

# “南通航母世界”项目涉水工程通航安全评估研究

李 伟,薛仕中,汤国杰

(南通航运职业技术学院 航海系,江苏 南通 226010)

**摘 要:**针对“明斯克”航母拖带进驻“南通航母世界”主题公园的通航安全问题,文章阐述了南通航母主题公园系泊港池及临时通道设计概况,并对航母系泊港池与临时通道进行了规范性和可行性论证,同时论证了拖航作业阻力估算及拖轮的配备,探讨了拖航期间存在的通航安全风险,在此基础上提出相应对策及保障措施,具有较强的参考价值。

**关键词:**“明斯克”航母;涉水工程;拖带作业;风险评估

中图分类号:U676.1

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)04-0024-05

## 0 引言

“明斯克”航母为前苏联退役航母,曾落户深圳大鹏湾 16 年,是全球首个由航母改造而成的大型军事主题公园。<sup>[1]</sup>2016 年,“明斯克”航母经营权易主,并于 2016 年 5 月被成功拖带入驻新的栖息港池—南通航母世界,标志着这一以航母为主题的军事主题公园正式落户南通,该项目建成后将成为长三角最具特色的娱乐性军事主题公园。

由于“明斯克”航母前期已被改造,目前实际上是一个无车、无舵、无动力的船体,且体积庞大,拖航作业难度大,加之新的港池紧邻苏通长江大桥,涉水工程存在较高的通航风险。另一方面“明斯克”航母备受社会关注,故如何确保该项目涉水工程的通航安全至关重要。文章对航母系泊港池、临时通道的规范性和可行性进行了论证,提出了拖航作业拖轮的配备及拖航期间存在的通航安全风险,在此基础上提出相应对策及通航安全保障措施,以期为该类特殊涉水作业提供参考。

## 1 南通航母主题公园系泊港池及临时通道设计概况

“明斯克”号是基辅级航空母舰,经过前期改造,目前航母的主尺度如表 1 所示。航母系泊港池位于苏通长江大桥近北岸西侧,港池内设置驳岸码头 1 座,栈桥 2 座,栈桥分别位于航母中间和尾部,驳岸码头尺度为 163.5 m×48 m,永久性港池尺度为 400 m×175 m。临时通道起点位于营船港专用航道下口北侧水域,上游侧底边通过苏专 #5 号浮,轴线走向 023°,与长江主航道的夹角为 067°。临时通道底宽 160 m,内港池底宽 210 m,其中内港池 175 m 范围内考虑以后作为永久性港池,底高程为-8.5 m(85 国家高程基准),其余部分底高程为-7.5 m,边坡均为 1:6。临时通道、内港池平面布置如图 1 所示。

表 1 航母主尺度

设计船型尺度(m)				排水量(t)	舰体总高(m)
船长 L	型宽 B	水线宽	吃水 T(空载)		
274	47.2	32.5	7.4	24 000	65.93

## 2 系泊港池及临时通道平面布置的规范性评估

### 2.1 系泊港池平面尺度的规范性分析

(1)永久系泊水域长度和宽度分析。根据《海港总体设计规范》相关规定,顺岸泊位系泊水域宽度  $W$  与系泊水域长度  $L_0$  分别如式(1)、式(2)所示。<sup>[2]</sup>

