

泛珠江流域土地利用时空变化特征及驱动因子

张诗晓 张浚茂 张文康 张丹妮 傅家仪 臧传富*

(华南师范大学地理科学学院, 广州 510631)

摘 要 泛珠江流域是中国改革开放和海上“一带一路”的“桥头堡”,在国家经济建设中具有重要的战略地位。本研究基于泛珠江流域 1990—2015 年土地利用数据,结合气候和社会经济指标,利用 ArcGIS 空间分析和 SPSS 因子分析等方法,探索泛珠江流域土地利用时空变化特征及其驱动因子。结果表明:1990—2015 年,泛珠江流域土地利用变化明显。其中,水田和有林地面积明显减少,城镇用地和其他建设用面积急剧增长。在空间上,草地的减少主要发生在流域西北部,耕地的减少集中在流域中部以及沿海地区,城乡、工矿、居民用地的增加主要集中在粤港澳大湾区。其中,变化最为集中的三大典型区域为粤港澳大湾区>广西中-东南部>海南岛北部。1990—2000 年是流域内土地利用变化最为明显的时期。社会经济和工业的飞速发展,以及居民消费水平的提高是该流域土地利用变化的主要驱动力。

关键词 土地利用; 时空演变格局; 驱动力; 泛珠江流域; 粤港澳大湾区

Spatiotemporal variability characteristics and driving forces of land use in the Pan-Pearl River Basin, China. ZHANG Shi-xiao, ZHANG Jun-mao, ZHANG Wen-kang, ZHANG Dan-ni, FU Jia-yi, ZANG Chuan-fu* (*School of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China*).

Abstract: The Pan-Pearl River Basin is a bridgehead for China's reform and opening-up and the construction of the Belt and Road at Sea, with vital strategic significance in Chinese overall development. Land use data and climate and socio-economic indicators were integrated to probe the spatio-temporal change and its driving forces of land use in the Pan-Pearl River basin with ArcGIS spatial analysis tool and SPSS factor analysis tool. Results showed that land use in the Pan-Pearl River Basin significantly changed between 1990 and 2015, with decreases of the area of paddy field and woodland and rapid increases of urban land and other construction land. Outflow of grassland occurred in the northwestern part of the basin. Reduction of cultivated field was mainly concentrated in the central part of the basin and coastal areas. Increases in urban and rural land, industrial and mining land, and residential land were centrally distributed in the Guangdong-Hong Kong-Marco Greater Bay Area. The prominent change areas were Guangdong-Hong Kong-Marco Greater Bay Area > central and southeast of Guangxi Province > northern Hainan Province. Land use changes during 1990–2000 were most obvious in the basin. The main driving factor of spatiotemporal variation of land use was the rapid development of social economy and industry and the improvement of residents' consumption level.

Key words: land use; spatiotemporal evolution characteristics; driving force; Pan-Pearl River basin; Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area.

土地利用/覆盖变化(LUCC)直接体现人类与
自然环境的相互作用,其不仅对区域可持续发展、生

本文由国家自然科学基金项目(41571022, 31660233)和国家杰出青年科学基金项目(41625001)资助 This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (41571022, 31660233) and the National Science Fund for Distinguished Young Scholar (41625001).

2019-08-26 Received, 2019-12-13 Accepted.

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

态系统、全球变化等一系列核心主题和问题有着重大影响,还在一定程度上反映了区域的社会经济发展状况^[1-3],因此,LUCC研究已在全球生态环境变化和可持续发展研究中占有特殊的战略地位^[4]。在城市化水平不断提高的背景下,我国土地利用结构也发生显著变化,由土地资源数量减少和质量下降所引起的生态问题也日趋严重^[5]。因此,土地资

源及其利用格局与生态环境之间的关系也引起了学者的广泛关注^[5-7]。目前,相关研究大多基于全国或区域尺度探求土地利用变化及其空间格局^[1,6-7],或针对省、市区级行政边界进行土地利用变化及其影响机制研究^[8-11],而以大流域片区为对象的研究较少,仍待进一步加强。大流域片区是以水资源为主体媒介的生态系统,其生态功能是地区可持续发展的关键因素之一^[12]。土地资源作为流域自然资源的一种,其变化特征和驱动机制深刻影响着区域的生态安全和社会经济可持续发展。

泛珠江流域是我国改革开放和海上一带一路经济带建设的“桥头堡”,流域下游的粤港澳大湾区是世界三大湾区之一,经济实力雄厚,将成为引领中国经济的重要力量^[13]。粤港澳大湾区产业集聚现象显著,在全球产业链中有较强竞争力^[14]。此外,流域中广西北部湾经济区发展也呈现较好走势。2008年,广西北部湾被规划建设成“中国-东盟”开放合作的经济交流区,其经济价值与经济发展辐射力得到充分肯定。在生态建设方面,广西北部湾天然港湾众多,滩涂面积较大,其中,占全国红树林面积 40% 的红树林群对沿海地区的生态影响深刻而关键。泛珠江流域最南端的海南岛自然条件优越,但仍存在较多未开发利用的土地,其中,约 90% 可用于农业生产,土地后备资源充足。高效可持续地发展海南岛内的土地资源以及最大限度地保护适于动植物生长的生态环境,是推动海南岛绿色发展的必然要求。目前,学者们对泛珠江流域的研究多集中在水资源和水环境方面^[15-20]。土地利用作为影响泛珠江流域环境与自然资源变化的重要因素,体现了自然-人文过程的互动机制,其相关研究仍有待进一步深化。本研究基于中国土地利用数据及社会经济统计数据,采用 ArcGIS 空间分析及 SPSS 因子分析方法,对泛珠江流域 1990—2015 年的土地利用变化时空特征进行探究,并在此基础上分析其变化的驱动因子,旨在为流域的土地资源进行合理规划与科学管理、保护流域生态平衡和可持续发展提供参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

