

# 锅炉风箱挡板执行机构优化研究和应用

王兴福<sup>✉</sup>, 蒋静江, 李强

(珠海经济特区广珠发电有限责任公司, 广东 珠海 519050)

**摘要:** [目的]为了解决珠海发电厂1号锅炉风箱挡板执行机构的现场开度缺乏远程监控,并且执行机构的现场开度经常与指令不对应的现象,我们要对锅炉风箱挡板的执行机构进行改造和优化。[方法]引进一批相配套的气缸、仪表、气源管、智能定位器等设备,然后从以下两个方面展开,一方面是相关的机械专业人员对阀门卡涩进行处理;另一方面是对锅炉二次风门气动控制系统进行改造,将定位器替换成当前主流的智能定位器,并采取分体式改造。[结果]更换气缸等设备和采用分体式智能定位器改造后,机组在重新投入正常运行,充分有效地解决了卡涩、执行机构动作不稳等故障,减少了维护量和维护成本,同时,锅炉风箱执行机构的控制过程更加高效,现场开度的反馈和指令的控制更加准确、及时,对现场恶劣的运行工况具有更强的适应能力。[结论]分体式智能定位器的改造,弥补了传统控制方式的缺陷,并且是当前的多种控制方式中的最优解。

**关键词:** 锅炉二次风门; 执行机构; 智能定位器; 分体式改造; 气动控制系统

**中图分类号:** TM611; TK323

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8676(2023)S1-0088-06

**开放科学(资源服务)二维码:**



## Optimization Research and Application of Boiler Bellows Baffle Actuator

WANG Xingfu<sup>✉</sup>, JIANG Jingjiang, LI Qiang

(Guangzhu Power Generation Co., Ltd., Zhuhai Special Economic Zone, Zhuhai 519050, Guangdong China)

**Abstract:** [Introduction] In order to solve the problem that the field opening of boiler bellows baffle actuator in Unit 1 of Zhuhai power plant lacks remote monitoring, and that the field opening of the actuator often does not correspond to the instruction, we need to transform and optimize the actuator of boiler bellows baffle. [Method] A batch of matching cylinder, instrument, air source pipe, intelligent positioner and other equipment is introduced to work on the following two aspects: on the one hand, related mechanical professionals dealt with the valve jam; on the other hand, the pneumatic control system of boiler secondary throttle was transformed, and the positioner was replaced by the current mainstream intelligent positioner, and the split type transformation is adopted. [Result] After replacing the cylinder and other equipment and adopting the split intelligent positioner, the unit was put into normal operation again, which fully and effectively solved the problems such as jamming and unstable actuator action, and reduced the maintenance work and maintenance cost. At the same time, the control process of the boiler bellow actuator was more efficient, and the feedback of the field opening and the control of the instruction were more accurate and timely. And the adaptability to harsh operating conditions on site became stronger. [Conclusion] The transformation of split intelligent positioner makes up for the defects of traditional control mode, and is the optimal solution among various control modes at present.

**Key words:** boiler secondary damper; actuator; intelligent positioner; split transformation; air actuated control system

2095-8676 © 2023 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## 0 引言

由于机组存在年限较长,曾经用于该机组的老旧技术,逐渐暴露了弊端,珠海发电厂1号机组锅炉

风箱挡板执行机构经常出现现场开度与指令不对应的现象,直接影响锅炉燃烧调整,进而影响锅炉壁温<sup>[1]</sup>。为了解决这种现象,并在此基础上优化对目标的控

收稿日期: 2023-01-15 修回日期: 2023-03-22

基金项目: 广东能源集团珠海发电厂科技项目“东号机组锅炉风箱挡板执行机构优化研究与应用”(ZHPT012599)。

制,在珠海发电厂 1 号机组的大修中,针对锅炉风箱挡板执行机构存在的问题,设计并提出了锅炉风箱挡板执行机构优化和研究的项目,项目内容主要是更换气缸、智能定位器和对气动控制系统进行分体式改造等<sup>[2-4]</sup>。

