

船舶防污染技术现状及其发展趋势

潘良高

(海军驻南京地区航天机电系统军事代表室, 南京 210003)

摘要: 介绍了船舶防污染专业领域中船舶废弃物焚烧处理技术、生活污水处理技术、舱底水处理技术的现状, 对现有船舶防污染设备技术存在问题进行分析, 并进一步探讨船舶防污染技术的发展趋势。

关键词: 防污染技术; 固体废弃物; 废油; 废水; 生活污水; 舱底水

中图分类号: X736.3 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16443/j.cnki.31-1420.2015.05.010

Technical Status and Trend of Marine Anti-pollution Technology

PAN Liang-gao

(Navy Representative Office at Aerospace Electromechanical System in Nanjing District, Nanjing 210003, China)

Abstract: This paper introduces the status of technologies of marine waste incineration, domestic sewage treatment and bilge water treatment in the field of marine anti-pollution. It analyses the existing problem in marine anti-pollution equipment technology and further discusses on the development trend of marine anti-pollution technology.

Key words: anti-pollution technology; solid garbage; waste oil; waste water; domestic sewage; bilge water

0 前言

随着海洋运输、海洋开发、海洋利用的发展, 海洋环境的污染越来越严重, 世界各国对于海洋环境的保护也日益重视。国际防污染公约和决议不断地加强修订, 并统一实施。其中国际海事组织(IMO)对于船舶防污染专业领域的现行有效决议有: 针对船用焚烧炉的 MEPC.76(40) 和 MEPC.93(45), 针对船用生活污水处理装置的 MEPC.159(55), 针对舱底水分离器的 MEPC.107(49) 等。这些决议对船舶排放都有明确的规定和要求, 同时更新的规范也已出台并将实施, 其中, 针对船用焚烧炉的 MEPC.244(66) 将焚烧处理热容量从 1500kW 提升至 4000kW; 针对船用生活污水处理装置的 MEPC.227(64) 提高了客船在特殊海域的氮、磷排放指标要求。而个别欧洲的舱底水分离

器厂商已能将处理水排放含油量从 15ppm 降低至 5ppm。可见, 在国际海事环保、绿色造船的立法趋势下, 各港口国对船舶防污染装置的排放要求在逐步提高, 各船舶防污染设备供应商也将围绕技术、产品、市场等方位进行日趋激烈的竞争。

1 船舶防污染技术的现状

1.1 船舶废弃物焚烧处理技术现状

现有的船舶废弃物焚烧处理技术是一种热焚法处理技术。船舶废弃物中的有机物质和空气中的氧气在高温下氧化热解, 生成废气排放, 少量的不可燃物形成灰渣残留下来。这种方法的优点是能使船上的固液废料快速变成少量灰渣, 减量化、无害化程度高。它的缺点是焚烧生成废气会对环境造成二次污染。

作者简介: 潘良高(1965-), 男, 高级工程师。研究方向: 舰船机电设备监造及发展研究。

废弃物焚烧处理技术在用于处理城市垃圾已有百余年的历史,而该技术在船舶上的应用则始于上世纪七十年代。造船业发达国家按照 73/78 国际防污染公约所研制的船用焚烧炉,以挪威 TeamTec 公司、丹麦 ATLAS 公司和日本 SUMFLAME 公司的产品占市场主流。目前,国内的厂商也已开展此项研究,但因起步较晚,产品所占的市场份额有限。

主流市场的船用焚烧炉大致可分为三种类型:1) 处理固体废弃物的焚烧炉 2) 处理固体废弃物和废油的焚烧炉;3) 处理固体废弃物、废油、废水的焚烧炉。目前,前两种类型的焚烧炉应用较多。无论是哪种类型的焚烧炉,目前均采用 PLC 自动控制技术,实现系统中炉膛温度、烟气温度与炉膛负压间的平衡控制,达到安全、稳定、可靠的运行。

第一种类型的船用焚烧炉,其结构是由一个钢制的双层夹套外壳,内衬绝热材料和耐火砖组成的炉膛。炉膛周围设有固体废弃物加料门(间歇加料)或加料斗(可实现连续加料)、柴油燃烧器、电控箱、烟气风机。其特点是功能单一,仅可实现固体废弃物的焚烧。

第二种类型的船用焚烧炉,是在第一种炉型的基础上,在炉膛周围增设了带雾化汽源供给的油污燃烧器和油污计量装置,在系统布置中增设废油柜,在电控箱中增设油污焚烧自动控制,以实现废油的储存、输送、喷射雾化焚烧功能。其优点是即可实现固体废弃物单烧,又可废油单烧,还能实现固体废弃物和废油同时焚烧。

