

ISO与ITTC方法在实船航速修正应用对比

王楠, 周旭, 周兰喜

(南通中远海运川崎船舶工程有限公司, 江苏南通 226005)

摘要: 介绍了ISO15016: 2015和ITTC2017两种实船航速修正方法, 对比了两种修正方法的测速要求和修正流程。并通过8种具有代表性的船舶试航数据, 采用两种方法对试航数据进行修正, 分析了不同环境因素的修正结果, 可为今后船舶EEDI测速试验和航速修正提供参考。

关键词: 航速修正方法; 测速试验; 环境因素

A Comparison of ISO and ITTC Ship Speed Correction

Methods of Trial Speed

Wang Nan, Zhou Xu, Zhou Lanxi

(Nantong COSCO KHI Ship Engineering Co., Ltd, Nantong City, Jiangsu Province 226005)

Abstract: This paper introduced the two methods of ship speed correction, ISO15016:2015 and ITTC2017, and compared the speed measurement requirements and correction flow of the two methods. Trial data for eight different ship types were taken into account, and corrected by the two methods, and the results of different environmental factors are analyzed, which can provide reference for trial speed and speed correction in evaluation of EEDI.

Keywords: Speed correction method; speed trial; environmental factor

0. 引言

新设计船需要通过海试的方法验证船舶是否满足合同中保证航速的要求, 而船舶在实际试航时, 将遭受到外界环境等因素的影响, 其测速结果往往与设计值有一定的偏差。因此在船舶测速过程中, 须对外界环境的影响进行修正, 以得到无风无浪无流条件下的船舶航速及主机功率。同时, 随着国际海事组织(IMO)对船舶能效指数(EEDI)的要求越来越严格, 船舶测速过程中的要求以及航速修正方法一直受到船舶设计单位的高度重视。

为正确评估实船设计航速, 各种实船试航修正方法应运而生, 目前应用较多的主要有BSRA方法, ISO方法以及ITTC方法等^[1]。不同的修正方法考虑的修正因素不同, 其修正结果也有差别。在第73次国际海事组织海上环境保护委员会(MEPC)会议上, 将EEDI验证过程更新为适用ISO 15016: 2015或者ITTC 2017的方法^[2]。目前我国造船行业主要采用ISO15016:2015的标准进行航速修正^[3], 而ITTC2017方法因实施不久, 应用的范围有限。两种方法在测速过程和修正方法上均有所区别, 为了解不同修正方法的要求和修正结果, 有必要对这两种方法进行对比分析, 以评价这两种方法的适用性和差异性。

本文首先对比了两种方法的测速要求以及分析方法, 然后选择8种具有代表性的不同船型, 分别采用这两种方法进行修正, 比较了各个修正量的差别, 为实船航速修正提供参考。

1. 实船试航修正方法介绍

国际海事组织在2015年通过了ISO15016: 2015的方法^[4], 适用于在2015年9月1日及以后进行船舶能效设计指数(EEDI)试航验证的船舶。该方法考虑风、浪、涌、流、水温、盐度、排水量的修正, 修正较为全面, 但不同于ISO2002采用载荷法得到修正后的航速和功率, ISO2015法采用直接功率法获得理想状态下的收到马力, 同时参照了国际拖曳水池(ITTC)关于测速的相关内容, 对测速相关责任方、试验准备、船舶状态、环境条件、试验程序、数据记录等方面提出了很明确的要求。ISO2015法对试验过程及分析方法进行了标准化, 增加

了其适用性，其修正流程如图1所示。

国际拖曳水池28届会议于2017年颁布了ITTC2017实船试航修正方法^[5]，该方法是在ITTC2014方法的基础上，对试验要求和修正方法作了更新。相比于ISO2015方法，其试验过程与分析方法的要求比较类似，但仍有差异，其计算结果也稍有不同。修正流程如图2所示。



图1 ISO15016: 2015方法流程

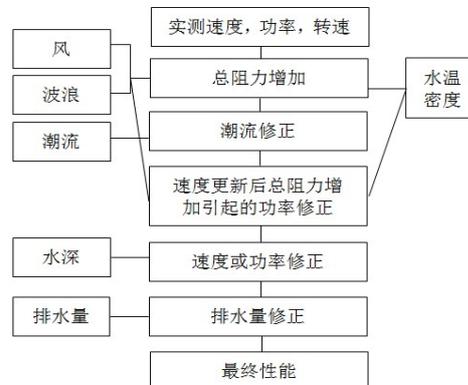


图2 ITTC2017方法流程

2. 两种方法实船试航测速要求及修正方法对比

ISO15016: 2015 修正方法和 ITTC2017 修正方法均对测速过程中的船舶状态、环境条件、测速条件以及修正方法等方面有较为详细的规定及操作流程，海试时需满足所规定的各种要求。当然，两种方法均提及所规定的内容中存在人力上很难满足的要求，在这种情况下，可以通过船东、验证方（船级社）和船厂三方共同商议并达成一致的情况下，选取更为可行的方式处理以保证测速试验顺利进行。

