

## 第一章 船舶操纵性基础

- 1、定义：保向、改向、变速。
- 2、船舶操纵性能：
  - ①变速性能：（1）停船性能（2）启动性能（3）倒车性能
  - ②旋回性能 ③保向性能 ④航向稳定性能
- 3、一些主要概念：
  - ①转心：转轴与船舶首位线交点（垂足）通常位于船首之后  $1/3L$ （船长）它的位置稍有移动
  - ②通常作用在船上的力及力矩：水动力、风动力、舷力、推力
  - ③漂角：船舶运动速度与船首位线的夹角
- 4、①水动力及其力矩：水给予船舶的运动方向相反的力
  - ②特点：船前进时，水动力中心在船中前  
船后退时，水动力中心在船中后
  - ③附加质量：惯性质量及惯性矩  
大型船舶纵向附加质量  $\approx 0.07m$ （ $m$  为船的质量）  
附加惯性矩  $\approx 1.0 I_z$ （ $I_z$  为船的惯性矩）
  - ④水动力角：水动力方向与船首位线的夹角  
它是漂角的函数，随它漂角的增大而增大
  - ⑤水动力中心大概位置：
    - 前进平吃水：漂角为 0 时，中心在船首之后  $1/4L$ （船速越低，越靠近船中，前进速度为 0 时，在船中）
    - 后退平吃水：漂角为 0 时，中心距船中  $1/4L$
  - ⑥水动力矩：与力矩系数水线下面积、船体形状有关  
力矩系数是漂角的函数
- 5、船体阻力
 

摩擦阻力→主要阻力 占 70%—90% 速度越大，其值越大（与  $V^2$  成正比）

剩余阻力：{ 兴波阻力（低速时：与  $V^2$  成正比；船高速时：急剧增大）  
                  { 涡流阻力

附加阻力：{ 空气阻力：约占 2%  
                  { 附体阻力
- 6、船舶的变速性能
  - ①停船性能（冲程）：与惯性有关
  - ②冲程：往往是对水移动的距离（对水移动速度为 0）
  - ③一般万吨船：倒车停船距离为  $6—8L$   
倒车冲程：5 万：8~10L 10 万吨：10~13L 15—20 万吨：13~16L
  - ④当船速降到 60%~70%时，转速降到 25%~35%  $\implies$  倒车
  - ⑤换向时间：从前进三到后退三所需时间  
汽轮机：120s~180s 内燃机：90s~120s 蒸汽机：60s~90s
- 7、船舶的旋回性：
  - (1) ①旋回圈：{ 转船阶段  
                  { 过渡阶段—变速旋回阶段  
                  { 定常旋回阶段

- ②旋回初径：操舵后航向转过 180° 时，重心移动的横向距离一般为 3~6L
- ③旋回直径：船定常旋回时，重心轨迹圆的直径通常为旋回初径的 0.9~1.2 倍
- ④进距：开始操舵到航向转过任一角度，重心移动的纵向距离通常为旋回初径的 0.6~1.2 倍
- ⑤横距：指操舵让航向转过任一角度，垂心所走的横向距离约为旋回初径的 1/2 倍
- ⑥制距：操舵开始时的重心位置到定常旋回率重心的纵向距离 1~2L
- (2) 船舶旋回运动是舵力的横向分量、水动力横向分量共同作用的结果
- (3) 船舶旋回运动中的性能：降速 旋回的初始阶段：内倾；定常旋回：外倾  
旋回时间：旋回 360° 所需的时间；万吨级船旋回时间约为：6min
- (4) 影响旋回特性的因素：
  - ①方形系数大  $\implies$  旋回性好  $\implies$  旋回圈小
  - ②船首水线下面积多  $\implies$  旋回性好  $\implies$  旋回圈小
  - ③船尾有钝材或船首瘦削  $\implies$  旋回性差  $\implies$  旋回圈大
  - ④舵面积大  $\implies$  旋回性好  $\implies$  旋回圈小
  - ⑤吃水增大  $\implies$  横距、旋回初径增大，反移量减小
  - ⑥横倾，影响较小：低速时，向底舷一侧旋回  $\implies$  旋回性好  
高速时，向高舷一侧旋回  $\implies$  旋回性好  
船速低于某一值时，旋回圈加大
  - ⑦浅水：水变浅  $\implies$  阻力加大  $\implies$  转船舵力作用小  $\implies$  旋回圈大  
旋回性变差
  - ⑧旋回圈在实际操船中的应用：  
反移量 (kick)：向操舵相反一舷移动的距离 0.1~0.2L (10%~25%L)

9、操纵指数：

$$T \dot{r} + r = k\delta$$

(T: 追随性指数  $\dot{r}$ : r 的导数 角速度 <r> 的加速度 k: 旋回性指数 )

$$T = \frac{\text{惯性力矩}}{\text{阻尼力矩}} \quad (T \text{ 大, 惯性大, 实际操舵中 } T \text{ 越小越好})$$

$$k = \frac{\text{转舵力矩}}{\text{阻尼力矩}} \quad (k \text{ 大, 转舵效应好, 实际操舵 } k \text{ 越大越好})$$

$$\text{无因次的 } k', T' \begin{cases} k' = k \left( \frac{L}{v} \right) \\ T' = T \left( \frac{L}{v} \right) \end{cases} \quad (k/T \text{ 表示舵效})$$

