

文章编号:1672-3031(2017)06-0430-09

## 永定河上游流域土地利用变化及生态环境效应研究

侯 蕾<sup>1,2</sup>, 彭文启<sup>1,2</sup>, 刘培斌<sup>3</sup>, 陈渠昌<sup>1,2</sup>, 渠晓东<sup>1,2</sup>, 董 飞<sup>1</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院 水环境研究所, 北京 100038;

2. 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038; 3. 北京市水利规划设计研究院, 北京 100048)

**摘要:** 基于1980年、1990年、2000年及2010年4期土地利用数据, 定量化计算永定河上游流域土地利用动态度、土地利用类型间的转移矩阵、生态环境质量指数等指标, 对永定河上游流域的土地利用变化和生态环境效应进行了系统分析。结果表明: (1)过去30年期间, 研究区土地利用类型的面积所占比例由大到小排列为耕地>草地>林地>城乡、工矿、居民用地>水域>未利用土地; 1980—1990年与1990—2000年, 土地利用综合动态度分别为0.06%、0.19%, 土地利用类型的转出率或转入率基本上均小于10%, 土地利用变化较小; 2000—2010年, 土地利用综合动态度较大, 达到了6%, 土地利用类型的转出率或转入率均大于10%, 土地利用变化较大。(2)2000—2010年间永定河上游流域生态环境质量指数从0.4230上升到0.4290, 生态环境质量略有好转; 总体上维持着区域生态环境的动态稳定。该研究可为永定河上游流域土地利用格局优化及生态环境的改善提供技术支撑。

**关键词:** 永定河上游流域; 土地利用变化; 生态环境效应

中图分类号: TV212; X826

文献标志码: A

doi: 10.13244/j.cnki.jiwhr.2017.06.004

### 1 研究背景

土地利用变化<sup>[1]</sup>是人类活动与自然环境相互作用最直接的表现形式, 是人类社会经济活动行为与自然生态过程交互和链接的纽带<sup>[2]</sup>。长期以来, 国内外学者对土地利用变化从不同角度进行了研究。丑庆川等<sup>[3]</sup>整理阐述了土地利用变化的分析方法; 在流域尺度, 近年来定量化分析土地利用变化的水文效应研究为流域水资源管理和规划提供了科学依据<sup>[4-7]</sup>; 于兴修等<sup>[8]</sup>阐述了土地利用变化的环境效应的研究进展与动向, 并重点对土地利用变化的土壤和水环境效应研究趋势进行了分析; 随着城市化进程的发展, 土地利用变化对环境及生态系统的影响越来越显著, 目前国内外关于土地利用变化的生态环境效应的研究主要集中于土地利用变化对大气成分和区域气候变化<sup>[9]</sup>、生物多样性<sup>[10]</sup>、地下水<sup>[11-12]</sup>、地表径流<sup>[13]</sup>和水环境<sup>[14-15]</sup>等生态环境单一因素的研究; 近年来国内的学者针对土地利用变化对区域整体生态环境的效应进行了研究, 研究区域从生态环境脆弱区或经济落后地区发展到经济发达地区<sup>[16-18]</sup>。

近几十年来, 永定河流域的生态环境问题越来越显著, 尤其20世纪80年代后, 随着经济社会的不断发展, 该区域人口增加, 取用水量增加, 地下水资源量减少, 下垫面条件(土地利用/覆盖)剧烈变化, 永定河流域部分河段出现了断流, 河道径流量严重下降, 生态系统退化。目前, 对于永定河流域的土地利用变化的研究已经开展, 张玉虎等<sup>[19]</sup>、王海平等<sup>[20]</sup>采用传统的分析方法分别对永定河典型山区-门头沟区、永定河(北京段)的土地利用变化的格局以及过程进行了定量研究; 张琳等<sup>[21]</sup>基于1980年、2000年的遥感影像分析了海河流域各支流的土地利用/覆盖变化, 揭示了海河流域土地利用/覆盖变化的规律。针对以上研究, 目前多数研究集中在分析永定河典型区域的土地利用变化, 而

收稿日期: 2017-07-03

基金项目: 北京市自然科学基金重点研究专题项目(Z160001)

作者简介: 侯蕾(1989-), 女, 山东郓城人, 博士生, 主要从事流域水文水循环的数值模拟研究。E-mail: hlsdau@163.com

通讯作者: 彭文启(1967-), 男, 博士, 教授, 主要从事流域水环境演变机理、流域水质目标管理技术、河湖健康保障重大理论与关键技术的研究。E-mail: pwq@iwhr.com

