

# 一种集约式雨水泵站及初雨调蓄池设计方案

王媛,施萍,魏金豹

(上海勘测设计研究院有限公司,上海市 200233)

**摘要:**针对地区雨水排水系统的提标改造及控制地表径流污染,结合上海市某雨水泵站及初雨调蓄池工程的设计案例,介绍雨水泵站及初雨调蓄池的工艺流程、设计规模、设计方案、运行工况等要点。结合泵站选址条件和城市规划要求,提出泵站、初雨调蓄池一体化集约布置的设计方案,以及封闭空间开放管理的运行理念,力求经济合理地利用土地,提高土地综合利用价值,同时满足城市空间环境景观与功能形态相一致的要求。

**关键词:**初雨调蓄池;雨水泵站;集约式;开放式

中图分类号:TV121+.2

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)08-0276-04

## 0 引言

地块现状雨水排水系统为自排系统,设计重现期为1a一遇标准,降雨时因受河道水位托顶等因素的影响,排水不畅易涝积水,因此规划变更为雨水强排系统。同时,为提升区域水体环境的质量,亟需对初雨进行截流处理,以期减少对水体环境的污染负荷。面对暴雨等极端天气趋于频发的气候形势,以及国家和本市对于排水防涝标准的新要求,迫切需要站在全区和战略的高度,以保障安全、明确布局、提高标准为重点,完善区域综合排水防涝体系,提高区域排水防涝能力,提升区域水体环境质量。

本文结合上海市某雨水泵站及初雨调蓄池的设计案例,阐述在选址条件有限的情况下集约布置雨水泵站及初雨调蓄池的各个功能区,同时对方案进行创新性分析,为今后城市雨水泵站及初雨调蓄池的优化设计提供理论和技术借鉴。

## 1 工程概况

本工程位于上海市,依据上位规划,片区雨水排水系统由自排系统改为强排系统,片区内新建雨水泵站1座,规模为 $12.4\text{ m}^3/\text{s}$ ,新建初雨调蓄池1座,有效容积为 $3\ 300\text{ m}^3$ ,雨水泵站与初雨调蓄池采用上下叠的结构形式。泵站所属雨水排水系统服务面积为 $1\text{ km}^2$ 。

收稿日期:2023-08-15

作者简介:王媛(1988—),女,硕士,工程师,从事市政给排水设计工作。

## 2 主要设计标准

泵站所属片区排水体制采用雨、污水分流制。设计暴雨重现期 $P=5\text{ a}$ 。根据《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)<sup>[1]</sup>,用于分流制排水系统径流污染控制时,雨水调蓄池的有效容积可按式(1)计算:

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

式中: $V$ 为调蓄池有效容积, $\text{m}^3$ ; $D$ 为调蓄量, $\text{mm}$ ,按降雨量计,依据上位规划,初雨截流标准为合流制 $11\text{ mm}$ ,分流制 $5\text{ mm}$ ; $F$ 为汇水面积, $\text{hm}^2$ ; $\Psi$ 为径流系数,根据控规测算出综合径流系数为 $0.6$ ; $\beta$ 为安全系数,取 $1.1\sim 1.5$ 。

各参数取值: $D=5\text{ mm}$ , $F=1\text{ km}^2$ , $\Psi=0.6$ , $\beta=1.1$ ,计算得出初雨调蓄池的有效容积为 $3\ 300\text{ m}^3$ 。

## 3 雨水泵站设计方案

### 3.1 总体工艺流程

拟建泵站外规划DN2700雨水干管和DN2000雨水干管,分别接入进水闸门井,汇合后通过 $4\text{ m}\times 2.7\text{ m}$ 箱涵至格栅井。雨水经格栅井内的格栅阻拦固体颗粒后,优先进入初雨调蓄池,待收集到 $5\text{ mm}$ 初期雨水后,初雨调蓄池闸门关闭,雨水进入雨水泵房,经泵提升后排入北泖泾。初期雨水通过排空泵错峰排放,经站内污水管接入市政道路DN800污水管排放,最终进入污水处理厂。雨水泵站及初雨调蓄池工艺流程如图1所示。

### 3.2 总平面设计

城市用地逐年趋于紧张,结合城市规划及片区现

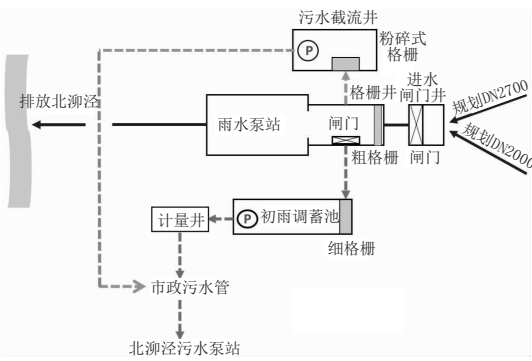


图1 雨水泵站及初雨调蓄池工艺流程图

状土地所属情况,选址定于南乐路—东柳泾路—北柳泾所围的楔形绿地内,现状绿地正中有一条宽15 m公共通道,供附近企业员工通行。根据规划选址批复,本工程雨水泵站用地面积2 153 m<sup>2</sup>。地块内现状公共通道在项目建成后需原位恢复。泵站选址如图2所示。



