

1 025 t/h 锅炉简单机械雾化油枪点火的改进研究

张玉山

(大庆油田电力集团油田热电厂 黑龙江 大庆 163314)

摘要: 针对某电厂新建 1 025 t/h 褐煤锅炉调试期间存在的油枪根部脱火、雾化效果较差及燃烧不稳定等问题,结合重油粘度特性、燃烧边界条件和油枪结构特点,采用对比分析方式,提出并实施了稳燃罩、油枪结构改进及配风参数调整、燃油粘度控制等具体方案。现场试验和运行实践表明:油枪投用后实现了燃烧稳定、火焰明亮和雾化良好的预定目标,满足了机组冷态启动对主蒸汽升压率 0.1 MPa/min、升温率 1-1.5 °C/min 的严格要求,为按期完成汽机冲转和并网发电提供了保证。

关键词: 褐煤锅炉; 重油粘度; 稳燃装置; 雾化特性; 油枪改进

中图分类号: TK223.7⁺2 文献标识码: B

DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.02.036

引言

某电厂新建锅炉为 HG-1025/17.5-HM35 型,是亚临界参数、自然循环单炉膛、一次中间再热、平衡通风汽包锅炉,2013 年 10 月投产运行。设计燃料为神华宝日希勒褐煤,采用中速磨直吹式制粉系统。在锅炉冷态调试初期试投油枪时,其根部脱火、冒黑烟及甩油严重,且点火枪退出后油枪熄火,各配风工况多次试验均无法解决,不但造成了燃油浪费,而且影响到机组 168 h 试运工期。因为渣油本身就属于劣质难燃的油种,目前国内电厂已很少应用,大容量锅炉点火基本上都采用轻质柴油,上述油枪缺陷无成熟处理经验借鉴。在油枪制造厂家的配合下,通过自主研究和试验摸索,确定了提高油温、炉温及设备局部改进、配风精细调整的总体思路,实施后成功解决了锅炉油枪点火问题。

1 锅炉油枪系统简介

锅炉点火及稳燃采用 250 号减压重油,每组燃烧器设 3 层油点火装置作为启动时暖炉、煤粉喷嘴点火和低负荷稳燃之用。4 角 3 层 12 只简单机械

雾化油枪热功率为锅炉最大连续负荷时燃料总放热量的 25%。各油枪 $\phi 32 \times 3$ mm 供油及蒸汽吹扫管路按介质流向分别装有截止阀和电磁快关阀,为防止油枪投用时较高压力燃油漏入,吹扫管路上还配备了逆止阀。油点火装置另设有可伸缩的 20 J 高能电弧点火枪,利用高能放电电弧直接点燃重油。油枪及燃用重油具体设计数据详如表 1 和表 2 所示。

表 1 锅炉简单机械雾化油枪设计参数

Tab. 1 Design parameters of a simple mechanically atomized oil gun in the boiler

油枪入口燃油压力/MPa	油枪入口燃油温度/°C	单只油枪额定出力/kg·h ⁻¹	单只油枪热功率/MW
2.94	130-150	1 400	16.41

2 油枪点火失败原因

2.1 重油实际特性不符

(1) 重油品质劣化

经对锅炉点火燃用重油取样化验,发现因原油成分和炼油工艺变化,该型号重油部分指标与表 2 原设计数据相差很大,其中机械杂质质量增加至 0.105%-0.117%,而水分体积从 0 上升到 0.8%。杂质过多和油中含水,不仅降低了重油发热量,而且会引起油枪喷嘴堵塞和火焰波动,重油品质较差,燃烧效果不好。

(2) 重油粘度过大

重油是原油经分馏提取汽油、煤油、柴油后剩下的残余物。粘度是重油最关键性能指标,其大小表示燃油易流动性、易泵送性和易雾化性能的好坏。重油因含石蜡量多而粘度大,常温处于凝固状态,使用时需预热降低粘度。如表 3 所示,根据取样化验实测数据,锅炉油枪所燃用重油,加热至 110 °C 时恩式

收稿日期: 2014-07-25; 修订日期: 2014-08-25

作者简介: 张玉山(1969-): 男,山东沂南人,大庆油田电力集团油田热电厂工程师。

粘度仅为 11.1 °E(而原设计 100 °C 时恩式粘度就应达到 10.3 °E),说明与初设数据相比,实际燃油粘度增大。因在 130 °C 设计油温时恩式粘度才

