

1998年特大洪水前后霍林河流域下游 洪泛湿地景观变化研究*

卢晓宁^{1 2 3}, 王玲玲¹, 孙志高⁴

(1. 成都信息工程学院 资源环境学院, 成都 610225; 2. 数字制图与国土信息应用工程国家测绘地理信息局重点实验室(四川基地), 成都 610100; 3. 国土资源部地学空间信息技术重点实验室(成都理工大学), 成都 610059; 4. 中国科学院烟台海岸带研究所, 烟台 264003)

提 要:以1998年特大历史洪水为背景,基于遥感技术平台,运用景观生态学理论,从时间尺度上进行单场洪水前后洪泛湿地景观格局的定量对比分析研究,通过特大历史洪水前后的景观动态变化、景观格局指数变化和景观转换变化三方面来揭示特大历史洪水对退化洪泛湿地景观的恢复功效。结果表明:(1)霍林河1998年特大历史洪水对流域下游退化的洪泛湿地具有很好的恢复功效,且以自然湿地有恢复效应较强,人工湿地的作用效果甚微。(2)在特大历史洪水作用下霍林河流域下游洪泛湿地景观整体性和多样性提升,稳定性增强。(3)霍林河1998年特大历史洪水促进数量众多的河流湖泊湿地生成,与此同时原有河流湖泊湿地面积扩张,使得河流湖泊湿地整体性增强,这主要是缘于特大洪水提供的丰富水源使得河道附近的沼泽湿地,以及湖泊周边的盐碱地大量的演变为河湖湿地。(4)霍林河1998年特大历史洪水虽然对沼泽湿地亦具有一定的恢复功效,亦主要来源于河道附近的盐碱地的转换输入贡献,但效果不及河流湖泊湿地的显著,这可说明单次偶发的特大洪水可能较难起到彻底恢复退化洪泛湿地景观的功能,而要实现该目标,可能需要超标准洪水的频繁泛滥,这需要进一步的研究。(5)特大历史洪水在促进流域下游洪泛湿地景观扩张的同时,洪水的冲洗盐作用对流域的盐化环境亦具有很好的改善作用,因此亦可以通过增大洪水的泛滥来改善流域严峻的盐化环境。但是需要多大频次、多大量级的洪水泛滥作用还需要更进一步的研究。(6)偶发的特大历史洪水虽然可以很好的实现河流湖泊湿地景观的恢复,但这种恢复的效果能持续多久,还需要进行更长时间序列的更新研究。

关键词:霍林河;洪水;洪泛作用;湿地景观;景观转换

中图分类号:X826; TP753

文献标识码:A

霍林河是松嫩平原西部地区科尔沁、向海和查干湖湿地的重要补给水源,其洪泛作用对流域洪泛区环境系统的景观维系起着决定作用^[1]。近几十年来,人为修建防洪蓄水工程,割裂了洪水与洪泛湿地一体化的水力联系,导致下游洪泛湿地系统水源供应不足,洪泛湿地退化严重。1998年7~8月霍林河流域发生特大历史洪水,洪水峰高量大,最大洪峰流量4230m³/s,且持续时间长,影响范围大。该次特大历史洪水超过百年一遇,尽管在一定程度上造成社会经济损失,但同时也为流域下游洪泛湿地提供丰富的水源,对洪泛湿地景观产生重大影响。文中以1998年霍林河特大历史洪水为契机,通过对霍林河流域下游洪泛湿地在特大洪水前后在湿地景观的动态变化、湿地景观的格局指数以及湿地景观的转换变化三个方面研究该次特大历史洪水对霍林河流域下游洪泛湿地景观的作用,探讨洪水对干旱半干旱区洪泛湿地的生态维系功能,为流域洪泛湿地生态系统的保护和退化湿地系统修复的洪水管理提供参考依据。

1 材料与研究方法

1.1 研究区概况

* 收稿日期:2013-12-14;修回日期:2014-9-2。

基金项目:四川省教育厅项目(13ZA0092);数字制图与国土信息应用工程国家测绘地理信息局重点实验室开放基金项目(成都市生态环境评价指标体系与方法研究)(DM2013SC04);国土资源部地学空间信息技术重点实验室开放基金(KLGST2014-8);国家自然科学基金(41401103);国家自然科学基金(41171424,41371104)资助。

