

燃油锅炉燃烧乳化重油的运行效果*

吴东根 田文栋 魏小林 黎军 盛宏至

潘玉凯

(中国科学院力学研究所,北京 100080)

(吉林化学工业公司动力厂,吉林 132021)

摘要 燃油锅炉燃烧乳化重油有一定的节油效果。本文介绍了乳化油的制备及掺水方法,分析了乳化油蒸发、燃烧过程及其节油机理。

关键词 锅炉 乳化油 微爆 节油率

燃油锅炉

重油

TK229.7

0 引言

燃油掺水的试验最先是1913年由剑桥大学的Hopkinson教授完成的,其目的是为了冷却内燃机内部介质^[1]。由于当时技术条件的限制,研究工作并不深入。到了1965年,V. M. Ivanov等首先提出了微爆的概念^[2],又引起人们极大的兴趣。随后,许多学者进行了大量的试验来验证这一现象,并建立了各种相应的理论模型,进行深入细致的理论研究,对乳化油的燃烧机理有了进一步的认识。特别是由于70年代世界性的石油危机,加之目前机动车尾气排放已成为城市污染的主要源,城市污染成为世界性的话题,因此燃油掺水技术又引起人们的注意并开始系统的理论研究。

作为一种节能技术,乳化油的节能首先在重油锅炉与窑炉上取得成功,节油率一般为10%左右,对发动机的节油效果并不明显,仅5%左右,而在降低机动车污染物的排放方面却有显著的效果。事实上,对发动机燃用乳化油的研究也主要是为了降低其污染物的排放,锅炉燃用乳化油则以节能降耗为目的。

国内许多厂家分别采用乳化重油作为重油锅炉的替代燃料,以实现节能降耗。黑龙江省林源炼油厂在1993年建成 30×10^4 t/d 乳化油生产装置,生产的乳化油不仅供本厂使用,还外销其它电力生产厂家,其节油率在10%以上,取得了显著的经济效益。另外,大庆助剂厂、北京首钢特殊钢厂、吉林化学工业

总公司炼油厂和动力厂等都试烧过乳化油,均取得较好的节油效果。胜利石油管理局胜利发电厂对670 t/h 燃煤锅炉进行了一些技术改造,于1997年5月15日至1997年6月24日进行了奥里乳化油的试烧试验,也取得比较好的燃烧效果^[3]。

乳化重油应用于燃油锅炉的研究包括乳化油的制备及掺水方法、乳化油的燃烧微爆机理和节油效果等几部分。

1 乳化油的制备及掺水方法

在燃油内掺水的方法很多,如J. E. Nicholls与CAV公司的G. Greeves等人采用进气管喷水方案^[4,5]以及引汽乳化法、缸内喷水法等^[1]。目前使用较多的是乳化掺水燃油,掺水比为10%~20%。常用的燃油乳化掺水技术主要有以下三种:

①机械法。在油泵前加水,通过几次油泵循环可以达到乳化;

②气动法。即引汽乳化法,是将高压空气或蒸汽通入油水混合物并进行搅拌,这是工业中最常用的方法,但这种方法产生的水粒较大,能量消耗也高。文献^[3]所述的奥里乳化油的燃烧试验中,乳化油的制备就是采用蒸汽乳化技术;

③超声波法。通过超声震动使水分裂成小滴。此法结构简单,处理能力大。近年来超声乳化技术日臻成熟,商品乳化油已经可以提供市场(加油站等),一般为油包水型。置于

*国家自然科学基金资助项目(批准号:19682010)

玻璃容器的试样,当乳化剂约为1%、掺水比约10%~15%、内相水直径为2~10 μ m时,可保存3~6个月不分层、不破乳,因而可以实现商品化。此法应用较为广泛。

油/水是互不相容的物质,一般需乳化添加剂使油水成为乳浊液。乳化添加剂用量一般在1%左右。乳化剂已商品化,一般可分为四种类型:即阴离子型、阳离子型、非离子型和两性离子型。另外,重油中的焦油质与沥青质本身也可做乳化剂。

2 乳化油的燃烧微爆机理

文献[2]指出,单滴乳化油燃烧存在微爆现象。其他一些学者也进行了大量的试验研究和理论分析,可以说单滴乳化油的研究相对比较成熟。在此基础上,盛宏至等人采用多脉冲、多分幅高速激光全息摄影技术确认了乳化柴油喷雾的团状微爆现象,并对乳化油喷雾的燃烧蒸发和微爆机理进行了详细的说明^[3]。当锅炉燃用乳化油时,乳化油在油枪内雾化后喷入炉膛,受高温烟气的对流和受热面的辐射作用,形成团状微爆。微爆具有足够的能量将油滴分离为微米级的细小油滴,这样就加大了油滴与氧气的接触面积,使燃烧非常迅猛,只需较低的氧量就能获得较高的燃烧效率。根据现场观察,燃烧乳化重油与原油相比,着火推迟;在开始着火时,乳化重油的火焰根部扩展到液雾锥外很多,而且着火声音较大,在现场就能听到炉膛内乳化重油燃烧时发出砰砰的声音,这是乳化重油的微爆所致。由于团状微爆使火焰局部空燃比大幅度提高,消除了后燃现象,使燃烧更加完全,不仅降低了碳烟及CO₂等排放,而且达到了一定的节油效果。其次,乳化油的水吸收一部分热量产生蒸汽,使炉膛火焰温度降低,从而有效地抑制了有害气体NO_x等的生成。

作者通过看火孔观察炉膛内乳化重油的燃烧状况时,还发现一个有趣的现象:即乳化重油燃烧火焰亮度明显低于纯油火焰,而且火焰发红,这可能是乳化重油燃烧火焰温度低,碳粒子生成少,辐射较弱的缘故,并非如

