

# 某雨水泵站与初期雨水调蓄池组合设计分析

王丹丹

银川市规划建设建筑设计研究院有限公司

**摘要:**文章以银川市兴庆区东部某雨水泵站与调蓄池组合设计为例,从工艺流程、泵站设计规模、调蓄池有效容积、主要构筑物及设备参数选用、总平面布置等方面进行分析和阐述,可为其他类似项目的设计提供一定的参考借鉴。

**关键词:**雨水泵站;初期雨水调蓄池;新标准;组合设计;分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.095

## 引言

雨水泵站多设置于管道埋深较大处、雨水管道末端无法重力流排出处、地势低洼处或倒虹吸处等,以达到提升雨水、快速排出雨水的要求,可极大增强排水系统排涝、防汛的能力,是“城市地下”市政基础设施的重要组成部分。

分流制排水系统中的初期雨水污染程度较高,尤以北方干旱少雨城市为甚,张亚东等<sup>[1]</sup>对降雨时北京城区道路面源污染进行测量知,初期雨水的COD值为1000~1500mg/L,悬浮物在1000~2000mg/L,超出常规城市生活污水。可见,未经任何处理的初期雨水直接排放水系,极易导致水体返黑臭,污染生态环境,给附近居民生活、工作带来不利影响。雨水调蓄池主要用于收集利用、存储调蓄、错峰缓排、控制径流污染等<sup>[2]</sup>,随着海绵城市建设的日趋成熟,2021年新修订的排水标准<sup>[3]</sup>也加强了对雨水调蓄设施的规定。

因此,在城市雨水管网系统中,雨水泵站与初期雨水调蓄池合建后,初期雨水调蓄池可将收集的雨水存储,超过初期雨水调蓄池调蓄能力的雨水再进入后续的雨水泵站,经泵提升后顺畅排入水体,减少了初期雨水径流污染对排入沟道水体的二次污染、返黑返臭影响。这种雨水泵站与调蓄池组合设计,“蓄、排”结合,既能控制分流制雨水径流污染,又能实现防汛排涝中的雨水及时快速排出,在建设雨水泵站的同时建设初期雨水调蓄池,通过平面布置调整及工艺整合,可节省占地和工程投资,在建设用地日益紧张的当下是十分必要且合理的。

## 一、项目概况

项目所在地位于银川市主城区,开发强度大,多为硬质铺装,按照银川市排水防涝综合规划要求,主城区兴庆区东部北京路以北的市政管网已基本实现雨污分流,但因雨水系统末端管道及雨水泵站未建设,区域雨水无出路,导致以上已经实现雨污分流的雨水管道不得不反坡憋水排至污水管道系统内,最终进入五污厂处理,强降雨时,因五污厂处理能力有限,加重了五污厂的雨季溢流风险和溢流污染程度,且大量雨水的汇入,致使下游排水管道壅阻,形成内涝积水,影响恶劣。

项目泵站服务范围:西起雨景街、东至二排沟、北至海宝路、南至银通路,服务面积约710ha。泵站选址位于银川市六号路与二排沟西南侧,现状为空地,靠近主路,便于征地、施工便利。根据周边排水主管建设情况及排水规划要求,确定建设泵站进出厂管道、雨水泵

站一座及初期雨水调蓄池一座:

(1)雨水泵站设计规模10.5m<sup>3</sup>/s,土建一次性建成,为节省投资,近期按照设计规模5m<sup>3</sup>/s、扬程14m进行水泵选型配置。远期改造时考虑全部更换设备。

(2)初期雨水调蓄池有效容积20000m<sup>3</sup>。现场踏勘发现,该项目实施前,六号路道路及配套给排水管道均未建设。遵循排水管道管径设计按照远期规划需求进行确定的原则,设计六号路雨水进厂管道管径为d2400、调蓄池内初期雨水出厂管道管径为d600,以满足远期六号路道路雨水、污水管道管径要求。

## 二、工艺流程

该项目首先通过现状管线摸排、CCTV检测结果,排查片区内雨污水混错接情况,再根据混错接检测报告,正本清源,将片区内已建设分流制雨水、污水管道的市政管网进行混错接改造,实现真正意义上的雨水、污水分流。

雨水提升泵站工程主要包含三个构、建筑物:初期雨水调蓄池、雨水泵站、配电室等配套设施。通常雨水泵站与初期雨水调蓄池同时建设时,可以选择分建或合建组合形式,该设计方案的特点是结合现场用地地形特点,雨水调蓄池与雨水泵站的进水闸门井、格栅池合建,其他部分分建。在传统雨水泵站的格栅池后、泵站集水池前增设“格栅后闸门截流井”,截流井内设多种闸门用以控制雨水流向。其中,沿雨水水流方向,“格栅后闸门截流井”之前的进水闸门井、格栅池为雨水泵站与调蓄池共用部分,“格栅后闸门截流井”之后的泵站集水池、出水池为雨水泵站单独使用。

