

某建成产业园区雨水泵站与初雨调蓄池叠建设计

赖参森^{1,2}, 路涛^{1,2}, 王瑞^{1,2}

(1. 天津市市政工程设计研究总院有限公司, 天津市 300392; 2. 天津市基础设施耐久性企业重点实验室, 天津市 300392)

摘要: 以天津市滨海新区某已建成产业园区雨水泵站与初期雨水调蓄池叠建设计为例, 从系统的布局、进水方式以及控制方案等方面进行探索, 旨在实现节约土地、减少设备、降低投资以及确保排水系统安全运行的目标。采用上下叠建模式, 初期雨水调蓄池和雨水泵房共用一套进水闸井和进水格栅井, 在格栅井后、集水池前设置初期雨水截流沟以便有效收集初期雨水, 初期雨水被导入下层初雨调蓄池; 通过浮筒阀对调蓄池的水位进行自动控制, 确保调蓄池的水量管理合理; 中后期雨水由泵站提升外排。即便突发暴雨, 超标雨水可瞬间超越初雨截流沟进入集水池, 通过水泵外排, 确保区域排水顺畅。

关键词: 叠建; 初雨截流沟; 初雨调蓄池; 浮筒阀; 雨水泵站

中图分类号: TU992.25

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)06-0226-04

Superimposed Design of Rainwater Pumping Station and Initial Rainwater Storage Tank in a Built Industrial Area

LAI Cansen^{1,2}, LU Tao^{1,2}, WANG Rui^{1,2}

(1. Tianjin Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300392, China; 2. Tianjin Enterprise Key Laboratory of Infrastructure Durability, Tianjin 300392, China)

Abstract: Taking the superimposed co-construction design of rainwater pumping station and initial rainwater storage tank in a built industrial area of Tianjin Binhai New Area as an example, the layout, influent pattern and control scheme of the system are explored in order to achieve the purpose of saving land, decreasing equipment, reducing investment and ensuring safe operation of drainage system. In this project, the up-and-down superimposed method is adopted. The initial rainwater storage tank and the rainwater pump house share a set of intake sluice well and intake grid well. An initial rainwater intercepting ditch is set in front of the rainwater collection tank behind the grid well to effectively collect the initial rainwater. The initial rainwater is introduced into the lower initial rainwater storage tank. The rainwater level of the storage tank is automatically controlled through the float valve to ensure the reasonable flow management of the storage tank. In the middle and late stages, the rainwater is lifted by the pumping station and discharged out. Even if there is a sudden rainstorm, the rainwater exceeding the standard can instantly exceed the initial rainwater interception ditch, enter the rainwater collection tank, and be discharged out by the rainwater pump to ensure the smooth drainage in the area.

Keywords: superimposed construction; initial rainwater intercepting ditch; initial rainwater storage tank; float valve; rainwater pumping station

0 引言

现代城市建设中, 分流排水系统的比例逐渐提高, 这在很大程度上满足了城镇防洪和排涝的需求, 并有助于减小城镇径流污染。然而, 随之带来的问题是, 初期雨水直接排入城镇水体成为造成水体污

染的主要因素之一^[1]。对于初期雨水引发的水污染, 工程上可采取的控制策略包括源头削减、过程管理和末端处理等^[2]。在有条件的情况下, 应当从系统的源头进行分散式管理, 最大程度地提升设施的使用效果。而对于那些已建成、且缺乏条件进行源头减排设施建设的区域, 建议利用模型分析服务范围内雨水径流的污染特征, 灵活地在排水管网的中

间段或者末端设置初期雨水调蓄系统^[3-5]。

针对已建成区初期雨水调蓄系统的设置, 通常

收稿日期: 2024-12-05

作者简介: 赖参森(1980—), 男, 本科, 高级工程师, 从事市政给排水设计工作。

会在排水系统末端的雨水泵站建设时一并考虑,可以在泵站内单独设置,也可以与雨水泵房合建^[6]。面对城市建设用地不足且地块状况复杂的情况,合并建设雨水泵站与初期雨水调蓄池已经成为工程的优先选择方案^[7-8]。

