

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

景观生态学专辑



第34卷 第12期 Vol.34 No.12 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 12 期 2014 年 6 月 (半月刊)

目 次

中国景观生态学发展历程与未来研究重点.....	陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等 (3129)
城市景观格局演变的水环境效应研究综述.....	黄 硕,郭青海 (3142)
多功能景观研究进展.....	汤 茜,丁圣彦 (3151)
空间形态受限型城市紧凑发展研究——以厦门岛为例	黄 硕,郭青海,等 (3158)
紫金山森林公园降温效应影响因素.....	闫伟姣,孔繁花,尹海伟,等 (3169)
城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响	冯悦怡,胡潭高,张力小 (3179)
基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例	刘焱序,彭 建,韩忆楠,等 (3188)
生态安全条件下土地利用格局优化——以皇甫川流域为例	喻 锋,李晓兵,王 宏 (3198)
新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素	刘金巍,靳甜甜,刘国华,等 (3211)
基于 GIS 和 RS 的赣江上游流域土地利用动态趋势分析	鲁燕飞,彭 芳,万 韵,等 (3224)
1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力	刘吉平,赵丹丹,田学智,等 (3234)
基于斑块评价的三峡库区腹地坡耕地优化调控方法与案例研究.....	王永艳,李阳兵,邵景安,等 (3245)
贵州省山地-坝地系统土地利用与景观格局时空演变	李阳兵,姚原温,谢 静,等 (3257)
中国西南地区土地覆盖情景的时空模拟	李 婧,范泽孟,岳天祥 (3266)
基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析.....	张玲玲,赵永华,殷 莎,等 (3276)
基于植被覆盖度的藏羚羊栖息地时空变化研究.....	赵海迪,刘世梁,董世魁,等 (3285)
西南峡谷型喀斯特坡地土壤微生物量 C、N、P 空间变异特征	范夫静,黄国勤,宋同清,等 (3293)
峡谷型喀斯特不同生态系统的土壤微生物数量及生物量特征.....	谭秋锦,宋同清,彭晚霞,等 (3302)
长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响	刘桂林,张落成,张 倩 (3311)
基于视觉廊道的青藏铁路沿线旅游动态景观评价.....	张瑞英,席建超,姚予龙,等 (3320)
基于 RS 与 GIS 的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究	任 平,洪步庭,刘 寅,等 (3331)
生态系统保护现状及保护等级评估——以江西省为例.....	樊乃卿,张育新,吕一河,等 (3341)
崇明东滩盐沼植被变化对滩涂湿地促淤消浪功能的影响.....	任璘婧,李秀珍,杨世伦,等 (3350)
基于气候、地貌、生态系统的景观分类体系——以新疆地区为例.....	师庆东,王 智,贺龙梅,等 (3359)
黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征——以陕西省延安市为例.....	钟莉娜,赵文武,吕一河,等 (3368)
不同干扰背景下农业景观异质性——以巩义市为例	张晓阳,梁国付,丁圣彦 (3378)
山西高原草地景观的数量分类与排序.....	张先平,李志琴,王孟本,等 (3386)

山区夏季地表温度的影响因素——以泰山为例..... 孙常峰,孔繁花,尹海伟,等 (3396)

典型岩溶洼地土壤水分的空间分布及影响因素..... 张继光,苏以荣,陈洪松,等 (3405)

基于移动窗口法的豫西山丘陵区景观异质性分析..... 李栋科,丁圣彦,梁国付,等 (3414)

桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应..... 童晓伟,王克林,岳跃民,等 (3425)

喀斯特与非喀斯特区域植被覆盖变化景观分析——以广西壮族自治区河池市为例.....
..... 汪明冲,王兮之,梁钊雄,等 (3435)

不同干扰背景下景观指数与物种多样性的多尺度效应——以巩义市为例.....
..... 董翠芳,梁国付,丁圣彦,等 (3444)

石栎-青冈常绿阔叶林土壤有机碳和全氮空间变异特征 杨 丹,项文化,方 晰,等 (3452)

湘中丘陵区南酸枣阔叶林群落特征及群落更新..... 易 好,邓湘雯,项文化,等 (3463)

基于 RBFN 的桂西北喀斯特区植被碳密度空间分布影响因素分析..... 张明阳,王克林,邓振华,等 (3472)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 36 * 2014-06



封面图说: 空间发展受限城市的厦门——在我国城市化进程中,中小城市在城镇体系建设中处于中间环节,起到了联系大城市和小城镇的作用。但是,每个城市由于发展历史、社会经济结构、自然地理形态等因素的不同,都有其发展的特性,这些问题都必须因地制宜地去把握。例如,厦门岛相对隔离,没有多余的发展空间,该城市以居住功能为主,城市功能较为单一,公共服务功能和商业服务功能比例较小。研究这样紧凑型的城市发展必须要考虑该城市结构转换的承受力,周边社会经济环境以及居民的生活习惯等。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201304230781

刘金巍, 靳甜甜, 刘国华, 李宗善, 杨荣金. 新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素. 生态学报, 2014, 34(12): 3211-3223.
Liu J W, Jin T T, Liu G H, Li Z S, Yang R J. Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(12): 3211-3223.

新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/ 覆盖变化及影响因素

刘金巍¹, 靳甜甜^{2,*}, 刘国华¹, 李宗善¹, 杨荣金³

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085;

2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100012; 3. 中国环境科学研究院, 北京 100038)

摘要:在 2000 年和 2010 年两期遥感影像解译的基础上,从土地利用类型的结构、变化速率、变化方向及土地利用程度等方面分析了玛纳斯河流域土地利用的变化特征,并分析了影响土地利用变化的主要因素及不同因素之间的交互作用。结果表明:(1)近 10 年来,流域土地利用程度增强,人工绿洲呈扩张趋势,耕地和城乡工矿居民用地大量增加,林地和未利用地减少;上游地区草地和冰川积雪覆盖地面积增加。(2)耕地向内部外部双向扩张,主要来源于林地、荒漠和盐碱地;新增草地以山地裸地和山前荒漠的转变为主;林地主要转变为中游的耕地和城乡工矿居民用地及上游的草地和裸地;城乡工矿居民用地的增加主要来自荒漠、耕地和林地;未利用地变化以向人工绿洲土地类型的转变为主。(3)上游土地利用变化主要受气候变化的影响,降水量增加可能是冰川积雪面积扩张的主要原因;中游人类活动密集,耕地和城乡工矿居民用地扩张,荒漠植被退化;下游受气候和人类活动共同作用,尾间湖泊萎缩,河岸和湖周植被退化。

关键词:玛纳斯河流域;土地利用变化;气候变化;人类活动

Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang

LIU Jinwei¹, JIN Tiantian^{2,*}, LIU Guohua¹, LI Zongshan¹, YANG Rongjin³

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100012, China

3 Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100038, China

Abstract: Based on Landsat TM/ETM (Thematic Mapper / Enhanced Thematic Mapper) image data from 2000 and 2010 and some other survey and statistical data, this paper first analyzed the characteristics of land use/cover change in the Manas River Basin of Xinjiang. We used numerical computation methods and index models, including land use/cover structural changes, the single land use/cover dynamic index, the land-use transfer matrix and the land use degree index, to determine the features of land use/cover change both temporally and spatially. Subsequently, the main drivers of land use / cover change and the interaction between different factors were analyzed based on a comprehensive consideration of natural factors and human factors. The findings of this study may be summarized here. (1) The land use/cover structure of this basin was dominated by unused land in both 2000 and 2010, followed by cultivated land and grassland, and lastly by water (the smallest area). The extent of land use in 2010 increased compared with that in 2000 across the whole basin. The

基金项目:西北(甘青新)重点区域和行业发展战略环境评价生态专题资助项目(D237)

收稿日期:2013-04-23; **修订日期:**2013-11-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jtt_05@163.com

cultivated land and built-up land increased at an accelerated rate, especially in the middle region, which at the same time resulted in a significant expansion of artificial oasis and led to an evidently decreasing trend of woodland and unused land. In the upper reaches, the most obvious change of land use/cover was the areas of grassland, glaciers and snow-covered land—a clear sign of expansion. (2) The cultivated land indicated a quite remarkable outward and inward expansion trend. According to our data for the conversion of land use/cover in 2010, the new cultivated land was mainly derived from desert shrubbery land, desert and saline-alkali land. Grassland was mostly concentrated in the upper reaches and experienced an obvious increasing trend second only to cultivated land. The increased area was mainly converted from bare rock on the mountain and piedmont desert. Built-up land also showed a noticeable increase because of the occupation of desert, cultivated land and woodland. According to our data for the change in destination of land use/cover in 2000, the reduced woodland primarily evolved to cultivated land and built-up land in the middle reaches, and to grassland and bare land in the upper reaches. Additionally, the reduced unused land was mainly transformed into artificial oasis land types. A greater proportion of bare land and sand, saline-alkali land and desert was converted into cultivated and built-up land. (3) The climate of this basin was characterized by a warming and wet trend from 1959 to 2010. Climate change was the dominant factor of land use/cover change in the upper reaches. The increase in precipitation, especially short-term heavy rainfall, might be the primary cause of the advance of glaciers and snow-covered land. In the middle reaches, the most noticeable features were the increase in cultivated and built-up land and the degradation of desert vegetation. It could be speculated that this was mainly attributable to the intensified anthropogenic activities concomitant with economic growth and the increase in population. Moreover, the reduction in gross irrigation water uptake led to an even greater reduction in return water, which led to an even greater reduction in the water needed ecologically and a degradation of natural oasis land. The evident decline in terminal lakes and serious degradation of the associated vegetation in the lower reaches are directly attributable to the combined impact of climate change and human activities.

