

性,因此将后侧树根桩间距适当放宽,从而尽量使得断面优化后的工程量不发生大的变化。优化后的护岸加固改造方案断面如图8所示。

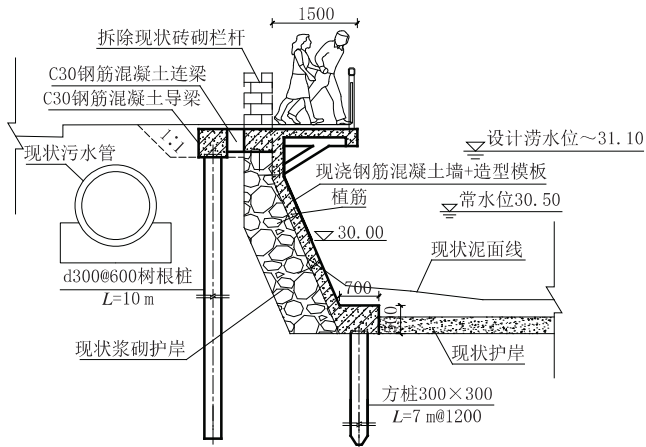


图8 护岸加固改造优化方案断面图(单位:mm)

## 5 结论

通过对徐州市区奎河上游段护岸现状问题的分析,归纳得出了对现状护岸进行加固改造的必要性

及设计关键点和难点。通过针对性的设计初拟了护岸加固改造方案,并根据对该方案的计算复核进一步优化了设计。充分利用了树根桩便于施工的特性及装饰混凝土的景观效果,以及利用有限元的计算手段进行复核,最终得到了一种既能实现提高水安全及水景观的目标,又能满足现场施工条件,最大程度地减少对现状构筑物影响的护岸加固改造措施。该方案及方案的研究过程对类似工程具有一定的参考价值。

### 参考文献:

- [1] GB 50286—2013,堤防工程设计规范[S].
- [2] 杨顾兵,孔洋.新型造型模板在市政景观河道护岸中的推广及应用[J].低碳世界,2017(36):147-148.
- [3] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [4] 黄志新,刘成柱.ANSYSWorkbench14.0 超级学习手册[M].北京:人民邮电出版社,2013.
- [5] 陈彤.钢筋混凝土方桩加混凝土贴面在船闸引航道护岸加固工程中的应用[J].中国水运,2014(3):194-196.

(上接第174页)

### 参考文献:

- [1] 孟兵.上海市静安区走马塘河道治理工程生态修复研究[J].城市道桥与防洪,2021(1):112-114+160+14.
- [2] 谢晴,王君勤,罗茂盛,麻泽龙,李建.生境重构技术在城市黑臭水体治理中的应用研究—以成都市二道河为例[J].环境科学与管理,2020,45(12):65-70.
- [3] 阿勒米热·塔衣尔,杨晓萍.乡村社会治理为视角的河流非点源污染

水净化技术研究[J].环境科学与管理,2019,44(3):94-98.

- [4] 熊亨亭,王丽,何成勇,施林宏,沈莉萍,刘洪昌,龚正君.成都市温江区农村污水治理模式与技术研究[J].环境与发展,2020,32(4):44-47.
- [5] 杨玥,钟惠舟.MABR与微生物菌剂联用治理小型黑臭河道的效果[J].环境工程技术学报,2020,10(5):853-859.

# 深厚软土地基上某船闸围堰设计

汪涛

(上海友为工程设计有限公司,上海市 200093)

**摘要:**以紧邻外海的双鱼岛填海工程游艇别墅项目船闸工程为例,从设计的角度对船闸围堰的总体布置、结构形式以及防渗技术进行重点研究。结合围堰所处的深厚淤泥地质条件,从结构安全、经济合理、拆除便利、就地取材等方面综合考虑,选取2种断面型式综合比较,推荐采用抛石挤淤堤+堤后防渗墙的方案,丰富了围堰的结构设计类型,并为类似工程提供借鉴。

**关键词:**船闸;深厚软基;爆破挤淤;围堰;防渗

**中图分类号:**U641.2

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-7716(2021)06-0179-05

## 0 引言

围堰作为典型的水利工程临时建筑物,其作用主要为施工期的临时挡水,在特殊情况下也会要求自身能够过水,参与联合泄洪<sup>[1]</sup>,主体结构建成后即被拆除。围堰是船闸施工过程中重要的环节,是船闸工程安全施工的前提和保障,也是确保船闸主体顺利施工的关键。复杂的地质条件,恶劣的自然环境往往会给围堰的设计者带来一定的困难。

