

京津合作示范区雨水泵站及初雨调蓄池设计

卢文凯

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司天津分公司, 天津市 300202]

摘 要:以京津合作示范区二号岛 2 号雨水泵站设计为例,对该工程的建设型式、泵站设计、施工工艺、运行模式等进行详细介绍。其中,泵房及调蓄池采用垂直层叠的合建型式;选择施工工艺时,为节省工程造价,结合工程特点选用了沉井施工方式。所介绍的内容可为类似工程提供借鉴。

关键词:雨水泵站;初期雨水调蓄池;合建型式;沉井施工

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)11-0125-04

0 引言

随着城市的快速发展,内涝灾害及黑臭水体问题日益突出。受全球气候变化、城镇化进程加快等因素影响,内涝灾害频发,危及城市安全。为了有效防范城市内涝灾害,建设高标准雨水和内涝防治系统势在必行,雨水泵站的建设是其中重要的工程性措施。“黑臭在水里,根源在岸上”,为了有效治理黑臭水体,建设高质量污水与径流污染控制系统十分关键^[1],控制初期雨水径流污染是其中重要的一环。初期雨水中含有大量污染物质,其污染程度甚至超过了普通城市污水。目前,采用初期雨水调蓄+污水厂处理的方式已经成为黑臭水体治理的主流措施。

本文以京津合作示范区二号岛 2 号雨水泵站设计为例,对该泵站(含初雨调蓄池)的设计思路进行分析探讨,以期类似工程提供参考。

1 工程概况

京津合作示范区位于天津市未来科技城清河农场组团,是天津未来科技城的重要组成板块。京津合作示范区是京津两市全面、深度合作的重要平台,旨在打造成科技引领、生态宜居、职住平衡的现代化新城。因此,高质量建设市政排水设施至关重要。

京津合作示范区内排水体制为雨污分流制,雨水系统分自排区和强排区。自排区为临近水域的小面积建设地块以及临水绿地,建设目的是减少示范区内雨水泵站规模及数量,降低运行维护管理费用。

强排区共设置 7 座雨水泵站,雨水经提升后排入区域内河道,当内河道水位升高至警戒水位时,最终由水系总提升泵站将内河道雨水集体排入永定新河。针对初期雨水的治理,自排区采用人工湿地净化模式,强排区采用调蓄池收集+污水厂处理模式。

2 号雨水泵站位于京津合作示范区二号岛支路四与二号岛支路十二交口的西北角。泵站服务范围为西至次干路七、东至二号岛支路十二、北至二号岛支路一、南至永定新河北路,服务面积约 179.3 hm²。在雨水泵站内设置初期雨水调蓄池,对初雨暂时调蓄储存,最终送往污水处理厂进行处理。泵站设计规模为 14.5 m³/s,初雨调蓄池设计规模为 6 000 m³。

2 号雨水泵站效果图见图 1。



图 1 2 号雨水泵站效果图

2 建设型式

泵房与调蓄池的建设型式有 2 种:分建型式和合建型式。前者适用于泵站用地较为宽裕或已经考虑调蓄池用地的情况;后者适用于泵站用地紧张,平面上无法布置调蓄池的情况^[2]。根据《天津市城市排水泵站建设标准》(DB/T 29-87—2015),10~20 m³/s 雨水泵站用地面积指标为小于 3 500 m²;由于天津市尚

收稿日期: 2022-02-28

作者简介: 卢文凯(1991—),男,硕士,工程师,主要从事市政排水设计研究工作。

无针对调蓄池用地指标的相关规定,参照《上海市基础设施用地指标(试行)》,调蓄池占地面积最小为 $0.35 \text{ m}^2/\text{m}^3 \times 6\,000 \text{ m}^3 = 2\,100 \text{ m}^2$ 。该泵站用地面积为 $3\,529 \text{ m}^2$,如采用分建型式,平面布置将极为困难。因此,该工程采用垂直层叠的合建型式。

泵房及调蓄池的竖向布置型式有传统式(地下2层,格栅等设备均露出地面)和全地下式(地下3层,格栅等设备均位于地下)。

全地下式泵站结构紧凑,地面上仅有人员出入口、通风井、设备检修孔,景观效果好,但由于格栅等设备均位于地下,其防汛安全、设备保障、通风除湿、人身安全等方面,需重点考虑。