2.1 船舶状态

船舶测速之前，需要对船舶状态进行确认，即：

- 1) 测速时实际排水量与水池试验提供的排水量差异应控制在 2% 以内；
- 2) 对于平吃水测速的船舶，实际纵倾值不超过 0.1% 的船舶垂线间长 ($0.1\%L_{pp}$)，对于有纵倾测速的船舶，保证艏吃水与水池试验中的数据差异在 $\pm 0.1\text{m}$ 以内；
- 3) 船舶测速时，应确认船体和螺旋桨表面的状态，保证其洁净，若表面有附着物，应及时进行清理，并提供最近一次清理日期。

ISO15016: 2015 和 ITTC2017 方法对船舶状态的要求是一致的。对于试航前排水量及纵倾的要求，实际情况下，因外界环境及安全性等原因，很难获得较为准确的吃水数据以确定船舶的浮态。在这种情况下，可通过船上的吃水计或进行舱室测深来计算船舶的浮态。

2.2 环境条件

实船试航时，将受到很多外界环境的影响，因此，需尽可能降低外界环境的干扰，以保证修正的准确性。ISO15016: 2015 和 ITTC2017 均详细地提出了对测速海域环境的要求，如表 1 所示。

表 1 中可以看出，ITTC2017 方法在海况和潮流的要求上与 ISO15016:2015 有些许不同。海况条件下，ITTC2017 方法删除了在波高较小的情况下通过水池试验获取波浪的传递函数的方式，可直接采用观察波高的方法替代。对于一个来回内最大潮流的限制，ITTC2017 的方法考虑了这个来回内的时间跨度则显得更为合理。对于低速肥大型船，一个来回的时间跨度往往超过 2 个小时，很多情况很难满足最大潮流 0.5kn 的要求，而按照 ITTC2017 的方法，最大潮流的限制可放宽至 $0.5 \times 2 = 1.0\text{kn}$ 。

表 1 ISO15016:2015 和 ITTC2017 对测速区域环境的要求

环境条件	ISO15016: 2015	ITTC2017
测速地点	应在风、浪、流等比较平稳的区域，同时远离小船及商业交通航段	同 ISO15016: 2015
风	1) $L_{pp} > 100\text{m}$ 的船，不超过蒲氏 6 级 2) $L_{pp} \leq 100\text{m}$ 的船，不超过蒲氏 5 级	同 ISO15016: 2015
海况	1) 风浪和涌浪的波高受限于测量方法： 波高 $\leq 2.25x$ ，需要测量波谱； 波高 $\leq 1.50x$ ，可采用观察的方法； 波高 $\leq 0.50x$ ，目测结合水池结果的方法。 2) 风浪和涌浪的方向由目测得到	同 ISO15016: 2015 的要求，但是对于波高的限制，删除了波高 $\leq 0.50x$ 的这种方式，即当波高 $\leq 1.50x$ ，均可采用观察的方法。
水深	考虑浅水修正的水深要求： 小于 $3\sqrt{B \cdot T_m}$ 和 $2.75V^2/g$ 的大者 大于 $2\sqrt{B \cdot T_m}$ 和 $2V^2/g$ 的大者	同 ISO15016: 2015
潮流	1 个来回时间段内的潮流速度大小的改变最大不能超过 0.5kn	1 个来回时间段内的潮流速度大小的改变最大不能超过 0.5kn/h*这个来回内的时间跨度