Key Words: Manas River Basin; land use change; climate change; human activities

我国西北干旱区是世界上生态环境最为脆弱的干旱区之一^[1],其典型地理单元为内陆河流域。西北内陆河流域是山地、绿洲和荒漠组成的典型的干旱区复合生态系统^[2],气候干旱,生态环境脆弱。内陆河流域从上游到下游水热条件变化较大,因此景观多样性较高,不同景观之间便形成了干湿交替带、农牧交错带、森林边缘带及沙漠边缘带等多种生态环境脆弱带,生态系统的脆弱性使其对气候变化和人类活动的干扰极其敏感^[3]。近年来,气候变化和人类活动影响下土地利用变化的分析是国际学术界研究的热点问题之一,国内研究主要集中在热点地区和典型脆弱区,关注重点为土地利用变化趋势、驱动力以及生态效应等^[4-6]。

西北干旱区气候变化和人类活动对生态系统和土地利用的影响已有大量研究^[7-9]。施雅风^[1]通过对冰芯、冰川、积雪、河川径流和湖泊的变化及其趋势的研究表明:我国干旱内陆河流域表现出明显的波动性暖干化趋势,且这种变化具有时空分布的一

致性。目前,西北内陆河流域气候变化引发冰川退缩、雪线上升、短期径流增加等问题^[10-11],进而对土地利用结构产生较大影响。20世纪40年代以来,西北干旱区人口的增加、社会经济的发展和水土资源的大规模开发利用引起了一系列水文、生态环境和土地覆盖的变化,已影响到了区域经济发展和人居环境^[3]。

然而,气候变化和人类活动对生态系统施加影响的过程、影响的时空特征、影响结果以及应对措施均体现出较大的差异性。同时,气候变化和人类活动的影响相互作用,存在抵消、协同等作用,从而使生态系统变化的驱动力较为复杂。为深入阐明不同驱动力对土地利用变化的作用情况,需进一步研究和探讨不同驱动力的变化趋势及其相互作用情况,以减少预测的不确定性,为决策提供基础理论支持。

玛纳斯河流域是我国西北典型干旱脆弱区,位于天山北坡经济带的核心区域,该流域是新疆最大的绿洲农耕区和我国第四大灌溉农业区^[12]。2000

年实施西部大开发的同时该流域开始大规模实施膜下滴灌的高效节水技术,耕地面积迅速增加,在沙漠边缘地区盲目开垦和打井现象严重。在生态环境脆弱的内陆河流域开展大规模的水土资源开发,会对流域生态环境产生显著影响,引发土地利用显著变化,进而使生态系统不稳定性增加,可能对流域的生态安全及可持续发展产生威胁。该流域是气候变化和人类活动影响聚集区,同时也是典型脆弱小流域,因而是开展上述研究的理想区域。目前,玛纳斯河流域土地利用变化及驱动力的研究主要集中在以下领域:气候变化与径流和冰川变化的关系^[13-15]、绿洲演变及其驱动力^[16-18]、耕地扩张的生态环境效应^[19-20]、景观格局的变化^[21]等。

本文基于玛纳斯河流域 2000 年和 2010 年的土地利用数据,分析了该流域近 10 年来的土地利用变化特征,阐述了气候变化、人口增长及农业发展等因素对土地利用变化的驱动作用,并探讨了其相互作用,以期为该流域水资源的合理开发及农业发展布局的生态影响评估提供科学依据。

1 研究区概况

玛纳斯河流域位于天山北麓中段,准噶尔盆地西南部,总面积 3.09 万 km²,地理位置为北纬 43°05′—46°04′,东经 84°56′—86°42′。该流域地处欧亚大陆腹地,远离海洋,气候干燥,为典型的温带大陆性气候,年均气温 4.7—5.7℃,其中最高气温达 43℃,最低气温为 -42.8℃,年平均降水量 115—200 mm,由南向北递减,且夏季多冬季少,年平均蒸发量在 1500—2100 mm 之间,干旱指数在 4.0—10 之间,年均风速 1.7 m/s^[22]。自然生态系统类型以荒漠为主,景观类型由南到北依次为高山冰川、森林、草甸、干草原和荒漠草原,垂直分异特征明显^[23],绿洲分布以河流为依托,农田灌溉主要依靠冰雪融水和降水形成的河流径流水。玛纳斯河是流域内最大的河流,源头位于天山支脉依连哈比尔尕山的高山冰雪区,向北经红山嘴流入绿洲平原,穿过古尔班通古特沙漠最后注入玛纳斯湖。行政区划上,玛纳斯河流域主要包括玛纳斯县、沙湾县和石河子市、兵团农八师和农六师的农牧团场,另有克拉玛依市、和布克赛尔蒙古自治县以及和静县的部分地区。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源及处理

采用玛纳斯河流域 2000 年的 Landsat ETM 影像和 2010 年的 Landsat TM 影像,行列号为 144/28、144/29 和 144/30,空间分辨率为 30 m,采集时间为 6—8 月份。遥感解译时选用无云或少云的影像,结合地形图、行政区划图及其它辅助图件,并参考该地区气候、土壤、植被等自然地理资料,在 Ecogognition、ERDAS IMAGE 8.5 和 ArcGIS 9.3 软件下,进行面向对象的影像分类解译,得到玛纳斯河流域 2000 年和 2010 年的土地利用图。解译时,首先将两期影像数据进行辐射纠正和几何纠正;然后,根据覆盖区域的影像情况划分影像块,将日期相同和块间差别可忽略的影像块合并成工作块;接着,2012 年 5—6 月份从中游到上游进行分类地面样本点采集,在此基础上对照 Google Earth 和遥感影像特征进行样本点扩充,随机选取 30% 的样本点用于解译精度验证;最后,进行样本训练,开展基于支持向量计算法的自动分类,利用精度验证点对结果进行验证。验证结果表明影像总体解译精度为 80% 左右,基本可以达到研究所需要求。

土地利用分类系统基于刘纪远等^[24]的分类标准,该标准基于 TM 遥感影像,从遥感监测实用性出发,是遥感影像解译中常用的标准。本研究根据西北干旱地区自身的特点,将原有标准进行了修订,最终将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地、未利用地和冰川积雪覆盖地 7 个一级类型,并将水域进一步分为河渠、湖泊、水库、坑塘和河滩沼泽地,将未利用地划分为裸土沙地、盐碱地、裸岩和荒漠。

所用气象资料来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/>)。玛纳斯河流域内只有石河子站 1 个国家级气象观测站,为了更准确地反映流域的气候变化,另选取流域周边的克拉玛依站、乌苏站、巴音布鲁克站和巴仑台站 4 个站点的数据近似比较。通过统计各个气象站点 1959—2010 年的年均气温和年降水量数据,运用线性趋势法分析气温、降水的年际变化。

社会经济数据及人口数据来源于新疆统计年鉴、中国县(市)社会经济统计年鉴及新疆生产建设

兵团统计年鉴等。

2.2 研究方法

土地利用变化过程和趋势通过定量化的指数模型或数值如结构变化、净变化、变化方向、变化速度等来表征^[25]。主要指数的计算方法如下:

(1) 单一土地利用动态指数(K)

也称变化率指数,该指数的计算以土地利用类型的面积为基础,可反映一定时间范围内各土地类型的变化幅度和速度。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, U_a 、 U_b 分别为研究期始、末某一地类的面积; T 为研究时段,当用年表示时即为区域此类土地利用类型的年变化率。

(2) 土地利用程度综合指数(L)

该指数及其变化可定量揭示区域土地利用的程度及变化。本文土地利用程度的分级及分级指数的取值依据刘纪远等^[24]的研究结果,划分为4级,包

括未利用土地级(未利用地)、林草水用地级(林地、草地和水域)、农业用地级(耕地)和城镇聚落用地级(城乡工矿居民用地)。

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i, L \in [100, 400]$$

$$A_{\text{未利用地}} = 1, A_{\text{林草水}} = 2, A_{\text{农业用地}} = 3, A_{\text{城镇聚落}} = 4$$

