

台兰河绿洲灌区土地利用变化与水资源动态研究

孙栋元^{1,2}, 赵成义¹, 彭冬梅^{1,2}, 李菊艳^{1,2}, 闫映宇^{1,2}, 魏恒^{1,2}

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所 绿洲生态与荒漠环境重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 基于 2000 年和 2005 年的遥感影像, 利用 RS, GIS 及景观生态学方法, 对台兰河绿洲灌区 2000—2005 年的土地利用进行监测, 并分析了不同时期台兰河绿洲灌区水资源开发利用程度。对研究区土地利用与水资源动态变化关系进行了分析。结果表明, 2000—2005 年耕地面积和水域面积年均增加分别为 3 603.8 hm² 和 151.4 hm²; 绿洲林地和草地大面积减少, 减少量分别为 2 247.07 hm² 和 14 325.9 hm², 相应地绿地面积减少了 165 72.97 hm²; 草地和林地等生态用地的减少是灌区耕地增加的主要来源, 转移比例分别为 13.97 % 和 5.93 %。地表来水量不断减少的情况下, 灌区地下水开采量从 1989 年的 5.91 × 10⁶ m³ 增加到 2003 年的 1.39 × 10⁷ m³, 灌溉面积和机井数量不断增大, 地下水开采强度日益增加, 地下水水位呈日益下降的趋势。农业用水所占比例过大, 生态用水逐渐缩减。

关键词: 台兰河; 绿洲灌区; 土地利用; 水资源; 生态用水

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)03-0158-05

中图分类号: Q945.78

Dynamics of Water Resources and Land Use in Oasis Irrigation Area in Tailan River Watershed

SUN Dong-yuan^{1,2}, ZHAO Cheng-yi¹, PENG Dong-mei^{1,2}, LI Ju-yan^{1,2}, YAN Ying-yu^{1,2}, WEI Heng^{1,2}

(1. Key Laboratory of Oasis Ecology and Desert Environment, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the TM images of the oasis irrigation area in Tailan River in 2000 and 2005 and using the RS, GIS, and landscape ecology method, this paper calculated the transformation matrix of the landscape mosaics and analyzed the relationship between the land use change and the dynamics of runoff and groundwater resources and their exploitation in the oasis irrigation area. Results showed that from 2000 to 2005, farmland area and water area increased and the annual average increased 3603.8 and 151.4 hm², respectively. The forest and grassland decreased constantly and were reduced by 2247.07 and 14325.9 hm². In all, the greenbelt decreased 16 572.97hm². The grassland and forest turned into farmland from transformation matrix and the ratio was 13.97 % and 5.93 %, respectively. Although runoff decreased distantly, the quantity of exploited groundwater increased drastically from 5.9 × 10⁵ m³ in 1989 to 1.39 × 10⁷ m³ in 2003. As a result, the area of irrigated field and the quantity of wells increased quickly. Moreover, groundwater resources were exploited severely and the level of groundwater decreased instantly. The ratio of agricultural water to ecological water was irrational, agricultural water expanded quickly, and ecological water dwindled distinctly.

Keywords: Tailan River; oasis irrigation area; land use; water resource; ecological water use

在干旱区, 水是主要的制约因素, 是绿洲的命脉^[1-2]。绿洲又是干旱区独有的自然人文景观, 是干旱区的精华所在^[3-4]。然而, 在长期水土资源开发利

用过程中, 由于人类活动和气候变化的共同影响, 再加之人类对水资源的不合理利用, 引发了绿洲萎缩, 土地沙化, 土壤盐碱化, 植被退缩等生态环境问

收稿日期: 2009-10-05

修回日期: 2009-12-20

资助项目: 国家 973 项目“绿洲化的水、土、气、生过程及其相互作用机制”(2009CB421302); 国家科技支撑计划“西北生态脆弱区适应气候变化技术示范”(2007BAC03A0604); 国家重点基金项目“胡杨林生态格局与过程对洪水漫溢、人工灌溉的响应与调控”(40830640) 和中国科学院知识创新项目“绿洲地表水—地下水联合运用研究”(KZCX2-YW-127)

