

燃油锅炉点火装置优化设计及应用

贾韧锋^{1,2}, 赵世舟^{1,2}, 于胜天¹

(1. 中国船舶集团有限公司第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150078;

2. 船舶热能动力全国重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150078)

摘要:针对燃油锅炉点火装置平均故障间隔时间(MTBF)短且不方便维修的问题,重新优化设计锅炉点火装置并将其在某试验室成功应用。首先,将点火电极组件和高压接线盒组件由分体结构优化为一体结构,并采用拉簧替代原来的连接杆,使点火装置能够随着燃烧器风门的移动而伸缩;然后,将高压触头盒加长,套在固定导向板内部,起到为拉簧和电极组件绝缘及导向的作用,并将电极长度加长,外装陶瓷护套,提高电极的抗氧化性;最后,取消前部固定板,将绝缘整体磁块改为上、下两半的不锈钢压板,以防止重油在压板处结焦和冷凝水滴落在压板上放电。将优化后的锅炉点火装置在某试验室进行试验验证,结果表明:优化后的锅炉点火装置运行稳定、可靠,平均故障间隔时间由2 360 h提高到4 120 h,相当于每台锅炉节约0.75台锅炉点火装置,节约了大量的维修和更换成本,而且优化后的锅炉点火装置可随时在锅炉外部进行维修和更换,缩短了维修和更换时间。

关键词:锅炉;点火装置;平均故障间隔时间;维修

中图分类号:TP23

文献标识码:A

DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2024.09.020

[引用本文格式]贾韧锋,赵世舟,于胜天.燃油锅炉点火装置优化设计及应用[J].热能动力工程,2024,39(9):170-174. JIA Renfeng, ZHAO Shizhou, YU Shengtian. Optimal design and application of oil boiler ignition device[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2024, 39(9): 170-174.

Optimal Design and Application of Oil Boiler Ignition Device

JIA Renfeng^{1,2}, ZHAO Shizhou^{1,2}, YU Shengtian¹

(1. No. 703 Research Institute of CSSC, Harbin, China, Post Code: 150078;

2. State Key Laboratory of Marine Thermal Power Technology, Harbin, China, Post Code: 150078)

Abstract: Aiming at the problem of short mean time between failures (MTBF) and inconvenient maintenance of oil boiler ignition device, the boiler ignition device was re-optimized and successfully applied in a laboratory. Firstly, the ignition electrode subassembly and high voltage junction box subassembly were optimized from split structure into integrated structure, and the original connection rod was replaced by a tension spring, so that the ignition device with telescopic function can be moved with the burner damper. Then, the high voltage contact box was extended and covered inside the fixed guide plate to play the role of insulation and guidance for the tension spring and electrode subassembly, and the electrode length was extended with ceramic sheath to improve the oxidation resistance of the electrode. Finally, the front fixed plate was cancelled, and the insulated whole magnetic block was changed to the upper and lower halves of the stainless steel plate, which can prevent the heavy oil from coking on the pressure plate, and also prevent the condensate water from discharging on the pressure plate. The optimized boiler ignition device had been fully verified in a laboratory. The research result shows that the optimized boiler ignition device runs stably and reliably, and the MTBF of boiler ignition device is greatly increased from 2 360 to 4 120 hours, which is equivalent to saving 0.75 boiler ignition device per boiler and reducing a lot of maintenance.

nance and replacement costs. Moreover, the optimized boiler ignition device can be maintained and replaced outside the boiler at any time, greatly reducing the maintenance and replacement time.

