

# 污水处理达标后尾水排海工程实践

高法启<sup>1</sup>, 洪莫添<sup>2</sup>, 魏 斌<sup>1</sup>, 杨 涛<sup>1</sup>, 黄建波<sup>1</sup>

(1.中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010; 2.广东省建筑工程集团有限公司, 广东 广州 510150)

**摘 要:**广东省汕头市潮阳区纺织印染环保综合处理中心污水处理厂经处理达标的尾水,最终通过压力管道排入广澳湾海域。该排海管道海域段长 1 021 m,采用 DN800~DN1 000 实壁 PE 管、法兰连接。考虑工程实际情况,通过选择合适的管材及接口、破波区采用钢板桩支护后开槽敷设、深水区采用铺管船法敷设等措施,确保设计方案安全可靠。施工过程中重点对沟槽开挖、海上运输、配重块设置、下沉敷设进行控制,并制定防台风、防船舶碰撞、防雾等应急方案,保证了工程安全实施。

**关键词:**尾水管道;法兰连接;铺管船法;配重块;海底敷设

**中图分类号:** TU992

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2022)11-0141-04

## 0 引 言

沿海城市随着经济的快速发展,水污染及环境保护问题日渐突出,处理后的达标尾水如何排放就成为急需解决的问题<sup>[1]</sup>。许多临海城市选择将达标尾水向深海排放,可以很好地解决水污染及环境保护问题<sup>[2]</sup>。

污(废)水深海排放是合理利用海洋水体的稀释扩散作用来降低污染物浓度处理污(废)水的一种方式,使其很快降到水生生物可容忍的浓度范围,在满足排放标准规定的水质要求前提下,尽量使污水处理系统投资费用合理,符合建设节约型和环境友好型社会的宗旨。

广东省汕头市潮阳区纺织印染环保综合处理中心污水处理厂处理达标的尾水,通过压力管道排入广澳湾海域。该排海管道工程重难点主要涉及管材及接口、敷设方式、管道配重、海上运输、海底开槽及安装、安全应急预案等内容,设计与施工通过采取合理的方案与措施,确保了工程顺利实施。其工程实践经验可供类似工程借鉴。

## 1 工程概况

该工程为汕头市潮阳区纺织印染环保综合处理中心污水处理厂尾水管道工程,印染园污水处理厂远期规模 10 万 t/d,近期建设规模为 7.5 万 t/d,尾水

管道按远期规模建设,管径为 DN1 000。

在污水处理厂经过处理达到排放标准后的尾水进入尾水管道,由纺织印染环保综合处理中心污水处理厂围墙边,沿纵三路、金海大道、滨海大道等规划道路布置,而后折向海中,在距离海岸约 1.02 km 处释放尾水。尾水管道总长约 3 628 m,其中入海段长 1 021 m。

## 2 工程地质

拟建场地位于广东省汕头市潮阳区海门镇,场区地处南亚热带,属海洋季风性气候,四至九月降雨量较大。场地钻孔位于海域,地表水为海水,其补给来源为大气降水。勘察期间,各水上钻孔地段水深 0.40~10.40 m。

根据勘察报告,该场地适宜性分类为较适宜。管道主要埋置于细砂层中,该层呈稍密~中密状,具有一定强度,可作为管道持力层。

## 3 管道设计要点

### 3.1 管材及接口

排海管道作为尾水排海工程的生命线<sup>[3]</sup>,管材及接口选择是管道设计的重点。管材选择应考虑强度、环刚度、耐腐蚀、易敷设及造价等因素。管材接口应确保抗拉强度可靠,能够抵抗海底风浪对管道冲击,且在陆地上单节安装、海上运输及连接方便,有利于施工。

综合考虑上述各种因素,该工程管道采用 DN800~DN1 000 实壁 HDPE 管(PE100 级),SDR21,环刚度

收稿日期: 2022-02-24

作者简介:高法启(1982—),男,硕士,一级注册结构工程师、注册土木工程师(岩土)、一级建造师,高级工程师,从事市政工程设计与管理。

SN=8 kN/m<sup>2</sup>,壁厚  $d=47.7$  mm,连接方式为热熔连接与法兰连接。其中,前端管径 DN1 000,管长 926 m;末端扩散段管径 DN800,管长 95 m。变径点采用 DN1 000-DN800 变径管连接。

扩散管末端接 9 根上升管,上升管采用 DN400 HDPE 实壁管 PE100 级,见图 1。每根上升管顶部设置 4 个 DBO 型 DN125 的鸭嘴阀释放尾水,上升管与主管之间采用异径三通 (DN1 000-DN400 或 DN800-DN400) 连接,扩散管节点连接构造见图 2。

