

武汉市建设用地扩张与碳排放效应的 库兹涅茨曲线分析

杨欣^{1,2}, 谢向向¹

(1. 华中农业大学 公共管理学院, 湖北 武汉 430070;

2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)



摘要 基于武汉市 1997—2017 年土地利用和能源消耗数据, 构建库兹涅茨曲线模型验证碳排放强度与建设用地扩张之间的关系。结果表明: (1) 武汉市 1997—2017 年碳排放总量随建设用地面积的增长呈波动型增加, 其中建设用地碳排放是其主要来源, 占碳排放总量的 99% 以上; (2) 武汉市碳排放强度与建设用地总量比例存在“倒 U”型库兹涅茨曲线关系; (3) 二级地类中, 居民点及工矿用地比例和交通运输用地比例与碳排放强度之间均存在“倒 U”型库兹涅茨曲线关系, 而水利设施用地比例与碳排放强度之间无明显的曲线关系。为此, 建设用地扩张指标应向低碳产业用地倾斜, 同时促使土地向具有碳汇功能的草地、林地等土地利用类型转换。

关键词 建设用地扩张; 碳排放强度; 库兹涅茨曲线; 武汉市

中图分类号: F 301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2020)04-0158-08

DOI 编码: 10.13300/j.cnki.hnwkxb.2020.04.017

温室效应引发的全球气候异常已经成为当今人类所面临的重大挑战, 引起了国际社会的广泛关注。土地利用是造成全球温室气体排放量迅猛增长的重要因素, 据估算, 过去近 150 年间, 土地利用及其变化引起的碳排放约占同期人类活动影响总排放量的 1/3^[1]。研究证实, 城市快速扩张与碳排放关系密切, 城市区域仅占全球陆地面积的 2.4%, 但却承载了全球 80% 的温室气体排放^[2]。我国自 2009 年成为全球碳排放总量最大的国家后, 仍处于快速的城市化阶段, 建设用地的急剧扩张使得大量具有碳汇能力的园地、林地、草地、水域等转变为碳源能力较强的建设用地^[3]。同时, 碳减排已成为我国参与全球气候变化和承担国际责任的重要组成部分, 2015 年的巴黎联合国气候大会上, 中国政府承诺 2030 年达到碳排放的峰值, 并使单位国内生产总值二氧化碳排放量比 2005 年下降 60%~65%。快速城镇化阶段正好是实现碳减排的关键节点^[4], 随着地方政府逐渐取代国家部委成为节能减排政策的主要实施者, 土地利用结构优化特别是城市土地利用结构优化成为实现区域碳排放调控的重要工具之一^[5]。如何在城市化社会经济发展与低碳化资源环境保护的双重压力下, 深入探究城市建设土地扩张与碳排放量之间的内在联系, 不仅是履行国际承诺, 建立负责任大国的要求, 更是当今政府和学界亟待解决的问题。

国内外有关建设用地与碳排放之间关系的相关研究从把城镇用地/城镇化作为碳排放增长的要素之一开始到运用序列数据上单独聚焦考察建设用地对碳排放的影响, 主要研究内容包括以下 3 个方面: (1) 利用 IPCC 清单、STIRPAT 模型或 KAYA 恒等式考察包括建设用地在内的主要因子对碳排放量的影响。例如, Poumanyvong 等运用 STIRPAT 模型对世界上 99 个国家 1975—2005 年间的研究证实建设用地增长对碳排放有正向作用^[6]; Yang 等用 LMDI 模型验证了城市用地的增长是

收稿日期: 2019-11-05

基金项目: 国家自然科学基金项目“农地保护性技术农户采纳的行为决策与激励机制研究”(71704061); 中国博士后基金面上项目“低碳农业技术采纳的绩效评价及激励机制研究”(2016M11110)。