## 第二节 航向稳定性及保向性

### 1、船向稳定性定义：

船受外力干扰，干扰消失后，不用舵的前提下，船能自动恢复直线运动

稳定性 { ①恢复到原航向平行的航向——>航向稳定性（方向稳定性）  
②彻底恢复到原航行完全相同的航向上  
③直线稳定

航向稳定性：方形系数低，长/宽高的船航向稳定性好——>瘦船稳定性好

船首侧面积大——>航行稳定性差（例如：球鼻首 bulous）

### 2、保向性概念：

船首线运动受外力干扰通过用舵纠正使其恢复到原航向与航迹上继续做直线运动

一般来说：航向稳定性好的船——>保向性好

### 3、影响保向性因素

瘦船——>好

浅吃水——>差

船尾肥大（有钝材）——>好

干舷高——>差

尾倾较首倾好

轻载比满载保向性好（如有风，另当别论）

船速高——>好

水深浅——>好

逆风逆流——>好

## 第三节 变速性能补充

### 1、启动性能：静止——>定常运动

定常速度  $v$ 、所需距离与排水量成正比，与  $v^2$  成反比，与阻力成正比

经验：满载启动距离  $20L$  轻载为满载的  $1/2 \sim 2/3$

### 2、减速性能：停车冲程：对水速度为 0

通常对水移动能维持舵效的最低速度，即认为停船

万吨级船 2 节、超大船 3 节，即认为停船

一般货船停船冲程  $8 \sim 20L$ 、超大船停船冲程  $20L$

### 3、制动性能：前进三——>后退三

变螺距船 CPP 是 FPP 船紧急停船距离的  $60\% \sim 80\%$

总结：排水量大——>停船距离大 船速大——>停船距离大

污底严重——>停船距离小

主机功率大——>停船距离小

顺流顺风——>停船距离大

## 第四节 船舶操纵性试验

### 1、旋回试验：在直航情况下，左 $35^\circ$ 或右 $35^\circ$ ，使船旋回

旋回试验的目的：测定旋回圈，评价船舶旋回性

### 2、冲程试验

冲程条件：风流小 水深 $\geq 3\sqrt{Bd}$  采用投掷法测定

倒车使船停下（这种试验）要求船首改变 $90^\circ$

### 3、螺旋试验、逆螺旋试验

该试验目的，判断船舶航向稳定性好坏

逆螺旋试验：求取船舶达某一回旋角速度所需舵角

### 4、Z 性试验

该试验主要评价船舶首摇抑制性，也可测定旋回性，追随性，航向稳定性  
获得操纵性指数

## 第五节 IMO 要求

- 1、①对旋回性：进距 $< 4.5L$  旋回初径 $< 5L$   
操 $10^\circ$  舵角 航向改变 $10^\circ$  时的进距 $< 2.5L$
- ②对停船性：全速倒车停船距离 $< 15L$   
超大船倒车停船距离 $< 20L$
- ③对于首摇抑制性、保向性
- 3、Z 型试验结果：左右 $10^\circ$  舷角
  - 第一超越角：a、当 $L/v < 10s$  时： $< 10^\circ$   
b、当 $L/v > 30s$  时： $< 20^\circ$   
c、当 $10s < L/v < 30s$  时： $[5 + \frac{1}{2} (L/v)]^\circ$
  - 第二超越角：a、当 $L/v < 10s$  时： $< 25^\circ$   
b、当 $L/v > 30s$  时： $< 40^\circ$   
c、当 $10s < L/v < 30s$  时： $< [17.5 + 0.75 (L/v)]^\circ$

## 第三章 车、舵、锚、缆、拖船

### 第一节 螺旋桨（propeller）

#### 1、关于阻力的补充

摩擦阻力占到 $70\% \sim 80\%$ ，它与大约船速 $1.852$ 的次方成正比

#### 2、吸入流与排出流

①进入螺旋桨的流 $\rightarrow$ 吸入流：范围广、流速慢、流线平行

②螺旋桨排出的流 $\rightarrow$ 排出流：范围小、流速快、水流旋转

#### 3、推力有船速关系（还与滑失有关）

推力：排出流对船的反作用力

船速一定，螺旋桨转速高 $\rightarrow$ 推力大

螺旋桨转速一定，船速高 $\rightarrow$ 推力小

#### 4、滑失：螺旋桨对水实际速度与理论上能前进速度之差

$$\text{滑失比} = \frac{\text{滑失}}{\text{理论速度}}$$

螺旋桨推力主要取决于其转速及滑失比。滑失比越大，推力越大  
 推力与转速<sup>2</sup>成正比 船速越低，滑失比越大  
 通常伴流提高滑失比，降低舵效

