

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.11.031

天津市某节能排海泵站工程设计

赖参森^{1,2}, 王 瑞^{1,2}, 杨丽丽^{1,2}

(1.天津市市政工程设计研究总院有限公司,天津市 300392; 2.天津市基础设施耐久性企业重点实验室,天津市 300392)

摘 要:排海泵站和防潮闸是城市河道入海口的重要防洪基础设施。现以天津市某排海泵站工程设计为例,详细介绍泵站功能和运行模式。该泵站设计流量 25 m³/s,合理设置 6 台大泵和 2 台小泵,对水泵实行合理控制,以降低能耗。同时,充分结合排入港池为不规则半日潮型,每天有两个低潮位,该泵站单独设置了自流通道,有效利用城市河道水位和外排港池高低潮位的水位差,实现河道自排或者水泵强排,达到节能运行的效果。此工程实例可为类似泵站提供一定的借鉴。

关键词:排海泵站;自排;强排;节能

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0123-03

0 引言

我国海岸线总长度 3.2 万多 km,其中大陆海岸线 1.8 万多 km。沿海地区城市河道入海口一般设置排海泵站和防潮闸,作为市政及水利基础设施建设的重要组成部分,发挥城市排水、防汛、防风暴潮的重要功能。排海泵站通常采用动力强排将城市河道水体提升强制外排至港池;城市河道通过防潮闸的开启来控制自身水位,并防止海水倒灌。城市河道水位与排海口港池的高低潮位影响着排海泵站和防潮闸的使用。传统防洪系统采取分别设置排海泵站和河道泄洪,分别管理,需要协调运行。

现以天津市某排海泵站设计为例,将河道自流外排与水泵强排结合建设一体排海泵站,有效利用城市河道水位和外排港池高低潮位的水位差,实现河道节能外排,达到节约用地、节能运行、科学运行的效果^[1]。该项目已经建成,运行效果很好,可为类似工程提供一定的借鉴。

1 工程概况

本工程位于天津市某港口经济区,处于天津滨海新区核心区和环渤海经济圈的中心地带。所在区域内规划有环形河道,区域外围规划排海泵站与环形河道相连。环形河道两侧沿线具备重力自流入河的区域采用直排入河,其余地块雨水通过市政雨水管道收集汇集至各自雨水系统雨水泵站,由雨水泵站

提升排入环形河道;当汛期汇入环形河道的雨水量超过河道的调蓄能力时,将通过排海泵站将河道的雨水外排至港池,最终排入渤海。

根据区域排水规划,本排海泵站设计流量 25.0 m³/s,由进水方涵从区域内河道取水,经进水方涵进入排海泵站,经泵站排入南侧港池。泵站地下主体构筑物部分包括进水闸井、格栅井、集水池、水泵强排渠道(或自流渠道)、出水池及防潮闸井;地上附属房间部分包括变配电间、控制室、值班室及发电机房等。本工程采用 1972 年天津大沽高程系,2003 年高程。

2 泵站总平面布置

结合周边市政道路,泵站室外设计地面高程 5.500 m。本泵站占地面积 4 620.0 m²。泵站大门设于庭院北侧,与规划次干路相接。泵房位于庭院西部,附属用房位于庭院东部,附属用房建筑总面积为 610 m²。排海泵房设计流量 25.0 m³/s,其中地下泵池部分包括进水闸井、格栅井、集水池、出水池,地上附属房间部分包括变配电间、控制室、值班室及发电机房等,另设有防潮闸井 1 座。

整个庭院布局紧凑,庭院道路与通往庭院外的规划次干路紧密相连,交通便利。站内道路 6.0 m 宽,道路转弯半径不小于 9 m,连通泵池与附属用房,并与泵站外市政道路连接,便于车辆出入,并满足消防要求。

泵站总平面布置见图 1。

3 泵站总体设计

3.1 设计条件

(1)本区域河道规划最高水位 1.8 m,常水位 1.4 m,

收稿日期: 2023-01-20

作者简介:赖参森(1980—),男,本科,高级工程师,从事市政给排水设计工作。

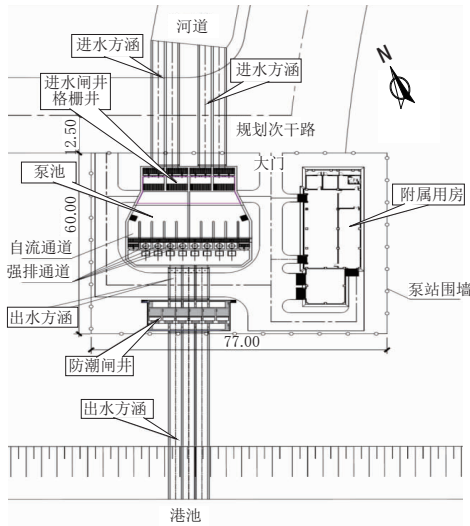


图1 泵站总平面布置图(单位:m)

