

船舶废气混合式脱硫系统的改装经验分析

刘师卫, 李晓龙

(广州文冲船舶修造有限公司, 广东 广州 511485)

摘要 本文简单介绍了船舶废气混合式脱硫系统工艺, 以某改装项目为例, 探讨船舶废气混合式脱硫系统的有效改装, 以期不断地优化脱硫系统工艺提供参考, 使之脱硫效果满足相关规定, 降低船舶运营的燃料成本, 加强船舶运用过程中的硫排放控制, 实现低硫排放目标。可充分发挥现代科学技术, 根据实际情况来选择更适宜的废气处理方案, 把控好船舶硫氧化物等物质的排放, 从而推动船舶运营的可持续发展。

关键词 船舶; 废气混合式脱硫系统; 改装经验

中图分类号: U672

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)09-0064-03

近些年, 世界各国都开始关注环境保护问题, 在各领域都制定了与降低污染、加强环境保护有关的规章制度。2020年实施了群球硫限制, 基于《国际防止船舶造成污染公约》, 提出船舶航行于硫排放控制区之外的区域时, 所使用的燃料的硫含量必须控制在百分之零点五以下, 这就要求高硫燃油船舶根据实际需求情况和混改脱硫装置, 旨在降低燃料燃烧过程中的硫排放, 达到国际标准要求。这一限制会促使全球百分之三四十的船舶安装废气洗涤器, 给船舶的制造和运营管理带来一定的挑战, 需采取有效的方案来应对, 加强对硫氧化物、颗粒物排放的管控, 以提高船舶的脱硫率。

1 船舶废气混合式脱硫系统工艺

船舶废气混合式脱硫系统主要分为两种模式: 一种是开环模式, 另一种是闭环模式, 可以根据实际需求来进行自由切换。整个工艺流程如下: 首先, 将废气混合式脱硫系统设置到开环模式, 然后将碱液单元关闭, 把海水泵打开, 通过水泵机将海水输送至脱硫吸收塔中, 再由喷嘴将海水输送到塔中的每一层喷淋层中。在烟气冷却器中经过冷却的烟气会进入吸收塔中, 然后逆向接触吸收液, 与之产生物理化学反应, 遵循自下而上的原则。脱硫之后的废气在出塔之后, 会直接进入氧化罐中, 要打开风机然后处理废液, 完成液化处理之后的废液在调节温度、酸碱值之后, 可以直接排出至舷外。其次, 将废气混合式脱硫系统切换至闭环模式, 运行碱液单元, 开启循环回流泵。整个吸收过程和开环模式的工艺流程大致相同, 同样要对出塔后的废液实施氧化处理, 处理后的废液会进入缓冲罐中, 可通过闪蒸法来纪念性处理, 使二氧化硫

气体重新回到脱硫塔中继续反应, 工艺水箱中处理剩余废液^[1]。

2 船舶安装废气脱硫系统面临的挑战

在安装船舶废气脱硫系统的时候面临着一系列的挑战, 主要体现在以下几个方面:

一是全球船用燃油市场具有不确定性。直至2020年底, 全球船队中有百分之二的船舶安装了废气脱硫装置, 2017年底使用LNG燃料的船舶约有上百艘, 其中大部分船舶的主要航行区域是在排放要求非常严格的欧洲区域。对于船舶公司来说, 选择何种排放措施来应对国际规定限制仍然是问题。由于市场存在不确定性因素, 市场供应方向会不断地变化, 造成高硫燃油存在紧缺问题, 不容易采购。

二是从船东角度来看, 其初期投资要面临较大的经济压力。开式系统的脱硫装置设备费用相对来说比较低一些, 而混合式废气脱硫系统的设备费用高达一百五十万美金, 营运费用也比较高, 对船舶机舱空间要求较大, 总改造费用较高^[2]。

三是订货和修船厂改装安排有一定的困难, 这是因为混合式废气脱硫系统的改装对厂家提出了较高的要求, 很难实现快速供货, 而且部分厂家对这一系统的认知还不够深入。

3 船舶废气混合式脱硫系统的有效改装

3.1 废气混合式脱硫系统改装概况

本项目中需要加装废气混合式脱硫系统改装的船舶是18000DWT散货船。在该船舶航行过程中, 为应对个别港口禁排开式脱硫塔的要求, 满足租家特殊需求, 则需要加装混合式脱硫装置, 主要是在现有的燃

烧系统中增设湿式废气清洗系统。该系统的作用在于即使船舶使用的是含硫量达到百分之三点五的重燃油,其仍然能够达到当下的低硫排放要求,开式状态下的排烟含硫,从效果上来看等同于燃烧含硫量为百分之零点五的燃料,闭式状态下的排烟含硫,从效果上来看则等同于燃烧含硫量为百分之零点一的燃料^[3]。

