

基于 3S 的干旱区土地利用/覆被变化及其对水资源的影响分析))) 以张掖市甘州区为例^{*}

黄会平¹, 张 岑²

(1. 华北水利水电学院 资源与环境学院, 郑州 450011; 2. 深圳市平冈中学, 广东 深圳 518116)

摘 要: 基于 GIS 软件平台 Arcinfo 9.0, 从 1987 年和 2002 年两个时期的 TM 和 ETM 遥感数据中提取了甘州区土地利用数据, 分析了该区土地利用/覆被的时空变化及其对水资源的影响。结果表明: 1987-2002 年该区土地利用发生了很大变化, 荒漠地、耕地及城镇及交通用地增加, 其中面积增长最多的是荒漠地, 增加了 $6.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其次是耕地; 牧草地、林地、水域及其他未利用地面积有所减少, 减少最多的是牧草地, 减少了 $3.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占总减少土地面积的 50.92%。土地利用/覆被变化改变着工农业用水、地表蒸发、土壤水分状况及地表覆被截留量, 进而对区域水资源产生重大影响: 地表年径流量在入境莺落峡径流量略显增加的状况下, 而出境高崖水文站水量却持续下降, 1987-1994 年平均为 11.135 亿 m^3 , 1995-2002 降至平均 7.645 7 亿 m^3 , 降幅达 32.01%; 地下水水位下降明显, 新沟测点地下水位下降为原来的 67.99%, 石岗墩测点下降了 47.58%, 且水位下降幅度呈现不断增加趋势, 使泉水溢出量减少, 给甘州区生态经济可持续发展构成了严重威胁。

关键词: 3S; 土地利用/覆被变化; 水资源定性定量分析; 甘州区

中图分类号: F301.24; P271

文献标识码: A

文章编号: 100523409(2009)04027205

LUCC and Analysis of Water Resources Effect in Arid Area) A Case of Ganzhou District, Zhangye, Gansu Province

HUANG Hui2ping¹, ZHANG Cen²

(1. North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China;

2. Pinggang Middle School of Shenzhen, Shenzhen, Guangdong 518116, China)

Abstract: The data of Ganzhou land use changes were extracted from RS data of TM and ETM in 1987, 2002, based on Arcinfo 9.0 of GIS software platform. The paper analyzed spatio2temporal changes of land use and its influence on water in Ganzhou during 15 years. The result showed that: the great changes took place in Ganzhou from 1987 to 2002. The areas of desertificated land, cultivated land and city/traffic land were rising, among which, the most of growing land was desertificated land, increased $6.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (60.2%). The secondary growing land was cultivated land. The most significant reduction of land use was grassland, shrinked $3.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (50.92%). LUCC had altered industrial and agricultural water, exha2lation of earth. s surface, soil moisture regime and surface retention, which greatly affected water re2sources of region. Annual runoff, flowed into this district, slightly showed ascension in Yingge gorge, but consistantly cut down in Gaoai hydrometric station that water flowed out2average $1.135 \times 10^8 \text{ m}^3$ from 1987 to 1994, reduction to average $7.645 7 \times 10^8 \text{ m}^3$ from 1995 to 2002. Ground water level distinctly descended2reduction 67.99% in Xingou measuring point, 47.58% in Shigangdun measuring point, which made spillo2ver of fountain shrink and brought severe threats to sustainable development of Ganzhou district.

Key words: 3S; LUCC; qualitative and quantitative analysis of water resource; Ganzhou district of Zhangye

* 收稿日期: 20090207

基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目(200801015); 华北水利水电学院高层次人才科研启动项目; 华北水利水电学院青年基金项目(HSQJ2009015)

作者简介: 黄会平(1979-), 女, 河南省许昌市人, 硕士, 讲师, 主要从事遥感与地理信息系统研究。E2mail: huanghuiping@ncwu.edu.cn

水土资源的利用是区域发展需要解决的重大课题,也是国内外学者研究的热点。国际全球环境变化人文因素计划 (IHDP) 和国际地权生物圈计划 (IGBP) 共同确立的国际间研究计划 LUCC 中,一个主要问题就是了解区域土地利用与覆被变化及其对水文过程与水资源的影响^[24]。目前的研究结果表明^[5]: 在较长时间尺度上,气候变化对水资源的影响更加明显,但在短期内,土地利用变化是水文变化的主要驱动要素之一。土地利用/覆被变化造成下垫面性质的改变,进而导致流域水文特征的改变。