作者简介: 孙栋元(1978—), 男(汉族), 甘肃省民乐县人, 博士研究生, 主要从事荒漠化防治与水文水资源方面的研究工作。E-mail: gsaur-sundy@126.com。

题^[5-8]。而土地利用变化与水文过程和水资源之间的作用是一个互动的过程,有限的水资源数量和分布状况是控制景观荒漠化进程和绿洲化进程的主导因子,是干旱地区最为活跃的自然因素,对土地开发利用起着决定性作用^[9-13]。对台兰河绿洲灌区进行土地利用变化与水资源动态研究,不仅有助于了解绿洲灌区景观结构与自然、生态过程和人类社会活动之间的关系,也有利于了解区域土地利用变化对水资源的作用机制,从而为区域社会、经济可持续发展,水土资源可持续利用,环境保护等问题提供科学依据。

1 概况

台兰河流域位于新疆阿克苏地区温宿县境内,地理位置介于 80°21'44" — 81°10'14" E, 40°41'41" — 42°15'13" N 之间。该区地势北高南低,流域分为丘陵区 and 冲洪积平原区,总面积 3 871 km²。丘陵地带海拔高程在 1 200 ~ 1 400 m 之间,植被稀少,多为砾石戈壁和少量易耕地。平原区海拔高程在 1 000 ~ 1 600 m 之间,主要为灌区和易耕荒地,适宜于粮、棉、油等种植业的发展。流域气候属于大陆性温带干旱气候,其特点是:气候干燥,日照充足,多风沙,降水稀少,蒸发较大,昼夜温差大。年降水量丘陵区为 177.6 mm,而平原区仅为 62 mm。水面蒸发量丘陵区小于平原区,丘陵区在 800 ~ 1 000 mm 左右,平原区在 1 200 ~ 1 800 mm 左右。年均气温 7.9 °C,年均风速为 1.7 m/s。

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

本文以台兰河灌区 2000 年和 2005 年两期 30 m 分辨率的 TM 遥感影像作为基础数据,利用 ArcView 软件对遥感影像进行解译,将解译结果与野外实地调查结果相结合,并参考 1996 年温宿县土地利用现状图和 2005 年 DEM 高程图,进行景观类型组成和变化信息提取,同时收集不同时期台兰河绿洲灌区水资源量和相关水文数据(来源于温宿县水务局)。

2.2 土地利用类型的确定

在 ERDAS 和 ArcGIS 软件支持下,依据已有的土地利用分类原则和分类系统,结合灌区土地利用特征和实际情况,把研究区土地利用类型分为 6 大类,分别是耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地,每种类型对应不同的土地利用亚类,每种亚类与遥感影像解译结果中地表覆盖物的类型相对应,如未利用地分为盐碱地、沙地和戈壁等,同时用 GIS 方法建立并输出台兰河绿洲灌区景观转移矩阵。

3 结果与分析

3.1 灌区土地利用变化

土地利用类型的数量变化反映在不同类型面积总量的变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可以掌握土地利用变化总趋势及其结构变化特征。

从图 1 可以看出,从 2000 年到 2005 年,台兰河灌区耕地、林地、草地、水域和未利用地变化趋势明显,建设用地变化不明显。2000—2005 年的 5 a 间,耕地和水域增加幅度较大,是以林地、草地和未利用地等的减少为依托。耕地面积由 2000 年的 68 246.21 hm² 以年均 3 603.69 hm² 的速率增长到 2005 年的 8 6264.67 hm²,增长幅度相对较快,达到 26.4%。水域面积由 2000 年的 2 633.53 hm² 扩展到 2005 年的 3 391.17 hm²,平均每年增加 151.53 hm²,增长幅度最快,达 28.76%。林地由 37 928.37 hm² 下降到 35 681.3 hm²,年均减少 449.41 hm²。2000 年原有草地面积为 105 568.6 hm²,2005 年缩减为 91 242.69 hm²,在 5 a 间共减少 14 325.9 hm²,平均每年减少 2 865.18 hm²。建设用地的面积变化相对较小,面积略有减少。未利用地由最初的 170 372.84 hm² 减少到 168 183.7 hm²,年均减少 2 189.12 hm²。

