

大型船舶在限制性航道航行时的 航行阻力及减阻对策

孙健

(上海港引航站, 上海 200082)

摘要: 当船舶在河流或海洋中航行时, 会产生行波、漩涡及一些水随着船舶一起行进的情况。以往船舶体积小, 速度相对较低, 阻力相对较小。然而, 随着经济全球化的发展, 对国际航运的需求越来越大。因此, 船舶阻力对船速的限制也愈发明显。因此, 为了克服船舶的阻力以便船舶获得足够动力。应当对船舶阻力形成及其影响因素进行深入探析, 对阻力变化规律明确了解, 从而更加现实合理地选择推进装置的特性和类型, 使船舶具有更高的航行性价比。

关键词: 大型船舶; 航道; 船舶阻力; 节能减排; 减阻

中图分类号: U675 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0131—03

对船舶造成阻力的主要因素是液体介质, 在水和空气等流体作用下阻碍航行的力称为船舶阻力。船体阻力的主要部分是船体的主要阻力。船体与水面接触的部分的阻力为水流阻力, 船体其他部分所受到的阻力主要为空气阻力。另外, 在航行过程中, 船舶自身因素也会导致阻力发生变化, 如船体与水面角度、航行速度等等, 为此, 应按照具体情况确定降低船体阻力方法。

1 船舶航行阻力的定义和形式

船舶在航行中的阻力由多个阻力组成。具体来说, 它是指作用在船体上阻止船舶移动的力, 包括空气阻力和水阻力, 还可将其分成摩擦阻力、形状阻力及兴波阻力三种形式。摩擦阻力是将流体推入容器边界层所需的力, 它的大小取决于水的粘度、船的速度、船的长度、淹没面积和表面粗糙度。也可降低形状阻力当做是涡流阻力, 由于流体的粘度, 将在边界层周围形成移动物体。随着物体的长度和厚度, 边界层将以相同的速度和方向跟随同一边界层。当运动物体的形状突然改变时, 例如尾部、附件和边界层的其他部分突然变厚, 边界层中的流速将会继续下降。兴波阻力是指在航行过程中, 由于水是粘性的不可压缩液体, 但也会使水滴落, 因此在冲击力的作用下, 水的高度会受到重力、水惯性和表面张力的影响。因此, 水质点开始波动, 即形成波形, 船首和船尾产生的波形能量非常大, 其对船体的影响是消耗船舶的能量^[1]。

兴波阻力与船速之间主要可分为两方面会进行论述: 一是船横波峰到达艉横波系区域时艉横波为波谷。然而, 在其他情况下, 船舶航行后的剪切波显著增加, 这不利于船舶航行期间的波形扰动。二是受到附加阻力和附加阻力的影响, 附加阻力主要是指船舶和船体各种附件的开启阻力。由于船体上油漆的剥落、腐蚀和粘附, 船舶水面以上的空气阻力将导致水下污染阻力。通常情况下, 兴波阻力主要由三个部分组成: 空气组织力、底

部阻力、粘附阻力, 如今已被广泛应用于航运事业中^[2]。

2 船舶阻力具体的影响因素

船舶在航行中的阻力与船型及航道之间相互影响、相互作用。船舶类型阻力除普通货船及客船外, 还有多种外界阻力因素。主要阻力特征具有多样性, 如果是方形尾翼, 头部有一个薄锥形、纵向尾翼直、方形尾翼宽, 底部中心横截面有一个大角度、底部有一个圆弧。考虑到船体的特殊性, 双体船不仅具有两个物体的摩擦阻力和兴波阻力, 还包括两个物体之间的波形系统干扰引起的附加阻力。板间距越小, 摩擦阻力越大。箱形船的阻力主要是指起重船、挖泥船、浮式船等。大多数箱形船在船体的四个侧面形成圆角或拦截的组合, 在静水阻力的基础上, 通过调整头部和尾部的形状因子来获得箱形船舶阻力^[3]。

当船舶在浅水中航行或第一次航行受到限制时, 船舶的阻力、速度和浮力将受到边界条件的影响。浅水中船舶周围的流速大于深水中的流速。在相同的速度下, 流体压力降低, 导致船舶下沉, 波形增加。浅水流速越高, 阻力越大。渡槽的阻力有限。通常, 渡槽的深度和宽度是有限的。此时, 船舶的航行横截面非常小, 特别是当接近临界速度时, 随着船舶的前进, 船首附近的甲板 and 剪切波向浅水移动, 而船首在压力下降后, 水面下降形成坡度, 阻力增大。如果是在非常浅的航道中, 为了避免螺旋桨、舵和船体处于危险状态, 应对速度进行合理安排。

3 船舶航行阻力

3.1 船舶航行阻力的主要组成

船舶作为一种以水为载体的交通工具, 其在航行时将同时受到两种流体介质的阻力, 即水流阻力与空气阻力。而在船舶所受的所有阻力中, 水流阻力是最主要的组成部分, 对水阻力的研究主要集中在水阻力上。结合

