

城镇水系统研究与应用

袁红丹. 某排水泵站全地下式初雨调蓄池设计[J]. 净水技术, 2024, 43(5): 150–157.

YUAN H D. Design of full underground type of initial rainwater storage tank for a drainage pumping station[J]. Water Purification Technology, 2024, 43(5): 150–157.

某排水泵站全地下式初雨调蓄池设计

袁红丹*

(上海友为工程设计有限公司, 上海 200093)

摘 要 随着我国经济社会的不断发展,城市面源污染负荷正在逐年提高,对区域河道、湖泊等水环境质量造成了严重威胁。在排水系统末端设置初雨调蓄池,是控制径流污染、改善区域水环境的重要工程性措施之一。文章结合上海市位于商务区的某已建排水泵站处新建全地下初雨调蓄池的设计实例,针对全地下式初雨调蓄池的建设形式、运行模式、主要工艺类型选择等方面的主要问题,在占地面积、经济投资、管养维护等方面进行了研究和论证分析,并介绍了该初雨调蓄池主要工艺参数的优化设计方案,可为同类型全地下式排水泵站初雨调蓄池的设计提供一定思路参考。

关键词 分流制排水系统 面源污染 初雨调蓄池 全地下式 论证分析

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2024)05-0150-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.05.017

Design of Full Underground Type of Initial Rainwater Storage Tank for a Drainage Pumping Station

YUAN Hongdan*

(Shanghai Youwei Engineering Design Co., Ltd., Shanghai 200093, China)

Abstract With the continuous development of economy and society at home, the urban non-point source pollution load is increasing year by year, which has seriously threatened the water environment quality of regional rivers and lakes. It is an important measure to control runoff pollution and improve regional water environment to set initial rainwater storage tank at the end of drainage system. Combined with an example of the design of underground initial rainwater storage tank for a drainage pumping station in Shanghai City, the paper demonstrates and analyzes the land area, economic investment, management and maintenance, according to the construction type, operation mode, process selection, etc. The optimum design scheme of the main process parameters of the initial rainwater storage tank is introduced, which can provide reference for application of underground initial rainwater storage tank for a drainage pumping station.

Keywords separate drainage system non-point source pollution initial rainwater storage tank full underground type argumentation and analysis

近年来,上海市城镇污水处理率逐年提升,点源污染对城镇水环境的影响逐年降低,但城市面源污染负荷正逐步增高。初期雨水溶解降落过程中的气体污染物,冲刷携带地面污染物和管道沉积物,

不仅会造成水体污染,而且会导致河湖富营养化,影响水资源的可持续利用^[1]。《上海市排水“十四五”规划》提出,以防汛安全保障和水环境改善为主线,通过“绿、灰、蓝、管”多措并举,着力提升防汛安全保障能力和初雨面源污染削减能力。高标准雨水泵站和初雨调蓄池能提高排水区域内防汛能力并削减初雨面源污染^[2]。因此,在分流制排水系统末端已

[收稿日期] 2023-08-03

[通信作者] 袁红丹(1991—),女,硕士,主要从事市政给排水工程设计工作,E-mail:hdyuan1991@163.com。

建排水泵站处增设初雨调蓄池,可减少初期雨水直排河道造成的污染,是改善区域水环境、提高排水系统能力的重要措施^[3-4]。

上海某排水泵站初期雨水调蓄池地处商务区,排水系统现状主要有铁路交通、商业区、绿地、停车场等,调蓄池建设用地紧张,采用全地下集约化布置,具有土地集约、环境友好等特点。本文结合新建全地下初雨调蓄池的设计实例,针对其建设型式、运行模式、主要工艺类型选择等方面的主要问题,在占地面积、经济投资、管养维护等方面进行了研究和论证分析,可为类似工程提供一定的参考。

1 工程概况

1.1 排水系统现状

某排水泵站所在排水系统总服务面积为 1.9 km²。系统内现状排水管网标准是 3~5 年一遇,雨水泵站标准为 5 年一遇,采用强排模式。系统总管为双排管,总管管径为 DN1200~DN3500,接入系统内排水泵站。

排水泵站为分流制雨水泵站,于 2010 年建成。泵站内配有雨水泵 8 台,单机流量为 3.6 m³/s,设计规模为 28.8 m³/s,雨水经泵站提升后排放河道;另设潜水离心泵 2 台(1 用 1 备),每台流量为 0.023 m³/s,扬程为 10 m,用以截流旱流污水,污水排放至市政污水管道,最终纳入污水处理厂处理。

