



国内外港口工程深度基准面 及码头面高程计算方法对比

杨国平, 张鹏, 周剑

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 全面总结了我国深度基准面的历史演变过程和基本算法, 介绍世界各国深度基准面的分类和使用进展。同时, 针对国内外港口工程码头面高程计算方法的差异, 从计算原理、组合因素、资料分析等方面对比国内外计算标准的差异, 对码头面高程计算中设计水位的定义和统计方法等进行细化分解, 清晰了国内外标准使用中的异同, 为准确运用国内外标准提供了有益的指导。

关键词: 深度基准面; 码头面高程; 高程计算; 港口工程

中图分类号: U 652.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)10-0068-07

Algorithm comparison about depth datum and jetty's elevation between domestic and overseas port project

YANG Guo-ping, ZHANG Peng, ZHOU Jian

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

Abstract: Making an overview survey about the historical evolution process and the primary algorithm of depth datum in our country, the paper introduces the classification and development of the depth datum worldwide. Meanwhile, the paper gives a comparison about the calculate algorithm of jetty's elevation between domestic and overseas code. It focuses on the calculation principle, combination factors and data analysis, and analyzes the definition and statistical approach of the design water level. This comparison research may be helpful to the application of domestic and overseas code in port projects.

Keywords: depth datum; jetty elevation; elevation calculation; port project

深度基准面是航海的基础起算面, 是港口、航道、围填海和其他海洋工程勘察、设计和施工的重要依据, 由深度基准面进而可以确定码头前沿水深、航道水深、码头面高程、陆域高程等一系列与港口、航道等涉水工程竖向相关的设计尺度, 并与大地国家高程基准建立相关关系。深度基准面的确立是港口、航道等涉水工程的一项基础性工作。世界各地海域的潮汐水位特征多种多样, 当地潮汐的特点决定了采用何种理论推算深

度基准面具有更好的适应性。

与此同时, 在港口工程码头面高程设计中, 国外以潮汐预报资料推算设计潮位的方法与国内以观测资料统计分析确定设计水位的方法, 在实际工程计算中存在一定的差异, 其计算水位的组合因素也有所不同。

准确理解深度基准面和相关设计水位推算的概念, 有益于减少国外港口工程中在基准面和设计水位推算方面的弯路, 进而降低设计和施工中

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 杨国平 (1973—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事港口工程规划、设计、研究与咨询。

不可预见的潜在风险。

鉴于二者的重要性, 本文全面总结了国内外深度基准面的定义、分类和使用发展情况。同时, 对国内外港口工程码头面高程计算方法进行对比, 对其中设计水位的推算和组合因素进行分解, 对比二者差异, 为我国海外港口工程的建设提供有益的基础理论参考。

1 港口工程深度基准面的确立

1.1 我国深度基准面的演变

世界各国所采用的海图深度基准面颇不一致, 我国也是如此, 较常用的有略最低低潮位和理论深度基准面, 20 世纪 70 年代又提出过近最低潮面。

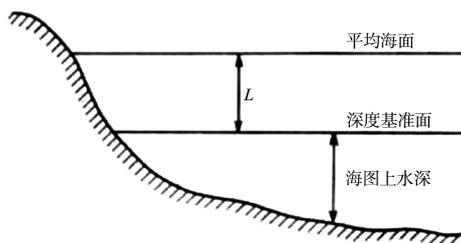


图 1 深度基准面示意图

1956 年以前, 我国采用略最低低潮面(印度大潮低潮面)。

1956 年以后, 海军司令部海道测量部在全国海洋测绘中, 统一采用理论深度基准面。其推算按照前苏联弗拉基米尔斯基方法, 即以 8 个主要分潮组合的调和常数计算出的理论上的潮高最小值为深度基准面, 在浅海区及海面季节变化较大的海区, 又考虑 3 个浅水分潮的改正, 共 11 个分潮。其对船舶航行的保证率要求在 95% 以上。

1977 年, 中科院海洋所和海洋局情报所出于对我国南北海域潮汐差异较大的情况, 提出了近最低潮面, 即实际海面低于海图理论深度基准面的概率为 0.14% 所对应的潮位。但未给予大范围推广。

