

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.07.032

地道桥雨水泵站原位升级改造设计

卢文凯

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司天津分公司, 天津市 300202]

摘 要: 以保定市建国路地道桥雨水泵站为例,通过分析地道桥暴雨积水主要成因,合理确定排水系统升级改造方案,在原用地不变基础上,将泵站规模由 0.83 m³/s 提升至 3.0 m³/s,同时新增一座 1 200 m³ 初雨调蓄池,共同实现缓解桥区内涝、改善水环境的目的,并为远期周边区域排水系统的彻底改造创造有利条件。
关键词: 雨水泵站;初雨调蓄池;升级改造;合建型式
中图分类号: TU992.25 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)07-0136-04

0 引 言

随着城镇化进程的加快,建筑及道路日趋密集,由于旧排水系统与城市发展不匹配,导致内涝问题日益严重。下穿式立交道路作为区域低点,更易成为内涝风险点,对城市交通、人民生命和财产安全构成威胁。此外,由于缺少对径流污染的有效控制,水体环境极易受到污染。为保障其水安全及水环境,建设高标准、高质量的雨水系统和污水系统势在必行^[1]。
建国路地道桥雨水泵站承担着下穿铁路桥部分排涝的重任,近年来,地道屡次发生汛期积水问题,极大地影响城市居民的出行。本文通过分析建国路地道桥暴雨积水主要成因,对该泵站原位升级改造设计进行分析探讨,希望为类似工程提供参考。图 1 为泵站升级改建后的效果图。



图 1 泵站效果图

1 泵站现状情况

现状泵站位于建国路地道与华北油田铁路交口西南角,占地面积 630 m²。泵站北侧紧邻建国路地

道,西侧及南侧为现状工业厂房,东侧为现状华北油田铁路。泵站规模为 0.83 m³/s,经复核,重现期为 2~3 a。现状建国路地道下方敷设有 1 根 d600 mm 雨水管,分别由东西两侧将雨水汇集至地道最低点处,经 1 根 d900 mm 进水管接入现状泵站,雨水经泵站提升后通过 1 根 d900 mm 出水管排入环堤河。由于泵站周边雨水系统尚不完善,存在大量客水汇入地道的情况。现状泵站收水范围主要分地道区域和地道周边区域(客水)两部分,总收水面积 12.3 hm²。其中,地道区域收水面积约 2.3 hm²,地道周边区域收水面积约 10 hm²。图 2 为泵站位置示意图。图 3 为收水范围示意图。

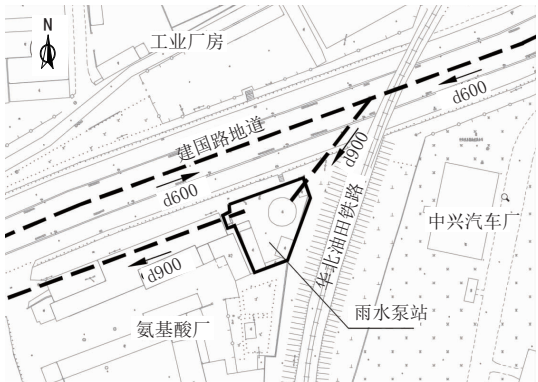


图 2 泵站位置示意图

现状泵站设置 1 座圆形泵房,直径约 10 m,地下埋深约 6.5 m,地上泵房高约 5.5 m。紧贴东南侧围墙设置 1 座配电间。紧贴西侧围墙设置 1 座管理用房,内设 5 个房间,其中 1 间用于放置柴油发电机,4 间用于工作、生活。紧贴现状管理用房北侧搭设 1 间简易房。西侧围墙外突位置设置有 1 台干式变压器。图 4 为现状泵站布置图。

