

船、机、桨的配合与船体振动

黄 坚 吴启贤

(广东省中山航道局)

关键词: 船体振动 螺旋桨 主机

近几年来,随着内河航运的发展,对于船舶的续航力、航速要求愈来愈高,船舶吨位、功率不断增加,船体振动产生的危害也愈来愈引起船东的注意。

在船舶营运中,若发生轴系、机械的振动,一般修理厂都能修理好,但只是头痛医头,脚痛医脚,极少全面考虑船体、主机及螺旋桨的配合。船体振动产生的危害,主要有以下几个方面:

(1) 使船体结构及机械部件产生疲劳破坏,影响航行安全。

(2) 影响工作效率及船员居住的舒适性,在一些运输船舶中,一家大小(包括小孩和妇女)都居住在船上,这种情况极度影响小孩的身心健康。

(3) 影响船上仪表设备的正常工作,降低使用精度,缩短使用寿命。

中山市某运输船于 2000 年上排维修保养,该船双机双桨,经检查右桨人字架断裂,支持人字架的外板震裂,已漏水。据船员说,该船在右机开动后,船尾振动大,船东以为是尾轴及轴套加工质量差或中线校对不准造成,重新校对中线并加强人字架后运行了两个多月,在运输过程中,右机尾轴在桨根处断裂,整个螺旋桨掉入水中。重新上排后,发现右支架的外板震裂,与上次上排时情况差不多。经了解,该船主机为 8XLB、120 千瓦,四叶螺旋桨(无设计图纸),船尾部线型较瘦削,呈现 V 字形,其人字架断面与轴线不平行。船东欲购买一相似螺旋桨重新装上,笔者建议其重视船、机、桨的配合,请原制造厂提供有关图纸重新设计螺旋桨,减少螺旋桨直径(经重新设计,螺旋桨改为三叶桨),并合理布置螺旋桨附近的船体附件,特别是人字架的安装角度。下水后,经跟踪三个月,振动明显减弱,未再出现人字架断裂事故。

引起船体振动的激振力,主要有以下几类:

(1) 主机装置产生的自由力和横向轴承力;

(2) 螺旋桨叶不定常荷载引起轴桨的纵、横向力和力矩,并通过轴系传递到船体,这类激振力称为轴承力;

(3) 桨诱导的压力场经过水扩散到船体表面的脉动压力,称为表面力;

(4) 处于变动尾流场中的舵的舵力。

船体产生振动过大的原因,可归结为下述三个方面:

一是设计时考虑不周或计算的错误,如船舶尺度与主机的选择、螺旋桨与船体及附件间隙以及与尾部线型的配合,船体结构尺寸、布置和结构的连续性等;

二是建造质量问题,如螺旋桨制造误差,轴线对中不良,结构连续性被破坏,焊接残余应力与初挠度等;

三是营运管理问题,如船体的配(压)载不当,轴系变形,主机各缸燃烧不均匀,机件磨损、松动,螺旋桨受损等。

螺旋桨是激起船体振动的一个主要激励体,在设计尾型与螺旋桨时,除考虑推进效率外,振动也是评价螺旋桨优劣的一个主要指标。螺旋桨盘面内的伴流分布,对螺旋桨激励起着主要作用,船尾部线型对伴流场有很大影响,所以考虑其匹配主要是使来流和去流顺畅,尽可能避免旋涡,使伴流均匀。

脉动压力的大小取决于桨叶的几何要素、船体尾部的线型、伴流特征、桨轴转速、功率、螺旋桨叶梢与尾壳板的间隙以及螺旋桨的叶片等,其中最重要的影响因素是梢隙的大小及螺旋桨叶片数。增大梢隙,脉动压力减少是很明显的,但梢隙增大到一定数值时,脉动压力值的减少就很小。螺旋桨叶数增加,脉动压力也将下降。

船体及螺旋桨布置,参照《规范》要求,各间隙应在一定的数值范围内。

布置螺旋桨和主机时,应设法使轴线的倾斜角最小,因为水流斜角为10度或更大时,螺旋桨斜向绕流会影响螺旋桨效率,并且引起螺旋桨的剥蚀。

螺旋桨制造质量差,如加工不准确、材料不均匀、工艺公差分布不均匀、桨叶形状不同等,都会引起各片桨叶重量不等,从而使螺旋桨的重心不在回转轴上,即螺旋桨静力不平衡。某快艇的螺旋桨仅运行100多小时,就在水中掉了一块桨叶,经检查是材料不均匀导致。

当前,螺旋桨在加工时都作静力平衡的校准,其精度能达到要求。但现在航道中有很多破渔网、塑料袋、半浮沉物等,船舶在航行中桨叶易被缠绕,这使螺旋桨的静力平衡受到破坏,激起船体剧烈的轴频振动,所以在航行中船舶突然出现强烈的轴频振动时,常常是螺旋桨叶受损的重要征兆,应及时上排检修,以免造成损失。

同时,螺旋桨的设计应注意避免引起空泡,在伴流和营运工况确定的情况下,影响螺旋桨空泡的参数包括盘面比、螺距、厚度分布和叶片拱度等,均应予以注意。另外,污底也能改变伴流的分布,尤其是接近水面部分的船底。当污底集中在螺旋桨正上方位置时,有可能引起严重的尾部振动。

减少振动应主要从以下三个方面着手解决:

- (1) 改善伴流分布,使之尽可能均匀;
- (2) 改进螺旋桨设计,使之减少脉动载荷分量;
- (3) 采取结构上的措施,改变振动特性。