



垂直铺塑和高压旋喷联合止水帷幕 在深水海堤围堰中的应用

陈明伟, 吉明

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘要: 围堰止水效果的好坏将直接影响工程后期施工的安全和施工进度。垂直铺塑和高压旋喷均是近年来发展起来的新型围堰止水帷幕技术, 而在潮差较大的深水海堤围堰止水中采用单一的止水方法其止水效果较差, 必须采用联合的止水方法才能满足要求。通过在集杏海堤开口改造工程海堤围堰特殊海水环境下垂直铺塑和高压旋喷联合止水帷幕的设计和施工实例阐述该项技术。

关键词: 潮差; 深水海堤围堰; 垂直铺塑; 高压旋喷

中图分类号: U 655.1

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)08-0186-05

Application of vertically laid plastic and high-pressure jet grouting waterproof curtain in deepwater seawall cofferdam

CHEN Ming-wei, JI Ming

(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430071, China)

Abstract: The sealing effect of cofferdam will affect directly the safety and construction progress of the follow-up construction. Both the vertically laid plastic and high-pressure jet grouting are new waterproof curtain technology for the cofferdam developed in recent years. Any single sealing method is unfavorable for the deepwater seawall cofferdam in the area with a greater tidal range, thus a joint sealing method shall be adopted to meet the requirement. This method is expounded based on the design and construction of the joint sealing curtain of vertically laid plastic and high-pressure jet grouting in the special marine environment in the Jixing dike opening renovation project.

Key words: tidal range; deepwater seawall cofferdam; vertically laid plastic; high-pressure jet grouting

1 工程概况

厦门集杏海堤开口改造工程主要建设内容包括: 新建水闸1座, 采用闸涵结合的结构形式, 闸孔总净宽264 m, 恢复现有交通道路。为本工程提供干地施工条件, 需在建设场地的集杏海堤南侧建一道长644 m的外围堰, 北侧建一条长640 m的内围堰, 形成9万m²左右的施工场地。围堰布置如图1所示。

2 水文、地质条件

2.1 水文条件

设计高水位: 4.14 m (20 a一遇, 黄海高程、下同);

设计低水位: -3.49 m (20 a一遇);

设计波浪要素: $H_{1\%}=2.27$ m, $H_{4\%}=1.94$ m, $H_{5\%}=1.88$ m, $H_{13\%}=1.34$ m, $T=3.70$ s, $L=21.40$ m。

