

基于交通流因素的靠泊窗口期前移

张珂 邵军华 陆悦铭

摘要:上海海事局于2021年5月1日发布了《关于进一步加强黄浦江水域通航安全管理的通告》，对黄浦江水域实施船舶保峰控流、错峰分流，执行均衡船舶流交通管理措施。该规定实施后，交通流的变化对大灵便型散货船在黄浦江航行和靠泊安全产生严重影响。详细介绍靠泊窗口期前移、顺流靠泊的理论研究和实践及注意事项，供在感潮河流段类似的船舶操纵参考。

关键词: 通航安全；交通流；靠泊窗口期；顺流靠泊

DOI:10.16176/j.cnki.21-1284.2023.03.007

一、引言

闵行海事局辖区地处上海黄浦江上游，辖区总长14.7 n mile，辖区内有码头150余座，泊位250余个。龙吴港区作为上港集团在黄浦江上游仅存的杂货码头，至今仍承担着繁重的装卸任务。2021年，上海港引航站引领靠泊龙吴港区3.5万t及以上大灵便型散货船60余艘次。随着黄浦江核心区域两岸由生产功能向游览观光功能的转变，靠泊黄浦江上游码头的船舶增加。为加强黄浦江水域通航秩序管理，优化黄浦江通航环境，缓解吴淞低潮时前1 h至吴淞低潮时后2 h通过101—107灯浮之间水域上行船舶流量高峰造成的通航压力，上海海事局于2021年5月1日发布了《关于进一步加强黄浦江水域通航安全管理的通告》（以下简称《新规》）。《新规》要求3 000总吨及以上的大型船舶在吴淞高潮时前2 h至吴淞高潮时为通过101灯浮的上行时间；吴淞低潮时前1 h至吴淞低潮时后2 h主要为3 000总吨以下的小型船舶通过101灯浮的上行时间；乘潮上行船舶航速不得低于4 kn，且前后船舶应保持足够的安全间距，同向小型船舶航行不超过2排。《新规》实施后，小型船舶进黄浦江时间提前，前后船舶之间的间距增加，整个进口船舶流有时会绵延

10多海里。由于船舶通常顶流靠泊，它们需要等候落潮，交通流前端的船舶往往会以仅超过4 kn的航速航行，造成严重的拥堵。大灵便型散货船顺流尾随航行时，往往控速困难，会影响航行安全，同时，其靠泊时失去最佳靠泊窗口期，流速较急，不利于安全。

面对引领大灵便型散货船靠泊黄浦江上游龙吴港区码头出现的新安全风险，上海港引航站自2021年上半年起进行了探索，大灵便型散货船在交通管制前进黄浦江，航行在小型船舶流的前面，将有效避免因航道拥堵带来的航行风险。2021年和2022年分别安全引领大灵便型散货船顺流靠泊39艘次和62艘次。通过靠泊窗口期前移，用新的操纵模式顺流靠泊，可以确保船舶靠泊安全。

二、近年来闵行海事局辖区船舶交通流变化

1. 船舶尺度的变化

近几年，上海及周边城市建设发展迅速，建筑材料需求旺盛，随之而来的是运输建筑材料船舶大型化趋势明显。据闵行海事局统计，2016年至2020年靠泊该辖区3 000总吨以下小型船舶数量逐年递减，而3 000总吨及以上的大型船舶数量和平均总吨位逐年增加，具体见表1。

表1 闵行海事局辖区 2016—2020年进港海船数量统计 单位:艘

年份	船舶吨位			
	2 000~3 000 t	3 000~5 000 t	5 000~10 000 t	10 000 t及以上
2016	32 522	15 571	9 239	1 330
2017	33 171	15 043	9 283	2 108
2018	26 918	16 084	8 837	3 583
2019	24 658	18 379	11 157	5 564
2020	21 237	17 928	9 242	6 229

2. 交通流平均航速的变化

随着《新规》的实施,黄浦江内并排航行、近距离尾随航行和相互之间的追越已不再符合海事管理的要求。据统计,进口船舶流的峰值由60~70艘次/h下降到50~60艘次/h^[1],交通流的平均航速变慢,单位小时内通航量变小。

黄浦江是典型的感潮河段,航道狭窄、弯曲航段多,航行和靠泊需遵循潮汐规律。根据吴淞VTS的交通组织安排,靠泊上游龙吴港区码头的船舶通常在进口交通流中间位置^[2]。吴淞口101灯浮至龙吴港区码头25 n mile,正常情况下需航行4 h。出于运输成本的考虑,运输建筑材料船舶的主机功率通常较小,微速前进时只有3~4 kn的航速。由于大型船舶既要早进口又要在初落流时段靠泊,会在黄浦江内尽可能慢速航行,加剧了交通流平均航速变慢矛盾,经常出现进口交通流从陆家嘴排队至吴淞口外绵延10多海里的景象。

