

# 未来城市与新经济 绿色创新驱动碳中和

FUTURE CITIES  
AND NEW ECONOMY  
CARBON NETRUALITY DRIVEN  
BY GREEN INNOVATIONS



UN HABITAT  
FOR A BETTER URBAN FUTURE

UN environment  
programme



INTERNATIONAL RESEARCH CENTER OF BIG DATA  
FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS  
可持续发展大数据国际研究中心



dena  
German Energy Agency

INNOVATION  
CENTRE  
DENMARK

iNED  
International New Economic Development  
新经济发展研究院



Tsinghua  
University



北京大学国家发展研究院  
National School of Development







## 未来城市与新经济:绿色创新驱动碳中和

本书版权所有者为联合国人类住区规划署  
联合国人类住区规划署(United Nations Human Settlements Programme, UN-Habitat)  
联系地址:P.O. Box 30030 00100 Nairobi GPO KENYA  
联系电话:254-020-7623120 (总部)  
网址:www.unhabitat.org

978-9914-40-606-1

免责声明:本出版物所用名称及其材料的编排格式并不意味着联合国秘书处就任何国家、领土、城市或地区或其当局法律地位、或对其边境或边界划界或其经济制度或发展程度表示任何意见。本出版物中部分可能未经授权使用的内容已经标明来源。本文件可自由引用或转载,但需要说明来源。本出版物中所涉观点不一定反映联合国人类住区规划署、联合国及其成员国的观点。所有译文均基于原文翻译,以英文原版为准。

封面版权所有:Man As Thep

### 致谢:

主要作者:史蒂夫·布朗德、徐晋涛、帕里斯·哈德菲尔德、胡恩·阮、纳塔利娅·特卡琴科、郭华东、孙中昶、邢强、吴文瑾、张弛、窦新宇、唐胜贤、朱登、朱碧清、柯丕煜、郭锐、卢晨曦、孙涛春、乔亚军、刘竹、长谷曜一郎、彭妮可、叶昂、章辉、赵明潇、曹宝林、罗伊然、苏海迪、玉洁、马丁·霍瑟、莫腾·克鲁斯、朱韵、郭倩仪、董晓群、曾辉、拉斐尔·奥博尼奥、郭雷  
联合国人居署贡献者:伯恩哈德·巴特、梅丽莎·佩梅泽尔、史蒂夫·布朗德  
主编:郭蕾  
编辑:赵明潇、曾辉、拉斐尔·奥博尼奥  
审稿人:梅丽莎·佩梅泽尔、史蒂夫·布朗德、伯恩哈德·巴特、周涛、阿卜迪纳西尔·萨加尔、列纳特·弗莱克、赵明潇、曾辉、郭蕾  
其他贡献者:陈序、谢艳、杨洁莹、陈小亭、余昉瑞、马恩恬  
设计与排版:凯文·马龙必、罗杨悱

# 目录

06	前言
08	序言
10	编辑团队寄语
12	作者简介

## 第一章

### 迈向碳中和目标的 愿景与挑战

26	气候变化与城市:采取行动迫在眉睫
46	碳中和对中国经济意义深远
51	碳中和与包容性未来城市的针对性和 变革性创新
64	实现碳中和:提升和扩大城市本地社区 主导力量的倡议

## 第二章

### 智慧城市 与数字基础设施

76	散户投资者可以帮助城市脱碳吗?
96	面向联合国SDG指标的海南省城市 可持续发展综合评估
114	以中国雄安为例,探讨城市碳中和的 路线
143	以人工智能和公众科学对抗塑料污染

## 第三章

### 新兴技术 与应用场景

- 154 以城市场景实验室助推“绿色+数字”双转型
- 166 以德国城市为例——系统性促进碳中和城市发展的四个维度
- 185 丹麦在碳中和方面的经验和创新

## 第四章

### 城市绿色 金融创新

- 204 碳中和绿色银行改革案例
- 219 浅析碳中和目标下构建中国金融数据要素市场的问题与建议

## 第五章

### 行动呼吁

- 244 行动呼吁

## 前言



迈穆娜·穆赫德·谢里夫 (Maimunah Mohd Sharif) 女士  
联合国副秘书长、联合国人居署执行主任

政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 发布的最新报告显示，自1850-1900年以来，人类活动排放的温室气体使全球气温升高了约1.1摄氏度。未来20年，全球气温预计将达到或超过基线水平1.5摄氏度，也就是超过《巴黎协定》旨在避免的临界值。实际上，即使各国政府目前的政策框架能够得到全面落实，到2100年时，人类活动也会造成2.7-3.1度的全球升温，而这将远高于人类有效管理地球环境所需要的温度水平。

人类活动对全球变暖造成的影响是灾难性的，这种影响使得人类数千年来赖以生存的“安全气候空间”变得岌岌可危。我们远不能承担这种灾难性后果。

到2030年，我们能否按照科学的要求，在2010年的基础上减少45%的碳排放呢？振奋人心的是，在过去几年中，占全球二氧化碳排放量65%以上、占世界经济总量70%以上的国家都对实现碳中和做出了雄心勃勃的承诺：到2030年，实现碳排放量减半，到2050年，实现净零排放。总计超过10735个城市签署加入了全球气候与能源市长联盟，53个国家的700多个城市加入了联合国的“零排放竞赛”运动。

与此同时，要实现这些远大目标，我们必须即刻行动起来。这种转型变革的规模和速度在人类历史上前所未有的，而意图通过老方法来实现必须达成的目标是绝不可能的。我们需要进行突破性创新，尤其是针对城市地区的创新，因为这里是大部分人的家园。

全球二氧化碳排放量的75%来自城市地区，主要来自城市交通和建筑。世界上55%的人口都居住在城市中。如果不在城市地区采取行动，国家政府就无法兑现其对国家气候和发展的承诺。

幸运的是，我们知道需要采取哪些行动。区别化规划就是要设计紧凑、互联、一体化的城市和人居环境，优化土地、资源和能源的使用。众所周知，城市的形态和结构以及所使用的建筑材料都会对温室气体的排放产生显著影响，这种影响在建筑物建成后的几十年间都会依然存在。我们也意识到，必须通过保护和扩大我们的生态系统来吸收二氧化碳，从而进一步保障人类福祉，守护人类健康与安全。

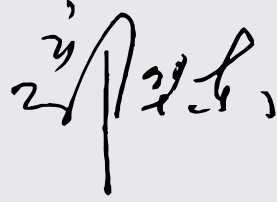
减少温室气体的措施必须与减少不平等、快速城市化的管理措施结合起来。因为我们知道，如果不针对城市采取行动，就不可能实现可持续发展目标及其气候目标。汲取过往经验，我们发现只有包容、广泛地听取边缘群体的声音，使年轻人参与进来，才能确保每个人都为缓解全球气候变暖作出自己的一份贡献。

因此，我很高兴能为大家介绍这本出版物。书中汇编了在城市地区实现碳中和的理念、案例、创新方法和实用策略。实现碳中和将需要经济和社会中的所有部门进行全面创新。本出版物为读者提供了来自经济学家、社会科学家和生态学家、研究机构、政府机构和政府间组织以及一系列来自世界各地，尤其是来自中国和亚太地区的循证方法和观点。本出版物的编著者提供了许多有用的战略、多样的方法，以及发人深省的案例和最佳实践，重新审视了全球城市绿色创新带来的机遇和挑战。

本出版物并非旨在全面记录或定义实现城市净零排放的具体途径。相反，它旨在展示共同推动实现我们的城市地区乃至整个世界的气候中和所需要的多样性理念和方法。

对于联合国人居署而言，加强气候行动、改善城市环境，以及有效的城市危机预防和应对是我们未来几年四个战略重点领域中的两个重点。我们要与各级政府，尤其是年轻人、民间团体和商界展开合作，这对于我们在全球范围内创建一个低碳的、气候适应型的、包容与和平的未来至关重要。我们期待与您携手，共同踏上这一重要而紧迫的旅程。

# 序



郭华东

可持续发展大数据国际研究中心主任  
联合国可持续发展目标技术促进机制10人组成员(2018~2021)

联合国2030年可持续发展议程的核心是让其成员国和利益攸关方行动起来，用可持续的方式生产和消费，目的是实现人与自然和谐相处，让全球走上可持续发展的道路。根据联合国机构近期发布的可持续发展相关报告信息，实现可持续发展目标的全球进程受到了新冠疫情的负面影响，在消除贫困、零饥饿、减少不平等、气候行动等领域的进展停滞甚至倒退。不同的可持续发展目标在全球不同地区的平均得分也相差甚远，比如高收入国家的可持续发展目标平均得分约为低收入国家的1.53倍。

无论是可持续发展目标之间的不平衡还是地区间可持续发展的不均衡，都阻碍了可持续发展目标的全面实现。亟需对可持续发展目标的不均衡性进行深入研究，为国际社会制定均衡发展政策提供更加准确、客观的决策依据，将当前的危机化解为重塑人与自然关系的转机。而这亟需改进数据工具和研究方法。地球大数据是具有空间属性的地球科学领域大数据，尤其指基于空间技术生成的海量对地观测数据，包括陆地、海洋、大气及人类活动相关的数据，具有海量、多源、多时相、高度集成等特点。

2018年起，中国科学院利用地球大数据支撑联合国可持续发展目标做了系统性研究并取得以下三类成果：一是为可持续发展决策支持提供了重要的科学依据，比如我们连续三年发布了《地球大数据支撑可持续发展目标报告》，对6项可持续发展目标中的具体目标进展进行评估，并分享实践案例，为落实《2030年可持续发展议程》提供新助力；二是构建可持续发展大数据信息平台系统，从数据共享、产品在线按需生产、指标在线计算、成果可视化演示方面为SDG指标监测与评估提供支撑；三是为可持续发展目标的实现提供了技术方案，我们重视基于方法论的研究，推出了一系列的方法，包括模型、分析技术和综合的手



段，形成了可向世界其他国家和地区推广的可持续发展大数据解决方案。

2021年9月6日，在可持续发展大数据国际研究中心成立之际，中国国家主席习近平和联合国秘书长古特雷斯在贺信和视频致辞中均强调借助科技创新，推动科技界助力可持续发展目标在全球范围的实现。综合利用云计算、大数据、人工智能、5G、区块链、空间技术、网络通信技术新兴技术将为中国和全球可持续发展提供科技支撑。无论联合国的技术促进机制还是中国的创新驱动发展都将丰富我们的可持续发展“工具包”，用科学、技术和创新应对全球挑战，支撑可持续发展议程的推进。

这本“未来城市与新经济”特刊收录了全球不同国家和地区以绿色创新推动可持续发展议程、实现碳中和目标的理念和实践，提供了丰富的运用新技术、新模式、新方法助推可持续发展的案例。例如，绿色低碳转型的先行国家丹麦，将出口绿色解决方案作为助力可持续发展议程并为国内经济增长提供新动能的国家战略，在全球通过设立创新中心的方式开展国际合作；中国成都市自2017年起探索由数字技术驱动的新经济发展，以应用场景促进新技术、新产业、新业态、新模式在城市空间的落地转化，探索新工业革命浪潮下“公园城市”建设的新路径。

从事遥感和数字地球科学事业40余载，我通过遥感技术和地球大数据方法观测自然界的万千景象，也见证了许多国家和地区的日新月异的变化，特别是在夜晚的灯光遥感图像上看到了城市化进程带来的区域繁华，但也看到了荒滩戈壁消失在高楼之下。面向未来，期待从遥感图像中看到可持续发展议程与城市化进程的深度融合，那将是一派人与自然和谐共生的繁荣景象。而这需要有更多的城市积极探索绿色发展新范式，共同推进实现可持续发展目标的“行动十年”。

## 编辑团队寄语

郭蕾 联合国人类住区规划署创新计划项目负责人  
赵明潇 新经济发展研究院iNED副院长  
曾辉 世界经济论坛全球杰出青年深圳社区原副执委

2020年在阿布扎比的第十届世界城市论坛上，联合国人居署和新经济发展研究院iNED领衔推出了“未来城市与新经济”系列特刊，并联合发布了第一本刊物《科技创新驱动未来城市：新经济与共享城市繁荣》。在发布会的总结上，我们对未来城市留下了这么一个疑问：如何创造长期可持续的经济增长？三年过去了，世界发展环境日益复杂、充斥着高度不确定性。新冠肺炎疫情的全球大流行、频发多变的极端天气等放大了城市在应急响应、资源配置、收入分配、能源调度、环境治理等多个方面面临的种种问题，这些问题也和可持续发展紧密相关。联合国秘书长古特雷斯在2021年的领导人气候峰会上指出“我们需要一个绿色的星球，但眼前的世界却满是闪烁的红色警灯。”在此背景下，2021年9月13日，联合国发布了《我们的共同议程（Our Common Agenda）》报告，展望未来25年的前进道路，报告展示了两种截然不同的未来：一种是崩溃和永久危机，另一种是有所突破的更绿色、更安全的未来。“现在是时候纠正正在经济繁荣和进步的计量办法中存在的一个显眼盲点，避免以牺牲人类和地球家园为代价换取利润。”

早在1982年，诺贝尔经济学奖得主诺德豪斯一篇论文《How Fast Should We Graze the Global Commons?》横空出世，这也被认为是气候变化经济学的开山之作，在他后续一系列研究中，其在索洛增长模型中纳入碳排放带来的全球变暖的负外部性，开创性地构建了一个关于全球经济-气候系统的动态量化模型框架，以研究经济活动与气候变化之间的双向反馈循环。无独有偶，2021年诺贝尔物理学奖的一半授予了真锅淑郎和克劳斯·哈塞尔曼，以表彰两位科学家“对地球气候这一复杂系统的物理建模、量化可变性和可靠地预测全球变暖”的贡献。从经济到基础研究，诺贝尔奖是一个风向标，引导我们去思考深层次的气候系统问题——气候变化与经济发展和城市建设之间的关系是什么？这个问题正是我们整本刊物的思考起源，顺着这个问题，我们继续发问，绿色创新如何助推城市的转型？实现碳中和的共同目标下如何推动数字技术与实体经济更好地融合？人工智能、大数据、卫星遥感等新一代信息技术在可持续发展领域有哪些开创性的应用？在以城市场景作为各类绿色低碳创新应用的实验室方面都有哪些典型的探索实践？区域实践中政府、企业、公众三方的新型关系是怎么样的？金融工具和围绕碳目标的数据要素市场该如何打造？国际组织和区域性的绿色金融联盟有哪些值得借鉴的模式？提出疑问的过程，其实也是我们寻求突破的过程，总结来说，就是从经济发展与实现碳中和目标间寻找增长机遇，从绿色科创中更好地响应联合国的可持续发展目标。危机中同样孕育着难得的转型机会。

在人类行走在应对气候危机和疫后重启的关键阶段，亟需凝聚共识，从融合科学、技术和社会创新的碳中和实践中探索可复制可持续的增长路径。整本刊物的汇集也遵循了这一思路，既邀请了来自牛津大学、新加坡国立大学、墨尔本大学、清华大学、北京大学、中科院空天信息研究院等一流研究机构的学者，也得到了联合国环境署、世界银行集团、可持续发展大数据国际研究中心等国际组织的响应，还得到了来自德国能源署、丹麦创新中心、全球杰出青年深圳社区等一线实践者的支持，既有深度的理论研究、技术概论、模式展望，也有实操性强、落地性强的实践总结、工具介绍和政策建议。而以中国这个全球最大碳排放国为代表的双碳路径研究与全球其他不同发展模式下的气候措施分析也将形成一场学术与实践融合的知识盛宴。绿色复苏是场现在与未来间看不见硝烟的战争，只是这场战争并不只有你死我活以牺牲为代价的方式，共赢、携手才是我们破局的关键。

2022年，气候行动的关键十年刚刚拉开帷幕之际，可以回头去看看2021年11月13日，联合国秘书长古特雷斯在联合国第26届气候变化大会闭幕式上的讲话：“正如伟大的苏格兰作家罗伯特·路易斯·史蒂文森所说的那样，"不要以你的收获来判断每一天，而要以你播下的种子来判断"。在这条路上，我们还有很多种子要播种。若要致千里，那么就不能指望在一天或一次会议中，我们就能达到我们的目的地。但我知道，我们终将抵达。”

这本特刊也只是携手多方助力碳中和目标实现的一个开端。

## 作者简介

### 气候变化与城市: 采取行动迫在眉睫

#### 史蒂夫·布朗德

联合国人居署气候变化和创新专家

自2010年以来，他一直在城市和气候变化领域工作，专门研究气候变化、城市发展和治理之间的关系。史蒂芬通过研究和写作、项目管理和实施、战略咨询服务和促进工作，支持联合国人居署将气候变化应对措施纳入地方和国家决策。自2012年以来，史蒂夫一直在南非和肯尼亚工作。

### 碳中和对中国经济意义深远

#### 徐晋涛

北京大学国家发展研究院经济学教授、副院长

北京大学中国能源与发展中心(CCED)主任

徐晋涛最近的研究范围包括评估中国的林权改革、工业污染控制政策、面向低碳经济的经济政策以及北京的交通管理等。他的文章发表在《美国农业经济杂志》(AJAE)、《环境经济与管理杂志》(JEEM)、《土地经济学》、《世界发展》、《环境与发展经济学》和《生态经济学》上。他于1984年在吉林工业大学获得工程学士学位，1988年在北京林业大学获得森林经济学硕士学位，后来又在弗吉尼亚理工大学获得经济学硕士学位(1996年)和自然资源经济学博士学位(1999年)。

### 碳中和与包容性未来城市的针对性和变革性创新

#### 帕里斯·哈德菲尔德

墨尔本大学墨尔本城市中心城市研究科学家、城市创新博士后研究员

帕里斯·哈德菲尔德博士在城市气候政策和治理、能源系统创新和城市可持续融资方面拥有丰富的专业知识。巴黎最近与全球气候与能源市长联盟研究和创新技术工作组、Ironbark

可持续性组织一起，领导了一个行动研究项目，作为Innovate4Cities倡议的一部分，在全球范围内调查区域内的城市研究情况和创新优先事项（由全球气候与能源市长联盟欧洲气候基金会资助）。她的博士学位论文（由低碳生活 CRC资助）研究了澳大利亚、英国和瑞典三国在可再生能源采购、贷款和共同所有权方面的城市实验，并试图解释金融体系的变化如何催生了地方自治和包容性社会成果。

## 实现碳中和：提升和扩大城市本地社区主导力量的倡议

### 胡恩·阮

哥伦比亚大学博士后研究科学家

胡恩·阮博士是哥伦比亚大学拉蒙特-多尔蒂地球观测站的博士后研究科学家。他的研究旨在了解水循环在多个空间和时间尺度上的变化，并将这种了解应用于水资源管理。在进入学术界之前，他是一名工程师，在卡塔尔和新加坡经营水处理厂。在读博士的过程中，他意识到通向未来的关键在于过去，而树木的年轮中蕴藏着一张通往这把钥匙的藏宝图。从那时起，年轮这个奇妙的世界就一直吸引着他。

### 拉斐尔·奥博尼奥

世界银行、联合国人居署公共政策分析师

拉斐尔·奥博尼奥是一名公共政策分析师，并在世界各地广泛发表作品。他曾在世界银行和联合国等多个国际组织担任顾问。他的经验横跨政府、私营部门和非政府组织部门，有效地弥合了政策和社区解决方案之间的差距。奥博尼奥先生在美国杜克大学获得了公共政策硕士学位。

## 散户投资者可以帮助城市脱碳吗？

### 纳塔利娅·特卡琴科

牛津大学可持续金融项目数据科学和人工智能负责人

纳塔利娅·特卡琴科博士领导牛津大学可持续金融项目的数据科学和人工智能主题。纳塔莉

亚是一名计算环境科学家，对气候风险的预测和缓解、可持续生产和消费的模型以及社会环境的适应有着浓厚的兴趣。她拥有语言学和环境系统的两个本科学位（基辅国立大学），地理信息学硕士（巴黎农业大学）和数据科学博士（华威大学）。

## 面向联合国SDG指标的海南省城市可持续发展综合评估

### 郭华东

中国科学院空天信息创新研究院教授、可持续发展大数据国际研究中心主任

郭华东目前担任国际数字地球协会（ISDE）的名誉主席，联合国教科文组织下属的国际自然和文化遗产空间技术中心主任，数字“一带一路”计划（DBAR）主席，以及《国际数字地球杂志》和《地球大数据》两份科学杂志的主编。他曾担任联合国支持可持续发展目标技术促进机制10人小组成员（2018-2021年）、国际环境遥感委员会主席（2017-2020年）、ISDE主席（2015-2019年）和国际科学理事会科技数据委员会（2010-2014年）。郭教授的专长是遥感、地球观测雷达和数字地球科学。他已经发表了500多篇论文和24本著作，并获得了18个国际和国内奖项。

### 孙中昶

中国科学院空天信息创新研究院副教授，中国科学院数字地球科学重点实验室副主任

孙中昶的研究重点是城市遥感和城市可持续性。已发表60多篇期刊论文，承担中科院、国家自然科学基金等项目10余项。E-mail: sunzc@aircas.ac.cn

### 张驰

江苏海洋大学助理研究员

张驰，2019年获中国石油大学（华东）测绘工程专业工学学士学位，硕士研究生（2019年-现在）。他的研究方向主要是城市遥感。E-mail: chuck853300126@gmail.com

### 邢强

中国科学院空天信息创新研究院博士、助理教授

邢强，主要从事联合国可持续发展目标的研究，承担和参与了国家自然科学基金、中国科学院青年人才计划、世界银行等项目10余项。发表SCI学术论文12余篇，参与编写专著6部。

## 吴文瑾

中国科学院空天信息创新研究院副教授

吴文瑾，2010年在武汉大学获得遥感科学与技术学士学位，2015年在中国科学院遥感与数字地球研究所获得博士学位。她目前是中科院航天信息研究所的副教授，并发表了50多篇学术论文。她的研究兴趣包括大数据分析、深度学习和高分辨率SAR数据信息提取。

## 以中国雄安为例，探讨城市碳中和的路线

### 窦新宇

清华大学地球系统科学系博士生

窦新宇是清华大学地球系统科学系的博士生，师从刘竹教授。她对碳排放核算、碳中和、高分辨率的碳排放地图特别感兴趣。她现在的工作重点是基于碳数据在区域层面实现碳中和。她在华东师范大学获得学士学位。

### 唐胜贤

南加州大学环境工程专业研究生

唐胜贤，女，汉族，2018年获得工程学士学位，目前在南加州大学维特比工程学院攻读土木与环境工程专业硕士学位。主要从事环境工程各方面的研究工作。曾从事过农作物废弃物回收处理的研究，现研究方向为碳中和及相关研究。

### 朱登

清华大学地球系统科学系博士生

朱登（理学学士），清华大学地球系统科学系，博士生，研究方向为高分辨率碳排放清单。

## 朱碧清

清华大学地球系统科学系博士后研究人员

朱碧清博士的研究兴趣包括碳预算和碳核算，全球电力系统的温室气体排放和冰冻圈的碳周转。她现在和刘竹教授一起研究全球电力系统的去碳化和近实时的碳数据。在加入刘教授的课题组之前，毕庆在瑞士苏黎世联邦理工学院获得博士学位，研究阿尔卑斯山地区的甲烷周转。

## 柯丕煜

清华大学地球系统科学系博士生

柯丕煜的研究兴趣包括碳预算、实时碳数据、人类活动的二氧化碳利用和清除。他现在正与刘竹教授合作，探索中国自然系统的碳预算。在加入清华大学之前，柯丕煜在中山大学获得了应用气象学学士学位，在那里他从事了基于随机森林的全球土壤呼吸研究。

## 郭锐

清华大学地球系统科学系博士后研究人员

郭锐于2019年通过水木学者项目加入了设在清华大学地球系统科学系的刘竹教授课题组，此前他在剑桥大学完成了地球科学博士学业（2019年），获得剑桥国际奖学金以进行放射性核素废玻璃溶解机制的研究。他的研究重点是评估与大气二氧化碳封存有关的各种负排放技术。特别感兴趣的是天然和工业硅酸盐的碳化作用。他还对与核电的环境影响和财务可行性有关的研究课题感兴趣。

## 卢晨曦

清华大学地球系统科学系博士生

卢晨曦是清华大学地球系统科学系的博士生。她的研究领域是环境经济学和能源经济学中的碳排放计算，气候减缓措施的健康和经济共同效益。



## 孙涛春

清华大学地球系统科学系博士生

孙涛春是清华大学地球系统科学系的一名博士生。他的研究兴趣是中国省级碳排放核算。

## 乔亚军

河北省雄安新区管委会局官员

乔亚军在河北省雄安新区管理委员会生态环境局工作。

## 刘竹

清华大学地球系统科学系副教授

刘竹，清华大学地球系统科学系副教授、特约研究员、博士生导师。他是Carbon Monitor（全球实时碳数据集）和CEADS（中国碳排放账户和数据集）的共同创始人。

## 以人工智能和公众科学对抗塑料污染

### 长谷曜一郎

联合国环境规划署 (UNEP) 亚洲和太平洋办事处的高级项目官员, 亚洲和太平洋无塑料河流的CounterMEASURE II项目的首席技术顾问

长谷曜一郎女士是联合国环境规划署 (UNEP) 亚洲和太平洋办事处的高级项目官员，也是亚洲和太平洋地区无塑料河流的CounterMEASURE II项目的首席技术顾问。长谷曜一郎女士拥有超过25年的经验，在非洲、亚太、拉丁美洲和加勒比地区领导了关于环境评估、空气污染、化学品和废物管理（包括汞和臭氧消耗物质）、塑料污染、保护教育以及环境和健康的方案和项目。长谷曜一郎在40多个国家设计并推动了150多个多方利益相关者的协商、规划工作和培训，并与人合著和编辑了多种出版物。

在加入联合国之前，长谷曜一郎曾在英国的世界自然基金会和肯尼亚的野生动物俱乐部工

作。她拥有美国乔治亚州Fort Valley州立学院的动物学/野生动物保护学士学位，以及英国苏格兰斯特林大学的环境管理硕士学位。

## 以城市场景实验室助推“绿色+数字”双转型

### 赵明潇

新经济发展研究院iNED副院长

赵明潇是2020年福布斯中国30位30岁以下的上榜者之一。她是联合国人居署“未来城市与新经济”系列出版物的共同发起人和编辑。她曾在国际顶级咨询机构工作，在产业转型和城市咨询方面有丰富的经验，包括产业规划、数字化转型和政策建议。她是iNED的联合创始人。现在，她致力于帮助地方政府适应数字化趋势，提升商业环境，打造城市品牌，培育新的增长动力。她积极参与研究和活动，鼓励可持续发展议程的创新，并与联合国机构合作，如联合国人居署、开发署和妇女署。

### 罗伊然

新经济发展研究院iNED咨询经理

罗伊然是新经济发展研究院iNED的咨询经理，常驻成都。2014年获得金融学硕士学位，有多年的绿色低碳产业行业研究和城市产业规划经验，曾在国内知名资产管理公司和风险投资服务机构担任行业分析师。

