

纤维膜除氧器在城市供热炉水除氧中的应用

刘坤¹ 张道亮¹ 满忠阳²

1 银川市规划建筑设计院有限公司 2 苏州艾吉克膜科技有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i3.2007

[摘要] 本文论述了锅炉给水溶解氧的危害及处理溶氧对锅炉设备和管网的保护作用,通过宁夏西吉东华热源厂扩建项目中选用中空纤维膜除氧器,介绍其工艺流程、工作原理、选型设计要点,对中空纤维膜除氧器与传统的热力除氧器、真空除氧器、化学除氧的优点及未来发展前景。

[关键词] 中空纤维膜除氧器

中图分类号: TU833 **文献标识码:** A

Application of fiber membrane deaerator in deaeration of urban heating furnace water

Kun Liu¹ Daoliang Zhang¹ Zhongyang Man²

1 Yinchuan Planning and Architectural Design Institute Co., Ltd 2 Suzhou Edgecross Membrane Technology Co., Ltd

[Abstract] This article discusses the hazards of dissolved oxygen in boiler feedwater and the protective effect of treating dissolved oxygen on boiler equipment and pipeline network. Through the selection of hollow fiber membrane deaerator in the expansion project of Xiji Donghua Heat Source Plant in Ningxia, the process flow, working principle, and key design points of selection are introduced. The advantages and future development prospects of hollow fiber membrane deaerator compared to traditional thermal deaerator, vacuum deaerator, and chemical deaerator are discussed.

[Key words] Hollow fiber membrane deaerator

前言

“水”是城市供热中的关键介质,水质的好坏直接影响到锅炉及供热管网的安全运行,锅炉通过燃料释放的化学能,将水加热成热水并利用热水将热能传递给用户,正确的水处理是确保输配管道、锅炉和换热器等重要部件,最大生命周期的先决条件,是获得最佳投资回报的基础。

锅炉补给用水不仅仅是水,而是要经过过滤、澄清、除碳、去掉钙镁离子、除氧等一系列生产元素,生产出质量合格的水,并能保证锅炉及其管网长周期安全运行。本篇论文,重点阐述城市供热锅炉补给水除氧的问题。

锅炉给水除氧是保证锅炉安全运行,延长锅炉寿命的关键。若锅炉给水未除氧,氧浓度超标将会造成炉管的氧腐蚀,而氧腐蚀直接影响到炉管厚度的减薄速度,从而影响到炉管的使用寿命,可以说锅炉给水除氧是保证锅炉安全运行,延长使用寿命的一个关键环节,国家标准对于城市供热锅炉,给水溶解氧要求 $\leq 100\mu\text{m/L}$,在锅炉补给水除氧问题上,大多采用热力除氧、真空除氧和化学加药除氧及海绵铁除氧等方法。热力除氧是城市供热锅炉常用的方法,但受室外环境的影响,城市供热锅炉经常调峰,从而直接影响到锅炉给水除氧效果;真空除氧由于设备复杂,占地面积大,除氧效果不稳定等原因很少采用;化学加药除氧,

受药剂价格和会对设备会产生其它化学腐蚀等因素,所以只在小吨位锅炉使用,大型锅炉,只作为补充;海绵铁除氧成本低,但除氧效果不稳定,需要经常冲洗并且海绵铁需要定期更换不利于经常使用。因此,应用、开发和推广一种高效经济的新型膜法脱氧技术十分必要。

宁夏回族自治区西吉县东华热源厂在2023年改扩建工程中,新增加1台70MW流化床热水锅炉,配套的锅炉补给水除氧设备经总承包商比选后最终选用苏州艾吉克膜科技有限公司生产的集成式膜式除氧装置。在2023年10月份投产运行后,锅炉补给水除氧效果非常好,出口软水溶解氧长期保持在 $30\mu\text{g/L}$ 以下,而且不受锅炉负荷的限制,效果很明显,说明新型膜除氧技术,在常温下除去溶解在软水中的溶解氧技术是安全可靠稳定的,在城市供热锅炉运行中是值得推广的一种新型的除氧技术。

