

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20190422

太湖流域降雨与太湖水位关系分析

章杭惠^{1,2}, 刘曙光¹, 季同德³

(1.同济大学 土木工程学院,上海 200092; 2.水利部太湖流域管理局,上海 200434;
3.太湖流域管理局水文局(信息中心),上海 200434)

摘要:太湖流域快速城镇化、水利工程建设等人类活动对流域水文过程产生了较大影响。基于1981~2018年太湖流域日降雨、太湖水位实测资料,分析了流域降雨与太湖水位涨幅关系,旨在揭示变化环境下该地区降雨与水位关系的变化特征及可能的驱动因素。研究表明,2000年以来太湖水位抬高趋势明显,但同等时段降雨量条件下对应的太湖水位涨幅有所下降,且降雨量越大,太湖水位涨幅减小的越明显;流域各时段降雨与太湖水位涨幅相关关系约0.9,流域10d雨强每增加50mm,太湖水位涨幅约16cm。该研究成果可为太湖水位的中长期预报,尤其是对入汛前、入梅前等关键时间节点的太湖水位调控、雨洪资源利用等流域管理工作提供参考。

关键词:太湖;降雨;水位;降雨径流关系

中图分类号:TV11;TV124

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2021)01-0085-05

1 引言

太湖流域位于长三角经济发展的核心区域,受自然地理和人类活动的双重影响,洪灾是造成该地区经济损失的主要自然灾害^[1]。太湖流域水系是以太湖为中心的网状水系,太湖上游洪水通过西部沿湖几十条港注入太湖,经太湖调蓄后,再通过下游望虞河、太浦河两条骨干河道以及环湖港将洪水排入长江、东海和杭州湾。当太湖水位较高时,不仅不利于上游地区排涝,同时也会对周边及下游重要城市和城镇形成巨大的防洪压力。因此,太湖高水位及其持续时间直接表征了流域洪水规模及灾害影响^[2]。

2000年以来,太湖流域进入快速的城镇化发展阶段^[3-4],下垫面变化、河湖治理以及水利工程建设等一系列人类活动,使得流域水情规律发生较大变化,较为突出的是降雨和太湖、河道水位的响应关系^[5]。目前,太湖流域平原河网区的降雨与水位关系研究已取得较多成果^[6-8],而太湖本身的降雨-水位响应关系研究较少,且已有的研究成果主要基于短期预报模型。陆琛莉^[9]等应用物理量曲面拟合的方法对环太湖地区1960~1995

年间降雨量和水位关系进行分析,结果显示当月降水量与下月的太湖水位有很好的相关性。程媛华^[10]等对太湖流域水动力学模型和统计相关模型进行了重新率定和验证,短期预报效果良好。刘浏^[11]等利用水文-水动力学模型预测了太湖流域未来时段中不同下垫面变化下的水位变化情况,认为未来太湖流域最高水位和平均水位较基准期(1961~1990年)均显著升高。对于流域管理来说,结合当年的汛期雨量、梅雨量预测预报对太湖可能出现的最高水位做出快速判断,合理调控入汛前、入梅前等关键时间节点的太湖水位,是非常重要的。本文从长系列的流域降雨和太湖水位着手,旨在揭示太湖流域高度城镇化与大型水利工程运行调度等人类活动影响下的流域降雨、太湖水位的变化规律以及两者的相互关系,从而为太湖水位的中长期预报、流域洪涝灾害预警以及流域骨干工程综合调度提供技术参考。

2 研究区域概况

2.1 自然概况

太湖为大型浅水湖泊,地跨江苏、浙江两省,湖泊水

收稿日期:2019-11-28

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目“地域性村镇建筑洪灾灾变机理与区域防洪设计理论”(2018YFD1100401)

作者简介:章杭惠(1977-),女,浙江新昌人,硕士,高级工程师,主要研究方向为防洪减灾。E-mail:zhanghanghui@tba.gov.cn

通讯作者:刘曙光(1962-),男,江苏仪征人,博士,教授,主要研究方向为流域、城市、地下空间防洪减灾。E-mail:liusgliu@tongji.edu.cn