### 曹宝林

新经济发展研究院iNED院长助理

曹宝林是新经济发展研究院iNED的院长助理。他毕业于重庆邮电大学，拥有计算机科学硕士学位。他的专业领域主要包括数字化转型、城市规划和先进技术。他是iNED的联合创始人。此外，他在为市政府和国有企业提供咨询服务方面拥有丰富的经验。

## 以德国城市为例——系统性促进碳中和城市发展的四个维度

## 彭妮可

德国能源署建筑能效部副主任, 德国能源署国际合作署署长

在获得建筑技术文凭后, 彭妮可女士在建筑服务工程和建筑生态学领域工作, 例如担任戴姆勒-克莱斯勒公司波茨坦广场项目的技术主管, 以及在各种项目中考虑到节能技术的规划服务, 并担任柏林夏洛滕堡-威尔默斯多夫区政府关于提高市政建筑能源效率的顾问。

彭妮可女士自2003年起在德国能源署 (dena) 工作。自2011年起, 她担任节能建筑部副主任, 自2016年起担任国际合作部主任, 负责dena在德国 (2004-2009年) 和中国 (自2009年) 的新建和翻新以及高效建筑认证的示范项目, 在节能建筑和生态城市 (中国、乌克兰、俄罗斯、中亚) 领域的国际项目开发和协调, 以及在德国和中国的立法 (节能条例) 和资金方面制定住宅和非住宅建筑的标准。

## 叶昂

德国能源署建筑能效部国际城市合作组主任

在德国获得工程建筑学文凭和历史城市研究文学硕士学位后, 叶女士曾在几个欧洲建筑和城市规划事务所工作。她负责构思和监督建筑、城市规划和专业出版领域的中德合作项目, 并负责项目的开发和管理, 包括在国际范围内代表办事处, 如介绍办事处、项目和概念, 与利益相关者和潜在客户进行专业讨论。

叶女士自2013年起在德纳工作。作为 "国际城市合作 " 的团队负责人, 她负责为 "城市能源转型和气候保护 " 领域的项目制定概念性想法和战略, 特别是项目结构和项目内容 (例如, 咨询服务、公共关系和出版物)。咨询服务、能源概念开发、公共关系、对话措施、出版物), 为中国和国际城市的所有能源相关行动领域制定基准和建议; 开发、测试和调整创新工具, 以支持中国和国际区域和城市的气候行动; 启动和支持试点城市的示范项目, 分析市场供应。分析现有服务的优势、劣势和质量缺陷, 推导出基准和战略行动方法和工具; 监督项目的规划、执行和最终完成的全过程, 制定项目融资的战略和操作概念, 设计以利益相关者为中心的收购计划。

## 章辉

德国能源署建筑能效部国际城市合作团队成员, 城市规划师

在德国获得城市和区域规划硕士学位后，章先生自2016年起在德纳工作，担任中德合作项目中国生态城市的团队成员。他负责节能建筑和生态城市领域的国际项目，例如主题和想法的构思和协调，以及生态城市发展领域的目标规划和项目管理，以及在中国试点城市实施能源和气候保护管理。

## 丹麦在碳中和方面的经验和创新

### 苏海迪-玉洁

上海丹麦创新中心清洁技术和可持续性创新官

丹麦创新中心清洁技术和可持续发展部创新官员，上海；约翰霍普金斯大学环境工程硕士。

### 马丁·霍瑟

上海丹麦创新中心执行主任；奥尔堡大学顾问委员会成员

上海丹麦创新中心执行主任；奥尔堡大学顾问委员会成员；罗斯基勒大学项目和流程管理硕士和奥胡斯大学政治学硕士。

### 莫滕-克鲁斯

丹麦外交部公使衔参赞，贸易主管，中国贸易委员会协调员

丹麦外交部公使衔参赞，贸易主管，中国贸易委员会协调员；哥本哈根大学经济学硕士。

## 碳中和绿色银行改革案例

### 朱韵

国际金融公司 (IFC) 可持续发展与气候融资咨询部业务负责人

朱韵在亚洲各地拥有超过16年的咨询和银行经验。自2013年加入世界银行集团成员国际金融公司以来，她为20多家金融机构提供咨询和投资服务，以应对绿色和包容性增长的发展

挑战，实现商业可持续性和发展影响力的双重目标。她的客户包括中国、新加坡、越南、菲律宾、缅甸、印度等国的金融监管机构、领先的商业银行、数字/新银行、租赁公司、小额信贷机构和金融科技创新者。在加入国际金融公司之前，尤兰达曾在花旗集团工作，并担任美国国会智囊团的顾问。尤兰达拥有美国纽约哥伦比亚大学的国际金融和经济政策硕士学位，以及中国人民大学的理学学士学位。

## 帕里斯·哈德菲尔德

### 国际金融公司 (IFC) 可持续发展与气候融资咨询部组负责人

海伦负责国际金融公司在亚洲的可持续性和气候融资业务。她在亚洲、北美和非洲拥有超过20年的多样化和成功的咨询、投资咨询和银行管理经验。在加入国际金融公司之前，海伦在美国的花旗集团和美国银行担任过各种领导职务超过12年。海伦专注于金融机构的可持续金融发展，并在与新兴市场的中央政府、银行监管机构和地方政府合作方面拥有丰富的经验。在国际金融公司任职期间，她领导了绿色商业银行联盟、国际金融公司绿色金融认证项目、国际金融公司绿色商业银行框架、国际金融公司绿色项目剖析器以及其他绿色金融领域的开创性工作的发展。海伦参与了许多关于绿色金融的研究，包括 "国际绿色金融发展与案例研究"、"国内外绿色基金发展研究"，并在2017年与花旗银行和劳伦斯伯克利国家实验室共同撰写了《欧洲、北美和亚洲建筑节能融资模式研究》。

## 郭倩仪

### 国际金融公司 (IFC) 可持续发展与气候融资咨询部政策顾问

郭倩仪在气候融资领域有超过10年的经验。她曾与政府和绿色产业智囊团密切合作，为金融机构提供绿色金融咨询服务。她在宏观政策制定、气候相关政策研究、企业碳交易机制设计等方面有丰富的经验。在加入国际金融公司之前，钱怡曾在国家发展和改革委员会能源研究所和国家电网智新碳资产管理公司工作。她曾与人合著《中国二氧化碳减排技术的潜力与成本研究》和《信息通信技术在促进中国经济转型和低碳发展中的作用研究》等著作。

## 董晓群

### 国际金融公司 (IFC) 可持续发展与气候融资咨询部创新顾问

晓群在前沿科技创新和气候融资方面有超过6年的经验。她曾与监管机构和金融机构密切合作，加速金融业的绿色转型。在加入国际金融公司之前，晓群在蚂蚁集团工作。她帮助集团推出了第一个基于区块链的共享移动应用，并为各种数字产品制定了市场推广策略。晓群与人合著了《区块链和新兴数字技术促进2020年后气候市场》和《通过在线独立评估框架支持全球气候努力》等出版物。

## 浅析碳中和目标下构建中国金融数据要素市场的问题与建议

### 曾辉

世界经济论坛全球杰出青年深圳社区原副执委,原微众银行人工智能部高级研究员

现任美团自动驾驶政策与策略总监，历任美团战略投资高级专家、微众银行人工智能部高级研究员、中规院-阿里巴巴未来城市实验室技术发展总监，曾担任联合国人居署未来城市及新经济项目研究负责人及特刊主编、阿里研究院活水计划优秀学者、阿里CIO学院第九期学员，获清华×腾讯WeSpace优秀课题，曾参与AI-ESG平台设计及上海、三亚、重庆、成都、杭州等AI城市解决方案和数字平台工作。此前，曾实习工作于思科战略咨询部、联合国开发计划署、清华大学金融工程研究所等，参与数十亿资产的投融资；曾参与国开行《绿色智慧城镇开发导则和案例》的研究工作，曾于斯坦福、伦敦政经交换学习。

## 行动呼吁

### 拉斐尔·奥博尼奥

世界银行、联合国人居署公共政策分析师

拉斐尔·奥博尼奥是一名公共政策分析师，并在世界各地广泛发表文章。他曾在一些国际组织担任顾问，包括世界银行和联合国。他的经验横跨政府、私营部门和非政府组织部门，有效地弥合了政策和社区解决方案之间的差距。奥博尼奥先生在美国杜克大学获得了公共政策硕士学位。

### 郭蕾

联合国人居署创新举措项目负责人

郭蕾女士是创新举措项目的负责人，以前在城市经济和金融处工作，现在过渡到联合国人居署的知识和创新部门。她是联合国人居署与联合国创新网络（UNIN）的协调人。

此前，她曾在联合国国际儿童紧急救援基金（UNICEF）纽约总部担任战略师，并在联合国教育、科学及文化组织（UNESCO）黎巴嫩贝鲁特办事处担任项目协调员。此外，她作为中国人工智能30人论坛的共同召集人，在人工智能领域有创业经验。她拥有纽约市哥伦比亚大学的金融学学士学位和社会企业管理硕士学位。

## 梅丽莎·佩梅泽尔

博士, 联合国人居署创新股协调员

梅丽莎是一位人文地理学家，拥有超过15年的合作、研究和发展经验。她负责联合国人居署的创新部门，曾在该组织从事土地治理、城市规划、贫民窟改造、城市立法、政策和工具开发、项目管理、国家层面和利益相关者参与等工作，因此对可持续城市化问题有很深的了解。她曾在国家一级和中间城市工作，并与从部长到地方酋长的一系列利益相关者合作。

在创新部门，她正在领导一项议程，以全面的方式对待创新，包括数字和非数字创新，并加强联合国人居署和合作伙伴的能力，将创新作为促进可持续城市发展的工具。

根据预测，城市贡献了75%的碳排放。应对城市的气候变化问题不仅仅是技术问题，同样是涉及成本收益核算的经济问题、平衡治理模式的政策问题。在应对疫情的宏观环境影响下，迈向碳中和目标同样也是一条寻求经济可持续发展的绿色复苏之路。在2021年4月举行的领导人气候峰会上，联合国秘书长古特雷斯致辞表示，“用于疫情复苏的数万亿美元资金，是我们向子孙后代借来的。我们决不能用这些资源制定短视的政策，而给他们留下一座债务的大山和一个破碎的星球。”碳中和目标到底对经济发展意味着什么？诺贝尔经济学奖得主威廉·诺德豪斯在2009年哥本哈根会议的论文中这样写道：“设计一套能有效控制气候变化的政治和经济战略需要考虑这些问题，1) 用气候变化对经济和非市场活动的影响；2) 减缓气候变化的成本；3) 在考虑气候变化成本和收益的同时，如何选择减排的规模和时机；4) 非对称和不可逆损害的风险；5) 以及实施这些减排所需的政策工具。”在此背景下，本章精选了四篇文章，将从全球城市视角、经济发展视角、政策创新视角来回答迈向碳中和目标的愿景与挑战。



# 第一章

## 迈向碳中和目标的 愿景与挑战

# 气候变化与城市： 采取行动迫在眉睫

史蒂夫·布朗德

联合国人居署气候变化和创新专家

## 1. 我们所处的世界：面对 COVID-19 的碳中和

自2020年2月以来，共同经历的新冠疫情主导了人们的生活、媒体和政治格局。根据《全球碳预算报告》，反复封锁导致经济产出下降，也造成了2020年全球的排放量大幅减少7%（Friedlingstein等，2020）。然而，2021年的前景表明，全球碳排放的反弹几乎是肯定的。据国际能源署（IEA）预测，排放量将实现有史以来第二大的年增长，达到15亿吨（国际能源署，2021）。这仅次于2009年金融危机后的反弹。从2009年到2010年，全球二氧化碳排放量增加了15亿吨（国际能源署，2020）。

早在2009年，急剧增长是源于“棕色而非绿色”的经济刺激，其中只有16%的刺激支出被认为是“绿色”的（Barbier，2009）。新冠肺炎疫情爆发后，世界经济将再次陷入比2009年更严重的衰退，但目前的“绿色”刺激支出不足，仅有12%，另有19%的资金流向可能会进入增加排放

或污染的行业（生动经济学，2021）。这是错失的机会。联合国环境规划署估计，“大流行病后的绿色恢复可以使2030年的预测温室气体排放量减少25%，让世界离实现气候目标更进一步”。从未如此明确地看到需要创新的方法来弥合实现碳中和的雄心和行动之间的差距。

这些创新不仅需要迅速减少温室气体排放，而且还需要减少由于流行病伴生的社会经济不平等。遭受新冠疫情影响最大的是社会中最脆弱的群体，如那些工资最低、主要在服务部门工作、储蓄有限的人（国际能源署，2020）。在发展中国家，食品和卫生系统以及地方和国家经济的脆弱性加剧了现有的灾害风险（联合国人类住区规划署，2020）。

封锁等应对战略对生计和性别分工产生了严重的社会经济影响，而在过度拥挤的定居点，人们难以保持社交距离，获得水、卫生、教育和保健等服务的机会也受到影响。政策制定者必须从上次金融危机中吸取教训，在利用绿色刺激支出方面更具雄心。在

我们争取实现从大流行病向“公正”和低碳过渡的过程中，这项支出可以在不平等加剧的情况下激起广泛的社会效益。幸运的是，正如联合国人居署的《城市与流行病》报告所指出的那样——城市地区所需的许多公共卫生解决方案与低碳、适应气候变化的城市规划战略一致。“结构紧凑、规划良好的城市，将住宅和商业功能与公共空间和经济适用房相结合，可以改善公共卫生、地方经济和环境”（联合国人居署，2021年）。

## 2. 日趋紧迫：气候挑战加剧

随着排放量在长达数十年的上升轨迹中再次反弹，气候科学一如既往地强调了人类活动与加速气候影响之间的联系。政府间气候变化专门委员会（IPCC）在2021年9月发布了其第六次评估报告的第一部分，该报告被称为“人类的红色警报”（联合国，2021）。到2020年的六年是有记录以来最热的年份，地球已经在工业化前的水平上变暖了大约1度（1850-1900年的参考期被用来接近“工业化前”的全球平均表面温度（GMST））。洪水和热浪等极端天气事件威胁着生命、财产和生态系统，进而会诱发气候难民的流动和增加疾病的传播。

政府间气候变化专门委员会报告发出警告，正如《巴黎协定》雄心勃勃地承诺的那样，

大幅减排将地球表面变暖温度稳定在1.5度的机会几率很小。为了避免极端气候事件，2030年全球温室气体排放量将需要比2010年的水平下降一半，并在2050年达到“净零”。如果到2040年实现净零排放，将全球变暖保持在1.5摄氏度的可能性就会大得多。这一挑战的紧迫性体现在热切寻求实现净零排放的国家在2021年突然发出的承诺中。截至2021年5月，大约78%的全球排放量被净零承诺涵盖。尽管如此，在许多国家，这些雄心勃勃的长期承诺还没有渗透到具体的政策和财政行动中。根据对截至2021年7月提交《联合国气候变化框架公约》的113个新的或更新的国家自主贡献（NDC）的分析，这些缔约方到2030年将实现排放量减少12%；远远低于避免危险的气候变化影响所需的水平（联合国气候变化框架公约，2021）。事实上，如果把《巴黎协定》所有缔约方的所有非发展中国家都包括在内，假设每个国家都达到目标，到本世纪末，全球变暖将比工业化前的水平高出2.7度。

在具体气候行动即将结束的背景下，有两种关系值得强调：1）发展与气候变化之间的关系；2）缓解气候排放与适应气候影响之间的关系：

第一是发展与气候变化之间的关系。对不采取行动应对气候变化所带来的经济代价的认

识不断提高，有助于推动明确加强“绿色增长”经济效益的政策议程。在此背景下，低碳发展主要是围绕国家、地区和城市，通过投资于创造就业机会的行业和部门（如可再生能源）所能获得的竞争优势而展开。

这一讨论正在发展中国家迅速获得关注，城市的大规模扩张伴随着严重的基础设施缺失和基于服务的基础设施的扩张。其中一个例子是建设普惠性用电的绿色通道。到2030年实现电力普及，要求最不发达国家每年获得电力的人数比过去十年增加350%。与1990-2014年期间相比，发电量增长幅度更大，而且时间更短(联合国贸易和发展会议，2017年)。确保这种绿色接入，应该是我们零碳战略的重要组成部分，虽然电网电力投资是必要的，但城市和城市地区的分散电力和能源供应将成为这项工作的重要组成部分。考虑到世界上24%的城市人口生活在贫民窟，在不大幅增加资源消耗的情况下，找到向城市贫民提供基本服务以提高生活水平的方法是一项需要重大创新和新思维的挑战。

发展中国家对人类发展的迫切需要往往使得低排放发展黯然失色，被认为是适应和复原力很小的方面。最初，这是可以理解的，因为最不发达国家仅占全球排放量的3-6%（气候分析，2017）。尽管如此，在占全球排放量80%的20个国家中，有一半的国

家被认为是“发展中国家”。这些国家的排放正在迅速增长，当务之急是找到既能满足其气候变化又能满足人类发展目标的发展路线。

幸运的是，越来越多的研究、政策和实践认识到，从发展的角度来看，低碳和零碳的核心是有意义的：它们提供了国内经济机会，增加了能源网络的弹性，并将在一个碳约束越来越强的世界中增加贸易和出口竞争力（Rahman, Mostofa and Huq, 2019）。发展中国家的城市可以在最大化气候行动的发展效益方面发挥带头作用--包括减少空气污染带来的健康利益。正如《城市政策制定者1.5度总结》所强调的。“减排有相当大的共同利益，包括提高生产力和创造就业机会，改善公民的健康和预期寿命，改善空气质量，使城市更适合步行和宜居，以及降低对极端事件（包括火灾、洪水和飓风）的脆弱性并提高其复原力”（政府间气候变化专门委员会，2018）。

第二是减缓气候排放和适应气候影响之间的关系。这种关系有时是充满矛盾的--不同的从业者主张在其中一方加大财政投资。现实情况是，需要采取缓解和适应的综合方法。虽然现在一些变暖是不可避免的，而且适应变暖将需要大量增加投资，但这并不是支持放弃缓解的理由。正如政府间气候变化专门委员会(IPCC, 2018)在其关于将变暖限制

### 3.关键词定义

---

为了努力实现2050年《巴黎协定》全球净零排放的目标，有许多不同的术语运用到其中。

净零排放：

在特定时期内，人类活动对大气产生的温室气体排放量与人类活动产生的清除量相平衡（政府间气候变化专门委员会，2018）。这个术语起源于气候科学，具有全球焦点。

气候中和：

这一术语经常与净零排放互换使用。它意味着减少排放和随后抵消剩余的排放，以达到中和或净零的状态。这个词更多的是在较小的范围内使用：例如公司、机构或城市。

零碳排放和碳中和：

这些术语通常用于指一种特定的温室气体：二氧化碳。这是一个比净零排放或气候中和更小的关注范围，没有考虑到其他温室气体排放，如甲烷。

因此，净零和气候中立的方法超越了低碳发展，将积极的减排与抵消/补偿无法消除的剩余排放的措施相结合，通过购买碳信用额度或通过实施负排放技术，如直接从环境空气中捕获二氧化碳--直接空气碳捕获和储存（DACs），以及带有碳捕获的生物能源（C40，2019）。

在1.5度的里程碑式报告中所指出的那样：“每多一点变暖都很重要，特别是因为1.5度或更高的变暖会增加与长期持续或不可逆转的变化有关的风险。”

不应将减缓和适应视为二元选择，而应优先考虑支持二者实现的方法和解决方案。Dan Friess教授在本出版物的第三章中对城市沿海生态系统的缓解潜力所做的贡献正好强调了这种方法，沿海生态系统可以被视为对水健康、减少洪水影响以及潜在的气候缓解努力的明智投资。一般来说，关于气候创新的讨论和计划往往集中在气候减缓上--这本身就是关于技术和资金的讨论。尽管如此，创新办法的迫切需要，特别是在气候适应筹资方面，同样重要。因此，当在城市背景下讨论碳中和时（包括在本出版物中），必须洞察整体和综合的方法，认识到减少排放的优先目标与建立复原力和更广泛的可持续性目标之间的相互联系。正是这种务实的目标整合最有可能取得成功。

## 4. 处于气候创新熔炉的城市

城市消耗了世界三分之二以上的能源，并造成了全球70%以上的二氧化碳排放。仅建筑物就占全球能源消耗的32%（IEA，2016c）。世界各地快速的城市化步伐只会

进一步增加这种情况。“在未来30年里，每年将有近7000万居民迁往城市地区。这些新居民中的大多数将生活在发展中国家的中小城市。”（Bazaz等，2018）。世界城市去碳化的努力既要迅速减少高排放国家的排放量，又要确保发展中国家迅速扩大的城市地区及其人口，特别是城市贫民，能够以尽可能低的碳方式获得实现可持续发展目标所需的服务和基础设施。

尽管如此，城市的资本和人口多样性不断增长，也是创新的孵化器。然后，这些创新的机会可以通过城市政策扩大到国家对气候行动的承诺，这反过来可以刺激更多的财政支持和改善创新技术和方法转让的能力。国际社会和投资者越来越认识到城市地区在应对气候变化方面的潜力。

在其2018年的旗舰1.5度报告中，政府间气候变化专门委员会确定了将全球变暖限制在1.5度所需的四个系统过渡。报告认为，实现这样的目标在技术上是可能的，但在人类历史上的规模和速度是前所未有的。这四个转变是：

城市和基础设施

能源：包括到2050年全球过渡到70-85%的可再生能源减少森林砍伐率和重新造林。

工业：目前占全球最终能源使用量的三分之

一；需要大幅减少能源需求，同时引入循环经济方法。

城市转型需要在6个关键领域进行快速转变。

建筑物：占全球能源消耗的三分之一以上。新建筑必须在2020年前建造无化石和接近零能源（是的，2020年）

绿色城市基础设施和生态系统服务：包括将树木、公园和绿色屋顶纳入城市规划中

城市能源系统：包括使城市增长与化石燃料能源的增长脱钩，并扩大清洁能源的获取，特别是在非正规住区。

可持续的城市水和环境服务：包括减少不透水表面和相关径流的措施

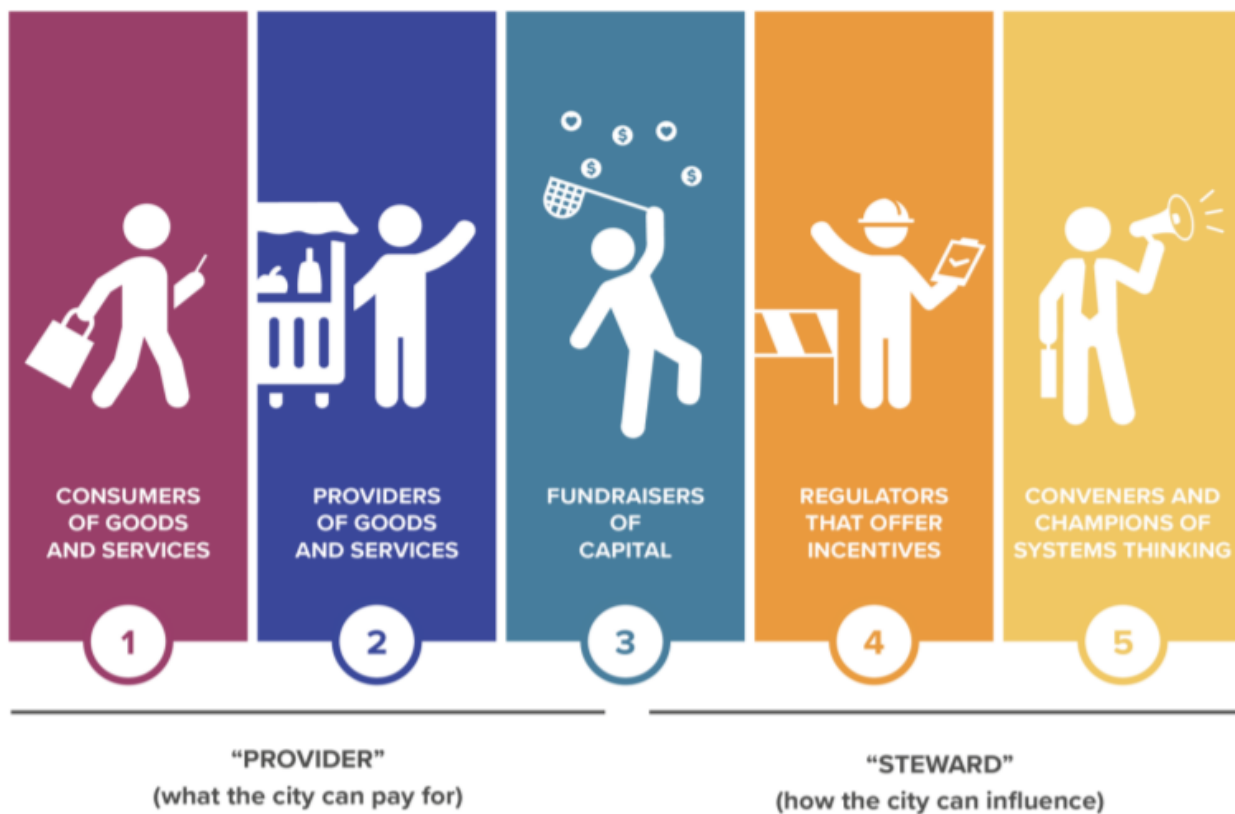
交通和城市规划：交通部门必须通过广泛采用低碳燃料将最终能源使用量减少30%。联合国人居署一贯倡导这样一种理念，即设计良好、紧凑、步行方便、公共交通良好的城市可大大减少人均碳排放量。

适应气候变化的土地利用：包括减少风险的基础设施和建筑物投资；通过综合适应规划和城市规划。

在这六个领域中的每一个领域实现那种快速和深远的转变，不仅要依靠有助于降低气

候友好型解决方案成本的技术和金融创新，而且要依靠将气候行动纳入发展和金融规划主流的新方法。世界银行在2021年发布的城市气候融资状况报告，强调了城市气候融资需求与实际投资水平之间的巨大差距。尽管每年需要数万亿的投资，但2017-2018年的年度城市气候融资总额仅为3840亿美元（世界银行，2021a）。

克服这一差距需要金融和治理创新，以便能够将气候变化数据、标准和条件纳入政府预算、金融决策和投资。虽然在理论上很容易，但在实践中，气候预算主流化却很难实现。正如美洲开发银行的评论：“‘主流化’的想法意味着从以渐进的方式资助气候活动，转向使气候变化--无论是在机会还是风险方面--成为核心考虑因素和机构部署资本的‘透镜’”。在世界银行关于城市气候融资有利条件的报告的第二部分，作者强调了地方政府规划的四个层面，气候规划需要将这四方面纳入考虑：战略规划、空间规划、资本投资规划和预算规划。要做到这一点，需要地方政府发挥报告中指出的五种不同的促进作用。



