

doi: 10.3969/j.issn.1003-2029.2026.01.006

基于一年逐时潮位的湄洲湾海域潮汐特征与设计水位分析

皇甫凯龙^{1,2}

(1. 华北水利水电大学, 河南 郑州 450045; 2. 福建省港航勘察设计院有限公司, 福建 福州 350002)

摘要: 基于2023年9月至2024年9月湄洲湾海域4个站位同步逐时观测资料, 采用最小二乘原理的潮汐调和分析法与累积频率法, 分析了湄洲湾潮汐特征、变化规律及设计水位特征。结果表明: 湄洲湾近岸海域的潮汐类型为正规半日潮, 各站中 M_2 分潮振幅最为显著, 平均振幅为234.0 cm, 其中, 黄干岛站 M_2 分潮振幅最小, 为227.9 cm, 秀屿站 M_2 分潮振幅最大, 为241.5 cm; M_2 分潮振幅从湄洲湾湾口海域到湾内海域不断增加。 S_2 分潮振幅和迟角明显小于 M_2 分潮振幅、迟角, 且 S_2 分潮振幅和迟角从湄洲湾湾口海域到湾内海域不断增加。湄洲湾海域平均潮差和最大可能潮差最大值均出现在秀屿站, 分别为502 cm和903 cm; 平均潮差和最大可能潮差最小值出现在黄干岛站, 分别为474 cm和857 cm。湄洲湾海域潮高日不等现象不明显; 落潮历时略大于涨潮历时, 且涨、落潮历时相差不超过30 min。秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站乘潮1 h累积频率为90%时, 对应水位分别为578 cm、573 cm、569 cm和536 cm; 湄洲湾湾口海域到湾内海域不同频率乘潮水位值不断增大。秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站设计高水位分别为729 cm、722 cm、711 cm和678 cm, 湄洲湾海域设计高水位从湾内海域到湾口海域不断降低, 且降低幅度逐渐增大; 设计低水位分别为77 cm、83 cm、89 cm、61 cm, 湄洲湾海域设计低水位从湾内海域到湾中海域不断增加, 从湾中海域到湾口海域逐渐降低。

关键词: 湄洲湾; 潮汐; 调和分析; 累积频率; 设计水位

中图分类号: P72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-2029 (2026) 01-0050-07

潮汐现象^[1], 亦称为潮汐运动, 是指在天体(尤其是月球与太阳)的引潮力作用下, 海水所表现出的周期性动态变化。其中, 海水在水平方向上的流动定义为潮流, 而在垂直方向上的升降变化被称为潮汐。潮波运动构成了海洋动力学的基本运动模式之一, 同时潮汐与潮流则是潮波运动中的核心组成部分。潮汐运动和人类生产活动密切相关。桥梁建设、海洋资源勘探与开发、海岸带修复及码头航道工程设计与维护等涉海领域的工程作业, 均需依赖于精确的潮位资料, 同时, 船舶运输及靠离泊安全作业也受潮汐水位变化影响^[2]。此外, 潮汐运动对温度、污染物、泥沙、盐度、悬浮物、溢油等环境

要素的输运与扩散规律具有较大影响^[3-5]。沿海航道设计通航水位标准是确保船舶安全航行的最低水深要求。若将该标准设定过高, 会导致船舶在等待适宜潮汐时增加等待时间, 进而引发码头船舶拥堵现象, 对码头的作业效率、通过能力及船舶通航安全等产生负面影响; 反之, 若标准设定过低, 需增加航道疏浚和炸礁(或凿岩)工程量, 导致建设资源过度消耗和浪费^[6]。因此, 开展潮汐、航道设计通航水位研究在提高经济、保障安全、保护环境与改善民生等方面具有重要意义, 掌握潮汐、航道设计通航水位规律是开展桥梁建设、海洋资源勘探与开发、海岸带修复及码头航道设计与维护等工程建设

收稿日期: 2025-07-02

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2019J05029)

作者简介: 皇甫凯龙(1991—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事物理海洋及近海工程研究。E-mail: 8642988998@qq.com

