

## 退耕还林还草工程对土地利用/覆被变化 及景观格局的影响 ——以张家口市为例

田璐 许月卿\* 孙丕苓

(中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193)

**摘要** 以张家口市为例,根据1989、2000和2010年3期Landsat TM遥感数据,利用土地利用变化模型,景观指数以及GIS技术,系统分析了土地利用/覆被及其景观格局的变化过程和规律,探讨了退耕还林还草工程对土地利用/覆被变化及其景观格局的影响。结果表明,1989—2010年张家口市土地利用结构由以耕地和草地为主,转变为以林地和草地为主。2000年退耕还林还草工程实施以来,耕地减少幅度增加,动态度指数由-0.27%变为-0.83%,林地增加幅度加大,动态度指数由0.56%变为1.39%,草地在数量上表现为减少。退耕前,耕地主要转为草地,退耕后,耕地主要转为林地,耕地转为林地的比例由退耕前的22.50%增加为退耕后的45.46%,退耕后684.85 km<sup>2</sup>的草地转为林地。期间,研究区景观格局趋向均衡化,景观多样性降低,景观破碎化程度上升,景观形状趋于简单。这主要是由于经济建设等人类活动对土地利用和景观格局的干扰程度变大所致。

**关键词** 退耕还林还草;土地利用/覆被变化;景观格局;张家口市

中图分类号 U412.1+4

文章编号 1007-4333(2015)04-0205-09

文献标志码 A

## Impact of conversion cropland to forest and grassland project on land use/cover change and landscape pattern: A case study of Zhangjiakou City

TIAN Lu, XU Yue-qing\*, SUN Pi-ling

(College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** Based on the technology of RS/GIS, the data of land use in 1989, 2000 and 2010 were obtained from Landsat TM of Zhangjiakou city. The land use change model and landscape index were used to analyze the processes of land use/land cover change and landscape pattern. The results showed that the main type of land use changed from cropland and grass into forest and grass during this period in Zhangjiakou City. The area of cropland decreased apparently, changing from -0.27% into -0.83% of the dynamic degree. Grassland decreased slightly as well. However, forest area increased obviously from 0.56% to 1.39% of the dynamic degree. It was obvious that the cropland was mainly changed into grassland before the project but changed into forest after this project. The proportion of cropland changing into forest increased from 22.50% to 45.46%. Meanwhile, 684.85 km<sup>2</sup> grassland changed into forest during this period. At the same time, the landscape pattern tended to be of equalization. The landscape fragmentation aggravated, and the shape of landscape tended to be simplicity due to human activities.

**Key words** conversion cropland to forest and grassland project; land use and land cover change; landscape pattern; Zhangjiakou City

收稿日期: 2014-08-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171088)

第一作者: 田璐, E-mail: 18604236913@163.com

通讯作者: 许月卿, 副教授, 主要从事土地利用变化与可持续利用、土地资源利用与评价等研究, E-mail: xmoonq@sina.com

退耕还林还草工程是党中央、国务院为恢复林草植被、改善生态环境做出的重大决策。1999年,四川、陕西和甘肃三省作为试点率先开展了退耕还林试点示范工程。退耕还林还草工程在经过2年多的试点后,于2002年全面启动,工程建设范围包括25个省(自治区、直辖市)及新疆生产建设兵团<sup>[1]</sup>。实践证明,退耕还林还草工程取得了显著成效,是改善生态环境的重大举措<sup>[2]</sup>。近年来,国内外学者就退耕还林还草工程展开了一系列研究,主要侧重于效益<sup>[3-5]</sup>、LUCC<sup>[6-7]</sup>、生态补偿<sup>[8-10]</sup>、农户行为<sup>[11-13]</sup>以及对策与建议<sup>[14-15]</sup>等诸多方面,并取得了一系列成果,为退耕还林还草工程的实施和相关问题研究提供了科学依据和参考。退耕还林还草工程的实施可引起大尺度、转换性的地表覆被变化<sup>[16]</sup>,进而引起景观格局的改变,从而对区域生态环境产生重大影响。因此,退耕还林还草工程对区域土地利用/覆被变化及其景观格局的影响成为土地变化科学研究的重点。

张家口市地处京津冀都市圈生态功能区,是京津地区的重要水源地和生态涵养区。这里生态环境脆弱,土地退化严重,人们生活贫困,是生态建设工程的重要地区<sup>[17]</sup>。2000年张家口市开始启动退耕还林还草工程,到2013年已累计完成退耕还林还草

任务(含荒山匹配)588 800 hm<sup>2</sup>(张家口市农牧局),张家口市退耕还林还草工程是涉及土地面积最多的生态工程,其土地利用格局发生了巨大变化。随着京津冀一体化发展进程加速,张家口市生态涵养功能区定位将进一步得到加强,亟需认识这个特殊区域内退耕还林还草工程对区域土地利用/覆被变化(LUCC)及景观格局动态变化的影响,以期为区域土地资源管理和生态建设战略的制定提供决策依据。

