

# 拖带大型无动力船舶通过苏通大桥的 风险与防范对策研究

鲍宏杨

(南通航运职业技术学院 航海系, 江苏 南通 226010)

**摘 要:**针对苏通大桥桥区水域通航环境复杂、拖带大型无动力船舶操纵性能受限的特点,文章分析了拖带大型无动力船舶通过苏通大桥时的通航风险及原因,并提出了相应的防范对策,以确保拖航编队通过苏通大桥时的安全。

**关键词:**大型无动力船舶;拖带;苏通大桥;风险;对策

**中图分类号:**U676.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-9891(2016)04-0026-05

## 0 引言

大型无动力船舶在桥区水域的拖带事关海事安全,必须对拖带方案进行慎重研究。苏通大桥桥区水域通航环境非常复杂,拖带大型无动力船舶通过苏通大桥往往存在诸多风险因素。在拖航作业过程中,任何疏忽都可能造成拖航编队的海事事故,还可能危及苏通大桥及过往船舶的安全,影响长江航路的正常通行。因此,拖带大型无动力船舶通过苏通大桥,必须充分考虑存在的各种风险及影响因素,采取一系列预防性应对策略,确保船舶通过苏通大桥的安全。

## 1 苏通大桥桥区水域通航环境

### 1.1 苏通大桥桥区水域特点

苏通大桥桥区水域通航环境复杂,具有三个特点:第一,船舶交通流密集,高峰流特征明显,船舶高峰流时船舶之间间距小,可操作范围有限;第二,大桥位于长江通州沙水道和白茆沙水道交接水域,是出江入海的咽喉要道,桥区上下游汇集 7 个航路和多个船舶集散地,船舶交通流复杂;第三,桥区水域属于半日潮河段,最大潮差 5.6m,流速较上下游江面明显增加,流向呈“S”形。<sup>[1]</sup>

### 1.2 苏通大桥桥区水域净空尺度

苏通大桥设置主通航孔和专用航道通航孔,其余桥孔为非通航孔。主跨为主航道通航孔,主通航孔布置深水航道和上、下行推荐航路;主通航孔通航净空宽度为 890 米,通航净空高度为 62 米。常熟港专用航道通航孔布置双向分道通航航道;常熟港专用航道通航孔通航净空宽度为 220 米,通航净空高度为 39 米。设计最高通航水位 4.30 米,设计最低通航水位-1.46 米(黄海高程)。

### 1.3 苏通大桥桥区水域航标设置

为保证苏通大桥及附近水域的通航安全,在大桥及附近水域设有导助航标志,具体包括:主通航孔上方设桥涵标,设置在主通航孔桥桁中心线左右各 150m 迎船面上;桥区水域设置 12 座浮标分别为苏桥 #1-苏桥 #6 红浮、苏桥 #1-苏桥 #6 黑浮;大桥上、下游两侧水域还设有苏专 #1-苏专 #9 专用浮;大桥专用航道通航孔桥梁迎船面设有桥涵标,并设有 6 个浮标。

### 1.4 长江南通段水上交通管理系统

南通船舶交通管理系统(VTS)为“五站一中心”配布,分别为南通 VTS 中心、浏家港雷达站、海门雷达站、白茆雷达站、黄泥山雷达站和开沙雷达站,另在海门雷达站设置 VHF 中继站和 AIS 基站各一座,主要监控水

收稿日期:2016-09-20

作者简介:鲍宏杨(1979—),男,湖北麻城人,南通航运职业技术学院航海系讲师,硕士。

域为长江 #1 浮至 #36 浮水域船舶航行、停泊、作业情况。长江江苏段 06 频道为船舶航行通话频道, 69 频道为公共信息和船舶值守频道; 长江 #1 浮—#32 浮船舶报告使用 VHF 11 频道(苏通大桥以上水域)、VHF 10 频道(苏通大桥以下水域)。船位核对点为: 长江 #15 浮(上行)、长江 #32 浮(下行)。

