

McKinsey
& Company

2060碳中和： 中国如何发挥城市的作用实现这一目标

2021年3月



引言

新冠疫情自暴发以来，在全球蔓延，对人们的生命和生计造成严重的威胁。与此同时，一个更大的威胁正悄然迫近：气候变化。2015年在巴黎，地球上几乎每个国家都同意采取行动，要把全球平均气温较工业化前水平升高控制在2摄氏度之内，并为把升温控制在1.5摄氏度内而努力。但是，《巴黎协定》的减排承诺也只占需要减少排放量的三分之一。未来尚需付出更大努力——而城市将扮演主要角色。

碳排放占全世界总量28%的中国，已经设定了雄心勃勃的减排目标：2030年二氧化碳排放要达到峰值，2060年要实现碳中和。达到这一目标殊为不易，但却是势在必行。1909年以来ⁱ，中国的平均气温升高了1.5摄氏度，这意味着国土更加温暖湿润。1980年至2012年期间，华东地区的海平面上升了93毫米，上世纪70年代至今，冰川已经融化了10%。

这是眼下的情况。如果中国的排放保持现在的水平，那么到了2030年，酷热和致命热浪将会波及中国1000~4500万的人口。1980年那场50年不遇的特大降水，在2030年再次发生的可能性提高了2到3倍，而在2050年，可能性高达3到6倍。每年由于酷热和潮湿而损失的户外工作时间，到2030年，损失的户外工作时间比例将从4%上升到6.5%；到2050年将攀升至9%，相当于1~1.5万亿美元GDP。

中国正在建设多元能源供应体系，经济发展朝着更加清洁和更低能源密集转型。同时由于发电、居民供暖，以及钢铁、水泥等工业的需求上升，中国的煤炭消耗总量持续小幅上涨ⁱⁱ。2019年，中国的总能源消耗中，煤炭占比58%，这一比重正逐渐下降。低排放能源在中国初级能源使用中占比低于四分之一：水电（8%），天然气（8%），核能（2%），风能、太阳能等非水利可再生能源（5%）。

中国正在采取实际行动应对气候变化。中国的可再生能源和燃料投资占全球近三分之一；2018年，中国拥有全球95%以上的电动公交车队和近乎一半的电动乘用车（EV）ⁱⁱⁱ。提升能源效率、更多使用可再生能源也减少了空气污染。国际能源署（IEA）的资料显示，到2024年，中国的可再生能源新增装机量将一直占全世界的40%。简而言之，通过提升可再生能源、天然气、电力使用比重，中国正加快构建绿色多元的能源供给体系。但另一方面，经济的持续发展，以及对煤炭的持续依赖，也意味着中国迈向碳中和之路任重道远。

城市对中国的脱碳化起着举足轻重的作用——15座城市贡献了中国三分之一的GDP，城市既是经济增长的引擎，又是温室气体排放的源泉。城市也具备了采取行动的条件：关键决策者、大规模的投资基金和充足的投资人、一流的大学和智库，以及不断壮大的高收入人群，他们都很关心可持续性发展。有四个方面至关重要：发展零碳电网，提高能源利用效率，鼓励新一代出行方式，做好消费者需求管理。城市往往扮演着更重要的角色。通过不断开发和推广气候解决方案、调动投资、支持国际合作，中国的城市将能推动区域甚至全球的脱碳化进程。

为论证这一点，本报告第一节首先从国际视角出发，阐述一个城市如何达到零碳排放。第二节探讨了北京如何成为脱碳化和低碳技术发展的领先者。第三节分析了中国城市如何推动区域甚至全球脱碳化进程。最后，第四节我们就公共和民间机构各自应承担的责任提出了建议。

第一节：国际视角：成为零碳排放城市

19 世纪 80 年代以来，地球的平均气温升高了约 1.1 摄氏度。地球变暖可能意味着热浪和洪水等急性灾害更频繁、更严重，而干旱和海平面上升等慢性灾害可能会加剧。

中国在 2016 年签署了《巴黎协定》，根据这一协定，要达到升温 1.5 摄氏度的目标，二氧化碳排放需要保持在全球“碳预算”（针对某升温目标，二氧化碳累计排放量上限）内，即 570 千兆吨（二氧化碳）。根据目前的预测，即使签约国全部履行承诺，到 2030 年^{iv}，2 摄氏度的碳预算仍将消耗约 80%，而 1.5 摄氏的预算则所剩无几^v。

