

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.16.017

# 天津市中心城区合流系统末端调蓄工程的设计要点

周传庭<sup>1,2</sup>, 杨殿海<sup>2</sup>, 赵金保<sup>3</sup>

(1. 上海市城市建设设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200125; 2. 同济大学环境科学与工程学院 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092; 3. 洼石环境工程<上海>有限公司, 上海 201799)

**摘要:** 天津市中心城区部分区域为合流制排水系统,无法改造成分流制排水系统,通过在合流制排水系统末端修建调蓄池,减少合流制排水系统末端入河溢流污染物量和溢流频率,降低合流制排水系统溢流对海河的污染。调蓄池设计标准为25 mm降雨量,总调蓄池容积为100 000 m<sup>3</sup>,考虑利用现有转输管道的调蓄容积,经计算,新建调蓄池的调蓄容积为60 000 m<sup>3</sup>。根据现有合流制排水系统的布局,针对中心城区用地紧张的现状,调蓄池主体结构选址于系统末端附近的河道下方,采用全地下式封闭设计,调蓄池修建完成后上部恢复周边绿化及现状河道。

**关键词:** 中心城区; 合流系统; 河道下方; 调蓄池

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)16-0091-05

## Design Key Points of Terminal Regulation and Storage Project of Combined Drainage System in Central Urban Area of Tianjin

ZHOU Chuan-ting<sup>1,2</sup>, YANG Dian-hai<sup>2</sup>, ZHAO Jin-bao<sup>3</sup>

(1. Shanghai Urban Construction Design and Research Institution <Group> Co. Ltd., Shanghai 200125, China; 2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. WASCH Environmental Engineering <Shanghai> Co. Ltd., Shanghai 201799, China)

**Abstract:** Part of the central urban area of Tianjin is a combined drainage system, which cannot be modified into diverted drainage system. By building storage tanks at the end of the combined drainage system, the overflow frequency and flow of the combined drainage system can be decreased, and the pollution of the combined drainage system overflow to the Haihe River can be reduced. The design standard of the storage tank was 25 mm rainfall, and the total volume of the storage tank is 100 000 m<sup>3</sup>. By considering the storage capacity of the existing transfer pipeline, the storage capacity of the new storage tank was determined as 60 000 m<sup>3</sup>. According to the layout of the existing combined drainage system and the current situation of land shortage in the central urban area, the main structure of the storage tank was located below the river channel near the end of the system, and the whole underground closed design was adopted to restore the surrounding greening and current river course in the upper part after the construction of the storage tank.

**Key words:** central urban area; combined drainage system; under river; storage tank

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2011ZX07303-002)

## 1 工程概况

天津市的大沽北路、电台道、上海道及五大道4个排水系统属于天津市中心城区现存17片合流制地区中的第一类、第二类合流制系统,上述区域的合流水均排入南京路下方的现状合流管,进入南京路泵站。平时进入南京路泵站的旱季污水量约为 $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ,经南京路泵站提升后,输送至津沽污水处理厂进行处理。大雨时,现状南京路泵站的合流水出路分为两路:一路出水进入津沽污水处理厂(最大 $4 \text{ m}^3/\text{s}$ )处理后达标排放,另外一路(超过 $4 \text{ m}^3/\text{s}$ 的部分)直接排入海河,造成海河水质污染<sup>[1]</sup>。

为避免雨天合流系统溢流对海河的污染,南京路合流泵站的出水将不直排海河,出水通过 $D2\ 600 \text{ mm}$ 转输管转输至双林截污泵站,在双林截污泵站附近设置先锋河调蓄池,五大道片区合流系统溢流污水经先锋河调蓄池调蓄后输送至津沽污水厂处理。

## 2 调蓄池设计标准及设计规模

通过对天津市中心城区近30年的降雨资料进行统计分析,天津市中心城区年均降雨量为 $519.5 \text{ mm}$ ,年均降雨62场。针对不同雨水径流控制标准,相应降雨场次控制率、降雨总量控制率、溢流率以及年均溢流场次见表1。

表1 天津市中心城区雨水径流控制标准统计

Tab.1 Statistic of stormwater runoff control standards in the central urban area of Tianjin

雨水径流控制标准/mm	降雨场次控制率/%	降雨总量控制率/%	溢流率/%	年均溢流场次
36	94.9	86.8	5.1	3.1
30	93.2	82.5	6.8	4.2
25	90.8	78.0	9.2	5.7
20	87.6	71.5	12.4	7.6
15	83.6	63.1	16.4	10.1
10	76.4	51.2	23.6	14.6
8	72.4	45.1	27.6	17.0
6	67.0	37.8	33.0	20.4