表中， L_{pp} 为船舶的垂线间长， B 为船宽， T_m 为船舶的平均吃水， $x = \sqrt{L_{pp}/100}$ 。

2.3 测速条件

ISO15016:2015 和 ITTC2017 对于测速过程中的操作及测量方法等都有具体的要求，主要事项如表 2 所示。

表 2 ISO15016:2015 和 ITTC2017 对测速条件的要求

测速条件	ISO15016: 2015	ITTC2017
测速方向	1) 顶浪或顺浪 2) 航向一旦定下之后，就不能改变	1) 顶浪（风）或顺浪（风） 2) 航向一旦定下之后，就不能改变，但若潮流修正采用“平均再平均法”，则每次设定功率时，航向可根据环境的变化相应变化
测速轨迹	一个往返的横向距离小于 $1L_{pp}$ ，且舵角不超过 5 度。	同 ISO15016: 2015
测速时间	1) EEDI 附近功率点应安排在白天； 2) 测速时间至少 10 分钟。	同 ISO15016:2015 的方法，但是 ITTC2017 明确指出 EEDI 附近的功率点不能放在最开始或者最终的回合来做。
助跑距离	无固定的助跑距离，但需要螺旋桨转速、轴转矩及船速三个值都趋于稳定。	同 ISO15016: 2015
往返次数	取决于潮流修正的方法，“迭代法”和“平均再平均”方法对于首制船和流用船的往返次数要求也均不一样	同 ISO15016: 2015

两种修正方法对测速条件的要求基本相同，但是 ITTC2017 方法对于某些操作进行了具体的说明，如对于测速顺序，虽然 ISO 没有特别规定 EEDI 附近功率点的试验顺序（例如要确保 EEDI 附近功率点在白天，将该功率点放在第一轮来进行），但是 ITTC2017 方法明确要求不能将 EEDI 附近功率点放在最开始或最终的回合来进行。因此实际测速过程中，不建议打乱测速的顺序。

2.4 修正方法

ISO15016:2015 和 ITTC2017 方法均采用了直接功率法获得修正后的速度和功率，影响因素包括风、浪、涌、潮流、温度、密度、水深、排水量等外界条件，分析的流程也是一致的，但是某些影响因素的计算方式有所不同，因此得到的结果也略有区别。表 3 给出了两种方法在修正过程中的区别。

表 3 ISO15016:2015 和 ITTC2017 修正过程

修正过程	ISO15016: 2015	ITTC2017
风修正	1) 风速仪高度下真风风速修正: $V_{WTref} = V_{WT}(Z_{ref}/Z_a)^{1/7}$ 2) 风阻力系数获取: ① 风洞试验 ② STA-JIP 数据库 (13 个船型) ③ Fujiwara 公式	1) 风速仪高度下真风风速修正: $V_{WTref} = V_{WT}(Z_{ref}/Z_a)^{1/9}$ 2) 风阻力系数获取: ① 风洞试验 ② CFD 方法 ③ STA-JIP 数据库 (17 个船型) ④ Fujiwara 公式
波浪/涌浪修正	1) STAWAVE-1 简易方法 2) STAWAVE-2 经验方法 3) 结合水池的理论方法 4) 适航性试验	同 ISO15016: 2015
潮流修正	迭代法 平均再平均法	同 ISO15016: 2015
温度密度修正	温度和密度引起的阻力增加公式中不考虑粗糙度的影响	温度和密度引起的阻力增加公式中考虑粗糙度的影响
浅水修正	Lackenby 方法	1) Lackenby 方法 2) Raven 方法
排水量修正	海军系数法	同 ISO15016: 2015
变载荷系数	变载荷模型试验或者通过分析获得	变载荷模型试验获得

表中 V_{WTref} 为相对高度下的真风风速, V_{WT} 为风速仪高度下的真风风速, Z_{ref} 为相对高度, Z_a 为风速仪高度。

表 3 中可以看出, ITTC2017 方法主要在风阻力修正、温度密度修正以及浅水修正方面与 ISO15016:2015 不同。风阻力修正上, 两种方法在风剖面上风速变化有所不同, ISO2015 方法是基于陆地上的风速变化, 而 ITTC2017 方法则是基于海平面上的风速变化。另外, ITTC 方法采纳了 CFD 方法计算风阻力系数, 并且将风阻力系数数据库从原先的 13 个船型扩展到 17 个船型, 拓宽了风阻力系数的获取方式。温度和密度修正方法上, ITTC 方法考虑了粗糙度的影响, 更符合实船阻力计算的原理。对于浅水修正, Lackenby 方法过于久远, 且试验对比的船型均是小型船, 对于大型远洋船, 该方法并未得到充分的证实。虽然 ITTC 方法增加了 Raven 方法, 但是该方法同样缺乏足够的验证。因此在实际试航时, 尽量选择水深较大海域进行测速, 避免进行浅水修正。