1990 年, 国标 GB 12327—90《海道测量规范》规定, 原来作为海洋测绘深度基准面的理论深度基准面改名为理论最低潮面。同时规定, 在计算

理论最低潮面时, 增加 2 个长周期分潮进行长周期改正, 因此计算理论最低潮面的分潮从 11 个增加到 13 个。

1998 年, 国标 GB 12327—1998《海道测量规范》又规定: 对浅水分潮和长周期分潮改正进行了改进, 一律采用 13 个分潮进行计算, 取消了 3 个浅水分潮振幅之和大于 20 cm 进行浅水改正的条件, 从而使深度基准面保持了其算法和意义的一致性。

目前, 我国港口工程统一采用理论最低潮面为深度基准面。理论最低潮面采用 13 个分潮组合潮高的极值, 这 13 个分潮^[1] 包含天文潮 8 个: M_2 、 S_2 、 N_2 、 K_2 、 K_1 、 O_1 、 P_1 和 Q_1 ; 浅水分潮 3 个: M_4 、 MS_4 和 M_6 ; 长周期分潮 2 个: S_a 和 S_{Sa} 。

1.2 国外常用的深度基准面分类

海图深度基准面与当地海域潮差的大小有紧密关系, 世界各国海岸线潮差不同, 海图深度基准面的定义和标准也各不相同。世界各国均根据当地特点, 在不同的海域采用不同的基准面计算模型^[2]。

1) 平均大潮低潮面 (MLWS-Mean Low Water Springs)。

$$MLWS = A_0 - (H_{M_2} + H_{S_2}) \quad (1)$$

式中: A_0 为平均海平面在验潮仪零点上的高度; H_{M_2} 和 H_{S_2} 分别为太阴主要半日分潮和太阳主要半日分潮的振幅。

该潮面适用于以半日分潮为主海域, 约有 50% 的大潮低潮面将落在这个基准面之下。

采用的国家和地区: 加拿大(大西洋沿岸)、巴拿马(太平洋)、哥伦比亚(太平洋)、丹麦(北海)、厄瓜多尔、埃及(地中海)、加纳、希腊、危地马拉、意大利、利比亚、尼日利亚、秘鲁、索马里、叙利亚、土耳其(地中海)、坦桑尼亚、委内瑞拉等。

2) 平均低低潮面 (MLLW-Mean Lower Low Water)。

$$MLLW = A_0 - [H_{M_2} + (H_{K_1} + H_{O_1}) \cos 45^\circ] \quad (2)$$

式中: H_{K_1} 和 H_{O_1} 分别为太阴-太阳赤纬全日分潮和

太阴主要全日分潮的振幅。

采用此基准面，将有 50% 的低低潮面要露出此面，显然此面偏高，保证率只有 75% 左右，适用于较深的海域。

采用的国家：美国（太平洋沿岸、阿拉斯加、夏威夷群岛）、墨西哥（太平洋沿岸）、菲律宾等。

3) 平均低潮面 (MLW-Mean Low Water)。

$$MLW = A_0 - H_{M2} \quad (3)$$

此式只适用于大、小低潮差极小的海区，该面也没有考虑主要太阳半日潮，故在我国是不适用的。

采用的国家和地区：巴拿马运河（大西洋）、哥伦比亚（大西洋）、哥斯达黎加（大西洋）、古巴、多米尼加、海地、墨西哥（大西洋沿岸）、美国（大西洋沿岸）等。

4) 最低低潮面 (LLW-Lowest Low Water)

当观测期间短且在月平均海平面较高的季节观测时，得到的最低潮面，会有偏高的现象；而在月平均海平面较低的季节，观测所得的最低潮面可能有偏低现象。因为观测期间的长短及气象条件的影响，观测的最低潮不准确，因而在实际工程中，常采用式(4)计算：

$$LLW = \begin{cases} A_0 - 1.2(H_{M2} + H_{S2} + H_{K2}) \\ \text{或 } A_0 - 1.2 \cdot \frac{100}{188} \cdot S_g \end{cases} \quad (4)$$