泛珠江流域(21° 31'—26° 49' N, 102° 14'—115° 53' E)跨越 9 个一级地方行政区,包括广东省、广西壮族自治区、海南省、香港、澳门特别行政区以及福建漳州、湖南郴州、云南曲靖及贵州省南部等地区(图 1),总面积 569363 km²。流域属亚热带季风

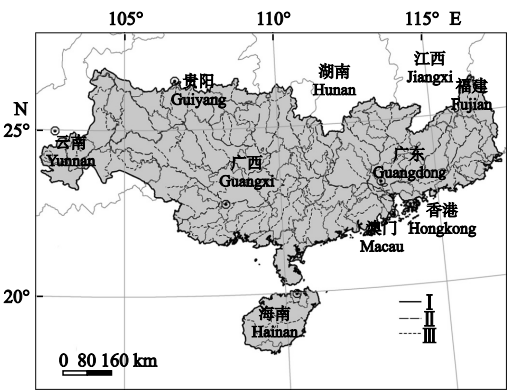


图 1 泛珠江流域地理位置
Fig.1 Geographical location of the Pan-Pearl River Basin.

气候,年降水量在 1500~2000 mm,流域水系发达,水域面积达 11038.61 km²。2015 年,流域总人口达到 19890.64 万,其中,非农业人口 10660.05 万,占比 54.6%。泛珠江流域 GDP 在 1990—2015 年间从 9144.50 亿元增长到 127741.00 亿元,经济发展极为迅速。流域内的粤港澳大湾区城市群是亚太地区最具经济活力的经济区,被称为中国的“南大门”,其蓬勃发展所产生的经济辐射^[21]为泛珠江流域带来了巨大发展潜力。

1.2 数据来源

九大流域分区矢量数据、土地利用分类、气温和降水栅格数据均源自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>),土地利用栅格数据的空间分辨率为 1 km。本研究采用中国多时期土地利用/土地覆被遥感监测数据库(CNLUCC)建立的分类系统,依据土地资源及其利用属性,将泛珠江流域的土地利用类型按照 I 级土地分类分为耕地、林地、草地、城乡建设用地、未利用土地 6 类。在这 6 类 I 级土地的基础上又可分为 25 种 II 级土地:水田、旱地、有林地、灌木林、疏林地、其他林地、高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地、河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川、滩涂、滩地、城镇用地、农村居民点、其他建设用地、沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石质地、其他未利用土地。为更好地分析流域片区土地利用变化的过程和机制,本研究依据 I 级土地类型分析土地利用时空变化,根据 II 级土地类型进行驱动机制分析。通过相关分析和因子分析,剔除掉不显著的土地类型,筛选出城镇用地、其他林地,其他建设用地、水田和有林地 5 种 II 级土地类型进行驱动机制分析。

泛珠江流域社会经济统计数据来源于各省市的统计年鉴。根据研究目标,本研究从人口数量变化、

经济发展水平、城市化水平、居民生活水平及产业结构等方面,共选取 16 个经济指标,分别为总人口数(X_1)、人口密度(X_2)、农业人口数(X_3)、城镇人口数(X_4)、全社会固定资产投资总额(X_5)、总 GDP(X_6)、人均 GDP(X_7)、工业生产总产值(X_8)、农业总产值(X_9)、林业总产值(X_{10})、牧业总产值(X_{11})、粮食总产量(X_{12})、全社会消费品零售总额(X_{13})、城市化率(X_{14})、财政收入(X_{15})、财政支出(X_{16})、自然环境指标选取气温(X_{17})与降水量(X_{18})。

1.3 研究方法

1.3.1 数据预处理 运用 ArcMap 软件对各个时期的降水量、气温栅格数据进行分区统计,整理得到泛珠江流域不同时期的平均降水及气温指标。社会经济指标数据以地级市为单位进行收集。为保证数据的科学性,对局部位于流域内的城市,本研究采用面积加权的方式计算相关统计指标,公式如下:

$$X_{ij}=\frac{S_{ib}}{S_{ia}}\times K_{ij}$$

式中: X_{ij} 为城市 i 的第 j 个指标; S_{ib} 为城市 i 位于流域内的部分面积; S_{ia} 为城市 i 的总面积; K_{ij} 为城市 i 的第 j 个初始指标。

1.3.2 单一土地利用类型动态度 计算公式^[22]为:

$$k=\frac{LU_b-LU_a}{LU_a}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

式中: LU_a 、 LU_b 分别为研究期始、末地类的面积; T 为研究期间隔,单位为年。

1.3.3 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵反映了区域内各地类间面积转移变化的数量特征^[1]。

