

# 复杂地块条件下排水泵站与初雨调蓄池 合建项目设计

戴萍, 张辰, 羌金凤, 赵海洲

(中机国际工程设计研究院有限责任公司华东区域中心, 江苏 南京 210023)

**摘要:** 以浦南雨污水合建泵站为例, 对雨水泵站和初雨调蓄池组合形式的选择, 平面、竖向布置设计进行介绍。针对复杂地块条件下, 雨水泵房进水条件差的情况, 采用计算流体力学(Computational Fluid Dynamics, CFD)软件对进水条件雨水泵房进水流态进行优化, 同时对于实施项目所可能遇到的现状河道、重要市政管道、现状建筑物等, 提出因地制宜的保护措施。为配合项目实施, 利用模型软件进行项目辅助设计。

**关键词:** 复杂地块条件; 合建泵站; CFD流态分析; 现状设施保护

**中图分类号:** TV675

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2025)05-0152-04

## Co-construction Design of Drainage Pumping Station and Initial Rainwater Storage Tank under Complex Plot Conditions

DAI Ping, ZHANG Chen, QIANG Jinfeng, ZHAO Haizhou

(East China Regional Center, China Machinery International Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210023, China)

**Abstract:** Taking the Punan rainwater and sewage co-constructed pumping station as an example, the selection of rainwater pumping station and initial rainwater storage tank co-construction form, and the design of its plane and vertical layout are introduced. Aiming at the poor influent situation of rainwater pump house under complex plot conditions, the computational fluid dynamics (CFD) software is used to optimize the influent flow pattern of rainwater pump house under the inflow condition. At the same time, the protection measures according to the local conditions for the existing watercourses, important municipal pipelines and existing buildings possibly encountered in the implementation of the project are proposed. In order to cooperate the project implementation, the modeling software is utilized for the auxiliary design of the projects.

**Keywords:** complex plot conditions; co-construction of pumping station; CFD flow pattern analysis; protection of current facilities

## 0 引言

在气候变化的大背景下, 近年来国家对城市内涝安全日益重视, 出台了一系列的政策和规定。上海市作为我国经济最发达的直辖市, 积极响应国家政策要求, 在最新编制的《上海市城镇雨水排水规划(2020—2035年)》中, 要求全市雨水排水标准从现状1 a一遇为主提高到3~5 a一遇, 并满足50~100 a一遇暴雨不成灾的内涝防治标准, 以确保地区防汛排水安全。建设标准的提高也带来了工程难度的增加, 各种大口径雨水管道和大型雨水泵站项目层出

不穷, 新建雨水泵站项目还需配套初雨调蓄池建设, 而上海市作为一个高度现代化的都市, 地上和地下的土地资源都非常紧张, 因此新建项目的土地规划条件往往带有各种外部条件限制, 对于在复杂地块条件下排水泵站项目设计方案谋划, 将会提出更高的要求。有鉴于此, 以上海浦南雨污水合建泵站设计为例, 探讨在复杂地块条件下, 城市雨水泵站、污水泵站和初雨调蓄池合建的优化设计和分析方法, 以为类似工程项目提供参考。

## 1 项目概况

浦南雨水泵站和初期雨水调蓄池服务于浦南排水系统, 汇水面积约1.01 km<sup>2</sup>, 系统暴雨设计重现期 $P=5$  a, 雨水泵站设计规模16 m<sup>3</sup>/s, 初期雨水调蓄池

收稿日期: 2024-05-09

作者简介: 戴萍(1984—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事市政给排水设计工作。

有效容积 3 650 m<sup>3</sup>;污水泵站服务于闵行区外排白龙港污水厂片污水系统中北片外排泵站区域,规划平均日污水量 3.3 万 m<sup>3</sup>/d;泵站内设置旱流截污泵房,截污量为雨水服务范围内旱流污水量的 20%,约 1 120 m<sup>3</sup>/d;降雨过后,另有系统内新梅调蓄池共计 2 640 m<sup>3</sup>雨水经污水管网进入新建浦南污水泵站。本项目进站雨水总管管径为 DN2700,污水总管管径为 DN800,站内污水经泵提升后接入 DN2400 苏州河六支流南线总管,最终进入白龙港污水处理厂。

