

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2021264

陈燕, 范津津, 潘耀忠, 等. 实测暴雨情景下子汇水区划分对溢流的影响研究[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(8): 53-60. CHEN Yan, FAN Jinjin, PAN Yaozhong, et al. Study on the influence of different sub-catchment zoning on the overflow simulation results under measured rainstorm scenario. [J]. China Flood & Drought Management, 2022, 32(8): 53-60. (in Chinese)

实测暴雨情景下子汇水区划分对溢流的影响研究

陈燕^{1,2} 范津津^{1,2} 潘耀忠³ 张煜洲⁴ 王铎洋^{1,2} 潘婧^{1,2} 王品^{1,2} 胡潭高^{1,2}

(1. 杭州师范大学遥感与地球科学研究院, 杭州 311121; 2. 浙江省城市湿地与区域变化研究重点实验室, 杭州 311121; 3. 北京师范大学遥感科学与工程研究院, 北京 100875; 4. 浙江水利水电学院测绘与市政工程学院, 杭州 310018)

摘要: 汇水区是城市雨洪模型建模过程中的重要输入参数, 对于城市雨洪模型模拟精度具有重要影响。在多场次实测暴雨情景下, 开展了排水管网为主、地形数据为主以及综合地形和管网数据3种汇水区划分方法对SWMM模型(Storm Water Management Model)溢流模拟结果的影响研究。研究结果表明, 相较于其他的汇水区划分方法, 综合地形和管网的汇水区划分方法得到的子汇水区结果最符合真实情景, 其溢流模拟精度比以排水管网为主的汇水区划分方法平均提高了约6.29%, 说明其更适合于城市雨洪模拟。

关键词: 数字高程模型; 汇水区划分; SWMM; 暴雨内涝; 溢流

中图法分类号: P333.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-9264(2022)08-53-08

0 引言

随着全球气候变暖, 极端暴雨天气日益增多, 快速城市化进程使得城市不透水面比例持续增加, 由此导致的城市暴雨内涝灾害现象频繁发生。相关统计数据表明, 2020年汛期我国南方洪涝灾害已造成6 346万人次受灾, 直接经济损失1 789.6亿元, 因此, 开展城市内涝灾害研究具有重要意义^[1-2]。城市雨洪模型是开展城市洪涝模拟的重要手段之一^[3]。其中, 汇水区是城市雨洪模型的重要输入参数, 汇水区划分会直接影响城市雨洪模拟结果的精度^[4-5]。汇水区是指地表径流或其他物质在汇聚到共同出水口的过程中所流经的地表区域, 它既是城市雨洪模型的建模单元, 也是计算单元^[6-7]。目前, 常见的汇水区划分方法有人工勾

画法、排水管网为主的汇水区划分方法、地形数据为主的汇水区划分方法以及综合地形和管网的汇水区划分方法。

人工勾画法主要基于遥感影像, 通过人工手动勾画得到汇水区, 这种方法效率低、精度低, 且勾画过程中存在较大的主观性、随机性, 会对雨洪模型运行结果产生较大的影响^[4]。排水管网为主的汇水区划分方法主要基于泰森多边形的方法, 根据雨水井的空间分布进行汇水区划分, 使得每个雨水井在理论上处于汇水区的中心。宋耘等^[8]基于排水管网的检验井利用泰森多边形法进行汇水区划分, 并将其输入SWMM模型(Storm Water Management Model), 模拟南京易涝区暴雨时内涝形成情况。虽然, 该方法在城市雨洪模拟中得到广泛的应用, 但研究发现, 在平原河网密布地区, 基于泰森多边形的汇水区划分方法不能真实反映

收稿日期: 2021-10-19

第一作者信息: 陈燕, 女, 硕士研究生, E-mail: chenyan_97@163.com。

通信作者信息: 胡潭高, 男, 博士、教授, E-mail: hutangao@hznu.edu.cn。

基金项目: 国家重点研发计划项目资助(2018YFC1504603); 国家高分辨率对地观测重大科技专项项目(05-Y30B01-9001-19/20-4); 浙江省基础公益研究计划项目(LY19D010004); 高层次留学回国人员(团队)在杭创业创新项目。

