

人工智能助力城市“双碳”目标达成 白皮书

国家工业信息安全发展研究中心

百度智能云

二〇二一年十月

《人工智能助力城市“双碳”目标达成白皮书》

编写组

参编单位 国家工业信息安全发展研究中心

百度智能云

编委会 邱惠君 刘永东 刘巍 刘捷

编写人员 张瑶 梁冬晗 王淼 宋琦 赵杨

李恒欣 明书聪 罗登 张若丹

匡晓烜 马宁

前 言

随着全球气候变化问题日益严峻，人类经济发展与气候环境之间的矛盾愈发突出，成为全世界面临的共同挑战。为应对气候变化，各国政府相继做出“碳达峰、碳中和”承诺，2020年9月，习近平总书记正式宣布了“中国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”愿景，体现了大国责任担当。此后，从中央到地方密集部署“双碳”工作，推进创新驱动的绿色低碳高质量发展。

与此同时，实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。城市作为控制碳排放的主战场和政策落地实施的基本单元，是“双碳”战略全面开展的有力抓手。而人工智能作为新一轮科技革命和产业变革的战略性技术，正在加快与经济社会各领域融合发展，并逐渐成为助力城市“双碳”目标达成的重要手段。

在此背景下，国家工业信息安全发展研究中心联合百度智能云撰写《人工智能助力城市“双碳”目标达成白皮书》，以“双碳”战略为背景，梳理城市“双碳”目标的内涵与重点领域，分析人工智能助力城市“双碳”目标达成的实施路径及城市探索实践，并提出相应的举措建议。

目 录

一、“双碳”战略的背景与意义.....	1
（一）全球气候变化问题日益凸显，世界主要经济体将“双碳”上升为国家战略	1
（二）我国主动承担应对全球气候变化责任，提出“双碳”目标	4
（三）城市是控制碳排放的主战场和政策落地实施的基本单元，践行“双碳”战略是城市发展的迫切需要.....	9
二、城市“双碳”目标的内涵与重点领域.....	13
（一）城市“双碳”目标下的战略重点.....	13
（二）推进城市“碳达峰”的“减法”抓手	15
1.电力、热力消费作为城市碳排放的主要来源，是推动碳“减法”的核心领域.....	15
2.城市建筑运营碳排放量仍在增长，推动实现“净零”排放迫在眉睫.....	17
3.公路交通是交通运输领域碳减排的主体，存在较大的优化发展空间.....	18
4.化工、金属冶炼等制造业高污染细分领域是碳排放的主要部门，迫切需要节约能耗实现绿色化升级	19
5.城市运行管理效率与碳排放量直接相关，亟待提升效率降低管理消耗.....	19
6.居民能源消费是城市碳排放的主要增长源，低碳消费模式和生活习惯亟待推广	20
（三）助力城市“碳中和”的“加法”举措	22

1.加大城市园林绿化是实现碳中和最直接有效的手段	22
2.废物回收再利用能够从源头减少原料生产助力碳中和	22
3.污水处理回收能量、雨水回收灌溉可抵消水务系统碳排放	23
三、人工智能助力城市“双碳”目标达成的实施路径.....	23
（一）总体框架	24
（二）人工智能助力降低自身碳排放	26
1.数据中心：利用深度学习算法提高数据中心能效水平	26
2.模型开发：借助开源平台降低模型开发过程碳排放	27
（三）人工智能助力监测城市碳排放	28
1.使用智能摄像头、传感器近距离采集城市碳排放数据	28
2.采用卫星遥感技术远距离观测碳排放数据	30
3.利用人工智能监测平台全方位监测城市碳排放	31
（四）人工智能赋能城市“双碳”重点领域.....	32
1.优化重点行业减排路径	32
（1）AI+电力：降低能源损耗，减少发变输配电各环节碳排放.....	32
（2）AI+热力：智能精细管控，助力热力系统低碳高效运行	33
（3）AI+建筑：动态运营维护，实现建筑“近零”排放	35
（4）AI+制造：推动提质降耗，实现行业低碳减排.....	36
2.提升城市综合治理效能	37
（1）AI+城市管理：提升运行效能，减少城市管理碳排放...37	37
（2）AI+交通管理：优化道路运行，精准测算交通碳排放...39	39

(3) AI+应急管理：提高响应时效，降低事故引发碳排放...	40
3.助力全民“双碳”行动	42
(1) AI+生活：助力节约能源，降低生活碳排放.....	42
(2) AI+出行：促进低碳出行，减少私家车排放.....	43
(3) AI+宣传：培养低碳意识，全民参与碳普惠	45
4.促进城市低碳循环发展	46
(1) AI+园林：森林灾害预警，保护碳汇林增加碳汇.....	46
(2) AI+环保：废物循环利用，抵消垃圾处理碳排放.....	47
(3) AI+水务：开发再生能源，实现水务领域碳中和.....	48
5.推动碳交易助力碳中和	50
(1) AI+碳监测：辅助碳资产管理，助力碳交易利益最大化	50
(2) AI+碳核查：全面高效核查，保障碳交易公正有效.....	51
(3) AI+碳金融：探索绿色金融，推动碳交易市场化.....	52
四、人工智能助力城市“双碳”目标达成的探索实践.....	54
(一) 北京：点面结合，AI 助力城市运行降低碳排放.....	54
1.政府层面：AI 助力提升城市各环节运行效率、服务政府减 碳决策.....	54
2.行业层面：AI 助力加强碳排放监测预测、优化节能减排路 径.....	56
3.园区层面：AI 助力降低资源能源投入强度、提升管理精细 化水平.....	58
4.生活层面：AI 助力提升居民节能减排意识、培养低碳生活 习惯.....	59

（二）上海：创新机制，AI 助力“双碳”网格化治理	60
1.市场层面：AI 助力碳交易管理，辅助碳排放决策、控制履约成本.....	60
2.行业层面：AI 助力碳排放管控，以全面监管为抓手推动碳减排.....	61
3.园区层面：AI 助力园区可再生能源统筹管理，推动企业数字化增效减排.....	62
4.社区层面：AI 助力社区微网智能降碳，社区生活碳排放集约化.....	63
（三）苏州：示范带动，AI 助力制造业降低碳排放.....	64
1.企业层面：AI 助力钢铁制造企业打通减排降碳生态链	64
2.行业层面：AI 助力降低交通拥堵排放、减少建筑用能排放	65
（四）贵阳：双侧发力，AI 助力碳汇、节能减排两手抓.....	66
1.政府层面：AI 赋能数据，助力城市数字化、低碳化升级 ...	66
2.行业层面：AI 助力工业、运输业提质增效减排	67
（五）张家口：抢抓机遇，AI 助力森林碳汇和清洁能源发电	68
1.政府层面：AI 赋能森林防火和生态保护	68
2.行业层面：AI 技术支撑冬奥 100%绿色供电，推动张家口新能源外送.....	69
五、人工智能助力城市“双碳”目标达成的举措建议.....	69
（一）筑数字底座，强化新型基础设施的绿色低碳导向	69
（二）摸清碳家底，发挥人工智能在“双碳”目标管理方面的作用	70

（三）模拟碳足迹，利用人工智能解决方案优化碳排放路径	70
（四）赋能新场景，探索践行城市“双碳”战略的新模式	71
（五）建“双碳”平台，人工智能助力实现城市“双碳”目标	71

一、“双碳”战略的背景与意义

近年来，全球气候加速变暖，气候极端性增强，对人类经济社会造成重大影响。应对全球气候变化成为全人类共同的事业，世界各国积极采取通过立法、制定产业政策等措施推进“碳中和”。我国主动承担责任，提出“碳达峰碳中和”目标，从中央到地方密集部署“双碳”工作。城市作为控制碳排放的主战场和政策落地实施的基本单元，是“双碳”战略全面开展的强有力抓手。

（一）全球气候变化问题日益凸显，世界主要经济体将“双碳”上升为国家战略

全球气候变暖确定性增强，减排控温刻不容缓。煤、石油等化石能源的广泛使用排放了大量的二氧化碳，二氧化碳是温室气体，大气中二氧化碳浓度升高造成了全球升温。自工业化以来，地球平均气温上升了 1.1℃左右，造成了冰川融化、海平面上升，人类面临气候变化的巨大威胁。据联合国减少灾害风险办公室统计，2020 年全年大型自然灾害发生数为 389 起，造成经济损失 1713 亿美元，超过 2000-2019 年的平均水平，其中，约 90%的损失是由气候原因造成。全球科学家普遍认为保住平均气温上升 2℃的红线非常重要，如今

气温只是上升了 1.1℃左右就已经造成了严重后果，上升 2℃的话地球陆地和海洋的面积都可能发生较大的变化。2021 年以来，极端天气与自然灾害交织、愈演愈烈，重大山火、极端高温、洪涝灾害、飓风等灾害发生次数多、破坏力大，对人类经济社会生活造成重大影响。

《巴黎协定》掀起全球绿色低碳转型浪潮，各国相继制定“双碳”目标。气候变化是人类面临的全球性问题，随着各国二氧化碳排放，温室气体猛增，日益严峻的气候危机给人类生存和发展带来了严峻挑战。2016 年 4 月 22 日，178 个国家领导人在纽约联合国总部签下具有法律约束力的国际气候变化条约《巴黎协定》，截至目前，签署方已达 195 个，减碳成为全球共同目标。各国政府相继做出碳达峰、碳中和（以下简称“双碳”）承诺。据统计，全球约有 50 个国家实现了碳达峰，合计排放总量占全球排放的 36%左右。其中，欧盟碳达峰的峰值为 45 亿吨；美国碳达峰的峰值为 59 亿吨。127 个国家和地区对碳中和目标做出承诺，大部分计划在 2050 年实现，如乌拉圭提出 2030 年实现碳中和、芬兰 2035 年，冰岛和奥地利 2040 年，瑞典 2045 年，苏里南和不丹已经分别于 2014 年和 2018 年实现了碳中和目标，进入负排放

时代。

多个国家和地区通过立法、制定产业政策等措施推进“碳中和”。2008 年，英国国会通过了旨在减排温室气体的《气候变化法案》，提出设立个人排放信用电子账户以及排放信用额度，该法案使英国成为全球首个为温室气体减排设计出具有法律约束力措施体系的国家。而后，法国、德国、瑞典、丹麦、新西兰、匈牙利等国家也相继立法。2020 年 1 月，欧盟委员会通过《欧洲绿色协议》，提出欧盟到 2050 年实现碳中和的目标，并在 3 月发布《欧洲气候法》，以立法的形式确保到 2050 年实现气候中性的欧洲愿景。韩国、智利、斐济等国家和地区正在碳中和立法过程中。美国在碳中和目标上表现反复无常，先后退出《京都议定书》《巴黎协定》之后，2021 年 2 月又重新加入《巴黎协定》，并承诺 2050 年实现碳中和。据不完全统计，目前已有 114 个国家发布了“双碳”目标。

碳达峰是碳排放量由增转降的历史拐点，标志着碳排放与经济发展实现脱钩。碳达峰是实现碳中和的基础和前提，达峰时间的早晚和峰值的高低直接影响碳中和实现的时长和难度。据世界资源研究所（WRI）的统计数据显示，全球

已经有 54 个国家的碳排放实现达峰。在 2020 年排名前五位的碳排放国家中，美国、俄罗斯、日本、巴西、印度尼西亚、德国、加拿大、韩国、英国和法国已经实现碳达峰，墨西哥和新加坡等国家承诺在 2030 年以前实现碳达峰。其中，欧盟 27 国作为整体早已实现碳达峰。

（二）我国主动承担应对全球气候变化责任，提出“双碳”目标

“双碳”目标的提出是我国践行人类命运共同体理念向国际社会作出的郑重承诺。应对气候变化是全人类的共同事业，自签署《联合国气候变化框架公约》以来，我国采取了一系列与应对气候变化相关的政策措施，为减缓和适应气候变化作出了积极贡献。2015 年 6 月，中国向联合国公约秘书处提交了《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》文件，确定了到 2030 年的自主行动目标：二氧化碳排放 2030 年左右达到峰值并争取尽早达峰。作为世界上最大的发展中国家，中国为实现公约目标所做出的努力得到国际社会的广泛认可，世界自然基金会等 18 个非政府组织发布的报告指出，中国的气候变化行动目标已超过其“公平份额”。2020 年 9 月，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论

上首次正式宣布，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。中国的这一庄严承诺，体现了大国责任担当，在全球引起巨大反响，赢得国际社会的广泛积极评价。

“双碳”战略事关中华民族的永续发展，是我国实现可持续发展、高质量发展的内在要求。2021 年 3 月，习近平总书记在中央财经委员会第九次会议上再次强调，实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现 **2030** 年前碳达峰、**2060** 年前碳中和的目标。这是习近平生态文明思想指导我国生态文明建设的最新要求，体现了我国走绿色低碳发展道路的内在逻辑。“双碳”目标对我国绿色低碳发展具有引领性、系统性，可以带来环境质量改善和产业发展的多重效应，有利于促进经济结构、能源结构、产业结构转型升级，有利于推进生态文明建设和生态环境保护、持续改善生态环境质量，对于加快形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，推动高质量发展，建设美丽中国，具有重要促进作用，是加

快生态文明建设和实现高质量发展的重要抓手。

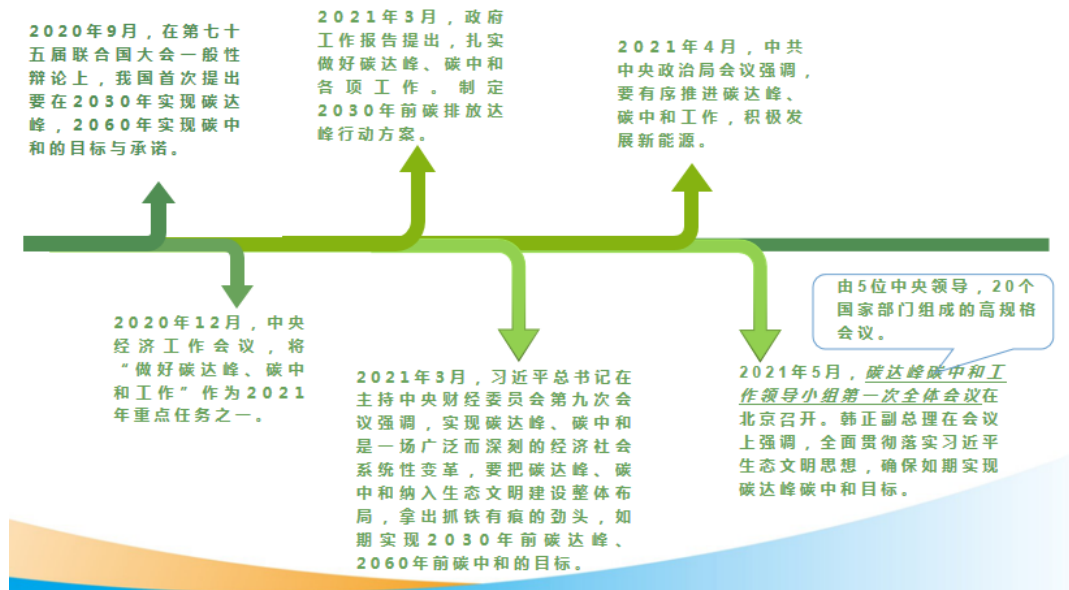


图 1 党中央多次在大会上提出“双碳”目标

资料来源：国家工业信息安全中心根据公开资料整理

从中央到地方通过政策引领深入推进“双碳”工作，推进创新驱动的绿色低碳高质量发展。中央层面，习近平总书记自2020年9月首次提出“双碳”目标以来，又先后在中央经济工作会议、财经会议、政治局会议上多次对“双碳”工作作出指示。为确保如期实现“双碳”目标，2021年5月，碳达峰碳中和工作领导小组第一次全体会议在京召开，这是由5位中央领导、20个国家部门组成的高规格会议，会议强调，要狠抓工作落实，确保党中央决策部署落地见效。要落实地方主体责任，坚持分类施策、因地制宜、上下联动，推进各地区有序达峰。地方层面，在全国31个省市制定的“十四五”规划中，超半数提出要制定“碳达峰”和“碳中和”