传统式泵站将格栅等设备露出地面,运行管理方便,应对极端天气情况,相对更保险安全,但景观效果相较全地下式略有不及。

考虑运行管理安全、方便以及节省工程投资,该工程采用传统式布置型式。此外,变配电间及管理用房均布置在地面上。

3 泵站设计

3.1 泵站总体布置

3.1.1 总平面布置

泵站主要包括泵房及调蓄池、变配电间及管理用房、出水井、出水箱涵等建(构)筑物,见图2。

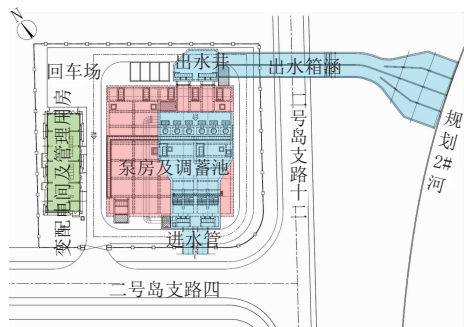


图2 泵站总平面布置图

泵房及调蓄池平面尺寸为 $35.4 \text{ m} \times 36.2 \text{ m}$,采用垂直层叠的结构形式。出水井平面尺寸为 $12.4 \text{ m} \times 8.9 \text{ m}$,位于泵房及调蓄池北侧。 $2 \times \text{d}2\,600 \text{ mm}$ 雨水进水干管接入雨水泵房前池。出水箱涵直线段双孔 $3.0 \text{ m} \times 1.6 \text{ m}$,扩散段4孔 $(1.5 \sim 4.5 \text{ m}) \times 1.6 \text{ m}$,出水箱涵接至规划2#河(区域内河道)。变配电间及管理用房位于泵站西侧,地上1层,平面尺寸为 $27.2 \text{ m} \times 9.2 \text{ m}$,包括高压配电间、低压配电间、控制室、变压器室、值班室。

泵站内设置环形道路,道路宽度 4 m ,转弯半径 6 m ,满足设备安装检修车辆进出需求。泵站大门宽

6 m ,入口处转弯半径 9 m ;泵站内采用尽头式消防通道,末端设计 $15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ 回车场,满足消防车进出需求。

3.1.2 高程布置

泵站设计地坪标高确定依据:

(1)需高于河道洪水位 0.5 m 。规划2#河道洪水位为 1.84 m ,满足规范要求的标高是 2.34 m 。

(2)厂站地坪标高一般高于周边道路 0.2 m 。周边道路竖向规划标高 3.34 m ,符合要求的地坪标高为 3.54 m 。

综上,泵站设计地坪标高确定为 3.54 m 。

泵站进水管接自二号岛支路四 $2 \times \text{d}2\,600 \text{ mm}$ 雨水干管,管内底标高为 -3.56 m ,管内顶标高为 -0.96 m 。泵站进水经格栅后考虑 0.2 m 水头损失,因此泵站最高水位为 -1.16 m ;为保证泵站停泵时进水管内不积水,最低水位为 -3.76 m ,雨水泵房集水池有效水深 2.6 m ,经核算,集水池容积满足《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)要求。

雨水泵房内最低水位作为初雨调蓄池的最高水位,当水位达到 -3.76 m 时,初雨调蓄池进水闸门关闭,雨水泵房内潜水轴流泵开始运行。

泵房及调蓄池剖面图见图3。

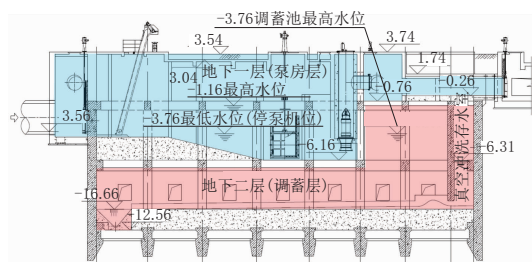


图3 泵房及调蓄池剖面图(单位:m)

3.2 泵房及调蓄池布置

泵房及调蓄池采用传统式布置型式,主体结构位于地下,分为2层,地下1层为泵房层、地下2层为调蓄层,总埋深 14.2 m (局部埋深 16.1 m)。喇叭形雨水泵房位于调蓄池顶部东侧,调蓄池顶部西侧覆土绿化。

3.2.1 地面层

遵循立足生态、体现自然的原则,综合考虑场地排水、园路步道等因素,塑造场站微地形,打造以观赏草和花灌木为主的地面景观,同时对地面设备、检修孔、盖板等进行遮挡,使泵站与周边环境完美融合。

3.2.2 地下1层(水泵层)

