广东省 1992—2015 年土地覆被变化的时空差异及其成因

顾 慧，唐国平，江 涛，方 宏，唐纤蕴，陈晓桦
（中山大学 地理科学与规划学院，广东 广州 510275）

摘 要：[目的] 从地形和社会经济两个因素出发探讨广东省土地覆被变化的时空差异及成因，为土地资源的可持续利用提供依据。[方法] 基于 1992—2015 年间广东省土地覆被数据，使用土地利用动态度、土地利用转移矩阵、灰色关联分析等方法量化土地覆被变化的时空特征与差异。[结果] 广东省土地覆被变化以 2000 年为节点可分为前期(1992—2000 年)和后期(2000—2015 年)两个阶段。前期耕地面积显著增加，建筑用地面积增速缓慢；后期耕地面积减小，建筑用地面积扩张迅速。地形因素造成土地覆被变化存在空间差异性。在高程低，坡度缓的区域土地覆被变化主要是耕地转化为建筑用地，而在坡度中等区域主要是林地转为耕地。社会经济因素造成土地覆被变化呈现较明显时间差异性，多种因子驱动广东省土地覆被发生变化。但对于不同的土地覆被类型，驱动因子前后期的关联度大小不同，土地覆被发生变化是多种因子驱动叠加的结果。[结论] 地形因素会造成土地覆被变化的空间差异，而社会经济因素导致土地覆被变化的时间差异。

关键词：土地覆被变化；时空差异；地形因素；社会经济因素；广东省
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2020)02-0291-08 **中图分类号**：F301.24

文献参数：顾慧，唐国平，江涛，等. 广东省 1992—2015 年土地覆被变化的时空差异及其成因[J]. 水土保持通报，2020，40(2)：291-298. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.02.042；Gu Hui, Tang Guoping, Jiang Tao, et al. Spatial-temporal variation of land cover change and its causes in Guangdong Province from 1992 to 2015 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(2): 291-298.

Spatial-temporal Variation of Land Cover Change and Its Causes in Guangdong Province from 1992 to 2015

Gu Hui, Tang Guoping, Jiang Tao, Fang Hong, Tang Xianyun, Chen Xiaohua
(*School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong* 510275, *China*)

Abstract: [Objective] Based on topography and socioeconomic factors, the temporal and spatial differences and the cause of land cover change in Guangdong Province were studied, in order to provide a basis for the sustainable use of land resources. [Methods] Based on the land cover, topographic and socioeconomic data, we quantified the spatial and temporal variations of land cover change in Guangdong Province from 1992 to 2015. The causes of land cover change were analyzed using the land use dynamic degree, land use transfer matrix and the grey correlation analysis. [Results] Land cover change in Guangdong Province could be divided into two stages with the year of 2000 as the turning point. During the first stage (1992—2000), the area of cultivated land increased significantly and the construction land increased slowly. During the second stage (2000—2015), the cultivated land decreased while the construction land expanded rapidly. In areas with low elevation and gentle slope, land cover changes were mainly from cultivated land to construction land, while in areas with medium slope, it was mainly from forest land to cultivated land. In comparison, the land cover change caused by social and economic factors showed time difference, and many factors drove the land cover

收稿日期：2019-10-14 **修回日期**：2019-12-04
资助项目：国家自然科学基金项目“气候变化与土地利用对东江流域河流碳氮营养物浓度的影响”(41671192)；广州市科委资助项目“分析陆地植被对流溪河径流和水体溶解有机氮浓度的调控”(42050441)
第一作者：顾慧(1995—)，女(汉族)，湖南省湘西州人，硕士研究生，研究方向为水文学及水资源。Email：guformal@163.com。
通讯作者：唐国平(1969—)，男(土家族)，湖南省张家界市人，博士，教授，博士生导师，主要从事自然地理生态水文研究。Email：Tanggp3@mail.sysu.edu.cn。

change in Guangdong Province. However, for different land cover types, the correlation degree of driving factors was different in the early and later stages, and the change of land cover was the result of multiple factors driving superposition. [Conclusion] The topographic feature is responsible for the spatial variation of land cover change, while the socioeconomic development plays a dominant role in temporal variation of land cover change in Guangdong Province.

Keywords: land cover change; spatial-temporal variation; topographic factors; socioeconomic factors; Guangdong Province

土地覆被变化对区域自然生态环境和人类经济发展均会产生深远的影响,是自然与人类交互作用的重要体现。当前,国内外学者对土地覆被的研究主要集中在根据实测、遥感数据反演等方式获取土地覆被实际情况[1],并利用长时间系列土地覆被资料分析土地覆被变化的趋势[2-5];讨论驱动土地覆被变化的因素,主要集中在自然环境和人类活动对土地覆被的变化影响方面[6-9],结合研究区实际情况选择主要驱动因子[10-11];探讨土地覆被变化所产生的生态环境效应[12-15]等方面[16]。在对长时序土地覆被的研究中发现,在不同的研究区域,土地覆被变化的原因和特征存在差异[15-18]。近年来,广东省社会经济发展迅速,其土地覆被状况也发生变化,研究土地覆被变化的原因为可持续利用土地资源提供依据。有学者基于高程数据对广东省山区的土地利用变化进行分析,认为高程、坡度、坡向均对土地利用的变化影响显著[17];从驱动力角度来看,有研究认为广东省土地覆被变化驱动因素主要为经济、农业因素[19]。但这些研究大都没有使用连续的土地覆被资料进行分析。因此,本研究利用长时序土地覆被数据,旨在分析广东省1992—2015 年土地覆被变化的时空特征与差异,并从地形和社会经济两个方面探讨其原因。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

