

综述与专论

基于不同土地利用方式的安徽省碳排放效应及时空差异分析

路漫其¹,许信旺^{1,2},汪强¹

(1.安徽师范大学国土资源与旅游学院,安徽 芜湖 241000;2.池州职业技术学院,安徽 池州 247000)

摘要:土地利用变化与碳排放密切相关。运用相关统计数据,依据碳排放模型、碳足迹模型、K-均值聚类法,测算并分析了安徽省不同土地利用方式下的碳排放状况及时空变化。结果表明,2001~2010年安徽省碳排放主要有以下特点:1)碳净排放量逐年递增,建设用地占总排放的95%以上。2)能源消费碳足迹总体增加,生态赤字不断扩大。3)各市碳排放量差异显著,地域分配不均。

关键词:土地利用方式;碳排放;时空差异;安徽省

中图分类号:U412.1+4

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2016)02-0010-04

EFFECTS OF LAND USE PATTERNS ON CARBON EMISSIONS AND SPATIAL-TEMPORAL DIFFERENCE IN ANHUI PROVINCE

LU Man-qi¹, XU Xin-wang^{1,2}, WANG Qiang¹

(1. College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241000 China; 2. Chizhou Vocational and Technical College, Chizhou 247000, China)

Abstract: The land use patterns are closely related to carbon emissions. Based on the statistical data and carbon emission model, carbon footprint model, K-means clustering method, calculation and analysis the spatial-temporal difference of carbon emissions on different land use patterns in Anhui province. The results show that, from 2001 to 2010, the carbon emissions in Anhui province have such characteristics: 1) The carbon emissions increased year by year, about 16.63% annual. The carbon emissions in construction land accounted for more than 95%, in cultivated land was decreased and then increased on 2005. 2) The carbon footprint of energy consumption was increased, the ecological deficit was widening. 3) The carbon emission has a significant geographical differences of each city, the distribution is not balanced

Key words: land-use pattern; carbon emission; Spatial-temporal difference; Anhui province

近年来,碳排放及其所引发的环境问题已成为世界范围内的热点问题。人类活动对碳循环影响的实质是通过改变土地利用方式进而改变人为能源消费格局,从而影响到碳排放的速率^[1]。据资

料统计显示,在过去的150年里,土地利用方式变化所释放的碳约占同期人类活动释放到大气中的碳的33%^[2]。在此背景下,国内外针对土地利用碳排放展开了一系列研究。Canadell^[3]研究发现土地利用和覆被变化是控制土壤碳积累速率的主导因子。Houghton^[4]对土地利用方式变化所导致的碳排放进行了测算。方青云^[5]分析了土地利用活动对中

收稿日期:2015-05-18

作者简介:路漫其(1992-),女,安徽宣城人,硕士研究生,研究方向为土壤碳循环与生态经济。

国陆地植被碳汇能力的影响。游和远^[6]从能源消耗的视角出发,研究土地利用的低碳化措施。目前,相关研究主要集中于陆地生态系统,对区域的碳排放研究还有待深化。本文以安徽省为例,研究不同土地利用方式下的碳排放效应,旨在为安徽省低碳建设提供有益参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文数据来源于 2002-2011 年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《安徽省统计年鉴》及各市《2006-2020 年土地利用总体规划》。

1.2 研究方法

1.2.1 碳排放模型

本文主要探讨不同土地利用类型碳源碳汇效应。受数据限制,林地、耕地、牧草地采用直接碳排放系数法进行测算。根据蔡祖聪^[7]、何勇^[8]的研究,耕地碳排放、碳吸收系数分别为 0.504 t/hm²、0.007 t/hm²,求得净碳排放系数为 0.479 t/hm²。林地和牧草地借鉴方精云等^[5]的研究结果,分别为-5.81 t/hm²、-0.21 t/hm²。碳排放计算公式为:

$$E = \sum e_i = \sum A_i \gamma_i$$

式中: E 为碳排放总量 (t); e_i 为第 i 种土地利用类型的碳排放量 (t); A_i 为第 i 种土地利用类型的面积 (hm²); γ_i 为第 i 种土地利用类型的碳排放/吸收系数。

