

江苏省徐州市土地利用碳排放特征及脱钩效应研究^{*1}

黎孔清¹ 李烨²

(1. 南京农业大学 人文与社会发展学院, 江苏 南京 210095;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国农业政策研究中心, 北京 100101)

【摘要】: 人类活动导致的土地利用/ 覆盖变化是大气中二氧化碳含量增加的重要原因。依据土地利用碳排放测算方法, 得出 1996 ~ 2012 年江苏省徐州市土地利用碳排放特征, 并探究土地利用碳排放与经济发展之间的脱钩效应。研究得出: ① 1996 ~ 2012 年徐州市土地利用碳排放由 1399.16 万 t 增长至 3202.19 万 t, 年均增长率为 4.99%, 主要归因于建设用地激增。②徐州市土地利用地均碳排放强度、人均碳排放强度、单位 GDP 碳排放强度年均增长分别为 4.99%、4.20%、-7.25%。③徐州市土地利用碳排放增长速度低于经济增长速度, 主要表现为弱脱钩, 但碳排放总量居高且呈增长态势。合理控制建设用地规模、转变土地利用方式为徐州市低碳经济发展改革方向。

【关键词】: 土地利用; 碳排放; 脱钩效应; 徐州市

【中图分类号】: F301.2; F205

【文献标识码】: A

引言

自工业革命以来, 大气中二氧化碳含量增加了 25% ~ 30%, 其中人类活动导致的土地利用/ 覆盖变化是二氧化碳含量增加的重要原因。据 Houghton 等测算, 中国在过去的 300 年间由于土地利用类型的变化而引起的陆地生态系统碳排放量在 17.1 至 33.4PgC 之间, 占人为源碳排放量的 30%。此外, 土地利用变化不仅是区域碳排放和碳吸纳的直接原因, 而且作为空间载体间接影响区域人为源碳排放水平。实施碳减排以应对气候变化已经成为各国共识, 2010 年, 我国政府承诺到 2020 年实现单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40% ~ 45%。因此探索区域土地利用碳排放效应及其机理, 对我国碳减排目标的实现和资源经济的可持续发展具有重要的理论价值和现实意义。

国内外学者在土地利用碳排放核算方面做出了广泛的研究。Caspersen 研究认为: 碳积累的速率主要是受到土地利用变化的影响。Houghton 等(2000)重建了美国过去 300 年土地利用的变化模式。李克让等(2003)运用了全球气候数据库、全球土壤数据库以及遥感卫星等提供的数据, 运用 CEVSA 模型估算了当前中国植被与土壤的碳储量。方精云等(2007)参考国内外的数据, 测算了四种主要生物量的碳汇, 为基于不同土地类型碳排放的研究奠定了基础。葛全胜(2008)基于“簿记”模型确定土壤与大气的碳交换量最终确定 300 年来中国土地利用碳排放的变化。汪有结(2011)测算了 1996 ~ 2007 年南京市土地碳排放并对城市土地碳排放进行了内部静态测度及协调控制。黎孔清(2013)按照不同土地利用类型综合测算了武汉市土地利用碳

¹ 收稿日期: 2017-02-14

基金项目: 教育部人文社会科学项目(14YJC630058); 中国博士后面上基金(2014M551615); 江苏省自然科学基金(BK20150681); 江苏高校哲学社会科学项目(2014SJD072); 江苏省博士后基金(1401125C); 南京农业大学中央高校基本科研项目(SK2014007)。

作者简介: 黎孔清(1985—), 女, 湖北宜昌人, 讲师, 博士, 研究方向: 资源管理与可持续发展。

排放和碳汇量，构建了土地结构低碳优化模型。

综上所述，土地利用碳排放引起了国内外学术界和政府部门的高度关注。国外研究注重碳排放机理和模型构建，国内研究更注重碳排放效应及调控手段的运用。本文基于现有研究成果，以江苏省徐州市为例，通过对徐州市不同类型土地利用碳排放量进行测算，分析其演变规律和碳排放强度特征，并探究区域土地利用碳排放量与经济发展之间的脱钩弹性，以期徐州市土地低碳利用和发展低碳经济提供一定科学依据。

