



人工岛堤顶高程设计

施瑜, 邹宏宇

(中交天津港湾工程设计院有限公司, 辽宁大连116001)

摘要: 综述了现有国标、行业标准、地方标准和国外标准中人工岛工程设计堤顶高程的相关内容, 并结合工程实例, 就影响高程的主要因素, 如防护标准、设计潮位、越浪量等进行多角度分析。

关键词: 堤顶高程; 防护标准; 设计潮位; 越浪量

中图分类号: P 752

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)08-0088-04

Crest elevation design for artificial island

SHI Yu, ZOU Hong-yu

(Dalian Branch Company of Tianjin Port Engineering Design & Consulting Co., Ltd., of CCCC, Dalian 116001, China)

Abstract: This paper summarizes stipulation on the designed crest elevation for the artificial island in the national standards, industrial and provincial standards, as well as in foreign standards, and analyzes main factors influencing the elevation, such as the design criteria, tidal level and overtopping rate, based on case studies.

Key words: crest elevation; design criteria; designed tidal level; overtopping

“离岸建岛”是目前国际上最前沿的一种理念, 它在解决土地短缺问题的同时, 又可保持海岸线的原貌, 因此被许多国家和地区所认同, 是当前围海造地的新方向。

人工岛堤顶高程的确定, 直接影响建设方案、工程投资、后方场地安全、人文景观视觉, 而对该高程设计标准的选取却一直存有争议。本文在总结现有相关标准的基础上, 就影响人工岛堤顶高程主要因素如防护标准、设计潮位、越浪量的选取进行分析, 希望能为相关工程设计和规范制定提供参考。

1 防护标准 (重现期)

填海工程防护标准可参照水利工程海堤和水运工程护岸以及堤防规范 (国标) 确定。

1.1 国标及行业标准

现有国家标准《防洪标准》^[1]对重现期的选用

标准是根据防洪保护对象的社会经济地位重要程度和人口数量来划分的, 见表1。

表1 城市的等级和防洪标准

等级	重要性	非农业人口/ 万人	重现期/a (防洪标准)
I	特别重要城市	150	200
II	重要的城市	150~50	200~100
III	中等城市	50~20	100~50
IV	一般城镇	20	50~20

GB/T 50805—2012《城市防洪工程设计规范》对重现期的选用和国标基本相同。

现行行业标准《海堤工程设计规范》^[2]及《堤防工程设计规范》^[3]对防洪标准的选择是根据海堤的工程级别划分的, 见表2。

表2 城市的等级和防洪标准

重现期/a (防潮(洪)标准)	100	100~50	50~30	30~20	20~10
海堤工程的级别	1	2	3	4	5

收稿日期: 2014-01-21

作者简介: 施瑜 (1982—), 女, 工程师, 从事港口与航道水工建筑设计及工程咨询工作。

1.2 各省地方标准^[4]

目前全国各地海堤建设主要依据《海堤工程设计规范》^[2], 并根据各地的实际情况对建设标准做了适当的调整和提高。上海市海堤建设标准普遍较高, 主要依据《上海市海堤规划》, 2010年前采用的是100 a一遇潮位, 近期采用的是200 a一遇潮位遭遇12级风; 农村及城乡结合地区规划标准为100 a一遇潮位遭遇11级风。浙江省原海堤总体防御能力较低, 多为20~50 a一遇标准。9417号台风后, 把防御能力偏低的1 000 km海堤全部建成了50 a一遇的海堤。山东省确定特大城市和大城市河道防洪标准重现期为50~100 a一遇。

1.3 国外标准^[5]

国外对于海堤防潮标准的选取主要针对重要海堤或海河口的堤防, 且选取的标准都很高。英国伦敦泰晤士河口的防护标准采用1 000 a一遇, 加拿大哥伦比亚省海岸带防护标准为200 a一遇, 美国最新发布的海岸防护手册为100 a一遇。

我国人工岛岛堤设计一般按港口建筑物划分, 设计使用年限一般为50 a; 结合《防洪要求》^[1], 综合国内已建人工岛规模, 岛上居住人口可按一般城镇考虑, 防洪等级取50 a也是合理的, 重要以及特别重要的人工岛除外。

2 设计潮位与设计波浪

2.1 设计潮位选取

JTS 151-1—2011《防波堤设计与施工规范》及JTJ 300—2000《港口及航道护岸工程设计与施工规范》中设计水位一般取设计高水位。《海堤工程设计规范》^[2]和《海港水文规范》^[6]中要求设计高水位采用极值同步差比法与附近不少于连续20 a资料的长期潮(水位)站资料进行同步相关分析。

2.2 设计波浪选取

《海港水文规范》^[6]规定: 在进行直墙式、墩柱式、桩基式和一般的斜坡式建筑物的强度和稳定性计算时, 设计波浪的重现期应采用50 a。破

坏后不至于造成重大损失的斜坡式护岸等非重要建筑物, 其设计波浪的重现期可采用25 a; 对于大水深的重要建筑物, 当重现期100 a的波高大于或等于重现期50 a的同一波列累计频率的波高1.15倍时, 其设计波浪的重现期可采用100 a, 且极端高水位的重现期可相应调整为100 a。

