

东海淤泥质海域渔船避风锚地设计及试验分析

缪野

(浙江大洋碧海规划设计有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要: 文章以温岭国家级中心渔港某锚地工程实例为研究对象, 探讨其渔船避风锚泊平面合理性, 结构设计安全性以及稳定性, 并通过理论计算和实际渔船试验数据相结合进行验证, 为东海类似淤泥质海域的渔船避风锚地的建设提供借鉴。

关键词: 渔船避风锚地; 600HP; 双浮筒; 多艘并排锚泊; 拉力

中图分类号: U653.2

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2025) 05—0058—03

建国以来共 9 场台风直接从温岭登陆, 伴随而来的狂风暴雨常给渔业生产造成巨大损失。温岭在册各类海洋渔船 2300 余艘, 主机功率约 72 万 kW, 本地及外省市渔船到港避风数量大, 避风需求强烈, 1909 号台风“利奇马”期间, 工程区共避风 800 余艘渔船。自“十一五”以来, 温岭以提升渔业防灾减灾能力为目标, 投入大量资金进行渔港基础设施建设, 主要集中防波堤、疏浚等, 但系泊设施不足, 避风期间锚地水域无法得到有效利用。本文结合工程实例, 研究渔船浮筒的选址、平面布置、系泊方式及工后效果, 为东海类似淤泥质海域如何形成有效避风水域、建设渔船避风锚地提供可借鉴的经验。

1 自然条件分析

工程区域位于石塘镇隘顽湾东南侧, 东接石塘港区, 南临大海并受防波堤、落星山掩护, 西邻东浦滩涂, 北连箬山港区港池。港区水深为 $-2.5 \sim -6.0\text{m}$, 受周边南向长约 1200m、东向长约 900m 的重力式防波堤及落星山岛、石塘半岛等地形的掩护。潮流为非正规半日浅海混合潮流, 涨落潮呈往复流, 最大流速 0.65m/s 。港内地质为新近形成的淤泥底质, 流塑, 含水率 56.5%, 饱和度 98.7%, 液限 44.4%, 塑限 22.7%, 快剪粘聚力 7.8kPa , 摩擦角 0.4° , 固快摩擦角 15.5° , 灵敏度 3.1, 地基土容许承载力 25kPa 。

2 渔船避风锚地选址条件分析

渔船避风锚地位置应选择在避风条件好、水深适宜、海底平坦、锚抓力好、受外海波浪影响小、流速较小、流向稳定、便于船舶进出的水域、滩涂。

锚地底质应选择泥质、泥沙质。选用滩涂时, 考虑近海渔船的船体特性, 可坐滩形式避台风。避免在硬粘土、硬砂土、多礁石或抛石区设置锚地。宜充分利用锚地水深资源, 浅水浅用、深水深用, 满足不同马力渔船的锚泊需要。孙龙等人^[1]提出渔港港内锚地泊稳条件采

用设计高水位下重现期 50a 一遇最大波高不超过 1m。选址过程中需对锚地内波高分布进行波浪数值模拟并分析。

该锚地经过多年建设, 已由防波堤、落星山岛、石塘半岛组成了良好的波浪掩护, 设计高水位下 50a 一遇各向最大波高均 1m 以内, 水深 -5.5m , 水深适宜, 海底平坦, 最大流速 0.65m/s , 流向稳定。受到岛屿山体等周边地形和民房等人工建筑物的掩护, 工程区具备一定的避风条件。

3 渔船锚泊方式分析

渔船在锚地避风中抗风能力的强弱, 除了锚地本身避风条件外, 渔船选择的锚泊方式也是重要的因素。本文从各类渔船锚泊方式的特点出发, 结合海域的自然条件和渔船的作业需求, 比选确定工程实例的锚泊方式。

(1) “单锚”: 船舶抛单锚进行锚泊。大风浪中为抑制船舶偏荡运动, 也将另一锚抛出作为止荡锚, 呈短链拖动状态。该方式作业容易, 抛起锚方便, 适用外海开阔水域; 不足之处是偏荡严重。

