

# 少油点火与水平浓淡燃烧器相结合 在一台 600 MW 机组锅炉上的应用

姜家仁, 秦 明, 吴少华, 秦裕琨

(哈尔滨工业大学 能源与动力工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘 要:**介绍了为减少煤粉锅炉启动用油, 将少油点火与百叶窗水平浓淡煤粉燃烧器结合, 并且应用在一台 600 MW 的锅炉上的设计、试验和应用情况。点火小油枪的布置位置没有按照传统作法布置在下一风口内, 而是将其放置在紧邻下一风口的二次风口中, 以避免其因磨损而失效。利用水平浓淡燃烧的特点, 将小油枪火焰尽量冲向浓侧煤粉气流, 以便尽可能充分混合。试验表明, 这种技术能够可靠地点燃煤粉并稳定燃烧, 取得了显著的节油效果。此外, 由于每支小油枪都配有专门的火焰检测器, 而且并入了 FSSS 系统, 使设备运行安全可靠。

**关 键 词:** 600 MW 锅炉; 少油点火; 小油枪; 百叶窗水平浓淡煤粉燃烧器

中图分类号: TK223.23 文献标识码: B

## 1 前 言

对于燃煤电站锅炉四角布置的切圆燃烧器, 煤粉的着火是靠油枪来实现的。按照常规的设计, 点火油枪布置在每个燃烧器的二次风口当中, 用来点燃煤粉。锅炉启动时首先点燃油枪, 油枪运行一段时间后, 炉膛内燃烧器区的温度达到煤粉的着火温度, 将含有煤粉的一次风送入炉内, 煤粉着火后, 再与油枪共同运行一段时间, 直到煤粉燃烧和炉内运行工况稳定后, 油枪退出运行, 煤粉的点火过程结束。由于按照传统方式, 点火油枪布置在直流燃烧器的二次风口中, 油枪与煤粉喷口的距离比较远, 而且这两股气流又互相平行, 因此在点火时, 燃油产生的热量直接用于加热煤粉的部分比较少, 热量利用率低, 使得锅炉点火时, 燃油的消耗量很大<sup>[1]</sup>。一台 600 MW 锅炉冷态启动正常状态需要消耗燃油约 200 t 左右<sup>[2]</sup>, 而与煤的价格相比, 燃油的价格要高出许多。为了降低机组的运行成本, 提高经济效益, 人们研究开发出了各种无油和少油点火技术。

少油点火又称“小油枪点火”。这种点火方式设备投资和运行、维护费用比较低, 是目前在我国电厂

中应用比较多的一种点火和稳燃方式。它的主要特点是将油枪放置在一次风喷口内, 由于这样使得燃油产生的热量能够大部分直接用于加热煤粉, 使得燃油的点火热量利用率大大提高, 从而可以显著地降低所需油枪负荷, 以达到节油的效果。实践证明, 采用小油枪点火和助燃, 确实可以明显的减少锅炉启停和低负荷运行时的燃油耗量, 降低运行成本, 因此正逐步越来越受到电厂的关注。

## 2 少油点火与水平浓淡燃烧器相结合在一台 600 MW 锅炉上的应用

为了减少锅炉启动点火和低负荷稳燃时的燃油耗量, 并且提高锅炉最低不投油稳燃的能力, 哈尔滨第三发电厂与哈尔滨工业大学合作, 采用小油枪与百叶窗水平浓淡燃烧器相结合的方式, 在 4 号锅炉进行少油点火的应用。

4 号锅炉额定出力为 2 008 t/h。锅炉为亚临界参数、强制循环、固态排渣煤粉炉。所配燃烧器是四角切圆、大风箱摆动式燃烧器。每支燃烧器有 6 层一次风室, 3 层油风室。锅炉设计燃料为烟煤, 煤质分析见表 1。每台锅炉配 6 台 RP-1003 中速磨煤机(一台备用), 每台磨出力 65.97 kg/h, 直吹式制粉系统, 一台磨带一层共四个一次风口。

表 1 设计煤质分析

	Car	Har	Sar	Nar	Oar	Aar	Mar	Var	$Q_{ar, net}$ / $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
指标	52.99	3.71	0.13	0.57	5.7	28	8.8	22.64	20 520

