



面向2035的城市低碳 转型和可持续发展策 略研究

该报告由以下单
位共同合作完成：



主 编：

杨宝路 中国城市科学研究会 生态城市规划建设中心 所 长 副研究员

项目指导：

李海龙 中国城市科学研究会 生态城市规划建设中心 副主任 研究员

编写组成员：

于枫垚 林 溪 方 丹 李宗真

项目管理：

王伟康 世界自然基金会（瑞士）北京代表处 项目主任

李 瑛 世界自然基金会（瑞士）北京代表处 高级项目专员

刘笑宇 世界自然基金会（瑞士）北京代表处 高级项目专员

刘 倩 世界自然基金会（瑞士）北京代表处 助理项目专员

版权所有：世界自然基金会（瑞士）北京代表处

中国城市科学研究会简介

中国城市科学研究会（Chinese Society for Urban Studies, CSUS）是由全国从事城市科学研究的专家、学者、实际工作者和城市社会、经济、文化、环境，城市规划、建设、管理有关部门及科研、教育、企业等单位自愿组成，依法登记成立的全国性、公益性、学术性法人社团，是发展我国城市科学研究科技事业的重要社会力量。学会的宗旨是为适应我国健康城镇化和城市科学发展的需要，组织并推动会员对城市发展的规律，对城市社会、经济、文化、环境和城市规划建设管理中的重大理论和实际问题进行综合性研究。三十余载聚焦中国城镇化的研究成果积累，通过建立广泛、诚信、有效的全球性创业和科研协作网络，以科学研究、技术创新、产业培育、示范推广、城市运营为一体的开放性组织网络，富有进取精神和实践经验的领导团队，依托深厚广博的科研资源，凭借多学科专家学者组成的智库，引领集约、绿色、智能、低碳的城镇化。

世界自然基金会（WWF）简介

WWF是在全球享有盛誉的、最大的独立性非政府环境保护组织之一。自1961年成立以来，WWF一直致力于环保事业，在全世界拥有将近520万支持者和一个在100多个国家活跃着的网络。WWF的使命是遏止地球自然环境的恶化，创造人类与自然和谐相处的美好未来。为此WWF致力于：保护自然世界生物多样性；确保可再生自然资源的可持续利用；推动降低污染和减少浪费型消费的行动。

目录

摘要	1
1. 研究背景	14
2. 研究目标	16
3. 中国城市面向2035规划中提出的低碳与可持续发展愿景	17
3.1 城市总体规划编制试点相关要求	18
3.2 国土空间总体规划编制相关要求	20
3.3 中国城市面向2035规划中的低碳与可持续发展内容	24
4. 城市可持续发展愿景与指标研究	27
4.1 碳减排	29
4.2 可再生能源发展	32
4.3 建筑可持续发展	37
4.4 改善环境质量	40
4.5 绿色城市交通	43
4.6 生态保护与韧性	47
5. 城市可持续发展规划路径与实施策略研究	50
5.1 碳减排	50
5.2 可再生能源发展	50
5.3 建筑可持续发展	53
5.4 改善环境质量	54
5.5 绿色城市交通	60
5.6 生态保护与韧性	66
6. 结论：通过规划手段促进面向2035的城市绿色低碳转型	74
6.1 面向2035的城市低碳转型和可持续发展关键指标	74
6.2 将各重点领域绿色低碳转型路线图纳入城市规划体系	75



摘要

2035年是中国城市低碳转型和可持续发展的重要节点。习近平在2018年5月召开的全国生态环境保护大会上指出：要通过加快构建生态文明体系，确保到2035年，生态环境质量实现根本好转，美丽中国目标基本实现。这与中国承诺的2030年左右二氧化碳排放达到峰值，以及可持续发展目标是一致的。

中国各城市在面向2035年的规划中，普遍突出了对低碳转型和持续发展的重视。《上海市城市总体规划（2017年-2035年）》提出了“更可持续的韧性生态之城”的城市发展定位，专门写入了应对气候变化与低碳发展章节，提出了明确的碳排放峰值目标，即全市碳排放总量与人均碳排放预计2025年前达峰，至2035年，控制碳排放总量较峰值减少5%左右。这在国内城市总体规划编制中尚属首次。《北京城市总体规划（2016年—2035年）》指标体系中，“坚持绿色发展，在改善生态环境方面达到国际一流水平”在42个指标中占11个。《雄安新区发展规划纲要》中，绿色生态指标在38个指标中占17个，蓝绿空间占比、保护碳汇空间、海绵城市、使用绿色建材、智慧运营和管理等内容，目标对标国际先进水平。

本研究项目主要以2035年城市发展愿景为基础，致力于在前瞻性研究的方向，总结和提出城市绿色发展、低碳转型、可持续发展相关的原则、策略和建议，并介绍国内外相关案例。

1. 城市可持续发展愿景与指标

结合联合国可持续发展目标、世界自然基金会的城市解决方案、以及中国应对气候变化和可持续发展的策略方案，本研究从碳排放、可再生能源利用、建筑能效、空气污染、协同效应、绿色、可持续等方面综合考虑，着重选择**碳减排、可再生能源发展、建筑可持续发展、改善环境质量、绿色城市交通、生态保护与韧性城市**这六大领域开展研究，探索各领域发展愿景，发现国际城市在低碳可持续发展方面领先或有创新性的发展目标与指标。

表：城市可持续发展各领域愿景与指标		
领域	发展愿景	主要指标
碳减排	- 中国达峰先锋城市联盟普遍提出在2030年前碳排放达峰的愿景 - 国际典型城市提出未来人均碳排放逐步降低的发展愿景	- 二氧化碳排放达到峰值的年份 - 达峰后的目标 - 单位碳排放
可再生能源发展	- 加快开发利用可再生能源已成为世界各国的普遍共识和一致行动 - 中国提出2020、2030年非化石能源占一次能源消费比重战略目标	- 可再生能源供电指标 - 可再生能源总量与占能源消费比例
建筑可持续发展	- 建筑节能标准加快提升 - 新建建筑中绿色建筑推广比例大幅提高 - 既有建筑节能改造有序推进 - 可再生能源建筑应用规模逐步扩大	- 绿色建筑达到星级标准的数量 - 新建建筑中绿色建筑占比 - 高星级绿色建筑占比 - 可再生能源应用建筑面积 - 建筑能耗
改善环境质量	- 联合国可持续发展目标：为所有人提供水和环境卫生并对其进行可持续管理 - 北京：2035年成为天蓝、水清、森林环绕的生态城市	- 水环境：水质优良比例，径流污染控制率，水资源再利用率 - 大气环境：颗粒物，挥发性有机物，氮氧化物，臭氧 - 固废与土壤：垃圾回收资源化利用率，生活垃圾分类收集覆盖率，受污染地块安全利用率
绿色城市交通	- 提升交通可达性 - 绿色出行、公共交通、新能源交通 - 智慧交通	- 路网密度 - 公共交通占机动化出行比例 - 绿色出行交通方式占比 - 新能源机动车推广指标
生态保护与韧性城市	- 保护生态系统和生物多样性 - 建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区	- 生态空间占比 - 年径流总量控制率 - 防灾减灾目标

2. 城市可持续发展规划路径与实施策略

(1) 碳减排

在城市总体规划中提出**碳减排与峰值管理目标**。上海是中国首个将碳排放峰值目标和2035年峰值下降目标明确写入2035年城市总体规划的城市。《上海城市总体规划（2017-2035）》中提出，上海将通过优化能源结构、降低产业和建筑能耗，引导绿色交通出行，全面降低碳排放。全市碳排放总量和人均碳排放于**2025年**达到峰值，至**2035年**控制碳排放总量较峰值减少5%左右。

推进都市圈发展，扩大城市规模促进碳减排。纽约是全美碳利用效率最高的地区之一，人均二氧化碳排放量比美国平均水平低71%。因此通过扩大城市规模，接纳更多的人口，可以提高能源利用效率，减少二氧化碳排放量。

通过金融创新，为低碳发展提供资金保障。2013年，哥德堡成为世界上第一个发行绿色债券的城市。绿色债券是世界银行2008年设计的应对气候变化的金融工具。截至2016年3月，哥德堡市已经发行了价值4.15亿美元的绿色债券，为该市的基础设施投资和其他项目的特殊部分提供融资，并在该市的金融和环境部门之间建立了新的伙伴关系。

(2) 可再生能源发展

奠定可再生能源在能源消费结构的主导地位。温哥华提出到2030年，使用的能源55%来自可再生能源，2050年之前100%来自可再生能源；哥本哈根提出到2030年，非化石燃料比例提高到50%，2050年实现无化石燃料。

推广可再生能源在建筑领域的应用。深圳是国家首批可再生能源建筑应用示范城市之一。为创建可再生能源示范城市，深圳先后实施了太阳能屋顶和屋顶发电战略，提高可再生能源建筑应用面积。

(3) 建筑可持续发展

全面推广绿色建筑与装配式建筑。上海通过依托绿色生态城区推进绿色建筑规模化、高星级发展，全面推广绿色建筑，推广装配式建筑与市政基础设施的技术应用，加强现有建筑的节能改造，至2035年，实现符合条件实施装配式建筑覆盖率100%、新建民用建筑绿色建筑达标率达到100%。

推动从耗能建筑向产能建筑升级。住建部数据显示，中国的广义建筑能耗约占全社会总能耗的30%。从“耗能建筑”向“节能建筑”、“产能建筑”的转变，是城市低碳发展的重要议题。“十三五”期间，中国城市中光伏建筑一体化可应用面积为17.9亿平方米，城市新增光伏建筑应用装机容量在1000万千瓦以上。光伏建筑一体化是将太阳能发电产品集成并作为建筑组成部分的技术，电池作为建筑物外部结构的一部分，既具有发

电功能又具有建筑材料的功能。

（4）改善环境质量

发起污染防治攻坚战，尽快弥补环境质量短板。北京以超常规的速度和力度推进大气污染防治，将着力攻坚大气污染治理的目标和举措纳入《北京城市总体规划（2016年-2035年）》的专门章节，并提出了力度较大的环境治理目标：到2035年大气环境质量得到根本改善，到2050年达到国际先进水平。

培育绿色生活方式，从源头减少污染物。中国政府提出，46个重点城市2035年全面建立城市生活垃圾分类制度，垃圾分类达国际水平。2019年，全国“无废城市”建设试点工作全面启动，以实现整个城市固体废物产生量最小，资源化利用充分和处置安全为目标。《上海城市总体规划（2016年-2035年）》提出目标：至2035年，实现原生垃圾零填埋，实现固废分类收集全覆盖。

通过污染治理提升城市活力。首尔致力于水环境的保护和城市活力复兴。在2002-2006年间，首尔通过实施清溪川修复计划，治理了清溪川污染，改善了微气候，保护了生物多样性，同时增加了城市活力，促进了绿色交通出行，保护了历史遗产。首尔将进一步推动整个汉江流域的环境保护治理和城市活力建设。《首尔总体规划2030》中提出，创造一个健康的城市，让市民有充足的机会在日常生活中体验大自然。

（5）绿色城市交通

通过规划明确燃油汽车退出时间表。荷兰、挪威、德国、英国、法国等国先后宣布了燃油汽车退出时间表，将在2025-2040年之间全面禁止传统燃油车的销售。海南省2019年3月发布《海南省清洁能源汽车发展规划》，在中国国内率先提出2030年“禁售燃油车”时间表，力争2030年全省汽车清洁能源化达到国际标杆水平。

在城市规划中超前布局新能源汽车基础设施及建设标准。2019年韩国发布“氢能经济发展路线图”，宣布韩国将大力发展氢能产业，引领全球氢能市场发展。到2040年，将分阶段生产620万辆氢燃料电池汽车。为了保证氢燃料电池汽车的正常运行，韩国政府将通过为汽车加氢站提供补贴、放宽管制等措施积极吸引民间资本参与。到2040年，加氢站将从现有的14个增至1200个。

规划设计未来绿色智能交通系统。雄安新区目前已在无人驾驶、智能轨道交通等领域开始了前瞻性的有益尝试。未来，雄安新区的智能交通建设将致力于搭建智能交通体系框架，建设数字化智能交通基础设施，示范应用共享化智能运载工具，打造全局动态的交通管控系统。

制定促进绿色交通发展的需求管理政策。新加坡是世界上最早征收交通拥堵费的国家，通过收费的措施，鼓励人们考虑通过使用替代路线避免拥挤区域、调整出行时间、使用公共交通工具，或多人共乘一辆私家车。伦敦2003年开始向所有进入市中心的车辆征收拥堵费，2019年4月8日起，开始在市中心区施行“超低排放区”政策，对尾气排放

量超过标准的机动车额外收费，预计将从2021年开始扩大至伦敦各区，将成为世界上范围最大、覆盖人口最多的限排区。

（6）生态保护与韧性

制定韧性城市专项战略。基多制定了《基多大都市区韧性城市战略》，提出到2040年，能够成功应对社会、文化、经济和环境领域以及该地区的所有挑战。巴黎在其《韧性战略》中提出，面对气候变化，未来将通过三大策略，调整其基础设施，以一种全面而包容的方式应对风险，构建集成更有效的应对气候的解决方案，将挑战转化为机遇。纽约发布了具有海岸全面保护计划的韧性城市建设规划——《一个更加强壮、更富韧性的纽约》来减少城市脆弱性。

将韧性城市建设纳入城市总规并搭建规划技术框架。《北京城市总体规划（2016年—2035年）》提出了“强化城市韧性”要求，成为全国首个将“韧性城市”建设纳入城市总规的城市。其后开展了《北京韧性城市规划纲要研究》工作，搭建韧性城市规划的技术框架，进而为北京市韧性城市建设和综合风险防控提供理论依据和技术支撑。

提高城市基础设施适应气候变化能力。温哥华制定了《适应气候变化战略》，采取风险评估和脆弱性评估相结合的方法，根据温哥华未来气候和环境的变化情况，分步制定行动策略，旨在将气候变化纳入规划、设计和城市应急管理中，从而提高城市基础设施和各项服务应对预期气候变化的能力。

3. 面向2035的城市可持续发展政策建议

2035年是中国城市低碳转型和可持续发展的重要节点。2035年也是中国各个城市编制新一轮规划的目标年。面向2035年，各个城市应提出低碳转型与可持续发展的定量目标与实施策略，形成绿色低碳转型时间表。

建议城市应基于自身的发展基础与定位，对标可持续发展各领域的先锋策略，制定支撑目标实现的可再生能源发展、绿色建筑、绿色城市交通、环境污染防治、生态保护与韧性城市等领域专项规划，提出具有前瞻性的行动计划，将各重点领域绿色低碳转型路线图纳入城市规划体系，以规划手段倒逼城市尽早实现时间、空间、结构三大维度的低碳转型。

（1）碳减排转型：从提前达峰走向净零碳排放

2030年是中国全国层面承诺达到碳排放峰值的目标年。从2030年后，城市层面的碳减排进入峰值后管理阶段，应以最终实现净零碳排放为目标，制定持续减排的行动计划。要实现全球气温升高1.5℃以内的目标，人为的二氧化碳净排放量至2030年要比2010年水平减少45%，2020年，中国提出努力争取2060年前实现碳中和的目标。

（2）可再生能源转型：成为能源消费结构中的主体

从现在到2035年，是可再生能源加速发展的关键时期，可再生能源能否成为能源消

费结构中的主体，决定了碳排放达峰与最终的净零碳排放目标能否实现。在城市层面，应因地制宜选择重点发展的可再生能源，能源终端消费部门尽量使用电能，而发电部门尽量使用可再生能源。

（3）绿色建筑转型：从节能建筑到产能建筑

在城市层面，应建设建筑能耗监测平台，推行建筑光伏一体化等可再生能源在建筑部门的应用，从绿色建筑设计标准的全面覆盖向绿色建筑运行标准的全面实施过渡，促使建筑从“耗能部门”向“节能部门”，甚至“产能部门”转变。到2035年，制定完善并全面推行产能建筑标准（正能房、产能房等），将执行产能建筑标准的比例纳入城市规划指标体系。到2050年，建筑部门争取总体实现“零净排放”。

（4）污染防治转型：从全面提升的“量变”到实现根本好转的“质变”

面向2035年，在城市层面应针对本地重点污染物与重点污染源，实施专项治理，并通过建立区域环境保护合作机制。到2035年，环境质量应从全面提升的“量变”升级至实现根本好转的“质变”。空气质量方面，基本消除重污染天气；水环境质量方面，饮用水安全得到切实保障，基本消灭城市黑臭水体；土壤环境质量方面，强化土壤污染管控和修复，有效防范土壤污染对食品安全和人居环境带来的风险。到2050年，人与自然和谐共生，生态环境领域治理体系和治理能力现代化全面实现。

（5）绿色城市交通转型：交通结构与燃料结构的双重优化

面向2035年，城市在交通结构方面要提升公共交通占机动化出行比例和非机动出行比例；在交通工具方面要提升新能源汽车比例，推进氢燃料电池汽车发展，发展智能网联汽车，通过“电动化+智能化”实现汽车出行的绿色化，逐步减少直至停止燃油车的销售与使用。交通结构方面：到2035年，公共交通在机动化出行中占主导地位（大城市应达到60%以上）；到2050年，大城市公共交通占机动化出行比例争取达到80%。燃料结构方面：同步推进新能源汽车发展与电力清洁化，到2035年，城市新能源汽车基础设施发展完备，燃油车逐步退出汽车销售市场，新增和更换新能源汽车占比达到100%，新能源汽车在汽车保有量中的占比达到40%以上；到2050年，电力来自于可再生能源的新能源汽车成为城市交通的机动车主体。

（6）韧性城市转型：从理念推广到规划与设计的全面实施

面向2035年，中国城市应构建符合自身的韧性城市评测指标体系与方法，专门制定综合性的韧性城市发展规划，或将韧性城市理念的内涵、指标体系、目标等充分融入现行的规划体系，促进韧性城市规划与设计全面实施。到2035年，韧性城市测算方法、评价指标体系、规划编制技术标准成熟完善并全国推广，韧性城市全面纳入城市规划体系。到2050年，城市化解和抵御各类风险，保持其主要特征和功能不受明显影响的能力显著提高，风险管理能力现代化全面实现。

Abstract

2035 is an important node for low-carbon transformation and sustainable development of Chinese cities. Xi Jinping pointed out at the National Eco-Environmental Protection Conference held in May 2018: By accelerating the construction of an ecological civilization system, we must ensure that by 2035, the quality of the ecological environment will fundamentally improve and the goal of beautiful China will be basically achieved. This is consistent with China’s commitment to peak carbon dioxide emissions around 2030 and the sustainable development goals.

In the 2035 plan, Chinese cities have generally highlighted the importance of low-carbon transformation and sustainable development. The Shanghai City Master Plan (2017-2035) proposes the urban development positioning of a “more sustainable and resilient ecological city”, which is specifically written in the chapter on addressing climate change and low-carbon development, and proposes clear carbon emissions the peak target, that is, the city’s total carbon emissions and per capita carbon emissions is expected to reach a peak by 2025, and by 2035, the total amount of controlled carbon emissions will be reduced by about 5% from the peak. This is the first time in the compilation of domestic urban master plans. In the index system of Beijing City Master Plan (2016-2035), “outstanding green development and achieving world-class level in improving the ecological environment” accounted for 11 of the 42 indicators. In the Outline of Xiongan New District Development Plan, green ecological indicators account for 17 of the 38 indicators. The proportion of blue-green space, protection of carbon sequestration space, sponge city, use of green building materials, smart operation and management, etc. are targeted. International advanced level.

This research is mainly based on the vision of urban development in 2035, and is committed to summarizing and proposing principles, strategies, and recommendations related to urban green development, low-carbon transformation, and sustainable development in the direction of forward-looking research, and introducing relevant cases at home and abroad.

1. Vision and indicators of urban sustainable development

Combining the United Nations Sustainable Development Goals, WWF’s urban solutions, and China’s strategic solutions to address climate change and sustainable development, this research focuses on the six major areas: carbon emission reduction, renewable energy development, sustainable development of buildings, improvement of environmental quality, green urban transportation, ecological protection and resilient cities. To discover the leading or innovative development goals and indicators of international cities in low-carbon sustainable development.

Table: Vision and indicators of urban sustainable development of different areas

Area	Vision	Main Indicator
Reduction of carbon emissions	- China pioneer cities present vision of carbon emissions peaking by 2030 - Typical international cities put forward the vision of gradual reduction of carbon emission per person in the future	- The year of CO2 emissions peak - The goal after CO2 emissions peak - Carbon emissions per unit

Renewable energy development	- Accelerating the development and utilization of renewable energy has become the universal consensus and action - China proposes strategic goal of non-fossil energy as a proportion of primary energy consumption by 2020 and 2030	- Renewable energy supply indicators - Total renewable energy and the percentage of energy consumption
Building sustainable development	- Building energy-saving standards to accelerate promotion - The proportion of green building in new building has increased significantly - The orderly promotion of energy-saving transformation - The application scale of the renewable energy building is gradually expanding	- Number of green buildings achieving star standards - Percentage of green buildings in new buildings - Percentage of high star green buildings - Renewable energy building application area - Building energy consumption
Improve environmental quality	- United Nations Sustainable Development Goals: To supply water and sanitation for all and sustainable management - Beijing will become an eco-city with blue sky, clean water, enough forest in 2035	- Water environment: water quality proportion, run-off pollution control rate, re-utilization of water resources - Atmospheric environment: particulate matter, volatile organic matter, nitrogen oxides, ozone - Solid waste and soil: recycling resource utilization rate, household waste classification collection coverage, safe utilization rate of contaminated land
Green transportation	- Improved traffic accessibility - Green travel, public transportation, new energy transportation - Smart transportation	- Road network density - Proportion of public transport in motorized travel - Green mode of transportation ratio - New energy motor vehicle promotion indicators
Ecological protection and resilience	- protection of ecosystems and biodiversity - Building inclusive, safe, resilient and resilient cities and human residential areas	- Ecological space proportion - Annual total runoff control rate - Disaster prevention and mitigation targets

2. Urban sustainable development planning path and implementation strategy

(1) Reduction of carbon emissions

In the city overall plan, it proposes reduction of carbon emissions and peak management goals. Shanghai is the first city in China to explicitly write its carbon emission peak target and 2035 peak drop target into its 2035 urban master plan. The Shanghai City Master Plan (2017-2035) proposes that Shanghai will guide green transportation to reduce carbon emissions by optimizing energy structure, reducing energy consumption in industries and buildings. The city’s total carbon emissions and per capita carbon emissions peaked in 2025, and the total amount of controlled carbon emissions will be reduced by about 5% from the peak by 2035.

Promote the development of the metropolitan area, expand the size of the city and promote

the reduction of carbon emissions. New York is one of the most carbon-efficient regions in the United States, with per capita carbon dioxide emissions 71% lower than the US average. Therefore, by expanding the size of the city and admitting more people, energy efficiency can be improved and carbon dioxide emissions reduced.