土地利用转移矩阵来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述^[22]。

1.3.4 因子分析 因子分析法通过降维处理,将多个可能相关的变量转化成少数、主要的综合指标。该方法提取的综合指标包含了原数据绝大部分的信息,且指标间互不重叠,从而得出可作为主要驱动力的综合因子。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化及其空间特征

由图 2 可以看出,1990—2015 年,泛珠江流域在土地利用整体空间变化特征上,出现 3 个土地利用显著变化地带:流域东北部及西北部、流域中部及流域东南部沿海地区、粤港澳大湾区。流域东北部的福建地区以及西北部云贵地区的林、草地变化剧烈且较为分散,呈现相互转换的趋势,是这两个地区土地利用变化的主要表现形式。其中,云贵地区林地的转出量较多,以流向草地为主。流域中部广西北部湾地区林地成片集中转为耕地现象较为明显。广西南宁市与海南岛北部沿海地区出现集中性的城乡、工矿、居民用地侵占耕地的现象。

珠江口沿岸的粤港澳大湾区土地利用变化最为激烈。研究期内,这一区域内大量建设用地取代了原有的耕地,两者构成了粤港澳大湾区土地利用变化的主要矛盾。此外,因珠江口河网密集,其沿岸除出现耕地大量转出之外,珠江口西部地区的水域转出以及珠江口东部地区大量林地的转出现象也极其显著,且二者大多转为城乡、工矿居民用地,用地类

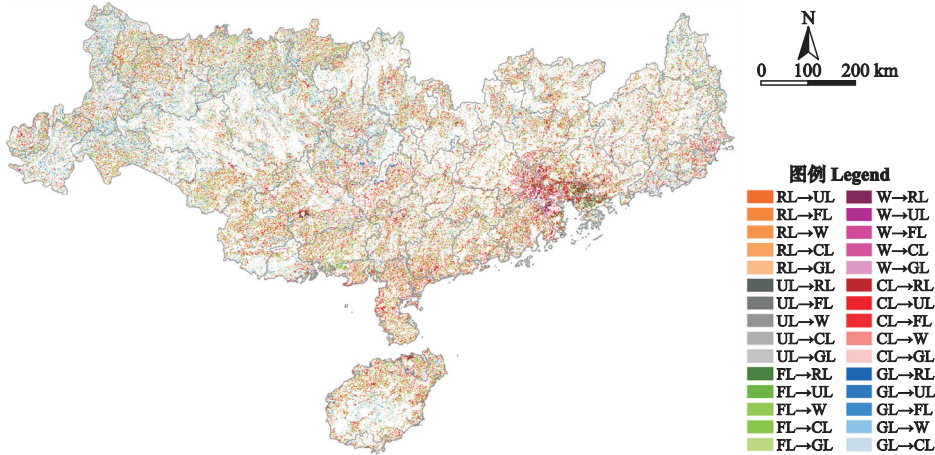


图 2 1990—2015 年泛珠江流域土地利用类型的总体变化
Fig.2 Overall change of land use type in the Pan-Pearl River Basin from 1990 to 2015.

FL: 林地 Forest; W: 水域 Water; CL: 耕地 Cultivated land; GL: 草地 Grassland; UL: 未利用地 Unused land; RL: 城乡、工矿、居民用地 Residential, industrial and mining land. 下同 The same below.

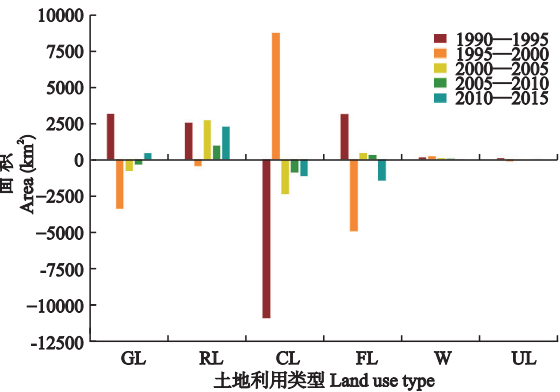


图3 1990—2015 年泛珠江流域各土地利用类型变化面积
Fig.3 Change area of different land use types in the Pan-Pearl River Basin from 1990 to 2015.

型矛盾较为突出。城乡、工矿、居民用地的转入大多发生在珠江口沿岸地区。这反映了粤港澳大湾区城市扩张情况呈现以下两个特点：一是在已有城市用地基础上,由中心向外扩张;二是沿已有交通线路,向外辐射扩张,这与已有研究^[21]相符。

2.2 不同土地利用类型的转换

1990—2015 年,泛珠江流域各土地利用类型变化面积较大(图3)。水域面积在 1990—2010 年间持续增长,面积增加量在 1995—2000 年达到最大,为 230.39 km²,2000 年后增速逐步放缓。其中,以滩涂和河渠面积的增幅最大。总体上,水域面积变化多发生于粤港澳大湾区。

