

# 高效煤粉工业锅炉与水煤浆工业锅炉的对比分析

梁 兴<sup>1 2 3</sup>

- (1. 煤炭科学研究总院 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:** 煤粉工业锅炉与水煤浆工业锅炉是目前中国中小型燃煤锅炉最现实的替代炉型。从原料煤选择、工艺技术及装备、运行成本和安全生产等多方面对这两类系统技术进行了详细对比分析。结果表明: 高效煤粉工业锅炉用煤主要以褐煤和长焰煤为主, 受制浆浓度的约束, 除褐煤以外的大多数煤种均可用于水煤浆工业锅炉; 煤粉工业锅炉的初投资比水煤浆工业锅炉高约 25%, 但锅炉效率要高一些, 运行费用比水煤浆工业锅炉低约 34%; 水煤浆工业锅炉的负荷调节能力要强于煤粉工业锅炉。因此应结合中国煤炭资源的分布及利用情况, 并充分考虑实施地的煤炭运输条件及环境, 选择合理、经济的锅炉系统技术。

**关键词:** 高效煤粉工业锅炉; 水煤浆工业锅炉; 对比; 分析

中图分类号: TD849; TK175

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2012)05-0088-03

## Comparison between high efficient pulverized coal industrial boiler and CWM industrial boiler

LIANG Xing<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 Coal Mining and Environment Protection, Beijing 100013, China;  
3. Energy State Key Laboratory of Coal Efficient Utilization and Energy-Saving Equipment, Beijing 100013, China)

**Abstract:** High efficient pulverized coal industrial boiler and CWM industrial boiler is the most practical substitute for medium and small coal fired boiler in China. Compare these two kinds of systems from the aspects of raw coal selection, process technology and equipments, operation cost and safety. The results illustrate that long flame coal and lignite are mainly used for high efficient pulverized coal industrial boiler. Due to concentration requirement, most of coal type except lignite could apply to CWM industrial boiler. The high efficient pulverized coal industrial boiler has greater efficient, whose investment is higher about 25 percent than that of CWM industrial boiler, operation cost is lower about 34 percent, load regulation capability is poorer. So the selection of proper boiler should consider coal resources distribution and utilization as well as transportation conditions.

**Key words:** high efficient pulverized coal industrial boiler; CWM industrial boiler; comparison; analysis

收稿日期: 2012-09-02 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 高效煤粉工业锅炉关键装备的合作开发国际合作项目(2012DFA60860); 煤炭高效低排放燃烧技术联合开发国际合作项目(2011DFA60390)

作者简介: 梁 兴(1979—), 男, 湖北孝感人, 工程师, 从事洁净煤技术方面的研究工作。

引用格式: 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, 96.

中小型燃煤工业锅炉是中国除电站锅炉外的主要用煤装备,总量近60万台,占目前在役工业锅炉总数的85%<sup>[1-2]</sup>,且每年以1.5%左右的速度快速增长,年煤炭消耗量达6.4亿t<sup>[3]</sup>。

目前中国中小型燃煤工业锅炉普遍存在效率低、污染严重的问题。调查表明,中小型燃煤工业锅炉的实际平均运行效率为60%~65%<sup>[4]</sup>,与国际先进水平相比低20%~30%。另外,由于环保设备简陋,SO<sub>2</sub>和烟尘等污染物排放量大,已成为中国城市大气的主要污染源<sup>[5]</sup>。

按照进料方式的不同,中小型高效粉体锅炉可分为煤粉锅炉(干法进料)和水煤浆锅炉(湿法进料)。这2种类型的锅炉在原料煤选择、工艺技术及装备、运行成本和安全生产等方面均存在差异,但与传统的燃煤工业锅炉相比,均具有效率高、污染物排放少的优点,可用于供热和供汽的工业及民用采暖锅炉,是目前中国中小型燃煤锅炉最现实的替代技术<sup>[6-8]</sup>。

## 1 煤种选择

无论是煤粉工业锅炉还是水煤浆工业锅炉,对燃料(煤粉或水煤浆)均有一定的要求,具体指标见表1。

表1 锅炉系统燃料指标

项 目	指标要求	
	煤粉工业锅炉	水煤浆工业锅炉
发热量/(MJ·kg <sup>-1</sup> )	>25.12	>16.75
挥发分/%	≥30	≥25
水分/%	≤5	<30
粒度/μm	≤74	75%以上的煤粒≤74
灰分/%	≤8	≤8
硫分/%	≤0.5	≤0.5

