

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.02.025

# 山地城市内涝治理方法探索

## ——以桂林市阳朔县为例

张思家, 粟玉鸿

(中规院(北京)规划设计有限公司, 北京市 100044)

**摘要:** 受全球气候变化及城市化进程加快的影响,我国极端降雨发生的频率和强度也日益增加,严重制约了城市发展。桂林市阳朔县具有世界级山水景观,是国际旅游圣地,近年内涝频发对旅游业造成严重冲击,因此内涝治理势在必行。通过研究近几年阳朔县的内涝情况,以2020年6月发生的极端降雨情况为例,从水文气候、城市建设等方面深入分析了阳朔县内涝发生的原因,并提出系统治理、蓄排共举等相应治理措施,为山地城市内涝治理提供有效思路。

**关键词:** 内涝治理;排水防涝;韧性城市

**中图分类号:** TU992

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)02-0110-04

## 0 引言

在全球气候变化引发的极端暴雨和快速城市化改变下垫面的背景下,城市洪涝灾害的频繁发生已成为阻碍城市发展和管理的突出问题。阳朔县位于桂林市南部,独特的山城喀斯特地貌特征是世界旅游组织推荐的旅游度假小城镇目的地,但每逢雨季,“大雨积水、暴雨看海”的内涝泛滥问题层出不穷。2020年6月,受持续强降雨影响,桂林市阳朔县境内遭受不同程度的洪涝灾害,并造成2人死亡。本文结合内涝灾害发生时的实地调研数据和情况,对阳朔县内涝成因进行分析,并提出针对山地城市的内涝防治对策。

## 1 内涝积水成因分析

### 1.1 自然因素

降雨充沛、暴雨频发。阳朔县全年降雨充沛,多年平均降雨量为1500 mm,城市暴雨发生频率较高,多发生于4月至8月,占全年降雨量的70%左右。此外,阳朔县易受台风天气影响,与暴雨易发时间基本重叠,容易出现极端强降雨天气。2020年6月4日至6月8日,阳朔县累积降雨量超过391.4 mm,其中6月6日08时至6月7日08时,24 h阳朔国家观测站日降雨量为272 mm,局部小时降雨量达到

50.5 mm,打破了15年以来日降水量历史记录(2006年7月15日207.1 mm)。

水系丰富、山地城市。阳朔县城区内河网密布,主要河流17条,总长243.78 km,漓江、遇龙河、栗木河、沙子河等穿城而过。区域内石山林立,石山间容蚀洼地、峰林谷地交错。中心城区大部分是石山、丘陵,平地少且碎(河流冲积平原和峰林谷地),属于典型的山城关系;新城扩展区邻山而建,城区内大量陡峭山体,山体坡度大,难以蓄滞雨水。发生强降雨时,山洪迅速入城,短时间内河水水位快速上涨,常出现遇龙河等中小河流超过警戒水位1.5~2 m的快速涨水过程。2020年6月7日,受暴雨影响,阳朔县上游沙子溪水库超过200 a一遇标准,发生溃坝,上游来水最大流量4800 m<sup>3</sup>(对比三峡水库6月初最大出库流量1.9万 m<sup>3</sup>,约占三峡水库最大出库流量的四分之一),6月7日17时桂江阳朔水位站前后出现112 m洪峰,远超警戒水位109.5 m,导致漓江水位持续增高,河道顶托造成县城排水困难,加剧城区内涝险情,见图1。

### 1.2 社会因素

造成阳朔县发生严重内涝的社会因素主要有三点。一是随着城市发展,阳朔县城市化过快,下垫面不透水面积占比过大。城市化的影响主要表现在:(1)地面硬化导致地面透水性差。阳朔县城随着建成区面积扩大,道路硬化的不透水路面面积达18.7万 m<sup>2</sup>,房屋建筑面积24.8万 m<sup>2</sup>,加上其他各种公共建筑与

