

宁波沿海设计高潮位分析及查算图绘制

陈望春, 徐琦良, 王颖

(宁波市水文站, 浙江 宁波 315020)

摘要:选取宁波沿海 16 个潮位站作为代表站, 采用年最高潮位极值型分布法、年最高潮位 P-型分布法、极值同步差比法、高潮同步相关法四种方法进行频率计算, 根据计算结果绘制不同海域设计高潮位查算图, 为宁波市沿海地区工程建设提供参考和依据, 也便于查求无资料地区的设计高潮位。

关键词:宁波沿海; 设计高潮位; 频率计算; 查算图

中图分类号: P333.6

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2016)04-0080-05

1 引言

宁波市海岸线总长 1 550.18km, 其中陆域海岸线 791.5km, 海岸线曲折多湾, 形成了众多港湾。沿海地区人口稠密、经济发达, 在全市的社会经济生活中占有举足轻重的地位, 但由于特殊的地理位置和气候条件, 致使这些地区经常遭受台风暴潮的侵袭, 风灾、洪灾、潮灾频繁。近年来, 受全球气候变暖等因素的影响, 海洋灾害危害性和破坏性不断加剧, 海洋灾害呈逐年上升趋势, 由全球气候变暖等因素造成的灾害影响规律也在悄然发生变化。为此, 沿海各地的高潮位越来越受到人们的关注, 以人为本的防灾减灾工作理念也不断深入人心。

日益加剧的海洋灾害性天气使得宁波市防汛形势日益严峻, 同时对全市沿海的工程建设也提出了更高的要求。设计潮位是海岸工程设计中的一个重要的水文设计值, 目前宁波市海岸工程建设采用的设计高潮位仍为省水利厅 1999 年 9 月 5 日发布并以当年 9 月 15 日开始正式实施的我省行业标准《浙江省海塘工程技术规定》中的相关技术成果。随着时间的推移, 特别是进入 21 世纪以来, 宁波市多次遭受强台风袭击, 沿海地区高潮位频现, 致使其设计值也不得不随之变动, 原《规定》的相关技术成果已经不能满足沿海地区工程建设的需要, 迫切要求水文行业加强对沿海、河口地区的潮汐特性分析, 提供最新的不同标准的设计潮位值, 以满足涉海工程建设安全的需要。

本文根据沿海地区潮(水)位站的最新分布情况, 重新整理各站历史资料系列和计算分析各站设计高潮位, 重新制作沿海地区设计高潮位查算图表, 为宁波市沿海地区工程建设提供参考和依据, 也便于查求无资料地区的设计高潮位。

2 代表站选取

根据资料可靠性、一致性、代表性原则, 结合宁波沿海各区域潮汐特征及工程建设需要, 本文共选取沿海 16 个潮位代表站(见图 1)。潮位代表站选取分五个



图 1 宁波沿海潮位代表站点分布图

Fig.1 Distribution of the representative tidal stations in the Ningbo coastal area

收稿日期: 2015-10-19

作者简介: 陈望春(1976-), 男, 江苏无锡人, 高级工程师, 本科, 主要从事水利工程建设管理及水文水资源分析计算工作。E-mail: 119796562@qq.com

区域:杭州湾流域、甬江流域、北仑及象山东部沿海、象山港和三门湾。

3 频率计算

根据资料系列的长短及适用条件,本文共采用了四种方法推求设计高潮位:年最高潮位极值型分布法、年最高潮位P-型分布法、极值同步差比法、高潮同步相关法。

根据资料系列的长短分别使用不同方法,极值同步差比法和高潮同步相关法主要是用于系列的延长推算,然后再利用年最高潮位极值型分布法和年最高潮位P-型分布法进行频率分析,本文采用人工适线法。为保证数据的可靠性,本文所涉及潮位站高程经过基面换算,统一为“85高程(一期)”数值。

(1)对于具有20年以上实测潮位资料的站,直接采用极值型和P-型分布频率计算方法,求出各种频率的设计高潮位值,并与经验频率点进行配合,选取最佳配合曲线,确定各重现期的设计高潮位。站点有:临海浦、高背浦、宁波、镇海、大目涂、湖头渡、西泽、鹤鸪头、胡陈港。

