

风流条件下大型船舶掉头时拖船位置的配置

叶书正

(上海港引航站, 上海 200436)

摘要: 运动中的船舶掉头转向态势取决于船体所受各种力的合力的大小、方向及该力的作用点距转心沿首尾方向的水平距离, 其主要有车舵转向力、拖锚产生的拉力、风动力转船力、水动力转船力及各种阻力, 船舶掉头中拖船位置的配置仅从力的分析来看应遵循提升转船力矩同时降低阻力矩的原则, 从而产生最佳的转船效果, 快速高效完成掉头。

关键词: 风动力转船力矩; 水动力转船力矩; 转船合力矩

中图分类号: U675 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0096—03

上海港外港码头大都是沿长江南岸依江而建, 船舶乘潮自东向西进港, 航行至码头沿岸航道靠泊时需要掉头, 形成顶流右舷靠泊态势。伴随着航运业的飞速发展, 船舶的大型化持续推进, 故大型船舶尤其是大型集装箱码头前的掉头靠泊便成了我们必须面对的课题。

1 船舶掉头操作面临的困难

由于在一段时间内集中了大量的船舶利用涨潮靠离泊及进出口, 造成这段时间内外港航道异常繁忙, 拖船资源紧张, 很多时候进口大船航行至码头前沿航道处想要掉头, 却没有或仅有一艘拖船协助, 这就对我们的掉头操纵提出了更高要求。大型重载船进口, 尤其是在冬季常有偏北大风影响时(上海港夏季最常见的东南风是有利于前进中的船舶向左掉头的, 在此不再赘述), 在相对受限的水域和时间内仅靠自力完成掉头就变得特别困难, 此时不得不依靠拖船来协助完成, 而拖船及其位置的配置是否合理, 将直接影响到掉头的效果, 甚至决定其成败。

2 风流中影响船舶掉头的力的分析

船舶顺流掉头, 风流作用于船体的力和船舶对水的运动状态决定了拖船的配置方式, 上海港冬季多偏北大风, 对船舶向左掉头时的影响较大(首驾驶船另论), 尤其是在强西北风天气下, 如图 1 所示, 前进中船舶转向时受到的转船合力矩 $N_{\text{合}}$ 为:

$$N_{\text{合}} = N_{\text{船}} + N_{\text{拖}} - N_{\text{W}} - N_{\text{A}} \quad N_{\text{W}} = F_{\text{W}2} \times L_{\text{W}2} - F_{\text{W}1} \times L_{\text{W}1}$$

$$N_{\text{A}} = F_{\text{A}2} \times L_{\text{A}2} - F_{\text{A}1} \times L_{\text{A}1} \quad (1)$$

$$\text{水动力压力: } F_{\text{W}} = \frac{\rho_{\text{W}}}{2} \times C_{\text{W}} \times A_{\text{W}} \times V_{\text{W}}^2$$

$$\text{风动力压力: } F_{\text{A}} = \frac{\rho_{\text{A}}}{2} \times C_{\text{A}} \times (A_{\text{A}} \cos^2 \theta + B_{\text{A}} \sin^2 \theta) \times V_{\text{A}}^2$$

θ 为风舷角; A_{W} 为船舶水下侧投影面积; A_{A} 、 B_{A} 分别为水线上正投影面积和侧投影面积; V_{W} 为船舶对水速度在正横方向上的分量, 故 $V_{\text{W}} = V_{\text{s}} \times \sin \alpha$, 其中 α 为漂角; V_{A} 为视风速; C_{W} 为水动力系数; C_{A} 为风动力系数。

因此, 水动力转船合力矩 N_{W} 为:

$$N_{\text{W}} = \frac{\rho_{\text{W}}}{2} \times C_{\text{W}} \times A_{\text{W}2} \times (V_{\text{s}} \sin \alpha)^2 \times L_{\text{W}2} - \frac{\rho_{\text{W}}}{2} \times C_{\text{W}} \times A_{\text{W}1} \times (V_{\text{s}} \sin \alpha)^2 \times L_{\text{W}1} = \frac{\rho_{\text{W}}}{2} \times C_{\text{W}} \times V_{\text{s}}^2 \times \sin^2 \alpha \times (A_{\text{W}2} - A_{\text{W}1}) \times (L_{\text{W}2} - L_{\text{W}1}) \quad (2)$$

