

交通运输部海事局

海船规函[2024]2010 号

交通运输部海事局关于发布《内河新建船舶能效设计指数(EEDI)实施指南》的通知

各省、自治区、直辖市船舶检验机构,中国船级社,各直属海事局:

为指导船舶检验机构实施内河新建船舶能效设计指数(EEDI)要求,现发布《内河新建船舶能效设计指数(EEDI)实施指南》(船舶技术规范实施指南 2024 年第 5 号),自发布之日起实施。

附件:内河新建船舶能效设计指数(EEDI)实施指南

交通运输部海事局

2024 年 9 月 25 日

(此件公开发布)

抄送：各省、自治区、直辖市、新疆生产建设兵团交通运输厅（局、委）。

附件

船舶技术法规实施指南

(2024 年第 5 号)

内河新建船舶能效设计指数（EEDI）实施指南

1 适用范围

1.1 《内河新建船舶能效设计指数（EEDI）实施指南》（以下简称“本指南”）适用于《内河船舶法定检验技术规则（2023 年修改通报）》（以下简称“内河船舶法规”）EEDI 要求的船舶及其重大改建。

1.2 表 1.2 中所列特殊船型不适用内河船舶法规第 7 篇第 10 章“船舶能效设计指数要求”。

不适用 EEDI 要求的船型 表 1.2

船型	船型细分种类	船型特点
干货船	滚装货船（包括车辆运输船）	其构造适合于以驶入和驶出的方式装载车辆或使用车辆装卸集装箱或托盘化货物的货船
	散装水泥船	专门设计用于装载散装水泥的货船，包括罐装水泥运输船
	甲板货船	布置为仅在甲板上载运大件货物和散装货物的船舶
	重大件运输船	专门载运重货和/或单件超大货物，货物可以装载在甲板上或货舱内，并通过吊机和/或滚装斜坡进行装载的货船
	自卸砂船	在货舱内装载砂石等散装颗粒状货物并在船上设有货物输送装置的船舶
油船	沥青船	专门设计用于载运沥青的船舶

2 现行内河船舶技术规范

2.1 《内河船舶法定检验技术规则（2023 年修改通报）》。

2.2 中国船级社《内河船舶能效设计指数（EEDI）计算与验证指南》（以下简称“计算与验证指南”）。

2.3 中国船级社《基于计算流体力学（CFD）的内河船舶航速功率评估指南》。

2.4 中国船级社《船舶降功率检验指南》。

3 实施要点

3.1 一般规定

3.1.1 除本指南另有规定外，内河船舶达到的 EEDI 的计算与验证应满足“计算与验证指南”的要求。

3.1.2 EEDI 的检验和发证应分两个阶段进行：设计阶段的前期验证、试航或建造完工阶段的最终验证。检验和发证过程的基本流程见图 3.1.2。

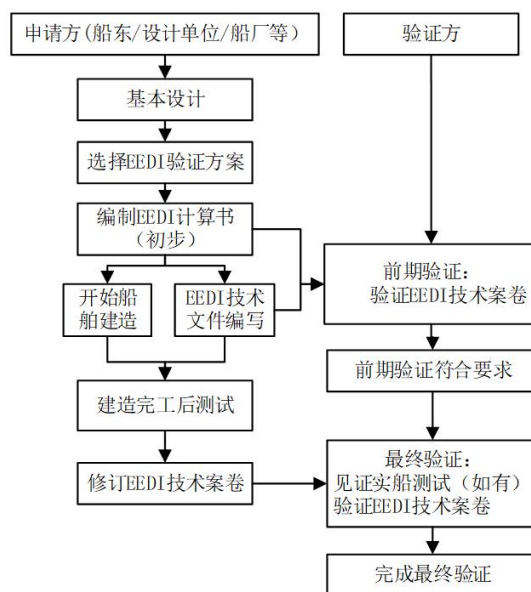


图 3.1.2 EEDI 验证的基本流程

3.1.3 不同航区/航段对应的要求的 EEDI 取值级别从高到低依次为 J₁、J₂、A、B/C。当船舶航行于多个级别航区/航段时，要求的 EEDI 值应取最高级别的要求值（如船舶航行于 ABCJ₂，应按 J₂ 航段基线要求计算要求的 EEDI 值）。

3.1.4 船舶改变航行水域或航区航段，应重新校核 EEDI。

3.1.5 对于多用途船，应取最严格的要求的 EEDI 值校核船舶 EEDI（如：对集散两用船，按干货船计算达到的 EEDI 值和要求的 EEDI 值）。

3.1.6 如船舶型线与母型船相同，螺旋桨不同，则水池试验或 CFD 计算可用母型船的阻力结果；如船舶型线和螺旋桨与母型船相同，则水池试验或 CFD 计算可用母型船的航速预报结果；如船舶型线、螺旋桨、主机型号、功率与母型船相同，则母型船的试航测试结果可以用于计算达到的 EEDI 值。

3.1.7 后续船是指使用同一套图纸在同一船厂建造的首制船的姐

妹船。

3.1.8 达到的 EEDI 值计算结果保留两位有效数字，不进行四舍五入。

3.1.9 在船舶完工时，如达到的 EEDI 值不满足 EEDI 要求，船东或设计单位可采用螺旋桨优化、附体优化或功率限制等方法降低达到的 EEDI 值。

3.2 船舶图纸审查实施要点

3.2.1 送审图纸

(1) EEDI 计算书（初步）

应在安放龙骨前送审并经船舶检验机构核查。对于应用回归计算方法（见附件 1）的 1000 总吨以下船舶应提供航速功率计算报告。

对于 2024 年 7 月 1 日前安放龙骨且在 2026 年 1 月 1 日及之后完工的船舶，应在完工前补充送审并经船舶检验机构核查。

(2) EEDI 技术文件（前期验证）

技术文件中包含设计阶段采取的 EEDI 验证方案提交的资料：明确 EEDI 验证采用的方案（见“本指南”第 3.2.3 条）；应用 CFD 验证方案时应包括 CFD 计算报告；应用物理水池验证方案或“物理水池+实船验证方案”时应提交水池试验报告（包括阻力试验、自航试验、螺旋桨敞水试验（如适用））。技术文件应在完工前送审并经船舶检验机构核查。

