

# 长江三角洲地区城市化的水文效应研究

许有鹏, 丁瑾佳, 陈莹

(南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210093)

**摘要:** 长江三角洲地区是我国经济最为发达、城市化程度最高的地区之一。城市化的快速发展,有力促进了该地区经济发展。但近年来随着城市化的快速推进,流域不透水面积迅速增加,众多湖泊河网衰退消亡,由此引发的河流水质恶化、洪涝干旱灾害加剧等一系列水文、水资源与水环境问题,已严重威胁到人类的生存环境,并影响经济的可持续发展。为此本文选择该地区内一些典型区域,基于长系列降雨径流资料,以遥感和GIS作支持,通过模拟计算与综合分析,围绕城市化对城市降雨与径流的长期影响、对城市暴雨洪水的影响,以及对河网水系与水环境的影响等方面,重点探讨城市化发展为特征的流域下垫面变化对流域水循环以及水文过程的影响,寻求城市化发展条件下的水文变化规律,以便对该地区城市化水文效应作一个较全面的分析,并为当地的防洪减灾、水环境保护以及水资源持续利用提供技术支持。

**关键词:** 城市化; 水文效应; 长江三角洲地区

**中图分类号:** P33:F291.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-640X(2009)04-0067-07

近年来随着我国城市化的快速推进,流域不透水面积大幅增加,众多天然河网遭到破坏,河网水系数量锐减,由此所引发的河流水质恶化、城市水源短缺、洪涝灾害加剧等一系列水文、水资源与水环境问题已严重威胁到人类的生存环境,并影响着经济的可持续发展。城市化对河流水系、水循环以及水文过程的影响等城市水文效应的研究是当前水文研究中倍受关注的问题之一。

长江三角洲是我国经济快速发展地区,该地区北起通扬运河,南抵杭州湾,西至镇江,东到海边,包括江苏、浙江两省的15个地级市及上海市,面积约9.9万km<sup>2</sup>,人口7500多万。该区域属长江中下游平原的一部分,区域内河网纵横,水系密布,主要包括黄浦江、东西苕溪、曹娥江、甬江、秦淮河、大运河以及环太湖水系等河流。目前长江三角洲地区已成为世界上最大的城市群之一,它以约占全国1%的土地和6%的人口创造了占全国17%的国民生产总值(GDP),是我国经济最发达地区之一<sup>[1]</sup>。然而随着经济的迅猛发展,工业化及城镇规模的不断扩大,洪涝灾害以及水环境恶化问题也日益加剧。

长江三角洲地区洪涝灾害频发及水环境恶化现象的出现,与该区气象因素、下垫面条件、自然地理状况以及人类活动的影响密切相关。气候变化、城市化发展以及土地利用/地表覆被变化使得该地区水循环过程发生较大改变。其中,气候变化加剧了流域水循环过程,增大了洪涝灾害风险,而城市化所引起的河流水系变迁则对洪水过程产生显著影响,同时河流水系衰减与河道淤积也使得河流自净能力下降。因此,在各种因素的综合作用下,长江三角洲地区洪涝灾害频繁发生,水环境问题日趋严重,并且在很大程度上制约了长江三角洲现代化建设的进程与可持续发展,因此探讨该地区城市化的水文效应对地区水资源利用与可持续发展意义重大。

**收稿日期:** 2009-04-27

**基金项目:** 国家自然科学基金重点项目(40730635);水利部公益性行业科研专项经费项目(200701024);江苏省自然科学基金项目(BK2006133);高校博士点基金项目(20060284019)

**作者简介:** 许有鹏(1956-),男,江苏南京人,教授,博士,主要从事水文、水资源与水环境研究。

E-mail: xuy305@yahoo.com.cn

为此本文以长江三角洲地区典型城市与区域为例,利用该地区长系列降雨径流资料,以遥感和GIS作支持,采用特征统计、时间序列分析、水文模拟等方法,围绕城市化发展对城市降雨与径流过程的影响、对河网水系与水环境的影响,以及对城市暴雨洪水的影响等方面,重点探讨城市化发展为特征的流域下垫面变化对流域水循环的影响,寻求城市化发展条件下的水文变化规律,为该地区的防洪减灾、水环境保护以及水资源持续利用提供决策依据,并为当地经济的持续发展提供支持。

