



## 近岸工程设计水位近似计算方法\*

乔光全, 王 烽, 徐润刚

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

**摘要:** 设计水位是近岸水运工程中重要的水文参数, 在项目早期阶段基础资料不足时, 可以采用平均潮差等特征潮位估算设计水位。收集潮汐表中我国沿岸具有代表性的 95 个站点的水位数据, 计算这些站点的设计高/低水位和特征潮位, 分析设计水位和特征潮位的线性相关关系, 探讨利用平均潮差、平均大潮高潮位或回归潮平均高高潮位估算工程设计水位的方法。对计算结果进行误差分析, 并与规范中已有的公式进行对比, 给出推荐公式。结果表明, 与规范公式相比, 推荐的设计高水位公式计算结果的平均误差减小 5~29 cm, 标准差缩小 0~14 cm; 设计低水位公式计算结果的平均误差减小 12~20 cm, 标准差缩小 2~8 cm。推荐公式的计算误差和标准差更小, 精度和稳定性优于规范公式, 可以作为项目早期估算设计水位的依据。

**关键词:** 设计水位; 平均潮差; 平均大潮高潮位; 平均高高潮位; 线性拟合

**中图分类号:** U612; U652

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2025)09-0030-08

### Estimation method of design water levels for nearshore engineering

QIAO Guangquan, WANG Feng, XU Rungang

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

**Abstract:** Design water levels are important hydrological parameters in nearshore port and waterway engineering. They can be estimated from the characteristic tidal levels such as mean tidal range if there are insufficient basic data in the early stage of the project. Water levels of 95 representative tide stations along the coast of China from Tide Tables are collected, and the design high/low water level and the characteristic tidal levels are calculated to analyze the linear fitting correlation of them. The method of estimating design water levels by mean tidal range, mean high water spring or mean high high water of regression tide are explored. Errors of the formulas are compared with the existing ones in the codes, and recommended formulas are provided. The results show that compared to the standard formula, the recommended design high water level formula can reduce the absolute mean error by 5~29 cm and the standard deviation by 0~14 cm, while the design low water level formula can reduce the absolute mean error by 12~20 cm and standard deviation by 2~8 cm. The recommended formula have smaller value error and standard deviation, better accuracy and stability than the ones in the codes do, and can be used as a basis for estimating the design water levels in the early stage of the project.

**Keywords:** design water level; mean tidal range; mean high water spring; mean high high water; linear fitting

近岸工程中, 设计水位 (design water level, DWL) 是非常重要的水文参数, 是计算码头、防波堤等构筑物顶高程和航道、锚地等底高程的主要

依据。在我国海港工程中, 设计高水位 (design high water level, DHWL) 和设计低水位 (design low water level, DLWL) 通常以逐时潮位累积频率或高

收稿日期: 2024-12-16

\*基金项目: 中交集团青年创新项目 (RP 2024044272)

作者简介: 乔光全 (1986—), 男, 博士, 正高级工程师, 从事港口航道设计及咨询工作。

低潮累积频率推算; 在海洋学<sup>[1]</sup>中, 多年平均大潮高潮位 (mean high water spring, MHWS) 是海陆分界线; 在沿海导助航设计<sup>[2]</sup>中, 以 MHWS 作为导助航设计的高程起算基面。在国外港口工程中, 一般以某一特征潮位作为 DHWL/DLWL<sup>[3-4]</sup>, 这个特征潮位通常选择 MHWS<sup>[5]</sup>或平均高高潮位<sup>[6]</sup> (mean high high water, MHHW)。因此, 在海港设计中 DWL、MHWS 等特征水位的重要性不言而喻。

海港工程中, DHWL 和 DLWL 的推算需要以逐时潮位或高低潮数据作为基础, 在项目早期阶段, 经常遇到不具备详细基础数据的情况。针对这种情况, JTS 145—2015 (2022 版)《港口与航道水文规范》<sup>[7]</sup> (以下简称《规范》) 附录 G 中还给出了 DWL 与平均潮差 (mean tidal range, MTR) 或平均大潮升等数据的相关关系。追溯上述公式, 在废止的 JTJ 213—1998《海港水文规范》<sup>[8]</sup> 就已存在, 考虑到早些年的数据分析和处理以手算为主, 公式中的相关参数的准确性和公式的适应范围有进一步复核的必要。近年来, 也有部分学者<sup>[9]</sup>探讨了特征潮位与设计水位之间的关系, 但范围比较局限。

潮汐表或海图中会给出潮位站点的潮差、大潮升或回归潮高高潮位等特征潮位数据, 这些可以作为已知数据。本文通过收集我国沿岸潮汐表多站数据, 探讨利用特征潮位估算工程 DWL 的方法, 给出估算公式和计算误差, 并与《规范》中已有的公式进行对比分析。本文给出的推荐公式可作为近岸水运项目前期设计水位推算的依据, 也可为海滩修复、浮标设计等类似项目高程基面的确定提供参考。