式中, L 为区域土地利用程度综合指数; A_i 为土地利用程度第*i*级的分级指数; C_i 为土地利用程度第*i*级的面积百分比; n 为土地利用程度分级数。

3 结果与分析

从图1可以看出,近10年来,玛纳斯河流域的土地利用发生了很大的变化。2000—2010年,流域土地利用的变化集中表现为耕地内部外部双向扩张,城乡工矿居民用地增加,林地和未利用地减少。上游地区草地和冰川积雪覆盖地增加,中游地区人工绿洲不断向北部古尔班通古特沙漠延伸扩张,冲洪积平原区耕地斑块逐渐连片,形成大的绿洲群。

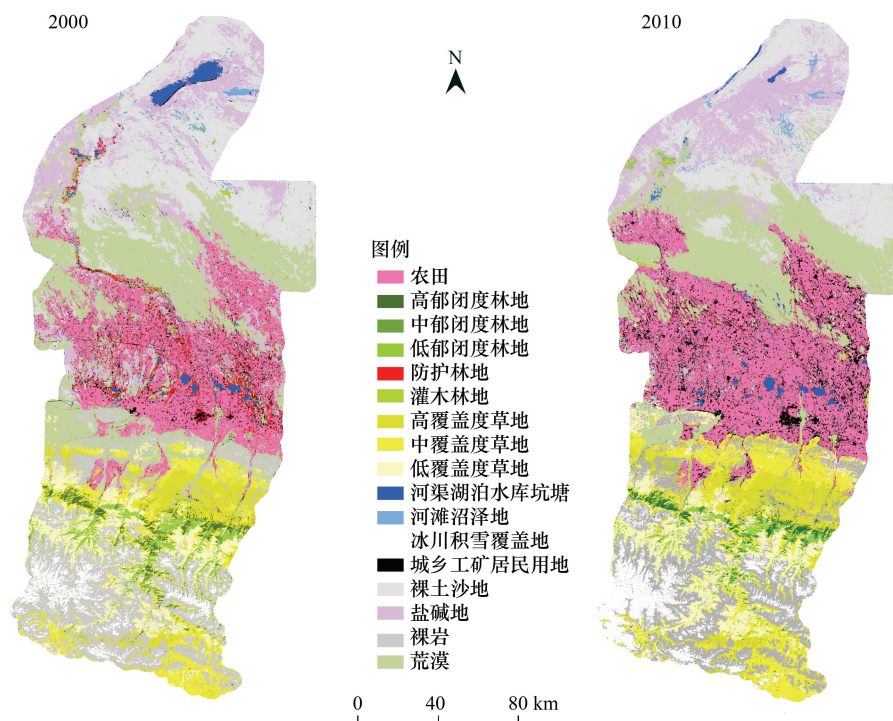


图1 玛纳斯河流域2000年和2010年土地利用

Fig.1 Land use of Manas River Basin in 2000 and 2010

3.1 玛纳斯河流域土地利用类型变化特征

3.1.1 玛纳斯河流域各土地利用类型的数量变化

玛纳斯河流域总面积为3.09万 km^2 ,从土地利用类型的构成来看(表1和图2),玛纳斯河流域以

未利用地(裸土沙地、盐碱地、裸岩和荒漠)为主,2010年面积为1.46万 km^2 ,占流域总面积的47.2%,其次是耕地和草地,分别占20.2%和18.3%,而水域和河滩沼泽地面积较小,均占0.7%左右。

从流域各土地利用类型的面积、结构变化及变化速度来看,2000—2010 年,未利用地总面积由 17529.4 km²减少到 14550.3 km²,占流域总面积的比例由 56.8%降低到 47.2%,其中,各种未利用地面积均为减少趋势,主要表现为荒漠和裸土沙地分别减少了 1045.6 km²和 1299.4 km²,动态度分别为 1.71%和 2.65%。林地面积大幅减少,由 2270.9 km²减少到 1355.7 km²,动态度为 4.03%,占流域总面积的比例由 7.4%降低到 4.4%。水域面积有减少趋势,由 2000 年的 360.9 km²减少到 202.6 km²,动态度为

4.39%。耕地和草地的面积大量增加,分别增加了 1728.2 km²和 1158.3 km²,动态度分别为 3.85%和 2.58%,占总面积的比例大幅提高,2000 年占流域总面积的比例均为 14.6%,到 2010 年分别升高到 20.2%和 18.3%。城乡工矿居民用地和冰川积雪覆盖地面积大幅增加,分别由 734.2 km²和 774.7 km²增加到 1445.2 km²和 1196.9 km²,年均分别增加 9.68%和 5.45%,占总面积的比例分别由 2.4%和 2.5%升高到 4.7%和 3.9%。河滩沼泽地面积略有增加,近 10 年来增加了 28.6 km²,动态度为 1.46%。

表 1 玛纳斯河流域 2000—2010 年各土地利用类型面积及变化
Table 1 Area of land use and dynamic change in Manas River Basin during 2000—2010

土地利用类型 Land use type	2000 年面积/km ² Area of 2000	2010 年面积/km ² Area of 2010	变化量/km ² Area change	单一土地 利用动态度/% Single land use dynamic degree
耕地 Cultivated land	4493.0	6221.2	1728.2	3.85
林地 Woodland	2270.9	1355.7	-915.2	-4.03
草地 Grassland	4497.3	5655.6	1158.3	2.58
水域 Water area	360.9	202.6	-158.3	-4.39
河滩沼泽地 River-beach and swamp	195.6	224.2	28.6	1.46
冰川积雪覆盖地 Glaciers and snow cover land	774.7	1196.9	422.2	5.45
城乡工矿居民用地 Build-up land	734.2	1445.2	711	9.68
裸土沙地 Bare land and sand	4907.4	3607.9	-1299.4	-2.65
盐碱地 Saline-alkali land	2862.7	2682.1	-180.6	-0.63
裸岩 Bare rock	3657.7	3204.4	-453.3	-1.24
荒漠 Desert	6101.6	5056.0	-1045.6	-1.71

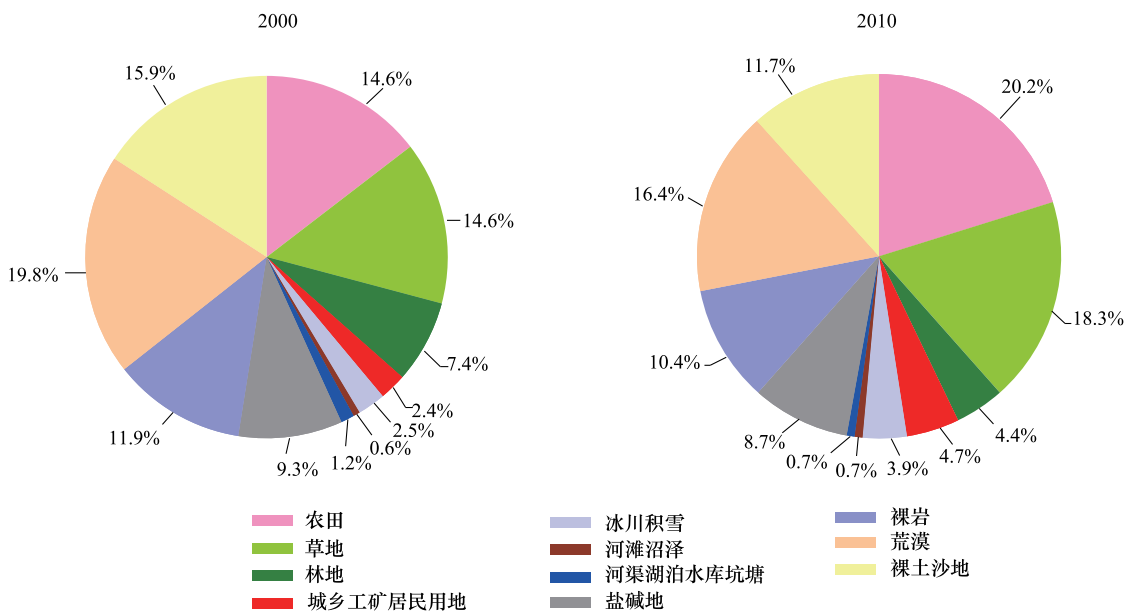


图 2 玛纳斯河流域 2000 年和 2010 年土地利用结构
Fig.2 Land use structure of Manas River Basin in 2000 and 2010

人类对自然生态的干预程度可以用耕地和城乡工矿居民用地面积占总面积的比例大小来表示^[26], 2000—2010 年, 耕地和城乡工矿居民用地面积之和占流域总土地面积的比例由 16.9% 增加到 24.8%, 表明近 10 年来该流域的人类活动对自然景观的干预程度加剧了。

