

冯相昭 蔡博峰 王敏 等. 中国资源型城市 CO₂ 排放比较研究[J]. 中国人口·资源与环境 2017 27(2): 5-9. [FENG Xiangzhao, CAI Bofeng, WANG Min, et al. A comparative study on CO₂ emission of resource-based cities in China[J]. China population, resources and environment, 2017, 27(2): 5-9.]

中国资源型城市 CO₂ 排放比较研究

冯相昭¹ 蔡博峰² 王敏¹ 王金南² 曹丽斌²

(1. 环境保护部环境与经济政策研究中心, 北京 100029; 2. 环境保护部环境规划院, 北京 100012)

摘要 城市,特别是资源型城市,作为践行国家应对气候变化战略行动的重要主体,在绿色发展转型以及生态文明建设进程中正面临诸多现实挑战。资源型城市能否实现低碳发展转型,关乎我国在国际社会上承诺的中长期碳减排目标能否最终实现。为此,本研究基于中国高空间分辨率网格数据(CHRED),综合运用DPSIR(驱动力-压力-状态-影响-响应)、分类比较研究和情景分析等方法,对我国126个资源型城市的CO₂排放特征进行了系统分析,揭示了这些城市在能源结构和产业结构方面面临的诸多挑战,分析了这些城市未来碳排放趋势和碳减排潜力。研究结果显示:在正常达峰情景下,2030年126个资源型城市将以72.65亿t的CO₂排放量达峰,约占当年全国CO₂排放总量的60%;在提前达峰情景下,资源型城市将在2025年以53.78亿t的CO₂排放量达峰,约占当年全国CO₂排放总量的45%左右。最后,针对我国资源型城市的绿色低碳发展转型以及碳排放达峰管理提出几点建议:一是加强能源统计工作,促进资源型城市碳排放信息化管理平台建设;二是加强体制机制建设,健全资源型城市绿色低碳转型制度体系;三是改善以煤炭等化石燃料为主导的能源消费结构,提高清洁能源利用的比重;四是加快绿色低碳技术发展,推动产业优化升级和碳排放强度明显下降。

关键词 资源型城市; CO₂ 排放; DPSIR 分析; 低碳发展转型

中图分类号 X196 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2017)02-0005-05 doi: 10.3969/j.issn.1002-2104.2017.02.002

城市是能源消耗和温室气体排放的主要贡献者,同时也是开展碳减排行动和实施低碳发展战略的重要主体。IPCC第五次评估报告及相关研究表明,城市经济总量约占全球GDP的80%,其能源消耗量约占全球能耗总量的67%—76%,所产生的CO₂排放量占全球排放总量的71%—76%^[1]。我国也不例外。城市,特别是资源型城市,作为践行国家应对气候变化战略行动的重要主体,在绿色发展转型以及生态文明建设进程中正面临诸多现实挑战。依据国务院发布的《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》,城市可划分为资源型城市和非资源型城市,其中资源型城市是以本地区矿产、森林等自然资源开采、加工为主导产业的城市。我国现有262个资源型城市,其中包括邯郸、邢台、大同、长治等126个地级市,而乌海、阜新、抚顺、辽源等24个资源型城市更是被列为资源衰退型城市。资源型城市作为我国重要的能源资源战略保障基地,与其他非资源型城市相比,面临着更为严峻的现实挑战,即高度依赖化石燃料、重污染工业产能过剩、战略新兴产业培育不足、大气环境质量恶化和温室

气体减排等多重挑战。

我国中长期碳减排目标能否最终实现,资源型城市的低碳转型是关键。2015年6月30日,中国政府向联合国气候变化框架公约秘书处提交了国家自主贡献(INDC)文件,提出了我国的CO₂排放将在2030年左右达到峰值并争取尽早达峰,2030年单位国内生产总值CO₂排放比2005年下降60%—65%,非化石能源占一次能源消费比重达到20%左右等目标^[2]。基于中国高空间分辨率网格数据(CHRED)的测算结果表明,2012年126个地级资源型城市工业能源消费约占全国的45.7%,CO₂排放约占全国的42.7%,而其GDP仅占全国的24.4%。此外,目前我国36个低碳试点城市中,资源型城市仅有11个,即吉林、金昌、延安、晋城、广元、池州、赣州、景德镇、南平、大兴安岭和呼伦贝尔。

