

# 船舶生活污水处理技术现状及发展趋势

孟峥嵘 王春明

DOI:10.3963/j.issn.1006-8864.2011.12.020

由于具有成本低的优势,航运承担了全球运输中90%以上的外贸运输量。船舶作为航运的重要交通工具,在创造经济价值的同时,也给海洋和内河环境带来了较大的污染。随着船舶数量的增加,船舶生活污水对海洋和内河、湖泊等水域的污染也在加重。国际海事组织(IMO)专门制定了《MARPOL73/78》公约,并在公约附则IV(防止船舶生活污水污染规则)中对生活污水的排放和处理做出了具体规定,附则IV已于2003年9月27日生效。

改革开放30年,我国经济得到了快速发展,海运船队运力规模超过1亿载重吨,已经成为世界航运发展的重要推动力,也是世界航运需求总量最大的国家。为了更好地履行职责和获得缔约国待遇,我国于2006年向IMO提交了加入修正后的附则IV的申请,获得批准后,附则IV已经于2007年2月2日在我国生效。2010年1月1日,MEPC.159(55)决议中对船舶生活污水处理装置的规定已经生效,现在安装到新船或旧船上的生活污水处理装置都要执行最新的排放标准和性能试验准则。由于国内对船舶生活污水的污染防治系统的配备和管理比较落后,因此,针对船舶生活污水的污染特点及影响,对现有船舶污水处理系统的比较,配备合适的生活污水处理装置,将有利于解决目前船舶流动源污染问题。

## 一、船舶生活污水及危害

### 1. 船舶生活污水的定义

防污公约附则IV定义的船舶生活污水系指:任何型式的厕所和小便池的排出物和其他废弃物,医务室(药房、病房等)的面盆、洗澡盆和这些处所排水孔的排出物,装有活畜禽货的处所的排出物,或混有上述排出物的其他废水。MEPC.159(55)号决议《经修订的实施生活污水处理装置排出物标准和性能试验导则》中定义的灰水系指:排出的洗碟水、淋浴水、洗衣水、洗澡水以及洗脸水等,并要求在生活污水处理装置型式试验时,原污水中应考虑可能的灰水。因此,通常船用生活污水处理装置设计成能够处理灰水,但并不设置灰水入口。

### 2. 船舶生活污水的危害

船舶生活污水的污染度很高,如果长期未经处理直接排入水域中,将会对水环境尤其是自净能力差的封闭水域产生严重影响。水环境的自净过程是细菌及其他微生物利用水中的溶解氧把有机物分解为简单的化合物和二氧化碳

的过程。水藻利用分解有机物通过光合作用使自身生长,同时放出氧气,这种自然自净过程进行得非常缓慢。水质的自净过程是一种平衡过程,为保持这种平衡起作用的是具有足够的溶解氧。如果大量生活污水排入水体,会使水中溶解氧的含量下降,破坏了自净过程,改变了水域的整个生态特征,迫使鱼类等海洋动物不是死亡就是迁移。同时,船舶生活污水中的营养盐进入水体后,可使藻类过度地生长和繁殖,出现富营养化,降低水中溶解氧,产生厌氧条件,使海洋植物群和动物群等多级形态(如鱼类)被低级形态(如淤泥软体虫)所代替。如果这种水环境的自净过程被破坏了,被污染的海滨浴场和渔场将变为传染病毒的地方。目前,世界各国及国际海事组织对生活污水的处理已制定了一系列的公约和规定,采取各种措施防止船舶生活污水对环境的影响。

## 二、船舶生活污水处理技术及设备现状

### 1. 主要处理技术

船舶的特殊环境必然引起船舶生活污水的产生、排放及水质特征与城市生活污水显著不同。这主要是由于船舶卫生系统排泄周期比较短,排放的污水分解量较少,因而船舶生活污水污染负荷较高。又因为船上人数比城市少得多,也就意味着船舶生活污水的水质和水量不够稳定,处理设备运行的时间受船舶的类型、航行的时间和路线影响很大。

国内外船舶生活污水处理技术中,比较常见的有生物处理法、电化学法、物理化学法。生物处理方法(即生化法)一般是采用生态环境中大量存在依靠分解有机物而生活的微生物,生物处理技术就是利用这类微生物的特性,提供有利于其生长、繁殖的环境,使微生物大量繁殖,提高分解生活污水中有机物的效率。目前处理船舶生活污水,主要采用好氧生物处理法中的活性污泥法、生物膜法和膜生物法。

如果从微生物对有机物降解过程的基本原理来分析,生物膜法与活性污泥法是相同的,两者主要不同是活性污泥法是依靠曝气池中悬浮流动着的活性污泥来分解有机物的,而生物膜则主要依靠固着于载体表面的微生物膜来净化有机物。根据污水与生物接触形式的不同,生物膜法可分为生物滤池法、生物转盘法和生物接触氧化法,在船上主要利用的是生物膜接触氧化法。

膜生物法(MBR)是传统生物处理方法和膜分离技术相结合的一种高效污水处理新方法,其主要结构是膜生物反应器。反应器中的好氧微生物分解有机污染物生成二氧化碳的同时,其中的消化细菌还能处理污水中的氨氮,消除异味(氨氮是异味来源)。MBR处理污水的流程是:预处理过的生活污水进入好氧/厌氧处理柜,经泵增压后进入膜生物反应器,水流压力使污水得以通过膜组件并留下大多数的固体物质,剩余的浓缩液体流回好氧/厌氧处理柜;流出的水经过消毒可以排到舷外,留在膜组件中的污泥则需要定期外排,保持装置稳定。其中,膜生物法工艺技术具有生化效率高、占用空间小、抗负荷冲击能力强、出水稳定、排污泥周期长及自动化程度高等优点,因而其技术被普遍看好,在船上有广阔的应用前景。

