

西南丘陵地区排水(雨水)防涝综合规划研究

杨楠^{1,2}, 张练¹, 陈兵^{1,2}, 戴晖³

(1. 天津市市政工程设计研究院, 天津 300051; 2. 天津市基础设施耐久性企业重点实验室, 天津 300051; 3. 云南能阳水利水电勘察设计有限公司, 云南 曲靖 655000)

摘要: 我国城市化进程高速发展,城市内涝问题频发,排水(雨水)防涝综合规划上升到了基础性专项规划。云南省曲靖经济技术开发区是典型的西南丘陵地形,其排水、排涝、防洪等问题相互交叉,排水系统复杂。结合海绵城市建设,通过管网、河道模型的构建,分析城市内涝风险,合理布局排水、排涝分区并提出调蓄设施布局及排水行泄通道,为此类地区城市发展提供排水系统性解决策略。

关键词: 排水防涝规划; 海绵城市; 数学模型

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)22-0024-06

Study on Comprehensive Planning of Drainage (Stormwater) Flood Control in Southwest Hilly Area

YANG Nan^{1,2}, ZHANG Lian¹, CHEN Bing^{1,2}, DAI Hui³

(1. Tianjin Municipal Engineering Design Research Institute, Tianjin 300051, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Infrastructure Durability, Tianjin 300051, China; 3. Yunnan Water Resources and Hydropower Survey and Design Co. Ltd., Qujing 655000, China)

Abstract: With the rapid development of urbanization in China, frequent occurrence of urban waterlogging, the comprehensive planning of drainage (stormwater) flood control has been upgraded to the basic special plan. Qujing Economic and Technological Development Zone in Yunnan Province, which located in southwest China, presents a typical hilly terrain. Its drainage, flood control and other problems were intersecting with each other, and the drainage system was complex. In this study, the systematical solution strategy for the city with same characters were provided through the construction of sponge city, pipe network and channel modeling, analyzation of urban waterlogging risk, reasonable layout of drainage and waterlogging partition as well as the proposed layout of storage facilities and drainage channel.

Key words: drainage and flood control planning; sponge city; mathematical model

随着城市高强度的开发,“城市病”开始显现,城市内涝问题尤为突出。近年来,武汉、广州、杭州、北京等城市频繁遭遇强暴雨袭击,据统计2008年—2010年全国62%的城市发生过不同程度的暴雨内涝^[1]。城市内涝不仅导致财产损失,更是威胁到了城市居民的安全。根据国家排水防涝和海绵城市建设的要求,结合云南省曲靖经济技术开发区所在

丘陵地形特点,研究此类地区城市排水防涝规划的特点,以期为此类地区城市发展提供借鉴。

1 曲靖开发区排水(雨水)现状及主要问题

1.1 现状地形及主要水系分析

曲靖市经济技术开发区(以下简称开发区)三面环山,地面坡度较大,中东部地形平坦。境内主要水系为白石江,原为南盘江右岸一级支流,后经人工

改道汇入潇湘江,现为潇湘江左岸一级支流。白石江发源于马龙县小村东面山麓,流经曲靖市开发区,穿过贵昆铁路及沾曲公路,在史家村汇入潇湘江。开发区内白石江支流多为水库泄洪渠或天然冲沟。

1.2 现状管网分析

随着开发区的发展,城市路网不断完善,同时也建设了配套排水管网,现状范围内除了东南角老城区有部分合流制管网外,其他区域均为分流制管网。

1.3 历史内涝分析

曲靖经济技术开发区位于整个曲靖市的上游,地势较高,地面纵坡较大。目前开发区正处于高速发展时期,城区内硬化地面比例不高,近年发生的多次内涝基本属于城区局部内涝,主要是山地小城镇地面坡度大、排水管网建设标准低所致^[2]。

1.4 排水系统总体评估

构建了全地形数字模型,模型涵盖了现状城区已建管线,管网节点3 990个,管段总长为91.6 km。根据模型分析,现状管网中排水标准达到5年一遇的管段占37.9%,但是这类管道基本位于系统上游或者支路上,汇水面积较小。排水标准为1年及小于1年的占46.6%,此类管网多位于主干路,远期随着城市的发展,汇水区域内硬化地面增加,排水能力不能满足要求。具体见图1。

