

中心城某雨水泵站及初雨调蓄池提质增效探索

钱露

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要: 国家高度重视水污染工作,面对城市排水泵站的放江水质差的问题,上海规划新建设一批初雨调蓄池。泵站及调蓄池的设计应在进一步削减污染排放、充分对调蓄池内雨水处理和回用、最大程度综合利用土地等方面思考。以上海市中心城区某全地下排水泵站及初雨调蓄池为例,通过泵站海绵化改造、调蓄雨水就地处理、回水全面利用(喷泉景观补水、绿化浇灌、道路清洁)、景观提升开放等全方位改造,探索城市排水系统末端设施提质增效的方式方法。

关键词: 海绵改造;就地处理;景观提升;科普展示;初雨调蓄;公众开放

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)07-0140-04

0 引言

近年来,国家高度重视水污染控制工作。2015年4月,国务院印发了《水污染防治行动计划》,指出要按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”原则,强化源头控制,系统推进水污染防治、水生态保护和水资源管理。2018年6月24日,中共中央、国务院发布《关于全面加强生态环境保护,坚决打好污染防治攻坚战的意见》,要求加强城市初期雨水收集处理设施建设,有效减少面源污染。

《上海市城镇雨水排水规划(2020—2035年)》对于初期雨水控制、海绵城市建设也提出了一系列要求。上海市计划十四五期间建设283座泵站初雨调蓄池。

在水污染控制要求高、大量建设初雨调蓄池的背景下,关于泵站及调蓄池的设计如何进一步削减污染排放、如何充分对调蓄池内雨水处理和回用以及节水、如何最大程度综合利用土地,是需要思考探索的。

本文以上海市中心城区某排水全地下泵站及初雨调蓄池为例,介绍泵站及初雨调蓄池在强化源头控制利用海绵设施削减场地内污染物排放、利用就地一体化处理设施旱天进行初雨处理回用及雨天进一步提高截流标准、注重市民空间生态友好将全地下的市政设施与顶部开放式科普公园相结合等方面的探索,具体主要包括海绵化改造、就地一体化处

理、景观提升与科普宣传。

1 泵站及调蓄池简介

上海某排水系统服务面积约 1.88 km^2 。系统为分流制,雨水管渠设计重现期为3a一遇,综合径流系数为0.65。排水泵站位于系统西南角,地处黄浦滨江公共空间,黄浦滨江步道西侧。泵站为全地下式,总排水能力 $16.8\text{ m}^3/\text{s}$,雨水经泵站提升排入黄浦江。泵站设有截流设施截旱天混接污水至污水处理厂,截流能力 $0.18\text{ m}^3/\text{s}$;泵站内设置全地下调蓄池一座,调蓄池容量 $5\,500\text{ m}^3$,调蓄雨水在旱季放空至污水系统,见图1。

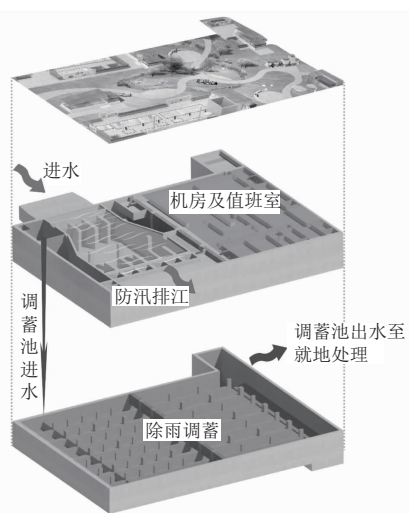


图1 泵站及调蓄池构造示意图

泵站2020年雨天放江水质中COD浓度存在超过 100 mg/L 的恶劣情况。泵站旱天截流污水平均COD浓度达到 300 mg/L 以上。

收稿日期: 2022-12-15

作者简介: 钱露(1990—),女,硕士,工程师,从事排水设计工作。

2 海绵化改造^[1,4]

探索厂站内海绵化改造源头削减污染物排放。在泵站现状绿地的基础上实施海绵改造,增设雨水花园、植草沟等海绵设施,源头削减雨水径流污染放江、延缓雨水径流峰值。兼顾海绵设施展示及景观效果提升等目标的有机统一。