## 1 城市化发展对降雨的影响

长江三角洲内的苏锡常地区是当今世界上较大的城市群之一,快速的城市化发展使得该地区的自然环境产生较大的变化,并影响到该地区天气和雨量过程的变化。为此本文以苏、锡、常地区为典型,分别选取了有代表性的城区与郊区的雨量站,基于这些雨量站1961~2006年长序列降雨资料,选择年雨量、汛期雨量以及最大日雨量等特征参数,通过相同时期城区和郊区站特征参数的对比分析,以及不同时段雨量特征参数的对比分析,探讨城市化发展对降水过程的影响,分析结果见表1。

表1 苏锡常地区的年雨量和汛期雨量

Tab.1 The annual precipitation and flood season precipitation in Suxichang area

年份	年雨量/mm						汛期雨量/mm					
	苏州站	望亭站	无锡站	青阳站	常州站	金坛站	苏州站	望亭站	无锡站	青阳站	常州站	金坛站
1961~1978	1 036.6	951.0	1 064.9	990.1	1 108.2	1 057.9	498.9	459.2	520.7	513.1	569.4	550.9
1979~2000	1 154.2	1 103.2	1 138.8	1 066.7	1 110.4	1 086.3	618.9	573.4	624.1	566.8	587.7	561.3
2001~2006	1 107.0	1 000.3	1 103.4	999.1	991.4	1 032.6	507.3	475.1	560.1	511.4	481.6	478.0

从表1可以看出,在相同的气象条件下,受城市化发展及下垫面因素变化的影响,城市化发展迅速的苏州、无锡城区降水的增幅大于郊区。2001~2006年间,受大气环流的影响,降水普遍有所减少,但是城市化持续发展所造成的城郊降水差距仍然存在。此外,通过对城郊降水差距的时间序列进行R/S分析,结果表明受城市化持续发展的影响,该地区城市化对降水的影响作用将进一步加剧。

