

# 全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集 (2014)

范志欣<sup>1</sup>, 苏筠<sup>1,2\*</sup>, 方修琦<sup>1,2</sup>

1. 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875; 2. 北京师范大学环境演变  
与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875

**摘要:** 由于人口和经济增长导致的温室气体排放增多极有可能是 20 世纪中叶以来观测到的全球变暖的主要原因。本文基于 2014 年各国碳排放总量数据 (CDIAC) 和 2015 年人口密度数据 (SEDAC), 将人口密度作为一项经济-人口综合指标来对碳排放进行加权, 运用 ArcGIS 空间分析工具, 得到了全球人口加权碳排放量数据集 (0.1°×0.1°, 2014)。数据结果表明, 美国东部、中国东部、日本、韩国、印度、东南亚和欧洲等为全球碳排放的主要区域, 并且各区域内部有空间差异, 能够反映当前全球不同区域的碳排放水平的空间格局, 为全球变化研究提供基础数据。数据集存储为.tif 格式, 数据量为 22.7 MB, 数据文件压缩为 3.92 MB。

**关键词:** 全球; 碳排放; 人口密度加权; 空间分布; 0.1°分辨率

**DOI:** 10.3974/geodp.2017.03.02

## 1 前言

自从前工业化时代以来, 二氧化碳等人为温室气体的排放持续上升, 当前已超过过去 70 万年自然波动的最高水平, 这极有可能是自 20 世纪中叶以来观测到全球变暖的主要原因, 而且这主要是由于经济和人口增长造成的<sup>[1]</sup>。当前国内外对碳排放差异的研究主要是从国家层面展开的, 对于国家尺度以下碳排放差异的定量研究较少<sup>[2]</sup>。但是不同国家或地区内也存在区域经济发展水平不均、人口密度差距较大的现象, 在人为温室气体排放量上也存在一定的差异, 因此不能简单地将国家作为研究碳排放的最小单元。把碳排放数据映射到统一的小尺度地理网格, 实现碳排放空间分布信息由行政边界到像元栅格的转换, 建立更精确的全球碳排放的空间分布格局, 对于研究全球变暖归因和制定未来减排政策等具有重要意义。

人口数量与温室气体的排放量之间有密切的关系, 人口规模对二氧化碳排放量的弹性系数在 1-1.65 之间<sup>[3-5]</sup>。现阶段随着人口数量增长, 人们对能源需求增多、土地利用方式改变, 这些都导致温室气体排放增多<sup>[6]</sup>。人口密度网格化比人口密度行政单元化更接近人口的实际分布, 而且是实现人口数据与其他社会经济统计数据、资源数据、环境数据复合, 提高人口、资源、环境综合管理能力的重要途径之一<sup>[7]</sup>。为此, 本文将人口密度作为经济-

收稿日期: 2017-08-07; 修订日期: 2017-08-17; 出版日期: 2017-09-25

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2016YFA0602704)

\*通讯作者: 苏筠 N-1155-2017, 北京师范大学地理科学学部, suyun@bnu.edu.cn

论文引用格式: 范志欣, 苏筠, 方修琦. 全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集 (2014) [J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(3): 262-267. DOI: 10.3974/geodp.2017.03.02.

数据集引用格式: 范志欣, 苏筠, 方修琦. 全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集 (2014) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2017. DOI: 10.3974/geodb.2017.03.12.V1.

人口综合影响因素，计算了人口密度加权的全球碳排放空间分布现状数据。

基于哥伦比亚大学社会经济数据应用中心（SEDAC）的全球人口分布网格化数据和美国国家橡树岭实验室二氧化碳信息分析中心（CDIAC）2014 年化石燃料燃烧释放二氧化碳总量数据，利用 ArcGIS 空间分析功能，对全球碳排放空间分布进行更精细的空间分配。该数据集分辨率为  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ ，能够反映当前（2014 年）全球不同区域的碳排放水平的空间格局，可为全球变化研究提供基础数据。