行动方案，有 7 个省市表示要提前实现“碳达峰”，其中上海明确要在 2025 年提前“碳达峰”，天津、河南、福建、广东、青海和西藏六省提出率先或提前实现“碳达峰”目标。

表格 1 各部委“双碳”行动

部委	行动	举措
发改委	从 6 大方面推动实现碳达峰、碳中和	一是大力调整能源结构。二是加快推动产业结构转型。三是着力提升能源利用效率。四是加速低碳技术研发推广。五是健全低碳发展体制机制。六是努力增加生态碳汇。
工信部	将重点从 6 方面加快工业领域碳达峰行动	一是推动产业结构高端化转型。二是加快能源消耗低碳化转型。三是促进资源利用循环化转型。四是推动生产过程清洁化转型。五是引导产品供给绿色化转型。六是完善绿色制造支撑体系。 工信部会同有关部门制定有色金属、建材、钢铁、石化等重点行业碳达峰实施方案，明确工业降碳实施路径，推广重大低碳技术工艺，开展降碳重大工程示范，推进各行业落实碳达峰目标任务。
生态环境部	将推动制定实施碳达峰行动方案，进一步强化降碳的刚性举措	“十四五”时期，我国生态文明建设进入以降碳为要点战略方向、推进减污降碳协同增效、促进经济社会开展全面绿色转型、完成生态环境质量改进由量变到质变的关键时期。严格控制高耗能、高排放项目建设，遏制高碳高排放的旧动能；发展绿色金融，培育绿色低碳技术和产业，激发绿色低碳的新动能。
国资委	将制定央企落实碳达峰、碳中和实施意见	国资委将指导中央企业认真编制实施绿色发展规划，把绿色低碳发展的理念真正融入到企业生产经营的全过程，加快实现转型升级，在实现碳达峰、碳中和目标上贡献国资央企的力量。央企一直推进绿色低碳转型发展、能源结构优化、能源资源利用效率提升、绿色低碳技术攻关和应用等四方面的工作。 目前，部分中央企业已组建了碳资产管理的专业机构，开展了碳排放统计核算、盘查等工作，积极参与碳排放交易。能源、钢铁等重点行业中央企业已投资参股了北京、上海、湖北等地的碳交易机构。

交通运输部	强化“双碳”目标引领，统筹推动交通运输高质量发展和绿色低碳转型	交通运输领域是美日欧等发达国家碳减排的重点领域，推动交通运输绿色低碳转型具有重要意义。应基于交通需求发展趋势、运输结构调整和碳排放变化情况，统筹考虑交通需求的刚性增长与减排措施的强效推广，综合选取达峰路径和达峰措施。 交通运输行业要深入学习贯彻习近平总书记关于“双碳”工作的重要指示批示精神，强化“双碳”目标引领，统筹推动交通运输高质量发展和绿色低碳转型，特别要发挥科技创新的支撑作用，全面提升我国交通运输领域减缓和适应气候变化的能力和水平。将根据国家有关部署，制定公路、水路交通运输绿色低碳发展行动计划，明确绿色低碳发展时间表、路线图。
住建部	开展近零能耗建筑、近零碳排放等重大项目示范	十四五期间，住建部将采取推行新的建筑节能标准，从 65% 节能标准，到 75% 节能标准，从低能耗到超低能耗，再到近零能耗，建筑行业层层递进式的节能路线，为减少碳排放作出了突出贡献。发展装配式建筑有利于节约资源能源，提升劳动生产效率和质量安全水平，减少施工时间与材料的浪费，降低施工过程中的耗能和排放。 “建筑的长寿是最大的减排。”要从材料、设计、施工、规划、养护等方面，根本上提升建筑质量；并提供相应政策的支持，特别是加强监管力度和杜绝过度开发，更好地提升建筑质量，减少建筑业碳排放。

资料来源：国家工业信息安全中心根据公开资料整理

表格 2 明确提出“双碳”目标的省份

省份	双碳目标	相关文件或单位
北京	力争于 2030 年前达峰，努力争取于 2060 年前实现碳中和	《北京市生态环境局关于做好 2021 年重点碳排放单位管理和碳排放权交易试点的工作通知》
	碳排放稳中有降，碳中和迈出坚实步伐，为应对气候变化做出北京示范	“十四五”发展目标与任务
	坚定不移打好污染防治攻坚战。加强细颗粒物、臭氧、温室气体协同控制，突出碳排放强度和总量“双控”，明确碳中和时间表、路线图	2021 年重点任务
	分两步实现“碳中和” 将建近零碳排放城市	“北京国际大都市清洁空气与气候行动论坛”在国家会议中心
上海	2025 年实现碳达峰	《上海市生态环境保护“十四五”规划》
天津	2023 年新能源产业规模力争达到 1000 亿元	《天津市产业链三年行动方案》
天津	制定实施力争碳排放提前达峰行动方案，推动重点领域、重点行业率先达峰	《天津市委关于制定十四五规划和二〇三五年远景目标的建议》
河南	力争如期实现碳达峰、碳中和刚性目标，支持有条件的地方率先实现碳达峰	《河南省“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》
	“十四五”时期，河南从四个方面推动碳减排	“开局十四五·奋进新征程”主题系列首场新闻发布会
福建	把碳达峰、碳中和纳入生态省建设布局，科学制定时间表、路线图、施工图，编制实施碳排放达峰行动方案，力争在全国碳达峰碳中和工作中走在前列，成为国家碳中和示范区	福建省委十届十二次全会
	要率先打赢实现碳达峰碳中和目标这场硬仗	《中共福建省委关于学习贯彻习近平总书记来闽考察重要讲话精神，谱写全面建设社会主义现代化国家福建篇章的决定》
广东	广东正式朝着 2025 年“在全社会各行业领域引领‘零碳’发展新风尚”的目标发起进攻	《广东省近零碳排放区示范工程实施方案》
	推进有条件地区和行业碳排放率先达峰	《广东省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》
青海	绿色产业体系全面建成，生态生产生活协调发展，力争在全国率先实现二氧化碳排放达到峰值	《青海省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》

西藏	2035 年，美丽西藏全面建成，成为全国乃至国际生态文明高地，率先实现碳达峰和碳中和	《关于加快把青藏高原打造成为全国乃至国际生态文明高地的行动方案》
黑龙江	落实国家二〇三〇年前碳排放达峰行动方案，合理降低碳排放强度	《中共黑龙江省委关于制定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的建议》
辽宁	沈阳经济区内的主要钢铁企业 2023 年底要率先达到超低排放要求，2025 年底辽宁钢铁企业都要达到要求	中共辽宁省委举办的庆祝中国共产党成立 100 周年主题系列新闻发布会(第五场)
	打造新型电力系统 助力实现“双碳”目标，力争在 2030 年全市电网清洁能源装机规模占比达 57%	国网辽宁省电力有限公司
吉林	启动二氧化碳排放达峰行动，加强重点行业和重要领域绿色化改造，全面构建绿色能源、绿色制造体系，建设绿色工厂、绿色工业园区，加快煤改气、煤改电、煤改生物质，促进生产生活方式绿色转型	2021 年重点任务
	持续抓好碳市场建设，做好温室气体清单编制和低碳试点示范及各地方控制温室气体排放考核工作，强化能力建设，加大应对气候变化宣传力度，进一步做好应对气候变化各项工作	《吉林省多举措持续推进应对气候变化工作》
河北	到 2025 年，产业结构、能源结构、运输结构明显优化，绿色产业比重显著提升。 到 2025 年，全省风电、光伏发电装机容量分别达到 4300 万千瓦、5400 万千瓦，努力建成绿色清洁高效的能源生产供应体系和消费体	《河北省人民政府关于建立健全绿色低碳循环发展经济体系的实施意见》
湖北	2022 年武汉市全市碳排放量达到峰值	《武汉市二氧化碳排放达峰评估工作方案》
	湖北将建设一批“近零碳”试点样板抢抓 2030 年碳达峰和 2060 年碳中和的战略机遇	省生态环境厅
湖南	全面推动绿色低碳发展，降低碳排放强度，落实国家碳排放达峰行动方案	《湖南省“十四五”规划和 2035 年远景目标的建议》
	加快生活垃圾焚烧发电等终端设施建设。加快推动绿色低碳发展。支持探索零碳示范创建	《湖南省 2021 政府工作报告》
山东	新能源新材料强省建设实现重大突破，以核电、氢能、智能电网及储能等为支撑的新能源产业成为重要支柱产业	《山东省委十四五规划和二〇三五年远景目标》
陕西	到 2025 年，电力总装机超过 13600 万千瓦，其中可再生能源装机 6500 万千瓦	《中共陕西省委关于制定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的建议》

山西	“两山七河一流域”生态系统质量和稳定性进一步提升,黄河和京津冀生态屏障建成,生态文明制度体系全面形成,碳排放达峰后稳中有降,美丽山西全方位呈现	《山西省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》
安徽	统筹推进基础设施建设,建设智慧能源系统,构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系	《中共安徽省委关于制定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的建议》
浙江	2025 年基本建成美丽中国先行示范区	《浙江省生态环境保护“十四五”规划》
	抢占碳达峰碳中和技术制高点,到 2025 年和 2030 年,高质量支撑浙江省先后实现碳达峰和碳中和	《浙江省碳达峰碳中和科技创新行动方案》
江苏	碳排放总量和强度“双控”抓紧制定 2030 年前碳排放达峰行动计划,支持有条件的地方率先达峰	《江苏省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》
	2025 年碳排放总量和强度控制完成国家下达目标,基本建成低碳新经济发展引领区,为碳排放提前达峰奠定基础	《江苏省生态环境厅 2021 年推动碳达峰碳中和工作计划》
海南	主要污染物排放总量、能源消耗总量、碳排放强度提前完成国家下达控制目标	《中共海南省委关于制定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的建议》
四川	制定二氧化碳排放达峰行动,2030 年前能源活动二氧化碳排放达峰目标	《2021 年四川省人民政府工作报告》
	积极应对气候变化,有序推进二〇三〇年前碳排放达峰行动,降低碳排放强度	《四川省“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》
云南	做生态文明建设排头兵,努力实现绿色低碳发展、持续改善环境质量,为国家碳达峰、碳中和作贡献	《2021 年云南省人民政府工作报告》
贵州	制定 2030 年碳排放达峰行动方案。到 2025 年,县级及以上城市空气质量优良天数比率保持在 95%以上	《贵州省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》
青海	力争在全国率先实现二氧化碳排放达到峰值	《青海省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》
甘肃	国家碳排放达峰目标任务全面落实,生态环境根本好转	《甘肃省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》
江西	制定实施全省 2030 年前碳排放达峰行动计划,鼓励重点领域、重点城市碳排放尽早达峰	《江西省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》
重庆	采取有力措施推动实现 2030 年前二氧化碳排放达峰目标	《重庆省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》

资料来源：国家工业信息安全中心根据公开资料整理

（三）城市是控制碳排放的主战场和政策落地实施的基本单元，践行“双碳”战略是城市发展的迫切需要

城市是人类温室气体排放的主要来源。城市是非农业人口集中，以从事工商业等非农业生产活动的居民点，是一定地域范围内社会、经济、文化活动的中心，是城市内外各部门、各要素有机结合的大系统，也就是人类社会经济活动的聚集中心，是能源消耗和温室气体排放的主要场所。根据城市主导产业类型不同，碳排放的主要来源有所差异，主要来源于建筑、交通、生产、生活领域的能源消费。根据联合国的相关数据，城市排放占全部排放的 75%，其中近 1/3 来自为大型建筑供热、制冷和供电的能源。

城市是“双碳”目标实现的重要组成部分，城市碳排放重点领域成为“双碳”战略全面展开的强有力抓手。城市集合了能源、工业、交通、住房和城乡建设等领域，是落实“双碳”目标的主体。为实现绿色城市目标，全球不少城市已提出了可持续发展的规划并陆续实施，如使用可再生能源，提高能源效率，推广应用绿色建筑、绿色公共空间和节能减排的公共交通工具等。今年 7 月，生态环境部在河北、吉林、浙江、山东、广东、重庆、陕西等七地开展将碳排放纳入环

境影响评价的试点工作，涉及电力、钢铁、建材、有色、石化和化工等重点行业。实施“双碳”战略，不仅能够节约能源、防治大气污染，还能带动城市节地、节水、节材、固体废物综合利用、植被保护等典型资源环境问题的解决，特别是能带动整个经济系统的绿色转型。

二、城市“双碳”目标的内涵与重点领域

“双碳”目标已成为城市可持续发展的重要命题和挑战。城市落实“双碳”目标需要从降低碳排放和增加碳吸收两方面着手，推动高排放领域节能、减排、提高能效，从源头减少碳排放、增加碳吸收，发展碳循环经济。

（一）城市“双碳”目标下的战略重点

“双碳”即碳达峰与碳中和的简称。碳达峰是指二氧化碳排放量由增转降的历史拐点，也就是煤炭、石油、天然气等化石能源燃烧活动和工业生产过程以及土地利用变化与林业等活动产生的温室气体排放不再增长，达到峰值。碳中和是指通过能效提升和能源替代将人为活动排放的二氧化碳减至最低程度，然后通过森林碳汇或捕集等其他方式抵消掉二氧化碳的排放，实现源与汇的平衡，也就是指通过植树造林、森林管理、植被修复等措施，增加二氧化碳吸收量，

实现正负抵消，达到相对“零排放”。

城市“双碳”是指在城市空间层面的碳达峰和碳中和，即指城市的二氧化碳排放在一段时间内达到最高峰值，之后进入平台期并在一定范围内波动，然后进入平稳下降阶段，最终实现碳中和。城市“双碳”目标即从城市整体发展角度明确碳达峰的峰值排放量，以及实现碳达峰、碳中和的时间表。

城市落实“双碳”目标需从降低碳排放（“减法”）和增加碳吸收（“加法”）两方面着手。在降低碳排放方面，城市碳排放主要来源于能源供给端和能源消费端，供给端包含电力、热力等行业；消费端包含建筑、交通、制造业等。在增加碳吸收方面，一是通过生态碳汇吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被与土壤中，减少大气中二氧化碳浓度；二是通过垃圾资源化处理、雨水收集、再生水利用等方式，将二氧化碳转化为有用的化学品或燃料，促进低碳循环。（见图 1）

