

蔡博峰, 刘晓曼, 陆军, 等. 2005 年中国城市 CO₂ 排放数据集[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(4): 1-7. [CAI Bofeng, LIU Xiaoman, LU Jun, et al. China city CO₂ emissions in 2005[J]. China population, resources and environment, 2018, 28(4): 1-7.]

2005 年中国城市 CO₂ 排放数据集

蔡博峰¹ 刘晓曼² 陆军¹ 王金南¹ 刘红光³ 陈洋⁴ 陈占明⁵ 丛建辉⁶ 崔志鹏⁷
代春艳⁸ 董会娟⁹ 方恺¹⁰ 冯彤¹¹ 郭杰¹² 李芬¹³ 孟凡鑫¹⁴ 唐伟¹⁵ 王庚哲¹⁶
谢运生¹⁷ 张建军¹⁸ 阿依吐尔逊·沙木西¹⁹ 布买日也木·买买提¹⁹ 蔡伟光²⁰ 曾胜²¹
常盼⁶ 陈前利¹⁹ 陈振国²¹ 单钰理²² 丁冠乔¹² 独威²³ 范敏¹⁷ 冯相昭²⁴
干晓宇²⁵ 高壮飞²⁶ 谷雨¹⁵ 何凌昊²⁷ 何姚²¹ 胡鸣明²⁰ 黄丽珍²⁸ 黄桥²⁹
贾小平³⁰ 菊春燕¹⁹ 蓝菁¹² 李爽³¹ 李松¹⁹ 李耀光³² 李照令³³ 刘合林³⁴
刘婧文³⁵ 刘庆燕⁶ 刘竹²² 逯飞³⁶ 马贤磊¹² 欧金沛³⁷ 潘栋³⁸ 沈杨³⁹
税月⁴⁰ 孙露⁴¹ 谭效时⁴² 唐敏⁴³ 唐祎祺¹⁰ 王柯¹⁸ 王思元³⁰ 王香爱⁴⁴
王晓培⁶ 吴家杰³⁷ 吴雪萍⁴⁵ 肖连香¹⁸ 邢文婷⁴³ 徐丽笑²⁹ 叶瑞克²⁶ 袁子坤¹²
张飞云¹⁹ 张祎⁴⁶ 张明⁴⁷ 张琦峰¹⁰ 张曦文⁴⁸ 张宇⁴⁹ 赵晶⁵⁰ 赵胜男⁵¹
郑思伟¹⁵ 周来友⁵² 朱天琦¹² 曹丽斌¹ 冯乐⁵³ 李栋⁵⁴ 李一静⁵⁵ 龙瀛⁵⁶ 孙瑞红⁵⁷

(1. 环境保护部环境规划院, 北京 100012; 2. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029; 3. 南京农业大学公共管理学院, 江苏 南京 210095; 4. 上海财经大学城市与区域科学学院, 上海 200433; 5. 中国人民大学经济学院, 北京 100872; 6. 山西大学经济与管理学院, 山西 太原 030006; 7. E20 环境平台咨询部, 北京 100195; 8. 重庆工商大学长江上游经济研究中心, 重庆 400067; 9. 上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 200240; 10. 浙江大学公共管理学院, 浙江 杭州 310058; 11. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072; 12. 南京农业大学土地管理学院, 江苏 南京 210095; 13. 深圳市建筑科学研究院股份有限公司北京研创中心, 广东 深圳 518049; 14. 华南理工大学环境与能源学院, 广东 广州 510006; 15. 杭州市环境保护科学研究院环境政策研究中心, 浙江 杭州 310014; 16. 埃因霍芬理工大学建筑学院, 荷兰 埃因霍芬 5616SC; 17. 江西省科学院能源研究所, 江西 南昌 330000; 18. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083; 19. 新疆农业大学管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 20. 重庆大学建设管理与房地产学院, 重庆 400044; 21. 重庆工商大学财政金融学院, 重庆 400067; 22. 东安格利亚大学国际发展学院, 英国 诺维奇 NR4 7TJ; 23. 环境保护部环境发展中心, 北京 100029; 24. 环境保护部环境与经济政策研究中心, 北京 100029; 25. 四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610065; 26. 浙江工业大学政治与公共管理学院, 浙江 杭州 310023; 27. 美国绿色建筑委员会城市与社区部, 北京 100085; 28. 挪威科技大学工程学院, 挪威 约尔维克 2815; 29. 北京师范大学统计学院, 北京 100875; 30. 青岛科技大学环境学院, 山东 青岛 266000; 31. 北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871; 32. 北京师范大学环境学院, 北京 100875; 33. 筑波大学生命环境科学研究科, 日本 筑波 305-0005; 34. 华中科技大学建筑与城市规划学院, 湖北 武汉 430074; 35. 美国东北大学工学院, 美国 波士顿 02115; 36. 河北省环境科学研究院规划所, 河北 石家庄 050037; 37. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 38. 北京林业大学环境科学与工程学院, 北京 100083; 39. 宁波职业技术学院商贸外语学院, 浙江 宁波 315800; 40. 重庆工商大学土地管理学院, 重庆 400067; 41. 日本国立环境研究所社会环境系统研究中心, 日本 筑波 305-0005; 42. 中国船舶重工集团公司第七一四研究所, 北京 100192; 43. 重庆工商大学管理学院, 重庆 400067; 44. 渭南师范学院化学与材料学院, 陕西 渭南 714099; 45. 福州大学经济与管理学院, 福建 福州 350001; 46. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225000; 47. 中国矿业大学管理学院, 江苏 徐州 221116; 48. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 49. 内蒙古大学公共管理学院, 内蒙古 呼和浩特 010070; 50. 江苏大学财经学院, 江苏 镇江 212013; 51. 赤峰学院资源与环境科学学院, 内蒙古 赤峰 024000; 52. 新余学院经济