面积 2338km²,湖底平均高程 1.0m,平均水深1.89m^[12],是流域洪水和水资源调蓄中心^[13],西部山丘区来水经太湖调蓄后从东部流出,通过东部环太湖口门向周边及下游地区供水^[14]。

太湖流域是以太湖为中心的湖泊河网系统。根据河道水系分布、地形高差变化及洪涝特点等,太湖流域分成 7 个水利分区,其中太湖上游来水区 2 个,即湖西区 and 浙西区;太湖以东的平原区 4 个,即阳澄淀泖区、武澄锡虞区、杭嘉湖区以及浦东浦西区;太湖及周围零星山丘和湖中岛屿自成一区。主要径流汇入太湖的区域称为上游,主要水量流至太湖流域以外的区称为下游^[15]。即:湖西区、浙西区和太湖湖区为流域上游区,其它为下游区(见图 1)。



图 1 太湖流域水利分区及雨量站点分布

Fig.1 Rainfall station distribution and seven sub-areas in Taihu basin

2.2 流域降雨特性

太湖流域地处长江中下游,主要受季风环流影响,冬季受极地和变性极地大陆气团控制,气候干燥寒冷;夏季受海洋气团控制,气候炎热潮湿,降雨偏多。降雨时空分布呈较大差异,实测最大年降雨量为 1626mm(1954 年),最小 676mm(1978 年),多年平均降雨量 1177mm。

流域全年有 3 个明显雨季:春雨、梅雨和台风雨,其中梅雨和台风雨形成流域的主要径流量。梅雨一般发生在 6~7 月,此时热带海洋气团与极地大陆气团形成极锋,冷暖空气在流域上空交汇,形成连绵阴雨,梅雨期约 25d。梅雨的特点是持续时间长、降水范围广、总量大。台风雨一般发生在 7 月下旬至 9 月中旬,受台风(包括热带气旋)影响或过境形成。台风雨的特点是降雨历时短、强度大,往往造成局部性洪涝。太湖流域性洪水主要由梅雨形成,如 1954、1991、1993、1999、2016 年^[16-17],个别年份由台风雨(1962 年)或梅雨加台

风雨(1931 年、2009 年)形成。

2.3 太湖水位特征

太湖上游山区河流比降大、汇流快,一旦发生暴雨,上游洪涝水迅速汇入太湖,太湖水位迅速上涨。而太湖下游河网区地势平坦,流速较小(汛期一般为 0.3~0.5m/s),同时洪涝水外排还受到沿江沿海潮汐影响,致使河网水位下降缓慢,高水位持续时间较长^[18-19]。大洪水期间,流域骨干泄洪通道不仅要承泄太湖洪水,还要排泄两岸地区的涝水。多年防汛实践表明,太湖洪水的主要外排通道行洪与排涝矛盾突出,尤其是下游地区遭遇集中暴雨时,受区域涝水抢排影响,流域骨干河道排泄太湖洪水的能力受到明显制约,致使太湖水位居高不下。因此,太湖水位的涨幅与流域上下游降雨都有关系,太湖高水位是表征流域洪水规模及灾害影响的重要指标。

3 数据来源与分析

3.1 数据来源与处理

本研究收集了太湖流域 7 个水利分区和 106 个雨量代表站日降雨量系列整编资料(1981~2018 年)。雨量站设站年份多为 20 世纪 60 年代和 70 年代,资料系列较长,具有一定代表性。根据分区逐日面雨量和面积权系数(见表 1)得出太湖流域逐日面雨量。太湖平均水位采用西山、望亭、大浦口、夹浦、小梅口 5 个站的算术平均值,同时进行统一的基面订正,统计 1981~2018 年太湖逐日平均水位。

表 1 太湖流域分区面积及雨量权系数统计

Table1 Statistics of seven sub-areas and rainfall weight coefficients in Taihu basin