(2) “八字锚”: 船舶将左右锚抛出, 双链保持 $30 \sim 60^\circ$ 夹角成倒八字形进行锚泊。底质较差、风大流急、单锚抓力不足时, 可抛八字锚, 该方式可增大锚抓力、抑制偏荡。不足之处是操作较复杂, 风流多次变向后双链易绞缠, 避风时应需根据台风位置、风向变化确定出链长度和抛锚次序。

(3) “平行锚”: 船舶将左右锚抛出, 双链等长并保持平行进行锚泊。该锚泊方式可抵御强烈风浪, 也可抵御湍急水流, 能最大程度发挥双锚锚泊力, 且操作简单。我国南海海域亦常受台风袭扰, 该方式避风取得了可观效果。不足之处是由于二锚距离较近, 偏荡现象至锚链绞缠现象, 但清解较容易。

(4) “一字锚”: 有限水域内, 船舶沿水域纵长方向抛出双锚, 双链交角保持在近 180° 进行锚泊。在风流影响下, 受外力较大锚为力锚; 另一锚为惰锚。一

字锚泊方式具有最大程度限制锚泊船运动范围的优点；不足之处为风流方向变化后对其锚泊受力影响较大。

考虑工程区域为淤泥质海域，存在着锚抓力差的短板，仅采用渔船自身船锚抛锚，台风期间存在走锚风险。而系船浮筒系统结构简单，可通过系船缆绳与船体相连，可提供足够拉力，保证船舶在风、浪、流的作用下的安全锚泊。工程实例提出采用系船浮筒的工程措施改善该处渔船避风锚地的避风条件。

4 渔船锚泊平面布置

温岭市在册渔船 2300 余艘中 250–600HP 中大型渔船占比 91.22%，其中约 60% 为拖网作业，16% 为刺网作业。本次以 600HP 渔船为研究船型，船长 43m，船宽 7.6m，艉吃水 3.5m。

海洋捕捞渔船避风具有季节性、周期性、不均衡性的特点。渔船避风锚地在台风期、寒潮大风期常满负责运转，渔船集中回港，常出现锚位难求的现象。当地渔船通常采用多船并排首尾平行锚泊的形式进行锚泊避风。段若衡^[2]等针对 42m 渔船模拟分析了嵊泗 14 级台风情况下的受力情况和锚泊系统的安全性和可靠性，发现双船并列系泊可保障台风天气下渔船的系泊安全。

考虑工程实例考虑港区水域空间有限，渔船数量密集及当地渔船现有避风锚泊布置的特点，采用多艘 600HP 渔船并排双浮筒系泊方式，系泊时，首尾分别用缆绳系于浮筒上。

《渔港总体设计规范》（SCT 9010–2000）^[3]8.7.5.4 条针对多船并排首尾双锚系泊，如图 1 所示，其锚泊面积为 $F = [1.5L_c + 12h_3](1 + m_3)B_c$

式中： L_c —船长 (m)； h_3 —极端高水位时锚地水深 (m)； m_3 —多船并排首尾双锚系泊每组渔船船数； B_c —船宽 (m)。

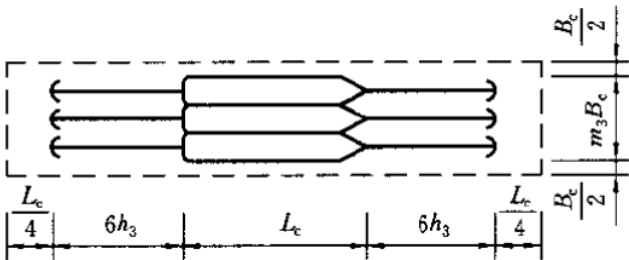


图 1 多船并排首尾平行锚泊示意图

《海港锚地设计规范》（JTS T 177–2021）^[4]6.3.5 条针对双浮筒单艘船舶系泊，如图 2 所示，锚泊水域长度为 $S=L+2(r+l)$ ；锚泊水域宽度为 $a=4B$