作者简介: 杨欣(1988-), 女, 副教授, 博士; 研究方向: 土地资源经济与可持续发展。

CO₂增长的重要组成部分^[7];杜官印等利用 STIRPAT 模型,发现建设用地扩张对碳排放有显著的正影响^[8];毛熙彦等在扩展 KAYA 恒等式和 LMDI 分解法的技术上,探讨了 12 年间中国建设用地对碳排放增长的空间影响^[9]。(2)单独考察建设用地增长对碳排放或碳排放强度的影响,主要包括利用时间序列数据或面板数据考察变量间是否存在 CKC 曲线及脱钩状态。例如, Martinez 等以 88 个发展中国家 28 年数据为样本,发现了城镇化与碳排放之间的“倒 U 型”关系^[10]。Wang 等研究了 1990—2013 年期间珠江三角洲城市城镇化对 CO₂ 的影响^[11]; Fujia 等研究了全球 276 个城市 CO₂ 与经济增长之间的 Kuznets 曲线关系^[12];张腾飞等基于 2000—2012 年的中国省际面板数据,分析城镇化对我国碳排放的影响机制^[13];蔡苗苗等基于 VAR 模型和脉冲响应函数证实上海市建设用地面积扩张在短期会导致碳排放量增加,长期则正向作用会逐渐减弱^[14];於冉等研究了合肥市碳排放峰值管控下的建设用地扩展管控路径^[15]。(3)碳排放强度与建设用地比例关系的研究中,袁凯华等研究了武汉市建设用地面积与碳排放之间的库兹涅茨曲线关系^[16];张乐勤等验证了安徽省城镇化水平与碳排放量之间的倒 U 型曲线^[17];张润森等则研究了南京市建设用地总量与碳排放强度之间呈倒 U 型曲线关系^[18]。综上所述,已有研究主要集中在建设用地总量和碳排放之间库兹涅茨曲线关系的验证中,未将建设用地所含二级地类的关系验证纳入研究当中;同时,相较于碳减排总量指标,碳排放强度指标成为国家碳减排计划关注的重点,较少从建设用地及其二级地类占比的土地利用结构角度出发对建设用地占比与碳排放强度之间的关系进行研究。

武汉市作为全国资源节约型和环境友好型社会(即“两型社会”)建设的核心城市,也是国家中部崛起战略的支撑城市,同时还是全国 7 个碳交易的试点城市之一,能否在建设用地快速扩张进程中实现土地的高效、低碳利用,对建成“资源节约型和环境友好型”社会具有非常重要的意义。数据表明,在武汉市城镇化发展的初始阶段,城镇建设用地多是通过耕地、园地转化而来,即通过消费更多的能源和吸纳更多的人口来实现城镇化的原始积累,但是随着武汉市产业升级、能源结构的改善及技术进步和环保理念的兴起,清洁生产技术开始被广泛应用,建设用地扩张所引发碳排放的边际速率不断下降,符合经济学家 Kuznets 于 1955 年提出的经济发展与环境污染之间长期关系的倒 U 型曲线实证研究的前提假设^[19-20]。在此研究背景下,本文通过对武汉市建设用地扩张与碳排放效应的库兹涅茨曲线实证分析,从建设用地占比与碳排放强度效应之间关系的视角为武汉市探寻实现建设用地扩张中碳减排目标提供有意义的参考,同时从优化土地利用方案的层面为武汉市科学控制建设用地扩张方向提供理论支撑。

一、研究区概况

1. 武汉市自然社会经济特征概况

武汉是湖北省省会、中部六省唯一的副省级市和特大城市。武汉地处长江中下游,江汉平原东部,位于东经 113°41′—115°05′、北纬 29°58′—31°22′之间,南北最大纵距 155 千米,东西最大横距 134 千米,全境面积 8 494.41 平方千米,占湖北省面积的 4.6%。长江及其支流汉江将武汉中心城区分为武昌、汉口、汉阳三镇。武汉有九省通衢之称,是中国内陆最大的水陆空交通枢纽,相继建设全国高铁“四小时”通达圈和武汉城市圈“1 小时”通达圈,也是华中地区唯一可直航全球四大洲的城市。武汉市境内近百个湖泊星罗棋布,被称为“百湖之市”,使得武汉市城市扩张形式呈现“核心—放射”式而非“摊大饼”式的形态。1997—2017 年间,武汉市国民生产总值从 912.33 亿元增长到 13 410.34 亿元,户籍人口从 723.90 万人增长到 853.65 万人。城市化和工业化发展异常迅速,建设用地作为承担人类社会经济活动的主要区域,也随之迅速扩张。2017 年武汉市常住人口达到 1 089.29 万人,全市常住居民人均可支配收入达到 43 405 元,比上年增加 9.23%。

