

江苏省降水产流下垫面调查统计及变化情势

陆楠, 毛媛媛, 兰林, 张颖

(江苏省水利工程规划办公室, 江苏 南京 210029)

摘要:采用国土 2012 年土地利用变更数据作为基础数据源,根据土地的降雨产流特性,在确定下垫面分类统计原则的基础上,应用 Arcgis 软件,卫星影像、数据库统计分析等技术,形成江苏省水面、城镇建设用地、水田、旱地 4 类降水产流下垫面分类成果,分析了近年来江苏省下垫面变化情势及其径流影响。

关键词:下垫面;降水;产流;调查统计;变化情势;江苏省

中图分类号:TV21

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)09-0036-05

Survey statistics and change situation of underlying surface of precipitation and runoff in Jiangsu Province

LU Lan, MAO Yuanyuan, LAN Lin, ZHANG Ying

(Jiangsu Water Conservancy Project Planning Office, Nanjing 210029, China)

Abstract: Based on the land use change data in 2012 as the basic data source, according to the characteristics of land rainfall and runoff, and on the basis of defining the statistical principles of underlying surface classification, technologies such as Arcgis software, satellite image, database statistical analysis were used to form 4 types of precipitation and runoff underlying surface classification results of water surface, urban construction land, paddy field, dry land. The variation of the underlying surface and its runoff influence in recent years were analyzed.

Key words: underlying surface; precipitation; runoff; survey and statistics; change situation; Jiangsu Province

1 概述

下垫面是指大气下层直接接触的地球表面,包括地形、地质、土壤、河流和植被等,是影响气候的重要因素之一。下垫面是区域自然条件和人类活动的集中体现。随着经济社会持续发展,城镇化进程、基础设施建设加快,造成土地利用方式剧烈改变,下垫面发生较大变化。降雨产流与下垫面密切相关,不同下垫面产流机理和产流效率不同,下垫面变化将导致降雨产汇流规律的改变^[1],从而影响洪涝灾害形势。如随着城镇化程度提高,城市地表不透水面积增加,产流效率增大,汇流时间缩短,致使洪峰流量增加,洪现时间提前,极易造成城市洪

涝灾害。近年来,城市暴雨导致城市内涝呈现常态化,与城市下垫面改变密不可分。

下垫面是降雨产流计算的基础,是水资源、水生态状况评价的主要依据,是水利规划的重要支撑,也是河湖水域和水利工程管理的重要参考。摸清降水产流下垫面情况,对科学评估区域洪涝风险、编制防洪、治涝、水资源、水生态等相关规划,以及落实主体功能区划,加强水生态空间管控等具有重要意义^[2]。

为满足水文分析计算、水资源评价和相关水利规划编制需要,江苏省曾开展过多次下垫面的调查统计工作,如 1978 年利用土地利用资料,采用统计分析的方法形成全省下垫面成果;2000 年采取调查

收稿日期:2020-03-17

作者简介:陆楠(1987—),男,工程师,硕士,主要从事水利规划工作。E-mail: 343065025@qq.com

统计和卫片解译相结合的方法,形成全省水资源地表属性调查成果。由于数据来源、分类标准、调查统计方法不同等原因,各成果之间没有较好的衔接性和延续性,在下垫面数据的定期更新和应用中存在很多问题。

本文根据降水产流下垫面分类需求,从提高下垫面成果的可靠性、延续性和便于下垫面数据常态化更新出发,对数据源选取、分类标准确定、调查统计方法等方面进行分析探讨,并应用于江苏省降水产流下垫面调查统计,形成下垫面成果,并对近年来江苏省下垫面变化情势进行分析,为降水产流下垫面调查统计提供新的思路和方法。

2 降水产流下垫面分类

根据各领域需求及研究目的,下垫面有不同的划分方式,降水产流下垫面是基于不同下垫面产流特性对下垫面进行分类。产流是指降雨量降落至下垫面后,扣除损失形成净雨的过程^[3]。不同下垫面产流机理不同,江苏省在降雨产流计算时,通常将下垫面分为水面、建设用地、水田、旱地4类。

