

文章编号: 1673-1719 (2008) 06-0324-06

气候变化对淮河防洪与排涝管理项目的影响及适应对策研究

程晓陶¹, 王 静¹, 夏 军², 任国玉³

(1 中国水利水电科学研究院防洪减灾研究所, 北京 100038;
2 中国科学院地理科学与资源研究所陆地水循环及
地表过程重点实验室, 北京 100101; 3 中国
气象局国家气候中心, 北京 100081)

摘要:以“淮河流域重点平原洼地治理工程外资项目”为对象, 综合分析了流域内地理气候、经济社会、河流水系及防洪体系的相互关系与演变特征。在气候变化影响下, 流域3种类型的洪水中, 由持续一两个月的长历时降水形成的量大但不集中的洪水, 对平原洼地农业发展及治理工程效益的影响最为显著。在此基础上, 对气候变化可能造成的影响进行了半定量分析, 并提出了增强排涝能力与提高自适应能力并举的应对方案。

关键词:气候变化; 淮河流域; 防洪排涝; 洼地; 适应性措施

中图分类号:TV213.4/P467 **文献标识码:**A

引言

淮河防洪与排涝管理项目案例研究是中英合作项目——“气候变化对水资源影响的适应性评估与管理框架: 中国实例研究”的案例之一。它以“淮河流域重点平原洼地治理工程外资项目”为对象, 基于淮河流域气候变化趋势的预测结果, 分析气候变化对工程预期效益的影响, 并提出可能的应对方案, 为区域制定应对气候变化影响的防洪排涝管理措施提供依据。同时, 研究的整体思路和方法对今后开展气候变化对防洪与排涝影响的深入分析具有一定的借鉴意义。

目前, 气候变化对未来的影响成为世界各国关注的热点, 研究的内容从对区域水资源平均可用水量的长期变化趋向, 逐步扩展为对洪水、干旱等极

端事件的影响分析^[1]。传统的研究气候变化影响的方法是利用全球气候模型(GCMs)的输出结果(一般为气温和降水量变化)作为其后相关模型的输入, 但这种方法比较适用于气候变化对水资源系统的影响评价。对于气候变化对水旱极端事件的影响, 由于全球气候模型采用的是情景分析的方法, 且现有的气候模型与水文模型在时空尺度上存在着量级上的巨大差异^[2-3], 所以其预测结果尚有很大的不确定性。Cunderlik等^[4]采用天气发生器模拟生成长系列的基于历史实测数据和全球气候模型输出结果的日降雨数据, 并结合水文模型得到长系列的水文变量分布, 通过频率分析可以判断区域洪水风险在气候变化影响下的变化幅度, 但其准确性严重依赖于天气发生器和水文模型的精度。

我国关于气候变化对洪水极端事件影响的研究

收稿日期: 2008-04-09; 修订日期: 2008-04-23

基金项目: 国家发展和改革委员会中英科技合作项目“气候变化对水资源影响的适应性评估与管理框架: 中国实例研究”; 国家自然科学基金重点项目(50739003); 国家自然科学基金创新研究群体基金项目(50721006)资助

作者简介: 程晓陶(1955-), 男, 教授级高工, 主要从事防洪减灾研究。E-mail: chengxt@iwahr.com

较少，郭生练^[5]建立了采用月水量平衡模型和洪水频率评价模型相结合的分析方法，以确定气候变化对洪峰流量及洪水频率的影响。但其假定“月平均流量和月最大洪峰流量是密切相关的”，并不适用于所有区域。因此，在气候变化对水旱极端事件的影响研究中需要注重综合分析区域的特征，探讨适宜和可行的评估方法。

1 研究方法

本案例采用“气候变化对水资源影响的适应性评估与管理框架：中国实例研究”项目提出的气候变化适应性评估管理的基本框架，针对评估对象的特点与项目评估的具体要求，对基本分析步骤加以细化。研究流程如图 1 所示。

