

# 1974—2019 年大清河流域土地利用景观时空变化

李 硕<sup>1,2</sup>, 沈占锋<sup>1,3</sup>, 柯映明<sup>1,3</sup>, 李均力<sup>4,5</sup>, 许泽宇<sup>1,3</sup>,  
王浩宇<sup>1,3</sup>, 焦淑慧<sup>1,3</sup>, 李 璐<sup>1,3</sup>, 李苓苓<sup>6</sup>

(1.中国科学院 空天信息创新研究院, 北京 100101; 2.中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049;  
3.中国科学院大学, 北京 100049; 4.绿洲与荒漠国家重点实验室, 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011;  
5.新疆遥感与地理信息系统应用重点实验室, 乌鲁木齐 830011; 6.应急管理部国家减灾中心, 北京 100124)

**摘 要:**为探究大清河流域 46 年来土地利用类型的时空演变及驱动力影响,利用 1974—2019 年间 8 期 Landsat 卫星影像,从面积变化、类型转换、景观指数 3 个角度分析大清河流域土地利用变化特征,并从自然环境和社会经济 2 方面讨论土地利用类型变化的驱动力影响。研究表明:(1) 1974—2019 年建设用地持续增加,耕地、水域面积先增后减,林地面积先减小后增大,未利用地与草地面积波动较小,土地利用类型转换程度逐渐缓和。(2) 建设用地在平原地区的中心城市周边加速扩张,年增长率约为 5%,主要流入类型为耕地、草地与未利用地。(3) 耕地面积先增加后减少,由单向转入变为双向流转。在 1974 年之后,因为人口扩张,降水减少等因素,耕地在太行山东麓扩张约 4 866 km<sup>2</sup>。1988 年之后因城镇化建设原因,耕地每年以 4.97% 的速度锐减,在 2001 年受退耕还林还草政策的影响,林地、草地面积分别增加 1 390 km<sup>2</sup>, 2 435 km<sup>2</sup>。(4) 耕地进入双向流转时期后,以河北省为例,转出面积约 10 252 km<sup>2</sup>,同样存在耕地转入 7 569 km<sup>2</sup>,耕地保护政策极大地缓和了建设用地与耕地的冲突。

**关键词:**大清河; 遥感; Landsat; 土地利用类型; 驱动力; 耕地; 建设用地

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2021)01-0195-09

## Spatial-Temporal Variation and Driving Forces of Land Use Types in the Daqing River Basin from 1974 to 2019

LI Shuo<sup>1,2</sup>, SHEN Zhanfeng<sup>1,3</sup>, KE Yingming<sup>1,3</sup>, LI Junli<sup>4,5</sup>, XU Zeyu<sup>1,3</sup>,  
WANG Haoyu<sup>1,3</sup>, JIAO Shuhui<sup>1,3</sup>, LI Lu<sup>1,3</sup>, LI Lingling<sup>6</sup>

(1. *Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*;  
2. *College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*;  
3. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 4. *State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China*; 5. *Key Laboratory of GIS & RS Application, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China*; 6. *National Disaster Reduction Center of China, Beijing 100124, China*)

**Abstract:** In order to explore the land use types and driving forces in the Daqing River Basin for 46 years, the eighth Landsat satellite image of 1978—2019 was used. From the perspectives of area change, type change and landscape pattern change, the spatial-temporal changes of land use in the Daqing River Basin in 46 years were analyzed, and the driving forces of land change types were explained from the aspects of natural environment and socio-economic aspects. The results show that: (1) during 1974—2019, the built-up areas increased continuously, the cultivated land and water area were increasing in the former years and then decreasing in the latter years, while the forest areas were performing the opposite trend; the unutilized land and grassland kept steadily, the intensity of land use changes kept stable after dramatic changes; (2) in the plain area, built-up areas around the central city expanded correspondingly in a rapid rate, and the annual

收稿日期: 2020-03-29

修回日期: 2020-05-01

资助项目: 国家重点研发计划项目(2017YFB0504204, 2018YFB0505000, 2016YFC0803109); 国家自然科学基金(41971375, 41671034); 2018 年新疆维吾尔自治区柔性引进人才项目

第一作者: 李硕(1994—), 男(回族), 河南新乡人, 硕士研究生, 研究方向为遥感信息提取。E-mail: lishuo191@mails.ucas.ac.cn

通信作者: 沈占锋(1977—), 男, 黑龙江大庆人, 博士, 研究员, 研究方向为遥感信息计算。E-mail: shenzf@radi.ac.cn

growth rate was about 5%; farmland, grassland and unutilized land were the main inward land types used for the built-up area; (3) the cultivated land area was increasing in the former years and then decreasing in the latter years, the overall cultivated land transformations had shifted from single inward transformation to outward and inward transformations; after 1974, because of population expansion, precipitation reduction and other factors, the cultivated land expanded about 4 866 km<sup>2</sup> in the eastern foot of Taihang Mountain; after 1988, considering the urbanization, the cultivated land was decreasing sharply at the rate of 4.97% every year; in 2001, because of the policy of returning farmland to forest and grassland, the forest areas and grassland increased by 1 390 km<sup>2</sup> and 2 435 km<sup>2</sup>, respectively; (4) after the overall cultivated land transformations had been outward and inward transformations, for example, Hebei Province, the area of inward land types was about 10 252 km<sup>2</sup>, and the outward area was 7 569 km<sup>2</sup>. The policy of cultivated land protection plays an important role to resolve the conflict between construction land and cultivated land.

**Keywords:** Daqing River; remote sensing; Landsat; land use type; driving force; farmland; construction land

土地是制约人类生存与发展的重要自然基础之一<sup>[1]</sup>。近年来,华北平原建设用地扩张明显,耕地数量明显下降,林地资源波动性大<sup>[2]</sup>。大清河流域地处海河流域中部,作为京津冀地区的重要生态屏障,受自然环境与社会经济的多方面因素影响,生态环境复杂脆弱,主要表现为耕地退化、河道断流与湖塘干淀<sup>[3]</sup>。随着京津冀协同发展战略的推进,2017 年河北“雄安新区”的划定,成为“千年大计、国家大事”<sup>[4]</sup>,在城镇化过程中,出现建设用地挤占耕地现象<sup>[5]</sup>,为充分研究大清河流域耕地与建设用地之间的关系,构建耕地保护与城镇化的可持续发展模式,研究该区域长时间序列上的土地利用变化过程及驱动力影响就显得尤为必要。

目前,大量学者基于遥感技术与方法对该区域的土地利用展开研究工作,并取得了一定的研究成果。刘纪远等<sup>[6]</sup>从全国及分区角度研究了 2010—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征,研究指出在华北地区最主要的土地利用类型变化就是耕地转为建设用地。杨勇等<sup>[7]</sup>利用随机前沿生产函数,探究在华北平原土地利用变化对县域粮食生产效率的影响,研究表明耕地斑块密度、多样性指数的提高对于粮食生产效率的提升具有负作用。郭晓楠等<sup>[8]</sup>以河北南和县为例,研究土地整理耕地潜力评价,论证了项目整理可以大幅度提高耕地经济效益的观点。陈明叶等<sup>[9]</sup>研究了大清河流域中土地利用景观格局及生态系统服务价值变化规律,得出不同时期林地生态系统服务价值对研究区生态系统总服务价值贡献率最大的研究结论。由于研究区尺度选取不同、流域土地利用时空变化特征研究不足等原因,导致目前尚缺乏对大清河流域长时间序列的细致监测分析。