式中： S_g 为平均大潮差。

该式没有考虑或基本没有考虑日分潮，只能适用于半日潮港。

采用的国家：法国、西班牙、葡萄牙、阿尔及利亚、喀麦隆、科特迪瓦、马达加斯加、毛里塔尼亚、摩洛哥、莫桑比克、塞内加尔、多哥、突尼斯、越南（1956 年以前）等。

5) 印度大潮低潮面或略最低低潮面 (ISLW or LLWLT-Indian Springs Low Water or Lower Low Water Large Tide)。

$$ISLW = A_0 - (H_{M2} + H_{S2} + H_{K1} + H_{O1}) \quad (5)$$

该模型由英国潮汐学家达尔文考察印度洋潮汐时提出。优点是计算方法较简便，且考虑了日

潮的作用，但它不能反映潮汐变化本身的复杂关系，特别是高潮或低潮不等的特征不能体现出来。

采用的国家：巴西、埃及（红海）、印度、伊朗、伊拉克、日本、肯尼亚、沙特阿拉伯、苏丹。

6) 平均海平面 (MSL-Mean Sea Level)。

在某些没有潮汐的海区，深度基准面是采用平均海平面。我国海区都具有超过 0.5 m 的平均潮差，故在我国是不适用的。

采用的国家：保加利亚、丹麦（波罗的海）、芬兰、波兰、罗马尼亚、瑞典、土耳其（黑海）、乌克兰、俄罗斯（波罗的海）。

7) 理论深度基准面 (LNLW-Lowest Normal Low Water)。

采用前苏联弗拉基米尔斯基方法提出的理论上的最低潮面。

采用的国家：安哥拉、阿根廷、缅甸、加拿大、智利、中国（1956 年开始）、朝鲜（1956 年开始）、印度尼西亚、马来西亚、新西兰、巴基斯坦、泰国、苏联（大西洋及太平洋沿岸）、越南（1956 年开始）。

8) 最低天文潮面 (LAT-Lowest Astronomical Tide)。

$$LAT = - \min \left[\sum_{i=1}^n f_i H_i \cos(\sigma_i t + v_{0i} + u_i - g_i) \right] \quad (6)$$

最低天文潮面^[3]最早是由英国海军部提出的，即在平均气象条件下和结合任何天文条件下，可以预报出的最低潮位值。计算时，首先由至少 1 a 的实际观测数据经调和和分析计算出潮汐调和常数，再通过这些调和常数，将 19 a 或更长时间内调和预报出的最低潮位值作为最终的最低天文潮面值。计算所采用的潮汐分潮，可以只取纯天文分潮，也可附加部分浅水分潮和长周期分潮。

自 1995 年，国际海道测量组织推荐其会员国统一采用最低天文潮面作为海图深度基准面。目前，英国、法国、德国、挪威、澳大利亚、中国（香港）等越来越多的国家和地区已将最低天文潮面作为本国（地区）的海图深度基准面，深度基准面有统一化的发展趋势。

综上所述，尽管各海域具有不同的潮位

特征, 但对深度基准面的重视程度和对航海保证率的接受标准仍是决定世界各国(地区)采用何种深度基准面的最直接因素。

2 港口工程码头面高程计算方法

根据世界各国、各地区的海域潮汐特征和技术习惯, 选取具有较好适用性的深度基准面, 为海上建设工程的竖向设计确立体系基础。

在港口工程竖向设计中, 最具代表性的即为码头面高程的确定。由于我国规范与国际标准在编制的理念上有所不同, 因此反映在计算方法上, 也产生了所谓的“大同小异”, 需要有经验的工程

师在使用时甄别使用。“大同”, 即计算的总体原理是类同的, 计算高程时均需考虑水位、波浪、上水、作业及周边衔接等方面的影响, 合理计算分项数值; 而“小异”, 则是指在具体的水位等因素的分类取值上, 推算方法有一定差异。

2.1 我国码头面高程计算方法

我国现行 JTS 165—2013《海港总体设计规范》中, 提出了码头面高程的计算方法^[4], 即“根据所采用波浪和潮位组合标准的不同, 应按基本标准和复核标准分别计算, 必要时可采用模型试验验证。”潮位与波浪组合的标准及富裕高度可按表 1 确定。

表 1 潮位与波浪的组合标准及富裕高度

组合情况	上水标准		受力标准		
	设计水位	富裕高度 Δ_w	设计水位	波浪重现期	富裕高度 Δ_f
基本标准	设计高水位	一般情况可取 10~15 a 重现期波浪的波峰面高度, 并不小于 1.0 m; 掩护良好码头可取 1.0~2.0 m	设计高水位	50 a	0~1.0 m
复核标准	极端高水位	一般情况可取 2~5 a 重现期波浪的波峰面高度; 掩护良好码头可取 0~0.5 m			

