

警戒潮位核定中重现期高潮位计算方法的探讨

赵强, 龙绍桥, 舒志光, 王艳萍

(宁波海洋环境监测中心站, 浙江 宁波 315012)

摘要: 针对警戒潮位核定中重现期高潮位计算问题, 优化了高潮同步相关法的计算步骤。将核定站年极值高潮位经 G-I 分布直接得到的重现期高潮位作为客观值, 将通过参考站年极值高潮位间接得到的重现期高潮位作为计算结果, 以宁波海域湖头渡水文站和乌沙山海洋站、镇海水文站和镇海海洋站、大目涂水文站和石浦海洋站这 3 对潮位站的实测潮位资料为基础, 计算并比较了高潮同步相关法、潮位同步相关法、极值同步差比法和年极值相关法的计算结果误差。结果显示, 对于有 1 个月~5 年连续实测潮位资料的核定站, 潮位同步相关法计算结果的精确度和稳定性优于高潮同步相关法; 对于有 5~20 年连续实测潮位资料的核定站, 当数据年限较长且核定站与参照站同期年极值高潮位呈显著强相关时, 年极值相关法的计算结果优于极值同步差比法。

关键词: 警戒潮位核定; 重现期高潮位; 误差分析

中图分类号: P731.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2023)03-0028-07

0 引言

警戒潮位是防护区沿岸可能出现险情或潮灾、须进入戒备或救灾状态的潮位既定值^[1], 是沿海各级人民政府防潮减灾指挥决策的重要参考依据, 同时也是自然资源、建设、交通、水利、文旅等部门规划设计和国土整治开发的基础性资料, 对各地海洋经济发展和社会持续稳定繁荣具有重要意义。现行《警戒潮位核定规范》(GB/T 17839—2011, 简称《规范》)于 2012 年 1 月 1 日起实施。《规范》详述了警戒潮位的核定方法, 对警戒潮位核定工作的开展具有重要的指导意义。

宁波市现行的沿海警戒潮位值^[2]于 2014 年核定, 2016 年由浙江省人民政府办公厅正式公布, 现已成为浙江海洋预报部门发布风暴潮警报的重要参考指标, 在防潮减灾工作中发挥了重要作用。但是, 该警戒潮位值也出现与实际防潮工作不相适应的情况, 如核定岸段划分不精细、蓝色警戒潮位值过低等。为适应海洋灾害防御面临的新形势, 依照

《规范》中“警戒潮位应每 5 年核定一次”的要求, 宁波市于 2021 年组织开展了新一轮的沿海警戒潮位核定工作, 将现行的以沿海县(市、区)为核定单元的 13 个岸段的警戒潮位值修订、扩充至以街道(乡、镇)为核定单元的 56 个岸段, 以更好地适应海洋精细化预警预报和防灾减灾工作的需求。

重现期高潮位是警戒潮位核定的重要参考依据^[3-5]。《规范》中要求, 警戒潮位核定岸段的重现期高潮位由相应潮位站(核定站)20 年以上的高潮位年极值计算得到; 对于数据长度不足的核定站, 则需以附近具有 20 年以上高潮位年极值的潮位站作为参照站, 采用极值同步差比法、高潮同步相关法等计算核定站的重现期高潮位。由于沿海具有 20 年以上连续实测资料的潮位站数量较少, 因此在新一轮警戒潮位核定中, 多数核定岸段的重现期高潮位需通过参照站的数据间接获得。本研究着眼于警戒潮位核定中重现期高潮位的计算方法, 优化了高潮同步相关法的计算步骤, 以宁波海域湖头渡水文站和乌沙山海洋站、镇海水文站和镇海海洋站、

收稿日期: 2022-04-15。

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2018YFC1407000)。

作者简介: 赵强(1982-), 男, 工程师, 博士, 主要从事海洋数据分析和数值模拟工作。E-mail: zhaoqiang@ecs.mnr.gov.cn

大目涂水文站和石浦海洋站这3对潮位站的实测潮位资料为基础,计算和比较了高潮同步相关法、潮位同步相关法、极值同步差比法和年极值相关法的计算结果误差,对重现期高潮位的计算具有参考价值。