本文利用大清河流域 1974—2019 年 8 期 Landsat 卫星遥感影像,采用面向对象的土地利用信息提

取方法并结合后期少量人工判读手段,获取了该流域不同时期土地利用结果。从面积变化、类型变化与景观格局变化 3 个角度分析 46 a 间大清河流域土地利用类型变化特征,并从自然环境、社会经济 2 个方面探究影响土地覆被的驱动力。为进一步提高大清河流域土地利用效率,增强区域发展的科学性以及合理性提供地理信息支撑<sup>[10]</sup>。

## 1 研究区概况

大清河属海河五大支流之一,研究区位于 38°10′—40°00′N,113°40′~117°00′E,总面积达 43 296 km<sup>2</sup>。该流域高程由西北向东南递减,其中东部平原面积 22 946 km<sup>2</sup>,西部丘陵山区面积为 20 349 km<sup>2</sup>。水系主要有南北两支,呈扇形分布。内部主要河流包括拒马河及大清河等,均汇入白洋淀<sup>[11]</sup>。流域地处温带大陆性季风气候区,年平均气温 11.8℃,年平均降水量为 583.6 mm。为更好描述土地利用类型的时空变化,将大清河流域划分为东部(I)、中西部(Ⅱ)、西部(Ⅲ)三大区域(见图 1),其中东部平原分布在大清河流域下游,高程不超过 100 m,绝大多数地区在 50 m 以下,是大清河流域经济较发达地区和主要农耕区,包括北京房山区部分地区、天津大港区、静海县、廊坊固安县、大城县,沧州任丘市、河间市,衡水安平县、饶阳县部分地区、保定主城区、高碑店市及阜平县,石家庄新乐市,面积约占 53.0%;中西部丘陵低山区主要分布在大清河中游,高程在 100~200 m,地势崎岖,水土流失较为严重,是大清河流域泥沙的主要来源,包括北京房山区一部、保定涞水县、曲阳县,石家庄行唐县、灵寿县,面积约占 28.4%;西部中山区高程在 200 m 以上,山峦叠嶂,植被保护较好,是大清河主要发源地,包括保定阜平县、涞源县、张家口涿鹿县,面积约占 18.5%。研究区地理位置如图 1 所示。

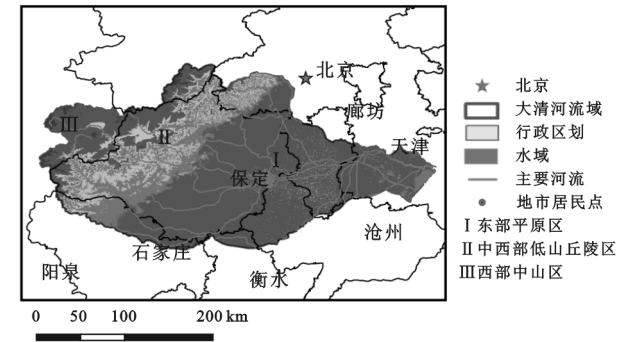


图 1 研究区

2 数据与方法

2.1 数据

选取 1974—2019 年 8 期共 77 景 Landsat 系列卫星遥感影像,如表 1 所示。影像选取过程中避免了年度极端天气及云层干扰,并主要选用 6—9 月的遥感影像,以更好区分林地、耕地与草地等不同的植被类型。影像预处理包括辐射定标、大气校正、几何校正等步骤。

流域的气温、降水、蒸发量等数据来自国家气象数据中心,县域人口数据源自综合统计年鉴。

表 1 1974—2019 年 Landsat 影像数据

年份	覆盖月份	条带号		传感器
		Path	Row	
1974	6	131—134	32—34	Landsat1 MSS
1988	6,9,10	122—125	32—34	Landsat5 TM
1995	6,7,8,9	122—125	32—34	Landsat5 TM
2001	7,8,9	122—125	32—34	Landsat5 TM
2006	5,6	122—125	32—34	Landsat5 TM
2013	7,8,9,10	122—125	32—34	Landsat8 OLI
2016	7,8,9,10	122—125	32—34	Landsat8 OLI
2019	7,8,9,10	122—125	32—34	Landsat8 OLI

2.2 方法

2.2.1 面向对象的土地利用信息提取 根据土地利用现状分类标准<sup>[12]</sup>中的分类体系,结合大清河流域实际现状建立耕地、建设用地、林地、草地、水体、未利用地 6 个地类。首先,利用面向对象的分类软件 eCognition 对遥感影像进行分割,把图像分割成若干个互不相交的非空子区域,即分类对象。然后,通过波段计算得出改进后的归一化水体指数(MNDWI)、归一化植被指数(NDVI)、归一化不透水面指数(NDISI),结合高程、坡度等信息建立适用于大清河流域的决策树分类模型,如图 2 所示,依此法进行土地利用信息提取并结合少量人工判读方法,获取 1974—2019 年 8 期的大清河流域土地利用分类结果。本研究制图精度均在 87.35% 以上,平均制图精度达 92.31%。

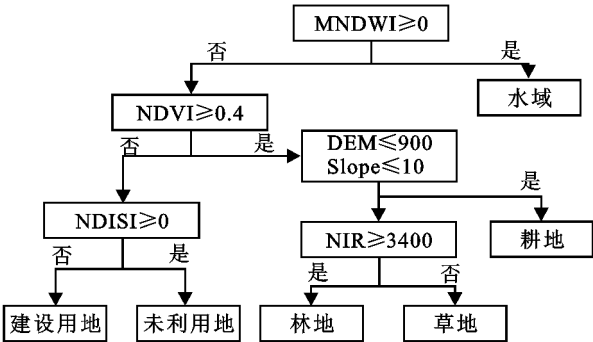


图 2 决策树分类模型

2.2.2 影像变化分析方法

(1) 土地类型年动态率与类型转移矩阵。土地利用类型年动态率以及类型转移矩阵能反映一段时间内土地类型变化情况<sup>[13]</sup>,土地类型年动态率指从起始年份到终止年份不同土地利用类型面积数量与所占百分比变化,计算方法如下:

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

式中:K 为所研究类型土地的变化率;U<sub>a</sub>、U<sub>b</sub> 分别为研究期初、末所研究类型土地利用类型面积;T 为研究时长。

土地利用转移矩阵的理论基础是系统分析中对系统状态与状态转移的定量计算<sup>[14]</sup>。通常土地利用转移矩阵中行表示 T<sub>1</sub>时刻土地利用类型,列表示 T<sub>2</sub>时刻土地利用类型。P<sub>ij</sub>表示 T<sub>1</sub>—T<sub>2</sub>期间 i 土地类转换为 j 土地类型占 i 土地总面积的百分比;P<sub>ii</sub>表示 T<sub>1</sub>—T<sub>2</sub>期间 i 土地利用类型仍保持不变的面积百分比。基于各年份的土地利用类型结果数据进行分析,并制作土地类型转换矩阵以及土地利用类型动态空间分布图。