城市地势对径流的影响,其划分得到的汇水区边界与实际情况有着较大的差异^[9]。地形数据为主的汇水区划分方法借助数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM),基于“八向法”(D8算法)提取水文要素信息,完成汇水区边界的划分。该方法未考虑城市环境中其他地物要素(高密度建筑物、道路、沟渠等)对汇流过程的影响,国内外学者先后提出了多流向算法^[10]、Burn in算法和DRLN算法^[11]等改进算法,Duke等^[12]与左俊杰等^[13]将影响汇水路径的地物信息(道路、建筑、沟渠等)融入DEM数据中,得到细化的DEM,使得到的汇水区边界更加贴合地物边界。综合地形和管网的汇水区划分方法主要利用GIS水文分析功能、泰森多边形法和人工手动修正法进行子汇水区划分,是对前面3种方法的改进并在实际应用中取得了较好的划分效果^[14]。该方法的主要思路是将影响汇流路径的因子融入DEM,利用细化后的DEM进行汇水区划分,并根据排水管网中排水点的位置利用泰森多边形法生成汇水区,最后利用GIS工具对三者进行调整,得到最终的汇水区。此外,朱治州等^[15]也进行了相关研究,提出了一种顾及地形、河流、建筑物、人工排水设施等要素的城市地表汇水区划分方法,将城市地表作3个等级的划分,逐级划分得到的汇水区更符合实际汇流情况。

综上,子汇水区是城市雨洪模型的重要输入参数,综合考虑城市地形、排水管网系统的空间分布及其对产汇流过程的影响,高效、合理的划分汇水区,是提高SWMM模拟精度的有效途径和关键技术手段之一。因此,本文通过开展不同汇水区划分方法对城市雨洪模型模拟结果的影响研究,为提高城市暴雨内涝模拟精度提供理论依据。

1 研究区与数据

1.1 研究区概况

海宁市位于浙江省北部,钱塘江北岸,是杭嘉湖平原的重要组成部分,地势平坦,自西南向东北倾斜,高程范围为4.00~8.00 m(吴淞高程,下同)。海宁市属于亚热带季风气候区,气候温和,降雨充沛,年平均降雨量1 187 mm,易受季风和台风天气的影响。因地处中纬度,冷暖空气经常在此交会,持续性降雨和短时强降雨天气时有发生。随着海宁市城市化进程的不断推进,城市内形成了大量的不透水面,加之部分城市排水管网建设不完善,导致暴雨时,海

宁市易形成严重的城市积涝^[14]。2020年6月27日,受强对流云团影响,海宁市部分地区突降短时暴雨,3 h内有3个镇降雨量超过50 mm,最大77.9 mm(马桥街道站),城市内多处积水,钱江工业园创新路积水严重,马桥柏士小区、丁桥芦湾等小区发生严重内涝,全市河网水位普遍抬升,其中最大丰士、丁桥站超警戒水位21 cm,给人民的生命财产和社会经济发展造成巨大损失。

研究区位于海宁市主城区西南部(图1),是文苑路、水月亭西路、海宁大道、沪昆线铁路交叉形成的一个相对独立的汇水单元,面积为0.799 km²。研究区是海宁市主城区高程最低的区域,平均高程为3.40 m,且雨算子密度也低于其他区域,易形成积涝。

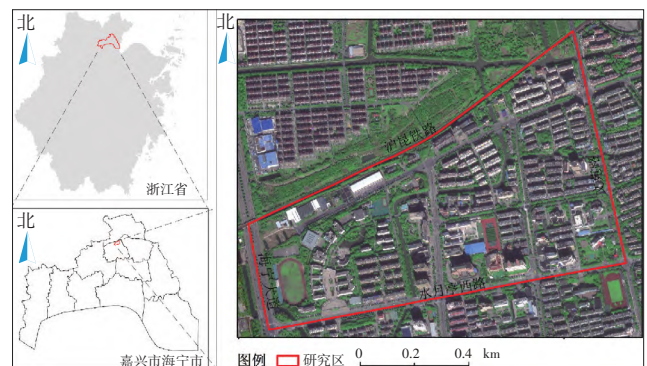


图1 研究区位置图

1.2 数据

1.2.1 基础地理数据

基础地理数据来源于当地的测绘部门,主要包括:①DEM数据,空间分辨率为2 m,高程范围为-1.95~6.84 m;②高分辨率遥感影像:无人机影像(空间分辨率为0.5 m,成像时间2016年10月);③土地利用矢量数据,主要包括建筑物、建设用地、铁路、道路、公园绿地等类型。

1.2.2 排水管网数据

排水管网数据来自城市管理部门,包括管径、管斜度等信息。研究区大部分区域采用雨污合流系统,原始的管网数据共有826条管线和838个管网节点(包括8个出水口),管网数据如图2(a)所示^[15]。在构建雨洪模型前需要对排水管网数据进行概化,主要的概化方式是:在排水管网密集区将管径相同的管线进行合并,根据需要删除或保留管网中的雨水节点^[9],最终概化得到722个管网节点和708条管线,概化结果如图2(b)所示。