收稿日期:2017-03-30

作者简介:李伟(1984—),男,山东枣庄人,南通航运职业技术学院航海系讲师,硕士。

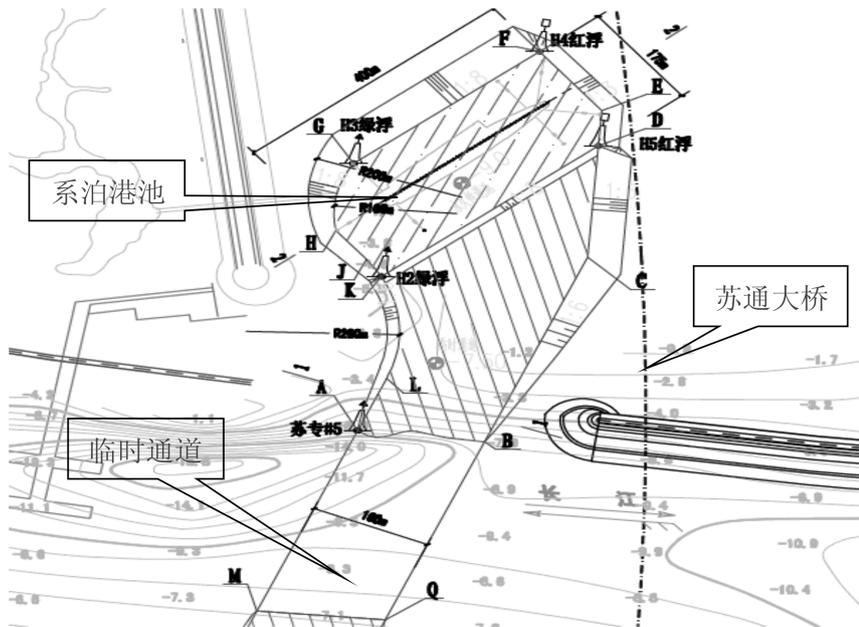


图 1 临时通道、内港池平面布置示意图

$$W = 2B \tag{1}$$

$$L_b = L + 2d \tag{2}$$

式中,  $W$  为系泊水域宽度;  $B$  为设计船型宽度;  $L_b$  为系泊水域长度;  $L$  为设计船型长度;  $d$  为顺岸泊位系泊水域富裕长度。

经计算  $L_b = 330 \text{ m}$ ,  $W_0 = 94.4 \text{ m}$ 。另外, 为了便于拖轮拖带航母进港, 拖轮公司要求航母中心线距港池底边线为  $75 \text{ m}$ , 故系泊水域宽度应为:  $W = 94.4 + 75 - 47.2 / 2 = 145.8 \text{ m}$ 。因此, 考虑后期疏浚及拖航的需要, 永久性港池尺度为  $400 \text{ m} \times 175 \text{ m}$ , 符合规范相关的规定。

(2) 港内就位作业水域尺度分析。“明斯克”航母需由拖轮拖带进港, 航母总宽  $47.2 \text{ m}$ , 全回旋拖轮的回转直径理论上是 1 倍船长, 倒车冲程 1.5 倍船长, 故实际回转直径取 1.5 倍船长(4000HP 的港作拖轮船长约  $40 \text{ m}$ ), 航母港内就位作业所需宽度:  $W_1 = W + 1.5 \times 40 = 205.8 \text{ m}$ , 故内港池底宽为  $210 \text{ m}$  合理。

(3) 港池水域底高程设计分析。根据《海港总体设计规范》相关规定, 码头前沿设计水深计算如式(3)所示。

$$D = T + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \tag{3}$$

式中  $D$  为航道设计水深;  $Z_1$  为龙骨下最小富裕深度;  $Z_2$  为波浪富裕深度;  $Z_3$  为船舶因装载不均匀而增加的船尾吃水值;  $Z_4$  为备淤深度;  $T$  为设计船舶吃水。

“明斯克”航母入驻后江侧围堤将与上下游已有岸线连接, 围堤未合拢时, 港池设计低水位  $-0.52 \text{ m}$ , 则港池底高程为:  $-0.52 - 7.4 - 0.3 - 0.2 = -8.42 \text{ m}$ , 围堤合拢后, 港池内设计低水位  $1.5 \text{ m}$ , 永久性港池考虑备淤深度  $0.7 \text{ m}$ , 底高程为  $-6.9 \text{ m}$ 。综合考虑, 永久性港池底高程取  $-9.0 \text{ m}$  合理。

## 2.2 临时通道尺度及轴线布置的规范性分析

(1) 临时通道的宽度分析。临时通道为单向航道, 仅供“明斯克”航母进港一次使用, 设计尺度可参照《海港总体设计规范》相关规定进行计算, 航道通航宽度  $W$  与航迹带宽度分别如式(4)、式(5)所示。

$$W = A + 2c \tag{4}$$

$$A = n(Lsiny + B) \tag{5}$$

式中,  $W$  为航道通航宽度;  $A$  为航迹带宽度;  $c$  为船舶与航道底边线间的富裕宽度;  $b$  为船舶间富裕宽度;  $n$  为船舶漂移倍数;  $L$  为设计船长;  $\gamma$  为风、流压偏角;  $B$  为设计船宽。