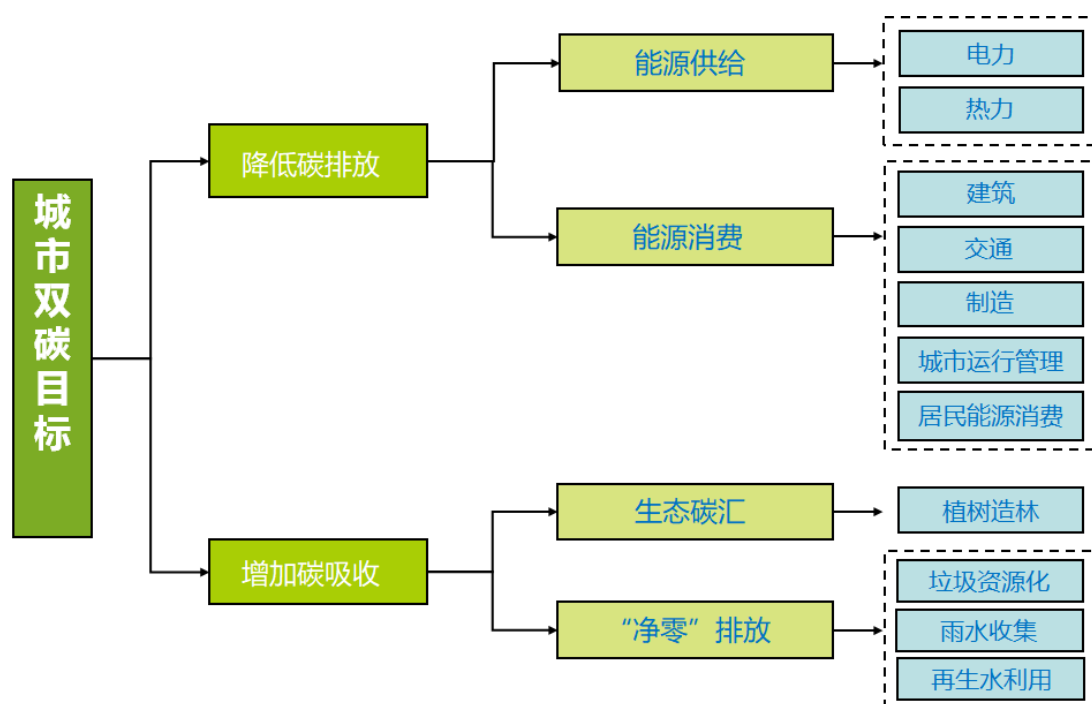


图 1 城市落实“双碳”目标的主要抓手

资料来源：国家工业信息安全中心

（二）推进城市“碳达峰”的“减法”抓手

从城市运行角度来看，能源消费、交通、建筑、制造业是国际公认的排放大户，是整个城市规划中迫切需要“碳达峰”的领域。

1. 电力、热力消费作为城市碳排放的主要来源，是推动碳“减法”的核心领域

电力、热力消费合计产生的碳排放占全社会碳排放总量近一半。根据国际能源组织的数据，世界主要碳排放来源是电力和热力行业，该行业所带来的全球污染接近 150 亿吨，平均全世界每人每年要贡献近 3 吨的碳排放量，成为全球最主要的碳排放来源。统计数据显示，我国目前电力领域碳排

放总量占全社会碳排放总量 40%以上，热力领域碳排放总量占全社会碳排放总量近 10%。

电力、热力消费中非化石能源利用率有待提升。我国目前的电力、热力消费能源供给结构仍然偏重化石能源，其中，煤炭在一次能源消费结构中占比高达 56.8%，二氧化碳排放量巨大。从电力行业来说，根据中国电力企业联合会的统计数据，2021 年上半年我国全口径非化石能源发电装机占总装机容量比重已经达到 45.4%，但发电量的占比仍低于这个数值，非化石能源发电装机的利用效率，还需要在发电、输电、配电、用电等各个环节继续优化。从供热行业来说，碳排放主要来自热电联产和各类燃煤、燃气锅炉生产的热力。近年来，城镇集中供热面积年均增长 3 亿至 5 亿平方米，其中一半以上新增热源与煤相关。据不完全统计，截至 2020 年底，我国北方地区供热总面积 218 亿平方米（城镇供热面积 148 亿平方米，农村供热面积 70 亿平方米），其中，清洁供热面积 142 亿平方米，清洁供热率达 65%，仍有较大提升空间。目前，北方地区农村取暖用散烧煤约合 2 亿吨标准煤，南方清洁供暖也存在取暖成本高、灵活性差、市场化程度低等问题。

2.城市建筑运营碳排放量仍在增长，推动实现“净零” 排放迫在眉睫

建筑业全过程碳排放主要包括内含碳排放和运营碳排放。内含碳排放即建造过程的碳排放，主要涵盖建筑材料的运输及施工过程；运营碳排放即建筑运行过程的碳排放，主要为暖通空调、生活热水、照明电梯、燃气等能源消耗产生的碳排放。根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）统计数据，我国建筑业能耗量可观，碳排放量占到全国总碳排放量的近 1/3。我国建筑面积规模位居世界第一，现有城镇总建筑面积约 650 亿平方米，现有建筑每年仅在使用过程中的运营碳排放就能达到 21 亿吨。其中，公共建筑排放量最大，每平方米公共建筑，全年的二氧化碳排放量是 48 千克。同时，伴随城市化程度不断提高，我国每年新增建筑面积约 20 亿平方米，新增建筑的工程建设产生的碳排放主要集中在钢铁、水泥、玻璃等建筑材料在运输及现场施工过程中，这意味着建筑领域的温室气体排放量仍将进一步攀升。为实现“双碳”目标，城市新增建筑“净零”碳排放和现有建筑低能耗改造至关重要。

3.公路交通是交通运输领域碳减排的主体，存在较大的优化发展空间

全球交通领域的碳排放主要涉及公路、铁路、航空、海运等多个部门。数据显示，中国目前交通运输排放占我国的碳排放总量约 10.4%，在我国交通运输领域碳排放总量中，公路运输占比 87%，水路运输、民航运输和铁路运输分别占比 6%、6%和 1%。公路运输是我国交通碳排放绝对的主体。公路运输的主要燃料是汽柴油，汽车尾气是碳排放的重要来源和减排重点。另外，公路交通运输的碳排放构成中，除了运输过程造成的排放以外，还有建设过程产生的排放，包括基础设施运行维护、材料的制备与运输施工等。为降低交通领域碳排放总量，大幅提升交通领域电气化程度，加快能源清洁低碳转型是助力实现交通领域“双碳”目标的重要手段和必然要求。以铁路运输领域为例，2020 年我国铁路电气化率达到 74.9%，预计 2021 年铁路货运量完成 37 亿吨，电力机车完成的牵引工作量将达到 90.5%，国家铁路燃油年消耗量从最高峰的 1985 年 583 万吨下降到 231 万吨，降幅达 60%，相当于每年减少二氧化碳排放 1256 万吨。

4.化工、金属冶炼等制造业高污染细分领域是碳排放的主要部门，迫切需要节约能耗实现绿色化升级

制造业是发展国民经济、保障国家安全、改善社会民生的重要基石，是我国经济增长的重要引擎，同时也是我国能源消耗和碳排放的主要部门，其能耗和碳排在第二产业中占比超三分之二。由于产业特征和发展阶段有别，不同制造业行业在能源消耗和碳排放上存在显著差异。从制造业内部28个行业的二氧化碳强度（单位产出的排污量）来看，非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、化学原料和化学制品制造业、石油/煤炭和其他燃料加工业、有色金属冶炼和压延加工业排放强度的历年均值明显高于制造业其他行业，属于高污染行业，是迫切需要碳达峰的领域，节能减排任重道远。

5.城市运行管理效率与碳排放量直接相关，亟待提升效率降低管理消耗

城市运行需要消耗大量资源和能源，其效率高低对城市“双碳”目标造成直接影响。城市是多维度、多结构、多层次、多要素间关联关系，高度繁杂开放的巨系统。在参与角色方面，城市运行的参与主体包括政府、企业和公众。在运

行层次方面，城市运行包括市级、区级、街道、社区等多个层次。在管理职能方面，城市运行管理是以服务城市发展和市民生活为目标而进行的管理活动，包括市政基础设施、公用事业、交通管理、废弃物管理、市容景观管理、生态环境管理、应急管理等众多子系统。传统城市管理模式粗放、条块职责不清、专业分治、工作效能低下，造成大量能源消耗和碳排放，城市照明、市政设施和服务部门都有较大的碳减排潜力，亟待提升效能、提高应急反应能力，减少各环节的运行损耗，从而降低碳排放强度。

6.居民能源消费是城市碳排放的主要增长源，低碳消费模式和生活习惯亟待推广

居民消费领域产生的碳排放包括烹饪、照明、取暖、家电、出行等消耗电力和燃料等能源造成的直接碳排放，以及对其他产品和服务进行消费产生的间接碳排放。据已完成工业化的发达国家经验，居民消费产生的碳排放会成为国家碳排放的主要增长点，占比可以高达 60%-80%。随着中国城市化进程的加快，居民收入水平不断提高，居民消费领域的碳排放量也在增加。据国际公益环保组织自然资源保护协会研究指出，2021 年我国居民消费所产生的碳排放量约为 2002

年的 2.27 倍，达到约 29.7 亿吨。在居民消费领域碳排放不断增加的趋势下，加速推进居民消费领域低碳发展事关“双碳”目标的全面达成。为实现“双碳”目标，除加快能源结构调整外，也应采取必要的干预手段降低因居民消费带来的碳排放量增长。据 2020 年碳足迹公司发布的《大型城市居民消费低碳潜力分析》报告测算，2030 年人口超过 1000 万的一二线城市通过低碳消费方式，一年可以减少约 1100 万吨碳排放。

类别	低碳场景	减排潜力	2030人均减排潜力范围	
衣	减少购买服装	37.22	37.22	79.34
	租衣服	42.12		
	选择有减排目标/ 行为的品牌	—		
食	一周一天素食	128.71	160.63	925.31
	改变食肉量过大	764.68		
	光盘行动	31.92		
住	节约电力	37.26	456.71	
	选择可再生能源 电力	335.38		
	选择节能家电	84.07		
行	私家车	144.59	440.26	
	长途出行火车代 替飞机	295.67		
用	减少使用塑料&一 次性筷子	15.44	34.71	
	包裹&可回收垃圾	19.27		
合计			1129.53	1936.33

图 2 碳足迹关于 2030 年人口超过 1000 万的一二线城市人均年减排量的测算表（单位：kgCO₂e/人·年）

资料来源：碳足迹公司，《大型城市居民消费低碳潜力分析》

（三）助力城市“碳中和”的“加法”举措

从城市运行角度来看，园林绿化是实现城市“碳中和”最直接的途径，环保、水务能够通过资源有效循环利用，抵消自身碳排放，间接助力城市“碳中和”。

1.加大城市园林绿化是实现碳中和最直接有效的手段

生态碳汇是碳抵消的最有效途径。森林等陆地生态系统吸收了 25%-30%的人类活动导致的二氧化碳排放，在实现“碳达峰、碳中和”目标中扮演越来越重要的作用。城市园林绿化通过发展城市园林生态系统，利用园林植物吸收二氧化碳，降低二氧化碳浓度，增加碳汇，是一种成本低、效益好的城市碳汇手段，也是最容易参与的一种方式。加大市政绿化、园区/社区绿化、建筑楼宇立体绿化等多种形式的城市园林建设力度，促进城市绿量、绿化覆盖率和公共绿地增加，提高森林蓄积量和覆盖率，提升城市生态系统碳汇能力，是实现城市“双碳”目标的最直接和重要的手段。

2.废物回收再利用能够从源头减少原料生产助力碳中和

垃圾资源化利用助力低碳循环发展。一方面，垃圾回收可能利用卫生填埋法、垃圾焚烧、高温堆肥等方式，将会对城市“碳中和”产生一定影响。但从生态环保的角度来看，

垃圾再回收能够减少占地、减少环境污染，还能够变废为宝。另一方面，垃圾分类后资源化处理能成为城市再生资源，降低了城市碳排放增量。如固废危废资源利用，既可处置危废又可深度资源化提炼废铜、废铅等多种再生金属及金银等稀有金属，兼具环保和循环经济减排属性，成为碳净减排的重要路径之一。

3.污水处理回收能量、雨水回收灌溉可抵消水务系统碳排放

污水处理厂通过能量回收利用能够抵消污水处理过程中的碳排放。污水处理行业碳排放量占全社会总排放量近 2%，是不可忽视的减排领域。但城市污水处理时将产生初沉污泥和二沉污泥，污泥经厌氧处理产生沼气，沼气经过热电联产产生电能和热能，能够抵消掉污水处理产生的碳排放。同时，雨水回收利用的系统，可以将路面、绿化带、屋顶等区域的雨水回收，通过一定技术的处理达到回用、节水的效果，雨水回收用于绿化浇灌，能够抵消使用给水设备产生的碳排放。

三、人工智能助力城市“双碳”目标达成的实施路径

人工智能作为新一轮产业变革的核心驱动力，对城市“双碳”排放具有三方面的影响，一是助力解决数据中心运

行、AI 模型开发自身产生的碳排放问题；二是利用智能传感器、卫星遥感技术等助力监测城市碳排放；三是赋能城市“双碳”重点领域，形成行业解决方案，提升优化各运行环节的工作效率，高效使用能源、压缩碳排放。

(一) 总体框架

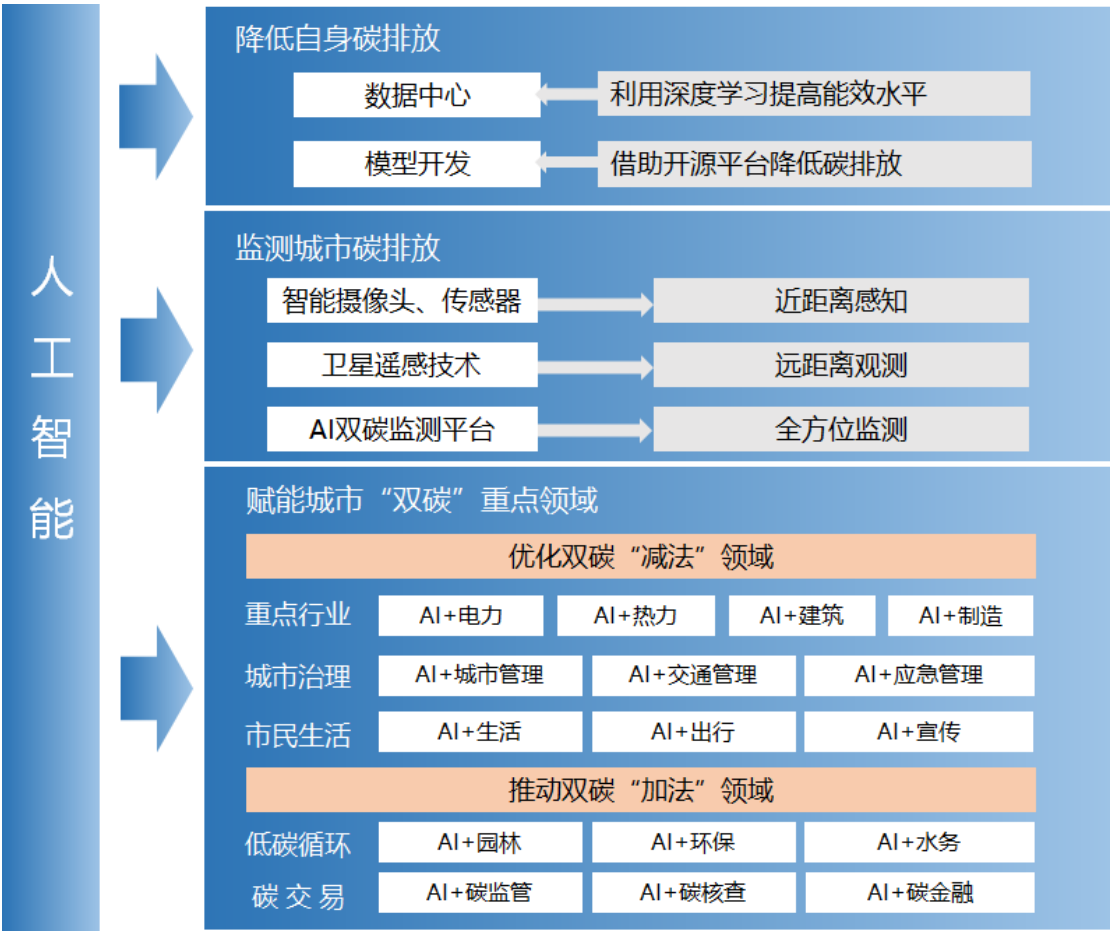


图 3 人工智能助力城市“双碳”目标的总体框架

人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。作为新一轮科技革命和产业变革的战略性技术，人工智能正加快与经济社会各领域融合发展，并逐渐成为助力城市“双碳”