## 2 大型无动力船舶拖带操纵特点

大型无动力船舶在拖带作业时, 需考虑其操纵特点。首先, 大型无动力船舶通常尺度比较大, 水线面以上受风面积也大, 受外界环境的影响也很大, 容易产生偏转、漂移现象。第二, 大型无动力船舶比拖轮船体高大得多, 容易对拖轮的视觉瞭望和雷达瞭望产生一些负面影响, 对拖轮上助航设备的使用性能也可能会带来一些负面影响。第三, 拖航编队尺度较大, 船队应舵能力、航向稳定性较差, 转向、避让操纵比较困难, 由于拖航编队转动惯量大, 转向时忌用急舵。<sup>[2]</sup>第四, 拖航过程中, 由于风浪大、拖速不当、拖缆过长等原因, 被拖船容易产生偏荡, 从而增加拖带的难度, 甚至会导致断缆或加大与过往船舶发生碰撞的风险。第五, 大型无动力船舶在长江航道拖航过程中, 与过往船舶会遇局面往往会比较复杂, 操纵避让难度大。大型无动力船舶拖航团队往往拖航速度慢, 长江航道上同向的船舶容易与之产生追越的局面, 在风流作用下, 大型无动力船舶的航迹带会变大, 经常会占据分隔带甚至相反通航分道的情形, 经常与相反航道或分隔带内的来船形成对遇或交叉相遇的局面, 长江航道经常会有汽渡船、进出码头的船等船舶穿越航道, 大型无动力拖航编队容易与之形成交叉相遇局面。

## 3 拖带大型无动力船舶通过苏通大桥的通航风险分析

### 3.1 断缆的风险

首先, 外界环境骤变引起拖缆受力急剧变化可能导致断缆的风险。拖航作业过程中遭遇到的水文、气象情况是不断变化的, 甚至可能会出现短时大风、突然遇急流等极端情况, 导致拖航编队的总阻力产生急剧变化, 拖缆受到急顿可能产生断缆, 或者拖航编队总阻力增大到接近或超过拖缆的安全强度时就可能产生断缆的风险。第二, 拖航编队在遭遇大风浪时产生颠簸可能导致断缆的风险。第三, 在航行和避让过程中, 拖航编队的机动使得拖缆瞬间受力产生异常, 也可能出现断缆的风险。第四, 航经水域水密度的变化以及航行中出现的浅水效应, 可能会使得船体吃水、纵倾发生变化, 致使拖航编队阻力改变, 达到一定程度时可能导致断缆的风险。最后, 拖带作业过程中拖缆磨损会使得拖缆的安全强度降低, 达到一定的程度可能导致断缆的风险。

### 3.2 航道宽度不足产生的通航风险

大型船舶在拖航过程中, 由于船体尺度较大, 受风流的影响会比较大, 可能使得拖航编队航迹带宽度异常增大。对有效航道宽度的要求变高了, 可能会出现航道宽度不足的情况, 在拖航过程中需占用分隔带甚至占用相反通航分道, 对航道通行产生较大的碍航性, 甚至导致碰撞船、桥的通航风险或者搁浅的风险。

### 3.3 与其他船舶产生碰撞的风险

首先, 大型船舶拖航编队航速比较慢, 易与沿通航分道同向行驶的船舶构成追越局面, 且追越船的追越难度大, 船舶追越过程中易发生船舶间相互吸引、排斥、转头等船间效应而可能造成碰撞事故。其次, 大型船舶拖航编队在拖航中与他船对遇或追越的间距均不大, 拖航编队尺度大、船速慢、保向与改向操纵困难、变速能力差、避让的操作难度大, 需要过往航行船舶主动避让, 而过往的他船对航速、航向、船位控制不好的话, 容易引发碰撞事故。第三, 在苏通大桥桥区水域通航密度大、会遇局面复杂, 大型船舶本身尺寸较大, 加之航速、风流的影响使航迹带宽度增大, 引起航道宽度不足、需要占用分隔带或相反的通航分道, 拖航编队与过往船舶会遇局面更为复杂, 在瞭望或采取操纵行动时稍有不慎, 极易造成与他船碰撞的事故。