全球城市虽然只占陆地面积约 2%，却消耗了三分之二的能源，容纳了 55% 的人口，产生了 70% 的二氧化碳排放^{vi}，同时也贡献了 80% 的全球 GDP^{vii}。在中国，城市贡献了 85% 的 GDP。上述数据随着城市化的发展还会上升。每年全球有 6500 万人移居城市，按此速度，到 2050 年，世界人口大概会有 70%^{viii} 聚集在城市。可以想见，城市对温室气体（GHG）排放趋势有着极其显著的影响。

速度就是关键：今天城市在能源、建筑标准、土地使用，一直到公共交通等所有领域做出的决策和投资，都与未来几十年的碳排放息息相关。要实现各自的碳排放目标，城市应将采取的行动优先排序，同时确保实施的各项条件到位。下面我们列出了五大优先事项^{ix}：

1.1 零碳电网

世界各国都必须大幅降低化石燃料的消耗，同时增加水能、核能、太阳能、风能等低排放、零排放发电^x。城市有两个机会：投资开发集中式可再生能源，同时赋能分布式可再生能源实现智能化。城市可以与电力企业以及中央、地方政府密切协作，加快电网脱碳步伐。到 2030 年实现电力结构中 50%~70% 来自可再生能源，相当于所需总减排量的 35%~45%。

目前已有一些实践。比如，哥本哈根在 2000 年成立了一个电力合作社，由市政公用事业投资离岸两公里的一处海上风车园（风电场），发电能力为 40 兆瓦。丹麦国家能源公司 Orsted 也持有股份。海上风车园可为全国供电，它将帮助丹麦实现最终目标，即全国一半的电力供应来自海上风能。

即使可再生能源条件没有丹麦优越的城市，也可以为供电脱碳化找到创新方法。墨尔本的电力 90% 来自煤炭。市中心高楼林立，几乎没有为安装可再生能源留有空间^{xi}。在现有的国家政策框架下，该市与政府、文化、教育机构携手，从 2016 年开始构建一个可再生能源采购系统。十年间，每年购买 110 兆瓦小时的可再生能源电^{xii}。到了第二阶段进一步增加。在多方共同努力下，新渠道的采用已经让城市的排放降低了 5%。

1.2 提高建筑物能源使用效率

由于安装了数百万台供热设施、空调、热水、照明、电器，以及设备，大部分城市的建筑物是排名第一的能耗大户——也是碳排放超级大户。建筑物内的供热和制冷占了能耗的 35%~60%，约占将近 40% 的城市碳排放。除了提升电器、设备的能效标准之外，商用和住宅楼宇本身的能效提升也会帮助城市大幅降低排放。我们的分析表明，很多城市仅仅通过优化建筑物能耗模式，就已实现 55% 的减排目标，这还不包括电器能效提升。

眼下城市有五个重大机遇：提升新建筑物能效标准；翻新建筑物外立面（安装隔热屋顶，改善墙面保温，安装节能窗户，提高门框密封性）；采用低碳技术，升级暖通（HVAC）系统；使用 LED 照明；进一步推广建筑物自动化和控制。建筑的减排成本通常为负，在上述领域的投资一般可在 5 到 15 年内收回。从长远来看，提升建筑能效为气候韧性、清洁空气，以及宜居性奠定了基础。

布鲁塞尔的例子表明，供热、制冷、能量需求、密封性，以及通风等采取高标准的建筑物，造价几乎等同于传统的低能效建筑物。“被动式建筑”是指能耗极低、只需要极少甚至不需要供热、制冷的房屋，可大幅降低楼宇运营成本。集中供暖和供冷可提高供暖供冷能效，以东京晴空塔（Sky Tree Town）建筑群为例，包括一幢高层住宅楼，商业设施，以及办公楼，在其多楼宇暖通系统中，组合使用了热泵和水塔。与独立使用的系统相比，这一“社区系统”将能耗降低了 44%，同时减少 50% 的碳排放^{xiii}。

针对现有建筑物的节能改造，翻新建筑物立面可以将供热和制冷需求降低 40%，结合安装规模小些的暖通系统，或者采用自然通风，可以控制取暖或制冷的需求。像旧金山或者多伦多这样的城市，已经制定了规划，帮助低收入社区翻新房屋，改进暖通设施，减少室内冷凝和由此产生的霉，降低健康风险^{xiv}。

1.3 鼓励新一代出行方式

城市在发展，商品和人的流动也随之发展。城市脱碳需要更好、更清洁的出行方式。城市应加快以公共交通出行为导向的开发，倡导使用公共交通、步行、骑自行车出行，发展新一代汽车，包括货运车。在汽车方面，目前有四大趋势不应错过：电气化、共享出行、自动驾驶，以及无线互联^{xv}。这些趋势叠加将为出行减排带来很大机遇——到 2030 年，将贡献城市交通减排的 20%~45%。

