

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.04.002

九江市中心城区道路积水点改造思路及技术措施

邱健¹, 孙全², 张俊¹

(1. 中国建筑第二工程局有限公司, 北京 100160; 2. 长江生态环保集团有限公司, 湖北武汉 430062)

摘要: 为解决城市道路中小范围雨水淤积的问题,完善城市排涝防洪体系,以九江市城市内涝点整治为例,研究分析城市内涝点的积水成因,在此基础上总结形成“规划-建设-管理”三位一体的城市内涝防治理念。采用InfoWorks ICM软件建立雨水管道排水模型,对现状长江大道雨水管过流能力进行分析,结果显示现状雨水系统不满足暴雨重现期和排涝标准。工程通过采取“源头减排-管网排放-蓄排并举-末端控制”系统性技术和长江大道积水点改造措施,将雨水管道提升至2年一遇排放标准及30年一遇排涝标准。

关键词: 城市内涝; 积水成因; 系统化整治; 排水管道

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)04-0006-06

Thoughts and Technical Measures for Reconstruction of Road Waterlogging Points in Downtown Jiujiang

QIU Jian¹, SUN Quan², ZHANG Jun¹

(1. China Construction Second Engineering Bureau Ltd., Beijing 100160, China; 2. Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430062, China)

Abstract: The causes of waterlogging in urban waterlogging points located in Jiujiang were analyzed to solve the problem of rainwater accumulation in small and medium areas of urban roads and improve the urban drainage and flood control system. On this basis, the triad urban waterlogging prevention and control concept of “planning-construction-management” was summarized. A rainwater pipe drainage model was established by using InfoWorks ICM software for analysis of the current flow capacity of rainwater pipe in Yangtze River Avenue. The results showed that the current rainwater system did not satisfy the rainstorm return period and drainage standards. The project adopted the systematic technology of “source reduction, pipe network discharge, simultaneous storage and drainage and terminal control” and measures for reconstructing waterlogging points of the Yangtze River Avenue to raise the rainwater pipeline to the 2-year return period discharge standard and the 30-year return period drainage standard.

Key words: urban waterlogging; causes of waterlogging; systematic reconstruction; drainage pipeline

近几年,由于城市化进程的加快以及气候的变化,导致暴雨频率增加,国内各大城市内涝频发,给

城市交通安全带来了重大隐患,因此城市内涝点的整治成为城市建设过程中亟需解决的问题。沿长江的湖北、安徽、江西和江苏是长江中下游地区暴雨多发区,近50多年来,暴雨日数和最大日暴雨量表现为不显著性增加趋势^[1]。针对城市排水防涝方面的水安全问题,中共中央政治局常务委员会2020年7月17日召开会议,研究部署防汛救灾工作。提出:“要全面提高灾害防御能力,坚持以防为主、防抗救相结合;把重大工程建设、重要基础设施补短板、城市内涝治理、加强防灾备灾体系和能力建设等纳入‘十四五’规划中统筹考虑”。

随着城市高密度化和集约化的发展,城市雨水生态系统逐步失衡,加之暴雨事件频发,城市内涝已严重危及生态安全和人民公共安全。统计数据显示,2020年6月九江市有6次主要降水过程,平均降雨量150 mm,最大降雨量可达50 mm/h,长江九江站水位超警戒水位2.03 m。高频次长持续的大暴雨导致九江市地势较低地区积水严重,形成区域内涝、路段成河及点位积水的现象。目前关于城市内涝的研究主要集中在城市降雨径流模拟、生态风险评估、内涝形成原因、应急管理及内涝防治技术方案制定等方面^[2-4]。

九江市作为长江大保护先行示范城市,内涝成因、整治技术路线尚不明确。基于此,笔者以九江市现存24个积水点的成因及解决措施策略为基础,研究分析城市内涝点的积水成因、内涝防治的思路理念及积水点整治的技术措施,力求为其他城市的积水点治理提供参考和借鉴。