广东省位于中国南部,北纬 20°09′—25°31′,东经 109°45′—117°20′之间,陆地面积为 1.80×10^5 km^2,约占全国陆地面积的 1.87%。该省地理位置特殊,与 6 个省级行政区接壤,毗邻港澳[20]。2018 年,广东省实现地区生产总值 9.72 万亿元,较 1999 年增加 8.8 万亿元[21],省内经济发展迅速,并积极参与中国“一带一路”倡议和粤港澳大湾区构建。

1.2 数据来源

本研究所用 1992—2015 年 300 m 广东省土地覆被数据,来源欧空局气候变化倡议—土地覆盖(ESACCI-LL)项目。根据原始土地覆被数据结合研究区域环境特征和研究需求,将土地覆被划分为耕地、林地、草地、建设用地和水域五种类型。由 90 m SRTM 数字高程数据,利用 ArcGIS 软件获取广东省高程、坡度和坡向数据。细节上,按高程把研究区划分丘陵、小起伏山地、中起伏山地和大起伏山地[22];同时,根据坡向把研究区划分成半阳坡、阳坡、半阴坡和阴坡[23];根据坡度把研究区划分成缓地、中等坡、陡坡、急坡[24](表 1)。研究中所使用的 2000—2015 年广东省社会经济数据来源国家统计局[21]。

表 1 研究区地形分级

高程	分类	丘陵 (<200 m)	小起伏山地 (200~500 m)	中起伏山地 (500~1 000 m)	大起伏山地 (>1 000 m)
	占比/%	59.52	28.09	11.41	0.98
坡度	分类	缓地 (<5°)	中等坡 (5°~15°)	陡坡 (15°~25°)	急坡 (>25°)
	占比/%	57.75	34.36	7.42	0.47
坡向	分类	半阳坡 (45°~135°)	阳坡 (135°~225°)	半阴坡 (225°~315°)	阴坡 (315°~45°)
	占比/%	25.37	26.28	24.89	23.47

1.3 研究方法

选取土地利用动态度和土地利用转移矩阵来定量分析 1992—2015 年间广东省土地覆被的时空特征。土地利用动态度分为单一土地利用动态度(K)和综合土地利用动态度(LC),用来反映时间段内研究区土地利用类型变化情况,包括数量、空间和组合方式等方面[25]。一土地利用动态度可量化时段内某类型土地覆被的变化状况,是反映土地覆被的变化速度与幅度的指标;综合土地利用动态度反映在时段内研究区域的土地覆被变化的程度,是土地覆被的变化

速度以及不同研究区域差异化指标[26]:

$$K=\frac{LU_j-LU_i}{LU_i}\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{1}$$

$$LC=\left|\frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta LU_{i-j}}{\sum_{i=1}^{n}LU_i}\right|\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{2}$$

式中:LU_i 为 T 时段前的某种土地覆被面积;LU_j 为 T 时段后的土地覆被面积;ΔLU_{i-j} 为 T 时段内土地覆被的变化面积;n 为研究区内土地覆被的总类型数。

土地利用转移矩阵[27],一般用来统计研究时段始末土地覆被相互之间转换的情况,该统计方法不仅可展现出研究区内土地覆被的组成类型,还能表现出土地覆被的转化方向,可以较为全面、具体地反应出研究区在研究时段内土地覆被的特征以及变化方向[26]。

$$\boldsymbol{S}_{ij}=\begin{bmatrix}S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n}\\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn}\end{bmatrix} \tag{3}$$

单一地类变化的流向分析,通过对指定的覆被类型的流出类型进行分析来探寻区域土地覆被类型变化的驱动因素。这种方法所用的指数可根据土地利用转移矩阵求得,表示各流出类型面积占所研究类型面积的百分比(简称为流向百分比)。该分析的目的在于根据指数的大小,判断驱动所研究地类变化的主次类型,可以将主导类型作为切入点,分析土地覆被变化的原因及驱动因素[26]。

灰色关联分析可用来描述所有研究因素间关系的强弱、大小和次序[28]。其基本步骤为:①设定参考序列和比较序列;②序列无量纲化〔$y_i(k)$〕;③求差序列、最大差和最小差;④求取灰色关联系数〔$L_i(k)$〕;⑤计算灰色关联度〔$\gamma_i(k)$〕。

$$y_i(k)=\frac{x_i(k)}{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}x_i(k)} \tag{5}$$

$$L_i(k)=\frac{\Delta\min+0.5*\Delta\max}{\Delta i(k)+0.5*\Delta\max} \tag{6}$$

$$\gamma_i=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}L_i(k) \tag{7}$$

