

九星初雨调蓄池(星北路)设计

操宏庆

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200125]

摘 要: 为了进一步控制区域面源污染、降低径流污染,在雨水排水系统建设初雨调蓄池,保证初期雨水不直排河道,实现区域内控污,提高区域水环境质量,对地区生态环境的提升起到了一定的积极作用。以九星初雨调蓄池(星北路)设计为例,通过对常用的重力流进水模式和水泵提升式进水模式进行比较分析,选取合适的进水模式。结合九星调蓄池(星北路)的选址位置及周边现状排水管网,对下游受纳水体能力进行复核、运行模式等进行介绍,为类似工程的设计和运行管理提供技术参考。

关键词: 初雨调蓄池;重力流;布置形式;放空管

中图分类号: TU991.34+3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0136-03

0 引言

随着社会经济不断发展,人们生活质量逐步提高、公众环保意识日益增强,城市水体的建设和发展对于改善人民的生活水平、建设生态宜居的现代化城市至关重要。初期雨水直接排河会导致河道水质恶化,影响附近居民的生活环境,同时,给地区形象带来负面影响。近年来,受雨水径流污染、管道沉积物及混接污水等因素影响,市政雨水泵站放江水质相对较差。初期雨水,顾名思义就是降雨初期的径流雨水,溶解空气中的污染物降落地面后,又冲刷屋面、沥青混凝土道路,含有大量污染物,其污染程度甚至超过了普通城市污水^[1]。目前,将地区初期雨水在雨水泵站进水闸门井或泵站进水总管上截流至新建的调蓄池,暂时储存在初雨调蓄池内,待区域降雨结束后,调蓄储存的初雨再提升输送至下游污水处理厂,以控制面源污染,改善水环境质量,控制初期雨水对河道造成的污染^[2]。九星初雨调蓄池(星北路)作为九星排水系统的中途初期雨水调蓄池,被列为“十四五”期间开工的重点项目,结合工程案例详细介绍地下调蓄池的设计思路,明确设计要点及运行模式,以期为同类工程设计和运行管理提供技术参考。

1 工程概况

随着上海市点源治理的不断完善,中心城区面

源污染对水环境污染贡献率已超过点源污染,城市雨水径流成为城市河道污染、河道黑臭的重要因素。因此,必须进一步完善和拓展水环境治理思路,借鉴国外初期雨水治理经验,结合上海气候、水环境的特点,进一步改善水环境质量,修复生态,为上海城市可持续发展提供保障。九星东块地区排水系统中九星雨水泵站及调蓄池正在建设,但星北路以北区域初期雨水由星北路初期雨水调蓄池收集,因此在九星雨水泵站排放雨水时,超出合建调蓄池容量的初期雨水会对地区水环境造成污染。所以,尽快实施初期雨水调蓄工程,对提高周边城市居民的生活环境,改善民生具有十分重要的意义。

九星初雨调蓄池(星北路)新建工程选址位于星北路南侧、虹莘路西侧规划绿地地下空间,总占地面积 1 086 m²。初雨调蓄池建设规模 3 000 m³,受现状场地等因素影响,采用全地下式,调蓄池平面结构尺寸为: $B \times L = 23.9\text{m} \times 40.7\text{m}$ 。为节约用地,同时方便运营管理及设备维修,调蓄池西侧设置设备间,与调蓄池水平布置。九星星北路调蓄服务范围为星北路-外环线-蒲汇塘-虹莘路区域,总的服务面积为 110 hm²,规划初期雨水截流标准采用 5 mm,初雨调蓄池规模为 3 000 m³,该调蓄池效果见图 1。

2 设计规模

九星排水系统服务范围东起虹莘路、西至外环线、北起蒲汇塘、南至顾戴路,汇水面积约为 265.9 hm²。规划暴雨重现期取 5 a,综合径流系数 0.5,初雨调蓄量 5 mm,总调蓄容积为 5 200 m³。其中在建九星雨水

