

2024 秋船舶原理总复习

前言

个人整理，如有纰漏，请联系 2124436512@qq.com 或者 y0r4h21@whut.edu.cn。如方便，最好回归教材，掌握基本原理。

本文档针对小雅平台对应课程目录的“复习概要-2024-2025-1”文档，同时也含有复习课上提到的内容。

本文档完全免费。

考核方式

1. 平时成绩30%

在线作业20~25%（11月30日截止），考勤及其他5~10%

2. 闭卷成绩70%

- 填空题（10题，1空1分，共20分）
- 名词解释（5题，每题2分，共10分）
- 简答题（5小题，40分）
- 计算题（5小题，30分）

第一章 船舶类型

六大航海性能

浮性：船舶在一定装载条件下漂浮于一定水面位置的能力。研究浮性的目的是为了确定给定船舶在各种装载情况时的浮态。

稳性：船舶在外力作用下，离开原来的平衡位置发生倾斜而不致倾覆的能力；当外力的作用消除后，船舶能够回复到原来平衡位置的能力。

抗沉性：破舱浮性和稳性。船舶遭遇海损而船体破损，舱室进水时，船舶仍然能保持一定的浮性和稳性而不致沉没或者倾覆的能力。

快速性：船舶在给定的主机功率下以一定速度航行的能力。

耐波性：船舶在风浪等外力作用下，产生摇荡运动以及砰击、上浪、失速等现象时仍具有足够的稳性和船体结构强度，并能保持一定的航速安全航行的性能。

操纵性：船舶在驾驶员的操纵下改变航向或保持航向的能力。

第二章 船舶尺度及布置

船体主尺度

船长-垂线间长 L_{pp} ：也称为两柱间长，是首垂线和尾垂线之间的水平距离。（注：首垂线指船首柱前缘和设计水线相交点所作的垂线；尾垂线指舵柱后缘与设计水线相交点所作的垂线。如果船尾没有舵柱，则以通过舵杆中心线的垂线作为尾垂线）