Key words: boiler, ignition device, mean time between failures (MTBF), maintenance

引言

燃油锅炉因其运行经济、使用方便,被广泛应用在电站^[1-3]、油田^[4]和船舶^[5-12]等领域。燃油锅炉利用点火装置将燃油点燃,用于锅炉启动工作。点火装置一般由点火电极组件和高压接线盒组件组成,固定安装在锅炉燃烧器上,用于正常情况下锅炉启动点火。点火电极组件固定在锅炉燃烧器配风器的风门挡板上,高压接线盒固定在锅炉燃烧器配风器炉前壳体上。

由于点火电极组件安装位置面向锅炉炉膛,受高温影响,极易损坏,正常使用条件下,需要定期进行更换。另外,在实际使用过程中受以下情况影响,点火装置经常出现故障,导致锅炉无法使用点火装置点火。情况 1,点火电极组件受锅炉燃油燃烧雾化条件及点火操作过程的影响,实际使用过程中经常出现点火电极磁块被喷上燃油,受炉膛高温影响产生结焦,导致点火电极之间及电极对地之间绝缘降低,致使点火装置故障;情况 2,锅炉准备启动点火时,燃油雾化用蒸汽管路疏水不彻底,使管路中的冷凝水喷到点火电极组件的磁块上,同样导致点火电极之间及电极对地之间绝缘降低,致使点火装置故障。受以上因素制约,点火装置经常需要维护更换。根据目前的设计结构,维护更换点火装置需要进入空气夹层中进行拆卸更换,维护修理的工作量大,同时也不方便,特别是锅炉运行停炉后,空气夹层中的温度很高,短时间内无法进入其中作业,影响锅炉的重新启动运行。

为了满足使用要求,提高锅炉点火装置平均故障间隔时间、方便锅炉点火装置维护,本文对锅炉点火装置进行优化改进,设计了一款新型锅炉点火装置,并将其投入应用试验进行验证。

1 点火装置概述

1.1 点火装置工作原理

锅炉点火装置是锅炉点火必备的关键设备,其基本工作原理为:当锅炉点火按钮按下时,锅炉点火控制箱提供 220 V、50 Hz 交流电给锅炉点火变压器,锅炉点火变压器将 220 V 交流电变为 12 000 V 交流电供给锅炉点火装置,锅炉点火装置点火电极两端在高压电作用下击穿两极间的空气或雾化好的燃油发出电火花,从而点燃油与空气混合物,锅炉启动运行。

若锅炉点火装置发生故障且得不到及时维修或更换,不仅影响锅炉正常运行,而且还会影响项目周期,造成巨大的经济损失。因此,有必要对锅炉点火装置进行优化,使其发生故障时,可在短时间内完成维修或更换。

1.2 点火装置平均故障间隔时间

平均故障间隔时间(Mean Time Between Failure, MTBF)是指可修复系统或产品两次相邻故障间隔期内正常工作的平均时间^[13]。它是标志系统或产品能平均工作多长时间的量,是衡量一个产品可靠性的指标^[14-15]。

对某大型试验室锅炉点火装置 2019 ~ 2022 年的 MTBF 进行统计,得到原锅炉点火装置 MTBF 如表 1 所示。

表 1 原锅炉点火装置平均故障间隔时间
Tab. 1 Mean time between failures for original boiler ignition device

年份	MTBF/h
2019	2 147
2020	2 218
2021	2 236
2022	2 360

根据以上统计数据发现,原锅炉点火装置的MTBF 最高值为 2 360 h,因此,解决锅炉点火装置 MTBF 问题成为极为重要又迫切的需求。

2 原点火装置

2.1 原点火装置结构

原点火装置主要由点火电极组件(包括电极、电极棒、磁块和前部固定板)和高压接线盒组件(包括连接杆、高压触头盒、高压触头、后部固定板和背板)组成。点火电极组件和高压接线盒组件为分体结构,相对独立,两部分的连接导电通过连接杆插入到电极棒中实现,连接杆在电极棒中为滑动式连接,非固定连接,可满足开关风门状态下点火电极组件随风门挡板前后移动时保持与电极棒的有效连接需求。高压触头盒和触头用来连接点火变压器输出的高压电缆,触头盒采用聚四氟乙烯材料,具有很好的绝缘性能。高压接线盒组件通过后部固定板和背板固定在锅炉燃烧器配风器炉前外侧板上,点火装置故障通常不发生在该组件上。磁块采用高绝缘陶瓷材料,用以固定电极棒,并使左右电极棒保持一定的距离,电极分别固定在左右电极棒上。点火电极组件通过前部固定板安装在锅炉燃烧器配风器风门挡板上。原点火装置结构如图 1 所示,原点火装置实物图如图 2 所示。