2. 武汉市 1997—2017 年建设用地扩张的时空特征分析

根据武汉市 1997—2017 年土地变更数据,将建设用地分为居民点及工矿用地、交通运输用地、水利设施用地三种二级地类,数据见表 1。

表 1 武汉市 1997—2017 年建设用地面积

年份	居民点及工矿用地面积/ 万公顷	占建设用地比例/%	交通运输用地面积/ 万公顷	占建设用地比例/%	水利设施用地面积/ 万公顷	占建设用地比例/%	建设用地面积总计/ 万公顷	占城市土地面积/%
1997	9.18	80.43	0.66	5.79	1.57	13.79	11.41	13.35
1998	9.26	80.53	0.66	5.78	1.57	13.70	11.50	13.45
1999	9.39	80.24	0.74	6.30	1.58	13.47	11.71	13.69
2000	9.50	80.11	0.78	6.60	1.58	13.29	11.85	13.87
2001	9.65	79.87	0.85	7.07	1.58	13.05	12.08	14.13
2002	9.99	80.00	0.91	7.29	1.59	12.72	12.48	14.60
2003	10.18	80.02	0.95	7.48	1.59	12.50	12.73	14.89
2004	10.50	79.88	1.05	8.02	1.59	12.10	13.14	15.38
2005	11.11	79.49	1.29	9.24	1.57	11.27	13.97	16.34
2006	11.45	79.23	1.42	9.82	1.58	10.96	14.45	16.91
2007	11.71	78.99	1.54	10.37	1.58	10.64	14.83	17.34
2008	12.35	80.37	1.48	9.63	1.54	10.00	15.37	17.98
2009	12.99	81.65	1.42	8.94	1.50	9.41	15.91	18.57
2010	13.45	81.72	1.51	9.18	1.50	9.10	16.45	19.20
2011	14.09	82.06	1.58	9.22	1.50	8.72	17.17	20.03
2012	14.37	81.97	1.66	9.48	1.50	8.54	17.53	20.46
2013	15.12	82.05	1.81	9.83	1.50	8.13	18.43	21.50
2014	15.29	81.78	1.91	10.19	1.50	8.02	18.69	21.81
2015	15.53	81.96	1.93	10.17	1.49	7.87	18.95	22.12
2016	13.91	80.00	1.99	11.46	1.48	8.54	17.39	20.29
2017	16.09	82.11	2.02	10.32	1.48	7.56	19.59	22.86

由表 1 可知,1997—2017 年间,武汉市的建设用地面积呈逐年上升趋势,20 年间建设用地面积增长 8.09 万公顷,增长率达到 70.34%;武汉市建设用地面积占城市土地总面积的比例也一直呈增长趋势,1997 年武汉市建设用地面积占城市土地面积的 13.35%,到 2017 年增长到 22.86%,增长了 9.51%,这与武汉市城市化和工业化的快速发展是分不开的。武汉市居民点及工矿用地面积也一直呈增长趋势,1997—2017 年增长 6.91 万公顷,增长率高达 75.27%,但居民点及工矿用地面积占建设用地面积的比例一直呈波动状态,且波动幅度不大。交通运输用地面积总体上呈快速增长趋势,从 1997—2017 年增长了 1.36 万公顷,增长率高达 206.06%,这种情况的产生与武汉市近年来大力发展交通运输是密不可分的。水利设施用地面积呈波动状态,总体呈减少趋势,从 1997 年的 1.57 万公顷减少到 2017 年的 1.48 万公顷,20 年间共减少 0.09 万公顷,减少 6.08%。水利设施用地面积占建设用地面积比例一直呈下降趋势。

武汉市居民点及工矿用地和交通运输用地扩张迅速,水利设施用地总体上呈减少趋势。建设用地的扩张虽是经济社会发展的必然,但同时也对经济社会的发展提出了挑战,尤其是建设用地对耕地的侵占,以及对生态环境的破坏已经给人类的可持续发展带来了严重问题。

二、武汉市 1997—2017 年土地利用碳排放测算

1. 土地利用碳排放计算方法

本文根据 Yang 等介绍的碳排放测算模型^[7],根据各种土地利用类型的碳排放/碳吸收系数计算各土地类型的碳排放量。主要涉及建设用地、耕地、林地、草地的碳排放量计算。其中建设用地作为碳源,耕地虽然兼具碳源和碳汇效应,但是耕地上农作物吸收的二氧化碳在很短的时间内又会通过农业翻耕、灌溉等途径被释放到空气中,因此将耕地也视为碳源。林地和草地具有碳汇效应。

耕地、林地、草地的计算公式:

$$E = \sum s_i \times f_i \quad (1)$$

式(1)中, E 为碳排放总量; s_i 为第*i*种土地类型的面积; f_i 为第*i*种土地类型的碳排放系数(碳排放为正,碳吸收为负),其中耕地、林地、草地的碳排放系数分别为0.422、-0.644、-0.02,单位为tC/公顷。