### 3.4 碰撞大桥的风险

首先, 苏通大桥主通航孔通航净空高度为 62 米。拖航编队如果对潮汐、吃水控制不准确, 可能出现船体水面以上高度不能满足苏通大桥净空高度的要求, 从而导致船舶通过主通航孔时船体主桅碰撞苏通大桥。其次, 拖航编队受外界风流影响导致航道宽度不足, 需占用分隔带或相反航道, 如果船位控制不好, 或者与其他船舶会遇避让时采取行动不到位的话, 有可能导致船舶碰撞苏通大桥专用浮或直接碰撞桥墩的事故。第三, 船舶操纵不当, 如果外界风流作用过大, 有可能直接将拖航编队压向桥浮甚至是直接撞向苏通大桥桥

墩。

### 3.5 搁浅的风险

水密度变化、航速变化、风流变化以及浅水效应等均会引起船舶吃水与纵倾发生改变,可能导致富余水深不足,甚至产生搁浅的风险。同时,船位控制不当、避让操纵不当、外界风流的变化等均可能导致船舶偏离主航道,导致船舶搁浅的风险。

## 4 拖带大型船舶通过苏通大桥水域的对策

### 4.1 优化拖航作业方案

(1)拖轮的选配。拖航计划编制必须充分考虑拖航作业水域的气象水文条件,明确拖航作业的风级限制以及拖航速度,并对拖航时水文条件分析计算。另外,需对拖航阻力进行计算。根据中华人民共和国船舶检验局颁布的《海上拖航法定检验技术规则》和中国船级社《海上拖航指南(2011)》的有关规定和要求对拖航阻力进行估算,如式(1)、式(2)、式(3)、式(4)所示。<sup>[3]</sup>

$$\Sigma R = 0.7(R_f + R_b)R_a \quad (1)$$

$$R_a = 0.5\rho V_1^2 \Sigma C_s A_i 10^{-3} \quad (2)$$

$$R_f = 0.167A_1 V^{1.83} 10^{-3} \quad (3)$$

$$R_b = 0.147C_w A_2 V^{1.74+0.15v} \quad (4)$$

式中  $R_a$  为风阻力  $R_f$  为摩擦阻力  $R_b$  为剩余阻力  $\rho$  为空气密度,一般取  $1.22\text{kg/m}^3$ ;  $V_1$  为风速;  $V$  为拖航速度;  $C_s$  为形状系数;  $C_w$  为方形系数;  $A_i$  为船舶受风面积;  $A_1$  为船舶或水上建筑物的水下湿表面积;  $A_1 = L(1.7d + dB)\text{m}^2$ ;  $A_2$  为浸水部分的船中横剖面积。

结合确定的拖航作业风级限制、拖航速度以及航经水域的水文条件,根据式(1)–式(4)可计算出拖航编队的总阻力。最后,根据拖航编队的总阻力选配主拖轮,确保拖轮拖力满足拖航计划确定气象、水文条件下的拖航阻力,并留有余量,同时配备必要的协助拖轮以确保安全。

(2)拖航编队方案。首先,确定拖带方式。拖带大型无动力船舶通过苏通大桥,通常应选择组合拖曳的方式,主拖轮具有拖带分波能力强、防甲板上浪性能好、保向性较好的特点并置于被拖船船首;其他拖轮作为辅拖轮或伴航拖轮。第二,进行拖缆的选择。拖带大型无动力船舶通常应选择柔软而且强度大的钢丝绳,并备妥应急缆绳,确保缆绳的安全强度。缆绳的安全强度可以通过式(5)进行确定。<sup>[4]</sup>

$$T = \eta d^2 / N \quad (5)$$

式中  $T$  为安全强度;  $\eta$  为强度系数,钢丝绳取  $0.045$ ;  $d$  为钢丝绳直径;  $N$  为安全系数,海面平稳且短程拖带  $N$  取  $4$ ,远距离或有风浪时  $N$  取  $6\sim 8$ 。

第三,确定拖缆长度。拖缆长度  $s$  可以根据式(6)估算。

$$s = k(L_1 + L_2) \quad (6)$$

式中  $s$  为拖缆长度;  $k$  为系数,取值范围  $1.5\sim 2.0$ ,拖带速度高取大值;  $L_1$  为拖船的长度;  $L_2$  为被拖船的长度。