2 淮河流域防洪与排涝概况

淮河是我国七大江河之一，位于我国南北气候过渡带，流域面积为 27 万 km²。流域内粮食总产量占全国的 1/6，煤炭产量占 1/8，是我国重要的粮、棉、油生产基地和能源基地，且有京沪、京广、京九、陇海等 7 条重要的铁路通过腹地，14 条国道纵横贯穿。流域内人口稠密，预计到 21 世纪 20 年代，淮河流域人口将达到 1.9 亿，平均人口密度达到 704 人/km²；约

有 1.3 亿人、900 万 hm² 耕地处于洪水威胁之下^[6]。一旦洪涝灾害肆虐，对当地经济的平稳发展与社会安定必将造成重大的影响。

淮河中上游水系为非对称的羽状河流，发源于南部山区的众多支流源短流急，而发源于北部广阔平原区的众多支流则相对较长且比降平缓。各支流洪水在平原区相继不断汇入干流，由于来水组合的多样性，从而形成了淮河洪水复杂多变的水文特征。正是其特殊的地理位置、地形和气候条件，使得淮河流域具有易旱易涝的特征。流域内洪水都是由暴雨引发的，大致可以分为 3 种类型^[7]：1) 由持续一个月左右的大面积暴雨形成全流域性的洪水，量大而集中，如 1931、1954 年洪水；2) 由持续一两个月的长历时降水形成，汛期洪水总量大但不集中，构成长时间的防洪压力，对干流的影响不如前者严重，但在平原区因洪致涝的问题更为突出，例如 1921、1991、2003、2007 年洪水；3) 由一两次大暴雨形成的局部洪水，暴雨中心地区降雨强度很大，但形成的洪水总量不大，如 1968 年淮河上游洪水与 1975 年洪汝河、沙颍河流域洪水。

1991 年以前，淮河流域重要防洪保护区的标准大多为 10~20 a 一遇，排涝标准一般不足 3 a 一遇。1991 年大水后，治淮 19 项骨干工程开始实施，其治理范围为淮河干流与主要支流，旨在将淮河的防洪标准从 5~50 a 一遇提高到 20~100 a 一遇，工程已

