

海船船员适任考试培训用书



中华人民共和国辽宁海事局、大连海事大学组织编写

船舶操纵

赵月林 主编

古文贤 主审



大连海事大学出版社

海船船员适任考试培训用书

中华人民共和国辽宁海事局、大连海事大学组织编写

船 舶 操 纵

赵月林 主编

古文贤 主审

大连海事大学出版社

内 容 提 要

本书是根据实施 STCW 78/95 公约后 1998 年中华人民共和国港务监督局制定的海船船员适任考试和评估大纲编写的。全书共分七章:它包括了船舶的操纵性能,船舶的操纵设备即车、舵、锚、缆和拖船在操船中的应用,外界环境因素对操船的影响,港内操船,特殊水域中的操船,大风浪中的船舶操纵和应急操船等内容。

本书可作为培训船舶驾驶和引航人员的教材,也可作为海运院校师生的教学参考书,亦可作为船舶驾驶和引航及有关其他人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

船舶操纵/赵月林主编. 大连:大连海事大学出版社,2000.4

ISBN 7-5632-1391-0

I. 船… II. 赵… III. 船舶操纵 IV. U675.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 21799 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4728394 传真 4727996)

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连海事大学印刷厂印刷

大连海事大学出版社发行

2000 年 7 月第 1 版

2000 年 7 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12

字数:300 千 印数:0001—5000 册

责任编辑:史洪源 封面设计:王 艳

定价:21.60 元

序

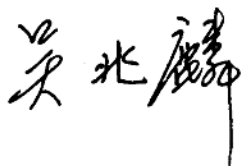
在辽宁海事局和大连海事大学的精心组织下,“海船船员适任考试(驾驶)培训用书”出版发行了,这是航运界的一件大事,我表示衷心地祝贺。

回顾过去,根据中华人民共和国港务监督局《1988年海船船长、驾驶员考试大纲》的要求,大连海运学院和大连海上安全监督局等单位于1992年7月组织编写了“高级船员适任证书考试用航海培训教材”,出版后受到全国各地海员的热烈欢迎,一印再印,长销不衰。在驾驶人员考证培训、自学提高及考试发证机关命题参考等方面,发挥了重要作用。

为了满足《STCW 78/95公约》和中华人民共和国海事局1998年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》的要求,1999年5月,辽宁海事局和大连海事大学又不失时机地组建了船舶驾驶专业海船船员适任考试培训用书编写委员会,选聘有丰富教学经验和航海实践经验的船长、教授和专家担任各书主编,精编严审,高质量地完成了“海船船员适任考试(驾驶)培训用书”的编写工作。编写中注意理论与实践相结合,具有较强的针对性、适用性和系统性。可以说,这套系列培训用书,是新形势下,在总结过去的基础上原培训教材的继续和发展,它一定会像从前一样受到广大海员的欢迎,成为良师益友。

我相信,该系列培训用书的出版,对海员适任考试、培训,提高我国海员整体素质,更好地履行国际公约,从而保证海上人命和财产的安全,一定会发挥重要作用。

大连海事大学校长



海船船员适任考试 (驾驶)培训用书编写委员会

主任委员:孙立成 王杰武

副主任委员:李新江 李 凯 袁林新 丁 勇 时培育 孙 广

委 员:(按姓氏笔画为序)

马家法	方文治	王凤武	王建平	孙文强	史洪源
李志华	刘宗德	刘英贤	关政军	李振华	刘德新
辛成玉	张吉平	何 欣	沈国华	陈家辉	张 蔚
郑忠义	赵月林	顾玉升	洪碧光	洪德本	夏国忠
徐德云	徐德兴	戴 冉			

前 言

为满足《1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约》1995 年修正案(STCW78/95 公约)和中华人民共和国海事局 1998 年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》的要求,辽宁海事局和大连海事大学共同组建了船舶驾驶专业海船船员适任考试培训用书编写委员会,选聘有丰富教学经验和航海实践经验的船长、教授和专家为各书的主编。编委会对各书的编写大纲进行了审定。

这套海船船员考试培训用书符合 1998 年《海船船员适任考试和评估大纲》的要求,具有较强的针对性和适用性,取材切题,简明扼要,理论联系实际,适用于海船船舶驾驶人员适任考试和培训,也可作为航海从业人员的业务参考书。

