

刘振杰,刘 洛,孙 璐,等. 分时序广东省土地利用变化的时空格局和驱动力分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):253-260.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.063

分时序广东省土地利用变化的时空格局和驱动力分析

刘振杰^{1,2,3,4}, 刘 洛^{1,2,3,4}, 孙 璐¹, 赵小娟^{1,2,3,4}, 胡月明^{1,2,3,4,5}

(1. 华南农业大学资源环境学院,广东广州 510642; 2. 华南农业大学地理信息工程研究所,广东广州 510642;

3. 国土资源部建设用地再开发重点实验室,广东广州 510642; 4. 广东省土地利用与整治重点实验室,广东广州 510642;

5. 青海大学农牧学院,青海西宁 810016)

摘要:土地利用变化是全球变化的重要组成部分,土地利用研究也成为全球变化研究的焦点。广东省作为中国改革开放后的南大门,人口大量聚集,经济高速发展,使其成为了中国土地利用变化最为剧烈的区域之一。因此,对广东省 1990—2015 年时序的土地利用变化时空特征以及驱动力机制进行分阶段对比分析并揭示了变化规律,从而为日后科学管理全省土地资源提供有价值的科学信息。通过采用基于陆地卫星(Landsat)影像数据提取的广东省 1990、2000、2010 和 2015 年土地利用数据,研究广东省 1990—2000 年、2000—2010 年和 2010—2015 年各时序土地利用变化的时空格局,并对驱动力机制进行分时序的分析对比。研究表明:(1)耕地总量持续减少,建设用地持续增加,且变化速度和变化剧烈程度均为先加速后减速;非人工土地利用类型中,林地总量持续减少;草地先减少后增加;水域先大量增加,后持续减少,且集中在珠三角平原区;未利用地先增后减再增。(2)各时序相比较,广东省土地利用变化在空间格局上呈现出不同的新特征:退耕还林主要集中于 1990—2010 年期间的粤西沿海区;1990—2010 年,建设用地集中于珠三角平原区加速扩张,而 2010—2015 年期间,其扩展面积大大减少且其余区域有较大幅度的增长;1990—2000 年,水域用地在珠三角平原区大量占用耕地,而 2000—2015 年其被建设用地的扩张持续侵占。(3)政策因素、宏观社会经济因素和人口因素的综合作用是影响全省土地利用变化时空格局的主要原因。其中,1990—2010 年,社会经济的推动和人口的大量增长加剧了全省尤其是珠三角平原区各种土地利用类型的转移。在国家宏观政策和区域发展政策的持续调控作用下,全省土地资源的利用和管理也变得越来越科学有效。

关键词:广东省;土地利用变化;时空变化;空间格局;驱动力

中图分类号: F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0253-08

土地利用变化主要受自然与社会双重因素的影响,自然因素包括气候、水文、土壤、地质地貌等;社会因素包括对土地的投入、对土地产品的需求、城市化程度等。同时,土地利用变化也影响着人类生存和发展的自然基础^[1],如气候、生态过程、生物化学循环等全球变化问题,同时也涉及区域的食物安全、区域社会经济的稳定性等环境质量^[2-6]。“国际地圈与生物圈计划(IGBP)”和“全球环境变化的人文领域计划(IHDP)”两大国际组织,于 1995 年和 2005 年分别联合提出了“土地利用/覆被变化(LUCC)”研究计划和“全球土地计划(GLP)”,使土地利用变化研究成为全球变化研究的前沿和热点课题^[7-9]。同时,随着人口的快速增长和社会经济的高速推进,人类对土地利用的范围和强度也空前增长,从而造成了土地退化、环境污染等一系列重大全球性环境问题^[10],如何解决由土地利用/土地覆盖变化(LUCC)引起的环境变化并实现可持续发展成为当今亟待解决的问题。因此,研究土地利用/土地覆盖变化(LUCC)对于研究全球性环境变化和

实现人类长远发展具有深远的意义。

自“土地利用/覆被变化(LUCC)”研究计划和“全球土地计划(GLP)”启动后,学者们对于土地利用/土地覆盖变化(LUCC)的研究主要围绕土地利用变化时空特征及其驱动力机制研究^[11-16]、土地利用变化预测模拟^[17-21]和土地利用变化对环境产生的效应^[22-26]等各方面。在土地利用变化的时空特征与驱动力分析中,已形成较为完善的研究体系。其中,按研究按区域尺度大小又可划分成大、中、小尺度。在大尺度区域研究方面,刘纪远等提出土地利用动态区划方法研究全国土地利用变化的时空格局与空间特征,同时对主要土地利用类型变化驱动因素进行了分析^[11];香宝利用土地利用动态度模型探讨了中国东西部地区土地利用变化的时空规律并分析了主要土地利用类型变化的原因^[14]。在中尺度区域研究方面,周书贵等对 20 世纪 80 年代末至 2008 年黄土高原地区土地利用变化时空特征、宏观生态状况变化趋势和主要驱动力因素进行了分析^[16];王光谦等在遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、数字模型支持下,研究了黄河流域 20 世纪 80 年代末期至 20 世纪 90 年代末期土地利用变化的特征并得出人类活动是主导驱动因子的结论^[13]。在小尺度区域研究方面,史利江等基于 GIS、RS 和数理统计方法分析了 1994—2006 年上海市土地利用时空变化特征,并定量分析了其驱动力^[12];杨爽等以北京市海淀区、延庆县为研究区,通过转移矩阵法和多元线性回归法,分析了 1992—2002 年研究区土地利用变化的时

收稿日期:2017-04-14

基金项目:广东省科技计划(编号:2014B020206002、2015B010110006)。

作者简介:刘振杰(1993—),男,广东广州人,硕士研究生,主要从事土地利用变化和耕地质量评价研究。E-mail:544492319@qq.com。

通信作者:胡月明,博士,教授,主要从事地理信息系统应用与土地资源管理研究。E-mail:yueminghugis@163.com。

空分异特征及驱动机制^[15]。

根据已有研究,对于土地利用变化的时空特征及驱动力分析,更多侧重于对研究区域时序内进行整体性、宏观性的分析,从而只得到研究区域在整个研究时序范围内的土地利用空间分布特征以及影响整个时序的驱动力因素等相关结论。但是随着时代的发展,在政策、经济和人口等多方面因素的综合作用之下,土地利用变化往往剧烈而复杂。尤其是在一个长时间序列土地利用变化过程中,在不同的子时间序列其往往受到来自不同方面驱动力影响,进而呈现出不同程度、不同类型的空间分布特征。总的来说,以往对土地利用变化的时空特征及驱动力分析研究之中,缺乏对长时序中各个子时序土地利用变化规律以及驱动力机制的异同之处进行对比研究。同时,从以往中等尺度的土地利用变化时空特征及驱动力分析的研究来看,更多的是以经济发达区域和典型流域为研究对象,省域尺度研究相对较少。