建设用地上承载了大量人类生产活动,在计算其碳排放时一般依照其利用过程中各项能源消耗量及碳排放系数间接估算。计算公式^[5,9]为:

$$E_c = \sum e_{ci} = \sum N_i \theta_i \varphi_i$$

式中: E_c 为建设用地碳排量 (t); e_{ci} 为第 i 类能源消耗产生的碳排放量 (t); N_i 为第 i 类能源的消耗量 (t); θ_i 为第 i 类能源的标准煤系数; φ_i 为第 i 类能源的碳排放系数 (表 1)。

表 1 主要能源碳排放系数

能源种类	标准煤换算系数	碳排放系数	能源种类	标准煤换算系数	碳排放系数
原煤	0.7143 t/t ⁻¹	0.7559	汽油	1.4714 t/t ⁻¹	0.5538
焦炭	0.9714 t/t ⁻¹	0.8550	煤油	1.4714 t/t ⁻¹	0.5714
原油	1.4286 t/t ⁻¹	0.5857	柴油	1.4751 t/t ⁻¹	0.5921
燃料油	1.4286 t/t ⁻¹	0.6185	天然气	1.3300×10 ⁻³ t/m ³	0.4483

1.2.2 碳足迹模型

碳足迹指用生产性土地面积来度量能源消费碳排放水平。参考谢鸿宇^[10]、蓝家程^[11]等人的研究,先利用安徽省能源碳排放及林地、牧草地的碳吸收总量计算出林地、牧草地碳吸收比例,再通过 NEP (净生态系统生产量,指 1 hm² 植被一年吸收的碳量) 计算出吸纳能源消耗碳排放所需的林地和牧草地面积。具体公式为:

$$M = \sum M_i = \frac{e_{ci} \times e_f}{NEP_f} + \frac{e_{ci} \times e_g}{NEP_g} = \frac{e_{ci} \times \frac{A_f \gamma_f}{E_c}}{NEP_f} + \frac{e_{ci} \times \frac{A_g \gamma_g}{E_c}}{NEP_g}$$

式中: M 为总的能源消费碳足迹 (hm²) M_i 为第 i 类能源消费碳足迹 (hm²); e_f, e_g 分别为安徽省林地、牧草地的碳吸收比例; NEP_f, NEP_g 分别为全球平均林地、牧草地的碳吸收能力,取值为 3.8096 t/hm²、0.9482 t/hm²。

2 结果分析

2.1 安徽省土地利用碳排放总体分析

根据相关数据,测算出安徽省 2001~2010 年不同土地利用方式的碳排放量,如表 2 所示。

表 2 2001~2010 年安徽省碳排放数据

年份	碳排放量/10 ⁴ t					
	耕地	林地	牧草地	建设用地	净排放	碳源/碳汇
2001	202.08	-1960.88	-0.82	4359.47	2599.85	2.33
2002	200.12	-1969.59	-0.82	4566.54	2796.25	2.42
2003	195.66	-2082.89	-0.79	5089.99	3201.97	2.54
2004	196.82	-2089.86	0-79	5285.37	3391.54	2.62
2005	196.03	-2092.18	-0.60	5576.79	3680.04	2.76
2006	197.20	-2092.18	-0.54	5990.93	4095.14	2.96
2007	198.50	-2092.18	-0.50	6688.22	4794.04	3.29
2008	198.55	-2092.18	-0.46	7646.62	5752.52	3.75
2009	199.80	-2092.18	-0.44	8413.89	6521.07	4.12
2010	200.28	-2194.67	-0.42	8917.68	6922.87	4.15

从碳源来看,建设用地占碳源的 95% 以上,且增长迅速,2006 年随着“十一五”规划的实行,安徽省城市化、工业化迅速发展,建设用地碳排量年均增幅达 17.26%。2009 年,随着新型工业化的发展和能源利用率的提高,碳排量增长放缓。耕地碳排量占比较低,在 2005 年出现拐点,主要由于“十八亿亩耕地红线”政策的出台,使安徽省耕地面积在 2006 年开始扩展。从碳汇来看,安徽省牧草地面积一直保持在 3 万 hm² 左右,碳汇量较低。森林碳汇基数小、增速缓,因此碳源碳汇比在十年