这套丛书共分十册:航海学、船舶值班与避碰、航海气象与海洋学、船舶操纵、海上货物运输、船舶结构与设备、船舶管理、船长业务、航海英语和水手业务。

本书的出版得到了海事局、各航运企业、大连海事大学出版社等单位的关心和支持,特致谢意。

海船船员适任考试(驾驶)培训用书编写委员会

编 者 的 话

本教材是根据 1998 年中华人民共和国港务监督局制定的海船船员适任考试和评估大纲的基本要求编写的,适用于无限航区、近洋航区、沿海航区和近岸航区各个等级的海船船长、大副适任证书考试培训使用。本教材也可作为航海院校师生的教学参考书。

本教材编写的指导思想是教材能够覆盖海船船员适任考试和评估大纲的全部内容,帮助学员顺利地通过适任证书的考试,并尽可能考虑了海上实际操船中遇到的各种问题以加强对船舶驾引人员在基础理论和海上实际操船能力的培养。

本书由赵月林副教授主编,古文贤教授主审。全书共分七章,其中第一、二、三、七章由赵月林编写,第四、五、六章由史国友编写,主要参考了古文贤教授编著的《船舶操纵》和王逢辰教授主编的《船舶操纵与避碰》(上册)。在教材的编写过程中得到了古文贤教授的热情指导和帮助,在此向他表示衷心感谢。

为了便于读者的学习,在本书的编写过程中力求概念清楚、理论正确、重点突出、条理清晰、文字通顺、理论结合实际,并对较深的理论作了精简。但由于编者水平有限,时间仓促,不足之处和差错在所难免,竭诚希望前辈、同行和读者批评指正。

编 者

1999 年 11 月

目 录

绪论	(1)
第一章 船舶操纵性能	(3)
第一节 船舶的旋回性能	(3)
第二节 船舶操纵运动方程及船舶操纵性指数	(9)
第三节 船舶的航向稳定性与保向性	(14)
第四节 船舶变速运动性能	(17)
第五节 船舶操纵性试验	(22)
第六节 IMO 船舶操纵性衡准的基本内容	(28)
第二章 车、舵、锚、缆、拖船在操船中的运用	(29)
第一节 螺旋桨的作用	(29)
第二节 舵的作用	(39)
第三节 锚的运用	(45)
第四节 缆的运用	(51)
第五节 拖船的运用	(55)
第三章 外界因素对操船的影响	(63)
第一节 风对操船的影响	(63)
第二节 流对操船的影响	(75)
第三节 受限水域对操船的影响	(76)
第四节 船间效应	(87)
第四章 港内操船	(92)
第一节 进出港操船	(92)
第二节 港内掉头	(93)
第三节 靠离泊操纵	(97)
第四节 系离浮筒	(107)
第五节 其他情况下的系离泊	(113)
第六节 锚泊操纵	(118)
第七节 特种船舶操纵特点	(128)
第五章 特殊水域中的操船	(139)
第一节 狭水道中的船舶操纵	(139)
第二节 岛礁水域的操船	(142)
第三节 分道通航制和船舶交通管制区域及其附近水域的船舶操纵	(144)
第四节 冰区水域的船舶操纵	(146)
第六章 恶劣天气下的操船	(151)
第一节 大风浪中的船舶操纵	(151)
第二节 避开热带气旋的船舶操纵	(160)

第七章 应急操船	(164)
第一节 船舶碰撞后的处置.....	(164)
第二节 搁浅和触礁后的处置.....	(167)
第三节 船舶发生火灾时的应急处置.....	(170)
第四节 救生与弃船.....	(171)
第五节 海上拖带.....	(178)
参考文献	(183)

绪 论

所谓船舶操纵(ship handling or ship manoeuvring)是指船舶的驾驶引航人员利用船舶的操纵设备即车、舵、锚、缆以及拖船等来抵御外界环境条件包括风、流、浪、浅窄水、岸壁等的影响,以保持或改变船舶的运动状态所进行的操作,包括分析、判断、指挥和实施等。船舶操纵系统可以看做是人、船舶和环境三者构成的闭环系统,如图 0-1 所示,即船舶的驾引人员即操船者利用操纵设备,克服外界环境条件的影响来完成所设定的操纵目标。

