

长江经济带碳排放时空特征及影响因素分析¹

马 嫦, 陈 雄[▲]

(浙江师范大学 地理与环境科学学院, 浙江 金华 321004)

【摘 要】: 通过整理计算 2010-2014 年的相关数据, 分析长江经济带碳排放总量的时空特征, 结合碳排放的影响因素, 采用主成分分析法和 ArcGIS 中的自然断裂分类法探究长江经济带各影响因素的空间差异性, 研究结果表明: ①长江经济带碳排放总量表现出波动上升的趋势, 且在空间分布上存在显著差异; ②综合因素对碳排放量的促进(抑制)作用强度由下游向中上游地区依次递减, 且北部省市大于南部省市; ③各因素对碳排放量的影响作用存在显著的空间差异性, 此种差异性表现为, 在长江经济带内, 同一影响因素对不同地区碳排放量的促进(抑制)作用强度不同。最后, 提出低碳减排的策略。

【关键词】: 长江经济带, 碳排放总量, 时空特征, 主成分分析法, 影响因素

【中图分类号】: X32 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1003-6563 (2018) 01-0075-06

0、引 言

气候变化属全球性问题, 而 CO₂排放量的增加则被认为是气候变化的主要因素^[1]。长江沿岸地区作为我国重要的经济腹地, 社会经济得到迅猛发展的同时也耗费了大量化石燃料, 增加碳排放量, 因此, 实施低碳减排策略势在必行。然而, 不同地区在经济发展、技术水平等方面悬殊过大, 影响碳排放的主要因素也大相径庭, 故各地区需结合自身实际情况拟定减排措施。

目前, 关于我国跨省(市)经济区碳排放影响因素空间差异的研究较少。从研究方法上看, 空间分析法(ESDA)和地理加权回归模型(GWR)被使用的频率较高。譬如, 李丹丹、肖宏伟等人采用 ESDA 分析法和 GWR 模型分析我国各地区碳排放的影响因素及其时空分布^[2-3]。李建豹等人采用 ESDA 分析法和 GWR 模型研究我国省域人均碳排放的空间异质性^[4]。从研究空间尺度上看, 学者们多从国家层面考虑碳排放影响因素的空间差异。例如, 王世进等人从国家层面出发, 构建 GMM 动态面板模型分析我国二氧化碳排放因素的地域差异^[5]。

综上所述, 目前已有文献多集中关注大层面的碳排放影响因素, 而对跨省域经济区的研究较少。长江经济带地域跨越幅度大, 区内经济发展悬殊, 故本文选取长江经济带作为研究区域, 通过整理历年相关统计资料, 分析长江经济带碳排放时空特征, 之后采用主成分分析法、ArcGIS 分类法分析研究区域内的碳排放影响因素的空间差异。

1、研究区域概况

长江经济带涵盖我国长江沿岸的 9 个省份和 2 个直辖市(图 1), 近些年来, 长江经济带的发展和生态环境建设受到政府的高度重视, 2014 年 9 月, 国务院颁发的《意见》提议将长江沿岸地区塑造为最具全球影响力的经济带, 并将其作为生态文明建

¹[收稿日期]: 2017-10-02; [修回日期]: 2017-11-08

[作者简介]: 马 嫦(1993-), 女, 贵州长顺县人, 在读硕士, 研究方向: 人文地理学。

▲[通讯作者]: 陈 雄(1993-), 教授, 硕士生导师, 研究方向: 人文地理学。

设的先行示范带^[6]。尽管长江经济带仅占全国总地域面积的 21.36%,但 2014 年其 CO₂排放总量达到了全国的 39.14%,由此可见,该经济带在全国实行低碳减排策略中占据重要位置,探究其碳排放的促进(抑制)因素并分析区域内碳排放因素的空间差异势在必行。为了能更深入分析长江经济带内碳排放影响因素的空间差异,本文参照长江的分段依据,将长江经济带划分为上、中、下游地区。其中,上游地区为云南、贵州、四川、重庆;湖南、湖北、江西、安徽归为中游地区;浙江、江苏、上海为下游地区。长江经济带内人口分布和经济发展存在显著差异,人口主要集中分布在下游地区,2014 年,下、中游地区的人口密度分别为 725.62 人/km²和 328.95 人/km²,而上游地区人口相对稀疏,为 170.58 人/km²。与此同时,该研究区域内经济发展存在明显的梯度性,上、中、下游地区的 GDP 值分别占整个长江经济带的 22.79%, 31.96%, 45.25%。



