

DOI: 10.3963/j.issn.1671-7953.2010.06.013

# 船舶生活污水处理新技术及发展方向

原培胜, 白振光

(中船重工集团公司第七一八研究所, 河北 邯郸 056027)

**摘要:** 分析船舶污水处理技术的应用现状以及常用处理技术的优缺点, 分析了船舶生活污水处理技术发展的趋势, 认为膜生物反应器作为一种新型的污水处理设备, 其技术工艺在常规的污水处理中表现出极大的优势, 应用前景广阔。

**关键词:** 船舶污水; 黑水; 灰水; 膜生物反应器

**中图分类号:** U 698.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-7953(2010)06-0041-03

船舶生活污水<sup>[12]</sup>处理技术基本沿用岸上的水处理技术, 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更新。产品主要有英国哈姆沃西公司的生化法处理装置、丹麦阿特拉斯公司的物化法处理装置和美国的电解法处理装置<sup>[3]</sup>。

国内针对船舶生活污水处理装置的研制开始于 20 世纪 70 年代末期, 以上海船舶设备研究所为代表, 先后开发了 WCC、WCF、WCH 和 WCV 等型号产品。其他还有一些从国外设备吸收转化开发的污水处理装置, 如南京绿洲机器厂的 ST 系列(从英国哈姆沃西公司引进)和重庆大晃康达环保公司的 SBT 系列(从日本大晃机械工业株式会社引进)。整体而言, 国内针对船舶生活污水处理技术的研究, 主要是转化开发, 真正研发新工艺和新装置的厂家几乎没有。

尽管在大部分航行于国际航线的船舶装备有相应的生活污水处理设备, 但各船东、船厂以及相关单位对防治船舶生活污水污染并未给予足够的重视。同时, 现有的污水处理装置在使用过程中也暴露出了很多问题, 比如处理装置体积较大, 耐冲击负荷能力差, 处理效果不稳定, 操作维修不方便, 等。加之监管不严, 很多设备闲置不用。

## 1 船舶排污面临的严峻形势

随着世界各国对海洋环境越来越重视, 目前

船舶污水的排放面临着以下几个方面的挑战。

1) 法规要求越来越严格。2006 年 4 月 IMO 在 BLG10 会议上已就 2003 年 9 月 27 日生效的 MARPOL73/78 公约的附则 IV《防止船舶生活污水污染规则》进行修改, 于 2010 年正式实施, 修改后生活污水排放标准将大大提高。

2) 水负荷越来越高及有机污染越来越严重。生活供水条件越来越宽松, 污水量越来越大。有些生活污水采用真空收集系统, 导致生活污水有机污染浓度比原来提高了近 10 倍。

3) 特殊海域的零排放要求。在提高本国海域污水排放指标的同时, 部分国家甚至在本国的海域内划出一定的区域禁止船舶排放污水。如美国“五大湖”地区、澳大利亚西海岸的部分地区禁止排放一切污水。此外, 某些港口也禁止船舶排放一切污水, 如我国的上海港以及韩国、澳大利亚、美国以及荷兰的部分港口。不同排放标准指标见表 1。

表 1 不同排放标准指标

排放指标 $I / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	IMO 标准		欧美	香港	美国阿拉斯加
	旧	新	法规	维多利 亚港标准	阿拉斯加 海域法规
BOD <sub>5</sub>	50	25	30	20	20
SS	50	35	30	30	25
大肠杆菌/ [个·(100 mL) <sup>-1</sup> ]	250	100	100	100	100
COD	50				
余氯	2.5			1.0	

## 2 生活污水处理新技术

随着海上防污公约不断更新, 世界各国都在制订并执行日益严格的海洋污染物排放标准。许多以前的船舶污水处理设备都已经无法满足排放

收稿日期: 2010-06-04

修回日期: 2010-07-01

作者简介: 原培胜(1968-), 男, 硕士, 研究员。

研究方向: 水处理技术

E-mail: yuanpsh@vip.sina.com

标准的要求,为了能继续在各海域航行、出访和执行任务,必须对污水处理设备进行升级改造或是

使用新的工艺,各国都在积极地研发新技术、新工艺和新设备,常用处理技术优缺点比较见表3。

表2 常用处理技术优缺点比较

	优点	缺点
物化法	体积较小,安装方便 操作简便	外加大量化学消毒剂 需要很大空间来储存 对海洋环境造成污染 运行费用高 需要经常清洗管道,否则会堵塞,产生恶臭
电解法	整机体积小,重量均最轻 模块化设计,安装维护方便 可同时处理“黑水”和“灰水” 运行和关机方便 操作方便,无异味	一次性投资大 运行费用比生化法高,但低于物化法 出水余氯浓度偏高,不达标 出水pH值偏酸性
生化法	一次性投资较少 运行费用低。	体积大,处理污水单一 需要专业人士培养污泥 每次启动需要重新培养污泥,耗时费力 不适应船舶航行时晃动、摇摆,处理效果差 需要定期清洗,否则会产生异味

## 2.1 高效膜生物反应器

国际上已开始采用生化技术和膜分离技术相结合的 MBR 工艺处理船舶生活污水和灰水。采用该工艺既可提高出水水质,又可增加装置内的有机负荷,减小装置的体积。被认为是水处理领域最有发展前途的新工艺<sup>[4]</sup>。

高效膜生物反应器(effective membrane bioreactor, EMBR),是在 MBR 反应器基础上开发的一项新技术。除了具有普通膜生物反应器的优点以外,还具有下面几个特点。