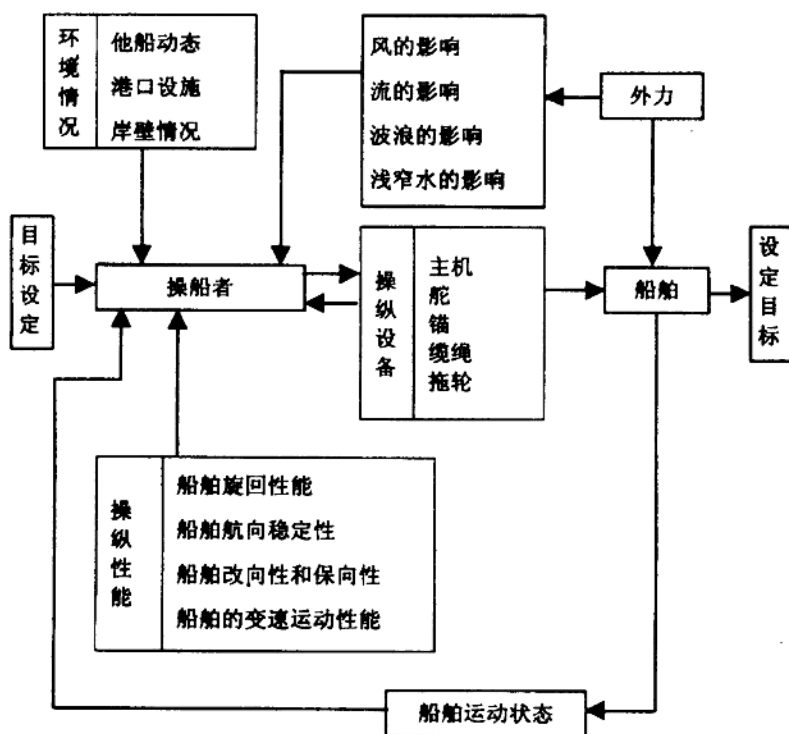


图 0-1 船舶操纵系统

从图 0-1 可以看出,对于操船者而言,首先必须了解和掌握船舶的操纵性能,操纵设备的性能;其次还应掌握外界环境条件对船舶操纵性能以及船舶操纵的影响;同时还应掌握在特定环境条件下如大风浪中、狭水道中、冰区中的操船方法;只有这样才能顺利完成操船任务,保证船舶的安全。因此,通过对“船舶操纵”这门课程的学习,学员应掌握以下内容:

1. 全面掌握船舶的操纵性能、船舶操纵性指数的含义及其在操船中的应用

船舶的操纵性能包括船舶的旋回性能、航向稳定性、改向性、保向性以及船舶变速运动性能等。为了测定船舶的操纵性能,应了解各种船舶操纵性试验的方法和 IMO 有关船舶操纵性

衡准的基本内容。

2. 全面了解船舶所配备的操纵设备的基本性能,熟悉它们在操船中的具体作用

船舶所配备的操纵设备主要包括推进器、舵、锚、缆绳等设备,在有的船舶上尚配备有侧推器。在使用这些操纵设备时,不仅应了解各种操纵设备的单独使用性能,并且应了解各操纵设备兼用时的复合性能。另外,在港内操船中,往往运用拖船来协助操纵,因此也必须掌握各种拖船的特性以及在拖船协助下的船舶运动。

3. 掌握外界环境条件对操船的影响,在实际操船中趋利避害加以运用或控制

外界环境条件对操船的影响包括风、流、波浪、浅水效应、岸壁效应和船间效应等对操纵的影响,在操船中应同时考虑这些外界环境条件对船舶操纵性能和船舶运动的影响。

4. 掌握在各种环境条件下的操船方法

在各种环境条件下的操船方法应包括港内操船,如靠离泊操纵、系离浮筒、锚泊操纵等;特殊水域的船舶操纵,如狭水道中的船舶操纵、岛礁水域的船舶操纵、分道通航制水域的船舶操纵、冰区船舶操纵等等;大风浪中的船舶操纵,如大风浪中的船舶操纵方法、避开热带气旋的船舶操纵等;应急情况下的操船方法,如船舶在发生碰撞前后的操船方法、船舶在发生搁浅前后的操船方法、火灾时的操船方法、救生与弃船、海上拖带等。