收稿日期: 2013-01-28

作者简介: 陈明伟 (1982—), 男, 硕士, 工程师, 从事水运工程设计。

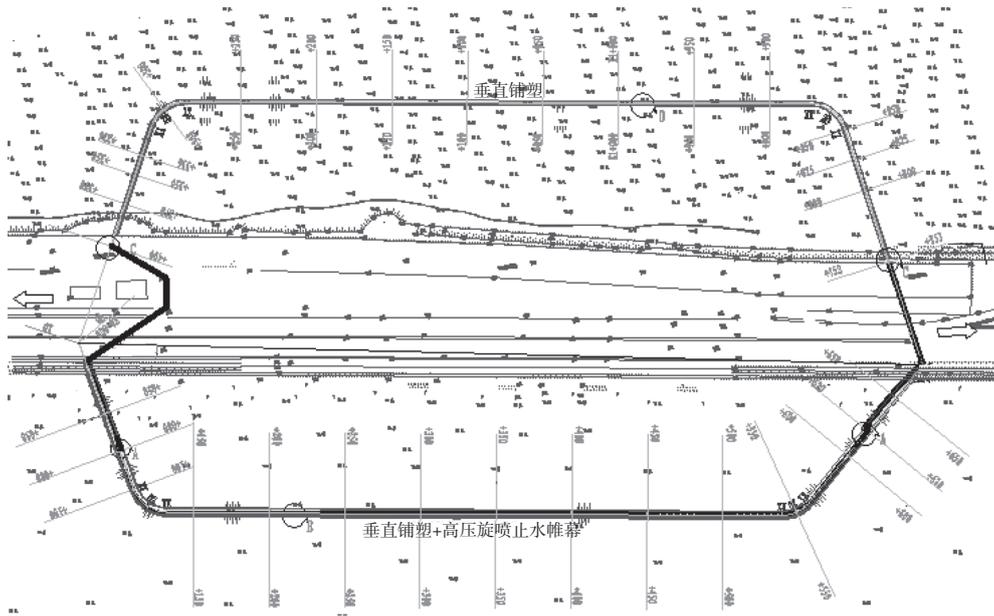


图1 围堰止水水平面布置

2.2 地质条件

本场地地层结构较复杂, 地层岩土特性、厚度和埋藏分布等在空间分布上变化较大。表层由

第四系全新统沉积的淤泥及淤泥质黏性土、砂混淤泥和粉质黏土及黏土、中粗砾砂所覆盖。具体地质情况如图2所示。

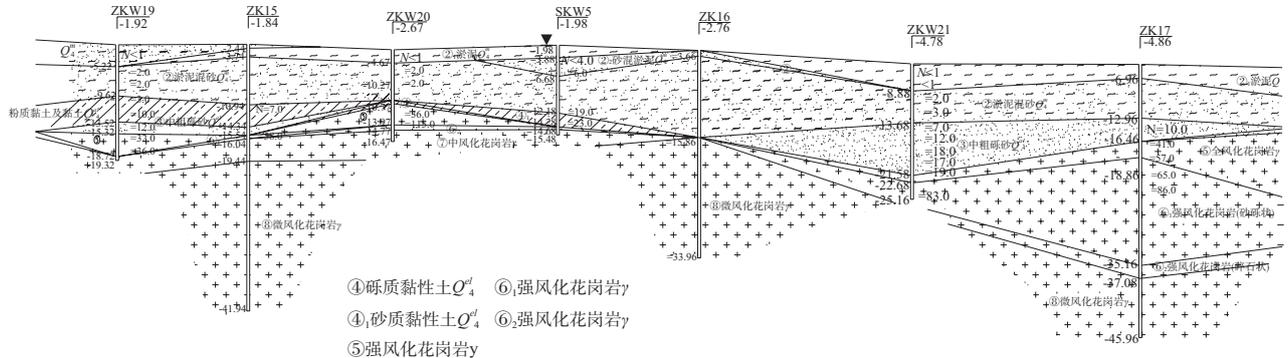


图2 工程地质断面

3 设计分析

本工程海堤拆除后, 外围堰承担着海堤防汛的作用, 外围堰的作用尤其重要。加之工程处潮流属于正规半日潮流, 潮差变化较大, 地质表层均为淤泥或淤泥质混砂, 淤泥或淤泥质混砂层厚度均在6~8 m, 地质条件较差。海堤围堰需用块石挤淤至底部才能保持围堰稳定, 单一的高压旋喷帷幕在海域潮位变化较大的地区施工效果不佳, 在潮水变化较快的动水条件下, 水泥浆还未被冻结就被潮流带走, 帷幕形成的质量较差。根据以往在海边施工旋喷桩帷幕开挖的检测结果显示, 帷幕高潮位以上部分形成连续较好, 高潮位以下部分形成萝卜头形

式, 止水效果不佳。垂直铺塑帷幕1992年首次应用在地基处理工程中, 由于其施工时开槽连续稳定, 施工速度快, 防渗效果好, 使用条件广泛, 成本低, 近年来在防洪工程中也广泛采用^[1-2]。据不完全统计在东北、华北、华东、华南、西北和中南数省都应用了垂直铺塑技术。因其开槽机只能切削软弱土层, 如果地层中有孤石、树根等障碍则不能达到设计深度。因此在海堤抛石围堰中还未见单独使用垂直铺塑帷幕的。

考虑外围堰的重要性本工程采用双重止水措施, 即采用垂直铺塑和高压旋喷帷幕联合的止水措施。在围堰两侧抛石棱体之间预留出足够的距

离先施工垂直铺塑止水帷幕，再施工高压旋喷桩。既保证了垂直铺塑的施工又保证了高压旋喷帷幕不受潮差的影响，从而保证围堰的止水效果。

4 止水帷幕设计

本工程止水帷幕沿海堤围堰轴线布置，充分了解旋喷与垂直铺塑之间的相互影响（如涨潮落潮、垂直铺塑成槽对旋喷桩的影响，高压喷浆对垂直铺塑的影响等）。高压旋喷帷幕布置在外围

堰外坡顶线处，垂直铺塑帷幕布置在距离高压旋喷桩轴线3 m处。其断面如图3所示。

4.1 垂直铺塑止水帷幕设计

垂直铺塑深度根据地层变化而变化，要求穿过透水层进入不透水层不小于2 m。成槽宽度为35 cm。其防渗膜采用聚乙烯PE膜，按铺塑深度和沟槽顶部预留的塑料膜至少1 m。在铺塑过程中，深度方向必须保证其整体性，不允许接长使用，土工膜的技术性能指标见表1。

