

宜兴市城市雨洪控制利用研究

许军良¹, 李晓贝², 仲晓林³, 杨侃²

- (1. 宜兴市周铁镇水利农机站, 江苏 无锡 214200;
2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098;
3. 扬州市勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225000)

摘要:以宜兴市宜城街道为研究区域,进行了城市雨洪控制利用研究。通过对宜兴市概况、降雨、地形及土地利用情况以及现状洪涝问题的分析,在考虑了整个宜兴市及其上下游的情况后,提出了宜城街道外来洪水应对措施、内涝控制措施以及雨洪资源收集利用措施,为解决城市洪涝及水资源短缺问题提供了参考。

关键词:宜兴市;城市洪涝;控制利用

中图分类号:TV122+.1 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2019)05-0050-04

Study on urban rain flood control and utilization in Yixing City

XU Junliang¹, LI Xiaobei², ZHONG Xiaolin³, YANG Kan²

- (1. Farm Machinery Station of Zhoutie Town in Yixing, Wuxi 214200, Jiangsu;
2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, Jiangsu;
3. Yangzhou Surveying and Design Institute of Water Resource Co., Ltd., Yangzhou 225000, Jiangsu)

Abstract: Taking Yicheng residential district of Yixing City as the research area to study the urban flood control and utilization. By analyzing the general situation, rainfall, land use situation and the present flood situation of Yixing, after considering the whole situation of the Yixing City and its upstream and downstream, the external flood response measures, internal control measures and the utilization of rain flood resource collection measures of Yicheng residential district were proposed, which could provide reference for solving the problem of urban flooding and water shortages.

Key words: Yixing City; urban flooding and waterlogging; control and utilization

0 引言

城市化的快速发展导致城市下垫面不透水率增高,具有渗透性的绿地及自然裸土面积比例下降,城市径流系数与洪峰流量增大,峰现时间提前,城市内涝灾害频发。此外,城市开发建设与市政雨水排放矛盾越来越激烈。雨水排放管道建成后,其排水能力基本上是静态固定的,而城市地块开发建设是高强度动态的发展,这势必会使城市雨水管道

的排放压力越来越大,导致近年来城市内涝问题频发^[1]。

中国人均水资源占有量不到 2500 m³,仅为世界平均水平的 1/4^[2],加之城市化的快速发展以及城市常住人口的快速增加导致城市缺水量越来越大。而城市化发展导致城市不透水面积大幅度增加,雨水作为优质的可再生资源不能及时补充城市地下水,反而导致城市洪涝灾害频发,河道水质下降。由此可见,我国许多城市一方面面临着水资源

收稿日期:2018-07-22

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2012CB417006);“十一五”国家科技支撑计划(2009BAC56B03)

作者简介:许军良(1972—),男,工程师,主要从事水资源规划与管理工作。

短缺与水质污染问题,另一方面又面临着雨水资源白白流失,城市洪涝灾害频发的问题^[3]。因此,研究城市雨洪的控制利用对于城市健康可持续发展有着重要意义。

对于城市雨洪控制利用问题,国内外进行了广泛研究实践。美国自20世纪80年代开始提出了最佳管理措施(BMPs),通过建设多功能调蓄池等大规模水利设施来进行城市洪涝控制^[4]。之后针对BMPs应用实践中出现的不足,又提出了低影响开发(LID)理念,通过源头控制与终端控制相结合来进行雨洪的控制与利用^[5]。日本1992年开始,政府规定城市总体规划中必须包含雨水措施,利用娱乐场地、广场、运动场等大面积空置空间设置调蓄设施,在汛期可以作为调蓄池使用^[6]。德国作为欧洲最早进行雨水控制利用研究的国家之一,通过屋面雨水蓄集系统、雨水截污和渗透系统以及生态小区雨水利用系统对雨水进行控制利用。国内对于雨水控制利用方面的研究虽然起步较晚,但也取得了较为丰厚的研究成果。左建兵^[7]阐述了城市雨水利用的内涵,分析了北京市雨水利用的效益,并提出在雨水利用中,要加强经济杠杆调节力度,注重雨水的全面利用并完善相关规范。赵杨^[8]分析了城市内涝的原因并针对已建和新开发城区的特性提出了具有针对性的防治体系措施。罗溪婧^[9]结合研究区地形及用地类型,结合工程实例提出了较为合理的雨水控制利用规划方案并将成果应用到了工程实际当中。

笔者以城市化程度较高的宜城街道为例,通过对整个宜兴市的降雨、地形、土地利用类型、社会经济情况以及洪涝情况分析,对宜兴主城区宜城街道提出了具有一定指导性的雨洪控制利用策略。