Provide financial guarantee for low-carbon development through financial innovation. In 2013, Gothenburg became the first city in the world to issue green bonds. Green bonds are financial instruments designed by the World Bank in 2008 to combat climate change. As of March 2016, the city of Gothenburg has issued \$ 415 million worth of green bonds to finance the city’s infrastructure investments and special parts of other projects, and has established new between the city’s financial and environmental departments Partnerships.

(2) Renewable energy development

Establish the leading position of renewable energy in the energy consumption structure. Vancouver proposes that 55% of the energy used will come from renewable sources by 2030 , and 100% will come from renewable sources by 2050; Copenhagen proposes that by 2030, the proportion of non-fossil fuels will be increased to 50%, and that by 2050, fossil fuels will be free.

Promote the application of renewable energy in the construction field. Shenzhen is one of the first national demonstration cities for renewable energy building applications. In order to create a renewable energy demonstration city, Shenzhen has successively implemented a solar roof and roof power generation strategy to increase the application area of renewable energy buildings.

(3) Building sustainable development

Fully promote green buildings and prefabricated buildings. Relying on green ecological urban areas, Shanghai promotes the scale and high-star development of green buildings, comprehensively promotes green buildings, promotes the technical application of prefabricated buildings and municipal infrastructure, and strengthens the energy-saving transformation of existing buildings. The coverage rate of prefabricated buildings is 100%, and the green building standard of newly-built civil buildings reaches 100%.

Promote the upgrade from energy-consuming buildings to capacity-building. According to data, China’s general building energy consumption accounts for about 30% of the total energy consumption of the whole society. The transformation from “energy-consuming buildings” to “energy-saving buildings”, and “capacity buildings” is an important issue for urban low-carbon development. During the “Thirteenth Five-Year Plan” period, the applicable area of BIPV (Building Integrated Photovoltaics) in Chinese cities is 1.79 billion square meters, and the installed capacity of new photovoltaic building applications in cities is more than 10 million kilowatts. BIPV is a technology that integrates solar power generation products as an integral part of the building. As a part of the external structure of the building, the battery has both the power generation function and the function of building materials.

(4) Improve environmental quality

Start pollution prevention and make up for the shortcomings of environmental quality as soon as possible. Beijing is advancing air pollution prevention and control at an unconventional speed and intensity, including the goals and measures that focus on air pollution control in the chapter of Beijing City Master Plan (2016-2035), and puts forward more powerful

environmental control Objective: To fundamentally improve the quality of the atmospheric environment by 2035 and reach the international advanced level by 2050.

Cultivate a green lifestyle and reduce pollutants from the source. The Chinese government proposes that 46 key cities will establish a comprehensive municipal solid waste classification system by 2035, and the waste classification will reach international standards. In 2019, the nationwide “waste-free city” pilot project will be launched in an all-round way, with the goal of minimizing the generation of solid waste throughout the city, making full use of resources and safely disposing of it. The Shanghai City Master Plan (2016-2035) proposes the goal: by 2035, to achieve zero landfill of primary waste, and to achieve full coverage of solid waste classification collection.

Improve urban vitality through pollution control. Seoul is committed to protecting the water environment and revitalizing the city. From 2002 to 2006, Seoul implemented the Cheonggyecheon Restoration Plan to control Cheonggyecheon pollution, improve the microclimate, protect biodiversity, increase urban vitality, promote green transportation, and protect historical heritage. Seoul will further promote environmental protection and urban vitality construction throughout the Hanjiang River Basin. Seoul Master Plan 2030 proposes to create a healthy city and give citizens sufficient opportunities to experience nature in their daily lives.

(5) Green transportation

Plan to clarify the timetable for the exit of fuel vehicles. The Netherlands, Norway, Germany, the United Kingdom, France and other countries have successively announced a timetable for the withdrawal of fuel vehicles, which will ban the sale of traditional fuel vehicles from 2025 to 2040. Hainan Province released the Hainan Province Clean Energy Vehicle Development Plan in March 2019, which was the first province to propose a 2030 “prohibition of fuel-fueled vehicle schedule” in China, and strive to achieve an international benchmark for the province’s clean energy in 2030.

Layout new energy vehicle infrastructure and construction standards ahead of schedule in urban planning. In 2019, South Korea released the Hydrogen Energy Economic Development Road map, announcing that South Korea will vigorously develop the hydrogen energy industry and lead the development of the global hydrogen energy market. By 2040, 6.2 million hydrogen fuel cell vehicles will be produced in stages. In order to ensure the normal operation of hydrogen fuel cell vehicles, the South Korean government will actively attract private capital participation by providing subsidies for vehicle hydrogen refueling stations and deregulation. By 2040, the number of hydrogen refueling stations will increase from 14 to 1,200.

Planning and designing the future green intelligent transportation system. The Xiongan New District has already started forward-looking and beneficial attempts in areas such as unmanned driving and intelligent rail transit. In the future, the construction of intelligent transportation in Xiongan New District will be dedicated to building an intelligent transportation system framework, building a digital intelligent transportation infrastructure, demonstrating the application of shared intelligent vehicles, and creating a global and dynamic transportation management and control system.

Formulate demand management policies that promote the development of green transportation.

Singapore is the earliest country in the world to collect traffic congestion fees. The toll measures encourage people to consider using alternative routes to avoid congested areas, adjust travel times, use public transportation, or share a private car with multiple people. In 2003, London began to collect congestion fees for all vehicles entering the city center. From April 8, 2019, the “ultra-low emission zone” policy will be implemented in the city center area, and additional charges will be charged for motor vehicles with exhaust emissions exceeding the standard. It will be expanded to all districts of London from 2021, and will become the world’s largest restricted area with the largest population coverage.

(6) Ecological protection and resilience

Formulate a special strategy for resilient cities. Quito has developed the Resilience City Strategy for the Metropolitan Region of Quito, which proposes that by 2040, it will be able to successfully meet all challenges in the social, cultural, economic and environmental fields and the region. Paris proposed in its Resilience Strategy that in the face of climate change, in the future, it will adjust its infrastructure through three major strategies, respond to risks in a comprehensive and inclusive manner, and build integrated and more effective solutions to the climate. Challenges turn into opportunities. New York released a flexible city construction plan with a comprehensive coastal protection plan- A Stronger and More Flexible New York to reduce urban vulnerability.

Incorporate resilient city construction into the city master plan and build a planning technical framework. Beijing City Master Plan (2016-2035) puts forward the requirement of strengthening the resilience of cities, becoming the first city in the country to incorporate the construction of resilience cities into the city’s general regulations. Subsequently, the Beijing Resilience City Planning Outline Research work was carried out to build a technical framework for resilience city planning, and then provide theoretical basis and technical support for the construction of resilience cities and comprehensive risk prevention and control in Beijing.

Improve the ability of urban infrastructure to adapt to climate change. Vancouver has formulated the Adapting Climate Change Strategy, which takes a combination of risk assessment and vulnerability assessment, and develops a step-by-step action strategy based on Vancouver’s future climate and environmental changes, aiming to incorporate climate change into planning, design and urban emergency management to improve the ability of urban infrastructure and services to respond to expected climate change.

3. Urban sustainable development policy recommendations for 2035

2035 is an important node for low-carbon transformation and sustainable development of Chinese cities. 2035 is also the target year for the preparation of a new round of planning by Chinese cities. Facing to 2035, cities should put forward quantitative goals and implementation strategies for low-carbon transformation and sustainable development to form a green low-carbon transformation timetable.

It is recommended that cities should benchmark their pioneering strategies in various fields of sustainable development based on their own development foundations and positioning, and formulate area plans such as renewable energy development, green buildings, green urban transportation, environmental pollution prevention, ecological protection, resilient cities and so on. To propose a forward-looking action plan, incorporates green and low-

carbon transformation road maps in key areas into the urban planning system, and uses planning means to force cities to realize the three-dimensional: low-carbon transformation of time, space and structure as soon as possible.

(1) Carbon emission reduction transformation: from reaching the peak in advance to net zero carbon emissions

2030 is the target year for China's national commitment to achieve peak carbon emissions. From 2030 onwards, carbon emission reduction at the city level will enter the post-peak management stage, and the ultimate goal of achieving net zero carbon emissions should be the goal to formulate an action plan for continuous emission reduction. To achieve the goal of increasing global temperatures within 1.5°C, the net anthropogenic carbon dioxide emissions will be reduced by 45% from 2010 levels by 2030, and “zero net emissions” will be achieved by 2050, that is, the carbon dioxide emissions are equal to the elimination.

(2) Renewable energy transformation: becoming the main body in the energy consumption structure

From now to 2035, it is a critical period for the accelerated development of renewable energy. Whether renewable energy can become the main body in the energy consumption structure determines whether the peak carbon emissions and the ultimate goal of net zero carbon emissions can be achieved. At the city level, key renewable energy should be selected according to local conditions. The energy terminal consumer sector uses electrical energy as far as possible, while the power generation sector uses renewable energy as much as possible. By 2035, renewable energy will become the main energy source in the energy consumption structure 50%, by 2050, strive to achieve fossil-free energy, and even 100% of energy consumption comes from renewable energy.

(3) Green building transformation: from energy-efficient buildings to productive buildings

At the city level, a building energy consumption monitoring platform should be built, and the application of renewable energy such as BIPV in the construction sector should be promoted. The transition from full coverage of green building design standards to full implementation of green building operating standards should promote the building energy sector to “energy-saving sector” and even “capacity sector”. By 2035, formulate and fully implement production capacity building standards, and incorporate the proportion of implementing production capacity building standards into the urban planning index system. By 2050, the construction sector strives to achieve “zero emissions” overall.

(4) Transformation of environmental pollution prevention and control: from quantitative change to qualitative change

Facing 2035, at the city level, special treatments should be implemented for local key pollutants and key pollution sources, and a regional environmental protection cooperation mechanism should be established. By 2035, the environmental quality should be upgraded from the quantitative change to the qualitative change. In terms of air quality, basically eliminate heavily polluted weather; in terms of water environment quality, the safety of drinking water is effectively guaranteed, and basically eliminate urban black and odorous water bodies; in terms of soil environment quality, strengthen soil pollution control and repair, effectively prevent risks caused by soil pollution from food safety and people living environment. By 2050, man and

nature will coexist in harmony, and the modernization of governance systems and governance capabilities in the ecological environment will be fully realized.

(5) Green City Transportation Transformation: Double Optimization of Transportation Structure and Fuel Structure

Facing 2035, the city should increase the proportion of public transportation in motorized travel and non-motorized travel in terms of transportation structure; in the form of transportation, it should increase the proportion of new energy vehicles, promote the development of hydrogen fuel cell vehicles, and develop smart connected vehicles. “Electrification + intelligence” realizes the greening of automobile travel, and gradually reduces until the sales and use of fuel vehicles are stopped. In terms of transport structure: by 2035, public transport will dominate motorized travel (more than 60% in large cities); by 2050, public transport will account for 80% of motorized travel. Fuel structure: Simultaneously promote the development of new energy vehicles and clean electricity. By 2035, the urban new energy vehicle infrastructure will be fully developed, and fuel vehicles will gradually withdraw from the car sales market. The proportion of new and new energy vehicles will reach 100%. Energy vehicles account for more than 40% of car ownership; by 2050, new energy vehicles that come from renewable energy sources will become the main body of urban transportation vehicles.

(6) Resilient city transformation: from concept promotion to full implementation of planning and design

In 2035, Chinese cities should build up their own resilient city evaluation index system and method, specifically formulate comprehensive resilient city development plans, or fully integrate the connotation, indicator system, and goals of the resilient city concept into the current planning system to promote Comprehensive implementation of resilient city planning and design. By 2035, the calculation methods, evaluation index system, and technical standards for planning and preparation of resilient cities will be mature and perfected and promoted nationwide, and resilient cities will be fully integrated into the urban planning system. By 2050, the ability of cities to resolve and resist various types of risks will be improved, and modernize their risk management capabilities.

1. 研究背景

近年来，中国政府大力推动绿色发展，深入实施大气、水、土壤污染防治三大行动计划。2016年率先发布《中国落实2030年可持续发展议程国别方案》，全面开展可持续发展议程落实工作，并致力于在多个可持续发展目标上实现“早期收获”。随后发布《中国落实2030年可持续发展议程创新示范区建设方案》，遴选建设国家可持续发展议程创新示范区。实施《国家应对气候变化规划（2014-2020年）》，推动生态环境保护发生历史性、转折性、全局性变化。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中也围绕低碳城市、韧性城市、绿色交通等领域提出了相关要求，在优化城镇化布局和形态、支持战略性新兴产业发展、完善现代综合交通运输体系、建设现代能源体系、推进资源节约集约利用、推进长江经济带发展、积极应对全球气候变化等章节均有所涉及，并明确了相关的发展理念、主要目标、政策措施、重点任务和重大工程。

2035年是中国城市低碳转型和可持续发展的重要节点。习近平在2018年5月召开的全国生态环境保护大会上指出：要通过加快构建生态文明体系，确保到2035年，生态环境质量实现根本好转，美丽中国目标基本实现。这与中国承诺的2030年左右二氧化碳排放达到峰值，以及可持续发展目标是一致的。

本研究项目主要以2035年城市发展愿景为基础，致力于在前瞻性研究的方向，总结和提出城市绿色发展、低碳转型、可持续发展相关的原则、策略和建议，并介绍国内外相关案例。



2. 研究目标

(1) 面向2035年，提出城市可持续发展、绿色低碳转型的发展愿景和目标。

(2) 结合2035年城市发展愿景，提出面向未来的城市可持续发展、绿色发展和低碳转型相关城市发展原则和策略建议。

(3) 结合所提出的城市发展原则和策略建议，介绍国内外城市在各领域的先进发展经验，总结面向2035年低碳转型和可持续发展的先锋策略。

3. 中国城市面向2035规划中提出的低碳与可持续发展愿景

为了更好的与“两个一百年”目标相衔接，诸多城市启动了新一轮的城市总体规划或国土空间总体规划编制工作，2019年5月《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》提出到2020年要基本完成市县以上各级国土空间总体规划编制。目前，北京城市总体规划（2016-2035年）、上海市城市总体规划（2016-2035年）、雄安新区规划纲要（目标年为2035年）、河北雄安新区总体规划（2018-2035年）已经通过国务院审批，广州市国土空间总体规划（2018-2035年）已经进入草案公示阶段，成都、珠海、深圳、长春、西安、厦门等地也已经启动至2035年的国土空间总体规划编制工作。截至2019年9月，尚无完成审批公开发布的国土空间总体规划成果。

3.1 城市总体规划编制试点相关要求

2017年，住建部发布了《关于城市总体规划编制试点的指导意见》（建规字〔2017〕 199号），提出新一版总规编制的主要内容和工作要求。

《住建部关于城市总体规划编制试点的指导意见》中提出了城市总体规划指标体系（试行），该指标体系从五大发展理念与提升居民获得感的目标出发，包括45项（55个）指标。其中，“坚持绿色发展”对应14项指标¹。

表 3-1 城市总体规划指标体系(试行)			
目标	序号	指标	
坚持创新发展 (4 项)	1	受过高等教育人口占劳动年龄人口比例（%）	
	2	当年新增企业数与企业总数比例（%）	
	3	研究与试验发展（R&D）经费支出占地区生产总值的比重（%）	
	4	工业用地地均产值（亿元 / 平方公里）	
坚持协调发展 (12 项)	5	常住人口规模（万人）	市域常住人口规模
			市区常住人口规模
	6	人类发展指数（HDI）	
	7	常住人口人均 GDP（万元 / 人）	
坚持协调发展 (12 项)	8	城乡居民收入比	
	9	城镇化率（%）	常住人口城镇化率
		户籍人口城镇化率	
	10	城乡建设用地	城乡建设用地总规模（平方公里）
			各市县城乡建设用地规模(平方公里)
			集体建设用地比例（%）
			人均城乡建设用地（平方米 / 人）
			农村人均建设用地（平方米 / 人）
	11	用水总量（亿立方米）	
	12	人均水资源量（立方米 / 人）	
	13	耕地保有量（万亩）	
	14	森林覆盖率（%）	
	15	河湖水面率（%）	
	16	农村人均环境	农村自来水普及率（%）
			农村生活垃圾集中处理率（%）
			农村卫生厕所普及率（%）

1 住房和城乡建设部, 关于城市总体规划编制试点的指导意见（建规字〔2017〕 199号）, 广东省城乡规划设计研究院, 2017.

目标	序号	指标	
坚持绿色发展 (14 项)	17	城镇、农业、生态三类空间比例（%）	
	18	国土开发强度（%）	
	19	（城镇）开发边界内建设用地比重（%）	
	20	水功能区达标率（%）	
	21	城市空气质量优良天数（天）	
	22	单位地区生产总值水耗（立方米 / 万元）	
	23	单位地区生产总值能耗（吨标煤 / 万元）	
	24	中水回用率（%）	
	25	城乡污水处理率（%）	
	26	城乡生活垃圾无害化处理率（%）	
	27	绿色出行比例（%）	
	28	道路网密度（公里 / 平方公里）	
	29	机动车平均行驶速度（公里 / 小时）	
	30	新增绿色建筑比例（%）	
坚持开放发展 (3 项)	31	年新增常住人口（万人 / 年）	
	32	互联网普及率（%）	
	33	国际学校数量（个）	
坚持共享发展 (11 项)	34	人均基础教育设施用地面积（平方米 / 人）	
	35	人均公共医疗卫生服务设施用地面积（平方米 / 人）	
	36	人均公共文化服务设施用地面积（平方米 / 人）	
	37	人均公共体育用地面积（平方米 / 人）	
	38	人均公园和开敞空间面积（平方米 / 人）	
	39	人均紧急避难场所面积（平方米 / 人）	
	40	人均人防建筑面积（平方米 / 人）	
	41	社区公共服务设施步行 15 分钟覆盖率（%）	
	42	公园绿地步行 5 分钟覆盖率（%）	
	43	社区养老服务设施覆盖率（%）	
	44	公共服务设施无障碍普及率（%）	
提升居民 获得感 (1 项)	45	居民满意度	居民对当地历史文化保护和利用工作的满意度（%）
			居民对社区服务管理的满意度（%）
			居民对城市社会安全满意度（%）

资料来源：住房城乡建设部《关于城市总体规划编制试点的指导意见》（建规字〔2017〕 199号）

3.2 国土空间总体规划编制相关要求

2019年5月9日，中共中央 国务院发布《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》，重视可持续发展理念，提出：“到2035年，全面提升国土空间治理体系和治理能力现代化水平，基本形成生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀，安全和谐、富有竞争力和可持续发展的国土空间格局。”同时，提出在规划编制时，要重视生态保护、可持续发展，要“坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，在资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价的基础上，科学有序统筹布局生态、农业、城镇等功能空间，划定生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界等空间管控边界以及各类海域保护线，强化底线约束，为可持续发展预留空间。坚持山水林田湖草生命共同体理念，加强生态环境分区管治，量水而行，保护生态屏障，构建生态廊道和生态网络，推进生态系统保护和修复，依法开展环境影响评价。”

2019年5月28日，为贯彻落实《中共中央 国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》，自然资源部发布《关于全面开展国土空间规划工作的通知》，明确了与“低碳生态”发展相关的“市域国土空间规划分区和用途管制规则”和“城镇开发边界内，城市结构性绿地、水体等开敞空间的控制范围和均衡分布要求”、“通风廊道的格局和控制要求；城镇开发强度分区及容积率、密度等控制指标，高度、风貌等空间形态控制要求”等是国务院审批的市级国土空间总体规划审查要点。

2019年7月18日，自然资源部办公厅发布《关于国土空间规划“一张图”建设和现状评估工作的通知》，提出《市县国土空间开发保护现状评估基本指标》和《市县国土空间开发保护现状评估推荐指标》。《市县国土空间开发保护现状评估基本指标》包括底线管控、结构效率和生活品质三个方面，共28个指标，其中底线管控包括11个指标。《市县国土空间开发保护现状评估推荐指标》包括安全、创新、协调、绿色、开放、共享6个方面，共60个指标，其中安全部分包括8个指标，绿色部分包括11个指标²。

2 自然资源部办公厅，《关于国土空间规划“一张图”建设和现状评估工作的通知》（自然资办发[2019]38号），2019.

