



[苏]B. M. 沙帕耶夫著

水文气象 与航海

海洋出版社

水文气象与航海

[苏]B.M.沙帕耶夫 著

韩 忠 南 校

杜 碧 兰 译

海 洋 出 版

1990年·北京

内 容 简 介

本书比较全面系统地阐述了航海活动与海洋水文气象条件之间的密切关系。不仅在理论上分析了各种水文气象要素,如风、浪、流、冰、雾、温、湿和盐度等,对船舶操作和货物运输安全的影响,而且从实践中总结出许多航海经验和海难教训,这对人们正确认识海洋环境、加强海上安全保障、提高海洋运营经济效益以及促进日益兴起的海洋开发活动,都是极其需要的。

本书适于航海工作者,从事海洋开发活动、海上安全指挥和航海保证人员,航海、海洋、气象部门的业务和科研人员以及有关大专院校师生等参阅。

水文气象与航海

〔苏〕 B.M.沙帕耶夫 著

韩忠南 译

杜碧兰 校

海洋出版社出版 (北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 铁道部科学研究院印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张:9.4375 字数:200千字 插页:1

1990年10月第一版 1990年10月第一次印刷

印数—600册

ISBN 7-5027-0807-3/P·80 定价:6.50元

序 论

世界海洋和大气是一个连续的两层自振动系统，在该系统内，来自太阳的热能可转变为动能，而且其中大气运动比海洋运动更为强烈和不稳定。在外来作用和水气边界的接触影响下，系统内部不断产生海洋和大气之间复杂的热力和动力的相互作用，这些作用颇为巨大和强烈，以致形成一个闭合的过程链，而难以区分其因果关系。

世界海洋和大气的相互作用及其对大陆的波及，不仅对海洋上而且对大陆上天气和气候的形成，均有巨大影响并起决定性作用。

随季节和气候状况而变化的天气和海况，是船舶在世界海洋中航行的外部条件。船只在海气边界上不断受到水文气象条件的作用，对船只安全、货物保存以及旅客在甲板上逗留，都会带来某些有利的或不利的影晌。

现代船舶具有复杂的动力装置，直到应用了原子能和各种无线电电子导航设备为止。开阔海洋上商船队数量的激增引起了海峡、运河和航道上船舶密度的加大，也造成了港区内船舶的更频繁活动⁽¹⁾。

鉴于这些缘故，出现了航海条件的复杂化，航路范围的扩展，大量贵重物资引向海运，船舶和货物价值的提高，船舶给养中运营消耗的増加，以及海运竞争的加剧，所有这些都导致了海运对水气-边界上天气和海况作用敏感性的提高。其原因在于，不利的水文气象因素不仅会降低船舶工作的经济指标，而且还影响其航行安全，并成为船舶损坏和沉

没的决定性条件。这就会带来巨大的物质损失并造成对人们生命的威胁，有时还会导致他们的死亡。因此，发达的海洋国家认为，组织海上救生具有重要的意义。但是能否成功地执行这样的措施，在很大程度上还取决于出事海区 and 救援物资基地的相应水文气象状况。

还必须指出，在这样或那样的条件下港区内所保存的各类货物，在某种程度上也将受到各种水文气象因素的不利影响。

所有这一切导致了大力扩充天气和海况情报及适时预报水文气象条件的必要性。现阶段在航海业务中，则要求掌握世界各大洋的天气。此外，还需考虑航行海区的气候状况、水文气象特征及与之相联系的对船舶经常产生危险的作用。同样也必须估计天气和海况对船舶作用的特点。正确估价全球海洋和大气对世界商船队以及海港活动的影响，也是今后世界海洋航运开发方面的重要因素之一。

水文气象条件对船舶不利影响的质和量的评估是现代航海的迫切任务之一。同时，必须注意到，现代船只无论多么完善，它们在水中的航行能力都是在一定水介质物理状况和某种天气气候条件下实现的，而对世界大洋的不同地区来说，这些条件也是不尽相同的。

未来，随着对世界大洋水下空间的开拓，克服在水气界面因天气和海况影响引起的船舶航行困难将成为可能。这点已被苏联、美国、英国、日本、瑞典、意大利等国拟定的大吨位水下油船、矿石船和干货船的设计方案所证实。看来，水下航行将能避开海洋表面不利的天气条件，以及浮冰、冰山对水下货船的作用。由于能消除给旅客和乘务员带来很大不便的摇摆现象，人们生活在世界大洋中的条件也将得到改

