

引航与节能环保

谢广伟

内容提要：节能环保日益成为人们重点关注的课题。在超大型船舶的靠离泊操作中，拖轮的协助是不可或缺的。引航过程中，通过靠泊前的成功淌航和不同带缆位置拖轮的合理使用，系解缆时减少拖轮的高转速顶推时间，VLCC离泊操作中拖轮顶拉的有效配合，离泊时选择使用拖轮的合适时机，实现最大限度少用拖轮，科学使用拖轮，降低拖轮的燃油消耗，对于节省能源，减少污染排放具有非常重要的意义。

关键词：节能环保；引航；拖轮

Energy Conservation and Environment Protection in Pilotage

Abstract: The subject of energy conservation and environment protection has been attracting increasing attention. In the operation of docking or undocking for a large vessel, the assistance of tug boats has become indispensable. In order to reduce the fuel consume and make fully use of tug boats, pilots will lower the speed of the large vessel by reasonable use of tugs and decrease the tug push time when mooring in the process of docking; while in the process of undocking, pilots will try to use tug boats as little as possible by efficient utilization of tug boats in a proper time, which has important implications for energy saving and reduce pollution emissions.

Keywords: Energy Conservation and Environment Protection; Pilotage; tugboat

环境污染、能源短缺等问题越来越成为影响人类生存和发展的重要因素，节能环保已成为人们迫切关注的课题。航运船舶日趋大型化，通过超大型船舶自身的车、舵和锚完成靠离泊作业已基本不可能，使用拖轮协助是超大型船舶靠离泊作业的必然选择。而引航员每天的实际工作都在与“拖轮”这一消耗和污染大户打交道。因此，增强引航员的节能环保意识，借助引航员的操纵技术和经验，在靠离泊过程中科学合理使用所配备的拖轮，对于节省能源，减少污染排放将具有非常重大的意义。

结合笔者十来年的引航操作经验以及本引航区域潮流港的特点，本文对引航中，尤其是好望角型以上船舶在引航靠离泊操作过程中如何科学合理使用拖轮以实现节能环保等问题进行了探讨分析。

1 引航靠离泊操作与拖轮燃油消耗分析

满载超大型船舶靠泊基本上配备4~5条大马力拖轮，半载以上离泊基本上配备3~4条拖轮，靠离码头的操作全部由引航员完成，涉及拖轮助操的主要有以下几个操作过程：拖轮协助淌航、拖轮顶推入泊、拖轮顶推稳泊系缆、拖轮顶推稳泊解缆和拖轮协助离泊。在这几个阶段的操作中，主要有以下几个影响拖轮燃油消耗的因素：

(1) 拖轮的使用方式。在作用效率相同的情况下，拖轮的作业方式不同，产生的油耗也会不同。顶是直接将拖轮的力量作用在船体上，而拉则是将拖力通过拖缆作用到船体上，除了比顶推小近10%的力量外，还因为拖缆在垂直方向上有一个夹角，使拖力在垂直方向有一个分力而使拖轮拖力浪费。可见，同样情况下拖轮的顶相较于拉油耗更低。此外，在操纵中根据具体的情况，合理的选择拖轮的作用位置，对于提高作业效率，降低油耗也有着非常重要的影响。

(2) 拖轮的使用时机。在拖轮的协助操作中，拖轮的使用时机是影响大船操纵效果的重要因素。时机选择恰当是大船操纵一次性成功的重要保障，否则就会导致同一操纵动作的反复，从而使得拖轮的使用尤其是大功率使用时间大大延长。此外，在拖轮的协助过程中，巧借流的自然力量，也可达到减少拖轮使用，降低油耗的目的。

(3) 拖轮的使用时间。拖轮的耗油与其作业时间成正比，同时拖轮单位时间耗油量近似与转速的三次方成正比，单位时间转速（负荷）越高油耗越大（详见表1）。在引航过程中，采用科学合理的操纵方式，综合利用各种有利因素，最大限度的缩短拖轮作业尤其是高转速作业的时间，是降低拖轮油耗最直接也是最显著的方法。