第一章 船舶操纵性能

船舶对驾引人员实施操纵的响应能力,总称为该船的船舶操纵性能(manueverability)。船舶是否具有好的操纵性能,对于能否安全而高效率地操纵船舶具有重要的影响,一艘操纵性能良好的船舶,应兼具方便稳定地保持运动状态和迅速准确地改变运动状态两方面的性能。船舶的操纵性能主要包括船舶的旋回性、船舶的航向稳定性、改向性及保向性以及船舶的变速运动性能等。

第一节 船舶的旋回性能

在实际操船中,对舵的使用大致可分为小舵角的保向操纵,一般舵角的转向操纵及大舵角的旋回操纵三种。定速直航的船舶操某一大舵角后进入定常旋回的运动性能称为船舶的旋回性能,它是船舶操纵性当中极为重要的一种性能。

一、船舶旋回的运动过程

船舶以一定航速直进当中操某一舵角并保持之,船舶将进入旋回过程。根据船舶在旋回运动过程中所受外力特点之变化,以及运动状态之不同,可将船舶旋回过程划分为三个阶段,如图 1-1 所示。

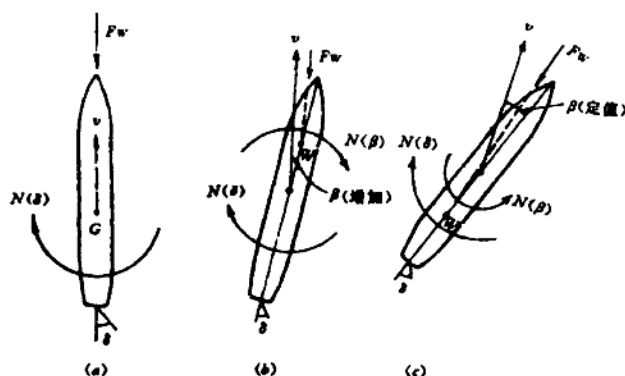


图 1-1 船舶旋回的运动过程

1. 第一阶段

船舶向一舷操舵后,保持或近乎保持其直进速度,同时开始进入基本上沿原航向前进而船尾外移的初始旋回阶段。在这一阶段中的运动特点是,船舶重心 G 基本上沿原航向滑进并有向操舵相反一舷的小量横移,而船尾出现明显的向操舵相反一舷的横移;与船尾出现明显外移的同时,船舶还将因舵力位置较船舶重心位置低而出现少量的向操舵一舷的横倾(内倾)。因此,这一阶段也称为横移内倾阶段。

2. 第二阶段

操舵后,随着船舶横移速度与漂角的增大,船舶的运动速度矢量将逐渐偏离首尾面而向外转动,越来越明显的斜航运动将使船舶的旋回运动进入加速旋回阶段。在这一阶段中,由于船舶斜航运动产生的漂角水动力力矩 $N(\beta)$ 与舵力转船力矩 $N(\delta)$ 相辅相成,使船舶产生较大的角加速度,但在初始阶段,船舶的转动角速度还比较小;随着角速度的不断提高,船舶旋回的阻尼力矩 $N(r)$ 不断增大,角加速度逐渐降低,从而使角速度的增加受到限制。另一方面,由于船舶斜航阻力增加、螺旋桨推进效率降低等方面的原因,船舶降速明显。另外,随着船舶旋回角速度的增大,船舶由于受旋回离心惯性力(矩)的作用,船舶的横倾由内倾转变为外倾。

总之,该阶段中船舶运动特点是,船舶的横移速度和漂角逐渐增大,开始阶段船舶旋回的角加速度较大,随着船舶角速度的不断提高,角加速度渐次降低,并逐渐向定常旋回阶段过渡;斜航中船舶降速也因漂角的增大而加剧;伴随内倾的消失,船舶将出现外倾角并渐次增大。

3. 第三阶段

随着旋回阻尼力矩的增大,当船舶所受的舵力转船力矩 $N(\delta)$ 、漂角水动力转船力矩 $N(\beta)$ 和阻尼力矩 $N(r)$ 相平衡时,船舶的旋回角加速度变为零,船舶的旋回角速度达到最大值并稳定于该值,船舶将进入稳定旋回阶段。这一阶段的特点是,船舶的旋回角加速度为零,船舶旋回中的外倾角、横移速度、漂角、船舶的线速度趋于稳定并保持定值,因此该阶段也称为定常旋回(steady turning)阶段。