现以天津市某雨水泵站设计为例,从系统布置、进水方式、控制方式等角度探索初期雨水调蓄系统与雨水泵站系统的合建方式,以期稳定有效的截流初期雨水,并保证初雨系统和雨水排放系统的安全协调运行。

1 工程概况

工程位于天津市滨海新区某产业园区,园区以发展高端制造、电子信息、生物医药、新能源、新材料等高新技术产业为主,随着各企业入住,亟须配套建设园区雨水泵站。泵站汇水面积约为 66.3 hm^2 。目前,收水范围内实施雨污分流制,雨水为重力排放。为满足水环境、水安全的需要,解决产业园区雨季时径流污染问题,计划在雨水系统末端建设1座设计流量为 $5.57 \text{ m}^3/\text{s}$ 的雨水泵站,建设雨水泵站的同时一并考虑初期雨水调蓄池。由于用地限制,初期雨水调蓄池与雨水泵房采用上下叠建的合建形式^[9-10]。初雨调蓄池的排水先排入园区内污水管道(管道满足负荷要求),最终汇入污水处理厂(污水处理厂处理规模覆盖初期雨水的处理量),该初雨调蓄池设计规模为 $1\,850 \text{ m}^3$ 。

2 设计标准及规模确定

2.1 雨水量

雨水量计算公式为:

$$Q = q \times F \times \psi \quad (1)$$

式中: Q 为雨水量, L/s; q 为暴雨强度, 依据《天津市雨水径流量计算标准》(DB/T29-236—2016)^[11-12], 采用天津市第Ⅱ区设计暴雨强度公式, L/(s·hm²)。

$$q = \frac{2\,728(1 + 0.767\,2\lg P)}{(t + 13.475\,7)^{0.738\,6}} \quad (2)$$

式中: P 为暴雨重现期, 取 2 a 一遇; F 为收水面积, hm^2 , 取 66.3 hm^2 ; ψ 为径流系数, 取 0.5。

由公式(1)计算,该雨水泵站的设计规模为 $5.57 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

2.2 初雨调蓄池有效容积

在实施分流制排水的区域,若要针对径流污染进行控制而设置雨水调蓄设施,其有效容积 V 的计算可以运用下述公式^[13-15]:

$$V = 1.5 \times V_{\text{SR}} \times S_{in} \quad (3)$$

$$S_{in} = S_{\text{in}} \times \psi \quad (4)$$

式中: V_{SR} 为单位面积上需要调蓄的雨水量, m^3/hm^2 , 根据本工程初雨控制量要求, V_{SR} 取 $37 m^3/hm^2$; S_{ip} 为产流面积, hm^2 ; $S_{总}$ 取 $66.3 hm^2$; ψ 取 0.5 。由公式计算得出, 初雨调蓄池的有效容积为 $1\ 850 m^3$ 。

2.3 初雨调蓄池放空时间

初雨调蓄池的放空时间可以运用下述公式计算^[13, 16],

$$t_0 = \frac{V}{3600Q\eta} \quad (4)$$

式中: V 为 $1\,850\,\text{m}^3$; Q 为下游污水管道受纳能力, m^3/s , 本工程所在区域现状污水管道受纳能力为 $0.03\,\text{m}^3/\text{s}$; η 为排放效率, 一般可取 $0.3\sim 0.9$, 本工程取 0.4 。由公式计算得出, 初雨调蓄池排空时间为 $46\,\text{h}$ 。

3 泵站总体设计

3.1 泵站平面布置

本泵站规划用地面积 $2\,550\text{ m}^2$ 。鉴于用地受限,雨水泵房与初雨调蓄池采用上下叠建方式。泵房主体净尺寸约为 $36.3\text{ m}\times 13.85\text{ m}$ 。地下泵池由以下部分组成:进水闸井、格栅井、集水池、压力出水池、初雨调蓄池等。附属用房建筑总面积为 275 m^2 ,包括控制室、值班室、卫生间、高低压配电室等。公用工程包括庭院围墙、大门、站外及庭院道路、庭院给排水、绿化,以及初雨排放管道附属的排气阀井、流量计井和消能井等如图 1 所示。从泵站整体布置看,水泵进水属于正向进水,直管出水段流线分布均匀平顺,整体流态比较平稳。

