

岱山避风渔港对热带气旋的抗风能力研究

柴乾明¹ 赵亮¹ 胡巧儿¹

(1. 岱山县气象局, 浙江 舟山 316200)

摘要: 本文利用地面观测风力资料, 对 1950 年—2018 年的热带气旋资料进行处理, 通过使用模糊综合评价法, 结合各渔港附近自动站风力的回归分析, 并且引入数据偏离度来评估地形、系统过程等因素对渔港的整体影响, 以此来评估舟山市岱山县各渔港的抗风能力。最终将各渔港的抗风能力分为三级: 一级表示综合抗风能力最强, 这类渔港对大部分台风过程都有较好的防范能力; 二级表示综合抗风能力较好, 这类渔港对不同台风过程的抵御能力有一定差别, 部分风向会产生较强的风浪; 三级表示综合抗风能力一般, 这类渔港地形较开阔, 其抗风能力有较大的局限性, 对一年中相当一部分大风的抵御能力较弱, 在受到长时间较大风力的台风过程影响时, 不太适合大量渔船长时间泊港。

关键词: 热带气旋; 港口避风; 模糊综合评价法; 偏离度

1 引言

1.1 研究背景及意义

岱山位于浙江省沿海北部, 地处长江口南端、杭州湾外缘的舟山群岛中部, 介于北纬 $30^{\circ} 07' \sim 30^{\circ} 38'$, 东经 $121^{\circ} 31' \sim 123^{\circ} 17'$ 之间。东濒公海, 南临舟山岛, 北与嵊泗县海域相连。拥有岱衢洋、黄大洋、黄泽洋、灰鳖洋四大传统渔场, 海洋渔业是主要基础产业和经济支柱。同时, 岱山受台风影响较严重, 常年造成影响的台风 4.1 个, 台汛期 (7-9 月) 常年降水量 335.9 毫米。特别是正面袭击的强台风或沿东经 122 度到东经 124 度北上的强台风往往对海上作业的渔民、航运部门造成极大的危害; 另外, 鱼货外流、渔民消费、物资供应等, 直接影响着岱山经济的繁荣, 在台风期间做好全县各渔港安全避风的决策服务, 能够提升全县的社会效益和经济效益。因此, 十分需要对全县的各大渔港进行避风能力的评估。

1.2 主要研究内容

渔业历来在岱山产业中占有较大的比重, 全县三级以上渔港主要有 8 个, 其中衢渔港的容纳量最大, 具体渔港信息见表 1。由于以前的自动站建站布点较少, 部分数据无法获得, 因此主要从以下几个方面进行研究: 1、对 2012 年以前进入东海区域 ($25^{\circ} \sim 32^{\circ} \text{N}$, $120^{\circ} \sim 127^{\circ} \text{E}$) 的台风进行统计分析, 在资料整理的基础上进行台风登陆和北上路径的分类, 分析结果对影响岱山台风风雨、路径有个比较详细的了解; 2、对于 2012 年以后造成影响的台风, 则根据各个港口附近的自动站极大风通过回归分析等进行详细的统计。

表 1 岱山各主要渔港信息表

序号	渔港 (锚地) 名称	渔港等级	地理位置	港区气象自动站设站情况
1	高亭中心渔港	A	高亭镇	高亭渔港站
2	大衢渔港	B	衢山岛西部	衢山渔港站

3	长涂渔港	B	长涂镇	长涂渔港站、金海湾站
4	万良渔港	C	衢山镇田涂村	港区内未设自动站，港区外最近站点为文崇山站
5	南峰渔港	D	高亭镇南峰村	渔港附近设有高亭新城站
6	秀山渔港	D	秀山乡秀南村	秀山自动站
7	龙潭渔港	D	衢山镇龙潭村	泥螺山站（17年前衢山站）
8	涨网套渔港	D	衢山镇涨网套村	石子门站

渔港等级：国家中心渔港（A）；国家一级渔港（B）；二级渔港（C）；三级渔港（D）

2 抗风等级研究

2.1 模糊综合评价法

抗风能力的判别是一个比较模糊的概念，该项目之前也没有相关的研究和标准，各要素对其等级的界定难以量化^[1]。考虑使用模糊综合评价法^[2]，通过对有经验的渔民的调研以及对各渔港附近海域进行实地考察，收集他们对大风天气下在港口内外部的直观经验进行统计分析，根据模糊数学的隶属度原理将定性评价转化为定量评价，最后根据计算结果确定具体指数等级划分。