由表1和图1可以看出,苏、锡、常地区城市化发展对降雨产生了较大的影响,但对年雨量与汛期降雨的影响有所差别,并且这三个地区对年雨量与汛期雨量的影响程度也有所差异。

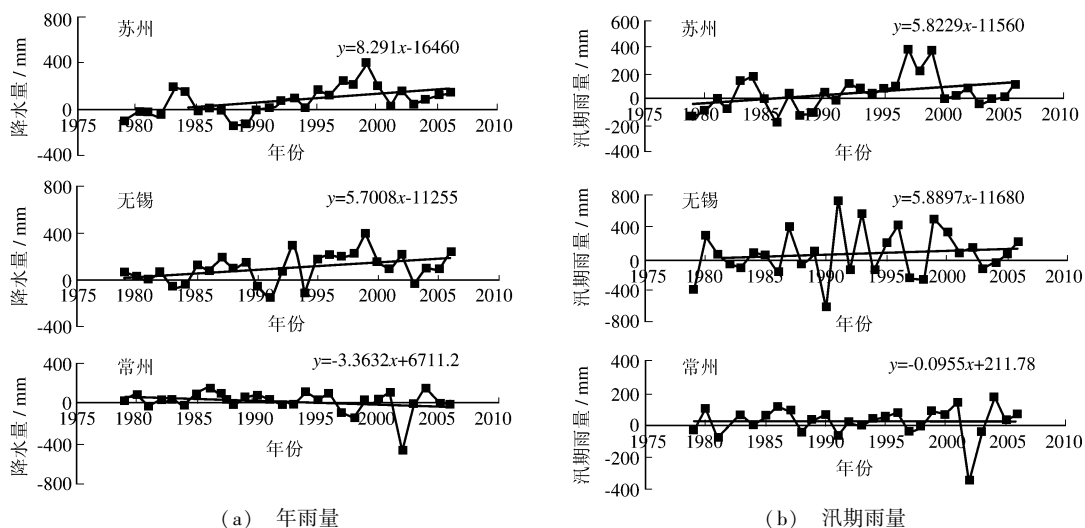


图1 1979~2006年城郊降水差距曲线

Fig.1 The disparity in precipitation between urban and suburb areas during 1979~2006

苏州、无锡降水的增多趋势显著大于城市化发展相对缓慢的常州.对比1961~1978年与2001~2006年间,苏州、无锡的城区与郊区平均雨量的差距,苏州与无锡年雨量分别增加了21.1和29.5 mm,而汛期雨量城郊差距苏州减少了7 mm,无锡则增加了41 mm.由此看出除城市下垫面因素外,雨量等气象要素也是一个重要影响因素,其基本特征为年雨量愈小城郊差距愈大;而汛期雨量变化则与之相反,汛期雨量愈大,城郊雨量差距也愈大.而常州市雨量差距变化不是很显著,这可能是由于常州的城市化发展相对滞后所致.随着城市化发展的影响进一步加深,未来苏锡常地区城郊降水差距可能继续呈现微弱加大的趋势,在目前大尺度环流系统作用的背景下,城市化发展对苏锡常地区的降水影响将会进一步加剧,但各城市的变化将有所差异,个别城市(如常州市)可能会出现例外情况.

此外,通过对最大日雨量以及不同等级降雨发生频率的统计,发现城市化使得最大日雨量明显增加,同时使得不同类型降雨发生次数都有所增加,其中暴雨强度以及暴雨发生次数增加明显.这些结论与长江三角洲地区南京、上海、杭州等地的研究成果基本一致<sup>[2-6]</sup>.

## 2 城市化对降雨径流的影响

### 2.1 城市化对径流长期变化的影响

在城市化对径流的影响方面,选择了太湖上游浙西地区流域相对闭合的临安市南苕溪以及安吉县西苕溪为研究区,利用长期水文影响模型(L-THIA, Long-Term Hydrological Impact Analysis)进行模拟,探讨了城市化对径流的长期影响,并在此基础上,模拟预测了城市规模扩大对流域径流的影响.

L-THIA模型是基于美国水土保持局SCS模型而建立的径流长期变化分析模型,该模型以GIS技术作支撑,综合考虑流域下垫面覆盖以及水文土壤特性,并以CN值加以表征来计算分析流域不同单元的降雨径流值.首先借助GIS进行地表覆盖分类,并通过空间分析对下垫面进行栅格化,然后进行叠加分析,求出各栅格单元的CN值,再结合降雨信息计算径流量.本文分别选取了两流域内1975~2006年之间的长序列水文资料,并结合1985和2000年的土地利用数据,采用径流长期影响模型,定量分析城市化发展过程中由于土地利用变化、不透水面积的增加对径流造成的影响.

借助南苕溪流域1964~1977年、1978~1998年降雨径流数据,利用两段不同时期土地利用资料,由L-THIA模型计算的降雨径流误差分别为3%和2.6%,表明该模型有较好的模拟精度.然后对不同城市化水平下降雨径流模拟分析,当临安市建成区面积从90年代末期占总面积的4%(约7.32 km<sup>2</sup>),增加到20%(约36.6 km<sup>2</sup>)时,按1978~1998年这20年的日雨量资料分析,年径流由实际的669.5 mm增加到861.8 mm,年均径流系数也由实际的51%增加至60%.由此看出,在降雨量相同的情况下,当城市用地扩大到一定规模时,整个流域的径流对城镇化的响应开始变得明显,流域的径流深度和径流系数都有明显增大的趋势.

