

文章编号: 2096-1618(2025)02-0245-06

基于长期能源替代规划系统模型的重庆市 重点行业碳达峰路径研究

潘琳燕, 刘伟, 潘介榆, 唐澜, 赵妍, 杜孟, 杨勋渝
(成都信息工程大学资源环境学院, 四川 成都 610225)

摘要:重庆市作为中国老工业之都,工业能源供需矛盾突出,加快推进重庆市实现工业领域碳达峰具有现实意义。通过设置4级活动水平构建LEAP模型,结合情景分析法设置基准情景、节能情景、低碳情景、节能+低碳情景4种情景,模拟2021–2040年重庆市工业领域重点行业碳排放达峰情况,并结合单因子分析法探究重庆市碳减排路径。结果表明:(1)重点行业均可实现2030年前碳达峰,基准情景、节能情景、低碳情景、节能+低碳情景下分别于2030、2029、2029、2027年达峰,峰值大小依次为122.43、117.06、115.40、112.98 MtCO₂。(2)工业增加值由高速率转为低速率时,峰值将减少2.44~4.12 MtCO₂,工业增加值对碳减排贡献最大,其次为重点行业能源结构、重点行业增加值占工业增加值比重、重点行业能源强度。(3)建议参考基准情景发展模式,将推动工业经济高质量增长作为实现重点行业碳达峰目标的首要发展路径,加快工业能源结构绿色低碳转型,提高工业能源利用效率,降低工业能源强度。

关键词:碳达峰;LEAP模型;情景分析法;重点行业;重庆市

中图分类号:X321

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2025.02.017

0 引言

改革开放以来,社会经济的快速发展已使中国成为全球碳排放大国^[1],工业为主的产业结构和化石能源为主的能源消费结构导致中国碳排放量长期居高不下^[2]。气候变化是全球共同面临的重大挑战,积极应对气候变化已形成世界共识^[3]。二氧化碳排放是引起气候变化的主要贡献者,2020年9月,中国在第75届联合国大会上承诺“二氧化碳排放力争2030年前达到峰值,争取2060年前实现碳中和”^[4]。2021年3月,全国两会将“碳达峰”“碳中和”写入政府工作报告,指出要把碳达峰纳入生态文明建设整体布局^[5],经济与生态环境的协调发展上升到新高度。工业推动重庆市经济快速发展,对地区GDP增长的贡献率达40%以上,工业能源消费占到全市能源消费总量的50%左右。工业领域又以传统高耗能行业为主,传统高耗能行业的单位产值能耗比世界平均水平高20%~50%^[6]。重庆市作为中国首批国家低碳试点城市之一,积极响应双碳目标,在《重庆市工业领域碳达峰实施方案》(渝经信发[2023]4号)中提出“确保二氧化碳排放于2030年前达到峰值”目标要求^[7]。重庆市

是成渝地区双城经济圈的重要经济增长极,工业化、城镇化快速发展的同时,还面临工业能源供需矛盾和碳排放总量持续增长压力,推进工业领域碳减排工作刻不容缓。

碳减排路径一直是国内外可持续发展研究的重点,长期能源替代规划系统模型(long-range energy alternatives planning system, LEAP)具有结构稳定、数据输入透明灵活等优势^[8]。目前国内外学者应用LEAP模型进行宏观尺度的碳排放相关研究主要集中在国家^[9–10]和省级^[11]层面,Emodi等^[12]基于LEAP模型预测了尼日尼亚能源需求量和温室气体排放量;苗安康等^[13]构建LEAP-Jiangsu模型模拟了多情景下江苏省碳达峰时间与碳达峰峰值大小。从行业角度出发,碳排放相关研究主要集中在高能耗和高排放行业,包括工业^[14–15]、道路交通^[16–18]、建筑^[19–20]、电力^[21–23]等重点行业。LEAP模型研究主要集中在能源消耗、温室气体排放、碳减排路径选择等方面,多从宏观层面分析中国经济社会发展面临的能源和环境问题,研究内容偏向于综合性建设,研究结果难以具体运用到城市建设中。因此,以重庆市工业领域重点行业为切入点,构建LEAP模型分析2021–2040年重点行业碳排放情况,研究重点行业碳排放达峰路径,对于推动重庆市工业绿色低碳转型发展具有参考价值。