作者简介:卢晓宁(1980-),女,博士,副教授,主要从事资源、环境遥感方面研究。E-mail:lxn@cuit.edu.cn。

通讯作者:孙志高(1980),男,博士,副研究员,主要从事湿地碳、氮生物地球化学、海岸带水沙输运与沉积过程研究。E-mail:zgsun@yic.ac.cn。

霍林河位于松嫩平原西部,是松花江流域嫩江水系的一级支流,发源于内蒙古扎鲁特旗大兴安岭德鲁特勒罕山北麓,海拔高程 1439m,河全长 590km,流域面积 36623km² (图 1)。流域以堆积地貌为主要特征,受新构造运动的影响,上游大兴安岭山脉南端持续抬升,而中下游平原以沉降为主^[2],中游为由山地向平原过渡的低山丘陵和洪积扇;下游岗地、洼地、湖泊星罗棋布,盐碱地、沼泽地发育,沙丘、草甸草原相间分布。沿河流两岸广泛分布着天然洪泛湿地,包括科尔沁湿地和向海湿地等重要湿地。流域属中温带半干旱大陆性季风气候,气候干燥且多风沙,夏季温热雨水集中,秋季凉爽温差较大,冬季严寒而干燥。气温年内变化明显,年际变化增温趋势显著;年均降水量在 400mm 左右,降水变率大,年内和年际分配不均;蒸发量远大于降水量。洪泛湿地退化、洪涝和干旱为流域主要生态环境问题。

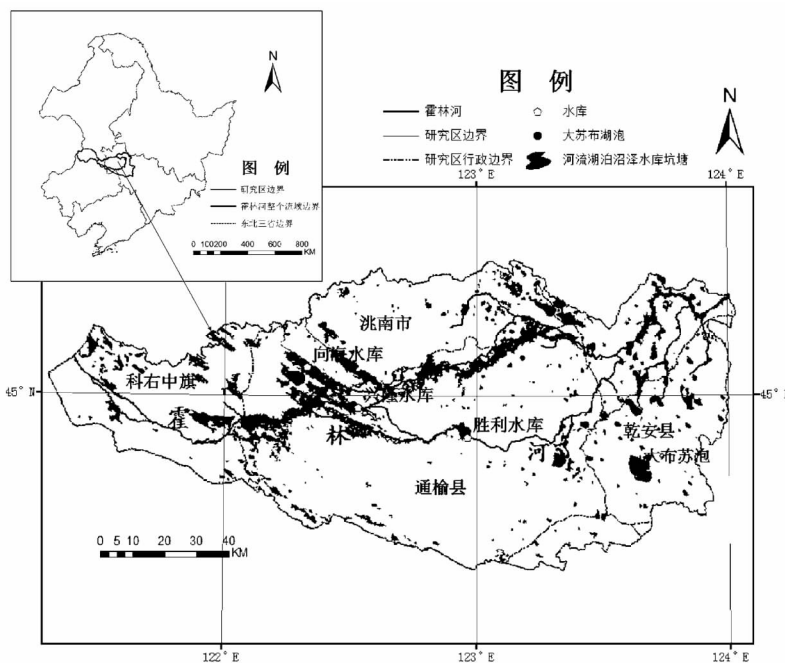


图 1 霍林河流域下游位置示意图

Figure 1 Sketch map of the location of the lower reaches of Huolin river catchment

1.2 数据源

为突出洪水对洪泛湿地的功效,确定霍林河下游河道附近的区域为本研究的最终区域。选取 1998 年 5 月和 1999 年 5 月特大历史洪水前后两期的霍林河下游河道区域附近的 TM 遥感影像,依据研究区实际及参考国家土地利用/土地覆被分类标准^[3],首先建立研究区一级土地利用/土地覆被分类,分为湿地和非湿地,湿地进行二级分类,分为自然湿地和人工湿地,自然湿地再分为河流湖泊湿地和沼泽湿地;人工湿地则分为水库坑塘和水田。非湿地只进行二级分类,分为耕地、林地、草地、居民地、盐碱地、沙裸地。在 GIS 平台下进行人工目视解译建立 1998 特大洪水前后的霍林河流域下游洪泛湿地景观空间数据库,以便于进行特大洪水前后的洪泛湿地景观变化的研究。