1 研究区概况及洪涝问题

1.1 概况

宜兴市属于苏南地区,行政辖区总面积1996.6 km²(其中太湖水域面积242.29 km²)。宜兴城区包括宜城街道、丁蜀镇镇区以及屺亭街道、新街街道、新庄街道、芳桥街道与宜城街道连片发展的部分,总面积225.1 km²。宜兴市经济发展迅猛,城市化水平高达62.95%,2016年全县GDP达到1377.74亿元。作为典型的江南水乡城市,宜兴市水系发达,全市河道共计2424条,河流密度约2.27 km/km²。多年来市委市政府为了切实保障防洪排涝,已初步修建了较为发达的圩区防洪排涝工

程、引水排水工程、山区防洪工程以及抗旱灌溉工程。

宜城街道作为宜兴市主城区,市政府所在地,属于城市建设密集区,有着深厚的历史文化底蕴,素有“陶都”及“教授之乡”之称,是整个宜兴市的政治经济文化中心。宜城街道辖区面积40km²,现辖共计30个社区。

1.2 降雨分析

宜兴市多年平均降水量为1199.5 mm,多年平均水面蒸发量为849.0 mm,干旱指数为0.71,水资源量较为丰富。然而宜兴市降雨量年际年内变化量均较大,1967~2016年,降水量最丰年年降水量是降水量最枯年年降水量的2.5倍。降雨量在年内变化的表现上,体现在降雨量主要集中在汛期(5~9月)全年降雨总量的50%以上^[10],2005~2016年宜兴市年内各月平均降水量分布图见图1。

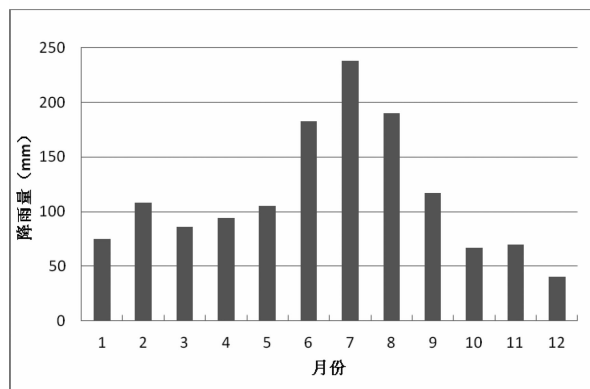


图1 宜兴市年内各月平均降水量分布图

由图1可以看出,宜兴降水量全年分布不均,主要集中在6~8月,均超过150 mm,已达到暴雨状态。而10~1月,降水量较少,易出现缺水情况。因此,可以在降雨量集中的时间进行雨水收集,用于缺水时期。

1.3 地形及土地利用类型分析

宜兴市整体地势南高北低,东部为太湖滨区,西部为地势较低的圩区,地形较为复杂。宜兴市整体地形可参见图2。

根据相关规范标准,宜兴市土地利用类型可分为水域、建设用地、草地、林地和耕地5个一级土地类别^[11]。通过整理宜兴市国土资源局的统计数据,2016年宜兴市土地利用情况可参见表1。

由表1可以看出,宜兴市水域及耕地面积较大,建成区(包含村庄及道路)达到五分之一。因此整体来看,宜兴市土地资源丰富,水系发达,土地利

用情况良好,城市化水平较高。

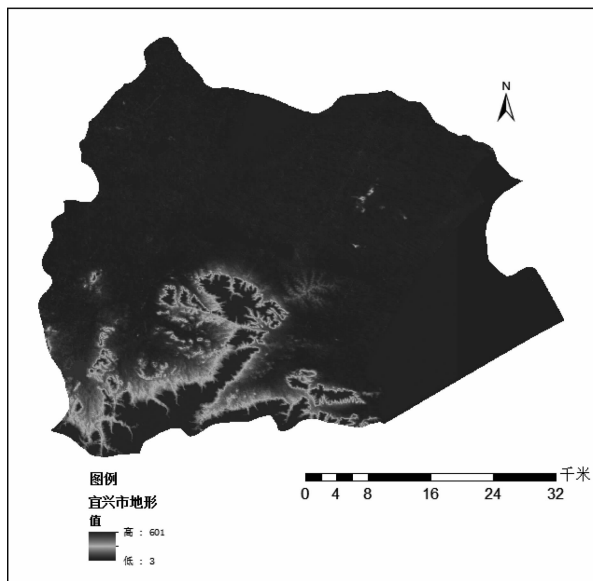


图 2 宜兴市地形图

表 1 宜兴市土地利用类型统计表

土地类型	面积(km ²)	比例(%)
水域(含太湖)	627.381	31.42
建设用地(含村庄及道路)	429.213	21.50
草地	15.968	0.80
耕地	631.600	31.63
林地	292.445	14.65
汇总	1996.607	100.00