1 氧腐蚀产生的机理及水质要求和给水除氧现状

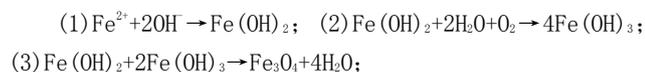
1.1 氧腐蚀机理

金属铁受水中溶解氧的腐蚀是一种电化学腐蚀,铁和氧形成腐蚀电池。铁的电极电位总是比氧的电极电位低,所以在铁氧腐蚀电池中,铁是阳极,遭到腐蚀,反应式为: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$;

氧为阴极,进行还原,反应式为: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$;

在这里溶解氧起阴极去极化作用,是引起铁腐蚀的因素,这种腐蚀称为氧腐蚀。

氧腐蚀的形态一般表现为:溃疡和小孔型的局部腐蚀,其腐蚀的产物表现为黄褐、黑色、砖红色不等。对金属的强度破坏非常严重。铁受到溶解氧腐蚀后产生 Fe^{2+} ,它在水中进行下列反应:



在上述反应中, $Fe(OH)_2$ 是不稳定的,使反应继续往下进行,最终产物主要是 $Fe(OH)_3$ 和 Fe_3O_4 。

氧腐蚀是锅炉采暖系统常见的一种腐蚀,在运行和停运期间均可发生。其主要部位是给水系统和省煤器,而且其腐蚀产物进入受热面中和循环水系统中,也会引起其他一些破坏。

在系统停运期间防护不当,更是如此,不断造成设备及系统的破坏,且破坏程度越来越大,在金属表面形成许多小鼓包,鼓包表面的颜色(由黄褐色到砖红色不等,次层是黑色)。当将这些腐蚀产物清除后,便会出现腐蚀造成的陷坑。



图1 金属被氧腐蚀的照片

1.2 锅炉水质要求

国家标准《工业锅炉水质》GB1576-2001要求:蒸汽锅炉的给水应采用炉外化学处理,额定蒸发量 $\leq 2t/h$,且额定蒸汽压力 $\leq 1.0MPa$ 的蒸汽锅炉也可采用炉内加药处理,但必须对锅炉的结垢、腐蚀和水质加强监督,认真做好加药、排污和清洗工作,当锅炉额定蒸发量 $\geq 6t/h$ 时应除氧,额定蒸发量 $< 6t/h$ 的锅炉

如发现局部腐蚀时,应采取除氧措施,对于压力 $\leq 1.6MPa$ (表压)的蒸汽锅炉给水溶解氧含量 $\leq 0.1mg/L$,压力 $> 1.6MPa$ (表压)的蒸汽锅炉和汽轮机用汽的锅炉给水溶解氧含量 $\leq 0.05mg/L$,对于额定功率 $\leq 4.2MW$ 的热水锅炉可采用炉内加药处理,但必须对锅炉的结垢、腐蚀和水质加强监督,认真做好加药工作,热水锅炉额定功率 $\geq 4.2MW$ 时应除氧,锅炉给水溶解氧含量 $\leq 0.1mg/L$,额定功率 $< 4.2MW$ 的热水锅炉给水应尽量除氧。

1.3 锅炉水常用的除氧方法

1.3.1 热力除氧

其原理是根据气体溶解定律(亨利定律),任何气体在水中的溶解度与在汽水界面上的气体分压力及水温有关,温度越高,水蒸汽的分压越高,而其它气体的分压则越低,当水温升高至沸腾时,其它气体的分压为零,则溶解在水中的其它气体也就等于零。热力除氧器分为大气式除氧器(其工作压力略高于大气压,约 $0.118MPa$,水温在 $104^\circ C$ 左右,主要用于小型电站和工业锅炉中)、中压除氧器(工作压力约 $0.412MPa$,水温在 $145^\circ C$ 左右,主要用于一般的火力发电厂和中型热电站)、高压除氧器(工作压力大于 $0.49MPa$,水温大于 $158^\circ C$,主要用于高参数的火力发电厂)。热力除氧曾是广泛使用的除氧方式,但目前逐渐受到化学除氧等的有力挑战,特别是热力除氧在 $10\sim 35t/h$ 的锅炉和 $2\sim 6.5t/h$ 的锅炉及其它要求低温除氧的场合,热力除氧有其明显的局限性。它的特点是除氧效果好,缺点是设备购置费用大、不好操作、能量消耗大、运行费用高。不好操作,是因为使用条件苛刻,进水混合温度要求稳定在 $70\sim 80^\circ C$,工作温度稳定在 $104\sim 105^\circ C$,蒸汽压力稳定在 $0.02\sim 0.03MPa$,条件波动除氧效果不佳,特别是供热锅炉,随着天气冷暖的变化,锅炉负荷变化很大,这就给热力除氧带来很大困难。

