

基于碳足迹测定的湖北省服务业低碳水平及影响因素研究 ——长江经济带主要省市的区域比较

黄慧¹, 李康²¹

(1 . 黄冈师范学院 商学院, 湖北 黄冈 438000 ;

2 . 武汉理工大学 经济学院, 湖北 武汉 430070)

【摘要】:利用碳足迹测定的方式首先对长江经济带 11 个主要省市的碳排放总量、人均碳排放量、能源消费效率和碳排放压力四项指标进行测定比较,分析湖北省服务业低碳水平;同时通过灰色关联分析方法分析湖北省服务业能源消费碳排放的影响因素。研究表明:湖北省服务业低碳水平在长江经济带中位居中等偏上水平,有较大上升空间;就影响因素看产业规模与能源效率和与湖北省服务业碳排放呈现强关联,能源消费结构与人口效应和湖北省服务业碳排放呈现中等关联;湖北省有待从调整能源消费结构与提升能源消费效率两个方面,提升服务业低碳水平。

【关键词】: 碳足迹; 能源消费; 长江经济带; 湖北省

【中图分类号】: F127

【文献标识码】: A

【文章编号】: 1003-8477 (2017) 06-0069-06

“长江经济带”是我国除了沿海开放地区之外经济密度最大的经济地带,在我国经济发展中占据非常重要的战略地位。1985年,在国务院关于“七五”的计划中,“长江经济带”的概念初具规模。2014年9月国务院颁布的《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》标志着长江经济带的建设正式上升到国家战略层面,同年底,长江经济带与一带一路、京津冀协同发展一同在中央经济工作会议上被列为重点实施战略。2016年9月,《长江经济带发展规划纲要》指出需要发挥上海、武汉和重庆的核心作用,确立长江经济带的新格局。然而,综合治理长江全流域的生态环境已成为与促进经济发展同样重要的工程,发挥以武汉为代表的中心城市在长江经济带中低能污染高发展中的重要作用刻不容缓。

一、文献综述

1. “长江经济带”的研究综述。

“长江经济带”的概念最初以“长江沿岸产业带”的雏形提出,陆大道(1987)认为,为了加强东部与西部间的联系,应在全国范围内建设各级重点产业带,形成沿海与沿长江两个一级轴线构成“T”字形宏观格局,建立横向联系的经济区。^{[1](97-105)}

¹作者简介:黄慧(1984-),女,产业经济学博士,黄冈师范学院商学院讲师;李康(1981-),男,武汉理工大学经济学院博士研究生。

基金项目:黄冈师范学院高级别培育基金项目“长江经济带服务业低碳效应研究:影响机理与仿真模拟”(201709903)。

随着“长江沿岸产业带”的提出，各国专家学者们展开了关于“长江经济带”的研究。关于“长江经济带”的指代范围，过去学者们提出了包括长江三角洲在内的沿江 38 市、沿江 7 省 2 市（上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川等）以及十一省市（上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州等）三种方案，2014 年《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》明确指出，长江流域十一省市为长江经济带的范围。

2. 服务业低碳水平的研究综述。

目前，低碳经济已经成为世界经济总发展的总趋势，英国于 2003 年首次提出低碳经济概念后，将低碳经济放置于国家战略的高度，各国学者也纷纷展开研究。Johnston D et.al (2005) 探讨了英国运用减少住房碳排放来实现低碳经济的技术可行性。^{[2] (p1646)} Xing-Ping Zhang (2009) 研究认为能源消耗量对碳排放量存在单向格兰杰成因。^{[3] (p2710)} T C Chang, S J Lin (1999) 采用灰色关联分析对台湾 34 个行业的产值、能源使用量以及各种能源的使用量与碳排放量之间的灰色关联系数，研究认为采矿业等四个行业为“能源强度低、碳强度低、碳排放系数低”的三低行业，而农林渔业等 11 个行业为三高行业。^{[4] (p247)} 在低碳经济的发展过程中，服务业逐渐被辅以重任，陈红敏 (2009) 认为，相对工业而言服务业的单位 GDP 能耗与碳排放是较低的。^{[5] (p1226)} 然而，服务业在经济发展过程中面临的碳排放问题依然不容小觑，随着产业结构由工业向服务业升级转化，1974 - 2009 年间发达国家服务业能源消耗增加了 69%。王凯 (2013) 等对 1995 - 2010 年中国服务业能源消耗与碳排放量研究表明服务业能源消费主要依赖于石油、煤炭等高碳化能源燃料，碳排放量总体上呈现上升态势。^{[6] (p108)} 服务业的碳排放问题已经越来越受到重视，作为长江经济带的重要构成省份，湖北省服务业的低碳水平对于长江经济带低碳服务业发展有着举足轻重的作用。鉴于此，本文拟运用碳足迹的测算方法，在长江经济带主要省市范围内对湖北省服务业低碳水平进行研究，并采用灰色关联分析其影响因素。为了便于研究，结合《意见》的划分方法，本文将长江经济带按省市主要划分为三个区域：上游：云南、四川、重庆、贵州；中游：湖北、湖南、江西、安徽；下游：江苏、浙江、上海。