表 3-2 市县国土空间开发保护现状评估 — 基本指标

	编号	指标项
一、底线管控	A-01	生态保护红线范围内建设用地面积（平方千米）
	A-02	永久基本农田保护面积（平方千米）
	A-03	耕地保有量（平方千米）
	A-04	城乡建设用地面积（平方千米）
	A-05	森林覆盖率（%）
	A-06	湿地面积（平方千米）
	A-07	河湖水面率（%）
	A-08	水资源开发利用率（%）
	A-09	自然岸线保有率（%）
	A-10	重要江河湖泊水功能区水质达标率（%）
	A-11	近岸海域水质优良（一、二类）比例（%）
二、结构效率	A-12	人均应急避难场所面积（平方米）
	A-13	道路网密度（千米 / 平方千米）
	A-14	人均城镇建设用地（平方米）
	A-15	人均农村居民点用地（平方米）
	A-16	存量土地供应比例（%）
	A-17	每万元 GDP 地耗（平方米）
三、生活品质	A-18	森林步行 15 分钟覆盖率（%）
	A-19	公园绿地、广场步行 5 分钟覆盖率（%）
	A-20	社区卫生医疗设施步行 15 分钟覆盖率（%）
	A-21	社区中小学步行 15 分钟覆盖率（%）
	A-22	社区体育设施步行 15 分钟覆盖率（%）
	A-23	城镇人均住房建筑面积（平方米）
	A-24	历史文化风貌保护面积（平方千米）
	A-25	消防救援 5 分钟可达覆盖率（%）
	A-26	每千名老年人又有养老床位数（张）
	A-27	生活垃圾回收利用率（%）
	A-28	农村生活垃圾处理率（%）

资料来源：自然资源部办公厅发布《关于国土空间规划“一张图”建设和现状评估工作的通知》（自然资办发[2019]38号）

表 3-3 市县国土空间开发保护现状评估——推荐指标

一级	二级	编号	指标项	备注
安全	底线管控	B-01	城镇开发边界范围内建设用地面积（平方千米）	
		B-02	三线范围外加上建设用地面积（平方千米）	
	粮食安全	B-03	高标准农田面积占比（%）	
	水安全	B-04	地下水供水量占总供水量比例（%）	△
		B-05	再生水利用率（%）	△
		B-06	地下水水质优良比例（%）	
	防灾减灾	B-07	年平均地面沉降量（毫米）	
		B-08	防洪堤防达标率（%）	
创新	创新投入产出	B-09	研究与实验发展经费投入强度（%）	
		B-10	万人发明专利拥有量（件）	
		B-11	科研用地占比（%）	
	创新环境	B-12	在校大学生数量（万人）	
		B-13	受过高等教育人员占比（%）	
		B-14	高新技术企业数量（家）	
协调	城乡融合	B-15	户籍人口城镇化率（%）	
		B-16	常住人口城镇化率（%）	
		B-17	常住人口数量（万人）	
		B-18	实际服务人口数量（万人）	△
		B-19	等级医院交通 30 分钟村庄覆盖率（%）	△
		B-20	行政村等级公路通达率（%）	
		B-21	农村自来水普及率（%）	
		B-22	城乡居民人均可支配收入比	
	海陆统筹	B-23	海洋生产总值占 GDP 比重（%）	
	地上地下统筹	B-24	人均地下空间面积（平方米）	△

一级	二级	编号	指标项	备注
绿色	生态保护	B-25	生物多样性指数	△
		B-26	森林蓄积量（亿立方米）	△
		B-27	新增国土空间生态修复面积（平方千米）	△
	绿色生产	B-28	单位 GDP 二氧化碳排放降低（%）	△
		B-29	每万元 GDP 能耗（吨标煤）	
		B-30	每万元 GDP 水耗（立方米）	
		B-31	工业用地地均增加值（亿元 / 平方千米）	△
		B-32	年新增城市更新改造用地面积（平方千米）	△
	绿色生活	B-33	原生垃圾填埋率（%）	△
		B-34	绿色交通出行比例（%）	△
		B-35	人均年用水量（立方米）	△
开放	网络连通	B-36	定期国际通航城市数量（个）	
		B-37	机场国内通航城市数量（个）	
	对外交往	B-38	国内旅游人数（万人次 / 年）	
		B-39	入境旅游人数（万人次 / 年）	
		B-40	外籍常住人口数量（万人）	
		B-41	机场年旅客吞吐量（万人次）	
		B-42	铁路年旅客运输量（万人次）	△
		B-43	城市对外日均人流联系量（万人次）	
		B-44	国际会议、展览、体育赛事数量（次）	
	对外贸易	B-45	港口年集装箱吞吐量（万标箱）	
		B-46	机场年货邮吞吐量（万吨）	
		B-47	对外贸易进出口总额（亿元）	

一级	二级	编号	指标项	备注
共享	宜居	B-48	年新增政策住房占比（%）	△
		B-49	人均公园绿地面积（平方米）	△
		B-50	空气质量优良天数（天）	
		B-51	人均绿道长度（米）	△
		B-52	每万人拥有咖啡馆、茶舍、书吧等数量（个）	
		B-53	每 10 万人拥有的博物馆、图书馆、科技馆、艺术馆等文化艺术场馆数量（处）	△
		B-54	轨道站点 800 米范围人口和岗位覆盖率（%）	
		B-55	足球场地设施步行 15 分钟覆盖率（%）	△
	宜养	B-56	平均每社区拥有老人日间照料中心数量（个）	
		B-57	万人拥有幼儿园班数（班）	△
	宜业	B-58	城镇年新增就业人数（万人）	
		B-59	工作日平均通勤时间（分钟）	
		B-60	45 分钟通勤时间内居民占比（%）	△

备注：加“△”为国务院审批城市在表3-2基础上增加的评估基本指标

资料来源：自然资源部办公厅发布《关于国土空间规划“一张图”建设和现状评估工作的通知》（自然资办发[2019]38号）

3.3 中国城市面向2035规划中的低碳与可持续发展内容

表 3-4 低碳与可持续发展指标融入城市2035总体规划情况

指标	住房城乡建设部《关于城市总体规划编制试点的指导意见》	雄安新区规划纲要(目标年为2035)	北京市城市总体规划（2016-2035年）	上海市城市总体规划(2017-2035年)
用地指标	- 森林覆盖率 - 河湖水面率 - 城镇、农业、生态三类空间比例 - 国土开发强度 （城镇）开发边界内建设用地比重 - 公园绿地步行 5 分钟覆盖率	- 蓝绿空间占比 - 森林覆盖率 - 起步区城市绿化覆盖率 - 起步区人均城市公园面积 - 起步区公园 300m 覆盖半径覆盖率	- 生态控制区面积占市域面积的比例 - 建成区人均公园绿地面积（平方米 - 建成区公园绿地 500 米服务半径覆盖率 - 森林覆盖率	- 人均公园绿地面积 - 森林覆盖率
交通指标	- 绿色出行比例 - 机动车平均行驶速度	- 起步区骨干绿道总长度 - 起步区绿色交通出行比例 - 起步区公共交通占机动化出行比例	绿色出行比例	- 公共交通占全方式出行比例 - 骨干绿道总长度
产业用地	工业用地地均产值		-	产业基地内用于先进制造业发展的工业用地面积

职住平衡	-	-	城乡职住用地比例	职住平衡指数
碳排放	-	-	单位地区生产总值二氧化碳排放降低（比 2015 年）	- 碳排放峰值 - 碳排放总量较峰值降低率

资料来源：项目组整理

《上海市城市总体规划（2017年-2035年）》提出了“更可持续的韧性生态之城”的城市发展定位，在指标体系的30个指标中，“更可持续的韧性生态之城”指标有9个。此外，上海在总规中专门写入了应对气候变化与低碳发展章节，提出了明确的碳排放峰值目标，即全市碳排放总量与人均碳排放预计2025年前达峰，至2035年，控制碳排放总量较峰值减少5%左右。这在国内城市总体规划编制中尚属首次。

《北京城市总体规划（2016年—2035年）》指标体系中，“坚持绿色发展，在改善生态环境方面达到国际一流水平”在42个指标中占11个。北京新总规在城乡统筹的相关内容中，特别提出了对于乡村低碳发展的一些指引性内容，包括“推广清洁能源和农村各项设施低碳化、生态化处理方式”等。此外，北京新总规还关注了职住平衡相关内容，从用地供给的角度提出“城乡职住用地比例”。

《雄安新区发展规划纲要》中，绿色生态指标在38个指标中占17个，蓝绿空间占比、保护碳汇空间、海绵城市、使用绿色建材、强调智慧运营和管理等内容，目标对标国际先进水平。

《广州市国土空间总体规划（2018-2035年）》（2019年6月公示草案）中，绿色发展指标是指标体系五大板块之一，在76个指标中占12个。草案提出，到2035年，广州要成为生态环境达到国际一流城市水平的城市，国土空间开发强度严格控制在市域面积30%以内，全市水面率达到10.2%，森林覆盖率不低于42.3%，海洋保护区面积不少于10km²，大陆自然岸线保有长度不少于7km，天然气消费量占能源消费总量比重20%。



4. 城市可持续发展愿景与指标研究

2015年，联合国发布《改变我们的世界——2030年可持续发展议程》（Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development）。该纲领性文件包括17项可持续发展目标和169项具体目标，议程的中心任务是从经济、社会和环境三个方面实现可持续发展，将推动全世界范围内到2030年实现消除极端贫穷、战胜不平等和不公正以及遏制气候变化³。



图 4-1 联合国可持续发展目标

图片来源：联合国开发计划署网站<http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>

世界自然基金会（WWF）长期致力于阻止地球自然环境的退化，建立人类与自然和谐相处的未来。为达成其使命，世界自然基金会开展了“城市解决方案”项目，目标是支持和学习全球城市关于建设可持续城市的行动，围绕着空气、水、食物、生态系统服务和生物多样性、住房和建筑、流动性和可达性、消费、固废、能源、气候变化减缓、适应气候变化、治理和公民身份、以及韧性这13个主题，开展了对100多个城市的可持续发展解决方案的探索。这13个主题与联合国的17个可持续发展目标紧密相连，可用于在城市层面推广和实施可持续发展目标。

³ 联合国开发计划署. 联合国可持续发展目标. United Nations Development programme. 2015. <http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>

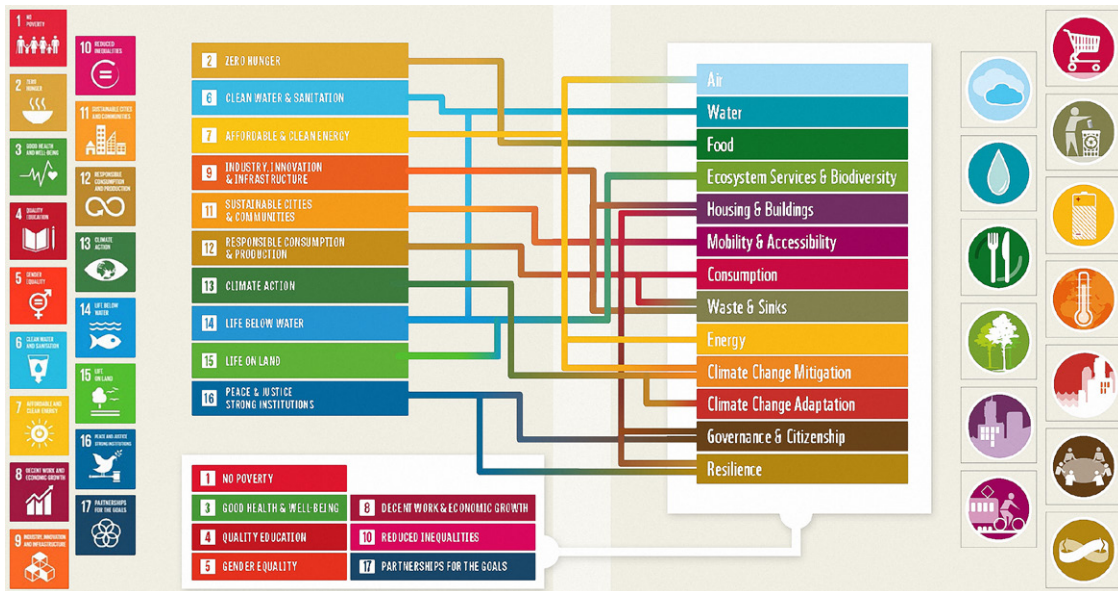


图 4-2 联合国可持续发展目标与WWF城市解决方案主题图片来源:WWF《URBAN SOLUTIONS HANDBOOK 2017》

中国于2015年发布《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》，根据自身国情、发展阶段、可持续发展战略和国际责任担当，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；单位国内生产总值二氧化碳排放比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，森林蓄积量比2005年增加45亿立方米左右。方案提出，中国将从**能源、产业、建筑、交通、碳汇、低碳生活方式**等领域强化应对气候变化行动政策和措施，逐步提升气候变化风险的机制和能力，完善预测预警和防灾减灾体系。

结合联合国可持续发展目标、世界自然基金会的城市解决方案⁴、以及中国应对气候变化和可持续发展的策略方案，本研究从碳排放、可再生能源利用、建筑能效、空气污染、协同效应、绿色、可持续等方面综合考虑，着重选择**碳减排、可再生能源发展、建筑可持续发展、改善环境质量、绿色城市交通、生态保护与韧性城市**这六大领域开展研究，探索各领域发展愿景，发现国际城市在低碳可持续发展方面领先或有创新性的发展目标与指标。



图 4-3 本研究重点领域与UN-SDG、世界自然基金会13个主题的城市解决方案的关系
图片来源:项目组自绘

4.1 碳减排

4.1.1 发展愿景

目前，由人类活动产生的温室气体排放量是有史以来最高的。因经济和人口增长引发的气候变化正在广泛影响各大洲、各国的人类和自然系统。在国际减排压力日益增加的严峻形势下，采取紧急行动应对气候变化及其影响以确保各国经济的健康和复原力成为全球关注的焦点之一，也是联合国可持续发展目标之一，各国纷纷采取行动响应碳减排行动，并根据各国实际发展状况确定了各自的减排目标。

4.1.1.1 中国达峰先锋城市联盟的碳减排愿景

中国与美国于2014年11月联合发布《中美气候变化联合声明》，承诺碳排在2030年左右达峰并争取尽早达峰，并且在2015年12月的巴黎气候大会上中方重申了这一承诺。为支持实现中国2030年左右二氧化碳排放达到峰值的目标，中国达峰先锋城市联盟（APPC）均表示在2030年前达到二氧化碳峰值，并设定了各自的碳排放峰值目标。APPC成员包括23个省市，占全国人口的17%，占全国国内生产总值的28%，占全国二氧化碳排放总量的16%。

这些城市和地区根据自身的发展情况和经济实力分别确定了各自的发展目标。根据城市的经济发展情况和二氧化碳排放水平，可以将APPC成员划分如下：

4 联合国可持续发展目标与WWF城市解决方案, WWF, URBAN SOLUTIONS HANDBOOK 2017, 2017.

- 第一类：广元、遵义、赣州、桂林（较低经济发展水平、较低人均碳排放水平）
- 第二类：晋城、吉林、镇江、贵阳、温州（中等经济发展水平、中等人均碳排放水平）
- 第三类：武汉、宁波、青岛、北京（较高经济发展水平高、中等人均碳排放水平）
- 第四类：广州、深圳（高经济发展水平高、中等人均碳排放水平）
- 第五类：金昌、乌鲁木齐（中等经济发展水平、高人均碳排放量水平）
- 第六类：苏州（高经济发展水平、高人均碳排放水平）

其中，宁波、温州、北京、广州等8个城市表示在“十三五”期间达峰；武汉、深圳、晋城、吉林等7个省市在“十四五”期间达峰；海南、四川、桂林、广元等8个省市在“十五五”期间达峰。

国家《“十三五”控制温室气体排放工作方案》提出推动我国二氧化碳排放2030年左右达到峰值并争取尽早达峰。《广东省“十三五”控制温室气体排放工作实施方案》提出到2020年广东省碳排放总量得到有效控制，推动全省二氧化碳排放在全国率先达到峰值。第三批国家低碳试点城市全部提出了等于或高于国家2030年达峰目标的承诺，前两批试点也逐步在其“十三五”规划中补充达峰目标。在已经提交了达峰目标的76个试点城市中，19.8%的城市承诺在“十三五”（2016-2020年）期间实现碳排放峰值，其大多分布于经济发展较快的东南沿海地区，烟台、宁波分别承诺在2017、2018年达峰，北京、广州提出到2020年实现达峰；50.6%的城市承诺在“十四五”（2021-2025年）期间达峰，以“2025年”为重要集中点，深圳和苏州提出到2022年实现达峰，武汉提出到2025年达峰；23.5%的城市承诺于“十五五”（2025-2030年）达峰，其多数分布于工业化城镇化水平较低的中西部省份，排放空间需求大。

表 4-1 四个试点城市的规划及峰值目标情况

城市	低碳规划	颁布时间	颁布机构	峰值目标及描述
苏州	《苏州市低碳发展规划》	2014 年 2 月	苏州市人民政府	2020 年全市二氧化碳排放总量达到峰值，约为 1.72 亿吨，并经过 5 年的平滑期后自 2025 年开始稳步下降。
北京	《北京市“十三五”时期节能降耗及应对气候变化规划》	2016 年 8 月	北京市人民政府办公厅	2020 年，二氧化碳排放总量达到峰值并争取尽早实现，万元地区生产总值二氧化碳排放比 2015 年下降 20.5%。
广州	《广州市节能降碳第十三个五年规划（2016—2020 年）》	2017 年 4 月	广州市人民政府办公厅	力争在 2020 年左右能源消费碳排放总量达到峰值，单位 GDP 碳排放比 2015 年下降 23%。
武汉	《武汉市低碳发展“十三五”规划》	2016 年 7 月	武汉市发展和改革委员会	基本完成武汉市 2022 年左右碳排放达峰主要工作与行动

资料来源：项目组整理

4.1.1.2国际典型城市的碳减排目标

哥德堡在2014年制定了一项气候计划，其总体目标是到2050年每个居民每年1.9吨二氧化碳当量。根据哥德堡的估计，目前以消费为基础的排放量达到人均8吨，因此实现这个目标需要减少75%以上的总排放量。同时，哥德堡设定了分步走战略，计划到2020年，将直接排放量从1990年的基准值减少40%，将家庭能源使用量从1995年的基准值减少30%，用电量减少20%；到2035年，将城市内的排放量减少到每人2吨二氧化碳当量，并将基于消费的排放量减少到每人3.5吨二氧化碳当量。

开普敦是非洲第一个制定气候战略的城市。开普敦当前出台了《开普敦能源战略2040》（CAPE TOWN ENERGY 2040）⁵，从而迈向开普敦更具韧性、低碳和资源高效的未来。开普敦为其规划了阶段性目标：到2020年，人均二氧化碳排放量达到5.4吨二氧化碳当量；到2030年，人均二氧化碳排放量达到5.3吨二氧化碳当量。

4.1.2 关键指标

4.1.2.1 二氧化碳排放达到峰值的年份

APPC成员各自设定了自身碳排放达峰的年份，多数城市提出将在2030年前达峰。

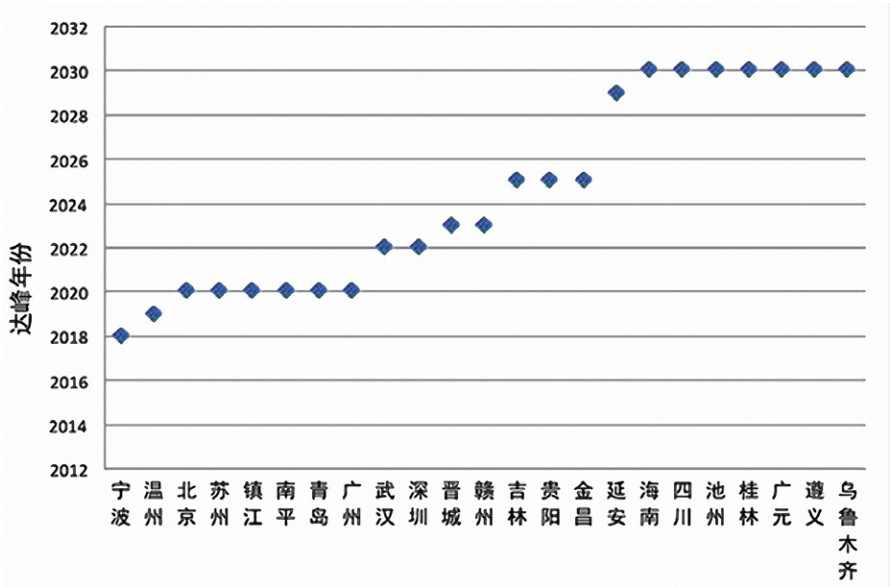


图 4-4 中国达峰先锋城市峰值目标

4.1.2.2 达峰后的目标

上海是中国首个将碳排放峰值目标和2035年峰值下降目标明确写入2035年城市总体规划的城市，其在《上海城市总体规划（2017-2035）》中明确表示，上海碳排放总量和人均碳排放于2025年达到峰值，至2035年控制碳排放总量较峰值减少5%左右。

5 CAPE TOWN COUNCIL, CAPE TOWN ENERGY 2040, 2015. http://resource.capetown.gov.za/documentcentre/Documents/Graphics%20and%20educational%20material/Cape_Town_Energy2040_Vision_pres_2015-09.pdf

纽约是二氧化碳排放已经达峰的城市。纽约在《纽约城市规划》中表示，预计到2030年至少实现在2005年二氧化碳排放量基础上降低30%的温室气体减排目标。

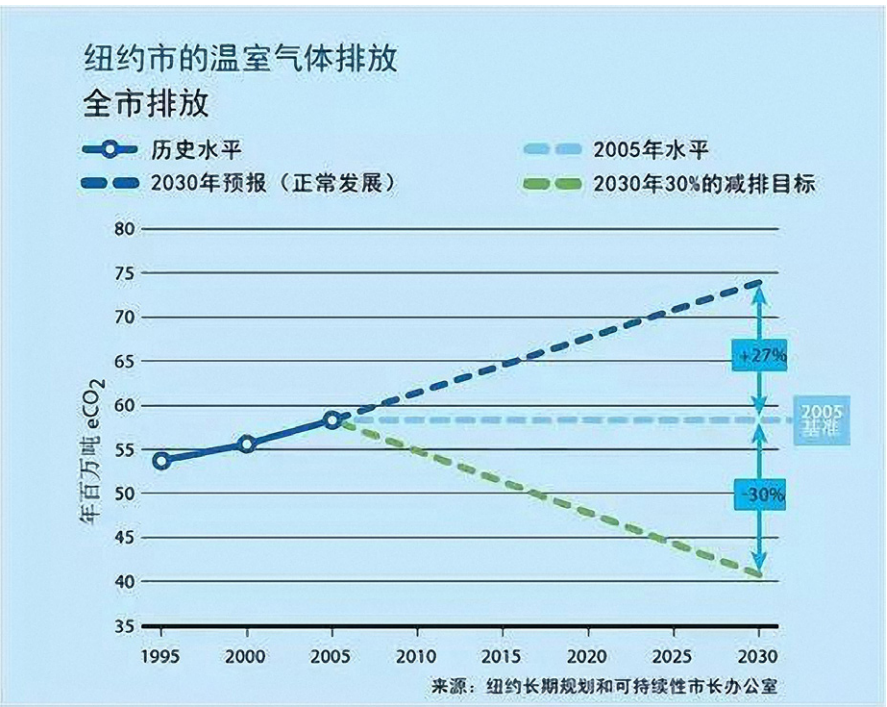


图 4-5 纽约市温室气体排放目标

图片来源：《纽约城市规划：更绿色更美好的纽约》，2006

4.1.2.3 单位碳排放

除了人均碳排放量，温哥华提出了以社区为单位的温室气体排放量所要达到的目标。温哥华制定了《适应气候变化战略》（2050 Climate Change Adaptation Strategy），根据温哥华未来气候和环境的变化情况，分步制定行动策略。预计到2020年，以社区为单位的温室气体排放量在2007年的水平上减少33%⁶。

4.2 可再生能源发展

4.2.1 发展愿景

能源是当今全世界共同关心的问题，处于几乎每一个主要挑战和机遇的核心。可持续能源为我们改变生活方式、改善经济运行和保护地球提供了绝佳良机。联合国可持续发展目标指出，到2030年，确保人人获得可负担、可靠和可持续的现代能源。

全球能源转型的基本趋势是实现化石能源体系向低碳能源体系的转变，最终进入以可再生能源为主的可持续能源时代，加快开发利用可再生能源已成为世界各国的普遍共识和一致行动。近年来，欧美等国每年60%以上的新增发电装机来自可再生能源。印度、巴西、南非以及沙特等国家也都在大力建设可再生能源发电项目。随着可再生能源