1.2 调蓄池建设规模

根据《室外排水设计标准》(GB 50014—2021),本工程初期雨水调蓄池服务于分流制排水系统,初雨调蓄池有效容积按式(1)进行计算^[5]。

$$V=10DF\psi\beta \quad (1)$$

其中:V——调蓄池有效容积,m³;

D——调蓄量,mm;

F——汇水面积,hm²;

ψ ——径流系数;

β ——安全系数。

根据《上海市城镇雨水排水规划(2020—2035 年)》要求,本初雨调蓄池服务排水系统为分流制系统,初期雨水截流标准即调蓄量 D 为 5 mm,汇水面积 F 为 1.9 km²;对区域现状下垫面进行分类和面积统计,经加权平均计算,得出区域综合径流系数 ψ 为 0.6。经计算,排水系统需设置初雨调蓄水量为 5 700 m³ 的初雨调蓄设施。考虑调蓄池安全系数 β 取 1.2,

调蓄池设计规模取 6 800 m³。

2 总体方案

2.1 选址及建设型式

调蓄池选址位于排水泵站北侧公共绿地,北临河道,东临市政道路。经论证该地块面积充裕、地下无重大设施,且距离泵站距离较近,调蓄池截流管道实施条件较好。地块现状有草皮、道路、树木等,全地下式调蓄池建成后绿化原状恢复。

结合选址情况,调蓄池的建设型式选取矩形建设和圆形竖井两种方案进行论证。

方案一:矩形调蓄池,作为调蓄池的常规形式,施工工艺成熟,运行安全性高,应用普遍,适用于大型调蓄池。目前,包括梦清园调蓄池、世博浦明调蓄池等大部分上海已建的调蓄池均采用矩形调蓄池^[6]。但是,受限干池体深度,矩形调蓄池通常占地面积较大。在本工程中,初雨调蓄设计规模为 6 800 m³。矩形调蓄池平面尺寸设计为 63.0 m×16.4 m(内净尺寸),有效水深为 7.8 m,结构基底埋深为 16.70~19.20 m。

方案二:圆形竖井调蓄池,相比于常规的矩形调蓄池,竖井调蓄池深度较深,占地面积较小,对城市地下空间利用的影响也比较小。下沉式竖井掘进工法(VSM)具有施工速度快、无需降低地下水位等特点,较适合在上海这种软土地层、地下水位高,同时管道系统已经建成且城市用地紧张的地区使用^[7]。但也同样存在排空时提升高度大、运行费用高、人工检修清理较困难等缺点。本工程调蓄池设计规模为 6 800 m³,设计竖井内径为 12 m,需设置 2 座 VSM 下沉式竖井,深度为 40 m。

两种方案调蓄池建设型式对比情况如表 1 所示,新建调蓄池选址位于泵站北侧公共绿地,采用全地下式,施工完成后绿地原状恢复,不影响绿地使用功能,故垂直竖井调蓄池并没有有效发挥其占地小的优势。结合其在运行费用、管养维护、设备要求等方面缺乏成熟经验,因此,本工程采用矩形调蓄池形式。

2.2 总体布置和运行模式

本初雨调蓄池采用集约化设计,采用全地下式,主体构筑物均位于地下,地面上仅新增检修口、进出风井、通气井、设备吊装盖板等必需的构筑物。调蓄池建设布局如图 1 所示。

表 1 调蓄池建设型式对比

Tab. 1 Comparison of Construction Types for Storage Tanks

建设型式	矩形常规调蓄池	VSM 竖井调蓄池
内净尺寸/m	63.0×16.4	直径 $\Phi 12$
埋深/m	19.20	40
占地面积/m ²	1 344	270
投资/(万元·m ⁻³)	1.38	1.32
施工周期	15 个月	8 个月
管养维护	传统模式, 经验丰富	暂无应用案例, 无运行经验

根据实际建设条件,调蓄池进水的截流接出点设置在泵站现状进水闸门井的北侧,初期雨水通过调蓄池进水管进入调蓄池主体部位。调蓄池进水可选用“重力流进水”和“重力流+泵提升进水”两种方案。