考虑到“明斯克”航母拖带进港时选择在白天、风力不大于 5 级、流缓时进港, 故  $N$  取 1.69、 $r$  取  $7^\circ$ 、 $C$  取

0.75 B(水线宽 32.5 m)。经计算,临时通道宽度  $W$  为 160 m,符合《海港总体设计规范》的规定。

(2)临时通道的设计水深分析。“明斯克”航母拖航时最大吃水 7.4 m,换算成淡水吃水为 7.59 m(取 7.6 m)。根据“明斯克”航母的吃水,依据《中华人民共和国江苏海事局船舶安全航行富裕水深管理规定》的相关要求,富裕水深为 0.7 m,经计算“明斯克”航母拖航进港需要的水深应为 8.3 m,临时通道设计泥面标高为 -7.5 m(当地理论最低潮面 -6.2 m),因此“明斯克”航母需乘潮进港,且潮高应不小于 2.1 m。

(3)临时通道的选线及轴线布置分析。临时通道起点位于营船港专用航道下口北侧,轴线走向  $023^\circ$ ,与长江上行主航道之间的夹角  $067^\circ$ 。临时通道口门离苏通大桥桥区水域较远,一定程度上缓解了拖带“明斯克”航母进港期间,一旦发生船舶失控碰撞大桥的风险。但拖带船队过桥后转入进港通道转向角较大,且营船港专用航道下口交通环境较为复杂,需要采取必要的交通组织措施,以保障“明斯克”航母能顺利进港。

### 3 “明斯克”航母拖航阻力的估算及拖轮配备

“明斯克”航母离开深圳大鹏湾后,在舟山船厂进坞涂装,后由拖轮拖带进江,到达常熟海轮锚地更换浅吃水拖轮,重新编队后拖带进港。根据《海上拖航指南》(2011)进行拖航进行阻力估算,如式(6)所示。<sup>[3]</sup>

$$\begin{cases} R_T = 1.5[R_f + R_b + (R_{R_i} + R_{R_b})] \\ R_f = 1.67A_1V^{1.83}10^{-3} \\ R_b = 0.147C_wA_2V^{1.74+0.15v} \end{cases} \quad (6)$$

式中  $R_f$  为被拖船的摩擦阻力; $R_b$  为被拖船的剩余阻力; $R_{R_i}$  为拖船的摩擦阻力; $R_{R_b}$  为拖船的剩余阻力; $A_1$  为船舶或水上建筑物的水下湿表面积; $C_w$  为方形系数; $A_2$  浸水部分的船中横剖面积; $V$  为拖航速度。

对于受风面积庞大的钻井平台或其他水上建筑物(拖轮部分较小,可忽略)其拖航阻力应按式(7)计算,并与以上计算结果比较,取较大值。

$$\begin{cases} \sum R = 0.7(R_f + R_b) + R_a \\ R_a = 0.5\rho V^2 \sum C_s A_i 10^{-3} \end{cases} \quad (7)$$

式中  $\rho$  为空气密度,单位  $\text{kg/m}^3$ ; $V$  为风速  $\text{m/s}$ ; $C_s$  为形状系数; $A_i$  为船舶受风面积;

根据以上计算公式,按顶风状态经高度系数和形状系数修正后明斯克航母受风面积参照船舶长度相当的散货船轻载纵向受风面积(95%的保证率),取  $A = 1\,320\text{ m}^2$ ,经计算:风力为六级、拖航速度为 6 kn 时,总阻力  $\sum R$  为 528.63 kN;风力为八级、拖航速度为 6 kn 时,总阻力  $\sum R$  为 39.47 kN。

根据以上计算结果,并结合南通地区拖带无动力大型船舶靠离港操纵的实际经验,建议“明斯克”航母进江期间需配置主机功率应不小于 8 000HP(马力,1HP=735W)的大马力拖轮担任主拖,并落实必要的协助拖轮,进港期间,需配置不少于 4 艘全旋回拖轮,拖轮总功率不小于 5 500HP。

## 4 拖带“明斯克”航母进港的通航安全风险评估

### 4.1 自然环境因素影响分析

目前,“明斯克”航母处于无舵、无车、无动力的状态,受风面积大,在文冲船厂改装时又割除了原来的球鼻使得船体线型和结构发生了变化。在此情况下,风、潮流、能见度等自然条件对拖带船队航行安全影响大,苏通大桥桥区水域是长江有名的风浪区,在不利的风、流、能见度等条件下,会造成被拖带船队偏移、摇荡,甚至可能发生断缆情况。