(3) EEDI 完工技术案卷（最终验证）

EEDI 完工技术案卷包括 EEDI 计算书和技术文件，应在完工后送审并经船舶检验机构批准，其中技术文件至少应包含以下内容：

- .1 按照附件 1 所述方法的计算报告（如适用）；
- .2 CFD 计算报告（如适用）；
- .3 水池试验报告（如适用）；
- .4 实船试航测速报告（包括实船测试原始数据签字版和航速修正）（如适用）；
- .5 主机的 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷（包括船机防止空气污染证书和台架试验报告）；
- .6 辅机的 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷（包括船机防止空气污染证书和台架试验报告）。

3.2.2 审图要点

（1）核定载运能力（Capacity），注意不同船型，载运能力的定义不同；对干货船、油船、化学品船用载重量（DWT）表示；对集装箱船，应以 70%DWT 表示。船舶在载运能力下对应的吃水即为船舶的 EEDI 吃水。

（2）对采用功率限制的船舶，计算每台主机(i)的 $P_{ME(i)}$ 时 MCR_{ME} 用限制功率（ MCR_{lim} ）替代。

（3）核定航速 V_{ref} ，航速 V_{ref} 应为在无风无浪的平静水域下，船舶在 EEDI 吃水及计算主机功率 P_{ME} 推进的情况下在深水中的航速。航速单位为 km/h。

航速可在设计阶段或实船试航测速阶段获取，航速（ V_{ref} ）获得方式如下：

1. 设计阶段航速获取，通常可采用 CFD 计算、水池试验、公式换算（见下方 C.部分）中的任一方法；对于 1000 总吨以下的船舶，可采用附件 1 中的回归计算方法。对于采用实船满载验证方案的船舶，设计单位应采取合理的方法预报航速，并提供相关材料说明所采用方法的合理性。

对于后续船，可使用首制船的试航测速结果。

对于具有同形船的船舶，可基于 3.1.6 条采用同形船的结果。这种情况下，应补充提供同形船的型线、船舶间的主要参数对比、同形船的结果以及可以使用同形船结果的理由说明。

2. 完工阶段航速验证可通过以下任何一种方法获得：

最终验证阶段航速获取，可采用 CFD 计算或物理水池试验或实船测试得到的航速，对于 1000 总吨以下的船舶，也可采用附件 1 中的回归方法计算的航速。

当船舶 EEDI 吃水（工况 2）与 CFD 计算或物理水池试验或实船测试的吃水（工况 1）不一致时，应对工况 1 的速度功率曲线进行修正得到工况 2 的速度功率曲线，如排水量差异不超过 5%，同一航速下工况 2 的功率可使用以下公式由工况 1 的功率计算得到：

$$P_2 = P_1 \left(\frac{\Delta_2}{\Delta_1} \right)^{2/3}$$

式中：

Δ_1 ——工况 1 的排水量，t；

Δ_2 ——工况 2 的排水量，t。

P_1 ——对应于工况 1 排水量 Δ_1 的功率，kW；

P_2 ——对应于工况 2 排水量 Δ_2 的功率，kW；

如排水量差异超出 5%，应采用 CFD 计算或物理水池试验或实船测试重新获得速度功率曲线。

3. 对于本船或其同形船具有设计吃水或 EEDI 吃水下的 CFD 计算或水池试验或试航测得的航速 V_d 和功率值 P_d ，如使用以下公式计算得到的 V_{ref} 与 V_d 之间的偏差不大于 5% 时，则可以通过以下公式获得 EEDI 吃水下的航速 V_{ref} 用于计算设计阶段或完工阶段达到的 EEDI 值：

$$V_{ref} = V_d \left(\frac{\Delta_d}{\Delta_{EEDI}} \right)^{\frac{2}{9}} \left(\frac{P_{ME}}{P_d} \right)^{\frac{1}{3}}$$

式中：

V_d ——设计吃水/EEDI吃水下对应的航速，单位：km/h；

Δ_d ——设计吃水/EEDI吃水下对应的排水量，单位：t；

P_d ——设计吃水/EEDI吃水下，航速 V_d 对应的功率，单位：kW；

Δ_{EEDI} —— EEDI吃水下的排水量，单位：t；

P_{ME} —— 75%MCR，单位：kW。

(4) 应核查船舶在无风无浪的平静水域下，在 EEDI 吃水工况、主机最大持续功率下的航速，该航速不应低于：长江水系 J₁ 航段 20.7km/h、J₂ 航段 18 km/h，长江水系的其他水域 14.8km/h，京杭运

河和珠江水系 12km/h。该航速可根据 EEDI 验证时得到的船舶航速功率曲线计算。

(5) 核定主推进装置功率修正系数 f_j , J₁ 航段船舶、珠江水系干货船、京杭运河干货船的 f_j 按下式计算; 如计算结果 $f_j < 0.7$, 则 f_j 取为 0.7; 如计算结果 $f_j > 1$, 则 f_j 取为 1; 对表格中没有包括的其他船型, f_j 取为 1.0。

$$f_j = \frac{\alpha}{Fn_v^\beta \cdot C_b^\gamma}$$
$$Fn_v = \frac{0.278 \cdot V_{ref}}{\sqrt{9.81 \cdot \nabla^{\frac{1}{3}}}}$$