3. 靠泊方式的变化

早期运输建筑材料的多为小型船舶,它们在黄浦江内掉头比较容易,不需要考虑潮流的影响,基本是随到随靠码头,错开了大型船舶的靠泊窗口期。后期由于运输建筑材料的大型船舶增多,其不易在黄浦江内自力掉头,在靠泊窗口期上与大灵便型散货船重叠。探索提早进口、顺流靠泊的新模式,用理论指导实践可为大灵便型散货船的靠泊窗口期调整提供安全保障。

三、交通流变化产生的影响

1. 对黄浦江航行船舶的影响

由于运输建筑材料的大型船舶增多,《新规》实施后,管制时间内排队进口船密度增大。因船舶间距增加且航速缓慢,更加容易造成船舶拥堵。大

灵便型散货船半载状态吃水8~9 m,无流影响下微速前进往往也有6~7 kn航速,再加上顺流,维持4 kn的航速极其困难,尾随交通流航行的操纵难度和航行安全风险很大。2021年10月24日,船长190.0 m、吃水7.8 m的大灵便型散货船“卡米诺”轮,原计划13:45时进口、18:00时靠泊龙吴6泊位。受到吴淞口外排队进口船舶流的影响,在吴淞警戒区内以20多度风流压角、约4 kn航速“横爬”进黄浦江,尾随航行至鳗鲤嘴时,天色已暗且已落流,过弯时又遭遇大量出口船,航行安全隐患较大。

2. 对可航水深的影响

黄浦江上游航道内有些水域水深条件不佳,深吃水重载船进口需考虑潮高因素以防搁浅。同年10月25日,大灵便型散货船“静洋希望”轮进口,吃水9.2 m,原计划18:30时靠泊龙吴4泊位。受制于黄浦江内船舶流的通航速度,长时间慢速航行造成过浅滩时的延误,19:15时航行至沙家浜航修站江面时,当地潮高只有1.73 m,加上海图水深8.1 m,此时的富余水深只剩0.63 m。如果拥堵情况再严重些,届时潮位更低,富余水深更小,将给船舶安全航行带来极大隐患。

四、针对交通流变化的靠泊窗口期改变

通常情况下,船舶都选择平流或微顶流时段进行靠泊操纵,这样对抵泊过程中的制动和保向比较有利。黄浦江上游水域高低潮潮差不大,流速较缓^[3],同时在上海海事局船舶动态报告系统启用后,通过时间报备,实行编队航行,使得靠泊龙吴码头大灵便型散货船有目的地提早进口和靠泊窗口前移成为可能。大灵便型散货船驶过101灯浮时间提前至吴淞高潮时前1.5~2 h,符合上海海事局

对大型船舶进口时间申报要求,同时为降低黄浦江航行安全风险创造了条件。

进口时间提前,带来了抵达泊位时还是顺流的改变。顺流靠泊意味着船舶处于停车状态,作用在舵叶上的舵力不能抑制船舶偏转,甚至有可能产生反作用力,同时入泊过程中的制动困难和保向要求增加。本文所述的靠泊窗口期前移是有条件的前移,需要从理论上计算协助拖轮能否克服顺流给靠泊操纵带来的影响。

黄浦江潮流为往复流,其涨落潮与涨落流之间存在着不同步现象。当地高潮时后,潮位开始下降,而潮流仍是涨潮流,需持续1.5~2 h才开始转流^[4]。根据黄浦江潮流流速经验估算方法,潮高每增加或减少0.92 m,其流速相应增加或减少1 kn。从实践经验来看,吴泾地区大潮汛时的流速为2 kn左右,吴泾高潮时后1~1.5 h辖区内涨潮流流速已小于1 kn。

五、靠泊窗口期前移后靠泊方法的改变

船舶靠泊过程中,制动是关键。大型船舶的制动距离通常需要4~5倍船长,一般利用车、舵、锚、流及拖轮来实现。在黄浦江顺流状态下,制动主要依赖拖轮协助。

1. 拖轮制动

全旋回拖轮倒拖所需的制动时间及制动距离

表2 拖轮协助制动所需制动距离和制动时间

航速/kn	全速倒拖拖力取30 t			半速倒拖拖力取21 t		
	距离/m	时间/s	制动距离	距离/m	时间/s	制动距离
6减至4	378	146	约2倍船长	540	208	约2.8倍船长
4减至1	283	218	约1.5倍船长	405	312	约2.1倍船长

由表2可知,半载大灵便型散货船在低速航行状态下,使用2 352 kW (3 200 hp) 全旋回拖轮协助,在上述航段内完全可将航速控制到预定范围内。

2. 顺流靠泊

顺流靠泊有别于顶流靠泊,一般需要安排三艘拖轮协助。为避免制动过程中倒车功率过小或倒车翻不出,以及长时间倒车产生偏转力而形成紧迫局面,大船保持进车维持舵效,在船尾正后方安排一