$A_{\text{W}1}$ 、 $A_{\text{W}2}$ 分别为转心前后水下侧面积投影, $L_{\text{W}1}$ 、 $L_{\text{W}2}$ 分别为转心前后水下侧面积几何中心至转心沿首尾方向的水平距离, 即水动力转船力臂。

由于船舶正背面受风对船舶旋回时的影响远小于侧面, 故通常只考虑侧面受风影响, 则风动力转船合力矩 N_{A} 为:

$$N_{\text{A}} = \frac{\rho_{\text{A}}}{2} \times C_{\text{A}} \times B_{\text{A}}^2 \sin^2 \theta \times V_{\text{A}}^2 \times L_{\text{A}2} - \frac{\rho_{\text{A}}}{2} \times C_{\text{A}} \times B_{\text{A}1}^2 \sin^2 \theta \times V_{\text{A}}^2 \times L_{\text{A}1} = \frac{\rho_{\text{A}}}{2} \times C_{\text{A}} \times (B_{\text{A}2} - B_{\text{A}1}) \sin^2 \theta \times V_{\text{A}}^2 \times (L_{\text{A}2} - L_{\text{A}1}) \quad (3)$$

$B_{\text{A}1}$ 、 $B_{\text{A}2}$ 分别为转心前后水上侧面积投影; $L_{\text{A}1}$ 、 $L_{\text{A}2}$ 分别为转心前后水上侧面积几何中心至转心处沿首尾方向的水平距离, 即风动力转船力臂。

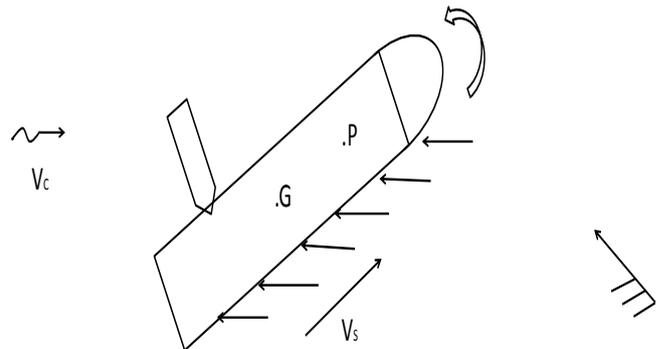


图 1 前进中船舶转向

3 顺流向左掉头时拖船位置配置的建议

以下就船舶对水运动状态的三种情况分别说明顺流掉头时拖船位置的配置, 充分了解风流产生的转船力矩对船舶旋回的影响, 将帮助我们迅速高效地完成掉头。

3.1 当船舶的初始速度大于流速

当船舶的初始速度大于流速, 如图 2 所示, 船舶对水有向前的速度, 船速为航速与流速的差(假设流来自正后方), 前进中的船舶一旦发生偏转, 此时船体受到的合力为公式(1), 根据操纵理论, 转心逐渐前移, 定常旋回时处于船首 $\frac{1}{3} - \frac{1}{5}$ 船长处, 此时利用车舵使船舶转向较为有效, 由于舵力的作用点在舵面的几何中心处, 距船舶转心大于船长的一半, 这就是舵力的转船力臂, 从而形成强大的转船力矩, 转船效果比较明显。当仅有一艘拖船协助掉头, 应优先配置于左舷船尾进行顶推。从力的分析看, 船舶转心靠前, 左舷船尾顶推,