1 数据与方法

分析所采用的数据选自 2024 年潮汐表<sup>[10]</sup>中我国沿岸 95 个主港的潮位数据, 包括正规半日潮 40 个 (其中 20 个的浅水系数不大于 0.05、20 个大于 0.05), 不正规半日潮 20 个, 不正规全日潮 17 个, 正规全日潮 18 个。站点选取兼顾潮型、潮差、浅

水系数和地理位置等, 代表性良好, 各站点信息见表 1。

表 1 各站点信息  
Tab. 1 Information of each station

| 序号 | 站点   | 潮差/cm | 潮汐类型             |
|----|------|-------|------------------|
| 1  | 丹东新港 | 450   | 正规半日潮, 浅水分潮影响不明显 |
| 2  | 小长山岛 | 281   |                  |
| 3  | 大连   | 207   |                  |
| 4  | 砣矶岛  | 110   |                  |
| 5  | 烟台   | 172   |                  |
| 6  | 乳山口  | 228   |                  |
| 7  | 石臼所  | 309   |                  |
| 8  | 吕四   | 367   |                  |
| 9  | 嵎山   | 225   |                  |
| 10 | 澈浦   | 609   |                  |
| 11 | 石浦   | 298   |                  |
| 12 | 海门港  | 376   |                  |
| 13 | 黄大岙  | 400   |                  |
| 14 | 南麂山  | 363   |                  |
| 15 | 三沙   | 413   |                  |
| 16 | 闽江口  | 401   |                  |
| 17 | 福清湾  | 461   |                  |
| 18 | 三江口  | 496   |                  |
| 19 | 泉州   | 402   |                  |
| 20 | 厦门   | 399   |                  |
| 21 | 张家埠  | 235   | 正规半日潮, 浅水分潮影响明显  |
| 22 | 黄岛   | 253   |                  |
| 23 | 燕尾港  | 295   |                  |
| 24 | 滨海港  | 199   |                  |
| 25 | 新洋港  | 255   |                  |
| 26 | 大丰港  | 350   |                  |
| 27 | 弶港   | 405   |                  |
| 28 | 天生港  | 190   |                  |
| 29 | 崇明   | 243   |                  |
| 30 | 吴淞   | 229   |                  |
| 31 | 高桥   | 236   |                  |
| 32 | 中浚   | 264   |                  |
| 33 | 金山嘴  | 442   |                  |
| 34 | 乍浦   | 515   |                  |
| 35 | 象山西洋 | 284   |                  |
| 36 | 旗门港  | 425   |                  |
| 37 | 温州   | 420   |                  |
| 38 | 瑞安   | 438   |                  |
| 39 | 马尾   | 362   |                  |
| 40 | 石码   | 254   |                  |

续表1

| 序号 | 站点   | 潮差/cm | 潮汐类型       |
|----|------|-------|------------|
| 41 | 旅顺新港 | 122   | 不正规<br>半日潮 |
| 42 | 金县   | 121   |            |
| 43 | 鲅鱼圈  | 249   |            |
| 44 | 团山角  | 94    |            |
| 45 | 京唐港  | 84    |            |
| 46 | 埕口外海 | 131   |            |
| 47 | 莱州港  | 99    |            |
| 48 | 龙口   | 64    |            |
| 49 | 成山角  | 80    |            |
| 50 | 西码头  | 199   |            |
| 51 | 镇海   | 215   |            |
| 52 | 南澳岛  | 129   |            |
| 53 | 马鞭洲  | 95    |            |
| 54 | 香港   | 97    |            |
| 55 | 珠海   | 114   |            |
| 56 | 上川岛  | 138   | 不正规<br>全日潮 |
| 57 | 海陵山岛 | 147   |            |
| 58 | 电白   | 152   |            |
| 59 | 湛江   | 202   |            |
| 60 | 铺前   | 79    |            |
| 61 | 七里海  | 65    |            |
| 62 | 海门   | 87    |            |
| 63 | 汕尾   | 80    |            |
| 64 | 海安   | 130   |            |
| 65 | 清澜港  | 83    |            |
| 66 | 博鳌   | 97    |            |
| 67 | 新村   | 91    |            |
| 68 | 牙笼港  | 97    |            |
| 69 | 三亚港  | 84    |            |
| 70 | 莺歌海  | 71    |            |
| 71 | 海口   | 122   |            |
| 72 | 东沙岛  | 79    |            |
| 73 | 双子礁  | 84    |            |
| 74 | 永兴岛  | 86    |            |
| 75 | 永暑礁  | 96    |            |
| 76 | 下泊   | 300   |            |
| 77 | 铁山港  | 282   |            |
| 78 | 芷锚湾  | 93    |            |

