

环保会 MEPC.1/Circ.850/Rev.3 通函  
(2021 年 7 月 7 日)

确定船舶在恶劣海况下维持操纵性的最小推进功率导则

1 海上环境保护委员会(本委员会)在其第 76 届会议(2021 年 6 月 10 日至 17 日)上批准了《2013 年确定船舶在恶劣海况下维持操纵性的最小推进功率年临时导则》(MEPC.1/Circ.850/Rev.2 通函)的修正案,包括将标题改为《确定船舶在恶劣海况下维持操纵性的最小推进功率导则》。

2 《确定船舶在恶劣海况下维持操纵性的最小推进功率导则》载于附件。

3 本委员会还同意对本导则保持审议,并请成员国和国际组织向本委员会的未来会议报告实施导则所获得的经验。

4 请各成员国政府使主管机关、业界、相关航运组织、航运公司和其他利益相关方注意到所附的《确定船舶在恶劣海况下维持操纵性的最小推进功率导则》。

5 本通函废除 MEPC.1/Circ.850/Rev.2。

附件  
确定船舶在恶劣海况下维持操纵性的最小推进功率导则

## 0 目的

本导则旨在协助主管机关和被认可组织在验证船舶符合船舶能效规则中规定的能效设计指数 (EEDI) 要求时, 仍具有足够的装机功率以满足 MARPOL 附则 VI 第 4 章第 21.5 条规定的在恶劣海况下维持操纵性的要求。

## 1 定义

1.1 “恶劣海况”系指下列参数条件下的海况:

有义波高 $h_s$ , m	谱峰周期 $T_p$ , s	平均风速 $V_w$ , m/s
6.0	7.0 至 15.0	22.6

对于沿海水域, 应考虑谱峰参数为 3.3 的 JONSWAP 海浪谱。

1.2 下列恶劣海况应适用于下列不同尺度的船舶。

船长, m	有义波高 $h_s$ , m	谱峰周期 $T_p$ , s	平均风速 $V_w$ , m/s
小于 200	4.5	7.0 至 15.0	19.0
$200 \leq L_{pp} \leq 250$	按船长线性插值得到		
大于 250	参见 1.1		

## 2 适用性<sup>①</sup>

2.1 本导则应适用于附录 1 表 1 所列的按 MARPOL 附则 VI 第 21 条规定需符合船舶能效规则的所有船型的新造船舶。

2.2 尽管有上述要求, 本导则不应适用于具有非常规推进系统的船舶, 如吊舱推进的船舶。

2.3 本导则适用于无限航区船舶; 对其他非无限航区船舶, 主管机关应根据营运区域和相关限制确定相应的指南。

2.4 本导则适用于最大夏季装载工况。

## 3 评估程序

3.1 评估可在下列两个不同的等级进行:

- .1 最小功率标准值评估; 和
- .2 最小功率评估。

3.2 如果船舶达到其中一个评估等级, 即应视作在恶劣海况下具有足够的装机功率维持操纵性。

## 4 评估等级 1 – 最小功率标准值评估

4.1 如果所需验证的船舶装机功率不小于该特定船型设定的最小功率标准值, 则该船应视作在恶劣海况下具有足够的装机功率维持操纵性。

4.2 不同船型的最小功率标准值在附录 1 中给出。

## 5 评估等级 2 – 最小功率评估

5.1 最小功率评估方法在附录 2 中给出。

5.2 如果所需验证的船舶达到最小功率评估设定的要求, 则该船应视作在恶劣海况下具有足够

① 本导则适用于按 MARPOL 附则 VI 第 24 条规定需符合船舶能效规则的船舶(即附录 1 表 1 中等于或大于 20,000 DWT 的船型)。

的装机功率维持操纵性。

## **6 文件**

6.1 试验文件应至少包括但不限于：

- .1 船舶主要尺度的描述；
- .2 船舶相关操纵和推进系统的描述；
- .3 所使用的评估等级及结果的描述；和
- .4 所使用的试验方法及参照资料的描述(如适用)。

