

基于 RS 与 GIS 的银川市湿地景观变化研究

白林波¹, 白明生², 石云¹

(1. 宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021; 2. 宁夏大学 生命科学学院, 银川 750021)

摘要:应用 1991 年的 TM 图像和 2006 年的 ETM 图像, 将研究区湿地类型分为自然湿地(包括河流湿地、湖泊湿地、灌丛湿地)和人工湿地(包括水塘、输水渠、水产池塘), 提取研究区两个时期的湿地景观, 并应用斑块数量、斑块面积、斑块密度、多样性指数、优势度指数、均匀度指数和分维数指数分析了研究区的湿地景观变化情况。结果表明: 1991-2006 年银川市湿地斑块数量和面积减小幅度很大, 但水产池塘的斑块数量与面积呈增加趋势。1991 年研究区自然湿地比例远大于人工湿地, 但到 2006 年两种湿地类型比例相当。从景观水平来看, 研究区湿地的 Shannon 多样性指数与均匀度指数减小, 优势度指数增加。

关键词:湿地; 景观格局; 银川市

中图分类号: P901; T P79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0079-03

A Study of Landscape Pattern Change of Yinchuan Wetlands Based on RS and GIS

BAI Lin-bo¹, BAI Ming-sheng², SHI Yun¹

(1. School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. School of Life Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Based on the TM images of 1991 and ETM images of 2006, the wetlands types were classified as nature wetland and artificial wetland, and the wetland landscape of two periods was picked. The landscape pattern was analyzed based on the index of the plot area and number, fragmentation, diversity, dominance, evenness and fractal dimension. The result indicated that the plot area and number of the wetland decreased severely from 1991 to 2006, but the aquatic ponds increased. The proportion of nature wetland was greater than artificial wetland in 1991, but it was almost equal until 2006. On the landscape pattern, the diversity and evenness decreased, and the dominance increased.

Key words: wetland; landscape pattern; Yinchuan City

湿地被誉为“地球之肾”, 其功能体现在吸收降解有害物质、提供饮用水与灌溉资源、排洪蓄洪、提供动植物生境和物质生产、抑制城市热岛效应、休闲旅游以及社会文化等众多方面^[1-3]。随着城市化进程加快, 湿地面临面积逐渐萎缩、污染加剧、生物多样性下降和景观破碎化加剧等威胁, 湿地功能不断退化, 亟待保护和恢复^[4-6]。湿地景观变化研究有助于了解湿地各景观类型间的关系, 并能为湿地的生态恢复、生态系统稳定性与生物多样性的研究提供数据支持。近年来, 基于遥感数据的长期或多季节湿地景观变化研究受到众多关注。对湿地的监测与城市湿地景观格局变化的分析研究已经成为湿地学与生态学方向研究的热点^[7-10]。银川市地处干旱地区, 降水量少而蒸发量

大, 无论从地理位置、生态功能还是湿地类型来看, 都具有与东部平原湖群或是青藏高原湖群不同的独特性质。由于黄河贯穿, 加上历代劳动人民对农田灌溉工程的大规模开发, 历史上银川市曾经湖沼密布^[11]。由于长期以来对湿地功能认识不足以及众多人为因素和眼前经济利益的诱惑, 银川市湿地资源逐年萎缩, 因此开展银川市湿地景观变化研究有重要的理论和实践意义。本文应用 TM 图像, 在 GIS 技术支持下对银川市湿地的动态变化情况进行探讨, 以期对银川市湿地保护与可持续利用提供理论和数据支持。

1 研究区概况

银川市是中国西北区域性中心城市, 位于宁夏引

黄灌区的中部,东临黄河,西屏贺兰山,介于东经 $105^{\circ}51' - 106^{\circ}21'$,北纬 $38^{\circ}25' - 38^{\circ}37'$ 之间,平均海拔 $1\ 100\text{ m}$,属中温带大陆性气候,年均气温 $8.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,年均降水 200 mm ,冬无严寒,夏无酷暑。银川市位于黄河上游宁夏平原中部,其湿地资源主要分布在黄河冲积平原和洪积冲积平原,主要有湖泊湿地、河流湿地、沼泽湿地、库塘人工湿地 4 种类型。银川市湿地资源分布密度大、范围广,在西部干旱半干旱地区很少见^[12]。本次研究范围包括银川市三区(兴庆区、金凤区和西夏区)以及永宁县和贺兰县。

