

# 基于流域特征的城市排涝体系分析评价

## ——以苏州市高新区为例

连达军, 苏 群

(苏州科技学院 环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215009)

**摘 要:**选取苏州市高新区作为研究区,基于流域和水文特征对城市排涝体系进行分析评价。借助 ArcGIS10.1 对研究区进行水文分析,得到该区域的自然流域边界和水文特征专题图,将其与研究区排涝管道分布图以及生态绿地专题图进行叠置分析,对其排涝方式、排涝管道拟合度和河道生态缓冲带宽度等评价指标进行定性分析和定量测算,得到以下主要结论:研究区排涝体系与自然地形自然衔接,通过设置排水闸站总体上可防止雨涝和山洪灾害;研究区西部的镇湖、通安、东渚和浒关等镇生态绿地覆盖率、生态缓冲带平均宽度和排涝河道拟合度均较高,可在汛期有效蓄水并引导雨水;北部地势较高的浒墅关地区绿地则可分担山洪压力;枫桥和狮山两镇是苏州高新区中心,绿地覆盖率、生态缓冲带宽度和排涝河道拟合度都较低,是汛期较易形成城市内涝的高风险区域。

**关键词:**排涝体系;流域;水文特征;排涝河道拟合度;生态缓冲带

中图分类号:X43

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2016)01-0061-05

## Analysis and Evaluation of Urban Drainage System Based on Watershed Characteristics: A Case Study of Suzhou Hi-tech District

LIAN Dajun, SU Qun

(School of Environmental Science and Engineering, Suzhou University of Science & Technology, Suzhou, Jiangsu 215009, China)

**Abstract:** Taking Suzhou Hi-tech District as the study area, this paper analyzed and evaluated urban drainage system based on watershed and hydrologic characteristics. The natural watershed boundary and hydrological characteristics were firstly achieved based on the hydrological analysis of the study area with the help of ArcGIS. Then an overlay analysis was made of its hydrological characteristics, drainage pipeline distribution and ecological green space, and the qualitative analysis and quantitative calculation were made of such evaluation indexes as drainage methods, drainage pipeline fitting degree and ecological buffer zone width of rivers. The main conclusions were finally made as follows. As the drainage system is reasonably converged with the topography of the study area, rain water-logging and mountain flood disasters can be prevented by setting up drainage sluice stations. In the western part of the study area such as Zhenhu town, Tongan town, Dongzhu town and Xuguan town where the ecological green coverage, the average width of ecological buffer belt and drainage channel fitting degree are higher, rain water can be effectively stored and guided during flood seasons. The greenbelt in Xushuguan town, located in the northern part of the study area with higher terrains, can share the pressure of mountain torrents. Fengqiao town and Shishan town, located at the center of Suzhou Hi-tech District with lower green coverage, ecological buffer belt width and drainage channel fitting degree, is the high-risk area where urban inland inundation often takes place during flood seasons.

**Key words:** drainage system; watershed; hydrologic characteristics; drainage channel fitting degree; ecological buffer belt

收稿日期:2015-08-31

基金项目:2011 年江苏省政府留学基金项目(JS-2012-275);住房与城乡建设部科技项目(2013-R2-9)

作者简介:连达军(1972—),男,山西屯留人,副教授,博士,主要从事灾害监测与空间信息决策分析研究。

E-mail:ldjwxyx@126.com

我国城市化进程带来经济繁荣、百姓富足和国家整体形象提升的同时,也导致环境污染和气候复杂化等负面效应,各种形式的安全问题频现,成为城市管理者和城市居民挥之不去的阴影。据不完全统计,全国有超过六成的城市曾遭遇内涝灾害,仅 2011 年 7 月就有 14 座城市出现严重内涝,这折射出我国城市防洪排涝系统缺陷和防灾能力不足<sup>[1-2]</sup>。本研究以苏州市高新区为研究区,首先借助 ArcGIS10.1 软件进行城市流域和水文特征提取,形成城市流域及其边界;在此基础上分析评价其城市排涝系统,最后根据分析结果提出改进完善的措施建议。