对于永定河上游流域土地利用变化的评价及其生态环境的效应研究较少。本研究基于土地利用数据，应用ArcGIS平台，对永定河上游流域土地利用时空动态变化及其生态环境效应进行了分析，旨在进一步认识永定河上游流域下垫面条件的变化情况，为更合理的改善生态环境提供科学支撑。

## 2 研究区概况

永定河流域是海河流域的七大水系之一，该区处于干旱和湿润气候的过渡地带，属中纬度大陆性季风气候，四季分明，寒暑悬殊。流域多年平均降水不足450 mm，且径流量年内分配很不均匀，80%左右集中在汛期。该研究区(图1)为永定河上游流域(官厅水库以上)，地跨山西、内蒙古、河北等省、自治区、直辖市。地理坐标为 $111^{\circ}58' - 116^{\circ}22'E$ ,  $38^{\circ}50' - 41^{\circ}16'N$ ，研究区面积约为4.3万km<sup>2</sup>，山区面积占80%。地势自西北向东南倾斜，西北为山区，海拔高程一般为500~1000 m，山区内山峦起伏，地形复杂，河流坡陡流急，且水土流失严重。

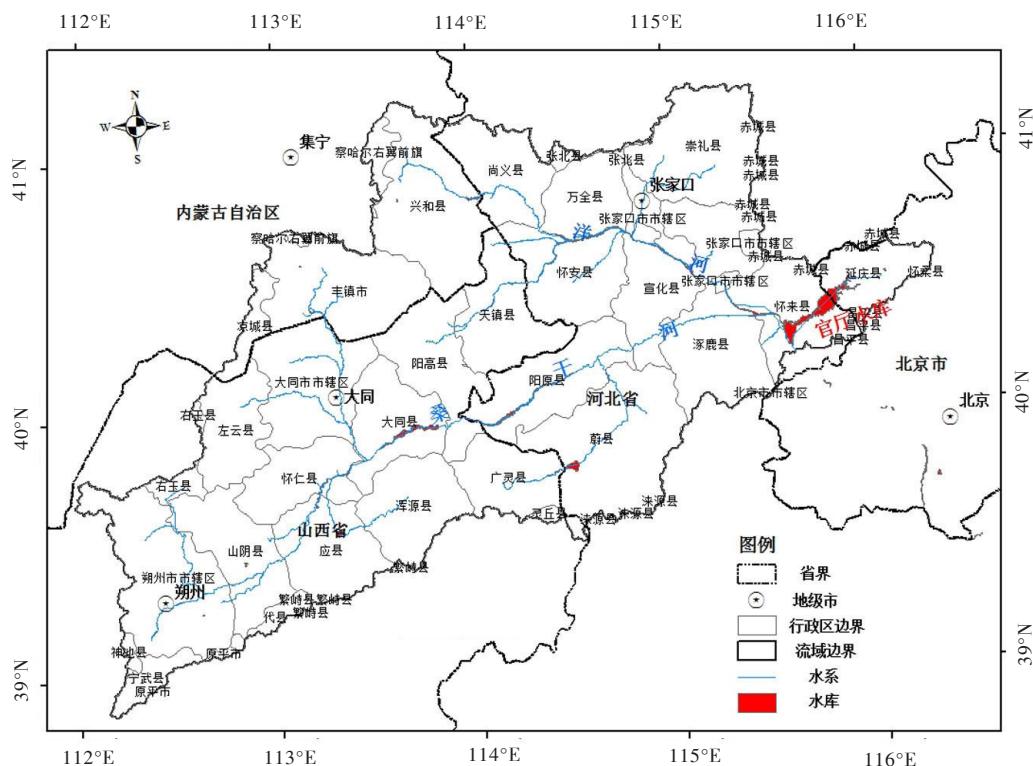


图1 永定河上游流域位置

## 3 数据来源及研究方法

**3.1 数据来源及处理** 永定河上游流域20世纪70年代末期(1980年)、80年代末期(1990年)、90年代末期(2000年)以及2010年的4期土地利用/覆被数据由中国科学院地理科学与资源研究所中国科学院资源环境科学数据中心提供，分辨率为30m×30m。该数据是根据刘纪远<sup>[22]</sup>提出的中国科学院土地资源分类系统，利用永定河上游流域20世纪70年代末期(1980年)、80年代末期(1990年)、90年代末期(2000年)以及2010年的Landsat-MSS/TM/ETM遥感图像，通过人机交互解译生成，并利用野外调查数据进行验证和纠正，精度可靠。该分类体系主要有两级(表1)：将研究区的土地利用类型进行处理，主要对耕地、林地、草地、水域、城乡、工矿、居民用地和未利用土地6个类型(一级分类系统)进行分析；土地利用二级分类系统有较高分辨率，且体现了生态差异性，根据研究区域特征，参考国内相关研究，对二级分类体系下的土地利用类型所具有的生态环境质量进行赋值<sup>[23]</sup>。