善。但与此同时，也必然会遇到海水介质的别种类型的影响（内波、深层流、海底地形等），而这些因素在很大程度上也将使承担各项任务的水下船舶的航行更加复杂化。

译者的话

航海活动与海洋水文气象之间的密切关系似乎是不言而喻的，然而在科学技术迅猛发展的今天，船舶及其装备日趋大型、坚固、精密和自动化。水文气象对航海的影响还会显得那么重要吗？沙帕耶夫教授在《航海与水文气象》这本书中作了肯定的回答。人类在征服、利用海洋的过程中积累了大量的宝贵经验，在大自然面前无能为力状态已大大改变。但时至今日，即使现代化程度很高的船只也不能完全排除自然灾害的严重威胁。据统计，现在每年遭遇海难事故的船舶仍数以百计。在本书中就介绍了大型船舶在恶劣水文气象条件下毁于一旦的许多例子。而且随着海洋开发规模的不断扩大，深化认识海洋环境的要求更加迫切。所以，在现代航海过程中，水文气象状况的影响仍不容忽视，深刻认识它们之间的关系乃是保障航行安全、提高航运经济效益的重要前提。

航海与水文气象之间的关系究竟如何？许多经验丰富的航海家已作过大量的描述，而且在航海科学发展中逐步形成了《航海气象学》、《航海水文学》等分支学科。但过去有关这类著作大多侧重于对海上发生的各种自然现象的描述，而且是定性地阐述了航海与水文气象要素之间的关系，这已不能满足现代航海事业的需要。从这种意义上讲，沙帕耶夫发展了前人的工作，他全面、系统、定量地分析了航海与水文气象之间的关系。书中不但列举了各种水文气象要素，如风、

浪、流、冰、雾、潮位、盐度、气温、水温、湿度、降水、生物附着等对船体、设备、航行操作和货物安全的影响，而且尽力以数学公式表达出它们之间的关系，所以这本书具有一定的理论深度。

作者在定量地分析各种水文气象要素对船舶运输的影响机制时，避开了繁杂的数学推导过程，而将重点放在物理分析和结论理解上，力争达到深入浅出的目的。所以，该书不仅可供航海专家、水文气象专家在深入研究航海与水文气象之间的关系时参考，而且对航海实践具有相当高的指导意义。在它的许多章节中，提供了大量对付各种不利自然条件的应急措施和注意事项。所以这本书又是航海丛书一本新的、实用型著作。

作者在详细分析航海与水文气象关系时，始终贯彻防患于未然的指导思想。他强调在每个航次前，必须仔细了解航区未来的气候背景和天气、海况特点，尽可能做好启航前的准备工作。在海上一旦发生事故，则要根据当时的水文气象条件，正确采取应急措施，力求减轻船、货损失。作者还进一步提出，在航海过程中要充分利用海洋实时情报资料和各种预报成果，优化航线和操作系统。由此，他还提出大力发展气象导航的建议，而后者就是在研究航海和水文气象关系的基础上发展起来的边缘学科，并且随着这两者关系的深入揭示，气象导航技术必将进一步获得完善。

海洋运输是海洋开发的重要组成部分。随着海洋开发向纵深方向发展，海洋环境状况对海上活动的影响必然受到越来越多的重视。可以说，在研究海洋开发与海洋环境之间总的关系方面，沙帕耶夫著作已迈出了成功的一步。

本书可供航海工作者、海上安全指挥人员、海洋水文气

象专业工作者以及有关大专院校的师生参考。译者受专业知识所限，个别地方有可能译之不当，恳请读者批评指正。

译 者

一九八六年五月

目 录

第一章 风、浪和流对船舶的影响..... (1)

§ 1 船在风和流作用下的漂移..... (1)

§ 2 流体动力失速和人为减速..... (12)

§ 3 船的溅湿、风暴中航行的危险性和摇摆的
有害后果..... (30)

§ 4 铝船和其他浮动装备拖曳航行的复杂性..... (54)

§ 5 近岸水域的航行条件..... (65)

第二章 低能见度对航海的影响..... (80)

§ 1 航行时间的增加..... (80)

§ 2 船在拥挤航区和入港通道上遇到的危险..... (85)

§ 3 在船舶驾驶中对无线电技术设备工作的限制和干
扰船在雾中碰撞 (87)

第三章 水文和水生生物因子对船舶航行 的影响..... (103)

§ 1 船舶运输能力的变化..... (103)

§ 2 船体水下部分和可变吃水区区的蚀损..... (107)

§ 3 船体水下部分动、植物附着的不利后果..... (110)