因此,本研究以广东省作为研究对象,基于遥感数据源获取的土地利用变化数据库,对比分析研究广东省 1990—2000 年、2000—2010 年以及 2010—2015 年各时序土地利用变化时空特征以及驱动力机制的异同之处,从而揭示其各时序土地利用变化的基本时空格局特征和驱动因素变化情况,为未来广东省社会经济可持续发展和土地资源科学管理提供有价值

值的科学信息。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

广东省简称粤,地处 20.22° ~ 25.52° N, 109.68° ~ 117.33° E 之间,是中国大陆南部的省份,毗邻港澳,东邻福建、西接广西,北面与湘、赣接壤,西南端隔琼州海峡与海南省相望(图 1)。2015 年末常住人口 10 849 万人,其中城镇人口为 7 453 万人。2015 年末地区生产总值为 72 812.55 亿元,居全国第一。全省陆地面积 17.826 万 km²,现辖 21 个地级市、20 个县级市、34 个县、3 个自治县、62 个市辖区、1 128 个市辖镇、11 个乡、445 个街道(办事处)。总的来说,广东地理位置优越,经济发达,人多地少,人口密度高,人地矛盾十分突出。

为了更好地体现区域时空格局和驱动力因素特点,更有针对性地促进各地区未来土地利用的可持续发展,本研究主要将广东省分为以下 4 个研究区域:珠三角平原区(广州市、深圳市、珠海市、佛山市、江门市、中山市、东莞市、肇庆市、惠州市)、粤东沿海区(汕头市、汕尾市、揭阳市、潮州市)、粤西沿海区(阳江市、湛江市、茂名市)和粤西北山区(清远市、韶关市、河源市、梅州市、云浮市)。



图1 广东省地理位置

1.2 数据来源

土地利用数据来源于中国科学院资源环境数据中心全国土地利用数据库,该数据通过采用土地利用变化遥感信息人机交互快速提取方法,解译 1990、2000、2010、2015 年 4 期分辨率为 30 m 的 Landsat 数字影像,并将解译结果重采样为 100 m,进而截取其中的广东省土地利用数据,以建立 1990—2015 年广东省土地利用变化数据库,进行后续分析研究^[11,27]。其中,所采用的土地分类体系将研究区土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和未利用地 6 个一级类型和 25 个二级类型,其中一级类型综合评价精度达到 94.3% 以上,满足 1 : 10 万比例尺制图精度^[11,28-29]。通过划分 1990—2000 年、2000—2010 年和 2010—2015 年 3 个时序,进而开展广东省土地利用变化时空格局和驱动力机制分析,能够更加清晰地显示出不同时序土地利用变化规律和主导驱动因素的差异。

1.3 研究方法

区域土地利用类型面积、土地结构变化、土地利用动态度反映土地利用变化的总体情况以及变化趋势。其中,土地利用结构反映某种土地利用类型面积的占比,其公式为

$$P_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中: A_i 为第 i 类土地的面积; n 为土地利用类型^[30]。

土地利用变化度定量描述某种土地利用类型在某一时间段内的变化速度^[31],对于预测未来土地利用变化并作出相应决策有着积极意义,这里采用单一土地利用动态度,其公式为

$$K_i = \frac{LA_{i,t_2} - LA_{i,t_1}}{LA_{i,t_1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K 为研究时段内某种土地利用类型的单一土地利用动态度; LA_{i,t_1} 和 LA_{i,t_2} 分别为研究期初和研究期末第 i 种土地利

用类型的面积; t_1 和 t_2 : 研究起初时间和研究期末时间, 这里是以年为单位, 因此计算所得的单一土地利用变化度为年变化率^[32]。

土地利用动态变化的空间信息分析模型, 能够对一定时序内土地利用动态变化的空间过程以及土地利用变化的剧烈程度进行更加精确的描述^[33]。

$$TRL_i = \frac{LA_{i,t_1} - ULA_i}{LA_{i,t_1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\%; \quad (3)$$

$$IRL_i = \frac{LA_{i,t_2} - ULA_i}{LA_{i,t_1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\%; \quad (4)$$

$$CCL_i = \frac{(LA_{i,t_1} - ULA_i) + (LA_{i,t_2} - ULA_i)}{LA_{i,t_1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% = TRL_i + IRL_i. \quad (5)$$

式中: TRL_i 、 IRL_i 、 CCL_i 分别为第 i 种土地利用类型在监测时序 t_1 至 t_2 期间的转移速率、新增速率和变化速率。

2 2015 年广东省土地利用现状空间分布特征

2015 年广东省土地利用以林地为主, 占总面积的 60.06%, 主要集中于粤西北山区、粤西沿海区和珠三角平原区北部、粤东沿海区西北部, 分别占各自区域的 72.43%、48.83%、54.51%、41.83%, 均为各自区域的主要土地利用类型; 其中, 林地面积最大的前 2 位分别为粤西北山区、珠三角平原区, 面积分别为 555.61 万 hm^2 、302.08 万 hm^2 。其次为耕地, 占总面积的 24.88%, 主要集中于珠三角平原区、粤东沿海区及粤西沿海区, 分别占该区域的 25%、33.13%、

36.71%。建设用地占广东省土地利用总面积的 5.78%, 主要集中于珠三角平原区, 该区建设用地面积 57.39 万 hm^2 , 为广东省建设用地面积最大的区域。草地点广东省土地利用总面积的 4.64%, 主要集中于粤西北山区中部及粤东沿海区。水域占广东省土地利用总面积的 4.55%, 主要集中于珠三角平原区中部、粤东沿海区及粤西沿海区东南部、粤西北山区南部。其中, 珠三角平原区的水域面积最大, 为 42.35 万 hm^2 , 占全省水域面积的一半。未利用地于省内零星分布, 仅占总面积的 0.09% (图 2、表 1)。