耕地在 6 种地类中变化最剧烈,1990—2000 年呈先减后增,2000—2015 年持续减少(图3),面积减少集中在 1990—1995 年,缩减面积为 10934.72 km²。耕地主要转向城乡、工矿、居民用地,空间上多发生于广西中部、流域东南部沿海地区,贵港市、

桂林市、钦州市、崇左市以及防城港市、粤港澳大湾区的惠州市、中山市和广州市,均有大面积耕地转出现象。1995—2000 年,耕地面积增加 8686.82 km²,主要原因是广西以及海南岛沿岸带转入大面积的耕地,其中,70%的耕地转入面积来自林地;2000—2015 年,流域内耕地持续缩减,每 5 年的缩减面积依次为 2370.39、885.18 和 1157.59 km²,缩减幅度较大,城乡、工矿、居民用地为其首要去向,其次为林地(图4)。

城乡、工矿、居民用地变化整体以持续扩张态势为主,但在 1995—2000 年略有衰减。1990—1995 年,粤港澳大湾区的城乡、工矿、居民用地呈辐射状扩张,云南省曲靖市南部、广西中部、粤东粤西沿海地区和粤港澳大湾区有较大的新增面积。1995—2000 年,城乡、工矿、居民用地面积小幅减少。2000—2005 年,粤港澳大湾区社会经济发展最为迅速,城乡、工矿、居民用地显著扩张(图4)。2005 年后,该类用地的扩张速度明显放缓,在原有的团块状形态基础上逐步向外辐射性拓展。1990—2015 年,耕地与城乡、工矿、居民用地呈此消彼长的特征,流域内城乡、工矿、居民用地面积增加总量的 57.6%来自侵占耕地,而耕地面积减少总量的 67.8%去向为城乡、工矿、居民用地,二者在时空变化上存在互补对应性。

1990—2015 年,林地面积呈增减交替出现的特征,“毁林”与“造林”并存。1990—1995 年,林地在广西柳州市北部、北部湾经济区以及广东云浮市西南部显著扩张,其中,64%的转入面积为耕地。1995—2000 年,广西西南沿海林地明显萎缩,广东省云浮市和惠州市的林地呈零散型减少。2000—

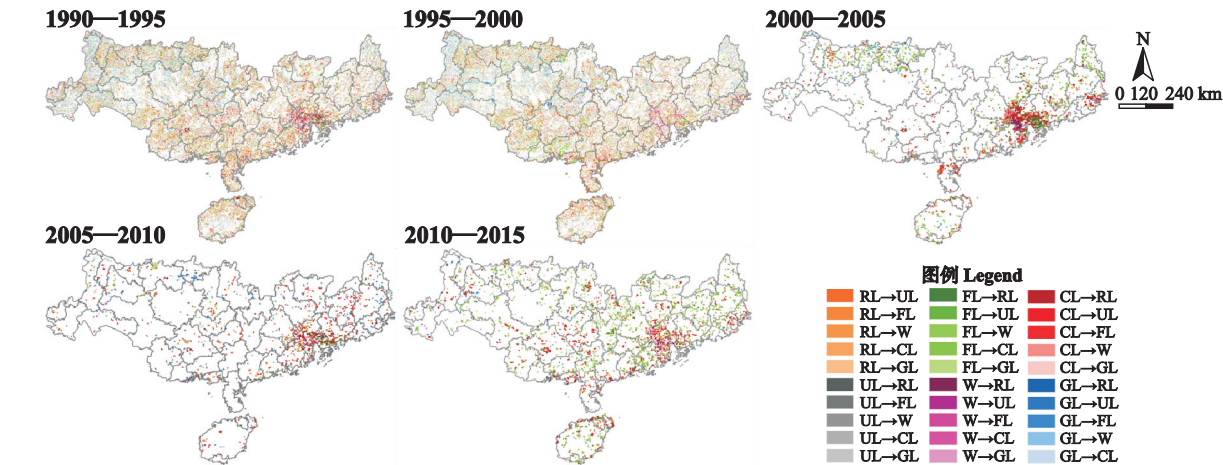


图4 1990—2015 年泛珠江流域各土地利用类型变化过程
Fig.4 Change process of different land use types in the Pan-Pearl River Basin from 1990 to 2015.

表 1 1990—2015 年泛珠江流域显著变化土地利用类型及其动态变化度
Table 1 Land use types with significant change and their dynamic change degree in the Pan-Pearl River Basin from 1990 to 2015

土地利用类型 Land use type	面积 Area (km ²)						1990—2015 年 变化面积 Change area between 1990 and 2015 (km ²)	单一土地利用 类型动态度 Single dynamic index of land use (%)
	1990	1995	2000	2005	2010	2015		
城镇用地 Urban land	2364	4167	3639	5588	6191	6478	4114	7.0
其他建设用地 Other construction land	1123	1702	1297	1933	2340	4352	3229	11.5
其他林地 Other woodland	15151	12544	15773	17353	19743	19758	4607	1.2
水田 Paddy field	68161	67603	66608	65204	64741	64095	-4066	-0.2
有林地 Closed forest land	203900	206829	204075	202821	201543	200113	-3787	-0.1