3.1.2 玛纳斯河流域各土地利用类型的流入流出

表 2 和图 3 分别为玛纳斯河流域 2000—2010 年各土地利用类型流入流出情况及主要土地类型变化的空间分布, 可以总结为以下几点: (1) 耕地的转入面积远大于转出面积, 有 2451.8 km² 的其它土地类型转变为耕地, 从空间分布来看, 主要发生在流域中下游石河子、沙湾及兵团垦区, 以耕地向内部填充扩张及对周边未利用地和荒漠林地的侵占为主, 具体主要来源于道路和耕地附近的荒漠、灌木林地和盐碱地, 分别有 871.8、575.9 km² 和 437.3 km² 转变为耕地; (2) 草地集中分布在流域上游, 以转入为主, 转入面积为 1945.2 km², 仅次于耕地, 主要来自裸地、林地及山前荒漠的转变, 分别有 1040.6、537.5 km² 和

330.6 km² 转化为草地; (3) 林地大量转出, 有 1557.6 km² 转化为了其它土地类型, 结合空间分布来分析, 主要有两大原因, 一是中下游耕地和城乡工矿居民用地的不断扩张侵占了大量林地, 占用林地的面积分别为 575.9 km² 和 218.8 km², 二是上游山区的林地退化为草地和裸地, 转出面积分别为 330.6 km² 和 232.6 km²; (4) 水域变化的主要趋势为水域的转出和冰川积雪覆盖地的转入, 前者主要是由于玛纳斯湖干涸, 转变为盐碱地和裸土地, 而后者主要来源于裸岩; (5) 城乡工矿居民用地的增加主要来自荒漠、耕地和林地, 转入面积分别为 402.2、353.1 km² 和 218.8 km², 而转出的去向主要为耕地, 有 333.7 km² 变为耕地, 占转出总面积的 67.4%; (5) 未利用地的转入转出也很剧烈, 各类型土地的转出均大于转入, 其中裸土地转入转出的对象均以荒漠和盐碱地为主, 盐碱地主要向裸土地和荒漠转变或者被开垦为耕地, 而转入则主要是由于下游地区部分裸土地及荒漠的盐碱化, 荒漠主要向耕地、城乡工矿居民用地及草地转变(表 2)。

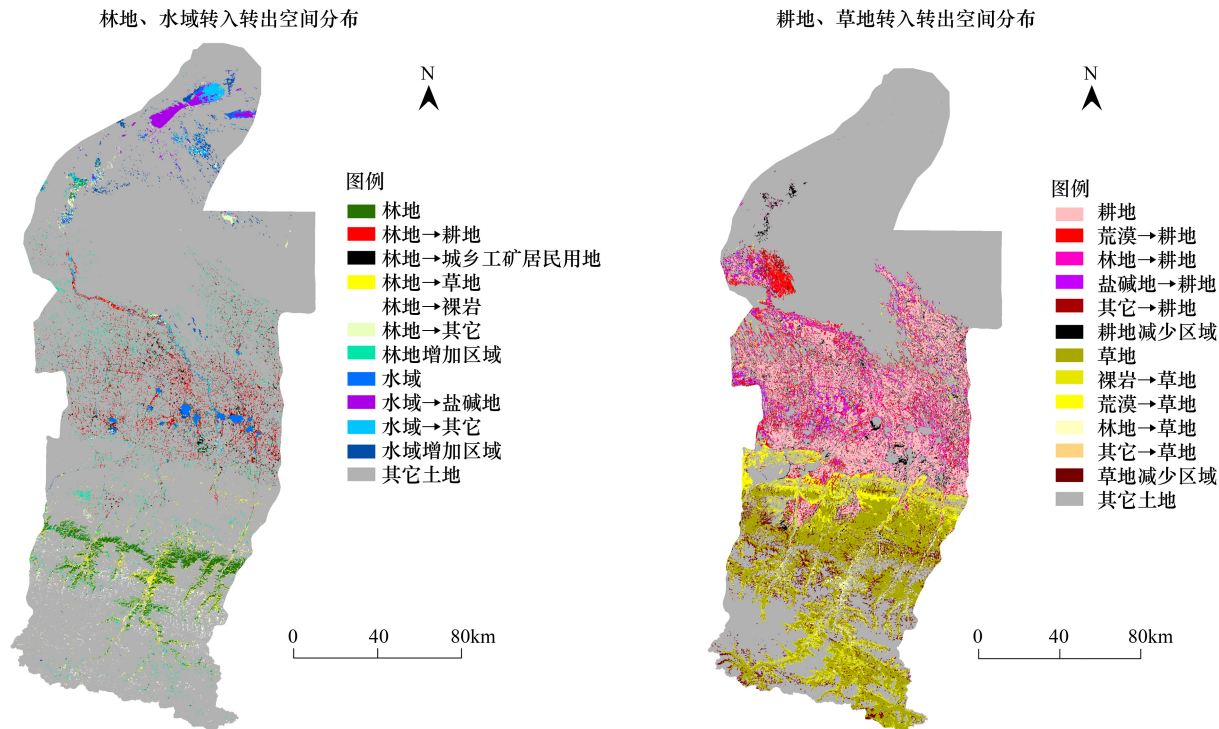


图 3 玛纳斯河流域 2000—2010 年主要土地类型变化的空间分布

Fig.3 The spatial distribution of the main land use conversion from 2010 to 2010 in Manas River Basin

3.1.3 玛纳斯河流域土地利用程度及变化

从整个流域来看, 由于未利用地面积所占比例

大, 玛纳斯河流域的综合土地利用程度较低, 2000 年, 土地利用程度综合指数为 163, 随着未利用地面

表 2 玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用类型转移矩阵

Table 2 Transferring matrix of land use type in Manas River Basin during 2000—2010											
2000	2010										
	耕地 Cultivated land	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Water area	河滩沼泽地 River-beach and swamp	冰川积雪 覆盖地 Glaciers and snow cover land	城乡工矿 居民用地 Build-up land	裸土沙地 Bare land and sand	盐碱地 Saline- alkali land	裸岩 Bare rock	荒漠 Desert
耕地 Cultivated land/km ²		190.5	38.5	17.1	7.9	0.0	353.1	0.8	25.7	18.8	71.3
林地 Woodland/km ²	575.9		330.6	21.3	24.0	47.8	218.8	19.2	36.1	232.6	51.4
草地 Grassland/km ²	19.9	188.0		0.8	0.1	73.1	2.6	0.1	0.1	533.0	4.8
水域 Water area/km ²	18.8	11.0	0.0		7.0	0.0	6.4	69.1	137.3	0.1	7.0
河滩沼泽地/km ² River-beach and swamp	28.8	8.2	0.3	6.7		0.0	13.0	34.0	54.0	0.4	12.2
冰川积雪覆盖地/km ² Glaciers and snow cover land	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1		0.0	0.0	0.0	125.1	0.0
城乡工矿居民用地/km ² Build-up land	333.7	34.0	8.3	6.6	5.3	0.0		13.9	50.4	5.2	37.9
裸土沙地 Bare land and sand/km ²	133.1	13.2	14.3	6.5	112.8	10.8	43.4		857.8	13.8	995.2
盐碱地 aline-alkali land/km ²	437.3	33.4	13.6	14.0	20.5	0.3	157.0	531.6		18.7	335.8
裸岩 Bare rock/km ²	32.6	48.0	1040.6	2.8	0.7	401.6	9.9	0.2	0.8		23.7
荒漠 Desert/km ²	871.8	116.8	537.5	22.7	7.9	14.1	402.2	232.6	219.3	160.0	
转入量 Input/km ²	2451.8	643.2	1983.8	98.3	186.2	547.7	1206.3	901.5	1381.4	1107.8	1539.3

积的减少以及耕地和城乡工矿居民用地面积的增加,至 2010 年流域土地利用程度综合指数增加为 182,土地利用程度增强,表明近 10 年来玛纳斯河流域的土地利用处于发展上升期,人工绿洲处于扩张的态势。

3.2 玛纳斯河流域气候变化

表 3 为玛纳斯河流域内及周边气象站点的地理位置、气温、降水量等信息,图 4 为各气象站点的空间分布。从中可以看出,1959—2010 年,玛纳斯河流域及周边各气象站点的气温均呈上升趋势,年均增

加在 0.025—0.04 ℃ 之间,除巴音布鲁克站气温的升高只达到显著水平外,其余站点均达到了极显著水平,其中,玛纳斯河流域内部石河子站的气温上升速度最快,年均上升 0.04 ℃。各站点年降水量的变化也呈增加趋势,年均增加 0.377—1.051 mm,但速度较为缓和,只有乌苏站和巴音布鲁克站达到了显著水平。总体来看,近 50 年来,玛纳斯河流域气候总体有变暖变湿的趋势,这与前人的研究结果也是一致的^[27-28]。