雨季时,通过雨水主管网收集到的雨水经格栅拦渣后,先汇入20000m<sup>3</sup>的初期雨水调蓄池收集存储,待调蓄池水位达到设计最高水位时,关闭调蓄池进水闸门,同时开启泵站集水池前闸门、雨水混流泵,之后收集的雨水不再进入调蓄池,而是转而进入雨水泵站集水池,并通过雨水混流泵提升后,经过宽×高=3500×1500的出水方沟,重力流自西向东排入泵站东侧的二排沟内。雨停后,根据下游管道、污水厂的接纳能力,及时开启调蓄池内排空泵,将调蓄池内所存储的20000m<sup>3</sup>初期雨水及时排入五污厂进行处理。

设计工艺流程图见图1。

## 三、泵站及调蓄池设计参数计算

### (一)泵站设计规模

项目地为银川市主城区,根据2021年修订的室外排水设计标准要求及银川市海绵专项规划修编要求,设计雨水重现期取2年,地面径流系数取0.5,计算确定远期泵站设计规模约10.5m<sup>3</sup>/s,泵站服务范围以友爱街为界,以东部分为已建成分流制排水系统,以西部分多为合流制排水系统,考虑项目建设的经济性、合理性、分期建设要求,设计泵站土建按照远期10.5m<sup>3</sup>/s进行建设,泵池内的水泵选型配置则按近期规模5m<sup>3</sup>/s进行配置,设计不考虑雨水泵备用,近期配置4台雨水混流泵,两大两小,搭配使用,该方式可提高水泵的使用效率。

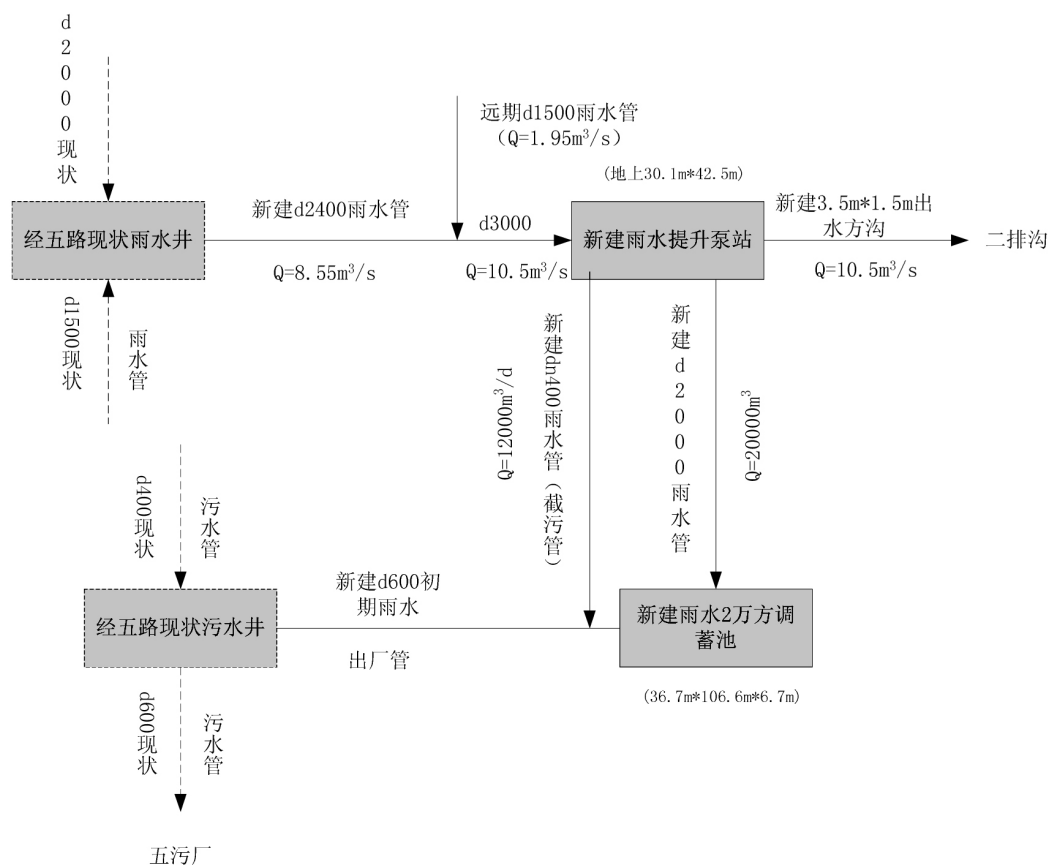


图1 工艺流程图

### (二) 调蓄池容积

根据2017年开始实施的城镇雨水调蓄工程技术规范<sup>[4]</sup>要求,设计调蓄深度取5mm,安全系数取1.1,地面径流系数取0.5,计算知初期雨水调蓄池有效容积约20000m<sup>3</sup>。