电化学法采用电解处理装置对船舶污水进行处理,处理过程可分为粗过滤、澄清、电解凝聚及臭氧杀菌4个部分。电解装置中臭氧的作用是除去悬浮物、杀菌,比直接投放化学药剂易于管理。电解催化池里有两个低压直流电电极,由于电极对海水的电解作用,微小的固体污物也就被氧化,经过离析之后颗粒直径减小,氧化作用很易进行。而同时电化学作用还会生成次氯酸,促进污水中有害物质的分解。采用这种方法系统的主要优点是能基本消灭生活污水中的有机物和细菌,处理后的固体残渣量较少,能源消耗小,经济性好,结构紧凑,并且能够处理化合态的固液混合物。但是,该系统为使溶解的有机物的氧化过程完全彻底,需要维持较高的温度和压力,因此,采用该处理方式的系统设备的初投资较高,对设备操作管理的安全性要求较高。

物理化学法是通过凝聚、沉淀、过滤等过程使可溶性有机物从污水中脱离,剩余污水经过活性炭或其它药剂消毒、脱氧,最后排出船舷。固体物质送到焚烧炉焚化或由岸上接收。常用的物理化学方法有混凝-沉淀、混凝-气浮、活性炭吸附、离子交换、膜分离等。船舶生活污水处理使用最多的是混凝-沉淀和混凝-气浮两种方法。这种处理方法的装置体积小,污水停留时间短,能适应污水负荷的较大变化,但用药量大,运行成本高。

## 2. 现有设备现状

国外进行船舶生活污水工艺及技术的研 究开始于20世纪60年代末期,以美国和日本为代表,目前开展此项研究工作的仍是最早加入附则IV的一些国家,如美国、日本、英国、法国、德国、希腊、荷兰和丹麦等。从船舶生活污水工艺的发展过程来看,其基本上沿用岸上水处理技术,尤其是城市生活污水的处理技术,并随着水处理技术的发展而不断革新。采用活性污泥法的代表性装置有德国仪器制造有限公司生产的Bio-Compact系列及英国HAMWORTHY公司的“超三叉机”系列船用生活污

水处理装置。采用生物接触氧化工艺的有日本大晃机械工业株式会社生产的SBT系列装置。采用电解法的典型代表是美国Severn Trent De Nora公司的Omnipure系列装置,其工艺原理为生活污水和海水混合后流经特制的电解槽,电解污水中的海水产生氯化钠,在鼓入气体的搅拌作用下,充分地污水混合进行杀菌。同时,污水中的有机化合物也在电极间进行氧化分解生成二氧化碳和水。

国内相关研究起始于20世纪70年代末,上海船舶设备研究所率先对船舶生活污水处理技术进行研究,并先后研制了WCC型处理装置(再循环式处理生活污水)、WCF型处理装置(物理-化学法处理生活污水)、WCB型处理装置(生化法处理生活污水)、WCV型两级生化处理装置(与生活污水真空收集系统相配套处理高浓度生活污水)。与此同时,还有企业引进国外先进技术生产生活污水处理装置,如重庆康达环保公司引进大晃株式会社技术生产的SBT/C型生活污水处理装置。

## 三、技术展望

船舶生活污水处理技术经过多年的研究和实船应用,已经取得了很大的发展,通过对现有技术和设备的分析,应针对船舶生活污水的特性、排放及水质特征采取不同工艺流程的结合使用,取长补短,以达到良好的处理效果。总体来讲,理想的船舶生活污水处理装置应具备以下特点:耐水质及水量负荷变化能力强;受船舶运动效应影响小,处理过程稳定且效率较高;体积小、占地少、造价低,易于安装;启动及停止后恢复快,不需特殊维护;安全美观,人机界面友好,操作管理简单;结构合理,可靠耐用,使用寿命长。针对上述目标,世界上很多国家都开始了具有针对性的研究,我国也开展了相关技术的探讨和研究。现阶段船舶生活污水处理装置的研制,要以环境保护、降低排放为原则,达到MEPC.159(55)号决议的排放标准。基于目前的处理技术生化法已普遍使用,用紫外线杀菌,处理后的水无色无味;物化法由于其处理过程的特点,本质上并未降低排放总量,不符合环境保护降低排放的原则而应该逐渐淘汰。

船舶生活污水处理装置工作环境非常复杂,影响其工作的因素很多,主要有船舶生活污水的排放量、船舶生活污水的水质、生活污水处理装置的安装位置、船舶类型和航线和运动效应,等等。如果处理装置工作不稳定,很容易受到外部各种因素的干扰影响。笔者认为,今后的发展方向应该 是如何提高装置的处理效率并且保证可靠性,从而满足日益增长的船舶生活污水处理达标排放的标准和要求。另外,进行多种技术方法的联合处理,发挥各自优势,利用新技术和新材料的研究成果,必将会给船舶生活污水处理装置带来新的发展。(作者单位:中国船级社武汉分社)