1 测算方法与数据来源

1.1 土地利用碳排放测算

根据徐州土地利用实际情况和现行土地分类体系，将徐州市土地利用类型分成耕地、园地、林地、草地、建设用地、水域和未利用地七种土地利用类型来综合测算自然源和人为源的土地利用碳排放量。首先分别测算出各类碳源用地的碳排放量，然后测算各类型用地的碳汇量，最后将上述估算的碳排放量和碳吸收量进行综合，从而计算出土地的净碳排放量。

在对耕地碳排放的测算中，根据前人研究成果，主要以以下六种要素作为主要测算依据：化肥、农药、农膜、农业机械、农业翻耕和农业灌溉中所形成的碳排放。耕地利用碳排放测算公式如下：

$$E = \sum E_i = \sum T_i \times \delta_i \quad (式1)$$

其中， E_i 是指各种类型土地碳排放量， T_i 是指各碳排放源的量， δ_i 为各碳排放源的排放系数。

建设用地的土地碳排放主要来源于工业能源消耗、商业活动消耗、居民生活消耗、交通能源消耗和人类呼吸等。我国目前进行实测研究的研究较少，因此采用 IPCC 的碳排放系数进行研究。碳排放计算公式为：

$$E_c = \sum_j Q_j C_{fj} + Y \lambda \quad (式2)$$

其中， E_c 、 Q_j 、 C_{fj} 、 Y 、 λ 分别指建设用地碳排放量、第 j 种能量消费量、第 j 种能量的碳排放系数、人口数量、人均排放系数。其中人均碳排放系数为 328.5Kg/ 人/a。

本文为估算和研究方便，根据测算分析和结合方精云等人的研究成果将林地碳吸收系数定为 0.644tC/hm²/a。园地主要采用 IPCC（2007）的参考数据， C_g =0.21tC/hm²/a。草地采用方精云（2007）和张秀梅等（2010）的研究成果， C_m =0.021tC/hm²/a。水域和其它未利用地碳排放和吸收机理较为复杂，本文采用 Mudge 和 Adger（1995），张文菊等（2007）的研究成果，碳排放系数分别为-0.218tC/hm²/a、-0.005tC/hm²/a。

农作物虽然在生长过程中汇聚了碳，然而其果实和秸秆通过人的消费和秸秆焚烧，最后又将其所汇聚的这部分碳释放在空气中。故此，农作物的碳汇不纳入农地利用净碳排放测算体系。具体参数来源见表 1。

表 1 主要土地碳功能、系数及参考来源

碳排放功能	碳源 / 碳汇	碳排放系数	参考来源
碳源	化肥	0.8956 kg C/kg	美国橡树岭国家实验室
	农药	4.9341 kg C/kg	美国橡树岭国家实验室
	农膜	5.18 kg C/kg	IREEA
	柴油	0.5927 kg C/kg	IPCC
	翻耕	312.6 kg C/km ² /a	中国农业大学生物与技术中心
	灌溉	266.48 kg C/hm ² /a	Dubey
	标准煤	785.8 kg C/t	IPCC
碳汇	人类呼吸	328.5 kg/ 人 /a	IPCC
	林地	644 kg C/hm ² /a	方精云等
	园地	210 kg C/hm ² /a	IPCC
	草地	21 kg C/hm ² /a	方精云、张秀梅等
	水域	218 kg C/hm ² /a	张文菊
	其他未利用地	5 kg C/hm ² /a	段晓男等

1.2 脱钩指数

脱钩（Decoupling）理论由德国学者提出，是指具有响应关系的两个或多个物理量之间的响应关系不再存在。随后脱钩理论的运用得到了拓展，脱钩理论被应用于农业政策研究与环境等领域，“脱钩”在环境研究等领域主要是指经济发展与环境压力间耦合关系的破裂。如果环境压力没有随着经济发展而同步增大，甚至逐步减小的时候，就产生了“脱钩”。目前，这一理论在国内多用于研究宏观经济或某一产业发展对资源的依赖性变化，如耕地（陈百明等，2006）、水资源（于法稳，2008）、能源（王虹等，2009）等。

