

在线开放课程 《船舶设计原理》

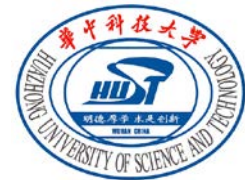
第二章 船舶重量重心

2.9 船舶重心估算

华中科技大学 船舶与海洋工程学院



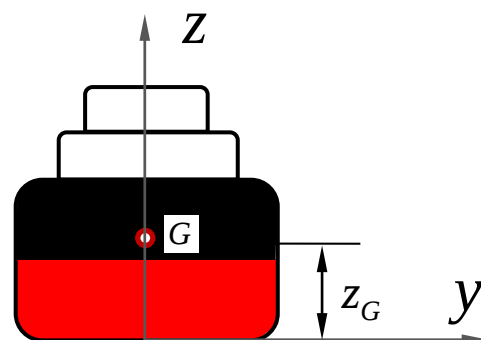
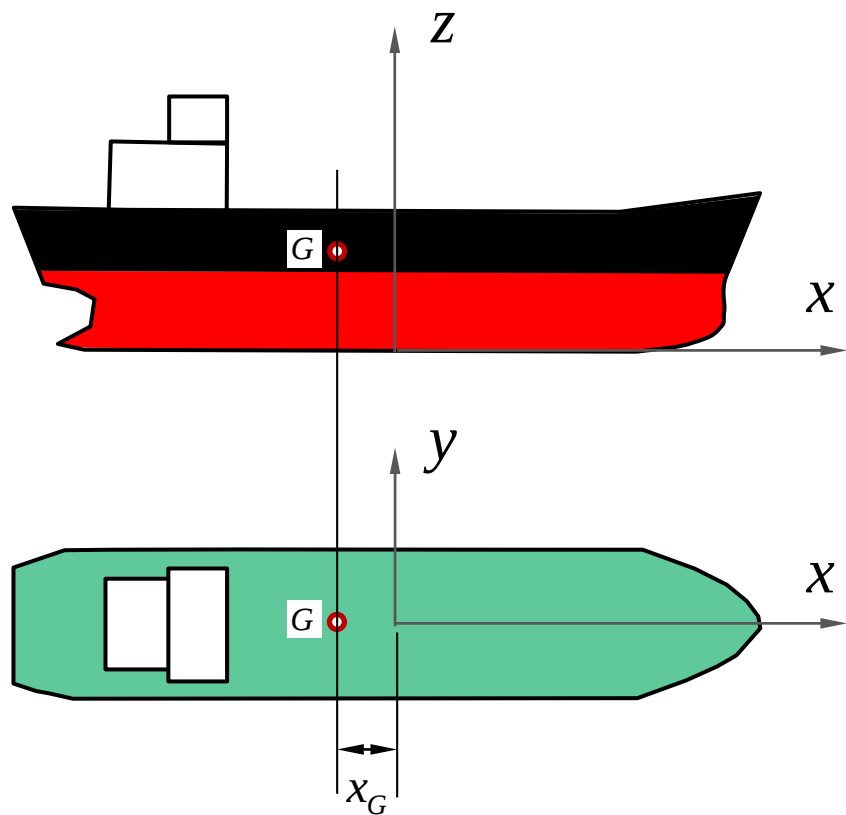
第二章 船舶重量重心