(1)水面

水面指长年被水覆盖的土地,通常包括河流、湖泊、水库、水塘、沟渠等。水面产流(净雨深)主要受降雨量和蒸发量影响。

(2)城镇建设用地

城镇建设用地指由于开发利用硬化化程度比较高的土地,包括城镇、道路、工况设施用地等。城镇建设用地分为透水面和不透水面,其产流量可分别计算。

城镇建设用地产流除降雨量外,主要受降雨初期因下垫面植物截流、下渗、填洼等造成的降雨损失量影响,也可采用扣除初损量计算,初损值根据城镇建设用地透水情况来设定。

(3)水田

水田指水稻田种植面积,水田产流主要受灌溉制度和灌溉方式影响,以水稻不同生长期的水稻田水深下限、水稻田适宜水深、水稻田雨后最大允许水深控制。在现有灌溉制度情况下^[4],以水田雨后水深为基础,计算水田产流。

(4)旱地

除水面、城镇建设用地、水田外的其他土地作为旱地。旱地产流计算可采用次降雨径流相关法,建立次降雨径流相关关系进行计算,也可根据区域旱地产流特点,采用新安江模型等产流模型,设定

合适的参数计算。

根据《江苏省第三次水资源调查评价成果》,2000—2016年各下垫面平均年径流系数最大的是城镇建设用地,为0.65,见表1。

表1 2000—2016年江苏省不同下垫面平均径流系数

下垫面分类	平均径流系数
水面	0.21
城镇建设用地	0.65
水田	0.32
旱地	0.25
全省	0.31

3 下垫面调查统计

3.1 数据源选择

以往的降水产流下垫面采用的数据源或是地方统计数据,或是通过相关卫片资料解译分析得到,一方面数据获取需要花费大量的时间和人力,另一方面由于数据源不统一,成果不具备较好的时效性、延续性和衔接性。降水产流下垫面调查分析的数据源选取主要考虑:(1)满足水利部门水资源评价及防洪、治涝、水资源等水利规划产汇流分析工作需要;(2)数据来源可信,能准确反映全省下垫面情况;(3)数据时效性好,有定期更新、维护机制,便于成果相应的动态更新。在现有国土、测绘、统计等不同部门的土地分类中,国土部门分类体系完整,易于根据具体需求进行归并调整,数据来源真实可靠,数据内容全面详实且数据每年更新,满足降水产流下垫面统计及数据更新、维护的需求。本次采用国土部门《江苏省2012年土地利用变更调查成果》作为基础数据源,对江苏省降水产流下垫面进行统计分析。

依据中华人民共和国质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会联合发布的《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2007)标准,国土土地利用分类包含12个一级类、57个二级类。实际工作中,为衔接农村土地调查中调查比例尺限制等相关具体问题,将相关分类进行归并,归并后的土地利用分类包含8个一级类和38个二级类。

3.2 调查统计方法

以江苏省国土部门2012年全省土地利用变更

调查成果为基础数据源,按照降水产流下垫面分类需求,参照土地利用分类标准,在初步确定分类统计原则的基础上,运用 GIS、遥感影像处理、数据库统计分析等技术手段,对水面、城镇建设用地、水田、旱地 4 类下垫面进行统计分析,形成江苏省降水产流下垫面分类成果。

(1) 分类统计原则

采用《江苏省 2012 年土地利用变更调查成果》中土地利用 8 个一级类、38 个二级类成果,按照土地的降水产流特性,初步建立水面、城镇建设用地、水田、旱地 4 类降水产流下垫面与国土土地分类的对应关系^[5]。水面对应国土土地利用的水域及水利设施用地 1 个一级分类,涉及河流、湖泊、水库、坑塘、内陆滩涂 5 个二级分类;城镇建设用地对应交通运输用地、城镇村及工矿用地 2 个一级分类,涉及铁路、公路、城市、建制镇等 8 个二级分类;水田对应耕地 1 个一级分类,涉及水田 1 个二级分类;旱地对应耕地、园地、林地等全部 8 个一级分类,涉及 24 个二级分类,根据初步调查分析,农村道路一般较窄,且周边基本为农田;村庄中除部分居民点外,包括大量宅基地等其他用地,考虑其降水产流特征,将交通运输用地中的农村道路和城镇村及工矿用地中的村庄和采矿用地统计入旱地类别。

