

中国省域碳生产率影响因素数据集

唐志鹏^{1,2,3}, 刘卫东^{1,2,3*}, 宋 涛^{1,2,3}

1. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟院重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049

摘 要: 碳生产率 (Carbon Productivity) 指一段时期内单位 CO₂ 排放所产生的经济效益。基于《中国能源统计年鉴 2011–2016》和《中国统计年鉴 2011–2016》收集了 2010 年和 2015 年中国 30 个省域 (西藏、香港、澳门和台湾缺少数据) 的相关数据, 包括能源消费、GDP、火电比重、服务业比重、年专利授权数量、从业人员数和工业增加值。采用空间自相关分析的方法对相关数据作了统计检验, 确定了服务业比重为全局变量, 火电比重、年专利授权数量和单位从业人员的工业增加值为局域变量, 再通过混合地理加权回归同时获取了 30 个省域的火电比重、服务业比重、年专利授权数量和单位从业人员的工业增加值对碳生产率的影响参数。该数据集包括 2010、2015 年中国省域碳生产率及其影响因素 (包括火电比重、服务业比重、年专利授权数量和单位从业人员的工业增加值对碳生产率) 的影响参数。数据集存储为.xlsx 格式, 1 个数据文件, 数据量为 16.8 KB。

关键词: 碳生产率; 全局变量; 局域变量; 中国省域

DOI: 10.3974/geodp.2018.02.05

1 前言

应对全球气候变化, 发展低碳经济已成为全球共识。低碳经济的本质要求是提高碳的生产力, 即每排放单位二氧化碳, 要产生更多的 GDP^[1]。碳生产率反映了一段时期内单位 CO₂ 排放所产生的经济效益^[2–3]。提高碳生产率意味着提高单位碳排放的经济产出, 它成为推动低碳经济发展的核心内容, 也是促使经济转型升级的内在动力。从长远战略来看, 低碳经济是世界经济发展的大势所趋, 今后的竞争不是传统劳动力的竞争, 也不是石油效率的竞争, 而是碳生产率的竞争^[4], 碳生产率的年提高率可以近似表示为国内生产总值年增长率和碳年减排率之和^[5]。

2016 年随着联合国气候变化《巴黎协定》的正式签署, 中国承诺在 2030 年左右达到碳峰值并且实现 2030 年单位 GDP 碳排放比 2005 年降低 60%–65%, 目前中国还处于快速城镇化的发展进程中, 对化石能源的依赖惯性以及区域差异的存在, 决定了实现 2030 年目标将是分阶段并有差别地落实到国内各个地区。对碳生产率的研究除了分析碳生产率与减

收稿日期: 2018-06-01; 修订日期: 2018-06-20; 出版日期: 2018-06-25

基金项目: 国家自然科学基金 (41430636, 41571518); 中华人民共和国科学技术部 (2016YFA0602804)

*通讯作者: 刘卫东, 中国科学院地理科学与资源研究所, liuwd@igsrr.ac.cn

数据引用方式: [1] 唐志鹏, 刘卫东, 宋涛. 中国省域碳生产率影响因素数据集[J]. 全球变化数据学报, 2018, 2(2): 156–162. DOI: 10.3974/geodp.2018.02.05.

[2] 唐志鹏, 刘卫东, 宋涛. 中国省域碳生产率影响因素数据集 (2010, 2015) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.04.07.V1.

排目标的关系^[6]，更多集中在刻画这一指标的历史演变及其解析背后的影响因素^[7-8]。现有对碳生产率影响因素的研究方法或者采用空间独立性的假设，认为区域间的影响因素相互独立，不存在空间相关性^[9-12]，或者采用空间一致性的假设，认为区域间的影响因素都呈空间相关或空间不相关^[13-14]。

