

三江平原湿地景观结构的时空变化

刘红玉, 张世奎, 吕宪国

(中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

摘要: 基于湿地是流域中重要的景观和生态系统的思想, 结合已有历史资料和遥感资料进行不同时段景观制图和 GIS 分析, 对三江平原挠力河流域湿地景观结构和 50 年 (1949~2000) 来时空变化进行了系统研究, 得出的主要结论为: (1) 流域湿地具有特殊的纵向结构、横向结构的景观梯度特征和内部结构特征, 并且景观梯度特征与流域地形梯度、水文梯度以及地貌结构特征相协调; (2) 流域湿地景观结构在人类活动干扰下发生了巨大变化: 景观纵向结构从连续的基质景观变化为河岸带景观, 横向结构从明显的景观类型梯度特征变化为单一类型景观, 而景观内部结构特征则表现为镶嵌斑块体的不断丧失; (3) 大规模土地开发活动和水利工程建设是流域湿地景观结构变化的主要驱动力。

关键词: 流域湿地; 景观结构; 时空变化

湿地是自然界中重要的自然资源、景观和生态系统, 在维护生物多样性、净化水质以及蓄水防洪和供水等方面发挥巨大作用^[1-7]。但是随着人类活动的影响, 湿地资源遭到巨大破坏, 湿地景观结构不断发生变化, 结果削弱了湿地景观的原有功能, 导致水质下降, 生物多样性降低, 洪灾旱灾频繁等一系列环境问题^[8-13]。

过去对湿地的研究从生态系统、植物群落尺度认识湿地生物多样性和功能较多^[14, 15]。近年来基于 GIS 的湿地景观研究越来越深入^[16-19]。但从流域尺度认识湿地整体景观结构特征和功能比较少, 研究也不够深入。湿地景观结构是景观功能的基础, 而景观结构的变化主要受人类活动的影响。如三江平原地区, 50 年来的农业开发活动使 75% 以上原有湿地丧失和生物多样性的严重下降, 环境问题不断产生。目前仅有小块分布不连续、地理位置上相互隔离的湿地景观尚存。所以对湿地景观结构特征的认识仅进行现状研究是不够的, 必须从过去到目前变化的角度来认识, 而从流域整体进行认识更利于湿地资源保护、恢复和管理工作的。

本文选择三江平原挠力河流域为典型流域, 通过对流域湿地景观从初始到现状的变化视觉认识流域湿地的景观结构特征及其时空变化过程; 阐明湿地景观在流域中原本是相互联系、相互作用的整体, 具有特殊的景观纵向、横向和内部结构特征; 证明人类活动的影响是改变原有湿地景观结构的主要驱动因素。说明流域中的湿地景观即使在极其破碎化的现在也是相互联系、相互影响的, 其整体功能要大于个体之和。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域

挠力河流域位于黑龙江省三江平原腹地, 是中国著名的淡水沼泽湿地分布区。地处

收稿日期: 2003-10-11; 修订日期: 2003-11-29

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要项目 (KZCX2-SW-320); 东北地理与农业生态研究所 (NEIGAE) 学科前沿领域项目 (KZCX3-SW-NA) [Foundation: Knowledge Innovation Project of CAS, No.KZCX2-SW-320; Research Priority Field Project of NEIGAE, No.KZCX3-SW-NA]

作者简介: 刘红玉 (1963-), 副研究员。主要从事湿地景观变化与环境效应研究。E-mail: Liuhongyu@mail.neigae.ac.cn

东经 131°31'~134°10', 北纬 45°43'~47°35' 的挠力河流域, 东南以完达山分水岭为界, 向东与乌苏里江连接, 总面积为 22630.43km²。其中山地面积占总面积的 31%, 平原占 69%。

挠力河流域由于处于温带、湿润半湿润大陆性季风气候, 降水丰富。多年平均降水量为 518 mm, 且冬春季节降水少, 夏季降雨丰富, 6~9 月降雨可占全年降水量的 72%。该流域山区河流众多而短小并在中下游平原区域汇集。独特的自然地理条件, 低平的地势和各种碟形洼地的广泛分布, 使地表径流不畅。加上广泛分布的黏性土层阻碍地表水下渗, 在广大的平原区域形成大面积沼泽和复杂多样的湿地类型。

挠力河流域 1950 年以来经过 4 次大规模农业开发活动。目前已建成 6 个县, 7 个现代化农场, 总人口达到 125 万, 其中农业人口占 65.6%。该区已成为三江平原主要产粮区和国家重要商品粮基地。随着人口的增加, 经济的迅速发展, 大面积的湿地转化为农田。目前已造成 87% 的湿地丧失和景观结构巨大变化的局面。

1.2 研究方法

1.2.1 流域湿地景观分类系统建立 在对流域湿地景观特征和功能全面认识基础上, 建立统一的、详尽的湿地景观分类系统。该分类系统在宏观上能够全面反映不同尺度上的湿地景观类型。为了详尽研究湿地景观在流域上的分布特征, 该分类系统具体到植物群丛级别^[20] (表 1)。

