

浅谈超大型船舶通过虾峙门深水航槽的注意事项

舟山引航站 张志军

内容提要：通过阐述超大型船舶的操纵特点，结合操作实际，就重载超大型船舶在受限水域的航行操纵进行了探讨，并提出了安全注意事项。

关键词：超大型船舶；操纵特点；深水航槽；受限水域；富余水深；注意事项

1 超大型船舶的操纵特点

1.1 超大型船舶的一般操纵特点

1.1.1 舵效差，反应迟钝，维持舵效的最低航速常需4节以上。

1.1.2 追随性、航向稳定性及保向性能差。

1.1.3

旋回性能好。旋回直径与船长比（D/L）较小，呈良好的旋回性能。但在旋回中的降速明显。

1.1.4 惯性大，停船性能较差。停车冲程一般船舶8-

20L，超大型船舶为23L或更多，因其单位排水量分配的主机功率较小，紧急停船性能亦较差，可达13-16L，而普通万吨级船舶仅为6-8L。

1.1.5 转向惯性也大，需施用大舵角，早施舵、早回舵、早压舵。

1.2 超大型船舶在受限水域中的操纵特点

1.2.1 阻力增大、船速下降、主机负荷提高。

1.2.2 船体下沉和纵、横倾变化更为明显，要求有足够的富裕水深。

1.2.3 旋回性能变差，旋回中速度下降较深水中略小。

1.2.4 舵效下降、航向稳定性提高。

1.2.5

因船速慢且船舶水线上下受风、流影响的面积大，要求有足够的航道宽度。

1.2.6 附加质量和附加惯矩明显增加。H/d越小，附加倍数越高。H/d=2.2时，附加质量为深水中1.6倍；H/d

=1.8时，为深水中1.8倍；H/d=1.4时，为深水中2.8倍，最大可达4倍。

2 虾峙门深水航槽和配套锚地（参见图1）

虾峙门口外30万吨级人工深水航槽及配套锚地，于2009年5月正式投入运营。它是国内第一条建成、水深最大、通航条件非常复杂的人工深水航槽。该航槽基准水深达22.1米，可供30万吨级船舶满载进出宁波—舟山港，降低了以往须在口外锚地减载过驳的费用及可能存在的海上事故和污染风险，有效提高了超大型船舶的周转率，大幅度缩减超大型船舶的运输成本，进而大大提升宁波—舟山港的综合竞争力。



图1 虾峙门口外深水航槽及配套锚地示意图

2.1 位置及参数

虾峙门深水航槽指虾峙门口外以(1)29° 41' 15.77" N, 122° 31' 18.45" E; (2)29° 41' 33.16" N, 122° 30' 12.51" E; (3)29° 43' 52.54" N, 122° 21' 23.63" E; (4)29° 44' 16.75" N, 122° 19' 51.79" E; (5)29° 45' 17.88" N; 122° 18' 30.00" E 5点连线为轴线, 两侧各宽195米, 通航底标高-22.1米, 全长12海里的航槽。航槽走向 286.8° -106.8° 。

2.2 助航标志

航槽轴线终点以东2.5海里处设置大型虾峙0#灯船[雷达应答器(x)、AIS虚拟标]作为进口标志。在开敞式的人工航道边线两侧抛设对边交错弄堂式灯标, 单侧布设各4座, 两侧共计8座(其中右侧虾峙7号浮现只有AIS虚拟标), 同侧标间距约2~3海里, 交叉布置距离500米, 标志离同侧航道底边线距离75米。

2.3 相配套的锚地

虾峙门口外设有30万吨级矿船锚地和30万吨级油轮锚地各一, 位于虾峙0#灯船东北侧的30米等深线附近, 锚地中心分别距灯船2.3和4.1海里。

2.4 是否属于吃水受限的界定

富裕水深符合正常通航条件(通常指吃水小于20米, 候潮富裕水深大于2.0米), 即不使用深水航槽也可以通过浅滩的船舶, 被定义为非受限, 除上述外的其他船舶定义为受限(通常指吃水大于20米或只有使用深水航槽时富裕水深才能大于10%船舶吃水), 受限船通过深水航槽必须申请引水, 落实海事艇清、护航, 落实拖轮助航。

2.5 水文气象

深水航槽及配套锚地所在海区为回转流, 最大流速约2-3节。最大流速方向为东南及西北方向。东北、东、东南风7级以上, 易产生涌浪, 台风过境、甚至外围经过也会产生大涌浪, 冬季西北风超过8级, 风浪也较大。