#### 5、关于功率

机四功率：机四发出的功率

收到的功率：螺旋桨收到的功率

有效功能：克服阻力，保持船速需要的功率=阻力×船速

$$\text{传递效率} = \frac{\text{收到的功率}}{\text{机四功率}} \quad 0.95 \sim 0.98$$

$$\text{推进四功率} = \frac{\text{有效功率}}{\text{收到功率}} \quad 0.6 \sim 0.7$$

$$\text{推进系数} = \frac{\text{有效功率}}{\text{收到功率}} \quad 0.5 \sim 0.7$$

#### 6、船速

额定船速：深水中可以供用的最大船速

海速：损失一部分功率以后在海上航行实际船速（功率为额定船速的 90%  
 转速为额定转速的 96%~97%）

港速：是海上转速的 70%~80% 回退转速是海上转速的 60%~70%

#### 7、船舶受到的横向力（上小下大）

种类：①沉深横向力 ②伴流横向力 ③排出流横向力

④螺旋桨中心位置偏移形成的横向力

##### ①沉深横向力

原理：流体静压力随水深的增大而增大，上下桨叶深度不同，因而，螺旋桨上下部形成的差值

特征：上下桨叶形成的横向力方向相反、大小不等（上小下大）

进车时，对右旋桨船而言，推尾向右 右旋 → 尾超右

要求： $h/D < 0.65 \sim 0.75$

##### ②伴流横向力（上大下小）

伴流在螺旋桨处分布不均匀，上大下小

伴流特点：前进时，船首伴流小，船尾伴流大

后退时，船尾伴流小，船首伴流大

进车时，对右旋桨船而言，推尾向左 右旋 → 尾超左

##### ③排出流横向力

桨上半部排出流作用在舵叶右下部 → 作用小

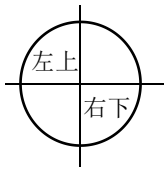
桨下半部排出流作用在舵叶左上部 → 作用大

##### ④排出流横向力 > 沉深横向力 > 伴流横向力

对倒车而言，主要的横向力是沉深横向力及排出流横向力

例：右旋桨船，静止中倒车，使船首（向右）

### 8、排出流补充：



进车时：

右下部大于左上部  $\Rightarrow$  推船尾向左

倒车时：

由于船尾上肥下瘦，打在船上的力

左上部  $>$  右下部  $\Rightarrow$  推船尾向左

总结：{ 沉深横向力：进车时，推尾向右；倒车时，推尾向右  
伴流横向力：进车时，推尾向左；倒车时，推尾向右  
排出流横向力：无论进车还是倒车，均推尾向左

### 9、单桨船综合效应

进车时，并有一定速度的排出流，船首的偏转服从于舵

倒车时，速度较快，船首的偏转服从于舵，如速度慢，则不从与舵

### 10、双桨船效应

两桨旋转方向总是相反

### 11、侧推器

侧推器发挥作用要求船速低于 4 节 船速高，侧推器会失去作用

## 第二节 舵的作用

### 1、舵压力及其影响因素

舵力可分为：①垂直于舵叶的力②平行于舵叶的力

舵力的大小与船速、舵角、舵面积有关 舵面积越大，舵力越大

舵速：指舵相对于水的速度

舵速=船速+排出流在舵角处的轴向分量-伴流速度

### 2、舵压力转船力矩

舵压力转船力矩=正压力 $\times$ 力臂

力臂为重心到舵正压力作用线的垂直距离

### 3、舵效

①舵力作用的效果：操舵以后船速下降

②影响舵效的因素

舵角大  $\rightarrow$  舵效好 船速大  $\rightarrow$  舵效好 排水量大  $\rightarrow$  舵效差

尾倾  $\rightarrow$  舵效好

横倾：高速中向高舷一侧操船  $\rightarrow$  舵效好

低速中向底舷一侧操舵  $\rightarrow$  舵效好

操船时间短  $\rightarrow$  舵效好

③关于舵机

液压舵机：舵来得快，回得也快

电动舵机：来得快，回得慢，不易把定

蒸汽舵机：来得慢，回得快，容易把定

④常识

伴流使舵力下降，排出流使舵力增大

变螺距桨船 (CPP) 比固定螺距桨船 (FPP) 的舵效差  
 原因船停以后 CPP 车叶仍以原转速转动成了水流屏障, 降低了船速

### 第三节 锚的作用

1、锚的作用: 制动、稳住船体

2、锚的种类

}	}	单锚泊	一字锚: 两张角在 $180^\circ$
		双锚泊	八字锚
			平行锚 (一点锚): 两锚泊张角 $0^\circ$

一字锚主要用于狭窄的水域, 受力较大的叫做力锚, 另一个叫惰锚  
 平行锚优点: 锚泊力较大 (约 2 倍单锚泊的锚泊力)

3、操纵用锚的抓力

一般来说: 操纵用锚出链长度应控制在水深的 2.5 倍  
 锚的抓力约为水中锚量的 1.6 倍  
 在靠 10m 水深泊位时, 出链长度不超过两节  
 抛开锚时出链长度不小于 4 节

4、锚泊用锚时的抓力

$$p = \lambda_1 w_{\text{锚}} + \lambda_2 w_e \times L$$

$\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ : 与地质、锚类型有关     $w_e$ : 每米链重    L: 卧底链长  
 走锚时, 抓力急剧减小到正常抓力的 2/3 以下  
 霍尔锚的抓力一般为锚重的 3~5 倍

5、消航距离:

$$S = \frac{0.0135 D v^2}{P}$$

S: cm    D: 船舶质量 (t)    P: 锚的抓力 (t)    v: 节

一般船 2 节余速拖单锚 }  $\Rightarrow$  消航距离大致是 L  
 一般船 3 节余速拖双锚 }  
 2 节余速拖双锚 }  $\Rightarrow$  消航距离大致是 0.5L  
 1.5 节余速拖单锚 }

6、出链长度:

$$S = \sqrt{h \times (h + \frac{2T_0}{w_c}) + \frac{T_0 - \lambda_a w_0}{\lambda_c w_c}}$$

出链长度与锚重无关, 与船舶受到的外力有关  
 20m 水深左右, 出链长度较缓流多 1 节  
 简单的公式:  $s = 3h + 90$     风速  $\approx 20\text{m/s}$   
 $S = 4h + 145$     风速  $\approx 30\text{m/s}$