分区	湖西区	浙西区	杭嘉湖区	武澄锡虞区	阳澄淀泖区	太湖区	浦东浦西区	合计
面积 /km ²	7549	5931	7436	3928	4393	3192	4467	36895
权系数	0.205	0.161	0.202	0.106	0.119	0.087	0.121	1.0

3.2 流域降雨与太湖水位

从图 2 可以看出,1981~2018 年太湖流域降雨没有明显的增加趋势,多年平均降雨量为 1240.6mm,实测最大年降雨量为 1855.2mm(2016 年),最小年降雨量为 935.7mm(2003 年),极值比为 1.98。1981~2018 年太湖水位有明显的增加趋势(见图 3),平均抬升速率为 6.6mm/a,多年平均水位为 3.21m,实测最高年平均水位为 3.58m(2016 年),最低为 2.97m(1986 年、1997 年)。

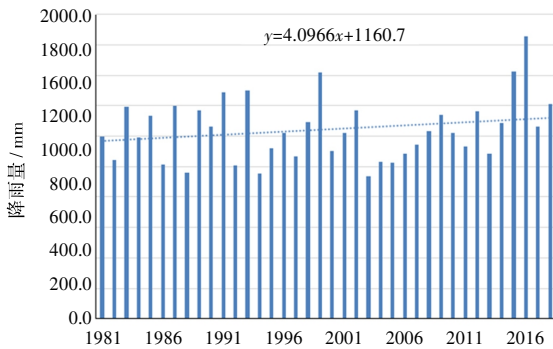


图2 太湖流域年降雨量变化

Fig.2 Variation of annual precipitation in Taihu basin

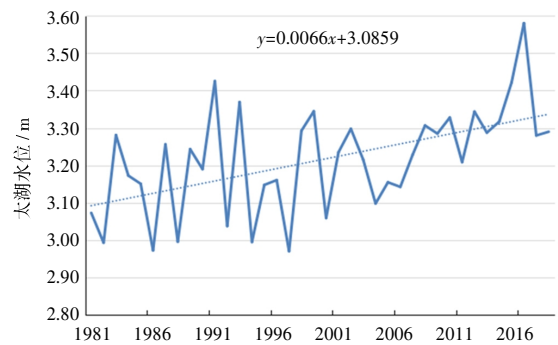


图3 太湖年平均水位变化

Fig.3 Annual average water level variation of Taihu lake

4 分析与讨论

4.1 流域时段降雨与太湖水位涨幅关系分析

2000年前后,太湖流域各省市逐渐进入城镇化快速发展阶段,一轮治太骨干工程基本实施完成,流域防洪工程减灾能力显著提升^[20-21],加上太湖水位涨幅和太湖上下游降雨都有关系,因此,本研究以2000年为界,分1981~1999年、2000~2018年两个系列分析流域降雨和太湖水位涨幅关系。选取太湖流域1981~2018年最大7d、15d、30d、45d和60d降雨量及相应出现起止日期,以及开始日及结束日滞后5d之间的太湖最高水位,计算本时段流域降水产生的太湖最大水位涨幅。太湖流域各时段最大雨量与相应的太湖水位涨幅建立相关关系,并绘制雨量~水位涨幅关系(见图4~5)。由图4知,2000年前流域各时段降雨与太湖水位涨幅的相关关系较好,除最大7d降雨量和太湖水位涨幅相关系数为0.78外,其它均在0.82以上,最大30d和45d降雨量和太湖水位涨幅相关系数分别为0.85和0.86。从图5看,2000年后流域降雨和太湖水位涨幅相关关系最好的是最大15d,为0.88;其次是最大30d和最大

45d,相关系数分别为0.85和0.82;最后是最大60d和最大7d,相关系数分别为0.7和0.62。可见,2000年后太湖水位的涨幅除了降雨,很有可能受到流域下垫面变化、水利工程调控等其它因素影响。总体来看,2000年以来,除了流域最大7d降雨,其它历时相对较长的流域降雨与太湖水位涨幅的相关系数达到0.7以上。

