
船舶

新型抗沉减摇防倾覆装置

杨庆勇 著
孙玉清 审



大连海事大学出版社

船舶新型抗沉减摇 防倾覆装置

杨庆勇 著
孙玉清 审

大连海事大学出版社

© 杨庆勇 2006

图书在版编目(CIP)数据

船舶新型抗沉减摇防倾覆装置/ 杨庆勇
著. —大连: 大连海事大学出版社, 2006. 9
ISBN 7-5632-1994-3

I. 船… II. 杨… III. 船舶减摇装置—研究
IV. U664. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 113723 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连东晟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2006 年 12 月第 1 版

2006 年 12 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 140 mm × 203 mm 印张: 3

字数: 55 千

印数: 1 ~ 1000 册

责任编辑: 樊铁成 史洪源 版式设计: 海 韵

封面设计: 王 艳

责任校对: 枫 叶

定价: 16.00 元



作者简介 杨庆勇，男，1965年生，山东郓城人。1988年毕业于大连海运学院，获得硕士学位，是成绩优异的高工。长期从事海事及船员管理工作，主要的研究领域为船舶安全设备、船舶救助打捞技术、船员培养与管理。获国家专利六项：坐标式多用绘图仪，船舶应急抗沉减摇防倾覆装置，船艇快速打捞救助装置，伸缩浮桥式海上观光游览船，滚装船用车辆防火隔离系固防撞装置，船舶自动应急避碰减摇脱浅抗沉防倾覆装置。著有《船舶轮机管理》一书，发表过《浅谈加入WTO后的中国船员管理》、《论高素质海员培养》等论文十余篇。

内容提要

本书在个人专利“船舶应急抗沉减摇防倾覆装置”(专利号 ZL96228263.4)研究的基础上,对其加以完善,较详细地阐述了船舶新型抗沉减摇防倾覆装置的组成、作用、动作原理及自动控制系统。该装置属船舶附属装置,具有结构简单、一套装置多种用途、安装使用方便的特点,用于紧急情况下保证船舶安全,可 effectively 提高船舶稳性、抗沉性、减摇性和防倾覆能力。

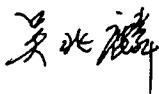
序

船舶安全是船舶管理和海事管理永恒的主题,船舶安全事关广大人民群众的根本利益,事关人命、财产、环保,安全就是生命,安全就是效益,安全是全面建设小康社会、构建社会主义和谐社会的基础和保障。

船舶安全的主要影响因素有三个:人(包括船员管理船舶的能力、船舶管理公司管理船舶的能力、海事安全管理的水平)、船舶(船舶安全性能)和环境。本书作者在长期致力于海事安全管理(船员管理)工作的同时,潜心研究船舶安全设备及船舶各项安全性能提高的措施。《船舶新型抗沉减摇防倾覆装置》一书就是在作者个人专利“船舶应急抗沉减摇防倾覆装置”(专利号:ZL96228263.4)研究的基础上,根据仿生学理论设计的一种能显著提高船舶稳性、抗沉性、减摇性和防倾覆性的船舶特种辅助机械——船舶新型抗沉减摇防倾覆装置。该书内容篇幅不多,但全面系统地反映了作者自主研究的成果。该书作者杨庆勇是我熟悉的一位好学生,勤奋好学、善于学用结合、开拓创新,不仅在船员管理方面有深入的研究,而且在船舶安全设备领域也有深入的研究,有多项发明并先后获六项国家专利。其成绩取得,难能可贵,其著作出版,当予祝贺。

我相信该书的出版,将会给从事船舶安全管理人员、船舶有关的设计研究人员和在校青年学生学习研究提供参考并带来很多启发,激发他们的丰富想象力和勇于开拓创新精神。

中国交通教育研究会会长
大连海事大学前任校长



目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 课题的提出	(1)
1.2 现有船舶抗沉减摇防倾覆装置介绍	(2)
1.2.1 减摇装置	(2)
1.2.2 抗沉装置及提高抗沉性措施	(10)
1.2.3 防倾覆装置	(12)
1.2.4 对现有船舶抗沉减摇防倾覆装置的评论	(13)
1.3 本书工作概述	(14)
1.3.1 研究目的	(14)
1.3.2 研究手段、方法	(14)
第2章 装置的组成原理和应用	(15)
2.1 装置机械部分组成	(15)
2.2 自动控制系统的组成	(16)
2.3 装置的工作原理	(19)
2.4 装置的应用	(20)
第3章 装置的理论研究	(22)
3.1 气囊的受力分析和计算	(22)
3.1.1 浮力 F	(23)
3.1.2 升力 L	(23)
3.1.3 阻力 R	(23)
3.1.4 压力 P	(25)
3.1.5 拖力 T	(26)
3.1.6 重力 G	(26)