1.4 宜兴市洪涝问题

宜兴市位于太湖西侧,号称太湖上游第一城,20世纪50年代以来,太湖发生的4次流域性大洪水,宜兴基本每次都是重灾区之一。

宜兴地理位置特殊,东濒太湖,城区宜城街道主要集中在团氿周围,而湖西区主要行洪通道西氿—宜城六河—东氿穿城而过,汛期时宜兴市上游溧阳、高淳、金坛的洪水的行洪通道都要经过宜兴进入太湖,导致其承受上游洪水压力。另外下游太湖汇水面积大,汛期水位抬高较快,直接影响着宜城街道泄洪,导致宜兴市主城区汛期面临着既要承接上游洪水,本地区的洪水又不能及时下泄的危险局面^[12]。另外,宜城街道南部为地势较高的山地,部分山洪也威胁城市防洪安全。总体而言,宜城街道防洪压力大,城市内涝问题突出。

2 洪涝应对策略及建议

2.1 外来洪水应对措施

宜城街道雨洪问题的主要原因之一是汛期上游洪水行洪借道宜兴,这大大增加了其防洪排涝压力。另外,太湖作为湖西北部上游的泄洪区,在汛期其水位也会由于上游泄洪,下游不能及时排水而节节升高,甚至对宜兴来水形成顶托,发生倒灌现象。由此,要解决宜城街道防洪问题,不能单单考虑研究区域防洪排涝问题,必须对太湖上游汇水区进行整体水系规划与防洪规划。例如提高城市防洪标准,对于低洼圩区增大排涝站设计流量,对于易淹没但有条件的地区,可以通过开挖河道或者进行改扩建已有河道来增加行洪能力,对于岸线利用率较高不易进行施工改造的行洪通道,可以进行定期疏浚来保证行洪能力。

另外,徐洪^[13]提出,太湖流域属于平原河网地区,且受潮位影响显著,导致太湖泄洪排水能力严重不足。因此,要解决宜城街道防洪排涝问题,也要统筹考虑提高太湖泄洪能力,降低太湖汛期水位,以此提高上游湖西区汛期行洪能力。

2.2 内涝控制策略

宜城街道除了外来洪水压力,在梅雨季节,内涝问题也十分严重,基本是逢雨必涝。例如2016年7月,宜城街道多条主干道及小区被淹,市建设局通过铺设“水上之路”才暂时解决市民出行问题。

要对宜兴市建成区内涝进行有效的控制,首先必须根据宜城街道地形、土地利用类型以及雨水管网的实际情况,对建成区进行合理的子汇水区划分。之后,针对各个子汇水区实际情况,提出切实可行的径流控制指标与低影响开发(LID)技术措施。

具体的子汇水区划分可结合宜兴市现状情况、《宜兴市城市总体规划(2017~2035)》中市域综合交通规划以及《宜兴市城市防洪规划(2017~2030)》的治理格局及城区排涝标准,利用ArcGIS中的水文分析工具中流向分析、汇流累积量、河网提取、集水区域生成功能,并结合雨水管网数据以及泰森多边形处理功能对在地理空间数据云下载的宜兴市宜城街道DEM(数字高程模型)数据进行综合分析,合理划分子汇水区。

要想有效合理地对城区进行内涝控制,首先要确定各个子汇水区的年径流总量控制率 α 作为径流总量控制的目标。在《海绵城市建设技术指

南——低影响开发雨水系统构建(试行)》(以下简称《指南》)中,将我国大陆地区分成了5个区,并给出了我国大陆地区各城市年径流总量控制率 α 的上下限值。根据《指南》中我国大陆地区年径流总量控制率分区图可知,宜兴市属于Ⅲ区($75\% \leq \alpha \leq 85\%$),因此,各个子汇水区的年径流总量控制率 α 应在75%~85%之间。在确定各个子汇水区年径流总量控制率时,一方面要考虑开发前各区域地形、土壤、以及植被情况,以此确定开发利用前的径流排放量;另一方面还需考虑各区域下垫面条件及社会经济条件,综合考虑各方面因素后,确定各个子汇水区的径流总量控制率。

确定宣城街道各子汇水区径流总量控制率后,可采用SWMM模型对宣城街道各子汇水区在径流总量控制率对应的一定设计降雨条件的现状径流量进行模拟。根据模型的模拟结果对径流总量控制不达标的子汇水区提出几套具有可行性的LID措施,之后利用SWMM模型对不同措施进行模拟,选出既能使研究区径流总量控制率达标,成本又相对较低的最优LID措施。

2.3 雨洪资源收集利用策略

宜兴市降雨量丰富,但年内分配不均,且城市化发展快,工业发达,城市需水量大。因此采取雨水收集利用措施,既可减缓城市内涝问题,也可以实现雨水资源化。

要进行雨水收集利用,首先对宣城街道雨水资源化利用潜力进行计算。本文采用综合径流系数法对宣城街道的雨水资源化利用现实潜力进行计算,计算方法如下:

$$W' = 0.001 \times H \times A \times \psi \times \varphi \times \alpha \quad (1)$$