- ① 一般万吨级: 最佳抛锚水深 15~20m
- ②  $\frac{1}{4}$  的链长 > 选择抛锚水深 >  $1.5 \times \text{吃水} + \frac{2}{3}$  的最大波高
- ③ 单锚所需的水域:            L + (60~90) m  
 八字锚所需的水域:            L + 45s

- ④锚泊船与他船距离至少： 链长+L  
 锚位与滩边的距离： 2L  
 锚位与浅滩、岸边的距离： 链长+2L
- ⑤万吨级船抛锚时距 10m 等深线至少 2 海里  
 例如：当风速为 20m/s，水深 20m，单锚泊出链长度（）  
 A: 180m      B: 150m      C: 120m      D: 100m

## 第四节 缆的运用

- 1、**顶风顶流带缆顺序**：首缆、首倒缆、尾倒缆、尾缆
- 2、**系靠浮筒时**：先带单头缆（绞紧受力），后带回头缆（不受力）
- 3、**单绑（single up）**：离泊时先解掉不起作用的多余缆绳  
 船单绑一般留下头缆、倒缆  
 离双浮时单绑：解除单头缆，留回头缆
- 4、**倒缆的位置**：首倒缆带至船中较好

## 第五节 拖船的运用

### 1、拖船的种类

- Z 型：无舵，可 360° 内旋转，耐波性好，拖力最大  
 VSP 型：无舵，操纵性好，横向推力可达直向的 45%，拖力比 CPP 略小  
 CPP 型：推力比 Z 型小，耐波性较差  
 FPP 型：拖力小（但高于 VSP），其他性能较差

### 2、拖船协助作业的方式：

- 吊拖：只可进不可退的牵引方式  
 倾推：拖船通过首部将作用力传递给被拖船  
 傍拖：通过缆或拖船的侧体将作用力传递给被拖船  
 拖带角：拖缆方向与拖船首尾线的夹角

### 3、根据需要选择拖船：

- 拖力大小： Z > CPP > FPP > VSP  
 CPP：最易受波浪影响，即 Z、VSP 最不易受波浪影响  
 VSP：旋回性好      Z：旋回性差

### 4、①用作船舶的拖轮一般选用 ZP、VSP 系于船尾

②拖船协助大船操纵系缆方式：单首缆、双首缆、紧绑

③一般来说：吊拖带角如为 0，被拖带漂角也为 0

### 5、拖船功率的计算：

- 万吨级：DWT × 10% (hp) 或 GT × 15% (hp)  
           DWT × 7.4% (kw) 或 GT × 11% (kw)  
 VLCC 满载：DWT × 5%      空载：DWT × 7%



例：根据经验，风速低于 15m/s，流速低于 0.4 节，船舶载重吨为 1500t，所需拖船功率（kw）为（）

A: 1310kw      B: 1210kw      C: 1110kw      D: 1010kw

#### 6、拖船协助操纵注意事项：

①吊拖时，俯角尽量小，一般应小于  $15^\circ$

拖缆长度  $>4$  倍的拖缆至水面的高度      一般拖绳均不应小于 45m

②防止倒拖、横拖

被拖船的速度控制在 5~6 节内

倒拖的坏处：大船的前后运动带动拖轮沿拖缆的垂直方向（向大船靠拢）

横拖：使拖船严重横倾，甚至倾覆

## 第三章 外界因素对操船的影响

### 第一节： 风的影响

#### 1、风压力大小

①风压力系数的大小随风舷角的变化而变化

②风舷角为  $0^\circ$  或  $180^\circ$  时，风压力最小

③当风舷角为  $30^\circ \sim 40^\circ$ （ $140^\circ \sim 160^\circ$ ）时，风压力有极值

④空载 3~4 级风的影响  $\approx$  半载 5~6 级风的影响  $\approx$  满载 7~8 级风的影响

#### 2、风压力中心的位置

受风面积的中心沿船影响纵向的位置： $a/L$

一般  $a/L \approx 0.3 \sim 0.8$       当正横前来风， $a$  位于船中前

当正横后来风， $a$  位于船中后

#### 3、风压力角 $\alpha$ ：指的风压力与船首尾线的夹角

① $\alpha$  与风舷角、受风面积、船型有关

②风压力角  $\alpha$  比风舷角更接近正横

#### 4、风动力转船力矩：由于风压力在船中，因而产生转船力矩

①风力转船力矩系数：等风舷角为  $0^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $90^\circ$  时，风力矩系数为 0

②当风舷角为  $45^\circ$  或  $135^\circ$  时，风力矩系数最大

#### 5、影响水动力的因素

①船在水中运动，会受到水的反作用力  $\rightarrow$  水动力

②水动力系数与漂角、船体水线下形状、吃水有关

③当漂角为  $0^\circ$  或  $180^\circ$  时，水动力系数最小，而漂角为  $90^\circ$  时，有极大值

④水动力作用中心，距船首的距离  $a/L$  随漂角的增大而增大

当漂角  $\beta < 90^\circ$ （即船首有向前运动趋势），水动力中心在船中前

当漂角  $\beta = 90^\circ$ （即船首有向前运动趋势），水动力中心在船中附近

当漂角  $\beta > 90^\circ$ （即船首有后退运动趋势），水动力中心在船中后

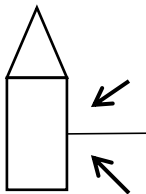
- ⑤吃水越大，水动力系数越大
- ⑥水深、吃水比越小，水动力系数越大

**6、水动力转船力矩**

水动力距转船系数，当漂角为  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$  时，该系数为 0  
当漂角为  $45^\circ$ 、 $135^\circ$  时，达最大值