建设用地碳排放量主要通过煤、石油、天然气的消耗来进行间接反映,其碳排放估算公式为:

$$T = \sum m_i \times k_i \quad (2)$$

式(2)中, T 为建设用地碳排放总量; m_i 为第*i*种能源消耗的标准煤; k_i 为第*i*种能源的碳排放系数,其中煤、石油、天然气的碳排放系数分别为0.747 6、0.582 5、0.443 4,单位为tC/t标准煤。

2. 数据来源

本文土地利用数据来自武汉市1997—2017年土地变更调查数据,由于2002年全国试行新的土地分类,为得到建设用地及其下属的二级地类的长时间序列数据,在数据处理过程中对旧地类体系中的相关地类进行了归并,将建设用地分为居民点及工矿用地、交通运输用地和水利设施用地3类,其他的土地利用类型未纳入本文的考虑之中。能源消耗数据来自1998—2018年的《武汉统计年鉴》。

3. 武汉市1997—2017年土地利用碳排放测算

根据碳排放测算模型,结合武汉市1997—2017年土地变更调查数据和《武汉市统计年鉴》查出的能源消耗量,计算得到武汉市1997—2017年碳排放总量如表2所示。

表2 武汉市1997—2017年土地利用碳排放量

万吨

年份	建设用地	耕地	林地	草地	碳排放总量
1997	1 329.15	16.99	-4.38	-0.01	1 341.75
1998	1 279.64	16.95	-4.37	-0.01	1 292.21
1999	1 245.39	16.83	-4.37	-0.01	1 257.84
2000	1 297.71	16.73	-4.37	-0.01	1 310.06
2001	1 194.38	16.67	-4.39	-0.01	1 206.65
2002	1 300.89	16.42	-4.41	-0.01	1 312.89
2003	1 471.40	15.93	-4.92	-0.01	1 482.40
2004	1 781.70	15.76	-5.01	-0.01	1 792.44
2005	2 111.12	14.56	-5.67	-0.01	2 120.00
2006	2 275.26	14.38	-5.67	-0.01	2 283.96
2007	2 219.64	14.28	-5.67	-0.01	2 228.24
2008	2 215.85	14.05	-5.75	-0.01	2 224.14
2009	2 151.43	13.54	-6.31	-0.01	2 158.65
2010	2 395.50	13.40	-6.28	-0.01	2 402.61
2011	2 578.26	13.21	-6.26	-0.01	2 585.20
2012	2 359.38	13.10	-6.24	-0.01	2 366.23
2013	2 631.30	12.86	-6.20	-0.01	2 637.95
2014	2 646.26	12.79	-6.19	-0.01	2 652.85
2015	2 568.90	12.71	-6.18	-0.01	2 575.42
2016	2 413.48	12.58	-6.16	-0.01	2 419.89
2017	2 514.86	12.52	-6.14	-0.01	2 521.23

由表2可知,武汉市1997—2017年碳排放总量呈波动状态,总体上呈增长趋势,且增长速度非常快。1997—2017年,仅经过20年,碳排放总量净增长1 179.48万吨,增长率达87.91%,年均增长率4.40%。建设用地产生的碳排放量占碳排放总量的99%以上。但是碳排放总量并不随着建设用地扩张而持续增长,而是呈波动型增长,其中建设用地的不断扩张增加了对能源的需求量,从而导致碳排放量急剧增长。虽说近年来武汉市大力实施耕地保护政策,仍然没能抑制耕地面积的减少,耕地所产生的碳排放量只占据碳排放总量的极小部分。

三、武汉市建设用地扩张与碳排放效应的库兹涅茨曲线实证分析

1. 武汉市建设用地扩张与碳排放效应的库兹涅茨曲线模型

基于经济发展与环境污染之间的理论关系基础,本文运用库兹涅茨曲线模型对武汉市土地利用碳排放总量随着建设用地的扩张是否也会呈现先升后降的规律进行探究^[21]。根据张润森^[18]、秦山平^[22]等学者的研究,采用建设用地总量比例来定量反映建设用地扩张,即建设用地面积占区域总面积的比例,采用碳排放强度定量反映建设用地的碳排放效应,即区域碳排放总量与建设用地面积的商值。建立一次项、二次项、三次项的库兹涅茨曲线模型:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (3)$$

式(3)中: y 为碳排放强度, x 为建设用地总量比例, a_1 、 a_2 、 a_3 为待定参数, a_0 为随机的干扰项。根据待定参数取值的不同,主要有以下几种曲线关系:

(1) $a_1 > 0, a_2 = a_3 = 0$,碳排放强度与建设用地总量比例呈正相关的线性关系; $a_1 < 0, a_2 = a_3 = 0$,碳排放强度与建设用地总量比例呈负相关的线性关系。

(2) $a_1 > 0, a_2 < 0, a_3 = 0$,碳排放强度与建设用地总量比例呈“倒U”型曲线关系; $a_1 < 0, a_2 > 0, a_3 = 0$,碳排放强度与建设用地总量比例呈“U”型曲线关系;

(3) $a_1 > 0, a_2 < 0, a_3 > 0$,碳排放强度与建设用地总量比例呈“N”型曲线关系; $a_1 < 0, a_2 > 0, a_3 < 0$,碳排放强度与建设用地总量比例呈“倒N”型曲线关系。

2. 模型检验

(1)武汉市建设用地与库兹涅茨曲线拟合分析。根据表1、表3中的数据,借助SPSS软件,对1997—2017年武汉市碳排放强度与建设用地总量比例之间的库兹涅茨曲线关系进行回归分析与检验,通过一次项、二次项、三次项估计,依据回归系数的 t 值、 F 值、调整系数 R^2 值判断二者是否存在线性、二次或三次曲线关系,拟合结果及曲线图见表3和图1所示。

表3 碳排放强度与建设用地总量比例库兹涅茨曲线拟合结果

曲线	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2	F
一次	73.361*** (4.163)	3.325*** (3.365)			0.340***	11.324***
二次	-337.561*** (-3.910)	50.993*** (5.130)	-1.339*** (-4.806)		0.695***	23.800***
三次	—	—	—	—	—	—

注:括号内为 t 值,***表示在1%水平上显著。

表3中的回归结果表明碳排放强度与建设用地总量比例之间存在显著的二次曲线关系,曲线拟合效果良好(如图1所示),各回归系数在1%水平上显著。因此,得出回归模型为: $y = -337.561 + 50.993x - 1.339x^2$ 。

该模型中, $a_1 > 0, a_2 < 0, a_3 = 0$,表明碳排放强度与建设用地总量比例存在“倒U”型库兹涅茨曲线关系,即随着建设用地总量比例的增加,碳排放强度呈现出先增后减的趋势。当武汉市建设用地面积占武汉市土地面积的比例在拐点以下时,碳排放强度会随着建设用地比例的增加而增加,当建设用地比例超过临界拐点后,碳排放强度会随着建设用地比例的增加而下降。这是由于城市在城市化和工业化的初期往往是以粗放型的发展模式为主,没有经过合理的规划,建设用地扩张盲目侵占耕地、林地,建设用地所承担的能源利用效率低下。随着经济社会的发展,城市建设的合理规划,能源结构的调整,使得建设用地的碳排放强度降低。

(2)武汉市二级地类与库兹涅茨曲线拟合分析。本文将建设用地划分为居民点及工矿用地、交通运输用地、水利设施用地三种二级地类,并分别将其与碳排放总量进行库兹涅茨曲线关系的回归分析与检验,拟合结果见表4。

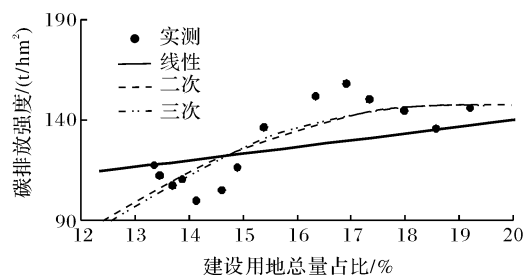


图1 碳排放强度与建设用地总量比例库兹涅茨曲线拟合

表 4 碳排放强度与二级地类土地比例库兹涅茨曲线拟合结果

地类	曲线	a_0	a_1	a_2	a_3	R_{adj}^2	F
居民点及 工矿用地	一次	78.483*** (4.590)	3.753*** (3.169)			0.311***	10.044***
	二次	-312.668*** (-3.772)	59.719*** (5.075)	-1.933*** (-4.767)		0.679***	22.125***
	三次	-	-	-	-	-	--
交通运 输用地	一次	96.644*** (10.957)	22.404*** (4.199)			0.454***	17.630***
	二次	18.074 (0.869)	137.706*** (4.714)	-37.351*** (-3.985)		0.694***	23.656***
	三次	-	-	-	-	-	--
水利设 施用地	一次	375.426*** (2.947)	-135.308* (-1.913)			0.117*	3.661*
	二次	254.163*** (3.972)	14.395 (0.395)	-37.714 (-1.916)		0.118*	3.672*
	三次	-2 540.536 (-0.346)	2 302.506 (0.375)	-4 027.408 (-0.964)	-251.820 (-0.397)	0.077	1.828

