

第十课 船舶稳性

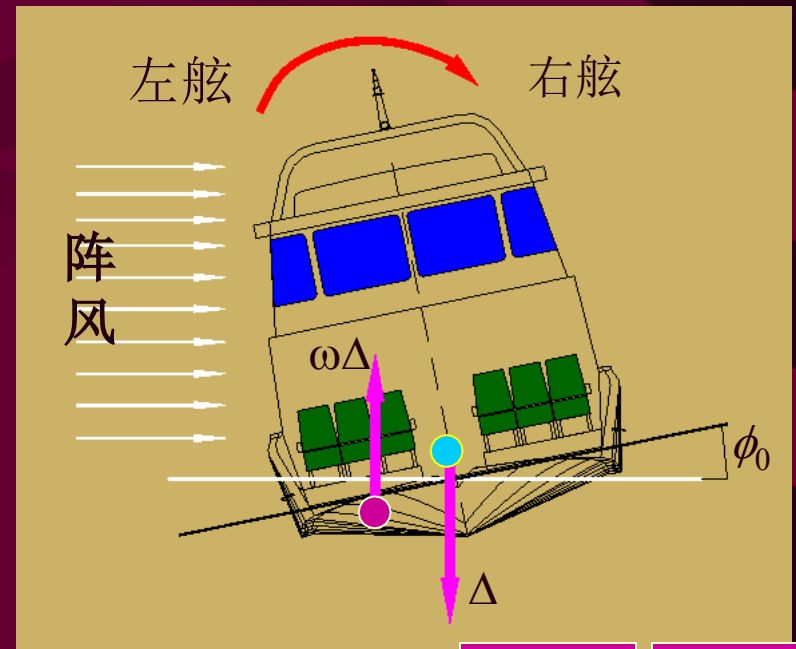
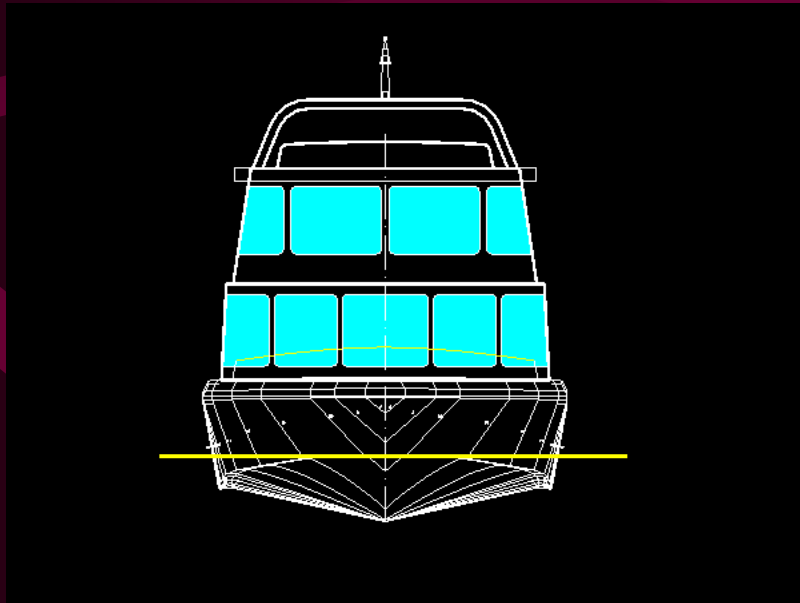
- 1 概述
- 2 初稳性公式，稳性高
- 3 装卸载荷对船舶浮态及初稳性的影响
- 4 自由液面对船舶初稳性的影响