第三种类型的船用焚烧炉,在近些年发展中,其功能得到了进一步的突破,这也是市场主流厂商之一的挪威 TeamTec 公司船用焚烧炉产品的独特创新点。此前的第三种类型船用焚烧炉的配置与第二种类型的船用焚烧炉一致,区别在于废油柜中可注入需焚烧处理的废水(污泥污水),通过沉淀放泄后,随同废油一起进入炉膛焚烧处理。而实现技术突破后的第三种类型船用焚烧炉,则在此前的船用焚烧炉基础上,在炉膛周围增设了带雾化汽源供给的舱底水燃烧器和舱底水计量装置,在系统的布置中增设了舱底水柜。可实现固体废弃物、废油、废水(污泥污水,舱底水)的焚烧处理。在船舶舱底水处理排放要求越来越高的今天,多了一条通过焚烧处理解决舱底水处理的途径。技术突破后的第三种类型的船用焚烧炉,在推向市场

后的几年来正在为广大用户熟知,也越来越受青睐。其优点是能实现固体废弃物的单烧、废油单烧,还能实现固体废弃物和废油、废水三者同时焚烧。其缺点在于需要增设布置舱底水柜及其管路系统,用户初投资将会有所增加。

1.2 船舶生活污水处理技术现状

国内现有的船舶生活污水处理技术主要有物化法、污水生物好氧降解-重力沉淀分离-杀菌消毒法、污水生物好氧降解-重力沉淀分离-膜过滤法等工艺技术。国外进行船舶生活污水处理工艺及技术研究起源于上世纪六十年代,发展至今,目前比较流行的工艺主要有物化法(混凝沉淀及过滤)、生化法(活性污泥法及生物膜法)及电化学法。国外主要的厂商有丹麦 ATLAS 公司以物化法原理的 AWW 型装置,英国 HAMWORTHY 公司以生化法原理的 ST 型装置,美国及意大利的合资公司 Severn Trent De Nora 以电解法为原理的 OMNIPURE 装置。

物化法工艺主要是将化学药剂加入污水中进行循环、粉碎、沉淀、消毒处理。这种工艺优点是工艺简单,装置体积较小;缺点是没有进行生化反应,对有机物的去除不够彻底。

生化法工艺主要是通过微孔曝气,利用污水中的好氧细菌将有机物质降解生成二氧化碳和水,通过斜斗重力沉淀作用,分离出的清水通过撇渣器撇除浮渣后进行杀菌消毒达标排放,沉淀后的活性污泥一部分返回曝气室维持生态系统的平衡,残余的污泥将定期定量排放,产生的二氧化碳直接逸气排放。从而达到船舶生活污水处理的目的是。该工艺的特点是:净化效果好,但装置体积较大。

电化学法工艺主要是通过电解原理,对污水进行氧化和消毒,它是将混有海水的污水送入电解槽进行电解,其产生的次氯酸是氧化剂和消毒剂,污水中的有机物被氧化,细菌被杀死,从而达到净化污水的目的。该工艺方法的特点是装置小,处理流程快,但操作维护复杂,运行费用高。

1.3 舱底水处理技术现状

国内现有的舱底水处理技术主要有重力分离法、吸附法、膜分离法,及其前三者间的组合。常见应用有重力分离-吸附过滤工艺、重力分离-吸附粗过滤-膜分离精过滤工艺等。国外同类技术除前三种方法外,还有气浮

法、碟片分离法等。当前市场上舱底水分离技术走在前沿的有瑞典 JOWA 公司、英国 HAMWORTHY 公司等。

重力分离是根据托克斯原理,利用油水的密度差对油水进行重力分离,常见的结构形式为采用斜板组,使得水流经斜板组向下,油滴自由下而上上浮分离。其特点是结构简单,对游离态的油水分离有较好的作用,但对乳化油水效果甚微。

吸附法是采用吸附材料对油水中的油滴进行吸附分离,从而降低待处理水中的含油量。而吸附材料通常通过反冲的方式进行吸附能力的恢复,但恢复后的吸附能力会逐次衰减,经过一段时间应用后会达到饱和,需进行更换。这种方法的优点是净化效果好,但维护成本高。而不同的吸附材料对乳化油水分离效果也会有所不同,部分吸附材料具有一定的破乳能力。