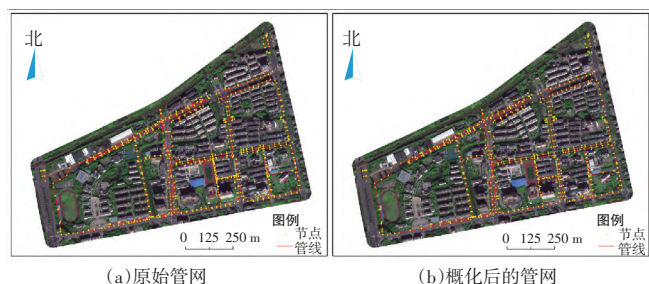


图2 研究区管网

1.2.3 气象数据及验证数据

3次历史暴雨过程分别是“2018.6.20”“2018.8.3”和“2018.8.20”，来自海宁市砭石雨量站。验证数据为3次暴雨期间的积涝点现场实测数据，图3为3次历史暴雨的具体降雨过程。

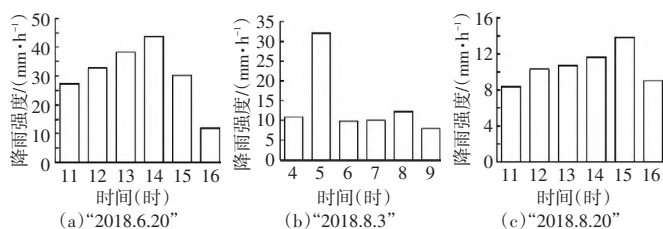


图3 3次历史暴雨数据

2 研究方法

首先，基于现有的3种主要汇水区划分方法(排水管网为主的汇水区划分方法、地形数据为主的汇水区划分方法、综合地形和管网的汇水区划分方法)提取不同的子汇水区划分结果；然后，根据3种子汇水区划分结果计算对应模型参数，分别输入SWMM模型，选取多场次实测暴雨，模拟溢流情况；最后，分别将3种子汇水区模拟得到的溢流点分布情况与实测数据进行对比分析，比较不同汇水区划分方法对SWMM模拟结果的影响。

2.1 子汇水区划分

2.1.1 排水管网为主的汇水区划分方法

采用泰森多边形方法，根据管网数据中排水节点的空间分布情况进行汇水区的划分，使得每一个汇水区内有且只有1个排水节点与其对应，且每个排水节点理论上位于汇水区的中心^[16-17]。根据此方法最终生成311个子汇水区，子汇水区划分结果如图4(a)所示。

2.1.2 地形数据为主的汇水区划分方法

基于D8算法，以DEM数据为基础，根据DEM上每个中心栅格单元与相邻8个栅格单元的高程差来判断栅格单元的水流方向，从而来确定子汇水区，主要流程包括：无洼地DEM生成、水流方向提取、计算汇流累积量和流域分割等^[18]。根据此方法最终生成192个子汇水区。子汇水区划分结果图4(b)所示，由图4(b)可以发现，子汇水区数量明显少于排水节点数，即无法实现每个汇水区内有且只有一个排水节点与其对应，因此，该结果无法直接用于SWMM模拟。

2.1.3 综合地形和管网的汇水区划分方法

基于D8算法和泰森多边形方法，综合地形和管网数据分级划分子汇水区，并且利用GIS技术对子汇水区划分结果进行修正^[14]。由于研究区地势较为平坦，因此在利用D8算法生成汇水区前，需要对DEM数据进行地表影响要素的修正。首先，将研究区建筑高程信息 h 通过栅格计算方法和DEM融合，得到DEM修正结果；然后，利用D8算法进行子汇水区划分^[13]。DEM高程融合过程如下：

$$H_{融合后} = H_{DEM} + h \quad (1)$$

式中： $H_{融合后}$ 为修正后的DEM数据高程，m； H_{DEM} 为修正前的DEM数据高程，m； h 为研究区建筑的高程，m。

针对子汇水区划分过于密集或划分不合理的区域，对排水管网进行概化，删除部分排水节点，然后再对边界进行合并、修改和删除等操作，同时确保每个子汇水区内都有一个排水节点作为出水口。根据上述步骤最终生成共得到290个子汇水区，子汇水区划分结果如图4(c)所示。

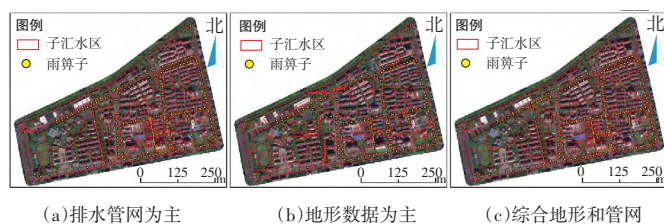


图4 不同汇水区划分结果

2.2 子汇水区特征参数计算

特征参数主要包括：面积、特征宽度、坡度和不透水区百分比等。各特征参数的计算方法如下：①子汇水区面积主要采用ArcGIS软件的计算几何图形工具进行计算；②子汇水区特征宽度的计算公式是面积/流长，流长是指