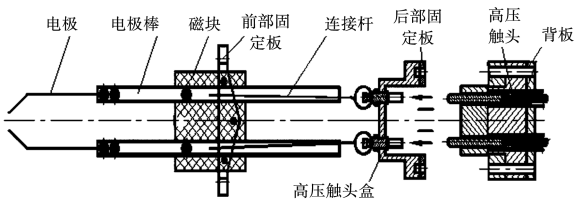


图 1 原点火装置结构

Fig. 1 Original ignition device structure

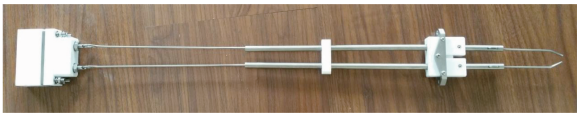


图 2 原点火装置实物图

Fig. 2 Real image of original ignition device

2.2 原点火装置安装

点火电极组件通过前部固定板安装在燃烧器配风器风门挡板上,该组件无法在炉前外部拆卸和安

装,目前只能在锅炉空气夹层中进行拆卸和安装,并且点火装置故障通常均发生在组件上,该组件又是点火装置的易损部件,需要定期更换。原点火装置安装位置示意图如图 3 所示。

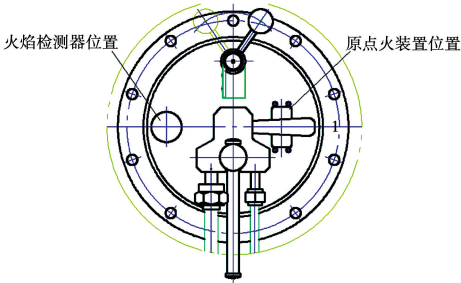


图 3 原点火装置安装位置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of installation location of original ignition device

3 优化后的点火装置

若要解决点火装置在炉前外部拆卸和安装的问题,需要从两个方面考虑:第一,点火装置的点火电极组件和高压接线盒组件不能采用目前的分体结构,需要考虑固定连接为一体结构,并且能够随着燃烧器风门开关的移动而伸缩,风门关闭时,点火电极需要随着风门到达指定位置,风门打开时,点火电极需要随着风门退回到指定位置;第二,点火装置固定在配风器上的位置点不能采用原来的两点固定方式,只能采用一点固定安装,并且只能选在配风器炉前外侧板上,这样才能实现炉前外部拆卸和安装点火装置。

3.1 优化后的点火装置结构

按照上述原则,重新设计点火装置,优化后的点火装置主要由电极组件(包括电极和陶瓷绝缘护套)、压板、固定导向板、高压触头盒、拉簧连接杆、拉簧、连接套件、高压触头和背板组成。优化后的点火装置结构如图 4 所示,优化后的点火装置实物图如图 5 所示。

