

利用现有地下空间进行调蓄改造雨水泵站的设计探讨

王 斌, 陈祥瑞, 李铭洋, 沈云峰, 赵和惠
(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘 要: 某些城市核心区受用地及交通限制,现有雨水泵站的升级改造极为困难。以北京市某下凹桥区雨水泵站为例,讨论分析了在现有泵站规模难以提高、周边无法独立设置调蓄池的城市核心区,如何利用现有地下空间进行调蓄改造雨水泵站系统。现有地下空间一般具有其功能性且施工空间受限,传统钢筋混凝土调蓄池难以适应其近期的灵活调整且施工困难,建议采用建造及调整更为便捷的板材组装式调蓄池。调蓄池设计时应充分考虑与现况泵站的关系,进出水管难以与泵站上下游管线连通时,可考虑将调蓄池与泵站集水池连通,依靠集水池内水位变化对调蓄池进出水进行控制。现有地下空间内调蓄池设计中还需考虑检修、通气、冲洗、管路的固定、安全措施及验收试验等。

关键词: 现有地下空间; 雨水泵站; 升级改造; 调蓄池

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)18-0064-04

Discussion on the Reconstruction Design of Rainwater Pumping Station by Using Existing Underground Space for Regulation and Storage

WANG Bin, CHEN Xiang-rui, LI Ming-yang, SHEN Yun-feng, ZHAO He-hui
(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

Abstract: Upgrading and reconstruction of existing rainwater pumping station in some urban core areas was extremely difficult due to land and traffic restrictions. Taking a rainwater pumping station of underpass bridge in Beijing as an example, this paper discussed and analyzed how to use existing underground space for storage to reconstruct rainwater pumping station system in the urban core area where the scale of the existing pump station was difficult to improve and the independent storage tank couldn't be set up. The existing underground space generally had its function and its space was limited. So, the traditional reinforced concrete storage tank was difficult to adapt to its long-term flexible adjustment and was difficult to be constructed. It was suggested that the plate assembled storage tank with more convenient construction and adjustment should be adopted. The relationship between the storage tank and the pump station should be fully considered in the design. When the inlet and outlet water pipes of the storage tank were difficult to connect with the upstream and downstream pipes of the pump station, it could be recommended to connect the storage tank with the collection tank of the pump station. Then the inlet and outlet water of the storage tank could be controlled by the change of water level in the collection tank. Maintenance, ventilation, flushing, pipe fixing, safety measures and acceptance tests should also be considered in the design of storage tank in the existing underground space.

Key words: existing underground space; rainwater pumping station; upgrading and reconstruction; storage tank

近年来,部分城市暴雨频发,加之现有雨水泵站提升系统一般标准较低,在下凹桥区等交通关键路段造成严重的积水问题,随之政府对雨水泵站排水系统的改造不断升级^[1]。然而某些城市的核心区,因用地紧张,交通拥堵,现有泵站难以进行扩容改造,下游管线难以进行翻建,因此设置雨水调蓄设施是解决雨水泵站排水问题的有效办法^[2]。但某些泵站周边因用地问题,无独立设置调蓄池的条件,改造极为困难。北京市某核心区雨水泵站升级改造工程,利用现有地下空间进行调蓄改造雨水泵站排水系统,可为此类工程提供参考。

1 项目背景

北京市二环路附近某下凹桥区雨水泵站升级改造工程,原泵站因用地问题与地下商场及停车场合建,如图 1 所示。值班室、泵房及变配电室位于地下二层,外部为商城库房及停车场,集水池位于地下三层,外部为停车场。原泵站设计重现期 $P=2$ a,汇水面积 $F=6.6$ hm^2 ,设计流量 $Q=2.4$ m^3/s 。