收稿日期: 2023-04-17

作者简介: 操宏庆(1988—),女,硕士,工程师,从事给排水工程设计。



图 1 初雨调蓄池效果图

泵站及调蓄池调蓄量 2 200 m³, 本工程计算调蓄量为 3 000 m³。系统服务范围见图 2。

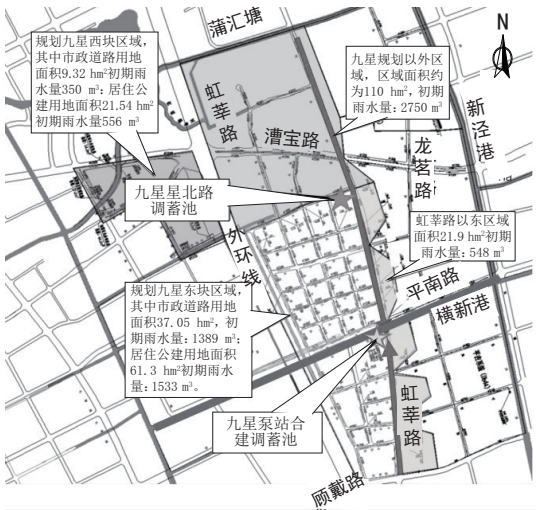


图 2 雨水系统调蓄池服务范围图

3 总体布置

初雨调蓄池选址位于星北路南侧、虹莘路西侧规划公共绿地,现状为空地,南侧为规划商办地块,北侧为在建综合管廊,西侧规划为 110 kV 星中站工程,东侧为在建虹莘路道路改建工程。考虑到该选址位置周边全部为已建或在建工程,且项目景观要求高,因此,初雨调蓄池采用全地下式布置形式,地上仅出入口、风井及设备吊装孔,结合周边景观融合设计。变配电间、弱电间、排风机房等附属设施与调蓄池合设,且与调蓄池呈水平布置,具有以下优势:减少地面占地面积;减小地下构筑物埋深,降低施工难度及建设成本;便于运营管理及设备维修;能有效提升景观可塑性,充分体现因地制宜、集约化用地理念。

此外选址应靠近系统总管,且有完善的污水排水管网,能接纳溢流污水。初雨调蓄池东侧虹莘路下设置有已建 $\phi 3500$ 雨水总管,通过 $\phi 1200$ 初雨截流管拦截初期雨水经调蓄池格栅井后,进入调蓄池内。

放空时通过 DN200~DN300 调蓄池放空管接入虹莘路下现状 $\phi 400$ 污水管,最终往南汇入九星污水泵站。初雨调蓄池(星北路)总平面布置见图 3。

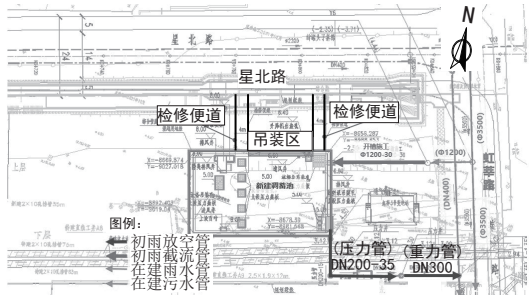


图 3 九星排水泵站初雨调蓄池(星北路)总平面布置图

4 进水模式选取

根据调蓄池地下深度布置不同,其进水模式有两种。方案一:重力流式进水。雨天,打开调蓄池闸门井内进水闸门,调蓄池开启,初期雨水通过在虹莘路雨水总管上设置的截流管→格栅→调蓄池,见图 4。

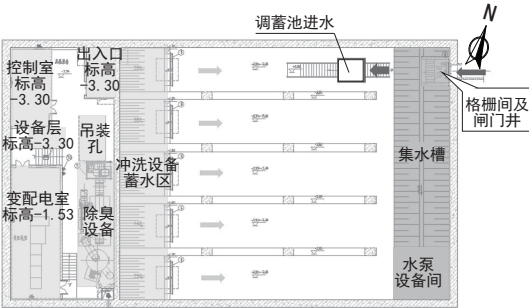


图 4 方案一平面布置图

方案二:水泵提升式进水。打开调蓄池闸门井内进水闸门,调蓄池开启,初期雨水通过在虹莘路雨水总管上设置的截流管→格栅→水泵提升区→调蓄池,见图 5。

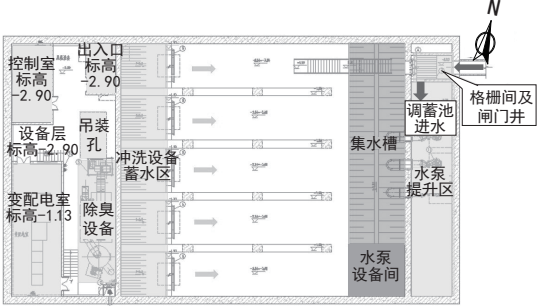


图 5 方案二平面布置图

对两个方案进行分析比对,方案二初期雨水通过潜水泵提升后进入调蓄池,水泵提升区工艺尺寸为 19.1 m(L)×3.6 m(B),调蓄池蓄水区面积较方案一减少,故方案二——“水泵提升式进水”调蓄池有效水深增加,但基坑深度抬升不明显,仅抬升 0.4 m,但方案二水泵提升区与蓄水区增设中分墙,方案一