当前,国内水利工程施工围堰主要有土石围堰、袋装砂围堰、钢板桩围堰等基本结构。涉及船闸工程,包括船闸改扩建、新建项目,出现了一批形式多样的围堰型式,例如半封闭式的桩土围堰<sup>[2]</sup>、“黏土填筑+防渗帷幕+反压平台”围堰<sup>[3]</sup>、单排钢板桩+钢支撑围堰<sup>[4]</sup>等,在某些项目中还将陆域基坑和水域围堰进行有机结合,形成一个整体<sup>[5]</sup>。

双鱼岛游艇别墅项目的船闸围堰处于深厚淤泥中,淤泥层厚度达10 m,呈流塑~软塑状,力学强度差,给围堰的设计带来较大困难;同时,船闸闸位处于已建外护岸之间,外护岸采用抛石爆破挤淤堤,堤身及地基均为强透水结构,如何在块石堤中设置安全可靠、经济合理、施工便利的防渗止水墙是工程的另一难点。本文将围堰的堤型、地基处理方式选择与防渗结构一同考虑,并通过对比不同方案选择了抛石爆破挤淤堤+堤后防渗墙的围堰断面型式,避免了直接在大块石中施工防渗止水墙

带来的困难及风险,具有结构可靠、经济合理、施工便利的特点,为类似工程提供借鉴。

## 1 项目概况

双鱼岛(招商局漳州开发区人工岛)中心地理坐标位置:118°04'10"E,24°22'45"N,游艇别墅项目位于双鱼岛南侧港区。以内河道为界,分为西侧港池和东侧港池二部分,西侧港池水域总面积约356 73.2 m<sup>2</sup>,共布置游艇泊位47个;东侧港池水域总面积约34 668.5 m<sup>2</sup>,共布置游艇泊位54个。内河道出海口设置双向通航的船闸。船闸按照7级通航标准设计,规模8.0 m×30 m×2.9 m(口门宽×闸室长×门槛水深)。设计船型为游艇,最大船长24 m,船宽6.5 m,吃水深度1.8 m。船闸年设计通过能力7 680艘。工程位置见图1,总平面布置见图2。

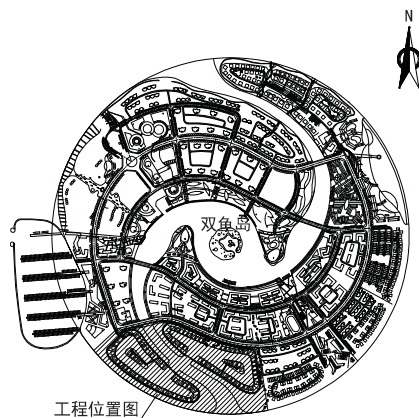


图1 工程位置

## 2 工程地质

船闸围堰填筑区主要土层的特征自上而下分述如下:

收稿日期:2020-11-29

作者简介:汪涛(1988—),男,硕士,工程师,从事水工结构设计工作。

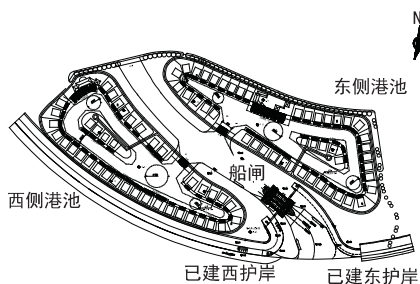


图 2 工程总平面布置图

(1)淤泥(1 a)( $Q_4^m$ ):厚 0.40 ~ 23.50 m,饱和,呈流塑~软塑状,力学强度差;

(2)粉质黏土②( $Q_4^{al-pl}$ ):厚 1.70 ~ 17.10 m,干强度较高,呈可塑~硬塑状,力学强度一般;

(3) 淤泥质黏土(3 a)( $Q_4^m$ ): 厚 2.20 ~ 15.20 m, 干强度中等, 黏性较强, 饱和, 呈软塑状, 力学强度差;

(4)残积砂质黏性土④(Q<sup>el</sup>):厚 0.90 ~ 10.90 m;  
干强度中等,呈硬塑状,力学强度中等;