1.2.2 分时段景观制图研究和 GIS 技术应用 由于本区土地开发的特点是阶段性强, 开发规模大, 并且开发先从高地上的草甸湿地进行, 然后逐渐转向低地沼泽分布区域。景观破碎化主要发生在 80 年代以后, 所以早期的尺度可大些, 而近期为了反映景观破碎化现状要求尺度小些, 以便全面反映景观变化过程。基于这样认识, 以上述分类系统作为制图的统一分类系统, 选择五个时段进行景观制图工作。选择的资料主要包括: 60 年代地形图件 (1:20 万) 结合其他历史资料进行 1950 年、1965 年湿地景观计算机制图; 其中 50 年代图件作为流域初始景观; 利用 1976 年开荒调查图 (1:20 万) 结合 1973 年 MSS 数据进行 1976 年景观制图; 利用 1983 年三江平原植被调查图 (1:20 万) 进行 1983 年流域湿地景观制图工作。利用 2000 年 6 月遥感影像数据, 参考土地利用图件进行现状的遥感解译和景观制图工作; 初始的解译之后在 2000 年进行了全面的湿地景观类型调查;

表 1 三江平原流域湿地分类系统

Tab. 1 Watershed wetland classification system in the Sanjiang Plain

一级 景观类型	二级 生态系统类型	三级 植物群丛类型	一级 景观类型	二级 生态系统类型	三级 植物群丛类型
开阔水域	河流 湖、泡		沼泽湿地	毛果苔草沼泽	
草甸湿地	小叶章草甸湿地	小叶章湿地 小叶章-苔草湿地 小叶章-沼柳湿地 小叶章-芦苇湿地 小叶章-杂类草湿地		漂筏苔草沼泽	毛果苔草沼泽 毛果苔草-芦苇沼泽 毛果苔草-漂筏苔草沼泽 毛果苔草-乌拉苔草沼泽
灌丛湿地	灌丛湿地	灌丛湿地 丛桦-小叶章湿地 水冬瓜-丛桦湿地		甜茅沼泽 塔头苔草沼泽	漂筏苔草沼泽 漂筏苔草-大叶章沼泽 甜茅-毛果苔草沼泽 甜茅-漂筏苔草沼泽
岛状林湿地	岛状林湿地	江心洲岛状林湿地 平原岛状林湿地		芦苇沼泽	灰脉苔草-小叶章沼泽 乌拉苔草沼泽 乌拉苔草-灰脉苔草沼泽 芦苇沼泽 芦苇-小叶章沼泽

2003 年再次进行补充调查工作, 以便详细反映湿地景观现状和土地利用现状。

在以上基础上, 系统分析整理各时段数据, 利用 GIS 进行叠加分析和数据统计分析工作, 研究该区自建国以来 50 年挠力河流域湿地景观结构特征及其时空变化过程。

2 结果和讨论

2.1 流域湿地景观的空间结构特征

湿地在流域中具有特殊的空间结构特征。湿地常常分布在河流两岸的低河漫滩、高河漫滩以及河流阶地中, 一般呈带状分布; 湿地也广泛分布在流域高地和阶地上的洼地中, 一般呈不同形状的碟形分布; 而不同水文条件、不同的地貌部位发育的湿地景观类型不同。这样沿着一定的地形梯度和水文梯度, 流域湿地景观表现出特殊的纵向结构、横向结构的梯度特征和景观内部结构特征。但由于流域地貌组成类型不同以及流域类型(山区、平原、山区—平原)的不同, 这些特征又表现出差异性。本文以山区—平原型流域挠力河流域为代表, 探讨流域的湿地景观结构特征。

2.1.1 流域湿地景观的纵向结构特征 湿地景观类型是自然环境与生物相互作用的环境梯度决定的, 其中地形梯度和水分梯度的互相作用使得湿地景观在类型上发生分异。由于湿地在流域中与水相邻, 通常在纵向表现为河岸廊带特征。湿地沿流域中河流的纵向梯度从河流上游向下游延伸, 而沿着该梯度水文条件发生变化, 河流从缓到急, 水量从小到大并与地形梯度相吻合, 结果湿地景观类型发生分异, 表现出特殊的纵向结构特征。挠力河流域属于山区—平原型流域, 沿河流纵向的地形梯度和水文梯度特征比较明显, 使得湿地景观在分布上表现出显著的纵向梯度结构特征和规律。首先, 该流域河流发源于山区, 穿行于平原之中。由于地形梯度的控制作用使得山区河流短小而直, 呈树枝状结构; 这些短小河流到中下游平原区汇合后, 呈辫状结构特征, 弯曲系数大, 水量和水深在平原区不断增大, 由急到缓(图 1)。

伴随着河流湿地的纵向结构, 湿地景观也表现出显著的梯度差异。湿地的发育和分布主要受水文影响, 一般禾草型湿地如小叶章为优势的各类湿地景观常常分布在平原中较高部位, 季节性积水或土壤湿度大; 而各类苔草和芦苇沼泽常常形成在常年积水的河漫滩上, 但伴随水深, 水量等水分的梯度差异, 形成的湿地景观和生态系统类型各不同。

挠力河流域湿地景观的纵向结构特征表现为: 从山间河谷平原—低台地—高河漫滩—冲积洪积平原—低河漫滩的地形和水文的递减梯度连续分布着灌丛、杂类草湿地—小叶章、沼柳湿地—小叶章、苔草湿地—小叶章、芦苇湿地—毛果、芦苇沼泽—甜茅沼泽—毛果苔草沼泽—漂筏、大叶章沼泽(图 2)。各类型湿地景观分布的范围和大小受控于地貌类型的大小和人类活动的影响。

2.1.2 流域湿地景观的横向结构特征 流域湿地的横向结构特征是指垂直于河道的横向景观单元的空间构成特征。挠力河流域湿地主要分布在中下游区域, 因此, 景观的复杂性也表现在这一区域。但由于地形和水文条件的差异, 这种横向特征亦不同。由于挠力河是该流域的主河流, 水深而流量大, 紧邻河道分布漂筏、