中不断上升,涨幅达 78.63 %。舒娱琴^[12]按碳源碳排放量将各省的碳排放规模分为四类:轻型($\leq 1000 \times 10^4$ t/a)、中型($1000 \times 10^4 \sim 3000 \times 10^4$ t/a)、重型($3000 \times 10^4 \sim 1 \times 10^8$ t/a)、超重型($\geq 1 \times 10^8$ t/a),可见安徽省在 2001 年已属重型碳排放省区,按照其年均增速,2011 年将步入超重型碳排放省区行列。

2.2 能源消费碳足迹分析

利用碳足迹模型计算出 2001~2010 年安徽省能源消费碳足迹。由表 3 可知,十年间安徽省能源

消费碳足迹总体呈增加趋势;生产性土地面积的增加使生态承载力有所提高,但其增速仍不及总碳足迹,因此生态赤字不断扩大,2010 年生态赤字达 196.78 万 hm^2 ,已超过当年生产性土地面积的一半,说明安徽省自身的生态系统不足以补偿能源消费碳排放。从能源消费碳足迹来看,原煤碳足迹在总碳足迹中的平均份额为 79.85 %,而天然气和油类只占 0.28 %和 10.67 %,揭示了安徽省以煤炭为主的能源消费结构的不合理性。

表 3 安徽省 2001~2010 年能源消费碳足迹

年份	各类能源碳足迹								总碳足迹	生态承载力	生态赤字
	原煤	焦炭	原油	燃料油	汽油	煤油	柴油	天然气			
2001	406.51	53.30	28.53	4.94	6.78	0.25	15.26		515.58	341.40	174.18
2002	408.97	52.39	29.23	4.76	6.83	0.26	15.44		517.87	342.90	174.97
2003	435.01	53.58	30.15	5.11	6.72	0.68	16.32		547.58	362.27	185.31
2004	439.07	46.99	36.49	2.20	6.62	0.74	17.20	0.09	549.41	363.45	185.96
2005	443.06	44.09	34.19	2.08	6.94	0.87	18.09	0.50	549.82	362.96	186.86
2006	435.67	49.71	34.20	1.75	7.31	0.82	19.23	1.07	549.75	362.66	187.09
2007	433.40	55.27	31.02	0.96	7.70	0.78	18.60	1.97	549.71	362.47	187.24
2008	441.58	50.82	25.64	0.99	7.46	0.67	19.44	3.07	549.68	362.31	187.37
2009	446.76	46.46	24.82	0.82	7.47	0.73	18.78	3.81	549.65	362.20	187.45
2010	466.92	48.87	25.83	0.67	8.29	0.46	20.65	4.83	576.54	379.76	196.78

2.3 安徽省碳排放空间差异分析

鉴于数据的可获取性,本文对安徽省不同土地利用方式碳排放的空间分析采用 2005 年的断面数据。

表 4 安徽省 2005 年各地级市碳排放状况

城市	碳排放量/ 10^4 t				净排放	碳排放强度 $/(t \cdot \text{万元}^{-1})$
	耕地	林地	牧草地	建设用地		
合肥	10.34	-20.04	0	691.39	681.69	0.81
马鞍山	2.35	-8.83	0	809.54	803.06	2.18
铜陵	1.14	-17.49	0	278.54	262.18	1.53
淮北	6.37	-5.00	0	315.57	316.95	1.51
池州	3.88	-270.75	-0.09	165.27	-101.69	1.5
阜阳	27.03	-36.60	0	428.49	418.90	1.32
淮南	5.53	-6.22	-0.02	340.04	339.34	1.29
宣城	7.23	-375.50	0	296.81	-71.46	1.18
巢湖	13.90	-11.21	0	353.19	355.87	1.17
安庆	12.30	-341.86	-0.01	489.79	160.22	1.14
宿州	23.58	-20.34	-0.01	328.63	331.87	1.05
芜湖	4.01	-50.37	0	404.66	358.29	1.01
六安	20.13	-342.33	-0.04	312.82	-9.42	1
滁州	18.64	-88.02	-0.29	301.83	232.16	0.92
蚌埠	13.67	-7.03	0	283.31	289.95	0.91
亳州	23.67	-13.48	0	230.55	240.74	0.87
黄山	2.28	-419.60	-0.10	87.99	-329.44	0.55

