

船舶纵向减摇系统介绍

胡殿宇 谢田华

(海军大连舰艇学院, 大连, 116018)

摘 要 减少船舶的纵向运动在现时已成为有关船舶稳定的首要任务, 是解决海船现代化课题的关键, 国内的加装减摇组合附体减纵摇技术, 已经完成实验阶段, 效果显著, 应用前景相当广阔。

关键词 船舶 纵摇 减摇

1. 引言

现代观点认为, 提高船舶在汹涌海面上的航速以及改善它的航海性能的关键, 与其说是加大主机的功率, 倒不如说是减少摇摆的幅度(尤其是纵摇), 后者是更为紧迫的问题。从此看来, 只有采用减摇装置来减少船舶在波浪中的各种摇摆才能解决海船现代化这一课题。减少船舶的纵向运动在现时已成为有关船舶稳定问题的首要任务。但是, 水面排水量船舶的减纵摇问题迄今为止实际上还未曾很好的解决, 更没有达到应用。笔者认为减纵摇装置没有普遍应用的主要原因是:

- ① 减纵摇系统本身的复杂性。无论是在理论上还是在实际工程实现上, 都难以有重大的突破。
 - ② 民船需求不大。对于大型船舶, 纵摇幅度较小, 对船舶、货物及人员工作生活的影响小。
 - ③ 军舰需求迫切, 但技术不成熟的减纵摇装置, 暂不能应用于军舰。
 - ④ 经济上的考虑。对于中小型船舶, 加装减纵摇装置增加费用, 关系到性价比的问题。
- 鉴于以上诸原因, 船舶减纵摇技术很长时间没有突破性进展。

2. 国内外研究的发展及现状

为了减少纵向摇摆, 据有关资料报道, 日本和英国都曾研究过重力式减纵摇装置, 且在某些船舶上试用过, 但效果都不甚理想。所以只能采用流体动力式的减摇装置: 在船的首部和尾部设置被动或主动式的鳍翼及纵龙骨。

对于纵向运动, 最有前景的减摇装置有: 纵龙骨, 被动式艏鳍和主动式尾鳍的组合。鳍的主动化, 尤其是艏鳍, 带来了很大的结构上的困难, 因为需要在船舶首部的狭窄部位布置转动鳍翼的执行机构, 计算和试验都表明, 艏鳍因主动化而使减摇效率提高的量并不大(10-15%), 所以, 世界上普遍采用被动式艏鳍和主动式尾鳍的组合, 或采用龙骨与纵向鳍的组合。也有采用带襟翼的可控尾鳍的, 尽管减摇效率与艏鳍相当, 但尾鳍影响推进器性能, 其机构复杂、布置困难。为了获得较好的减摇效果, 加装面积过大的艏鳍会引发船首的剧烈振动, 这是减纵摇问题至今不能很好解决的主要原因。提高减摇效率、消除船首振动是解决减纵摇问题的关键。

2.1 国外研究历史及现状

国外已进行许多模型和实船试验研究,较为普遍地采用固定式被动艏鳍(单层翼、双层翼和椭圆环形翼,见图1),结构简单、设置方便。一般取艏鳍垂向投影面积为船体设计水线面面积的2—4%,不规则波中减少纵摇的平均效率为10—15%,最大达17%,不影响操纵性和营运性能。

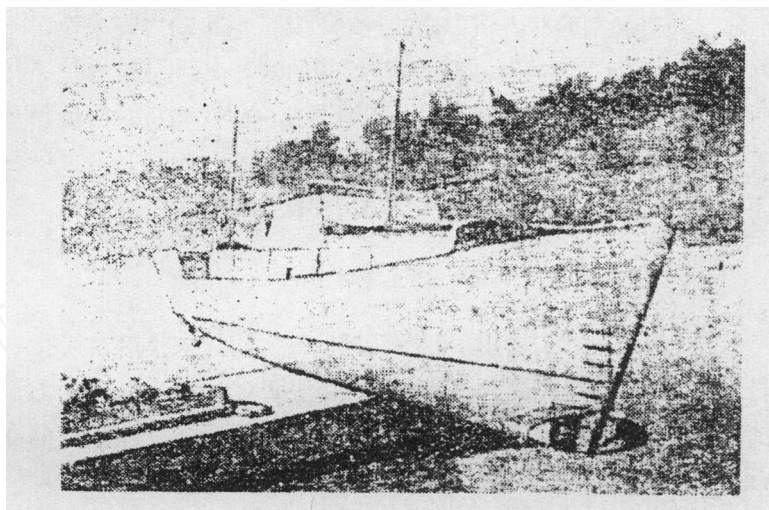


图1 带艏鳍的自航船模

目前,国外尚无有关组合附体工程应用于减纵摇运动的报道,但在减纵摇方面也作了大量的努力,尤其是在上个世纪六七十年代,发展较为迅速,下面对几种形式的减纵摇装置和研究试验情况进行介绍:

艏鳍

艏鳍可安装在龙骨下方的船体或支柱上。由于在波浪中船艏的相对运动较大,所以艏鳍对纵摇运动影响最大,艏鳍的结构形式和尺度大小,决定了减纵摇效率的高低和由于涡的形成引起的艏鳍振动。

