

# Exploration of Urban Flood Control Model Based on Ecological Drainage System — Taking Longyan City as an Example

Xiaofeng Jie<sup>1</sup> Wenlian Liu<sup>2</sup> Qihui Zhang<sup>1</sup> Changgui Lan<sup>1</sup> Tingyu Cui<sup>1</sup>

1. China Municipal Engineering Northeast Design and Research General Institute Co., Ltd., Beijing Branch, Beijing, 100043, China

2. Longyan Municipal Project Construction Center, Longyan, Fujian, 361000, China

## Abstract

Due to characteristics such as large topographic elevation differences and rapid runoff convergence, urban flooding control in mountainous cities is significantly more difficult than in plain cities. Taking Longyan City in Fujian Province, a typical mountainous valley city, as the research object, this study combines its national Sponge City construction demonstration practice to systematically analyze the formation mechanism of urban flooding in mountainous cities and construct a three-level ecological drainage governance system of 'source reduction, process regulation, and end disposal'. By analyzing the differentiated governance plans of typical areas such as Zijin Mountain and Dongcheng, a characteristic model of 'mountain sponge conservation, valley wetland regulation, and old urban area systematic transformation' is summarized. Practice has shown that this model has raised the flood control standard of Longyan's old urban area to once-in-ten-years and new urban area to once-in-thirty-years, providing replicable experience for urban flooding control in similar cities.

## Keywords

ecological drainage system; mountain city; flood control

# 基于生态排水系统的山地城市内涝治理模式探索—以龙岩市为例

揭小锋<sup>1</sup> 刘文廉<sup>2</sup> 张其慧<sup>1</sup> 蓝昌桂<sup>1</sup> 崔婷钰<sup>1</sup>

1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司北京分公司, 中国·北京 100043

2. 龙岩市市政项目建设中心, 中国·福建 龙岩 361000

## 摘要

山地城市因地形高差大、径流汇集快等特征, 内涝治理难度显著高于平原城市。以福建省龙岩市这一典型山地河谷城市为研究对象, 结合其国家海绵城市建设示范实践, 系统分析山地城市内涝的成因机理, 构建“源头减排-过程调控-末端消纳”三级生态排水治理体系。通过解析紫金山、东城等典型片区的差异化治理方案, 总结出“山体海绵保育+河谷湿地调蓄+老城区系统改造”的特色模式。实践表明, 该模式使龙岩市旧城区内涝防治标准提升至十年一遇, 新城区达三十年一遇, 为同类城市内涝治理提供可复制的经验。

## 关键词

生态排水系统; 山地城市; 内涝治理

## 1 引言

随着城镇化进程加速与极端降雨事件频发, 山地城市内涝问题日益凸显, 其独特的“山环水绕”地形既造就了丰富的山水资源, 又因地表坡度大、汇流时间短”的特征。龙岩市作为闽西核心城市, 山地丘陵占比达 94.95%, 龙津河及其支流贯穿城区, 2021 年入围首批国家海绵城市建设示范城市后, 依托“渗、滞、蓄、净、用、排”理念开展系统

性治理。本文以龙岩市为案例, 探索生态排水系统在山地城市内涝治理中的应用路径, 剖析其基于地形差异化的治理策略, 为解决山地城市水安全困境提供理论与实践支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 山地城市内涝特征及生态排水系统的适配性

### 2.1 山地城市内涝的典型特征

山地城市地形地貌决定其内涝灾害特殊性, 与平原城市差异显著。以龙岩市为例, 一是径流汇集快且峰值高, 市域地势东北向西南倾斜, 平均海拔 460m, 城区周边山体坡度多在 15%—30%, 雨水坡面汇集快, 短时间形成集中径流, 暴雨时单位面积径流量达平原城区 2.3 倍。二是内涝空

**【作者简介】**揭小锋 (1984), 男, 中国福建连城人, 本科, 高级工程师, 从事市政给水排水设计研究。

间分布不均,灾害集中于“山脚-河谷”过渡带,如东城片区因处山体下坡与龙津河交汇区,多次因山洪与城市雨水叠加致内涝,山顶建城区地势高、排水畅,内涝风险低。三是内涝与水土流失、水质污染协同,龙岩年降水量 1365 至 1725mm,集中于梅雨与台风季,强降雨引发内涝,冲刷土壤致径流含沙量升高,2021 年治理前龙津河部分河段雨后悬浮物浓度达 80mg/L,堵塞管网且污染水体。

