

文章编号:0559-9350(2008)01-0115-06

漫滩洪水在西安泾渭滨河湿地水文条件恢复中的作用

田世英¹, 罗 纨¹, 贾忠华², 海 燕²

(1. 西安理工大学 水资源研究所, 陕西 西安 710048; 2. 西安理工大学 环境研究所, 陕西 西安 710048)

摘要:利用 MODFLOW 模型,模拟分析了漫滩洪水对西安泾渭湿地水文条件的影响。研究表明:漫滩洪水补给泾渭滨河湿地地下水的作用十分明显,是维持泾渭滨河湿地水文条件的主要水源补给方式;没有漫滩洪水时,渭河河道内水位的涨落对泾渭滨河湿地地下水动态的影响范围很小,仅仅依靠渭河与泾渭滨河湿地的地下水文联系,不足以用来恢复大范围的泾渭滨河湿地。同时,漫滩洪水对距河道 300m 以外的滨河湿地水文影响最为重要,是其它天然补给途径不能代替的。因此,漫滩洪水是泾渭湿地水文得以维持的主要动力,洪水资源化利用将是恢复该湿地水文条件的重要途径。

关键词:漫滩洪水;滨河湿地;湿地水文;恢复;泾渭湿地

中图分类号:TV213.2

文献标识码:A

1 研究背景

湿地水文的恢复是成功恢复湿地功能的前提条件^[1]。对于发育在干旱以及半干旱半湿润地区的主要湿地类型之一——滨河湿地来说,由于河流与滨河湿地的水文联系是这类湿地形成、发育和维持的主要驱动力^[2],因此利用这一水文联系来恢复河流湿地水文是该类湿地恢复的主要手段。漫滩洪水作为二者水文联系的主要方式之一,也是最为直接和有效的水文联系方式^[3,4]。Juck 等^[3]于 1989 年就指出,洪水脉冲是维持河流——冲积平原湿地生态系统处于健康状态的主要驱动力。Robertson 等^[4]的研究表明,漫滩洪水是维持滨河湿地植被生长和繁殖的主要动力,滨河湿地的淹没状况对湿地植物的发育和生长以及分布影响很大。我国学者卢晓宁等^[5]指出,洪水干扰影响洪泛区湿地沉积过程,促进湿地系统水循环并对土壤发育产生影响,导致洪泛区湿地生态系统和景观的演替。赵飞等^[6]指出,洪水资源化为湿地的维系和保护提供了重要的依据和保障,利用蓄滞洪区主动分蓄水库弃掉的多余洪水来恢复湿地或回补地下水是其中重要的手段。上述研究都强调了漫滩洪水对滨河湿地生态系统的重要性,但很少涉及漫滩洪水对滨河湿地水文的具体影响程度。研究漫滩洪水对滨河湿地水文的影响程度,将为滨河湿地的保护和恢复工作提供具有重要意义的技术支持和依据。

泾渭湿地自然保护区现为西安市政府规划和建设的项目之一,于 2001 年被批准为省级湿地自然保护区。贾忠华等^[7]的研究结果表明,西安地区大多数年份的天然降水补给不能维持该地区的湿地水文条件。因此,渭河与泾渭滨河湿地的水文联系是该湿地水文条件得以维持的主要驱动力。本文利用美国地质调查局开发的地下水模型 MODFLOW-2000 分别模拟分析漫滩洪水和非漫滩洪水对西安泾渭湿地水文的影响,研究漫滩洪水在西安泾渭湿地恢复中的重要性,从而为该湿地的恢复提供科学的建议和意见。

收稿日期:2007-01-15

基金项目:陕西省自然科学基金(2002 D01);西安理工大学科技创新项目基金(106-210631)

作者简介:田世英(1982-),男,河南新乡人,硕士,主要从事水资源与水环境保护研究。E-mail:stain@ncsu.edu

2 研究区域

2.1 泾渭湿地简介 泾渭湿地位于渭河及其支流灞河、泾河的交汇处,距西安市区以北 20km 处(图 1)。



图 1 西安泾渭湿地地理位置

规划的湿地保护区总面积 3 029.83hm²,其中湿地面积 2 380.87hm²,占保护区总面积的 78.6%。东西长 13km,南北宽 1~3.5km。保护区内有开阔的河口三角洲和较好的天然植被,两岸鱼池众多,是候鸟良好的栖居之地与迁徙途中的重要“驿站”,拥有鸟类 14 目 30 科 91 种,野生动物 169 种。泾渭湿地保护区分为核心区、缓冲区和实验区三大功能区,著名景点有“泾渭分明”、“灞柳风雪”等^[8]。