收稿日期: 2022-08-02
作者简介: 卢文凯(1991—),男,硕士,工程师,从事市政排水设计研究工作。

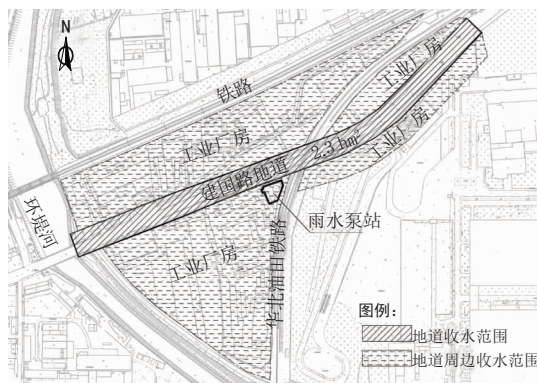


图3 收水范围示意图

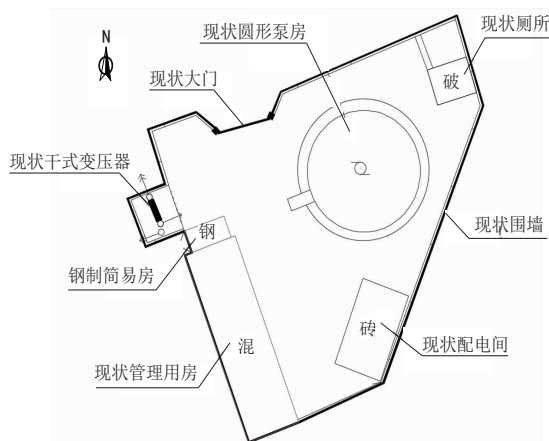


图4 现状泵站布置图

2 积水成因分析

根据现场踏勘及最新物探、地形资料,经综合分析,该地道桥雨水泵站主要存在如下问题:

(1) 排水系统设计标准低

由于现状管网及泵站建设年代较早,建设标准远低于现行标准,且随着城乡开发建设,不透水下垫面的占比不断增加,导致地道桥排水系统的排水压力不断增大。

现状地道雨水口布置较为稀疏,地道下方敷设 1 根 d600 mm 雨水管道,现状泵站规模 0.83 m³/s,泵站进水管均为 d900 mm。经核算,现状管网及泵站重现期仅为 2~3 a。

(2) 汇水面积大,存在客水汇入

目前,该地道桥汇水面积远远超出了桥区范围,存在周边客水的大量汇入。现状地道桥区面积约为 2.3 hm²,而地道桥区实际汇水面积却可达 12.3 hm² 以上,客水的大量汇入导致地道雨水管网及泵站的排水能力远远不够。

(3) 周边地块排水系统有待完善

地道桥周边地块大部分未形成有组织的雨水系统,雨水径流绝大部分均以地表漫流的形式排放至

路面进而汇入地道。建国路市政污水管网尚不完善,局部存在雨污合流情况。

(4) 无初期雨水有效管控措施

现状泵站仅能实现排水功能,无针对初期雨水径流污染的控制措施,使得收水范围内的初期雨水未经收集处理直排入河,造成河道污染。

3 升级改造思路

下穿式地道排水系统作为一项系统工程,其中任一环节能力不足,便达不到整体提升排水标准的目的。为解决地道汛期积水及径流污染问题,从系统的角度出发,提出以下升级改造思路。

总体思路为:制定远近结合、分步推进、多措并举的内涝整治系统方案。

近期,重点对现状泵站进行原位升级改造并新增初雨调蓄池,提升排水能力,控制径流污染。同步对地道进行微改造,提高其收水能力(本工程实施范围)。

远期,完善地道周边排水系统并采取防止客水进入地道的措施(非本工程范围),以彻底实现“高水高排,低水低排”的排水原则。

4 设计规模确定

4.1 雨水泵站

(1) 流量公式

$$Q_s = q\Psi F$$

式中: Q_s 为雨水设计流量, L/s; q 为设计暴雨强度 [L/(s·hm²)]; Ψ 为径流系数,地道区域取 1.0,泵站周边区域为工业用地,取 0.7; F 为汇水面积, hm²,地道汇水面积约 2.3 hm²,地道周边地块汇水面积约 10 hm²。

(2) 暴雨强度公式

暴雨强度 q 根据保定市暴雨强度公式:

$$q = \frac{2131.654 \times (1 + 0.997 \lg P)}{(t + 11.026)^{0.757}}$$

式中: P 为设计降雨重现期,根据《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)^[2],重现期取 20 a; t 为降雨历时, min。

$$t = t_1 + t_2$$

式中: t_1 为地面集水时间, min,地道范围 t_1 取 3 min,地道周边区域 t_1 取 15 min; t_2 为管内雨水流行时间, min。

(3) 结论

经计算,雨水泵站设计规模为 3.0 m³/s。其中,地

道流量为 $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$, 客水流量为 $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