## 2.2 生态排水系统的核心优势及适配价值

生态排水系统以生态工程学为基础,融合多学科原理,模拟自然水文过程管控雨水,核心优势是“弹性适应”与“多功能协同”,契合山地城市内涝治理需求。与传统硬化排水系统相比,它更适应山地地形高差变化,如生态沟渠可使地表径流峰值降低 30% - 45%,在龙岩东肖溪片区缓解了山谷汇水压力。其适配价值体现在两方面,一是精准调控山地水文过程,通过“三生空间”配置构建复合系统,实现排水防涝、解决水土流失问题,如龙岩奇迈山项目降低山体径流含沙量 62%,提升雨水下渗能力;二是有多功能协同效应,排涝同时兼具水质净化、维护生物多样性等功能,如龙岩田塘湿地削减径流中总氮、总磷,为多种水生生物提供栖息地。经济成本上,生态排水系统建设成本比传统沟渠高 20% - 30%,但通过降低维护费用、提升生态价值,投资回收期 4 - 6 年。龙岩龙地·东尚湾小区实践表明,海绵型改造虽增加初期投入,但每年节省绿化灌溉用水成本 35%,提升小区宜居性与房产价值,综合效益显著。

## 3 龙岩市基于生态排水的内涝治理体系构建

### 3.1 顶层设计: 基于地形分型的系统化规划

龙岩市打破“一刀切”的治理思路,结合市域“山顶-山脚-河谷”的地形梯度特征,构建“分区施策、系统联动”的顶层设计体系,为生态排水系统建设提供方向指引。首先建立地形-水文数据库,通过无人机测绘与水文模拟技术,精准识别不同区域的内涝风险等级、汇水面积及径流路径,将城区划分为山顶建城区、山脚建设区、河谷老城区、河谷新城区 4 种类型,明确各区域的治理重点与技术路径。

在规划机制上,成立由市委书记、市长担任双组长的海绵城市建设工作领导小组,统筹住建、水利、生态环境等多部门职责,出台《龙岩市海绵城市条例》《海绵城市建设技术标准》等系列文件,形成“法规保障-技术规范-管理细则”的完整体系。其中,《龙岩市住房和城乡建设局等六部门关于加强海绵城市建设项目全流程管控的通知》作为管理细则的重要组成部分,为“源头减排-过程调控-末端消纳”三级体系的落地实施提供全流程管理依据,确保各环节建设符合规划要求。

针对山地城市特点,修编的技术标准特别明确了生态设施的坡度适配要求,如生态沟渠边坡坡度不超过 1:3,雨水花园下沉深度根据地形坡度调整在 15-30cm 之间,确

保设施在发挥功能的同时保障结构安全。

规划核心在于构建“山水林田湖草”一体化的生态排水网络,以龙津河为主脉,串联各支流生态廊道、山体缓冲带、城市湿地公园及社区海绵设施,形成“源头减排-过程调控-末端消纳”的三级体系。通过 SWMM 模型模拟优化,确定各区域年径流总量控制率目标,山顶片区不低于 76%,河谷新城区不低于 71%,河谷老城区因条件限制不低于 65%,确保系统治理成效。

### 3.2 分区实践: 四类区域的差异化治理路径

山顶建城区以紫金山片区为典型,打造“山体海绵保育+湖体调蓄”模式。依托高森林覆盖率封山育林,山脚设生态缓冲带;城区严控硬化面积,道路用透水沥青,居住区建雨水花园与下沉式绿地。改造紫金山湖生态岸线扩大容量,与周边沟渠联动,暴雨时削减山体汇流峰值 42%,实现“小雨不积水、大雨不内涝”。山脚建设区以东肖溪片区为代表,采用“山谷滞蓄+雨水回用”策略。沿山谷建阶梯式生态沟渠与小型蓄水池,配置填料、种植水生植物。片区开发融入“海绵+”理念,如龙岩大道二期项目引导雨水流入生态设施,年径流总量控制率达 71%。收集的雨水处理后用于清扫与灌溉,夏季高峰期可替代 40% 市政供水。河谷老城区以东城片区为重点,实施“高水高排+系统改造”工程。因管网老化、地势低洼内涝突出,先建生态截洪沟“高水高排”,截洪沟对泥沙拦截效率达 75%,同时重构地表排水系统,剥离合流制管渠中雨水和清水,串联绿色调蓄空间,老旧小区改造后年径流总量控制率提升,解决积水问题。河谷新城区以东山及园田塘片区为示范,构建“大海绵体+精细管控”体系。保护与修复自然湿地,园田塘蓄洪湿地项目排蓄结合。新建项目落实海绵指标,如龙地·东尚湾小区等实现较高年径流总量控制率。设计操场等打造教育类海绵示范工程,形成“实用、优美”的校园水环境<sup>[2]</sup>。

表 1 龙岩市不同区域生态排水系统核心指标

区域类型	年径流总量控制率 (%)	径流峰值削减率 (%)
山顶建城区	76	42
山脚建设区	71	38
河谷老城区	65	32
河谷新城区	71	31

### 3.3 技术支撑: 智慧化与生态化的融合应用

龙岩市将智慧化技术融入生态排水系统,提升治理精准性与效率。在关键排水节点与调蓄单元部署传感装置,实时监测降雨强度、水位变化、水质指标等参数,数据经物联网传至海绵城市管理平台。在生态技术应用上,坚持“因地制宜、乡土优先”原则,构建地域适应性生态设施体系。植被以龙岩本地物种为主,固土选狗牙根、水杉,水质净化选芦苇、香蒲,降低养护成本并提升生态稳定性。材料应用推广绿色低碳技术,用再生骨料替代天然石材建沟渠,降低建材碳排放 37%;生态沟渠与湿地建设采用预制拼装工艺,

