

# 塑料排水板水下施工工艺

刘迪, 单志浩, 朱军

(上海交通大学总承包有限公司, 上海 200136)

**摘要:** 主要介绍温州乐清湾软弱地基水下排水板的施工工艺, 详细论述了船机设备的选择、施工及质量控制、施工难点及解决措施等, 排水板施工进度和质量满足工程要求, 为类似软基工程地基处理施工提供借鉴。

**关键词:** 淤泥层; 打设深度; 塑料排水板; GPS; 回带问题

**中图分类号:** U655.544.4

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1003-3688(2008)06-0050-04

## Techniques for Installation of PVDs under Water

LIU Di, SHAN Zhi-hao, ZHU Jun

(Shanghai General Contracting Co. Ltd. for Communications Construction, Shanghai 200136, China)

**Abstract:** This paper mainly describes the technique for installation of PVDs under water in the soft ground in Yueqing Bay of Wenzhou and makes a detailed presentation of the selection of ships and equipment, construction and quality control, and difficulties in construction and solutions. Both the progress and quality of the PVD installation met the construction requirements, providing references for similar works to improve soft soils.

**Keywords:** silt stratum; installed depth; PVD; GPS; back drawing of PVD

塑料排水板加固软土地基是指将塑料排水板用机械插入不同深度的软土层中, 然后通过预压荷载的作用, 使软土地基内水份沿塑料板向上渗入到砂垫层中, 达到加固软土地基, 从而提高地基整体承载力的一种新工艺、新技术, 近年来该技术在水上工程中的应用越来越多, 且打设深度越来越深。本文现根据浙江乐清湾港区一期南区围(海)涂工程中塑料排水板的施工及应用情况, 对水下塑料排水板的施工工艺进行初步研究。

### 1 工程概况

乐清湾港区一期南区围(海)涂工程位于乐清湾中部西侧打水湾山附近, 北邻调整后的浙能电厂灰库区, 向南至东干河北岸实施围(海)涂工程, 形成乐清湾港区一期工程港池和航道疏浚工程的纳泥区, 同时为临港产业经济用地的开发创造条件。

由中交上海航道局有限公司承建的乐清湾港区一期南区围(海)涂工程I施工段, 围(海)涂面积约227.1万m<sup>2</sup>(约3405.3亩), 围堤总长度4077.7m, 护堤土方吹填462.4万m<sup>3</sup>。围堤采用袋装砂复式斜坡堤结构, 按50年一遇防洪标准进行设计。

### 2 工程地质条件

根据温州工程勘察院有限公司2006年4月进行的工

可阶段的地质勘察成果和2006年9月进行的补充勘察中间成果, 场地地基土自上而下可分为:

①-1 淤泥: 青灰色, 局部上部呈黄灰色、灰褐色, 流塑状, 高压缩性, 局部夹少量粉细砂和贝壳碎屑, 表部0.30~0.50m为新近沉积的流泥或浮泥。全场均有分布, 该层分布于场地表部(海底), 层顶标高-1.41~-4.00m, 厚度13.40~16.50m。

①-2 淤泥: 青灰色, 流塑状, 高压缩性, 含少量贝壳碎屑、粉细砂。全场均有分布, 层顶标高-13.06~-20.00m, 厚度6.00~20.80m。

②-1 淤泥质粘土: 灰色、青灰色, 流塑~软塑状, 高压缩性, 夹半炭化植物碎屑, 局部夹少量粉砂和贝壳碎片。局部土质较差, 为淤泥。除ZS7钻孔缺失外, 全场均有分布, 层顶标高-20.64~-35.65m, 揭露厚度2.40~30.20m, 局部厚度较大, 部份钻孔未揭穿。

②-2 粘土: 灰色, 软塑状为主, 局部为可塑状, 中高压缩性, 具鳞片状构造, 含少量半炭化物、贝壳碎屑, 局部含粉细砂。

③ 粘土: 灰色, 软塑~可塑状, 中高压缩性, 含少量半炭化物、粉细砂。

### 3 潮汐特征值

工程位置附近的潮位特征值:

最大潮差: 7.87m

收稿日期: 2008-08-18

作者简介: 刘迪(1976—), 男, 吉林伊通人, 工程师, 港口与航道工程专业。

最高潮位: 5.22 m  
最低潮位: -3.85 m  
平均潮差: 4.77 m  
平均高潮位: 2.77 m  
平均低潮位: -2.01 m  
平均涨潮历时: 6 h 26 min  
平均落潮历时: 5 h 57 min

乐清湾是我国著名的强潮海湾之一, 海湾内实测最大潮差值可达 8.34 m。

4 塑料排水板施工工艺

因地基土质较差, 本工程采用塑料排水板+2 层砂被的地基处理方式。水下施工的塑料排水板采用 C 型排水板, 共 15.4 万根, 约 450 万延米。

4.1 材料要求

(1) 排水板采用高强塑料排水板, 其规格、质量和排水性能要求必须符合规定。每批排水板必须附有厂方合格证及性能自检报告, 每批货到现场后, 须经监理单位抽样, 对质量和性能进行检验, 合格后方可用于施工。排水板需满足的性能指标见表 1。

表 1 排水板性能指标

项 目		指标
纵向通水量/(cm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )		≥90
滤膜渗透系数/(cm·s <sup>-1</sup> )		≥5×10 <sup>-3</sup>
滤膜等效孔径 O <sub>98</sub> /μm		75~130
复合体抗拉强度 (干态) /(kN·(10 cm) <sup>-1</sup> )		≥3.5
复合体宽度/mm		150
复合体厚度/mm		4.5
滤膜抗拉强度	纵向干态/(N·cm <sup>-1</sup> )	≥45
	横向湿态/(N·cm <sup>-1</sup> )	≥50
梯形撕裂强度	纵向/(N·cm <sup>-1</sup> )	≥100
	横向/(N·cm <sup>-1</sup> )	≥110