的必要条件。

湄洲湾^[7]位于我国东南沿海中部，与台湾省隔海相望。东北与平海湾相邻，西南与泉州湾相接；湾内东、西、北三面被陆地环抱，湾口有湄洲岛为屏障，是福建沿海天然优良港湾之一。相比于福建其他近海海域，如厦门湾^[8]、诏安湾^[9]、东山湾^[10]、三都澳港区^[11]等，湄洲湾海域研究成果较少，针对湄洲湾海域数值模拟^[12-15]成果较多，而基于实测资料研究较少。但近十几年来，随着湄洲湾沿岸经济的发展、海岸带开发、港口航道工程建设，湄洲湾海域的岸线和地形等均有了较大的变化，因此，需对湄洲湾海域潮汐开展进一步研究。基于2023年9月至2024年9月的多站点同步潮位观测资料，对湄洲湾海域潮汐特征与航道设计通航水位进行分析，这对湄洲湾海域海岸工程、港口航道工程、海域使用、水产养殖及海洋生态环境保护等具有重要

的科学价值和现实意义。

1 数据来源

湄洲湾海域多站点（湾口至湾内）同步长周期逐时潮位观测资料是水位分析和潮汐调和参数计算的主要依据。为计算分析湄洲湾海域潮汐特性、乘潮水位和设计高低水位，2023年9月至2024年9月在湄洲湾近海海域布设了4个潮位同步观测站，分别为黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站。其中，黄干岛站位于湄洲湾湾口海域，东吴站和国投站位于湄洲湾湾中海域，秀屿站位于湄洲湾湾内海域，观测频率为10 min记录一次数据，高程基准采用1985国家高程基准，具体站位及数据信息参见图1和表1。

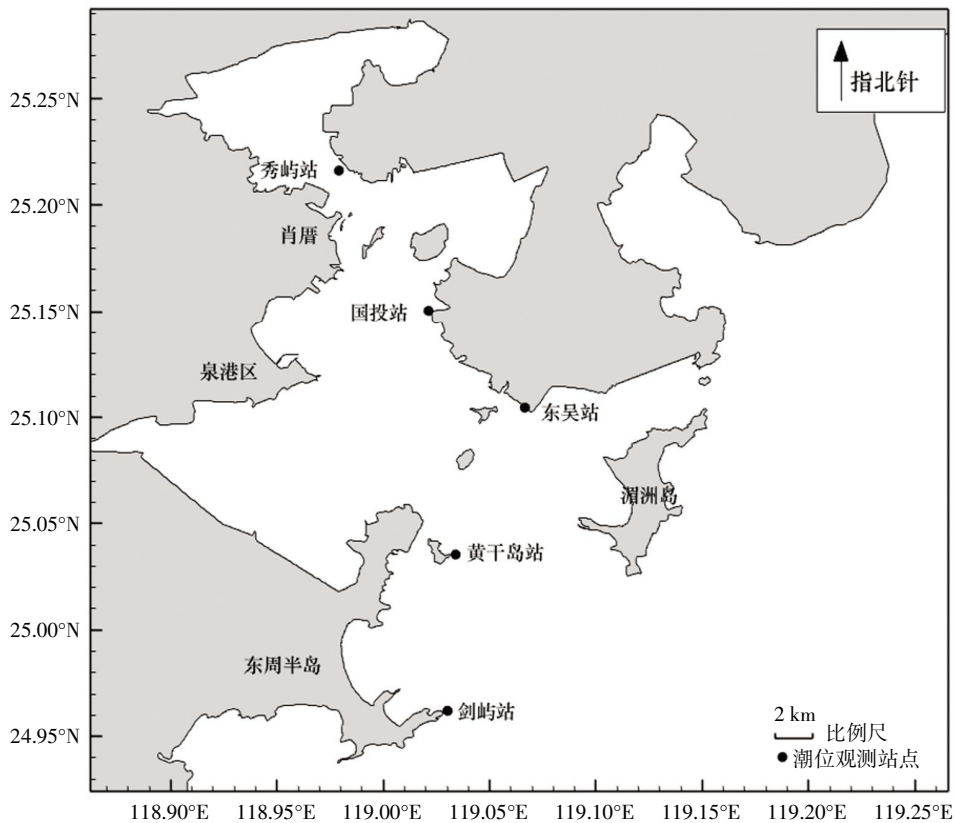


图1 观测站位位置分布

表1 观测站信息

序号	站位	经度	纬度	数据时间
1	黄干岛站	119.03°E	25.04°N	2023-09-01—2024-09-01
2	东吴站	119.07°E	25.10°N	2023-09-01—2024-09-01
3	国投站	119.02°E	25.15°N	2023-09-01—2024-09-01
4	秀屿站	118.97°E	25.22°N	2023-09-01—2024-09-01