因此,以张家口市为例,根据不同时期 Landsat TM 遥感数据,运用空间统计分析、数理统计、景观指数等方法,系统分析张家口市1989—2010年土地利用及其景观格局的动态演变规律,探讨了退耕还林还草工程对区域土地利用/覆被变化(LUCC)及景观格局动态变化的影响,以期为张家口市生态环境建设及土地资源可持续利用提供决策依据。

## 1 研究区概况

张家口市位于东经113°50′~116°30′,北纬39°30′~42°10′,处于内蒙古草原和华北平原的过渡地带(图1),属于农牧交错带。全市地势西北高东南低,地属温带大陆性季风气候。全市辖4区,13

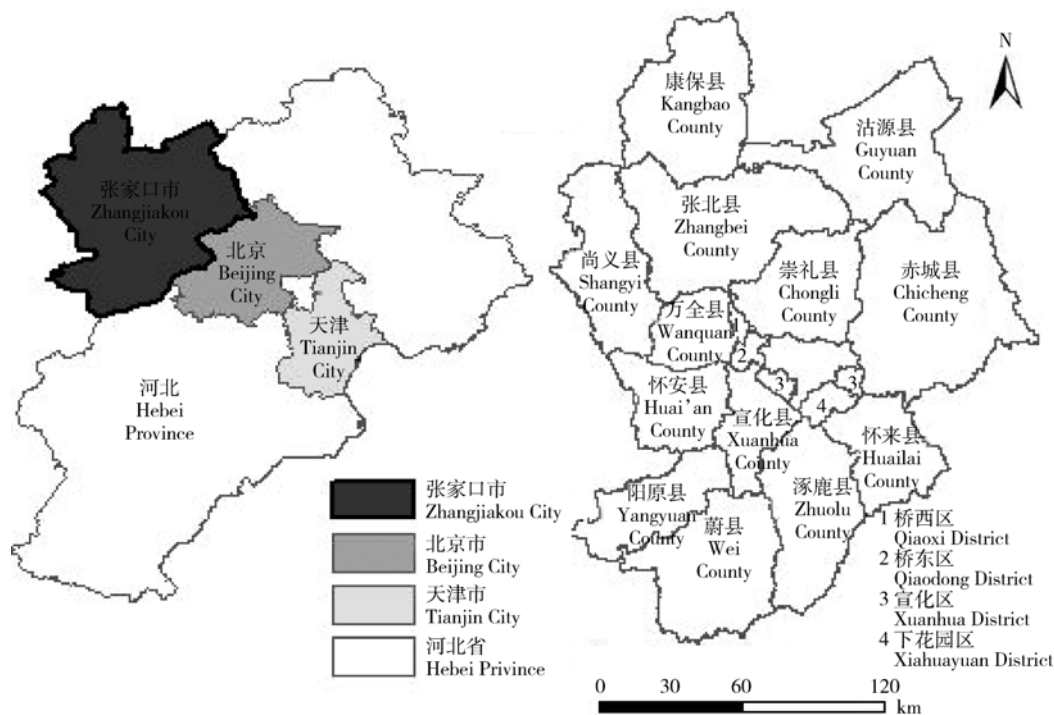


图1 研究区位置示意图

Fig. 1 Location of studied area

县,总面积 36 805.36 km<sup>2</sup>。全市年均气温 6.9 ℃,年均降水量 298.1 mm,年均日照时数 2 788.7 h,年平均相对湿度为 52%。至 2010 年,张家口市总人口为 434.86 万人,全社会固定资产投资额为 903.77 亿元,其中农村固定资产投资 102.84 亿元,农民人均纯收入 4 119 元。

## 2 数据来源与方法

### 2.1 数据来源与数据处理

选用 1989、2000 和 2010 年 Landsat TM 影像为数据源,在 Erdas 9.2 技术平台下进行影像数据预处理和解译,得到相应年份的土地利用数据,3 期遥感影像解译精度均超过 80%,能够满足本研究需要。参照已有研究成果,结合张家口土地利用实际情况,根据研究需要将土地利用类型划分为:耕地、园地、林地、草地、城镇村工矿用地、交通过地、水域和未利用地八大类<sup>[18]</sup>。社会经济数据来源于相应年份的《张家口社会经济统计年鉴》及社会经济统计公报。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 土地利用变化分析模型