主要从以下两方面对风箱挡板执行机构进行优化和改造<sup>[5]</sup>:

1) 现场开度与指令不对应的现象,主要原因是阀门卡涩,为了解决问题,一方面需要机械专业人员对卡涩问题进行处理,另一方面,需要适当提高执行机构的动力。

2) 由于锅炉风箱挡板执行机构的现场开度无法远程监控,也没有远方位置反馈信号,运行人员无法及时监控执行机构状态,所以需要更换大直径气缸的智能定位器控制的执行机构,同时,采用更加优秀的分体式智能定位器来改造气动控制系统<sup>[4]</sup>,藉此能把开度通过网络反馈至远方,供运行人员监视。

期望通过此次大修中的优化改造,提高锅炉燃烧的稳定性,维持锅炉壁温在合理范围,确保设备安全运行,使锅炉风箱执行机构的控制更加高效,现场开度的反馈和指令的控制更加准确,运行人员对目标的监控更加及时。

## 1 锅炉风箱挡板执行机构的介绍和分析

### 1.1 珠海发电厂锅炉介绍

珠海电厂一期工程 2×700 MW 火力发电机组,选用日本三菱重工生产的亚临界压力、一次中间再热、四角切圆,固态排渣的控制循环锅炉。具体型式为:三菱辐射再热器式强制循环锅炉,其最大连续蒸发量是 2 290 t/h,按 BMCR 工况设计,即汽轮发电机最大负荷为 110% 额定功率(770 MW)时所需的锅炉蒸发量,此时汽机超压 5%,主汽阀全开。

### 1.2 锅炉二次风门与气动控制系统

二次风能够调整风量和煤粉量,使其达到足够充分燃烧的最佳配比,以此可以避免各种各样的热损失,控制排出的烟气含氧百分比,维持炉温的稳定,强化传热,从而提高燃烧的稳定性及充分性,产生了非常重要的作用,二次风的类型分为 3 种:燃尽风、周界风、中心风。

二次风系统,可以为锅炉内燃料的燃烧提供助燃剂。此外,二次风系统有 2 台送风机,其任务是输

送二次风,当二次风通过空气预热器的时候,会变成热风依次送往热风道、二次风管,变成不同的层级和水平后,再送进锅炉里面,为燃烧提供所需要的助燃剂,与此同时,通过分层级的输送空气,可以减少氮氧化物的产生,更加清洁环保。

二次风门的气动控制系统,能够影响执行机构的开度,是一个具有多方面优势的重要设备,响应时间短、操作的时候无风险、便捷,保养方便,极大延长了设备使用周期,降低了各种成本,因此在工程实践中,获得了业内人员的普遍认同。

此系统以压缩空气为动力源,接收分散控制系统传来的 4~20 mA 电流信号,根据按照锅炉负荷多少来调整挡板,通过调节二次风量来优化锅炉的燃烧工况。

本次改造所采用的是分体式气动控制系统<sup>[6-7]</sup>,每个气动控制柜配有 3 个定位器和 1 个减压阀,每个定位器可单独控制气源。

气动控制系统中的二次风门挡板的调节,对调整锅炉的燃烧工况,发挥着关键的作用。

在锅炉运行时,合理地调节二次风门挡板,保持最优的一、二次风配比,并调整好二次风的出口速度和风量,使风和煤粉混合均匀、燃烧充分,可以保证燃料着火与燃烧正常,减少燃烧热损失,提高效率。

### 1.3 气动执行机构原理、缺陷和改造方法<sup>[8]</sup>

气动执行机构的结构图,如图 1 所示:

图中的气动执行机构,大体上分为气控柜—1 和主机—13 两部分。

一台气控柜能够控制多层主机,且气控柜由压力表、气容、电气转换器装置等组成,虚线包围的另一部分,是主机部分,分散控制系统传来的 DC4~20 mA 层控信号,经过电气转换器转换成了气压信号,经过一系列处理转换后,以定位器为中介去进行一对四的控制,位置发送器把执行机构的位移,转换为 DC4~20 mA 信号,并将信号反馈至分散控制系统,三断保护装置,作用是:当断信号、电、气源时,执行器保持原位。