(5)全风化花岗岩⑤( $\gamma_5^{(1)b}$ ):厚 0.75 ~ 10.10 m, 岩石风化剧烈,散体状结构,力学强度较好。

同时,船闸闸位处于已建外护岸之间,外护岸采用抛石爆破挤淤堤,堤身及地基均为强透水结构。已建外护岸断面见图 3。

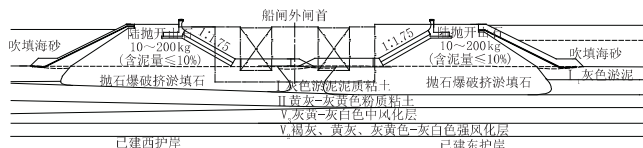


图 3 已建外护岸断面图

### 3 围堰设计

### 3.1 围堰建设标准

根据规范<sup>[6]</sup>规定,本工程临时围堰水工建筑物等级为 5 级。波浪、潮位重现期取 5 a 一遇。

### 3.2 围堰的平面布置

本船闸工程位于双鱼岛南端已建内河入海口,地基为深厚淤泥,远离陆地,受风浪影响显著,施工条件差。为保证船闸水工结构干地施工条件,需修建围堰,形成基坑。围堰项目包括南侧拦海围堰一道(西端与已建双鱼岛西护岸相接,东端与已建双鱼岛东护岸相接)、基坑北侧拦河围堰一道。除此之外,由于船闸闸位两侧的外护岸均为强透水块石结构,为了解决止水的难题,在东西护岸后方回填土中设置止水墙(包括局部与护岸交叉处),最终与南侧拦海围堰、北侧拦河围堰形成一个封闭的止水圈。围堰的平面布置见图4。

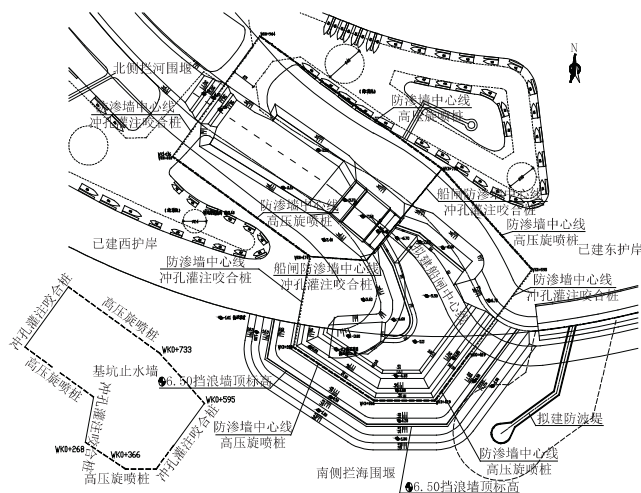


图 4 围堰平面布置图

### 3.3 围堰的结构设计

### (1) 堰顶高程的确定

根据规范<sup>[7]</sup>, 堰顶(防浪墙顶)高程计算式为:  
 $Z_p = H_p + R_p + \Delta H$ , 即设计频率高潮位 + 波浪爬高 + 安全超高。防浪墙顶高程计算成果见表 1。

表 1 防浪墙顶高程计算成果表

| 波向  | 越浪标准 | 设计高潮位 /m | 波浪爬高 /m | 超高 /m | 计算高程 /m | 设计高程 /m |
|-----|------|----------|---------|-------|---------|---------|
| ESE | 允许越浪 | 3.08     | 2.90    | 0.5   | 6.48    | 6.50    |

堤身高度越高,建堤难度越大,堤身断面也随之增大。因此,在满足围堰建设标准的前提下,堤身高度不宜过高。通过在堤身后方设置良好的防护措施和排水措施,堤身按允许越浪设计,从而降低堤身高度,是经济合理的建堤方式。

根据斜坡堤堤顶有胸墙时的越浪量复核计算,当胸墙顶高程为 6.5 m 时,越浪量为  $Q=0.0002 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ , 小于越浪量限值  $0.05 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{s}$ , 因此防浪墙顶高程按 6.50 m 满足要求。