我国干旱地区由于人类活动和气候变化的共同影响,引发了绿洲萎缩、土地沙漠化及水资源供需矛盾和地下水位下降等一系列社会经济问题^[8]。有限的水资源数量和分布状况是控制土地荒漠化进程和绿洲化进程的主导因子,而土地覆被的动态变化深刻影响着水资源。选取甘州区为例,定量定性分析了 1987- 2002 年的土地覆被变化及其对水资源的动态影响,这为该区水土资源可持续利用和优化配置提供科学依据,对干旱区水土资源合理利用规划和管理也具有重要意义。

1 研究区概况

甘州区地处河西走廊中段的黑河流域,南枕祁连山,北依合黎、龙首二山,介于东经 100°06'- 100°52',北纬 38°39'- 39°24'之间,是张掖市政治、经济、文化中心,也是古代丝绸之路重镇。境内地势平坦,平均海拔 1474 m,黑河及其支流贯穿全境,是典型的绿洲农业区。该区属温带大陆性气候,干燥少雨,年均降水量 113~ 312 mm,蒸发量 2047 mm,年日照时数 3085 h,昼夜温差大,年平均无霜期 150 d,年均气温 7.1℃, \ 10℃ 的年均积温 1837~ 2810℃。

2 数据来源与处理

2.1 数据选择

研究选取影像为轨道号 p133r33 的 1987 年的 TM 和 2002 年的 ETM,空间分辨率为 30 m @30 m,两期影像时相均为夏季,这对甘州较理想,此时植物生长旺盛,影像信息丰富,更易判读。

2.2 数据处理

2.2.1 遥感数据与处理 为了消除遥感数据中存在的误差,提高遥感数据的可判读性,借助分析软件 ERDAS8.7,对数据图像进行投影变换、校正、重采样、数据融合以及增强处理。采用 1:50 万地形图选择地面 GCP 对所用影像进行统一校正。为了保

证面积的精度,投影采用 ALBERS 等面积双标准纬线圆锥投影,采用全国统一的中央经线和双标准纬线,中央经线为 105°E,双标准纬线分别为 25°N 和 47°N。

2.2.2 遥感图像解译分类 结合甘州区土地利用现状和实地调查,确定土地利用分类为耕地、林地、牧草地、城镇及交通过地、水域、荒漠地及其他未利用地。为了提高分类精度,采用监督分类和非监督分类相结合的方法,先对影像数据进行非监督分类生成模板,再对这一模板进行编辑和修订以训练判断函数。经反复改善,直到识别情况达到满意为止,然后用最大似然法对影像分类。分类后常因同物异谱或同谱异物引起混分情况,本文采用感兴趣区域 (AOI) 结合目视解译,对分类有误的像素进行重编码。最后对后处理的分类结果运用基于误差矩阵的方法进行精度评价,精度可达 83.46% 以上。

2.2.3 数据入库分析 将 ERDAS 环境下解译获得的 .img 格式数据,用 Raster to Vector 命令转换成 coverage 格式文件。在 Arcinfo9.0 支持下,用 overlay 命令对两期土地覆盖数据进行叠置分析,将所得数据导入 Arcview3.3 环境下,从 Attributes 中提取土地利用变化数据,在 Excel 下生成相应土地利用变化图表。

3 甘州区土地利用/覆被时空变化

由表 1 可知,15 a 中最大的土地利用变化类型是牧草地退化为荒漠地,占总变化面积的 38.34%,退化面积为 $4.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$,主要发生在平山湖蒙古族乡。另外有 $1.03 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的其他未利用地、 3643.35 hm^2 的耕地和 1266.75 hm^2 的林地也退化为荒漠地,加上其他类型土地的退化,土地荒漠化总面积为 $6.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$,即甘州区在 16 a 中有 $6.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的土地由于利用不当造成了土地荒漠化。第二大土地利用变化类型是开垦耕地,16 a 中总开垦耕地的面积为 $1.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占区域变化面积的 17.55%,其中变荒漠为良田的面积最大 9090.81 hm^2 ,占总开垦面积的 50.47%,主要分布在汪家堡、大满堡及万家墩,其次是对其他未利用地的开垦,面积为 5751.41 hm^2 。土地变化最小的类型是水域,变化量仅为 413.44 hm^2 ,占总变化面积的 0.42%。