表1 土地利用分类系统及其生态环境质量指数赋值

一级类型			二级类型		生态质量指数赋值	一级类型			二级类型		生态质量指数赋值
编号	名称	编号	名称			编号	名称	编号	名称		
1	耕地	11	水田	0.3		4	水域	41	河渠	0.55	
		12	旱地	0.25				42	湖泊	0.75	
2	林地	21	有林地	0.95				43	水库坑塘	0.55	
		22	灌木林	0.65				44	永久性河川雪地	0.9	
		23	疏林地	0.45				45	滩涂	0.45	
		24	其他林地	0.4				46	滩地	0.55	
3	草地	31	高覆盖度草地	0.75		6	未利用土地	61	沙地	0.01	
		32	中覆盖度草地	0.45				62	戈壁	0.01	
		33	低覆盖度草地	0.2				63	盐碱地	0.05	
5	城乡、工矿、居民用地	51	城镇用地	0.2				64	沼泽地	0.65	
		52	农村居民点	0.2				65	裸土地	0.05	
		53	其他建设用地	0.15				66	裸岩石砾地	0.01	

### 3.2 研究方法 土地资源数量变化可以用土地利用动态度来表示。

(1) 单一土地利用类型动态度。单一土地利用类型动态度<sup>[3, 24]</sup>表达的是某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况, 其表达式为:

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

式中:  $K$  为研究时段内某一土地利用类型动态度;  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量;  $T$  为研究时长, 当  $T$  为时段设定为年时,  $K$  的值就是该研究某种土地利用类型年变化率。

(2) 土地利用综合动态度。研究区的综合土地利用动态度<sup>[24]</sup>可表示为:

$$LC = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right| \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $LU_i$  为监测起始时间第  $i$  类土地利用类型面积;  $\Delta LU_{i-j}$  为监测时段内第  $i$  类土地利用类型转为非  $i$  类土地利用类型面积的绝对值;  $T$  为监测时段长度。当  $T$  的时段设定为年时,  $LC$  的值就是该研究区土地利用年变化率。

土地利用动态度定量地描述了土地利用的变化速度, 对预算未来土地利用变化趋势有积极作用。

(3) 土地利用类型的转移矩阵。土地利用转移矩阵是表征土地利用类型之间在一定时段内相互转移的一种有效的工具, 从而总体上把握土地利用的转移态势。在 ArcGIS10.2 平台下, 对 1980 年、1990 年、2000 年以及 2010 年 4 期的土地利用数据两两叠加分析, 对所得的相关数据进行统计分析, 分别获得 1980—1990 年、1990—2000 年以及 2000—2010 年以分析流域土地利用时空格局动态。

单一土地利用转出率<sup>[20]</sup>主要反映某一土地利用类型在某一时期内转化为其他地类的幅度, 计算公式为:

$$T_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} T_{ij}}{L_{t_0}} \times 100\% \quad (3)$$

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} M_{ij}}{L_{t_k}} \times 100\% \quad (4)$$

式中： $T_i$ 为地类*i*在 $t_0\sim t_k$ 时期内的土地利用转出率； $T_{ij}$ 为地类在 $t_0\sim t_k$ 时期内地类*i*转化为*j*的面积； $L_{t_0}$ 为地类*i*在 $t_0$ 时刻的面积； $n$ 为研究区土地利用类型数量；单一土地利用转入率主要反映某一土地利用类型在某一时期内由其他地类转化而来的幅度， $M_i$ 为地类在 $t_0$ 到 $t_k$ 时期内的土地利用转入率； $M_{ij}$ 为地类在 $t_0$ 到 $t_k$ 时期内由地类*j*转化为地类*i*的面积； $L_{t_k}$ 为地类*i*在 $t_k$ 时刻的面积。

(4)区域生态环境质量指数及土地利用变化类型生态贡献率<sup>[23]</sup>。综合考虑区域各土地利用所具有的生态质量及面积比例，定量表征某一区域内生态环境质量的总体状况，其表达式为：

$$EV_t = \sum_{i=1}^N (LU_i \times C_i) / TA \quad (5)$$

式中： $EV_t$ 为区域生态环境质量指数； $LU_i$ 和 $C_i$ 为该区域内 $t$ 时期第*i*种土地利用类型的面积和生态环境质量指数(见表1)； $TA$ 为该区域总面积； $N$ 为区域内土地利用类型数量。