6.38 °E,无法满足机械雾化油枪燃油恩式粘度 ≤ 4 °E 的严格要求,直接影响燃油雾化和稳燃性能。

表 2 锅炉燃用重油初设数据统计

Tab.2 Statistics of the preliminary design data of the boiler burning heavy oils

比重(20°C) /t · m ⁻³	低位发热量/kJ · kg ⁻¹	恩式粘度/°E	闪点/°C	凝点/°C	机械杂质/%	硫份/%	水份/%
0.923 - 0.927 6	42 192.3 - 42 694.1	E100(10.3)	325 - 347	30 - 35	0.004 - 0.010 6	0.35 - 0.47	无

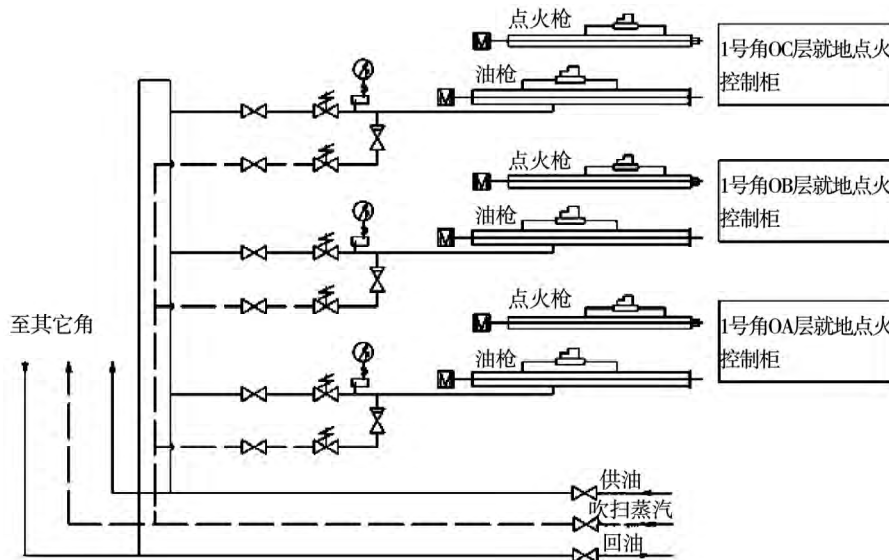


图 1 1 025 t/h 褐煤锅炉油枪平台设备布置简图

Fig.1 Simplified arrangement layout of equipment items on the oil gun platform of a 1 025 t/h lignituous coal-fired boiler

表 3 锅炉燃用重油取样化验粘度数据

Tab.3 Data of the viscosity of the boiler burning heavy oils sampled and tested

试验温度/°C	粘度/mPa · s	运动粘度/(mm) ² · s ⁻¹	恩氏粘度/°E
110	74.0	83.9	11.1
120	55.0	62.9	8.33
130	41.5	47.8	6.38
140	32.0	37.1	4.96
150	25.5	29.8	4.08

2.2 燃烧边界条件较差

(1) 燃油升温不够

按照油枪点火和雾化要求,重油应按表 1 设计参数预热至 130 - 150 °C。但在燃油系统实际投运中,油区油泵出口油温只能加热至 125 °C,因为超过该温度回油时将导致油罐内燃油膨胀冒顶,造成油

位难以控制。同时,由于原设计锅炉房内燃油平台至各油枪分支供、回油管路均未考虑伴热问题,从油区送至油枪入口的最大实测油温仅为 110 - 115 °C 左右(散热降温达 10 - 15 °C,其幅度大小与天气寒冷程度有关)。因油温明显低于设计数值,恩式粘度进一步增大,油枪雾化质量下降,点火稳燃更加困难。

(2) 配风调整困难

锅炉冷态调试期间,当点火枪点燃重油后,发现火焰根部与油枪喷嘴有 400 mm 左右距离,即油枪射流脱火严重。在高压点火器达到 30 s 投用期限撤出运行时,火焰立即从根部熄灭,整个油枪点火过程短暂,无法精确配风调整,燃烧火焰无法维持。调试单位预设了 23 组二次风配风工况,挡板开度由大到小,风量范围从 80 t/h 扩大到 380 t/h,仍不能解决油枪脱火及稳燃问题。