当前,锅炉风箱挡板执行机构现场开度无法远程监控,经常出现现场开度与指令不对应现象,影响锅炉燃烧调整,进而影响锅炉壁温,大部分原因是因为阀门卡涩。

在风门挡板运行使用过程中,由于气源中含有

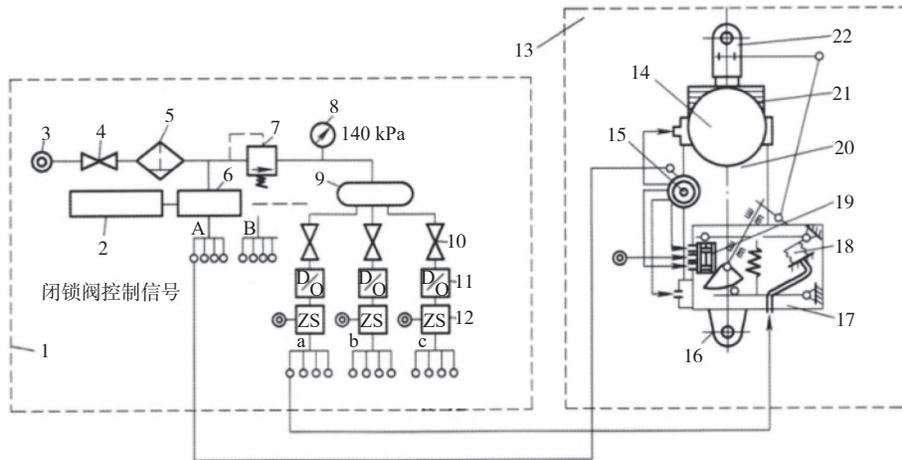


图 1 气动执行机构应用示意图

Fig. 1 Application diagram of pneumatic actuator

其他杂质,使用的机械式定位器会容易出现卡塞现象,从而导致部分气动执行机构不动作。同时,机械定位器的操作方式比较复杂,安装和维护开销不低,又没有反馈回路构成反馈控制系统,无法对现场管路进行及时准确的检测、修复,所以需要原来的机械定位器更换成智能定位器,以此来达到更好的控制效果。

综上,针对珠海发电厂 1 号锅炉存在的执行机构无法准确控制的问题,主要进行两方面的优化改造<sup>[9]</sup>。

一方面是更换直径更大的气缸,提高执行机构动力,从而解决阀门卡涩的问题。

另一方面,更换大直径气缸的智能定位器控制的执行机构,即将机械式阀门定位器改为分体式智能定位器。能够有效提高系统运行的稳定性、可靠性及准确精度,与此同时,降低各方面所花销的成本。

## 2 风箱执行机构改造方案分析

### 2.1 气缸

原来风箱挡板执行机构采用直径 63 mm,长 127 mm 的气缸,根据现场安装位置,执行机构提高动力采用直径 100 mm,长 127 mm 的气缸。通过更换使用大直径气缸的方法提高执行机构的动力,减少执行机构卡涩现象。如此一来,就解决了上述第一个方面的问题。

### 2.2 智能定位器

智能阀门定位系统<sup>[10]</sup>的基本构成如图 2 所示:传输而来的 DC4~20 mA 设定信号,经过一系列

处理转换成 DS 信号,传入中央控制单元,并且,现场阀门开度的状态信息,通过位移传感器,反馈至中央控制单元,中央处理单元将输入的数字信号和反馈信号作偏差运算,若偏差值在死区范围中,则切断两个开关电磁阀,若偏差值超出了死区范围,按照算出的差值,利用专门的算法得出用来控制的信号,来通断两个电磁阀,以此来改变执行机构的动力能源,然后让阀门的杆产生变动,能够让阀芯可以精准无误地定位。

