

成都市空气质量达标及碳排放达峰 实施策略研究

执行摘要

项目资助单位：能源基金会

项目承担单位：生态环境部环境规划院

成都市环境保护科学研究院

2022年3月31日

项目研究人员

严 刚	生态环境部环境规划院	副院长/研究员
郑逸璇	生态环境部环境规划院	副研究员
雷 宇	生态环境部环境规划院	研究员
薛文博	生态环境部环境规划院	研究员
蔡博峰	生态环境部环境规划院	研究员
曹丽斌	生态环境部环境规划院	助理研究员
王慧丽	生态环境部环境规划院	助理研究员
谭钦文	成都市环境保护科学研究院	院长/正高级工程师
邓 也	成都市环境保护科学研究院	高级工程师
张 鑫	成都市环境保护科学研究院	工程师

免责声明

- 若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。
- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

一、 研究背景

良好生态环境是最普惠的民生福祉，积极应对气候变化事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。我国正处于深入打好污染防治攻坚战、持续改善环境质量、建设美丽中国的关键时期；同时也处于积极部署谋划实现 2030 年前碳达峰目标和 2060 年前碳中和愿景的开局阶段。面对环境污染与温室气体排放这两个同根同源的问题，党中央已明确要把碳达峰碳中和纳入生态文明建设整体布局，并将协同推进减污降碳写入国民经济和社会发展“十四五”规划，在多个重要场合反复重申、强调。推动实现减污降碳协同增效，是贯彻落实习近平生态文明思想的重要举措，是兑现碳达峰碳中和庄严承诺的重大牵引，是深入打好污染防治攻坚战建设美丽中国的关键路径，是促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手，是建设人与自然和谐共生现代化的必然要求。全面、完整、准确贯彻新发展理念，积极开展减污降碳协同治理实践，完善理论体系，将进一步丰富习近平生态文明思想内涵。

1.1 国家顶层设计

近年来，我国通过相继实施《大气污染防治行动计划》《打赢蓝天保卫战三年行动计划》等一系列大气污染治理政策措施，有效改善了全国大气环境质量，极大缓解了人民群众的“心肺之患”。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确提出“十四五”期间我国将深入开展污染防治行动，加强城市大气质量达标管理，推进细颗粒物（PM_{2.5}）和臭氧（O₃）协同控制，地级及以上城市 PM_{2.5} 浓度下降 10%，有效遏制 O₃ 浓度增长趋势，基本消除重污染天气。

习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣布“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。在中共中央政治局第二十九次集体学习时，总书记明确提出要把实现减污降碳协同增效作为促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手，加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构、用地结构调整。《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》明确要以实现减污降碳协同增效为总抓手，以改善生态环境质量为核心，以精准治污、科学治污、依法治污为

工作方针，统筹污染治理、生态保护、应对气候变化，保持力度、延伸深度、拓宽广度，以更高标准打好蓝天、碧水、净土保卫战，以高水平保护推动高质量发展、创造高品质生活，努力建设人与自然和谐共生的美丽中国。同时攻坚战意见还明确要加快构建减污降碳一体谋划、一体部署、一体推进、一体考核的制度机制。

总体而言，实现减污降碳协同增效，是当前我国推动大气污染治理和碳达峰碳中和工作的总抓手，已成为实现经济高质量发展和生态环境高水平保护的关键举措。面对这一管理需求，生态环境部发布了《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》，在主管部门层面推动部署相关工作协同开展，同时生态环境部也正在国家碳达峰碳中和“1+N”政策体系中积极牵头编制《减污降碳协同增效行动方案》。

1.2 成都市政策概况

成都市系四川省省会、副省级城市，是中国西南地区的科技、商贸、金融中心和交通枢纽，国家重要的高新技术产业基地、商贸物流中心和综合交通枢纽、西部地区重要的中心城市。成都市经济发达、人口众多、能源消费量大，大气污染物与碳排放量高，且受区域盆地地形与气象条件影响，成都大气污染状况较为严峻。

《成都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》提出要在成都市深入打好污染防治攻坚战，深入推进科学治气，持续改善空气质量。以PM_{2.5}和臭氧协同控制为主线，开展多污染物协同控制。深入推进产业结构、能源结构、交通运输结构、用地和农业投入结构调整。实施大气污染源分类防控，提升大气污染监测监管能力，强化工业源、移动源、扬尘源和其他城乡面源治理。加强重污染天气应对，深化区域联防联控，提高预报预警能力，共享监测和污染源清单信息，推动区域协同减排。到2025年，全市PM_{2.5}浓度小于38 μg/m³，基本消除重污染天气。

另一方面《成都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》也对成都市“十四五”低碳工作做了相关规划，提出要大力推进绿色低碳循环发展，坚持人与自然和谐共生的理念，深入实施可持续发展战略，完善