2.1 海绵城市建设指标

本工程的海绵指标为年径流总量控制率 75%,对应设计降雨量为 22.2 mm,年径流污染控制率设定为 55%。人行道透水铺装率 100%,轻型荷载停车场及非机动车道透水铺装率不小于 70%。

2.2 海绵城市设计计算

源头减排设施设计调蓄量采用容积法按下式计算:

$$V = 10H\phi F \tag{1}$$

式中: V 为设计调蓄容积, m^3 ; H 为设计降雨量, mm 。本工程年径流总量控制率设定为 75%,对应设计降雨量为 22.2 mm; ϕ 为综合雨量径流系数,本工程海绵设计综合径流系数取值为 0.55; F 为汇水面积, hm^2 ,本工程为 0.505 6 hm^2 。

采用容积法计算,本工程所需有效调蓄容积约为 62 m^3 。

通过雨水花园和植草沟的布置,雨水径流控制量于可达到 69 m^3 ,满足 62 m^3 的总调蓄容积需求;雨水径流污染控制率满足 55%的要求,见表 1。

表 1 径流控制达标分析				
序号	LID 设施名称	设施规模	设施控制量	污染物去除率
1	雨水花园	116 m^2	34.8 m^3	80%
2	滞蓄型植草沟	115 m	34.5 m^3	70%
合计			69 $\text{m}^3 > 62 \text{ m}^3$	56% $\geq$ 55%

2.3 海绵城市设施选址与布置

泵站海绵设施布置见图 2。

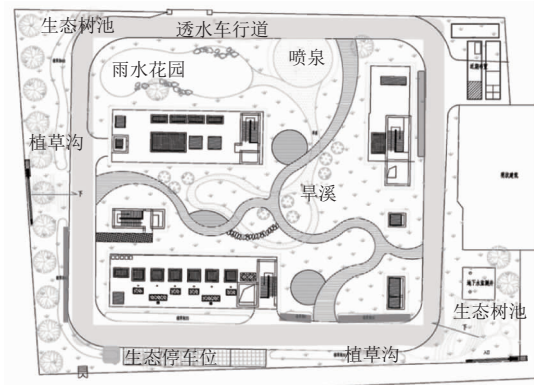


图 2 泵站海绵设施布置示意图

综合技术经济性、可行性考虑,本项目主要采用了雨水花园、植草沟、透水铺装、生态树池、生态停车位等海绵设施。

3 就地一体化处理^[2,3]

探索初雨调蓄池旱天就地处理排放。就地一体化处理装置旱天功能为处理调蓄池内储存的初期雨水或泵站截流的混接污水,进水接自初雨调蓄池或截流泵房集水池,初雨或混接污水经处理后出水排放,排放出路主要考虑三个方面:优先考虑再生水利用,近期主要用于泵站内新增的自动浇灌系统、道路冲洗、景观补水等,后期可考虑周边公园绿地需求;其次考虑通过出水井放江,此举需征求相关部门许可;最后考虑通过进水井截流排入污水系统。

处理装置雨天功能为调蓄池蓄满后,在不新增调蓄设施的情况下进一步提高截流标准、削减放江污染物,进水接自雨水泵房前池,初雨经处理后排放至泵站前池,经泵站提升放江。

3.1 设计进出水水质及规模

3.1.1 设计进出水水质

旱天结合泵站实际进水水质数据分析,设计进水水质采用典型生活污水水质。设计出水水质根据一体化处理出水回用的要求、考虑未来放江的情况,参照《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准,见表 2。

表 2 设计旱天进出水水质						单位:mg/L	
指标	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP	备注
设计旱天 进水水质	小于 300	小于 140	小于 200	小于 15	小于 25	小于 3.5	
设计旱天 出水水质	50	10	10		5	15	0.5

一级 A 出水经消毒基本可满足城市绿化、道路清扫等杂用水要求;一级 A 出水基本可满足河道类观赏、河道类娱乐以及景观湿地环境用水要求。对于湖泊和水景类观赏用水需求,出水需执行类四类水质标准,设备在气温低于 15℃时很难达到。