4.2 初期雨水调蓄池

(1) 容积计算公式

根据《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174—2017)^[3], 当调蓄设施用于源头径流总量和污染控制以及分流制排水系统径流污染控制时, 调蓄量的确定可按式计算:

$$V=10DF\Psi\beta$$

式中: V 为调蓄池有效容积, m^3 ; D 为单位面积调蓄深度, mm , 可取 $4\sim 8 \text{ mm}$, 本工程取 8 mm ; F 为调蓄池服务面积, m^2 , 服务面积为 12.3 hm^2 ; Ψ 为综合径流系数, 根据各地块的用地性质加权得综合径流系数为 0.76 ; β 为安全系数, 可取 $1.1\sim 1.5$, 本工程取 1.5 。

(2) 放空时间计算公式

$$t_0 = \frac{V}{3600Q'\eta}$$

式中: t_0 为放空时间, h ; V 为调蓄池有效容积, m^3 ; Q' 为下游排水管道或设施的受纳能力, m^3/s ; η 为排放效率, 一般可取 $0.3\sim 0.9$, 本工程取 0.9 。

本区域污水最终出路为银定庄污水处理厂。调蓄池放空时间与下游污水管道、污水处理厂的受纳能力有关, 经复核, 确定建国路调蓄池放空时间为 24 h 。

(3) 结论

经计算, 初雨调蓄池规模为 1200 m^3 , 放空时间为 24 h 。

5 工程设计

5.1 地道收水优化设计

因现状地道排水标准低, 如对地道雨水管整体翻建, 势必对地道交通产生较大影响。本工程着重在地道最低点处沿道路纵向于地道两侧设置雨水边沟, 上覆连排水水算子, 以加强地道收水能力。

5.2 泵站进、出水管线设计

由于原泵站进水管与地道雨水管成锐角, 水流条件差, 本次将原进水管废弃并新建 $\text{DN}1800 \text{ mm}$ 雨水管, 垂直接入泵站。由于泵站现状出水管上方大多被占压, 原位翻建困难, 本次新建泵站出水管, 沿建国路由东向西排入环堤河。新建出水管分为压力段和重力段, 压力段管径 $\text{DN}1400 \text{ mm}$, 重力段管径 $2\times \text{DN}1400 \text{ mm}$ 。设置泄压井 1 座。设置门式排放口 1 座, 排口处设置消力池, 河底采用格宾网块石护底; 排放口处管道安装内置式防倒灌器。

由于泵站周边污水系统尚不完善且污水难以重力接至最近的污水管网(环堤河西侧), 针对初期雨水, 本次新建 $\text{DN}200 \text{ mm}$ 出水压力管, 沿建国路向西于环堤河东侧泄压后倒虹过河接至污水管网(环堤河西侧)。因站内生活污水量小, 近期将其接至成品化粪池并定期清掏, 远期再将其接至完善后的污水管网。

5.3 泵站升级改造设计

泵站总平面布置的优劣直接影响工艺流程、物流是否顺畅, 影响工人巡视、操作是否方便, 同时也直接影响各个功能分区之间的衔接。本工程在原用地不变情况下, 完成对现状泵站的升级改造设计。

5.3.1 总平面设计

由于泵站用地紧张且形状不规则, 需对其进行高度集约化布置。主要措施有: (1) 平面上采用更加灵活且受力更好的圆形泵房, 利于总平面的布置。(2) 竖向上采用垂直层叠的合建结构形式, 极大节约用地。(3) 建筑采用相对不规则的平面布置, 充分挖掘场地有限空间, 实现场地的较高利用率。(4) 合理设置检修孔、吊装孔和人员出入口, 以满足泵站运维需求。

泵站内设置进水格栅井 1 座, 格栅等设备露出地面, 平面尺寸为 $6.6 \text{ m}\times 2.4 \text{ m}$ 。设置圆形泵房及调蓄池 1 座, 直径为 12.0 m 。出水阀门井外挂于圆形泵房及调蓄池西侧, 尺寸为 $8.0 \text{ m}\times 4.3 \text{ m}$ 。设置变配电间及管理用房 1 座, 位于地上。泵站内道路宽 4 m , 满足设备安装检修车辆的需求。因泵站贴邻建国路地道, 受场地限制, 站内道路不考虑消防车的需求。消防时, 考虑消防车停靠在建国路地道辅道, 从泵站内室外消火栓取水灭火(消火栓邻近地道设置)。图 5 为泵站总平面布置图。