从2种类型锅炉对各自燃料的要求看,除去价格高、储量少的炼焦煤种外,适宜于煤粉锅炉的煤种应包括褐煤与长焰煤<sup>[9]</sup>;由于褐煤内水含量高、

含氧团多,制浆浓度低,目前尚无法用于制备水煤浆,因此适宜于水煤浆锅炉的煤种应包括长焰煤、弱黏煤和不黏煤等,且随着燃烧技术的发展,贫煤、贫瘦煤等低挥发分煤种也逐渐进入制浆煤种的选择范围<sup>[10]</sup>。同时,为了保证环保效果,2种锅炉均对原料煤在灰分和硫分上有严格要求。

## 2 工艺技术及系统装备

无论是煤粉工业锅炉还是水煤浆工业锅炉,均采用集中制粉(浆)、分散燃烧的利用模式。由于进料方式及燃料燃烧特性的不同,工艺技术及系统装备采用了不同的技术路线。但核心技术均包括高效燃烧器。

### (1) 煤粉锅炉系统技术

煤粉制备采用常规的制粉技术,将原料煤磨制成所需粒度即可。而煤粉锅炉系统的核心技术是高效煤粉燃烧器及煤粉储供装置,同时还包含锅炉本体、烟气净化、热力、自动化测控、惰性气体保护、油气点火、压缩空气等子系统<sup>[11]</sup>。

目前高效煤粉工业锅炉系列产品共分3类36个品种,包括2~75 t/h蒸汽锅炉系列;1.4~50 MW热水锅炉系列;10.47~58.62 GJ/h有机热载体锅炉系列。

### (2) 水煤浆锅炉系统技术

水煤浆制备多采用低阶煤级配制浆新技术,可有效提高低阶煤的成浆浓度<sup>[12]</sup>。水煤浆锅炉系统的核心技术是高效水煤浆燃烧器,同时也包括储存、供应、锅炉本体、燃料油点火、压缩空气、自动控制、烟气净化等子系统单元。

目前水煤浆工业锅炉已涵盖了2~670 t/h的各类蒸汽锅炉、热水锅炉和热载体锅炉。

## 3 人员及原材料消耗

以100万t煤粉(水煤浆)生产及10 t/h锅炉为例,煤粉与水煤浆的人员安排及原材料消耗见表2。

表2 人员安排及原材料消耗

项 目	煤 粉	水 煤 浆	备 注
生产人员		118人	100万t/a生产厂
生产消耗	煤:1.13 t/t粉 电:37 (kW·h)/t粉	煤:70 t/t浆 电:26 (kW·h)/t浆 水:0.27 t/t浆 添加剂:5.4 kg/t浆	100万t/a生产厂
使用人员	3班2人	3班2人	10 t/h锅炉
使用消耗	电:76 kWh 水:7.2 t/h	电:100 kW 水:7.2 t/h	10 t/h锅炉

## 4 效率、负荷调节能力及污染物排放

### 4.1 煤粉锅炉

煤粉锅炉的燃烧效率 $\geq 98\%$  ,热效率 $\geq 90\%$  ,较传统锅炉节煤30%左右;负荷调节能力一般在70%~100%内可调;环保方面,烟尘排放 $\leq 20 \text{ mg/m}^3$  , $\text{SO}_2$ 与 $\text{NO}_x$ 排放低于国家和地方标准<sup>[13]</sup> ,节能环保效果显著,可与油气锅炉媲美。

### 4.2 水煤浆锅炉

水煤浆锅炉多采用雾化燃烧方式,近年来也

有部分水煤浆锅炉采用流化燃烧,其燃烧效率 $\geq 98\%$  <sup>[14-15]</sup> ,热效率 $\geq 85\%$  ,较传统锅炉节煤15%以上;负荷调节能力强,最大可在30%~110%内可调;环保方面,烟尘排放 $\leq 20 \text{ mg/m}^3$  , $\text{SO}_2 \leq 100 \text{ mg/m}^3$  ,节能环保效果非常显著<sup>[16]</sup>。

