

上海市某初雨水调蓄池工程设计要点

束 敏^{1,2}

(1.华东建筑设计研究有限公司,上海市 200231; 2.上海市水利工程设计研究院有限公司,上海市 200232)

摘 要: 初雨调蓄池位于现状 A 塘南岸,东至 B 路,西至 C 港,初雨调蓄池主体设置于雨水泵站北侧停车场下,占地下空间面积 690.8 m²,体积 3 400 m³,排空泵 160 m³/h。雨水泵房、初期雨水调蓄池为分建式泵房,故雨水泵站在具备区域排涝功能的同时,还具有截流初期雨水、旱流污水的功能。提供了有关工程设计的相关经验,可供其他初雨调蓄池项目作为参考案例。

关键词: 雨水泵站;初雨调蓄池;区域排涝;进出水工艺;截流初期雨水

中图分类号: TV121+.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)08-0125-04

0 引 言

近年来,随着国家“节能减排”基本国策的推进和实施,以及污水收集率和处理率的提高,初期雨水污染治理已然变成学术界和工程界高度关注的问题^[1],也受到城市管理者的普遍关注。关于初期雨水的调蓄处理方面,全国各地的学者做了许多科技研究,并取得了丰硕的成果,已具有一定的理论储备^[2-5]。同时,结合上海市苏州河综合整治^[2],率先开展技术攻关与工程实践,建设多座调蓄池。在关于调蓄池的建设、管理以及运营等方面积累了丰富的经验,为本项目的实施提供宝贵的实践经验和理论支撑。

1 工程概况

根据《M 区城镇雨水排水规划(2021—2035 年)》,本项目工程所属区域的排水体制为雨、污水分流制,设计雨水重现期 $P=5$ a,综合径流系数 $\psi=0.6$ 。项目排水系统位于 M 区的北部,其服务范围为北临 A 塘,南至 E 泾,东始 F 路,西至 C 港,系统服务总面积为 94 hm²。雨水泵站位于 A 塘南侧、B 路西侧,泵站设计规模为 $Q=7.0$ m³/s,雨水经泵站提升后排入 A 塘。雨水系统总管沿 G 路由东向西、B 路由南向北进入现状雨水泵站,雨水进水总管的管径为 DN1300~DN2200,如图 1 所示。为解决泵站初期雨水放江污染的问题,新建初期雨水调蓄池,截流标准为 5 mm,规模为 3 400 m³,放空时间 24 h。初期雨水

截流污水通过潜污泵(1 用 1 备) $Q=160$ m³/h, $H=15$ m 进行放空。调蓄池内初期雨水经泵提升后进入 B 路现状 DN600 污水管道,沿 B 路向南,至 H 路向东,排至 F 路 DN1500 外排北线总管,沿 F 路向南经 2# 泵站提升后进入外排总管,最终由 1# 泵站提升后经白龙港南线输送至白龙港污水处理厂。