(2) 景观格局指数分析。景观格局指数通过对景观格局信息的抽象化,可以反映该地区土地结构组成与空间配置特征<sup>[15]</sup>。根据研究区特点选取类型水平指数与景观水平指数两方面进行研究,其中类型水平指数选取斑块密度 PD(Patch Density)、聚集度指数 COHESION(Patch Cohesion Index)、面积加权平均分维数 FRAC\_AM(Area-Weighted Mean Fractal Dimension Index)、最大斑块指数 LPI(Largest Patch Index)。通过类型水平上的景观指数计算,可以得出该区域不同土地类型的空间斑块在空间上的异质性和聚集度,以及不同类型土地所受人为干扰程度。在景观水平指数中选取聚集度指数 CONTAG(Contagion Index)、斑块个数 NP(Number of Patches)、香农多样性指数 SHDI(Shannon's Diversity Index)、景观形状指数 LSI(Landscape Shape Index)。通过对景观水平上的景观指数计算,可以得到大清河流域不同类型土地在整个研究区空间占优程度、景观形状、空间联通性及景观破碎程度<sup>[16]</sup>。



3 结果与分析

3.1 1974—2019 土地利用类型面积变化特征

3.1.1 土地利用类型现状与研究阶段划分 如图 3—4 所示,2019 年,大清河流域建设用地在平原地区分布广泛,呈现“棋盘式”分布,在西部、中西部地区多呈不规则聚集分布,可达 11 117 km<sup>2</sup>。

耕地呈现先增后减趋势,分布在东部、中部平原

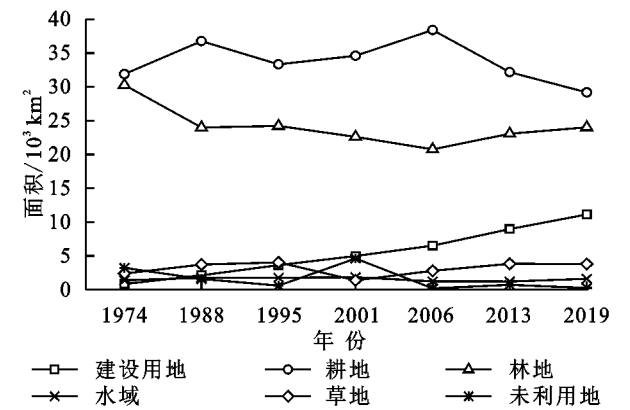
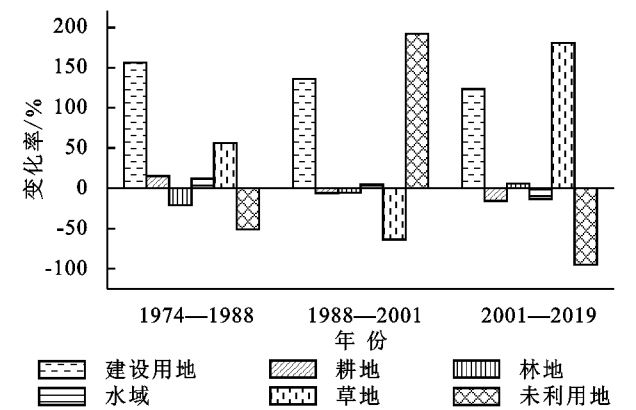


图 3 1974—2019 年大清河流域土地利用类型面积变化

不同时期的土地政策对于土地资源分配具有重要影响以及强制约束力,1982—1986 年“5 个一号文件”的重要指导作用,使得粮食产量达历史最高,农村建设用地不断增大,标志着土地资源意识开始觉醒。1997 年《关于进一步加强土地管理切实保护耕地的通知》、2000 年《关于促进小城镇健康发展的若干意见》、《关于进一步做好退耕还林还草试点工作的若干

以及中西部居民点周围,面积为 29 175 km<sup>2</sup>;水体面积受降水、蒸发以及下垫面等的综合影响,最终面积约为 1 580 km<sup>2</sup>;草地面积多年来基本稳定,多分布在耕地、林地周围,面积约为 3 781 km<sup>2</sup>;林地主要分布在西部山区、中西部低山丘陵区,受前期垦荒与后期保护的双重影响,面积为 23 999 km<sup>2</sup>;未利用地区多分布于东部、中部地区的居民点周围,面积约为 227 km<sup>2</sup>。



意见》3 个重要文件进一步规范了城镇土地利用,对于耕地保护、提高土地利用率具有重要意义,标志着对于土地的保护政策体系基本形成。2007 年,“18 亿亩耕地红线”的划定标志着对于土地保护体系的日趋完善。为提高研究区土地利用特征描述的科学性与合理性,将 1974—2019 年划分为三大阶段,即 1974—1988 年、1988—2001 年、2001—2019 年。

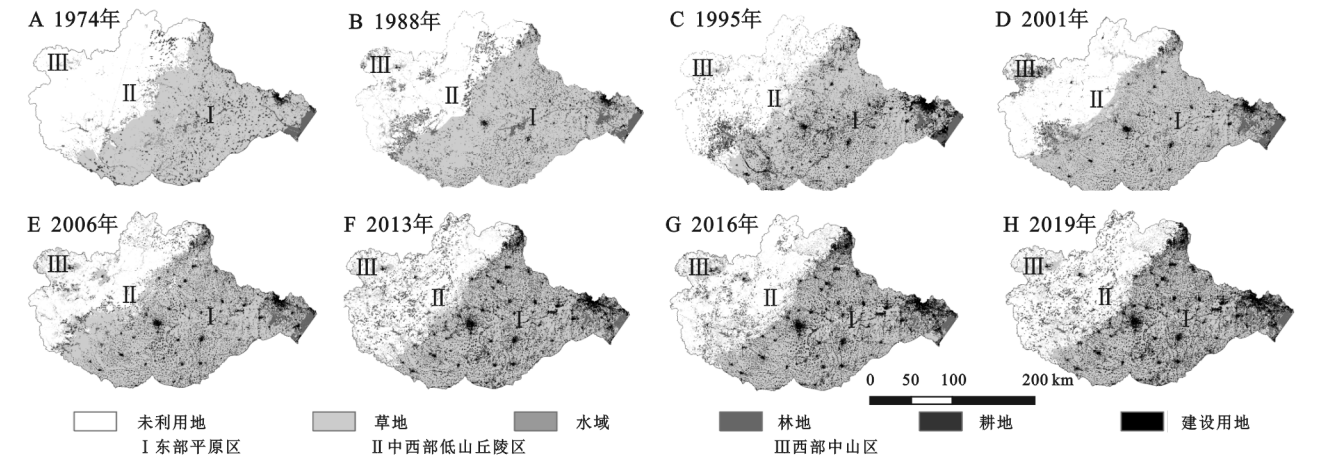


图 4 1974—2019 大清河流域土地覆被变化

3.1.2 耕地与建设用地面积变化特征 根据流转面积的大小,该流域土地利用类型流转的主要方式包括以下几种变化形式,依次为:耕地转化为建设用地、林地转化为耕地、林地退化为草地、裸地转化为耕地、裸地转化为建设用地、草地转化为耕地。除了林地与草地的相互流转外,其余 5 种转化形式都与耕地与建设用地有关。由此可知,大清河流域土地利用变化的核

心类型是耕地与建设用地。 如表 2 所示,建设用地的转入类型在在前期主要以草地、未利用地为主,后又挤占大量耕地。1974—1988 年,虽然增速较大,但主要是草地和未利用地转化为建设用地;在 1988 年以后占用耕地现象频发。由此可知,在进行城市扩张的初期,为了保证粮食产量,先将未利用土地以及草地开发为建设用地,而后