3.2 船舶受力分析和计算	(26)
3.2.1 正浮	(26)
3.2.2 横倾	(27)
3.2.3 纵倾	(33)
3.2.4 横摇	(37)
3.2.5 纵摇	(39)
3.2.6 下沉	(41)
3.3 理论研究结论	(42)
第4章 装置的计算机仿真	(44)
4.1 船舶倾斜时的数字仿真计算	(44)
4.1.1 横倾时数字仿真计算	(44)
4.1.2 纵倾时数字仿真计算	(47)
4.2 船舶摇摆时数字仿真计算	(49)
4.2.1 横摇时数字仿真计算	(49)
4.2.2 纵摇时数字仿真计算	(60)
4.3 船舶破舱进水下沉时的数字仿真计算	(61)
第5章 模型试验	(63)
5.1 船舶的倾斜试验	(63)
5.1.1 横倾试验	(63)
5.1.2 纵倾试验	(64)
5.2 船舶的摇摆试验	(65)
5.2.1 横摇试验(波浪引起的横摇)	(65)
5.2.2 纵摇试验(波浪引起的纵摇)	(65)
5.3 船舶的下沉试验	(65)
第6章 装置实施方案	(66)
6.1 装置机械部分实施方案	(66)
6.2 装置自动控制部分实施方案	(67)

6.3 系统设计评述	(68)
第7章 结论	(69)
7.1 结论	(69)
7.2 存在差别	(69)
7.3 装置实用的意义	(69)
7.4 应用前景	(70)
附件:已获国家专利证书及专利简介	(71)
1. 坐标式多用绘图仪	(71)
2. 船舶应急抗沉减摇防倾覆装置	(73)
3. 船艇快速打捞救助装置	(75)
4. 伸缩浮桥式海上观光游览船	(77)
5. 滚装船用车辆防火隔离系固防撞装置	(79)
6. 船舶自动应急避碰减摇脱浅抗沉防倾覆装置	(81)
参考文献	(84)

第 1 章 绪 论

1.1 课题的提出

对于水上航行的各类船舶,在大风浪天、货物移位、船舶发生倾斜、破舱进水、剧烈摇摆等紧急情况下,如不及时采取措施,将会导致货损、船毁、人亡的恶果。1999 年 11 月 24 日发生的震惊中外的“11·24”“大舜”轮海难事故就是一件令人痛心且损失惨重的海难案例。如有一种装置能减轻船舶的摇动,阻止或减缓货物的继续移位,阻止船舶进一步倾斜或回到平衡状态,增大船舶的储备浮力,这对船舶是非常重要的,带来的好处是显而易见的,同时还可以大大提高船舶的稳性、抗沉性、减摇性和防倾覆性,从而降低或避免货物受损、船毁、人亡的风险,并使船上人员感到舒适,设备运行更安全。本书讨论的课题就是为实现上述功能,根据仿生学理论,鳍使鱼在水中运动时身体保持平衡,鳔用来控制鱼在水中的升降,在个人专利“船舶应急抗沉减摇防倾覆装置”(专利号:96228263.4)研究的基础上,设计的一种船舶特种辅助机械——船舶新型抗沉减摇防倾覆装置(以下简称装置)。

1.2 现有船舶抗沉减摇防倾覆装置介绍

1.2.1 减摇装置

船舶的摇荡运动是一种有害的船舶运动,它对人体以及船体结构、机械、设备、操作、货物加固等都会带来不良影响。船舶摇荡运动有横摇、纵摆、首摇、垂荡、纵荡、横荡六种形式,其中横摇对船舶性能影响最大,纵摇次之。为了减轻船舶的摇摆,可在船舶上装设减摇装置。减摇装置按构成稳定力矩的力的本质分类可分成重力作用式、流体动力作用式、回转力作用式三类,按控制形式不同分为被动式和主动式两类。目前船舶常用的减摇装置有:减摇水舱、舳龙骨、减摇鳍、回转仪减摇装置、舵减摇装置^[1]。下面简要介绍上述几种常用的减摇装置。

(1) 减摇水舱

减摇水舱按控制形式不同分为被动式减摇水舱和主动式减摇水舱。

被动式减摇水舱是一种液体摆——动力减摇装置(或减摇器)。它可以将大量的水从船舶的一舷水舱移到另一舷水舱,由于重力作用从而提供稳定力矩。该种水舱的结构形式很多,常见的有两种。