收稿日期: 2018-01-28

作者简介: 蔡博峰, 博士, 研究员, 主要研究方向为温室气体清单和低碳城市等。E-mail: caibf@caep.org.cn。

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于排放-传输-暴露模型的中国碳市场环境影响研究”(批准号: 71673107)。

管理学院,江西 新余 338004; 53.北京市环境保护科学研究院生态与城市环境研究所,北京 100037; 54.北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心,北京 100085; 55.北京大学汇丰商学院英国校区,华威大学交叉学科研究方法中心,英国 牛津 100871; 56.清华大学建筑学院,北京 100062; 57.上海工程技术大学管理学院,上海 021620)

摘要 2005 年是中国承诺碳减排目标的基准年份,因而也是中国城市碳减排战略制定和近中期低碳转型的基准年份和对照年份。中国城市 2005 年 CO₂ 排放数据的一致性、全面性和精准性对于中国所有城市 and 每个具体城市的目标考核和评估都有重要意义。基于中国高空间分辨率网格数据(CHRED 2.0)、城市层面统计数据以及大量现场调研和走访,建立 2005 年中国城市 CO₂ 排放数据集,包括工业能源排放、工业过程排放、农业排放、服务业排放、城镇生活排放、农村生活排放、交通排放 7 个部门的直接排放数据和间接排放数据。该数据集的建立汇总了 86 名研究人员的工作成果,在企业、城市不同行业与部门、城市工业和城市总化石能源等不同层面进行了大量的交叉验证和数据分析,有效保障了数据的精确性和准确性。结果显示,2005 年中国城市碳排放呈现出较大的体量差异和空间格局差异。排放前 10 的城市几乎比排放后 10 的城市的排放量高出两个数量级。高排放城市基本都是城市群的核心城市。东部城市直接排放占全国直接排放比例最高,达到 44.59%,其次是西部城市 21.76%,中部城市 22.70%,东北城市 10.95%。

关键词 城市; CO₂ 排放数据集; 中国高空间分辨率网格

中图分类号 X196

文献标识码 A

文章编号 1002-2104(2018)04-0001-07

DOI: 10.12062/cpre.20180102

城市在国家应对气候变化行动以及低碳战略转型中具有非常重要的意义,不仅因为城市消耗绝大多数能源(67%~76%)且对绝大多数人为 CO₂ 排放(71%~76%)负责^[1],更重要的是城市是工业、商业、交通、建筑等聚集地,不同部门高度集中在城市中,相互之间发生高强度的能量流和物质流,为综合、高效降低 CO₂ 排放提供了巨大潜力和示范机会^[2]。同时,气候变化的影响和造成的损失,在城市也更为显著^[3]。因此,城市层面的决策和行动在全球应对气候变化中发挥越来越重要的作用^[4]。

清晰、准确的城市 CO₂ 排放数据是城市碳减排和低碳转型的出发点和考核标尺。城市排放数据的可获取性和质量直接影响了城市排放的科学研究、低碳战略制定及公众对于城市低碳发展的监督与参与^[5]。然而城市层面的基础数据却是中国城市低碳发展面临的重要挑战。缺乏城市特别是中小城市层面的能源统计基础数据导致 CO₂ 排放核算难以开展,不同城市采用不同数据源导致城市之间排放量的可比性较差,这也使得城市排放绩效评估体系的建立非常困难。同时,由于数据获取差异大等原因,各城市的低碳研究水平参差不齐。一、二线城市等由于数据相对完善,其研究相对充分,而三线城市和小城市数据缺乏、研究水平滞后,其排放和低碳发展长期被忽视^[6-7]。基于高空间分辨率网格数据建立中国城市排放数据,不仅可以节约大量的人力、物力,而且会有效解决由于数据源和清单方法差异导致的城市排放可比性差的问题。基于高空间分辨率网格数据的城市 CO₂ 排放研究和评估是国际温室气体排放研究的一个重点和热点方向^[8]。随着卫星遥感的快速发展,其未来在城市排放清单中的作用将越来越大^[9]。