(2) 同批次生产的排水板, 每 20 万 m 检测一次, 少于 20 万 m 的也应检测一次; 同批次生产分批运输的也应分批检验。

4.2 施工技术要求

(1) 必须按设计要求, 采取有效措施, 严格控制塑料排水板材料和质量。宜采用可测深的塑料排水板形式, 便于检验打设深度。

(2) 塑料排水板采用梅花型布置, 间距 1.4 m。

(3) 水上施工移船定位偏差不得超过±50 mm。

(4) 打设过程中应随时注意控制套管垂直度, 其允许偏差应不大于±1.5 %。

(5) 必须按设计要求严格控制塑料排水板的打设标

高, 不得出现浅向偏差; 水上作业须定时观察潮位, 勤测水深, 对导管入水深度进行潮位补偿。

(6) 打设塑料排水板时严禁出现扭结、断裂和撕破滤膜等现象。

(7) 打设时回带长度不得超过 500 mm, 且回带的根数不宜超过打设总根数的 5 %。

(8) 应检查每根塑料板的施工情况, 当符合验收标准时方可移机打设下一根, 否则需在邻近板位处补打。

(9) 塑料排水板自生产至打设的储存期最好控制在 6 个月以内。临时存放塑料排水板, 应避免雨淋、防止日晒。

(10) 未尽之处按部颁标准 JTJ/T256-96 《塑料排水板施工规程》要求执行。

4.3 设备选择

根据本工程施工水域的水深、风浪大、潮差大的工况条件和施工工艺要求, 水下排水板施工中采用稳定性强的专业打设船。打设船立面示意图见图 1。

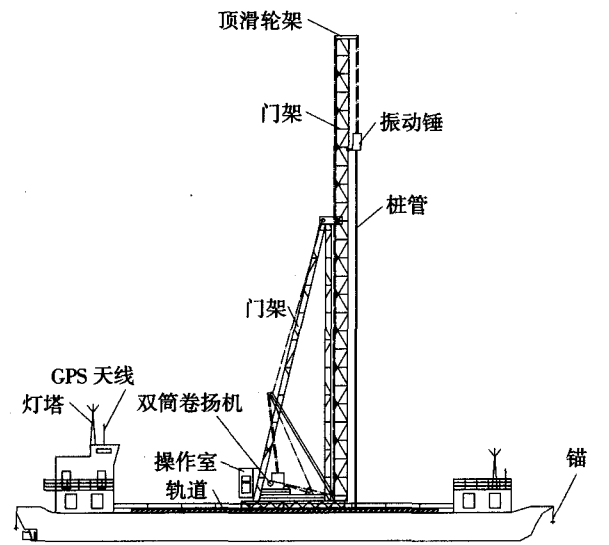


图 1 排水板打设船

本工程排水板最大打设深度达到 33 m, 根据地形和潮位, 插杆的长度至少在 40 m 以上。水下塑料排水板的施打数量大, 深度深, 短期内尤其在开工初期施工强度大。因此, 对水下排水板的施打设备要求较高。由于能打设 33 m 的施工船舶在市场上较难寻找, 为满足总体施工进度要求, 最终采用改造现有设备进行水下排水板的施工。

考虑到风浪及水流的影响, 为保证施工中的安全及排水板打设质量, 本工程塑料排水板施工船的锚重不低于 2 t/个 (4 个), 锚缆长度不小于 250 m/根, 锚缆采用 φ22.5 mm 钢丝绳。

4.4 排水板施工

4.4.1 水下排水板施工流程

排水板的施工流程见图 2。

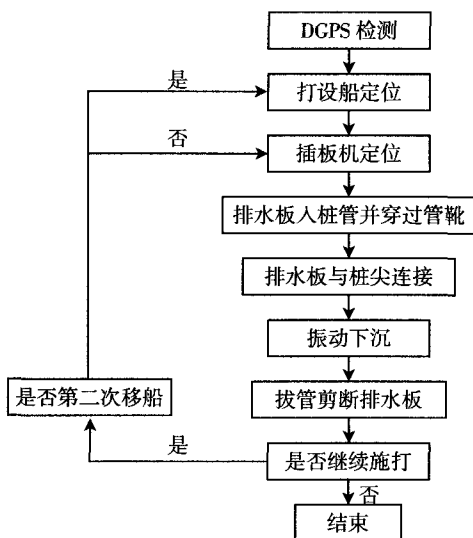


图2 塑料排水板施工流程图

#### 4.4.2 施工工艺

##### (1) 打设船的定位

为了使打设船在海面上有足够精准的定位,确保每一根排水板打设到预定位置,在其上配备了GPS实时差分定位系统。GPS定位系统及计算机的图形控制软件将打设船船位进行实时显示。考虑到波浪、风力、潮汐等多方面因素对打设船的定位会有一定影响,所以打设船选择顺水流方向布置,以减少船舶在施工中受水流的影响,从而使船体在施工中处于相对平稳的状态。利用计算机对船位进行监控,并通过中央集控室调整锚机进行船位的精确调整,使规定船位与GPS提供的船位相吻合,可保证定位的精确性,使得排水板打设的偏差值不超过50mm。为了提高插板机的定位效率,在船上标出桩位,即在打设船的船体横梁上按桩位尺寸标好刻度,而插板机可在船体平台上前左右移动,保证桩位的准确。施工时还应根据潮水变化及时调整锚缆,保证船位的准确。

在施工过程中,计算机自动记录插入的排水板的相关数据,其工作流程见图3。

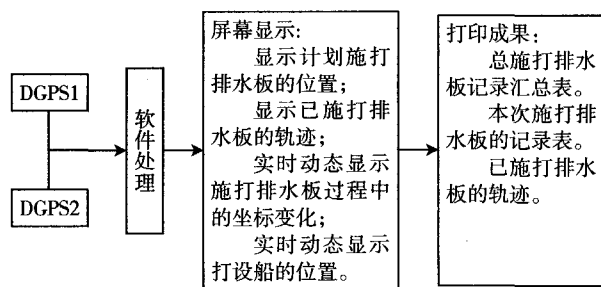


图3 排水板定位记录软件工作流程图

##### (2) 塑料排水板的装接板

将排水板装入套管,并在靴头位置少量伸出,排水板长度不足时进行搭接。接长时采用滤膜内平搭接的方法,首先剥去滤布芯子,使板芯直接连接,芯子搭接不堵塞通

道,搭接长度需在200mm以上,用多个铁丝钉锚固;包围滤布将其套在一起,保持搭接处不进淤泥,再用铁丝钉锚固将其绑扎牢靠。搭接长度应根据施工环境(如风力)和排水板的质量情况适当调整。