1 重现期高潮位计算方法探讨

1.1 高潮同步相关法计算步骤的优化

对于有1个月~5年连续实测潮位资料的核定站,《规范》中推荐采用高潮同步相关法计算重现期高潮位。计算步骤为:

①以附近具有20年以上高潮位年极值的潮位站作为参照站,利用最小二乘法建立核定站与参照站同期高潮位的相关关系,计算拟合系数 a 、 b 。

②将高潮位的相关关系作为高潮位年极值的相关关系,由参照站的高潮位年极值推算核定站的高潮位年极值,即:

$$h'_i = ah_i + b \quad (1)$$

式中: h'_i 和 h_i 分别表示核定站和参照站第 i 年的高潮位年极值。

③利用推算得到的核定站的高潮位年极值,采用第I型极值分布律(G-I)计算核定站的重现期高潮位。计算方法为^[6]:

$$h_p = \bar{h} + \lambda_{p_n} S \quad (2)$$

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i^2 - \bar{h}^2} \quad (4)$$

式中: h_p 为与年频率 P 对应的重现期高潮位值; \bar{h} 为参照站 n 年 h_i 的平均值; λ_{p_n} 为与年频率 P 及年数 n 有关的系数,可由《规范》附表D.1中查得; S 为参照站 n 年 h_i 的均方差。式(4)为均方差公式经推导简化后的表达式,其原始表达式为:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} \quad (5)$$

下面通过数学推导对上述计算步骤进行优化。核定站高潮位年极值的平均值为:

$$\bar{h'} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h'_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ah_i + b) = a \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \right) + b = a\bar{h} + b \quad (6)$$

核定站高潮位年极值的方差为:

$$S' = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h'_i - \bar{h'})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ah_i + b - a\bar{h} - b)^2} = a \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} = aS \quad (7)$$

核定站重现期高潮位为:

$$h'_p = \bar{h'} + \lambda_{p_n} S' = a\bar{h} + b + a\lambda_{p_n} S = a(\bar{h} + \lambda_{p_n} S) + b = ah_p + b \quad (8)$$

由式(8)可以看出,当采用高潮同步相关法计算核定站的重现期高潮位时,核定站的重现期高潮位是参照站重现期高潮位的线性函数,且回归系数与两站间高潮位的拟合系数是一致的。即可先计算参照站的重现期高潮位,再根据高潮位的相关关系直接计算核定站的重现期高潮位。由于沿海具有20年以上连续实测潮位资料的潮位站较少,而新一轮的警戒潮位核定要求以街道(乡、镇)作为核定单元,因此多个核定站使用同一参照站进行重现期高潮位计算的情况较为普遍,例如在本轮核定中,宁波区域有9个核定站都采用了湖头渡水文站作为参照站。优化后的高潮同步相关法在不改变计算结果的前提下,省略了推算核定站高潮位年极值这一计算步骤,以参照站替代核定站计算重现期高潮位,可在一定程度上减少计算的工作量。

1.2 高潮同步相关法计算结果的精确度

为评估核定站高潮位重现期计算结果的精确度,搜集核定站和参照站的短期逐时潮位和多年年极值高潮位,将核定站年极值高潮位经G-I分布直接得到的重现期高潮位作为客观值,将利用高潮同步相关法等通过参考站间接得到的重现期高潮位作为计算结果,将二者之差定义为误差。

本节以湖头渡水文站作为参照站,乌沙山海洋站作为核定站,评估高潮同步相关法的计算结果精确度。由于经常采用临时潮位站作为核定站(观测时长通常为1个月),本节也比较了不同观测月份对计算结果精确度的影响。

湖头渡水文站位于象山港中部北岸^[7],1974年设站,是象山港内唯一具有20年以上连续潮位观测的国家基本水文站(来源:《宁波市设计高潮位研究报告》)。乌沙山海洋站位于湖头渡水文站西南侧约12 km处的象山港南岸,2008年设站,为国家标准

海洋站。两站位置如图1所示。两站潮汐特征同属规则半日潮,浅水效应明显,潮汐性质相似,潮汐特征值见表1。从总体上看,乌沙山海洋站的高潮位和平均海平面更高,潮差更大。