技术的进步及应用规模的扩大，可再生能源发电的成本显著降低。风电设备和光伏组件价格近五年分别下降了约20%和60%。

我国关于可再生能源提出的目标是“十三五”时期，要通过不断完善可再生能源扶持政策，创新可再生能源发展方式和优化发展布局，加快促进可再生能源技术进步和成本降低，进一步扩大可再生能源应用规模，提高可再生能源在能源消费中的比重，推动我国能源结构优化升级，从而实现2020、2030年非化石能源占一次能源消费比重分别达到15%、20%的能源发展战略目标。2020年12月12日，国家主席习近平在气候雄心峰会上宣布：到2030年，中国非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右。

4.2.2 主要指标

4.2.2.1 可再生能源供电指标

为探索绿色、低碳、可持续的新型城市化发展之路，大力提升新能源在城市能源消费中的比例，特别是提高新能源就地消纳能力，发挥新能源在电力、供热等方面的作用，促进新能源代替传统能源，国家能源局支持高比例可再生能源示范城市的创建工作。

安徽金寨成国家首个高比例可再生能源示范县，西藏日喀则、甘肃敦煌以及江苏扬中获国家能源局批复，成为继安徽金寨之后第二批高比例可再生能源示范城市。

为推动上述城市新能源项目的落地实施，发挥其先锋模范作用，国家能源局对上述城市提出了明确的目标和要求。

金寨县一是积极推动县域能源生产方式革命。到2020年，建成可再生能源发电装机570万千瓦，其中光伏发电320万千瓦，风电80万千瓦，水电160万千瓦（含120万千瓦抽水蓄能），生物质发电10万千瓦。二是积极构建高比例可再生能源消费体系。到2025年，实现城区范围无燃煤（油）区域、100%的家庭用能清洁化、可再生能源占城乡居民生活用能比重达到90%。三是开展精准扶贫和适应可再生能源发展的政策体系和发展机制创新。到2020年，建成40000户光伏扶贫发电项目，基本覆盖全县符合条件的建档立卡贫困户。

日喀则的可再生能源发电方面将以农光互补、牧光互补为主的的万亩光伏+生态设施农业产业示范园区建设为主；2020年，日喀则市实现新能源占能源消费总量的64%，新能源电力占电力消费的85%，年替代化石能源40万吨标准煤。

敦煌则将建设太阳能热发电、光伏协同示范基地，实现100%可再生能源电力消纳；2020年，敦煌力争实现新能源占能源消费总量的100%，年利用量123万吨标准煤。

扬中将重点建设总装机容量400MW以上的屋顶分布式光伏发电，适度开发农光、渔光项目。2020年，江苏扬中实现新能源占能源消费总量的33%，新能源在居民用电、服务业用电方面的占比100%，年替代化石能源32万吨标准煤，到2030年，力争实现新能源占能源消费总量的100%，全市实现“去煤化”。

⁶ City of Vancouver. Climate Change Adaptation Strategy 2018 Update and Action Plan. Greenest City. 2019. <https://vancouver.ca/green-vancouver/climate-change-adaptation-strategy.aspx>

4.2.2.2 可再生能源总量与占能源消费比例指标

2014年1月18日，《国家能源局关于公布创建新能源示范城市（产业园区）名单（第一批）的通知》⁷的文件发布，意图从整个城市角度综合推动新能源在更高层次的发展，这对中国新能源长远发展，乃至中国能源结构大转型、生态文明建设、绿色发展等都可能具有深远影响。这批新能源示范城市包括81个城市和8个产业园。

表 4-2 国家能源局关于公布创建新能源示范城市名单(第一批)

序号	省(区、市)	示范城市名称	2015年	
			替代能源量 (万吨标准煤/年)	占城市(市区、园区)能源消费比例(%)
1	北京市	昌平区	34.0	7.1
2	河北省	承德市	95.0	11.1
3	河北省	邢台市	115.0	6.6
4	河北省	张家口市	125.0	6.2
5	山西省	运城市	18.0	6.0
6	山西省	大同市	104.0	7.4
7	山西省	长治市	275.0	6.4
8	内蒙	呼和浩特市	48.0	7.0
9	内蒙	通辽市	85.0	9.7
10	辽宁省	锦州市	80.0	8.0
11	辽宁省	阜新市	51.0	7.0
12	吉林省	洮南市	45.0	25.7
13	吉林省	敦化市	33.0	18.0
14	吉林省	白城市	28.0	16.8
15	黑龙江省	牡丹江市	50.0	8.3
16	黑龙江省	伊春市	83.0	13.4
17	黑龙江省	海伦市	18.9	13.9
18	黑龙江省	双城市	25.6	12.2
19	江苏省	扬州市	126.0	8.0
20	江苏省	徐州市	98.0	6.8
21	江苏省	淮安市	94.0	8.4
22	江苏省	盐城市	72.0	10.6
23	江苏省	南通市	104.0	8.2
24	浙江省	温州市	77.2	8.6
25	浙江省	台州市	35.7	6.7

序号	省(区、市)	示范城市名称	2015年	
			替代能源量 (万吨标准煤/年)	占城市(市区、园区)能源消费比例(%)
26	浙江省	宁波市	134.0	6.7
27	浙江省	嘉兴市	31.0	10.0
28	安徽省	芜湖市	38.0	6.5
29	安徽省	合肥市	113.0	6.6
30	安徽省	亳州市	23.0	16.7
31	福建省	莆田市	96.0	10.7
32	福建省	建瓯市	50.0	38.0
33	福建省	南安市	28.0	7.0
34	江西省	赣州市	200.0	19.5
35	江西省	新余市	57.0	6.6
36	山东省	德州市	52.0	8.0
37	山东省	泰安市	48.0	7.4
38	山东省	东营市	130.0	10.0
39	山东省	即墨市	43.0	6.4
40	山东省	济南市	28.0	9.4
41	河南省	郑州市	118.0	10.2
42	河南省	开封市	40.0	10.0
43	河南省	濮阳市	40.0	8.1
44	河南省	南阳市	72.0	12.3
45	河南省	安阳市	65.0	8.0
46	湖北省	襄阳市	104.0	6.0
47	湖北省	鄂州市	59.0	6.0
48	湖北省	宜昌市	112.0	7.1
49	湖北省	黄石市	49.0	6.7
50	湖南省	湘潭市	69.0	6.0
51	湖南省	怀化市	32.7	10.9
52	湖南省	株洲市	62.3	6.0
53	湖南省	邵阳市	24.7	7.9
54	广东省	深圳市		6.0
55	广东省	佛山市三水区	15.0	6.2
56	广西	南宁市	196.0	8.0

7 国家能源局, 关于公布创建新能源示范城市（产业园区）名单（第一批）的通知[DB], 国家能源局, 2014.

序号	省(区、市)	示范城市名称	2015年	
			替代能源量 (万吨标准煤/年)	占城市(市区、园区)能源消费比例(%)
57	广西	梧州市	19.2	7.7
58	广西	来宾市	59.0	9.2
59	海南省	东方市	25.8	6.9
60	四川省	攀枝花市	87.4	6.2
61	四川省	广元市	39.7	14.8
62	贵州省	贵阳市	159.0	6.8
63	贵州省	遵义市	212.0	11.0
64	贵州省	兴义市	33.0	7.8
65	云南省	大理市	53.7	20.0
66	云南省	楚雄市	41.0	28.0
67	云南省	保山市	128.0	21.6
68	云南省	石林	12.4	14.6
69	云南省	昆明市	31.0	7.6
70	陕西省	榆林市	48.0	10.4
71	陕西省	西安市	212.0	6.4
72	甘肃省	敦煌市	21.0	27.0
73	甘肃省	金昌市	85.9	12.5
74	甘肃省	武威市	35.0	8.0
75	青海省	格尔木市	120.0	12.0
76	青海省	海南藏族自治州	27.4	18.2
77	宁夏	银川市	84.0	7.0
78	新疆	吐鲁番市	0.6	33.0
79	新疆	喀什市	19.0	9.0
80	新疆	库尔勒市	10.0	9.0
81	新疆兵团	北屯市	10.0	12.9

资料来源：国家能源局《关于公布创建新能源示范城市（产业园区）名单（第一批）的通知》（国能新能[2014]14号）

表 4-3 国家能源局关于公布创建新能源示范产业园区名单（第一批）

序号	省(区、市)	示范产业园名称	2015年	
			替代能源量(万吨标准煤/年)	占城市(市区、园区)能源消费比例(%)
1	天津	中新天津生态城	4.4	16.6
2	河北	北戴河新区	10.0	8.0
3	辽宁	大连三十里堡工业园	14.0	50.3
4	吉林	长春经济技术开发区	14.0	9.1
5	江苏	南京江宁经济技术开发区	28.0	36.8
6	江苏	镇江经济技术开发区	90.0	15.3
7	安徽	马鞍山承接产业转移示范园区	3.9	9.4
8	山东	青岛中德产业园	3.9	20.0

资料来源：国家能源局《关于公布创建新能源示范城市（产业园区）名单（第一批）的通知》（国能新能[2014]14号）

国际上很多城市都在可再生能源城市行动计划中提出了可再生能源比例目标。例如，温哥华的目标是，在2030年前，实现可再生能源占能源使用的比例达55%，2050年前，可再生能源使用比例达到100%⁸。哥本哈根预计到2030年化石燃料使用比例下降到50%，2050年实现无化石燃料。

4.3 建筑可持续发展

4.3.1 发展愿景

推进建筑节能和绿色建筑发展，是推进节能减排和应对气候变化的有效手段。住房城乡建设部编制了《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》，规划指出，“十三五”时期，建筑节能与绿色建筑发展的总体目标是：建筑节能标准加快提升，城镇新建建筑中绿色建筑推广比例大幅提高，既有建筑节能改造有序推进，可再生能源建筑应用规模逐步扩大，农村建筑节能实现新突破，使我国建筑总体能耗强度持续下降，建筑能源消费结构逐步改善，建筑领域绿色发展水平明显提高。具体目标是：到2020年，城镇新建建筑能效水平比2015年提升20%，部分地区及建筑门窗等关键部位建筑节能标准达到或接近国际现阶段先进水平。城镇新建建筑中绿色建筑面积比重超过50%，绿色建材应用比重超过40%。完成既有居住建筑节能改造面积5亿平方米以上，公共建筑节能改造1亿平方米，全国城镇既有居住建筑中节能建筑所占比例超过60%。城镇可再生能源替代民用建筑常规能源消耗比重超过6%。经济发达地区及重点发展区域农村建筑节能取得突破，采用节能措施比例超过10%。

8 Renewable City Action Plan. CITY OF VANCOUVER. <https://vancouver.ca/green-vancouver/renewable-city.aspx>

4.3.2 主要指标

4.3.2.1 绿色建筑达到星级标准的数量

在住房和城乡建设部以绿色城市建设为导向，深入推进建筑能效提升和绿色建筑发展目标的政策引导下，各城市纷纷投入绿色建筑建设工作当中。中国2015年起实施的绿色建筑评价标准，基于2015年中国各大城市获得绿色建筑星级认证设计标识的数量对中国绿建城市进行了排名，结果如下表所示。此外，在雄安新区的建设中，新建政府投资及大型公共建筑全面执行三星级绿色建筑标准。

根据中华人民共和国住房和城乡建设部2019年第61号公告，2019年8月1日起正式实施国家标准《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019。“新标准”作为规范和引领我国绿色建筑发展的根本性技术标准，自2006年第一版发布以来，历经十多年的“3版2修”，此次修订之后的“新标准”总体上达到国际领先水平。

表4-1 2016年中国绿建城市TOP10

排名	城市	绿色建筑三星级设计标识数量(单位:项)	绿色建筑二星级设计标识数量(单位:项)	绿色建筑一星级设计标识数量(单位:项)	绿色指数
1	上海	38	64	18	43.8
2	北京	27	6	3	18.3
3	深圳	12	14	62	17.6
4	天津	8	16	21	11.7
5	广州	15	6	8	11.6
6	西安	2	7	64	9.7
7	苏州	8	12	4	8.8
8	武汉	4	15	15	8.4
9	济南	1	22	2	7.4
10	长沙	2	10	27	6.9

资料来源：标准排名（www.biaozhun007.com）

注：①绿色建筑评价标准是由住建部发布的国家级推荐性标准，采用打分方式，对绿色建筑进行星级评价。②该统计基于2015年中国各大城市获得绿色建筑星级认证设计标识的数量，并非中国各大城市历年以来的绿色建筑星级认证设计标识总量。③绿色指数计算方法：绿色建筑三星级设计标识数量×60%+绿色建筑二星级设计标识数量×30%+绿色建筑一星级设计标识数量×10%

4.3.2.2 新建建筑中绿色建筑占比

上海将依托绿色生态城区推进绿色建筑规模化、高星级发展，全面推广绿色建筑，推广装配式建筑与市政基础设施的技术应用，加强现有建筑的节能改造，至 2035 年，符合条件实施装配式建筑覆盖率100%，新建民用建筑绿色建筑达标率达到100%。

北京市住建委发布《北京市“十三五”时期民用建筑节能发展规划》，到2020年

底，北京市绿色建筑面积占城镇民用建筑总面积比例达25%以上，城镇绿色建筑占新建建筑比重达到50%，新开工全装修成品住宅面积达到30%，绿色建材在新建建筑上应用比例达40%。装配式建筑面积占新建建筑面积比例达到15%。

深圳的十三五目标是新建建筑建筑节能达标率100%，新建建筑绿色建筑达标率100%。

广州预计到2020年累计完成既有建筑节能改造700万平方米以上，创建5个以上绿色生态城区。并完成200万平方米左右公共机构节能改造，创建100家以上绿色公共机构，公共机构单位建筑面积能耗较2015年下降10%以上。力争到2020年城镇绿色建筑占新建建筑比重达到40%。

在国外城市中，自身资源禀赋较弱的新加坡积极推动绿色建筑的发展，预计到2030年，新加坡绿色建筑占有所有建筑的比例至少达到80%。

4.3.2.3 高星级绿色建筑占比

珠海市发布了《珠海市绿色建筑发展专项规划（2015-2030）》，计划到2020年，形成有效推进本市特色的绿色建筑体系和技术路线，二星级及以上绿色建筑比例达到50%以上。到2030年，全市二星级及以上绿色建筑比例达到80%以上。

深圳在“十三五”期间，政府投资和国有资金投资的大型公共建筑项目全面按照绿色建筑评价标识国家二星级以上或深圳市金级以上标准进行规划、建设和运营。

天津市新开工民用建筑全部实行绿色建筑标准，新出让土地落实高星级绿色建筑比例要达到30%。

4.3.2.4 可再生能源应用建筑面积

我国先后公布了两批新能源建筑示范城市名单。首批示范城市有北京、上海、天津、钦州、唐山、南京、武汉、洛阳、重庆、宁波、合肥、德州、威海、鹤壁、襄樊、铜陵、太原、株洲、珠海、深圳，西宁、建德铜陵（增补），福州，新余等25个城市。2010年二批可再生能源示范城市包括银川市、扬州市、涟水市、承德市、南宁市、柳州市、青岛市、烟台市、黄山、芜湖、萍乡市，贵阳，丽江等18个城市。

太原形成了污水源、浅层水源、土壤源、深层高温地下水源及太阳能光电、光热与建筑一体化的可再生能源综合利用格局。《广州市节能降碳第十三个五年规划（2016-2020年）》表示，到2020年，广州新增可再生能源应用建筑面积达到400万平方米以上。

山东半岛的青岛、东营、烟台、潍坊、威海、日照6个中心城市已全部纳入全国可再生能源建筑应用城市示范范围。同时，即墨、胶州、海阳、诸城、安丘、垦利6县（市）纳入农村地区可再生能源建筑应用示范县，青岛国际生态智慧城纳入可再生能源建筑应用集中连片推广示范区。按照国家相关政策，上述6市6县1区共获得国家专项补助资金6.04亿元，计划完成地源热泵、太阳能光热建筑一体化等可再生能源建筑应用技术推广

应用面积2950万平方米。可再生能源建筑应用示范市、县工作的开展，将进一步促进半岛蓝色经济区节能环保等战略性新兴产业发展，

广州市发布《广州市节能降碳第十三个五年规划（2016-2020年）》，预计到2020年，新增可再生能源应用建筑面积达到400万平方米以上。

4.3.2.5 建筑能耗

温哥华建筑规范是北美最环保的建筑规范之一。温哥华市议会正在不断改进建筑章程及相关政策，提高新建筑和装修的能效要求，并启动了能源改造战略。目标是要求所有2020年以来的新建筑都是碳中性的，并将现有建筑的能耗降低20%⁹。

4.4 改善环境质量

4.4.1 发展愿景

在环境质量方面，联合国可持续发展目标提出，为所有人提供水 and 环境卫生并对其进行可持续管理。到2030年，通过以下方式改善水质：减少污染，消除倾倒废物现象，把危险化学品和材料的排放减少到最低限度，将未经处理废水比例减半，大幅增加全球废物回收和安全再利用；所有行业大幅提高用水效率，确保可持续取用和供应淡水，以解决缺水问题，大幅减少缺水人数；在各级进行水资源综合管理，包括酌情开展跨境合作。减少城市的人均负面环境影响，包括特别关注空气质量，以及城市废物管理等。

城市通过在水环境、大气环境、固体废弃物与土壤环境治理方面的努力，致力于提升环境质量。北京提出到2035年成为天蓝、水清、森林环绕的生态城市。雄安新区未来将打造优美生态环境，构建蓝绿交织、清新明亮、水城共融的生态城市等。

4.4.2 关键指标

4.4.2.1 水环境

（1）黑臭水体比例指标

2017年，我国国务院印发《水污染防治行动计划》，要求到2030年城市建成区黑臭水体总体得到消除。

上海计划在2020年前，将实现基本消除丧失功能水体的总体目标，即低于劣V类水平的河道将不复存在。广州提出以流域为体系，河涌为单位，加强重污染水体治理，全面改善城市河涌水质，2020年基本消除河流黑臭现象，2030年全市范围消除劣V类水体。雄安新区目标是将白洋淀水质逐步恢复到Ⅲ—Ⅳ类，重要水功能区水质达标率95%。深圳目标是在2030年消除城市全部黑臭水体，深圳河、龙岗河、坪山河、观澜河、茅洲河按期达到地表水V类标准，饮用水源水质达标率保持100%。贵阳预计到2020年，建成区黑臭水体比例小于等于10%，到2025年实现无黑臭水体。海南提出到2020

年，治理范围内城镇内河（湖）污染水体达到V类及以上水质，完成城市黑臭水体消除任务，全省水环境质量总体明显改善和提升。

（2）水质优良比例指标

各国城市致力于提升水环境质量，在力图消除劣质水体，同时注重提升水质标准，保障达标水质的比例。

如开普敦提出，到2021-2022年，符合饮用水质量标准的百分比达98%。哥本哈根规划，到2027年，所有水域达到水质清洁和生物健康平衡，到2030年，港口水域水质达到适于游泳的标准。温哥华提出，保护清洁的水资源，达到或高于加拿大和其他国际饮用水质量标准和指南的最高标准。

（3）径流污染控制指标

在全球气候变化的背景下，各国城市更加注重提升雨水处理能力，控制雨水面源污染，特别是加强对城市污水的分布式处理能力建设。

北京提出到2020年基本实现城镇污水全收集、全处理，城镇污泥全部无害化处理处置。上海提出加强城市面源污染控制，到2040年，年径流污染控制率新建区域达到80%，改建区域达到75%。海南提出加强初期雨水治理、雨污分流改造，从而有效提高径流污染控制率。到2030年，年径流污染控制率集中新建区达到45%，部分新建区达到30%。哥本哈根提出提升污水系统的气候防护能力，到2025年，污水系统可以处理未来预期增加的30%降雨量。

（4）水资源再利用指标

各城市注重控制用水量，加强水资源再生利用能力，开发新生水资源。主要指标为再生水资源利用率（量）、雨水资源利用率、污水资源化再生利用率。

北京规划到2020年再生水资源利用量不少于12亿立方米，远期考虑将淡化海水作为战略储备水源。上海规划到2040年，实现雨水资源利用率达到5%。海南目标是到2030年，实现雨水资源利用率新建项目达到5%，新建绿地达到10%。雄安新区目标是到2035年，污水资源化再生利用率99%。贵阳目标到是到2025年，主城区生活污水再生利用率不少于65%，工业用水重复利用率不少于88%，至2020年城区再生水利用率达到60%。青岛提出，到2030年，中心城区再生水利用率达到60%。

4.4.2.2 大气环境

在改善大气环境质量方面，联合国可持续发展目标提出，到2030年，减少城市的人均负面环境影响，包括特别关注空气质量，以及城市废物管理等。

各城市的空气治理工作重点是控制颗粒物、挥发性有机物、氨、氮氧化物、碳污染、硫化物、臭氧等大气污染物排放。就我国而言，从污染源方面看，燃煤排放仍然是主要问题，非电行业污染排放控制还需加强；从污染物方面看，相对于二氧化硫和氮氧

9 Greenest City Action Plan (2015-2020). CITY OF VANCOUVER. 2015. <https://vancouver.ca/green-vancouver/greenest-city-goals-targets.aspx>

化物，VOC和氨的减排更加艰巨，污染物减排进入深水区，需要各类污染物的协同控制。主要指标包括颗粒物排放指标、挥发性有机物（VOC）、煤炭污染排放物、臭氧等。

（1）颗粒物排放指标

北京加大颗粒物治理力度，2020年大气中细颗粒物（PM2.5）年均浓度由现状80.6微克/立方米下降到56微克/立方米左右，能源利用直接排放的PM10和PM2.5将分别比2015年下降50.9%和49%。到2035年大气环境质量得到根本改善，到2050年达到国际先进水平。上海提出，到2035年，细颗粒物（PM2.5）年均浓度控制在25微克/立方米左右，空气质量优良率达到80%。深圳提出，到2020年，PM2.5年均浓度控制在20微克/立方米以下，到2030年，PM2.5年均浓度达到15微克/立方米以下。贵阳提出，到2025年，全市PM10排放总量控制在2.12万吨/年以下，较2013年削减28%。南京提出，到2020年，细颗粒物（PM2.5）年均浓度由2015年的57微克/立方米下降至35微克/立方米以下。青岛提出，到2030年，细颗粒物（PM2.5）年均浓度由2016年的45微克/立方米下降至35微克/立方米以下。

（2）挥发性有机物（VOC）排放指标

广州市提出大幅削减挥发性有机物排放，2030年，规模以上加油站安装在线监测比例不低于80%，建立健全挥发性有机物监管体系。加强餐饮排放源污染控制。制订经济政策鼓励家庭更新油脂分离度达到95%的吸油烟机，2020年，大中型餐饮服务单位安装在线监控装置超过80%。减少农业的挥发性有机物、氨和有毒物质排放，2030年，基本完成规模化畜牧业污染治理，实现生态农业资源化利用。南京提出，到2020年重点行业挥发性有机物排放总量削减20%以上。上海提出，逐步淘汰溶剂型建筑涂料和胶黏剂使用。推进地坪涂料、防腐涂料、道路标志涂料、建筑胶黏剂等低VOCs含量产品的应用，2020年，达到80%以上。巴黎提出大幅减少空气污染物，如细颗粒物、二氧化氮等。