子汇水区的集水点到汇水区边界的最长距离^[8,19];③子汇水区平均坡度是指子汇水区面积的平均百分比的坡度^[19]。首先,采用ArcGIS软件的坡度工具对研究区DEM的坡度进行计算;然后,采用分区统计工具计算每个子汇水区的平均坡度^[20];④子汇水区不透水区百分比是指子汇水区中不同土地性质的地块不透水百分比的面积加权平均值^[15]。通过给予汇水区内不同的土地利用类型赋予相应的径流系数,进而求得各子汇水区内的不透水区百分比。

2.3 SWMM模型构建

2.3.1 模型参数率定

模型参数主要包括:不透水区曼宁系数、透水区曼宁系数、不透水区洼地蓄水深度、透水区洼地蓄水深度、无洼地蓄水比、最大渗透率、最小渗透率、霍顿曲线的渗透率衰减系数等。参数率定过程:首先,根据研究区实际情况,并查阅相关文献资料和参考SWMM手册进行初步确定^[8];然后,选取研究区2018年6月20日的实测降雨为例,对模型参数进行率定和参数调整。参数率定结果如表1所示。

表1 SWMM模型参数率定结果

汇水区划分方法	不透水区曼宁系数	透水区曼宁系数	不透水区洼地蓄水深度/mm	透水区洼地蓄水深度/mm	无洼地蓄水比	最大渗透率/(mm·h ⁻¹)	最小渗透率/(mm·h ⁻¹)	衰减系数/h ⁻¹	管道糙率
排水管网为主的汇水区划分方法	0.016	0.032	2.5	4	25	75.6	3.3	4	0.013
综合地形和排水管网的划分方法	0.012	0.240	2.5	4	25	75.6	3.3	4	0.013

2.3.2 SWMM模型运行

以研究区“2018.6.20”“2018.8.3”和“2018.8.20”降雨过程的实测降雨为例,将两种不同的汇水区划分结果输入至SWMM模型,输入对应的模型参数,并选择合适的产汇流模型,模拟计算不同汇水区划分结果在相同降雨条件下的管网节点溢流情况。研究中地表产流模型采用霍顿下渗公式求解下渗过程,地表汇流模型采用非线性水库演算法,管网汇流模型采用动力波法^[8]。

3 结果与讨论

3.1 子汇水区划分结果

3种汇水区划分方法在研究区内不同区域的局部结果如图5所示,其中案例1为梅园公寓,案例2为阳光景苑,案例3为梨园,3个地方均为建筑密集处,平均高程为3.30 m。对于梅园小区,地势平坦且较低,平均高程为2.40 m;对于阳光景苑,该区位于研究区西北侧,附近雨算子密度低,且附近有一典型积滞区;对于梨园,该区北部临河,小区附近雨算子密度低。

3.2 排水管网溢流结果

针对3场实测降雨,两种不同汇水区划分方法得到的模拟结果如图6至图8所示。在3场降雨下,排水管网为主

的汇水区划分方法得到的溢流点数量分别为23个、16个和10个,综合地形和管网的汇水区划分方法得到的溢流点数量分别为27个、23个和13个。从实地采样数据中可知,上述降雨在研究区内形成了6处明显积水,主要分布在西山路和文苑路交叉口、梅园路和水月亭西路交叉口等。其中,“2018.6.20”降雨过程,排水管网为主的汇水区划分方法得到的汇水区,模拟得到的23个溢流点中有19个点与实际积水位置相符,基于综合地形和管网的汇水区划分方法得到的汇水区,模拟得到的27个溢流点中有23个点与实际积水位置相符;“2018.8.3”降雨过程,排水管网为主的汇水区划分方法得到的汇水区,模拟得到的16个溢流点中有10个点与实际积水位置相符,基于综合地形和管网的汇水区划分方法得到的汇水区,模拟得到的23个溢流点中有16个点与实际积水位置相符;“2018.8.20”降雨过程,排水管网为主的汇水区划分方法得到的汇水区,模拟得到的10个溢流点中有6个点与实际积水位置相符;基于综合地形和管网的汇水区划分方法得到的汇水区,模拟得到的13个溢流点中有9个点与实际积水位置相符(表2)。