生态文明领域统筹协调机制，落实国家碳达峰和碳中和目标，推动部分行业碳排放率先达峰，促进经济社会发展全面绿色低碳转型。力争 2030 年前率先实现碳达峰，加快建设碳中和示范城市。

总体而言，成都市在推动空气质量达标和碳减排方面均开展了大量工作，然而在国家大力推进实现减污降碳协同增效的背景下，成都市尚未全面将减污与降碳二者结合统筹考虑。成都市巨大的机动车保有量以及以化石燃料为主的一次能源结构决定了其大气污染物和温室气体排放具有高度同源性。国家及地方机构改革将气候变化职能纳入生态环境部门管理范畴也为协同控制大气污染与温室气体提供了制度保障。为响应成都市加快推进空气质量达标和碳排放达峰的“双达”目标和要求，有必要对比梳理成都当前的空气质量达标规划和碳达峰路径研究成果，评估现有工作落实情况，分析下一步工作的挑战并提出相应策略与方案，实现“双达”目标下协同增效，支持成都市成为城市率先落实国家对协同管理要求的最佳实践案例。

二、成都市基本情况

2.1 地理位置

成都市地处中国西南地区、四川盆地西部、成都平原腹地，境内地势平坦、河网纵横、物产丰富、农业发达，属亚热带季风性湿润气候。成都全市下辖 12 个市辖区、3 个县、代管 5 个县级市，总面积 14335 平方千米。截至 2021 年底，成都全市常住人口 2119.2 万人

图 2.1 成都市地理位置

2.2 经济发展水平与产业结构

“十三五”期间，成都市经济总量快速增长，经济质量明显提高，全市地区生产总值（GDP）从2015年的10801亿元增长到2020年的17717亿元，实现净增长6916亿元，按可比价格算，GDP增长保持10.5%的年均增速；截止2020年，全市GDP总量占全省GDP的36.5%，显著高于全省平均水平。成都市人均GDP于2019年首次突破10万元，从2015至2020年实现1.1万元的净增长，并保持3.44%的年均增速，整体体现出良好的经济发展态势。

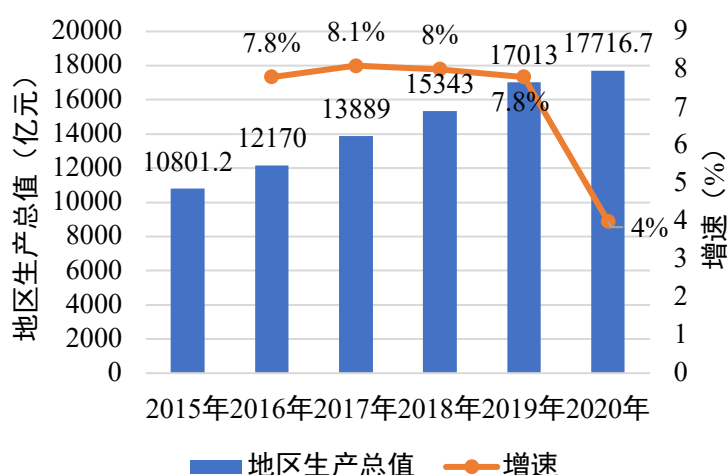


图 2.2 2015-2020 年成都市生产总值及其增速

2020年成都市地区生产总值中，第一产业增加值655.2亿元，增长3.3%；第二产业增加值5418.5亿元，增长4.8%；第三产业增加值11643.0亿元，增长3.6%。三次产业对经济增长的贡献率分别为2.7%、45.1%、52.2%。三次产业结构不断优化调整至3.7：30.6：65.7。

图 2.3 2020 年成都市产业结构情况

2.3 能源消费现状

2015年以来，成都市化石能源消费（不考虑电力生产和调入、调出）总量整体呈波动上升态势，2015-2020年间年均增加2.77%，2017-2020年化石消费量呈现明显上下波动。2015-2020年煤品年均减少5.5%；油品、天然气和电力年均增长率分别为3.5%、5.5%和5.2%。从结构变化趋势上看，以电力为主的能源消耗结构进一步强化。其中，煤炭消耗量降到6.9%；油品、天然气和电力的消耗量提升到33.2%、19.8%和40.2%。

图 2.4 2015-2020 年成都市能源消费结构变化

成都目前能源消费结构变化趋势大致遵循成都经济社会发展以及满足后期节能减排要求，煤炭消费总量有望在“十四五”、“十五五”、“十六五”期间保持缓慢下降趋势并基本趋于平稳，石油占能源消费总量比重将短期波动增长后稳定下降，天然气、非化石能源占能源消费总量比重将持续升高。但需注意成都市2015-2020年煤品消费总量虽呈现逐年减少的趋势但油品和天然气消耗总量总体呈小幅上升趋势。