### 2.3 智能定位器与机械定位器

本次改造中,需要将原来的机械定位器替换成智能定位器。

原先使用的是机械定位器,其优点是:流量大,能够适应高温环境,承受电磁干扰,且对气源的要求并不苛刻,维修花费低,拆装简易,清洗便捷,但是,机械定位器的操作方法比较复杂,调试困难,对其进行改造的话,还需要更多的控制柜,成本高昂,而且,由于所用控制柜较多,对现场的空间大小有一定要求,若是现场空间不满足要求,存在限制,则会造成气源管路缠绕,安装困难,同时,由于机械定位器无法被改造成带有反馈控制回路的控制系统,无法及时反馈现场的信息,不能对现场情况进行检测、修缮,从而导致执行机构产生一系列问题。

而智能定位器精度准确,动作灵敏,运行平稳,操作起来简单上手,安装和维护都比较便捷,且具有通讯、现场显示的功能,便于检修人员对智能定位器的状态进行判定、查明、维修,而且,智能定位器的智能化程度和自动化程度更高,可以进行自动调校,

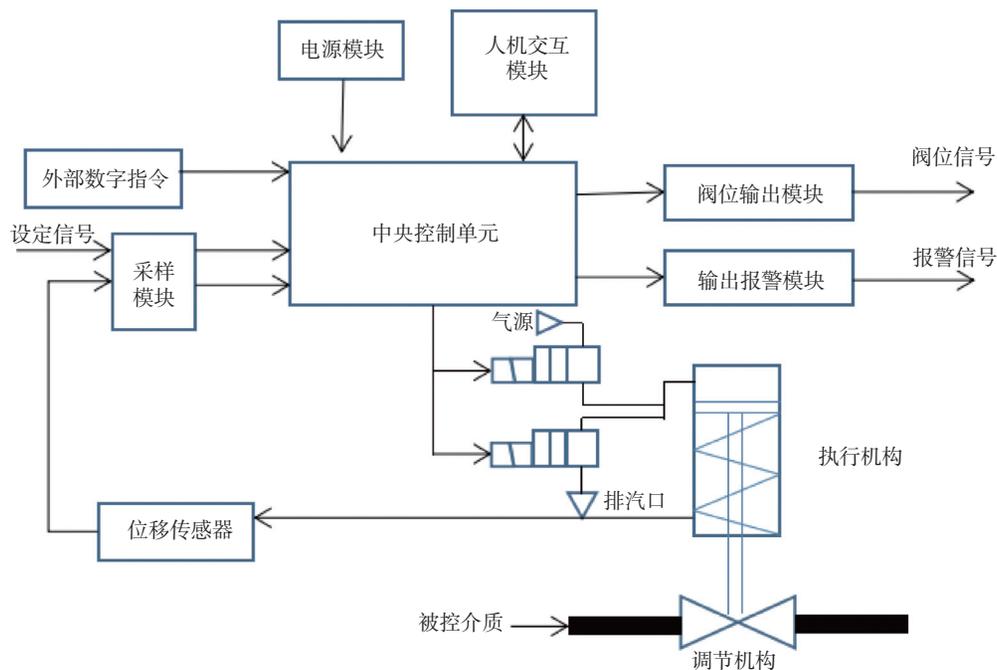


图 2 智能阀门定位器系统结构

Fig. 2 Intelligent valve positioner system structure

可以更容易的设置阀门的正反作用等。

综合比较来看,将机械定位器,替换成智能定位器,是更经济、更合适、更优良的方案。

### 3 改造方案探讨和选择

#### 3.1 ABB TZID-C 智能定位器

大多数电厂对气动控制系统,即对风门挡板执行机构的改造,所用的智能定位器是 ABB TZID-C 智能定位器,功能齐全,能够通信,是新一代的定位器, TZID-C 凭借其精致巧妙的外观设计、模块化的内部架构、超高的性价比著称,同时, ABB TZID-C 安装简便,通用性强,运行成本低(静态耗气量仅为 0.03 kg/h),其外壳坚硬耐用,且具有优异的抗振效能,可以适用的环境温度范围较广,大约在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,能够通过自适应及连续输出调节,从而达到高精度定位,有紧急保护功能、小开度关断保护功能。