船长-设计水线长 L_{wl} ：设计水线面与船体型表面首尾两端交点之间的水平距离。

型宽 B ：在中横剖面处沿设计水线面量取的船体型表面宽度。

型深 D ：自甲板边线最低点量至龙骨基线的垂直距离，不包括壳板厚度。

吃水 d ：由设计水线量至龙骨基线的垂直距离。

干舷 F ：船体型深中未浸入水中的那部分高度。 $F=D-d+t$ 。

船型系数与尺度比

水线面系数 C_w ：表示水线面的肥瘦程度。 $C_w=A_w / (L * B)$

中横剖面系数 C_m ：表示中横剖面的肥瘦程度。 $C_m=A_m / (B * d)$

方形系数 C_b ：表示船体水下体积的肥瘦程度。 $C_b=V / (L * B * d)$

棱形系数 C_p ：表示排水体积沿船长方向的分布情况。 $C_p=V / (A_m * L)$ ；可以推知 $C_p=C_b / C_m$

垂向棱形系数 C_{vp} ：表示排水体积沿吃水方向的分布情况。 $C_{vp}=V / (A_w * d)$ ；可以推知 $C_{vp}=C_b / C_w$

船舶型线图

型线图由三个部分组成：横剖线图、纵剖线图、半宽水线图

采用半宽水线图的原因：船体是左右对称的，水线图只需要画出一半即可。

第三章 船舶浮性

定义：船舶在一定装载条件下漂浮于一定水面位置的能力。

漂浮平衡条件：重力和浮力大小相等，方向相反，作用在同一条垂线上（重心 G 和浮心 B 处在同一条铅垂线上）

船舶浮态

定义：船舶在静水中平衡时，与静水表面的相对位置关系。

分类：正浮、横倾、纵倾、任意倾斜

正浮：船舶的基平面与静水面平行。浮态用吃水 d 表示。

横倾：船体横向基线与水面平行，但中纵剖面与铅垂平面成一角度 ϕ (fai)。浮态用吃水 d 和横倾角 ϕ 表示。

纵倾：船体沿船底的横轴保持水平，而纵轴与水平线成一角度 θ 。浮态用平均吃水 dm 和纵倾角 θ 表示。

任意倾斜：船体的纵轴和横轴同时倾斜。浮态用平均吃水 dm 、横倾角 ϕ 、纵倾角 θ 表示

注：①平均吃水指 $(d_f + d_a) / 2$ 。 d_f 是首吃水， d_a 是尾吃水。

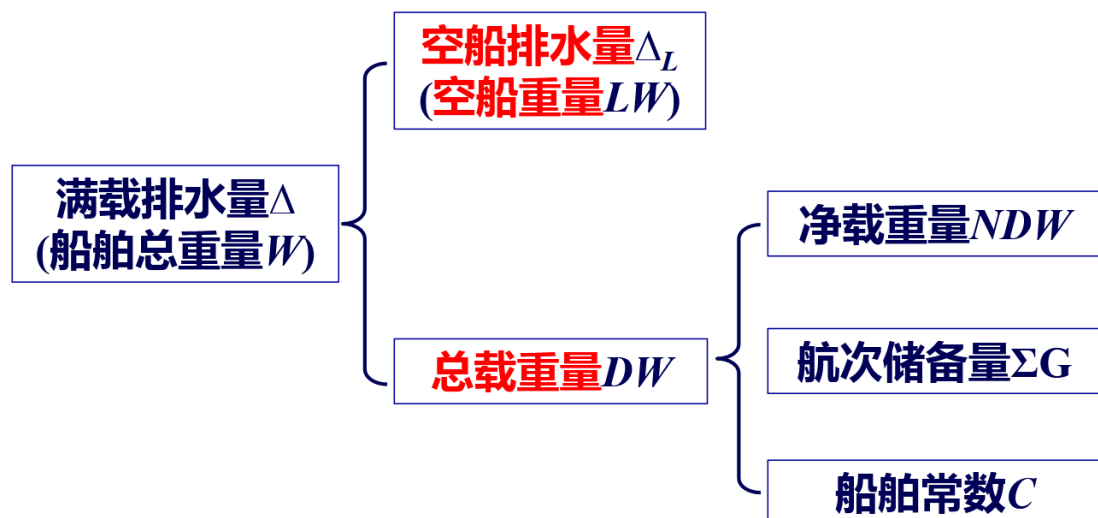
②实际上，纵倾角横倾角可以用任何符号表示，但是前后一定要自洽，为方便起见，建议统一按照老师所给标准。

③通常规定右倾则 ϕ 为正，首倾则 θ 为正。

船舶排水量和总重量

排水量：船舶自由漂浮于静水面时所排开的水的重量。

船舶总重量=满载排水量，其组成如图



载重线标志

载重线由三部分组成：甲板线、载重线圈及横线、各载重线

储备浮力及干舷

浮心：船体所受浮力的作用中心，船舶排水体积的形心。

储备浮力：①定义：满载水线以上船体水密空间所提供的浮力。

②船舶在水面的漂浮能力是由储备浮力来保证的，储备浮力是确保船舶安全航行的一个重要指标。

③储备浮力的大小一般用干舷的高度来衡量。

干舷：通常指船舶夏季最小干舷，它是船中处，沿舷侧从夏季载重水线量至干舷甲板上表面的垂直距离。

干舷 $F=D-d+t$ （上甲板厚） $\approx D-d$

船舶平均吃水变化

船舶平行沉浮条件：①所装卸的货物重量不大(通常小于 10% Δ)

②装卸重物的重心应通过原水线面面积中心（水线面面积的中心即为漂心 F)

增加的浮力为： $d\Delta=\rho g A_w dT$

增减货物引起的平均吃水的变化为：

$$dT=w/\rho g A_w$$

备注：计算过程中明确是在用质量算还是重力算。

每厘米吃水吨数 TPC

定义：船舶平均吃水变化 1cm 所需增减的货物吨数。记为 TPC，单位 t/cm

$$TPC = A_w \rho / 100 \quad (t / cm)$$

2. 用途：

- 1) 根据吃水的变化 $\delta d(\text{cm})$ 求载重量变化 w

$$w = TPC \times \delta d(t)$$

- 2) 根据载重量变化 $w(t)$ 推算吃水变化 δd

$$\delta d = w / TPC(cm)$$

水密度变化对船舶吃水的影响

❖ 设舷外水密度由 ρ_1 变化到 ρ_2 , 引起吃水变化为 δd

- 已知 ρ_1, ρ_2, d_{m1} , 求 d_{m2}
- 假设 C_b 不变, 主尺度变化不大

$$\because \Delta_1 = \Delta_2$$

$$\therefore \rho_1 \nabla_1 = \rho_2 \nabla_2$$

$$\Rightarrow \rho_1 \cdot C_{b1} \cdot L_{bp} \cdot B \cdot d_{m1} = \rho_2 \cdot C_{b2} \cdot L_{bp} \cdot B \cdot d_{m2}$$

$$\Rightarrow d_{m2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} d_{m1}$$

船舶吨位

船舶登记吨位指容积, 数值采用整数且没有单位。分为总吨位 GT 和净吨位 NT

总吨位: 按《国际船舶吨位丈量公约》的丈量规范丈量确定的船舶总容积。是通过对船舶所有围壁处进行丈量计算后确定的吨位。

净吨位: 按《国际船舶吨位丈量公约》的丈量规范丈量确定的船舶实际用于载货、载客的有效容积。是对船舶能够实际营运的载货、载客处所进行丈量计算后得出的吨位。

两者用途见 P93

第四章 船舶稳性

定义及分类

定义: 船舶受到外力作用离开原来平衡位置而发生倾斜不致倾覆, 当外力消失以后, 所具有的回到原来平衡位置的能力。

分类:

- ①按倾斜方向分: 横稳性、纵稳性。
- ②按外力矩的作用效果分: 静稳性、动稳性。
- ③按船舱状态分: 完整稳性、破舱稳性。
- ④按倾斜角大小分: 初稳性——倾斜角小于 $10^\circ \sim 15^\circ$ 且干舷甲板边缘开始入水前的稳性。

