



海上人工岛陆域形成填筑高程设计

程洪剑, 张昊

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 对海上人工岛陆域形成填筑高程设计的几个主要共性影响因素进行分析, 结合现有的国家和行业标准中有关场地高程设计的内容, 得出陆域形成填筑高程设计的一般关系公式和主要参数确定方法, 为海上人工岛陆域形成填筑高程设计提供参考。

关键词: 海上人工岛; 防护标准; 陆域形成填筑高程; 场地设计高程; 陆域形成坡度

中图分类号: U 652.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)06-0042-04

Reclamation elevation design of offshore artificial island

CHENG Hong-jian, ZHANG Hao

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

Abstract: This paper analyzes the common major factors of reclamation elevation design of offshore artificial island, and summarizes stipulations on the reclamation elevation design of land formation with the national standards and industrial standards. For reclamation elevation design reference of offshore artificial island, a general relation formula and methods for determining some main parameters of reclamation elevation design are given.

Keywords: offshore artificial island; protection standards; reclamation elevation of land formation; site design elevation; gradient of land formation

人工岛是人类出于各种目的、在海上建成的陆地化工作和生活空间, 是人们利用海洋空间资源的一种形式^[1]。随着经济的发展, 对于发达的沿海地区, 尤其对于城市建设用地资源紧张的地区, 海上人工岛的建设逐渐增多。目前, 采用人工岛形式建设的项目包括海上油气平台、海上机场、深水港口、海上城市、工业岛等^[2]。海上人工岛的陆域形成需要大量的填料, 陆域形成在大型人工岛投资比重中占了较大的份额, 尤其对于大型海上人工岛应特别加以重视。陆域形成高程的设计涉及因素较多, 陆域形成填筑高程的确定对陆域形成设计和人工岛建设至关重要。

1 陆域形成填筑高程设计的主要影响因素

1.1 上水和排水要求

海上人工岛陆域场地高程应满足人工岛的使

用功能, 并使其处于不经常上水状态; 在极端情况下, 场地高程应满足场地排水需求。因此, 海上人工岛陆域形成高程受人工岛边缘高程及陆域形成坡度两个基本因素控制。为满足海上人工岛不上水和排水的要求, 海上人工岛的填筑高程亦尽量高、坡度尽量大。

1.2 工程量及工程投资要求

海上人工岛主要由工程填料形成。目前, 海上人工岛陆域形成主要有吹填疏浚土和回填工程填料两种方式。人工岛的陆域形成填筑高程又客观决定着填料工程量, 进而影响工程投资, 对于大型海上人工岛, 陆域形成填筑高程对于工程投资的影响尤为明显。为尽量减少填料工程量, 进而降低工程投资, 在满足陆域形成和防护的前提下, 陆域形成填筑高程和坡度宜尽量小。

收稿日期: 2016-01-10

作者简介: 程洪剑 (1984—), 男, 硕士, 注册土木工程师 (港航), 从事港口、航道工程规划与设计工作。

1.3 地质条件及地基处理沉降量

海上人工岛所处的地质条件及对填料的地基处理方式对于陆域形成填筑高程设计亦有一定影响。海上人工岛陆域形成具有一次性特点, 为满足人工岛场地最终场地高程要求, 考虑填料和地基处理方式不同, 人工岛的陆域形成高程设计应考虑预留一定的施工期沉降、地基处理沉降和后期沉降高程。例如: 对于软土地基上的海上人工岛, 陆域形成高程设计中需考虑的沉降量较地基条件较好的区域应有所加大。

1.4 地基处理方式

海上人工岛所处地域地质条件不同、陆域形成填料不同, 相应的地基处理方式也不同。不同的地基处理方式导致人们对于地基处理结构层的选择不同, 陆域形成填筑设计时需要扣除此结构层。例如: 吹填海砂形成的海上人工岛, 地基处理方式采用真空排水预压和堆载预压两种不同的方式时其地基处理结构层厚度亦不相同, 因此在陆域形成填筑高程设计时应当有所考虑。