2 数据集元数据简介

全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集（2014）（GlobalPopCarbonEmis2014）<sup>[8]</sup> 的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台与数据共享政策等信息见表 1。

表 1 全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集（2014）元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集（2014）
数据集短名	GlobalPopCarbonEmis2014
作者信息	范志欣 M-9949-2017, 北京师范大学地理科学学部, fanzhixin0213@mail.bnu.edu.cn 苏筠 N-1155-2017, 北京师范大学地理科学学部, suyun@bnu.edu.cn 方修琦 A-3191-2017, 北京师范大学地理科学学部, xfang@bnu.edu.cn
地理区域	除南极大陆以外的全球陆域
数据年代	2014 年
时间分辨率	1 年
空间分辨率	$0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$
数据格式	.tif
数据量	22.7 MB（压缩为 3.9 MB）
数据集组成	数据集由 1 组.tif 文件组成，为 2014 年全球二氧化碳排放量数据
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2016YFA0602704）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
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 <sup>[9]</sup>

3 数据研发方法

3.1 基础数据

本数据集所采用的碳排放数据来自美国橡树岭国家实验室二氧化碳信息分析中心（CDIAC: <http://cdiac.ornl.gov/>）发布的全球 220 个国家和地区的化石燃料燃烧所释放的二

氧化碳总量数据，数据年代为 2014 年。

人口密度数据来自哥伦比亚大学社会经济数据应用中心（SEDAC：<http://sedac.ciesin.columbia.edu/>）发布的全球人口密度分布网格化数据。数据年代为 2015 年，空间分辨率为  $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ ，数据涵盖范围为除南极大陆以外的全球陆域。

3.2 算法原理与技术路线

本数据集对全球各国家和地区碳排放数据按照世界人口密度的分布进行加权处理，即：将原本每一个国家或地区的统一碳排放总量数据（2014 年），依照人口密度的空间分布方式重新进行网格化的分布，以得到按人口密度分布的全球碳排放空间分布格局。具体的技术路线见图 1。

主要算法及步骤如下：

碳排放重分配比例=单个人口密度栅格中的人口密度/该地区人口密度栅格总和 ①

全球碳的空间重分配=碳排放重分配比例×地区碳排放总量 ②

（1）碳排放数据和人口数据网格的一致化处理。运用 fishnet 工具制作  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$  栅格模板，结合 ArcGIS 中的 To Raster 工具将国家和地区的 2014 年碳排放量元数据栅格化，得到  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$  栅格化的世界碳排放数据，运用属性表 Join & Relate 功能进行国家行政边界的区分。人口密度元数据为  $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$  的栅格数据，运用 ArcGIS 中的 Union 工具将其进行合并，转化成  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$  栅格化的世界人口密度网格数据。

（2）计算碳排放数据重分配比例。首先统计人口密度栅格图层中每个国家或地区的人口密度总数，该步骤运用 ArcGIS 中的 Zonal Statistics 工具得以实现：“Input raster or feature zone data” 设定为国家（或地区）的矢量图层，“Zone field” 为国家或地区的属性列，“Value raster” 为元数据人口密度栅格，“Statistics type” 选为 “Sum”。计算出每个国家或地区的人口密度总和，为后续计算重分配比例提供基础。

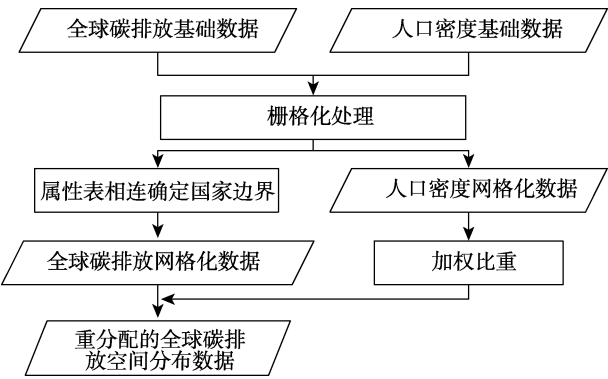


图 1 人口密度加权的全球碳排放数据研发的技术路线

运用 Raster Calculator 工具计算每一个人口密度栅格像元占其所在国家或地区所有人口密度栅格总和的比例。依据算法①，在 Raster Calculator 工具中输入公式，得到重新分配碳排放总量的重分配比例。