本文主要从《中国能源统计年鉴 2011-2016》^[15-16]和《中国统计年鉴 2011-2016》^[17-18]采集 2010 年和 2015 年中国 30 个省域（西藏、香港、澳门和台湾缺少数据）的能源消费、GDP、火电比重、服务业比重、年专利授权数量、单位从业人员数和工业增加值等样本数据，基于空间自相关的检验方法确定了碳生产率影响因素的空间相关性特征，再通过混合地理加权回归同时获取了 30 个省域的火电比重、服务业比重、年专利授权数量和单位从业人员的工业增加值对碳生产率的影响参数，相对于传统的研究方法解析碳生产率影响因素的参数更符合实际情况，有助于理清各省域多个影响因素对碳生产率的影响程度，为各省域完成全国“十三五”节能减排目标进而实现中国 2030 年碳达峰提供科学决策依据。

2 数据集元数据简介

中国省域碳生产率影响因素数据集（2010，2015）^[19]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 中国省域碳生产率影响因素数据集（2010，2015）元数据简表

条目	描述
数据集名称	中国省域碳生产率影响因素数据集（2010，2015） ^[19]
数据集短名	ChinaCProductInfluencingFactors20102015
作者信息	唐志鹏 M-6479-2018，中国科学院地理科学与资源研究所, tangzp@igsnr.ac.cn 刘卫东，中国科学院地理科学与资源研究所, liuwd@igsnr.ac.cn 宋涛 M-6637-2018，中国科学院地理科学与资源研究所, songtao@igsnr.ac.cn
地理区域	中国 30 省域
数据年代	2010 年和 2015 年
数据格式	.xlsx
数据量	16.8 KB
数据集组成	2010、2015 年中国 30 省域碳生产率及其影响因素的参数数据
基金项目	国家自然科学基金（41430636，41571518）；中华人民共和国科学技术部（2016YFA0602804）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[20]

3 数据研发方法

本数据集中所采用的源数据主要来自《中国能源统计年鉴 2011-2016》^[15-16]和《中国统计年鉴 2011-2016》^[17-18], 包括 2010 年和 2015 年中国 30 个省域(西藏、香港、澳门和台湾缺少数据)的能源消费、GDP、火电比重、服务业比重、年专利授权数量、从业人员数和工业增加值等, 并作了预处理得到 2010 年和 2015 年中国 30 省域的碳生产率、服务业比重、火电比重、年专利授权数量、单位从业人员数的工业增加值。

3.1 算法原理

(1) 碳生产率影响因素的空间自相关判定。采用全局 Moran's I 指数^[21-22]进行空间自相关的关系检验, 具体公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (1)$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n \quad (\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n, \quad z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}) \quad (2)$$

式中, I 为莫兰指数; S^2 为样本方差; \bar{x} 为样本均值; x_i 和 x_j 在本文中分别代表各省域碳生产率的影响因素如火电比重、服务业比重、年专利授权数量以及单位从业人员的工业增加值; w_{ij} 为空间权重, 采用 Rook 邻接空间权重, 即当区域 i 与区域 j 存在共同的地理边界, 区域间相邻, $w_{ij} = 1$, 否则 $w_{ij} = 0$ 。 $E(I)$ 和 $Var(I)$ 分别为 I 的期望值和方差; z 为 I 的标准正态分布值, I 的变化范围在 -1 到 1 之间, 越接近 0 表示空间相关性越小, 空间分布随机性越强。若 $I > 0$ 且 $z > 1.96$, 或者 $I < 0$ 且 $z < -1.96$, 则表示空间存在显著的正相关或负相关, 存在集聚或扩散现象。

(2) 碳生产率影响因素的参数确定。采用混合地理加权回归设定相关变量的参数形式, 具有显著空间相关性的变量作为局域变量, 参数设为与个体地理位置相关的变参数, 不具有显著空间相关性的变量作为全局变量, 参数设为常数。具体公式为:

$$y_i = \sum_{j=1}^h \alpha_j x_{ij} + \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=h+1}^q \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \theta_i, \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式中, $y_i, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ih}$ 分别表示 i 省域碳生产率和影响因素的全局变量服务业比重; $\alpha_1, \dots, \alpha_h$ 为回归常参数, 与影响因素的空间位置无关。第 k 个自变量 x_{ik} 中所有 n 个独立样本观测值 $x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{nk}$ 表示影响因素的局域变量火电比重、年专利授权数量以及单位从业人员的工业增加值; β_0, β_k 为回归变系数, 与影响因素的空间位置相关; θ 为正态分布的随机变量, 混合地理加权回归的常参数和变参数可采用两步迭代法估计^[23]来获取具体数值。