2.6 交通管理

由浙江海事局主管通航安全工作, 下属所辖的相关海事机构按照分工对深水航槽通航安全实施具体监督管理。现场直接管理为宁波VTS中心。具体可参照《虾峙门口外深水航槽通航安全管理规定》。由于该深水航槽挖槽段长而窄, 航槽宽度仅为390米, 且主流向与航槽走向存在一定的夹角, 加上这一水域通航环境复杂, 船舶交通流密集、船舶方向分散等, 对过槽航行操作要求很高, 海上交通安全管理难度大。

3 操纵满载VLCC安全通过深水航槽实例

3.1 船舶概况及引航计划

2012年12月8日(农历廿五), VLCC凯撒(CAESAR), LOA333米, B60米, SDW318226t, 进口吃水20.7米, 排水量约33.5万吨。潮汐情况, 定海: 低潮1048潮高165cm 高潮1700潮高304cm; 虾峙门河泥槽: 低潮0945潮高162cm

高潮1549潮高345cm。引航计划操作时间节点：

1340 口外油轮锚地引航员登轮，锚离底，始进港

1420 进入深水航槽，预报虾峙门河泥槽潮高315cm

1520 出深水航槽

3.2 引航过程中各关键位置节点的船舶动态数据及操纵（参见下表）

时间	节点位置参照物 (灯桩、小岛等)	艏向 (°)	对地 航向 (°)	对地 航速 (kn)	关 键 操 作
1404	0号灯船正北3链处	266	262	7.8	调整船位至航槽中心线上
1420	右正横虾峙1号浮	291	287	9.4	当时海图水深22.8米，船舶吃水20.7米，实测UKC约4.3米，查得当时潮高为3.15米，计算得SQUAT约0.95米，减速前进二。流压差4°
1435	右正横虾峙3号浮	290	287	10.2	流压差减小到3°
1450	右正横虾峙5号浮	287	286	10.4	当时海图水深为22.1米，查得当时潮高为3.30米，UKC约3.5米，计算得SQUAT约1.2米，流压差1°
1504	右正横虾峙7号浮	286	286	10.2	基本没流压，出深水航槽，报宁波交管

4 通过深水航槽的几点注意事项

4.1 与富裕水深有关的几个吃水增量

4.1.1 船舶摇摆引起的吃水增量。纵摇、横摇和垂荡将使船舶吃水增加，虾峙门深水航槽处于半开敞海域，对东、南方的来涌浪无遮蔽，尤其台风前后，涌浪较大，应将之纳入考虑范畴。对于横摇吃水增量为 $\Delta d_R = \frac{1}{2} B \sin \theta$ （ θ 为最大横摇角

）；对于纵摇吃水增量为 $\Delta d_R = \frac{1}{2} L \sin \theta$ （ θ 为最大纵摇角）；以“凯撒”轮为例

，若横摇1°，吃水增量为0.52m；若纵摇0.25°的吃水增量可达0.73m。这对超大型船舶过槽时的富裕水深影响是比较可观的。而垂荡吃水增量主要取决于波高、波周期、波长、船长、船宽、船速等参数。据有关研究结果，当 $\lambda/L \leq 3/4$ （ λ

为波长）时，不论其余条件如何，甚至即使出现谐振，垂荡振幅仍然很小。通常大风浪中波长大致在80-140m之间，这种波长对超大型船舶来说远小于其3/4L，故可以忽略不计。

4.1.2浅水域中下沉量的增加。浅水中航进船舶会导致船体下沉和纵倾变化，对于超大型船舶下沉量的估算有多种方法，现比较两种常用的估算公式：

①根据Barrass通过实船试验和模型试验给出的适合于 $H/d=1.08-2.78$ 、 $C_b=0.50-0.90$ 的船舶在受限水域中船首下沉量的计算公式

$$S = C_b \cdot n_2^{2/3} \cdot V_s^{2.08} / 30 \quad (A)$$

式中： C_b 为方形系数， n_2 为速度回复系数， $n_2 = A_2/A_1$ ， A_2 为船舶水下横截面积， A_1 为航道剩余横截面积。

该公式充分说明船舶在浅水域中的下沉量不仅与船速有关，还与船舶所处航道的宽度和深度有关。船型越宽、吃水越大、航道越窄，船体下沉量越大。以船长333 m、船宽60 m、吃水21 m的“凯撒”轮为例（ $C_b = 0.815$ ），在航槽宽度390米、水深25 m的航槽中，依上述公式求得艏下沉量如表1

表1 某型VLCC在虾峙门口外深水航槽艏下沉量估算

速度 (kn)	3	5	7	9	11	13
下沉量 (m)	0.08	0.22	0.44	0.75	1.14	1.61

②估算船体在受限水域整体下沉量公式

$$\text{Squat} = C_b \times V_s^2 / 50 \quad (B) \quad \text{式中：} V_s \text{为船速 (kn)}$$

