

研究简报

冬季渔船上浪结冰后横倾的 理论分析及其危害的防范

THE THEORETICAL ANALYSIS FOR KEELING OF FISHING VESSEL CAUSED BY ICING AND TO COPE WITH ITS HARMFUL EFFECT IN WINTER

王云天 姚杰

(大连水产学院海洋渔业系, 116023)

WANG Yun-Tain, YAO Jie

(*Department of Marine Fishery, Dalian Fisheries College 116023*)

关键词 结冰, 横倾力矩, 横摇角

KEYWORDS icing, heeling movement, rolling angle

中图分类号 U674.4

近年来,随着远洋渔业的发展,每年都有大量的渔船在白令海和俄霍次克海域进行渔捞作业和航行,冬季作业时遇到的最大的安全问题就是上浪结冰。我国北方渔船冬季航行也经常遇到迎风舷严重结冰的现象,这不仅影响渔业生产正常的进行,也严重威胁渔船的安全。据国家海洋局的统计资料表明,大连老虎滩一月平均水温为 -1°C 左右,成山头 and 千里岩的表层水温为 -2.8°C ,考虑我国目前的渔场分布及渔船活动规律,通常认为 36°N 以北的海区具备结冰条件;而 $37^{\circ}25'\text{N}$ 到 $38^{\circ}45'\text{N}$ 之间的黄海和渤海区为最易发生结冰海域。实际调查中渔船船长也反映在成山头以北到圆岛这一海域,风浪较大,甲板上浪若不能及时排泄最易结冰。下面就结冰的部位、状况及危害进行简要的分析。

1 渔船易结冰的部位

渔船结冰的分布与风向及浪向关系密切。迎风迎浪条件下,若伴随有抨击和上浪,则结冰

最严重。斜浪航行时,迎风舷结冰最严重,此时由于结冰,增大了横倾力矩(heeling movement)使船产生持续的横倾,若再发生大的横摇(rolling)就可能导致倾覆。

通常结冰量比较多的地方有船首、舷墙、舷墙栏杆、甲板室前舱壁、锚链孔、锚、甲板机械、首楼甲板和上甲板、排水舷口、稳索及其它索具,尤其渔船上常用的夹棕钢丝绳,吸水结冰后重量会增大到自身的几倍。

2 结冰速度

结冰的速度取决于气温及风浪情况,可分为缓慢结冰和急速结冰。

(1)缓慢结冰通常发生在如下情况:①气温, $-3^{\circ}\text{C} \leq t \leq -1^{\circ}\text{C}$; ② $t \leq -4^{\circ}\text{C}$, 风力 ≤ 5 ; ③雨后天伴有剧烈的大风降温时,此时的结冰速度 $V_t \leq 1.5\text{t/h}$ 。[周祖奎 1984]

(2)急速结冰发生在如下情况:① $t \leq -4^{\circ}\text{C}$, 风力 ≥ 7 级; ② $t \leq -9^{\circ}\text{C}$, 风力5—7级此时的结冰速度 $V_t \geq 4\text{t/h}$ 。

3 结冰带来的不利影响

(1)表面结冰会增加船重,减少干舷和浮力。

(2)在较高位置上结冰,会增高重心使稳性下降。

(3)由于上部结冰使受风面积增大,增大风侧倾力矩。

(4)由于结冰在长宽方向分布不均匀,使船纵侧发生变化并产生持续横倾。

(5)船首结冰严重时发生首倾,使船尾抬升,螺旋桨露出水面造成‘飞车’,使操纵性恶化,失速严重。

4 结冰后横倾理论分析

渔船上浪结冰后,相当于在船上的某个部位加载。此时除了初稳心高度发生变化外,由于加载的不均匀将产生一持续横倾角。受力情况如图1。假设上浪结冰后的增重集中在距船舫 Y 处,增重为 P ,则上浪后的初稳心高度变为