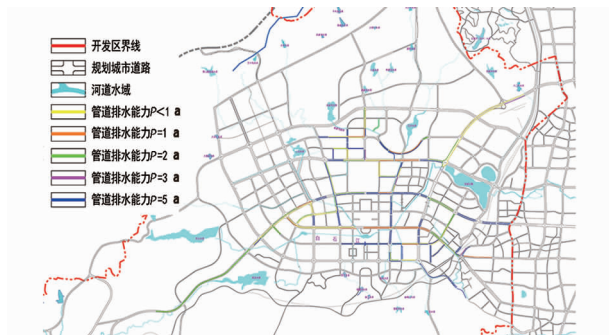


图1 现状管网排水能力评估

Fig.1 Estimation of existed pipeline network drainage ability

基于现状管网,利用 InfoWorks ICM 软件^[3]对曲靖开发区规划范围进行了全流域的数学模型构建,对现状条件下的积水点进行了模拟,并与历史积水点数据进行了比对,结果高度一致。

1.5 现状管网排水能力分析

现状条件下城区积水点地势低洼,排水能力不足,结合管网模型对现状管网的排水能力进行模型分析,结果详见图2。



图2 现状管网排水能力分析

Fig.2 Analyzation of existed pipeline network drainage ability

1.6 现状排水防涝系统存在问题

通过分析,目前开发区排水防涝系统存在以下问题:①现状排水管道排水标准低;②城市排水系统与防洪系统混接,排水能力不足;③现状河道沟渠排水不畅,排水通道挤占问题突出;④现状河道多为天然冲沟,年久失修,排涝能力有限^[4];⑤雨洪调蓄容积不足,存在山洪隐患;⑥水体景观塑造不足,生态功能退化;⑦部分防洪排涝河道采用全生态堤岸形式,过流能力低,堤防安全等级低,水土流失严重。

2 总体规划思路

根据开发区现状,结合总规、控规及其他相关规划,坚持问题和目标双导向,充分调研当地排水现状和需求,制定了如图3所示的总体规划技术路线。

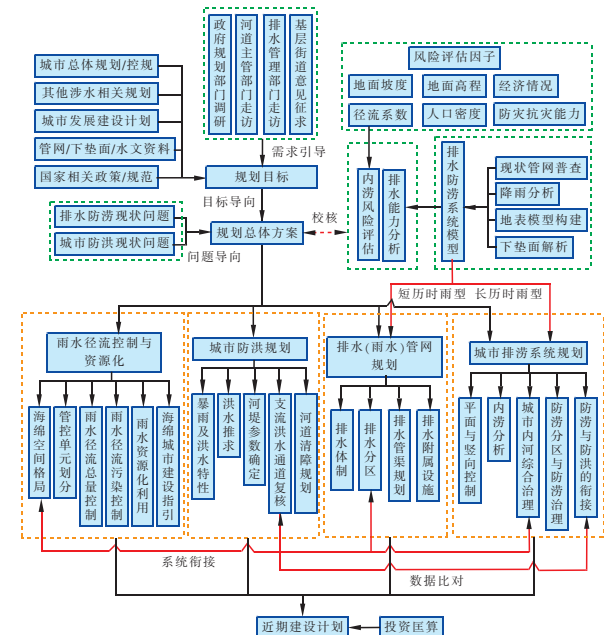


图3 规划技术路线

Fig.3 Planning technology roadmap

① 充分调研,摸清需求。摸清楚规划区域历史排水防涝情况,充分了解相关部门的建设需求。

② 资料收集,分析现状。搜集相关背景基础资料,对降雨、下垫面、水文、现状管网等资料进行分析,确定现状存在的问题。

③ 构建模型,积水分析。构建开发区的管网-地面-河道全尺度模型,采用不同重现期降雨对现状排水系统进行分析,确定现状积水点的成因。

④ 引入风险因子,评价风险。由于本次规划范围内未建成区域比例较高,采用模型法进行风险评价存在精度低、积水区域计算偏差较大的问题,因此本规划引入风险评价因子对规划条件下区域进行分析评估。