经综合考虑,确定天津市中心城区合流制系统控制溢流标准为 $25 \text{ mm}$ 降雨量<sup>[2-4]</sup>。

本工程中的合流制系统溢流污染控制标准确定采用下式计算:

$$V = 10HF\Psi\beta \quad (1)$$

式中  $V$ ——调蓄池有效容积, $\text{m}^3$

$H$ ——调蓄量, $\text{mm}$ ,按降雨量计

$F$ ——汇水面积, $\text{hm}^2$

$\Psi$ ——径流系数,本工程取0.6

$\beta$ ——安全系数,本工程取1.0

工程服务面积约 $644 \text{ hm}^2$ ,其中五大道、上海道、电台道及大沽北路系统内合流区域面积分别为 $223$ 、 $89$ 、 $120$ 及 $212 \text{ hm}^2$ 。根据确定的调蓄标准,经计算,总计需要调蓄容积为 $100\ 000 \text{ m}^3$ ,同时考虑扣除现有的 $D2\ 600 \text{ mm}$ 管道的调蓄容积,本工程需新建调蓄容积 $60\ 000 \text{ m}^3$ 。

## 3 调蓄池选址

因本工程服务范围为天津市中心城区,均为已建成区,用地紧张。根据现状排水系统的特征,经多方案比选论证,新建调蓄池选址于排水系统末端,现状先锋河河道下方,采用全地下式封闭设计,调蓄池修建完成后上部恢复周边绿化及现状河道。

## 4 平面布置

本工程由调蓄池主体、进水格栅井、进风井、排风井以及管理用房组成(见表2)。

表2 主要构(建)筑物

Tab.2 Main structures (buildings)

项目	平面尺寸/( $\text{m} \times \text{m}$ )	数量/座	备注
调蓄池主体	$223.8 \times 30.2$	1	位于先锋河下方
进水格栅井	$10.3 \times 9.0$	1	
进风井	$5.5 \times 3.5$	2	
排风井	$5.5 \times 3.5$	2	
管理用房	$17.1 \times 7.8$	1	内设仪表间、设备间、变配电间

调蓄池主体设置于先锋河下方,在先锋河岸边设置进水格栅井、管理用房及进、排风井(见图1)。

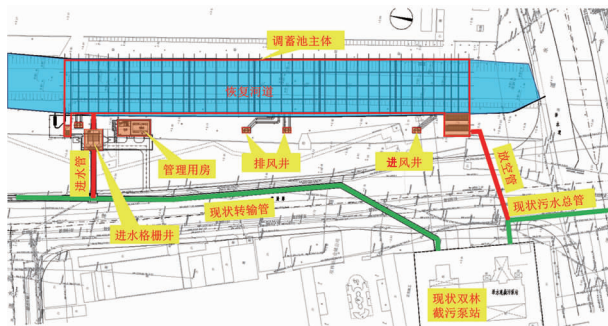


图1 先锋河调蓄池平面布置

Fig.1 Plane layout of Xianfeng River storage tank

## 5 竖向设计

调蓄池设置在现状河道下方,河道规划河底标

高为 $-1.50\text{ m}$ ,设计河道水位标高为 $2.00\text{ m}$ ,现状河岸标高为 $3.20\text{ m}$ 左右。考虑河道养护要求,调蓄池外顶与规划河底之间设置 $1\text{ m}$ 的保护距离。

调蓄池处现状 $D2\ 600\text{ mm}$ 转输管管内底标高为 $-6.90\text{ m}$ ,新建 $D2\ 600\text{ mm}$ 进水总管与现状转输管管顶平接,进水最高水位与进水总管顶标高齐平( $-4.30\text{ m}$ ),调蓄池内有效水深为 $8.50\sim 10.65\text{ m}$ ,存水室底板标高为 $-12.80\text{ m}$ ,蓄水区底板标高为 $-14.95\sim -12.80\text{ m}$ ,放空区底板标高为 $-18.60\text{ m}$ (见图2)。

