

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.18.007

重庆红岩公园洪涝双重风险的系统化解决对策

刘媛媛, 王文彦, 黎金凤

(重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司, 重庆 400030)

摘要: 红岩公园为重庆典型的山坳区域,内有国家级文物《新华日报》总馆旧址,常年面临洪水倒灌以及山体径流涝水带来的双重风险,2020年8月长江、嘉陵江洪峰过境时遭受了1981年以来最严重的洪涝灾害,对文物造成严重损害,故亟须治理。针对红岩公园实际洪涝问题,通过InfoWorks ICM构建区域排水系统模型,进行高水截排,缓解低水排水压力;在地下空间局促的条件下,充分利用低影响开发设施作为涝水缓冲区域,减少地表径流,从而减小强排设施的体量;通过多级阀门联控,确保行洪期间场地排水的绝对安全。该项目完成后经受住了多次暴雨及洪峰的检验,未出现积水情况,在应对洪涝双重风险的同时,实现了海绵城市建设、景观提升等多重目标,可为其他山地城市提供参考。

关键词: 山地城市; 排水防涝; 洪水倒灌; 低影响开发设施

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)18-0043-05

Systematic Solutions to the Dual Risks of Typical Floods in Hongyan Park, Chongqing

LIU Yuan-yuan, WANG Wen-yan, LI Jin-feng

(General Research Institute of Architecture & Planning Design Co. Ltd., Chongqing University,
Chongqing 400030, China)

Abstract: Hongyan Park, a typical mountainous area in Chongqing, houses the former site of the national cultural relic “Xinhua Daily”. The park faces the dual risks of flood backflow and waterlogging caused by mountain runoff all year around. In August 2020, when the flood peak passed through, the park suffered the most severe flooding disaster since 1981, causing serious damage to cultural relics. Therefore, there is an urgent need for mitigation measures. Regarding the actual flood and waterlogging issues in Hongyan Park, InfoWorks ICM was used to develop a regional drainage system model. Through analysis of this model, high water interception was implemented to alleviate drainage pressure in lower areas. Given the limited underground space, low impact development facilities were fully utilized as flood buffer areas to reduce surface runoff and the required size of forced drainage infrastructure. The absolute safety of site drainage during flood control is ensured through the joint control of multi-stage valves. Since completion, the project has withstood multiple heavy rains and flood peaks without any water accumulation. By mitigating the dual risks of floods, the project has achieved multiple objectives, including sponge city construction and landscape improvement, offering a valuable reference for other mountain cities.

通信作者: 刘媛媛 E-mail: 742923468@qq.com

Key words: mountain city; drainage and waterlogging prevention; flood backward; low impact development facilities

1 项目概况

红岩公园位于重庆市“两江四岸”核心城区的渝中区,公园内的《新华日报》总馆旧址在2001年6月25日被国务院列为全国重点文物保护单位。《新华日报》总馆旧址高程为184.6 m,地势较低。鉴于其特殊的历史与文化价值,该建筑无法进行迁移,因而常年面临洪水倒灌的风险,特别是在2020年8月,洪峰过境时嘉陵江渝中区段江水位最高涨至193 m,洪水通过箱涵倒灌,公园淹没水位达到190 m,淹没面积约 $2.1 \times 10^4 \text{ m}^2$,其中《新华日报》旧址积水深度高达5 m,50多个小时后积水才完全消退,对文物造成了极大的损害。洪水退去后,箱涵内部堵塞,无法正常排水,场地内仅靠报馆集水井内的两台小泵进行排水,晴天能够满足山体渗水的外排需求,雨季则无法满足山体径流排放需求,导致场馆内积水成为常态。红岩公园区域三维示意如图1所示。

