

高效煤粉燃烧技术在区域集中供热中的应用

宋春燕^{1,2,3}

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司,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:为了节约油气资源,推广先进的煤炭洁净燃烧技术,开发运行成本合理的区域集中热源形式,对国内外区域集中供热技术及发展方向进行了综述和分析,并对高效煤粉燃烧技术和高效煤粉锅炉系统的技术经济和环保效益进行了分析。结果表明:高效煤粉燃烧技术代替油气、代替传统燃煤技术,符合我国富煤、贫油、少气的国情,技术成熟、经济效益显著、环保排放达标,同时可为城市节约大量土地,并能带动锅炉行业转型,实现燃煤升级、节能减排的区域集中供热目标。

关键词:高效煤粉锅炉;区域集中供热;高效煤粉燃烧技术;经济效益;节能环保

中图分类号:TK229.6 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2015)04-0074-03

Application of high efficiency pulverized coal combustion technology in regional central heating

SONG Chunyan^{1,2,3}

(1. Coal Science and Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China; 2. State Key Laboratory of Coal Mining and Environmental Protection, Beijing 100013, China; 3. National Energy Technology and Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control, Beijing 100013, China)

Abstract: In order to save oil and gas resources, develop low cost regional centralized heat resources, the regional centralized heating technology and development direction were introduced in china and abroad, the efficiency of pulverized coal combustion technology and efficient pulverized coal boiler system technology, economic and environmental benefits were analyzed. The results showed that the efficient pulverized coal combustion technology conformed to the energy situation of China. It saved a lot of land and drove the transformation of industry boiler, realized coal upgrading, energy-saving emission reduction areas concentrated heating target.

Key words: efficient pulverized coal combustion technology; district central heating; high efficiency pulverized coal boiler; economic benefit; energy saving and environmental protection

0 引言

目前,根据燃料的性质来分,我国区域集中供热和应急调峰热源锅炉房主要有3种形式:燃煤锅炉房、燃油锅炉房、燃气锅炉房。基于我国“富煤、贫油、少气”的能源分布,燃煤锅炉房的运行费用低,占有的市场份额最大;燃气锅炉房运行费用较高,对多数城市燃气储备和燃气价格而言,采用燃气锅炉房存在一定的困难;燃油锅炉运行费用也较高,虽然属于清洁能源,但对环境也有一定程度的污染。燃

油、燃气锅炉作为一种补充热源形式,应用范围有限,但传统燃煤技术存在低效率和高污染的问题,随着国家对中小型燃煤锅炉能效和环保性能要求的不断提高,传统燃煤工业锅炉技术和其在用产品已难以满足要求,急需改造和替换。发展先进的煤炭洁净燃烧技术,是目前最适合我国国情的能源消费特点,也是实现燃煤升级、节能减排的区域集中供热目标。

1 国内外集中供热现状及发展方向

国外城市集中供热的热源以热电联产和区域锅

收稿日期:2015-05-28;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.04.001

基金项目:煤炭科学技术研究院科技发展基金资助项目(2014CX03);煤炭科学技术研究院科技发展基金资助项目(2015CX02)

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:songstb1225@126.com

引用格式:宋春燕.高效煤粉燃烧技术在区域集中供热中的应用[J].洁净煤技术,2015,21(4):74-76,90.

SONG Chunyan. Application of high efficiency pulverized coal combustion technology in regional central heating[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(4): 74-76, 90.

炉房为主。热电厂带基本负荷,约占总热负荷的50%~60%,锅炉房约占总热负荷的40%~50%^[1]。在欧洲一些国家已建成多热源的联合运行系统,达到互为备用^[2]。此外,各国在大力发展热电联产和区域锅炉房的同时,充分重视利用本国的自然资源,开发多种热源形式^[3],另外,丹麦、瑞典、芬兰、法国等国家在热电厂内设置储热罐^[4]。国外的区域锅炉房大多采用高效煤粉锅炉,以德国为例,该国的能源资源结构与我国相似,基础工业门类及品种与我国也大体相仿,数十年以前就已经完全消灭了低效率、高能耗、高污染的链条炉,虽有少量的油气锅炉存在,但80%以上的锅炉使用高效煤粉锅炉^[5]。21世纪的供热热源发展,以多元化、多热源、发展适合本国国情的供热技术、节约化石燃料、改善大气环境为主要方向。但21世纪上半叶,仍以大型燃煤热电厂和燃气-蒸汽联合循环热电厂为主,区域锅炉房为辅,其他热源为补充的形式竞相发展。