图2 泵站选址

公共通道将泵站分为南北两个区域,通道两侧设置围墙,泵站环形道路也因此隔断,隔断处设置大门,便于后期运行管理。在泵站南侧新增宽4 m便道,供施工及设备检修期间公共通道封闭时人员临时通行。泵站内主要构(建)筑物包括进水闸门井、格栅井、雨水泵房、初雨调蓄池、压力出水井、出水箱涵及排放口、值班管理用房、变电所、大门及围墙等。站内除构(建)筑物和道路外,其它空地按海绵城市建设。地上建筑及设施分布如图3所示。



图3 雨水泵站总平面布置图

### 3.3 工艺设计

#### 3.3.1 雨水进水管及出水箱涵

泵站外规划DN2700雨水干管和DN2000雨水

干管,分别自东柳泾路南北两侧接入泵站。

雨水泵房出水渐扩箱涵接入北柳泾,为实现水流平稳,避免出现涡流,以利于水泵发挥最佳性能,设计箱涵出口断面设计流速为0.25 m/s,淹没出流。新建出水渐扩箱涵的断面尺寸为高×宽=6.8 m×3.1 m~16.8 m×3.1 m,长度约40 m。箱涵出水口两端设“排水口”和“禁止停泊”警示牌。

#### 3.3.2 雨水泵站及初雨调蓄池

考虑到泵站用地面积有限、形状不规则,且选址正中央公共通道需保留,本工程主体工艺采用集约型结构设计,泵站各个功能区为一个结构整体,并采用地下连续墙与维护形式<sup>[2]</sup>。主要功能区有粗格栅井、雨水泵房、污水截流井、泵房出水压力井、初雨调蓄池进水细格栅间和初雨调蓄池。雨水泵房设计详如图4和图5所示。

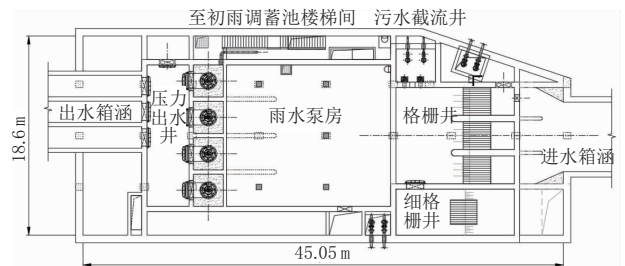


图4 雨水泵房平面布置图

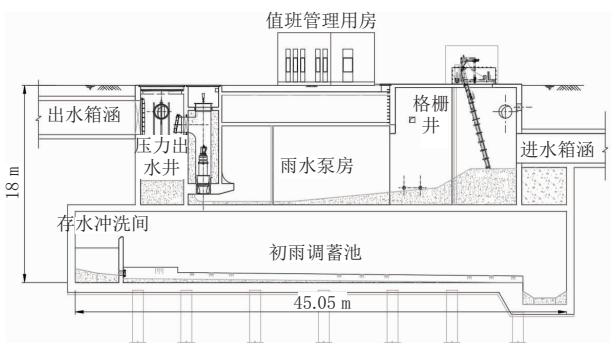


图5 雨水泵房剖面图

#### (1) 格栅井设计

格栅井内设置3套粗格栅,流道宽度2.6 m,格栅安装角度75°,栅条间隙70 mm,设计过栅流速≤0.8 m/s,经格栅拦截的垃圾,由地面轨道型移动式格栅除污机收集后外运。栅后设置1套至初雨调蓄池的速闭铸铁闸门,要求2 min内启闭<sup>[3]</sup>,闸门开孔尺寸为1 600 mm×1 200 mm,闸门常态为关闭状态,收到降雨信号时开启,初雨调蓄池高水位报警后关闭速闭闸门,闸门控制与初雨调蓄池内部液位连锁。

#### (2) 雨水泵房设计

泵房设计为半地下式,上部建筑为值班管理用房及15 m宽公共通道,下部雨水泵房工艺内尺寸

13.2 m × 18.5 m, 集水池内设置 4 台潜水轴流泵, 单泵性能:  $Q=3.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $H=6.42 \text{ m}$ ,  $N=355 \text{ kW}$ 。