$$h_1 = h + P(d + e - Z_p - h)/(D + P) \quad (1)$$

式中, h —原初稳心高度,

D —排水量,

d —吃水,

e —通常取平均吃水增量 Δd 之半,

$\Delta d = P/TPC$, TPC 为每厘米吃水吨数,

$TPC = 0.01A_w\rho$, A_w 为水线面面积 (m^2),

$\rho = 1.02235 (g/cm^3)$ 为海水密度,

Z_p —增重重心到龙骨的垂距,

b —浮心。

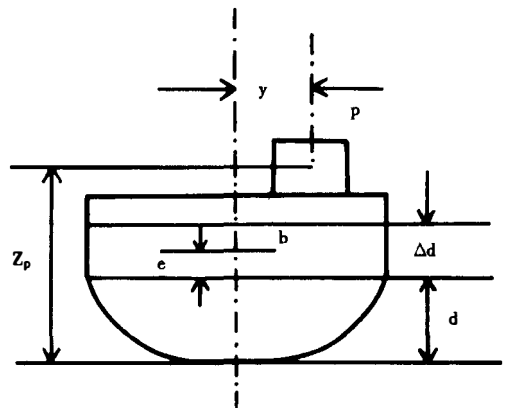


图1 渔船上冰后的稳性分析

Fig. 1 Stability analysis after icing

此时的横倾力矩为 $M = Pgy$, 当倾角为 θ 时, 渔船仍能维持平衡则有

$$M \cos \theta = h_1 (D + P) g \sin \theta \quad (2)$$

$$\text{于是 } \theta = \text{tg}^{-1} [Py/h_1(P + D)] \quad (3)$$

以 8105 型渔船[农业部水产司 1990]为例, 若认为结冰增重集中在某舷距船舫 $B/3$ 处, 在严寒天气中航行结冰速度为 4 吨/小时, 不考虑风倾力矩的作用, 则 1 小时后, 产生的持续横倾角为, $\theta_1 = 4.6^\circ$ 。若航行 4 小时 $\theta_2 = 12.9^\circ$ 。

根据船舶斜浪中横摇的理论[彭英声 1984]

$$\ddot{\theta} + 2\gamma_c \dot{\theta} + n_\theta^2 \theta = n_\theta^2 \alpha_{e_0} \sin \omega_c t \quad (4)$$

式中, γ_c 为等效线性化后的阻尼系数,

n_θ 为船舶固有频率,

$\alpha_{e_0} = x_0 \alpha_0 \sin \mu$ 为有效波倾角振幅。其中 μ 为浪向角,

$\omega_c = \omega(1 + \frac{\omega}{g} v \cos \mu)$ 为遭遇频率。

若以 θ_2 为初始横摇角, 当航速 $V = 6$ 节, 有效波高 $H_{1/3} = 4\text{m}$ 时, 代入(4)中计算, 不同浪向角的横摇如图 2。

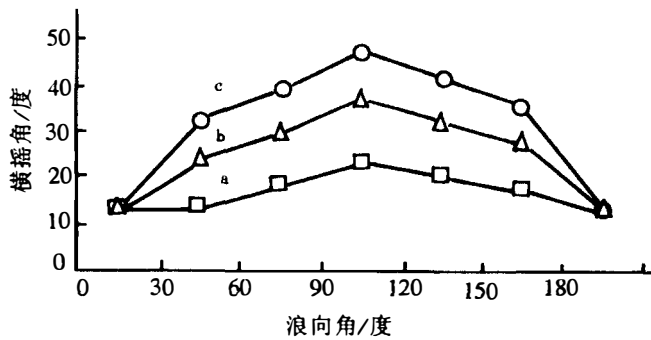


图2 不同浪向角下的横摇角

Fig. 2 Rolling angles of different wave directions

注: a 为平均摇幅, b 为有效摇幅, c 为最大摇幅。

由此可见, 波浪在横浪时横摇角最大, 最大横摇角 $\theta_{1/10}$ 可达 47.3° 。而该船设计进水角为 51.1° , 因此, 此时船舶很危险。

5 冬季航行建议

根据对渔船的理论计算及航行的经验表明:

(1) 在较大风浪中航行以低速顶风为最佳, 通常航速应在 4~6 节[王云天和古文贤 1996]。

(2) 若顺浪或偏顺浪航行, 应避免航速和波速相近时船突然打横的现象, 因此, 当船速大于波速时应高速行驶; 船速小于波速时应低速行驶。

(3) 一旦渔船由于上浪发生结冰时, 应采取下列措施进行除冰: ①采用一切方法如: 压力冷水、热水、蒸汽除冰或斧、锤等工具进行除冰。除冰时应从较高的建筑物开始。②为了及时排除甲板积水, 应随时保持甲板各舷排水口畅通, 同时, 为保证航行安全, 应及时除去下列器具上的

结冰:天线、航行灯、航海灯、救生艇筏、起锚机和锚链孔及必要的索具。③由于结冰产生倾斜时,此时切忌不要大幅度转向,应先从低的一舷除冰,也可以用调整压载的方法纠正倾斜,若用压载水或燃油来调节倾斜时,注意避免舱内形成自由液面,使稳性降低。

(4)结冰严重时应停止作业,将渔船具收到舱内,切勿堆积在甲板上,不能收到舱内的渔具也应该绑牢后固定在预定的位置上。

此外,航行和渔捞作业时还应严格遵守船上的安全操作规程,以避免不必要事故和伤亡发生。

6 结语

渔船在风浪中的横摇,特别是结冰后初稳心高度发生变化,使横摇运动更为复杂,本文以8105型渔船为例,对不同浪向角下的横摇角作了计算,结果表明,浪向角为 $0\sim 30^\circ$ 和 $150\sim 180^\circ$ 时,横摇角较小,有利于船舶航行。并针对渔船冰区航行提出了一些建议供驾驶人员参考。

参 考 文 献

- 王云天,古文贤. 1996. 大风浪中渔船的安全性评估. 大连水产学院学报,11(3):15~23
农业部水产司. 1990. 中国钢质渔船图集. 北京:科学出版社,201~204
周祖奎. 1984. 渔船安全论文选. 北京:人民交通出版社,245~253
彭英声. 1984. 舰船耐波性基础. 北京:国防工业出版社,168~176