2005 年是中国承诺减排目标的基准年份,是衡量目

标实现的基准。《国家应对气候变化规划》(2014—2020 年)中的目标是“到 2020 年实现单位国内生产总值 CO₂ 排放比 2005 年下降 40%~45%”;《中国国家自主贡献》目标中,2030 年自主行动目标之一是单位国内生产总值 CO₂ 排放比 2005 年下降 60%~65%。城市作为国家目标的落实和实施单位,往往参照这一目标设置自身的减排和达峰目标。因而,2005 年是中国城市减排战略制定和近中期低碳转型的基准年份和对照年份,其数据的一致性、全面性和精准性对于全国所有城市 and 每个具体城市的目标考核和评估都有重要的意义。

本研究基于中国高空间分辨率网格数据 CHRED 2.0 (China High Resolution Emission Gridded Database, CHRED)^[10]联合来自 53 个单位的 86 名研究人员,分别从企业、行业与部门和城市总化石能源等不同层面,对中国城市的能源数据进行了大量的交叉验证和数据分析,最终建立 2005 年中国城市 CO₂ 排放数据集,以期为中国城市 CO₂ 排放研究和政府决策提供数据基础。

1 方法和数据

1.1 核算方法

借鉴国际上较为成熟和应用广泛的城市 CO₂ 排放核算方法,本研究计算中国城市的范围 1 和范围 2 排放^[11-12]。范围 1 排放是城市行政边界内的所有直接排放,范围 2 排放是城市由于向外界购买电力、热力等导致的间接排放。本研究中范围 1 排放中没有考虑森林及土地利用变化导致的 CO₂ 排放和吸收,范围 2 排放仅考虑城市外调电力导致的排放。以下范围 1 排放称直接排放,范围 2 排放称间接排放。排放因子主要源自《中国温室气体清单研究》^[13],该文献是中国第二次国家信息通报中排放清单

的基础,推荐了中国分行业、分能源类型和分燃烧设备的排放因子,数据详尽且较为权威。工业过程排放包括水泥和石灰的过程排放,计算方法同样参考《中国温室气体清单研究》。间接排放采用城市范围内的外调电量乘以城市所在区域电网排放因子。城市外调电量=城市用电量-城市发电量(当“城市外调电量”<0,将其取值设为0)。城市发电量(化石能源发电量+非化石能源发电量)基于发电企业点源数据库统计各城市范围内的发电量。

1.2 数据来源

城市化石能源消费量数据整合了三个来源数据,一是 CHRED 2.0 数据库;二是城市层面的各类官方数据,包括统计年鉴、政府文件和调研报告等;三是作者现场调研、现场采访、电话咨询和向相关部门发函获取数据等。后面两种数据来源获取到了中国 2005 年 191 个地级城市的化石能源消费数据。三个来源获得的数据全部为直接化石能源消费数据,没有一组数据是经过经济、产业、人口等间接计算的能源消费数据。基于此构建中国 2005 年城市直接 CO₂ 排放数据。CHRED 2.0 数据库(<http://www.cityghg.com/>)包括中国工业企业点排放源基础数据,是采用自下而上方法建立的中国 CO₂ 排放高空间分辨率的重要基础数据^[10]。中国化石能源电厂发电量及空间位置来自 CHRED 2.0;非化石能源电厂(水电、风电、核电、生物质燃料发电和太阳能发电)发电量及空间位置来自《中国电力工业统计资料汇编 2005》;城市全社会用电量来自《中国城市统计年鉴 2006》。

1.3 城市范围

根据《中国统计年鉴 2006》,2005 年中国共有地级区划数(地级行政单位)333 个,其中地级市 283 个。本研究城市包括除港澳台地区以外的地级市(283 个)和直辖市(4 个)共 287 个城市。

1.4 数据分析和处理方法

本研究不同于以往研究^[14]的重要进展在于组织了国内外 86 名从事温室气体相关研究的学术人员,分成 9 个小组,共同完成数据收集、分析和验证工作。各组独立工作,并根据整体方案建立各组自己的详细工作方案。各组初步结果完成后,进行组间交叉检查,最终结果由技术组和专家组审核,针对具体问题逐一与具体城市负责人质疑和讨论。2005 年中国城市的能源数据非常缺乏,原始数据的质量是决定城市 CO₂ 排放数据可信度的核心要素。作者在 CHRED 2.0 数据库的基础上,开展了 7 个月的工作,进行了大量的现场走访和调研,尤其是和城市能源管理的相关部门及重点企业进行了现场访谈和咨询,获取了大量的第一手数据;对于无法进行现场调研的城市,作者采用了电话、正式发函(以负责具体城市的作者所在单位为