资料来源:世界银行(2021)

对于任何一个地方政府来说，履行这五个角色中的每一个都将涉及不同程度的试验和创新，以及违反既定的法律和政策框架，这些框架可能会阻碍其以气候挑战可能要求的方式筹集和支出收入的任务。

因此，金融创新往往依赖于通过多层次治理的强大有效的治理体系和实践。多层次治理被定义为“不同级别政府在气候行动上分配角色和责任、协调和结构和合作的体制环境；以及不同级别政府为支持和实施地方气候行动而实施的具体手段”。(德国合作机

构 2020)。只有通过支持国家和地方政府之间和内部以及与其他关键利益攸关方的合作系统，我们才能确保成功应对气候变化，同时实现发展目标。城市-低排放发展战略（Urban-LEDS）项目发布了一份概述气候变化行动多层次治理重要组成部分的示意图。

至关重要，该图包括纵向和横向整合：全球-国家和地方气候相关行为者和部门之间的纵向整合，但也包括将气候变化纳入部门和政府职能部委的主流，以及它们与地方



政府的关系。多层次治理包括关注一些重要的有利条件，包括：a) 能力，b) 财政分权，c) 公众参与，d) 气候变化相关领域的任务，e) 支持性法律框架，f) 数据收集和共享，g) 政治意愿。

### 通过这种对城市气候行动的关注取得了哪些成果？

近年来，城市气候模板的步伐加速和规模急剧增加。在过去的几年里，2078个次级国家司法辖区和地方政府宣布进入气候紧急状态。这表明了环境倡议理事会-地方政府促进可持续发展碳气候登记处对国家以下各级政府气候变化行动的再次承诺。这一自我报告的数据库包括1153个实体，它们之间迄今报告了7000多项单独的缓解和适应行动。许多城市还承诺通过制定1.5度兼容的气候行动计划，走得更远、更快，并减少其“公平份额”的排放。C40城市集团对其54个成员的新气候行动计划的分析表明，如果全面实施，这些计划将在2020年至2030年期间防止至少1.9千兆吨的温室气体排放到大气中，相当于欧盟27个成员国年排放总量的一半。

尽管这些领先的城市做出了努力，但在城市所需的行动规模和提供行动的能力之间仍然存在着巨大的差距。例如，根据碳排放项目（CDP）的分析，尽管在812个披露的城市中，93%的城市报告说它们面临着气候变化

的风险，但43%的全球城市没有适应计划。许多地方政府缺乏能力来制定能够支持其决策的关键气候指标，如温室气体清单或气候脆弱性评估，或开发和包装项目以吸引投资。

尽管政府间气候变化专门委员会和能源部门以外的其他机构宣布需要进行系统转型，但是这些转型更难确定。因此，在技术、金融、政策、治理和社会等领域仍然非常需要创新，并且需要支持以协助城市行为者提供这些创新。最后一节简要介绍了城市中创新气候行动的一些关键原则和方法。

## 5.城市创新气候行动的原则和方法

在任何一个城市实现气候中和，都需要社会、政府和企业所有部门的非凡努力。地方政府在促成城市地区的气候创新方面可以发挥关键作用。在最后一节，我们提出了一些重要的原则，以采取创新主导的方法来解决城市的气候变化问题。

### 原则1：技术赋能

毫无疑问，第四次工业革命的技术创新正在推动广泛的社会变革，在发达国家和发展中国家都具有广泛的适用性。数字化和大数据领域的前沿技术有可能大大改善城市发展和

气候成果；例如，采用人工智能来支持减少空气污染或废物优化，或为灾害风险规划进行数字结对（国际电联，2020）。

然而，对技术解决方案本身的关注，掩盖了更广泛的社会和政府进程在决定新技术的部署和成功方面的重要性。正如比尔·盖茨所言：

“在能源、软件和几乎所有其他追求中，只从严格的技术意义上看待创新是错误的。创新不仅仅是发明一种新机器或某种新工艺的问题；它还在商业模式、供应链、市场和[政府]政策方面提出了新的对策，这将有助于新发明的诞生并在全球范围内推广。创新既是新的设备，也是新的做事方式。”  
(Gates.2021)

因此，创新不仅与材料科学或制造有关，也与工艺有关。事实上，城市转型联盟已经计算出，利用技术上可行的、广泛可用的缓解措施，到2050年城市的温室气体排放量可以减少近90%（CUT，2019）。尽管人们一直希望有一个良策来应对解决，但决定我们集体气候目标成功与否的不一定是对新技术的追求，而是以公平的方式实施现有技术的能力，不让任何人和任何地方落后。帕里斯·哈德菲尔德在本出版物中进一步提出了“有目的的创新”。与欧盟现在倡导的任务驱动的创新方法类似，这种方法表明，与其把创新作为实现经济增长的手段，不如把创

新作为实现社会和生态利益的手段，以及克服我们时代的“重大社会挑战”的手段。

创新理论和实践中充满了对创新的特征、描述和类型。联合国人居署对城市发展背景下的创新定义强调了类似的技术+方法。联合国人居署（2020年）以五种方式定义创新：

新的思维方式是从一个新的角度或视角来处理一个问题或一个过程。

循序渐进，是一个随着时间推移不断发展的过程，能够提供新的和改进的过程和结果。

颠覆性、彻底性的改变。

以技术驱动开拓前沿或尖端技术解决方案。

与非技术性方法有关，如在规划过程中让人们参与或整合各部门的新方法，这些方法以前没有在该背景下使用过。

通过定义创新的密集过程，有机会创建实施路线图。经济合作与发展组织(OECD，2019)创建了一个地方政府创新的类型，强调了他们可以采用超越单一技术的创新方法的多种方式。以下是这种创新的类型，以世界各地的城市气候行动为例。目的是让人们了解城市气候创新的各种表现形式：

创新方法	城市气候应用
敢于冒险或测试新想法	在南非开普敦,一个工业共生计划将公司与未使用或剩余的资源如材料、能源、水、资产、物流和专业知识联系起来。此举减少了浪费,节约了二氧化碳,节约了公司成本。
数据驱动的分析方法/公共数据管理	Google 的Environmental Impact Explorer(环境影响浏览器)使用独家数据源,以高效准确的方式估算建筑和运输部门的温室气体排放量以及可再生能源潜力。
以新的方式吸引居民参与	在澳大利亚墨尔本,Urban Forest Visual(城市森林视图)绘制了城市中每一棵公共树木的地图,包括让市民通过电子邮件向每棵树发送信息,以激发与城市自然的联系。 在南非的Urban-LEDS项目中,卡通和戏剧被用来向居民传达市政府为想象2030年的低碳未来而开展的scenario planning exercise(情景规划活动)的结果。 Mapeando 是在巴西里约热内卢开发的一款应用程序,市民可以在其中将他们的需求(例如自行车道的位置)放在在线地图上——这些需求随即被编译成一份报告,从而反映人们的需求。
开发基于数字技术的新解决方案	秘鲁的乔西卡采用了一个数字预警系统,该系统分析了安装在房屋上的传感器和摄像头的照片和数据,以跟踪降雨数据和土壤饱和度。
市政府内部的组织变革	南非茨瓦内市于2013年成立了城市可持续发展部门,设在行政市长办公室内。该单位的作用是协调各部门之间的关系,协助促进绿色经济项目获得外部资金,包括市政建设效率。 南非开普敦市为其员工制定了一项环境教育、培训和意识战略,以支持在市属建筑中实现能源效率目标。
人本设计	在德克萨斯州的奥斯汀,人本设计研究发现,空间大小是公寓居民不使用回收设施的主要限制;基于这一发现,新的堆叠式垃圾箱随即被引入。
重新思考伙伴关系筹资办法	加拿大多伦多市正在试行circular economy procurement framework(循环经济采购框架),包括与主要供应商接触,支持他们进行必要的修改,以满足新的标准。

资料来源:笔者,基于经济合作与发展组织(2019)的类型学。

## 原则2: 以人为本的方法

城市贫民在世界历史和当前的碳排放中只占很小的比例。然而，他们在气候变化的预期影响中面临最大的风险。因此对于气候行动、数字技术和脱碳努力来说，重点应落在促进正义和公平的实现，而非反其道而行之。创新努力侧重于刺激商业上可行的技术解决方案，却可能忽视更广泛的社会正义要求。

联合国人居署提出了“以人为本的智慧城市”方法，旨在展示智慧城市如果坚定地致力于改善人们的生活和建设真正为社区服务的城市系统，将如何成为一股具有包容性的有益力量。联合国人居署的座右铭是“不让任何人、不让任何地方掉队”，这一以人为本的做法植根于人居署在包括气候变化在内的许多部门的工作中。

创新行动必须在参与性和包容性结构下开展，并产生共同效益，如改善健康成果、促进经济发展、提供就业机会以及解决性别和种族不平等问题。在能源、建筑、粮食或流动等具体领域，可以采取“三重红利”行动，在减少生态足迹的同时，为低资历人员创造就业机会，并促进获得对享有人权至关重要的商品和服务。这势必是对任何城市气候行动和创新的严峻考验。

## 原则3: 以系统为基础的方法

系统创新“旨在重新设计整个实践和规定系统，而不是单个产品或过程”

(Sterrenberg等, 2013:9)。对系统创新的理解强调了非技术过程的重要性，如机构和文化，路径依赖和锁定，以及不确定性和复杂性的首要地位。创新的系统方法也强调过程和结果：包括通过多次迭代的学习和反思以提高理解，并“再次尝试”实现迫切需要的转型变革。正如早期的系统思想家之一 Donella Meadow 所说：

“世界是一个复杂的、相互关联的有限的、生态-社会-心理-经济系统。我们却不这样看待，似乎它是可分割的、可分离的、简单的和无限的。这种不匹配性成为了目前持续的、难以解决的、全球性问题的直接来源” (Meadows, 2010)。

气候变化就是那些看起来难以解决的元系统问题之一。如果我们要实现零碳和气候适应型发展，就需要从根本上重新设计一整套人类系统：即能源系统、交通系统和我们的城市系统。尽管经过多年的谈判、投资和行动计划，全球排放量仍在逐年上升。系统思考的见解能否帮助我们弥合我们的集体气候承诺/目标和正在实现的结果之间的执行差距？气候KIC的研究强调了治理创新在实现支持气候行动的系统一级变革方面的重要

性。需要进行创新，以便：

克服政府中各自为政的工作方式

转向关注处理根本原因/根本问题，而不仅仅是修补现有政策

突破主导决策过程的技术官僚模式，转向纳入行为研究和系统思考的见解

消除对颠覆现有权力结构或行事方式的激进治理创新的阻力（如公民气候大会）

多层视角框架一直是一个有效的系统理论的方法论见解。它强调了这样一个事实：转型和过渡可以被理解为发生在社会三个不同层面的活动之间的互动。

在宏观层面：景观包括对世界的理解范式，以及由缓慢变化主导的长期趋势

在中观层面：包括主导结构、文化、规范和实践的制度。

微观层面：包含创新思想、项目和技术的生态位领域

对于实践者来说，这些来自学术界的见解可以帮助设计决策和创新过程，认识到变化的潜在水平，在哪里集中努力，以及由谁参与以实现这些目标。它们可以帮助突破项目方法，转向与地方政府或城市从业者试图改变的特定系统（如流动性或家庭能源使用）

中的多个实践者接触并鼓励他们。例如，“OneLess”倡议--其目标是在伦敦大幅减少一次性塑料水瓶的使用--将多层视角作为一种方法来设计其将采取的系统级干预措施。通过识别宏观层面上围绕塑料使用的叙述和社会价值观的缓慢转变，组织和公民在制度层面上日益增强的改变和行动意愿，以及在利基边缘的新兴塑料瓶替代品，该倡议制定了一个包含11个潜在杠杆点的系统地图，可以推动加速改变。

“OneLess”倡议至今已有6年的历史，它汇集了超过94个致力于实现其目标的组织，阻止了560万个一次性塑料水瓶的销售，并使829,000个瓶子在29个新建的饮水机旁被重新装满。

#### 原则4:协同过程创新

打破对技术的狭隘关注，建立以人为本和社会公正的心态，并突破试点而采用基于系统的方法，这些都需要单一的干预措施：在政策制定和实施方式进行创新。过程创新包括探索定义挑战和寻找可能的解决方案的新方法，将利益相关者和公民带入共同创造的过程，并改变采购系统以刺激公司和企业家的本地创新。

协作过程的工作首先在地方政府内部进行，作为克服各自为政决策的工具。这样做就需要消除公共部门创新的长期障碍；

例如防止财务管理不善的善意采购规则，以及规避风险文化的盛行，部分原因是民事诉讼的风险。

同时，城市治理的复杂性，以及气候变化挑战的系统性，要求在政策设计和实施过程中与公民、民间团体和企业合作。当这种方法以当地创业社区为目标时，德国国际合作组织 (GIZ) 称之为气候变化协作创新：

“协作创新将地方政府和城市的知识、网络和资源与创新生态系统的创业理念和方法相匹配--以推动气候缓解和适应。” (德国国际合作组织, 2019)

通过利用其购买力来鼓励新的想法进入市场，并投资于在关键城市部门（如交通、规划和水）从事气候友好型解决方案的初创企业和企业家，地方政府可以支持一个创新生态系统，支持实现其气候目标。这是系统创新构想的一个组成部分，它鼓励地方政府让利益相关者帮助实现整个城市的气候目标。

这些方法构成了欧盟气候中和与智慧城市使命的关键支柱 (欧盟, 2020)。在这个框架中，系统创新的主要驱动力是：(1) 通过流程创新进行合作治理，使之能够与当地公民共同创造想法和政策，以及 (2) 朝着更加综合、打破各自为政的政策制定和

实施方向发展。地方政府也在不断开发更多的工具和方法，以实现这种方法。正如 Nesta (2019) 的《创新方法汇编》描述的那样，流程创新有多种形式。加速器项目支持初创企业和小企业迅速提高其影响力，可以与公共和社会创新实验室一起，深入研究特定的挑战，并形成想法和解决方案的原型。基于未来的方法包含了一系列的方法，这些方法着眼于新出现的趋势，以建立可能的未来图景，从而帮助改善今天的决策。联合国人居署在其工作中采用了这样一种未来方法，以促进城市规划与数据中心社区的融合。

场景规划用来为在信息技术和数据中心行业进行大规模投资的社区设计可能的未来，从而帮助促进基于伙伴关系的、积极主动的城市规划。这种规划可以在实现可持续发展目标的同时管理增长。

过程创新的价值在于其在不同背景下的适用性。联合国人居署正不断努力来将这种创新纳入其工作方式。2019年，全新的创新单位的建立是一个重要的里程碑。联合国人居署通过气候智能城市挑战与可行城市和Nesta挑战的合作，发现了一个利用创新理论和设计见解的旗舰项目。该项目需要与布里斯托尔（英国）、波哥大（哥伦比亚）、库里蒂巴（巴西）和马金迪·萨巴加博（乌干达）等城市合作，通过完成

挑战设计过程来支持这些城市，颠覆正常的解决方案寻找过程。通过将它们的气候挑战（在住房、流动和街区发展部门）推向市场，目的是开放潜在解决方案的多样性和范围。这些解决方案是由申请支持城市解决气候挑战的创新者众包而成的。然后，这些创新者将得到支持，在城市范围内的系统演示中测试和完善它们的解决方案。这些演示将借鉴系统创新理论，通过测试解决方案与政策、法律和治理创新的结合，大胆尝试为正在测试的解决方案的全系统实施建立一个可行的模型。

突破技术，采取以人为本和以系统为基础的方法，以及实施协作过程创新：所有这四项原则都可以作为地方政府及其合作伙伴采取创新气候行动的指导性意见。气候号角还在继续要求采取迅速和变革性行动；紧迫感每年都在增长。因此，随着越来越多的城市将城市气候行动规划的基础和议程设置步骤落实到位，并随后进入实施的挑战性任务，对创新方法的需求只会不断增加。

## 6. 本出版物旨在

鉴于排放和风险来自于城市中人类生活的方方面面--减少这两者需要同样多样化的解决方案和方法。本出版物《未来城市与

新经济：绿色创新驱动的碳中和》探讨和讨论了地方政府层面的创新方法和政策反应，并从学者、专家和实践者的角度关注金融、治理、智慧城市等不同层面。

报告并非提供如何实现城市净零排放的现成蓝图。相反，它提供了一个汇聚见解和案例的集合，介绍社会中的多个部门和行为者如何采取创新的方法来减少排放和提高气候的适应性。同时，该出版物也是鼓励城市发挥积极作用，帮助各国履行其国家和国际气候承诺和贡献，来实现《巴黎协定》目标的努力的一部分。

第一章讨论了碳中和目标下城市的愿景和挑战。北京大学环境与能源研究中心主任徐晋涛教授探讨了碳中和目标与可持续经济增长之间的关系。徐教授认为，中国的经济政策应该是实现碳中和与减少碳排放的主要工具。墨尔本大学城市中心的城市创新研究科学家Paris Hadfield博士解释了为什么城市气候战略的实施需要通过实验进行制度创新--不仅要使现有技术的部署成为可能，通过这些技术可以大幅减少排放，而且要建立集体解决问题的机制和创新价值的替代措施。

第二章探讨了智能城市和数字基础设施。牛津大学可持续金融项目的数据科学家Nataliya Tkachenko博士认为，要使大都市地区达到环境中和的状态，需要私人金

融业者的大量资金注入。Tkachenko博士还指出，鉴于另一类私人金融行为者--散户投资者--对基础设施的兴趣日益增长，他们采用谷歌趋势数据信号，来证明这些新兴的投资偏好如何能够帮助塑造城市脱碳战略，并在全球范围内说明社会议程。

此外，郭华东院士和合著者提出了一个可持续发展目标综合评估的案例，并以中国海南省为研究区域，利用对地观测、统计数据和其他公共资源，对可持续发展目标（SDGs）指标进行监测和综合评估，从而更好地支持碳中和目标的实现。而Zhu Liu和合著者，提供了一个示范性的城市级碳中和分析框架和建设路径。以雄安新区为例，作者确定了各行业碳排放评估的范围和边界。结合统计年鉴数据、夜光数据和电碳监测技术（近实时的每日网格化石CO<sub>2</sub>排放数据集），计算全市碳排放量，进一步分析重点排放行业的现状和特征。文章为雄安新区实现碳中和的排放路径和技术路径提供指导，并进一步完善示范项目的配套政策体系。在最后一篇文章中，联合国环境规划署的Kakuko Nagatani-Yoshida讨论了通过人工智能和公众科学对抗塑料污染的问题。Ridwan认为，如果没有更多的数据和科学洞察，了解塑料如何在水道、河流、湿地，然后在海岸线和海洋中变成塑料污染，那么政策总是存在临时性的风险，导致有限的积

极结果，甚至潜在的负面后果。

第三章探究了城市中的新兴技术和应用场景。来自德国能源署的Nicole Pillen、Ang Yeh和Hui Zhang用德国的例子、教训和经验来讨论变革行动对实现总体气候目标的必要性和重要性。作者尤其认为，促进碳中和发展需要系统的方案，而气候变化的紧迫性要求这些方案尽快大规模实施。

在另一篇文章中，来自新经济发展研究院iNED的赵明潇提出了城市生活实验室的合作方式，用以加速实现碳中和与经济增长的双重目标。来自丹麦创新中心的Heidi Yujie Su、Martin Hoxer和Morten Kruse分享了丹麦的碳中和经验。作者特别强调，自20世纪90年代以来，丹麦在减少温室气体排放和增加可再生能源使用方面做出了显著的努力，并将碳中和作为优先事项。

第四章讨论了城市的绿色金融创新。Yolanda Zhu和多位作者讨论了碳中和的绿色银行转型案例。文章解释了国际金融公司（IFC）最近发起的倡议--绿色商业银行联盟，作为对金融部门客户和国际合作伙伴日益增长的需求的回应，以确保绿色银行的可信度。在最后一篇文章中，来自清华大学的Zeng Hui，讨论了碳金融数据要素市场的重要性，以及它如何帮助中国



实现其市场目标。在承认中国在构建金融数据要素市场的挑战的同时，作者对碳中和、高质量和经济发展所需的一系列政策发出思考。

## 参考文献

1. Claudia Delperio, and Sascha Brandt, eds. “Scaling up Climate Finance in the Context of Covid-19 :A Science-Based Call for Financial Decision-Makers.” greenclimate fund, 2021. <https://www.greenclimate.fund/sites/default/files/document/scaling-climate-finance-context-covid-19-full-report.pdf>.
2. innovate4cities. “Innovate4Cities Conference,” n.d. <https://www.innovate4cities.org/>.
3. OHCHR. “Understanding Human Rights and Climate Change.” UNCC:Learn, 2015. <https://www.uncclearn.org/resources/library/understanding-human-rights-and-climate->

change/.

4.Special Rapporteur on extreme poverty and human rights, ed. “Report on the ‘Just Transition’ in the Economic Recovery: Eradicating Poverty within Planetary Boundaries.” OHCHR, October 9, 2020. <https://www.ohchr.org/en/calls-for-input/report-just-transition-economic-recovery-eradicating-poverty-within-planetary>.

5.United Nations Secretary-General. “Deputy Secretary-General’ s Remarks at “People and Climate. Just Transition in Practice” .” United Nations, December 2, 2020. <https://www.un.org/sg/en/content/dsg/statement/2020-12-02/deputy-secretary-generals-remarks-people-and-climate-just-transition-practice%E2%80%9D>.

6.International Energy Agency. “Climate Action for Jobs Initiative Launched by UN Secretary-General and ILO Director-General.” [climateaction4jobs](https://www.climateaction4jobs.org/climate-action-decent-jobs/), 2019. <https://www.climateaction4jobs.org/climate-action-decent-jobs/>.

7.International Energy Agency. “Global Energy Review 2021.” IEA, October 2021. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0031107-401d-4a2f-a48b-9eed19457335/GlobalEnergyReview2021.pdf>.

8.United Nations Environment Programme .

“Rethinking the Economic Recovery: A Global Green New Deal.” [cbd](https://www.cbd.int/development/doc/UNEP-global-green-new-deal.pdf), April 2009. <https://www.cbd.int/development/doc/UNEP-global-green-new-deal.pdf>.

9.Amir Bazaz, Paolo Bertoldi, et al. “Summary for Urban Policymakers – What the IPCC Special Report on 1.5C Means for Cities.” [iihs](https://iihs.co.in/knowledge-gateway/summary-for-urban-policymakers-what-the-ipcc-special-report-on-1-5c-means-for-cities-2/), December 2018. <https://iihs.co.in/knowledge-gateway/summary-for-urban-policymakers-what-the-ipcc-special-report-on-1-5c-means-for-cities-2/>.

10.Priscilla Negreiros, Valerie Furio, and Angela Falconer. “The State of Cities Climate Finance Part 1: The Landscape of Urban Climate Finance.” [climatepolicyinitiative](https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/06/SCCF_PART1-FINAL-1.pdf), June 2021. [https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/06/SCCF\\_PART1-FINAL-1.pdf](https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2021/06/SCCF_PART1-FINAL-1.pdf).

11.climateanalytics. “Climate Analytics 2017 Annual Report,” February 2017. [https://climateanalytics.org/media/climate\\_analytics\\_annual\\_report\\_2017-2.pdf](https://climateanalytics.org/media/climate_analytics_annual_report_2017-2.pdf).

12.urbantransitions.global. “Climate Emergency, Urban Opportunity,” September 19, 2019. <https://urbantransitions.global/en/publication/climate-emergency-urban-opportunity/>.

13.c40.my.salesforce. “Defining Carbon Neutrality for Cities and Managing Residual

Emissions,” September 20, 2019. [https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enhza/1Q000000Mdt5/U6w4rHAB.8WTb\\_kpPnzYSI.dqfOkKhx\\_ii.i49dWJWU](https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enhza/1Q000000Mdt5/U6w4rHAB.8WTb_kpPnzYSI.dqfOkKhx_ii.i49dWJWU).

14. Directorate-General for Research and Innovation. “100 Climate-Neutral Cities by 2030 – by and for the Citizens.” Research and innovation, September 22, 2020. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/100-climate-neutral-cities-2030-and-citizens\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/100-climate-neutral-cities-2030-and-citizens_en).

15. Friedlingstein, Pierre, Michael O'sullivan, Matthew W Jones, Robbie M Andrew, Judith Hauck, Are Olsen, Glen P Peters, et al. "Global Carbon Budget 2020." *Earth System Science Data* 12, no. 4 (2020): 3269-340.

16. Gates, Bill. *How to Avoid a Climate Disaster: The Solutions We Have and the Breakthroughs We Need*. Knopf, 2021.

17. Maja Rotter, Tim Huß, and Daniel Kruse. “Collaborative Innovation for Urban Climate Futures Trends for the 21st Century.” *bettertogetheraward*, May 2019. [https://www.bettertogetheraward.org/\\_files/ugd/1203e7\\_2c3a6471f90e4b629020aab1f66cc67e.pdf?index=true](https://www.bettertogetheraward.org/_files/ugd/1203e7_2c3a6471f90e4b629020aab1f66cc67e.pdf?index=true).

18. Internationale Zusammenarbeit (GIZ), ed. “Multi-Level Climate Governance –

Supporting Local Action.” *collaborative-climate-action*, November 2019. <https://collaborative-climate-action.org/wp-content/uploads/2019/11/Multi-Level-Climate-Governance.pdf>.

19. Babiker, Mustafa, et al. “SPECIAL REPORT: GLOBAL WARMING OF 1.5 oC.” Edited by J.B. Robin Matthews. IPCC, 2018. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>.

20. IEA. “World Energy Outlook 2016,” November 2016. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016>.

21. Laszlo Varro, et al. “Green Stimulus after the 2008 Crisis.” IEA, June 29, 2020. <https://www.iea.org/articles/green-stimulus-after-the-2008-crisis>.

22. IEA. “Global Energy Review 2021-Assessing the Effects of Economic Recoveries on Global Energy Demand and CO2 Emissions in 2021 G,” 2021. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0031107-401d-4a2f-a48b-9eed19457335/GlobalEnergyReview2021.pdf>.

23. ITU. “Frontier Technologies to Protect the Environment and Tackle Climate Change,” 2020. <https://www.itu.int/en/action/environment-and-climate-change/Documents/frontier-technologies-to-protect-the-environment-and-tackle-climate-change.pdf>.