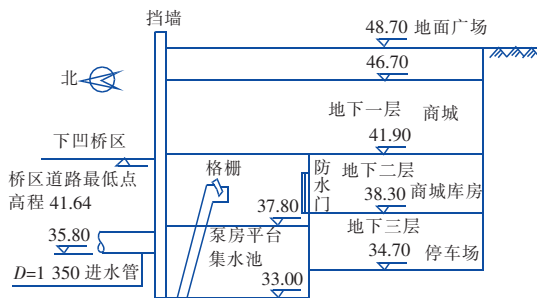


图 1 现状泵站示意

Fig. 1 Schematic diagram of the current pumping station

按照本次设计重现期 $P=10$ a,综合径流系数为 0.95,根据现状周边地形重新核算汇水面积为 8.38 hm^2 ,设计流量 $Q=3.7$ m^3/s ,现状泵站的提升能力明显不足,此处存在积涝风险。

2 改造方案的确定

经过综合考虑,提出两个改造方案。

方案一:更换水泵达到设计重现期。更换泵站内水泵,使水泵提升能力达到 3.67 m^3/s ,同时扩建泵站变配电室,并翻建泵站下游管线。

方案二:新建雨水调蓄池。新建调蓄池,将超过泵站抽升能力的雨水暂存在内,通过削减降雨的峰值,使桥区排水系统整体能力达到设计标准。

方案一更换水泵后泵站安装设备总容量增加,需扩建变配电室用以增加配电柜及变压器,变配

电室扩建需拆改并占用地下二层商户库房;同时,泵站出水管道接入的下游雨水管道管径仅 $D1400$ mm,无法满足 3.67 m^3/s 的流量要求,需全部进行翻建,工程量大且此段道路下翻建管道对交通影响严重。方案二仅新建调蓄池,无需扩建变配电室及翻建下游管线,整体费用及可实施性均较强,因而选择方案二作为实施方案。根据泵站周围用地情况,仅地下三层停车场满足调蓄池设置要求,设计利用此现有地下空间进行雨水调蓄。

3 现有地下空间调蓄池设计

3.1 调蓄池容积计算

调蓄池的有效容积应为桥区降雨产生汇流过程中不能由雨水泵站排出的产流量叠加,即图 2 所示阴影部分。

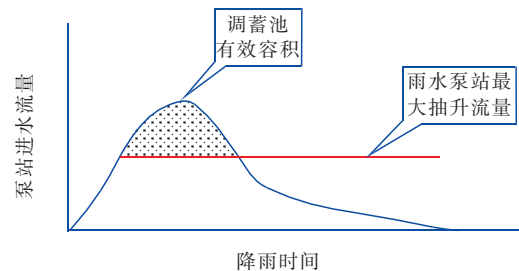


图 2 调蓄池有效容积示意

Fig. 2 Schematic diagram of effective volume of rainwater storage tanks

根据《下凹桥区雨水调蓄排放设计规范》(DB 11/T 1068—2014),各时段产流量按最小时间段为 5 min、最大时间段为 1440 min 的北京市设计雨型雨量分配表进行计算,进入泵站的雨水流量大于泵站排水量的部分计入调蓄池有效容积,因而计算公式如下^[3]:

$$Q_R = \sum_{t=1}^{288} Q_R^t = \begin{cases} \sum_{t=1}^{288} (Q_C^t - 300Q_b) & (Q_C^t - 300Q_b) \geq 0 \\ 0 & (Q_C^t - 300Q_b) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中 Q_R ——调蓄池有效容积, m^3

Q_C^t ——第 t 时刻 5 min 时段进入泵站的雨水量, m^3

Q_b ——雨水泵站排水量, m^3/s

改造后桥区收水系统能力可达到 10 年标准 $Q=3.7$ m^3/s ,泵站排水量为 2.4 m^3/s ,计算得出调

蓄池有效容积为 600 m^3 , 现场空间较为紧张, 受现况墙壁及车辆通行对平面布置的影响, 屋顶悬吊通风、排烟、消防等管线对水箱高程的影响, 最终确定调蓄池尺寸约为 $21.0 \text{ m} \times 14.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ 。

3.2 调蓄池进水管设计

受现有地下空间限制, 调蓄池进水管难以与泵站上下游管线直接连通, 且因空间紧张调蓄池内设置潜水泵离心泵进行排放无论安装及运行均较为困难, 因而考虑将调蓄池与泵站集水池连通, 依靠集水池内水位变化对调蓄池进出水进行控制。