1.5 场地使用要求

由于海上人工岛的建设目的不同, 对人工岛场地的使用要求和面层结构自然有所不同。陆域形成填筑高程设计时应根据不同的面层结构确定填筑高程。

综上所述, 可将陆域形成填筑高程设计总结如下式:

$$Z_F = S - Z_1 - Z_2 + d_1 + d_2 \quad (1)$$

式中: Z_F 为陆域形成填筑高程; S 为场地设计高程(使用高程); Z_1 为场地面层结构厚度; Z_2 为地基处理结构层厚度; d_1 为预留地基处理沉降量(含下卧土层沉降); d_2 为地基处理后工后沉降量。

另外, 施工期沉降量虽是一个短暂过程量, 但其对于填筑工程量估算较为重要。虽然未在上述公式中列出, 但陆域形成时需要考虑短期的施工期沉降量, 设计时应当加以注意。

2 陆域形成填筑高程设计主要参数的确定

2.1 海上人工岛场地设计高程

海上人工岛场地设计高程应考虑人工岛的使

用要求, 但其首先应满足基本的不上水和排水要求, 由其确定最小的陆域场地设计高程, 此高程也是工程量最小和工程投资相对较小的陆域场地设计高程。

2.1.1 防护标准

目前, 对于海上人工岛的防潮和防护标准尚没有专门规范规定, 国内的设计标准主要参照《海港水文规范》、《城市防洪工程设计规范》、《防洪标准》、《海堤工程设计规范》等相关规范选取。目前, 对于人工岛不同的防潮、防护标准已有多篇研究成果^[3-4], 研究表明海上人工岛的防护设计主要选用 100~200 a 重现期的波浪和潮位数据; 同时, 挡浪墙高程设计还应满足越浪量标准要求。

2.1.2 人工岛陆域场地边缘高程

一般情况下, 海上人工岛均设有护岸和挡浪墙进行防护, 人工岛陆域场地边缘高程通常较挡浪墙低。人工岛陆域场地边缘高程的设计尚无专门规范规定, 本文通过对于不同规范的对比推荐了人工岛陆域场地边缘设计高程计算方法。

《工业企业总平面设计规范》^[5] 规定: 布置在受江、河、湖、海的洪水、潮水或内涝水威胁的工业企业的场地设计高程, 应按防洪标准确定洪水重现期的计算水位(包括雍水和风浪袭击高度)加不小于 0.50 m 安全超高值; 当经技术经济比较合理时, 可采用设防洪(潮)堤、坝的方案。场地设计高程应高于厂区周围汇水区域内的设计频率内涝水位; 当采用可靠的防、排内涝水措施, 消除内涝水威胁后, 此时对场地设计高程可不作规定。

《城市防洪工程设计规范》^[6] 规定: 当海堤堤顶临海侧设有稳定、坚固的防浪墙时, 堤顶高程可算至防浪墙顶面, 不计防浪墙高度的堤身堤顶面高程应高出设计高潮(水)位, 高差是累计频率为 1% 的波高的 0.5 倍。堤路结合的海堤, 按允许部分越浪设计时, 在保证海堤自身安全及堤后越浪水量排泄畅通的前提下, 堤顶超高可不受本规定第 6.2.2 条~第 6.2.4 条规定的限制, 但不计防浪墙高度的堤顶高程仍应高出设计高潮(水)位 0.5 m。

《滩海斜坡式砂石人工岛结构设计与施工技术

规范》^[7]对于海上人工岛岛面边缘顶高程采用下式确定:

$$Z_p = h_p + \Delta h \quad (2)$$

式中: Z_p 为岛面边缘顶高程(m); H_p 为极端高水位(m); Δh 为安全超过值, $\Delta h = 0.5 \sim 1.0$ m。

以上确定的岛面顶高程指岛体沉降完成后的高程。

《海港总体设计规范》^[8]规定:港区陆域高程通常不宜低于极端高水位以上0.3~0.5 m,并满足港区自流排水要求。港区难以满足上述要求或涉及较大土石方工程量时,经论证后,可采取设置泵站或提高护岸阻水能力等工程措施,降低港区陆域高程。