表 3 玛纳斯河流域及周边气象站点信息
Table 3 Information of meteorological stations in and around the Manas River Basin

站点 Meteorological Station	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔/m Height	年均温/℃ Mean annual temperature	变化速率℃/a Change rate	年均降水量/mm Mean annual precipitation	变化速率(mm/a) Change rate
巴音布鲁克	43°02′	84°09′	2458	-4.3	0.025 *	271.3	1.025 *
巴伦台	42°44′	86°18′	1739	6.6	0.039 **	209.2	1.001
石河子	44°19′	86°03′	442.9	7.4	0.040 **	210.5	0.803
乌苏	44°26′	84°4′	479	8.1	0.039 **	171.2	1.051 *
克拉玛依	45°37′	84°51′	450	8.5	0.032 **	112.6	0.377

* 代表变化显著 ($P<0.05$), ** 代表变化极显著 ($P<0.01$)

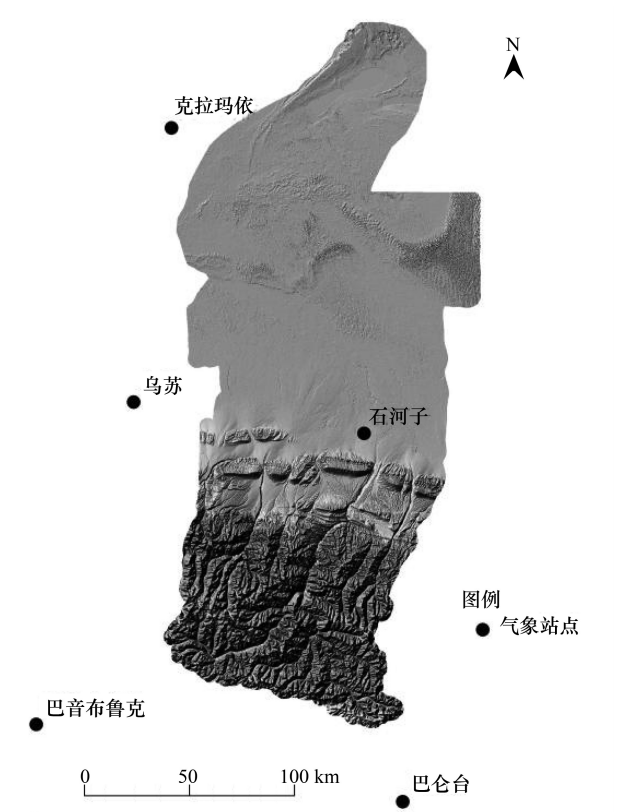


图 4 玛纳斯河流域内及周边气象站点的空间分布

Fig.4 The location of meteorological stations in and around the Manas River Basin

3.3 玛纳斯河流域人类活动指标变化

人类活动是内陆河流域影响土地利用变化的又一重要因素,人口的增加和社会经济的发展带来人们对衣、食、住、行等需求的增加,迫使人们将更多的自然土地开垦或开发为耕地和城乡工矿居民用地,是土地利用及其空间结构演变的最根本动力^[29]。玛纳斯县、石河子市和沙湾县是该流域人口和经济集中分布的区域,根据年鉴相关统计资料的分析,2000 年三地区总人口为 95.6 万,GDP 为 84.6 亿元,到 2010 年人口增加到 101.5 万,GDP 达 345.5 亿元(图 5)。

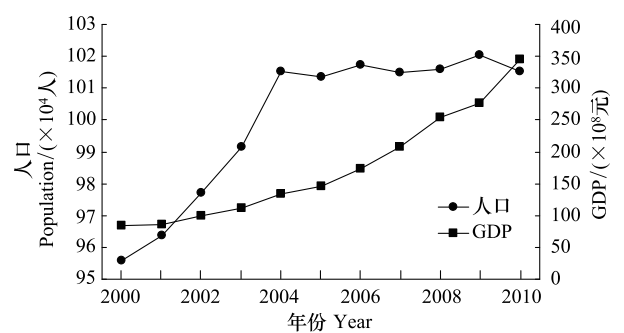


图 5 玛纳斯河流域 2000—2010 年人口和 GDP 变化趋势

Fig.5 Trends of population and GDP in Manas River Basin from 2000 to 2010

4 讨论及结论

4.1 气候变化对玛纳斯河流域土地利用变化的影响分析

玛纳斯河流域气温明显升高,而降水量呈弱增加趋势,5 个气象站点的平均气温变化率为 $0.035^{\circ}\text{C}/\text{a}$,高于我国平均增温速率^[30]。气温升高会增加该流域的潜在蒸散发,加快流域水文循环,改变流域热量分配,进而引起土地利用的变化。在流域诸多土地利用类型中,对气候变化较为敏感的土地利用类型为冰川积雪。

冰川对气候变化响应敏感,气温升高直接导致冰川的消融,而降水的增加则有利于冰川的积累^[30]。由于天山北麓玛纳斯河上游山区缺乏气象观测站,以与之距离较近、海拔相近的巴音布鲁克和巴伦台为代表,其中巴音布鲁克海拔较高,与冰雪覆盖区域的气候较为接近,因此利用该站数据进行替代分析。从表 3 和图 4 来看,巴音布鲁克台站海拔高,气温低,年均温 -4.3°C ,近 50 年来呈极显著增加趋势,年均增加 0.025°C ,多年平均降水量 271.3 mm ,增加趋势显著,年均增加 1.025 mm 。气温升高会加速冰雪融化,导致冰川萎缩,而降水量增加会增加水源进而增加冰雪覆盖面积,因此,气候变化对冰

雪覆盖面积变化的影响存在不确定性。根据本文土地利用的研究结果,与 2000 年相比,2010 年冰川积雪覆盖地面积增加了 422.2 km^2 ,这与前人有关西北地区气候变暖、冰川消融的研究结果相悖^[15, 31]。为进一步阐明近年来该流域冰雪覆盖面积的变化,选取 2000—2010 年 8—9 月份质量较好的 TM 和 ETM 影像数据进行解译。解译结果表明(图 6),除 2005 年外,2000—2010 年玛纳斯河流域冰雪覆盖面积呈递减趋势,与以往研究结果一致。出现这种差异的原因主要为,在 2010 年土地利用的解译中所使用的冰雪覆盖区域的遥感影像为 6 月 8 日数据。而根据 2010 年巴音布鲁克气象数据,6 月份巴音布鲁克降水量较多,为 103.4 mm ,短期大量降水导致解译的冰雪覆盖面积较大,而根据 2010 年 8 月 3 日的冰雪解译结果,2010 年冰雪覆盖面积较往年呈略微下降的趋势。冰雪在内陆河流域水循环中占据重要地位,气候变化会影响冰雪量变化进而影响其它水循环过程。出山径流量主要来自上游降水量和冰雪融水量的补给,据图 6 所示,玛纳斯河流域出山径流的变化与巴音布鲁克的降水量变化趋势相似,2002 年巴音布鲁克降雨量为 339.8 mm ,玛纳斯河出山径流量达到 27.68 亿 m^3 。

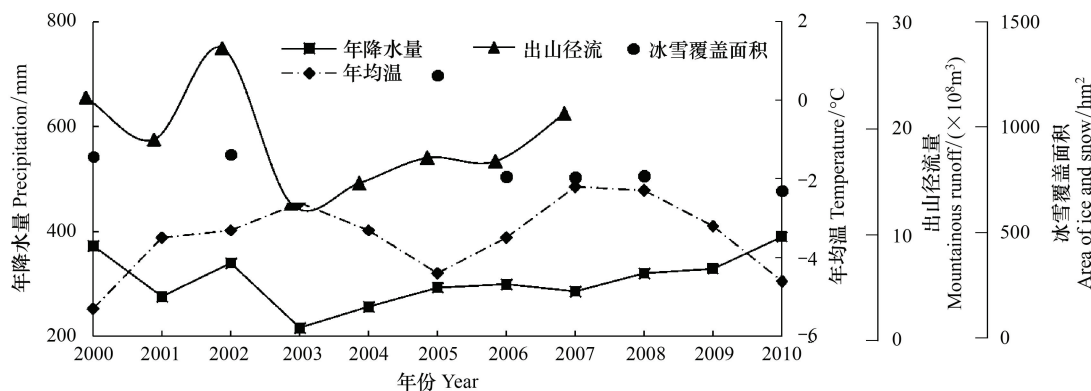


图 6 玛纳斯河流域 2000—2010 年均温、年降水、出山径流和冰雪覆盖面积变化

Fig.6 Mean annual temperature, annual precipitation, runoff and snow-covered area changes in Manas River Basin from 2000 to 2010