（3）臭氧排放指标

深圳提出目标为，到2020年，臭氧日最大8小时平均浓度限值控制在135微克/立方米以下。新加坡提出目标为，到2020年臭氧达到100微克/立方米。

4.4.2.3 土壤环境与废弃物管理

在废弃物治理方面，联合国可持续发展目标提出，采用可持续的消费和生产模式，到2030年，通过预防、减排、回收和再利用，大幅减少废物的产生。

（1）垃圾回收资源化利用指标

各国城市不断加强固体废弃物处理能力，提升资源化再生利用水平。广州市提出，不断完善工业固废资源化利用和安全处置系统。提高工业固废利用技术与水平，开发利用“城市矿产”。建设建筑垃圾分类消纳和资源化利用体系，拓展市政污泥、河道淤泥资源化利用渠道。到2020年，工业固废处置利用率达到99.5%，拆建废弃物料综合利用率达到80%，污泥资源化利用率达到40%。深圳提出，到2030年，生活垃圾资源化利用

率达到80%。雄安提出，城市生活垃圾回收资源利用率达到45%以上。新加坡提出，到2030年，达到70%的再生利用率目标，家庭再生利用率从2013年的20%上升到2030年的30%，非家庭再生利用率从2013年的77%上升到2030年的81%。纽约预计，到2030年实现垃圾零填埋，将商业废物处理减少90%。

（2）污染地块安全利用指标

加强棕地和耕地修复，保障受污染地块的安全再利用。如上海提出，结合工业用地减量化和城市更新开展土壤污染治理修复。至2035年，污染地块安全利用率100%。贵阳提出，到2025年，受污染地块安全利用率大于95%，受污染耕地安全利用率95%。

（3）生活垃圾分类收集指标

不断推进城市生活垃圾的分类回收处理覆盖范围，主要指标为生活垃圾分类收集覆盖率。北京计划到2020年底，基本实现公共机构和相关企业生活垃圾强制分类全覆盖，全市垃圾分类制度覆盖范围达到90%以上，进入垃圾焚烧和填埋处理设施的生活垃圾增速控制在4%左右。上海提出，至2035年，实现原生垃圾零填埋，实现固废分类收集全覆盖。广州预计，到2020年，垃圾收集处理设施覆盖中心城区、各区中心区、主要乡镇和工业园区，实现80%的社区人口进行分类投放；到2030年，城乡环境设施完备，生活垃圾实现全部收集并无害化处理，基本实现所有社区人口进行生活垃圾分类投放。贵阳提出，到2020年，建成区居民小区和单位的生活垃圾分类收集覆盖率达到90%，人均生活垃圾清运量较2014年下降6%，生活垃圾资源化利用率达到15%；到2025年，固体废弃物资源化利用率达到80%。南京提出，到2020年，城市生活垃圾分类收集覆盖率达到90%，生活垃圾资源化利用率达到90%以上。哥本哈根规划，2025年完成塑料的分类和焚烧，完成有机废物的生物气化¹⁰。温哥华提出，让温哥华的社区在2040年成为零废弃物社区¹¹。

4.5 绿色城市交通

4.5.1 发展愿景

联合国可持续发展目标提出，建造具备抵御灾害能力的基础设施，促进具有包容性的可持续工业化，推动创新。发展优质、可靠、可持续和有抵御灾害能力的基础设施，包括区域和跨境基础设施，以支持经济发展和提升人类福祉，重点是人人可负担得起并公平利用上述基础设施。

到2030年，向所有人提供安全、负担得起的、易于利用、可持续的交通运输系统，改善道路安全，特别是扩大公共交通，要特别关注处境脆弱者、妇女、儿童、残疾人和

10 哥本哈根市技术和环境管理, 哥本哈根2025气候规划, 2012. www.kk.dk/climate

11 Zero Waste 2040. CITY OF VANCOUVER. 2018. <https://vancouver.ca/green-vancouver/zero-waste-vancouver.aspx>

老年人的需要。

到2030年，所有国家根据自身能力采取行动，升级基础设施，改进工业以提升其可持续性，提高资源使用效率，更多采用清洁和环保技术及产业流程。

各国际城市在交通领域的发展主要发展目标围绕**提升交通可达性、绿色出行、公共交通、新能源交通、智慧交通**等方面展开。新加坡提出创造“汽车精简”的城市，这样的城市拥有高效便捷的铁路和公共汽车网络，有利于步行和骑自行车的街道和小径，以及智能多样的点对点交通选择。首尔提出创建行人友好型城市。雄安新区提出致力于快捷高效交通网，打造绿色交通体系。深圳目标是建设更高科技含量的智慧便捷之城，建设智慧高效的交通服务体系。海南提出确立公共交通在城市交通中的主体地位，发挥公共交通在机动化出行中的优先作用，引导小汽车的合理使用等。

4.5.2 关键指标

4.5.2.1 路网密度指标

各城市致力于增强路网密度，发展轨道交通，提升城市可达性。持续完善多种形式的交通系统的保障服务能力，加强道路、轨道交通等各类基础设施建设，提高城市通行效率和可达性。

东京的路网密度高达18.9千米／平方公里；首尔达到13.618.9千米／平方公里；巴黎的路网密度已达到15公里/平方公里以上，未来仍将不断增加轨道交通里程，到2030年，增加77个火车站，增加240km地铁线路，增加70km铁路线路，增加75km的电车线路。

相比之下，中国城市的路网密度有待进一步提升。北京已提出将在未来加强保障交通基础设施用地规模，到2020年全市交通基础设施用地（含区域交通基础设施）约700平方公里，到2035年约850平方公里。到2035年集中建设区道路网密度力争达到8公里/平方公里。雄安新区在新区规划纲要中提出，新区起步区的路网密度需达到10-15公里/平方公里。

4.5.2.2 公共交通占机动化出行比例指标

各国城市注重发展公共交通，推进以公共交通为导向的开发模式（TOD），提升公共交通比例，完善公交站点覆盖，减少私家车出行，主要指标为公共交通占机动化出行比例。

北京将从源头调控小客车出行需求，到2020年小客车出行比例和车均出行强度降幅力争达到10%-15%，到2035年降幅不小于30%。雄安将提升公共交通系统覆盖的人口数量，起步区公共交通占机动化出行比例达到80%，起步区公共交通站点服务半径小于等于300米。深圳的高峰期间公共交通占机动化出行分担率将在2020年达到65%，2025年达到70%，2030年达到75%。

张家口致力于全面建设公交都市，到2020年，公共交通全方式出行比例夏季达到25%，冬季达到30%；公共交通机动化出行比例夏季达到42%，冬季达到47%；中心城

区70%的居民5分钟可以到达公交站台，90%的居民单程公交最大出行时耗小于30分钟；中心区公共交通线路网密度达2.5公里/平方公里以上，平均站距不超过500米。

新加坡提出到2030年：将高峰期的公共交通工具份额提高到75%，铁路网达到360km，家庭可达火车站的比例达到80%¹²。

首尔预计到2030年，减少30%的汽车交通，将平均通勤时间缩短30%。

4.5.2.3 绿色出行指标

完善绿色出行基础设施，提升非机动车交通比例，减少机动交通份额。

一是提升绿色出行交通方式的比例。北京提出到2020年城市绿色出行比例由现状70.7%提高到75%以上，到2035年不低于80%；到2020年自行车出行比例不低于10.6%，到2035年不低于12.6%。上海将着力发展绿色交通，鼓励公共交通、自行车等绿色交通出行。到2022年，中心城区公共交通等绿色出行比重达到60%。至2035年，全市绿色交通出行比例达到85%左右。雄安新区将构建“公交＋自行车＋步行”的出行模式，起步区绿色交通出行比例达到90%。巴黎将在2020年前，减少40%的机动车交通，而不产生拥堵花费，为绿色出行提供充足的设施保障，将自行车道总长度增加一倍，达到1400公里。

首尔提出减少机动交通，创建绿色交通环境，控制绿色公共交通分担率。扩大30%的不同绿色交通方式使用率，包括骑自行车和公共交通在内的绿色模式的份额将从目前的70%增加到80%¹³。

哥本哈根预计到2025年，75%的交通出行将通过步行、骑自行车或乘坐公共交通工具完成，50%的上下班通勤为骑自行车。

二是提升机动交通的共乘率水平（car occupancy）。如开普敦提出由每辆的平均乘车人数由1.45增加至1.53，乘坐私人交通模式公里数向公共交通模式转移2%。

4.5.2.4 新能源交通指标

增强新能源汽车比例，推进新能源配套基础设施建设，同时逐步淘汰传统燃油车，提升车辆的能源效率。多国给出“消灭”燃油汽车时间表，英国、法国计划在2040年前禁售燃油车，德国计划于2030年起禁止所有燃油汽车上路，荷兰和挪威曾提出，将在2025年禁售燃油车。印度也称，要在2030年全面禁售燃油车。新加坡等国家积极探索无人驾驶汽车，通过无人驾驶技术更好地管理有限的土地和人力资源。主要指标为新能源汽车保有量、新能源充电桩覆盖率、充电桩配建比例，以及淘汰传统能源车时限。

（1）新能源公共交通指标

12 Sustainable Singapore, Sustainable Singapore Blueprint, Sustainable Singapore. 2014. <https://www.mewr.gov.sg/ssb/our-targets>

13 Kim In-hee, The Urban Master Plan: Status & Features. SEOUL SOLUTION. 2017. <https://www.seoulsolution.kr/en/content/2030-seoul-plan>

上海计划到2020年建成区公交车全部更换为新能源汽车。深圳提出到2020年公交车和出租车实现全部纯电动化。海南规划到2020年推广新能源汽车 3 万辆以上。南京提出到2020年，基本实现全市主城区、新城新区公交车新能源化。

（2）新能源汽车保有量指标

深圳提出到2020年新能源汽车保有量达到10%。海南计划到2030年以前实现全岛使用新能源汽车。南京规划到2020年，新能源电动汽车保有量达到13万标准车以上，2030年，机动车保有量将到达488万辆，预测远期电动汽车保有量占机动车保有量比例为20%左右，约为100万辆。

哥本哈根到2025年，20-30%的轻型车辆使用新型燃料，30-40%的重型车辆使用新型燃料¹⁴。新加坡计划2022年之前在公共路段引入无人驾驶巴士，到2030年将无人驾驶引入道路。

（3）新能源汽车充电设施覆盖范围或车桩比例的指标

对于充电设施覆盖范围，上海预计到2020年电动汽车充电设施服务半径中心城区小于1公里，外环以外区域小于2公里。南京提出到2020年，公共充电桩900m服务半径分区覆盖率达99%以上。

对于车桩比例，长沙提出目标，到2020年，控制新能源汽车的车桩比，电动公交车桩车比按不低于1:2进行配置，专用出租车充电桩桩车比按不低于1:4进行配置，公务及私人电动乘用车桩车比按1:1进行配置。宁波规划到2020年，城区公共充电服务半径小于0.9公里，公用充电桩与电动汽车比例不低于1：7；全市高速公路服务区实现全覆盖。连云港计划到2020年，市新建住宅配置停车位应100%建设充电设施或预留建设安装条件，大型公共建筑物配停车场、社会公共停车场建设充电设施或预留建设安装条件的车位比例不低于10%，每2000辆新能源汽车至少配置建设1座公共充电站。到2020年，形成全市高速公路城际充电网络，平均服务间距不超过50公里，实现高速公路充电设施全覆盖。无锡提出到2020年，力争达到城市核心区公共充电服务半径小于1公里。

此外，首尔致力于解决充电基础设施的缺乏问题，首尔将在2015年至2020年期间提供公共站立式慢速充电器，并在2020年之后提供家庭充电设施。到2030年，首尔将设置740,000个慢速充电器和1,000个快速充电器。电动汽车基础设施的扩建将与15个氢燃料电池充电器的安装密切配合，预计到2030年将有15,000辆燃料电池汽车上路。

珠海提出，到2020年，规划集中式充电站81座，其中公交充电站50座，出租充电站6座，环卫物流充电站10座，城市公共充电站15座；分散式充电桩约4000个，其中住宅用户专用充电桩2500个，公共场所专用充电桩1000-2000个，分散式公共充电桩400个，满足珠海市本地1万辆新能源汽车充电需求及部分外地新能源车辆充电需求。

（4）传统能源汽车淘汰进程指标

深圳提出，到2020年全面淘汰国Ⅰ、国Ⅱ汽油车和使用年限超过10年的国Ⅲ柴油车。巴黎计划到2020年，完全禁止柴油车辆。

4.6 生态保护与韧性

4.6.1 发展愿景

在生态保护方面，联合国可持续发展议程目标指出，到2020年，保护和恢复与水有关的生态系统，包括山地、森林、湿地、河流、地下含水层和湖泊。保护、恢复和促进可持续利用陆地生态系统，可持续管理森林，防治荒漠化，制止和扭转土地退化，遏制生物多样性的丧失。推动对所有类型森林进行可持续管理，停止毁林，恢复退化的森林，大幅增加全球植树造林和重新造林。到2030年，防治荒漠化，恢复退化的土地和土壤，包括受荒漠化、干旱和洪涝影响的土地，努力建立一个不再出现土地退化的世界。保护山地生态系统，包括其生物多样性，以便加强山地生态系统的能力，使其能够带来对可持续发展必不可少的益处。

在城市韧性方面，联合国可持续发展议程目标提出，建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区；采取紧急行动应对气候变化及其影响，加强各国抵御和适应气候相关的灾害和自然灾害的能力，将应对气候变化的举措纳入国家政策、战略和规划。到2030年，大幅减少包括水灾在内的各种灾害造成的死亡人数和受灾人数，大幅减少上述灾害造成的与全球国内生产总值有关的直接经济损失，重点保护穷人和处境脆弱群体。

温哥华提出建立宜居和具有韧性的城市，在气候变化面前能始终保持城市的价值、特点和魅力。基多预计到2040年将成为一个高生活质量的城市，能够成功应对社会，文化，经济和环境领域以及该地区的所有挑战，具有弹性而能够确保其人口的可持续发展¹⁵。巴黎将依靠其居民，调整其基础设施，动员其集体智慧及其周围的领土，将本世纪的气候变化挑战转化为机遇。

4.6.2 关键指标

具体而言，各国际城市一是致力于保护和增加蓝绿空间，提升城市绿色空间覆盖率，控制生态空间面积和比例，控制用水量。如温哥华提出将让其居民享受无与伦比的绿色空间，包括世界上最壮观的城市森林。新加坡致力于打造受人喜爱的生态智能城镇，帮助居民维护绿色生活方式，享受高品质的生活。主要指标为生态空间（蓝绿空间）比例。

15 100 Resilient Cities. RESILIENCE STRATEGY Metropolitan District of Quito. 2017.
<http://www.100resilientcities.org/strategies/quito/>

14 哥本哈根2025气候规划

4.6.2.1 生态空间比例指标

各国际城市致力于保护和增加蓝绿空间，提升城市绿色空间覆盖率，控制生态空间面积和比例，保护水资源并控制用水量。

北京提出划定生态控制线，到2020年全市生态控制区面积约占市域面积的73%。到2035年全市生态控制区比例提高到75%，到2050年提高到80%以上。

上海致力于恢复河网水系，保证河湖面积只增不减，市域河湖水面率达到10.5%左右；保护生态格局，建设市域生态环廊，至2035年，力争实现全市开发边界内3000平方米公园绿地500米服务半径全覆盖。

雄安新区将强化对白洋淀湖泊湿地、林地以及其他生态空间的保护，确保新区生态系统完整，蓝绿空间占比稳定在70%。

深圳将提高森林质量和林木蓄积量，建成“公园之城”，到2020年，建成区绿化覆盖率不低于45.1%，公园总数超过1000个。

温哥华目标将人均用水量从2006年的水平上降低33%。确保每个人的居住地5分钟内步行可达绿道或其他绿地；在2010年至2020年之间恢复或增加25公顷的自然区域；在2010年至2020年期间种植150,000棵树木，到2050年将树冠覆盖率提高到22%¹⁶。

新加坡目标是增加更多的绿色和蓝色空间。到2030年，提高90%以上的家庭的蓝绿空间可达性。到2030年，公园连接网络也将增加一倍，达到400公里。到2030，空中绿化增加到200公顷，家庭可达公园的比例90%，自然道路达到180公里。到2030年，水路达到100公里，水体达到1039公顷。降低用水量，增加新生水用水比例。到2030年，人均生活用水量降低至130升。到2060年，通过新生水满足55%的用水需求，海水淡化可满足25%的用水需求¹⁷。

巴黎将增加和保护绿色空间。到2020年，建造100公顷的绿色屋顶和外墙，其中三分之一将用于生产水果和蔬菜。到2030年，增加2300公顷公园和绿地、2个区域性自然保护区，90%的农业用地和森林用地得到有效保护¹⁸。

基多在绿色空间方面，将控制都市区中自然或半自然区域的可达性比例。在恢复和保护城市生态系统方面，控制用于恢复和保护城市生态系统的市政预算相对于市政预算总额的百分比¹⁹。同时，减少城市水足迹，目标到2032年，减少使用15亿立方米的用水量²⁰。

16 最绿色城市行动计划 Greenest City Action Plan
17 可持续新加坡蓝图 Sustainable Singapore Blueprint
18 PARIS FOR CLIMATE <http://www.iau-idf.fr/en/paris-region/planning-paris-region/paris-region-by-2030.html>
19 Cities100: Quito - Planning for Smaller CO2 and Water Footprints. https://www.c40.org/case_studies/cities100-quito-planning-for-smaller-co2-and-water-footprints
20 Cities100: Quito-Planning for Smaller CO2 and Water Footprints

4.6.2.2 径流总量控制指标

注重加强雨洪管理，减少洪水灾害，提升年径流总量控制率和暴雨重现期标准，主要指标为年径流总量控制率。

北京实施海绵城市建设分区管控策略，加大降雨就地消纳和利用比重，降低城市内涝风险，改善城市综合生态环境。到2020年20%以上的城市建成区实现降雨70%就地消纳和利用，到2035年扩大到80%以上的城市建成区。2020年建成综合管廊长度提高到150-200公里，2035年提高到450公里左右。

上海目标大力实现雨水径流控制，年径流总量控制率75-80%，年径流污染控制率75-80%。鼓励开展雨水资源综合（循环）利用。到2020年，城市建成区20%以上的面积达到海绵城市建设目标要求，到2035年，城市建成区80%以上的面积达到目标要求。暴雨重现期标准：主城区以及新城不低于5年，其他地区不低于3年；地下通道和下沉式广场30年。内涝防治设计重现期自排区达到50年一遇、强排区达到100年一遇。

长沙预计至2020年，建成区20%的面积达到将3/4的降水就地消纳和利用目标。

新加坡将致力于提升城市韧性，到2030年，将洪水易发地区减少到23公顷²¹。

哥本哈根提出未来必须能够应对在100年内增加30%的降雨量，必须能够在2100年之前具备应对100年一遇的大暴雨和风暴潮的能力。

21 可持续新加坡蓝图 Sustainable Singapore Blueprint



5. 城市可持续发展规划路径 与实施策略研究

5.1 碳减排

5.1.1 在城市总体规划中提出碳减排与峰值管理目标

上海是中国首个将碳排放峰值目标和2035年峰值下降目标明确写入2035年城市总体规划的城市，并在总规中有应对气候变化的专门章节。上海在《上海城市总体规划（2017-2035）》中明确表示，上海将通过优化能源结构、降低产业和建筑能耗，引导绿色交通出行，全面降低碳排放。全市碳排放总量和人均碳排放于2025年达到峰值，至2035年控制碳排放总量较峰值减少5%左右。

5.1.2 推进都市圈发展，扩大城市规模促进碳减排

纽约碳排放主要来源有三种渠道：一是居住房屋，住房的能耗效率，这将决定消耗多少供热燃料、天然气和电力；二是电力生产，不同电厂有不同的产电方式，低效的电厂比设计精良的电厂产生更多的二氧化碳；三是交通，可以根据及时里程和货车运输里程制定相关战略进行减排。因此，减少汽车保有量、兴建清洁电厂、应对建筑物的低效率都可以减少二氧化碳的排放量。

同时，纽约是美国碳利用效率最高的城市之一，纽约人均二氧化碳排放量比美国平均水平低71%。因此通过扩大城市规模，接纳更多的人口，自然会减少二氧化碳排放量。通过接纳90万的新居民，可以防止1560万吨的额外温室气体排放到空气里。

5.1.3 通过金融创新，为低碳发展提供资金保障

为了实现2050年温室气体排放达到全球可持续和公平的排放水平这一目标，哥德堡已经在整个城市可持续性领域采取了一系列措施，包括《西瑞典协定》，大量投资于该地区的交通系统，这有助于实现以下目标：向公共交通和自行车的模式转变；投资风能和沼气生产；以及减少航空旅行、食品和公民消费消费品对气候影响的推广工作。

2013年，哥德堡成为世界上第一个发行绿色债券的城市。绿色债券是世界银行2008年设计的应对气候变化的金融工具。截至2016年3月，哥德堡市已经发行了价值4.15亿美元的绿色债券，为该市的基础设施投资和其他项目的特殊部分提供融资，并在该市的金融和环境部门之间建立新的伙伴关系。

5.2 可再生能源发展

5.2.1 奠定可再生能源在能源消费结构的主导地位

温哥华提出到2030年，使用的能源55%来自可再生能源，2050年之前100%来自可再生能源²²；哥本哈根提出到2030年，非化石燃料比例提高到50%，2050年实现无化石燃料²³。

瑞典的可再生能源占到能源消耗总量的54%，它同时也是全世界最早征收碳排放税的国家之一。联合国制定的2030年能源转型目标，瑞典提前十二年就已经达成（2018年末）。瑞典首相在联合国总部发言称瑞典会跻身第一批不用化石燃料的福利国家，2050年之前瑞典将不再排放温室气体。瑞典能源部长介绍，以前供暖主要依靠汽油，现在95%的暖气来自可再生能源。过去三年中，瑞典启动了3681个风电项目，将在2018年底前完工。瑞典和芬兰从1991年开始征收碳排放税，是全世界最早征收碳排放税的国家。这抑制了化石燃料消费，也支持了生物能源发展，这笔财政收入帮助供暖产业持续性地绿色转型。如今，供暖燃料来源中，化石燃料仅占2%，而1980年化石燃料占60%。2018年7月开始，瑞典依据碳排放水平对不同燃料征收不同税率。