注:括号内为 t 值,* 和 *** 分别表示在 10% 和 1% 的水平上显著。

根据表 4 中碳排放强度与居民点及工矿用地比例的回归结果可知,二次曲线回归模型的拟合效果最好,最能反映碳排放强度与居民点及工矿用地比例的库兹涅茨曲线关系,图 2 中的曲线拟合效果良好,各回归系数都通过 1% 的水平上显著,回归模型为: $y = -312.668 + 59.719x - 1.933x^2$ 。

该模型中, $a_1 > 0, a_2 < 0, a_3 = 0$,表明碳排放强度与居民点及工矿用地比例之间存在“倒 U”型库兹涅茨曲线关系,即随着居民点及工矿用地比例的增加,碳排放强度呈现出先增后减的趋势。当武汉市居民点及工矿用地土地面积占武汉市土地面积的比例未达到拐点时,碳排放强度会随着居民点及工矿用地比例的增加而增加,当比例超过拐点时,碳排放强度会随着居民点及工矿用地比例的增加而下降。居民点及工矿用地占据了武汉市建设用地的绝大部分,居民点用地是城市建设用地中比较特殊的一种土地利用形态,基本上只承担了生活功能,碳排放量较小,并不是主要的碳源,由居民点用地转化为交通运输用地、工矿用地等其他建设用地类型会导致碳排放强度的增加。工矿用地是工业生产和能源消耗的主要载体,对碳排放强度有强烈的促进作用,是最主要的碳源。

根据图 3 中碳排放强度与交通运输用地比例的回归结果可知,二次曲线回归模型最能反映碳排放强度与交通运输用地比例的库兹涅茨曲线关系,各回归系数都在 1% 水平上显著,回归模型为: $y = -18.074 + 137.706x - 37.351x^2$ 。

该模型中, $a_1 > 0, a_2 < 0, a_3 = 0$,根据系数可判定碳排放强度与交通运输用地比例之间存在“倒 U”型曲线,即随着交通运输用地比例的增加,碳排放强度呈现出先增后减的趋势。当武汉市交通运输用地土地面积占武汉市土地面积比例在峰值之前时,碳排放强度会随着交通运输用地比例的增加而增加,当比例超过临界值后,碳排放强度会随着交通运输用地比例的增加而下降。交通运输用地一直作为重要的碳源,而随着科技的进步,各种节能减排的交通工具的出现,居民绿色环保出行意识的

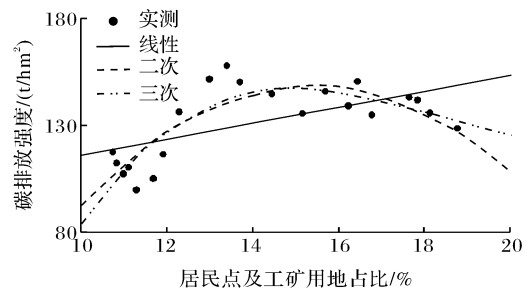


图 2 碳排放强度与居民点及工矿用地比例库兹涅茨曲线拟合

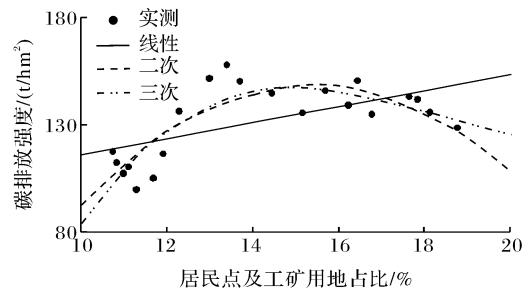


图 3 碳排放强度与交通运输用地比例库兹涅茨曲线拟合

提升,大大缓解了交通运输用地的碳排放压力。

根据表 4 中碳排放强度与水利设施用地比例的回归结果可知,碳排放强度与水利设施用地之间无明显的关系,各回归系数也无法通过显著性检验。图 4 中散点图也可以看出,各点是无序分布的,无明显的曲线关系。这是因为水利设施用地主要包括水库和水工建筑的陆地,水域虽然能够吸收碳,但吸收系数小,与碳排放总量相比可以忽略,因此碳排放强度与水利设施用地比例之间并无明显的曲线关系。