2 建设条件

由于区域选址困难,经多方案比选,由控规最终确定浦南合建泵站建设于上海市闵行区淀浦河南侧、规划杨水路西侧地块。泵站建设用地总面积 7 104 m<sup>2</sup>,分为两部分,其中南侧 3 032 m<sup>2</sup>为规划给定的雨污水处理用地,地上地下空间均可利用,北侧 4 072 m<sup>2</sup>实际为公共绿地,仅可利用地下空间,在上部设置必要的通风孔、采光孔、检修通道等。项目红线左侧紧靠中横沥南泵闸,雨污水进水总管需穿越北横泾进入泵站,施工中对中横沥南泵闸防汛墙会产生破坏,雨污水合建泵站主体距中横沥南泵闸辅助用房约 17 m,排水箱涵处有一根  $\phi$ 529 中压燃气管道无法改迁,方案设计需考虑对这两项设施的保护。另该项目南侧有现状正在使用的闵行区外排白龙港污水厂片污水系统中北片外排泵站,待该项目污水泵站建成投运后,该泵站才能拆除,因此在该项目施工过程中,需对该外排泵站的配电间、供电电缆采取保护措施。泵站总平面图见图 1。

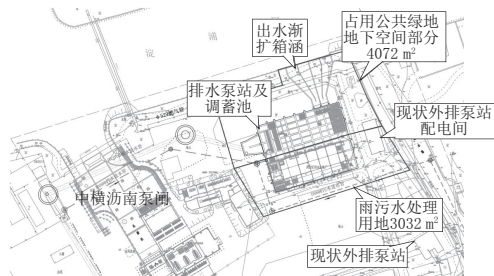


图 1 泵站总平面图

3 排水泵站与初雨调蓄池布置

3.1 泵站与调蓄池组合形式的确定

该项目用地北侧紧靠淀浦河,且用地占用公共绿地部分属于淀浦河南侧沿河景观绿带的一部分,上部要求恢复绿化,用地南侧未来规划为高标准研发用地,项目整体景观要求高,因此采用全地下建设

形式。目前全地下排水泵站和初雨调蓄池组合形式主要分为“平铺设置式”和“上下叠加式”两种<sup>[1]</sup>。“平铺设置式”的优点是整体基坑浅,施工难度小,工程投资少,景观效果好(调蓄池上可设置绿化),缺点是占地面积较大。“上下叠加式”的优点是占地面积小,缺点是基坑深度大,增加施工难度和工期,工程投资较多。综合考虑该项目邻近重要市政设施较多——泵闸、燃气管、现状外排泵站配电间等,方案从降低施工难度和确保安全性角度考虑,推荐采用“平铺设置式”。

3.2 平面布置

排水泵站及初雨调蓄池下层平面布置见图 2,构筑物整体平面尺寸为 53.1 m×42.4 m,由南自北,由东往西依次为初雨调蓄池、污水泵房、雨水泵房、旱流截污泵房和联合进水廊道,在初雨调蓄池和污水泵房上部建设本项目配套管理用房。

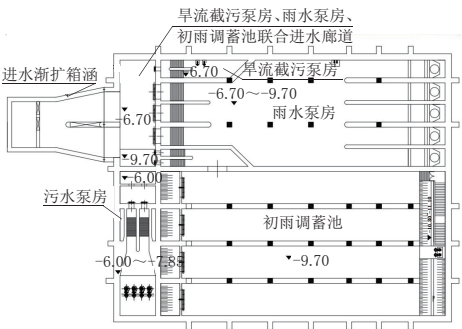


图 2 下层平面布置图

初雨调蓄池内共设置 4 条冲洗廊道,廊道长度约 37.4 m,宽度为 5.1 m,坡度为 1.5%,采用门式冲洗系统,冲洗门尺寸为 3.0 m×0.4 m。初雨调蓄池放空时间取 24 h,设置 2 台潜水离心泵,1 用 1 备。污水泵房内配置 2 台回转式格栅除污机,4 台潜水离心泵,3 用 1 备。雨水泵房内配置 3 台钢丝绳牵引式格栅除污机,5 台轴流泵。设计时合理利用雨水泵房与构筑物壁板之间的空隙,设置一座旱流截污泵房。考虑到旱流截污泵房、雨水泵房、初雨调蓄池均通过雨水进水渐扩箱涵来水,设计旱流截污泵房、雨水泵房、初雨调蓄池联合进水廊道,通过闸门的切换满足不同工况下的运行要求。针对共用进水廊道,且汛期雨水泵房进水闸门要求常开的情况下,如何让初雨进入初雨调蓄池,设计考虑措施如下:一是公共进水廊道底标高采用“错落式”,初雨调蓄池侧的进水廊道底标高低于雨水泵房侧约 3 m;二是初雨调蓄池进水闸门低于雨水泵房进水闸门 2.9 m,且雨水泵房进水处闸门安装高度高于进水廊道底 0.4 m,起到阻挡一