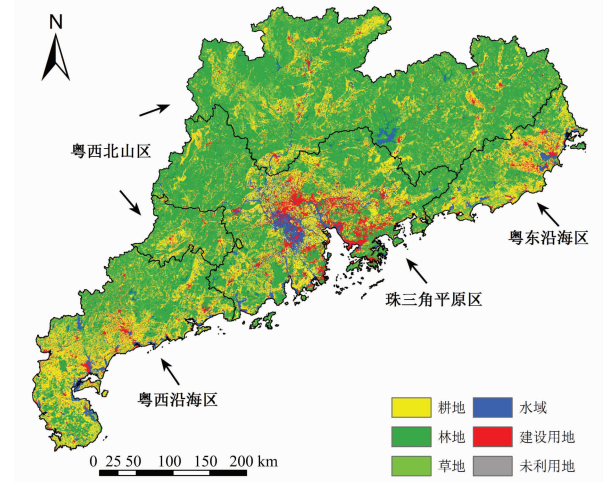


图2 2015 年广东省各类用地分布特征

表 1 2015 年广东省土地利用空间分区及面积分布

土地利用类型	珠三角平原区		粤东沿海区		粤西沿海区		粤西北山区		总计 (%)
	面积(万 hm^2)	占比 (%)	面积(万 hm^2)	占比 (%)	面积(万 hm^2)	占比 (%)	面积(万 hm^2)	占比 (%)	
耕地	138.58	25.00	50.93	33.13	117.70	36.71	139.47	18.18	24.88
林地	302.08	54.51	64.31	41.83	156.58	48.83	555.61	72.43	60.06
草地	13.60	2.45	17.72	11.53	6.99	2.18	45.01	5.87	4.64
水域	42.35	7.64	8.89	5.78	17.75	5.54	12.74	1.66	4.55
建设用地	57.39	10.36	11.50	7.48	20.63	6.43	14.26	1.86	5.78
未利用地	0.22	0.04	0.39	0.25	0.99	0.31	0.02	0.00	0.09
总计	554.22	30.86	153.74	8.56	320.64	17.86	767.11	42.72	100.00

3 1990—2015 年广东省土地利用变化时空特征

3.1 分时序土地利用变化基本特征

通过对 1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2015 年 3 个时序的土地利用数据进行空间分析, 1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2015 年广东省珠三角平原区、粤东沿海区、粤西沿海区、粤西北山区 4 个区域的土地利用变化时空特征分别见图 3 至图 5。1990—2000 年, 全省土地利用变化规模较小, 主要集中于珠三角平原区, 主要表现为耕地数量的减少和水域、建设用地的增加。2000—2010 年, 全省土地利用变化更大, 珠三角地区、粤东沿海区尤为剧烈, 总体趋势为各类用地向建设用地的转变, 其中以耕地及林地向建设用地的转变最为突出。2010—2015 年, 全省土地利用向建设用地转变的趋势持续, 但在空间上趋于分散, 各区主要的土地变化以耕地、林地向建设用地转变及林地向草地转变为主。

就全省而言, 总体的变化趋势表现为耕地、林地的持续减

少及建设用地的持续增加, 但土地利用变化的速度有所放缓。珠三角地区为全省土地利用变化规模最大的区域, 以耕地、水域转换为建设用地为主; 粤东、粤西北两区的土地利用变化相对珠三角区域较小, 但通过对 3 个时序的比较可看出, 区域内草地、建设用地的规模有不同程度的增加, 此外, 粤西北的东侧在 2010—2015 年间出现了林地向耕地的变化; 粤西地区土地利用变化不大, 以耕地的减少, 林地、建设用地的增加为主。

由表 2 至表 4 可见, 就用地类型而言, 1990 年耕地和林地作为最主要的用地类型其面积合计占整个广东省土地面积 85% 以上。随时间推移, 耕地面积明显减少, 至 3 个时间节点分别减少 18.56 万、24.71 万、4.35 万 hm^2 , 而单一土地利用动态度则经历了由加快至转慢的过程; 占全省用地的占比从 1990 年的 27.53% 降低至 2015 年的 24.88%。林地面积逐步缩减, 至 3 个时间节点分别减少 0.37 万、6.14 万、6.20 万 hm^2 , 而单一土地利用动态度逐步加快; 占全省用地的占比变化则从 1990 年的 60.77% 降低至 2015 年的 60.41%。草地