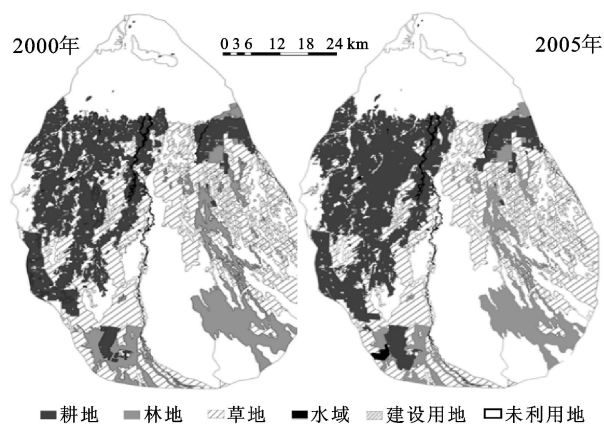


图 1 台兰河绿洲灌区 2000 年和 2005 年土地利用变化

3.2 土地利用的景观类型转移矩阵

从台兰河绿洲灌区景观转移矩阵分析结果(表 1)可知,耕地面积增加了 18 018.45 hm²,其中来自草地、林地和未利用地面积占相当大比例,分别为 14 460.00, 17 26.45, 和 1 782.56 hm²,占耕地总量的 99.72%,可见台兰河灌区的耕地面积增加主要来自草地,说明随着灌区农业的发展,大量的生态用地被占用,同时缩减了绿洲的绿地空间。随着灌区耕地的不断增加,水利设施也相应的有所增加,水域面积增加了 757.64 hm²,而来自于生态用地的面积最大

为 746.83 hm²,来自未利用地的面积相对较少为 19.28 hm²。同期内尽管有未利用地转化为草地和林地,但与草地和林地转出去的比例相比,所占面积甚微。说明灌区内毁林开荒,破坏生态的行为较为严重。

表 1 台兰河绿洲灌区土地利用类型景观转移矩阵 %

2000 年	2005 年					
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
耕地	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
林地	4.55	94.07	0.00	1.21	0.07	0.09
草地	13.70	0.00	86.01	0.27	0.00	0.02
水域	0.32	0.00	0.00	99.68	0.00	0.00
建设用地	1.72	0.00	0.00	0.00	98.28	0.00
未利用地	1.05	0.00	0.26	0.01	0.00	98.68

灌区土地利用数量变化表明,流域生态用地数量逐渐减少,生产用地、退化土地面积不断增加。灌区为了适应市场经济的需要和地方政策在促进当地经济的发展同时,也在改变着土地利用结构,从而增大了经济作物种植比例,尤其是棉花种植面积的不断加大,导致了大量土地被开垦为耕地,相应地增加了耕地面积。而为了满足农业用水的需求,灌区大力改、扩建引水工程,在中下游修建水库,使水域面积迅速扩大,这些人为的干扰使土地利用格局发生了显著的变化。由于灌区社会经济发展水平相对较低,再加之人口增长和经济利益驱动,人们为了生存需要和追求最大经济利益,大量草地、林地和未利用地在此期间大量被开垦为耕地,尽管耕地面积不断扩大,但林地、草地等生态用地面积在不断减少,促使绿洲区绿地面积不断减少,5 a 间灌区绿地面积减少了 16 572.97 hm²。