## 5 初投资和运行成本

煤粉锅炉及水煤浆锅炉的初投资和运行费用见表3。

表3 煤粉锅炉及水煤浆锅炉的初投资和运行费用

项 目	煤粉锅炉	水煤浆锅炉	备 注
原料制备的初投资	约60元/t煤粉	约120元/t煤浆	不含土地费用
原料制备的运行费	约1150元/t煤粉 约 $4.59 \times 10^{-5}$ 元/kJ	约750元/t煤浆 $4.47 \times 10^{-3}$ 元/kJ	广东省价格
锅炉的初投资	约40万元/蒸吨	约30万元/蒸吨	广东省价格
锅炉的运行费	约132元/蒸吨	约200元/蒸吨	广东省价格

## 6 安全生产

### 6.1 煤粉锅炉

煤粉的制备、运输、存储过程中增加了防爆、报警、阻燃等一系列装置,如温度探测器、抗静电装置、低压 $\text{CO}_2$ 系统等可有效防止煤粉自燃及粉尘爆炸的危险。煤粉锅炉系统规避安全隐患的保障条件是科学完善的技术体系和先进的防范手段,设故障报警及安全连锁保护等自动控制过程,采用了静电接地及 $\text{CO}_2$ 保护等安全措施,因此煤粉锅炉的安全性和安定性是可靠的。

### 6.2 水煤浆锅炉

水煤浆在常温条件下非常稳定,无自燃、自爆的可能,因此其储运过程相当安全。水煤浆锅炉执行的是当前锅炉安全生产规定,安全生产得以保障。

## 7 结 论

(1)从现有工艺技术及装备成熟度、燃烧效率和污染物排放情况来看,煤粉工业锅炉与水煤浆工业锅炉均能满足厂矿企业供热供汽的需求及国家节能减排的要求,是目前中国中小型燃煤锅炉最现实的替代技术。

(2)褐煤制备水煤浆不能满足锅炉系统燃烧的要求,而对于煤粉工业锅炉则不存在这些问题,尤其是北方广大产煤区褐煤资源丰富而水资源稀缺,特别适合煤粉工业锅炉的推广使用。

(3)在初投资方面,煤粉工业锅炉要高于水煤浆工业锅炉约25%,但由于煤粉工业锅炉的锅炉效率要高一些,因此运行费用比水煤浆工业锅炉低34%左右,节能效果更加明显。但值得注意的是水煤浆工业锅炉的负荷调节能力要强于煤粉工业锅炉,因此在某些负荷变化较大的工矿企业,应根据企业的实际情况选择合适的锅炉系统技术。

综上所述,应结合中国煤炭资源的分布及利用情况,并充分考虑实施地的煤炭运输条件及环境,选择合理、经济的锅炉系统技术替代目前效率低、污染严重的中小型工业锅炉,走出一条符合中国国情的节能减排之路。

### 参考文献:

- [1] 余洁. 中国燃煤工业锅炉现状[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(3): 89-91.
- [2] 何心良. 我国工业锅炉使用现状与节能减排对策探讨[J]. 工业锅炉, 2010(3): 1-8.
- [3] 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): 4-6.
- [4] 丁波. 我国工业锅炉的现状与节能途径[J]. 能源研究与利用, 2011(2): 52-53.
- [5] 俞珠峰, 周然, 吕欣. 18个城市工业锅炉控制污染措施评价(下)[J]. 节能与环保, 2004(10): 14-16.
- [6] 纪任山, 王乃继, 肖翠微, 等. 高效煤粉工业锅炉技术现状及应用[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(5): 52-55.

