

额济纳天然绿洲景观演化驱动因子分析

曹 宇¹, 肖笃宁², 欧阳华¹, 陈 高³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016;
3. 北京师范大学环境学院, 北京 100875)

摘要:额济纳天然绿洲位于我国西北干旱内陆河流域黑河流域下游, 近年来, 随着黑河中、上游地区下泄地表径流量的减少, 额济纳天然绿洲景观退化严重。基于研究区近十几年来的景观演化总体特征, 分别从气候因素、水文因素、人类干扰因素等几个主要的景观变化驱动因子入手, 探讨其演化机制、揭示其演化规律。研究结果表明: 黑河流域中、上游下泄地表径流量的锐减而导致研究区地下水水位下降、地下水矿化度升高以及水质恶化是额济纳天然绿洲景观发生退化的根本原因, 绿洲人类活动强度的增加、绿洲关键区域的超载和过牧以及蒸发度指数的升高、湿润系数的下降均加剧了研究区景观退化的程度。
关键词:额济纳旗; 天然绿洲景观; 景观演化; 驱动因子

Analysis of landscape change drivers in the Ejina natural oasis

CAO Yu¹, XIAO Du-Ning², OUYANG Hua¹, CHEN Gao³ (1. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*; 2. *Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China*; 3. *School of Environmental, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1895~1902.

Abstract: The Ejina natural oasis landscape lies in the lower reaches of the Heihe river basin in the arid inland regions of northwestern China. With decreasing water resources from the upper reaches of the Heihe river basin, many urgent ecological and environmental issues in the Ejina natural oasis have become more pressing in recent years.

Using remote sensing techniques and GIS, based on Landsat Thematic Mapper data in 1987 and 1994 and Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus data in 2001, the changing patterns of the Ejina natural oasis landscape showed that: (1) During the past 15 years, the water area and main oasis area sharply decreased. The oasis desertification process is more serious at present than before. (2) The most intense conversion among different landscape types was occurring in the transitional zone between oasis landscapes and desert landscapes. (3) As results of the Ejina natural oasis landscape change, the landscape patch complexity and heterogeneity were significantly reduced. Moreover, the landscape texture became increasing coarse and the landscape diversity and stability were decreased.

Based on the general characteristics of the Ejina natural oasis landscape during the past decade, some key driving factors, including climate change indicators, hydrological indicators and human activities indicators, were analyzed. The climate change indicators consisted of evaporation degree, wetness coefficient and dryness degree, which were calculated from the meteorologic data of precipitation, air temperature, evaporation and humidity from 1957 to 2001. The hydrological indicators were the annual change of surface water quantity from 1947 to 2001, the spatio-temporal change of groundwater level between 1980s and 2000s, and the change of groundwater quality in recent years. The human activities indicators were changes in total population, livestock quantity and farmland area in the past 50 years.

Results show that: (1) Increased evaporation degree, decreased wetness coefficient and enhanced dryness degree in the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90102004); 国际科技合作重点计划资助项目(2001DFDF0004)

收稿日期: 2004-03-27; 修订日期: 2004-07-25

作者简介: 曹宇(1976~), 男, 河南鹿邑人, 博士, 主要从事景观生态学、生态系统综合评价、景观健康评价研究。E-mail: caoyu@igsnr.ac.cn
致谢: 感谢 Dr. Michael Wimberly 和 Dr. Yangjian Zhang (Warnell School of Forest Resources, University of Georgia, USA) 协助撰写英文摘要

Foundation item: The National Natural Science Foundation of China (No. 90102004); Key Project of International Science & Technology Cooperation (No. 2001DFDF0004)

Received date: 2004-03-27; **Accepted date:** 2004-07-25

Biography: CAO Yu, male, born in 1976, mainly engaged in landscape ecology, integrated ecosystem assessment, landscape health assessment.

past decade, especially in recent years, all accelerated the desertification of the Ejina natural oasis landscape; (2) Significantly reduced surface water quantity from the upper reaches of the Heihe river basin, which simultaneously led to descending groundwater level, ascending groundwater mineralization degree and soil saltiness content, and badly deteriorating water quality, was the key driver for the degradation of the Ejina natural oasis landscape; and (3) Increased intensity of human activities induced by rising population and livestock in recent decades, overgrazing livestock in the fragile natural oasis regions, and frequently reclaiming and abandoning farmland owing to unbalanced distribution of limited water resources were also important driving factors for the Ejina natural oasis landscape degradation in past decades.

Furthermore, owing to the ecological fragilities and the difficulties of ecological restoration for the natural oasis landscapes in arid regions, the authors suggest that research on the natural oasis landscape health assessment and landscape ecological patterns are essential fields in the future for protecting regional landscape health and maintaining regional ecological safety.