收稿日期:2023-10-18

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划资助项目(202210621043)

通信作者:刘伟. E-mail:welingq@163.com

1 研究方法

1.1 重点行业筛选

《中华人民共和国 2017 年国民经济和社会发展统计公报》(2018 年)、《战略性新兴产业分类(2018)》等文件将工业中各行业分类为“传统高耗能行业”和“新兴制造业”,为确保本研究选取的重点行业具有代表性和主导性,优先选择重庆市传统高耗能行业 and 新兴制造业中工业增加值、能源消耗量和碳排放量较大的行业作为重点行业^[24-26]。

根据重庆市工业现状,选取传统高耗能行业中的化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、电力热力生产和供应业以及

新兴制造业中的汽车制造业、计算机通信和其他电子设备制造业共 6 个行业作为重庆市重点行业。

1.2 LEAP 模型构建

本研究的基准年为 2020 年,研究时段为 2021–2040 年。通过设置 4 级活动水平构建 LEAP 模型,各级活动水平具体情况如下:(1)活动水平 1(部门):重庆市工业增加值(万元);(2)活动水平 2(次级部门):传统高耗能行业、新兴制造业占重庆市工业增加值的比重;(3)活动水平 3(行业):重点行业增加值占工业增加值比重,重点行业能源强度;(4)活动水平 4(能源):重点行业能源结构。

能源加工转换过程涉及多种能源的生产、运输和分配等部分,本研究构建的模型主要考虑发电环节。LEAP 模型四级活动水平具体结构见表 1。

表 1 LEAP 模型四级活动水平结构表

部门	次级部门	行业	能源
重点行业	传统高耗能行业	化学原料及化学制品制造业	原煤、焦炭、汽油、煤油、柴油、天然气、电力
		非金属矿物制品业	原煤、焦炭、汽油、煤油、柴油、天然气、电力
		黑色金属冶炼及压延加工业	原煤、焦炭、汽油、柴油、天然气、电力
		电力热力生产和供应业	原煤、汽油、柴油、天然气、电力
	新兴制造业	汽车制造业	原煤、焦炭、汽油、煤油、柴油、天然气、电力
		计算机通信和其他电子设备制造业	原煤、汽油、柴油、天然气、电力

1.3 情景方案设计

根据经济增长稳定性、工业结构转变速率、节能减排技术发展推行以及清洁能源开发利用情况,设定基准情景、节能情景、低碳情景和节能+低碳情景的 4 种情景,4 种情景方案设计如表 2 所示。参考《重庆市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》(渝府发[2021]6 号)、《重庆市生态环境保护“十四五”规划》(渝府发[2022]11 号)、《重庆市能源发展“十四五”规划(2021–2025 年)》(渝府办发[2022]48 号)等政策规划要求^[27],结合工业领域重点行业现状与发展机遇,设置工业增加值、各行业增加值占工业增加值比重、各行业能源强度、各行业能源结构等影响碳排放因素的发展速率如下。

(1)工业增加值:《重庆市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》(渝府发[2021]6 号)指出重庆市“十四五”期间工业增加值每年增速不低于 6%,以此作为重庆市工业增加值低速率模式下初始阶段的参照情景,经济高质量增长下重庆市工业经济增长速度将不断放缓,重庆市工业增

加值增速会持续降低。

(2)重点行业增加值占工业增加值比重:《重庆市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》(渝府发[2021]6 号)要求“十四五”期间大力发展新兴制造业,放缓传统高耗能行业发展,同时参考新型制造业和传统高耗能行业占工业增加值比重设定参数值。

(3)重点行业能源强度:2011–2020 年重庆市工业部门能源强度总体下降,《重庆市生态环境保护“十四五”规划》(渝府发[2022]11 号)中明确要求 2025 年重庆市工业能源强度下降率达到 16% 左右,随着时间的推移,能源强度减小趋势会不断减缓。

