

# 船舶污水处理系统的技术方案

刘喜元

(中国舰船研究设计中心, 湖北 武汉 430064)

**摘要:** 船舶污水处理系统的处理及排放通常按国际防污染公约执行。随着环保意识的增强, 国际防污染公约不断修订, 各地区制订了许多地方性排污法规, 极大地限制了船舶污水的处理及排放, 污水系统的设计和使用都面临着新的变革。通过对国际防污染公约及各地方污水排放标准的分析, 阐述船舶污水排放要求及其发展, 根据船舶污水排放受到国际公约与地方法规之间的不同限制, 提出船舶油污水、黑水、厨房灰水、洗涤灰水系统排放、收集、处理方案, 按照水域的不同, 采取直接排放、处理或贮存等措施, 以实现船舶污水达到处理排放直至零排放的目标, 更好地保护海洋生态环境。

**关键词:** 船舶; 污水处理系统; 船舶辅助系统; 排放标准; 海洋污染; 膜生化反应

中图分类号: U664.9

文献标识码: A

文章编号: 1673-3185(2006)05-06-54-03

## Wastewater Treatment Technology for Ships

Liu Xi-yuan

(China Ship Development and Design Center, Wuhan 430064, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the International Convention for Prevention of Pollution from Ships along with many local emission control regulations, this paper discusses the restrictions against drainage of wastewater, discharging requirements and the evolution of wastewater treatment technology. It introduces some sewage treatment projects on shipboard oil waste, black water and gray water. Sewage treatment in ships varies with different water areas, so it should have a different treatment like direct discharge, treated discharge, deposited, etc. Our effort is to realize non-discharge of wastewater in the .

**Key words:** ship; sewage disposal system; auxiliary system; effluent standard; marine pollution; membrane bio-reaction

随着人口的急剧增长及工业发展, 海洋环境受到了极大的破坏。为了保护有限的海洋资源, 世界各国正积极采取措施防止和减少船舶对海洋造成的污染。国际海事组织于20世纪70年代颁布了《1973年国际防止船舶造成污染公约的1978年议定书》<sup>[1]</sup> (简称《73/78防污公约》), 以限制船舶污水对海洋造成的污染。

由于《73/78防污公约》是防止船舶污染海域的最基本的公约, 随着环保意识的增强和科技水平的发展, 大多数国家在此基础上制订了比《73/78防污公约》更加严格的地方排放标准。如美国联邦法规和美国阿拉斯加的排放标准、澳大利亚西海岸排放标准、我国“碧海蓝天计划”规定的排放要求、三亚市污水排放标准和香港维多利亚港污水排放标准等。

根据部分发达国家的提议, 《73/78防污公

约》也在不断修正, 如国际海事组织于1997年通过了“防止船舶造成空气污染规则”。

2003年, 海上环境保护委员会通过了MEPC.107(49)决议, 对油污水处理设备技术条件的修改, 要求油污水分离装置不仅能分离重油、轻油, 而且还能分离含有表面活性剂的含油污水, 从2005年开始正式实施。目前油污水的排放指标仍为小于15 mg/L(15 ppm), 但部分国家已提出了小于5 mg/L(5 ppm)的新要求。

2005年, 海上环境保护委员会制订了MEPC.2(VI)修改案, 对船舶生活污水的排放指标进行了修改, 除对悬浮固体(SS)、五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、大肠杆菌(FC)的排放指标进行了更严格的限制外, 还增加了化学需氧量(COD)、PH值以及余氯排放要求, 修改后的排放标准可能在2010年执行。

收稿日期: 2006-06-29

作者简介: 刘喜元(1965-), 男, 高级工程师。研究方向: 船舶辅助系统。

## 1 船舶污水排放的制约

《73/78 防污公约》中对污水的排放进行了详细规定,除特殊水域(如地中海、波罗的海、黑海、红海、海湾、南极等区域)外,一般经处理后达到国际排放标准的油污水、生活污水可以排放。但由于有的地方排放标准严于《73/78 防污公约》的要求,船舶污水即使经过处理后也不能对外排放。如澳大利亚将海域划分为 3 个区域:非排放区(禁止排放)、处理排放区(达标排放)、开放排放区(不处理排放),在非排放区内禁止排放一切污水。

目前我国各港口对船舶污水的排放已引起了足够的重视,将逐步采取措施限制船舶污水的排放。根据水域环境情况,有的要求达到国际(或国家)排放标准后排放,如上海港;有的要求达到地方排放标准后排放,如海南省。我国山东省自 2001 年开始实行“渤海碧海行动计划”,要求船舶油类污染物、生活污水逐步实现达标排放,在 2015 年最终实现零排放的目标。