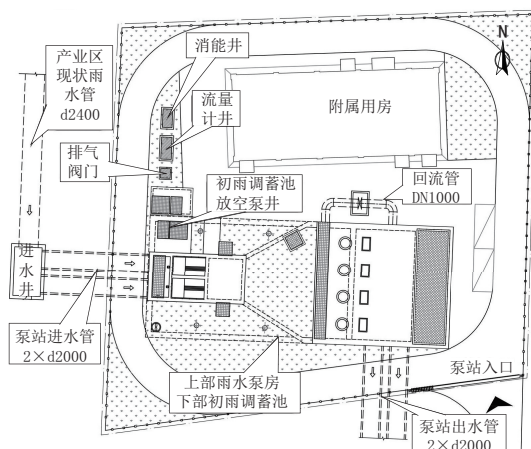


图1 泵站总平面图

3.2 泵站工艺流程

(1)雨水泵站工艺流程

如图2所示,产业园区内的雨水由管网收集后,

最终经过双排 d2000 mm 雨水管道进入雨水泵站,依次流经进水闸井→格栅井→集水池→水泵间→转弯压力出水池→双排 d2000 mm 南侧雨水出水管→出水口。

(2) 初期雨水调蓄(收集排放)工艺流程

产业园区内的初期雨水由管网收集后,经双排 d2000 mm 雨水管道进入雨水泵站,流经进水闸井→格栅井→初期雨水截流沟→初雨调蓄池→初雨提升泵池→产业区污水管道。其中初雨调蓄池平面设计如图3所示。

3.3 泵站竖向设计

采用相对高程,泵站设计地面高程为 0.000 m,泵站室内地坪为 0.300 m,双排 d2000 mm 雨水进水管管底高程为 -5.700 m,闸门室和格栅间的底标高 -6.200 m,初期雨水截流沟底标高 -7.200 m;雨水集水池池底标高 -7.200 m,最低水位为 -5.050 m,正常

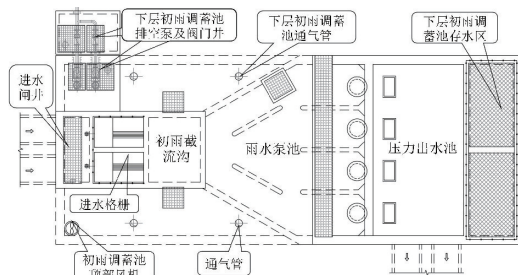


图2 泵房上部平面图

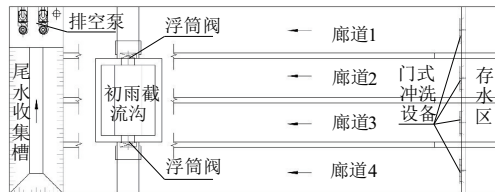


图3 初期雨水调蓄池平面图(泵房下部)

高水位为 -3.780 m;初期雨水池池底标高 -12.250 m,正常高水位为 -8.350 m。雨水出路最高水位 -1.300 m。泵站竖向设计图如图4所示。