2 数据源与研究方法

2.1 数据源与软件应用

本次研究选用美国 Landsat 卫星的 TM 和 ETM 影像,具体为 1991 年 8 月 30 日的 TM 图像,轨道号为 path129row033, path129row034,分辨率为 30 m ; 2006 年 9 月 16 日的 ETM 图像 (path129row033, path129row034),分辨率为 30 m 。宁夏回族自治区行政区划图,研究区 1:5 万地形图。本文采用的数据处理平台包括 Erdas imagine 和 Arcview 3.2。

2.2 数据处理

2.2.1 遥感图像处理 借助研究区 1:5 万地形图,应用软件 Erdas imagine 对 1991 年 TM 影像进行几何精校正。在影像和地形图中选择 30 个均匀分布的控制点,采用双线性内插法进行重采样,完成整幅图像的几何精校正。2006 年的 ETM 图像以校正好的 1991 年图像为基准进行影像间的配准,利用图像的方式达到几何配准的目的。投影采用 UTM,应用 Erdas 的 Mosaic 工具分别对两个时相的数据进行拼接,然后应用行政区划图提取研究区界线,再通过掩膜运算进行裁剪。

通过比对,将 TM4/TM5/TM3 波段(可见光+近红外+中红外)组合进行假彩色合成后的图像色彩反差大,层次丰富,优于 TM4/TM3/TM2 波段(近红外+红光+绿光),具有较好的目视解译效果。

2.2.2 湿地分类 参照《湿地公约》中的湿地分类系统^[13]及研究区湿地情况,将银川市湿地分为自然湿地和人工湿地两大类,其中自然湿地包括河流湿地(包括河流及其支流、溪流)、湖泊湿地(面积大于 8 hm^2 的永久性淡水湖,包括大的牛轭湖)、灌丛湿地(灌丛沼泽、灌丛为主的淡水沼泽,无泥炭积累);人工湿地包括输水渠系(输水渠、排水渠)、水塘湿地(包括农用池塘、储水池塘,一般面积小于 8 hm^2)和水产池

塘(鱼、虾养殖池塘)共 6 类。

2.2.3 湿地人工解译 结合遥感影像的颜色、形状、质地、结构及其与周边环境的关系特征,建立银川平原湿地遥感解译标志。根据解译标志,然后在软件 Arcview 3.2 支持下,人工提取湿地信息,生成两个时期的湿地景观分布图(附图 5)。

2.2.4 景观指数选取 尽管景观指数的数目繁多,但要注意的是,并不是指数运用的越多越能说明问题,有些指数之间的相关性较高,同时采用多个指数(尤其是同一类型的指数)进行比较往往并不增加新的信息。因此对于不同的景观格局类型应该选用恰当的指数进行相应的分析判断,才能得出比较准确的信息。本文选取斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、Shannon 多样性指数(H)、优势度指数(D)、均匀度指数(E)和分维数指数(FD),从类型水平和景观水平上说明研究区湿地景观结构的动态变化^[14-15]。

3 结果分析

应用软件 Arcview 3.2 的 Summarize 工具,将人工提取的湿地信息按照湿地类型进行分类汇总,得到两个时相各湿地类型的斑块数量和面积,并计算景观类型水平指数与景观水平指数见表 1 与表 2。