2.2 气候特征 泾渭湿地属于暖温带半湿润的季风气候区,雨量适中,四季分明。多年年平均降水量为 589.4mm,多年平均蒸发量为 1 528.8mm,是降水量的 2.9 倍。降水年际变化很大,丰水年和枯水年年降水量差别很大,两者最大差值可达 590mm。降水的季节分配也极不均匀,有 78% 的雨量集中在 5~10 月,其中 7~9 月的雨量即占全年雨量的 47%,且时有暴雨出现。

3 研究方法

根据西安泾渭湿地某处的水文地质剖面资料,结合实测的地下水水位资料确定模拟所需要的水文地质参数,然后利用美国地质调查局开发的地下水模型 Modflow 模拟分析漫滩洪水对西安泾渭湿地水文的影响。研究过程中,把漫滩洪水和降水当作地表补给源输入模型,本文主要采用逐次超松弛迭代子程序包和河流模块以及蒸发和补给模块,各个模块的介绍详见文献[9]。

3.1 模拟过程

3.1.1 模拟区域概化与设计 本次模拟取堤内滩宽约 5 000m,河道宽 250m,该区域的水文地质资料^[10]显示 20m 以下存在一弱透土层,所以模拟的总含水层厚度为 20.3m。

综合考虑计算精度和计算的速度,采用了变化的空间步长,即:靠近河道处的筛格大小为 30m,然后筛格逐渐增大,最大筛格为 100m。模拟计算时,综合考虑实际的降水情况和河道水位变化过程,采取变化的时间步长,最大的时间步长为 10d,最小的为 0.5d。

3.1.2 边界条件和初始条件的确定

(1) 定水头边界。模拟区域的右边界(左边为河道)距离河道 2 000m,在模拟区域中由于河堤(距离河道约 950m)的存在,使得洪水无法影响到模拟区的右边界,因此可以认为模拟区域的右边界为定水头边界。对于河道边界,在每一个计算时间步长中河道是一个定水头边界,不同的时间步长对应不同的河道水位,根据水文站实测的河道水位,概化到每一个时间步长。

(2) 补给和蒸发边界。由于降雨补给和潜水蒸发是一个复杂过程,不仅与地层特性、地下水埋深以

及气候条件有密切关系,还与次降雨强度及土壤初始含水率有关,这些因素使得确定降雨入渗系数和潜水蒸发系数比较困难,而且误差较大。但是,考虑到本文的主要目的是研究分析漫滩洪水对滨河湿地的水文影响,因此在模拟过程中根据文献[11],结合模拟区域的土壤性质,确定出极限蒸发深度的经验值为4m,降雨入渗系数为0.15,漫滩洪水入渗系数为0.40;最大蒸发强度则根据多年实测的日水面蒸发强度确定。

(3) 初始条件。研究初始时间都选为每年的冬季。该季节研究区域干旱少雨,河道水位变化幅度不到0.2m,可以认为整个区域的地下水和地表水系统处于一种相对平衡状态,因此在确定初始流场的时候,根据河道水位,利用MODFLOW中的稳定流计算,确定出整个模拟区域含水层的初始水头分布。

3.1.3 模拟区地质状况以及模型参数的确定

(1) 模拟区地质状况的确定。根据研究区域内某处的水文地质剖面图(图2)^[10],结合在研究区布设地下水位观测井时取得的土样,将研究区地下水含水层在垂直方向上统一划分为6层,具体划分如表1。

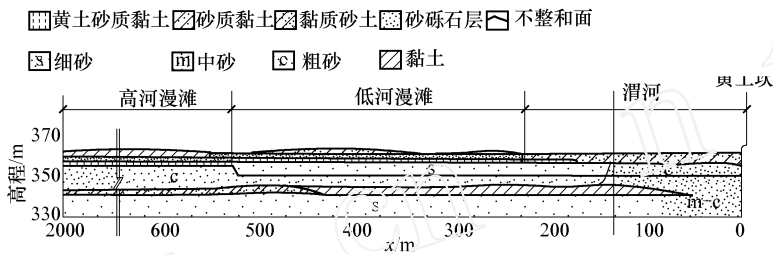


图2 渭河流域下游地质剖面(改编自文献[10])

