

天津国家会展中心多功能雨水调蓄池设计 案例分析

张 超, 赵 健, 周昕怡

[上海市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: 天津国家会展中心雨水调蓄池设计统筹排水防涝、水环境治理和非常规水资源利用等, 实现调蓄池多功能于一体, 总容积 16 000 m³。调蓄池主要构(建)筑物包括进水井、地下调蓄池及地上辅助用房。削峰调蓄池容积 12 200 m³, 可有效调蓄雨水峰值, 降低下游管道规格和泵站规模, 保证会展区域的雨水排涝安全。初雨调蓄池容积 3 800 m³, 可有效控制服务范围内的初期雨水面源污染, 起到改善海河水环境质量的作用。调蓄池内设置雨水回用水泵, 可满足上部公园绿化浇灌用水, 实现了雨水资源的再利用, 符合海绵城市建设理念和要求。调蓄池的设计具有较高的环境效益和社会效益。

关键词: 多功能调蓄池; 削峰调蓄池; 初雨调蓄池; 雨水回用; 海绵城市

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)11-0180-04

Analysis on Design of Multifunctional Rainwater Storage Tank in Tianjin National Convention and Exhibition Center

ZHANG Chao, ZHAO Jian, ZHOU Xinyi

[Tianjin Branch, Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Tianjin 300202, China]

Abstract: The design of the rainwater storage tank in Tianjin National Convention and Exhibition Center integrates the drainage and flood control, the water environment governance and the utilization of unconventional water resources to achieve the multifunctional integration of the storage tank. Its total volume is 16 000 m³. The main structures of the storage tank include the influent well, underground storage tank and ground auxiliary room. The peak clipping volume of storage tank is 12 200 m³, which can effectively regulates the peak of rainwater, reduces the size of pipelines and the scale of pumping stations at the downstream, and ensures the safety of rainwater and flood drainage in the convention and exhibition area. The volume of the initial rainwater storage tank is 3 800 m³, which can effectively control the initial rainwater surface source pollution within the service area, and play a role in improving the water environmental quality of the Haihe River. The rainwater reuse pumps are set up in the storage tank to meet the water needs for the greenery irrigation of the upper parks, achieving the reuse of rainwater resources and meeting the concept and requirements of sponge city construction. The design of the storage tank has the higher environmental and social benefits.

Keywords: multifunctional storage tank; peak clipping storage tank; initial rainwater storage tank; rainwater reuse; sponge city

0 引 言

天津国家会展中心片区紧邻海河, 位于海河中游南岸, 排水系统采用强排模式。由于直接排放海河, 泵站排水规模受到限制, 地铁建设也限制了大管径雨水管道的布置, 区域存在内涝风险。通过排水系统中游建设雨水调蓄池的方式, 可以有效调蓄雨水峰值, 降低下游管道规格和泵站规模, 保证会展区

域的排水防涝安全。调蓄池设置初期雨水池, 有效控制服务范围内的初期雨水面源污染, 对保障海河水环境质量也起到了很好的作用。本工程调蓄池采用多功能多用途设计理念, 设置削峰调蓄池+初期雨水调蓄池的型式, 一方面通过对峰值雨水的调蓄作用, 减缓下游排水压力; 另一方面可以有效地控制初期雨水, 改善城市生态环境。同时, 在削峰调蓄池内设置雨水回用水泵, 雨水可用作上部公园绿化灌溉等, 充分实现雨水资源再利用, 符合海绵城市建设理念^[1]。

收稿日期: 2025-02-05

作者简介: 张超(1989—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事市政给排水、海绵城市设计研究工作。

1 选址及设计规模

1.1 选址及用地

调蓄池位于国顺路与润沽道交口东南角的规划公园绿地内,采用全地下建设模式,施工完成后上部覆土,恢复公园绿地设置。调蓄池主要服务范围会展一期南部及平衡地块南侧区域,总服务面积 85 hm²。

天津市无调蓄池用地面积指标规定,本工程参照《上海市基础设施用地指标(试行)》中第 2.5 条:雨水调蓄池推荐用地指标为 0.35 ~ 0.40 m²/m³(雨水调蓄池容积大的取下限,容积小的取上限;雨水调蓄池尽可能设置在城市绿地内)^[2]。按照推荐用地指标,本调蓄池项目用地为 5 600~6 400 m²,本工程用地为 3 664 m²,节约用地至少 34.6%。

1.2 容积计算

(1)削峰调蓄池容积计算

削减排水管道峰值流量的雨水调蓄池有效容积,按下面公式计算^[3]:

$$V=[-(\frac{0.65}{n^{1.2}}+\frac{b}{t} \frac{0.5}{n+0.2}+1.10)lg(\alpha+0.3)+\frac{0.215}{n^{0.15}}]\cdot Qt$$