续表1

| 序号 | 站点  | 潮差/cm | 潮汐类型      |
|----|-----|-------|-----------|
| 79 | 山海关 | 59    | 正规全<br>日潮 |
| 80 | 秦皇岛 | 66    |           |
| 81 | 甲子港 | 86    |           |
| 82 | 东方  | 164   |           |
| 83 | 洋浦  | 225   |           |
| 84 | 新盈港 | 248   |           |
| 85 | 马村港 | 179   |           |
| 86 | 流沙  | 216   |           |
| 87 | 乌石  | 222   |           |
| 88 | 涠洲岛 | 261   |           |
| 89 | 北海  | 269   |           |
| 90 | 龙门  | 274   |           |
| 91 | 炮台角 | 252   |           |
| 92 | 防城港 | 264   |           |
| 93 | 企沙  | 264   |           |
| 94 | 白龙尾 | 251   |           |
| 95 | 珍珠港 | 278   |           |

DHWL(DLWL)采用《规范》规定的两种方法分别计算,即潮位历时累积频率 1%(98%),以及高(低)潮累积频率 10%(90%)。对于潮汐表中只提供高低潮数据的站点,采用三角函数插值出整点时刻的数据<sup>[11]</sup>。

对所有站点,计算 MTR;对于半日潮站点,计算 MHWS;对于日潮站点,计算回归潮 MHHW。

对于 MTR,分别计算所有高潮和低潮的平均值,然后做差。

对于 MHWS<sup>[12]</sup>,取每个大潮日的高潮作为样本,对这些样本取平均。具体来说,每日取所有潮差的最大值为该日潮差,最大潮差对应的日期为大潮日,该日最大潮差对应的高潮位为 1 个大潮高潮位。

对于回归潮 MHHW,取月赤纬最大日期附近的高高潮作为样本,对该样本取平均。考虑到月赤纬最大期间,每日两个高潮的高度差(即高潮不等)最大<sup>[13]</sup>,实际计算时,计算每日的高潮不等,取高潮不等最大的日期作为月赤纬最大日,选取当日的高高潮位作为该回归潮期间的高高潮位。

根据上述数据进行线性拟合,主要的数据组有 DHWL-MTR、DLWL-MTR、DHWL-MHWS/MHHW、DLWL-MHWS/MHHW。数据基面均采用平均海平面。

## 2 结果分析

### 2.1 DWL 与 MTR 的关系

DWL 与 MTR 的散点分布见图 1, 并给出了线性拟合曲线。可以看出, DWL 与 MTR 的线性相关系数  $R^2$  均在 0.90 以上, 全日潮和半日潮散点分组现象明显。与半日潮拟合结果相比, 全日潮曲线的斜率更大, 截距绝对值更小。对于 DHWL, 在全日潮站点, 大致是 MTR 的 90% 左右, 总体偏移量 5 cm 左右, 而半日潮站点两个系数分别为 0.60 和 40 cm 左右, 与《规范》附录 G 给出的系数完全一致。对于 DLWL, 在全日潮站点, 大致是平均潮差的 -67% 左右, 总体偏移量为 -17 cm。而半日潮站点两个系数分别为 -0.55 和 -32 cm 左右, 与《规范》附录 G 给出的系数 -0.60 和 -40 cm 比较接近。