2 分析方法

2.1 潮汐特征分析方法

针对湄洲湾海域潮汐长周期数据分析处理中，

调和分析法占据主导地位。基于平衡潮理论,实际水位可视为由天体运动所引发的多个特定频率振动的叠加效应。因此,任一时刻的实际水位如式(1)所示。

$$h(t) = S_0 + \sum_{i=1}^J H_j \cos(\sigma_j t + \varphi_j + r(t)) \quad (1)$$

式中, $h(t)$ 为任一时刻的实际水位, 代表了实际海洋对特定频率天体引潮力的响应特性; S_0 为平均海平面; σ_j 为分潮运动角速率; H_j 和 φ_j 分别为分潮振幅和相位; $r(t)$ 为余差项, 涵盖了由风、气压等气象环境因素引起的非周期性扰动、观测过程中产生的误差、数据处理环节的失误及截断误差等, 鉴于噪声的不确定性, 在后续分析中予以忽略。

2.2 航水位分析方法

根据相关规范^[6], 航道设计通航水位的确定应综合考量不同设计船型对通航保证率的需求、港口所在海域的潮汐特性及疏浚、炸礁(或凿岩)工程量等要素。一般情况下, 设计低水位或乘潮累积频率超过 90% 的乘潮水位可作为参考依据。对单一潮位站的乘潮水位, 应依据规范^[7]的相关规定进行统计分析, 建议选取每潮次船舶乘潮进出港持续时间对应的 90%~95% 累积频率水位。

依据 2023 年 9 月至 2024 年 9 月在湄洲湾近海

海域布设的 4 个潮位同步观测逐时资料, 提取出 1 年的全部潮的高潮、低潮数据, 然后计算高、低潮不同乘潮时段、不同保证率的乘潮水位, 同时采用高潮位累积频率 10% 的潮位作为设计高水位, 采用低潮位累积频率 90% 的潮位作为设计低水位。

3 潮汐特征分析

3.1 潮汐调和分析

针对湄洲湾近海海域潮汐数据处理, 依据黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等各潮位站连续一年的逐时观测资料, 运用最小二乘法进行潮汐调和分析, 以求解黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等各临时潮位站的各个分潮调和常数。鉴于不同分潮对实际潮汐运动的贡献程度存在差异, 依据其贡献率对分潮进行优化处理, 剔除振幅较小的分潮, 即对实际潮汐运动贡献程度不大, 然后确定黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等各测站的最优分潮序列。基于优化后的分潮序列, 进一步计算出黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等各测站的最终调和常数, 主要分析黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等各潮位站主要分潮的调和常数, 参见表 2。

表 2 观测站潮汐调和常数

站位	要素	O_1	K_1	M_2	P_1	Q_1	N_2	K_2	S_2	M_4
黄干岛	振幅/cm	26.4	32.5	227.9	10.1	5.4	40.0	19.3	69.2	2.7
	迟角/°	239.2	280.5	354.8	277.7	216.2	326.2	40.2	44.5	316.1
东吴	振幅/cm	26.5	32.5	230.1	10.1	5.4	40.5	19.6	69.9	2.6
	迟角/°	239.3	280.7	354.7	278.3	216.2	329.0	40.4	44.6	296.8
国投	振幅/cm	26.5	32.7	236.3	10.3	5.5	41.6	20.4	71.9	3.1
	迟角/°	239.9	281.3	355.8	279.0	216.9	330.1	41.3	46.1	316.9
秀屿	振幅/cm	26.5	32.7	241.5	10.3	5.5	42.5	20.8	73.8	3.5
	迟角/°	241.0	282.5	357.8	280.5	218.1	332.6	44.2	48.6	334.8

3.2 潮汐类型

以全日分潮和半日分潮的振幅比为量化指标, 我国采用的计算公式如下。

$$F = (H_{K_1} + H_{O_1}) / H_{M_2} \quad (2)$$

式中, H 为分潮振幅, F 为振幅比。我国潮汐类型判断标准为: $0 < F \leq 0.5$ 为正规半日潮; $0.5 < F \leq 2.0$ 为不正规半日潮; $2.0 < F \leq 4.0$ 为不正规全日潮; $F > 4.0$ 为正规全日潮。