为方便雨水泵房水泵日常试水, 设置 DN1200 回笼水管 1 根。

### (3) 污水截流井设计

污水截流井位于格栅井北侧, 内设 2 套污水截流泵, 1 用 1 备, 单泵性能:  $Q=36 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=16 \text{ m}$ ; 2 套粉碎式格栅, 1 用 1 备, 格栅间隙 20 mm。旱季初雨调蓄池进水闸门关闭, 雨水管道中的混接污水进入栅井后, 进入北侧的污水截流井, 污水经提升后至泵站污水管网, 最终经污水泵站提升后至污水处理厂处理达标排放。旱季截污量按照地区污水量的 20% 计算, 若水量过大, 可同时开启备用泵。

### (4) 压力出水井设计

压力出水井工艺内尺寸为 3.95 m × 13.20 m。内设 4 台浮箱拍门; 1 座  $\phi 1200$  下开式液压钢闸门, 供泵站试水时使用; 3 座 1600 mm × 3100 mm 下开式液压钢闸门, 为泵站出水闸门, 检修时使用。液压闸门配套液压站, 布置在围墙内, 液压采用油压。

其中,  $\phi 1200$  下开式液压钢闸门常态为关闭状态, 雨水泵试水期间,  $\phi 1200$  闸门开启, 同时进水井内闸门关闭, 外河水通过回笼水管回流至泵房集水池。当集水池水位超过最低水位后, 压力井内 3 座出水闸门关闭, 再分别单独开启每一台雨水泵试水。

3 座 1600 mm × 3100 mm 下开式液压钢闸门常态为开启状态。泵站检修期间及试水期间, 3 座闸门关闭, 同时进水井内闸门关闭, 雨水泵站内存水通过移动式排水泵清空后, 泵站可进行检修。

### (5) 初雨调蓄池及进水细格栅间设计

#### a. 细格栅间

初雨调蓄池进水按照  $\leq 30 \text{ min}$  完成进水设计。

粗格栅后截流初雨, 收到降雨信号后, 至初雨调蓄池进水闸门开启, 初雨截流至细格栅间, 细格栅间隙 20 mm, 过栅后进入初雨调蓄池, 初雨调蓄池内设置进水消能措施。

#### b. 初雨调蓄池设计

初雨调蓄池与雨水泵房采用上下合建的结构形式。内尺寸为 45.05 m(长) × 18.60 m(宽), 内底埋深 18 m, 净深 6.50 m, 有效水深 5.30 m, 池顶设置通向地面的吊装及检修、通风孔。考虑安全性, 调蓄池内部不做楼梯, 检修人员通过软梯进入调蓄池内部。初雨调蓄池内设置 4 条长廊道, 每条廊道的宽度为 4.20 m。4 条长廊道末端设置一条短廊道, 廊道宽度为 4 m,

水池放空时将初期雨水导流至排空泵坑<sup>[4]</sup>。

#### c. 沉砂区设计

通过调研发现, 已建初雨调蓄池底部大多泥砂淤积严重且去除困难。因此, 参考国内外初雨调蓄池运行经验, 本案例中增加了沉砂功能区的设计<sup>[5]</sup>。使调蓄池中的第一根廊道, 除了本身的储水作用, 兼做沉砂功能区, 用于去除进水中的部分颗粒。沉砂区沉积的泥砂, 通过吸砂泵抽吸去除, 配置 2 台排砂泵, 同时在泵站内配套设置 1 套砂水分离装置, 分离后泥砂送至通沟污泥厂, 污水通过污水管网输送至污水处理厂处理。

#### d. 初雨调蓄池放空设计

初雨调蓄池内的初期雨水通排空泵错峰提升排入市政污水管网, 输送至污水处理厂。根据上位规划及市政污水管道的接纳能力, 初期雨水按照 24 h 排空设计。排空泵坑设置 2 台潜水泵, 1 用 1 备, 单泵性能:  $Q=140 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=22 \text{ m}$ 。

#### e. 初雨调蓄池冲洗系统设计

初雨调蓄池内每条廊道配置 1 套 2800 mm × 400 mm 门式冲洗系统, 调蓄池放空后, 由泵站运行人员开启。考虑到小雨时冲洗水槽水量可能不足, 达不到冲洗效果, 设置二次补水系统, 补水接自泵站内给水管。调蓄池冲洗门设置检修吊装孔, 因场地限制, 本工程 4 个冲洗门仅设置 1 个吊装孔, 共用 1 个吊装孔。初雨调蓄池平面布置图如图 6 所示。