收稿日期: 2023-02-28

作者简介: 张思家(1988—),女,硕士,工程师,从事排水防涝、海绵城市建设、黑臭水体整治等方面工作。

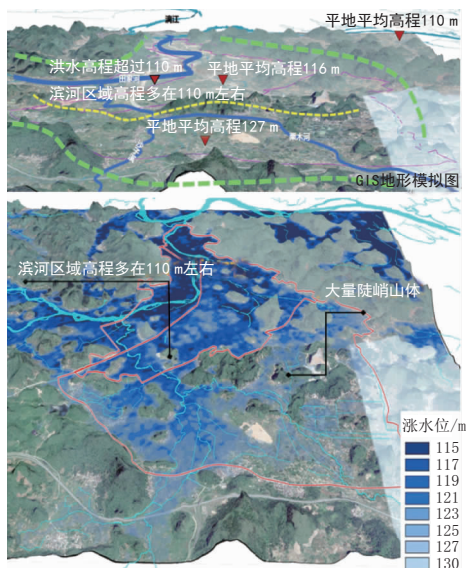


图1 阳朔县暴雨下淹水情况分析图

场所,城区不透水路面积超过40%<sup>[1]</sup>,改变了自然条件下的产汇流机制;(2)城市河道渠化及排水系统管网化,减少汇流时间,洪峰出现时间提前;(3)城市发展侵占天然河道滩地,减少行洪通路,降低泄洪能力和河道调蓄能力<sup>[2]</sup>。通过ARCGIS识别出阳朔城区部分现状低洼区域为已建设的居住和公建用地,部分坑塘水体也被填平,地面硬化率高,雨水无法分散调蓄,只能集中排放至下游,临河区域内涝压力大,见图2。二是阳朔县现状防洪、管网、泵站建设标准偏低,排水系统不完善。现状老城区80%的排水管网为1a一遇,同时河道周边低洼区域缺乏泵站,发生内涝险情时,无法强排。因阳朔县具有世界闻名的山水景观,漓江两岸不允许修筑防洪堤抵御洪水,县城内同时又存在城内河道防洪标准偏低问题,紧邻城区的栗木河防洪标准仅为5a一遇。城市外围山洪沟年代久远,部分通道已堵塞或被建筑侵占,失去原有功能,如阳朔县人仔山村入口处的排洪沟宽度因村镇建设由2m变为1m,原本平缓的水流因“卡口”变成急流,经常造成村舍被淹现象。同时城市建设改变原有河道自然走向,中间存在“凹”型竖曲线,人为降低了河道水流行泄速度;部分区域用地规划时道路建设高程竖向规划不合理,道路坑洼地区依靠“重力流”无法及时将雨水排出去,易出现小面积积水问题。

阳朔县城区发生严重内涝灾害是各方面因素综合作用的结果,致灾因素复杂。就山地城市独特的自然条件而言,阳朔县内涝原因可概括成外洪加内涝,“两快两慢加一高”共同作用的结果。“两快”是指降雨快强度大;地面硬化率高,调蓄空间少,导致地面

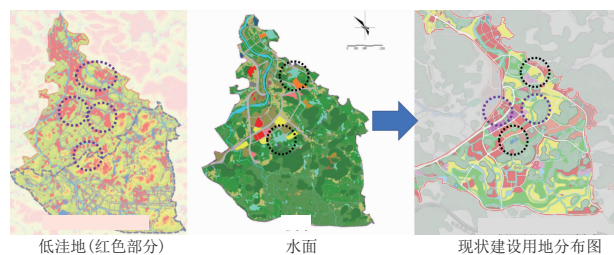


图2 阳朔县低洼地区和水面规划为建设用地,不透水面积增大径流过大,快速汇集。“两慢”一是排水管网设计标准低、堵塞等原因,导致管网里的水流的慢,排水能力不足;二是河道行洪排涝标准偏低,包括一些河道卡口等因素,造成河道排水速度较慢。“一高”是指外江涨水快,外江顶托水位高,见图3。

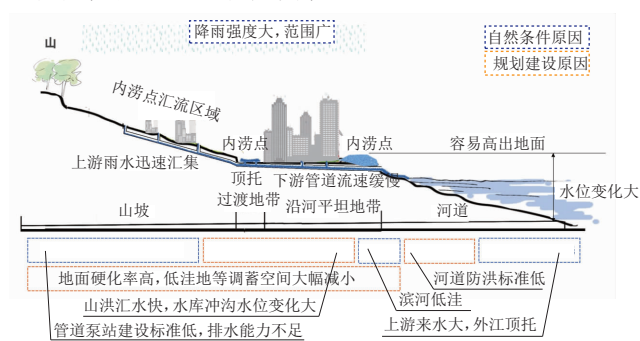


图3 阳朔县内涝成因示意图

## 2 山地城市内涝防治对策研究

城镇内涝防治是一项系统工程,涵盖从雨水径流的产生到排放的全过程控制,包括产流、汇流、调蓄、利用、排放、预警和应急措施等<sup>[3]</sup>。“排水、排涝、防洪”在概念方面存在着复杂的联系,且相互影响、相互制约,正确认识“三者”关系尤其是内涵联系是构建城市“排水、排涝、防洪”工程和谐关系的关键,也是解决城市内涝的重要步骤<sup>[4]</sup>,要用统筹的方式、系统的方法解决城市内涝问题。阳朔县内涝治理一方面要坚持因地制宜,摸清本地基本特征,另一方面要因城施策,找准本地主要问题。在此基础上,按照“洪涝统筹、管网建设、蓄排并举、超标应急”的系统方法,提出针对山地城市内涝防治问题的四项对策,以解阳朔内涝之困,增加城市韧性。