式中： L —船长 (m)； r —由潮差引起的浮筒水平偏移； l —系缆的水平长度 (m)； B —船宽 (m)。

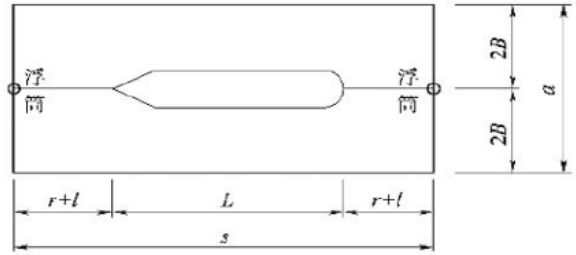


图 2 双浮筒单艘船舶一字锚泊示意图

日本《港口设施技术标准》提出双锚锚泊，锚抓力条件好时，水域长度为 $L+4.5h$ ；锚泊水域宽度为 $L/2$ 。

式中： L —船长 (m)； h —极端高水位时锚地水深 (m)。

结合本工程实例，提出多船并排双浮筒系泊，如图 3 所示，其水域长度为 $S=1.5L_c+2(r+l)$ ；锚泊水域宽度为 $a=(1+m_3)B_c$ ；锚泊面积为 $F = [1.5L_c + 2(r+l)](1 + m_3)B_c$

式中： L_c —船长 (m)； r —由潮差引起的浮筒水平偏移 (m)； l —系缆的水平长度 (m)； m_3 —多船并排首尾双锚系泊每组渔船船数； B_c —船宽 (m)。

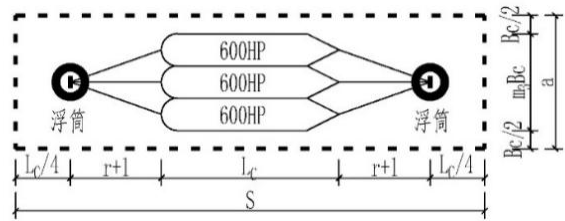


图 3 双浮筒多艘并排锚泊示意图

根据本工程实例情况，3 艘 600HP 渔船并排双浮筒系泊，水域面积详见表 1。

表 1 双浮筒系泊水域面积计算表

船型	L_c (m)	r (m)	l (m)	m_3 (m)	B_c	F (m ²)
600HP	43	6.8	20	3	7.6	3590

5 船舶荷载计算

5.1 风荷载

作用在船舶上的计算风压力参照《港口工程荷载规范》（JTS144–1–2010）附录 E^[5] 计算，风作用力按 13 级横风 37.0m/s 考虑。

$$F_{xw} = 73.6 \times 10^{-5} A_{xw} V_x^2 \xi_1 \xi_2$$

$$F_{yw} = 49.0 \times 10^{-5} A_{yw} V_y^2 \xi_1 \xi_2$$

式中： F_{xw} ， F_{yw} —分别为作用在船舶上的计算风压力的横向和纵向分力 (kN)； A_{xw} ， A_{yw} —分别为船体水面以上横向和纵向受风面积 (m²)； V_x ， V_y —设计风速的横向和纵向分量 (m/s)； ξ_1 —风压不均匀系数； ξ_2 —风压高度变化修正系数。

600HP 渔 船 单 船 $A_{xw}=150 \text{ m}^2$ ，按 3 艘并排考虑

$A_{yw}=135.0\text{m}^2$ 。

最大风作用力为 $F_{xw}=151.1\text{kN}$, $F_{yw}=90.6\text{kN}$ 。

5.2 波浪力

本工程位置波浪影响较小,且缆绳、浮筒、锚链可吸收波浪的冲击力,起到缓冲作用,故不考虑波浪荷载的作用。

5.3 水流力

按最大流速 0.65m/s 考虑。根据《港口工程荷载规范》附录 F^[5],作用于船舶上的水流力。渔船按 3 艘并排计算,水流对船舶的横向作用力为 17.0kN ,纵向作用力为 9.2kN ,对浮筒作用力为 0.6kN 。