3.2 技术路线

本数据集主要技术流程包括基础数据采集、研究变量合成、统计检验和混合地理加权回归几个步骤, 具体技术路线见图 1。

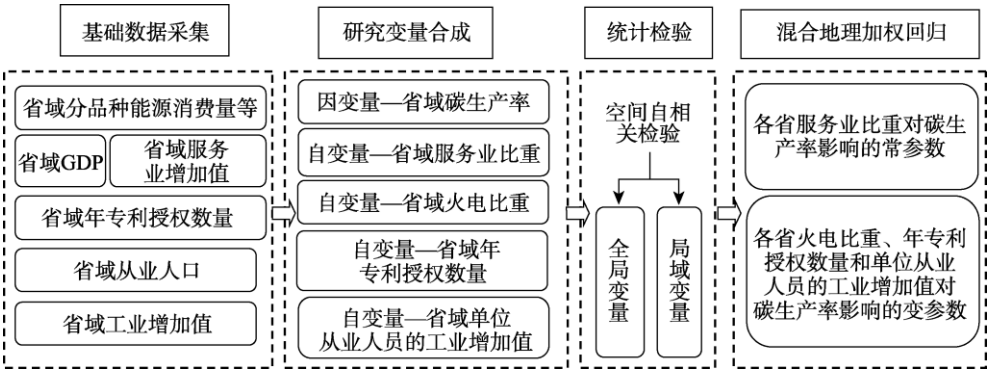


图 1 中国省域碳生产率影响因素的参数确定流程

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

中国省域碳生产率影响因素数据集，空间分辨率为行政单元，数据年份为 2010、2015 年，包括中国 30 省域的碳生产率以及相关因素对碳生产率的影响参数^[19, 24]，部分结果见表 2。

表 2 中国省域碳生产率影响因素数据集（部分）

省（自治区、直辖市）	因变量：碳生产率（单位：万元/吨碳）	全局自变量：服务业比重的影响参数	局域自变量：火电比重的影响参数	局域自变量：年专利授权数量的影响参数	局域自变量：单位从业人员创造工业增加值的影响参数
北 京	4.720	0.880	-0.568	0.272	0.067
天 津	2.220	0.880	-0.565	0.271	0.065
河 北	1.230	0.880	-0.558	0.269	0.062
山 西	0.490	0.880	-0.553	0.268	0.063
上 海	3.310	0.880	-0.504	0.254	0.052
江 苏	2.570	0.880	-0.502	0.254	0.056
浙 江	2.630	0.880	-0.496	0.252	0.051
新 疆	0.700	0.880	-0.586	0.276	0.079

4.2 数据结果

根据中国省域碳生产率的差异，采用 Jenks 最佳自然断裂点法将中国省域碳生产率划分为“极低值区”、“较低值区”、“中等值区”、“较高值区”和“极高值区”5 个等级（图 2）。2010 年中国省域碳生产率研究结果显示，碳生产率总体上呈现出由南向北递减、由沿海向内陆递减的空间特征。到了 2015 年，碳生产率整体上有了一定程度的提高，空间分布特征仍是由南向北递减，高值区域集中在沿海一带及长江流域。

中国省域服务业比重从 2010 年到 2015 年对碳生产率的正向影响参数由 0.88 增大到 1.04。火电比重对中国省域碳生产率为负向影响，且呈现出自南向北负值递减的空间特征（图 3），年专利授权数量对我国碳生产率的影响在空间分布上呈现出自北向南逐渐递减的特征（图 4），单位从业人员的工业增加值对碳生产率的影响在空间分布上亦呈现出自北向