### 2.1 统筹城市防洪和排涝体系

洪涝统筹,推进防洪提升工程建设。梳理阳朔县中心城区栗木河、田家河和漓江流域的内外关系,明确上游来水和下游顶托造成的影响,构建系统的“源头截流—过程疏导—下游排放”的防洪排涝体系。“上游截流”主要是通过水库等蓄滞洪空间,控制洪峰,降低上游来水水量。同时,全面排查阳朔县上游病险水库,建立水库除险加固长效机制,尽快实施病



险水库维修建设工程,彻底消除水库安全隐患,避免溃坝事故再次发生。“中间疏导”是指打通内河水系,通过河湖疏导,减少外洪入城水量。“下游排放”主要是在阳朔县东南部待开发新城,根据实际建设条件在临近山体周边区域,规划布设连续的泄洪通道,拓宽河道、减缓对雨水管渠的顶托,增加河道的泄洪能力。系统性治理山洪,根据本地山体特点,结合景观效果,通过挖鱼鳞坑或修水平梯田等方式,在暴雨情况下,蓄滞迅速下泄的山水,减缓径流速度。同时通过设置截洪沟、排洪明渠或排洪管涵等措施采取高水高排,构建山洪行泄通道,分散就近排入河流或调蓄设施,系统治理主城区外围第一重山汇水范围内的山洪,避免山洪入城<sup>[5]</sup>。老城区针对排洪沟“卡口”堵塞等问题,拓宽疏通现在问题渠段;新城根据开发情况,可沿山水大道布设排洪沟,排洪沟的走向主要根据新城地势及山体的轮廓布置,向北排至栗木河。此外,还需完善山洪灾害防治信息系统建设,加强山洪灾害监测预警体系、群测群防体系和应急保障体系,避免山洪入城引发内涝<sup>[6]</sup>。

## 2.2 优化排水分区,完善雨水管渠系统

完善雨水管渠系统。优化老城区不合理排水分区,按照“高水高排、低水低排”的原则,根据管渠标高和城市竖向高程情况,结合部分雨水管道临河、雨水可就近入河的特点,在中上游分散建设雨水管,让雨水就近排放至城内水系河流,分流雨水、缓解下游管道排水压力,实现高水高排。此外,在已建设老城区,重点推进主雨水主干管修复工程,打通断头管,完善雨水管网系统。在新建扩展区,根据 ACRGIS 流域分析,按照地形特点将新城扩展区规划为 7 个雨水排水分区,分散就近排放至河道,加快排水速度,见图 4。扩展区规划雨水管网按照 3~5 a 一遇建设,部分公建、下穿隧道等重要地区按照 10 a 一遇建设;规划扩展区雨水管道最小管径 DN800、最大管径 DN2000,并在部分地势平缓或局部低洼、重力排水存在困难以及部分内涝高风险区,设立泵站强排。因城市道路竖向不合理导致排水不畅时,针对城市竖向不合理的区域,在论证分析基础上,结合实施条件对建成地区的竖向进行优化调整,确保排水通畅。系统性消除因排水分区划定、道路竖向不合理等问题导致的内涝风险隐患。

