

# 袋装砂结合抛石结构在江苏省某穿海堤水闸临海侧围堰中的应用

孙承坪, 周路宝, 邵杰

(连云港市水利规划设计院有限公司, 江苏 连云港 222006)

**摘要:**介绍了江苏省东北部某穿海堤水闸的工程概况,简要阐述了海堤外围堰结构类型的选择,结合袋装砂+抛石结构在该工程中的应用,介绍了袋装砂+抛石围堰的施工工艺流程。以期为类似工程建设提供有益参考。

**关键词:**袋装砂;抛石;海堤;临海侧围堰

中图分类号:TV212

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2019)04-0027-06

## Application of bagged sand combined riprap structure in cofferdam on the sea side of a sluice in Jiangsu Province

SUN Chengping, ZHOU Lubao, SHAO Jie

(Lianyungang Water Planning and Designing Institute Co., Ltd., Lianyungang, 222006, Jiangsu)

**Abstract:** The general situation of a sluice crossing the sea dike in northeastern Jiangsu Province was introduced. The selection of the structure type of the outer cofferdam of the sea dike was briefly expounded and the construction process of the bag sand + riprap cofferdam was introduced combined with the application of the bag sand + riprap structure in the project in order to provide a useful reference for similar projects.

**Key words:** bagged sand; riprap; seawall; cofferdam on the sea side

## 0 引言

袋装砂结合抛石结构是在工程实践的基础上,综合考虑节约工程投资、加快施工进度等因素的前提下对全抛石结构和全袋装砂结构的改良,该种结构型式常用于港口工程的围堤、防波堤等的建设,但目前在水工建筑物围堰设计中应用较少。

## 1 工程概况

西港闸位于江苏省东北部徐圩新区,工程坐落于徐圩新区现状主海堤外侧,该段海堤淤泥侵蚀型海岸,滩面高程-1 m左右,该工程位于淤泥上,根据工程地质报告,淤泥平均层厚约15 m,地基承载

力仅为45 kPa。

闸址处上游为结合主海堤建设的海滨大道,左侧海事监控平台、右侧围堤等均已建成。工程区域建设概况见图1。

## 2 临海侧围堰结构型式选择

综合考虑该工程临海侧围堰需抵御施工期间风暴潮的冲击和此段天然基础承载力较差的因素,临海侧围堰无法采用传统土围堰筑堤方法和工艺。根据临近地区沿海水工建筑物施工经验,临海侧围堰结构型式主要有:

(1)抛石围堰:围堰主体由块石直抛形成,围堰临海侧坡面及堤脚采用块石防护,围堰防渗主要由

收稿日期:2018-09-01

作者简介:孙承坪(1986—),男,工程师,主要从事水利规划与设计工作。

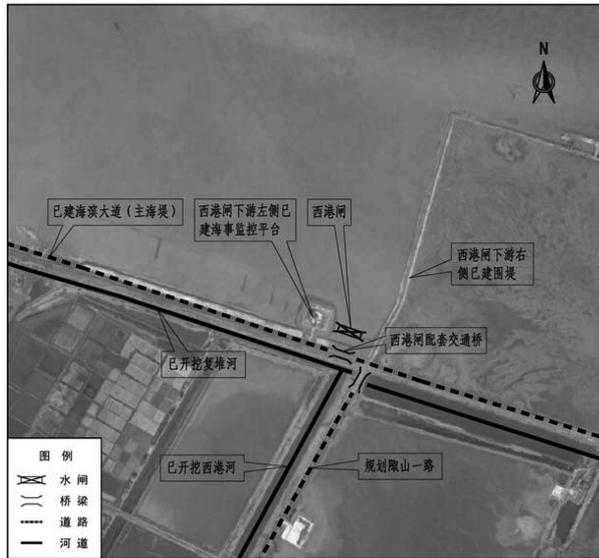


图 1 工程区域建设概况图

围堰内侧防渗土工膜及土工膜上编织袋土承担, 这种围堰稳定后, 最底层块石距离现状地面为 2 ~ 4 m, 块石用量较多, 下沉稳定时间长, 沉降量大(一般超过 1.5 m), 防渗土工膜易拉裂, 漏水严重, 后期维护成本高。

(2) 爆破挤淤块石围堰: 采用爆破挤淤形成堰体, 块石围堰底部高程座落在底部好土层, 围堰自身稳定性及抗海浪冲刷能力均较好, 施工期间沉降量小, 但该种结构型式围堰块石用量多、围堰投资大。