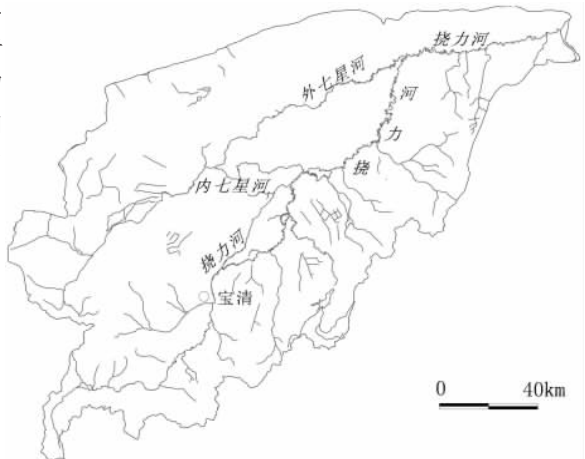


图 1 挠力河流域水系格局

Fig. 1 River system in the Naoli River watershed

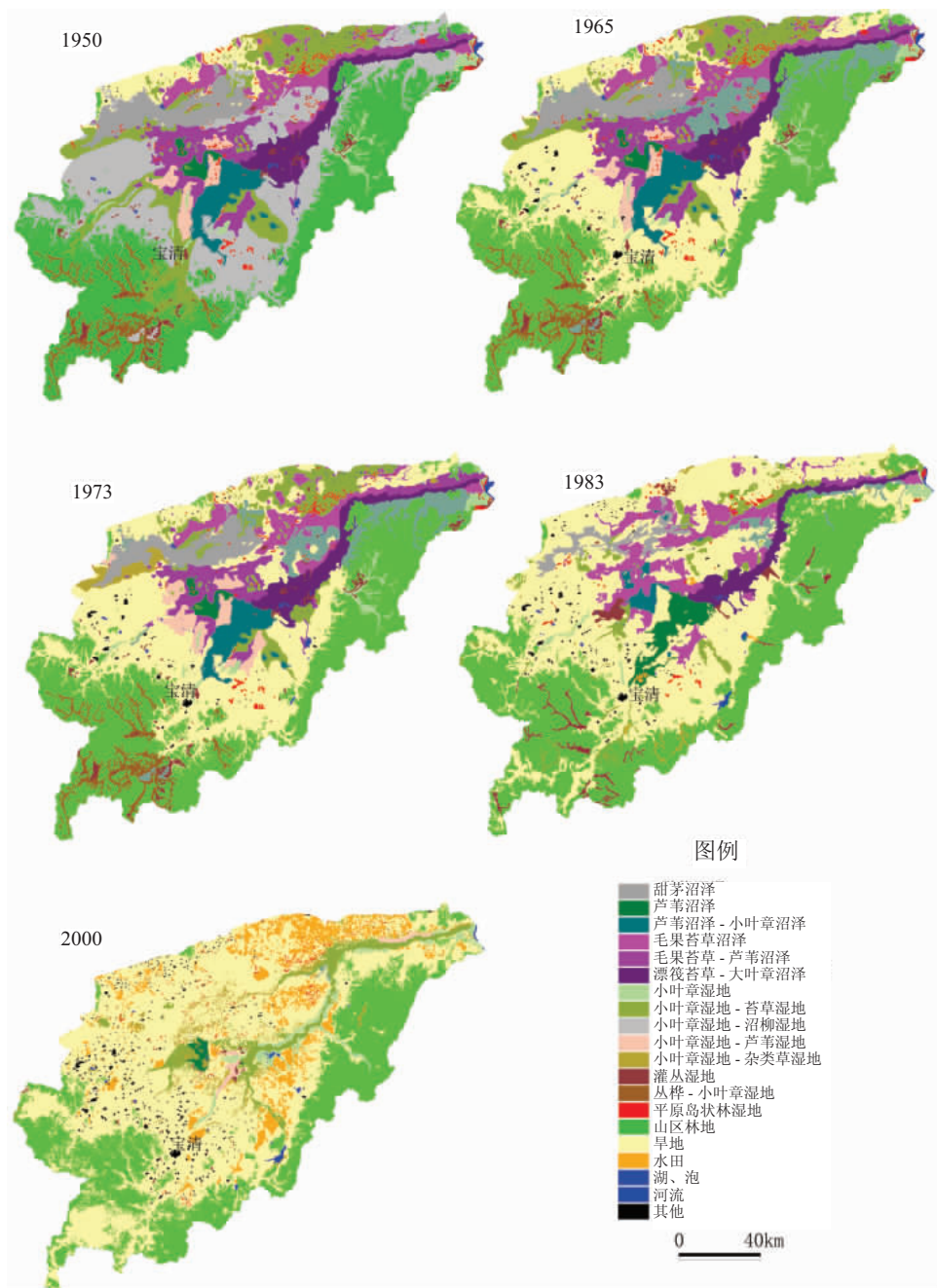


图 2 挠力河流域历史时期不同年代湿地景观变化

Fig. 2 Wetland landscape changes in different years in the Naoli River watershed

大叶章沼泽景观，沿着挠力河的横向梯度景观分布为小叶章、苔草湿地—毛果苔草沼泽—漂筏、大叶章沼泽。在七星河两岸，河流水位较浅，水流量不大，湿地景观的横向梯度表现为：小叶章湿地—毛果苔草沼泽—甜茅沼泽；在内七星河则表现为：小叶章、沼柳湿地—小叶章、芦苇湿地—毛果、芦苇沼泽—芦苇沼泽的横向结构特征。