减少施工能耗 29%。同时引入低碳理念,通过植物固碳与土壤碳固定,园田塘湿地年固碳量达  $1.8\text{kg}/\text{m}^2$ ,实现生态与碳汇效益协同。

## 4 龙岩市内涝治理成效及模式启示

### 4.1 治理成效的多维度体现

经过两年多系统治理,龙岩市内涝治理成效显著,水安全保障能力大幅提升。内涝防治标准全面提高,旧城区从三年一遇提至十年一遇,新城区达三十年一遇。2023 年台风“杜苏芮”期间,龙岩遇百年一遇短时强降雨,主城区核心区域未大面积内涝,园田塘蓄洪湿地拦蓄超标径流  $12\text{万 m}^3$  保护下游。内涝点消除成效好,全市治理 15 处历史内涝点,解决重点内涝积水问题,改善市民出行环境。同时,水环境质量提升,通过生态排水系统净化,消除 11 条黑臭水体且未返黑返臭,龙津河主要监测断面水质达标,雨后水体悬浮物浓度降 62%,水生生物多样性增加,底栖动物种类增 3.1 倍。水资源利用效率提高,全市通过生态排水系统年收集雨水约  $500\text{ 万 m}^3$ ,替代 8% 市政绿化与景观用水,缓解干旱季水资源供需矛盾。此外,社会与生态效益凸显,海绵城市建设改善人居环境,龙津湖公园、园田塘湿地成市民休闲地,龙津湖公园年接待超 100 万人次带动周边活力,还发挥生态教育功能,通过设置科普标识、开展活动提升公众水生态保护意识,形成全民参与氛围。

### 4.2 山地城市内涝治理的模式启示

龙岩市实践为山地城市内涝治理提供三点核心启示及凸显公众参与的重要性。其一,坚持“地形适配”原则,山地城市内涝治理要摒弃平原城市思维,利用“山、水、谷”地形,融合生态排水设施与地形,采取“高水高排、低水蓄滞”策略,实现“顺应自然、改造自然”平衡。如龙岩针对四类地形分区设计方案,提高成效并降低成本。其二,构建“系统联动”是关键路径,内涝治理需从顶层规划整合山体、湿地等要素,形成完整治理链条。龙岩成立跨部门领导小组、制定法规与标准,打破壁垒与瓶颈,实现生态排水系统与城

市全流程融合,保障治理成效长效性。其三,推动“技术融合”是提升效能保障,生态化与智慧化融合可实现“ $1+1 > 2$ ”效果。龙岩将自然设施与智慧技术结合,发挥生态调蓄功能、提升设施效率,为应对极端天气提供技术路径,同时坚持绿色低碳理念,推广环保技术,推进内涝治理与“双碳”目标协同。此外,龙岩凸显“公众参与”在内涝治理中的不可或缺性,通过宣传教育提升市民认识与参与度,鼓励居民参与雨水收集与利用项目,增强城市排水系统韧性、促进社区凝聚力提升,还建立反馈机制,让市民提供内涝积水区域,为治理体系优化提供数据<sup>[3]</sup>。

## 5 结语

山地城市内涝治理核心是构建适配地形的生态排水系统。龙岩市作为典型山地河谷城市,采用“分区施策、系统联动、智慧赋能”治理模式,解决内涝难题,实现水安全、水环境、水资源协同改善。其基于地形分型的治理路径,串联山顶、山脚、河谷等区域生态排水设施,形成“山体保育-山谷滞蓄-城区净化-湿地调蓄”体系,为同类城市提供可复制经验。未来,山地城市内涝治理应强化三大方向:一是深化智慧化应用,结合 5G 与大数据技术构建精准水文预测与设施调控系统;二是推动生态设施长效运维,建立“政府主导、市场参与”运维机制;三是加强区域协同治理,针对多流域、跨行政区域特点建立上下游联动排水防涝体系。

龙岩市实践证明,坚持生态优先、因地制宜原则,可破解山地城市内涝困境,实现城市与自然和谐共生。

## 参考文献

- [1] 王澧,周小伟.Info Works ICM 在山地丘陵城市内涝治理中的应用[J].中国给水排水,2018,34(19):118-123.
- [2] 时艳婷,赵建超,丁国尚.城市内涝治理与雨污分流改造措施[J].中国住宅设施,2023,(3):121-123.
- [3] 朱嘉运,陶光卿,姚永连,等.基于水动力学的数学模型在城市排水系统设计中的应用——以贵阳市花果园小区为例[J].净水技术,2025,44(S2):108-116.