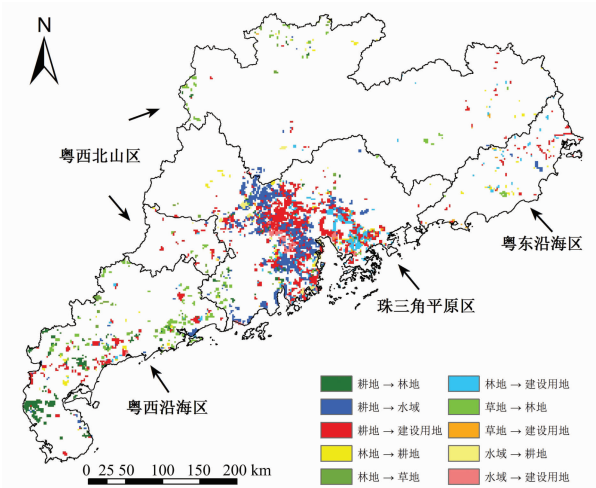


图3 1990—2000年广东省土地利用变化空间分区与基本特征

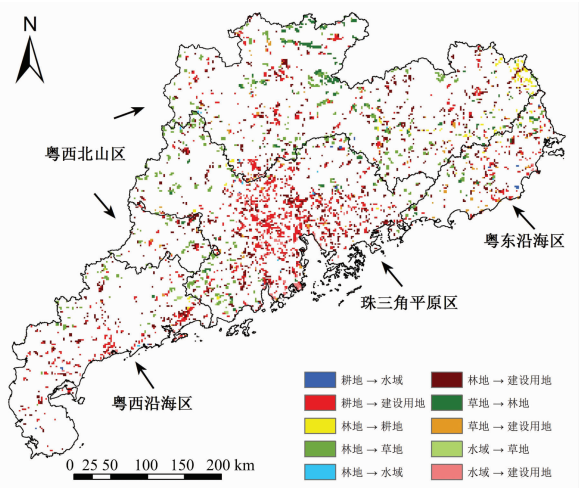


图5 2010—2015年广东省土地利用变化空间分区与基本特征

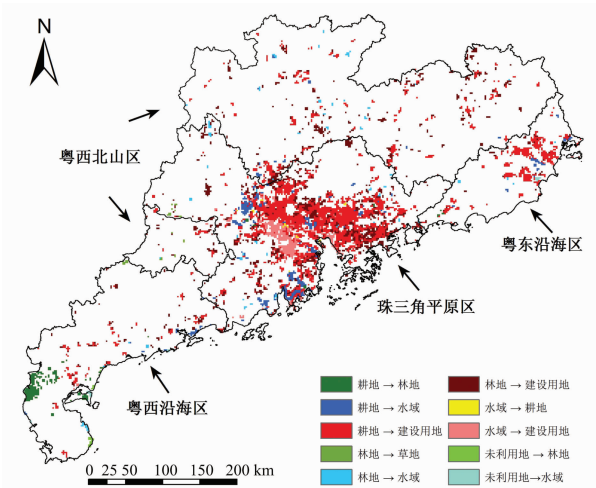


图4 2000—2010年广东省土地利用变化空间分区与基本特征

的面积和占比经历了先减后增的过程,从 1990 年的面积 83.41 万 hm^2 减少至 2010 年的 81.43 万 hm^2 再增加至 2015 年的 83.31 万 hm^2 ;单一土地利用动态度则逐步加快。建设

用地的变化在各用地类型中最为明显,面积由 1990 年的 46.43 万 hm^2 增加至 2015 年的 103.77 万 hm^2 ,占比则由 2.59% 快速上升至 5.78%,单一土地利用动态度保持较高速度。水域面积总体上虽从 1990 年的 78.31 万 hm^2 增加至 81.74 万 hm^2 ,占比亦从 4.36% 上升至 4.55%,但实际上则经历了先快速增加后逐步减少的过程,单一土地利用动态度也由 1990 年的 1.11% 逐步加快减少为 2015 年的 -0.27%。未利用地的面积、占比变化均不大,整体呈逐年减少的趋势。

3 个时序内广东省及各研究区域土地利用变化既存在共通点与一致性,又存在部分土地利用类型变化特征和区域之间的差异(表 5 至表 7)。

通过对 1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2015 年 3 个时序各研究区的土地利用变化情况转移矩阵进行对比分析,可以更为直观地看出广东省土地利用类型的变化情况及趋势。对比 3 个时序的土地利用动态区土地利用变化情况转移矩阵,耕地向建设用地的转换最为显著,按时间先后,其转换的面积分别为 10.24 万、20.95 万、4.63 万 hm^2 ,其中绝大部分发生在珠三角区域;林地向建设用地的转换亦较为突出,

表 2 1990—2000 年广东省土地利用类型面积变化

土地利用类型	1990 年面积 (万 hm^2)	1990 年面积 占比(%)	2000 年面积 (万 hm^2)	2000 年面积 占比(%)	面积增减 (万 hm^2)	占比增减 (%)	K_i (%)	转移面积 (万 hm^2)	TRL_i (%)	新增面积 (万 hm^2)	IRL_i (%)	CCL_i (%)
耕地	494.29	27.53	475.73	26.49	-18.56	-1.03	-0.38	20.56	0.42	2.00	0.04	0.46
林地	1 091.29	60.77	1 090.93	60.75	-0.37	-0.02	0.00	4.79	0.04	4.43	0.04	0.08
草地	83.41	4.64	81.51	4.54	-1.90	-0.11	-0.23	2.31	0.28	0.42	0.05	0.33
水域	78.31	4.36	83.89	4.67	5.58	0.31	0.71	2.72	0.35	8.30	1.06	1.41
建设用地	46.43	2.59	61.66	3.44	15.22	0.85	3.28	0.06	0.01	15.28	3.29	3.30
未利用地	1.97	0.11	2.00	0.11	0.03	0.00	0.13	0.00	0.01	0.03	0.14	0.16

表 3 2000—2010 年广东省土地利用类型面积变化

土地利用类型	2000 年面积 (万 hm^2)	2000 年面积 占比(%)	2010 年面积 (万 hm^2)	2010 年面积 占比(%)	面积增减 (万 hm^2)	占比增减 (%)	K_i (%)	转移面积 (万 hm^2)	TRL_i (%)	新增面积 (万 hm^2)	IRL_i (%)	CCL_i (%)
耕地	475.73	26.49	451.02	25.12	-24.71	-1.38	-0.52	24.92	0.52	0.21	0.00	0.53
林地	1 090.93	60.75	1 084.79	60.41	-6.14	-0.34	-0.06	7.68	0.07	1.54	0.01	0.08
草地	81.51	4.54	81.43	4.53	-0.08	0.00	-0.01	0.16	0.02	0.08	0.01	0.03
水域	83.89	4.67	82.85	4.61	-1.04	-0.06	-0.12	4.44	0.53	3.41	0.41	0.94
建设用地	61.66	3.44	94.00	5.24	32.34	1.8	5.25	0.04	0.01	32.38	5.25	5.26
未利用地	2.00	0.11	1.61	0.09	-0.38	-0.02	-1.92	0.39	1.93	0.00	0.01	1.94

表 4 2010—2015 年广东省土地利用类型面积变化

土地利用 类型	2010 年面积 (万 hm ²)	2010 年面积 占比(%)	2015 年面积 (万 hm ²)	2015 年面积 占比(%)	面积增减 (万 hm ²)	占比增减 (%)	K_i (%)	转移面积 (万 hm ²)	TRL_i (%)	新增面积 (万 hm ²)	IRL_i (%)	CCL_i (%)
耕地	451.02	25.12	446.67	24.88	-4.35	-0.24	-0.19	4.73	0.21	0.38	0.02	0.23
林地	1 084.79	60.41	1 078.58	60.06	-6.20	-0.35	-0.11	7.95	0.15	1.75	0.03	0.18
草地	81.43	4.53	83.31	4.64	1.88	0.10	0.46	2.23	0.55	4.11	1.01	1.56
水域	82.85	4.61	81.74	4.55	-1.11	-0.06	-0.27	1.30	0.31	0.19	0.05	0.36
建设用地	94.00	5.24	103.77	5.78	9.77	0.54	2.08	0.22	0.05	10.00	2.13	2.17
未利用地	1.61	0.09	1.62	0.09	0.01	0.00	0.12	0.02	0.29	0.03	0.41	0.71