在土地利用/覆被变化分析中,运用 ArcGIS9.3 软件对 1989、2000 和 2010 年 3 期土地利用/覆被数据,进行统计和叠加分析,得到各期之间的土地利用/覆被类型转移矩阵,在此基础上计算用来表征 LUCC 过程的指标。采用单一土地利用类型动态度、综合土地利用动态度及土地利用程度等模型,结合土地利用/覆被类型转移矩阵分析张家口市退耕还林还草工程前后土地利用/覆被变化过程和特征。

单一土地利用类型动态度。选用单一土地利用类型动态度表征一定时段内区域各土地利用类型数

量变化。

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

式中:K 为研究时段内某一种土地利用类型动态度,U<sub>a</sub>、U<sub>b</sub> 分别为研究期内期初与期末的某一种土地利用类型的面积,T 为研究时段长度。

综合土地利用动态度。运用综合土地利用动态度模型定量刻画土地利用类型变化速度区域差异<sup>[19]</sup>。

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

式中:LC 为研究时段内综合土地利用类型动态度,LU<sub>i</sub> 为测量开始时第 i 类土地利用类型的面积,ΔLU<sub>i-j</sub> 为测量时段内第 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 为研究时段长度。

土地利用程度。土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度,它不仅反映了土地利用中土地本身的自然属性,同时也反映了人类因素与自然环境因素的综合效应。本研究以刘纪远等<sup>[20]</sup>提出的土地利用程度分级原则为依据,将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素作用下的自然平衡状态分为若干级,并赋予分级指数(表 1),从而给出土地利用程度的定量化表达式:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n (A_i \times C_i) \quad (3)$$

式中:L<sub>a</sub> 为研究区域土地利用程度综合指数,A<sub>i</sub> 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数,C<sub>i</sub> 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比,n 为土地利用程度分级数。

表 1 土地利用程度分级及分级指数

Table 1 Types and classification values of land use degree

土地利用程度分级 Classification of land use degree	土地利用/覆被类型 Types of land use and land cover	分级指数 Classification value
土地未利用级	未利用地	1
土地自身再生利用级	林地、草地、水域	2
土地人为再生利用级	耕地、园地	3
土地人为非再生利用级	城镇村工矿用地、交通过地	4

土地利用程度变化率。各种土地利用类型之间的转换导致了土地利用程度的变化,计算土地利用

程度变化率能综合的反映土地利用程度的变化趋势,土地利用程度变化率表达式为:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_{ib} - \sum_{i=1}^n A_i C_{ia}}{\sum_{i=1}^n A_i C_{ia}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $R$  为研究时段内土地利用程度变化率,  $A_i$  为研究区域内第  $i$  级土地利用程度分级指数,  $C_{ia}$  为研究期内期初第  $i$  级土地利用程度分级面积百分比,  $C_{ib}$  为研究期内期末第  $i$  级土地利用程度分级面积百分比。

### 2.2.2 景观格局变化模型

将 1989、2000 和 2010 年土地利用/覆被数据转换成  $300 \text{ m} \times 300 \text{ m}$  栅格数据, 在 Fragstats4.1 软件支持下, 计算各时段土地利用类型的景观格局指数。景观指数的选择依赖于研究目标、分析尺度和指数所表达的生态学意义, 应同现实景观中的生态过程和自然地理过程、乃至人为过程结合起来<sup>[21]</sup>。因此, 结合研究区域的实际情况, 选择斑块水平的边缘密度(ED)、平均形状指数(SI)、平均分维数(FD)、最大斑块指数(LPI)、破碎度指数( $FN_1$ )和景观水平的破碎度指数( $FN_2$ )、多样性指数( $H$ )、优势度指数( $D$ )、平均形状指数(SI)、平均分维数(FD)等几个主要的景观度量指标, 分析张家口市退耕还林还草前后的景观结构和空间变化, 以及景观格局在时间上的变化规律。

破碎度指数用来表示景观破碎程度, 破碎度指数越大, 说明景观破碎性越高, 即斑块较小, 数量较多。多样性指数是景观斑块丰富程度和均匀程度的综合反映。优势度指数指某一类景观斑块占优势的程度。多样性指数和优势度指数都用来表征景观要素丰富性及其分布特性<sup>[22]</sup>。模型中主要指数的数学表达式:

$$H = - \sum_{i=1}^K P_i \ln P_i \quad (5)$$

$$D = \ln K + \sum_{i=1}^K P_i \ln P_i \quad (6)$$

$$FN_1 = \frac{N_p - 1}{N_c} \quad (7)$$

$$FN_2 = \frac{MPS(N_f - 1)}{N_c} \quad (8)$$

式中:  $H$  为景观多样性指数,  $P_i$  为景观类型  $i$  所占面积的比例,  $k$  为景观类型的数目。  $D$  为景观优势度指数。  $FN_1$  为整个研究区的景观破碎度指数,  $FN_2$  为某景观斑块类型的景观破碎度指数,  $N_p$  为各类斑块总数,  $N_c$  为栅格数据中格子总数,  $MPS$  为景观中各类斑块的平均斑块面积(以方格网的格子数为单位),  $N_f$  为某景观斑块类型的斑块数目,  $FN_1$  与  $FN_2 \in (0, 1)$ , 0 表示景观完全未被破坏, 1 表示景观被完全破坏。模型中各参数的意义及其详细说明可参见文献[22-23]。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用/覆被变化分析