随着城镇化的加快,在有限的土地资源制约下,建设用地侵占耕地问题日益突出。

如表 2—4 所示,耕地的转入主要以草地、未利用地为主,同时也存在部分池塘、湿地退化为水田,将丘陵地区林地开垦为耕地。在 1974—1988 年,未利用地、草地的开垦比率较大,水田开垦比例在 23.74%。如表 3 所示,1988 年之后草地、未利用地的开垦比例开始下降,这是因为草地等类型土壤肥力较好、开垦难度较低。后期能继续开垦的草地面积已经很小。由于水田的经济效益明显好于旱地,使得湿地退化为水田、耕地现象严重<sup>[17]</sup>。

耕地的转出地类主要以建设用地、草地、林地、未利用地为主。在 1974—1988 年,耕地面积呈扩张趋势,几乎没有转出;在 1988 年后,出现建设用地加速侵占耕地的趋势。如表 4 所示,在 2001—2019 年,建设用地侵占耕地面积已达 13.90%。同时由于退耕还林还草的政策影响,分别有 10.05%,4.29%的耕地流转为林地、草地。

表 2 1974—1988 年土地利用类型转移矩阵							
年份	类型	1988 年					
		建设用地	耕地	林地	水域	草地	未利用地
1974 年	建设用地	96.07	2.43	0.20	0.22	1.06	0.02
	耕地	2.95	90.78	0.04	1.67	4.56	0.00
	林地	0.29	11.21	77.66	0.38	5.46	4.99
	水域	3.84	23.72	2.23	68.05	2.04	0.12
	草地	5.00	66.51	9.24	1.52	17.28	0.45
	未利用地	5.03	77.27	7.36	4.22	4.74	1.39

表 3 1988—2001 年土地利用类型转移矩阵							
年份	类型	2001 年					
		建设用地	耕地	林地	水域	草地	未利用地
1988 年	建设用地	97.86	1.22	0.03	0.16	0.12	0.61
	耕地	7.01	83.56	0.65	1.22	0.94	6.62
	林地	0.25	6.53	84.95	0.06	2.73	5.48
	水域	1.49	15.95	1.60	75.19	0.37	5.40
	草地	6.94	51.10	25.59	1.20	4.44	10.73
	未利用地	0.74	64.28	6.29	0.05	7.89	20.75

表 4 2001—2019 年土地利用类型转移矩阵							
年份	类型	2019 年					
		建设用地	耕地	林地	水域	草地	未利用地
2001	建设用地	98.39	1.44	0.08	0.04	0.02	0.02
	耕地	13.90	70.64	10.05	0.62	4.29	0.49
	林地	0.57	7.19	82.16	0.79	9.19	0.10
	水域	5.27	32.14	2.43	59.25	0.83	0.07
	草地	11.31	34.35	47.46	0.62	5.77	0.49
	未利用地	22.75	43.74	28.05	2.09	2.81	0.57

1974—2019 年,大清河流域土地利用类型变化动态如图 5 所示,该地域土地类型变化特征主要包含

以下两个方面:

(1) 建设用地呈现连续扩张趋势,且主要分布在东部、中部平原与西部的高山盆地,多以耕地或林地转化为建设用地。1974—2019 年,在东部地区,共计有 8 325 km<sup>2</sup>面积的耕地转化为建设用地;从扩张规模与区域看,城市建设用地扩张规模大于农村、东部大于西部、平原大于山区;从扩张速度看,建设用地增幅不断加大,在 3 个时期内建设用地扩张速度分别为:91.85 km<sup>2</sup>/a,220.30 km<sup>2</sup>/a,341.28 km<sup>2</sup>/a。建设用地对耕地的侵占呈现加剧趋势,围绕中心城区“摊大饼式”扩张问题突出。1988 年之后,东部、中部平原地区加大了对草地、未利用的开发程度,分别有 402 km<sup>2</sup>,1 053 km<sup>2</sup>的草地、未利用地成为建设用地。

(2) 1974—1988 年,耕地处于单向转入期且面积显著增加。耕地的扩张主要在中西部低山丘陵区,集中于保定市太行山东麓,将水土肥力较好的林地开垦为耕地,开垦面积达 3 391 km<sup>2</sup>;1988 年之后,耕地变化由单向转化变为双向转化,耕地转入、转出程度剧烈,垦荒速度放缓。耕地的转入由初期的城镇周边变为边远地区、由大清河上游变为下游、由开垦旱地变为开垦水田、由大范围开垦变为小区域垦荒。同时又出现,原先开垦的耕地又被建设用地挤占,这在中部的保定中心城区、北京房山区、天津的大港区表现明显;2001 年后,耕地变化程度加剧。中西部地区的早期开垦的耕地出现退耕还林还草现象,分别有 3 477 km<sup>2</sup>,1 485 km<sup>2</sup>耕地重新变为林地、草地。在此时期,耕地的转入量小于耕地的转出量。

### 3.2 1974—2019 大清河流域景观变化特征

3.2.1 类型水平变化特征 为了反映大清河流域不同土地类型的空间变化特征,分别计算 1974—2019 年大清河流域在类型水平的景观指数变化,结果如图 6 所示。

(1) 斑块密度(PD)变化可以反映景观的破碎程度,建设用地的斑块密度最大,其次是林地。1995 年、2006 年建设用地斑块密度略有下降,在 1974—2019 年建设面积、林地的斑块密度逐渐增大,说明该种土地类型不断细碎化。(2) 最大斑块指数(LPI)反映不同土地类型的聚合程度。耕地、林地的最大斑块指数远大于其他类型但数值逐渐降低,说明林地、耕地在大清河流域中的景观主导性正在降低。建设用地的最大斑块指数逐渐增大,即建设用地在空间上呈现聚合趋势。(3) 面积加权平均分维数(FRAC\_AM)表示土地利用类型分布的规则化程度。林地、耕地的平均分维数高于其他类型,由于耕地与林地面积较大,景观形状呈不规则分布,范围较为稳定,受人为干预较小。而建设用地多与人类活动有关,在景观

特征上受人为扰动较大,其平均分维数显著增大。  
(4) 聚集度指数(COHESION)表示不同土地类型在空间分布上的聚集性程度。由于水域之间较好的联通性,以及耕地与林地的巨大面积,因而耕地与林地、

水域的聚集度指数均大于 95%。由于建设用地集中连片式发展的特点,其集聚度指数呈增大趋势,而未利用地被耕地、建设用地等不断挤压、切割逐渐破碎,聚集度指数逐渐减小。