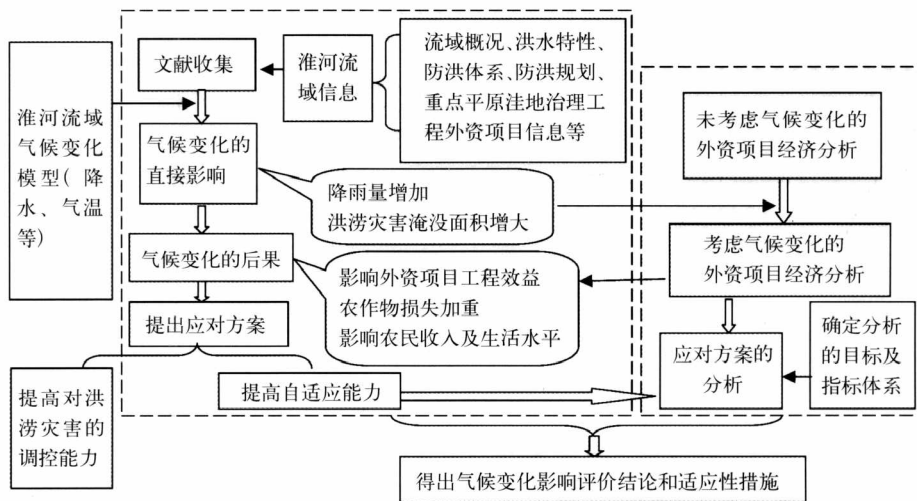


图 1 案例研究流程图

Fig. 1 Flowchart for the case study

于2007年底基本完成。到2020年淮河防洪规划将投资1554亿元人民币,以继续增强淮河的防洪能力,使得淮河中游主要防洪保护区的防洪标准从目前不足50 a一遇提高到100 a一遇,洪泽湖周边地区与流域下游防洪保护区的防洪标准从50~70 a一遇提高到300 a一遇,沂沭泗河水系的防洪标准从20 a一遇提高到50 a一遇^[8]。以上由中央政府统一规划和投资的防洪排涝项目都是针对淮河干流及主要支流的治理,而淮河流域重点平原洼地治理工程外资项目将集中用于在一些较为贫困的乡村地区兴建一批中小型工程。这些工程分布于淮河流域四省的支流上,涉及的总面积达10659 km²,旨在将一些沿河低洼地带的排涝标准从3~5 a一遇提高到5~20 a一遇^[9]。

3 气候变化对淮河防洪与排涝管理项目的影响评估

3.1 未来气候变化的预测结果

8种气候模型对A2与B2温室气体排放情景的模拟表明^[10],淮河流域年与季节的气温和降水量在未来至2050年均有所增加的趋势。气温的增幅在冬季更为显著;而从降水量相对以往同期均值所增加的比例来看,尽管夏季增加的比值较冬季略小,但因降水主要集中于夏季,夏季降水量的基数远大于冬季,未来夏季降水量会增加得更多(表1)。

表1 2050年A2、B2情景下模拟的淮河流域年与季节气温/降水量变化(单位: %)

Table 1 Ensemble annual and seasonal temperature/precipitation changes in the Huaihe River basin in 2050 as simulated by eight climate models under A2 and B2 scenarios (unit: %)

区域	年度	冬季	春季	夏季	秋季
淮河	2.1/4	2.5/6	2.3/3	2.0/5	1.5/2
中国	2.2/5	2.5/6	2.3/5	1.9/5	1.8/3

淮河流域位于我国南北气候的过渡带,未来降水量的预测具有一定的不确定性。考虑到气候变化对淮河流域的影响,应该对水旱灾害极端事件频发并重的局面有所准备。但是,目前还难以依据气候

变化的预测对流域中未来洪水特性的变化,如重现期与量级等,作出定量的分析^[11-13]。

3.2 气候变化影响的半定量分析

本案例研究所涉及的区域,均散布在沿淮各支流防洪保护区的低洼地中,在人口增长的压力下,这些地区今后仍将保持为农业经济状态。随着淮河流域防洪体系的增强,在防洪保护区中因河道洪水泛滥造成的淹没区域会有所减少。然而,在气候变化条件下,降水量增加,河道中高水位持续的时间有可能延长,而且随着一些城镇防洪排涝标准的提高,汇集到低洼区域的水量也可能增大。因此,低洼区域中内涝的风险有可能相应上升。这些变化会加重平原洼地的排涝负担与成本,并加重农作物的渍涝损失。

分析表明,在气候变化影响下,第2种类型的洪水,即淮河流域持续一两个月以上长历时降水形成的量大但不集中的洪水,对平原洼地农业发展及治理工程效益的影响最为显著。就第1种、第3种类型的洪水而言,目前并无迹象或研究结果表明其发生的可能性会持续增大,一旦这两类洪水重现,其强度必然超出平原洼地的排涝标准(5~20 a一遇)。而第2种类型洪水,不仅有更为频发的迹象,而且其峰谷交替的特点(以2003年洪水为例,如图3、图4所示),又为充分利用排涝工程减轻涝灾损失提供了机会。因此,以第2种类型洪水为主要对象,研究气候变化对平原洼地治理工程的影响具有重要的现实意义。