2010 年,流域内林地面积逐步增加,新转入的林地零星散布于流域各处。2010—2015 年,林地面积减少,减少的林地聚集在“两广”边界带和粤北山区。1990—2000 年,流域林地面积剧烈变化,大量用地在耕地和林地间流动;2000 年后,林地与城乡、工矿、居民用地相互转化,主要发生于粤港澳大湾区。

1990—1995 年,草地面积大幅增加,增幅达 3128.91 km²,增加的草地主要出现在泛珠江流域的西北地区。1995—2000 年,草地面积回落,有 65% 的转出面积流向林地,减少部分与前 5 年增加的部分在空间上有很大的重合,即河池市东北部以及来宾市西北部新增的草地在 2000 年都已转换为其他土地类型,此外,云南省曲靖市北部以及文山壮族苗族自治州北部的草地面积相比 1995 年有所减小。2000—2010 年间,草地面积小幅缩减,草地转出零星分布于流域西北部。2010—2015 年间,草地面积少量回升,这一时期的草地面积转入多源于城乡、工矿、居民用地。总体上,早期草地的面积变化取决于草地与林地间的用地矛盾,近 5 年则主要受城镇用地需求变化影响。

2.3 土地类型变化的驱动力

受土地利用数据空间分辨率限制,在大尺度流域内,使用 I 级土地利用分类能使其空间变化特征更为明显。而采用更为贴切地反映人类活动的 II 级土地利用分类体系进行土地驱动因子分析,有利于直观探究人类活动和社会经济发展对土地利用变化的影响。根据流域土地类型的面积变化特征(表 1),本研究主要分析 5 种土地利用类型(城镇用地、其他建设用地、其他林地、水田、有林地)的驱动力。主要是由于在分析驱动机制时,选取的社会经济因子反映人类更为具体的行为活动,故选用更为细分的 II 级土地分类,该 5 种土地利用类型是所有 II 级分类中动态度变化最为明显的,在体现流域特征上更具有代表性。对 5 种土地利用类型与流域内区域

16 个经济指标以及 2 个环境指标进行相关分析。选取通过 95%置信区间的双尾检验,且土地利用与指标之间相关系数达 0.8 以上的因子进行分析。

在特征值>1 的主成分中,城镇用地、其他建设用地、其他林地、水田、有林地的第一主成分的贡献率均高于 90%,分别达到 96.5%、93.0%、92.1%、96.3%、91.6%,其可代表原始变量所包含的绝大部分信息(表 2)。社会经济发展密切相关的总/人均 GDP、工、林、牧业总产值、全社会消费品零售额、财政收支对 5 个地类变化的影响程度较大(表 3)。说明促进泛珠江流域内 5 种用地类型发生变化的驱动力是社会经济和工业高速发展与居民消费水平的提高。

3 讨 论

本研究表明,泛珠江流域 1990—2015 年间的土地利用转移变化显著。主要是由于 1990—2015 年间,泛珠江流域社会经济和工业快速发展^[23],城市形态不断更新,流域内的土地利用类型因此发生较为剧烈的变化,呈现出耕地-城乡建设用地转化机制为第一矛盾,两者在互相牵制的同时,也对林、草地的变化产生重要影响。与其他流域片区相比^[24],泛珠江流域的土地利用变化更加凸显出耕地与建设用地的矛盾冲突,在驱动机制上也具有更强的经济发展主导性和政策引导性。研究期内,粤港澳大湾区建设用地扩张明显,城镇用地和其他建设用地面积显著增加^[25-26],这与泛珠江流域同期的经济发展速度相契合^[24]。经济发展水平的提高和经济增长速度的加快,促使城市扩张并占用大量农业用地,导致耕地面积快速缩减^[27-29]。2000 年以后,流域社会经济发展水平进入更高阶段,人口增长速率加快,耕地面积受二者的影响逐渐增大^[28]。

从时间和空间变化特征来看,泛珠江流域土地利用变化的驱动因子也呈现出明显的时空差异性。

表 2 主要地类的主成分特征值及其贡献率
Table 2 Component eigenvalue and contribution rate of main land use types

主成分 Principal component	城镇用地 Urban land		其他林地 Other woodland		其他建设用地 Other construction land		水田 Paddy field		有林地 Closed forest land	
	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution (%)	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution (%)	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution (%)	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution (%)	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution (%)
1	12.54	96.4	11.98	92.1	14.87	93.0	13.48	96.3	13.75	91.7
2	0.35	2.7	0.71	5.4	0.83	5.2	0.41	2.9	0.70	4.7
3	0.06	0.5	0.25	1.9	0.22	1.4	0.07	0.5	0.33	2.2
4	0.03	0.2	0.06	0.5	0.05	0.3	0.03	0.2	0.21	1.4
5	0.01	0.1	0.01	0.1	0.03	0.2	0.01	0.1	0.01	0.1
6	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
7	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
8	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
9	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
10	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
11	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
12	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
13	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
14					0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
15					0.00	0.0			0.00	0.0
16					0.00	0.0				

表 3 主要地类主成分载荷矩阵
Table 3 Loading matrix of principal component about main land use types