船舶与海洋工程学院

2.9 船舶重心估算

一、坐标系



船舶重心坐标

重心的纵向坐标: x_G

关系到船舶的浮态。影响船舶的纵倾。

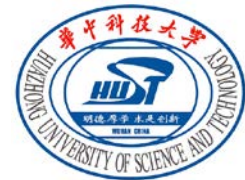
重心的横向坐标: y_G

一般为零，这是因为通常船的左右舷重量分布是**对称**的。

重心的垂向坐标: z_G

习惯上用**重心高度** KG 表示。影响船舶的**稳性**。

第二章 船舶重量重心



船舶与海洋工程学院

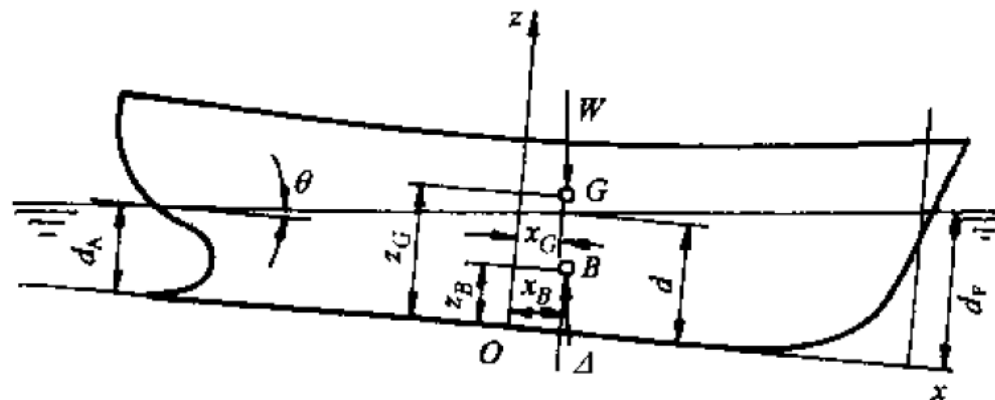
2.9 船舶重心估算

二、重心纵向位置 (x_g) 的估算

船舶**重心纵向位置**由船舶**重心的纵向坐标**来表征。

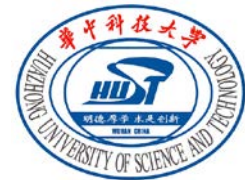
船舶**重心纵向位置**对船舶的浮态，特别是**纵倾**有重要的影响。只有**重心纵向位置**与**浮心纵向位置**配合得当，船舶才能有适宜的浮态。

因此，在型线设计中，选取**浮心纵向位置**时，**重心纵向位置**是一个重要的考虑因素。



- **空船**的重心纵向位置(x_{gE})
- **载重量**的重心纵向位置(x_{gD})

第二章 船舶重量重心



船舶与海洋工程学院

2.9 船舶重心估算

二、重心纵向位置 (x_g) 的估算

(1) 空船的重心纵向位置 x_{gE}

粗略估算

在初始设计阶段，可采用**等比换算法**，对**空船的重心纵向位置**进行粗略估算。

假设**空船的重心纵向位置**线性比例于**船长**

$$\frac{x_{gE}}{x_{gE0}} = \frac{L}{L_0} \Rightarrow x_{gE} = \frac{x_{gE0}}{L_0} L \Rightarrow x_{gE} = C_L L$$

令 $C_L = \frac{x_{gE0}}{L_0}$

系数 C_L 可利用母型船数据资料得到。

分项估算

在形成了**总布置方案**以后，可采用适当方法，对**空船的重心纵向位置**进行分项估算。

例如，**机电设备重量**的**重心纵向位置**的估算，可以采用**等比换算法**。以相对机舱位置的某基准点（如，机舱前壁），用机舱长度的比例关系通过母型船资料估算；然后，再换算到距船中的距离。

又如，**舾装重量**的**重心纵向位置**的估算，可进一步细分。其中，**大项设备**（如锚泊设备、起重设备、舱盖设备等），可按具体布置确定其重心位置；**其余杂项**（如内舾装重量）合并后，以相对于上层建筑和甲板室的纵向位置来确定。

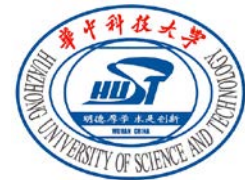
2.9 船舶重心估算

二、重心纵向位置 (x_g) 的估算

(2) 载重量的重心纵向位置 x_{gD}

载重量各部分的**重心纵向位置**，可根据总布置图上各部分载重量所处的位置并考虑船型特征进行估算；汇总后，即可求得**载重量**的**重心纵向位置**。

第二章 船舶重量重心



船舶与海洋工程学院

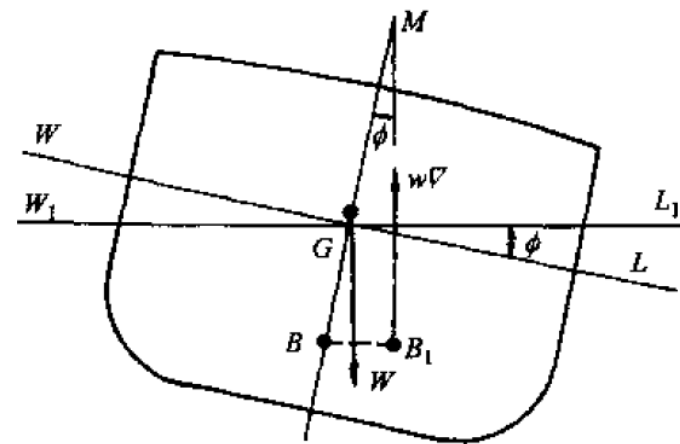
2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

船舶**重心高度**由船舶重心的垂向坐标来表征。

船舶**重心高度**对船舶的**稳性**有着重要的影响。只有**重心高度**与**浮心高度**配合得当，船舶才能有较好的**稳性**。

因此，船舶的**重心高度**涉及到船舶的安全性，必须高度重视。如果估算不准，尤其是对于**稳性**富余不多的船舶，重心估算过低会带来严重的后果。



- **空 船**的重心高度 (z_{gE})
- **载重量**的重心高度 (z_{gD})

