

DOI :10.3880/j. issn. 1006-7647. 2011. 01. 015

几种围堰施工技术在连云港滩涂区的应用

范公俊^{1 2}, 贾延权³, 王艳红⁴

(1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510610 ; 2. 中交广州航道局有限公司, 广东 广州 510221 ;
3. 连云港市农业资源开发局, 江苏 连云港 222001 ; 4. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210024)

摘要 : 针对连云港海滨新区滩涂区淤泥层厚、承载能力差的特点 , 为探讨适合该区的围堰方式 , 介绍了在该地区正在应用的爆破挤淤围堰技术、袋装砂围堰技术和充灌固化土围堰技术 , 通过总结应用中的经验得出以下结论 : 爆破挤淤围堰、袋装砂围堰及充灌固化土围堰 3 项施工技术在该区开发建设均可行 , 爆破挤淤围堰的施工安全性较差 , 而袋装砂围堰和充灌固化土围堰的施工效率难以保证 , 现阶段采用爆破挤淤围堰最适宜 , 但袋装砂围堰和充灌固化土围堰有广阔的应用前景。

关键词 : 围堰施工 ; 爆破挤淤 ; 袋装砂 ; 固化土 ; 连云港滩涂区

中图分类号 : **文献标识码** : B **文章编号** : 1006-7647(2011) 01-0062-04

Application of several kinds of cofferdam construction techniques in tidal flat of Lianyungang / FAN Gong-jun^{1, 2}, JIA Yan-quan³, WANG Yan-hong⁴ (1. China Water Resources Pearl River Planning Surveying & Design Co. , Ltd. , Guangzhou 510610 , China ; 2. CCCC Guangzhou Dredging Co. , Ltd. , Guangzhou 510221 , China ; 3. Agriculture Resources Development Bureau of Lianyungang City , Lianyungang 222001 , China ; 4. Nanjing Hydraulic Research Institute , Nanjing 210024 , China)

Abstract : Considering the features of the tidal flat of New Coastal Area of Lianyungang City with deep and soft mud foundation and poor bearing capacity , the suitable cofferdam construction techniques were investigated. The existing several kinds of techniques in the tidal flat were introduced , that is , explosive compaction , bulky sandbags and solidified soil. From the accumulated experience , a conclusion is drawn that the cofferdam construction techniques of explosive compaction , bulky sandbags and solidified soil are all feasible. The construction safety of the explosive compaction is poorer , while the construction efficiency of the sandbags and the solidified soil is difficult to be ensured. At present , the explosive compaction is the most suitable , and the sandbags and the solidified soil have wide application prospect.

Key words : cofferdam construction ; explosive compaction ; sandbag ; solidified soil ; tidal flat of Lianyungang

1 工程概况

连云港海滨新区位于黄海海州湾南部滩涂区 , 北起临洪河口 , 南至西墅河口 , 占地面积为 51. 28 km² , 是连云港市委、市政府实施“战略重点东移 , 建设国际化滨海城市”战略举措的重点建设项目。首期开发的“中交投资地块”围堰总长度为 5 860 m , 吹填泥 491 万 m³ , 形成 153. 87 hm² (2 108 亩) 的陆域及 0. 09 km² 的景观水域。该地块是海滨新区的重要组成部分 , 是其商务核心区 , 在该地块上采取的施工技术对后期海滨新区开发有重要的借鉴意义。

根据勘探资料 , “中交投资地块”土质表层为淤泥 , 淤泥层较厚 , 厚度达 10 ~ 14 m。淤泥层含水量为 50% ~ 60% , 孔隙比大 , 压缩性高 , 力学强度低及透

水性差 , 为海湾缓慢流水条件下的沉积物 , 易产生沉降和不均匀沉降 , 属不良工程地质。针对这种特殊的地质条件 , 设计阶段经过专家论证 , 围堰施工采用爆破挤淤填石围堰、固化土围堰和袋装砂围堰 3 种围堰形式。其中爆破挤淤围堰为连云港当地的常用工艺^[1-3] , 固化土围堰和袋装砂围堰在国内有一定应用^[4-8] , 但在连云港为首次应用。3 项施工工艺的同时开展以期为滨海新区下一步开发建设提供技术借鉴和施工经验。