1.3 研究方法

为研究特大历史洪水对下游洪泛湿地的生态维系功能,该研究从特大历史洪水前后所造成的研究区洪泛湿地景观的动态变化、景观格局的变化以及各景观类型之间的转换变化三方面进行研究。面积动态变化采用文献^[4]中的方法,可以更为精细和准确地刻画和测算景观动态变化强烈程度(表 1)。应用 Fragstats 软件,分别从各景观类型水平和景观水平上进行的景观格局的指数分析。景观类型水平上采用斑块数(NP)^[5]、斑块密度(PD)^[6]、斑块平均大小(MPS)^[7]、景观结合度指数(COHESION)^[8]共 6 个景观格局指数(表 2);景观水平上增加了最大斑块所占景观面积比例(LPI)^[9],景观多样性指数(SHDI)^[10](表 3),用于分析 1998 年特大历史洪水对霍林河流域下游洪泛湿地格局的影响。以上各景观格局指数的公式参见相关参考文献

表 1 1998 年洪水前后洪泛湿地景观动态变化

Table 1 Landscape changes before and after flood in 1998

| 时 间 | 湿地景观 | 自然湿地 | | 人工湿地 | |
|-------------|-----------------------|--------|-------|-------|-------|
| | | 河流湖泊 | 沼泽湿地 | 水库坑塘 | 水田 |
| 1998 - 1999 | 幅度 (km ²) | 336.47 | 75.09 | -1.41 | -0.56 |
| | 速度 转移 | 14.45 | 29.74 | 3.04 | 4.08 |
| | (%) 新增 | 141.46 | 40.06 | 0.17 | 0.07 |
| | 变化 | 155.92 | 69.8 | 3.22 | 4.15 |

表 2 洪水前后单一湿地景观要素景观格局指数

Table 2 Landscape indexes of single landscape element

| 湿地景观 | 时间 | NP | PD | MPS | AMWPF | COHESION |
|------|---------|------|-------|---------|-------|----------|
| 自然湿地 | 河流 1998 | 482 | 0.457 | 54.96 | 1.127 | 98.479 |
| | 湖泊 1999 | 662 | 0.452 | 90.854 | 1.175 | 99.161 |
| | 沼泽 1998 | 548 | 0.519 | 132.684 | 1.212 | 99.328 |
| | 湿地 1999 | 1046 | 0.714 | 76.696 | 1.19 | 98.916 |
| 人工湿地 | 水库 1998 | 3 | 0.003 | 1637.67 | 1.124 | 99.439 |
| | 坑塘 1999 | 3 | 0.002 | 1590.3 | 1.124 | 99.442 |
| | 水田 1998 | 10 | 0.01 | 138.744 | 1.075 | 98.063 |
| | 湿地 1999 | 7 | 0.005 | 190.17 | 1.075 | 98.184 |

献。进一步应用转移矩阵的方法(见文献^[11-12])探讨特大历史洪水所造成的湿地景观类型之间的转换变化,可以更全面、具体地刻画洪水所造成的洪泛湿地景观变化的结构特征以及各洪泛湿地景观类型变化的方向^[11-12](表 4)。

2 结果与分析

在 GIS 平台支持下,统计研究区 1998 年特大历史洪水前后的各景观类型的面积,结合图 2 发现,耕地仍是研究区基质景观类型,占到研究区总面积的 34.35%;其次为盐碱地,约占研究区总面积的 25.36%,成为研究区生态环境退化的指示景观类型。尽管湿地在研究区所占比重相对较小,仅占到研究区总面积的 15.5%,但却是霍林河流域潜在的蓄水空间,对干旱半干旱脆弱区生态系统的维系具有重要的生态功能,成为研究区生态环境改善的指示景观类型。各湿地景观类型中,以河流湖泊湿地所占比重最大,占到研究区湿地景观总面积的 61.78%,湖泊湿地景观次之,占到 33.47%,人工湿地景观比重很小。以下对霍林河 1998 年特大洪水前后的湿地景观的分析只以湿地为研究对象,非湿地景观不分析。