三、大气污染防治与低碳城市建设政策评估

3.1 大气污染防治政策梳理

针对本地大气污染源，成都市大气污染防治行动梳理汇总为产业结构调整、工业污染防治、能源结构调整、建筑低碳转型、交通结构调整和面源污染治理六大方面，从中提取出优化产业结构、落后产能淘汰、“散乱污”企业清理整治、燃煤锅炉整治、燃煤清洁化替代、工业提标改造、燃煤电厂超低排放改造、移动源排放管控、扬尘源综合治理、挥发性有机物源头替代和重点工业挥发性有机物治理等 6 大类，25 小类，共 62 项具体措施。

表 3.1 成都市大气污染防治措施清单

一级措施	二级措施	序号	措施内容	一级措施	二级措施	序号	措施内容		
优化产业结构与布局	严控“两高”行业	1	淘汰落后产能	优化交通运输结构	调整货物运输结构	32	优化货物运输结构		
		2	化解产能过剩		33	控制机动车燃油燃气车保有量			
	优化产业结构	3	发展现代产业体系		34	违规运营车辆清退			
		4	优化调整产业布局		35	严控燃油货车入城证			
		5	加快“散乱污”企业清理整治		36	新能源和清洁能源汽车			
强化工业污染综合防治	工业污染源全面达标排放	6	各行业污染物排放标准		37	充电站（桩）建设			
		7	重点行业监督检测		38	淘汰黄标车			
		8	涉气污染源监管执法		39	淘汰老旧车辆			
		9	全面实行工业污染源清单管理模式		40	油品质量升级			
		10	火电和钢铁行业超低排放改造		41	油品质量抽检			
		11	水泥和平板玻璃行业深度治理		42	提高燃油经济性			
		12	重点行业企业原辅材料替代		43	提升新车排放标准			
		13	重点行业企业分类治理		44	在用车尾气排放超标检测			
		14	工业园区和企业集群综合治理		45	备案登记、监督排查			
	挥发性有机物综合治理	15	石化行业监管		46	农业机械监管治理			
		16	汽修行业污染治理		47	划定高排放非道路移动机械禁止区			
		17	干洗行业监管		48	港口及机场岸电使用			
		18	加油站（储油库）监管		49	工业扬尘综合治理			
		19	重点行业无组织排放排查		50	扬尘在线视频监控			
		20	重点行业生产工艺及物料运输过程		51	打造绿色标杆工地			
优化能源消费结构	煤炭消费总量控制	21	总量和强度“双控”		加强面源污染治理	扬尘综合治理	52	道路扬尘管控	
		22	重点用能企业改造				53	餐饮油烟污染	
		23	重点园区改造				54	露天烧烤监管	
	清洁能源替代	24	发展清洁能源和新能源				生活源污染监管	55	腊肉熏制监管
		25	燃煤锅炉淘汰					56	宗教祭祀监管
		26	煤改电	57		烟花爆竹监管			
		27	煤改气	58		秸秆禁烧管控			
		28	煤改其他清洁能源	59		农药化肥减量控害			
燃煤锅炉综合整治	29	既有建筑节能改造	农业源污染治理	60		实施畜禽粪污综合利用			
	30	装配式建筑		城市绿化建设		61	城市绿化工程		
	31	绿色建筑	62		露天矿山综合整治				
建筑低碳转型	推行新型建筑	29	既有建筑节能改造						
		30	装配式建筑						
		31	绿色建筑						

3.2 低碳城市建设政策梳理

“十三五”期间，成都市委、市政府以及市政府相关部门颁布低碳城市建设政策 7 项、低碳能源政策 11 项、低碳建筑政策 8 项、低碳交通政策 14 项、低碳工业政策 5 项。

表 3.2 低碳建设政策重点内容梳理

措施	措施内容	落实情况
高端高质的产业体系加速成势	优化产业功能区、产业生态圈规划布局	电子信息、装备制造、医药健康、新型材料、绿色食品五大先进制造业占全市工业增加值比重达83%，截止2020年9月累计注册新经济企业43.6万户，氢能产业链初步形成。
	清理整治“散乱污”工业企业	清理整治“散乱污”工业企业14148户，累计淘汰落后产能超过300户，加快打造绿色生产标杆企业；
	废弃物资源化利用和低碳化处置	先后建成餐厨处置二期、危废处置二期和万兴、隆丰、金堂3座环保发电厂，367户节能环保规上企业实现营业收入821亿元。
清洁高效的低碳能源体系持续优化	清洁能源替代	基本实现燃煤锅炉全域“清零”，出台《关于促进氢能产业高质量发展的若干意见》，清洁能源占比提升至61.5%
	能源消耗总量和强度“双控”	单位GDP能耗“十三五”累计降低12.16%
	电能替代	大力发展“清洁能源+”产业，1400余户用户参加直购电、富余电量、低谷弃水等市场化交易
美丽宜居的城市空间形态加快重塑	产城融合	加速落地14个TOD示范项目，与人口资源环境相均衡的低碳空间格局加快形成
	低碳交通体系	建成全国首个5G智慧公交综合体，2020年底轨道交通开通运营总里程将达到557.8公里，公交出行分担率超过57%，
	绿色建筑	入选国家绿色建筑发展最佳城市十强，开展国家A级装配式建筑试点示范，实施可再生能源应用项目21个