3.3 水资源动态变化分析

3.3.1 台兰河上游径流量和中下游地下水开采量的变化 从图 2 可以看出,台兰河流域年出山口径流量呈现显著减少的趋势,从 1995 年的 $9.042 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少到 2006 年的 $6.42 \times 10^8 \text{ m}^3$,减幅为 0.29。而在 2005 年由于降水量比较丰富,出山径流量在这一年有相对增加的趋势,但总体上台兰河流域出山口径流量呈下降趋势,说明地表来水量随着出山径流量的减少在不断锐减。但中下游地下水的抽取量呈现不断增加的趋势(图 3)。从 1989 年的 $5.91 \times 10^6 \text{ m}^3$ 增加到 2003 年的 $1.39 \times 10^7 \text{ m}^3$,增幅为 1.36,而变动幅度地下水抽取量约是年径流量的 5 倍。以上数据表明,在该流域出山径流量显著减少的情况下,中下游地下水的抽取量却急剧增加。随着中下游耕地面积的不断扩大,相应的灌溉面积也在不断扩大,势必对水资源的利用量也相应的增加。由此可知,中下游绿洲灌区的径流用水分配严重失衡。因此,在绿洲区水土资源开发过程

中,要合理配置,科学管理,提高地表、地下水资源的联合利用率,使绿洲灌区水资源的管理更加科学合理和高效,是实现该流域绿洲可持续发展的根本途径。

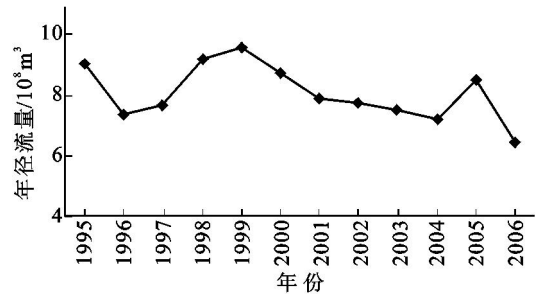


图 2 台兰河流域河流径流量变化

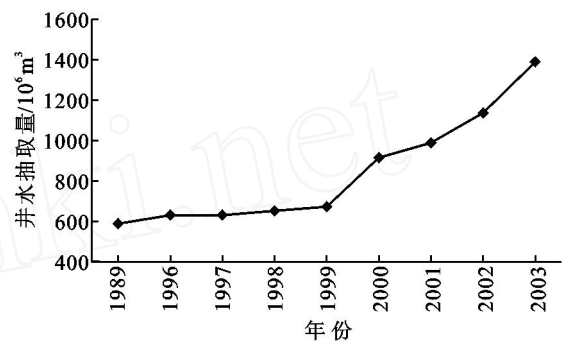


图 3 流域中下游地下水抽取量

3.3.2 台兰河中下游绿洲水资源利用变化 随着台兰河引水渠、防渗渠、排水渠和渠道引水量的不断加大以及渠系利用率的持续增加,渠系利用率从 1998 年的 0.41 增加到 2005 年的 0.73,说明对地表水资源的利用程度不断加大。依据 2001 年台兰河规划报告,结合渠系水利用系数、田间水利用系数和灌溉水利用系数求平均得地表水开发利用系数高达 0.56,充分说明地表水的开发利用潜力已经到达最大。

由于大规模水利化的建设,使得水资源的利用、分布格局发生了重大变化,最显著的特点就是地表水通过高标准衬砌渠道从山区直接输送到绿洲,缩小了地表水与地下水之间的转化范围,直接减少了地下水的天然补给,导致了地下水位的下降。由于地表水可利用空间的减小,地下水开采强度日益加强,图 3 为台兰河流域中下游绿洲地下水抽取情况,从一个侧面反映了该流域地下水开发利用的过程,相应地地下水抽水井数量也有增大的趋势。地下水开采量也随之剧增,从 1998 年的 $5.69 \times 10^6 \text{ m}^3$ 到 2004 年的 $7.00 \times 10^7 \text{ m}^3$,增幅显著。从耕地面积和灌溉总面积的增加上可以反映台兰河灌区水资源的需求日趋增大。从图 4 可以看出,从 1995—2007 年,台兰河流域耕地面积和灌溉总面积发生了显著的变化,总体上耕地面积和灌溉总面积一直呈现上升趋势。耕地面积从 1995 年的