3.1 银川市湿地景观类型水平上的景观格局变化分析

从表 1 可以看出,1991-2006 年水产池塘的面积增加了 $3\ 882.11\text{ hm}^2$,斑块数量增加了 24 个,其他湿地类型的面积都大幅下降,其中湖泊湿地面积减少了 $5\ 083.17\text{ hm}^2$,减少幅度最大,斑块数量减少 83 个。15 a 间面积小的湖泊逐渐消失,有些转变为水产池塘,有些随着城市建设,小湖泊连通为大面积水域,因此导致湖泊的面积与斑块数量都减少很多。其次为河流湿地面积减少 $4\ 040.65\text{ hm}^2$,斑块数量减少 12 个。黄河从研究区东部穿越,河流湿地包括河流及其支流、溪流,从影像图中可以看出,2006 年的影像与 1991 年影像相比,黄河干流河道变窄,支流和溪流数量减少,选用的两期图像都为夏末秋初季节,不存在季节性降水差异。灌丛湿地面积减少 $2\ 267.25\text{ hm}^2$,斑块数量减少了 4 个。主要是由于黄河的干流变窄,水量减少,靠近黄河附近的几个灌丛湿地消失。水塘的斑块数量减少最多,由 1991 年的 442 个减少为 2006 年的 250 个,面积较少了 $1\ 263.41\text{ hm}^2$ 。大量的小水塘消失,一部分水塘的功能转变为水产池塘是造成水塘斑块和面积减少的主要原因。输水渠由于是人工修建的湿地,其斑块数量与面积没有变化,但是水量明显减少。

表 1 银川市 1991 年和 2006 年景观类型水平异质性特征

| 年份 | 湿地类型 | NP | A / hm^2 | P_r | PD | H | FD |
|------|------|-----|-------------------|-------|---------|--------|--------|
| 1991 | 河流 | 20 | 9085.37 | 29.37 | 0.2201 | 0.3598 | 1.4416 |
| | 湖泊 | 179 | 8887.02 | 28.73 | 2.0142 | 0.3583 | 1.4517 |
| | 灌丛湿地 | 34 | 4369.31 | 14.12 | 0.7782 | 0.2764 | 1.3694 |
| | 水塘 | 442 | 2029.12 | 6.56 | 21.7828 | 0.1787 | 1.5182 |
| | 输水渠 | 12 | 2613.69 | 8.45 | 0.4591 | 0.2088 | 1.6394 |
| | 水产池塘 | 72 | 3950.80 | 12.77 | 1.8224 | 0.2628 | 1.4118 |
| 2006 | 河流 | 8 | 5044.72 | 22.76 | 0.1586 | 0.3369 | 1.4757 |
| | 湖泊 | 96 | 3803.85 | 17.16 | 2.5238 | 0.3025 | 1.4305 |
| | 灌丛湿地 | 30 | 2102.06 | 9.48 | 1.4272 | 0.2234 | 1.3679 |
| | 水塘 | 250 | 765.71 | 3.45 | 32.6494 | 0.1163 | 1.5253 |
| | 输水渠 | 12 | 2613.69 | 11.79 | 0.4592 | 0.2521 | 1.6394 |
| | 水产池塘 | 106 | 7832.91 | 35.34 | 1.3533 | 0.3676 | 1.4195 |

注: A 为湿地面积; P_r 为各类型湿地面积比例。

总体来说, 1991–2006 年银川市湿地面积减少了 8 772.61 hm^2 , 斑块数量减少了 257 个。其中自然湿地面积减少了 11 391.07 hm^2 , 斑块数量减少了 99 个; 人工湿地面积增加了 2 618.46 hm^2 , 斑块数量减少了 158 个。从湿地类型的面积比例来看, 1991 年自然湿地占湿地总面积的 72.22%, 人工湿地占 27.78%, 自然湿地所占比例远大于人工湿地, 而 2006 年自然湿地占湿地总面积的 49.41%, 人工湿地占 50.59%, 两种湿地面积相当, 自然湿地面积还略小于人工湿地。

斑块密度是每 100 hm^2 的斑块数量。两个时期内水塘的斑块密度都远大于其它湿地, 且 2006 年斑块密度大于 1991 年, 说明水塘的破碎化程度最高, 其次是湖泊、水产池塘和灌丛湿地。从 Shannon 多样性指数来看, 输水渠与水产池塘的多样性指数增加, H 值增加表明类型内斑块所占面积比例趋于相似, 其它几类湿地的多样性呈减少趋势。分维数常用来测定景观中斑块形状的复杂程度, 在一定程度上也反映了自然因素和人类活动对湿地景观格局的影响, 值越小, 斑块形状越简单; 值越大, 斑块形状越复杂。从表 1 看出, 河流、水塘和水产池塘的分维数指数略有增加, 湖泊与灌丛湿地的分维数降低, 输水渠没有变化。