图 1 长江经济带范围

2、研究方法数据来源

2.1 碳排放总量测算

目前,中国相关部门没有发布碳排放量的统计资料,需采用间接方式测算。本文采用的计算公式为:

$$CO_{2总} = \sum_{i,j,t=1}^n E_{ijt} * c_i \quad (1)$$

其中: $\sum E_{ijt}$ 为某地能源消费总量,原始数据来源于长江经济带 11 个省(市) 2011-2015 年的地方统计年鉴, c_i 为 CO₂排放系数,本文中 $c_i=2.386$ 。

2.2 主成分分析法

本文运用主成分分析法对长江经济带上、中、下游各省(市)碳排放的全部影响因素进行综合评价,整体分析该经济带碳排放影响因素,然后,再次采用该方法评价研究区域内各省(市)影响碳排放的单一要素,分析各区域碳排放因素差异。基本计算步骤为:首先,假设有 n 个一级指标,每个一级指标中包含 X 个二级指标,为了避免量纲差异的影响,本文对每个指标的原始数据取对数值;其次,利用 SPSS19.0 软件通过主成分方法,基于最大特征值,采用正交最大方差法旋转提取公因子,取得各公因子的得分系数及其方差贡献率;最后,通过公因子得分进行加权求和,可得到综合得分。计算公式为:

$$F_{综合得分} = vc_1 * f_1 + vc_2 * f_2 + \dots + vc_n * f_n \quad (2)$$

其中， vc_n 表示方差贡献率， f_n 表示公因子得分系数， $n=1, 2, 3\cdots, n$ 。

2.3 碳排放影响因素的指标选取

关于碳排放的影响因素，大部分现有文献以人口、经济、能源消耗等为切入点，探究 CO_2 排放的影响因素。本文基于已有文献的基础上，结合长江经济带的实际情况，以经济因素、人口因素、能源因素、环境因素和技术水平为一级指标，考虑数据的可获取性和有效性，最终确定 GDP 值等 20 个具体要素为二级指标（表 1）。在这些指标中，经济发展、人口规模和能源消耗能促进碳排放，环境建设及高技术水平能抑制碳排放。各指标的具体数据均来自 2015 年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》和长江经济带内各省（市）2015 年的地方统计年鉴。其中，能源强度等于能源消费总量除以地区 GDP 值。

表 1 碳排放影响因素的指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
经济发展因素	GDP 值、人均 GDP 值、人均可支配收入、第二产业产值占比、第三产业产值占比、工业增加值、城镇化率、居民消费 水平	X1-X8
人口因素	年末人口总数、老年人口比重、家庭户数、平均家庭规模	X9-X12
能源因素	能源消费总量、电力消费量、能源供应固定资产投资、人均能源消费量	X13-X16
能源因素	建成区绿化覆盖率、森林覆盖率、每万人拥有公共交通工具	X17-X19
技术水平	能源强度	X20

注：本文中的技术水平由于仅选取一个二级指标“能源强度”，故本 文直接利用能源强度分析各省（市）的技术水平。

3、长江经济带碳排放时空特征分析

自上世纪七八十年代以来，长江沿岸地区的经济取得了突飞猛进的发展，人口激增及工业规模的扩大提高了该区域对化石燃料的需求量，进而增加该区域的碳排放量。由表 2 可知，从时间上看，近些年来，长江经济带的 CO_2 排放量呈波动上升趋势，以 2010-2014 年为例，长江经济带 CO_2 排放量占全国的比重由 2010 年的 38.775%增加至 2014 年的 39.173%，增加了 0.36 个百分点，在此期间，出现转折点，自 2013 年起，长江经济带碳排放比重有所下降。从空间上看，长江经济带上、中、下游地区 CO_2 排放量在时间上出现波动上升态势，以 2013 年为转折点。在空间上各地区碳排放总量存在显著差异，下游显然大于中上游区域，而中游则大于上游区域。以 2014 年为例，碳排放量占全国比值由下游地区到上游地区依次递减，分别为 14.04%，13.89%，11.21%。此外，上游区域的碳排放量主要集中于四川省，中游区域主要集中于湖北、湖南，下游区域主要集中于江苏和浙江两省，在中上游区域出现江西和重庆两个低碳排放区（图 2）。