注: ①按受力标准设计时波浪采用波列累积频率为 1% 的波高; ②按上水标准设计时波浪采用波列累积频率为 4% 的波高; ③对于风暴潮增水情况明显的码头, 应在设计高水位基础上考虑增水影响; ④受力标准的波浪重现期采用结构设计的规定, 一般为 50 a, 有特殊要求时, 可相应调整。

所谓上水控制标准, 是指根据码头的重要性、作业特点等要求, 在一定的潮位和波浪组合下, 按码头面上水可接受的程度设定的码头前沿顶高程控制标准。所谓受力控制标准, 是指根据码头结构(尤其是透空式码头上部结构)在波浪作用下受力安全要求设定的码头前沿顶高程控制标准, 受力控制标准也可以说是码头结构强度设计和设定的波浪条件互相适应和妥协的结果。

一般而言, 掩护良好的码头, 由于波浪作用影响较小, 码头前沿顶高程多由上水标准的要求决定; 对于实体结构码头, 如连续直墙岸壁的沉箱、方块、板桩等结构, 一般没有透空的上部结构, 无论波浪大小, 结构特点决定了波浪受力因素对确定码头前沿顶高程影响不大。所以规定这两种情况下, 一般可只按上水标准确定码头前沿顶高程。

可以看出, 国内规范中, 码头面高程的确定分为两部分, 一部分为潮位和波浪的组合影响, 一部分为结构本身的承受能力, 二者共同作用, 决定最终的码头面高程。同时, 国内规范对于掩护良好的码头, 实际也将波浪的影响提前反映在其掩护程度中, 码头面高程计算除采取一定重现期波浪直接计算外, 也可直接通过上水富裕高度的叠加更快捷地确定设计高程, 使用简便, 高程结果在工程实践中也基本能够满足使用要求。

2.2 国外常见的码头面高程计算方法

国外港口工程中, 关于码头面高程的计算, 并没有明确的计算公式, 一般强调通过有经验的工程师根据当地的静水位(潮位、增水、海平面上升等)、波浪、上水、装卸作业、排水等方面的影响共同确定。以国外三个典型标准为例:

1) 英国标准。

英标 BS 6349-2: 2010 年提出, 码头面高程的确定可由已有泊位或泊位后方的作业场地来确定。对于新建码头, 码头面高程的确定必须切实可行而且经济。

总体上, 码头面高程主要受设计水位、波浪、上水和海平面上升等因素影响, 主要应考虑以下几点因素^[5]:

①水位(extreme water level)。

建议通过应用联合概率方法^[6]来计算设计水位。通常基于天文潮与风暴增水分别选取最适合的分布类型建立联合分布函数式, 进而推算出两者相组合的设计水位值及重现期。

②波浪(wave)。

对开敞式港湾或无掩护码头, 应根据确定的建设标准, 通过统计分析确定相关设计水位和波高重现期; 对封闭港池内的货运码头, 码头面高程应在工作水位以上至少 1.5 m, 以减少上水影响。

③淹没(flooding)。

码头面高程可由码头淹没的风险评估确定, 通过经济分析来比较基建投资费用和淹没损失费用或为补偿这种损失而提供保险的费用。

④毗邻陆域(existing area behind the berth)。

码头面高程应与后方相连的陆域相协调。

⑤装卸机械(crane)。

应考虑装卸机械的高度、作业范围对码头面高程的适应性。

⑥海平面上升影响(sea level change)。

应考虑建设工程在使用期内的海平面上升影响并进行评估。

2) 美国标准。

美国军方在其《UNIFIED FACILITIES CRITERIA (UFC) DESIGN: PIER AND WHARVES》中提出, 码头面高程应综合考虑以下因素^[7]:

①天文潮(astronomical tide)^[8]。

对工程区域实测水位进行调和与分析, 然后用

调和常数计算, 或进行不少于 19 a 的潮位预报并进行统计分析。常用的潮位特征值主要有平均大潮高潮位(MHWS)、平均海平面(MSL)以及平均大潮低潮位(MLWS)。