表 5 1990—2000 年广东省各研究区域土地利用转移矩阵

万 hm²

区域	耕地—林地	耕地—水域	耕地—建设	林地—耕地	林地—草地	林地—建设	草地—林地	草地—建设	水域—耕地	水域—建设
珠三角	0.38	7.26	8.45	0.45	0.09	3.00	0.23	0.35	1.07	1.30
粤东	0.00	0.18	0.13	0.04	0.00	0.05	0.11	0.06	0.00	0.01
粤西	2.08	0.28	1.47	0.20	0.24	0.19	1.04	0.00	0.01	0.05
粤西北	0.03	0.12	0.18	0.06	0.08	0.03	0.29	0.03	0.06	0.00
合计	2.49	7.83	10.24	0.74	0.41	3.27	1.67	0.43	1.13	1.35

表 6 2000—2010 年广东省各研究区域土地利用转移矩阵

万 hm²

区域	耕地—林地	耕地—水域	耕地—建设	林地—草地	林地—水域	林地—建设	水域—耕地	水域—建设	未利用—林地	未利用—水域
珠三角	0.10	2.33	17.61	0.02	0.18	5.66	0.16	4.13	0.00	0.00
粤东	0.03	0.19	1.39	0.00	0.01	0.13	0.00	0.04	0.00	0.07
粤西	1.06	0.16	0.45	0.03	0.08	0.24	0.00	0.02	0.19	0.09
粤西北	0.00	0.11	1.50	0.02	0.15	1.14	0.00	0.02	0.00	0.00
合计	1.19	2.79	20.95	0.07	0.41	7.17	0.16	4.21	0.19	0.16

表 7 2010—2015 年广东省各研究区域土地利用转移矩阵

万 hm²

区域	耕地—水域	耕地—建设	林地—耕地	林地—草地	林地—水域	林地—建设	草地—林地	草地—建设	水域—草地	水域—建设
珠三角	0.03	2.50	0.05	1.43	0.04	1.59	0.25	0.12	0.04	0.99
粤东	0.03	0.30	0.02	0.30	0.00	0.28	0.17	0.14	0.00	0.04
粤西	0.01	0.58	0.03	0.22	0.00	0.45	0.01	0.02	0.03	0.12
粤西北	0.01	1.25	0.25	2.00	0.01	1.29	1.21	0.27	0.00	0.04
合计	0.08	4.63	0.35	3.95	0.05	3.61	1.64	0.55	0.07	1.19

按时间先后,其转换的面积分别为 3.27 万、7.17 万、3.61 万 hm²,主要集中在珠三角及粤西北区域。此外,1990—2000 年,耕地向水域的转换仅次于耕地向建设用地的转换,合计面积 7.83 万 hm²,珠三角平原区占合计面积的 92.7%;2010—2015 年,林地转草地、林地转建设用地的情况为仅次于耕地转建设用地的用地类型变化,合计面积分别为 3.95 万、3.61 万 hm²,主要集中在珠三角及粤西北区域。

珠三角平原区各时序均存在建设用地占用大量耕地的情况,但其占全省建设用地新增面积的比例逐渐减少;粤东沿海区各时序同样以建设用地占用耕地为主要特征,不过转移面积相对较少;粤西沿海区主要以退耕还林和建设用地占用耕地为主要特征;粤西北山区以林地向草地的过渡以及被建设用地占用为主,且土地利用变化剧烈程度不断增加。1990—2000 年、2000—2010 年、2010—2015 年全省土地利用格局变化的主要区域特征和区域差异见表 8。

3.2 分时序耕地变化基本特征

耕地总量持续减少。耕地总量在 1990 年、2000 年、2010 年、2015 年分别为 494.29 万、475.73 万、451.02 万、446.67 万 hm²,而 2000 年、2010 年、2015 年新增耕地面积仅分别为 2 万、0.21 万、0.38 万 hm²,增加的数量远远低于减少量。

耕地减少的速度由快减慢。结合表 2 至表 4 中的变化速率 CCL 可更为直观地看出耕地减少的速度经历了先加速后减速的过程:1990—2010 年为加速阶段,耕地的变化速率从 1990—2000 年的 0.46% 扩大到 2000—2010 年的 0.53%;2010—2015 年为减速阶段,耕地的变化速率下降至 0.23%。

耕地向其他地类的转变在空间上逐步扩散。结合图 3 至图 5 的广东省土地利用变化空间分区,1990—2000 年,耕地的转移高度集中于珠三角区;2000—2010 年,耕地的转移集中于珠三角区但其他区域耕地的转移亦有所增加;至 2010—2015 年,耕地的转移在广东省内分布已较为均匀。

3.3 分时序建设用地变化基本特征

建设用地总量持续增加。建设用地总量在 1990 年、2000 年、2010 年、2015 年分别为 46.43 万、61.66 万、94 万、103.77 万 hm²,而 2000 年、2010 年、2015 年建设用地转移面积仅分别为 0.06 万、0.04 万、0.22 万 hm²,转移量远远低于新增量。

建设用地增加的速度由快减慢。建设用地增加的速度经历了先加速后减速的过程:1990—2010 年为加速阶段,建设用地的变化速率从 1990—2000 年的 3.3% 快速提高到 2000—2010 年的 5.26%;2010—2015 年为减速阶段,建设用地的变化速率回落至 2.17%。