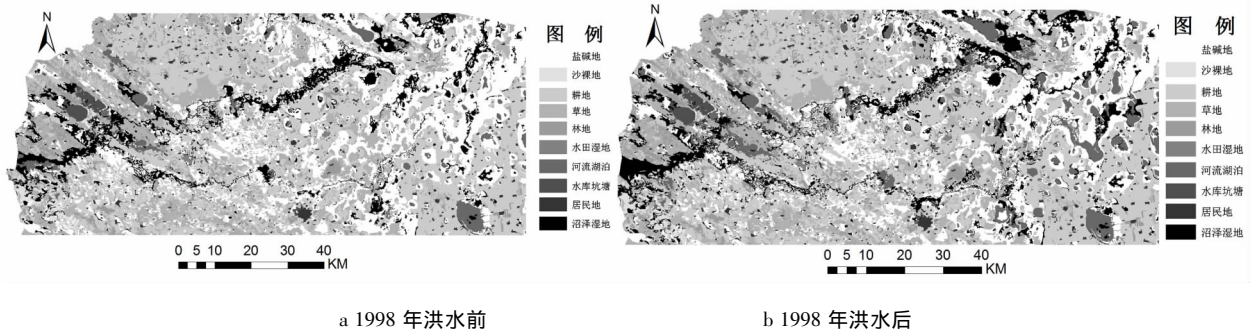


Figure 2 Floodplain wetland landscape patterns before and after the extreme flood of 1998

2.1 1998 年特大洪水前后的湿地景观的面积动态变化分析

受 1998 年霍林河流域特大洪水泛滥影响,研究区各洪泛湿地景观都呈现出显著的动态变化。由表 1 可看出,河流湖泊湿地景观的动态变化最为明显,总变化速度为 155.92%,其中新增速度远远超过转移速度,前者为后者的 9.79 倍,导致洪水过后,河流湖泊湿地面积增长了 336.47km²,体现出特大历史洪水对河流湖泊湿地景观卓有成效的恢复功能。沼泽湿地的动态变化亦很明显,虽然总的变化速度为 69.80%,但新增和转移变化差异较小,导致该洪泛湿地景观类型的面积相对于洪水前只增长了 75.09km²,仅占到河流湖泊湿地景观面积增长幅度的 22.32%,这在一定程度上说明一次偶发的特大历史洪水难以促进区域其它景观直接向沼泽湿地演替。特大历史洪水所造成的人工湿地景观的变化幅度和变化速度都远远低于自然湿地,在一定程度上说明洪水对人工湿地的作用相对较弱。但,1998 年特大历史洪水的毁库冲坝作用仍很显现,造成水库坑塘人工湿地的转移速度为 3.04%,面积呈减少变化,减少幅度为 1.41km²。水田人工湿地也因特大洪水造成大量泥沙的堆积而无法耕种,从而面积减少,减少 0.56km²,占到 1998 年洪水前研究区水田景观面积的 4.01%。

2.2 1998 年洪水前后的洪泛湿地景观格局指数分析

由表 2 可看出 1998 年特大历史洪水导致研究区各洪泛湿地景观类型呈现出差异明显的景观格局指数变化特征。1) 1998 年特大历史洪水造成数量众多的河流湖泊湿地的新生,原有河流湖泊湿地亦呈面积扩张变化(NP 增长了 37.34%,但 PD 减少,而 MPS 增长 65.31%),大面积的河流湖泊连接成片,该湿地景观形状复杂化(AMWPFD 增长),连通性显著增强(COHESION 增长);2) 沼泽湿地则因该特大历史洪水丰富的水源供应,地势稍高区域的沼泽扩展,而地势稍低区域的沼泽遭洪水长期淹没而呈被小湖泊切割破碎的格局,从而沼泽湿地呈以原有沼泽斑块的扩张变化为主,新生沼泽斑块增长为辅(NP 增长了 90.88%,但 PD 增长了,而 MPS 却下降了 42.20%),沼泽湿地景观结构简化(AMWPFD 减小)、连通性降低,整体性下降(COHESION 下降);3) 研究区两种人工湿地景观类型都呈现 COHESION、AI 增长,但两种景观类型所表现出的这种景观格局指数变化特征,因来自于强烈的人为活动干扰作用,已经很少或不能体现出洪水作用效果。

整体上,霍林河 1998 年特大洪水使得大量新生湿地斑块形成,与此同时,原有湿地斑块亦呈显著扩张

变化,湿地的 NP、MPS 增长,而 LPI 减少(表 3),这种变化在河流湖泊湿地景观上体现最明显,从而改变了洪水前沼泽湿地主导研究区洪泛湿地景观格局的态势,河流湖泊湿地与沼泽湿地共同主导研究区洪泛湿地景观格局,研究区洪泛湿地景观结构复杂化(AMWPF D 增大),斑块间的空间联系增强(COHESION 增大),湿地景观的整体性上升,多样性增强,形成向均衡化布局方向发展的态势(SHDI 增大)(表 3)。