24. Markard, Jochen, and Bernhard Truffer. "Technological Innovation Systems and the Multi-Level Perspective: Towards an Integrated Framework." *Research policy* 37, no. 4 (2008): 596-615.
25. Bound, Kirsten, and Geoff Mulgan. "A Compendium of Innovation Methods." (2019).
26. OECD. *Enhancing Innovation Capacity in City Government*. OECD Publishing, 2019.
27. Rahman, et al. "Low-Carbon Futures in Least Developed Countries." World Resources Institute, 2019. <https://www.wri.org/climate/expert-perspective/low-carbon-futures-least-developed-countries>.
28. Sterrenberg, Lydia, Jose Andringa, Derk Loorbach, Rob Raven, and Anna J Wiczorek. "Low-Carbon Transition through System Innovation." 2013.
29. United Nations. "Secretary-General Calls Latest IPCC Climate Report 'Code Red for Humanity', Stressing 'Irrefutable' Evidence of Human Influence," August 9, 2021. <https://press.un.org/en/2021/sgsm20847.doc.htm>.
30. UNCTAD. "LDC - The Least Developed Countries Report 2017: Facts and Figures," November 22, 2017. <https://unctad.org/press-material/ldc-least-developed-countries-report-2017-facts-and-figures>.
31. UNFCCC. "Nationally Determined Contributions under the Paris Agreement," 2021. [https://unfccc.int/ND-CREG?gclid=EAIaIQobChMIyYWyre6b-wIVVRh9Ch2T9A2wEAAAYASAAEgICX\\_D-BwE](https://unfccc.int/ND-CREG?gclid=EAIaIQobChMIyYWyre6b-wIVVRh9Ch2T9A2wEAAAYASAAEgICX_D-BwE).
32. UN-Habitat. "Fostering Innovation in Urban Programmes and Projects," January 2021. [https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/01/innovation\\_guidance\\_note\\_final.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/01/innovation_guidance_note_final.pdf).
33. unhabitat. "Cities and Pandemics: Towards a More Just, Green and Healthy Future," 2021. <https://unhabitat.org/cities->

and-pandemics-towards-a-more-just-green-and-healthy-future-0.

34.vivideconomics. “Greenness of Stimulus Index: An Assessment of COVID-19 Stimulus by G20 Countries and Other Major Economies in Relation to Climate Action and Biodiversity Goals,” February 2021. <https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2021/02/Greennes-of-Stimulus-Index-5th-Edition-FINAL-VERSION-09.02.21.pdf>.

35.World Bank. “The State of Cities Climate Finance : Part 2. The Enabling Conditions for Mobilizing Urban Climate Finance.” [openknowledge.worldbank](https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35929), June 2021. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35929>.

# 碳中和 对中国经济意义深远

徐晋涛

北京大学国家发展研究院

## 摘要

本文从中国的发展阶段和现实约束出发，剖析了碳中和承诺不仅是中国主动承担应对气候变化国际责任的表现，也是中国经济转型、产业升级和制度完善的推力。对于中国双碳道路的思考，不仅为国际社会了解中国作为全球最大碳排放国的转型模式提供了参考，更是从中国作为一个发展中国家的视角，梳理总结自身经济发展模式与应对气候变化之间的关系，这对于更多国家和地区共同推进联合国可持续议程、开展绿色经济转型和探寻碳中和实现路径都具有广泛意义。

2015年在巴黎召开的《联合国气候变化框架公约》缔约方会议(世界气候大会)有两个主要成果，一是大会参与国普遍同意，到本世纪末，将地球表面升温控制在2度或1.5度之内；第二是主要排放大国都做出了自主减排承诺。

这是气候谈判里程碑式的成果，但也有遗憾，如果各主要排放国的自主减排承诺停留在2015年当时的水平，到本世纪末地球表面升温将不可能实现控制在2度或1.5度之内，非常有可能升温达到3-6度。

所以巴黎缔约方大会还提出了一个目标，到2020年，各排放大国要对照2度或1.5度的控温目标，重新盘点并大幅度改善自己的自主减排承诺，以真正实现控温目标。

中国是世界第一排放大国，每年排放量接近全球排放量的30%。如果中国没有特别积极的行动，全球气候行动目标不可能实现。所以巴黎缔约方大会的成果要想保持下去，全人类要想遏制住全球气候变化，中国必须发挥特别重要的作用，甚至是领导作用。

中国是世界第一排放大国, 每年排放量接近全球排放量的30%。如果中国没有特别积极的行动, 全球气候行动目标不可能实现。所以巴黎缔约方大会的成果要想保持下去, 全人类要想遏制住全球气候变化, 中国必须发挥特别重要的作用, 甚至是领导作用。



2020年, 习主席在联合国大会上做出两点承诺: 第一是在2030年之前, 中国要力争实现碳排放达峰; 第二是中国提出终点方案, 即到2060年实现碳中和。碳中和的意思是在大幅度减排的基础上, 剩余的排放量可以被生态系统完全吸收。

这是一个划时代的承诺。

中国社会做好准备了吗? 我认为还有不少差距。此前很多能源专家、气候专家提出的各种方案和路线图, 与碳达峰、碳中和的承诺相比都是保守的。所以, 中国社会, 特别是核心部门如能源、气候等部门会承受空前压力。要想实现碳达峰、碳中和目标, 中国一定要经历非常剧烈的增长模式的转换, 这两个目标会形成倒逼机制。

碳达峰、碳中和目标在“十四五”规划里多有体现, 在政府工作报告里也有非常突出的体现。2021年3月15号习主席参加中央财经会议, 又对碳达峰、碳中和目标提出了具体的要求。

要实现这两个目标, 中国政府与全社会要一致行动。要实现经济增长模式的转变, 在经济结构上必须有非常大的变化。

## 1.能源结构巨变

习主席在中央财经委员会讲到，在“十四五”期间建成以可再生能源为主体的能源体系，这是非常远大的目标。

大概在四五年前，我参加能源部门的专家会议，我问过他们，很多欧洲国家都提出到本世纪中叶实现以可再生能源完全替代化石能源，中国能不能实现？很多专家认为可能性很小，因为中国对煤炭过于依赖，中国的产业结构、能源结构、利益结构都跟煤炭高度相关。比如，现在电动汽车技术和氢能技术进步得非常快，电动汽车替代燃油车指日可待。但是由于发电行业技术进步慢，还是火电；燃油汽车换成电动汽车其实是用煤炭替代了石油。因此，真的要把煤炭消耗降低到能源结构的20%-30%，难度巨大。但这次“十四五”规划、中央财经委会议，都明确提出这个要求。

所以，能源结构调整，中国面临巨大的挑战，好在中国可再生能源发展得非常快，两三年前也改变了政策。过去电价是标杆上网，现在竞标上网，可再生能源发电的边际成本因此下降很多。

有好的政策，中国可再生能源产业已经取得了非常大的发展。如果再克服一两个体制方面的障碍，大幅增加可再生能源比例的目标还是比较有希望实现的。在这方面有以下两点建议：

一是建设全国统一的市场。过去讨论能源体制改革，专家一般认为中国能源体制的问题是国家电网一家垄断，需将其分成几个小电网。今天看起来又不同了。我们的调查发现可再生能源发展的真正阻力是地方封锁，而不是国家电网一手遮天。中国的可再生能源分布不均，尤其是经济欠发达地区的可再生能源反而丰富，发了电却接不到足够多的远程订单，需要克服地区封锁问题。国家发改委前几年也针对此问题出台了政策，似乎收效甚微。

二是要建立分布式能源。对于华北地区能源改革，国家支持力度应大一些，屋顶光伏发展更快一些。农村家户都有屋顶产权，推进光伏发电没有产权障碍。如果国家支持力度大些，可弥补煤改气、改电工作中遇到的不足，也许对中国能源结构改革助益良多。能源结构改革，技术、成本已经不是主要问题，下一步要重点克服体制问题。



## 2.生态系统的碳中和作用提到空前高度

我们以前也有人工造林的承诺，但那是锦上添花，并没有算到中国的减排成绩里。

中国森林资源面积和蓄积量持续双增长，这在发展中国家是独一份的。中国的森林吸收了大量的二氧化碳，现在中国把生态建设、生态恢复跟工业减排放在一起综合考虑，使我们气候行动的工具选择更为丰富，会大大降低全社会的减碳成本。

中国在这方面有比较大的优势，我们没有理由不重视生态系统的潜力，但要想发挥它的全部潜力，也有一些体制问题需要进一步解决。在此有三点建议：

一是遏制森林退化。目前中国60%-70%的森林是天然林，其中有一半是国有林区，森林退化和毁林严重。从碳汇角度，不是少砍树就好。健康的森林生态系统才可能是碳汇，不健康的森林可能变成碳源。我国很多天然林都是退化的森林，很可能已经变成碳源，需要积极地人工干预，提升森林生产力，才会对国家碳中和目标做出贡献。

二是完成现有的国有林区体制改革。2016

年以后国家对天然林实现全面禁伐，希望遏制国有林区天然林退化，实现森林资源增长。从国家气候行动的角度，生态环境的角度，天然林全面禁伐不是一个很好的政策，要加大森林生产力上升的速度才能使林业部门对国家的碳中和目标做出贡献，但这在原有体制下是很难做到的，必须重新启动国有林区森林资源经营管理体制改革。

三是扩大林产品的市场范围。像南方的杉木不用任何处理，二三十年都不腐烂，福建很多老建筑都有二三百年的历史，还挺立在那。建筑用木材可以固碳很多年，如果建造木结构房屋的同时再重新植树造林，新造林生产的碳汇就是新增的碳汇。同时，木材作为建筑材料替代了高碳足迹的钢筋水泥，也为国家绿色低碳转型做出了新的贡献。



# 50 %

中国的天然林大部分属于国有，面临退化和森林砍伐危机

### 3.政策体系的变化

过去搞环保主要依赖行政手段。1990年代治理水污染实行的“零点行动”“关停十五小”“十一五”节能减排，前几年的环保督察，特点就是依靠“关停并转”等行政手段。行政手段的好处是短期内见效快，不利之处是社会成本特别高，也特别容易反弹。

今后的环保政策手段恐怕要做出较大的转换。“十四五”期间，中国经济发展的压力依然非常大，同时又要叠加环保的约束，尤其是碳达峰的承诺，发展与减排之间的矛盾会变得空前突出。

要想降低这对矛盾，最重要的手段是用好经济政策，因为经济政策的社会成本最低，更可持续，反弹也相对较少。特别是在没有实现推动能源结构调整的重大技术突破之前，需要加大经济政策实施的力度。

如果从环境角度看增长模式的转换，中国主要从过去几十年的奇迹式增长向常规增长转换。中国在产品领域实现了市场化的配置，但在要素市场依然有很高的管制。所谓奇迹式增长是靠压低要素市场成本支撑的超高速增长，这是不可持续的。其实在压低或扭曲

的要素市场中，还应该包括环境要素。包括加入WTO以后的超高速增长，最重要的原因之一就是中国的环境要素更便宜。

纠正要素市场的扭曲，需要提高它的价格，必须有合适的财政税收政策。财政部原部长楼继伟提出，环境税是中国综合财税体制改革的一部分。在碳定价问题上中国做了一些探索，比如碳交易。

我个人认为，碳税优于碳交易，中国环境执法的问题最重要来自于地方政府有没有积极性，因为环境监管、环境执法主要靠地方政府。如果无法调动地方政府的积极性，像过去三四十年，环保难以落到实处。调动地方政府的积极性是将其行动与收入相结合，最好的办法是收环境税、碳税。通过给碳定价，企业才能意识到碳排放有成本，如果碳价过高，就会更主动地降低碳排放。

所以“十四五”期间，中国一定要更加重视经济政策的使用。其实，我们的很多政策都已经有了，但需要环保部门、能源部门真正转变观念，把经济政策作为碳中和、碳减排的首要工具，而不是走依赖行政手段、运动式减排的老路。

# 碳中和与包容性未来城市的 针对性和变革性创新

帕里斯·哈德菲尔德 (Paris Hadfield)<sup>1</sup>

墨尔本大学墨尔本城市中心

## 摘要

世界各地的多个城市都已经通过官方声明，愿意对气候行动做出大胆的承诺，尝试使用替代系统，这样的做法通常与政府高层的态度形成鲜明对比。城市气候战略的实施可能需要通过实验方法进行制度创新，这不仅是为了能够部署现有的、能够实现显著减排效果的技术，而且也是建立解决问题的集体机制以及实现创新价值的替代措施。在确定项目实施的优先事项和目标时，地方政府必须反思，在向碳中和城市过渡时，如何能够维持基本的基础设施和服务，并体现包容、维护福祉及坚持正义。这些问题都与城市建筑环境减碳融资新方法所涉及的重点关切息息相关。变革性创新政策需要摆脱技术发明和经济增长的制约，转向注重促进民主进程、实现成本和收益分配公平，以及加强公共产品和服务方面的制度创新。

## 1. 引言

毋庸置疑，如果希望在未来十年中能够避免气候变化所造成的最严重的影响，我们就必须有所改变。政府间气候变化专门委员会（2021）在其最新研究报告中指出，到2050年，“净零排放”必须完全实现，因为越来越多的证据表明，气候正在逐渐变暖，并将对人类和生态系统造成潜在的灾难性影响。此外，现如今各国在《巴黎协定》下作出的承诺既十分保守，也缺乏短期内的实施计划（联合国气候变化框架公约，2021；联合国环境规划署，2020）。然而，从商业角度而言可运用的技术展现出了巨大的减排潜力。城市转型联盟的研究（2019）表明，利用现有的商品化技术，到2050年可将从城市建筑、材料、运输和废物排放的温室气体量减少90%。国际能源署（2021）制定的到2050年实现净零排

1. 帕里斯·哈德菲尔德博士是墨尔本大学墨尔本城市中心创新领域的博士后研究员，在城市气候政策和治理、能源系统创新和城市可持续融资方面拥有丰富的专业知识。巴黎最近与全球气候与能源市长联盟研究和创新技术工作组、Ironbark可持续性组织一起，领导了一个行动研究项目，作为Innovate4Cities倡议的一部分，在全球范围内调查区域内的城市研究情况和创新优先事项（由全球气候与能源市长联盟欧洲气候基金会资助）。她的博士学位论文（由低碳生活 CRC资助）研究了澳大利亚、英国和瑞典三国在可再生能源采购、贷款和共同所有权方面的城市实验，并试图解释金融体系的变化如何催生了地方自治和包容性社会成果。

城市转型联盟的研究(2019)表明,利用现有的商品化技术,到2050年可将从城市建筑、材料、运输和废物排放的温室气体量减少90%。国际能源署(2021)制定的到2050年实现净零排放的路线图同样强调,“到2030年实现全球碳排放大幅削减目标所需要的所有技术都已经具备”,其中可再生能源技术颇具成本竞争优势。低碳技术的可用性与其在城市内的更广泛运用之间一直存在着差距,这也引出了有关提高政策有效性和进行制度变革的一些关键问题。



放的路线图同样强调,“到2030年实现全球碳排放大幅削减目标所需要的所有技术都已经具备”(第14页),其中可再生能源技术颇具成本竞争优势。低碳技术的可用性与其在城市内的更广泛运用之间一直存在着差距,这也引出了有关提高政策有效性和进行制度变革的一些关键问题。

在新思想、新知识、新产品、新工艺、新政策的应用和主流化过程中,创新持续推动着系统的变革。尽管初创企业和新科技可能会博得更多关注(克拉克Clark, 2021),但是制度创新仍是实现碳中和城市转型的重要推手。全球气候与能源市长联盟(GCoM)于2018年启动,代表一万多个城市,旨在加速雄心勃勃的“变革议程”。全球气候与能源市长联盟的Innovate4Cities计划,将治理流程和技术干预手段包含在内,确立了支持城市气候行动的研究和创新优先事项。Innovate4Cities计划以全球研究与行动议程(GRAA)(世界气候研究计划,2019)为基础,计划内容涵盖城市如何将行动摆在首位(包括为弱势群体带来共同利益),建立有效的治理框架,发明新的融资方法,以及城市规划和设计、建筑、能源、水、废物、交通和食品等领域的解决方案(全球气候与能源市长联盟,2018)。作为该计划的一部分,最近对城市气候战略的分析表明,市政当局在其行动计划中明确支持研究和创新(R+I)活动。确定的R+I类型行动包括通过研究气候问题和潜在解决方案生成知识;通

过监测、评估和可行性评估进行学习；并通过试点项目进行测试（哈德菲尔德等，2021）。

与面向技术发展和经济增长的狭隘创新概念相反，创新政策的语境正越来越多地转向创新过程，也就是转向针对社会 and 环境的预期创新成果（乔特Schot和斯坦米勒Steinmueller，2018）。地方政府是如何看待更广泛的、包容性的碳中和城市创新的目的和价值的呢？在下一部分中，本文将利用现有的理论和研究，讨论制度创新如何促进新的利益相关者间形成合作，并以集体形式解决问题，这是进行更广泛的系统变革所必需涉及的内容。随后，笔者将通过新型城市气候融资机制的例子，讨论“变革性创新”的概念如何做到更多地关注社会正义发展成果。地方政府可以在推动城市可持续转型方面发挥作用，其不仅仅要为私营企业谋求利润增长，更重要的是要做到惠及公益事业和公共福利。

## 2. 城市制度创新与集体问题解决

为实现城市的减排潜力，市政当局仍面临着一系列挑战和路径依赖，包括权力约束、孤岛式治理，不同级别政府之间有限的政策协调，以及资源缺乏等问题（联合国人居

署，2020）。要推动地方政府自身资产和运营之外的关键排放部门实现减碳，（巴勒莫Palermo等，2020）就需要重新思考现有的供应和治理体系。实际上，实验性是当下城市气候响应的一个公认特征，它成为测试替代系统、证据构建和学习以及推动不同利益相关者之间讨论、确定问题和构建潜在解决方案的一种模式（巴尔克利Bulkeley，2021）。在欧洲建立的“城市生活实验室”是一种有意识的、地理嵌入式的、跨部门的、参与性高的新型社会和技术系统试验方案案例（沃依腾科Voytenko等，2016）。有效的实验需要反思和组织学习（包括对失败的容忍度）来评估结果、应用经验教训并在内部和不同背景下扩大对经证明的解决方案的应用（科恩Coenen和摩根Morgan，2020；休斯Hughes等人，2020；彭Peng等，2019）。经济合作与发展组织和彭博社（2019）的一项全球性调查确定了一些城市政府创新能力构成的关键要素，其中包括风险承担、数据管理、市民参与、使用数字技术、组织变革、以人为本的设计和新的融资伙伴关系。

新型冠状病毒的大流行已经展现了市政当局通过市政治理进行创新的能力。突发公共卫生事件不仅“松绑了制度约束，放飞了政策想象，并为变革和深化治理试验提出了要求”，同时也突出了“国家能力和公共资源在支持城市运作方面的根本性和重要性”

（麦吉尔克（McGuirk）等，2021，第1、2页）。在应对疫情的早期响应中，世界城市和地方政府联盟（UCLG）对城市的一项调查确定了“领导和权威、涉及所有关键利益相关者的合作与协作，以及信息技术和数据管理”方面的创新（戴维斯Davis和维尔斯Willis，2020年，第2页）。通过基于共识的决策（西班牙巴塞罗那）和透明的沟通和社会研究（波哥大，哥伦比亚），市政当局让利益相关者参与进来。市政当局提高了对病毒接触者追踪的监控能力，优化了大数据统计（首尔，韩国），并通过灵活的多级治理紧急预算机制，迅速化解地方性危机（南非豪登省）。

与面向技术发展和经济增长的狭隘创新概念一脉相承，创新政策话语正越来越多地转

向创新过程的方向，也就是转向应对全球重大挑战的预期创新成果（乔特和斯坦米勒，2018）。当代人们对创新的理解从系统的角度出发，着重突出了一系列利益相关者的作用，以及不同形式的知识和学习过程可能产生的效果（埃德勒Edler和法格伯格Fagerberg，2017）。与早期基于通过研发投入将科学和知识商业化的线性发展模型相比，如今人们理解的创新是通过技术、机构、商业战略和用户实践之间的复杂互动产生的，而正式和非正式机构可以在这些互动中实现创新或是限制创新。然而，更广泛的创新政策系统方法仍然存在许多风险，人们在为创新创造有利条件方面的关注度十分有限，而与此同时，创新的方向和结果却留给了市场（迪克斯Diercks等，2019）。市场主导下的干预措施将气候变化和贫困视为外



10,000  
城市

代表在全球气候和  
能源市长协议(GCoM)

部因素，因此其重要性次于促进经济增长、生产力和竞争的相关举措，这些衡量指标则继续推动不均衡的发展，甚至导致城市的不平等（乔特和斯坦米勒，2018）。

挑战导向型创新需要跨部门和各级政府集体设定优先事项，这可能不仅会挑战主流观点，而且会触发利益冲突（乔特和斯坦米勒，2018）。与由学术精英和技术专家领导、由公共资金和新市场创造推动的技术“革命”不同，这种政策方法强调公民广泛地参与到议程的制定和实施过程当中（迪克斯等，2019）。如上所述，最基本的一点就是要对实验和反思抱有开放的态度，承认不确定性的存在，预测出人意料的后果，并进行持续的监控、评估和学习。为此，利益相关者必须质疑他们的设想和偏好，从而避免产生狭隘地关注优化现有系统的现象（例如以汽车为中心的城市发展和移动系统）（乔特和斯坦米勒，2018）。对于环境和社会倒退的系统来说，这是一个不可避免的政治过程，比如对化石燃料行业的持续补贴，需要积极地破坏稳定的现状。

挑战导向型创新已以“任务导向”创新政策的形式付诸实践。经济学家马里亚纳·马祖卡托（Mariana Mazzucato，2021）一贯主张实行以解决方案为基础的“任务经济”，这种任务经济关注的是“对人类和地球真正重要”的目标。受美国登月的启发，

任务政策将会是野心十足的，但其将会与清晰、可衡量且有时限的目标与社会问题结合起来，促进相关领域和基于广泛的项目组合的、跨部门的实验和创新。例如，由欧盟委员会提出的到2030年实现100座气候中和城市的任务，将多层次的治理协调、自下而上的市民从业和参与，以及融资渠道纳入正轨（格罗基维奇-华尔兹等人Gronkiewicz-Waltz et al., 2020）。2015年，巴黎气候大会第21届会议上提出了任务创新（MI）大纲，该大纲阐述了在构建任务框架时所采用的一条小范围科技创新途径。任务创新致力于加速开发新型清洁能源技术（提高性能并降低成本），从而为通过清洁能源部长级会议（CEM）机制来部署现有技术和流程提供支持（迪克斯等，2019）。相比之下，全球气候与能源市长联盟（上文提到）以社会和环境为目标，广泛使用创新方法，从而达到推动城市应对气候变化行动的目标。全球气候与能源市长联盟的议程解决了创新“需求侧”的问题，包括住房、社会流动和资源浪费，并支持以实践为导向的学习（城市之间）（迪克斯等，2019）。

### 3. 变革性创新和社会目标

碳中和城市如何安排以所有公民的福祉为中心的种子创新？如上所述，尝试新的治理方法来应对急迫的社会和气候挑战为学习提

供了空间，并有可能推动更广泛的制度变革。与此同时，在全球新冠疫情的背景下快速实施制度创新引发了关于如何确保创新过程保持包容性，同时避免城市现有社会空间不平等现象再现的问题（麦吉尔克等，2021）。其他人则考虑了地方政府、大学和企业（例如墨尔本创新区）之间开展地方性合作的潜力，专注于激发创造力和科学技术的新应用，从而追求新型的“关爱、团结和集体行动”的目标，进而应对持续的社会混乱（哈堪森Håkansson和戴维森Davidson，2020）。地方政府和城市网络已经阐明了通过大流行病暴露出来的、不断扩大的不平等问题如何加强了城市气候应对措施，克服资源开采和排他性经济体系的重要性（C40城市，2020）。

虽然市政企业主义通常与带有几分社会福利色彩的外包、旅游和私营投资有关，但地方政府内部通过确定新的公共设施进行创新，则能够培育更为进步的地方资源再分配（费尔普斯Phelps和苗Miao，2020）。创新和城市发展的基本经济模型（恩格伦等人Engelen et al., 2017；马奎斯等人Marques et al., 2018）强调，通过部署产生的“世俗创新”作用是改革性变革的关键（例如布彻Butcher等，2020年，第17页）、日常实践中的干预以及提供公共服务是转型变革的关键。基础经济模型代表了创新成果构思方式的根本性转变。公共政策的

理想作用是确保为所有市民提供基本的产品和服务——不消耗化石燃料，同时保证生态系统健康——而不是对其他城市和地区而言构成确保竞争经济优势的“零和”博弈（科恩和摩根，2020）。英国的能源部门采用了这种方法，地方政府（后能源市场自由化/私有化）已经成立了负责供应商业能源的市政所属能源服务公司（ESCos），以寻求缓解燃料贫困问题，提供低碳能源和实现本地社区再投资（例如，布里斯托尔能源Bristol Energy）。

为了更为明确地以社会正义为中心，变革性创新的概念被定义为“挑战、改变和/或取代主导机构”的社会创新（阿韦利诺Avelino等，2019，第196页）。缓解和适应城市气候变化的努力可能会加剧城市不平等。事实上，未能解决气候变化和环境退化的根本原因是没有特意解决限制基本基础设施、其他公共服务，当地的环境问题和土著人民的权利问题（巴尔克利Bulkeley等，2014；Westman和Castán Broto，2021）。在实践中考虑这些关系的一种方法是，思考如何为城市气候变化干预提供资金支持。

由于减碳和适应城市建筑环境所需的城市气候融资数额越来越大（气候变化融资领导联盟，2021），“解锁”城市气候战略实施投资管道的前景在决策者和从业者的议程上



越来越占据了重要位置。2020年，全球气候与能源市长联盟（GCoM）对世界各地城市从业者的一项调查表明，“为气候行动融资的创新战略”被认为是推进城市气候行动最有益的新见解（哈德菲尔德等人，2021）。与此同时，现有的研究强调与私人融资相关的社会和空间权衡，以及风险和回报的标准化计算，这就破坏了公共产品和民主问责制度。这些过程包括：获取信贷机会不均、偿债义务、投资的盈利门槛、不透明的基础设施所有权、再分配给私营企业的公共资金（道林Dowling，2017；马祖卡托Mazzucato，2018年），以及过于膨胀的企业权力。事实上，正如马祖卡托（2013，2017）所主张的，公共部门始终在承担早期研发投资风险方面发挥着重要作用，但这一作用通常被低估或忽视，这对私营部门企业家和风险投资家有利。因此，公共部门很少能够获得这种投资的财政回报，而这反过来又影响到公共部门为公共利益进行再投资的能力。鉴于地方政府创收和提供服务的能力不均衡，也就是气候行动的主要障碍（世界气候研究计划，2019），这种担忧非常有必要。

气候资金流动的质量，包括谁提供资金、成本和收益如何分配以及谁在这些决策中拥有发言权，都将决定金融创新在多大程度上能够维持固态的积累或受到多大的排斥力，又或是培育更具包容性和民主性替代方案（哈