2.3 油枪型式存在缺陷

电站锅炉常用油枪,主要有机械雾化和介质雾化两种类型,适用于不同容量锅炉,性能指标相差较大。

(1) 机械雾化油枪: 该油枪利用燃油本身压力,以较高流速喷入燃烧室,油流因受到空气阻力而被破碎成细小油滴,从而达到雾化目的。包括简单机械雾化和回油式机械雾化油枪。

(2) 介质雾化油枪: 此油枪采用蒸汽(或压缩空气)膨胀产生的动能使燃油破碎成细小油滴,实现燃油雾化目标。可分为内混式、Y型和外混式介质雾化油枪。

表4 电站锅炉常规油枪性能参数及指标对比

Tab. 4 Contrast of the performance parameters and indexes of typical oil guns in utility boilers

油枪型式	简单机械雾化	带回油机械雾化	蒸汽/空气雾化
油枪出力/ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	120 - 4 500		
适用燃油粘度/ $^{\circ}\text{E}$	≤ 4		≤ 6
工作压力/MPa	2.0 - 5.0		0.5 - 1.5
雾化蒸汽/空气压力/MPa	—	—	0.4 - 1.3
最大出力调节比	1:1.3	1:2.5	1:6
雾化粒度/ μm	< 120	< 120	< 50
雾化角/ $^{\circ}$		60 - 100	
挠枪摆动角/ $^{\circ}$		± 30	
油枪长度 L/mm	500 - 5 000		
枪杆形式	直杆式和挠杆式		
头部直径/mm	$\phi 30 - 70$		
特点及适用范围	系统简单,油枪出力调节比较大,适用于各种容量带基本负荷的锅炉。适用于大容量锅炉及较劣质燃油,雾化角基本恒定。		

由表4可知,在燃油品质较差及恩式粘度偏大时,要保证雾化质量和燃烧效果,介质雾化油枪点火方式应为电厂锅炉的首选。但是,由于新建机组燃油管路是就近从老厂锅炉供、回油管引接,其供油压力设计值为3.43 MPa,如采用介质雾化油枪,供油压力必须调低至1.5 MPa以下,此时燃油无法通过老厂近3 MPa压力回油管回流至油区储罐。考虑单独敷设至油区回油管路和加装储罐设施费用昂贵,选用了简单机械雾化油枪。

3 油枪点火调整措施

3.1 提高重油品质特性

(1) 重油出厂控制

重油作为炼油工艺最终产品,其供货质量受到原油品种、加工工艺、加工深度等因素的制约。经过沟通协调,炼油厂承诺在重油生产、储存和输送环节严格把关,同时在石蜡含量控制和杂质脱除上加大力度,确保出厂重油粘度、水份和机械杂质等关键指标满足设计要求。

(2) 供油滤网运行

由于是新建机组,锅炉燃油管路投运前虽经蒸汽吹扫合格,但焊渣、锈皮等污物无法完全清除,其与燃油自身所含大颗粒机械杂质,极易堵塞油枪头部组件,造成油压降低,旋流片、雾化片工作失常,油枪燃烧维持不住。为保证油枪入口燃油清洁,不但应对 $\phi 76 \times 5 \text{ mm}$ 供油管路滤网及时清理,而且只在滤网检修状态下,才允许其旁路短时运行,并应加强油枪喷嘴组件的堵塞检查和清理工作。

3.2 改善燃烧边界条件

(1) 敷设燃油伴热

为解决锅炉厂内燃油散热损失过大问题,在燃油平台至炉膛四周环形供、回油管及各油枪入口分支油管上均加装了紧贴管壁的 $\phi 25 \times 3 \text{ mm}$ 蒸汽伴热管道,其汽源从机组中压辅汽联箱引接,蒸汽压力0.6 - 0.8 MPa,温度200 - 250 $^{\circ}\text{C}$ 。通过燃油伴热管路安装及外敷保温材料,消除了燃油系统散热降温,常规点火时锅炉油温可预热至120 - 125 $^{\circ}\text{C}$,有效降低了重油粘度。