1.3.2 真空除氧

其除氧原理与热力除氧基本相同,除氧器在低于大气压力下进行工作,利用压力降低时水的沸点也降低的特性,水处于沸腾状态而使水中的溶解氧析出。在 $20t/h$ 以上的锅炉由于出水温度低于蒸汽锅炉的进水要求而很少采用真空除氧,在要求低温除氧时相比热力除氧有着明显的优势,但大部分热力除氧的缺点仍存在,并且对喷射泵、加压泵等关键设备的要求较高。

1.3.3 铁屑除氧

其原理是当有一定温度的水通过铁屑时,水中的氧即与铁发生化学反应,在此过程中氧被消耗掉。该方法除氧装置简单,投资省,但存在着除氧效果波动大、装置失效快等明显缺点,因而使用该方法除氧的用户逐步减少,面临着淘汰的处境。

1.3.4 解吸除氧

基本原理亦是利用亨利定律,氧在水中的溶解度与所接触的气体中的氧分压成正比,只要把准备除氧的水与已脱氧的气体强烈混合,则溶解在水中的氧将大量扩散到气体中,从而达到除去水中溶解氧的目的。该方法优点是可低温除氧,不需化学药品,只需木炭、焦碳等即可,缺点是除氧效果不稳定,

而且只能除氧不能除其它气体,用木炭作反应剂时水中的CO₂含量会增加。

1.3.5树脂除氧

基本原理是在除氧器内氧化还原树脂与水中溶解氧反应生成除氧水,树脂失效后用水合肼(联氨)等再生,使用该方法除氧产生的蒸汽和热水,均不允许与饮用水和食物接触,且投资和占地均较大,不宜在工业锅炉上推广应用。

1.3.6化学药剂除氧

化学药剂除氧是把化学药剂直接加入锅炉本体、给水母管或者热水锅炉的热水管网中。化学药剂主要是传统的亚硫酸钠、联氨及新型的二甲基酮肟、乙醛肟、二乙基羟胺、异抗坏血酸钠等。化学药剂除氧存在有毒有害物质,且化学加药除氧会附带产生水中可溶性固形物,使水质恶化,所以锅炉必须增加排污次数。导致化学药品的浪费和燃料费用的增加,所以,化学除氧一般使用在小型锅炉上比较多。

2 中空纤维疏水性脱气膜技术原理

2.1膜除氧工作原理概述

膜除氧器是利用中空纤维疏水性脱气膜,来脱除溶解在水中的氧气等其它可溶于水的气体,工质在传质过程中,通过压力差,压力高向压力低的部分进行移动,在移动的过程中,只允许气体通过而不允许水通过,在两相间存有压力差,在压力差的作用下,溶解在水中的气体向压力低部分空间传质,水中的气体达到从液体中剥离,进入压力低部分的中空管内,并被外力带走,形成连续不断的传质过程,达到除去溶解在水中气体的作用,膜除氧器属于机械物理除氧。其工作原理和热力氧器工作原理相同,都是利用“亨利定律”和“道儿定律”液面分压力降为零,液体内气相由高压向低压空间传质。该定律,在进行气液分离工作中有着广泛的应用领域。