**7、风中偏转**

- ①风中偏转与风力中心、船的中心、水动力中心的大小及相对位置有关，与船舶的进退状态也有关
- ②静止船受风偏转



正横前来风，船首向来风相反的一舷  
正横后来风，船首向来风一侧偏转

**8、前进中受风**

- ①当正横前来风，  
船速越高  $\longrightarrow$  水动力中心越靠近船首  $\longrightarrow$  水动力距  $\longrightarrow$  风动力距  $\longrightarrow$  船首迎风偏转
- 船速低  $\longrightarrow$  水动力中心越靠近船中  $\longrightarrow$  船向下风偏转
- ②正横后来风  
风动力距与水动力距方向相同，合力矩方向为下风向  $\longrightarrow$  船首向上风偏转
- ③正横来风  
表现首迎风偏转，横风越大，吃水越大，船速越快  $\longrightarrow$  越迎风偏
- ④后退中受风  
前进中，首找风；回退中，尾找风；静止或船速不大时，偏向下风

**9、静止船的受风漂移：**

漂移速度：

压载：
$$\frac{B_a}{L \bullet d} \approx 1.8 \quad V = \frac{1}{20} V_a$$

空载：
$$\frac{B_a}{L \bullet d} \approx 0.8 \quad V = \frac{1}{30} V_a$$

$B_a$ ：侧面受风面积

$V_a$ ：风速

例：船长  $L=150\text{m}$ ，吃水  $d=6\text{m}$ ，侧风面积  $B_a=1200 \text{ m}^2$ ，船静止受横来风  $V_a=40\text{km}$  的作用下，船漂移速度 ( )

- A: 1.3                      B: 1.6                      C: 1.9                      D: 2.2

## 第二节 流对操船的影响

### 1、流对船效旋回的影响

无论顶流还是顺流，船对水的相对速度不变

顶流船效好

顶流旋回圈小 → 旋回性好

### 2、顺流漂移距离

$$D = V_c \times \Delta t \times 80\%$$

$V_c$ : 流速

$\Delta t$ : 掉头时间

### 3、风流对船舶运动影响不一致时，要考虑载况，考虑风流较大者

## 第三节 受限水域对操船的影响

### 1、浅水效应

①浅水 → 船振动下沉，阻力加大、旋回性变差，舵效变差，稳定性变好

②当  $H/d$  (水深吃水比)  $< 2$  时，船体附加质量及附加惯性增加量明显

$H/d < 1.5$  时，船体附加质量及附加惯性成倍增加

③  $F_r$  (弗劳德数)

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad \text{体现了惯性及重力之间的关系}$$

当  $F_r < 0.3$  时 首倾 ⇔ 浅水中船速较低时，多首倾

当  $F_r > 0.3$  时 尾倾 ⇔ 浅水中船速较高时，多尾倾，

肥大的船下沉越严重

### 2、岸壁效应

①当船与岸比较近时：船头向航道中央偏转，船岸边靠近

②船速越高，水深越浅，离岸底越近 ⇔ 岸壁效应

### 3、船间效应

①船速越高，距离越近，船间效应越明显

②船间速度越小，船间效应越大，水深越浅，船间效应越明显

③船间吸引力：与船速的平方成正比，与船间距离的 4 次方成反比

④船间吸引力矩：与船速的平方成正比，与船间距离的 3 次方成反比

⑤两船头尾接近时，头尾互相排斥

⑥两船船身有部分重叠时，相互吸引

## 第四章 港内操纵

### 第一节 进出港操船

- 1、中小型船距泊位 10~15n mile 或提前一小时要备车
- 2、大型 VLCC（油船）15n mile
- 3、大型集装箱船：到锚地 5nm 或提前半小时备车，若环境复杂，10nm 以前或提前 1 小时备车
- 4、到离港前要减速
- 5、侧推器要求： $V < 4kn$  自动船  $V > 8kn$  以上有效
- 6、对于手操船，万吨级船保持船效的有效速度  $> 2kn$  超大型船  $V > 3kn$

### 第二节 港内掉头

- 1、一般自动掉头所需水域 3L
- 2、利用风流掉头，所需水域 2L
- 3、单拖船协助掉头所需水域 2L
- 4、双拖船协助掉头所需水域 1.5L
- 5、顶流掉头舵效好
- 6、顺流抛锚时，船首尾向流向成  $30^\circ$  夹角下锚较好
- 7、一般情况下（顺流）向右掉头，弯曲航道向凸岸掉头较好
- 8、出链长度为 2.5~3 倍的水深较好

### 第三节 离靠泊操纵

- 1、一般码头的长度  $> 120\%L$
- 2、靠泊之前，船速不宜太高，通常控制在 2kn 以下
- 3、顶风顶流靠离泊较好
- 4、离码头的横距，小船一般应  $(1.5 \sim 2.0) B$ （船宽）  
中、大型船应  $(2.0 \sim 2.5) B$   
VLCC 应 2.5B 以上
- 5、排水量大的船，一般宜小角度接近泊位  
重载船顶流较强时，靠拢角较小为好  
轻载吹开风大时，靠拢角宜大
- 6、速度控制：万吨船靠岸速度应低于 15cm/s  
中型船应低于 10cm/s  
超大船应低于 5cm/s
- 7、关于离泊：吹开风顺流摆出角宜小  
吹拢风顺流，摆出角宜大  
顶流比顺流摆出角要大一些