4.2 人类活动对玛纳斯河流域土地利用变化的影响分析

人类活动是最具活力的土地利用变化的驱动力之一^[32],人口增长、社会经济的发展以及水资源的开发利用程度是导致玛纳斯河流域土地利用变化的重要因素之一,耕地、城乡工矿居民用地等是对人类活动较为敏感的土地利用类型,而耕地面积扩张和

水资源利用变化对荒漠、绿洲等的变化又有潜在影响。

为满足人口增加和经济发展的需求,玛纳斯河流域耕地和城乡工矿居民用地面积不断向周边未利用地和林地扩张,特别是接近绿洲区的古尔班通古特沙漠南缘被大量开发利用,导致耕地和城乡工矿居民用地迅速增加而未利用地和林地大面积减少,

尤其是城乡工矿居民用地增加速度最快,近 10 年来面积增加了近 1 倍,年均增长 9.7%。人类活动扩展,将古尔班通古特沙漠边缘的灌木林地、平沙地草灌丛、沙堆、沙丘间洼地开辟为耕地和城乡工矿居民用地,有研究表明^[17],近年来约有 1.5—2.0 万 hm^2 的梭梭林和琵琶柴荒漠被开垦为耕地,弃耕后成为光板不毛地,导致沙漠边缘的荒漠植被不断减少。土地利用变化下,人类对流域水循环也产生了显著影响。玛纳斯河流域农业用水量占流域总用水量的比例较大,以新疆兵团为例,其农业用水量占总用水量的 97% 以上^[33],而耕地面积的扩张对水资源影响显著。20 世纪 90 年代后期以来节水技术的推广^[16]虽然大大降低了农业的灌溉用水定额,但节水技术的提高诱使人们四处打井开荒,流域灌溉总耗水量增加,原有农田退水对地下水的补给被切断,导致地下水位不断下降,依靠地下水维持生存的绿洲边缘荒漠植被旱化衰亡。2000 年以来农业节水灌溉在新疆地区迅速推广,到 2009 年兵团节水面积占总灌溉面积的 62%^[34]。根据以往研究,传统沟灌条件下灌溉用水量约为 $7400\text{--}8235\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ^[36],退水率约为 25%^[35-36],节水条件下一般为 $4500\text{--}5000\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ^[16],退水率取 0%。根据兵团 2000—2010 年灌溉面积的统计数据,假设节水面积从 2000 到 2010 年稳步增长,节水灌溉定额取 $4750\text{ m}^3/\text{hm}^2$,传统灌溉定额取 $7800\text{ m}^3/\text{hm}^2$,则计算可得到不同年份的灌溉总用水量及灌溉总退水量(图 7)。由估算结果可知,在灌溉面积持续增加的情况下,虽然节水措施的采取使总用水量保持稳定甚至出现降低情况,但农田灌溉退水量由 2000 年的 18.4 亿 m^3 减少到 2010 年的 7.7 亿 m^3 ,生态用水被进一步挤占。此外,高效节水技术缓解了部分地区耕地的盐碱化问题,大面积盐碱地改良或弃耕后复垦,而在有些地区由于水资源管理不善,荒漠和裸土沙地盐碱化严重。

4.3 不同影响因素交互作用分析

影响土地利用类型变化的因素较多,而不同因素同时作用,彼此之间存在交互作用。不同区域不同土地利用类型的变化受到多种因素的影响,如前所述冰川面积变化主要受到气候变化的影响,人为因素占次要地位,而耕地和城乡工矿居民用地变化的最主要驱动力为人类活动。而有些土地利用类型变化较明显的受两种驱动力共同的影响,不同驱动

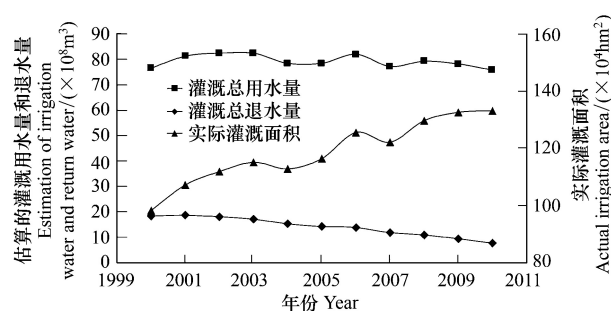


图 7 新疆兵团历年灌溉面积以及估算的灌溉用水量和退水量

Fig.7 Irrigated area over the years and estimates of irrigation water use and irrigation return flow in Xinjiang Production and Construction Corps

力之间交互作用明显,如尾间湖泊、交错带等。

玛纳斯河流域北部玛纳斯湖位于克拉玛依附近,该尾间湖于 1972 年干涸^[37],根据遥感影像分析,2000 年玛纳斯湖汇集了较浅水面,而 2010 年水面完全消失变为盐碱地和裸土沙地。从自然因素分析,该区域处于沙漠边缘,地表空旷,风力较强,蒸发到空气中的水汽难以贮存,以克拉玛依站为代表,该区增温趋势较明显,而降水量虽有增加,但趋势没有升温明显,无法补偿气温升高后蒸发量增加导致的地表水量的减少。另一方面,中游耕地面积的增加以及膜下滴灌节水技术的推广,导致农田退水量减少,湖泊、地下水 and 径流补给量减少。

交错带是内陆河流域较为脆弱的区域,同时也是气候变化和人类活动敏感区。玛纳斯河流域气温升高使林线上升,林地向草地转化,此外,该流域生态建设会显著增加人工林面积。而草地和林地交错带的放牧活动对森林的繁育具有显著影响,也促使流域林地下边缘上移,林地转化为草地。气候变化和人类活动影响下,流域下游地区地下水位下降,河道径流量减少,灌丛草地和荒漠交错地带依靠地下水生存的荒漠灌丛和草地向荒漠转变,湖泊周围植被也呈现荒漠化趋势。

通过以上研究得到以下结论:

(1) 流域土地利用类型以未利用地为主,占 47% 以上,其次为耕地和草地,林地面积较小,而水域和河滩沼泽地面积最小,为典型的干旱内陆河流域。

(2) 近 10 年来流域土地利用变化显著,人工绿洲的不断扩张导致土地利用程度呈上升趋势。耕地和城乡工矿居民用地不断增加,分别增加 1728.2 km^2 和 711.0 km^2 ,年均增加 3.85% 和 9.68%;未利用

地和林地面积逐渐减小,分别减少 2979.1 km² 和 915.2 km²,其中以荒漠、裸土沙地和灌木林地的减少最多;草地和冰川积雪覆盖地面积分别增加 1158.3 km² 和 422.2 km²,水域面积总体减少 158.3 km² 而河滩沼泽地略有增加。

(3) 从土地类型间的转化来看,绿洲区耕地向内部外部双向扩张,转入远大于转出,新增耕地主要来源于荒漠、灌木林地和盐碱地;草地的增加主要由于山区的裸地、林地及山前荒漠的转入;林地转出主要表现为在上游向草地、裸地转变而在中游转变为耕地和城乡工矿居民用地;城乡工矿居民用地的增加主要来源于荒漠、耕地和林地;2010 年冰川积雪面积的增加区域主要为裸岩;未利用地主要向人工用地转变,荒漠、裸土沙地主要转变为耕地、城乡工矿居民用地及草地,部分地区盐碱化改善,变为裸土沙地、荒漠或者耕地。

(4) 流域土地利用变化受气候变化和人类活动的共同作用。气候变化对上游人类活动干扰较小的冰川、草地及林地等土地类型的分布有较大影响;中游是人类活动密集区,耕地和城乡工矿居民用地扩张等人类活动是造成荒漠植被退化的重要原因;下游地区在气候变化和人类活动的共同影响下,尾间湖泊萎缩,河道两旁植被退化严重。

References:

- [1] Shi Y F, Liu C J, Zhang S X. The Impact of Climate Change on the Water Resources of the Northwest and North China. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1995: 17-25.
- [2] Han H L, Li Z Z. Research on ecosystem stability in Manas River Valley. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(10): 95-99.
- [3] Wang G X, Cheng G D, Xu Z M. The utilization of water resource and its influence on eco-environment in the northwest arid area of China. Journal of Natural Resources, 1999, 14(2): 109-116.
- [4] Liu J Y, Liu M L, Tian H Q, Zhuang D F, Zhang Z X, Zhang W, Tang X M, Deng X Z. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990—2000: an analysis based on Landsat TM data. Remote Sensing of Environment, 2005, 98(4): 442-456.
- [5] Dale V H. The relationship between land-use change and climate change. Ecological Applications, 1997, 7(3): 753-769.
- [6] Dou Y, Chen X, Bao A M. Eco-environmental responses of land use and cover change in nearly 40 years in the Hetian River Basin. Arid Land Geography, 2008, 31(3): 449-455.
- [7] Wang H Q, Zhang B. The driving force of environmental change during the last 40 years in the Heihe River Basin. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(10): 43-47.
- [8] Du H Y, Zhao J, Feng C Q. Analysis on the relationship between social economic development and land use in arid region of northwest China—a case of Jiayuguan city. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(11): 90-94.
- [9] Ren Z X, Yang D Y. Climate change and surface runoff change impact on desertification in the arid area of northwest China in recent 50 Years. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(4): 91-95.
- [10] Qin D H, Ding Y H, Su J L, Ren J W, Wang S W, Wu R S, Yang X Q, Liu S G, Dogn G R, Lu Q, Huang Z G, Du B L, Luo Y. Assessment of climate and environment changes in China (I): Climate and environment changes in China and their projection. Advances in Climate Change Research, 2005, 1(1): 4-9.
- [11] Zhang Q, Zhang C J, Bai H Z, Li L, Sun L D, Liu D X, Wang J S, Zhao H Y. New development of climate change in northwest China and its impact on arid environment. Journal of Arid Meteorology, 2010, 28(1): 1-7.
- [12] Feng L, Tian X M. The change of water resource distribution and its ecological effects caused by the agriculture development in Manasi River Valley in modern time. Agricultural History of China, 2006, 25(1): 119-126.
- [13] Ling H B, Xu H L, Zhang Q Q, Shi W. The multi-time scale analysis on climate change and runoff processes in the Tianshan Mountains, Xinjiang. Journal of Natural Resources, 2011, 26(11): 1908-1917.
- [14] Lu X Y, Xie G H, Li Y, Chen S J. Variation characteristics of snow cover and the relation to air temperature and precipitation in Manasi River Basin. Desert and Oasis Meteorology, 2010, 4(2): 35-39.
- [15] He Y, Yang T B, Tian H Z, Li Z J. Response of glacier area variation to climate change in northern Tianshan Mountains in the past 23 years. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(3): 53-60.
- [16] Zhang Q Q, Xu H L, Fan Z L, Zhang P, Yu P J, Ling H B. Artificial oasis evolution and its characteristics in the Manas River Basin, northern Xinjiang region. Journal of Glaciology and Geocryology, 2012, 34(1): 72-80.
- [17] Zhang Q Q, Xu H L, Fan Z L, Yu P J, Ling H B. Effect of artificial oasis expansion on social economy and ecological environment in Manas River Basin, Xinjiang of China. Journal of Desert Research, 2012, 32(3): 863-871.
- [18] Cheng W M, Zhou C H, Liu H J, Zhang Y, Jiang Y, Zhang Y C, Yao Y H. The oasis expansion and eco-environment change over the last 50 years in Manas River Valley, Xinjiang. Science in China Series D: Earth Sciences, 2005, 35(11): 1074-1086.
- [19] Wang Y J, Li Y L, Qiao M. Temporal and spatial changes of cropland and its ecological environment effects in Manas River

- Watershed. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2009, 23(11): 53-58.
- [20] Fan H, Zhang F H. Study on the change of the area of cultivated lands and its driving factors in different geomorphologic regions in the Shihezi oasis, Xinjiang. *Arid Zone Research*, 2007, 24(5): 574-578.
- [21] Feng Y X, Luo G P, Zhou D C, Han Q F, Lu L, Xu W Q, Zhu L, Yin C Y, Dai L, Li Y Z. Effects of land use change on landscape pattern of a typical arid watershed in the recent 50 years: a case study on Manas River Watershed in Xinjiang. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4295-4305.
- [22] Liu M Y, Bao A M, Chen X, Liu H L, Zhang H L, Chen X N. Impact of land use/cover change on the vegetation carbon storage in the Manas River Basin between 1976 and 2007. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(6): 926-938.
- [23] Li Y L, Qiao M, Yang X L, Zhou S B. Fractal characteristics of land use and land cover change in a watershed of arid zone in last 30 years—a case of the Manas River Watershed. *Arid Land Geography*, 2008, 31(1): 75-81.
- [24] Liu J Y. *The Macro Investigation and Dynamic Research of the Resource and Environment*. Beijing: China Science and Technology Press, 1996.
- [25] Zhu H Y, Li X B. Discussion on the index method of regional land use change. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(5): 643-650.
- [26] Zhang S Q, An F Z, Guo Y F. Research on land use change of Shiyang River Basin based on TM image. *Environmental Protection of Xinjiang*, 2012, 34(1): 40-46.
- [27] Gao P, Wei W S, Liu M Z. Variation of temperature and precipitation in recent 44 years in the oases in Manas River Basin. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(6): 161-167.
- [28] Li Q H, Chen Y N. Climate change and its effects on runoff in the north of Tianshan, Xinjiang. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(13): 7807-7810.
- [29] Xie J Q. Impact of sustainable land use on society, environment and ecopmy. *China Land Science*, 1998, 12(3): 1-5.
- [30] Qin D H. *The Evolution of Western China's Environmental Assessment Report*. Beijing: Science Press, 2002.
- [31] Zhang M J, Wang S J, Li Z Q, Wang T F. Glacier area shrinkage in China and its climatic background during the past half century. *Journal of Geographical Sciences*, 2012, 22(1): 15-28.
- [32] Yan X P, Mao J X, Pu J. Research on the human dimensions of land use changes in the mega-urban region: a case study of the Pearl River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(6): 613-623.
- [33] Shao S L, Chen H Y. Evaluation of the utilization of water resources and water level in Xinjiang Production and Construction Corps. *Water Resources Planning and Design*, 2010, (3): 38-39, 49-49.
- [34] Fan W B, Wu P T, Ma F M. Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: a case in the Manas River Basin, Xinjiang, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(23): 7559-7567.
- [35] Wang H, Qin D Y, Guo M Z, Wang J H. Mode and calculation method for rational water resources allocation in arid zone. *Advances in Water Science*, 2004, 15(6): 689-694.
- [36] Zhao X Y. *Study on Theories and Methods of Return Water Volume Prediction in Large Irrigation Area [D]*. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2007.
- [37] Xia J, Sun X T, Tan G. The progress and prospect of water cycle study in western China. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(1): 58-67.

参考文献:

- [1] 施雅风, 刘春蓁, 张祥松. 气候变化对西北华北水资源的影响. 济南: 山东科学技术出版社, 1995: 17-25.
- [2] 韩洪凌, 李志忠. 新疆玛纳斯河流域生态系统稳定性研究. 干旱区资源与环境, 2009, 23(10): 95-99.
- [3] 王根绪, 程国栋, 徐中民. 中国西北干旱区水资源利用及其生态环境问题. 自然资源学报, 1999, 14(2): 109-116.
- [6] 窦燕, 陈曦, 包安明. 近 40 年和田河流域土地利用动态变化及其生态环境效应. 干旱区地理, 2008, 31(3): 449-455.
- [7] 王海青, 张勃. 黑河流域 40 多年来生态环境变化驱动力分析及对策. 干旱区资源与环境, 2007, 21(10): 43-47.
- [8] 杜怀玉, 赵军, 冯翠琴. 西北干旱区经济社会发展与土地利用相关分析——以嘉峪关市为例. 干旱区资源与环境, 2007, 21(11): 90-94.
- [9] 任朝霞, 杨达源. 近 50a 西北干旱区气候变化趋势及对荒漠化的影响. 干旱区资源与环境, 2008, 22(4): 91-95.
- [10] 秦大河, 丁一汇, 苏纪兰, 任贾文, 王绍武, 伍荣生, 杨修群, 王苏民, 刘时银, 董光荣, 卢琦, 黄镇国, 杜碧兰, 罗勇. 中国气候与环境演变评估(I): 中国气候与环境变化及未来趋势. 气候变化研究进展, 2005, 1(1): 4-9.
- [11] 张强, 张存杰, 白虎志, 李林, 孙兰东, 刘德祥, 王劲松, 赵红岩. 西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响——总体暖干化, 局部出现暖湿迹象. 干旱气象, 2010, 28(1): 1-7.
- [12] 封玲, 田晓明. 玛纳斯河流域农业开发与水资源分配格局的改变及其生态效应. 中国农史, 2006, 25(1): 119-126.
- [13] 凌红波, 徐海量, 张青青, 史薇. 1957—2007 年新疆天山山区气候变化对径流的影响. 自然资源学报, 2011, 26(11): 1908-1917.
- [14] 卢新玉, 谢国辉, 李杨, 陈蜀江. 玛纳斯河流域积雪变化特征及其与气温、降水的关系. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4(2): 35-39.
- [15] 何毅, 杨太保, 田洪阵, 李兆钧. 近 23 年来北天山冰川面积变化对气候的响应. 干旱区资源与环境, 2013, 27(3): 53-60.
- [16] 张青青, 徐海量, 樊自立, 张鹏, 禹朴家, 凌洪波. 北疆玛纳斯河流域人工绿洲演变过程及其特点. 冰川冻土, 2012, 34

