

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.016

潍坊市超大型调蓄池工艺设计与建设特点

笪 健, 王德生, 曹兴坤, 马正光

(潍坊市市政工程设计研究院有限公司, 山东 潍坊 261061)

摘 要: 为控制流域溢流污染,潍坊市虞河下游新建超大型地下调蓄池,用于调蓄控制合流制径流污染和分流制径流污染。调蓄池总容积为 $22 \times 10^4 \text{ m}^3$,采用串联式蓄水模式,配备门式自冲洗、离子除臭等设施。详细介绍了工程的设计规模、设计参数与运行模式,重点介绍了串联式蓄水模式在狭长地带建设的适用性。为进一步降低工程造价,采用超长冲洗距离以减少冲洗设备数量。试运行结果显示,加大冲洗水量与冲洗势能,即使冲洗廊道长度达到 100 m 时,也能够达到良好的冲洗效果。目前调蓄池已稳定运行,能够有效调蓄水量,控制径流污染,改善城市环境。

关键词: 超大型调蓄池; 门式自冲洗; 离子除臭; 径流污染控制

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0085-05

Process Design and Construction Characteristics of Super Large Storage Tank in Weifang City

DA Jian, WANG De-sheng, CAO Xing-kun, MA Zheng-guang

(Weifang Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Weifang 261061, China)

Abstract: In order to control the overflow pollution in the watershed, one new super large underground storage tank was built in the lower reaches of Yuhe River in Weifang City. It was used for controlling combined sewer overflow pollution and separate system runoff pollution. With a total volume of $220\,000 \text{ m}^3$, the storage tank adopted the mode of series water storage, equipped with gate-type self-washing, ion deodorization and other facilities. The design scale, design parameters and operation mode of the project were introduced in detail, and the applicability of the mode of series water storage in the long and narrow area was introduced emphatically. In order to further reduce the project cost, an extra long washing distance was used to decrease washing equipment numbers. The test results indicated that it also got a well flushing effect by increasing the water amount and flushing potential energy, even though the flushing gallery distance reached 100 m. At present, the storage tank has been stable operation, which could effectively regulate water storage, control runoff pollution and improve the urban environment.

Key words: super large storage tank; gate-type self-washing; ion deodorization; runoff pollution control

调蓄池对合流径流污染以及分流径流污染均有良好的控制作用,在国外如美国、德国,国内如上海

等城市中有诸多应用实例,效果良好^[1-2]。潍坊市正在积极推进城区雨污分流改造工程,城市排水系

统正处于“合改分”的过渡阶段,一方面,分流改造过程长、见效慢,近期仍亟需解决合流溢流污染的顽疾;另一方面又要未雨绸缪,长远考虑分流后的初期雨水径流污染削减,提升城市水环境。为有效解决上述问题,潍坊市自2018年4月开始实施城区溢流整治工程,其中包括在虞河流域下游新建超大型地下调蓄池,总调蓄容积 $22 \times 10^4 \text{ m}^3$,近期调蓄合流溢流污水,远期调蓄初期雨水。

1 项目概况

1.1 流域概况

虞河是由南向北流经潍坊市的主要河道之一,调蓄池上游流域面积约为 50 km^2 ,河道两岸排水(以分流管网为主)均排入两岸合流箱涵,箱涵内尺寸为宽 \times 高 $=2.7 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}$ 。旱季污水总量约 $17 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分别排入下游城北污水处理厂与虞河下游污水厂处理。受污水厂北迁影响,箱涵末端与下游污水厂之间为2根 $d1\ 200 \sim d1\ 400 \text{ mm}$ 污水主管道,管道排水能力远小于上游箱涵。箱涵与管道衔接处为溢流截流口,截流倍数仅为1.35,汛期混合污水溢流入河道。虞河流域排水示意图图1。