海况，船舶在静水中航行的阻力分为静水阻力和浪涌阻力。按照裸船与轴系支架、舵、舱底龙骨等附件之间水阻力的不同研究方法，裸船的水阻力分为静水阻力和附加阻力。考虑到环境条件，船舶在深水中的阻力不同于浅水或狭窄水域中的阻力^[4]。

3.2 成因和分类

从弗洛伊德观点分析来看，总阻力包括摩擦和残余阻力，在额定力下，总阻力由作用在甲板上的横向力和法向力组成，即摩擦阻力和压力阻力。根据能量耗散的分类，船舶的总阻力由兴波阻力和粘弹性阻力组成，将会造成波形能量及尾流能量的损失。虽然每种阻力都来自液体的作用力，但原因有所差异，摩擦阻力是由流体的粘度所引发，当船舶在水中航行时，船舶周围水的粘度将形成“边界层”，在水面上产生剪应力并产生摩擦力。摩擦是指船舶在水上航行时，由于甲板上压力分布的变化而产生的运动方向上的阻力^[5]。

影响压力分布的主要因素有两个：一是由于水的粘度，不仅会增加船头的压力，减少船尾的压差，导致船舶运动阻力。船舶曲线的突然变化，特别是船尾的突然变化，会产生涡动，并降低涡动压力，进而使甲板上的压力分布产生变化，这种由于水的粘度导致船舶压力变化所产生的阻力即压力阻力。二是当船舶在空中和水中航行时，将有一个自由表面，船舶将在导航波形中上升。这种波动会引起甲板压力的变化，即船首压力和船尾压力的增加，这会产生阻力，这种由高波形引起的阻抗称为波阻抗。从能量守恒的角度来说，压力阻力与波阻抗力都是由于能量的变化所产生的。粘性阻力只能在粘性流体中产生，波浪阻力也可以在理想流体中产生^[6]。

3.3 航道的影响

对于船舶航行过程来说，不同的航道深度所产生的阻力也有所不同。当一部分水偏向船侧时，船舶的速度也会增加，因此浅水中随粘性阻力增加的船舶波形相关参数不同于深水中随粘性阻力增加的船舶波形相关参数。浅水深度和船舶速度，即深水中，船舶的水深弗劳德数及行波数将发生显著变化，使波形更强，并增加波形阻力。船舶在窄航道中的阻力特性与浅水中的阻力特性基本相同，但窄航道的宽度有限，因此船舶的阻力特性将更加明显。大型船舶在限制性航道航行如图 1 所示：



图 1 大型船舶在限制性航道航行

4 减阻措施

4.1 提升传播表面光滑度

对于运行年限较高的船舶来说，其船身表面不可避免地会出现掉漆、锈蚀等现象，同时，一些海洋生物也

会在船舶航行过程中吸附在船身表面如贝类、藻类等生物，导致船身表面而变得粗糙。而船舶所受到的阻力与船身表面粗糙程度有着直接的联系，船身粗糙度与所受阻力呈正比，尤其是在浅水区域中，船舶周围的水流流速相比于深水区域更大，因此当船身表面不光滑时所受到的阻力也越大。因此，通过对航行数据的分析，航运公司可以定期清洁或修复船底，以避免摩擦阻力继续增加^[7]。

4.2 采用合理航速

为了减少船舶的能源消耗，许多航运公司会引导船舶使用经济航速来减少阻力。由于水流速度易于实时监测和控制，并且摩擦阻力和压力阻力与速度的平方成正比，因此很容易降低阻力，并且经济船速方法可以在船舶在航道中航行时，由于浅水深度的影响，大大降低船舶的有效阻力，船舶速度对船舶阻力的影响更为明显，不仅因为船舶周围速度的增加导致摩擦阻力和粘性阻力的增加，而且由于波形的变化，波形的强度增加，波形的阻力增加。在一定水深条件下，傅汝德数随船速的增加而增加，当傅汝德数增加到临界值时，波阻急剧增加，使波阻阻抗占总阻抗的 80% 以上。因此，为了有效降低船舶在航道中的阻力，在保证船舶航行安全和效率的前提下，应选择合理的航速，尽量避免水深达到临界区域傅汝德数^[8]。

4.3 采用纵倾优化技术

所谓纵倾优化技术，是指在保证船舶整体质量、结构、速度不变的情况下，对船舶的纵倾角度进行调整，减少船舶所受阻力的技术。在大量的实验及实践证明下，证明纵倾优化技术是大型船舶减小阻力的有效方式，对于不同航行速度的船舶来说，纵倾值的选择也有所不同。在船舶的航行过程中，对于纵倾值的调应充分结合实际情况，如在潜水中，应尽量减少船舶纵倾值，从而避免船舶出现搁浅风险。通过调整船舶的纵倾值，可以有效改变船首与船尾的进口角度，减少船舶在航行中所受到的阻力^[9]。大型船舶在限制性航道航行如图 2 所示：