1 研究区域及方法

1.1 研究对象

研究对象位于九江市中心城区,主要涉及长虹东大道(三垄村段),庐峰路(和中广场—八一宾馆段),长江大道,青年南路(铁路桥下一交通指挥中心),金凤路(金凤路—南湖支路),浔南大道。研究区域及道路见图1。

长虹东大道(三垄村段)污水就近接入九江市政管网,雨水就近排到白水湖,新建雨水管采用钢筋混凝土管,新建污水管采用HDPE缠绕结构增强管(B型管),2#沟渠现状汇水面积约45.5 hm²,下垫面为市政沥青道路,排水体制为分流制区域。庐峰路(和中广场—八一宾馆段)污水接到南门湖九江

环湖箱涵,雨水就近排到南门湖,新建雨水管采用钢筋混凝土管,新建污水管采用HDPE缠绕结构增强管(B型管),总汇水面积约为25.4 hm²,下垫面为市政沥青道路,排水体制为分流制区域。长江大道雨水就近排放到濂溪,新建雨水管采用钢筋混凝土管,汇水面积约为62.68 hm²,下垫面为市政沥青道路,排水体制为分流制区域。青年南路(铁路桥下一交通指挥中心)雨水排放到长虹东大道以北现状雨水管,新建雨水管采用钢筋混凝土管,汇水面积约为6 hm²,下垫面为市政沥青道路,排水体制为分流制区域。金凤路(铁路桥下)现状雨水管道位于非机动车道,存在雨水排放不畅的情况,同时该处雨水管道的下游为南湖支路雨水管涵,预计存在破损、坍塌的情况导致雨水排水不畅,亟待查明病害情况并进行针对性改造。但南湖支路雨水管涵建设年代久远、埋设深度大、基础资料缺失,尚无法进行全面摸排检测。浔南大道现状雨水管道存在多处破损、坍塌,雨水排放不畅导致路面积水。本工程目前处于施工阶段,并与“浔南大道白改黑工程”协同推进,以解决浔南大道积水点及雨水管道病害问题。



图1 研究区域及道路

Fig.1 Study area and road

1.2 改造方案设计标准

设计标准:以消除积水为目标,改造后达到新建雨水管道设计重现期2~3年一遇的标准。其中,雨水管道系统基本为本工程新建,按照不小于3年一遇标准执行,上下游管道为现状管道且改造条件有限的按照不小于2年一遇标准执行。

积水点设计中雨水量计算执行以下要求:

$$q = \frac{1495.02 \times (1 + 0.672 \lg P)}{(t + 15.329)^{0.619}} \quad (1)$$

综合径流系数 $\Psi=0.6$; 设计暴雨重现期 $P=2\sim3$ a; 降雨历时 $t=t_1+t_2$, 其中 t_1 为地面集水时间, 取 5 min, t_2 为管内流行时间。管道粗糙系数 $n=0.013$ (钢筋混凝土管), $n=0.010$ (塑料管)。

1.3 模型分析

以长江大道积水点为例, 采用 InfoWorks ICM 排

水模型软件, 对现状雨水管道进行分析, 分别模拟是否满足 2 年一遇暴雨重现期标准, 以及是否满足 30 年一遇排涝标准。

2 城市内涝点积水成因分析与梳理

城市积水点形成的原因主要是在强降雨天气下, 地表径流通过排水系统排出不及时导致雨水满管冒溢出市政道路。

通过对九江市中心城区现状 24 个积水点进行研究分析, 积水成因分析结果见表 1。

表 1 城市积水成因分析结果

Tab.1 Analysis results of the causes of urban waterlogging

积水成因	相关案例
湖水、河水等对雨水排放通道的顶托	兴业大道、通湖路和兴业大道铁路桥下积水点
雨水通道被掩盖, 雨水出路受阻	浔南大道沿线积水点
城市发展, 地块汇流量增大, 现状管道排水能力不足	长虹东大道(三垄村)积水点
现状雨水管道淤积、破损、堵塞等病害严重, 雨水过水能力不足	化工厂片区积水点、琴湖大道(前进路口段)积水点