#### 3.1.1 土地利用结构变化分析

张家口市土地利用类型以林地、草地和耕地为主(表 2)。1989 年, 草地面积最大, 占土地总面积的 30.45%; 其次是耕地, 占土地总面积的 29.62%; 林地占土地总面积的 24.85%; 三者总量达到了总用地面积的 85%。2000 年, 耕地、林地和草地面积分别占土地总面积的 28.72%, 26.39% 和 29.94%。至 2010 年, 林地、草地和耕地面积分别占土地总面积的 30.06%, 29.59% 和 26.33%。由于 2000 年张家口市开始实施退耕还林还草工程, 1989—2010 年, 占地面积最大的土地利用类型由草地和耕地变为林地和草地, 退耕还林还草工程改变了区域土地利用结构和格局, 进而改变了当地土地覆被状况, 绿色植被覆盖度增加。

表 2 1989—2010 年各地类面积

Table 2 Areas of different land uses from 1989 to 2010

km<sup>2</sup>

年份 Year	耕地 Cropland	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grass	城镇村工矿用地 Urban and rural construction land	交通用地 Traffic land	水域 Water area	未利用地 Unutilized land	总面积 Sum
1989	10 900.29	1 412.81	9 149.39	11 207.85	907.87	92.37	963.16	2 171.62	36 805.36
2000	10 570.74	1 492.14	9 711.27	11 018.05	1 027.25	118.19	869.69	1 998.15	36 805.49
2010	9 691.73	1 493.49	11 062.74	10 891.40	1 240.95	144.78	787.83	1 492.45	36 805.36

## 3.1.2 土地利用动态变化分析

根据张家口市不同时段土地利用类型转移矩阵

(表3)和土地利用类型动态度(表4和表5),系统分析退耕还林还草前后土地利用动态变化过程和特征。

表3 1989—2010年不同时段间土地利用类型转移矩阵(以转换面积表示)

Table 3 Transfer matrix of land use types from 1989 to 2010

		2000年							
地类名称 Types of land use	耕地 Cropland	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grass	城镇村工矿用地 Urban and rural construction land	交通用地 Traffic land	水域 Water area	未利用地 Unutilized land	
1989年	耕地	10 525.32	59.04	91.89	167.40	70.92	16.20	0.63	2.25
	园地	0.00	1 393.02	7.38	0.27	4.59	0.09	0.00	0.09
	林地	0.81	0.63	9 117.00	2.52	1.17	1.80	0.00	0.00
	草地	2.07	16.74	383.49	10 768.68	26.46	5.22	0.09	1.17
	城镇村工矿用地	0.00	0.00	0.00	0.00	914.22	0.00	0.00	0.00
	交通用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.07	0.00	0.00
	水域	39.78	5.22	10.71	27.18	6.75	1.35	869.40	4.86
	未利用地	39.42	10.35	75.87	47.52	8.64	0.45	0.00	1 984.95
		2010年							
地类名称 Types of land use	耕地 Cropland	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grass	城镇村工矿用地 Urban and rural construction land	交通用地 Traffic land	水域 Water area	未利用地 Unutilized land	
2000年	耕地	9 637.02	90.18	441.09	271.26	140.40	25.38	0.27	1.80
	园地	34.92	1 359.99	34.02	30.96	23.94	0.90	0.00	0.27
	林地	3.60	9.99	9 644.22	23.13	1.89	0.45	0.00	3.06
	草地	5.49	8.46	684.9	10 282.05	29.88	0.81	0.18	1.80
	城镇村工矿用地	0.18	0.09	0.00	0.00	1 032.48	0.00	0.00	0.00
	交通用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	117.18	0.00	0.00
	水域	29.07	6.57	16.65	28.17	7.56	0.54	780.57	0.99
	未利用地	15.39	15.21	211.41	249.75	13.86	0.63	8.37	1 478.70
		2010年							
地类名称 Types of land use	耕地 Cropland	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grass	城镇村工矿用地 Urban and rural construction land	交通用地 Traffic land	水域 Water area	未利用地 Unutilized land	
1989年	耕地	9 561.60	147.60	570.15	396.18	211.86	41.40	0.72	4.14
	园地	32.04	1 296.27	21.24	30.42	24.48	0.81	0.00	0.18
	林地	3.78	1.35	9 086.76	24.39	2.70	2.25	0.00	2.70
	草地	7.74	9.63	1 021.86	10 097.46	58.23	6.21	0.27	2.52
	城镇村工矿用地	0.18	0.09	0.00	0.00	913.95	0.00	0.00	0.00
	交通用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.07	0.00	0.00
	水域	66.06	11.16	36.45	48.96	15.39	2.07	780.03	5.13
	未利用地	54.27	24.39	295.83	287.91	23.40	1.08	8.37	1471.95