我国集中供热主要形式之一也是热电联产^[6],但从全国范围来看,由于体制的问题,热电联产集中供热遇到了严峻的挑战^[7-9]。根据CJJ34—2010《城镇供热管网设计规范》要求,供热建筑面积大于1000万m²供热系统应采用多热源供热,且各热源下的最低供热量保证率不得低于55%。因此大型热电联产集中供热项目应同时配设区域锅炉房,作为应急调峰性质的辅助热源,并采用并网运行方式与区域锅炉房联网运行^[10]。GB 13271—2014《锅炉大气污染物排放标准》,向燃煤锅炉的整治迈出了实质性一步,标准自2015年10月1日起执行,将存量燃煤锅炉SO₂和NO_x排放标准将降低至300 mg/m³,而新建锅炉的标准进一步降低到200 mg/m³,60蒸t/h以上燃煤锅炉执行电站排放标准100 mg/m³^[11]。我国以煤为主、油气资源相对匮乏的能源特征,可以预见燃煤锅炉中长期内还将大量被应用于民用采暖和工业生产各个领域^[12]。我国对煤粉工业锅炉应用技术的研究起步较晚,近几年才取得突破性进展,2005年由煤炭科学研究总院独立开发成功高效煤粉工业锅炉系统(专利号:ZL 2005 1 0080337.9),且拥有全部自主知识产权。

2 高效煤粉锅炉在区域集中供热中的应用

2.1 技术简介

高效煤粉锅炉系统主要由煤粉储供单元、燃烧

器单元、锅炉本体单元、热水系统、烟气净化单元、飞灰收集及储存单元、压缩空气站、点火油站、惰性气体保护站及测控单元等10个子系统组成^[13],工艺流程见文献^[14]。

煤粉储供单元和燃烧器单元是高效煤粉锅炉系统中的关键技术。高效煤粉锅炉系统产品具有高效节能、环保排放、启停快速、操作简单、密闭清洁等特点。从燃煤技术来看,与采用传统燃煤锅炉相比,可以显著提高燃料利用率。同时,其运行成本低廉已成为中小型燃油、燃气锅炉的理想替代品。

2.2 技术指标及达标情况

根据用户的燃料情况及高效煤粉锅炉系统特点,确定提供煤粉煤质指标及锅炉系统相关排放达标情况,见表1。

表1 高效煤粉锅炉系统技术指标

项目	指标要求	备注	
原煤	发热量/(MJ·kg ⁻¹)	>23.03	收到基
	煤粉燃料挥发分/%	≥30	干燥无灰基
	灰分/%	≤15	收到基
	硫分/%	≤0.5	收到基
煤粉	煤粉水分/%	≤4	收到基
	煤粉粒度/mm	0.074	过筛率>90%
高效煤粉锅炉	热效率/%	≥90	
	烟尘排放浓度	≤20	过量空气系数1.8
	SO ₂ 排放质量浓度	≤350	未采用脱硫措施
	SO ₂ 排放质量浓度	≤100	采用脱硫措施
	NO _x 排放质量浓度	≤300	采用低氮燃烧器
NO _x 排放质量浓度	≤100	采用低氮燃烧器、SNCR+SCR	

注:排放质量浓度的单位是mg/m³。

2.3 建设及运行成本

根据已建成项目建设费用和运行成本,以2012年建设、已稳定运行2个采暖季的兰州6台29 MW(40蒸t/h)高效煤粉锅炉房的统计数据,分析对比不同燃料供热锅炉建设及运行成本,见表2。

从表2建设投资和占地来看,天然气锅炉房建设成本较低,占地也最省,但运行成本高、耗气量大;高效煤粉锅炉房相比链条锅炉房投资稍高,但可大大节约建设用,高效煤粉锅炉系统由于设备体积小,无需煤场渣场,按已建成项目统计,少占地60%以上,大量土地可以置换出来作为城市建设和绿化用地。

在运行成本来看,高效煤粉锅炉房相比其他燃煤锅炉节煤率在35%以上,燃料成本只有天然气的

1/3,热效率大于90%,远优于传统燃煤锅炉。

表2 不同燃料供热锅炉建设及运行成本

项目	链条锅炉	水煤浆锅炉	天然气锅炉	高效煤粉锅炉
建设				
占地面积/hm ²	3.33	1.33	1	1.33
建设费用/万元	9200	12200	5200	10200
成本				
建设成本/(万元·t ⁻¹)	38.3	50.83	21.7	42.5
对比结果	适中	较高	较低	略高
运行				
低位热值/(MJ·kg ⁻¹)	20.93	16.74	33.48	27.21
燃料价格/(元·kg ⁻¹)	0.61	0.71	2.40	0.90
标煤价格/(元·kg ⁻¹)	0.85	1.24	2.10	0.97
锅炉热效率/%	60	83	90	92
成本				
单位面积月耗热量/GJ	0.08	0.08	0.08	0.08
每月每平米燃料成本/元	3.87	4.08	6.38	2.88
燃料占总成本份额/%	70	75	80	75
每月每平米成本/元	5.5	5.4	8.0	3.8
与现热价相比*/元	+0.5	+0.4	+3.3	-1.2
对比结果	高	高	高	低