银川市湿地减少主要有以下原因: 一是自然干扰造成银川市湿地退化。银川市受西北自然环境总趋势的影响, 区域气候干旱, 植被稀少, 水土流失严重, 水环境紧缺。同时, 黄河上游水量减少以及荒漠化的影响, 造成了沟渠、湖泊泥沙淤积; 地下水超采严重, 形成漏斗降落区。二是城市化进程加速, 致使湿地面积减退。近年来, 随着银川市城市化进程加速, 城市空间范围日趋扩展, 居民点逐渐增多, 交通用地逐年发展, 严重威胁市区内的湖泊湿地。

3.2 银川市湿地景观水平格局变化分析

从表 2 可以看出, 从 1991–2006 年间银川市湿地景观的斑块密度降低, 说明破碎化程度减小, 这主要是由于大量面积较小的水塘、湖泊消失或被人为改造为面积较大的湖泊与水产池塘, 导致单位面积的斑块数量减少。Shannon 多样性指数与均匀度指数减小, 景观优势度指数增加, 说明研究区各湿地景观类型所占面积比例差异增大, 分布的均匀程度趋于减小, 水产池塘景观占绝对优势的程度增加, 整个湿地景观结构组成的复杂性降低。

表 2 银川平原湿地景观水平指数

| 时期 | PD | H | D | E |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 1991 | 2.4535 | 1.6449 | 0.1468 | 0.9180 |
| 2006 | 2.2651 | 1.5987 | 0.1930 | 0.8923 |

4 结论

综合以上分析结果, 研究区在 1991–2006 年的湿地景观格局变化表现在以下几个方面: ①总体来看, 银川市湿地斑块数量和面积减小幅度很大, 而水产池塘的斑块数量和面积却大幅增加。主要是由于近年来银川市大力发展“适水”产业, 经过几年池塘改造、新池塘开挖和湖泊湿地连通工程的实施, 银川市水产养殖面积迅速扩大。②1991 年研究区自然湿地比例远大于人工湿地, 但到 2006 年两种湿地类型比例相当。③从景观水平来看, 1991–2006 年 Shannon 多样性指数与均匀度指数减小, 景观优势度指数增加。④从斑块类型水平来看, 水塘的破碎化程度最高, 输水渠与水产池塘的多样性指数增加, 河流、水塘和水产池塘的分维数指数略有增加, 湖泊与灌丛湿地的分维数降低。

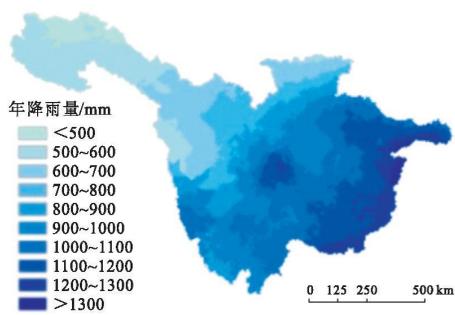
(下转第 87 页)