汛期前低水位 1.0 m,清淤最低水位 0.5 m。

(2)南侧港池潮汐类型为不规则半日潮型,潮位特征值:50 a一遇高潮位 4.88 m,高潮累计频率 10%潮位 3.30 m,最低低潮位 -2.03 m,平均高潮位 2.74 m,平均低潮位 0.34 m,最大潮差 4.37 m,平均潮差 2.4 m。

(3)集水池设计水位:河道腾空最低水位 0.500 m,自流入河管道腾空最低水位 -0.800 m(河道在排海泵站取水方涵处局部挖深,方便周边雨水管道自流入河)。

3.2 泵站功能设计

(1)排除河道水

为降低排海泵站的能源消耗,本工程在泵池集

水池两侧预留两处自流通道,当港池水位低于河道水位时,优先采用自流方式将河道水自流外排至港池;当不满足自流条件时,再采用水泵强排的方式将河道水排至港池。

(2)排除雨水管道水

为满足环形河道两侧沿线重力自流入河区域雨水管道排放的要求,将该区域雨水管道自流排入规划河道,经排海泵站提升后排入规划港池。

(3)汛期前后腾空雨水管道

为了在汛期前后腾空雨水管道,利用河道上设置的拦截坝将河道上游来水拦截,将排海泵站降至最低水位 -0.800 m 运行,已达到腾空雨水管道的目的。

4 泵站工艺流程设计

在泵站进水方涵前的河道终点和泵站出水方涵出口港池处,分别设置液位监测设备,依据二者液位的信号反馈来决定泵站运行工艺。

4.1 泵站自流工艺流程

当港池水位低于河道水位时,优先采用自流方式将河道水自流外排至港池,泵站工艺流程为:

4-3 000 mm × 2 000 mm 进水方涵 → 进水闸井 → 格栅井 → 集水池 → 自流渠道 → 压力出水池 → 防潮闸井 (DN1800 mm 鸭嘴阀 → 叠梁闸井) → 3-3 000 mm × 2 000 mm 出水方涵 → 港池。

泵站自流工艺流程见图 2。

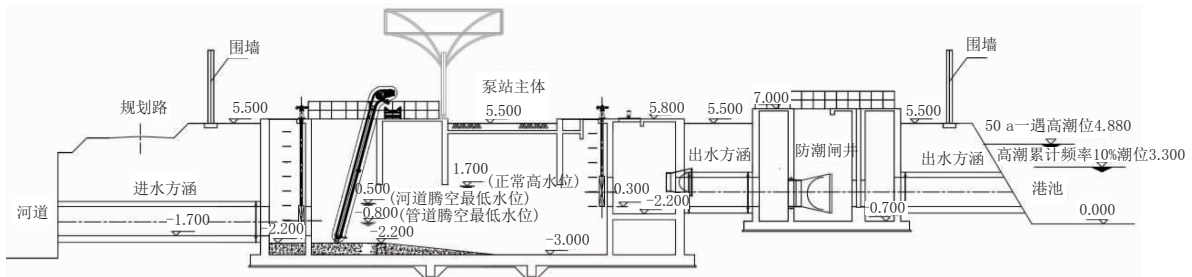


图2 自流工艺流程图

4.2 泵站强排工艺流程

当港池水位高于河道水位时,则采用水泵强排的方式将河道水排至港池,泵站工艺流程为:

4-3 000 mm × 2 000 mm 进水方涵 → 进水闸井 → 格栅井 → 集水池 → 水泵强排渠道 → 水泵 → 压力出水池 → 防潮闸井 (DN1800 mm 鸭嘴阀 → 叠梁闸井) → 3-3 000 mm × 2 000 mm 出水方涵 → 港池。