图 2 大型船舶在限制性航道航行

4.4 高分子聚合物添加剂减阻法

聚合物减阻剂广泛应用于船舶减阻，这一原则已在许多领域得到认可。然而，由于高分子聚合物添加剂的应用成本较高，因此高分子聚合物添加剂减阻法的应用范围并不广泛。所谓高分子聚合物添加剂减阻法，主要是向影响船舶阻力的液体中添加聚合物，从而降低船舶甲板的摩擦系数，降低船舶与海水之间的摩擦阻力。另外，有研究表明，长期使用高分子聚合物添加剂会造成

一次受限水域单点系泊

林超

(茂名港引航站, 广东 茂名 525000)

摘要: 文中介绍了因台风沉船影响单点系泊航路, 作者在一次受限水域单点系泊的经历和见解。

关键词: 受限水域; 单点; 系泊

中图分类号: U675 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0133—02

2203 号台风“暹芭”在广东省茂名市登陆, 造成一艘浮吊船断裂沉没, 其中尾部位于单点西南偏南引航员登轮点和单点之间的航线上。扫测图从单点正南 8 海里开始向单点扫测, 扫测宽度为 0.5 海里, 超大型油轮要在扫测区内航行。

1 事情起因

2022 年 7 月 10 日上午茂名海事局召开了一个单点系泊的航前会议, 参与人员有引航站、代理公司、港口公司等相关单位人员。这是一次台风后引领比利时籍“迪奥多”轮单点系泊的航前会议。

说起“迪奥多”轮单点系泊, 确有一番艰难曲折之事。该轮原计划 6 月 30 日系泊茂名港单点。但 2203 号台风“暹芭”在南海形成并向粤西方向移动, 该轮需防台, 系泊计划取消。2022 年 7 月 2 日 15 时台风“暹芭”

在茂名港附近登陆, 风力达到 12 级, 至单点附近在阳江避风锚地防台的浮吊船“福景 001”轮 (船长 204 米, 船宽 42 米, 总吨位 3.6 万吨) 锚链断裂, 船也断裂沉没, 30 名船员弃船逃生。广东省海上搜救中心成立应急处置指挥部, 广东海事局海巡船、南海救助局救助船、广州打捞局船、军舰、南航救助直升机、香港救助直升机、茂名港拖轮、附近船舶和一批渔船等参与了救助, 但只救起 4 人。

7 月 2 日 12 级台风“暹芭”登陆, 有船沉没船员失踪; 7 月 7 日百年一遇大洪水, 茂名市街道开冲锋舟, 河堤决堤, 农田变汪洋大海; 7 月 8 日发起计 29 名新冠阳性患者的疫情, 半个月内在茂名市正经历了一场历史性考验。由于单点海域需要救助和海底扫测, “迪奥多”轮系泊单点的日期也被推迟了。

海洋环境的污染, 因此在使用高分子聚合物添加剂时, 应注意高分子聚合物添加剂的用量。

5 结束语

船舶减阻技术的应用和发展将为未来航运业的发展做出贡献, 在船舶运行中, 可有效降低船舶阻力, 节约能源。船舶减阻的概念来源于对自然生物的研究和自然现象的启示。因此, 生物物理学、仿生学和新材料科学已成为现代科学技术发展的前提保障。如今, 船舶减阻方法已经应用于航海, 但在未来我国船舶发展中, 在为船舶研究创造价值的同时, 还需要不断探索其具体效益, 当前还有许多技术问题需要解决, 以便为我国航运事业实现可持续发展奠定坚实基础。

参考文献:

[1] 周启学, 张伟, 毛奇志. 风浪流变化对船舶航行阻力的影响仿真分析 [J]. 舰船科学技术, 2022, 44(12): 39-42.

[2] 徐鸿志, 付健, 邓超风, 高健. 风浪流对船舶航行阻力影响研究 [J]. 珠江水运, 2021(11): 97-98.

[3] 黄宇晴. 多能互补全电力船舶发电与航程协同优化研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2021.

[4] 吴生根. 大浪条件下船舶航行阻力估计的数学模型设计 [J]. 舰船科学技术, 2020, 42(14): 31-33.

[5] 石原赫. 浮冰多次碰撞下船体结构损伤机理研究 [D]. 江苏科技大学, 2020.

[6] 张育辉. 双 M 船槽道减阻原理及船体设计研究 [D]. 青岛科技大学, 2020.

[7] 齐江辉, 郭翔, 陈强, 吴述庆. 碎冰区航行船舶阻力预报数值模拟研究 [J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(11): 207-212.

[8] 陈怀远. 船舶压浪板设计优化及应用 [D]. 大连理工大学, 2019.

[9] 熊一超. 基于表面粗糙度和航行浮态的船体阻力及推进系统能效分析 [D]. 武汉理工大学, 2018.