表 2 长江经济带 2010-2014 年碳排放总量（单位：万吨）

地区	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
全国	860506.1	923484.60	959501.3	994754.42	1015973.12
长江经济带	333658.72	360840.34	378303.97	388482.9	397623.33
上游地区	96758.07	106728.83	113776.20	114854.5	113899.5
中游地区	109702.1	119675.1	126279.84	132398.5	141103.92
下游地区	127198.59	134436.5	138247.94	141229.89	142619.95
全长江经济带占全国比重/%	38.775	39.07	39.45	39.05	39.14
上游地区占全国比重/%	11.24	11.56	11.86	11.55	11.21
中游地区占全国比重/%	12.75	12.96	13.16	13.31	13.89

下游地区占全国比重/%	14.78	14.56	14.41	14.20	14.04
-------------	-------	-------	-------	-------	-------

注:碳排放量数据由公式(1)计算所得,原始数据源自2011-2015年《中国统计年鉴》。

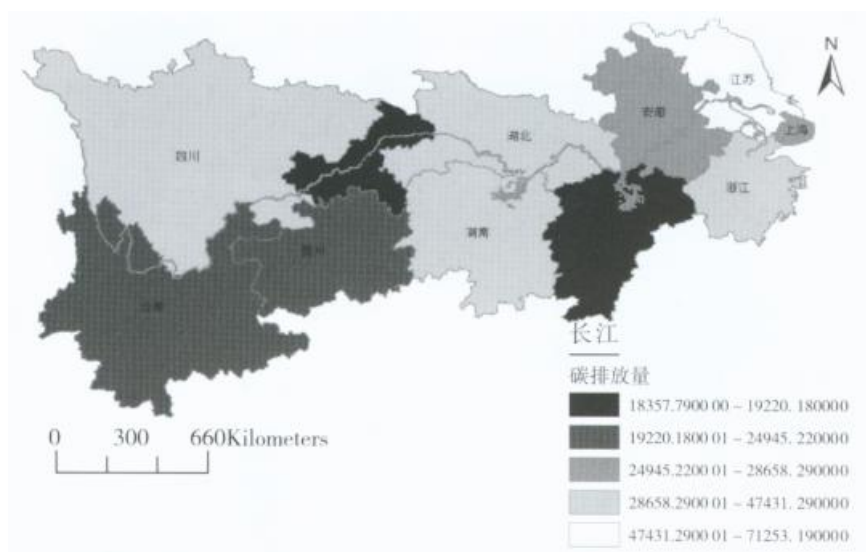
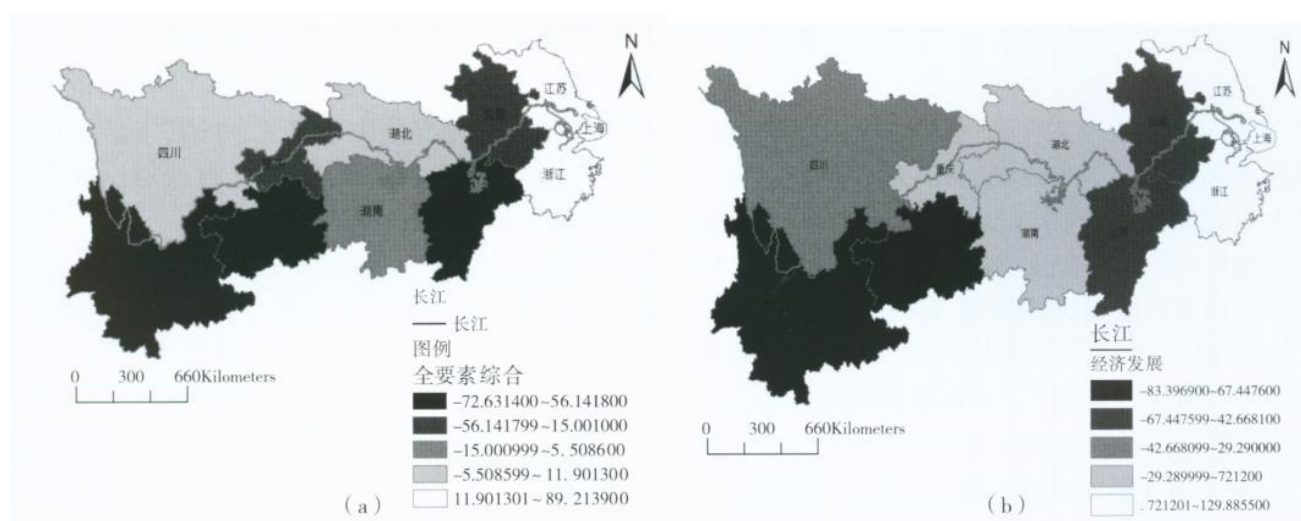