式中:k 为某序列;$\Delta i(k)$为参考序列和变量序列差;$\Delta\min$ 序列差值最小值;$\Delta\max$ 为序列差最大值。

2　分析结果

2.1　土地覆被变化的时空特征

从广东省土地覆被分布来看,其类型以林地和耕地为主。对比 1992 和 2015 土地覆被状况,发现 1992 年广东省土地覆被中林地所占面积(1.10×10^5 km^2)最高、耕地(5.61×10^4 km^2)其次,然后为建筑用地(5 200 km^2)、水域(4 100 km^2)和草地(2 400 km^2)。到 2015 年土地覆被情况发生改变,依面积大小排序为林地(1.06×10^5 km^2)、耕地(5.49×10^4 km^2)、建筑用地(1.05×10^4 km^2)、水域(5 100 km^2)和草地(1 100 km^2)。总体来说,区域内以林地、耕地为主,研究时段内林地、耕地和草地的面积在减少,而水域面积有少量增加,建筑用地面积增加显著。鉴于广东省土地覆被类型以林地、耕地为主,而发生变化的类型主要为林地、耕地和建筑用地,所以本文集中对这 3 种土地覆被类型进行分析(图 1)。

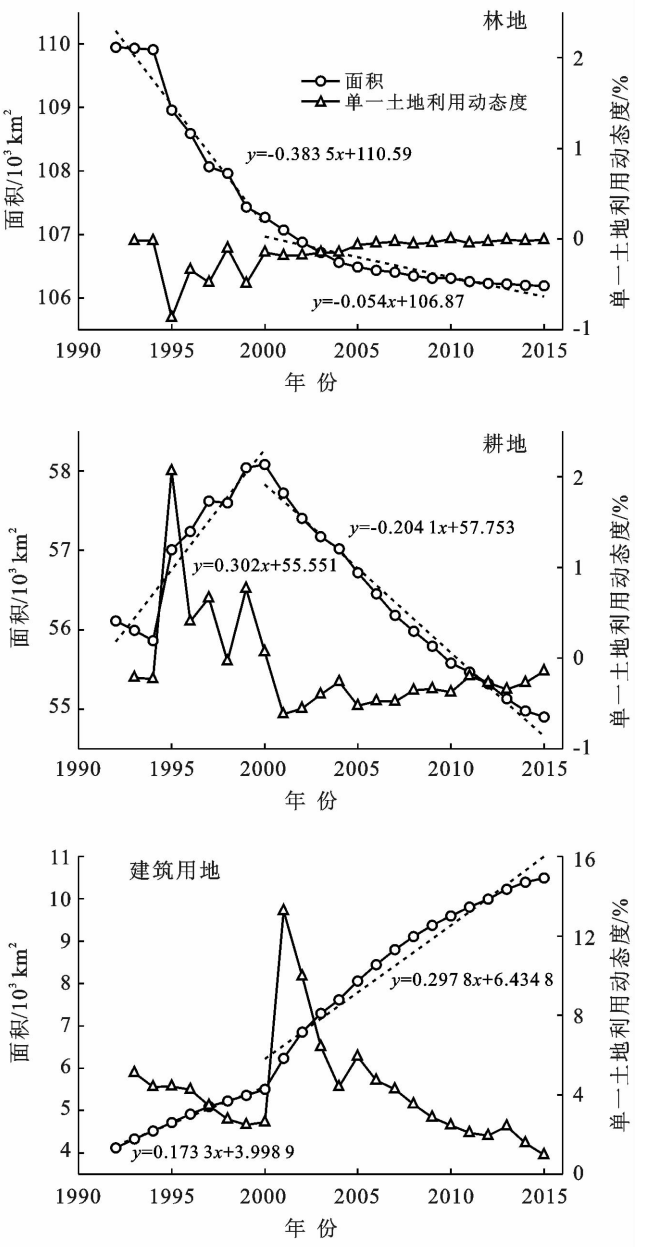


图 1　广东省 1992－2015 年各类型土地覆被面积变化及土地利用动态度

首先,对各土地覆被类型的面积进行统计,采用单一土地利用动态度对土地覆被的变化进行量化分析,结果如图1所示。由图1可知,因为耕地面积随时间的变化在2000年前后呈现明显相反的趋势,所以将1992—2015年分成两个阶段(前期、后期)进行讨论,为保持一致性,对其他覆被类型也分为两个阶段。对前后两个时序的土地覆被面积进行一元线性回归分析发现,前期耕地面积随时间呈增加趋势,而后期呈减少趋势;林地面积虽在研究期间逐年减少,但前期减小速率大于后期(0.38>0.06),说明后期林地减少速度放缓;与林地面积变化方向相反,建筑用地面积逐年增加,且前期变化速率小于后期(0.17<0.32),说明后期建筑用地面积增加速度更快。从单一土地利用动态度来看,前期耕地和林地动态度的绝对值和年际差异均大于后期,这表明前期耕地和林地面积变化的速度快,相邻年份的面积值之间差异比较大;建筑用地的动态度在2000年左右经历大幅度变化,说明在该时间点,建筑用地面积有较大变化。