2.1.3 流域湿地景观内部结构特征 流域湿地景观的纵向和横向梯度特征是构成流域湿地景观多样性的基础，是地貌类型多样性的直接反映。挠力河流域地貌类型非常丰富，

仅平原湿地分布区域, 包括 14 种地貌类型。其中, 占主体的地貌类型为低河漫滩, 相应的湿地景观类型表现为毛茛苔草沼泽、甜茅沼泽和芦苇沼泽; 其次为高河漫滩和河流阶地, 相应的景观类型为各类小叶章湿地; 河曲带发育的景观类型为漂筏、大叶章沼泽。这些类型的湿地景观呈大面积连续分布状态, 它们构成了流域中主体湿地景观。另外, 由于该流域微地貌极其发育, 包括各类洼地、自然堤、迂回扇、微高地和古江心洲等, 产生了各种小面积的景观斑块体, 主要发育灌丛湿地、岛状林湿地、湖泡等景观类型, 它们呈小块镶嵌体形式广泛分布于大面积的湿地景观中, 构成了湿地景观内部独特的结构特征, 丰富了湿地景观类型的多样性。

2.2 流域湿地景观结构的时空变化

2.2.1 流域纵向湿地景观结构的时空变化

流域纵向湿地景观结构的时空变化主要受纵向的湿地景观廊带体宽度、长度以及景观类型变化的影响。

(1) 流域纵向湿地景观廊带体宽度和长度变化 廊带在景观上被定义为不同于两侧基质的狭长形状的斑块类型。但从变化的观点看, 廊带长度和宽度受人类活动影响而不断变化。流域中的廊带沿河流纵向分布, 一般在形状上呈带状特征, 是连接不同景观和生态系统的通道。有些廊带较宽以至于很难辨认出其带状特征, 但随着人类活动的干扰作用, 廊带逐渐变窄甚至断裂。廊带受人类活动的影响最大。

挠力河流域湿地景观廊带主要是沿河流纵向分布的河流廊带, 或称河岸带。廊带在宽度、连通性、弯曲度等方面的不同会对景观带来不同的影响。尤其是宽度效应对廊带起重要的控制作用, 廊带越宽, 其内部生境类型越复杂, 维持的物种多样性越丰富。河流廊带对调节水和物资从周围土地向河流的运输、侵蚀、径流、养分流等起很大作用, 洪水、沉积作用和水质均受到河流廊带宽度的影响^[21]。挠力河流域的湿地景观廊带变化主要是人类活动的结果 (表 2)。60 年代以前, 挠力河流域中下游是连片的各类湿地景观, 七星河流域河流廊带与挠力河河流廊带连接在一起构成宽广的廊带体上部, 其宽度可达 117 km; 70 年代后期, 这两条廊带开始相互分离, 各自的宽度逐渐变窄; 80 年代以后变化更加迅速。2000 年, 七星河廊带宽度缩减了 98%, 已呈现线状特征; 挠力河中游廊带则缩减了 90%。该流域廊带的宽度变化还表现在下游区域, 到 2000 年, 下游廊带宽度已缩减了 80%。廊带的长度变化主要发生在 80 年代以后, 挠力河河流廊带和七星河河流廊带均开始断裂, 原来的连通性被破坏。到 2000 年, 挠力河河流廊带长度减少了 30%, 七星河则减少了 51% (表 2)。

(2) 流域湿地景观廊带中类型变化 如前面所述, 构成流域河岸湿地廊带的景观类型在纵向呈现景观梯度特征, 景观类型复杂多样。但随着人类活动的影响, 湿地景观类型发生很大变化, 主要表现为由复杂趋于单一。挠力河流域河岸湿地廊带在 80 年代之前由草甸湿地和沼泽湿地两大类景观组成, 其中草甸湿地包含 6 种景观类型, 共计 160 块; 沼泽湿地包括四种景观类型, 共计 39 个斑块体。但随着人类活动影响, 各类型湿地景观面积不断萎缩、破碎, 到 2000 年, 草甸湿地主要为小块的小叶章—杂类草湿地类型, 而

表 2 挠力河流域湿地景观廊带直线变化距离

廊带特征	1950 年	1965 年	1976 年	1983 年	2000 年
廊带宽度 (km)					
挠力河中游	116.8	90.4	23.9	23.9	11.8
七星河中游	(与挠力河连一起)		19.7	19.7	2.3
挠力河下游	27.3	18.7	8.4	8.4	5.4
廊带长度 (km)					
挠力河	204.5	189.1	178.2	106.2 (断裂)	101.2 (断裂)
七星河	224.2	219.2	181.7	164.8 (断裂)	157.5 (断裂)