大倾角稳性: 倾斜角大于 $10^\circ \sim 15^\circ$ 或干舷甲板边缘开始入水后的稳性。

基础概念及三种平衡状态

复原力矩: 使船舶回复到初始平衡位置的力偶矩。

稳心 M: 倾斜前后两浮力作用线的交点, 也是浮心曲线的曲率中心。

稳心半径 BM: 浮心和稳心之间的距离, 也是浮心曲线的曲率半径。

稳性如何取决于倾斜力矩与复原力矩的制约与平衡。

三种平衡状态: 稳定平衡、不稳定平衡、中性平衡。

1) 稳定平衡

稳心 M 在重心 G 上方, 复原力矩 $M_R > 0$

2) 不稳定平衡

稳心 M 在重心 G 下方, 复原力矩 $M_R < 0$

3) 随遇平衡

稳心 M 与重心 G 重合, 复原力矩 $M_R = 0$

初稳性

初稳性的简化假定: ①船作小角度等体积倾斜时, 倾斜前后两个水线面的交线通过倾斜前水线面 WL 的形心(即漂心)

②在小角度范围内, 浮心移动的轨迹是圆弧, 圆心为定点 M (稳心), 圆弧半径为 BM (稳心半径)

$$\begin{aligned} M_h &= \Delta \cdot GZ = \Delta \cdot GM \cdot \sin \theta \\ M_h &= \Delta \cdot GM \cdot \theta \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} M_h &= \Delta \cdot GZ = \Delta \cdot GM \cdot \sin \theta \\ M_h &= \Delta \cdot GM \cdot \theta \end{aligned}} \right\} \text{初稳性公式}$$

解释: Δ 是排水体积, GZ 是复原力臂, GM 是初稳性高度(重心和稳心之间的距离)

提高初稳性高度的措施: 增加船宽、增加水线面系数、降低重心高度 ZG (通过合理布置、调节压载舱、悬挂货物等方式)

悬挂货物对稳性的影响: 相当于将其重心从实际位置上移到悬挂点。

自由液面对船舶初稳性的影响: 将减少船舶初稳性高度。

减少自由液面对船舶初稳性的影响的措施: 沿着船舶横向分仓, 即设置纵舱壁。

倾斜试验

船舶重心高度对船舶稳性有很大的影响, 确定实际重心位置对正确估计船舶稳性有重要意义。

倾斜试验目的: 确定船舶的空船重心高度 KG_0 , 和空船初稳性高度 GM_0 。

大倾角稳性

定义: 倾斜角大于 $10^\circ \sim 15^\circ$ 或者干舷甲板边缘开始入水后的稳性。

大倾角稳性和初稳性的区别: ①横倾角的范围不同。

②倾斜轴不同: 船舶大倾角横倾时倾斜轴不再过初始水线面漂心 F 。

③浮心曲线不同: 船舶在大倾角横倾时, 横稳心点 M 不再是定点。 M 点变为浮心 B 的渐近线, 随横倾角的变化而变化。

④衡量标准不同: 初稳性用初稳性高 GM 衡量, 大倾角稳性不能用 GMI 作衡量标志。

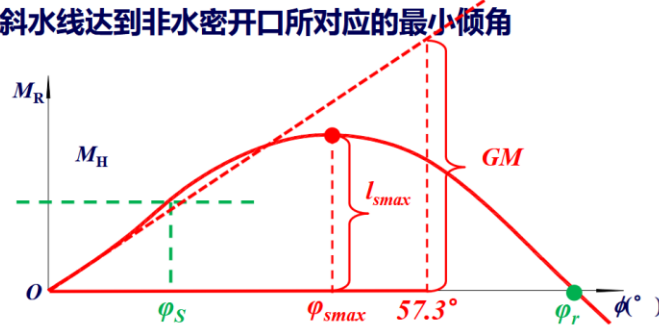
静稳性曲线

老师原话: “要求大家可以在给定静稳性曲线的条件下, 在图上标出这几个参数(见下)”

❖ 静稳性曲线特征参数:

- **静倾角** Angle of static inclination: 静平衡 $M_H = M_R$ 时的角度 φ_S
- **最大复原力臂** Maximum righting lever: l_{smax}
- **极限静倾角** Angle for maximum righting lever: φ_{smax}
- **稳性消失角** Angle of vanishing stability: φ_r
- **初稳性高 GM**: 曲线原点处的斜率等于初稳性高度
- **进水角**: 倾斜水线达到非水密开口所对应的最小倾角

衡量船舶大倾角稳性的重要指标



解释: ①曲线横轴为横倾角, 纵轴为静稳性力臂。

②静平衡 $M_H = M_R$ 时的角度 (复原力矩和倾斜力矩相等时对应角度)。

③曲线最高点对应横坐标——极限静倾角; 最高点对应纵坐标——最大复原力臂。

④静稳性力臂为 0 的点 (曲线与横轴交点) ——稳性消失角。

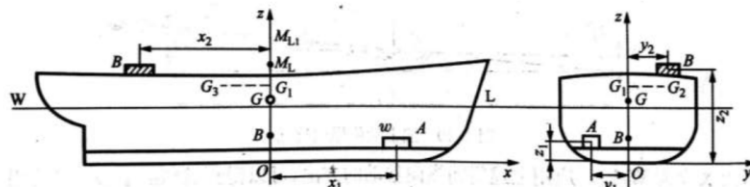
⑤在曲线原点做该曲线的切线, 再在横坐标上 57.3° 处的点作一垂线与切线相交。相交所得线段就是船舶在小倾角时的初稳性高度 GM。