2.2膜除氧技术核心的概述

纤维膜接触器是一种用于气液接触传质的膜组件,其膜材料具有“透气不透水”的特性,可以隔绝两侧的液体,但是气体可以自由通过,在材料两侧表面形成气液接触。如图2所示。水在膜丝外流动,膜丝内抽真空。水中溶解的O₂和CO₂等气体透过膜壁的膜孔被真空吸走,而水无法穿透膜孔,形成水中溶解性气体的脱除。

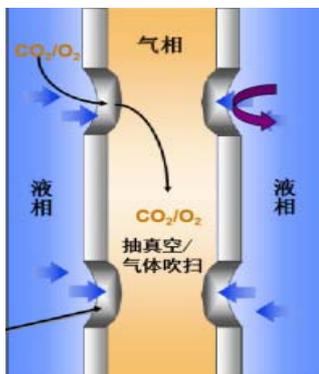


图2 膜脱氧原理

膜接触器被疏水微孔膜分隔为两个相区,一个为水相区,一个为气相区,气相区与真空系统连接接氧原水进入接触器后,由于膜为疏水微孔膜,水不能通过膜孔进入气相区,而气体能够通过膜孔传质到气相区在真空负压的作用下,氧在膜两侧的水相区和气相区存在分压差,因而氧气通过膜孔传质到气相区中,被抽真空排除,从而实现原水的脱氧,得到的脱氧水被排出膜组件。

膜其实就是传质的工具,核心技术在于两相的传质通道,中空纤维膜的关键技术在于膜丝,膜丝是组成膜的关键部件,无数中空纤维膜丝编织成布,膜丝中间是中空的,如图所示,是两相形成压力差的关键,膜丝壁被拉制成无数的避孔,膜丝避孔就是传质的通道,也是技术核心的关键。

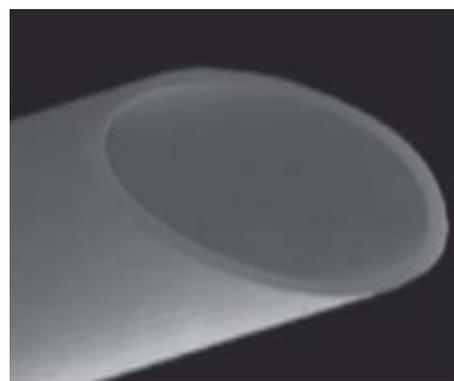


图3 单根膜丝电镜下放大100倍照片

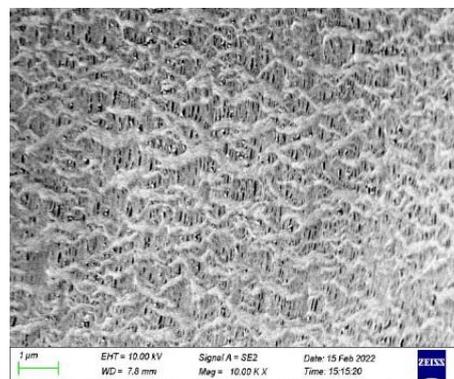


图4 膜丝壁孔隙在电镜下放大到1000倍的照片

从图片可以看出,膜丝壁孔隙是气液两相传质的通道,所以中空纤维膜关键技术主要是看膜丝的壁孔隙,膜丝壁孔隙不能太大,壁孔隙过大透水,起不到传质的作用;壁孔隙太小,气分子出不来,同样也起不到传质的作用。所以,膜丝壁孔隙大小,是决定膜有效传质的关键因素。

现代膜接触器组件都采用了非常高效的结构设计,如图所示,使其传质效率可以达到传统接触塔(真空塔、吸收塔、解析塔、热力除氧器等)的10倍以上。因此传质推动力只有传统塔器的1/10,也就意味着可以把水中的溶解性气体脱除得比塔器低10倍。在对水中溶氧要求很高的场合,例如半导体超