(4)重点行业能源结构:《重庆市能源发展“十四五”规划(2021–2025 年)》(渝府办发[2022]48 号)指出持续提高清洁能源供给占比,2025 年非化石能源消费比重提高到 25%。同时,根据重庆市重点行业能源消费结构,各行业各种能源消耗占比情况,设定重点行业能源结构参数。

4 种参数的发展速率值设定如表 3 所示。

表 2 情景方案设计

情景	工业增加值	重点行业增加值占工业增加值比重	重点行业能源强度	重点行业能源结构
基准情景	低速率	低速率	低速率	低速率
节能情景	低速率	低速率	高速率	高速率
低碳情景	高速率	高速率	低速率	低速率
节能+低碳情景	高速率	高速率	高速率	高速率

表 3 参数发展速率设定 单位:%

参数		模式	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年
工业增加值增速		低速率	6.5	5.0	4.0	3.5
		高速率	6.0	4.5	3.5	3.0
重点行业增加值 占工业增加值比 重增速	传统高耗能行业	低速率	-1.0	-1.2	-1.35	-1.45
		高速率	-1.1	-1.35	-1.55	-1.7
	新兴制造业	低速率	0.2	0.35	0.45	0.5
		高速率	0.25	0.45	0.6	0.7
能源强度增速		低速率	1.25	1.4	1.5	1.55
		高速率	1.35	1.5	1.6	1.65
能源结构增速	化石能源	低速率	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6
		高速率	-1.6	-1.2	-0.9	-0.7
	非化石能源	低速率	2.0	1.4	1.0	0.8
		高速率	2.5	1.8	1.3	1.0

1.4 数据来源

重庆市工业增加值、工业结构、重点行业能源消费等数据来源于《重庆市统计年鉴》(2012-2021);能源碳排放因子数据来源于《省级温室气体清单编制指南》(发改办气候[2011]1041 号);碳排放数据来源于中国碳排放核算数据库^[28]。

2 结果与分析

2.1 碳排放模拟预测

重庆市工业领域重点行业不同情景下碳排放总量趋势如图 1 所示。重庆市重点行业碳排放总量达峰时

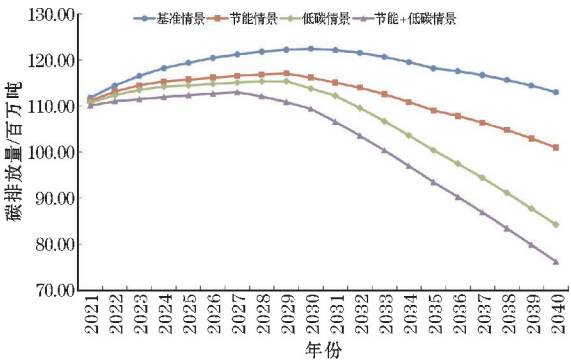


图 1 4 种情景下重点行业碳排放总量变化趋势图

间为 2027-2030 年,峰值大小112.98 ~122.43 MtCO₂。不同情景下,重点行业碳达峰时间与峰值大小各不相同。节能+低碳情景下碳达峰时间最早,达峰时间为 2027 年,峰值大小为112.98 MtCO₂;其次为节能情景和低碳情景,达峰时间为 2029 年,峰值大小分别为 117.06 MtCO₂、115.40 MtCO₂;基准情景下碳达峰时间最晚,达峰时间为 2030 年,峰值大小为122.43 MtCO₂。

具体行业碳排放量变化趋势如图 2 所示。化学原料及化学制品制造业碳排放总量达峰时间为 2027-2031 年,峰值大小22.61 ~24.31 MtCO₂;非金属矿物制品业碳排放总量达峰时间为 2028-2030 年,峰值大小31.11 ~33.59 MtCO₂;黑色金属冶炼及压延加工业碳排放总量达峰时间为 2027-2030 年,峰值大小8.14 ~8.67 MtCO₂;电力热力生产和供应业碳排放总量达峰时间为 2027-2030 年,峰值大小52.63 ~55.49 MtCO₂;汽车制造业碳排放总量达峰时间为 2027-2030 年,峰值大小194.53 ~201.27 KtCO₂;计算机通信和其他电子设备制造业碳排放总量达峰时间为 2027-2031 年,峰值大小31.76 ~33.36 KtCO₂。基准情景、节能情景、低碳情景、节能+低碳情景下,重点行业碳减排能力依次增大。基准情景下,6 个重点行业碳达峰时间为 2030-2031 年;节能情景下,6 个重点行业碳达峰时间为 2028-2030 年;低碳情景下,6 个重点行业碳达峰时间为 2028-2029 年;节能+低碳情景下,6 个重点行业碳达峰时间为 2027-2028 年。