措施	措施内容	落实情况
全域统筹的生态碳汇体系初步形成	全域增绿	森林覆盖率提升至 39.9%，年固碳量超过 160 万吨；打造 107 个高品质精品林盘；累计建成各级绿道超过 4000 公里；推动川西林盘保护修复，建成新津白鹤滩国家湿地公园；
	生态价值转化	培育“绿道+”新业态，共植入文商旅体设施 2525 个
简约时尚的低碳生活方式日益普及	低碳出行和智慧停车	共享单车日均骑行次数超过 200 万人次，日均骑行里程超过 360 万公里，年减排二氧化碳约 2 万吨；截至 2019 年，全市智慧停车信息平台整合共享车位超过 40 万个，“蓉 e 行”低碳出行平台累计引导 16.8 万人次自愿停驶私家车 38.2 万天，年减排二氧化碳约 3 万吨。
	垃圾分类	居民生活垃圾分类覆盖率达 60.2%
	政府采购	政府绿色采购比例达到 95%

3.3 协同措施梳理与评估

“十三五”期间。成都市通过开展产业结构调整、工业污染治理、锅炉清洁能源替代、机动车污染治理等工作，在实现大气污染物减排的同时，与低碳城市建设“636”工程共同推进了温室气体与污染物的协同控制，实现了二氧化碳等温室气体的协同减排。根据减排数据，“十三五”期间，协同控制成效主要集中在能源加工及转化、工业、交通等三大领域，协同措施集中于工业与交通领域。

图 3.3 成都市减污降碳协同措施示意图

工业部门是成都市能源消耗最多，也是城市排放的主要来源。通过梳理“十三五”减排措施发现，工业领域通过工业重点企业达标排放、工业窑炉改造和末端治理助推大气污染物排放减少，除 VOCs 在 2018 年之后有所回升外，其他大气污染物均呈大幅度下降趋势。其中，建材的平板玻璃、水泥等重点行业实施超低排放改造 SO₂ 和 NO_x 减排显著。特别是，工业煤改气、改电协同降碳减污效果相对明显，但工业产品产量增加对大气污染物和二氧化碳排放均产生了增长的负效应。

“十三五”期间，成都市交通领域通过控制燃油车保有量、提高机动车排放标准、淘汰老旧车辆、推广新能源车辆，实现了多项污染物协同减排。其中，新能源替代协同效果相比较明显。

四、成都市“十三五”治污与减碳工作成效

4.1 成都市空气质量改善情况

2020 年成都市空气质量主要污染物 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 平均浓度分别为 6 μg/m³、37 μg/m³、64 μg/m³ 和 41 μg/m³，CO 日均值第 95 百分位数为 1.0 mg/m³，O₃ 日均最大八小时滑动均值第 90 百分位数为 169 μg/m³。2020 年成都综合质量指数为 4.41，在 168 个城市中排第 96 位，较 2015 年提升 17 位，在 19 个副省级城市中位列第 14 位；综合指数较 2015 年下降 25.6%，下降幅度全国 168 个城市中位列第 61 位，在 19 个副省级城市中位列第 11 位。

图 4.1 2015-2020 年成都市综合指数及排名变化

近年来，成都市生态环境局会同各市级相关部门，深入贯彻党中央、国务院、省市关于打赢蓝天保卫战的决策部署，狠抓责任落实，全面完成各项治理任务，超额实现“十三五”提出的总体目标和量化指标，《打赢蓝天保卫战三年行动计划》圆满收官。2020 年成都市空气质量主要污染物 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 平均浓度分别为 6 μg/m³、37 μg/m³、64 μg/m³ 和 41 μg/m³，CO 日均值第 95 百分位数为 1.0 mg/m³，O₃ 日均最大八小时滑动均值第 90 百分位数为 169 μg/m³，其中 PM_{2.5} 浓度均值较 2015 年下降 28.1%；优良天数比例为 76.5%，较 2015 年增加 9.6 个百分点；重污染天数比例 0.5%，较 2015 年下降 3.5 个百分点，全面完成国家“十三五”和《打赢蓝天保卫战三年行动计划》空气质量改善预期目标任务。

4.2 低碳城市建设成效

从能源消费来看，成都市 2015 年-2020 年能源消费总量增幅为 24.6%。其中，煤品消费年均减少 5.15%，煤品消耗量降低至 6.87%；油品和天然气消费总量年均增长率分别为 3.62% 和 6.0%，增速均趋于平缓；调入电力消耗量快速提，年均增速高达 13.86%，自 2017 年后为主要消费能源。由于受新冠肺炎疫情影响，2020 年成都市能耗总量小幅增长，CO₂ 排放总量略有降低，但从历史来看尚未显现进入下降通道的趋势。碳排放的增长趋势与能源趋势一致。2015-2020 年，**成都碳排放总量年均增长 120 万吨左右**，其中煤品排放呈快速下降趋势，占比 15%；油品排放约占整个能源活动排放的 1/2，为最主要的化石能源；天然气排放占比 26%；调入电力排放占 11%。