根据图4~5流域各时段降雨量和太湖水位涨幅关系直线方程,分别计算出各时段不同雨量对应的太湖水位涨幅(见表2)。由表2可知:(1)同等流域降雨,降雨时段越短,太湖水位涨幅越大;(2)与1981~1999年系列相比,2000~2018年同等流域降雨对应的太湖水位涨幅有所减少。比如最大30d流域降雨400mm,1981~1999年太湖水位涨幅1.11m,而2000~2018年对应的太湖水位涨幅为0.96m,减少0.15m;且时段降雨量越大,太湖水位涨幅减小越明显。这说明太湖防洪工程效益越来越凸显,这与2000年太湖流域一轮治太骨干工程完成、流域整体防洪能力明显提高的事实相符。

4.2 流域降雨雨强与太湖水位涨幅分析

由4.1分析可见,在自然和人类活动共同影响的

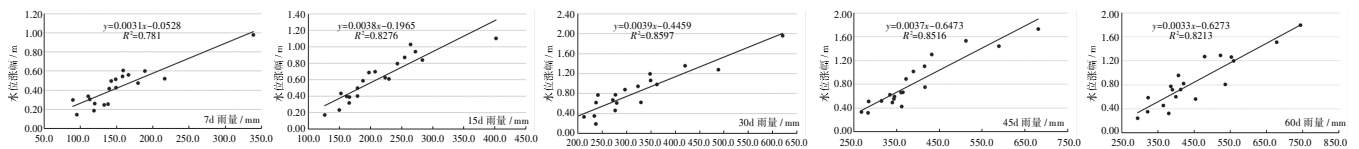


图4 1981~1999年太湖流域主要时段降雨量与太湖水位涨幅关系

Fig.4 Relationship between rainfall of different periods and water level rise in Taihu lake during main time periods from 1981 to 1999

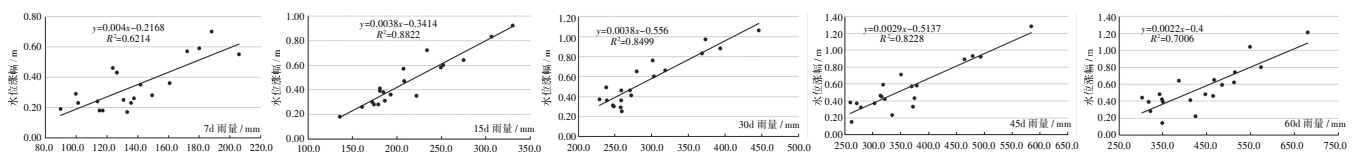


图5 2000~2018年太湖流域主要时段降雨量与太湖水位涨幅关系

Fig.5 Relationship between rainfall of different periods and water level rise in Taihu lake during main time periods from 2000 to 2018

表2 太湖流域各时段不同降雨量对应的太湖水位涨幅

Table2 Precipitation in different periods and its corresponding water level rises in Taihu lake

最大 15d 面雨量 /mm	太湖水位涨幅/m		最大 30d 面雨量 /mm	太湖水位涨幅/m		最大 45d 面雨量 /mm	太湖水位涨幅/m		最大 60d 面雨量 /mm	太湖水位涨幅/m	
	1981~1999	2000~2018		1981~1999	2000~2018		1981~1999	2000~2018		1981~1999	2000~2018
100	0.18	0.04									
200	0.56	0.42	200	0.33	0.20	200	0.10	0.07			
300	0.94	0.80	300	0.72	0.58	300	0.47	0.36	300	0.36	0.26
400	1.32	1.18	400	1.11	0.96	400	0.84	0.65	400	0.69	0.48
500	1.70	1.56	500	1.50	1.34	500	1.21	0.94	500	1.02	0.70
			600	1.89	1.72	600	1.58	1.23	600	1.35	0.92