膜分离法是通过膜组材料对经过重力分离及吸附过滤后的含有微量含油量的油水进一步深度处理的工艺。其特点是净化效果好,但操作维护成本高,仅适宜深度处理和对游离态的油水有良好的分离效果。

2 现有船舶防污染设备技术存在的问题

2.1 船用焚烧炉技术存在的问题

现有的船用焚烧炉大多采用热焚法技术,符合的国际规范为 IMO MEPC.76 (40) 和 MEPC.93 (45) 决议。该类设备的特点是可以快速地减量化、无害化形成灰渣,并将生成的废气直接排放。但还存在几个问题未得到很好的解决。

首先,在倡导大气污染防治的今天,废气中的氮氧化物(NO_x)和硫氧化物(SO_x)直接排放易对大气环境造成二次污染;其次,船用焚烧炉预热的燃料是辅助燃油,而现有船用焚烧炉其燃烧器中的辅助燃油供给装置大多采用齿轮泵,结构紧凑;燃油为船用柴油 MDO,其所含的硫含量不低。而低硫含量的轻燃油 MGO,则因粘度较低,若辅助燃油供给装置仍采用齿轮泵,则将大大地影响其使用寿命。

同时,IMO 新修订的关于船用焚烧炉的 MEPC.244 (66) 决议将焚烧炉的最大热容量从 1500kW 提升至 4000kW,现有最大规格的船用焚烧炉已不能适应船舶向大型化方向发展的趋势。

2.2 船用生活污水处理装置技术存在的问题

现有的船用生活污水处理装置大多采用的是生化

法(活性污泥法技术)。该类装置的特点是能彻底消除污染物,对环境不会造成二次污染。但生化法处理技术也存在一些问题:1)在设备进入稳定运行操作前,需要对污水通过曝气培菌,逐步建立稳定的生态系统,这对于部分操作者来说比较困难。若生态系统建立不完善,则处理效果大受影响;2)因船舶航行时处于摇摆、倾斜状态,在早晚使用的高峰时段污水产生量为额定量的多倍,导致斜斗结构中重力分离的污泥、澄清液分离效果不好,影响排放水水质;3)船舶上的灰水、厨房废水和洗衣废水,其水量远大于黑水量,如果灰水也同时要求进入装置加以处理后排放,则该装置体积将大大增加。而当前船用生活污水处理装置规范 MEPC.159 (55) 没有强制要求对灰水进行处理,也没有对氮、磷指标提出控制要求。

2016 年 1 月 1 日即将实施的适用于特殊区域客船的船用生活污水处理装置的 MEPC.227(64)决议对处理排放水水质的氮、磷指标提出明确的要求,同时对灰水处理进行考量。随着国际上环保意识的增强和环保法规的健全,灰水处理和氮、磷指标排放控制必将走向实船应用。

2.3 舱底水分离器技术存在的问题

2004 年 IMO 通过了 MEPC 107. (49) 决议,该决议在 2005 年 1 月 1 日实施。在性能试验条件中,除了原有的“A”液(重油)、“B”液(轻油)的试验,增加了“C”液(油水乳液)试验的要求,并规定了制备“C”液的严格程序。现有的舱底水分离器技术大多采用的是重力分离-粗过滤-精过滤技术。其存在的问题主要在于油水乳液的处理没能有效地解决,无论是吸附技术,还是膜分离技术,都不能很好地实现油水乳液的破乳,因而需要定期地更换滤料及膜组件,增加操作维护的工作量及其成本。近年来,欧洲个别厂商已成功突破油水破乳技术,并取得了船级社的认证,将排放水的指标从 15ppm 降低至了 5ppm。国内厂商的舱底水分离器技术研究必须加快步伐,否则国产产品市场份额的稳定将遭到破坏。

3 船舶防污染技术发展趋势

3.1 船舶废弃物焚烧处理技术的发展趋势

船舶废弃物焚烧处理技术将在利用现有的技术基础上,向更深层次研究。

船舶废弃物焚烧处理技术的发展趋势：一方面，船用焚烧炉烟道出口排放的废气经尾气净化处理技术脱氮脱硫后排放，以降低排放废气对环境的二次污染，从环保的角度出发，这是一个发展趋势；另一方面，船用焚烧炉核心部件之一的燃烧器技术需进一步改良，从现有适用于中、低粘度燃油的齿轮柴油泵向螺杆泵发展。齿轮泵通过两齿轮齿间啮合，达到输送燃油的目的，必要的燃油粘度是必须的，而低硫燃油 MGO 应用的倡导，将大大地降低燃油的粘度，齿轮泵的啮合齿若没有足够的润滑，则大大地影响使用寿命。而螺杆泵则通过定子及转子螺杆旋转将燃油带入容腔从而达到输送燃油的目的，这种类型的燃油泵受燃油粘度的影响较小，但这类泵的外形结构相对较大。故螺杆式燃油泵与燃烧器结合的技术也是一个发展趋势。