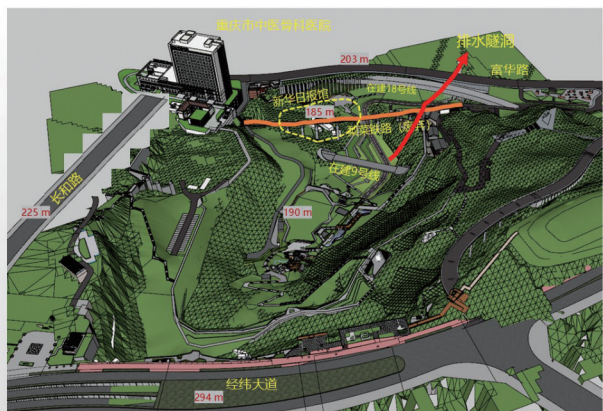


图1 项目区域三维示意

Fig.1 Three-dimensional diagram of the project area

2 治理目标与技术思路

2.1 治理目标

根据场地内新华日报社及红岩公园的重要程度,以梨菜铁路为界限,公园南区(非《新华日报》场馆旧址范围)和北区(《新华日报》场馆旧址范围)的治理目标有所不同。

① 公园南区的排水管网满足5年一遇暴雨强度下的排水需求,公园北区排水管网满足50年一遇暴雨强度下的排水需求。

② 100年一遇暴雨强度下,公园南区可以允许有20 cm积水,但需在24 h内排空,公园北区不能有积水风险。

③ 洪峰过境时,红岩公园内不能有洪水倒灌风险。

2.2 技术思路

① 高水截排,从源头减少山体径流涝水。红岩公园为重庆典型的山坳区域,周边山体径流均向此处汇聚,雨季山体径流涝水风险较大。通过高水截排,从源头减少汇聚的山体径流量,降低红岩公园区域山体径流涝水风险。

② 疏通隧道,增强区域排水能力。重庆城区全年1/3的天数都有雨,完全依赖强排代价太高;通江区域地下空间复杂,高楼鳞次栉比,重新构建行洪通道基本不可能。现状排水隧道运行已有50余年,承担地面径流和山体渗水的排放功能,从遵循自然/节能降耗的角度,对原有隧洞通道进行全面疏通,保留其行泄功能。

③ 布置低影响开发设施,兼顾区域排水与景观建设。红岩公园内有两条在建轨道,另有一处铁路遗址,可用地下空间局促,因此应充分利用低影响开发设施作为涝水缓冲区域,减小强排设施的体量,不仅能解决洪涝风险问题,也能实现海绵城市及景观改造的目标^[1]。

④ 多级阀门联控,避免洪水倒灌风险。采用多级阀门自动联控方式,联控系统接入区域排涝防汛数字化管理系统,可根据江水水位及降雨变化实现时效性、智能性的综合管理,防止洪峰过境江水高水位期间的洪水倒灌。

3 解决方案

3.1 高水截排

选择InfoWorks ICM作为雨水部分计算的工具构建排水系统及地形高程模型^[2],完成模型网络概化(见图2),进行一维、二维耦合模拟分析,评估管网排水能力,为高水截排工程规划提供支撑。

根据红岩公园区域排水系统及地形高程模型,现状红岩公园区域排水隧洞的收水面积为 38 hm^2 ,可分为6个小汇水分区^[3],具体见图3。

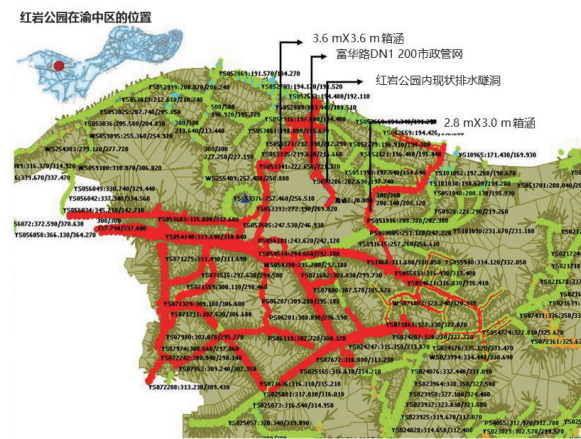


图2 大流域排水模型构建示意

Fig.2 Schematic diagram of large watershed drainage model construction

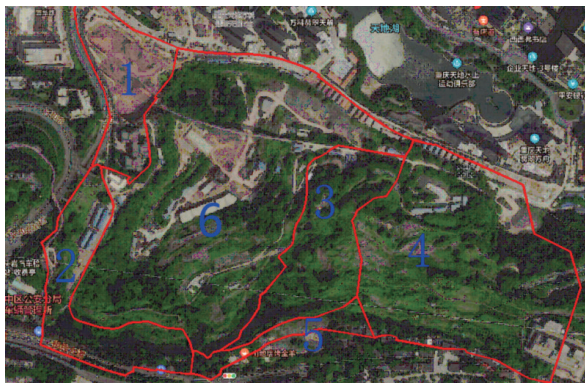


图3 项目汇水分区划分

Fig.3 Catchment zoning for the project

① 分区1高水:该分区高水可截流至富华路,通过富华路市政管网排入嘉陵江。

② 分区2高水:该分区高水按地势及比高可截流至红岩公园西侧的3.6 m×3.6 m涵洞。根据渝中区的管网物探资料,3.6 m×3.6 m合流涵洞汇水面积较大,位于分区2的涵洞从陡坡变成缓坡段,参考模型计算结果,在100年一遇重现期下,该平缓段存在溢流风险,故不考虑将分区2的雨水接入箱涵,同时将分区2箱涵检修井的井盖全部换成压力井盖,避免100年一遇极端暴雨情况下污水溢流到公园低点。