变化环境背景下,流域降雨和太湖水位涨幅的响应关系发生了较大变化。因此,本研究选取2000年以后的流域降雨与太湖水位涨幅来分析10d雨强与太湖水位涨幅关系。首先将2000~2014年相关性超过0.7的流域各时段降雨,流域最大15d、30d、45d和60d降雨折算为流域10d降雨雨强,相应的太湖水位涨幅同理折算,然后绘制流域降雨雨强与太湖水位涨幅相关关系曲线(见图6)。由图可见:两者的相关系数达到0.89,流域10d雨强每增加50mm,太湖水位涨幅约16cm。

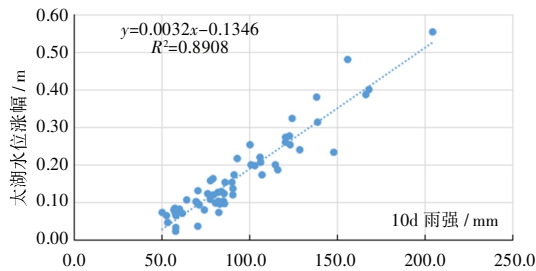


图6 2000~2014年太湖流域10d雨强与太湖水位涨幅关系

Fig.6 Relationship between 10-day precipitation intensity and water level rise in Taihu lake from 2000 to 2014

4.3 洪水验证

2000年以来太湖流域大洪水不多,太湖水位超过4.0m的有2009年、2015年和2016年。由于2009年太湖高水位主要由台风造成,台风降雨过程一般不超过3天,因此选用2015年和2016年大洪水进行验证。

2015年,太湖流域6月7日入梅,7月13日出梅,梅雨期36d,梅雨量423.7mm,较常年偏多9成;太湖最高水位4.19m,出现在7月13日。根据图6流域降雨和太湖水位涨幅的相关关系,流域梅雨量423.7mm,折算后10d雨强为117.7mm(=423.7mm/(36d/10d)),可导致太湖水位上涨0.87m(=0.0032×117.7mm-0.1346)×3.6)。而2015年入梅日太湖水位3.28m,实际涨幅为0.91m(=4.19m-3.28m),两者相差0.04m,较为接近。

2016年,太湖流域6月19日入梅(太湖水位3.77m),

7月20日出梅,梅雨期为31d,梅雨量426.8mm;最高水位4.88m,出现在7月8日。据统计,6月19日至7月8日,太湖流域19d降雨量为364.3mm,折算后10d雨强为191.7mm(364.3mm/(19d/10d)),可导致太湖水位上涨0.91m((0.0032×191.7-0.1346)×1.9)。根据2016年实际情况,入梅后太湖水位涨幅为1.11m,两者差0.20m。计算值偏小的原因主要在于:2016年太湖流域为非典型梅雨,入梅前已有多场降雨过程,前期土壤含水量较高,因此,按公式计算的太湖水位涨幅较2016年梅雨期实际涨幅低。若按“流域雨强每增加50mm,太湖水位上涨16cm”推算,降雨量364.3mm对应的太湖水位涨幅可达1.17m,和实际涨幅1.11m较为接近。

5 结语

太湖水位是表征太湖及流域防洪情势的重要指标。通常,太湖年最高水位出现在梅雨期,且太湖最高水位出现后的梅雨量相对较少。据统计,2011年以来有4年太湖年最高水位出现在出梅日,有4年的年最高水位出现在出梅日前4d,出现最高水位后的梅雨量占梅雨总量的7%左右。因此,利用主汛期、梅雨期的预报雨量,基于流域雨强和太湖水位涨幅的相关关系,预判汛期、梅雨期太湖最高洪水位,提前调控入汛前、入梅前的太湖水位,是有实际意义的,可为中长期太湖水位预测预报、太湖雨洪资源利用和流域骨干工程调度管理等工作提供技术参考。

参考文献:

- [1] Hu Z J, Wang L L, Tang H W, et al. Prediction of the future flood severity in plain river network region based on numerical model: A case study [J]. Journal of Hydrodynamics, 2017,29(4):586-595.
- [2] 吴浩云,王银堂,胡庆芳,等.太湖流域洪水识别与洪水资源利用约束分析[J].水利水运工程学报,2016,(5):1-8. (WU Haoyun, WANG Yintang, HU Qingfang, et al. Flood identification and constraints