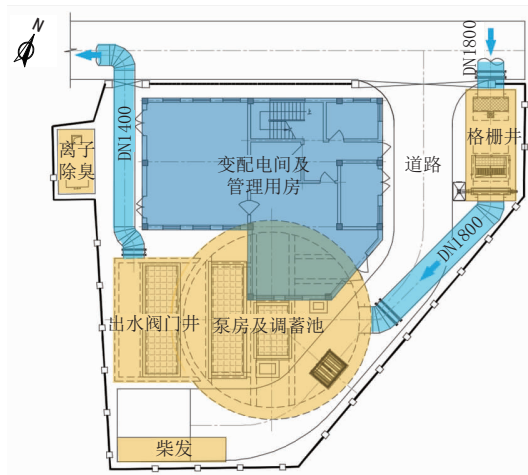


图 5 泵站总平面布置图

5.3.2 高程设计

泵房及调蓄池主体结构为圆形，采用垂直层叠的结构形式，位于地下，地下部分为 3 层：地下一层为设备操作层，地下二层为泵房层，地下三层为调蓄池层，总埋深 20.8 m，局部埋深 23.4 m。泵站设计地坪标高为 20.00 m。

格栅井进水管为 DN1800 mm，管内底标高 12.30 m，经格栅考虑 0.2 m 水头损失，泵房及调蓄池进水管为 DN1800 mm，管内底标高 12.10 m，管顶标高为 13.90 m，因此确定泵站最高水位为 13.90 m，最低水位为 12.00 m，雨水泵房集水池有效水深 1.9 m。经核算，集水池有效容积满足规范要求。图 6 为泵房及调蓄池剖面图。

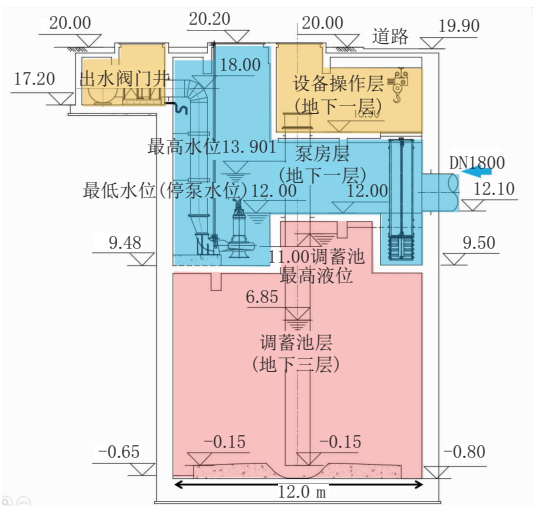


图 6 泵房及调蓄池剖面图

5.3.3 设备参数

格栅井设 1 条格栅渠道，渠宽 2 100 mm，渠道前设 1 套 1 600 mm × 1 600 mm 速闭闸门。格栅选用回转式格栅除污机 1 台，单台宽度 2 000 mm，75°倾斜安装，过栅流速不大于 1.0 m/s，格栅有效高度为 7.5 m。格栅的运行控制既可依照前后液位差自动运行，也可定时运行。格栅栅渣经螺旋压榨机压榨后外运环卫处理站处置。

雨水泵选用潜水泵，近期共设置 4 台，变频，3 用 1 库备。单泵流量 1.0 m³/s，最大扬程 10.9 m，平均扬程 9.9 m，最低扬程 8.9 m，电机功率 N 为 132 kW，设备运行信号均上传至中心控制室。

调蓄池进水处设置 1 套 1 000 mm × 1 000 mm 液压闸门。圆形初雨调蓄池采用真空冲洗，由中心沿径向冲洗，真空泵气量 100 Nm³/h，功率 N 为 3 kW。调蓄池内设置 2 台放空泵（1 用 1 备，变频），单泵流量 60 m³/h，最大扬程 25.7 m，平均扬程 19.5 m，最小

扬程 13.2 m，功率 N 为 7.5 kW。

泵站设置离子除臭装置 1 套，除臭风量 4 000 m³/h，功率 N 为 5.5 kW。将格栅井、泵房、调蓄池等产生臭气的区域加盖收集，经离子除臭装置处理后达标排放。

5.3.4 基坑支护方案

该泵房基坑深约 21 m，直径 12 m，泵站北侧毗邻现状地道，地道埋深约 5 m。泵站西侧为现状工业厂房，泵站东南侧约 15 m 处为现状货运单线铁路。基坑支护可根据埋深、周边环境采用不同支护形式，具体比选详见表 1。