第一种被动式减摇水舱如图 1-1 所示,它由两舷的水舱组成,彼此间由水管连通。在水舱的上部有空气管连通,水舱部分充水。

第二种被动式减摇水舱如图 1-2 所示。它利用船壳

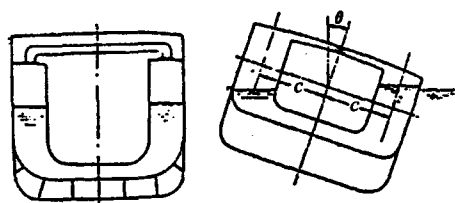


图 1-1 第一种被动式减摇水舱

板上的开孔与舷外水连通,船舶横摇时,水从浸入水中一舷的水舱流入并从相反一舷的水舱中流出。适当地选取水舱的水表面面积和舷侧开孔面积的比值,致使水舱内水的重量所产生的力矩来稳定船舶的横摇。

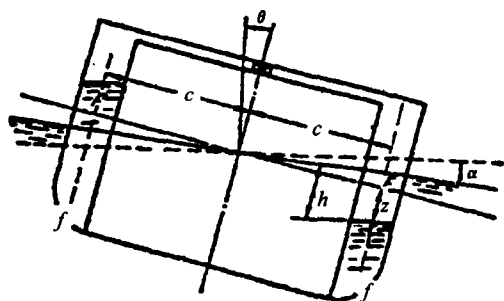


图 1-2 第二种被动式减摇水舱

主动式减摇水舱由左右水舱、控制系统、伺服系统、水泵和原动机等组成,通过自动控制装置来调节水的流向和流量。它分为内部有连通管和舷侧开孔两种。第一种主动式减摇水舱(内部有连通管)如图 1-3 所示。

假设船舶向左舷横倾一角度 θ ,并以角速度 ω 自左舷向右舷摆。此时角速度是增加的,并应在横倾角 θ 接近于零时,即在船舶接近于通过其正浮位置时,达到最大值。

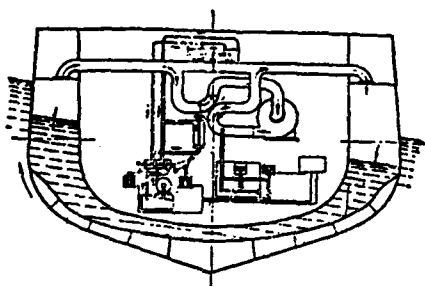


图 1-3 第一种主动式减摇水舱

液体沿着连通管自右边水舱 b 流向左边水舱 a , 使所移动的液体重量所产生的稳定力矩在符号上与横摇角速度相反。液体的移动是在鼓风机的强制作用下产生的, 鼓风机将空气压缩到右边水舱 b 并从左边水舱抽出。这样, b 水舱的压力增高, 而 a 水舱中将产生空气的稀薄现象, 从而形成了两水舱中水位面上的压力差, 于是便产生了推动力。为保证严格调节水舱中液体柱的位置, 以便根据船舶的横摇参数来严格控制稳定力矩, 可以在这种水舱的连通管中装设可变流量的水泵。

减摇水舱的主要优点是:

①适当选取其特征数时几乎可以在船舶的固有摇摆周期与波浪周期之间的任何比值下, 完全稳定船舶。

②可以减少船舶在不规则波浪中的横摇。

③水舱有足够高度时, 采用主动装置能增大水舱中水位的摆幅, 从而提高作用效率。

④因为主动式水舱中液体的固有振荡周期可不依赖船舶的振荡周期而独立确定, 所以水舱中水管的尺寸有所减小, 从而可以减轻装置的重量。

⑤当船舶因载荷不对称或因其他原因而有固定横倾时仍能正常工作。

⑥当船舶发生事故而出现危险横倾时,主动式水舱可被用作快速防倾水舱。

⑦主动式水舱可以人为地造成船舶在静水中的横摇。

⑧被动式减摇水舱装置简单工作时不消耗能量。

减摇水舱的主要缺点有:

①自重占排水量的 $1\% \sim 4\%$ (小船为 $3\% \sim 4\%$, 大船为 $1\% \sim 2\%$)。

②降低了静稳性和初稳性。

③占用了很大的船上空间。

④减摇能力受到一定限制。

⑤第二种被动式减摇水舱会降低船舶航速。

⑥主动式减摇水舱装置复杂,成本较高,工作时消耗能量以及必须采用一些复杂的调节控制仪器。

(2) 舳龙骨

舳龙骨是固定安装在船体外面舳部,沿着水流方向的一块长条板,它是最简单的一种被动式水动力船舶减摇装置。舳龙骨板长度为船长的 $1/3 \sim 1/2$, 宽度为船宽的 $4\% \sim 6\%$, 且宽度通常不伸出中横剖面的方框线。它是利用其装在船体舳部外壳上来产生对船舶横摇的附加水阻力,以减少船舶横摇,如图 1-4 所示。