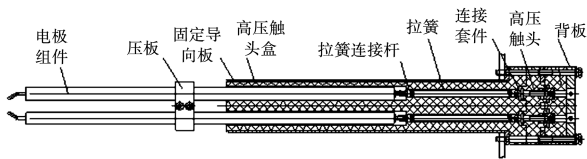


图 4 优化后的点火装置结构

Fig. 4 Optimized ignition device structure



图 5 优化后的点火装置实物图

Fig.5 Real image of optimized ignition device

重新设计的点火装置采用一体化结构,相对原点火装置进行了如下方面改进。第一,点火装置采用不锈钢整体外壳的固定导向板结构,作为点火装置外部护套。第二,改进了原点火装置的连接杆部分,采用可伸缩的拉簧替代原来的连接杆,拉簧一端通过连接套件固定在高压触头的接线柱上,另一端通过拉簧连接件与点火电极组件相连接。第三,改进原来高压触头盒,将其加长,套在固定导向板内部,采用聚四氟乙烯材质,内部开两个通孔,孔的一侧穿进拉簧,另一侧穿进电极组件,起到绝缘作用。第四,取消了原来点火装置的电极棒,将电极长度加长,电极材料选择导电性好、耐高温、抗氧化及硬度强的金属材料,考虑造价因素,首选不锈钢材料;为了提高电极导体中间段绝缘等级,每根电极分别加装了陶瓷护套,大大提高了电极的抗氧化性。第五,取消了原点火装置的前部固定板。第六,将原来固定电极的绝缘整体磁块改为上、下两半的不锈钢压板,既可以防止重油在压板处结焦,也可以防止冷凝水滴落在压板上,避免在压板处放电;该压板用于固定电极组件外部的陶瓷绝缘护套,还用于与风门挡板上的卡扣连接定位。

3.2 优化后的点火装置安装

重新设计的点火装置固定安装在配风器炉前外侧板上,可以实现在炉前外侧进行拆卸和安装。优化后的点火装置安装位置示意图如图 6 所示。

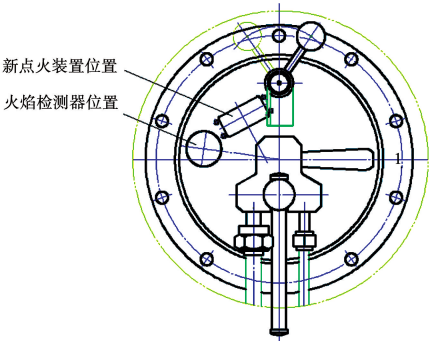


图 6 优化后的点火装置安装位置

Fig.6 Installation location of optimized ignition device

4 应用验证

4.1 试验验证

将 4 套优化后的锅炉点火装置分别装在某试验室的 4 台锅炉上,实物安装图如图 7 所示。

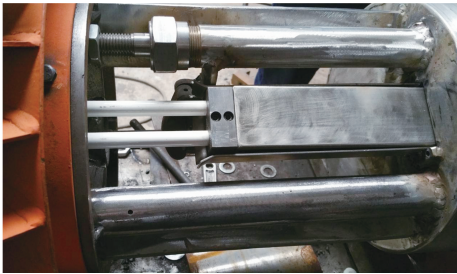


图 7 优化后的点火装置实物安装图

Fig.7 Real image of installation of optimized ignition device

2023 年 2 月~2023 年 8 月,对该试验室 4 套优化后的锅炉点火装置 MTBF 进行统计,统计数据如表 2 所示。

表 2 平均故障间隔时间

Tab.2 Mean time between failures

优化后的点火装置	MTBF/h
1	无故障
2	4 120
3	4 260
4	无故障

由表 2 可知,4 套优化后的锅炉点火装置的 MTBF 至少是 4 120 h,均超过优化前。

在锅炉空气夹层侧安装两支热电偶,检测压板处的温度,收集试验室 2023 年 8 月联调试验 6 个工况下两支热电偶采集的温度数据如表 3 所示。

表 3 锅炉空气夹层温度

Tab.3 Temperature of boiler air interlayer

工况	1 号热电偶 温度/℃	2 号热电偶 温度/℃	平均温度/℃
1	25.3	26.3	25.8
2	36.5	37.1	36.8
3	47.3	49.1	48.2
4	61.7	63.5	62.6
5	73.7	75.1	74.4
6	82.0	85.6	83.8

由表 3 可知,压板处的温度低于 100 ℃,这是因为压板安装位置在风门挡板空气夹层侧,有效避免了炉膛高温辐射。从试验中的点火装置实物上可以清晰看到压板没有结焦状况,如图 8 所示。



图 8 优化后的点火装置压板

Fig. 8 Pressure plate of optimized ignition device

4.2 效益分析

优化前的锅炉点火装置一旦发生故障,必须待锅炉停炉冷却后方可进入炉膛内对其维修更换,非常不方便。对试验室 4 台锅炉的停炉冷却时间进行统计,得到锅炉冷却时间如表 4 所示。

