



重力与浮力的平衡方法

任务目标

01 掌握船舶重力与浮力平衡的方法

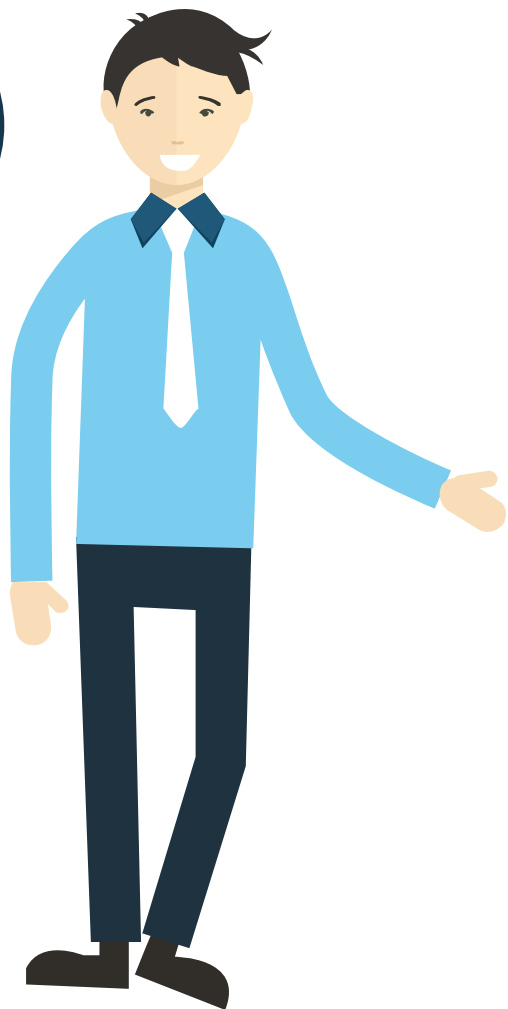
02 解诺曼系数的物理含义

例子

如任务要求新船的DW是17500t，根据初估主尺度得的排水量 $\Delta=23500t$ ，估算的空船质量 $LW=6500t$ ，这样总质量：

01

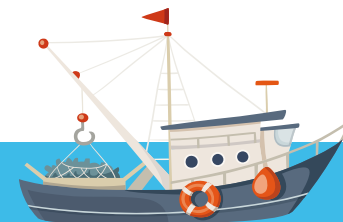
$$LW + DW = 6500 + 17500 = 24000t$$

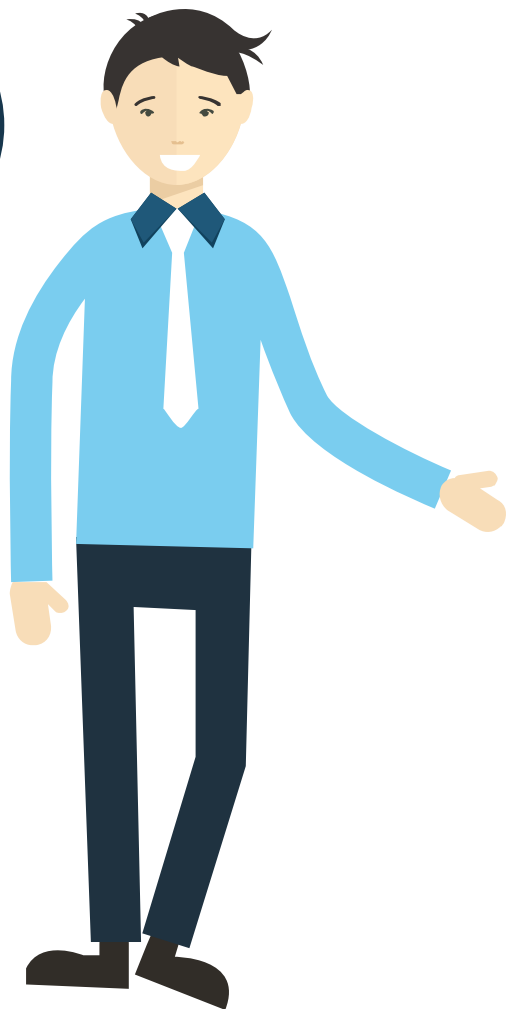


根据浮性方程式： $\Delta = \omega kLBdC_b = LW + DW$

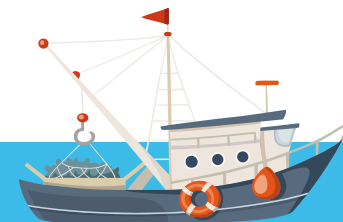


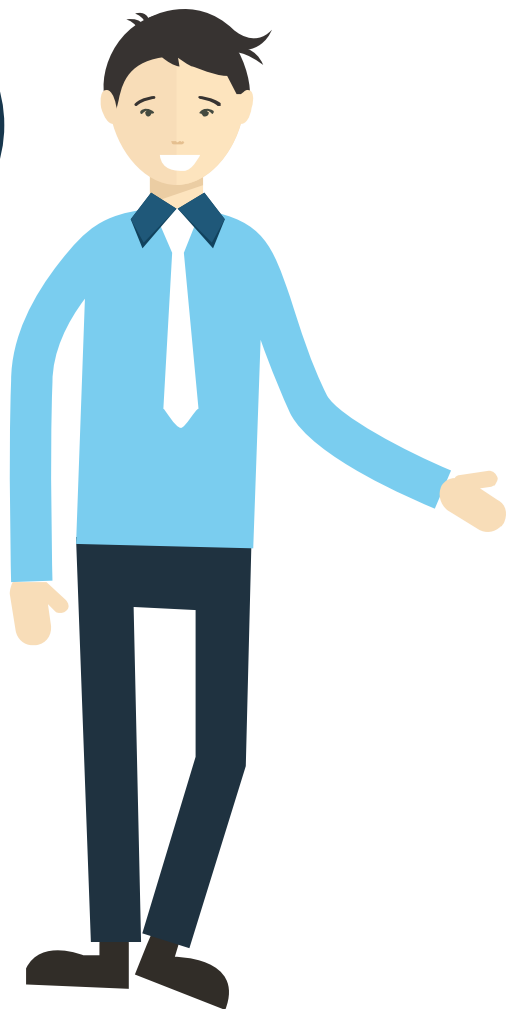
如果已知粗估得新船的排水量 Δ ，又根据各种因素初步选取了 L 、 B 、 d 、 C_b 及 D 后，就可根据已选取的主尺度等要素估算出空船的各部分质量 W_H 、 W_O 和 W_M 并按前面所述计算出载重量 DW (有时 DW 可给定)。