另外，船用焚烧炉的焚烧处理产生的废热是很可观的，而由于受船舶舱室空间限制，这部分废热的再利用一直不为大家所重视。随着能源循环利用技术快速发展，汽车尾气废热发电用于汽车发动能源尚已研究，焚烧废热再利用更应如此。同时，耐火保温绿色环保材料的应用、烟气风机变频节能技术的应用、温度压力精准控制技术等的新技术融合应用，将会使船舶废弃物焚烧处理技术实现新的突破。

3.2 船舶生活污水处理技术的发展趋势

船舶生活污水处理技术的发展应依托现有成熟技术，结合新处理要求和指标要求，进一步改良和完善。

船舶生活污水处理技术的发展趋势：一方面，为符合现行 IMO MEPC.159 (55) 决议要求，现有的生化法生活污水处理技术将在生物降解技术基础上，通过斜斗将泥液重力分离后，再对分离后的澄清液直接加药消毒后排放或对分离后的澄清液通过膜组件精过滤后排放。此生化法的生态系统若建立不善，将直接导致排放水不能达标，或污染膜组件带来维护工作和成本。故电化学法替代生化法的污水处理技术有了进一步研究的需求，其相较于生化法的优点是处理流程快、可间歇运行，这是一种发展趋势。另一方面，在生化法的基础上，改良加入曝气室内提升接触氧化能力的载体，进一步有效地提高有机物质的生化降解能力，再利用斜斗泥液分离后，通过加药的方式杀死细菌并有效去除或降低澄清液中磷的含量，以满足氮、磷指标要求。

3.3 舱底水分离技术的发展趋势

尽管舱底水分离器产品的国际规范还没有修订，仍实施 MEPC.107 (49) 决议，但在国外厂商已率先研究突破舱底油水破乳技术的前提下，用户对更高处理性能产品的需求应运而生。这显然成了各舱底水分离器厂商研究的方向和目标。

截止目前，称已成功研制排放含油量达到 5ppm 的国外厂商有一两家，采用的处理技术为碟式分离法。碟式分离法的应用在油水分离行业并不陌生，但更多见用于通过高速离心分离将少量水从大量的油中进行分离，与舱底水处理的油水分离有所区别。同时碟式分离也是物理法中的一种，对于油水的破乳能力有限。舱底水分离器的处理工艺则应考虑针对原有的斜板重力分离-吸附过滤-膜分离技术，采取有效措施解决破乳方案，故新材料的应用研究是一发展方向。同时，陆用油水分离中气浮法破乳技术应用已非常成熟，相对于船舶应用，则需小型紧凑化改良，如能成功应用也是一大突破，故该工艺的应用研究也是一发展趋势。

4 结束语

结合 IMO 新规范和决议的要求，针对现有船舶防污染技术领域船舶废弃物焚烧处理技术、生活污水处理技术、舱底水分离技术中存在的一些问题，探讨了这些技术的发展趋势。需要进一步深化研究，以符合国际海事立法关于向环保、绿色船舶发展的趋势。

参考文献：

- [1] IMO. IMO MARPOL 73/78 MEPC.76(40)[S]. 1997.
- [2] IMO. IMO MARPOL 73/78 MEPC.93(45)[S]. 2000.
- [3] IMO. IMO MARPOL 73/78 MEPC.244(66)[S]. 2014.
- [4] IMO. IMO MARPOL 73/78 MEPC.159(55)[S]. 2006.
- [5] IMO. IMO MARPOL 73/78 MEPC.227(64)[S]. 2012.
- [6] IMO. IMO MARPOL 73/78 MEPC.107(49)[S]. 2003.
- [7] 白韬光. 舰船防污染技术新进展[J]. 机电设备, 2006(6): 1-3.
- [8] 孟峥嵘, 王春明. 船用焚烧炉技术现状及其发展趋势[J]. 交通科技, 2012(1): 104-106.
- [9] 王金业. 船用焚烧炉的选型[J]. 绿洲技术, 1994: 18-20.