- 22(12): 1169-1184.
- [17] 赵允格, 许明祥, 王全九, 等. 黄土丘陵区退耕地生物结皮对土壤理化性状的影响[J]. 自然资源学报, 2006, 21(3): 441-448.
- [18] Eldridge D J, Tozer M E, Slangen S. Soil hydrology is independent of microphytic crust cover: further evidence from a wooded semiarid Australian rangeland[J]. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1997, 11(2): 113-126.
- [19] Williams J D, Dobrowolski J P, West N E. Microbiotic crust influence on unsaturated hydraulic conductivity[J]. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1999, 13(2): 145-154.
- [20] 杨秀莲, 张克斌, 曹永翔. 封育草地土壤生物结皮对水分入参与植物多样性的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 853-856.
- [21] 张克斌, 卢晓杰, 李瑞. 北方农牧交错带沙地生物结皮研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(4): 147-151.
- [22] 肖波, 赵允格, 邵明安. 陕北水蚀风蚀交错区两种生物结皮对土壤饱和导水率的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 35-40.
- [23] 张新时. 毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式[J]. 植物生态学报, 1994, 18(1): 1-16.
- [24] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [25] 郭柯, 董学军, 刘志茂. 毛乌素沙地沙丘土壤含水量特点: 兼论老固定沙地上油蒿衰退原因[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 275-279.
- [26] Sala O E, Lauenroth W K. Small rainfall events: an ecological role in semiarid regions[J]. *Oecologia*, 1982, 53(3): 301-304.
- [27] 姚德良, 李家春, 杜岳, 等. 沙坡头人工植被区陆气耦合模式及生物结皮与植被演变的机理研究[J]. 生态学报, 2002, 22(4): 452-460.
- [28] Li X R, Wang X P, Li T, et al. Microbiotic soil crust and its effect on vegetation and habitat on artificially stabilized desert dunes in Tengger Desert, North China[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2002, 35(3): 147-154.
- [29] Li T, Xiao H L, Li X R. Modeling the effects of crust on rain infiltration in vegetated sand dunes in arid desert[J]. *Arid Land Research and Management*, 2001, 15(1): 41-48.
- [30] Li S Z, Xiao H L, Cheng G D, et al. Mechanical disturbance of microbiotic crusts affects ecohydrological processes in a region of revegetation-fixed sand dunes[J]. *Arid Land Research and Management*, 2006, 20(1): 61-77.
- [31] Wang X P, Li X R, Xiao H L, et al. Effects of surface characteristics on infiltration patterns in an arid shrub desert[J]. *Hydrological Processes*, 2007, 21(1): 72-79.
- [32] Warren S D. Synopsis: influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability, in *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*[M]. Berlin: Springer Verlag, 2003: 349-360.
- [33] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 等. 沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

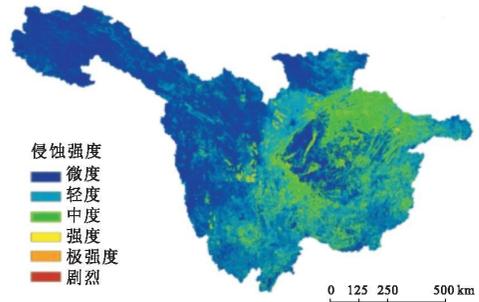
(上接第 81 页)

参考文献:

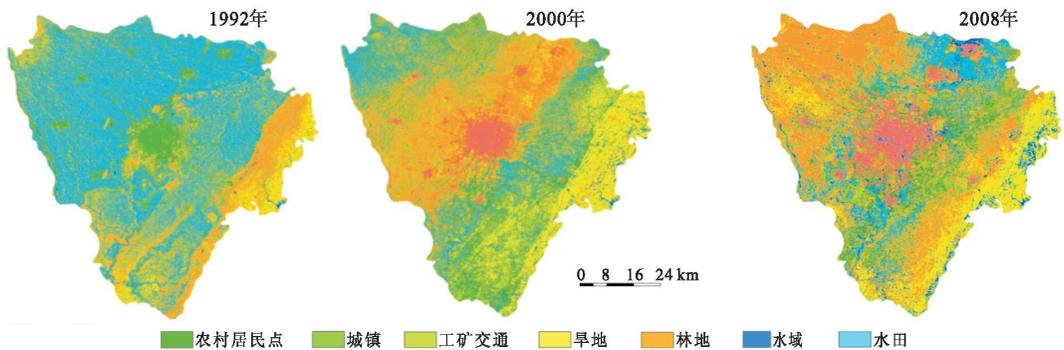
- [1] Gibbs J P. Wetland loss and biodiversity conservation[J]. *Conservation Biology*, 2000, 14: 314-317.
- [2] Boyer T, Polasky S. Valuing urban wetlands: A review of non-market valuation studies[J]. *Wetlands*, 2004, 24: 744-745.
- [3] 李春艳, 赵美鑫, 朱宏杰, 等. 哈尔滨松北城市湿地的生态系统服务功能和保护研究[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(S2): 243-247.
- [4] Faulkner S. Urbanization impacts on the structure and function of forested wetlands[J]. *Urban Ecosystems*, 2004, 7: 89-106.
- [5] 张明亮, 史同广, 王海霞. 近 20 年来开封湿地景观动态与保护对策[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 198-201.
- [6] 郑小康, 李春晖, 黄国和, 等. 流域城市化对湿地生态系统的影响研究进展[J]. 湿地科学, 2008, 6(1): 87-95.
- [7] 顾丽, 王新杰, 龚直文, 等. 基于 RS 与 GIS 的北京近 30 年湿地景观格局变化分析[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(4): 65-71.
- [8] 黎聪, 李晓文, 郑钰, 等. 衡水湖国家级自然保护区湿地景观格局演变分析[J]. 资源科学, 2008, 30(10): 1571-1577.
- [9] 肖锐, 王学雷, 杨小琴, 等. 基于 TM 影像的湿地格局变化空间分析: 以洪湖市为例[J]. 华中师范大学学报, 2008, 42(2): 295-298.
- [10] 郑忠明, 李华, 周志翔, 等. 城市化背景下近 30 年武汉市湿地的景观变化[J]. 生态学杂志, 2009, 28(8): 1619-1623.
- [11] 汪一鸣. 宁夏平原湿地保护、利用的经验教训[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(6): 47-57.
- [12] 马建林, 何彤慧. 银川平原湿地的初步研究[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2002, 23(4): 377-380.
- [13] 国家林业局, 《湿地公约》履约办公室. 湿地公约履约指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [14] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [15] 刘颂, 李倩, 郭菲菲. 景观格局定量分析方法及其应用进展[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(12): 114-119.