由于污水排放标准的差异限制了船舶污水的排放,势必带来船舶污水处理设计理念的改变,特别是对船舶灰水的排放,将逐步实现直接排放、处理排放直到零排放的目标。

## 2 船舶污水处理的技术方案

随着科技水平的发展,各种污水处理技术和设备也在不断发展,处理方法多种多样,在各种船舶上均已得到了广泛的应用,根据船舶污水的种类及数量,可以将船舶污水分为油污水、黑水、厨房灰水、洗涤灰水。

### 2.1 油污水处理

1) 根据船舶产生的油污水量的多少,一般可在动力舱设置油污水处理装置,以处理舱底含油污水。根据舱室大小、机械设备数量、舱室分布情况<sup>[2]</sup>,可设单个舱室的油污水处理系统,也可以将全船油污水通过输送系统一收集在油污水贮存舱内,再通过油污水处理装置集中处理,经处理后排放的油污水满足《73/78 防污公约》的要求,排放水的含油量不大于 15 mg/L(15 ppm)。通过油份浓度计监测排出水的含油量,当含油量超过排放标准时,将不合格水返回舱底继续处理直到合格。

2) 按照 MEPC. 107(49) 决议对油污水处理设备技术条件的修改,原来普遍采用的重力法分离油污水技术已不能满足处理含表面活性剂的 C 类试验液的要求,因此,需对油污水处理设备进行改进,在重力分离的基础上采用超滤、膜分离、化

学破乳等方法以处理乳化状态下的油污水。

3) 考虑到油污水对水域污染的严重性,即使经油污水处理装置处理后的排放水达到国际排放标准,在部分水域、港口将来也会受到排放的限制,可以将舱底油污水通过国际通岸接头排至码头接收设施,在港口外可以排至接收船。

4) 经油污水处理装置处理后排出的污油可以进入焚烧炉焚烧,或通过国际通岸接头排至码头接收设施,在港口外可以排至接收船。

5) 油污水处理及排放:

- a. 油污水经处理后达标排放。
- b. 在限制水域不处理排至接收设施。

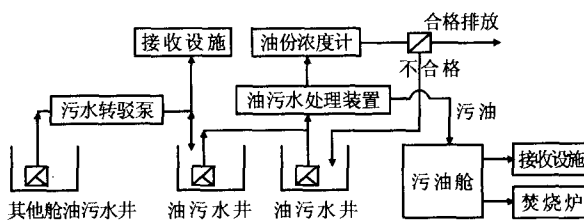


图 1 油污水处理系统流程框图

### 2.2 黑水处理

1) 根据船员数量、卫生设施分布,可分区设置黑水收集及处理系统<sup>[3]</sup>,分别收集和和处理船上各厕所、单元式卫生间内的粪便污水、病房和医务室内排出的废水。经黑水处理装置处理后的排放水满足《73/78 防污公约》的排放标准。

2) 按照国际防污染公约的排放要求,距最近陆地 12 n mile 以外可以排放未经粉碎和消毒的生活污水。因此,在距最近陆地 12 n mile 以外可以通过黑水处理装置将未经处理的黑水直接排出舷外。

3) 考虑到部分水域、港口在经黑水处理装置处理后的排放水,即使达到国际排放标准后也不允许排放的要求,可以将黑水通过国际通岸接头排至码头接收设施,在港口外可以排至接收船。

4) 由于《73/78 防污公约》在 2010 年后可能会执行新的排放标准,目前普遍采用膜生物反应法(MBR)处理黑水。膜生物反应法具有排放水质好、水力负荷大、污泥少、设备尺寸小等优点<sup>[4]</sup>,并可以同时处理黑水和灰水,经处理后的排放指标可以满足更新的公约要求。

5) 黑水的处理及排放:

- a. 在非限制水域真空收集后直接排放。
- b. 在限制水域真空收集、处理后达标排放。
- c. 在限制水域真空收集、不处理排至接收设施。

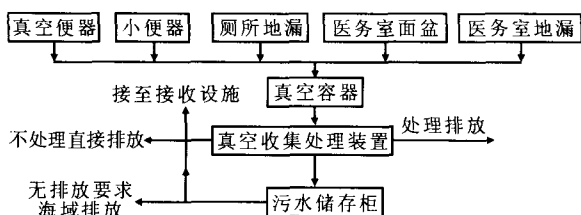


图2 黑水处理系统流程框图

## 2.3 厨房灰水处理

我国在生活习惯和饮食结构方面的特点决定厨房灰水水量大,油脂量多,粘度高,残渣多(含骨渣、肉渣、泥土颗粒、菜梗等),含有多种有机物和无机盐份。有机负荷和水力负荷高决定其处理难度大,过去船舶厨房灰水一般直接排放,随着环保要求的不断提高和污水处理技术的发展,目前厨房灰水在通过简单的过滤进行固液分离后,可采用MBR法进行处理,通常结合黑水一起处理,该技术已在外国得到广泛应用。为了满足在不同水域的排放要求,并减小处理设备的运行、维护费用,对厨房灰水的处理可采用如下形式:

1) 在水质排放不受限制水域(如远海航行),厨房灰水直接排至舷外。

2) 在水质排放受限制水域,厨房灰水可经黑水处理装置处理达到排放标准后排至舷外,经处理后的厨房灰水的排放指标按照黑水的排放指标进行。

3) 在水质排放特别严格的限制水域(即使达到国际排放标准后也不允许排放),厨房灰水送入灰水贮存舱贮存(考虑全船灰水舱可贮存3天内产生的厨房灰水)。到了港口,厨房灰水可以通过国际通岸接头排至码头接收设施或接收船;或者出航时,在水质不受限制水域再将其排至舷外。

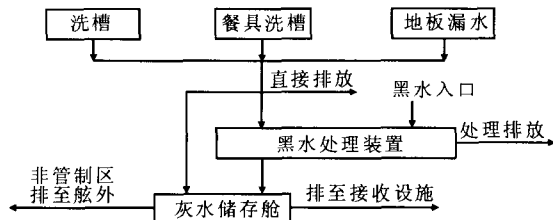


图3 厨房灰水与黑水联合处理时的处理流程图

厨房灰水收集舱所需舱的容积约为:

$$Q = q \times P \times D \times 1.3 / 1\,000 \quad (1)$$

式中,  $Q$  为灰水舱容积( $\text{m}^3$ ),  $q$  为每人每天的供水标准( $\text{L}/\text{p} \cdot \text{d}$ ),  $P$  为船员人数,  $D$  为贮存天数,一般为3~5天,1.3为容积系数。

## 2.4 洗涤灰水处理

由于洗涤灰水以淡水为主,含杂质较少,对水体的污染较小,在大部分地区可以直接排放。洗

涤灰水的主要污染源为表面活性剂,在使用时可过一定的管理措施,限制使用含磷洗涤剂。由于每天产生的洗涤灰水量特别大,如果处理,则对处理设备的水力负荷加重,设备的重量、体积急剧增加,因此洗涤灰水应以收集排放为主,可采取如下形式:

1) 在水质排放不受限制的水域,洗涤灰水可直接排至舷外。

2) 在水质排放受限制的水域,洗涤灰水送入灰水储存舱储存(考虑全船灰水舱可贮存3天内产生的洗涤灰水),在港口洗涤灰水可以通过国际通岸接头排至码头接收设施或接收船,在航行中可在水质不受限制水域再排至舷外。

洗涤灰水收集舱所需舱的容积见厨房灰水收集舱。

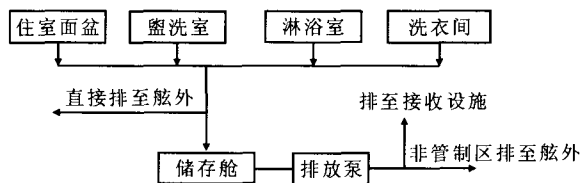


图4 洗涤灰水处理系统流程框图

## 3 结 论

环境污染是自上世纪以来人类普遍关注的重大问题,由于海洋受到污染,使水中溶解氧含量减少,造成大多数水生生物窒息,引起生物变种甚至灭绝,水中生物如腐生细菌及藻类的生长<sup>[1]</sup>,导致海洋气候环境恶化,给人类的生存环境带来威胁,船舶是海洋的主要污染源之一,防止和减少船舶对海洋的污染将给人类的未来带来无尽的利益。本文仅从污水排放标准、船舶总体设计、船舶使用角度提出通用的方案,各种船舶根据航行区域、船员数量、设备自动化程度及管理方面会不尽相同,需根据实际情况制定各处理系统方案及设备配置,但防止和减少污水对水域污染的目标是一致的。

### 参考文献

- [1] 中国船级社. 1973年国际防止船舶造成污染公约的1978年议定书[S]. 北京:人民交通出版社,2003.
- [2] 轮机工程手册编委会. 轮机工程手册[S]. 北京:人民交通出版社,1994.
- [3] GJB14.1-89 舰船轮机规范——水面舰船[S]. 北京:国防科工委军标出版发行部,1990,5.
- [4] 魏先勋. 环境工程设计手册[S]. 长沙:湖南科学技术出版社,1990.
- [5] 欧阳剑,刘琴. 船舶辅助机械[M]. 北京:人民交通出版社,1981.