以“2018.8.3”降雨为例,两种方法模拟得到的部分溢流点溢流过程曲线图如图9所示。从图9中可知,此次降雨集中在4:00~5:00。由图9(a)可知,两种汇水区划分方法

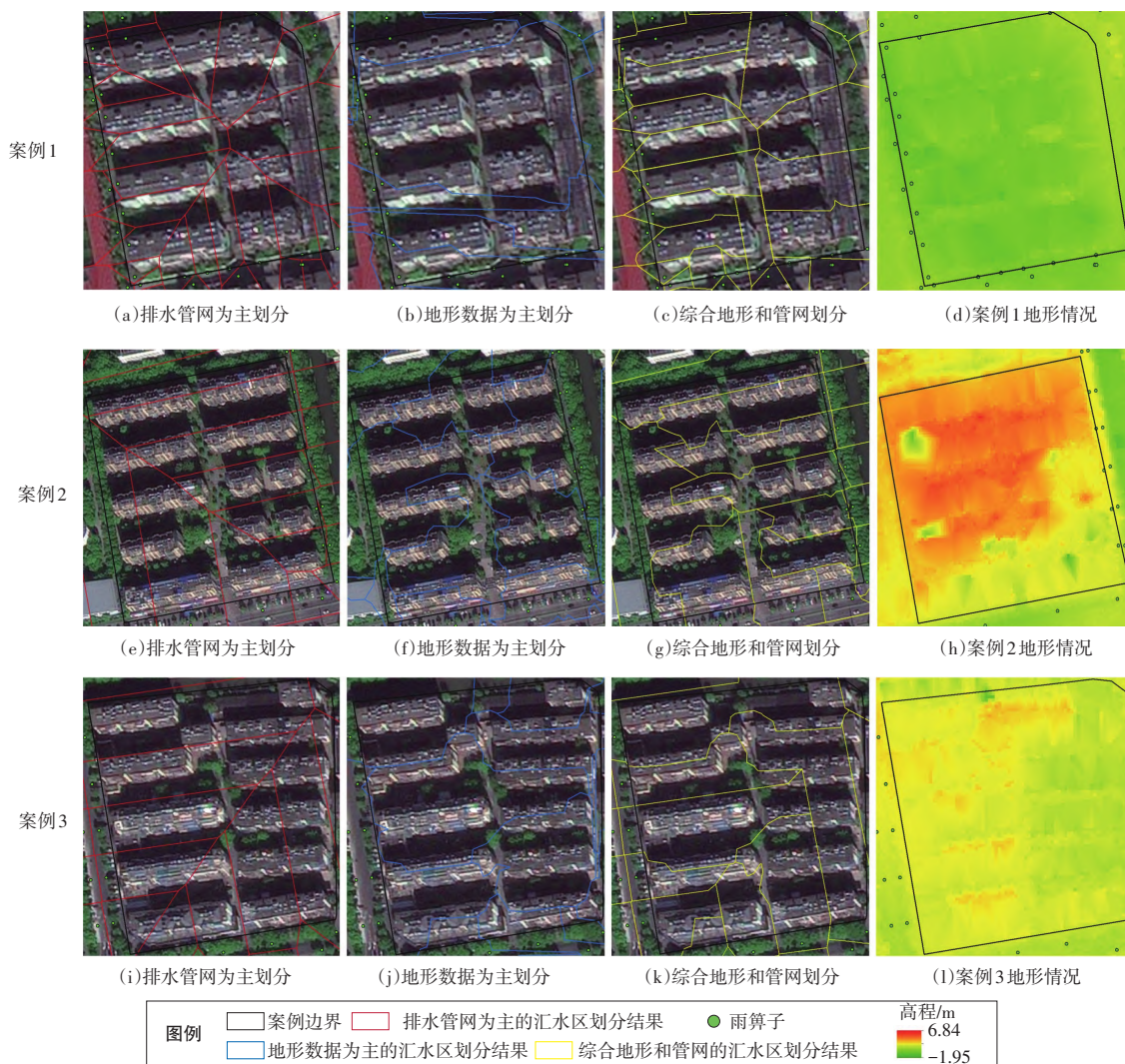


图5 不同汇水区划分结果对比

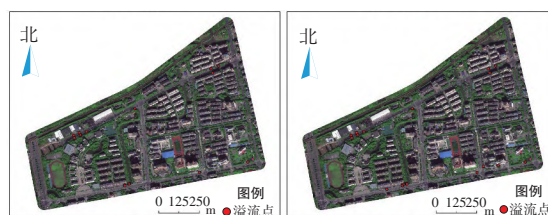


图7 “2018.8.3”汇水区溢流点分布

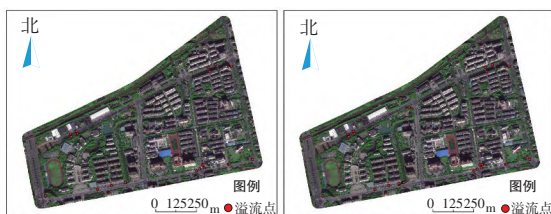


图6 “2018.6.20”汇水区溢流点分布

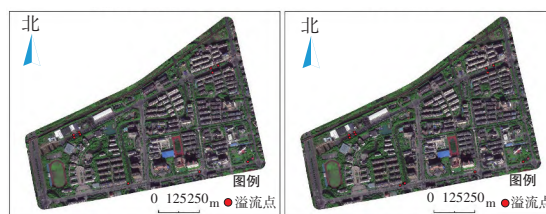
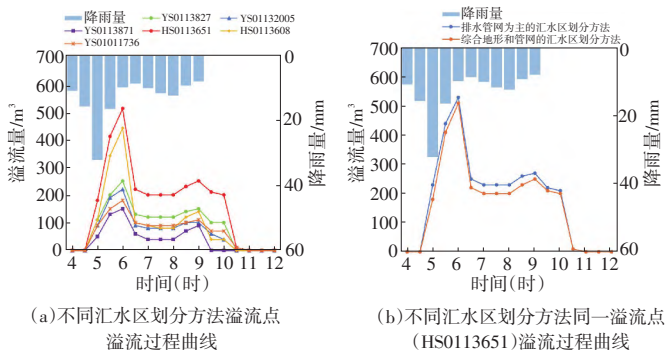


图8 “2018.8.20”汇水区溢流点分布

表2 模拟溢流点与实际溢流位置统计结果

降雨场次	划分方法	溢流点个数/个	与实际位置相符个数/个	与实际位置相符个数占比(%)
“2018.6.20”	排水管网为主的汇水区划分方法	23	19	82.61
	综合地形和管网的汇水区划分	27	23	85.19
“2018.8.3”	排水管网为主的汇水区划分方法	16	10	62.50
	综合地形和管网的汇水区划分	23	16	69.57
“2018.8.20”	排水管网为主的汇水区划分方法	10	6	60.00
	综合地形和管网的汇水区划分	13	9	69.23



注: YS0113827、YS01132005、YS0113871 为排水管网为主的汇水区划分方法得到的溢流点; HS0113651、HS0113608、YS01011736 为综合地形和管网的汇水区划分方法得到的溢流点。

图9 溢流过程曲线

3.3 讨论

3.3.1 子汇水区划分结果讨论