依据式(2)计算湄洲湾近海海域黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等 4 个站位的 F 值分别为 0.259、0.256、0.251 和 0.245, 详见表 3。由计算结果分析可知, 湄洲湾近岸海域的潮汐类型为正规半日潮, 全日分潮的振幅相对较小, 而半日分潮的振幅较大, 说明外海半日潮波传至湄洲湾海域较为顺畅; 各站中 M_2 分潮的振幅最为显著, 平均振幅为 234.0 cm, 黄干岛站振幅最小, 为 227.9 cm, 秀屿

站振幅最大，为 241.5 cm； M_2 分潮振幅从湄洲湾湾口海域到湾内海域不断增加。 S_2 分潮振幅、迟角明显小于 M_2 分潮振幅、迟角，说明 S_2 分潮传播速度小于 M_2 分潮，同时 S_2 分潮振幅、迟角从湄洲湾湾口海域到湾内海域不断增加。潮汐类型均以 M_2 分潮为主导的半日潮潮型；同时湄洲湾海域从湾口海域到湾内海域潮型系数不断降低，说明潮汐能量在传播过程中逐渐衰减，地形对潮汐波的传播产生了影响。全日分潮以 K_1 分潮为主， O_1 分潮振幅、迟角均小于 K_1 分潮振幅、迟角， O_1 分潮、 K_1 分潮振幅、迟角从湄洲湾湾口海域到湾内海域不断增加。

3.3 平均潮差和最大可能潮差

依据湄洲湾海域 2023 年 9 月至 2024 年 9 月期间实测的逐时水位数据，计算出黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等 4 个站位的潮汐调和常数，为工程水位分析提供关键技术参数，包括平均潮差、最大可能潮差、平均大潮差及平均小潮差等。平均潮差 H_1 、最大可能潮差 H_2 、平均大潮差 S_g 及平均小潮差 N_P ^[18] 计算如下。

$$H_1 = 2.02H_{M_2} + \frac{0.58H_{S_2}^2}{H_{M_2}} + \frac{0.88(H_{K_1} + H_{O_1})}{H_{M_2}} \quad (3)$$

$$H_2 = 2(1.29H_{S_2} + 1.23H_{M_2} + H_{K_1} + H_{O_1}) \quad (4)$$

$$S_g = 2.014(H_{M_2} + H_{S_2}) + 0.05(H_{K_1} + H_{O_1})^2/H_{M_2} \quad (5)$$

$$N_P = 2.114(H_{S_2} - H_{M_2}) + 0.148(H_{K_1} + H_{O_1})^2/H_{M_2} \quad (6)$$

计算结果详见表 3，分析可知，平均潮差和最大可能潮差的最大值均出现在秀屿站，分别为 502 cm 和 903 cm；平均潮差和最大可能潮差的最小值出现在黄干岛站，分别为 474 cm 和 857 cm。受地理形态、潮流动力及地形水深变化等影响，平均潮差、最大可能潮差变化趋势几乎一致，从湄洲湾湾口海域到湾内海域均不断增大，这可能是由于能量越大，湄洲湾海域地形的束狭导致的能量汇聚越多，造成大潮时高潮更高，平均大潮差更大。平均大、小潮差的最大值均出现在秀屿站，分别为 636 cm 和 357 cm；平均大、小潮差的最小值出现在黄干岛站，分别为 599 cm 和 338 cm。平均大潮差约为平均潮差的 1.27 倍，平均小潮差约为平均潮差的 0.71 倍，平均大潮差的变化较平均潮差、平均小潮差的变化更为显著。

3.4 潮汐的日潮不等

潮汐运动日潮不等现象包含涨、落潮历时日不等和潮高日不等。潮高日不等现象与月球赤纬度变化有关，当 H_{S_2}/H_{M_2} 的值超过 0.40，则潮高日不等现象表现显著。涨落潮持续时间日不等现象主要由浅水分潮效应引起，根据 H_{M_1}/H_{M_2} 判断，比值越大则时间差值亦相应增大，比值为 0.04 时，涨落潮历时相差 30 min。至于涨落潮持续时间长短，可通过分潮迟角差 $2g_{M_2} - g_{M_1}$ 来判定，当分潮迟角差为 90° 时，落潮时间长于涨潮时间；当分潮迟角差为 270° 时，则涨潮时间较长。