### 4.2 长江口拖带进江通航安全分析

长江口拖带进江需通过通航环境最为复杂的长江上海段与长江江苏段。由于航母吃水较大,为兼顾在南槽航道九段浅点及进港临时通道的乘潮需要,拖航进江至进港期间需经历两次潮汐周期与多次船舶高峰流,拖航过程中部分航段需占用通航分隔带,且拖带船队船速慢,保向、改向和变速能力差,绝大多数船舶均处于追越态势,“明斯克”航母与它船对遇、追越的间距均不大,若航速、船位控制不好,容易造成主拖轮发生断缆或碰撞事故。<sup>[4]</sup>

长江上海段拖航期间,需依次穿越圆圆沙警戒区、吴淞警戒区、宝山警戒区和浏河警戒区,警戒区内船舶交通密度大且交通态势较为复杂,拖带船队的操纵能力受到限制,发生紧迫局面的风险较高。<sup>[5]</sup>长江江苏段拖航期间航经水域交通流量大,特别在长江 11# 浮以下右岸有太仓港密集的码头,进出码头船舶、乘潮上

行的小型船舶频繁穿越航道,会遇局面复杂,发生船舶碰撞事故的风险高。[6-7]

#### 4.3 过桥、进港通航风险分析

“明斯克”航母进港前需在常熟海轮锚地重新编队,并在高平潮前起拖过苏通大桥,后转入进港临时通道,航行路线如图3所示。

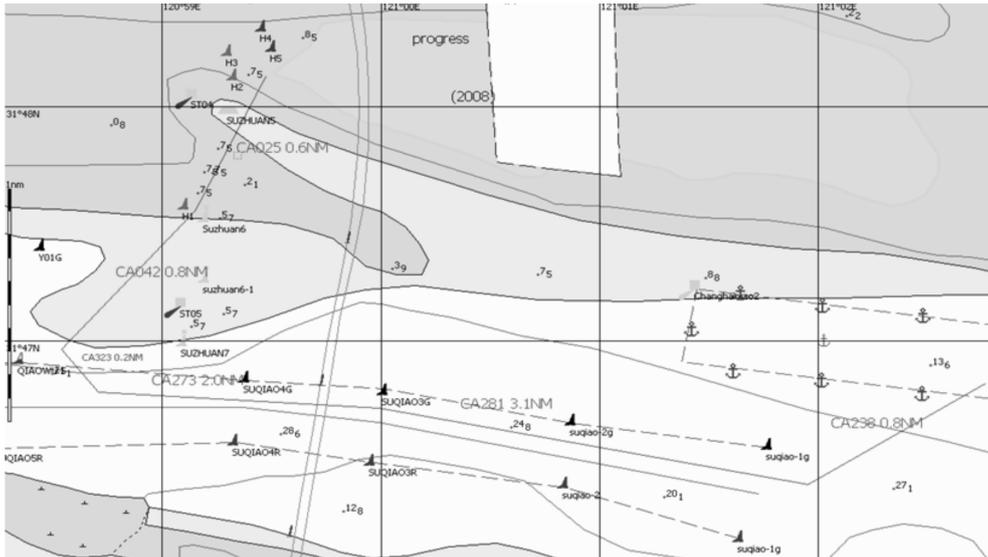


图2 “明斯克”航母拖带进港航行路线

过桥、进港期间正值上行船舶交通流高峰期,存在较大的通航安全风险,具体分析如下:

(1)在锚地重新编解队,多条拖轮同时作业存在与抛锚船舶和进出锚地船舶发生碰撞的风险,起拖进入长江上行推荐航道期间,若不进行有效的交通组织与管制,可能会出现拖带船队无法进入航道的局面。

(2)航母拖带通过苏通长江大桥期间正是高平潮时段,通航安全风险相对较低,若拖带时间控制不好,通过苏通长江大桥后遇较快落水(流向与临时通道轴向几乎横交),在落潮流的作用下,航母拖带船队存在向下游漂移可能,存在碰撞苏通长江大桥的风险。

(3)临时进港航道口门外水域多股交通流汇聚,进出营船港专用航道的船舶必须从下口进出,与长江上行主航道内航行的船舶流形成交叉等会遇局面,“明斯克”航母拖带船队从长江上行主航道转入临时通道的转向角约 $113^\circ$ ,转向操纵用时较长,避让困难,发生船舶碰撞事故的风险较高。

#### 5 对策及建议

第一,业主单位提前向海事管理机构呈报作业方案和制定相关安全措施,按规定申请发布航行通告(警告)拖带作业过程中,充分利用现有的海事监管资源,加强VTS安全监管和全程跟踪,申请安排海巡艇全程护航和进行必要的交通疏导。