其次为量化各类型土地覆被之间相互转换的程度,对1992—2000年与2000—2015年广东省各类型土地覆被的面积转移矩阵结合单一地类变化的流向指数进行分析。研究发现,从1992年到2000年这8 a间(表2—3),林地流出的主导类型为耕地(93.32%),有2 785.77 km^2 由林地转化为耕地;而耕地流出的主导类型为建筑用地(81.5%),耕地中的943.11 km^2 转化为建筑用地。总的来看,林地流出以耕地为主,耕地流出以建筑用地为主。林地减少面积为2 676.6 km^2,减速为334.58 km^2/a;耕地面积增加1 974.42 km^2,增速为246.8 km^2/a;建筑用地面积增加1 381.77 km^2,增速为172.72 km^2/a。

表2 广东省1992—2000年各类型土地覆被面积转移矩阵 km^2

土地利用类型		2000年					合计
		林地	耕地	建筑用地	水域	草地	
1992年	林地	106 965	2 785.77	115.29	50.22	33.75	109 950
	耕地	178.74	54 952.92	943.11	30.15	5.22	56 110.14
	建筑用地	0	0	4 118.58	0	0	4 118.58
	水域	42.12	55.26	28.26	5 101.74	17.46	5 244.84
	草地	87.57	290.61	295.11	100.98	1 600.47	2 374.74
	合计	107 273.4	58 084.56	5 500.35	5 283.09	1 656.9	

表3 广东省1992—2000年单一地类变化的流向指数 %

土地利用类型	林地	耕地	建筑用地	水域	草地
林地	—	93.32	3.86	1.68	1.13
耕地	15.45	—	81.50	2.61	0.45
建筑用地	0	0	—	0	0
水域	29.43	38.62	19.75	—	12.20
草地	11.31	37.53	38.11	13.04	—

根据表4—5,在2000—2015年这15 a间,林地流出的主导类型是耕地(68.71%),其次为建筑用地(24.55%);耕地流出的主导类型为建筑用地(95.57%),有3 897.99 km^2 耕地变为建筑用地;建筑用地面积自2000到2015年这15 a间增加了4 988.79 km^2。与前期相比林地流出虽然仍然以耕地、但转变为建筑用地的比例明显提高,而耕地流出仍以建筑用地为主。林地面积减少面积为1 134.36 km^2,减速为72.02 km^2/a;耕地面积减少3 189.06 km^2,减速为212.60 km^2/a;建筑用地面积增加4 988.79 km^2,增速为332.59 km^2/a。

表4 广东省2000—2015年各类型土地覆被面积转移矩阵 km^2

土地利用类型		2015年					合计
		林地	耕地	建筑用地	水域	草地	
2000年	林地	106 017.10	863.19	308.43	11.43	73.26	107 273.41
	耕地	155.70	54 005.94	3 897.99	8.10	16.83	58 084.56
	建筑用地	0	0	5 500.35	0	0	5 500.35
	水域	7.38	14.76	111.69	5 059.71	89.55	5 283.09
	草地	12.87	11.61	670.68	15.75	945.99	1 656.90
	合计	106 193.05	54 895.50	10 489.14	5 094.99	1 125.63	

表 5　广东省 2000—2015 年单一地类变化的流向指数　　%

土地利用类型	林地	耕地	建筑用地	水域	草地
林地	—	68.71	24.55	0.91	5.83
耕地	3.82	—	95.57	0.20	0.41
建筑用地	0	0	—	0	0
水域	3.30	6.61	50	—	40.09
草地	1.81	1.63	94.34	2.22	—

2.2　地形因素

采用综合土地利用动态度来量化 1992 和 2015 年广东省地形因素对土地覆被变化的影响。其中地形因素有:高程、坡度和坡向[22],根据地形分级表 1 对广东省土地覆被类型进行划分。对每种影响因素都进行分类讨论,找到特定研究区域下的热点区域。将研究区域设定为某种土地覆被类型,同时考虑到土地类型转化会导致原有类型面积减少、而转化目标类型面积增多,所以可用增减两种情况分别讨论研究区内高程、坡度和坡向因素对土地覆被转化的影响,结果如图 2 所示。由图 2 可以看出,就高程对土地覆被变化影响来看,存在林地变化(由林地流出或转化为林地)的区域主要集中在丘陵和小起伏山地中,中起伏山地仅占一小部分,大起伏山地基本无变化;而对耕地来说,存在变化的区域也集中在丘陵和小起伏山地中,但耕地的减少明显更集中在丘陵地区;对建筑用地变化来说,在研究区内只有增加没有减少,并且增加的面积基本全属于丘陵地区。根据图 2,讨论坡度对土地覆被变化的影响。林地的增加主要发生在缓地和中等坡地区,而减少部分主要发生在缓地;耕地的减少和增加都主要发生在缓地区域,少量中等坡度地区也有增加;而建筑用地面积仅呈现增加,且发生在缓地。由图 2 可知,相较于高程和坡度,坡向对于土地覆被变化的影响没有较大的差异。最后,对比林地、耕地和建筑用地的变化情况,发现建筑用地面积一直在增加且这种增加主要集中在海拔低、坡度缓的地区,这与耕地、林地面积减少区域比较吻合。耕地的增加主要发生在丘陵、缓地,有一小部分发生在小起伏、中等坡地区,表明人们面对耕地压力也会去耕种地形较不平缓地区。而林地面积增加主要发生在小起伏、中等坡地区,说明相对于转化为耕地,这些地区更易转化成林地。