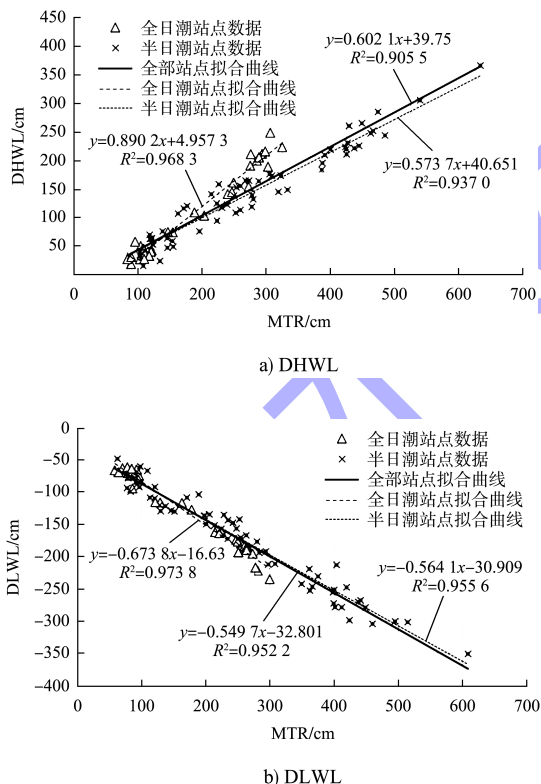


图 1 DWL 与 MTR 的关系拟合曲线

Fig. 1 Relationship fitting curves of DWL and MTR

### 2.2 DWL 与 MHWS/MHHW 的关系

DWL 与 MHWS/MHHW 的关系拟合曲线见图 2。

可以看出, DHWL 与特征高潮位的线性相关系数  $R^2$  均在 0.99 以上。DLWL 与特征高潮位的线性相关程度略差, 但  $R^2$  也在 0.85 以上。DHWL 是 MHWS/MHHW 的 96% 左右, 总体偏移量 5 cm 左右; DLWL 的相关关系具有明显的潮汐类型差异, 半日潮海站点的两个系数分别为 -0.86 和 -10 cm 左右, 全日潮站点的两个系数分别为 -0.70 和 -20 cm。上述系数与《规范》附录 G 给出的系数  $\pm 0.90$  和 45 cm/-40 cm 均有一定的差别。

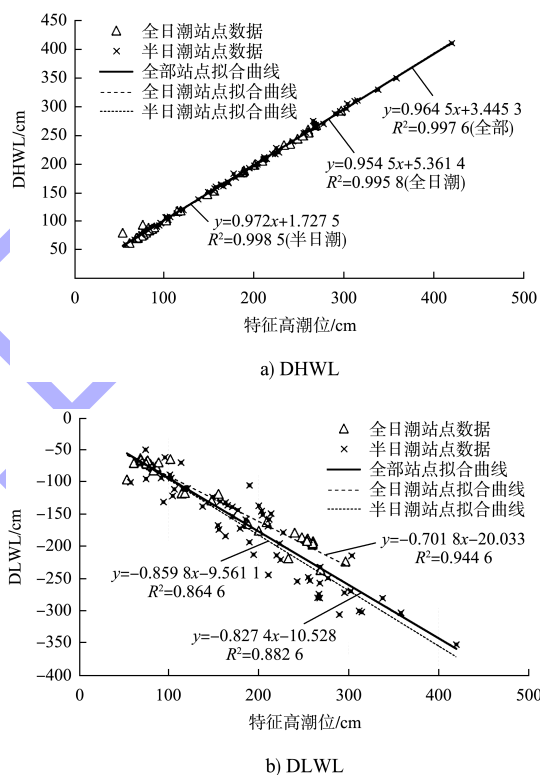


图 2 DWL 与 MHWS/MHHW 关系拟合曲线

Fig. 2 Relationship fitting curves of DWL and MHWS/MHHW

### 2.3 小结

根据上述分析, 利用 MTR 或特征高潮位数据推算 DWL 可用下式表示:

$$h_s = aH + b \quad (1)$$

式中:  $h_s$  为 DWL, cm;  $H$  为 MTR 或 MHWS/MHHW, cm;  $a$  为拟合系数;  $b$  为拟合系数, cm。

DWL 和特征潮差潮位的系数见表 2,  $R^2$  越接近 1 表示拟合越好。

表 2 不同拟合曲线的系数  
Tab. 2 Coefficients for different fitting curves

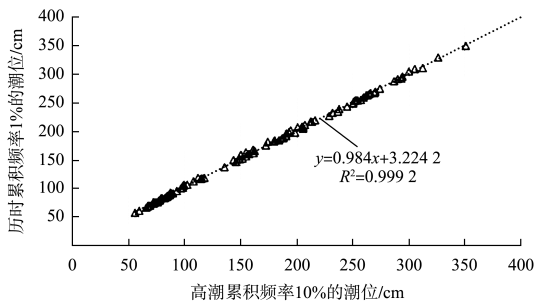
| 潮型  | DHWL-MTR |              |                       | DLWL-MTR |              |                       | DHWL-MHWS /MHHW |              |                       | DLWL-MHWS/MHHW |              |                       |
|-----|----------|--------------|-----------------------|----------|--------------|-----------------------|-----------------|--------------|-----------------------|----------------|--------------|-----------------------|
|     | <i>a</i> | <i>b</i> /cm | <i>R</i> <sup>2</sup> | <i>a</i> | <i>b</i> /cm | <i>R</i> <sup>2</sup> | <i>a</i>        | <i>b</i> /cm | <i>R</i> <sup>2</sup> | <i>a</i>       | <i>b</i> /cm | <i>R</i> <sup>2</sup> |
| 半日潮 | 0.57     | 41           | 0.937                 | -0.55    | -33          | 0.952                 | 0.97            | 2            | 0.999                 | -0.86          | -10          | 0.865                 |
| 全日潮 | 0.89     | 5            | 0.968                 | -0.67    | -17          | 0.974                 | 0.95            | 5            | 0.996                 | -0.70          | -20          | 0.945                 |
| 全部  | 0.60     | 40           | 0.906                 | -0.56    | -31          | 0.956                 | 0.96            | 3            | 0.998                 | -0.83          | -11          | 0.883                 |

