

# 大型满载无动力船舶拖带进港引航操作实践

## ——以“雪绒花”轮拖带进钦州港为例

李波<sup>1</sup>, 张立洲<sup>1</sup>, 甘兆斌<sup>2</sup>

(1. 钦州引航站, 广西 钦州 535000; 2. 北部湾大学海运学院, 广西 钦州 535000)

**摘要:** 大型满载无动力船舶拖带存在排水量大、拖航阻力大、受风流影响大、冲程难以控制、转向困难等特点。本文结合拖带大型满载无动力船舶“雪绒花”轮进钦州港的实操过程, 在详细分析了总拖力、环境等问题的基础上, 深入探讨了两个方案的受力情况及优缺点, 总结出拖带大型满载无动力船舶的引航注意事项, 以期与同行探讨。

**关键词:** 无动力船舶; 拖带; 引航操作

中图分类号: U675

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 10—0117—04

### 1 “雪绒号”概况

塞浦路斯籍散货船“雪绒花”轮 EDELWEISS, 全长 (LOA) 225 米, 最大船宽 (B) 32.26 米, 抵港最大吃水 (D) 13.1 米, 载重吨 73624, 总吨 40160。“雪绒花”轮在航行期间因尾轴出现故障而失去动力, 从法属留尼汪港 (PORT REUNION) 拖带至钦州锚地。2020 年 8 月 31 日, “雪绒花”轮计划从钦州港 2 号锚地拖带进港, 靠钦州港大榄坪 7 号泊位。

### 2 拖力的计算

#### 2.1 总拖力计算

根据船舶在静水深水中船舶所需总拖力的估算公式

$YT = (\frac{\Delta}{100000} \times 60) + 40$  推导出的对万吨级船舶简单估算公式:

$$YT = DWT \times 7.4\%KW = 73624 \times 7.4\% \approx 54482KW$$

又根据  $1KW = 1.36HP$

$$YT = 54482KW \times 1.36 \approx 7410HP$$

而实际用拖轮总拖力为  $YT = 28800HP$

此次拖带进港共有 7 艘拖轮协助, 其中一条拖轮负责清理航道, 如下表:

表 1 拖轮资料

	拖轮名称	推进器类型	最大马力 (HP)
1	新北部湾港 1 号	ZP	4400
2	新北部湾港 2 号	ZP	5200
3	新北部湾港 5	ZP	5600
4	新北部湾港 6	ZP	5600
5	新北部湾港 16	ZP	4400
6	新北部湾港 18	ZP	4400
7	广西石化拖 1	ZP	4400

考虑到所用拖轮的实际可输出功率与其最大马力相差甚远, 以及拖轮拖缆实际使用情况, 取 0.7 作为其

整体实际估算功率系数, 由此可以推导出:

$$28800 \times 0.7 \div 7410 \approx 2.7$$

可知, 使用的实际马力约为大船所需总拖力的 2.7 倍。

#### 2.2 基于实际的总拖力的确定

考虑大船所需总拖力是在静水、深水、开阔水域中的计算结果, 而本水域不是静水, 最大流速可达 2 节; 同时, 浅水效应明显时, 船舶的摩擦阻力、兴波阻力会明显增加, 且航道狭窄, 船舶航行阻力明显增加。显然, 本次任务的条件是明显达不到的。

又知, 本航道自然水深 13.3 米, 当日平均潮高 2.5 米, 大船吃水 13.1 米,  $h/d = (13.3 + 2.5) \div 13.1 \approx 1.2$ ,  $W/L = 190 \div 225 \approx 0.84 < 1$  ( $W$  为航道宽度,  $L$  为船舶总长)。

当  $h/d \leq 1.2$  时属于超浅水, 摩擦阻力、兴波阻力会明显增加; 当  $W/L \leq 1$  时, 船舶水动力会发生明显的变化, 使得船舶操控更为困难。基于上述各因素的实际考量, 将拖轮总拖力设定为不小于大船所需总拖力的 2.5 倍, 以策安全。

### 3 拖带环境分析

#### 3.1 航道情况

钦州港主要航道为东航道, 属 10 万吨级航道, 双向航道扩大作业正在施工中, 目前航道可用宽度为 190 米, 可用水深为 13.3 米。本次拖带设计航道走势为 000 度转 030 度再转 343 度最后转至 325 进到 大榄坪 7# 泊位。航道导标系统先进且齐全, 易于辨认。

#### 3.2 潮流情况

钦州湾潮流呈往复流, 以全日潮为主, 存在半日潮不等现象。涨潮近似于前进波, 落潮则接近驻波。钦州

湾外海涨潮流向东北、落潮流向西南；湾内涨潮方向指北，涨潮流由西南进入湾内后，受东岸边界影响在三墩附近呈 NNW 向进入青菜头，并沿潮汐通道进入茅尾海，落潮方向相反。涨潮流均与航道走向大体一致，流向较稳定，落潮流速大于涨潮流速，落潮历时小于涨潮历时。