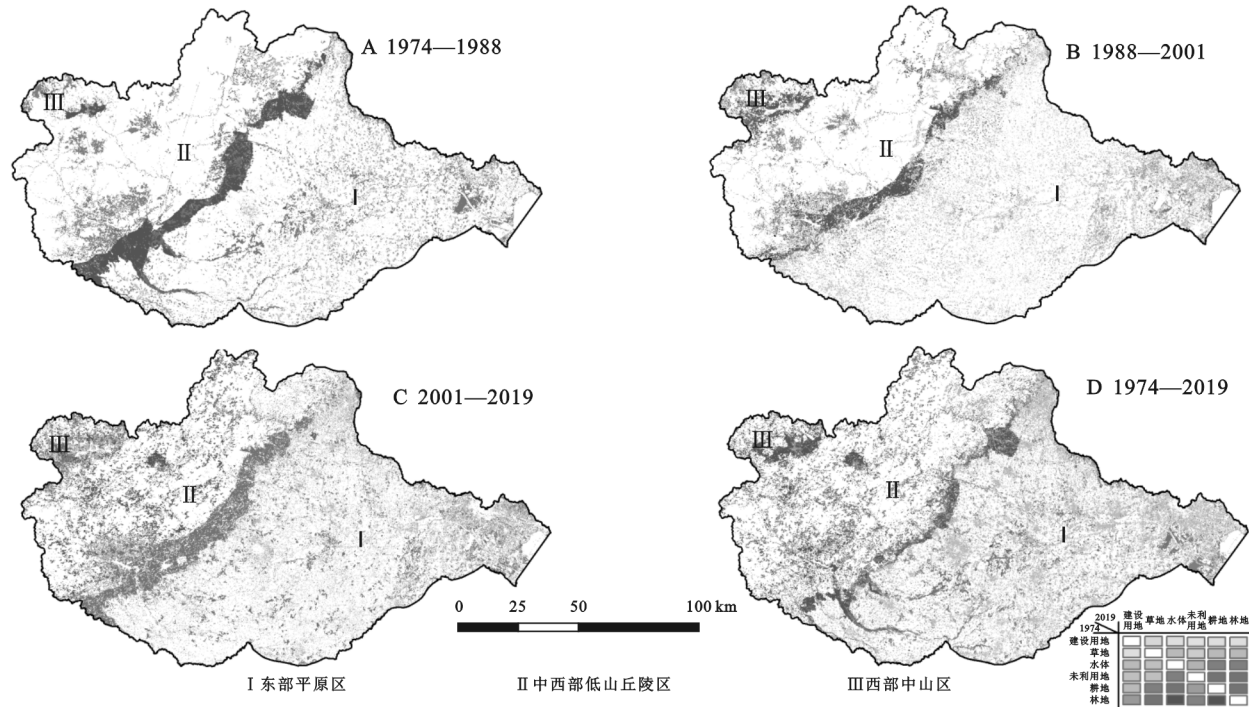


图 5 1974—2018 年大清河流域土地利用类型动态

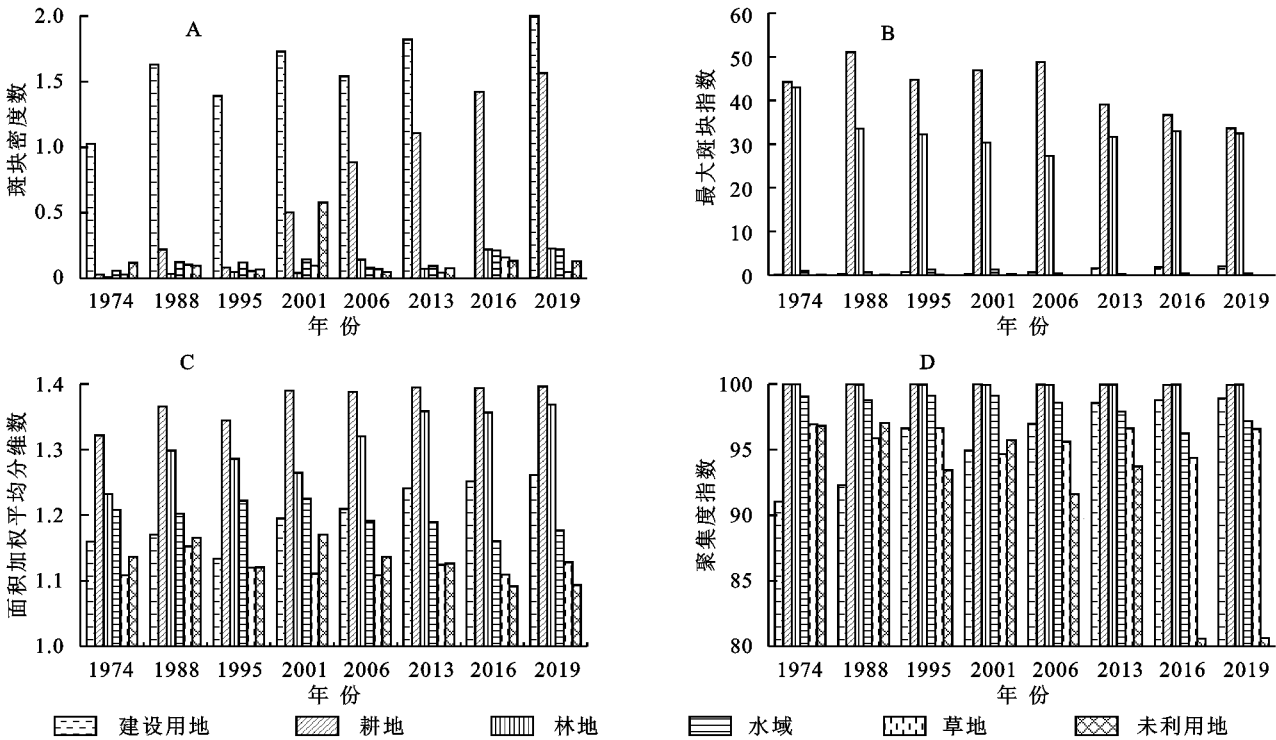


图 6 大清河流域类型水平上的景观格局指数变化

3.2.2 景观水平变化特征 1974—2019 年大清河  
流域景观水平上景观格局指数变化如图 7 所示。

从景观水平<sup>[18]</sup>角度看:  
(1) 1974—2019 年大清河流域的斑块个数(NP)从

54 835 增加到 187 133,增幅达到 241%,持续增长的  
斑块个数证明该流域的景观破碎程度增大。(2) 聚  
集度指数(CONTAG)在 1974—2001 年呈现减小趋  
势,后在 2006 年小幅上升后继续下降,说明空间格局



逐渐聚集,耕地、林地等优势类型连接性的斑块数量则在进一步减小。(3) 景观形状指数(LSI)逐渐增大,表明土地类型景观形状复杂程度不断增大,斑块不规则程度增大,对大面积耕种、动物迁徙等有一定负作用。(4) 香农多样性指数(SHDI)在 1974—2001

年逐渐增大,在 2006 年减小为 1.12 后又继续增长,并在 2019 年达到最大值 1.28,这是由于大清河流域土地利用种类越来越丰富,在该区域各种类型土地所占比例均衡化趋势明显,区域发展科学性增强,景观异质性增大。