舳龙骨的优点:

①横摇角度越大、越剧烈,其减摇效果越好,如图 1-5

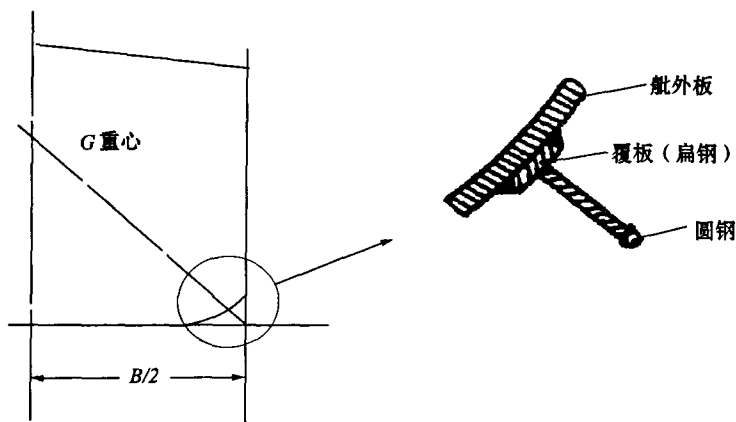


图 1-4 舦龙骨结构

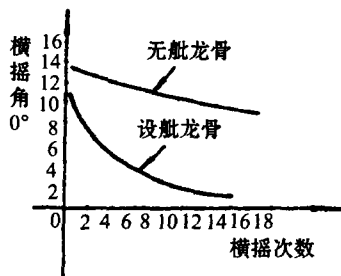


图 1-5 舦龙骨的减摇效果

所示。

- ②航行时减摇效果比停泊时更好。
- ③对船舶航行阻力小,横摇阻力较大。
- ④减摇效果好,结构简单,费用低廉,应用广泛。

舦龙骨的缺点:

- ①易遭损坏。
- ②对船舶产生一定的航行阻力。

③只能减横摇,不能减纵摇。

④受舭龙骨尺寸的限制,减摇的阻尼力矩有限,减摇的能力(减小摆幅)受限^[2]。

(3)减摇鳍

减摇鳍是安装在船舶中部附近两舷的舭部,且能伸出船外可转动其角度的水翼。属主动式减摇装置。其结构主要包括:翼型鳍、转鳍传动装置和控制系统等。一般船舶装两个鳍(两舷各装一个),大型舰船有时两舷各装有两个及以上的鳍。

鳍的结构形式分为开襟式和非开襟式。按鳍能否收回船体内分为可收放式和固定在舷外的不可收放式两种。可收放式适用于大型船舶,不可收放式适用于1 000 t 以下的中小型舰船。

减摇鳍的作用原理是:当船舶在航行中产生横摇时,在自动控制系统的控制下,根据船舶横摇时所提供的信号,不断改变鳍角的大小和方向,即改变稳定力矩的大小和方向,以抵消波浪等对船舶产生的横摇力矩,从而达到减小横摇的目的,如图 1-6 所示。

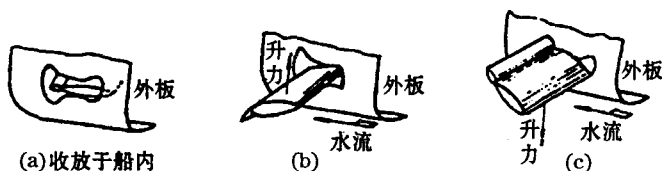


图 1-6 减摇鳍

减摇鳍的优点:

①常用减摇装置中效果较好的一种。

②重量较其他减摇装置轻,装置的全部重为 0.5% 的排水量。

③在各种波浪情况下都有极高的减摇效能。

减摇鳍的缺点:

①需配备有自动操纵系统,装置复杂,造价高。

②减摇效能随着航速减低而急剧下降,在没有航速时变得极为微弱。

③增加了附体阻力。

④装置自重较重,占用了船体空间。

⑤如平时不收起,易遭损坏。

⑥只能减横摇,不能减纵摇^[3]。

(4) 回转仪减摇装置

回转仪减摇装置是一个牢固安装在船体上可以绕轴颈转动的框架上的质量很大的回转仪。它只有两个自由度——飞轮的旋转和框架在纵中剖面内的转动;第三个自由度——框架在船中横剖面内的转动将受到船体的限制,因此回转仪是受约束的,如图 1-7 所示。

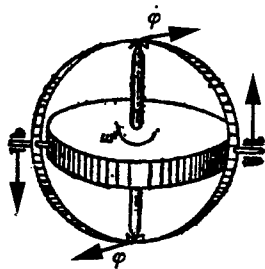


图 1-7 回转仪减摇装置