鉴于此,本研究拟采用基于中国高空间分辨率网格数据(CHRED),开展资源型城市CO₂排放比较研究,旨在探讨我国资源型城市的绿色低碳转型路径,提出促进绿色低

收稿日期: 2016-11-29

作者简介: 冯相昭, 博士, 副研究员, 主要研究方向为能源、环境与气候变化政策分析。E-mail: feng_xiangzhao@prcee.org.cn。

通讯作者: 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: 国家自然科学基金资助项目“基于排放-传输-暴露模型的中国碳市场环境的影响研究”(批准号: 71673107)。

碳发展以及 CO₂ 排放提前达峰的相关对策建议。

1 研究方法 with 数据

1.1 研究方法

本研究主要运用 DPSIR(驱动力-压力-状态-影响-响应)模型、分类比较研究与情景分析等方法,分析我国资源型城市的碳排放影响因素、排放特征以及未来排放趋势。其中 DPSIR(驱动力-压力-状态-影响-响应)模型目前在环境经济领域研究中应用广泛,它的雏形是由 OECD(经济合作及发展组织)提出的“压力-状态-响应”(PSR)模型框架,联合国在此基础上将其发展成“驱动力-状态-响应”(DSR)模型框架,而欧洲环境署综合以上两种模型,最终提出 DPSIR 概念框架模型^[3]。在 DPSIR 模型中,“驱动力”是造成环境变化的潜在原因^[3-4],主要通过描述城市社会经济发展趋势、产业结构以及城镇化进程的宏观指标来反映,如本研究中选择 GDP 总量、人均 GDP 和第二产业占比等指标。“压力”是指人类活动对自然资源环境的影响^[3],如可选择单位工业增加值能耗指标表征资源能源利用压力^[6];“状态”是指环境在上述压力下所处的状况^[5],主要表现为区域的资源消费状况和环境污染水平,可通过单位 GDP 碳排放强度、单位面积碳排放强度以及人均碳排放等指标综合反映^[7-8];“影响”是指系统所处状态对环境及社会经济结构的影响^[5]。本研究根据数据可得性,选用了反映碳排放绩效水平的碳生产率指标加以表征。“响应”表明人类在应对环境的各种影响时采取的对策和制定的积极政策,为简化分析,这里主要考虑是否参与国内低碳城市试点或低碳交通试点等政策措施选项。基于此,本研究构建了资源型城市碳排放评价指标体系(见表1)。指标体系分为三层:目标层、准则层和指标层^[7],其中准则层体现了 DPSIR 的分析逻辑。指标属性则分为正向和逆向两大类,其中正向表示所对应指标数值越大,碳排放越大;逆向则表示指标数值越大,碳减排潜力越大或碳减排效果越好。

分类比较研究以 126 个地级资源型城市碳排放特征分析为基础,比较的对象主要包括全国非资源性城市、国内低碳标杆城市和 11 个开展低碳试点的资源型城市三类,重点分析的指标包括单位工业增加值能耗强度、万元 GDP 碳排放强度、人均碳排放量以及单位面积碳排放强度。

此外,本研究还运用情景分析方法,通过设置不同减排情景,结合我国自主国家承诺目标、相关强化低碳行动以及运用趋势外推方法所做的宏观经济预测,开展资源型城市的减排潜力以及排放达峰分析。

1.2 数据

本研究采用基于中国高空间分辨率网格数据(CHRED)

建立的中国地级市 CO₂ 排放清单数据,详见本期“中国城市 CO₂ 排放数据集研究”。非地级市(地级行政单位)数据来自 CHRED 和辅助数据计算所得,涵盖 340 个地级行政单位(含济源等 4 个省直管县级市),数据年份为 2012 年。

2 结果与分析

2.1 DPSIR 结果分析

我国资源型城市碳排放综合评价结果如表 2 所示。

驱动力分析:从产业结构看,资源型城市第二产业占比平均为 53.9%,资源衰退型城市为 56.7%,其中新疆克拉玛依市、青海海西蒙古族藏族自治州、黑龙江大庆市、四川攀枝花市、甘肃金昌市五个城市产业结构最重,以煤炭石油开采、火电、钢铁、建材等高能耗高排放行业为主导,

表 1 资源型城市碳排放综合评价指标体系

Tab. 1 Comprehensive evaluation index system of carbon emission in resource-based cities