3 城市内涝防治理念与积水点改造措施

3.1 三位一体城市内涝防治理念

城市内涝防治是一个系统性、综合性问题, 需要综合统筹理念到技术措施的系统性应对方案。城市内涝防治应建立“规划-建设-管理”三位一体的城市内涝防治理念。

① 在城市规划方面: 要按照以人与自然为核心、以生态环境为基础、以山川河流为命脉的观念进行有整体性和预见性的策划。城市扩张首先须充分考虑土地开发时原有的地形地貌地质和自然水文特征, 保持或适当改造绿地湿地系统作为绿色基础设施, 可发挥其雨水渗透、蒸发和储蓄的功能^[5-6]。其次, 要注重城市建筑及市政道路与绿地系统之间的空间布局, 划定各种功能绿地的保护区域, 划定河湖水面的保护范围, 划定岸线使用原则, 明确城市绿线和城市蓝线与城市黄线的划分。第三是要分清城市污水系统与雨水系统, 避免出现系统混接现象。城市污水管道混接、错接、乱接入雨水管道, 不仅会污染河湖水体, 而且会导致雨水井污水冒溢。

② 在城市建设方面: 应结合建(构)筑物、绿地湿地公园、道路水系等市政设施建立“渗透、滞留、净化、蒸发和排水”系统。海绵城市理念是在以上建设系统的基础上提出的一种水资源管理策略, 能够像海绵一样适应雨水的变化并保护周边原有生态系统, 恢复水系统自然循环能力, 提高城市雨

水调蓄能力, 增强城市洪灾风险抵抗能力。

③ 在城市管理方面: 主要从防涝系统体系建设、检查、维护制度宣贯及协同治理理论运用等方面进行综合管理。一是完善防涝管理体系, 城市管理部门应根据风险管理理论因地制宜地优化内涝灾害防治法律法规和排水标准^[7]; 二是定期检查、及时宣贯, 加强执行监督管理职能, 确保城市各类排水设施正常发挥其功能; 三是组织城市管理相关的主体联合协同治理, 建立协作平台, 共享内涝风险信息。

积水点治理一是应合理规划区域排水系统, 在预留绿色空间的同时留有改进空间, 给排水设施建设留有余地, 以提高积水高峰处的反应处理能力。二是加强建设沟渠、雨水管道、雨水算子及末端泵站, 城市道路易积水处路缘下设置通水沟渠可有效缓解排水压力, 作为城市“动脉”; 雨水管道起到区域内地表雨水收纳和排出的作用, 是城市“命脉”; 雨水算子可在市政道路、住宅小区、公共区域广泛使用, 遍布城市“经脉”; 河道排口处、截污管末端配置泵站不仅可解决高差问题而且是一种强排措施。三是合理增大雨水主干管道管径, 适当增加管道的调蓄容积, 考虑设置沉砂槽、沉泥井及雨水分流器, 提升管道的排水能力。四是做好管道检测、清淤、修复及维护工作, 确保管道排水的通畅。

3.2 积水点改造系统性技术措施

城市道路积水治理工程技术措施应结合自然

生态和城市基础设施协同整治,从源头减排、管网排放、蓄排并举和末端控制四个技术层面体现积水治理工程技术体系。

① 城市建设高效新型绿色基础设施,优先利用下沉式绿地、植草沟、雨水湿地、透水路面等“绿色”措施减少城市地表径流量,增加雨水渗透量,以“慢排缓释”和“源头分散”控制的方式从根源上减小积水风险。