⑤ 海绵城市建设,贯彻理念。城市排水防涝关系着城市的水安全,是海绵城市建设的核心内容。因此本次规划在排水防涝基础上引入海绵城市规划的核心内容,构建海绵城市建设指引,确定基本建设内容。

⑥ 洪涝结合,合理规划。根据排水防涝规划编制大纲,防洪系统并不涉及在本规划中。但是本区域排水河道或方涵不仅承担排水防涝功能,同时还承担着防洪功能,不能孤立地从排水防涝的角度进行规划,需要多角度进行全面合理的系统规划。

⑦ 完善管网,提高标准。开发区目前仍然处于高速发展时期,雨水管网的建设还不完善,现状管网标准偏低。本次规划对排水系统和管网进行了划分和梳理,通过合理措施提高排水能力。

⑧ 内河整治,确保出路。开发区目前现状河道除了白石江外多数为天然冲沟,河道形态不规整,部分区域由于地块的开发,河道形态缺失。因此,内河的综合整治关系到区域雨水出路问题。

⑨ 调蓄结合,削减峰值。开发区西城片区总排水出路为白石江,周边城区和山区的雨水均通过支流汇入,规划结合周边的水库、湿地采用调蓄结合的方式削减洪峰值,确保支流排水安全。

⑩ 道路行泄,排除内涝。城市雨水管网的排水能力有限,面对超标降雨时地面积水不可避免,结合道路竖向规划,合理布置道路行泄通道是极端情况下最为有效的内涝排除方式。

3 总体规划方案

3.1 内涝风险评估

由于开发区仍然在高速发展中,很多区域属于

未开发地块,地块标高精度达不到二维数字建模的深度。因此,采用指标体系评估法评价开发区内涝风险,选取地面高程、径流系数、地面坡度、人口密度、经济状况、防灾抗灾能力作为风险评估因子。

在规划条件下,通过风险评估发现开发区主要内涝高风险区位于三江大道附近、中央商务区、翠峰西路、火车站附近等。内涝高风险的主要原因在于地势低洼,地面坡度平缓,因此在规划中应强化排水系统,同时通过泄洪通道的布置确保城区排水防涝安全。

3.2 雨水径流控制与资源化

落实海绵城市“自然积存、自然渗透、自然净化”的要求^[5]。结合城市内湿地、大型绿地、主要水系及绿带等重要海绵通道,构建“九片、七廊、多节点”的海绵城市空间格局,详见图4。

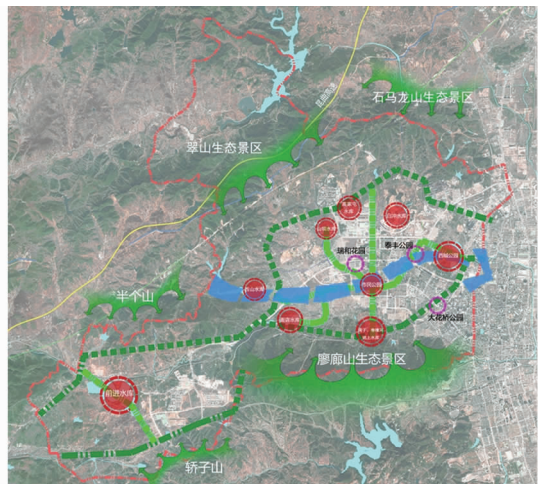


图4 曲靖经济技术开发区海绵空间格局

Fig.4 Sponge city spatial pattern plan of Qujing Economic and Technological Development Zone

以低影响开发理念为基础,构建“海绵型城市”,充分利用自然条件与人工模拟自然生态的方式。根据总体建设目标,并结合地块性质,确定曲靖经济技术开发区年径流总量控制率为80%,对应降雨量为20.8 mm。