发函方)、电子邮件(主要是针对有在线服务平台的城市)等形式,与城市相关部门取得联系,获得了城市各部门的化石能源消费数据。

本研究基于三种来源数据在不同层面上进行了大量比对和交叉验证,包括企业层面、城市不同行业和部门、城市工业层面和城市总化石能源消费等。同时整合城市数据与省级和国家层面的能源消费数据进行比对分析,最终确定了每个城市不同化石能源类型消费数据。基于这次众多作者的共同努力,数据质量和可验证性都得到了极大的提高,同时也奠定了后续数据建设的方法体系和标准化流程。

2 结果与分析

2.1 中国地级市 CO₂ 排放清单数据结果

2005 年中国城市 CO₂ 排放数据集包括工业能源排放、工业过程排放、农业排放、服务业排放、城镇生活排放、农村生活排放、交通排放和间接排放,城市总排放见表 1。

2.2 2005 年中国城市排放特征

2005 年中国城市排放呈现出较大的体量差异和空间格局差异。排放总量全国前 10 城市依次是上海、唐山、北京、天津、济宁、邯郸、重庆、苏州、石家庄和武汉;排放总量排名全国后 10 城市依次是汕尾、三亚、定西、临沧、黄山、固原、张家界、防城港、陇南和拉萨。前 10 名的排放总量几乎高出后 10 个城市两个数量级。空间上,排放高的城市主要分布在东部沿海,排放低的城市集中于东北部、长江以南、西南部和南部地区。高排放城市往往是城市群的核心城市,例如:京津冀城市群的核心城市(北京、天津、石家庄和唐山等);长三角城市群的核心城市(上海和苏州);长江中游城市群的核心城市(武汉);成渝城市群的核心城市(重庆)。

2005 年城市直接排放占全国和区域比例中,东部城市直接排放占全国直接排放比例最高,达到 44.59%,其次是西部 21.76%,中部 22.70%,东北 10.95%。中国东部地区经济体量和人口体量都较大,其城市排放占据全国城市排放的近一半。东部地区内部,山东、河北的城市直接排放量列前两位,分别占东部地区直接碳排放量的 22.56%、19.19%。

从中国城市排放量分布看,大部分城市的 CO₂ 排放总量集中在 0~6 000 万 t 区间。排放总量高于 1 亿 t 的城市均为中国东部地区的北方城市;排放总量介于 5 001~10 000 万 t 之间的城市集中于中东部地区的经济发达地区和矿产资源集中地区。中等排放城市大部分集中于中东



表 1 2005 年中国城市 CO₂ 排放(直接排放+间接排放)
Tab.1 China city CO₂ emission data (direct + indirect) in 2005