对于土地利用碳排放量与经济增长的脱钩弹性分析，首先要定义区域土地利用碳排放量与区域经济间的脱钩弹性，用来反映二氧化碳变化对于经济变化的敏感程度。具体来说，就是一定时期内区域经济增长变化速度与区域土地利用碳排放总量的变化速度的比例关系。区域经济增长与区域土地利用碳排放总量之间的脱钩弹性指数计算公式如下：

$$DE_n = \frac{CE_n}{GE_n} = \frac{\Delta CO_2 / CO_2}{\Delta GDP / GDP} \quad (\text{式 3})$$

式中：DE_n 表示第 n 年的区域经济增长与区域土地利用碳排放量的脱钩弹性指数；CE_n 表示第 n 年区域土地利用碳排放量的增长变化速度；GE_n 表示第 n 年区域经济增长变化速度。本文基于 Tapio（2005）、李忠明（2010）等研究成果，将脱钩弹性分为八类。具体如表 2 所示。

表 2 脱钩弹性等级与弹性值比较				
状态	弹性等级	经济增长 GE	碳排增长 CE	弹性 DE
负脱钩	扩张负脱钩	>0	>0	$DE > 1.2$
	强负脱钩	>0	<0	$DE < 0$
	弱负脱钩	<0	<0	$0 \leq DE < 0.8$
脱钩	弱脱钩	>0	>0	$0 \leq DE < 0.8$
	强脱钩	<0	>0	$DE < 0$
	衰退脱钩	<0	<0	$DE > 1.2$
耦合	扩张耦合	>0	>0	$0.8 \leq DE \leq 1.2$
	衰退耦合	<0	<0	$0.8 \leq DE \leq 1.2$

1.3 数据来源及处理

徐州市土地利用类型数据来源于遥感数据、徐州市国土资源部《土地利用变更调查报告》（1997 ~ 2013）以及《中国城市统计年鉴》（1997 ~ 2013）。由于 1996 年至 2012 年，我国土地利用分类经历了由旧地类到过渡地类的转变，本研究通过查找三级地类的详细面积并做了相应调整已获得更为准确的不同类型的土地面积。本研究中化肥、农药、农膜、柴油、翻耕、灌溉数据均来自于《中国农村统计年鉴》（1997 ~ 2013）。GDP、人口以及相关社会经济数据均来源于历年《徐州市统计年鉴》（1997 ~ 2013）、《江苏省统计年鉴》（1997 ~ 2013）。

2 徐州市土地利用碳排放特征

2.1 徐州市土地利用碳排放量分析

根据徐州市 1996 年至 2012 年土地利用变更调查数据和徐州市各项社会经济数据，综合运算得出徐州市耕地、园地、林地、草地、建设用地、水域和其他未利用地的碳排放量，并据此得出徐州市土地利用净碳排放量（见表 3）。