通过对各海区实地走访，了解各个港口的气象环境特点，了解各个港口的地理位置，以及起风时船员的实地感受，建立模糊综合评价模型，然后根据模型确立的各个要素。结果表明：渔港的抗风能力和地形、过程类型、风力大小等诸多要素相关，但最终直观的感受还是渔港内部的风浪情况。由于浪高与风力有很强的正相关性，与风力归为一类讨论。本文主要研究渔场内或附近的风力情况，并同每次过程全县区域内出现的最大极大风速进行对比，然后对结果进行统计，可得到各个渔港抗风能力的综合评价^[3]。

2.2 抗风等级模型建立

根据调研结果，把风力作为最主要的影响因子，同时参考实际服务需求，初步将抗风能力分为三个等级，确定评价集如下^[4]：

$$V = \{\text{一级}, \text{二级}, \text{三级}\}$$

其中，渔港附近极大风力 f 与辖区内出现极大风力 F 相差两级以上，且受过程风向影响较小的渔港，评定为一级； f 与 F 常相差两级以上，但受风向以及过程强度影响，有时偏差较大的，评定为二级； f 与 F 在特定天气形势或者风力条件下才相差两级左右，偏差值较大，评定为三级。

3 抗风等级研究

沿海风力一直是影响渔业船只出航最重要的因素，台风天气时由于系统深厚，风浪和涌浪都较强，渔港避风就显得尤为重要。

由于 13 年之前岱山部分渔港还未落地建成，且附近自动站距离较远，代表性较差，在这之前主要通过定性的方式，确定不同形式的台风对本地的影响；13 年后随着自动站布点的不断完善，将选取各大渔港周边比较有代表性的自动站，对 13 年到 18 年所有影响岱山的台风风力数据进行统计，并使用回归分析法，最终判定各渔港的抗风能力。

3.1 各类台风的影响分析

13 年之前各渔港附近自动站距离较远，代表性较差，更久远的如 00 年之前的数据就更少了。因此主要查阅台风年鉴以及有记录风力数据，对岱山整体受台风的影响做出定量的分析。根据 1950-2012 年进入东海区域的台风资料及每个台风对舟山 4 个县（区）影响的风雨情况。统计分析 1950-2012 年进入东海区域的且舟山造成一定影响的台风共有 106 个（过程极大风力 9 级及以上），其中严重影响的台风 45 个。

根据台风移动路径进入东海区域的台风分成登陆和北上影响两类，细分为下面 5 类：

- (1) D11 台风在 25-32°N 之间登陆后移向东北最后出海消亡的（14 个）。
- (2) D12 台风在 25-32°N 登陆后西行或北上在内陆消亡的。（20 个）
- (3) D13 台风在 32°N 以北登陆。（4 个）
- (4) HE 台风在 125°E 以东海上北上转向。（37 个）
- (5) HWN 台风在 125°E 以西海上北上转向。（31 个）

并且，严重影响舟山台风路径分布以 D11、HE、HWN 为主，共计 35 只，占严重影响台风总数的 78%，D12、D13 造成严重影响概率较小共 4 只，只占总数的 22%。具体如下：

1、华东登陆台风北上转向类（D11）：

这类台风在 25-29°N 登陆，北上转向出海的，过程降水量一般在 80-200mm，日降水量暴雨到大暴雨。风力 11-12 级，个别 12 级以上。如果个别台风在 30N 附近登陆，属正面袭击舟山台风，这就要看台风本身的强度，如是强台风，无论风雨强度都很大，风力 12 级以上。雨量 200mm 以上。9-10 月份，如遇有弱冷空气侵入，则雨量会更大。

2、台风近海北上转向类：

(1) 台风中心经过 28-31°N，126°E 以西近海北上（HWN），过程降水量一般 50-120mm，风力 10-12 级，如强台风，风力可达 12 级以上，个别由于冷空气侵入达 150-250mm，其他台风一般都在 50mm 以下。

(2) 台风中心在 125°E 以东海上转向（HE），台风中心经过 29-30°N，125-127°E 地区，台风中心风力若达 12 级以上，则过程降水量一般 50-100mm，日最大降水量为大到暴雨（20-85mm）。舟山沿海风力一般 8-10 级，个别 10-12 级。