为^[5]

$$t = \frac{\Delta \cdot K_t}{T_p} (v_1 - v_2) \quad (1)$$

$$S = \frac{\Delta \cdot K_s}{T_p} (v_1^2 - v_2^2) \quad (2)$$

式中: t 是制动时间, s; S 是制动距离, m; Δ 是船舶实际排水量, t; K_t 是时间变量系数,通常在船舶低速航行时取0.052; K_s 是虚质量系数,取0.013 5; T_p 是拖轮正拖力, t; v_1 是船舶制动前初始航速, m/s; v_2 是船舶制动后终末航速, m/s。

以大灵便型散货船“卡米诺”轮为例,船长190 m,满载载重吨57 000 t,满载排水量约65 000 t;半载实际载货量34 000 t左右,排水量约为42 000 t。在龙吴港区附近,减速制动过程可分为两个阶段。第一阶段从立新船厂江面至沙家浜航修站江面的直航道,总长1 200 m,为正常航行状态下的降速,航速从6 kn减小到4 kn。第二阶段从龙吴港池口至龙吴5泊位,总长850 m,为入泊前制动,航速从4 kn控制到1 kn。以2 352 kW (3 200 hp) 全旋回拖轮为例,每73.5 kW (100 hp) 主机功率给出1.5 t正拖拖力,倒拖拖力约为正拖拖力的90%,如果拖缆与水面呈45°角,经计算得出拖轮协助制动所需制动距离和制动时间见表2。

艘拖轮倒拖来达到降速制动目的。为实施平行靠泊操纵,需要安排两艘拖轮协助。根据上海港引航站2017年向全社会公布的《上海港引航作业辅助拖轮配备标准》,船长大于等于160 m靠陆家嘴上游码头的船舶,从101灯浮开始,安排两艘拖轮伴航。因为是顺流靠泊,仅仅是靠泊时再增加一艘拖轮,船长一般会理解,毕竟安全是最重要的。此外,我国拖轮使费是包干价,增加的拖轮使费不是很多。

船舶顺流抵泊如图1所示。大船过徐浦大桥

后,拖轮在船尾正后方带妥,放拖缆至与水面夹角小于 45° 以发挥拖轮效用。大船保持进车维持舵效,利用正后方拖轮逐级倒拖降速,至位置1处将余速控制到6 kn以下过弯。如果过弯转向舵效较

差,大船可加车改善,控制余速4 kn出弯。在位置2处带妥首尾拖轮,利用正后方拖轮制动,首尾拖轮控制船舶姿态。当船首抵达泊位旗,航速在1 kn以内时,解正后方拖轮,进行入泊操纵。

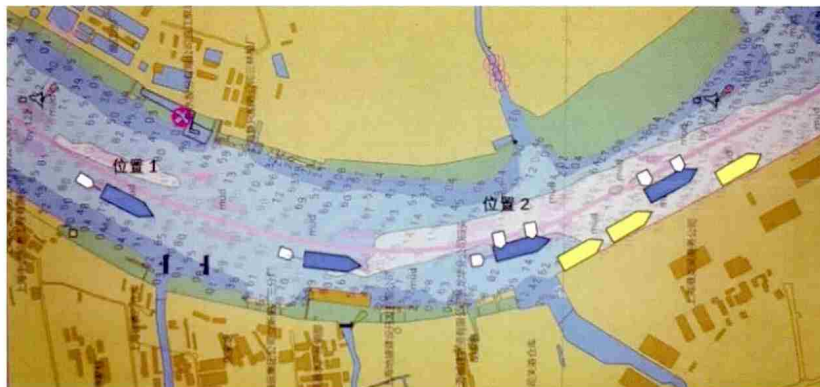


图1 顺流抵泊示意图

3.微负角度靠泊

微负角度靠泊是指入泊操纵初始阶段,船尾先于船首靠向码头^[6],其示意图如图2所示。大船过徐浦大桥后,先带首拖轮再带尾拖轮,各放拖缆40 m左右,令船首拖轮紧贴船舷倒拖,船尾艏部拖轮平行于首尾线倒拖,大船保持进车维持舵效,如

位置1所示。过弯后船尾拖轮加大拖力进一步制动。船舶在位置2处视航速控制情况及时调整船首拖轮至顶推位置,航速控制到1 kn左右后调整船尾拖轮至顶推位置,控制拖轮的顶推力大小,使大船首尾线与码头走向形成不大于 5° 的负角度,进行入泊操纵。