图1 虞河流域排水示意

Fig.1 Drainage diagram of Yuhe River basin

1.2 容积设计

新建调蓄池位于现状溢流口处,服务上游约 10 km 范围河道两岸排水,总服务面积为 50 km^2 。河道箱涵近期为合流箱涵,雨污分流改造后为截流初

期雨水+污水的截污箱涵。根据《城镇雨水调蓄工程技术规范》(GB 51174—2017)^[3],调蓄池设计容积以远期分流排水系统径流污染控制计算公式计算,考虑单位面积调蓄深度为 8 mm ,综合径流系数为0.5,安全系数为1.1。

设计调蓄池容积 $V=22 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。调蓄池建成后,合流溢流截流倍数由1.35提高至2.65,按照近期合流制排水系统径流污染控制计算公式(进水时长为 $0.5 \sim 1.0 \text{ h}$)校核,新的截流倍数下调蓄进水时长 $t_i \approx 2.2 \text{ h}$,满足合流径流污染控制需求。

2 工艺设计

2.1 整体布置

调蓄池主体为地下调蓄池,位于河道东岸。东侧河堤距现状虞河路红线约 32 m ,南北长约 $1\ 100 \text{ m}$,中间有现状 110 kV 高压线塔,空间布置限制性因素较多。池体净宽为 30 m ,位于河堤与道路红线之间,池顶高程为 18.3 m ,后期池顶景观绿化整治地面高度约 $19.8 \sim 20.5 \text{ m}$ 。

调蓄池布置为南北狭长型,内尺寸长为 995.6 m ,有效水深为 $8.5 \sim 9.63 \text{ m}$,满水总蓄水量为 $22 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。为现浇钢筋混凝土结构,共分为1个进水区、8个蓄水单元以及3处连接廊道。平面布置见图2。

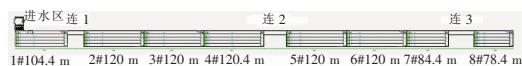


图2 调蓄池平面布置

Fig.2 Plane layout of storage tank

2.2 进水区与进水模式

进水区内尺寸长 \times 宽 $=26.7 \text{ m} \times 15.6 \text{ m}$ (含格栅),底板高程为 11.3 m ,顶板高程为 20.7 m 。进水区平面布置见图3。

南侧来水方向:2孔 $3.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 进水箱涵,连接上游箱涵与调蓄池,旱季为污水,降雨时为雨污混合水,坡度为 $0.000\ 8$,最大设计输水能力 $36 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

北侧排水方向:接同步配建的 $d1\ 800 \text{ mm}$ 进污水厂主管道,池壁预留 $\varnothing 1\ 800 \text{ mm}$ 排水口,设 $1.8 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$ 方闸门。闸门常开,旱季污水及降雨时部分雨污混合水经 $d1\ 800 \text{ mm}$ 主管道向北排入污水处理厂,坡度为 $0.000\ 8$,最大设计输水能力 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

东侧进调蓄池方向:设4组进水廊道。每组廊

道宽3 m,设3 m×3 m方闸门。闸门常闭,蓄水时开启。廊道内设进水中格栅,栅条间距40 mm;需调蓄时,控制闸门开启,经进水廊道向调蓄池进水。

西侧排河方向:设4孔2.5 m×2.5 m溢流口,配4组2.5 m×2.5 m方闸门。闸门常闭,雨量较大时,控制闸门开启,超出调蓄容量混合污水经溢流口排入河道。

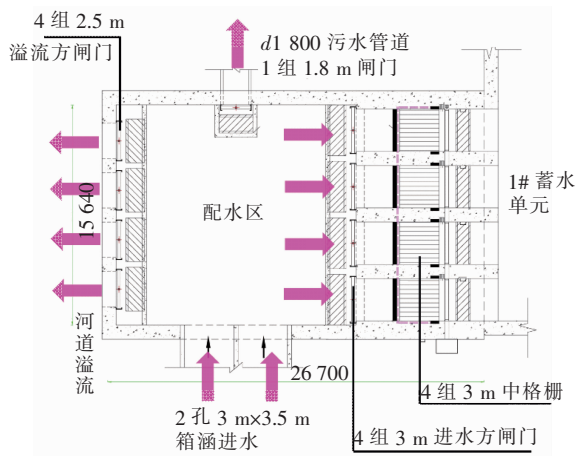


图3 进水区平面布置

Fig. 3 Plane layout of water intake area

运行工况根据液位、流量由PLC集成控制。

工况一:d1 800 mm污水管道闸门常开,其余闸门关闭,非降雨以及降雨较小时,上游混合污水量小于污水厂处理能力时运行;