综合来看, TZID-C 智能定位器优点颇多,性价比很高,非常适用于本次锅炉风箱执行机构的改造<sup>[11]</sup>。

#### 3.2 具体改造方法

目前,智能定位器可分为一体式和分体式,锅炉风箱挡板执行机构多采用一体式智能定位器,即将智能定位器直接安装在直行程气动执行机构上。

传统的控制惯例,是一对多的控制策略,现在要

将其改为一对一,把定位器的类型替换成智能定位器,在定位器的接口与气缸之间,搭建互相贯通的铜管,然后,把气源管接到智能定位器,当铺设完分散控制系统的电缆后,为了进一步缩减开销,控制柜不需要更换,可以继续使用,在里面内加装了一分四的电流信号分配器,在控制柜与执行机构间添加信号线,同时,在控制柜内添加一组电流信号分配器的 220 V 电源线,反馈信号线采用原变送器的反馈线,原分散控制系统控制不变。

执行器的反馈采用铰链摆臂式<sup>[12]</sup>连接,使用原先的变送器支架,换上智能定位器,不用其他繁琐的设备,整个流程简易快捷,如果使用动作转换器来连接,精确度会更高,对空间的要求会更低,这样安装与分配会更加容易,有时甚至可以通用,无需分辨执行器类型,其更有韧性,在糟糕的环境下也能够完好无损。

#### 3.3 一体式智能定位器优缺点

智能定位器直接安装在执行机构上,控制和反馈融为一体,不需要控制柜,节省了现场空间,降低了成本,电气接线和气路接线都在现场执行机构上完成,简单便捷,施工和调试容易,可是,由于本来改造的项目就比较少,为了减少现场变动,缩减开销,所以这方面优势无法体现。

在定位器内部结构中,有电路板的存在,因此,

平日使用运行中,环境中的温度因素<sup>[13]</sup>会对其产生一定的刺激,长时间受高温影响电路板有概率会烧毁,除此之外,被水渗透的话,也会导致问题产生,需要更换主板、反馈板,这些情况一旦发生,就会产生高昂的开销,另外,智能定位器对气源的品质需求苛刻,一不留神就会造成定位器堵住,造成日常使用中的麻烦。

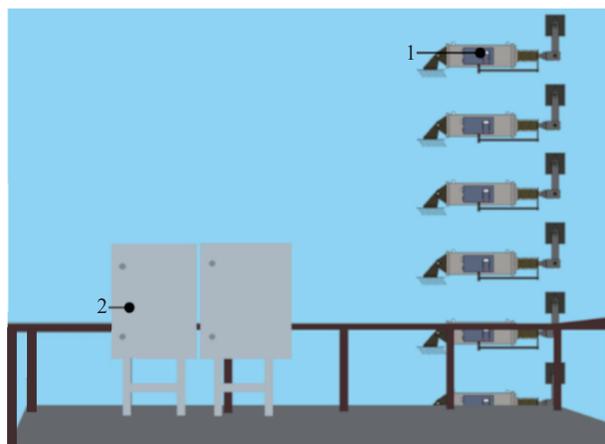
而高温、汽水、尘粒是电厂中不可避免的存在,一体式智能定位器必然会面临高温、进水、气源污染等种种挑战,所以,改造成一体式智能定位器,并非是最优解。

### 3.4 分体式智能定位器

由于现场工作环境恶劣,一体式的智能定位器会面临高温、进水等挑战,会导致风门挡板的轴端漏风加剧、加速电子元件老化、甚至是烧坏主板、电路板,从而造成执行器动作失灵、阀门卡涩等问题,要想解决这种种的问题,得安装脚手架,但是,这样子做只是治标不治本,还会增加维护检修的工作量、机组负荷,增加维护成本。