目标达成的重要手段。人工智能主要从以下三条路径助力城市实现“双碳”目标：

一是人工智能助力降低自身碳排放。随着数据中心等人工智能基础设施部署的不断加快，以及人工智能算法模型开发和应用的不断扩大，电力等能源的消耗不断提升，通过应用深度学习算法等人工智能技术，并推动人工智能开源平台发展，能够有效降低人工智能的能耗，实现数据中心、模型开发的低碳运行。

二是人工智能助力监测城市碳排放。通过智能传感器近距离感知、卫星遥感远距离观测，利用人工智能监测平台进行综合分析，能够实现对碳足迹的跟踪、学习、模拟等，有效助力城市预测和优化碳排放活动。

三是人工智能赋能城市“双碳”重点领域。在行业层面，人工智能通过赋能电力、热力、建筑、制造等高碳排领域，助力提高能效、节约能源、减少碳排放。**在城市治理层面**，人工智能帮助交通、园林、环保、水务等领域，提升运行效率，降低事故灾害，高效利用能源，促进资源循环利用，压缩碳排放。**在惠民层面**，人工智能能够助力家电、照明、取暖、制冷等家居产品节能降耗，帮助市民垃圾分类促进再生

资源回收，通过提升城市公共交通运行效率增强市民绿色出行意愿等。根据波士顿咨询公司研究，至 2030 年，人工智能的应用有望减少全球 26 至 53 亿吨二氧化碳排放量，占减排总量 5%至 10%，同时为企业创造 1.3 万亿至 2.6 万亿美元的价值。

(二) 人工智能助力降低自身碳排放

1.数据中心：利用深度学习算法提高数据中心能效水平

数据中心运营过程中的碳排放来源主要是 IT 设备、制冷设备和配电设备损耗。通过建立数据中心深度学习模型，实时监控运行数据，持续进行系统自主调优并给出维护策略，实现智能供电、智能散热，确保数据中心低能耗高效运行，更加绿色节能。

案例一：百度数据中心 AI 控制系统

百度在山西阳泉、河北徐水和定兴三地建设了三个超大型云计算数据中心，能耗达到国际先进水平。三个数据中心全部采用了百度第四代数据中心基础设施架构，是行业首个供电、制冷全分布式间接蒸发冷却预制化数据中心。2020 年，百度的全部自建数据中心年均 PUE 为 1.14，基于百度飞桨研发的 AI 控制系统，能效最高单体数据中心年均 PUE 低至 1.08。与 2020 年行业平均 PUE1.59 相比，在相同的 ICT 负载条件下，数据中心行业基础设施平均能源使用量约为百度平均水平的 4 倍。每 10 万台服务器年均节电超过 1 亿度，相当于 10 万户居民一年的用电量。百度自研 DPC “冰川”相变冷却系统，单机柜冷却能力提升至 20kW。

案例二：华为利用 “AI+云” 助力数据中心节能降耗

华为基于 AI 的 iCooling 数据中心能效优化解决方案，在不改变数据中心硬件、产品配置的基础上，实现对温控全链路智能管理，通过机器深度学习生成 AI 节能算法，结合专家经验，实现同等条件下 PUE 降低 15%-18%。基于 AI 的 iPower 实现了对供配电全链路可视化智能监控，以及核心设备关键器件健康度预警，变被动运维为主动预防，保障数据中心的安全性和可靠性。iManager 通过把工具、运维流程以及经验等固化到工具中，提升运营效率和效益，实现数据中心资源的最佳利用。

2.模型开发：借助开源平台降低模型开发过程碳排放

人工智能模型规模越来越大，构建和部署这些模型消耗大量能源，产生大量碳排放。因此，降低开发和使用人工智能模型对环境产生的负面影响也很关键，通常有以下两种方式：**一是**利用开源框架提升企业开发和部署 AI 模型的效率。开源框架包含深度学习核心框架、基础模型库、开发套件等工具、组件，能够助力使用者便捷开发高精度的 AI 模型，极大降低模型训练和推理过程的资源消耗。**二是**通过优化算法和硬件，使用绿色低碳数据中心等方式，降低碳排放。

案例一：百度飞桨平台降低开发者使用人工智能的门槛

百度飞桨平台具有开发便捷的核心框架、支持超大规模深度学习模型训练、多端多平台部署的高性能推理引擎和产业级开源模型库等领先技术。面向产业 AI 应用场景，推出企业版双平台开发模式，EasyDL 零门槛 AI 开发平台和 BML 全功能 AI 开发平台，帮助企业开发者加速 AI 应用创新落地。截至目前，飞桨已汇聚了来自于各行各业的 360 多万开发者，开发了 40 万个 AI 模型，累计服务 13 万企事业单位，覆盖工业、农业、医疗、城市管理、交通、金融等众多领域。

案例二：谷歌通过对模型、处理器和数据中心的改进和优化来降低碳排放

来自谷歌和美国加州大学伯克利分校的研究人员最近联合发表一项研究论文，着重评估并比较了 5 个大型自然语言处理（NLP）模型的能耗和碳排放量，其中包括 T5、Meena、GShard、Switch Transformer 和 GPT-3。结果显示，拥有 6190 亿参数的 GShard 比拥有 1750 亿参数的 GPT-3 消耗的能源少约 53 倍，净碳排放量少约 127 倍，这主要得益于 GShard 在算法+硬件上的多重优化。针对实验结果，研究人员还分析并总结了模型之间碳排放表现出现巨大差异的原因，如 DNN（深度神经网络）模型的类型，数据中心是否由清洁能源供电，执行任务的地理位置等等。GShard 提供了一系列轻量级 API，只需要少量的模型代码改动就可以表达多种并行计算模式，还能通过稀疏化的混合专家（Mixture of Expert）方法来扩大多语言神经机器翻译 Transformer 模型的大小。

（三）人工智能助力监测城市碳排放

1.使用智能摄像头、传感器近距离采集城市碳排放数据

利用智能摄像头、智能传感器，能够实时感知、监测城市碳排放数据。在城市治理领域，借助智能摄像头全流程监管渣土车，降低违规操作产生的碳排放。在建筑领域，智能视觉传感器能够辅助降低暖通空调系统能耗。在工业领域，利用热红外等传感器实时监测和识别烟雾、热量和二氧化氮等排放情况，借助人工智能技术分析处理排放数据形成可视化结果，助力电力、钢铁、水泥等行业监测碳排放情况。在交通领域，将传感器用于测量卡车载重和电池筒，助力卡车

降低油耗。

案例一：百度利用智能摄像头监控渣土车违规上路行驶

百度利用智能摄像头全流程监管建筑垃圾准运车，能够实现智能存证、预判治理，从源头治理每一辆进出工地的渣土车，有效降低了渣土车违规率，减少了建筑垃圾处置不当产生的碳排放。百度还可以通过 AI 研判和算法技术，解决了遮挡号牌等问题，还原了真实车牌情况，并将安全报告和视频发送到执法部门，作为研判的依据。有效解决了工地渣土车违规治理的痛点难点，显著提高了城市交通管理效率，促进了绿色节能环保。

案例二：索尼智能视觉传感器辅助降低建筑暖通空调系统能耗和碳排放

美国 Nomad Go 公司利用索尼半导体提供的人工智能视觉传感器 IMX500 开发了一款动态暖通空调（HVAC）系统，利用边缘计算、计算机视觉技术，可根据现场占用情况按需控制 HVAC 系统，并提供面向用户的控制界面，提供空调使用情况、能耗和二氧化碳减排量的界面，且方便用户实时控制。该系统旨在帮助建筑管理方将建筑的二氧化碳（CO₂）排放量和能源成本降低 30% 以上。

案例三：美国 WattTime 热红外传感器技术监测碳排放

美国非盈利性创新机构 WattTime 借助热红外传感器等传感器监测设备，结合卫星成像和人工智能技术，利用卫星网络监测全球所有大型发电厂的碳排放情况及排放水平，并将监测数据对外公布。这些传感器能够在不同波长下工作，利用人工智能技术，通过各种算法将收集到的数据处理形成可视化的图像，以检测是否有排放迹象，对排放进行视觉识别，更好地分析碳排放。该系统面向公众开放，能够解决发电厂排放数据监管造假问题，促进减排公正进行。

案例四：上海麦越采用气体传感器、PID 光离子传感器监测碳排放

上海麦越环境技术有限公司开展了温室气体|二氧化碳排放在线监测设备试点研发工作。麦越公司 CEMS-3000 型烟气排放连续监测系统可连

续监测一氧化碳、二氧化碳、甲烷、一氧化二氮等温室气体排放物及其他气体污染物监测。M-2000C 大气碳排放监测系统，该系统包括固定污染源排口二氧化碳监测设备、厂界二氧化碳监测设备、智慧信息云平台，通过对电厂、矿区等场所的温室气体、碳排放数据进行监测，探索研究碳排放计算方法和软硬件系统。

案例五：欧盟将传感器用于测量卡车载重量

欧盟发布 TRANSFORMERS 项目，旨在降低卡车的油耗。弗劳恩霍夫协会结构稳定性与系统可靠性研究所研发了新传感器系统，用于测量载重量及电池筒，后者被用于向拖车提供电辅助驱动。该系统旨在将油耗降低 25%，同时减少二氧化碳排放量并降低交通拥堵的风险。

2.采用卫星遥感技术远距离观测碳排放数据

借助人工智能技术处理遥感影像和遥感信息，能够显著提高碳排放观测效率和速度。卫星遥感技术从远距离采用高空鸟瞰的形式进行探测，包括多点位、多谱段、多时段和多高度的遥感影像以及多次增强的遥感信息，数据量巨大，利用人工智能、机器学习等技术手段，能够快速分析接收到的数字和图像信息，自动反向推算出二氧化碳分子数量，计算大气中二氧化碳浓度，实现实时监测城市碳排放总量和工业园区碳排放量。利用大气浓度测量进而计算碳排放和碳吸收的方法，优势在于“看得广、看得清”，与侧重“看得准、看得全”的地面观测形成有效互补。

案例一：中国矿业大学薛勇团队利用 AI 算法分析卫星遥感图像精准计算碳排放

中国矿业大学摄影测量与遥感学科带头人薛勇团队利用卫星遥感技术实现了碳排放数字的精准测量。利用卫星高光谱多光谱数据，建立大气传输物理模型，采用自研算法，计算地球大系统中的二氧化碳、甲烷、气溶胶等温室气体排放量。

案例二：中国碳卫星获首个全球碳通量数据集

碳排放的量化监测是世界各国最终实现温室气体减排的重要技术基础，在所有的碳排放量监测手段中，只有星载高光谱温室气体探测技术既能对二氧化碳等温室气体浓度进行高精度探测，又能获取全球各区域的气体浓度分布数据。8月15日，中国科学院大气物理研究所研究团队基于我国第一颗全球二氧化碳监测科学试验卫星“中国碳卫星”开发的全球碳通量数据集出炉，标志着我国成为继日本、美国之后，第三个具备全球碳收支空间定量监测能力的国家。

3.利用人工智能监测平台全方位监测城市碳排放

结合大数据、云计算等技术，利用深度学习、知识图谱等人工智能技术，构建城市级双碳监测平台，能够实现对城市运行各领域碳排放数据的监测、碳配额的统筹、节能降碳的分析管理，跟踪各领域目标达成情况，对城市碳排放进行全方位监测，有效支撑城市节能减排和绿色用能评估。

案例一：百度度能 2.0 平台赋能能源监测

百度度能 2.0 利用人工智能能源大脑，结合行业知识图谱，将物联网感知数据和人工智能模型应用到综合清洁能源优化、高频采集追踪碳足迹、智慧能源优化、用能系统优化等各个环节降耗减排，确保能源服务提质增效，赋能监测城市运行中的能耗和碳排放。百度度能 2.0 平台融合了百度智能云天工 AIoT 平台的数据智能，能够提供包括水、电、蒸汽、热力及燃气在内的全品类能源监控和分析能力，覆盖能源管控、双碳管控、

节能、能源设备运行优化、生产用能优化等全场景，能够全面、细致的掌握城市、区域内全品类能源使用情况和碳排放情况，辅助智能调节清洁能源结构，达到最佳使用效果。目前度能已和数十家生态伙伴联合打造了能源领域的应用与终端 100+款，直接与间接服务用户达 10000+家。

案例二：河南兰考发布县域“碳达峰、碳中和”进程监控分析系统

国网河南电力通过建设兰考能源互联网平台，将“双碳”目标与数字化结合，依托能源大数据、云计算、人工智能等数字工具，构建了“数字+降碳”的绿色减碳模式，创新推出县域“碳达峰、碳中和”进程监控分析系统。系统归集了兰考区域的电、气、油、地热等重要能源数据，搭建了能源、工业、交通、公共建筑、居民生活、农业生产 6 大领域碳排放计算模型，创建低碳家底、能源消费、碳排分析、达峰目标、清洁减排、兰考碳汇等 6 大功能模块，实现了以日为最小维度，细化到全县 13 个乡镇和县城，覆盖兰考现有能源消费、工业体系、生态碳汇全口径的“双碳”进程监测及分析评价功能。

（四）人工智能赋能城市“双碳”重点领域

1.优化重点行业减排路径

（1）AI+电力：降低能源损耗，减少发变输配电各环节碳排放

人工智能助力电力系统提升整体供能效率和综合利用效率，达到降低碳排放的效果。在发电端，人工智能在提升传统火力发电效率的同时，助力解决新能源消纳及电网稳定性；在巡检端，人工智能在输、变及配电等不同场景持续落地，降低电网各环节的能源损耗。根据中金公司测算，在人

工智能技术的助力下，发、变、输、配电各环节的发电效率均有望得到提升，每年可减少 666.5 亿千克二氧化碳排放。

案例一：国网信通集团电力人工智能平台

国网信通产业集团支撑的国网安徽电力人工智能平台已开展二期建设，应用成效显著，已涵盖输电线路巡检、智慧变电站、变压器声纹监测、现场作业安全管控、电网设备技术监督、智能语音客服以及智能营业厅等 12 项人工智能技术应用，利用图像识别、语音识别以及自然语言处理等人工智能，提升电网运营、检修、监督工作效率 60%，减少人员投入成本达 8000 万元。

国网信通产业集团支撑国网辽宁电力打造了人工智能建设体系，完成全天候的山火识别、线路通道障碍物智能识别能力构建。通过人工智能平台应用，能将输电故障、跳闸等风险降低 5%，隐患推送占比达到 99.8%。实现紧急巡检、复杂场景辨识，以及设备故障预警及协同诊断等功能，覆盖巡检点 38 个，全面巡视替代率 78.6%。

案例二：宁夏宝丰农光互补电站建设智能光伏解决方案

宁夏银川市的宝丰农光一体化产业基地是全球最大的农光互补电站。通过积极应用人工智能、云计算、智能传感器等数字化技术和设备，宝丰农光一体化产业基地构建起一套智能化的光伏解决方案，实现了对电站运行信息的实时数据收集和分析。电站 2017 年建成运行，采用了最高效的单晶硅组件和最先进的华为智能光伏解决方案。自 2017 年建成至 2020 年底，该基地累计减少二氧化碳排放 204.7 万吨，相当于新种植约 8900 多万棵树。