3. 研究结果

(1)武汉市碳排放强度与建设用地总量比例之间存在显著性的“倒 U”型库兹涅茨曲线关系。这表示当武汉市建设用地总量比例低于临界水平时,碳排放强度会随着建设用地总量比例的增加而增加,当建设用地总量所占比例越过临界水平时,碳排放强度则会随着建设用地比例的下降而下降,武汉市建设用地碳排放边际速率降低使得武汉市整体碳排放趋缓^[16],早期通过导致林地、草地等碳汇用地的建设用地粗放型快速扩张模式得到一定程度的改善。

(2)武汉市建设用地的二级地类中,居民点及工矿用地比例、交通运输用地比例与碳排放强度之间存在“倒 U”型库兹涅茨曲线关系,而水利设施用地比例与碳排放强度之间无明显的曲线关系,这与不同土地类型的功能是有密切关系的。居民点用地及工矿用地和交通运输用地对碳排放强度有显著推进作用,但是居民点用地及工矿用地和交通运输用地所承载的能源利用效率低下的扩张模式也已得到控制,两种土地利用类型所产生的碳排放边际速率在不断降低。水利设施用地则对碳排放强度影响不显著。

四、结论及讨论

1. 结 论

通过对武汉市 1997—2017 年间建设用地扩张特征的分析,碳排放总量的测算及两者间的库兹涅茨曲线拟合分析,从趋势上验证了武汉市建设用地扩张碳排放效应峰值的存在,得出如下结论:(1)武汉市 1997—2017 年间建设用地面积净增长 8.09 万公顷,年均增长率达到 3.52%,其中居民点及工矿用地和交通运输用地扩张迅速,水利设施用地总体上呈减少趋势。(2)武汉市 1997—2017 年碳排放总量净增长 1 179.48 万 t,年均增长率 4.40%。其中建设用地碳排放占碳排放总量的 99%以上。(3)武汉市碳排放强度与建设用地总量比例存在“倒 U”型库兹涅茨曲线关系,且已经发展到曲线的右半部分,即随着建设用地总量比例的增加,碳排放强度会随之降低。(4)武汉市建设用地的二级地类中,居民点及工矿用地比例、交通运输用地比例与碳排放强度之间存在“倒 U”型库兹涅茨曲线关系,而水利设施用地比例与碳排放强度之间无明显的曲线关系。

基于以上结论,提出武汉市建设用地扩张管控几点建议:(1)优化土地利用结构,控制建设用地过快扩张。虽说武汉市碳排放强度与建设用地总量比例之间的“倒 U”型库兹涅茨曲线关系已经发展到曲线的右半部分,但是不同的建设用地地类结构会导致不一样的碳排放效应。控制建设用地面积扩张合理有序,同时加快未利用地及其他用地向林地、园地、耕地、牧草地的转化,增加碳汇作用。(2)合理布局建设用地,提高土地利用效率。武汉不仅是我国中部地区的中心城市、全国重要的工业基地、科教基地和综合交通枢纽,更是“资源节约型和环境友好型”社会建设的核心城市,是全国面对经济发展转型和构建资源节约型及环境友好型社会的双重要求城市中的典型代表,必须对土地利用政策调控作出积极的响应,有计划地进行产业结构调整和功能优化,加大高碳排放产业中清洁能源的开发与投入,提高碳排放较少的产业的产值比重,以达到城市用地需求与生态环境需求之间的协调发展。

2. 讨 论

本文将库兹涅茨曲线引入建设用地与碳排放之间的关系分析当中,通过分析建设用地总量占比

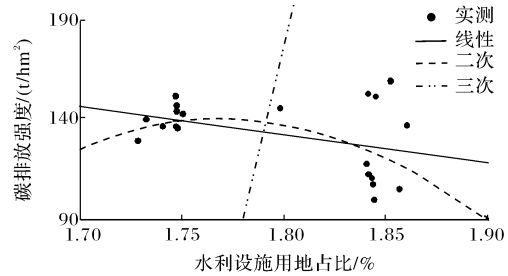


图 4 碳排放强度与水利设施用地比例库兹涅茨曲线拟合

及其二级地类占比与碳排放强度之间的库兹涅茨曲线关系,研究结果与张润森^[18]、秦山平^[22]等的结果可以互相验证,从新的角度为城市建设用地扩张的管理提供政策依据。但本文还在以下方面有待改进:

(1)囿于数据可得性,本文仅从武汉市尺度对1997—2017年建设用地扩张与碳排放强度之间的库兹涅茨曲线进行了研究,并没有探讨其他地类及空间立体布局对碳排放量的影响,未来可以考虑从区级尺度出发,探讨长时间序列下土地生态系统整体对碳排放的影响机制。