表 4 锅炉冷却时间

Tab. 4 Cooling time of boiler

锅炉	停炉时间	冷却至 25 ℃ 时间	间隔时长
1	2023. 1. 03. 12:08	2023. 1. 05. 12:20	48 h 12 min
2	2023. 1. 09. 11:05	2023. 1. 11. 12:00	48 h 55 min
3	2023. 1. 11. 09:20	2023. 1. 13. 09:54	48 h 34 min
4	2023. 1. 11. 10:20	2023. 1. 13. 10:45	48 h 25 min

由表 4 可知,锅炉停炉后冷却至室温大约需要 48 h。若锅炉点火装置发生故障,优化后的点火装置可以实现在炉前外侧拆卸维修,用时几分钟就可以完成拆装,不必长时间等待锅炉冷却后再更换维修,降低维修时间成本,提高锅炉使用效率。优化后的点火装置较优化前使用寿命延长,优化后的 MTBF 是优化前的 1.75 倍,相当于每台锅炉节约 0.75 台点火装置,经济效益可观。

5 结 论

(1) 通过在结构上进行优化设计,优化后的锅炉点火装置能够将 MTBF 由 2 360 h 至少提高到

4 120 h,降低点火装置更换成本,提高锅炉使用效率。

(2) 优化后的锅炉点火装置能够在锅炉外部拆装,便于维护保养,降低维护时间成本,提高经济效益。

参考文献:

[1] 生晓茹,贾超洋,张龙力,等. 电站燃油锅炉腐蚀抑制剂的合成及作用机理[J]. 精细化工,2023,40(7):1596-1604.
SHENG Xiaoru, JIA Chaoyang, ZHANG Longli, et al. Synthesis and action mechanism of corrosion inhibitors for power station oil-fired boilers[J]. Fine Chemicals, 2023, 40(7): 1596-1604.

[2] 刘 蕾. 一起电站启动锅炉出力不足的原因分析及改进[J]. 工业锅炉,2022(4):57-59,64.
LIU Lei. Cause analysis and improvement of a power station startup boiler with insufficient output[J]. Industrial Boiler, 2022(4): 57-59, 64.

[3] 梁书源,姜翠玉. 电厂燃油锅炉腐蚀机理及防腐添加剂研究进展[J]. 中国腐蚀与防护学报,2018,38(2):105-116.
LIANG Shuyuan, JIANG Cuiyu. Corrosion mechanism of oil-fired boiler in power plant and progresses in anticorrosion techniques inside boiler[J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection, 2018, 38(2): 105-116.

[4] 林珊珊,张卫行,孙玉豹,等. 海上油田燃油锅炉烟道气治理及利用技术研究[J]. 科技和产业,2023,23(9):222-226.
LIN Shanshan, ZHANG Weixing, SUN Yubao, et al. Study on flue gas treatment and reinjection technology of oil fired boiler in off-shore oil field[J]. Science Technology and Industry, 2023, 23(9): 222-226.

[5] 姜兴家,杜太利,段绪旭. 油轮燃油锅炉风门波动故障原因浅析[J]. 中国水运,2018,18(10):101-102.
JIANG Xingjia, DU Taili, DUAN Xuxu. A brief analysis on the cause of damper fluctuation failure of oil tanker boiler[J]. China Water Transport, 2018, 18(10): 101-102.

[6] 毛宇涵,李来春,张 亮,等. 基于 Smith 预估控制和遗传算法优化的燃油蒸汽锅炉燃烧控制[J]. 热能动力工程,2023,38(3):105-111.
MAO Yuhan, LI Laichun, ZHANG Liang, et al. Combustion control of oil fired steam boiler based on Smith predictive control and genetic algorithm optimization[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2023, 38(3): 105-111.

[7] 王守燕. 船舶燃油锅炉造成大气污染及其控制[J]. 中国水运,2021,21(4):72-73.
WANG Shouyan. Air pollution caused by marine oil fired boilers and its control[J]. China Water Transport, 2021, 21(4): 72-73.