河北化工, 2005(4): 28-30.
- [5] 祝社民,李伟峰,陈英文,等. 烟气脱硝技术研究进展[J]. 环境污染与防治, 2005, 27(9): 699-703.
- [6] 刘炜,张俊丰,童志权. 选择性催化还原法(SCR)脱硝研究进展[J]. 工业安全与环保, 2005, 31(1): 25-28.
- [7] 易红宏,宁平,陈亚雄. 氮氧化物废气的治理技术[J]. 环境科学动态, 1998(4): 17-20.

(上接第 92 页)

#### 参考文献:

- [1] 关军,杨冶金. 中国城市供热热源的技术发展现状及趋势[J]. 热电技术, 2000(2): 8-12.
- [2] 范玮. 煤粉工业锅炉产业发展现状及投资分析[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 4-7.
- [3] 董永胜,林淑胜,初燕,等. 煤粉燃烧器及煤粉锅炉: 中国, 202188502U[P]. 2012-04-11.
- [4] 何海军,纪任山,王乃继. 高效煤粉工业锅炉的研发与应用[J]. 煤炭科学技术, 2009, 37(11): 1-4.
- [5] 全胜录,王晓雷,霍卫东. 新型工业煤粉锅炉关键技术及节能效果分析[J]. 神华科技, 2009, 7(3): 77-79.
- [6] 赵钦新,王善武. 我国工业锅炉未来发展分析[J]. 工业锅炉, 2007, 110(1): 1-9.
- [7] 李茂东,黎华,钟志强. 工业锅炉能耗现状分析与节能措施[J]. 石油和化工设备, 2009(7): 67-69.

- [8] 况敏,杨国华,胡文佳. 燃煤电厂烟气脱汞技术现状分析与展望[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(5): 66-70.
- [9] 赵毅,陈周燕,汪黎东,等. 湿式烟气脱硫系统同时脱汞研究[J]. 环境工程学报, 2008, 2(1): 64-69.
- [10] 任建莉,周劲松,骆仲决. 新型吸附剂脱除烟气中气态汞的研究[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(2): 48-53.
- [11] 原长海,阚中华,陈嵘. 干法烟气脱硝技术的研究进展[J]. 广州化工, 2012, 38(3): 36-38.
- [12] 李兰廷,吴涛,梁大明,等. 活性焦干法联合脱硫脱硝的正交实验[J]. 煤质技术, 2009(3): 46-49.
- [13] 陶贺,金宝升,朴桂林,等. 活性焦烟气脱硫脱硝的静态实验和工艺参数选择[J]. 东南大学学报, 2009, 39(3): 635-640.
- [14] 李兰廷,解炜,梁大明,等. 活性焦脱硫脱硝的机理研究[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(8): 79-83.
- [15] 李爱民,雷军,龚铁强. 中小型燃煤烟气脱硝实验研究[J]. 煤化工, 2007, 129(2): 43-45.
- [16] 杨超,张俊丰,童志权,等. 活性炭低温催化还原 NO<sub>x</sub> 影响因素及反应机理分析[J]. 环境科学研究, 2006, 19(4): 86-90.

- [8] 何海军,纪任山,王乃继. 高效煤粉工业锅炉系统的研发与应用[J]. 煤炭科学技术, 2009, 37(11): 1-4.
- [9] 梁兴. 高效煤粉工业锅炉与水煤浆工业锅炉的对比分析[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(5): 88-90.
- [10] 吴立新,余洁,杜铭华. 洁净燃煤中小型锅炉新技术及节能环境效益分析[J]. 洁净煤技术, 1999, 5(1): 34-36.
- [11] 何凯. 新型高效煤粉工业锅炉原理和节能诊断分析[J]. 山西科技, 2010(4): 106-109.
- [12] 吴立新. 工业锅炉高效燃烧与污染控制技术的跟踪研究技术报告[R]. 北京: 煤炭科学研究总院北京煤化工研究分院, 2010: 20-22.
- [13] 马培根,房靖华,雷小云. 关于煤粉工业锅炉的技术分析与政策思考[J]. 环境与可持续发展, 2011(5): 55-56.
- [14] 方捷,杜伯奇,王德山,等. 高效煤粉锅炉的推广与应用[J]. 现代制造技术与装备, 2008(6): 55-56.
- [15] 姜政华. 工业锅炉采用精细煤燃烧技术可行性展望[J]. 节能, 2001(11): 41-43.