（3）碳排放数据空间重分配。按照计算好的重分配比例，依据算法②，再次运用 Raster Calculator 工具对国家的碳排放总量数据进行空间分布的重新分配，得到基于人口密度的碳排放空间分布格局数据。

4 数据结果

全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集（2014）由 1 组文件名为 GlobalPopCarbonEmis2014.tif 的文件组成，数据量为 22.7 MB（压缩为 3.92 MB）。在该数据文件中，每一个 0.1°×0.1°网格内的碳排放量区间为[0, 8,000]，单位为千吨碳（Gg C）。

依据 2014 年人口加权的全球碳排放数据的分布状况，采用分级设色的方法，将全球碳排放数据划分为 18 级：0、0-1、1-2、2-3、3-4、4-5、5-10、10-15、15-20、20-40、40-60、60-80、80-100、100-500、500-1,500、1,500-3,500、3,500-6,500、6,500-8,000（千吨碳），然后进行统计和制图（图 2-图 5）。结果表明，在数据分级中，碳排放为 0-1 千吨碳/（0.1°×0.1°）的区域占的比例最高，约占 61%（图 2）。空间上，2014 年碳排放较高的区域主要在北美洲东部、欧洲、亚洲东部和南部等区域，并且由于人口密度、经济发展等原因，在这些区域内部碳排放也存在空间差异（图 3-图 5）。2014 年，全球陆地碳排放平均值为 6.21 千吨碳/（0.1°×0.1°）。全球陆地碳排放低于平均值的区域占的比例为 88%，高于平均值的区域占的比例为 12%（图 4）。