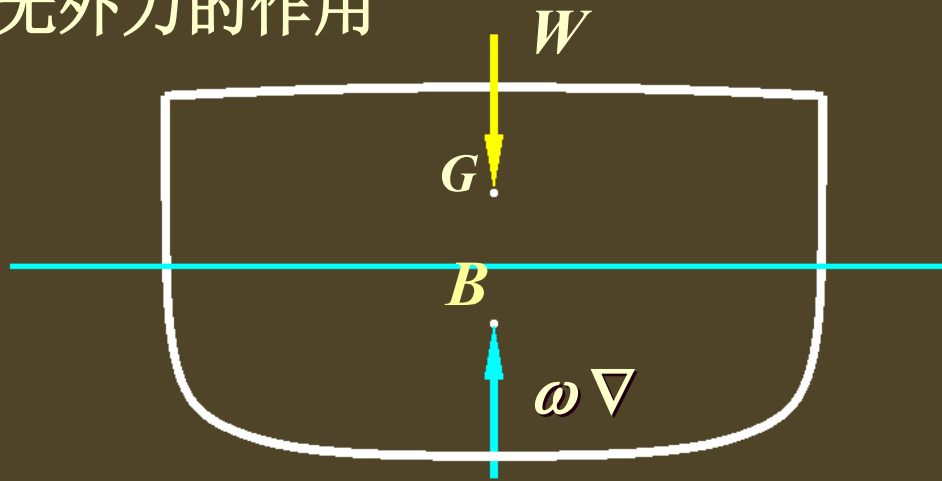
1 概述

基本概念

船舶稳性——船舶在外力作用下偏离其平衡位置而倾斜，当外力消失后，能自行回复到原来平衡位置的能力。



无外力的作用



浮力 $\omega \nabla$ 和重力 W 形成一个力;