表 1 支护型式比较一览表

比较项目	支护型式			
	地下连续墙 + 内衬	灌注桩 + 内衬	灌注桩 + 土层锚杆	沉井
变形控制	变形较小	变形较小	变形较大，锚杆打入周边地层，存在隐患	变形较大，对场地要求较高
止水帷幕	地下连续墙兼作止水帷幕，止水效果好，设备大，成圆形槽不规则	钻孔桩外设置高压旋喷桩作为止水帷幕	钻孔桩外设置高压旋喷桩作为止水帷幕	增加止水帷幕，可减少周边环境的影响，但影响不可量化
施工进度	较慢	较慢	较快	较慢

由于场地条件紧张，周边环境复杂，须采取稳妥的基坑支护方案，以减小施工过程中对周边环境的影响。经综合比选，推荐采用“灌注桩 + 内衬”基坑支护型式，支护桩采用全回旋全套筒，咬合灌注桩内采用逆做内衬形式实施。支护桩采用 ϕ 1 200 灌注桩，坑底采用高压旋喷桩封底。

由于用地紧张及支护费用问题，本工程不再对原泵房进行整体拆除，而是待原泵房顶板拆除后，对其进行填充处理，然后通过全护筒形式直接施加新泵房的基坑支护桩。由于新老泵房存在部分重叠，新基坑范围内残余现状泵房（约占原泵房的 1/4）采用振动机械破碎后外运。

池体部分通过逆做实施，每一道池壁均与围护桩锚固，利用池体及围护桩自重，满足池体整体抗浮稳定性要求。

6 结 语

该泵站通过高度集约化布置，在原用地不变基础上，将泵站规模由 0.83 m³/s 提升至 3.0 m³/s，同时新增一座 1 200 m³ 初雨调蓄池。本工程的建设能有

（下转第 143 页）

教育游览路线,串联“水生态”、“水科技”、“水文化”三个科普展示主题,生动有趣地向公众展示水生态海绵设施、水处理回用工艺和水文化景观小品等内容,见图 6。在提升市民游园感受之余,不断促进节水、护水理念的普及,塑造先进的城市生态环保公园典范、环境教育示范。



图 6 围挡贴纸及海绵设施宣传照片

5 效益分析

结合城市泵站及调蓄池的水量水质特点设置一体化处理装置,优先利用较污水水质好的雨水作为回用水源,投用以后运行效果理想,出水水质稳定达标。以旱天处理水量 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 探索,进水取自调蓄池内初期雨水或泵站截流的混接污水,初步测算旱天雨水资源处理回用并节水可达 $1.4 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,同时污染物减排可达 2.9 t COD/a 、 2.2 t SS/a 。未来结合周边公园绿地等使用需求,可进一步提高回用水量至 $4.2 \text{ 万 m}^3/\text{a}$;以雨天处理水量 $2\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 探索,在不

新增调蓄设施的情况下,就地处理可作为进一步提高截流标准的方法,未来处理规模可结合截流标准及实际条件等综合考虑后提高。

泵站海绵改造后景观环境明显提升,源头削减污染物的同时,与周边城市景观进一步融合。泵站对公众开放,以“水主题”为科普宣传特色,打造水环境治理科普教育游览路线,激发界面活力,吸引众多参观人流。

本次泵站及调蓄池改造以“海绵理念”、“调蓄+处理技术”、“景观提升+科普展示”为突破点,既加强源头径流污染控制、削减初雨放江污染,又实现雨水综合利用、市政设施与市民空间的融合,是排水系统末端设施(雨水泵站及初雨调蓄池)提质增效的全面探索,为泵站调蓄池等市政设施的建设提供参考。

参考文献:

- [1] 生骏,沈超,钱露.石洞口污水处理厂海绵化改造工程实践[J].中国给排水,2022,38(10):90-94.
- [2] 肖圻圻,陈鑫,周伟,等.喀斯特地区乡镇污水一体化处理技术效果分析[J].中国给水排水,2020,36(9):12-16.
- [3] 李昀涛.高效沉淀池合并用于深度处理与初雨处理研究[J].给水排水,2020(46):449-452.
- [4] 李志远,杨丽丽,郑博一.污水泵站工程中的海绵城市方案设计探讨[J].城市道桥与防洪,2019(5):178-183.

(上接第 139 页)

效提升地道桥区排涝能力,改善水环境质量,为城市的健康快速发展保驾护航。本文通过介绍该泵站的原位升级改造设计,以期给后续类似工程提供更多经验,更好地服务于城市建设。

参考文献:

- [1] 张辰.基于海绵城市建设理念的排水工程设计[J].给水排水,2019,45(6):1-5.
- [2] GB/T 50014—2021,室外排水设计标准[S].
- [3] GB 51174—2017,城镇雨水调蓄工程技术规范[S].