(2) AI+热力：智能精细管控，助力热力系统低碳高效运行

人工智能供热管控系统可以根据外部气候的变化、客户

使用习惯，建筑结构、系统压力分布等参数，通过传感器、物联网远程采集数据，依托深度学习技术，将系统运行情况数字化，促进整个系统高效运行，助力节约供热系统能耗、精细化运营，有效降低尖峰负荷。

案例一：百度智能云联手中环寰慧用 AI 助力供热系统节能减排

百度智能云与中环寰慧携手进行能源行业的智能化转型实践，利用 AI+IoT 技术解决供热行业的痛点，实现智慧供热。基于百度智能云 AI 能力提供智慧供热 AI 模型。基于物联网平台将数据统一接入，可以提供大量数据进行设备特性拟合，精确预测供水温度和阀门开度，使设备可以工作在最佳状态，保证全网有最高的供热效率。智能算法依据历史数据自适应优化学习，实现换热站动态气候补偿策略实时调控，按需供热，保证居民供热质量和室温的稳定趋势。在智能供热策略下发后，通过多个版本的迭代可得，试点的换热站实现节能 17%和 20%（室外温度在-7 度和-2 度时测算），供热能耗显著下降，节能效果明显。

案例二：淄博热力采用亚马逊云科技数据分析和机器学习服务 每年减少数十万吨碳排放

山东省淄博市热力集团（简称淄博热力）将 IT 基础设施全面迁移到亚马逊云科技，通过采用亚马逊云科技提供的数据分析和机器学习等云技术和服务，开发了智慧供热平台，在确保高品质供暖服务的情况下，将能源消耗降低 30%，每年可以减少 40 万吨二氧化碳、1300 吨二氧化硫和 1130 吨氮氧化物的排放，相当于节省了 15 万吨标准煤的消耗。淄博热力通过使用 Amazon SageMaker（一项完全托管的机器学习服务）对供热场景进行建模，更好地了解用热情况，并分析天气、建筑物维护和供暖使用效率等数据，预测供暖需求。根据建筑结构、耗热率和环境因素，调整室内供暖策略，为居民住宅和企业办公场所精细地定制供暖计划，提高供热

效率，确保用户在整个供暖季享受舒适的室温，同时实现节能减排。

(3) AI+建筑：动态运营维护，实现建筑“近零”排放

人工智能赋能建筑可提供绿色高效智慧建筑解决方案，基于人工智能和物联网技术，可以建立以人为中心的楼宇节能管控大数据系统，通过采集大量终端数据，跟踪设备从安装到运维全程的状态，建立建筑信息模型，结合人工智能算法的建筑模型能够收集处理更多的大数据，系统地检测和管理资产寿命周期、线路健康状况、设备状态预警、能耗异常数据等，实现建筑“近零”排放。

案例一：百度科技园建筑节能项目

百度科技园办公大楼 K2 利用人工智能落地智能楼宇项目。百度自建楼宇均采用冰蓄冷技术。每个制冷季，通过在夜间电力负荷低谷期制备冷量，在白天电力负荷高峰期间用制备的冷量为中央空调系统供冷，减少用电高峰期的电网负荷，可有效的减少电网峰谷差异，实现电力的“移峰填谷”，提高电网的负荷率，并有效节约了企业的实际用电支出。通过“移峰填谷”，百度全年可节省约 400 万度电量。

案例二：ABB 瞄准“零排放”，在北京经开区建设国家级绿色工厂

北京 ABB 低压电器有限公司光伏发电及系统集成项目在北京经开区落成。该项目运用了 ABB 智慧能源管理技术，利用大数据和人工智能实现设备的监视、优化、预测和管理。通过智能建筑控制系统，实现对厂区建筑物的照明、窗帘、采暖、通风、安全等设备的优化控制。通过互联技术和楼宇自动化实现了建筑数字化，在提高电网可靠性和管理电力消耗以及在提高能源效率、降低能源成本方面具有关键作用。ABB 宣称到 2030 年实现自身运营“碳中和”并支持其他企业减少碳排放，推动行业数字化

转型，为北京经开区实现“碳中和”目标开辟有效路径。

(4) AI+制造：推动提质降耗，实现行业低碳减排

人工智能在规划调度、生产进度监测、设备控制、质量检测等环节可以显著提高工作效率，基于收集的生产数据，人工智能可以自动设置和调整机器的运行参数，让机器和部件成为自优化的系统，实现各个生产环节的精准控制，根据生产条件迅速调整生产方案，降低能耗，有效降低成本。

案例一：百度助力美欣达优化生产流程、稳定工艺与降低能耗

百度智能云为美欣达量身定制了“智能制造整体解决方案”，帮助其实现了降低能耗、稳定工艺的目标。通过接入度能 2.0 平台，美欣达建立了自己的基础能源数字化监控系统，通过对能源数据及过程数据的高频采集和分析，工厂构建了符合自身业务的能源模型，辅助工厂的生产和管理。目前，不仅实现能源管控的数字化和节能目标，达到碳监控；通过对生产流程的智慧优化，保证了工艺稳定，在提升品质保障的同时，显著降低了生产能耗和碳排放。

案例二：百度智能云为某国内电子设备代工厂提供了数字能源化监控系统

百度智能云为某国内电子设备代工厂提供了数字能源化监控系统，建立碳监测体系，并确立减碳目标。基于数据分析，监控系统可发现节能和减碳空间，为用户制定一系列减碳政策提供辅助决策，每年为企业减少 1.6 万吨的二氧化碳排放，年节省电费 470 万元+人民币。

案例三：联想助力优化煤炭炼焦方案，降低能耗物耗

联想围绕智慧冶炼的工艺优化、基于 AI 的表面检测、工厂智慧化三个板块，针对采矿、选矿、炼钢、炼焦、冷轧、热轧、特钢等核心生产领域，为鞍钢集团提供了针对性的智慧解决方案。联想数据智能业务集团为

煤炭炼焦的配煤过程提出“基于机器学习和优化算法的烟气脱硫优化方案”，以替代传统基于人工经验和实验方式，通过机器学习算法和优化算法构建 SO₂ 预测模型以及能耗物耗优化模型，以预测烟气中 SO₂ 含量并输出脱硫装置的操作建议。降低鞍钢煤炭炼焦污染气体排放与能源消耗。

案例四：阿里云助力正泰新能源提升质检效率

正泰新能源借助阿里云 ET 工业大脑，利用深度学习和图像识别算法，集中学习了 40000 多张样片，将图像转换为机器能读懂的二进制语言，从而能让质检机器实时、自动判断电池片的缺陷，大幅节省人力，提高产品生产效率及精度稳定性效果。正泰新能源借助 AI 质检实现了单、多晶电池片 EL 缺陷的毫秒级自动判定，识别隐裂、黑斑等 20 余种瑕疵，相比人工检测速度提升 2 倍以上，且稳定性在 95% 以上。不但节省了大量成本，还降低了工厂运行过程中的能源消耗和碳排放。

2.提升城市综合治理效能

(1) AI+城市管理：提升运行效能，减少城市管理碳排放

依托“城市大脑”，运用知识处理、地图服务、视频识别、语音识别等人工智能技术赋能城市管理，推动城市管理工作由数字化向智能化升级，提高城市管理工作效能。利用 AI 技术能够自动识别乱堆物堆料、占道经营、垃圾箱满溢、店外经营、打包垃圾、无照经营游商、暴露垃圾等城市管理痛点问题，并自动上报、处置违规事件，降低违规行为产生的碳排放。

案例一：智慧丽江“城市大脑”，有效提高城市管理效率

丽江市围绕城市大脑指挥中心，着力推进城市管理、旅游发展、古城保护、政务服务4个方面的数字化转型，建设“看得见、摸得着、用得上、管得好”的智慧城市。丽江城市大脑通过建设感知中台、数字中台、AI中台、交互中台四大中台，聚焦党建政务、文化旅游、社会治理、生态环保、公共服务五大板块，打通数据壁垒、实现资源共享，为委办局业务提供数据支持和AI赋能，实现综合指挥调度、决策分析及资源共建共享共用。目前“智慧丽江”指挥中心AI智能算法已达到58种，能主动智能识别城市管理场景中的主要事件。“智慧丽江”也从多个方面体现了场景AI赋能；首先是语音赋能，语音调度“打开玉河走廊摄像头”等，通过语音调度提高指挥效率，实现人机互动能力。其次是AI感知赋能，在古城区西安街道4条主要道路接入600+路面摄像头，实现河道入侵、机动车违规停放、街面违规经营等12种类型事件识别。通过对一个摄像头多种算法配置，实现一机多用、共建共享。系统运行半年已识别5000+事件，自动闭环近2000条，有效提高城市管理效率，节约管理成本，间接降低碳排放强度。

案例二：广州城管利用AI技术开展线上巡城，提升管理效率

广州城管通过“智慧城管”大力开展“线上巡城”，充分运用AI、大数据等信息技术手段开展城市管理和综合执法工作。借助视频智能识别立案等技术，大大降低了巡查工作的人力成本和疫情期间交叉感染风险，“智慧城管”成效初显。广州利用10多万高清摄像头织成的“天网”，通过城管视频智能分析信息系统，对店外经营、占道广告、乱堆物料、垃圾满溢、垃圾暴露、等城市管理问题进行智能化自动抓拍、自动识别、自动报警，城管执法人员通过该智能系统，实现了“线上巡城”，城市管理效率显著提升。

(2) AI+交通管理：优化道路运行，精准测算交通碳排放

人工智能技术能有效挖掘传统交通行业中人、车、路、环境的数据信息，利用人工智能技术进行运动目标检测和识别，能够助力交通管理领域实现动态违法取证、交通信号控制、路网流量调控、人车特征关联、交通行为研判等功能，优化道路运行效能，助力道路交通节能减排。

案例一：百度 ACE 交通引擎

百度利用人工智能、大数据、自动驾驶、车路协同、高精地图等新一代信息技术，打造车路行交通引擎“百度 ACE”，百度 ACE 交通引擎通过提升交通效率，助力交通行业每年减少排放 1000 万吨碳。依托百度的智能交通解决方案，广州市黄埔交警大队对科学城、知识城区域的交通信号灯进行自适应控制升级。科学城、知识城项目范围内自适应路口数量占比达 57%，路口车均延误下降约 20%，绿灯空放浪费下降约 21%。开创大道、开泰大道、科学大道、科翔路、创新大道、九龙大道共 6 条干线道路主车流方向实现“动态绿波”通行，平均行程时间下降 25%。黄埔有轨电车 1 号线列车实现了智能化信号优先，尽量使有轨电车到路口即可绿灯通行，平均每次节省约 45 秒，每趟次行程时间节省约 28%。

案例二：华为云交通智能体 TrafficGo 用 AI 接管城市交通

中新天津生态城与华为云合作启动实施了“TrafficGo”项目。在对生态城最近半年的交通数据进行综合分析的基础上，该项目通过人工智能算法选取了临近彩虹桥的 8 个关键路口作为首批试点。在试点路口，一旦发现关键路口的交通流量突然增加，人工智能就会根据采集到的即时交通数据，相应优化配时时长，每次变灯时，通过路口的车流量即可相应增加，确保道路资源得到充分利用，提高道路“吞吐量”。针对车流高峰期主干道

路经常出现“溢出”现象（排队的机动车长度>道路长度），导致路口通行秩序受阻的情况，人工智能能够通过准确感知各路段的排队长度和拥堵状态，实时调整配时方案，缓解交通拥堵造成的碳排放。

案例三：浙江交通数字化路段可实时追踪碳排放

浙江交通集团下属的杭金衢路段数字化能源管理高速公路正式上线，该数字化路段充分运用云平台、大数据、人工智能等技术手段，通过管理系统主动计算、超前感知、智能调控，深挖高速场景节能潜力，提升能效和能源综合利用率。在长达 60 公里的路段中，综合分布了服务区、管理中心、收费站、隧道等全部路上碳排放场景，同时建立了包括光伏发电项目、服务区储能等新型能源系统。用户能看到高速公路全线用能情况，获得实时的用能量、用能成本，新能源替代率、碳排放等关键信息，充分体现了数字化+交通+双碳的多元融合。同时，该数字化路段实时追踪碳排放，实现碳监测，输出用能脱碳分析，对高速公路节能策略和新能源替代提供精准量化分析，初步建立起高速公路双碳数智管理体系。对交通行业节能减排起到重要示范作用。

（3）AI+应急管理：提高响应时效，降低事故引发碳排放

利用人脸识别、车辆识别、生物特征识别、视频结构化处理等计算机视觉技术，能够实现人员身份管理、车辆速度、车辆违停、危险物堆放、潜在危险源发掘等功能，借助人工智能算法能够促进城市应急管理从“被动防御”向“主动预防”迈进，减少突发事件引发的碳排放。例如，危化品储存与运输，工厂事故引发污染源泄漏等。

案例一：百度智能云消防物联网中心

百度智能云消防物联网中心是百度、宁波市鄞州区人民政府、浙江新

蓝成联手打造的首个赋能应急消防领域的智能物联网中心，运用 AI、大数据技术，实现火灾自动报警管理、智能巡查管理、智能隐患排查、智能风险评估、设施设备管理等功能，降低火灾事故产生的碳排放。

案例二：欣纬智慧与华为联合推出 AI+应急管理全栈解决方案

欣纬智慧联手华为共同打造了 AI+应急管理全栈联合解决方案。利用 AI 技术实现全智能应急值守。通过智能语音接报，图文 OCR 识别，视频识别点名，提高了应急值守智能化水平，实现了应急值守的规范、快捷、智能、留痕管理，基于知识图谱技术的专项防御模式，提升了全域快速动员和动态跟踪反馈能力，降低事故持续发酵引发的碳排放增多。

案例三：云从科技视频图像 AI 分析火灾报警技术，可在数秒内发现火苗完成报警

视频图像 AI 分析火灾报警方案基于传统视频监控技术的基础上，结合人工智能技术实现烟雾识别、火光识别、吸烟行为识别以及消防设施监测等可视图像消防报警，改变了传统火灾报警系统的探测方式，由间接地“听”火灾报警声音改为直接地“看”火灾现场的实时图像。当视频图像中出现火焰或烟雾时，系统可在几秒钟之内，就能快速准确地发现火焰或烟雾的图像，发出火灾报警信号，识别速度快，报警及时，报警信息可视化，可融入智慧消防整体平台中进行统一管控。从源头上实现火情智能管理，减少因城市火灾带来的经济损失和碳排放。

案例四：华为云提出端侧视频 AI 交通事件解决方案，快速精确检测交通事故

华为云利用人工智能图像监测、深度学习技术，针对高速公路和城市快速路场景，采用大量样本训练出深度神经网络模型，可快速准确检测交通事故、逆行、交通拥堵、停车等交通事件和行人、遗留物等情况。方案具备路网动态运行信息采集、监测、预警功能，能够自动检测各类交通事件，提高事件的主动发现能力。该方案利用人工智能技术，提升应急事件指挥调度与协同：提高事件处置能力，缓解事件影响程度，降低因为交通