表1 划分含水层的土质和厚度

层数	第一层	第二层	第三层	第四层	第五层	第六层
土壤	黏质砂土	砂砾石	砂质黏土	中细砂	粗砂	黏土
厚度/m	3	1.5	0.8	4	7	4

(2) 模型参数的确定。模拟计算过程中,含水层所需要的水文地质参数主要有:厚度、渗透系数、给水度、贮水率、有效孔隙率、淹没入渗系数等。以上参数的确定将直接影响模拟计算成果的准确性。由于试验条件等因素的限制,根据文献[11]中的经验参数值,并结合确定的水文地质条件确定出参数的取值范围,然后利用MODFLOW的参数最优化模块,选取1986年实测蒸发、降水、渭河的水文资料以及实测的地下水位资料^[12]进行参数的拟合,最终确定出河床水力传导系数为20m/d。各含水层其它水文地质参数见表2,然后再利用1987年实测的地下水位数据进行参数的检验(图3)。从图3可以看出,模拟的地下水位变化趋势和实测地下水变化趋势基本一致,Nash-Sutcliffe效率系数也达到了0.83,模拟误差最大的只有0.25m。因此,确定的参数完全满足模拟精度要求,可以用于进一步的数值模拟计算。

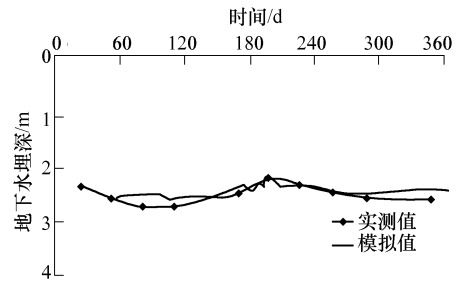


图3 1987年滨河湿地地下水位模拟值与实测值比较

表2 含水层各层参数值

土壤	黏质砂土	砂砾石	黏土	中细砂	粗砂
渗透系数 $k/(m/d)$	3.5	75	0.5	10	35
给水度 μ	0.16	0.33	0.05	0.18	0.25
贮水率	2.6×10^{-4}	4.6×10^{-4}	2.4×10^{-4}	1.3×10^{-4}	4.6×10^{-4}
有效孔隙率	0.45	0.35	0.47	0.35	0.40

4 研究结果与分析

根据以上确定的模型输入参数,结合实测的蒸发、降水和河道水位资料,针对泾渭滨河湿地实际情况进行模拟研究。美国陆军工程师团(U. S. Army Corp. of Engineers)颁布的湿地判别手册^[13]中对湿地水文标准定义为:地下水埋深维持在30cm以内的持续天数至少为生长期的5%。可见湿地地下水埋深维持在30cm以内的天数是湿地水文的重要指标。因此,本文以湿地地下水埋深维持在30cm以内的天数来量化湿地的湿润程度。

4.1 有无漫滩洪水发生对西安泾渭湿地水文影响比较 以西安地区的湿润年1983年为例,在降水、蒸发和河道水位变化等条件不变的情况下,分别模拟了考虑漫滩洪水和不考虑漫滩洪水情况下滨河湿地的全年地下水埋深变化过程。由于研究区泾渭滨河湿地的宽度大约700m左右,因此选取距河道350m处的湿地来分析。

图4表示的是考虑漫滩洪水与不考虑漫滩洪水两种情况下,距离河道350m处的湿地地下水埋深随时间变化过程。由图4可以看出,由于前期没有淹没洪水出现,所以在150d以前,两条曲线是完全重合的;但是150d以后的地下水埋深变化过程却差别很大,具体表现在,不考虑淹没洪水作用的情况下,滨河湿地的地下水埋深波动幅度很小,最大不过0.6m,全年中没有一天满足湿地地下水埋深在30cm以内;在考虑洪水淹没的情况下,泾渭滨河湿地的地下水埋深随着淹没洪水的出现表现为剧烈的波动,最大的上涨幅度达到了2.1m。植物生长季期间,湿地地下水埋深维持在30cm以内的天数达到40d,非植物生长季节满足湿地地下水埋深持续在30cm以内的天数也达到了20d,远远满足湿地水文判别标准。

综合以上的模拟结果可知,即使在历史上降水最为丰沛的1983年,只靠天然降水和河道通过地下水运动对泾渭滨河湿地的补给,不足以满足湿地水文判别标准。这一结论与贾忠华等^[14]的研究结果基本一致。而考虑洪水淹没以后,显然是满足湿地水文判别标准的。可见,漫滩洪水的淹没对泾渭滨河湿地的水文有着十分重要的作用。