雨天进水水质较好,可适当增大设施处理水量,放宽排放要求,以最大限度削减放江污染。出水水质一般可达一级 B 标准,COD 去除率可达 70%,SS 去除率可达 80%~90%。

3.1.2 设计规模

泵站内可利用占地为东北角约 115 m^2 用地,结合处理设施模块化、标准化以及推广应用的需求,最大可布置规模为 150 m^3/d (旱天全流程),按回用水

量估算(见表3),设施每日运行8h,处理水量 $50\text{ m}^3/\text{d}$ 可满足需求。雨天进水水质较好,可测试放大规模至 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$ (雨天流程)。处理设施由三组($L\times B\times H$) $9.0\text{ m}\times 2.4\text{ m}\times 3.0\text{ m}$ 的模块组成。

表3 回用水量估算

序号	位置	面积/ m^2	用途	日用水量/ m^3
1	泵站绿化	2 700	浇灌绿化	8.1
2	泵站道路	1 100	冲洗道路	3.3
3	泵站景观	180	景观补水	14.9
合计		3 980	—	26.3

3.2 水处理工艺设计

一体化处理装置根据雨天和旱天的差异,设置两条工艺运行路线。通过对处理工艺段的运行组合形式的调整,可以使得其既能满足旱天环境下对于高污染物浓度,水量很小的处理需求,同时可以满足雨天环境下,高处理水量的要求,具有很强的灵活性。可根据需要,灵活调整。

在本应用中选择污水处理工艺主要原理为生物膜法,利用反应器内的叠片展开式微生物载体附着的微生物,构建生物接触氧化法处理工艺段,完成对有机物的降解、氨氮和总氮的去除。

3.2.1 旱天运行模式

旱天处理设备间断运行,每日运行时间8h,处理水量 $50\text{ m}^3/\text{d}$ 。进水泵(旱天)出水经预处理混凝沉淀池→生化反应器→高效沉淀池→消毒池处理后,满足出水及回用水质要求,见图3。

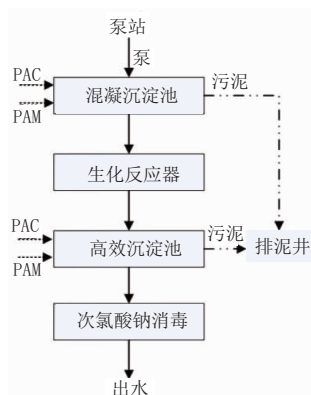


图3 旱天运行模式示意图

3.2.2 雨天运行模式

雨天处理设备连续运行,可满足 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 处理水量的要求。污水处理系统的运行模式由串联处理流程切换成并联处理流程。污水分三条支线分别处理。支线一:污水由进水泵(旱天)提升直接进入预处理混凝沉淀池,出水进入次氯酸钠消毒单元;支线二:污水由进水泵(雨天)提升直接进入高效沉淀池,

出水进入次氯酸钠消毒单元;支线三:污水由进水泵(雨天)提升直接进入生化反应器,出水进入高效沉淀池后再进入次氯酸钠消毒单元。雨天运行模式见图4。

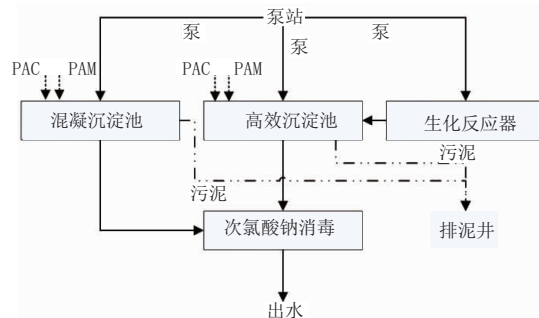


图4 雨天运行模式示意图

4 景观提升与科普宣传

在土地资源极度紧张的中心城区,市政设施与城市景观和谐、市民空间融合新的发展要求和趋势。泵站地处黄浦滨江,泵站及调蓄池为全地下建设,原为封闭管理的市政公共设施。结合“一江一河”规划和城市更新要求,项目利用泵站地上空间,结合周边环境以及泵站自身的水生态理念,将公共设施景观化、开放化。