②风暴潮(storm surge)。

一般近似地取实测潮位减去天文潮位的计算结果。

③假潮(seiche)^[9]。

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。

④海啸(tsunamis)。

由海底地震、火山爆发、海底滑坡或气象变化产生的破坏性海浪, 并由此引起的水体堆积会使海表面变化急剧增大。

⑤波浪(wave)。

主要考虑波浪的越浪、爬高等影响, 波浪重现期标准主要依据建构筑物的结构安全、防洪标准、使用寿命、损坏危害等因素综合分析确定。

⑥上水(overtopping)。

码头面高程应高于平均高高潮位(MHHW) $2/3H_{\max}$, 再额外加上富裕高度约 3 ft(0.9 m)。码头面板底面应高于极端高潮位(EHW)约 1 ft(0.3 m)。

⑦船舶干舷高度。

码头面高程应考虑岸桥、装卸臂和其他装卸设备的操作与船舶干舷的适应性。满载船舶平均低低潮位(MLLW), 压载船舶平均高高潮位(MHHW)时, 应考虑评估装卸的适应性。

⑧毗邻陆域。

码头面高程应与后方相连的陆域相协调。

⑨海平面上升影响。

应考虑建设工程在使用期内的海平面上升影响并进行评估。

⑩其他情况。

如双层平台码头、军用舰船兼靠要求等, 应综合分析确定。

3) 日本标准。

日本规范《日本港口设计计算标准》^[10]中码头面高程的确定和美国标准比较相似, 主要影响因素包括: 天文潮、风暴潮、假潮、海啸、波浪以及超高值等。

日本规范中设计高水位多采用平均月最高潮位, 其定义为朔望期平均高潮位, 也就是平均大潮高潮位。

关于超高值的选用标准, 日本规范规定, 码头面高程因潮差而异, 考虑异常高潮、波浪以及地基沉降的影响, 应慎重决定其高程, 其高程应高出平均大潮高潮位以上一定超高值, 其超高值选取规定见表 2。

表 2 超高值 m

码头类型	潮差 ≥ 3.0 m	潮差 < 3.0 m
大型码头(水深 > 4.5 m)	0.5~1.5	1.0~2.0
小型码头(水深 ≤ 4.5 m)	0.3~1.0	1.0~1.5

另外, 目标中采用的计算波浪重现期按照设计年限及安全系数确定, 波高特征值选用最大波高 H_{\max} 。

3 国内外码头面高程计算方法的差异

从我国和国外相关标准中码头面高程的计算方法中, 可以较为清晰地看出, 两种方法具有一定的相通处, 在计算原理、考虑因素等方面总体类似; 但在组合因素的分项计算方法上存在一定的差异。

1) 总体计算原理一致。

我国规范的码头面高程计算主要采用波浪和潮位进行组合, 并应满足上水标准和受力标准的要求, 如上水标准的基本组合标准为设计高水位+5~10 a 重现期波峰面高度+富裕高度; 复核标准为极端高水位+2~5 a 重现期波峰面高度+富裕高度; 受力标准的基本组合标准为设计高水位+50 a 重现期波峰面高度+富裕高度。计算时, 根据码头掩护程度和结构类型, 选择相应的标准进行计算。

国外标准码头面高程的计算虽未提出如我国

规范类似的计算组合, 但实际仍采用设计水位+波浪作用高度+作业影响+富裕高度的计算组合。

从国内外码头面高程的计算组合来看, 二者考虑的基本要素是一致的, 计算原理类似, 计算分项类同, 即码头面高程均与水位、波浪、上水、作业、周边衔接等影响因素直接相关, 且都应满足大潮期不被淹没的基本要求。

2) 设计水位计算差异。

①定义不同。

参考我国规范 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》^[11], 港口工程设计高水位定义为: “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”。极端高水位定义为: “除另有规定外, 海港工程的极端高水位应采用重现期为 50 a 的年极值高水位”。

国外港口设计中没有设计高、低水位的说法, 海外工程一般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。国外的极值水位计算需要综合考虑天文潮、增减水、海平面上升、水位季节性变化等因素, 最终通过数理统计计算可得。

②分项计算方法不同。

国内外各种水位计算方法的不同主要表现在: 选用计算方法之初先要分析所掌握的资料和所要遵循的规范要求。

在使用中国规范 JTS 145—2015《港口与航道水文规范》计算设计水位时需要掌握长期或不短于一年的实测潮位资料。然后, 按照规范中相应条文计算设计高、低水位和极端高低水位。其中, 设计高水位计算采用累积频率法, 极端高低水位采用频率曲线法。