开始预想的那样:既然燃烧完全,就应该火焰明亮。

3 乳化重油的节油效果

重油掺水乳化后热值并未提高。如果考虑乳化添加剂的热值,重油乳化掺水后热值不会有变化,不然就违反能量守恒定律。燃用乳化油后,燃烧过程发生变化,特别是由于团状微爆,使油与空气的混合更加均匀,燃烧速度加快,从而提高了燃烧效率,达到节油的效果。

为了评价锅炉燃烧乳化油的节油效果,在一台65t/h的燃油锅炉上进行了燃烧设计重油和乳化重油的对比试验,该锅炉额定蒸汽参数为450℃/3.9MPa。为了便于比较,在试验过程中,主蒸汽和给水的温度、压力均保持设计值,分别在燃烧乳化重油和设计重油工况下测量主蒸汽和燃油流量,计算其节油率。

由于锅炉在燃烧乳化重油和设计重油时,主蒸汽和给水的温度、压力均保持不变,因此可以用锅炉的蒸汽量做中间变量来计算节油率。乳化油的节油率 η (%)可按如下公式估算:

$$\eta = \frac{D_1 - (1 - \beta)D_2}{D_1} \times 100\%$$

其中, η 是燃烧乳化重油的节油率,%; D_1 是锅炉每产生一吨额定蒸汽参数的蒸汽所燃烧的重油量,kg/t; D_2 是锅炉每产生一吨额定蒸汽参数的蒸汽所燃烧的乳化重油量,kg/t; β 是乳化重油的含水量,%。

在试验期间,首先燃用设计重油进行燃烧试验,可以得出锅炉每产生一吨额定蒸汽参数的蒸汽所燃烧的重油量约为77.1kg/t,然后进行乳化重油的燃烧对比试验。表1列出了两个有代表性的工况数据,每个工况约2h。表中乳化油的单耗即对应每吨额定蒸汽参数的蒸汽所燃烧的乳化重油量,由此计算其节油率。

由表1可见,锅炉燃烧乳化重油的节油率均在8%左右。自开始燃用乳化重油到目前,锅炉已稳定运行近1年,还未发现乳化重油有

表1 锅炉燃烧乳化油的节油率

工况	炉膛温度 /°C	蒸汽压力 /MPa	蒸汽温度 /°C	乳化油燃用量 /kg	蒸汽量 /t	乳化油单耗 kg/t	乳化油含水量 (%)	节油率 (%)
1	950	3.9	450	8698.8	111.4	78.1	5.51	8.43
2	950	3.9	450	8242.3	105.0	78.5	9.41	7.79

破乳即油水分离等现象,而且运行过程中火嘴不结焦,烟囱不冒黑烟,锅炉负荷调节自如。因此,应用乳化重油作为重油锅炉的替代燃料可以达到节能降耗的目的,并有利于锅炉的安全运行。

当然,考核锅炉的节能效果,还应兼顾乳化设备的投资、乳化剂的成本和运行人员的费用等。为此,亦进行过经济效益的估算,如按8%的节油率计算,大约1年内就可收回全部投资。

由前述可知,在炉膛内温度和压力确定的情况下,乳化重油的混合效果直接影响乳化重油的燃烧微爆过程,与节油率关系较大,而乳化重油的乳化特性受环境温度的影响却较大。因此,乳化重油的贮存和运输,特别是引入油枪的路径中必须保持适宜的温度。

4 结束语

重油乳化掺水后,若考虑乳化添加剂的热值,其能量并未增加,仍然符合能量守恒定律。

由于现场条件所限,我们的试验并未监测乳化重油燃烧排放物对环境的影响。显而易见,由于达到了节油效果,燃烧生成物 CO₂

的排放量必然下降。同时,乳化油中的水分吸收了一部分热量,使锅炉炉膛内燃烧温度降低,致使 NO_x 排放量也降低,从而可以减轻对环境的污染。

乳化重油的乳化效果(即重油乳化掺水方法)和保存时间对乳化重油的推广应用亦起重要的作用。

参考文献

- 1 Hopkinson B. A new method of cooling gas engines. In: Proc Inst Mech Engineers, 1913. 679~715
- 2 Ivanov V M, Nefedov P I. Experimental investigation of the combustion process in natural and emulsified fuels. NASA Tech Transal, TIF-258. 1965
- 3 汤光辉. 奥里乳化油在胜利电厂试烧成功. 中国电力, 1998(10): 49~51
- 4 Nicholls J E, EI-Messiri I A, Newhall H K. Inlet manifold waster injection for control of nitrogen oxides—theory and experiment. SAE690018
- 5 Greeves G, Khan I M, Onion G. Effects of water introduction on diesel engine combustion and emissions. In: 16th International Symposium on Combustion, 1976. 321~336
- 6 Sheng H Z, An C, Chen L. The droplet group micro-explosions in water in oil emulsion sprays and their effects on diesel engine combustion. Proc The 25th International Symposium on Combustion, 1994

(原稿1999年4月26日收到)

The Operating Effect of Burning Emulsified Heavy Oil in Oil Boilers

Wu Dongyin Tian Wendong Wei Xiaolin Li Jiun Sheng Hongzhi

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Pan Yukai

(Power Plant, Jilin Chemical Industry Co., Jilin 132021)

Abstract

Burning emulsified heavy oil in oil boilers can save oil to some extent. In this paper, the its preparation and method of mixing water are introduced and the vaporization and combustion process of emulsified oil and its mechanism of saving oil are analyzed.

Key words: Boiler; Emulsified oil; Micro-explosion; Oil saving ratio

Received Apr 26, 1999