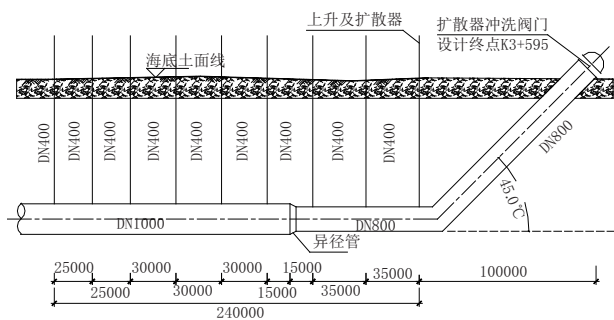


图 1 海底管道扩散段图示

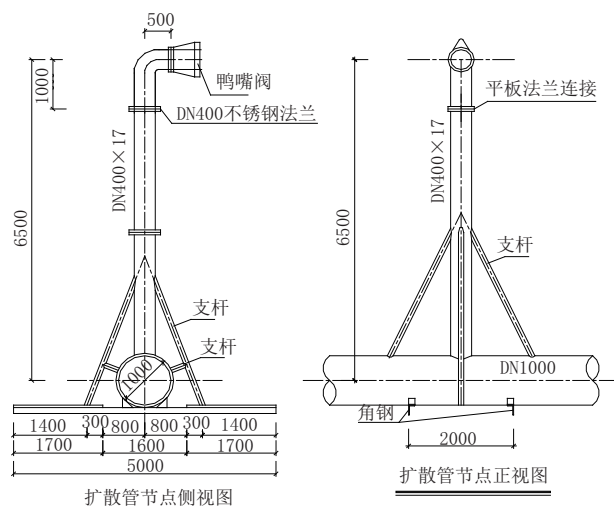


图 2 扩散管节点连接构造图示

### 3.2 敷设方式

海底管道敷设方式与工程造价、工程安全密切相关,直接决定整个排海工程的成败,是设计考虑的重点。该工程根据海水深度按破波区与深水区,分别选用相适宜的管道敷设方式。

#### 3.2.1 破波区

破波区长度约 100 m,海水深度均在 10 m 以下,设计采用支护开槽埋管。管道沟槽支护采用拉森Ⅲ型钢板桩,既能作为基坑支护又兼做止水帷幕。浅滩区管道延伸长度约 40 m,钢板桩长  $L=6$  m;较深区管道延伸长度约 60 m,钢板桩长  $L=9 \sim 12$  m。钢板桩围檩及支撑均采用 H 型钢(400-400-13-21),支撑安

装间距为 8 m。

浅滩区在低潮位时局部露出或不能露出,但水较浅,沿打桩轴线两侧抛填块石,修筑施工便道。低潮位时采用陆域打桩法进行钢板桩施工,见图 3。



图 3 钢板桩支护之实景

较深区采用简易打桩船并配备一条平板驳(吃水深度 1.5 m 左右),驳船上装备一台 25 t 履带吊车、一台振动锤、一台发电机,组成水上打桩船。沙滩上设置两只地锚,外侧再设置两只铁锚,组成锚泊定位系统。

#### 3.2.2 深水区

深水区排海管道敷设常用顶管法、铺管船法、沉管法等方法施工。根据该工程尾水排海管道的特点,考虑排放口位置,以及附近海域的自然条件等,设计采用铺管船法<sup>[4]</sup>。铺管船法较其它方法具有抗风浪能力强、适用性广泛、机动灵活和作业效率高等优点。

深水区管道长度约 921 m,该区域海水平均深度约为 10 m。管道在海床覆土厚度为 2.5~3.0 m,满足最大冲刷厚度(+2 m),且保证覆土大于 2.5 倍管径的要求。

根据岩土工程勘察报告,管道基槽开挖范围内的土层基本为细砂层,参照《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS181-5—2012),水下边坡开挖坡度采用 1:5,海底敷设断面见图 4。正式施工前先进行试验验证,必要时根据现场实际情况作适当调整。采用抓斗挖泥船开挖沟槽,铺管船跟进边接边铺管。