码头区域潮流为往复流，其流向基本上与岸线或深槽走向一致。潮流流速分布为西部大于东部，近岸大于外海，表层大于底层。钦州湾内涨潮平均流速为 0.08 ~ 0.28m/s，最大流速为 0.54m/s；落潮平均流速为 0.09 ~ 0.55m/s，最大流速为 0.95m/s。

拖带当天潮汐情况为：最高潮时 16:51，最高潮高 450cm；最低潮时 02:34，最低潮高 72cm。

### 3.3 气象情况

拖带当天天气为：东北风 3 级、能见度良好、浪高小于 0.5m。

## 4 拖带方案的选择

拖带前要求清理航道，禁止其他船舶进出港，同时要求靠泊时码头前沿水域流速趋缓。根据船舶及环境情况，制定了 2 个拖带方案。

### 4.1 方案 1

#### 4.1.1 拖带队形

方案 1 为综合方案。队形为一艘拖轮首拖、一艘拖轮拖尾、四艘拖轮旁拖及一艘拖轮应急使用，如下图所示：

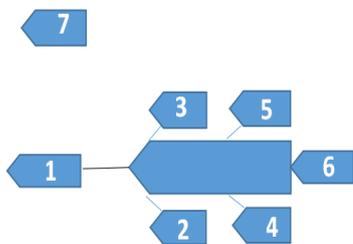


图 1 方案 1 的拖带队形

首拖拖轮负责牵引，作为主要动力，拖尾拖轮带艏拖缆，主要负责转向，四艘旁拖拖轮均带首尾缆并收紧，负责调整或维持船首向，协助转向并控制拖带速度，应急拖轮机动使用。如图，1 号拖轮为“新北部湾港 6”，2 号拖轮为“新北部湾港 16”，3 号拖轮为“新北部湾港 18”，4 号拖轮为“新北部湾港 1 号”，5 号拖轮为“广西石化拖 1”，6 号拖轮为“新北部湾港 2 号”，7 号拖轮为“新北部湾港 5”。

#### 4.1.2 受力分析

(1) 直航保向时，流水基本是沿着船舶首尾向的，所有拖轮都向前拖，左右两侧对称的拖力在横向上相互抵消，只有向前的拖力对大船起作用。

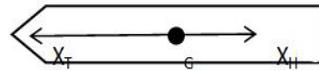


图 2 方案 1 直航受力

拖轮总拖力  $X_T$  和水阻力  $X_H$  可以看做都做用在重心处 (G)，方向相反，只要  $X_T > X_H$ ，即拖力大于阻力，船舶即可向前航行，不发生偏转。

(2) 右转向时，如图所示：

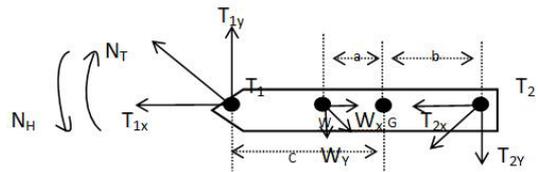


图 3 方案 1 右转受力

$$N_T = T_{1y} \cdot C + T_{2y} \cdot b$$

$$N_H = W_y \cdot a$$

$N_T > N_H$  且  $T_{1x} + T_{2x} > W_x$  时，船舶就会向右转向。

$N_T$ ：拖轮的拖力转船力矩；

$N_H$ ：水动力转船力矩；

$T_1$ ：船首三条拖轮作用在大船上的简化受力点；

$T_2$ ：船尾三条拖轮作用在大船上的简化受力点；

$W$ ：水动力作用中心；

$G$ ：船舶重心。

(3) 左转向时，如图所示：

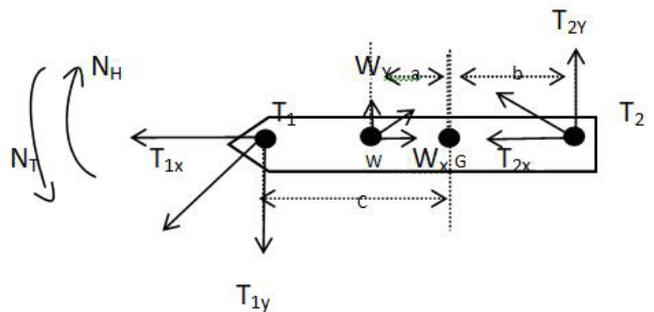


图 4 方案 1 左转受力

$$N_T = T_{1y} \cdot C + T_{2y} \cdot b$$

$$N_H = W_y \cdot a$$

$N_T > N_H$  且  $T_{1x} + T_{2x} > W_x$  时，船舶就会向左转向

### 4.2 方案 2

#### 4.2.1 拖带队形

方案 2 为旁拖方案，被拖船舶左右两舷分别安排 3 艘拖轮旁拖，拖轮带首尾缆并收紧。如图，1 号拖轮为“新

北部湾港 6”，2 号拖轮为“新北部湾港 5”，3 号拖轮为“新北部湾港 18”，4 号拖轮为“新北部湾港 1”号，5 号拖轮为“广西石化拖 1”，6 号拖轮为“新北部湾港 16”，7 号拖轮为“新北部湾港 2 号”。