德菲尔德，2021；霍尔等，2018）。根据社会目标构建公共财政的先例包括澳大利亚高等教育的收入比例贷款。通过这种机制，提供前期信贷，而还款推迟到未来收入门槛达到时支付，这样就能够减轻财务负担，确保公平获取的机会（斯皮斯-布彻Spies-Butcher和布赖恩特Bryant，2018）。在城市气候治理的背景下，基于地方的融资模型展示了建立地方财富的包容性和开展协作性投资的潜力（麦克休McHugh等，2019）。一个众所周知的例子是能源合作社，它通过购买个人股份（股权），实现社区共同拥有和管理当地可再生能源设施（哈茨尔Hatzl等，2016；塞房Seyfang和哈塞汀Haxeltine，2012）。这些计划强调环境目标和当地财富分配的前景，而不是商业盈利能力。以不同的方式，墨尔本的一项试验性地方政府计划为低收入房主提供无息贷款，用于安装屋顶太阳能，从而帮他们节省电费（哈德菲尔德和库克Cook，2019）。这些机制突出了地方政府和社区团体在围绕城市资本投资构建社会和环境条件方面所发挥的重要作用。

## 4.经验教训

以上讨论的现有讨论指出了市政当局在政策和实践中概念化创新和应用创新时需要考虑的关键因素：



基础经济模型代表了创新结果构想的根本转变。公共政策的理想作用是确保为所有公民提供基本货物和服务 -- 不消耗化石燃料和确保生态系统健康 -- 而不是确保相对于其他城市和地区的竞争性经济优势的“零和”游戏

制度变革可以从对替代社会和技术系统的试验开始生根发芽，这些系统为在不同利益相关者的商议和支持下边做边学和从失败中吸取经验提供了空间。有意义的变革需要具有反思性和有效的组织流程来评估结果，从而扩大已得到证明的解决方案。

制度创新过程应该打破围绕地方政府核心业务和市场导向发展的假设、现有利益和保守的意识形态。承认社会和原住民（不）公正是城市气候治理创新的关键起点，以避免巩固现有的社会经济排斥结构、使用方面的不平等（例如有机会使用高质量的基本基础设施和服务）以及财富集中于少数人手中。

任务导向型创新政策体现了一个框架，可以围绕一个特定的、雄心勃勃的挑战集体解决问题，这些挑战可以在关键目标的地方参与性规划中得以实施。

创新的基础经济模型将创新政策重新聚焦在现有技术部署、日常实践的变化以及使社区走向繁荣必不可少的公共服务方面更“平凡”的创新上。

变革性创新模型要求通过上述过程调整和重新配置主导机构，例如，地方当局和社区团体可以围绕气候融资设置社会条件，挑战私人投资者所设的、过高的财务门槛，从而支

持社会和环境价值和需要

## 5. 结论

实施具有野心的城市气候目标需要改变城市治理中“照旧经营”的状态。本文介绍了为实验和制度变革提供信息的新兴框架，包括以任务为导向的创新、基础性经济和变革性社会创新。由社会和环境优先事项驱动的、以地方为基础的创新过程对由技术发明和竞争优势定义的狭隘创新概念做出了重要的反击，这些概念通常由大型营利性公司主导。地方政府可能具有独特的优势，可以通过民主参与和跨部门合作推进新形式进行有目的的创新，从而解决当地的气候问题，这种优势在城市应对新冠疫情时得到部分体现。为实施城市气候计划设定优先事项和目标为地方当局提供了一个机会，通过应用新的社会价值主张、扩展高质量的基本基础设施，提高公共服务水平以及公平分配成本和收益来进行创新。

## 参考文献

1. Avelino, F., Wittmayer, J. M., Pel, B., Weaver, P., Dumitru, A., Haxeltine, A., Kemp, R., Jørgensen, M. S., Bauler, T., Ruijsink, S., & O' Riordan, T. (2019). 变革社会创新和授予/剥夺权力。《技术预测与社会变革》，第145、195-206页。https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.002
2. Bulkeley, H. (2021)。《气候改变城市未来：人类世城市的环境政治》。《环境政治》，第1-19页。https://doi.org/10.1080/09644016.2021.1880713



承认社会和原住民(在)正义是城市气候治理创新的一个关键起点,以避免巩固现有结构

3. Bulkeley, H., Edwards, G. A. S., 和 Fuller, S. (2014). 《在城市中争论气候正义: 城市气候变化实验中的政治和实践考察》。《全球环境变化》, 第25期, 第31-40页。https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.01.009
4. Butcher, S., Das, J., Dam, J., Fattah, K., & Hausmann, S. (2020). 《行动框架的证据: 行动学习的参与式途径》墨尔本大学互联城市实验室: 墨尔本。https://doi.org/10.26188/14275595
5. C40城市。 (2020). 《C40市长绿色和公正复苏议程》。https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-Mayors-Agenda-for-a-Green-and-Just-Recovery
6. 气候变化融资领导联盟 (CCFLA) . (2021). 《2021年城市状况气候财政》。https://www.citiesclimatefinance.org/2021/06/2021-state-of-cities-climate-finance/
7. Clark, J. (2021). 《不平衡的创新: 智慧城市的运作》。哥伦比亚大学出版社。
8. 城市转型联盟 (CUT) . (2019). 《气候危机与城市机遇: 国家政府如何通过城市改革确保经济繁荣和避免气候灾难》。https://urbantransitions.global/en/publication/climate-emergency-urban-opportunity/
9. Coenen, L., & Morgan, K. (2020). 不断发展的创新区域: 现有的范例、评论和可能的替代方案。《Norsk Geografisk Tidsskrift——挪威地理杂志》, 第74 (1) 期, 第13-24页。https://doi.org/10.1080/00291951.2019.1692065
10. Davis, D. E. & Willis, G. D. (2020). 《城市和区域应急治理》世界城市和地方政府联盟。https://www.uclg.org/en/media/news/within-framework-emergency-governance-initiative-uclg-metropolis-and-lse-cities-publish
11. Diercks, G., Larsen, H., & Steward, F. (2019). 改革性创新政策: 在新兴政策范式中解决多样性问题。《研究政策》, 第48 (1) 期, 第880-894页。https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.028
12. Dowling, E. (2017). 紧缩之后: 社会影响债券和英国福利制度的金融化。《新政治经济》, 第22 (3) 期, 第294-310页。https://doi.org/10.1080/13563467.2017.1232709
13. Edler, J. & Fagerberg, J. (2017). 创新政策: 内容、理由及方式。《经济政策牛津评论》, 第33 (1) 期, 第2-23页。https://doi.org/10.1093/oxrep/grx001
14. Engelen, E., Froud, J., Johal, S., Salento, A., & Williams, K. (2017). 脚踏实地的城市: 从竞争力到基础经济。《区域、经济和社会剑桥杂志》, 第10 (3) 期, 第407-423页。https://doi.

org/10.1093/cjres/rsx016

15.全球气候与能源市长联盟。(2018).

《Innovate4Cities: 作为全球气候行动加速器——研究和创新重点》。https://www.globalcovenantofmayors.org/press/innovate4cities-a-global-climate-action-accelerator-research-and-innovation-priorities/

16.Gronkiewicz-Waltz, H., Larsson, A., Boni, A.L., Andersen, K.K., Ferrao, P., Forest, E., Jordan, R., Lenz, B., Lumbreras, J., Nicolaides, C., Reiter, J., Russ, M., Sulling, A., Termont, D., & Vassilakou, M. (2020).所提任务: 由市民在2030年自我实现100座碳中和城市——气候中和和智慧城市任务委员会的报告。研究和创新总局(欧盟委员会)。https://doi.org/10.2777/46063

17.Hadfield, P. (2021)。《改变规则: 为城市可再生能源转型融资的社会空间可能性和

18.Hadfield, P. (2018)。《地方政府团购可再生能源——关于地方政府合作潜力的报告, 旨在为墨尔本建立可再生和更具弹性的能源系统》。墨尔本大学。http://go.unimelb.edu.au/8tc6

19.Hadfield, P., Oke, C., and Verbeeck, J. (2021)。城市气候行动的区域研究和创新——全球综合报告。墨尔本大学互联城市实验室。https://doi.org/10.26188/14743125

20.Hadfield, P., & Cook, N. (2019)。为低碳城市融资——地方政府能否利用公共财政促进公平脱碳?《城市政策和研究》, 第37(1)期, 第13-29页。https://doi.org/10.1080/08111146.2017.1421532

21.Håkansson, I. & Davidson, K., (2020)。像墨尔本这样的创新区可以指引我们走出危机。对话。https://theconversation.com/innovation-districts-like-melbournes-could-help-chart-our-course-out-of-crisis-142267

22.Hall, S., Roelich, K. E., Davis, M. E., & Holstenkamp, L. (2018)。低碳能源转型中的金融和公平。《应用能源》, 第9页。https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.04.007

23.Hatzl, S., Seebauer, S., Fleiß, E., & Posch, A. (2016)。光伏领域的市场主导和底层市民参与倡议——利基发展的定性比较。《未来》, 第78-79期, 第57-70页。https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.03.022

24.Hughes, S., Yordi, S. 和 Besco, L. (2020)。《试点项目在城市气候变化政策创新中的作用》。《政策研究杂志》, 第48期(2), 第271-297页。https://doi.org/10.1111/psj.12288

25.国际能源署。(2020)。《2050年达到净零——全球能源部门路线图》。https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050

- 26.2021年政府间气候变化专门委员会——决策者摘要。2021年气候变化——自然科学依据。第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的稿件【Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)】.剑桥大学出版社。在印中。
- 27.Politics and Space, 36(3), 496–512. <https://doi.org/10.1177/2399654417717986>
- 28.Marques, P., Morgan, K., & Richardson, R. (2018).考虑中的社会创新——有争议的概念理论和实践意义。《环境和规划C——政策和空间》第36（3）期，第496-512页。<https://doi.org/10.1177/2399654417717986>
- 29.Mazzucato, M. (2021).《任务经济——改变资本主义的登月指南》Allen Lane.
- 30.Mazzucato, M. (2018).《一切事物的价值——创造和吸纳全球经济》。Hachette UK.
- 31.McGuirk, P., Dowling, R., Maalsen, S., & Baker, T. (2021).城市治理创新和新冠疫情。《地理研究》第59（2）期，第188-195页。<https://doi.org/10.1111/1745-5871.12456>
- 32.McHugh, N., Baker, R., & Donaldson, C. (2019).英国的企业小额信贷是一种“替代”经济空间。《地理论坛》，第100期，第80-88页。<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.02.004>
- 33.经济合作与发展组织。(2019).《提升城市政府的创新能力》。巴黎经济合作与发展组织出版。访问网址：<https://doi.org/10.1787/f10c96e5-en>。
- 34.Palermo, V., Bertoldi, P., Apostolou, M., Kona, A., 和Rivas, S. (2020)。《市长公约倡议中 315 个城市的气候变化减缓政策评估》。《可持续城市与社会》，60, 102258。 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102258>
- 35.Peng, Y., Wei, Y., 和Bai, X. (2019)。《扩展城市可持续性实验：作为创新的情境化》。《清洁生产杂志》，第227期，第302–312页。<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.061>
- 36.Phelps, N. A., & Miao, J. T. (2020).城市企业主义的多样性。《人文地理对话》，第10（3）期，第304-321页。<https://doi.org/10.1177/2043820619890438>
- 37.lescia-Boyd, A., Bland, S., Capizzi, P., Colenbrander, S., Lyden, P., and Mayr, M. (2020). (2020).《通过城市气候行动加强国家自主贡献》。联合国人居署。<https://unhabitat.org/enhancing-nationally-determined-contributions-ndcs-through-urban-climate->

action

38.Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018).创新政策的三大框架——研发、创新体系和改革性变革。《研究政策》，第47（9）页，第1554-1567页。  
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>

39.Seyfang, G., & Haxeltine, A. (2012).不断增长的底层创新——探索在治理可持续能源转型中以社区为基础的倡议的作用。《环境和规划C——政府和政策》，第30（3）期，第381-400页。  
<https://doi.org/10.1068/c10222>

40.Spies-Butcher, B., & Bryant, G. (2018).对按收入或条件贷款的混合政策的核算——在为福利制度融资时的谨慎和纪律政治主张。《新政治经济》，第23（6）期，第768-785页。  
<https://doi.org/10.1080/13563467.2017.1393406>

41.《联合国气候变化框架公约（UNFCCC）》。(2021)。《NDC综合报告》。  
<https://unfccc.int/documents/306848>

42.联合国环境规划署（UNEP）。(2020)。《2020年排放差距报告——执行摘要》。内罗毕。  
<https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>

43.Voitenko, Y., Mskormitsk, K., Evans, J. 和 Shliva, G. (2016)。欧洲可持续发展和低碳城市的城市生活实验室：研究议程展望。《清洁生产杂志》，第123期，第45-54页。  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.053>

[org/10.1016/j.jclepro.2015.08.053](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.053)

44.Westman, L. 和 Castán Broto, V. (2021)。超越现有范式：在城市气候变化规划中寻求正义。《当地环境》，第26期（5），第536-541页。  
<https://doi.org/10.1080/13549839.2021.1916903>

45.世界气候研究计划。(2019)。《城市和气候变化科学全球研究和行动议程——完整版》。Prieur-Richard, A.H., B. Walsh, M. Craig, M.L. Melamed, M. Colbert, M. Pathak, S. Connors, X. Bai, A. Barau, H. Bulkeley, H. Cleugh, M. Cohen, S. Colenbrander, D. Dodman, S. Dhakal, R. Dawson, J. Espey, J. Greenwalt, P. Kurian, B. Lee, L. Leonardsen, V. Masson-Delmotte, D. Munshi, A. Okem, G.C. Delgado Ramos, R. Sanchez Rodriguez, D. Roberts, C. Rosenzweig, S. Schultz, K. Seto, W. Solecki, M. van Staden, and D. Ürge-Vorsatz (Eds.).访问网址：  
<https://www.wcrp-climate.org/WCRP-publications/2019/GRAA-Cities-and-Climate-Change-Science-Full.pdf>

# 实现碳中和：提升和扩大城市本地社区主导力量的倡议

胡恩·阮<sup>1</sup>，拉斐尔·奥博尼奥<sup>2,3</sup>

1.哥伦比亚大学

2.联合国人居署

3.世界银行

## 摘要

城市中的本地社区在应对气候变化和实现碳中和方面发挥着关键作用。社区常在识别和定义对他们来说重要的事情后，带头确定和实施解决方案。本文强调了本地社区可以实现的强大变革，这些变革需要地方政府的支持，同时地方政府也可以从中可获得的好处。本文旨在推动以社区为主导、以实现转型结果为目标的气候行动，鼓励社区创新来适应未来气候，并推动社区通过分享、学习和实践重新构想解决方案。以本地社区为主导的倡议潜在好处包括：更广泛的创新和干预来应对气候变化，降低政策和程序实施失败的风险，增加对气候变化和碳中和的了解，以及增强地方政府和社区之间的信任。社区主导的倡议在社会迈向碳中和与可持续未来方面发挥着至关重要的作用。为了应对气候变化带来的挑战，创造性的社区响应、社区

间的知识共享和社区的参与必不可少。本文强调了以社区为主导的应对气候变化和实现碳中和行动的创新性、可扩展性和可复制性。

**关键词：**碳中和，基层解决方案，创新，城市与气候，社区主导，可持续。

## 1. 引言

通过创新和行动，本地社区可能是支持零排放和克服气候变化挑战的关键力量之一。很多本地社区案例表明，通过使用适合当地的解决方案，可以为应对气候变化和将社会推向碳中和创造条件。以当地社区的支持为基础，地方干预措施旨在减少碳排放。

首先，作为合作伙伴，本地社区在确保企业、地方和国家政府认真履行实现碳中和的承诺上发挥了重要作用。一个重要的步骤是



确保政府和企业提供并实施以NDCs为减排目标的行动计划。

其次，社区主导的倡议提供了所需知识，推动、聚焦有影响力的规模效应，并将行动与结果联系起来。社区主导的解决方案体现了一种同时解决环境、经济和社会问题的方法，体现了人们生活的整体性。

第三，利用社区潜在实用技能和知识、鼓励社区创新是城市向碳中和转型的关键。适应气候变化需要创新力、创造力、经验和合作。

此外，当地社区可以确保提出和实施的碳中和解决方案能够改善民生。例如，确保通过向碳中和转型创造就业和经济增长机会。

追求城市碳中和不仅是国家和城市政策制定者的事情，本地社区在这一转型中同样发挥着关键作用。本地社区在实现碳中和方面并没有被落下，而是积极参与或带头解决应对气候变化的关键挑战。本地社区所采取的积极行动的经验尤为重要，这些成功经验可以激发更多社区加入碳中和行动中，引发企业和国家的广泛变革，帮助加强对减排的理解。

尽管有成功案例，许多社区依旧不了解解决

方案。本文提到的解决方案是一些基层创新的杰出例子，这些案例对减少碳排放产生了实际影响。目前所面临的挑战在于如何充分复制和扩大社区主导的解决方案，以实现重大变革。

这些案例展示了社区领导的解决方案在实现碳中和方面的益处，鼓励进一步的支持、复制和扩大规模。这些案例提供了创新的、实用的实践经验、方法和工具，并且可以被复制和扩大规模。

## 2. 案例研究

### 罗萨里奥城市农业：通过城市农业减少温室气体排放

阿根廷第三大城市罗萨里奥推出了一个城市农业计划，该计划从解决温饱问题演变为创造就业机会，最近更提出解决气候变化的策略。

阿根廷第三大城市罗萨里奥的居民经历了许多危机。当该国经济在2001年崩溃时，罗萨里奥四分之一的劳动力突然失业，超过一半的人口跌破了贫困线。面对食品价格飞涨

和食物短缺，一些居民不得不去抢超市的食品。

当居民们应对飞速下滑的经济时，另一个危机在背后悄然酝酿。气候变化使罗萨里奥市变得越来越热，降雨更加不规则，导致罗萨里奥市内发生洪水，附近的河三角洲发生火灾。

罗萨里奥市政府推出了城市农业计划，该计划入选2020-2021年度城市奖，旨在展示解决气候变化和城市不平等问题创新方法。该计划为低收入居民提供利用率低、被废弃的公共/私人土地种植食物。该计划最初旨在缓解食品短缺并提供经济机会。多年来，当地政府将该计划发展作为包容性气候行动计划的基石。

在2001年经济危机之前，圣达菲州罗萨里奥市是个农业中心，许多农民都种植大豆以供出口。到了21世纪初，罗萨里奥市开始严重依赖进口的农产品以满足该市自身的食品需求，这些农产品使用大量的杀虫剂进行种植。

该市的城市农业计划（Programa de Agricultura Urbana，简称PAU）于2002年开始向当地群体提供工具、材料、种子和

农业生产的培训，强调生产不使用化学品的农产品，该计划很快扩展到了城市的75公顷土地，包括七个公园或菜园，以及一些较小的社区土地，这些土地以前未得到充分利用或被废弃。

为了将城市农业建立为一种生计，市政府还在整个城市打造了几个永久和流动的市场，城市农民可以在这些市场出售本地种植的农产品和自制商品，如腌制蔬菜、酱汁、糖浆、有机化妆品和果酱。

今天，有近300名城市农民拥有公共和私人土地的临时所有权，种植农产品并销售，其中约65%是女性。市政府还将城市农业融入到公共空间、学校、市场和各种社会项目中，特别是针对青年和老年人，建立了围绕食品生产的文化。低收入社区的菜园、公园已成为开展其他社会计划（包括教育和青年发展计划）的关键场所。例如，市政府的工作人员在2400多个家庭和40所学校培训关于农业生产的知识，这些家庭和学校之后开始种植自己的菜园。

除了为人们提供工作和生计外，城市农业计划还具有重要的气候效益。当单一种植胜过多样化食品生产时，该城市开始从距离超过400公里的地方采购食品，形成了产生大量

温室气体排放的供应链。而今天，罗萨里奥每年生产出约2500吨生态蔬果。根据罗萨里奥国立大学和RUAF城市农业和食品系统的一项研究，将本地化生产蔬菜所产生的温室气体排放量比进口减少95%。

都市农业扩张减少温室气体排放的路径不仅在于生产食物减少排放，还可以通过减少从种植区运出的食品数量，从而减少食品运输里程数。

### **解决方案：回收固体废物变现，减少垃圾填埋场的排放并创造就业机会**

南亚环境论坛（South Asian Forum for Environment）的“垃圾变现”（Trash2Cash）倡议是针对加尔各答市固体废物问题的一种创新解决方案。这个方案由一个独立的社区企业提出，由居住在贫民窟的人领导。他们接受培训，回收城市地区的公司和家庭垃圾，并获得报酬。

不适当的垃圾管理可能会产生比所需更多的温室气体，因此应该采用适当的垃圾管理方法来减少温室气体排放。垃圾变现倡议以减少温室气体排放的方式管理固体废物，并使加尔各答市能够适应未来的变化。

该倡议在源头处分离垃圾，将有机废物从垃圾填埋场转化为堆肥。纸张废物则在由妇女经营的工作室中被回收并制成可销售的手工艺品。每月，贫民窟居民收集和回收1,000公斤的废纸和2,000公斤的食物废料。通过回收垃圾，每年可减少520吨的二氧化碳排放量。该企业的目标是回收加尔各答城市区域70%-85%的公司和家庭垃圾。每天在印度加尔各答市产生超过5,000吨固体废物。倾倒这些垃圾会污染地下水并释放大量的甲烷气体，这种气体在导致温室效应方面比二氧化碳高25倍。

超过50%的城市贫困人口从事垃圾交易，包括垃圾收集、分类和供应。但是他们面临各种健康风险并获得极低的工资。“垃圾变现”项目由居住在贫民窟的人们领导，他们接受培训，收集和回收城市地区的企业和家庭垃圾，并获得报酬。该垃圾在来源处分离，并从垃圾填埋场分流，这些填埋场正慢慢侵占着加尔各答东部湿地，在这些填埋场中垃圾将被制造成堆肥。废纸在女性领导的车间中回收，以生产增值产品。有机废物被转化为堆肥。

这种以社区为基础的固体废物管理商业

模式解决了两个问题，既为生活在贫民窟的人提供就业机会，同时减少了开放式垃圾填埋场的环境危害。

作为全球气候变化的贡献者，垃圾的排名仅次于能源和交通。“垃圾变现”计划回收固体废物并减少垃圾填埋场排放。从垃圾填埋场分离有机废物和回收废纸直接导致甲烷排放减少，有助于缓解气候变化。每个月，贫民窟居民收集并回收1,000公斤废纸和2,000公斤食物废物，每年可以减少520公吨二氧化碳当量排放量。

“垃圾变现”不仅在当地可以继续扩展规模，而且在世界其他贫民窟地区也可以复制。其他城市地区可以复制该企业的供应驱动型废物管理系统，与没有废物回收系统的企业办公室建立合作关系，回收废纸制成笔筒、垃圾桶、相框等产品。收集垃圾用于制作堆肥在城市、农业和政府部门都有很大的市场需求。

### **Solar Sister正在减少碳排放并赋予女性权力**

Solar Sister是一家创新的社会企业，旨在女性赋权、能源贫困和气候变化的交汇处实现可持续、可扩展的影响。它为女性提供经

济来源和清洁能源。它将便携式太阳能技术的突破潜力与女性驱动的直销网络相结合，将光明、希望和机会带给一系列没有可靠电力供应的社区。

太阳能所消耗的温室气体比传统化石燃料要少。虽然在太阳能系统的制造和回收过程中可能会产生一些温室气体排放，但最终形成零温室气体排放和零环境影响。

通过微代销模型，Solar Sister企业家获得“系列生意”，即一套库存、培训和营销支持的创业套件，直接将清洁能源带到客户的门口。

Solar Sister于2009年在乌干达成立，培训了十位女性企业家。迄今为止，该活动已为乌干达、卢旺达和南苏丹的171位Solar Sister企业家创造了微型企业，将太阳能的好处带给了超过31,000名非洲人。Solar Sister的目标是使妇女成为非洲清洁能源价值链的重要组成部分。每投资一美元到Solar Sister企业，通过企业家的收入和客户节约的现金第一年就能产生超过48美元的经济效益。例如，一只售价18美元的太阳能灯在五年内通过取代煤油的使用带来了163美元的累计节约花费。另一只售价45美元的太阳能灯加上手机充电器在五年内通过

取代煤油使用和手机充电费用带来了225美元的收益。与太阳能家庭系统成本的十分之一相比，客户从节省支出、延长工作时间、改善室内空气质量并延长孩子的学习时间里受益。

Solar Sister是世界上唯一一个旨在建立非洲范围内女性清洁能源创业网络的组织。作为家庭能源的主要消费者，女性对于成功实现使用清洁能源方案至关重要。Solar Sister的创立基于投资女性是实现基层大规模采用清洁能源技术的先决条件。正是这种性别包容的系统方法和女性主导的企业模式，为解决能源贫困带来可持续发展机会，使Solar Sister模式独具特色。

每个太阳能灯在其10年的寿命内将取代约600升煤油的使用，从而减轻约1.5吨二氧化碳的排放。Solar Sister企业目前出售的太阳能产品将有助于减轻9,564吨CO<sub>2</sub>排放。在拟扩大规模中，Solar Sister企业预计在未来十年内减轻超过1,000万吨CO<sub>2</sub>排放，同时取代6.6亿升煤油的使用。科学证据表明燃烧煤油所产生的黑烟是全球气候变化的主要诱因之一，太阳能灯的使用可以消除黑烟；同时，太阳能手机充电取代了便宜且不可回收的电池的使用，改善当地空气质量，并对公共卫生产生积极影响。

清洁能源带来经济和公共卫生福利的同时，改善当地环境，减缓气候变化，推动非洲走向绿色未来。

Solar Sister的女性企业家们为其他女性树立了榜样。她们建立了成功的企业，为家庭带来收入，能够支付子女的学费。她们不再依赖有害且昂贵的煤油来满足照明需求。这些Solar Sister的企业家不仅为自己创造可持续的生计，还在社区里指导其他女性，扩大Solar Sister的网络，为更多女性提供商业机会和世界级的清洁能源产品，推动基层居民解决能源贫困和气候变化的问题。

Solar Sister通过高度可扩展、可市场化、可持续化的商业模式，拥有引领以非洲女性为主导的清洁能源革命的雄心壮志。拥有5.9亿离网人口，撒哈拉以南的非洲有世界范围内最大的便携式太阳能电源市场，现代照明产品的潜在需求超过5000万个单位。随着非洲手机市场居于全球手机市场增长的前列，为手机充电提供的太阳能解决方案也是一个巨大的市场机遇。到2015年，非洲的手机用户将超过电网用户2亿，整个非洲有4亿离网手机用户。这意味着Solar Sister的产品和服务在清洁能源方面拥有巨大市场。

Solar Sister通过与技术实施和企业发展伙伴建立牢固的公/私合作关系，为扩大影响奠定了基础。在基层层面，Solar Sister与已经证明在当地妇女团体中具有联系和深厚根基的组织合作，从他们的现有基础设施和深入社区的渠道中获益。

在坦桑尼亚和肯尼亚，Solar Sister已经与非洲野生动物基金会（AWF）签署了谅解备忘录，将Solar Sister的绿色商业机会与AWF的保护工作整合在一起。在肯尼亚，Solar Sister与绿色带动运动（GBM）携手合作，GBM是已故的Wangari Maathai博士创立的组织，她是首位获得诺贝尔和平奖的非洲女性环保主义者。这次合作将加深绿色带动运动（GBM）为妇女作为“绿色变革代理”做出更广泛努力。在尼日利亚，Solar Sister正在与SOSAI可再生能源公司和Azsa微金融银行有限公司合作，利用投资以实现最大化的影响，工作的强度和可行性在于捕捉、分析和从项目的持续影响中学习。

### 3.经验教训

本文展示的案例研究都表明了本地社区在实

现碳中和方面的重要性。同时，这些案例研究证明了通过使用适合地方的解决方案，可以使社会走向碳中和，应对气候变化并创造机会，本地社区在支持政策措施和减少碳排放发挥基础作用。

- 农食业温室气体减排依赖于生产和消费模式。罗萨里奥的城市农业计划表明，本地社区可以在城市地区减少温室气体排放。
- 没有城市采取有效行动应对气候变化，国家将无法达到其自主贡献目标或实现《巴黎协定》。但是，为了使城市能够做到这一点，他们需要利用社区解决方案。
- 需要本地社区的贡献来帮助科学加速实现碳中和——增加碳固定和推广对土壤、地球和食品有益的未来农业实践。
- 本地社区在开发碳中和解决方案方面发挥着重要作用，并在不同国家成功创新。此外，为解决温室气体排放问题，需要更多支持和机会来鼓励当地社区参与。地方政府需要提供创新环境以解决温室气体排放问题。

## 4.结论

本文讨论了地方社区主导解决方案和创新对温室气体排放的重要性。地方社区有不同形式的解决方案，尤其是在创新方面，地方解决方案对于减少污染、更加高效地使用碳排放化石燃料、阻止碳排放问题加剧都是必不可少的。本文指出了需要确定、加强、复制和扩大地方解决方案以加速碳中和、实现2050年零排放的雄心目标以及激发更多社区参与和提供可持续的解决方案。本文中讨论的案例研究并不是详尽无遗的，它们也不是革命性的。这些案例研究旨在鼓励地方政府通过发展强有力的社区创新环境、为本地社区提供机会和激励，增强社区创新在应对温室气体排放方面的效力，来提高社区的效果和影响力。本研究支持社区创新和解决方案应被视为加速实现碳中和的方式。

### 主要参考文献

- 1.Arun Agrawal. *Environmentality : Technologies of Government and the Making of Subjects*. Durham, NC: Duke University Press, 2005.
- 2.Coakes, Elayne, and Peter Smith. "Developing Communities of Innovation by Identifying Innovation Champions." *The Learning Organization* (2007).