本项目中船舶采用的是混合式烟气脱硫系统,既可以在开式状态下进行作业,也可以于闭式状态下运行。如若处于开式系统中,那么循环水泵会在运行过程中直接从海底把海水输送至脱硫塔,排烟中的酸性物质能够和海水中的碱性物质中和,在一定程度上降低含硫量。脱硫塔排除的洗涤水,不可直接排出,要先对其进行处理,然后排出舷外。船舶航行至淡水区域的时候,海水中的碱性物质含量会下降,此时其与排烟中的酸性物质无法起到有效的中和,那么则需要使用闭式系统,循环使用脱硫塔中的洗涤水,直接使用冷却器来输送,可适当添加一定量的碱液,以增加洗涤水的碱含量,满足循环水的使用需求。

3.2 船舶废气混合式脱硫系统改装内容

本项目中船舶废气混合式脱硫系统改装内容主要包含以下几点:

一是改装船体。在船舶制作过程中,原有的船体中并没有为安装脱硫系统做好准备工作,其需要于原船基础上增设脱硫塔、冷却泵和供水泵、废水处理器等设备,以及循环柜、碱液储存柜和废水储存柜等船柜^[4]。另外,还需要设置 GRE 管路,管路口径应当稍大一些。布置脱硫塔的时候,要根据实际情况来进行优化设计,先制作简易的脱硫塔布置图,然后按照图中的设计要求来执行作业,以保障脱硫塔的正常运行。在船舶原来的烟囱后面,需增设一阁洗涤塔间,由 B 甲板面开始连接好洗涤塔间和烟囱,要注意一定的美观性。洗涤塔间的前端部分不仅要和烟囱相连,还要和原来的机舱棚连成一体;洗涤塔间的后端部分,则要在甲板上使用六个立柱来进行支撑。支柱的作用在于传递新烟囱的载荷至主甲板,支柱优先选择的位置应当是主甲板上墙结构位置,其中横向强结构是最优先的选择,这是因为船舶横向运动时的加速度比较大。一旦船舶的主甲板下没有稳定的墙结构,缺乏支柱支撑,那么则需要新增支柱,增加主板强结构。船舶中新设计的烟囱结构具有设备质量较大的特带点,重心相对来说比较高,支撑力并不大,设备自身质量并不小,实际设计过程中需要根据各项参数来进行准确的计算,以确定新烟囱的结构尺寸。新烟囱与原有烟囱的运行

频率有所不同,要通过科学评估来判断两个烟囱是否会形成严重共振。

本项目中的船舶可布置空间相对来说比较大,能够将原来的救生艇通道予以保留,直接在救生艇通道对接新烟囱底平台,并保留救生艇通道平台下的两排支柱。由于泊缆绳占用了主甲板强横梁位置,那么则可以将支柱布置在甲板纵桁位置。洗涤塔间周围可使用平板舱壁,内部需设置垂向扶强材,多道垂直桁应当设置在 C 甲板上,也可以设置四道水平环梁^[5]。除此之外,混合式脱硫系统中还需要设置排水储存柜、碱液柜、泄放柜,这些船柜要保持一定的独立性,其结构尺寸要与标准要求相符,需对液舱的动载荷进行准确计算。一般情况下,独立舱柜的结构尺寸偏大一些,构件均朝外设计,其目的在于提高独立舱柜运行的循环性,避免碱液腐蚀,在端部连接方面的设计突破了常规结构设计,连接型式上有所不同。

本项目船舶中增设了一个公共脱硫塔,采用的是文丘里式进口段。公共的总管上需要连接各个设备的排烟,然后再将其输送至脱硫塔进口位置,经过脱硫塔的洗涤之后,将烟雾排放至大气中。在实际设置过程中,每一个排烟管都需要配备脱硫塔旁通装置,如若燃烧低硫油,则可利用旁通管路来进行作业,加强对脱硫塔的保护。可根据厂家推荐来给烟气隔离阀设计适宜的空气密封装置,厂家要提供合适的风机、控制设备。

二是改装机装。在对船舶机装进行改装的时候:

首先,要合理布置主设备。脱硫塔烟囱应当设置在船舶原烟囱的后部,舵机室中要布设循环柜、碱液储存柜,设计废水储存柜的时候,可分割原船靠近机舱的压载水舱,机舱中则需要布设其他主要的机械设备。碱液储存柜、洗涤水循环柜都是独立布置,排防水储存柜则靠近于机舱的压载舱,同样要进行分割设置。需注意的是,在新设计过程中,要尽量避免船柜改建对原有系统的影响,必要的改建不可减少,新增船柜需根据实际情况和结构状况来进行合理布设,如在机舱中设置冷却器、带奶设备、系统泵等^[6]。

其次,要合理设计废水处理系统。需将循环柜和污水处理装置相连接,以便于有效净化循环柜中的洗涤水,由污水储存柜来储存污水处理装置中分离出来的污水,可在能够进行排放的区域将储存柜中的污水排出舷外;设计碱液供给系统的时候,则一定要确保洗涤水的含碱度达到标准要求,应根据实际需求来利用碱液供给泵自动补充氢氧化钠溶液,所补充的氢氧