Key words: Ejina Banner; natural oasis landscape; landscape change; driving indicator

文章编号: 1000-0933(2004)09-1895-08 中图分类号: Q149 文献标识码: A

由于地球上大多数景观均是由自然过程与人文过程相互作用的产物^[1], 因此, 景观变化的驱动因子则主要包括自然驱动因子和人为驱动因子两大方面。自然驱动因子常常在较大的时间和空间尺度上作用于景观, 从而引起景观大面积发生变化; 而人文驱动因子可以从人口、技术、政策和文化等各个方面以不同的方式、不同的强度对景观产生着十分重要的影响^[2]。景观变化的自然驱动因子主要是指在景观发育过程中, 对景观形成与演变产生作用的自然因素, 如河流改道、气候波动等。景观变化的人文驱动因子则主要包括人口、技术、政治经济体制、政策以及不同文化的背景等因素。自从人类出现以后, 人口因素就给景观带来了巨大的压力。人口的增长、社会经济的发展、科学技术的进步, 均大大地增加了人类活动对生物圈的影响强度。在强烈的人类活动干扰下, 世界各地的景观正遭受着严重威胁、退化、甚至面临着慢慢消亡的危险^[1,3~9]。

1 额济纳天然绿洲景观演化总体特征

额济纳, 古为居延地, 因居延海而得名, 额济纳绿洲又称居延绿洲。额济纳天然绿洲位于额济纳河(黑河由正义峡流入额济纳绿洲后称为弱水, 又称额济纳河)下游三角洲地带额济纳旗境内, 属于我国西北干旱区第二大内陆河流域——黑河流域下游地区。地处祖国北部边疆, 位于内蒙古自治区阿拉善盟最西端。额济纳旗辖区介于 97°10′23″E~103°7′15″E、39°52′20″N~42°47′20″N 之间, 总面积 102461.30km², 全旗总人口约 1.65 万人。

近年来, 随着黑河中、上游地区下泄地表径流量的减少, 额济纳天然绿洲面临的生态环境问题日益突出。本文分别基于研究区 1987 年 TM、1994 年 TM 以及 2001 年 ETM+ 遥感影像解译与分类, 通过各时期、各时段内各景观斑块类型与景观空间格局动态变化的综合分析, 将额济纳天然绿洲景观近 15a 来的景观演化总体特征概括为^①: (1) 水域面积急剧萎缩, 东居延海干涸; (2) 绿洲主体部分——河岸林景观生态类型面积明显缩减, 森林被破坏、生态退化趋势明显; (3) 荒漠景观生态类型面积逐年递增, 荒漠化程度较为严重; (4) 绿洲景观与荒漠景观过渡地带为各景观生态类型相互转化最为剧烈的区域; (5) 绿洲边缘与巴丹吉林沙漠交错地带为沙漠化多发区域; (6) 戈壁滩化过程广泛分布于整个研究区, 尤以河流尾间端及东居延海边缘最为明显; (7) 绿洲化进程较为微弱, 多沿东、西两河河岸带分布; (8) 景观异质性程度减小, 景观斑块形状复杂性降低, 景观多样性与景观稳定性在不断地削弱。

本文的研究首先是基于以上额济纳天然绿洲景观在 1987~2001 年的景观动态总体变化特征的归纳与总结; 其次分别从各气候因素(干燥度、蒸发度及湿润系数)、水文因素(地表径流量、地下水水位埋深与水质)、人类干扰因素(人口数量、牲畜数量及耕地面积)等几个主要的研究区景观变化驱动因子不同历史时期的变化进行分析; 最后分别就各驱动因子对研究区景观变化的影响进行论述。

2 气候因素对研究区景观变化的影响

影响研究区景观演变的气候因子包括很多方面, 根据各气象因子的不同影响程度, 结合所搜集到的气象气候资料, 本文主要从气温、降水、蒸发及空气湿度等气候因素对研究区景观演变的影响进行综合分析(数据来源于额济纳旗气象局和中国国家气象局。内蒙古自治区额济纳旗气象台站的台站号为 52267, 台站经纬度坐标为 101°04′E、41°57′N, 海拔 940.5m)。

分别将气温、降水、蒸发及湿度转换成为不同的气候指数, 如干燥度、蒸发度及湿润系数等^[10,11]。

(1) 干燥度指数
$$K = E/P$$

式中, E 为蒸发量, P 为降水量。

万方数据

① 曹宇. 额济纳天然绿洲景观格局、动态、演化机制及其健康评价. 中国科学院研究生博士学位论文, 2003

(2)蒸发度指数 $Zm = 0.0018 (25 + t)^2 + (100 - \alpha)$

式中, Zm 为月蒸发度, t 为月平均气温, α 为月平均相对湿度。

(3)湿润系数 $W = P/Z$

式中, P 为降水量, Z 为年蒸发度。依据以上各气候指数计算公式, 额济纳旗 1961 年至 2001 年间各项气候指数年际动态变化曲线见图 1。

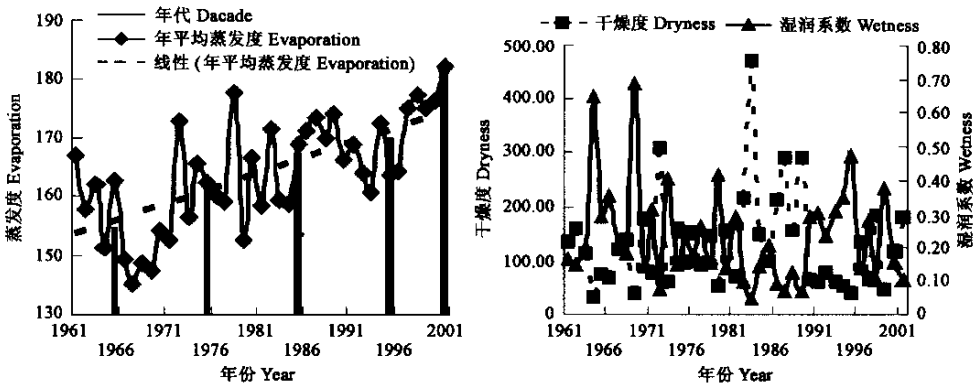


图 1 额济纳旗 1961~2001 年各气候指数动态变化曲线图
Fig. 1 Trends of climate indices for Ejin Banner, 1961~2001