式中: W' 为雨水资源化利用现实潜力(m^3), H 为年降雨量(mm), A 为汇水面积(m^2), ψ 为城市综合径流系数, φ 为弃流系数, α 为季节折减系数。

宣城街道多年平均降雨量1199.5 mm,辖区面积40 km^2 ;除12月份外,全年降雨量较大,都具有雨水回收利用价值,故季节折减系数 α 取0.9;宣城街道属于城市建筑密集区,本文城市综合径流系数 ψ 取0.7,弃流系数 φ 取0.85。由此可以估算宣城街道多年平均雨水资源化利用现实潜力为2569 万m^3 。

对于雨水收集利用的具体方式,本文针对宣城街道城市化水平较高,下垫面条件复杂等情况,建议分散式与集中式雨水收集利用方式相结合。分散式雨水收集利用方式包括屋顶雨水收集利用、渗

透性道路广场,集中式雨水收集利用包括集中式蓄水池。宣城街道下垫面条件主要为建筑与市政道路广场,可采用分散式雨水收集利用方式。在有条件的建筑物屋顶,可进行屋顶雨水收集利用。靠近因次风景区及其他水体周围的居住小区及公共建筑,可以优先将屋顶收集的雨水汇入就近水体。对于周边无水体的居住小区及公共建筑,可将收集的雨水经初期弃流后用于非饮用水用途的生活用水,例如室外绿地灌溉与道路浇洒及冲厕用水。对于研究区有条件的道路广场,可采取渗透性铺装,增加雨水下渗量,补充地下水,增加雨水间接利用量,减小该地区径流系数,延缓峰现时间。在宣城街道南部,可以选择合适位置,进行论证后修建集中式蓄水池,以此来应对城区南部终端汇水以及宜兴市南部山洪问题。

3 总结

宜兴市地理位置特殊,城市化水平高,洪涝问题较为严重。因此对于宣城街道洪涝问题,本文不仅对主城区进行分析,而且在考虑了整个宜兴市的降雨、地形及土地利用情况后,提出了具有针对性的措施建议,为宣城街道的防洪排涝提出了具有一定参考性的工作方向。

此外,洪涝控制及雨洪资源收集利用措施大多需要借助于水利工程,而工程措施实施周期长、投资大、涉及面广且实施难度较大,仅仅依靠工程措施来解决城市防洪排涝问题不够全面。因此必须配合非工程措施,加强管理,配套相关政策,结合城市总体规划、生态雨水基础设施规划以及城市雨水景观理念,将城市排水系统、排涝系统以及防洪系统统筹起来才能更加有效地对宣城街道雨洪进行控制利用。

参考文献:

- [1] 王通. 城市规划视角下的中国城市雨水内涝问题研究[D]. 华中科技大学, 2013.
- [2] 吴普特. 中国雨水利用[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2009.
- [3] 陶望雄. 雨水利用理论与技术方案研究[D]. 长安大学, 2016.
- [4] Walker D, Golden J, Driscoll E. Combined sewer overflow control: manual [J]. 1993.
- [5] Brown R A, Line D E, Hunt W F, et al. Comparison of Low Impact Development Treatment, Traditional Storm-

(下转第58页)

(上接第 53 页)

- water Treatment, and No Stormwater Treatment for Commercial Shopping Centers in North Carolina [C] . Low Impact Development International Conference . 2010:692 - 701 .
- [6] 王思思 . 国外城市雨水利用的进展 [J] . 城市问题, 2009(10):79 - 84 .
- [7] 左建兵, 刘昌明, 郑红星, 等 . 北京市城区雨水利用及对策 [J] . 资源科学, 2008, 30(7):990 - 998 .
- [8] 赵杨 . 城市积水与内涝对策研究 [D] . 北京建筑工程学院, 2012 .
- [9] 罗溪婧 . 雨水控制利用规划目标及规划方法研究 [D] . 北京建筑大学, 2017 .
- [10] 陈双 . 宜兴市城市雨水径流污染特性的研究 [D] . 西安建筑科技大学, 2016 .
- [11] 曲雪光, 林爱文, 李建武 . 关于《土地利用现状分类》国家标准的探讨 [J] . 湖南农业科学, 2008 (4):89 - 90 .
- [12] 吴小靖 . 宜兴城市防洪水位拟定 [J] . 城市建设理论研究:电子版, 2013(8) .
- [13] 徐洪, 张怡, 孙海涛 . 2009 年太湖流域洪水防御工作回顾 [J] . 中国防汛抗旱, 2010, 20(4):32 - 34 .