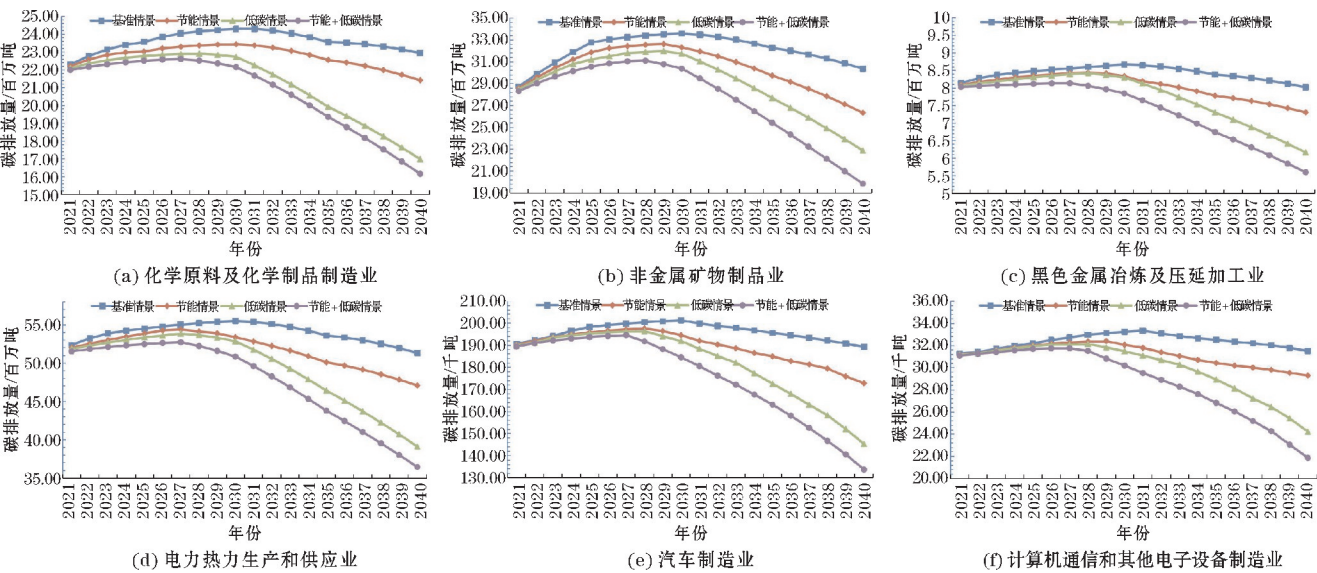


图2 4种情景下6个重点行业碳排放量变化趋势图

2.2 碳减排能力分析

基于单因子分析方法,分别改变每种情景中一种参数的变化速率,同时保持其他参数变化速率不变,以此探究4种参数对重庆市重点行业碳排放达峰时间及峰值大小的影响,具体结果如表4所示。工业增加值由低速率转为高速率,碳达峰峰值将增加2.44~4.12 MtCO₂,碳达峰时间将晚1~3年;重点行业增加

值占工业增加值比重由低速率转为高速率,碳达峰峰值将减小1.03~2.58 MtCO₂;重点行业能源强度由低速率转为高速率,碳达峰峰值将减小0.68~2.04 MtCO₂;重点行业能源结构由低速率转为高速率,碳达峰峰值将减少1.90~3.41 MtCO₂。重点行业能源强度、重点行业增加值占工业增加值比重、重点行业能源结构、工业增加值4种参数对重点行业碳减排能力依次提升。