二、旋回圈的大小及其要素

定速直航(一般为全速)的船舶操一定舵角(一般为满舵)后,其重心所描绘的轨迹叫做旋回圈(turning circle)。旋回圈的各种数据在操纵船舶时有重要参考价值。表征船舶旋回过程的要素可以分为表征船舶旋回圈大小的几何要素以及描述船舶旋回运动状态的运动要素。

1. 表征旋回圈大小的几何要素

表征旋回圈大小的几何要素主要有进距、横距、旋回初径、旋回直径、滞距和反移量等,如图 1—2 所示。

1) 进距(advance)

进距也称纵距,是指从操舵开始到船舶的航向转过任一角度时重心所移动的纵向距离。通常,旋回资料中所说的纵距,特指当航向转过 90° 时的进距,并以 A_d 表示之,它大约为旋回初径的 0.6~1.2 倍。

2) 横距(transfer)

横距是指从操舵开始到船舶的航向转过任一角度时船舶重心所移动的横向距离。通常,旋回资料中所说的横距,特指当航向转过 90° 时的横距,并以 T_r 表示之,它大约为旋回初径的一半。

3) 旋回初径(tactical diameter)

旋回初径是指从操舵开始到船舶的航向转过 180° 时重心所移动的横向距离,并以 D_T 表示之。它大约为 3~6 倍的船长。

4) 旋回直径(final diameter)

旋回直径是指船舶作定常旋回时重心轨迹圆的直径,亦称旋回终径,并以 D 表示之,它大约为旋回初径的 0.9~1.2 倍。

5) 滞距(reach)

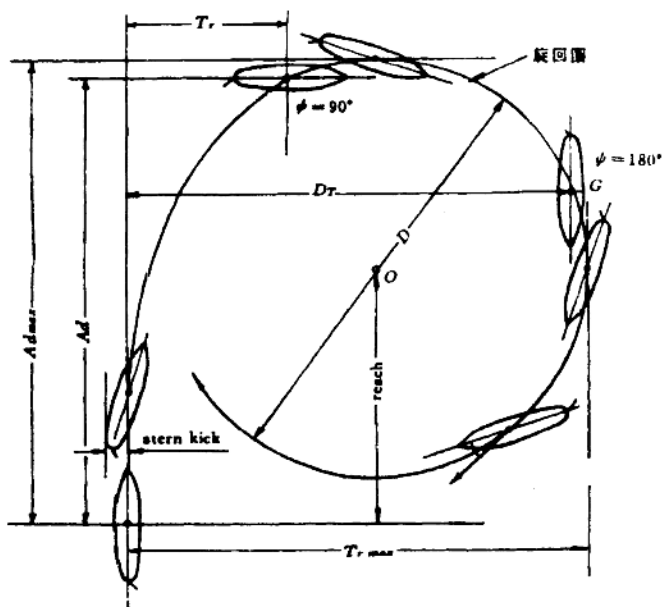


图 1-2 旋回圈的尺度与名称

亦称心距。正常旋回时,船舶旋回直径的中心 O 总较操舵时船舶重心位置更偏于前方。滞距是该中心 O 的纵距,并以 R_e 代表之,大约为 1~2 倍船长,它表示操舵后到船舶进入旋回的“滞后距离”,也是衡量船舶舵效的标准之一。

6) 反移量(kick)

反移量亦称偏距,是指船舶重心在旋回初始阶段向操舵相反一舷横移的距离。通常,该值极小,其最大量在满载旋回时仅为船长的 1% 左右。但操船中应注意的是,船尾的反移量却不容忽视,其最大量约为船长的 1/5~1/10,约出现在操舵后船舶的转头角达一个罗经点左右的时刻。反移量的大小与船速、舵角、操舵速度、排水状态及船型等因素有关,船速、舵角越大,反移量越大。

上述六个尺度,各从不同的角度在实际上规定着旋回圈的形状及大小。在航海实践中,旋回圈的大小常常用其旋回初径 D_r 表示。有的也采用其旋回初径与其船长 L (一般为两柱间长) 的比值 D_r/L 来表示,称为相对旋回初径。

2. 描述船舶旋回运动状态的运动要素

表征船舶旋回运动状态的运动要素主要有漂角、转心及其位置、旋回中的降速和旋回中的横倾等,它们与船舶的旋回性能有着密切的关系。

1) 漂角(drift angle)