- (1): 72-80.
- [17] 张青青, 徐海量, 樊自立, 禹朴家, 凌洪波. 玛纳斯河流域人工绿洲扩张对社会经济和生态环境的影响分析. 中国沙漠, 2012, 32(3): 863-871.
- [18] 程维明, 周成虎, 刘海江, 张旸, 蒋艳, 张一驰, 姚永慧. 玛纳斯河流域 50 年绿洲扩张及生态环境演变研究. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2005, 35(11): 1074-1086.
- [19] 王月健, 李义玲, 乔木. 玛纳斯河流域耕地时空变化及其生态环境效应. 干旱区资源与环境, 2009, 23(11): 53-58.
- [20] 樊华, 张凤华. 新疆石河子绿洲耕地变化及驱动力研究. 干旱区研究, 2007, 24(5): 574-578.
- [21] 冯异星, 罗格平, 周德成, 韩其飞, 鲁蕾, 许文强, 朱磊, 尹昌应, 戴丽, 李艳忠. 近 50a 土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响——以新疆玛纳斯河流域为例. 生态学报, 2010, 30(16): 4295-4305.
- [22] 柳梅英, 包安明, 陈曦, 刘海隆, 张红利, 陈晓娜. 近 30 年玛纳斯河流域土地利用/覆被变化对植被碳储量的影响. 自然资源学报, 2010, 25(6): 926-938.
- [23] 李义玲, 乔木, 杨小林, 周生斌. 干旱区典型流域近 30 年土地利用/土地覆被变化的分形特征分析——以玛纳斯河流域为例. 干旱区地理, 2008, 31(1): 75-81.
- [24] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [25] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650.
- [26] 张世清, 安放舟, 郭彦峰. 基于 TM 影像的石羊河流域土地利用变化研究. 新疆环境保护, 2012, 34(1): 40-46.
- [27] 高培, 魏文寿, 刘明哲. 玛纳斯河流域绿洲区气候变化特征分析与预测. 干旱区资源与环境, 2011, 25(6): 161-167.
- [28] 李奇虎, 陈亚宁. 新疆天山北部气候变化及其对径流的影响. 安徽农业科学, 2012, 40(13): 7807-7810.
- [29] 谢俊奇. 可持续土地利用的社会、资源环境和经济影响评价的初步研究. 中国土地科学, 1998, 12(3): 1-5.
- [30] 秦大河. 中国西部环境演变评估综合报告. 北京: 科学出版社, 2002.
- [32] 闫小培, 毛蒋兴, 普军. 巨型城市区域土地利用变化的人文因素分析——以珠江三角洲地区为例. 地理学报, 2006, 61(6): 613-623.
- [33] 邵双林, 陈红艳. 新疆生产建设兵团水资源利用情况及用水水平评价. 水利规划与设计, 2010, (3): 38-39, 49-49.
- [34] 范文波, 吴普特, 马枫梅. 膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析——以新疆玛纳斯河流域棉花为例. 生态学报, 2012, 32(23): 7559-7567.
- [35] 王浩, 秦大庸, 郭孟卓, 王建华. 干旱区水资源合理配置模式与计算方法. 水科学进展, 2004, 15(6): 689-694.
- [36] 赵新宇. 大型灌区退水量预测理论与方法研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
- [37] 夏军, 孙雪涛, 谈戈. 中国西部流域水循环研究进展与展望. 地球科学进展, 2003, 18(1): 58-67.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.12 June, 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Development history and future research priorities of landscape ecology in China	CHEN Liding, LI Xiuzhen, FU Bojie, et al (3129)
Research review on effects of urban landscape pattern changes on water environment	HUANG Shuo, GUO Qinghai (3142)
A review of multifunctional landscape	TANG Qian, DING Shengyan (3151)
Compact development of space-limited city: a case study of Xiamen Island	HUANG Shuo, GUO Qinghai, TANG Lina (3158)
Analysis of factors contributing to the cooling effects of Purple Mountain Forest Park	YAN Weijiao, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3169)
Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks	FENG Yueyi, HU Tangao, ZHANG Lixiao (3179)
Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China	LIU Yanxu, PENG Jian, HAN Yinan, et al (3188)
Optimization of land use pattern based on eco-security: a case study in the Huangfuchuan watershed	YU Feng, LI Xiaobing, WANG Hong (3198)
Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang	LIU Jinwei, JIN Tiantian, LIU Guohua, et al (3211)
Dynamic trend analysis of land use change in the Ganjiang upstream watershed by using RS and GIS techniques	LU Yanfei, PENG Fang, WAN Yun, et al (3224)
Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang Plain from 1954 to 2010	LIU Jiping, ZHAO Dandan, TIAN Xuezhi, et al (3234)
Optimizing theory and case studies of cultivated slope land in the center of three gorges reservoir area based on patch-scale land evaluation	WANG Yongyan, LI Yangbing, SHAO Jingan, et al (3245)
Spatial-temporal evolution of land use and landscape pattern of the mountain-basin system in Guizhou Province	LI Yangbing, YAO Yuanwen, XIE Jing, et al (3257)
Spatio-temporal simulation of land cover scenarios in southwestern of China	LI Jing, FAN Zemeng, YUE Tianxiang (3266)
Gradient analysis of dry valley of Minjiang River landscape pattern, based on moving window method	ZHANG Lingling, ZHAO Yonghua, YIN Sha, et al (3276)
Study on spatio-temporal change of Tibetan Antelope's habitat based on vegetation coverage	ZHAO Haidi, LIU Shiliang, DONG Shikui, et al (3285)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping field in a grove Karst region, Southwest China	FAN Fujing, HUANG Guoqin, SONG Tongqing, et al (3293)
Characteristics of soil microbial populations and biomass under different ecosystems in a canyon karst region	TAN Qiujin, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (3302)
Spatial and temporal dynamics of land use and its influence on ecosystem service value in Yangtze River Delta	LIU Guilin, ZHANG Luocheng, ZHANG Qian (3311)
Evaluation of tourism dynamic landscape along Qinghai-Tibet railway based on the visual corridor	ZHANG Ruiying, XI Jianchao, YAO Yulong, et al (3320)
A study of spatial evolution characteristics of rural settlements and influences of landscape patterns on their distribution using GIS and RS	REN Ping, HONG Buting, LIU Yin, et al (3331)

- Assessing the ecosystem conservation status and priority: a case study from Jiangxi Province, China FAN Naiqing, ZHANG Yuxin, LÜ Yihe, et al (3341)
- The impact of salt marsh change on sediment accumulation and wave attenuation at the East Chongming Island REN Linjing, LI Xiuzhen, YANG Shilun, et al (3350)
- Landscape classification system based on climate, landform, ecosystem: a case study of Xinjiang area SHI Qingdong, WANG Zhi, HE Longmei, et al (3359)
- Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau: a case study in Yan'an City, Shaanxi Province ZHONG Lina, ZHAO Wenwu, LV Yihe, et al (3368)
- Analysis of the characteristics of agro-landscape heterogeneity under the different disturbances: a case study of Gongyi City ZHANG Xiaoyang, LIANG Guofu, DING Shengyan (3378)
- Classification and ordination of grassland landscape in the Shanxi Plateau ZHANG Xianping, LI Zhiqin, WANG Mengben, et al (3386)
- Analysis of factors affecting mountainous land surface temperature in the summer: a case study over Mount Tai SUN Changfeng, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3396)
- Research on spatial distribution and influencing factor of soil moisture in typical depression area of karst region ZHANG Jiguang, SU Yirong, CHEN Hongsong, et al (3405)
- Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method LI Dongke, DING Shengyan, LIANG Guofu, et al (3414)
- Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi TONG Xiaowei, WANG Kelin, YUE Yuemin, et al (3425)
- Landscape pattern analysis on change of fractional vegetation cover between karst and no-karst areas: a case study in Hechi District, Guangxi Zhuang Autonomous Region WANG Mingchong, WANG Xizhi, LIANG Zhaoxiong, et al (3435)
- Multi-scale effects for landscape metrics and species diversity under the different disturbance: a case study of Gongyi City DONG Cuifang, LIANG Guofu, DING Shengyan, et al (3444)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen concentrations in a *Lithocarpus glaber-Cyclobalanopsis glauca* evergreen broadleaved forest YANG Dan, XIANG Wenhua, FANG Xi, et al (3452)
- The characteristics and regeneration of the *Choerospondias axillaries* broad-leaved community in the hilly region of central Hunan Province, China YI Hao, DENG Xiangwen, XIANG Wenhua, et al (3463)
- Factors influencing the spatial distribution of vegetation carbon density in karst landscapes of Northwest Guangxi: a case study based on radial basis function network model ZHANG Mingyang, WANG Kelin, DENG Zhenhua, et al (3472)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 34 卷 第 12 期 (2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 12 (June, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元