船上货物移动对浮态和稳性的影响

7. 船上货物移动对浮态和稳性的影响

❖ P从 $A(x_1, y_1, z_1)$ 移动至 $B(x_2, y_2, z_2)$, 可以认为: 重量沿任意方向的移动由下列三个方向的分位移所组成:

- 沿垂向方向的移动: 初稳性高改变
- 沿水平横向的移动: 初稳性高不变, 发生横倾
- 沿水平纵向的移动: 初稳性高不变, 发生纵倾



1. 首先考虑重量沿垂向移动, 求出新的稳性高;
2. 利用已求得的新的稳性高, 求出横倾角、纵倾角及首尾吃水

✓ 货物任意方向移动对浮态与稳性的影响

(1) 新的稳性高 $G_1M = GM - GG_1 = GM - \frac{p(z_2 - z_1)}{\Delta}$
 $G_1M_L = GM_L - GG_1 = GM_L - \frac{p(z_2 - z_1)}{\Delta} \approx GM_L$

(2) 横倾角正切 $\tan \varphi = \frac{p(y_2 - y_1)}{\Delta G_1M}$

(3) 纵倾角正切 $\tan \theta = \frac{p(x_2 - x_1)}{\Delta G_1M_L}$

(4) 船的最后首尾吃水 $T_{f1} = T_f + \left(\frac{L}{2} - x_f\right) \tan \varphi = T_f + \left(\frac{L}{2} - x_f\right) \frac{p(x_2 - x_1)}{\Delta \cdot GM_L}$
 $T_{a1} = T_a - \left(\frac{L}{2} + x_f\right) \tan \varphi = T_a - \left(\frac{L}{2} + x_f\right) \frac{p(x_2 - x_1)}{\Delta \cdot GM_L}$

图中公式有误，最后算首尾吃水是用 θ 而不是 φ （也就是用纵倾角而不是横倾角）

解释：重心由 A (x_1, y_1, z_1) 移到 A1 (x_2, y_2, z_2)。GM 为横倾方向上初稳性高度， GM_L 是纵倾方向上初稳性高度。 X_f 为漂心纵向坐标，p 为货物重量， φ 为横倾角， θ 为纵倾角， T_{f1} 是船最后的首吃水， T_{a1} 是船最后的尾吃水。

通常规定，右倾则横倾角为正，首倾则纵倾角为正。

总复习 ppt 和复习课均没有提到装卸货物对浮态与稳性的影响，可能它不会考？

第五章 船舶抗沉性

抗沉性的概念和内涵

抗沉性：船舶在遭遇海损一舱或者数舱进水后，仍能保持一定的浮性和稳性的能力。

抗沉性是通过①使船舶具有足够的储备浮力和稳性②将船舶用水密横舱壁分隔成若干水密舱室两种方式来实现的（直白的说就是储备浮力和水密舱室两种方式）

储备浮力定义：满载水线以上船体水密空间所提供的浮力。

破舱的浮态和稳性计算方法：增加重量法、损失浮力法。

（两种计算方法课上提到但复习 ppt 没有，可见书 P141）

渗透率

渗透率：船舱内实际浸水的体积与空舱的型体积的比值。

★ 体积渗透率 u_v

$$u_v = \frac{v_1}{v} = \frac{\text{舱内实际进水的体积}}{\text{空舱的型体积}}$$

u_v 大小视舱室用途及装载情况而定。

分舱相关概念

许可舱长 $L_{\text{许}}$: 允许的两水密横舱壁的间距。

可浸长度 $l_{\text{浸}}$: 船舱破损后, 海损水线恰好与安全界限线相切的进水舱的舱长。或称为极限舱长。

两个概念备注如图

- 1) 舱壁甲板: 水密横舱壁上达的最高一层甲板。
- 2) 安全界限线: 在船舶侧视图上, 船壁甲板边线以下76mm处的一条曲线 (与甲板边线平行) 称为安全界限线 (简称界限线)。