海上建筑工程设计标准中所采用的设计水位一般使用水位组合计算,

在使用国外标准计算水位时, 一般使用水位组合计算, 需要分项考虑: 天文潮、风暴潮、假

潮、水位季节性变化、海平面上升等多项与水位相关的因素，并对各分项因素分别采用不同统计方法进行计算。如：天文潮的计算采用调和分析法、风暴潮（增减水）的计算采用概率统计法等。

③分项组合方式不同。

我国规范中，计算设计水位时，在对实测资料的处理时是采用综合统计、分析法。设计高水位一般推荐采用验潮站潮位观测资料直接进行累积频率法统计，对资料序列的时限要求不少于一年。其中实测高潮位数据是由天文潮+气象潮（增、减水）组成，说明其中也含有一定的海平面上升的影响成分。而极端高水位的计算方法是使用长期验潮站（不短于 20 a）年极端高水位值进行概率统计，当不满足资料年限为 20 a 时，需要采用相关关系法进行估算，这其中每年的极端高水位值和相关系数法的 K 值中同样包含了气象增水和海平面上升因素。

综上，我国规范实际上并未清晰地给出天文大潮与风暴气象增水的相关关系，天文大潮与极端气象增水出现的时机差异没有予以体现，有可能会忽略多种极端因素的联合作用。对于风暴潮增水情况明显的码头，按照表 1 注③提出的要求，应对设计高水位+风暴增水之和与极端高水位进行比较，在此基础上考虑码头工程的上水和结构安全。但是，我国规范中没有明确其增水程度的计算方法，需要通过工程实际条件具体分析。

国外标准对设计水位的计算方法有多种，如历年最高潮位法、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。不断修正的统计组合方法，使其对天文大潮与风暴气象增水的相关关系的研究越来越深入，与实际情况的吻合度在不断提高。此外，用数学模型进行数值计算也是很好的办法。

3) 波浪计算差异。

国内外码头面高程计算均需组合波浪影响。

国内规范根据计算标准的不同，选择组合一定重现期对应波列累积频率的波高，如按受力标

准设计时波浪采用重现期 50 a 波列累积频率为 1% 的波高 $H_{1\%}$ ，按上水标准设计时波浪采用一定重现期波列累积频率为 4% 的波高 $H_{4\%}$ 。

国外标准中对波浪的组合强制性较弱，主要根据海上建筑物的使用年限，采用一定重现期内的 H_{\max} 进行组合，并同步对码头上水影响程度进行风险分析，通过经济比较或发生上水损失时的保险索赔等做综合评估。

4) 其他因素。

国内外标准中关于码头面高程与后方毗邻陆域的高程衔接、船舶装卸作业干舷高度对装卸设备和缆绳角度的适应性、对特种船型的匹配程度等方面的要求基本一致。

4 结语

1) 世界各国、各地区深度基准面的确立在算法原理层面基本一致。我国采用的理论最低潮面与国外推荐采用的最低天文潮面具有本质上的相通之处，仅是各潮汐分潮选取不一致，保证率要求不同。

2) 码头面高程的计算方法均要考虑水位、波浪、上水、作业及海平面上升等因素的影响，国内外标准考虑的基本要素是一致的。

3) 国内外关于设计水位的计算存在差异。我国规范根据统计分析确定，计算简便，但对计算水位的分项细节未能精确分解，遇到极端气象组合影响时，有可能忽略极端因素的组合作用；而国外标准对计算水位中要素的分项组合比较清晰，分项部分的计算方法比较符合潮汐运动和气象要素的脉动规律，其多项组合计算所得的结果能较好地反映出各项要素的风险作用，但统计计算方法较为复杂。

4) 水位标准方面，国内采用设计高水位和极端高水位，而国外没有设计高、低水位概念，需要考虑天文潮、风暴增水、海平面上升等因素。波浪标准主要考虑波浪爬高、越浪的过程，国内根据设计标准不同采用不同重现期的 $H_{1\%}$ 或 $H_{4\%}$ ，而国外采用 H_{\max} 较多。

（下转第 79 页）