式中: ∇ ——船舶 EEDI 吃水下的型排水体积, m³;
 C_b ——船舶 EEDI 吃水下的方形系数;
 Fn_v ——船舶 EEDI 吃水下的体积傅汝德数;
 α 、 β 、 γ ——按表 3.2.2 取值。

表3.2.2

航区 (段) /船型	α	β	γ
J ₁ 航段船舶	0.41	0.70	0.45
珠江水系干货船	0.27	1.20	0.34
京杭运河干货船	0.07	2.60	0.80

(6) 对于取得化学品适装证书的油船或化学品船, 可以使用 f_c 修正。

(7) 核定主辅机的燃料消耗率 (SFC), 该值应取自经批准的 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷。如果在申请前期验证时 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷尚未经批准, 可使用生产厂提供的试验报告。对于这种情况, 在最终验证阶段应提供 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷。

(8) 核查同形船水池试验相关资料 (如有时)

如果进行水池试验的船舶与EEDI验证的船舶属于同形船舶, 可接受经其他船舶检验机构接受的水池试验报告, 如水池试验已于2024年7月1日前完成且未经船舶检验机构接受, 可接受水池试验机构提交的水池试验结果。

(9) 按“内河船舶法规”第10章第3节计算船舶要求的EEDI值, 并核定达到的EEDI值是否小于要求的EEDI值。

3.2.3 验证方案审核要点

3.2.3.1 小于1000总吨的内河船舶可采用附件1所述的回归计算方法进行验证。

(1) 送审资料应包括按附件1所述方法计算的船舶航速功率计算报告, 船舶检验机构应根据送审资料核查计算结果。

(2) 最终验证阶段, 船舶检验机构应审核建造完工后的空船重量测试报告确定船舶载运能力, 根据NO_x技术案卷或发动机排放技术案卷核对主辅机的燃料消耗率等数据, 审批最终阶段的EEDI值。

3.2.3.2 应用CFD计算方法进行船舶航速预报及EEDI验证时:

(1) CFD计算机构应具备足够的计算能力, 遵守诚信原则, 并确保提交的资格和材料真实有效。

(2) CFD计算机构资格要求: 计算机构首次送审时应提供至少5艘船舶的计算案例 (案例船型为EEDI适用船型, 案例船应至少有一型和目标船型为相同船舶类型, 计算案例不包括KCS、JBC、DTMB5415等ITTC标模, 每个案例包括船舶阻力、螺旋桨敞水和自

航)，以及 CFD 计算结果与水池试验资料或实船测试结果的比对误差（平均误差 5%以内），以表明计算单位具备 CFD 计算服务能力。需要提交的资格证明资料应至少包括以下内容：

- .1 计算案例船舶的水池试验或实船测试的航速功率曲线；
- .2 计算案例船舶的 CFD 计算报告(包括各功率点下的比对误差)。

（3）前期验证阶段，船舶检验机构应核查船型是否为采用常规轴系-螺旋桨推进，具有单桨推进或者双桨推进方式船舶；如否，则不适用 CFD 验证方案，应退回送审资料，如是，船舶检验机构应对送审的 CFD 计算报告包括计算单位 CFD 资格、目标船型主尺度、CFD 计算结果进行核查。

（4）最终验证阶段，船舶检验机构应审核建造完工后的空船重量测试报告确定船舶载运能力，根据 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷核对主辅机的燃料消耗率等数据，并根据 CFD 计算的航速功率曲线计算航速，审批最终阶段的 EEDI 值。

3.2.3.3 应用物理水池方法进行船舶满载航速预报及 EEDI 验证时：

（1）船舶检验机构应按照“计算与验证指南”第 4.5.4 条的要求审核试验大纲，物理水池试验须在 ITTC 成员水池试验机构进行，可不要求见证物理水池试验。试验工况应为 EEDI 吃水工况。

（2）最终验证阶段，船舶检验机构应审核建造完工后的空船重量测试报告确定船舶载运能力，根据 NO_x 技术案卷或发动机排放技

术案卷核对主辅机的燃料消耗率等数据，并根据物理水池试验得到的航速功率曲线计算航速，审批最终阶段的 EEDI 值。

3.2.3.4 应用物理水池+实船压载测试进行 EEDI 验证时：

(1) 船舶检验机构应按照“计算与验证指南”第 4.5.4 条的要求审核试验大纲，物理水池试验须在 ITTC 成员水池试验机构进行，可不要求见证物理水池试验。试验工况应包括 EEDI 吃水工况和压载工况。

(2) 物理水池试验可用 CFD 数值计算替代，计算工况应包括 EEDI 吃水和压载工况。

(3) 最终验证阶段，验船师应根据“计算与验证指南”第 4.6.3.3 至 4.6.3.6 条的要求参加试航并确认测试，并签署试航测试报告（见附件 2）。

(4) 最终验证阶段，船舶检验机构应审核建造完工后的空船重量测试报告确定船舶载运能力，根据 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷核对主辅机的燃料消耗率等数据，并根据试航得到的压载工况的航速功率曲线、物理水池试验或 CFD 计算得到的满载工况和压载工况的船舶航速功率曲线按照“计算与验证指南”第 4.6.3.7 条进行计算得到实船满载工况的航速，审批最终阶段的 EEDI 值。