分舱因数 F : 有计算式子和应用如下图

5. 许可舱长

许用舱长 = 可浸长度 $l \times$ 分舱因数 F

许可舱长: 允许的两水密横舱壁的间距

$F=1.0$ 许用舱长=可浸长度 $\times 1.0$

一舱破损后能浮于极限破舱水线不致沉没

$F=0.5$ 许用舱长=可浸长度 $\times 1/2$

相邻两舱破损后能浮于极限破舱水线不致沉没

$F=0.33$ 许用舱长=可浸长度 $\times 1/3$

相邻三舱破损后能浮于极限破舱水线不致沉没

$0.5 \leq F \leq 1.0$ 一舱不沉制船

$0.33 \leq F \leq 0.5$ 两舱不沉制船

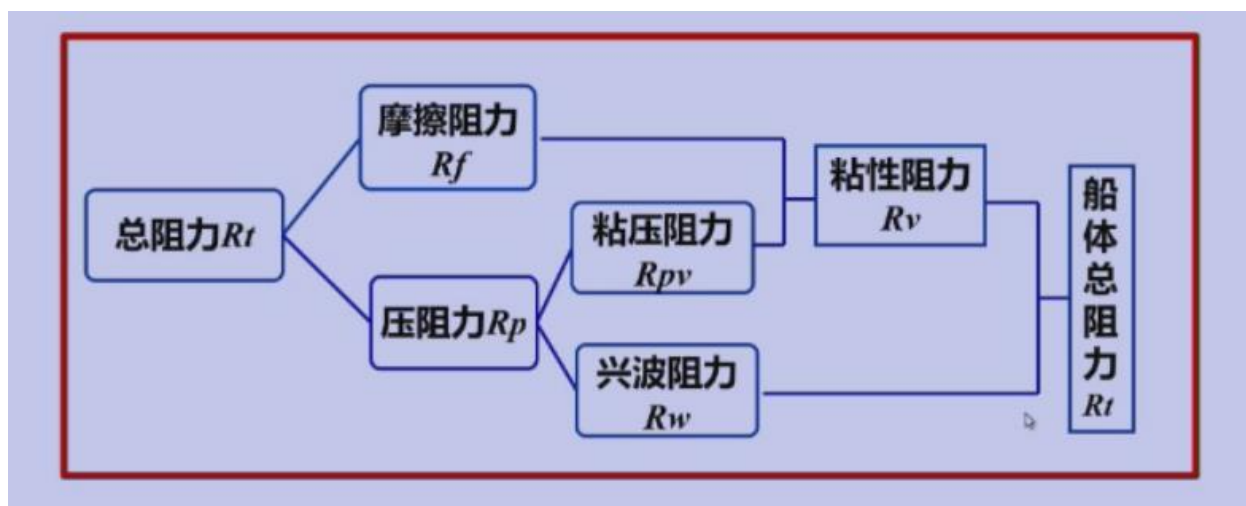
$0.25 \leq F \leq 0.33$ 三舱不沉制船

把“不沉”两个字去掉也是可以的, 即一舱制船、两舱制船之类的

第六章 船舶阻力

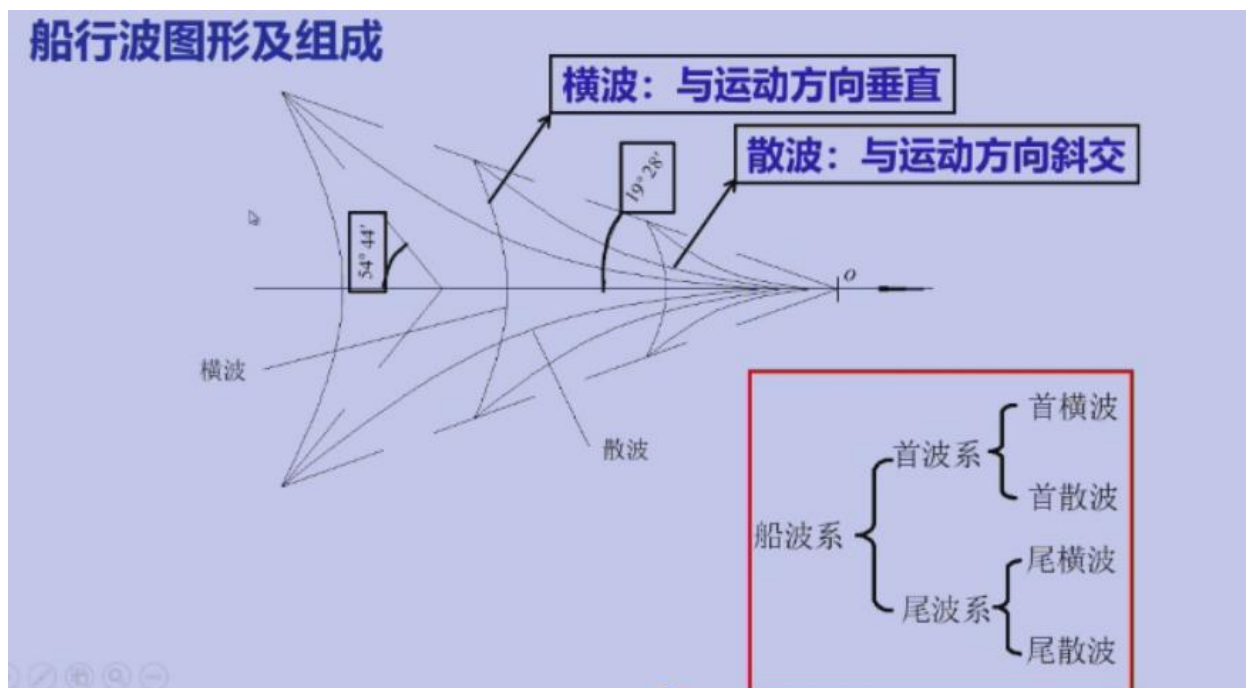
快速性: 指对一定排水量的船舶, 主机以较小的功率消耗达到较高航速的性能。(或者说是一船舶在给定主机功率条件下等速直航的速度性能)

船舶阻力的划分



图为基本阻力成分，简单地说，基本阻力分为摩擦阻力、粘压阻力、兴波阻力。而摩擦阻力和粘压阻力属于粘性阻力；粘压阻力和兴波阻力属于压阻力。
船体总阻力还有四个附加阻力，此处暂且先略过。