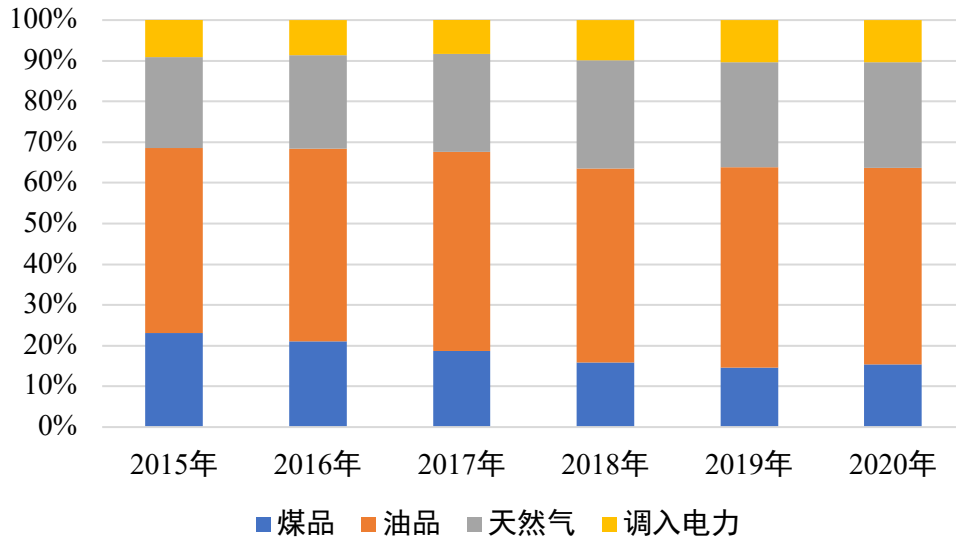


图 4.2 成都市 2015-2020 年碳排放结构

从能源消费领域来看，经济社会发展的各个领域均涉及能源消费碳排放，根据成都市 2020 年能源平衡表细分领域数据，成都市的能源活动和二氧化碳排放主要集中在能源生产、工业、交通运输和建筑领域（含居民生活、服务业和建筑业）。2020 年，工业、交通运输两大领域排放占比接近 60%，能源生产领域碳排放占比接近 20%，建筑领域碳排放占比为 22%，可见这些领域是成都市实现碳达峰及长期碳中和目标的关键。

成都市能源消费和强度控制较好，2015-2020 年人均二氧化碳排放量和单位 GDP 二氧化碳排放均呈现持续下降趋势。2019 年，成都市二氧化碳排放总量位居北上广深等十大城市第 9；单位 GDP CO₂排放量位居第 8，仅次于深圳、北京；人均 CO₂排放量位于十大城市最低。成都市是典型能源受端城市，95%的能源依赖外部调入，主要为电力、石油及天然气，自给能源供应中，水电占比超过 80%，少量天然气生产及垃圾发电，能源清洁度高。

五、成都市“十四五”“双达”形势分析

5.1 成都市“双达”目标

成都市空气质量达标规划中提出到 2020 年，环境空气质量明显改善，PM_{2.5} 年均浓度下降到 49 微克/立方米左右，O₃ 浓度升高趋势基本得到遏制。到 2027 年，全市环境空气质量全面改善，主要大气污染物浓度稳定达到国家环境空气质量二级标准，全面消除重污染天气。在空气质量达标规划中，成都市 2020、2022、

2027年PM_{2.5}年均浓度目标分别设置为49、44和35微克/立方米；PM₁₀年均浓度目标分别设置为80、75、67微克/立方米；NO₂年均浓度目标分别设置为49、47、40微克/立方米；规划中未明确设定O₃浓度改善目标。

表 5.1 成都市空气质量达标规划中空气质量改善指标设计

	PM _{2.5} 年均浓度 (微克/立方 米)	PM ₁₀ 年均浓度 (微克/立方 米)	NO ₂ 年均浓度 (微克/立方 米)	优良天数比例 (%)
2017 年	56	88	53	64.4
2020 年	49	80	49	70
2022 年	44	75	47	74
2027 年	35	67	40	85