3. De Serres, Alain, Fabrice Murtin, and Giuseppe Nicoletti. "A Framework for Assessing Green Growth Policies." (2010).
4. Growth, Better. "Better Climate: The New Climate Economy Report, the Global Commission on the Economy and Climate." [http://static.newclimateeconomy.report/wpcontent/uploads///NCE\\_SynthesisReport.pdf](http://static.newclimateeconomy.report/wpcontent/uploads///NCE_SynthesisReport.pdf)
5. Grimaldi, M, and F. Rogo. "Mindsh@re in Fimmechanica: An Organizational Model Based on Communities of Innovation." Proceedings of the European Conference on Intellectual Capital, 2009, 236–245.
6. IEA. "Energy, Climate Change and Environment 2014 Insights," January 2014. <https://www.iea.org/reports/energy-climate-change-and-environment-2014-insights>.
7. International Energy Agency. "Energy, Climate Change and Environment." OECD iLibrary, October 10, 2014. [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-climate-change-and-environment\\_9789264220744-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/energy-climate-change-and-environment_9789264220744-en).
8. Lave, Jean, and Etienne Wenger. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge university press, 1991.
9. Lim, Michael, and Bee Yong Ong. "Communities of Innovation." *International Journal of Innovation Science* 11, (2019): 402-18.
10. Manual, Oslo. "The Measurement of Scientific and Technological Activities." Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data 30 (2005): 162.
11. West, R. E. "What Is Shared? A Framework for Studying Communities of Innovation." *Educational Technology Research & Development* 57, no. 3 (2009): 315-32.
12. West, Richard E. "Communities of Innovation: Individual, Group, and Organizational Characteristics Leading to Greater Potential for Innovation." *TechTrends* 58, no. 5 (2014): 53-61.



13.The White House. “U.S.-China Joint Announcement on Climate Change,” November 11, 2014. <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2014/11/11/us-china-joint-announcement-climate-change>.

14.Charles Zerner. *People, Plants, and Justice*. New York: Columbia University Press, 2000.

在全球城镇化趋势不断加强的趋势下,以人工智能、大数据等为代表的数字基础设施也在重塑城市的治理模式,人与地球的交互模式也将随之改变。在实现碳中和目标的过程中,一个必须回答的问题就是:量化城市的技术共识和工具是什么,与地球这一复杂系统的关系如何处理?准确量化、科学解释从而实现预测和有效的干预。2021年诺贝尔物理学奖揭晓,奖项的一半由美国日裔气象学家真锅淑郎和德国海洋学家、气候建模师克劳斯·哈塞尔曼二人共享,以表彰他们“对地球气候进行物理建模,量化可变性,并可靠地预测了全球变暖”,两人的贡献正是量化了地球气候这一复杂系统。联合国外层空间事务厅和欧盟的研究表明,联合国17个可持续发展目标中近40%的具体目标取决于地球观测和全球导航卫星系统。在当前新冠大流行期间,各国政府正在依靠地理空间信息、数字方案和人工智能(AI)驱动的风险分析工作来增强社区的适应能力。本章精选的文章就从谷歌指数、卫星遥感影像、机器学习等创新手段切入,帮助我们更好理解城市气候与环境。

## 第二章

# 智慧城市 与数字基础设施

# 散户投资者可以帮助城市脱碳吗？

纳塔利娅·特卡琴科 (Nataliya Tkachenko) <sup>1,2\*</sup>

1. 牛津大学史密斯企业和环境学院 (英国牛津)

2. 大英图书馆艾伦·图灵研究所 (英国伦敦)

\*nataliya.tkachenko@smithschool.ox.ac.uk

## 摘要

设立“净零”目标意味着我们可以在所有经济活动部门迅速有效地推进减碳战略落地。在全球范围内，城市都是主要的碳排放来源，因此任何其他类型的生产资产相较而言碳排放结构和治理方面要复杂得多。要恢复大都市地区的环境中和状态，不仅需要由财政部门注入大量资金，而且还需要私人资本积极参与。然而，在参与碳中和城市的联合设计时，私营部门的资金通常都有预期投资回报，因此在建立这种伙伴关系时应做到审慎，这样不仅可以确保合理的投资回报，而且还能消除负面的长期后果，诸如城市支离破碎的社会凝聚力、不可持续的资源分配，在私人空间和公共空间之间也出现了不对等的职能失衡。本文以谷歌趋势数据为基础，结合过往私人投资者决策时使用的“大数据”工具重新设计减碳项目，以期设计同时具备社会效益和经济效益的项目。

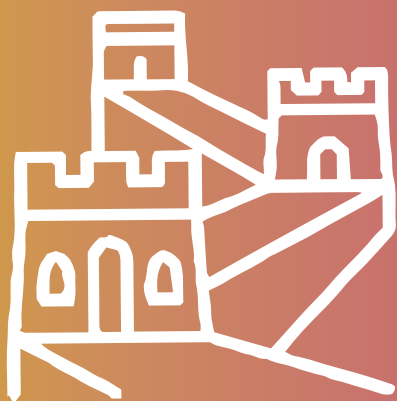
1. <https://habitat3.org/>

## 1. 引言

现代城市都有其产业基础，因此现代城市都存在社会不平等、各种程度的贫困、医疗资源分配不均、环境恶化等问题。这些问题都印证了要实现长期繁荣昌盛的远大目标而言，城市远非理想之所。在气候威胁日益严峻、需要迅速采取减碳行动的背景下，是时候该考虑如何设计和管理城市环境，使其成为水资源、能源、照明和社会繁荣方面的创新源泉。如今，大家都认同，如果规划得当，城市确实可以在提供清洁空气和用水、保护生物多样性和碳封存方面做到更富有成效；这样，城市便不再是衰退和匮乏的占地空间，而是当地环境再生方案，既可兼顾人类福祉，又可实现可持续经济增长。

早在2016年10月，第三届联合国人居署“住房和城市可持续发展大会”召开期间，<sup>1</sup>联合国成员国就基于这些概念通过了《新

传统的资源调动行动通常与国家 and 市政府联系在一起,通过扩大其潜在的收入基础,包括税收和其他财政活动。然而,实际情况要比这复杂得多,因为在世界许多地方,城市基础设施涉及到各种所有权的复杂组合,这可以确定其资金来源,以及如何平衡和分配这些资金。



城市议程》,该议程长远且全面,旨在解决各项城市安全问题,包括由于规模迁徙导致的城市人口激增、冲突、日益凸显的社会不公。此外环境变化进一步激化了这些问题。创造安全和具备包容性的空间一直是各种可持续城市议程的重中之重,并且业已成为实现真正宜居城市环境的一个关键目标,这样的城市不仅为市民提供了分享经历和创造经济机会的空间,而且是人们抵御日益严重自然灾害的避难所、更是能够提供源源不断的清洁用水、食物和空气等重要资源的地方。由于实现和维护这些功能的代价过于高昂,了解如何设计和吸引可持续的资金来源(不仅限本土资金池),已经成为一个必要且紧急的重要问题。

尽管《新城市议程》承认其落地需要动用相关资源,但其内容中却没有包含专门的融资机制部分;调动资源的传统措施通常是以国家级和市级政府实现潜在的财政增长而落地的,具体包括税收和其他财政手段。与此同时,拥有庞大的非正规部门和薄弱的公共管理是世界上许多城市的特点,这些城市往往缺乏坚实的税收基础,这意味着任何为建设和维护“公共产品”空间提供资金的尝试都可能很快变成空中楼阁。同时,部分国家和地区的地方政府根本没有足够的政治权力或经验来管理以城市宜居议程为核心的项目。

在这样的背景下,城市空间<sup>2</sup>的公私合作关系(PPP)开始出现,并成为可能改善城市公共

2. <https://habitat3.org/the-conference/programme/all/public-spaces-for-all-innovative-financial-mechanisms-through-private-sector-initiatives/>

资金干预质量的手段。事实上，许多国家已经转为从PPP和私人投资者处获取各种发展项目的融资，这些项目包括能够自我调节和减少有毒污染物的自然栖息地生态恢复、在易发灾害的基础设施处实施地貌工程、以及“惠及”或者再利用棕色地带（待重新开发的都市用地），使其成为更具包容性和经济效益的地区。虽然私人资本是为可持续发展相关项目提供资金的可能的创新方式，但是大众对私人资本却更持怀疑态度，因为资本往往意味着社会排斥、在获取最新商品与服务上的机会不均。尽管如此，仍有一些项目表现出PPP积极的一面，城市发展项目中的私营部门融资也仍在持续积累之中，这些项目主要包括重建绿色空间和改善公共建筑（如图书馆、医院和学校）<sup>3</sup>。鉴于上述情况，人们认为私营部门的参与主要起积极作用，因为私营部门有能力避开过于分散且官僚的市政程序，并能提供更为有效的管理方案。此外，私营部门的参与并不意味着要对城市资产进行部分私有化，其主要目的在于创造公共和私营机构都能开展长期合作的可持续空间。

在多家企业和公共部门主体之间建立合资企业（JV）的新兴模式也能形成分散风险的途径，这种模式可以为主要的再开发项目调

配所需要的资金，然后向各种散户投资者开放投资，从而在级联原则的基础上刺激经济活动，吸引更多的收入来源。作为取得成功的必要先决条件，这类项目的推进策略是标榜自己“公众批准，安全空间”的特点，在此基础上可以构建和建立其他公共服务；这些例子还表明，即使在开始时没有明显的投资回报指标，私营部门主体也可能拥有强烈的预先直觉动机来参与公共空间项目。此外，有证据表明，私营部门和当地利益相关者之间的这种多方利益相关者伙伴关系可以促进彼此信任对方，并且能够使各方更好地了解当地市场和消费者偏好，同时减轻了地方财政压力。

但并非所有的PPP项目都能展示出完全积极的作用，有证据表明，PPP合作是否能取得成功取决于多种因素。例如，重视当地的风土人情是重中之重，这对城市来说尤为关键，因为在城市的社会结构中，种族、文化或政治冲突等各种关系盘根错节，如果不考虑空间组织的政治而贸然行动，只会招致更严重的分歧。其次，引进私人资本可能导致在证券化出现排他性，即只有某些特定的社会经济阶层才会受益。因此，在建立PPP合作时必须牢记平衡的原则，这点可以通过使用先进的规划方法（如生成人工智能）实

3. <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>

现，这些方法能够处理复杂的空间、时间，以及环境和社会经济变量。最后，私营投资部门也正在经历一些深层次的结构变化，它们使用各种飞速发展的技术来提高各类资产市场的流动性。自交易成本大幅降低以来，机构投资者很快就发现自己正在与指数基金开展竞争，指数基金能够更有效地跟踪市场变化，交易所交易基金（ETF）提供的“一揽子资产”和智能投资顾问会根据资产管理理论将现金配置给低价基金<sup>4</sup>。

城市居民逐渐意识到基础设施和建筑环境的适应性不仅对实现可持续发展的政治议程至关重要，而且对他们所在城市的气候和环境安全同等重要。但在落实具体行动时，人们需要面对众多极具挑战的必要变革，此类变革不仅同广大决策者有关，而且还会涉及各种方案，这些方案应该恰到好处地满足当地居民的需求和偏好。经证实，为了实现跨部门（也包括跨人口密集地带）的“净零”目标，我们需要开发新的长期规划方法来改变建筑环境和基础设施，以便使之能够应对日趋严峻的社会、经济和环境挑战。一些学术机构已经制定出了多种方案，其中包括“项

目缩减”<sup>5</sup>，它列举了主要排放部门的一些碳封存方案、前期成本和节支净额。一些文献评论已经提到，公众对减碳策略的偏好千差万别<sup>6</sup>。但现存的方法无法证明私人资本（特别是快速发展的主体、散户投资者）可以利用公众舆情信息，从城市基础设施市场获取成熟的气候友好方案，以便为碳中和城市转型提供支持。

## 2. 谷歌趋势

### 2.1 公众舆情数据

公共舆情是一种数字指示器，可以通过多种成熟的自然语言处理技术提取，适用于处理来自各种社交媒体平台、网站、公共审议论坛等语义信息来源的非结构化文本数据。研究人员、数字媒体和金融分析师在金融应用相关领域广泛使用谷歌趋势平台，他们借此了解公共搜索查询数据与市场走势的相关性。自谷歌趋势平台开放公共分析以来，人们通过已经提取的信息证明，数据能够成

4. <https://www.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Public-Sector/gx-ps-funding-and-financing-smart-cities-20181.pdf>

5. <https://habitat3.org/the-conference/programme/all/public-spaces-for-all-innovative-financial-mechanisms-through-private-sector-initiatives/>

6. [https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2020/10/deep\\_dive\\_on\\_attitudes\\_supporting\\_decarbonisation\\_1.pdf](https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2020/10/deep_dive_on_attitudes_supporting_decarbonisation_1.pdf)

功地用于改进技术分析中的现有概念（如销量），数据甚至能够用于预测市场走势（Dimpfl, Jank, 2011）。

谷歌趋势平台提供的服务使用户可以突破国家疆界和时差限制，全天候获取关键词/词组组合的相对流行度指标，最早的指标信号可以追溯至2004年。平台数据并非以原始格式显示，而是按照从0到100的比例显示，这便于建立数据之间的搜索可比性。谷歌趋势平台还提供了对使用者所感兴趣的关键搜索结果进行比较的功能（一次可达5项），并允许横跨不同类别和不同地理区域进行排名。因此，利姆Lim和Stridsberg (2015) 提到了数据最具价值的方面——它能够揭示用户的意图，同时还引入了术语“搜索量指数”（SVI），该术语用于谷歌趋势平台所提供的数据，可以表示搜索词条的相对热门程度。

在金融领域，谷歌趋势平台尤其受到散户投资者的青睐，它被用于跟踪公开搜索查询结果（“转移公众注意力的意向因素”）与股票市场波动之间的关系。因此，现有的学术

研究赞同搜索量数据中包含的一些信息有助于改善各种财务预测的观点。

在本研究范围内，我们决定改变谷歌趋势数据的使用目的，即为了向私人散户投资者提供在技术和社会层面更具可持续性的投资机会，我们将演示如何对公众搜索的大量网络信息进行再利用，我们主要将这些网络信息所涉范围限于城市基础设施和建筑环境升级所包含的碳中和方案。这项工作基于先前的研究，具体研究内容包括人们是如何倾向于将城市基础设施和建筑环境的不足归咎于更频繁的自然灾害的，而这些倾向又是如何与人们对城市地区的基础设施的不满意程度和新兴的“净零”建筑相关联的（图1a和1b）。



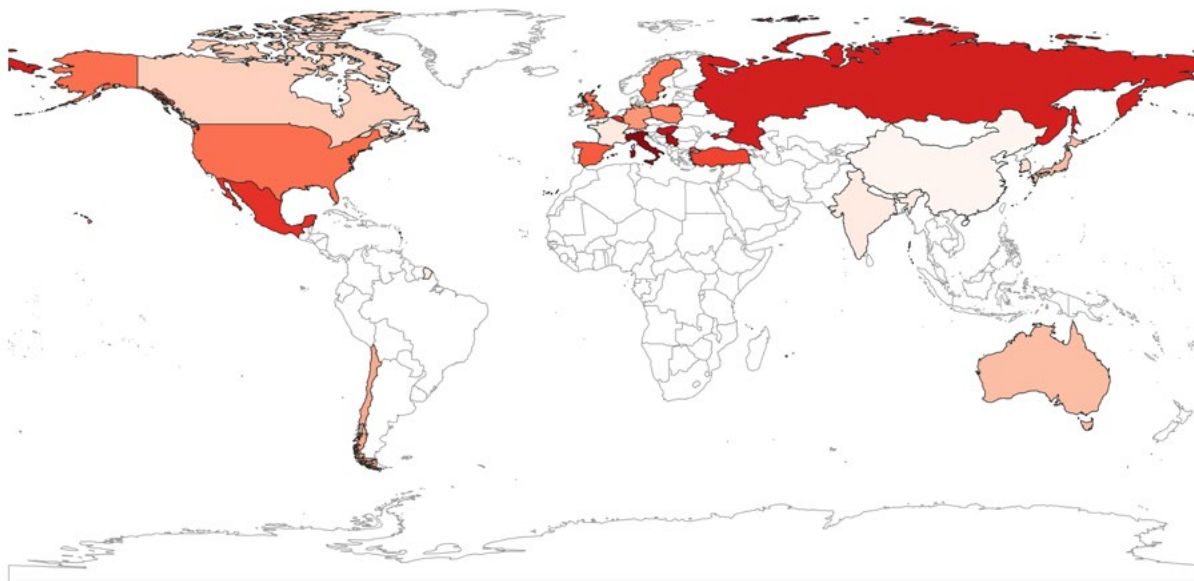
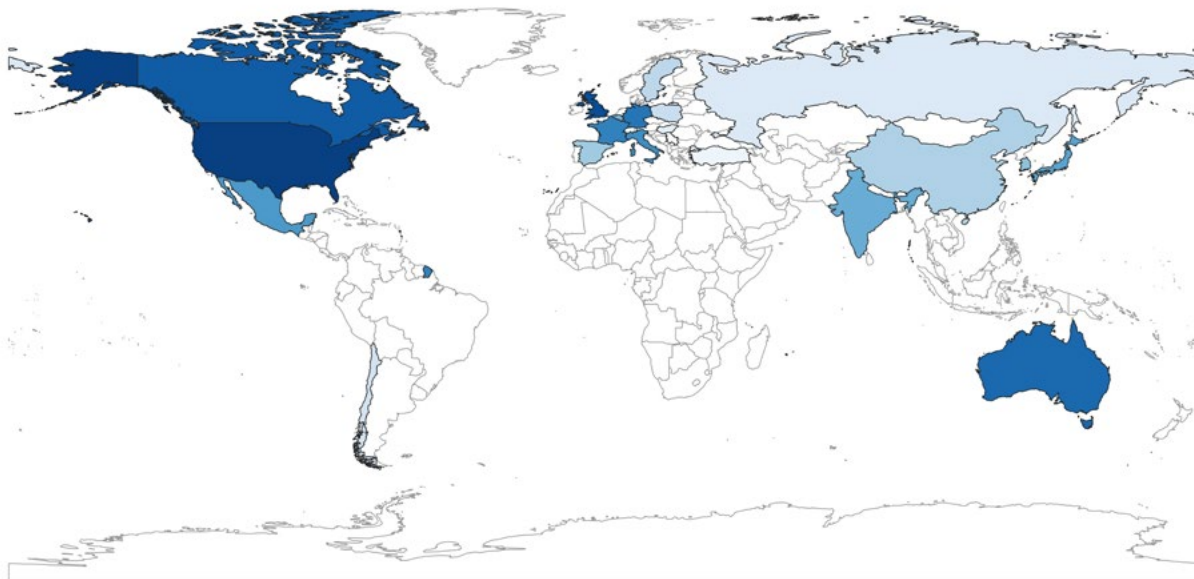


图1a 在社交媒体和市民参与平台上报告的城市基础设施失效(上)和计算出的相应国家基础设施不满意程度(下)

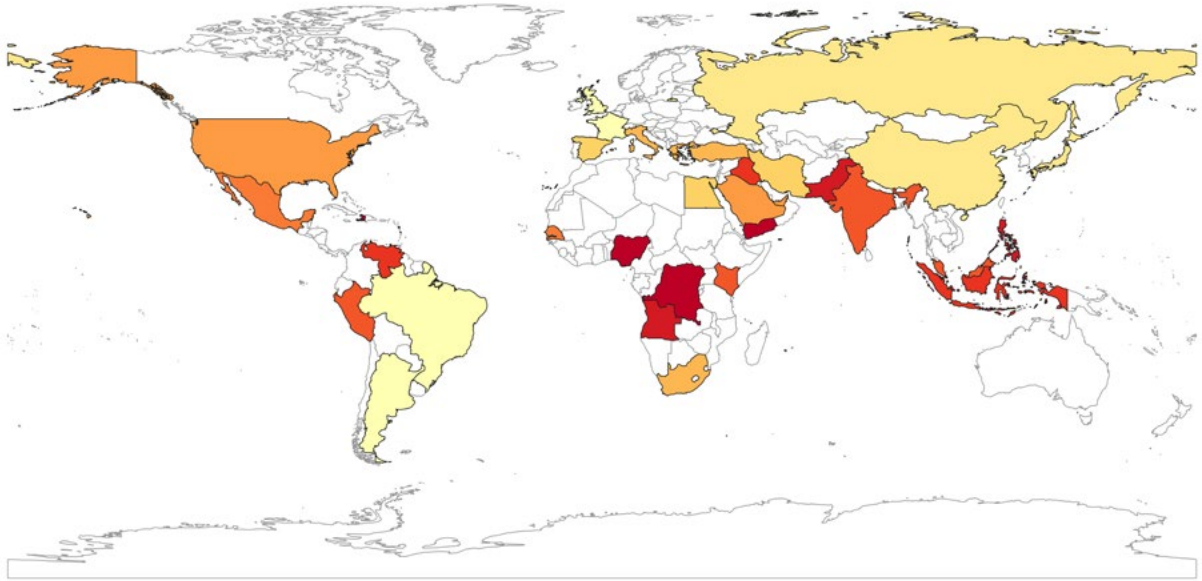


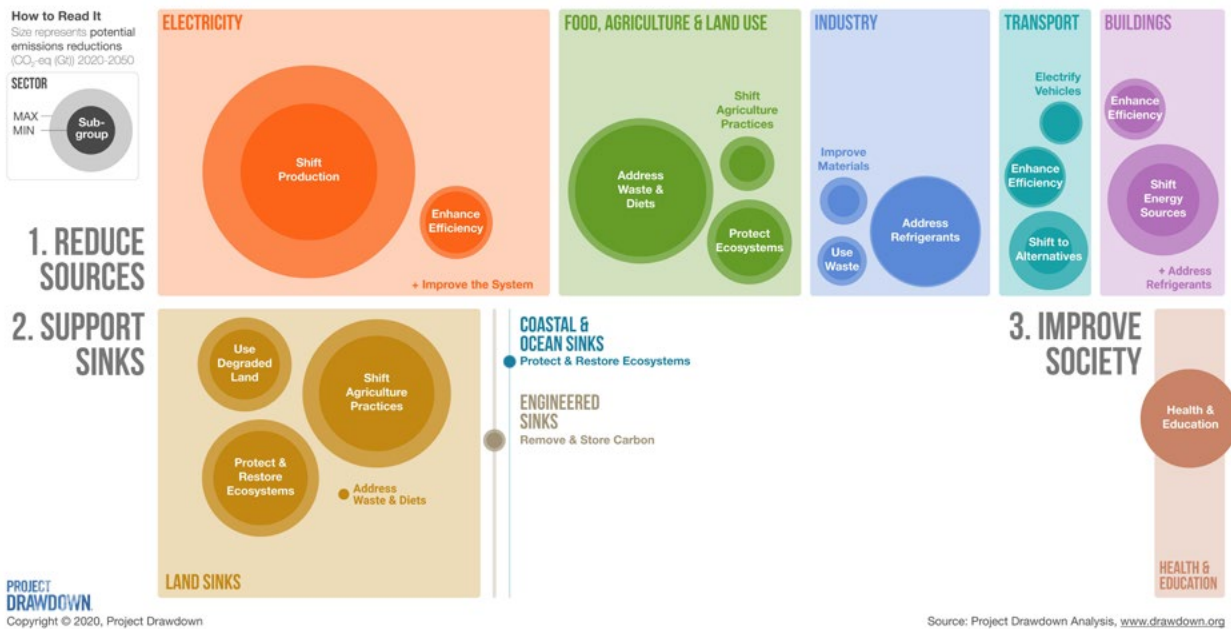
图1b 建筑环境的气候脆弱性(上)和城市地区居民报告的“净零”建筑集中度(下)。在每张单独的地图中,所有的等值线表示都是相对的,其中较暗的阴影表示较高的值,较浅的阴影分别对应较低的值

## 2.2 “项目缩减” 以及如何将减碳偏好纳入散户投资策略

通过分析特定词条的搜索频度<sup>7</sup>可以构建投资指标指数，我们在这种分析中使用了关键词，与“项目缩减”中列出的减碳方案尽可能保持一致<sup>8</sup>（图2）。不过，我们采用的方法与基于谷歌趋势数据的更为成熟的方法不同，前者遵循的是用“看涨”量减去“看