船舶首尾线上某一点的线速度与船舶首尾面的交角叫做漂角,如图 1-3 所示。船舶在首尾线上不同点的漂角是不同的,在船尾处,由于其横移速度最大,因此漂角也最大。但通常所说的漂角是指船舶重心处的线速度 v_r 与船舶首尾面的交角,也就是船首向与重心 G 点处旋回圈切线方向的夹角,用 β 表示之。一般船舶的漂角大约在 $3^\circ \sim 15^\circ$ 之间。

漂角越大的船舶,其旋回性越好,旋回直径也越小。超大型船舶较一般货船的方形系数值

较高,长宽比较低,有着较好的旋回性,它在定常旋回中的漂角也较大,最大可达到 20° 左右。

2) 转心 (pivoting point) 及其位置

旋回中的船舶可视为一方面船舶以一定的速度前进,同时绕通过某一点的竖轴而旋转的运动的叠加,这一点就是转心,通常以 P 代表之。从几何学上讲,转心 P 的位置是旋回圈的曲率中心 O 作船舶首尾面的垂线的垂足。在转心处,横移速度及漂角均为零,因而该点处的线速度方向与首尾线方向一致;船舶首尾面上转心前后的横移速度方向相反。船舶操舵旋回时,在旋回的初始阶段,转心约在重心稍前处,以后随船舶旋回不断加快,转心随着旋回中的漂角的增大而逐渐向船首方向移动;当船舶

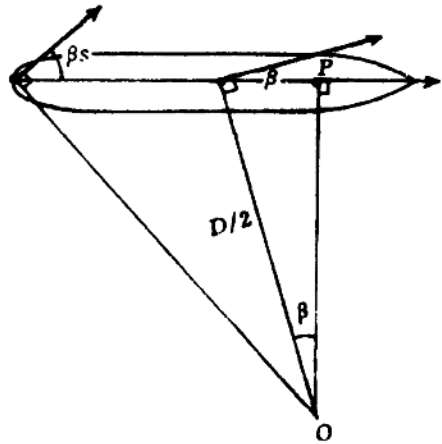


图 1-3 船舶首尾面上各点的漂角

进入定常旋回阶段即船舶旋回中的漂角保持不变时,转心 P 逐渐稳定于某一点,对于不同船舶,该点的位置大约在离船首柱后 $1/3 \sim 1/5$ 船长处;船处于后退中,转心位置则在船尾附近。

对于不同船舶而言,旋回性能越好、旋回中漂角 β 越大的船舶,其旋回时的转心越靠近船首。

3) 旋回中的降速

船舶在旋回中,主要由于船体斜航(存在漂角)时阻力增加,以及舵阻力增加和推进效率降低等原因,将会出现降速现象。一般从操舵开始到船首转过 90° 左右船舶进入定常旋回后,速度不再下降。减速的幅度与旋回初径 D_T 与船长 L 的比值有密切的关系, D_T/L 值越小,旋回性越好,减速越显著。图 1-4 是定常旋回时的船速 (turning speed) 与操舵前的船速 (approach speed) 的比值随相对旋回初径而变化的情况。一般船舶旋回中的降速幅度大约为旋回操舵前船舶速度的 $25\% \sim 50\%$, 而旋回性能很好的超大型油船在旋回中的降速幅度最大可达到原航速的 65% 。

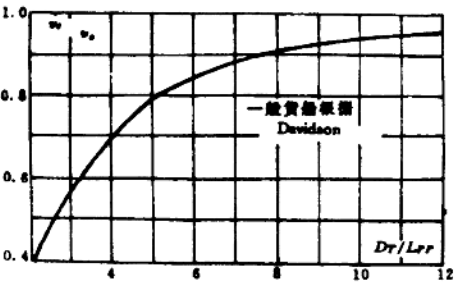


图 1-4 船舶旋回中的降速情况

4) 旋回中船舶出现的横倾 (list)

船舶操舵不久,将因舵力横倾力矩而出现少量内倾;接着由于船舶旋回惯性离心力矩的作用,内倾将变为外倾,并且因横向摇摆惯性的存在将产生最大的外倾角 θ_{max} , 最大外倾角一般为定常外倾角的 $1.2 \sim 1.5$ 倍, θ_{max} 的大小与操舵时间有关,操舵时间越短, θ_{max} 越大。达到最大外倾角后,船舶经过 $1 \sim 2$ 次摇摆,最后稳定于某一定常外倾角 θ 上。图 1-5 是旋回中船舶发生横倾的模式。