3 讨论

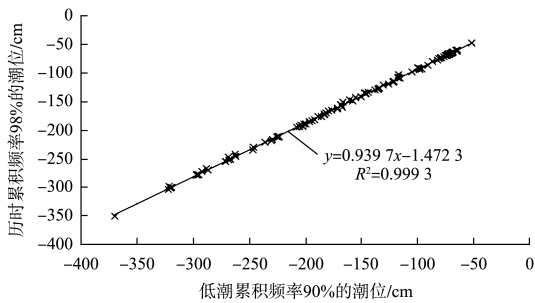
3.1 判定标准

通过分析公式不同系数取值的计算误差，并与《规范》公式进行对比，给出 DWL 估算的推荐公式。以《规范》给出的 DWL 两种计算方法的差异作为误差的判定标准。

《规范》对 DHWL/DLWL 给出的两种计算方法，分别是通过潮位历时累积频率和高/低潮累积频率计算得到，两种方法的计算结果有一定的差异，见图 3。95 个站中，DHWL 的最大差异为 7.4 cm，相对值为 5.5%；DLWL 最大差值 21.5 cm，相对值 10.8%。因此拟采用绝对误差 20 cm 或相对误差 10%作为估算公式优劣的判定标准。



a) DHWL



b) DLWL

图 3 不同方法计算的 DWL 相关关系曲线  
Fig. 3 Correlation curves of DWL calculated by different methods

3.2 不同公式系数取值的对比

本文对式(1)系数取不同值的计算结果得到的误差进行对比分析。系数为第 2.3 节得到的数据，汇总见表 3。《规范》公式 1 和《规范》公式 2 分别是附录 G 的式 (G.0.2-1) 和式 (G.0.2-3)。公式 11 和 12 是根据 MTR 推算 DHWL/DLWL，公式 11 中的拟合系数按潮汐类型区分，公式 12 不区分潮型。公式 21 和 22 是根据 MHWS/MHHW 推算 DHWL/DLWL，公式 21 的拟合系数按潮汐类型区分，公式 22 不区分潮型。各公式的水位起算面为平均海平面。

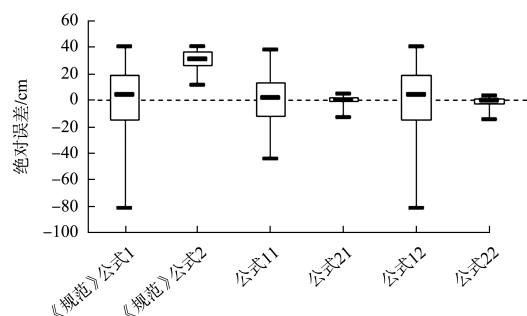
表 3 各公式系数取值  
Tab. 3 Values of coefficients of each formula

| 公式       | 潮型  | DHWL     |              | DLWL     |              | 输入量 <i>H</i> 的类型 |
|----------|-----|----------|--------------|----------|--------------|------------------|
|          |     | <i>a</i> | <i>b</i> /cm | <i>a</i> | <i>b</i> /cm |                  |
| 《规范》公式 1 | -   | 0.60     | 40           | -0.60    | -40          | MTR              |
| 《规范》公式 2 | -   | 0.90     | 45           | -0.90    | -40          | MHWS/MHHW        |
| 公式 11    | 半日潮 | 0.57     | 41           | -0.55    | -30          | MTR              |
|          | 全日潮 | 0.89     | 5            | -0.67    | -17          |                  |
| 公式 21    | 半日潮 | 0.97     | 2            | -0.86    | -10          | MHWS             |
|          | 全日潮 | 0.95     | 5            | -0.70    | -20          | MHHW             |
| 公式 12    | -   | 0.60     | 40           | -0.56    | -31          | MTR              |
| 公式 22    | -   | 0.96     | 3            | -0.83    | -11          | MHWS/MHHW        |

DWL 计算公式的绝对误差和相对误差见图 4、5。图中最上点和最下点分别表示最大和最小值，矩形上、下边线分别表示上下四分位值，矩形中间点表示中位数。

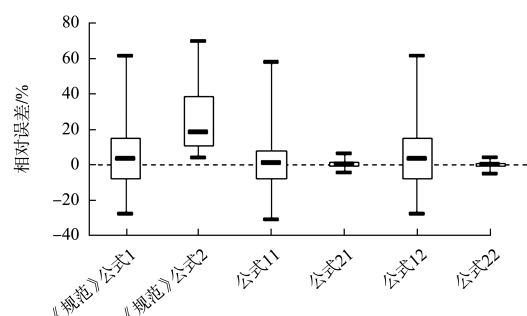
由图 4a)、b) 可以看出，采用 MHWS/MHHW 估算 DHWL 时，公式 21 和公式 22 的误差最小，相对误差和绝对误差反映的趋势一致。《规范》公式 2 的误差虽然也比较集中，但整体偏大，估算得到的 DHWL 偏于安全。但是，若以 DHWL 反推特征高潮位 MHWS/MHHW，将使得到的结果偏不利。因此，可以使用公式 21 或公式 22 代替《规范》公式 2，考