部分初雨进入的作用;三是设计初雨调蓄池最高水位采用雨水泵房启泵最低水位。

### 3.3 竖向布置

该项目合建排水泵站及初雨调蓄池竖向布置见图3、图4。地下一层为设备层和格栅井,其中设备层放置除臭设备,并设置消防泵房,空间净空约4.4 m,中板标高为-1.20 m,设备层中板均采用压力盖板与下方池体隔绝,避免事故时下部水位上升漫溢至设备层影响设备运行安全。格栅处由于无法完全封闭,因此在保证上部覆土要求和格栅安装要求的前提下,格栅井处标高局部抬高至0.10 m,以降低格栅处雨水漫溢的风险。雨水泵房、初雨调蓄池底板标高均为-9.70 m,调蓄池放空区局部落深至-12.10 m。污水泵房集水池容积较小,无需与雨水泵房和调蓄池同底,且考虑污水泵房太深会增加格栅长度,进而增加设备造价和检修难度,因此污水泵房处底标高垫高至-7.85 m。

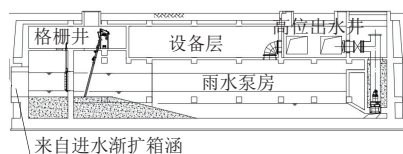


图3 雨水泵站剖面图

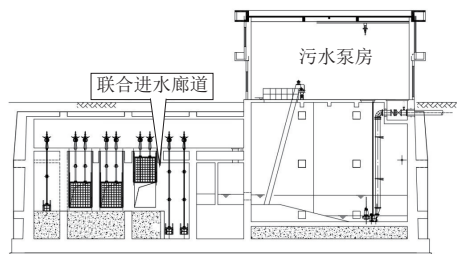


图4 污水泵站剖面图

## 4 雨水泵房进水流态优化

该项目雨水泵站规模较大,良好的进水流态对于保证雨水泵的稳定运行至关重要,但受制于用地条件限制,该项目雨水进水存在一定不利因素。项目雨水进水管为斜向进入,与雨水进水渐扩箱涵呈 $59^\circ$ 夹角,雨水在进入箱涵内部后,极易导致主流偏离,形成旋涡。通过计算流体力学(Computational Fluid Dynamics, CFD)的模拟,分析进水箱涵和雨水泵房前池流态,提出整流方案,以利于泵站机组稳定高效运行。

原设计方案和优化方案的流速分布图见图5。可以看出,在优化前,进水存在明显的偏流现象,进水主要通过渐扩箱涵下部进入进水廊道,而雨水泵

房集水池内则是上部进水较多,部分进水还会回转至进水箱涵,形成旋涡。考虑优化措施如下,由于进水管角度无法调整,将原来均分的2个廊道通过设置隔墙,在进水箱涵上部通过不均匀开孔的方式,校正进水尽量均匀流向雨水泵房集水池,优化后通过软件模拟发现,该方案可有效缓解雨水泵房集水池内部的偏流和进水廊道内的回旋现象(见图6)。

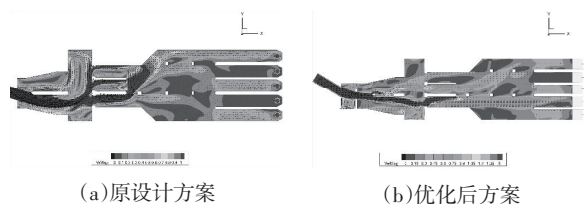


图5 距池底 $Z=4$  m处水平截面流速分布

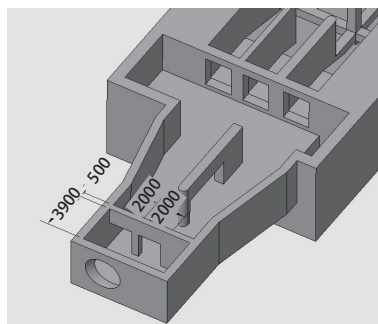


图6 进水箱涵开孔示意图

## 5 穿越防汛墙的保护设计

该项目雨污水进水总管需穿越北横泾,对北横泾的防汛墙造成破坏,现状北横泾防汛墙为钢筋混凝土结构,底部为钢筋混凝土承台,承台下部为两排钢筋混凝土钻孔灌注桩,河道西侧灌注桩直径为 $\phi 800$  mm,河道东侧灌注桩直径为 $\phi 950$  mm,河道东侧双排灌注桩中间还有 $\phi 850$  mm三轴水泥搅拌桩止水加固。由于该项目雨水管口径较大,在顶管穿越北横泾过程中,对两侧防汛墙的破坏影响较大,在设计中除需考虑管道能顺利穿越河道防汛墙外,也要采取相应措施,保证防汛墙的安全。