驱动因子 Driving factor	主成分 1 Principal component 1				
	城镇用地 Urban land	其他林地 Other woodland	其他建设 用地 Other construction land	水田 Paddy field	有林地 Closed forest land
X ₁	0.968	0.976	0.948	0.964	0.963
X ₂	0.968	0.976	0.948	0.964	0.963
X ₃	-	-	-0.911	-	-0.901
X ₄	0.977	0.984	0.967	0.974	0.979
X ₅	-	-	0.982	0.973	0.969
X ₆	0.997	0.992	0.999	0.998	0.997
X ₇	0.999	0.995	0.998	0.999	0.998
X ₈	0.996	0.994	0.997	0.996	0.996
X ₉	0.967	-	0.977	0.970	-
X ₁₀	0.986	0.976	0.991	0.988	0.984
X ₁₁	0.997	0.998	0.990	0.996	0.995
X ₁₂	-	-	-	-	-
X ₁₃	0.984	0.993	0.993	0.987	0.985
X ₁₄	0.951	0.939	0.962	0.947	0.955
X ₁₅	0.994	0.996	0.987	0.995	0.992
X ₁₆	0.981	0.990	-	0.985	0.980
X ₁₇	-	0.773	-	-	-
X ₁₈	-	-	0.664	-	0.642

X₁: 总人口数 Total population; X₂: 人口密度 Population density; X₃: 农业人口数 Agricultural population; X₄: 城镇人口 Urban population; X₅: 全社会固定资产投资总额 Total fixed assets investment; X₆: 总 GDP Total GDP; X₇: 人均 GDP Per capita GDP; X₈: 工业生产总产值 Gross product of industry; X₉: 农业总产值 Gross product of agriculture; X₁₀: 林业总产值 Gross product of forestry; X₁₁: 牧业总产值 Gross product of animal husbandry; X₁₂: 粮食总产量 Grain output; X₁₃: 全社会消费品零售总额 Total retail sales of consumer goods; X₁₄: 城市化率 Urbanization; X₁₅: 财政收入 Fiscal revenue; X₁₆: 财政支出 Fiscal expenditure; X₁₇: 气温 Temperature; X₁₈: 降水量 Precipitation.

粤港澳大湾区是泛珠江流域经济最发达的地区, GDP 占总流域比重超过了 65%,在泛珠江流域的经济发展中起主导推动作用,该区域能为周边省份提供资金和技术支持,带动整个泛珠江流域的发展^[21]。因此,粤港澳大湾区社会经济的快速深入发展与同期土地利用类型结构发生剧烈变化呈现明显的因果关系。同时,在泛珠江流域最南端的海南岛地区的土地利用变化也十分显著。自 20 世纪 90 年代海南创建省办经济特区以来,“海南热”狂潮的掀起带动了大量人力和资金到海南,“开发热”和“房地产热”的迅猛发展,促使海南省城镇化进程加快和产业结构调整^[32],造成了 1990—2010 年间海南岛北部海岸带的耕地转出明显。此外,流域西部的广西壮族自治区土地利用变化显著。受三次全国性“圈地运动”、退耕还林工程^[28,30]以及“开发区热”等因素的影响,广西耕地面积在 1990—1999 年急速减少^[31,33]。综上所述,泛珠江流域土地利用变化主要受到社会经济发展的驱动,同时也受到国家及地区宏观政策调控的影响。

本研究以泛珠江流域为对象,探讨其土地利用时空变化特征及影响因子,可以为经济快速发展下大流域片区的土地资源管理与生态环境保护提供理论依据。在收集数据过程中,因港澳地区的统计口径与内地不同,本研究在港澳地区仅选取 GDP、人均 GDP 和总人口 3 个指标,其他社会指标数据缺失。未来,在粤港澳大湾区建设背景下,港澳地区与

内地将形成更加紧密的合作,科技信息资源的开放融合、共建共享将成为必然趋势,粤港澳三地社会经济数据一体化研究有望进一步加强。1990—2015年,泛珠江流域的土地利用变化与政府实施的宏观政策息息相关,因此未来应加强土地资源变化和宏观政策之间相互作用机制研究,以更好地为各级土地管理部门提供理论依据和政策建议,从而使该流域的生态恢复和土地综合治理进程得到进一步推进。