事故对城市道路交通造成的损失，缓解车流拥堵造成的大量碳排放；提升道路日常管控监测能力，强化对重点车辆的管控，保障道路高效运行。

案例五：“翼龙”-2H 应急救援无人机驰援河南灾区，助力应急管理效率提升

基于“翼龙”-2H 无人机的空中应急通信平台应急救援无人机在河南大暴雨造成严重洪涝灾害时，为市民提供了灾区黄金 5 小时通信时间。“翼龙”-2H 系统由无人机、地面控制站、保障系统组成。实现了图像、语音、数据上下贯通，横向互联、可视指挥，帮助全面构建‘空天地’一体化应急通信保障体系。该款无人机还应用卫星遥感、空中勘察等技术，实时获取受灾重点区域、山体崩塌（滑坡）、堰塞湖等灾情，为指挥部第一时间确定救援救灾重点方向以及动员和部署抗震救灾工作提供决策依据。“翼龙”-2H 的快速响应部署，能够将灾害损失降到最低，极大地保障了城市建设成果，避免了灾害和城市瘫痪导致的碳排放。

3.助力全民“双碳”行动

（1）AI+生活：助力节约能源，降低生活碳排放

利用人工智能技术对家庭用电、水、气进行管控，提高能源使用效率，控制家庭能源消耗，助力居民生活节能减排。一方面可以通过智能音箱、智能控制系统控制家电，对家用电气、照明灯具等实现自动化、精细化、智能管控，降低无效电力消耗和碳排放。另一方面能够辅助家庭进行垃圾分类，有效提升资源回收利用率。

案例一：百度 DuerOS 联合宜华生活、小葱智能打造 AI 全屋定制智能家居

百度 DuerOS、宜华生活、小葱智能进行深度合作，联手打造智能家居生态。北京宜华智能家居体验馆中，小度音箱成为了整个智能家庭的控

制中枢，通过智能化的设定，家居电器能够听从主人命令，在离家时自动关闭客厅、房内的门窗、电动窗帘等设备，在用户不使用电器时，自动切断电源防止意外发生，在帮助用户实现节能的同时还能为用户的安全提供一定的保证。DuerOS 加持的智慧家居，还能实现智能照明调控、智能插座监测等功能，对家用电气、灯具等实现自动化、精细化、智能管控，充分降低无效电力消耗和碳排放。

案例二：艾拉物联利用 AI 助力家庭生活降耗减排

艾拉物联开发的第四代全屋智能解决方案由多路传感联动+AI 算法动态控制组成，传感器抓取用户行为习惯后，运用大数据技术分析该用户行为模式，分析后通过 AI 技术在云端做机器训练，最后再通过云端把符合这个用户行为模式的算法推送到设备端，从而实现无感的主动式服务。艾拉物联全屋智能六大系统分别为门窗遮阳、智能照明、舒适生活、环境监测、安防守护、能源管理，助力家庭生活节能降耗。

案例三：百度 App 垃圾分类小程序助力市民精准分类

百度 App 垃圾分类小程序让北京市民通过语音、视觉和文本三种形式，随时随地全场景完成垃圾分类检索查询，垃圾分类不再是难题。用户只需要在百度 App 点击底部话筒语音搜索"垃圾分类"即可进入小程序，体验包括文字、语音、拍照搜索等全场景垃圾分类功能。如果无法确定垃圾具体属于哪个类别，还可以通过小程序下方的"语音"和"拍照"功能，用语音搜索或者视觉搜索来快速识别垃圾类别，助力垃圾资源化回收。目前，百度 App 垃圾分类小程序，支持 2 万多种垃圾精确分类。

(2) AI+出行：促进低碳出行，减少私家车排放

在私家车出行方面，利用人工智能技术、智能导航系统等，实现出行路径精准规划，出行途中智能避堵，为新能源用户提供精准、高效、智能的充电方案等功能，降低私家车出行产生的碳排放。在公共交通出行方面，通过人工智能、

云计算、物联网等技术，提升公共交通领域智能调度效率，为用户提供最优化的出行路线，提升用户绿色出行体验，降低私家车出行率，减少汽车尾气排放。

案例一：百度地图利用 AI 技术为市民提供高效出行路线，降低私家车出行排放

百度地图基于 AI 技术助力路况预测、路线时间预估，实现导航路线精准规划，有效提升出行效率。在驾车算路时，百度地图借助 AI 算法为用户推荐最高效的出行路线。在出行途中，借助图像识别等技术及时发现沿途有路况明显变化的路段，屏幕中还将以“气泡+黄条”的形式突出显示出来，方便用户快速了解明显变化路段。百度地图运用智能融合引擎和机器学习模型，打造智能定位功能，用户在导航过程中，遇到无卫星信号或弱卫星信号的环境，依然能够完成连贯导航，提升用户导航体验并准确到达目的地。基于百度地图慧眼常驻点、通勤距离、通勤方式等时空数据，百度地图慧眼结合北京生态环境局推出的各种交通方式碳排放因子，联合中国城市规划设计研究院测算全国主要城市万人单程通勤碳排放总量，可以反映城市职住空间和交通支撑对碳排放的影响，同时，为城市的低碳减排提供量化支撑。

案例二：滴滴出行结合机器学习和大数据技术搭建滴滴交通大脑，提升出行效率

滴滴研究院结合大数据与机器学习，搭建滴滴交通大脑，收集每个城市、每一时刻的所有交通出行相关数据，然后做出最优的决策（匹配、导航等），提高出行效率。滴滴的智能调度是整个滴滴的智能大脑和决策系统，其核心思想是“激活闲置资源、中心调度、高效匹配”。司机和乘客匹配、订单分配是滴滴智能调度的核心。滴滴研究院利用深度学习来做路径规划和时间预估的系统进行订单分配，实现司机和乘客的最优匹配，最大限度提升匹配率和成交率，极大地提升了用户出行舒适感与城市整体的交通效率。

案例三：哈啰出行采用单车智能调度算法，让每辆车日均多服务一名用户

哈啰出行在智能调度和 AI 派单阶段，依托哈啰大脑基于历史骑行数据、站点属性、天气等因素，通过 AI 来计算城市各点位的车辆供需情况，以及基于调度员的实时位置以及载具运力大小进行自动化派单。截至 2020 年 9 月，哈啰大脑智能调度已经在全国近 200 个城市上线。哈啰出行自行研发的定点还车技术，可有效引导用户在规定区域内有序停车，实现单车停放智能化管理。这项技术亚米级别的测试成功率达到 95% 以上，目前上海奉贤、松江部分地区已落地应用。哈啰出行在解决城市最后一公里问题上，显著提升了城市交通运转效率。

(3) AI+宣传：培养低碳意识，全民参与碳普惠

在宣传引导方面，一方面基于人工智能技术的小程序，能够对公众碳减排行为进行量化，并记录反馈给用户，引导提升用户低碳生活意愿；另一方面人工智能能够为消费者提供量身定制的干预措施，提出低碳消费替代产品或服务，促使公众参与到节能减排计划当中。

案例一：百度地图借助 AI 技术实现碳减排量记录功能倡议全民低碳出行

百度地图借助智能导航、智能语音、图像识别、智能感知等人工智能技术，在地图中为用户直观展示碳减排量，呼吁大众选择绿色出行方式。用户出发前，只需在百度地图上输入起终点，并选择公交、步行或骑行等绿色出行方式，便可看到每条路线预估的碳减排量。行进过程中，百度地图也能实时记录。用户在乘坐公交地铁时开启到站提醒或导航功能，或是在步行和骑行时使用导航，便可将步数或里程转换为对应的碳减排量，让走过的每一步路都“算数”，更直观的感受绿色出行的力量。基于绿色出

行理念的智能出行工具，能激发人们践行“低碳生活、绿色出行”的动力。

案例二：四川泸州市“绿芽积分”利用 AI、大数据等技术量化个人低碳行为

四川泸州市的“绿芽积分”使用人工智能、大数据、区块链、云计算等技术，综合采集公民在绿色生活、绿色出行、绿色循环、绿色金融等多个维度绿色场景的减排行为，并将其科学量化，形成分布式架构的绿色账本和集纳个人绿色生活的多维体系算法，进而建立泸州市个人、企业、政府碳减排数字账本，完善个人绿色生活回馈机制，支撑全民绿色生活方式。

4. 促进城市低碳循环发展

(1) AI+园林：森林灾害预警，保护碳汇林增加碳汇

人工智能在助力森林防护巡查、火灾隐患排查、火灾救援等方面能够发挥重要作用，实现防火监控的全域化、立体化、智能化、可视化和全天候覆盖，促进了由“人防”向“技防”的转变，用科技保护森林，增加林业碳汇。

案例一：百度自然灾害监测预警系统

百度基于飞桨深度学习平台，融合遥感卫星图像、视频监控、无人机等多种手段，实现灾害信息自动聚合、灾害研判主动推荐；同时提供基于百度人口热力靶向实时推送灾害预警信息，为灾情救援提供支撑。

案例二：智能安防平台 EasyCVR 助力森林火灾监测

青犀视频提供基于 EasyCVR 安防视频云服务的森林防火解决方案。EasyCVR 支持多协议、多类型设备接入，在云端进行统一视频智能分析与视频大数据管理，全终端、全平台覆盖分发，实现“云、边、端”一体化协同。平台通过自动实时读取和控制各网络摄像头云台当前状态，在发现森林火情时，将云台自动停在对应的位置，在实时视频图像中自动用红框标出火情发生的位置，植被信息、水源地、灭火设施设备、人员、道路等情

况，利用单兵、短信平台、广播系统等进行指挥实施灭火。防止火灾蔓延，维护植树造林成果，有力减少碳排放。

（2）AI+环保：废物循环利用，抵消垃圾处理碳排放

在垃圾分类领域，利用人工智能技术实现全自动垃圾识别、分类、动态垃圾容量测量，能够显著提升环境治理效能。利用机器人分类，可以得到高品质、高纯度的循环利用资源。在垃圾焚烧发电领域，人工智能可以辅助管理垃圾焚烧炉，提升锅炉燃烧稳定性。

案例一：百度城市大脑 AI 赋能垃圾分类

通过桶站智能识别，7*24 精准识别不规范投递行为、智能告警留痕，突破传统“人盯人”模式，实现投递监管无人化。综合分析垃圾桶装载情况、道路拥堵情况和投递量小时级预警等数据，实现清运车小时级全域调度，提升垃圾清运效率。垃圾减量、分类效果显著，分类量排名全市第一，95%小区实现每日分出厨余垃圾，厨余垃圾分出量和分出率双提高，其他垃圾总体减量增效，日均减少 5.37%。助力降低城市垃圾带来的碳排放并实现垃圾资源化利用。

案例二：金滬科技助力垃圾填埋场垃圾分类回收工作

金滬科技通过百度智能云的服务在百度飞桨深度学习平台上搭建自己的人工智能算法。垃圾分类机器借助目标检测模型来判断垃圾种类，再借助图像分割模型，找到瓶子等垃圾类型的边缘，确定瓶子中心点位置，然后将判断结果传递给机械臂，把垃圾分拣出来，速度也很快，单张图片识别在 500 毫秒内。对塑料瓶的颜色识别，如果是二次清洗过的瓶子，机器视觉传统算法可以做到 95% 的正确筛选率，而飞桨的模型则能做到准确率和召回率 99%；对于没有处理的瓶子，也就是国内垃圾处理厂随处可见的饮料罐，机器视觉传统算法准确率就下降到 74%，而飞桨模型依然可以

保证 97% 的正确筛选率，能够有效提高垃圾分类整体效能。

案例三：阿尔卑斯垃圾分类机械臂

北美纸箱包装委员会与阿尔卑斯废物循环利用及 AMP 机器人公司合作，利用 AI 提升食品和饮料包装循环利用效率。阿尔卑斯公司在其旗下的工厂中安装了 AMP 公司的 Cortex 分类机器人，Cortex 机器人配备了机械臂，每只机械臂都配有抓手和摄像机，利用计算机视觉技术和机器学习算法能够辨别出现在工厂传送带上的废物。目前，机器人每天工作大约 16 小时，每分钟可以做出 60 次分拣动作，高于人类每分钟 40 次的平均值。在进行分类工作的过程中，机器人会不断地积累经验，从而变得越来越聪明，令分类的准确度不断提升，使分类过程越来越高效。增加了可回收物料的总量，促进工厂资源循环发展。

案例四：ZenRobotics 建筑垃圾分类

芬兰机器人公司 ZenRobotics 和美国废物服务公司 Recon 合作，ZenRobotics 的循环利用机器人在 Recon 的工厂中进行工业建筑垃圾分类的工作。机器人拥有先进的机器学习技术，可以从废物中分拣出能够循环利用的物料，比如将废物分类成金属、木头、石头等组分，能够只用一道工序，就分类出多种多样的废物组分。ZenRobotics 还与江苏绿和环境科技有限公司合作，在中国建立了一条利用机器人的建筑垃圾循环利用生产线，极大提升了工业建筑垃圾分类的效能，避免了这些垃圾可能造成的污染，并显著降低了处理过程中的能耗与碳排放。

（3）AI+水务：开发再生能源，实现水务领域碳中和

一方面，人工智能可以助力水务系统和污水处理系统低碳运营。通过融合物联网、水务信息系统等技术，人工智能能够助力实时感知城镇水务系统的运行状态，通过数据分析对水务信息进行及时处理，实现水务系统全流程的科学化、

精细化、智能化运行管理。另一方面，人工智能能够帮助污水处理厂开发利用污水、污泥再生能源。

案例一：百度与埃睿迪联手助力泉州水务提升工作效率

百度智能云提供的人工智能用水量预测模型可结合历史用水数据、天气、季节等变化因素，精准预测用水量，实现按需供水。同时，百度智能云与埃睿迪合作开发的加压泵站精准调压应用，通过分析运行工况，可动态调整泵站流量、压力、频率等参数，大大降低泵机功耗，科学准确调控水压。使泉州水务集团整体人员工作效率提升 5%以上，制水供水单位能耗下降 8%，分散式污水处理设施正常运行率提升 5%，为企业带来了经济减排双收益。

案例二：绿创环保集团国内首台智能高速资源化污泥处理处置投产，开创污泥处理处置新路径

在北京中关村昌平科技园西侧的南口污水处理中心污泥处理车间，看不到污泥、闻不到臭味，仅能从中控室的显示屏上看到当污泥从全封闭的管道源源不断地进入时所显示的流量、温度和压力，实现了污泥处理智能一体化管控。这一车间污泥处理装备采用湿式氧化工艺，运行时通过污泥的自持放热维持湿式氧化的进程，能量消耗趋于零。污泥从进入系统大约 50 分钟后，彻底无害化、稳定化、减量化及资源化，车间实际处理能力可达 100 吨/天。由北京绿创生态公司原创开发的 HiROS 污泥处理处置装备和先进工艺，已作为北京市首台套政府采购项目获得了政府的验收和嘉奖，并委托绿创进行长期运营。该项技术相比填埋微生物法，效率提高了数十万倍，且完全自主可靠，为国家经济绿色发展提供强大助力。

案例三：智能环保机器人助力污泥资源化利用，成功进驻长江流域

2019 年 8 月，中科博联签约湖北省浠水县污泥处理中心工程，工程日处理市政污泥等有机固废 30 吨。中科博联的一体化智能好氧发酵装备，是针对市政污泥、畜禽粪便、作物秸秆、园林废物、垃圾等有机固废无害化和资源化处理处置而开发的装备，采用 CTB 智能控制好氧发酵技术，

其性能稳定、性价比高、无污染，能够适应多种恶劣天气。内部采用全球首创的多功能环保机器人，配合智能曝气与高效除臭系统，可自动完成输送、混料、发酵、匀翻等环节，可避免人员在脏、毒、臭的环境下工作，无二次污染。该装备已成功应用于河北、四川、甘肃、安徽、江苏、内蒙古、广西、云南、重庆等有机废物无害化处理工程。在推动国家“双碳”目标达成上发挥重要作用。