1865年,威廉·弗劳德首先提出利用舳龙骨减小横摇,英国亨特船厂德E·德鲁西特于1879年受到启发在一艘汽轮上装了一对艏鳍以减小纵摇。

1955年在“丽达”号邮船上进行,由于船首遭受到强烈的振动,艏鳍后来被拆除。

1958年,美国曾在“罗盘岛”号上进行过艏鳍试验,试验证实,在不规则波中减少纵摇的平均效率为10—15%,最高达17%。

1958—1959年间,英国曾测试过扫雷舰“华盛顿”号,在波长与船长比小于2.0时($\lambda/L < 2.0$),也即纵向运动最为严重的区域,艏鳍使纵摇减少了20—30%。

1969年在黑海曾试验过“阿卡弟亚”型舰艇,其中的一艘装有被动式艏鳍。试验时浪级为1—4级。实验结果是使纵摇摆幅大约减少了30—40%,没有发生振动,操纵性能保持较好。

1990年,哥伦比亚大学在船艏鳍的安装位置和控制方面有过一些结论研究。日本防卫厅提出了选择纵摇减摇鳍尺寸和安装位置的方法。巴塔查里亚给出了确定固定式艏鳍的尺寸及减摇效果的计算公式。G·斯特芬对几种形式的艏鳍安装在船体不同位置进行了比较研究,他的研究结果表明:最大纵摇减摇效率为37%,然而也发现和艏鳍有关的

船体横向振动问题。

理论和试验表明,加装艏鳍后可以较大幅度地增加船的升沉阻尼和纵摇阻尼,使得船在较宽频带范围内的运动受到抑制。这是因为加入艏鳍后,船在升沉方向的运动诱发的水流与水平方向的来流汇合,在鳍上产生一个攻角,由于船以一定速度前进,鳍上便产生一升力,这一升力抑制船在升沉方向的运动。从船舶运动方程来看,此升力相当于增加了船的升沉运动阻尼,同时将纵摇对升沉运动的耦合作用削弱。对于固定艏鳍而言,鳍上实际攻角不仅与船的升沉线速度有关,而且与船的纵摇角位移、纵摇角速度、鳍处波浪质点的垂向规圆速度有关,甚至与船的升沉线加速度、纵摇角加速度有关,但与船的升沉位移无关,这是由于尽管船有升沉位移,但在鳍上并不产生攻角,因此就不会产生升力。

半潜首

20 世纪 80 年代中期,人们提出了一种新颖的减摇附体—半潜首 (Semi-submerged Bow),其缩写为 SSB。半潜首的提出,是受了小水线面双体船 (SWATH) 的启发,即具有半潜首形式的剖面能大幅提高水动力的阻尼。但另一方面,由于半潜首的存在,可能导致船舶在航行中的阻力增加,但如果设置合理,就不会出现这样的弊端。

半潜首为一流线型的细长体,通常安装于船艏底部。设置半潜首的最初目的是其可以抑制船的纵向运动。半潜首船型是近十几年内出现的新船型,由日本三菱重工首先提出,并在一艘快速客船上安装半潜首,营运状况良好。日本的木原和之等曾针对不同排水体积的半潜首做过船模试验和理论计算研究,加装半潜首的船模的耐波性能的确优于裸船模。试验证实:半潜首可在谐摇区附近较窄的频带范围内,较大幅度降低船的纵摇角和艏部加速度或尾部加速度之一 (这是半潜首改变升沉与纵摇的相位差所致)。同时半潜首还可以降低船的阻力,即可起到与球鼻首同样的作用。半潜首的作用效果随着航速增加而增大,而且在谐摇区附近可以降低升沉。半潜首排水量占全船的排水量不到 4 % 就可以有较好的效果,一倍船长附近可以使艏部加速度降低 40 % 左右。半潜首沉深越大,其阻力性能越好,而耐波性变化不大,且有削弱的趋势。半潜首纵向位置越往前,其效果略好。剖面宽度比越大效果越好。加装半潜首后,首要的一点是可以增大船的阻尼,从而降低了船谐摇区的幅值,另外加装半潜首后,可以增大船的转动惯量、附加转动惯量和附加质量,这样使得船的固有周期向长波区移动,即:可以改善短波区的运动特性,这样总的效果使得船的运动在谐摇区附近且偏向于短波区受到较大的抑制。

2.2 国内研究现状

从 90 年代初开始,哈尔滨工程大学船舶工程学院就一直从事新型纵向减摇组合附体的研究。92 年申请国防科工委基金课题“耐波型高速艇 SSB 船型流体动力性能研究”,96 年完成全部研究工作。该课题采用理论与实践相结合的方法,对前期开发的耐波性较优良的 600 吨级深 V 船型加装多种纵向减摇组合附体方案 (不同 SSB 尺度——占船排水体积的 3%、6%、9%,变化浸深及 SSB 加装固定艏鳍的多种形态) 进行阻力及耐波性理论与试验研究,结果表明,SSB 加艏鳍船与裸船比较,曲线峰值处纵摇运动幅值降低 30 % 左右,垂向运动幅值降低 20 % 左右,艏部加速度降低 46 % 左右,艉部加速度降低 25 % 左右。专家鉴定认为其研究成果达到国际先进水平,该成果获 97 年中国船舶工业