雨水泵房主要包括进水前池、格栅渠道、集水池、

出水池。进水前池尺寸为 $13.2\text{ m} \times 3.5\text{ m}$, 设 4 条格栅渠道, 渠宽 $2\ 600\text{ mm}$, 渠道前设置 2 套 $2\ 600\text{ mm} \times 2\ 600\text{ mm}$ 手电两用双吊点铸铁镶铜方闸门, 用于配合格栅的运行。格栅选用 4 台回转式格栅除污机, 单台宽度 $2\ 500\text{ mm}$, 栅条间距 40 mm , 75° 倾斜安装, 过栅流速 0.75 m/s 。格栅的运行控制既可依照前后液位差自动运行, 也可定时运行。

雨水泵房共设置 6 台潜水轴流泵, 单泵流量为 $2.42 \text{ m}^3/\text{s}$, 扬程为 6.62 m , 电机功率为 280 kW 。泵房集水池西侧墙处设置有一处调蓄池进水井, 设有进水闸门。雨水泵房设置回笼水管, 泵房试车时, 关闭出水井内闸门, 把泵出的水通过管道回至进水前池。当汛期来临前, 泵房通过回笼调试运行, 以确保雨水泵房能够正常运行, 确保排涝安全。

泵房及调蓄池地下 1 层平面图见图 4。

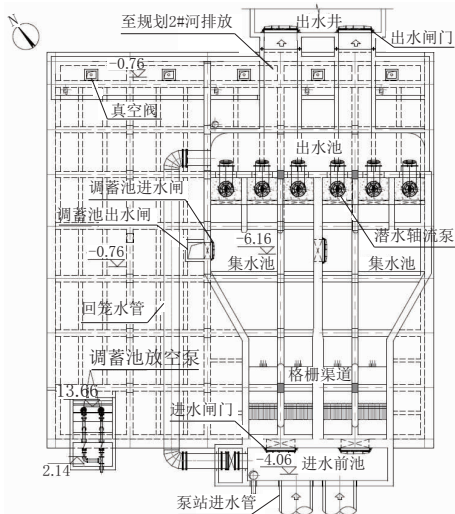


图 4 泵房及调蓄池地下 1 层平面图(单位:m)

3.2.3 地下 2 层(调蓄层)

初雨调蓄池设计时需考虑对底部沉积物的有效冲洗和清除。调蓄池的冲洗有多种方法,不同冲洗设备适用条件有所不同。目前,常用的冲洗方式有水力冲洗翻斗、智能喷射器、真空冲洗系统、门式冲洗系统等。由于该工程初雨调蓄池位于雨水泵房下方,不具备人员经常进出和设备吊装的条件,因此该工程采用真空冲洗系统。真空冲洗设备位于顶部,人员无需进入调蓄池内,利于运行检修,适合该工程特点。

初雨调蓄池设置有 5 条冲洗廊道,配置 5 套真空冲洗系统。单套真空泵气量为 $100 \text{ m}^3/\text{h}$,电机功率为 3 kW 。真空阀布置于调蓄池北侧,集水渠布置于调蓄池南侧,泵坑位于调蓄池西南角,设置 2 台放空泵(潜水离心泵),1 用 1 备。根据统计,天津地区雨季平均降雨时间间隔为 $3\sim 4 \text{ d}$,调蓄池控制在 2 d 内

排空可以满足下一场雨再次启用的要求。本区域污水最终出路为京津合作示范区污水处理厂,设计规模 $8\text{万 m}^3/\text{d}$,具备接纳区域初期雨水的能力。该工程结合周边污水管道的受纳能力,考虑错峰排放,同时适当增大配泵能力,以满足不同工况下放空需求。单台放空泵流量为 $180\text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 18 m ,电机功率为 15 kW ,放空时间为 33 h 。

泵房及调蓄池地下 2 层平面图见图 5。

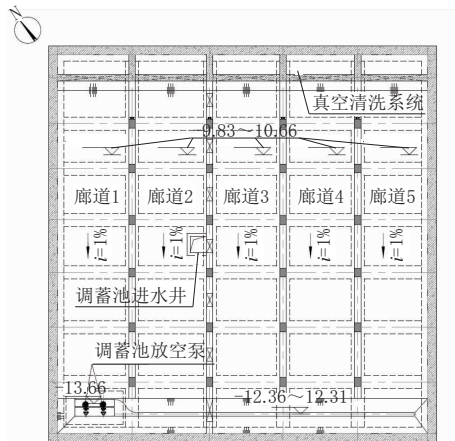


图 5 泵房及调蓄池地下 2 层平面图(单位:m)

4 施工工艺选择

(1)方案一:基坑支护方案。根据泵房及调蓄池开挖深度,常规支护形式为钻孔灌注桩或地下连续墙。由于该泵站周边环境简单(周边地块尚未开发建设),同时考虑到地下连续墙支护造价较高,因此拟采用钻孔灌注桩+三轴水泥土搅拌桩止水帷幕+3道钢筋混凝土支撑的支护开挖方式。