##### (3) 调整剪板机高度

剪板机的高度将决定排水板的留带长度。在施工过程中为满足质量要求,根据不同的潮位和滩面高程对剪板机的高度经常予以调整,以此控制留带长度。

##### (4) 塑料排水板的插设

在塑料排水板的插设方式上,鉴于本工程地质条件,采用以静压法为主的插入方式,即利用套管自重和惯性,使套管直接贯入滩面以下,再以震动锤进行适当震动,达到预定高程。这种插入方式可以将人为施工扰动对地基强度产生的不利影响降低到较小程度。为确保打设长度用垂球随时检测水深,以便控制打设深度,每插完一排塑料排水板,测量一次水深,调整一次套管入水深度。以套管入水深度控制塑料排水板的打设底高程,即控制排水板的打设长度。回带长度的控制主要有二方面:一方面要做好板靴与套管出口的密封,防止淤泥等进入套管引起回带;另一方面观测套管上口与排水板有没有相对位移。施工时必须严格控制回带长度,回带长度不得大于500mm,且回带的根数不得大于总根数的5%,如果超过标准,一般在邻近处补打一根。

##### (5) 剪板

采用水下导向架底端配置剪刀,人工完成剪板。

##### (6) 装靴

装靴水下装置为回位并可重复使用的机械装置,当塑料排水板剪断以后,它能立即将板头压住并关闭板头保护装置,当塑料排水板插至标准高程后上拔时,该装置自动打开保护门,此时板头在泥土阻力作用下留在泥土中,这样周而复始,完成多个插设循环。

#### 5 施工效率分析

本工程共投入4艘排水板打设船,其中2艘(租赁)可同时打设2根排水板,另外2艘(自行改造)可同时打设4根排水板。2艘租赁施工船平均每天可施工650~700根(19500~21000m)/(艘·d),另外2艘改造的施工船平均每天可施工1000~1200根(33000~39600m)/(艘·d),较好的满足了施工进度及打设质量的要求。

#### 6 施工难点及解决措施

##### 6.1 排水板的回带

本工程排水板施工遇到的最大困难就是排水板的“回带”问题,“回带”是塑料排水板打设施工的常见质量通病。由于本工程所在区域的地基土质较差,地基土自上而下分为4层,其中最上面两层均为淤泥层,淤泥层厚度在20m以上,且含水量达70%,呈流塑状,排水板的“回带”现象十分严重。试打时“回带”平均达到2m左右,甚至有整根“回带”的现象。通过对地质资料的分析以及现场反复试验和研究,根据排水板打设作业的原理,最终

确定了加长板靴(从20 cm调整到30 cm)、加长链条(从50 cm调整到1.5 m)及超打(一般控制在0.5 m左右,具体根据地基情况调整)等措施。加长板靴,可在一定程度上提高排水板提升时的锚固力;加长链条可使排水板在地基中的固结时间增加,也使排水板提升时两侧地基土的握裹力增大;超打施工可预留部分回带。以上措施有效的解决了排水板的“回带”超标问题,保证了排水板的打设质量,提高了排水板的施工效率。

## 6.2 大风天气排水板的施工

由于工程地处浙江东南沿海欧江口区,5~6级大风为经常性天气,风大易将露在套管外的塑料排水板刮起飘扬,极易使排水板发生扭曲、破损,甚至断裂,影响施工进度和工程质量。通过用钢筋(或其他刚性材料)做成圆环,并用软绳将圆环每隔2 m连成环套,将套管和塑料排水板套在中间,有效的控制了排水板的飘动,使排水板作业在6~7级大风天气可照常施工,提高了排水板打设的效率。