纯水(溶解 $O_2 < 1ppb$)、高压锅炉补给水(溶解 $O_2 < 7ppb$), 具有明显的优势。

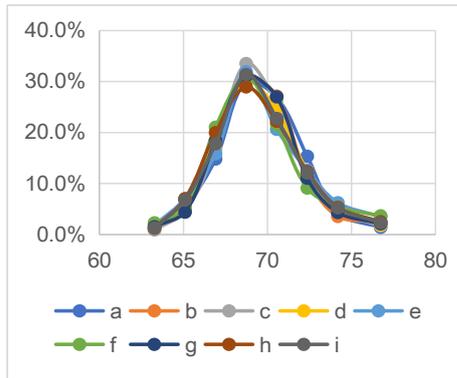


图5 脱氧性能最优孔径

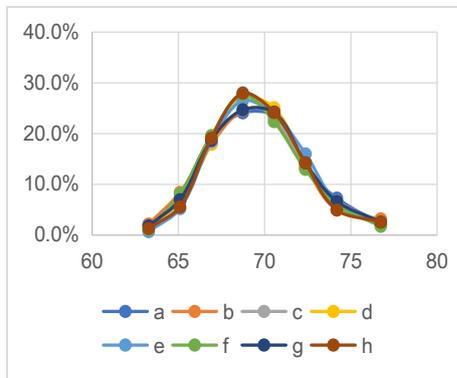


图6 脱气性能最优孔径膜接触器的性能

除了除氧效果好, 而且膜除氧器能耗消耗比较低, 只有热力除氧器的4%, 总运行成本只有热力除氧器的3-6%。膜除氧器在低温下除氧, 除氧水可以吸收更多生产装置的低温废热, 有很好的节能效益。

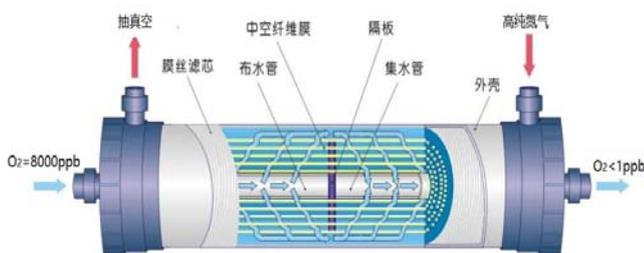


图7 膜接触器组件结构及脱氧

膜除氧技术在全球已经有30年以上应用历史, 至2010年, 全球采用该技术进行水中溶解性气体控制的总水量已经达到46万立方每小时。2014年中国开始实现国产化进程, 并逐渐系列化, 被广泛应用于半导体超纯水除氧、锅炉补给水除氧、化工工艺水除氧等场景。

下图为宝武集团宝钢自备电厂2号机组膜接触器除氧装置的案例照片。



图8 宝钢膜除氧器撬块图



图9 膜除氧器出口水溶氧量值

3 中空纤维膜除氧器在供热锅炉实际案例分析

宁夏回族自治区西吉县东华热源厂, 2023年供热系统扩容改造, 新增1台70MW热水锅炉, 配套锅炉软水的除氧装置为宁夏建筑设计研究院有限公司设计, 选用苏州艾吉克膜科技有限公司生产的集成式膜式除氧器, 甘肃维源建设工程有限公司施工安装, 2023年10月设备进场, 安装就位, 10月31日调试正常, 投入运行。

设计单位: 宁夏建筑设计研究院有限公司

供货单位: 苏州艾吉克膜科技有限公司

总承包单位: 宁夏禹泽兴建设工程有限公司

3.1 水处理技术参数

3.1.1 膜除氧器进水技术参数要求

以下水质参数为进膜最低水质条件:

- (1) 表面张力: $\geq 65mN/m$ (原水保证);
- (2) COD: $\leq 100ppm$ (原水保证);
- (3) ORP: ≤ 100 (原水保证);
- (4) SS: $\leq 3mg/L$ (原水保证);
- (5) 原水进膜温度: $15-40^{\circ}C$ (原水保证);
- (6) pH值: $6-9$ (原水保证);
- (7) 含油量: $\leq 1mg/L$ (原水保证)。

3.1.2 膜除氧器出水达到技术标准

- (1) 设备处理量: 正常工况 $16m^3/h$, 最大处理能力 $80m^3/h$;
- (2) 处理后含氧量: $\leq 100ppb$; (3) 供水压力: $0.01MPa$ 。