### (三) 调蓄池排空

调蓄池排空方式有重力排空、泵抽排空,该项目雨水进厂管道埋深在7~9m,埋深较大,无法重力流放空,故设计调蓄池内置排空泵,水泵抽排雨水至本次六号路上新建的d600初期雨水出厂管道(只建管道不修路)内排空。通常调蓄池内雨水排空时间在24~48h,无回用计划时,应雨停后24h内排空,以防微生物、细菌滋生,水质变差且影响场地环境。该项目调蓄池内置2台排空泵、2台排泥泵,在不考虑下游管道接纳能力、2台同时连续开启情况下,约15h排空调蓄池,满足要求。

设计雨停后调蓄池排空泵的启、停需根据同下游五污厂之间的双向联系机制确定或掌握二者实时运行情况的部门统一调度,确保排空泵排空调蓄池时不影响下游污水厂、下游管道排水的正常运行。

### 四、总平面布置

雨水泵站总平面布置力求功能分区明确、水力条件畅通、巡防运维便利、美观实用大方,并与周围环境协调融合。

设计配电室、提升泵房为地上一层,均为框架结构。初期雨水调蓄池为全地下构筑物,钢筋混凝土结构,调蓄池建成后,其上恢复为绿化。此外,为节省占地,设计将配电室及控制室、值班室合建于初期雨水调

蓄池上方,平面布置紧凑、便于管理。该方案设计的特点是配电室与提升泵房分建,且配电室位于调蓄池上方,节省占地、平面布局紧凑,工艺进出厂管线距离短,管道内水流顺畅、阻力消耗少。

泵站总平面图见图2。



图2 泵站总平面图

## 五、工艺设计

### (一) 调蓄池冲洗方式的选择

调蓄池每次排空后,都需要及时有效地冲洗调蓄池池底积泥,以避免影响下次雨季时使用。目前,国内常用的冲洗方式有门式冲洗、真空冲洗、射流器冲洗、人工冲洗等<sup>[5]</sup>,各有利弊。该方案设计调蓄池池容大、池深深,不适合人工冲洗,既不安全也不方便,不符合目前推行的“降低人力劳动强度、受限空间操作实现自动机械化”的设计理念;考虑项目场地位于西北地区,干旱少雨,初期雨水内悬浮物、积泥积沙相对高,易堵塞射流器,且施工检修不便,造价高,不适用射流器冲

洗方式；因受限于狭长型场地特点，调蓄池设计池长较长，设计尺寸： $L \times B \times H = 36.7\text{m} \times 106.6\text{m} \times 6.7\text{m}$ （净距），为全地下式，7廊道，单廊道宽约4.6m，有效水深5.5m，埋深约11.5m。设计该调蓄池单向冲洗长度106.6m，而门式冲洗系统所能达到的单向冲洗长度要求 $\leq 80\text{m}$ 左右，受限于自然压强下的冲洗水压限制，对于超出门式冲洗系统使用长度的调蓄池，门式冲洗效果一般；因此，设计选用真空冲洗方式，该冲洗方式适用于廊道宽度不大于10m、长度方向不超过180m的调蓄池，常规巡检无需人员进入池底检修，运维操作安全便利。

## （二）调蓄池设计

初期雨水调蓄池有效容积为 $20000\text{m}^3$ ，共1座。其内设置有进水控制闸门、排空泵、排泥泵、除臭用活性炭包、真空冲洗设备、雷达液位计、有毒有害气体检测报警装置、可燃气体探测器、监控视频、机械送排风设施等。

雨水经格栅拦渣后重力流进入调蓄池，考虑初期雨水的腐蚀性及其进水水头冲击，进水控制闸门材质采用S304不锈钢，双向止水，配套电动启闭机。进水控制闸门可用于设备检修及事故时启闭闸门以防止水淹，并能起到控制进水流量的作用。

排空泵、排泥泵均使用潜水排污泵，提升后的初期雨水经消能井泄压后，二者出水均排至六号路d600出厂污水管道内，最终排至五污厂进行处理。

真空冲洗设备利用调蓄池内存储的雨水，在使用排空泵抽排空时，当池内液位达到设定值时，真空泵开启、抽气，使真空室内保持负压，水被吸入真空室，待排空泵抽空调蓄池内初期雨水时，真空室内的负压环境迅速破坏，真空室内被吸高的高位水，经真空室底部的泄流孔沿着廊道长度方向泄流，形成的水头最高可达6~7米，可有效冲刷调蓄池底污物。