## 第四节 系离浮筒操纵

### 1、系浮筒的缆绳

首单头缆、首回头缆、尾单头缆、尾回头缆

- 2、船系双浮筒时：如抛开锚，下锚点至浮筒连线的横距一般为 30~40m
- 3、系浮筒速度不能太高

## 第五节 锚泊操作

### 1、锚泊水域

①距固定物标： $R > L + L_e \longrightarrow R > L + L_e + 2r$ （考虑误差）

②距活动物标： $R > L + 2L_e \longrightarrow R > L + 2L_e + 4r$ （考虑误差）

其中：R 为距离， $L_e$  为舷链长

### 2、八字锚特点：

优点：锚泊力较大，双偏荡有一定的抑制

缺点：操纵复杂，容易缠锚，八字锚的锚泊力是单锚的 1.7~1.8 倍

### 3、一字锚（夹角 $180^\circ$ ）特点：

优点：限制船舶运动时域水域有限的地方（狭水道）

缺点：操作复杂，容易缠锚，一般大风、急流时锚泊力不足  $\longrightarrow$  一般适用于小船

### 4、一点锚（平行锚，夹角为 $0^\circ$ ）特点：

优点：锚泊力大（约为单锚泊力的 2 倍）

缺点：容易缠锚，容易偏荡

### 5、抛锚方式：

①一般先小出链长 2 倍水深  $\longrightarrow$  刹一下  $\longrightarrow$  待机时慢松一下

②抛锚前的速度控制：

小船  $< 2$  节

中型船  $< 1$  节

大型船  $< 0.5$  节

③当  $25\text{m} < \text{水深} < 50\text{m}$  时，用锚机将锚链送至海底，再微退抬出锚链，直到抓牢

当水深  $> 50\text{m}$  时，先用锚机将锚送至海底，而后用极低的退速后退，同时送出锚链

6、①八字锚适宜的夹角： $30^\circ \sim 60^\circ$ ，为防止偏荡可取： $50^\circ \sim 60^\circ$

超大型船最好取： $90^\circ$

后退法抛锚：先抛下风流锚，后抛上风流锚

前进法抛锚：先抛上风流锚，后抛下风流锚

②一字锚抛锚法：

前进抛锚法：先惰链后力链

后退法抛锚：先力链后惰链

③自由落锚水深  $< 25\text{m}$

抛锚距下风 10m 等深浅  $> 2\text{nm}$

抛八字锚，两锚张角应迎风向

**7、偏荡情况：**

- ①风流呈周期性变化→锚链张力也呈周期性变化
  - ②风速增大，风压力中心纵向后移→偏荡周期减小→摆动大
  - ③风速增大，水线以上面积大→水线以上面积增大→摆动快
  - ④当锚链与风向的夹角为0°时，风舷角最大，链的张力最大
  - ⑤船首由极限位置向平衡位置过渡，接近此时的锚链的张力最大  
在极端位置，船的惯性力最小
- } 锚链受力增大

**8、为减小偏荡：**通常加负载水，最好压在水加到  $\frac{3}{4}$  满载吃水

**9、走锚的判断及措施**

- ①突然偏荡消失，风反作用于抛锚舷
- ②GPS 船尾改变
- ③有相对运动

- 措施：{
- ①立即抛下另一舷锚
  - ②叫船长，并通知机舱备车
  - ③悬挂、鸣放“Y”信号
  - ④立即启动后，重新抛锚

**第五节 特种船的操纵**

**1、超大型船操纵**

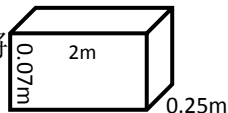
- ①超大型船的特点：质量大，船体肥大，方向系数大  
航向稳定性差，旋回性好，浅水效应、岸壁效应明显
- ②靠泊时：泊位前约 2nm 余速控制在 4kn 以下  
泊位前约 1nmile，余速控制在 2kn 以下  
泊位前约 1 倍船长，余速控制在 1kn 以下  
贴近码头的速度应控制在 2~5cm/s
- ③抓锚时：多采用深水抛锚法，速度应控制在 0.5 节以下  
对超大型船，多采用抛轮制动

**2、高速船操纵**

- ①定义： $V \geq 3.7\sqrt{0.1667 \nabla}$  （ $\nabla$  水线以下排水体积）  
 $V \geq 18\text{km/h}$  （内河规定）
- ②特点：质量小，功率大，易受风浪影响，容易受浪损
- ③注意：避免使用大舵角

## 第五章 特殊水域船舶操纵

### 第一节 冰区操纵

- 1、露出水面 3m 以上的冰山，雷达可探  
距离只有 2m，如果水面高度不足 0.3m，则难以探测，高大的冰山，10nm 外可探测
- 2、接近冰山的征兆：
  - ①风浪急剧减小 ②笛声回响，有时听到大浪击壁的声音
- 3、晴朗的夜晚，望远镜可看到 1nmile 处的冰山  
晴朗的白天，大冰山视距可达 10nmile
- 4、冰区航行的注意事项：
  - ①保持适当的出水、吃水差，一般吃水差在 0.5m~1m 为宜，冰厚 30cm 时，螺旋桨在水面下 1.5m 为宜
  - ②冰区航行前边舱，尖舱水量不要超过满船的 85%
  - ③当有 5 级以上横风时，不要进入冰区
  - ④一般以冰区的上风舷进入较好
  - ⑤应等待流小时进入，并选择冰缘平坦处进入
  - ⑥冰区用小舵角，尽量少改向
  - ⑦冰量  $\frac{4}{10} \sim \frac{5}{10}$  时，可常速行驶；冰量  $\frac{6}{10} \sim \frac{7}{10}$  时，减速慢行
- 5、冰区抛锚
  - ①冰区出链长度不超过 2 倍水深
  - ②冰区护航中，冰量为  $\frac{4}{10}$  时，可维持 8kn 航速
  - ③抛冰锚时，先冰上挖槽，将  硬木棒放入槽中，套上套锁，然后浇水