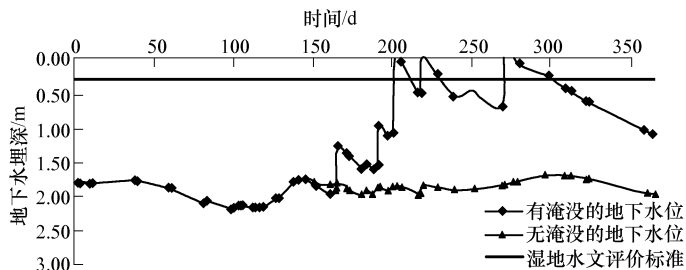


图4 1983年距渭河350m处滨河湿地地下水埋深变化过程

4.2 次漫滩洪水对西安泾渭湿地水文的影响 为了更深入的研究淹没洪水对西安泾渭湿地水文的影响,随机选取了1992年7月的一次漫滩洪水来进行模拟分析。模拟过程中,仍旧按照实际的降水蒸发以及河道水位变化资料来进行模拟。图5表示的是淹没以后距河道不同距离的湿地地下水埋深随时间的变化过程。从图5中可以看出,由于蒸发和河道的排水作用,在漫滩洪水淹没过后湿地的地下水埋深整体上都呈现下降趋势。随着湿地与河道之间水力梯度的变化,地下水埋深的下降速度也发生相应的变化。同时,在模拟时段初期,靠近河道的湿地地下水埋深的下降速度大于远离河道的部分,后期却没有这种现象。这主要是由于前期湿地地下水与河道的水力梯度比较大,河道排水起主要作用,而后期两者之间的水力梯度较小,蒸发作用占主导地位引起的。

从图5中还可以看出,随着8月19~29日之间的河道水位的上涨1m左右,距离河道100m左右的湿地地下水也表现出小幅的抬升,但是距离河道300m以外的湿地地下水埋深仅仅表现为下降速度的有所减小,总体的下降趋势并没有改变。可见,渭河河道内水位变化对100m以内的湿地地下水埋深有一定的影响,而对300m以外的泾渭湿地地下水埋深变化影响相当小。由于河道对距河道越近的湿地排水作

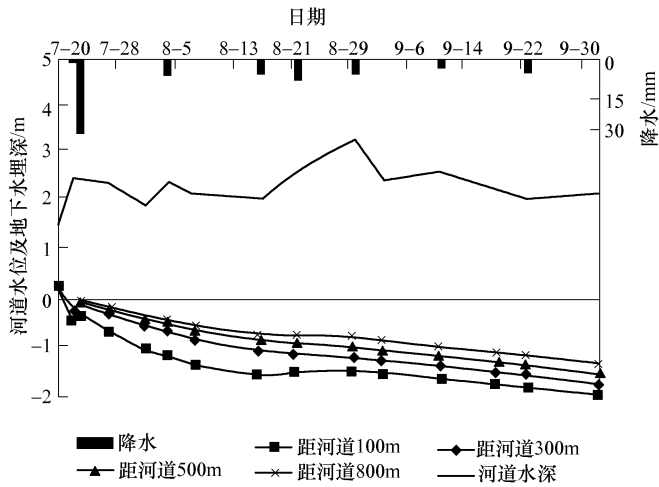


图5 距河道不同处湿地地下水位变化过程

用越明显,所以次漫滩洪水可以使距离河道 100、300、500 和 800m 处湿地地下水位满足湿地水文最低水位的天数逐渐增大,分别为 9、15、18、22d。漫滩洪水对距河道比较远的滨河湿地,如 300m 以外的湿地的补水作用是通过地下水补给作用所不能代替的。这一研究结果表明,仅仅依靠通过橡胶坝等工程措施抬高渭河河道内的水位,借助地下水来提高整个泾渭滨河湿地的地下水位,大面积改善现在泾渭滨河湿地的湿润状况是不可行的。

5 结论

从以上的研究分析可以得出:(1)漫滩洪水补给泾渭滨河湿地地下水的的作用十分明显,是形成泾渭滨河湿地水文条件的主要水源补给方式;(2)如果没有漫滩洪水发生,仅仅依靠橡胶坝等工程措施来抬高渭河河道内水位,通过提高渭河与泾渭滨河湿地之间的地下水联系来补给泾渭滨河湿地大面积恢复泾渭滨河湿地水文条件是不可行的。因此,如何科学合理利用洪水资源来恢复泾渭湿地水文将是未来恢复工作的重点,加强水库与湿地之间的联合调度模型研究,实现漫滩洪水的资源化利用将是解决河边湿地恢复工作中水资源不足的重要途径。