达标规划颁布后，成都市大力推进大气污染治理工作，持续优化能源、产业、交通、用地结构，积极开展工业污染深度治理、面源污染治理等工作，环境空气质量效益显著，各项污染物改善进展均明显快于达标规划中设定的目标。2020年，PM₁₀浓度降低至64微克/立方米，连续两年稳定达标，浓度已低于达标规划中设定的2027年目标值；NO₂年均浓度降低至37微克/立方米，实现首次达标，浓度同样低于达标规划中设定的2027年目标。2020年，全市PM_{2.5}年均浓度降低至41微克/立方米，低于达标规划中2022年44微克/立方米的目標。近年来，成都市O₃年评价值呈波动趋势，在160±10微克/立方米的范围波动，仍有一定超标风险，影响全面达标目标实现。

图 5.1 成都市 PM_{2.5} 和 O₃ 年评价值变化趋势

随着大气污染治理工作全面提速，成都市大气环境质量改善形势明显好于预期。《四川省“十四五”生态环境保护规划》明确提出，到2025年，力争21

个市(州)和 183 个县(市、区)空气质量全面达标,基本消除重污染天气。《成都市“十四五”生态环境保护规划》也明确提出到 2025 年,全市空气质量优良天数比例达到 83.7%以上,PM_{2.5}年均浓度控制在 35 微克/立方米以下。省、市两级的“十四五”规划目标已经明确了成都市需在“十四五”期间实现环境空气质量全面达标,达标年份将早于达标规划中设定的 2027 年。

2021 年印发的《成都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》、2022 年印发的《中共成都市委关于以实现碳达峰碳中和目标为引领优化空间产业交通能源结构促进城市绿色低碳发展的决定》等均确定了力争 2030 年前率先实现碳达峰的目标。

根据成都市最新规划部署,空气质量达标目标可能优先于碳达峰目标实现。但是随着“双碳”目标的明确,“十四五”及之后成都市大气污染治理的思路将发生本质改变,碳减排将协同并引领大气污染治理工作,提速空气质量达标进程,减污降碳协同增效工作对于成都市空气质量达标与碳达峰工作至关重要。

5.2 碳达峰形势判断

评估碳排放历史变化趋势的驱动力是分析后续减排潜力的关键依据。本研究使用 LMDI 分解法量化了 2015-2020 年间,各主要因素对成都市 CO₂排放量变化的贡献。整体而言,社会经济快速发展是成都市 CO₂排放量增加的核心驱动力,能源结构调整和能耗强度变化是驱动 CO₂排放降低的关键因素,能耗强度下降是抵消社会经济发展带来的排放增量的最大推动力,能源结构调整同样有效降低碳排放,需要解释的是,简阳的并入导致 2015-2016 年成都市碳排放变化驱动力特征与其他年份有较大区别。

图 5.2 成都市 CO₂排放变化驱动力分析

针对驱动因素的趋势进行预测可以判断成都市碳排放变化的趋势及碳排放达峰的潜力。成都市当前仍处于快速发展阶段，经济社会发展动能充足，社会经济发展势头正盛。根据《成都市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》目标（见表 5.2），“十四五”期间，成都市 GDP 将保持 6-8% 的年均增速，到 2025 年，全市 GDP 有望达到 2.6-2.8 万亿元，相对 2020 年上涨 47%-58%，常住人口城镇化率从 2020 年的 75.21% 有望升高至 80%。

在不考虑其他因素的情况下，经济总量的快速增长将直接导致碳排放量的增加。基于这一经济预期推算，并参考《“十四五”节能减排综合工作方案》、《成渝地区双城经济圈生态环境保护规划》中单位 GDP 能耗及单位 GDP 二氧化碳排放等目标指标推算，全市 CO₂ 排放量将增加 18%-27%（常规情景），无法有效抑制碳排放增长趋势。

鉴于成都市经济社会仍将保持高速发展，考虑节能降耗及能源结构深度调整等措施，设计强化情景。在强化情景下，成都市 CO₂ 排放量有望于 2030 年前达峰。在该情景下，每五年单位能耗的碳排放强度累计下降约 18%。以上单位 GDP 碳排放强度下降目标及单位能耗的碳排放强度下降目标远超近年来成都市实际下降水平，这意味着成都市 2030 年前碳排放达峰形势十分严峻。进一步降低单位 GDP 能耗强度，深挖能源结构调整潜力是抑制碳排放增加并实现碳达峰的必由之路。

图 5.3 基于宏观数据的成都市 CO₂ 排放预测

5.3 协同减排对象识别

识别协同减排对象是推动实现减污降碳协同增效的关键环节之一。识别过程需要综合考虑行业部门的污染物和碳排放量、协同减排措施可行性、减排协同度等方面的内容。当前对成都市大气环境影响较大的前体物主要是 NO_x 、VOCs 以及一次 $\text{PM}_{2.5}$ 。从排放贡献来看，道路移动源和建材行业对主要大气污染物和 CO_2 排放均有较大贡献。2020 年，道路移动源对全市 NO_x 排放的贡献为 58%，对 VOCs 的贡献为 26%，对 CO_2 的贡献为 34%，在主要行业部门中均为最高，从总量控制以及协同控制的角度来说，均为最关键的部门。建材对一次 $\text{PM}_{2.5}$ 排放的贡献达 25%，对 CO_2 排放的贡献达 23%，从总量控制和协同控制的角度来说，也是关键的行业。此外，非道路移动源、扬尘源和其他工业对部分大气污染物贡献显著；民用部门和能源部门对 CO_2 排放也有较大贡献。从总量控制的角度出发，以上部门和行业应为重点对象。