(2)方案二:沉井方案。从周边环境看,泵站周边无需要保护的重要建(构)筑物及管线,但泵房埋深较深,最深处约 17 m,故可采用沉井施工工艺。此外,为合理控制工程造价,沉井内沿泵房竖向设置 3 道水平框架,以有效减小泵房的壁厚。

(3)方案确定。施工方法的选择对控制工程造价尤其重要。2种方案工程造价对比情况见表1。由表1可知,与方案一(基坑支护方案)相比,方案二(沉井方案)因沉井可直接作为永久结构,仅需采用搅拌桩做围护,无需支撑、灌注桩等,基坑围护费用大大降低。但是为了适应沉井施工,主体结构尺寸及灌注桩数量略有调整,主体及地基处理费用略有增加。综合计算,采用沉井方案可节省土建费用约950万元。

目前,国内对合建型式泵房及调蓄池的施工工艺主要集中于基坑支护方式,对于沉井施工,尚无典型案例。该工程经技术、经济综合比选,最终采用沉

表 1 工程造价对比表

单位:万元

类型	基坑支护方案	沉井方案
泵房及调蓄池主体	2 000.79	2 616.10
地基处理(钻孔灌注桩)	513.56	601.02
基坑围护	1 769.49	121.09
小计	4 283.84	3 338.21

井方案,极大程度地节省了工程造价,也为今后同类工程设计施工提供了宝贵的工程经验。

5 运行模式

当降雨开始后,泵站进水闸门及调蓄池进水闸门均打开,初期雨水经进水管进入雨水泵房,再经泵房集水池西侧调蓄池进水井进入初期雨水调蓄池,当水位达到 -3.76 m 时,调蓄池进水闸门关闭,泵站出水闸门打开,潜水轴流泵开始工作,后续干净雨水经雨水泵房提升后排入规划 2# 河(区域内河道)。

当降雨结束后,初雨调蓄池存储的初期雨水在市政污水管网运行低谷期通过放空泵错峰排至二号岛支路十二市政污水管,最终进入京津合作示范区污水处理厂进行净化处理。当调蓄池开始放空时,池

内液位到达指定液位,真空泵启动抽气,存水室内液位上升,至液位达到 -6.31 m 时,存水室蓄水完成,真空泵自动停止工作。待调蓄池放空后,真空阀打开,真空存水室内蓄水下泄,完成对调蓄池的冲洗。冲洗水和底泥通过调蓄池放空泵排至污水管网。

6 结 语

泵站主体采用沉井施工方式,在合建型式泵房及调蓄池施工方法层面具有创新性。泵站及调蓄池已完成调试运行,并已于 2021 年底竣工验收,实现了设计目标。该工程的建设能够确保所服务范围内的雨水顺利排放,保证区域水环境质量,助力京津合作示范区持续健康发展。本文通过对该泵站工程设计的介绍,希望能给后续类似工程带来更多经验,更好地服务于城市建设。

参考文献:

[1] 张辰.基于海绵城市建设理念的排水工程设计[J].给水排水,2019,45(6):1-5.
[2] 何志刚,方琦.全地下式雨水泵站及调蓄池在世博园区中的应用[J].城市道桥与防洪,2009(7):122-125.

(上接第 117 页)

应该结合每个项目的特点,因地制宜。城市低等级道路虽然受用地条件限制,无法设置规模较大的海绵设施,但是仍然有空间建设海绵设施,比如透水路面结构、微型下沉式绿地、线性排水沟、生态树池等。虽然每一条道路建设的海绵设施规模很小,但是城市每一条道路都有海绵设施,那将是真正的海绵城市。

参考文献:

[1] 郑德凤,徐文瑾.等.中国水资源承载力与城镇化质量演化趋势及协

调发展分析[J].经济地理,2021,41(2):72-81.
[2] 刘嘉华.海绵城市建设背景下广州天河区面源污染模拟与防治措施探讨[D].广州:广东工业大学,2020.
[3] 印定坤,陈正侠.等.降雨特征对多雨城市海绵改造小区径流控制效果的影响[J].清华大学学报(自然科学版),2021,61(1):50-56.
[4] 廖晖.某市雨水径流污染特征及海绵城市设施控制效果研究[D].广州:广东工业大学,2020.
[5] 郑晓光,陈亚杰.缝隙透水型路面关键设计参数及透水功能研究[J].城市道桥与防洪,2021,261(1):161-164.