虑到公式 22 不依赖潮汐类型, 更简洁, 建议采用。



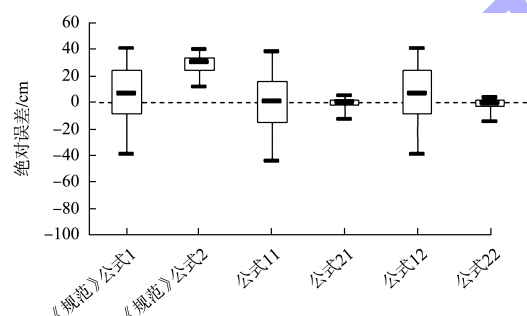
公式

a) 全部站点绝对误差



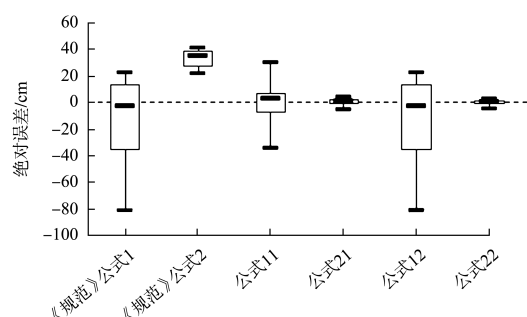
公式

b) 全部站点相对误差



公式

c) 半日潮站点绝对误差

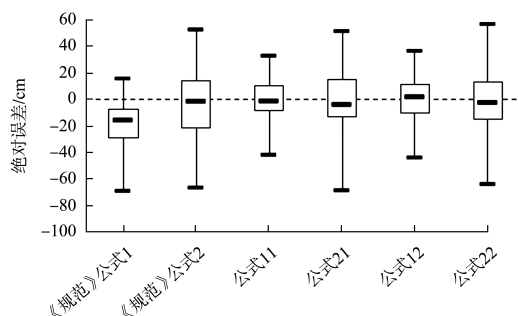


公式

d) 全日潮站点绝对误差

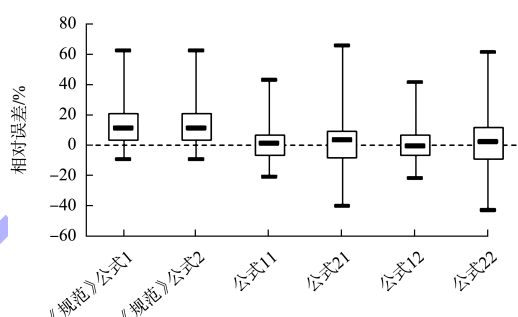
图4 各 DHWL 公式的误差分布

Fig. 4 Error distribution of each DHWL formula



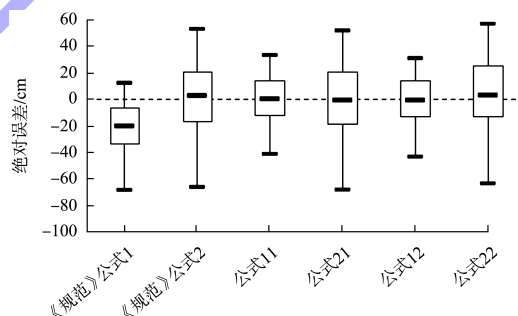
公式

a) 全部站点绝对误差



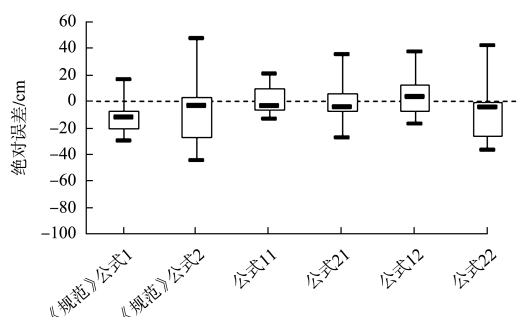
公式

b) 全部站点相对误差



公式

c) 半日潮站点绝对误差



公式

d) 全日潮站点绝对误差

图5 各 DLWL 公式的误差分布

Fig. 5 Error distribution of each DLWL formula

通过 MTR 推算 DHWL 的误差见《规范》公式 1、公式 11 和公式 12 的结果对比(图 4)。可以看出,公式 11 的误差更小,且上下四分位数均在 $\pm 20$  cm 以内。尤其在全日潮站点(图 4d))该公式明显优于其他两个公式。结合散点图(图 1a))分析,全日潮和半日潮的散点具有明显的界线。因此,建议由 MTR 估算 DHWL 时使用公式 11。