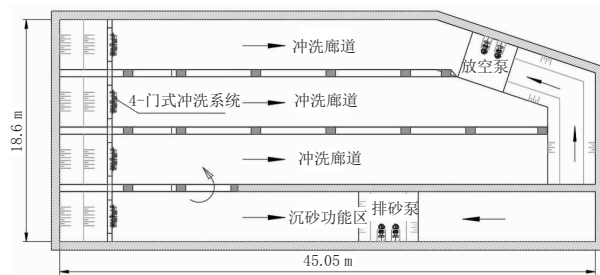


图 6 初雨调蓄池平面布置图

## 3.4 运行模式

### 3.4.1 雨水泵站运行调度

雨水泵控制方式采用液位控制。集水池液位控制设置 4 个水位信号, 最低水位、最高水位、平均水位、低水位报警(水泵最小淹没水位)。当集水池的水位超过最低水位时, 下达开泵指令, 根据水位情况依次开启 1~4 台水泵。液位低于最低时应停泵, 低于水泵最小淹没水位时, 应报警并强制停泵。1 台水泵开启后, 将集水池水位控制在最低水位和平均水位之间, 若水位持续上升, 则逐台增开水泵, 达到最高水



位时应4台水泵全开。

雨水泵组的使用应遵循等利用率原则,即累计运行时间最长的水泵优先考虑停止,累计运行时间最短的水泵优先考虑开泵。当某台水泵故障时自动切换其他正常水泵投入运行。

### 3.4.2 初雨调蓄池运行调度<sup>[6,7]</sup>

#### (1)旱天截污运行工况

旱天时,至初雨调蓄池速闭闸门关闭,混接污水通过雨水泵房进入格栅井,格栅后混接污水流至污水截流井,截污泵开启,经提升后排入站内污水管,纳入市政道路污水管。若混流污水量过大,同时开启备用泵。

#### (2)初(小)雨运行工况

降小雨时,收到降雨信号后,至初雨调蓄池速闭闸门打开,截流初期雨水流至初雨进水细格栅层,进入初雨调蓄池。

#### (3)大雨运行工况

降大雨时,收到降雨信号后,至初雨调蓄池速闭闸门打开,截流初期雨水流至细格栅层,进入初雨调蓄池。初雨调蓄池内水位到达高水位时,要求速闭闸门在2 min内迅速关闭,后续雨水进入泵房集水池,经提升后排放至北柳泾。

#### (4)连续降雨下的运行工况

由于径流污染存在明显的初期冲刷效应,初期雨水污染较严重,但后期雨水较为清洁。对于连续降雨的工况,待调蓄池达到设计池容后,后续雨水按清洁雨水考虑,不进入调蓄池调蓄,可直接进入雨水集水池,经提升后排河。

## 4 创新性分析

### (1)总平:泵站整体集约化设计

雨泵站及初雨调蓄池主体采用一体化结构设计,多种功能性工艺模块集约化布置。减少用地面积,提高土地使用率。

### (2)初雨调蓄池:增设沉砂功能区

设计方案中增加了沉砂功能区,在不增加初雨调蓄池有效容积的基础上,可去除一定比例的泥砂,有利于后续污水厂生化处理和污泥处置,以及减轻

管道淤堵。

### (3)雨水泵站开放式管理

项目以工艺设计总体布局为要求,以集约化设计为指导思想,服从城市总体规划布局,满足城市空间环境景观与功能形态要求。泵站正常运行期间,内部道路及公共通道均对外开放,内部道路设备侧采用可移动绿植作为围墙阻隔外部人员进入设备区,做到封闭空间的开放管理,以生态花园的形式对外展现,泵站环境以和谐、清新为出发点,从而贴近自然,融入环境。

公共通道下部为雨水泵房,地面设置水泵检修盖板。在泵站检修期间,公共通道需要临时封闭。在封闭期间,人员仍可通过泵站2条内部道路及泵站南侧便道通行,在保证附近企业人员正常通行的前提下完成泵站日常运行及检修。

## 5 结语

本项目建成后可明显减少排入河道初期雨水量,在降雨期间减轻河道水体污染,改善地区水环境质量。本工程结合地块现状条件,雨水泵站半地下设计,将市政设施与城市景观结合设计,做到封闭空间的开放管理。

初雨调蓄池在不增加有效容积的基础上,设置沉砂功能区,以减轻泵站运维工作,该部分设计可为后续类似项目提供借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
- [2] 卢文凯.天津合作示范区雨水泵站及初雨调蓄池设计[J].城市道桥与防洪,2022(11):125-128.
- [3] 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,2021,47(6):50-54,60.
- [4] 吴海涛,闫爱萍,曾详国,等.分流制排水系统中组合式初雨调蓄池的设计与优化[J].中国给水排水,2020,36(12):107-110.
- [5] 何慧彬,黄紫龙.流域水环境治理中初雨调蓄池的功能及应用[J].水利规划与设计,2022(2):64-67,118.
- [6] 邱超.分流制排水系统中初雨调蓄池的方案研究[J].城市道桥与防洪,2022(8):99-101.
- [7] 王坤.南淝河某区域初雨调蓄池及排涝泵站设计[J].中国市政工程,2022(5):105-107.