方案一:调蓄池进水采用重力流进水的方式,调蓄池平面尺寸为 63.0 m×16.4 m(内净尺寸),池体埋深为 16.90 m(局部埋深为 19.40 m)。调蓄池主体地下部分分为两层,地下一层考虑为设备层,净空高度为 4.6 m;地下二层空间设置为初雨调蓄池,有效水深为 7.8 m。调蓄池主体部分覆土 6.4 m,满足

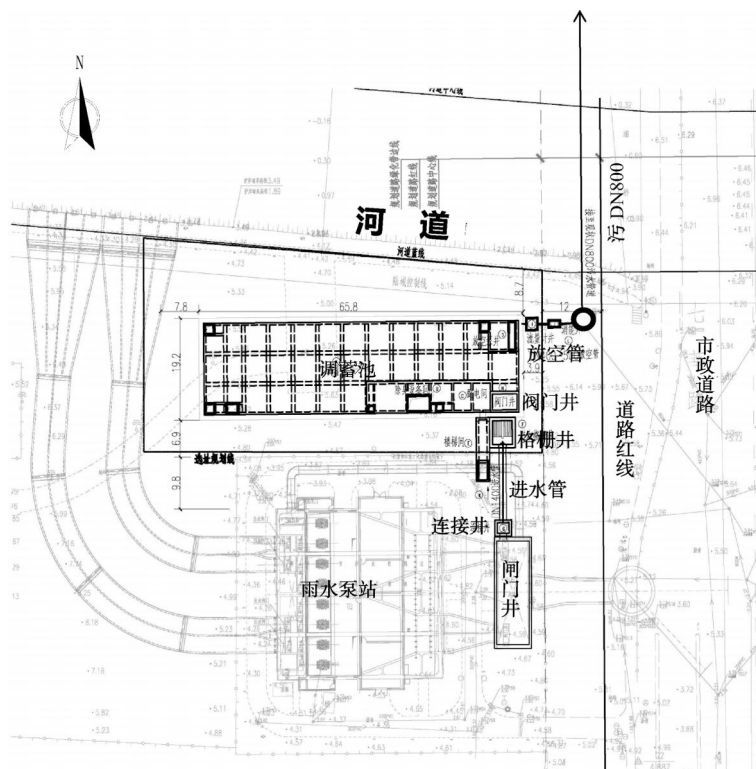


图 1 调蓄池建设布局

Fig. 1 Layout of Storage Tank Construction

草皮、灌木、乔木种植需求;设备层顶端覆土为 1.5 m,满足草皮、灌木、小型乔木种植需求。

方案二:调蓄池进水采用重力流+泵提升进水的方式。考虑到调蓄池北侧河道蓝线、西侧泵站出水箱涵、东侧道路陆域控制线、南侧泵站围墙的边界条件限制,本方案调蓄池平面尺寸、平面位置与“重力流进水方案”一致,即:调蓄池平面尺寸为 63.0 m×16.4 m(内净尺寸),池体埋深为 14.20 m(局部埋深为 15.70 m)。调蓄池主体地下部分分为两层,地下一层考虑为设备层,净空高度为 4.6 m;地下二层空间设置为初雨调蓄池,调蓄池主体部分顶板底标高与

设备层顶板底标高一致,有效水深为 8.3 m。调蓄池主体、设备层顶端覆土 3.0 m,满足草皮、灌木、小型乔木种植需求,不可种植大型乔木,绿地恢复时现状大型乔木需移栽至调蓄池池体以外区域。

对于以上两个方案,从运营方式、施工难度、能耗、投资等多角度进行比较,具体如下表 2 所示。

通过以上综合对比,“重力流+泵提升进水”方案管理方式较复杂,且投资较重力流方案减少仅约 0.04 万元/m³。因此,为了便于调蓄池管理运行,保障公园绿化最大程度地恢复原状,本调蓄池采用“重力流进水”方式。

表 2 调蓄池运行方式对比
Tab. 2 Comparison of Operation Modes for Storage Tanks

运行方式	重力流方案	重力流+泵提升方案
进水工艺设备	1 套钢丝绳牵引格栅 1 套 DN1800 偏心半球阀	1 套钢丝绳牵引格栅 1 套 DN1800 偏心半球阀 1 套潜水轴流泵
进水方式、时间	重力进水 45 min	重力进水 26 min, 切换时间为 5 min, 泵提升 14 min
深度参数	调蓄池主体埋深为 16.90 m, 局部为 19.40 m	调蓄池主体埋深为 14.20 m, 局部为 15.70 m
管养维护	传统模式, 经验丰富	暂无应用案例, 无运行经验
总投资/(万元·m ⁻³)	1.38	1.34
管理方式	管理简单	增加泵启停环节, 管理较为复杂