由图 1 可以看出, 近 40a 来, 蒸发度指数逐渐升高的趋势比较明显; 而湿润系数及干燥度指数在此期间上下波动起伏不定, 虽然没有明显的或升或降的趋势, 但其分阶段的动态变化还是具有一定特点的, 以其于 20 世纪 80 年代中期至 2001 年近 15a 间的变化为例, 额济纳旗境内干燥度指数与湿润系数在此期间的分布虽然也表现为上下波动不定, 但在 20 世纪 80 年代中期至 20 世纪 90 年代中期期间干燥度指数增加、湿润系数下降的趋势较为明显, 而 20 世纪 90 年代中期以后它们又分别以相反的趋势出现了不同程度的下降或上升。

由于气候因素各因子的波动与变化是基于太阳辐射、下垫面性质、大气环流和人类活动等各方面长时间相互作用下的综合反应, 是在一定时段内由大量天气过程综合得出的长期的大气过程, 因此, 探讨气候因素对景观变化的影响, 不但需要对长时期的气候观测数据进行分析, 而且还应具有相应的景观变化资料相支持, 本文研究区近十几年来的景观演化很难能够通过定量的方法将其与各气候因素在近十几年来的动态变化之间的相互关系进行分析。虽然缺少直接证据表明近几十年的气候波动会对研究区景观演化产生怎样的直接影响, 但是, 蒸发度指数的逐渐升高、近十多年来尤其是近几年来湿润系数出现不同程度的降低、干燥度指数出现不同程度的增加对近十几年来额济纳天然绿洲景观趋于荒漠化的影响应该是毋庸置疑的。

3 水文因素

在干旱区, 水是一切生态过程的驱动力, 也是环境体系中最活跃的因素^[12, 13]。绿洲水源的补给主要通过地表河流径流、地下水、泉水以及天然降水补给。额济纳天然绿洲主要以地表径流及地下水补给为主。本文分别从地表径流量、地下水水位埋深年际及空间变化等方面探讨额济纳天然绿洲景观水文要素与景观演变之间的关系。

3.1 地表水

黑河经由正义峡进入额济纳旗境内后, 先后经哨马营水文站、狼心山水文站流入下游天然绿洲, 当黑河流至狼心山后便分为东河和西河两条主要支流分别注入东、西居延海。据额济纳旗水利局水文统计资料, 额济纳旗 1947~2001 年的上游入境地表径流量年际变化曲线如图 2; 1988~2001 年额济纳旗狼心山水文站东、西河过境水量年际变化曲线如图 3 所示。

由图 2 可以看出, 近 50a 来, 额济纳天然绿洲自黑河中、上游地区下泄入境的来水量逐年递减的趋势较为显著。从不同时代上游来水量多年平均值及其动态变化曲线可以明显地看出, 近 50a 来额济纳天然绿洲黑河河水入境量呈现出逐年递减的显著特征, 尤其是自 1980 年以来, 上游来水量更是逐年锐减。总之, 可将研究区近 50a 来入境水量的变化分为 3 个阶段: 第 1 阶段为 1940~1960 年, 属于水量缓慢减少的阶段; 第 2 阶段为 1960~1980 年, 该阶段来水量基本没有太大变化, 属于相对稳定阶段; 第 3 阶段就是自 1980 年以来的水量急剧减少阶段, 尤其是近几年来的上游来水量仅仅只能够在 1~2 个亿 m^3 附近徘徊。

研究区近 50a 来上游来水量的这种年际变化特征一方面除了跟流域自身的生态水文过程变化有关外, 另外一个重要的原因就是与流域内日益增强的水土资源的大规模开发利用程度有关, 尤其 1980 年我国改革开放以后, 随着社会、经济的迅猛发展, 更是加大了中、上地区的水资源的利用强度。