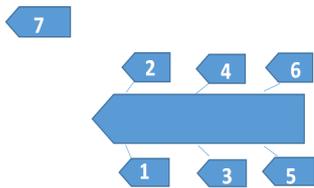


图 5 方案 2 拖带队形

#### 4.2.2 受力分析

(1) 直航保向时，与方案 1 直航时基本相同。小不同的是中间的两条拖轮可以看做在重心处 (G) 增加了一个首尾线方向上的力，但是这个两条拖轮拖力横向上 (垂直于首尾线) 是可调的，这就可以有效地控制船舶横向位置和抵抗岸壁效应。

(2) 右转向时，如图所示：

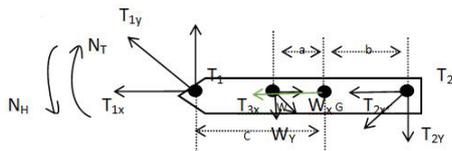


图 6 方案 2 右转受力

$$N_T = T_{1y} \cdot C + T_{2y} \cdot b$$

$$N_H = W_Y \cdot a$$

$N_T > N_H$  且  $T_{1x} + T_{2x} + T_{3x} > W_x$  时，船舶就会向右转向。

- $N_T$ : 拖轮的拖力转船力矩；
- $N_H$ : 水动力转船力矩；
- $T_1$ : 船首两条拖轮作用在大船上的简化受力点；
- $T_2$ : 船尾两条拖轮作用在大船上的简化受力点；
- $T_{3x}$ : 船中两条拖轮作用在大船上的简化受力；
- $W$ : 水动力中心；
- $G$ : 船舶重心。

(3) 左转向时，如图所示：

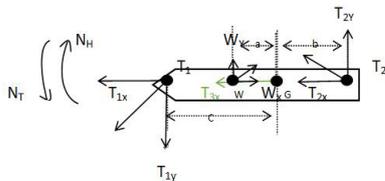


图 7 方案 2 左转受力

$$N_T = T_{1y} \cdot C + T_{2y} \cdot b$$

$$N_H = W_Y \cdot a$$

$N_T > N_H$  且  $T_{1x} + T_{2x} + T_{3x} > W_x$  时，船舶就会向左转向。

#### 4.3 讨论

表 2 方案 1 与方案 2 的优缺点

	优点	缺点
方案 1	主动力明确；拖轮分工明确；易于转向操作；易于控制拖速；易于协调指挥。	拖带长度过长，受通航环境影响较大；动力过于依赖牵引拖轮。
方案 2	拖带长度小，受通航环境影响较小；拖带动力分散于各拖轮，动力储备较多；每艘拖轮承担多样职责，操作时选择性较多；航行时稳定性较好。	转向操作难度较大；制动操作难度较大。

经专家会讨论后决定实施方案 1，方案 2 为备用。

11:00 在试拖时，牵引拖轮“新北部湾港 6”发生拖缆断缆。经分析断缆的主要原因是“新北部湾港 6”在开始起拖时候不能匀速地加速，有突然的钝力造成的。在分析断缆原因后，决定启用方案 2；按方案 2 要求带好拖缆后试拖，效果较好。

#### 5 拖带过程及体会

##### 5.1 拖带过程

8 月 31 日 11:30 正式起拖，采用方案 2。12:15 航行到钦州港东航道 29# 号灯浮，航速为 4.2 节，通过船头左舷拖轮和船尾右舷的拖轮来控制航向向右转向约 20 度上线，同时通过船中两舷两艘拖轮配合减速克服了向右漂移等因素顺利进入主航道。为了能更好地克服风流压差在安全的前提下把速度加到了 5 节并顺利到达了东航道的 41# 灯浮。同样采用与在 29# 灯浮向右转向上线的方法，顺利向右转向 30 度进入三墩航段航行，此时右舷受流较大，利用拖轮调整船位在航道中靠右航行。约 XXXX，在 49#-51# 灯浮航道水域，采用船艏右舷拖轮和船尾左舷拖轮配合，连续向左转向了 50 度，进入大榄坪航道航行。约 15:30 到达东航道的 58# 灯浮，按计划开始减速，利用左右舷船中两条拖轮向后拖完成减速操作，于 15:50 航行经过东航道 61# 灯浮时速度降至 3 节。于 15:55 航速减至 2.6 节，在大榄坪 8 号泊位对开水域下线并开始掉头。在掉头过程中解掉左舷的 3 艘拖轮，同时安排这些拖轮在码头前沿水域应急待命，并于 17:00 顺利靠好大榄坪 7 泊位。