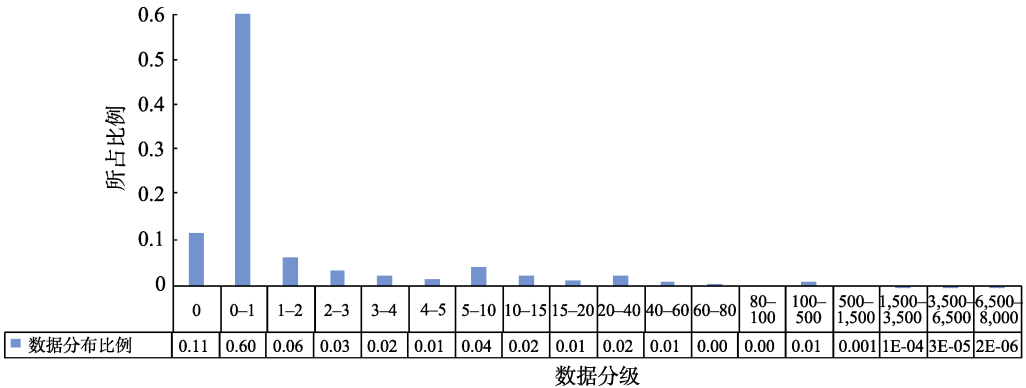


图 2 全球碳排放数据分级统计图

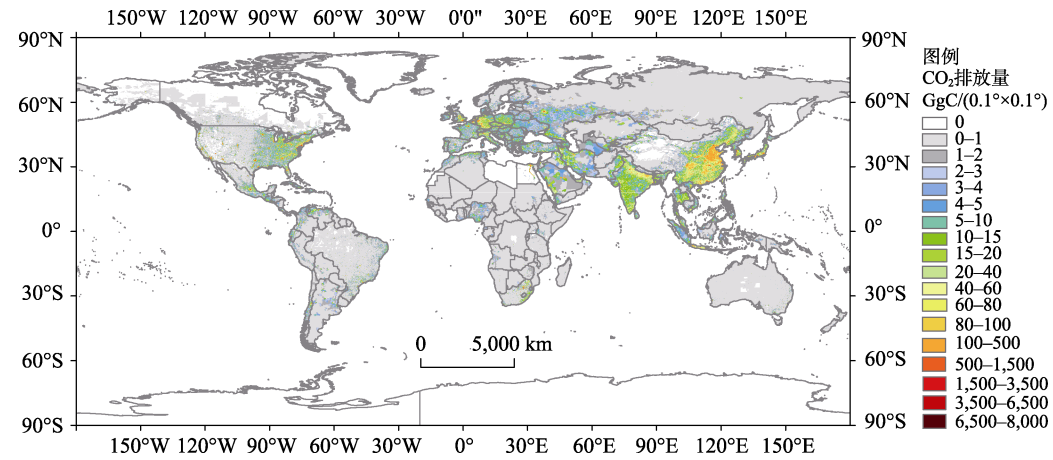


图 3 2014 年全球碳排放空间分布图

5 讨论和总结

以国家为单位的碳排放分布现状没有考虑区域经济等方面对碳排放产生的影响，不能显示国家内部碳排放的空间差异。本文将人口密度作为一项经济-人口综合指标来对碳排放进行加权计算。基于 2014 年碳排放数据和 2015 年人口密度数据，运用 ArcGIS 空间分析工具，计算了人口密度加权的全球碳排放空间数据。结果表明，全球碳排放主要区域为亚洲东部、南部、欧洲和北美洲东部等区域，并且在这些区域内部碳排放也存在明显的空间差异。该数据集可以为研究全球变暖归因和减排政策等提供基础数据和科学依据。