南递减的特征（图 5）。

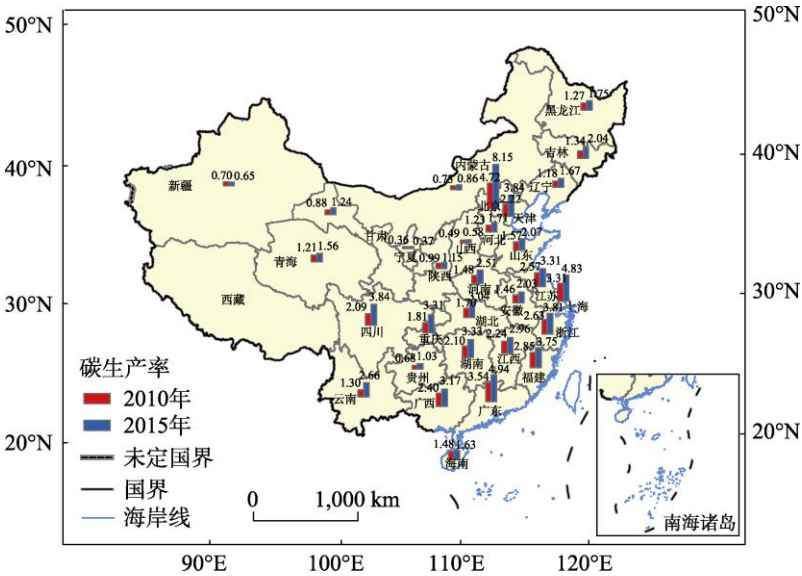


图 2 2010–2015 年中国省域碳生产率（万元/吨碳）的空间分布

4.3 数据结果验证

对 2010、2015 年中国省域碳生产率及其影响因素参数的空间分布分析发现，中国碳生产率高值区主要集中在沿海省域，而内陆地区尤其新疆、山西和内蒙古等以能源为主导产业的省域碳生产率相对较低，此外 2010–2015 年各省域的碳生产率普遍有所上升。服务业比重、年专利授权数量和单位从业人员的工业增加值这三个影响因素对于碳生产率提高为正向促进作用，而火电比重的影响作用则为负向阻碍作用。