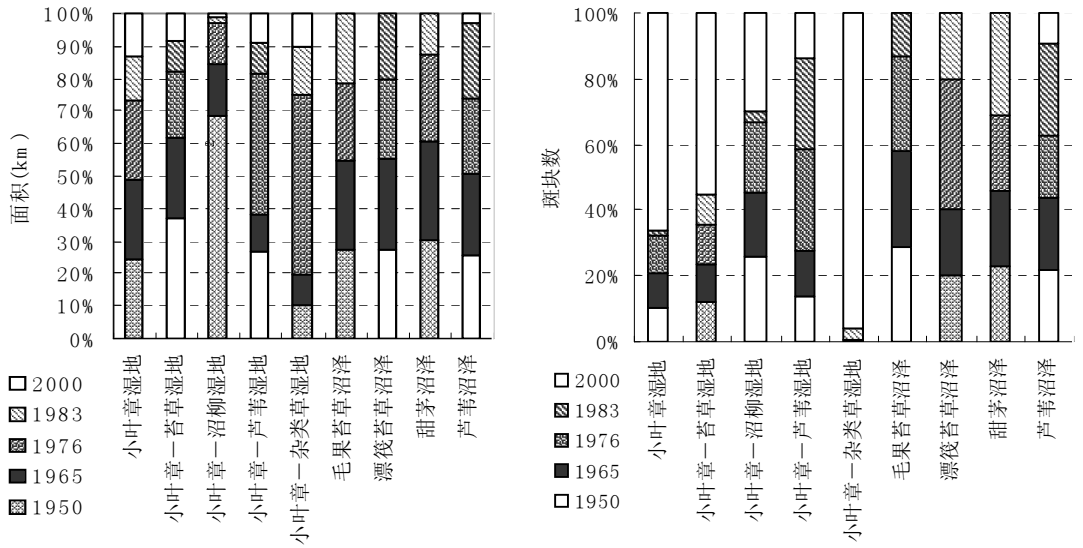


图3 挠力河流域河岸带湿地景观类型及其变化

Fig. 3 Riparian wetland landscape types and their changes in the Naoli River watershed

沼泽类型多样性丧失, 只有单一芦苇沼泽尚存。可见流域总体湿地景观结构发生巨大变化, 纵向景观结构由连续变化为断裂, 景观梯度特征丧失, 变化为单一景观结构。到2000年, 挠力河河岸带纵向景观结构已变成不连续的芦苇、小叶章湿地—小叶章、苔草湿地; 七星河河岸湿地景观纵向结构表现为单一的小叶章、苔草湿地景观。图2, 图3显示了景观面积变化和斑块数量变化的总体趋势。景观面积大, 越完整连续, 斑块数量越少; 相反, 景观面积越小, 越破碎, 斑块数量越多。而随着景观面积缩小, 斑块数量的增大, 湿地景观类型多样性迅速下降。通过对流域湿地景观类型进行多样性计算发现, 该流域湿地景观多样性很高, 1983年之前, 多样性指数均超过1; 1965年景观多样性最高, 以后逐渐减少, 到2000年景观多样性降为0.713。从优势度指数看, 1950年优势度指数最高, 因为草甸湿地在面积上占优势地位, 以后逐渐递减。到1983年沼泽在面积上占优势。到2000年, 草甸湿地占绝对优势, 其面积占湿地总面积的89%。

2.2.2 流域横向湿地景观结构及其变化 伴随着湿地开垦活动, 流域湿地横向景观梯度结构特征逐渐丧失, 形成单一景观类型, 并且由于湿地大面积丧失和破碎化使隔离湿地景观斑块体不断产生和变化。隔离湿地一般指相互之间的分离, 位置上相互独立的湿地。造成隔离湿地产生的原因很多, 但主要是人类活动的影响。流域内的湿地由于土地开发活动, 排水活动以及建筑防洪大堤等使湿地从河岸湿地中逐渐隔离出来。由于大多数情况下, 这些隔离湿地之间缺乏明显的地表水联系, 所以相互之间相对独立存在。人类活动越强烈, 湿地隔离程度越大, 这与景观生态学中的破碎化相似。分析50年来挠力河流域隔离湿地的变化情况(图4)。不难发现隔离湿地产生的主要过程和影响因素。

挠力河流域湿地景观类型复杂多样。建国初期, 该区受人类活动影响很小, 被隔离在农田中的湿地主要是泡沼和草甸湿地。它们常常位于低洼部位受降雨补给水分, 或通过地表潜水补给; 随着人类活动影响加剧, 隔离湿地数量开始上升, 到1976年, 被隔离的泡沼由4.6%上升到22.0%; 被隔离的草甸湿地由19.6%变化为26.8%; 岛状林湿地由8.6%上升为37.1%; 被隔离的沼泽湿地从18.2%变化为29.4%。1983年后, 被隔离的湿地大多数丧失, 新的被隔离湿地不断大量出现。其中被隔离的泡沼1983年占50.8%, 到2000年占11.6%, 说明原有的泡沼丧失或被转化为其他类型景观; 被隔离的沼泽由1983

年的 21.1% 上升为 33.0%; 草甸湿地几乎完全变成隔离湿地状态, 隔离率由 1983 年的 49% 上升为 98%。灌丛和岛状林湿地也几乎呈现出被完全隔离状态 (图 4, 图 5)。至此, 流域湿地景观横向结构特征由过去连续分布的梯度特征变化为隔离湿地景观结构特征。

2.2.3 流域湿地景观内部结构变化 由于构成景观内部结构的斑块体主要表现为镶嵌于大面积草甸和沼泽湿地景观中的湖泡、灌丛湿地和平原岛状林湿地景观。这类小块镶嵌体主要发育在河漫滩和河流阶地中的微地貌上。它们构成了流域湿地景观的多样性, 提供了动物栖息繁殖所需要的不同的生境类型。但是, 伴随大面积草甸湿地和沼泽湿地开垦为农田, 这些小面积的湿地景观逐渐消失 (图 6)。尤其在 1983 年以后, 湖泡、灌丛和岛状林湿地景观以数量丧失为主要特征, 到 2000 年, 挠力河流域的湖泡、灌丛湿地和岛状林湿地基本消失, 流域湿地景观的内部结构特征基本丧失。