/万 t															
城市	总排放	城市	总排放	城市	总排放	城市	总排放	城市	总排放	城市	总排放	城市	总排放	城市	总排放
北京	14 502	抚顺	2 454	南通	2 659	厦门	1 565	开封	1 058	永州	602	海南		西藏	
天津	12 631	本溪	3 674	连云港	1 243	莆田	623	洛阳	5 065	怀化	730	海口	300	拉萨	60
河北		丹东	1 032	淮安	1 529	三明	2 353	平顶山	5 567	娄底	3 465	三亚	183	陕西	
石家庄	9 014	锦州	1 632	盐城	1 744	泉州	2 460	安阳	3 492	广东		重庆	9 614	西安	4 356
唐山	18 422	营口	2 065	扬州	2 087	漳州	3 021	鹤壁	1 376	广州	7 124	四川		铜川	887
秦皇岛	1 730	阜新	1 162	镇江	3 718	南平	1 576	新乡	1 938	韶关	2 843	成都	3 592	宝鸡	2 605
邯郸	10 291	辽阳	1 610	泰州	1 017	龙岩	1 977	焦作	3 659	深圳	2 416	自贡	436	咸阳	2 539
邢台	4 422	盘锦	1 150	宿迁	516	宁德	269	濮阳	534	珠海	1 331	攀枝花	4 169	渭南	6 219
保定	2 295	铁岭	2 498	浙江		江西		许昌	2 185	汕头	1 277	泸州	756	延安	436
张家口	3 525	朝阳	1 488	杭州	5 561	南昌	1 428	漯河	668	佛山	4 460	德阳	673	汉中	1 364
承德	1 775	葫芦岛	2 012	宁波	4 872	景德镇	647	三门峡	1 958	江门	5 234	绵阳	1 359	榆林	5 410
沧州	1 166	吉林		温州	1 848	萍乡	1 500	南阳	1 945	湛江	1 782	广元	892	安康	251
廊坊	954	长春	4 623	嘉兴	3 678	九江	1 467	商丘	2 974	茂名	1 033	遂宁	273	商洛	197
衡水	1 031	吉林	3 413	湖州	2 673	新余	1 572	信阳	998	肇庆	718	内江	1 678	甘肃	
山西		四平	2 247	绍兴	3 583	鹰潭	598	周口	975	惠州	1 144	乐山	1 463	兰州	2 827
太原	3 119	辽源	618	金华	2 217	赣州	1 260	驻马店	781	梅州	1 715	南充	211	嘉峪关	2 219
大同	2 290	通化	1 138	衢州	2 210	吉安	1 066	湖北		汕尾	193	眉山	1 191	金昌	618
阳泉	2 157	白山	853	舟山	462	宜春	1 709	武汉	8 070	河源	489	宜宾	1 435	白银	1 500
长治	2 926	松原	1 560	台州	1 707	抚州	289	黄石	2 320	阳江	514	广安	1 304	天水	348
晋城	1 793	白城	470	丽水	411	上饶	715	十堰	613	清远	1 935	达州	996	武威	206
朔州	1 355	黑龙江		安徽		山东		宜昌	1 790	东莞	3 191	雅安	310	张掖	216
晋中	4 558	哈尔滨	6 893	合肥	1 654	济南	5 098	襄樊	2 361	中山	1 664	巴中	472	平凉	1 217
运城	3 474	齐齐哈尔	3 279	芜湖	1 660	青岛	4 333	鄂州	1 459	潮州	224	资阳	357	酒泉	333
忻州	1 335	鸡西	1 697	蚌埠	631	淄博	5 054	荆门	1 672	揭阳	660	贵州		庆阳	260
临汾	3 984	鹤岗	794	淮南	2 519	枣庄	7 081	孝感	1 424	云浮	1 547	贵阳	2 896	定西	181
吕梁	1 496	双鸭山	991	马鞍山	2 770	东营	1 455	荆州	1 115	广西		六盘水	4 206	陇南	88
内蒙古		大庆	3 279	淮北	4 326	烟台	3 525	黄冈	925	南宁	3 364	遵义	2 320	青海	
呼和浩特	3 734	伊春	581	铜陵	1 048	潍坊	5 669	咸宁	694	柳州	2 108	安顺	1 251	西宁	2 014
包头	4 482	佳木斯	1 529	安庆	1 628	济宁	11 638	随州	234	桂林	1 181	云南		宁夏	
乌海	3 436	七台河	1 270	黄山	172	泰安	4 221	湖南		梧州	310	昆明	2 645	银川	1 674
赤峰	2 899	牡丹江	2 146	滁州	1 158	威海	1 953	长沙	2 567	北海	556	曲靖	4 842	石嘴山	2 746
通辽	1 817	黑河	476	阜阳	792	日照	1 746	株洲	2 110	防城港	93	玉溪	2 036	吴忠	1 809
鄂尔多斯	4 804	绥化	1 014	宿州	510	莱芜	1 871	湘潭	2 448	钦州	389	保山	246	固原	160
呼伦贝尔	2 729	上海	20 544	巢湖	801	临沂	4 158	衡阳	1 798	贵港	805	昭通	263	中卫	856
巴彦淖尔	1 495	江苏		六安	514	德州	2 961	邵阳	821	玉林	841	丽江	263	新疆	
乌兰察布	1 996	南京	5 235	亳州	299	聊城	2 088	岳阳	2 043	百色	878	思茅	429	乌鲁木齐	3 712
辽宁		无锡	5 790	池州	507	滨州	1 747	常德	1 451	贺州	254	临沧	179	克拉玛依	1 270
沈阳	5 241	徐州	6 819	宣城	369	菏泽	1 570	张家界	135	河池	616				
大连	4 049	常州	4 449	福建		河南		益阳	1 086	来宾	1 662				
鞍山	6 529	苏州	9 257	福州	1 823	郑州	4 271	郴州	2 155	崇左	370				

部地区,情况复杂多变,差异性显著。排放总量介于2 001~ 5 000 万 t 之间的城市以中部和东部地区城市为主;排放总

量介于 1 001~2 000 万 t 之间的城市仍以中部和东部地区城市为主。低排放城市集中分布于中国中西部地区,城市规模小、城镇人口少、产业集聚度低;排放总量介于 501~1 000 万 t 之间的城市以中部和西部地区城市为主;排放总量低于 500 万 t 的城市多分布于中西部地区。

分析中国城市累积 CO₂ 直接排放及相应的人口、GDP、土地面积的累积量,发现 CO₂ 排放的集聚性要高于其他要素,即存在一定数量的地级市其 CO₂ 排放在中国的占比要明显高于其 GDP、人口、土地面积在中国的占比。中国 50% 的城市排放了 82% 的 CO₂,说明中国城市 CO₂ 排放在分布上存在严重的不均衡性。直接排放前 50% 城市的 GDP 占全中国 GDP 的 77%,直接排放前 50% 城市的人口数量占全国人口的 62%。