## 7 建议

### 7.1 设备的选择

水下打设排水板,受到气象、水文等多种因素的影响,安全要求高,为保证施工进度和安全,应选择抗风能力强,施工效率高的施工船舶。目前国内市场上使用的排水板施工船,多采用双体作业船,由2个片体与首尾抗扭箱构成一个长方形的施工区域,在区域内根据船体尺寸布设打设架。此类施工船的特点是在一个船位内施工的排水板数量较多,具体视船长、船宽而定,相对移船定位次数

较少,同时该船导管架可放倒,船体抗风稳定性能好,在大风频繁地区安全适用性较好。其他改造的船只一般采用驳船改造,在船边设置打设架和轨道梁,打设架沿船长或船宽方向的轨道梁移动进行打设,一个船位打设的排水板施工数量相对较少,移船频率高。配置同样个数打设架的施工船,前者的效率要高于后者。尤其在海上作业,船舶移动定位受到潮流及风力影响,定位所需时间较长。因此在满足打设要求的情况下建议使用前者。另外水下打排水板,船舶必须要有良好的抗风性能,配备的锚的数量、重量、锚缆的长度、钢丝绳的直径以及锚机都必须满足施工要求。

### 7.2 排水板打设深度的保证

排水板的打设长度应该按照排水板的入土深度控制,由于受到潮流的影响,水深不断变化,为保证排水板的入土深度,必须勤测水深,及时调整打设深度。建议30 min左右测量一次水深。

### 7.3 排水板施工完成后砂被的保护

砂被经打设排水板后会留下穿孔,在水流作用下,砂被中的填充砂会在水流的冲刷作用下流失。因此,在排水板分段打设完成后,要严格控制工序的衔接,及时铺设软体排,对砂被的破口及时进行覆盖保护,防止砂被内砂的流失。

### 参考文献:

- [1] JTJ/T257-96,塑料排水板质量检验标准[S].
- [2] JTJ/T256-96,塑料排水板施工规程[S].

(上接第42页)

#### ①吊船辅助起浮、拖运沉箱,双钩法安装沉箱

难点在于:一是泵房为非对称结构,预制完成起浮后偏心,需通过压水来调平;二是泵房结构大,压水调平的速度较慢;三是泵房重量大,压水调平后总重量达到了14250 t;四是泵房的拖运航道是临时开挖的航道,周围水深都不够,沉箱拖运航线精度要求高;五是泵房吃水深,须乘高潮位才能起浮拖运,作业条件受限制;六是泵房沉箱安装顶标高只有+2.5 m,须乘低潮位安装。

综合上述难点,本工程借助700t吊船辅助吊浮、拖运、安装泵房沉箱。

采用吊船辅助施工具有以下优点:减小沉箱偏载和吃水;在漂浮施工时可稳定沉箱。安装时可通过吊船上的船机锚缆和卷扬机调整沉箱位置,解决超大、超重沉箱难以调整位置的问题。采用双钩安装法,可以方便、快速的调节异型沉箱的偏载。实际施工中,泵房沉箱安装位置偏差

控制在30 mm内。

#### ②基床预压及回填控制

为确保在非夯实基床上泵房沉箱的安装质量,从两方面入手。先将泵房沉箱座落在基床上并压水加载,经过两个潮水压载后重新起浮调整沉箱位置,确保泵房沉箱的安装位置精度。另外为避免泵房沉箱安装后产生较大的位移,安装后及时均匀分层回填。回填后及时进行基床骨料内的升浆施工,确保泵房沉箱的沉降位移尽快稳定。

## 4 结语

船坞泵房沉箱工程施工实际效果表明,Iventor软件建模辅助计算沉箱吃水、浮游稳定,效果显著;结合施工实际情况分场地预制超大异型沉箱、钢封门后安装改现浇、双钩安装沉箱等施工工艺优化利用,确保了目前国内最大的预制沉箱结构安全、优质、高效地完成施工,为超大异型沉箱施工提供了成熟的技术。