2.3　社会经济因素

人类的社会经济活动影响土地覆被转变的方向。社会经济指标主要包括:①人口(常住人口);②经济(生产总值、第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值);③城市化进程(建筑业总产值、公路里程);④技术革新(农业机械总动力)等[10]。这些社会经济要素发生变化会驱动土地覆被产生变化并影响其转化方向。采用灰色关联分析方法,将土地覆被面积作为参考数列,驱动因子作为比较数列,得到土地覆被类型与各驱动因子之间的关联度。关联度的大小可以反应各驱动因子对土地覆被变化作用的强弱[28]。关联度越大,则该因子对相应土地覆被变化的影响越大。

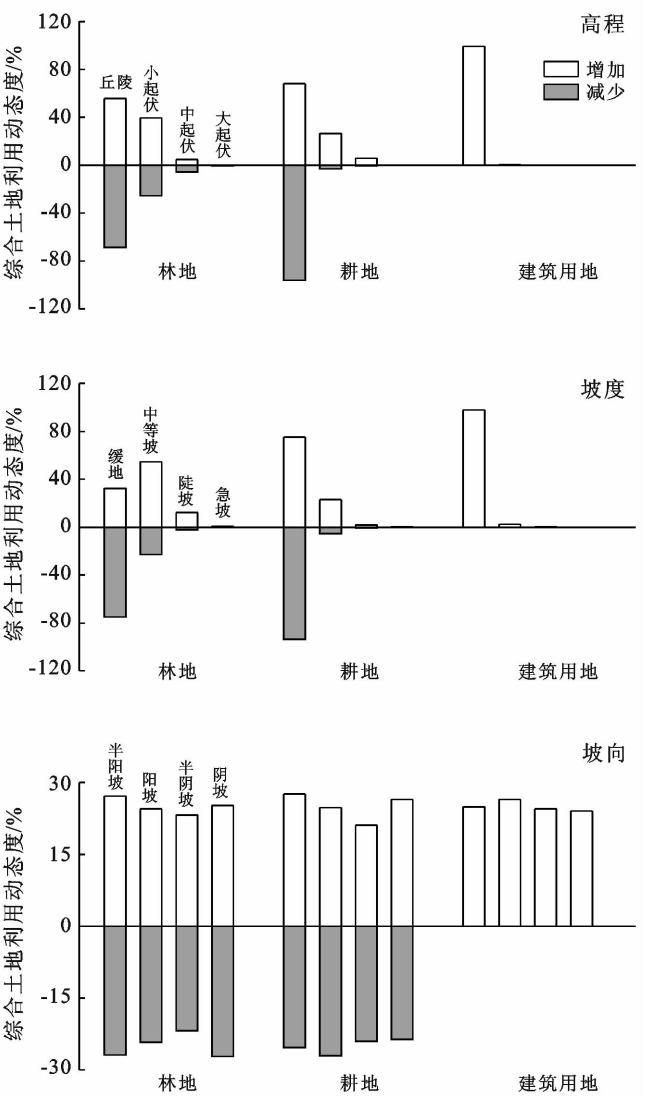
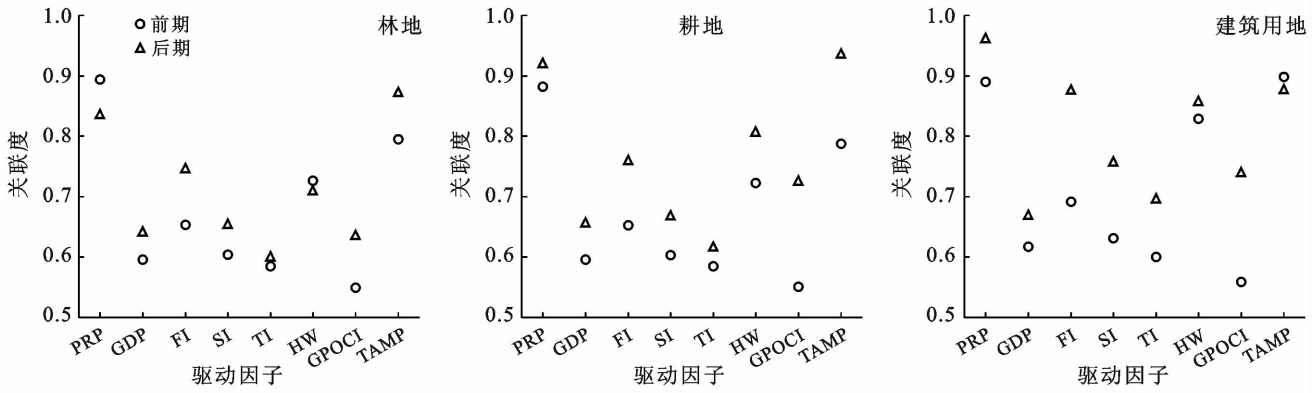


