

在线开放课程 《船舶设计原理》

## 第二章 船舶重量重心

### 2.1 船舶在静水中的平衡条件

华中科技大学 船舶与海洋工程学院



## 2.1 船舶在静水中的平衡条件

船舶设计的首要要求是**安全可靠**。

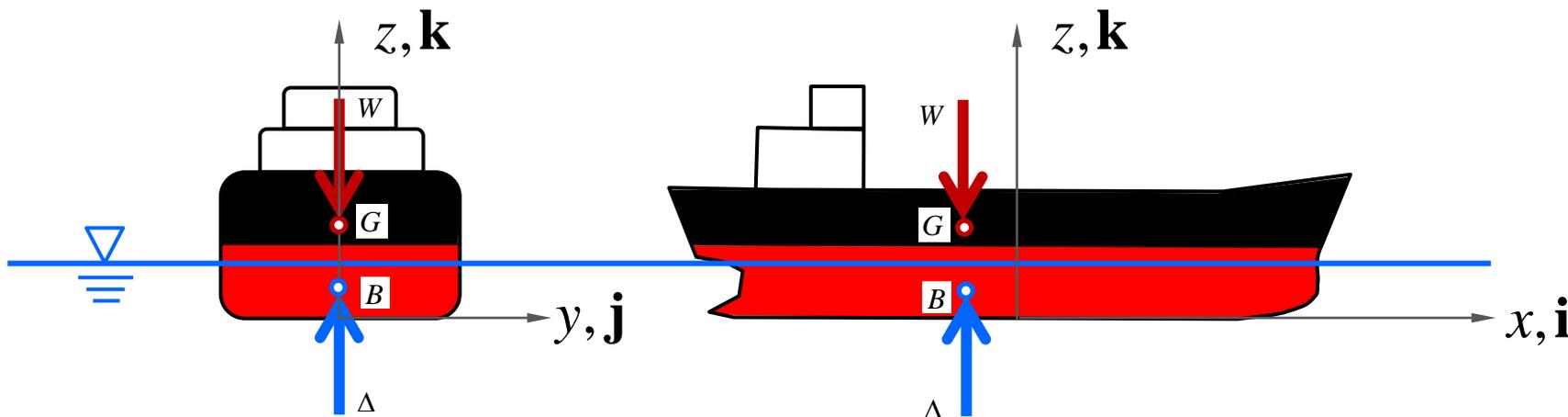
**安全可靠**的基础就是：所设计的船舶必须能够按照预定的状态，稳定地漂浮在水面上。即**船舶具备在静水中保持平衡的能力**。

如果一艘船舶连在静水中都不能保持平衡的话，那么也就根本无法对这艘船舶提出任何其它要求。

因此，我们必须首先讨论**船舶在静水中的平衡条件**。



## 2.1 船舶在静水中的平衡条件



船舶在静水中的平衡条件（**浮性方程**）

$$W(-\mathbf{k}) + \Delta\mathbf{k} = 0$$

（**重力**和**浮力**：大小相等、方向相反）

$$(x_G - x_B)\mathbf{i} + (y_G - y_B)\mathbf{j} = 0$$

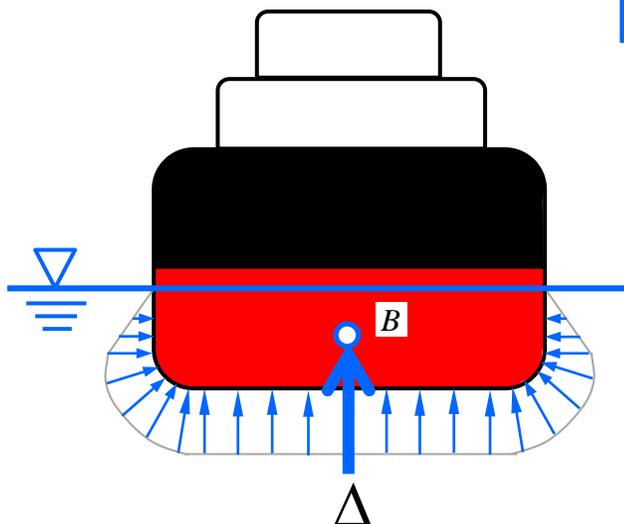
（**重心**与**浮心**：在同一铅垂线上）

这是**客观存在**的自然规律，是必须**严格满足**的等式要求。

## 2.1 船舶在静水中的平衡条件

船舶所受的**浮力**，由作用于船体**湿表面**的**静水压力合成**所得。  
根据**阿基米德原理**，船舶所受的**浮力**等于船体所排开水的重量，即**排水量**。