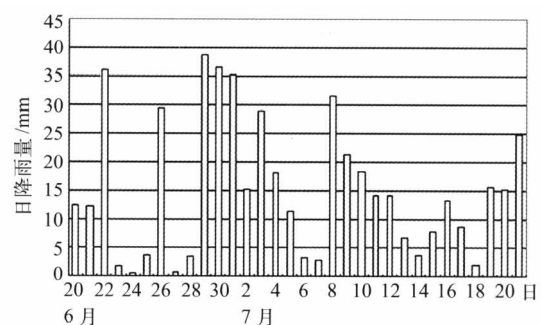


图3 2003年6月20日至7月21日淮河流域日降雨量
Fig. 3 Daily rainfall over the Huaihe River basin from June 20 to July 21, 2003

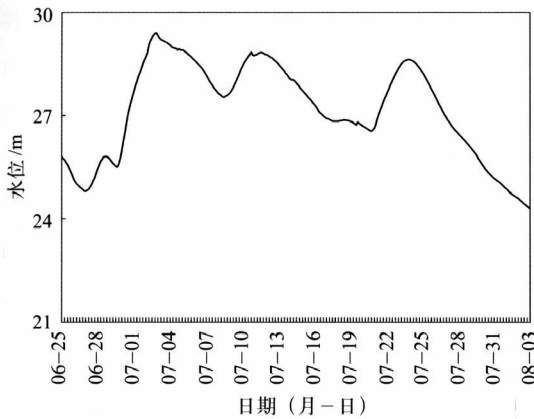


图4 2003年6月25日至8月3日08:00王家坝站洪水水位过程线

Fig. 4 Hydrograph for Wangjiaba station in the Huaihe River at 08:00 BST from June 25 to August 3, 2003

由于现有的气候模型仅能预测流域未来降水总量的变化趋势,无法给出极端降雨事件的定量值,所以本案例假设流域降水总量与淹没面积存在一定的比例关系。同时,考虑到气候变化影响的不确定性,假定不同降水量造成的淹没面积的变化幅度为10%,即未来至2050年淮河流域在夏季降水量增加5%时,相应的淹没面积的变动范围为-5%~15%。

根据淮河流域重点平原洼地治理工程的项目可行性研究报告^[9]可知,淮河流域重点平原洼地治理工程治理总面积为10659.23 km²,治理范围内耕地总面积为96万 hm²,主体工程土方开挖6571.51万 m³。工程静态总投资323382.18万元,年运行费用12161.7

万元,流动资金为1216.2万元,工程年费用现值合计424092万元;工程主要效益是提高防洪和排涝能力,多年平均除涝效益为43253万元,另外还具有一定的灌溉和航运效益,多年平均效益合计为162547万元,在社会折现率12%的情况下,效益现值为756761万元。经济净现值为332669万元,经济效益费用比为1.78,产出大于投入,说明淮河流域重点平原洼地治理工程在经济上是可行且非常必要的。

以上经济评价结果是在未考虑未来气候变化影响下得出的。未来至2050年,根据气候模型预测,淮河流域降水量在夏季可能增加5%。在此情况下,即使淮河流域重点平原洼地治理工程按设计标准运行,农田渍涝面积较未考虑气候变化影响时的分析结果仍会增大,工程除涝效益相对减小。同样,如假定这些排涝工程可以排出由于降水量增加而增加的涝水,但此时工程运行成本也会相应增加,从而导致淮河流域重点平原洼地治理工程不能实现预期效益。初步估算(表2):在未考虑气候变化影响的情况下,淮河流域重点平原洼地治理工程多年平均内涝减淹面积为6.39万 hm²,多年平均除涝效益为43253万元^[9],单位内涝减淹面积的平均除涝效益为6765元/hm²。当降水量增加5%时,按比例关系初步估计,多年平均内涝减淹面积为6.75万~5.41万 hm²,则除涝效益的变动范围为-2356万~6679万元。另外,由于流域降水量增加,洼地治理工程的防洪效益也将受到影响。

表2 考虑气候变化影响下淮河流域重点平原洼地治理工程效益分析
Table 2 Economic analysis results of the Huaihe River Basin Flood Management and Drainage Improvement Project after considering the effect of climate change