图 2　研究区地形对 1992—2015 年土地覆被变化的影响

从图 3 可以看出,各驱动因子的关联度均大于 0.5,说明这些驱动因子均对土地覆被的转化产生影响。人口对 3 种土地覆被类型的转换影响都较大,表现在驱动因子接近 1;对林地来说,前期和后期公路里程的关联度值接近,说明公路里程数虽驱动土地覆被发生改变,但其发挥的作用在前期和后期之间相似度高,后期拓展的公路里程对于林地的影响不显著;

而对于耕地，城市化进程（建筑业总产值、公路里程）和技术革新（农业机械总动力）这两类驱动因子的关联度在后期有比较大的提升；而对建筑用地，经济因子（第一、二、三生产力增加值）和城市化进程因子（建筑业总产值）中的部分驱动因子的关联度值后期比前期提升较多。



注：人口因子包括：PRP（常住人口）；经济因子包括：GDP（生产总值），FI（第一生产力增加值），SI（第二生产力增加值），TI（第三生产力增加值）；城市化进程因子包括：HW（公路里程），GPOCI（建筑业总产值）；技术革新因子包括：TAM（农业机械总动力）。

图 3 广东省 2000—2015 年土地覆被面积变化与驱动因子关联度

3 讨 论

3.1 广东省土地覆被类型变化的空间差异和原因

广东省土地覆被变化的空间特征与地理条件密切相关。从土地覆被类型在各地形条件下的转换来看，林地主要在高程低、坡度较为缓和的区域转化成耕地，而耕地在坡度中等的地区转换为林地的可能性比较大；耕地的减少基本发生在高程小于 500 m 和坡度小于 15°的区域；而建筑用地对高程和坡度的要求均很严格，其变化基本发生在高程小于 200 m 和坡度小于 5°的地区。粤北山区海拔高、坡度大，人工开垦难度大，所以土地覆被主要以林地为主、耕地次之，土地覆被转化主要变现在林地与耕地之间的转化，建筑用地在该区域影响较小。而对珠三角地区和粤东、西沿海地区来说，由于高程低、坡度小，地势平坦可塑性强，从地理条件来看，适于耕地和建筑用地的发展。

3.2 广东省土地覆被类型变化的时间差异和原因

3.2.1 *人口和城市化进程因子* 广东省自身人口基数大，且由于经济发展水平高对人口吸引能力强，因此广东省常住人口逐年增加。在前期，广东省人口增速为 242.94 万人/a，而后期为 151.14 万人/a。人口虽然逐年增加，但是后期增速明显低于前期增速。人口的增加会导致粮食和居住面积需求量增加，所以前期林地以转化成耕地为主。人们将高程低、坡度缓且容易改造区域内的林地改造成耕地，而将邻近城市的耕地转化成建筑用地，所以前后期耕地主要转化为建筑用地。城市化进程因子中的建筑业总产值后期增速为 552.40 亿元/a，这是前期增速 84.43 亿元/a 的 5 倍，因此林地、耕地、建筑用地的关联度后期均大于前期。建筑业产值的增加会造成建筑用地面积的增加，进而导致耕地、林地向建筑用地转换，驱动土地覆被类型发生变化。而对公路里程来说，前期（5 800 km^2/a）和后期（7 900 km^2/a）的增速比建筑业总产值增速缓，并且公路里程的关联度对林地来说在前期和后期差异不大，因为林地一般都分布在高程大、坡度较陡的区域，这些地区开发难度大，所以公路建成后对于林地的影响也较小，表现在前后期关联度无大变化。

3.2.2 *经济因素* 广东省作为经济强省，研究期间，第一、二、三产业值均稳步上升。经济的发展会影响土地覆被的结构。从关联度来看，从高到低依次为第一产值、第二产值和第三产值。第一产业总值的年增加速度后期是前期的三倍，但是后期的耕地面积呈下降趋势，说明单位面积的产值有显著的提升。

3.2.3 *技术革新因素* 研究期间后期农业机械总动力增速为 6.69×10^5 kW·a 是前期 3.59×10^5 kW·a 的近两倍。技术革新使得单位耕地的产出增加，能够利用更少的耕地面积带来更高的粮食产出，减少耕地面积的同时保障粮食的供给，而耕地与林地、建筑用地之间联系紧密，所以该因子与林地、耕地和建筑用地的变化的关联度均很高。