## 1 研究区概况

苏州地处以太湖为中心的浅碟形平原底部,全市地势低平,自西向东缓慢倾斜。属北亚热带南缘湿润季风气候区,温暖潮湿多雨。河网水系基本是以太湖为枢纽,通过望虞河北入江,运河水量由西入望亭,南出平望,由黄浦江东泄入江,形成该市的三大水系,如图 1 所示<sup>[3]</sup>。苏州新区位于苏州市区西部,河网密度为 4 km/km<sup>2</sup>,水系对该区域防洪防涝起着非常重要的作用,规划重点是解决太湖洪水、山区产生的山洪和本地雨水的出路,特别是低洼地段暴雨引起的涝水灾害问题。基于此根据不同片区的具体水系与地形情况,设计排涝方案,总体上采用自然设防为主,局部联圩的防洪方式,局部低洼地区开发时采用填高处理,并充分发挥现有河道的排涝功能,汛期通过排涝闸站进行抽排。

## 2 研究方法

### 2.1 基于 ArcGIS 的城市流域和水文特征提取

借助 ArcGIS10.1 软件的水文分析功能提取城市流域,图 2 是进行城市流域提取的流程图。

该流程以数字高程模型为数据源,主要包括流向计算、流量计算、河网分级与特征提取,以及盆域分析等环节,输出参数主要有河网矢量图层和盆域边界图层。图 2 中填注计算是为了消除 DEM(digital elevation model)文件中的异值属性,利用栅格计算器工具中的条件函数 Con( ) 过滤河网支线,便于进行河网分级与提取。

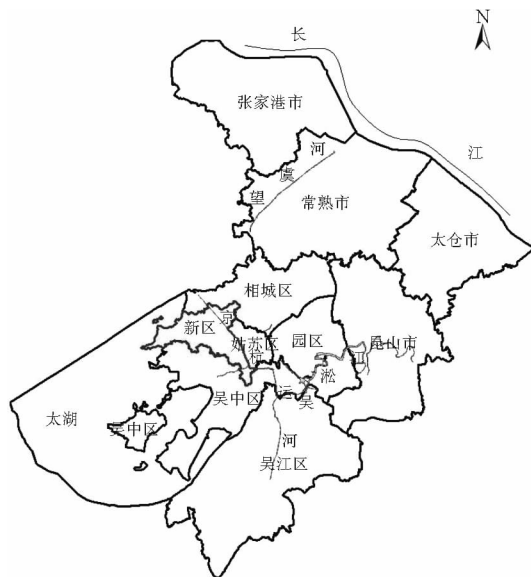


图 1 研究区概况

Fig. 1 General situation of study area

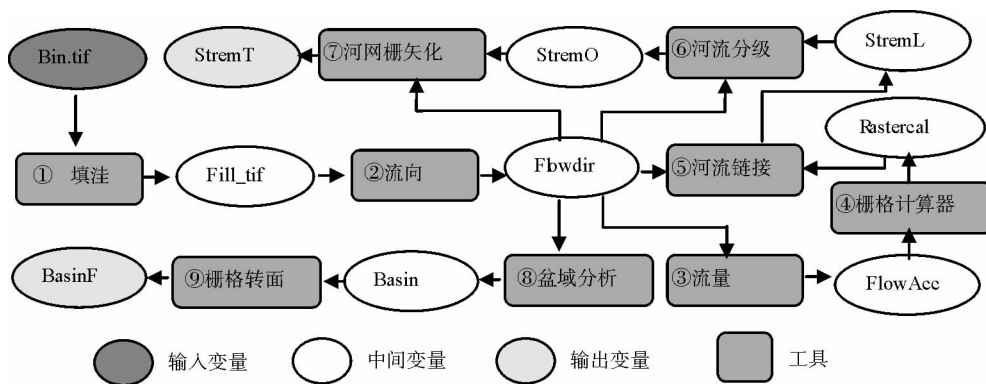


图 2 基于 ArcGIS 的城市流域特征与边界提取流程

Fig. 2 City watershed extraction process based on ArcGIS

### 2.2 基于流域特征的城市排涝系统分析评价

城市扩张改变了传统的土地利用方式,部分软质绿地正被水泥石板代替,导致汛期城市蓄水空间萎缩,

地表径流增加且汇流时间缩短;若能结合城市地貌,基于流域和水文特征构建城市排涝体系,则可降低城市内涝灾害风险。因此,选取排涝方式、排涝河网与自然水系的拟合度,以及管线绿化缓冲带与流域的重叠度作为现代城市排涝系统评价指标。