泵站强排工艺流程见图 3。

5 工艺设计

本工程排海泵站采用泵池主体与泵站附属用房

分建的形式。

5.1 设计参数

根据排水系统及河道设计方案,排海泵站进水方涵与区域内河道顺接,4-3 000 mm × 2 000 mm 进水方涵高程 -1.700 m,集水池根据区域河道各工程结合确定水位:河道腾空最低水位 0.500 m,管道腾空最低水位 -0.800 m;河道最高水位 1.800 m,泵房内集水池最高水位 1.700m。3-3 000 mm × 2 000 mm 出水方涵涵底高程 0.300 m,排水出路为泵站南侧港池,港池设计水位 3.300 m,高水位 4.880 m。

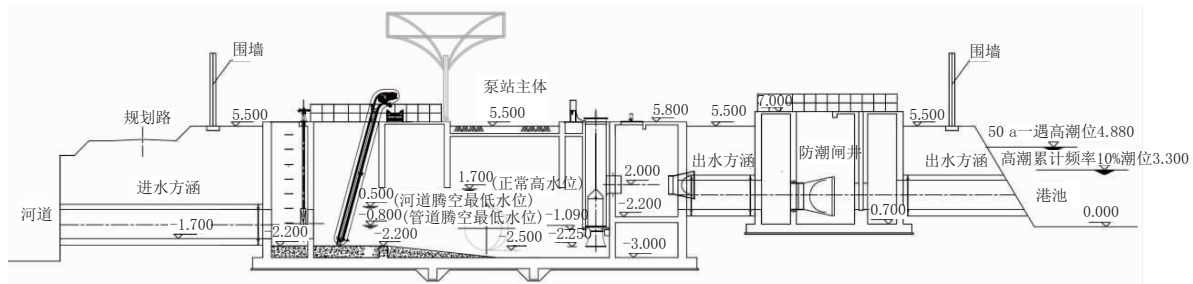


图3 强排工艺流程图

排海泵站的设计流量为 $25.0 \text{ m}^3/\text{s}$, 当集水池水位高于河道腾空最低水位 0.500 m 时, 可根据进水水量选择 8 台泵搭配开启; 当集水池水位低于河道腾空最低水位 0.500 m 且高于自流入河管道腾空最低水位 -0.800 m 时, 开启小泵; 当集水池水位低于自流入河管道腾空最低水位 -0.800 m 时, 水泵停止运行。为更好匹配泵站运行功能以及泵站强排水量规模, 泵站共设 8 台水泵, 其中: 6 台大泵, 大泵单泵流量 $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$; 2 台小泵, 小泵单泵流量 $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

5.2 水泵设计参数

大泵: 出水水位 3.30 m , 出水校核水位 4.88 m , 泵房设计最低水位 0.500 m , 静扬程 2.800 m , 出水管的损失合计为 2.200 m , 总扬程 5.000 m 。单台水泵设计流量 $Q=3.50 \text{ m}^3/\text{s}$, 设计扬程 $H=5.00 \text{ m}$, 电机功率 $N=280 \text{ kW}$ 。

小泵: 出水水位 3.300 m , 出水校核水位 4.88 m , 泵房设计最低水位 -0.800 m , 静扬程 4.100 m , 出水管的损失合计为 2.100 m , 总扬程 6.200 m 。单台水泵设计流量 $Q=2.00 \text{ m}^3/\text{s}$, 设计扬程 $H=6.20 \text{ m}$, 电机功率 $N=185 \text{ kW}$ 。

5.3 构筑物工艺设计

(1) 进水闸井

为方便泵站检修, 共设四组进水闸井, 闸井设 2 台 $2.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ 两台铸铁方闸门, 共 8 台, 配套手电两用启闭机。每组闸井尺寸 $5.50 \text{ m} \times 2.50 \text{ m}$ 。

(2) 进水格栅井

为保证格栅有效运行, 排海泵站采用回转式格栅除污机, 配螺旋压榨机。格栅井共设 4 组, 过筛流速: 0.60 m/s , 格栅宽度 5100 mm , 栅条间距: 40 mm , 格栅安装角度 75° 。每组格栅井宽 5.5 m , 高 8.0 m 。

(3) 集水池

集水池的有效容积满足排海泵站最大单台泵 30 s 流量的要求。为了使水流顺畅、流速均匀、池内不产生涡流, 集水池的扩散角取 20° 。集水池有效容积 660 m^3 , 大于大泵 30 s 的流量要求。