(2) 投入蒸汽推动

对于重油粘度偏大、影响雾化燃烧的问题,虽已采取出厂控制和加装燃油伴热管路措施,但由于油枪入口燃油最高只能预热至125 $^{\circ}\text{C}$,因而重油粘度下浮有限,此时恩式粘度计算值约6.5 - 6.8 $^{\circ}\text{E}$,与简单机械雾化油枪设计 $\leq 4^{\circ}\text{E}$ 仍差距较大。为有效减弱燃油粘度超标对雾化质量和燃烧效率的影响,在锅炉冷态点火调试时投入蒸汽推动。采用0.7 MPa以上、温度约250 $^{\circ}\text{C}$ 的推动汽源,将锅炉四周水冷壁内炉水加热至汽包壁温达95 - 100 $^{\circ}\text{C}$ 为止,从而使炉内温度大幅提高。从油枪喷出的油流接触热风升温雾化后,因其粘度进一步降低,将被破碎成更小油滴,火焰稳燃明显增强。

(3) 燃烧风量调整

蒸汽推动后炉膛热风的混入,对油枪助燃及强化燃烧均有积极的影响。点火初期油枪配风的及时跟进,是保证其着火稳燃的关键因素。根据投运经验,锅炉相关风门开度需合理控制,初期风量过大易造成油枪火焰吹灭或加剧脱火程度。通过对前期油枪配风工况和相关数据对比分析,确定了同时降低点火初始总风量及炉膛/风箱压差的调控措施,实施后效果良好。

(4) 稳燃装置更换

油枪稳燃的基本要求是油流火焰中心附近要有一个回流区,将正在燃烧的高温热烟气卷吸到油枪头部中心区,回流区应有合适的二次风量(风速)、正确的雾化角及性能达标的稳燃装置(即稳燃罩、叶轮)。在锅炉油枪点火时,油枪火焰散乱、旋流强度较弱,说明稳燃叶轮遮盖系数及稳燃罩直径设计值均偏小。经过反复核算,重新设计更换了稳燃装置:叶轮遮盖系数由 1.0 增加至 1.3;稳燃罩直径由 250 mm 扩大到 409 mm(叶轮内孔尺寸不变),改进后油枪火焰形状及旋流强度满足要求。

3.3 锅炉油枪局部改进

(1) 增加蒸汽雾化

鉴于蒸汽雾化油枪对燃油粘度要求较低($\leq 6^\circ\text{E}$)、适用劣质燃油且雾化性能更好,将油枪雾化方式进行了改进(原油枪、点火枪外导管及电动推进装置不变),由简单机械雾化改造为机械雾化带外混式蒸汽雾化,即在原油枪油管外加装蒸汽套管,

通过从油枪喷嘴外圈喷入 0.6 - 0.8 MPa 的旋流蒸汽(汽源从油枪平台蒸汽吹扫管路上引接),在对燃油加热并降低粘度的同时,将从雾化片喷出的油滴进一步打散(雾化粒度 $< 50 \mu\text{m}$),不但油枪雾化质量提升,而且解决了燃烧不充分所带来的喷嘴结焦炭化问题。

(2) 旋流直径加大

机械雾化油枪头部喷嘴由分流片、旋流片及雾化片组成,其中旋流片与雾化片为一体加工结构,考虑到油枪点火时射流强度较弱,为保证高速油流在旋流室中强烈旋转,将雾化旋流片结构进行了改进,其旋流直径由原 36 mm 增大到 42 mm。

(3) 油枪位置变动

油枪喷嘴前端与稳焰装置及点火枪相对间距是点燃和维持稳定油流火焰的重要保证。因稳焰叶轮及稳焰罩外形结构尺寸已发生变化,为满足燃油雾化角度及防止油滴碰壁,油枪与稳焰叶轮、点火枪间距需按规定尺寸重新调整。油枪喷嘴与稳焰装置:将油枪向炉外方向拉出 60 mm,即油枪喷嘴由原伸出稳焰叶轮内管端面 30 mm 变为缩进 30 mm。而点火枪也应同步回缩 60 mm,油枪与点火枪前端间距按公式计算,点火枪超前量 $C = S/\text{tg}0.5\alpha + (80 - 100) = 90/\text{tg}40^\circ + (80 - 100) = 187.2 - 207.2 \text{ mm}$,式中油枪雾化角 α 为 80° ,点火枪和油枪中心距 S 是 90 mm。根据油枪燃烧和雾化状况,该间距可在 20 mm 范围内进行调整,如图 2 所示。