由表 4 可见,2005 年安徽省碳排放地域差异显著。从净碳排放状况看,马鞍山净碳排放量居首位,高于黄山等 9 个低排放量城市之和,其次为省城合肥。黄山、池州等旅游型城市净碳排放量为负数,生态状况较好。六安市碳收支接近平衡。从碳排放强度来看,马鞍山市碳排放量居首位,是省平均值的 1.86 倍,碳排放强度最低的为黄山市,其次为合肥市,究其原因因为合肥市的国民生产总值及能源利用率高。

为进一步分析各市的碳排放空间差异,参考岳瑞峰的能源排放省域聚类分析法^[13],以净碳排放量作为排放量指标,以碳排放强度作为碳排放效率指标,对安徽省 17 个地级市进行聚类分析。为避免异常值的影响,本文以净碳排放量从高到低的顺序,将各市依次打分为 17~1,得到各市碳排放量得分;再以碳排放强度从低到高的顺序,将各市依次打分为 17~1,得到各市碳排放效率得分。以此将各市划分为低排放-低效率(LE-LE)、低排放-高效率(LE-HE)、高排放-低效率(HE-LE)、高排放-高效率(HE-HE)四类^[16]。

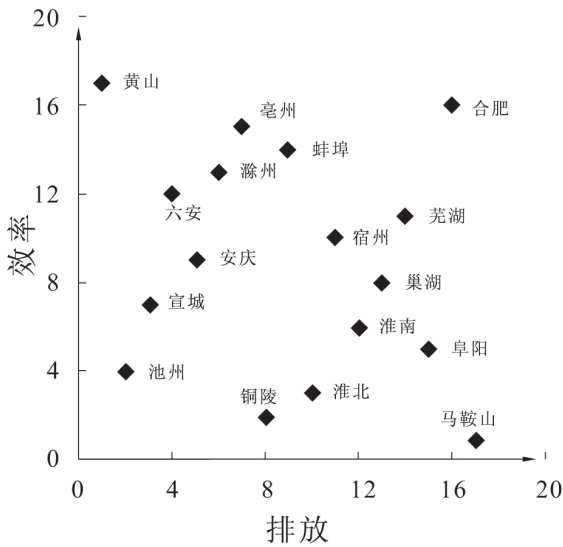


图2 碳排放-效率散点图

利用 SPSS20 中的 K-均值聚类法对 17 个市的得分情况进行聚类分析, 再结合图 2 中点的分布情况, 可将各市碳排放划分为以下几类: LE-LE 型, 包括宣城、铜陵、池州、安庆, 中心为铜陵; LE-HE 型, 包括黄山、滁州、六安、亳州, 中心为黄山; HE-LE 型, 包括淮北、马鞍山、阜阳、淮南, 中心为马鞍山; HE-HE 型, 包括合肥、芜湖、宿州、巢湖、蚌埠, 中心为合肥。

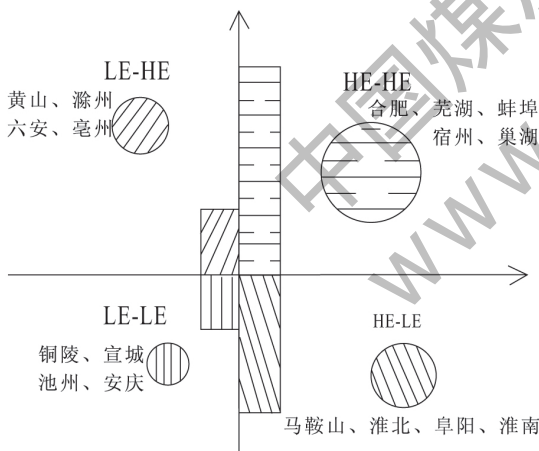


图3 各城市“排放-效率类型”及 GDP 和碳排放量状况

为了更清晰地展现各类型的碳排放量和 GDP 的分布情况, 绘制图 3, 如图所示, 圆心位置代表各类型的中心城市, 其面积大小代表该类型城市的 GDP 总值。柱状图的面积代表各类型城市的碳排放量总和。