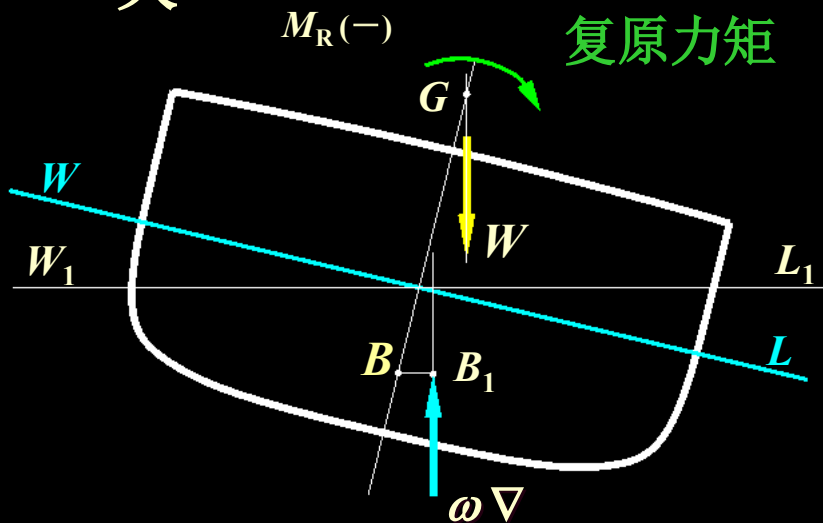
力矩为

$$M_R = \Delta \cdot GZ$$

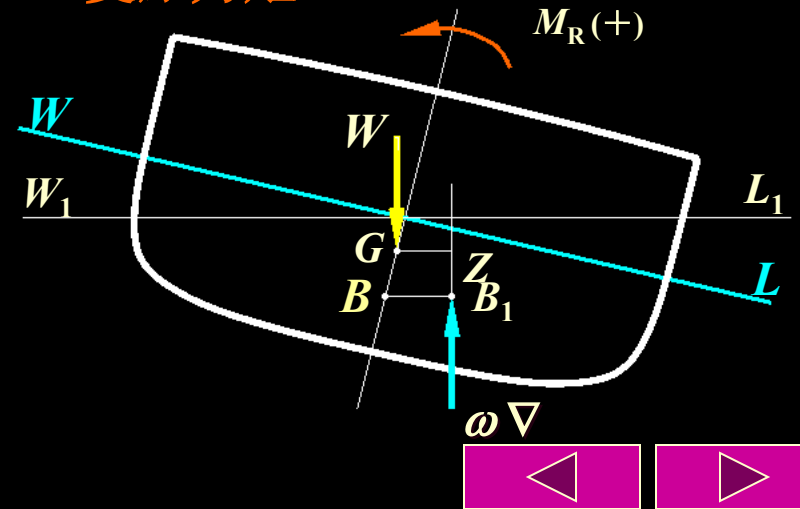
称为**复原力矩**

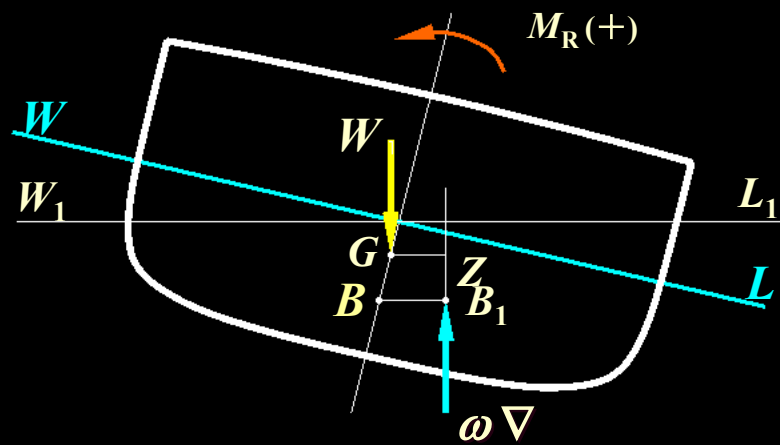
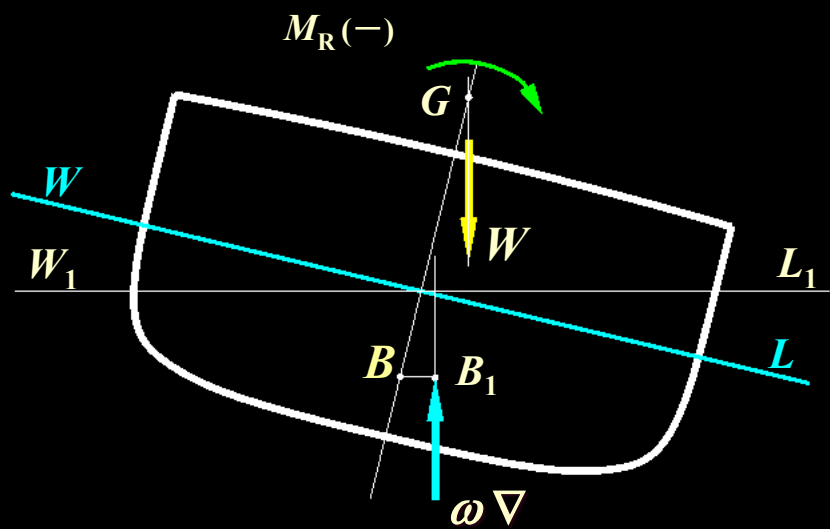
GZ 称为**复原力臂**

受到外力的作用后,外力消失



复原力矩

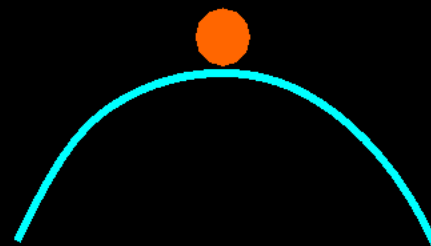




稳定平衡



随迁平衡



不稳定平衡



两种浮态及其相应的稳性问题

船舶的横向倾斜——向舷左或向右侧的倾斜（**横倾**），倾斜力矩（**横倾力矩**）的作用平面平行于中横剖面；

船舶的纵向倾斜——向船首或向船尾的倾斜（**纵倾**），倾斜力矩（**纵倾力矩**）的作用平面平行于中纵剖面。

横稳性和纵稳性——研究船舶抵抗横向和纵向倾斜的能力



稳性问题的基本矛盾体

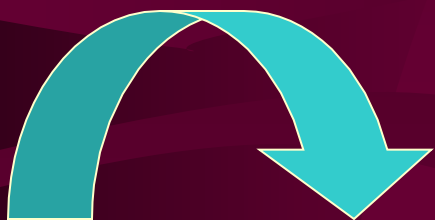
扰动力矩

扰动力矩（矛盾外因）
造成船舶倾斜,这取决于外界条件



复原力矩

复原力矩（矛盾内因）
取决于排水量、重心高度及浮心移动的距离等因素



船舶倾覆

外因通过内因起作用！

稳性问题是着重研究和计算这一矛盾的
内因(复原力矩)及其有关的影响因素



从受力观点区分有两种稳性

静稳性——倾斜力矩的作用是从零开始逐渐增加，使船舶倾斜时的**角加速度**很小，可忽略不计；

动稳性——倾斜力矩是突然作用在船上，使船舶倾斜有明显的**角加速度**的变化。



从倾斜角度的大小划分有两种稳性：

初稳性（小倾角稳性）——倾斜角度小于 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 或上甲板边缘开始入水前的稳性。通过某些简化假定，可简明获得影响初稳性的因素及其变化规律；