### 第二节 狭水道操纵

- 1、顶流过弯  
使船保持在航道中央一侧偏向凹岸
- 2、顺流过弯  
保持在航道中央行驶
- 3、狭水道航行  
速度不能过快

## 第六章 大风浪中操纵

### 第一节 波浪

#### 1、坦谷波

$$T = 0.8\sqrt{\lambda} \quad (T: \text{周期} \quad \lambda: \text{波长})$$

$$\text{波速 } c = 1.25\sqrt{\lambda}$$

$$\text{波混径率: } w = 7.85\sqrt{\lambda}$$

#### 2、最大有利波高

$$\lambda_{\text{最大有利波高}} = 60H_{\frac{1}{3}}$$

$$\lambda_{\text{最大能量}} = 40H_{\frac{1}{3}}$$

#### 3、海上多数波的周期: 7~10s

波长: 80~140m

倾斜度:  $\frac{1}{40} \sim \frac{1}{30}$

$$\bar{H} = 0.63H_{\frac{1}{3}}$$

$$H_{\frac{1}{10}} = 1.27H_{\frac{1}{3}}$$

$$H_{\frac{1}{100}} = 1.61H_{\frac{1}{3}}$$

$$H_{\frac{1}{1000}} = 1.94H_{\frac{1}{3}}$$

### 第二节 波浪对船运动的影响

#### 1、六自由度运动

横摇、纵摇、首摇、垂荡、横荡、纵荡，其中横、纵摇，垂荡对船影响最大  
对 Z 轴运动，垂荡、首摇； 对 X 轴运动，纵荡、横摇；  
对 Y 轴运动，横荡、纵摇

#### 2、影响横摇的因素

①船舶固有周期:  $T_R = \frac{C \cdot B}{\sqrt{GM}}$

为避免横摇幅度，最重要的是不发生共振:  $T_R = T_{\text{波浪}}$

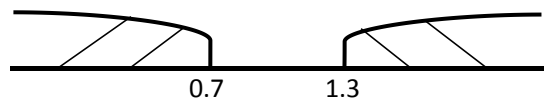
谐摇时的横倾角:  $Q_s = 7.92\sqrt{a_0}$  ( $a_0$ : 最大波面角)

②  $T_R < T_E$  船舶横摇快，甲板上浪少

$T_R > T_E$  船舶横摇慢，甲板易上浪

③ 超大油轮一般空载时横摇周期 6s 以下  
一般满载时横摇周期 14s 以下

④ 减横摇措施: 让  $\frac{T_R}{T_E} < 0.7$  或  $\frac{T_R}{T_E} > 1.3$





⑤调整船的固有横摇周期，调整船速航向

例：船舶自由横摇周期 10s，为了避免谐摇，则波浪遭

A: 大于 7.7s 或小于 14.3s    B: 小于 7.7s 或大于 14.3s

C: 大于 5.7s 或小于 16.3s    D: 小于 5.7s 或大于 16.3s

### 3、影响纵摇的因素：

①船舶自由纵摇周期  $T_p = C_p \sqrt{L}$     减纵摇：  $T_p \neq T_E$

当  $L \approx \lambda$  时，纵摇的摆幅大

对于中小型船，纵摇摆幅随船速的增高而加大

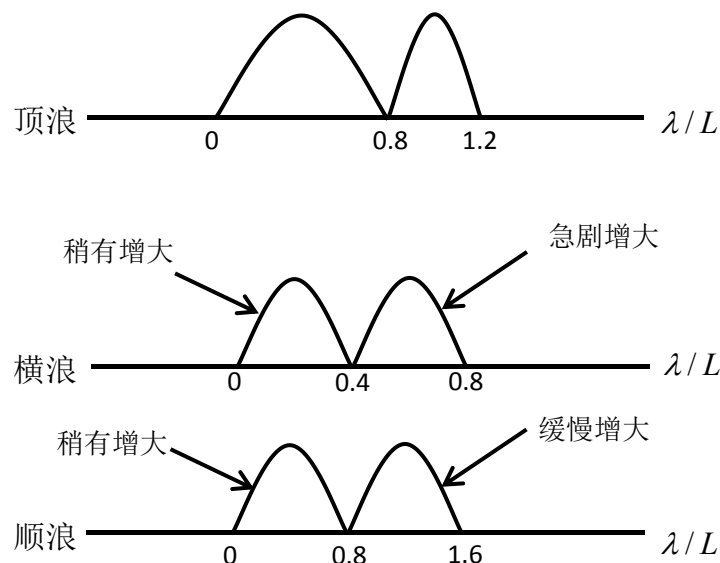
避开纵摇的措施：将航速降到保持舵效的速度

临界区域：  $L < \text{谐摇波长} < \lambda_{\text{最大能量}}$

### 4、影响垂荡的因素：

①船舶固有垂荡周期：  $T_H = 2.4\sqrt{d}$     (d: 吃水)