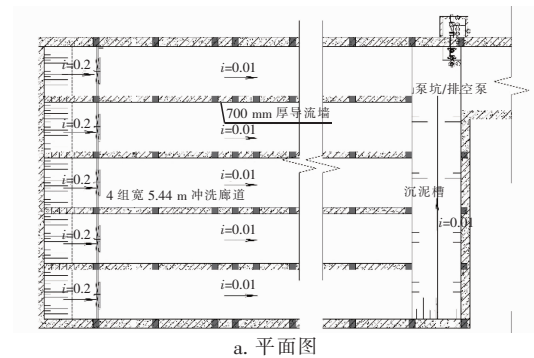
工况二:d1 800 mm污水管道闸门常开或部分开启(出水流量不大于下游处理能力),进调蓄池闸门开启,河道方向闸门关闭,此工况为降雨时,混合污水流量大于下游处理能力时运行;

工况三:d1 800 mm污水管道闸门常开或部分开启(出水流量不大于下游处理能力),进调蓄池闸门关闭,河道方向闸门开启,此工况为降雨量较大且调蓄池蓄满水时运行。

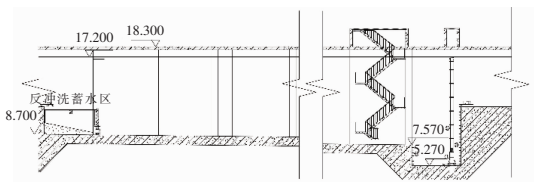
2.3 蓄水单元与蓄水模式

考虑自冲洗效果,蓄水区采用串联式布置形式,设8个蓄水单元,每单元长为78.4~120.4 m。

蓄水单元的平面、立面布置见图4。进水区平面起端池底标高为8.70 m,底板坡度为0.01,池体深度为9.3~10.44 m。设计满水蓄水标高为17.2 m,有效水深为8.5~9.64 m。每个蓄水单元前置自冲洗蓄水区。末端为自冲洗沉泥区、出水区,配潜污泵1台,沉泥区下沉0.8 m,水泵泵坑下沉2.3 m。



a. 平面图



b. 剖面图

图4 蓄水单元示意

Fig. 4 Schematic diagram of water storage unit

蓄水模式:池内水位低于11.75 m时,进水依次流入蓄水单元串联进水,且优先充满各单元前置自冲洗蓄水区。水位高于11.75 m且上游持续来水时,调蓄池11.75~17.20 m蓄水区间整体上升。进水示意图图5。

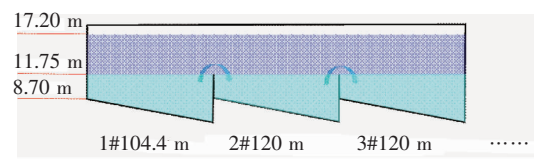


图5 进水示意

Fig. 5 Schematic diagram of water intake

排空模式:调蓄混合污水均排入污水厂处理,下游污水厂经污水量统一调配后,可增加 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的空余处理能力,除为其他项目预留 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模外,接纳本调蓄池排空水量为 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。采用自流+潜水泵提排模式放空,5#单元处设d1 000 mm重力排空管,设计管底高程为15.3 m。每个蓄水单元末端设潜污泵1台,单泵 $Q \geq 1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,最大扬程 $H = 140 \text{ kPa}$,排入池体西侧d1 800 mm污水主管道。

2.4 冲洗模式

设计采用门式自冲洗系统。每个蓄水单元设5组冲洗系统,每组冲洗廊道宽为5.44 m,中间设隔墙,冲洗区长度为66~108 m。廊道前端设自冲洗蓄水区,单个储水量约 43 m^3 ,设自动控制开启冲洗