(4) 水泵强排渠道

水泵强排设置 8 台潜水轴流泵, 水泵机组一字排开。为安全、水泵检修及减少停泵水锤, 每台水泵出水管上配有一个 $\text{DN}1200 \text{ mm}$ 鸭嘴阀。为了使水泵进水流速均匀, 不产生旋涡, 提高水泵运行效率, 各水泵之间设置导流墙。为了便于检修, 顶板处开设水泵的检修孔。本工程附属房间内设置固定吊装设备, 以便泵站设备检修使用。水泵间深度为 8.8 m 。水泵强排渠道宽 2.8 m , 长 9.0 m 。

(5) 自流渠道

为减少能源消耗, 使河道水位高于港池水位时, 河道水能够自流入海, 在排海泵站集水池两侧设置自流渠道 2 条, 自流渠道与泵站出水池连接处设置 2 台 $2.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ 双向受压铸铁方闸门, 配套手电两用启闭机, 溢流出水经 $3-3000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ 出水方涵排入南侧港池。自流渠道宽 2.8 m , 长 9.0 m 。

(6) 压力出水池

水泵出水在压力出水池内会合后, 经 $3-3000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ 出水方涵接入防潮闸井。出水池池顶设有 8 个压力井盖以便检修和安装之用, 位置对应各台水泵的鸭嘴阀处。压力井盖上设有复合排气阀, 以排出压力出水池的气体。压力出水池长 5.0 m , 宽 30.8 m , 高 5.7 m 。

(7) 防潮闸井

为满足泵站检修要求, 排海泵站设防潮闸井 1 座, 井内设 $\text{DN}1800 \text{ mm}$ 鸭嘴阀 6 台, 叠梁闸 1 套, 叠梁闸井出水经 $3-3000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ 出水方涵排入南区规划北港池。防潮闸井长 10.2 m , 宽 21.6 m , 高 7.7 m 。

6 结语

水泵消耗的电能是排海泵站能耗的主体, 是节能的关键。以天津市某排海泵站工程设计为例, 设计时进水管管道管路短而直, 管径大小合理, 以减少水头损失, 从而减少水泵的扬程。同时设置 6 台大流量

(下转第 129 页)

且污水处理厂生产区以外的区域面向社会公众开放,实现了上部空间的有效释放。

3.5 节地效果

根据《城镇污水处理工程项目建设标准》(建标198—2022),昆明第十一污水处理厂单位用地面积应为 $1.15 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,而实际单位用地面积仅为 $0.68 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,节地比例高达40.9%。

4 结语

基于城镇污水处理厂建设或扩建节约用地的需求,本研究从平面、工艺、竖向等三个维度提供了节地技术,主要包括单元组团、单元优化;增加生物量、优化工艺参数;整体或局部叠加等。其中,在相同规

模下,平面布置优化技术成本最低,工艺优化技术成本本次之,竖向强化技术成本较高,实际应用时可选择一种或几种技术因地制宜地有机组合,以实现节地与运行稳定、节能降耗、建设成本之间的平衡。

参考文献:

- [1] 沈昌明,王盼,邹伟国,等.污水处理厂用地现状与基准值分析[J].给水排水,2016,52(12):36-39.
- [2] 詹咏,张焕焕,冯青青,等.不同泥龄对活性污泥絮凝特性的影响[J].环境工程学报,2017,11(11):5836-5842.
- [3] 顾升波,李振川,李艺.IFAS工艺处理市政污水的除污性能及节地潜力分析[J].中国给水排水,2016,32(7):24-29.
- [4] 顾升波,李振川,李艺.A/O-MBBR组合工艺和A/O工艺处理市政污水的影响因素研究[J].给水排水,2017,53(2):49-55.
- [5] 李雨阳,周克钊,邓钦祖,等.多层平板单元组合沉淀池的三维两相流数值模拟[J].中国给水排水,2018,34(7):60-64.

(上接第125页)

水泵、2台小流量水泵,对水泵实行合理控制,使水泵在高效率段运转,以降低能耗。同时,结合南侧港池潮汐类型为不规则半日潮型,每天有两个低潮位的现状,本排海泵站单独设置了自流通道,当河道水位高于港池海水水位时,可利用河道水位与海水水位的高程差将河道水直接通过自流通道排入南侧港

池。本项目已经建成,实现了节约用地、节能运行、科学运行的良好效果,同时为类似工程提供了设计思路。

参考文献:

- [1] 天津市政工程设计研究总院有限公司.利用潮汐实现节能运行的排海泵站:CN202121916396.6[P].2022-03-08.