3. 两种方法实船修正计算分析

为进一步对比两种修正方法的计算结果, 收集了 8 种不同船型的试航数据, 分别用 ISO15016: 2015 和 ITTC2017 方法进行修正, 并计算 EEDI 吃水下的参考航速 V_{ref} 。具体船型信息和修正后的 V_{ref} 值如表 4 所示。

表 4 8 种船型基本信息及修正结果对比

船号	船型	是否首制	试验功率点回合	潮流修正方法	$V_{ref-ITTC}-V_{ref-ISO}(kn)$
ship1	6 万吨级散货船	流用船	3	迭代法	0.02
ship2	8 万吨级散货船	首制船	4	迭代法	0.02
ship3	20 万吨级散货船	首制船	4	迭代法	0.09
ship4	2 万箱级集装箱船	首制船	5	迭代法	0.04
ship5	31 万吨级油船	首制船	4	迭代法	0.05
ship6	30 万吨级油船	流用船	3	迭代法	0.01
ship7	4 万吨级多用途船	首制船	4	迭代法	0.01
ship8	4 千车位滚装船	首制船	4	迭代法	0.08

表 4 中的 8 种船型包括 6 艘首制船和 2 艘流用船, 为减少测速回合数, 降低试航成本, 表中的船在试航时均采用“迭代法”进行潮流修正, 即首制船在 EEDI 附近功率点进行两

组往返测速，其他功率点只进行一组往返测速，流用船在所有功率点均进行了一组往返测速。从最终计算的 EEDI 吃水下的参考航速 V_{ref} 结果来看，表中船型采用 ITTC2017 方法进行修正得到的 V_{ref} 比 ISO 方法得到的结果稍大，这主要与不同方法中的修正项有关，下面将逐一分析外界影响因素在两种修正方法中的区别。

3.1 风阻力修正

ISO15016: 2015 和 ITTC2017 方法计算的风阻力增加项如图 3 所示，其中横轴表示速度测试的回合，纵轴表示 ITTC 方法与 ISO 方法计算的风阻力增加项的差值。

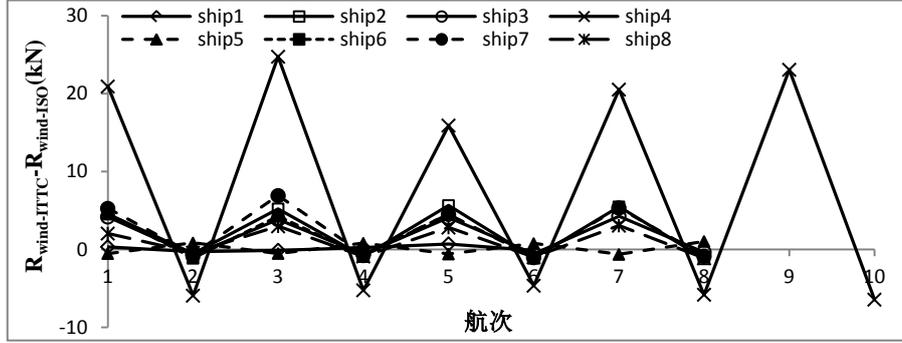


图3 ISO15016: 2015和ITTC2017方法计算风阻力增加对比

图 3 中可以看出，ITTC2017 方法计算得到风阻力的修正量基本都大于 ISO15016:2015 方法，由于船舶往返的航向不同，致使 ITTC 方法较 ISO 方法在顺风时风阻力增加值更大，而顺风时风阻力减少值更大。通过分析，ITTC 方法计算得到的风阻力修正量比 ISO 方法大 2~6% 左右。Ship4 为超大型集装箱船，其迎风面积较大，两种方法风阻力修正的差别比较大，而其他船型的风阻力修正量差别较小，在 0~5kN 之间。

两种修正方法中关于风阻力修正的计算公式是一致的，如式 1 所示。所不同的是 ITTC2017 方法中关于风剖面上的风速计算作了更新，将造成相对高度处的真风风速的不同，如图 4 所示。

$$R_{AA} = 0.5\rho_A \cdot C_{AA}(\psi_{WRref}) \cdot A_{XV} \cdot V_{WRref}^2 - 0.5\rho_A \cdot C_{AA}(0) \cdot A_{XV} \cdot V_G^2 \quad (1)$$

式中： R_{AA} 为风阻力增加项，N； ρ_A 为空气密度， kg/m^3 ； $C_{AA}(\psi_{WRref})$ 为相对高度处相对风向下的风阻力系数； $C_{AA}(0)$ 为迎风下的风阻力系数； A_{XV} 为船舶水线以上迎风面积， m^2 ； V_{WRref} 为相对高度处的相对风速， m/s ； V_G 为船舶的对地速度， m/s 。