(2)对于有不少于连续5年实测资料的站,设计高潮位采用“极值同步差比法”与附近不小于20年连续实测潮位资料的站进行同步相关分析。站点有:强蛟、北仑海洋站、石浦海洋站。以强蛟站为例,详细叙述计算过程。

强蛟站资料系列为2009~2013年,其附近湖头渡站有超过20年连续实测潮位资料。本文定量判断了强蛟与湖头渡两站潮汐性质的相似性指标。根据计算,两站最大潮时差 $\max \Delta T$ 为1小时13分钟,最大潮位差 $\max \Delta H$ 为0.81m,高(低)潮相关系数分别为0.997和0.962,满足相似性指标。

根据公式

$$h_{PY} = A_{NY} + \frac{R_Y}{R_X} (h_{PX} - A_{NX})$$

式中: h_{PY} 、 h_{PX} 分别为待求站与长期站的设计高潮(水)位,m; A_{NY} 、 A_{NX} 分别为待求站与长期站的同期平均潮(水)位值,m; R_Y 、 R_X 分别为待求站与长期站的同期各年年最高潮(水)位的平均值与平均潮(水)位的差值,m。

湖头渡与强蛟同期(2009~2013年)最高潮位的平均值分别为3.49m和4.21m,同期平均潮位 A_{NX} 、 A_{NY} 分别为0.12m和0.28m,由此计算出两站同期各年最高潮位平均值与平均潮位差值 R_X 、 R_Y 分别为3.37m和

3.93m。根据湖头渡频率计算成果计算出强蛟不同重现期高潮位,如P-型频率计算出湖头渡100年一遇潮位 $h_{PX}=4.72m$,则强蛟站100年一遇潮位 $h_{PY}=0.28+3.93/3.37 \times (4.72-0.12)=5.64m$ 。

(3)对于有1~5年连续实测潮位资料的站,设计高潮位宜采用“高潮同步相关法”与附近有不少于连续20年资料的长期潮(水)位站资料进行同步相关分析。站点有:毛礁、分水礁、西周、下马岙。以西周站为例,详细叙述计算过程。

本文定量判断了西周与湖头渡潮位站的潮汐性质是否具有相似性。潮汐性质相似性指标见表1。从表1可以看出,待求站与参考站之间均同时满足最大潮时差 $\max \Delta T \leq 2h$ 、最大潮位差 $\max \Delta H \leq 1m$,而且高(低)潮相关系数 $r > 0.95$,说明两站高(低)潮的相关性强,可以作为参考站进行潮位的相关推算。

表1 两站潮汐性质相似性指标

Table1 The similarity indexes of the tidal characteristics of the 2 stations

判断指标	$\max \Delta H$ /m	$\max \Delta T$ /h	夏季高潮 相关系数	采用夏季 高潮时间	高潮 插补公式
西周与湖 头渡	0.64	0.40	0.995	2013年 7~9月	$y=1.0914x+$ 0.3698

根据湖头渡站2013年7~9月的逐日高潮位与西周站同期逐日高潮位,利用最小二乘法计算两站同期高潮位的相关关系,拟合结果见图2。由图2可以看出, $a=1.0914$, $b=0.3698$, $y=1.0914x+0.3698$,相关系数 $R^2=0.9902$,接近1,说明两站的相关性很好。

基于湖头渡站(1980~2013年)34年的年最高潮位资料,利用西周站与其同期高潮位的相关关系,推

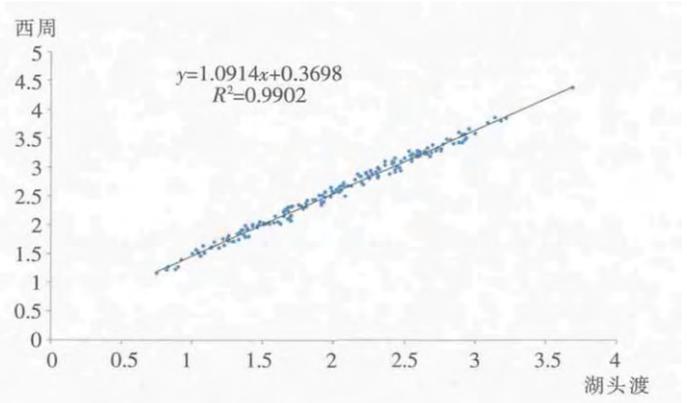


图2 西周站与湖头渡站同期高潮位相关性

Fig.2 The relationship between the same period high tidal levels at the stations of Xizhou and Hutoudu