## (2)地基处理方案选择

根据本工程地质报告资料及双鱼岛填海工程竣工资料,本围堰工程南侧拦海围堰基底除接近已建护岸区域已有爆破挤淤石块外,其余段为深度约为10 m 的淤泥土层,该土层为高压缩性土,抗剪强度低,灵敏度高,工程地质条件差,一般情况下,该地质条件需要处理后堤身可维持稳定,常规方法有塑料排水板法、抛石爆破挤淤法等。塑料排水插板法通过缩短排水途径,加速地基土排水固结,提高地基强度;抛石爆破挤淤法是在淤泥质软基中埋放药包群,起爆瞬间在淤泥中形成空腔,抛石体随即坍塌充填空腔,达到置换淤泥的目的。考虑到本工程围堰为临

时工程,对沉降要求不高,只需要堤身足够稳定安全即可。若采用土石围堰,双排板桩围堰结构等,地基不采用打设塑料排水板处理,而直接加载,虽减少一道施工工序,但总工序还是较多,加载速率也较慢,施工进度还是不允许。若直接采用抛石爆破挤淤法,围堰的沉降、稳定与工期均不存在问题,且远离陆地,具备施工条件。综上情况,为保证船闸主体项目施工进度及克服技术上的难点,南侧拦海围堰地基处理采用抛石爆破挤淤法。

### (3) 止水方案选择

采用抛石爆破挤淤法,给止水带来新的困难。目前常用的止水方案包括钢板桩、高压旋喷桩、钻孔(冲孔)灌注桩及水泥土搅拌桩等。为此,为确保止水可靠又经济,本工程止水方案选择如下 2 种方式:

a. 基坑北侧拦河围堰抛石基础较浅, 基础范围内直接选用  $\phi 1200$  冲孔灌注咬合桩止水;

b. 基坑南侧拦海围堰因爆破挤淤块石深厚,直接做止水难度较大,考虑可在抛石堤外近基坑侧再做止水,即在回填土中做止水,采用高压旋喷桩方法。

#### (4)结构设计

围堰堤身结构型式的选择应按照因地制宜、就地取材、既安全又经济的原则,根据围堤所处地理位置、地形地质条件、筑堤材料、潮汐、水流、风浪特性、施工条件及工程造价等因素,经技术经济比较,综合选定。结合本工程实际情况,围堰结构型式的选择应满足如下要求:

应当具有足够的整体稳定性和防渗性，抗海水冲刷能力较强；

造价合理,方便施工,便于拆除;

南侧拦海围堰与船闸两侧已建外护岸的止水连接必须安全可靠,防止因集中渗漏造成安全事故<sup>[8]</sup>。

### a. 南侧拦海围堰结构

结合临时围堰工程特性以及地质条件，南侧围堰考虑采用两个结构方案进行技术经济综合比较，结构方案描述如下：

方案一：采用抛石爆破挤淤堤加止水结构的建设方案。堤平面轴线布置见图 5，爆破挤淤成堤，堤顶标高 4.50 m，设 C30 现浇钢筋混凝土防浪墙，墙顶标高 6.50 m，海侧边坡坡比 1 : 1.5，护面采用 200 ~ 300 kg 抛理块石，坡脚设 8 m 宽护底块石；背水侧布置抛石棱体及土方回填，内边坡坡比 1 : 2。为减少筑堰断面宽度、土石方量和确保边坡整体稳定，背水侧堤基采用水泥土搅拌桩加固。为了节省投资，方便施工，在堤轴线靠内回填土上布置防渗墙，防渗墙结构采用  $\phi 800 @ 600$  高压旋喷桩防渗止水墙。

方案二:采用斜坡堤加止水结构的建设方案(见图6)。堰顶标高4.0 m,堰顶宽6.10 m,堰顶设C30现浇钢筋混凝土防浪墙,墙顶标高6.50 m,0.80 m标高堤身两侧设抛石棱体,堤心回填山皮土。海侧边坡坡比1:2.5,设10m宽平台及25 m宽镇压层,护面采用200~300 kg抛理块石,堤脚设5 m宽护底块石;背水侧边坡坡比1:3,设10 m宽平台,相应布置排水设施。同理,为减少筑堰断面宽度、土石方量和确保边坡的整体稳定,背水侧堤基采用水泥土搅拌桩加固。堤两端与双鱼岛填海工程已建护岸相接,防渗墙布置于堤中心,防渗墙结构采用 $\phi 800@600$ 高压旋喷桩防渗止水墙。

两个方案优缺点分析见表 2, 经上述综合比选两个结构方案在技术上均合理可行, 能满足工程使用。但考虑到施工方便、速度快, 且爆破挤淤技术在该工程区域应用技术成熟, 对环境影响小, 本次南侧海堤设计推荐方案一。