通常，经过上述步骤估算得的质量 $(LW + DW)$ 与排水量 $(\omega kLBdC_b)$ 是不会相等的，需要调整。在用计算机计算时，这种调整可用简单的迭代方法解决，在手工计算时可用诺曼系数法。





总质量量比排水量大了500t，或者说载重量少了500t。要保证新船的载重量为17500t，就必须加大船的主尺度，以增加 Δ 。这时，是否可以简单地将 Δ 增加500t来达到平衡呢，就是说将 Δ 由23500t改为24000t，再按24000t确定新的主尺度就可以了呢？显然是不对的。因为主尺度既是决定排水量的因素，也是影响LW特别是 W_H 的因素。 Δ 加大500T，船的主尺度将适当加大，LW也将随着增加，也就是说随着 Δ 的增大，LW将超过6500t了，从而使 $\Delta=24000t$ 仍不能保证浮力与重力的平衡。由此可见 Δ 的增量应大于500t，即排水量的增量要大于载重量的增量，但大多少合理？这就要引进诺曼系数的概念来说明。





如果将空船的各部分质量 W_H 、 W_O 和 W_M 分别表示为排水量的某个指数，则可得到下列表达式：



$$\Delta = W_H + W_O + W_M + DW = C_H \Delta^\alpha + C_O \Delta^\beta + C_M \Delta^\gamma + DW$$