公式②是表示船舶重心G处的整体下沉量。根据该公式，同样以“凯撒”轮为例，在通过航槽时的下沉量如表2。

表2 某型VLCC在虾峙门口外深水航槽整体下沉量的估算

速度 (kn)	3	5	7	9	11	13
下沉量 (m)	0.15	0.41	0.80	1.32	1.97	2.75

对比表1、表2数据，可见在受限水域中，船体下沉量是不容忽视的。由于多数时候超大型重载（满载）船舶到港状态为平吃水，因此在浅水中航进时将会呈现艏倾状态，如船速较高，可能会导致富余水深不足而触底或搁浅。而公式（A）的计算结果比公式（B）的计算结果偏小，从偏于安全和便于计算的角度考虑，航海上普遍采用公式（B）来估算船舶下沉量。

4.2 风流压角的控制

若进槽时机不佳，风流向与槽向夹角较大，必然存在较大的风流压差角，从而使船舶距槽壁距离大大接近，可能产生岸吸岸推现象。根据霍夫特（Hoof t）研究结果： $H/d \leq 1.5$ 的浅水域中，若 $W/L \leq 2$ （ W 为航道底部宽度）即可视作窄水域；若 $W/L \leq 1$ 则对操纵性有明显影响并达到易发现程度。而本航槽对VLCC来讲仅为 $W/L=1.17$ ，接近后者。研究结果还提出产生岸吸岸推现象应以船宽的1.7倍为限。设VLCC的 $L_{333}m$ ， $B_s 60m$ ，驾驶台位置在槽中心线上（距船首 $L_p 290m$ ），流压为 θ° ，槽宽 $B_f 390m$ ，据此可计算出不产生较明显岸壁效应的最大偏航角（也可近

似视作风流压差角 $\theta_{\max}$ ）， $\theta_{\max} = \arcsin \frac{0.5B_f - 1.7B_s}{L_p} = 18.7^\circ$ 。考虑到船宽、驾驶

台位置可能不在槽中心线上及短时间调整船位可能需使用更大偏航角等诸多因素，建议受限VLCC过槽时的最大风流压角不宜大于 10° ，以确保安全。

4.3 几点进槽注意事项

(1) 为能准时进槽（有时不止一条船过航槽，而是一个编队），时间安排应相对富裕，一般锚离底时间与进槽时间间隔以45分钟为宜。

(2) 通过0号浮的横距最好2链左右，这样再利用2.5海里的进距来调整船位比较合理，尤其在横流较大时。如果在锚地掉头转向后，离RACON(X)较近，安全起见，可从其下流处驶过，以防压上浮筒。

(3) 最佳进槽时机为定海高潮前2.5至3.5小时，此时潮位较高，流向、槽向夹角较小。槽内航速通常在8-10节左右（速度越慢流压越大）。在槽口1号浮，压向南面的流压较大，可能会超过 5° ，在槽内逐渐减小，过5号浮后，可能会压向北面，应及时修正航向。上述“凯撒”轮的实践也证明了这点，1号浮时流压 4° ，3号浮时流压 3° ，而7号浮基本没流压。

(4) 海事部门的有关规定：保持CH8和CH16守听；起锚，进、出槽8频道向宁波VTS报告；能见度 ≥ 2

海里；风力 ≤ 8 级；在日出与日没时间内通过航槽。按顺序依次通行，禁止追越；受限船槽内航行，一条海事艇，及一条拖轮同时护航；在深水航槽及其两侧2海里之内航行、作业的其他船舶不应妨碍只能在深水航槽内航行船舶的通行。

5 结束语

引领、操纵超大型船舶航经受限水域，往往隐含很高的风险。这要求我们驾、引人员必须以扎实的理论业务知识为基础，结合、借鉴前辈和师傅们总结的丰富经验，并在实践中不断学习、检验、积累和提高，掌握、了解其各种特性，熟悉所经水域的风、流、水深、底质及其通航环境，及早发现各类风险并及时规避，全面性考虑各种注意事项，在操纵过程中留有充分余地，从而确保船舶和海洋的安全。

参考文献

- 1 王春久 超大型船舶在浅水域中下沉量与富裕水深的探讨 航海技术 2012. 1
- 2 毛杜军 宁波-舟山港虾峙门外深水航槽的使用 中国海事 2012. 1
- 3 古文贤 船舶操纵 大连海运学院出版社 1993
- 4 董新 超大型船舶的锚泊操纵 航海技术 2008 增刊
- 5 大型船舶操纵 培训教材
- 6 舟山港域引航操作指南 2011年8月 内部使用