城市可以出台激励和政策措施，加快电动汽车的普及，比如提供补贴、专用驾驶车道和停车点，支持建设充电站。欧洲有 220 多个城市已经设立或者计划设立零排放，或者低排放区^{xvi}。

比如加州北部最大的城市圣何塞，生产了全美五分之一的电动汽车，在 2020 年推出了一项投资高达 1400 万美元的计划，旨在将充电桩数量增加一倍，以及进一步推广脱碳汽车^{xvii}。

这些行动的未来发展前景广阔。为此，城市应针对人力和技术进行投入。这三个“赋能元素”的快速和稳健发展，对实现碳中和极为关键。

1.4 做好消费者需求管理

带动客户和各产业参与脱碳化——比如，推广低碳做法，发展循环经济——有助于城市实现自己的碳排放目标。

绿色生活方式不一定消费要更少，而是指它能够保护环境、提升生活品质。比如，增加植物性膳食比重，例如喝豆奶，既有利于健康，也减少了农业碳排放^{xviii}。又比如共享经济，共享汽车、共享工具或其他共享形式，能减少消费者支出和产品浪费。由于疫情，很多上班族都改变了出差和通勤方式，不但减少了飞行碳排放，在某些地方，

还减少了汽车碳排放，而且因为在家工作，很多公司的工作效率反而提高了。比如威尔士政府正在考虑出台政策支持远程办公，如建立远程办公中心^{xix}。

城市可以在学校、社区中心，以及其他机构提供学习机会，举办脱碳化或未来出行展览，增强居民的可持续环保意识——也许还能增加对低碳产品和解决方案的需求。

遵循“循环经济”原则。提升能效、使用可再生能源只能减少 55% 的温室气体排放。剩下的排放来自食物和工业品的生产、消费过程。这就需要“循环经济”发挥作用了——让工业品和材料在设计、使用、再使用的良性循环中闭环流动。资源管理、养分流动、逆向物流一体化，做到工业品回收、分类、再利用，而无需再填埋或者焚烧。资源要再生，而不是废弃。

循环经济既有利于经济发展，又把资源利用对自然环境的影响降低到尽可能小的程度，它能够带来巨大的经济、社会、环境效益，节省材料成本，并显著减少温室气体排放^{xx}。

建设繁荣、宜居、有韧性，并且具备再生能力的城市，是市政府的重要责任。遵循循环经济原则的做法之一就是让居民的生活、工作、娱乐离得更近一点。机动车安装脱碳引擎，共享出行则会减少拥堵，这样空气就清洁多了。更多的人选择步行或是骑车上班，不但有利于身体健康，还能拉近居民与社区以及本地商业的关系。马路和停车场就可以改成绿色空间或者新住宅和商户。

让不同的利益相关者携起手来，增强循环经济践行意识，让他们参与规划，以及经济激励措施和政策，这样，在从“索取——生产——废弃”的线性经济向更加清洁的循环制造经济的转变中，城市可以参与其中。布鲁塞尔正在朝着这样的愿景努力，每年拨款 1300 万欧元给“布鲁塞尔地区循环经济项目”。2016 年以来，已经有 200 多家企业、1400 多名市民接受了培训并获得支持，推广循环经济做法。

1.5 加大低碳技术投资力度

如果各国切实履行各自在《巴黎协定》中做出的减排承诺，那么对很多低碳技术的需求将会上升，比如，太阳能光伏（PV）、能源存储、金属循环利用、电动汽车、氢燃料电池，以及碳捕集和封存（CCS）等。凭借政治、金融、人力的优势，城市可以成为最理想的孵化器和测试基地。城市可以与地区政府、行业龙头、学术机构和智库展开合作，提供科研经费、基金、场地，或其他资源支持创新。最后，要将想法付诸实践的话，城市应就新技术的使用设立明确的目标。比如东京制定了到 2030 年生产 100 万个燃料电池及建成 150 个加氢站的目标，确保氢能在“零排放东京战略”中占据重要地位^{xxi}。

第二节：案例分析：北京如何成为去碳化示范

中国很多大城市有着能干有为的政府，有完备的脱碳化蓝图，有民营、国有企业的支持，还有世界一流的大学和科研机构，有足够的力量推进脱碳化。本节我们将以北京为例，探讨它目前的脱碳化进程，取得了哪些成功，以及未来将如何发展。

2018年，北京排放的二氧化碳总量是1.5亿吨，其中70%来自建筑物和交通运输，随着北京向服务型经济^{xxiii}转型，这一比重还会进一步上升。随着钢铁等重工业如首钢等迁出北京，2016年工业对GDP贡献下降了20%，到2019年为16%^{xxiii}。而留下的重工业如燕山石化未来也可能搬迁转移。即使这样，北京的总排放量还是在持续上升。