计算结果见表 3，分析可知，黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等 4 个站的 H_{S_2}/H_{M_2} 比值均小于 0.40，表明湄洲湾海域潮高日不等现象不明显；黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等 4 个站位 H_{M_1}/H_{M_2} 比值为 0.01，表明涨落潮历时相差并不大，不超过 30 min；黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等 4 个站位 $2g_{M_2} - g_{M_1}$ 介于 $20^\circ \sim 50^\circ$ 之间，表明湄洲湾海域从湾口海域到湾内海域落潮历时长于涨潮历时。

表 3 潮汐特征统计结果

潮汐特征	黄干岛站	东吴站	国投站	秀屿站
振幅比	0.259	0.256	0.251	0.245
平均潮差/cm	474	478	491	502
平均大潮差/cm	599	605	622	636
平均小潮差/cm	338	341	350	357
最大潮差/cm	857	864	885	903
H_{S_2}/H_{M_2}	0.3	0.3	0.3	0.31
H_{M_1}/H_{M_2}	0.01	0.01	0.01	0.01
$2g_{M_2}/g_{M_1}$	33.5	52.7	34.6	20.8

4 工程乘潮水位分析

表 4 为乘潮水位特征统计结果，分析可知，秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站乘潮 1 h 累积频率为 90% 时对应的水位分别为 578 cm、573 cm、569 cm 和 536 cm；乘潮 1 h 累积频率为 10% 时对应的水位分别为 713 cm、706 cm、696 cm 和 663 cm；从湄洲湾湾口海域至湾内海域不同频率乘潮水位值逐渐增大，但增幅趋势减弱。因此，建议湄洲湾海

域航道采用分段乘潮方式,当不同航段乘潮历时、乘潮保证率相同时,湾内海域乘潮水位高于湾口海域乘潮水位;当不同航段乘潮水位相同时,湾内海域乘潮历时、乘潮保证率均高于湾口海域乘潮历时、乘潮保证率;因此当开展湄洲湾航道设计、维护时,应采取适宜的乘潮水位、乘潮历时来设计湄洲湾海域航道尺度,可保证在满足设计船型安全通航需求的前提下,减少航道疏浚、炸礁(或凿岩)工程量,以节约工程投资。此举旨在平衡船舶候潮损失、泊位闲置损失与航道疏浚炸礁工程量,可提升湄洲湾海域码头服务水平,为该海域港口航道设计与维护尺度的确定提供科学数据。

表5为湄洲湾海域不同站位设计水位特征统计结果,分析可知,秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站设计高水位分别为729 cm、722 cm、711 cm和678 cm,湄洲湾海域设计高水位从湾内海域到湾口海域不断降低,且降低趋势逐渐增大,可能因为湄洲湾海域地形的束狭导致的能量汇聚越多;秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站设计低水位分别为77 cm、83 cm、89 cm和61 cm,湄洲湾海域设计低水位可能受地形、湾内流态、岸线等影响,从湾内海域到湾中海域不断增加,从湾中海域到湾口海域降低,这可为湄洲湾海域不同区域码头、沙滩修复、海岸带工程等项目设计提供科学参数,进一步平衡工程投资与安全运行。

表4 乘潮水位特征统计结果

水位参数	黄干岛站		东吴站		国投站		秀屿站	
累积频率/%	10	90	10	90	10	90	10	90
乘潮 1 h/cm	663	536	696	569	706	573	713	578
乘潮 2 h/cm	633	519	667	552	673	557	679	559
乘潮 3 h/cm	587	495	619	526	625	531	627	532
乘潮 4 h/cm	529	461	561	492	565	495	565	495
乘潮 5 h/cm	469	420	500	451	502	452	501	452
乘潮 6 h/cm	413	367	444	400	443	401	441	398
乘潮 7 h/cm	363	307	393	340	390	339	388	335
乘潮 8 h/cm	319	247	349	280	348	276	344	272

表5 设计水位特征统计结果

设计水位	黄干岛站	东吴站	国投站	秀屿站
设计高水位	678	711	722	729
设计低水位	61	89	83	77

5 结论

基于2023年9月至2024年9月湄洲湾海域黄干岛站、东吴站、国投站和秀屿站等4个站位同步观测逐时潮位资料进行了潮汐调和、乘潮水位和设计水位计算分析,主要结论如下。