参考文献

- [1] 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. 经济地理, 2015, **35**(5): 148–154 [Han H-R, Yang C-F, Song J-P. The spatial-temporal characteristic of land use change in Beijing and its driving mechanism. *Economic Geography*, 2015, **35**(5): 148–154]
- [2] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析. 地理研究, 2003, **22**(1): 1–12 [Liu J-Y, Zhang Z-X, Zhuang D-F, et al. A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s. *Geographical Research*, 2003, **22**(1): 1–12]
- [3] 吴健生, 曹祺文, 石淑芹, 等. 基于土地利用变化的京津冀生境质量时空演变. 应用生态学报, 2015, **26**(11): 3457–3466 [Wu J-S, Cao Q-W, Shi S-Q, et al. Spatio-temporal variability of habitat quality in Beijing-Tianjin-Hebei Area based on land use change. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015, **26**(11): 3457–3466]
- [4] 匡文慧. 城市土地利用/覆盖变化与热环境生态调控研究进展与展望. 地理科学, 2018, **38**(10): 1643–1652 [Kuang W-H. Advance and future prospects of urban land use/cover change and ecological regulation of thermal environment. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, **38**(10): 1643–1652]
- [5] 李旭亮, 杨礼箫, 田伟, 等. 中国北方农牧交错带土地利用/覆盖变化研究综述. 应用生态学报, 2018, **29**(10): 3487–3495 [Li X-L, Yang L-X, Tian W, et al. Land use and land cover change in agro-pastoral ecotone in Northern China: A review. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, **29**(10): 3487–3495]
- [6] 王军, 钟莉娜, 应凌霄, 等. 土地整治对生态系统服务影响研究综述. 生态与农村环境学报, 2018, **34**(9): 803–812 [Wang J, Zhong L-N, Ying L-X, et al. Review on the study of the impacts of land consolidation on ecosystem services. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2018, **34**(9): 803–812]
- [7] Donatella P, Davide T, Labriola M, et al. Land use and wind direction drive hybridization between cultivated poplar and native species in a Mediterranean floodplain environment. *Science of the Total Environment*, 2018, **610–611**: 1400–1412
- [8] 李晨曦, 吴克宁, 查理思. 京津冀地区土地利用变化特征及其驱动力分析. 中国人口·资源与环境, 2016, **26**(suppl.1): 252–255 [Li C-X, Wu K-N, Cha L-S. Research on land use change characteristics and driving forces in Beijing, Tianjin and Hebei Region. *China Population, Resources and Environment*, 2016, **26**(suppl.1): 252–255]
- [9] 马小雪, 卞子浩, 李娜, 等. 秦淮河流域 1980–2010 年土地利用变化及驱动机制. 水土保持通报, 2015, **35**(6): 272–276 [Ma X-X, Bian Z-G, Li N, et al. Land use change and its driving mechanism in Qinhuai River Watershed during 1980–2010. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2015, **35**(6): 272–276]
- [10] Adam S, Agnieszka S, Monika W. Analysis of changes in the land use structure of developed and urban areas in Eastern Poland. *Bulletin of Geography Socio-economic Series*, 2014, **24**: 219–230
- [11] Giang TL, Thuan DN, Vinh QT. Research and application of remote sensing and GIS technologies in determining and forecasting land use changes by Markov chain in Y Yen District, Nam Dinh Province. *Real Estate Management and Valuation*, 2016, **24**: 27–39
- [12] 曹莉萍, 周冯琦, 吴蒙. 基于城市群的流域生态补偿机制研究——以长江流域为例. 生态学报, 2019, **39**(1): 85–96 [Cao L-P, Zhou F-Q, Wu M. Study on the ecological compensation mechanism of a watershed based on an urban agglomeration by using the Yangtze River basin as an example. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, **39**(1): 85–96]
- [13] 赖成光, 陈晓宏, 王兆礼, 等. 珠江流域 1960–2012 年降雨侵蚀力时空变化特征. 农业工程学报, 2015, **31**(8): 159–167 [Lai C-G, Chen X-H, Wang Z-L, et al. Spatial and temporal variations of rainfall erosivity on Pearl River Basin during 1960–2012. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, **31**(8): 159–167]
- [14] 李郁, 周金苗, 黄耀福, 等. 从巨型城市区域视角审视粤港澳大湾区空间结构. 地理科学进展, 2018, **37**(12): 1609–1622 [Li X, Zhou J-M, Huang Y-F, et al. Understanding the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area from the perspective of mega-city region. *Progress in Geography*, 2018, **37**(12): 1609–1622]
- [15] 鲁颖, 毕硕本, 刘爱利, 等. 清代 1644—1911 年期间珠江流域旱涝灾害时空特征分析. 长江流域资源与环境, 2018, **27**(12): 2867–2877 [Lu Y, Bi S-B, Liu A-L, et al. Analysis on the spatio-temporal characteristics of drought and flood disasters in the Pearl River Basin during 1644–1911 years. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, **27**(12): 2867–2877]
- [16] 陆文秀, 刘丙军, 陈俊凡, 等. 近 50 年来珠江流域降水变化趋势分析. 自然资源学报, 2014, **29**(1): 80–90 [Lu W-X, Liu B-J, Chen J-F, et al. Variation trend of precipitation in the pearl river basin in recent 50 years. *Journal of Natural Resources*, 2014, **29**(1): 80–90]

