



国内外港口工程水位确定方法对比

周剑, 施凌, 唐敏

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 按照国内港口工程规范工程水位计算的要求, 需要使用长短期实测水位资料。而海外工程项目实测数据匮乏, 资料深度不满足工程水位的计算要求。以埃及苏赫纳项目为依托, 对港口工程水位进行计算, 阐明国内外港口工程水位计算方法的异同。

关键词: 极值水位; 大潮平均高潮位; 增水; 假潮; 海平面上升

中图分类号: U 652

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)10-0106-04

Determination method of design water level at home and abroad

ZHOU Jian, SHI Ling, TANG Min

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: According to the requirement on water level calculation stipulated in Chinese code for port engineering, the long-term & short-term real-measured water level are needed. Due to the lack of observation data for overseas projects, design water levels can not meet the requirements of Chinese Code. Based on Ain Sukhna project in Egypt, we calculate the water level of port engineering, and expound clearly the similarities and differences of calculation methods for the water level at home and abroad.

Keywords: extreme water level; MHWS; surge; seiche; sea level rise

港口工程建设中设计水位是重要基础设计参数之一, 它不仅关系到港口工程建筑物的高程、码头港池底高程和航道设计水深(或航道底高程), 而且影响到建筑物结构类型的选择等。

中国 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》^[1]要求设计水位资料年限须覆盖一个完整的潮汐周期, 即: 设计高、低水位至少有完整 1 a 的数据, 极端水位至少有 20 a 连续年极值水位数据。而海外工程常常受当地水文观测条件的限制, 缺少实测潮位资料, 或观测资料时间不超过 1 a。本文针对海外工程, 探讨使用短期潮位观测资料开展工程水位的计算, 阐述国内外设计水位计算方法的异同。

1 设计高、低水位

国内设计高、低水位计算参考 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》^[1]: 位于海岸和感潮河段

常年潮流段的港口, 设计高水位采用高潮累积频率 10% 的潮位或历时累积频率 1% 的潮位, 设计低水位应采用低潮累积频率 90% 的潮位或历时累积频率 98% 的潮位。

国外港口工程设计中没有与中国港口工程规范中规定的设计高、低水位相对应的水位计算值。通常使用潮汐特征值, 如: 大潮平均高潮位、平均高高潮位或平均高潮位等。与国内设计高水位相比, 设计高水位大于平均高高潮位, 但小于大潮平均高潮位。同理, 设计低水位小于平均低低潮位, 但大于大潮平均低潮位。鉴于以上对比, 海外工程在设计中需要使用设计高水位时, 建议用大潮平均高潮位(半日潮特征海域)^[2]或平均高高潮位(日潮特征海域)来替代; 需要使用设计低水位时, 建议用大潮平均低潮位(半日潮特征海域)或平均低低潮位(日潮特征海域)代替。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 周剑(1986—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口工程水文研究工作。

2 极端高、低水位

国内外对极值水位的计算差异不大^[3], 有历年最高潮位法、概率统计法(JTS 145—2015《港口与航道水文规范》)、风暴增水和平均高潮组合法、风暴潮和天文潮组合法、随机组合概率法、联合概率法等。此外, 也有使用数学模型进行数值计算的。

上述各计算方法各有优缺点, 对实测水位进行分析时, 首先应找出主要影响因素(如风、气压、河水径流量等), 然后进行概率统计分析或数值模拟计算。海外工程缺乏长期实测数据, 水位组合法比较常用。本文重点介绍水位组合计算方法。

1) 天文潮。

使用实测水位数据进行调和和分析得出调和常数(如我国采用 8 个或 13 个主要分潮振幅和迟角), 计算出潮位特征值^[4]。应该明确的是, 组合水位中潮位特征值是纯天文潮(不含气象潮等因素), 和实测水位数据统计的潮位特征值有区别。