综合分析可得出以下结论: 1、2005 年安徽省处于高排放地区的 GDP 达 3348.95 亿元, 占全省总值的 62.15%, 说明安徽省生产建设的能源利

用率较低, 生产效率有待提高。2、2005 年处于高排放地区的城市数为 9 个, 低排放地区的城市数为 8 个, 二者虽然在数量上相差不大, 但高排放地区的碳排放量是低排放地区碳排放量的 10.16 倍, 碳排放地域分配严重不均。从 GDP 来看, 高排放地区的 GDP 只有低排放地区的 1.64 倍, 说明高排放地区的 GDP 增长主要依赖高耗能产业拉动, 经济增长方式欠合理。3、安徽省碳排放-效率分布与所在地区的产业结构有较大关系, 旅游城市如池州、黄山, 均属低排放类型, 而马鞍山、淮北、淮南等传统工业城市, 均为高排放-低效率类型, 碳减排潜力巨大, 是安徽省碳减排的重点区域。

3 结论

2001~2010 年安徽省碳净排放量逐年递增, 年均增幅为 16.63%。2011 年安徽省将步入超重型碳排放省区行列。其中, 建设用地为主要碳源, 占碳源排放的 95% 以上。

2001~2010 年安徽省能源消费碳足迹呈增加趋势, 生态赤字不断扩大, 能源消费结构不合理。

安徽省碳排放状况地域差异显著。高排放地区的碳排放量是低排放地区碳排放量的 10.16 倍, 碳排放地域分配不均。处于高排放地区的 GDP 占总值的 62.15%, 能源利用率较低。

4 建议

安徽省正处于高速发展期, 由于产业结构调整和经济发展的需要, 基础设施建设拉动了建材、水泥等高耗能产业的发展, 因此短期内安徽碳排放量仍将处于高速增长态势。笔者认为安徽省减排工作应从以下方面开展: 1、优化土地利用结构。增加森林覆盖率, 控制建设用地面积, 因地制宜、合理规划。2、调整产业结构。限制高耗能产业发展, 提高企业生产效率, 降低单位产值能耗, 加大第三产业扶持力度。3、节能减排、开发清洁能源。提高能源利用效率, 优化能源消费结构, 开展循环经济。

参考文献

[1] Fang J Y, Chen A P, Peng C H, et al. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998[J], Science, 2001, 292: 2320-2322.

[2] 柳梅英, 包安明, 陈曦, 等. 近 30 年玛纳斯河流域土地利用/覆被变 (下转第 38 页)

口增加至废水池的污泥回流管,消除板框压滤机检修的影响。可在澄清器内搅拌器加装力矩显示器,直接观察搅拌器力矩变化,监视搅拌器是否过载。

在石灰乳箱中加装质量密度计,实时观察石灰乳浓度变化,防止运行人员操作失误,造成石灰乳浓度增大,导致管道严重堵塞。

为提高加药系统的可靠性,可增设一路补水管道,一用一备两路加药补水管道。

将脱硫废水泵改型为自吸泵或其他型式的泵,改善废水泵吸入口位置不佳、检修不便等问题。用地上衬塑管作为脱硫废水疏水管路,适当增加管径,以避免管路堵塞。澄清器出口至高、低压污泥泵进口的管道的管径尽量保持一致,避免出口管道振动过大。增设一路补水管道,一用一备两路加药补水管道,提高加药系统可靠性。

采用具有自动板振打功能的压滤机,同时对泥斗表面进行光滑处理,以避免干泥粘附不能自动脱落,减轻人工清理及车辆的等待。

3.3 加强运行管理维护

定期冲洗加药管道,并检查加药箱内药量。定期维护计量泵和清洗调整 pH 测量电极,以确保加药的准确性。

在停运前及时冲洗石灰乳管道,防止石灰乳在管道内沉积。同时在运行过程中加强对泵前保护格栅的实时检查,及时清除残留物,确保水流通畅。

定期对浆液进行化验,对各部位的浆液浓度、结晶情况、流量进行分析,以确保达到设计值。

4 结语

(上接第 13 页)

化对植被碳储量的影响[J].自然资源学报,2010,25(6):926-938.