② 管网排水路径控制主要通过管道雨污分流、扩大管道排水能力、增加雨水收集范围、管道清淤扫阻等物理措施保障管网运行健康通畅。

③ 河道排口前端可通过建设雨水调蓄池将雨水径流的高峰流量暂时存储在池中,既能控制初期雨水对河道的污染,提高雨水利用率,又能缓解管道存蓄压力,起到排水调度的作用。

④ 末端控制措施应通过建立排水泵站、设置雨水分流器等处理设施进行集水强排。

城市积水点整治工程技术体系见图2。

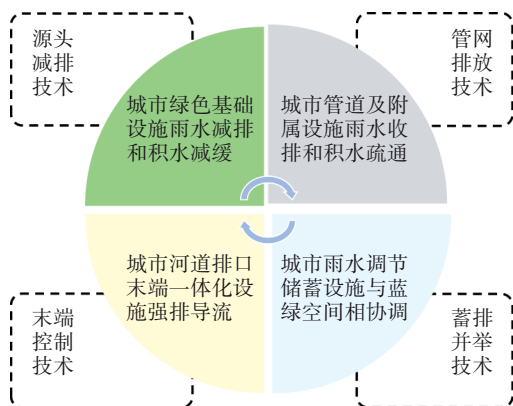


图2 城市积水点整治工程技术体系示意

Fig.2 Schematic diagram of technical system of urban waterlogging points treatment project

4 九江长江大道积水点改造案例

4.1 道路概况

长江大道主干道长4 790 m,路宽50 m,北至滨江西路,南至汽车综合工业园南二路,作为九江市城区一级主干道,有着缓解交通压力、城市向外拓展的关键作用。长江大道积水范围南起昌九高速,北至十里河,积水区域位于铁路桥正下方地势最低处,积水深度为20~30 cm,峰值可达1.5 m,并蔓延至德化路。长江大道积水点位置及积水现状见图3。



图3 长江大道积水点位置及积水情况

Fig.3 Location of waterlogging and ponding condition of Yangtze River Avenue

4.2 排水规划

现长江大道排水系统规划方案是沿长江大道增设DN1 000雨水管,沿铁路增设DN1 000~1 800雨水管。若按规划方案实施可以增加长江大道雨水系统排水能力,但无法解决十里河水位上涨引起的河水倒灌问题。长江大道雨水走向规划见图4。



图4 长江大道雨水走向规划

Fig.4 Planning of rainwater direction of Yangtze River Avenue

4.3 排水现状

长江大道雨水汇水范围南起昌九高速,北至十里河。长江大道现状有2根雨水管。东侧DN500~800雨水管自南向北排汇入下游DN1 200雨水管,最终排入十里河;西侧DN600~1 200雨水管自南向北排,汇入下游DN1 200雨水管,最终排入十里河。德化路(慧龙新城—长江大道)2根DN800雨水管自东侧汇入长江大道。长江大道最终雨水出路为东侧1根DN1 200雨水管排入十里河。长江大道现状雨水管线布置见图5。