3 小 结

建立较为可靠、长时间序列、全口径、全覆盖的中国城市 CO₂ 排放数据集是一项非常艰巨的基础性工作。本研究成立了中国城市温室气体工作组,基于 CHRED 2.0 数据库,建立了较为系统的数据处理流程和工作机制,组织了国内外 86 名研究人员无偿地开展大量基础性工作,高效、高质地完成了 2005 年中国城市 CO₂ 排放数据集,为长期建设、更新、校正和检验中国城市温室气体排放数据库提供了一种全新的模式。随着 CHRED 2.0 数据库的完善与动态更新,中国城市温室气体工作组的成长壮大,中国多年度、高时效和高精准的城市 CO₂ 排放数据将逐年推出和公开。

(编辑:李 琪)

参考文献(References)

- [1] IPCC. Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2014.
- [2] AMASWAMI A, TONG K, FANG A, et al. Urban cross-sector actions for carbon mitigation with local health co-benefits in China [J]. Nature climate change, 2017, 7(10): 736.
- [3] ESTRADA F, BOTZEN W J W, TOL R S J. A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts [J]. Nature climate change, 2017, 7(6): 403-406.
- [4] JORDAN A J, HUITEMA D, HILDEN M, et al. Emergence of polycentric climate governance and its future prospects [J]. Nature climate change, 2015, 5(11): 977-982.
- [5] 蔡博峰. 城市温室气体清单核心问题研究 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014. [CAI Bofeng. Study on key issues of China city carbon emission inventory [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014.]
- [6] 蔡博峰, 杨朝飞, 曹丽斌. 中国城市 CO₂ 排放评估研究 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2017. [CAI Bofeng, YANG Chaofei, CAO Libin. China city CO₂ emissions assessment report [M]. Beijing: China Environment Press, 2017.]
- [7] CHEN Q, CAI B F, DHAKAL S, et al. CO₂ emission data for Chinese cities [J]. Resources, conservation and recycling, 2017, 126: 198-208.
- [8] MARCOTULLIO P J, SARZYNSKI A, ALBRECHT J, et al. The geography of global urban greenhouse gas emissions: an exploratory analysis [J]. Climatic change, 2013, 121(4): 621-634.
- [9] KEPPEL-ALEKS G, WENBERG P O, O' DELL C W, et al. Towards constraints on fossil fuel emissions from total column carbon dioxide [J]. Atmospheric chemistry and physics, 2013, 13(8): 4349-4357.
- [10] CAI B F, LIANG S, ZHOU J, et al. China High Resolution Emission Database (CHRED) with point emission sources, gridded emission data, and supplementary socioeconomic data [J]. Resources, conservation and recycling, 2018, 129: 232-239.
- [11] UNEP, UN-HABITAT, World Bank. International standard for determining greenhouse gas emissions for cities [R]. 2010.
- [12] WRI, C40, ICLFI. Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories: an accounting and reporting standard for cities [R]. 2014.
- [13] 国家发展和改革委员会应对气候变化司. 2005 中国温室气体清单研究 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2014. [Department of Climate Change, National Development and Reform Commission. The People's Republic of China national greenhouse gas inventory 2005 [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2014.]
- [14] 蔡博峰, 王金南, 杨妹影, 等. 中国城市 CO₂ 排放数据集研究——基于中国高空间分辨率网格数据 [J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(2): 1-4. [CAI Bofeng, WANG Jinnan, YANG Shuying, et al. China city CO₂ emission dataset: based on the China high resolution emission gridded data [J]. China population, resources and environment, 2017, 27(2): 1-4.]
- [15] OECD. Cities and climate change [M]. Paris: OECD Publishing, 2010.
- [16] DANIEL H, MILA F, MARCUS J, et al. Cities and climate change responding to an urgent agenda [R]. Washington DC: World Bank, 2011.
- [17] 蔡博峰, 刘春兰, 陈操操. 城市温室气体清单研究 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009. [CAI Bofeng, LIU Chunlan, CHEN Caocao. City's greenhouse gas emission inventory research [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009.]
- [18] 蔡博峰. 国际城市 CO₂ 排放清单研究进展及评述 [J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(10): 72-80. [CAI Bofeng. Advance and review of city carbon dioxide emission inventory research [J]. China population, resources and environment, 2013, 23(10): 72-80.]