表1：宝钢马迹山港区几条拖轮（Z型拖轮）在不同转速负荷下的油耗列表

load	宝钢拖3，7 KG/H	新世纪3 KG/H	新世纪1、2 KG/H	宝钢拖11、12 KG/H	宝钢拖16 KG/H
25%	130.4	154.7	208.0	161.6	244.8
50%	243.4	297.5	406.4	297.4	463.4
75%	361.0	439.5	586.2	435.0	667.0
100%	477.4	587.5	784.2	584.8	879.8

备注：①新1和新2是姐妹船，5000马力，油耗一样；宝11和宝12是姐妹船，4000马力，油耗一样；新3为4000马力；宝16为6000马力；宝3和宝7为3200马力；

②该油耗是两台主机的油耗数据，数据来源于各主机说明书；

③其中，25%、50%、75%和100%分别对应着拖轮顶推的微速、慢车、中速和快车。

极端情况下，如果对拖轮的使用方式、时机和时间掌握的都不好，超大型船舶每完成一次靠离泊作业，拖轮的燃油消耗最多可达8吨左右。而如果对三者把握的都很恰当，则可以将拖轮的耗油量降至1~2吨。

2 引航员对大船的操控与合理使用拖轮分析

2.1 科学合理淌航以降低拖轮油耗

(1) 淌航阶段最大限度减少拖轮使用

满载大型船舶进港靠泊，从航道航行到码头水域有一个逐渐减速的过程，当速度降低到一定程度以后，舵效会越来越差直至消失，必须借助外力即拖轮的协助才能克服。一般在距离码头2~3海里时，配备的拖轮就要带好拖缆，进入靠泊操纵的

“码头水域”，同时，大船的速度要逐渐衰减至合理余速（一般不超过2节）。

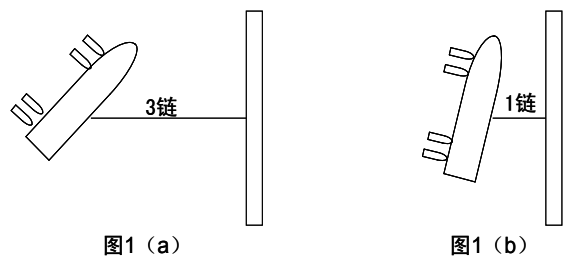
虽然拖轮已就位，但并不一定要完全依赖拖轮来完成全部的后续操作。在靠泊时间和潮流结合得好的情况下，则可以依靠大船自身的操纵特性和引航员良好的操纵技术来控制大船的航向和速度，尽量把拖轮的协助作为一个应急备选方案，基本上做到少用或不用拖轮的协助来实现淌航甚至是停车淌航，从而降低大船和拖轮的燃油消耗。

比如淌航1.5海里的距离，速度同样从5节降至2节，既可以选择一直使用大船的进车和舵把握航向，也可以选择让大船停车淌航，依靠大船余速所产生的剩余舵效来把握航向，选择不用或在剩余舵效不够的时候让拖轮协助或大船的短暂进车来稳定航向，但前者必须借助拖轮向后的拉力才能抑制大船的进车力量，以达到

降速的目的，而后者基本为自然降速。在用时上，前者大概需20分钟，而后者大概为25分钟，两种选择用时只差5分钟，但前者至少要用一条5000马力拖轮的快车拉或2条4000马力拖轮的中速拉以及大船的进车，在20分钟的时间里光拖轮的油耗约为260KG，更何况还有大船一直用车的油耗，而后者基本不产生油耗。而对于超大型船舶来讲，靠泊时间选择的是某个潮水的缓流时间段，5分钟的时间差对港口效率和船舶营运成本的影响可忽略不计。显然，综合来看，后者是实现节能环保的更佳选择。

(2) 以理想的淌航结果缩短后续的拖轮使用时间

淌航到泊位前沿时，大船要倒车将进速拉停，这将使其完全失去舵效，只有依靠拖轮的协助才能入泊。这时与码头的横距大小直接决定了在贴靠码头前使用拖轮顶推时间的长短。如图1所示，图1(a)淌航到码头外档与码头横距3链，图1(b)与码头横距1链。超大型船贴靠码头的法向速度要求小于0.1节，也就是说在这个过程中大船的平均速度不可能太快，一般平均速度在0.5节左右。两者相差2链，靠泊所用时间相差25分钟，在这25分钟的时间里，平均至少有2条拖轮一直处于快车顶推状态，按1条5000马力和1条4000马力拖轮计算，会产生油耗570KG。