3.2 膜除氧器设计

膜除氧器布置在锅炉零米, 软化水箱出口附近, 设备整体占地面积 $5500mm \times 2500mm \times 2200mm$, 主体设备由工厂模块化组装,

根据现场的实际情况,撬装进场。

膜除氧器设计处理水量80t/h,设计出口氧含量 ≤ 100 ppb,设计压力1.0MPa工作压力0.6MPa,膜设计使用温度45℃工作温度25℃。

膜组数量2组,2级布置,共使用16吋膜(型号PSAP4001)4支,每组2支并列布置,单组膜处理水量40t/h,2组膜处理水量80t/h。设置1台膜组保护过滤器,过滤器负责保护拦截软水中的微生物及细小悬浮物质,防止因水质原因造成膜孔堵塞,设计2台水环真空泵,功率4kw,1台运行1台备用,负责将中空管内的气体分子连续不断的抽走,保持中空管内始终是在负压状态下运行。设计3台供水泵,功率5.5kw,2台运行1台备用,供水泵负责向膜除氧器供水,保持膜除氧器前后压力平衡。



图10 膜除氧器现场实际照片

系统工艺流程,软化水由供水泵经膜过滤器送到膜除氧器,经膜除氧后软水送到锅炉给水泵入口,做锅炉补充水,由锅炉补水量小,其余的水量经膜除氧器出口出来后重新返回到软水箱。

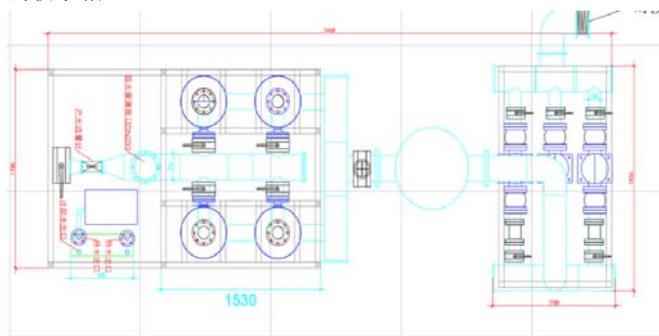


图11 膜除氧器实际布置图

3.3 控制系统设计

脱氧处理系统的控制是结合其他膜除氧控制系统中积累的实际经验和对自控系统技术本身熟悉了解的基础上,并且着重考虑产品的技术性能、可靠性和稳定性、系统的完整性、使用维护的简便性,对脱氧系统仪表和自控系统方案和设备进行设计配置,所有选型配置的仪表和自控系统设备制造厂商均通过相关产品质量认证。本系统将实现的主要目标是实现整个生产过程的高水平自动控制和管理,低能耗、降低工作人员的劳动强度、提高经济效益、提高出水水质、确保生产过程的正常

稳定运行。

自控选择就地触摸屏监控+PLC的控制系统。该系统是面向工厂自动化的开放式控制系统。膜除氧系统PLC系统与上级自控系统通过以太网通讯,采用TCP/IP协议。

膜除氧水处理系统控制系统采用集中监控、集中控制的方式。设置电气、仪表一体化控制系统,采用现场PLC控制和触摸屏人机界面监控。根据膜除氧设备各电气工艺设备的运行特点及控制要求,电气设备将采用以下控制模式:

在电柜的旋钮开关上设有一个“手动/停止/自动”三位模式选择开关,当模式选择开关放置在不同的位置可实现不同的控制模式。设备运行状态、仪表检测参数均在触摸屏画面上显示。监控膜脱氧的触摸屏可通过屏幕控制PLC来启动和停止现场的设备,或者让设备根据现场条件的工艺连锁要求自动的启、停,无需人为的干预。

3.4 膜除氧器调试运行

宁夏回族自治区西吉县东华热源厂膜接触器除氧装置,2023年9月21日签完技术协议后,开始工厂加工生产,10月15日不锈钢撬装设备在工厂内组装完成,10月18日发往生产现场,10月27日现场安装结束,10月28日开车调试。10月29日便产出合格除氧水,除氧效果如图:



图12 除氧效果图

启动膜除氧器供水泵,开启膜除氧器进口阀门,开启膜除氧器出口阀门,启动水环真空泵,保持真空压力0.085mpa,检查系统运行情况。

3.5 膜除氧装置功能考核

功能考核目的为考察膜除氧系统开工后的运行状况,通过功能考核确定装置的实际生产能力,为优化生产提供基础数据。

功能考核范围:

(1) 功能考核装置的设计处理能力,除氧系统的工况。(2) 功能考核装置在设计负荷工况下的物料平衡及产品质量情况。(3) 功能考核装置在设计负荷工况下的综合能耗及各项物料消耗情况。(4) 功能考核装置在设计负荷工况下的动、静设备运行情况及其系统的配套能力。(5) 功能考核装置在设计负荷工况下仪表、DCS系统的运行情况。(6) 考察装置在设计负荷工况下各系统的操作参数。

表1 功能考核期间主要工艺控制指标

序号	工艺指标名称	单位	控制范围
2	进除氧器软水流量	m ³ /h	≤80
3	除氧器压差	MPa	≤0.25
4	除氧器出水氧含量	μg/L	≤100
5	真空泵真空度	MPa	≤-0.085

表2 分析检验表、功能考核期间生产检验计划

序号	采样地点	样品名称	分析项目	单位	分析方法	控制指标	分析频次	采样时间
1	膜除氧系统	除氧器出水	氧含量	μg/L	氧含量 在线分析仪	≤100	1次/日	9:00

表3 除氧系统功能考核期间能耗计算表

项目		单位	计量仪表位号	消耗总量	单耗 m ³ /h
气	氮气	m ³			
水	循环水	m ³		168	1
电	电	kwh		1596	9.5kw

表4 膜除氧器运行 168小时记录表

日期	进膜流量 t/h	出膜流量 t/h	进膜温度 ℃	真空度 MPa	进水溶氧 ug/L	出水溶氧 ug/L	备注
10/29	80	80	14	0.084	7560	57.7	日均值
10/30	80	80	14	0.084	6740	60.2	日均值
10/31	75	75	14	0.084	7790	50.3	日均值
11/01	76	76	14.5	0.085	8078	47.7	日均值
11/02	75	75	14.5	0.085	9008	38.6	日均值
11/03	75	75	14.5	0.085	7078	58.1	日均值
11/04	80	80	14.5	0.085	7845	48.8	日均值
11/05	80	80	14.5	0.085	7340	50.4	日均值

3.5.1 功能考核分析数据

原料品种及产品方案:

除氧系统原料为软水装置产出的合格软化水, 产出氧含量 $\leq 100 \mu\text{g/L}$ 的合格除氧水。

3.5.2 工艺控制

功能考核期间要求操作细致, 尽可能减少操作波动。功能考核期间的主要工艺控制指标要求见表。

通过以上数据分析, 可得: 膜除氧器投入运行后, 软水溶解数据稳定在 $< 100 \mu\text{g/L}$ 以内, 膜除氧器通水量满足设计 80t/h 的要求。运行试验期间未产生任何废水, 未对膜进行清洗, 检查过滤器一次未见异常, 设备运行工况, 满足设计要求。

膜除氧器的进水流量增加, 膜除氧器出口溶氧升高, 膜除氧器进口流量减少膜除氧器出口溶氧降低, 从调试数据看, 膜的通水量和处理水量是影响膜除氧的一个关键因素, 反映出主要因素是传质面积, 水量超过传质通道面积, 则会影响到传质效果, 所以在水量增大时要提高传质速率, 增大真空度。

膜除氧器的真空度对除氧效果的影响, 真空度是影响传质效果的另一个重要因素, 真空度的高低直接影响到传质速率, 传质速率快, 传质效果好, 脱氧的效果好。

水温, 水温是影响真空的另一个关键因素, 在真空下, 水温应对接近真空压力下的饱和温度, 接近饱和状态传质效果越好, 脱氧率越高。

4 膜除氧器在城市供热锅炉进行炉水除氧的优势

通过以上分析, 中空纤维膜除氧器在城市供热炉水除氧处理当中, 具有着传统常规除氧器不具备的优势, 其在对城市供热炉水除氧处理及其对锅炉设备和供热管网保护有着绝对的优势。