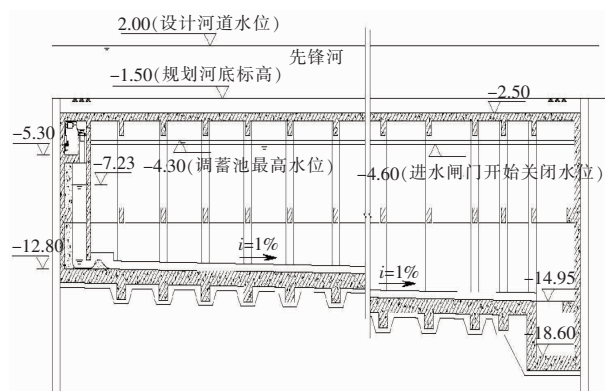


图2 调蓄池竖向设计

Fig.2 Vertical design drawing of storage tank

## 6 工艺设计

### 6.1 进水格栅井设计

进水格栅井内设置2组格栅,采用反捞式格栅除污机,每组格栅渠宽为 $2\ 600\text{ mm}$ ,栅间距取 $30\text{ mm}$ ,格栅片宽度取 $10\text{ mm}$ ,电机功率为 $3.0+0.8\text{ kW}$ ,安装角度为 $75^\circ$ 。格栅配套螺旋输送压榨机1套,直径 $d300\text{ mm}$ ,输送机长度为 $6\ 000\text{ mm}$ ,电机功率为 $2.2\text{ kW}$ 。

进水格栅前端安装2台 $2\ 000\text{ mm}\times 2\ 000\text{ mm}$ 手电两用镶铜铸铁方闸门,格栅后端安装1台 $\varnothing 2\ 600\text{ mm}$ 手电两用镶铜铸铁方闸门。

在格栅后设置隔墙,用以防止调蓄池瞬间进水量过大,流速过高,对格栅造成冲击。

### 6.2 调蓄池主体设计

规划河岸绿化带宽度为 $3\text{ m}$ ,先锋河底部宽度为 $18\text{ m}$ 左右,上部宽度为 $30\text{ m}$ ,先锋河调蓄池宽度取 $30\text{ m}$ ,控制在河道用地范围内,长度约为 $224\text{ m}$ 。采用地下式设置在先锋河底部,调蓄池主体由真空设备间、存水室、蓄水区及放空区组成。

#### ① 调蓄池冲淤设计

鉴于本调蓄池需冲洗长度超过 $200\text{ m}$ ,经综合比选,确定本工程的冲洗方式采用真空冲洗。结合结构柱网布置,将调蓄池划分为4个廊道,为确保冲洗效果,每个冲洗廊道配备2套真空阀,2套真空阀共用1套真空泵,单套真空泵的能力为 $63\text{ Nm}^3/\text{h}$ ,电机功率为 $2.1\text{ kW}$ ,在每个存水室内设置1台液位计,用于控制存水室内蓄水高度。

#### ② 调蓄池放空设计

放空区内安装2台潜水离心泵,2用,单泵流量为 $1\ 800\text{ m}^3/\text{h}$ ,电机功率为 $99\text{ kW}$ ,同时设置小流量潜水离心泵1台,单泵流量为 $50\text{ m}^3/\text{h}$ ,电机功率为 $10\text{ kW}$ 。在放空区设置1台液位计,用于控制放空泵。

## 7 结构设计

本工程采用地下连续墙围护方案,地下墙与主体结构外墙按叠合墙考虑。

调蓄池主体采用现浇钢筋混凝土结构,地下连续墙也作为主体结构的一部分。构筑物采用整体浇筑,不设变形缝,设置 $1\text{ m}$ 宽后浇带来补偿施工时的温差收缩内力。同时底板及其与底板一次浇筑的侧墙、顶板混凝土应掺加纤维和具有补偿收缩功能的膨胀剂,以减少干缩和温差收缩。

## 8 通风除臭设计

#### ① 通风设计

真空设备间换气次数为 $6\text{ 次}/\text{h}$ ,采用自然进风、机械排风的形式将空气通过排风设备排至室外;风机采用耐腐型,排风风机防爆。

蓄水区换气次数为 $3\text{ 次}/\text{h}$ ,采用机械送排风,在先锋河西岸边设2座排风井、2座送风井,每座送、排风井内分别设置2台混流风机。送排风机与调蓄池进出水阀门信号、调蓄池液位信号、有毒气体浓度信号联锁。进出水均联锁开启送排风机;当调蓄池内可燃、有毒气体浓度报警时,自动开启送排风机;当调蓄池液位达到高报警时,强制送排风机停机。控制优先级:液位信号优先于可燃、有毒气体浓度信号。