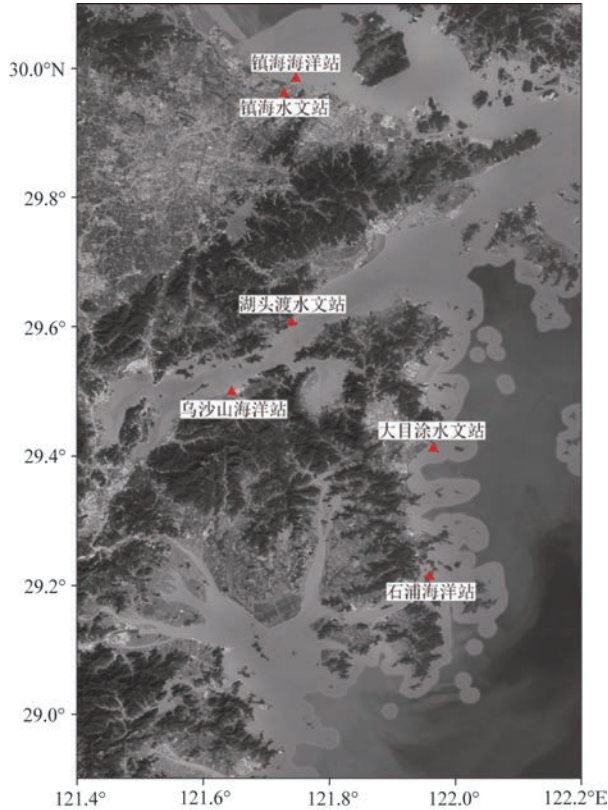
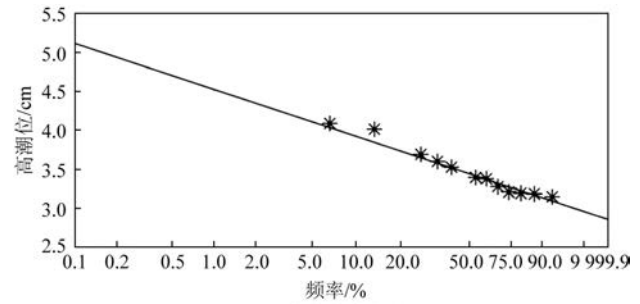


图1 潮位站位置图

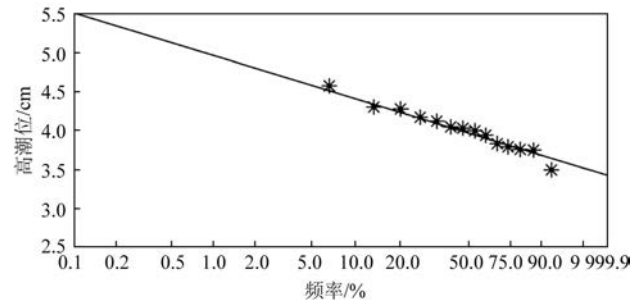
Fig.1 Locations of the tide gauge stations

核定站重现期高潮位结果误差的计算步骤如下:

①根据两站2008—2021年的高潮位年极值,采用G-I分布计算两站的高潮位重现期(h_{PA} 代表参照站、 h_{PB} 代表核定站),结果见图2。



a. 湖头渡水文站



b. 乌沙山海洋站

图2 湖头渡水文站和乌沙山海洋站高潮位G-I频率曲线

Fig.2 G-I frequency curves of the sea levels of Hutoudu station and Wushashan station

②根据两站2020年4月1日—2021年3月31日的每日高潮位,利用最小二乘法计算两站的同期高潮位相关关系,数据长度取整年和逐月两种方式,共获得13组相关系数(r)和拟合系数(a 、 b)。

③采用高潮同步相关法计算核定站的高潮位重现期 h'_{PB} 。

④将 h_{PB} 作为“真值”, h'_{PB} 的相对误差 $\sigma = |h'_{PB} - h_{PB}|/h_{PB} \times 100\%$ 。

h_{PA} 、 h_{PB} 和 h'_{PB} 的计算结果见表2,两站高潮位相关系数、拟合系数以及核定站重现期高潮位相对误差的平均值见表3。两站高潮位相关系数为0.561~0.982,按照月份进行划分,最大值出现在2月,之后依次为4月、5月和9月,最小值出现在1月,11月和