(下转第96页)

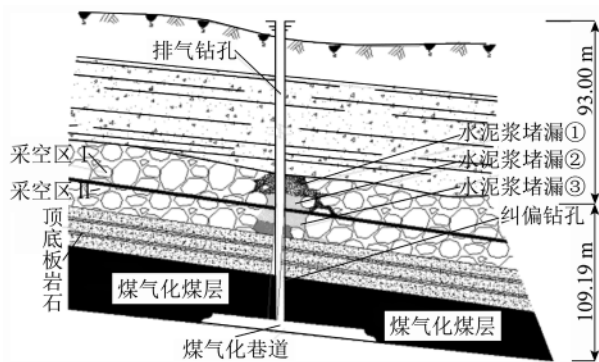


图2 排气钻孔纠斜示意

### 3 实施效果

项目实施后,经过1 a多的高温(350 ℃)煤气试验,排气钻孔没有出现质量问题,保证了气化项目的顺利进行。

### 4 经济效益

项目的成功实施避免了因重新选址钻进新孔及新掘井下巷道60 m,总计费用60万元,扣除项目发生费用24.8万元,实际节约35.2万元;为气化项目按期投产赢得了时间,避免了井巷掘进过程中可能出现的安全隐患。

### 5 结 语

(1) 在报废矿井进行气化开采,采用钻孔作为连接地下气化炉和地面设施通道是一种最佳选择,可最大限度地缩短管线长度,减少安全隐患。但由于部分老矿井开采年代久远,地质资料不清,给钻孔施工带来一定难度。因此,应注重地质资料的收集,必要时采用仪器进行地质探测。

(2) 钻孔施工中无法避免时,应根据实际情况,用配比合理的水泥浆堵漏,充填裂隙。按堵漏、钻进、再堵漏、扩孔、大直径超长钻头纠斜、规则孔径的顺序通过采空区。

(3) 用水泥浆堵漏,充填裂隙时,水泥浆最好采用自然扩散的方法填充裂隙,以减少水泥浆用量,灌注一定量后最少需经7 d,待水泥浆凝固后方可钻进,否则达不到堵漏效果。

(4) 针对孔内反复灌注、钻进处有缩孔漏渣掉块现象,采取再次灌注,自制8 m长大口径钢管钻头取芯钻进,扫孔、纠斜、规则孔径等措施,纠斜后下入套管,套管外用水泥砂浆灌注,对套管内泥浆做排放清理。

(5) 为了保证排放泥浆时的安全,井下连接巷在与排气孔底部贯通时采用边探边掘的方法。

#### 参考文献:

- [1] 赵克孝,上官科峰,卢熹. 低碳经济背景下的煤炭地下气化技术[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(6): 1-4
- [2] 黄温钢,王作棠,段天宏,等. 华亭煤空气、富氧及纯氧地下气化特性研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(3): 71-74.
- [3] 余力. 煤炭地下气化学术论文选集[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [4] 刘立麟. 中国洁净煤发展战略探究[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(2): 1-5.
- [5] 初荣,李华民,余力,等. 煤炭地下气化-回收报废矿井中煤炭资源的有效途径[J]. 中国煤炭, 2001, 27(1): 22-29.
- [6] 丁海峰,董明键,孙胜松,等. 河坎1号井堵漏技术[C]. 东营: 山东石油学会钻井专业委员会论文集, 2005: 121-123.
- [7] 贾传凯. 水煤浆锅炉应用与节能减排分析[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(3): 1-2.
- [8] 卜银坤,王绍华,汪景武. 水煤浆及其在工业锅炉中的应用[J]. 工业锅炉, 2005(2): 17-23.
- [9] 冀飞,纪任山,何海军,等. 工业煤粉锅炉煤种适应性的燃烧试验研究[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(6): 56-58.
- [10] 虞育杰,刘建忠,张传名,等. 低挥发分煤的成浆特性和水煤浆流变特性[J]. 浙江大学学报(工学版), 2011, 45(2): 335-340.
- [11] 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.
- [12] 段清兵,何国锋. 改造传统高浓度制浆工艺的生产实践[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(1): 32-34.
- [13] 崔豫泓,王乃继,周建明,等. 电站锅炉分级燃烧技术在工业煤粉锅炉上应用的理论探讨[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(5): 48-50.
- [14] 贾传凯,谢惠珠. 水煤浆燃烧技术的现状与发展[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(4): 67-69.
- [15] 马玉峰,姜秀民,万启科,等. 水煤浆流化-悬浮燃烧技术在胜利油田的应用[J]. 热能动力工程, 2006, 21(11): 644-647.
- [16] 田薇,仝燕燕,解惠敏,等. 水煤浆发展现状及节能减排分析[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(4): 102-103.

(上接第90页)