由图 5 可以看出,《规范》公式的绝对误差偏负为主,比实际结果偏低,对工程而言偏安全,而其余 4 个公式的误差正负分布相对均衡。采用 MTR 推算 DLWL 时(《规范》公式 1、公式 11、公式 12),在全日潮站点(图 5d)),公式 11 的误差比公式 12 更小且大部分集中在 $\pm 20$  cm 以内,说明公式 11 的拟合更优;而在半日潮站点(图 5c)),各公式差异不明显。因此,建议由 MTR 估算 DLWL 时使用公式 11。通过特征潮位推算 DLWL 时,公式 21 在全日潮海区的误差更小,在半日潮海区差异不明显。因此,

建议由 MHWS/MHHW 估算 DLWL 时使用公式 21。

各公式估算误差的均值和标准差见表 4。可以看出,由 MTR 推算 DHWL,将公式 11 与《规范》公式 1 相比,误差均值《规范》公式 1 的 6~11 cm 减小到公式 11 的 0~1 cm,标准差由 20~28 cm 减小到 14~20 cm。误差均值减小 5~11 cm,标准差缩小 0~14 cm。由特征潮位推算 DHWL,将公式 22 与《规范》公式 2 结果相比,误差均值由 30 cm 减小到 1 cm,标准差由 7 cm 减小到 3 cm。

由 MTR 推算 DLWL,将公式 11 与《规范》公式 1 相比,误差均值由《规范》公式 1 的 12~21 cm 减小到推荐公式的 0~1 cm,标准差由 11~18 cm 减小到 9~16 cm。误差均值减小了 12~20 cm,标准差缩小 2 cm。由特征潮位推算 DLWL,将公式 21 与《规范》公式 2 相比,半日潮区域无显著提高,全日潮区域误差均值由 10 cm 减小到 1 cm,标准差由 21 cm 减小到 13 cm。

表 4 各公式的误差均值和标准差  
Tab. 4 Mean error value and standard deviation of each formula

| DWL<br>类型 | 公式       | 输入量<br>$H$ 类型 | 全部样本    |        | 半日潮样本   |        | 全日潮样本   |        |
|-----------|----------|---------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|           |          |               | 误差均值/cm | 标准差/cm | 误差均值/cm | 标准差/cm | 误差均值/cm | 标准差/cm |
| DHWL      | 《规范》公式 1 | MTR           | 0       | 25     | 6       | 20     | 11      | 28     |
|           | 《规范》公式 2 | MHWS/MHHW     | 30      | 7      | 29      | 7      | 33      | 6      |
|           | 公式 11    | MTR           | 0       | 18     | 1       | 20     | 0       | 14     |
|           | 公式 21    | MHWS/MHHW     | 0       | 3      | 0       | 3      | 0       | 2      |
|           | 公式 12    | MTR           | 0       | 25     | 6       | 20     | 11      | 28     |
|           | 公式 22    | MHWS/MHHW     | 1       | 3      | 1       | 3      | 0       | 2      |
| DLWL      | 《规范》公式 1 | MTR           | 17      | 16     | 21      | 18     | 12      | 11     |
|           | 《规范》公式 2 | MHWS/MHHW     | 3       | 26     | 1       | 28     | 10      | 21     |
|           | 公式 11    | MTR           | 0       | 14     | 1       | 16     | 0       | 9      |
|           | 公式 21    | MHWS/MHHW     | 1       | 23     | 0       | 28     | 1       | 13     |
|           | 公式 12    | MTR           | 1       | 16     | 1       | 16     | 4       | 14     |
|           | 公式 22    | MHWS/MHHW     | 1       | 25     | 4       | 28     | 11      | 15     |

总体来看,与《规范》公式相比,推荐的 DHWL 公式计算误差可减小 5~29 cm,标准差可缩小 0~14 cm,DLWL 公式误差均值可减小 12~20 cm,标准差可缩小 2~8 cm。本文推荐公式的计算误差和标准差更小,精度和稳定性均优于《规范》公式。

综合上述分析可得:1) 在使用式(1)推算 DHWL 时, $H$  为 MTR 时,半日潮海区  $a$  取 0.57、 $b$  取 41 cm;全日潮海区  $a$  取 0.89、 $b$  取 5 cm。 $H$  为特征潮位 MHWS 或 MHHW 时, $a$  取 0.96、 $b$  取 3 cm,可不区分潮汐类型。2) 在使用式(1)推