16 046.5 hm² 增加到 2007 年的 39 569.1 hm², 增幅为 1.47, 而灌溉总面积从 1995 年的 25 400.1 hm² 增加到 2007 年的 48 379.6 hm², 增幅为 0.90, 说明随着耕地面积的不断扩大, 灌溉需水量也在不断增大, 而灌溉总面积的幅度远远赶不上耕地增加幅度。

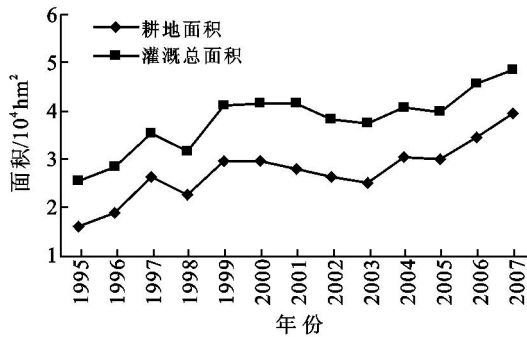


图4 灌区灌溉总面积和耕地面积变化

3.3.3 绿洲种植业结构与生态用水的关系 台兰河流域绿洲灌区主要以农业为经济主体, 农业用水占总用水量的 90% 以上, 不同的种植结构对水资源的需求不同, 农业用水的比例不断增大, 导致因林草灌溉面积的减少相应地生态用水的比例不断缩小。图 5 为台兰河灌区不同作物的实际灌溉面积变化情况。从图 5 上可以看出, 从 1995 年到 2007 年经济作物和粮食作物的灌溉面积在持续增加, 经济作物从 1995 年的 10 272.7 hm² 增加到 2007 年的 31 934 hm², 增加幅度为 2.11; 粮食作物从 1995 年的 5 773.9 hm² 增加到 2007 年的 7 661.4 hm², 增幅为 0.33; 而林草面积呈现逐渐减小的趋势, 从 1995 年的 7 595.9 hm² 减少到 2007 年的 3 843.1 hm², 减小幅度为 0.49。以上数据表明, 农业灌溉面积增幅是林草的 5 倍, 农业灌溉用水是林草用水的 10 倍。说明随着耕地面积的不断增大, 农业需水在不断增加, 生态用水在不断减少。因此, 在增大经济作物比例的同时, 应适当地调整生态用水的比例, 减少生态用水和农业用水的矛盾。

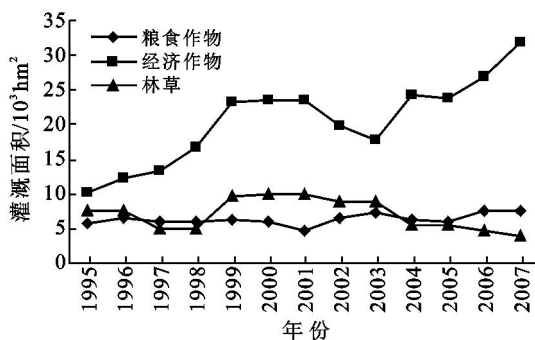


图5 台兰河绿洲灌区不同作物的实际灌溉面积变化

3.4 土地利用变化与水资源相互关系分析

在干旱区土地利用变化和水资源利用是一个相互作用, 相互影响的过程。由于干旱区水资源相对缺乏, 在土地开发过程中, 因为水、土地资源利用不平衡导致生态环境变化, 会对社会发展带来严重影响, 如荒漠化和绿洲的消亡^[14-15]。所以水资源成为制约干旱区土地资源开发利用的主要自然因素, 而水、土地资源利用在时间和空间上平衡与否影响着干旱区生态环境与社会发展。无论是对水资源的利用, 还是对土地资源的利用, 都不要给自身和彼此的可持续利用带来损害, 更不能对人类赖以生存的环境造成损害。这也是考察土地利用变化与水资源合理利用关系的基本前提。