设计在泵站集水池与调蓄池间设置进出水连通管(见图3), 进水管上各设置蝶阀, 在进水管前端设置进水堰, 控制进水液位, 同时在出水管末端设置橡胶逆止阀, 防止低液位进水。

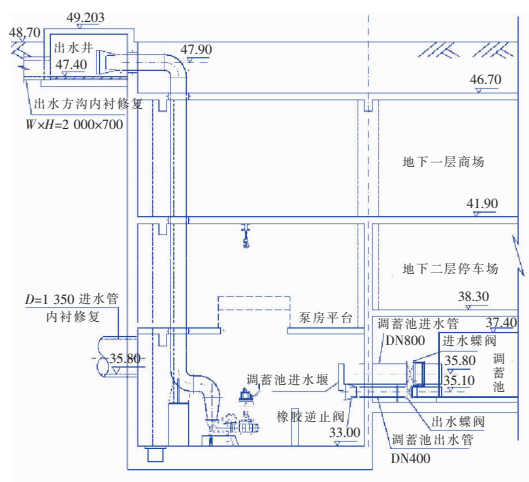


图3 调蓄池设计示意

Fig. 3 Schematic design of rainwater storage tank

建议适当提高调蓄池进水管管径设计标准, 按50年重现期计算、设计。由于调蓄池出水排入集水池后由泵站水泵排出, 出水管过水能力应不小于泵站中最小一台水泵的流量。

3.3 调蓄池池体设计

现有地下空间一般施工空间受限, 材料运输困难, 混凝土罐车及施工车辆难以进出, 现场难以进行钢筋混凝土浇筑。如调蓄池施工现场为地下停车场, 即便车辆可通行但进出车辆限高 2 m , 钢筋混凝土材料的运输及浇筑受限, 传统混凝土调蓄池实施困难。同时, 现有地下空间一般具有其功能性, 作为永久结构的钢筋混凝土调蓄池难以满足其远期的灵活调整, 因而建议采用建造及调整更为便捷的板材组装式调蓄池。

根据调蓄池容积及承压条件计算和选择调蓄池结构形式、材质、厚度及加固方式。调蓄池材质采用 SUS 304 不锈钢, 形式参见图集《矩形给水水箱》(12S101) 中“组合式不锈钢波纹板给水水箱”, 调蓄池设计承压不小于 3.0 m 水头(50年重现期降雨时, 集水池内水位超过调蓄池顶部的水头, 并附加一定安全水头), 经计算最小板厚应不低于: 底板 4.0 mm 、侧板 3.0 mm 、顶板 2.0 mm , 为保证调蓄池结构稳定, 调蓄池内部设置内拉杆, 规格应不小于 $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 3.0 \text{ mm}$ 角钢; 外部设置加固槽钢, 规格应不低于 12#, 侧板每个十字接缝处都应有拉筋, 每根拉筋与水箱板连接处, 有四根辅助拉筋放射状分布, 与池体及主拉筋焊接牢固。

3.4 设计中的注意事项

现有地下空间一般具有一定自身用途, 存在人员或车辆出入, 为保证其与调蓄池的安全及使用效果, 在调蓄池的设计过程中, 还应注意以下几点:

① 检修

a. 人员进出。为方便调蓄池的运行管理, 考虑人员进出清扫, 应在池体适当位置设置人孔, 可设置于池体顶部或侧面。设置于顶部时应配套内、外人梯, 设置于侧面时应配套密闭门。人孔附近应安装可视液位计, 确保水箱内液位较低时方可打开人孔进入。