2) 增减水。

风暴潮是一种由热带气旋(例如台风、飓风等)、温带气旋或冷锋强烈天气系统的强风作用和气压骤变所引起的海面异常升降现象。

风暴减水是指由于较长时间的离岸风或气旋所引起的海水运动使沿岸水域海面降低到比单纯由天文潮引起的正常潮位低的现象。风暴增水亦然, 但主要由向岸风或反气旋引起的水位异常升高现象。

一般近似地取实测潮位减去天文潮位, 剩余值为正数时, 便是增水; 剩余值为负数时, 是减水。

3) 假潮。

在河口、湖泊或海湾中, 水表面往往存在几厘米或几十厘米甚至更大的高度、周期在几分钟到几个小时左右的振动, 称这种运动为副振动或假潮(seiche), 如我国的龙口港、日本的长崎港和西班牙梅诺卡岛的休达德亚港等。这种振动可以是自由振动, 也可以是受迫振动, 叠加在潮汐上, 振动幅度有大有小, 周期或长或短, 延续的时间也不相同。港湾假潮的出现, 特别是大振幅假潮现象, 可在短时间内引起港湾水位的骤然升降, 会对港湾内船舶安全、港口工程建设、滩涂开发

以及人们的日常涉海活动等带来很大的危害, 如 1980 年 9 月 1 日, 龙口港发生特大振幅假潮(2.93 m), 码头 3 次上水并造成灾害^[5]。

4) 水位季节性变化。

水位变化受气象条件的影响较大, 如季风区冬季和夏季水位变化明显; 受河流影响的区域在干季、雨季水位季节性变化明显。

5) 海平面上升。

海平面上升是由全球气候变暖、极地冰川融化、上层海水变热膨胀等原因引起的全球性海平面上升现象。

近期, 联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, 简称 IPCC)发布了第五次评估报告^[6], 指出 1901 年—2010 年全球平均海平面上升了 190 mm(图 1), 平均每年 1.7 mm; 1971—2010 年平均速度达每年 2.0 mm; 1993—2010 年平均速度则达每年 3.2 mm。海平面上升速度在加快, 2010—2100 年全球海平面上升见图 2。

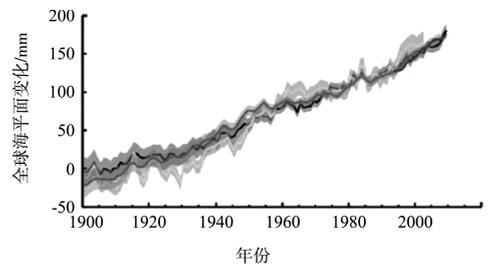
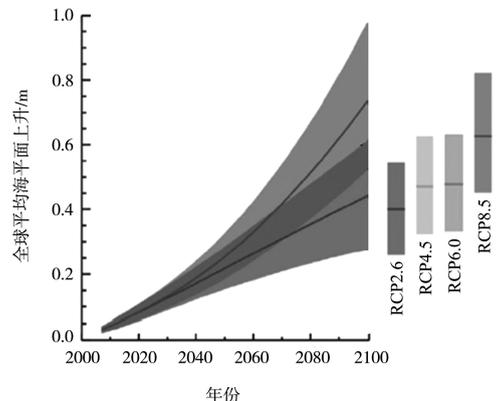


图 1 1901—2010 年全球平均海平面变化



注: RCP 表示浓度路径, 可以理解成辐射增温, 即太阳对于地表的加热作用并被温室气体滞留所产生的热能量, 这样就能以一个变数来更精确地表示温室气体造成的地表加热作用造成的地球环境影响。

图 2 2010—2100 年全球平均海平面变化

工程区域局地海平面上升可以由多种手段获取：1) IPCC 评估报告；2) 附近海域长期验潮站（如平均海平面永久服务中心 Permanent Service for Mean Sea Level, PSMSL）；3) 卫星高度计数据（如法国卫星高度计数据 AVISO）；4) 所在国海洋管理部门发布的所在国海岸的海平面上升预报表。