雨水调蓄泵站的卫星图,如图 1 所示。



图 1 雨水系统卫星示意图

本工程在现状雨水泵站基础上扩建地下初雨调蓄池,位于雨水泵站北侧停车场,如图 2 所示。

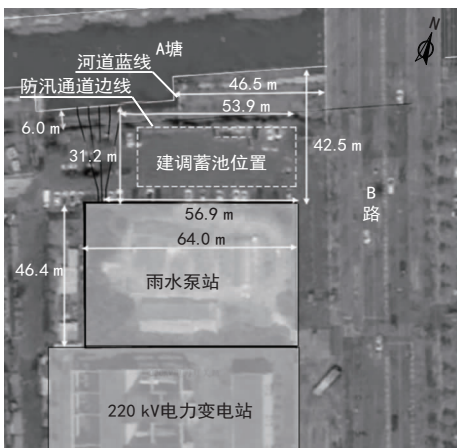


图 2 新建雨水泵站调蓄池位置示意图

收稿日期: 2023-09-01

作者简介: 束敏(1991—),男,硕士,工程师,主要从事市政给排水设计工作。

2 初雨污染量的控制与标准

2.1 初期雨水污染控制

通常一场降雨过程中最初的一段时间雨水定义为初期雨水,与初期冲刷有关。初期降雨使大量污染性气体溶解于雨水中,其中包括酸性气体、工厂废气以及汽车尾气等。这些污染物质在降落地面后被冲刷到屋顶、沥青混凝土道路等地方,使得初期雨水中的污染物质含量较高,甚至超过一般城市污水的污染程度。初期雨水直排入河会对水环境造成一定的污染。雨水径流污染是一种非点源污染,其突发性和非连续性导致该种污染特别难以处理,其特点是雨水中的污染物浓度在开始时比较高,但随着径流的不断流动,它们被冲洗到表面并逐渐稀释,最终达到相对稳定的浓度。目前,行业对于初期雨水的定义在工程上通常基于两种方式:按降雨历时和按降雨径流累积深度^[6]。本文初雨调蓄池体积计算是基于第二种方式来定义初期雨水体积,结合《上海市城镇雨水排水专业规划(2020—2035年)》,上海市强排系统初期雨水截流标准为分流制地区不低于5 mm,合流制地区不低于11 mm。雨水系统属于分流制强排区域,本工程初期雨水截流控制标准为5 mm。

2.2 综合径流系数确定

(1)综合径流系数计算

根据最新排水规划研究成果及实施现状综合分析,雨水系统服务范围为北临A塘,南至E泾,东始F路,西至C港,服务面积为94 hm²。服务范围涉及M区与XH区,其中位于M主城片区中部板块的控制单元的面积为87 hm²,占比92.6%,属于XH区控制单元的面积为7 hm²,占比7.4%,如图3所示,右下角为XH区界,其余框选为M区界。

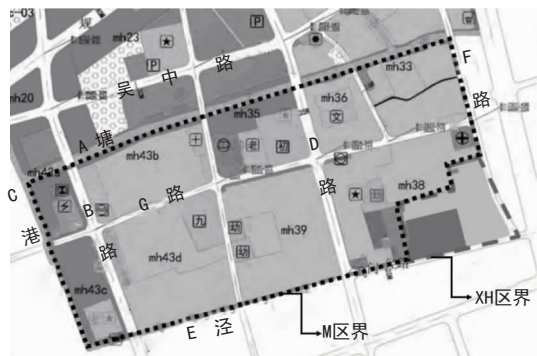


图3 雨水系统服务区域划分

本工程雨水排水系统服务范围内的各类用地统计见表1。

综合径流系数分析见表2。

表1 系统服务范围内各类用地占比

用地性质	用地面积 /hm ²	占比 /%
居住用地	61.39	65.31
公共管理与公共服务设施用地	0.60	0.64
商业服务业设施用地	5.12	5.45
道路与交通设施用地	11.28	12.00
公共设施用地	2.21	2.35
绿地与广场用地	7.34	7.81
水域	6.05	6.44
总计	93.99	100.00

表2 综合径流系数的计算

用地性质	用地面积 /hm ²	径流系数
居住用地	61.39	0.65
公共管理与公共服务设施用地	0.60	0.6
商业服务业设施用地	5.12	0.55
道路与交通设施用地	11.28	0.8
公共设施用地	2.21	0.6
绿地与广场用地	7.34	0.2
水域	6.05	0
综合径流系数	—	0.584

雨水系统服务范围内的控详规划以居住用地为主,按用地性质核算地面综合径流系数为0.584。

(2)《M区城镇雨水排水规划(2021—2035)》中相关内容

系统原规划设计概况:排水系统服务范围北临A塘,南至E泾,东始F路,西至C港,汇水面积约为94 hm²。系统原规划设计暴雨重现期为1 a一遇,综合径流系数 $\psi=0.6$,采用强排模式,见表3。

表3 M区规划初期雨水截流量预测表

序号	规划综合径流系数	强排面积 /hm ²	规划初期雨水截流量 /万 m ³	规划雨水调蓄池规模 /万 m ³
1	0.6	94	0.28	0.34

根据规划后不超过原综合径流系数的原则,确定综合径流系数与《M区城镇雨水排水规划(2021—2035)》中截流量预测表中保持一致,采用综合径流系数0.6是可行的。

2.3 初期雨水控制规模计算

(1)初期雨水控制规模的计算

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2021)(2016年版)和《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174—2017)^[7],初期雨水控制规模按式(1)计算:

$$V = 10 D F \psi \beta \tag{1}$$

式中:V为调蓄池有效容积,m³;D为调蓄量,mm,按降雨量计,本工程取5 mm;F为汇水面积,hm²; ψ 为

综合径流系数,本工程取 0.6; β 为安全系数,本工程取 1.2。

(2)调蓄池设计规模

根据式(1),初雨截流标准为 5 mm 时,系统初雨截流体积见表 4。

表 4 初雨截流体积计算表

服务面积 /hm ²	径流系数	安全系数	截流体积 /m ³
94	0.6	1.2	3 384

因此,根据以上计算结果,调蓄池体积规模取值 3 400 m³。为保证调蓄的水不变质,并降低调蓄池雨水放空时对污水系统的冲击,本工程设计调蓄池放空时间为 24 h。