注: * 参考兰州地区热价:燃煤热价每月5.0元/m²,燃气热价每月4.2元/m²。

2.4 环保效益

根据项目调研和实测情况,链条锅炉烟气经完善的除尘、脱硫后,烟尘、SO₂排放可达到最新国家标准要求,但NO_x排放量大大超标,这意味着链条锅炉房还需增加单独的脱硝系统,目前主流脱硝工艺主要应用于大型电站锅炉,对于中小型燃煤锅炉而言,增加脱硝显著增大投资和运行成本,且因系统效率低,实际效果并不好。在我国环保要求日益严格情况下,链条锅炉已经无法适应当前的发展;燃气锅炉烟尘及SO₂排放量都很低,但国内燃气锅炉燃烧器并未实现低氮燃烧技术^[15],从而造成炉膛燃烧温度高,NO_x排放量普遍在300 mg/m³左右,无法满足现行国家相关标准。相比而言,高效煤粉锅炉排放可以达到国家标准,高效煤粉锅炉相比传统燃煤锅炉可减排烟尘80%,减少SO₂排放50%,减少NO_x排放50%左右,并大大减少可吸入颗粒物的排放量。此外,煤粉锅炉的燃烧产物95%以上是煤粉灰,可用作建筑材料回收,避免了传统锅炉产生大量废气和废渣。不同燃料供热锅炉环保排放见表3。

表3 不同燃料供热锅炉环保排放对比

项目	mg/m ³							
	GB 13271—2014 限值 《锅炉大气污染物排放标准》		链条锅炉(烟气经 除尘脱硫处理)		天然气锅炉 (烟气直排)		高效煤粉锅炉 (烟气经除尘脱硫处理)	
	燃煤锅炉	燃气锅炉	实测排放值	是否达标	实测排放值	是否达标	实测排放值	是否达标
烟尘	50	20	50	是	10	是	11	是
SO ₂	300	50	200	是	20	是	100	是
NO _x	300	200	500	否	300	否	200	是

2.5 技术推广及应用

高效煤粉锅炉系统应用前景广阔,目前煤炭科学技术研究院有限公司在煤炭企业集团、市政供热和大型工业园区都取得了很好的推广业绩,实现系列产品全覆盖,并可根据用户需要开发个性化产品。现已在辽宁、天津、山东、安徽、江苏、浙江、福建、广东、广西、山西、内蒙古、陕西、甘肃、宁夏等20多个省市建成煤粉锅炉系统数百套,近万蒸吨等效容量,每年为用户节约成本数亿元。投产以来,系统运转稳定可靠,节能减排效果突出,用户满意度高。

3 结论

1)煤粉代替油气,符合我国国情,解决环境污染问题。GB 13271—2014《锅炉大气污染物排放标

准》执行后,除燃油燃气锅炉外,所有燃煤锅炉均不符合环保要求,改换燃油燃气锅炉不适于我国多煤少油气的资源现状,必须采用洁净燃煤高效燃烧技术代替油气技术作为城市集中供热辅助热源,特别是在集中供热无法满足的医院、学校、宾馆、饭店、机关等。

2)高效煤粉燃烧技术在城市供热中代替传统燃煤炉,经济效益显著。集中供热的辅助热源区域集中供热锅炉房,采用高效煤粉锅炉系统技术是最具有优势的,从经济性上来看,高效煤粉锅炉优于链条锅炉,但大大优于燃气锅炉;从节能、环保方面考虑,高效煤粉锅炉与燃气锅炉不相上下,但相比链条锅炉有非常大的优势。

(下转第90页)

符合民用型煤标准(民用型煤的发热量规定为18~20 MJ/kg)。

表8 型煤发热量检测结果 MJ/kg

样品	$Q_{gr,ad}$	$Q_{gr,d}$	$Q_{net,ad}$	$Q_{net,d}$
型煤1号	23.47	24.63	23.05	24.30
型煤2号	23.32	24.48	22.91	24.16

3 结 论

1)型煤强度随成型压力呈现曲线变化。0~35 kN时,随成型压力增加,型煤强度逐渐增加;35 kN以上时,随成型压力增加,型煤强度反而呈现降低趋势。最佳成型压力为35 kN(17.5 MPa)。