(3) 袋装砂围堰: 围堰主体结构由袋装砂层层堆积而成, 每层袋装砂厚度约为 0.5 m, 临海侧坡面及堤脚采用块石防护。袋装砂每一袋的重量达到几十吨到几百吨, 拥有很强的抵抗浪潮的性能, 整体稳定性好, 由于袋装砂土工织物的加筋作用<sup>[1-3]</sup>, 此种围堰沉降平稳且沉降总量相对较小(一般小于 1 m), 此种围堰自身稳定性、抗海浪冲刷能力及防渗性能均较好, 围堰施工期间运行较为稳定; 但该种结构型式围堰施工工期较长, 施工工序较为复杂, 另外, 充填袋易损坏<sup>[2,4]</sup>, 施工期维护工作量较大。

(4) 袋装砂结合抛石围堰: 围堰主体底部由 4 ~ 5 层袋装砂层层堆积而成, 每层袋装砂厚度约为 0.5 m, 围堰上部抛填块石, 临海侧坡面及堤脚采用块石防护。袋装砂拥有很强的抵抗浪潮的性能, 整体稳定性好, 由于袋装砂土工织物的加筋作用, 此种围堰沉降平稳且沉降总量相对较小(一般小于 1 m), 此种围堰自身稳定性、抗海浪冲刷能力及防渗性能均较好, 围堰施工期间运行较为稳定, 该种

结构型式围堰施工工期相对较短, 施工期维护工作量相对较少; 但施工工序较为复杂。

各种类型围堰主要优缺点对比详见表 1。

本工程工期较为紧张, 围堰施工周期相应受限; 围堰建于淤泥层上, 淤泥层承载力较低且易变性; 闸址处上游海滨大道及左侧海事监控平台、右侧围堰等均已建成, 需尽量减少对其施工干扰。结合本工程特点, 袋装砂结合抛石围堰整体优势较为明显, 综合考虑上述多方面因素, 本工程临海侧围堰采用袋装砂结合抛石结构型式。

### 3 临海侧围堰布置

西港闸临海侧围堰按 20 年一遇高潮位 3.65 m、围堰设计高程 6.35 m, 由袋装砂结合抛石主堰体、外侧防护、内侧防渗防护及灌砌石子堰几部分构成。围堰坝顶中心总长度 372 m。

西港闸临海侧围堰断面示意图见图 2。

#### (1) 主堰体

围堰主堰体采用块石抛填形成, 抛石主坝体顶高程 5.25 m、顶宽 6.70 m, 两侧边坡均按 1:1.5 坡比修整, 并根据需要作相应防护处理。

#### (2) 围堰基础

围堰坐落在海淤泥基础, 需对基础进行处理。本工程采用打入 C 型塑料排水板<sup>[5-6]</sup>, 从底向上依次为: 铺设双向钢塑土工格栅、50cm 厚砂被、C1 型充填袋、块石坝体。

#### (3) 防渗、防护

临海侧防护: ①用 30 cm 碎石找平坡面; ②铺设彩条布; ③防渗土工膜; ④袋装碎石找平层; ⑤用 90 cm 厚 140 kg 以上大块石压坡防护, 块石防护范围延伸至坡脚外 10 m。

内侧防护: ①根据内侧施工不同开挖深度所对应的围堰断面位置, 在外侧坡脚打设 3 排木桩(桩长 8 m、间距 1.5 m), 木桩顶高程为滩面以下 2 m 内; ②高程 3.65 m 以下坡面防渗处理(石坝体坡面 30 cm 碎石找平 + 彩条布 1 层 + 500 g/m<sup>2</sup> 防渗土工膜 2 层); ③滩面以下 2 m 开挖面铺设双向钢塑土工格栅 1 层; ④坡面外高程 3.65 m ~ 滩面以下 2 m 内袋装土坝体填筑(坡比 1:1.5)。

#### (4) 子堰

为减少主体围堰填筑高度及防止堰顶越浪危及施工安全, 主围堰顶设 1.1 m 高 C25 灌砌石防浪子堰, 底高程 5.25 m、底宽 1.2 m, 顶高程 6.35 m、顶宽 0.5 m。