力臂较长,形成的转船力矩更大,与船舶自身车舵产生的转船力矩叠加,共同作用,使得船舶向左转向。随着船舶转过一定角度后,漂角的出现使得船舶右舷受流,形成的水动力转船合力矩 N_w ,该合力矩为转心前后船体水下侧面积分别形成的水动力转船力矩差,转心前的转船力矩有助于船舶向左转向,转心后的则起阻碍作用,由于转心靠近船首,转心后的水动力转船力矩大于转心前的,其合力矩会阻碍船舶的偏转,但船舶前进时船首受到水流的附加惯性大于船尾,故这种阻碍船舶转向的力并不明显,在漂角较小时水动力转船力矩中心甚至可能在转心前。此时船舶在舵力、拖船推力、水动力和风动力形成的合力矩下开始向左偏转,初始阶段,由于漂角和风压角较小,水动力和风动力转船力矩都不大,船舶会加速向左转向,但随着转头角度的增大,漂角和风压角同时增大,水动力和风动力转船力矩会不断增大,阻碍船舶转向的力会越来越大,尤其在强西北风中,当船舶转过 50-60 度时,阻碍船舶转向的风动力和水动力转船合力矩会达到最大值,在此影响下,船舶向左掉头可能会出现困难。根据水动力和风动力转船力矩公式(2)和(3)可以看出,阻碍船舶转向的力与本船所受的风舷角、漂角及相对风、流的速度有关,速度越大,阻力越大,出现这种情况时应及时降低船速,通常大型船舶掉头时对水速度不应超过 5 节,此时拖船更能发挥作用,同时大大降低风动压力和水动压力形成的转船力矩对船舶转向产生的不利影响。如大船降速较慢,船舶转向仍困难,应及时抛下左锚,具体可根据船速快慢作出判断,通常以 1.5 节锚链入水能有效降低船速为宜,此情况下,船舶转心进一步前移至锚链孔附近处,当船首对地速度接近零,船身对水速度大为降低,最终会低于流速,此时形成船体左舷侧受流,水动力产生的转船力矩则有助于船舶的向左转向,即: $N_{合} = N_{船} + N_{拖} + N_w - N_A$ 。由于船速降低和转头角的进一步增大,风动力形成的阻碍船舶转向的转船力矩会越来越小,大船会在转船合力矩的作用下加速向左掉头。

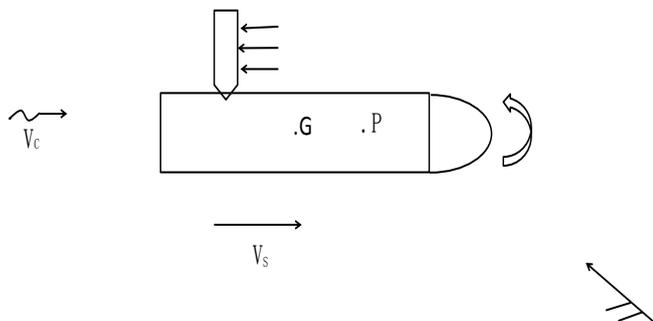


图2 船舶的初始速度大于流速时拖船位置配置

相反,如将拖船配置在右舷船首,在转船初始阶段,由于转心更靠近船首,拖船顶推位置距离转心较近,转船力臂较短,形成的转船力矩也更小。此外,拖轮顶推时通常垂直于船首尾线,由于船舶对水有相当的前进速度,流作用在拖船船体上的水动压力会通过拖船传递到大船上,相当于加大了船首右侧的体积,从而对船舶的向左转向形成明显阻碍。

但当船舶转过近 90 度后,如船舶横移速度仍大于流速而首尾方向速度较小时,船舶的转心会发生后移,将拖船配置于右舷船头顶推,会使转心进一步后移至重心后,此时由于船体右舷受流,转心前的船体水下侧面积大于转心后,则产生的水动力转船力矩会加速船舶的转向,与拖轮顶推形成的转船力矩叠加,共同推动大船向左掉头。同时,船舶顺流向左掉头时,将拖船置于右舷船头顶推,如初始速度控制得当,能大大减小旋回直径,在掉头水域受限时则更为适用。