准则层	指标层	指标属性
驱动力	GDP 总量/亿元	正向
	人均 GDP/万元	正向
	第二产业占 GDP 比重/%	正向
压力	单位工业增加值能耗/t 标准煤/万元	正向
	单位 GDP 碳排放强度/tCO ₂ /万元	正向
状态	单位面积碳排放强度/tCO ₂ /km ²	正向
	人均碳排放/tCO ₂ /人	正向
影响	碳生产率/万元 GDP/tCO ₂	逆向
响应	低碳城市试点/个	逆向

表 2 资源型城市碳排放综合评价表

Tab. 2 Comprehensive evaluation of carbon emissions in resource-based cities

准则层	指标层	全部城市	全部资源型城市	资源衰退型城市
驱动力	GDP 总量/亿元	591 958.40	144 620.70	16 979.00
	人均 GDP/万元	4.22	4.22	4.50
	第二产业占 GDP 比重/%	50.00	53.90	56.70
压力	单位工业增加值能耗/t 标准煤/万元	3.68	5.21	6.84
	单位 GDP 碳排放强度/tCO ₂ /万元	2.41	3.43	4.54
状态	单位面积碳排放强度/t/km ²	3 290.90	3 769.36	5 677.04
	人均碳排放 t/人	10.15	14.26	20.82
影响	碳生产率/万元/t	0.74	0.47	0.32
响应	低碳城市试点/个	36	11	1

第二产业占比分别高达 88%、81.4%、80.9%、75.9% 和 75.8%，明显高于全国 340 个城市的平均水平(50%)。

压力分析: 从单位工业增加值能耗平均水平来看, 资源型城市和资源衰退型城市则分别为 5.21 t 标准煤/万元和 6.84 t 标准煤/万元, 相当于全国平均水平的 1.41 倍和 1.85 倍, 其中七台河、毕节、石嘴山、平凉、运城 5 个城市工业能耗强度最高。

状态分析: 产业结构过重, 加上能源消费过度依赖煤炭、石油等化石燃料, 直接导致了资源型城市的碳排放强度和人均碳排放明显高于全国平均水平。以单位 GDP 碳排放强度为例, 资源型城市和资源衰退型城市分别为 3.43 tCO₂/万元、4.54 tCO₂/万元, 而全国 340 个城市平均碳排放强度仅为 2.41 tCO₂/万元。

影响分析: 从经济发展的碳排放绩效来看, 全国城市的平均碳生产率为 0.74 万元/tCO₂, 是资源型城市平均水平的 1.6 倍。

响应分析: 从低碳城市试点情况来看, 参与试点的城市不足全国城市总数的 11%, 而在 126 个资源型城市中, 参与低碳试点的仅有 11 个, 其中资源衰退型城市仅有景德镇市。

2.2 分类比较研究结果

从上面讨论可以看出, 资源型城市整体的能耗水平、碳排放强度等指标逊于国内城市的平均水平, 与国内低碳试点城市相比, 差距更加明显。就低碳城市而言, 2012 年低碳城市单位工业增加值平均能耗为 2.99 t 标准煤/万元, 仅相当于资源型城市平均水平的 57.5%; 单位 GDP 碳排放强度为 1.96 tCO₂/万元, 相当于资源型城市平均水平的 57.2%; 人均碳排放为 10.48 tCO₂, 分别相当于资源型城市和资源衰退型城市的 73.5% 和 50%。以低碳试点绩效较好的城市——深圳为例, 2012 年其单位工业增加值平均能耗、单位 GDP 碳排放强度以及人均碳排放分别为

0.16 t 标准煤/万元、0.15 tCO₂/万元和 1.85 tCO₂, 远远好于资源型城市平均水平。

即使是资源城市, 若其能以“低碳转型”为发展方向, 积极践行低碳发展策略, 则可挖掘极大的减碳空间, 如图 1 所示。参与低碳试点城市试点的 11 个资源型城市中, 延安、赣州、南平、广元、景德镇和大兴安岭地区等 6 个资源型城市的单位 GDP 碳排放强度低于全国平均水平, 7 个城市优于全国资源型城市平均水平。