大倾角稳性（大倾角横稳性）——倾斜角度大于 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 或上甲板边缘开始入水后的稳性，一般只有在横倾时产生。

注意！ 船舶的纵倾属于小角度的情况

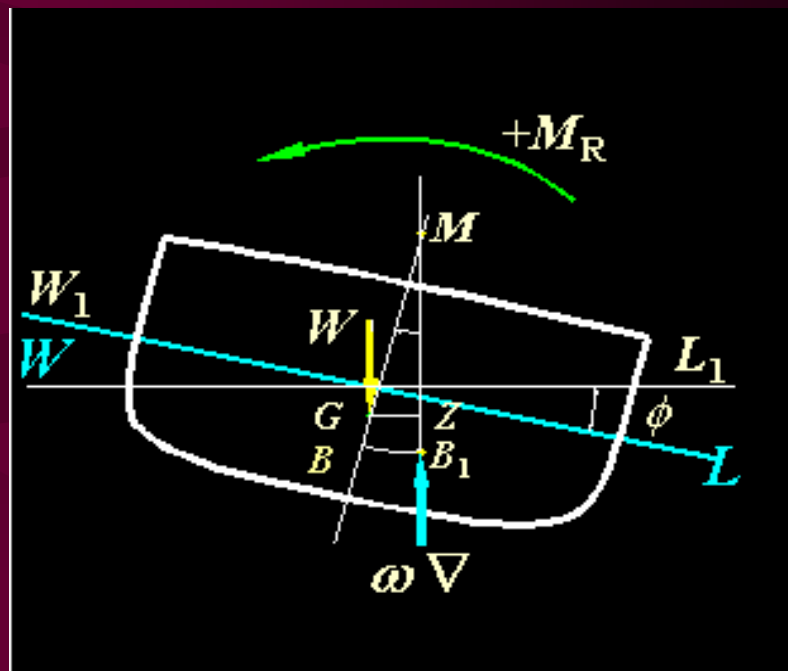


2 初稳性公式，稳性高

外界条件：船上货物不变(船舶重心不变)，
但受到外界扰动使船产生一倾角 ϕ

浮心 B 移至 B_1 ，重力与浮力不在同一铅垂线上而产生复原力矩 M_R ，即

$$M_R = \Delta \cdot \overline{GZ} = \Delta \cdot \overline{GM} \sin \phi$$



\overline{GM} (或 h) ——表示横稳性高，或初稳性高

在横倾角度较小时， $\sin \phi \approx \phi$ ，有 $M_R = \Delta \cdot \overline{GM} \cdot \phi$