**浮心**和船体所排开水的体积（排水体积）的**形心重合**。



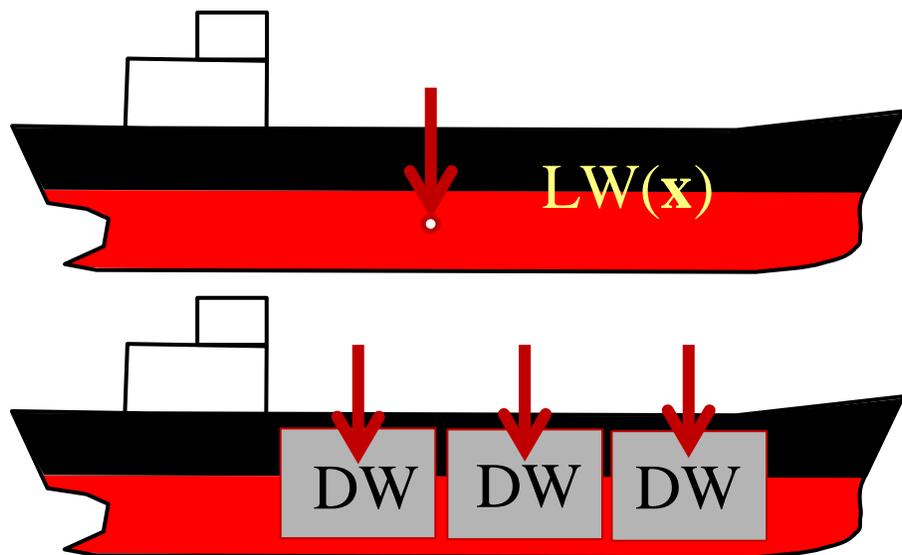
浮力方程式（**阿基米德原理**）

$$\Delta = \rho g \nabla(\mathbf{x})$$

式中， $\Delta$  为船舶的排水量  
 $\rho$  为水的密度  
 $g$  为重力加速度  
 $\nabla$  为排水体积  
 $\mathbf{x}$  为**船舶表征向量**

## 2.1 船舶在静水中的平衡条件

船舶所受的重力，由船舶的各部分重量所提供。  
船舶是一个复杂的系统，各部分的重量林林总总，十分繁杂。为此，把船舶重量分为空船重量和载重量两大部分。  
重心表征船舶上各部分重量的分布情况。



### 重量方程式

$$W = \sum W_i = LW(\mathbf{x}) + DW(\mathbf{x})$$

式中， $W$  为船舶的重量

$W_i$  为船舶的各部分重量

$LW$  为空船重量 (Light Weight)

$DW$  为载重量 (Dead Weight)

$\mathbf{x}$  为船舶表征向量

## 2.1 船舶在静水中的平衡条件

浮力方程式

$$\Delta = \rho g \nabla(\mathbf{x})$$

$$W = LW(\mathbf{x}) + DW(\mathbf{x})$$

重量方程式

$$W(-\mathbf{k}) + \Delta \mathbf{k} = \mathbf{0}$$

浮性方程

$$(W - \Delta)\mathbf{k} = \mathbf{0}$$

$$\leftarrow W = \Delta$$

$$LW(\mathbf{x}) + DW(\mathbf{x}) = \rho g \nabla(\mathbf{x})$$

因此，为了使得船舶在静水中保持平衡，**空船重量**（LW）、**载重量**（DW）和**排水体积**（ $\nabla$ ）三者之间必须保持上述**等式约束**关系。

这个等式关系看似**简单**，实则蕴含着**丰富**的信息。

## 2.1 船舶在静水中的平衡条件

$$LW(\mathbf{x}) + DW(\mathbf{x}) = \rho g \nabla(\mathbf{x})$$

第一，船舶是一个复杂的系统，其表征向量  $\mathbf{x}$  中的变量个数肯定大于1。因此，仅靠上述一个等式关系，不可能获得唯一解，即无法得到确定的设计结果。

**缩减变量个数**

船舶主尺度  $L, B, D, d$

船型系数  $C_B, C_W, C_P$

**增加求解条件**

约束条件（如稳性、强度、造价，等等）

效用函数（如航速、重量、利润，等等）

**系统集成**

**船舶设计的基本特点之一**

## 2.1 船舶在静水中的平衡条件

$$LW(\mathbf{x}) + DW(\mathbf{x}) = \rho g \nabla(\mathbf{x})$$

第二，船舶的空船重量  $LW$  和排水体积  $\nabla$  与船舶参数  $\mathbf{x}$  之间存在复杂的、无法用直接函数式表达的非线性映射关系。

非线性问题求解  
的两个基本要素

初始解  $\Rightarrow$  母型改造

船舶设计的基本特点之二

迭代法  $\Rightarrow$  逐步逼近

船舶设计的基本特点之三

## 2.1 船舶在静水中的平衡条件



船舶在静水中的平衡条件表明，船舶重量重心计算是船舶设计的一项首要基础工作。

因此，实船设计往往就是从船舶重量重心的估算开始的。

在船舶设计的各个阶段，船舶重量的估算或计算都是一项必不可少的重要工作。

这是一项看似简单、实则繁琐的工作任务，需要认真踏实的敬业精神和耐心细致的工作态度。