##### 5.2 引航体会

###### 5.2.1 准备充分

一是要考虑天气对进港操作的影响，避免在能见度不良或大风天气进港，特别是在进港或靠泊过程中受强横风作用时间较长的情况下，不应拖带进港；二是要充分考虑进港过程中潮流的影响，特别对受横流影响的情

# 14 万吨级超大型邮轮 掉头靠泊三亚凤凰岛码头的操纵与思考

符冠勇, 林山

(海南省船舶引航站, 海南 海口 570100)

**摘要:** 三亚凤凰岛 15 万吨级 3# 泊位邮轮码头于 2015 年 9 月建成试运行, 并于当年 10 月第一次迎来了掉头靠泊最大的 14 万吨级“海洋航行者”号邮轮, 本文根据邮轮的实际操纵经验以及三亚凤凰岛邮轮港水域的实际情况, 介绍超大型邮轮如何掉头安全靠泊的操纵过程, 以供有关驾引人员参考。

**关键词:** 超大型邮轮; 掉头靠泊; 操纵

**中图分类号:** U675      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2021) 10—0120—04

三亚凤凰岛 15 万吨级 3# 泊位邮轮码头于 2015 年 9 月建成试运行, 2015 年 10 月份 14 万吨级“海洋航行者”号邮轮完成了第一次靠泊, 由于当时其回旋水域有锚泊船影响, 不能顺利在其回旋水域掉头靠泊, 根据当时的水域情况以及邮轮的操纵特性, 采取了在进入航

道之前掉头倒向航行靠泊的方案, 安全平稳地将邮轮靠上了码头, 为海南三亚国际邮轮母港揭开了新的一页, 具有里程碑的意义。第一次掉头靠泊此 14 万吨级邮轮, 由于码头前沿水域有限, 通航条件复杂, 我们结合自身的实际操纵经验介绍超大型邮轮如何利用自身的船舶操

况要做到心中有数; 三是考虑船舶进出港时富裕水深的保留, 充分考虑浅水对操纵的影响; 四是考虑进港的航速以及进港需要的时间, 确保在潮流不大的时期内进行靠泊操作; 五要考虑和核算拖带拖力, 核校拖轮拖缆强度, 确保拖带作业能够顺利进行; 六是进港航速较慢, 而靠泊时机必须在潮流较缓的时间段内进行, 需明确起拖时间和靠泊时间段; 七是提早安排引航人员, 明确引航总指挥和协助人员, 引航总指挥需参与拖带方案的制定。

## 5.2.2 谨慎操作

本次任务可分为: 直线保向航行阶段——转向阶段——码头靠泊阶段, 而最难就是转向阶段。转向阶段根据实际情况适时调整各个拖轮的发力情况, 尽量使大船航行在航道中心线上, 避免岸壁效应造成失控局面。这就要求我们起拖前要进行试拖操作, 检查各拖带工作环节运行情况, 同时根据各转向点转向的幅度和水域宽度以及风流情况, 适时发出操作指令, 并根据船舶受风流影响情况, 及时调整被拖船舶航行在有利于船舶拖带安全的位置。注意在改变操作指令时要充分考虑拖轮实行指令产生效果的延迟性。靠泊时靠拢角不要太大, 避

免出现因流压过大无法减小靠拢角操作的现象。靠泊时注意被拖船舶前后方向运动的速度不要太大, 以防失去控制, 必要时可带首尾拖, 拖缆从船头船尾正中间出。

## 5.2.3 发挥资源管理作用

拖带方案是否能够顺利实施, 关键在于驾驶台团队是否能够保持高水平的情景意识, 充分发挥驾驶台资源管理的作用。这就要保证树立引航总指挥在拖带进港过程权威性, 同时鼓励驾驶台团队成员参与决策, 驾驶台团队成员之间的信息传递要保持畅通。

## 参考文献:

- [1] 洪碧光. 船舶操纵 [M]. 大连海事大学出版社, 2008.
- [2] 张杰. “庐山”浮船坞海上拖带作业通航安全分析 [J]. 珠江水运, 2013(13):31-33.
- [3] 王岩松. 大型重载无动力船舶进秦皇岛港的论证和实操 [A]//2015 年中国航海日论坛暨 2015 中国引航发展论坛 [C], 2015.