(2) 典型分析

根据初步建立的降水产流下垫面分类与国土土地利用分类对应关系,分别选取淮安市涟水县和扬州市宝应县作为平原区及平原水网圩区典型区域,统计降水产流下垫面情况(2012 年),并通过与《江苏省水资源地表属性调查成果》(2000 年)进行对比(见表 2),分析成果合理性。2012 年涟水县和宝应县建设用地比例与 2000 年相比分别增加 1.3% 和 1.7%,水田比例与 2000 年基本接近,水面比例分别增加了 2% 和 8.1%,旱地面积分别减少了 2.5% 和 5.5%。城镇面积比例增加符合近年来城镇化建设的实际情况,水田面积基本接近也与水田种植面积相对稳定的状况一致,而水面面积增加与水面面积相对稳定的情况不符,需要对水面统计类别做进一步分析。

依据《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007),坑塘水面为自然或人工开挖的面积较小的水面,主要用于水产养殖或农作物种植,存在季节性干枯,因此将坑塘水面全部列入水面与水面降水产流特性不符^[6]。通过对多个年份全省坑塘水面影像对此分析,将 0.02 km² 以上的坑塘水面计入水

面,其余坑塘水面计入旱地。

表 2 典型区域降水产流下垫面统计成果对比

下垫面分类	涟水县/%		宝应县/%	
	2012 年	2000 年	2012 年	2000 年
水面	6.7	4.7	29.8	21.7
城镇建设用地	3.3	2.0	3.5	1.8
水田	38.5	39.5	45.6	49.9
旱地	51.4	53.9	21.1	26.6

(3) 数据复核

利用江苏省水利普查成果、江苏省基础测绘数字线划图面状水系成果、江苏省省级基础测绘数字正射影像图成果、江苏省统计年鉴、江苏省农村统计年鉴等,应用 Arcgis 软件,结合卫星影像、数据库统计分析等,并通过野外调查、测量,对骨干河道、主要湖泊、典型城镇、村庄、道路、水田分类统计成果的合理性进行复核分析。

按照土地降水产流特性,经典型分析、数据复核,降水产流下垫面分类与国土土地利用分类对应关系见表 3。

3.3 降水产流下垫面成果

按照全省水利计算分区面积 10.26 km² 统计全省降水产流下垫面成果,其中水面面积 1.76 万 km², 占全省总面积的 17.1%;建设用地面积 0.88 万 km², 占全省总面积的 8.5%;水田面积 2.77 万 km², 占全省总面积的 27.0%;旱地面积 4.86 万 km², 占全省总面积的 47.4%。行政分区中,水面面积比例最大的是苏州,为 38.8%,最小为徐州,为 7.0%;建设用地比例最大的是苏州,为 19.3%,最小为宿迁,为 4.4%;水田面积比例最大的是泰州,为 42.9%,最小为苏州,为 13.0%;旱地面积比例最大的是徐州,为 69.8%,最小为苏州,为 28.9%。

4 下垫面变化情势分析

将调查统计得到的 2012 年江苏省降水产流下垫面分类面积与《江苏省水资源地表属性调查成果》2000 年对应下垫面分类成果进行对比,水面、建设用地、水田面积均有增加,占全省面积的比例分别增加 0.2%、5.2%、3.9%,旱地面积则相应减少,占全省面积的比例减少 9.2%,见图 1。建设用地面