3.2.3.5 应用实船满载测试进行 EEDI 验证时：

(1) 设计阶段设计单位应采取合理的方法预报航速，并提供相关材料说明所采用方法的合理性。

(2) 最终验证阶段，船舶检验机构应审核建造完工后的空船重量测试报告确定船舶载运能力，根据 NO_x 技术案卷或发动机排放技术案卷核对主辅机的燃料消耗率等数据，并根据试航得到的 EEDI 吃水工况船舶航速功率曲线计算航速，审批最终阶段的 EEDI 值。

3.3 船舶检验实施要点

3.3.1 最终验证计算的达到的 EEDI 值作为船舶 EEDI 检验发证依据。

3.3.2 EEDI 最终验证阶段

(1) 核查相关文件：前期 EEDI 技术案卷、实船测速试验大纲（如需时）等。

(2) 确认船舶载运能力、推进和供电系统、发动机细节以及 EEDI 技术案卷中描述的其他相关项，如有关参数有变化，应重新进行 EEDI 计算并修订 EEDI 技术案卷。

(3) 若采用实船压载/满载测试进行 EEDI 验证时，其中实船满载测试的试航工况与 EEDI 吃水工况的排水量偏差不应超过 5%，验船师需见证船舶试航。进行实船试航测速的单位应经国内船舶检验机构评估。验船师应按“计算与验证指南”第 4.6.3 条（实船压载）或第 4.7.4 条（实船满载）的要求参加试航，并确认船舶试航工况和试航报告符合相关要求；试航测试报告样本见附件 2，试航测试报告由试航测速单位编写；现场验船师见证测速结束后在试航测试报告上签署。

3.3.3 船舶功率限制检验

3.3.3.1 采用主机功率限制来满足 EEDI 要求的船舶，其功率限制的相关要求参见《船舶降功率检验指南》。

3.3.3.2 由主机厂家提交功率限制方案的技术文件，在得到船舶检验机构审批后方可进行船上改装。

3.3.3.3 船上管理手册（OMM）可结合船舶 EEDI 验证进行批准，船上应永久存放该管理手册以备检查。

3.3.3.4 采取功率限制的船舶应保证船舶的航行安全，船舶检验机构应按“本指南”3.2.2（4）条核查主机限制功率（ MCR_{lim} ）下航速是否满足最低航速的要求。

4 发证

4.1 船舶检验完成后，签发证书时应在《内河船舶安全与环保证书》内河船舶安全与环保设备记录“二十一 A、船舶能效”填写相关内容。

4.2 采用实船满载方案验证的船舶，如试航时无法以 EEDI 吃水工况试航，可在交船阶段签发临时证书，实船满载航速测试应在交船后 3 个月内尽早完成并填写“能效页”和签发证书。

4.3 采用功率限制的船舶，船舶功率限制检验完成后，签发证书时应在《内河船舶安全与环保证书》填写“能效页”，并在《内河船舶安全与环保证书》的“记事页”和内河船舶安全与环保设备记录“船舶能效页”中备注功率限制情况和限制功率（ MCR_{lim} ）数据。

附件 1 回归计算方法¹

本方法适用于 1000 总吨以下内河船舶用于 EEDI 验证的航速功率曲线计算及航速预报。

在确定船舶主尺度、型线和完成螺旋桨设计的基础上，按船机桨相互关系的原理采用以下步骤对船舶航速功率曲线进行计算。

1、基本参数及符号定义

- (1) L : 船舶垂线间长, m;
- (2) L_{wl} : 计算工况船舶水线长, m;
- (3) B : 船舶型宽, m;
- (4) T : 计算工况吃水, m;
- (5) C_b : 计算工况的船舶方形系数, 计算时分母中船长为垂线间长 L ;
- (6) Δ : 计算工况的船舶排水量, t;
- (7) V : 计算航速, m/s;
- (8) Fr : 傅汝德数, $Fr = V/\sqrt{gL}$, 其中 g 为重力加速度, 取值为 9.81 m/s^2 ;
- (9) P_e : 航速 V 时的船舶有效功率, kW;
- (10) D_P : 螺旋桨直径, m;
- (11) N_P : 螺旋桨个数。

2、船舶有效功率计算

航速为 V 时的船舶有效功率 P_e 的计算步骤如下:

- (1) 根据船舶的 Fr 及 $L/\Delta^{1/3}$ 查图 1 的图谱得到系数 C_0 值;