3 初雨调蓄池设计思路

3.1 调蓄池设计一般原则

(1)调蓄池的位置应根据排水体制、排水管网布置、溢流管下游水位高程和周围环境等综合确定,有条件的地区可采用数学模型进行方案设计和优化。

(2)调蓄池的埋深宜根据上下游排水管道的埋深和调蓄池的类型,并综合工程用地等环境条件,通过技术经济比较后确定。

(3)初雨调蓄池总平面布置及总体走向合理、科学、经济。

(4)调蓄池中选用的所有设备均需针对性强、耐腐蚀、运行可靠操作简单、维护管理方便,同时满足维修难度小、施工工期短、备品备件简单等要求。

(5)采用新工艺、新技术、新设备和新材料,确保截流调蓄系统长期运行,安全可靠,效果稳定。

(6)合理选取水泵扬程,做到高效节能,同时确保电机不过载。

(7)采用合理可行的除臭方案,将臭气集中处理,确保满足《恶臭(异味)污染物排放标准》(DB31/1025—2016)要求,使周边居民有一个舒适的生活环境。

(8)调蓄池建设后确保与周边环境协调一致,同时满足美观、经济、实用的要求。

3.2 调蓄池设计规模与占地面积

调蓄池设计规模 $V=3\,400\text{ m}^3$,放空时间 $t=24\text{ h}$ 。调蓄池主体设在雨水泵站北侧的社会停车场内(用地规划性质为绿地),其出水井设在雨水泵站内,紧邻格栅间井位于其西侧。出水井内设有潜水排污泵。

调蓄池主体占地 690.8 m²。调蓄池主体尺寸为长×宽=(31.6~41.8 m)×(6.3~17.6 m)。新增的提升泵集水池尺寸为净长×净宽=8.8 m×4.0 m,有效调节容积为 76 m³。调蓄池除臭设备间位于雨水泵站内西北角,紧邻西侧围墙。调蓄池上部设透气井、吊装口以及检修口等辅助设施,保证通风、检修等,如图 4 所示。

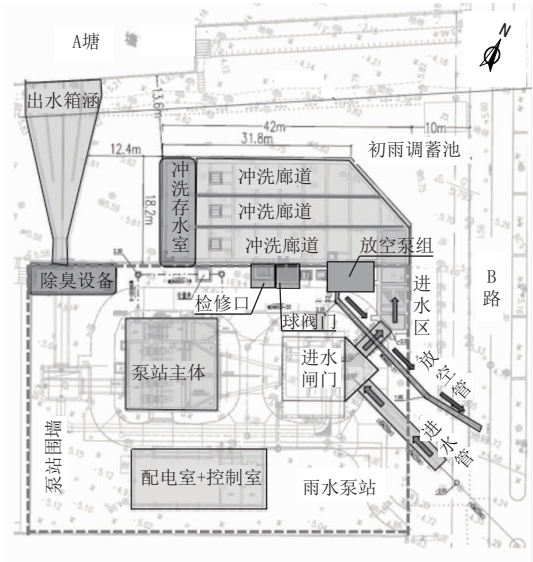


图 4 初雨调蓄池平面位置

3.3 调蓄池设计方案

调蓄池采用重力流和泵站提升联合进水的方式。初期雨水首先汇入雨水泵站现状进水闸门井,经新建 DN1500 管道进入新建的调蓄池进水格栅井,再通过调蓄池进水闸门或提升泵提升后最终进入调蓄池,如图 4、图 5 所示。其中,调蓄池池底高度为 -3.25 m,最高水位为 2.75 m,高度 0.05 m 以下为重力进水,高度 0.05 m 以上为泵站提升进水,设计调蓄池深度约 9.85 ~11.39 m,如图 6 所示。