2.3 调蓄池放空

调蓄池运行中, 将根据外部污水管网运行情况以及污水厂的水量反馈情况, 利用晴天污水量排放低谷时段, 人工控制或自动控制调蓄池的放空, 将初期雨水通过调蓄池内放空泵提升后, 排至东侧市政道路上 DN800 污水管道, 汇入污水系统 DN1500 污水主干, 最后输送至绥宁路污水总管, 纳入虹桥污水处理厂处理。

当调蓄池放空时间设置为 12 h 时, 初期雨水放空至污水管道的流量约为 566.67 m³/h, 经复核计算, 调蓄池下游污水管道具有该初期雨水的接纳输送能力。虹桥污水处理厂现状规模为 20 万 m³/d+5 万 m³/d 调蓄, 已按照上位规划规模建成, 超出虹

桥厂规模的污水溢流至六支流南线总管, 经吴闵外排过江管输送至白龙港污水厂处理达标后排放, 白龙港污水处理厂现状规模为 280 万 m³/d。吴闵外排过江管及白龙港南线支线及过江管服务区域规划污水量约为 100.9 万 m³/d, 初期雨水量为 39.3 万 m³, 现有过江管设施规模能够满足规划污水量及初期雨水量的外排需求。

3 主要工艺选择

3.1 冲洗方式

调蓄池常用的冲洗有门式冲洗系统、真空冲洗系统、水射器冲洗系统等。本设计中对这些常用冲洗方式进行了研究和比较分析, 如表 3^[8]所示。

表 3 冲洗方式比选
Tab. 3 Comparison of Flushing Modes

机械冲洗措施	优点	缺点
门式冲洗系统	无需电力或机械驱动, 控制系统简单; 单个冲洗波的冲洗距离长; 调节灵活, 手动、电动均可控制; 运行成本低、使用效率高	初期建设投资较高
真空冲洗系统	水头大, 冲洗效果较好, 水下机械设备少, 维护管理简单	对土建施工要求较高
水射器冲洗系统	自动冲洗, 冲洗时有曝气过程, 可减少异味, 适用于所有池型	运行成本较高, 设备位于池底, 易被污染磨损

综上, 本调蓄池冲洗方式推荐门式冲洗系统, 系统由冲刷门和电动液压系统构成。排空时, 出水槽水位降低至设定标高时, 冲刷门瞬间将储水释放, 冲洗门底部喷射出的水具有很大的动能, 形成强力、席卷式的射流。射流形成的波浪将池底的沉积物卷起, 冲到雨水调蓄池末端的收集槽, 通过泵排出。

3.2 放空泵选型

本设计中对比了同扬程变频泵和高、低扬程泵搭变频泵两种放空方式, 分别进行了研究分析。在同样放空量为 6 800 m³, 放空时间为 12 h 条件下, 对两种放空泵选型方案进行对比分析, 如表 4 所示。

表 4 放空方式比选
Tab. 4 Comparison of Emptying Modes

放空方式	同扬程放空泵	高低扬程搭配放空泵
数量	同扬程泵 3 台, 2 用 1 备	2(低扬程), 2(高扬程)
扬程/m	18	13(低扬程), 17(高扬程)
额定功率/kW	30	40(低扬程), 50(高扬程)
放空时间/h	12	7(低扬程), 5(高扬程)
耗电功率/(kW·h)	720	530
运行效率	较低	较高