省份	多年平均内涝成灾面积/万 hm ²			多年平均内涝减淹面积/万 hm ²	
	现状	工程后(是否考虑气候变化)		工程后(是否考虑气候变化)	
		否	是	否	是
安徽	4.64	1.81	1.71~2.09	2.83	2.93~2.55
河南	4.93	3.10	2.93~3.59	1.82	2.00~1.34
山东	2.38	1.05	1.00~1.22	1.32	1.38~1.16
江苏				0.42	0.44~0.36
合计				6.39	6.75~5.41

4 洪涝风险特征分析

由于淮河流域重点平原洼地治理工程项目中每一项工程都不是孤立存在的,只有在流域整体的背景下进行气候变化影响分析,才可能针对水旱灾害风险增长的趋势找到可行的应对措施。因此,选择整个项目作为研究目标(对象),进行详细分析。在确定应对未来气候变化影响的方案时,需要重点考虑淮河流域洪涝灾害风险中的特征,主要包括:

(1) 因洪至涝。在发生一般局部暴雨的情况下,平原涝水可以通过排涝能力的提高尽快排入淮河干流,减轻涝灾的损失。但在遭遇流域型大洪水的情况下,受外河洪水长时间高水位的顶托,内涝难以外排甚至限制外排。在未来降雨量增加的情况下,这种风险有可能增加。

(2) 因渍成灾。在平原洼地农田上,即使表面涝水排除,如果地下水位过高,土壤含水量过大,在外河洪水长时段高水位的作用下,仍然会导致农作物的损失。因此,在未来降雨量可能增加的情况下,平原洼地排涝工程仅排除表面积水显然是不够的。

(3) 旱涝交加。淮河流域是旱涝灾害并重的区域。对于以农业经济为主的淮河平原,农作物对旱涝都很敏感。在未来气候可能旱涝并重的趋势下,如果单纯强调排水一个方面,一旦转入旱期,又会为无水可用而发愁。

5 应对方案

在气候变化影响下,淮河流域平原洼地治理一方面需要提高防洪排涝的能力,另一方面需要进一步考虑如何增强区域对水旱灾害的自适应能力^[14]。因此,提出以下建议:

(1) 加强低洼农田改造的基本建设。在骨干排水渠两侧开挖配套的排水沟网与蓄水塘,使得农田地面相对抬高,既增加雨洪调蓄水面和容积,提高排涝能力,降低“渍灾”的危害,又有利于将部分雨

洪转变为水资源,减轻旱灾的影响。此项工作的难度在于如何统一做好合理的规划,引导已经分田包产到户的农民组织起来,使得规划能够逐步实施。

(2) 分区排水、高水高排。根据淮河流域地形沿河道走向逐渐降低的趋势,沿等高线方向布置排水渠,并设置部分垂直于等高线方向的主渠,从而实现高水高排。过去平原洼地群众不愿意修建泵站的主要原因是泵站排除的是从上游广大平原上汇集的雨水,但是要占用下游自己的土地并承担排涝的成本。如果在总体规划上能够形成分区排水、高水高排的格局,则可以减少群众的顾虑,有利于从整体上增强适应水旱灾害的能力。

(3) 加强洪水监测、预报、预警、调度系统的建设。2007年19项治淮骨干工程基本建成后,水利工程体系的合理调度运用将更加依赖于非工程体系的发展运用水平。新建大量平原洼地的排涝工程,要发挥预期作用,实现预期效益,也将面临科学调度的问题。因此,在未来淮河防汛抗旱指挥系统的规划设计中,应将排涝调度纳入考虑范围。

6 结语

受气候变化影响,未来至2050年淮河流域的年降水量可能增加3%~7%,但主要发生在夏季,强降水事件可能会变得更加频繁。由于淮河流域平原洼地今后仍将保持以农业为主的发展模式,因此淮河流域重点平原洼地治理工程对于降低流域内低洼易涝区域的内涝风险、促进农业发展是非常必要的。但是,在气候变化影响下,这将有可能导致工程不能实现预期的效益。