式中:本工程根据下游管道可承受水量,脱过系数 α 取值为 0.187 5; n 值按照天津暴雨强度公式取值为 0.689 3;调蓄池上游设计流量 Q 为 480 m³/min^[4];降雨历时 t 取 40 min。计算得 16 000 m³容积。同时,采用 InfoWorks ICM 建立区域排水数学模型,以设计降雨作为边界条件进行模拟分析,会展区域 5 a 一遇,会展辅道、平衡地块 3 a 一遇,调蓄池进水按照降雨历时最大设计进水量 7.6 m³/s,根据下游管道承受的能力 1.5 m³/s 确定调蓄池容积,模拟得出 15 400 m³的调蓄池容积可达到上述要求。通过计算和模拟情况,最终取调蓄池容积为 16 000 m³。

(2)初雨调蓄池容积计算

分流制排水系统径流污染控制雨水调蓄池有效容积,可按下面公式计算^[3, 5, 6]:

$$V=10D F \Psi \beta$$

根据《天津市海绵城市建设技术导则》,调蓄量不宜小于 8 mm。考虑会展地块为新建区域,在排水分流制、海绵城市建设和绿色生态城市建设等高标准建设背景下,通过加强径流污染源头控制措施,可有效控制初期雨水量,其径流污染也相对较轻。同时,根据《室外排水设计标准》^[7]、《天津市海绵城市建设技术导则》^[3, 8],并结合工程造价等综合分析,会展区域初期雨水控制标准确定为 8 mm。综合径流

系数 Ψ 取 0.5;安全系数 β 可取 1.1~1.5,本工程取 1.1。

调蓄池总体降雨调蓄量为 37.8 mm,对应的年径流总量控制率可达到 85%^[9]。按照天津全年形成径流的降雨为 43 场计,通过对降雨的分析,初期雨水调蓄池的设置,可控制 24 场降雨不外排,雨水场次控制率 55.8%;溢流场次为 19 场,溢流率为 44.2%。

(3)调蓄池放空计算

将调蓄池内的初期雨水用水泵提升就近排放到污水管网,进入污水处理厂集中处理。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^[10, 11]。调蓄池排空后,系统会自动冲洗干净,以备下一次降雨时使用。削峰调蓄池内的雨水通过泵提升排入下游雨水管道。

调蓄池的放空时间计算公式^[3]如下:

$$t_0=\frac{V}{3\,600\,Q'\eta}$$

式中: t_0 为放空时间,h; V 为调蓄池有效容积,m³; Q' 为下游排水管道或设施的受纳能力,m³/s; η 为排放效率,一般可取 0.3 ~ 0.9,本工程取 0.7^[11]。

本区域污水最终出路为津沽污水处理厂。津沽污水处理厂为区域性大型集中污水处理厂,设计规模 110 万 m³/d,高峰流量处理能力可达到 143 万 m³/d,具备接纳区域初期雨水的能力。初期雨水放空进入下游污水 DN500 管道,下游污水管道可进行初期雨水排放的断面面积为 0.109 8 m²,通过计算下游污水管道满管流时流速为 1.53 m/s,可接纳能力按照 0.168 m³/s,考虑一定的余量和排放系数,下游管道按照 0.125 m³/s 接纳能力计算。根据以上测算,下游管道及污水处理厂有能力接纳这部分初期雨水。削峰调蓄池放空下游雨水管道为 d1200。雨水管道按照 1.5 m³/s 计算。由于下游雨水管道深度较浅,削峰调蓄池水泵既作为放空泵使用也作为提升泵使用。其流量根据下游接纳能力确定,选用 3 台水泵,每台流量为 0.5 m³/s。放空时间为 2.26 h。

经对调蓄池下游规划雨污水管道受纳能力复核,确定会展调蓄池放空时间见表 1。

表 1 调蓄池容积放空时间计算

汇水 面积/hm ²	调蓄 总量/m ³	削峰池 容积/m ³	初雨池 容积/m ³	削峰放 空时间/h	初雨放 空时间/h
85	16 000	12 200	3 800	2.26	12.1

据统计,天津地区雨季平均降雨时间间隔为 3~4 d,初期雨水调蓄池控制在 2 d 内排空,即可满足下一场雨来临前再次启用的要求^[2]。

2 工艺流程

本工程采用多功能调蓄池设计形式,同时具备削峰、调蓄初期雨水和雨水回用的功能^[12]。运行流程(见图1)如下:

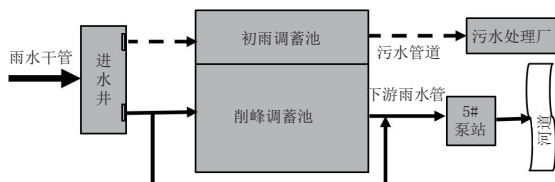


图1 工艺流程

2.1 雨天

初期雨水经进水井进入初雨调蓄池,蓄满后进水端闸门关闭,同时削峰调蓄池进水端闸门打开,雨水开始进入削峰调蓄池,削峰调蓄池水泵同时打开,雨水以 $1.5\text{ m}^3/\text{s}$ 流量提升进入下游雨水管道,满池后关闭进水闸门,雨水通过上游进水井溢流至下游管道。

2.2 晴天

调蓄池存储的初期雨水在污水厂运行低谷期通过水泵错峰排放至邻近污水管道,调蓄池排空后完成冲洗。削峰调蓄池储存的雨水排入下游雨水管道或回用,排空后完成冲洗。

2.3 日常管理

格栅、闸门、水泵、真空冲洗等设备的定期保养,备用设备的切换使用;栅渣、沉砂的及时清除;及时疏通污水管道、检查井的堵塞;及时整理汇总、分析运行记录,建立运行技术档案。

3 平面布局

调蓄池选址位于规划国顺路与规划润沽道交口东南角的公园绿地内^[13]。调蓄池主要构(建)筑物包括进水井、调蓄池和辅助用房。辅助用房设置在地面以上与调蓄池合建。调蓄池为全地下结构,上部覆土种植绿化,局部水泵吊装口与格栅井位置外露地面。

调蓄池进水管接自国顺路规划雨水管,敷设至进水格栅井,管径 $d2800$ 。初雨池出水接至润沽道 $DN500$ 污水管道,削峰调蓄池接至润沽道 $d1200$ 雨水管道。调蓄池上部设变配电间及管理用房一座,地上一层,占地面积 148 m^2 ,与调蓄池合建在一起。进出道路宽 4 m ,转弯半径 9 m 。平面布置如图2所示。

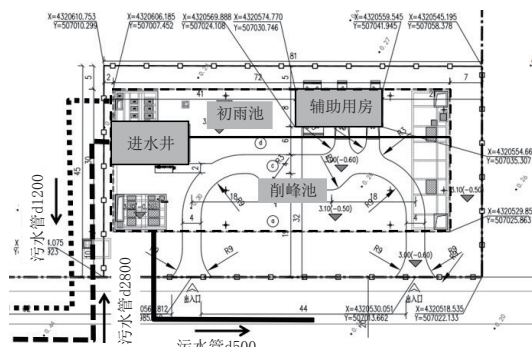


图2 平面布置

由于地下水含盐量高,需将种植土侧面与原有含盐土隔离,植被种植土下方地下水被水池隔绝,调蓄池顶绿化不设排盐管,沿调蓄池外侧敷设一圈排盐管。

4 主要构(建)筑物设计

4.1 进水井

格栅井采用2台回转式格栅,参数为: $B=2\ 800\text{ mm}$ (渠宽 $3\ 000\text{ mm}$), $b=20\text{ mm}$, $\alpha=75^\circ\text{C}$, $N=3.0\text{ kW}$ 。井内设计两座闸门,打开初期雨水调蓄池闸门,初期雨水经过格栅,进入初雨调蓄池。待水位达到设定值后,自动关闭初期雨水进水闸门,打开削峰调蓄池闸门,雨水进入削峰池体内。

4.2 调蓄池

调蓄池位置地坪标高按照 3.1 m 考虑,池顶覆土 4.1 m , $d2800$ 进水管内底标高 -5.2 m 。调蓄池主体结构位于地下,分两层设置,地下一层(局部设备层-真空室)、地下二层(调蓄池),总埋深 15.7 m 。

调蓄池设置4条廊道,采用4套真空冲洗装置,真空泵气量 $100\text{ N}\cdot\text{m}^3/\text{h}$,功率 $N=3\text{ kW}$ 。削峰调蓄池内设置3台放空泵^[11],水泵参数: $Q=1\ 800\text{ m}^3/\text{h}$, $H=14\text{ m}$, $N=100\text{ kW}$ 。初雨调蓄池内设置3台放空水泵,水泵参数: $Q=120\text{ m}^3/\text{h}$, $H=14\text{ m}$, $N=6.5\text{ kW}$ 。削峰调蓄池由于存储的雨水为较干净的雨水,池内雨水可作为非常规水资源回用,用于绿化浇洒等城市杂用。调蓄池内设置雨水回用泵,水泵参数: $Q=50\text{ m}^3/\text{h}$, $H=30\text{ m}$, $N=6\text{ kW}$,水泵管道延伸至地面做快速接头,作为上部公园绿地浇洒设施。