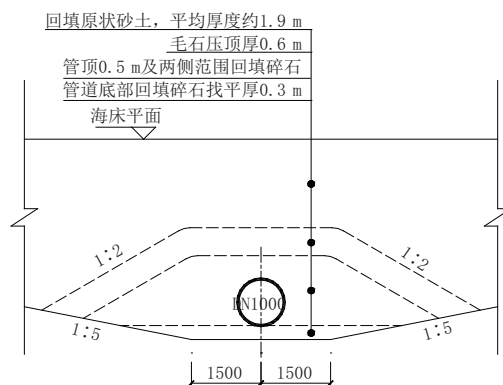


图 4 深水区海底管道敷设标准断面图

## 4 深水区管道施工要点

### 4.1 施工流程

岸边预制场地平整→混凝土配重块预制→管道运输至施工海域→管道法兰连接→管道配重块安装→破波区打钢板桩支护并开挖沟槽→深海区挖泥船开挖沟槽→铺管船跟进边接边铺管→已铺设管道压石笼→沟槽回填→抛石护底。

施工重点内容主要包括沟槽开挖、海上运输、配重块设置、下沉敷设等内容。施工方案分别采取了相应的控制措施。

### 4.2 海底沟槽开挖

海底沟槽开挖施工关键是选择合适的挖泥船、沟槽中心线准确定位,以及槽底标高控制。

沟槽开挖配备 12 m<sup>3</sup> 抓斗挖泥船 1 艘、抛锚艇 1 艘、交通艇 1 艘、吸砂泵 2 套,采用 GPS 定位。挖泥船采用“易航 1688”,为无动力船只,通过拖轮拖带至施工海域进行作业。挖泥船采用八字型锚链不设进行站位作业,船舶两侧各设一侧锚,防止前后锚移锚时船体偏移。

为准确控制沟槽标高,开挖分为粗挖和精挖。粗挖为基槽底面以上 2 m 至海床顶面;精挖为剩余部分。开挖作业分层分段进行。在基槽断面上分成若干层逐层开挖;在平面上沿沉管纵轴线方向划分成若干段,分段分批进行开挖。

沟槽整平采用潜水员配合工作船进行,在工作船上设置漏桶抛填。根据设计的垫层厚度确定抛填的碎石的量,最后由水面控制测量,潜水员水下用刮板找平。

### 4.3 海上段管道运输

海上段管道采用运输船“生松工 129”,从海门老港运输至施工现场进行沉放。“生松工 129”船长 67.28 m×宽 14.28 m×满载吃水 2.37 m,总吨位 957 t。管材出运码头位于汕头海门港的内港区,该码头作为沉箱出运码头,满足运输船的吃水要求。

管材海上运输 3 艘次可以运完,且海门湾海域船只较少,航程较近,运输船运输途中对通航影响不大。

### 4.4 配重块设置

由于 HDPE 管材密度较小(0.94~0.96),比重小于海水(1.03~1.05),为确保排水管道顺利下沉,避免管道上浮事故发生,需配置预制混凝土配重块,辅助管道下沉,增加海底管道的安全性。配重块混凝土强

度等级为 C30,每块含 2 个半圆形预制构件,采用 4 根 M30 螺栓连接,按间距 1 m 布置后抱合在管道上。配重块的预制场地布置在靠近海岸区域,以方便配重块制作完成后的转运、吊装上船。

### 4.5 管道下沉敷设

管道在海门港码头采用热熔连接制作成每节 40 m 成品,每节两端配置法兰然后在船上采用法兰连接,减少海面施工作业时间。

管道敷设配备铺管船 1 艘(3 500 t)、运输驳 1 艘(2 000 t)、抛锚艇 1 艘、交通船 1 艘、履带吊车 1 辆(50 t)。船舶两侧各设一侧锚,防止前后锚移锚时船体偏移,锚泊作业半径为 200 m,即施工区域为管轴线两侧各 200 m 区域<sup>[5]</sup>。

管道接头全部在运输船上现场法兰连接,管道上架前先将配重块的下半部按设计间距放置在托架上,管道吊上对接平台并连接结束后,再用吊车将配重块的上半部分合上,紧固配重块两端的螺栓,然后吊上发射架与已发射管道的末端进行连接。管道配重块安装见图 5 所示。