¹ 本方法参照《船舶原理》、《船舶设计手册》制定。

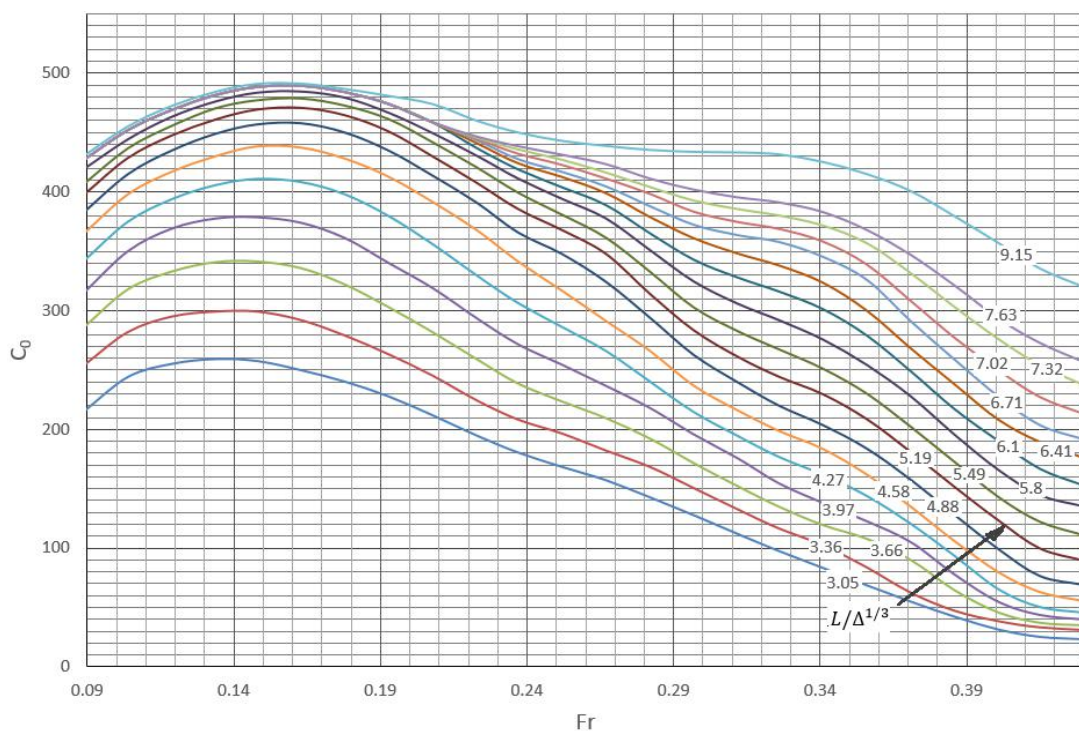


图 1 系数 C_0 图谱

(2) 根据船舶的 Fr 按以下公式计算系数 C_{bc} :

$$\text{对于单桨船: } C_{bc} = 1.08 - 1.68Fr$$

$$\text{对于双桨船: } C_{bc} = 1.09 - 1.68Fr$$

(3) 根据方形系数 C_b 和系数 C_{bc} , 按以下公式计算参数 t :

$$t = 10 (C_{bc} - C_b) / C_{bc}$$

(4) 比较方形系数 C_b 和系数 C_{bc} , 按以下公式计算参数 K_{bc} :

.1 当 $C_b \geq C_{bc}$, $K_{bc} = 30C_b t$; 当 $K_{bc} < -10$ 时, K_{bc} 取值为 -10;

.2 当 $C_b < C_{bc}$,

$$\text{当 } t \leq 2.2, K_{bc} = 1.248t^5 - 6.613t^4 + 9.79t^3 - 2.308t^2 + 4.79t - 0.0393$$

$$\text{当 } t > 2.2, K_{bc} = 13$$

(5) 根据参数 K_{bc} 和系数 C_0 计算系数 C_1 :

$$C_1 = C_0 + C_0 K_{bc} / 100$$

(6) 根据宽吃水比 B/T 计算系数 δ :

.1 当 $B/T < 3$, $\delta = \frac{B}{T} - 2$

.2 当 $B/T \geq 3$, $\delta = 2\frac{B}{T} - 5$

.3 对于京杭运河船舶或珠江水系船舶, 当 $C_b > 0.87$ 且 $B/T > 3.5$ 时,

$$\delta = 2\frac{B}{T} - 5.5$$

(7) 根据系数 δ 和系数 C_1 计算系数 C_2 :

.1 当 $\delta < 4$, $C_2 = C_1 - C_1 C_b \delta / 10$

.2 当 $\delta \geq 4$, $C_2 = C_1 - 0.4 C_1 C_b$

(8) 根据垂线间长 L 和水线长 L_{wl} 计算系数 C_3 :

$$C_3 = C_2 L_{wl} / (1.025 L)$$

(9) 计算航速 V 时的船舶有效功率 P_e :

.1 对于长江水系船舶:

$$P_e = 5.4 \Delta^{0.64} V^3 / C_3 \quad (\text{kW})$$

.2 对于京杭运河船舶或珠江水系船舶:

$$P_e = 5.8 \Delta^{0.64} V^3 / C_3 \quad (\text{kW})$$

按照步骤 (1) 至 (9) 可计算一个航速点 V_i 的船舶有效功率 P_{ei} , 按同样的过程计算一系列航速得到对应的船舶有效功率, 形成船舶有效功率曲线。计算航速点个数应不少于 8 个。

3、螺旋桨敞水曲线计算

3.1 MAU/AU 型螺旋桨

(1) 螺旋桨推进系数 K_t 的计算

$$K_t = \sum_1^i \alpha \left(\frac{P}{D_p} \right)^{ki} J_s^{mi} \left(\frac{A_e}{A_o} \right)^{ni}$$

式中, $\frac{P}{D_p}$ 为 0.7R 处的螺距比, $\frac{A_e}{A_o}$ 为螺旋桨盘面积比, J_s 为螺旋桨进速系数。i 为系数个数, α 、 ki 、 mi 、 ni 为计算系数, 4 叶桨的系数取值见附表 1, 5 叶桨的系数取值见附表 2。

(2) 螺旋桨扭矩系数 K_q 的计算

$$K_q = 0.1 \sum_1^j \beta \left(\frac{P}{D_p} \right)^{kj} J_s^{mj} \left(\frac{A_e}{A_o} \right)^{nj}$$

式中, j 为系数个数, β 、 kj 、 mj 、 nj 为计算系数, 4 叶桨的系数取值见附表 1, 5 叶桨的系数取值见附表 2。

(3) 螺旋桨敞水效率 η_o 的计算

$$\eta_o = J_s K_t / (2\pi K_q)$$

3.2 B 型螺旋桨

(1) 螺旋桨推进系数 K_t 的计算

$$K_t = \sum_1^i \alpha J_s^{ki} \left(\frac{P}{D_p} \right)^{hi} \left(\frac{A_e}{A_o} \right)^{mi} Z_p^{ni}$$