表1 各种类型围堰主要优缺点对比表

序号	名称	优点	缺点
1	抛石围堰	①施工工期短; ②工序简单,施工方便。	①防渗性能差,需增做专门的防渗体; ②施工期围堰沉降量较大,后期维护成本高。  ①投资高; ②防渗性能差,需增做专门的防渗体; ③不易判断块石堰体是否达设计高程,工程检测困难。
2	爆破挤淤块石围堰	①施工工期较短; ②施工期围堰沉降量小。	④需要爆破,属特种作业,需协调工作较多,需分包给专业爆破施工队; ⑤爆破作业对闸址附近的海滨大道及左侧已建海事监控平台、右侧已建围堤扰动大。  ①施工工期长,对整个工程的施工进度控制不利;
3	袋装砂围堰	①施工期围堰沉降量较小; ②防渗性能好。	②施工工序较复杂,需用到冲砂泵、铺设土工编织袋等; ③充填袋易损坏,施工期维护工作量较大。
4	袋装砂结合抛石围堰	①施工期围堰沉降量较小; ②因填石断面小,空隙少,故其防渗性能较好; ③由于顶部块石结构,防冲、防浪效果较好,对底部充填袋起到了较好的保护作用,施工期维护工作量显著降低; ④顶部采用抛石结构,施工工期相对于全袋装砂结构缩短较多 <sup>[4]</sup> 。	①施工工序较复杂,需用到冲砂泵、铺设土工编织袋等。