二、湖北省服务业低碳水平研究

1. 计算方法。

碳足迹测算方法主要是利用服务业各类能源消费数据，结合相应的碳排放系数采用 IPCC 温室气体排放清单指南中的方法对服务业碳排放量进行估算。

$$C = \sum_i E_i \times e_i \times \frac{12}{44} = \sum_i E_i \times \left[\frac{n_i}{(10^9/H_i)} \right] \times \frac{12}{44}$$

上式中，式中，C 为服务业能源消费所产生的碳排放总量（104t）；i 为能源消费类型；为 E_i 类能源的终端消费量； e_i 为 i 类能源的 CO_2 排放系数（以每 t 标准煤计）； n_i 为第 i 类能源的 CO_2 排放因子（kg - CO_2 /KJ）； H_i 为 i 类能源的平均低位发热量（KJ / kg）。其中，各类能源的碳排放系数根据《中国能源统计年鉴》中的各类能源平均低位发热量及《2006 年 IPCC 温室气体排放清单指南》中的 CO_2 排放因子求得。

本文借鉴王凯 (2013) 对服务业的分类，在搜集服务业终端能源消费量数据时选取 ① 交通运输、仓储和邮政业；② 批发、零售业和住宿、餐饮业；③ 其他；④ 生活消费四大门类。发现服务业能源消耗主要来源于原煤、洗精煤、型煤、其他洗煤、焦炭、焦炉煤气、高炉煤气、其他煤气、汽油、煤油、柴油、燃料油、润滑油、石油沥青、其他石油制品、液化石油气、液化天然气、天然气以及电力等 19 类能源。

表 1 各类能源碳排放系数

	平均低位发 热量(KJ)	排放因子 (kgCO ₂ /TJ)	二氧化碳 排放系数	碳排放 系数
原煤	20908	87300	1.8252684	0.4978
洗精煤	26344	87300	2.2998312	0.6272
型煤	20908	87300	1.8252684	0.4978
其他洗煤	8363	152000	1.271176	0.3467
焦炭	28435	95700	2.7212295	0.7422
焦炉煤气	16726	37300	0.6238798	0.1701
高炉煤气	3763	219000	0.824097	0.2248
其他煤气	5227	37300	0.1949671	0.0532
汽油	43070	67500	2.907225	0.7929
煤油	43070	70800	3.049356	0.8316
柴油	42652	72600	3.0965352	0.8445
燃料油	41816	75500	3.157108	0.8610
润滑油	41398	71900	2.9765162	0.8118
石油沥青	38931	73000	2.841963	0.7751
其他油制品	41816	75500	3.157108	0.8610
液化石油气	50179	61600	3.0910264	0.8430
液化天然气	51434	54300	2.7928662	0.7617
天然气	38931	54300	2.1139533	0.5765

电力能源碳排放系数根据《省级温室气体清单编制指南》（发改办气候[2011]1041号）中对华北、东北、华东、华中、西北、南方等区域的划分中电力消耗标准煤碳排放系数的标准进行划分如下（单位：KG/千瓦时）：

云南、贵州	湖北、湖南、江西、重庆、四川	上海、江苏、浙江、安徽
0.714	0.801	0.928

经测算后，分别从区域碳排放总量、人均碳排放量、碳排放效率、碳排放压力四个角度上对长江经济带范围内湖北省服务业碳排放水平进行分析。

2. 区域碳排放量比较。

从服务业碳排放的整体水平来看，长江经济带所有主要省市碳排放水平均呈现大幅度上涨趋势。从 10-14 年五年平均增速上看，以旅游业著称的云南省平均增速最快，达到 13.83%，其次是贵州，湖北省在长江经济带主要省市中以平均增速 13.12% 排名第 3，远远超过以高技术服务业著称的上海（2.95%）。观测 2010-2014 年长江经济带主要省市碳排放量均值，各地差距比较明显。以现代服务业著称的江苏、浙江超过 1×10^8 ，上海以 7×10^7 位居第三，其他省市则从 2×10^7 到 7×10^7