表 3 降水产流下垫面分类与国土土地利用分类对应关系

下垫面分类	土地利用一级类名称	土地利用二级类名称
水面	水域及水利设施用地	河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面(≥0.02 km ²)、内陆滩涂
城市建设用地	交通运输用地	铁路用地、公路用地、机场用地、港口码头用地、管道运输用地
	城镇村及工矿用地	城市、建制镇、风景名胜及特殊用地
水田	耕地	水田
	耕地	水浇地、旱地
	园地	果园、茶园、其他园地
	林地	有林地、灌木林地、其他林地
旱地	草地	天然牧草地、人工牧草地、其他草地
	交通运输用地	农村道路
	水域及水利设施用地	坑塘水面(<0.02 km ²)、沿海滩涂、沟渠、水工建筑用地
	其它土地	设施农用地、田坎、盐碱地、沼泽地、沙地、裸地
	城镇村及工矿用地	村庄、采矿用地

积增加和城镇化进程密切相关,随着经济社会发展
和城镇化进程加快,城市面积持续增加^[7]。根据江
苏省统计年鉴数据,2018 年江苏省城市总面积比
2000 年增加 37 259 km²,见图 2。地级行政区城镇
建设用地面积均有不同程度增加,年平均增长率
5.4%,其中南京、无锡、常州、苏州、南通、扬州等市
增幅达 2 倍以上,见图 3。水田面积增加则和近年
来苏北地区旱改水推行有关,苏北各市水田面积总
体呈增加趋势。

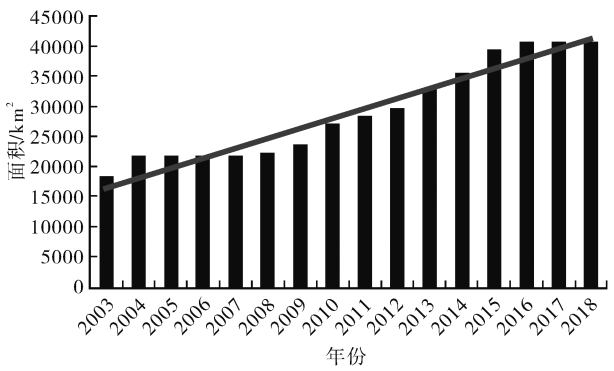


图 1 江苏省降水产流下垫面面积变化

下垫面变化对降雨产汇流有直接影响,根据
《江苏省第三次水资源调查评价成果》,江苏省
2001—2016 年系列径流系数为 0.31,1956—2000
年系列径流系数为 0.27,各地级行政区径流系数均