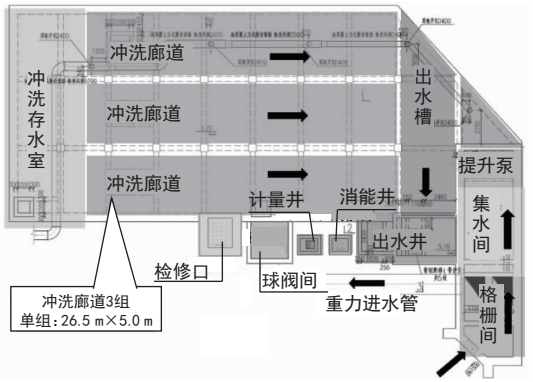


图 5 初雨调蓄池上层平面

本方案需在泵站现状进水闸门井北侧新开一个 1 500 mm 的初期雨水进水口,沟通新建的 DN1500 调蓄池进水箱涵,并新建一座栅条间隙为 20 mm 的

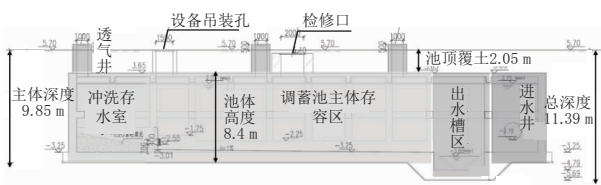


图6 初雨调蓄池剖面

格栅井和一座提升泵组(规模 1.0 m³/s, 扬程 5.0 m), 同时在提升泵前的集水间增设一处手电两用闸门, 以用于泵站启用前的重力进水。泵站现状进水闸门井内有现状截流污水闸门和现状泵站雨水进水闸门各一道。通过上述调蓄池进水闸门(或提升泵组)和现状两道闸门联动控制, 实现调蓄池初雨收集和雨水泵站后期雨水排涝工况的切换。

调蓄池运行工况介绍如下。

(1)旱季时, 泵站现状截留污水闸门和现状雨水进水闸门处于开启状态, 调蓄池进水的闸门处于关闭状态, 截流的旱季污水通过污水截污泵进行外排。(2)降雨初期, 保持现状截流污水闸门和现状泵站雨水进水闸门开启状态, 关闭污水的截污泵, 同时打开新建的调蓄池进水闸门, 系统地区的初期雨水经过 DN2200 雨水总管进入雨水泵站现状进水闸门井后,

优先通过新建的 DN1500 初期雨水进水管进入新建调蓄池格栅井, 经格栅将粒径将大于 20 mm 的杂物垃圾拦截后, 再通过打开的调蓄池进水闸门, 最终进入新建的调蓄池主体。待调蓄池水位达到一定高度(-0.05 m)后, 关闭调蓄池进水闸门, 开启调蓄池进水提升泵提升进水至调蓄池, 待调蓄池蓄满后(水位达到 2.75 m)关闭提升泵站。此时, 现状泵站转入正常的防汛状态, 后期雨水经过雨水泵站提升后排入 A 塘。(3)旱天时, 调蓄池进入排空模式。储存的初期雨水通过调蓄池内的排空泵提升至 B 路现状 DN600 污水管道, 排至 F 路 DN1500 外排北线总管, 沿 F 路向南经 2# 泵站提升后进入外排总管, 最终由 1# 泵站提升后经白龙港南线输送至白龙港污水处理厂进行处理。

3.4 冲洗系统工艺选择

初期雨水进入调蓄池, 停留后在调蓄池中沉淀形成积泥。故而应该对调蓄池进行冲洗。泵站初雨调蓄池设计深度较深, 净深约 12 m, 采用人工清洗的方法十分困难, 需要设计自动冲洗水系统。目前, 调蓄池的自动冲洗方式主要有水力翻斗冲洗、水射器冲洗、门式冲洗、真空冲洗系统等, 见表 5。

表5 常见自动冲洗系统对比表

类别	水力翻斗冲洗	水射器冲洗	门式冲洗	真空冲洗
土建	安装翻斗侧池底需设为弧形	需外部储水间或池底存水坑	1.5~2 m 高存水间(矩形)无土建(圆形)	气密性存水间及水封坡
冲洗长度	最长 100 m	30 m	最长 200 m	最长 400 m
能耗	10~100 kWh/1 000 m ³ 能耗较高	1 000~10 000 kWh/1 000 m ³ 能耗很高	0.1 kWh/ 冲洗 / 廊道能耗很低	1.5 kWh/ 冲洗 / 廊道能耗较低
适用池型	矩形	任何形状	矩形, 圆形	矩形, 圆形
环境影响	集水斗蓄水及冲洗过程水流噪音, 无外散气体	冲洗过程中泵和水流噪音, 无外散气体	冲洗门开启瞬间及冲洗过程水流噪音, 无外散气体	真空泵持续运行及冲洗噪音, 需考虑臭气处理
设备检修	需入池检修, 设备位于池壁上沿, 不易接近	需入池检修, 设备位于池底, 易污染磨损, 需经常对泵进行维护	需入池检修, 建议每 1~2 a 检查液压油, 根据实际情况, 每 3~5 a 进行更换	无需入池检修, 需对真空泵进行日常保养与维护
外部水源	是	视实际情况, 若不设 存水坑则需外部水源供水	否	否