拖带大型无动力船舶通过苏通大桥时,为了抑制拖航编队产生的偏荡现象,应降低拖航速度、调整被拖船舶首尾吃水差,还应适当缩短拖缆长度,以策安全。

第四,选配拖轮驾驶员。拖轮尤其是主拖轮选配的驾驶员一定要非常熟悉拖航水域的情况,驾驶操纵技术娴熟,工作责任心与能力强,并且在拖航过程中,各拖轮之间应加强沟通与协作。

### 4.2 优选通过大桥时机

拖带大型无动力船舶通过苏通大桥的时机确定需要综合考虑自然环境情况、通航环境情况、交通环境情况、通航安全保障情况以及相关的管理规定等多种因素。其中自然环境的影响更具有不确定性,因此在决定通过苏通大桥时机时应特别予以关注,尤其应重点考虑以下因素。

(1)拖带大型无动力船舶通过苏通大桥的时机,必须能够确保拖轮系柱拖力完全满足克服拖航阻力并保持一定拖航速度的要求,前文已做阐述。



(2)拖带大型无动力船舶通过苏通大桥的时机,必须能够确保航道宽度适应拖航作业对航迹带和航道有效宽度的需要。根据《海港总体设计规范》的规定,航道的有效宽度 $W$ 和航迹带宽度 $A$ 可按式(7)、式(8)确定。<sup>[5]</sup>

$$W = A + 2C \quad (7)$$

$$A = n(L\sin\gamma + B) \quad (8)$$

式中: $W$ 为航道的有效宽度; $A$ 为航迹带宽度; $C$ 为船舶与航道底边的富裕宽度; $n$ 为船舶的漂移倍数; $L$ 为设计船长; $\gamma$ 为风流压偏角; $B$ 为设计船宽。

根据式(1)、(2)可知,在设计船长、设计船宽确定的情况下,航道的有效宽度取决于风流压差 $\gamma$ 、船舶的漂移倍数 $n$ 、船舶与航道底边的富裕宽度 $C$ ,而风流压差 $\gamma$ 、船舶的漂移倍数 $n$ 、船舶与航道底边的富裕宽度 $C$ 的选取主要决定于外界风、流以及船舶本身的航速。<sup>[6]</sup>

(3)拖带大型无动力船舶通过苏通大桥的时机,必须能够确保拖航编队既不会坐底,也不会导致主桅桅顶触碰大桥。为此,通过苏通大桥时的潮高、吃水必须满足两个不等式的条件,如式(9)、式(10)所示。<sup>[7]</sup>

$$H_M + \Delta H + H_t \leq H + S.R \quad (9)$$

$$H_{\max} + \Delta h \leq H_c + H_t \quad (10)$$

式中: $H_M$ 为主桅高; $\Delta H$ 为富余高度; $H_t$ 为潮高; $H$ 为净空高度; $S.R$ 为大潮升; $H_{\max}$ 为最大吃水; $\Delta h$ 为富余水深; $H_c$ 为海图水深。

#### 4.3 采取合理操纵避让行动

(1)应提前备妥所需设备和资料,熟悉苏通大桥水域的环境情况、航道情况、助航标志等,了解通过苏通大桥水域的航行规定和注意事项。

(2)接近苏通大桥之前再次确认外界气象水文情况、被拖船舶的吃水、拖船的操纵性能等情况,确保通过大桥的时机和船舶的操纵性能符合既定要求。

(3)航经苏通大桥附近水域,应始终保持全方位不间断的瞭望,并加派瞭望人员,强化瞭望的措施与行动,加强与过往船舶的联系与沟通,提醒往来船舶注意安全、及早避让;及时向海事部门报告动态,听取海事部门的航行指示。应及早采取操纵应对策略,谨防在桥区水域出现齐头并进、追越或强行的现象。

(4)按照《长江江苏段船舶定线制规定(2013)》规定的航法航行,充分利用船舶配备的助航仪器,正确识别和合理借助苏通大桥水域的助航标志,协助航行和避险。通过大桥时,准确把握外界风流及其变化,控制好航向、航速和船位。做好拖航编队内部的联系沟通和相互协作,应对可能出现的意外情况。