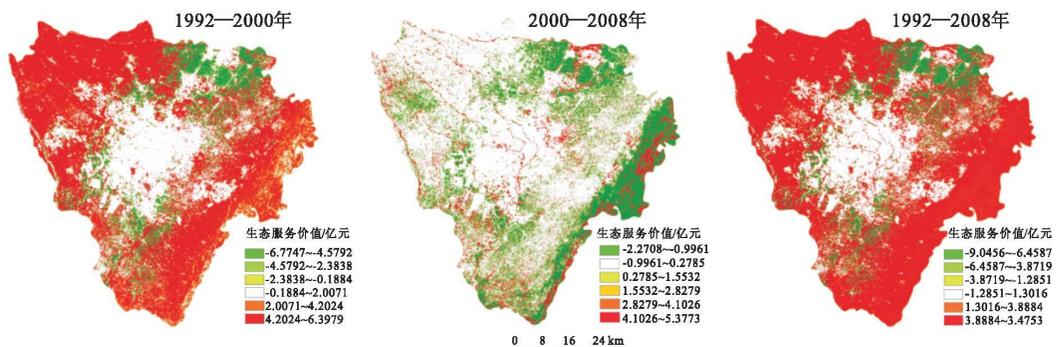
附图1 长江上游多年平均降雨量等级分布



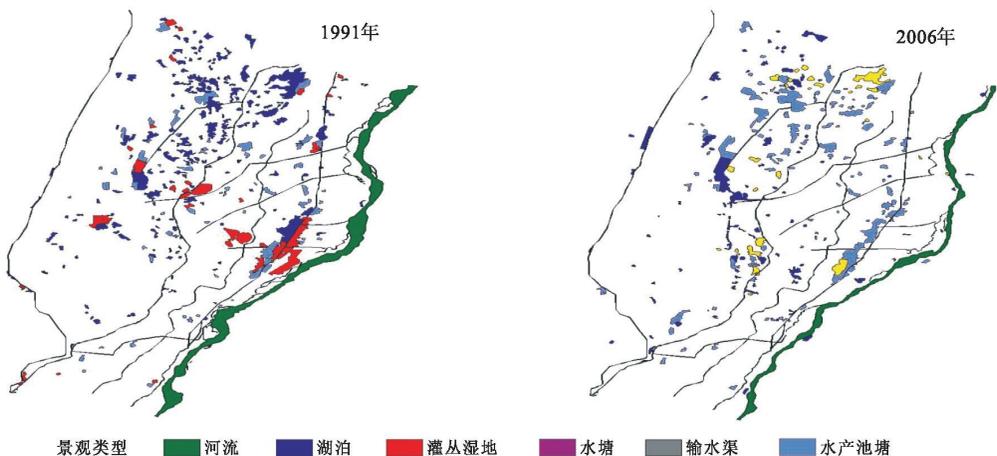
附图2 长江上游水蚀强度分布



附图3 1992—2008年研究区土地利用类型



附图4 1992—2008年生态服务价值变化图



附图5 银川市两个时期湿地景观分布图