对于径流污染程度较重区域,雨水管道内受污染的初期雨水不应直接排入水体,应设置可控制流量的截流井,将受污染的初期雨水截流至初期雨水收集池,并在污水厂进水量低峰时就近排入城市污水系统,最终送入污水处理厂处理。根据环境容量确定规划区内初期雨水截流量为7 mm。

为应对开发区本地水资源紧缺、生态用水严重

不足的困境,加大非传统水资源的利用。主要集中在绿化用水、道路浇洒用水、景观环境用水、公厕用水、工业低质用水。雨水资源的利用主要集中在绿化用水、道路浇洒用水,再生水利用率为27.3%,雨水资源替代自来水率为2.3%。

3.3 城市防洪系统规划

白石江是开发区的主要防洪河道,同时面店水库支流、上坝河支流、白冲支流为其主要支流。依据沾益水文站、潇湘水库站、面店水文站、曲靖站的水文资料,对南盘江流域相关规划水文计算的成果进行整理,具体如下:

① 白石江主干流。近期(2016年—2020年)防洪标准为30年一遇,洪峰流量为 $165 \text{ m}^3/\text{s}$;远期(2021年—2030年)防洪标准为50年一遇,洪峰流量为 $189 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

② 白石江铁路桥断面。近期(2016年—2020年)防洪标准为30年一遇,洪峰流量为 $148 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

③ 白冲片区支流。防洪标准为30年一遇,洪峰流量为 $63.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

④ 上坝河支流。防洪标准为30年一遇,洪峰流量为 $52.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

⑤ 面店支流。防洪标准为30年一遇,洪峰流量为 $49.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

⑥ 上西山水库至面店支流汇入断面。防洪标准为30年一遇,洪峰流量为 $71.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

规划对现有的三条主要排洪通道面店支流、上坝支流、白冲支流进行复核,其中白冲水库支流学府库段排洪断面不满足要求。

3.4 城市排水(雨水)管网系统规划

新建区域采用雨污分流制,开发区西城片区主要河道为横穿东西的白石江,南北两侧雨水通过排涝河道排入白石江,本次规划将西城片区划分为6个雨水分区系统。开发区南海子片区主要河道为东北侧的响水河,响水河流经面店水库后排入白石江;西北侧的衡山河支流、南侧的双桥河入马龙县最终汇入马龙河。本次规划将南海子片区划分为4个雨水分区系统。

3.5 城市防涝系统规划

3.5.1 内涝分析

根据曲靖当地情况,制定地面积水的标准(即发生内涝的标准):城市主干道以上道路正常通车,即车行道积水不超过15 cm,积水时间不超过1 h;

其他道路积水不超过25 cm,积水时间不大于2 h。

采用数学模型法短历时降雨雨型,对开发区在规划管渠条件下30年一遇降雨时内涝情况进行了详细模拟分析,确保满足排涝的要求。

3.5.2 城市内河水系综合治理

开发区防涝标准按30年一遇标准设计,现状开发区内许多河道还处于天然冲沟状态。水系综合治理的重点在于对天然河道及冲沟的整治,弯曲河道取直,对河道河底及边坡进行加固以提高排水防涝的安全性,同时融入生态岸线,提升河道景观环境。

在天然河道改造中宜采用传统硬质堤岸和生态堤岸相结合的形式,既满足防洪排涝的要求,又满足生态岸线的要求,推荐断面详见图5。

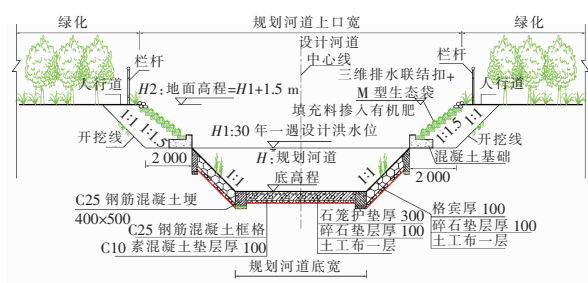


图5 规划河道推荐断面

Fig. 5 Recommended cross-section view of planning river

为了对规划河道起到良好的保护作用,本次规划根据当地的实际情况同步划定了河道、水库、滞洪区、湿地(公园湿地)蓝线标准。

3.5.3 城市排涝系统分区与防涝设施布局

根据开发区地形地貌、规划路网情况、雨水管网走向及河道情况划分排涝分区。将规划范围划分为16个排涝分区,其中,西城片区划分为12个排涝分区、南海子片区划分为4个排涝分区。