雄安新区在规划纲要中提出：坚持绿色供电，形成以接受区外清洁电力为主、区内分布式可再生能源发电为辅的供电方式。依托现有冀中南特高压电网，完善区域电网系统，充分消纳冀北、内蒙等北部地区风电、光电，形成跨区域、远距离、大容量的电力输送体系，保障新区电力供应安全稳定、多能互补和清洁能源全额消纳。长远谋划利用沿海核电。与华北电网一体化规划建设区内输配电网，配套相应的储能、应急设施，实现清洁电力多重保障。

5.2.2 推广可再生能源在建筑领域的应用

深圳是国家首批可再生能源建筑应用示范城市之一。为创建可再生能源示范城市，深圳先后实施了太阳能屋顶和屋顶发电战略。太阳能屋顶战略是大力推广太阳能热水建筑，并新增太阳能空调、海水源热泵、污水源热泵、地源热泵、电厂余热等其他类别可再生能源建筑应用面积。屋顶发电是利用新能源发电并且并入国家电网，是国家重点能源发展战略之一。在自家楼顶上安装光伏发电设备，电就能源源不断地输出使用，不仅家庭用电免费，还能获得国家补贴，用不完的电，还可卖给供电局，同时还能享受国家补贴。

哥印拜陀已完成其太阳能城市总体规划，作为其参与印度国家太阳能城市计划的一部分。作为第一步，该市开始在所有市政建筑物上安装太阳能光伏板（PV）。在社区层面，该市有广泛的促进可再生能源的计划，包括：为市场上的贸易商更换带有太阳能灯的煤油灯；将逆变器和发电机更换为家庭中的太阳能光伏系统；在住宅区安装太阳能

热水器和太阳能光伏系统；为学校 and 大学投资太阳能炊具和太阳能电池板，为餐馆投资沼气系统；促进工业用太阳能热水器和太阳能蒸汽发生器的发展的应用。

5.3 建筑可持续发展

5.3.1 全面推广绿色建筑与装配式建筑

大约有四分之一的全球能耗和三分之一的全球温室气体排放来源于建筑行业，全面推广绿色建筑与装配式建筑是建筑领域碳减排的重要途径。

上海通过依托绿色生态城区推进绿色建筑规模化、高星级发展，全面推广绿色建筑，推广装配式建筑与市政基础设施的技术应用，加强现有建筑的节能改造，至2035年，目标实现符合条件实施装配式建筑覆盖率100%、新建民用建筑绿色建筑达标率达到100%。

雄安新区总体规划中提出，要推广绿色建筑和绿色建材。

在推广绿色建筑方面，提出要全面推动绿色建筑设计、施工和运行，开展节能住宅建设和改造。新建政府投资及大型公共建筑全面执行三星级绿色建筑标准。新建民用建筑的绿色建筑达标率100%。

在使用绿色建材方面，提出要引导选用绿色建材，开发选用当地特色的自然建材、清洁生产和更高环保认证水准的建材、旧物利用和废弃物再生的建材，积极稳妥推广装配式、可循环利用的建筑方式。

5.3.2 推动从耗能建筑向产能建筑升级

住建部数据显示，中国的广义建筑能耗约占全社会总能耗的30%。从“耗能城市”向“节能城市”，甚至“产能城市”的转变，是建设智慧城市低碳发展的重要议题。根据《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》，“十三五”期间，中国城市中光伏建筑一体化可应用面积为17.9亿平方米，城市新增光伏建筑应用装机容量在1000万千瓦以上。

光伏建筑一体化是指将太阳能发电产品集成并作为建筑组成部分的技术，电池作为建筑物外部结构的一部分，既具有发电功能又具有建筑材料的功能。

布鲁塞尔推广被动房建设以降低能源消耗：被动式房屋需要很少的能源即可维持舒适的室内环境，因为其优异的保温隔热性能和高效率的热回收系统，使得房屋整个年度几乎都不需要主动提供暖气和制冷需求，这些条件的达成是必须透过一个完整的团队、非常细心的设计和构筑，才能确保被动房在任何的气候条件下，和当地传统建筑物比起来，不仅舒适而且达到极高的能源节约效果。

被动房屋在布鲁塞尔住房总建筑中的比例逐年上升，2014年达到50%以上，2015年开始，布鲁塞尔强制要求所有新建筑达到被动房标准。该政策将被动房屋标准定义为每平方米每年低于15kWh的净供热要求，以及每平方米每年低于45kWh的供暖、热水和电气配件的一次能源消耗。

22 可再生能源城市行动计划Renewable City Action Plan

23 哥本哈根2025气候规划

5.4 改善环境质量

5.4.1 发起污染防治攻坚战：尽快弥补环境质量短板

北京以超常规的速度和力度推进大气污染防治，将着力攻坚大气污染治理的目标和举措纳入《北京城市总体规划（2016年-2035年）》的专门章节，并提出了力度较大的环境治理目标：到2020年大气中细颗粒物（PM_{2.5}）年均浓度由现状80.6微克/立方米下降到56微克/立方米左右，致力于到2035年大气环境质量得到根本改善，到2050年达到国际先进水平。

为实现大气治理目标，北京将在能源、交通、工业和农业生产等方面加强全面行动。一是控制燃煤污染物排放。全面推进燃气锅炉低氮燃烧改造工程，以煤改气、煤改电等方式，推进各类燃煤设施和农村地区散煤采暖的清洁能源改造。到2020年全市煤炭消费总量由现状1165万吨下降到500万吨以内，实现平原地区基本无燃煤锅炉，中心城区和重点地区实现无煤化；到2035年全市基本实现无煤化。二是推进交通领域污染减排。坚持机动车总量控制，鼓励发展新能源汽车。提高新车排放标准和车用油品标准，到2020年燃油出租车力争达到国V及以上标准。发展低排放公共交通，严格管控重型柴油货运车，有序淘汰高排放老旧机动车。三是削减工业污染排放总量。淘汰落后产能和高污染、高耗能产业，推进重点行业环保技术改造升级，深化治理石化、建筑涂装等行业的挥发性有机物污染。严控、调整在京石化生产规模。开展强制性清洁生产审核，构建清洁循环发展的产业体系。四是严格控制扬尘和农业面源污染。运用新技术新工艺，全面控制施工和道路扬尘污染。有序压缩农业生产和养殖业规模。改进种植业生产技术，降低农药、化肥等使用强度和总量，减少设施农业挥发性有机物和氨排放。

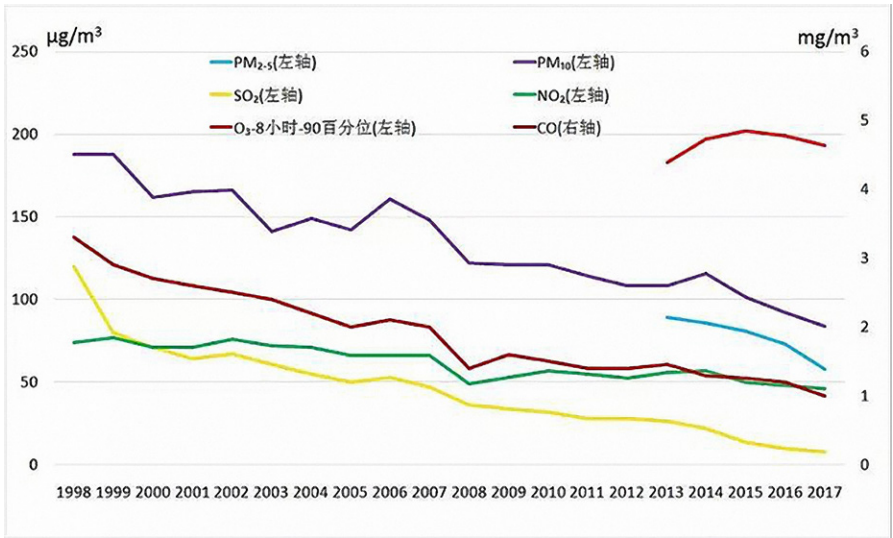


图5-1 1998-2017年北京主要空气污染物年均浓度变化

2013年至2017年间，北京度过了大气污染控制历程中措施最系统、力度最大的五年。

2017年，北京环境空气中细颗粒物（PM_{2.5}）的年均浓度从2013年的89.5微克/立方米下降到58微克/立方米，整个京津冀区域实现了PM_{2.5}年均浓度较2013年降低25%的目标。在诸多治理措施中，燃煤锅炉治理、民用燃料清洁化、产业结构调整对大气环境质量改善的贡献最为显著。

北京市在大气污染治理领域成就的4点经验：

首先，北京这套全面、有效的空气质量管理体系是在这20年来逐步成型的。这套体系包括：完备的法治系统、系统性的环保规划、严苛的地方排放标准、强而有力的监控体系、以及北京市民对环境保护的高度重视。在过去20年间，北京市范围内建立了1000多个空气监测站，对PM_{2.5}在内的6种污染气体进行监，并实时通过微博、微信等社交平台向公众告知。

其次，20年来北京市商用、民用供电供暖结构优化，有助于减少大气污染的排放。截至2017年底，北京市能源消耗中，超90%为电力、天然气和其他清洁能源，城镇地区已告别“烧煤取暖”。北京市政府对每120平米、年均所需供暖120天的住宅提供约8000元的补助。2013年至2017年，有超过90万户家庭的供暖系统获得升级。工业领域，自2006年以来，北京市内水泥工厂数从19家将至2家；自2013年起，北京市对超过1900家污染企业下令关闭或搬迁，对11000家违反大气排放相关条例的公司进行处罚。

第三，北京把高排放机动车治理作为重中之重，通过在2012年起施行的“国五”排放标准，以及高补助刺激下的新能源车推广政策，汽车尾气排放所产生的PM_{2.5}得到有效控制。此外，北京市政府20年来大力发展清洁能源公共交通，截至2016年底，全市59%的公交车实现纯电动化。到了2017年底，北京市地铁出行人次达总出行人次近三成，而汽车出行数量得到明显抑制。

第四，北京空气质量的改善是投入了大量时间、资源和政治意愿的结果。北京市在2009年往环境治理领域投入资金达17亿人民币，到了2017年飙升至182.2亿人民币。

5.4.2 培育绿色生活方式，从源头减少污染物

中国住房和城乡建设部2018年印发《关于加快推进部分重点城市生活垃圾分类工作的通知》，要求包括上海在内的46个重点城市2035年全面建立城市生活垃圾分类制度，垃圾分类达国际水平。

《上海城市总体规划（2016年-2035年）》特别制定了针对固体废弃物和生活垃圾的规划目标：至2035年，实现原生垃圾零填埋，实现固废分类收集全覆盖，生活垃圾无害化处置率100%。上海将按照“减量化、无害化、资源化”原则，加快推进垃圾源头减量，健全固废分类投放、收集、运输、处理体系，以及湿垃圾资源化利用设施、建筑垃圾分类消纳和资源化利用体系建设，完成城市固废终端分类利用和处置设施布局，发展固废循环经济，形成静脉产业链。对于生活垃圾，采用“一主多点、就近消纳、区域共享”的布局原则，黄浦、静安、徐汇、长宁、普陀、虹口、杨浦等区生活垃圾主要纳入市属设施集中处置；其他各区生活垃圾在自行处理的基础上，逐步实现区域统筹、有

效调度的处理格局。

为达成目标，上海相继发布了《上海市生活垃圾全程分类体系建设行动计划（2018-2020年）》、《关于建立完善本市生活垃圾全程分类体系的实施方案》等文件。目标到2020年底，基本实现单位生活垃圾强制分类全覆盖，居民区普遍推行生活垃圾分类制度，力争通过“5年左右时间，基本解决垃圾综合治理问题”。明确了上海坚持“干湿分类”基础上的四分类标准，即有害垃圾、可回收物、湿垃圾、干垃圾四分类。

为促进生活垃圾的从源头上得到分类，上海逐步推行“绿色账户”制度。2013年，上海开始实施以“绿色账户”为载体，以居民日常“干湿分类”行为作为激励重点，以实物兑换、服务和权益兑换、信用和荣誉兑换、抽奖等多种方式为激励保障，推动垃圾分类激励机制的试点工作。市民将分好类的湿垃圾放到社区指定地点，经志愿者检查垃圾分类正确，便可通过扫码积攒“绿色账户”积分，积分可用于线上线下兑换资源，部分地区已推出智能分类垃圾箱及绿色账户智能兑换机。绿色账户具有可拓展性，未来上海将不断扩展绿色账户的覆盖范围，并拟逐步将其建设为记录上海市民环保行为的专属绿色诚信档案。



图 5-2 绿色账户积分银行卡

图片来源: <https://www.greenfortune.sh.cn/>



图 5-3 智能兑换机



图 5-4 绿色账户覆盖情况

图片来源: <https://www.greenfortune.sh.cn/newsInfo/lookNewsDetail/100356?style=13>

截至2017年，全市实现了“绿色账户”新增覆盖200万户，累计覆盖445万户，绿色账户积分共增加到了24亿积分。

2019年2月，上海市人大表决通过了《上海市生活垃圾管理条例》。按照国务院在部分城市先行开展生活垃圾强制分类的要求，上海市将于2020年底前实现生活垃圾强制分类管理。通过生活垃圾分类管理，可以提高生活垃圾回收和资源化利用效率，减少约35%以上的垃圾处理量，从而减少生活垃圾焚烧、填埋过程中产生的空气和水体污染，降低填埋场等垃圾处理设施对土地的占用,优化人居环境,保障城市生态。推行垃圾分类管理，还能引导社会公众积极参与生态文明建设，提高全社会的环保意识和公德意识。《条例》明确全程分类：单位和个人要源头分类，物业公司要分类驳运，收运企业要分类收集和运输，最后处置企业要分类处置。与之匹配的是“不分类、不收运，不分类、不处置”的监督机制，如果不按标准分垃圾，收运单位可以拒绝接收，以保障全程分类效果的实现。

国务院办公厅2018年12月发布《“无废城市”建设试点工作方案》，提出在全国范围内选择10个左右有条件、有基础、规模适当的城市，在全市域范围内开展“无废城市”建设试点。“无废城市”是一种先进的城市管理理念，“无废城市”并不是没有固体废物产生，也不意味着固体废物能完全资源化利用，而是指以新发展理念为引领，通过推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，将固体废物环境影响降至最低的城市发展模式。“无废城市”建设的远景目标是最终实现整个城市固体废物产生量最小，资源化利用充分和处置安全。

2019年3月，海南省委办公厅、省政府办公厅已联合印发《海南省全面禁止生产、销售和使用一次性不可降解塑料制品实施方案》，全面启动禁塑工作。2019年底前，建立健全全省禁止生产、销售和使用一次性不可降解塑料制品的地方性法规及标准体系，

完善监管和执法体系，形成替代产品供给能力；2020年底前，全省全面禁止生产、销售和使用一次性不可降解塑料袋、塑料餐具；2025年底前，全省全面禁止生产、销售和使用列入《海南省禁止生产销售使用一次性不可降解塑料制品名录（试行）》的塑料制品。未来，海南有望成为全国第一个真正意义上“禁塑”、有效防治“白色污染”的省份，为推进全国生态文明建设探索新经验。

2016年，温哥华制定了《零废弃物2040战略》，目标到2040年，实现消除通过垃圾填埋场和焚化炉处置固体废物的方法，使得温哥华的社区成为零废弃物社区。主要通过以下三方面的策略来实现目标：一是避免产生废物，减少无法避免的浪费；二是重复利用，优先考虑材料再利用，例如共享，再利用，修复和翻新，以及回收和处置。三是回收和能源再利用，增加回收材料的总量，通过最大限度地回收不可食用的食物和绿色废物来减少碳排放，用于堆肥和可再生能源回收利用。

根据废弃物的材质和来源，温哥华确定了四个重点战略领域，分别为：建成环境、食物及包装、产品及包装、残渣废物，并制定了具体的行动计划和实施方案。如在建成环境领域，温哥华制定了“建筑拆除许可证制度”，自2016年4月起，居民需要支付350美元的废弃物合规费作为建筑拆除许可证的一部分，以确保按时完成符合法律规定的绿色拆除审查。同时，居民需缴纳14,650美元的建筑拆除“绿色押金”，根据拆除要求，被拆除的建筑房屋需达到一定的建材回收比例：1940年以前建造的房屋，建材最低回收利用率为75%；1940年之前建造并被城市视为特色建筑的房屋：建材回收利用率为90%的材料，若被拆除的方法达到了此回收再利用要求，押金将予以退还。

温哥华还制定了《减少一次性用品战略》，目标从现在开始到2025年，逐步采取行动，以减少塑料和纸质购物袋、聚苯乙烯泡沫杯和外卖容器、一次性冷热饮杯、外卖食品容器，以及一次性吸管和器皿。目前，温哥华正在积极探索可降解技术方案，并计划于2019年6月，正式发布《一次性塑料吸管禁令》和《泡沫塑料杯子及餐具禁令》。

同时，温哥华不断完善垃圾分类收集制度，制定严格的垃圾回收管理规定。居民需向市政府申请统一的垃圾分类容器，有用于放置普通垃圾的黑色垃圾桶，用于放置可回收垃圾的蓝色垃圾桶，用于放置厨余及花园垃圾的绿色垃圾桶等。政府则根据垃圾箱尺寸的大小每年收取数额不等的垃圾收集费，以此鼓励市民少生产垃圾。若垃圾分类错误或垃圾桶摆放不合规定，回收人员可以拒绝将垃圾收走。积极开展各种途径的垃圾分类教育，政府开发了垃圾收集APP，内附垃圾收集日历表及闹钟提醒功能，社区服务为居民发放垃圾收集规定的宣传册，网络上提供学习垃圾分类的小游戏等。

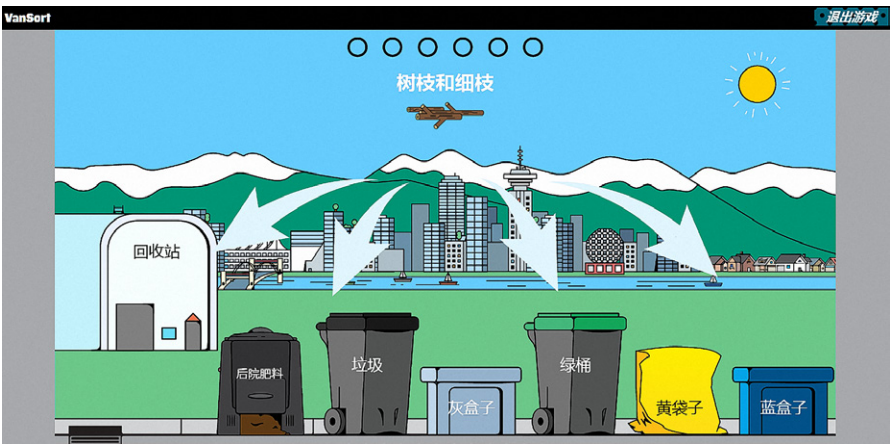


图 5-5 温哥华垃圾分类网络在线游戏

图片来源：<https://vancouver.recycle.game/en/>

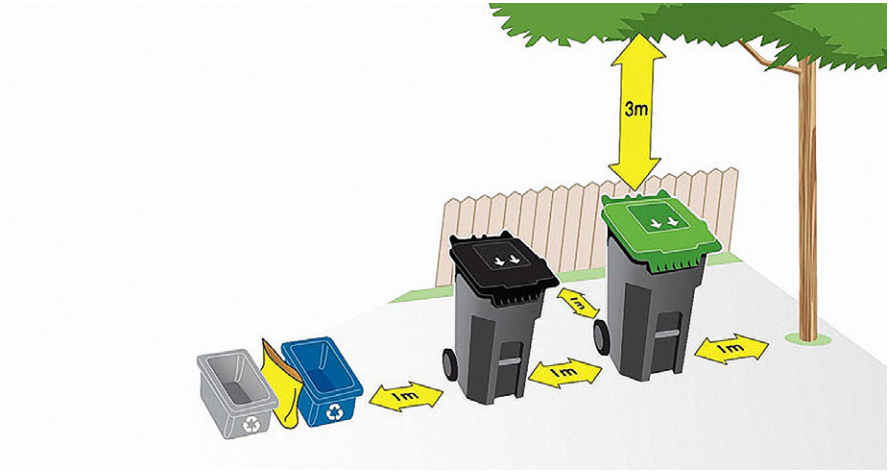


图 5-6 垃圾桶摆放规定

图片来源：<https://vancouver.ca/home-property-development/set-out-garbage-recycling-green-waste.aspx>

5.4.3 通过污染治理提升城市活力

首尔一直致力于水环境的保护和城市活力复兴。早在2002-2006年间，为了缓解清溪川所在区域的交通拥堵、过量车流、环境退化，空气和噪音污染、历史遗产遭遇破坏、城市中心区竞争力和活力降低等问题，首尔开始了清溪川修复计划。具体行动措施包括：拆除河流上方的高架公路，将历史上存在已久的清溪川恢复于地表；在清溪川附近埋设了大量的污水管道，通过双箱制污水综合处理系统中处理，将高污染的初始降雨分隔在单独的管道，实现雨污分流；引入汉江水源和附近地铁站排出的地下水作为清溪川的水源供给；运用多元化的景观设计手段，满足不同地段人群的需求，增加了城市活力；以河流改造为契机，该项目提供了多种交通改进措施，发展绿色交通出行。清溪川项目产生的环境效益是多方面的，如空气质量得到改善，小颗粒空气污染从每立方米74微克减少到河流附近的48微米，微气候得到有效调节，河流走廊的温度比海拔400米的地区低3-4摄氏度，风速平均比河流恢复前高50%。鸟类、鱼类、昆虫和植物等的生物多样性得到保护。



图 5-7 清溪川

图片来源：Visit Seoul网站http://tchinese.visitseoul.net/walking-tour/%E6%B8%85%E6%BA%AA%E5%B7%9D%E8%B7%AF%E7%B7%9A1_/900?curPage=1

未来，首尔将进一步推动整个汉江流域的环境保护治理和城市活力建设。《首尔总体规划2030》中提出，未来将保护首尔独有的生态环境和风景，建立和加强首尔的环境认同和象征意义，创造一个健康的城市，让市民有充足的机会在日常生活中体验大自然。2017年，首尔发表了《首尔可持续发展目标（SDGs）2030》，针对城市水环境问题，特别提出建立健康安全的水循环城市，未来将更换旧废水管道，加强水质检查项目，让首尔的任何人都能安全饮用河流；保护河流生态系统，管理水污染总量，改善排水水质，改善旧污水管道，改善汉江水质；扩大雨水管理设施，可持续管理地下水；汉江流域水质，水量和水生态系统综合管理；修建汉江森林，修建河床和天然水库，恢复汉江的自然环境。