表 8 1990—2015 年广东省土地利用转移动态的区域特征

区域	1990—2000 年	2000—2010 年	2010—2015 年
珠三角平原区	以建设用地和水域占用耕地为主要特征,前者占全省建设用地新增面积的 66.98%,后者占全省水域增加面积的 94.39%	以建设用地占用耕地为主要特征,占全省建设用地新增面积的 54.38%;次之为建设用地占用林地和水域,面积分别是 5.66 万 hm ² 和 4.13 万 hm ²	以建设用地占用耕地为主要特征,占全省建设用地新增面积的 25.03%;次之为林地转换为建设用地和草地,面积分别是 1.59 万 hm ² 和 1.43 万 hm ²
粤东沿海区	以耕地转换为水域和建设用地为主,面积分别为 0.18 万 hm ² 和 0.13 万 hm ²	以耕地转换为建设用地为主,面积为 1.39 万 hm ²	以耕地转换为建设用地和林地砍伐开垦为草地为主,面积均为 0.30 万 hm ² ;次之为林地转换为建设用地,面积为 0.28 万 hm ²
粤西沿海区	以耕地转换为林地为主,退耕还林面积为 2.08 万 hm ² ,占广东省林地增加面积的 46.97%;建设用地占用耕地次之,面积为 1.47 万 hm ²	以耕地转换为林地为主,退耕还林面积为 1.06 万 hm ² ,占广东省林地增加面积的 46.97%;建设用地占用耕地次之,面积为 0.45 万 hm ²	以耕地和林地转换为建设用地为主,面积分别为 0.58 万 hm ² 和 0.45 万 hm ²
粤西北山区	以草地转换为林地为主,草地造林面积为 0.29 万 hm ² ;次之是建设用地占用耕地,面积为 0.18 万 hm ²	以建设用地占用耕地和林地为主,面积分别为 1.50 万 hm ² 和 1.14 万 hm ²	以林地转换为草地为主,面积为 2.00 万 hm ² ,占全省草地增加面积的 48.64%;次之为建设用地占用林地、耕地和林地砍伐开垦为草地,面积分别为 1.29 万 hm ² 、1.25 万 hm ² 和 1.21 万 hm ²

其他用地向建设用地的转移在空间上逐步扩散。1990—2000 年,其他用地向建设用地的转移高度集中于珠三角区;2000—2010 年,其他用地向建设用地的转移集中于珠三角区,但其他区域的其他用地向建设用地的转移亦有所增加;至 2010—2015 年,其他用地向建设用地的转移在广东省内分布已较为均匀。

3.4 分时序非人工土地利用类型变化基本特征

水域与各用地类型的转换集中发生在珠三角区域。水域面积总体增加,但经历了大量增加再逐渐减少的过程:1990—2000 年,由耕地转水域增加面积 5.58 万 hm²;2000—2010 年,水域主要转为建设用地,耕地转水域的面积小于水域面积的转换,面积减少 1.04 万 hm²;2010—2015 年,水域主要转为建设用地,耕地转水域的面积小于水域面积的转换,面积减少 1.1 万 hm²。水域的变化速度逐渐减缓,从 1990—2000 年的 1.41% 减缓至 2000—2010 年的 0.94%、2010—2015 年的 0.36%。

林地总量持续减少,2000 年、2010 年、2015 年林地的减少面积分别为 0.37 万、6.14 万、6.2 万 hm²;减少的速度有增加趋势,变化速率从 1990—2000 年、2000—2010 年的 0.08% 增加至 2010—2015 年的 0.18%。林地向其他地类的转变主要发生在珠三角、粤西及粤西北区域,而其他地类向林地的转变 1990—2010 年主要发生在粤西区域,2010—2015 年主要发生在珠三角和粤西北区域。

草地总量先减少后增加,总量基本维持不变。1990 年、2000 年、2010 年草地的面积分别为 83.41 万、81.51 万、81.43 万 hm²,而 2015 年则增加至 83.31 万 hm²,1990 年与 2015 年相比仅相差 0.1 万 hm²。草地面积的变化速度经历了减少的速度放缓到快速的面积增加的过程:1990—2000 年的变化速率为 0.33% 放缓至 2000—2010 年的 0.03%,2010—2015 年提高至 1.56%。草地的转移与新增在 1990—2010 年间主要发生在珠三角、粤西及粤西北区域,2010—2015 年则于全省较为均匀分布。

未利用地总量基本维持不变,2000 年、2010 年、2015 年未利用地的面积增减分别为 0.03 万、-0.38 万、0.01 万 hm²;变化的速度先增加后放缓,变化速率从 1990—2000 年的 0.16% 增加至 2000—2010 年的 1.94% 再放缓至 2010—2015 年的 0.71%。未利用地与各用地类型的转换于全省内零星分布。

4 分时序土地利用变化的驱动力机制

4.1 分时序耕地变化驱动力

1990—2000 年,导致广东省耕地数量面积大量减少的主要原因是建设用地的不断扩张和水域面积增加对耕地的占用。一方面,20 世纪 90 年代以来经济的高速增长和人口的大量涌入,对土地的需求愈发强烈。另一方面,建设用地和传统的基塘农业的比较经济效益要高于传统耕地种植业,造成耕地劳动力流失加剧了耕地的减少。该现象在经济高速发展和用地需求量巨大的珠三角平原区尤为突出。

2000—2010 年,该时序处于广东省经济和人口发展最为迅猛的阶段,尽管《关于进一步加强和改进耕地占补平衡工作的通知》《广东省基本农田保护区管理条例》和《广东省非农业建设补充耕地管理办法》等的颁布执行,能在一定程度上减少耕地的流失,但仍抵不过耕地与建设用地之间日益增长的供需矛盾,全省耕地进一步减少,其中又以珠三角平原区尤为显著。

2010—2015 年,随着国土资源部 2010 年和 2013 年分别发布《关于切实加强耕地占补平衡监督管理的通知》和《关于强化管控落实最严格耕地保护制度的通知》,以及广东省国土资源厅 2010 年和 2014 年分别发布《关于贯彻国土资源部农业部加强占补平衡补充耕地质量建设与管理意见的通知》和下发《转发国土资源部关于强化管控落实最严格耕地保护制度的通知》,广东省对于耕地的保护、占补监督审查机制的不断完善。再加上该时序广东省对“三旧”改造项目的深化探索与创新,大大缓和了全省耕地数量大量减少的现象。

4.2 分时序建设用地变化驱动力

作为我国改革开放的前沿,广东省逐步形成全方位、多层次、宽领域的对外开放新格局,具有巨大的市场活力和投资吸引力,使得广东省的经济高速增长,城市化水平和人民生活水平也不断提高。而政策因素、社会经济因素和人口因素正是 20 世纪 90 年代以来广东省建设用地大量增长的主要驱动力。