经测算, 高低扬程搭配放空泵方案, 单次运行耗电功率为 530 kW·h, 低于同扬程放空泵方案; 高低扬程搭配放空泵的运行效率高于同扬程放空泵方

案。出于泵的运行效果及节能考虑,本工程采用高低扬程搭配放空泵方案。

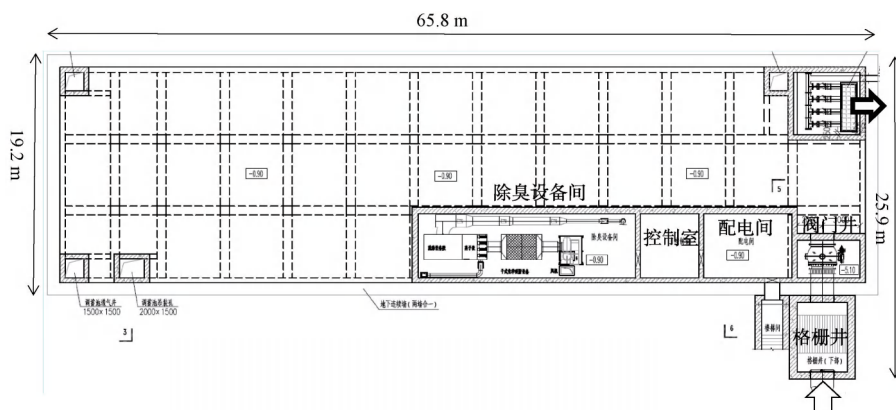
4 工艺设计参数

4.1 调蓄池主体

初雨调蓄池采用泵前截流方式,通过阀门控制,进水阀门井内设置一台 DN1800 口径偏心半球阀,进水泵站闸门井接出,进水管管径为 DN1800。初雨调蓄池平面尺寸为 63.0 m×16.4 m(内净尺寸),有

效水深为 7.8 m,底板标高为-10.3 m(局部落深标高为-11.8、-12.8 m)。采用门式冲洗系统,分为 3 个廊道,冲洗门宽为 2 800 mm,高为 400 mm,液压控制,功率为 0.75 kW。设备层、廊道层平面如图 2、图 3 所示。

调蓄池主体地下部分分为两层,地下一层考虑为设备层,设置除臭设备间、控制室和配电间;地下二层空间设置为初雨调蓄池,如图 4 所示。



注:图中标高单位为 m,尺寸单位为 mm。

图 2 设备层平面示意图

Fig. 2 Mechanical Floor Plan of Storage Tank

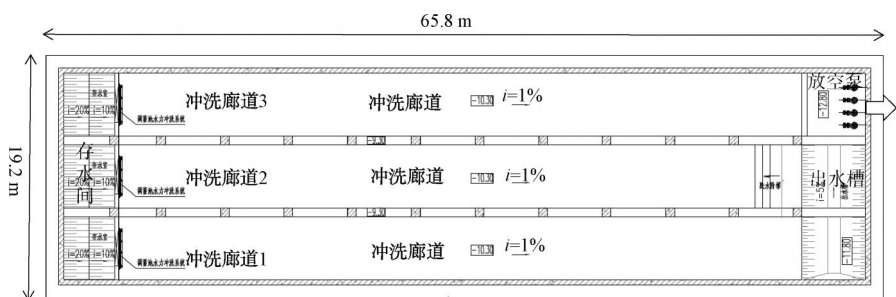
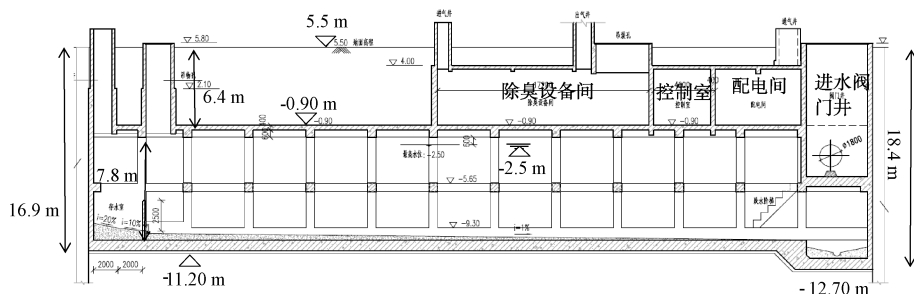