从涵盖的范围来看, 本研究分析的 340 个地级行政单位中, 资源型城市占比为 37%; 在 126 个资源型城市中, 第二产业占比超过 50% 的城市有 82 个, 占全部资源型城市总数的 65%; 在第二产业占比超过 50% 的 82 个资源型城市中, 单位 GDP 碳排放强度高于全国水平 2.41 tCO₂/万元的城市有 51 个, 占比为 62% (见图 2)。由此看来, 这 51 个城市未来具有很大的 CO₂ 减排潜力, 应着力推进这些城市的产业升级改造、能源结构改善以及低碳发展体制机制等工作。这些城市包括七台河、石嘴山、乌海、铜川、淮北、抚顺、枣庄等煤炭资源型城市, 且大多数也是资源衰退型城市。

2.3 情景分析结果

为分析资源型城市的碳潜力以及排放达峰路径, 本研究构建了基准情景、正常达峰和提前达峰三种情景, 其中基准情景假设没有额外的碳排放约束, 资源型城市的碳排放强度冻结在 2012 年基年水平, 2013—2015 年、2016—2020 年、2021—2025 年、2026—2030 年 GDP 平均增速分别为 8%、7%、6.7% 和 6.2%; 正常达峰情景是指资源型城市采取一系列能源结构改善措施、产业结构优化、发展低碳交通等措施, 保证到 2030 年单位 GDP 碳排放强度在 2012 年基础上下降 50%, GDP 平均增速与基准情景假设相同; 提前达峰情景假设资源型城市采取强化的碳减排措施, 保证碳排放达峰时间由 2030 年提前至 2025 年, 其他

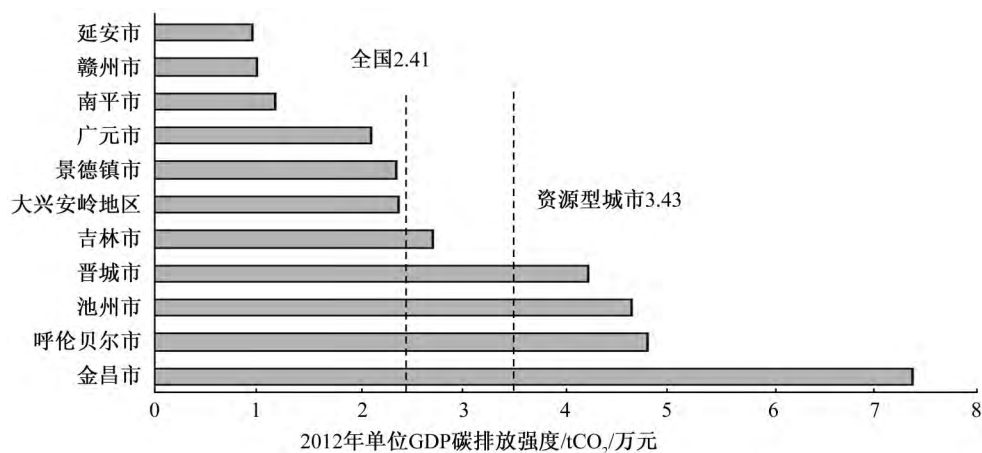


图 1 11 个参与低碳试点的资源型城市碳排放强度比较

Fig. 1 Comparison of carbon emission intensity of resource-based cities implementing national low-carbon pilot projects

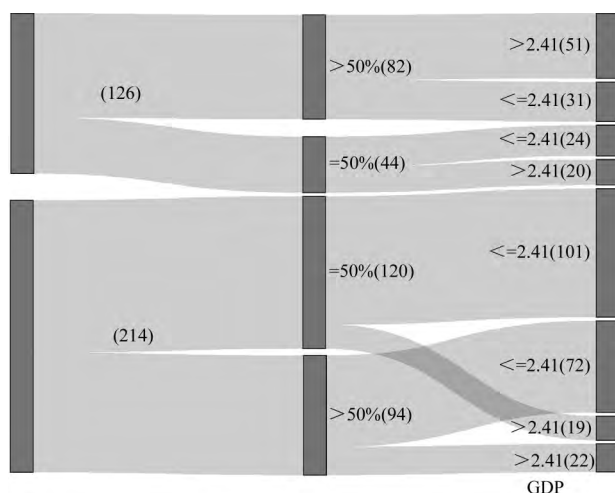


图2 资源型城市与非资源型城市类比研究图
Fig.2 Comparison between resource-based and non resource-based cities