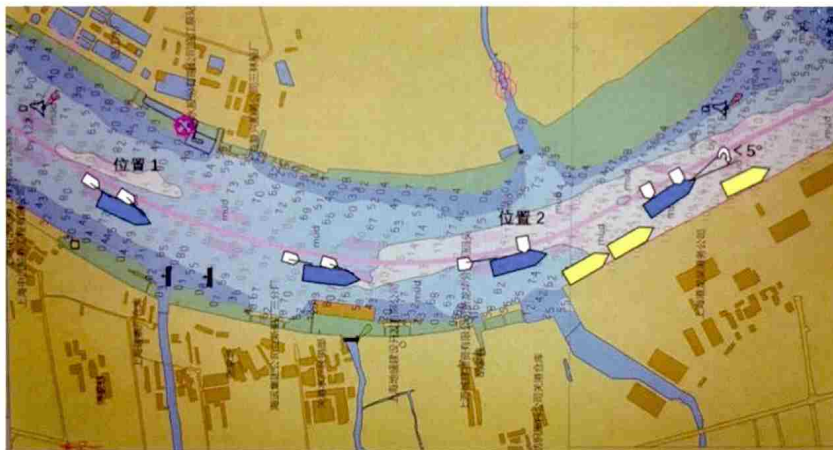


图2 微负角度靠泊示意图

4.顺流和微负角度靠泊的注意事项

①顺流靠泊操纵过程中需特别提醒拖轮的拖缆方向,以防出现船首偏转及产生快速压拢码头/压向航道中央的法向分量。

②靠泊时要严格控制负角度不大于 5° ,以防流压力过大,出现船尾快速压拢码头而拖轮来不及起拖稳住船尾的情况。

③微负角度靠泊时由于拖轮皆置于同一舷,倒

拖时会产生向拖轮一侧的转船力矩,必要时大船可短暂用车舵,以保持大船首向稳定。

④大船如果靠泊时的降速效果达不到预期,应果断加车和调整船首尾拖轮的位置,控制其姿态,待稳住船位后再实施靠泊。

⑤大船降速要分步逐级进行,尤其是航速超过6 kn时,应避免船尾拖轮主机长时间超负荷运转。

⑥大船距离码头一倍船宽时,应尤其注意顺流

对船舶前冲的影响,及时采取措施加以克服。

⑦由于是顺流靠泊,需特别提醒码头及船方注意尾缆出缆情况,以防出缆过长而绞缠螺旋桨或舵叶。

六、结束语

上海港黄浦江核心区域虽已退出了生产功能,但其上下游港区仍然承担着繁重的生产任务。闵行海事局辖区仍是上海及周边城市建筑材料中转运输基地。面对新的复杂通航环境给大灵便型散货船的航行、靠泊安全带来的风险,驾引人员需要在航行习惯、靠泊操纵、安全把控等方面进行探索和总结,提前进口、靠泊窗口期前移,采用顺流靠泊的方法,适应新发展需求,从而达到保障港口生产和船舶安全的目标。

参考文献:

- [1] 郝红乾,张可成,马腾雷.黄浦江船舶流管管控影响分析[J].航海,2021(5):58-61.
- [2] 陆新明.完善上海港吴淞VTS系统管理程序[J].水运管理,2005(8):31-35.
- [3] 沈欢欢,李大刚.黄浦江干流水域潮汐特征分析[J].中国水运,2019(8):119-120.
- [4] 黄海龙,施建纲.进黄浦江船碰撞在港军舰引起的反思[J].航海,2022(1):61-64.
- [5] 胡云平.船舶操纵中各种制动效果的比较[J].中国航海,2007(3):13-16.
- [6] 李飞镒,潘国华.负角度靠泊在船舶靠泊操纵中的应用[J].天津理工大学学报,2020(5):55-59.

作者简介:

张珂,上海港引航站,高级引航员。

邵军华,上海港引航站,高级引航员。

陆悦铭,上海港引航站、中国引航协会,正高级引航员。

来 稿 须 知

本刊诚待各界人士踊跃投稿。投稿时应注意以下问题:

1. 文章一般不超过8000字(版面字数,含图、表),标题不宜超过25字。
2. 投稿请附作者简介,包括性别、工作单位、学历、职称、所从事的工作或研究方向、详细通信地址、邮编、电话、E-mail。论文请同时附中文摘要、关键词。
3. 投稿作品须为作者原创,本刊维护首发权,请勿一稿多投。作者应保证对作品拥有合法的著作权,本刊不承担由于作者原因产生的著作权纠纷的任何连带责任。如稿件出现一稿多投、剽窃或抄袭,一切后果由作者自负。
4. 作者投稿后自本刊收稿之日起1个月未得到本刊录用答复的,可以自行处理稿件。本刊不退稿,作者自留底稿。
5. 编辑部有权对来稿进行内容层次、语言文字和表现形式方面的修改。
6. 本刊已加入“中国知网”“万方数据——数字化期刊群”“超星”等网络数据库,作者如不同意文章被收录,请在来稿时注明,本刊将作适当处理。