锅炉点火用油为 0 号轻柴油。每支燃烧器有三层油风室, 共 12 支点火助燃油枪, 总耗油量 21 600 kg/h, 平均每支油枪出力 1 800 kg/h。

按照该炉以往的点火程序, 首先点燃下两层共 8 支大油枪, 待热风温度达到 177 °C 时, 磨煤机可以投运。最下层一次风口先投粉, 再投入第二层粉, 与

油枪共同运行一段时间后,随着粉量的逐渐增加,炉膛温度提高,煤粉燃烧稳定,再逐步停用油枪,完成点火过程。每次大修后,即使按正常的冷态点火过程计算,耗油量也达200 t/h左右。

此次燃烧器改造的目的是减少锅炉启停和低负荷稳燃时的点火用油,并且提高锅炉最低不投油负荷的稳燃能力。

## 2.1 最下层一次风口改为百叶窗水平浓淡式燃烧器

采用百叶窗煤粉浓缩器将煤粉沿水平方向分成浓淡两股气流,煤粉被浓缩后,降低了着火温度,并提高了点火热量的利用率。此外,对于切圆燃烧,浓煤粉侧处于向火侧,而淡煤粉侧处于背火侧,从而改善了煤粉的着火和燃烧的稳定性和使用寿命。并且,浓缩器内全部为工业耐磨陶瓷材料,从而保证了设备运行的可靠性和使用寿命。

## 2.2 在紧邻的辅助二次风口处设置小油枪

在现有的少油点火的应用实例中,都是将小油枪放置在下层的一次风口内,这样可以使煤粉气流与燃油火焰充分混合,提高燃油热量的利用率。但是,这样做有如下问题需要考虑:①将油枪、点火器等布置在一次风口内,长期运行时容易造成磨损,特别是一次风采用了浓淡燃烧后,降低了煤的着火温度,提高了热量利用效率,但是磨损情况将加剧,不易满足所要求的使用寿命,而大机组对设备的使用寿命要求是较高的。②这样布置后小油枪的火检信号和煤粉的火检信号不易区分,新增加的油枪火检不易并入FSSS系统,而这对安全可靠运行是十分重要的,特别是对大型机组。③油枪配风等问题也不易解决。

因此,此次改造首次结合水平浓淡燃烧的特点和锅炉燃烧器的具体结构,将小油枪、相应的点火器和火焰检测器、油配风器等布置在其下方邻近的辅助二次风喷口当中,并斜向上方,使油枪枪头方向指向浓侧煤粉气流(见图1)。

由于在下一风口中采用了百叶窗式水平浓淡燃烧装置,从而解决了对于直吹式制粉系统在投粉初期粉量不大的问题,使得在投粉时一次风口浓侧有较高煤粉浓度,降低了浓侧煤粉气流的着火温度。同时,小油枪喷出的火焰亦冲向浓侧煤粉,火焰能够和高浓度煤粉充分混合。在一次风口浓侧安装有钝体,可以卷吸油燃烧时产生的高温烟气,以加热煤粉气流,从而确保了投粉时煤粉的稳定着火燃烧。此

外,炉内的水平浓淡切圆燃烧,也有利于煤粉的着火和稳燃。当然,与将小油枪布置在一次风口内相比,这种布置方式燃油热量利用率要稍差,因此油枪负荷可能要稍高一些。

小油枪为伸缩式,即在油枪停用时退出工作位置,从而保护了油枪不被烧坏。油枪配置有配风器,以确保油枪雾化良好,燃烧完全并且火焰稳定。油枪配有专门的火焰检测器,火检的位置和角