表 3 1996 ~ 2012 年徐州市各土地类型碳排放总量

单位: 万 t

年份	耕地	园地	林地	草地	建设用地	水域	其他未利用地	净碳排放量
1996	25.948	-1.492	-2.643	-0.002	1381.326	-3.880	-0.099	1399.161
1997	25.998	-1.467	-2.623	-0.002	1402.257	-3.841	-0.099	1420.228
1998	26.051	-1.498	-2.618	-0.002	1389.861	-3.816	-0.098	1407.884
1999	26.013	-1.501	-2.616	-0.002	1432.601	-3.814	-0.097	1450.587
2000	25.896	-1.527	-2.520	-0.002	1435.896	-3.740	-0.096	1453.911
2001	25.789	-1.494	-2.516	-0.002	1434.754	-3.639	-0.094	1452.802
2002	25.649	-1.488	-2.506	-0.002	1607.545	-1.268	-0.039	1627.895
2003	25.350	-1.650	-2.552	-0.002	1901.413	-1.202	-0.037	1921.322
2004	25.252	-1.562	-2.708	-0.002	2131.743	-1.188	-0.037	2151.502
2005	25.224	-1.561	-2.703	-0.002	2253.621	-1.185	-0.037	2273.361
2006	23.894	-1.569	-2.690	-0.002	2375.831	-1.181	-0.037	2394.250
2007	25.088	-1.568	-2.689	-0.002	2522.204	-1.173	-0.037	2541.827
2008	25.109	-1.566	-2.685	-0.002	2725.275	-1.149	-0.036	2744.949
2009	25.824	-1.203	-1.632	-0.002	2963.867	-4.133	-0.101	2982.624
2010	25.773	-1.199	-1.630	-0.002	3009.662	-4.203	-0.103	3028.303
2011	25.769	-1.195	-1.623	-0.002	3121.645	-4.113	-0.100	3140.385
2012	25.720	-1.190	-1.620	-0.002	3184.542	-4.160	-0.101	3203.194

依据表 3 所示, 从 1996 ~ 2012 年, 徐州市净碳排放量增长迅速, 呈现出逐年递增的形式。1996 年徐州市土地利用碳排放为 1399.16 万 t, 到 2012 年已经增长至 3203.19 万 t, 增长了 2.29 倍, 年平均增长率为 4.99%。其中建设用地碳排放总量由 1996 年的 1381.33 万 t 上升到 2012 年的 3184.54 万 t, 年均增长率为 5.04%, 建设用地在徐州市土地利用碳排放中发挥着主要作用, 建设用地占总碳排放量从 1996 年的 98.16% 到 2012 年的 99.20%。1996 年徐州市总碳排放量是总碳吸收量的 173.40 倍, 2012 年上升到 396.52 倍。说明徐州市土地利用为碳源, 而且呈逐年上升态势, 以建设用地碳排放为主。

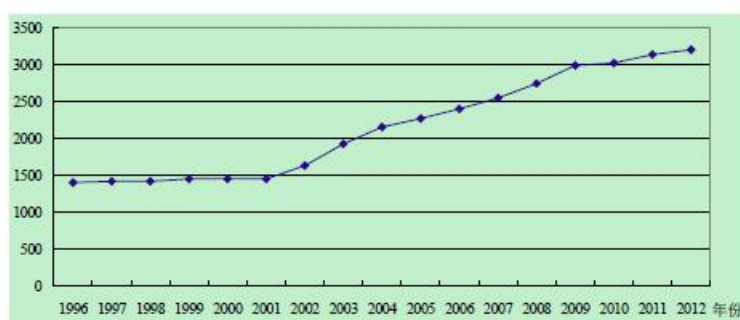


图 1 1996 ~ 2012 年徐州市土地利用碳排放量

根据图 1 可以将徐州市土地利用净碳排放总量划分为三个阶段: 第一阶段, 1996 ~ 2001 年徐州市土地利用净碳排放总量呈缓慢增长态势, 年均增长率为 0.63%, 年均净碳排放总量为 1430.76 万 t。该阶段净碳排放量相对较低, 主要归因于经济发展缓慢, 对建设用地和能源需求不高, 粮食安全和生态环境保护较好。第二阶段, 2002 ~ 2009 年徐州市土地利用净碳排放总量快速增加, 年均增长率为 7.86%, 年均净碳排放总量为 2329.72 万 t。这一阶段净碳排放量提升较大, 主要是各项经济建设正在进行中, 建设用地面积激增, 另外着力发展第二产业, 能源消耗较大。第三阶段, 2010 ~ 2012 年徐州市土地利用净碳排放总量为稳定居高型, 年均增长率为 1.89%, 年均净碳排放总量为 3123.96 万 t。这一阶段碳排放虽总量较高, 但增长平稳, 主要是受国家各项土地政策调控, 建设用地开始由传统粗放扩张向可持续发展方向转变, 土地利用净碳排放总量增长逐渐放缓。