表4 1989—2010年不同时段各地类土地利用变化情况

Table 4 Changes of land use type from 1989 to 2010

地类名称 Types of land use	1989—2000年		2000—2010年		1989—2010年	
	面积变化/ km <sup>2</sup> Area change	单一土地利用 类型动态度/% Single dynamic degree	面积变化/ km <sup>2</sup> Area change	单一土地利用 类型动态度/% Single dynamic degree	面积变化/ km <sup>2</sup> Area change	单一土地利用 类型动态度/% Single dynamic degree
耕地	-329.55	-0.27	-879.01	-0.83	-1 208.60	-0.53
园地	79.32	0.51	1.35	0.01	80.68	0.27
林地	561.88	0.56	1 351.46	1.39	1 913.34	1.00
草地	-189.80	-0.15	-126.64	-0.11	-316.44	-0.13
城镇村工矿用地	119.38	1.20	213.70	2.08	333.08	1.75
交通用地	25.83	2.54	26.58	2.25	52.41	2.70
水域	-93.47	-0.88	-81.86	-0.94	-175.33	-0.87
未利用地	-173.46	-0.73	-505.71	-2.53	-679.17	-1.49

表5 1989—2010年不同时段土地利用总体变化情况

Table 5 General changes of land use from 1989 to 2010

%

不同时段土地利用总体变化情况 General changes of land use	年份 Year		
	1989—2000	2000—2010	1989—2010
土地利用综合动态度	0.14	0.34	0.23
土地利用程度变化率	0.25	0.13	0.38

退耕还林还草工程实施前(1989—2000年),耕地、草地、水域及未利用地减少,林地、城镇村工矿用地及交通用地增加。期间,耕地主要转变为草地,占耕地转出面积的41.00%,其次为林地,占耕地转出面积的22.50%。同时,草地转出面积的88.11%转向了林地。林地主要由草地(67.36%)和耕地(16.14%)转入,基本无转出。期间,草地的动态变化度最小,动态度仅为-0.15%,林地动态度为0.56%,耕地动态度为-0.27%。

退耕还林还草工程实施后(2000—2010年),耕地及未利用地显著减少,林地显著增加,城镇村工矿用地和交通用地持续增加。耕地减少速度加快,主要转向林地(45.46%)和草地(27.95%),转向林地的比例增加。在部分耕地转向草地的同时,大量草地转出,转出面积达731.52 km<sup>2</sup>,其中转向林地的面积占草地转出面积的93.62%,导致草地在数量上表现为减少。期间,耕地动态度指数为-0.83%,

林地为1.39%,草地为-0.11%。在这10年间,由于生态工程建设使张家口市大量后备土地资源得到开发,未利用地大面积减少,主要转向林地和草地,分别占未利用地转出面积的41.08%和48.53%,其动态度由1989—2000年的-0.73%变为-2.53%。

纵观整个研究时段(1989—2010年),从数量上看,园地和草地双向转换处于一种相对平衡的状态,而其他用地近乎单向转换,耕地、水域和未利用地持续减少,林地、城镇村工矿用地和交通用地持续增加。对比1989—2000年和2000—2010年2个研究时段,各种土地利用类型动态度指数均发生变化,其中,耕地、林地、城镇村工矿用地和未利用地动态变化幅度均增加,草地、园地动态变化幅度减小。可见,退耕前后虽然耕地在数量上均表现为减少,但退耕后减少幅度增强,退耕前耕地主要转向草地,而退耕后耕地主要转向林地。从空间上看,退耕还林还草工程主要集中于张家口市北部的张北县、康保县、

尚义县和沽源县等坝上地区,坝上四县林地增加面积占全市林地增加面积的42.92%。坝上地区干旱少雨,土地沙化面积大,是退耕还林还草工程的重点区域,自2000年实施退耕还林还草工程以来,坝上地下水水位止跌回升,空气质量连续保持京津冀最好,水系水质逐年好转<sup>[24]</sup>。可见,退耕还林还草工程的实施加剧了研究区土地利用/覆被变化过程和速度,林地覆盖度增加,利于防风治沙,促进了区域生态环境的可持续发展。