§ 4	水文和水生生物因子对水面船舶和深潜设备航行安全的影响·····	(122)
第四章	水文气象条件对船在极地区域和中纬结冰海域航行的影响·····	(125)
§ 1	船舶结冰的条件和后果·····	(125)
§ 2	冰区航行的困难·····	(130)
第五章	水文气象条件对船舶装备、货物和乘员的影响·····	(152)
§ 1	船舶动力装置、设备和仪器正常工作状态的破坏·····	(152)
§ 2	船的机舱、舵室和货舱的小气候特点·····	(175)
§ 3	货物成分和质量在海运期间的变化·····	(193)
§ 4	水文气象因子对船员和旅客的作用·····	(217)
第六章	水文气象条件对援助受难船舶和救人的影响·····	(224)
§ 1	在进行海难救助工作中的干扰·····	(224)
§ 2	在救人时发生的困难·····	(229)
第七章	水文气象条件对港区内船舶和装卸作业的影响·····	(238)
§ 1	停泊的特点·····	(238)
§ 2	船在港内移动和在系泊建筑旁进行系留操作中的困	

难.....	(244)
§ 3 在装卸作业中对起重机械的利用不足和劳动 生产率的降低.....	(257)
§ 4 热带飓风和津浪对停在港内的船和港口建 筑的作用.....	(262)
第八章 水文气象条件和提高航海安全.....	(266)
§ 1 不利水文气象条件影响航海和港口作业的综 合特征.....	(266)
§ 2 提高在不利天气和海洋状况下航海的安全性.....	(269)
参考文献	(276)

第一章 风、浪和流对船舶的影响

§ 1 船在风和流作用下的漂移

没有任何一种天气要素能象风那样引起海员们的密切关注。风，不仅对航行中的船，也对非航行中的船（如锚泊、停靠码头和慢速漂移等）产生重大作用。这种作用是直接地和间接地通过它所引起的海浪表现出来的。风还会引起表面流，它也在某种程度上对船产生影响。

风和浪的相互结合产生大量的、效应不同的作用，这些作用不仅与风力和风向有关，而且与船的许多特性（基本尺度、船体和上层建筑的结构，即水上受风部分表面的形状和大小、吃水、受风面的中心位置、横摇、纵摇及速度等）有关。因此，对不同船只来说，一定方向和一定风力的风的作用效果是不相同的。

众所周知，风对航行中的船和停泊着的船有着相同的影响。但当船处于运动状态时，感觉风的风速和风向则有别于海面的真实风速和真实风向。

感觉风对船体水上部分和船的上层建筑产生压力，而且压力的大小和方向以及风压中心的位置取决于船舶水上部分的形状。感觉风的压力随离开海面高度的增加而加大，这是由于水面摩擦力的作用，使低层空气的运动速度偏低所致。风压与高度的关系可用苏联船舶登记局所采用的公式来描述，这一公式是在船舶稳性额定的情况下来估算风压的，其形式如下：

$$\frac{p}{p_1} = \left(\frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_1}{z_0}} \right)^2 \quad (1)$$

式中 p ——海面高度 z 处的风压；

p_1 ——海面高度 z_1 处的风压；

z_0 ——粗糙度系数，取为 0.002。

这意味着，随船舷水上部分和上层建筑相对于海面高度的增加，它们将比低舷船只受到更大的风压。感觉风压力的方向或沿船的中线面（顶风或顺风），或与其构成某一角度，或与其成直角相交（侧风），或在有真风的情况下完全不存在感觉风的压力。

走航时，感觉风对船体水上部分和上层建筑压力的大小取决于感觉风的速度，而船航行越快，感觉风的速度越大。由于风的直接作用，产生空气对船舶运动的阻力，它是摩擦阻力和涡动阻力叠加的结果，实质上就是各种切应力。船体水上部分的形状对空气阻力大小有很大的影响。这个因素起了决定性的作用，因为船体水上部分，根据本身的空气动力特征，通常被看作是一种流线型较差的物体。排水船舶所受的空气阻力实质上是风对船体水上部分和上层建筑的粘滞力或全压力，可用一般公式求得：

$$R_{\text{空气}} = C_x \cdot \frac{\rho w^2}{2} S \quad (2)$$

式中 C_x ——被风吹的船体水上部分和上层建筑的无维空气阻力系数；

ρ ——空气的流体密度，当温度为 $+15^\circ\text{C}$ 和气压为 760 毫米汞柱高时， ρ 等于 $0.125 \text{ 千克} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^3$ ；

w ——感觉风速，以米/秒为单位，

S ——具有上层建筑和圆材的船的水上部分在舢截面上的投影面积，以米²为单位。

数值 C_r 是感觉风的雷诺数的函数，在某种程度上决定于感觉风向与船的中线面之间的夹角 q_w 值，但主要决定于上层建筑的形状和相互位置，这些上层建筑承受了风对船运动全部空气阻力的60—80%，并且它们往往近似于这样一种物体形状，即当空气流过它们时伴有涡旋破裂现象。如果 q_w 接近 0° 或 180° ，而沿气流排列的上层建筑彼此遮挡，那么空气对船运动的阻力就有所减小。当 $q_w = 0^\circ$ 时， C_r 的变化范围，对油船是0.7—1.3，对货船和客货船是0.7—1.2，对快速船是0.4—0.6。在 $q_w = 20—40^\circ$ 的情况下，单独的和—一个接一个排列着的上层建筑的遮挡作用都趋于消失，因为它们相对于感觉风方向的排列不利，并导致空气对船舶运动阻力的增加。当 q_w 处于上述范围内，且上层建筑单个排列的船所受到的空气阻力达最大值。