2.2 徐州市土地利用碳排放强度分析

为了进一步了解徐州市土地利用碳排放强度特征，分别计算出 1996 ～ 2012 年徐州市地均碳排放强度、人均碳排放强度和单位 GDP 碳排放强度（见表 4、图 2）。

表 4 1996 ～ 2012 年徐州市土地利用净碳排放强度

年份	净碳排放量 (10 ⁴ t)	地均碳排放强度		人均碳排放强度		单位 GDP 碳排放强度	
		土地面积 (km ²)	强度 (t/ha)	人口 (10 ⁴ 人)	强度 (t/ 人)	GDP (亿元)	强度 (t/ 万元)
1996	1399.16	11258.00	12.43	859.43	1.63	488.04	2.87
1997	1420.23	11258.00	12.62	867.16	1.64	504.23	2.82
1998	1407.88	11258.00	12.51	875.78	1.61	536.76	2.62
1999	1450.59	11258.00	12.89	877.53	1.65	577.09	2.51
2000	1453.91	11258.00	12.91	896.45	1.62	616.30	2.36
2001	1452.80	11258.00	12.91	901.86	1.61	681.49	2.13
2002	1627.90	11258.00	14.46	904.44	1.80	749.34	2.17
2003	1921.32	11258.00	17.07	908.70	2.11	905.80	2.12
2004	2151.50	11258.00	19.11	916.90	2.35	1031.11	2.09
2005	2273.36	11258.00	20.19	925.31	2.46	1226.65	1.85
2006	2394.25	11258.00	21.27	934.73	2.56	1428.80	1.68
2007	2541.83	11258.00	22.58	940.95	2.70	1679.60	1.51
2008	2744.95	11258.00	24.38	946.90	2.90	2118.84	1.30
2009	2982.62	11258.00	26.49	957.61	3.12	2390.16	1.25
2010	3028.30	11259.00	26.90	967.16	3.13	2942.14	1.03
2011	3140.39	11259.00	27.89	976.70	3.22	3551.65	0.88
2012	3203.19	11259.00	28.45	977.70	3.28	4016.58	0.80



图 2 1996 ～ 2012 年徐州市土地利用碳排放强度变化图

从表 4 和图 2 可以得出，徐州市地均碳排放强度呈逐年上升态势，由 1996 年的 12.43 t/ha，上升到 2012 年的 28.45t/ha，增长了 2.34 倍，年均增长率为 4.99%，徐州市地均碳排放强度与土地利用碳排放总量变化趋势基本一致。徐州市人均碳排放强度从 1996 年的 1.63t/ 人，增加到 2012 年的 3.28t/ 人，年均增长率为 4.20%。徐州市人均碳排放强度在 1996 ～ 2001 年保持稳定态势，2002 ～ 2009 年快速增长，2010 ～ 2012 年居高减缓，主要原因是人口增长率远远低于土地利用净排放增长率。徐州市单位 GDP 碳排放强度总体呈下降趋势，从 1996 年的 2.87t/万元下降到 2012 年的 0.8t/ 万元，年均增长率为-7.25%，主要原因是徐州市 GDP 的增长速度超过了土地利用净碳排放量的增长速度。

3 徐州市土地利用碳排放与经济发展的脱钩分析

根据土地利用碳排放与经济发展的脱钩弹性计算公式，得出 1996 ～ 2012 年徐州市土地利用碳排放与经济发展之间的脱钩弹性（见表 5），并将徐州市土地利用碳排放总量与经济发展状况用图 3 表示。