图2 长江经济带2014年各省(市)二氧化碳排放总量

4、长江经济带碳排放影响因素空间差异分析

利用统计软件 SPSS19.0, 将表1中前4个碳排放因素的全部二级指标进行主成分分析, 获取公因子得分系数及其方差贡献率。结合公式(3)计算得到19个变量的综合得分, 分数越高, 说明所考虑的因素对碳排放量的促进或抑制作用越明显, 反之则越弱。但由于长江经济带内各地区人口规模、经济发展水平、能源消费、环境建设及技术水平存在差异, 其对各地区碳排放的影响程度也截然不同, 而全要素的综合得分无法体现这一差异性, 为此, 需考虑单一因素的影响。本文再次采用主成分分析法, 分别计算人口、经济、能源消费、环境等四个影响因素的综合得分。为了直观反映长江经济带各地区碳排放影响因素的空间差异, 本文运用 ArcGIS 中的自然断裂分类法, 分别对全部因素及五个单一因素的综合得分进行分类, 得到图3(a)-(f)。



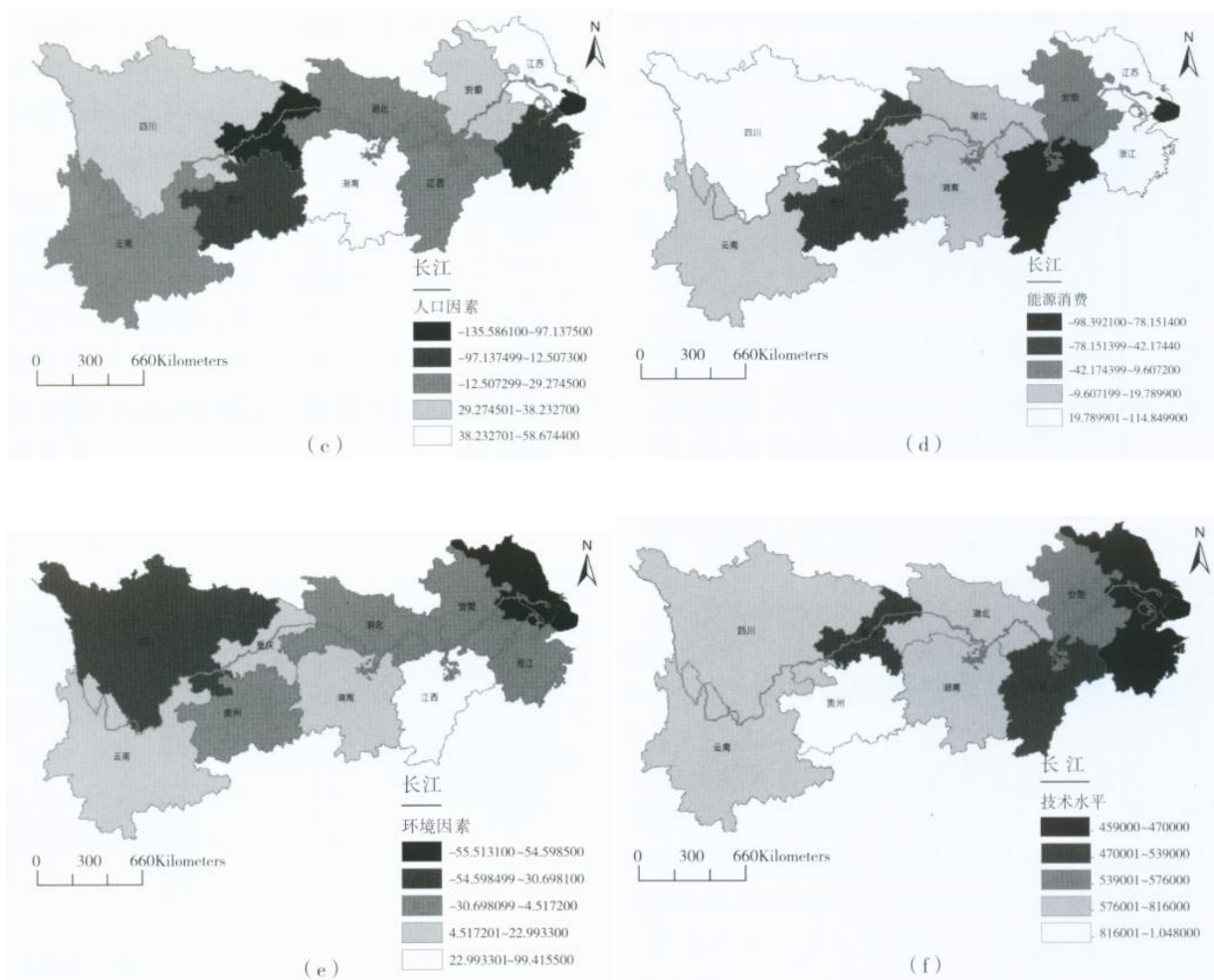


图3 2014年长江经济带碳排放影响因素空间差异

全部因素综合得分：碳排放影响因素的综合得分越高，说明经济、人口、能源、环境及技术的综合作用对该地区碳排放的促进作用越大。由图（a）可知，综合得分最高的省（市）是下游的浙江、江苏和上海，其次是中游地区的湖北、湖南，上游区域仅有四川省的分值颇高。