特别在海面风几乎不变的条件下，有可能通过使上层建筑具有更完善的流线型的方法而减少空气对船运动的阻力⁽²⁾。同样应考虑到， C_r 是作为船的吃水和它的纵倾角的函数而发生变化的⁽³⁾。

在感觉风速等于船速的静风天气条件下，空气对船运动的阻力不大。除快速船外，在一般平衡条件下（估计到水的作用），随船体水上部分的形状和船速不同，空气对船的阻力约为全阻力的15—30%；而对快速船来说，在同样条件下，空气阻力要大得多。在大风天气条件下，空气阻力急剧增加，当顶风风力为4—5级时（考虑运输船的类型），空气阻力达全阻力的10—15%，而在8—9级风的条件下，空气阻

力可增至全阻力的30—40%。

风对船体水上部分和上层建筑的压力，除沿船的中线面增强外，还会引起偏离真航线的航船漂移。船舶保持中线面与其航向平行，实际上它是在自身的推进器和感觉风的作用下，沿着漂移航线行驶的，并且在一般情况下，其移动方向与感觉风的方向不相一致。当感觉风的方向垂直于船的中线面时，这种漂移特别显著。在这中间，船上建筑具有相当重要的意义。例如，在强侧风作用下，甲板上堆放着木料的木材运输船的水上部分，在垂直于感觉风向的平面上的投影面积有所增加。结果使木材运输船船体水上部分所承受的风压比在同等条件下的普通货船所受到的风压大3倍。

漂移值决定于感觉风的方向和速度、船速、船的结构特点、负荷、甲板货物的性质等，并可在较大的范围内变化⁽⁴⁾。

为了计算漂移角度，С.И.杰明 (Демин) 推荐了下列公式：

$$\alpha_0 = \arctg \left[-a + b \sqrt{\frac{S}{S_0}} \cdot \frac{w \sqrt{\sin q_w}}{35v} \right] \pm 0.2\delta \quad (3)$$

式中 $a = -0.0462$ 和 $b = 1.42 - 4.83\lambda'$ ，且

λ' ——船体水下部分的相对延伸，近似地等于 $\frac{2T}{L}$ ；

S ——受风面的侧面积；

S_0 ——水下部分在中线面上的侧投影面积；

w ——感觉风的速度；

q_w ——感觉风的方位角；

v ——船沿航向的速度；

δ ——舵偏角，正号对应“上风”舵，负号对应“下风”舵。

由式(3)得出，漂移角度的大小从属于 q_{∞} 。正如观测所指出，在顶风和顺风情况下，实际上不会发生船的漂移。在前侧风方向上，特别是风的方位角等于 $50-60^\circ$ 时，船的风漂移角要比后侧风方向大得多。当 $q_{\infty} = 90^\circ$ 时，漂移角达最大值。它随感觉风速 w 增大，同时又随船吃水减少而加大（增大船的相对延伸和 S/S_0 比值），亦即当船空放（压载）航行时，漂移角特别大。随着船速增加，漂移角减小。

漂移速度可用C.И.杰明从式(3)导出的公式计算之：

$$v_{\text{漂移}} = av + b \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0} \cdot \frac{S}{S_0}} w \sqrt{\sin q_{\infty}} \quad (4)$$

式中， ρ_0 ——海水的流体密度，当平均盐度为25‰、温度为 15°C 时， ρ_0 取值为 $104 \text{ 千克} \cdot \text{秒}^2 / \text{米}^4$ ；

v ——沿航向的船速。

由于船速和漂移速度的影响，船开始沿着与自身的中线面成某个角度的方向，以相对于水的实际速度 v_0 移动着。在已知漂移角的情况下，上述速度为

$$v_0 = v \sec \alpha_0 \quad (5)$$

由此产生水支撑压力在各点的方向不一致的现象，水支撑压力与船的中线面垂直并与空气阻力 $R_{\text{空气}}$ 的方向相反。对船体水下部分的压力值为

$$R_{\text{水}} = C_r \rho_0 \frac{v_0^2}{2} S_0 \sin \alpha_0 \quad (6)$$

式中， C_r ——船体水下部分的阻力系数；

ρ_0 ——海水密度；

* 译者注：原书印刷有误。