表 5 1996 ～ 2012 年徐州市土地利用碳排放与经济发展的脱钩弹性

年份	碳排放 (万t)	GDP (亿元)	$\Delta CO_2 / CO_2$	$\Delta GDP / GDP$	脱钩 指数	碳排放特征
1996	1399.16	488.04	-	-	-	
1997	1420.23	504.23	0.0151	0.0332	0.4539	弱脱钩
1998	1407.88	536.76	-0.0087	0.0645	-0.1348	强负脱钩
1999	1450.59	577.09	0.0303	0.0751	0.4038	弱脱钩
2000	1453.91	616.30	0.0023	0.0679	0.0337	弱脱钩
2001	1452.8	681.49	-0.0008	0.1058	-0.0072	强负脱钩
2002	1627.9	749.34	0.1205	0.0996	1.2106	扩张负脱钩
2003	1921.32	905.80	0.1802	0.2088	0.8633	扩张耦合
2004	2151.5	1031.11	0.1198	0.1383	0.8660	扩张耦合
2005	2273.36	1226.65	0.0566	0.1896	0.2987	弱脱钩
2006	2394.25	1428.80	0.0532	0.1648	0.3227	弱脱钩
2007	2541.83	1679.60	0.0616	0.1755	0.3512	弱脱钩
2008	2744.95	2118.84	0.0799	0.2615	0.3056	弱脱钩
2009	2982.62	2390.16	0.0866	0.1281	0.6762	弱脱钩
2010	3028.3	2942.14	0.0153	0.2309	0.0663	弱脱钩
2011	3140.39	3551.65	0.0370	0.2072	0.1787	弱脱钩
2012	3203.19	4016.58	0.0200	0.1309	0.1528	弱脱钩



图 3 1996 ～ 2012 年徐州市土地利用碳排放总量与国内生产总值

由结果可知，1996 ～ 2012 年徐州市碳排放变化与经济发展之间主要呈现弱脱钩、强负脱钩为主，也出现了扩张负脱钩和扩张耦合的情况。即国内生产总值在保持正向增长的同时，其增长速度要明显快于碳排放增长速度。具体而言其脱钩弹性关系

可以划分为三个阶段：

第一阶段，从 1996 ～ 2001 年，徐州市土地利用碳排放与经济发展之间的脱钩弹性处于波动期。这一阶段土地利用碳排放呈现“增加—减少—增加—减少”的态势，总体上与国内生产总值均以较低速度增长，所以该阶段脱钩弹性以弱脱钩和强负脱钩为主。主要是由于这一阶段徐州市仍然以第一产业为主，经济发展较为缓慢，土地利用碳排放总量不高甚至出现下降。

第二阶段为 2002 ～ 2004 年，徐州市土地利用碳排放与经济发展之间的脱钩弹性处于裂变期。这一阶段土地利用碳排放和经济发展均快速增加，土地利用碳排放增长速度同步或高于当地经济发展速度，因而出现扩张负脱钩和扩张耦合现象。这一阶段徐州市大力开展经济建设，开发区数量和面积急剧增加，对建设用地和能源需求较大，资源与能源利用较为粗放，经济的快速增长主要依托“高投入、高消耗、高排放”。

第三阶段为 2005 ～ 2012 年，徐州市土地利用碳排放与经济发展之间的脱钩弹性处于平稳期。这一阶段土地利用碳排放总量较大，但增长速度逐渐放缓，而国内生产总值却出现了跨越式发展，其增速远远高于土地利用碳排放增长速度，因而该阶段弹性特征表现为弱脱钩为主。导致这一变化的主要原因是经济累计效应逐渐凸显，产业开始向低能耗、高附加值行业置换升级，对能源消耗保持稳定，增幅不大。另外国家 2003 年正式确定土地参与宏观调控的政策，建设用地扩张受到控制，退耕还林等政策的实施，土地碳减排取得一定成效。

因此，徐州市在保持经济增长的同时，尽可能的降低土地利用碳排放强度，从而降低脱钩指数，并最终实现土地利用碳排放与经济增长的强脱钩。

4 结论

本文根据土地利用碳排放测算方法，结合江苏省徐州市 1996 ～ 2012 年土地利用变更数据、遥感数据及社会经济统计年鉴，得出徐州市历年土地利用碳排放特征，并探究土地利用碳排放与经济发展之间的脱钩效应，得出如下结论：