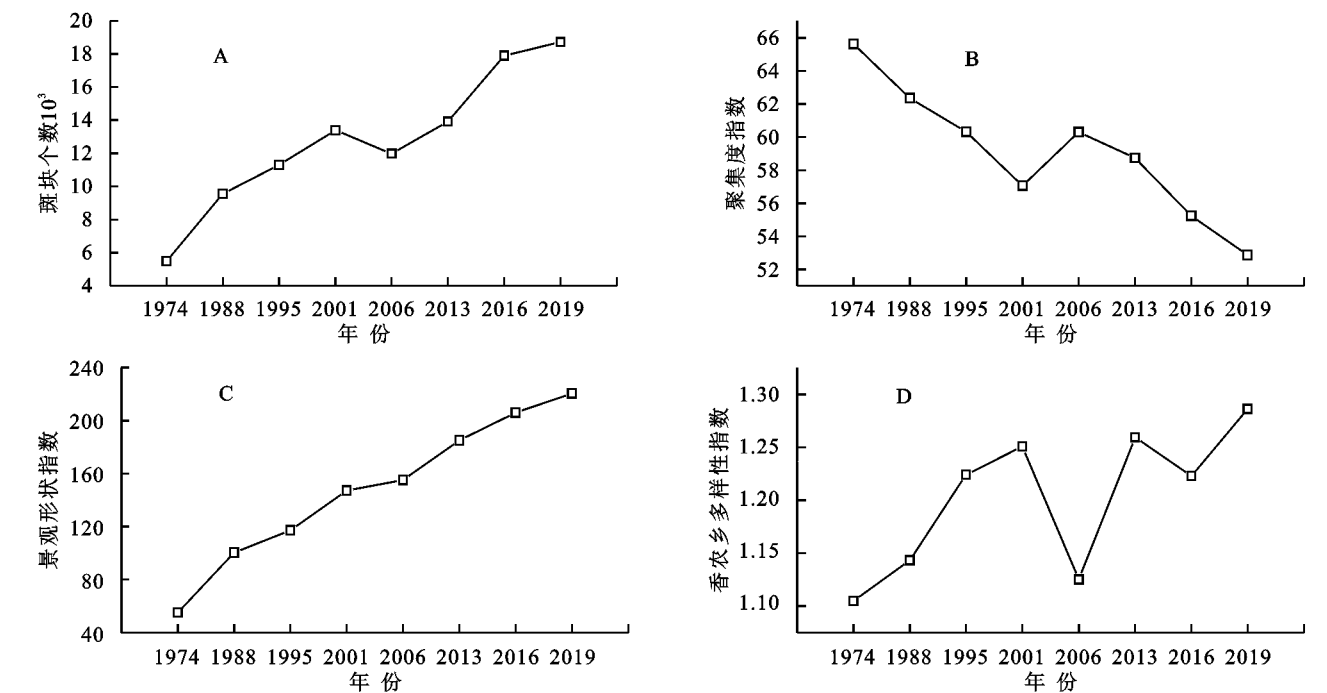


图 7 大清河流域景观水平上景观格局指数变化

综合来看,大清河流域景观总体破碎程度加大、景观连通性降低,斑块趋于复杂态势明显。该流域内的耕地、林地以及逐渐增加的建设用地出现均衡分布的趋势。

## 4 讨论

### 4.1 自然环境因素对土地覆被的影响

研究表明气温、降水等气候条件对土地利用具有较强的制约作用<sup>[17]</sup>。大清河流域雨热同期,6—8 月降水量占全年总量的 60%~75%,1—3 月不到全年 10%。由于降水不均,水土流失、水资源匮乏等突出问题,干旱洪涝等自然灾害增多,而水土流失将直接导致耕地数量减少、质量下降,对林地资源也会造成不同程度的破坏<sup>[19]</sup>。

研究区 1974—2019 年降水量、气温和蒸发量的长期变化如图 8 所示。自 1974 年开始,大清河上游年平均降水量明显减少,而蒸发量呈现微弱上升趋势。年平均气温呈稳定上升,平均上升速度为 0.03℃/a。1974—1988 年降水波动剧烈,在 1980 年西部山区年降水量仅 248.6 mm,降水的减少导致了粮食减产,在人口增加的背景下必然导致耕地面积的增加,间接促进了未利用地、草地等向耕地的流转,在此期间耕地面积增加 4 866 km<sup>2</sup>。在 1988 年后,气候条件变差的总体趋

势没有改变,不利于植被的扩张,截至 2001 年,导致耕地面积锐减 2 173 km<sup>2</sup>,草地面积减少 2 358 km<sup>2</sup>,林地面积减少 1 380 km<sup>2</sup>。

### 4.2 社会经济因素对土地覆被影响

土地利用与社会经济发展,尤其是与人口、经济发展、政府土地政策的实施等重要社会经济因素存在强相关关系<sup>[20]</sup>。

4.2.1 人口因素的影响 人口的持续增长对土地利用的空间格局产生影响。1980—2017 年大清河流域总人口由 2 136 万增长至 2 842 万,增长 33.05%,平均增长速度为 19.08 万人/年。在人口的持续增长与有限的土地资源矛盾中,一方面,新增人口引发新增的就业、住房等社会需求,并由此促进经济发展、加速城镇化建设;另一方面,人口的快速增长带来新的劳动力,由此带来的经济发展间接加速了流域内土地利用类型的流转。

从 1988 年后,农村建设面积对耕地的侵占成为耕地重要流向,约占耕地流出总面积的 28.18%,面积可达 2 898.75 km<sup>2</sup>。农村建设用地的增加,其主要原因是农村人口数量扩张以及农村人均居住面积增大。