b. 放空。为确保调蓄池底部平稳及放空彻底, 调蓄池底部应设置基础架空, 基础高度宜大于 0.5 m , 并应有排水条件。

② 通气

调蓄池顶部应设置排气阀, 排气阀流量应大于调蓄池最大进水量, 阀口应带网格以防止异物进入调蓄池。

③ 冲洗

受资金限制, 仅考虑从泵房接引自来水管, 通过软管由人员进入水箱进行冲洗。如有条件应考虑安装旋转喷嘴或曝气喷射等相关专业冲洗设备。

④ 管路固定

为防止调蓄池进水管受集水池内水压作用发生位移, 建议设置支架将进水管固定于洞口隔墙或地面。

⑤ 安全措施

a. 调蓄池分格。此工程受场地空间限制, 为保证调蓄容积未对其进行分格。如有条件, 可将调蓄

池设为多格连通,如有一格损坏其他分格可正常运行,从而提高调蓄池抗风险能力,且利于检修维护。

b. 防撞击保护。若现有地下空间存在车辆出入或其他可能撞击调蓄池的隐患,可采取增加防撞护杆、加宽基础、增设反光警示带等措施。

c. 监测。建议设置摄像头、液位计等监测装置,一旦水箱出现漏水等问题能第一时间发现并解决。

⑥ 验收试验

如采用组装焊接式调蓄池,验收前应进行焊缝试验及满水试验。若发现有漏水的地方,须重新焊接,再进行试验。

4 泵站及调蓄池运行工况

雨水进入泵站,水泵开始运行,将雨水提升后排入下游雨水管。

当雨量较大,超过泵站抽升能力,泵站水位上升超过调蓄池进水堰顶时,雨水进入调蓄池进行调蓄。

当雨量进一步增大,超过调蓄池调蓄能力,泵站水位上升至预警水位时,调蓄池进水管道上蝶阀关闭,避免调蓄池过度承压,泵站内报警装置报警,泵房防水门关闭。

当雨量减少,泵站水位下降至调蓄池进水堰顶高程时,调蓄池进水管道上蝶阀已无需对调蓄池进行过压保护,此蝶阀开启;而后泵站水位下降至调蓄池出水管高程时,调蓄池内雨水经出水管排空至泵站集水池。

正常运行情况下,调蓄池出水管道上蝶阀处于常开状态,仅当出水管道上橡胶逆止阀出现问题或调蓄池检修等特殊情况下才关闭。

该工程已施工完毕并投入使用,目前状况良好,2018年北京“7·16”暴雨期间,泵站所在下凹桥区未出现积水,有效保障了桥区的排水安全。

5 结语

① 现有雨水泵站升级改造难以扩建变配电室或翻建下游管线时,建议采用雨水调蓄的方式达到设计标准,若周边无独立设置调蓄池的条件,可考虑就近利用现有地下空间进行雨水调蓄。

② 受现有地下空间限制,调蓄池出水管难以与泵站下游管线直接勾通时,可考虑将调蓄池与泵站集水池连通,依靠集水池内水位变化对调蓄池进出水进行控制。

③ 现有地下空间一般具有其功能性且施工空

间受限,传统钢筋混凝土调蓄池难以适应其远期的灵活调整且施工困难,建议采用建造及调整更为便捷的板材组装式调蓄池。

④ 调蓄池设计中还需考虑检修、通气、冲洗、管路的固定、安全措施及验收试验等。

参考文献:

- [1] 孟凡能,王建强,华福才,等. 城市下凹立交雨水泵站系统的升级改造[J]. 中国给水排水,2015,31(12): 90-92.
Meng Fanneng, Wang Jianqiang, Hua Fucui, et al. Upgrading and reconstruction of rainwater pumping station at urban underpass [J]. China Water & Wastewater, 2015,31(12):90-92(in Chinese).
- [2] 李卫群,程瑞,杜建康. 雨水调蓄技术在城市立交排水中的应用[J]. 中国市政工程,2014(3):35-37.
Li Weiqun, Cheng Rui, Du Jiankang. Application of rainwater regulation and storage technology in urban overpass drainage [J]. China Municipal Engineering, 2014(3):35-37(in Chinese).
- [3] DB 11/T 1068—2014,下凹桥区雨水调蓄排放设计规范[S]. 北京:北京市规划委员会,北京市质量技术监督局,2014.
DB 11/T 1068 - 2014, Design Code for Stormwater Storing and Discharging for Underpass Road [S]. Beijing: Beijing Municipal Commission For City Planning, Beijing Municipal Administration of Quality and Technology Supervision, 2014(in Chinese).



作者简介:王斌(1988—),男,浙江台州人,硕士,工程师,从事市政给排水工程设计工作。

E-mail:382804253@qq.com

收稿日期:2019-01-21