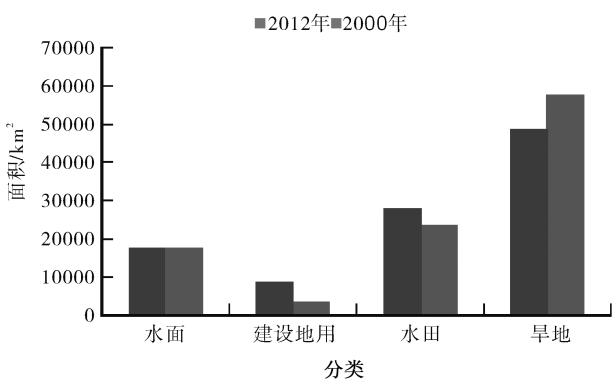


图 2 江苏省城市面积变化趋势

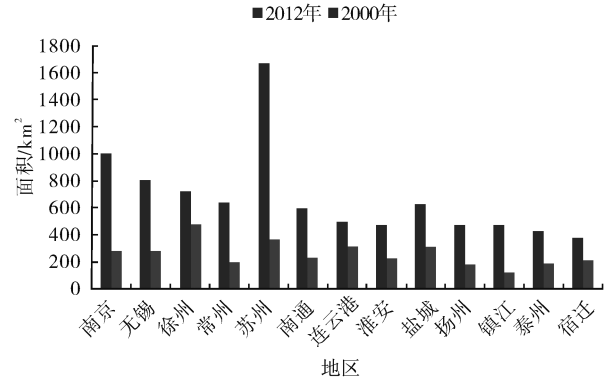


图 3 江苏省行政分区城镇建设用地面积变化
相应提高,反映了城镇建设用地等下垫面变化对降
雨产流的影响,见图 4。

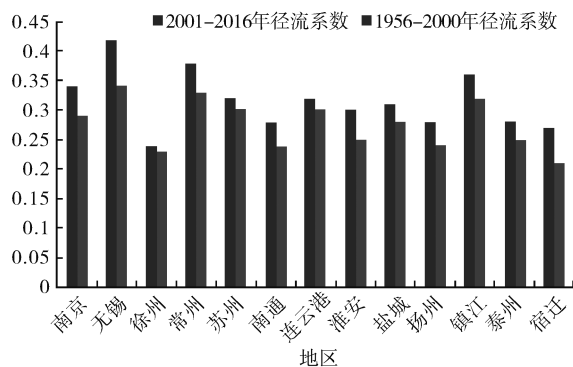


图 4 江苏省行政分区径流系数变化

5 结 语

下垫面是降雨产流计算的基础,下垫面变化与降雨产汇流规律改变、洪涝灾害发生等有密切关系。采用国土土地利用变更数据作为基础数据源,根据土地的降雨产流特性,建立降雨产流下垫面与土地分类之间的对应关系,确定分类统计原则,统计形成江苏省降水产流下垫面分类成果,为降水产流下垫面调查统计提供新的思路和方法。为及时反映下垫面变化情况,掌握其变化情势,需要建立下垫面动态更新机制,并结合水资源、生态保护等新需求进一步研究下垫面分类,为防洪、治涝、水资

源、水生态等相关规划及河湖管理、水生态空间预警管控等提供基础支撑。

参考文献:

- [1] 贾凤. 下垫面变化对径流及洪水影响分析[J]. 水利科技与经济, 2017, 23(4):45-48.
- [2] 管莉莉, 卢扣, 黄云. 遥感解译样本在里下河下垫面调查中的应用[J]. 资源环境与工程, 2016, 30(3): 275-278.
- [3] 高华峰. 晋中市水文下垫面对产流的影响研究[J]. 山西水土保持科技, 2017(1):18-20.
- [4] 王育红, 蔡典雄, 姚宇卿, 等. 保护性耕作对豫西黄土坡耕地降水产流、土壤水分入渗及分配的影响[J]. 水土保持学报, 2008(2):29-37.
- [5] 陶国芳, 蒋兆恒. 城市下垫面对地表水文循环过程的影响分析——以通化市辖区为例[J]. 通化师范学院学报, 2019, 40(6):91-96.
- [6] 苏爱芳, 施东雷, 葛旭阳. 下垫面对郑州城市强降水的影响:城市化及地形影响的数值模拟研究[J]. 大气科学学报, 2019, 42(3):434-446.
- [7] 葛晓通. 邯郸市典型下垫面产汇流特性试验研究[D]. 邯郸:河北工程大学, 2018.

(上接第 35 页)

2018 年,连云港水文分局先后在小吴场、临洪、临洪(东)3 个测流断面应用 2 个警示浮球(筒)成果安装部署了 3 套 V-ADCP 自动测流系统,运行至今测流系统均稳定正常。

4 结 语

2019 年 9 月,水利部印发《水文现代化建设技术装备有关要求》,针对流量测验技术和设备配置明确提出应以在线或自动监测为主总要求,V-ADCP 自动测流系统将会大量应用,鉴于 V-ADCP 自动测流系统警示标志在连云港小吴场、临洪、临洪(东)3 个测流断面应用效果良好,为自动测流系统的安全运行提供了保障,减少了经济损失,有很大

的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 谢运山, 赵德友, 张泉荣, 等. 单波束声学多普勒流速仪垂向在线测流应用研究[J]. 水利信息化, 2018(6):44-48.
- [2] 王红光, 储华平. V-ADCP 在亭下水口下游河道中的应用[J]. 水利科技与经济, 2014, 20(9):5-6.
- [3] 苏海松, 梁军, 崔军, 等. 江苏省中小河流流量自动监测方案分析[J]. 江苏科技信息, 2015(13):65-67.
- [4] 刘正伟, 张丽花, 华郅敏. 底座式多普勒测流仪在渠道自动监测中的应用[J]. 人民长江, 2017, 48(1): 30-31.