3.2.4 *政策因素* 1992 年末广东省放开粮食市场，同时放开农副产品价格，生产者的积极性得到了极大提高，这促进了农业的发展。反应到土地覆被上来看，1992 年后耕地面积迅速增加，林地向耕地转化明显。我国自 1999 年开始实施退耕还林工程，结合广东省土地覆被变化情况来看，2000 年林地面积尽管

仍在减少,但减速得到控制,并且坡度相对较高的区域耕地开始转化为林地。这也解释了耕地面积在1992—2000 年持续增加而在 2000—2015 年开始减少,这说明政策对土地覆被转换产生间接影响,使得土地覆被变化趋势发生改变。因此,在研究中应结合实际情况,必要时可将长时间序列资料分段进行讨论分析。

总的来说,地形是造成土地覆被变化存在空间差异的主要驱动力,而社会经济因素是造成土地覆被变化存在时间差异的主要原因。驱动因子之间相互联系、共同作用使得土地覆被发生改变。技术革新会增加单位面积耕地的产出,在耕地面积总量减少的情况下为了满足人口增加对粮食需求的增加,并且使对劳动力人数的需求更少,其结果是乡村人口流向城镇中,城市化进程加快;并且,城市中劳动人口数量增加,为第三产业的发展提供了支撑,反过来第三产业的发展也给更多的人带来劳动岗位,吸收更多的人进行经济建设;而城镇人口的增多以及经济的发展均会导致建筑用地增多。

4　结 论

(1) 地形影响土地覆被的变化,导致变化存在空间差异性。林地主要转化为耕地,而耕地主要转化为建筑用地。因为建筑用地主要分布在高程低、坡度缓的区域,这与耕地分布的地形条件一致,所以建筑用地主要由耕地转换而成。耕地面积在前期呈增加趋势,其扩张区域主要为周围的林地;在后期,当耕地面积减少时,林地在中等坡地区增量占比大,说明该地形条件下的耕地更容易转换成林地。相对于高程和坡度,坡向对土地覆被变化的影响较小。

(2) 以耕地面积在 2000 年前后变化为界,研究发现前期耕地、建筑用地面积增加,林地面积减小;后期建筑用地面积持续扩张并且增速加快,林地、耕地面积均减小。虽然林地在研究时序内面积一直在减少,但后期递减速度明显小于前期,并且单一土地利用动态度趋近于零,说明林地的变化不显著,面积趋于定值。

(3) 社会经济因素相互作用共同驱动广东省土地覆被发生变化并呈现一定的时间差异性。人口增多使得耕地、建筑用地面积需求增多,从而导致林地面积转换为耕地,耕地转化为建筑用地以满足人类生活的需要。并且农业政策推广提高了生产者的积极性,耕地面积持续增多。但为保障生态环境的发展实施“退耕还林”工程,与此同时科技水平的提高增加单位面积耕地的产值,提高粮食总产值。在政策和科技水平的共同推动下,在保证不越过耕地红线的前提下,减少耕地面积的同时也能保障粮食产出,使部分耕地转化为林地、建筑用地,缓解生态压力和土地压力。

[参 考 文 献]

[1] Zhu Zhe, Fu Yingchun, Woodcock C E, et al. Including land cover change in analysis of greenness trends using all available Landsat 5, 7, and 8 images: A case study from Guangzhou, China (2000—2014) [J]. Remote Sensing of Environment, 2016,185(1):243-57.

[2] 陈铸,黄雅冰,朱志鹏,等.基于地形梯度特征的福州市景观格局演变[J].应用生态学报,2018,29(12):4135-44.

[3] 吕晓,史洋洋,黄贤金,等.江苏省土地利用变化的图谱特征[J].应用生态学报,2016,27(4):1077-84.

[4] 刘康,李月娥,吴群,等.基于 Probit 回归模型的经济发达地区土地利用变化驱动力分析:以南京市为例[J].应用生态学报,2015,26(7):2131-8.

[5] Homer C, Dewitz J, Yang L, et al. Completion of the 2011 National Land Cover Database for the conterminous United States-representing a decade of land cover change information [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2015, 81(5): 345-54.

[6] 阳文锐.北京城市景观格局时空变化及驱动力[J].生态学报,2015,35(13):4357-66.

[7] Maimaitujiang M, Ghulam A, Sandoval J O, et al. Drivers of land cover and land use changes in St. Louis metropolitan area over the past 40 years characterized by remote sensing and census population data [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2015, 35(B):161-74.

[8] 刘纪远,张增祥,徐新良,等.21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J].地理学报,2009,64(12):1411-20.

[9] Delphin S, Escobedo F, Abd-elrahman A, et al. Urbanization as a land use change driver of forest ecosystem services [J]. Land Use Policy, 2016, 54(1): 188-99.