4.1 “水文化”特色的景观提升

景观设计以“水的生命之旅”为主题,社会之水经过滤、净化后再次回归大自然的怀抱,向体验者展示水与自然更新重塑的生命过程。通过“落雨”喷泉水景、“曲水”自然旱溪、“云起”艺术雕塑的设计打造开放的景观视线通廊,塑造水景三部曲。同时将出地面的出入口、通风口等设施进行艺术化处理,改变市政设施刻板印象,见图5。

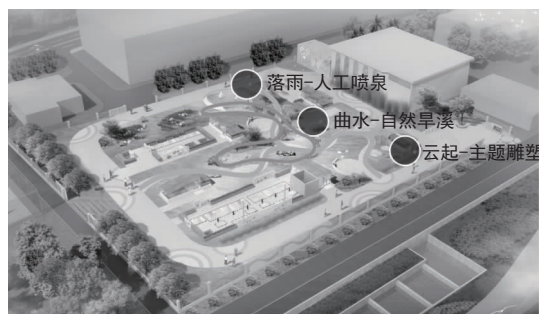


图5 景观设计示意图

通过新增艺术感的围挡以及现状建筑立面的艺术化处理,使生产区域与开放景观既有效分隔,又自然融合,成为游览视线上的积极因素。

4.2 公众开放的“水文化”科普公园

科普展示以围挡贴纸、设施彩绘、实体模型、宣传展板等为载体融入景观中,通过水环境治理科普

教育游览路线,串联“水生态”、“水科技”、“水文化”三个科普展示主题,生动有趣地向公众展示水生态海绵设施、水处理回用工艺和水文化景观小品等内容,见图 6。在提升市民游园感受之余,不断促进节水、护水理念的普及,塑造先进的城市生态环保公园典范、环境教育示范。



图 6 围挡贴纸及海绵设施宣传照片

5 效益分析

结合城市泵站及调蓄池的水量水质特点设置一体化处理装置,优先利用较污水水质好的雨水作为回用水源,投用以后运行效果理想,出水水质稳定达标。以旱天处理水量 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 探索,进水取自调蓄池内初期雨水或泵站截流的混接污水,初步测算旱天雨水资源处理回用并节水可达 $1.4 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,同时污染物减排可达 2.9 t COD/a 、 2.2 t SS/a 。未来结合周边公园绿地等使用需求,可进一步提高回用水量至 $4.2 \text{ 万 m}^3/\text{a}$;以雨天处理水量 $2\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 探索,在不

新增调蓄设施的情况下,就地处理可作为进一步提高截流标准的方法,未来处理规模可结合截流标准及实际条件等综合考虑后提高。

泵站海绵改造后景观环境明显提升,源头削减污染物的同时,与周边城市景观进一步融合。泵站对公众开放,以“水主题”为科普宣传特色,打造水环境治理科普教育游览路线,激发界面活力,吸引众多参观人流。

本次泵站及调蓄池改造以“海绵理念”、“调蓄+处理技术”、“景观提升+科普展示”为突破点,既加强源头径流污染控制、削减初雨放江污染,又实现雨水综合利用、市政设施与市民空间的融合,是排水系统末端设施(雨水泵站及初雨调蓄池)提质增效的全面探索,为泵站调蓄池等市政设施的建设提供参考。

参考文献:

- [1] 生骏,沈超,钱露.石洞口污水处理厂海绵化改造工程实践[J].中国给排水,2022,38(10):90-94.
- [2] 肖圻圻,陈鑫,周伟,等.喀斯特地区乡镇污水一体化处理技术效果分析[J].中国给水排水,2020,36(9):12-16.
- [3] 李昀涛.高效沉淀池合并用于深度处理与初雨处理研究[J].给水排水,2020(46):449-452.
- [4] 李志远,杨丽丽,郑博一.污水泵站工程中的海绵城市方案设计探讨[J].城市道桥与防洪,2019(5):178-183.

(上接第 139 页)

效提升地道桥区排涝能力,改善水环境质量,为城市的健康快速发展保驾护航。本文通过介绍该泵站的原位升级改造设计,以期给后续类似工程提供更多经验,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] GB/T 50014—2021,室外排水设计标准[S].
- [3] GB 51174—2017,城镇雨水调蓄工程技术规范[S].