表1 湖头渡水文站和乌沙山海洋站潮汐特征

Tab.1 Tidal characteristics of Hutoudu station and Wushashan station

站点	最高高潮位/m	最低低潮位/m	平均高潮位/m	平均低潮位/m	平均海平面/m	最大潮差/m	平均潮差/m	平均涨潮历时	平均落潮历时	$(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}$	H_{M4}/H_{M2}
湖头渡水文站	4.09	-2.61	1.92	-1.27	0.13	5.36	3.18	7 h 1 min	5 h 24 min	0.361	0.139
乌沙山海洋站	4.29	-2.57	2.25	-1.22	0.34	6.75	3.47	7 h 15 min	5 h 10 min	0.386	0.181

12月的相关系数也较小。相对误差为1.30%~21.52%,最小值出现在4月,之后依次为2月和8月,最大值出现在1月,之后依次为7月和11月。

当相关系数在0.9以上时,相对误差都小于5%,相关系数与相对误差呈显著负相关($r=-0.858, p<0.01$)。

表2 湖头渡水文站和乌沙山海洋站的重现期高潮位(单位:m)

Tab.2 High tide level with recurrence interval of Hutoudu station and Wushashan station (unit: m)

重现期/a	h_{PA}	h_{PB}	h'_{PB}												年平均
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
200	4.85	5.25	4.09	5.41	4.98	5.27	5.09	4.83	4.68	5.20	5.11	5.18	4.79	4.91	5.03
100	4.65	5.07	3.96	5.20	4.79	5.07	4.90	4.65	4.51	5.00	4.91	4.98	4.62	4.73	4.85
50	4.45	4.89	3.83	4.98	4.60	4.86	4.70	4.48	4.35	4.79	4.72	4.78	4.44	4.55	4.66
20	4.19	4.64	3.65	4.71	4.36	4.60	4.45	4.25	4.14	4.53	4.47	4.52	4.21	4.32	4.41
10	3.98	4.45	3.51	4.49	4.16	4.38	4.25	4.07	3.96	4.32	4.26	4.31	4.03	4.12	4.21
4	3.70	4.19	3.33	4.19	3.90	4.09	3.98	3.82	3.73	4.04	3.99	4.03	3.79	3.87	3.94
2	3.45	3.96	3.16	3.93	3.67	3.83	3.74	3.61	3.53	3.78	3.75	3.78	3.57	3.64	3.70

表3 高潮同步相关法相关系数、拟合系数及结果相对误差

Tab.3 Correlation coefficients, fitting coefficients, relative errors of the high tide correlation method

参数	月份												年平均
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
r	0.561	0.982	0.886	0.948	0.931	0.866	0.869	0.903	0.930	0.888	0.658	0.751	0.870
a	0.668	1.057	0.937	1.029	0.967	0.874	0.821	1.010	0.970	0.999	0.874	0.907	0.950
b	0.857	0.281	0.433	0.285	0.400	0.591	0.697	0.299	0.403	0.333	0.552	0.513	0.428
$\sigma/\%$	21.25	1.52	6.18	1.300	4.190	8.480	10.910	2.530	3.920	2.810	9.280	7.130	5.210

2 潮位同步相关法

高潮同步相关法是采用每日的高潮位数据进行相关关系计算的。将数据量进行扩展,采用每日的逐时潮位数据进行相关关系计算,其他计算步骤不变,此方法即为潮位同步相关法。仍以湖头渡水文站为参照站、乌沙山海洋站为核定站,采用潮位同步相关法计算核定站重现期高潮位,结果见表4。两站逐时潮位的相关系数、拟合系数以及核定站重现期高潮位相对误差的平均值见表5。

从结果可以看出,两站逐时潮位的相关系数都较高,最大的为11月和12月(r 均为0.997),最小的为8月($r=0.994$)。潮位同步相关法计算得到的重现期高潮位的相对误差也较小,最小的为10月($\sigma=1.26\%$),最大的为3月($\sigma=1.57\%$)。相对误

差的大小与相关系数的大小没有显著的相关关系($r=-0.123, p=0.704$)。

通过比较表3和表5可以看出,在两站同期高潮位相关性较高的2月和4月,高潮同步相关法的计算结果略优于潮位同步相关法,而其他月份的结果则相反,特别在高潮位相关性较差的1月,计算结果误差由高潮同步相关法的21.25%下降到潮位同步相关法的1.49%。