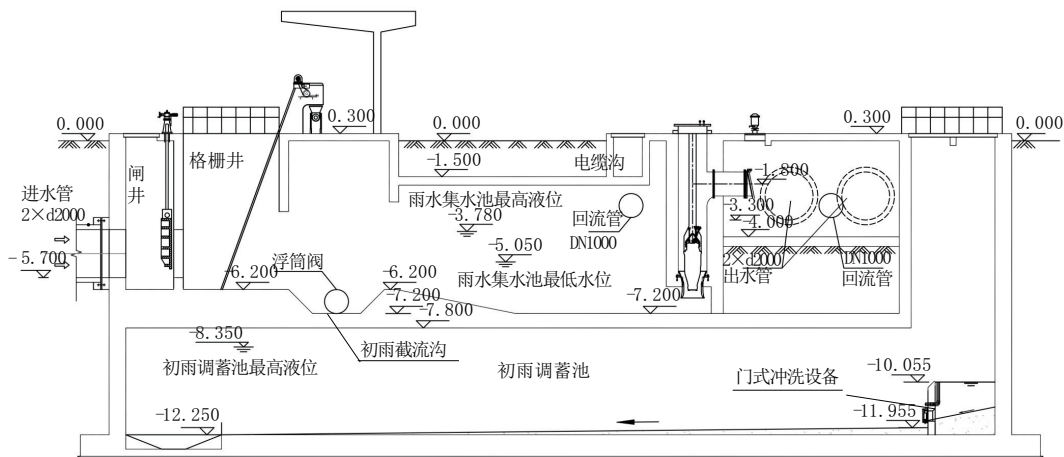


图4 泵站竖向设计图(单位:m)

4 泵站工艺设计

(1) 进水闸井

双排 d2000 mm 雨水进水管连接到进水闸井,闸井平面尺寸 5.2 m×2.1 m,内设 2 套 2000 mm×2000 mm 铸铁矩形闸门,配套手电两用启闭机。

(2) 进水格栅井

进水闸井后是格栅井,平面尺寸 5.2 m×4.0 m,采用 2 套回转式格栅清污机。过筛流速:0.60 m/s,格栅宽度 2 400 mm,栅条间距 50 mm,格栅安装角度 70°。

初期雨水和中后期雨水共用进水闸井和进水格栅井,节省土建和设备。

(4) 初期雨水截流沟

进水格栅井后、集水池前端设置初期雨水截流沟,平面尺寸为 5.2 m×4.0 m,沟底低于格栅井 1 m,截

流沟横断面呈梯形(上口 4.0 m,下口 2.0 m)。过格栅后的雨水必先流经截流沟,实现初期雨水的有效收集。初期雨水截流沟两侧设置浮筒阀来自动控制初雨调蓄池的水量。

(3) 集水池及雨水水泵间

集水池的扩散角为 30°,平面尺寸为 17.5 m×13.85 m。水泵间设计流量为 5.57 m³/s,共设 4 台雨水轴流泵,单台设计流量为 1.393 m³/s,扬程 4.7 m,电机功率 110 kW。水泵机组一字排开。为保障安全、便于水泵维护及减少停机时引发的水锤现象,每台泵的出水管均安装了一个拍门。为了保证水泵的进水流速达到均匀,避免回流现象的发生,并提升水泵的工作效率,其间设置了导流墙以优化水流^[17]。

(4) 出水池

出水池设计为压力出水池,池顶设置了 4 个检修

用的压力井盖,这些井盖的位置与每台水泵的拍门相对应。在压力井盖上安装了复合型排气阀,以便于将压力出水池内的气体释放。水泵出水管在压力出水池内汇合后,经双排d2000 mm雨水出水管排入出水口。

(5)初雨调蓄池

初雨调蓄池在集水池下层,平面尺寸为36.30 m×13.85 m,设计有效容积为1 960 m³,设计最高水位为-8.350 m,最低水位为-12.25 m。采用浮筒阀控制进水。降雨初期,阀板因浮筒的自身重量而开启,初期雨水流经截流沟被导入初雨调蓄池;随着降雨进行,初雨调蓄池内的水位不断上升,当水位达到设计最高水位时,浮筒在浮力作用下上升从而带动阀板关闭,雨水随之转而流入雨水集水池,而不再进入调蓄池;降雨结束后,随着调蓄池的放空,水位下降,浮筒随之下降、阀板随之开启,恢复到初始状态^[18]。

初雨调蓄池配备了门式自动清洗装置。当水位达到该装置所设定的开启水位时,装置将自动启用,对调蓄池底部进行清洗,冲洗产生的水将流入调蓄池底部的尾水廊道,随后通过潜污泵进行提升并排入污水管网^[19]。为避免调蓄水质恶化,并减少雨水排放对污水系统的冲击,结合下游污水管道的承载能力,工程设计的调蓄池放空周期定为46 h,配备了两台潜污泵,污水泵的设计流量为12 L/s,扬程13.0 m,电机功率4 kW,一用一备。