图 3 廊道层平面布置

Fig. 3 Flushing Gallery Plan of Storage Tank



注:图中标高单位为 m,尺寸单位为 mm。

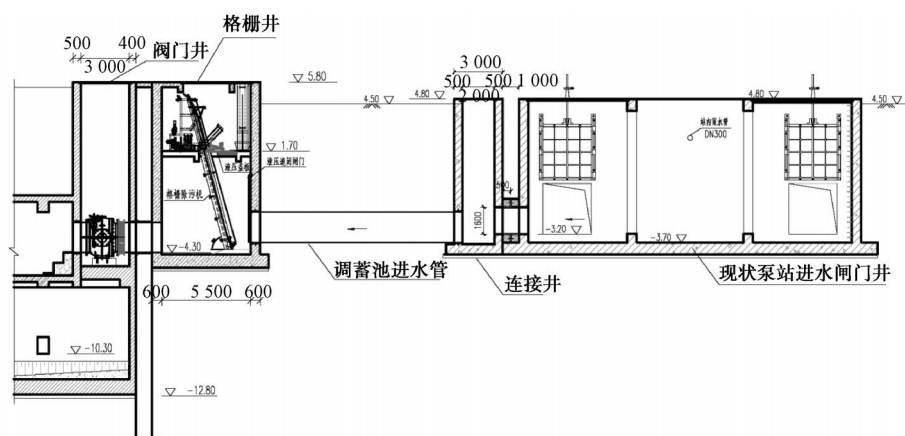
图 4 调蓄池剖面

Fig. 4 Cross Section of Storage Tank

4.2 进水管

调蓄池进水管由泵站进水闸门井接出,初期雨水自流进入调蓄池南侧设置的格栅井,再通

过调蓄池内阀门井后进入调蓄池主体部位,如图 5 所示。



注:图中标高单位为 m,尺寸单位为 mm。

图5 进水总管剖面

Fig. 5 Cross Section of Water Inlet Manifold

调蓄池进水管设计流量为 $2.52 \text{ m}^3/\text{s}$, 进水管管径为 DN1800, 流速为 0.99 m/s 。进水管长度约为 20 m , 管内底标高为 $-4.30 \sim -3.20 \text{ m}$; 调蓄池南侧设置 1 座地下式格栅井; 调蓄池内设置阀门井。

进水阀门井内设置 1 台 DN1800 口径电动偏心半球阀,控制调蓄池的进水。

格栅井内设置 1 台钢丝绳牵引格栅除污机、1 台无轴螺旋输送机、1 台螺旋压榨机、1 台垃圾升降机,对初期雨水中垃圾、悬浮物等进行拦截。格栅除污机单机渠宽为 3 400 mm,格栅间隙为 20 mm。进水管口处设置 1 套液压速闭圆闸门,用于调蓄池进水的辅助控制。格栅井上部设置密闭盖板,防止气体外溢。

4.3 放空管

调蓄池出水经放空泵提升后从调蓄池接出,经消能井转为重力流,接入现状 DN800 市政污水管道中。放空时间为 12 h,控污放空流量约为 $566.67 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

放空泵共设置 4 台,低扬程泵 2 台(1 用 1 备),流量为 175 L/s,扬程为 13 m,功率为 40 kW;高扬程泵 2 台(1 用 1 备),流量为 175 L/s,扬程为 17 m,功率为 50 kW。压力流段放空管长度为 18 m,管径为 DN400,流速约为 1.25 m/s;重力流段放空管长度为 6 m,管径为 DN500,充满度为 0.7,坡度为 1.8‰,流速约为 1.07 m/s。

4.4 除臭系统

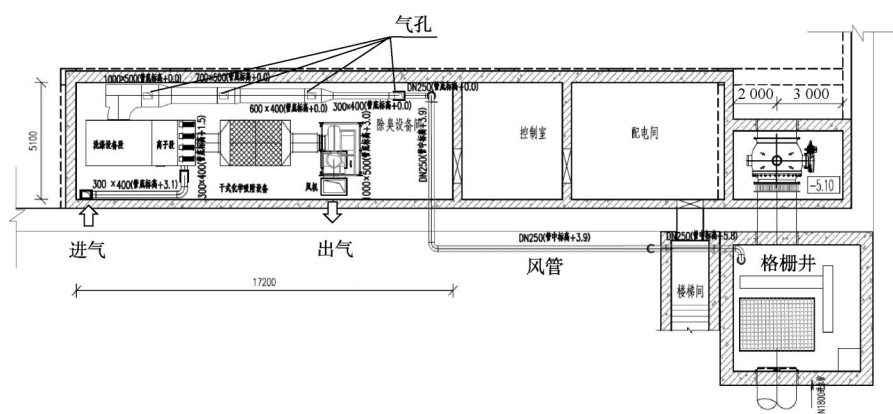
本调蓄池除臭范围为初雨调蓄池内、格栅井内的废气。按照项目的实际运行需要,布置一套废气集中处理系统,利用收集管道将废气抽出,送入废气集中处理系统内处理后达标排放。除臭风量计算如表 5 所示,设计除臭风量为 $14\,400\text{ m}^3/\text{h}$ 。