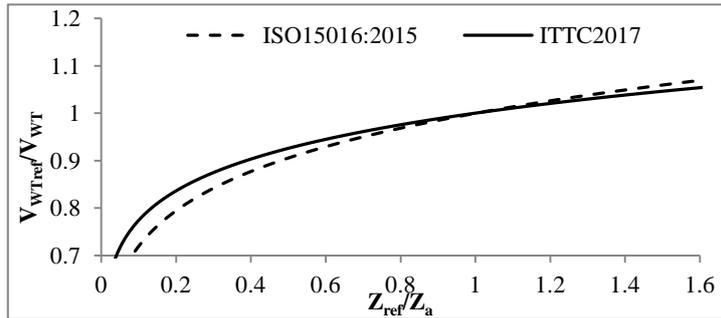


图4 ISO15016: 2015和ITTC2017方法计算相对高度处真风风速的差别

通过计算表 4 中 8 种船型的相对高度与风速仪高度的比值 Z_{ref}/Z_a ，发现该比值主要分布在 0.2~0.3 之间。根据图 4 的结果可知，ITTC2017 方法得到的相对高度处的真风风速 V_{WTref} 较 ISO 方法得到的结果高约 4~5%。由于 V_{WTref} 值的不同，继而影响着相对高度下的相对风速 V_{WRref} 和相对风向 ψ_{WRref} 的计算。当两种方法选择同样的风阻力系数时，相对风向 ψ_{WRref} 的不同引起的风阻力系数的偏差较小，可以忽略，而相对风速 V_{WRref} 的差别是引起风阻力不同的主要原因。

3.2 波浪和涌浪修正

ISO15016:2015 和 ITTC2017 方法对波浪和涌浪修正方法是一致的,虽然在波浪和涌浪修正过程中采用的速度是经过潮流修正后的对水速度,而潮流修正与总阻力增加值有一定的关系,在一定程度上会引起两种方法计算的波浪或涌浪的阻力增加值的差异,但是这个差异相当小,在 0.1%左右或者更小,因此这部分的差异可以忽略。

3.3 温度和密度修正

ITTC2017 方法中温度和密度修正在 ISO15016: 2015 的基础上考虑了粗糙度补贴,并且粗糙度补贴采用 ITTC 推荐的方法计算。其修正公式如下所述。

ISO15016:2015 温度和密度引起的阻力增加:

$$R_{AS} = R_{T0} \left(\frac{\rho_S}{\rho_0} - 1 \right) - R_F \left(\frac{C_{F0}}{C_F} - 1 \right) \quad (2)$$

$$R_F = 0.5 \rho_S S V_S^2 C_F, \quad R_{T0} = 0.5 \rho_0 S V_S^2 C_{T0}。$$

ITTC2017 温度和密度引起的阻力增加:

$$R_{AS} = R_{T0} \left(\frac{\rho_S}{\rho_0} - 1 \right) - R_F \left(\frac{C_{F0} + \Delta C_{F0}}{C_F + \Delta C_F} - 1 \right) \quad (3)$$

$$R_F = 0.5 \rho_S S V_S^2 (C_F + \Delta C_F), \quad R_{T0} = 0.5 \rho_0 S V_S^2 C_{T0}$$

上式中: R_{AS} 为由于海水温度和密度引起的阻力增加, N; R_{T0} 为标准的海水温度和密度下总阻力, N; R_F 为实际海水温度和密度下摩擦阻力, N; C_F 为实际海水温度和密度下摩擦阻力系数; C_{F0} 为标准的海水温度和密度下摩擦阻力系数; ΔC_F 为实际海水温度和密度下粗糙度补贴; ΔC_{F0} 为标准的海水温度和密度下粗糙度补贴; ρ_S 为实际海水密度; ρ_0 为标准海水密度, kg/m^3 ; V_S 为船舶对水速度, m/s ; S 为船舶的湿表面积, m^2 。

两种修正方法计算温度和密度引起的阻力增加值如图 5 所示,其中, ITTC 方法中粗糙度采用 ITTC 推荐的标准值 $k_s=150 \times 10^{-6} \text{m}^{[6]}$ 。