(2)由于数据的有限性和局限性,本文对建设用地二级地类的划分采用武汉市土地利用变更调查表中的方式,将建设用地划分为居民点及工矿用地、交通运输用地、水利设施用地;对碳排放量计算时仅计算了建设用地、耕地、林地、草地等土地类型,忽略了园地、水域等土地利用类型对碳排放量可能造成的影响,土地利用和碳排放系数直接采用既有的研究成果,可能会对研究结果的精确度产生一定影响。

参 考 文 献

- [1] IPCC. Land Use, Land use change, and forestry, intergovernmental panel on climate change[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [2] CHURKINA G. Modeling the carbon cycle of urban systems[J]. Ecological modeling, 2008, 216(2): 107-113.
- [3] 张苗, 甘臣林, 陈银蓉, 等. 中国城市建设用地开发强度的碳排放效率分析与低碳优化[J]. 资源科学, 2016, 38(2): 265-275.
- [4] 黄鲁霞, 韩骥, 袁坤, 等. 中国建设用地碳排放强度及其区域差异分析[J]. 环境科学与技术, 2016, 39(8): 185-192.
- [5] 赵荣钦, 黄贤金, 钟大洋, 等. 区域土地利用结构的碳效应评估及低优化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(17): 220-229.
- [6] POUMANYVONG P, KANEKO S. Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis [J]. Ecological economics, 2010, 70 (10): 434-444.
- [7] YANG X, MA C, ZHANG AL. Decomposition of Net CO₂ emission in the Wuhan metropolitan area of Central China[J]. Sustainability, 2016, 8(8): 1-12.
- [8] 杜官印. 建设用地对碳排放的影响关系研究[J]. 中国土地科学, 2010, 24(5): 32-36.
- [9] 毛熙彦, 林坚, 蒙古军. 中国建设用地增长对碳排放的影响[J]. 中国人口资源与环境, 2011, 21(12): 34-40.
- [10] MARTINE Z, MAROTTI A. The impact of urbanization on CO₂ emissions: evidence from developing countries[J]. Applied energy, 2011, 228(7): 1561-1568.
- [11] WANG SJ, ZENG JY, HUANG YY, et al. The effects of urbanization on CO₂ emissions in the Pearl River Delta[J]. Applied energy, 2018, 228(4): 1693-1706.
- [12] FUJIIA H, IWATAB K, CHAMPMAN A, et al. An analysis of urban environmental Kuznets curve of CO₂ emissions: empirical analysis of 276 global metropolitan areas[J]. Applied energy, 2018, 228(4): 1561-1568.
- [13] 张腾飞, 杨俊, 盛鹏飞. 城镇化对中国碳排放的影响及作用渠道[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(2): 47-57.
- [14] 蔡苗苗, 吴开亚. 上海市建设用地扩张与土地利用碳排放的关系研究[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(4): 499-505.
- [15] 於冉, 黄贤金. 碳排放峰值控制下的建设用地扩展规模研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(7): 66-72.
- [16] 袁凯华, 甘臣林, 杨慧琳, 等. 建设用地扩张与碳排放增长的 EKC 验证及特征分解研究[J]. 中国土地科学, 2019, 33(1): 56-64.
- [17] 张乐勤, 何小青. 安徽省城镇化演进与碳排放间库兹涅茨曲线假说与验证[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2015, 35(1): 54-61.
- [18] 张润森, 濮勳杰, 文继群, 等. 建设用地扩张与碳排放效应的库兹涅茨曲线假说及验证[J]. 自然资源学报, 2012, 27(5): 723-733.
- [19] HIDEMICHI F, KAZUYUKII, ANDREW C, et al. An analysis of urban Environmental Kuznets Curve of CO₂ emissions: empirical analysis of 276 global metropolitan areas[J]. Applied energy, 2018, 228(7): 1561-1568.
- [20] ZHAO Y, WANG S, ZHOU C. Understanding the relation between urbanization and the eco-environment in China's Yangtze River Delta using an improved EKC model and coupling analysis[J]. Science of the total environment, 2016, 571(11): 862-875.
- [21] DIMITRA K, EETHIMIOS Z. The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: concept, causes and the CO₂ emissions case [J]. Energy policy, 2013, 62(11): 1392-1402.
- [22] 秦山平. 重庆市建设用地扩张与碳排放效应的库兹涅茨曲线实证分析[D]. 重庆: 西南大学, 2014.

(责任编辑:陈万红)