兴波干扰



船舶激起的波浪由首尾两个波系组成，称为首波系和尾波系。每个波系又是由散波和横波组成。

兴波干扰：实际船体存在船首波系和船尾波系，首尾横波在船尾处相遇而叠加，这种现象称为兴波干扰。

兴波干扰分为有利干扰和不利干扰。

有利干扰：首尾横波的峰谷相叠时，会使得合成波波幅减小，兴波阻力减小。

不利干扰：首尾横波的峰峰或谷谷相叠时，会使得合成波波幅增大，兴波阻力增大。

附加阻力

$$R_a = R_{ap} + R_{aa} + R_{aw} + R_{af}$$

附体阻力	空气阻力	汹涛阻力	污底阻力
船体之外的附属部分	水面上船体+上层建筑	风浪大小方向、船型、航速	污底所增加的阻力

空气阻力：船舶在航行时，其水上部分所受到的阻力。

附体阻力：由船体之外的附属部分产生的阻力。其主要阻力成分是粘性阻力

污底阻力：船舶在水中运行时，由于污底现象导致的额外阻力。

汹涛阻力：船舶航行于风浪中较在静水中所增加的阻力。

失速：由于风浪中的阻力增值，如保持静水中的功率，航速必然下降。这种航速的减小称为速度损失，即为“失速”。

储备功率：由于风浪中的阻力增值，如维持与静水条件下相同的航速，则需较静水功率为大的功率，增加部分称为“储备功率”。

阻力成分主要特性

低速船所受阻力主要是粘性阻力（尤其是摩擦阻力）。高速船所受阻力主要是兴波阻力。

浅水阻力

浅水效应：浅水中回流速度增大，粘性阻力增大，波速、波高、波浪图形改变，使得阻力性能和航态等均发生变化。

海军系数法

❖ 1. 前提:

- 要求被估算船与母型船的主尺度、船型系数、线型形状和相应速度均很接近

❖ 2. 定义:

$$C_e = \frac{\Delta^{2/3} V^3}{P_e}$$

- 注意单位: Δ -t; V_s -kn; P_e -kw

若用主机功率 P_m 算，是 C_m - P_m ；若用有效功率 P_e 算，则是 C_e - P_e 。

V 是航速，单位为“节”， $1\text{kn}=0.5144\text{m/s}$ 。

Δ 为排水，单位为吨。

第七章 船舶推进

船舶推进方式：风帆推进、明轮推进器、喷水推进器、定距桨、可调螺旋桨、吊舱推进器、表面桨……（知道三种左右即可）

船体与螺旋桨之间的相互影响

螺旋桨对船体的影响——推力减额

螺旋桨在船后工作对船体的影响是使船体遭受的阻力增加，或可理解为使船舶得到的有效推力减少。

阻力与推力的关系
$$T_E = T(1-t) = R$$

其中， t 为推力减额分数，含义为推力减额值 ΔT 与总推力 T 的比值。推力减额值就是阻力增额值。 R 为船体阻力，有关系式 $T=R+\Delta R$ ， $\Delta R=\Delta T$ 。具体可见 P168

船体对螺旋桨的影响——伴流

提出伴流的目的：考虑船对桨的影响，即船对桨的影响主要表现在伴流上。

进速与船速的关系
$$V_A = V_s(1-\omega)$$

其中， V_A 为桨进速， V_s 为船速， ω 为伴流分数，含义为 尾部桨盘处轴向平均伴流速度 与和船速相同的螺旋桨绝对速度 的比值。

考虑船桨相互影响的效率即为船身效率。关系如图

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-\omega} = \frac{(1-t)TV_s}{(1-\omega)TV_s} = \frac{RV_s}{TV_A} = \frac{P_E}{P_T}$$

其中， η_H 为船身效率。 t 为推力减额分数。 ω 为伴流分数， T 为总推力， R 为船体阻力。 V_A 为桨进速， V_s 为船速。 P_E 为有效功率， P_T 为推进功率。