5. 推动碳交易助力碳中和

(1) AI+碳监测：辅助碳资产管理，助力碳交易利益最大化

建立企业碳排放收集、分析系统，利用人工智能、大数据、卫星遥感等技术辅助监测与管理，实现在线实时监测。并结合核算法、排放清单等信息，使用环境碳监测数据反演企业的碳排放源汇分布情况，辅助企业进行碳家底管理，结合碳资产情况，实施具有针对性的减排决策，制定碳交易方案，完成企业碳排放履约，确保利益最大化。

案例一：江苏电力利用 AI 助力火电碳排放计量，实现碳排放实时监测

江苏上线国内电力行业碳排放精准计量系统，通过安装在烟气排放口的智能传感器设备，系统实现了对发电全过程排放气体的压力、温度、二氧化碳浓度等数据精准监测，再通过 AI 算法的分析校验，能够精准计量出了火力发电的二氧化碳排放量，实现了碳排放的实时监测。该系统数据采集精确到每秒，单台机组每天采集数据超过 1000 万条，完成计算比对约 50 万次。江苏还计划将这一系统应用到钢铁、煤炭等高排放行业，建设全省碳排放监测平台，实现对各行业碳排放精准计量。并能有助于对火

电厂的碳配额计算，助力碳交易公平进行。

案例二：南方电网公司建成国内首个能源消费侧企业碳排放监测平台

南方电网公司建能源消费侧碳排放监测平台，构建企业碳中和发展指数，动态评估不同地区各行业各企业在碳中和目标下的碳排水平为企业用户提供智能减排服务，助力能源消费侧的低碳转型，助力落实碳达峰、碳中和目标。该平台根据国家颁布的碳核算标准，以行业级、企业级电力消费数据为基础，融合应用中国碳核算数据库能源消耗数据及相关经济数据，实现对南方电网公司经营范围内各区域、各行业乃至各企业的碳排放总量、单位 GDP 碳排放强度的测算及动态监测。通过应用企业碳排放总量数据，结合碳中和目标下的年度碳预算，构建企业碳中和发展指数。通过该平台，政府及相关方能及时了解和掌握所有企业的碳排放情况和碳中和发展进程，为控制与统筹碳排放量提供准确的决策依据，可助力消费侧碳中和的系统布局及路径优化方案实施。

（2）AI+碳核查：全面高效核查，保障碳交易公正有效

使用人工智能技术，可以实现碳排放气体的精准计算，并且实时动态获取碳排放浓度。并结合云计算、大数据技术，助力碳排放统计核算工作。一方面，人工智能能够辅助从原料端计算能源消耗产生的碳排放。另一方面，人工智能能够从排放端连续监测碳排放。

案例一：百度度能 2.0 平台全面支持“双碳”，实现区域级碳核查

2021 百度智能云“云智技术论坛”智能物联网专场上，百度智能云发布全品类感知、全链条覆盖、全场景触达的度能 2.0 平台。度能 2.0 开放平台，对于能源开发者，可以快速获得标准化的能源物模型和能源数据、低成本开发能源模型；对于能源应用供应商，可方便地获得模型能力、高效地搭建多元化能源应用；对于最终客户，通过度能 2.0 应用集选择符合

自身要求的应用。其合作伙伴包括电力运维、售电平台、电费优化、仪器仪表、建筑节能、能源数据 BIM 化、工辅设备节能、节能材料。度能 2.0 全面支持“双碳”，从源头设计、明确标准、可信核算、智能减碳，应用数据接口支持余量交易，全面支撑双碳目标落地实践。区域级实现全域内碳核查以及碳监测，碳优化结果监督，全域能源结构应用分析。企业级实时追踪以及碳排放监测和能源系统优化及优化监督管理，实现余量交易之城，通过强大的平台技术，支撑企业碳交易正常运行。

案例二：腾讯宣布将启动碳中和规划，推进碳核查，以前沿科技应对地球挑战

腾讯董事会主席兼 CEO 马化腾表示，腾讯将积极响应中国碳中和目标，并已着手推进碳中和规划。腾讯进一步透露将推进碳核查，并结合国际经验与中国实际状况，制定碳中和的策略与路线图。目前，腾讯已将人工智能有效应用于数据中心节能、办公建筑节能等多个领域。腾讯在数据中心和总部大厦中运用人工智能和云计算来降低碳排放，并将其节能技术迭代至 4.0 版本的 T-Block。2018 年建成的腾讯贵安七星数据中心，经工信部实测，其极限 PUE 值小于 1.1。此外，腾讯还利用科技全方位推进办公节能。以腾讯滨海大厦为例，办公区采用智能照明系统，每年可节电约 132.61 万千瓦时；IT 机房也搭载独特能源系统，对服务器散发的热能进行相应的热回收和再利用；中水回收系统回收利用各处废水，节省 50%至 70%的水资源。腾讯滨海大厦因此于 2017 年获得国际性绿色建筑认证系统 LEED NC 金级认证。

（3）AI+碳金融：探索绿色金融，推动碳交易市场化

利用人工智能、区块链、大数据等新一代信息技术，加强对金融环境风险信息的采集和实时分析，探索实现绿色项目识别精准化、评级定价智能化、预警处置自动化的交易系统。通过人工智能、大数据、物联网等技术，改进绿色金融

业务监管流程，优化交易监控、压力测试、绩效评价、合规报送等监管工具等。探索运用区块链、多方安全计算、联邦学习等技术，建立跨部门、跨区域、跨行业数据融合通道，进一步丰富和完善绿色信用信息体系，夯实绿色金融发展与监管的数据基础支撑。联动碳金融与碳交易市场，助力实现城市碳中和。

案例一：江苏银行利用人工智能技术加强金融产品创新

江苏银行通过多维度对接“赤道原则”，加强绿色金融产品创新，着力破解企业融资难题。2017年，江苏银行国内首家研发推出的全流程线上化的物联网动产融资产品，借助人工智能、物联网、大数据、区块链等技术，实现对企业存货的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理，赋予动产以不动产的属性，为制造业消除因信息不对称带来的融资难题，为传统产业加速智能化升级赋能。目前，该行气候融资余额已达894亿元，绿色租赁融资余额275亿元，实现二氧化碳减排当量549万吨。2019年，江苏银行把“e融”系列互联网金融产品集成到“随e融”平台，依托大数据、人工智能等前沿科技提升小微企业审批通过率和精准度，并通过深挖数据价值带来“提额”服务，为企业提供一站式、全线上的融资支持。

案例二：浙江湖州发布全国首个《区域性“碳中和”银行建设指南》与《银行业“28·58”碳达峰与碳中和远景规划》

浙江湖州《区域性“碳中和”银行建设指南》明确“碳中和”银行实现路径，一是科学开展碳盘查。利用大数据、区块链、人工智能等金融科技手段，标准化开展碳盘查，科学计量机构运营中所产生的碳排放量，记录完整的资料数据形成最终的排放清单。二是动态实施碳减排。依据碳盘查内容，每年匡算减排成效和碳抵消成本，制定节能减排工作方案或路线图，制定合理的减排降耗措施。三是有效实现“碳中和”。通过扩展经营活动外的措施，如积极开展公益植树造林、购买绿色电力凭证、参与碳交易市

场等方式抵消机构的碳排放，最终实现碳中和。

四、人工智能助力城市“双碳”目标达成的探索实践

我国全面开展城市碳减排工作已有较长时间，政府各部门、各地都积极努力尝试探索，从不同角度探索城市的可持续发展模式，在降碳方面取得了积极成效。人工智能能够有效提升城市建设、管理各环节工作效率、降低碳排放压力，但受限于数据量及质量、落地规则条件等因素，目前的落地应用仍处于浅层初级阶段，北京、上海、苏州等城市对运用人工智能技术助力城市低碳发展做出了一些探索，形成了一定经验，可为全国推动“双碳”工作提供借鉴。

（一）北京：点面结合，AI助力城市运行降低碳排放

1.政府层面：AI助力提升城市各环节运行效率、服务政府减碳决策

北京为提高城市精细化管理能力，打造“城市大脑”中枢系统，综合运用人工智能、大数据、云计算、物联网等技术，实现了精准感知、辅助决策、主动治理、便捷服务等智能化治理，有效提升了城市人口管理、经济活动监测、城市运行感知、城市管理综合执法等城市运行管理与决策支撑能力，推动城市管理向城市治理转变。海淀、通州、朝阳等作为北京市区级试点，率先启动建设“城市大脑”，实现全局

统揽、精准服务、高效决策。例如，**海淀区“城市大脑”**汇聚了全区政务数据、物联网数据、互联网数据、社会资源数据，利用 AI 计算中心能够对各类数据进行智能分析处理，并提供智能分析服务和识别结果，为城市管理、公共安全、生态环保、城市交通、公共卫生、智慧能源等领域提供动态、科学的决策支持，有效提升城市治理的精细化、智能化水平。

在城市治理领域，利用 AI 和大数据技术，对全区 452 处城市管理问题高发点位进行自动研判分析，实现了店外经营、无照游商、堆物堆料、暴露垃圾、积存渣土等事件的自动识别、自动立案、自动派转、自动核实和自动考核，有效降低了违规行为对城市碳排放的影响。

在城市交通领域，交通指挥中心依托“城市大脑”数据及 AI 技术支持，实现了实时掌握交通态势，精准感知各类交通事件，准确分析原因，并及时调整交通运行状态，降低交通拥堵产生的碳排放。

在生态环保领域，基于海淀区遥感数据，结合 300 个大气监测微站点和 129 个水质监测站点的点位数据，通过数据的整合与 AI 分析，实现了对大气污染、河流污染、裸露土地等环境污染溯源与精细化治理，降低污染引发的碳排放。

2.行业层面：AI 助力加强碳排放监测预测、优化节能减排路径

在交通领域，一是运用 AI 助力城市交通碳排放管控。2017 年 6 月，北京市交通委员会成立“国家能源计量中心（城市交通）”，综合应用 AI、大数据、云计算、车联网、实车检测等技术，实现了单车的移动源多维感知和协同，能够对海量交通节能减排大数据进行处理和分析，建立了“能耗、燃油、污染物排放、碳排放可分析可追溯、可分解可考核、可预测可预警”的交通节能减排统计监测体系，能够快速完成城市交通能耗、污染物排放和碳排放的计量、统计、监测，支持了北京市，乃至京津冀的交通节能减排工作。二是运用 AI 对轨道交通能耗精细化管理。北京地铁公司搭建了北京地铁能耗统计与监测平台，整合了能耗数据、电能质量、运营信息、设备运行及相关基础数据，采用大数据、物联网及 AI 技术，能够对北京市地铁 15 条线路，276 座车站的，近万块表计进行实时数据采集、存储与快速查询及分析应用，实现了轨道交通能源消耗的精细化管理，轨道交通能源管理辅助决策分析，全面掌握轨道交通能源消耗现状，为制定轨道交通行业节能减排方案提供必要的决策支撑。三是运用 AI 助力绿色出行。北京市交通委推出北京交通绿色出行一体化信息服务平台（MaaS），平台利用卫星导航、计算机视觉、智能语音、知识图谱等技术，实现了根据用户的位

置实时显示路线规划、换乘引导、下车提醒等功能，提升了市民绿色出行体验和满意度，降低私家车对城市交通碳排放的影响。2020年9月，北京市交通委、市生态环境局创新性地采用碳普惠方式激励市民参与绿色出行，为持续改善城市环境做贡献。

在能源领域，一是利用 AI 技术分析电力消费情况，辅助城市制定降碳决策。海淀区与国网北京电力公司双方合作，依托海淀“城市大脑”推出智慧能源平台，建立用电分析模型，借助 AI、大数据等技术，比对用电量波动信息，已辅助区环保部门和区住建部门监测 140 家重点排污企业、230 个施工工地，推送多家限停情况异常企业名单，为政府开展城市监督、管理、执法提供支撑。2021 年 7 月，海淀“城市大脑”智慧能源“电力+双碳”版块上线，能够动态显示区域碳排放量总趋势、绿植覆盖率、发电结构及清洁能源占比等信息，为政府制定减碳政策服务。二是 AI 助力市区供热精细化，减少碳排放。2020 年，北京热力集团试点推行人工智能热网控制系统，通过室温采集器自动收集居民户内室温数据，借助 AI、云计算技术，根据户外天气情况等因素，精准测算出各楼宇所需的供水温度，实现智能调控、精准供热、按需供热、平衡供热，提高资源配置效率，降低能源损耗，实现节能减排。三是 AI 助力提升农村清洁能源使用效率。大兴区政府与北京市科委合力推出“大兴区煤改清洁能源信息管

控系统”，将“暖通空调系统 AI 数据采集与节能控制技术”应用于煤改清洁能源的场景建设，通过高度融合人工智能算法、云计算及物联网技术，实现实时感知、按需供能，它与空气源、空调等设备连接后，能够根据用户喜好智能调节室内温度、湿度，减少能源浪费，还能监测设备工作状况，及时自动报修，提升了“煤改清洁能源”使用效率和后期维护反应速度。经中国建筑科学院空调所监测，现每年可节约电能约 8810 万度，相当于节约标煤 2.73 万吨，减少 CO₂ 排放 6.82 万吨。

3.园区层面：AI 助力降低资源能源投入强度、提升管理精细化水平

北京经开区基于良好的绿色发展环境，锚定任务目标，创新政策机制引导全区“双碳”工作高质量推进。在**园区低碳管理方面**，北京经开区推出能源环境智能化综合服务平台，借助 AI、大数据、物联网等技术，实现对主要污染物排放、能源实时消耗、节能减排诊断、固体废物收运在线监测、分析预警、指标考核管理，提高园区综合管理水平。在**低碳建筑方面**，北京经开区加速公共建筑节能绿色化改造，超低能耗建筑、近零能耗建筑示范类项目建设，借助 AI、大数据、物联网等新兴技术，对电力、照明、空调、电梯、水泵等设备实现智能运维，助力公共建筑向低投入、低消耗、低污染、高效率模式转变。经开区内的 X88 幼儿园项目建设成为北京

市第一个开园的超低能耗项目，在 AI 技术加持下，室内环境和能耗监测平台能够进行分类计量和用能优化，每年可减少二氧化碳排放量 290 吨，相对节能率达到 88.2%。在工业节能减排方面，京东方利用 AI 技术对运营中的碳排放进行识别和管理，优化生产活动流程，制定了《碳排放管理基准》《碳排放源识别管理基准》等企业标准。基于 AI 技术与大数据平台，京东方发力智能微电网，布局创能、储能、节能、交易业务，拓展电力/碳资产交易业务，创建智慧能源中控平台，对外输送的清洁、智慧能源。在固废全流程分类收运方面，北京经开区积极探索“互联网+”固废管理模式，推动固废精细化管理。利用计算机视觉、机器学习、智能传感器等 AI 技术，对企业固体废物的产生种类、重量、运输去向、综合利用途径等相关信息的采集，采取一般工业固废电子联单管理模式，实现固体废物“精细化”管理与“生命周期”跟踪管理，累计共转移固体废物约 15 万吨。据统计，2020 年经开区一般工业固废产生量较 2018 年下降 11%，综合利用率提升到 96%，实现工业固废的资源化循环利用，降低资源消耗。