3 不同方法计算的重现期高潮位结果误差的比较

根据《规范》要求,对于有5~20年连续实测潮位资料的核定站,可采用极值同步差比法计算重现期高潮位。仍以湖头渡水文站为参照站、乌沙山海

表 4 潮位同步相关法计算得到的湖头渡水文站和乌沙山海洋站的重现期高潮位(单位:m)

Tab.4 High tide level with recurrence interval of Hutoudu station and Wushashan station calculated by the tide level correlation method (unit: m)

重现期/a	h_{PA}	h_{PB}	h'_{PB}												年平均
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
200	4.85	5.25	5.40	5.41	5.41	5.38	5.39	5.39	5.39	5.39	5.37	5.36	5.38	5.40	5.38
100	4.65	5.07	5.19	5.20	5.20	5.17	5.17	5.17	5.17	5.18	5.16	5.14	5.17	5.19	5.17
50	4.45	4.89	4.98	4.98	4.99	4.95	4.96	4.96	4.96	4.96	4.94	4.93	4.96	4.97	4.96
20	4.19	4.64	4.70	4.70	4.71	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.67	4.65	4.68	4.70	4.68
10	3.98	4.45	4.48	4.48	4.49	4.45	4.46	4.46	4.46	4.46	4.44	4.43	4.46	4.47	4.46
4	3.70	4.19	4.18	4.18	4.19	4.15	4.16	4.16	4.16	4.16	4.14	4.13	4.16	4.17	4.15
2	3.45	3.96	3.91	3.92	3.92	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.88	3.86	3.89	3.91	3.89

表 5 潮位同步相关法相关系数、拟合系数及结果相对误差

Tab.5 Correlation coefficients, fitting coefficients, relative errors of the tide level correlation method

参数	月份												年平均
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
r	0.996	0.996	0.995	0.996	0.996	0.996	0.996	0.994	0.996	0.996	0.997	0.997	0.996
a	1.064	1.066	1.067	1.067	1.068	1.070	1.071	1.067	1.068	1.065	1.066	1.067	1.066
b	0.241	0.240	0.240	0.207	0.206	0.197	0.194	0.213	0.191	0.189	0.214	0.227	0.213
$\sigma/\%$	1.49	1.53	1.570	1.320	1.360	1.380	1.390	1.390	1.310	1.260	1.350	1.480	1.340

洋站为核定站,根据两站 2008—2021 年的年极值高潮位和同期平均海平面,采用式(9)计算核定站的重现期高潮位^[2,8],计算结果的相对误差见表 6。

$$h'_p = M' + \frac{R'}{R} (h_p - M) \quad (9)$$

式中: R 和 R' 分别为参照站和核定站同期各年年极值高潮位的平均值与平均海平面的差值; M 和 M' 分别为参照站和核定站的平均海平面。

将湖头渡水文站和乌沙山海洋站 2008—2021 年的年极值高潮位进行相关性计算,利用最小二乘法建立两站年极值高潮位的相关关系,再根据湖头渡水文站的重现期高潮位和拟合系数推算得到乌沙山海洋站的重现期高潮位,将此方法命名为年极值相关法,计算结果的相对误差见表 6。

从乌沙山海洋站重现期高潮位的计算结果误差看,年极值相关法(两站同期年极值高潮位相关系数 $r=0.919$, $p<0.01$)计算结果的相对误差最小,为

1.09%;其次为潮位同步相关法,逐月数据计算结果的相对误差为 1.26%~1.57%,整年数据计算结果的相对误差介于各月结果误差之间,为 1.34%;再次为极值同步差比法,相对误差为 2.68%;高潮同步相关法的计算结果误差最大,逐月数据计算结果的误差范围也较大,为 1.30%~21.25%,整年数据的计算结果误差为 5.21%。

本研究还搜集了另外两对潮位站(镇海海洋站和镇海水文站、石浦海洋站和大目涂水文站)2001—2021 年的年极值高潮位、同期平均海平面以及两站 2020 年全年的逐时潮位资料,站点位置见图 1。镇海海洋站位于宁波甬江口北岸,1988 年设站,为国家标准海洋站;镇海水文站位于镇海海洋站西南侧的甬江上游^[7],1929 年设站,后几经迁址、停测,于 1985 年迁至现址,为国家基本水文站。两站直线距离约为 3 km,潮汐类型同为不规则半日潮且浅水效应较明显,潮汐性质极为相似,两站逐月和全年同