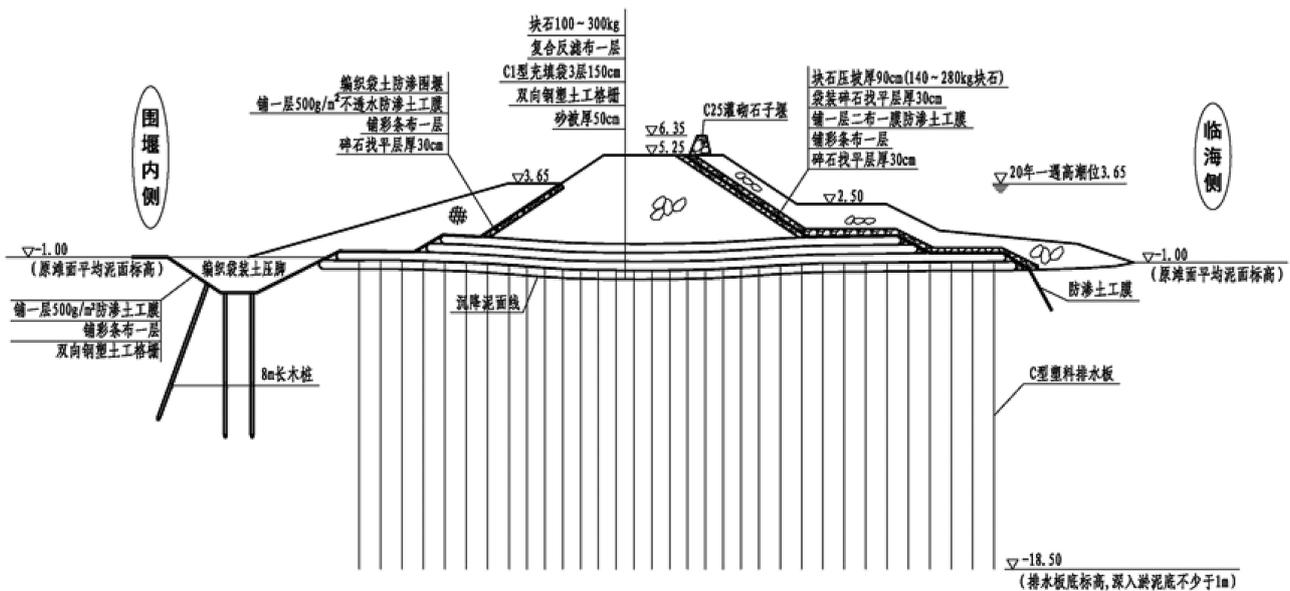


图2 临海侧围堰断面示意图

### 4 施工工艺流程

#### 4.1 主堰体施工

##### 4.1.1 测量放样

临海侧围堰施工主要工艺流程见图3。

根据设计施工图所给出的各坐标点和业主提

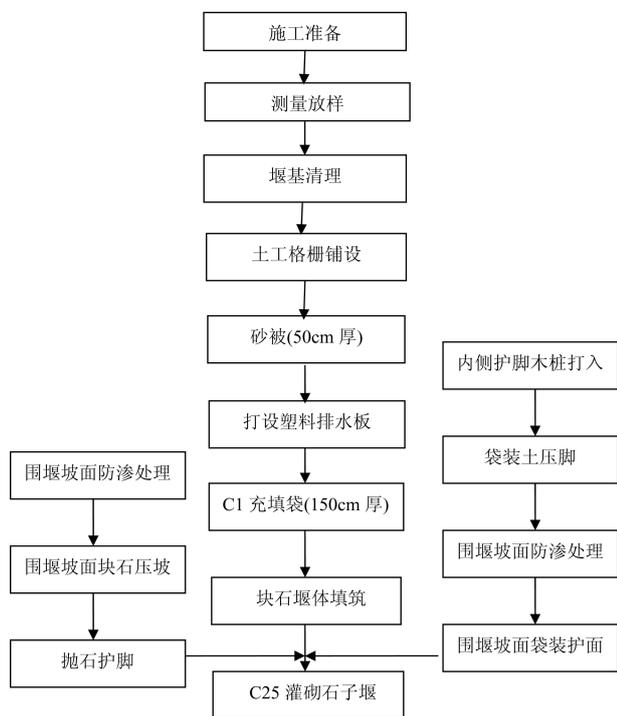


图3 临海侧围堰施工流程图

供的基线点、高程点、引测至施工现场,进行定位,边桩线以木桩控制。

#### 4.1.2 堰基清理

在低潮位时用挖掘机自起始端向推进方向清除上部淤泥及软土,清除一段抛填一段。每作业段长度以挖掘机最大有效水平作业距离为准;清除的淤泥及软土用自卸汽车运至指定弃土场。

#### 4.1.3 铺设土工格栅

在低潮位时施工,土工格栅铺设采用人工铺设,铺设时作业人员必须保证土工格栅的完整性,不得使其破损,每天铺设完成后要紧跟下道工序进行,保证格栅的性能完好。

#### 4.1.4 砂被铺设

本工程采用人工铺设,在潮水位底的时候进行。共有3道工序:①在加工厂缝制土工袋;②现场定位;③吹填砂冲灌。

##### (1) 材料

袋体材料:采用 $380\text{ g/m}^2$ 复合布( $230\text{ g/m}^2$ 防老化聚丙烯编织布+ $150\text{ g/m}^2$ 聚酯无纺布)缝制而成,砂被长度、宽度按设计断面尺寸而定,厚度控制在 $50\text{ cm}$ 。袋体四周缝制扣环,缝制用的土工布不应有破损,破损处应及时修补,土工织物的品种、规格和质量必须符合规范要求,拼制接缝形式和缝合强度必须符合设计要求和有关规定。缝制好的砂被材料表面上布设有多个袖口,袖口间距 $3\times 3\text{ m}$ 。

砂:采用中粗砂,渗透系数不小于 $10^{-3}\text{ cm/s}$ ,粘粒( $d<0.5\text{ mm}$ )含量小于 $3\%$ 。

##### (2) 清理场地

清理砂被铺设范围内的碎石和杂物。

##### (3) 铺设袋体

由人工将缝制好的土工布抬至铺设现场,依次展开,必须严格控制铺设位置,避免位置出现偏差后调整困难。每层填充袋在垂直于围堰轴线方向为通长袋,须整块制作。

砂被铺设前,安排测量人员现场放样,定出砂被边界线。铺设时应按同一方向,并在横向有所松弛,张力不要过紧。

##### (4) 充砂

冲填机械选用改进型6PNL-20型水力冲挖机械,此机械具有体积小,操作简单、灵活、方便,集挖、装于一体等优点。6PNL-20型水力冲挖机械置放于堤上,输砂管采用6吋高密塑料管,在砂袋位置以上采用6吋晴纶软管联结,并伸入袖口,绑扎牢固。

用砂泵将砂冲入袋体,充砂时注意铺砂均匀,多条泵可同时施工,充填时要保证管路流通,冲灌后砂被饱满度不小于 $80\%$ 。袋体边角处不易饱满,充填时应充分注意,2个砂被间应有足够的搭接,保证边角处砂被的厚度同样达到设计要求。