(1) 湄洲湾近岸海域的潮汐类型为正规半日潮,全日分潮的振幅相对较小,而半日分潮的振幅较大,说明外海半日潮波传入湄洲湾海域较为顺畅。

(2) 湄洲湾海域各站中 M_2 分潮的振幅最为显著,振幅从湄洲湾湾口海域到湾内海域逐渐增加;湄洲湾海域全日分潮以 K_1 分潮为主, O_1 分潮振幅、迟角均小于 K_1 分潮振幅、迟角, O_1 分潮、 K_1 分潮振幅、迟角从湄洲湾湾口海域到湾内海域呈增加趋势。

(3) 湄洲湾海域平均潮差和最大可能潮差的最大值均出现在秀屿站,平均潮差和最大可能潮差的最小值出现在黄干岛站,受地理形态、潮流动力及地形水深变化等影响,平均潮差、最大可能潮差变化趋势几乎一致,从湄洲湾湾口海域到湾内海域均不断增大,这可能是由于能量越大,湄洲湾海域地形的束狭导致的能量汇聚越多,使得大潮时高潮更高,平均大潮差更大。

(4) 湄洲湾海域潮高日不等现象不明显,落潮历时长于涨潮历时,且两者相差不超过30 min;秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站乘潮1 h累积频率为90%时对应的水位分别为578 cm、573 cm、569 cm和536 cm;乘潮1 h累积频率为10%时对应的水位分别为713 cm、706 cm、696 cm和663 cm;从湄洲湾湾口至湾内不同频率乘潮水位值呈增大趋势,但增幅逐渐减弱。

(5) 湄洲湾海域航道采用分段乘潮方式:当不同航段乘潮历时、乘潮保证率相同时,湾内海域乘潮水位高于湾口海域乘潮水位;当不同航段乘潮水位相同时,湾内海域乘潮历时、乘潮保证率均高于湾口海域乘潮历时、乘潮保证率;湄洲湾海域秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站设计高水位分别为729 cm、722 cm、711 cm和678 cm,湄洲湾海域设

计高水位从湾内海域到湾口海域不断降低，且降低趋势逐渐增大，可能因为湄洲湾海域地形的束狭导致的能量汇聚越多；秀屿站、国投站、东吴站和黄干岛站设计低水位分别为 77 cm、83 cm、89 cm 和 61 cm，湄洲湾海域设计低水位从湾内海域到湾中海域逐渐增加，从湾中海域到湾口海域则逐渐

降低。

综上，本文依据观测点位资料分析了湄洲湾海域潮汐特征和设计水位，未考虑湄洲湾海域全局特征，未来将建立高分辨率、高精度三维潮汐潮流数值模型，研究复杂水动力特征及海平面上升对设计水位的影响。

参考文献：

- [1] 石景元, 路川藤. 潮汐调和与分析与应用研究[J]. 海洋技术学报, 2019, 38(6): 46-50.
- [2] 李少朗, 崔力维, 马欣. 北部湾海域潮汐特征研究[J]. 海洋湖沼通报, 2020, 2: 72-77.
- [3] 黄宏, 李大鹏, 张岩, 等. 海州湾海洋牧场人工鱼礁投放对营养盐的影响[J]. 环境科学学报, 2017, 37(8): 2854-2861.
- [4] BONALDO D, BENETAZZO A, BERGAMASCO A, et al. Sediment transport modifications induced by submerged artificial reef systems: A case study for the Gulf of Venice[J]. Oceanological and Hydrobiological Studies, 2014, 43(1): 7-20.
- [5] 丁芮, 陈学恩, 曲念东. 珠江口及邻近海域潮汐环流数值模拟 II: 河口水交换和物质输运分析[J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2016, 46(7): 1-10.
- [6] 张金中, 杨松珊. 黄骅港 20 万 t 级航道设计水位分析[J]. 港工技术, 2016, 53(3): 14-16.
- [7] 王璐, 熊乐航, 郝彩莲, 等. 疏浚工程对湄洲湾东吴港区水环境影响的数值模拟[J]. 海洋湖沼通报, 2021, 43(3): 17-24.
- [8] 孟江山, 路川藤, 罗小峰, 等. 基于 GPU 并行的厦门附近海域潮波传播数值模拟研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2021, 19(4): 424-433.
- [9] 束芳芳. 福建诏安湾海域表层沉积物粒度特征及输运趋势分析[J]. 应用海洋学学报, 2022, 41(1): 120-129.
- [10] 李振云, 熊伟, 刘杰. 漳州东山湾附近海域潮汐特性分析[J]. 水道港口, 2021, 42(3): 334-338.
- [11] 周玲, 陈秀玲, 李越, 等. 福建三都澳近岸表层沉积物稀土元素组成与物源判别[J]. 应用海洋学学报, 2025, 44(2): 320-331.
- [12] 陈橙, 林宏坤, 危闽坚, 等. 台风天气下湄洲湾海域溢油扩散数值模拟分析[J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2025, 64(3): 461-471.
- [13] 王璐, 熊乐航, 张远, 等. LNG 接收站冷排水的温降及余氯对水环境影响的数值模拟: 以湄洲湾东吴港区为例[J]. 环境工程技术学报, 2021, 11(5): 962-969.
- [14] 廖振华, 刘青明. 湄洲湾海域波浪数值模拟研究[J]. 中国水运 (下半月), 2014, 14(18): 125-126.
- [15] 吴建廉. 平面二维潮流数学模型在石门澳路堤工程中的应用[J]. 水利科技与经济, 2009, 15(12): 1088-1090.
- [16] 中华人民共和国交通运输部. 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014: 5.
- [17] 中华人民共和国交通运输部. 港口与航道水文规范: JTS145—2015[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016: 1.
- [18] 方国洪, 郑文振, 陈宗镛, 等. 潮汐和潮流的分析和预报[M]. 北京: 海洋出版社, 1986.