门式冲洗具有土建相对简单, 冲洗长度较大, 能耗最低, 对环境影响较小, 使用时无需外部水源等优点。因此, 本工程调蓄池采用门式冲洗方式。

门式冲洗系统由不锈钢冲洗门主体、液位计和电控液压控制系统组成。

调蓄池分割成 3 段矩形冲洗廊道, 廊道起端设有储水池和冲洗门, 另一端设有出水收集渠。冲洗系统可设为一体化成套设备, 储水池与冲洗门融为一体, 无需土建结构。

水流进入调蓄池之前, 先经过储水池。储水池储存水量达到满载时, 水会从储水池顶部溢出, 进入调蓄池的渠道。当调蓄池在排空时水位降低至设定水平时, 控制系统将触发冲洗闸门, 瞬间释放储备的水量, 形成强力的、席卷式的射流冲洗波冲洗调蓄池底部。

3.5 除臭工艺选择

根据本工程初雨调蓄泵站距居民区距离位置及其产生的臭气的特点及排放量, 推荐采用“水洗涤 +

(下转第 132 页)

且费用较高。因此,综合比选推荐方案6。方案6提出的工程措施属永临结合,不存在投资浪费。

4 结 语

(1)在平原河网地区,运用河网水动力模型,从河网节点高水位及持续时间等维度进行分析施工期雨水排水对周边区域的影响,并提出消除影响的措施,是有效的技术手段。

(2)重大工程施工临时雨水排水,尽可能分散多头进行排放,以免对局部河网产生冲击负荷,影响周边地区防汛安全;慎重将雨水排入浦东机场等特殊敏感区域。

(3)为解决好临排出路、消除对周边地区防汛的影响而采取的工程措施,应尽量做到永临结合,避免

产生投资浪费。

(4)若地块规划能保留纵向联系河,则施工期临时排水出路更容易解决。建议在研究类似区域水系规划时,应充分考虑施工期临时排水这一因素。

参考文献:

- [1] 易文林,俞汇,韦浩,等.上海近42年暴雨强度及易发时段特征分析[J].中国水利,2023(8):45-48.
- [2] 刘俊,尹文昊,毕中飞,等.平原感潮河网城市通江口门施工度汛方案研究[J].水力发电,2022,48(4):24-29.
- [3] 闫训海,王佳刚,朱焱峰,等.中国第十届花博会施工期防汛应急与强排研究[J].水利规划与设计,2023(4):27-33.
- [4] 董亮,俞芳琴,刘俊,等.太湖流域锡澄片主城区畅流活水方案研究[J].中国农村水利水电,2020(1):48-51.
- [5] 刘淑娥.基于MIKE11模型的靖安北河河道防洪能力评价[J].水利科技与经济,2020,26(9):76-79.

~~~~~  
(上接第128页)

离子法+化学滤料吸附”的三级组合工艺。本工程针对调蓄设施管道以及进、出水井等区域进行除臭设计,根据《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174—2017),调蓄池除臭设施的处理量宜按每小时处理调蓄池容积1~2倍的臭气体积考虑。最大臭气流量值 $Q_{\max}=3\,400\times 2=6\,800\text{ m}^3/\text{h}$ 。

## 4 结 语

本工程初雨调蓄泵站设计亮点是在有限空间环境条件下创造性地利用雨水泵站北侧停车场地下空间来建立调蓄池,使得本泵站不仅具有区域排涝功能,还具备截流旱季污水、初期雨水的功能。同时,对于改善该区域水环境和提高上海城市建设品质具有十分重要的积极作用。

### 参考文献:

- [1] 程晓波.上海市中心城区初期雨水污染治理策略与案例分析[J].城市道桥与防洪,2012(6):168-171.
- [2] 陈捷,赵国志,王彬,等.调蓄池及其在苏州河治理中的应用[J].中国市政工程,2004(4):37-40,72.
- [3] 史慧婷.城市初期雨水收集与处理方法的探讨[J].城市道桥与防洪,2015(12):69-71.
- [4] 程江,吕永鹏,黄小芳,等.上海中心城区合流制排水系统调蓄池环境效应研究[J].环境科学,2009,30(8):2234-2240.
- [5] 王斑.城市初期雨水处理技术路线探析[J].中国资源综合利用,2018,36(5):31-46.
- [6] 张琼华,王晓昌.初期雨水识别及量化分析研究[J].给水排水,2016,52(S1):38-42.
- [7] 张辰,陈嫣,吕永鹏.《城镇雨水调蓄工程技术规范》解读[J].给水排水,2017,43(6):9-13.