(1) 中空纤维膜除氧器, 属于物理除氧, 膜除氧效果远远高于热力除氧和真空除氧, 因为, 除氧效果的高和低与传质面积有关, 无论是传统的热力除氧, 还是真空塔器除氧, 其传质的面积都是有限的, 而膜除氧器, 其传质的通道是膜壁上微孔, 一张16寸的膜, 大约有45万根膜丝组成, 每根膜丝长900mm, 每根膜丝壁都有无数的孔, 展开面积大约有 200m^2 传质面积大, 是保证两相传质必要条件, 所以膜除氧器除氧效果要高于其它除氧器; (2) 中空纤维膜除氧器, 可以在常温下除氧, 这是热力除氧器和真空除氧器不能比的, 可以满足供热锅炉调峰的需要; (3) 中空纤维膜除氧器, 属于物理除氧, 不需要向水中添加任何药剂, 不产生任何废水、废气、废渣等三废, 对周边环境没有任何影响; (4) 中空纤维膜除氧器, 操作简单, 程序化控制, 一键启动, 运行维护

量小; (5) 中空纤维膜除氧器与热力除氧器相比, 投资费用低, 占地面积小, 系统简单, 免维护; (6) 中空纤维膜除氧器消耗能耗低, 由于锅炉除盐水在常温下除氧, 除氧后的水可直接进锅炉, 具有回收锅炉尾部烟气余热的作用, 具有一定节能意义; (7) 中空纤维膜使用寿命长, 膜的使用寿命超过5年, 5年后可根据膜的降解程度检查是否更换, 如果使用再生膜, 可返厂再生, 再生后使用率达到100%; (8) 中空纤维膜除氧器, 可对城市供热管网起到防腐保护的作用, 在供热停供期间, 管网内水, 常温下利用中空纤维膜除氧器除氧, 可保护管网不受溶解氧腐蚀。

5 结论

综上, 利用中空纤维膜除氧器, 在进行城市供热炉水除氧工作中, 是传统热力除氧器, 真空除氧器, 化学除氧等其常规除氧方式不可替代的优势。在对锅炉及供热管网保护作用, 具有着热力除氧器和真空除氧器及化学除氧不具备的能力。

中空纤维膜除氧器, 可完全适应城市供热锅炉调峰的需要, 对于节能减碳具有一定的事实意义。

中空纤维膜除氧器, 具有体积小, 设备简单, 操作方便, 运行费用低等优点, 所以说: 中空纤维膜除氧器, 在城市供热系统中具有广阔的空间。

[参考文献]

- [1] 王晓丽, 王生辉, 黄鹏飞, 等. 膜分离技术在生态修复工程中的应用[J]. 盐科学与化工, 2021, 50(4): 4-6, 13.
- [2] 唐升克. 生物膜技术在环境工程污水处理中的应用[J]. 黑龙江环境通报, 2022, 35(1): 88-89.
- [3] 张枫桦, 张耀君, 贺攀阳, 等. 新型地质聚合物基分离膜的制备与应用研究进展[J]. 材料导报, 2023, 37(14): 56-68.
- [4] 周长城. 集中供热锅炉烟气脱硝关键技术研发及工程应用研究[D]. 江苏: 东南大学, 2018.

作者简介:

刘坤(1979--), 男, 汉族, 山西太原人, 大学本科, 工程师, 研究方向: 城市供热, 市政建筑、环保及新技术在城市、市政管网建设中的应用。

张道亮(1985--), 男, 汉族, 宁夏银川人, 大学本科, 工程师, 注册设备工程师(动力), 研究方向: 城市供热, 市政建筑、环保及新材料, 技术与开发。

满忠阳(1970--), 男, 汉族, 吉林省辽源市人, 硕士研究生, 高级工程师, 苏州艾吉克膜科技有限公司副总经理, 注册一级建造师, 研究方向: 膜接触器、在能源领域的应用与研究。