对西苕溪流域,利用研究区域1972~1985年的降雨径流资料和1985年的土地利用数据,对L-THIA模型进行率定和验证,模拟的平均年径流误差为6.6%,满足分析要求.在此基础上,利用1986~2003年的降雨径流资料,并结合2000年的土地利用资料,应用模型进行模拟分析,并对比这两个时期的径流变化.对比分析表明,1986~2003年的年径流深度由1975~1985年的813.4 mm增加到826.4 mm,增加了13 mm,且年径流系数增加了4%,而这一时期研究区内的城市化面积占流域面积比例已由上世纪80年代中期前的3.2%增加到目前的10.6%,这表明随着城市化的发展,不透水面积的增加,下渗水量减少,地表径流量增加,径流系数则相应增大.此外,借助L-THIA模型模拟预测了城市规模扩大对流域径流的影响,结果表明在相同雨量情况下,下垫面条件的变化是导致径流变化的主要因素,随着城市化的发展,径流深度和径流系数将会有显著增加.

为了进一步揭示在丰、平、枯典型年的降雨条件下,以城市化为代表的土地利用变化对径流的影响.通过1972~2005年的雨量资料的频率分析,选取了1983年、1998年、1972年作为丰、平、枯三种典型年,分别对

研究区 1985 年及 2002 年二期不同土地利用资料进行降雨径流模拟分析. 计算结果表明, 在相同城市化发展的土地利用变化条件下, 不同的年雨量对径流变化影响有较大差别, 土地利用变化对年径流深度的影响, 以枯水年最为明显, 丰水年最弱. 其原因是由于土地利用变化对于径流的影响还受到降雨特征的制约. 一般枯水年时雨量较小, 所形成的径流受流域土地利用变化调节作用大, 而在雨量较大的丰水年, 径流变化则主要受降雨特征的影响, 下垫面变化对径流的影响被减弱, 径流变化相对较小.

综上所述, 流域内城市化发展对径流量变化有较大的影响, 其中, 流域土地利用类型和土壤类型是影响径流量的主要因素, 而降雨量大小、降雨强度以及空间因素等对径流量的影响也不可忽视. 对同一地区而言, 城市地区的径流量要大于郊区. 一般随城市用地面积的扩大, 地表径流量也会相应增大, 城市化对径流的影响是一个长期的过程. 因此, 城市化过程中不能无限制的扩大城市规模, 要综合分析各种自然以及人为因素确定合适的城市规模, 使城市发展与其所在地域的自然环境相协调, 保证人与自然的和谐发展.

## 2.2 城市化对暴雨洪水影响

选择上述临安苕溪以及安吉西苕溪两个中小流域, 通过不同城市化发展时期暴雨洪水特性分析, 探讨城市化对洪水的影响. 首先通过对模型的参数率定和模型验证, 建立了适合研究区的次暴雨洪水模型; 然后模拟分析不同城市化发展阶段下土地利用变化对暴雨洪水特性的影响, 以寻求城市化发展对暴雨洪水的影响规律.

临安集水小流域的分析表明, 当城市用地比例由 70 年代的 0.5% 增加到 90 年代的 3.3% 时, 单次暴雨量 50.8 mm 产生的径流深度相应增加了 4.8 mm; 并且随着雨量的增加, 径流深度增加幅度进一步加大, 其增幅更加显著. 在相同的前期土壤含水量以及相同雨型的条件下, 随着城市化的发展, 不透水面积的增加, 径流深度增大, 径流系数也随之增加; 而降雨量对径流深度的影响也不容忽视, 符合在相同下垫面条件下, 雨量越大, 径流越大的规律.