甘州区在 1987- 2002 年期间,土地利用面积增加的有 3 类(见图 43),其中增加最大的是荒漠地 $6.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其次是耕地,增加了 $1.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$,三是城镇及交通过地的增加,但增加量很小。牧草

地、其他未利用地、水域和林地面积有所减少, 分别减少了 $3.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $9\,933.32 \text{ hm}^2$ 、 $1\,699.32 \text{ hm}^2$ 和 $7\,268.74 \text{ hm}^2$, 减少量最大的是牧草地, 占总减少量的 66.44%, 减少量最少的是水域。

表 1 甘州区 1987- 2002 年土地利用变化面积转移矩阵 hm²

土地利用类型	2002 年						
	荒漠地	耕地	其他未利用地	牧草地	水域	林地	城镇交通用地
荒漠地	161755.79	9090.81	1072.38	884.18	0.00	140.27	581.48
耕地	3643.35	81566.01	1263.03	3675.37	120.46	42.50	1212.78
其他未利用地	10383.72	5751.41	6443.37	2105.40	0.00	5.25	668.70
牧草地	46018.95	957.32	5253.04	7564.83	0.00	2.37	24.68
水域	283.58	884.55	484.04	63.25	1982.45	0.00	126.77
林地	1266.75	1326.21	739.74	4078.32	93.33	2162.96	50.40
城镇交通用地	195.42	0.00	168.93	0.00	0.00	3.20	9511.30