China city CO₂ emissions in 2005

CAI Bo-feng¹ LIU Xiao-man² LU Jun¹ WANG Jin-nan¹ LIU Hong-guang³ CHEN Yang⁴ CHEN Zhan-ming⁵
CONG Jian-hui⁶ CUI Zhi-peng⁷ DAI Chun-yan⁸ DONG Hui-juan⁹ FANG Kai¹⁰ FENG Tong¹¹ GUO Jie¹² LI Fen¹³
MENG Fan-xin¹⁴ TANG Wei¹⁵ WANG Geng-zhe¹⁶ XIE Yun-sheng¹⁷ ZHANG Jian-jun¹⁸ AYITUERXUN • Shamxi¹⁹
BUMAIRIYEMU • Maimaiti¹⁹ CAI Wei-guang²⁰ ZENG Sheng²¹ CHANG Pan⁶ CHEN Qian-li¹⁹ CHEN Zhen-guo²¹
SHAN Yu-li²² DING Guan-qiao¹² DU Wei²³ FAN Min¹⁷ FENG Xiang-zhao²⁴ GAN Xiao-yu²⁵ GAO Zhuang-fei²⁶
GU Yu¹⁵ HE Ling-hao²⁷ HE Yao²¹ HU Ming-ming²⁰ HUANG Li-zhen²⁸ HUANG Qiao²⁹ JIA Xiao-ping³⁰ JI Chun-yan¹⁹
LAN Jing¹² LI Shuang³¹ LI Song¹⁹ LI Yao-guang³² LI Zhao-ling³³ LIU He-lin³⁴ LIU Jing-wen³⁵ LIU Qing-yan⁶
LIU Zhu²² LU Fei³⁶ MA Xian-lei¹² OU Jin-pei³⁷ PAN Dong³⁸ SHEN Yang³⁹ SHUI Yue⁴⁰ SUN Lu⁴¹ TAN Xiao-shi⁴²
TANG Ming⁴³ TANG Yi-qi¹⁰ WANG Ke¹⁸ WANG Si-qi³⁰ WANG Xiang-ai⁴⁴ WANG Xiao-pei⁶ WU Jia-jie³⁷ WU Xue-ping⁴⁵
XIAO Lian-xiang¹⁸ XING Wen-ting⁴³ XU Li-xiao²⁹ YE Rui-ke²⁶ YUAN Zi-kun¹² ZHANG Fei-yun¹⁹ ZHANG Yi⁴⁶
ZHANG Ming⁴⁷ ZHANG Qi-feng¹⁰ ZHANG Xi-wen⁴⁸ ZHANG Yu⁴⁹ ZHAO Jing⁵⁰ ZHAO Sheng-nan⁵¹ ZHENG Si-wei¹⁵
ZHOU Lai-you⁵² ZHU Tian-qi¹² CAO Li-bin¹ FENG Le⁵³ LI Dong⁵⁴ LI Yi-jing⁵⁵ LONG Ying⁵⁶ SUN Rui-hong⁵⁷

(1.Chinese Academy for Environmental Planning ,Ministry of Environmental Protection ,Beijing 100012 ,China;

2.Institute of Atmospheric Physics ,Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100029 ,China;3.College of Public Administration ,
Nanjing Agricultural University ,Nanjing Jiangsu 210095 ,China;4.School of Urban and Regional Science ,Shanghai University of Finance
and Economics ,Shanghai 200433 ,China;5.School of Economics ,Renmin University of China ,Beijing 100872 ,China;
6.School of Economics and Management Shanxi University Taiyuan Shanxi 030006 China;7.Consulting Department of E20 Environment Platform ,
Beijing 100195 ,China; 8.Research Center for Economy of Upper Reaches of the Yangtze River ,Chongqing Technology and Business University ,
Chongqing 400067 ,China;9.School of Environmental Science and Engineering ,Shanghai Jiaotong University ,Shanghai 200240 ,China;
10.School of Public Affairs ,Zhejiang University ,Hangzhou Zhejiang 310058 ,China; 11.College of Management and Economic ,
Tianjin University ,Tianjin 300072 ,China;12.College of Land Management ,Nanjing agricultural University ,Nanjing Jiangsu 210095 ,China;
13.Beijing R&D Branch Shenzhen Institute of Building Research Co. Shenzhen Guangdong 518049 China;14.School of Environment and Energy ,
South China University of Technology ,Guangdong Guangzhou 510006 ,China;15.Environmental Policy Center ,Hangzhou Academy of
Environmental Science Hangzhou Zhejiang 310014 ,China;16.School of Architecture ,Eindhoven University of Technology ,Eindhoven 5616SC ,
Netherlands;17.Institute of Energy Research ,Jiangxi Academy of Sciences ,Nanchang Jiangxi 330000 ,China;18.School of Land Science and
Technology China University of Geosciences (Beijing) ,Beijing 100083 ,China;19.School of Management ,Xinjiang Agricultural University ,
Urumqi Xinjiang 830052 ,China;20.School of Construction Management and Real Estate ,Chongqing University ,Chongqing 400044 ,China;
21.School of Finance ,Chongqing Technology and Business University ,Chongqing 400067 ,China;22.School of International Development ,
University of East Anglia ,Norwich NR4 7TJ ,UK;23.Environmental Development Center of Ministry of Environmental Protection ,
Beijing 100029 ,China;24.Policy Research Center for Environment and Economy ,Ministry of Environmental Protection ,Beijing 100029 ,China;
25.College of Architecture Sichuan University ,Chengdu Sichuan 610065 ,China;26.School of Politics and Public Administration ,
Zhejiang University of Technology Hangzhou Zhejiang 310023 ,China;27. U.S. Green Building Council ,Cities and Communities Department ,
Beijing 100085 ,China;28.Faculty of Engineering ,Norwegian University of Science and Technology ,Gjovik 2815 ,Norway;
29.School of Statistics Beijing Normal University ,Beijing 100875 ,China;30.School of Environment ,Qingdao University of Science
and Technology ,Qingdao Shandong 266000 ,China;31.Institute of Remote Sensing and GIS ,Peking University ,Beijing 100871 ,China;
32.School of Environment Beijing Normal University Beijing 100875 ,China;33.Graduate School of Life and Environmental Sciences ,
University of Tsukuba ,Tsukuba 305-0005 Japan;34.School of Architecture and Urban Planning Huazhong University of Science and Technology ,
Wuhan Hubei 430074 ,China;35.College of Engineering ,Northeastern University ,Boston 02115 ,USA;36.Institute of Planning Hebei Institute of
Environmental Sciences ,Shijiazhuang Hebei 050037 ,China;37.College of Geography and Planning ,Sun Yat-sen University ,
Guangzhou Guangdong 510275 China;38.College of Environmental Science and Engineering Beijing Forestry University ,Beijing 100083 China;