研究基于现有的汇水区划分方法——排水管网为主的汇水区划分方法、地形数据为主的汇水区划分方法以及综合地形和管网的汇水区划分方法,生成不同的汇水区,并对这3种汇水区划分方法进行了结果展示和比较。从图5(a)、图5(e)、图5(i)可以看出,排水管网为主的汇水区划分方法生成的汇水区体现其与排水管网的关系。但是实际的地表径流不仅受排水管网影响,还受地势影响,该方法无法反映城市地势对地表径流的影响。根据图5(b)、图5(f)、图5(j)的汇水区划分情况可知,地形数据为主的汇水区划分方法得到的汇水区可以反映雨水的总体流向和实际的城市地表径流,但是该方法未考虑排水管网的分布对水流的影响。从图5(c)、图5(g)、图5(k)可以看出,综合地形和管网的汇水区划分方法得到的汇水区边界能够较好地贴合建筑物边缘,对地物边缘的拟合程度较高,并体现了城市排水管网节点对雨水的汇聚作用,符合城市地表水流特征^[15]。

3.3.2 实测暴雨溢流结果讨论

将排水管网为主的汇水区划分方法和综合地形和管

网的汇水区划分方法得到的汇水区结果输入SWMM模型,模拟得到的溢流点情况与实际溢流情况的比较结果如表2所示。结果表明,相比之下,综合地形和管网的汇水区划分方法所得汇水区的模拟结果中溢流点情况与直接更符合,能够更好地模拟短时强降雨下城市溢流情况。

为进一步分析研究区内的溢流情况,比较两种汇水区划分方法在2个典型积水处的溢流点分布情况,如图10所示。从图10(a)、图10(b)可以看出,在典型积水处附近,综合地形和管网的汇水区划分方法模拟得到的溢流点相较于排水数据为主的汇水区划分方法有所增加,分析原因可能是该典型积水点附近建筑密布,地表水流流向受修正后的DEM影响更加符合实际情况,使得模拟得到的溢流点数量有所增加。从图10(c)和图10(d)可以看出,在典型积水处附近,综合地形和管网的汇水区划分方法模拟得到一个溢流点,而排水数据为主的汇水区划分方法未模拟出溢流点。