不等。就 2014 年碳排放量而言，江苏和浙江遥遥领先其他各省市，均超过 $1 \times 10^8\text{T}$ ，湖北 2014 年碳排放量在长江经济带主要省市中排名第 5，中等偏上水平。然而观测 2013 年与 2014 年数据可以发现，紧跟我国政府颁布的各项关于大气污染防治的相关政策的要求，江苏、浙江以及上海在碳排放总量上出现降低的势头，其他各省市增长趋势也有所缓解，这与全球低碳经济的总趋势相一致。

3. 人均碳排放量比较。

由图 1 可知，在人均服务业碳排放量数值上看，上海最高并且始终保持在 3 吨/人上下徘徊，最低的是江西，2014 年人均服务业碳排放量仅为 0.77 吨。长江经济带下游省市人均碳排放量明显高于中上游省市。这与服务业发展对碳排放量的正向影响效应分不开，下游更高的服务业的发展势必带来更高的人均碳排放量。然而从增速上看，下游省市平均增速普遍低于中上游省市，其中上海增速最低，只有 6.12%，并且 14 年较 13 年人均碳排放量还呈现了负增长的趋势。这说明上海市的服务业人均碳排放量可能已达到一个阈值，并且随着现代服务业的发展，服务业人均碳排放量的增长趋势逐渐回落。在平均增速这块，湖北省排名第二，且 2014 年较 2013 年人均服务业碳排放量增长趋势不太明显，说明湖北省现代服务业的发展对人均碳排放量增长减缓的作用已开始显现。

表 2 长江经济带主要城市服务业碳排放量(单位:10⁴T)

地区	2010	2011	2012	2013	2014	均值	平均增速
湖北	5194.23	5710.24	6154.42	6513.52	6535.97	6021.67	13.12%
湖南	4084.72	4687.20	5109.61	5792.14	6228.98	5180.53	6.46%
江西	2440.01	2750.00	2877.94	3284.27	3527.36	2975.91	11.14%
四川	4623.61	5471.26	5893.48	6195.34	6708.02	5778.34	11.27%
重庆	2140.99	2358.35	2758.20	3069.08	3104.36	2686.20	11.25%
上海	6606.50	6833.55	7222.42	7658.69	7385.53	7141.34	2.95%
江苏	8847.11	9533.79	10729.74	11993.79	11699.31	10560.75	8.06%
安徽	3469.38	3857.38	4618.26	5576.14	5677.73	4639.78	15.91%
浙江	8779.61	9583.17	10375.95	11379.42	11366.85	10297.00	7.37%
云南	2427.22	2655.86	3041.70	3108.45	3769.96	3000.64	13.83%
贵州	2625.79	2941.58	3278.12	3627.98	4007.51	3296.20	13.16%

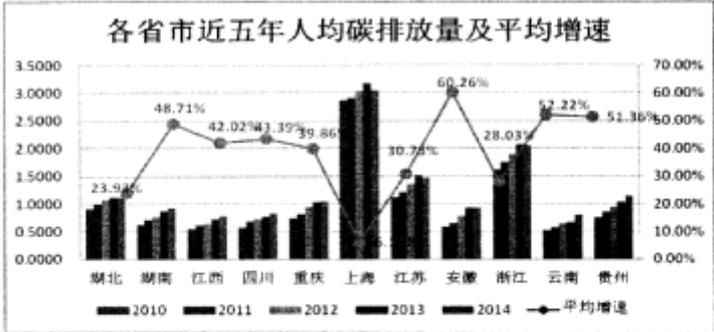


图 1 长江经济带主要城市服务业人均碳排放量与平均增速(单位:T)

4. 能源消费效率比较。

服务业碳排放强度（单位服务业 GDP 的碳排放量，单位：T / 万元）是考察区域服务业碳排放效率的主要指标，每单位服务业 GDP 的碳排放强度越高，意味着该地区碳排放效率越低。纵观近五年长江经济带碳排放强度，如图 2 所示，近五年间长江经济带主要城市碳排放强度均呈现出下降的态势，并且变化范围出现了整体的下移，从 2010 年 0.51-1.20 下调为 0.38-0.97。然而各省市碳排放强度差距还是较为明显：贵州省一直稳居最高的位置，且 2014 年碳排放强度为排放强度最弱的江苏省的 2.55 倍。湖北省碳排放强度的下降速度非常明显，从 2010 年的第二的位置降到 2014 年第七，说明湖北省发展服务业的同时注意到了低碳经济的重要性，并采取了相关的措施促进了服务业碳排放效率的提升。