式中, J_s 为螺旋桨进速系数, $\frac{P}{D_p}$ 为 0.7R 处的螺距比, $\frac{A_e}{A_o}$ 为螺旋桨盘面积比, Z_p 为螺旋桨叶片数量。i 为系数个数, α 、 ki 、 hi 、 mi 、 ni 为计算系数, 系数取值见附表 3。

(2) 螺旋桨扭矩系数 K_q 的计算

$$K_q = \sum_1^j \beta J_s^{kj} \left(\frac{P}{D_p} \right)^{hj} \left(\frac{A_e}{A_o} \right)^{mj} Z_p^{nj}$$

式中, j 为系数个数, β 、 kj 、 hj 、 mj 、 nj 为计算系数, 系数取值见附表 3。

3.3 其他谱型螺旋桨

如采用其他谱型螺旋桨， K_t 和 K_q 的结果应提供相应的证明材料，比如 CFD 计算。

3.4 $\ln(\frac{K_t}{J_s^2}) \sim J_s$ 曲线计算

根据螺旋桨的 $J_s \sim K_t$ 结果可计算得到 $\ln(\frac{K_t}{J_s^2}) \sim J_s$ 曲线。

4、船舶航速功率曲线计算

选取一系列有代表性的航速值 V_s (单位 km/h)，覆盖船舶可能运行的速度区间。对于每个航速工况按以下步骤计算该航速下船舶所需的主机功率。

(1) 根据 V_s 计算单位为 m/s 的计算航速 V :

$$V = V_s / 3.6, \text{ m/s}$$

(2) 按以下公式计算伴流分数 w :

$$w = k C_b^{N_p} \sqrt{\Delta^{1/3} / D_p}$$

式中， C_b 为方形系数， Δ 为船舶排水量， N_p 为螺旋桨个数， D_p 为螺旋桨直径； k 为计算系数， k 取值如下：

对于长江水系船舶： $k = 0.165$ ；

对于京杭运河船舶或珠江水系船舶：

当 $C_b \leq 0.84$ ， $k = 0.158$ ；当 $C_b > 0.84$ ， $k = 0.145$ 。

(3) 按以下公式计算推力减额 t :

对于长江水系单桨船舶： $t = 0.7w$

对于长江水系双桨船舶： $t = 0.325C_b - 0.1885D_p / \sqrt{BT}$

对于京杭运河船舶或珠江水系船舶：

单桨船舶: $t = 0.65w$

双桨船舶: $t = 0.3C_b - 0.175D_p/\sqrt{BT}$

(4) 计算螺旋桨进速 V_A :

$$V_A = V(1 - w), \quad \text{m/s}$$

其中 V 是船舶航速, 单位 m/s, w 是伴流分数。

(5) 根据船舶有效功率 P_e 计算船舶阻力 R :

$$R = P_{te}/V, \quad \text{单位: kN}$$

(6) 根据船舶阻力 R 、推力减额 t 和螺旋桨个数 N_p 计算螺旋桨单桨推力:

$$T = R/(1 - t)/N_p, \quad \text{单位: kN}$$

(7) 计算参数 $\ln(\frac{K_t}{J_s^2})$:

$$\ln\left(\frac{K_t}{J_s^2}\right) = \ln\left(\frac{T}{\rho V_A^2 D_p^2}\right)$$

其中, ρ 为水密度, 单位为 t/m^3 ; D_p 是螺旋桨直径, 单位 m。

(8) 根据参数 $\ln(\frac{K_t}{J_s^2})$ 进在螺旋桨的 $\ln(\frac{K_t}{J_s^2}) \sim J_s$ 曲线上由查出进速系数 J_s ;

(9) 根据进速 V_A 、螺旋桨直径和进速系数 J_s 计算螺旋桨转速 n :

$$n = V_A/(J_s D_p), \quad \text{单位 r/s}$$

(10) 根据进速系数 J_s 计算螺旋桨扭矩系数 K_q ;

(11) 计算螺旋桨单桨收到功率 P_D :

$$P_D = 2\pi\rho K_q n^3 D_p^5, \quad \text{kW}$$

(12) 计算航速为 V 时船舶所需的主机功率:

$$P_s = P_D N_p / 0.965, \quad \text{kW}$$

通过每个航速点计算得到航速对应的主机功率，形成船舶航速功率曲线。计算过程示例见附表 4。

根据需要预报航速的主机功率 P ，在船舶航速功率曲线插值得到主机功率 P 下的航速。

附表 1 MAU 型 4 叶桨的系数

K_t 的计算系数					K_q 的计算系数				
i	α	ki	mi	ni	j	β	kj	mj	nj
1	-0.02536277	0	0	0	1	0.03899004	0	0	0
2	-0.20725560	0	1	0	2	0.28866160	2	0	0
3	0.57244720	1	0	0	3	0.09977187	1	1	0
4	0.19390630	2	0	3	4	0.78507440	2	0	1
5	-0.28907810	0	2	2	5	0.18471870	0	2	2
6	-1.07443200	1	2	2	6	-0.06893466	3	0	0
7	-0.21317410	2	0	0	7	0.94028230	0	3	3
8	0.27033340	2	0	1	8	-0.46493960	1	2	2
9	0.01870137	3	1	0	9	-0.54174020	0	4	3
10	0.96460770	0	3	3	10	0.10525120	3	2	1
11	-0.20293060	0	4	3	11	-0.34195440	1	0	3
12	0.00130580	7	0	1	12	-0.25859860	0	4	0
13	-0.05234681	0	0	1	13	0.03239788	6	1	1
14	-0.17106350	0	2	0	14	-0.05742804	2	3	0
15	0.73175580	1	2	1	15	-0.78926030	1	1	1
16	-0.10491580	1	0	2	16	-0.53247990	0	2	1
17	0.06117029	5	1	3	17	0.00487038	3	3	0
18	-0.12142460	0	3	1	18	0.34839050	1	4	1
19	-0.00587246	7	2	1	19	0.03204546	4	3	0
20	-0.15259860	1	1	1	20	0.00547393	7	4	3
21	0.00100642	7	4	1	21	0.01084547	5	0	1
22	-0.08940443	4	0	3	22	-0.14485360	4	3	1
					23	0.22103490	1	3	0
					24	-0.05244457	4	1	0
					25	0.35459020	0	1	3
					26	-0.01878683	6	0	2

附表 2 MAU/AU 型 5 叶桨的系数

K_t 的计算系数					K_q 的计算系数				
i	α	ki	mi	ni	j	β	kj	mj	nj

1	0.05367018	0	0	0	1	-0.0925139	0	0	0
2	-0.3023566	0	1	0	2	-0.1229	2	0	0
3	0.4333625	1	0	0	3	0.3050697	1	1	0
4	-0.1065471	0	2	1	4	-0.2935303	0	2	0
5	-0.6582904	2	0	3	5	-0.3991474	2	0	1
6	0.1189101	1	3	1	6	-1.02205	1	1	1
7	-0.00044086	6	0	0	7	0.01022833	7	0	0
8	-0.03317857	1	4	1	8	0.0035211	1	0	3
9	1.151124	2	0	2	9	0.00255206	5	2	0
10	0.1960773	0	0	3	10	0.2143532	0	1	3
11	-0.09747062	3	0	1	11	0.00071311	4	4	0
12	0.2036384	1	1	0	12	0.2078488	1	2	1
13	-0.2566153	1	1	1	13	0.6397058	1	0	0
14	-0.1370242	0	2	0	14	0.00094048	7	1	0
15	-0.2874294	0	0	2	15	-0.02930044	0	1	1
16	-0.2854609	2	0	1	16	-0.07807623	0	4	0
					17	-0.3025523	2	2	3
					18	0.1855105	1	3	1
					19	-0.672421	2	1	2
					20	-0.2087142	4	0	3
					21	0.9400654	3	0	1
					22	0.9316346	2	1	3
					23	-0.04348397	6	0	0

附表3 B型浆敞水曲线回归系数

K_t 的计算系数						K_q 的计算系数					
i	α	ki	hi	mi	ni	j	β	kj	hj	mj	nj
1	0.00880496	0	0	0	0	1	0.00379368	0	0	0	0
2	-0.204554	1	0	0	0	2	0.00886523	2	0	0	0
3	0.166351	0	1	0	0	3	-0.032241	1	1	0	0
4	0.158114	0	2	0	0	4	0.00344778	0	2	0	0
5	-0.147581	2	0	1	0	5	-0.0408811	0	1	1	0
6	-0.481497	1	1	1	0	6	-0.108009	1	1	1	0
7	0.415437	0	2	1	0	7	-0.0885381	2	1	1	0
8	0.0144043	0	0	0	1	8	0.188561	0	2	1	0
9	-0.0530054	2	0	0	1	9	-0.0037087	1	0	0	1

10	0.0143481	0	1	0	1	10	0.00513696	0	1	0	1
11	0.0606826	1	1	0	1	11	0.0209449	1	1	0	1
12	-0.0125894	0	0	1	1	12	0.00474319	2	1	0	1
13	0.0109689	1	0	1	1	13	-0.0072341	2	0	1	1
14	-0.133698	0	3	0	0	14	0.00438388	1	1	1	1
15	0.00638407	0	6	0	0	15	-0.0269403	0	2	1	1
16	-0.00132718	2	6	0	0	16	0.0558082	3	0	1	0
17	0.168496	3	0	1	0	17	0.0161886	0	3	1	0
18	-0.0507214	0	0	2	0	18	0.00318086	1	3	1	0
19	0.0854559	2	0	2	0	19	0.015896	0	0	2	0
20	-0.0504475	3	0	2	0	20	0.0471729	1	0	2	0
21	0.010465	1	6	2	0	21	0.0196283	3	0	2	0
22	-0.00648272	2	6	2	0	22	-0.0502782	0	1	2	0
23	-0.00841728	0	3	0	1	23	-0.030055	3	1	2	0
24	0.0168424	1	3	0	1	24	0.0417122	2	2	2	0
25	-0.00102296	3	3	0	1	25	-0.0397722	0	3	2	0
26	-0.0317791	0	3	1	1	26	-0.0035002	0	6	2	0
27	0.018604	1	0	2	1	27	-0.0106854	3	0	0	1
28	-0.00410798	0	2	2	1	28	0.00110903	3	3	0	1
29	-0.00060685	0	0	0	2	29	-0.0003139	0	6	0	1
30	-0.0049819	1	0	0	2	30	0.0035985	3	0	1	1
31	0.0025983	2	0	0	2	31	-0.0014212	0	6	1	1
32	-0.00056053	3	0	0	2	32	-0.0038364	1	0	2	1
33	-0.00163652	1	2	0	2	33	0.0126803	0	2	2	1
34	-0.00032879	1	6	0	2	34	-0.0031828	2	3	2	1
35	0.000116502	2	6	0	2	35	0.00334268	0	6	2	1
36	0.000690904	0	0	1	2	36	-0.0018349	1	1	0	2
37	0.00421749	0	3	1	2	37	0.00011245	3	2	0	2
38	0.000056523	3	6	1	2	38	-0.0000297	3	6	0	2
39	-0.00146564	0	3	2	2	39	0.00026955	1	0	1	2
						40	0.00083265	2	0	1	2
						41	0.00155334	0	2	1	2
						42	0.00030269	0	6	1	2
						43	-0.0001843	0	0	2	2
						44	-0.0004254	0	3	2	2
						45	0.00008692	3	3	2	2
						46	-0.0004659	0	6	2	2
						47	0.00005542	1	6	2	2