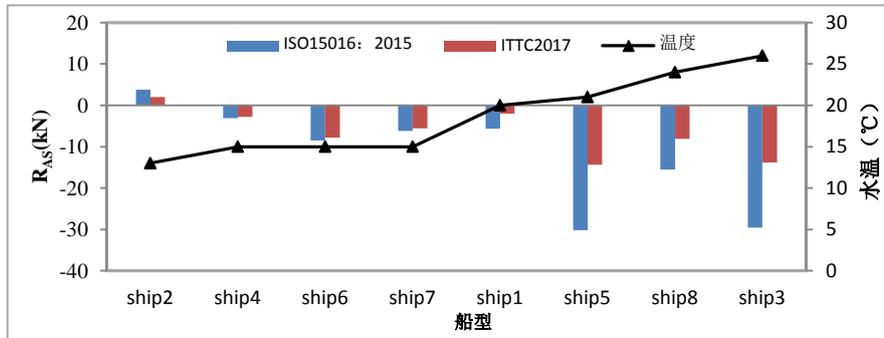


图5 两种修正方法 R_{AS} 计算结果对比

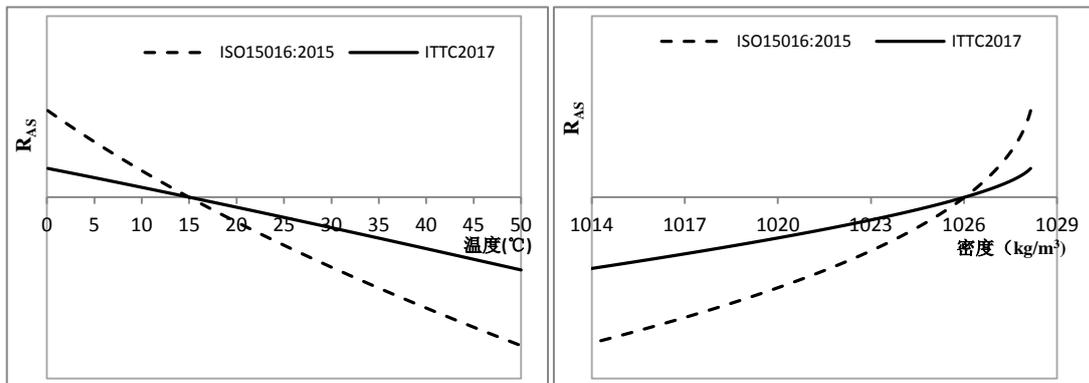


图6 不同温度下两种方法 R_{AS} 对比

图7 不同密度下两种方法 R_{AS} 对比

图 5 横轴中的船型按照温度从小到大排列，可以看出随着温度的增加， R_{AS} 的值逐渐降低，并且 ISO15016: 2015 方法对温度和密度引起的阻力增加值的修正量要比 ITTC2017 方法大。根据两种修正方法的描述， R_{AS} 的值是在标准温度 15°C 以及标准密度 1026kg/m^3 的基础上，偏差越大， R_{AS} 的影响越大。图 6~7 给出了两种修正方法在不同温度和密度下的 R_{AS} 修正量的差别，当温度增加时，理论上会使海水的密度降低，从而降低海水的运动粘性系数，降低船舶的摩擦阻力，因此 R_{AS} 的值随着温度的升高而降低，又会随着密度的降低而降低；另一方面，当温度和密度处于标准值附近时，两种修正方法得到的 R_{AS} 比较接近，随着实际温度和密度偏离标准值时，ISO15016:2015 方法 R_{AS} 修正量较 ITTC2017 方法的偏差会越来越大。图 6~7 中的纵轴未显示数值的大小，这是因为受不同船型船长，湿表面积以及静水阻力等的影响，其绝对量是不同的，但是两种方法的变化趋势是类似的。

3.4 潮流修正

ISO15016: 2015 和 ITTC2017 方法对潮流的修正是一致的，均采用“迭代法”或“平均再平均法”两种方法。如果采用“平均再平均”方法进行潮流修正，则两种修正方法得到的潮流是一致的。但是如果采用“迭代法”进行潮流修正，由于“迭代法”的初始值需先利用直接功率法修正风、浪、涌、水温和密度等环境因素，得到修正的功率，然后再进行潮流的修正。因此两种修正方法中风、水温和密度等修正量的差异将导致修正后的潮流存在差异。本次收集的不同船型试航数据均采用“迭代法”进行潮流修正，最终 ISO 方法和 ITTC 方法修正后的潮流对比如图 8 所示。