1)排涝方式 城市排涝体系包括集水点、地下管网、河道和排涝闸站。若仅靠增加雨水提升泵站的方式进行排涝,不仅降低雨水排除速度,也加大管网投资且水资源得不到很好蓄留。因此,系统规划布设时就应充分考虑流域、水文特征和自然地势,将排涝体系与流域内的河流、湖泊和湿地自然衔接;考虑到汛期软质地表土壤过湿等超饱和现象,还应设置暗渠协助排水,总体形成集蓄水排水相结合的复合排水体系。

2)排涝管线与自然水系的拟合 为防止人工排涝系统截弯取直、缩小河道断面、变自然坡面为渠道式垂直砌石护坡的不合理改造,应将人工管线与自然水系的平面拟合程度、截面相似度和表面粗糙比作为评价排涝体系的指标。河网拟合度  $N$  可表示为

$$N = \text{汇水线密度} / \text{常年河密度} \quad (1)$$

3)河道缓冲绿地宽度 按照生态排涝体系建设目标,应在各级排水管线两侧设置一定的生态缓冲区域,以达到蓄水分洪的作用,因此,可将生态缓冲区宽度  $D$  作为排涝体系的评价指标。

$$D = \text{生态绿地面积} / \text{常年河总长} \quad (2)$$

### 3 结果与讨论

#### 3.1 苏州高新区流域特征分析

以苏州市 90 m 分辨率 DEM 为基础数据,按图 2 所示方法对苏州市区进行水文分析,得到该市自然流域边界和水文特征,结果见图 3。由图可见,苏州高新区位于苏州市区几大流域分水岭之间,地势较高,汛期不易受到外部水患的影响,但有山洪灾害风险,且该区内子流域特征不明显。为此,基于 5 m 分辨率 DEM 对苏州新区进行水文分析,结果如图 4 所示。从该区子流域边界和水文特征分析结果可见,自然水系一部分向西流入太湖,另一部分则主要汇入区域南部较低地区;另外,区域南部子流域较多,汛期容易积水,可能产生内涝灾害。

#### 3.2 基于流域和水文特征的城市排涝系统评价

苏州市高新区排水体系与自然地形自然衔接,衔接处设置集水点和排水闸站(如图 4(a)所示),北部地势较高地区的排涝河网则可有效防止山洪灾害,这种排涝体系的分区布设方案有利于汛期排涝;通过局部填高方式虽可使建筑物免受洪水灾害影响,但该方式改变了研究区原始地形,子流域和水文特征相应发生变化,汛期更容易增大局地径流和汇流时间,其对区域内涝灾害风险的影响效应与流域内软质地表及排洪河道两侧生态缓冲区规划设置相关。图 5 是根据 ArcGIS 统计分析结果以及式(1)和式(2)计算结果绘制的研究区排涝体系部分评价指标柱状图。

从图 4(b)自然水文与流域绿地之间空间关系和图 5 中绿地覆盖率可以看出,研究区西部的镇湖、通安、东渚和浒关等镇生态绿地分布集中,生态缓冲带平均宽度约 13~23 m,可在汛期有效蓄水以缓冲太湖洪水水位;北部地势较高的浒墅关地区绿地则可分担山洪压力。上述镇区排涝河道与汇水线的拟合度也比较高,汛期可以保证较好地引导雨水和山洪。枫桥和狮山两镇是苏州高新区中心,绿地覆盖率、生态缓冲带宽度和排涝河道拟合度都较低,是汛期较易形成城市内涝的高风险区域,也是重点防御内涝灾害的对象。

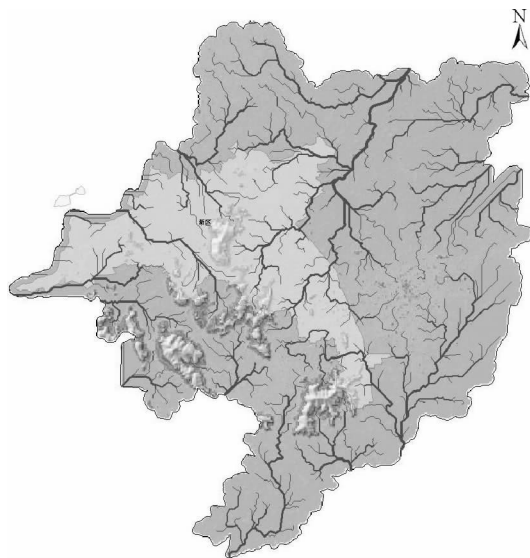


图 3 苏州市自然流域边界和水文特征

Fig. 3 Natural watershed boundary and hydrological characteristics of Suzhou city