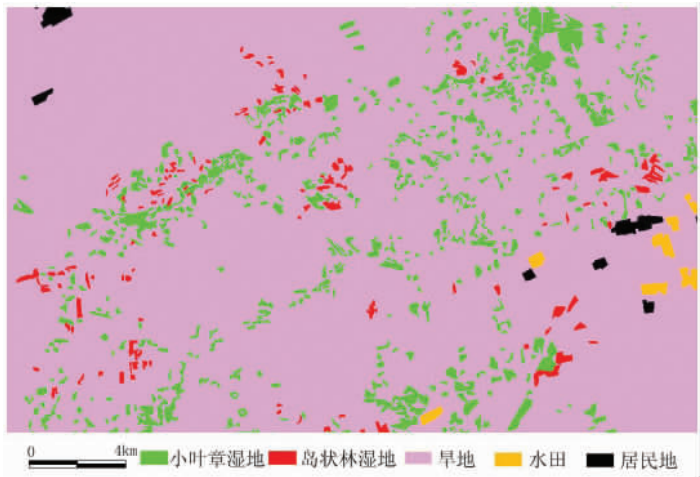


图 4 挠力河流域隔离湿地景观

Fig. 4 Isolated wetland landscape in the Naoli River watershed

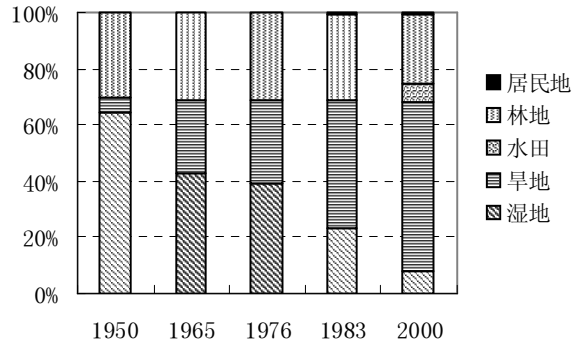


图 5 挠力河流域隔离湿地景观变化

Fig. 5 Changes of isolated wetland landscape in the Naoli River watershed

3 湿地景观结构变化机制分析

3.1 土地开发利用是导致湿地景观结构变化的主要驱动力

挠力河流域是三江平原土地开发历史最早的流域。著名的友谊农场始建于 1954 年, 是我国高度机械化农场之一。其他农场也都建于 1960 年以前。由于该流域自然资源丰富, 便于开发利用。历史上曾经经历 50 年代的十万转业官兵开发“北大荒”第一次大规模土地开发时期; 60 年代中至 1976 年末的城市知识青年上山下乡建设“北大荒”的第二次大规模土地开发时期; 1977 年初至 80 年代初的经济建设时期; 和 80 年代以后的农业综合开发时期。四次大规模的土地开发利用是以开垦湿地为主, 伴随着森林砍伐和水利工程建设进行的。如果说 1977 以前的土地开发活动主要受政治驱使, 那么 1978 年以后国家进入新的经济发展时期土地开发利用主要受经济发展驱动。四次土地开发活动对湿地造成了巨大损失 (图 7)。挠力河流域从 1950 年到 1965 年, 湿地丧失 33.8%; 到 1976 年累积丧失湿地面积 39.6%; 到 1983 年继续丧失达 64.4%; 到了 2000 年湿地累积丧失 87.3%。从耕地增加来看, 1965 年比 1950 年增加面积 4.6 倍, 平均每年增加 488 km²; 到 1976 年持续增加了 5.5 倍, 平均每年增加耕地面积 844 km²; 到了 1983 年, 耕地增加的面积是 1950 年的 8.9 倍, 平均每年新增加面积 358 km²; 而到 2000 年, 总的耕

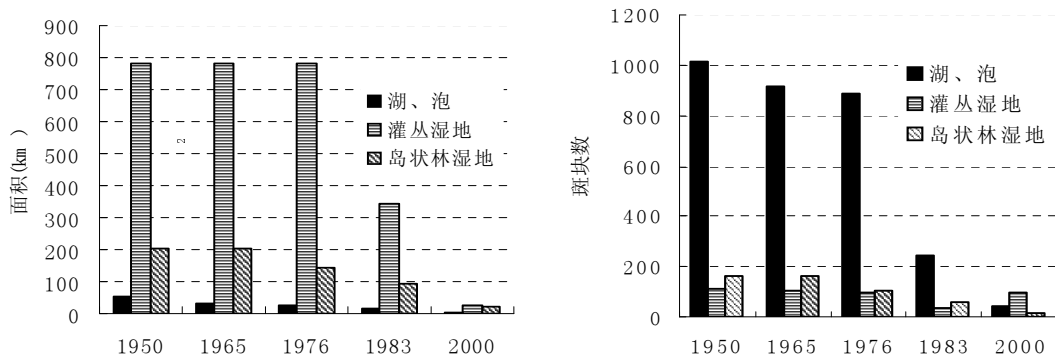


图 6 挠力河流域湿地景观内部结构及其变化

Fig. 6 Wetland interior landscape structure and changes in the Naoli River watershed

地面积是原来的 14 倍，平均每年增加了 232 km²。而丧失的湿地 98% 直接转化为农田。伴随湿地的大面积丧失，灌丛湿地、岛状林湿地和湖泊湿地基本丧失。可见，农业土地开发是湿地景观结构发生变化的主要驱动力 (图 7)。