而对于西苕溪流域, 采用不同量级、不同洪水过程特征的几场暴雨资料, 分析计算 1985 ~ 2002 年降水条件下, 不同城市化发展水平对同场降雨过程的影响. 模拟结果表明, 在同样的降雨条件下, 1985 ~ 2002 年城市化发展对流域出口流量过程的影响, 表现出洪峰流量增加, 径流深度增加, 而洪水过程的历时变化不是很显著. 此外, 通过对不同等级暴雨在不同城市化规模下的洪水模拟得知, 建设用地面积增加的程度会直接影响洪水要素的变化幅度.

## 2.3 城市化对暴雨洪水过程影响的实验研究

为更好分析该地区不同城市化水平对水文过程的影响, 特在西苕溪流域内分别选取了以城市化为代表的不同土地利用/地表覆盖类型的集水小流域, 开展同期降雨径流的对比观测. 所选的整个实验区集水面积约 35 km<sup>2</sup>, 每个实验小区面积约 4 ~ 15 km<sup>2</sup>, 整个实验以西苕溪支流递铺溪的安吉县城为中心实验区, 同时选取了该区周边的浒溪、石马港和梅园溪三个森林、灌草以及耕地为主的土地利用类型小流域设立水位流量自动监测点, 开展同期降雨径流以及暴雨洪水的同步观测实验分析. 此外, 在暴雨洪水期间还进行各小区水质资料采样分析, 以便开展以城市化为代表土地利用/地表覆盖变化对暴雨洪水以及径流与水质过程的观测实验研究.

通过近年数场不同集水小区同期实验观测, 将各种土地利用/地表覆盖类型洪水特性对比分析, 在此基础上, 以 GIS 与 RS 技术做支撑, 采用城市暴雨洪水模型, 对各集水小区暴雨洪水过程进行模拟分析, 探讨城市化发展条件下、流域内不同土地利用/地表覆盖变化对暴雨洪水过程的影响, 进一步揭示不同城市化水平对暴雨洪水过程的影响. 目前实验区观测正在进行中, 初步观测结果已可验证城市化地区洪峰加大, 洪水过程历时缩短等城市化区的水文变化规律.

## 3 城市化对河网水系和水环境的影响

长江三角洲地区大部分为平原水网区, 区内河道纵横, 水系发达. 随着城市化的发展, 不透水面积大幅度

增加,而湖泊水系则迅速衰减.区域内的南京市区在上世纪90年代十年间消失较大河流20多条,河网密度减少了25%;而上海市在上世纪90年代后半期5年左右的时间里河道总数就下降了21%,河湖水面面积则减少了23%,区内河网结构趋于简单,河网密度大幅度减小,导致该区洪涝灾害频繁发生,水污染状况不断加剧<sup>[7-10]</sup>.

为定量分析城市化发展对河流水系与水环境的影响,选择具有一定代表性的奉化江流域鄞东南平原区为研究对象,利用1990年和2003年两期遥感影像和土地利用图,并选用1992~2004年水量、水质监测资料.通过流域水系图的叠加分析、河网水系分级量算以及形态特征统计分析等方法,并结合各时期的土地利用状况以及水环境监测资料,分析了城镇化发展对河流水系格局以及水环境的影响,分析结果见表2<sup>[11]</sup>.

表2 鄞东南平原区大规模城镇化前后河流长度和河流面积

Tab.2 River length and area of Southeast Yin plain during urbanization on a large scale

河流特征	中心区		开发区		边缘区		合计		
	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003	
河流长度(km)	Ⅲ级	85.06	84.5	50.02	51.64	26.12	26.41		
	Ⅱ级	81.94	77.39	63.35	67.09	46.61	46.57	733.06	714.91
	Ⅰ级	160.51	149.36	129.96	126.46	89.49	85.49		
河流面积(km <sup>2</sup> )	Ⅲ级	2.49	2.09	1.69	1.32	0.7	0.65		
	Ⅱ级	1.88	1.4	1.25	1.35	0.9	0.88	16.92	14.59
	Ⅰ级	3.75	2.7	2.32	2.3	1.94	1.9		
河网密度 <sup>①</sup> (km/km <sup>2</sup> )	3.87	3.67	3.54	3.57	3.67	3.59	3.71	3.62	
河网水面率 <sup>②</sup> (%)	9.59	7.31	7.66	7.23	8.01	7.76	8.56	7.38	
平均长度比	1.55	1.51	1.76	1.66	1.87	1.81	1.68	1.61	
河网复杂度	11.55	11.05	14.59	14.24	18.63	18.01	13.64	13.19	