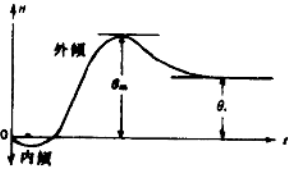


图 1-5 旋回中船舶发生横倾的模式

船舶旋回中定常外倾角 θ 的大小与船速、所操的舵角、船舶的旋回性能和船舶的初稳性高度 GM 等有关,船速越高,船舶的旋回直径越小,船舶的初稳性高度越低,定常外倾角 θ 越大。一般货船满舵旋回时的外倾在静水中可达 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 左右。然而,恢复力矩较小的船舶高速航进中操大舵角时,将会产生较大横倾,船速

大于 30 kn 的高速船,定常外倾角可达 $12^{\circ}\sim 14^{\circ}$ 。

旋回中船舶出现的横倾是一个应予注意的不安全因素。船舶在大风浪中大角度转向或掉头时,如船舶在波浪中横摇的相位与旋回中外倾角的相位一致,则船舶将有倾覆的危险,这是操船中应予避免的一个重要问题。另外值得注意的是,由于舵力所产生的内倾力矩有利于抑制船舶的外倾角,因此当船舶在旋回中一旦产生较大的外倾角时,切忌急速回舵或操相反舷舵,否则会进一步增大外倾角,威胁船舶的安全。

5) 旋回时间

旋回时间是指船舶旋回 360° 所需的时间。它与船舶的排水量有密切关系,排水量大,旋回时间增加。万吨级船舶快速满舵旋回一周约需 6 min,而超大型船舶的旋回时间则几乎要增加一倍。

三、影响旋回圈大小的因素

旋回圈的大小与船型、舵面积、所操舵角、操舵时间、载态、水深、船速、船舶的纵倾和横倾、螺旋桨转速等密切相关。另外,受风、流的影响,旋回圈的大小也有很大变化。这里将仅仅讨论无风流等外力作用的情况下影响旋回初径、进距、横距的主要因素。

1. 方形系数 C_b (block coefficient)

如图 1—6 所示,方形系数较低的瘦形高速船 ($C_b \approx 0.6$) 较方形系数较高的肥形船 ($C_b \approx 0.8$) 的旋回性能差得多,即船舶的方形系数越大,船舶的旋回性越好,旋回圈越小。

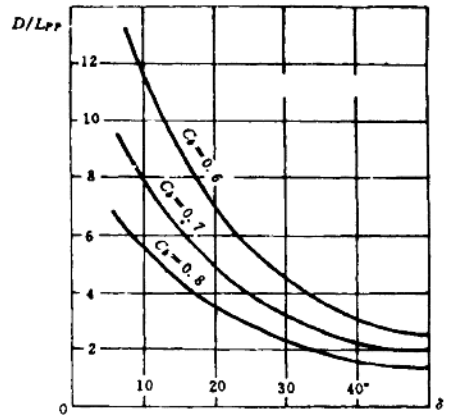


图 1—6 方形系数对旋回初径的影响

2. 船体水线下侧面积形状及分布

就整体而言,船首部分分布面积较大如有球鼻首者或船尾比较瘦削的船舶,旋回中的阻尼力矩小,旋回性较好,旋回圈较小,但航向稳定性较差;而船尾部分分布面积较大者如船尾有钝材或船首比较削进 (cut up) 的船舶,旋回中的阻尼力矩比较大,旋回性较差,旋回圈较大,但航向稳定性较好。

3. 舵角

在极限舵角的范围之内,操不同舵角时的旋回初径变化情况,总的趋势是,随着舵角的减小,旋回初径将会急剧增加,当然旋回时间也将增加,并且对于不同的船舶,随着舵角的减小,旋回初径的增加率是不一样的,其中舵的高宽比小的船舶,其旋回初径的增加率较大。

4. 操舵时间

操舵时间主要对船舶的进距影响较大,进距随操舵时间的增加而增加,而对横距和旋回初径的影响不大,旋回直径则不受其影响。

5. 舵面积比

舵面积比 (rudder area ratio) 是指舵面积与船体浸水侧面积 ($L_{pp} \times d$) 的比值。增加舵面积将会使舵的转船力矩增大,因而提高船舶的旋回性,旋回圈变小。但增加舵面积的同时又增加了旋回阻尼力矩,当舵面积超过一定值后,旋回性就不能提高。也就是说,就一定船型的船舶而言,舵面积比的大小在降低旋回初径方面存在一个最佳值。各类船舶因其实际使用目的不同,