2 爆破挤淤施工技术

2.1 爆破挤淤围堰的施工方法

本工程选取淤泥层下黏土层作为持力层 , 而对于抛石围堰 , 当淤泥质软基厚度大于 4 m 时块石通

常很难靠自身质量沉陷至持力层。为迫使块石落底,在堤前端或侧面的淤泥层内埋设炸药包进行爆破挤淤。爆破挤淤的泥石置换过程描述见文献[9]。爆后抛填时围堰上方的荷载增加,导致堆石体进一步下沉。在下次爆破时上一循环段的围堰受到爆破震动的影响继续下沉。在深厚淤泥爆破挤淤中,堆石体要经过多次爆破震动才落底。

爆破挤淤填石法围堰施工将炸药埋设在填石围堰前端。爆破后,堆石体向下向前推移,完成后进行再抛填、再爆破的循环作业。

本工程淤泥面高,采用陆上布药机进行布药,预先将炸药制作成要求的尺寸。布药时,将布药机开上堤头中央位置,将布药杆吊放在堤面上,人工将炸药放入布药杆下端炸药套管中。在泥石交界面前1~2 m处按预定的药包间距逐次插入布药杆,将药包逐个埋入淤泥下。药包全部埋好后,连接导爆索。确定所有机械、人员均撤到安全距离以外后起爆。

炸药在爆破时产生的气体在淤泥内形成空腔,同时爆炸的震动效应使淤泥受到强烈扰动,强度大幅度降低,石体在自重作用下下沉并沿淤泥强度小的方向滑移。在严格控制循环进尺和抛填高度的情况下经过多次爆炸和震动,石体落到持力层上,完成了石体对淤泥的置换。本区域设计断面如图1所示。

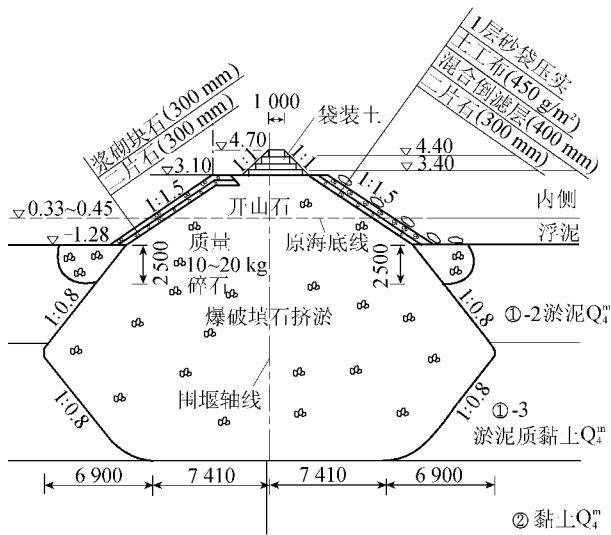


图1 爆破挤淤设计断面(高程单位:m,尺寸单位:mm)

由于该地块大部分属于无水区域,预计爆破效果较差,在施工组织设计中严格控制石料质量,适当增加爆前填筑高度、爆破线药量和布药宽度。实际施工中严格选定20 kg以上干净块石,爆前填筑高度达到6 m以上,爆破循环进尺控制在8~10 m,线药量15~20 kg/m,布药宽度为16 m(即在外坡肩线外侧7.5 m至外坡顶线内侧10.5 m),布药深度在淤泥面下8~10 m范围。

2.2 爆破挤淤施工技术成效分析

a. 爆破挤淤施工工艺在连云港已有大量应用,施工方法较为成熟,施工队伍经验丰富,该施工工艺能够充分利用连云港地区的石料资源,就地取材。在该地块上共进行了4817 m的爆破挤淤围堰施工,克服了无水爆破的困扰,爆破挤淤施工工艺得到了较好的应用。在实际施工中,爆破挤淤体现了较强的适应性,无论是工期还是质量均得到了有效控制。

b. 爆破挤淤炸药用量大,破坏力强,无论对施工作业人员还是海上捕捞渔民均存在较大的安全隐患,安全防范任务艰巨。

c. 该区淤泥厚度大,自然泥面高,基本上在无覆盖水的情况下进行爆破挤淤作业,爆破抵抗线交角小。在爆破时淤泥几乎是垂直飞起,爆破产生的空腔也没有水补充,淤泥的含水量没有改变,该区爆破挤淤的效果相对于有潮水区爆破要差很多。虽然在施工中采取了增大药量和布药宽度等措施,但在施工完成后的检验中发现部分围堰段不能够落底。后经专家论证,通过开挖淤泥包,多次反复爆破处理,能够保证围堰质量合格。