土地利用变化类型生态贡献率指某一种土地利用类型变化所导致的区域生态质量的改变，其表达式为：

$$LEI = (LE_{t+1} - LE_t) LA / TA \quad (6)$$

式中： $LEI$ 为土地利用变化类型生态贡献率； $LE_t$ 、 $LE_{t+1}$ 分别为某种土地利用变化类型所反映的变化初期和末期土地利用类型所具有生态质量指数； $LA$ 为该变化类型的面积； $TA$ 为区域总面积。

## 4 结果分析

### 4.1 永定河上游流域土地利用变化规律

4.1.1 永定河上游流域土地利用面积变化 永定河上游流域土地利用类型在数量组成、时间变化及空间构成上存在一定的差异，4期土地利用类型的面积所占比例由大到小排列，为耕地>草地>林地>城乡、工矿、居民用地>水域>未利用土地，在数量上(图2)，其中以耕地为主，其面积所占比例达到45%左右；草地与林地次之，分别所占比例为29%、20%左右；水域与城乡、工矿、居民用地面积较少，分别所占比例为1.5%、2.6%左右；植被覆盖度较高，其中沙地、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石质地等未利用土地的面积极少，所占比例为0.5%左右。

从年变化(如图3)上分析，30年(1980—2010年)间，永定河上游流域土地利用类型整体上的变化较为缓慢：林地以及城乡、工矿、居民用地增加，其中林地增加面积约为1 066 km<sup>2</sup>，城乡、工矿、居民用地增加面积约为1 254 km<sup>2</sup>；耕地、草地、水域、未利用土地均减少，耕地减少约为1 261 km<sup>2</sup>，草地减少约779 km<sup>2</sup>，水域减少约158 km<sup>2</sup>，未利用土地减少约121 km<sup>2</sup>。增加与减少的土地利用面积基本保持一致。

1980—1990年，研究内草地以及城乡、工矿、居民用地、未利用土地呈增加趋势，耕地、林地、水域呈减少趋势；1990—2000年，研究区内水域以及城乡、工矿、居民用地呈增加趋势，耕地、林地、草地以及未利用土地呈减少趋势；2000—2010年，研究区内林地与城乡、工矿、居民用地呈增加趋势，耕地、草地、水域、未利用土地呈减少趋势。

4.1.2 永定河上游流域土地利用变化强度 永定河上游流域各土地利用类型各时段动态度(如表2)起伏不大，变化率的绝对值均不超过10%。从单一土地利用动态角度，1980—1990年间，草地、未利用土地以及城乡、工矿、居民用地的动态度大于0，年增加率分别为0.12%、0.32%、1.06%，耕地、林地、水域的动态度小于0，年减少率分别为0.04%、0.22%、0.42%。单一土地利用动态度的绝对值反映了土地利用类型面积变化速度的大小，因此，1980—1990年间，流域内城乡、工矿、居民用地的变化速度最大，其次为水域、未利用土地，耕地的变化速度最小；1990—2000年间，流域内除了水域面积以及城乡、工矿、居民用地增加外，其余土地利用类型面积均减少，城乡、工矿、居民用地变化速度最大，其次为未利用土地，林地、草地的变化速度最小；2000—2010年间，城乡、工矿、居民用地持续增加，变化速度最大，另外林地也呈增长趋势，未利用土地、耕地、草