由此可见，热大气旋多从东南面逐渐影响到西北面，过程风向多旋转变化，其中偏北大风较偏南大风影响频率更高，整体强度更大。

结合各大渔港地形（见图 1），初步认定：高亭中心渔港（A）、长涂渔港（C）三面环山，对大部分台风过程都有较好的防范能力；大衢渔港（B）、万良渔港（D）、南峰渔港（E）、秀山渔港（F）和龙潭渔（G）港被两面地形包围，抗风能力较好，但对不同台风过程的抵御能力有一定差别；涨网套渔港（H）地形较为开阔，抗风能力要根据数据再经行具体评估。

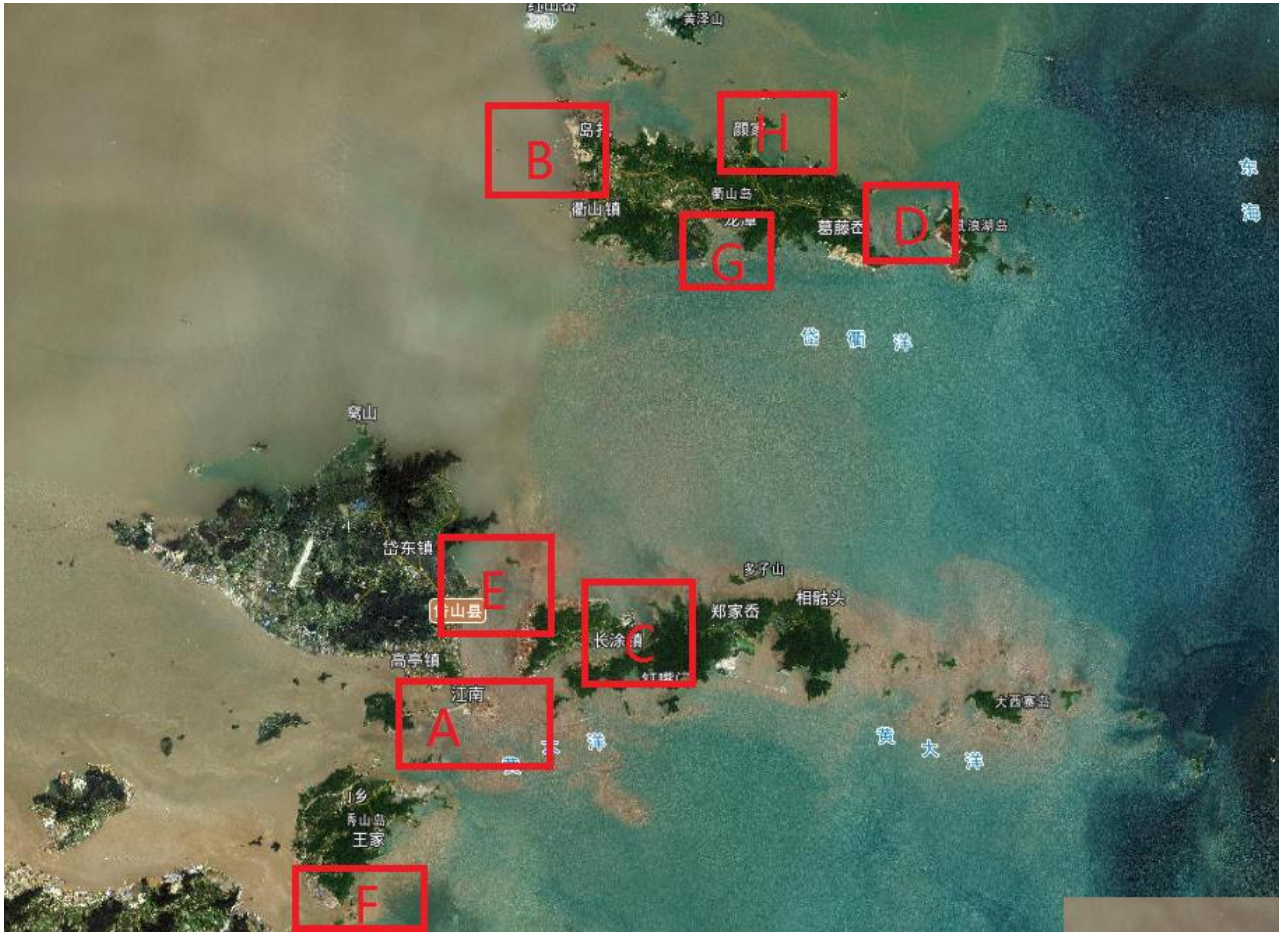


图 1 岱山各渔港位置：高亭中心渔港 (A)、大衢渔港 (B)、长涂渔港 (C)、万良渔港 (D)、南峰渔港 (E)、秀山渔港 (F)、龙潭渔港 (G) 和涨网套渔港 (H)