考虑到这些问题和随之而来的麻烦,最好采用分体式智能定位器。

图 3 是气动控制系统为分体式控制,每个气动控制柜配有 3 个定位器和 1 个减压阀,每个定位器可单独控制气源。气动控制柜放置在锅炉的 4 个角,可控制 3 层风门。



注:1-执行器本体,本体上只有传感器,可以耐高温、抗震,且寿命长,适用于高温、震动剧烈等恶劣情况。  
2-控制柜,所有控制附件均集成在控制柜中,控制柜安装在方便人员调试操作的地方。

图 3 分体式控制原理图

Fig. 3 Split control schematic diagram

此系统具备以下功能:

1)对风门进行 4~20 mA 调节控制,具备 4~20 mA 反馈功能。

2)系统内断气、断信号故障发生后,执行器保位。

此外,本系统配置有信号分配箱,箱内包含 6 个信号分配器,7 个电源开关(含 1 个总电源开关和 6 个分电源开关,分别控制信号分配器)。信号分配器供电为 220 VAC,一分四信号。气动控制柜中定位器接受信号分配器输出的 4~20 mA 信号,每层风门同步动作。

## 4 结论

曾经,珠海电厂的设计和自动化程度,都属于领先的一流水准,但是,随着时代的进步,新的控制方式、更先进的设备不断诞生,在控制精度、效率、成本等各个方面都超越以往,所以,如今的珠海电厂在许多方面都已经落后,需要引入新的改造,来使机组稳定可靠地运行。国内很多具有一定年限的机组,都陆续采用了本文所述的分体式智能定位器改造,来提高机组的稳定性和可靠性,采用分体式智能定位器改造后,哪怕面对露天、高温、粉尘等不利的环境,执行机构也能正常工作。尤其是新的 ABB 智能定位器的问世,为传统风门控制方式的改进提供了一种崭新高效的设备,对燃烧器风门采用分体式智能定位器的改造,是更不可或缺的重要部分。无数经过实践证明的事例表明,新的改进方案,即分体式智能定位器改造弥补了传统控制方式的缺陷,极大程度降低了产生故障的可能,削减了检修工作的时间,降低了各种各样的成本,大大提高了系统的准确程度,全方面的优化了系统的控制过程,可以说是性能和价格上的双赢。

### 参考文献:

- [1] 陈凯,尚群立. 气动执行机构机理模型的实验验证 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2013, 33(2): 49-52. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9146.2013.02-013.  
CHEN K, SHANG Q L. Experimental verification for mechanism model of pneumatic actuator [J]. Journal of Hangzhou Dianzi university, 2013, 33(2): 49-52. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9146.2013.02-013.
- [2] 胡珺,陈珊. 1 036 t/h 锅炉燃烧器二次风挡板的控制和运行 [J].