调蓄池的顶部配置透气装置、吊装口及检修孔等设施,以确保良好的通风和便于维护等相应功能。在雨水泵房的进水侧两旁,安装了污水提升泵及相关的辅助设备。

5 运行工况

工况1:当降雨量小于等于设计标准雨量时,早期雨水可完全被截流系统捕捉,并导入初雨调蓄池,当初雨水位达到设定的最高水位后,浮筒阀将会关闭,此后的降雨则会流入雨水提升泵池。

工况2:当降雨量大于设计标准雨量时,雨水截流沟将会满水,导致雨水越过截流沟,直接进入雨水提升泵池,以确保雨水能够及时外排。

6 结 语

在已建成的分流排水系统区域,新建雨水泵站通常会将初期雨水调蓄池与雨水泵房设计为一体,这一设计旨在控制源头污染以及应对防洪和排涝

挑战^[20]。

以天津市滨海新区某产业园区雨水泵站设计为例,初雨调蓄池与雨水泵房采用上下叠建方式,初期雨水和中后期雨水共用进水闸井和进水格栅井。在经过格栅处理后,雨水首先被引入初雨截流沟,随后流入下层的初雨调蓄池中;初雨截流沟的设计能够截流全部设计暴雨强度的初期雨水,确保初雨不会进入集水池;当突发暴雨时,超标雨水可瞬间超越初雨截流沟进入集水池,经由雨水泵外排;初雨截流沟的末端设置了浮筒阀,当初雨调蓄池收集到设计水量(水位)后,浮筒阀便会关闭,使得雨水进入集水池;浮筒阀完全靠液位控制,无需手动操作或电力驱动,即使浮筒阀发生故障,下层初雨池满水后,雨水仍将流入集水池,由雨水泵提升外排。

通过以上设计,可以提高系统的效率和运行的协调性。本工程的工艺设计具有节地、节省设备、节约投资、操作简单、尤其是高标准雨量时无需控制环节的优势。

参考文献:

- [1] 高雅弘,林炳权,刘宇轩,等.城镇分流制排水系统初期雨水污染特征与控制对策[J].环境工程技术学报,2024,14(3):973-985.
- [2] 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):146-150;160.
- [3] 张功良.城市雨水调蓄池的意义及规划建议[J].区域治理,2019(41):90-92.
- [4] 耿晓洒.复杂地块条件下初雨调蓄池设计[J].净水技术,2024,43(增刊2):232-239.
- [5] 李连文,刘加强.基于SWMM的调蓄池对城市面源污染削减作用研究[J].水电能源科学,2022,40(10):57-61.
- [6] 王肖军.初期雨水调蓄池在城市排水系统中的应用[J].中国给水排水,2012,28(10):45-47.
- [7] 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(增刊1):296-299;364.
- [8] 卢文凯.京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.
- [9] 朱洁.用地受限条件下雨水泵站及调蓄池合建设计优化[J].中国给水排水,2024,40(14):73-78.
- [10] 王媛,施萍,魏金豹.一种集约式雨水泵站及初雨调蓄池设计方案[J].城市道桥与防洪,2024(8):276-279.
- [11] DB/T29-236—2016,天津市雨水径流量计算标准[S].
- [12] 陈学凯,刘晓波,董飞,等.基于SWMM与NSGA-II耦合的城区雨水泵站多目标优化调控[J].水利学报,2023,54(3):358-368.
- [13] DB29-296—2021,海绵城市雨水控制与利用工程设计规范[S].
- [14] 魏祯,张守红,李睿贤,等.智慧水箱径流调控效益研究[J].水土保持研究,2024,31(3):222-229.
- [15] 汪伟,于振国,程红泉,等.合流制污水溢流污染控制技术应用解析[J].广东化工,2019,46(22):105-107.

(下转第237页)