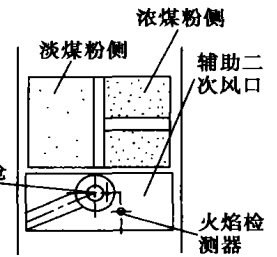


图1 小油枪布置图

度要确保既能检测到油火焰的情况,又不受邻近的煤粉喷口火焰的影响。将新增加燃油系统及设备并入FSSS系统,以确保设备运行的安全性及可靠性。

## 2.3 燃烧器改造后的点火试验和应用

结合4号锅炉的大修,将改造后的燃烧器安装完成。于2003年1月份首次进行小油枪点火投粉,其间黑龙江电力科学研究院和电厂进行了数次小油枪点火、最低不投油稳燃负荷的试验。锅炉燃用的煤质为鹤岗烟煤。锅炉冷态启动点火后,现场观察此时每支小油枪实际出力为800~900 kg/h。投粉前,为了反映一次风口附近实际的温度状况,采用K型热偶作为温度测量热偶,对最下层浓淡燃烧器一次风口处的温度场进行了测量,这时炉内仅维持四支小油枪运行。测量结果显示,此时距最下层一次风喷口500 mm处的温度分布为509~572 °C,600 mm处的温度分布达613~718 °C,而锅炉燃用的煤质为 $V_{daf}$ 在30%~40%的烟煤,可以点燃煤粉,具备投粉条件。按照电厂原运行规程,投粉时热风温度要达到177 °C。采用小油枪后,由于燃油热量集中在一次风口附近,对煤粉着火十分有利,因此将投粉时的热风温设定为120 °C,以节省点火用油。当热风温达到120 °C时,准备投粉,此时炉膛出口烟温为210 °C。

投粉后,在初始粉量为13.79 t/h、用四支小油枪点火的工况下,现场观察此时煤粉的着火稳定,火焰明亮。在此工况下对燃烧器区的炉膛温度场和浓淡燃烧器喷口处的温度场进行了测量,此时距喷口约600 mm处的温度为526~870 °C之间,A、B层燃烧器之间的炉膛温度为976~1136 °C,说明煤粉气流在炉内可以稳定燃烧,在只投入4只小油枪时,可

以满足煤粉着火的需要。而在一次风量保持不变、粉量分别在达到 17.28 t/h 和 20.63 t/h 的工况下,随着煤粉浓度的提高,煤粉的着火明显更加稳定,火焰明亮,一次风口区的温度显著提高,而且煤粉的着火点有所提前(见表 2)。试验时,由于 No.1 角的小油枪燃烧不好,因此其喷口的温度场偏低。现场观察和温度场测量均表明,新增加的小油枪火焰明亮,并可以达到一次风口处。在锅炉启动、停炉过程中,FSSS 没有动作过,能够可靠地点燃煤粉,并且带粉稳定燃烧。启动过程中,锅炉的各项运行参数的变化情况符合点火升温、升压曲线的要求。

运行表明,采用小油枪后,启动时可以不投入原有的两层共 8 支大油枪(每支油枪出力 1 800 Kg/h),而直接用小油枪点火,并且将投粉时的热风温度由原设定的 177 °C 降到 120 °C,节约了点火用油。此外,在锅炉低负荷投油运行时及停炉过程中,小油枪均可以带一层粉稳定燃烧。从而明显的减少锅炉启动点火和低负荷稳燃的耗油量,取得了显著节油效果。机组运行后,对锅炉的最低不投油稳燃负荷进行了考核。运行考核表明,锅炉在电负荷为 200 MW 的工况下,燃烧稳定。考虑到实际运行应有一定的安全裕度,将电负荷 200 MW 定为最低不投油稳燃

负荷,即 33.3% ECR。而且,实际运行表明,采用百叶窗浓缩器而使一次风增加的阻力不大,没有影响制粉系统和锅炉的运行。

此后,根据 4 号锅炉的运行情况,对该方案做了进一步优化,并且应用在该厂的 3 号锅炉(配 600 MW 机组)上。运行表明,其点火效果得到了进一步改善。

### 3 结 论

(1) 此项目为首次将百叶窗水平浓淡煤粉燃烧器与小油枪点火结合,并且应用在 600 MW 的锅炉上。点火小油枪的布置位置突破了一般布置在下次风口内的传统作法,将其放置在紧邻下次风口的二次风口中,从而避免了油点火装置的磨损,保证了设备的可靠性和使用寿命。利用水平浓淡燃烧的特点,将油枪火焰尽量冲向浓侧煤粉。实践证明,取得了显著的节油效果。此外,由于每支小油枪都配有专门的火焰检测器,并且并入了 FSSS 系统,使设备运行安全可靠。

(2) 采用百叶窗水平浓淡煤粉燃烧器,明显提高了锅炉不投油低负荷的稳燃运行能力。

表 2 投辅助油枪浓淡燃烧器喷口区域和炉膛温度场

(°C)

工 况	燃烧器角号	300 mm 烟温	500 mm 烟温	600 mm 烟温	A、B 层燃烧器炉膛温度场			
					前墙左	前墙右	后墙左	后墙右
1 A 给煤机 13.79 t/h	1	437	490	526	1 010	1 033	1 136	976
	2	561	756	870				
	3	416	549	747				
	4	391	502	823				
2 A 给煤机 17.28 t/h	1	498	491	989	1 050	1 008	1 216	985
	2	543	1 137	1 109				
	3	718	814	1 016				
	4	864	1 013	1 104				
3 A 给煤机 20.63 t/h	1	491	515	924	1 232	1 041	1 195	1 018
	2	558	633	1 001				
	3	1 187	1 154	1 106				
	4	1 001	976	976				

### 参考文献:

[1] 刘 影,宋资勤.煤粉锅炉点火技术及其发展[J].发电设备,2001(4):13-14.  
 [2] 张家玉,陶新建.少油点火技术在 600 MW 锅炉上的应用[J].