算西周站的逐年最高潮位,再采用 P- 型和极值 型两种方法计算出西周站各频率设计高潮位。

4 成果合理性分析

(1)均值合理性分析。就均值代表沿海潮位站年最高潮位的平均情况而言,宁波沿海年最高潮位均值变化趋势与潮差大小的变化趋势基本一致,即潮差大的地方均值较大,潮差小的地方均值较小。均值最高的为三门湾附近,其潮差在宁波沿海也最大。甬江海域附近均值最小,在 2.4~2.5m,其潮差也最小。总体上来看,宁波沿海年最高潮位均值南北高中间低,详见图 3。

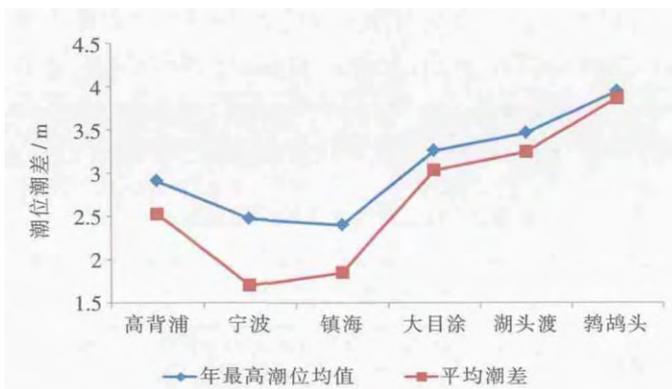


图3 宁波沿海潮位站年最高潮位均值与潮差变化

Fig.3 The change of the annual mean highest tidal levels and tidal ranges at the stations in the Ningbo coastal area

(2) C_v 值合理性分析。宁波沿海潮位站均以潮汐作用为主,在部分河口段,汛期时受洪水影响作用也很明显。位于外海的潮位站由于受风暴潮影响较大, C_v 值明显变大,如镇海;位于港湾内的潮位站 C_v 值偏小,如胡陈港。宁波沿海潮位 C_v 值的大小受风暴潮影响较大,其值一般在 0.12 左右, C_v 值变化过程见图 4。

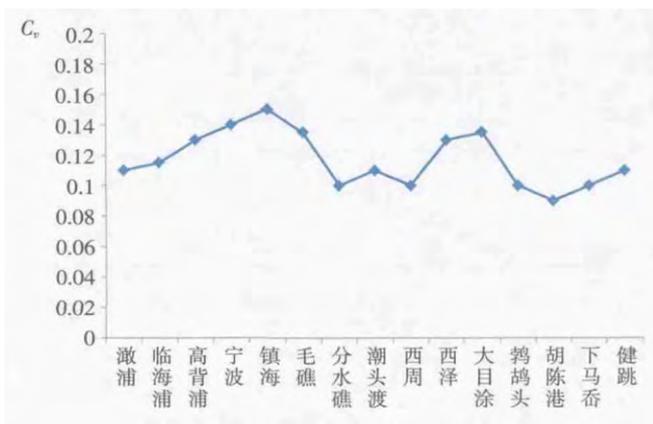


图4 宁波沿海潮位站 C_v 值曲线图

Fig.4 The C_v values of the stations in the Ningbo coastal area

(3)各站最高潮位重现期合理性分析。分析各站最高潮位出现时间,宁波沿海最高潮位基本上都是由“9711”号台风所造成,经分析,三门湾海域重现期为 100 年一遇;杭州湾、甬江和大目洋海域重现期为 20~50 年一遇;象山港内湖头渡站“9711”号台风期间实测值为 4.10m,重现期为接近 20 年一遇,与其他站相比重现期偏小。

三门湾海域重现期偏大,是由于“9711”号台风在台州温岭石塘登陆,三门湾海域各潮位站均出现了“特高水位”,如:健跳站 5.49m、胡陈港站 5.75m、鹤岗头站 5.27m,它较大的偏离了其他样本的分布趋势,该值不仅是实测系列中的最高值,更是历史上罕见的大值,浙江省水文局在“9711”号台风过后对该站进行过调查,其重现期超过 100 年,因此本文做了极大值处理(100 年一遇),经过处理,较好地符合了理论分布曲线。