如图 5.4 所示为空间分辨率为 1km 的成都市 CO_2 排放空间分布。从 CO_2 排放空间分布来看，成都市中心城区等人员活动密集区域为 CO_2 排放热点地区，同时主要路网交通源排放也是排放热点区域。电厂、水泥厂等大型点源及工业集聚区所在地为主要热点网格，是突出热点网格。从碳排放空间分布及减污降碳协同的角度出发，考虑到中心城区碳排放量大、人口密集导致环境健康风险较大，应该重点关注中心城区的协同治理，特别是移动源的治理。此外大型点源所处的热点网格也是协同治理的关键。

图 5.4 2020 年成都市 CO_2 排放空间分布

5.4 协同控制措施分析

如表 5.2 所示为针对成都市梳理出的大气污染物与碳排放协同减排措施，多数措施在其他城市同样适用。总体而言，在当前阶段，几乎所有的降碳措施均能够协同减少大气污染物排放，然而末端控制、错峰生产、面源控制等措施则仅能提供空气质量效益，无法协同降低碳排放，甚至会因为增加能耗导致碳排放增加。

对于电力部门，目前成都市仅有金堂电厂一座燃煤电厂，主要电力需求通过外调电满足。考虑到后续控煤需求，持续降低金堂电厂发电量甚至将其迁移出成都市，产生的电力缺口需求通过外调电满足以及通过进一步发展本地风电、光伏等可再生能源予以满足是具有良好协同性的控制方向。

对于工业部门，以下节能降耗及结构调整措施均能够有效推动协同减排，包括通过技术升级和清洁生产等措施提升生产能效，降低能耗；扩大工业电能替代推动工业用能清洁化，实现能源结构优化调整；发展低能耗、高附加值的新兴产业，淘汰落后产能，压减“两高”行业产能的措施优化产业结构。

对于建筑部门，在需求侧方面可以通过提倡低碳生活等方式降低能耗；在建筑节能方面可以通过执行绿色建筑标准，实施节能改造等举措提升建筑用能能效；在终端用能方面可以通过持续提升电气化比例实现能源结构优化调整。

对于交通部门，应从需求控制、能效提升、结构调整等方面多措并举，全面推动协同控制。着眼于成都市机动车保有量，特别是私家车保有量快速上升的现状，应通过行政、价格、路权等多重手段控制燃油机动车保有量。通过淘汰老旧车辆、优化城市布局、降低道路拥堵等措施提升能效。通过大力推广新能源车辆、工程机械等手段优化车辆能源结构。通过绿色出行建设，优化调整货物运输结构等方式优化运输结构。

需要注意的是，为确保在“十四五”期间实现空气质量全面达标，除了以上协同措施之外，仍需要严格落实大气污染防治措施，特别需要强化扬尘整治和工业 VOCs 深度治理。

排放清单结果显示，扬尘源贡献了成都市一次 $PM_{2.5}$ 排放量的 56%；根据成都市 $PM_{2.5}$ 源解析结果，本地排放中扬尘源贡献接近 20%，体现了相关排放对城市空气质量的重要影响。由于扬尘源与能源消费无关，能源结构调整等控碳措施无法协同减排这部分污染来源，因此需要在协同措施之外持续开展扬尘控制。对成都

市扬尘来源进行分析，结果表明施工扬尘与道路扬尘对 $PM_{2.5}$ 排放的贡献接近。在成渝双城经济圈建设的背景下，成都市建设仍将在一段时间内保持高位，需提升扬尘管控精细化水平，确保措施落实到位，切实降低施工扬尘相关排放；同时也应当持续强化道路扬尘管控措施。

北京大学观测分析结果表明，成都市 O_3 生成处于 VOCs 控制区，VOCs 减排 VOCs 减排需求较大重。从排放源的角度来看， CO_2 与 NO_x 排放同源性更强，减排协同性更高，而溶剂使用等大量 VOCs 排放与 CO_2 排放较难实现协同减排。同时，前述建议的针对交通等行业的协同减排难以满足成都市的 VOCs 减排需求，因此需要同时强化 VOCs 全流程深度治理。民用源、移动源、建材、石化化工、轻工业等行业是 VOCs 排放的主要来源。在开展减污降碳协同治理措施的基础上，应强化低挥发性建筑涂料、溶剂等源头替代，此外，重点工业行业源头替代-过程控制-末端治理全流程综合治理、移动源老旧车辆淘汰和新能源化等均是必要措施。