总公司科技成果三等奖。

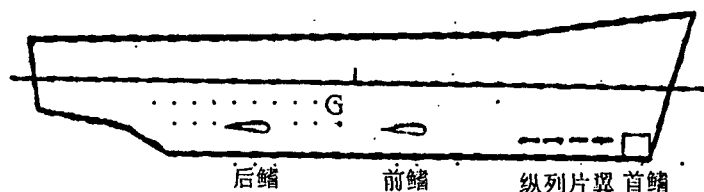


图2 实验用船模（纵列片翼位置）示意图

98年课题组又承担了国家经济动员办公室下达的军民两用WPC60穿浪双体船的船型耐波性及快速性研究任务。为进一步改善穿浪双体船的纵向运动性能，提高舒适性，降低晕船率，在穿浪双体船上加装了纵向减摇组合附体，理论计算和模型试验再一次证明了纵向减摇组合附体减纵向运动效果是显著的，该研究成果已得到WPC60总体设计单位七院701所的认可，并将应用到WPC60首制船上。

多年研究表明：

- ① SSB（半潜首）可减缓舰船的艏部垂向加速度和纵摇，特别是在波长船长比（ λ/L ） <1.6 的区域减摇效果非常明显；
- ② SSB加艏鳍后，减缓纵向运动的频带范围增宽，不但艏部加速度和纵摇进一步减小，而且减少了垂荡、舦或尾部垂向加速度，特别适合于中小型常规排水型单体或双体船，尤其是几百吨舰艇使用；
- ③ SSB尺寸、形状、纵向位置、浸深对阻力和减纵向运动效果均有一定影响，研究表明对一定船型，特别是艏部形状，存在一个阻力和耐波性均优的最佳SSB尺寸、形状及布局；
- ④ SSB、艏鳍的尺寸、形状也有一个最优选择和布局的问题，一般趋势是SSB及艏鳍尺寸大的减纵向运动效果最好，但可能使全船阻力增加，选择得当可使阻力和耐波性均较优；
- ⑤ 纵向减摇组合附体，减摇效果是显著的，由于SSB及艏鳍各自承担了减纵向运动的载荷，艏鳍又在SSB上安装，浸深较大，避免艏鳍出水，这样的组合附体可以满足结构强度要求，使百余年来人们一直追求的在排水型船上加装减纵摇鳍得以在工程上实现；
- ⑥ 新型减纵摇组合附体，为开发高性能排水型复合船型提供了新的途径和手段；
- ⑦ 纵向减摇组合附体可全部用船用钢焊接成型，造价低，建造工艺简单，技术风险小。

2002年初，海上试验进行了加装减摇组合附体船和不加装减摇附体船的对比耐波性实验。实验用船达400多吨，用这么大吨位的船进行实验且获得成功，在世界上尚属首次，而且减摇效果比国外的要好得多。加装新型减纵摇附体的船舶纵向运动性能有明显改善，在迎浪状况下，该组合减摇附体可减少纵摇角29-40%，减少首部加速度52-68%。没加附体的船只开到16节，就出现严重的砰击和上浪；加装附体的船在波浪中航速达到24节，且航速越高越平稳，从而实现了在恶劣的海况下高速平稳航行。据科研负责人讲，此项船舶减纵摇技术已经可以在1000吨以下的船舶上应用，不但不会对船舶产生任何负面影响，而且改造费用低，工艺简单，效果好，市场前景广阔。

3. 在军事上的应用

随着我海军向现代化、远洋化发展的趋势,减小纵摇的要求越来越迫切,应用减纵摇技术的舰艇能明显的提高战斗力和生命力,但减纵摇技术在 2002 年才刚进行实船试验,这与舰艇的发展需求显然不适应。现代化的舰艇首先要能在全天候全时段执行任务,如果只一味的注重舰艇的战斗性能发展,而忽视了舰艇航行的基本性能,那么在大风浪的海况下,强烈的摇摆让导弹无法发射,直升机无法起降,舰员晕船,再好的战斗性能也难以发挥。我海军的驱逐舰护卫舰等大型舰艇,当走出近海走向大洋时,在能战胜敌人前,首先要战胜风浪。特别对于导弹艇等小型船,排水量小,抗风浪等级低,要在全天候实现快速空袭的目的,首先要提高自身的适航性能,为导弹及时发射提供最大的可能性。

4. 结束语

本文介绍了国内外减纵摇技术的发展概况,并对此技术在军事上的应用进行了探讨,提出了自己的看法。

参考文献

1. 丁勇 李积德, 船舶减纵摇试验研究, 上海: 中国造船, 1997 年第四期。
2. (苏)A. H. 霍季洛林 A. H. 什梅列夫, 船舶的耐波性和在波浪上的稳定措施, 北京: 国防工业出版社, 1980。