39.Faculty of International Business & Languages ,Ningbo Polytechnic ,Ningbo Zhejiang 315800 ,China; 40.School of Finance ,
Chongqing Technology and Business University ,Chongqing 400067 ,China; 41.Center for Social and Environmental Systems Research ,
National Institute for Environmental Studies ,Tsukuba 305-0005 ,Japan; 42. No.714 Institute ,China Shipbuilding Industry Corporation ,
Beijing 100192 ,China; 43.School of Management ,Chongqing Technology and Business University ,Chongqing 400067 ,China;
44.College of Chemistry and Material ,Weinan Normal University ,Weinan Shanxi 714099 ,China; 45.School of Economics and Management ,
Fuzhou University ,Fuzhou Fujian 350001 ,China; 46.College of Environmental Science and Engineering ,Yangzhou University ,
Yangzhou Jiangsu 225000 ,China; 47.School of Management ,China University of Mining and Technology ,Xuzhou Jiangsu 221116 ,China;
48.College of Urban and Environmental Sciences ,Peking University ,Beijing 100871 ,China; 49.College of Public Administration ,
Inner Mongolia University Hohhot Inner Mongolia 010070 China; 50.School of Economics ,Jiangsu University ,Zhenjiang Jiangsu 212013 China;
51.Faculty of Resources and Environmental Sciences ,Chifeng College ,Chifeng Inner Mongolia 024000 ,China; 52.School of Economics and
Management Xinyu University ,Xinyu Jiangxi 338004 ,China; 53. Institute of Ecology and Urban Environment ,Beijing Municipal Research
Institute of Environmental Protection ,Beijing 100037 ,China; 54.Innovation Center for Technology ,Beijing Tsinghua Tongheng Urban
Planning & Design Institute Beijing 100085 ,China; 55.Center of Interdisciplinary Methodologies ,Peking University HSBC Business
School UK Campus ,Oxford 100871 ,UK; 56.School of Architecture ,Tsinghua University ,Beijing 100062 ,China;
57.School of Management ,Shanghai University of Engineering Science ,Shanghai 021620 China)

Abstract The amount of carbon dioxide (CO₂) emissions in 2005 sets a baseline for a series of China's commitments to the mitigation and adaptation of climate change , such as the Intended Nationally Determined Contributions , and also marks a starting point for city carbon reduction and low carbon transitions in China. Therefore , consistent and accurate emission datasets with full coverage of cities in China would be indispensable and meaningful. Data on CO₂ emissions of Chinese cities in 2005 was built upon the China High Resolution Emission Gridded Database (CHRED 2.0) , with supplement from statistical data at the city level and numerous on-site surveys and investigations. This dataset provides emission data from 7 sectors including industrial energy , industrial processes , agriculture , service , urban household , rural household , transportation , and indirect emissions. Large efforts had been made to improve the accuracy and precision of the dataset based on extensive verification and cross-validation from typical enterprises , individual sectors , total industrial sectors and total fossil fuel consumption of cities. The results revealed that large discrepancies existed between cities in terms of both CO₂ emission quantity and spatial pattern. The emissions of top 10 cities were substantially higher than those of the bottom 10 cities (almost by two orders of magnitude) . Most high emitters are central cities of urban agglomerations. Direct emissions of eastern cities accounted for 44.59% of total direct emissions of all cities , followed by western cities (21.76%) , central cities (22.70%) and northeast cities (10.95%) .

Key words city; CO₂ emissions dataset; China High Resolution Emission Gridded Database