**附录 1**  
**最小功率标准值评估方法**

1 不同船型的总装机 MCR 的最小功率标准值(kW)应由下式计算:

$$\text{最小功率标准值} = a \times (DWT) + b$$

式中: *DWT* 为船舶载重吨; 和

*a* 和 *b* 为表 1 中给出的液货船、散货船和兼用船的参数。

**表 1 不同船型确定最小功率标准值时参数 *a* 和 *b* 的取值**

船型	<i>a</i>	<i>b</i>
载重吨小于 145,000 的散货船	0.0763	3374.3
载重吨大于等于 145,000 的散货船	0.0490	7329.0
液货船	0.0652	5960.2
兼用船	见上述液货船	

2 所有主推进发动机的总装机 MCR 应不小于最小功率标准值, 其中最大持续功率值为 EIAPP 证书中规定的值。

## 附录 2 最小功率评估方法

1 最小功率评估基于一个纵向自由度操纵方程的解，以证明船舶以 2.0 节航速从顶风顶浪到 30 度斜风斜浪范围内航行。评估包括以下步骤：

- .1 计算船舶从顶风顶浪到 30 度斜风斜浪范围内航行最大总阻力；
  - .2 考虑船舶（包括附体）的阻力和推进特性，计算安装发动机的相应所需制动功率和转速；和
  - .3 检查所需的制动功率是否不超过安装发动机的最大可用制动功率（根据发动机制造商安装发动机的实际转速下定义的数据）。
- 2 最大总阻力定义为 2.0 节前进航速  $U$  时静水中阻力与在顶风顶浪到 30 度斜风斜浪范围内航行的最大附加阻力  $X_a$  之和。

### 要求

3 为满足最小功率评估要求，在恶劣海况下以 2.0 节前进速度航行时所要求的制动功率  $P_B^{req}$  应不超过相同条件下安装发动机的可用制动功率  $P_B^{av}$ ：

$$P_B^{req} \leq P_B^{av}$$

4 要求的制动功率  $P_B^{req}$  计算为：

$$P_B^{req} = \frac{2\pi n_p Q}{\eta_s \eta_g \eta_R}$$

式中：

- $n_p$  (1/s)      规定恶劣海况下和规定前进航速时的螺旋桨转速；
- $Q$  (N·m)      相应螺旋桨扭矩；
- $\eta_s$               EEDI 验证认可的螺旋桨轴的机械传动效率；
- $\eta_g$               EEDI 验证认可的传动装置效率；
- $\eta_R$               相对旋转效率。

5 在恶劣海况下前进航速航行时，可用制动功率  $P_B^{av}$  定义为实际转速下的最大发动机输出功率，考虑最大扭矩限制、喘振/空气限制和根据发动机制造商数据规定的所有其他相关限制。

### 推进点的定义

6 在恶劣海况下前进速度有关螺旋桨转速  $n_p$  和相应的螺旋桨进速系数  $J$  是根据螺旋桨敞水特性，按以下公式计算：

$$\frac{K_T}{J^2} = \frac{T}{\rho u_a^2 D_p^2}$$

式中：

- $K_T$               由螺旋桨敞水特性定义的推力系数；
- $T$  (N)            要求的螺旋桨推力；

$\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) 海水密度,  $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ ;  
 $u_a$  (m/s) 螺旋桨前进速度; 和  
 $D_P$  (m) 螺旋桨直径。

7 相应螺旋桨扭矩计算为:

$$Q = K_Q \rho n_p^2 D_P^5$$

式中:

$K_Q$  由螺旋桨敞水特性定义的扭矩系数。

8 螺旋桨前进速度  $u_a$  计算为:

$$u_a = U(1 - w)$$

式中:

$U$  (m/s) 水中前进航速 2.0 节; 和  
 $w$  伴流分数。

### 要求的螺旋桨推力的定义

9 要求的螺旋桨推力  $T$  由以下公式定义:

$$T = \frac{X_S + X_a}{1 - t}$$

式中:

$X_S$  (N) 包括附体阻力在内的前进航速时的静水阻力;  
 $X_a$  (N) 航行中的最大附加阻力  $X_a$ ; 和  
 $t$  推力减额分数, 考虑螺旋桨推力对船体产生的吸力。

### 静水特性的定义

10 评估使用的静水特性, 例如静水阻力、自推进因数和螺旋桨敞水特性, 由 EEDI 验证认可的方法定义, 包括:

.1 静水阻力  $X_S$  由如下公式定义:

$$X_S = (1 + k) C_F \frac{1}{2} \rho S U^2$$

式中:  $k$  为形状因数;  $C_F$  为摩擦阻力系数;  $\rho$  为海水密度,  $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ ;  $S$  为裸船体和附体湿表面积;  $U$  为前进航速;

.2 前进航速时的推力减额分数  $t$  和伴流分数  $w$ , 以及相对旋转效率  $\eta_R$ 。也可使用推力减额分数和伴流分数的默认保守估计值, 分别为  $t=0.1$  和  $w=0.15$ ; 和

.3 螺旋桨敞水特性  $K_T(J)$  和  $K_Q(J)$ 。

### 附加阻力的定义

11 航行中的最大附加阻力  $X_a$  定义为风引起的最大附加阻力  $X_w$ 、波浪引起的最大附加阻力  $X_d$ 、船舶在从顶风顶浪到 30 度斜风斜浪范围内航行时, 由于操纵引起的最大附加舵阻力  $X_r$  之和。

## 风阻的定义

12 风引起的最大附加阻力  $X_w$  计算为:

$$X_w = 0.5X'_w(\epsilon)\rho_a v_{wr}^2 A_F$$

式中:

$X'_w(\epsilon)$	无量纲空气阻力系数;
$\epsilon(\text{deg})$	相对风角;
$\rho_a(\text{kg/m}^3)$	空气密度, $\rho_a=1.2\text{ kg/m}^3$ ;
$v_{wr}(\text{m/s})$	相对风速, $v_{wr} = U + v_w \cos\mu$ ;
$v_w(\text{m/s})$	按本导则第 1 段恶劣海况定义的绝对风速; 和
$A_F(\text{m}^2)$	船体和上层建筑的正面受风面积。

13 风引起的最大附加阻力  $X_w$  定义为从船首  $\epsilon=0$  到首向角 30 度  $\epsilon=30$  范围内的最大值。

14 无量纲空气阻力系数  $X'_w$  由风洞试验或经主管机关或被认可组织验证的等效方法定义。或者, 可假设  $X'_w=1.1$ , 作为从最大风向从船首至首向角 30 度。如船舶安装甲板起重机, 且甲板起重机的水平投影面积等于或超过船舶水线以上总水平投影面积的 10%, 应假定  $X'_w=1.4$ , 而不是  $X'_w=1.1$ 。

## 浪引起的附加阻力的定义

15 波浪引起的最大附加阻力  $X_d$  按如下定义:

.1 公式

$$X_d = 1336(5.3 + U) \left( \frac{B-d}{L_{PP}} \right)^{0.75} \cdot h_s^2$$

式中:

$L_{PP}(\text{m})$	垂线间船长;
$B$	船宽;
$d$	规定装载工况下的吃水; 和
$h_s(\text{m})$	按本导则第 1 段定义的有义波高。

该公式定义了从顶浪到首斜浪 30 度的最大附加阻力。

.2 或波谱法

$$X_d = 2 \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \frac{X_d(U, \mu', \omega')}{A^2} S_{\zeta\zeta}(\omega') D(\mu - \mu') d\omega' d\mu'$$

式中:

$\frac{X_d}{A^2}(\text{N/m}^2)$	规则波中附加阻力的二次传递函数, $A$ 是波幅;
$S_{\zeta\zeta}(\omega')$	规定为 JONSWAP 谱为航行谱, 峰值参数为 3.3。
$D(\mu - \mu')$	关于平均浪向的波能量的方向扩散函数, 规定为 $\cos^2$ 方向扩散;
$\omega'(\text{rad/s})$	分量的波频;
$\mu(\text{rad})$	船舶和波浪之间的遭遇角; 和
$\mu'(\text{rad})$	波浪分量的方向。

16 波浪引起的最大附加阻力  $X_d$  定义为从船首  $\mu=0$  到首向角 30 度  $\mu=30$  的最大附加阻力。评

估中应用的谱峰周期  $T_p$  的范围为从  $3.6\sqrt{h_s}$  至  $5.0\sqrt{h_s}$  或 12 s 的较大者，波峰周期步长不超过 0.5 s。