如有两艘拖船协助,一般情况下大马力拖船置于左舷船尾,马力偏小的配置在右舷船头,在掉头过程中如发生转向困难,应及时降低船速,必要时可把船停住,切不可盲目加车转向,尤其是满载超大型集装箱船,由于主机功率大,进车时船速上升快,在转头角速度较小的情况下,会有冲撞码头的危险。强北风天气下,如果降低船速后掉头依然困难,应立即抛下左锚,同时可让右舷船首拖船移至左舷船尾,两艘拖轮共同顶推左舷船尾,与船体左侧受到的水动压力共同作用,完成掉头,在船头转过 90 度附近时可适时作舵进车,加速旋回;当没有拖船协助掉头时(少数情况下也会发生,恶劣天气下避免操作),应极其谨慎操作,船舶初始速度的控制尤为重要,从而为掉头时获得足够的车舵转船力矩奠定基础,转头困难时,果断抛下左锚,此时松出锚链应适当长些,甚至可将船头固定住,让转心前移至锚链孔附近,当船体左舷受到涨流作用,形成的水动力转船力矩将帮助船舶继续转向,同时控制好船速及与码头的横距,谨慎用车,并及时联系拖轮协助。

3.2 当船舶掉头初始速度对水为零

船舶掉头初始速度对水为零,此时航速即为流速,船舶转心靠近重心处,不考虑风的情况下,理论上仅有一艘拖船协助向左掉头,拖船配置在左舷船尾和右舷船首相差不大,但考虑到大多数情况下船舶转向掉头时会进车作舵,从而形成前向对水速度,船舶转心仍会逐渐前移,如掉头水域足够,应优先考虑将拖船配置于左舷船头顶推,与车舵的转船力矩相互叠加,共同推动船舶完成向左掉头。实际情况要考虑本船船位和掉头水域的情况,如掉头水域受限或离码头横距过近,此时将拖船置于右舷船头顶推则更为合适,这样可在相对较小的水域内完成掉头,同时在船首转过一定角度后,如船舶对水前进速度仍为零或在拖轮作用下稍稍后退,此时转心会后移至重心后,由于拥有更长力臂,顶推右舷船头会更有效,且随着拖船的持续作用,船舶的横移速度也会降低,当低于流速时,就形成左舷受流态势,在拖船和涨流的共同作用下,能在较小的水域内完成掉头,但当本船掉头初始位置在进口航道中离码头横距过大时,应谨防船首转至 90 度时船身长时间横在航道中,给他船的航行造成太大影响,此时应及时开车,尽快驶离航道;当有两艘拖船协助掉头时,则马力较大的置于左舷船尾,较小的置于右舷船头,由于无对水速度,通常在车舵和拖轮的配合下会较为顺利地完成掉头;

舟山老塘山港区船舶引航与节能环保探讨

韩开波

(舟山引航站, 浙江 舟山 316000)

摘要: 近年来国家大力提倡节能与环保。船舶航行产生的油耗与排放受顺流、逆流影响较大。基于舟山老塘山港区的特点, 为了港域环境的改善, 应尽力做到每一进口船舶都尽可能顺流进港。笔者对所能达到这一目标结合引航实际提出一些解决方法。

关键词: 船舶; 航行; 逆流; 顺流; 引航; 节能; 环保

中图分类号: U675 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0098—03

随着港口经济的快速发展, 舟山老塘山港区近年的发展更是突飞猛进, 到港船舶不断增加, 但是随之而来的空气质量不断下降。引航员作为港口经济发展的直接参与者, 为所在港口水域节能、环保做贡献也是有直接的责任。引领船舶顺流进口相比较逆流进口可以减少船舶的油耗, 从而直接减少了船舶的废气排放对环境的污染。现阶段老塘山港区内没有专用的锚地供外轮待泊抛锚, 造成顺流进口船提前到但没泊位直接靠泊, 只能去金塘东抛锚待泊。基于老塘山港区外的野鸭山锚地水域开阔, 水深条件好, 气象条件有利, 非常适宜设置若干锚位来解决进口船舶的待泊问题。