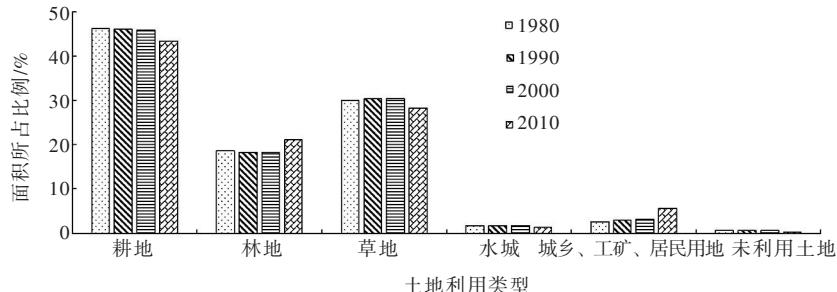


图2 永定河上游流域各土地利用类型面积分布图

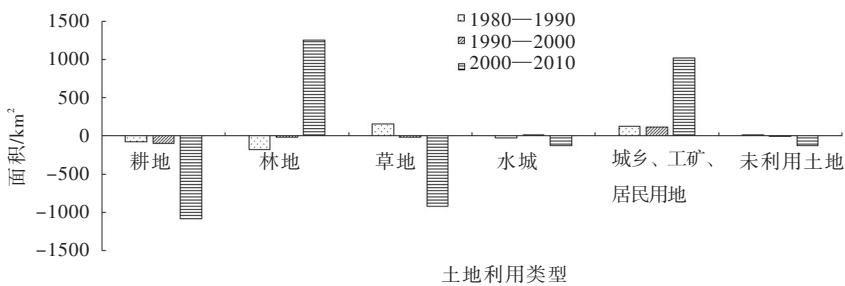


图3 永定河上游流域1980—2010年土地利用面积变化图

表2 永定河上游流域土地利用动态变化

时段	单一土地利用类型动态度/%						综合土地利用类型动态度/%
	耕地	林地	草地	水域	城乡、工矿、居民用地	未利用土地	
1980—1990年	-0.04	-0.22	0.12	-0.42	1.06	0.32	0.06
1990—2000年	-0.05	-0.02	-0.01	0.07	0.89	-0.13	0.19
2000—2010年	-0.54	1.58	-0.70	-1.80	7.26	-4.65	0.60

地、水域面积缩减，其中未利用土地减少速度较大。

整体上，1980—2010年间，随着城市化的发展，人类活动对自然干扰日益严重，流域内土地利用变化速度最大的是城乡、工矿、居民用地，呈增加趋势，其次为未利用土地，呈减少趋势。

从综合土地利用动态度(表2)的角度，1980—1990、1990—2000、2000—2010年的动态度分别为0.06%、0.19%、0.6%。相对于2000—2010年，1980—1990、1990—2000年综合土地利用动态度较小，说明该两个时段各土地利用类型变化较小；2000—2010年间综合土地利用动态度较大，每年每100 km<sup>2</sup>，土地利用面积变化为0.6 km<sup>2</sup>，其变化幅度相对较大，土地利用类型变化较大。

本研究对永定河上游流域1980—1990、1990—2000、2000—2010年3个时段土地利用转换特征进行了分析。

1980—1990年间，永定河上游流域内耕地主要转化为城乡、工矿、居民用地，转化面积为100.61 km<sup>2</sup>；林地主要转化为草地，转化面积为225.29 km<sup>2</sup>；草地、水域、未利用土地以及城乡、工矿、居民用地的转化均较少。

1990—2000年间，各土地利用类型间的转化面积较少，土地利用变化甚微。

2000—2010年间，耕地转化为林地，城乡、工矿、居民用地和草地，转化面积依次为887.03、829.96和522.82 km<sup>2</sup>；林地转化为草地，耕地和城乡、工矿、居民用地，转化面积依次为274.79、157.84和91.06 km<sup>2</sup>；草地转化为林地，耕地和城乡、工矿、居民用地，转化面积依次为854.59、715.06和216.23 km<sup>2</sup>；水域主要转化为耕地，转化面积为132.53 km<sup>2</sup>；城乡、工矿、居民用地主要转化为耕地，转化面积为124.11 km<sup>2</sup>；未利用土地主要转化为耕地、草地，转化面积为93.12、37.15 km<sup>2</sup>(见表3)。

综上，不同时段，随着自然、经济条件以及人为影响的变化，土地利用格局也伴随着变化。1980—1990年、1990—2000年这两个时段永定河上游流域每种土地利用类型的转出率或转入率基本

上均小于10%(见表4), 土地利用类型总体上变化较小, 相对而言, 2000—2010年, 永定河上游流域每种土地利用类型的转出率或转入率均大于10%(见表4), 土地利用变化强度较大。

表3 2000—2010年研究区土地利用转移矩阵 (单位: km<sup>2</sup>)

2000年	2010年						合计
	耕地	林地	草地	水域	城乡、工矿、居民用地	未利用土地	
耕地	17 697.03	887.03	522.82	59.74	829.96	12.35	20 008.93
林地	157.84	7428.94	274.79	15.69	91.06	0.73	7 969.05
草地	715.06	854.59	11417.38	15.97	216.23	7.19	13 226.43
水域	132.53	32.47	39.14	503.28	23.20	3.45	734.06
城乡、工矿、居民用地	124.11	15.60	11.94	5.80	1242.97	0.21	1 400.63
未利用土地	93.12	4.87	37.15	1.69	13.27	121.10	271.20
合计	18919.69	9 223.51	12 303.23	602.18	2 416.68	145.02	43 610.30

表4 研究区1980—2010年土地利用变化情况

时段	耕地	林地	草地	水域	城乡、工矿、居民用地	未利用土地
1980—1990年	转出率/%	0.70	2.66	0.69	6.01	0.12
	转入率/%	0.31	0.66	1.95	1.99	9.55
1990—2000年	转出率/%	1.20	1.22	0.70	1.39	0.17
	转入率/%	0.66	1.09	0.60	2.08	9.19
2000—2010年	转出率/%	10.04	4.04	11.14	27.12	8.08
	转入率/%	4.74	15.46	4.56	11.41	45.92
						13.00