土地利用变化在多方面影响着水资源的利用。

(1) 流域土地利用变化造成的下垫面性质的改变, 进而导致流域水文特征的改变; (2) 大尺度的土地利用变化对水循环的影响。同时, 水资源利用对土地利用变化的影响也是多方面的: (1) 水资源的时空分布特点在较大程度上决定着土地利用的时空分布, 进而对土地利用内容与方式产生影响(尤其对农业、林业的土地利用的影响); (2) 大型水利工程建设带来的区域土地利用变化; (3) 水资源利用方式与政策(节水措施、生态用水、水价变动等)对土地利用变化的影响越来越显著。

从台兰河灌区土地利用和水资源变化的分析可以看出, 随着耕地面积不断扩大, 势必对水资源的需求也相应地增加, 而在地表水资源不足的情况下, 地下水资源的开采量呈现日益增大的趋势, 相应地农业用水在一定程度上挤占生态用水, 这样就威胁到台兰河绿洲灌区水土资源的平衡, 从而导致流域生态环境的恶化。

4 结论

水资源成为制约干旱区土地资源开发利用的主要自然因素, 水土资源利用在时间和空间上平衡与否影响着干旱区生态环境与社会发展。随着人口的增长, 台兰河绿洲灌区土地利用发生了显著的变化。耕地面积和水域面积分别从 2000 年的 68 246 hm² 和 2 634 hm² 增加到 2005 年的 86 265 hm² 和 3 391 hm², 年均增加分别为 3 603.8 hm² 和 151.4 hm²; 绿洲林地和草地大面积减少, 减少量分别为 2 247.07 hm² 和 14 325.9 hm², 相应的绿地面积减少了 16 572.97 hm²。从转移矩阵可知, 研究区土地利用类型变化的主要方向是草地、林地和未利用地转化为耕地, 而草地和林地等生态用地的减少是灌区耕地增加

的主要来源,转移比例分别为 13.97% 和 5.93%。说明随着灌区农业的不断发展,生态用地的比例在不断减少,生态环境有逐渐恶化的趋势。而在未利用地转变为耕地中,盐碱地和沙地所占比例相对较大。同时灌区内也存在耕地弃耕的现象。

台兰河流域年出山口径流量呈现显著减少的趋势,从 1995 年的 $9.042 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少到 2006 年的 $6.421 \times 10^8 \text{ m}^3$,说明地表来水量在不断锐减。但中下游地下水的抽取量呈现不断增加的趋势,从 1989 年的 $5.91 \times 10^6 \text{ m}^3$ 增加到 2003 年的 $1.39 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。随着灌区内耕地面积的不断增大,灌溉面积从 1995 年的 25 400.1 hm^2 增加到 2007 年的 48 379.6 hm^2 ,机井数量也在不断增大,地下水开采强度日益增加,地下水水位呈日益下降的趋势。从 1995 年到 2007 年灌区内经济作物和粮食作物的灌溉面积在持续增加,而林草面积呈现逐渐减小的趋势,相应地流域内农业用水和生态用水的结构发生了改变。说明随着耕地面积的不断增大,农业需水在不断增加,相应的生态用水在不断减少。因此,在增大经济作物比例的同时,应适当地调整生态用水的比例,减少生态用水和农业用水的矛盾。