根据地形地貌、路网规划、排水管网等情况,确定超过城市管网设计标准的雨水径流量的汇集路径,并结合城市竖向和接纳水体等,合理布局雨水行泄通道(见图6)。行泄通道的道路应加大道路横向坡度,降低绿化带和自行车道地面高程,在遭遇达到排涝重现期标准的降雨时,至少双向各有一条车行道积水不超过15 cm。

开发区现状沟渠较为发达,周边小型水库众多,排水路径较短,一般雨水管道长度在2 km以内,且地面坡度较大。考虑到此情况,规划超标涝水应排蓄结合,充分利用周边水库的调蓄库容,削减峰值流

量,减轻下游压力,详见表 1。

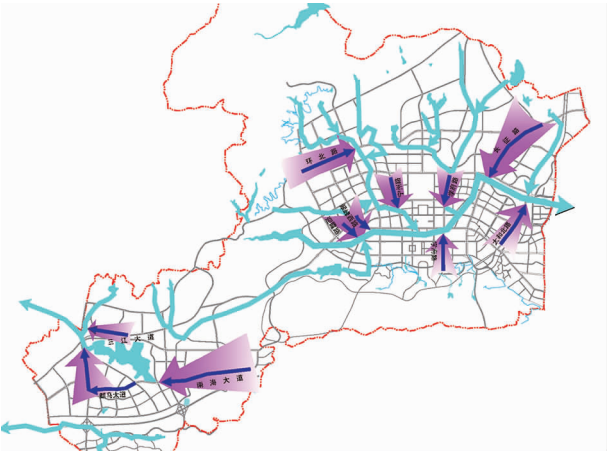


图 6 曲靖经济技术开发区雨水行泄通道布置
Fig. 6 Arrangement plan of stormwater drainage route in Qujing Economic and Technological Development Zone

表 2 主要支流防洪与排涝流量对比

Tab. 2 Comparison between flood control and drainage flowrate of main branches

排洪通道	现 状	防洪设计流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	排涝设计流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最终设计流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	复核情况	措 施
面店水库支流	$B = 6 \text{ m}, H/B = 1$	49.6	—	49.6	满足过流	河道加固整治
上坝河支流	上坝河出水口	52.9	55.0	55.0	满足过流	河道加固整治
	三江大道以南 $B = 10 \text{ m}, H/B = 1$	52.9	103.4	103.4	满足过流	河道加固整治
白冲支流	入白石江之前 $B = 7 \text{ m}, H/B = 1$	63.8	64.3	64.3	满足过流	河道加固整治
	学府路 $3.2 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$ 箱涵				不满足	学府路增加 $d1\ 800 \sim d2\ 400 \text{ mm}$ 排涝管道分流上游雨水

4 结语

曲靖经济技术开发区三面环山,地势变化大,降雨集中,城市正处于高速开发时期,地表硬化率年年提升,排水管网建设标准低,河道多为天然冲沟,遭遇强降雨易出现城市内涝,具有典型的西南丘陵地区排水特点。城市排水防涝规划需要从海绵城市、排水、排涝、防洪多角度出发,在下垫面、管网、水系、调蓄、行泄通道等方面提出系统性解决方案。此类规划需要注意的重点如下:

① 排水防涝与防洪同步规划。城市排水防涝和城市防洪一直属于相互独立的规划,在规划标准、计算方法上难以统一,经常出现同样的河道/明渠防涝设计流量和防洪设计流量不匹配的情况。特别是对于防洪与排涝相互交织的地区,应从排涝和防洪不同角度进行分析,并对结果进行比对,给出最为可