考虑荷载组合及受力计算,锚链所受的水平设计荷载为 241.4kN 。

6 浮筒系统

浮筒选用 XF3.5-D 型,上下喇叭口对称,直径 3.5m ,高度 3.1m ,干舷高 1m 。锚链直径 $\Phi 60\text{mm}$,AM2 级,单根长 25m 。沉锤为棱台形钢筋混凝土结构,上底长 5m ,下底长 6m ,高 1.5m ,体积 40m^3 ,重约 100t ,设 0.2m 凹槽以增加海底作用力。沉锤坑挖深 2.8m ,边坡为 $1:3$ 。坑底铺设 1m 厚砂垫层,沉锤布置于砂垫层上。安放结束后,沉块周边及顶部回填至原泥面。

7 工后试验验证

7.1 试验原理

试验工况采用平潮期间,无风无浪。3 艘试验船舶为一组,互相固定并用尾部缆绳系于单个浮筒上,缆绳长度为 50m ,直径 90mm ,采用绞缆机拉紧尾部缆绳后,同时开机拉动浮筒,测试锚碇体系是否移动进而判断,详见图 4。若锚碇块体不出现走锚、倾覆、倾斜等异常情况,则视为系统安全。

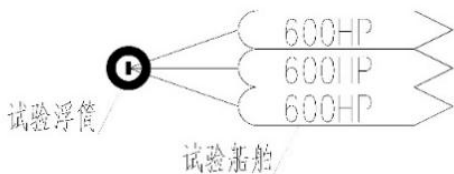


图 4 渔船锚拉试验示意图

7.2 试验过程

3 艘渔船为温岭当地渔船,发动机为 6210 船用柴油机,最高转数为 800,试验渔船的船型尺寸与参数详见表 2。参考陈明义^[6]提出的拖网渔船系柱工况,本次试验单船达到测试功率时系柱拉力约 88kN ,试验船舶动力输出达到额定功率(以发动机转数为准)时即可达到测试所需的功率。

表 2 船型尺寸与参数表

序号	渔船名称	船长 (m)	船宽 (m)	最大吃水 (m)
1	浙岭渔运 10000	42.9	7.6	4.0
2	浙岭渔运 10001	42.9	7.6	4.0
3	浙岭渔 29922	41.9	7.0	3.6

7.3 试验结果

试验船舶开机后,发动机转数均达到使用荷载,且渔船驾驶舱仪器显示渔船未产生移动,可视为锚碇体系安全,试验结果详见表 3。测试过程中出现过两次缆绳拉断的情况,渔船锚泊期间应注意缆绳的选取和更换,以保证安全。

该工程实例于 2022 年 6 月完工验收并投入使用,至今经历 2212“梅花”、2306“卡努”、2413“贝碧嘉”、2414“普拉桑”、2421“康妮”等台风,运行状况良好,受到当地渔民的赞可。

表 3 试验结果表

序号	渔船名称	1 号浮筒船舶 发动机转数	2 号浮筒船舶 发动机转数	发动机最 高转数
1	浙岭渔运 10000	500	630	800
2	浙岭渔运 10001	600	650	800
3	浙岭渔 29922	600	650	800

8 结语

基于该工程实例的应用及工后效果,渔船避风锚地可选址波浪设计高水位下重现期 50a 一遇各向最大波高不超过 1m 、流速较小且稳定的区域,针对东海淤泥质海域锚抓力普遍较小的特点,特别是台风期存在走锚风险,可采用双浮筒多艘渔船并排锚泊的形式。试验研究为如何增加渔船锚地内有效避风水域提供了建设思路与借鉴经验,以保障渔船安全避风,提高防灾减灾能力,助力海洋渔业高质量发展。

参考文献:

[1] 孙龙,陈国强,李醒,等. 渔港港内锚地泊稳允许波高比较分析[J]. 水运工程,2011,(12):54-56.

[2] 段若衡,李梦阳,杜金宇. 42m 双渔船并列系泊受力可靠性试验分析[J]. 渔业现代化,2023,50(02):85-93.

[3] 中国水产科学研究院. 渔港总体设计规范 SC/T 9010-2000[S]. 北京: 中国标准出版社,2001.

[4] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 海港锚地设计规范 JTS T 177-2021[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司,2021.

[5] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 港口工程荷载规范 JTS 144-1-2010[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司,2010.

[6] 陈明义. 拖网渔船系柱工况的拖曳性能[J]. 船舶工程,1982,(04):20-25+4.