表6 采用不同方法计算的重现期高潮位的相对误差(单位:%)

Tab.6 Relative errors of different methods to calculate the sea level return periods

参照站	核定站	高潮同步相关法全年 (逐月范围)	潮位同步相关法全年 (逐月范围)	极值同步差比法	年极值相关法
湖头渡水文站	乌沙山海洋站	5.21(1.30~21.25)	1.34(1.26~1.57)	2.68	1.09
镇海水文站	镇海海洋站	1.41(2.22~4.52)	1.40(2.22~4.52)	0.69	0.26
大目涂水文站	石浦海洋站	4.54(3.04~7.34)	3.91(1.87~6.50)	5.03	1.64

期逐时潮位、高潮位间的相关系数都超过0.998($p < 0.01$)。石浦海洋站位于象山县石浦镇东门岛,1960年设站并开展潮位观测,1964年潮位停测,1998年重新开展潮位观测,现为国家标准海洋站;大目涂水文站位于象山县松兰山,1980年设站。两站直线距离约为22 km,潮汐性质相似,同为规则半日潮,大目涂水文站潮汐的浅海效应略强。

分别以镇海水文站和大目涂水文站为参照站、镇海海洋站和石浦海洋站为核定站,采用高潮同步相关法、潮位同步相关法、极值同步差比法、年极值相关法计算核定站的重现期高潮位。结果相对误差见表6。

从镇海海洋站重现期高潮位的计算结果误差看,年极值相关法(两站同期年极值高潮位相关系数 $r=0.986$, $p < 0.01$)计算结果的相对误差最小,为0.26%;其次为极值同步差比法,相对误差为0.69%;潮位同步相关法和高潮同步相关法的计算结果及误差几乎一致,逐月数据计算结果误差都为2.22%~4.52%,全年数据计算结果优于逐月数据,相对误差分别为1.40%和1.41%。从石浦海洋站重现期高潮位的计算结果误差看,年极值相关法(两站同期年极值高潮位相关系数 $r=0.857$, $p < 0.01$)计算结果的相对误差最小,为1.64%;其次为潮位同步相关法和高潮同步相关法,逐月数据计算结果误差分别为1.87%~6.50%和3.04%~7.34%,全年数据计算结果误差分别为3.91%和4.54%。

从逐月数据的计算结果误差来看(图略),采用高潮同步相关法时,3个核定站高潮位重现期误差最小的月份分别为4月、8月和7月,误差最大的月份分别为1月、6月和3月;采用潮位同步相关法时,3个核定站高潮位重现期误差最小的月份分别为10月、3月和10月,误差最大的月份分别为3月、6月和2月。综合来看,计算结果误差与所采用数据的月

份没有明显的关系。

4 结论

本研究优化了《警戒潮位核定规范》中高潮同步相关法的计算步骤,以宁波海域湖头渡水文站和乌沙山海洋站、镇海水文站和镇海海洋站、大目涂水文站和石浦海洋站3对潮位站的实测潮位资料为基础,比较了高潮同步相关法、潮位同步相关法、极值同步差比法和年极值相关法4种重现期高潮位计算方法的结果误差。

《规范》中规定,在计算核定站重现期高潮位时,如果核定站有1个月~5年连续实测潮位资料时,宜采用高潮同步相关法。从本研究的相关计算结果看,采用逐时潮位数据的潮位同步相关法计算得到的高潮位重现期的相对误差和变化范围均较小,计算结果的精确度和稳定性都优于仅采用高潮位数据的高潮同步相关法。在掌握短期逐时潮位资料时,特别是当核定站与参考站的高潮位相关性不高时,可尝试采用潮位同步相关法计算重现期高潮位。无论是高潮同步相关法还是潮位同步相关法,都是假设核定站和参照站之间年极值高潮位与短期的高潮位或逐时潮位的相关关系是一致的,但短期的高潮位或逐时潮位更多的是体现天文潮特征,而年极值高潮位多伴随着特殊天气过程。结合逐月数据的计算结果可以看出,重现期高潮位误差与所采用数据的月份没有明显的关系。