17 短波峰不规则顶浪的附加阻力可视为从船首到首向角 30 度的浪向的最大附加阻力，因为对于短波峰的波浪，从顶浪到首斜浪 30 度的浪向的最大附加阻力出现在顶浪中。

18 方向扩散  $D(\mu - \mu')$  定义为  $\cos^2$  方向扩散。或者，长波峰航行可假定为  $D(\mu - \mu') = 1$ ；在此情况下，将长波峰不规则顶浪的附加阻力乘以修正因数 1.3 来确定波浪引起的最大附加阻力  $X_d$ ，考虑到长波峰波浪的最大附加阻力不总是对应于顶浪方向。

19 规则波中附加阻力的二次传递函数  $\frac{X_d}{A^2}$  由耐波性试验或经主管机关或被认可组织验证的等效方法定义。或者，可使用本文件附录规定的半经验方法。

#### 航行中操纵引起的舵附加阻力的定义

20 就实用性而言，在航行中操纵引起的最大附加舵阻力  $X_r$  可使用简化方式计算为：

$X_r = 0.03 \cdot T_{er}$ ，式中  $T_{er}$  为从  $T$  中扣除  $X_r$  的螺旋桨推力。

## 规则波中附加阻力的二次传递函数的半经验方法

本附录中附加阻力的二次传递函数的计算方法可用于浪向从顶浪至横浪。因此，本方法可用于获得平均顶浪方向短波峰不规则波浪的附加阻力。

规则顶浪至横浪中附加阻力的二次传递函数 $X'_d = \frac{X_d}{A^2}$ ，可计算为：

$$X'_d = X'_{dM} + X'_{dR}$$

式中： $X'_{dM}$ 为运动（辐射）效应引起的附加阻力分量， $X'_{dR}$ 为规则波中的反射（衍射）效应引起的附加阻力分量。

$X'_{dM}$ 由如下公式给出：

$$X'_{dM} = 4\rho g \frac{B^2}{L_{pp}} a_1 a_2 \bar{\omega}^{b_1} e^{\frac{b_1}{d_1}(1-\bar{\omega}^{d_1})}$$

式中：

$$\bar{\omega} = \begin{cases} 2.142^3 \sqrt{k_{yy}} \sqrt{\frac{L_{pp}}{\lambda}} \left[ 1 - \frac{0.111}{C_B} \left( \ln \frac{B}{d} - \ln 2.75 \right) \right]^{\frac{(2-\cos\beta)}{3}} (Fr + 0.62) & \text{对于 } Fr < 0.1 \\ 2.142^3 \sqrt{k_{yy}} \sqrt{\frac{L_{pp}}{\lambda}} \left[ 1 - \frac{0.111}{C_B} \left( \ln \frac{B}{d} - \ln 2.75 \right) \right]^{\frac{(2-\cos\beta)}{3}} Fr^{0.143} & \text{对于 } Fr \geq 0.1 \end{cases}$$

$$a_1 = 60.3 C_B^{1.34} (4k_{yy})^2 \left( \frac{0.87}{C_B} \right)^{-(1+Fr)\cos\beta} \left( \ln \frac{B}{d} \right)^{-1} \frac{(1-2\cos\beta)}{3} \quad \text{对于 } \frac{\pi}{2} \leq \beta \leq \pi$$

$$a_2 = \begin{cases} 0.0072 + 0.1676 Fr & \text{对于 } Fr < 0.12 \\ Fr^{1.5} \exp(-3.5 Fr) & \text{对于 } Fr \geq 0.12 \end{cases}$$

对于  $C_B > 0.75$

$$b_1 = \begin{cases} 11.0 & \text{对于 } \bar{\omega} < 1 \\ -8.5 & \text{别处} \end{cases}$$

$$d_1 = \begin{cases} 566 \left( \frac{L_{pp}}{B} \right)^{-2.66} & \text{对于 } \bar{\omega} < 1 \\ -566 \left( \frac{L_{pp}}{B} \right)^{-2.66} \times 6 & \text{别处} \end{cases}$$