条件与正常达峰情景相同。

情景分析的结果如图3所示。可以看出,基准情景下,2030年资源型城市的排放高达145亿tCO₂,由于中国承诺将在2030年左右提前达峰,且全国的CO₂排放峰值可能保持在120亿t左右,所以基准情景肯定不会发生。比较而言,正常达峰情景下,2030年资源型城市GDP总量约占全国的34%,同时将以72.65亿t的CO₂排放量达峰,约占当年全国CO₂排放总量的60%。在提前达峰情景下,资源型城市将在2025年以53.78亿t的CO₂排放量达峰,约占当年全国CO₂排放总量的45%左右,届时资源型城市GDP总量约占全国的32%。

3 结论与讨论

通过上面讨论分析发现,我国资源型城市具有过于依赖化石能源、产业结构过重、战略新兴产业发展不足等鲜

明特征,这些因素在很大程度上制约了资源型城市绿色低碳战略的实施以及CO₂排放管理工作的有效开展。不过,也应注意到机遇与挑战并存,资源型城市尽管绿色低碳转型形势严峻,但仍存在很大的碳减排空间。特别是51个第二产业比重超过50%且碳排放强度超过全国平均水平的资源型城市,它们将是中国实现国家自主承诺目标的主力军,这些城市的提前达峰不仅可以有效缓解中国在国际气候治理进程中的碳减排压力,同时也可以为其他广大发展中国家探索绿色低碳发展路径提供经验借鉴。

具体到我国资源型城市的低碳发展转型和达峰路径选择,可以着重从以下几个方面开展工作:

一是加强能源统计工作,促进资源型城市碳排放信息化管理平台建设。重视城市能源统计基础能力建设和碳排放清单编制工作,加强能源核算和应对气候变化信息化管理平台建设,努力构建碳认证、碳金融等低碳服务体系。

二是加强体制机制建设,健全资源型城市绿色低碳转型制度体系。要尽快构建绿色低碳发展的管理体制和工作机制,推进绿色低碳发展理念有机地融入当地社会经济发展规划,借鉴第一批、第二批低碳城市试点经验教训,鼓励有条件的资源型城市积极参加第三批国家低碳城市试点,加快制定绿色低碳专项行动方案,为城市全面开展应对气候变化和绿色低碳工作提供有效的制度保障。

三是改善能源结构,提高一次能源消费结构中清洁能源的比重。努力降低对当地资源禀赋较多的煤炭、石油等化石燃料的过度依赖,因地制宜发展风电、光伏、水电等可再生能源,积极推进煤层气、天然气以及非常规天然气(页岩气)等清洁燃料的开发利用,同时探索资源型城市能源消费总量控制和煤炭总量控制制度体系建设。

四是加快绿色低碳技术研发和推广应用,推动产业升级和碳排放强度明显下降。加大绿色低碳技术的支持力度,加快工业燃煤锅炉的清洁化改造,推动资源型城

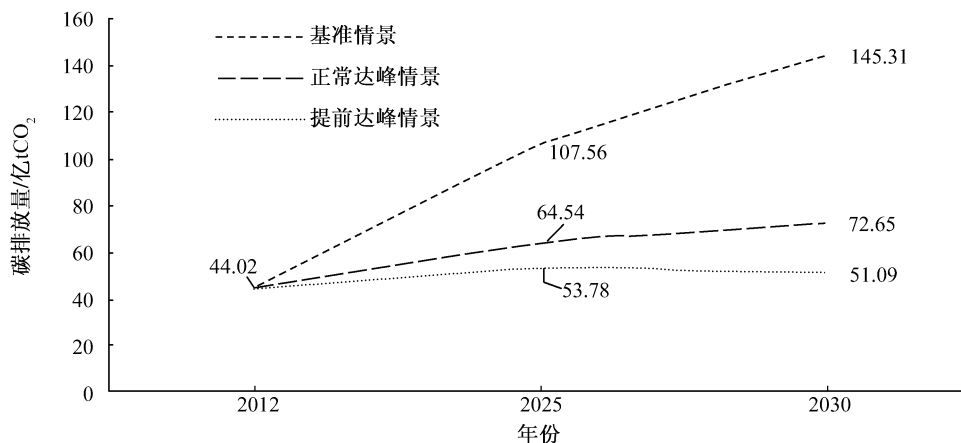


图3 三种情景资源型城市碳排放趋势
Fig.3 Trends of carbon emissions of resource-based cities under three scenarios