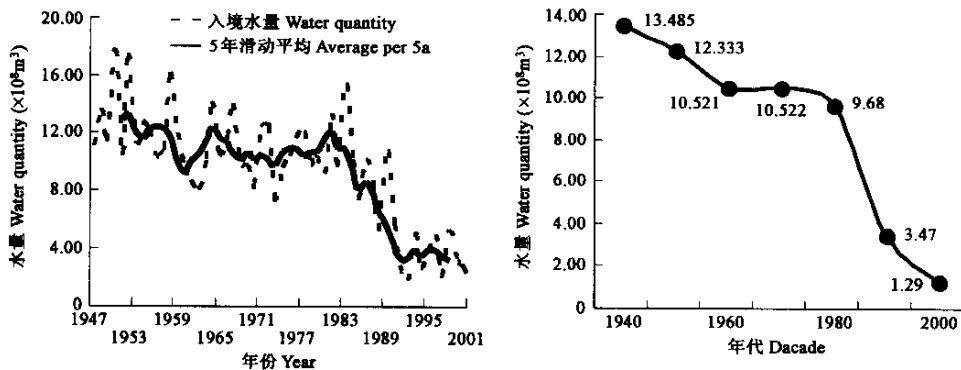


图2 额济纳旗1947年至2001年上游来水量年际动态变化曲线图

Fig. 2 Trends of water quantity for Ejin Banner, 1947~2001

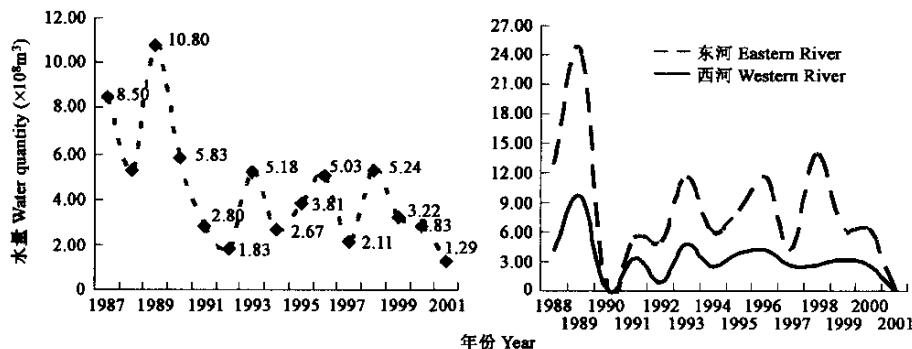


图3 额济纳旗1988年至2001年狼心山水文站东、西河水量年际变化

Fig. 3 Trends of water quantity for Ejin Banner, 1988~2001

图3为1988~2001年由额济纳旗狼心山水文站入境的额济纳河东、西两河的水量分配及其年际动态变化分布曲线图。由图3可以看出,最近几年的上游来水量与最初的几年相比,水量逐年锐减的趋势十分明显。近十几年来,上游来水量的最大值出现于1989年,全年上游共计来水10.8亿 m^3 ;全年来水的最低年份出现在2001年,全年总计上游来水量仅仅只有1.29亿 m^3 。若以1987~1994年、1994~2001年为时间段所计算出的其上游来水量的多年平均值来看,1987~1994年间共计上游来水42.91亿 m^3 ,平均每年为5.36亿 m^3 ,而1994~2001年间共计来水23.53亿 m^3 ,仅为1987~1994年期间来水总量的54.8%,平均每年仅为3.36亿 m^3 ,同1987~1994年间每年平均来水量相比下降了37.3%。

3.2 地下水水位埋深年际变化

地下水水位动态是地下水资源量动态变化的直接反应。额济纳天然绿洲地下水补给主要靠河道渗漏及上游地下水径流补给,天然降水补给十分微弱。据额济纳旗水利局地下水水位长观资料统计,全旗境内自1988年以来共设地下水水位观测井位52口,由于这些观测井大多分布于各苏木(乡镇)居民院落中或嘎查(村落)附近,只有为数不多观测井位能够保持长期连续观测。

基于额济纳旗水利局地下水水位长观资料分析可知,除去部分观测井、部分特殊年份外,其它大多观测井的地下水水位埋深在近十几年来均有不同程度的加深。其中,狼心山地区各观测井除了1#井在1989年至2001年间水位埋深上下波动起伏较为频繁、水位埋深略有升高外,3#、4#及5#井在近10a来水位埋深数值均有较为明显的增加,各井位水位埋深普遍加深0.5~2.5m不等;策克地区6#观测井近十几年来地下水水位埋深同样也呈现出了较为明显的逐年加深的态势,其2001年水位埋深较1989年相比增加了近1.5m,增加幅度达33%;赛汉陶来地区13#、14#、15#井以及建国营地区16#等观测井近十多年也有一定的上下波动,但总的看来,除去个别特殊年份外,各观测井地下水水位埋深均有近0.5m的升高。

吉日嘎朗图观测井在1989~2001年间地下水水位埋深的增加趋势也较为显著,较1989年地下水水位埋深相比,近几年来吉日嘎朗图25#、26#、27#以及42#等观测井地下水水位埋深均有近1.0m的增加;由赛汉卓尔51#观测井自1996年以

来的地下水水位埋深年际变化数据同样也可以看出,近几年来其地下水水位埋深也呈现出一定程度上的加深趋势。

额济纳旗各观测井 1989~2001 年近十几年来的这种地下水水位埋深不断加深、地下水水位不断下降的特征,究其根本原因除与区域气候变化因素有一定关系外,很大程度上是由作为地下水主要补给来源的黑河地表径流量逐年锐减所致。