#### ② 除臭设计

除臭工艺采用植物液喷淋除臭,共设2套植物液喷淋除臭装置。1#除臭装置服务于进水格栅井,2#除臭装置服务于排风井。

## 9 调蓄池控制设计

先锋河调蓄池控制模式详见图3<sup>[5]</sup>。

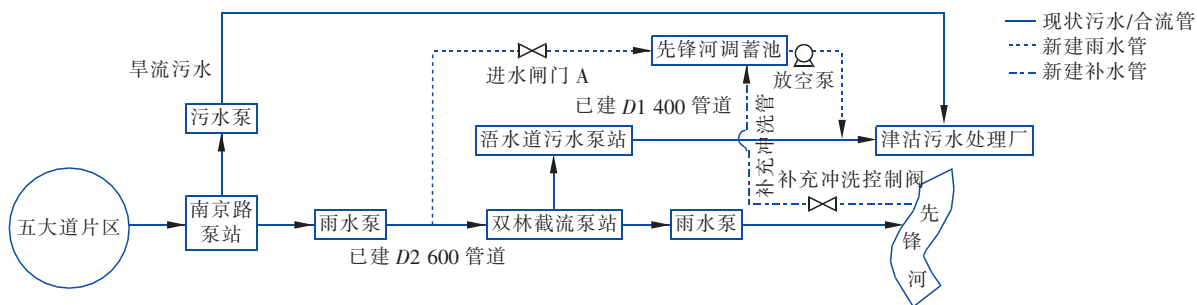


图3 调蓄池控制系统

Fig.3 Control system of storage tank

① 旱季模式: 闸门A处于关闭状态, 调蓄池、双林截流泵站水泵及南京路泵站雨水泵停止运行, 五大道片区污水经南京路泵站污水泵提升后输送至津沽污水处理厂。

② 雨季模式: 降雨量较小时(南京路泵站内水位标高低于1.50 m), 闸门A仍处于关闭状态, 混合污水排放途径同“旱季模式”。当降雨量逐渐增大, 南京路泵站内水位上涨至防汛安全水位时(南京路泵站内水位标高高于1.50 m), 开启南京路泵站中雨水泵, 将合流污水排至现状D2 600 mm管道内, 待D2 600 mm管道充满后, 打开闸门A。调蓄池储满时(如遇暴雨时或持续降雨), 闸门A关闭, 并开启双林截流泵站雨水泵, 将溢流混合污水排入先锋河。

③ 调蓄池放空: 降雨结束后, 当浯水道污水泵站已建D1 400 mm污水管内水位恢复旱季水位后, 开启调蓄池放空泵, 将调蓄污水提升至污水出水管, 最终送至津沽污水处理厂处理达标后排放<sup>[6]</sup>。

④ 调蓄池冲洗控制: 调蓄池设计冲洗利用调蓄池进水。补充冲洗时利用先锋河河水。

存水室蓄水: 当调蓄池进水液位达到-12.60 m(水封坡以上20 cm)时, 真空泵启动抽气, 存水室内液位上升, 当液位达到-7.23 m时, 存水室蓄水完成, 真空泵自动停止工作;

存水室持水: 调蓄池放空过程, 存水室顶部空间维持真空度, 存水室内液位保持不变;

存水室放水: 调蓄池放空完成后(水位达到放空泵停泵水位-17.80 m), 存水室放水冲洗廊道, 放水持续时间5~10 s;

存水室放水冲洗每次执行单个廊道, 依次轮流进行。

补充冲洗控制: 打开补充冲洗水控制阀, 引入先锋河水作为补充冲洗水, 同步开启真空泵, 存水室开始蓄水。后续控制过程(持水、放水)同上。

## 10 运行效果

本工程于2019年底实施完毕, 经过近半年的调试运行, 先锋河调蓄池运行正常, 完全实现了设计目标。

## 11 结语

实践证明, 通过在中心城区合流系统末端修建调蓄池, 能够充分利用现有合流制排水管道, 减少老城区排水系统改造; 能够有效控制合流系统溢流污染, 提高中心城区水环境质量; 降低汛期合流系统对现有污水处理厂的冲击负荷, 确保污水处理厂的正常运行; 提高中心城区防汛标准, 解决城区积水问题, 提升城市品位。

## 参考文献:

- [1] 刘欣. 天津市合流制系统溢流调蓄池工程可行性研究[D]. 天津: 天津大学, 2017.  
Liu Xin. Feasibility Study on Overflow Storage Tank of Combined System in Tianjin [D]. Tianjin: Tianjin University, 2017 (in Chinese).
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of PRC. Technical Guidelines for Sponge City Construction—Construction of Rainwater System for Low Impact Development (Trial) [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015 (in Chinese).
- [3] 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.  
Wang Xiaojun. Application of initial rainwater storage

(下转第100页)