表 1 湖库调蓄设施

Tab. 1 Storage facilities in lake and reservoir area

湖库名称	常水位/ m	洪水位/ m	面积/ hm^2	调蓄容量/ 10^4 m^3
上坝水库	1 886.8	1 888.8	15.5	40.0
高家屯水库	1 883.3	1 884.3	9.15	9.15
新坝水库	无	无	0.81	0.81
卷槽水库	无	无	1.15	1.15
湾子水库	无	无	0.81	0.81
白冲水库	1 880.5	1 880.9	17.2	6.88
西城公园	1 865.0	1 867.0	62.2	124.4

3.5.4 与城市防洪设施的衔接

采用数学模型法长历时降雨雨型,对开发区在规划河道条件下的排涝流量情况进行了详细的模型分析,并将排涝流量与防洪流量进行比对,结果如表 2 所示。

靠的结论。

② 多手段内涝风险分析与评估。内涝风险分析与评估是整个排水防涝规划的前提。对于目前还处于高速发展阶段的区域,地形图只有老城区具有利用价值,未开区域规划标高与现状标高差距较大,直接采用数学模型法误差较大。因此,在内涝风险分析与评估中对于现状区域应构建二维数学模型,准确模拟积水情况,评估分析。对于规划条件下整体区域的风险评估,由于地形数据不完整,宜采用指标体系法确定不同区域的内涝风险等级。

③ 充分融入海绵城市规划理念。城市排水防涝规划是城市水安全规划的主要内容,同时也是海绵城市规划的重要组成部分,因此,在这样的大背景下,城市排水防涝规划中必须要融入海绵城市规划内容,提高整体规划的视角和层次,促进人与自

然的和谐相处。

④ 采用数学模型法计算雨水设计流量。随着新版室外排水规范的发布,雨水量计算中提出当汇水面积超过 2 km^2 时,宜考虑降雨在时空分布的不均匀性和管网汇流过程,应采用数学模型法计算雨水设计流量。本规划进行了全流域的数学建模,分别用短历时雨型和长历时雨型进行了验算,从而得到最接近实际情况的计算结果。

参考文献:

- [1] 章林伟. 海绵城市建设概论[J]. 给水排水,2015,41(6):1-7.
Zhang Linwei. Introduction to sponge city construction [J]. Water & Wastewater Engineering,2015,41(6):1-7(in Chinese).
- [2] 高均海,蒋艳灵,石炼. 山地小城镇排水防涝规划与建设探析[J]. 中国给水排水,2016,32(14):5-10.
Gao Junhai, Jiang Yanling, Shi Lian. Analysis on drainage and flood control planning and construction for small towns in mountainous region [J]. China Water & Wastewater,2016,32(14):5-10(in Chinese).
- [3] 朱理铭. 水力模型在城市排水(雨水)防涝综合规划中的应用[J]. 中国给水排水,2014,30(8):1-4.
Zhu Liming. Application of hydraulic model in comprehensive planning of urban drainage (rainwater) and water-logging prevention [J]. China Water & Wastewater,2014,30(8):1-4(in Chinese).
- [4] 谢映霞. 城市排水与内涝灾害防治规划相关问题研究[J]. 中国给水排水,2013,29(17):105-108.
Xie Yingxia. Urban drainage and waterlogging disaster prevention planning [J]. China Water & Wastewater, 2013,29(17):105-108(in Chinese).
- [5] 王建龙,车伍,易红星. 基于低影响开发的雨水管理模型研究及进展[J]. 中国给水排水,2010,26(18):49-54.
Wang Jianlong, Che Wu, Yi Hongxing. Research and process of stormwater management models based on low-impact development [J]. China Water & Wastewater, 2010,26(18):49-54(in Chinese).



作者简介:杨楠(1985-),男,安徽合肥人,硕士,高级工程师,主要从事市政给排水规划设计工作。

E-mail: yangnan022@qq.com

收稿日期:2019-07-24

强化水资源监管,

落实最严格水资源管理制度