表 5.2 协同减排措施梳理

部门	领域	具体政策	具有协同效应	适合成都的协同控制优先级
电力	末端控制	电厂超低排放改造	仅空气质量	
	总量控制	新建项目禁止配套建设自备燃煤电站 除热电联产外. 禁止审批新建燃煤发电项目	协同	★
	提高能效	“上大压小”，淘汰落后产能 减少输电损失	协同	★★
	能源结构	大力发展可再生电力资源	协同	★★★
工业	末端控制	工业提标改造、对于重点行业推动实施超低排放改造；挥发性有机物综合治理	仅空气质量	
	错峰生产	重点排污单位在冬季调整生产经营活动,减少或者暂停排放大气污染物的生产、作业	仅空气质量	
	提高能效	工业技术升级和清洁生产；淘汰燃煤小锅炉、推进工业锅炉节能改造	协同	★★★
	能源结构	淘汰燃煤小锅炉、老旧燃煤燃气锅炉电气化	协同	★★★★★
	产业结构	对于水泥、钢铁等重点行业，压被过剩产能；淘汰落后产能、整	协同	★★★★★

		治“散乱污”企业；发展低能耗，高附加值的高新技术；限制能源密集行业投资。		
建筑	需求控制	提倡低碳生活方式	协同	★★
	提高能效	全面执行绿色建筑标准，实施住宅节能改造、提高房屋保温性能	协同	★★★
	能源结构	电气化比例提高	协同	★★
交通	需求控制	控制机动车燃油燃气车保有量	协同	★★★★★
	末端控制	加严机动车排放标准、淘汰老旧车辆	协同	★★★★★
		油品升级	仅空气质量	
	提高能效	提高燃油经济性	协同	★★★
	能源结构	推广新能源和清洁能源车辆、工程机械	协同	★★★★★
	运输结构	提倡公共交通出行，优化调整货物运输结构	协同	★★★
面源	用地结构	扬尘综合治理 禁止秸秆焚烧 农业源治理	仅空气质量	

六、成都市“双达”措施建议

持续提升产业绿色低碳水平。按照《产业结构调整指导目录》持续开展落后低效和过剩产能淘汰工作，严格控制粗钢、平板玻璃、砖瓦等行业产能。盘活高污染、高耗能企业土地资源，实施腾笼换鸟、换道领跑。大力发展光伏、锂电、新能源汽车、节能环保产业，依托绿色低碳产业为成都市低碳转型注入内生动力。强化主导产业建圈强链，大力发展集成电路、新型显示、高端软件、创新药、高端医疗器械、航空发动机、工业无人机、轨道交通、新型材料等先进制造重点产业链。

加快构建清洁低碳能源体系。严格落实能源消费总量和强度“双控”。大力推进减煤、控油、稳气、增电、发展新能源。持续压减燃煤消费，重点削减散煤、工业炉窑等非电用煤。持续提高金堂电厂效率，实施电厂环保和节能改造；推广使用高热值煤，降低电厂自用电率和碳排放量，进一步降低供电煤耗。加大外电入蓉，协调有关各方，加大电力基础设施建设，推进川西水电、川西北光伏风电输入通道扩容，不断强化外电吸纳能力和电网整体供电能力。积极推进可再生能源发展，因地制宜大力发展风电、光伏发电、抽水蓄能等清洁能源，加快清洁能源供电配套建设，疏解新增用电需求。加快氢能应用及配套基础设施建设。

加快形成绿色低碳运输方式。全面提速新能源车普及，谋划具体措施加快新能源汽车导入，在已有工作基础上持续推动公共领域车辆新能源化；坚定决心抑制燃油机动车保有量快速增长态势，研究实施本地新能源车企销售奖补政策，通过价格、行政等工具大幅提升新能源车销售占比；完善配套设施建设，制定完善新能源汽车通行便利、停车优惠、运营服务、充换电基础设施建设等鼓励政策，推动存量燃油汽车“油换电”；力争 2025 年实现新能源车累计保有量达 80 万辆。加快老旧机动车淘汰更新，优化传统能源汽车限行限号政策，划设低碳交通示范区。持续推动燃油车队清洁化低碳化，全面实施轻型车和重型车国 6b 排放标准，采取经济补偿、限制使用、加强监管执法等措施，加快淘汰国三及以下排放标准的汽车；全面淘汰国三及以下排放标准柴油货车。创新货物运输服务模式，加快发展多式联运，大力建设集约化、共享化、智慧化物流节点设施，深入推进绿色货运配送示范城市建设。大力提高城市交通运输管理水平，以持续优化公共交通结构、提高公共交通供给为核心，加快推进轨道交通建设，优化公共交通“最后

一公里”覆盖能力和通勤效率，构建绿色低碳出行体系；统筹布局，加快路网建设，缓解交通拥堵，提升通行效率，提高燃油经济性；加强步行和非机动车交通系统建设，引导居民优先使用绿色低碳出行方式。