表4 4种情景下不同变化速率参数的碳达峰信息表

参数	低速率		高速率	
	碳达峰峰值/MtCO ₂	碳达峰时间	碳达峰峰值/MtCO ₂	碳达峰时间
工业增加值	112.98~118.31	2027~2029年	115.42~122.43	2028~2030年
重点行业增加值占工业增加值比重	114.01~122.43	2028~2030年	112.98~119.85	2027~2029年
重点行业能源强度	113.66~122.43	2028~2030年	112.98~120.39	2027~2029年
重点行业能源结构	114.88~122.43	2029~2030年	112.98~119.02	2027~2029年

2.3 碳达峰路径选择

根据LEAP模型和情景分析模拟碳达峰结果可知,4种情景下均能实现重庆市工业领域2030年前碳达峰目标。基准情景设置是基于政策规划的自然导向,可实施性较高,同时结合单因子分析结果,为尽早实现工业领域重点行业碳排放达峰,应优先控制影响较强的参数,建议将基准情景作为重庆市工业领域重点行业碳达峰的情景模式,其中工业增加值和重点行业能源结构是重点控制参数。

优先控制工业发展,放缓工业增加值增长速度,引导工业经济高质量发展。可通过政府干预的方式稳定工业经济增长速度,2021~2025年工业增加值年均增速保持在6.5%,2026~2030年工业增加值年均增速保持在5%。

调整工业能源消耗结构,降低煤炭消耗占比,促进工业能源结构绿色低碳转型。鼓励企业加大清洁能源

使用率,保证清洁能源消费占比稳步提升,实现能源结构优化,2021~2025年重点行业能源结构中非化石能源年均增速保持在2.0%,2026~2030年重点行业能源结构中非化石能源年均增速保持在1.4%。

推动工业结构优化调整,推进产业结构升级,大力发展新兴制造业,放缓传统高耗能行业发展。政府宣传引导工业部门向绿色低碳循环型经济转型,转变工业发展理念,到2025年重点行业中新兴制造业产值占比上升1.8%、传统高耗能行业产值占比减少2.9%,具体见表5。

提高工业能源利用效率,降低工业能源消耗强度,加大节能减排政策实施力度,建立企业节能减排考核机制,引导企业向绿色低碳循环型经济发展。积极探索研发节能减排技术,对生产的各个环节进行技术升级和工艺革新,提高能源利用效率,到2025年重点行业能源强度下降率在16%以上,具体见表6。

表 5 碳减排路径下各行业增加值占工业增加值比重变化表

单位:%

行业	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年
化学原料及化学制品制造业	3.35	3.20	2.96	2.69
非金属矿物制品业	6.31	6.02	5.58	5.07
黑色金属冶炼及压延加工业	3.25	3.11	2.88	2.61
电力热力生产和供应业	3.59	3.42	3.17	2.88
汽车制造业	16.48	16.82	17.24	17.69
计算机通信和其他电子设备制造业	25.06	25.58	26.21	26.97

表 6 碳减排路径下各行业能源强度变化表

行业	2025 年	2030 年	2035 年	2040 年
化学原料及化学制品制造业	1.01	0.89	0.80	0.74
非金属矿物制品业	0.53	0.49	0.45	0.41
黑色金属冶炼及压延加工业	0.57	0.52	0.48	0.45
电力热力生产和供应业	1.04	0.94	0.87	0.81
汽车制造业	0.018	0.015	0.012	0.0091
计算机通信和其他电子设备制造业	0.0083	0.0065	0.0052	0.0043

3 结论

通过分析重庆市工业结构,筛选出传统高耗能行业和新兴制造业中的 6 个重点行业,综合运用 LEAP 模型和情景分析法模拟预测 2021–2040 年重庆市工业领域重点行业碳达峰时间和峰值大小,同时采用单因子法分析多种因子对碳排放达峰时间和峰值大小的影响,进而得出重庆市重点行业碳减排的具体实施路径,主要结论如下。

(1)4 种情景下均能实现 2030 年前重庆市重点行业碳达峰目标。节能+低碳情景碳达峰峰值出现时间最早,为 2027 年,峰值大小为112.98 MtCO₂;节能情景和低碳情景碳达峰峰值同时出现,为 2029 年,峰值大小分别为117.06 MtCO₂、115.40 MtCO₂;基准情景碳达峰时间最晚,为 2030 年,峰值大小为122.43 MtCO₂。节能+低碳情景表现为最大碳减排能力,其次为低碳情景、节能情景、基准情景。