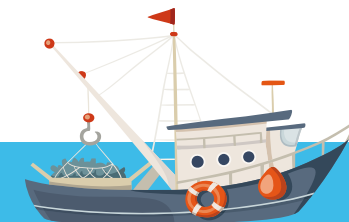
对上式两边同时求导并整理即求得 Δ 的增

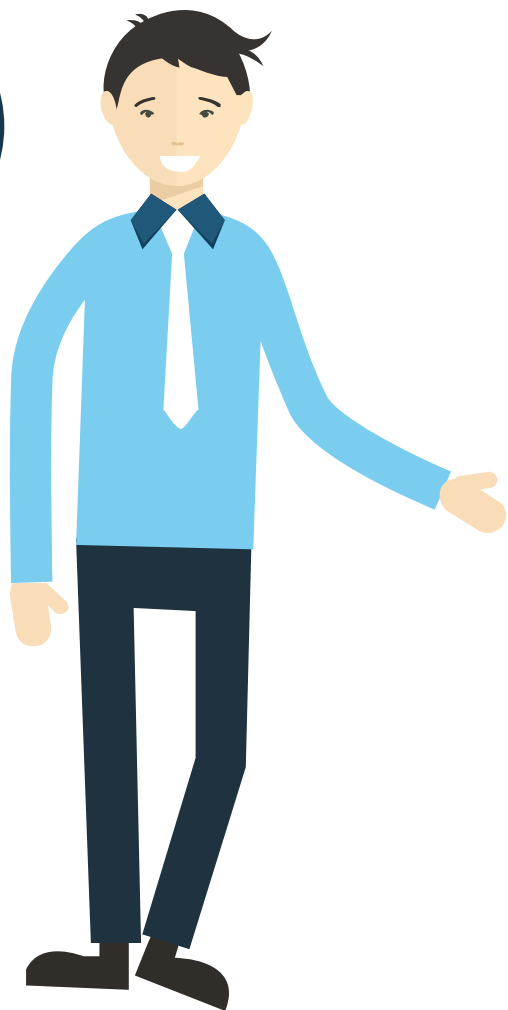
量如下所示：

$$\delta\Delta = \frac{\partial DW}{1 - [\alpha \frac{W_H}{\Delta} + \beta \frac{W_O}{\Delta} + \gamma \frac{W_M}{\Delta}]} = N \cdot \delta DW$$

式中：N为诺曼系数，即：

$$N = \frac{1}{1 - [\alpha \frac{W_H}{\Delta} + \beta \frac{W_O}{\Delta} + \gamma \frac{W_M}{\Delta}]}$$





现在对诺曼系数作简单的分析：

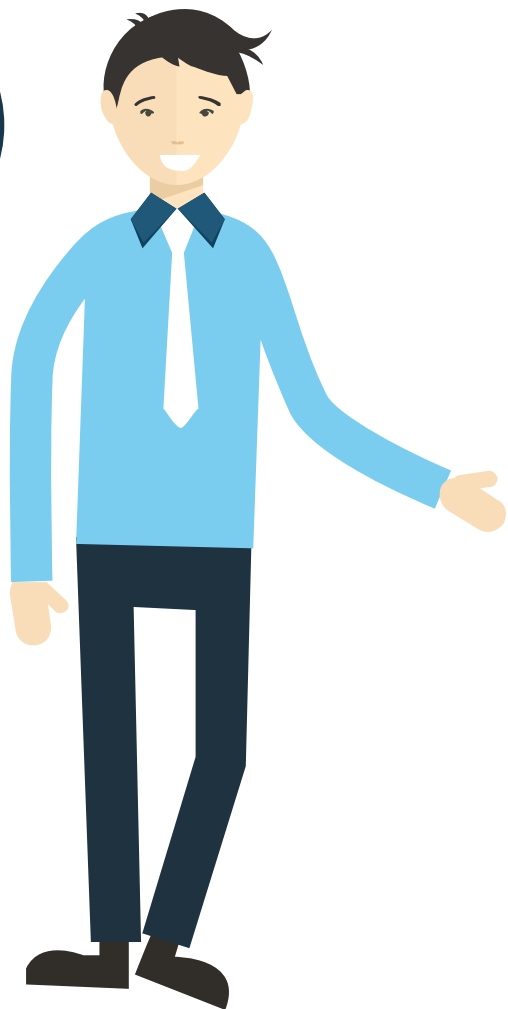
(1) $N > 1$ 恒成立。因为诺曼系数表达式分母中方括号内的数值恒小于1。所以如果载重量增加1t，因为排水量的增量=载重量的增量乘以诺曼系数，所以排水量必须增加1t以上。

(2) N 的大小取决于 LW/Δ 的大小。如果 LW/Δ 小，则 N 也小。如设 $\alpha=\beta=\gamma=1$ ，则 N 就是载重量系数的倒数。因此， LW/Δ 小者，载重量系数大，则 N 就小。

(3) N 的数值还随 W_H 、 W_O 和 W_M 与 Δ 的指数不同而变化。

(4) 对设计船来说，为达到平衡所改变的主尺度不同， N 也是不同的。因为主尺度对船体钢料质量的影响程度不同。





利用诺曼系数 N 来粗估新船的排水量也是常用的方法之一，条件是两船必须十分相近。例如，已知母型船的排水量为 Δ_0 ，新船的载重量比母型船大100t（可看成载重量增量 δDW ），利用母型船资料算得 $N=1.2$ ，则新船的排水量将为 $\Delta = \Delta_0 + \delta \Delta = \Delta_0 + 120t$ 。这 $\delta \Delta = 120t$ 中，100t是DW增加所需要的排水量，另外20t是因为主尺度增加而引起的 W_H 等增加所需要的排水量。

因此，可以概括地说：诺曼系数的物理意义是增加一吨载重量时，船所要增加的排水量。