- analysis for flood resources utilization in Taihu Lake basin [J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2016,(5):1-8.
- [3] 诸发文,伍永年,姚淑君. 快速城镇化背景下太湖流域重大水利问题和科技需求[J]. *中国水利*, 2015,(8):18-21. (ZHU Fawen, WU Yongnian, YAO Shujun. Key issues of water conservancy in the Taihu lake basin and sci-tech demands under fast urbanization [J]. *China Water Resources*, 2015,(8):18-21. (in Chinese))
- [4] 吴娟,林荷娟,武剑,等. 江南运河水文情势变化分析[J]. *水文*, 2018,38(4):78-82. (WU Juan, LIN Hejuan, WU Jian, et al. Analysis of hydrological regime of Jiangnan Canal [J]. *Journal of China Hydrology*, 2018,38(4):78-82. (in Chinese))
- [5] Song S, Xu Y P, Zhang J X, et al. The long-term water level dynamics during urbanization in plain catchment in Yangtze River Delta [J]. *Agricultural Water Management*, 2016,174:93-102.
- [6] 徐光来,许有鹏,罗贤,等. 近50年人类活动引起的杭嘉湖平原区水位变化[J]. *地理科学*, 2012,32(10):1262-1268. (XU Guanglai, XU Youpeng, Luo Xian, et al. Changes of water level induced by human activities at Hangzhou-Jiaxing-Huzhou plain in recent 50 years. *Scientia Geographica Sinica*, 2012,32(10):1262-1268. (in Chinese))
- [7] 尹义星,许有鹏,陈莹. 太湖流域典型区50年代以来极值水位时空变化[J]. *地理研究*, 2011,30(6):1077-1088. (YIN Yixing, XU Youpeng, CHEN Ying. Temporal and spatial changes of extreme water levels in the typical regions of Taihu Lake basin since the 1950s [J]. *Geographical Research*, 2011,30(6):1077-1088. (in Chinese))
- [8] 王杰,许有鹏,王跃峰,等. 平原河网地区人类活动对降雨-水位关系的影响—以太湖流域杭嘉湖地区为例[J]. *湖泊科学*, 2019,31(3):779-787. (WANG Jie, XU Youpeng, WANG Yuefeng, et al. Impacts of anthropogenic activity on the response of water level to rainfall in the urbanized plain river network: A case study in the Hangzhou-Jiaxing-Huzhou region of Taihu Basin [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2019,31(3):779-787. (in Chinese))
- [9] 陆琛莉,范柏松,朱莲芳. 环太湖地区汛期降水量与太湖水位的关系[J]. *气象科学*, 2000,20(1):51-56. (LU Chenli, FAN Bosong, ZHU Lianfang. Relation between precipitation around Taihu in the flood season and Taihu water level [J]. *Scientia Meteorologica Sinica*, 2000,20(1):51-56. (in Chinese))
- [10] 程媛华,林荷娟,冯曦. 太湖水位预报模型在太湖流域的应用[A]. 中国水文科技新发展—2012中国水文学学术讨论会, 2012:338. (CHENG Yuanhua, LIN Hejuan, FENG Xi. Application of water level prediction model in Taihu Lake basin [A]. 2012 China Hydrology Symposium, 2012:338. (in Chinese))