参 考 文 献:

- [1] Fennessy M S, Mitsch W J. Effects of hydrology on spatial patterns of soil development in created riparian wetlands[J]. Wetlands Ecology and Management, 2001, 9: 103 - 120.
- [2] Kingsford R T. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia[J]. Austral Ecology, 2000, 25:109 - 127.
- [3] Juck W J, Bayley P B, Sparks R E. The flood pulse concept in river floodplain systems[J]. Canadian Special Publication Fisheries and Aquatic Sciences, 1989, 106:110 - 127.
- [4] Robertson A I, Bacon P, Heagney G. The responses of floodplain primary production to flood frequency and timing[J]. Journal of Applied Ecology, 2001, 38: 126 - 136.
- [5] 卢晓宁,邓伟.洪水对湿地系统的作用[J].湿地科学,2005,3(2):136 - 140.
- [6] 赵飞,王忠静,刘权.洪水资源化与湿地恢复研究[J].水利水电科技进展,2006,2(26):6 - 10.
- [7] 贾忠华,罗纨,周晓夏,等.干旱与半干旱地区湿地水文及临界条件的模拟研究[J].水利学报,2004,(6):27 - 32.
- [8] 刘宏斌,李卓,金奇庭,等.西安地区湿地修复与保护研究[J].西北大学学报(自然科学版),2005,6(35):359 - 362.
- [9] 朱学愚,钱孝星.地下水水文学[M].北京:中国环境科学出版社,2005.
- [10] 中国科学院地理研究所渭河研究组.渭河下游河流地貌[M].北京:科学出版社,1983.
- [11] 全达人.地下水利用[M].北京:中国水利水电出版社,1987.

- [12] 陕西省地质环境监测总站. 西安地区 1986 ~ 1995 年地下水动态报告 [R]. 西安:陕西省地质环境监测总站, 1997.
- [13] Waterway Experiment Station (WES). Wetlands Delineation Manual, 1987 (Revised version was adopted by the Section 404, Clean Water Act, 1997) [M]. Wetlands Research Program Technical Report Y28721 (on line edition): 28 - 34. Waterway Experiment Station, Corps of Engineering, US Army, 1987.
- [14] 贾忠华, 罗纨, 江彩萍, 等. 半湿润地区河滩湿地水文特征的模拟研究 [J]. 水利学报, 2007, 38(4): 454 - 459.

Effect of over-bank flooding on hydrological restoration of the Jing Wei wetland

TIAN Shi-ying, LUO Wan, JIA Zhong-hua, HAI Yan
(Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The effect of over-bank flooding on hydrological restoration of the wetland at the confluence of the Jinghe River and Weihe River is analyzed using MODFLOW model according to the hydrogeological, precipitation and the evaporation data. The results indicate that the over-bank flooding plays important role in recharge of groundwater, which is the main source to sustain the requirement of wetland hydrology. The fluctuation of channel stage will not obviously influence the area more than 300m away from the Weihe River. It is concluded that the over-bank flooding is the primary factor for maintaining hydrologic conditions of the wetland, the utilization of over-bank flood is the most effective way for restoring the hydrologic conditions of the riparian wetland.

Key words: over-bank flooding; riparian wetland; wetland hydrology; restoration

(责任编辑: 韩 昆)

(上接第 114 页)

Numerical simulation of water body resonance in penstock of hydropower station

LI Wan-ping, LI Guang-xu, LI Huan, ZHANG Ke-wei
(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The strong resonance happened to the penstock in the process of emergent turning off turbine unit in a hydropower station is studied by numerical simulation. The water is regarded as compressible and viscous fluid and the dynamic response simulation software is applied. The main natural oscillation frequency of the water body system under the action of impacting load is calculated. The oscillation of the system due to the forced vibration of a plate at the terminal of the penstock is investigated and found that resonance will occur when the frequency of forced vibration is approximately equal to the main natural oscillation frequency and strong response of the whole system will take place. The wavelet decomposing analysis of the pressure signal during resonance shows that the frequency of wavelet component having the largest response amplitude is lower than the forced vibration frequency. The results also reveal that the viscosity of water and the non-slip condition of the penstock wall have little influence on the response frequency, but they can reduce the amplitude of the response of forced vibration.

Key words: penstock; water body; resonance; emergent turning off; turbine; power station; numerical simulation

(责任编辑: 韩 昆)