对于  $C_B \leq 0.75$

$$b_1 = \begin{cases} 11.0 & \text{对于 } \bar{\omega} < 1 \\ -8.5 & \text{别处} \end{cases}$$

$$d_1 = \begin{cases} 14.0 & \text{对于 } \bar{\omega} < 1 \\ -566 \left( \frac{L_{pp}}{B} \right)^{-2.66} \times 6 & \text{别处} \end{cases}$$

式中：

$\beta = \pi - \mu$  波浪方向， $\beta = \pi$  系指顶浪；

$\lambda$  (m) 入射波的长度；

$B$  (m) 船宽；

$d$  (m) 船舶吃水；和

$k_{yy}$  无量纲的纵摇回转半径。

$X'_{dR}$  由如下公式给出:

$$X'_{dR} = \sum_{i=1}^4 X'_{dR}{}^i$$

式中:  $X'_{dR}{}^i$  为  $S_i$  水线段反射/衍射效应引起的附加阻力, 如图 1 所示。

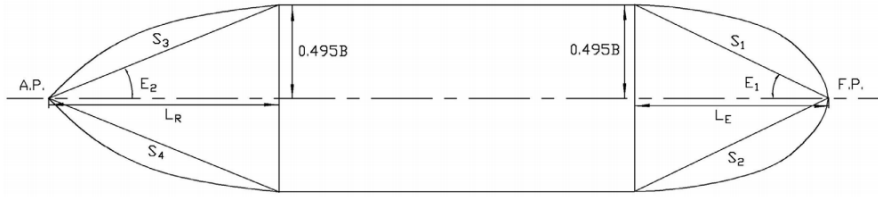


图 1: 船舶水线轮廓和相关定义图

当  $E_1 \leq \beta \leq \pi$

$$X'_{dR}{}^1 = \frac{2.25}{4} \rho g B \alpha_{d^*} \left\{ \sin^2(E_1 - \beta) + \frac{2\omega_0 U}{g} [\cos E_1 \cos(E_1 - \beta) - \cos \beta] \right\} \left( \frac{0.87}{C_B} \right)^{(1+4\sqrt{Fr})f(\beta)}$$

当  $\pi - E_1 \leq \beta \leq \pi$

$$X'_{dR}{}^2 = \frac{2.25}{4} \rho g B \alpha_{d^*} \left\{ \sin^2(E_1 + \beta) + \frac{2\omega_0 U}{g} [\cos E_1 \cos(E_1 + \beta) - \cos \beta] \right\} \left( \frac{0.87}{C_B} \right)^{(1+4\sqrt{Fr})f(\beta)}$$

当  $0 \leq \beta \leq \pi - E_2$

$$X'_{dR}{}^3 = -\frac{2.25}{4} \rho g B \alpha_{d^*} \left\{ \sin^2(E_2 + \beta) + \frac{2\omega_0 U}{g} [\cos E_2 \cos(E_2 + \beta) - \cos \beta] \right\}$$

当  $0 \leq \beta \leq E_2$

$$X'_{dR}{}^4 = -\frac{2.25}{4} \rho g B \alpha_{d^*} \left\{ \sin^2(E_2 - \beta) + \frac{2\omega_0 U}{g} [\cos E_2 \cos(E_2 - \beta) - \cos \beta] \right\}$$

式中:

$\omega_0$  入射波频率;

$\alpha_{d^*}$  吃水系数, 计算为

$$\alpha_{d^*} = \begin{cases} 0 & \text{对于 } \frac{\lambda}{L_{pp}} > 2.5 \\ 1 - \exp \left[ -4\pi \left( \frac{d^*}{\lambda} - \frac{d^*}{2.5L_{pp}} \right) \right] & \text{对于 } \frac{\lambda}{L_{pp}} \leq 2.5 \end{cases}$$

对于  $S_1$  和  $S_2$  段

$$d^* = d$$

对于  $S_3$  和  $S_4$  段

$$d^* = \begin{cases} \frac{d(4 + \sqrt{|\cos\beta|})}{5} & \text{对于 } C_B \leq 0.75 \\ \frac{d(2 + \sqrt{|\cos\beta|})}{3} & \text{对于 } C_B > 0.75 \end{cases}$$

$$f(\beta) = \begin{cases} -\cos\beta & \text{对于 } \pi - E_1 \leq \beta \leq \pi \\ 0 & \text{对于 } \beta < \pi - E_1 \end{cases}$$