对船舶应具备的旋回性在要求上也各不相同,它们有各自最佳的舵面积比。因为拖船和渔船需要优良的操纵性,所以舵面积比较大。拖船为 $1/20 \sim 1/25$,渔船为 $1/30 \sim 1/40$;高速货船旋回性较差,为弥补其不足,须有较大的舵面积比,为 $1/35 \sim 1/40$;大型油船由于具有易于旋回的肥胖船型,用不着很大的舵面积比,一般仅为 $1/65 \sim 1/75$;一般货船为 $1/45 \sim 1/60$ 。

6. 船速

一般说来,船速对船舶旋回所需时间的长短具有明显的影响,但对旋回初径大小的影响却呈现较为复杂的情况。

在一般商船速度范围内,傅汝德数 F_r 多处于 0.3 以下。在这种条件下,因为船舶在旋回中所受到的舵力转船力矩、旋回阻矩等,均略与船速的平方成正比,所以船速对旋回初径表现不出什么影响。然而,当船速低至某一程度,船舶旋回初径将有逐渐增大的趋势。这是由于低速状态下舵力转船力矩明显减小、旋回性明显变差而造成的。另外,主机的使用方式对船舶旋回初径的大小有着明显的影响,如图 1—7 所示。该图中,通常情况下的正常旋回圈,即前进三右满舵时是位于中间的旋回圈;如在用右满舵同时停车进行旋回即减速旋回时,由于螺旋桨排出流消失,舵力大大降低,旋回圈将大大扩大,如图中较上面的旋回圈所示,

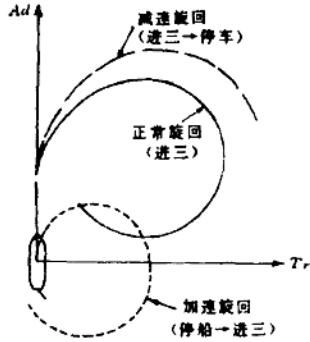


图 1—7 减速旋回与加速旋回

进距和横距将同时增大;相反,旋回之前尽量减低船速,使船舶从船速极低状态开始,在操右满舵同时开出高的主机转速进行旋回即加速旋回时,在船舶尚未来得及具备前进速度之前,由于螺旋桨排出流对舵的有力冲击,舵力已得到很大增强,旋回圈将因而受到压缩,同时旋回圈中心也将落在旋回前的船舶正横之后。

7. 吃水

一般船舶均有舵面积比随吃水增加而降低的趋势,这将导致相应于舵力的旋回阻矩增大,而舵力转船力矩减少,而且,随着吃水的增加,船舶通过重心 G 点竖轴的转动惯量增加,初始旋回大大减慢。因此,若纵倾状态相同,吃水增加时,旋回进距增大,横距和旋回初径也将有所增加。

8. 吃水差

有吃水差和平吃水相比较,相当于较大程度地改变了船舶水线下船体侧面积的分布状态,因而对船舶旋回性能带来明显的影响。尾倾增大,旋回圈也将增大。对于 $C_b = 0.8$ 的船舶,若尾倾增大量为船长的 1%,旋回初径将可增加 10% 左右;对于 $C_b = 0.6$ 的船舶,若尾倾增大量为船长的 1%,旋回初径将可增加 3% 左右。这也说明方形系数越大的船舶,当尾倾增加时,旋回初径增加得越多。

实际上,满载和轻载时的纵倾状态是很难相同的。通常在满载状态下尾纵倾比较小,而在轻载状态下则有相当大的尾倾。轻载时的吃水较浅,尽管此时的舵面积比有所增大,而转动惯量较小,使船舶的旋回圈变小。但因为尾倾较大,所以旋回圈又有增大的趋势。总的看来,空载与满载时的旋回初径及横距相差无几,只是满载时旋回的进距较轻载时大一些。

9. 横倾

船体存在横倾时,左右浸水面积不同,两侧所受的水动压力也不相同,改变了左右舷各种作用力的对称性。由于横倾,水作用力中心向低舷侧横移一段距离,与螺旋桨推力作用线不在