③ 分区3高水:根据地形图分析,分区3的高水若排入富华路 $d1\ 800\text{ mm}$ 雨水管道,须横穿正在建设的小区地块,而该小区地块建设需2~3年。考虑到建设时序,近期分区3的雨水径流排入排涝池进行调蓄排放;远期分区3的雨水径流建议接入富华路市政 $d1\ 800\text{ mm}$ 雨水管道,以降低雨水调蓄排

放运行成本。

④ 分区4高水:分区4为正在建设的小区,建成后该区域的地表径流将有组织地排入富华路市政管道。

⑤ 分区5高水:该分区高水可截流至红岩公园西侧3.6 m×3.6 m箱涵的陡坡段。

项目区域高水经截排后,进入红岩公园低水区域的汇水面积由38.0 hm^2 缩减至约19.3 hm^2 ,缩减49.21%左右。

3.2 现状排水隧洞的疏通

从现状隧洞入口开始清淤,一直到江边,总长874.4 m,采用化学固化处理法,减少淤泥中含水量,使淤泥处于可塑状态或半可塑状态,再经过沥水后装车外运^[4]。

由于隧道排口标高为166 m,全年大部分时间都淹没在水下,且刚好位于岸边,易被泥沙淤积,因此在箱涵排口处新建一根防腐焊接钢管,管径为DN1 500,长度为31 m,采用C30混凝土满包;管道与现状管涵连接处新建1座混凝土雨水检查井;管道末端设置门字式管道出水口。

在清淤过程中对隧洞中间段与《新华日报》场馆连通的DN400小管径排水管道进行封堵,只保留现状排水隧洞入口作为唯一排水通道。

3.3 低影响开发设施与强排设施的融合

按照海绵城市建设理念^[5]对红岩公园进行改造,公园内布置透水铺装等低影响开发设施^[6],减少地表径流积水;梨菜铁路以南区域结合景观打造大面积下沉花海,用于增大该区域的调蓄空间;通过微地形的构造,将梨菜铁路沿线地面设置为最高点,下沉花海成为南区的末端自然调蓄区域^[7],调蓄容积约3 800 m^3 (最深处积水可达20 cm),极大缓解了排涝泵站的压力;在下沉花海容积一定的情况下,计算排涝池及排涝泵的体量,以100年一遇3 h的降雨下排涝泵开启运行为前提,实现调蓄池同步进水和泵的同步排水。不同调蓄池容积及对应的排涝泵流量组合如表1所示。

表1 不同调蓄池容积对应的排涝泵流量

Tab.1 Drainage pump flow rate corresponding to different storage tank volumes

调蓄池容积/ m^3	800	1 500	2 000	2 500
排涝泵流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	6 600	5 800	5 000	4 500

调蓄池的容积越大,排涝泵的体量越小,考虑到调蓄池容积受限于轻轨的保护距离,以及场地内地下空间的范围,调蓄池的总容积取 800 m^3 。采用3台泵,2用1备,每台流量为 $3\,300\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 250 kPa ,将雨水提排进入富华路市政排水管道。经计算,下游 $d1\,200\text{ mm}$ 市政管道在叠加该部分的强排水量后仍然能够满足排水需求。

公园内部单独配备雨水回用管网系统^[8],设置回用水池 300 m^3 ,采用硅砂蜂巢储水净化池,实现雨水回用喷灌的全覆盖。日常排水时,场地内渗水及径流首先进入回用水池,再进入排涝池,即便在旱季也能最大程度地使用山地渗水进行日常的冲洗浇洒。

3.4 多级阀门联控确保排水系统的安全节能运行

采用多级阀门自动联控方式,不仅能够避免洪水倒灌风险^[9],还可达到节省提排能耗、节约自来水的双重效果。联控系统接入区域排涝防汛数字化管理系统,可根据江水水位及降雨的变化实现时效性、智能性的综合管理^[10]。雨水处理路径平面示意图见图4,雨水处理路径流程见图5。