2010年以来，北京市采取了一系列卓有成效的行动，将碳强度降低了一半。目前北京的碳强度在国内是最低的。

- 全面禁燃煤：煤炭不再是居民供热的主要来源，转而使用天然气和电力。
- 能效：北京设立了明确的能耗总量和强度“双控”目标，从2016年到2020年，将能源强度削减13%。
- 交通管理：大力发展公共交通、支持电动汽车、兴建充电基础设施，这些举措都降低了交通污染排放。过去五年间，北京的地铁线路总长增加了三分之一。

某种意义上说，北京已经实现了初期目标。接下来如自动驾驶（AV）布局、发展氢能、工业脱碳所需的碳捕集、利用和封存技术（CCUS）等成本高昂，且更复杂。而且，服务行业和家庭需求消耗了北京市能源的80%以上。由此产生的碳排放比起工业企业来说，更难追踪，而传统的自上而下的应对方式可能成效不佳。这是很多城市共有的问题，这同时也提供了新的机遇。中国的城市应该鼓励企业和个人参与脱碳、开发气候变化基层应对方案。

2.1. 动员：开发气候变化的基层应对方案

降低排放要求企业和个人从用电、出行到供热制冷等方面做出改变。在以下四个方面采取行动将产生很大作用。

2.1.1 电网脱碳

电网脱碳必须是第一步，因为它是实现经济系统其他领域，如建筑和运输脱碳化的先决条件。北京从邻近省区如河北、内蒙古、陕西^{xxiv}购买了70%的电力，这些地区传统上一直是火力发电，但近年来开始大力发展可再生能源。以河北省张家口为例，该市建成了几十个风电场，总装机容量超过1000万千瓦。北京可与周边省市一起扩大可再生能源开发，这是一个办法。除此之外，北京可以在市内从两方面入手，加速清洁能源转型。

增加分布式太阳能发电。鉴于北京市人口和建筑物的密集程度，在市区发展分布式太阳能潜力有限，但可以在可用土地更多的顺义和平谷这类郊区发展，然后这些分布式发电站可以接入中央电网，销售多余电量。

增加需求端电网灵活性。风能和太阳能发电具有间歇性和波动性特点，用得越多，就越是需要优化需求端管理来增加电网的系统灵活性，才能平衡波动。电价分时计费（TOU）是一个办法，用电高峰期价格就更高些。这样有助于保证需求与供给一致。2015年开始，北京推出了此类举措，但由于各时段价差很小，消费者行为改变不明显。如果能让分时计费发挥更大作用，应该鼓励需求端储存电力。比如说，商务楼安

装蓄电池，将非高峰时段的电储存起来，留到高峰时段使用，或者电动汽车车主可以在用电高峰期将富余电量卖给电网。

2.1.2 提升建筑物能效

北京建筑物是排放大户，在建筑物总能耗中，市政府和商务楼的能耗占了一半。很多建筑物有条件选择高能效设备和电器。大部分建筑物能效投资在5到15年内就可以收回。可考虑采取以下四项最具前景的战略行动。

安装高能效设备和电器。供热和制冷是建筑物碳排放的最大来源。北京很多建筑物仍使用老式陈旧的暖通系统，采用低能耗设备可减少碳排放，如电热泵、节能空调，以及电力、太阳能供热等。至于照明，北京只需继续更换更节能的LED灯^{xxv}。

一个更具雄心壮志的计划是安装更多的自动化系统，实现楼宇智能运维。自适应恒温器联网后，用户可以利用动态传感器自动调节室温，甚至可以将照明亮度调整为自然光线^{xxvi}。多伦多、悉尼，以及英国好几座城市已经与房地产公司开展合作，向其提供信息、工具、技术和市场支持，以加快提升建筑物能效^{xxvii}。

推广低能耗设计。改进建筑物节能设计，能够减少对供热^{xxviii}和制冷的需求。这是2021年1月1日正式实施的《居住建筑节能设计标准》中的部分技术内容。未来北京可考虑引入雄心勃勃的净零排放标准，升级这一体系。这是欧盟正在做的，从2018年开始，所有的新建公共建筑都必须达到近零排放。从2020年开始，所有的新建建筑必须达到这一标准^{xxix}。

北京可以划定零碳排放社区或者城区作为试点，并为公私合作创造机会。北京也可以鼓励低碳建筑价值链创新，如新材料。在纽约市，创新企业测试系统为初创企业提供机会，绿色建筑新技术在推向市场之前，可先在市政建筑中进行测试^{xxx}。