考虑调蓄池池容大、使用时间相对短而集中、紧邻污水厂（泵站围墙南侧即五污厂），且建设方投资有限，设计调蓄池内通过设置于自然通风孔处的活性炭包进行除臭。

## （三）泵站设计

### 1. 进水闸门井

泵站进水闸门井内设置闸门，用于检修、事故时使用。闸门采用不锈钢材质，双面止水，配套电动启闭机，根据各自设定的进水井及二排沟处水位，自动控制闸门启闭。

### 2. 大型内置电机式清污机

清污机用于拦截杂物，保护其后水泵的正常运转。项目按照远期 $10.5\text{m}^3/\text{s}$ 流量选择机械格栅，栅隙25mm（栅隙应小于等于近期水泵所能允许通过的最大颗粒粒径），格栅的启停通常由水位控制或定时控制，设计根据栅前栅后水位差，由PLC自动控制。

考虑项目地处西北干旱少雨地区，降雨多集中在6~9月，其他时间设备处于闲置状态，为了节省投资、设计合理，该方案设计的特点是分建的调蓄池与泵池共用泵池集水池前的机械格栅，降低了格栅投资。调蓄池与泵池的进水分配是通过“格栅后闸门截流井”内的闸门启闭来实现。

### 3. 格栅后闸门截流井

通过井内的闸门启、闭，可截流经格栅拦渣后的初期雨水，使其选择性的进入调蓄池或者泵站集水池。闸门采用不锈钢材质，双面止水，配套电动启闭机。

### 4. 泵站集水池

根据排水标准要求，雨水泵站的集水池容积不应小于最大一台水泵30s的流量，考虑到系统复杂性和“格栅后闸门截流井”内闸门启闭时长，方案设计集水池容积约等于最大一台水泵5min的流量，以保障“格栅后闸门截流井”内不同闸门启、闭系统的安全性。

此外，根据2021年修订后的室外排水标准6.2.2条要求，设计雨水泵站中设置了旱季污水截流设施，旱季截流的污水全部输送至五污厂进行处理。因缺乏资料，设计截污泵流量按照标准中提到的泵站服务面积内污水截流量20%考虑，经计算截流量为 $432\text{m}^3/\text{h}$ ，设计选用截污水泵参数：流量 $Q=580\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $H=22\text{m}$ ，潜水排污泵。截污泵亦设置于泵池集水池内，同4台雨水混流泵并排布置。该方案设计的特点是雨水泵站内新增了旱季污水截污泵，截污泵与原有雨水混流泵开启使用时间不同时，分别在旱季、雨季时使用，以时间换空间，二者共用一个集水池，节省了单独建设截污泵站的工程投资，更加经济合理。

### 5. 除臭设备

因雨水泵站间歇使用的特点，故无法使用生物除臭，设计采用处理效率高、占用空间小、运行费用低的等离子+UV光解+活性炭组合除臭工艺，主要收集格栅池、泵池、闸井、密闭格栅罩内臭气，臭气收集量为： $13000\text{m}^3/\text{h}$ ，并配套除臭设备进、出口处氨、硫化氢、臭气浓度检测与报警装置。

### 6. 泵站出水

雨水经混流泵提升后，立即泄压至泵站出水池内，出水池内设有4个拍门，出水池内雨水重力流排入泵站东侧的第二排水沟。

此外，泵站还配套起重设备、出水口处一体化水质监测站、机械通风、仪表自控、电采暖等。

## 六、结束语

随着经济的发展、国家新标准的实施和人们水生态环境意识的提高，可以预见，分流制雨水未经任何处理直接排入水体的情况会越来越少。初期雨水调蓄池与雨水泵站合建，一蓄一排，一弛一张，调蓄池的建设可控制雨水径流污染、削减洪峰流量、缓解城市内涝，雨水泵站的建设和顺畅排水，提高城市排水防涝能力，在建设雨水泵站的同时设置初期雨水调蓄池，将成为解决初期雨水对水体水质污染的有效措施。此案例可为其他类似项目提供一定的借鉴。

## 参考文献

[1] 张亚东，车伍，刘燕，等. 北京城区道路雨水径流污染指标相关性分析[J]. 城市环境与城市生态. 2003, 16(6): 182-184.

[2] 徐国锋，张雪. 雨污混接系统调蓄池的设计及运行控制要点[J]. 城市道桥与防洪. 2018, 7(7): 171-174.

[3] GB 50014-2021. 室外排水设计标准[S]. 2021

[4] GB 51174-2016. 城镇雨水调蓄工程技术规范[S]. 2016

[5] 叶昕，李善庭，王春兰，等. 基于大中型雨水调蓄池冲洗系统的优化研究[J]. 工业安全与环保. 2021, 47(08): 79-82.

作者简介：王丹丹（1987—），女，汉，宁夏银川市，硕士，给排水工程师，银川市规划建筑设计研究院有限公司，市政工程及生态环境设计。