复原力臂（重力与浮力作用线的距离）

$$\overline{GZ}$$

初稳性公式（复原力矩与横稳性高的关系）

$$M_R = \Delta \cdot \overline{GM} \cdot \phi$$

横稳性高或初稳性高

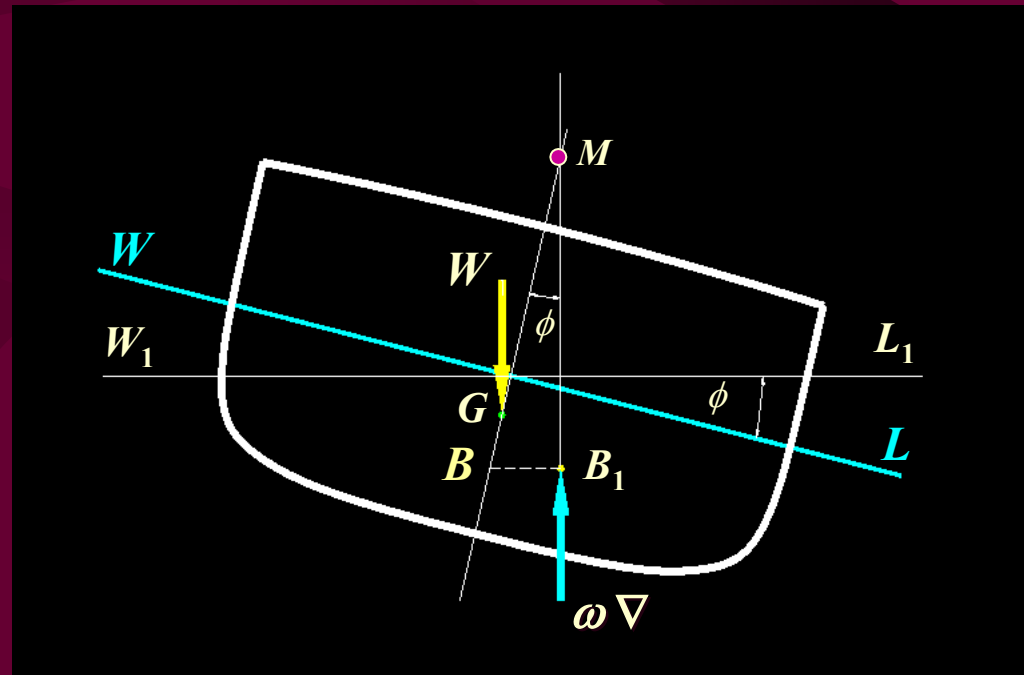
$$\overline{GM}(h)$$



稳心及稳心半径

M 点——横稳心或初稳心；

\overline{BM} 或 r ——横稳心半径或初稳心半径。

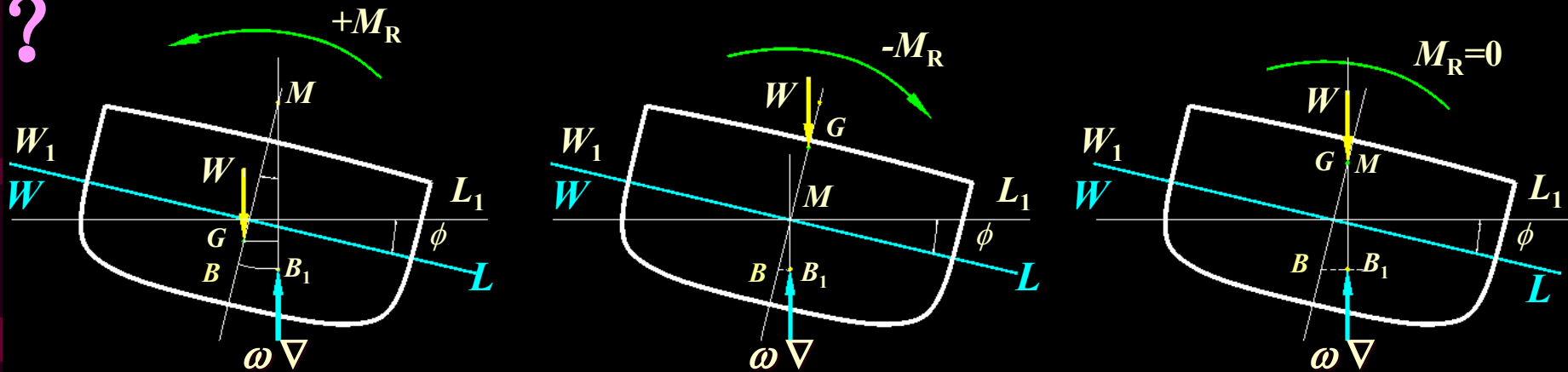


适用范围： $\phi=10^\circ\sim 15^\circ$ 的小角度情况



如何判断船舶平衡状态的稳定性能

?



从复原力矩 M_R 和横倾方向，或从稳心 M 和重心 G 的相对位置之间的关系，可以判断船舶的横稳性。

- ✓ 1、**稳定平衡**： G 在 M 之下， M_R 和横倾方向相反， \overline{GM} 和 M_R 均为正；
- 0 2、**不稳定平衡**： G 在 M 之上， M_R 和横倾方向相同， \overline{GM} 和 M_R 均为负；
- 0 3、**随遇平衡（中性平衡）**： G 和 M 重合， $\overline{GM}=0$ 、 $M_R=0$

横稳性高是衡量船舶初稳性的 主要指标

横稳性高 $GM(h)$ 越大，复原力矩 M_R 也越大，抵抗倾斜力矩的能力越强。

横稳性高是决定船舶横摇快慢 的一个重要特征数

初稳性高过大的船，摇摆周期短，在海上遇到风浪时会产生剧烈的摇摆，反之，横稳性高较小的船舶虽抵抗倾斜的能力较差，但摇摆周期长，摇摆缓和。



各类船舶在设计排水量时横稳性高的大体范围

船舶类型	h (米)	船舶类型	h (米)
客船	0.3~1.5	主力舰	2.0~3.0
干货船	0.3~1.0	巡洋舰	0.9~1.8
油轮	1.5~2.5	驱逐舰	0.7~1.2
拖轮	0.5~0.8	鱼雷快艇	0.5~0.8
渔轮	0.5~1.0	潜水艇 (水上)	0.3~0.8
航空母舰	2.7~3.5	潜水艇 (水下)	0.2~0.4