3.3 地下水水位埋深空间变化

基于中华人民共和国 1:20 万综合水文地质图之额济纳旗幅、嘎顺淖尔幅、索果淖尔幅、务陶亥幅、特罗西滩幅、赛汉陶来幅及湖西新村幅,共采集可利用地下水水位埋深观测井并位 343 个,将其所测得的地下水水位埋深数值作为 1980 年的地下水水位埋深原始数据,并结合利用 2002 年 5 月至 9 月在额济纳旗进行野外考察期间所获得的 91 个地下水水位埋深实地考察与观测数值作为 2002 年的地下水水位埋深原始数据。分别将 1980 年与 2002 年各地下水水位埋深原始数据在 ArcGis8.1 下的 ArcMap 中利用 Spatial Analyst 空间分析模块进行 Kriging 空间插值(输出图像分辨率为 3300m×3300m)。

根据两期地下水水位埋深空间插值图可以看出,除了局部特殊地区外,额济纳天然绿洲地下水水位埋深的空间分布大致呈现出以下主要特点:距离额济纳东、西两河主干道越近地下水水位埋深越浅;地下水水位埋深自河流上段(低山丘陵地带除外)至中段再至下段逐渐增加;1980 年绿洲区主体部分地下水水位埋深大多在 1.0~2.0m 范围内波动,2002 年绿洲区主体部分地下水水位埋深大多于 1.5~3.5m 范围内波动。

基于额济纳天然绿洲 1980 年和 2002 年地下水水位埋深图,同样在 ArcGis8.1 环境下的 ArcMap 中利用其 Spatial Analyst 空间分析模块,将 1980 年和 2002 年地下水水位埋深图进行空间叠加分析,从而可以得到额济纳天然绿洲 1980~2002 年地下水水位埋深的空间变化图,图 4 为额济纳天然绿洲 1980~2002 年的地下水水位埋深空间变化图及其不同水位埋深变化范围内的面积统计。

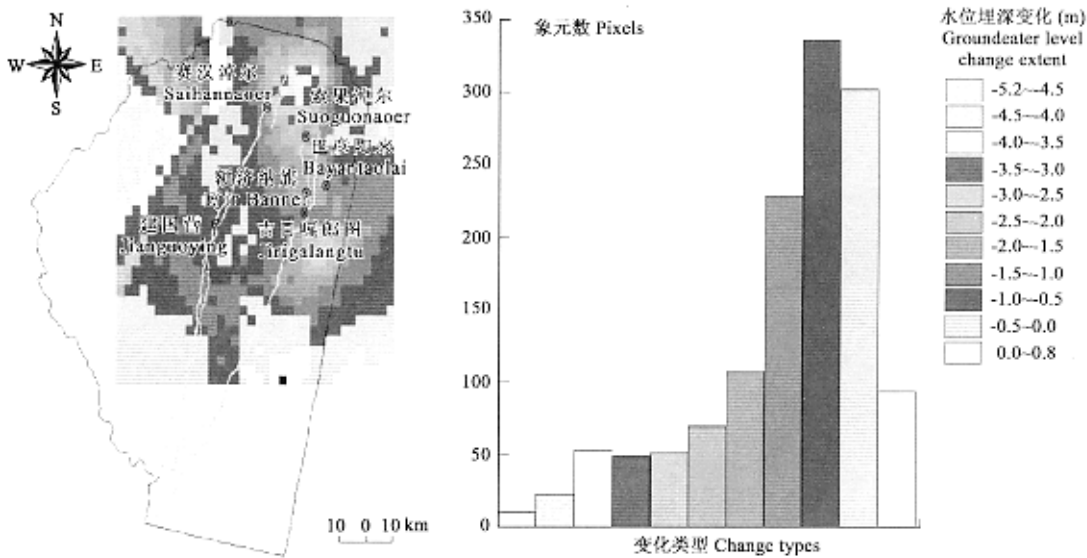


图 4 额济纳天然绿洲 1980 年至 2002 年地下水水位埋深变化及面积统计
Fig. 4 Change of groundwater level for Ejin natural oasis, 1980~2002

由图 4 可以看出,在 1980~2002 年期间,额济纳天然绿洲地下水水位埋深在有数据记录的区域范围内均发生了较为明显的变化,除去极小部分区域水位埋深稍有减少之外,其余的绝大部分区域均有不同程度的加深。地下水水位埋深变化幅度位于 0.5~1.0m 范围内的区域面积最大,其次为 0.0~0.5m 变动范围内的区域,介于 1.0~1.5m 及 1.5~2.0m 变动范围内的区域面积分别位居 3、4 位,面积相对也较大。额济纳天然绿洲地下水水位埋深的变化除了区内西戈壁较为强烈外(主要由于缺乏足够的 2002 年地面数据所致),东、西河河流尾间端变化相对也较为明显,其变化幅度在 3.0~4.5m 范围内不同程度上均有发生,额济纳旗政府所在地周围绿洲区地下水水位埋深变化也较为强烈,其水位埋深值普遍也都有较大增加,变化幅度多分布于 1.0~3.0m 范围之内。总之,额济纳天然绿洲在 1980~2002 年间地下水水位埋深均有不同程度的增加,绿洲区内部的变化幅度较绿洲区以外的地区相对要更为明显、更为强烈。

3.4 水文因素对研究区景观变化的影响

具有稳定的水源用以灌溉或浸润土地,是绿洲形成的首要条件。黑河地表径流入境水量的多少,又直接影响着额济纳天然绿洲地下水位的补给状况,作为主要依靠地表径流补给的额济纳天然绿洲的地下水资源,由于近些年来受到黑河上游来