## 2.3 蓄排并举,增调蓄、留通道

建设雨水调蓄空间,增强削峰调蓄能力。结合建成区内涝风险评估结果,一是尽可能保护修复主

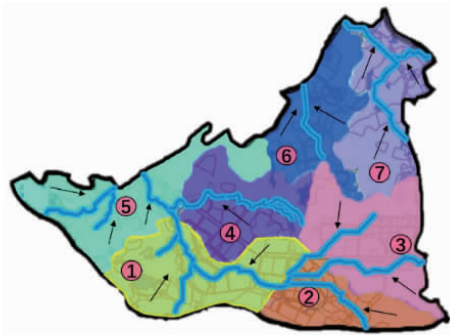


图 4 阳朔县扩展区规划排水分区示意图

城区城镇开发边界及外围第一重山汇水范围内的山体、林地以及河湖水系、湿地、坑塘、沟渠等城市自然本底,防止城镇开发建设破坏山体、与水争地,构建连续完整的生态基础设施体系<sup>[5]</sup>。二是在阳朔老城区布局规模匹配、分散型的小型雨水调蓄设施,利用绿地、植草沟、树池,坑塘水体等设施分散调蓄雨水,并根据建设条件恢复原来封盖、填埋的天然排水沟、河道等,增加老城调蓄雨水能力。阳朔县老城区现状排水方式是雨水流经路面、绿化带等,经渗渠、管网后排入双月溪及漓江。通过将阳朔县老城区现有十个池塘的水面有效恢复,池底清淤恢复有效容积,可调蓄部分雨水。同时打通地面雨水与池塘的联系、疏通池塘与双月溪和桂花溪的联络明渠,对双月溪和桂花溪的渠壁和渠底进行整修恢复其通水能力<sup>[1]</sup>,并对现有明渠首端进行改造,对明渠断面进行加深加宽处理,恢复被填埋和侵占水体通道,经过治理后的内河水系可通过 20 a 一遇的暴雨强度流量。新建地区按照适度超前建设的原则留白增绿,尽量保留利用原有自然洼地、坑塘水体等地表雨水调蓄空间,并结合城市湿地、公园合理布局临时性的雨水调蓄空间。衔接海绵城市建设体系,在满足防洪标准的前提下,河道两岸保留一定缓冲区域,给水以空间,提高城市安全韧性。针对阳朔县山地城市特点内涝治理措施,见图 5。

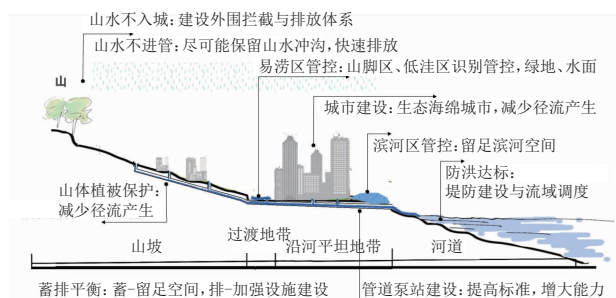


图 5 阳朔县内涝治理措施示意图

建设排涝通道,提升城市排水能力。全面评估阳朔县城区现状内河水系行洪排涝能力。在新城区,一

是依据现状水系分布和水文模拟分析结果,充分保留原始地形,保护生态空间,重点保护原有自然汇水路径和天然排涝通道;二是规划建设新的雨水排放通道时,合理设计行泄通道纵坡与横断面,统筹道路高程、地表调蓄设施和涝水排放系统之间关系,确保超过城市管网设计标准的雨水能够有路径进入受纳水体河流。规划在阳朔县新城扩展区,建设6条雨水排放通道,最终排入田家河,见图6。



图6 阳朔县扩展区规划蓄水廊道及雨水排放通道示意图

#### 2.4 完善洪涝应急管理机制

加快阳朔县城市洪涝灾害应急管理体系建设,完善应急预案、预警发布、应急响应等应急方案。加

强城市应急预案的可操作性和指导性,健全暴雨预警预报发布机制和渠道,加强专业队伍建设、配备移动泵车,实行洪涝“联排联调”,提升应急管理水

### 3 结语

本文根据阳朔县内涝发生原因与现状存在的突出问题,提出从用地布局上要尊重城市自然生态本底,构建海绵空间格局;从设施建设上要统筹城市雨水管渠系统、超标雨水径流排放系统和防洪系统,做到洪涝共治、多元措施多管齐下,系统解决山地城市内涝问题,提升城市韧性。

#### 参考文献:

[1] 曹长春,刘勇,韦世凡,等.阳朔县城排水系统设计与生态环境效应[J].给水排水,2009,77(S1):258-260.  
 [2] 张建云,宋晓猛,王国庆,等.变化环境下城市水文学的发展与挑战— I .城市水文效应[J].水科学进展,2014,25(4):594-60.  
 [3] 张辰,章林伟,莫祖澜,等.新时代我国城镇排水防涝与流域防洪体系衔接研究[J].给水排水,2020,46(10):9-13.  
 [4] 何文学,李茶青.城市“排水、排涝、防洪”工程之间的和谐关系研究[J].给水排水,2015,41(S1):85-88.  
 [5] 朱小连.山地城市内涝防治问题分析及系统化治理建议[J].工程建设与设计,2022(12):116-118.  
 [6] SINGH P, SINHA V S P, VIJHANI A, et al. Vulnerability assessment of urban road network from urban flood [J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2018(28):237-250.

## 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: [cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)