3.2 线状廊带 (道路和渠道) 网状发展是导致湿地景观结构破碎化的主要原因

挠力河流域湿地开发从山前平原开始逐渐转向阶地和冲积、洪积平原中难于开发的区域。随着开发难度加大，国家在农田水利建设方面开始大量投入资金，尤其是排水渠的修建，帮助疏干湿地中的积水。水渠数量由 80 年代的 1 234 条增加到 2000 年的 13 546 条，增加了 10 倍多。经济的发展，以及开发建设的需要，道路网发展也非常迅速，道路网的密度越来越大。防洪堤的建设使得原本是整体的湿地被分割为两部分，一部分紧邻河道位于防洪堤之内，另一部分被隔离于防洪堤之外。由于被隔离的这些湿地不再受到洪泛影响而易于开垦和破碎化。这些渠系网络和道路网络以及堤坝的迅猛增加是导致湿地破碎化的主要原因。从建国之初到目前为止，湿地景观已由完整的基质破碎为零星的斑块，河流两岸湿地廊带逐渐变窄并断裂为不连续的斑块体。尤其是草甸湿地破碎化极其明显，只有残留的小块湿地零星分布在农田中，斑块数量由 1983 年的 166 块上升到 2000 年的 2 747 块，增加了 16 倍；平均斑块面积由 50 年代初的 80 km²，减少为 1965 年的 30 km²；继续减少到 1976 年的 22 km²，1983 年的 7 km²，直到 2000 年的 0.6 km²。可见斑块破碎化幅度之大，这是造成湿地景观结构由连续到不连续破碎化的主要原因。

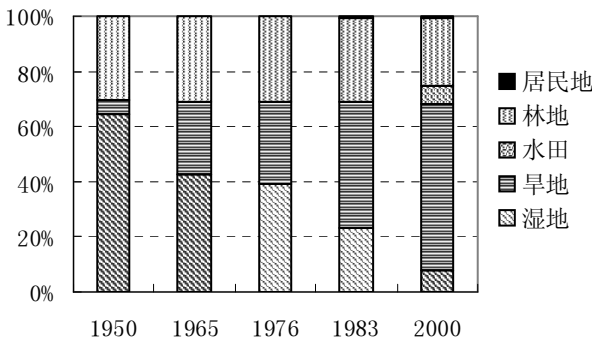


图 7 挠力河流域土地利用结构与变化

Fig. 7 Land use structures and their changes in the Naoli River watershed

3.3 湿地生态系统的逆向演替和退化是湿地景观变化的内在因素

伴随着土地开发和湿地排水活动，湿地生态系统逆向演替和退化严重，尤其是湿地水文条件的变化是导致湿地生态系统演替和退化的主要原因。由于农业土地开发和排水活动，湿地水位降低，从而导致潜水泡沼消失和湿地植物群落演替。散布于农田中的小块湿地，尽管土地开发时由于积水较深而残留下来，但周围土地用水和排水使这些湿地积水深度发生变化，常常是水位减低，结果导致湿地群落由深水位的沼泽植物群落向浅

水位或季节性积水草甸湿地群落方向演替^[15]。通过不同年代图形叠加显示, 80 年代没有排水之前, 湖、泡星罗棋布, 分布于沼泽湿地或草甸湿地之中, 50 年代初达 1011 个, 80 年代初还有 884 个, 排水后, 这些湖、泡逐渐被隔离出来, 周围被农田包围, 于是 95% 的小面积湖泊由于缺水而演化为隔离草甸湿地景观。近几年, 由于大面积湿地丧失, 残留的湿地由于缺水而退化为草甸湿地占 1983 年的 50%。80 年代初期, 挠力河流域独特的漂筏苔草景观已经不复存在, 它们多退化为小叶章湿地, 漂筏苔草和毛果苔草由原来的优势种变化为主要伴生种。这表明土地开发的后效之一是导致湿地群落的演替或退化, 从而使流域湿地景观结构发生变化。

4 结论

湿地在流域中是作为整体系统而存在并发挥整体功能。流域中湿地景观的空间结构特征可以从湿地景观的纵向结构特征、横向结构特征以及景观内部结构特征进行理解和认识。随着人类活动的影响, 流域湿地景观结构在以上三方面均发生巨大变化。主要表现为: (1) 流域景观由原来的湿地基质景观转变为现在的农田基质景观, 景观结构和空间格局发生巨大变化, 其中纵向湿地景观梯度结构特征由复杂趋于简单, 由连续的廊带变化为断裂; 横向湿地景观梯度特征逐渐丧失, 变化为单一类型景观; 而景观内部结构特征也逐渐丧失。伴随这一变化过程, 隔离湿地景观不断产生, 逐渐成为流域湿地景观主体, 呈现出破碎化景观结构; (2) 流域中湿地景观结构的巨大变化, 尤其是湿地景观的破碎化和湿地水文条件变化是湿地景观退化和生态演替的主要原因; (3) 湿地景观结构变化的速度和强度直接受到人类活动的影响, 人类活动强度越大, 景观破碎化越严重, 景观结构变化越大。

参考文献 (References)