经济因素：经济发展推动城镇化进程，增加居民收入，扩大工业企业生产规模，加强社会对煤、石油等化石燃料的依赖程度，对碳排放量具有促进作用。经济因素得分越高，表明地区的经济发展对碳排放量促进作用越大。由图3（b）可知，综合得分由下游向中上游地区递减，表明下游地区经济发展对其碳排放总量的影响较大，其次是中游地区，下游地区相对较低。下游省市经济发展水平都较高，对碳排放量影响均较大；中游地区经济发展对碳排放影响由西部向东部递减；上游由北部向南部递减。

人口因素：目前，尽管我国推行计划生育政策，长江经济带较发达省市居民生育观念发生转变，但缘于该地区人口基数较大，短期内难以缩小人口规模。与此同时，伴随着人们居住理念的变化，家庭户数逐年增多，平均家庭规模逐年减小。人口增多、家庭小型化等将致使二氧化碳排放量增加^[7]。人口因素综合得分越高，表明人口增长对地区的碳排放促进作用越强。由图3（c）得知，人口综合得分最高的区域主要分布在下游的江苏，中游的湖南和安徽，上游的四川，表明这些省份的人口增长对其碳排放的影响较大。重庆和上海的综合得分最小，可能受限于自身的地域面积。

能源消费因素：能源消耗是影响二氧化碳排放的主要因素之一，时至今日，已有不计其数的研究表明能源消费推动二氧化碳排放，譬如，刘志雄采用格兰杰因果分析得出能源消费与碳排放之间存在显著的正向效应^[8]。长江经济带作为我国经济腹地之一，工业化发展迅速，高耗能行业数量庞大，总能耗及人均能耗较多。综合考虑碳排放量的能源因素，得分越高，表明能源消费因素对碳排放的驱动作用越强。由图 3（d）可知，江苏、浙江、四川作为我国工业大省，高度依赖煤炭、原油等一次能源，能耗大，对碳排放的驱动作用强；其次是云南、湖北和湖南；江西综合得分最小，碳排放量受能源消费因素的影响相对其他地区较小。