闸门, 闸门宽 \times 高 $=2.8\text{ m}\times0.4\text{ m}$ 。蓄水单元末端设横向沉泥槽, 冲洗时, 廊道依次冲洗, 冲洗水经沉泥槽、潜污泵排入西侧污水主管道。潜污泵配水射器, 水泵抽水配合水冲洗, 最大限度减少泵坑积泥。

目前门式自冲洗已用于上海^[4-5]、天津等调蓄池工程, 效果良好, 但最长冲洗距离约80 m。本工程最大冲洗距离为108 m, 设计采用加大冲洗蓄水量(由理论水量 20 m^3 提高至 43 m^3)、增大冲洗蓄水坡度(由10%提高至20%)处理, 增强冲洗势能和时间, 以期达到良好效果。

2.5 通风除臭

除臭处理标准按《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)一级排放标准考虑, 不影响周边居民的生活和生产。

除臭设施处理量按1 h、1.2倍调蓄池容积计算(规范为1~2倍的臭气体积)。设备规模按 $28\times10^4\text{ m}^3$ 选取。新风系统送风量为除臭系统除臭量的90%, 保证调蓄池负压, 臭气不外逸, 臭气外排箱内含不锈钢离心风机和进口BENTAX除臭设备。

2.6 连接廊道

考虑现状高压线塔需避让出安全距离, 高压铁塔处按连接廊道处理, 廊道净尺寸为 $7\text{ m}\times6.25\text{ m}$, 廊道过水能力大于设计进水能力。

2.7 地上管理房

调蓄池运行采用自动化控制, 为尽量减少地面永久构筑物, 在5#调蓄单元地上设一座管理房, 长 \times 宽 \times 高 $=12.5\text{ m}\times7.41\text{ m}\times3.3\text{ m}$, 集中放置配电、控制、管理以及取样等设备。

3 设计特点分析

3.1 超大容积串联式地下调蓄池

设计蓄水容积为 $22\times10^4\text{ m}^3$, 如此超大型地下调蓄池在国内罕有应用, 项目建成后, 将有效解决虞河两岸合流箱涵溢流污染问题、提升河道水质, 在改善城市水环境、水安全方面做出有益尝试。

受狭长型用地限制, 设计池体采用串联单元布置, 运行时连续进水, 同时分段冲洗模式亦能保障后期冲洗效果, 当需调蓄池少量进水时, 可仅运行部分单元, 保障调蓄的高效运行。设备布置需随单元分散布置, 后期管理难度相对较大。

3.2 长距离冲洗

门式自冲洗效果良好, 但目前单元冲洗长度最长约80 m, 为进一步减少冲洗设备数量, 降低造价,

本次设计最大冲洗长度为108 m, 在国内尚属首次, 冲洗试验结果表明, 效果良好。

3.3 合理布局

主体为地下构筑物, 工程平面面积约 $3\times10^4\text{ m}^2$, 但管理房、格栅区、通风设备、吊装口等地面构筑物总面积约 900 m^2 , 占比仅为3%, 不影响现有土地性质与规划建设。池体范围同步建设河岸景观带, 少数地面外露构筑物亦与景观充分结合, 做到工程与自然景观和谐相融。

4 运行效果及分析

该工程自2020年4月开始运行, 截至7月中旬, 调蓄池有效调蓄约8次, 总调蓄水量约 $120\times10^4\text{ m}^3$ 。经检测, 调蓄的污水平均COD浓度约110 mg/L, 直接削减排河污水COD约132 t, 为保护河道水质起到重要作用, 但受降雨频次较高及管理等多方面因素限制, 调蓄池的调蓄作用未发挥至最大, 分析如下:

① 截至7月15日, 市年降雨量目前已达317.2 mm, 较去年及常年同期分别增加91.4%、14.8%, 降雨量大、降雨频次高, 当相邻两场降雨时间短于调蓄池排空时间时, 连续调蓄功能受限。后续应加强市域污水厂、调蓄池等联动, 最大限度地处理调蓄污水, 排空调蓄池, 为下一次降雨留出调蓄空间。