综上,综合地形和管网的汇水区划分方法因考虑到了城市管网的布设情况和城市地形地貌(建筑物等)对城市

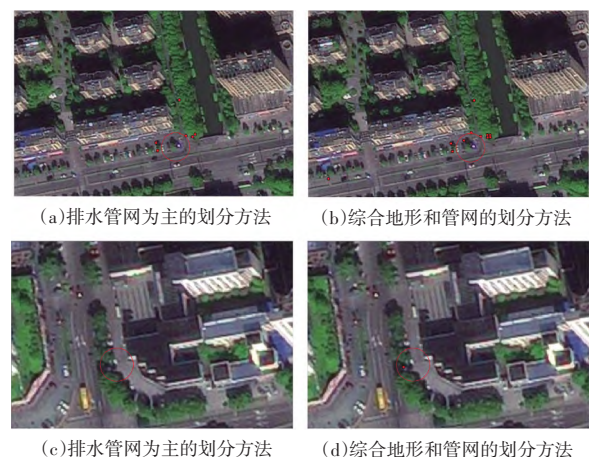


图10 典型积水处溢流点分布结果

雨水汇流过程的影响,划分得到的汇水区更加贴合地物边缘,在SWMM中模拟得到结果优于排水数据为主的汇水区划分方法,更适合用于城市雨洪模拟。

4 结论与展望

本研究利用现有主要的汇水区划分方法(排水管网为主的汇水区划分方法、地形数据为主的汇水区划分方法以及综合地形和管网的汇水区划分方法)生成不同的汇水区划分结果,并且比较分析了划分效果,结果显示:虽然3种方法都能快速、合理地划分得到子汇水区,但是,相比较而言,综合地形和管网的汇水区划分方法具有子汇水区边界与地物边缘拟合程度高、更好体现了排水管网节点对地表径流的汇聚作用等优势。

为了进一步比较不同汇水区划分方法对SWMM模拟结果的影响,将不同的子汇水区划分结果输入SWMM模型进行模拟运算,结果表明:相比于排水管网为主的汇水区划分方法,综合地形和管网的汇水区划分方法模拟得到的溢流点与实际情况更加符合,模拟精度平均提高了约6.29%,且该方法还可以模拟出排水管网为主的汇水区划分方法无法模拟得到的典型积涝点的溢流点,模拟精度高,更适合用于城市雨洪模拟。

研究仍存在一些不足之处,目前研究仅考虑了不同汇水区划分方法对SWMM模型的影响,没有考虑到其他城市雨洪模型,在后期的研究中,可以考虑将其应用到其他雨洪模型,如Infoworks ICM、MIKE URBAN等。另外,受到城市复杂地表和排水管网的影响,溢流模拟精度还有待进一步提高。

参考文献

- [1] 倪丽丽. 北方典型城市暴雨内涝灾害规划防控研究[D]. 天津:天津大学,2016.
- [2] 李东来. 精细地形及管网资料缺失城区雨洪过程数值模拟方法研究[D]. 西安:西安理工大学,2020.
- [3] 胡伟贤,何文华,黄国如,等. 城市雨洪模拟技术研究进展[J]. 水科学进展,2010,21(1):137-144.
- [4] 朱治州,张书亮,王一梅,等. 基于多要素的城市汇水区分级划分研究[J]. 南京师大学报(自然科学版),2020,43(3):71-77.
- [5] Callow J N, Niel K, Boggs G S. How does modifying a DEM to reflect known hydrology affect subsequent terrain analysis? [J]. Journal of Hydrology,2007, 332(1-2):30-39.
- [6] Getirana A, Bonnet M P, Filho O, et al. Improving hydrological information acquisition from DEM processing in floodplains [J]. Hydrological Processes,2010,23(3):502-514.
- [7] 汤国安,杨昕. ArcGIS地理信息系统空间分析试验教程[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [8] 宋耘,李琼芳,牛铭媛,等. 基于SWMM模型的南京典型易涝区暴雨内涝模拟[J]. 水利水电科技进展,2019,39(6):56-61.
- [9] 邱帅,孙玮妍,乔雪,等. 基于GIS的子汇水区划分对城市积涝模拟的影响研究[J]. 城市勘测,2018(5):24-28.
- [10] Quinn P, Beven K, Chevallier P, et al. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models [J]. Hydrological Processes,2010,5(1):59-79.
- [11] Turcotte R, Fortin J P, Rousseau A N, et al. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network [J]. Journal of Hydrology, 2001, 240(3-4):225-242.
- [12] Duke G D, Kienzie S W, Johnson D L, et al. Improving overland flow routing by incorporating ancillary road data into digital elevation models [J]. Journal of Spatial Hydrology,2003,3(2):1-27.
- [13] 左俊杰,蔡永立. 平原河网地区汇水区的划分方法——以上海市为例[J]. 水科学进展,2011, 22(03):337-343.
- [14] 沈黎达,李瑶,李东臣,等. 复杂下垫面城市暴雨内涝汇水区划分方法研究[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(6):50-58,67.
- [15] 李瑶. 顾及复杂地表信息的城市暴雨内涝情景模拟研究[D]. 杭州:杭州师范大学,2020.
- [16] 李若男,王军,胡恒智. 黄浦区北部子汇水区划分方法及暴雨内涝情景模拟[J]. 水电能源科学,2019,37(7):50-53.
- [17] 计宝鑫. 基于SWMM模型的西安市城区汇水区域划分与径流特征研究[D]. 西安:西安理工大学,2017.
- [18] 王伟. 基于GIS和SWMM模型的城市内涝模拟研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2017.
- [19] 徐慧珺. 基于SWMM模型的南京典型区雨洪模拟研究[D]. 南京:南京师范大学,2017.
- [20] 黄国如,黄维,张灵敏,等. 基于GIS和SWMM模型的城市暴雨积水模拟[J]. 水资源与水工程学报,2015,26(4):1-6.