国内规范对于设有挡浪墙的海上人工岛陆域场地边缘高程规定总结如表1所示。

表1 国内规范对人工岛设计高程的规定

设计规范	人工岛边缘陆域设计高程	备注
工业企业总平面设计规范	防洪计算水位0.5 m安全超高值	高于设计频率内涝水位
城市防洪工程设计规范	设计高潮(水)位 $0.5H_{1\%}$ 设计高潮(水)位0.5 m	不计防浪墙高度的堤身堤顶面堤路结合的海堤
滩海斜坡式砂石人工岛结构与施工技术规范	极端高水位0.5~1.0 m	沉降完成后的高程
海港总体设计规范	极端高水位0.3~0.5 m	满足港区自流排水要求

由表1可知,设有挡浪墙的海上人工岛陆域场地边缘设计高程(沉降后)一般不低于设防标准的防洪计算水位以上0.5 m。

2.1.3 关于陆域形成坡度的规定

人工岛陆域高程的设计除满足不上水要求外,还应满足排水要求,陆域形成填筑应满足一定的自排水要求,因而要求陆域形成时具有一定的排水坡度。国内规范对于排水坡度的规定如下:

《工业企业总平面设计规范》要求:场地的排水明沟宜采用矩形或梯形断面,明沟的纵坡,不宜小于0.3%;在地形平坦的困难地段,不宜小于0.2%;

《城市用地竖向规划规范》^[9]要求城市主要建设用地适宜规划坡度应符合表2的规定。

表2 城市主要建设用地适宜规划坡度 %

用地名称	最小坡度	最大坡度
工业用地	0.2	10
仓储用地	0.2	10
铁路用地	0.0	2
港口用地	0.2	5
城市道路用地	0.2	8
居住用地	0.2	25
公共设施用地	0.2	20

《海港总体设计规范》规定:港口陆域地面坡度应根据地形条件、装卸工艺、排水要求等,结合高程设计确定,并应适当考虑地面总体排水坡度。港口仓库、堆场地面坡度宜采用3‰~10‰,仓库、堆场一侧设置装卸站台时,其地面坡度可加大至15‰。

《室外排水设计规范》^[10]对于采用管道方式排水规定:排水管道的最小管径与相应最小设计坡度宜按表3规定选取。

表3 最小管径与相应最小设计坡度

管道类别	最小管径/mm	相应最小设计坡度/‰
污水管	300	塑料管0.2,其他管0.3
	300	塑料管0.2,其他管0.3
雨水管和合流管	400	0.15(钢筋混凝土管非满流)
	500	0.12(钢筋混凝土管非满流)
	600	0.10(钢筋混凝土管非满流)

综上所述,对于海上人工岛陆域形成自然排水坡度不宜小于0.2%,若采用大管径排水管道排水,陆域形成坡度可适当降低,但不宜低于0.1%。

人工岛中心场地设计高程可根据边缘高程和总体陆域形成坡度推算得出。陆域形成场地设计高程需要考虑场地形成后的地下水位,场地设计高程宜高于陆域形成后稳定地下水位1.0 m以上。

以上给出了海上人工岛的场地设计高程的最小值。最终的场地设计高程还应与人工岛的高程规划相协调,与上部功能区相适应。

2.2 场地面层结构厚度

人工岛场地面层结构厚度与海上人工岛的使用功能相关,按照人工岛上部使用荷载,根据道路堆场相关设计规范可计算出不同人工岛场地类型下的面层结构厚度,计算方法较为常规。

2.3 与地基处理相关的厚度

与人工岛地基处理相关的厚度主要包括: 地基处理结构层厚度、预留地基处理沉降量(含下卧土层沉降)、地基处理后工后沉降量等。根据海上人工岛所处不同工程区地质情况、回填料性质及地基处理方式等按照《港口工程地基规范》、《地基处理手册》等规范要求进行计算, 可获得相关数据, 相关研究成果较多, 本文不再赘述。对于地质情况复杂的大型海上人工岛工程可先建设陆域形成试验区, 通过记录、跟踪、监测试验区各种数据, 获得相应沉降量关系, 验证陆域形成填筑高程设计成果, 进一步指导海上人工岛建设。