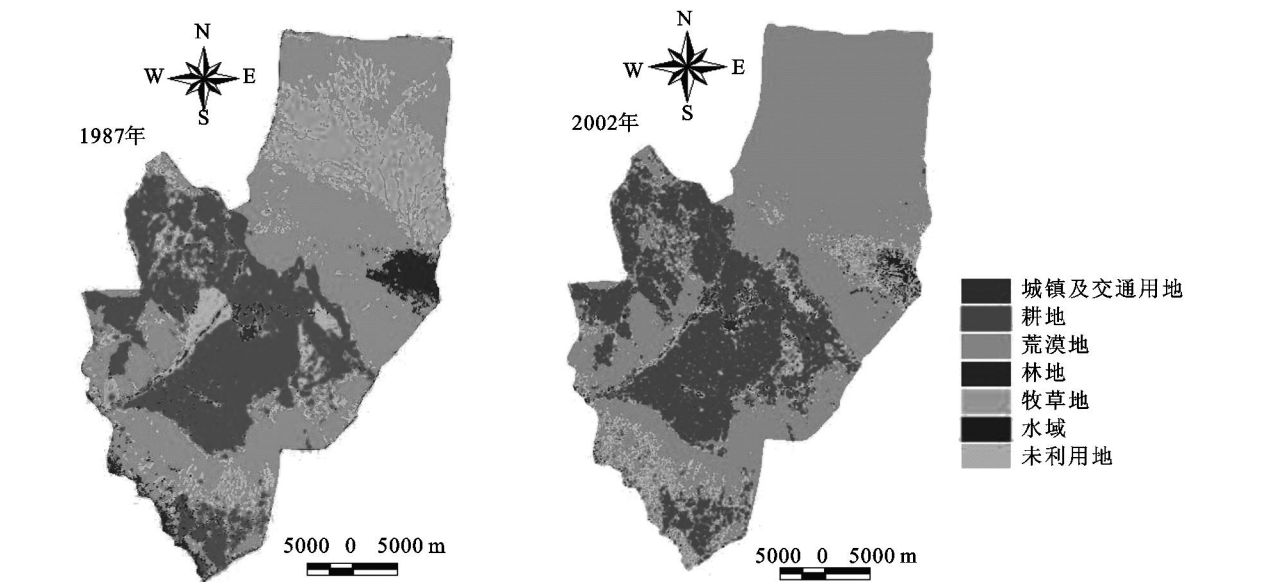


图 1 土地利用/覆被图

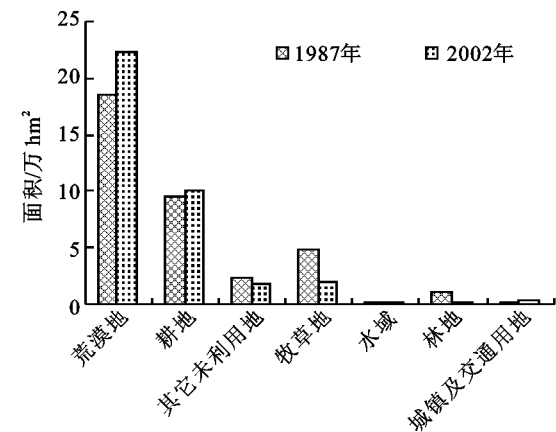


图 2 1987- 2002 年甘州区土地面积变化

4 土地利用/覆被变化影响下的水资源定性定量分析

干旱区土地利用/覆被变化将直接影响水循环过程、水资源地表径流量和地下储藏量。黑河流域存在三个水循环带, 即张掖-酒泉盆地南循环带、金

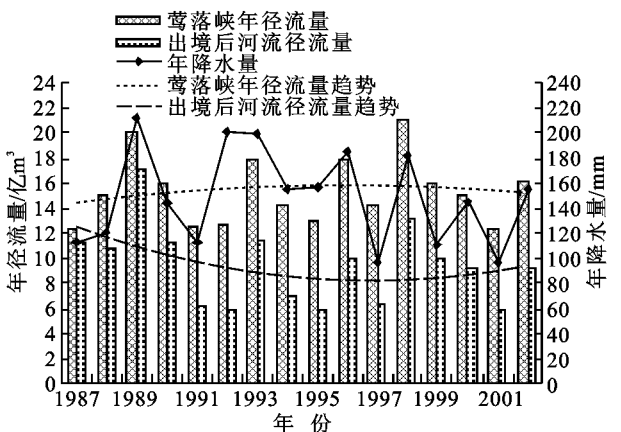


图 3 1987- 2002 黑河流经甘州区年径流量变化

塔-花海盆地北循环带和内蒙古额济纳旗盆地循环带, 甘州区处于南循环带的平原径流耗散区, 对水资源变化量影响很大, 重点从地表径流和地下水水位变化分析土地覆被变化对水资源的影响。

4.1 地表水径流量的变化分析

通过对黑河入境前的莺落峡站和出境后的高崖

水文站径流量动态变化来分析土地覆被变化对地表径流量的影响。莺落峡站河流年径流量 1987-1994 年平均为 15.108 亿 m³, 1995-2002 年为 16.104 亿 m³, 年径流量未发生明显变化且略显增加(图 3)。高崖水文站前 8 a 平均年径流量为 11.135 亿 m³, 后 8 a 下降为 7.646 亿 m³, 降幅达 32.01%(图 3)。在甘州区土地利用格局中, 由于耕地面积的增加, 需求的灌溉水量也在增加, 图 4 反映了甘州区 1987-2002 年农田有效灌溉面积的变化与同期年地表耗水量变化趋势相同, 表明随着绿洲农业的不断发展, 消耗的地表水资源量在逐年上升: 1987 年为 7.5 亿 m³, 1994 年为 7.75 亿 m³, 2002 年为 9.25 亿 m³。另外不断扩大的居民点及城镇用地意味着工业用水和城乡生活用水量也在不断的增加, 加之草林地面积减少和荒漠化土地面积增加, 使土壤涵养水的生态功能下降甚至丧失, 加剧了地表水分的蒸发, 使得黑河年出境流量持续减少。