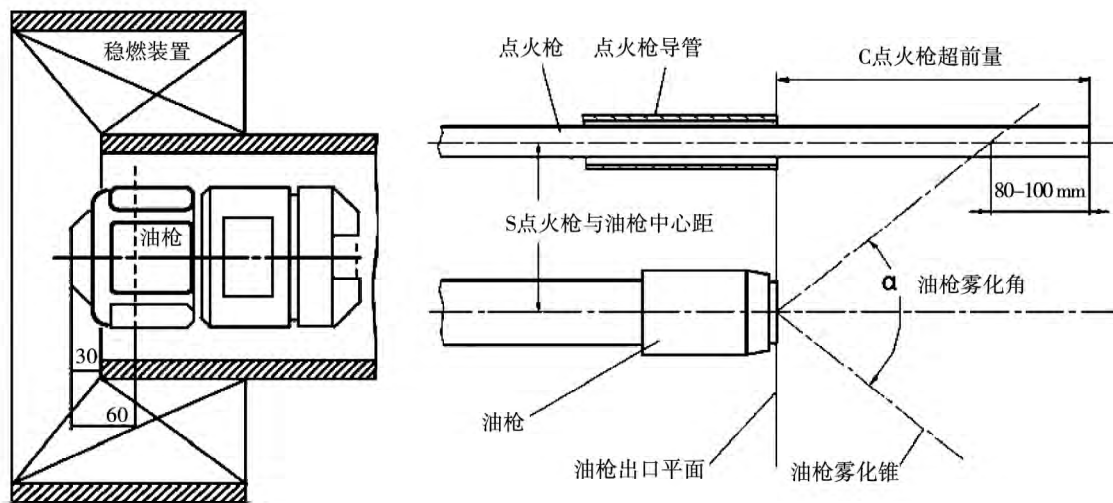


图 2 改进后锅炉油枪与稳焰装置及高能点火枪相对位置

Fig. 2 Relative locations of the oil guns and flame stabilization devices as well as high energy ignition guns

4 油枪点火试验效果

通过对 1 025 t/h 新建锅炉油枪点火失败的原因分析,提出并实施了诸多设备改进和燃油、配风调控措施,锅炉调试期间各层油枪点火试验后获得成功,解决了原来存在的脱火、甩油及冒黑烟问题,雾化质量和稳燃效果得到了保证。OA 层油枪点火试验主要参数对比如表 5 所示。点火成功的初始总风量设置为 118 t/h,炉膛/风箱压差 150 Pa,油配风挡板(OA 层)全关,上、下相邻二次风挡板开度约为

3%。点火枪投入后发现,油流火焰在稳燃罩控制范围内,射流脱火现象消失。待点火枪退出时,将总风量逐步加大至 259 t/h,并同时开大油配风挡板(100%开度)和油枪相邻二次风挡板(40%开度),炉膛/风箱压差调至 205 Pa,此时油枪点燃正常,黑烟逐渐减少。观察火焰能够持续后再次增加总风量(294 t/h)、炉膛/风箱压差(390 Pa)和相邻二次风挡板开度(50%),油枪火焰明亮,黑烟全部消失,点火稳燃成功,主蒸汽升压率、升温率数值均符合机组启动要求。

表 5 锅炉 OA 层油枪点火试验主要参数调整对比

Tab. 5 Contrast of the adjustment to the main parameters of the boiler in the OA layer during the oil gun ignition test

点火方式	油温(实测)/℃	油压/MPa	总风量/t·h ⁻¹	炉膛/风箱 压差/Pa	油风门开度 (OA 层)/%	二次风门开度 (A 层)/%	二次风门开度 (B 层)/%
初始点火	121.4	2.97	118	150	0	3.3	3.2
油枪点燃	122.3	3.05	259	205	100	40	40
稳燃成功	121.7	3.02	294	390	100	50	50

5 结 论

1 025 t/h 锅炉油枪使用性能的优劣,直接关系到新建机组启动试运和投产发电。某电厂通过对调试期间油枪点火失败的研究分析,提出了控制重油品质特性、改善燃烧边界条件及锅炉油枪局部改进的解决方案,实施后油枪雾化及稳燃良好,燃油系统压力、温度、流量及主蒸汽等参数指示正常,有效满足了与锅炉等离子点火系统配合启机及机组 168 h 试运工期的要求,节能效果显著。

参考文献:

- [1] 朱东海. 浅析油枪点火困难的原因[J]. 电力建设, 2004(5): 17-18.
ZHU Dong-hai. Exploratory analysis of the causes for difficulties in igniting by using oil guns[J]. Electric Power Construction, 2004,

(5): 17-18.