2.2 靠离泊过程中选择合理的拖轮使用方式和时机以减少油耗

2.2.1 靠泊阶段的拖轮使用

(1) 入泊阶段科学使用不同位置拖轮

在协助大船改变运动状态的过程中，拖轮作用位置的选择不是唯一的。但要达到相同目的，不同发力位置的拖轮所需拖力的大小又是有区别的。如图2所示：“X”轮顶流右舷靠泊，四条拖轮依次带在该轮的左舷。

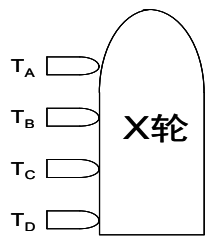


图2

当“X”轮右转过快，需要抑制船头右转时，四条拖轮都能达到所需效果，而使用两端的T_A和T_D效果最佳，具体又应视实际情况而定。当距离泊位较远还有增速空间时，使用T_D顶推是最佳选择，因为T_D离大船的转心最远，顶推力臂最大，产生相同转船力矩所需的拖力最小。而若用T_A拉的话，不仅会因放拖缆摆船位的需要平添油耗，而且在抑制大船右转的

同时也会降低所需的横移速度，需要拖轮的顶推来重新获得，更增加了拖轮的燃油消耗。当距离泊位很近，需要抑制船头右转同时减小横移速度的情况下，选择 T_A 拉则最为合适。

当最需要增加“X”轮的横移速度时，使用 T_B 顶推最佳。因为 T_B 离大船的转心最近，顶推所产生的转船力矩相较于 T_A 和 T_D 而言最小，在顶推力量转化为横移速度后可以在最大程度上避免转头结果产生。而使用其他的拖轮顶推，速度增加同时产生的转头角速度，又需要拖轮的其它协助动作来纠正，徒增了拖轮的油耗。

(2) 顺应潮流规律，适时调整拖轮的使用

操纵超大型船舶靠泊，在拖轮助泊的前提下，还需巧借流的作用以减少拖轮的消耗。大船贴靠码头之前，船首向与码头轴向之间有一个夹角——

“靠泊角度”，在大船贴靠码头之前必须使靠泊角度为正（外舷受流），若靠泊角度为负（里舷受流），超大型船舶20米左右吃水的水下船体就如一堵巨大的墙，在流的作用下会产生巨大的阻力，即使再增加拖轮也很难将大船顶靠至码头。在与码头横距远的时候，靠泊角度要大，以增加大船外舷的受流面积，强化流对产生横移速度的作用，尽量减小拖轮的顶推力量。随着横距的缩小，必须逐渐减小靠泊角度，直至平行贴靠码头。在减小靠拢角度的过程中，要通过拖轮拖力的适当转变，以拖轮较易控制的适当转头角速度来进行。而超大型船舶的惯性巨大，一旦控制不稳，较早转为负靠泊角度，横移速度很可能消失或背离码头，需要通过船艏2条拖轮的快车顶推甚至是首尾4条拖轮的顶拉结合才能再次回到正靠泊角度。经过这一过程，大船由于里舷受流和尾部拖轮的拖拉，增加了与码头的横距，又需通过拖轮较长时间的顶推来重新调整。整个过程延长靠泊时间约10~15分钟，额外耗油约260~400KG。

(3) 利用好大船的倒车横向力，减少拖轮的使用

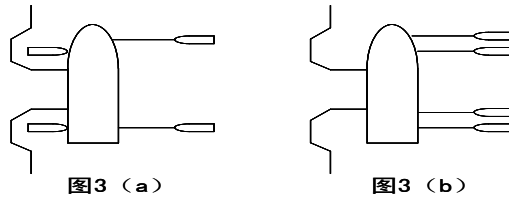
营运商船一般配备右旋单车主机，这种主机倒车时会产生横向力，它会推船尾向左从而使船头右转，且倒车时间越长对船头偏转的影响越大。在靠泊操作中，合理利用倒车横向力，对于减少拖轮的使用具有积极的意义。在右舷靠泊时，如需要维持或适当增加靠泊角度，在倒车之前即可让船头顶推的拖轮提早减车或停车，否则靠泊角度增加过度，又需通过拖轮的顶拉配合来重新调整，增加拖轮油耗。在左舷靠泊时，在倒车之前需将靠泊角度适当增大，以备抵消倒车横向力的作用，否则一旦该力将靠泊角度作用为负角度，则如上述（2）所述，会额外增加拖轮的大功率使用时间。