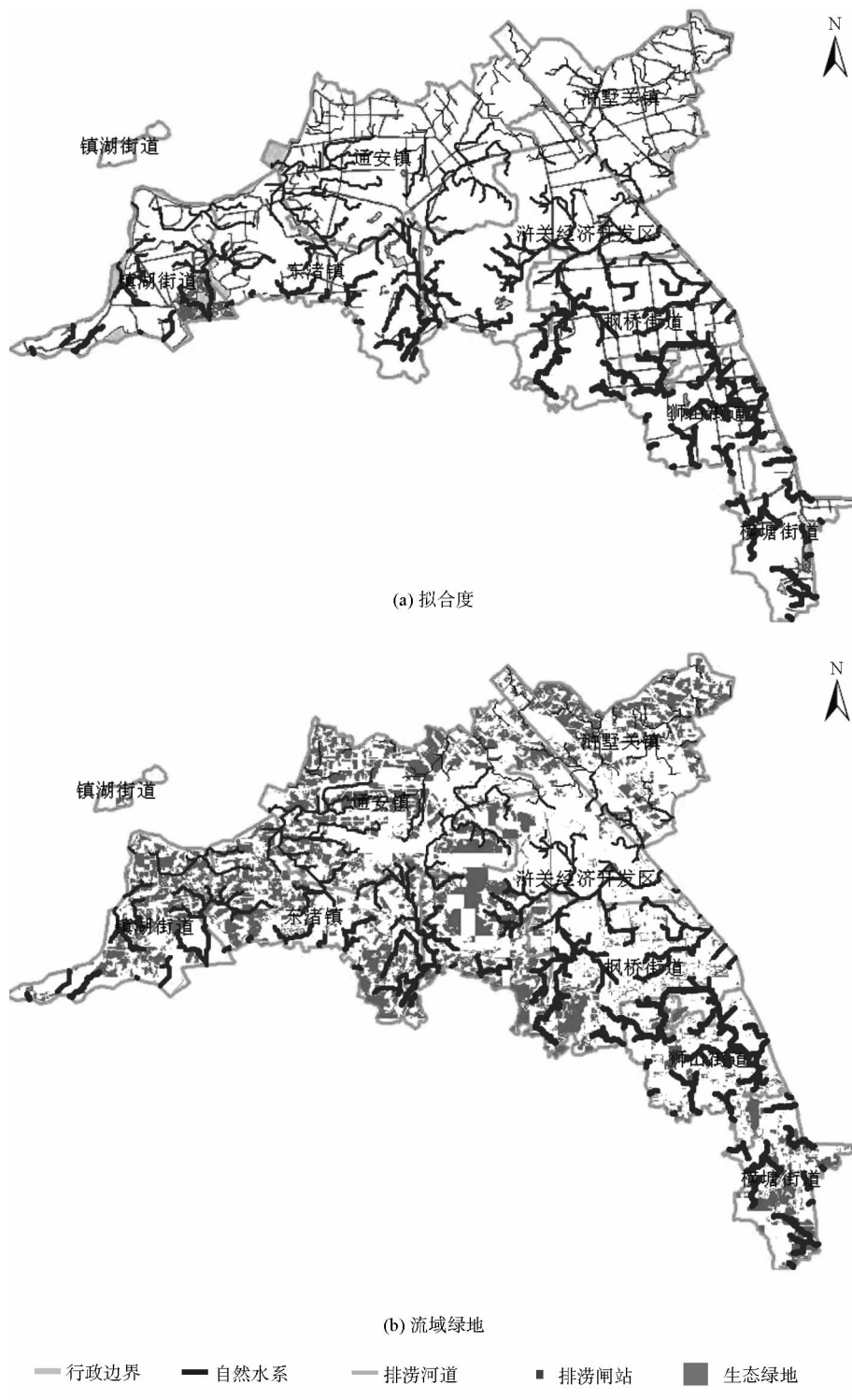


图 4 排涝系统平面拟合度和流域绿地

Fig. 4 Drainage system plane fitting and watershed green

## 4 结论

排涝系统是现代城市的生命线工程,作为防洪减灾的重要手段,在现代城市快速发展过程中发挥愈加显著的作用。基于 ArcGIS10.1 软件对 DEM 基础数据进行水文分析,得到苏州市高新区的流域边界和水文特征。将其与研究区排涝管道分布图以及生态绿地专题图进行叠置分析,得到苏州市高新区排涝系统总体上与流域和水文特征匹配,可为汛期内涝和山洪灾害防御提供决策支持。但目前排涝方案中对局部低洼地区进行填高处理方式可能改变自然流域和水文特征,并不是减缓洪涝灾害的有效手段,需要综合其他方式发挥作用。另外本研究虽提及以人工河道和自然水系的截面相似度和表面粗糙比作为排涝系统分析的指标,由于资料限制并没有进行定量测算和分析,应作为进一步研究的方向。本研究结果作为城市内涝灾害风险分析的基础工作,可为城市灾害应急防御提供参考。

### 参考文献:

- [1]孙瑶,曾振,许乙青. 基于流域概念的城市生态排水体系构建:以溆浦县城区生态排水体系构建为例[J]. 中国园林,2013(2):91-95.  
SUN Yao,ZENG Zhen,XU Yiqing. The build of urban ecological drainage system based on the watershed conception:A case study of the construction of the urban ecological drainage system of Xupu County[J]. Chinese Landscape Architecture,2013(2):91-95.
- [2]王紫雯,程伟平. 城市水涝灾害的生态机理分析和思考:以杭州市为主要研究对象[J]. 浙江大学学报(工学版),2002,36(5):582-587.  
WANG Ziwen,CHENG Weiping. Analysis of ecological mechanism of urban flood and waterlog:Research based mainly on Hangzhou City[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science),2002,36(5):582-587.
- [3]苏州市人民政府. 苏州城市总体规划(2007—2020):苏州水系研究[R/OL]. (2014-07-23)[2015-08-01]. <http://www.docin.com/p-871046774.html>.