Study on the influence of different sub-catchment zoning on the overflow simulation results under measured rainstorm scenario

CHEN Yan^{1,2}, FAN Jinjin^{1,2}, PAN Yaozhong³, ZHANG Yuzhou^{4,3}, WANG Luoyang^{1,2}, PAN Jing^{1,2}, WANG Pin^{1,2}, HU Tangao^{1,2}

(1. Institute of Remote Sensing and Earth Sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Urban Wetlands and Regional Change, Hangzhou 311121; 3. Institute of Remote Sensing Science and Engineering, Beijing Normal University, Beijing 100875; 4. Zhejiang Institute of Water Conservancy and Hydropower, College of surveying and Mapping and Municipal Engineering, Hangzhou 310018)

Abstract: Catchment area is an important input parameter in the process of urban storm water model modeling, which has an important impact on the simulation accuracy of urban stormwater model. Under multiple measured rainstorm scenarios, the study on the impact to the SWMM model overflow simulation results of three catchment zoning methods including drainage pipe network-based, terrain data-based, and combining terrain and pipe network data, has been carried out. The results show that: compared with other catchment zoning methods, the sub-catchment results obtained by the combining terrain data and pipe network as catchment zoning method are most consistent with the real scenario. And its overflow simulation accuracy is about 6.29% higher than that of the drainage pipe network-based catchment zoning method, indicating that it is more suitable for urban storm flood simulation.

Keywords: DEM (Digital Elevation Model); catchment area zoning; SWMM (Storm Water Management Model); rainstorm waterlogging; overflow

责任编辑 马 啸

(上接第43页)

Review on Application of 3D digital watershed for flood management and disaster reduction in China

LIU Yesen^{1,2,3}, ZHOU Qin⁴, LIU Yuanyuan^{1,2,3}, MU Jie^{1,2}

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038;

2. Research Center on Flood and Drought Disaster Reduction of the Ministry of Water Resources, Beijing 100038;

3. Key Laboratory of River Basin Digital Twinning of the Ministry of Water Resources, Beijing 100038; 4. SuperMap Software Co., Ltd., Beijing 100015)

Abstract: The multi-disciplinary, multi-scale and multi-level information involved in flood management and disaster reduction needs the support of digital watershed. With the development of new technologies such as tilt photography, virtual simulation, BIM, digital twin, intelligent perception, the display form of digital watershed has been upgraded from 2D map to 3D scene. Firstly, the application and development of mainstream 3D platform in China are reviewed, and the characteristics of several mainstream 3D platforms are compared and summarized based on the results of literature retrieval; Then, combined with specific cases, the relevant practice and application of 3D digital watershed for flood management and disaster reduction in China are sorted out, and the process is divided into development, stable period and peak periods, and it is pointed out that there are still some problems such as insufficient standards and specifications, insufficient model coupling and poor simulation effect at present; Finally, the future development direction of 3D digital watershed for flood management and disaster reduction is prospected, and three application directions are proposed which are 3D digital twin watershed, water movement process simulation and intellectualization. The analysis methods and conclusions can be used for reference by relevant professionals and technicians.

Keywords: 3D platform; flood management and disaster reduction; digital watershed; virtual reality; digital twins

责任编辑 杜晓鹤