基于《首尔总体规划2030》，首尔即将制定汉江滨总体规划，将其作为汉江滨地区开发的最高规划和指南。规划的愿景是使得100年后，汉江仍然可以成为市民生活的中心，成为首尔的未来自然和文化遗产，并从“自然环境、土地利用、可达性、景观风貌”四方面制定了发展目标。在自然方面，致力于恢复河流的生态系统和水质，并实现环保的用途。在土地利用方面，主张激活河滨空间，创建各种与水有关的休闲活动，恢复汉江流域的历史文化资源。在可达性方面，通过绿色交通，行人通道和更好的绿色连接增加可达性。在景观风貌方面，扩大欣赏河流风光的机会，营造动感多样的天际线，提升建筑的美观性。

5.5 绿色城市交通

5.5.1 通过规划明确燃油汽车退出时间表

2019年3月5日，国务院总理李克强在作政府工作报告时，提出要促进新能源汽车等新兴产业的加快发展，加强机动车污染源的治理。推广新能源汽车已经成为发展绿色交通的重要途径之一。

2016年4月和5月，荷兰、挪威两国相继宣布将在2025全面禁止传统燃油车的销售；2016年10月，德国通过2030年停售燃油车的提案；2017年7月，英国和法国也宣布将于2040年全面停售燃油车。

海南省政府2019年3月5日正式对外发布《海南省清洁能源汽车发展规划》，这标

志着海南成为全国首个提出所有细分领域车辆清洁能源化目标和路线图的地区，也是率先提出2030年“禁售燃油车”时间表的省份。公共服务领域力争2020年实现清洁能源化；社会运营领域力争2025年实现清洁能源化；私人领域车辆以增量严控、存量引导更替为主线，力争2030年全省汽车清洁能源化达到国际标杆水平。具体如下：

公共服务领域的公务车、公交车、巡游出租车等领域自规划发布之日起，新增和更换车辆100%使用新能源汽车或清洁能源汽车，充分发挥示范带头作用。

社会运营领域的轻型物流车(含邮政及城市物流配送)、分时租赁车自规划发布之日起，新增和更换车辆100%使用新能源汽车，城市环卫、旅游客运、城乡班线等领域根据目前的车辆清洁能源化比例及相关车型技术成熟度等情况，合理制定了更新比例，上述领域车辆在2025年前后全面实现清洁能源化。

私人使用领域通过实施严格的小客车总量调控，约束和引导并举，推进增量和存量汽车双向清洁能源化，到2030年全岛私人领域新增和更换新能源汽车占比100%。

5.5.2 在城市规划中超前布局新能源汽车基础设施及建设标准

目前新能源汽车充换电基础设施的规划建设仍与已有城市规划、建筑设计等领域存在一些矛盾，投入运行的充换电设施数量少、分布不均、未形成网络，使得新能源汽车的使用存在诸多不便，对于在私人领域的推广尤其突出，严重阻碍消费者购买和使用新能源汽车的愿望和积极性。

建设氢能基础设施任务更为紧迫。发达国家把氢作为能源管理，创制了科学安全的氢加注站建设和车载氢罐技术标准和检测体系，有力推动了燃料电池汽车商业化。我国仍把氢作为危化品管理，管理理念不同制约了我国氢能的利用。建议相关部门抓紧研究借鉴，制定科学安全的氢能、加氢站和储氢罐技术标准，提升检测能力，尽快破除制约氢能和燃料电池汽车发展的标准检测障碍和市场准入壁垒，加强和完善氢能生产、储运和供销体系建设。

应尽快着手研究制定面向2035年的新能源汽车发展战略及规划，制定新时代创新方向和战略目标，明确新形势下的发展路径和政策支撑，提出全面实现汽车电动化、智能化、共享化的时间表和路线图，给产业界一个长期、明晰的发展预期。

2019年3月发布的《海南省清洁能源汽车发展规划》提出，要建成结构多元、智慧创新的清洁能源供应体系。推动清洁能源示范省建设，创新打造清洁能源汽车、绿色交通和智慧能源联动范例，实现能源供应全生命周期清洁化。打造安全稳定绿色智能电网，通过完善新能源运行机制、加强和创新电力需求侧管理、加快新能源与信息技术融合，切实推动大规模可再生能源接入的技术革命和市场化购电消费改革。在具备基础条件的区域，开展氢能运用示范园区建设，提前布局氢能产业和加注基础设施建设，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系。

2019年1月，韩国总统文在寅发布“氢能经济发展路线图”，宣布韩国将大力发展

氢能产业，引领全球氢能市场发展。

根据该路线图，韩国政府计划到2019年底，在国内普及4000辆以上氢燃料电池汽车；到2025年，建立年产量达10万辆氢燃料电池汽车的生产体系；到2040年，将分阶段生产620万辆氢燃料电池汽车，而韩国目前仅有氢燃料电池汽车2000辆。届时，韩国境内氢燃料电池汽车售价有望降低50%，达到3000万韩元左右，约合人民币18.9万元。

韩国政府还计划在公共交通领域普及氢燃料电池汽车，力争到2022年有2000辆、到2040年有4万辆氢燃料电池公交车投入使用。此外，到2021年，韩国警方将用氢燃料电池汽车替换820辆警务大巴。

为了保证氢燃料电池汽车的正常运行，韩国政府将通过为汽车加氢站提供补贴、放宽管制等措施积极吸引民间资本参与。到2040年，加氢站将从现有的14个增至1200个。

燃料电池方面，到2040年，韩国政府争取将燃料电池年发电量扩大至15吉瓦，达到2018年韩国发电总量的7%—8%。为此，政府将积极利用石化工程中产生的氢气，并积极扩建相关基础设施。

深圳作为中国首批新能源汽车示范推广试点城市，在新能源汽车的推广应用方面走在全国前列，并初步形成新能源汽车产业集群，成为中国新能源汽车应用规模最大的城市之一。根据《深圳市可持续发展规划（2017-2030年）》、《深圳市新能源产业振兴发展规划（2009-2015年）》、《深圳市2016-2020年新能源汽车推广应用工作方案》、《2018年“深圳蓝”可持续行动计划》等相关政策中，深圳市提出了新能源车辆推广目标：2017年公交车100%纯电动化、2018年出租车100%纯电动化、2018年新增充电桩1.8万个、2020年物流车50%纯电动化、中心区充电站服务半径小于900米，新能源汽车在交通运输行业的应用总量达到30万辆，新能源汽车对城市交通运输节能减排的贡献率达到20%。

未来，深圳将加快推进市内物流货运轻型货车电动化，全面推动电动、天然气等新能源车替代柴油车和工程机械。推进公共交通领域新能源汽车及其他清洁能源汽车推广应用，实现公共交通领域车辆全部电动化，加快充电站、充电桩等新能源汽车配套基础设施建设。

5.5.3 规划设计未来绿色智能交通系统²⁴

根据《河北雄安新区规划纲要》中内容，雄安新区的重点任务之一是建设绿色智慧新城，建成国际一流、绿色、现代、智慧城市，智慧交通是雄安智慧新城的重要组成。

雄安新区目前已经在无人驾驶、智能轨道交通等领域开始了前瞻性的有益尝试。例如，当前已经全面投入使用的雄安市民服务中心已设置了自动驾驶专用车道。2017年12

月，百度Apollo自动驾驶车队在雄安新区率先开跑，展示了百度Apollo开放平台在乘用车、商用巴士、物流车和扫路机等多车型、多场景、多维度的应用。2018年6月，中国铁路智能高铁自动驾驶试验启动，实验成果将用于北京至雄安新区城际铁路的智能高铁建设。



图 5-8 雄安新区自动驾驶道路

图片来源：http://slide.hebei.sina.com.cn/news/slide_44_88161_529387.html#p=17

未来雄安新区的智能交通建设将围绕如下方面开展：

一是提高绿色交通和公共交通出行比例。构建“公交+自行车+步行”的出行模式，起步区绿色交通出行比例达到90%。加强交通与用地布局协调，推广交通枢纽与城市功能一体化开发模式，在公共交通廊道、轨道站点周边集中布局公共服务设施。提升公共交通系统覆盖的人口数量，起步区公共交通占机动化出行比例达到80%。

二是建立服务优质、形式多样的新型公交系统。新区布局“干线+普线”两级城乡公交网络，干线服务起步区与外围组团、城镇，普线连接外围组团与村镇的公交系统。起步区布局“快线+干线+支线”三级城区公交网络，快线服务区内组团间出行，干线服务组团内出行，支线灵活设置线路、站点深入社区，实现地面地下协同调度、各类公共交通便捷换乘的高品质服务。

三是搭建智能交通体系框架。以数据流程整合为核心，适应不同应用场景，以物联网感应、移动互联、人工智能等技术为支撑，构建实时感知、瞬时响应、智能决策的新型智能交通体系框架。

四是建设数字化智能交通基础设施。通过交通网、信息网、能源网“三网合一”，基于智能驾驶汽车等新型载运工具，实现车车、车路智能协同，提供一体化智能交通服务。

五是示范应用共享化智能运载工具。推进智能驾驶运载工具的示范应用，发展需求响应型的定制化公共交通系统，智能生成线路，动态响应需求。探索建立智能驾驶和智能物流系统。

六是打造全局动态的交通管控系统。建立数据驱动的智能协同管控系统，探索智能驾驶运载工具的联网联控，采用交叉口通行权智能分配，保障系统运行安全，提升系统运行效率。

24 资料来源：
http://www.xiongan.gov.cn/2018-06/07/c_129890025.htm
http://www.xiongan.gov.cn/2018-08/06/c_129927097.htm

5.5.4 制定促进绿色交通发展的需求管理政策

新加坡是最早征收交通拥堵费的国家，通过收费的措施，鼓励人们考虑通过使用替代路线避免拥挤区域、调整出行时间、使用公共交通工具，或多人共乘一辆私家车。

早在1975年，新加坡就开始在市中心6平方公里的控制区域征收“交通拥堵费”，除公交车辆或4人共乘一辆车外，在高峰期进入收费区的车辆都要缴费。1998年，新加坡开始实行公路电子收费系统，除自行车以外的所有车辆，都必须安装与车牌号唯一对应的读卡器，当经过电子收费系统时，司机无需停车，收费器可自动扫描扣费。

与征收拥堵收费政策相配套的措施包括：增加公共汽车数量和频率，提高限制区内的停车收费，设立了多乘员车道（High-Occupancy Vehicle Lane）并减免费用，在限制区外建立了更多的停车位，自政策实施以来，新加坡进入城市地区的交通量增长速度与汽车总体增长速度相比有所放缓。

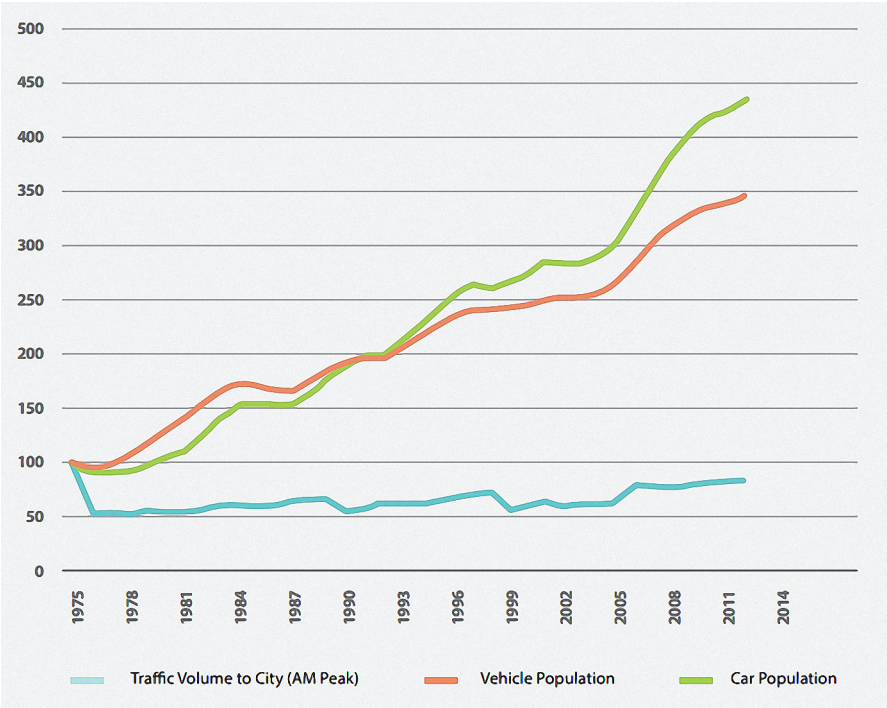


图 5-9 新加坡交通量与汽车增长情况(1975-2014)

图片来源：新加坡土地交通总体规划



图 5-10 新加坡电子道路收费系统

图片来源：新加坡可持续发展蓝图

未来新加坡将进一步提升收费系统的有效性和公平性，在需要时建立扩展新的电子道路收费设施和覆盖范围，继续确保顺畅的交通流量。根据汽车在拥挤道路上行驶的距离按比例收费，目前新加坡正在开发基于全球导航卫星系统技术的电子道路收费系统，从而实现对交通拥堵的有效调控。

同时，新加坡政府正积极发展无人驾驶汽车，以便解决日益严重的城市交通拥堵问题。无人驾驶汽车可共享，无需占用停车位，减少人力成本，为老人和残障人士提供更方便的出行选择，用于夜间货运的自动驾驶汽车可同时被用于交通高峰时段以减缓拥堵。短期内，新加坡将在三个新社区试运行无人驾驶巴士，主要用于帮助居民在社区内旅行或者搭乘车前往附近的火车站和公交站。2018年4月，新加坡南洋理工大学已经分阶段在校园内推出无人驾驶的自动化巴士服务，方便师生和其他访客往返宿舍、教室和其他校园设施。

伦敦市政府2003年开始向所有进入市中心的车辆征收拥堵费，2017年10月开始向尾气排放不达标老旧机动车额外收费。2019年4月8日起，为治理严重的汽车尾气污染，保障市民健康，伦敦开始在市中心区施行“超低排放区”（ULEZ: Ultra Low Emission Zone），对尾气排放量超过标准的机动车额外收费。伦敦市政府预期，未来两年内伦敦汽车尾气排放量有望减少45%。现阶段“超低排放区”划定的范围等同于现在征收拥堵费的中心城区范围。“超低排放区”的范围预计还将从2021年的10月25日开始扩大至伦敦各区，这将成为世界上范围最大、覆盖人口最多的限排区。

London Ultra Low Emission Zone

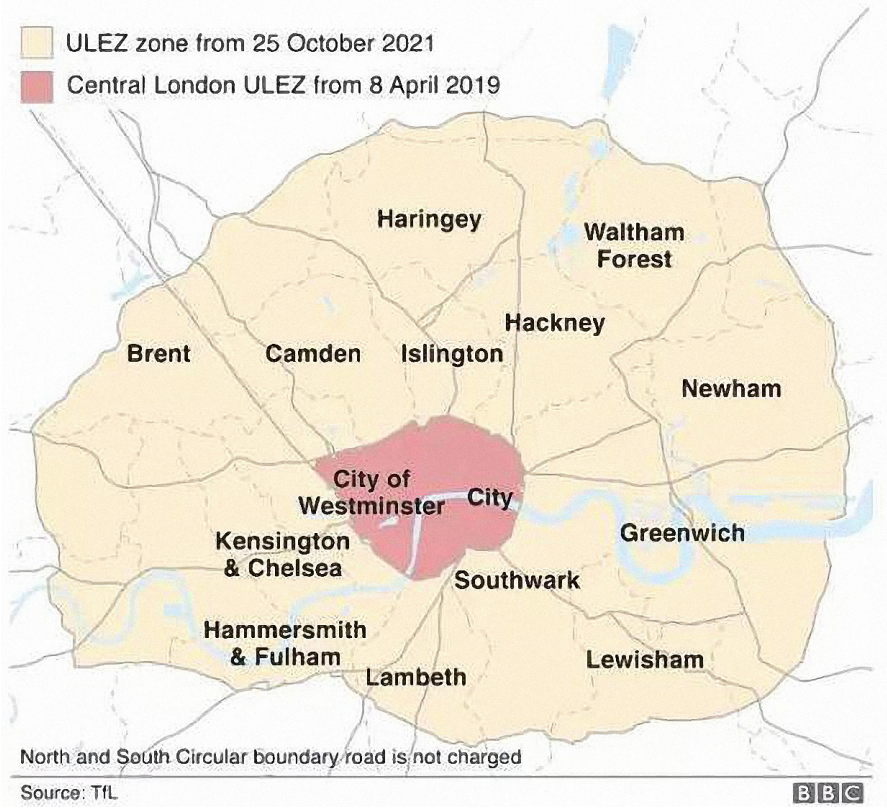


图5-11 伦敦“超低排放区”示意图, 红色为2019年政策生效范围

来源：伦敦交通局

5.6 生态保护与韧性

5.6.1 制定韧性城市专项战略

基多制定了《基多大都市区韧性城市战略》（2040 RESILIENCE STRATEGY Metropolitan District of Quito）。到2040年，基多将成为一个高生活质量的城市，能够成功应对社会，文化，经济和环境领域以及该地区的所有挑战。它将成为一种有弹性的城市，并将确保其人口的可持续发展。

为实现构建韧性城市的愿景，基多提出五大目标：创建为每个人提供包容和开放的城市、全球化和具有竞争力的城市、对环境负责的城市、为生活而设计城市，以及重视其文化和历史的城市。当前基多面临着不稳定的经济、脆弱的环境、碎片化的社会结构、不安全的国土、城市散乱破碎等问题。针对这些问题，基多提出提升城市韧性的五大支柱策略：包容和被赋予权力的公民、强大而可持续的环境、综合紧凑型的城市、资源丰富而稳固的经济、有反应力而安全的领土。并将战略方案细化为16个目标、64项行动。同时，基多韧性城市战略还充分考虑了各领域的交叉性。

表 5-1 基多韧性城市战略的五大支柱策略及目标

策略	目标
A 包容和被赋予权力的公民	A1 通过能力建设鼓励公民与市政当局共同承担责任
	A2 建立使公民参与的体制机制
	A3 为公民创造优质的公共空间
B 强大而可持续的环境	B1 管理自然、半自然区域和城市公园
	B2 提高环保意识
	B3 充分利用自然环境在城市基础设施规划中的优势
C 综合紧凑型的城市	C1 控制城市扩张
	C2 最大限度地发挥首个基多地铁线对城市发展的影响
	C3 实现综合高效的运输系统
	C4 促进城市的积极流动
D 资源丰富而稳固的经济	D1 创造有利于加强劳动力供需的经济环境
	D2 培育多元化、可持续和创新的经济
	D3 促进食品经济作为发展的基础
E 有反应力而安全的领土	E1 避免产生新的风险
	E2 减轻现有风险
	E3 做好应对风险的准备
交叉领域	确保韧性理念在各类规划过程中的连续性

资料来源：《RESILIENCE STRATEGY: Metropolitan District of Quito》

为确保韧性城市建设切实可行，基多战略针对每个目标的行动方案都进行了细化研究，详述了其所属的支柱策略分类、当前实施进展状态、实施时间表、行动方案的所属部门，其他实施合作伙伴，以及它与其他战略目标的关系，并提供了一套绩效指标，可以在未来用于衡量行动计划的实施情况。

表 5-2 基多韧性城市战略各项行动计划陈述的详细信息

行动计划状态	预先存在的：已经存在并将进一步强化的行动。
	正在进行中的：已经由韧性办公室实施的计划行动。
	计划中的：已经具有实施计划的行动。
	预期性的：需要进一步研究和规划的行动。
时间进度	短期：半年至一年
	中期：一至两年
	长期：两年或更久
行动所属部门	负责执行行动的主体
实施合作的伙伴	参与部门、私营部门利益相关者、学术团体、社区，100 韧性城市平台的合作伙伴等。
城市网络	参考 100 韧性城市网络中的其他城市， 有哪些类似的行动已经起作用或可以用作支持和灵感来源的措施。
绩效指标	用于衡量这一行动的实施情况

资料来源：《RESILIENCE STRATEGY: Metropolitan District of Quito》

例如，针对目标**B1——管理自然和半自然区域和城市公园**，基多韧性战略中进一步规划了三个行动方案来达成其目标，分别为：保护自然和半自然区域的管理计划、评估生态系统服务的培训计划，以及南部河流和峡谷恢复项目。

其中，保护自然和半自然区域的管理计划为长期计划，重点在于采用适应性管理或共同管理的方式，参与和整合各种利益相关者，促进自我组织，建立安全边界以避免生态系统退化。评估指标为设计和实施的管理模式，以及在此模型下管理的自然和半自然区域公顷数量。

评估生态系统服务的培训计划为中期计划，重点在于为自然提供的服务分配货币价值，并将其分为供应能力、气候调节能力和文化能力，通过对利益相关者的培训，使得环境、经济和社会的综合因素纳入与城市发展相关的决策。该计划的评估指标为培训班的数量、受过培训的市政员工人数，以及有价值的生态系统贡献的设计政策和计划的数量。

南部河流和峡谷恢复项目也为长期计划，建设内容包括恢复河流卫生、防洪基础设施建设，峡谷清洁和生态恢复，河床恢复和线性公园建设等。评估指标为净化河床长度，以及修复的河流面积公顷数。

巴黎在其《韧性战略》²⁵中提出，面对气候变化，未来将依靠其居民，调整其基础设施，动员其城市的集体智慧及其周围的领土，以一种全面而包容的方式应对风险，构建集成更有效的应对气候的解决方案，将本世纪的挑战转化为机遇。

当前巴黎面临着社会、生态环境、气候变化适应等多方面的诸多挑战，如不断升高的气温对城市基础设产生压力，塞纳河的水资源短缺及洪水安全隐患，交通及建筑供暖造成的空气污染，社会、经济和空间的不平等以及缺乏社会凝聚力，面临恐怖主义对城市安全的威胁等。

针对城市面临的调整，巴黎韧性战略提出了实现韧性发展的3大支柱，9个目标，和35项行动。

表 5-3 巴黎韧性战略的三大策略与子目标

支柱策略	子目标
一个包容和有凝聚力的城市，依赖其居民的力量而变得更有弹性	让年轻人和老年人具备应对急性休克和日常压力的能力
	创造鼓励邻居和包容性社区之间的善意的条件
	让居民共同创造城市的明天。
一个迎接 21 世纪挑战的建成和发达的城市	预测风险并建设适应型的基础设施
	设计创造多种效益的基础设施
	在密集的城市中促进富有弹性的都市主义建设
一个转型的城市，动员集体智慧，调整其经济业务，并与周围的区域密切合作	动员集体智慧和资源
	确保公共服务的连续性和行政部门的弹性
	与其他地区合作以逐步开始转型

资料来源：《Paris Resilience Strategy》

为实现各项目标，巴黎韧性策略中制定了具体的行动，并明确了行动的时间节点、实施主体及管件内容。例如，第二个支柱策略“一个迎接21世纪挑战的建成和发达城市”中，提出“预测风险并建设适应型的基础设施”的子目标，在此目标之下又包括多项具体行动。一是开展“将校园转变为冷却岛绿洲”行动，逐步增加校园中的树木和植被，安装冷却设备，改进校园建筑材料，将校园作为社区冷却中心，以应对热浪的来袭。二是增强对风险的预警行动，系统预测风险对基础设施的潜在影响、应对风险所需的成本，以及探索多方缓解风险的解决方案，诸如使用无人机或传感器等工具监控建筑物和基础设施运转状况的新方案等。