- 广西电力, 2004, 27(6): 29-30. DOI: 10.16427/j.cnki.issn1671-8380.2004.06.010.
- HU J, CHEN S. Control and operation of bumper for secondary draft of burner on 1 036 t/h boiler [J]. *Guangxi electric power*, 2004, 27(6): 29-30. DOI: 10.16427/j.cnki.issn1671-8380.2004.06.010.
- [3] 刘建军. 气动执行机构在电站锅炉燃烧器中的应用研究 [J]. *通用机械*, 2017(5): 67-69. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7139.2017.05.018.
- LIU J J. Research on application of pneumatic actuator in power plant boiler burner [J]. *General machinery*, 2017(5): 67-69. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7139.2017.05.018.
- [4] 尚群立, 蒋鹏. 智能电气阀门定位器的研制 [J]. *仪器仪表学报*, 2007, 28(4): 718-721. DOI: 10.19650/j.cnki.cjsi.2007.04.027.
- SHANG Q L, JIANG P. Research on intelligent electro-pneumatic valve positioner [J]. *Chinese journal of scientific instrument*, 2007, 28(4): 718-721. DOI: 10.19650/j.cnki.cjsi.2007.04.027.
- [5] 夏青. 锅炉二次风门气动控制系统改造方案探讨 [J]. *电子世界*, 2013(8): 110-111.
- XIA Q. Discussion on the reconstruction scheme of boiler secondary throttle pneumatic control system [J]. *Electronics world*, 2013(8): 110-111.
- [6] 张玲, 赵文栋, 张建刚. 二次风系统风门执行机构改造 [J]. *内蒙古电力技术*, 2010, 28(2): 43-45. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6218.2010.02.015.
- ZHANG L, ZHAO W D, ZHANG J G. Retrofit of air damper actuator in secondary air system [J]. *Inner Mongolia electric power*, 2010, 28(2): 43-45. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6218.2010.02.015.
- [7] 许俊永. 锅炉二次风控制系统改造 [J]. *华电技术*, 2013, 35(7): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1951.2013.07.001.
- XU J Y. Reformation of second air control system of boiler [J]. *Huadian technology*, 2013, 35(7): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1951.2013.07.001.
- [8] SMC(中国)有限公司. 现代实用气动技术(4版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- SMC (China) Co., Ltd. *Modern practical pneumatic technology (4th ed.)* [M]. Beijing: China Machine Press, 2004.
- [9] 林银河, 邓乐斌. 珠海发电厂#1、2炉磨煤机辊套松动(爆裂)的解决方案及实施效果 [J]. *中国科技信息*, 2013(9): 98-99. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8972.2013.09.044.
- LIN Y H, DENG L B. The solutions and effects of the crack in grinding rollers of the coal mill machine in Zhuhai power company [J]. *China science and technology information*, 2013(9): 98-99. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8972.2013.09.044.
- [10] 王俊杰, 银伟. 智能定位器在二次风门气动分体控制系统中的应用 [J]. *内蒙古电力技术*, 2007, 25(3): 28-29, 32. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6218.2007.03.009.
- WANG J J, YIN W. Application to intelligent positioner in secondary air shutter separated pneumatic control system [J]. *Inner Mongolia electric power*, 2007, 25(3): 28-29, 32. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6218.2007.03.009.
- [11] 丁建立. 快速分体改造智能阀门定位器在锅炉二次风门中的应用 [J]. *中国设备工程*, 2018(8): 50-51. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0711.2018.08.026.
- DING J L. Application of intelligent valve positioner with rapid separation transformation in boiler secondary damper [J]. *China plant engineering*, 2018(8): 50-51. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0711.2018.08.026.
- [12] 孔令君, 宋超. 300 MW机组燃烧器摆动功能恢复研究 [J]. *华电技术*, 2008, 30(3): 26-28. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1951.2008.03.006.
- KONG L J, SONG C. Research on function-recovery of tilting burner on 300 MW unit [J]. *Huadian technology*, 2008, 30(3): 26-28. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1951.2008.03.006.
- [13] 杨立平. 分体式智能定位器在高温区域的应用 [J]. *机电信息*, 2019(33): 58-59. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0797.2019.33.032.
- YANG L P. Application of split intelligent locator in high temperature region [J]. *Mechanical and electrical information*, 2019(33): 58-59. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0797.2019.33.032.

---

 作者简介:


王兴福

王兴福(通信作者)

2000-, 男, 华北电力大学自动化学士, 主要从事火电厂热工自动化检修工作(e-mail)2369232765@qq.com。

蒋静江

1986-, 男, 高级工程师, 东北电力大学控制工程硕士, 主要从事火电厂热工自动化检修工作(e-mail)396122850@qq.com。

李强

1982-, 男, 高级工程师, 广东工业大学计算机专业, 主要从事火电厂热工自动化检修工作(e-mail)lgxn2000@qq.com。

(编辑 赵琪)