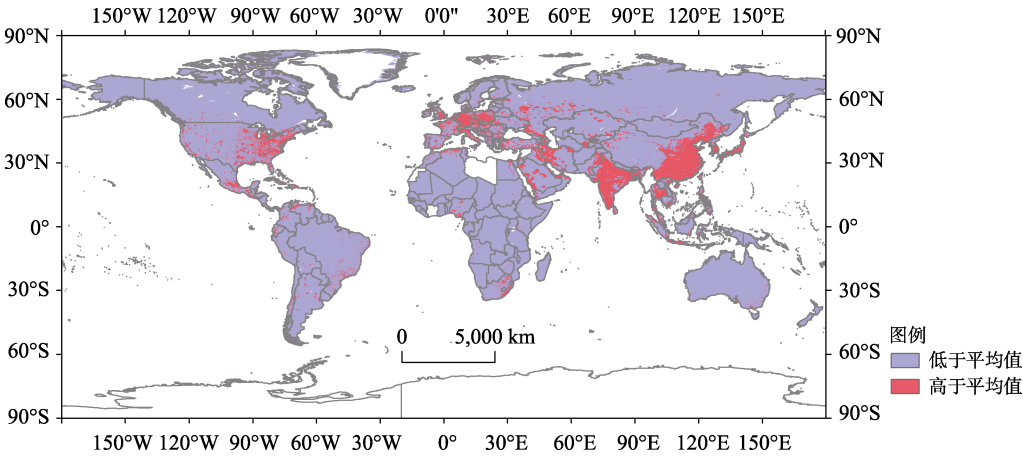


图 4 与平均值比较的全球碳排放分级图

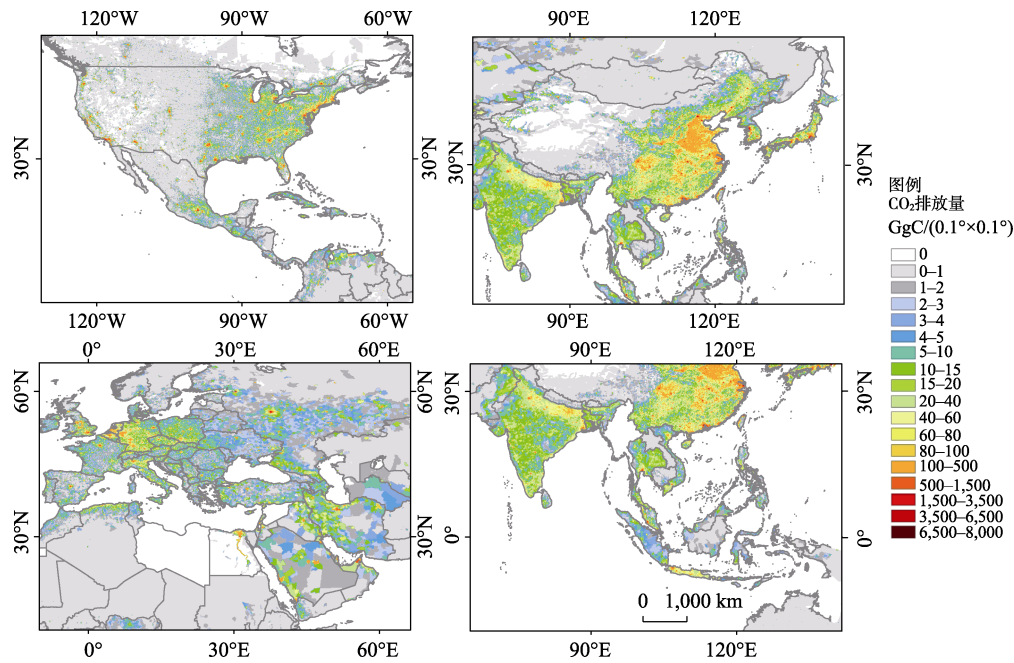


图 5 2014 年不同区域碳排放空间分布图

但是另一方面,本数据集只考虑了人口密度一个方面对于碳排放空间分布的权重影响,仅将人口密度作为经济-人口综合指标进行加权计算,仍存在一些不完善的地方。除了人口密度以外,人口年龄结构<sup>[10]</sup>、居民消费行为<sup>[11]</sup>、城镇化发展水平<sup>[12]</sup>等多个方面都对碳排放产生影响,在今后的研究中将逐渐完善多因素综合影响下的碳排放空间分布情景。

**作者分工:** 苏筠对数据集的开发做了总体设计、数据分析方法的制定及论文的最后审定; 范志欣完成了数据采集和处理、设计了算法及数据论文的撰写; 方修琦对数据采集和处理方法进行指导并提出修改意见。

## 参考文献

- [1] Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Core Writing Team, Pachauri, R. K., Meyer, L. A. (eds). IPCC, Geneva, Switzerland, 2014: 151.
- [2] 佟昕, 李学森. 区域碳排放和减排路径文献前沿理论综述[J]. 经济问题探索, 2017(1): 169-176.
- [3] Dietz, T., Rosa, E. A. Effects of population and affluence on CO<sub>2</sub> emissions [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1997, 94(1): 175-179.
- [4] York, R., Rosa, E. A., Dieta, T. STIPAT, PAT and IMPACT: analytic tools forum packing the driving forces of environment impacts [J]. *Ecological Economics*, 2003, 46(3): 351-365.
- [5] Shi, A. The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975-1996: evidence from pooled cross country data [J]. *Ecological Economics*, 2003, 44(1): 29-42.
- [6] Birdsall, N. Another look at population and global warming: population, health and nutrition policy research [C]. Washington D. C.: World Bank, WPS 1020, 1992.
- [7] 卓莉, 陈晋, 史培军等. 基于夜间灯光数据的中国人口密度模拟[J]. 地理学报, 2005, 60(2): 266-276.
- [8] 范志欣, 苏筠, 方修琦. 全球 0.1°分辨率人口加权的碳排放量数据集 (2014) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2017. DOI: 10.3974/geodb.2017.03.12.V1.
- [9] 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).
- [10] Dalton, M., O'Neill, B., Prskawetz, A., *et al.* Population aging and future carbon emissions in the United States [J]. *Energy Economics*, 2008, 30: 642-675.
- [11] Schipper, L., Bartlett, S., Hawk, D., *et al.* Linking life-styles and energy use: a matter of time? [J]. *Annual Review of Energy*, 1989, 14:271-320.
- [12] 卢祖丹. 我国城镇化对碳排放的影响研究[J]. 中国科技论坛, 2011 (7): 134-140.