大目涂站“9711”号台风期间调查值为 4.54m,极大偏离了其他样本的分布趋势,通过对宁波沿海潮位资料的校核,发现“9711”号台风引起的高潮位是一个“特殊水位”,在宁波沿海的潮位站相当于 50~100 年一遇。因此,对其进行了特大值处理(50 年一遇),经过处理,较好地符合了理论分布曲线。

(4)各站不同频率设计值与典型年潮位过程对比分析。为了分析各站设计高潮位变化趋势的合理性,选取 2012 年“海葵”台风期间各站的实测最高潮位,与设计值进行比较,见图 5。从图 5 可以看出,“海葵”台风期间各站最高潮位的变化趋势与各频率的设计高潮位变化趋势相同,本研究成果比较合理。

5 设计高潮位查算图绘制

根据分析结果得出的各站设计潮位,从最北端的

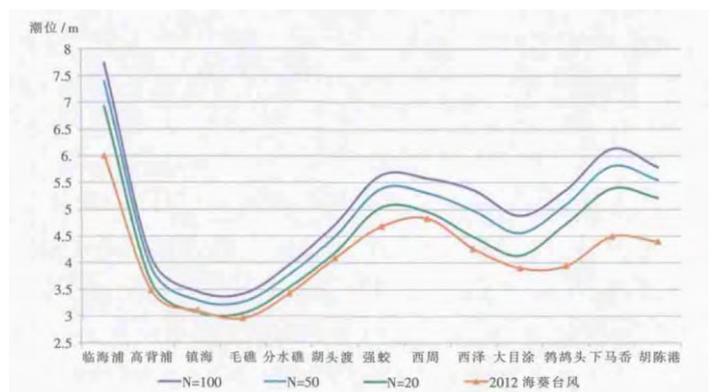


图5 各站设计高潮位与典型高潮位对比图

Fig.5 Comparison between the design high tidal levels and typical high tidal levels at the various stations

临海浦站开始,以累积相邻两站距离为横坐标,设计潮位为纵坐标,点绘不同频率设计潮位查算图曲线。宁波沿海地区不同重现期设计高潮位查算图,见图6。共绘制了 $P=0.5\%$, $P=1\%$, $P=2\%$, $P=5\%$, $P=10\%$, $P=20\%$ 六组曲线。由图6可见,港湾内的设计潮位要高于港湾口。

宁波沿海港湾众多,局部地形对设计潮位影响较大。由于各种港湾地形条件各异,因此对设计潮位的影响程度也随之不同。从现有资料分析,象山港湾内比湾口同频率设计潮位一般要高0.2~0.9m,三门湾湾内比湾口同频率设计潮位一般高0.3~0.8m。

6 结语

(1) 本文根据16个潮位站资料,采用年最高潮位极值型分布法、年最高潮位 P -型分布法、极值同步差比法、高潮同步相关法四种方法进行频率计算,得出了各站不同频率设计高潮位值,进而绘制了宁波沿海不同海域设计高潮位查算图。

(2) 通过分析得出,宁波沿海年最高潮位均值呈南北高中间低趋势; C_v 值的大小受风暴潮影响较大,其值一般在0.12左右。象山港湾内比湾口同频率设计潮位一般要高0.2~0.9m,三门湾湾内比湾口同频率设计潮位一般高0.3~0.8m。

(3) 从宁波沿海不同重现期设计高潮位查算图可以看出,除杭州湾区域由于浅水放大效应不一致外,其他站设计高潮位呈现明显的规律性:由北向南逐渐升高。港湾口内各站湾顶的设计高潮位明显高于湾口的设计高潮位。

参考文献:

[1] 鲍强生,罗宗业.设计潮位计算方法及其应用[J].海洋科技资料,1981,(3):20-28. (BAO Qiangsheng, LUO Zongye. Design tide level calculation