2)黏结剂的添加量越大,型煤强度越大。但是考虑到型煤生产的经济性,本研究将最佳添加比例定为2.0%。

3)在黏结剂添加比例为2.0%的条件下,污泥的最佳量为20%。当污泥添加量小于20%时,随着添加量增大,型煤强度增大;当污泥添加量大于20%时,随着污泥添加量增大,型煤强度降低。

参考文献:

[1] 许晓萍.我国市政污泥处理现状与发展探析[J].江西化工,2010(3):24-32.
[2] Rulkens W. Sewage sludge as a biomass resource for the production

of energy:overview and assessment of the various options[J]. Energy and Fuels,2008,22(1):9-15.

[3] 顾夏生,黄铭荣,王占生,等.水处理工程[M].北京:清华大学出版社,1985:159-160.
[4] 王建俊,王格格,李刚,等.污泥资源化利用[J].当代化工,2015,44(1):98-100.
[5] Coakley P. Research on sewage sludge carried out in the department of university collage london[J]. Journal institute Sewage Purification,1995(9):59-62.
[6] 顾全文.市政污泥处理与资源化利用技术研究[J].山西冶金,2014(2):21-23.
[7] 高玉杰.型煤成型影响因素分析及型煤成型机的设计[D].太原:山西大学,2009.
[8] 田斌,许德平,杨芳芳,等.成型压力与粉煤粒度分布对冷压型煤性能的影响[J].煤炭科学技术,2013,41(10):125-128.
[9] 邓加耀,张会强,吴坚,等.粒度、压力和水分对型煤冷态强度的影响[J].工程热物理学报,2004,25(9):182-184.
[10] 孙孝仁.型煤设备与型煤黏结剂[J].能源工程,1994(4):13-15.
[11] Yildirim I Tosun. Clean fuel-magnesia bonded coal briquetting[J]. Fuel Processing Technology,2007,88(10):977-981.
[12] Sczerka J, Pedzich Z, Nikiel M, et al. Influence of raw materials morphology on properties of magnesia-spinel refractories[J]. Journal of the European Ceramic Society, 2007(27):1683-1689.
[13] 徐振刚,刘随芹.型煤技术[M].北京:煤炭工业出版社,2001.
[14] 常鸿雁.粉煤成型机理研究[D].太原:太原理工大学,2002.
[15] 吉登高,王祖训,张丽娟,等.粉煤成型原料粒度组成的试验研究[J].煤炭学报,2005,30(1):100-103.

(上接第76页)

3)高效煤粉锅炉系统具有良好的经济和社会效益,应用前景广阔,其迅速兴起可促进燃煤锅炉行业的转型,可视为目前最经济环保的洁净煤燃烧技术和最实用的城市供热燃煤技术。

参考文献:

[1] 张沈生,孙晓兵,傅卓林.国外供暖方式现状及发展趋势[J].工业技术经济,2006,25(7):131-134.
[2] 曾享麟,蔡启林,解鲁生,等.欧洲集中供热的发展[J].区域供热,2002(1):1-8.
[3] 辛坦.丹麦热计量改革经验概要[J].供热制冷,2009(10):23.
[4] Joanne M Holford, Gary R Hunt. Fundamental atrium design for natural ventilation[J]. Building and Environment,2003,38(3):409-426.
[5] ChristanSchmoll,王兆立,宋若子.德国和波兰供热计量特点与经验[J].建设科技,2009(22):71-73.
[6] 康艳兵,张建国,张扬.我国热电联产集中供热的发展现状、

问题与建议[J].中国能源,2008(10):1-10.

[7] 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.
[8] 中研普华城市供热行业分析专家.2013—2017年中国集中供热行业发展前景研究报告[R].深圳:中研普华公司,2013:1-361.
[9] 崔丽娜.浅谈国内外集中供热控制系统现状及应用[J].民营科技,2011(8):47-52.
[10] 刘剑,霍兆义,尹洪超.城市集中供热的发展及面临的问题[J].节能与环保,2008(4):33-35.
[11] GB 13271—2014,锅炉大气污染物排放标准[S].
[12] 国家发展和改革委员会.燃煤对我国大气质量的影响及对策[R].北京:国家能源局,2012:6-17.
[13] 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.
[14] 宋春燕,张鑫,李婷.高效煤粉锅炉替换层燃锅炉技术改造与能效分析[J].洁净煤技术,2015,21(3):98-102,106.
[15] 唐家毅,卢啸风,刘汉周,等.国外低 NO_x 煤粉燃烧器的研究进展及发展趋势[J].热力发电,2008,37(2):13-18.