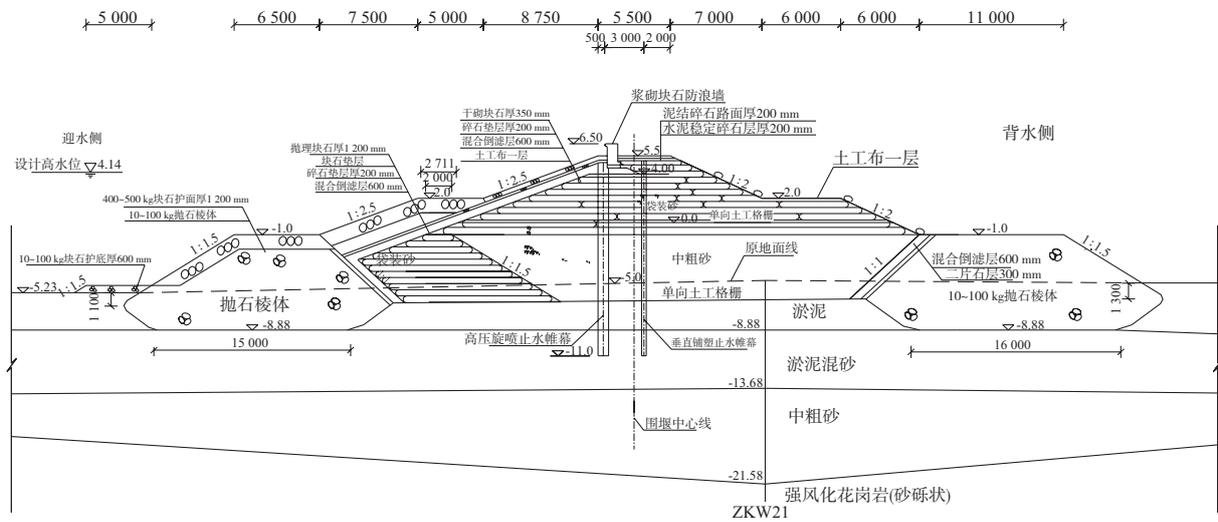


图3 帷幕布置断面

表1 土工膜物理力学性能

产品规格	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%	直角撕裂强度/ (N·mm ⁻¹)	0.5 mm厚度允许 极限偏差	渗透系数/ (cm·s ⁻¹)	尺寸稳定性/%
GH-1	≥17	≥450	≥80	±0.06	≤1.0 × 10 ⁻¹³	±3

根据SL/T 225—1998《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》的规定，当采用土工膜作为防渗层，截断地下水位或地上水流时，采用的土工膜厚度不宜小于0.25 mm，重要工程可采用复合土工膜或者复合防水材料，膜厚度不小于0.5 mm^[1,3]。根据以往经验和规范要求，采用GH-1普通高（中）密度聚乙烯土工膜，土工膜厚度取T=0.5 mm。

4.2 高压旋喷止水帷幕设计

高压旋喷止水帷幕由连续高压旋喷桩搭接形成，其搭接形式为单排套接，在施工过程中先施工I型桩，再施工II型，桩径为1 000 mm，桩间距800 mm，搭接长度为200 mm，搭接如图4所示。

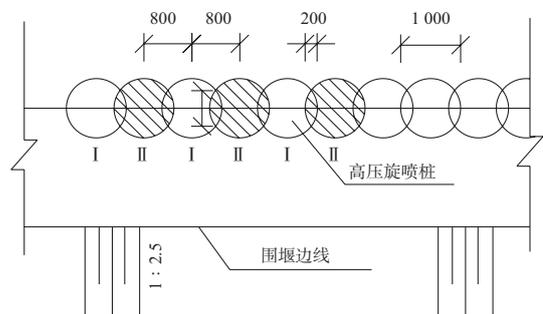


图4 高压旋喷桩搭接

设计参数：

旋喷桩直径：1 000 mm；水泥采用425普通硅酸盐水泥；浆液压力：32~38 MPa；气压力：0.7 MPa；流量：60~80 L/min；提升速度：8~15 cm/min；