《滩海环境条件与荷载技术规范》^[7]对滩海建筑物安全等级, 设计波浪的重现期标准规定与《海港水文规范》^[6]选用一致。

英国《海上建筑物》规范规定在波浪力作用下具有准静力反应特性的结构物, 其涉及波浪的重现期为50 a; 日本《防波堤构造集览》中1965—1985年间建造的标明涉及波浪重现期的防波堤断面共46个, 其中44座设计波浪的重现期为50 a。

2.3 设计组合-国内标准

设计潮位的重现期可选择与波浪重现期相同, 如浙江、广西的标准, 认为沿海地区出现的高潮位主要由台风增水形成, 与波浪的关系密切, 且堤前破碎波高与潮位有关; 另一种观点则认为潮、浪同频率偏于安全, 使海堤设计标准过高, 投资过大, 如福建标准。

2.4 设计组合-香港标准

香港行业标准《Port Work Design Manual》^[8]要求在设计波浪条件时要一并考虑相应的水位。设计使用期为50 a的海事结构, 应考虑表3的组合。

表3 设计波浪与设计水位组合

荷载条件	波浪及水位
极端	100 a 重现期的极端波浪条件及 10 a 重现期的极端水位
	10 a 重现期的极端波浪条件及 100 a 重现期的极端水位
	50 a 重现期的极端波浪条件及 50 a 重现期的极端水位
	100 a 重现期的极端波浪条件及平均较低水位
正常	三号热带气旋警告讯号悬挂后或八号热带气旋警告讯号悬挂后最初数小时内的波浪条件及 2 a 重现期的最高水位及 2 a 重现期的最高水位
	三号热带气旋警告讯号悬挂后或八号热带气旋警告讯号悬挂后最初数小时内的波浪条件及平均较低低水位
意外	与正常荷载条件相同
临时	由设计人员按个别情况评估波浪条件

2.5 设计水位上升值

《2001—2010年全球极端气候事件报告》指出, 2001—2010年全球平均海平面比1880年升高了20 cm, 上升速度为3 mm/a。最新《海港水文规范》^[5]中提及: 根据海港工程的重要性, 需考虑当地海平面上升时, 工程使用期内的上升值可参照《中国海平面公报》中的有关数据。该公报中的数值同《2001—2010年全球极端气候事件报告》基本相同。一般水工建筑物的使用年限50 a, 可考虑设计使用期间堤前设计水位的升高至少15 cm。

人工岛偏重海堤, 因此设计潮位与设计波浪可选择50 a一遇的极端高水位和50 a一遇波浪组

合。也可参照香港规范, 按极端荷载条件下波浪和水位的组合进行校核并适当考虑堤前设计水位的升高值。

3 堤顶越浪量

国内现行行业标准《海堤工程设计规范》^[2]对沿海堤防允许越浪控制也有一定标准, 一些省市对越浪量的标准提出了相应规定(表4)。

香港行业标准《Port Work Design Manual》^[8]与欧洲Eurotop联合研究计划的规定见表5。

日本现行行业标准《港湾の施設の技術上の基準》^[11]分3种方式作出了更为细致的规定(表6)。

表4 国内标准允许越浪量

设计规范	海堤的表面防护或海堤形式和构造	允许越浪量/(m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹)	
海堤工程设计规范 ^[2]	堤顶有保护、背海侧为生长良好的草地	≤0.02	
	堤顶三面均有保护	≤0.05	
广东省海堤工程设计导则 ^[9]	有后坡 (海堤)	堤顶为混凝土或浆砌块石护面, 内坡为生长良好的草地 堤顶为混凝土或浆砌块石护面, 内坡为垫层良好的干砌块石护面	≤0.02 ≤0.05
	无后坡	堤顶有铺砌	≤0.09
	滨海城市	堤顶为钢筋混凝土路面, 内坡为垫层良好的干砌块石护面	≤0.09
浙江省海塘工程技术规定 ^[10]	设计频率波浪最大允许越浪量为0.05 m ³ /(s·m), 在校核条件下可放宽至0.07 m ³ /(s·m)		

表5 香港及欧洲标准允许越浪量

香港标准同英国标准 BS 6349		欧洲联合研究计划	
安全状况	允许越浪量/(m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹)	影响程度	允许越浪量/(m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹)
对行人危险	3 × 10 ⁻⁵	对于堤顶和堤后无显著影响	≤0.000 1
对车辆不安全	2 × 10 ⁻⁵	堤顶和内坡的草地与土壤会被冲蚀	0.001
对于未铺砌表面危险	5 × 10 ⁻²	对于堤顶和护岸为严重的越浪, 对于抛石斜坡堤式防波堤为较大越浪	0.01
对于铺砌表面危险	2 × 10 ⁻¹	堤防的顶部和内坡需要采用沥青或混凝土予以保护, 抛石斜坡式防波堤内侧将产生次生波	0.1