1990—2000 年,随着 1984 年以来沿海港口城市的开放和经济特区的设立,以及计划经济逐渐向市场经济过渡,广东省的社会经济高速发展,大量人口涌入。据统计,该时序广东省地区生产总值由 1 559.03 亿元增加至 10 741.25 亿元,非农人口数由 1 477.31 万增加至 2 338.29 万。经济的发展和人口的不断增加,使得工商业逐步兴起,基础设施和道路网络的完善也使得房地产热势头迅猛。同时,农业人口向非农人口的过渡,也促进了农业用地转变为建设用地的过程,这也是该时序建设用地大量占用耕地的主要原因,而这一现象在地理位置优越、经济发展处于龙头位置的珠三角平原区尤为突出。

2000—2010 年,广东省地区生产总值由 10 741.25 亿元增加至 46 036.25 亿元,非农人口数由 2 338.29 万增加至 4 443.96 万。有了 20 世纪末 10 年的物质基础积累,加上 21 世纪初 10 年经济的进一步发展和人口的大量增加,建设用地建设达到新高度。该时序,更多的农业劳动力选择外出务工,原本的耕地和基塘农业水域用地被比较经济效益更高的乡镇工业企业取而代之,这一现象仍是在珠三角平原区尤为显著。

2010—2015 年,广东省地区生产总值由 46 036.25 亿元增加至 72 812.55 亿元,非农人口数由 4 443.96 万增加至 4 827.43 万(非农人口数为 2014 年数值)。该时序城镇工矿用地的扩展较前 2 个时序而言,珠三角平原区相对没有那么剧烈,另外 3 个区域有了较大幅度的增长。这一方面是由于广东省人民政府 2008 年颁布的《广东省深入推进节约集约用地示范省建设工作方案》、2009 年颁布的《广东省人民政府关于推进“三旧”改造促进节约集约用地的若干意见》、国土资源部 2013 年颁布的《关于开展城镇低效用地再开发试点的指导意见》的实施,全省对存量建设用地进行“三旧”改造,科学配置新增建设用地,强化了对于土地的宏观管理以及高效开发利用。另一方面,珠三角平原区随着经济发展和时间推移,地价攀升、生活成本增加、交通拥堵和环境污染等一系列问题愈发突出,加上政策对于其他区域的一定扶持作用,使得人口的流入有了更多的选择,使得全省城镇工矿用地发展更加科学与均衡。

4.3 分时序水域用地变化驱动力

1990—2000 年,珠三角平原区有明显的水域用地增加现象,其主要以基塘农业占用传统种植业耕地的形式出现。珠三角平原区气候温和、土地肥沃、水网密布,经过劳动人民的长期实践,形成了具有较高经济效益的基塘农业生态系统。随着广东省人民政府 1982 年颁布的《关于调整蚕茧生产资料补贴和超产奖办法的通知》、1985 年颁布的《关于调整我省桑蚕收购政策问题的通知》的执行,以及后续政府对于基塘农业投入的增加,提高了基塘农业的经济效应,使得其比较经济效益高于传统种植业,因此生产的积极性大幅上升,导致这一

时序水域用地大量增加。这 10 年中,因为我国实行改革开放以来,逐步实现计划经济向市场经济的转型,在市场经济的影响下,农业生产也发生了深刻的变化,基塘农业的比较经济效益与传统种植业相比更高,因此生产的积极性大幅上升,其生产力也得到了飞速发展^[34],导致这一时序水域用地大量增加。

2000—2010 年和 2010—2015 年,珠江三角洲均出现水域用地显著减少的现象,主要是基塘农业用地大量转化为了建设用地。随着社会经济的不断发展,不同土地利用类型的经济效益或产出价值相差越来越大^[35]。同时,大量农户选择外出工作,疏忽了基塘农业的技术改善与管理,再加上工业废水、生活废水造成的水体污染、蛋白质饲料过度投放造成的水体富营养化,使得基塘系统难以继续运转下去,使其逐渐转换成经济效益更高的建设用地,最终使得 2000 年后水域用地面积不断减少。

4.4 分时序林草用地变化驱动力

1990—2000 年,由于经济和人口的推动作用,珠三角平原区位置相对较好的林草地被建设用地占用。同时,在《中华人民共和国森林法》《广东省森林管理实施办法》和《广东省生态公益林建设管理和效益补偿办法》等法规、办法的执行下,对林地起到了一定的保护和培育作用,尤其是在粤西沿海区有较多的耕地和草地恢复成了林地。

2000—2010 年,随着《中华人民共和国森林法实施条例》《退耕还林条例》和《关于进一步完善退耕还林政策措施的若干意见》等颁布执行,部分耕地继续转换为林地,如 25° 以上的坡耕地应当按照当地人民政府制定的规划,逐步退耕植树。但是该时序经济迅猛发展,对建设用地的需求大大增加,全省尤其是珠三角平原区大量林地被建设用地占用。

2010—2015 年,林地主要转换为了建设用地和草地,其中又以珠三角平原区和粤西北山区尤为显著。其中建设用地占用林地主要驱动因素仍然是经济发展推动的城市化和工业化所导致。而林地向草地的转换一方面是由于局部地区环境保护意识薄弱、环保法制建设力度不足,再加上林地管理经营不当,部分群体为了经济利益,存在过量采伐和乱砍滥伐的情况;另一方面,部分地区发生森林火灾后,未能及时对灾后地区进行恢复处理,导致林地持续减少。

5 结论

土地利用/覆被变化(LUCC)既受自然与社会双重因素的影响,也影响着人类生存和发展的自然基础。同时,土地利用变化的时空变化格局表征了人-地关系的作用强度与作用模式^[11]。随着经济、人口、科技的快速全面推进,一系列全球性环境问题也逐渐出现,土地利用/覆被变化(LUCC)对于全球变化研究就显得越来越重要。本研究基于相同分辨率的包括 1990 年、2000 年、2010 年和 2015 年的 4 期土地利用变化遥感数字栅格影像图作为基础数据,按不同时期划分对广东省 1990—2015 年土地利用变化的基本特征与空间格局进行对比分析,主要取得如下结论:

(1) 1990—2015 年期间,广东省各种类型的土地利用变化的基本特征为:耕地总量持续减少,变化速度和变化剧烈程度均为先加速后减速;建设用地以珠三角平原区为重心,带动

粤东、粤西、粤西北区域不断扩展,变化速度和变化剧烈程度均为先加速后减速;非人工土地利用类型中,林地总量持续减少;草地先减少后增加;水域先大量增加,后持续减少,且集中在珠三角平原区;未利用地先增后减再增。

(2)各个时序相比较,广东省土地利用变化在空间格局上呈现出不同的新特征:退耕还林主要集中于 1990—2010 年期间的粤西沿海区;1990—2010 年期间,建设用地集中于珠三角平原区加速扩张,而 2010—2015 年期间,其扩展面积大大减少且其余区域有较大幅度的增长;1990—2000 年,水域用地在珠三角平原区大量占用耕地使得面积大量增加,而 2000—2015 年其被建设用地的扩张所占用,导致面积持续减少。

(3)1990—2015 年期间,虽然气候和地区自然条件会对广东省的土地利用变化产生一定的影响,但政策因素、宏观社会经济因素和人口因素的综合作用才是影响该时序全省土地利用变化空间格局的主要原因。其中,1990—2010 年时序内,社会经济的推动和人口的大量增长加剧了全省尤其是珠三角平原区的各种土地利用类型的转移。但在国家宏观政策和区域发展政策的调控作用下,广东省的土地利用逐渐由注重经济效益的国土开发利用朝着综合开发建设、环境保护以及可持续发展的方向前进,土地资源的利用和管理也变得越来越科学有效。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Overmars K P, Verburg P H. Analysis of land use drivers at the watershed and household level: linking two paradigms at the Philippine forest fringe[J]. International Journal of Geographical information science, 2005, 19(2): 125–152.
- [3] Meyer W B, Turner B L. Changes in land use and land cover: a global perspective[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [4] Veldkamp A, Lambin E F. Predicting land – use change[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2001, 85(1/2/3): 1–6.
- [5] Watson R T, Noble I R, Bolin B, et al. Land use, land – use change and forestry. a special report of the intergovernmental panel on climate change (IPCC) [M]. Cambridge: Cambridge University, 2000.
- [6] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51–57.
- [7] Turner B L, Meyer W B, Skole D L. Global land – use/land – cover change: towards an integrated study[J]. Ambio, 1994, 23(1): 91–95.
- [8] Turner B L, Skole D, Sanderson S. Land use and land cover change[J]. Ambio, 1992, 21(1): 122.
- [9] 柯新利, 韩冰华, 刘蓉霞, 等. 1990 年以来武汉城市圈土地利用变化时空特征研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 76–81.
- [10] 郑海金, 华 璐, 欧立业. 中国土地利用/土地覆盖变化研究综述[J]. 首都师范大学学报, 2003, 24(3): 89–95.
- [11] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代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, 69(1): 3–14.
- [12] 史利江, 王圣云, 姚晓军, 等. 1994—2006 年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1468–1479.
- [13] 王光谦, 王思远, 陈志祥. 黄河流域的土地利用和土地覆盖变化[J]. 清华大学学报, 2004, 44(9): 1218–1222.
- [14] 香 宝. 20 世纪 90 年代中国东西部土地利用变化时空特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2005, 7(1): 28–37.
- [15] 杨 爽, 冯晓明, 陈利顶. 土地利用变化的时空分异特征及驱动机制——以北京市海淀区、延庆县为例[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4501–4511.
- [16] 周书贵, 邵全琴, 曹 巍. 近 20 年黄土高原土地利用/覆被变化特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(2): 190–199.
- [17] 韩会然, 杨成凤, 宋金平. 北京市土地利用空间格局演化模拟及预测[J]. 地理科学进展, 2015, 34(8): 976–986.
- [18] 黎 夏, 叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005, 24(1): 19–27.
- [19] 杨 俊, 解 鹏, 席建超, 等. 基于元胞自动机模型的土地利用变化模拟——以大连经济技术开发区为例[J]. 地理学报, 2015, 70(3): 461–475.
- [20] 张俊平, 李 净, ZhangJunping, 等. 基于 CA – Markov 模型的甘州区土地利用变化预测分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(4): 105–110.
- [21] 周 锐, 苏海龙, 王新军, 等. 基于 CLUE – S 模型和 Markov 模型的城镇土地利用变化模拟预测——以江苏省常熟市辛庄镇为例[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2262–2270.
- [22] 胡 锋, 安裕伦, 赵海兵. 基于土地利用转型视角的“亚喀斯特”区域生态环境效应研究——以黔中部分地区为例[J]. 地球与环境, 2016, 44(4): 447–454.
- [23] 张 杨, 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.
- [24] 杨依天, 郑 度, 张雪芹, 等. 1980—2010 年和田绿洲土地利用变化空间耦合及其环境效应[J]. 地理学报, 2013, 68(6): 813–824.
- [25] 殷格兰, 邵景安, 郭 跃, 等. 南水北调中线核心区土地利用变化及其生态环境响应研究[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(1): 59–69.
- [26] 赵锐锋, 姜朋辉, 陈亚宁, 等. 塔里木河干流区土地利用/覆被变化及其生态环境效应[J]. 地理科学, 2012, 2): 244–250.
- [27] 刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229–239.
- [28] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. Study on spatial pattern of land – use change in China during 1995—2000[J]. Science China Earth Sciences, 2003, 46(4): 373–384.
- [29] 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[J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1–12.
- [30] 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): 183–187.
- [31] Pond B, Yeates M. Rural/urban land conversion I: estimating the direct and indirect impacts[J]. Urban Geography, 2013, 14(4): 323–347.
- [32] 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): 643–650.
- [33] 张新长. 土地利用动态变化的空间测算模型研究[J]. 地理信息世界, 2004, 2(6): 359–365.
- [34] 王晓轩, 夏丽华, 邓珊珊, 等. 基于 RS 和 GIS 的南海区基塘用地时空变化分析[J]. 资源与产业, 2011, 13(4): 55–60.
- [35] 刘毅华. 南海市耕地数量变化及其可持续利用对策[J]. 热带地理, 2002, 22(2): 102–106.