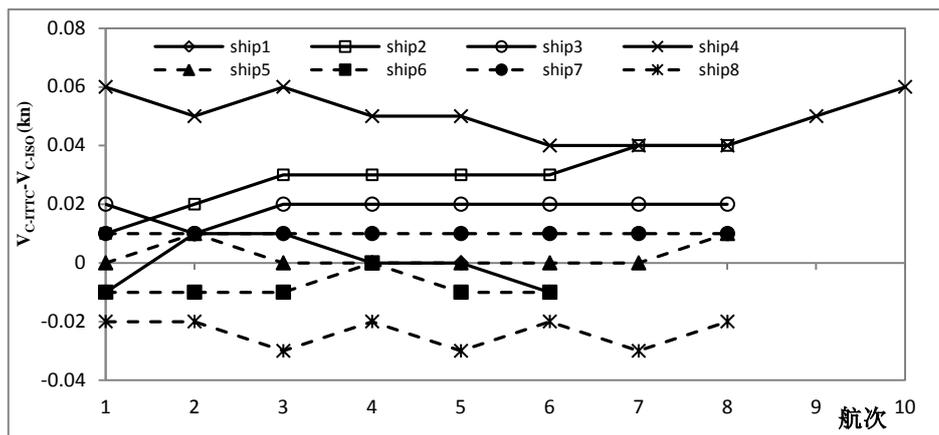


图8 ISO15016: 2015和ITTC2017方法潮流计算值差异

图 8 中可以看出，两种修正方法得到的潮流有所区别，通过计算，潮流的差别反映到对水速度上相差在 0.3% 以内。前述可知，两种方法得到的潮流差别主要是由于总阻力增加的差别导致的，而两种修正方法中风阻力以及温度/密度的修正将影响最终的总阻力增加，并且当温度大于 20°C 时，温度/密度的影响占主要因素。为进一步分析总阻力增加的变化与潮流的影响，表 5 给出了各船型因环境引起的总阻力增加值与潮流的变化。

表 5 两种修正方法下各船总阻力增加与潮流对比

船号	$\Delta R/P_{\text{Dtd}}$ (%)	$\Delta R_{\text{ITTC}} - \Delta R_{\text{ISO}}$ (kN)	$V_{\text{C-ITTC}} - V_{\text{C-ISO}}$
ship1	abt. 0.5%	abt. 4.0	约为 0
ship2	abt. 2.0%	abt. 4.0	大于 0
ship3	abt. 1.0%	abt. 18.0	大于 0
ship4	abt. 1.0%	abt. 18.0	大于 0
ship5	abt. 0.1%	abt. 16.0	约为 0
ship6	abt. 0.4%	abt. 4.0	约为 0
ship7	abt. 1.0%	abt. 3.0	约为 0
ship8	abt. 0.6%	abt. 8.0	小于 0

表 5 中 ΔR 为风、浪、涌、温度和密度等引起的总阻力增加量； P_{Did} 为理想状态下的船舶收到马力； V_c 为船舶受到的潮流速度。

结合图 8 和表 5 可知，两种修正方法得到的潮流差异不仅与总阻力增加值有关，也与总阻力增加与收到马力的比值有关。Ship1, ship2, ship6 和 ship7 船两种方法得到的总阻力增加值的差值较小，但是 ship2 船总阻力增加值占收到马力的比值较大，两种方法计算得到的潮流值差异较大，而其余三种船潮流差别较小；ship3, ship4 和 ship5 船得到的总阻力增加值的差值较大，但是 ship5 船总阻力增加值占收到马力的比值较小，其潮流差异较小，而另外两种船的潮流差异较大；ship8 船的总阻力增加值以及占收到马力的比值都较 ship6 稍大，因此该船两种修正方法下的潮流差异较 ship6 稍大。

3.5 排水量修正和浅水修正

两种修正方法中关于排水量修正的描述是一致的，均采用海军系数法，将试航实际排水量的功率换算到理想排水量下的功率。对于浅水修正，所收集的船型均在深水中进行测速试验，因此不考虑浅水的影响。

3.6 EEDI 吃水下参考速度 V_{ref}

通过上述对 8 种船型各个修正项的分析，风、浪、涌、密度/温度等引起的总阻力修正量增加一定程度上降低了船舶的收到马力，而潮流的不同会影响最终的对水速度。两种修正方法下 ship3、ship4、ship5 和 ship8 的总阻力增加量的偏差较大，其计算得到的 V_{ref} 值偏差较大，而其他船型的总阻力增加量偏差较小，相应地 V_{ref} 的偏差也较小。由于在每一个功率点测速往返两趟，过大的潮流偏差会影响往返两趟的对水速度的偏差，一定程度上会影响最终的速度功率曲线，这也是 ship4 在两种修正方法下的 V_{ref} 偏差没有 ship3、ship5 和 ship8 大的原因。总的来说，两种方法下潮流的偏差对 V_{ref} 影响较小，总阻力增加量的偏差是导致 V_{ref} 偏差的主要原因。