表 5 除臭风量计算

Tab. 5 Deodorizing Air Volume Calculation

指标	数值
调蓄池体积/ m^3	6 800
格栅井体积/ m^3	263
换气频率/(次 $\cdot\text{h}^{-1}$)	2
格栅井水面积/ m^2	18
格栅井水面除臭量/ $[\text{m}^3 \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h})^{-1}]$	10
除臭风量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	14 306

废气集中处理系统采用“水洗+离子+化学吸附”的除臭工艺,其平面布置如图 6 所示。在不影响设备正常运行的前提下,合理布置排风点,并通过排风管将废气收集至洗涤塔内。洗涤塔采用立式两相逆向流填料吸收塔。气体从塔体下方进气口沿切向进入净化塔,经填料吸收段、洗涤段、除雾段,含水率满足要求的废气进入废气处理箱内,经处理后的气体通过化学吸附装置深度处理后通过烟囱排出。



注:图中标高单位为 m,尺寸单位为 mm。

图 6 除臭系统平面布置

Fig. 6 Plan of Deodorization System

在正常工况及常规气象条件下,经“水洗+离子+化学吸附”除臭设备处理后的气体浓度必须完全符合上海市《恶臭(异味)污染物排放标准》(DB 31/1025—2016)厂界(防护带边缘)标准,如表 6 所示。

表 6 恶臭污染物厂界标准值

Tab. 6 Emission Standards for Odor Pollutants

控制项目	标准数值
氨/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	0.2
硫化氢/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	0.03
甲硫醇/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	0.002
臭气浓度	10

5 运行模式

调蓄池运行中具有手动、自动和远程 3 种控制方式。手动控制时在控制箱(柜)上操作;自动控制由可编程逻辑控制器(PLC)实现,根据液位、流量、设备状态等参数以及预先编制好的程序进行自动控制,无需人工干预;远程控制通过上级控制中心的计算机进行操作;手动/自动/远程方式的转换,通过控制柜上的转换开关实现。

调蓄池运行模式如下。

初期雨水进入泵站进水闸门井后被截流,截流接点设置在泵站现状进水闸门井的北侧,初期雨水自流进入调蓄池南侧设置的格栅井,再通过调蓄池内进水阀门井后进入调蓄池主体部位。进水阀门井内设置 1 台电动偏心半球阀,用于控制调蓄池的进水。调蓄池进水中,当调蓄池内初期雨水水位接近设计水位时,由调蓄池液位控制系统,控制进水电

动偏心半球阀关闭,同步开启泵站进水闸门。

晴天时,调蓄池进水阀门井内偏心半球阀关闭,泵站进水闸门井内闸门保持打开。

降雨初期,调蓄池进水阀门井内偏心半球阀打开,泵站进水闸门井内闸门关闭,初期雨水通过重力流进入调蓄池,待调蓄池水位接近设计水位为 -2.50 m (池内有效水深为 7.8 m)时,打开泵站进水闸门井内闸门,关闭偏心半球阀。此时,泵站转入正常的防汛状态,后期雨水经过泵站提升后排入河道。

旱天,系统污水管网排水低峰时,调蓄池进入放空模式。储存的初期雨水通过调蓄池内的放空泵提升至 DN800 市政污水管道,最终进入污水处理厂统一处理。

6 工程效益

6.1 环境效益

本工程新建调蓄池,将初期雨水错峰排放至污水系统,最终纳入市政污水处理厂进行处理,达标排放,提高了区域污水收集处理率,有利于排水系统提质增效,提升保障能力。

同时,本工程实施后,可以减少系统内市政泵站雨天排河的面源污染。结合上海地区降雨数据进行计算,本工程调蓄池全年调蓄容量约为 $745\,560\text{ m}^3$ 。系统内主要为铁路交通、商业区、绿地、停车场等,初雨污染物农污取值: COD_{Cr} 为 200 mg/L ,总悬浮固体(TSS)为 150 mg/L ,TN 为 20 mg/L ,TP 为 1.6 mg/L 。可估算出,每年可削减放江雨水污染物: COD_{Cr} 为 149 t ,TSS 为 112 t ,TN 为 15 t ,TP 为 1.2 t 。