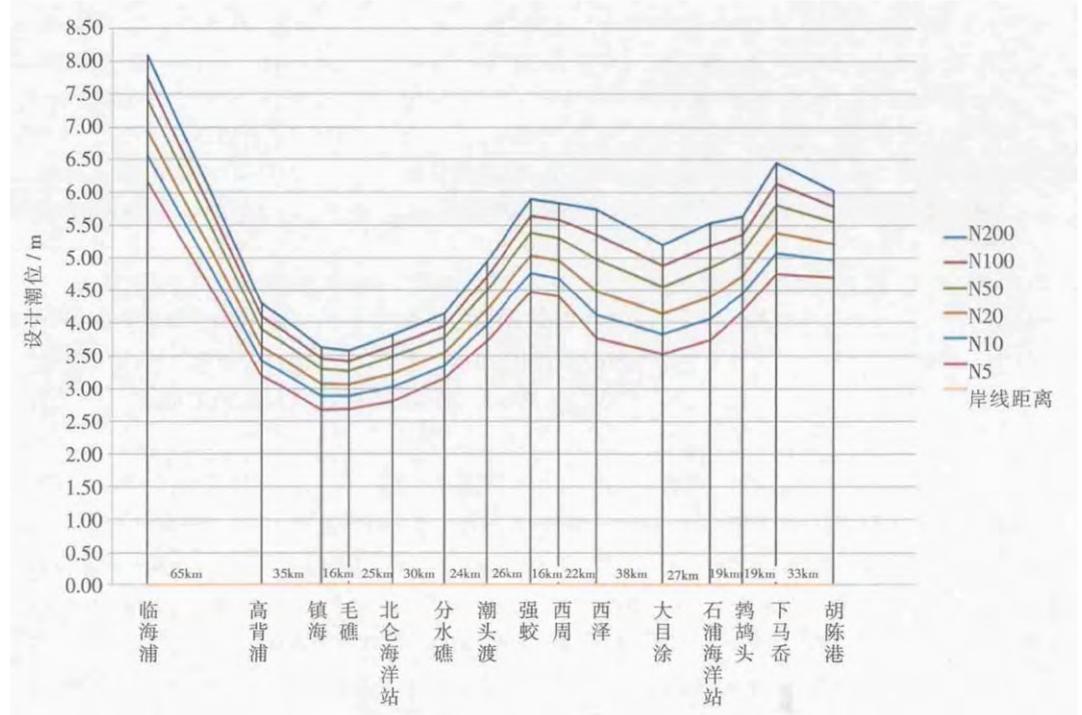


图6 宁波沿海不同重现期设计高潮位查算图

Fig.6 The calculation diagram for the design high tidal levels of various return periods in the Ningbo coastal area

method and its application [J]. Journal of Marine Science and Technology Information, 1981,(3):20-28. (in Chinese))

[2] Tsai C P, Lee T L. Back-propagation neural network in tidal-level forecasting [J]. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 1999,125(4):195-202

[3] 孔令婷. 感潮河段分期设计潮汐要素计算方法的研究[D]. 南京: 河海大学, 2004. (KONG Lingting. Installment Design Tidal Factor Calculation Method Research [D]. Nanjing: Hohai University, 2004. (in Chinese))

[4] Pugh D T, Vassie J M. Extreme sea levels from tide and surge probability[J]. Coastal Engineering Proceedings, 1978,1(16):911-930.

[5] 黄国如,芮孝芳. 感潮河段设计洪水位计算的频率组合法[J]. 水电能源科学, 2003,21(2):72-74. (HUANG Guoru, RUI Xiaofang. Design flood water level for tidal reach with frequency combination method [J]. Water Resources and Power, 2003,21(2):72-74. (in Chinese))

[6] Flather R A. Estimates of extreme conditions of tide and surge using a numerical model of the north-west European continental shelf[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1987,24(1):69-93.