d. 随着连云港海滨新区建设的全面铺开,爆破挤淤对石料的需求越来越大,在施工后期,石料价格上涨50%以上,给成本控制带来很大压力。

3 固化土围堰施工技术

3.1 施工方法

固化土充灌材料主要是水泥和海滨新区“特产”的淤泥,固化剂水泥的掺量为泥充量的6%~10%,充灌大型固化土充泥模袋后在24 h内固结硬化,人在上面行走如履平地。大型固化土充泥模袋的施工船机设备选用300 t自航甲驳,其上安设挖斗容积为0.9 m³的长臂挖掘机、功率范围150~200 kW的发电机、60-80型混凝土泵各1台和自制专用搅拌泥系统1套,组成1套大型固化土充灌模袋设备。高潮时充灌设备下锚就位在施工围堰外侧(或内侧)安全距离以外(40 m),当潮水降至挖掘机能够取泥时,启动发电机,连接泵车导管将导管头从泥袋灌口插入模袋,挖掘机挖船两侧淤泥先卸至搅拌泥系统料舱内,检查无块石和杂物,人工加水泥并拌和均匀后推入混凝土泵料舱内,充灌至模袋内。另配备2条泥驳,在高潮位时泥船停靠在大型固化土充灌模袋船两侧,当低潮无法移动驳船时用此部分泥进行充灌,以便解决因潮水导致作业时间短的问题。

在大规模施工前,先在滩涂地进行“充泥袋”试拌、试充,以掌握适宜的泥浆浓度、进浆时间、固结速度等经验数据,然后在工程中进行应用。为控制水

泥掺量,在每套设备上设专人对外加剂掺量、水泥掺量进行计量。

充灌大型固化土充泥模袋时,先充灌四角,后充灌中间,当充灌到一定饱满度后用木棒轻轻拍打袋体表面,必要时配备真空设备吸水,以利于缩短充灌泥固化时间。泥袋达到预定的充盈度后要控制充灌压力以防止其破裂、暴袋。施工过程中曾在泥袋的内侧两角采取预留袖口措施,将上层淤泥浆液排出,并将各灌口用铅丝扎牢固^[11]。

每套充灌设备每天2个潮水期作业,施工时间平均在8~16h,可充灌泥袋4~6个,充泥量为240~360m³。

大型固化土充泥模袋从围堰两端同时开始,分层叠加,上下层袋体错缝1.5m以上。大型固化土充灌模袋断面见图2。为避免形成通开缝,充泥模袋的放置顺围堰轴线方向呈台阶形前进。下层泥袋固结度达到70%以上(一般固结24h)即可充灌上层泥袋。由于施工期处于多风季节,为了增加顶层泥袋的稳定性,一般在顶层与下层之间打入 $\varnothing 10$ cm木桩以提高其抗风浪冲击的能力,并达到预期效果。本区域设计断面如图2所示。

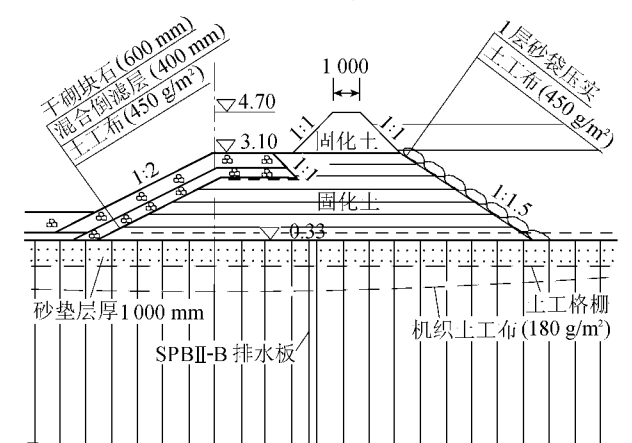


图2 固化土充填模袋断面示意图(高程单位:m,尺寸单位:mm)