与方案二调蓄池主体土建工程费基本相同。在调蓄池设备及安装费用中,方案二增加3台潜水离心泵工艺费用,同时方案二调蓄池体积增大导致除臭费用增加,水泵提升区增设监控设备、电气增加总用电功率导致监控设备费、电气设备费增加,故方案二总投资高于方案一。综上所述,方案一——“重力流式进水”方案,用电量较小,施工周期较短,造价较低,综合影响较小,同时考虑对种植绿化的影响,因此本工程九星排水泵站初雨调蓄池(星北路)实施推荐采用方案一。

5 对下游污水管道受纳能力的复核

九星东块区域排水系统属于七宝污水系统服务范围,地块内规划沿虹莘路敷设DN400~DN600污水总管,收集地块污水后汇入拟建于横新港南侧、虹莘路西侧的规划九星污水泵站(与九星雨水泵站合建),规划泵站规模7285 m³/d。

将调蓄池初雨放空至虹莘路污水管道内总管各节点流量见表1。

表1 初雨放空至虹莘路污水管道内总管各节点流量表

接入点 位置	管径/ mm	平均流量/ (L·s ⁻¹)	低峰流量/ (L·s ⁻¹)	满流通过能力/ (L·s ⁻¹)	备注
星北路/ 虹莘路	400	9.55	5.73	110	放空接 入点
虹莘路/ 星友路	400	39	23.4	110	变径点
虹莘路/ 平南路	600	65	39	280	入泵 站点

按照低峰流量,最不利富余接纳污水能力为:110-23.4=86.6 L/s。

初期雨水调蓄池放空时间按以下公式计算:

$$t_0 = \frac{V}{3600Q, \theta}$$

式中: t_0 为放空时间,h; V 为调蓄设施有效容积,m³; Q 为下游排水管道或设施的受纳能力,m³/s; θ 为排放效率,取0.6。

九星星北路调蓄池设计规模3000 m³,代入上式计算九星排水泵站初雨调蓄池(星北路)放空时间为: $t_0=3000 \div (3600 \times 86.6 \div 1000 \times 0.6)=16$ h。

综上所述,九星排水泵站初雨调蓄池(星北路)放空时间取16 h。

调蓄池内初期雨水经提升后,经DN200初期雨水截流放空管,向北敷设15 m压力管横跨电力沟上方覆土后,沿电力沟平行敷设20 m压力管,压力管道为DN200总长度约35 m。管道压力经压力井释放

后,初期雨水截流放空管转为重力流管道,管径为DN300,长度为20 m,与电力沟平行敷设,向东接至虹莘路下新建DN400污水管道内。

6 调蓄池设计

初雨调蓄池设计规模3000 m³,采用门式水力冲洗,共布置5台冲洗门。调蓄池蓄水层与设备用房平铺设计,地下一层,总平面尺寸40.7 m(L)×23.9 m(B),基坑深度9.2 m。调蓄池最高水位为1.14 m,池底标高为-3.40 m,有效水深为4.54 m。放空时间为16 h,共配置3台潜水离心泵,2用1备,单泵流量93.75 m³/h,扬程5.5~11.5 m,电机功率5.5 kW。设备间与调蓄池水平布置,建筑内尺寸为:B×L=22.5 m×9.3 m,层高5.27 m,底板标高-3.3 m。内设变配电室、控制室、风机设备、除臭设备、风道(井)及人出入口。考虑变配电室的重要性,为预防汛期超设计标准的暴雨量,造成变配电室受淹,其下方设架空层。

初雨调蓄池进水格栅闸门井平面尺寸为8.25 m×5.00 m,顶板标高6.40 m(设计地坪标高6.20 m),底标高为-3.00 m。内设1套DN1200液压闸门及1套回转格栅,用于调蓄池进水、检修、养护等。其中,格栅设备宽度为2100 mm,栅条间隙为20 mm,栅条宽度为10 mm,安装角度为75°,过栅流速为1.0 m/s。

7 运行联动工艺设计

调蓄池采用先截后蓄再排的运行模式^[3],通过租用运营商信息通道,将调蓄池运行数据上传到控制中心,实现格栅、进水闸门、调蓄池的联动控制。在晴天或者降雨量较小时,通过截流管道截留初期雨水。当降雨超过截留能力,打开调蓄池进水闸门,初期雨水进入调蓄池。当水位上升至设计最高水位时,即关闭进水闸门,服务范围内雨水通过下游九星雨水泵站加压提升后排入横新港。待降雨结束后,启动放空泵,池内储存的初期雨水通过放空泵加压提升接至虹莘路DN400市政污水管。