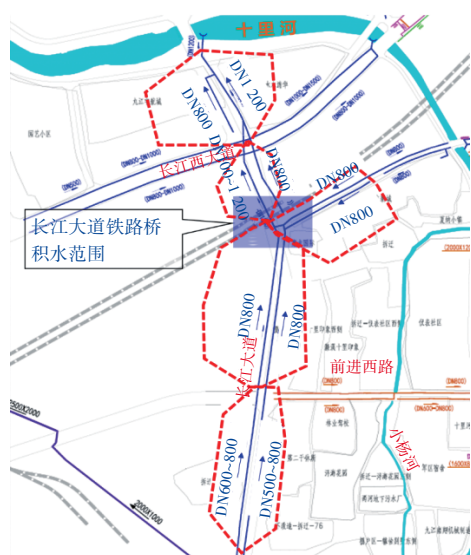


图5 长江大道现状雨水管线布置

Fig.5 Current rainwater pipeline layout of Yangtze River Avenue

4.4 积水原因

长江大道现状汇水面积约 62.68 hm²,按照 2 年一遇标准计算的汇流量约 6 m³/s,远超过长江大道现状路面雨水管排水能力(现状 0.1 年)。

对长江大道雨水主管及道路纵断面进行分析,结果如图 6 所示。

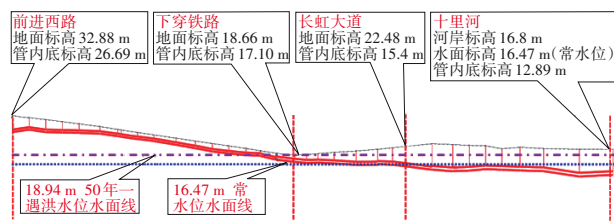


图6 雨水主管纵断面示意

Fig.6 Schematic diagram of longitudinal section of rainwater pipeline

长江大道地势最低点位于长江大道下穿铁路处,地面标高 18.66 m,十里河 50 年一遇洪水位 18.94 m。暴雨天,十里河水位上涨(超过 18.66 m),河水倒灌,造成长江大道铁路桥处积水无法排出。

此外,长江大道现状雨水管存在淤堵现象,易导致雨水排水不畅。

采用 InfoWorks ICM 水力模型软件,对长江大道现状雨水管道进行分析,现状雨水系统不满足 2 年一遇暴雨重现期标准,不满足 30 年一遇排涝标准,排水最不利情况详情见图 7。

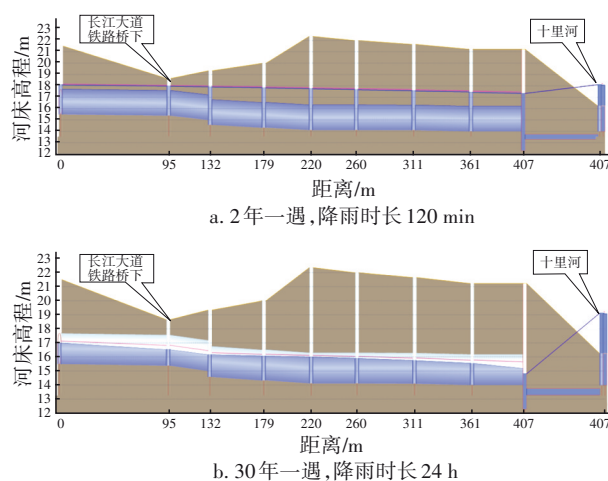


图7 排水模拟示意

Fig.7 Schematic diagram of drainage simulation

4.5 管道设计

城区道路积水严重处雨水管道的改造方式应先考虑管道结构缺陷,如腐蚀、破裂、渗漏、结垢和障碍物等,根据其缺陷等级和设计标准合理选择局部修复、整体修复、翻排重建或是新建。新建重建管道的管径应依据暴雨强度的计算结果进行设计,适当增加管道的调蓄容积和管径级别。末端雨水泵站的规模取决于雨水管道终端的设计流量,适当提高泵站的设计标准,达到强排的效果。通过九江市暴雨强度计算公式计算的雨水管道管径见表 2。

表2 排水管道计算结果

Tab.2 Calculation results of drainage pipeline

路段	设计重现期/a	计算流量/(L·s ⁻¹)	设计管径/mm	流速/(m·s ⁻¹)	备注
长江大道西侧	2	5 850	DN800~2 200	1.54	新建
长江大道东侧	30	690	DN800~1 200	0.61~1.37	保留利用

经计算,长江大道西侧设计新建 DN800~2 200 雨水管道满足 $P=2$ a 排水标准,保留利用原 DN800~1 200 雨水管道(下穿铁路段专用管道),满足 $P=30$ a 排水标准。