3 结语

1) 海上人工岛陆域形成填筑高程设计的主要影响因素有: 防护标准、上水与排水要求、地质条件及地基处理方式、场地使用要求、工程量及工程投资等因素; 具体可量化为场地设计高程、场地面层结构厚度、地基处理结构层厚度、预留地基处理沉降量、地基处理后工后沉降量之间的关系, 见公式(1)。

2) 海上人工岛陆域形成的场地设计最低高程(使用高程)和坡度建议: 在设有防浪、防潮设施的海上人工岛, 其陆域场地边缘高程通常取为设

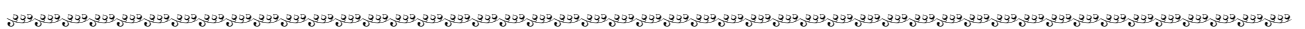
计防护水位 0.5 m 以上; 自然排水坡度不宜小于 0.2%, 对于采用大管径排水管道排水时, 陆域形成坡度可适当降低, 但不宜低于 0.1%。

3) 海上人工岛陆域形成填筑高程设计中与沉降相关高程的确定: 根据特定地质条件、回填料性质及填筑方式, 按地基处理手册或相关规范的推荐公式计算, 对于复杂地质和大型人工岛工程建议建设试验区获取相关数据。

参考文献:

- [1] 张泽南. 海上人工岛[J]. 海洋世界, 1997(5): 24-26.
- [2] 张志明, 刘连生, 钱立明, 等. 海上大型人工岛设计关键技术研究[J]. 水运工程, 2011(9): 1-7.
- [3] 赵东远. 厦门翔安新机场填海造地工程人工岛护岸防洪防潮标准研究[J]. 科技创新与应用, 2015(8): 16-17.
- [4] 施瑜, 邹宏宇. 人工岛堤顶高程设计[J]. 水运工程, 2014(8): 88-96.
- [5] GB 50187—2012 工业企业总平面设计规范[S].
- [6] GB/T 50805—2012 城市防洪工程设计规范[S].
- [7] SYT 4097—2010 滩海斜坡式砂石人工岛结构与施工技术规范[S].
- [8] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].
- [9] CJJ 83—1999 城市用地竖向规划规范[S].
- [10] GB 50014—2006(2014 年版) 室外排水设计规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第 34 页)

2) 通过大量的模型试验发现, 水深对抛石夯沉率(即密实度)和抛石应力的影响不大, 通过对比, 差别控制在 3% 以内; 水面与抛石面齐平条件下, 重锤夯击抛石后的夯沉率和抛石应力与有水深的情况更接近, 从抛石压密机理分析, 抛石的密实主要是颗粒的相对位移引起, 空隙体积减小, 抛石承载力提高, 水深主要影响夯锤下落过程中的能量损失。因此模型试验中, 只要保证无水深与有水深情况, 夯锤接触抛石面瞬间能量相等, 则两者得到的抛石密实度相近。

3) 该成果既消除了水深的影响, 又可得到与有水情况相近的结果, 大大提高试验效率和成本, 为今后深水厚基床强夯试验提供理论依据。

参考文献:

- [1] 秦川. 重力式码头抛石基床应力分析[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [2] 汤进松. 卵砾石地层大跨浅埋隧道稳定性与植物加筋作用研究[D]. 南京: 东南大学, 2008.
- [3] 叶锋, 董新春, 张功新, 等. 重锤夯实抛石基床的有效加固深度试验研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(4): 1 008-1 012.
- [4] 陈宝珠, 刘建起. 硬基上抛石基床承载力的试验研究与评述[J]. 港工技术, 1995(2): 48-55.
- [5] 陈宝珠, 刘建起. 孤立墩抛石基床承载力的试验研究[J]. 水运工程, 1995(9): 48-52.
- [6] 费香泽, 王钊, 周正兵. 强夯加固深度的试验研究[J]. 四川大学学报, 2002, 34(4): 56-59.

(本文编辑 郭雪珍)