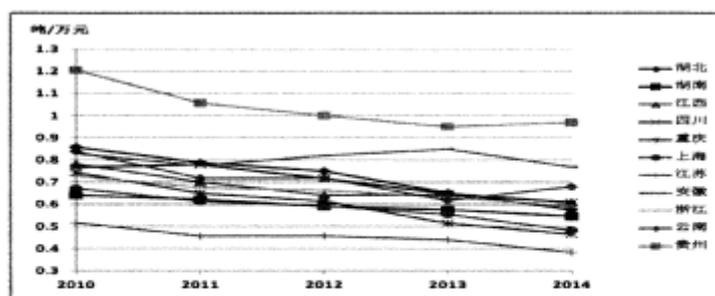


图 2 长江经济带主要省市服务业碳排放强度（单位：T/万元）

5. 碳排放压力比较。

区域服务业碳排放压力（区域服务业碳排放量与区域面积之比），是描述该区域服务业碳排放的承受压力的重要指标，服务业碳排放量表示服务业对环境的影响，而区域面积表示环境压力的承载面积，因此区域服务业碳排放压力表示每年每单位面积上所承受的服务业碳排放压力，该数值越大，表示该区域承受的服务业碳排放压力越强。从测算结果来看，排名前三的分别是地处长江经济带上中下游的发达省市上海、江苏与浙江。在数值上碳排放压力从下游到上游依次递减，这其中上海最高，2014 年碳排放压力 11723.07，为排名最后的云南（98.36）的 119 倍，为排名第六的湖北省的 33.3 倍。这表明长江下游省市每单位面积承受的服务业碳排放压力更大，具备更大的服务业低碳化发展的需求。

表 3 长江经济带主要省市服务业
碳排放压力 (单位:T/KM²)

地区	2010	2011	2012	2013	2014
湖北	279.41	307.17	331.06	350.38	351.59
湖南	192.86	221.30	241.25	273.47	294.10
江西	146.11	164.67	172.33	196.66	211.22
四川	96.05	113.65	122.42	128.69	139.34
重庆	260.14	286.56	335.14	372.91	377.20
上海	10486.51	10846.90	11464.16	12156.66	11723.07
江苏	862.29	929.22	1045.78	1168.99	1140.28
安徽	248.34	276.12	330.58	399.15	406.42
浙江	860.75	939.53	1017.25	1115.63	1114.40
云南	63.32	69.29	79.36	81.10	98.36
贵州	149.19	167.14	186.26	206.14	227.70

综合以上的分析我们得知,从服务业碳排放总量、人均碳排放量、碳排放强度以及碳排放压力来看,湖北省服务业低碳水平在长江经济带主要省市中虽然处于中等偏上水平,然而相较长江下游城市仍存在较大的差距,同时从人均碳排放增速来看,湖北省服务业低碳化发展拥有较强的上升空间。

三、湖北省服务业碳排放影响因素分析

1. 数据选择。

参照国内外专家学者对碳排放影响因素的分析结果,本文选取服务业产业规模、人口效应、碳排放效率、能源消费结构等四个方面研究湖北省服务业碳排放的主要影响因素。其中产业规模采用服务业增加值来计算,为了避免价格因素的影响将各年服务业增加值转化为以 2002 年不变价格计算。人口效应选取湖北省总人口数来表示。碳排放效率用服务业单位 GDP 碳排放量来表示。能源结构用能源结构多元化系数来衡量,计算公式为:

$$M = \sum \left(\frac{A}{A}, \frac{B}{A}, \frac{C}{A}, \dots \right) \quad (1)$$

其中 M 为能源结构多元化系数, A 为主导能源消费量, BC 等为后续各类能源消费量。参照湖北省统计年鉴服务业能源消耗统计数据,石油是主要使用能源,用 A 表示, BC 分别表示煤和电的消耗量,同时依照国际上统一的标准分别将煤炭、石油和电的消耗量按照 0.714t 标煤 / t、1.43t 标煤 / t 以及 0.1229 千克标煤 / 千瓦时的折算标准换算成标准煤消耗量。