Analysis of Tidal Characteristics and Design Water Levels in Meizhou Bay Based on One-Year of Hourly Tidal Data

HUANGFU Kailong^{1,2}

(1. North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China; 2. Fujian Provincial Port and Waterway Survey and Design Institute Co., Ltd., Fuzhou 350002, China)

Abstract: Based on the synchronous hourly observational data from four stations within the Meizhou Bay region spanning from September 2023 to September 2024, the tidal harmonic analysis approach founded on the least-squares principle and the cumulative frequency method were employed to conduct an analysis of the fundamental characteristics, variation patterns, and navigable water-level features of the tides in Meizhou Bay. The findings indicate that the tidal regime in the coastal region of Meizhou Bay is characterized by a regular semi-diurnal pattern. Among the monitoring stations, the M_2 tidal constituent amplitude is the most pronounced, with an mean amplitude of 234.0 cm. Notably, the amplitude at Huanggan Island Station is the least, measuring 227.9 cm, whereas the amplitude at Xiuyu Station is the largest, reaching 241.5 cm. The amplitude of M_2 tidal constituent amplitude increases from the bay entrance towards the interior of Meizhou Bay. Furthermore, the amplitude and phase lag of the S_2 tidal constituent are considerably less than those of the M_2 tidal constituent, and they similarly escalate from the bay entrance to the interior of Meizhou Bay. The maximum average tidal range and the maximum potential tidal range are both observed at Xiuyu Station, measuring 502 cm and 903 cm respectively. The minimum average tidal range and the maximum potential tidal range are recorded at Huanggan Island Station, with values of 474 cm and 857 cm respectively. The diurnal inequality of tidal height in the Meizhou Bay is not pronounced. The duration of the ebb tide is marginally longer than that of the flood tide, and the disparity between the two does not exceed 30 minutes. The water levels corresponding to a 90% cumulative frequency for 1-hour tidal rise at Xiuyu Station, Guotou Station, Dongwu Station, and Huanggan Island Station are 578 cm, 573 cm, 569 cm, and 536 cm respectively. The water levels corresponding to different frequencies of tidal rise exhibit an increasing trend from the bay entrance towards the inner region of the Meizhou Bay. The designed high water levels at Xiuyu Station, Guotou Station, Dongwu Station, and Huanggan Island Station are 729 cm, 722 cm, 711 cm, and 678 cm respectively. The designed high water-level in the Meizhou Bay decreases from the inner part to the bay mouth, and the decreasing trend gradually increases, possibly due to the convergence of tidal energy caused by the narrowing of the bay's topography. The designed low-water levels at Xiuyu Station, Guotou Station, Dongwu Station, and Huanggan Island Station are 77 cm, 83 cm, 89 cm, and 61 cm respectively. In the Meizhou Bay, the designed low-water level increases from the inner part to the middle part of the bay and decreases from the middle part to the bay entrance.

Keywords: Meizhou Bay; tide; harmonic analysis; cumulative frequency; design water level