市电力、冶金、建材、煤化工等资源密集型产业的低碳化改造, 积极培育节能环保等战略性新兴产业, 努力提高服务业在产业结构中的比重, 以达到单位工业增加值碳排放强度以及单位 GDP 碳排放强度显著降低的目的。

(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]. United Kingdom, Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [2] HE J K. China's INDC and non-fossil energy development [J]. Advances in climate change research, 2015(6): 210-215.
- [3] 邵超峰, 鞠美庭. 基于 DPSIR 模型的低碳城市指标体系研究 [J]. 生态经济, 2010(10): 95-99. [SHAO Chaofeng, JU Meiting. Study of the index system of low-carbon cities based on DPSIR Model [J]. Ecological economy, 2010(10): 95-99.]
- [4] JESINGHAUS J. Indicators for decision making [EB/OL]. European commission, 1999. <http://esl.jrc.it/envind/idm/idme.htm>.
- [5] SVARSTADA H, PETERSEN L K, et al. Discursive biases of the environmental research framework DPSIR [J]. Land use policy, 2008(1): 116-125.
- [6] 邓明君. 湘潭市规模以上工业企业能源消耗碳排放分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(1): 64-69. [DENG Mingjun. Analysis on the carbon emission of municipal-scale industrial enterprises in Xiangtan City [J]. China population, resources and environment, 2011, 21(1): 64-69.]
- [7] 朱婧, 汤争争, 刘学敏, 等. 基于 DPSIR 模型的低碳城市发展评价——以济源市为例 [J]. 城市问题, 2012(12): 42-47. [ZHU Jing, TANG Zhengzheng, LIU Xuemin, et al. An assessment study of urban low carbon development based on DPSIR model: taking Jiuyuan City as a case [J]. City issues, 2012(12): 42-47.]
- [8] 陈飞, 诸大建. 低碳城市研究的理论与上海实证分析 [J]. 城市发展研究, 2009(10): 71-79. [CHEN Fei, ZHU Dajian. Theory of research on low-carbon city and Shanghai empirical analysis [J]. Urban development studies, 2009(10): 71-79.]

A comparative study on CO₂ emission of resource-based cities in China

FENG Xiang-zhao¹ CAI Bo-feng² WANG Min¹ WANG Jin-nan² CAO Li-bin²

(1. Policy Research Center for Environment and Economy of the Ministry of Environmental Protection, Beijing 100029, China;
2. Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100029, China)

Abstract As key players of national climate change mitigation action, cities, especially resource-based cities, have to face many practical challenges in the course of green development and ecological civilization construction. The realization of China's CO₂ emission reduction target in middle term and long term will depend on whether our resource-based cities can achieve the successful transformation of low-carbon development. Based on China's high spatial resolution grid database (CHRED) towards 340 prefecture-level cities, this study analyzes the carbon dioxide emission characteristics of 126 resource-based cities in China, by using DPSIR (Driving Force-Pressure-State-Response-Response) framework, analogy studies and scenario analysis. This paper also reveals the challenges they faced in terms of urban energy consumption structure and industrial structure, and explores the future CO₂ emission trends and carbon emission reduction potential of the proposed cities. The results show that under usual peak scenario, CO₂ emission in 126 resource-based cities will attain a peak value of 7.265 billion tons in 2030, accounting for about 60% of total CO₂ emission in China. And in early peak scenario, CO₂ emission of all resource-based cities will peak with 5.378 billion tons in 2025, representing about 45% of total CO₂ emission in China. Finally, the study puts forward the following countermeasures and suggestions on the transformation of low-carbon development and achieving carbon emission peak of resource-based cities in China: First, strengthen capacity building on energy statistics work, and promote information management platform of carbon emissions performance in the resource-based cities. Second, enhance institutional capacity building in terms of green & low-carbon development. Third, improve current primary energy consumption structure with fossil fuels dominated, and increase the share of clean fuels in energy mix. Fourth, accelerate the development of green & low-carbon technology, promote the optimization and upgrading of traditional industries, and facilitate remarkable reduction of carbon emission intensity in the resource-based cities.

Key words resource-based cities; carbon dioxide emissions; DPSIR analysis; urban low-carbon development transformation