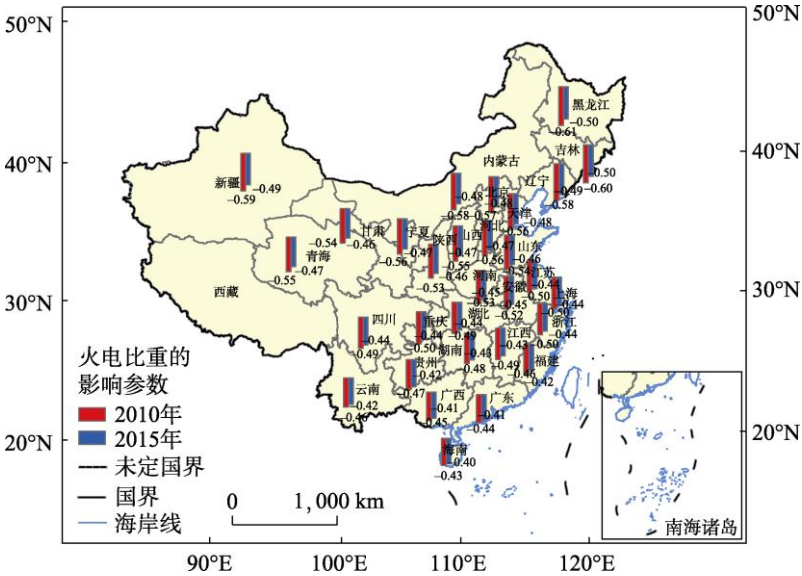


图 3 2010–2015 年火电比重对中国省域碳生产率的影响分布

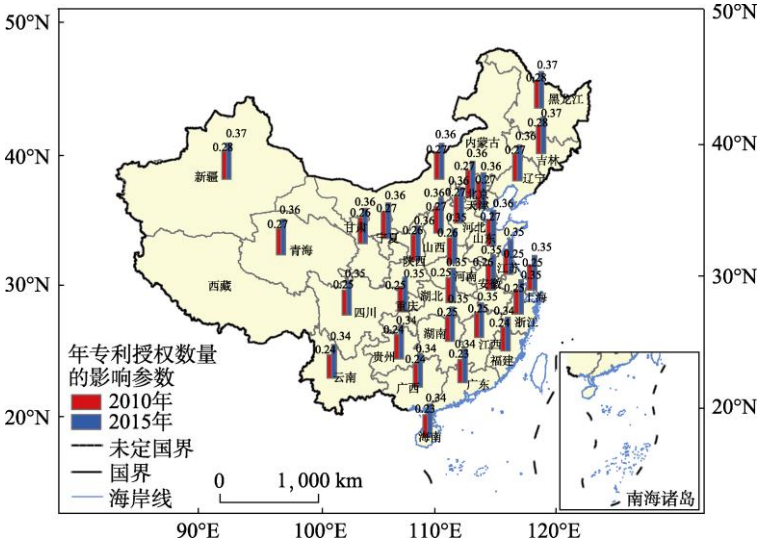


图 4 2010–2015 年年专利授权数量对中国省域碳生产率的影响分布

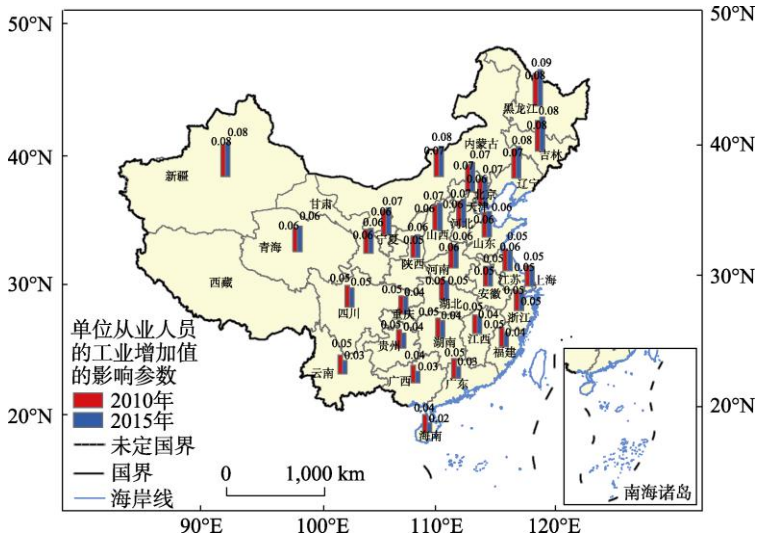


图 5 2010–2015 年单位从业人员的工业增加值对中国省域碳生产率的影响分布

以全局变量服务业比重对碳生产率的影响参数来看，2010–2015 年有所增大，再以局域变量火电比重对碳生产率的影响参数来看，2010–2015 年有所减小。我国服务业比重总体呈上升趋势，从 2010–2015 年，全国服务业比重由 44.1% 上升至 50.2%，开始占据主导地位。随着清洁能源政策的实施，全国大部分省份的火电比重有所下降，能源结构对碳生产率的影响程度亦有所减小。上述研究结果符合常识性判断，表明中国省域碳生产率影响因素数据集能够较为准确地反映中国省域碳生产率及其影响因素的参数空间分布情况。

5 讨论和总结

传统方法对于碳生产率影响因素的计算分析，假设所有影响因素均无显著空间相关性或均有显著空间相关性，而实际情况中更可能是部分影响因素具有显著的空间相关性，部

分影响因素不具有显著的空间相关性,并且两种不同类型的因素往往是同时作用于中国省域的碳生产率,未经统计检验默认采用所有影响因素的空间相关性是一致的假设,计算得到的影响参数可能与实际情况会存在较大差异。