- [11] 刘浏,胡昌伟,徐宗学,等. 情景分析技术在未来太湖水位预见中的应用[J]. *水利学报*, 2012,43(4):404-413. (LIU Liu, HU Changwei, XU Zongxue, et al. Application of scenario analysis technique on future water level foresight of the Taihu Lake [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2012,43(4):404-413. (in Chinese))
- [12] Liu L, Xu Z X, Reynard N S, et al. Hydrological analysis for water level projections in Taihu lake, China [J]. *Journal of Flood Risk Management*, 2013,6(1):14-22.
- [13] Wang L, Cai Y L, Chen H Q, et al. Flood disaster in Taihu basin, China: causal chain and policy option analyses [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2011,63(5):1119-1124.
- [14] 汪大为,陈红. 太湖流域沿长江及环太湖引排水量趋势分析[J]. *水利规划与设计*, 2016,(1):54-56. (WANG Dawei, CHEN Hong. Analysis of water change trend along the Yangtze river and around Taihu lake [J]. *Water Conservancy Planning and Design*, 2016,(1):54-56. (in Chinese))
- [15] 耿玉琴. 太湖流域降雨时空分布规律分析[J]. *海河水利*, 2003,(3):33-35. (GENG Yuqin. Analysis of spatial and temporal distribution of precipitation in Taihu basin [J]. *Haihe river water resources*, 2003,(3):33-35. (in Chinese))
- [16] 吴浩云,管惟庆. 1991年太湖流域洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1999. (WU Haoyun, GUAN Weiqing. 1991 Flood in the Taihu Lake Basin [M]. Beijing: China Water Power Press, 1999. (in Chinese))
- [17] 欧炎伦,吴浩云. 1999年太湖流域洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001. (OU Yanlun, WU Haoyun. 1999 Catastrophic Flood in the Taihu Lake Basin [M]. Beijing: China Water Power Press, 2001. (in Chinese))
- [18] 叶建春,章杭惠. 太湖流域洪水风险管理实践与思考[J]. *水利水电科技进展*, 2015, 35(5):136-141. (YE Jianchun, ZHANG Hanghui. Practices and thinking of flood risk management in Taihu lake Basin [J]. *Advances in Science and Technology of Water Resource*, 2015,35(5):136-141. (in Chinese))
- [19] Zhang H, Liu S, Ye J, et al. Model simulations of potential contribution of the proposed Huangpu Gate to flood control in the Lake Taihu basin of China [J]. *Hydrology Earth and System Science*, 2017,21:5339-5355.
- [20] 许有鹏. 长江三角洲地区城市化对流域水系与水文过程的影响[M]. 北京:科学出版社, 2012. (XU Youpeng. Impacts of Urbanization on River System and Hydrological Process in the Yangtze River Delta [M]. Beijing: Science Press, 2012. (in Chinese))
- [21] 伍永年,黄巧盟,张祎昶,等. 太湖流域防汛抗旱减灾体系建设与成就[J]. *中国防汛抗旱*, 2019,29(10):89-98. (WU Yongnian, HUANG Yumeng, ZHANG Yiyang, et al. Construction and achievements of flood control, drought relief and disaster reduction systems in the Taihu Basin [J]. *China Flood & Drought Management*, 2019, 29(10):89-98. (in Chinese))