3.2 回归分析

回归分析是数学上常用的确定两种或两种以上变量间相互依赖的定量关系的一种统计分析方法^[5]，本文主要用以将本地受台风影响时过程最大风速订正出各渔港附近的极大风速。分别本地过程极大风速以此为自变量；将 8 个渔港附近的自动站极大风速，与本地过程极大风速的差值，作为因变量进行统计。根据数据的散点分布，通过分析对比，选取一元四次回归模型： $F(v) = av^4 + bv^3 + cv^2 + dv + e$ 作为拟合方程。

表 2 各渔港抗风能力拟合方程回归系数以及减风平均值 (m/s)

回归系数	高亭中心渔港	大衢渔港	长涂渔港	万良渔港	南峰渔港	秀山渔港	龙潭渔港	涨网套渔港
a	-0.069	-0.059	0.0024	0.0024	0.0471	-0.096	-0.05	-0.009
b	3.915	0.1895	-0.278	-0.2971	-2.9124	5.63	2.95	0.625
c	-111.46	-1.024	12.166	13.35	89.02	-163.95	-86.12	-20.87
d	1570.8	-48.36	-234.53	-262.09	-1344.5	2364.9	1243.2	338.13
e	-8768.7	626.26	1671.6	1891.6	8017	-13516	-7092.6	-2316.3
平均值	-6.18	-5.11	-6.5	-3.88	-3.63	-6.03	-3.68	-1.9

表 2 中的数值代表受台风影响过程中各渔港风力和本地区出现的最大实况风力的差值，差的绝对值越大，代表抗风能力越强。而回归系数则反应了两者的相关性，并为以后的渔港风力预报提供理论依据。

从表中可以看出，高亭中心渔港、长涂渔港、秀山渔港平减风平均绝对值较大，都超过了 6.0m/s，换

算成风力等级为减弱近 2 级；大衢渔港平减风平均绝对值在 5.0m/s 左右；万良渔港、南峰渔港、龙潭渔港平减风平均绝对值较小，在 3.0m/s 左右，换算成风力等级为减弱近 1 级；涨网套渔港减风平均绝对值最小，为 1.9m/s，考虑到附近自动站高度较高，风力可能存在偏大的情况，实际抗风能力要略好于表中反应的数值。

由于台风移动路径的不确定性较高，每次过程的影响程度不可能完全相同，所以回归分析得出的结果拟合程度一般^[6]，即便是同一个渔港在相似的几个台风影响时，抗风能力也出现了不同程度偏离。这主要是各渔港都有其独特的地形，而地形是渔港避风的关键因素；且台风影响时，移动路径和风向风速变化较快，在同一过程中，抗风能力随着台风移动而变化。地形因素以及台风的实时影响，是一个比较模糊的概念，目前也没有相关的研究和标准，具体数值的界定难以量化。所以本文直接用每个减风值和拟合数据之间的偏离值^[7]，结合调研得出的经验来反应各个渔港抗风能力的上下限，以此求出的数据来模拟两种较为极端的情况，即一种是地形较好地减弱了台风的影响，且台风移动较快，风向变化不大，渔港内的船只可一直安全避风；另一种是地形的开口处受到台风袭击，或者是台风影响时间较长，风向在旋转过程中出现严重影响渔港的情况。偏离值用标准差 D 来表示，其中 v 为渔港附近风速，参考值 F(v) 为曲

线拟合的数值^[8]。

表 3 各渔港风力差值拟合方程回归系数以及减风平均值 (m/s)

偏离度	高亭中心渔港	大衢渔港	长涂渔港	万良渔港	南峰渔港	秀山渔港	龙潭渔港	涨网套渔港
D(v)	2.774	2.895	2.682	3.724	3.168	3.217	3.066	1.716