（1）1996 ～ 2012 年徐州市土地利用碳排放由 1399.16 万 t 增长至 3202.19 万 t，年均增长率为 4.99%，总体呈“缓慢增长—快速增加—稳定居高”发展态势。各时期经济发展方式、土地利用格局和土地政策制定对土地碳排放有较大影响。

（2）1996 ～ 2012 年徐州市土地利用地均碳排放强度、人均碳排放强度、单位 GDP 碳排放强度年均增长分别为 4.99%、4.20%、-7.25%。徐州市人口增长率远远低于土地利用净排放增长率，而 GDP 的增长速度超过了土地利用净碳排放量的增长速度。

徐州市土地利用碳排放增长速度低于经济增长速度，主要表现为弱脱钩，但碳排放总量居高且呈增长态势。合理控制建设用地规模、转变土地利用方式为徐州市低碳经济发展改革方向。

参考文献：

- [1] 石洪听. 四川省广元市土地利用变化的碳排放效应研究[D]. 西安：西北农林科技大学，2012.
- [2] Houghton R A, Hackler J L. Sources and sinks of carbon from land-use change in China [J].Glob Biogeochem Cycle, 2003, 17 (2): 1034.
- [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. Changes in terrestrial carbon storage in the United States. 1: The roles of agriculture and forestry [J]. Glob Ecol Biogeogr, 2000 (9): 125-144.
- [5] 李克让, 王绍强, 曹明奎. 中国植被与土壤碳汇量[J]. 中国科学 D 辑, 2003, 33 (1): 73-80.
- [6] 方精云, 郭兆迪, 朴川龙, 等. 1981-2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学 D 辑, 2007, 37 (6): 804-812.
- [7] 葛全胜, 戴君虎, 何凡能, 等. 过去 300 年中国土地利用、土地覆被变化与碳循环研究[J]. 中国科学 (D 辑: 地球科学), 2008, 38 (2): 197-210.
- [8] 汪有结. 城市土地低碳利用的外部现状描述内部静态测度及动态协调控制[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [9] 黎孔清. 低碳经济导向的区域土地利用评价与结构优化研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [10] 李波. 我国农地资源利用的碳排放及减排政策研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- [11] Mosier A R, Duxbury J M, Frreney J R, et al. Mitigation Agricultural Emission of Methane[J]. Climatic Change, 1998, 40 (1): 39-80.
- [12] 黄贤金, 等. 低碳排放: 土地利用调控新课题[EB/OL]. 中华人民共和国国土资源部网站, 2009-12-25.
- [13] Dubey A, Lal R. Carbon footprint and sustainability of agricultural production systems in Punjab, India and Ohio, USA[J]. Journal of Crop Improvement, 2009, 23 (4): 332-350.
- [14] 张文菊, 童成立, 吴金水, 等. 典型湿地生态系统碳循环模拟与预测[J]. 环境科学, 2007, 28 (9): 1905-1911.
- [15] 段晓男, 王效科, 途非, 等. 中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J]. 生态学报, 2008, 28 (2): 463-469.
- [16] 李慧明, 王磊, 张菲菲. “解耦”——中国循环经济深入发展的目标和标准[J]. 中国软科学, 2007 (9): 43-48.
- [17] 杨克, 陈百明, 宋伟. 河南省耕地占用与 GDP 增长的脱钩分析[J]. 资源科学, 2009, 31 (11): 1940-1946.
- [18] 于法稳. 中国粮食生产与灌溉用水脱钩关系分析[J]. 中国农村经济, 2008 (10): 34-44.
- [19] 王虹, 王建强, 赵涛. 我国经济发展与能源、环境的“脱钩”“复钩”轨迹研究[J]. 统计与决策, 2009 (17): 113-115.
- [20] Tapio P. Towards a Theory of Decoupling: Degrees of Decoupling in the EU and the Case of Road Traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. Transport Policy, 2005, 12 (2): 137-151.
- [21] 李忠民, 庆东瑞. 经济增长与二氧化碳脱钩实证研究——以山西省为例[J]. 福建论坛 (人文社会科学版), 2010 (2): 67-72.