Analysis on the Relationship between Rainfall of Taihu Basin and Water Level of Taihu Lake

ZHANG Hanghui^{1,2}, LIU Shuguang¹, JI Tongde³

(1. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources, Shanghai 200434, China;

3. Bureau of Hydrology (Information Center) of Taihu Basin Authority, Shanghai 200434, China) (下转第 41 页)

- [12] 胡兴林. 黑河流域径流演变规律及区域性水资源优化配置分析[J]. 水文, 2003,23(1):32-35. (HU Xinglin. Analysis on runoff variation regularity and regional water resources optimum allocation in the Heihe River basin [J]. Journal of China Hydrology, 2003,23(1):32-35. (in Chinese))
- [13] 左海凤, 武淑林, 邵景力, 等. 山丘区河川基流 BFI 程序分割方法的运用与分析—以汾河流域河盆水文站为例[J]. 水文, 2007,21(1):69-71. (ZUO Haifeng, WU Shulin, SHAO Jingli, et al. Application of computerized base-flow separation method with BFI program in mountainous areas [J]. Journal of China Hydrology, 2007,21(1):69-71. (in Chinese))
- [14] Pettyjohn W A, Henning R. Preliminary estimate of ground-water recharge rates, related stream-flow and water quality in Ohio [R]. Columbus, Ohio, United States: Ohio State University Water Resources Center, 1979.
- [15] 陈利群, 刘昌明, 李发东. 基流研究综述[J]. 地理科学进展, 2006,25 (1):1-15. (CHEN Liqun, LIU Changming, LI Fadong. Reviews on base flow researches [J]. Progress in Geography, 2006,25(1):1-15. (in Chinese))
- [16] 张文娜, 刘志辉, 王荣军, 等. 数字滤波法在天山北坡军塘湖河流域流量基流分割中的应用[J]. 干旱区研究, 2015,32(1):35-39. (ZHANG Wenna, LIU Zhihui, WANG Rongjun, et al. Application of digital filtering theory in baseflow separation of Juntanghu River watershed in northern slope of the Tianshan Mountains [J]. Arid Zone Research, 2015,32(1):35-39. (in Chinese))
- [17] 崔玉洁, 刘德富, 宋林旭, 等. 数字滤波法在三峡库区香溪河流域基流分割中的应用[J]. 水文, 2011,31(6):18-23. (CUI Yujie, LIU Defu, SONG Linxu, et al. Application of digital filtering theory in baseflow separation in Xiangxi River watershed of Three Gorges reservoir area [J]. Journal of China Hydrology, 2011,31(6):18-23. (in Chinese))
- [18] 林凯荣, 陈晓宏, 江涛, 等. 数字滤波法进行基流分割的应用研究[J]. 水利发电, 2008,34(6):28-30. (LIN Kairong, CHEN Xiaohong, JIANG Tao, et al. Application and study on base flow separation using digital filter [J]. Water Power, 2008,34(6):28-30. (in Chinese))
- [19] 黄文, 李占玲, 徐宗学, 等. 基流分割方法在寒旱区流域的适用性分析[J]. 水文, 2018,38(3):21-28. (HUANG Wen, LI Zhanling, XU Zongxue, et al. Suitability analysis different baseflow separation methods in cold and arid watershed [J]. Journal of China Hydrology, 2018,38(3):21-28. (in Chinese))

Research on Base Flow Separation at Youyang River Basin in Flood Season of Typical Flow Years

LEI Yukuan

(Youyang Tujia and Miao Autonomous County Water Resources Bureau, Youyang 409899, China)

Abstract: Base flow separation is one of the most important and difficult problems in hydrological research. At present, there are many methods to solve it. Based on the daily average flow data in the flood season of typical flow years, this paper used 6 methods, including the Chapman-Maxwell Improved Equation Digital Filtering method (filtering once: $N=1$, filtering twice: $N=2$), BFI (Base Flow Index) method, Fixed Interval HYSEP (Hydrograph Separation Program) method, Sliding Interval HYSEP method and Local Minimum HYSEP method to separate the base flow. By analyzing their base flow separation lines and statistical characteristic data, the results show that: among the six methods, use the Chapman-Maxwell Improved Equation Digital Filtering method for filtering twice is most in line with the base flow general characteristics, and it is the best method to reflect the characteristics of precipitation-runoff relationship in Youyang River basin.

Key words: base flow separation; typical flow year; flood season; digital filtering method; BFI (Base Flow Index) method; HYSEP (Hydrograph Separation Program) method

(上接第 89 页)

Abstract: The rapid urbanization and water conservancy constructions in Taihu basin have had a great impact on the hydrological process of the whole area. Based on the data of precipitation in Taihu basin and the daily water level of Taihu lake during 1981-1999 and 2000-2018, the relationship between the lake's water level and the regional precipitation were analyzed. The changing characteristics and the possible driving factors of this relationship within a changing environment were revealed. Results show that the water level of Taihu lake has increased significantly, but the corresponding water level rise in the lake has decreased under the same period's precipitation since 2000. And it is investigated that the greater the precipitation is, the more significant of water-level rise in Taihu lake will decrease. The correlation coefficient between the precipitation intensity of the basin and the water-level rise of Taihu Lake has reached 0.9. When the precipitation intensity increased by 50 mm in 10 days, the water level in Taihu Lake increases by about 16cm as a response.

Key words: Taihu Lake; precipitation; water level; rain-runoff relationship