2.2.2 离泊阶段的拖轮使用

(1) 合理搭配拖轮顶拉作业方式

顶推方式几乎可以将拖力完全作用到大船上。而拉则是将拖力通过拖缆作用到大船上，拉比顶本来就要小近10%的力量，还因拖缆在垂直方向上有一分力而造成拖力的浪费。在大船的同样着力点拉比顶的效率要低12%--20%，因此二者相比顶推是首选。如在VLCC离泊过程中，合理搭配拖轮顶拉作业方式，对于降低拖轮油耗就具有非常典型的意义。

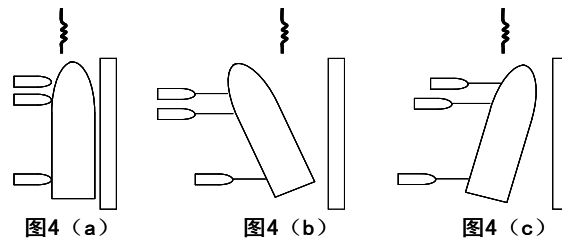
VLCC码头的平面布置为蝶型，在VLCC离码头之前拖轮就能到达里档的顶推位置，如图3两种离泊作业方式所示：



离泊时配备4条拖轮，在拖轮的分配上可以只让较小功率的2条拖轮在首尾带拖缆，较大功率的2条拖轮在解缆的过程中只在中间作顶推稳泊使用，解完缆绳后先让中间的2条拖轮到里档的顶推位置，然后让另外2条带拖缆的拖轮到拉的位置，如图3（a）所示。使用拖轮时，以里档的2条拖轮顶推为主，以另外2条拖轮的拖拉为辅，相比于图3（b）所示全拉的作业方式，更能有效的发挥拖轮的使用效率，从最大程度上减少拖轮的燃油消耗。

（2）灵活把握拖轮使用时机

与油码头不同，矿船码头平面布置一般为一字型，离泊时拖轮只能配置在大船的一舷将其拉离码头。如图4所示，一条好望角型矿船右舷靠泊在码头上，配备3条拖轮，半载顶流离泊。



如前所述，合理利用流的力量，可以减少拖轮的使用。当该轮缆绳解好后，不同位置拖轮的放拖缆时机对拖轮使用时长和功率大小会产生很大的影响。如果让尾部的拖轮顶住不放，先让船艏2条拖轮放拖缆到拉的位置，等船艏有向外甩的趋势时再令尾部拖轮放拖缆，则可以轻易的做到如图4（b）所示，即尽快让大船里舷吃流的理想离泊状态，这样船体在流的作用下就可以非常顺利的离开码头，不仅离泊速度快，而且拖轮使用时间短，功率使用小。倘若控制不当，造成如图4（c）所示外舷吃流的尴尬离泊状态，只能让船艏2条拖轮快车拉，需较长时间（一般要5分钟左右）才能将大船调整到图4（b）所示的有利离泊状态。按船艏5000马力加4000马力的拖轮配置，5分钟的快车使用会增加拖轮油耗约115KG。

3 系解缆时段尽量使用拖轮的低转速顶推

超大型船舶的系解缆时间一般较长，要经历潮流的较长变化过程，需要拖轮持续的顶推稳泊直至缆绳工作结束。如果能够根据潮流的变化和系解缆工作的进度适时调整拖轮的顶推转速，尽量使用拖轮的较低转速顶推稳泊，则可以大幅度的增加拖轮的节油量。

在船舶靠离泊过程中的系解缆不同阶段，拖轮不同稳泊顶推转速的使用是影响拖轮油耗的关键因素。对于重载超大型船舶的稳泊系解缆来讲，急流时段用拖轮的快车顶推很正常，但在系解缆过程中用一半的时间以中、慢速车顶推，在大多数情况下是可以做到的，而在涨末或落末的缓流时段则完全可以用拖轮慢车以下的车速顶推，在系缆阶段的倒缆带好之后和解缆阶段的解倒缆之前更是完全可以让中间的一或两条拖轮停车。由此可见，在系解缆时段，引航员应养成良好的习惯，结合具体时段的流速和稳泊情况，尽量选择以最小的拖轮顶推转速实现大船的稳泊。