翻新老旧建筑。老旧建筑翻新以外立面为主，翻新后可将供热和制冷需求降低40%，既节省电费、减少排放，又提升了生活品质。北京有十分之四的住宅建于1990年之前，大部分都可以这样升级改造。

目前旧房翻新已经开展起来。2020年，北京市政府出资改造80个老旧小区，这是总体方案的一部分^{xxxi}。要扩大改造范围，北京可以尝试新商业模式，引入社会资本。比如，市政府可以考虑将商业地产开发与住房改造加以捆绑。其他鼓励企业和居民行动起来的办法还有贴息贷款、简化审批流程、推行政府主导大宗采购降低资本成本等。2016年，为推进老旧小区改造，青岛制定了激励计划。市领导估计全市将有5000万平方米的老旧住宅需要提升能效水平。目前翻新完成已近一半，减少预期二氧化碳排放量约29.8万吨^{xxxii}。

建筑节能智能化。人们如果能自主管理所消耗的热能，用多少热交多少钱，就更有意愿改变行为。北京的住宅楼能耗中，供热占了约40%。大部分情况下，供热收费是按照住房面积计算的，所以居民一般会成天开着取暖设备。改为按热计量收费可能会增强居民的节能意识。哈萨克斯坦在其绿色战略中推出了一项热计量表安装项目，目标是到2025年达到居民楼100%全覆盖。2020年已覆盖60%的居民楼^{xxxiii}。

2.1.3 鼓励新一代出行方式.

公共交通贡献了北京 10%~15%的温室气体排放^{xxxiv}，其中大部分来自乘用车。北京人喜欢开车，私家车数量从 2015 年的 560 万辆增加到 2020 年的 660 万辆^{xxxv}。北京市一直在鼓励和支持使用电动汽车。2015 年，北京开始推行出租车、公交车的电动化，纯电动车车主还能享受优惠政策，比如购车额度放宽。到 2020 年，电动汽车占北京市汽车销量的 60%^{xxxvi}。尽管种种努力，北京马路上 95%的车辆仍旧是传统燃油车。至少在未来 10 年，燃油车仍是排放大户。我们认为，北京不妨从以下三个方面入手降低交通运输的碳排放。

加快绿色能源汽车推广。北京可以借鉴洛杉矶、马德里、巴黎的做法，为燃油车制定禁售时间线。北京的充电站布局堪称中国最大。目前电动汽车销售攀升，所以北京淘汰燃油车有很好的基础。汽车产业也正在为此做足准备。国有企业北汽集团于 2020 年在北京停售燃油车^{xxxvii}。如果政府能够设定一个明确的时间线，汽车基础设施行业就更容易进行调整，以便确保北京有足够的充电桩。举例来说，英国石油公司（BP）联合出行服务商滴滴，成立一家合资企业，在中国建设电动汽车充电基础设施^{xxxviii}。

北京还可以抓住时机加紧发展氢能汽车产业。2020 年氢能汽车产量为 7000 辆^{xxxix}，中国计划到 2030 年，生产 100 万辆氢能汽车^{xl}。国内以广东的行动最迅速，加氢燃料站全国最多。广州还请来氢能汽车先行者韩国现代建设一座氢燃料电池厂^{xli}。北京将建设一座氢能工业园，显示了想要引领氢能汽车产业发展的雄心^{xlii}。

投资交通运输为导向的开发项目。好的城市规划和开发能缩短通勤距离、减少碳排放。北京市可以通过打造密度更高的综合交通枢纽，将分散的城区连接起来，这些枢纽融办公楼、商场、教育、休闲、娱乐于一体。最终的设想是让北京形成“15 分钟生活圈”——人们只需步行 15 分钟就能获得最基本的生活服务。这也能降低城市的总体服务成本，为驾车找到可行的替代出行方式，比如步行、骑自行车、使用公共交通。世界很多城市包括成都、墨尔本、巴黎都在城市规划中融合了这一理念^{xliii}。

2.1.4 做好消费者需求管理

鼓励消费者和产业参与脱碳化，有助于城市达成碳排放目标。以下是极具前景的两种做法。

倡导低碳生活。实现大规模脱碳化需要消费者拥抱绿色转型。过去十年，北京市民的环保意识不断提高，对空气污染、水质，还有气候变化越来越关心。基于此，市政府可以与企业一起，帮助消费者实现零碳生活。2016 年 8 月，蚂蚁金服在支付宝公益板块正式推出蚂蚁森林。用户步行替代开车、在线缴纳水电煤、网络购票等行为节省的

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_18740