**4.2 永定河上游流域生态环境变化与驱动因素分析** 2000—2010年土地利用变化强度较大, 文中基于2000年和2010年土地利用变化分析永定河上游流域的生态环境变化。根据公式(3), 计算得到研究区2000年和2010年区域生态环境质量指数, 结果分别为0.4230、0.4290, 永定河上游流域生态环境质量指数年均上升0.07%。从计算结果可知, 2000—2010年间研究区总体生态环境质量略有好转, 呈上升趋势, 总体上维持着区域生态环境的动态稳定。

2000—2010年致使研究区域生态环境质量改善的主要土地利用变化的驱动因子主要是退耕还林、还草以及林、草地内部的转化(详见表5), 其中退耕还林、还草的转化占生态贡献率的54.19%, 因永定河上游流域是水土流失的重点区域, 退耕还林、还草均匀散落在永定河上游流域, 主要分布在河北省张家口、尚义, 山西省大同、左云、朔州等地区(详见图4); 林、草地内部的转化占生态贡献率的37.82%。

2000—2010年期间导致研究区域生态环境质量恶化的主要土地利用变化的驱动因子是高覆盖草地向旱地的转化、城乡居民建设用地规模扩大、毁林造田、围水造田和耕地内部转化(详见表5), 其中城乡居民建设用地扩大主要集中在张家口市市辖区、大同市市辖区、朔州市市辖区及各个县辖区(详见图4), 毁林造田主要集中在各支流的上游区域, 围水造田沿桑干河、洋河及各大支流呈带状分布; 其中高覆盖草地向旱地的转化占生态贡献率的34.23%, 建设占地占生态贡献率的26.03%, 城居民建设用地规模扩大主要表现是耕地、林地、草地转化为城乡居民建设用地。

## 5 结论

基于1980年, 1990年, 2000年和2010年4期土地利用数据, 系统的分析了永定河上游流域土地利用类型的格局变化。

从土地利用的数量分析, 30年间永定河上游流域土地利用的面积所占比例由大到小排列为耕地>草地>林地>城乡、工矿、居民用地>水域>未利用土地。

表5 导致研究区域生态环境改善和恶化的主要土地利用类型变化及贡献率

土地利用类型变化	变化面积/km <sup>2</sup>	贡献率	占贡献率的比例/%	土地利用类型变化	变化面积/km <sup>2</sup>	贡献率	占贡献率的比例/%		
退耕还林、还草	1283.51	0.0117	54.19	高覆盖草地-旱地	429.74	0.0050	34.23		
低覆盖草地-有林地	160.82	0.0028	12.99	建设占地	1162.82	0.0038	26.03		
高覆盖草地-有林地	328.95	0.0015	7.09	水田-旱地	912.24	0.0011	7.27		
中覆盖草地-有林地	115.42	0.0013	6.22	围水造田	132.53	0.0009	6.16		
导致生态环境改善	灌木林-有林地	181.22	0.0013	5.86	导致生态环境改善	有林地-旱地	53.77	0.0009	6.00
	未利用土地开垦	96.78	0.0006	2.78	灌木林-中覆盖草地	117.8	0.0005	3.75	
	低覆盖草地-中覆盖草地	99.84	0.0006	2.69	中覆盖草地-旱地	117.67	0.0005	3.75	
	中覆盖草地-灌木林	110.6	0.0005	2.38	滩地-旱地	77.1	0.0005	3.68	
	耕地-水域	59.75	0.0004	1.85	灌木林-旱地	50.21	0.0005	3.20	
	低覆盖草地-旱地	167.63	0.0002	0.90	沼泽地-旱地	43.99	0.0004	2.80	
	农村居民地-旱地	114.39	0.0001	0.62	旱地-低覆盖草地	125.99	0.0001	1.00	
	灌木林-高覆盖草地	54.32	0.0001	0.59	高覆盖草地-灌木林	46.48	0.0001	0.74	
	合计	2773.23	0.0212	98.15		3270.34	0.0144	98.61	