注:①河网密度=河流总长度/区域总面积,②河网水面率=河流总面积/区域总面积

由表2可以看出,研究区城镇化的快速发展,改变了流域河网的形态,造成河流缩窄变短,非主干河网数量不断减少,并呈持续下降的趋势.自1990~2003年间,研究区内众多小河流被填没淤堵而消失,河流累计缩短了18.15 km,平均河网密度和水面率分别减少了2.4%和13.8%,非主干河道河网水面率以平均每年1%的速率递减(表2),大大削弱了河网的调蓄能力.同时,研究区内的城镇排水系统功能还不完善,使得在这期间内洪水期平均最高洪水位以每年5.4 cm的速率上升,导致该区暴雨积水的概率增加,洪涝灾害的威胁逐年加重,城镇化使得洪水威胁明显增大.此外,从表2还可以看出,河网结构的变化与城镇化过程有直接的关系,随着城镇化水平的不断提高,研究区河网结构的单一趋势逐渐明显.

同时由于众多小河流被填没淤堵而消失,减弱了河流天然的蓄水排涝和自净功能,加上非汛期河网的补给水源不足,河道冲刷以及河流的自净纳污能力被严重削弱,河网水质持续恶化.1992年该区为Ⅲ类水质,而2004年本区Ⅴ类以上水质达85%.近年来城镇化的发展与水环境的恶化,具有相当的一致性,表明城镇化发展对河流水生态与水环境造成了较大影响<sup>[12]</sup>.

## 4 结 语

长江三角洲地区城市化快速发展对流域不透水面积与河流水系造成了较大影响,使得城镇化地区水文规律产生较大变化.城市化对径流的长期影响表现为:①径流深度和径流系数都有一定程度的增加;②不同类型降雨的雨量、次数都有增加;③平均河网密度和水面率下降,河流滞蓄洪涝水与水质净化能力明显下降,进而造成洪涝灾害加剧以及河流水质恶化等问题.因此在长江三角洲地区发展过程中,要重视城市化发展对水文、水资源与水环境的影响研究,遵循河流水系演化的自然规律,尽量保留原有的河道水系,维持适当的水面率,从而增强河网调蓄能力,减小洪水的威胁.此外应加强污染控制,改善湖泊与河流的水质状况,保护该

区域水生态与水环境. 只有这样才能确保长江三角洲地区经济的持续发展, 实现该地区水资源的可持续利用.

致谢: 参加本文研究工作的还有: 陈云霞, 秦莉莉, 李娜, 尹义星等, 在此一并表示感谢.