中国省域碳生产率影响因素数据集打破了传统方法对影响因素空间相关性一致的假设,分别对各个具体影响因素的空间相关性作了统计检验,再将具有显著空间相关性与无显著空间相关的影响因素同时放在一起作混合地理加权回归来获得影响参数,更加符合实际情况,本数据集可以作长时间序列的进一步研发,为中国省域碳减排的着力驱动要素提供科学支撑依据。

作者分工: 刘卫东对数据集的开发做了总体设计;宋涛采集和处理了中国省域碳生产率影响因素数据;唐志鹏设计了模型和算法、做了数据验证、撰写了数据论文等。

参考文献

- [1] 何建坤. 发展低碳经济,关键在于低碳技术创新[J]. 绿叶, 2009(1): 46-50.
- [2] Kaya, Y., Yokobori, K. Environment, Energy and Economy: Strategies for Sustainability [M]. Tokyo: United Nations University Press, 1997.
- [3] Oikonomou, V., Becchis, F., Steg, L., *et al.* Energy saving and energy efficiency concepts for policy making [J]. *Energy Policy*, 2009, 37(11): 4787-4796.
- [4] 潘家华. 怎样发展中国的低碳经济[J]. 中国市场, 2010(11): 61-65.
- [5] 何建坤, 苏明山. 应对全球气候变化下的碳生产率分析[J]. 中国软科学, 2009(10): 42-47.
- [6] Beinhocker, E., Oppenheim, J., Irons, B., *et al.* The carbon productivity challenge: curbing climate change and sustaining economic growth [R]. Sydney: McKinsey Global Institute, 2008.
- [7] Sang, H. L., Yun, M. S., Bo, K. K., *et al.* Latitudinal carbon productivity in the Bering and Chukchi Seas during the summer in 2007 [J]. *Continental Shelf Research*, 2013, 59(2): 28-36.
- [8] 杨翔, 李小平, 周大川. 中国制造业碳生产率的差异与收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2015(12): 3-20.
- [9] 潘家华, 张丽峰. 我国碳生产率区域差异性研究[J]. 中国工业经济, 2011(5): 47-57.
- [10] 吴晓华, 李磊. 中国碳生产率与能源效率省际差异及提升潜力[J]. 经济地理, 2014, 34(5): 105-108.
- [11] 黄元生, 李慧. 基于分解模型的碳生产率影响因素分析[J]. 华北电力大学学报(社会科学版), 2016, 101(3): 13-17.
- [12] 赵秀娟, 张捷. 对外贸易对碳生产率的影响——基于 88 个国家 1992-2011 年面板数据的实证分析[J]. 对外经济贸易大学学报, 2016(1): 28-39.
- [13] 商巍. 中国省域全要素碳生产率的空间计量分析[D]. 桂林: 广西师范大学, 2015.
- [14] 程琳琳, 张俊飏, 田云等. 中国省域农业碳生产率的空间分异特征及依赖效应[J]. 资源科学, 2016, 38(2): 276-289.
- [15] 国家统计局能源统计司. 中国统计能源年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [16] 国家统计局能源统计司. 中国统计能源年鉴 2016[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [17] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [18] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2016[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [19] 唐志鹏, 刘卫东, 宋涛. 中国省域碳生产率影响因素数据集(2010, 2015) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.04.07.V1.
- [20] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).
- [21] Moran, P. A. P. The interpretation of statistical maps [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1948, 10(2): 243-251.
- [22] Moran, P. A. P. Notes on continuous stochastic phenomena [J]. *Biometrika*, 1950, 37(1-2): 17-23.
- [23] 玄海燕, 刘树群, 罗双华. 混合地理加权回归模型的两种估计[J]. 兰州理工大学学报, 2007, 33(3): 142-144.
- [24] 唐志鹏, 刘卫东, 宋涛. 于混合地理加权回归的中国省域碳生产率影响因素分析[J]. 资源科学, 2017, 39(12): 2223-2232.