根据横稳性公式

$$M_R = \Delta \cdot \overline{GM} \cdot \phi$$

引起船舶横倾 $\phi = 1^\circ$ ($1/57.3$ rad)所需的横倾力矩:

$$M_0 = \frac{\Delta \cdot \overline{GM}}{57.3}$$

如有横倾力矩 M_H 作用于船上, 则由此引起的横倾角度为

$$\phi = \frac{M_H}{M_0}$$



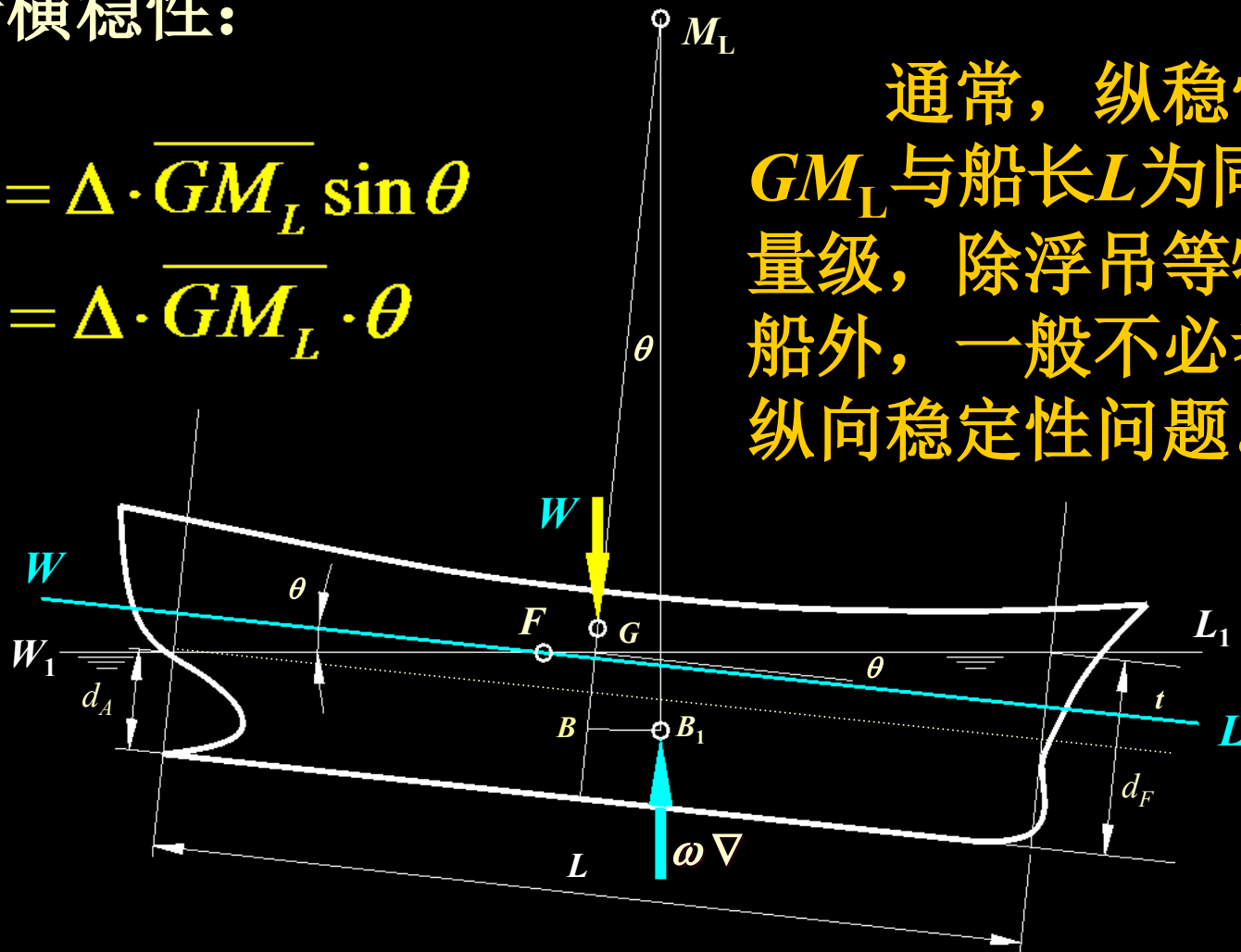
对于船舶纵倾的纵稳性公式:

类似于横稳性:

$$M_{RL} = \Delta \cdot \overline{GM}_L \sin \theta$$

$$M_{RL} = \Delta \cdot \overline{GM}_L \cdot \theta$$

通常，纵稳性高 GM_L 与船长 L 为同一量级，除浮吊等特种船外，一般不必考虑纵向稳定性问题。



小结

船舶稳性最重要的问题是：

要弄清三心（浮心 B 、重心 G 和稳心 M ）的位置和及其关系。

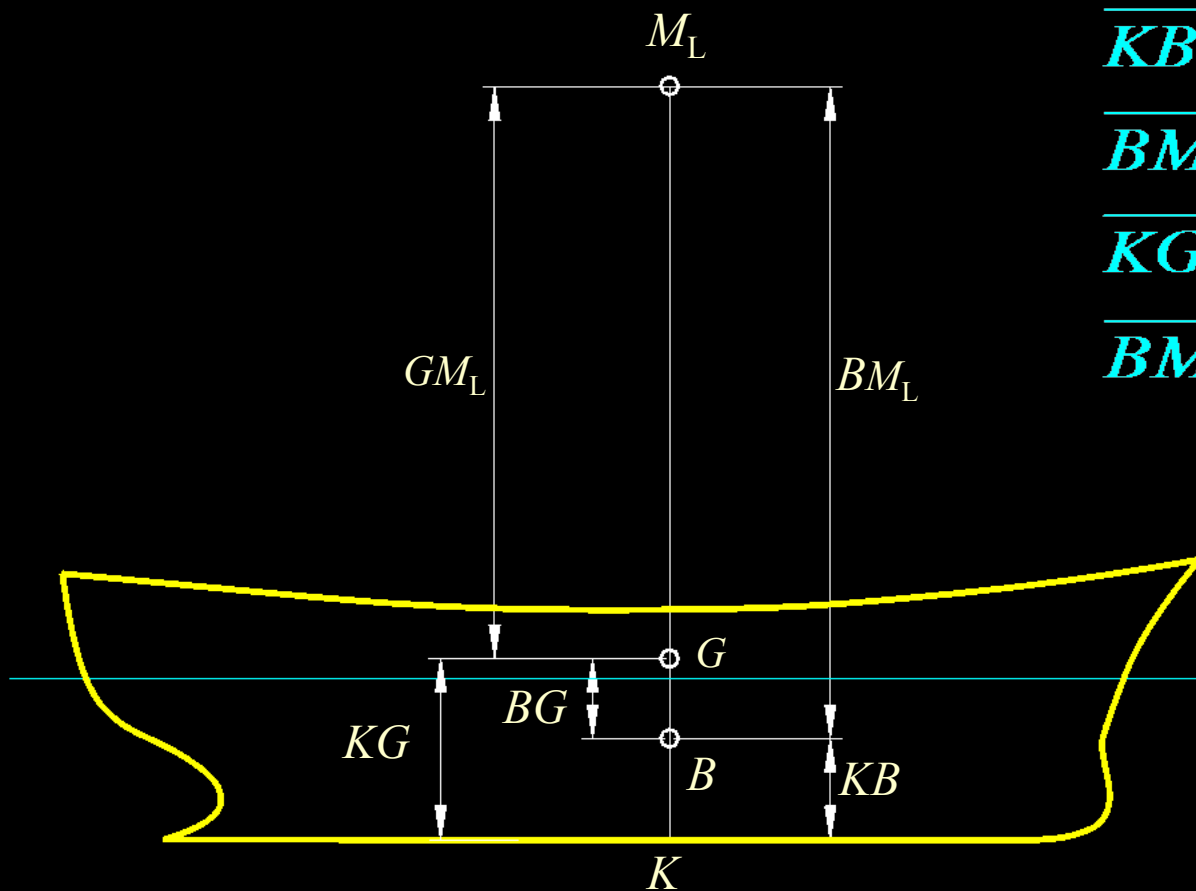
初稳性高=浮心高+初稳心半径-重心高，即

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG}$$

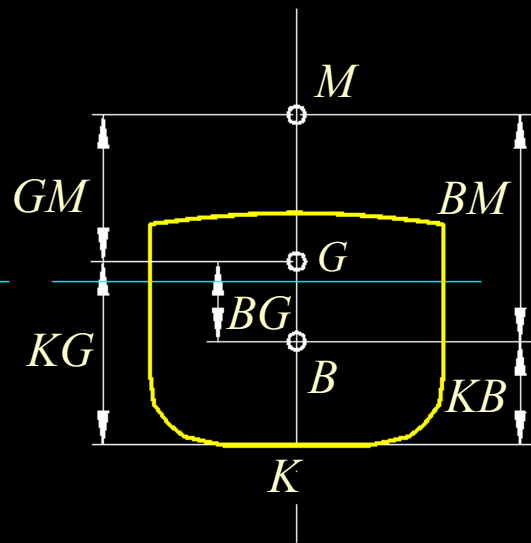
$$= \overline{BM} - \overline{BG}$$

$$\approx 4 \sim 6\%B$$





$\overline{KB} = z_B$ - 浮心高度
 $\overline{BM} = r$ - 初稳性半径
 $\overline{KG} = z_g$ - 重心高度
 $\overline{BM}_L = R$ - 纵稳性半径



浮心与重心之间的距离为： $\overline{BG} = \overline{KG} - \overline{KB}$

对于纵稳性高： $\overline{GM}_L = \overline{KB} + \overline{BM}_L - \overline{KG}$