3 工程水位计算案例

以埃及苏赫纳油码头项目为例。工程项目位于苏伊士湾(图 3)。

3.1 工程位置基面关系

MSL(平均海平面)在 CD(Chart Datum, 海图基准面)上 1.1 m。

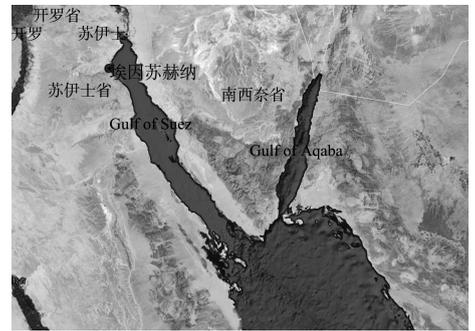


图 3 埃因苏赫纳 (Ain Sukhna) 工程位置

3.2 水位

埃及海军在苏赫纳地区进行了 16 个月的水位观测(2011 年 1 月—2012 年 4 月)。图 4 给出了水位时间序列分布, 平均水位季节性变化 0.3 m。

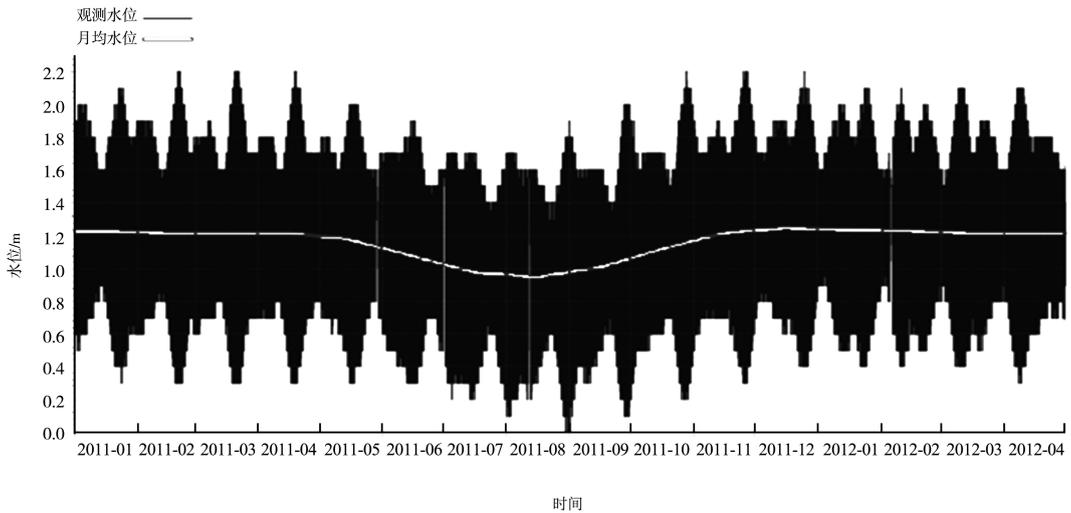


图 4 苏赫纳水位变化 (CD 起算)

1) 潮位。
使用 16 个月水位观测数据进行调和与分析计

算, 并做 19 年潮汐预报。苏赫纳潮位特征值计算见表 1。

表 1 苏赫纳潮位特征值分布

起算面	最高天文潮 (HAT)	大潮平均高水位 (MHWS)	小潮平均高水位 (MHWN)	平均海平面 (MSL)	小潮平均低水位 (MLWN)	大潮平均低水位 (MLWS)	最低天文潮 (LAT)
CD	2.2	1.9	1.6	1.1	0.7	0.4	-0.1
MSL	1.1	0.8	0.5	0	-0.4	-0.7	-1.2

2) 水位季节性变化。

根据 2010 年红海潮汐表统计结果表明：苏伊士湾月均海平面与年均海平面相比 1 月高 0.1 m, 在 8 月和 9 月低 0.2 m。海军观测数据季节性化 0.3 m(图 4), 与潮汐表一致。故工程区域平均水位季节性变化取 0.3 m。