水量的逐年锐减的影响,地下水得不到黑河地表水的有效补给,从而导致额济纳天然绿洲地下水水位逐年持续下降。而地下水位的逐年下降,又会致使其矿化度逐年升高,从而导致其地下水水质逐年恶化。在 1920~1950 年,绿洲地下水水位一般小于 1m,沿河还有许多小型湖泊与泉水,水质为良好的淡水;1980 年代初期,额济纳天然绿洲地下水矿化度一般均小于 1.0g/L,近些年来,随着入境水量的逐年锐减,额济纳天然绿洲大部分地区尤其是浅层区的地下水矿化度升高幅度均大于 1.0g/L,不少区域已经超过 2.0~3.0g/L,额济纳河东、西两河河流尾间端及两湖(古日乃湖与拐子湖)边缘地带目前的地下水矿化度已高达 10.0~50.0 g/L;两湖一带的地下水逐渐向高氟水转化,目前其一般的含氟量为 2.0~3.0 mg/L,个别地区高达 4.0mg/L 以上,已经严重地影响到人、畜饮用水和农牧林业灌溉用水。绿洲水源水质的变化,将严重影响天然绿洲土壤盐分的聚集与淋洗过程,进而将直接影响到长远的绿洲土地生产力的高低。

作为额济纳天然绿洲主体景观生态类型的河岸乔灌林景观、河岸灌草林景观及荒漠景观主体植被类型的荒漠稀疏灌丛景观、荒漠稀疏草原景观,它们之间的相互转化与演替主要受水分条件的限制。河岸乔灌林与河岸灌草林是构成天然绿洲的主要植被类型,一般分布于东、西两河河岸、尾间及地下水埋藏较浅的平原湖沼区与湖盆地区,其空间分布格局、功能及其稳定性均严格受水分条件以及土壤盐分条件的限制,随着上游入境地表径流量的减少、地下水位的下降、水质矿化度的升高及土壤根系层土壤盐分的升高,额济纳天然绿洲景观中各植物群落发生着一系列的演替过程,各景观生态类型之间演替规律见图 5。

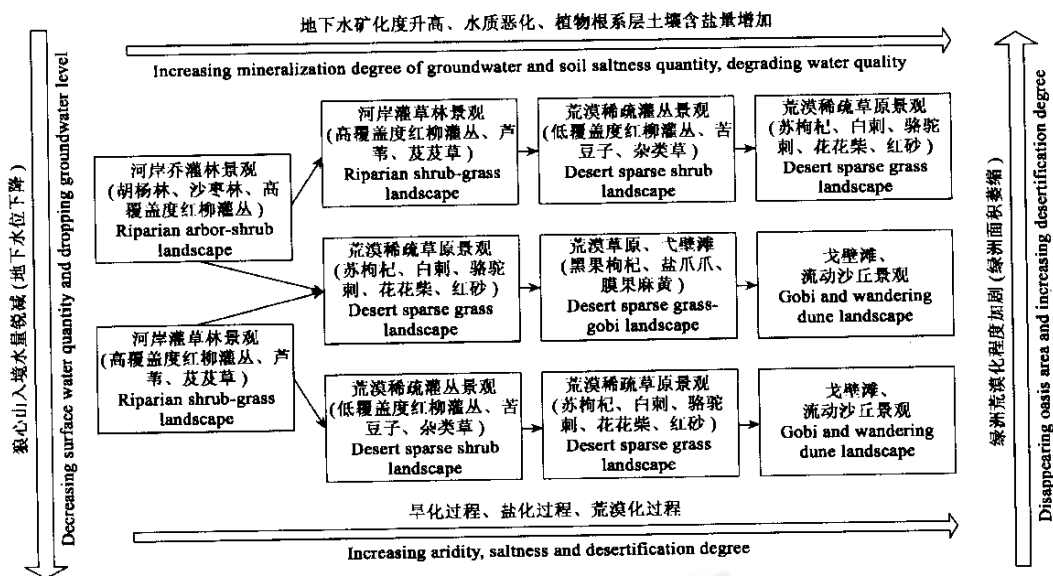


图 5 额济纳天然绿洲各景观生态类型之间的演替规律

Fig. 5 Outline of successions between landscape types for Ejina natural oasis

由图 5 可知,随着上游来水量的逐年锐减、绿洲地下水水位的逐年下降,绿洲旱化、盐化及荒漠化进程增强,绿洲地下水矿化度升高、地下水水质恶化及植被根系土壤层含盐量增加,使得研究区绿洲景观生态类型——河岸乔灌林景观与河岸灌草林景观逐步向荒漠景观生态类型——荒漠稀疏草原景观、戈壁滩景观及流动沙丘景观发生一系列的转化,最终致使研究区绿洲面积发生严重萎缩,荒漠化面积急剧增加,绿洲荒漠化程度加剧。

因此,正是由于近几十年来,尤其是近十几年来额济纳天然绿洲上游入境水量的锐减而导致研究区地下水水位埋深的普遍增加、地下水水位的普遍降低,从而又使得地下水矿化度升高、水质严重恶化并致使植被根系层土壤含盐量的升高等均是导致额济纳天然绿洲景观发生实质性变化的最关键也是最根本的原因。