[3]Canadell J G.Land use effects on terrestrial carbon sources and sinks[J].Science in China Series C,2002,45(Supp 1):1-9.

[4]Houghton R A,Hackler J L.Sources and sinks of carbon from land-use change in China [J].Global Biogeochem Ical Cycle,2003,17(2):1-11.

[5]方精云,郭兆迪,朴世龙,等.1981-2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J].中国科学(地球科学),2007,37(6):804-812.

[6]游和远,吴次芳.土地利用的碳排放效率及其低碳优化[J].自然资源学报,2010,25(11):1875-1886.

[7]Cai Zucong,Kang Guoding,Tsuruta H,et al.Estimate of CH₄ emissions from year-round flooded rice field during rice growing season in China[J].Pedosphere,2005,15(1):66-71.

[8]何勇.中国气候、陆地生态系统碳循环研究[M].北京:气象出版

作为湿法脱硫工艺的重要组成部分,脱硫废水处理系统可有效降低吸收塔浆液中 COD、氟离子、氯离子、悬浮物、重金属浓度,使脱硫废水达标排放。针对脱硫废水处理在系统设计、调试、运行、维护等方面问题,可通过增加系统处理容量、提高系统可靠性和加强运行维护管理等措施,保障脱硫系统的连续、高效、稳定运行。

参考文献

- [1] HJ/T 179-2005, 火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏法[S].
- [2] GB/T 21508-2008, 燃煤烟气脱硫设备性能测试方法[S].
- [3] DLT 998-2006, 石灰石-石膏湿法烟气脱硫装置性能验收试验规范[S].
- [4] DLT 986-2005, 湿法烟气脱硫工艺性能检测技术规范[S].
- [5] GB 8978-1996, 污水综合排放标准[S].
- [6] DLT 997-2-2006, 火电厂石灰石-石膏湿法脱硫废水水质控制指标[S].
- [7] 薛建明, 王小明, 刘建民, 等. 湿法烟气脱硫设计及设备选型手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [8] 李鹏. 燃煤电厂烟气脱硫系统优化运行[J]. 华电技术, 2014, 36(7): 75-77.
- [9] 胡志光, 杜海红, 常爱玲, 等. 火电厂湿法烟气脱硫废水处理的试验研究[J]. 能源与环境, 2009, (5): 45-46.
- [10] 吕新丰. 宁海电厂脱硫废水处理探讨 [J]. 电力科技与环保, 2011, 27(3): 48-50.
- [11] 王正江, 杨宝红, 王璟, 等. 国产湿法脱硫废水处理系统的研究与应用[J]. 热力发电, 2005, (5):7-10.
- [12] 陈泽峰, 冯铁玲. 电厂脱硫废水处理[J]. 工业水处理, 2006, (3): 86-88.
- [13] 柳杨, 刘德志. 脱硫废水深度处理方法 [J]. 电站系统工程, 2007, 23(5):49-50.
- [14] 刘晓, 周菊花. 燃煤电厂石灰石石膏湿法烟气脱硫废水处理探讨[J]. 湖北电力, 2008, 32(6):112-114.
- [15] 何世德, 李锐, 张占梅, 等. 某电厂烟气脱硫废水处理工艺设计[J]. 环境科学与管理, 2010, (11):84-85.

社, 2006.

[9] 石红昕, 穆兴民, 张应龙, 等. 四川省广元市不同土地利用类型的碳排放效应研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(3):101-106.

[10] 谢鸿宇, 陈贤生, 林凯荣, 等. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹[J]. 生态学报, 2008, 28(4):1729-1735.

[11] 蓝家程, 傅瓦利, 袁波, 等. 重庆市不同土地利用碳排放及碳足迹分析[J]. 水土保持学报, 2012, 26(1): 146-155.

[12] 舒娱琴. 中国能源消费碳排放的时空特征[J]. 生态学报, 2012, 32(16):4950-4960.

[13] 何建坤, 刘滨. 作为温室气体碳排放量衡量指标的碳排放强度分析[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2004, 44(6):740-743.

[14] 岳瑞锋, 朱永杰. 1990-2007 年中国能源碳排放的省域聚类分析[J]. 技术经济, 2010, 29(3):40-45.