1) 使用新型复合微生物活菌制剂,包括 80 余种微生物,把好氧和厌氧微生物按一定的比例混合,通过这些微生物的综合效应达到去除 BOD<sub>5</sub>、COD,净化水体的效果。

2) 由于活菌制剂可以随时投加,便于反应器长时间停机后的快速启动和正常使用,可极大地缩短活性污泥的培养时间,同时也可有效地解决短途游船污染物浓度不够而导致活性污泥少、处理效果差的问题。

3) 活菌制剂可以有效的抑制和消除异味,减少对装置周围环境的影响。

4) 反应器分为缺氧区和好氧区,通过污泥回流大大提高装置的脱氮效率。

5) 出水可以作厕所和甲板冲洗用水及设备冷却用水。

## 2.2 真空机械蒸汽再压缩技术

目前热力学上效率最高的蒸发技术是蒸汽再压缩技术(vapor recompression technology, VRT)。这个过程是利用压缩装置将蒸汽从蒸发的输入流中抽出,压缩并利用产生的高温蒸汽进一步蒸发输入流,在特定环境下,蒸发得以循环进行。留下的固体物在船利用焚烧炉焚烧掉或可作为有机肥料送岸,从而达到船舶生活污水零排放的目的。

在真空状态下使得蒸发更加经济。首先可以在较低的温度(和沸点)下对蒸汽进行压缩。其次,较低的温度可以使得处理液体中某些不溶的成份不分解和变质。这在食品工业或者在净化某些可能发臭的污水的时候非常显著。再次,低温可以让具有更大换热面积的换热器得以应用(低温状态下,结垢的周期较长,且用常规的方式可以清除),并让换热器的两端的温差缩小。由此,可以使得能源的消耗降低,并且让系统的运转费用减少。

## 2.3 高压临界分解技术

超临界水氧化 SCWO (supercritical water oxidation, SCWO) 作为一种新兴的绿色水处理技术,越来越受到研究者的关注。

超临界水氧化技术处理废水具有如下优点。

1) 反应速度快。SCWO 使有机废料和氧气

在均相中反应, 反应一般几秒至十几分钟就可以完成。

2) 氧化效率高。在 SCWO 环境中, 各种反应物处于均一相中, 没有传质阻力, 有机物去除率一般在 99% 以上。

3) 能源消耗小。只要废水中的有机物质量分数在 2% 以上, 就可依靠反应过程中自身产生的热量来维持反应所需的温度, 不需要外界补充热量。

4) 无二次污染。超临界水中的有机组分在正常的反应条件下, 能被氧化成  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{N}$  和无机盐等物质, 产物清洁, 排放物无污染。

5) 产物分离容易。盐类和无机组分在超临界水中溶解度低, 容易以固体的形式被分离出去。

### 3 生活污水处理技术的发展趋势

国际海洋防污公约不断修订, 各国标准不断严格, 船舶污水达标排放势在必行。所有船舶都必须按照国际公约或法规要求安装污水处理装置, 做到污水达标排放或是零排放。MARPOL 73/78 虽然明文规定不适用于军用舰船, 但要求各国政府要保证本国的舰船行为与该公约保持一致。海军舰船必须考虑到海洋环境保护问题。

美欧等国海军提出了满足 21 世纪环保要求的军用舰船概念, 被称为环保舰船 (environmentally sound ships, ESS), 及战舰 (ESW)。ESS-21 (或 ESW-21) 指的是 21 世纪的环保舰船。整

个北约集团及俄罗斯、日本、澳大利亚等国也涉足其中。

为了能满足环保要求, 舰船污水处理装置应具有以下特点。

1) 能实现黑水和灰水的一体化处理, 耐水质及水量冲击能力强。

2) 受船舶运动效应影响小, 处理过程稳定且效率较高。

3) 体积小、造价低, 易于安装。

4) 起停及停止后恢复快, 不需特殊维护。

5) 安全美观, 人机界面友好, 自控程度高, 操作管理简便。

6) 结构合理, 可靠耐用, 使用寿命长。

7) 处理水可以循环使用, 基本满足零排放的要求。

膜生物反应器工艺通过膜分离技术大大强化了生物反应器的功能, 是目前最有前途的污水处理工艺。在城市污水处理、中水回用、工业废水处理以及船舶污水处理等方面已经表现出了常规废水处理工艺无法比拟的优势。

#### 参考文献

- [1] 刘喜元, 曾荣辉, 吴国凡. 船舶污水排放面临的问题及解决措施[J]. 船舶工程, 2007, 29(1): 73-75.
- [2] 郭静斐, 关江. MBR 工艺处理船舶生活污水的适用性分析[J]. 沈阳大学学报, 2007, 19(2): 83-86.
- [3] 白韬光. 舰船防污染技术新进展[J]. 辽宁城乡环境科技, 2001, 21(3): 5-6.
- [4] 刘源. 船舶污水处理技术现状与 MBR 应用前景展望[J]. 江苏船舶, 2009, 26(1): 21-23.

## The Development Trend of the New Treatment Technique of Ship's Sewage

YUAN Pei Shen, BAI Zhen Guang

(No. 718 Research Institute of CSIC, Handan Hebei 056027, China)

**Abstract:** The current situation of application of the treatment technology for marine sewage, the advantages and disadvantages of the common treatment technologies were discussed about. The development trend of the treatment technology for marine sewage was analyzed. As a new treatment technique of sewage, the membrane biochemistry reactor has developed fleetly in these years because of its advantages, high effect and potential for sewage treatment.

**Key words:** sewage; sanitary waste; washing sewage; membrane biochemistry reactor