### b. 基坑北侧拦河围堰结构

由于双鱼岛内河两岸为已建爆破挤淤护岸,河道下淤泥几乎都被爆填置换,水深相对较浅,围堰结构采

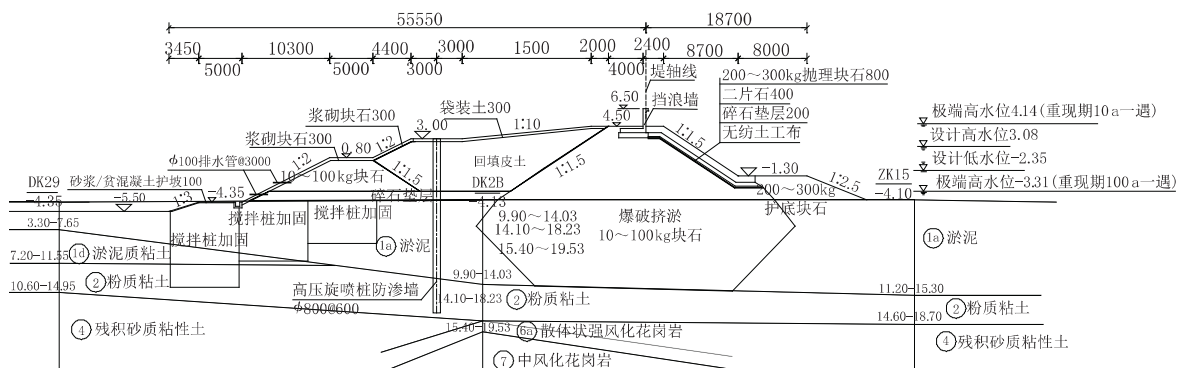


图 5 南侧拦海围堰断面图(方案一)(单位:mm)



对围堰(特别是南侧拦海围堰)的安全监测,如遇外海侧大风浪有异常情况应及时采取措施;

c. 围堰需设置位移沉降观测点,对其进行观测。若局部有渗流发生,在外海低潮期及时补压土方;

d. 南侧拦海围堰正面承受外海风浪冲击,如遇强台风袭击,应对是否采取基坑内预充水的度汛方案进行专门研究,尽量减少围堰损失。

4 结 语

(1)由本文可知,围堰的设计,不仅仅涉及水文、岩土、结构等多学科的专业知识,而且涉及成本控制等经济专业知识,是一项综合性很强的工程。同时,其占投资比重往往非常大,各方应予以重视和关注;

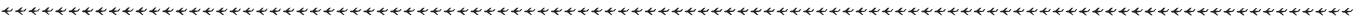
(2)本文从工程、安全、可靠、经济等方面综合考虑,最终推荐采用了非传统的抛石挤淤堤+堤后防渗墙的新型围堰结构,极大的丰富了围堰结构设计类型;

(3)对于在复杂的止水条件下,运用高压旋喷桩、冲孔灌注咬合桩等组合方式止水,能够经济、可靠、

有效解决设计中止水技术难题,为今后类似工程提供借鉴。

参考文献:

[1] 孙万通,张公略,李浙江.中高水头枢纽船闸改扩建工程围堰设计技术[J].水运工程,2017(1):136-142.  
[2] 张治民.唐家咀船闸淤泥地基围堰工程[J].水运工程,1996(5):35-37.  
[3] 丁跃,张友利,唐云清,等.秦淮河船闸扩容改造工程围堰设计方案优化[J].水利水电工程学报,2014(3):92-97.  
[4] 刘鹏,曹云波,张新运.新担涌水闸单排钢板桩加钢支撑围堰技术[J].人民珠江,2015(4):56-60.  
[5] 马骊骥.船闸水域围堰、基坑围护一体化研究[J].港口科技,2008(9):9-13.  
[6] JTJ 307—2001,船闸水工建筑物设计规范[S].  
[7] CB/T 8524—2011,干船坞设计规范[S].  
[8] 宫保军,陈锦标.浅谈围垦工程水闸施工围堰类型选择[J].水利建设与管理,2013(1):45-47.  
[9] JTS 147-1—2010,港口工程地基规范[S].  
[10] 江兴南.围垦工程中软基水闸围堰的设计与施工[J].水利水电技术,2010(9):64-67.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 投稿网站: <http://www.csdqyfh.com>