华东电力,2001(6):26-27.

[3] 吴少华,孙绍增.水平浓缩煤粉燃烧器关键技术的实验研究[J].动力工程,1999(4):14-16.  
 [4] 崔丽敏,刘大俊.哈尔滨第三发电有限公司 4 号炉燃烧器改后着火特性试验报告[R].哈尔滨:黑龙江省电力科学研究所,2001.

Waigaoqiao Second-stage Engineering Project. The relationship between fin central-point operating temperature and fin width and thickness has been deduced after a theoretical analysis and investigation. On the basis of analyzing the unfavorable consequences of using fins with an excessive width a problem-solving scheme involving the adoption of built-up welded fins was adopted, which can meet both the quality and project time-schedule requirements. **Key words:** boiler, water wall fin.

少油点火与水平浓淡燃烧器相结合在一台 600 MW 机组锅炉上的应用 = **Low Oil Consumption-based Ignition in Combination with a Rich/lean Combustion Burner as Applied on a 600 MW Boiler** [刊, 汉] / JIANG Jia-ren, QIN Ming, WU Shao-hua, et al (College of Energy & Power Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(4). — 424 ~ 426.

In an effort to reduce oil consumption during the startup of a pulverized coal-fired boiler a louver structured horizontal rich/lean combustion-based pulverized-coal burner in combination with a low oil consumption for ignition has been used on a 600 MW boiler. The design and tests in connection with the above scheme are described. As opposed to their traditional location in a lower primary-air port, the small oil guns for ignition are mounted in a secondary-air port in close proximity to the lower primary-air port. By taking advantage of the special features of horizontal rich/lean combustion, the small oil gun flame is made by all means possible to plunge toward the rich-combustion side of pulverized coal-air stream to achieve a complete mixing. Tests indicate the above technique is conducive to a reliable ignition of pulverized coal and stable combustion, attaining a significant oil-savings effect. Moreover, as each small oil gun has been provided with a special flame detector and incorporated into a furnace safeguard supervisory system (FSSS), a safe and reliable operation of the boiler is fully guaranteed. **Key words:** 600 MW boiler, ignition based on a low consumption of oil, small oil gun, louver structured horizontal rich/lean combustion-based pulverized coal burner.

有机酸废水煤浆在工业锅炉上的应用 = **Organic Acid Waste and Coal-water Slurry Used as Fuel in Industrial Boilers** [刊, 汉] / XIE Yong-gang, ZHAO Xiang, SUN Fen-mei, et al (Thermal Energy Engineering Institute under the Zhejiang University, Hangzhou, China, Post Code: 310027) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(4). — 427 ~ 428.

A 20t/h chain grate steam boiler has been retrofitted to operate on organic acid waste and coal-water slurry. Clear and lucid, the coal-water slurry assumes a orange-yellow color. The retrofitted boiler features a reliable and continuous stable operation. The retrofitting makes it possible to both properly dispose the waste liquid and utilize its heating value, achieving a full utilization of energy. **Key words:** coal-water slurry, organic acid waste liquid, boiler retrofit, organic acid waste and coal-water slurry.

网络图优化及在电厂设备检修中的应用 = **Network Chart Optimization and Its Application in the Maintenance and Repair of Power Plant Equipment** [刊, 汉] / WANG Yun-min, LI Lu-ping, HUANG Zhi-jie (Changsha University of Science & Technology, Changsha, China, Post Code: 410076) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(4). — 429 ~ 432.

Network chart optimization is widely used in the maintenance and repair of power plant equipment. However, the issue of how to optimize a prepared network chart remains unsolved. The authors have, by studying the relationship between project completion date and costs, introduced a method for optimizing network chart. Furthermore, with the overhaul of power plant feedwater pumps serving as an example, some explanations are given concerning the specific application of network chart optimization. The results of this application indicate that the optimization method used for the overhaul of power plant equipment proves to be simple, effective and feasible. **Key words:** network chart, equipment maintenance and repair, optimization.