- [1] Amamda L Azous. Wetland and Urbanization: Implication for the Future. CRC Press LLC, 2001. 221-299.
- [2] B T Gray. Meeting the challenges: waterfowl and wetland conservation in the 21st century. In: Quebec, 2000: Millennium Wetland Event Program with Abstracts August 6-12, 2000 Canada. Elizabeth Mackay, 2000. 215-318.
- [3] Paul A Keddy. Wetland Ecology Principles and Conservation. Cambridge University Press, 2000. 124-238.
- [4] Xiao Duning, Hu Yuanman, Li Xiuzhen. Landscape Ecology Research on Deltaic Wetland in the Bohai Rim. Beijing: Science Press, 2001. 36-57.
- [5] Chen Gangqi, Zhang Wenfen. Impact of marsh on river runoff in the Sanjiang Plain. In: Changchun Institute of Geography, CAS, Marsh Research in China. Beijing: Science Press, 1988. 110-115.
- [6] Zhao Kuiyi. Wetland biodiversity and their sustainable use in China. In: Chen Yiyu, Wetland Research in China. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1995. 48-55.
- [7] Xie Binggeng, Li Xiaoqing, Cheng Weimin. Wetland Landscape Ecology Theory and Method. Changsha: Zhongnan Industry University Press, 1997. 271-288.
- [8] A Vadineanu, S Cristofor. Biodiversity changes in the lower Danube river system. In: B Gopal, W J Junk, J A Davis (eds.), Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation. Leiden: Backhugs Publishers, 2001. 29-65.
- [9] Jefferson F, J Krummel, S Yarnasam et al. Land use and landscape dynamic in northern of Thailand: assessment on three upland watersheds. AMBIO, 1995, 24(6): 328-334.
- [10] Saunders D A. Biological consequence of ecosystem fragmentation: a review conservation. Biology, 1991, 5(1): 18-32.
- [11] Wilcove D S, McLellan C H, Dobson A P. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: Soule M E (ed.), The Science of Scarcity and Diversity: Conservation Biology. Sunderland Sinauer, 1986. 237-256.
- [12] Vos C C, Chardon J P. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the Moor Frog. *Rana Arvalis*. Journal of Applied Ecology, 1998, 35(1): 44-56.
- [13] Fu Bojie, Chen Liding, Ma Keming et al. Principle and Application of Landscape Ecology. Beijing: Science Press, 2002. 126-130.
- [14] Lyon J. Analyses of Coastal wetland communities. In: The St, Clair Flats, Michigan, M.S. Thesis. School of Natural

Resources. Univ. of Michigan, Ann Arbor, MI, 1979. 80-87.

- [15] Yi Fuke. Wetland plant community and utilization in the Sanjiang Plain. In: Chen Yiyu (ed.), *Wetland Research in China*. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1995. 432-435.
- [16] Wang Xianli, Hu Yuanman. Wetland landscape change analysis in Liaohe Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 1996, 16(3): 260-265. [王宪礼, 胡远满. 辽河三角洲湿地的景观变化分析. *地理科学*, 1996, 16(3): 260-265.]
- [17] Liu Hongyu, Lu Xianguo, Liu Zhenqian. Wetland resources, landscape structure and regional sustainable development. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(6): 545-552. [刘红玉, 吕宪国, 刘振乾. 辽河三角洲湿地资源与区域持续发展研究. *地理科学*, 2000, 20(6): 545-552.]
- [18] Liu Hongyu, Lu Xianguo. Wetland resources research in Huanbohai Delta. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(2): 101-106. [刘红玉, 吕宪国. 环渤海三角洲湿地资源研究. *自然资源学报*, 2001, 16(2): 101-106.]
- [19] Chen Liding. Impact of human activities on landscape structure in Huanghe Delta. *Journal of Ecology*, 1996, 16(4): 337-344. [陈立顶. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析. *生态学报*, 1996, 16(4): 337-344.]
- [20] Liu Hongyu, Lu Xianguo. A study on classification system of wetland landscape mapping in the Sanjiang Plain. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(5): 432-435. [刘红玉, 吕宪国. 三江平原湿地景观生态制图分类系统研究. *地理科学*, 1999, 19(5): 432-435.]
- [21] Georgep Malanson. *Riparian Landscapes*. Cambridge University Press, 1993. 38-130.

Wetland Landscape Structure and the Spatial-temporal Changes in 50 Years in the Sanjiang Plain

LIU Hongyu, ZHANG Shikui, LU Xianguo

(*Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China*)

Abstract: The characteristics of wetland landscape structure in watershed in the Naoli River the Sanjiang Plain are exhibited in three aspects. The first one is wetland landscape gradient characteristic in the longitudinal landscape structure of the watershed from the sources area of rivers to the lower reaches, which shows that wetland landscape types were differently distributed according to the topographic gradient and hydrological gradient and formed a wide riparian landscape corridor in the watershed; the second is wetland landscape gradient characteristic in the transverse structure of watershed with perpendicularity rivers in the watershed, which also shows that wetland landscape types are differently distributed in a topographic gradient and hydrological gradient and formed an extensively distributed wetland area in watershed's flood plain; the third is wetland landscape internal structure, which shows that many small mosaics or patches were distributed in the microscopic geomorphic units in the extensive wetland landscapes. The driving forces leading to substantial changes of wetland landscape structure in the watershed were identified as: 1) land reclamation has led to more than 75% of wetlands loss in historical periods and 98% of the lost wetlands direct conversion to agricultural lands in the watershed, which is the major reason for watershed wetland landscape structure changes; 2) drainage ditches construction for agricultural development and dikes construction for flooding prevention after the 1980s has led to wetland loss and fragmentation and landscape structure changes in the watershed; 3) changes in wetland hydrological condition due to agricultural development have led to wetland ecosystem degradation, as a result, almost all the remaining marsh wetlands in the plain were degraded to meadow wetland at present state.

Key words: watershed wetland; landscape structure; spatial-temporal changes