4. 结论

通过对 ISO15016: 2015 和 ITTC2017 实船航速修正方法的介绍，对比了两种修正方法对试航状态、环境条件、测速条件等要求和修正方法的不同，并结合 8 种不同船型的试航数据，利用两种修正方法进行对比分析，得出如下结论：

(1) ISO15016:2015 和 ITTC2017 方法对船舶测速过程中的要求基本一致，但是 ITTC 方法在最大潮流限制、测速方向等要求上更加明确，也更符合实际操作；

(2) 从修正流程上来看，两种修正方法的分析流程是一致的，但是相比于 ISO 方法，ITTC 方法在风速修正，潮流要求，水温和密度修正以及浅水修正方面稍有不同，造成两种修正方法的结果略有差异；

(3) 从最终的修正结果来看，ITTC2017 方法得到的 EEDI 吃水下的参考速度 V_{ref} 比 ISO15016:2015 的结果稍大，主要原因是由于 ITTC 方法计算得到的总阻力增加值较大；

(4) ITTC 方法计算得到的风阻力增加较 ISO 方法大 2%~6% 左右，主要原因是 ITTC2017 方法中风剖面公式的变化；

(5) 海水温度的增加会引起其阻力增加量的降低，当实际温度小于标准值时，阻力增加量为正值；当实际温度大于标准值时，阻力增加量为负值。另外，ISO15016:2015 方法在温度和密度引起的阻力增加的修正量上要大于 ITTC2017 方法，并且当实际温度和密度处于标准值附近时，两种方法的修正量偏差较小，随着偏离标准值越大，修正量的偏差值越大；

(6) 两种修正方法得到的潮流差异不仅与总阻力增加值有关，还与总阻力增加值和船舶收到马力的比值有关，当这两方面的数值均较大时，ITTC2017 方法得到的潮流值较大；

否则两种方法得到的潮流值差异较小；

(7) 两种修正方法下总阻力增加量的偏差是导致最终 EEDI 吃水下参考速度 V_{ref} 偏差的主要原因，由于风阻力增加的偏差较为固定，因此温度/密度引起的阻力增加的偏差是导致最终总阻力增加量偏差的主要原因。当温度/密度在标准值附近时，两种修正方法得到的 V_{ref} 偏差较小；当温度过大（超过 20°C ）时，ITTC2017 方法得到的 V_{ref} 可能比 ISO2015 方法计算的结果大；当温度较低（低于 10°C ）时，ISO2015 方法得到的 V_{ref} 可能比 ITTC2017 方法计算的结果大。

实船海试时测速要求的严格化以及修正过程的标准化，一定程度上增加了速度测试的复杂性，但是规范了测速流程，增加了修正结果的可控性。目前 ISO2015 方法应用较为广泛，ITTC2017 方法则实施不久，但两种方法的修正流程是一致的，测速要求和修正的结果略有偏差，在测速过程中可根据实际的海试环境，选择合适的修正方法。

参考文献

- [1] 季盛, 文逸彦, 伍锐, 乔继潘.不同实船航速修正方法的实例对比[J].中国造船, 2018, 59(1): 87-98.
- [2] MEPC.309(73). Annex7. Amendments to the 2014 guidelines on survey and certification of the energy efficiency design index (EEDI) [S].2018.
- [3] 胡琼, 陈天宇, 徐杰, 恽秋琴.实船试航中不同流修正方法的对比分析[J].中国造船, 2017, 58(4): 56-64.
- [4] ISO 15016. Ship and marine technology-Guidelines for the assessment of speed and power performance by analysis of speed trial data [S].2015.
- [5] ITTC-Recommended Procedures and Guideline, 7.5-04-01-01.1(2017) Rev.07. Preparation, Conduct and Analysis of Speed/Power Trials [S].2017.
- [6] ITTC-Recommended Procedures and Guideline, 7.5-02-03-01.4(2017) Rev.04. 1978ITTC Performance Prediction Method [S].2017.

仅供交流



江苏船舶微信公众号



江苏船舶网上投稿系统