由表 3 可以看出，涨网套渔港抗风能力变化最小，基本在 1 级风左右，说明地形并没有起到决定性的要素；其余各渔港受地形及台风本身各因素影响，偏离值在 2.7 到 3.7 之间浮动， $D(v) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v - F(v))^2}$ 上下限差值约为 5.2 到 7.2 之间，即面对不同台风时，抗风能力强弱会有 2-3 级风的区别。以高亭中心渔港为例，娜基莉 (1412) 和马勒卡

(1616) 影响时，沿海都最大出现 10 级大风，而马勒卡在近台湾北部转向西北方向前进，岱山沿海以偏北风为主，高亭中心渔港偏北方向被岱山岛完全掩护，抗北风能力较强，风力减弱 6.3m/s；娜基莉影响时，台风在 125.5° E 附近沿经线北上，岱山沿海偏南大风较大，而南面朝向小岛，抗南风能力较弱，风力减弱 2.3m/s，曲线拟合值 5.1m/s，两者相差 4m/s。

综上结合客观偏离值以及通过调研地形等要素经行综合评估，高亭中心渔港、长涂渔港的坑风等级最高，评定为一级，即港口内和外海极大风力相差在通常在 2-3 级，对大部分台风过程都有较好的防范能力；大衢渔港、万良渔港、南峰渔港、秀山渔港和龙潭渔港抗风能力评定为二级，这类港口内部和外海极大风力也相差 2 级左右，但是地形并不是三面环山，或海拔较低，对不同台风过程的抵御能力有一定差别，再实际决策时，相关渔船需要根据过程风力的大小和方向经行适当的转移；涨网套渔港抗风能力评定为三级，该渔港内和外海极大风力相差在 1-2 级，如果遇上较强的偏北大风时则几乎没有明显的减风量，所以其抗风能力有较大的局限性，对沿海偏南大风有较好的防范能力，而对偏北大风的抵御能力较弱，在受到长时间较大风力的台风过程影响时，不太适合大量渔船长时间泊港。

4 总结

(1) 本文建立了热带气旋影响时，岱山各渔港避风能力的研究方法和整体框架，确立了各主要的因子。

(2) 对各渔港附近的极大风力和沿海极大风力之间的差值经行了回归分析，同时引入偏离度来反应地形和热带气旋过程等综合因素的影响，为日后的风力预报及数值模式的建立提供一定的参考依据。

(3) 综上结合客观数据以及通过调研地形等要素经行综合评估，评定高亭中心渔港、长涂渔港的坑风等级为一级，这类港口对大部分台风过程都有较好的防范能力；评定大衢渔港、万良渔港、南峰渔港、秀

山渔港和龙潭渔港抗风能力为二级，这类港口对不同台风过程的抵御能力有一定差别，部分风向会产生较强的风浪；评定为涨网套渔港抗风能力三级，该渔港地形较开阔，其抗风能力有较大的局限性，对沿海偏南大风有较好的防范能力，而对偏北大风的抵御能力较弱，在受到长时间较大风力的台风过程影响时，不太适合大量渔船长时间泊港。本文研究结果对台风天渔船避风有较大的实际意义，为以后的决策服务提供了客观的依据。

参考文献

- 1 田光辉, 陈汇林, 许向春. 基于模糊综合判别的森林火险等级预报研究. 灾害学, 2013, 28(3): 117-122.
- 2 杨晓艳, 鲁红英. 基于模糊综合评判的城市环境空气质量评价, 2014, 24(5): 144-146.
- 3 马瑞青, 方汉杰等. 模糊综合评判方法在杭州西湖游湖指数预报中的应用, 2003, 24(4): 18-21.
- 4 杜钧, 邓国. 单一值预报向概率预报转变的价值: 谈谈概率预报的检验和应用[J]. 气象, 2010, 36(12): 10-18.
- 5 徐昕. 基于线性回归分析的杭州市空气质量指数研究[J]. 中国新通信, 2019, 21(01): 239-241.
- 6 金冬梅, 荣楠. 基于回归分析的长春市需水量预测研究[J]. 东北水利水电, 2018, 36(10): 19-21.
- 7 王海科. 科技论文中平均差、标准差、标准误和误差线的正确使用[J]. 和田师范专科学校学报, 2013, 32(02): 118-121.
- 8 陈松林, 王天星. 等间距法和均值标准差法界定城市热岛的对比研究[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(02): 145-150.

作者简介: 柴乾明 596140144@qq.com 0580-4473118 浙江省舟山市岱山县高亭镇清泰路 161 号