- [2] 具国忠. 蒸汽雾化油枪的点火优化措施[J]. 科技资讯, 2011(29): 62-62.
JU Guo-zhong. Measures for optimizing the ignition by using steam atomized oil guns[J]. Scientific and Technological Information, 2011(29): 62-62.
[3] 莫海波. 如何保证锅炉重油枪的正常投运[J]. 电力安全技术, 2005(12): 16-18.
MO Hai-bo. How to ensure the normal put-into-operation of heavy oil guns in a boiler[J]. Electric Power Safety Technology, 2005, (12): 16-18.
[4] 于福, 王宝文, 等. 670 t/h 锅炉重油燃烧效率低原因分析及解决办法[J]. 热力发电, 2007(10): 33-34.
YU Fu, WANG Bao-wen, et al. Analysis of the causes for low combustion efficiency of a 670 t/h boiler burning heavy oils and remedies[J]. Thermal Power Generation, 2007(10): 33-34.

(姜雪梅 编辑)

1 000 MW 超超临界机组抽汽逆止门活动试验方法优化 = **Optimization of the Method for Testing the Flexibility of a Steam Extraction Non-return Valve in a 1000 MW Ultra-supercritical Unit** [刊, 汉] ZHANG Xiu-feng, RONG Gan, HONG Ding-hua (Shenhua Guohua Xuzhou Power Generation Co. Ltd., Xuzhou, China, Post Code: 221166) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30(2). -306-308

The flexibility test of the steam extraction non-return valve of a 1 000 MW ultra-supercritical can be only conducted on the spot by using the mobile handle and a part of steam extraction non-return valves are located at a relatively high positions, thus there exist some unsafe factors and a strong laboring strength etc. Through an analysis of the control air circuit and working principles of the steam extraction non-return valve, a modification was made to the control air circuit, thus realizing a flexibility test of a steam extraction non-return valve conducted in a DCS operation system, solving the problem that the on-the-spot test environment is adverse and enhancing the automation level of 1 000 MW ultra-supercritical units. **Key Words:** 1 000 MW ultra-supercritical unit, steam turbine, steam extraction non-return valve, flexibility test, automation, optimized modification

1 025 t/h 锅炉简单机械雾化油枪点火的改进研究 = **Study of the Improvement of the Ignition by Using a Simple Mechanical Atomization Oil Gun in a 1 025 t/h Boiler** [刊, 汉] ZHANG Yu-shan (Oil Field Thermal Power Plant, Electric Power Group, Daqing Oil Field, Daqing, China, Post Code: 163314) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015, 30(2). -309-313

In the light of the problem that there emerged a flame separation at the root of the oil gun, poor atomization effectiveness and uncontinuity of combustion etc. during the commissioning period of a 1 025 t/h lignituous coal-fired boiler in a newly constructed power plant, in combination with the viscosity characteristics of heavy oils, combustion boundary conditions and specific features in the structure of oil guns, by using the contrast and analytic method, proposed and implemented were concrete improvement version to improve the combustion stabilization hood, oil gun structure, make an adjustment to the air distribution parameter and control the viscosity of the fuel oil etc. On-the-spot test and operation practice show that after the improved oil gun is put into use, such preset objectives as a stable combustion, bright flame and good atomization can be realized, thus meeting the strict requirements for the cold-state startup of a unit that the main steam pressure rise speed should be 0.1 MPa/min and the temperature rise speed should be between 1 °C/min and 1.5 °C/min, providing a guarantee for completing according to the schedule the run-starting of a steam turbine by supplying a certain amount of steam and the power generation by connecting with a power grid. **Key Words:** lignituous coal, heavy oil viscosity, combustion stabilization device, atomization characteristics, oil gun improvement