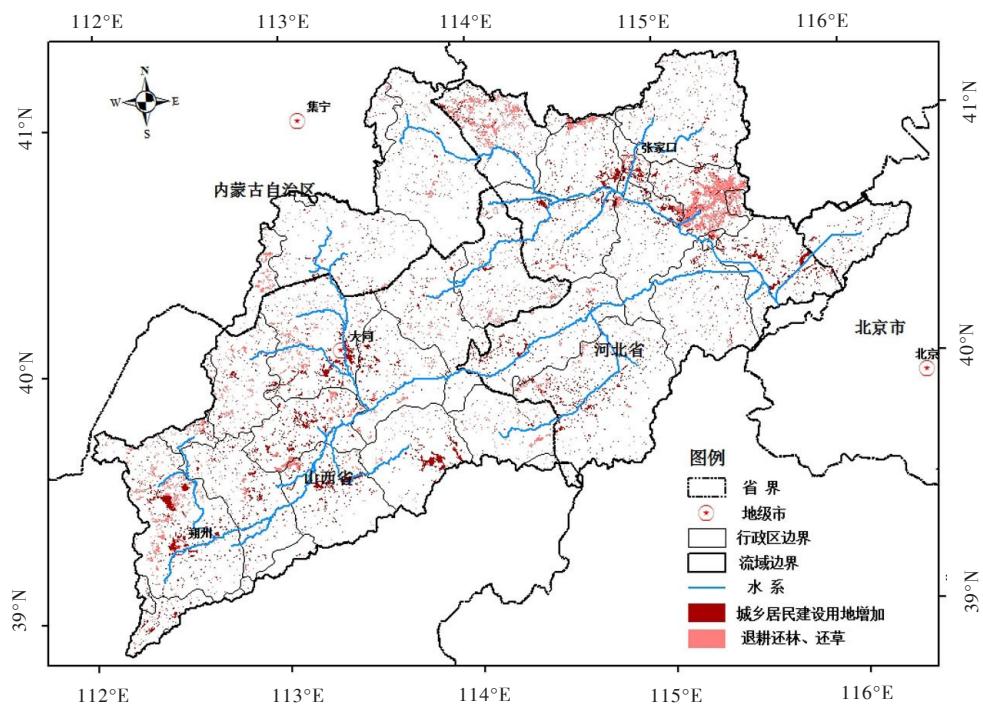


图4 导致研究区域生态环境改善和恶化的主要影响因子空间分布

从土地利用动态度以及土地利用类型转移矩阵分析, 1980—1990、1990—2000年, 土地利用综合动态度分别为0.06%、0.19%, 每种土地利用类型的转出率或转入率基本上均小于10%, 土地利用变化相对较小, 耕地主要转化为林地、草地(退耕还林、还草), 同时为治理水土流失修建梯田, 部分耕地侵占了林地和草地, 城乡建设用地有增加趋势; 2000—2010年, 该时段土地利用综合动态度较大, 达到了6%, 每种土地利用类型的转出率或转入率均大于10%, 由于经济社会以及城镇化进程的发展, 其中城乡、工矿、居民用地不断扩张, 建设占地不断增加, 耕地向林、草地转化明显, 未利用土地呈减少趋势, 土地利用类型面积变化较大。

从生态环境变化与驱动因素分析, 2000—2010年间永定河上游流域生态环境总体上维持着区域生态环境的动态稳定, 生态环境改善和恶化的两种趋势并存, 但生态环境质量指数从0.4230上升到0.4290, 整体上生态环境质量略有好转, 呈上升趋势。研究结果表明导致生态环境改善的主要因素为退耕还林、还草以及林、草地内部的转化, 导致生态环境改善的主要因素为高覆盖草地向旱地的转化、城乡居民建设用地规模扩大、毁林造田、围水造田和耕地内部转化等。因此, 在土地利用过程中, 要限制或取消导致生态环境恶化的人类活动, 加强生态环境改善力度, 充分利用生态系统的自我修复功能, 达到恢复或改善生态环境的目的。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] LEEMANS R. Changes in Land use and land cover: A global perspective[J]. Trends in Ecology & Evolution, 1995, 10(6): 258–259.
- [ 2 ] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014(1): 3–14.
- [ 3 ] 丑庆川, 胡涛, 何诗雨, 等. 土地利用/覆被变化分析方法研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(10): 301–304.
- [ 4 ] 王艳君, 吕宏军, 施雅风, 等. 城市化流域的土地利用变化对水文过程的影响——以秦淮河流域为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 30–35.
- [ 5 ] 欧春平, 夏军, 王中根, 等. 土地利用/覆被变化对SWAT模型水循环模拟结果的影响研究——以海河流域为例[J]. 水力发电学报, 2009(4): 124–129.
- [ 6 ] 董国强, 杨志勇, 于瀛东. 下垫面变化对流域产汇流影响研究进展[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(3): 111–117, 126.
- [ 7 ] WOLDESEN BET T A, ELAGIB N A, RIBBE L, et al. Hydrological responses to land use/cover changes in the source region of the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia[J]. Science of the Total Environment, 2016, 575: 724–741.
- [ 8 ] 于兴修, 杨桂山, 王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向[J]. 地理科学, 2004(5): 627–633.
- [ 9 ] 陈溪, 王子彦, 匡文慧. 土地利用对气候变化影响研究进展与图谱分析[J]. 地理科学进展, 2011, 30(7): 930–937.
- [ 10 ] ALBERTI M. The effects of urban patterns on ecosystem function[J]. International Regional Science Review, 2005, 28(2): 168–192.
- [ 11 ] 张喜凤, 张兰慧, 顾娟, 等. 敦煌地下水时空变异特征及其对土地利用/覆被变化的响应分析[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2014, 50(3): 311–317.
- [ 12 ] 秦俊桃. 武威盆地不同土地利用类型下的地下水位时空动态分析[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2014, 12(3): 287–290.
- [ 13 ] 袁宇志, 张正栋, 蒙金华, 等. 基于SWAT模型的流溪河流域土地利用与气候变化对径流的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(4): 989–998.
- [ 14 ] BAJOCCHI S, DE ANGELIS A, PERINI L, et al. The impact of land use/land cover changes on land degradation dynamics: a Mediterranean case study[J]. Environmental management, 2012, 49(5): 980–989.