为了减小垂荡，尽量避免谐振



总结：顺浪航行，垂荡振幅较小

### 5、大风浪航行措施：

①为了减小纵摇、横摇、垂荡、拍低，可采取减速转向

②为了减少拍低，保持首尾吃水大于 1/2 满载吃水并减速

③注意产生拍底条件：  $L \approx \lambda$      $d/L < 5\%$

④多采用“Z”形航法

⑤如顶浪航行不利，果断采取顺航，顺浪减轻波浪对船体的冲击，并能保持较高的航速

⑥对于老船，为减少冲击，多漂航（无速度）如果舵机故障，多采取漂滞滞航：维持舵效的最小航速，保持 2~3 个罗经点，顶浪，根据风浪适时调整风向

- ⑦风浪中掉头，要让操舵横倾，与波浪引起的风向一致  
在海面平静来临之时掉头，慢速掉头时，慢速中舵，以后适时快车满舵

## 第七章 应急操纵

### 第一节 碰撞的处理

- 1、①避免撞船中、机舱  
②避免垂直碰撞  
③速度高尽量倒车
- } 碰撞部位，角度采取措施
- 2、**他船首撞入我船体**
    - ①尽可能停船，减少破损
    - ②关闭水门，检查破损
    - ③使破损位置处于下风
  - 3、**我船撞他船船体**
    - ①微进车，顶住对方，减少进水
    - ②紧急情况，将他船顶到附近抢滩
  - 4、**紧急抛货 (jettision)**
    - ①货物遇水急剧膨胀
    - ②为了保持剩余稳性
    - ③为保留储备浮力
    - ④减少进水量
  - 5、**抢滩操纵**
    - ①一般船首上滩
    - ②保持船身与等深线垂直
    - ③减速慢行
    - ④适时抛双锚

### 第二节 搁浅操纵

- 1、**搁浅措施**
  - ①按规定显示号灯号型
  - ②测量油水
  - ③测船位水深
- 2、短时间不能脱浅，会因风浪影响而墩地、打横、翻沉  
措施：用锚、缆绳加固  
拖船协助，将船向宽阔水域顶推  
向舱内注水 → 下沉 → 固定
- 3、**脱浅所需拉力**
  - ①与损失的排水量，船与海底摩擦有关，成正比

#### 4、船舶自力脱浅的方法

- ①移载（卸载）②等候高潮③车锚舵配合脱浅

### 第三节 火灾操纵

#### 1、措施：①按应变部署表

- ②使火源处于下风舷：舷侧船中失火，船要横风行驶  
船尾失火，迎风行驶  
船首失火，顺风行驶

### 第四节 救生与弃船

- 1、放救生艇时，横倾角不超过  $20^\circ$ ，船速不超过 5 节，海面尽量选择平静

#### 2、救遇难者

- ①尽量在船中实施救助②将遇难者放于下风  
③已在船上的遇难者，可将艇和人在一起吊上  
④舷边张挂救生圈

- 3、放艇时，风舷角最好保持  $20^\circ \sim 30^\circ$

- 4、救助落水人员：①大叫②向落水者一舷操满舵③扔游泳圈

- 5、人在水中的生存时间： $4 \sim 10^\circ$  水温，3h 以下  $10 \sim 15^\circ$  时，6h 以下

#### 6、驶进潜水人员方法：

- 立即行动，落水后立即采取行动——→单旋回  
延迟行动←—— Willianso 旋回——→对立即行动，人员失踪也适用  
人员失踪：schanow 旋回——→不适合立即行动，延迟行动

#### 7、单旋回

- 向落水者一舷操满舵——→剩余  $20^\circ$  舷角或航向改变  $250^\circ$  时，正舷停车

#### 8、Willanson 旋回

- 转向角达  $60^\circ$  时，向相反一舷操满舵  
——→ 当航向与初始航向的反方向相差  $20^\circ$  时正舵  
——→ 与初始航向相反，把定——→接近落水

#### 9、schanow 旋回——→节省 2 海里的航程

- 任何一舷操满舵——→当改向  $240^\circ$  时，向相反一舷操满舵  
——→当航向与初始航向的反方差  $20^\circ$  时，正舵  
——→与初始航向相反，把定——→接近落水

#### 10、关于搜寻

- ①IMO 将全球划为 3 个搜寻区域  
②在搜寻遇险船时，开始搜寻的最可能区域是以基本点为中心，半径为 10 海里的圆的外切正方形  
③确定基本点应考虑，遇险时间、船位、遇险船深移量  
搜寻方式：①扩展方形搜寻②扇形搜寻③平行搜寻④海底协助搜寻

- 1、拖缆的长度  $S = k(l_1 + l_2)$  (k: 系数 低 1.5~2.0 高  $l_1$ : 拖船长度  
 $l_2$ : 被拖船长度)
- 2、拖船的悬垂量: 一般为拖缆长度的 6%  
平静的海面 → 悬垂量不少于 8m  
大风浪的海面 → 悬垂量不少于 13m
- 3、拖船接近被拖船方法:  
被拖船漂移速度 > 拖船的漂移速度, 下风接近  
被拖船漂移速度 < 拖船的漂移速度, 上风接近
- 4、拖缆使用:
  - ①拖缆先绕甲板室、舱口或桅杆, 在另一缆桩上各绕一圈, 然后到另一桩上大“8”
  - ②要有制锁器
  - ③拖缆转弯要涂油
- 5、拖缆的安全系数: 一般 6~8  
大风浪中拖带航行尽量: 滞航  
加速时, 应保证拖缆始终在水面以下, 速度每次加 0.5 节
- 6、拖带转向: 应每次 5~10° 分段完成
- 7、为了减小偏荡可适当缩短缆绳、降低拖速, 使被拖船尾倾
- 8、从深水到浅水: 拖缆适当缩短