4 人类干扰因素对研究区景观变化的影响

人类干扰因素对绿洲演变的影响,要么是强化绿洲化过程的积极影响,要么是加剧荒漠化进程的消极影响^[11]。无论是绿洲化还是荒漠化的影响,都将导致绿洲的结构与功能发生改变,从而导致绿洲本身的性质与功能增强或削弱。人类活动对绿洲所产生的积极影响无非就是主观能动地对绿洲进行积极地管理与维护,如积极有效地调控绿洲灌溉水源、加强绿洲耕作的管理与施肥、积极有效地建立林灌草防护林体系等等,但是,就额济纳天然绿洲而言,鉴于黑河中、上游地区下泄地表径流量的逐年锐减,人类干预与主动地调理、维护绿洲方面就显得十分有限,在缺乏充足有效的灌溉水源的前提下,人类活动对额济纳天然绿洲所产生的积极因素可谓是杯水车薪。而人类活动对绿洲演化的消极影响则主要表现在人类为维持自身生存与生活对绿洲

本身承载所造成的压力以及人类对绿洲各种资源的不合理利用,甚至是掠夺式的开发与利用。

就额济纳天然绿洲近几十年来尤其是近十几年来的景观演变来看,抛去其自身各方面对绿洲所产生的压力不谈,仅以黑河流域中、上游地区的人类干扰对其所造成的负面影响就足以导致其发生根本性的转变。据统计,20 世纪 50 年代初期黑河中游张掖地区人口数量、水库数量及水库蓄水总量分别仅为 54.92×10^4 人、2 座及 $1798\times10^4\text{m}^3$,而至 20 世纪 90 年代中期时则分别达到 119.77×10^4 人、98 座及 $45670\times10^4\text{m}^3$,以上数据明显地反映出近 50a 来黑河中游张掖地区人口数量不但增加了 1 倍多,并且其修建水库的数量及其蓄水总量竟然有高达几十倍的增加。随着黑河中、上游地区的人口剧增,对地区水土资源的开发与利用规模将更趋于宏大,由此所导致的黑河中、上游地区对水资源掠夺式的开发与利用对下游额济纳天然绿洲所造成的影响和威胁几乎是致命的。

当然,从额济纳天然绿洲内部来看,其本身所承受的人口及资源压力也是造成绿洲景观发生演化的不可忽视的另外一个重要起因。近几十年来额济纳旗人口数量的激增本身给脆弱的绿洲生态系统所带来较大压力的同时,因不断增加的人口所导致的人类活动强度的不断加剧还给本来就不堪重负的绿洲生态系统造成了更为毁灭性的打击。

虽然额济纳旗总的耕地面积近些年来由于受到水资源的限制一直维持在一个较低的水平,但是由于有限的水资源在时间和空间上的分配不均,使得一部分耕地在缺乏有效灌溉水源的情况下不得不废弃、撂荒的同时,水资源条件稍好一点的地方又开辟了新的农田,有些地方甚至出现刚刚开垦的耕地还没有投入使用就撂荒的现象。新开垦的耕地不但破坏了原有绿洲生态系统的整体性和稳定性,而且废弃的耕地由于缺乏有效的管理,也为加剧土地荒漠化程度创造了更为有利的条件。

此外,额济纳旗牲畜数量同较早时期相比也有明显的增加,且其仍旧沿袭传统的、陈旧的依靠天然草场自然放牧的畜牧业经营方式,再加上不同地区实际载畜量的分布也极不平衡(额济纳旗实际载畜量的 80% 以上的牲畜过度集中分布于局部区域,尤其是多集中分布于额济纳东、西两河河岸带的林灌草地带),致使天然绿洲局部地区发生了严重的超载与过牧,尤其在每年的冬、春季节,草场放牧强度更是急剧增大,急剧加大的放牧强度不但破坏了绿洲生态系统的天然草场与植被,而且由于牲畜的践踏范围和频度不断加大,也致使绿洲土壤表层所遭受的风蚀、风积作用加剧,从而导致绿洲景观荒漠化程度加剧,其结果也直接导致了本来就十分脆弱的绿洲植被更加衰退。

5 结果与讨论

分别从气候因素、水文因素、人类干扰因素等影响研究区景观变化的主要驱动因子探讨了额济纳天然绿洲景观演化机制与规律,结果表明:

(1)近十多年来尤其是近几年来蒸发度指数趋于升高、湿润系数出现不同程度的降低、干燥度指数出现不同程度的增加对额济纳天然绿洲景观的荒漠化影响不容忽视。

(2)近十几年来额济纳天然绿洲上游入境水量的逐年锐减导致的研究区地下水水位埋深普遍增加、地下水水位普遍降低,从而又使得地下水矿化度升高、水质严重恶化并导致植被根系层土壤含盐量升高,是额济纳天然绿洲景观发生实质性变化的最关键也是最根本的原因。

(3)近几十年来额济纳旗人口数量、牲畜数量的剧增所导致的绿洲人类活动强度的增加、天然绿洲主体区域的超载和过牧是造成绿洲景观发生演化的另一重要原因。此外,额济纳旗耕地面积近些年来虽受水资源限制发展规模不大,但有限水资源在时间和空间上分配不均匀所导致的开荒、弃耕现象频繁,也是导致额济纳天然绿洲景观发生退化的一大原因。