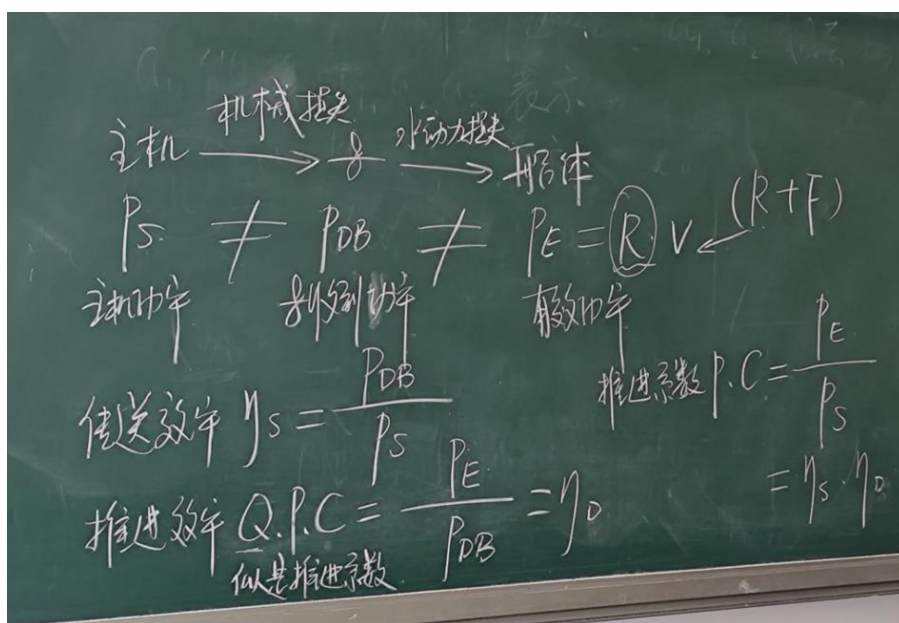
螺旋桨的空泡现象

空泡产生的条件：

桨叶上任一点 B 的压强 $P_b \leq$ 汽化压强 P_v （或者减压系数大于空泡数）

推进系统及效率传递

图为上课老师所写关系式



主机功率 P_s ，船后收到功率 P_{DB} ，推进功率 P_T ，有效功率 P_E 。

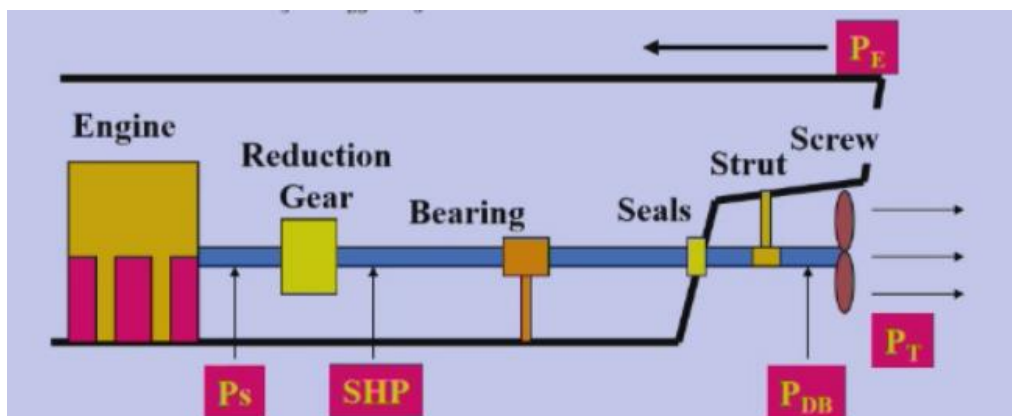
5. 推进效率及推进系数

推进效率/似是推进系数(Quasi-Propulsive Coefficient)

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_{DB}} = QPC = \eta_H \eta_v \eta_r$$

推进系数(Propulsive Coefficient)

$$P.C. = \frac{P_E}{P_s} = \frac{P_E}{P_{DB}} \cdot \frac{P_{DB}}{P_s} = \eta_D \cdot \eta_s$$



第八章 船舶耐波性

耐波性：船舶在波浪上克服摇摆等运动的性能。

船舶摇摆的运动形式

横摇——船舶绕纵轴（船长方向）的往复摇动

纵摇——船舶绕横轴（船宽方向）的往复摇动

首摇——船舶绕垂直轴（船吃水方向）的往复摇动

垂荡——船舶沿垂直轴的往复运动

横荡——船舶沿横轴的往复运动

纵荡——船舶沿纵轴的往复运动

船舶在波浪中的摇摆

船舶在波浪中的摇摆是波浪运动和船舶自由摇摆运动的合成结果。

船舶在航行中避免谐摇的措施：改变航向、改变航向的基础上同时改变航速。

减摇装置

减摇原理：产生一个与摇摆方向相反的稳定力矩，使摆幅减小，摇摆周期增大，以达到缓和摇摆的目的。

常见减摇装置：舳龙骨、减摇鳍、减摇水舱、回转仪等（知道至少两种）

第九章 船舶操纵性

操纵性：船在航行过程中能保持或改变航速、航向和位置的性能。

操纵性内涵：主要包括航向稳定性、回转性、转首性。

航向稳定性

定义：船舶能够保持原来航速航向的性能。

分类：直线稳定性、方向稳定性、位置稳定性

改善措施：①增加船长②增加中纵剖面（纵中剖面）的侧面积③增加纵中剖面尾部侧面积，如安装呆木、尾鳍加大舵面积或者削去前踵等。

回转圈

回转圈：船舶在转舵前作等速直航运动，自转舵起船舶重心的运动轨迹曲线（船舶操

舵回转后船舶重心的运动轨迹)

回转圈的主要特征参数:

纵距——自转舵起至航向改变 90° 止的前进距离。

(正)横距——自原航向的延长线至船首转向 90° 的横移距离。

反横距/反向横移——自原航向的延长线至重心沿回转运动轨迹反方向最大距离处的距离。

战术直径——自原航向的延长线至船首转向 180° 的横移距离。

定常回转直径——在定常回转时, 船舶重心圆形轨迹的直径。

9.4 回转性

回转灵活性、避碰

❖ 回转圈★

■ 船在转舵前作等速直航运动, 自转舵起船舶重心的运动轨迹曲线

■ Advance: 纵距 ($3\sim 4L$)

■ 自转舵起至航向改变 90° 止的前进距离

■ Transfer: (正)横距 (越小回转性越好)