表 4 湖北省服务业能源消费

	煤炭消费标准煤(万吨)	石油消费标准煤(万吨)	电消费标准煤(万吨)	能源结构多元化系数
2005	499.8	813.67	29.3731	1.650353
2006	616.896	1062.49	28.3899	1.607334
2007	661.878	1319.89	28.7586	1.523253
2008	733.278	1482.91	31.86551	1.515974
2009	876.078	1338.48	37.65042	1.682661
2010	1117.41	1570.14	40.97117	1.737757
2011	1364.454	1690.26	45.49266	1.83416
2012	1204.518	1840.41	52.69583	1.683116
2013	797.538	2084.94	58.992	1.410818
2014	818.958	2050.62	59.1149	1.428199

2. 计算方法。

用灰色关联分析法测算影响湖北省服务业碳排放的影响因素的影响强弱。

第一步：确定分析数列。

确定反映系统行为特征的参考数列和影响系统行为的比较数列。反映系统行为特征的数据系列，称为参考数列。(Y) 设为参考数列 (又称母序列) 为 $Y : \{ Y (t) | t = 1, 2, 3, \dots, n \}$; 影响系统行为的因素组成的数据系列，称比较数列。(X) 设为比较数列 (又称子序列) 为 $X_i = \{ X_i (t) | t = 1, 2, 3, \dots, n, i = 1, 2, 3, \dots, m \}$, i 表示某个影响系统行为的因素。

第二步：数据的无量纲化。

由于参考数列和比较数列中的实际数值可能量纲不同，这样不便于比较或在比较时难以得到正确的结论。因此为了保证分析结果的可靠性，在进行灰色关联度分析时，一般都要先进行数据的无量纲化处理。

$$x_i(t) = \frac{x_i(t)}{\bar{x}_i}, y(t) = \frac{Y(t)}{\bar{Y}}$$

\bar{x}_i 表示某个影响因素数据列的平均值； \bar{Y} 表示行为反映行为特征数据列的平均值。

第三步：计算关联系数

$$\xi_i(t) = \frac{\min_i \min_t |y(t) - x_i(t)| + \rho \max_i \max_t |y(t) - x_i(t)|}{|y(t) - x_i(t)| + \rho \max_i \max_t |y(t) - x_i(t)|}$$

记 $\Delta_i(t) = |y(t) - x_i(t)|$, 则:

$$\xi_i(t) = \frac{\min_i \min_t \Delta_i(t) + \rho \max_i \max_t \Delta_i(t)}{\Delta_i(t) + \rho \max_i \max_t \Delta_i(t)}$$

$\rho \in (0, \infty)$, 称为分辨系数。 ρ 越小, 分辨力越大, 一般 ρ 的取值区间为 $(0, 1)$, 具体取值可视情况而定。当 $\rho \leq 0.5463$ 时, 分辨力最好, 通常取 $\rho = 0.5$ 。

$\xi_i(t)$ 表示: 比较数列 (x_i) 与参考数列 (y) 之间第 t 个时刻的关联系数。

第四步: 计算关联度

因为关联系数是比较数列与参考数列在各个时刻的关联程度值, 所以它的数值不止一个, 而信息过于分散不利于进行整体性比较。因此有必要将各个时刻的关联系数表征为一个值, 一般采用求平均值的方法, 作为比较数列与参考数列间的关联程度的数量表示, 关联度 γ_i 计算公式如下:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \xi_i(t), t=1, 2, 3, \dots, n$$

第五步: 关联度判断

计算的关联度数值越大, 则参考数列与比较数列的关联度越大。取值范围在 $0 \sim 0.35$ 表示变量之间弱关联, 取值范围在 $0.35 \sim 0.7$ 表示变量之间中等关联, 取值范围在 $0.7 \sim 1.0$ 表示变量之间强关联。

3. 测算结果与分析。

将湖北省历年碳排放量设为母序列 (万吨), 选取产业规模 (亿元)、人口效应 (万人)、能源效率 (吨 / 万元) 和能源消费结构做子序列, 用灰色关联模型计算结果如下:

	产业规模	人口效应	能源效率	能源消费结构
湖北省	0.849208	0.577993	0.728886	0.622501

从结果中看, 湖北省服务业碳排放与人口效应和能源消费结构是中等关联, 其中和能源消费结构的关联度更高; 与产业规模和能源效率是强关联。因此产业规模与能源效率是湖北省服务业碳排放量的最主要的影响因素。然而低碳经济不是贫困经济, 不能通过降低 GDP 实现碳减排。^{[7][618]} 因此, 湖北省低碳服务业发展的重要路径只能是进一步提高能源消费效率, 自 2010 年以来, 湖北省服务业能源消费效率得到了明显的降低。

四、结论与建议

1. 湖北省服务业低碳水平处于长江经济带中等偏上水平。

通过对服务业碳排放总量、人均碳排放量、碳排放强度和碳排放压力几个指标的比较，在长江经济带 11 个主要省市中，下游省市与中上游差距较为明显。其中下游省市拥有更高的碳排放总量与人均碳排放量、更高的碳排放效率以及更强的碳排放压力，然而从增速上来看，下游省市的碳排放量的增长速度较低并且碳排放总量出现了下降的趋势。而湖北省服务业低碳指标在长江经济带主要省市排名居于第五名与第六名，属于中等偏上水平，但是从人均碳排放量的增速以及碳排放强度的下降水平来看，湖北省低碳服务业还有很大的发展空间。

2. 调整经济结构和能源消费结构是提升湖北省服务业低碳水平的重要途径。

在长江经济带主要中心城市中，上海已经逐步实现朝向以金融、信息为代表的知识密集型服务业发展，江苏、重庆以及湖北在长江经济带整体经济结构调整过程中应发挥协作作用，同时积极实现自身经济结构的调整。

就能源消费结构来看，在长江经济带主要省市中，湖北省服务业能源消费一直以来均以石油为主，碳排放量较小的电力消费虽然逐年增长，但是仍然只占据很少一部分并且增长趋势缓慢。湖北省服务业并未形成低碳能源为主的消费模式，同时从影响因素来看调整能源消费结构是降低湖北省服务业碳排放量的有效途径之一，因此湖北省低碳服务业的发展要着重强调经济结构与能源消费结构的调整。

3. 提高能源效率是湖北省发展低碳服务业的主要方法。

在长江经济带主要省市中，湖北省是一个服务业能源消耗大省，但是能源高消耗伴随着高的碳排放同时并没有带来服务业高产出。2014 年长江经济带能源效率的数据显示，湖北省能源效率仅为江苏省的 66.39%，在长江经济带主要省市中，服务业能源效率排名仅为第五，勉强超过平均水平。能源消费效率由于其与碳排放量的强关联使得提升能源使用效率成为降低服务业碳排放量的重要手段。因此，如何提升服务业能源效率是未来几年中湖北省政府需要认真对待的问题。

近年来，低碳经济的大背景与节能减排的高束缚使得能源效率问题日益突出，然而单纯从指标的约束上并不能很好地实现湖北省服务业能源效率的提升。作为长江经济带主要省市，湖北省应首先从自身发展规划出发，制定服务业发展的整体规划，其次加强江苏省和上海市等下游省市的优势示范效应，加强长江经济带整体服务业的联合重组，推动长江经济带整体服务业低碳持续发展，最后发挥湖北省在长江经济带中的枢纽作用，在发展基础服务业的同时加强知识密集型服务业的发展，形成具备特色的湖北省低碳服务业经济区。

参考文献:

[1] 陆大道. 我国区域开发的宏观战略[J]. 地理学报, 1987, 42, (2).

[2] Johnston D, Lave R, Bell M. An Exploration of the Technical Feasibility of Achieving Carbon Emission Reductions in Excess of 60% Within the UK Housing Stock by the Year 2050 [J]. Energy Policy, 2005, (33).

[3] Zhang Xing-Ping, Cheng Xiao-Mei. Energy consumption, carbon emissions and economic growth in China [J].

Ecological Economics , 2009 , 68 , (10) .

[4] T C Chang , S J Lin . Grey relation analysis of carbon dioxide emissions from industrial production and energy uses in Taiwan[J] . Journal of Environmental Management , 1999 , 56 , (4) .

[5] 陈红敏. 中国产业部门的能耗强度特征及节能减排的分类实现路径[J]. 资源科学, 2009 , 31 , (7) .

[6] 王凯, 李泳管, 易静, 郑群明. 中国服务业增长与能源消费碳排放的耦合关系研究[J]. 经济地理, 2013 , 33 , (12) .

[7] 尹希果, 国外低碳经济研究综述[J]. 中国人口 · 资源与环境, 2010 , 20 , (9) .