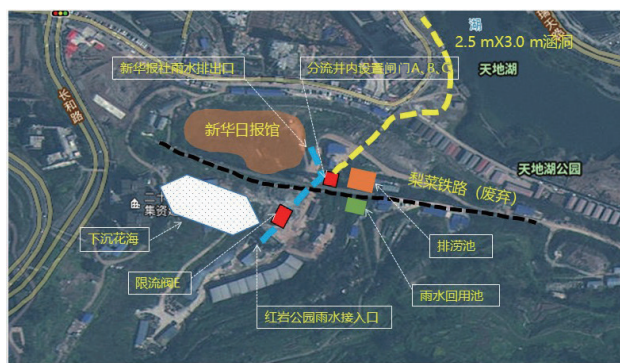


图4 雨水处理路径平面示意

Fig.4 Plane diagram of rainwater treatment path

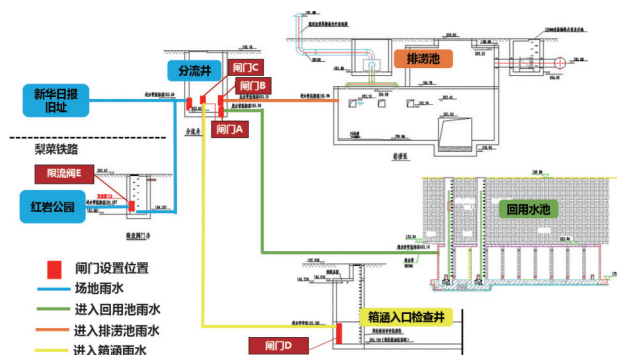


图5 雨水处理路径流程

Fig.5 Flow path diagram of rainwater treatment

红岩公园南北区域的雨水均通过管网汇集到分流井,非汛期(嘉陵江低水位低于 183.0 m),雨水首先通过分流井进入回用水池,回用水池装满后,闸门A关闭,闸门C、D为常开,雨水通过现状箱涵重力排入江中。汛期(嘉陵江水位高于 183.0 m),闸门C、D关闭,同时闸门B开启,雨水通过分流井进入排涝池,排涝池泵启动,将雨水提排至富华路现状市政雨水检查井,调蓄池水位上涨到 183.4 m 时,梨菜铁路以南区域的DN800主管上设置的限流阀E关闭50%,仅让梨菜铁路以南区域短暂积水(梨菜铁路沿线为景观后续设计的相对高点,地面积水首先出现在梨菜铁路以南区域);排涝池液位降低到 0.5 m 后,限流阀E再打开。

4 项目现状

该项目于2021年完工至今,嘉陵江最高洪水水位出现在2022年10月6日,最高水位达到 188.93 m ,在此期间未出现内涝积水情况,排水系统运行正常。

5 结语

山地城市坡陡雨大,山体绿地收水困难,低凹处一旦自然行泄通道受外水影响无法正常排水时,区域将面临极大的水安全隐患。针对重庆红岩公园面临洪涝双重风险的实际情况,在空间局促的条件下,采用“高水高排、自排为主、强排为辅、海绵削峰、雨水回用、多阀联控、节约智能”的方针,通过InfoWorks ICM构建区域排水系统模型,评估排水能力,制定高水截排线路,从源头减少山坳积水;利用透水铺装和下沉花海等低影响开发设施,布置涝水缓冲区域,增加自然调蓄区域,削减降雨峰值流量,缓解排涝泵站压力;采用多级阀门自动联控装置,并接入区域排涝防汛数字化管理系统,根据江水水位及降雨的变化实现时效性、智能性的综合管理,保障排水系统安全运行,最终避免了区域洪水倒灌以及山体径流涝水的多重风险。该项目自完工以来运行正常,未出现积水情况,经受住了多次暴雨及洪峰的检验。

参考文献:

- [1] 孙建海, 鲁哲平. 海绵城市理念在城市综合管廊工程上的实践与探索[J]. 给水排水, 2022, 48(S2): 460-464.