[7] 李松仕. 关于不连序潮位系列设计潮位计算问题[J]. 水文, 2000,20(6):21-23. (LI Songshi. Calculating design tide level with discontinuous tide level series [J]. Journal of China Hydrology, 2000,20(6):21-23. (in Chinese))

[8] 孔乐,陈娥. 沿海地区设计潮位计算方法探讨[J]. 泰州职业技术学院学报, 2005,5(3):36-38. (KONG Le, CHEN E. Research of designed tide level calculation in littoral region [J]. Journal of Taizhou Polytechnical Institute, 2005,5(3):36-38. (in Chinese))

- [9] 李国芳,陈阿平,华家鹏. 设计潮位计算中若干问题探讨[J]. 水电能源科学, 2006,24(3):35-38. (LI Guofang, CHEN Aping, HUA Jiapeng. Problems and improvements in design tidal level calculation[J]. Water Resources and Power, 2006,24(3):35-38. (in Chinese))
- [10] 龚政,张茜,赵亚昆,等. 江苏沿海无资料地区海堤工程设计潮位推算方法[J]. 水利水电科技进展, 2013,33(3):14-17. (GONG Zheng, ZHANG Qian, ZHAO Yakun, et al. A calculation method of design tide levels for seawalls at Jiangsu coast without tide level observation data [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2013,33(3):14-17. (in Chinese))
- [11] 李松仕,林永泉,胡美英. 福建沿海设计潮位查算图研制[J]. 水文, 2000,20(1):26-30. (LI Songshi, LIN Yongquan, HU Meiyong. developing of the calculating diagram on design high tide level in Fujian coastal areas [J]. Hydrology, 2000,20(1):26-30. (in Chinese))

Analysis of Design High Tide Levels in Ningbo Coastal Area

CHEN Wangchun, XU Qiliang, WANG Ying

(Ningbo Hydrology Bureau, Ningbo 315020, China)

Abstract: Selecting 16 representative tidal stations in the Ningbo coastal area, annual maximum extreme value distribution method, annual highest tide level Pearson- distribution method, extreme difference ratio method, and high tide level synchronous correlation method were used to make frequency analysis. Then a chart of high tidal level in different coastal area according to the calculation results was developed, which can provide a construction reference for coastal engineering and design high tidal level of the area without observation data.

Key words: Ningbo coastal; design high tidal level; frequency analysis; calculation diagram

(上接第 36 页)

Precipitation Change Trend in Pearl River Delta Area and Relation with Aerosol from 1980 to 2010

LI Shenlin^{1,2}, CHEN Xiaohong^{1,2}, LAI Chengguang^{1,2}, WU Xiaoqing^{1,2}

(1. Center for Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Key Laboratory of Water Cycle and Water Security in Southern China of Guangdong Higher Education Institutes, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on the monthly precipitation data in the Pearl River Delta Area from 1980 to 2010, a Mann-Kendall trend test was made in this paper. The results show that the rainfall in the Pearl River Delta Area has a significant declining trend from February to April and a significant decreasing trend from June to September. This paper analyzed the causes of this trend from the perspective of aerosol. The precipitation, which is from February to April, has different rainfall patterns, compared to the precipitation from June to September, this paper hypothesized the increase of aerosol substance, to some extent, inhibited the formation of frontal gland precipitation from February to April and may also has some influence in the typhoon rain from June to September. There is also an explanation of the hypothesis.

Key words: rainfall; trend of change; Pearl River Delta; aerosol; frontal gland precipitation; Mann-Kendall

(上接第 75 页)

Ecological Characteristics of Phytoplankton in Haihe River Mouth

WANG Yufang, REN Jingang, WANG Yongxian, ZHOU Xiaocui, HUANG Lei

(Lower Reaches Management Bureau of HWCC, Tianjin 300061, China)

Abstract: The phytoplankton species and their community characteristics in May and August of 2014 were studied at the 9 sites in the Haihe River mouth. The results show that 48 species of phytoplankton were found in the Haihe River mouth, belonging to 33 genera, 21 families, 7 genera. The dominant species are diatoms, cyanobacteria and green algae, which is accounts for 75.83%. *Microcystis ichthyoblabe* Kutz and *skeletonema costatum* are main species. The average density of phytoplankton is 1654.21×10^4 cells/L. The density is highest at Site No.3 in August. The average of biomass is 1.235 mg/L in May and 1.262mg/L in August. It is slightly higher in August. The average of Shannon-Wiener diversity index (H') is 0.97. The average of Margalef index (D) is 2.24. The average of Pielou index (J) is 0.25. The result indicates that the water body of the Haihe River mouth is medium pollution and mesotrophice level.

Key words: phytoplankton; ecological characteristics; Haihe River mouth