### 3.1.3 土地利用程度变化分析

张家口市三期土地利用程度综合指数分别为:1989年232.99,2000年233.57,2010年233.87。可见张家口市土地利用程度随着时间的增长处于上升趋势,但总体上变化不大。1989—2000年土地利用程度变化率为0.25%,2000—2010年土地利用程度变化率为0.13%。由于经济的发展,人口的增长,人类活动对区域土地利用的影响越来越大,土地利用程度提高是必然的趋势,但工程实施后土地利用程度变化率的降低表明该工程有减缓这种增长的作用,使土地自然属性的可利用程度有所提高,有利于土地资源的可持续发展。

## 3.2 景观格局变化分析

### 3.2.1 斑块水平景观格局变化分析

从整个研究时段看斑块水平的景观指数(表6),除水域和未利用地外,其他景观要素的边缘密度均呈增加趋势,且退耕还林还草工程实施后增加的速度更快,这表明景观斑块的空间拓展能力在增强,斑块之间物质、能量及其他信息的交换也随之加大<sup>[25]</sup>。形状指数和分维数都表示了斑块形状的复杂程度,耕地的形状指数和分维数增加,林地和草地的形状指数和分维数减少,其他地类的形状指数和分维数变化不大。这主要是由于退耕还林还草工程的实施,人为因素对林地和草地的干扰增加,使形状更趋向于规则。同时,林地的最大斑块指数和破碎度指数均呈上升趋势,说明林地空间在增加的同时破碎化程度也增大。而耕地的最大斑块指数和破碎度指数在研究时段均呈减小趋势,且工程实施后减小程度更大,因此该生态工程的实施对耕地景观破碎度降低有促进作用,耕地相对集中的经营更利于农作物的生产。可见,林地的形状趋于简单,而破碎化程度加大,耕地的形状趋于复杂,而破碎化程度降低。

表6 1989—2010年张家口市斑块水平景观指数

Table 6 Landscape indexes at patch level in Zhangjiakou city from 1989 to 2010

年份 Year	指标名称 Landscape indexes at patch level	耕地 Cropland	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grass	城镇村工矿用地 Urban and rural construction land	交通用地 Traffic land	水域 Water area	未利用地 Unutilized land
1989	边缘密度 ED	12.37	2.47	10.37	14.29	2.20	0.31	1.81	3.15
	平均形状指数 SI	1.15	1.09	1.18	1.14	1.02	1.00	1.03	1.08
	平均分维数 FD	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.00	1.01	1.01
	最大斑块指数 LPI	2.51	0.53	2.08	0.89	0.09	0.00	0.40	0.47
	破碎度指数 FN	0.30	0.04	0.25	0.30	0.02	0.00	0.03	0.06
2000	边缘密度 ED	12.71	2.63	11.52	14.82	2.43	0.39	1.68	3.01
	平均形状指数 SI	1.15	1.09	1.16	1.13	1.02	1.00	1.02	1.07
	平均分维数 FD	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.00	1.00	1.01
	最大斑块指数 LPI	2.18	0.53	2.09	1.10	0.12	0.00	0.38	0.17
	破碎度指数 FN	0.29	0.04	0.26	0.30	0.03	0.00	0.02	0.05
2010	边缘密度 ED	13.60	2.78	14.32	15.88	2.98	0.49	1.57	2.38
	平均形状指数 SI	1.16	1.08	1.12	1.12	1.02	1.00	1.02	1.07
	平均分维数 FD	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.00	1.00	1.01
	最大斑块指数 LPI	1.03	0.30	2.19	0.79	0.16	0.00	0.36	0.14
	破碎度指数 FN	0.26	0.04	0.30	0.30	0.03	0.00	0.02	0.04

### 3.2.2 景观水平景观格局变化分析

通过景观水平的景观指数(表7)可以看出研究时段内,张家口市景观多样性指数先增加后减小的变化趋势,由1989年的1.56增加到2000年的1.57,随后减少为2010年的1.55,相应地景观优势度指数先减小后增加,但总体上呈增加趋势,由1989年的0.52减少为2010年的0.51,随后增加至2010年的0.53。可见,2000年退耕还林还草工程实施后,林地对当地景观的控制程度增强,林地、耕地、草地构成了当地主要景观,景观多样性指数降低,景观格局趋于均衡化。同时,景观破碎度指数持续增加,1989年为0.12,2000年为0.13,2010年为0.16。通过对比各地类景观破碎度指数发现,这主要是由于林地破碎度增加造成的。自2000年张家口市实施了大规模退耕还林还草及荒山造林工程,使得林地斑块呈现破碎化。同时由于研究时段内的