跌”量的原则，而我们则利用了谷歌趋势时间轴的空间差异子集，这种方法允许我们获取减碳活动对市场走势的区域性影响。与基于公司的方法类似，通过重新定位地理区域、国家和城市的“看涨”/“看跌”词条搜索差异，我们能够捕获更多关于个人减碳方案权重的差异化信息（在本例中为城市，但该方法也可推广到其他类似的分析之中）。

## DRAWDOWN FRAMEWORK FOR CLIMATE SOLUTIONS



7. <https://seekingalpha.com/article/4191521-using-google-trends-to-predict-stocks>

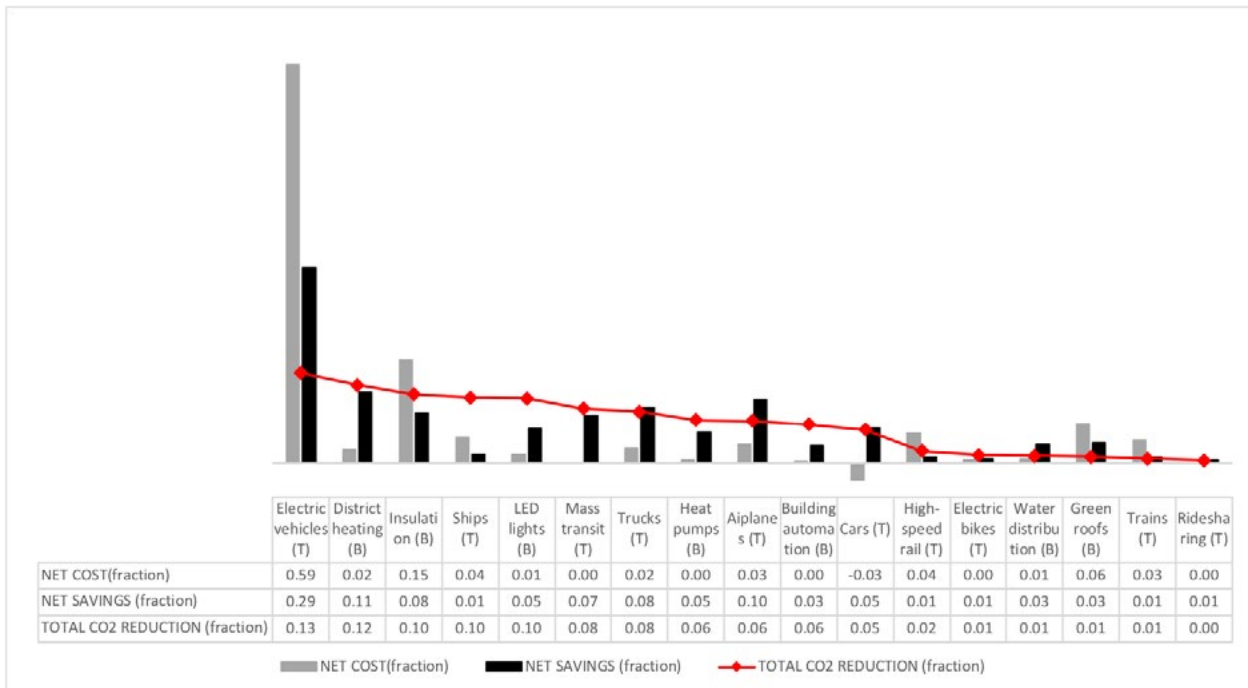
8. <https://drawdown.org/>

DRAWDOWN FRAMEWORK FOR CLIMATE SOLUTIONS	气候解决方案的缩减框架
How to Read It Size represents potential emissions reductions (CO <sub>2</sub> -eq (Gt) 2020-2050)	阅读说明 规模代表潜在的减排(CO <sub>2</sub> -eq(Gt), 2020-2050)
SECTOR	部门
MAX	最大
MIN	最小
Sub-group	子类组别
REDUCE SOURCES	减少资源
SUPPORT SINKS	遏制沉降
ELECTRICITY	电力
Shift Production	生产班次
Enhance Efficiency	提高效率
Improve the System	改进系统
Use Degraded Land	使用退化土地
Shift Agriculture Practices	转变农业生产
Protect & Restore Ecosystems	保护和恢复生态系统
Address Waste & Diets	处理浪费和日常饮食
LAND SINKS	陆地沉降
PROJECT DRAWDOWN Copyright©2020, Project Drawdown	项目缩减 版权所有©2020, 项目缩减
FOOD, AGRICULTURE & LAND USE	食物、农业& 土地使用
Protect Ecosystems	项目生态系统
COASTAL & OCEAN SINKS	沿海和海洋沉降
ENGINEERED SINKS Remove & Store Carbon	改造沉降工程 去除和储存碳
INDUSTRY	行业
Improve Materials	改进材料
Address Refrigerants	处理制冷剂
Use Waste	废品利用
TRANSPORT	运输
Electrify Vehicles	电动车
Shift to Alternatives	改用替代方案
BUILDINGS	建筑物
Enhance Efficiency	提高效率
Shift Energy Sources	改变能源来源
IMPROVE SOCIETY	改善社会状况
Health & Education	健康和教育
Source: Project Drawdown Analysis, www.drawdown.org	数据来源: 项目缩减分析, www.drawdown.org

图2 项目缩减的组成部分

在我们的分析中，我们选择了一份适用于城市环境（B）。它们对全球减碳预算、前期成本和节支的相对贡献如图3所示。

两大组别：交通基础设施（T）和建筑环境



NET COST (fraction)	净成本(部分)
NET COST (fraction)	净成本(部分)
TOTAL CO <sub>2</sub> REDUCTION (fraction)	合计减少CO <sub>2</sub> (部分)
Electric vehicles (T)	电动车(T)
District heating (B)	集中供暖(B)
Insulation (B)	隔绝(B)
Ships (T)	航运(T)
LED lights (B)	LED照明(B)
Mass transit (T)	公共交通(T)
Trucks (T)	卡车(T)

Heat pumps (B)	热泵(B)
Aiplanes (T)	飞机(T)
Building automation (B)	建筑自动化(B)
Cars (T)	汽车(T)
High- speed rail (T)	高铁(T)
Electric bikes (T)	电动自行车(T)
Water distribution (B)	配水(B)
Green roofs (B)	绿色屋顶(B)
Trains (T)	火车(T)
Ridesharing (T)	拼车(T)
INET COST (fraction)	净成本(部分)
INET SAVINGS (fraction)	节支净额(部分)

图3 在城市和大都会减少温室气体排放的“缩减”方案  
(改编自“项目缩减”)<sup>9</sup>

### 2.3 散户投资者和“减碳”城市基础设施要素

已有大量文献对以下问题进行了专门研究，包括基础设施为何会成为对散户投资者具有如此吸引力的资产<sup>10</sup>，是否存在能够提供增长或者收益的更好方案，投资者是否可以确定哪里的基础设施具有最好的前景<sup>11</sup>。在

此，我们唯一需要顺带提及的问题是“基础设施”一词本身的含义仍然含糊不清，它在不同的金融主体眼中可能具有不同含义<sup>12</sup>；而在不同国家其定义也是千差万别，例如，大多数人会认为“基础设施”是一个国家的支出：公路、铁路、学校、医疗保健以及燃气或电力等公用事业，而在美国，基

9. <https://drawdown.org/the-book>

10. <https://www.economist.com/finance-and-economics/2021/02/06/a-new-epoch-for-retail-investors-is-just-beginning>

11. <https://www.ftadviser.com/investments/2017/09/22/how-infrastructure-fits-within-a-portfolio/>

12. <https://www.ftadviser.com/investments/2017/09/22/how-to-use-infrastructure-to-gain-yield/>

13. <https://www.ftadviser.com/investments/2017/09/22/what-are-the-infrastructure-trends/>

基础设施甚至可以包含一堵墙<sup>14</sup>。

无论如何，可用于投资的基础设施领域远比传统上属于公共部门职责范围内的资产要丰富得多。部分原因在于基础设施股票的业绩与其他股票市场略有不同，它可以产生不同的额外机会——然而，或许其最显著的特征是，在哪里增加基础设施投资可以获得更多收益，以及投资者应该投资国内还是全球基础设施类股票等方面存在地区性差异。从投资资产的角度看，城市基础设施还包括建筑环境<sup>15,16</sup>、交通运输投资<sup>17</sup>、微型交通工具（如电动自行车）<sup>18</sup>等等。鉴于实施减碳战略、维持大量“基础设施资产”的后续减排环境可能导致重大商业风险<sup>19</sup>，因此阐明如何借助谷歌趋势数据中更成熟的交易策略，重新用于解释公共搜索中这些具有细微差别的特征十分重要。

### 3.结果和影响

作为分析的一部分，我们提取了三组结果。第一组包含的是特定映射，主要反映不同国家的公众对各种城市基础设施减碳方案的偏好，其中只包含了有显著统计学意义的结果（即排除了“低频搜索”方案）。这些方案以及与之对应的国家和城市如图4所示。这组结果清楚地展示出首选方案存在非常显著的差异，这点可以用各种因素加以解释，尤其是当地独特的基础设施类型、气候条件和一些文化背景，这些因素使人们只将减碳路线与一些特定的方案结合在一起。热图还显示，建筑环境对减碳路线具有更大的特异性和选择性（从公众视角而言），而交通基础设施则不存在明显的地理偏好。分析结果还表明，即使在一国的不同城市之间，人们对减碳方案的偏好也会有很大差异（如印度）。

14. <https://www.ftadviser.com/investments/2017/09/22/home-and-away-where-to-go-for-infrastructure-assets/>

15. <https://www.moneymarketing.co.uk/analysis/retail-investors-are-becoming-a-significant-force-in-sustainable-investing-charts-in-art/>

16. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/our-work/activities/covid-19/the-built-environment>

17. <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/transit-investments-in-an-age-of-uncertainty>

18. <https://londonnewstime.com/why-electric-bikes-can-succeed-when-previous-bicycle-sharing-schemes-fail/50285/>

19. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210422418302326>

water distribution	heat pumps	LED lights	green roofs	e-vehicles	mass transit	e-bikes	country	city
0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.27	0.27	Australia	Brisbane
0.00	0.03	0.33	0.00	0.33	0.00	0.31	Australia	Melbourne
0.00	0.42	0.00	0.00	0.16	0.00	0.42	Australia	Perth
0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.19	0.33	Australia	Sydney
0.23	0.00	0.20	0.00	0.24	0.07	0.26	Canada	Calgary
0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.79	Canada	Halifax
0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.49	Canada	Mississauga
0.00	0.00	0.49	0.00	0.09	0.00	0.41	Canada	Montreal
0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.24	0.37	Canada	Ottawa
0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.61	Canada	Toronto
0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.35	Canada	Vancouver
0.36	0.00	0.00	0.00	0.25	0.13	0.26	Costa Rica	San Jose
0.00	0.00	0.35	0.00	0.25	0.10	0.26	France	Paris
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Germany	Munich
0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.12	0.37	India	Ahmedabad
0.00	0.00	0.39	0.00	0.29	0.00	0.29	India	Bengaluru
0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.59	India	Calcutta
0.00	0.07	0.00	0.00	0.16	0.00	0.77	India	Chennai
0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.27	India	Coimbatore
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	India	Gurgaon
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	India	Hyderabad
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	India	Indore
0.18	0.00	0.36	0.00	0.18	0.11	0.16	India	Kochi
0.36	0.00	0.00	0.00	0.25	0.10	0.29	India	Lucknow
0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.30	0.34	India	Mumbai
0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.59	India	New Delhi
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	India	Noida
0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.46	India	Pimpri-Chinchwad
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	India	Pune
0.06	0.02	0.16	0.12	0.09	0.02	0.22	India	Visakhapatnam
0.24	0.01	0.28	0.00	0.14	0.08	0.23	Ireland	Dublin
0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.27	0.41	Kenya	Nairobi
0.13	0.01	0.38	0.00	0.09	0.03	0.34	New Zealand	Auckland
0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.55	New Zealand	Christchurch
0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.43	New Zealand	Wellington
0.00	0.04	0.00	0.00	0.44	0.00	0.49	Philippines	Quezon City
0.31	0.00	0.18	0.00	0.24	0.11	0.16	Portugal	Lagos
0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.09	0.00	Singapore	Singapore
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	South Korea	Seoul
0.29	0.00	0.15	0.00	0.24	0.14	0.19	Turkey	Istanbul
0.10	0.01	0.25	0.21	0.14	0.05	0.22	UK	Birmingham
0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.33	UK	Hamilton
0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.45	UK	London
0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.44	USA	Atlanta
0.00	0.00	0.50	0.00	0.08	0.00	0.42	USA	Austin
0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.60	USA	Boston
0.00	0.05	0.00	0.00	0.37	0.00	0.58	USA	Charlotte
0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.13	0.23	USA	Chicago
0.00	0.08	0.00	0.00	0.28	0.00	0.63	USA	Dallas
0.33	0.00	0.00	0.00	0.28	0.15	0.23	USA	Denver
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	USA	Honolulu
0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.49	USA	Houston
0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.27	0.40	USA	Irvine
0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.12	0.53	USA	Los Angeles
0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.49	USA	Minneapolis
0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.57	USA	New York
0.00	0.05	0.33	0.00	0.23	0.00	0.38	USA	Philadelphia
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	USA	Phoenix
0.20	0.00	0.20	0.00	0.32	0.14	0.13	USA	Portland
0.19	0.01	0.35	0.00	0.09	0.04	0.30	USA	Sacramento
0.14	0.01	0.16	0.34	0.14	0.05	0.15	USA	San Antonio
0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.59	USA	San Diego
0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.10	0.59	USA	San Francisco
0.00	0.07	0.00	0.00	0.50	0.00	0.37	USA	Seattle
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	USA	Washington

water distribution	配水
heat pumps	热泵
LED lights	LED照明
green roofs	绿色屋顶



e-vehicles	电动车
mass transit	公共交通
e-bikes	电动自行车
country	国家
city	城市
Australia	澳大利亚
Canada	加拿大
Costa Rica	哥斯达黎加
France	法国
Germany	德国
India	印度
Ireland	爱尔兰
New Zealand	新西兰
Philippines	菲律宾
Portugal	葡萄牙
Singapore	新加坡
South Korea	韩国
Turkey	土耳其
UK	英国
USA	美国
Brisbane	布里斯班
Melbourne	墨尔本
Perth	珀斯
Sydney	悉尼
Calgary	卡尔加里
Halifax	哈利法克斯
Mississauga	米西索加
Montreal	蒙特利尔
Ottawa	渥太华
Toronto	多伦多
Vancouver	温哥华
San Jose	圣何塞
Paris	巴黎
Munich	慕尼黑
Ahmedabad	艾哈迈达巴德
Bengaluru	班加罗尔
Calcutta	加尔各答
Chennai	金奈
Coimbatore	哥印拜陀市
Gurgaon	古尔冈
Hyderabad	海得拉巴
Indore	印多尔
Kochi	科奇

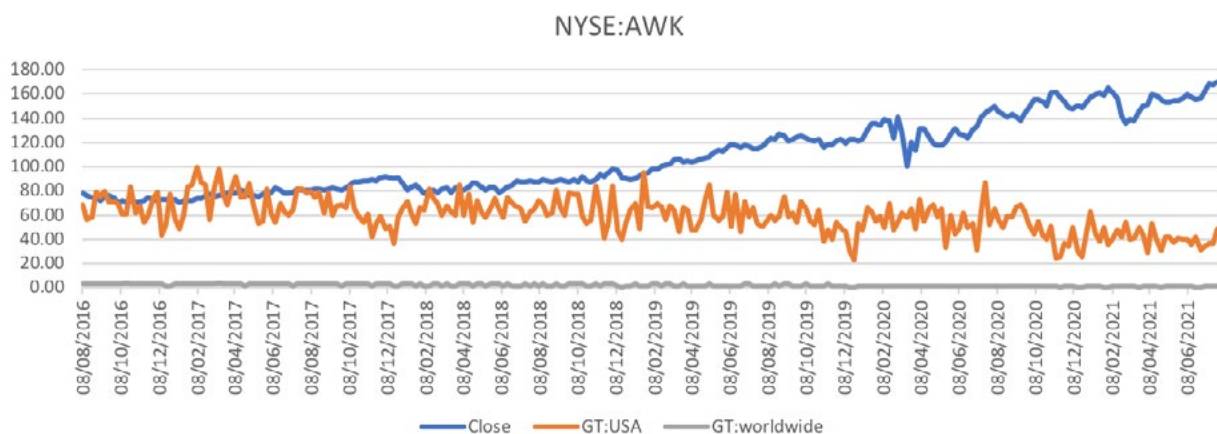
Lucknow	勒克瑙
Mumbai	孟买
Noida :	诺伊达
Pimpri-Chinchwad	宾布里-平钦
Pune	浦那
Visakhapatnam	维沙卡帕特南
Dublin	都柏林
Nairobi	内罗毕
Auckland	奥克兰
Christchurch	克赖斯特彻奇
Wellington	惠灵顿
Quezon City	奎松城市
Lagos	拉各斯
Singapore	新加坡
Seoul	首尔
Istanbul	伊斯坦布尔
Birmingham	伯明翰
Hamilton	哈密尔顿
London	伦敦
Honolulu	火奴鲁鲁
Houston	休斯敦
Irvine	尔湾
Los Angeles	洛杉矶
Minneapolis	明尼阿波里斯
New York	纽约
Philadelphia	费城
Phoenix	菲尼克斯
Portland	波特兰
Sacramento	沙加缅度
San Antonio	圣安东尼奥市
San Diego	圣地亚哥
San Francisco	旧金山
Seattle	西雅图
Washington	华盛顿

图3在全球公众谷歌趋势搜索中普遍存在的“缩减”方案, 对应于相应的城市和国家

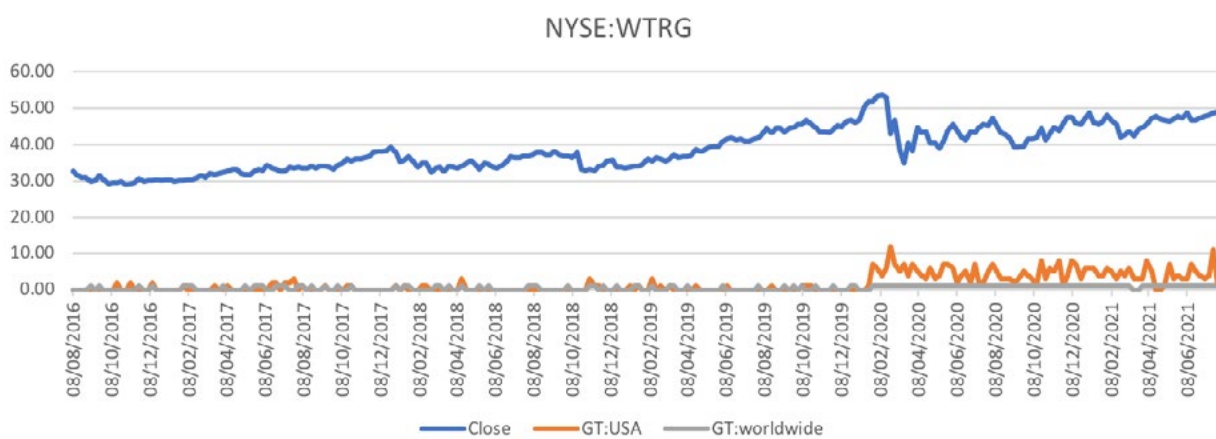
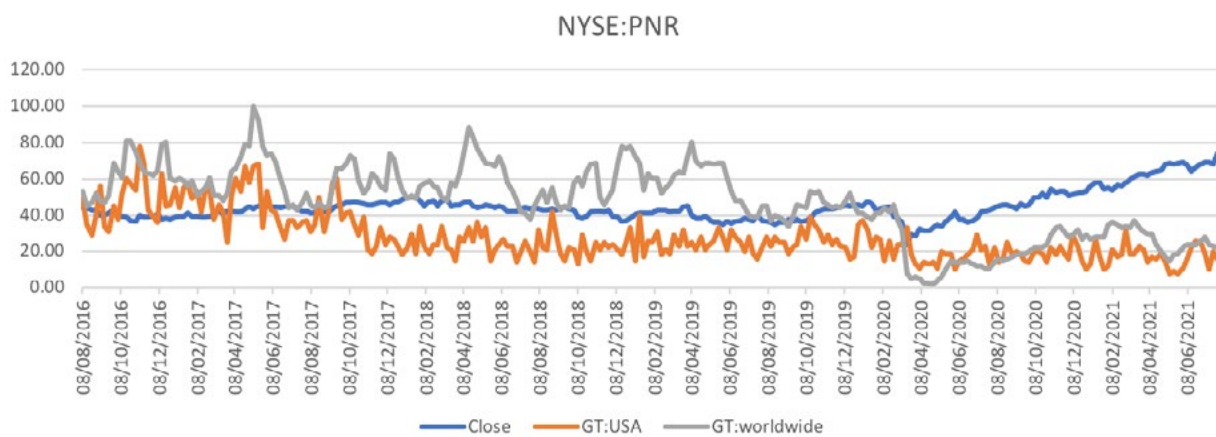
第二组结果受第一组结果的条件制约，我们的目标是提取一个能够进行充分对比的例子，即在同一个国家的不同城市之间存在巨大差异的方案，比如美国的“配水效率”。对于这一特定案例研究，我们选取了三家迥然不同的水务公司（这里还提供了部分简要列表<sup>20</sup>），这些公司使用差异显著的服务地理覆盖模型。这三家公司都在纽交所上市，因此我们能够获取它们的财务指标，将市场敏感性与地理搜索联系起来。美国水务（“AWK”）、滨特尔集团（“PNR”）和基本公用设施（“WTRG”）代表了资产地理覆盖的三种模式：全国（每个州）、国际（美国及其他30个国家）和国内（8个州，在全国呈半平均分布）。图4显示了“熊市-牛市”SVI和每周收盘价之间的相关

性。

图4显示了“看跌”和“看涨”搜索量与每周收盘价之间的相关性。结果显示，这些公司的搜索模式具有一些强烈的“区域”效应，但仅在较小的地理范围内起作用（可观测市场走势预测强度从“WTRG”到“AWK”再到“PNR”依次下降）。因此，在全球范围内，搜索词条“配水效率”和公司股票之间的统计关系强度从“WTRG”（0.062\*\*）下降到“AWK” | “PNR”（-0.039-（-0.034）），而在区域性范围内（即仅在美国市场），三家公司的关系强度更强，即从0.01\*\*（WTRG） | （配水效率）到0.1\*\*\*（AWK） | （配水效率）不等。这些数据也印证了地理位置对基



20. <https://www.ig.com/uk/news-and-trade-ideas/investing-in-water-the-worlds-top-water-stocks-190930>



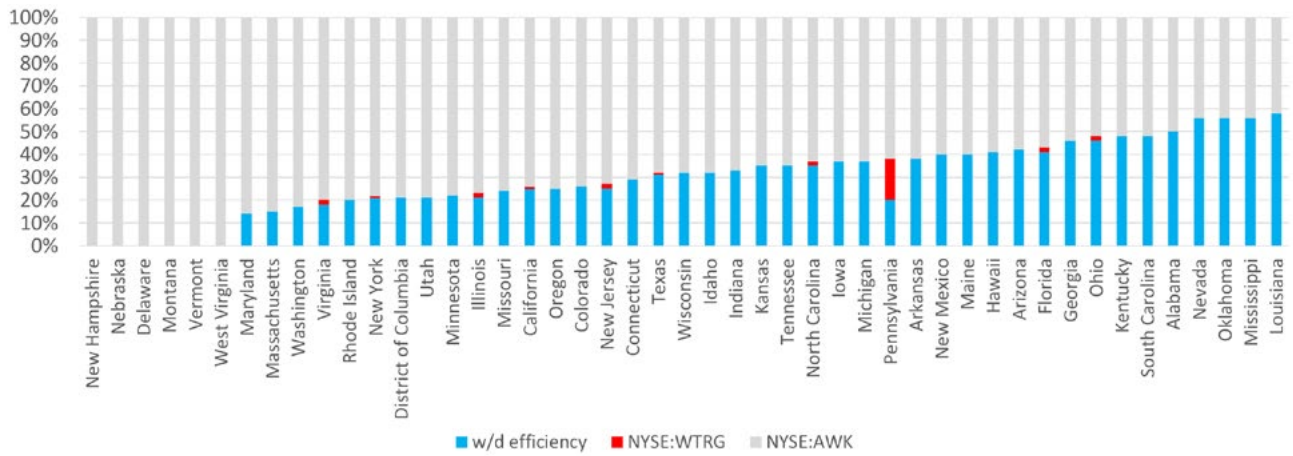
NYSE:AWK	纽交所: AWK
Close	收盘
GT:USA	GT: 美国
GT:worldwide	GT: 世界范围
NYSE:PNR	纽交所: PNR
NYSE:WTRG	纽交所: WTRG

图4 美国水务(NYSE:AWK)、滨特尔集团(NYSE:PNR)和基本公用设施(NYSE:WTRG)分别代表:(顶层)美国最大的上市公司,为46个州提供饮用水和废水处理服务;(中间层)在美国上市的全球性企业,业务遍及30个国家;(底层)自来水公司/污水处理服务公司,仅在美国8个州开展业务

基础设施交易商差异化搜索量分析的重要性。

最后，当建立市场走势和公众舆情之间的强度依赖关系后，我们使用地理代理因素研究了哪些公司在资产构成中包含有更强的接受减碳的因素。根据<sup>21</sup>基本公用设施集团在美国8个州（宾夕法尼亚州、俄亥俄州、北卡罗来纳州、伊利诺斯州、得克萨斯州、新泽

西州、印第安纳州和弗吉尼亚州）的运营情况，我们研究了公众在搜索公司名称和减碳方案（例如，“配水效率”）时对网络地图的兴趣。这些关键词（图5）展示了这两家公司所覆盖的部分国家，因此这些关键词可以表明在哪些地区实施减碳方案可能在统计学意义上产生显著的实质性影响。



w/d efficiency	w/d效率
NYSE: WTRG	纽交所:WTRG
NYSE: AWK	纽交所:AWK
New Hampshire	新罕布什尔
Nebraska	内布拉斯加州

21. <https://www.ig.com/uk/news-and-trade-ideas/investing-in-water-the-worlds-top-water-stocks-190930>