环境因素：提高森林覆盖率、扩大绿地面积、限制或淘汰重度排污工业、加强环境基础设施投资建设等将会对抑制碳排放量。环境因素综合得分越高，表明其对碳排放的抑制作用越明显。由图 3（e）得知，分值最大的是中上游地区的江西、湖南、重庆和云南，最小值分布在下游的江苏和上海，表明碳排放的环境抑制强度由下游向中上游地区波动增强，中上游地区良好的生态环境在一定程度上能抑制碳排放量的增加。

技术因素：单位 GDP 能源使用量低，反映加工技术水平高，能源利用效率高，能抑制 CO₂排放量的增加。由图 3（f）得知，长江经济带的能源强度由下游向中上游地区递增，表明下游的技术水平高于中上区域，碳排放的技术抑制作用较中上游地区明显。

5、结论与建议

5.1 结论

- 1) 长江经济带碳排放总量表现出波动上升的趋势，2013 年之前，碳排放总量逐年递增，2013 年之后，开始出现下降。
- 2) 长江经济带内碳排放总量的空间差异性显著，碳排放总量由下游向中上游地区呈梯度递减。
- 3) 综合因素对碳排放量的促进（抑制）作用强度由下游向中上游区域依次递减，且对北部省市碳排放量的影响作用大于南部省市。
- 4) 各因素对碳排放量的影响存在显著的空间差异性，此种差异性表现为，在长江经济带内不同地区，同一影响因素对碳排放量的促进（抑制）作用强度不同。
- 5) 上游区域碳排放量的增长主要是受自身经济发展、人口规模、能源消耗及生态环境恶劣的影响，同时，技术水平的提高在一定程度上抑制了该地区的碳排放量；中游地区作为过渡带，承上启下，无论是经济、人口、能源消耗，还是环境和技术等对该地区的碳排放均有较明显的促进（抑制）作用；人口、能源消耗、技术水平对上游地区碳排放具有明显的促进作用，而该地区良好的生态环境建设在一定程度上抑制了碳排放量。

5.2 建议

- 1) 积极引进国内外先进技术，提高能源利用效率。

长江经济带中上游地区能源强度大，能源利用效率低，需积极向我国东部沿海经济较发达的地区引入先进技术，购买新设备。下游地区尽管掌握较高的技术水平，但由于该区域经济发展快速，人口密度高，能源消耗量大，碳排放量多，现所掌握的技术水平对碳排放量的抑制作用有限，为此，下游地区需向国外引进高科技技术，进口高端设备。长江经济带内各地区政府应加强联系，鼓励技术跨省域流通，实现全经济带的生产技术由下游向中上游区域流动，整体降低全经济带的能源强度，减少碳排放。

放量。

2) 增加环境建设投资额, 改善生态环境。

长江经济带下游地区在发展经济的同时, 需加强对环境的保护, 增加建成区绿地面积, 增加公交车数量, 鼓励市民乘公交车上下班。中上游地区应提高森林覆盖率, 减少碳源。

[参考文献]:

[1]IPCC .Summary for policy makers of the synthesis report of the IPCC fourth assessment report[M].Cambridge : Cambridge University Press, 2007.

[2]李丹丹, 刘 锐, 陈动. 中国省域碳排放及其驱动因子的时空异质性研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2013 (7) : 84-92.

[3]肖宏伟, 易丹辉. 基于时空地理加权回归模型的中国碳排放驱动因素实证研究[J]. 统计与信息论坛, 2014, 29 (2) : 83-89.

[4]王雅楠, 赵 涛. 基于 GWR 模型中国碳排放空间差异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26 (2) : 27-34.

[5]王世进, 周 敏. 我国碳排放影响因素的区域差异研究[J]. 统计与决策, 2013 (12) : 102-104.

[6]国务院印发《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》[J]. 上海城市规划, 2014 (5) : 121.

[7]陈 婧. 人口因素对碳排放的影响[J]. 西北人口, 2011 (2) : 23-27,

[8]刘志雄. 我国能源消费、经济增长与碳排放的关系研究[J]. 煤炭经济研究, 2011 (4) : 37-41.