设计拟在顶管施工前拆除顶管范围内的桩基,并在两侧增打6根 $\phi 950$ 钻孔灌注桩,采用围堰开挖的方式,在桩顶设置钢筋混凝土承台,并在顶管施工前对该处防汛墙下部进行土体加固处理,顶管施工完成后,进行整个穿越段的注浆加固,并对防汛墙下部进行补浆,确保泵闸及防汛墙的正常使用和安全。

## 6 对泵站周边相关设施的保护设计

泵站出水箱涵开挖施工过程中,不可避免会与

现状燃气管交叉,且燃气管线横穿整个出水箱涵基坑,为减小基坑工程施工对燃气管线的影响,设计采用架空方案保护。合建泵站基坑靠近现状污水泵站供电的配电间和中横沥南泵闸管理用房,设计在被保护对象临基坑侧设置 600@750 钻孔灌注桩隔离保护,减小基坑开挖对周边的影响。

7 软件辅助设计

考虑到项目的复杂性,该项目采用相应软件辅助设计。

BIM 模型可三维动态展示各专业设计方案,准确反映设计意图,提高设计效率,通过碰撞检查,提前发现设计存在的碰撞问题,提高设计质量<sup>[2]</sup>。该项目的 BIM 设计模型如图 7 所示。

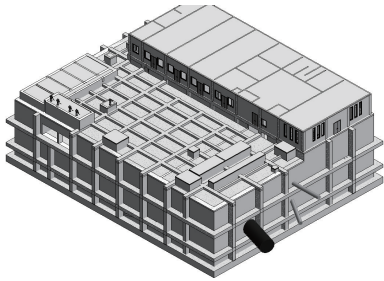


图7 BIM 模型

该项目同时采用 InfoWorks ICM 模型软件对设计方案进行验证,在 5 a 一遇设计降雨强度下,区域积水问题得到极大改善,5 a 一遇情况下积水面积削减量达到 97.3%,且积水和冒溢问题主要发生在未改造区域。设计降雨 5 a 一遇最大积水分布图见图 8。

8 工程投资及效益

该项目工程总投资约 4.23 亿元,其中排水泵站和初雨调蓄池工程费约为 1.96 亿元,配套管道工程工程费约 0.6 亿元。

该工程雨水泵站建成后可将区域由重力自排区改造为强排区,排水能力 16 m<sup>3</sup>/s,暴雨重现期由 1 a

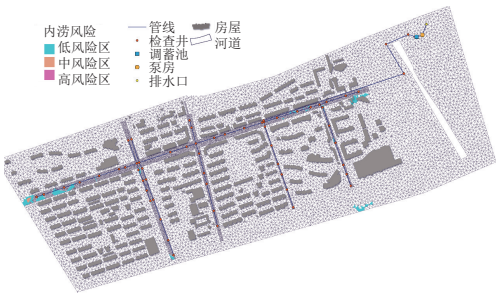


图8 设计降雨 5 年一遇最大积水分布

一遇提升至 5 a 一遇,初雨调蓄池建成后预计年削减 COD 约 52 t, TN 约 1.6 t, 收获良好的环境效益、社会效益。

9 结 语

该项目新建的雨污水泵站和初雨调蓄池是地区防汛排涝和保护水环境的重要基础设施。考虑到项目周边设计需保护的重要市政设施较多,采用排水泵站与调蓄池平行布置的组合形式,以减小基坑开挖深度,降低对周边设施的影响。对于受用地条件的限制所带来的进水易偏流的问题,该项目采用 CFD 软件对雨水泵站进水渐扩箱涵和集水池流道进行三维仿真模拟及流态分析,通过改造渐扩箱涵内部开孔位置作为整流优化方案。泵站雨污水进水总管穿越北横泾时对现状防汛墙会造成破坏,采用先拔桩,再补桩,施工完成后再土体加固的方案以保护现状防汛墙的安全。对于出水箱涵开挖过程中会碰到的燃气管道,施工过程中邻近的建筑物等,设计方案均考虑妥善的保护措施。

该项目对同类复杂地块条件下的排水泵站和调蓄池组合建设项目的的设计具有借鉴意义。

参考文献:

[1] 梁飞鹏,谭显英,顾潇.某大型雨水泵站与调蓄池合建工程设计[J].城市道桥与防洪,2021,6(266):146-150.  
[2] 王坤.全地下雨水泵站及初雨调蓄池工程设计[J].中国给水排水,2024,40(2):82-86.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: [roadbridgeflood@163.com](mailto:roadbridgeflood@163.com)