 $= \overline{BM}_L - \overline{BG} \geq L$



货物移动对船舶浮态和稳性的影响

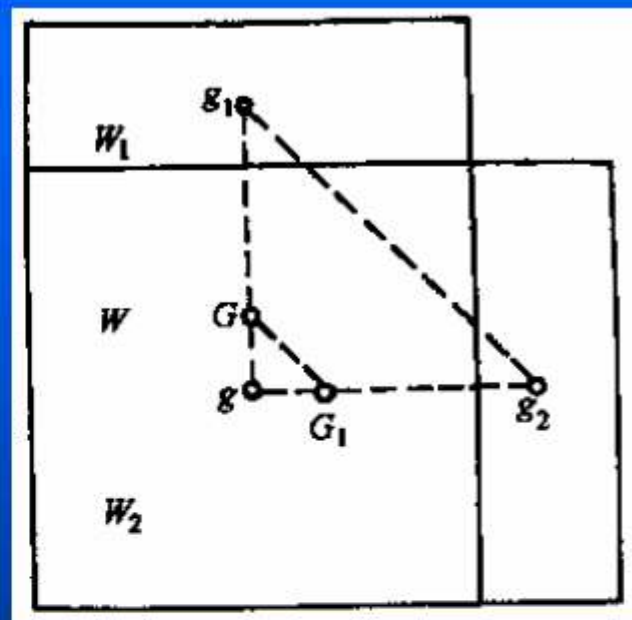
■ 重心移动原理

- 图中表示由重量 W_1 及 W_2 两个物体所组成的系统，其总重量 $W = W_1 + W_2$ ，重心在G点。
- 若将其中重量为 W_1 的物体从重心 g_1 点移至 g_2 点，则总重量 W 的重心将自G点移至 G_1 点，且有

$$\overline{GG_1} \parallel \overline{g_1g_2} \quad \frac{\overline{GG_1}}{\overline{g_1g_2}} = \frac{W_1}{W}$$

或

$$\overline{GG_1} = \frac{W_1}{W} \overline{g_1g_2}$$



上式表明：整个重心的移动方向平行于局部重心的移动方向，且重心移动的距离 GG_1 与总重量 W 成反比。

货物垂向移动对船舶浮态和稳性的影响

- 货物垂向移动不改变船舶的浮态，只改变船舶初稳性高度。
- 当货物上移时，重心也上移，初稳性高度减小；
- 当货物下移时，重心也下移，初稳性高度增加；

货物横向移动对船舶浮态和稳性的影响

- 货物横向移动时，船舶横稳性高度不变，船舶将发生横向倾斜

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/838073106070006110>