密切注意涨潮时水流对袋体的影响,控制好砂被的平整度及位置变化。

#### 4.1.5 塑料排水板打入

##### (1) 工艺流程

测量放线→机组组装→插板定位→安装排水板→沉管插板→提升套管及回带量测量→剪断塑料排水板→检查。

根据设计施工图纸,塑料排水版采用C型板,正方形布置,间距 $1\text{ m}$ 。

##### (2) 测量放线

插板施工采用单元块法施工,按施工区域划分进行施工,按区域施工便于点位的布置和机械作业,且应避免相互影响。采用极坐标法用全站仪施放各单元的控制边线。根据图纸计算出插板区域外边线坐标,架全站仪施放,打入木桩,并用红油漆标志点位并编号。单元内各插板点位则利用钢尺量距通过内外边线施放,用白石灰粉作醒目标志,并编制打设板位编号和板位顺序。

##### (3) 机组组装及定位

机械设备运至施工地段,进行分别组装,其组

装方法为:首先组装插板和底盘及龙门架,应用卷扬机和滑轮将龙门架拉起并固定好,然后再组装塔架,用同样方法将其拉起固定,塔架竖起后再安装卷扬机和振动锤。卷扬机安装固定在架的背面,再将各行走部位组装到位,最后将插管和振动锤连接固定,至此1台插板机组装完毕。插板机沿门架在设计插板断面上移动,定位于插板位置,准备实施插板作业。

#### (4) 安装排水板

安装好进场设备,根据设计插板的深度要求,将插管长度定好。并在插管和塔架上做好应插排水板深度记号。排水板从套管的插嘴进入套管内部,固定在套管底部的插销上,同时拉紧排水板,依靠排水板与插销之间的摩擦力连接在一起,上提时插销从套管口与排水板端部抽出,套管提出,排水板靠土压力留在地基中。

#### (5) 沉管插板

①铺设枕木、轨道,将机器移入场内;②将排水板装入卷筒,并通过门架上的滑轮将排水板引入插杆中;③插板前检查套管垂直度,若不符合要求,前后可调节门架位置,左右可调节套管位置,保证插板垂直度在1.5%以内;④将排水板从插入杆端头引出、折回,夹上短钢筋(桩位放样时插在桩位上),用订板机订好;⑤拉紧排水板,将插入杆对准桩位;⑥开启振动将插入杆压入地基;⑦在套管上按照设计深度用红漆作上明显标识,到达设计深度(预先在插入杆用红漆划上标志)后将插入杆拔出。则排水板被短钢筋锚固于孔底;⑧在砂垫层以上30 cm处将排水板剪断埋入砂中;⑨移至下一个桩位。

#### (6) 提升套管及回带量测量

确定排水板已达到设计深度后,可提起套管,此时应观察套管插入孔,如排水板相对套管不动,则说明排水板回带,继续上提套管,直到排水板移动抽入套管,量取此时套管的提升高度,即为排水板回带量。若大面积回带,可考虑改变插销形式,减小提升套管时插销与排水板摩擦力,并增大排水板底端与泥土间接触面积,以减少回带现象的发生。

#### (7) 剪断塑料排水板

当提升套管,套管底部离开砂面50 cm时,人工从套管底部切断排水板,使排水板外露长度控制在20 cm以上。然后将留下排水板头弯曲插进管口。

#### (8) 检查

主要检查内容为质量标准要求的项目,若检查

不合格,则必须在不合格排水板位置的20 cm范围内补打一根排水板,重新检查,直至合格为止。合格后移动插板机至下一板位。

#### 4.1.6 C型填充袋

施工方法同砂被。

#### 4.1.7 堰体填筑

堰体采用块石填筑,块石单块重量100~300 kg。抛填作业沿中线向前呈三角形推进,再向两侧扩展,直至到达本作业段已清除界面。抛石挤出的下部淤泥须及时清除。本段抛石完成后,挖掘机移至本段抛石体前端。如此循环作业,直至抛石填筑完成。

块石抛填至作业阶段设计标高以下30 cm时,采用较小片石或碎石土填缝找平,并碾压密实。压实度检测采用沉降观测法,以重型振动压路机压实,当压实层顶面稳定,无轮迹,可判为密实状态。

在检测路段选择检测点,用白灰做出明显标记,先记录初始高程,然后用压路机振动压实2遍后,再观测检测点的高程,如前后2次检测点高程差在3 mm以内,可判定沉降稳定,压实度满足要求。