(2)工业增加值对重庆市重点行业碳排放表现为增碳效应,重点行业增加值占工业增加值比重、重点行业能源强度、重点行业能源结构对重庆市重点行业碳排放表现为减碳效应。4 种参数都对重庆市重点行业碳排放均有一定的影响,其中工业增加值和重点行业能源结构对碳排放影响较大,重点行业增加值占工业增加值比重和重点行业能源强度对碳排放影响较小。

(3)综合考虑可实施性和单因子分析结果,建议将基准情景作为重庆市的发展模式,同时推动工业经济高质量增长和工业结构优化调整,加快工业能源结构绿色低碳转型,提高工业能源利用效率,降低工业能源强度。

参考文献:

[1] 陈军华,李乔楚.成渝双城经济圈建设背景下四

川省能源消费碳排放影响因素研究—基于 LMDI 模型视角[J].生态经济,2021,37(12):30–36.

[2] 臧宏宽,杨威杉,张静,等.京津冀城市群二氧化碳碳排放达峰研究[J].环境工程,2020,38(11):19–24.

[3] 何永贵,于江浩.基于 STIRPAT 模型的我国碳排放和产业结构优化研究[J].环境工程,2018,36(7):174–178.

[4] 中国政府网.在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[EB/OL].https://www.gov.cn/gongbao/content/2020/content_5549875.htm,2020–09–22.

[5] 中国政府网.习近平主持召开中央财经委员会第九次会议[EB/OL].https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/15/content_5593154.htm,2021–03–15.

[6] 刘彦迪.2030 年中国碳排放达峰区域性预测与影响因素分析[D].济南:山东大学,2020.

[7] 市经济信息委.关于印发重庆市工业领域碳达峰实施方案的通知[EB/OL].http://jjxxw.cq.gov.cn/zwgk_213/zcwj/qtwj/202301/t20230129_11542161_wap.html,2023–01–28.

[8] 燕东,刘枫,叶鹏飞,等.碳达峰情景预测的主要方法及模型[J].环境保护与循环经济,2021,41(7):97–101.

[9] Kumar S. Assessment of renewables for energy security and carbon mitigation in Southeast Asia:The case of Indonesia and Thailand[J].Applied Energy,2016,163:63–70.

[10] 洪竞科,李沅潮,蔡伟光.多情景视角下的中国碳达峰路径模拟——基于 RICE-LEAP 模型[J].资源科学,2021,43(4):639–651.

[11] 吴唯,张庭婷,谢晓敏,等.基于 LEAP 模型的区域低碳发展路径研究——以浙江省为例[J].生态经济,2019,35(12):19–24.

[12] Emodi N V,Emodi C C,Murthy G P,et al. Energy policy for low carbon development in Nigeria:

- A LEAP model application [J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2017, 68: 247–261.
- [13] 苗安康, 袁越, 吴涵, 等. 中国省域碳达峰路径与政策[J]. *环境科学*, 2023, 44(8): 4623–4636.
- [14] 李楠, 刘弯弯, 朱书涵, 等. 湖南省工业领域碳达峰与空气质量改善协同[J/OL]. <https://doi.org/10.13227/j.hj.kx.202303057>, 2023–10–18.
- [15] 任建兰, 徐成龙, 陈延斌, 等. 黄河三角洲高效生态经济区工业结构调整与碳达峰对策研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(4): 35–42.
- [16] Akpan U, Isihak S, Maduekwe M. Road transport energy consumption and vehicular emissions in Lagos, Nigeria: An application of the LEAP model [J]. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2020, 6: 9–18.
- [17] 杨森, 黄莹, 焦建东, 等. 基于 LEAP 模型的广州交通领域能耗及空气污染物排放分析[J]. *新能源进展*, 2021, 9(1): 69–75.
- [18] 庞可, 张芊, 马彩云, 等. 基于 LEAP 模型的兰州市道路交通温室气体与污染物协同减排情景模拟[J]. *环境科学*, 2022, 43(7): 3386–3395.
- [19] 洪竞科, 李沅潮, 郭偲悦. 全产业链视角下建筑碳排放路径模拟: 基于 RICE-LEAP 模型[J]. *中国环境科学*, 2022, 42(9): 4389–4398.
- [20] 田川, 冯国会, 李帅等. 基于情景分析法的辽东湾新区区域建筑节能减排潜力预测研究[J]. *沈阳建筑大学学报(自然科学版)*, 2021, 37(3): 542–548.
- [21] Mirjat N H, Uqaili M A, Harijan K, et al. Long-term electricity demand forecast and supply side scenarios for Pakistan (2015–2050): A LEAP model application for policy analysis[J]. *Energy*, 2018, 165: 512–526.
- [22] Masoomi M, Panahi M, Samadi R. Scenarios evaluation on the greenhouse gases emission reduction potential in Iran's thermal power plants based on the LEAP model [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2020, 192(4): 235.
- [23] 马晓明, 段滢, 李鑫, 等. 深圳市电力部门碳达峰路径研究[J]. *生态经济*, 2018, 34(2): 24–29.
- [24] 王冰妍, 陈长虹, 黄成, 等. 低碳发展下的大气污染物和 CO₂ 排放情景分析—上海案例研究[J]. *能源研究与信息*, 2004, 20(3): 137–145.
- [25] Wen Z, Chen M, Meng F. Evaluation of energy saving potential in China's cement industry using the Asian-Pacific Integrated Model and the technology promotion policy analysis[J]. *Energy Policy*, 2015, 77: 227–237.
- [26] Ke J, Zheng N, Fridley D, et al. Potential energy savings and CO₂ emissions reduction of China's cement industry[J]. *Energy Policy*, 2012, 45: 739–751.
- [27] 宋鹏, 张慧敏, 毛显强. 面向碳达峰目标的重庆市碳达峰路径[J]. *中国环境科学*, 2022, 42(3): 1446–1455.
- [28] Shan Y L, Guan Y, Hang Y, Zheng H, et al. City-level emission peak and drivers in China[J]. *Science Bulletin*, 2022, 67(18): 1910–1920.

Carbon Peak Pathways of Key Industries in Chongqing's Industrial Sector based on Long-range Energy Alternatives Planning System

PAN Linyan, LIU Wei, PAN Jieyu, TANG Lan, ZHAO Yan, DU Meng, YANG Xunyu
(College of Resources and Environment, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: As the capital of my country's old industry, Chongqing city has a high contradiction between supply and demand in industrial energy and promoting the carbon peak of Chongqing to realize the industrial field. Build the Leap model through the level of four-level activity level, combined with the four scenarios of the scenario analysis method, setting the benchmark scene, energy-saving scenario, low-carbon scenario, energy saving+low-carbon scenarios. Simulate the carbon emissions of the key industry in the industrial field of Chongqing from 2021 to 2040 and explores the carbon emission reduction path of Chongqing through single-factor analysis. The results show that: (1) The key industries can achieve carbon peaks before 2030. The benchmark scenario achieve carbon peaks in 2030, with a carbon peak value of 122.43 MtCO₂. The energy-saving scenario achieve carbon peak in 2029, with a carbon peak value of 117.06 MtCO₂. The low-carbon scenario achieve carbon peak in 2029, with a carbon peak value of 115.40 MtCO₂. The energy saving+low carbon scenario achieve the carbon peak in 2027, and the carbon peak value is 112.98 MtCO₂. (2) When the industrial added value is changed from a high rate to a low rate, the peak value will decrease by 2.44–4.12 MtCO₂, which contributes the greatest contribution to carbon emission reduction, following by the energy structure of key industries, the value-added value of key industries in the industrial added value, and the energy intensity of key industries. (3) It is recommended to refer to the development model of the benchmark scenario, which will promote the high-quality growth of the industrial economy as the primary development path to achieve the goal of carbon peaks in key industries, continuously accelerate the transformation of green low-carbon transformation of industrial energy structure, improve the efficiency of industrial energy utilization, and reduce industrial energy intensity.

Keywords: carbon peak; LEAP model; scenario analysis method; key industries; Chongqing