第二,及时获取相关水域准确、可靠的气象、潮汐资料,确保拖带航行、进港作业避开大潮日、选择白天高平潮流缓时段,风力小于6级、能见距离大于1500米的条件下通过临时通道,若气象与潮汐条件劣于以上时,应取消拖航作业计划。

第三,拖航作业的业主单位与承拖单位应向海事管理部门提交CCS(中国船级社)签发的《适拖证书》,拖带船队进江前应对拖轮、拖缆等进行检查,确保处于适拖状态。

第四,提前将拖带作业计划、船队动态通报给上、下游港航单位,提请适当管控船舶进出及靠离泊作业;拖航期间应按《中华人民共和国内河避碰规则》第29条、第31条的相关规定显示信号灯号型,并主动通过VHF公共频道发布拖航船队的操纵意图,要求来船主动避让拖带船队。

第五,拖航中应派专人测定船位,随时了解船位和风流压差及变化,并及时修正。应根据当时的潮流和风向确定转向位置,在转向前须提前通知各拖轮,避免使用大角度转向而造成船队大幅度摆动,应提前用小舵角分段转向,避免船队摆动。[8]

第六,抵达常熟海轮锚地前,业主单位应另安排两艘全回旋拖轮作为应急拖轮,解编队时协助交通维护,起拖后全程护航,以便应对拖缆断裂、拖轮失控等突发事件。转入临时通道前警戒艇应提前抵达苏桥 #4 黑浮、苏桥 #5 左右通航浮与营船港专用航道 #1 号黑浮之间水域,对妨碍拖带船队进入临时通道的船舶实施有效拦截,保障“明斯克”编队逐步转向穿越长江上行推荐航道,安全进入临时通道。

第七,针对可能遭遇的各种风险制定包括防断缆、防撞桥、防碰撞等方面的应急预案,加强应急演练和培训,落实各项安全、应急和防污染措施。<sup>[9]</sup>

## 6 结束语

大型船舶及设施的拖航作业是一项较复杂且风险较高的工作。“明斯克”航母成功入驻南通航母主题公园这一案例为大型船舶及设施的拖航作业提供了以下经验:首先,相关单位高度重视,作业前制定详细、缜密的作业方案,并对拖带作业关键性的作业方案、安全技术保障和应急预案等充分论证、严格把关;其次,安全主体责任落实到位、职责分明、组织高效;最后,拖航过程中充分借助现有的海事监管资源,向海事部门申请 VTS 安全监管、全程跟踪和维护,为拖带作业保驾护航。

## 参考文献:

- [1]张俊杰.明斯克号航空母舰落座大鹏湾[J].中国船检,2000(3):21-23.
- [2]交通运输部.海港总体设计规范(GB/JTS165-2013)[S].北京:人民交通出版社,2014.
- [3]中国船级社.海上拖航指南[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [4]席永涛,方泉根.船舶航行风险形成原因重要度分析与计算[J].中国航海,2007(2):39-43.
- [5]陆培.“希望 2 号”钻井平台长江口水域拖航实践评估[J].航海技术,2012(5):22-24.
- [6]李伟,薛仕中,汤国杰,等.大型钻井平台“勘探六号”进江拖航的通航安全风险[J].船海工程,2016(3):163-166.
- [7]李伟,胡甚平,尤庆华,等.港口水域通航风险评价的未确知测度模型[J].上海海事大学学报,2009(3):13-17.
- [8]洪碧光,李强,高孝日,等.拖航系统偏荡情况的仿真研究[J].中国航海,2009(3):106-110.
- [9]范育军,王扣涛.成功拖带“希望 1 号”的启示[J].中国航海,2011(2):63-67.

# Research on Navigation Safety Assessment of Wading Engineering for the Project of “Nantong Carrier World”

LI Wei, XUE Shi-zhong, TANG Guo-jie

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

**Abstract:** Focusing on the problem of navigation safety for towing “Minsk” Aircraft Carrier to be stationed in the theme park of “Nantong Carrier World”, the article elaborates the design of mooring basin and temporary channel of Nantong Aircraft Carrier Theme Park, and carries out assessment on normativity and feasibility of the mooring basin and temporary channel. Meanwhile, the resistance to the towing operation and allocation of tugs are assessed, and the navigation risks that exist during towing operation are discussed, on the basis of which corresponding countermeasures and safeguard measures are put forward, which has relatively strong reference value.

**Key words:** “Minsk” Aircraft Carrier; Wading engineering; Towing operation; Risk assessment