系解缆时段尽量使用拖轮的较低转速顶推，可以大幅度的增加节油量。以表1所示宝钢马迹山港区几条拖轮的使用为例，马迹山卸船码头靠泊好望角型船舶（该码头卸货船基本为好望角型以上船舶），通常拖轮配置为2×5000马力+1×6000马力+1×4000马力，平均每次靠泊系缆顶推稳泊时间按1.5小时计算，如果所有拖轮在全部时间里都用微速车、慢速车、中速车和快车顶推，总耗油量分别为1223KG、2360KG、3418KG和4553KG。若靠泊系缆过程中，根据实际稳泊情况调整顶推转速，可以实现拖轮节油情况如下表所示：

时长	转速 节油量 (KG)	快车→微车	快车→慢车	快车→中速车
全部时间		3330	2193	1135
二分之一时间		1665	1096.5	567.5
三分之一时间		1110	731	378.3

而离泊拖轮配置通常为1×5000马力+1×6000马力+1×4000马力，平均每次解缆顶推稳泊时间按0.5小时计算，如果所有拖轮在全部时间里都用微速车、慢速车、中速车和快车顶推，总耗油量分别为304KG、584KG、846KG和1126KG。若离泊解缆过程中，根据实际稳泊情况调整顶推转速，可以实现拖轮节油情况如下表所示：

时长	转速 节油量 (KG)	快车→微车	快车→慢车	快车→中速车
全部时间		822	542	280
二分之一时间		411	271	140
三分之一时间		274	181	93

每条好望角型船舶完成在马迹山一次靠离泊系解缆全过程如上述所算的拖轮耗油和节油量为：如果所有拖轮在全部时间里都用微速车、慢速车、中速车和快车顶推，总耗油量分别为1527KG、2944KG、4264KG和5679KG。若每条好望角型船舶在马迹山一次靠离泊系解缆全过程中，根据实际稳泊情况调整顶推转速，可以实现拖轮节油情况如下表所示：

时长	转速 节油量 (KG)	快车→微车	快车→慢车	快车→中速车
全部时间		4152	2735	1415
二分之一时间		2076	1367.5	707.5
三分之一时间		1384	912	471.3

再放大到全年，2011年宝钢马迹山码头共完成好望角型以上船舶靠离泊264艘。而该年，舟山本岛共完成VLCC靠离泊128艘，15万载重吨以上散货船和15万吨级油轮97艘，全年每

船平均配备拖轮马力基本上与马迹山港区相当，舟山本岛港区拖轮均为Z型拖轮，采用与宝钢拖轮相同的每艘拖轮耗油量计算是合适的。这样的话，舟山港2011年全年共引航超大型船舶靠离泊489艘。如果全部采取上述节油措施，拖轮节油量大致如下表所示：

时长 \ 转速 节油量 (吨)			
	快车→微车	快车→慢车	快车→中速车
全部时间	2030	1337	692
二分之一时间	1051	669	346
三分之一时间	677	446	230

以上只是依据舟山港2011年超大型生产船舶所计算出来的拖轮节油量，如果再加上其它所有靠离泊船舶全年以相同方法操作所产生的节油量将更加可观。而如果全国乃至全世界的港口都能如此操作的话，节能减排效果之大可想而知。

4 结语

由此可见，引航与节能环保有着紧密的联系，在考虑到港口生产及安全的前提下，只要引航员积累丰富的引航操作经验，拥有良好的船舶操纵技术，树立牢固的节能减排意识，牢记“节能减排，从我做起”，在引航的范畴内节省燃油、减少排放是切实可行的。不仅为企业减少了燃油消耗成本，也为国家的节能减排目标做出引航员应有的贡献。

* 作者：谢广伟，男，一级引航员；E-mail: zhoushanpilot212@163.com

参考文献

[1] 苑毅《船舶最低单位距离油耗航速及控制系统研究》武汉理工大学硕士论文
[2] 洪碧光《船舶操纵原理与技术》[M]. 大连：大连海事大学出版社，2007年.