## 4.2 围堰防渗、防护施工

### 4.2.1 外侧

围堰外侧防护,主要是防止潮汐、风浪对坝体和坡脚的冲刷、侵蚀。主要施工内容为:30 cm厚碎石找平、90 cm厚140 kg以上块石压坡。

#### (1) 碎石找平

自卸车将碎石运至坝顶、并斜侧向将碎石倾卸卸至坡面上部,挖掘机在坡脚至坡面下部处,将碎石在坡面及坡脚外水平段进行摊布。

断面顺序:先水平段,再坡面(坡脚→坡面)

#### (2) 块石压坡

压坡块石的堆码全部由挖掘机进行作业,随碎石摊布跟进。

坡脚水平段:自卸车将块石运至堆码作业点、倾卸卸车,再由挖掘机布料、堆码。

坡面段:自卸车将块石运至坝顶、并斜侧向将块石倾卸卸至坡面上部,挖掘机在坡脚至坡面下部处,进行布料、堆码。

### 4.2.2 内侧

围堰内侧防护、防渗,主要施工内容为:内侧木桩(桩长10 m、梢径 $\geq 16$  cm、间距1 m)打设、木桩顶滩面以下2 m内土方开挖、开挖面铺设10 cm钢塑土工格栅、抛石面30 cm厚碎石找平、铺设1层彩

条布、铺设 1 层 500 g/m<sup>2</sup> 防渗土工膜、袋装土坝体填筑。

#### (1) 木桩打设

将木桩运至坝顶、并卸至内侧坡面,由人工配合挖掘机转运至施打作业位置,再按设计位置,人工配合由挖掘机将木桩按压、打入(木桩处于②层淤泥土层)至地面,在土方开挖时再逐根打送至设计木桩顶高程。

木桩打入时须注意控制好入土垂直度。

#### (2) 土方开挖

木桩上部土方开挖,采用挖掘机挖土、装车,自卸车运至指定的弃土区。运土道路利用坡脚处块石填筑体。

土方开挖时注意避免对木桩的影响,同时将木桩打送至设计木桩顶高程。

#### (3) 格栅铺设

铺设由人工进行,并按设计要求搭接。

#### (4) 碎石找平

自卸车将碎石运至坝顶、并斜侧向将碎石倾倒入卸至坡面上部,挖掘机在坡脚至坡面下部处,将碎石在坡面及坡脚外水平、挖土斜坡段进行初步摊布,再由人工找补、整平。

断面顺序:先水平、挖土斜坡段,再坡面(坡脚→坡面)

#### (5) 铺设彩条布

彩条布现场转运、铺设由人工进行,并按设计要求搭接。

#### (6) 铺设防渗土工膜

防渗土工膜现场转运、铺设由人工进行,并按设计要求搭接宽度现场拼接、缝制。防渗土工膜应错缝铺设,错缝宽度满足设计等相关要求。

#### (7) 袋装土坝体填筑

装土由人工在土源地进行,装好的袋装土由自卸车运至填筑作业点、并倾倒入卸车,再由人工按设计断面由低到高逐层堆码填筑、机械碾压。袋装土填筑前,应排除基槽积水。填筑作业时,须注意对防渗土工膜的保护。

## 5 结语

该工程位于主海堤外侧,临海侧围堰是水闸建设的外围屏障,是工程成败的关键。施工期间,该工程临海侧围堰成功抵御了多次台风、天文大潮,并经受住了常规海水、潮水一年多的考验,运行稳定可靠,未出现大的沉降变形、水平位移,抗渗性能较好,目前该工程已顺利通过水下验收。通过该工程实践表明,其临海侧袋装砂结合抛石结构围堰防冲、防浪、抗台效果良好,达到了预期的效果。

### 参考文献:

- [1] 彭良泉,李令长.长江口袋装砂围堤稳定分析方法探讨[J].人民长江,2015(8):23-26.
- [2] 彭良泉,李令长,黄建和.长江口袋装砂筑堤技术探讨[J].人民长江,2015(11):70-74.
- [3] 江炳茂,盛懿洁,丁洁.抛石+袋装砂组合堤结构在软基筑堤工程中的应用[J].水运工程,2012,(12):130-133.
- [4] 朝昶阳,程振雷.袋装砂结构在水利工程应用上的优缺点及展望[J].水利科技,2014(9):170.
- [5] 江炳茂,孙鹏,余竞.袋装砂斜坡堤结构设计在超深淤泥软基工程中的应用[J].水运工程,2009(10):161-164.
- [6] 李榕波,董志良,吴中.防波堤袋装砂软基处理及监测数据分析[J].中国水运,2006(5):84-88.