### 参 考 文 献:

- [1] 董增川. 对长江三角洲地区城市化进程水问题及对策思考. 中国水利, 2004(10): 14-15. (DONG Zeng-chuan. Think over the water problems and countermeasures in the urbanizing process of the Yangtze River delta. China Water Resources, 2004(10): 14-15. (in Chinese))
- [2] 许有鹏, 付重林, 周慧平, 等. 城市水资源与水环境[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 2003: 1-157. (XU You-peng, FU Chong-lin, ZHOU Hui-ping, et al. Urban water resources and water environment[M]. Guiyang: Guizhou People's Press, 2003: 1-157. (in Chinese))
- [3] 李娜, 许有鹏, 陈爽. 苏州城市化进程对降雨特征影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 335-339. (LI Na, XU You-peng, CHEN Shuang. Influence of urbanization on precipitation in Suzhou city[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(3): 335-339. (in Chinese))
- [4] 周建康, 黄红虎, 唐运忆, 等. 城市化对南京区域降水量变化的影响[J]. 长江科学院院报, 2003, 20(4): 44-46. (ZHOU Jian-kang, HUANG Hong-hu, TANG Yun-yi, et al. Influence of urbanization on regional precipitation variations[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2003, 20(4): 44-46. (in Chinese))
- [5] 秦莉莉, 陈云霞, 许有鹏. 城镇化对径流的长期影响研究[J]. 南京大学学报(自然科学), 2005, 41(3): 279-285. (QIN Li-li, CHEN Yun-xia, XU YOU-peng. A Research of long-term impact on runoff in urbanized areas[J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 2005, 41(3): 279-285. (in Chinese))
- [6] BEIGHLEY R E, MOGLEN G E. Trend assessment in rainfall-runoff behavior in urbanizing watersheds[J]. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 2002, 7(1): 27-34.
- [7] 陈莹, 许有鹏, 尹义星. 基于土地利用/覆被情景分析的长期水文效应研究——以西苕溪流域为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(2): 351-358. (CHEN Ying, XU You-peng, YIN Yi-xing. Simulation of the hydrologic response to land-use and land-cover changes scenarios: a case study of Xitiaoxi basin[J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(2): 351-358. (in Chinese))
- [8] 孟飞, 刘敏, 吴健平, 等. 高强度人类活动下河网水系时空变化分析——以浦东新区为例[J]. 资源科学, 2005, 27(6): 156-161. (MENG Fei, LIU Min, WU Jian-ping, et al. Dynamic changes of river network under intensive human activities: A case of Pudong New Area, Shanghai Municipality[J]. Resources Science, 2005, 27(6): 156-161. (in Chinese))
- [9] 王艳君. 城市化流域的土地利用变化对水文过程的影响——以秦淮河流域为例[D]. 南京: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 2006. (WANG Yan-jun. Influences of landuse change on hydrologic processes in urbanizing watersheds-Taking the Qinhuai River watershed as an example[D]. Nanjing: Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, 2006. (in Chinese))
- [10] REN Wen-wei, ZHONG Yang, MELIGRANA J, et al. Urbanization, land use, and water quality in Shanghai 1947~1996[J]. Environment International, 2003, 29(5): 649-659.
- [11] 陈云霞, 许有鹏, 付维军. 浙东沿海城镇化对河网水系的影响分析[J]. 水科学进展, 2007, 18(1): 68-73. (CHEN Yun-xia, XU You-peng, FU Wei-jun. Influences of urbanization on rivernetwork in the coastal areas of east Zhejiang Province[J]. Advances in Water Science, 2007, 18(1): 68-73. (in Chinese))
- [12] ARONICA G, CANNAROZZO M. Studying the hydrological response of urban catchments using a semi-distributed liner non-linear mode[J]. Journal of Hydrology, 2000, 238: 35-43.

## Impacts of urbanization on hydrology in the Yangtze River delta

XU You-peng, DING Jin-jia, CHEN Ying

(*School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China*)

**Abstract:** The Yangtze River delta is one of the most developed regions in China. With the rapid development of urbanization, impervious areas spread quickly, and drainage networks decline gradually, which have greatly influenced regional hydrology and water resources. The water quality is getting worse and worse. The flood and drought disasters have aggravated. Human living environment has changed and consequently sustainable development of economy is restricted. Taking several typical urbanizing areas in the Yangtze River delta as an example, this paper probes into the hydrological response of urbanization to hydrologic cycle and hydrological processes with the support of RS and GIS. The research centers on the impacts of urbanization on precipitation, hydrological process, river network, water environment and experimental observation of storm-runoff in the cities. Based on the above analysis, the characteristics of hydrological process under changing environment is modeled and predicted, and the utilization and protection of water resources is also addressed. The results of this study can provide useful support for regional economic development, flood prevention and water security.

**Key words:** urbanization; hydrological response; Yangtze River delta