- [17] 唐亦汉, 陈晓宏. 近 50 年珠江流域降雨多尺度时空变化特征及其影响. 地理科学, 2015, **35**(4): 476–482 [Tang Y-H, Chen X-H. Multi-scale spatio-temporal characteristics and influence of precipitation variation in Zhujiang River basin during the last 50 years. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, **35**(4): 476–482]
- [18] Chen YQ, Zhang Q, Chen XH, *et al.* Multiscale variability of streamflow changes in the Pearl River Basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2012, **26**: 235–246
- [19] Zhang Q, Xu CY, Chen YQ, *et al.* Abrupt behaviors of the streamflow of the Pearl River Basin and implications for hydrological alterations across the Pearl River Delta, China. *Journal of Hydrology*, 2009, **377**: 274–283
- [20] 郑江禹, 张强, 史培军, 等. 珠江流域多尺度极端降水时空特征及影响因子研究. 地理科学, 2017, **37**(2): 283–291 [Zheng J-Y, Zhang Q, Shi P-J, *et al.* Spatiotemporal characteristics of extreme precipitation regimes and related driving factors in the Pearl River Basin. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, **37**(2): 283–291]
- [21] 徐晓红, 陈忠暖, 史铁丑. “泛珠三角经济协作区”与经济发展辐射理论分析//城市经济与微区位研究. 全国城市经济地理与微区位学术研讨会论文集, 北京, 2004: 67–70 [Xu X-H, Chen Z-N, Shi T-C. The economy cooperation of Pan-Pearl River Delta theory analyzing of economy development. National Symposium on Urban Economic Geography and Micro-location, Beijing, 2004: 67–70]
- [22] 李彩霞, 邓帆, 龚杰, 等. 1990—2015 年南宁土地利用动态变化时空特征分析. 内蒙古科技与经济, 2019(5): 43–47 [Li C-X, Deng F, Gong J, *et al.* Temporal and spatial characteristics of land use dynamic change in Nanning from 1990 to 2015. *Inner Mongolia Science Technology & Economy*, 2019(5): 43–47]
- [23] 许学强, 程玉鸿. 珠江三角洲城市群的城市竞争力时空演变. 地理科学, 2006, **26**(3): 257–265 [Xu X-Q, Cheng Y-H. Spatial-temporal changes of urban competitiveness in urban cluster of Pearl River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2006, **26**(3): 257–265]
- [24] 张浚茂, 臧传富. 东南诸河流域 1990—2015 年土地利用时空变化特征及驱动机制研究. 生态学报, 2019, **39**(24): 1–12 [Zhang J-M, Zang C-F. Spatial and temporal variability characteristic and driving mechanisms of land use in the southeastern river basins from 1990 to 2015. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, **39**(24): 1–12]
- [25] 袁中友, 杜继丰. 珠江三角洲地区耕地资源紧缺态势分析. 水土保持研究, 2009, **16**(1): 188–190 [Yuan Z-Y, Du J-F. Analysis on state of insufficiency of cultivated land in the Pearl River Delta. *Research of Soil and Water Conservation*, 2009, **16**(1): 188–190]
- [26] 刘志佳, 黄河清. 珠三角地区建设用地扩张与经济、人口变化之间相互作用的时空演变特征分析. 资源科学, 2015, **37**(7): 1394–1402 [Liu Z-J, Huang H-Q. Tempo-spatial characteristics of interactions among changes in built-up land, GDP and demography in the Pearl River Delta. *Resource Science*, 2015, **37**(7): 1394–1402]
- [27] 黄宁生. 广东耕地面积变化的空间分布特征及其与经济、人口增长的关系. 热带地理, 1999(1): 30–35 [Huang N-S. Spatial distribution of cultivated land loss correlation to economic and population growth in Guangdong Province. *Topical Geography*, 1999(1): 30–35]
- [28] 姜春, 吴志峰, 程炯, 等. 广东省土地覆盖变化对植被净初级生产力的影响分析. 自然资源学报, 2016, **31**(6): 961–972 [Jiang C, Wu Z-F, Cheng J, *et al.* Analyzing the effects of land cover change on vegetation net primary productivity in Guangdong Province. *Journal of Natural Resources*, 2016, **31**(6): 961–972]
- [29] 程维明, 高晓雨, 马廷, 等. 基于地貌分区的 1990—2015 年中国耕地时空特征变化分析. 地理学报, 2018, **73**(9): 1613–1629 [Cheng W-M, Gao X-Y, Ma T, *et al.* Spatial-temporal distribution of cropland in China based on geomorphologic regionalization during 1990–2015. *Acta Geographica Sinica*, 2018, **73**(9): 1613–1629]
- [30] Chen TT, Li P, Liu SQ, *et al.* Land cover change in different altitudes of Guizhou-Guangxi karst mountain area, China: Patterns and drivers. *Journal of Mountain Science*, 2017, **14**: 1873–1888
- [31] 洪晓霓. 20 世纪 90 年代珠三角城镇群建设初探. 红广角, 2017(9): 37–43 [Hong X-N. The first exploration on construction of Pearl River Delta metropolitan areas in the 1990s. *Red Wide Angle*, 2017(9): 37–43]
- [32] Ying B, Xiao S, Xiong K, *et al.* Comparative studies of the distribution characteristics of rocky desertification and land use/land cover classes in typical areas of Guizhou Province, China. *Environmental Earth Sciences*, 2014, **71**: 631–645
- [33] 赵健, 魏成阶, 黄丽芳, 等. 土地利用动态变化的研究方法及其在海南岛的应用. 地理研究, 2001, **20**(6): 723–730 [Zhao J, Wei C-J, Huang L-F, *et al.* Research methods of land use changes and their applications in Hainan Island. *Geographical Research*, 2001, **20**(6): 723–730]

作者简介 张诗晓, 女, 1998 年生. 主要从事地理信息科学研究. E-mail: zhangsx@m.scnu.edu.cn

责任编辑 杨 弘

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