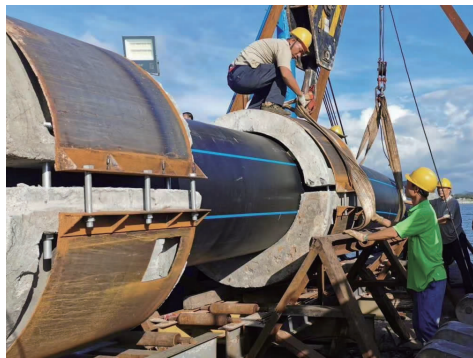


图 5 管道配重块安装之实景

配重块安装结束后,启动敷管船的锚泊设施,使敷管船沿设计的敷设轴线进行后移退放。管道沿托管架下滑至海底,确保管道在预定的敷设路线上进行敷设下沉,见图 6、图 7 所示。在管道沉放过程中,应注意管道内的水位,确保管内的水位始终与海面齐平,防止管道内进入空气。



图 6 标准段管道下沉之实景





图7 扩散段管道下沉之实景

扩散器待主管安装就位后,由潜水员水下进行螺栓连接。安装结束后,按设计要求抛填块石,抛石护面与原始海床持平。

#### 4.6 注意事项

(1)防台风。为防止台风或热带风暴对施工船舶的袭击影响,一旦接到风暴警报(大于7级),可进行弃管作业,将管头滑移离开托架,吊放入海底,并设置浮标。风暴过后,施工船舶重新进场,并根据GPS定位系统定位,安排潜水员沿浮标导索下潜对管道进行打捞。潜水员在水下固定好吊索后,由起重设备将管托架尾端吊出水面并安装到工程船上,清理管道接口位置的泥沙和污渍后,再进行接管及下道安装工序。

(2)船舶防碰撞。施工船舶应严格按照施工组织设计和安排的施工作业区进行施工,每天定时向项目部报告工程进展情况和施工安全情况,通报作业区的施工船舶分布情况。严禁施工船舶随意穿越其他作业区;禁止施工船舶将锚位抛出作业区;禁止施工船舶未按计划施工。

(3)防雾。大雾期间应用高频电话系统,在基地和所有船舶之间进行密切的联系,停止所有船舶在海上航行,已在航行途中也应临时锚泊,按规定使用雾钟向其他船只发出警告。

## 5 结语

汕头市潮阳区纺织印染环保综合处理中心污水处理厂尾水排海管道工程已经于2020年完工投产,目前运行良好。该工程的顺利实施,可以得到以下结论:

(1)利用海洋水体的稀释扩散作用,将处理达标后的污水通过压力管道向深海排放是合理、可行的。

(2)排海管道设计应选择合适的管材及接口,对破波区及深水区分别采用符合实际情况的敷设方式。

(3)施工阶段应重点对沟槽开挖、海上运输、配重块设置、下沉敷设等内容进行控制,并制定防台风、防船舶碰撞、防雾等应急方案。

#### 参考文献:

- [1] 刘铮,黄文献.废水排海工程设计探讨[J].大众科技,2016,18(2):36-38.
- [2] 邢文文,岳凤伟.沿海旅游城市敷设排海管道的设计[J].中国给水排水,2013,29(14):59-61.
- [3] 王谭,安关峰,杨斌.关于给水排水管道工程的几点思考[J].市政技术,2021,39(9):112-116.
- [4] 徐清明,刘承洁.海底放流管铺设安装工程施工技术探讨[J].水运工程,2002,342(7):94-96.
- [5] 王穆芝,栾成浩,武金锋.烟台市套子湾污水处理厂排海管道施工技术概论[J].科技信息,2008,27:90-91.

(上接第121页)

- [14] 吉建家,翟卫东,王昌平,等.江苏盐城市设计暴雨雨型研究[J].治淮,2019(7):17-19.
- [15] 周绍毅,苏志,廖雪萍,等.基于芝加哥法的桂林市短时暴雨特征分析[J].气象研究与应用,2019,40(2):25-29.
- [16] 谢东,苏小玲,刘蕾,等.基于芝加哥法的柳州市设计暴雨雨型研究[J].气象研究与应用,2018,39(3):72-75.
- [17] SDM, 2018: Stormwater drainage manual: planning, design and management [M]. Drainage Services Department, Government of the Hong Kong Special Administrative Region. Fifth edition, 2018.

- [18] Balbastre-Soldevila, R., Garcia-Bartual, R., Andres-Domenech, I. A comparison of design storms for urban drainage system applications[J]. Water, 2019, 11(4):757-771.
- [19] Keifer, C.J., Chu, H.H. Synthetic storm pattern for drainage design[J]. ASCE Journal of hydraulics division, 1957, 83(HY4):1-25.
- [20] Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. Applied hydrology [M]. McGraw-Hill, NY, USA, 1988.
- [21] Rossman, L. Stormwater management model user's manual version 5.1[R]. EPA/600/R-14/413b, USEPA, 2015.