快速交通道路建设也造成了景观破碎化。根据张家口市交通建设用地数据,1989年张家口市交通用地面积为92.37 km<sup>2</sup>,2000年为118.19 km<sup>2</sup>,2010年为144.78 km<sup>2</sup>。近20年间张家口市交通用地面积增加了56.7%。已有研究表明,交通道路建设可加剧景观破碎化<sup>[26-29]</sup>。虽然退耕还林还草工程可以降低景观破碎化,且可能有利于生态环境的改善<sup>[16]</sup>,但2000年后由于人类活动对土地利用的压力和干扰加强,对于生态环境的影响加剧,退耕还林还草工程不能完全逆转人类活动对于土地利用程度的影响,人类活动对景观的影响强于退耕还林还草工程的影响,则出现景观破碎化。平均形状指数和平均分维数均呈减小趋势,并逐渐趋于1,表明退耕还林还草工程引起的土地利用变化有利于减弱景观形状的复杂程度,景观的自我相似性增强。

表7 1989—2010年张家口市景观水平景观指数

Table 7 Landscape pattern indexes at landscape level in Zhangjiakou City from 1989 to 2010

年份 Year	多样性指数 H Landscape diversity index	优势度指数 D Landscape dominance index	破碎度指数 FN <sub>1</sub> Landscape fragmentation index	平均形状指数 SI Mean shape index	平均分维数 FD Mean fractal dimension
1989	1.56	0.52	0.12	1.12	1.02
2000	1.57	0.51	0.13	1.11	1.01
2010	1.55	0.53	0.16	1.10	1.01

## 4 结论与讨论

### 4.1 讨论

近20年来张家口市土地利用/覆被变化过程显著,特别是退耕还林还草工程实施后,土地利用变化程度和速度加剧,耕地减少幅度增大,草地减少幅度减小,林地增加幅度增大,但是,张家口市林地的增加除退耕还林还草工程的影响外,还有荒地造林、沙地造林等多种原因。如2000年张家口市开始实施京津风沙源治理工程,截至2010年底,累计完成任务503 480 hm<sup>2</sup>,塞北林场建设从1999年开始实施,截至2010年底,累计完成人工造林73 813.33 hm<sup>2</sup>,数据来源于张家口市林业局网站(<http://www.zjkly.gov.cn/article/20111102/000472147-2011-01031.html>)。在本研究中由于数据资料所限,未能将退耕还林还草工程与其他影响因素导致的增加的林地面积分离出来,未来将有待进一步完善此项工作。通过实地调查发现,目前,张家口市退耕还林效

果优于退耕还草,退耕还草工程的推进可能是未来关注的重点。

同时,研究结果发现,研究区景观多样性减小,景观破碎化程度加大,景观斑块形状趋于简单,这表明人类活动对景观的干扰增大,甚至超过了退耕还林还草工程的影响程度。2000—2010年是张家口经济快速发展的10年,交通建设用地面积大幅度增加,期间增加了26.59 km<sup>2</sup>。一方面如道路建设等人类活动对景观的影响程度加大,另一方面道路建设使得退耕的林地可能相对分散,加剧了景观破碎化。因此,在今后退耕还林还草工程实施的规划中,在保证林地数量增加的同时,应全面考虑其他人类活动对于景观格局的影响,降低人类活动对生态景观的干扰,促进生态系统健康发展。

### 4.2 结论

近年来,京津风沙源治理生态工程得到了国家的广泛关注,其对于巩固我国北方防沙带,遏制沙尘危害,至关重要。张家口市位于北京的上风口,是北京



京的北大门,也是生态工程建设的主要地区,张家口市的退耕还林还草工程是涉及土地面积最多的生态工程。对于具有生态脆弱区和经济贫困区双重身份的张家口市,退耕还林还草工程是导致土地利用/覆被产生较大变化的主要原因。研究的主要结论包括:

1)耕地、林地和草地是张家口市主要土地利用类型,占张家口市总面积的85%左右。退耕还林还草工程实施前后,耕地均呈减少趋势,但工程实施后耕地减少幅度增加,动态指数由-0.27%变为-0.83%,且工程实施后耕地转向林地的比例增加,在耕地的转出面积中,退耕前有22.50%转为林地,退耕后有45.46%转向林地,退耕前有41.00%转向草地,退耕后有27.95%转向草地。林地增加幅度由退耕前的0.56%变为退耕后的1.39%。

2)随着退耕还林还草工程的实施,在各景观要素中,林地逐渐趋于主导地位。林地的形状趋于简单,破碎化程度加剧,而耕地的形状趋于复杂,破碎化程度降低。

3)1989—2000年,张家口市景观多样性降低,破碎化程度增加,景观形状趋于简单。这主要是因为2000—2010年张家口市社会经济快速发展,人类对土地利用和干扰程度加大,人类活动对景观格局的影响大于退耕还林还草工程对景观格局的影响所致。