化钠溶液的质量分数应当为百分之五十。在舵机室中设置氢氧化钠溶液储存柜,内部需要按照要求进行特涂,要根据闭式循环运行的耗量需求来确定氢氧化钠溶液储存柜的容积,满足洗涤水循环柜对氢氧化钠的需求,以起到有效的净化作用。在碱液储存柜中,还要增设电加热器,将碱液的储存、传输控制在适宜温度范围内,并且还要设置二十摄氏度的低温报警和四十摄氏度的高温报警,加注站需设置在开敞甲板左右。

再者,需合理设计其他系统。在设计氢氧化钠溶液加注总管的时候,还需要于总管和泵附近增设洗眼器及其药水。淡水日用系统提供了清洗水,原船控制空气系统中引出了控制空气,需根据实际情况和需求,来设计新增船柜的测深、透气装置;新增设的烟囱和加强结构,则要设置甲板泄水系统和消防系统。原船难以找到足够的空间放置容量较大的排放水储存舱,因此需要将现有的压载水舱进行改造,可根据压载水舱的实际情况,多轮对比后选出合适的改造方案,如本项目是将8号和9号压载水舱储存舱进行分割,在其顶边舱位置设计排放水储存舱,整个储存舱的舱容达到九百六十立方米,能够满足于脱硫系统运行需求。改装之后还需要关注于船舶的结构强度,必须保证其稳定性,可根据所选择的布置方案来计算重量和重心,判断这一改装是否会影响船舶的稳定性^[7]。

最后,还要设计碱液供给系统。需要控制好洗涤水的含碱度,可利用碱液供给泵自动补充质量分数为百分之五十的氢氧化钠溶液,使之流入洗涤水循环柜中,在舵机室中设置氢氧化钠溶液储存柜,并对内部进行特涂处理,容积要满足相关要求,保障闭式循环运行系统的稳定性。碱液储存柜中还应当增设电加热器,其作用在于使碱液一直处于其规定温度范围中,需要设置低温预警。

此外,使用钢管内涂环氧漆来冲洗管路或是用于海水冷却中,GRE管路则适用于洗涤水系统中,所使用的GRE管路材料质量和规格应当满足于标准规范,氢氧化钠溶液系统中需要使用不锈钢316L,一般情况下所使用的管路材料尽量与原船所使用的材料相同。

三是改装电装。电装改装中的内容包含了配电盘、火警探头、声光报警设备、机舱监测报警系统、全球定位仪系统等。改装配电盘的时候要增设供电开关,并科学计算短路电流,同时要设置大功率询问接口;改装火警探头的时候,则需要根据规范要求,在洗涤塔中增设火警探头,可与高信誉厂家合作,于原来订单中增设探头;改装声光报警设备的时候,需要于船舶

围井C甲板中增设扬声器、报警灯柱,同样要和相关厂家协调签订变更单;改装机舱监测报警系统的时候,则要增加脱硫报警信号,根据要求来修改原有的订单和软件。需要注意的是,一旦机舱发生火灾,则必须及时切断脱硫装置中的密封风机,要在集控室中设置脱硫塔的应急停止按钮,以便于紧急情况下快速操作;改装全球定位仪系统的时候,要结合脱硫系统的实际需求,来提供全球定位仪信号,需由船厂进一步落实,使用适宜的备用电缆。

四是改装变频装置及谐波。在脱硫装置运行过程中,可通过有效的变频控制技术来管控循环泵和海水泵。所制造的脱硫装置要能够在一定程度上减少谐波对电网的影响,应当满足于船级社要求,厂家需提供相应的谐波计算报告。

五是在进行涂装修改的时候,不仅要对其洗涤间及其舾装、管系进行涂装,还要做好舷外外板的特殊涂装,与此同时要将乙烯酯鳞片漆涂抹排舷管内,完成焊接施工之后要做好补涂工作。

4 结语

总而言之,为减少硫的排放量,应当重视船舶废气混合式脱硫装置改装工作,需根据实际情况来选择适宜的方案,保证脱硫装置的正常运行。稳定而高效的脱硫系统,必须引入先进的自动化技术,配备完善的自动控制系统,不仅要从事硬件方面着手改装,还需要安装相应的自动化软件。系统中所有监测到的排放数据、水况数据,都应当做好相应的记录和储存,数据的储存时间至少要在一年半以上。要生成专业的检查报告,为工作人员的操作提供可靠的参考依据。

参考文献:

- [1] 赵群.船舶废气脱硫系统电气控制方案研究[J].中国水运,2021(11):116-118.
- [2] 詹晓宇,王忠喜,刘颖.船舶废气脱硫处理系统模块化研究[J].科技与创新,2021(21):12-14.
- [3] 罗东浩.船舶废气清洗系统改装工程实施策略研究[D].广州:广东工业大学,2021.
- [4] 黄玉华,汪家政,邓志庆.船舶废气脱硫系统设计要点分析[J].中国设备工程,2021(01):99-100.
- [5] 贾荣强,朱杰,杜占海.船舶脱硫系统的改装和调试[J].中国修船,2020,33(06):8-11.
- [6] 郑庆国,杨兰.船舶废气脱硫系统的加装问题——基于船东的视角[J].柴油机,2019,41(02):26-30.
- [7] 赵春林.船舶硫氧化物减排技术的对比分析[D].大连:大连海事大学,2017.