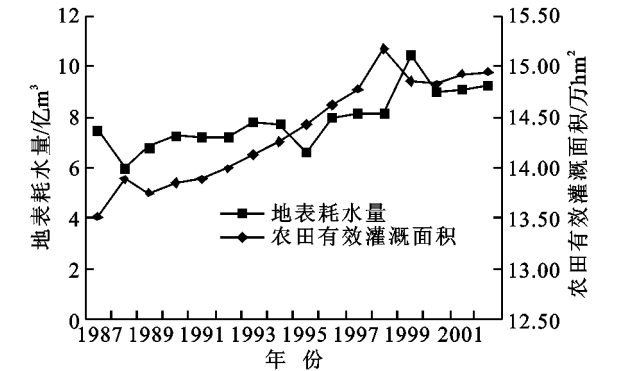


图 4 1987-2002 甘州区农田有效灌溉面积和地表耗水量变化

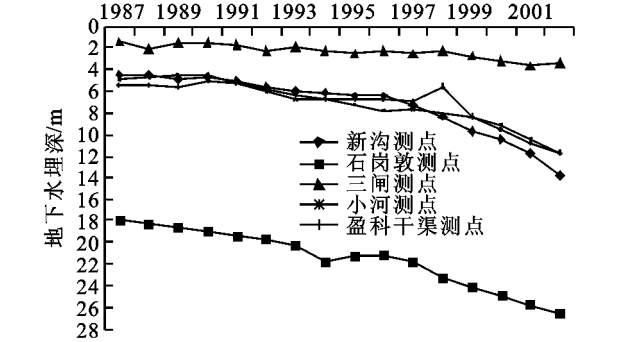


图 5 1987-2002 甘州区地下水埋深变化

4.2 地下水资源变化分析

地下水资源构成变化的基本方程如式(1)^[9]。

$$Q_r - Q_d = \Delta S \tag{1}$$

式中: Q_r))) 地下水补给量; Q_d))) 地下水排泄量; ΔS))) 地下水系统的储存量变化。

干旱区地下水补给一般有河道入渗、降水入渗和灌溉水入渗以及地下水侧向径流入流等。在地下

水补给要素中, 由于甘州属干旱平原地区, 降水量稀少, 降水补给主要通过祁连山山前降水形成的雨洪入渗补给地下水, 因林草地植被遭破坏, 降低了对雨洪的截留量, 减少了降水对地下水的补给量; 土地利用对河道河水的入渗量主要通过河流河道长度的变化量影响, 在 GIS 支持下对甘州区河流进行专题提取, 经叠加分析获得从 1987-2002 年甘州区河道长度缩短了 5.74 km, 使河道对地下水的下渗补给量有所减少; 灌溉水入渗补给地下水分为渠系水入渗和田间灌溉水入渗两部分, 由图 4 可知甘州区有效灌溉面积在累年不断扩大, 增加了田间灌溉水的入渗量, 同时不断增多的有效灌溉农田促使渠系面积逐年增加, 加大了灌溉水对地下水的入渗补给量。

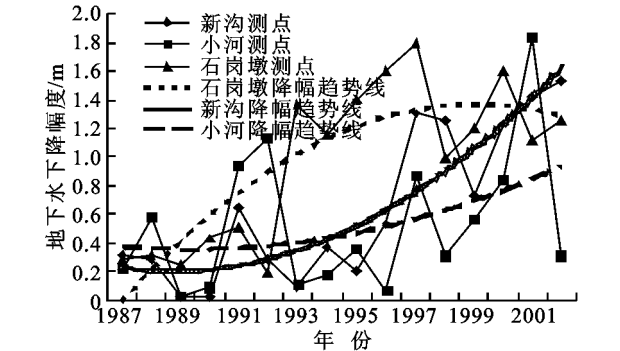


图 6 甘州区 1987-2002 地下水下降幅度变化

地下水排泄主要有泉水溢出、潜水蒸发、地下水开采以及地下水侧向流出等。由于该区地下水开发利用条件较好, 据甘州区 1981-1994 年长期观井资料, 平均水位埋深多在 2~4 m, 且有多处平均水位埋深小于 2 m, 如三闸乡童家当铺、二十里铺九龙江及三闸乡杨家寨村等, 很适宜井灌, 随着近年来城镇化、工业和农业的快速发展, 地下水开采率提高, 导致地下水采补失衡, 引起水位的持续下降(见图 5), 如新沟测点 1987 年地下水埋深为 4.41 m, 2002 年下降至 13.78 m, 下降了 67.99%; 石岗墩测点由 1987 年的 17.99 m 降至 2002 年的 26.55 m, 下降了 47.58%。并且随着时间推移, 地下水下降幅度在不断加大(见图 6), 如新沟 1987-1994 年平均下降幅度为 0.25 m, 1995-2002 下降幅度为 1.03 m, 地下水下降的直接后果是泉水溢出量减少; 泉水溢出是黑河中游地区地下水的主要排泄方式, 占总排泄量的 70.06%^[11-14], 据统计, 张掖盆地地下水泉水每年以储量由 1970 年的 10.19 亿 m³ 减少到 2000 年的 5.17 亿 m³, 平均减少了 5.02 亿 m³; 1987-2002 甘州区地表覆被变化的趋势是荒漠地不断吞噬林草地, 使潜水蒸发量不断增大, 加剧了地下水的排泄量。