(5)严格按照《1972年国际海上避碰规则》、《内河避碰规则》等要求,正确显示号灯号型、正确使用声响和灯光信号,使用安全航速航行。与其他船舶会遇时,应及时判断碰撞危险,根据相关规则条款规定采取避让行动。当采取行动时,应充分考虑被拖船的尺寸、拖航编队的操纵性能、拖船的作业性质以及可供航行水域的情况等,极其谨慎的驾驶,妥善处理好避让问题。

#### 4.4 强化水上交通管理

拖带大型无动力船舶通过苏通大桥水域,应采取必要的水上交通管理措施。作业前应向海事部门进行作业申请,拖航中应及时发布航行警告。在通过苏通大桥水域实施必要的交通组织,制定拖带航行警戒、维护方案,落实必要的现场维护力量,安排应急全旋回拖轮全程值守,以应对拖缆断裂、拖轮失控等突发事件;主动接受海事部门的指导和监督,必要时申请海事部门采取交通疏导等现场监管措施,防止通航船舶在苏通大桥桥区水域追越拖航编队或并列行驶。拖航中应安排专人每一小时分别对水密性、船上活动载荷固定情况、吃水和浮态、拖带系统、航行设备、护航船航行状况进行一次检查,派专人测定船位,随时了解船位和风流压差及变化,并及时修正,可少用改向来保持正确的船位。

#### 4.5 完善应急响应机制

(1)应急组织机构与职责。为确保安全事故一旦发生能够得到及时、迅速、高效、有序地处理,应成立应急事件领导小组,明确各自的职责,并要求按自救、互救、其他应急力量抢救相结合的原则采取行之有效的措施,确保人身生命及财产安全。

(2)编制应急措施与应急预案。拖航作业开始前应编制有关应急措施和应急预案,主要包括:能见度不良及雾航应急预案、断缆应急预案、应急抛锚预案、船舶发生碰撞的应急预案、人员落水应急预案,以及船舶对外溢油造成污染的应急处理方案、拖航中出现偏荡的应对方案、拖轮失控应急措施、船舶消防(救火)应急措施、船舶搁浅应急措施等。

(3)应急设备配备。整个拖带作业期间应配备相应的应急交通、通讯、医疗、消防设施,进行必要培训教育和应急演练,不断提高预防、预警、组织、协调、指挥能力和各类遇险的应急处置能力,最大限度地避免或减少作业期间水上交通事故所造成的人员伤亡、财产损失和社会影响。

## 5 结束语

由于大型无动力船舶拖航作业的特殊性以及苏通大桥水域通航环境的复杂性,拖带大型船舶通过桥区水域极易产生各种各样的通航风险,必须引起拖航编队本身、过往船舶、海事部门以及拖航作业相关单位的高度重视,并采取一系列切实可行的应对策略,以确保拖航编队通过苏通大桥水域的通航安全。

## 参考文献:

- [1]张黎光,薛建军,王锴梁.船舶通过苏通长江大桥的风险与防范[J].航海技术,2011(11):71-73.
- [2]王千.拖带无动力船舶时拖轮配置计算方法比较分析[J].南通航运职业技术学院学报,2014(3):34-38.
- [3]中国船级社.海上拖航指南[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [4]孙琦.船舶操纵[M].大连:大连海事大学出版社,2008.
- [5]中交水运规划设计院有限公司.海港总体设计规范(GB/JTS 165-2013)[S].北京:人民交通出版社,2014.
- [6]吴耿潮.关于港口航道设计宽度问题的解决方式[J].珠江水运,2012(2):60-61.
- [7]潘琪祥.航海学(下册)[M].大连:大连海事大学出版社,1999.

# Study on the Risks and Precautionary Countermeasures of Towing Large Unpowered Ship through Sutong Bridge

BAO Hong-yang

(Dept. of Navigation, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

**Abstract:** In view of the characteristics of complicated navigation environment in Sutong Bridge waters and towing large unpowered ship restricting maneuverability, this paper analyzes the navigational risks and causes of towing large unpowered ship passing through the Sutong Bridge waters, and puts forward corresponding countermeasures to ensure the safety of towing formation through the Sutong Bridge.

**Key words:** Large unpowered ship; Towing; Sutong Bridge; Navigational risk; Countermeasures