3.2 施工技术成效分析

a. 固化土围堰的堤心结构及其施工工艺在连云港海滨新区尚属首次。实践证明,其对软土地基适应性强,在连云港海滨新区可以就地取材,有利于环保施工和文明施工,同时具有安全可靠等优点,因此该技术对滩涂开发有一定的推广应用价值。

b. 连云港海滨新区淤泥黏粒含量高,据分析其黏粒含量高达45%以上,黏性极强。在充泥搅拌施工过程中,淤泥黏结在搅拌头周围,严重影响充填固化土速度,造成施工效率下降;此外由于搅拌不匀,固化土强度难以保证。因此针对该地区的淤泥特性,该项施工技术需要做进一步的研究。

c. 该项施工技术在海上施工,受自然条件的影

响较大;工艺复杂,投入的设备相对较多,不确定因素多,在连云港首次应用,面临的需要解决的新问题较多,从而导致该项施工工艺工期不能够得到保证,在施工组织方面需做更进一步的探讨,以满足工期保障需要。

4 袋装砂围堰技术

4.1 袋装砂围堰主要工序施工工艺

袋装砂围堰适应地基变形及沉降的能力较强、工程费用低、作业面多、施工速度快^[10],因此得到广泛的应用。考虑到连云港海滨新区建设后期可能出现石料供应不足的情况,在初期先行引进袋装砂围堰施工技术进行试点。

本工程考虑到陆上来料价格高、附近无可用的临时码头等因素,全部为水上施工(见图3)。吹砂船乘高潮一次就位于围堰南侧约50m处、泥面平均标高-1m的沟槽中,最远吹砂距离约1500m,采用分级泵送,吹送距离能够保证。但由于沟槽处水深较浅,运砂船必须乘高潮才能进出施工区域,且沟槽位置处只能停靠1艘运砂船,严重影响施工进度;此外,运砂船受涨落潮影响,频繁起浮与坐底,极不安全并且不利于船只停靠就位。施工中在距围堰200m处开挖工作泊位(兼做吹砂水源),宽200m,长200m,深4m,使吹砂船始终漂浮作业。



图3 袋装砂围堰施工现场

根据测量定位人工铺设充灌袋后,将其四周边系紧固定,防止充灌时袋体随意变位、变形。潮间带段落的铺设,采用人工方法趁低潮时将充灌袋根据边线位置铺平展开,用砂袋或泥袋均匀压住。水下施工时,充灌袋的4个角用钢管插入套环,打入泥中,以固定充灌袋位置^[11]。铺好充灌袋、布设充砂管线后,将输砂管管口与砂袋袖口连接牢固,启动水泵,用高压水枪造浆,启动泥浆泵充灌砂袋,移动管口至各个充砂袖口充填砂袋。吹填工程施工的进度要根据护堤的稳定、施工的进度配合进行。严密监控堤防的沉降、位移情况,若出现沉降、位移等不良现象应立即停止施工或减慢吹填速度。施工中应保证吹填均匀。在充灌袋内充填砂排水沉淀完成后,检查充填质量,对不合格的位置进行补填,直至满足

然条件影响较大,施工效率得不到保证。

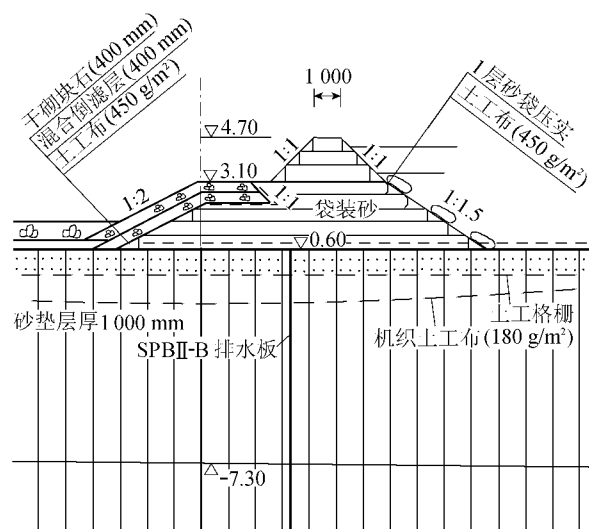


图 4 袋装砂围堰断面示意(高程单位:m,尺寸单位:mm)