调蓄池平面和剖面分别如图3、图4所示。

4.3 辅助用房

地上变配电间及管理用房建筑高度 6.1 m ,辅助用房设置在地面以上,与调蓄池合建。

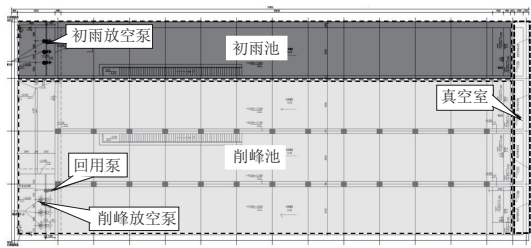


图3 调蓄池平面图

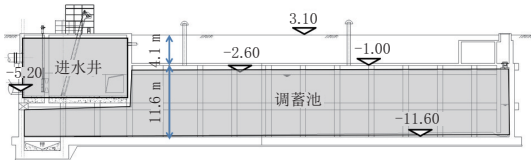


图4 调蓄池剖面图

5 工程效益

5.1 环境效益

初雨调蓄池可以有效截流降雨中的初期雨水,减少污染物进入海河,有利于保持海河水环境质量,为周边环境提升带来一定帮助。根据天津市降雨资料分析,初期雨水调蓄池每年截流的初雨量约101 600 m³。初期雨水水质根据《天津市海绵城市建设技术导则》中天津地区雨水水质指标参考值确定^[3, 14]。通过计算,年污染负荷消减量见表2。

表2 年污染负荷消减量

单位:t/a

项目	SS	COD	BOD
初雨调蓄	26.9	6.6	3.5

5.2 社会效益

调蓄池的建设,能够有效减少地面雨水径流,防止城市内涝出现,控制城市面源污染^[15],对区域排涝除险、提升海河水环境帮助很大,体现城市的安全韧性,让人民群众生活在安全宜居的环境中。

5.3 经济效益

尽管调蓄池的实施并不产生直接经济效益,但通过项目的建设,可以完善区域排水系统,消除区域内涝风险,削减进入海河的污染物,对于区域范围乃

至津南区的经济可持续发展提供有力的支撑。

6 结 语

通过新建雨水调蓄池1座,实现初期雨水调蓄和削峰调蓄,调蓄池设计总规模16 000 m³。调蓄池设计统筹排水防涝、水环境治理和非常规水资源利用等功能,建成后,在区域排涝除险、提升海河水环境等方面获得明显成效。

参考文献:

[1] 杨著成,刘春风,唐敏.一种住宅小区的社区海绵系统:CN209194664U[P].2019-08-02.

[2] 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.

[3] 天津市海绵城市建设技术导则[S].2024.

[4] 李楠,饶雪峰,张晓磊,等.一种基于GIS技术的排水管网设计优化系统及方法:CN109726259A[P].2019-05-07.

[5] 倪佳,田磊,马海微,等.哈尔滨市江南老城区雨水径流污染控制方案研究[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2017,33(4):432-435.

[6] 毛国柱,王晓桐,彭栓,等.一种城市内涝积水深度风险区的综合改善方法:CN116167608A[P].2023-05-26.

[7] GB 50013—2021,室外排水设计标准[S].

[8] 李杨,宋志超.京津冀地区“海绵”城市建设问题研究[J].特区经济,2017(9):50-52.

[9] 陈雪娇.武汉市海绵城市构建途径及控制目标研究[D].武汉:武汉理工大学,2019.

[10] 吕炎,黄更.北方某城市雨水调蓄池设计案例分析[J].净水技术,2022,41(增刊1):300-304.

[11] 卢文凯.地道桥雨水泵站原位升级改造设计[J].城市道桥与防洪,2023(7):136-139;143.

[12] 汉京超,曹晶,周娟娟.中心密集城区雨水调蓄设施集约化建设方案研究[J].给水排水,2023,59(6):25-29.

[13] 潘海平,王江滨,石棚.基坑疏干抽排地下水水资源论证——以天津市会展调蓄池一工程为例[J].地下水,2023,45(5):145-147;191.

[14] 高梦琪.典型LID措施对城市非点源污染控制问题研究[D].天津:天津大学,2019.

[15] 容绍辉.基于城市雨水工程的海绵城市技术适用性研究[D].广州:广东工业大学,2019.