8 结 语

(1)初雨调蓄池采用全地下式布置形式,附属用房与调蓄池合设,地面仅设置风井、人员出入口。在实现调蓄池功能的同时,为城市生态发展提供了更好的条件,充分体现因地制宜、集约化用地的理念。

(2)采用重力流式进水方式,具有用电量较小,施工周期较短,造价较低,综合影响较小的优点。

(下转第145页)

表 3 污染物去除率计算表			
序号	单项设施	面积 /m ²	径流污染控制率 (以 SS 计,%)
1	湿地	82 195	80
2	植草沟	1 650	80
3	碎石沟	9 085	70
4	雨水花园	1 805	80
5	下沉式绿地	7 920	90
6	雨水蓄水池		90
7	透水铺装	8 250	80
8	生态树池	—	—
9	综合径流污染控制率 (以 SS 计,%)		79.89
10	污染物年总量去除率 (以 SS 计,%)		71.91

4.4 雨水蓄水池净化处理及回用

该项目雨水收集系统收集 5,6,7 号桥面雨水,汇水面积合计约为 11 000 m²,分别在各大桥北侧设置 150 m³蓄水池,雨水资源利用率可以满足 3%的要求。

雨水经雨水管道收集后,经过前期预处理设备能很好地去水中 70%的污染物和垃圾,从而干净的雨水流入蓄水池中,蓄水池出水经过过滤砂缸净化。

雨水收集处理后作为路面冲洗和绿地浇洒用水,处理后的雨水水质根据用途确定 COD_{Cr}、SS 等指标,采用《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002)的规定绿化:COD≤30 mg/L;SS≤10 mg/L;道路浇洒:COD≤30 mg/L;SS≤10 mg/L。

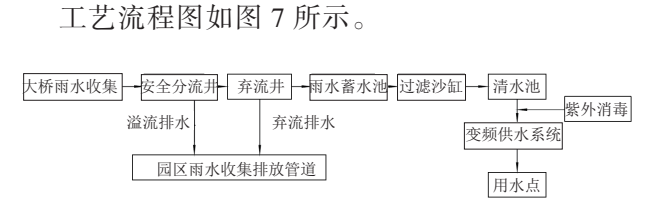


图 7 雨水回用工艺流程图

表 4 蓄水池水量平衡表					
设施名称	汇流雨水量 /m ³	蓄水池容积 /m ³	灌溉给水量 / (m ³ ·d ⁻¹)	外排水量 /m ³	灌溉可用 天数 /d
调蓄池	496.8	450	486	46.8	0.9

表 5 雨水资源利用计算表					
回用目的	面积 / m ²	用水定额 / (L·m ⁻² ·d ⁻¹)	日用水量 / (m ³ ·d ⁻¹)	年用水量 / (m ³ ·a ⁻¹)	备注
绿化灌溉	187 518	2	375	52 505	
场地冲洗	65 437	2	131	3 926	30 次 /a
合计	252 955		506	56 431	

前海地区年降雨量均值为 1 966.5 mm。
年降雨总量 =252 955 × 1 966.5/1 000=497 436 (m³/a)。
雨水资源利用率 = 雨水回用总量 / 年均降雨总量 =56 431 × 0.9/497 436=10%。
满足雨水资源利用率不小于 3%的目标要求。

5 结 论

桂湾公园项目因地制宜,全面落实六字方针“渗、滞、蓄、净、用、排”,实现项目“水安全、水资源、水环境、水生态、水文化”协调发展。

该公园通过合理地设置淡水湿地、海水湿地、雨水花园、下沉式绿地、植草沟、碎石沟、生态树池、雨水回收利用装置等多种海绵措施,既满足了海绵城市的设计要求(满足雨水年径流总量控制率不低于 85%,污染物总控制率不低于 70%,雨水资源利用率不宜低于 3%的要求),提升了生态价值的同时,也结合景观设计提升了场地美学价值。

该项目的海绵城市设计延续了上位规划水治理、水环境、水生态的概念,打造合理及搞笑的生态绿地系统作为前海桂湾公园的生态基地,丰富了“前海绿芯”的景观设计理念,为其他城市公园的海绵城市设计提供了一定的参考价值。

(上接第 138 页)

(3)初雨调蓄池通过中控室实现多种运行工况运行模式,与雨水泵站联动运行。调蓄池在雨天、晴天分别处于截流、调蓄、放空、冲洗等工况,满足系统排水要求。通过各种运行模式,可以降低能耗、节约成本,且为运营管理提供了有利条件。

参考文献:

[1] 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.

[2] 刘黎明.初期雨水调蓄池建设与运行管理实践[J].中国资源综合利用,2022,8(40):54-56.

[3] 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.