■ 自原航向的延长线至船首转向 90° 的横移距离

■ Kick: 反向横移/反横距

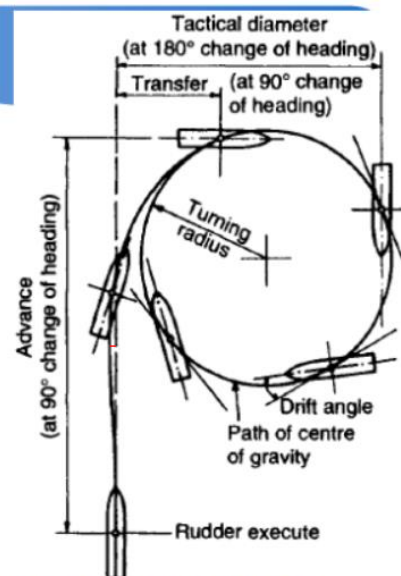
■ 自原航向的延长线至重心沿回转运动轨迹反方向最大距离处的距离

■ Tactical diameter: 战术直径

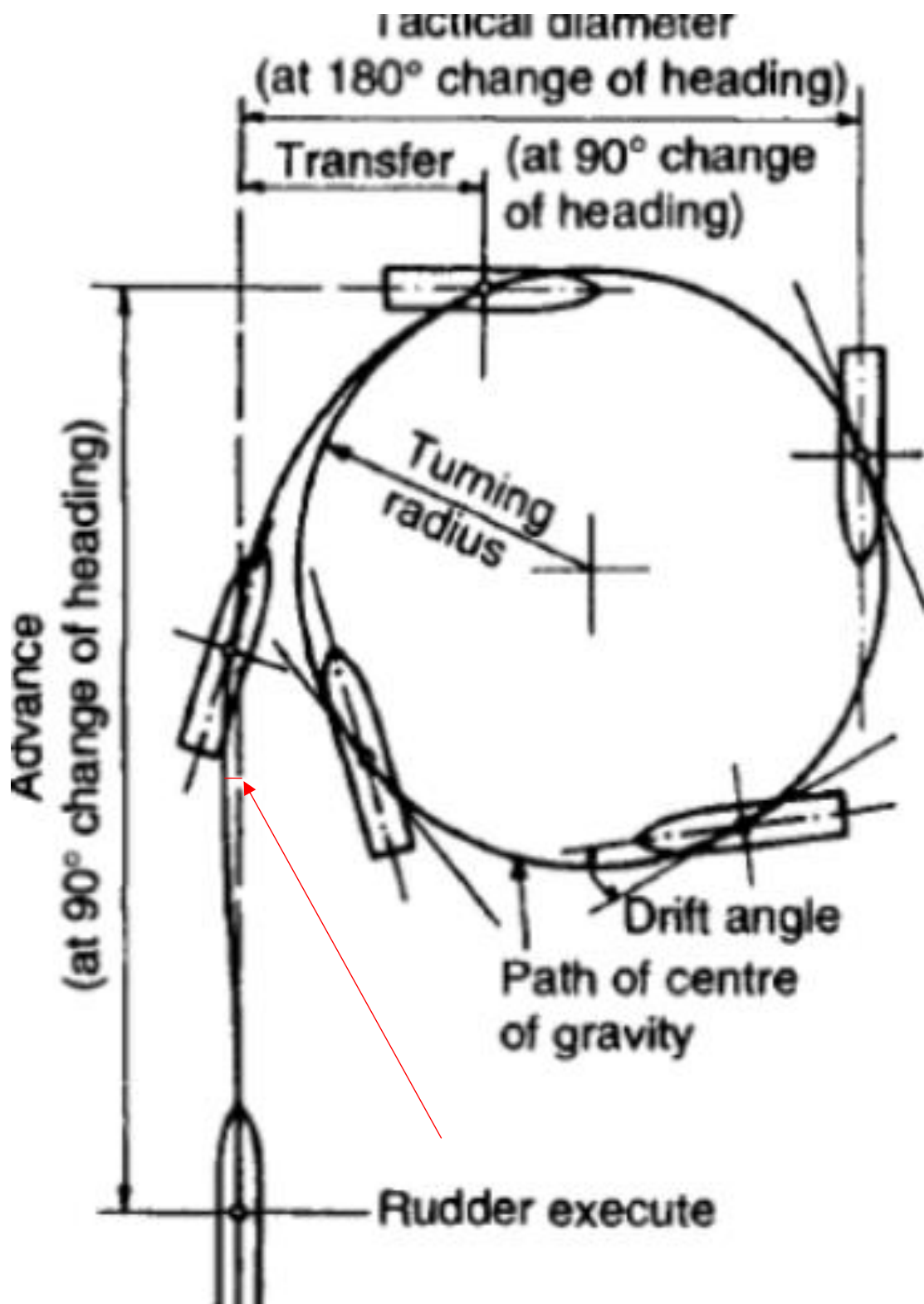
■ 自原航向的延长线至船首转向 180° 的横移距离

■ Final diameter: 定常回转直径 (Turning radius 回转半径)

■ 定常回转时, 船舶重心圆形轨迹的直径为回转直径 D



备注: 反向横移其实就只有一小点, 见下图



红箭头所指的就是反向横移

回转运动三个阶段

- 第一阶段：转舵阶段（或操舵阶段）
- 第二阶段：过渡阶段（或发展阶段）
- 第三阶段：稳定阶段（或定常回转阶段）