《规范》中规定,对于有5~20年连续实测潮位资料的核定站,可采用极值同步差比法计算重现期高潮位。从本研究中两对潮位站的计算结果来看,当数据年限较长且核定站与参照站年极值高潮位呈显著强相关时,年极值相关法的计算结果优于极值同步差比法,且前者不需要使用平均海平面数据。

本研究将核定站年极值高潮位经 G-I 分布直接得到的重现期高潮位作为客观值,采用高潮同步相关法、极值同步差比法等方法通过参考站年极值高潮位间接得到的重现期高潮位作为结果进行误差比较和分析,而实际上,即便采用 G-I 这种客观统计方法计算重现期高潮位时,计算结果仍会随数据年份和年限的变化而变化,相应的误差分析结果也会受到影响。此外,本研究仅采用了宁波沿海 3 对潮位站 2020 年的数据进行计算分析,其结果的规律是否具有普遍性、是否可推广到其他海域还需要更多数据的验证。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 17839-2011 警戒潮位核定规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 17839-2011 Specification for warning water level determination[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [2] 费岳军. 宁波市沿海海洋灾害风险调查及警戒潮位核定[M]. 北京: 海洋出版社, 2015.
FEI Y J. Coastal marine disaster risk survey and warning water level determination of Ningbo[M]. Beijing: China Ocean Press, 2015.
- [3] 曹兵, 邬惠明, 徐常三, 等. 警戒潮位核定规范的几个问题探讨[J]. 海洋预报, 2016, 33(5): 70-77.
CAO B, WU H M, XU C S, et al. Discussion on several problems of specification for warning water level determination[J]. Marine Forecasts, 2016, 33(5): 70-77.
- [4] 姜绍材, 黄子眉. 重现期高潮位在广西全日潮岸段警戒潮位核定等应用中的局限性分析[J]. 海洋预报, 2020, 37(1): 28-32.
JIANG S C, HUANG Z M. Limitation of high tide level with different return periods approving the warning tide level in Guangxi [J]. Marine Forecasts, 2020, 37(1): 28-32.
- [5] 黄锦林, 张婷, 李嘉琳. 沿海警戒潮位核定技术问题探讨[J]. 海洋预报, 2015, 32(1): 26-32.
HUANG J L, ZHANG T, LI J L. Discussion on technical problems for the determination of coastal warning tide level[J]. Marine Forecasts, 2015, 32(1): 26-32.
- [6] 中华人民共和国交通运输部. JTS 145-2015 港口与航道水文规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2016.
Ministry of Transport of the People's Republic of China. JTS 145-2015 Code of hydrology for harbour and waterway[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2016.
- [7] 陈望春, 徐琦良, 王颖. 宁波沿海设计高潮位分析及查算图绘制[J]. 水文, 2016, 36(4): 80-84.
CHEN W C, XU Q L, WANG Y. Analysis of design high tide levels in Ningbo coastal area[J]. Journal of China Hydrology, 2016, 36(4): 80-84.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T 51015-2014 海堤工程设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. GB/T 51015-2014 Code for design of sea dike project[S]. Beijing: China Planning Press, 2015.

Discussion on the tide level estimation in sea level return periods in the warning water level determination

ZHAO Qiang, LONG Shaoqiao, SHU Zhiguang, WANG Yanping

(Ningbo Marine Environment Monitoring Center, Ningbo 315012, China)

Abstract: To estimate tide level in sea level return periods in the warning water level determination, the high tide correlation method are optimized using observation data from three pairs of tide gauge stations located along the coast of Ningbo. Four methods, i.e. the high tide correlation method, the tide level correlation method, the extreme value difference ratio method and the annual extreme value correlation method, are used to calculate the tide level in return periods, and the errors of these methods are compared. The results show that for the tide level data with the length of 1 month to 5 years, both the accuracy and stability of the tide level correlation method are better than those of the high tide correlation method. For the data with the length of 5 to 20 years, the annual extreme value correlation method is better than the extreme value difference ratio method when the correlation of observation data between the determination station and the reference station is strong.

Key words: warning water level determination; sea level return periods; error analysis