1 老塘山港区概况

老塘山港区是舟山港域最大的对外开放公用性综合港区, 位于定海西南方向, 就是 $121^{\circ} 58.8' E$ 、 $30^{\circ} 02.9' N$, 距离定海市区 9 公里。老塘山港区共有一期、二期、三期、五

期四个码头。

一期码头概况: 码头长度 190 米, 码头前沿水深 10.5 米, 靠泊能力 15000 吨级, 装卸货种以件杂货为主。

二期码头概况: 码头长度 223 米, 码头前沿水深 11.5 米, 靠泊能力 25000 吨级, 以煤炭、矿砂为主。

三期码头概况: 分 1 号和 2 号 2 个泊位, 码头长度共 516 米, 适合同时靠泊 2 条巴拿马型船舶, 码头前沿水深 15 米, 靠泊能力 5 万吨级, 兼靠 8 万吨级, 主要以卸大豆、小麦、矿砂为主。

五期码头概况: 1 号泊位长度 370 米, 2 号泊位长度 510 米, 2 个泊位适合靠泊海岬型散货船, 码头前沿水深 19.1 米, 靠泊能力 15 万吨级, 兼靠 20 万吨级, 主要以卸矿砂为主。

宁波舟山港货物吞吐量已连续几年超过 10 亿吨, 其中舟山老塘山港区作为长三角和长江沿岸大宗散货水水中转的支点被放在更加突出的位置。据统计, 2017 年经虾峙门进口靠

无拖船协助的掉头操作也应非常小心, 具体操作与顺流时相似, 强西北风天气下转向困难时应抛下左锚控制好船位, 并等待拖轮的协助, 谨慎靠加车增加舵效来增大转船力, 切莫强行操作形成危险局面。

3.3 当船舶掉头初始速度小于流速

船舶掉头初始速度小于流速, 此种情况不太常见, 通常只有在出口船密度很大, 需要长时间等待寻找掉头机会时, 预先将船倒停(对地停止, 对水有后退速度)。如有一艘拖轮协助, 此时由于船舶对水后退, 船舶转心靠后, 将拖船置于右舷船头顶推可获得较长力臂, 形成更大转船力矩, 当船首转过一定角度后, 船体左舷受流, 转头角度较小时水动力转船力矩会阻碍船舶转头, 此时可适当进车作左满舵, 克服船舶对水后退的同时获得较大的车舵转船力矩, 随着转头角度的增大和持续用车, 对水船速接近零或稍稍向前时, 转心会逐渐前移, 此时水动力和车舵转船力会获得更大的力臂, 但拖船顶推右舷船头的效果也会逐渐降低, 故操作中应予以关注, 谨防船速上升过快造成危险; 当有两艘拖轮协助时, 大马力拖船优先配置右舷船头, 小马力的置于左舷船尾, 适时通过进车作舵, 会相对容易地完成掉头; 在没有拖船的情

况下, 应充分利用车舵和水动力转船力矩, 具体操作与顺流和无流时相似, 但也应防止开车时间过长导致船速过快而形成较大的风动和水动压力阻碍船舶转向, 同时选择好时机, 争取一次完成。转向困难时应抛下左锚, 让转心前移, 以获得最大的水动力臂和车舵转船力臂, 从而形成最有效的转船合力矩来完成掉头。

4 结语

以上是本人对上海港大型船舶最常见掉头靠泊时拖船位置配置的一些思考与认识, 随着进出上海港船舶的大型化、多样化, 超大型集装箱船、大型邮轮、VLCC 及大型矿船等在转向掉头时往往会呈现不同的特征, 同时考虑到船舶上下风舷风浪的差异, 拖船所能给出的有效功率也会相差很大, 这就要求我们必须做到随机应变, 理论联系实际, 在实践中不断积累经验, 通过持续的学习与总结, 提高操船技能。

参考文献:

[1] 赵月林.《船舶操纵》[M]. 大连海事大学出版社, 2000.