6.2 经济和社会效益

本工程调蓄池采用全地下式,充分利用地下空间,调蓄池建成后地面恢复为绿化,并在工程中结合周边居民需求对调蓄池地上绿化进行提升设计,满足周边居民休闲需求。同时,本工程的建设将有利于改善河道水质,尤其是泵站放江后水质恶化的面貌,改善和提升地区的环境质量,体现了良好的社会效益。

本工程作为一项节能减排、美化环境的市政基础设施工程,在上海市城市建设、创建国家环保模范城市建设的过程中是必要而且迫切的。调蓄池的建设将提升地区的环境质量,改善区域投资环境,有利于对外招商引资,进一步促进地区的经济发展,实现环境保护与经济发展和谐统一。

7 结论

(1)本工程新建初雨调蓄池 1 座,初期雨水截流标准为 5 mm,有效容积为 6 800 m³。通过对泵站进水闸门井进行改造,将初期雨水截流,进入调蓄池。待旱天时,调蓄的雨水通过调蓄池内的放空泵提升至市政污水管。实现了初期雨水的蓄存和错峰排放。实现了控制泵站放江污染、改善区域水环境、提高排水系统能力的目标。

(2)新建初雨调蓄池的选址充分考虑利用了靠近末端泵站的现状公共绿地,现状有草皮、道路、树木等,全地下式调蓄池建成后可原状恢复,设计中结合除臭技术措施,尽量减少臭气对周边环境的影响,将工程对现状环境的影响降到最低。

(3)本文创新点和特点在于详细阐述了全地下式排水泵站新增初雨调蓄池的设计方案,针对在已建泵站处新增初雨调蓄池工程的难点问题,如建设型式、运行模式等,在占地面积、经济投资、管养维护等方面进行了论证分析,为类似全地下式排水泵站初雨调蓄池设计提供一定参考。

参考文献

[1] 张青文, 余健. 初雨调蓄池布置方式对管道沉积物污染控制研究[J]. 中国给水排水, 2022, 38(19): 114-119.

- ZHANG Q W, YU J. Effect of initial rainwater storage tank layout on control of sewer sediment pollution[J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(19): 114-119.
- [2] 熊亮亮. 雨水泵站与初期雨水调蓄池集约化设计[J]. 净水技术, 2022, 41(s1): 296-299, 364.
- XIONG L L. Intensive design of rainwater pump station and initial rainwater storage tank[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(s1): 296-299, 364.
- [3] 邱文新. 某县城排水系统中调蓄池的设计及应用[J]. 净水技术, 2021, 40(s1): 270-275.
- QIU W X. Design of storage tank in the drainage system of a county[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(s1): 270-275.
- [4] 王东赢, 杜智军, 张会. 南京市南河初雨调蓄池工艺设计[J]. 给水排水, 2021, 57(6): 50-54, 60.
- WANG D Y, DU Z J, ZHANG H. Design for initial rainwater storage tank of Nan River in Nanjing[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 57(6): 50-54, 60.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 国家市场监督管理总局. 室外排水设计标准: GB 50014—2021[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. Standard for design of outdoor wastewater engineering: GB 50014—2021[S]. Beijing: China Planning Press, 2021.
- [6] 肖艳. 世博园区浦明全地下式雨水泵站设计[J]. 给水排水, 2010, 36(3): 46-48.
- XIAO Y. Design of puming all underground rainwater pumping station in the Expo Site[J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(3): 46-48.
- [7] 翟之阳, 聂东清, 张毅, 等. 下沉式竖井掘进工法在软土地区的应用研究[J]. 地基处理, 2024, 6(2): 201-207.
- ZHAI Z Y, NIE D Q, ZHANG Y, et al. Application of vertical shaft sinking method in soft soil area[J]. Journal of Ground Improvement, 2024, 6(2): 201-207.
- [8] 肖艳, 徐建初. 世博浦东园区雨水泵站初期雨水调蓄池冲洗方式设计[J]. 给水排水, 2009, 35(3): 50-52.
- XIAO Y, XU J C. Design of rinse mode of the initial rainwater storage tank of the rainwater pumping station in the Expo Site[J]. Water & Wastewater Engineering, 2009, 35(3): 50-52.