表 3 1998 洪水前后洪泛湿地景观镶嵌体景观格局指数
Table 3 Landscape indexes of mosaic landscape

| 时间 | NP | MPS | LPI | AMWPF D | COHESION | SHDI |
|------|------|---------|--------|---------|----------|-------|
| 1998 | 1043 | 101.152 | 10.288 | 1.185 | 99.215 | 0.803 |
| 1999 | 6797 | 119.962 | 8.632 | 1.215 | 99.577 | 1.585 |

2.3 1998 年洪水前后的洪泛湿地景观转换变化分析

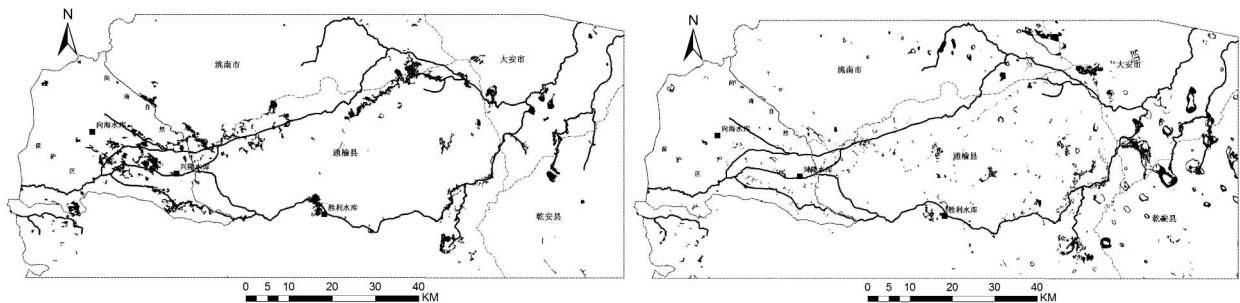
由表 4 可以看出,特大洪水丰富的水源供应,显著的促进研究区湿地景观的恢复,不仅体现在人工湿地维持自身景观类型的比例达到 95% 以上,自然湿地景观中的河流湖泊湿地也维持 85.54% 的不变率,沼泽湿地景观亦在 70% 以上,其中只有 14.46% 的河流湖泊湿地发生转换输出的变化,且这种转换以向沼泽湿地的转换输出比例最大,占到其向其它景观类型转换输出比例的 87.17%,面积有 33.37km²。只有少量河流湖泊湿地退化因洪水的冲刷而退化为盐碱地,部分演替为草地。

表 4 1998 年洪水前后研究区湿地景观转移概率矩阵

Table 4 Landscape transition variations before and after the flood in 1998 (%)

| 98-99 年 | 耕地 | 林地 | 草地 | 居民地 | 盐碱地 | 沙地 | 河流湖泊 | 沼泽湿地 | 水库坑塘 | 水田湿地 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 耕地 | 98.739 | 0.003 | 0.420 | 0.000 | 0.110 | 0.000 | 0.244 | 0.483 | 0.000 | 0.000 |
| 林地 | 0.056 | 99.111 | 0.370 | 0.000 | 0.110 | 0.005 | 0.080 | 0.269 | 0.000 | 0.000 |
| 草地 | 0.398 | 0.172 | 95.578 | 0.002 | 0.521 | 0.015 | 0.461 | 2.853 | 0.000 | 0.000 |
| 居民地 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 99.413 | 0.012 | 0.018 | 0.307 | 0.250 | 0.000 | 0.000 |
| 盐碱地 | 0.119 | 0.017 | 2.760 | 0.000 | 80.749 | 0.012 | 7.500 | 8.839 | 0.004 | 0.000 |
| 沙地 | 0.274 | 0.000 | 0.408 | 0.000 | 1.533 | 89.742 | 4.610 | 3.434 | 0.000 | 0.000 |
| 河流湖泊 | 0.269 | 0.000 | 0.273 | 0.000 | 1.310 | 0.002 | 85.542 | 12.603 | 0.000 | 0.000 |
| 沼泽湿地 | 0.367 | 0.024 | 0.969 | 0.003 | 3.061 | 0.135 | 25.177 | 70.263 | 0.000 | 0.000 |
| 水库坑塘 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.137 | 0.000 | 1.463 | 1.447 | 96.952 | 0.000 |
| 水田湿地 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.473 | 0.000 | 1.718 | 1.809 | 0.000 | 96.000 |