算 DLWL 时, $H$  为 MTR 时,半日潮海区  $a$  取-0.55、 $b$  取-30 cm;全日潮海区  $a$  取-0.67、 $b$  取-17 cm。 $H$  为特征潮位时,半日潮海区  $H$  为 MHWS, $a$  取-0.86、 $b$  取-10 cm;全日潮海区  $H$  为 MHHW, $a$  取-0.70、 $b$  取-20 cm。

4 结论

1) 本文收集潮汐表 95 个站点的水位数据,计算所有站点 DWL 和特征潮位。计算的 DWL 包括港口工程 DHWL/DLWL。特征潮位包括 MTR、

半日潮站的 MHWS 和日潮站的回归潮 MHHW。站点选取兼顾潮汐类型、潮差、浅水系数和地理位置,代表性良好。

2) 本文探讨利用 MTR、MHWS 或 MHHW 估算工程 DWL 的方法,并进行误差分析。对 DHWL/DLWL-MTR、DHWL/DLWL-MHWS/MHHW 等数据进行线性拟合,获得拟合参数,给出估算公式。

3) 本文通过分析不同公式的计算误差,并与《规范》中已有的公式进行对比分析,给出推荐公式。采用 MTR 估算 DHWL/DLWL 时,推荐按潮汐类型分别取不同的系数;采用 MHWS/MHHW 估算 DHWL 时,系数可不区分潮汐类型;估算 DLWL 时,建议系数按潮汐类型分别取不同值。与《规范》公式相比,推荐的 DHWL 公式误差均值可减小 5~29 cm,标准差可缩小 0~14 cm,DLWL 公式误差均值可减小 12~20 cm,标准差可缩小 2~8 cm。推荐公式的计算误差和标准差更小,精度和稳定性优于《规范》公式。

4) 本文估算 DHWL/DLWL 的方法适用于项目前期资料不足的情况,在设计阶段建议收集项目附近至少 1 a 的实测水位资料进行统计分析。如有必要,在项目附近进行现场观测,确保数据的代表性和准确性。

#### 参考文献:

- [1] 海洋学术语 海洋地质学: GB/T 18190—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.  
Oceanological terminology-marine geology: GB/T 18190-2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [2] 沿海导助航工程设计规范: JTS/T 181-4—2023[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2023.  
Design code for maritime aids to navigation engineering: JTS/T 181-4-2023 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2023.
- [3] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 基于国内外规范和标准的海港工程总平面设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.  
CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd. Design guidelines for general layout of sea port engineering based on the Chinese and international codes and standards [M]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2018.
- [4] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 基于国内外标准的海港工程气象水文条件分析计算指南[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2022.  
CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd. Analysis and calculation guidelines for meteorological and hydrological conditions of sea port engineering based on the Chinese and international codes and standards[M]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2022.
- [5] Technical standards and commentaries for port and harbour facilities in Japan[S]. Tokyo: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2020.
- [6] Design: piers and wharves: UFC 4-152-01 [S]. Washington: U. S. Army Corps of Engineers, 2005.
- [7] 港口与航道水文规范: JTS 145—2015[S]. 2022 版. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2022.  
Code of hydrology for harbour and waterway: JTS 145-2015[S]. 2022 Ed. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2022.
- [8] 海港水文规范: JTJ 213—1998[S]. 北京: 人民交通出版社, 1998.  
Code of hydrology for sea harbour: JTJ 213-1998 [S]. Beijing: China Communications Press, 1998.
- [9] 孙平锋, 孙晓帆. 浙江沿海特征潮位与工程设计水位关系[J]. 水运工程, 2018(6): 165-169.  
SUN P F, SUN X F. Relationship between characteristic tidal level and design water level in sea area of Zhejiang[J]. Port & waterway engineering, 2018(6): 165-169.
- [10] 国家海洋信息中心. 潮汐表 2024(第 1 册~第 3 册)[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2023.  
National Marine Data and Information Service. Tide tables 2024(Vol. 1-Vol. 3) [M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press, 2023.
- [11] 乔光全, 徐润刚, 卢永昌, 等. 高低潮位扩展至逐时潮位的插值方法比较[J]. 水运工程, 2019(9): 6-12.  
QIAO G Q, XU R G, LU Y C, et al. Comparison of interpolation method for high and low tidal lever extending to hourly data [J]. Port & waterway engineering, 2019(9): 6-12
- [12] 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.  
FANG G H, ZHENG W Z, CHEN Z Y, et al. Analysis and forecast of tides and currents [M]. Beijing: China Ocean Press, 1986.
- [13] 黄祖珂, 黄磊. 潮汐原理与计算[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2005.  
HUANG Z K, HUANG L. Tidal theory and calculation[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2005.

(本文编辑 王璁)