将大清河流域县级年鉴统计资料与遥感图像结合,分析农村人口增加与居民地扩张之间的关系,由

图 9 可知,在人口不断增长的情况下,农村建设用地面积与人口数量呈正相关,即农村人口数量的增长是农村建设用地变换的主要原因之一。除人口总量之

外,随着人均居住面积的加大,农村建设用地不断增长。因此,在大清河流域的农村地区,人口成为耕地转换为建设用地的重要原因之一<sup>[21]</sup>。

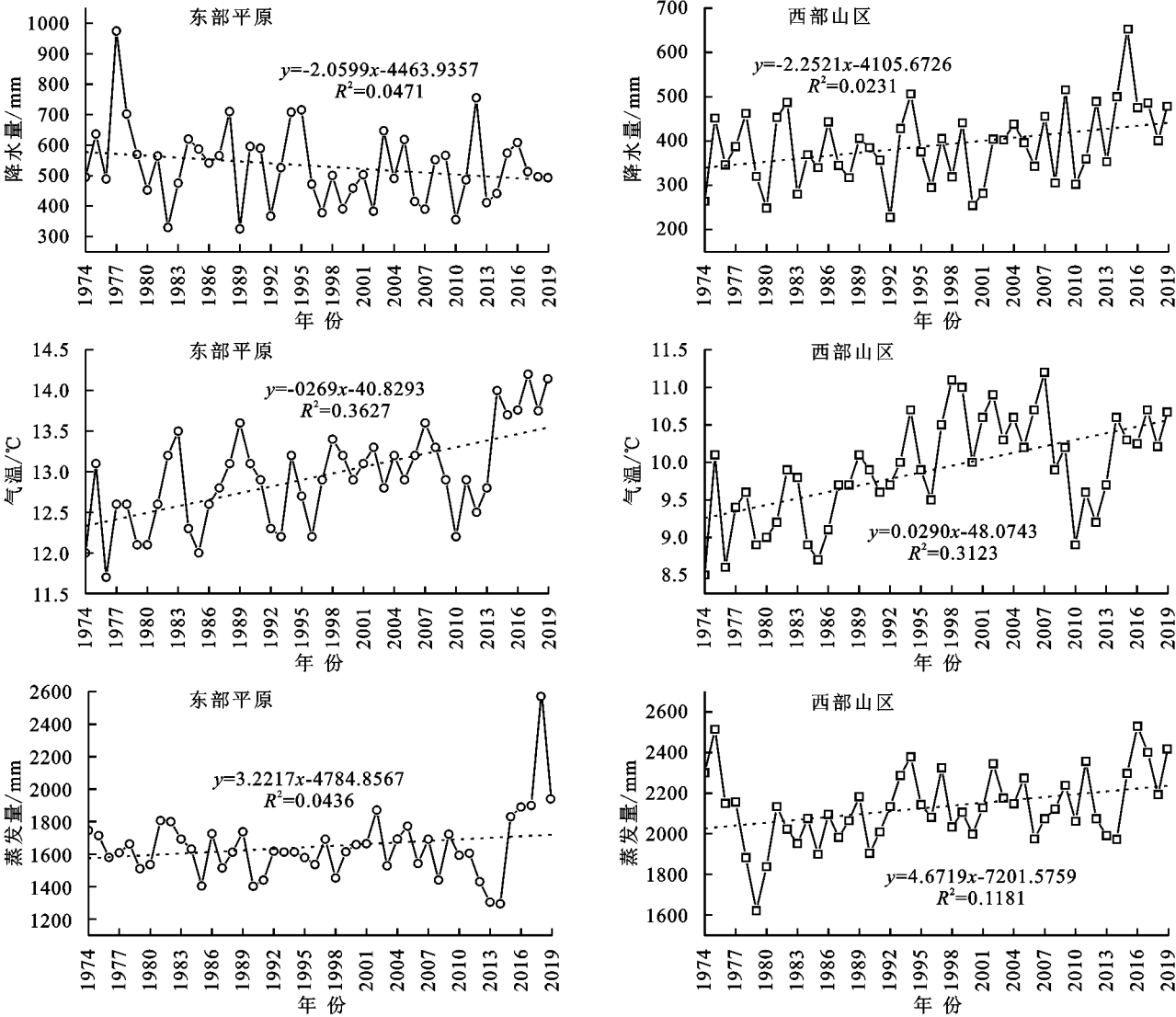


图 8 大清河流域气温、降水量、蒸发量变化

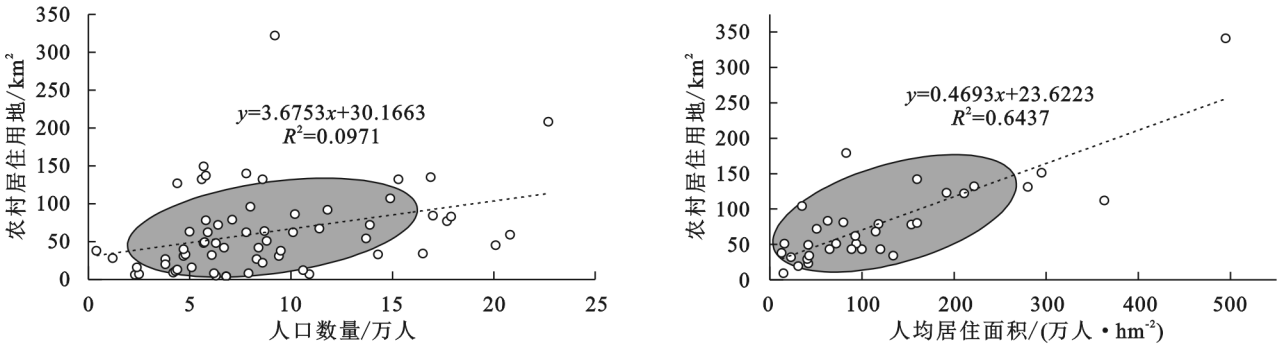


图 9 大清河流域人口与土地关系

4.2.2 经济发展因素的影响 京津冀地区是我国经济发展的动力源之一,自 1974 年以来,特别是改革开放以后,京津冀地区人均 GDP 增长 11.33%。经济的跨域式发展带来了大量的就业岗位。为了保障北京、天津在京津冀地区上发展核心地位,必须提供更多生

产、生活空间。在有限的土地资源下,建设用地的扩张必然挤占了其他类型的土地。1988 年后建设用地以 4.64% 的速度扩张的同时,耕地正以 4.97% 的速度锐减。同时由于城镇化的影响,大批农村人口进城务工,在 1988 年后共有 4.29% 的耕地撂荒。在 2019 年京



京津冀地区 GDP 较 2000 年增长 75 232 亿元,人均 GDP 增长 26 万元。尽管京津冀地区的经济得以快速发展,但是由于三地不同的政治地位、政府制度设计、非官方力量共同作用使得京津地区发展不平衡<sup>[22]</sup>。如图 10 所示,自 1978 年以来北京、天津、河北、人均 GDP 年增长率分别为 10.0%,12.6%,15.4%。虽然河北地区经济增速最大,由于河北人均 GDP 净值较小,经济总量远落后于京津地区。在大清河流域内部,北京、天津、河北地区建设用地增速分别 5.12%,5.74%,4.82%。由此可知人均 GDP 数量对于土地利用类型变化尤其是建设用地变化有显著影响。

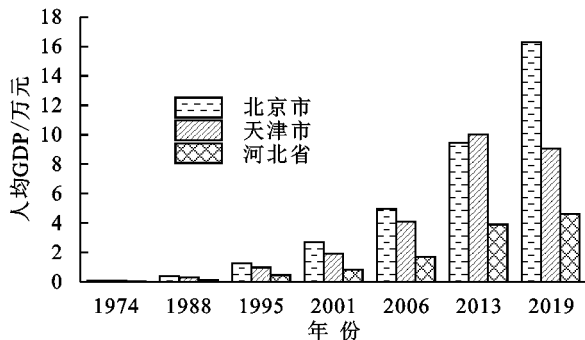


图 10 京津冀地区人均 GDP

4.2.3 政策因素的影响 政策制度对于土地转换具有强制性。家庭联产承包责任制,极大调动农民生产积极性,在 1974—1988 年,大清河流域耕地面积增加 4 866 km<sup>2</sup>,但是过度的垦荒造成了生态环境的恶化。由于大清河流域对京津冀地区的重要生态作用,2001 年开展“退耕还林还草”工作,太行山绿化工程成为我国十大林业重点工程之一<sup>[23]</sup>。实施以来,在大清河流域中西部地区开展了广泛的封山育林、退耕还林、开荒种树工作,在 2001—2019 年,耕地面积下降 15.67%,林地、草地面积分别增长 1 390 km<sup>2</sup>,2 435 km<sup>2</sup>。

近年来,耕地保护需求与城镇化建设扩张的冲突明显,中国以 7% 的耕地面积养活了 21% 的人民<sup>[24]</sup>,人多地少的现状使得耕地保护成为基本国策。然而在城镇化进程中,由于城市扩张必然导致的城镇建设面积增大,使得耕地与建设用地使用的冲突加剧。在大清河流域,1974—2019 年耕地流出面积约为 10 252 km<sup>2</sup>,其中建设用地占用已达 7 866 km<sup>2</sup>,占耕地流出总面积的 76.73%。由于耕地保护以及近年来关于农村土地“三权分置”政策的有效实施。46 a 间,在耕地流失面积最大的区域也是耕地流入量最大的区域。在该流域共有 7 569 km<sup>2</sup> 的其他类型土地转化为耕地,约占耕地流出总量的 73.82%,耕地保护政策在很大程度上缓解了耕地与建设用地的冲突<sup>[25]</sup>。

## 5 结论

(1) 1974—2019 年,大清河流域土地利用类型

变化主要表现为建设用地的持续增长,水域面积的小幅增长,林地面积先减后增,耕地面积先增后减。土地利用类型转换由剧烈变为缓和。

(2) 建设用地的转换表现为,在平原地区加速扩张,呈现围绕保定、天津等中心城市向四周辐射发展的特点,年增长率约为 5%。建设用地的扩张在前 15 a 以草地、未利用地为主,后 30 a 由于发展的需要,侵占了大量耕地。

(3) 耕地的转换表现为由前 15 a 的单向转入变为后 30 a 的双向流转。耕地的转入类型在前期主要包括草地和未利用地,出于经济效益考虑,出现湿地开垦成水田现象;耕地的转出以建设用地、林地、草地为主,在耕地转出面积较大区域同时也是耕地转入面积较大区域。