② 经检测, 调蓄污水COD平均浓度约110 mg/L, 此值远小于下游污水厂平均污水处理浓度(200~350 mg/L), 但亦大于下游监控断面要求的Ⅳ类水体要求(40 mg/L), 且大于潍坊市雨水初期径流污染物浓度(天然雨水20~60 mg/L、屋面45~69 mg/L、道路62~69 mg/L)。一方面是由于目前调蓄池位于城区合流主箱涵下游, 调蓄水仍为雨污混合水, 冲刷、夹杂原有箱涵旱季污水沉积物后, 污染浓度要高于初期雨水及排水水质要求, 证明调蓄是必要的、有效的; 另一方面, 由于混进雨水, 调蓄水质较污水厂进水浓度低, 这也在一定程度影响了污水厂对调蓄水的处理效能, 影响调蓄池排空进度, 进一步影响调蓄水量。

不同降雨规律对调蓄工况运行与效能影响较大, 在后续管理运营过程中, 需进一步做好调蓄水量、污染物浓度等数据记录, 分析研究调蓄系统对于城市流域污染的影响与控制规律, 为城市水环境提升发挥指导作用。另外, 调蓄工程需要纳入城市污

水大系统,最大程度释放城市污水处理潜能,做到调蓄+处理有效衔接。

5 结语

① 串联式布置形式为城市调蓄池建设带来更多选择,一些沿河景观带、有一定绿化带宽度的主路两侧,亦可建设规模较大的调蓄构筑物。此类区域多有城市排水主干管布置,亦是调蓄池需配建的主要区域。

② 采用工程措施来增强冲洗势能,能够有效延长门式自冲洗距离,减少设备数量,保证冲洗效果,节约造价。

③ 末端调蓄池是控制城市面源污染的有效措施,同时应加强中间调蓄池、源头削减措施的建设,形成整体的调蓄体系,以提升调蓄工程的整体效能。

参考文献:

- [1] 张怀宇,赵磊,王海玲,等. 合流制排水系统雨季污染物溢流的截流与调蓄控制研究[J]. 给水排水,2010,36(6):42-45.
Zhang Huaiyu, Zhao Lei, Wang Hailing, et al. Interception and storage control of overflow pollutant of combined intercepting sewer system during rainfall[J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(6): 42-45 (in Chinese).
- [2] 乔勇,徐国锋,赵国志. 上海市全地下式昌平泵站及调蓄池工程的设计[J]. 中国给水排水,2008,24(20):23-26.
Qiao Yong, Xu Guofeng, Zhao Guozhi. Design of fully underground Changping pump station and detention tank project in Shanghai[J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(20): 23-26 (in Chinese).
- [3] GB 51174—2017,城镇雨水调蓄工程技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2017.

GB 51174—2017, Technical Code for Urban Stormwater Detention and Retention Engineering[S]. Beijing: China Planning Press, 2017 (in Chinese).

- [4] 刘洪波,潘定,高赛赛,等. 典型初期雨水调蓄池的运行控制模式[J]. 净水技术,2015,34(5):96-99.
Liu Hongbo, Pan Ding, Gao Saisai, et al. Operation and control modes of typical cases for initial rainwater storage tanks[J]. Water Purification Technology, 2015, 34(5): 96-99 (in Chinese).
- [5] 黄鸣,陈华,程江,等. 上海市成都路雨水调蓄池的设计和运行效能分析[J]. 中国给水排水,2008,24(18):33-36.
Huang Ming, Chen Hua, Cheng Jiang, et al. Design and operation efficiency analysis of Chengdu Road stormwater retention tank of Shanghai City[J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(18): 33-36 (in Chinese).



作者简介:笄健(1970—),男,江苏镇江人,本科,研究员,院长,主要从事城市排水规划、设计及污染控制研究。

E-mail: dajian07@126.com

收稿日期:2019-09-30

弘扬宪法精神,树立宪法权威