3) 风暴增减水。

用 MIKE21 HDFM 水动力模型计算了红海和苏伊士湾的风暴潮, 可知北向风是离岸风, 会引发减水; 南向风为向岸风将造成增水(表 2)。重现期为 50 a 的北风产生 -0.45 m 的减水; 重现期 50 a 的南风产生 0.50 m 的增水。

表 2 不同重现期风暴增减水 m

风向	重现期/a					
	1	5	10	25	50	100
北风	-0.13	-0.39	-0.42	-0.44	-0.45	-0.47
南风	0.20	0.40	0.46	0.50	0.53	0.55

4) 海平面上升。

采用卫星高度计数据进行计算, 并结合 IPCC (AR5) 报告, 工程区域未来 50 a 海平面上升 0.25 m (2065 年), 未来 1 a 海平面上升 0.005 m (2016 年)。

5) 假潮。

工程位于半封闭的苏伊士湾, 假潮现象明显, 其振幅可达 0.3 m。

6) 极值水位。

苏赫纳区域极值水位主要有潮位、假潮、水位季节性变化、增(减)水以及海平面上升构成。通过对各因素的分析, 大潮平均高潮位 (MHWS) 和大潮平均低潮位 (MLWS) 为水位组合的潮位特征值。另外, 选取假潮振幅的一半来进行水位组合。

工程区域极值水位计算方法:

① 极端高水位 = 大潮平均高潮位 + 假潮 + 水位季节性变化 + 增水 + 海平面上升;

② 极端低水位 = 大潮平均低潮位 + 假潮 + 水位季节性变化 + 减水 + 海平面上升。

表 3 和表 4 给出工程区域不同重现期极端高水位和极端低水位。

表 3 苏赫纳海域极端高水位

m

重现期/a	海平面上升(2065年)	大潮平均高潮位(MSL)	假潮	增水	水位季节性变化	极端高水位(MSL)	极端高水位(CD)
1	0.25	0.80	0.15	0.20	0.10	1.50	2.60
5	0.25	0.80	0.15	0.40	0.10	1.70	2.80
10	0.25	0.80	0.15	0.46	0.10	1.76	2.86
25	0.25	0.80	0.15	0.50	0.10	1.80	2.90
50	0.25	0.80	0.15	0.53	0.10	1.83	2.93
100	0.25	0.80	0.15	0.55	0.10	1.85	2.95

表 4 苏赫纳海域极端低水位

m

重现期/a	海平面上升(2016年)	大潮平均低潮位(MSL)	假潮	减水	水位季节性变化	极端低水位(MSL)	极端低水位(CD)
1	0.005	-0.70	-0.15	-0.13	-0.20	-1.175	-0.075
5	0.005	-0.70	-0.15	-0.39	-0.20	-1.435	-0.335
10	0.005	-0.70	-0.15	-0.42	-0.20	-1.465	-0.365
25	0.005	-0.70	-0.15	-0.44	-0.20	-1.485	-0.385
50	0.005	-0.70	-0.15	-0.45	-0.20	-1.495	-0.395
100	0.005	-0.70	-0.15	-0.47	-0.20	-1.515	-0.415

4 结论

1) 和国内港口规范相比, 国外没有设计高、低水位概念。海外工程建议采用平均大潮高潮位 (MHWS) 或平均高高潮位 (MHHW) 作为设计高水位使用; 平均大潮低潮位 (MLWS) 或平均低低潮位 (MLLW) 作为设计低水位使用。

2) 在实测潮位数据不足的情况下, 可以采用组合水位法计算极端高、低水位。水位组合构成因素包括天文潮、增减水、假潮、海平面季节性

变化、海平面上升等。天文潮和风暴增减水是水位组成最主要的两个因素。

3) 潮位特征值可以由调和常数计算获取, 也可以由不少于 19 年潮汐预报潮位统计所得。但应该注意的是, 预报潮位与实测潮位统计的差别。

4) 港口工程建设必须考虑海平面上升的影响, 其数值可由 IPCC、卫星高度计、长期验潮站获取。

(下转第 113 页)