4.6 改造措施

① 提升主管过流能力。将道路西侧 DN1 200 雨水管翻排为 DN2 200,并对道路东侧 DN800 雨水管进行清淤疏通,改造为下穿段专用排水管线。

② 提高雨水收集效率。现状铁路桥下雨水边沟拓宽,新建雨水算子,并将人行道雨水管与车

行道雨水边沟隔开。

③ 实现线性海绵理念。沟槽回填面层材料采用透水性能好、抗压强度高且达到最佳配合比的大孔隙透水沥青混凝土。

④ 末端强排泵站建设。按暴雨重现期 $P=2$ a计算,建设末端雨水泵站1座($Q=6\text{ m}^3/\text{s}$)。

⑤ 管道清淤疏通养护。原状雨水管道利用前清除淤泥杂物,畅通后定期进行管养,维持管道健康运行。

5 结论

解决城市道路中小范围雨水滩积的问题,核心是要构建完善的城市积水防治体系,针对每个易涝积水点制定“一点一策”整治方案。发展“规划-建设-管理”三位一体的城市内涝防治理念,构建形成积水点改造的“源头减排-管网排放-蓄排并举-末端控制”系统性技术措施。以九江市现存24个积水点的成因及应对策略为基础,提炼分析城市内涝点积水成因,制定排水规划方案、积水整治措施、雨水管道改造等递进的改造措施。通过局部排水管线优化调整,显著减少易涝区域汇流量;通过雨水管道提标改造将雨水管道排放标准提高到2年一遇;通过合理设置边沟算子,有效提高雨水收集排放效率;通过在末端建设雨水泵站,实现低水强排并达到30年一遇排涝标准。在消除内涝积水的同时,实现景观提升和地下水涵养等多重目标。

参考文献:

- [1] 俄有浩,霍治国. 长江中下游地区暴雨特征及洪涝淹没风险分析[J]. 生态学杂志, 2016, 35(4): 1053-1062.
E Youhao, HUO Zhiguo. Rainstorm characteristics and flood inundation risk in the middle-lower reaches of Yangtze River [J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(4): 1053-1062(in Chinese).
- [2] 徐美,刘舒,孙杨,等. 利用洪涝模型进行城市内涝风险快速识别与预警[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(8): 1185-1194.
XU Mei, LIU Shu, SUN Yang, et al. Rapid identification and early warning of urban waterlogging risk using flooding model [J]. Geomatics and

Information Science of Wuhan University, 2020, 45(8): 1185-1194(in Chinese).

- [3] 车伍,杨正,赵杨,等. 中国城市内涝防治与大小排水系统分析[J]. 中国给水排水, 2013, 29(16): 13-19.
CHE Wu, YANG Zheng, ZHAO Yang, et al. Analysis of urban flooding control and major and minor drainage systems in China [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(16): 13-19(in Chinese).
- [4] 姜仁贵,王小杰,解建仓,等. 城市内涝应急预案管理研究与应用[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 146-150.
JIANG Rengui, WANG Xiaojie, XIE Jiancang, et al. Research on the urban waterlogging emergency preplan management [J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 146-150(in Chinese).
- [5] 唐磊,周飞祥,王巍巍,等. 北方城市典型内涝积水问题的系统化解决方案[J]. 中国给水排水, 2020, 36(13): 139-144.
TANG Lei, ZHOU Feixiang, WANG Weiwei, et al. Systematic solution to typical waterlogging problems in northern cities [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(13): 139-144(in Chinese).
- [6] 寇殿良,彭焘,刘启岚,等. 基于SWMM的南宁市仙葫大道内涝点分析及改造[J]. 中国给水排水, 2018, 34(5): 136-138.
KOU Dianliang, PENG Tao, LIU Qilan, et al. Cause analysis and modification of waterlogging point in Xianhu Road of Nanning City based on SWMM [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(5): 136-138 (in Chinese).
- [7] 汉京超,俞士静,陈秀成. 沿海平原河网城市排水防涝典型问题及对策分析[J]. 中国给水排水, 2020, 36(4): 30-34.
HAN Jingchao, YU Shijing, CHEN Xiucheng. Analysis of typical problems and countermeasures of drainage and waterlogging prevention in coastal plain river network city [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(4): 30-34(in Chinese).

作者简介:邱健(1991-),男,湖北咸宁人,硕士,工程师,从事水环境综合治理工程技术管理工作。

E-mail:137309030@qq.com

收稿日期:2021-11-20

修回日期:2021-11-29

(编辑:孔红春)