SUN Jianhai, LU Zheping. Practice and exploration of

- sponge city concept in urban utility tunnel project [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2022, 48 (S2) : 460–464 (in Chinese).
- [2] 李慧宁, 毛斌, 解铭, 等. 基于Infoworks ICM模型的老城区排涝安全研究: 以中部某城市为例[J]. *环境工程*, 2023, 41 (S2): 1137–1140, 1146.
- LI Huining, MAO Bin, XIE Ming, *et al.* Study on the drainage safety of old urban areas based on Infoworks ICM model: taking a city in central China as an example [J]. *Environmental Engineering*, 2023, 41 (S2): 1137–1140, 1146 (in Chinese).
- [3] 罗英杰, 张娜, 李琪, 等. 基于SWMM的地表径流量与城市下垫面和降雨特征关系的空间分析——以中国科学院大学雁栖湖校区为例[J]. *中国科学院大学学报*, 2020, 37 (1): 27–38.
- LUO Yingjie, ZHANG Na, LI Qi, *et al.* Spatial analysis of the effects of urban underlying surface and rainfall events on surface runoff based on SWMM: a case study of Yanqi Lake campus of University of Chinese Academy of Sciences [J]. *Journal of University of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 37 (1): 27–38 (in Chinese).
- [4] 屈阳, 朱伟, 包建平, 等. 衡阳平湖污染淤泥固化/稳定化技术的应用 [J]. *环境科学与技术*, 2011, 34 (6): 137–140.
- QU Yang, ZHU Wei, BAO Jianping, *et al.* Application of polluted sediment solidification/stabilization technology in Ping Lake of Hengyang City [J]. *Environmental Science & Technology*, 2011, 34 (6) : 137–140 (in Chinese).
- [5] 王旭秋, 耿适为, 王冬, 等. 海绵城市理念下市政道路排水设计及关键问题探讨[J]. *给水排水*, 2022, 48 (S1): 569–573.
- WANG Xuqiu, GENG Shiwei, WANG Dong, *et al.* The discussion of municipal road drainage design and key issues under sponge city concept [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2022, 48 (S1) : 569–573 (in Chinese).
- [6] 刘曙光, 回振佳, 代朝猛, 等. 低影响开发对城市径流污染的削减作用研究进展[J]. *人民长江*, 2019, 50 (6): 11–14, 33.
- LIU Shuguang, HUI Zhenquan, DAI Chaomeng, *et al.* Influence of low impact development (LID) facility modules on urban runoff pollution reduction: a review [J]. *Yangtze River*, 2019, 50 (6) : 11–14, 33 (in Chinese).
- [7] 杨家亮, 龙秋波. 湖南省水库洪水调蓄能力时空分异研究[J]. *人民长江*, 2021, 52 (49): 16–23.
- YANG Jialiang, LONG Qiubo. Temporal and spatial differentiation of reservoirs and flood regulation abilities in Hunan Province [J]. *Yangtze River*, 2021, 52 (49) : 16–23 (in Chinese).
- [8] 曾文炉, 荆杨洋. 城市水资源循环利用的多情景系统模拟分析[J]. *人民长江*, 2021, 52 (41): 83–89.
- ZENG Wenlu, JING Yangyang. Multi-scenario system simulation analysis on recycling of urban water resources [J]. *Yangtze River*, 2021, 52 (41) : 83–89 (in Chinese).
- [9] 李昌文, 游中琼, 徐照明, 等. 湄公河与洞里萨湖河湖关系研究[J]. *人民长江*, 2019, 50 (10): 86–93, 119.
- LI Changwen, YOU Zhongqiong, XU Zhaoming, *et al.* River-lake relationship between Mekong River and Tonle Sap Lake [J]. *Yangtze River*, 2019, 50 (10) : 86–93, 119 (in Chinese).
- [10] 张星燎, 关杰林, 李香华, 等. 流域梯级水电站运行管理智能化建设探索与实践[J]. *人民长江*, 2022, 53 (11): 211–217, 223.
- ZHANG Xingliao, GUAN Jielin, LI Xianghua, *et al.* Exploration and application of intelligent operation management of cascade hydropower stations [J]. *Yangtze River*, 2022, 53 (11) : 211–217, 223 (in Chinese).

作者简介: 刘媛媛 (1989–), 女, 重庆人, 硕士, 高级工程师, 国家注册咨询工程师, 国家注册公用设备工程师 (给水排水), 主要研究方向为水环境综合治理、内涝治理、海绵城市、市政供排水厂设计等。

E-mail: 742923468@qq.com

收稿日期: 2024-02-25

修回日期: 2024-03-11

(编辑: 丁彩娟)