(4) 在经济较落后时期,农民“靠天吃饭”。由于降水持续减少和人口增加的双重影响,出现大面积垦荒。随着京津冀协同发展、退耕还林还草战略的提出,该流域出现耕地转化为建设用地、林地、草地现象。加之耕地保护等政策的实施,在很大程度上缓解了耕地与建设用地之间的冲突。

### 参考文献:

- [1] Kaplan J O, Ellis E C. The impact of land use on carbon and climate in the preindustrial Holocene: What have we learned and what are the priorities for future research [R]. Agu. Fall Meeting, 2015.
- [2] 吴文斌,杨鹏,唐华俊,等.基于 NDVI 数据的华北地区耕地物候空间格局[J].中国农业科学,2009,42(2):552-560.
- [3] 王会昌.一万年来白洋淀的扩张与收缩[J].地理研究,1983,2(3):8-18.
- [4] 彭建,李慧蕾,刘焱序,等.雄安新区生态安全格局识别与优化策略[J].地理学报,2018,73(4):701-710.
- [5] 梁辉,严诗琦,李海云.我国城镇化与耕地资源的时空耦合关系研究:基于 2001—2016 年的数据[J].湖北经济学院学报,2019,17(4):79-89.
- [6] 刘纪远,宁佳,匡文慧,等.2010—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J].地理学报,2018,73(5):789-802.
- [7] 杨勇,邓祥征,李志慧,等.2000—2015 年华北平原土地利用变化对粮食生产效率的影响[J].地理研究,2017,36(11):2171-2183.
- [8] 郭晓楠,王秀茹,陈倩.华北平原区土地整理耕地经济潜力评价研究[J].水土保持研究,2013,20(3):92-97.
- [9] 陈明叶,刘素红,于连海,等.大清河阜平流域生态系统结构变化的服务价值响应研究[J].自然资源学报,2018,33(8):1376-1389.

(下转第 210 页)

- [12] 郑勤,陈仁升,韩春坛,等.祁连山 TRwS204 与中国标准雨量筒降水观测对比研究[J].高原气象,2018,37(3):747-756.
- [13] 田洪阵.祁连山区现代冰川面积变化研究[D].兰州:兰州大学,2013.
- [14] 常远勇,侯西勇,毋亭,等.1998—2010 年全球中低纬度降水时空特征分析[J].水科学进展,2012,23(4):475-484.
- [15] 杨艳芬,罗毅.中国西北干旱区 TRMM 遥感降水探测能力初步评价[J].干旱区地理,2013,36(3):371-382.
- [16] Darand M, Amanollahi J, Zandkarimi S. Evaluation of the performance of TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) estimation over Iran[J]. Atmospheric Research, 2017,190:121-127.
- [17] 李燕,周游游,胡宝清,等.基于 TRMM 数据的广西西江流域降水时空分布特征[J].亚热带资源与环境学报,2017,12(1):75-82.
- [18] 马金辉,屈创,张海筱,等.2001—2010 年石羊河流域上游 TRMM 降水资料的降尺度研究[J].地理科学进展,2013,32(9):1423-1432.
- [19] 李常斌,王帅兵,杨林山,等.1951—2010 年洮河流域水文气象要素变化的时空特征[J].冰川冻土,2013,35(5):1259-1266.
- [20] Kendall M G. Rank correlation methods[J]. British Journal of Psychology, 1990,25(1):86-91.
- [21] 黄秋霞,赵勇,何清.阿拉木图与乌鲁木齐夏季降水变化趋势对比分析[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(2):34-38.
- [22] 刘闻,曹明明,宋进喜,等.陕西年降水量变化特征及周期分析[J].干旱区地理,2013,36(5):865-874.
- [23] 杨汪洋,贺炳彦,尚雨.基于 TRMM 降水数据的陕西省干旱分析[J].河南科学,2019,37(5):814-820.
- [24] 孙美平,张海瑜,巩宁刚,等.基于 TRMM 降水订正数据的祁连山地区最大降水高度带研究[J].自然资源学报,2019,34(3):646-657.
- [25] 李岩璞.祁连山地区降水气候特征及其成因分析研究[D].兰州:兰州大学,2008.
- [26] 贾文雄,何元庆,李宗省,等.祁连山及河西走廊气候变化的时空分布特征[J].中国沙漠,2008,28(6):1151-1155,1215.
- [27] 王海军,张勃,靳晓华.基于 GIS 的祁连山区气温和降水的时空变化分析[J].中国沙漠,2009,29(6):1196-1202.
- [28] 嵇涛,杨华,刘睿,等. TRMM 卫星降水数据在川渝地区的适用性分析[J].地理科学进展,2014,33(10):1375-1386.
- [29] 史婷婷,杨晓梅,张涛,等.基于 TRMM 数据的福建省降水时空格局 BME 插值分析[J].地球信息科学学报,2014,16(3):470-481.
- [30] Su F, Hong Y, Lettenmaier D P. Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis(TMPA)and its utility in hydrologic prediction in the La Plata Basin[J]. Journal of Hydrometeorology, 2008,9(4):622-640.
- [31] 向朔育,李跃清.高原低涡研究和 TRMM 卫星资料应用的相关进展[J].高原山地气象研究,2011,31(1):74-78.
- [32] 任国玉,袁玉江,柳艳菊,等.我国西北干旱区降水变化规律[J].干旱区研究,2016,33(1):1-19.
- [33] 蒋友严,杜文涛,黄进,等.2000—2015 年祁连山植被变化分析[J].冰川冻土,2017,39(5):1130-1136.

~~~~~

(上接第 203 页)

- [10] 朱金峰,周艺,王世新,等.1975—2018 年白洋淀湿地变化分析[J].遥感学报,2019,23(5):971-986.
- [11] 沈占锋,李均力,于新菊.基于协同计算的白洋淀湿地时序水体信息提取[J].地球信息科学学报,2016,18(5):690-698.
- [12] 中华人民共和国国土资源部. GB/T21010—2007,土地利用现状分类[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [13] 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.
- [14] 刘瑞,朱道林.基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J].资源科学,2010,32(8):1544-1550.
- [15] 邬建国.景观生态学:概念与理论[J].生态学杂志,2000,19(1):42-52.
- [16] 邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [17] 卢明龙.海河流域土地利用变化特征及趋势分析[D].天津:天津大学,2010.
- [18] 何鹏,张会儒.常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J].林业科学研究,2009,22(4):470-474.
- [19] 李边疆.土地利用与生态环境关系研究[D].南京:南京农业大学,2007.
- [20] 朱会义,何书金,张明.环渤海地区土地利用变化的驱动力分析[J].地理研究,2001,20(6):669-678.
- [21] 刘永强,龙花楼.黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制[J].地理学报,2016,71(4):666-679.
- [22] 薄文广,陈飞.京津冀协同发展:挑战与困境[J].南开学报:哲学社会科学版,2015(1):110-118.
- [23] 曾宪芷,杨跃军,张国红,等.对太行山绿化工程建设的思考[J].林业经济,2010(7):52-54,94.
- [24] 翟文侠,黄贤金.我国耕地保护政策运行效果分析[J].中国土地科学,2003,17(2):8-13.
- [25] 赵小汎,代力民,陈文波,等.耕地与建设用地变化驱动力比较分析[J].地理科学,2008,28(2):214-218.