从台兰河绿洲灌区土地利用变化与水资源利用的相关性可知,合理、高效的水资源利用有利于促进土地利用效率的提高,而合理的土地利用方式又有利于水资源的高效利用。反之,不合理的水资源利用往往给土地利用带来许多负面效应。如过度抽取地下水引起地面沉降,干旱区水资源过度使用造成土地退化。同样,不合理的土地利用方式也给水资源的利用带来危害。如植被破坏引起的沙漠化与水质下降等,进而对区域社会经济可持续发展产生深远的影响。干旱区的生态环境恶化问题由来已久,与人类违背客观规律大肆开发利用水资源的历史息息相关。多年来,由于台兰河灌区不顾水资源承载能力有限的现实,盲目扩大灌溉面积,引起的水资源过度开发利用,中下游相继出现了严重的生态环境问题,中游表现为区域性地下水位持续下降,泉水资源不断衰减,土地次生盐渍化,致使下游地区水资源严重短缺,不得不超采地下水以维持生计,导致了下游地区区域性地下水位持续下降,水质恶化,绿洲萎缩,植被衰亡,土地盐渍化、沙漠化等一系列生态环境问题。

因此,为了遏止绿洲生态环境的继续恶化,实现绿洲农业和社会经济的协调与可持续发展,必须根据水资源的承载力,实施开源节流。大力推广各种节水技术并应用经济杠杆(增加水资源调节税)建立节水

型农业经济结构。根据可利用水资源量规划农业生产规模,严格控制耕地面积,合理调整种植结构,大力提高耕地和水资源单产效益,调整农业用地和生态用地比例,解决农业用水和生态用水日益凸现的矛盾。从根本上解决干旱绿洲区水土资源的矛盾,从而实现水资源的合理配置和高效利用。

[参 考 文 献]

- [1] 寇俊卿,李自珍.干旱绿洲农业区水资源优化利用研究[J].干旱区地理,2007,30(3):370-374.
- [2] 张勃,张华,张凯,等.黑河中游绿洲及绿洲—荒漠生态脆弱带土壤含水量空间分异研究[J].地理研究,2007,26(2):321-327.
- [3] 贾宝全.绿洲景观若干理论问题的探讨[J].干旱区地理,1996,19(3):58-65.
- [4] 宋冬梅,肖笃宁,张志城,等.甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析[J].应用生态学报,2003,14(4):535-539.
- [5] 刘恒,钟华平,顾颖.西北干旱内陆河区水资源利用与绿洲演变规律研究:以石羊河流域下游民勤盆地为例[J].水科学进展,2001,12(3):378-384.
- [6] 马兴旺,李保国,吴春荣,等.民勤绿洲现状土地利用模式影响下地下水位时空变化的预测[J].水科学进展,2003,14(1):85-90.
- [7] 吕昌河,程量.土地利用变化与生态服务功能冲突:以安塞县为例[J].干旱区研究,2007,24(3):302-306.
- [8] 李小玉,肖笃宁.石羊河流域中下游绿洲土地利用变化与水资源动态研究[J].水科学进展,2005,16(5):643-648.
- [9] 丁宏伟,王贵玲,黄晓辉.红崖山水库径流量减少与民勤绿洲水资源危机分析[J].中国沙漠,2003,23(1):84-89.
- [10] 李新波,郝晋珉,丁忠义,等.盐渍化改造区土地利用变化对地下水资源的影响:以河北省曲周县为例[J].水土保持学报,2005,19(5):153-156.
- [11] 吕永清,张勃,刘富刚,等.黑河中游用水与流域水资源利用的博弈分析[J].干旱区研究,2008,25(6):818-823.
- [12] 张晓明,余新晓,武思宏.黄土丘陵沟壑区典型流域土地利用/土地覆被变化水文动态响应[J].生态学报,2007,27(2):414-422.
- [13] 徐海燕,赵文武,刘国彬,等.黄土丘陵沟壑区坡面尺度土地利用格局变化对径流的影响[J].水土保持通报,2008,28(6):49-53.
- [14] 冯绳武.民勤绿洲水系的演变[J].地理学报,1963(3):241-249.
- [15] 樊自立,艾里西尔,王亚俊,等.新疆人工灌溉绿洲的形成和发展演变[J].干旱区研究,2006,23(3):410-418.