1998 年霍林河特大洪水的洪泛作用导致大量的其它景观类型转换为河流湖泊湿地,以沼泽湿地和盐碱地向河流湖泊湿地景观的转换输入贡献最大,二者累积转换面积占到该时期其它景观类型向河流湖泊湿地转换输入总量的 95.18%,达到 356.71km²,远远超过该时期河流湖泊湿地向其它景观类型的转换输出量,成为该时期河流湖泊湿地景观面积显著扩张变化的主要原因。沼泽湿地向河流湖泊湿地转换整体上呈现出沿霍林河河道的带状格局(图 3a),体现出河流洪水泛滥作用的显著特征。特大洪水的冲洗盐作用也促进大面积盐碱地转换为河流湖泊湿地,在空间呈现出沿湖泊周边的环带状构型(图 3b),这在一定程度上说明,适当的洪水泛滥可以促进霍林河流域下游盐化环境的改善。



图例 ■水库 ■hsh42-41trans ——县界 —— 向海自然保护区界 —— 研究区边界 —— 霍林河 ■水库 ■hsh42-41trans ——县界 —— 向海自然保护区界 —— 研究区边界 —— 霍林河

a 沼泽转换为河流湖泊 b 盐碱地转换为河流湖泊

图 3 1998 年洪水前后其它景观向河流湖泊湿地转换的空间格局

Figure 3 Transformation patterns from other landscape to river wetland landscape after the extreme flood of 1998

在促进河流湖泊湿地面积增长的同时,1998 年特大历史洪水也导致大面积的盐碱地转换为沼泽湿地,面积达到 204.59km²,占到该时段其它景观向沼泽湿地转换输入总量的 94.60%,这种转换在空间上亦呈一定的沿霍林河河道的条带状构型,在空间分布上具有一定的广布性和普遍性(图 4)。虽有少量的沼

泽湿地退化为盐碱地,但面积只有 22.26km²,占到沼泽湿地向其它景观类型转换输出面积比例的 10.29%,远远小于其向河流湖泊湿地的转换输出量。河流湖泊湿地向沼泽湿地的转换输入量仅有 33.37km²,主要集中在霍林河未分支前主干道区、霍林河三支并存区,霍林河北支大转折处三大区域,该三片区域具有洪水流量大的特点,这可说明河流湖泊要转换为沼泽需要大流量的洪水径流。

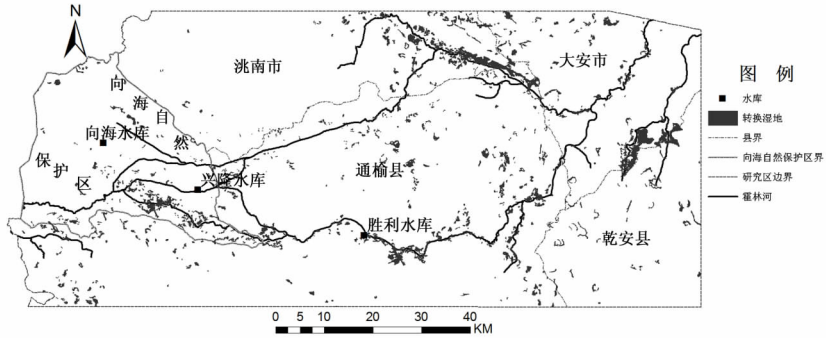


图 4 1998 ~ 1999 年研究区盐碱地转换为沼泽湿地空间格局
Figure 4 Spatial distributions of salinized land transiting into marsh wetland

水库坑塘和水田人工景观由于受强烈的人类活动影响,洪水干扰作用的自然变化特征丧失,湿地景观表现出高稳定性,两种湿地景观类型维持其自身景观类型的比例分别占到 1998 年该种景观类型面积的 96.95% 和 96.00%,都仅小部分向河流湖泊、沼泽湿地和盐碱地的转换输出变化。同时,人工湿地景观类型不存在来自其它景观类型之间的转换输入变化。