2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

(1) 空船的重心高度 z_{gE}

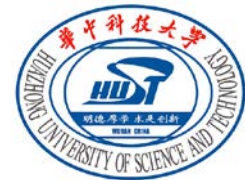
在初始设计阶段，空船重心高度的估算是在分别估算出船体钢料重量及其重心高度、舾装重量及其重心高度，以及机电设备重量及其重心高度的基础上，采用算术加权平均求出的。即

$$z_{gE} = \frac{W_H z_{gH} + W_O z_{gO} + W_M z_{gM}}{W_H + W_O + W_M}$$

式中， W_H 船体钢料重量
 W_O 舾装重量
 W_M 机电设备重量

z_{gH} 船体钢料重量的重心高度
 z_{gO} 舾装重量的重心高度
 z_{gM} 机电设备重量的重心高度

第二章 船舶重量重心



船舶与海洋工程学院

2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

(1) 空船的重心高度 z_{gE}

船体钢料重心高度的估算

粗略估算

假设船体钢料重心高度线性比例于型深（或相当型深）

$$\frac{z_{gH}}{z_{gH0}} = \frac{D}{D_0} \Rightarrow z_{gH} = \frac{z_{gH0}}{D_0} D \Rightarrow z_{gH} = C_E D$$

令 $C_E = \frac{z_{gH0}}{D_0}$

系数 C_E 可利用母型船数据资料得到。

分项估算

● 主船体钢料重心高度

$$z_{gH1} = C_{EH} D_1$$

系数 C_{EH} 可利用母型船数据资料得到；
或参考统计公式

$$C_{EH} = 0.48 + 0.0015(0.85 - C_{BD}) \left(\frac{L}{D} \right)^2 + 0.008 \left| \frac{L}{B} - 6.5 \right|$$

C_{BD} 为计至型深的方形系数

● 上层建筑、各层甲板室钢料重心高度

首楼
尾楼和甲板室

取层高的0.80~0.85

取层高的0.70~0.82

2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

(1) 空船的重心高度 z_{gE}

舾装重心高度的估算

粗略估算

对于一般货船，其舾装重心高度可按所给公式进行粗略估算

$$z_{gO} = (1.00 \sim 1.05)D_1 \quad (\text{干货船})$$

$$z_{gO} = (1.02 \sim 1.08)D_1 \quad (\text{油 船})$$

式中， D_1 为计入上层建筑影响的相当型深，即型深加上层建筑容积除以甲板面积之商。

分项估算

由于舾装重量所包括的项目十分琐碎，因而舾装重心高度的详细估算有一定的难度。

- 船体木作及敷料的重心高度，可根据总布置图取其面积的形心处；
- 各种设备（舵、锚、系泊、救生、起货设备等）的重心高度，可根据具体布置的位置来确定。

如有母型船的详细分项重量重心资料，可利用母型船的资料进行直接换算。

2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

(1) 空船的重心高度 z_{gE}

机电设备重心高度的估算

粗略估算

对于一般运输船舶，其机电设备重心高度的平均值约为 $0.55D$ 。

用母型船资料换算时，也可按比例于型深的关系来进行等比换算。

分项估算

- 大件设备重心高度

例如，主机和柴油发电机组

对于筒形活塞柴油机，可取其轴线上主机高度的 35%~45%；

对于十字头型柴油机，可取其轴线上主机高度的 30%~35%。

- 杂项设备重心高度

用母型船资料进行换算。

2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

(1) 空船的重心高度 z_{gE}

在重量估算的分项较细时，则**空船的重心高度**的估算可在求出各分项的重量及其重心的基础上，按下式进行加权平均

$$z_{gE} = \frac{\sum W_i z_{gi}}{\sum W_i}$$

式中， W_i 各分项重量
 z_{gi} 各分项重量的重心高度

2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

(2) 载重量的重心高度 z_{gD}

粗略估算

在**初始设计**阶段，通常也利用相近母型船的资料并采取换算的方式，对**载重量的重心高度**进行粗略估算。

分项估算

当形成了**总布置图**以后，可根据各个项目重量的具体位置，对**载重量的重心高度**进行分项估算。

- 人员、行李、食品的重心高度，一般可取为所在甲板以上 1m处；
- 双层底内，油水的重心高度，可取为双层底高度的 3/5左右；
- 货物的重心高度、深舱液体的重心高度，可取为舱容积的形心高度。

2.9 船舶重心估算

三、重心高度 (z_g) 的估算

(3) 重心高度的裕度

在船舶设计中，通常对**重量**的估算结果，要留有一定的裕量；同样，对于**重心高度**的估算结果，一般也要考虑适当的裕度。

- **增量法**：例如，在估算的重心高度之上，直接增加一个增量；
- **修正法**：例如，将空船重量裕量的重心高度，置于一个合适的高度位置。

从保证船舶的安全性出发，对于**稳性要求较高**的船舶（例如，客船）、**稳性富余较少**的船舶（例如，集装箱船），以及**设计和建造经验较少**的新型船舶，往往将空船的重心高度再作适当，作为重心高度的储备。

2.9 船舶重心估算



船舶**重心**的**纵向位置**影响浮态和纵倾；船舶的**重心高度**影响船舶的稳性。

在进行船舶重心估算时，分别针对**空船重量**和**载重量**进行**重心纵向位置**的估算和**重心高度**的估算。

基本的估算方法仍然是**等比换算法**、**统计公式法**等，估算的过程仍然按照**粗略估算**、**分项估算**进行。