4.2 袋装砂围堰施工技术成效分析

a. 虽然袋装砂围堰施工工艺为在连云港滨海新区首次应用,但该项工艺在国内应用广泛、技术成熟、施工经验丰富、施工效率高、施工安全容易得到保障,因此该技术对该区的建设有一定的推广应用价值。

b. 在砂源丰富地区 ,该种围堰结构有极强的竞争力 ,但连云港海滨新区为淤泥质海滩 ,附近无砂源地 ,所需砂源全部需要从外省调运 ,施工用砂价格较高 ,造成袋装砂围堰造价与爆破挤淤及固化土施工价格相近 ,制约了此项工艺在该区的大规模应用。

c. 袋装砂围堰施工技术在海上施工需要开挖航道,施工前期的准备工作相对繁琐,该项工艺在砂源运输过程中需要经过渔民养殖区,运输容易受到干扰,不能保证连续施工。若在以后的施工中加强前期准备以及与渔民的协调,该项工艺在多方案比选中将会有较强的竞争力。

5 结 论

a. 爆破挤淤围堰、袋装砂围堰及充灌固化土围堰克服了连云港海滨新区施工遇到的技术难题,在连云港滩涂区取得了成功的应用,表明此 3 项施工工艺均是可行的。但基于连云港滩涂区淤泥高黏粒含量的特点,充灌固化土围堰在连云港进行大规模应用需做进一步研究。

b. 爆破挤淤围堰、袋装砂围堰及充灌固化土围堰在施工完成后均能达到设计断面要求,保证了工程的安全性。爆破挤淤围堰施工技术在施工中炸药用量大,其安全性需重点关注。

c. 爆破挤淤围堰施工受到的干扰较小,具有较高的可靠性;袋装砂围堰及充灌固化土围堰受到自

d. 在现阶段,爆破挤淤围堰、袋装砂围堰及充灌固化土围堰每延米的造价相当,但随着连云港海滨新区的大规模开发,石料场数量有限,石料价格急剧上涨,爆破挤淤围堰的单位造价会急剧上升,其经济性将会降低。

e. 爆破挤淤围堰具有技术成熟、可靠性高、造价可接受的特点,目前在连云港海滨新区得到了最广泛的应用,后期多项工程均采用该项技术。但也应该看到后期爆破挤淤围堰的造价将会大幅度攀升,而袋装砂围堰施工技术具有应用广泛、技术成熟、施工效率高、施工安全的特点,其经济优越性将能体现出来,可以预测该项施工技术在连云港海滨新区开发建设后期将会有较好的发展前景。

f. 爆破挤淤围堰、充灌砂袋围堰及充灌固化土围堰 3 项施工技术在连云港滩涂开发之初均进行了应用,积累了丰富的技术资料,取得了在该区施工的经验,为后续开发建设提供了更多的选择。

参考文献：

- [1] 顾磊.连云港港区陆域形成方案的探讨和建议[J].水运工程,1998(2):26-29.
- [2] 王卫东,程琪.连云港港庙岭三期试验区围堤工程施工[J].中国港湾建设,2000(6):45-48.
- [3] 张海文,王卫东,卢有兵.人工插药爆破处理软基在连云港庙岭三期试验围堤中的应用[J].水运工程,2001(1):51-53.
- [4] 莫志芳,范公俊,金韬.无水深厚淤泥软基的爆破挤淤施工[J].华南航道,2008(2):5-8.
- [5] 张帅,黎冰,唐强,等.按强度控制疏浚淤泥堆场围堰稳定性的设计方法[J].水利水电科技进展,2008,28(6):57-61.
- [6] 阮龙飞,王永庆.中远船务启东海工基地坞口围堰工程的设计与施工[J].水利水电科技进展,2009,29(6):90-93.
- [7] 盛乐民,张朝金.复合土工膜在向家坝围堰工程中的应用[J].水利水电科技进展,2009,29(6):86-88.
- [8] 范公俊,朱伟,张春雷.固化淤泥收缩性质研究[C]//第二届全国岩土与工程学术大学论文集编辑委员会.第二届全国岩土与工程学术大会论文集.北京:科学出版社,2006:348-352.
- [9] 乔继延,丁桦,郑哲敏.爆炸排淤填石法机理研究[J].岩土工程学报,2004(3):349-352.
- [10] 吉明,於志华.模袋固化土围堰结构的应用及优化分析[J].水运工程,2008(9):36-39.
- [11] 郭华山.土工织物充砂袋在深水围堰中的应用[J].中国水运,2009(3):250-251.

(收稿日期 :2010-05-12 编辑 :高建群)