4.生活层面：AI 助力提升居民节能减排意识、培养低碳生活习惯

在碳普惠方面，北京基于 MaaS 平台建立了“MaaS 出行绿动全城”碳普惠激励机制，利用智能导航采集市民出行信

息，借助 AI 算法规划市民出行路径和路况情况，平台优先为用户推出绿色出行方案，借助 AI 和云计算技术根据市民选择的出行方式不同，自动计算碳能量，市民通过收集到的碳能量可兑换多样化奖励，导航企业通过汇总市民参与绿色出行所产生的碳减排量，经主管部门审核后，在北京碳市场进行交易，所得金额全部返还用户。北京公众环境意识调查结果显示，2020 年，绿色出行占比为 99.4%。在垃圾分类方面，北京构建市、区、街三级贯通的垃圾全流程精细化管理信息平台，可实时上传末端处理设施、运输车辆、密闭式清洁站的数据信息。通过车载计量、桶装“芯片”、卫星定位等计量和流程管理措施，借助 AI 技术实现全程追溯，提升城市垃圾分类治理精细化、智能化水平，降低净排放量。

（二）上海：创新机制，AI 助力“双碳”网格化治理

1. 市场层面：AI 助力碳交易管理，辅助碳排放决策、控制履约成本

全国碳排放权交易市场是实现碳达峰与碳中和目标的核心政策工具之一，以市场机制推动碳减排是重大制度创新。2021 年 7 月，全国碳排放权交易市场正式启动，交易中心设在上海，将引导资源更多投向低碳发展领域。多年来，上海已经构建了一套制度清晰、管理有序、减排有效的碳交易体

系，碳基金、碳质押、碳配额远期等创新产品有序发展。上海持续深化资产管理行业数字化应用，推进资产管理机构加大对下一代信息通信、AI、区块链、工业互联网、5G 等数字技术的运用力度，支持资产管理机构参与金融科技创新监管试点。在企业碳资产管理方面，上海宝武碳业探索和建立从碳排放到碳需求全周期的资产管理和运营能力。宝武碳业搭建了“碳印象”SAAS 碳资产管控平台，利用计算机视觉、智能传感器识别碳排放来源，借助 AI 算法完成可持续的碳核查，建立碳家底管理，通过碳足迹建设从原料到产品的全过程监管，实现了碳足迹的动态管理，持续迭代减排技术，借助数字技术优化工艺流程、生产管理水平。在企业碳交易方面，根据企业所属行业特性，有些企业不得不通过“技术提升+碳交易”的方式实现碳中和，在碳交易模式下，宝武碳业结合自身碳资产现状，借助 AI 算法模拟预测碳排放需求，在制定未来的投资计划和制定降碳措施时，把碳市场价格纳入分析的范围，确保利益最大化。

2.行业层面：AI 助力碳排放管控，以全面监管为抓手推动碳减排

在能源领域，上海浦东新区政府与国网上海浦东供电公司合作建设“智慧能源双碳云平台”，AI 助力实现三方面的

能力：**一是**观“碳”，通过构建能源碳排监测算法，为政府提供能源碳排热力图，直观反映区域能源碳排情况；**二是**感“碳”，以区域、行业、企业能源碳排监测数据为基础，利用 AI 算法，为相关方开展“双碳”对标提供重要数据参考；**三是**算“碳”，以区域历史 GDP、用电量、清洁能源占比等数据为基础，为政府“双碳”决策提供数据支撑，为产业链上下游提供能源碳排放趋势预测。**在建筑领域**，上海市建立建筑碳排放智慧监管平台，利用智能传感器、计算机视觉等感知技术实现对设备、建材、环境、能耗的全方位实时监控，借助 AI 算法实现事前节能设计，事中常态检测，事后规范管理，实现更高效、更全面的能耗监管，推动能耗、碳排双控的建筑领域低碳发展。**在环保领域**，上海城投集团建立垃圾全程分类信息平台，也就是生活垃圾的投放、收集、转运、处置的全流程可视化数据平台，运用 AI 技术实现生活垃圾分类清运处置实时数据展示、生活垃圾全程追踪溯源、垃圾品质在线识别三项功能，覆盖全市 16 个辖区，能够实时反映各区各作业环节的垃圾数量、分类质量、生产调度等数据，实现了对垃圾路径的全程追踪。

3.园区层面：AI 助力园区可再生能源统筹管理，推动企业数字化增效减排

一是 AI 助力园区可再生能源统筹管理，提升能源利用率。上海闵行工业园依托智慧能源管理平台，借助 AI、物联

网等技术，开发了集“风、光、储、充、控”于一体的“能源魔盒”，实现了园区能源系统统一管控，能够为工业园区用能节能降耗提供最优解决方案。据测算，闵行工业园区目前投产的“能源魔盒”项目一期，预计每年可节约标准煤约665吨，减少二氧化碳排放约1760吨，减少有害气体排放约1.8吨。二是鼓励建设智能工厂，推动企业数字化增效，推动AI技术在工业机器人、故障监测、敏捷反应等场景应用，实现工业全链条节能减排。中国宝武钢铁集团通过远程运维、大数据、人工智能等综合智慧手段对冷轧厂C008热镀锌智能车间智能化升级后，吨钢能耗下降了15%，综合污染物吨钢下降30%，有效提高了能源利用率，降低了污染物排放。三是AI助力园区电子电器废物资源回收利用。上海金桥管委会成立上海新金桥环保有限公司，建设全国首个电子电器废物回收信息化与处置标准化工程技术中心，推进电子回收产业化，实现资源再生利用，AI能够助力垃圾分类精细化，有效提升资源回收利用率。

4.社区层面：AI助力社区微网智能降碳，社区生活碳排放集约化

一是AI助力智能微网实现“零碳排放”。上海崇明三星镇以构建“零碳社区”为目标，打造了全部采用可再生能源

发电的智能微电网。引入人工智能技术后，居民楼的屋顶和道路旁的路灯，根据光照条件不同，安装各种型号的光伏板，风机、充电桩、储能电池系统一应俱全，建成了“风光储充”一体化的智慧能源项目。通过微电网的“智慧大脑”进行监控管理。二是 AI 助力社区生活集约化、低碳化。上海长宁区开设全国首个社区 AI 食堂，方便社区居民尤其是老年人解决日常用餐问题，社区生活碳排放由原来的分散向集约化迈进。AI 食堂通过中央厨房集中加工生产，净菜配送方式，形成有效管控食品安全的运营模式，烹饪排放得到集中控制，厨余垃圾高效回收利用。

（三）苏州：示范带动，AI 助力制造业降低碳排放

1.企业层面：AI 助力钢铁制造企业打通减排降碳生态链

苏州沙钢成为借助 AI 技术打通钢铁制造流程减排降碳生态链的典型企业。其减排降碳做法主要通过以下三方面实现，一是 AI 助力提升超低排管控信息化、智能化、系统化水平。沙钢利用 AI、物联网、云计算等数字技术，赋能超低排放集中控制系统，借助 11000 多个点位全自动采集数据，实现对各货运道路路口、环保设备、生产运行设备的全覆盖，通过快速、精准、高效的数据处理能力对全方位采集的数据进行查询、统计分析、预警预测等，环保管理工作效率翻倍

提升。**二是**借助 AI 算法优化炼钢流程和效率。沙钢建成炼钢和棒线精益生产系统、设备管理系统、能源环保管理系统、采购合同管理系统等数十个系统，借助机器学习、大数据分析等技术改造生产流程，实现生产现场可视化，业务数据化、数据流程化、流程业务化等能力，提高了炼钢工艺的质量和效率，大大减少了生产过程中的碳排放。**三是**使用智能机器人提高操作精度和提升产品品质。沙钢有 200 至 300 个岗位实现智能机器人代替，有效提高操作精准度、产品品质稳定性。沙钢集团转炉炼钢厂特钢车间 120 吨转炉自动出钢项目，利用 AI、大数据等技术可自动执行摇炉、开钢包车、加料、挡渣、抬炉等操作，自动出钢项目可以减少出钢时间，最大限度减少渣的结转，还改善了后续的精炼生产，优化了出钢节奏，降低资源能源消耗。

2.行业层面：AI 助力降低交通拥堵排放、减少建筑用能排放

在交通领域，AI 赋能交通信号控制系统，降低交通拥堵产生的碳排放。2019 年 12 月，苏州公安交管部门推出“全域一体化智能交通管理整体解决方案——苏州交警 5A 计划”，按照交通管理“全域化、一体化、智能化”的总思路，构建分级管理、跨区协调的智能交通信号控制系统，通过算

力、数据和 AI 三大赋能平台，融合人、车、路、环境等方面的多源数据，利用交通拥堵指数实时监测系统和交通仿真决策支持系统，精准诊断拥堵节点，实现跨区域、跨路网的主动均衡调控，降低交通拥堵造成的碳排放。**在建筑用能领域，AI 助力区域能源站智慧供能。**苏州高铁新城在 28.9 平方公里范围内，规划建设了 20 多个区域能源站，利用 AI、工业互联网等技术实现能源统一管控、互补互济，全面提升建筑能效。目前，苏州相城区首座能源站已经投运，通过区域能源站的建设，依托人工智能、大数据、边缘计算等技术，因地制宜使用当地能源，实现源、网、荷、储各环节的智能化应用。相城区使用区域能源站后，大幅降低了区域用电、用水、用气的负荷，减少区域电力总负荷 20%以上，显著降低了建筑热岛效应，节约标煤使用量 20-30%，降低了碳排放。

（四）贵阳：双侧发力，AI 助力碳汇、节能减排两手抓

1.政府层面：AI 赋能数据，助力城市数字化、低碳化升级

在城市发展路径选择方面，贵阳依托天然优势，抢占大数据产业发展先机，推动城市由资源驱动向数据驱动的城市转型路径。在大数据助力贵阳传统产业转型升级的过程中，人工智能技术助力生产、消费、传输、运营、管理、交易等

各个环节和链条智能化升级，成为实现节能降耗减排的重要引擎之一。**在园林防护方面**，AI 助力加强环城林带森林资源管理。贵阳市建成了包括 1 个市级、12 个区县级森林防火指挥中心和 87 个林火远程视频监控点的森林防火地理信息系统和林火远程监控系统，每个视频监控点的范围为 3 至 5 公里，平均一个监控点覆盖面积约 20 平方公里，视频监控精度可以准确到米。这些智能监控系统，可以全天候 24 小时实时监测林区火情，由智能图像处理、林火识别报警软件进行烟火自动识别并报警。林火卫星热点自动接收国家发布的卫星热点数据，为全市森林防火提供了技术支撑和第一道屏障。贵阳市林业局还以林火监测系统为基础，进一步建设了森林防火应急指挥系统，借助 AI、大数据技术能够快速确定调度方案，提升森林火灾处置效率，保护森林资源。

2.行业层面：AI 助力工业、运输业提质增效减排

贵阳应用人工智能、大数据手段来对产业进行信息化、绿色化改造，能够推动经验指标迈向数据指标，实现减排不减产增收不增耗。**在工业领域**，AI 助力对工业生产线实施数字化、智能化改造。贵阳航宇科技联合西北工业大学建设航空数字化智慧工厂，利用 AI、大数据等技术能够对航空产品锻造过程进行智能化、数字化控制，实现材料利用率由 8%提升到 35%，企业产品设计周期减少 50%，制造周期减少了 66%，备件减少 50%，节省实验用原材料 25%，有效提升了企业生

产效率和能源资源利用率，有效降低了能耗和碳排放。在交通运输领域，AI 助力物流降本增效，减少燃油低效损耗产生的碳排放。贵阳满帮集团通过大数据平台，借助互联网、大数据及人工智能技术，满帮改变了传统物流行业“小、乱、散、差”的现状，解决了出量匹配难的问题，平台上司机的月行驶里数由 9000 公里提高到 12000 公里，月承运次数由 14 次提升至 20 次，空驶率由原来的 38%降低到 34%，仅仅 2019 年就节省了 900 亿元的燃油损耗，减少 920 万吨的碳排放。

（五）张家口：抢抓机遇，AI 助力森林碳汇和清洁能源发电

1.政府层面：AI 赋能森林防火和生态保护

张家口经开区森林防火指挥中心引进智慧森林防火和生态保护系统。该系统借助物联网、大数据分析、多模异构无线通信、热成像、图像识别和多种传感器、结合 AI 算法组成，能实现火灾发生前或有人非法进入林区时及时预警、报警，火灾发生后预测火情发展趋势和蔓延范围，自动留取影像资料，为调查取证提供实时数据，对全区森林消防工作进行指挥调度，能及时掌握火情动态，积极预防森林火灾的发生，在经开区以往人防物防的基础上提供有力的技术保障。张家口市桥西区不断研究探索智慧森林草原管理的应用，把人工智能设备充分应用于森林草原防火、森林草原资源保护、

野生动物保护等日常巡查和监测工作中，建立灭火无人机侦察巡航常态化机制，实现“人防”向“技防”的转变。

2.行业层面：AI 技术支撑冬奥 100%绿色供电，推动张家口新能源外送

张家口市张北依托丰富的风能、太阳能资源，大力发展风电产业，积极推进光伏开发，走在全省乃至全国新能源产业发展的前列。张北通过实施“互联网+智慧能源”风电示范项目，利用 AI、大数据、云计算等互联网技术平台实现对创能、储能、送能、用能系统的监测控制、操作运营、能效管理的综合服务。张北柔直工程是国家电网公司推动能源技术革命，支撑国家能源结构转型的重大标志性工程。张北柔直工程每年可向北京地区输送清洁电量约 225 亿千瓦时，大约相当于北京市年用电量的十分之一，每年减排二氧化碳 2040 万吨。

五、人工智能助力城市“双碳”目标达成的举措建议

人工智能作为驱动产业绿色低碳改造、实现节能降耗减排的重要引擎，促进能源效率提升、能源结构优化的重要动力，正在加速推动城市绿色低碳转型。为发挥人工智能最大效能，提出以下建议。

（一）筑数字底座，强化新型基础设施的绿色低碳导向

建设以云计算、数据中心、人工智能等新型基础设施为

核心的城市数字底座，以智能化、电气化、低碳化为导向，加大新型基础设施应用清洁能源和可再生能源的规模，出台针对新型基础设施的“碳达峰、碳中和”路线图。完善新型基础设施产业使用可再生能源的考核体系和市场机制。

（二）摸清碳家底，发挥人工智能在“双碳”目标管理方面的作用

将“双碳”目标纳入城市建设顶层设计规划，探索开展峰值目标倒逼下的碳排放总量控制制度，高标准、高质量地开展总体规划和实施。发挥人工智能在追踪碳足迹方面的能力，利用人工智能、大数据、物联网等技术自动跟踪、记录和溯源公司碳足迹以及相应的碳排放量，为城市管理各部门评估“双碳”成效提供决策支撑。

（三）模拟碳足迹，利用人工智能解决方案优化碳排放路径

利用人工智能技术模拟、预测未来的碳足迹和碳排放水平，为决策部门设置合理的碳排放目标。利用人工智能技术赋能传统行业，通过智能电网、智能建筑、智能园区、智能交通、智能物流等应用，推动生产、生活方式由高能耗、高污染、高排放向绿色低碳转型。

（四）赋能新场景，探索践行城市“双碳”战略的新模式

从场景需求出发，深入挖掘业务需求，整合人工智能能力，不断催生新产品、新模式、新业态，为城市低碳发展注入新动能，实现创新式发展。发挥人工智能“赋能效应”，通过人工智能赋能城市数字化变革、助力各行业低碳循环发展，探索城市经济增长与碳排放脱轨的新发展模式。

（五）建“双碳”平台，人工智能助力实现城市“双碳”目标

研究建立城市级“双碳”大脑，推动各委办局运用人工智能等新技术实现“双碳”目标。实现碳排放和能耗指标的可跟踪、可分析、可视化，统一管理碳数据、碳指标以及能耗数据指标，从政府各部门、园区、企业不同角度，实现碳排放实时统计、精准跟踪和及时预警，推动“双碳”目标管理数字化、精细化、智能化。