3 讨论

(1) 以上研究可看出,霍林河 1998 年特大洪水,确实造成了流域下游洪泛湿地面积的显著增长,其中自然湿地面积增长了 411.56km²,可以很好的体现出偶发的特大洪水的洪泛作用对流域退化洪泛湿地的恢复功效。但是,因为获取的是特大洪水后一年的区域景观数据,这一时长只能说明偶发的特大历史洪水在短期内具有一定的恢复退化洪泛湿地的功效,其恢复功效是否具有长效性,且该时效能维持多久,还需要获取更多的数据进行更进一步的分析。

(2) 由文中研究也可看出,1998 年特大历史洪水对霍林河流域下游退化洪泛湿地景观的恢复功能以恢复纯水面类的河流湖泊湿地为主,体现为特大洪水后,河流湖泊湿地增长面积占到流域自然湿地增长总面积的 81.75%,对沼泽湿地景观的恢复效果并不特别显现。因此,若要彻底恢复霍林河流域下游退化的洪泛湿地,促进区域生态环境质量的提高,仅靠单次偶发的特大洪水的水源供应及其洪泛作用是不够,可能需要超标准洪水的频繁洪泛作用,才能从根本上改变流域湿地严峻的退化形势。

(3) 由 1998 年特大历史洪水恢复的自然湿地所形成的沿河道及湖泡周边的空间布局可以确定,要实现流域下游更大范围的退化洪泛湿地的恢复,亦还需要更大量级或者更为频繁的超标准洪水的洪泛作用。

(4) 由于文中研究只重点关注了特大历史洪水对湿地的作用,而未讨论其对非湿地的作用。虽然提及了特大洪水所具有的冲洗盐和改善流域盐化环境的功效,但未进行更深入细致的研究。此外,1998 年特大历史洪水虽然可在一定程度上恢复流域退化的洪泛湿地,改善流域生态环境。但是,它也造成一定量的居民地损毁和耕地受损,这在一定程度上指示出应该规范人类在洪泛区的开发活动,至于如何规范,怎么规范等等亦还需要更深入细致的讨论。

总而言之,洪水对洪泛湿地景观的作用是一个复杂的系统,洪水量级、洪水发生时间、洪水持续期和洪泛频率等的差异,都会影响洪水对洪泛湿地景观的作用,且这一作用不仅与单次洪水自身的特征有关,亦受该次洪水发生前所发生洪水的时间、量级和持续期的影响。随着人类干扰天然洪水进程的加强,这一作用系统的人为干扰痕迹亦愈来愈显现。对这一复杂作用系统的研究,应记录每一次洪水过程,并用 GPS 定位洪泛湿地各景观类型空间分布及特征,获取相应时间或时段内人类干扰活动,建立一个人类活动干扰下的洪水与洪泛湿地景观演变序列,才能更为清楚的理解洪水对洪泛湿地景观作用的机制。

4 结论

(1) 总体上看,1998 特大历史洪水对霍林河下游退化的自然湿地有很强的恢复效应,对盐碱地景观则起到消减作用,使得洪泛湿地景观的整体性和多样性提升,稳定性增强,体现出其对退化洪泛湿地景观的生态维系功能。

(2) 霍林河 1998 年特大历史洪水的生态恢复功效因景观类型差异而不同,对自然湿地景观的恢复功效最强,且以河流湖泊湿地的表现最为突出,导致研究区河流湖泊湿地在特大历史洪水一年以后面积的显著增长,沼泽湿地虽亦有面积的增长变化,但幅度不及前者。因此,偶发的特大洪水对退化洪泛湿地景观的恢复以促进明水面类的河流湖泊为主,要恢复退化的沼泽湿地类,需频繁的超标准洪水泛滥。

(3) 1998 年霍林河特大历史洪水提供的丰富水源,促进数量众多的新生河流湖泊湿地生成,与此同时原有河湖亦呈面积扩张变化,河流湖泊湿地的整体性增强。沼泽湿地则因大洪水长期水淹而呈切割破碎的格局,整体性下降。

(4) 1998 年霍林河特大历史洪水的淹没和冲刷作用使得霍林河河道附近的沼泽湿地,以及湖泊周边的盐碱地演变为河湖湿地,河道附近也有较大比例的盐碱地演替为沼泽湿地,这在一定程度上体现出特大洪水的冲洗盐功效,其所具有的对盐化环境的改善功能。因此,要恢复霍林河流域下游退化的洪泛湿地景观,一定的频率的洪水泛滥是必要的,也是必须的。