旋转速度: 6~8/min; 垂直度: 0.5%。

5 施工方案

5.1 施工工艺及顺序^[2-5]

止水帷幕施工工艺流程如图5所示。

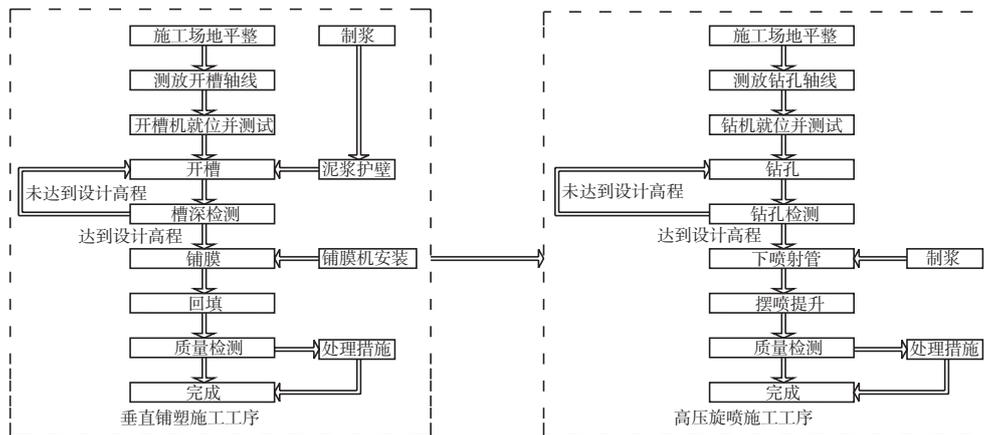


图5 施工工艺流程

排水通畅。施工高压旋喷帷幕所用设备为钻机: HGY-200; 高压泵: 302-SZ; 空压机: R22-126-2007; 喷嘴直径: 2.8 mm。

5.3 垂直铺塑施工质量控制

1) 开槽机前进时注意观察大臂沉浮情况, 发现变化时及时测量深度, 调整牵引速度, 并定时定尺用垂球测量深度, 保证达到设计高程, 并要经常校核轴线位置, 控制在10 cm。

2) 施工中注意观察设备的运行情况, 如发现问题及时维修, 保证施工停机不超过3 h, 因停机时间过长或槽口坍塌造成淤积时, 用清槽方法达到槽深。

3) 当一段沟槽铺塑完毕后, 及时回填黏土, 沟槽回填时注意保护塑料膜不得损坏, 回填土中不能有杂质和土块。

4) 施工中要尽量避免发生坍塌现象, 要保证泥浆比重, 保证槽中浆面高于设计地面高程20 cm, 并及时检查开槽机两侧的地面, 如发现裂缝要及时采取补救措施。

5.4 高压旋喷施工质量控制^[4-5]

1) 桩位偏差<50 mm, 钻孔偏斜率不应超过1%, 钻孔孔径应大于喷射管外径20 mm以上。

2) 施工前应将水泥进行抽样检查, 合格后方

5.2 资源配备

施工垂直铺塑所配备的机组由主电机、牵引系统、铺塑机、供水泵、反循环系统、维修设备等组成^[2], 总质量约15 t。开槽机行走宽度大于4.5 m, 要求场地平整, 供水源近, 水量充足,

可使用, 严格按设计配合比例率伴制水泥浆液, 伴制好的水泥浆液超过2 h不能使用。

3) 旋喷桩施工过程中, 严格控制高压送浆泵的压力和提升喷浆速度。

4) 提升过程中拆卸钻杆后, 继续旋喷施工时, 保持不小于20 cm的搭接长度; 旋喷过程中, 若因故停止, 第二次旋喷的接桩长度必须大于30 cm。

5) 经常检查高压系统、管道系统、使压力、流量能够达到规范要求以保证桩径达到设计要求。

6) 如地质条件变化大, 应及时调整技术参数, 以免影响成桩质量。

7) 水泥浆在进入集料池间要用细筛过滤, 在进入高压泵前进行第二次过滤。为防止水泥浆沉淀离析, 水泥浆在沉淀池中要不停搅拌; 当停机时间过长时, 还要拆卸输浆管道进行清洗, 避免水泥凝结堵塞管路。