鉴于干旱内流区天然绿洲景观生态系统具有脆弱性、遭到破坏后较难恢复或不可逆转等特性^[14~16],如何协调流域水资源-生态环境-经济发展之间的矛盾,实现流域生态环境与社会经济的健康、稳定及持续发展,保护地区景观健康及维持区域生态安全的研究将成为亟待解决的重要科学问题。因此,基于额济纳天然绿洲景观演变机制的分析,深入开展绿洲景观健康评价^[17]、绿洲景观生态安全格局设计^[18]等方面的研究将会具有十分重要的科学意义和实践价值。

References:

[1] Chen C D. Landscape conservation and red book for threatened landscapes. *Chinese Biodiversity*, 1994, **2**(3): 177~180.

[2] Fu B J, Chen L D, Ma K M, *et al.* *Theory and application of landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2001. 117~126.

[3] Vitousek P M, Mooney H A, Lubeenco J, *et al.* Human domination of earth's ecosystems. *Sciences*, 1997, **277**: 494~499.

[4] Xiao D N, Zhong L S. Ecological principles of landscape classification and assessment. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, **9**(2): 217~221.

[5] Rapport D J, Whitford W G. How ecosystems respond to stress. *Bioscience*, 1999, **49**(3): 193~203.

[6] Fu B J, Ma K M. The contents and methods of integrated ecosystem assessment. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(11): 1885~1892.

[7] Kristjanson L J, Hobbs R J. Degrading landscapes: lessons from Palliative care. *Ecosystem Health*, 2001, **7**(4): 203~213.

[8] Cui H T. Landscape pollution: A problem need to be solved urgently. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, **20**(3): 60~62.

[9] Long K Y, Xie B G, Xie G H. Establishment and application of index system of evaluating landscape ecology damage. *Journal of Mountain Science*, 2001, **19**(1): 64~68.

[10] Liu C M, Yue T X, Zhou C H. *Mathematics models and its applications in geography science*. Beijing: Science Press, 2000. 35~71.

[11] Shen Y C, Wang J W, Wu G H, *et al.* *Oasis of China*. Kaifeng: He'nan University Press, 2001. 23~30, 107~110.

[12] Cheng G D, Xiao D N, Wang G X. On the characteristics and building of landscape ecology in arid area. *Advance in Earth Sciences*, 1999, **14**(1): 11~15.

[13] Wang G X, Cheng G D. The spatial pattern and influence caused by water resources in arid oasis area. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(3): 363~368.

[14] Chen L H. Conditions and processes for arid oasis forming. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 1995, **9**(3): 49~55.

[15] Fang C L. Dynamic simulation and sustainable ecological measures of oasis ecosystem in Hexizoulang. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, **16**(4): 389~398.

[16] Zeng H, Cui H T, Huang R H. Countermeasures for ecological rehabilitation of fragile landscape in northwest arid area. *Natural Resources*, 1997, **5**(1): 1~7.

[17] Cao Y, Hasbagan, Song D M. A review on the concept, characteristic and assessment of landscape health. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **13**(11): 1511~1515.

[18] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conversation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(1): 8~15.

参考文献:

[1] 陈昌笃. 景观保护与受胁景观红皮书. 生物多样性, 1994, **2**(3): 177~180.

[2] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001. 117~126.

[4] 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则. 应用生态学报, 1998, **9**(2): 217~221.

[6] 傅伯杰, 刘世梁, 马克明. 生态系统综合评价的内容与方法. 生态学报, 2001, **21**(11): 1885~1892.

[8] 崔海亭. 景观污染: 一个亟待解决的问题. 生态学杂志, 2001, **20**(3): 60~62.

[9] 龙开元, 谢丙庚, 谢光辉. 景观生态破坏评价指标体系建立方法和应用. 山地学报, 2001, **19**(1): 64~68.

[10] 刘昌明, 岳天祥, 周成虎. 地理学的数学模型与应用. 北京: 科学出版社, 2000. 35~71.

[11] 申元村, 汪久文, 伍光和, 等. 中国绿洲. 开封: 河南大学出版社, 2001. 23~30, 107~110.

[12] 程国栋, 肖笃宁, 王根绪. 论干旱区景观生态特征与景观生态建设. 地球科学进展, 1999, **14**(1): 11~15.

[13] 王根绪, 程国栋. 干旱荒漠绿洲景观格局及其受水资源的影响分析. 生态学报, 2000, **20**(3): 363~368.

[14] 陈隆亨. 荒漠绿洲的形成条件和过程. 干旱区资源与环境, 1995, **9**(3): 49~55.

[15] 方创林. 河西走廊绿洲生态系统的动态模拟研究. 生态学报, 1996, **16**(4): 389~398.

[16] 曾辉, 崔海亭, 黄润华. 西北干旱区脆弱景观的生态整治对策. 自然资源, 1997, **5**(1): 1~7.

[17] 曹宇, 哈斯巴根, 宋冬梅. 景观健康概念、特征及其评价. 应用生态学报, 2002, **13**(11): 1511~1515.

[18] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. 生态学报, 1999, **19**(1): 8~15.