巴黎韧性城市战略特别注重加强城市基础设施建设，以应对塞纳河洪水对城市的潜在威胁。在未来的城市建设中，一方面巴黎将开展加强对地下空间的监测和基础设施建设行动，减少与建筑物倒塌和洪水有关的风险，利用3D图形技术等数字工具模拟塞纳河水位对地下水和洪水的影响。另一方面，加强弹性道路的规划建设，逐步发展适应各种风险的铺路材料，让道路有利于雨水滞蓄、排水，以限制或避免废水排入塞纳河。

在2013年，纽约市就发布了第一个具有海岸全面保护计划的弹性城市建设规划—《一个更加强壮、更富弹性的纽约》来减少城市脆弱性。之后，纽约实施一系列海防项目来应对气候变化带来的威胁，并与USACE合作开展海岸弹性建设项目。但不论是现在还是未来，纽约市都需要大量的资金支持以及探索新的资金来源来保证海岸弹性建设项目全面、有效地实施。未来纽约市在实现提高沿海防洪能力目标方面包括3个评价指标：一是完善线性海防设施部署，二是提高沿海生态系统修复面积，三是提高从海防项目和生态系统修护项目中获益居民的数量。

具体而言，主要有三项措施：第一，增加海防工程。自纽约市发布包含37亿美元全面沿海保护计划的规划——《一个更加强壮、更富弹性的纽约》以来，城市在5个行政区开展海防工程项目。为了扩大海防工程项目的公众参与，纽约市重新建立了海滨管理

25 Paris Resilience Strategy. FLUCTUAT NEC MERGITUR. 100 Resilient Cities. 2017.10

咨询董事会来指导海滨建设，包括沿海弹性设施建设、自然资源保护等。同时，纽约市通过与NPCC和牙买加湾科学与弹性研究所合作，继续开发基于保护自然的弹性建设项目。第二，为重要的海防项目寻找资金来源。纽约市与USACE合作的、有关2015年纽约港及其子港建设的研究项目是由纽约市授权并募集建设资金，这些项目将为USACE研究提供基础数据，纽约市在开展这些投资项目时需要增强自身的融资能力，为此，纽约市通过项目竞争招标方式获得来自城市社区伙伴和其他利益相关者的项目建设资金。第三，政策支持海防项目。一个新的海防项目设施必定需要相应滨海管理规划支持，城市需要更新的滨水地区管理工具来评价和优化管理其新建项目，因此，纽约市探索新的治理模式来支持项目竞争，并整合沿海弹性措施形成长效治理机制。

5.6.2 将韧性城市建设纳入城市总规并搭建规划技术框架

《北京城市总体规划（2016年—2035年）》提出了“强化城市韧性”要求，成为全国首个将“韧性城市”建设纳入城市总规的城市。北京开展了《北京韧性城市规划纲要研究》工作，将搭建韧性城市规划的技术框架，进而为北京市韧性城市建设和综合风险防控提供理论依据和技术支撑。该纲要梳理了国内外韧性城市相关的理论研究，与传统防灾规划作了比较，结合北京的实际情况，建立了风险数据库，从全要素、全过程、全空间三个方面优化了风险评估模型，从城市系统和韧性管理两个维度构建了城市韧性度评价体系，并提出了提升策略。

该研究以国内权威认可328种致灾因子的全要素数据库为基础，除去北京未涉及的因子，并综合考虑发生频率、成灾强度、影响范围及其与城乡规划的关联性等因素，归并得到37种致灾因子，作为重点研究对象。其中自然灾害16种，包括水旱灾害、气象灾害、地震灾害、地质灾害、生物灾害和森林火灾等；事故灾害13种，包括矿产事故、交通运输事故、公用设施和设备事故、危化品事故、火灾事故、环境污染和生态破坏事故等；公共卫生3种，包括传染病疫情、慢性疫情和食品药品安全事件；社会安全5种，包括恐怖袭击、群体性事件、民族宗教冲突、禁毒、治安等。

针对16种自然灾害，从致灾因子危险性、承灾体脆弱性、防灾能力及其对次生衍生灾害的影响等方面入手，构建自然灾害单灾种风险评估体系。并选择泥石流、森林火灾和雪灾等北京市典型的自然灾害开展风险评估与区划，确定了不同灾害的风险等级、影响范围和潜在损失。

针对13种事故灾害，建立重大危险源单灾种风险评估体系。通过动力学演化模型及多相耦合效应研究，对北京市主要爆炸物的燃烧传热过程、波及范围及其可能造成的人员伤害和建筑物破坏等进行定量评估和预测。并综合考虑人口和经济因素，对爆炸及危化品泄露的耦合风险进行仿真模拟、轨迹回放和后果分析。

在此基础上，建立多灾种耦合的综合风险评估体系。应用链式理论和事件链原理识别典型灾害之间的内在关联性，构建不同风险源的耦合关系矩阵，并将时空数据挖掘和灾害演化动力学相结合，搭建城市灾害链动态风险评估模型。

研究根据风险评估结果，构建了城市韧性度评价指标。从城市系统和韧性管理2个维度出发，构建包含12个方面、83个绩效指标的韧性城市评价指标体系，再归一化形成韧性度指数，以有效评价和科学量化城市的韧性水平。利用韧性度指数对北京市现状及新总规实施后的规划韧性水平进行测算，得到现状综合韧性度为2.60。在北京目前的城市系统中，人员和基础设施较高，生态环境较差；韧性管理中，领导力最好，恢复能力、京津冀协同和监测预警能力较弱，有待进一步提高。而规划2020年和2035年可分别提高至3.57和4.48。该纲要的研究结果有力地支撑了《北京城市总体规划（2016年—2035年）》中“强化城市韧性”要求。

5.6.3 提高城市基础设施适应气候变化能力

温哥华制定了加拿大第一个《适应气候变化战略》（2050 Climate Change Adaptation Strategy），根据温哥华未来气候和环境的变化情况，分步制定行动策略，旨在将气候变化纳入规划、设计和城市应急管理中，从而提高城市基础设施和各项服务应对预期气候变化的能力²⁶。

该战略指导采取了风险评估和脆弱性评估相结合的方法。风险评估是自上而下的，通过识别预期影响来开展工作，包括对风险的可能性和风险的后果的评估。脆弱性评估是自下而上的，目的在于确定城市社区的敏感区域和容易发生变化的领域，包括对气候变化敏感性和应对适应能力的评估。依据评估结果显示的问题的紧迫性，温哥华将未来需采取的行动分为“必须做”、“密切监视”和“进一步调查”三类，以明确实施气候变化行动的优先次序。

根据对未来气候变化的预测结果，到2050年，温哥华预计会出现更炎热、更干燥的夏季，产生更多的瀑布和溪流，以及更温暖的冬天。因气候变化引起的极端天气事件将更加频繁和激烈，到2100年海平面上升预计将达到1米。根据风险评估和脆弱性评估，温哥华将如下影响确定为优先级：

26 Green City 2020: Climate Change Adaptation Strategy. CITY OF VANCOUVER. <https://vancouver.ca/green-vancouver/climate-change-adaptation-strategy.aspx>

表 5-4 温哥华气候变化产生的预期影响

1.0	暴雨事件的强度和频率增加
1.1	低洼地区降雨积水或强降雨影响排水系统容量的地表水增加
1.2	合流下水道溢流量增加
1.3	下水道综合区域的下水道备用量增加
1.4	影响公共基础设施和私人财产的滑坡风险增加
2.0	海平面上升
2.1	洪水和风暴潮更为频繁
2.2	下水道排水口附近的低洼地区发生洪水的情况更为频繁
2.3	海岸线侵蚀影响自然环境和公共设施
3.0	风暴和极端天气的频率和强度增加
3.1	无家可归者、失去住房者等弱势群体的安全 and 健康风险增加
3.2	由于基础设施和树木的损坏，街道上的公共安全风险增加
3.3	在风暴事件期间和之后响应和清理所需的资源增加
3.4	自然灾害及相关的应急管理和响应能力需提升
4.0	更炎热干燥的夏季
4.1	在极端高温事件期间，弱势群体面临的健康和安全风险增加
4.2	供水短缺
4.3	增加呼吸道疾病的传播几率
5.0	整体性变化
5.1	新建或既有建筑不适应新的气候变化
5.2	降低基础设施的耐久性和生命周期，导致维护和更换成本增加
5.3	对城市森林，绿地和树木的影响增加，导致维护和更换成本增加。

资料来源：温哥华《Green City 2020：Climate Change Adaptation Strategy》

为应对并减缓气候变化产生的影响，温哥华在该气候变化战略中，针对每个可能产生的影响，提出控制目标与指标，并计划采取相应的行动。如制定了城市森林战略。提出未来完成全市综合雨水管理计划，增加灰色（管道）基础设施的能力，以应对暴风雨并消除下水道溢流，通过建设被动房屋，减少29%的家庭的采暖需求，在2010年至2020年之间恢复或增加25公顷的自然区域，在2010年至2020年期间种植150,000棵树木，到2050年将树冠覆盖率提高到22%。

表 5-5 温哥华应对气候变化影响、目标、主要行动计划与指标

气候变化影响	目标	主要行动计划	指标
1.0 暴雨事件的强度 和频率 增加	1.1 尽量减少与降雨有关的洪水和相关后果	完成并实施全市综合雨水管理计划； 分离雨污管道	与水有关的保险索赔或费用损失
			合流下水道溢流量
			可渗透地面占总地面覆盖率的百分比
2.0 海平面上升	2.1 提高温哥华基础设施的适应能力，应对沿海洪水和海岸侵蚀	完成沿海洪水风险评估，并制定全市范围的海平面上升适应性响应策略；更新城市防洪政策，重新划分防洪建设等级	未受保护的沿海洪水易发区的人口百分比
			城市资产在未受保护的沿海洪水易发区域的价值
			地下水盐度的变化
3.0 风暴和极端天气的频率和强度增加	3.1 减少因恶劣天气导致的无家可归者和低收入人群的安全和健康风险	增强保障性住房、庇护所的建设	极端天气期间多余的避难所床位比例
			每年触发启动极端天气避难所的次数
			在线租赁数据库中报告的霉菌事件数量
	3.2 提高温哥华应对极端天气事件并有效恢复的能力	制定后备电力机制政策和能源短缺评估部门	与天气有关的事件造成的总损失
			与天气有关的事件触发应急指挥系统的次数
			足够在超出生命安全要求的情况下保持运转的备用电力的市政设施的比例
4.0 夏季更加炎热和干燥	4.1 最大限度地减少人均用水量	执行水资源保护计划	人均用水量
			新增污水再利用计划的数量
	4.2 最大限度地减少热浪期间的发病率和死亡率	支持极端炎热天气委员会完成规划的第二阶段，并扩大炎热天气准备工作计划。	与热有关的住院或死亡数量
			冷却中心的容量
			从已知热点地区或易受伤害人口位置到冷却中心的平均距离
			指定社区热点地区的平均温度
			遮阳覆盖比例
			已知热点地区的新增喷泉数量
5.0 整体性变化	5.1 提高建筑环境对未来气候条件的抵御能力	在下一版的温哥华建筑章程（VBBL）中纳入气候变化适应措施，更新和探索相关的分区变化	具有 LEED 认证的建筑的比例
			绿色或凉爽屋顶的建筑物比例
	5.2 增加城市森林，绿地和树木的长期健康和活力	支持制定全面的城市森林经营计划，重点是在城市地区种植成功的树木	树冠覆盖面积占总陆地面积比例
			绿地和树木的平均增加和减少量
6.0 对气候适应性的重视程度不断提高	6.1 将适应性考虑纳入城市业务	与市政当局和其他机构合作，加强区域合作，确保城市韧性和经济活力	居民平均接近自然区域比例
			与气候有关的公私伙伴关系的数量
			每年实施的适应项目或行动的数量
			了解气候预测的工作人员数量

资料来源：温哥华《Green City 2020：Climate Change Adaptation Strategy》

6. 结论：通过规划手段促进面向2035的城市绿色低碳转型

6.1 面向2035的城市低碳转型和可持续发展关键指标

2035年是中国城市低碳转型和可持续发展的重要节点。2035年也是中国各个城市编制新一轮城市总体规划的目标年。面向2035年，各个城市应提出低碳转型与可持续发展的定量目标与实施策略，并纳入城市总体规划，在总规中设置低碳与可持续发展独立章节，在低碳生态发展重点领域提出发展目标与关键对策，将碳减排、可再生能源发展、建筑可持续发展、改善环境质量、绿色城市交通、韧性城市等领域的关键指标纳入城市总体规划指标体系，并提出引领低碳转型与可持续发展的目标值。

面向2035年的城市低碳转型和可持续发展总目标：落实2030年联合国可持续发展议程。到2035年，节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式总体形成，生态环境质量实现根本好转，生态环境领域国家治理体系和治理能力现代化基本实现，美丽中国目标基本实现。到2050年，绿色发展方式和生活方式全面形成，人与自然和谐共生，生态环境领域国家治理体系和治理能力现代化全面实现，建成美丽中国。

根据科学性、可监测、前沿性等原则，在低碳转型与可持续发展领域中国城市适用的关键指标如下表所示：

表 6-1 低碳转型与可持续发展关键指标		
领域	关键指标	面向2035年的发展目标确定原则
碳减排	碳排放总量较峰值下降率	按照全国 2030 年达峰目标，城市层面应尽量在 2030 年达峰，并提出 2035 年碳排放相对峰值的下降目标，从峰值后管理开始，城市应向实现净零碳排放的目标努力。
可再生能源	可再生能源占能源消费总量比重	城市层面，应大力提高可再生能源在能源消费中比重，到 2035 年，争取实现可再生能源成为能源消费结构中的重要部分甚至主体能源。
建筑可持续发展	新建项目实现绿色建筑运行标准比例	绿色建筑应从设计标准的全面实施向运行标准的全面实施过渡，评价建筑可持续发展的最终标准是其运行时的能耗、温室气体与各种污染物排放水平。到 2035 年，新建项目实现绿色建筑运行标准的比例将成为重要评价指标。
	净零碳建筑占比	净零碳建筑的发展是城市实现净零碳排放的重要领域，到 2035 年，作为评价建筑运行过程中低碳绩效的指标，净零碳建筑占比应逐步提高。

领域	关键指标	面向2035年的发展目标确定原则
改善环境质量	城市空气质量优良天数比率	到 2035 年，城市空气质量应实现全面改善。对于自然地理条件较好的城市，空气质量水平应对标国际先进标准；对于先前空气质量较差的城市，应实现较大的提升，空气污染不再对居民健康构成严重影响。
	水功能区水质达标率	到 2035 年，水功能区水质应实现完全达标。
	近岸海域水质优良比例	对于沿海城市，海洋环境质量也应成为环境管理的重要目标。到 2035 年，近岸海域水质应对标国际先进水平。
	生活垃圾资源化利用率	生活垃圾应实现 100% 无害化处理，并通过垃圾分类处理水平的提升，到 2035 年力争实现 100% 资源化利用。
绿色城市交通	公共交通占机动化出行比例	对于有条件发展轨道交通网络的大城市，公共交通应成为机动化出行的主体，出行比例大于 60% 并尽量达到更高水平，对标国际“公交都市”。对于轨道交通发展受限的中小城市，应布局多种方式的公共交通，应用智慧交通技术，提升公交服务水平并引导居民合理使用小汽车，公交占机动化出行比例应提升并保持在较高水平。
	零碳出行率	步行、自行车等不直接产生碳排放的非机动出行方式人数占总出行人数的比例是反映绿色出行程度的重要指标。城市应将发展非机动车作为城市交通的重要战略，并实施优化空间布局、改善非机动出行条件等多种措施，到 2035 年，非机动出行应成为与机动出行并重的出行方式。
	新能源汽车占比	到 2035 年，纯电动汽车和氢燃料电池汽车等新能源汽车应逐渐成为机动车主体。
韧性城市	生态保护用地占国土面积比例	城市生态控制线严格实施，对于新建城区，生态保护用地占国土面积应比已建成城区更高。
	雨水径流总量控制率	城市应推进海绵城市建设，到 2035 年，城市建成区的大部分面积应达到海绵城市雨水径流总量控制率的目标要求。
	森林覆盖率	到 2035 年，城市的森林覆盖率应在原有基础上有一定程度的增长，显著提高碳汇功能并减缓城市热岛效应。

资料来源：项目组整理

6.2 将各重点领域绿色低碳转型路线图纳入城市规划体系

本研究广泛收集了国内外城市面向2035的低碳转型和可持续发展相关规划、政策与行动方案，重点总结了国内外城市在碳减排、可再生能源发展、建筑可持续发展、改善环境质量、绿色城市交通、韧性城市建设等领域的先进发展经验。

建议城市应基于自身的发展基础与定位，对标可持续发展各领域的先锋策略，制定支撑目标实现的可再生能源发展、绿色建筑、绿色城市交通、环境污染防治、生态保护与韧性城市等领域专项规划，提出具有前瞻性的行动计划，将各重点领域绿色低碳转型路线图纳入城市规划体系，以规划手段倒逼城市尽早实现时间、空间、结构三大维度的低碳转型。

6.2.1 碳减排转型：从提前达峰走向净零碳排放

2030年是中国全国层面承诺达到碳排放峰值的目标年，低碳发展国家试点城市与提前达峰联盟城市普遍提出在2030年前实现城市层面碳排放达峰。从2030年后，城市层面的碳减排进入峰值后管理阶段，应以最终实现净零碳排放为目标，制定持续减排的行动计划。根据2018年10月8日发布的《IPCC在加强全球应对气候变化威胁、实现可持续发展和努力消除贫困的背景下，关于全球升温高于工业化前水平1.5℃的影响和相关全球温室气体排放路径的全球升温1.5℃特别报告》（《IPCC1.5℃特别报告》），要实现全球气温升高1.5℃以内这一目标，全球各国土地、能源、工业、建筑、运输和城市建设等各个层面都应“迅速而广泛”地改变，以使人为的二氧化碳净排放量至2030年要比2010年水平减少45%，2050年要实现“零净排放”，即二氧化碳的排放量与消除量对等。

6.2.2 可再生能源转型：成为能源消费结构中的主体

从现在到2035年，是可再生能源加速发展的关键时期，可再生能源能否成为能源消费结构中的主体，决定了碳排放达峰与最终的净零碳排放目标能否实现。发达国家城市普遍将发展可再生能源作为低碳发展的重要支柱，如温哥华提出到2030年，使用的能源55%来自可再生能源，2050年之前100%来自可再生能源；哥本哈根提出到2030年，非化石燃料比例提高到50%，2050年实现无化石燃料。在城市层面，应因地制宜选择重点发展的可再生能源，能源终端消费部门尽量使用电能，而发电部门尽量使用可再生能源，到2035年，使得可再生能源成为能源消费结构中的主体能源，比重超过50%，到2050年，力争实现无化石能源，甚至能源消费100%来自可再生能源。

6.2.3 绿色建筑转型：从节能建筑到产能建筑

在城市层面，应建设建筑能耗监测平台，推行建筑光伏一体化等可再生能源在建筑部门的应用，从绿色建筑设计标准的全面覆盖向绿色建筑运行标准的全面实施过渡，促使建筑从“耗能部门”向“节能部门”，甚至“产能部门”转变。到2035年，制定完善并全面推行产能建筑标准（正能房、产能房等），将执行产能建筑标准的比例纳入城市规划指标体系。到2050年，建筑部门争取总体实现“零净排放”。

6.2.4 环境污染防治转型：从全面提升的“量变”到实现根本好转的“质变”

面向2035年，在城市层面应针对本地重点污染物与重点污染源，实施专项治理，并通过建立区域环境保护合作机制，在大气、水等领域联合治理跨区域污染问题，强化联防联控。到2035年，环境质量应从全面提升的“量变”升级至实现根本好转的“质变”。“实现根本好转”的具体内容至少应包括：空气质量方面，基本消除重污染天气；水环境质量方面，饮用水安全得到切实保障，基本消灭城市黑臭水体；土壤环境质量方面，强化土壤污染管控和修复，有效防范土壤污染对食品安全和人居环境带来的风险。到2050年，人与自然和谐共生，生态环境领域治理体系和治理能力现代化全面实现。

6.2.5 绿色城市交通转型：交通结构与燃料结构的双重优化

面向2035年，城市在交通结构方面要提升公共交通占机动化出行比例和非机动出行比例；在交通工具方面要提升新能源汽车比例，推进氢燃料电池汽车发展，发展智能网联汽车，通过“电动化+智能化”实现汽车出行的绿色化，逐步减少直至停止燃油车的销售与使用。交通结构方面：到2035年，公共交通在机动化出行中占主导地位（大城市应达到60%以上）；到2050年，大城市公共交通占机动化出行比例争取达到80%。燃料结构方面：同步推进新能源汽车发展与电力清洁化，到2035年，城市新能源汽车基础设施发展完备，燃油车逐步退出汽车销售市场，新增和更换新能源汽车占比达到100%，新能源汽车在汽车保有量中的占比达到40%以上；到2050年，电力来自于可再生能源的新能源汽车成为城市交通的机动车主体。

6.2.6 韧性城市转型：从理念推广到规划与设计的全面实施

在规划层面，国内仅有少数城市开展了韧性城市规划研究，或在规划中提及韧性城市发展理念，尚未明晰韧性城市规划与现有城市规划体系的关系。面向2035年，中国城市应构建符合自身的韧性城市评测指标体系与方法，专门制定综合性的韧性城市发展规划，或将韧性城市理念的内涵、指标体系、目标等充分融入现行的规划体系，促进韧性城市规划与设计全面实施。到2035年，韧性城市测算方法、评价指标体系、规划编制技术标准成熟完善并全国推广，韧性城市全面纳入城市规划体系。到2050年，城市化解和抵御各类风险，保持其主要特征和功能不受明显影响的能力显著提高，风险管理能力现代化全面实现。



WWF的使命是
遏止地球自然环境的恶化，
创造人类与自然和谐相处的
美好未来。



Working to sustain the natural
world for the benefit of people
and wildlife.

together possible™ panda.org

© 2019
Paper 100% recycled

© 1986 Panda symbol WWF – World Wide Fund for Nature (Formerly World Wildlife Fund)
® “WWF” is a WWF Registered Trademark. WWF, Avenue du Mont-Bland,
1196 Gland, Switzerland. Tel. +41 22 364 9111. Fax. +41 22 364 0332.

For contact details and further information, please visit our international
website at www.panda.org