表6 日本允许越浪量标准

1 类别	护面工程	允许越浪量/(m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹)
直墙式	堤后地面铺装	0.2
	堤后地面未铺装	0.05
	三面都有防护	0.05
墩柱式	堤顶有护面、内坡没有护面	0.02
	堤顶、内坡和坡脚没有护面	≤0.005
2 使用者	堤后土地利用范围	允许越浪量/(m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹)
行人	挡浪墙后(50%安全度)	2 × 10 ⁻⁴
	挡浪墙后(90%安全度)	3 × 10 ⁻⁵

续表

2 使用者	堤后土地利用范围	允许越浪量/(m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹)
机动车辆	挡浪墙后(50%安全度)	2 × 10 ⁻⁵
	挡浪墙后(90%安全度)	1 × 10 ⁻⁶
房屋	挡浪墙后(50%安全度)	7 × 10 ⁻⁵
	挡浪墙后(90%安全度)	1 × 10 ⁻⁶
3 重要程度	允许越浪量/(m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹)	
	挡浪墙后住户、公用设施密集, 越浪会造成重大损失的地区	0.01
	较为重要的地区	0.02
	一般地区	0.02 ~ 0.06

我国现有规范就越浪量选取仅考虑海堤结构本身, 未涉及堤后建筑物及使用者的安全, 在设计时可根据海堤后方规划及使用要求, 参照国外规范来确定人工岛的越浪量。

4 案例分析

4.1 大连某人工岛 (外海斜坡段)

1) 依据 JTJ 300—2000 《港口与航道护岸工程设计与施工规范》第 4.2.2 条, 护岸顶高程 = 设

计高水位 + (0.8 ~ 1.0) $H_{13\%}$, 取 6.50 m。

2) 依据《海堤工程设计规范》确定护岸后方高程。护岸堤顶高程根据设计高潮位、波浪爬高及安全加高值计算。其中越浪量波浪爬高可分别按《海堤工程设计规范》^[2]和《海港水文规范》^[6]计算, 本设计断面在静水位上、下半个波高范围内设置栈台, 栈台宽 9.44 m, 为 0.5 ~ 2 倍波高, 可根据《海港水文规范》^[6]波浪爬高相应减少 10% ~ 15%, 结果见表 7。

表 7 斜坡式护岸后方场地高程

岸线位置	设计波高/m					后方场地高程/m		使用规范
	极端高水位	重现期	$H_{13\%}$	RF	折减后 RF	A	计算 ZP	
AB	2.39	50	5.53	7.67		0.4	10.46	海堤规范
AB	2.39	50	5.53	7.58	6.82 ~ 6.44		9.21 ~ 8.83	海港水文规范

3) 断面、整体物模试验结果见表 8。

表 8 50 a 一遇, 周期 10.5 s 波浪下平均越浪量

水位/m	模型	顶高程/ m	平均越浪量 / ($m^3 \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$)		
			后方坡度 5%	后方坡度 10%	无坡度
极端高 水位 2.39	数模	6.50	0.275	0.275	
		8.00	0.132	0.182	0.023
		10.00	0.011	0.044	0.001
		10.50	0.005	0.009	
	物模	6.50		0.249	
		9.00		0.068	
设计高 水位 1.63	数模	6.50	0.203	0.203	
		8.00	0.092	0.130	0.016
		10.00	0.005	0.032	
		10.50		0.007	
	物模	6.50		0.209	
		9.00		0.048	

本设计护岸顶高程岸从景观角度出发, 最终为 6.5 m, 后方陆域高程采用 50 a 一遇的极端高水位和设计波浪组合, 越浪量按 $0.05 m^3 / (m \cdot s)$ 控制, 则后方陆域的高程为 10.0 m。本设计为了降低后方高程, 在距前沿 10.0 m 范围最大水流厚度设截水沟, 距前沿 20 m 范围内无车道、无建筑物, 从护岸顶起坡后再设置直立挡浪墙, 最终墙顶高程为 9.50 m。

4.2 港珠澳口岸人工岛^[12]

设计工况选择 50 a 一遇波浪与高潮位组合, 越浪量控制采用 100 a 一遇组合, 其人工岛堤顶高程最终按越浪量控制, 具体防护标准和越浪量标准见表 9。

表 9 实测东、南护岸胸墙顶部越浪量

工况	工况描述	试验名称	越浪量 / ($m^3 \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$)	
			实测	设计
运营工况	100 a 一遇潮位 3.47 m + 10 a 一遇外海波浪叠加 22 m/s	波浪断面物模	0.001 74	0.001
	风速下堤前波浪 $H_{13\%} = 2.5, T = 7.2 s$	波浪整体物模	0.001 18	
设计工况	50 a 一遇潮位 3.26 m	波浪断面物模	0.008 34	0.005
	50 a 一遇外海波浪 $H_{13\%} = 3.3, T = 6.7 s$	波浪整体物模	0.016 80	
校核工况	100 a 一遇潮位 3.47 m + 100 a 一遇外海波浪	波浪断面物模	0.015 60	0.050
	$H_{13\%} = 3.4, T = 6.5 s$	波浪整体物模	0.023 40	