- [4]倪九派,高明,魏朝富,等. 基于水系改进高分辨率 DEM 的流域水系结构特征分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2010,32(7):71-77.  
NI Jiupai,GAO Ming,WEI Chaofu,et al. Analysis on the traits of watershed streams based on high resolution digital elevation model[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition),2010,32(7):71-77.
- [5]程峥,李永胜,高微微. 基于 ArcGIS 的 DEM 流域划分[J]. 地下水,2011,33(6):128-130.  
CHENG Zheng,LI Yongsheng,GAO Weiwei. Watershed division from DEM using ArcGIS[J]. Ground Water,2011,33(6):128-130.
- [6]赵健,贾忠华,罗纨. ARCGIS 环境下基于 DEM 的流域特征提取[J]. 水资源与水工程学报,2006,17(1):74-76.  
ZHAO Jian,JIA Zhonghua,LUO Wan. Extracted catchment properties from DEM using ARCGIS[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering,2006,17(1):74-76.
- [7]易红伟,汤国安,刘咏梅,等. 河网径流节点及其基于 DEM 的自动提取[J]. 水土保持学报,2003,19(3):113-118.  
YI Hongwei,TANG Guoan,LIU Yongmei,et al. Stream runoff nodes and their derivation based on DEM[J]. Journal of Soil Water Conservation,2003,19(3):113-118.
- [8]钟炜,宋洋. 基于 GIS 空间分析的流域水文模型及其应用[J]. 天津大学学报,2006,39(增):388-392.  
ZHONG Wei,SONG Yang. Application and research of hydrological model based on GIS[J]. Journal of Tianjin University,2006,39(S):388-392.

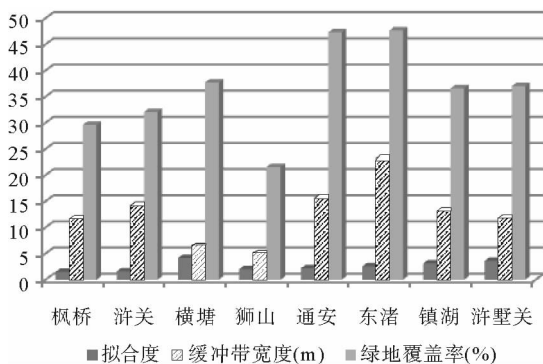


图5 排涝体系生态评价指标空间分布柱状图

Fig.5 Ecological evaluation index spatial distribution histogram of drainage system