8) 在水泥中添加早强剂或速凝材料, 如氯化钙、三乙醇胺等速凝早强剂; 另一方面, 旋喷帷幕施工时应尽量利用平潮时间段, 避免潮流将新喷射的水泥浆带走。

6 结论

根据厦门市捷航建筑工程质量检测有限公

司对本工程送检材料检验报告，本工程送检材料的检测数据全部合格，水泥土芯样强度测试值均大于为4.7 MPa，注水试验检测试验段渗透系数 5.6×10^{-6} cm/s。均满足设计要求。本工程止水帷幕形成质量较好，在2年多的施工工期中堰体未发现有管涌、流土及坡面散流等现象，防渗效果良好，保证了主体工程如期完工。工程完工后开挖围堰时揭示止水帷幕从上到下形成质量相当良好。

1) 垂直铺塑在集杏海堤开口改造工程中的成功应用，说明该工艺用于海堤改造的深水砂土围堰的可行性，可大大缩短施工工期、降低工程造价。

2) 开槽机只能切削软弱土层，一般设计深度最好控制在15.0 m以下，如土层中有孤石、树根等障碍，应先将其清除，否则难以形成沟槽。

3) 由于开槽机一般都超过25 m，一次成槽较长，由于转弯半径较大，只适用于长、大基坑的垂直铺塑防渗帷幕的施工，设计时应合理布置防

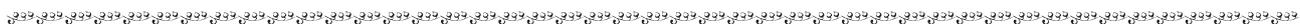
渗帷幕轴线位置。

4) 高压旋喷施工设备简单轻便，噪音和振动小，施工速度快，安全可靠，机械化程度高，成本低，在海域潮差变化较大的条件下需配合垂直铺塑联合使用。

参考文献:

[1] 池海清. 垂直铺塑防渗技术在基础防渗处理中的应用[J]. 工程实践, 2009(3): 59-62.
 [2] 徐晓龙. 垂直铺塑施工技术在海域明挖隧道的应用[J]. 西部探矿工程, 2010(4): 173-175.
 [3] 何洪民, 薛建萍. 垂直铺塑技术在堤防基础截渗工程中的应用[J]. 水利科技与经济, 2006(7): 474-475.
 [4] 彭茂军, 陈名. 高压旋喷桩在止水帷幕工程中的运用[J]. 科技创新导报, 2009(4):45-46.
 [5] DL/T 5200—2004 水利水电工程高压喷射灌浆技术规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第185页)

表5 大型绞吸船理论生产率

开挖土质	正刀/反刀	挖掘系数K	前移距 ^⑥ D/m	切泥厚度T/m	横移速度v/(m · s ⁻¹)	综合生产率/(m ³ · h ⁻¹)
强风化	正刀	0.8	1.2	1.5	8	691
	反刀	0.8	1.2	1.2	8	553
中风化	正刀	0.8	1.2	1.5	6	518
	反刀	0.8	1.0	1.2	5	288

综上所述，在355 m水上浮筒管线排距下，使用单一水下泵施工能够满足输送需要，即艉吹装驳采用单一水下泵施工能够满足要求。

5 结语

绞吸船开挖航道岩石时，在不具备吹填条件的情况下，实施移动艉吹装驳较直接装驳相比，可以减少船舶避让时间、减少航道回淤并提高船舶时利率，但实际施工中，需边坡区域的原始泥面具有满足泥驳船最小吃水要求的水深。

绞吸船在开挖航道岩石，采用艉接355 m水上管线和移动装驳平台进行疏浚土处理的工艺时，使用单一水下泵即可以满足施工要求。

参考文献:

[1] 中交天津港航勘察设计研究院有限公司. 防城港20万吨级进港航道工程岩土工程勘察报告[R]. 天津: 中交天津港航勘察设计研究院有限公司, 2010.
 [2] 高伟. 绞吸船施工要点及措施[J]. 中国港湾建设, 2011(1): 66-69.
 [3] 姚建伟. 基于岩石切削理论的超大型绞吸挖泥船绞刀动载荷分析[J]. 中国港湾建设, 2011(1):5-10.
 [4] 天津市航浚科技服务有限公司. 绞吸挖泥船泥泵输泥计算手册[R]. 天津: 天津市航浚科技服务有限公司, 1996.
 [5] 秦亮, 田会静. 绞吸船超长吹距变管径施工方案分析[J]. 水运工程, 2010(6): 136-140.
 [6] 丁勇. 浅述大型绞吸船定位移船倒桩装置设计[J]. 船舶, 2009, 20(6): 50-54.

(本文编辑 武亚庆)