(5) 偶发的特大历史洪水具有对退化洪泛湿地的恢复功能,但是本研究只体现出短效性,且以恢复河流湖泊湿地这类纯水面的自然湿地类为主。特大历史洪水是否具有对退化洪泛湿地恢复的长效性,且能维系多久还需要后续的更长时间序列的研究。

参考文献

- [1] 卢晓宁,邓伟,张树清,等. 霍林河流域洪水径流演变规律及驱动机制研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(11): 93-99.
- [2] 李闯,刘吉平. 霍林河流域中下游土地利用变化及生态安全响应[J]. 水土保持研究,2012,19(1): 174-177.
- [3] 杜自强,王建,陈正华,等. 基于 RS 和 GIS 的区域土地利用动态变化及演变趋势分析[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(1): 115-119.
- [4] 刘盛和,何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型[J]. 自然资源学报,2002,17(5): 533-540.
- [5] 翟万林,龙江平,乔吉果,等. 长江口滨海湿地景观格局变化及其驱动力分析[J]. 海洋学研究,2010,28(3): 17-22.
- [6] 曹晓峰,孙金华,黄艺,等. 滇池流域土地利用景观空间格局对水质的影响[J]. 生态环境学报,2012,21(2): 364-369.
- [7] 余瑞林,周葆华,刘承良. 安庆沿江湿地景观格局变化及其驱动力[J]. 长江流域资源与环境,2009,18(6): 522-527.
- [8] 仇恒佳,卞新民,朱利群. 太湖水陆生态交错带景观空间格局研究-以苏州市吴中区为例[J]. 南京农业大学学报,2005,28(4): 21-25.
- [9] 陈张丽,吴志峰,魏建兵,等. 基于遥感和 GIS 的广州市天河区水域景观演变及其驱动因子分析[J]. 国土与自然资源研究,2012(6): 55-57.
- [10] 陈志云,李伟忠. 高分辨率遥感影像的景观格局分析[J]. 地理空间信息,2011,9(2): 78-80.
- [11] 史培军,宫鹏,李小兵,等. 土地利用/土地覆被变化研究的方法与时间[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [12] 朱会义,李秀彬. 关于区域景观类型变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报,2003,58(5): 643-650.

The evolution of wetland landscape pattern in the lower reaches of Huolin River before and after the flood in 1998

LU Xiaoning^{1 2 3}, WANG Lingling¹, SUN Zhigao⁴

(1. Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan 610225, China; 2. Key Laboratory of Digital Mapping And Land Information Application of National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Chengdu Sichuan 610100; 3. Key Laboratory of Geo-special Information Technology, Ministry of Land and Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 4. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China)

Abstract: On the bases of remote sensing and landscape ecology, the floodplain wetland landscape variations before and after the extreme flood in 1998 were discussed through three aspects including landscape dynamic variation, landscape index variation and landscape transform analysis. Our purpose was to reveal the ecological function of floods on the degraded floodplain wetland landscape. The results showed that (1) the extreme flood could really recover the degraded floodplain wetland in the lower reaches of the Huolin river. The ecological functions of the flood on natural floodplain wetland landscape were more dramatically than those on the artificial wetlands. (2) The integrity, diversity and stability of floodplain wetland landscape were developed on the flooding actions of the extreme flood in 1998. (3) With the sufficient water supply from the extreme flood, amounts of new river/lake patches were formed, and the original ones were expanding significantly, all that made the area of river/lake wetlands increase obviously. The increased river/lake wetlands were mostly from the marsh wetlands approaching to the channel of the Huolin river and salinized lands around the lakes or ponds. (4) The recovery functions of the extreme flood in 1998 on the marsh wetlands were no better than that on the river/lake wetlands. From this point we could conclude that frequently extraordinary flooding actions were needed to recover the marsh wetlands, which need further study. (5) The salinized situations of the lower reaches of the Huolin river were improved with the scouring function of the flood on salt. So in the future, by increasing the flooding frequencies, the serious salinized situation of the lower reaches of the Huolin river could be improved. (6) Although the single-occasional extraordinary flood could greatly recover the river/lake wetland landscape, how long will the function sustain needs further studies.

Key words: Huolin River; flood; flooding action; wetland landscape; landscape transformation