4.3 水质变化分析

研究区为典型的绿洲灌溉农业, 农业生产使用

大量的化肥和农药,造成十分严重的面源污染,在水资源大规模重复利用的过程中,造成水质不断恶化。同时该区人口密度大,城镇相对集中,工业生产发展程度较高,随着流域人口的增长和社会经济的发展,工业废水、城镇的生活废水排放量不断增加,而排水设备和污水处理设备明显滞后,以致大量废水和有害物质直接或间接排入河流,造成地表水水质污染,污染的地表水随着河渠渗漏进入地下水,使污染范围扩大。水资源短缺和水环境恶化已成为该区经济发展的最大瓶颈。

5 结 论

(1)应用 3S 技术,通过建立土地利用图谱信息,客观、快速、准确的把握了甘州区 1987- 2002 年期间土地利用/覆被的时空演变过程。分析结果表明:甘州区 15 a 中各类土地利用类型发生了很大的变化:增长面积最大的是荒漠地,其主要来源于牧草地和其他未利用地的转出;其次耕地面积增多也较明显,主要来源于对荒漠地的治理开发和对其他未利用地的开垦;土地利用减少最大的是牧草地,主要退化为荒漠地和其他未利用地;土地利用变化最稳定的是水域,其面积变化不大。

(2)土地利用/覆被变化改变着工农业用水、地表蒸发、土壤水分状况及地表覆被截留量,进而对区域水资源产生重大影响。甘州区耕地、城镇居民用地、荒漠化土地面积的增加和林草地的减少,使该区地表水和地下水的耗量持续上升,在入境莺落峡径流量略显增加的背景下,而出境高崖水文站水量却持续下降,平均前 8 a 较后 8 a 下降了 3.489 3 亿 m^3 。地下水水位也连年下降,有些区域降低 20 m 多,且下降幅度不断增加。甘州区工农业发展和城镇规模的不断扩大,产生了大量污染物,造成地表水和地下水水质的严重污染,使该区水环境不断恶化。认识土地利用/覆被变化对水资源的作用,可以促使该区水土资源利用规划与管理更加科学合理,从而实现甘州区社会生态经济和谐协调发展。

参考文献:

- [1] Suzanne S. Priority questions for land use/ cover change research in the next couple of years[M]. LUCC News2 letter, 2001: 29.
- [2] Nunes, Auge J I. Land use and land cover change implementation strategy[R]. IHDP Report 10, 1999: 221.
- [3] Huang Mingbin, Zhang Lu. Hydrological responses to conservation practices in a catchment of the Loess plateau, China [J]. Hydrological Process, 2004, 18: 1885-1899.
- [4] 傅伯杰, 邱扬, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J]. 地理学报, 2002, 57(6): 717-722.
- [5] Vorosmarty C J, Green P, Salisbury J, et al. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth[J]. Science, 2000, 289: 284-288.
- [6] 任志远, 李晶, 王晓峰, 等. 城郊土地利用变化与区域生态安全动态[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [7] 任志远. 陕北黄土高原生态安全动态变化定量分析[J]. 干旱区地理, 2005, 18(5): 642-646.
- [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] 王根绪, 杨玲媛, 陈玲, 等. 黑河流域土地利用变化对地下水资源的影响[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 456-466.
- [10] 阎建忠, 张锺铨, 朱会义, 等. 大渡河上游不同地带居民对环境退化的影响[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 146-156.
- [11] 李启森, 赵文智, 冯起, 等. 黑河流域及绿洲水资源可持续利用理念及对策[J]. 自然资源学报, 2005, 20(3): 370-377.
- [12] 任建华. 黑河流域水资源开发对生态环境的影响[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 95-110.
- [13] 张光辉, 聂振龙, 刘少玉, 等. 黑河流域走廊平原地下水补给源组成及其变化[J]. 水科学进展, 2005, 16(5): 673-678.
- [14] 丁宏伟, 张举. 干旱区内陆平原地下水持续下降及引起的环境问题: 以河西走廊黑河流域中游地区为例[J]. 水文地质工程地质, 2002, 29(3): 71-75.