- [ 15 ] KÄNDLER M, BLECHINGER K, SEIDLER C, et al . Impact of land use on water quality in the upper Nisa catchment in the Czech Republic and in Germany[J] . Science of the Total Environment, 2017, 586: 1316–1325 .
- [ 16 ] 张芳怡, 邢元志, 潘励杰, 等 . 苏州市土地利用变化的生态环境效应研究[J] . 水土保持研究, 2009, 16 (5): 98–103 .
- [ 17 ] 张扬, 刘艳芳, 顾渐萍, 等 . 武汉市土地利用覆被变化与生态环境效应研究[J] . 地理科学, 2011, 31(10): 1280–1285 .
- [ 18 ] 罗慧娟, 黄诗峰, 藏文斌, 等 . 5.12 汶川地震重灾区土地利用变化遥感监测与分析[J] . 中国水利水电科学研究院学报, 2011, 9(3): 209–214 .
- [ 19 ] 张玉虎, 贾海峰, 于长青 . 永定河流域典型区土地利用/覆被变化[J] . 山地学报, 2009, 27 (5): 564–572 .
- [ 20 ] 王海平, 冯仲科, 孙赫, 等 . 北京市永定河流域土地利用/覆盖变化研究[J] . 林业调查规划, 2011, 36(3): 15–20 .
- [ 21 ] 张琳 . 海河流域下垫面变化情况及趋势分析[D] . 天津: 天津大学, 2009 .
- [ 22 ] 刘纪远 . 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M] . 北京: 中国科学技术出版社, 1996 .
- [ 23 ] 李晓文, 方创琳, 黄金川, 等 . 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应—以甘肃河西地区为例[J] . 第四纪研究, 2003, 23(3): 280–289 .
- [ 24 ] 王秀兰, 包玉海 . 土地利用动态变化研究方法探讨[J] . 地理科学进展, 1999, 18(1): 83–89 .

### Land use change and its ecological environmental effect in the upstream of Yongding River

HOU Lei<sup>1, 2</sup>, PENG Wenqi<sup>1, 2</sup>, LIU Peibin<sup>3</sup>, CHEN Quchang<sup>1, 2</sup>, QU Xiaodong<sup>1</sup>, DONG Fei<sup>1</sup>

(1. Department of Water Environment, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;

2. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, Beijing 100038, China;

3. Beijing Institute of Water Resources Planning and Design Research, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Based on the four spatial data sets of land use and land cover change of 1980, 1990, 2000 and 2010 in the upstream of the Yongding River, we quantitatively calculated the land use dynamic degree, the transfer matrix between the land use types and ecological environmental quality index, and analyzed the land use change and its ecological environment effect in the upstream of the Yongding River. The result shows that (1) During the past 30 years, the proportion of land use / cover in the study area was ranked as: farm land> grassland> forest land> urban and built up land> water > unutilized land. The comprehensive dynamic degree of land use during 1980–1990 and 1990–2000 was 0.06% and 0.19%, respectively, and the land-use change rates and transfer rates were not more than 10% and the land use/cover change was small between the two period; while the comprehensive dynamic degree of land use was 6% and the land-use change rates and transfer rates were greater than 10% during the period from 2000 to 2010, and the land use/cover changed greatly. (2) During 2000–2010, the regional eco-environment quality index increased from 0.4230 to 0.4290, and the regional eco-environment quality improved slightly; while the overall quality of regional eco-environment remained relatively stable, and the soil and water loss control measures and the expansion of construction land of the area had a profound impact on the regional eco-environment. The study provided the technical support for the land use structure optimization and the improvement of the ecological environment in the upstream of the Yongding River.

**Keywords:** the upstream of Yongding River; land use change; the ecological environment effect

(责任编辑: 韩 昆)