### 参 考 文 献

- [1] 仝小林. 延安退耕还林工程实施现状与发展趋势[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006
- [2] 刘东生,谢晨,刘建杰,等. 退耕还林的研究进展、理论框架与经济影响:基于全国100个退耕还林县10年的连续监测结果[J]. 北京林业大学学报:社会科学版,2011,10(3):74-81
- [3] Wang X H, Bennett J, Xie C, et al. Estimating non-market environmental benefits of the conversion of cropland to forest and grassland program: A choice modeling approach[J]. *Ecol Econ*,2007,63:114-125
- [4] Wang C, Ouyang H, Maclaren V, et al. Evaluation of the economic and environmental impact of converting cropland to forest: A case study in Dunhua county, China[J]. *J Environ Manage*,2007,85:746-756
- [5] Peng H, Cheng G, Xu Z, et al. Social, economic, and ecological impacts of the "Grain for Green" project in China: A preliminary case in Zhangye, Northwest China[J]. *J Environ Manage*,2007,85:774-784
- [6] Zhou D C, Zhao S Q, Zhu C. The Grain for green project induced land cover change in the Loess Plateau: A case study with Ansai County, Shanxi Province, China[J]. *Ecol Indic*,2012,23:88-94
- [7] 周涛,李天宏. 陕西省退耕还林(草)前后LUCC对生态系统服务的影响[J]. *水土保持研究*,2014,21(2):246-250
- [8] 孙新章,谢高地,甄霖. 泾河流域退耕还林(草)综合效益与生态补偿趋向:以宁夏回族自治区固原市原州区为例[J]. *资源科学*,2007,29(2):194-200
- [9] 李国平,张文彬. 退耕还林生态补偿契约设计及效率问题研究[J]. *资源科学*,2014,36(8):1670-1678
- [10] 樊新刚,米文宝,杨美玲. 宁南山区退耕还林还草的生态补偿机制探讨[J]. *水土保持研究*,2005,12(2):174-177
- [11] Liang Y C, Li S Z, Feldman M W, et al. Does household composition matter? The impact of the grain for green program on rural livelihoods in China[J]. *ECOL ECON*,2012,75:152-160
- [12] 陈海,郝静,梁小英,等. 农户土地利用行为对退耕还林政策的响应模拟:以陕西省米脂县高渠乡为例[J]. *地理科学进展*,2013,32(8):1246-1256
- [13] 刘秀丽,张勃,郑庆荣,等. 黄土高原土石山区退耕还林对农户福祉的影响研究:以宁武县为例[J]. *资源科学*,2014,36(2):397-405
- [14] Lu Q S, Xu B, Liang F Y, et al. Influences of the Grain-for-Green Project on grain security in southern China[J]. *Ecol Indic*,2013,34:616-622
- [15] 裴新富,甘枝茂,刘啸. 黄河流域退耕还林有关技术问题研究[J]. *干旱区资源与环境*,2003,17(3):98-102
- [16] 周德成,赵淑清,朱超. 退耕还林还草工程对中国北方农牧交错区土地利用/覆被变化的影响:以科尔沁左翼后旗为例[J]. *地理科学*,2012,32(4):442-449
- [17] 田媛,许月卿,郭洪峰,等. 基于多分类 Logistic 回归模型的张家口市农用地格局模拟[J]. *资源科学*,2012,34(8):1493-1499
- [18] 孙丕苓,杨海娟. 商洛市土地利用结构优化的情景分析[J]. *水土保持通报*,2012,32(2):200-205
- [19] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等. 1976年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. *地理学报*,2014,69(1):53-64
- [20] 刘纪远. 西藏自治区土地利用[M]. 北京:科学出版社,1992:60
- [21] 李秀珍,布仁仓,常禹,等. 景观格局指标对不同景观格局的反应[J]. *生态学报*,2004,24(1):123-134
- [22] 张金屯,邱扬,郑凤英. 景观格局的数量研究方法[J]. *山地学报*,2000,18(4):346-352
- [23] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2001:206-207
- [24] 耿建扩. 张家口生态环境得到有效恢复[N]. *光明日报*,2014-05-14(1)
- [25] 孙楠,王京民,赵鹏祥,等. 基于GIS的黄龙山林区森林景观格局分析[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*,2013,41(9):61-67
- [26] Liu S L, Dong Y H, Deng L, et al. Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: A case study in the Lancang River Valley[J]. *Ecol Indic*,2014,36:160-168
- [27] 蔡雪娇,吴志峰,程炯. 基于核密度估算的路网格局与景观破碎化分析[J]. *生态学杂志*,2012,3(1):158-164
- [28] 刘佳妮,李伟强,包志毅. 道路网络理论在景观破碎化效应研究中的运用:以浙江省公路网络为例[J]. *生态学报*,2008,28(9):4352-4362
- [29] 李双成,许月卿,周巧富,等. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析[J]. *地理科学进展*,2004,23(5):78-85

责任编辑:王燕华