在现有条件下,对淮河流域未来气候变化的影响难以作出定量化的评价。为了应对未来气候变化的不利影响,一方面,需要采取工程措施以调控洪水的变化幅度;另一方面,可以采取低洼农田改造与“高水高排、分区排水”相结合,以及其他非工程措施,努力增强区域对水旱灾害的自适应能力。■

参考文献

- [1] Bernhard L, Petra D, Joseph A, *et al.* Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis [J]. *Climatic Change*, 2006, 75: 273-299
- [2] Southam C F, Mills B N, Moulton R J, *et al.* The potential impact of climate change in Ontario's Grand River basin: water supply and demand issues [J]. *Canadian Water Resources Journal*, 1999, 24 (4): 307-330
- [3] Prudhomme C, Jakob D, Svensson C. Uncertainty and climate change impact on the flood regime of small UK catchment [J]. *Journal of Hydrology*, 2003, 277: 1-23
- [4] Cunderlik J M, Simonovic S P. Inverse flood risk modelling under changing climatic conditions [J]. *Hydrological Processes*, 2007, 21: 563-577
- [5] 郭生练. 气候变化对洪峰流量和洪水频率的影响[J]. *水科学进展*, 1995, 6 (3): 224-230
- [6] 胡明思, 骆承政. 中国历史大洪水 (下卷) [M]. 北京: 中国书店出版社, 1992: 1-124
- [7] 水利部淮河水利委员会. 中国江河防洪丛书: 淮河卷[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1994: 23-48
- [8] 水利部淮河水利委员会. 淮河流域防洪规划简要报告 [R]. 蚌埠: 水利部淮河水利委员会, 2004: 8-10
- [9] 中水淮河工程有限责任公司. 淮河流域重点平原洼地治理工程外资项目可行性研究报告[R]. 2005: 1321-1337
- [10] 任国玉, 陈峪, 高歌, 等. 中国北方三个流域的气候变化趋势[R]. 北京: 国家气候中心, 2008: 10-17
- [11] Simonovic S P, Li L. Methodology for assessment of climate change impacts on large-scale flood protection system [J]. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2003, 129 (5): 361-371
- [12] 李维京. 中国主要流域年代际气候变化与未来可能趋势 [M]// 任国玉. 气候变化与中国水资源. 北京: 气象出版社, 2007
- [13] 翟盘茂. 中国主要流域极端降水事件变化 [M]// 任国玉. 气候变化与中国水资源. 北京: 气象出版社, 2007
- [14] Richard S J T, van der Grijp N, Olsthoorn A A, *et al.* Adapting to climate: a case study on riverine flood risks in the Netherlands [J]. *Risk Analysis*, 2003, 23 (3): 575-583

Impacts of Climate Change on Flood Control and Land Drainage Management Project in the Huaihe River Basin and Adaptive Measures

Cheng Xiaotao¹, Wang Jing¹, Xia Jun², Ren Guoyu³

(1 *Department of Water Hazard Research, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China*; 2 *Key Laboratory of Water Cycle & Related Land Surface Processes, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*; 3 *National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*)

Abstract: The Huaihe River Basin Flood Management and Drainage Improvement Project was taken as the study object. The characteristics of the geography, climate, economy, society, river systems and flood control systems etc. within the Huaihe River basin have been comprehensively analyzed. It is realized that, among the three types of floods in the Huaihe River basin, the flood caused by consecutive rainfall for more than one or two months may have the most obvious negative effect on the agricultural development in the low-lying areas and on the benefits of the project under the impacts of climate change. A semi-quantitative analysis for possible impacts of climate change is presented, and some adaptive measures of both enhancing the drainage capacity and raising the adaptive ability are put forward.

Key words: climate change; Huaihe River basin; flood control and land drainage; low-lying area; adaptive measures