附表 4 船舶航速功率曲线计算示例

假定航速 $V_S(\text{km/h})$	V_{S1}	V_{S2}	V_{S3}	V_{S4}	V_{S5}	V_{S6}
计算航速 $V(\text{m/s})$	$V_{S1}/3.6$	$V_{S2}/3.6$	$V_{S3}/3.6$	$V_{S4}/3.6$	$V_{S5}/3.6$	$V_{S6}/3.6$
伴流分数 w	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6
进速 $V_A=V(1-w) \text{ m/s}$	V_{A1}	V_{A2}	V_{A3}	V_{A4}	V_{A5}	V_{A6}
船舶阻力 $R=P_e/V \text{ (kN)}$	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
推力减额 t	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
螺旋桨推力 $T=R/(1-t)/N_p$ (kN)	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
参数 $\ln\left(\frac{K_t}{J_S^2}\right) = \ln\left(\frac{T}{\rho V_A^2 D_p^2}\right)$	$\ln\frac{T_1}{\rho V_{A1}^2 D_p^2}$	$\ln\frac{T_2}{\rho V_{A2}^2 D_p^2}$	$\ln\frac{T_3}{\rho V_{A3}^2 D_p^2}$	$\ln\frac{T_4}{\rho V_{A4}^2 D_p^2}$	$\ln\frac{T_5}{\rho V_{A5}^2 D_p^2}$	$\ln\frac{T_6}{\rho V_{A6}^2 D_p^2}$
在螺旋桨的 $\ln\left(\frac{K_t}{J_S^2}\right) \sim J_S$ 曲线 上由 $\ln\left(\frac{K_t}{J_S^2}\right)$ 查出进速系数	J_{S1}	J_{S2}	J_{S3}	J_{S4}	J_{S5}	J_{S6}
螺旋桨转速 $n = V_A/(J_S D_p) \text{ (r/s)}$	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
螺旋桨性能曲线上由 J 查得 扭矩系数 K_q	K_{q1}	K_{q2}	K_{q3}	K_{q4}	K_{q5}	K_{q6}
螺旋桨单桨收到功率 $P_D = 2\pi\rho K_q n^3 D_p^5 \text{ (kW)}$	P_{D1}	P_{D2}	P_{D3}	P_{D4}	P_{D5}	P_{D6}
所需的主机功率 $P_s = P_D * N_p / 0.965 \text{ (kW)}$	P_{S1}	P_{S2}	P_{S3}	P_{S4}	P_{S5}	P_{S6}
由假定航速和主机功率绘出 $V_S \sim P_S$ 曲线, 即为EEDI验证所需的船舶航速功率曲线						

附件 2 EEDI 试航测试报告

1 船舶基本信息表

1.1 船舶

船 名		船舶类型	
造船厂		船舶建造编号	
总长(m)		型宽(m)	
型深(m)		吃水(m)	
载重量(t)		总吨	

1.2 主机

型 号		生产商	
最大持续功率(kW)		额定转速(rpm)	
数 量(台)		燃油/燃气类型	
燃油/燃气低位热值 (kJ/kg)			

1.3 辅机

原动机型号		原动机生产商	
额定功率(kW)		额定转速(rpm)	
数 量(台)		燃油/燃气类型	
燃油/燃气低位热值 (kJ/kg)			
发电机型号		发电机生产商	
发电机电力输出(V · Hz)		额定功率(kW)	

1.4 轴带发电机 (如适用)

轴带发电机编号		制造厂	
输出功率(kW)		机械效率	

1.5 轴马达 (如适用)

轴马达编号		制造厂	
输入功率(kW)		输出轴直径(mm)	
发电机型号		发电机制造厂	
发电机电力输出(V · Hz)		发电机效率	

1.6 测试轴

仪器安装位置		弹性模量(MPa)		
材 料		内/外直径(mm)		

2 测试数据

2.1 环境条件

测试水域		测试日期	
------	--	------	--

大气压力(kPa)		环境温度(°C)	
能见度 (m)		水温度(°C)	
相对湿度		水深(m)	
波 高 (m)		浪向(°)	

注：实船测试时，应尽可能测量本表中的参数，如确有困难，可对其中的个别参数不予测量。

2.2 船舶状态

艏部吃水(m)		舳部吃水(m)		艉部吃水(m)	
排水量(t)		纵倾(°)			

2.3 船舶航速测试

测试工况	50%MCR 或 65%MCR			75%MCR			90%MCR 或 100% MCR		
航 次	1	2	平均值	1	2	平均值	1	2	平均值
风速(m/s)			—			—			—
风向(°)			—			—			—
航向(°)			—			—			—
持续时间(min)			—			—			—
扭矩(kN·m)			—			—			—
转速(r/min)			—			—			—
轴功率(kW)									
航 速(kn)									

测试单位（盖章）：

测试人员：

验船师：