[10] 孙琳,唐国平,窦乙峰,等.东江流域 2001—2013 年土地利用/覆被类型变化的时空特征及成因[J].水土保持通报,2018,38(3):293-306.

[11] 杨梅,张广录,侯永平.区域土地利用变化驱动力研究进展与展望[J].地理与地理信息科学,2011,27(1):95-100.

[12] Houghton R A, House J, Pongratz J, et al. Carbon emissions from land use and land-cover change [J]. Biogeosciences, 2012,9(12):5125-5142.

[13] Houghton R, Nassikas A A. Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850—2015 [J]. Global Biogeochemical Cycles, 2017, 31(3): 456-72.

[14] Song Wei, Deng Xiangzheng. Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China [J]. Science of the Total Environment, 2017, 576(1): 705-719.

[15] Li Chenxi, Wu Kening, Wu Jingyao. Urban land use change and its socio-economic driving forces in China: A case study in Beijing, Tianjin and Hebei region [J]. Environment, Development and Sustainability, 2018, 20(3): 1405-19.

[16] 韩会然,杨成凤,宋金平.北京市土地利用变化特征及驱动机制[J].经济地理,2015,35(5):148-54.

[17] 黎景良,后斌,危双峰,等.基于 DEM 的广东省山区土地利用变化分析[J].测绘通报,2007(6):53-7.

[18] 张丽,杨国范,刘吉平.1986—2012 年抚顺市土地利用动态变化及热点分析[J].地理科学,2014,34(2):185-91.

[19] 吴明发,欧名豪,廖荣浩.经济发达地区土地利用变化及其驱动力分析:以广东省为例[J].水土保持研究,2012,19(1):179-183.

[20] 广东省人民政府地方志办公室. 广东省自然地理概况[EB/OL]. 2019-03-13[2019-09]. http://www.gd.gov.cn/zjgd/sqgk/zrdl/index.html.

[21] 国家统计局.广东省年度数据[EB/OL]. [2019-09]. http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm? cn=E0103.

[22] 李炳元,潘保田,程维明,等.中国地貌区划新论[J].地理学报,2013,68(3):291-306.

[23] 查轩,黄少燕,陈世发.退化红壤地土壤侵蚀与坡度坡向的关系:基于 GIS 的研究[J].自然灾害学报,2010,19(2):32-9.

[24] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T15772-2008 水土保持综合治理规划通则[S].北京:中国标准出版社. 2009.

[25] 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):81-7.

[26] 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[J].地理学报,2003,58(5):643-50.

[27] 徐岚, 赵羿. 利用马尔柯夫过程预测东陵区土地利用格局的变化[J]. 应用生态学报,1993, 4(3):272-277.

[28] 谭学瑞,邓聚龙.灰色关联分析:多因素统计分析新方法[J].统计研究,1995,12(3):46-8.

(上接第 290 页)

[12] 黄海,谭晶今,陈春,等.基于 TOPSIS 方法的山东省土地生态安全动态评价[J].水土保持研究,2016,23(3):220-224.

[13] 张玉泽,任建兰,刘凯,等.山东省生态安全预警测度及时空格局[J].经济地理,2015,32(11):166-171.

[14] 徐成龙,程钰,任建兰,等.黄河三角洲地区生态安全预警测度及时空格局[J].经济地理,2014,34(3):149-155.

[15] 高宇,曹明明,邱海军,等.榆林市生态安全预警研究[J].干旱区资源与环境,2015,29(9):57-62.

[16] 张秋霞,张合兵,刘文锴.新郑市耕地生态安全动态预警研究[J].水土保持研究,2017,24(1):256-264.

[17] 刘小波,秦天彬,周宝同,等.基于改进 SPA 的乐山市耕地生态安全评价[J].西南师范大学学报(自然科学版),2016,41(3):147-154.

[18] 张永利,吴宜进,王小林,等.内蒙古贫困地区生态安全评价及空间格局分析[J].地球信息科学学报,2016,18(3):325-333.

[19] 樊鹏飞,段朋辉,刘志丹,等.土地生态安全评价与障碍因子诊断:以河南省周口市为例[J].山东农业大学学报(自然科学版),2016,47(2):207-213.

[20] 赵鹏宇,郭劲松,崔嫱,等.忻州市相对资源承载力的时空动态变化[J].水土保持研究,2017,24(2):341-347.

[21] 赵鹏宇,步秀芹,崔嫱,等.2004—2013 忻州市生态足迹和承载力变化[J].水土保持研究.2017,24(4):373-378.

[22] 赵鹏宇,刘晓东,步秀芹,等.忻州市相对资源承载力的空间结构差异:基于相对资源承载力模型的改进[J].资源与产业,2017,19(3):60-66.

[23] 赵鹏宇,郭劲松,刘秀丽,等.基于生态足迹模型修正的忻州市生态承载力空间差异变化[J].干旱地区农业研究,2019,37(1):41-50.

[24] 薛慧敏.忻州市生态安生预警与调控研究[D].山西 临汾:山西师范大学,2018.