Delaware	特拉华州
Montana	蒙大拿州
Vermont	佛蒙特州
West Virginia	西弗吉尼亚
Maryland	马里兰州
Massachusetts	马萨诸塞州
Washington	华盛顿
Virginia	弗吉尼亚州
Rhode Island	罗德岛
New York	纽约
District of Columbia	哥伦比亚特区
Utah	犹他州
Minnesota	明尼苏达州
Illinois	伊利诺斯州
Missouri	密苏里州
California	加利福尼亚州
Oregon	俄勒冈州
Colorado	科罗拉多州
New Jersey	新泽西州
Connecticut	康涅狄格
Texas	得克萨斯州
Wisconsin	威斯康星州
Idaho	爱达荷州
Indiana	印第安纳州
Kansas	堪萨斯州
Tennessee	田纳西州
North Carolina	北卡罗来纳州
Iowa	爱荷华州
Michigan	密歇根州
Pennsylvania	宾夕法尼亚州

Arkansas	阿肯色州
New Mexico	新墨西哥州
Maine	缅因州
Hawaii	夏威夷
Arizona	亚利桑那州
Florida	佛罗里达州
Georgia	佐治亚州
Ohio	俄亥俄州
Kentucky	肯塔基州
South Carolina	南卡罗来纳州
Alabama	阿拉巴马州
Nevada	内华达州
Oklahoma	俄克拉荷马州
Mississippi	密西西比州
Louisiana	路易斯安那州

图5 美国46个州的两家主要供水基础设施供应商在谷歌趋势上 SVI率的关系比例, 以及它们与城市基础设施减碳方案中配水效率的公共利益的关系

# 面向联合国SDG指标的 海南省城市可持续发展综合评估

郭华东<sup>1,2,3\*</sup>, 孙中昶<sup>1,2,3</sup>, 张驰<sup>4</sup>, 邢强<sup>1,2</sup>, 吴文瑾<sup>1,2</sup>

1. 可持续发展大数据国际研究中心 北京 100094

2. 中国科学院空天信息创新研究院 北京 100094

3. 中国科学院空天信息研究院海南研究院 三亚 572000

4. 江苏海洋大学 连云港 222005

## 1. 引言

过去几十年，全球一直处在快速的城市化进程中。1950年，世界上只有30%的人口居住在城市，2018年这一比例增长到55%，预计2050年将增长到68%（United Nations, 2018）。虽然城市区域占全球陆地覆盖面积比例小于1%，但其贡献了全球75%的GDP，消耗了60-80%的能源以及产生75%的全球垃圾和碳排放（Thomas et al., 2019）。伴随着快速城市化出现的城市内涝、高温等极端天气事件频发、污染加剧，温室效应增强，给提升城市韧性、实现碳中和目标、应对气候变化危机带来严峻挑战。

为了衡量、监测和报告城市可持续发展，2015年联合国在“2030年可持续发展议程”中提出了涵盖经济-社会-环境三个维

度的17项可持续发展目标（Sustainable Development Goals, SDGs）和169项具体目标（UN, 2015），其中SDG11“建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续发展的城市和人类住区”对于实现所有可持续发展目标至关重要（Acuto et al., 2018）。SDG11包括7个技术类具体目标和3个政策类具体目标，共15个指标。在这些指标中，截止到2021年3月29日，10个指标在监测与评估中面临数据缺失问题；1个指标由于没有合适的替代指标而被临时删除（<https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>）。另外，SDG 11至少与其他11个SDGs相互关联，全部SDGs的230多个指标中约有三分之一可以在城市层面进行衡量（UN-Habitat, 2019）。为了实现城市可持续发展目标，2016年10月，联合国第三届住房和可持续城市发展大会通过了指导未来二十年可持

\* 通讯作者: hdguo@radi.ac.cn

资助项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF2020192和ZDYF2019008)、中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA19030104和XDA19090121)



伴随着快速城市化出现的城市内涝、高温等极端天气事件频发、污染加剧，温室效应增强，给提升城市韧性、实现碳中和目标、应对气候变化危机带来严峻挑战。



续城市发展的框架性文件——《新城市议程》（Habitat III, 2016）。联合国《2019年全球可持续发展报告》提出从6个切入点出发，以4个杠杆连贯地通过每个切入点进行部署，从而实现联合国“2030年可持续发展议程”所需的转型（Messerli and Murniningtyas, 2019; Sachs et al., 2019a）。其中，“城市与城郊发展”是最重要的切入点之一，为未来SDG11的实现指明了转型方向。我国在2016年制定《中国落实2030年可持续发展议程国别方案》，并且发布《中国落实2030年可持续发展议程创新示范区建设方案》，迄今已在深圳市、太原市、桂林市、郴州市、临沧市、承德市建立可持续发展创新示范区。SDG 13 倡导采取紧急行动应对气候变化及其影响，包括3个技术类具体目标和2个政策类具体目标，共8个指标。碳中和需要17个SDG目标的共同支撑，例如走绿色发展道路，减少温室气体排放，发展循环经济，降低能耗等，与此同时，17个SDG目标又需要碳中和带动，二者之间相互支持。

目前，开展联合国SDGs指标监测、综合评估与应用实践已经成为国际前沿课题和热点话题。联合国相关机构、国家政府部门、国际组织以及国内外科研院所等利用统计数据开展了城市可持续发展指标监测与综合评估，例如可持续发展解决网络（Sustainable Development Solution Network, SDSN）的专家针对45个欧洲首都城市和105个美国大城市开展城市可持续性综合评估（Guillaume et al., 2019; Lynch

et al., 2019) ; Xu et al. (2020) 利用统计数据在时间和空间维度上 聚焦包含SDG11 可持续城市和社区、SDG13气候变化在内的17个目标、119个指标分别对中国国家和省级尺度可持续发展进行了综合评估; Xu et al. (2019) 利用SDG11指标开展了中国长三角城市群27个城市可持续发展综合评估。上述研究主要以统计数据为主, 无法有效地揭示SDG11指标的地理时空格局与差异。在技术促进机制下, 联合国提出通过科技创新推动2030年议程的全球落实。作为科技创新的重要方面, 联合国强调利用对地观测、地理信息等众源大数据和技术开展SDG定量监测与评估。地球观测卫星委员会 (CEOS) 和国际对地观测组织 (GEO) 等利用对地观测技术与方法来支撑SDGs (Anderson et al., 2017; Paganini and Petiteville, 2018; Kavvada et al., 2020); 依托中国科学院“地球大数据科学工程”, Guo et al. (2021) 聚焦包括SDG2零饥饿、SDG6水和环境卫生、SDG 11可持续城市和社区、SDG 13气候变化、SDG 14海洋生态、SDG 15陆地生态六大SDG目标利用地球大数据技术方法开展SDG指标监测与评估实践(Guo 2019); 陈军等 (2019) 研究提出统计和地理信息相结合的综合评估方法, 实现浙江省德清县践行2030议程情况的定量综合评估。目前的研究大多数是利用对地观测、统计等众源大数据开展SDGs单指标的监测与度量, 针对省级层面市县尺

度开展SDGs指标监测与综合评估研究较少 (Jiang et al., )。Nerini et al. (2019) 分析了SDG 13气候变化与其它17个SDG目标之间的关系, 指出实施气候变化对16个SDG目标具有破坏作用, 成功应对气候变化有助于17个SDG目标的实现, 但对SDG12目标 (负责任的生产和消费) 的实施具有阻碍作用 (Nerini et al., 2019)。

本文以海南省为研究区域, 利用对地观测、统计等众源数据开展市县尺度SDGs指标监测与综合评估, 以更好地支持碳中和目标的实现。2018年, 中国政府提出了海南自由贸易港建设, 并于2020年发布建设总体方案。在海南省“十四五”规划中明确提出于2025年率先实现碳达峰, 在2050年力争实现碳中和。因此开展海南省SDG11城市可持续发展综合评估具有重要意义, 也是国家的战略需求。本文在SDG11指标框架体系基础上增加SDG13中的温室气体指标, 主要开展: (1) 海南省SDG11指标为主的本地化体系构建, 重点分析城镇化对碳排放的影响; (2) 基于对地观测、统计等众源数据定量地、系统地开展2010-2018年海南省市县尺度SDG11为主的指标监测与综合评估, 为其他省份和区域落实联合国可持续发展目标提供实施途径和解决方案。

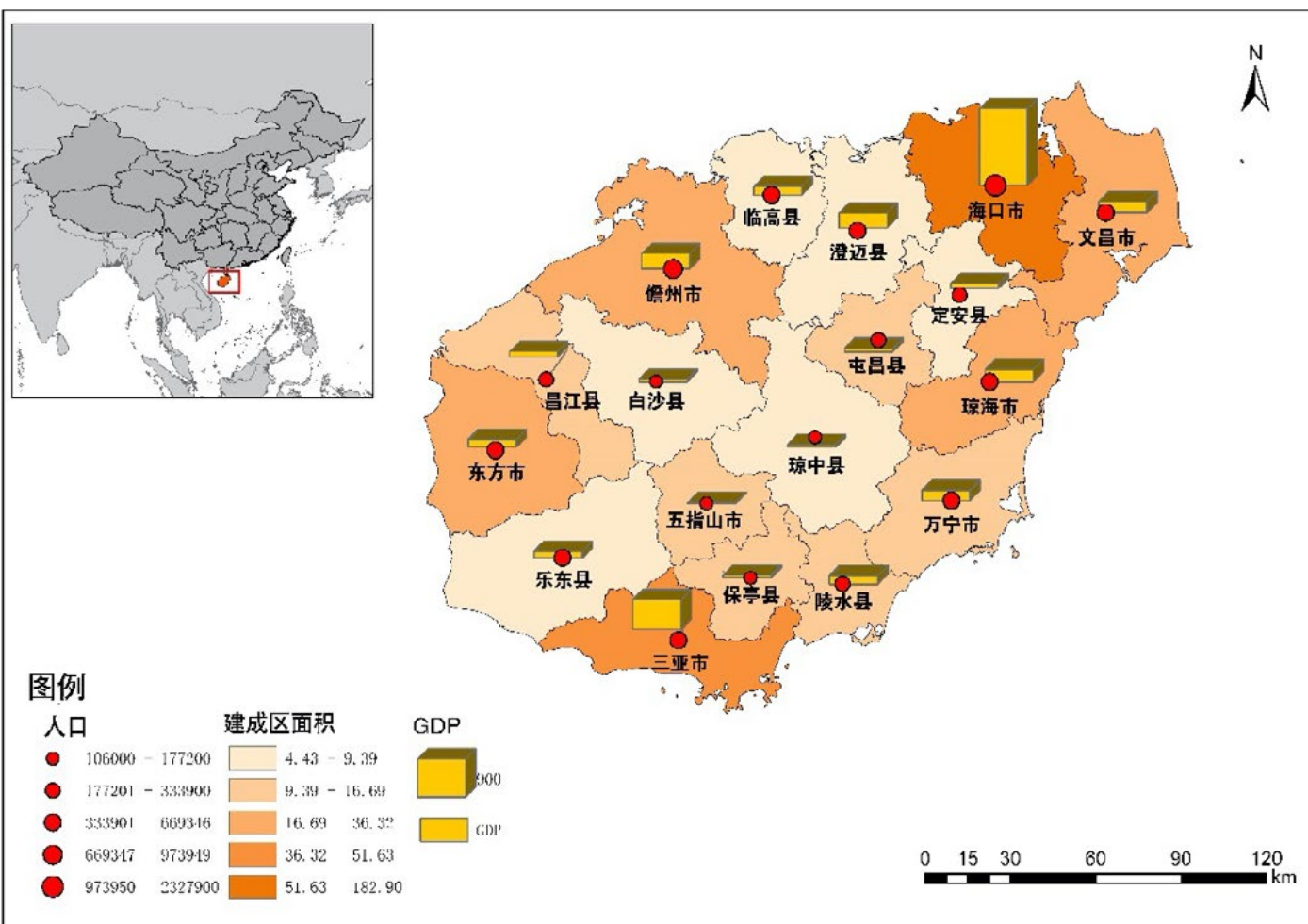


图1 研究区

## 2.研究区与数据

### 2.1 研究区概况

海南省位于中国最南端，地处北纬18°10'~20°10'，东经108°37'~111°03'。全省陆地总面积3.54万平方公里，海域面积约200万平方公里。本研究区域包括除三沙市之外的海南省3个地级市、5个县级市、4个县、6个少数民族自治县，共计18个市县（如图1所示）。

快速的城镇化使得城镇人口不断增加，给海南省城镇化建设带来了多方面的挑战，例如，海南省城市的供水总量由2005年的31425万立方米上升到2018年的61452万立方米；海南省生活垃圾由2005年的115.00万吨上升到2018年的257.21万吨，势必给城市供水及垃圾处理带来巨大挑战（海南省统计局，2019）；相比于2014年海南省城市人均公园绿地面积的12.1平方米，2018年城市人均公园绿地面积下降到9.96平方米（海南省统计局，2019）。不断增加的城市人口给城市公共空间的规划带来诸多难题，尤其是在老城区的再规划方面。因

表 1 研究所用的数据

本地化指标	使用数据	时间范围	数据来源
11.1.1——(1) 享受最低生活保障人数比例(-)	享受最低生活保障人数	2010-2018	统计数据( <a href="https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml">https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml</a> )
11.2.1——(2) 年客运量(+)	年客运量	2010、2015、2020	统计年鉴( <a href="http://stats.hainan.gov.cn/tjj/">http://stats.hainan.gov.cn/tjj/</a> )
11.3.1——(3) 土地使用率与人口增长率之间的比率(+)	城市人口、建成区面积	2010、2015、2020	Landsat数据、Sentinel数据、Worldpop数据
11.5.1——(4) 受灾率(-)	城市总人口、受灾人数	2010-2018	统计数据( <a href="https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml">https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml</a> )
11.5.1——(5) 死亡失踪率(-)	城市总人口、因灾害死亡失踪人数	2010-2018	统计数据( <a href="https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml">https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml</a> )
11.5.2——(6) 直接经济损失占GDP比重(-)	当地GDP、因灾害造成的经济损失	2010-2018	统计数据( <a href="https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml">https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml</a> )
11.6.1——(7) 生活垃圾清运量(+)	生活垃圾清运量	2010-2018	统计数据( <a href="https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml">https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml</a> )
11.6.2——(8) PM2.5浓度(-)	PM2.5遥感数据	2010-2018	遥感数据(AOD)( <a href="http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page_id=140">http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page_id=140</a> )
13.2.2——(9) CO2排放量(-)	CO2排放量	1997-2017	地面观测数据、遥感数据
13.2.2——(10) NO2浓度(-)	NO2浓度	2010-2018	统计年鉴( <a href="http://stats.hainan.gov.cn/tjj/">http://stats.hainan.gov.cn/tjj/</a> )
13.2.2——(11) SO2浓度(-)	SO2浓度	2010-2018	统计年鉴( <a href="http://stats.hainan.gov.cn/tjj/">http://stats.hainan.gov.cn/tjj/</a> )
11.7.1——(12) 人均公园绿地面积(+)	人均公园绿地面积	2010-2018	统计年鉴( <a href="http://stats.hainan.gov.cn/tjj/">http://stats.hainan.gov.cn/tjj/</a> )

其中,+(-)表示指标越大(越低),可持续性水平越高。

此,在全省城镇化背景下无计划的城市扩张使城市生态环境比较脆弱,生态安全形势十分严峻(Liang et al., 2015;Shi et al., 2009)。

## 2.2 所用的数据集

根据《2030年可持续发展议程》联合国统计委员会官方提出的可持续发展指标,SDG11可持续城市与社区共包含住房、交

通、土地利用效率、遗产保护、城市环境和公共开放空间等10个具体目标15个指标(UN, 2015)。但是根据海南省本地情况,相关数据的保有量或者评估方式与这些指标并不能完全匹配。因此,需要采用可靠的、高质量的、适用于海南省本土情况的数据对SDG11指标进行本地化处理。本研究所使用的数据如表 1所示,主要采用统计、对地观测以及地面观测等数据,时间尺度从2010到2018年。

表2 海南省SDG11指标体系构建与本地化方法

SDG11指标 (United Nations, 2018)	本地化指标	计算方法
11.1.1居住在贫民窟和非正规住区内或者住房不足的城市人口比例	(1)享受最低生活保障人数比例	$X_a = \frac{\text{最低生活保障人数}}{\text{城镇人口数}} \times 100\%$
11.2.1可便利使用公共交通的人口比例,按年龄、性别和残疾人分列	(2)年客运量	直接使用统计数据
11.3.1土地使用率与人口增长率之间的比率	(3)土地利用效率	$X_c = LCRPGR = \frac{\ln(Urb_{t+n}/Urb_t)}{\ln(Pop_{t+n}/Pop_t)} \times 100\%$
11.5.1每10万人当中因灾害死亡、失踪和直接受影响的人数	(4)受灾率	$X_d = \frac{\text{受灾人数}}{\text{总人口}} \times 100\%$
	(5)死亡失踪率	$X_e = \frac{\text{因灾害死亡和失踪人口之和}}{\text{总人口}} \times 100\%$
11.5.2灾害造成的直接经济损失(全球国内生产总值相比)、重要基础设施的损坏和基本服务中断次数	(6)直接经济损失占GDP比重	$X_f = \frac{\text{灾害造成的经济损失}}{\text{当地GDP总额}} \times 100\%$
11.6.1由管控部门所收集和管理的城市固体废物占城市废物总产量的比例,按城市分列  11.6.2城市细颗粒物(例如PM <sub>2.5</sub> 和PM <sub>10</sub> )年度均值(按人口权重算)及13.2.2年温室气体总排放量	(7)生活垃圾清运量	直接使用统计数据
	(8)PM <sub>2.5</sub> 浓度	遥感数据计算当地平均PM2.5浓度
	(9)CO <sub>2</sub> 排放量	CO <sub>2</sub> 排放量数据在权威省级核算数据基础上结合遥感影像尺度提升到市县(Chen et al., 2020a, Wu et al., 2016; Chen et al., 2020b)。本研究进一步结合DMSP/OLS和NPP/VIIRS数据,采取粒子群优化-反向传播(PSO-BP)算法,进一步反演出海南省2010-2017年海南省18个市县的CO <sub>2</sub> 排放量。
	(10)NO <sub>2</sub> 浓度	直接使用统计数据
	(11)SO <sub>2</sub> 浓度	直接使用统计数据
11.7.1城市建设区中供所有人使用的开放公共空间的平均比例,按性别、年龄和残疾人分列	(12)人均公园绿地面积	直接使用统计数据

### 3.方法

#### 3.1 指标体系的构建与本地化处理

由于研究区的行政级别不同,有些数据不能直接使用,需要进行必要的数据处理,以适用于各市县,并匹配联合国统计委员会提出的可持续发展指标。数据的处理方法如表2。

#### 3.2 综合评估方法

城市可持续发展综合评估主要包括三个步骤:(I)筛选数据极值,通过归一化得到单指标得分;(II)构建单指标仪表盘(Dashboard),并构建目标进展表;(III)计算城市综合可持续发展评分。

### 3.2.1 数据的归一化

由于城市规模的不同，一些数据存在数量级上的差别，为了确保这些数据的可比性，排除数据中的异常值对最终结果的影响，需要去除数据列表中极大异常或极小值数据。将排名前三的平均值作为该指标的上界，将排名后三数据值的平均值作为该指标的下界。为了使数据在各指标之间均有可比性，并且增加指标的可视性，每个数据将会得到一个范围在[0, 100]的得分。其中，0表示可持续发展水平最差，100表示可持续发展水平最好。

在确定上、下界后，若指标越大可持续性越高，则使用归一化公式 1 将数据转化 [0,100]，得到单指标的评分：

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \times 100 \quad \text{公式 1}$$

其中，x为原始数据；x\_max/x\_min分别表示数据的上界和下界；x'表示缩放后的归一化值，即单指标评分。

若指标越大可持续性越低，则使用归一化公式 2 将数据转化[0,100]，得到单指标得分：

$$x' = 100 - \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \times 100 \quad \text{公式 2}$$

其中，x为原始数据；x\_max/x\_min分别表示数据的上界和下界；x'表示缩放后的归一化值，即单指标评分。

### 3.2.2 Dashboard的构建方法

为了更好地辨别城市单指标的发展程度，引入类似“交通指示灯”的Dashboard仪表盘 (Sachs et al., 2019b)。其目的是通过“绿、黄、橙、红”四种颜色代替指标得分，突出每个城市需要特别注意发展性较差的指标，以提醒相关部门优先对该指标采取优化改进措施。

为了更好地展示长时间单指标的变化趋势，引入与上面相同的方法，构建Dashboard趋势图。具体来说，计算每个指标的增长率，若指标越大可持续性越高，则使用增长率公式 3，得到增长率：

$$X_{GR} = \left(\frac{x}{x_n}\right)^{\frac{1}{n-1}} \times 100\% \quad \text{公式 3}$$

其中，X\_GR为增长率；x为本年数据值；x\_n为n年前数据值。

若指标越大可持续性越低，则使用增长率公式 4，得到增长率：

$$X_{GR} = \left(\frac{x_n}{x}\right)^{\frac{1}{n}} \times 100\% \quad \text{公式4}$$

其中，X\_GR为增长率；x为本年数据值；x\_n为n年前数据值。

得到每个指标的增长率后，剔除增长率中的异常值，将增长率大小排名前三的平均值作为上界，下界为0。利用公式 5得到归一化后增长率得分，范围为[-1,3]。

$$GR' = \frac{GR - 0}{GR_{max} - 0} \times 3 \quad \text{公式5}$$

其中，GR为原始增长率；〔GR〕\_max表示数据的上界；〔GR〕^'表示归一化后的增长率得分，即趋势指标。

若趋势指标计算中，分母出现为0的情况则分三种情况决定趋势指标值：若分子为正数则趋势指标值为3；若分子为0则趋势指标值为0；若分子为负数则趋势指标值为-1。

### 3.2.3 城市综合评估

单靠单指标评估无法全面展现一个城市的可持续发展水平，需要一个城市的综合得分以评价城市的相对可持续发展水平。将各指标以相等权重，求出每个城市每一年所有指标

的平均数，得到这个城市的综合得分。

$$X' = \frac{\sum_i^n x'_i}{n} \quad \text{公式6}$$

其中，n为指标总数。

## 4.结果与分析

### 4.1单指标分析

如图2所示，三亚市的“绿色指标”数量最多，生活垃圾和人均绿地面积每年均是高于绝大部分市县；海口市各指标发展排名较为稳定，低保率、客运量和固体垃圾领先于绝大部分市县；2010年昌江县和乐东县的“红色指标”数量最多，2015年琼中县的“红色指标”数量最多，2018年定安县和琼中县的“红色指标”数量最多。

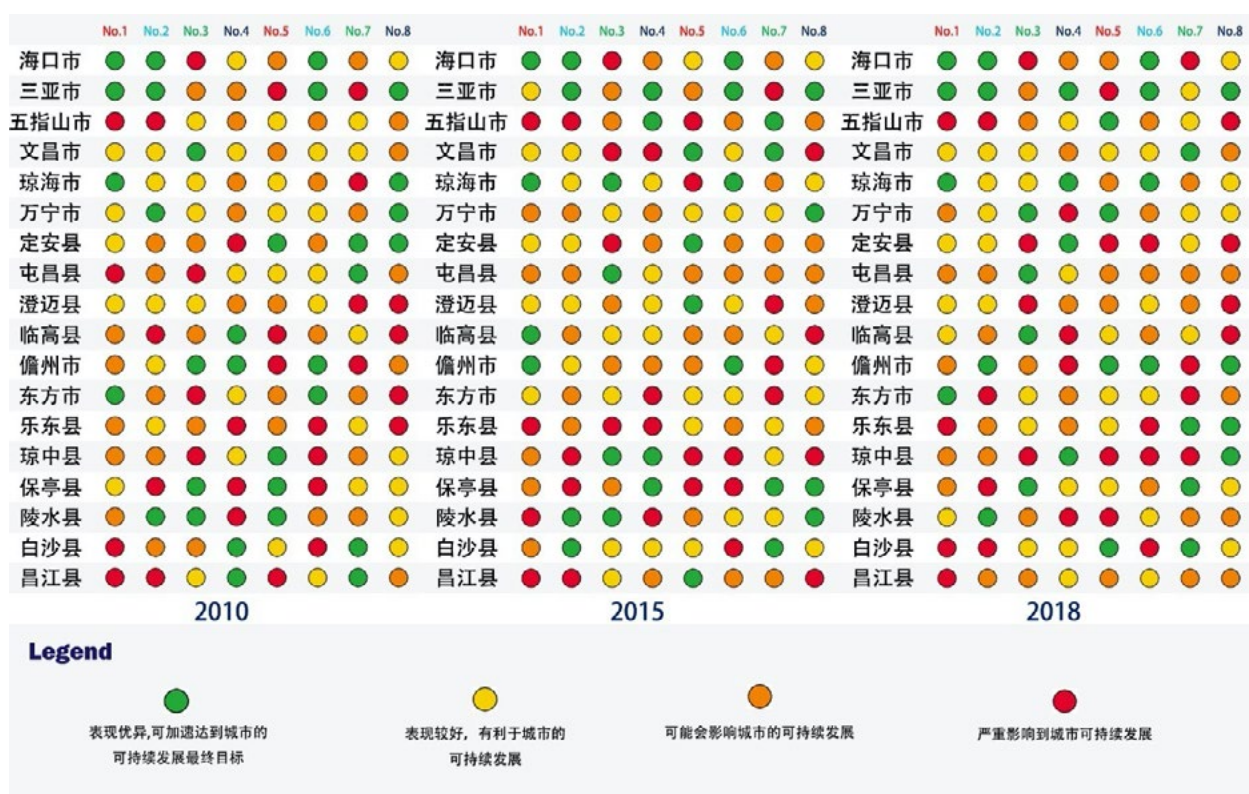


图 2 2010年、2015年和2018年三期海南省各市单指标得分图。其中横轴对应的各指标为, No.1:享受最低生活保障人数比例;No.2:年客运量;No.3:土地利用;No.4:人口受灾率;No.5:直接经济损失占GDP比重;No.6:生活垃圾清运量;No.7:空气指标(PM2.5、CO2、SO2、NO2);No.8:人均公园绿地面积

如图3所示, 海南省主要指标变化主要以下两种情况。①海口市、三亚市正处于可持续发展发展的中期, 快速的城市化带动交通、工业等各行业, 并作为全国环境和旅游试点城市, 在发展经济的同时依旧保持着环境指标的发展, 基本已经达到2030年可持续发展目标。②其他县市处于发展初期各指标都处于快速发展时期, 各指标发展不规律, 但是空气污染指标处于“停滞”状态或者“下降”趋势。

如图4所示, 海南省各行政区CO2排放量在2010年前较为平稳, 从2010年后急剧增加, 2013年后多数行政区增幅再次放缓, 而三亚和海口增幅持续变大。其中白沙县的CO2排放量是最低的, 而三亚在各行政区中的CO2排放量在2010年后远超于其他市县。

图5为CO2排放量、GDP与人口数量的对比分析。各行政区人口增长从2010年逐步放缓, 其中琼海、万宁等行政区在2015年前后



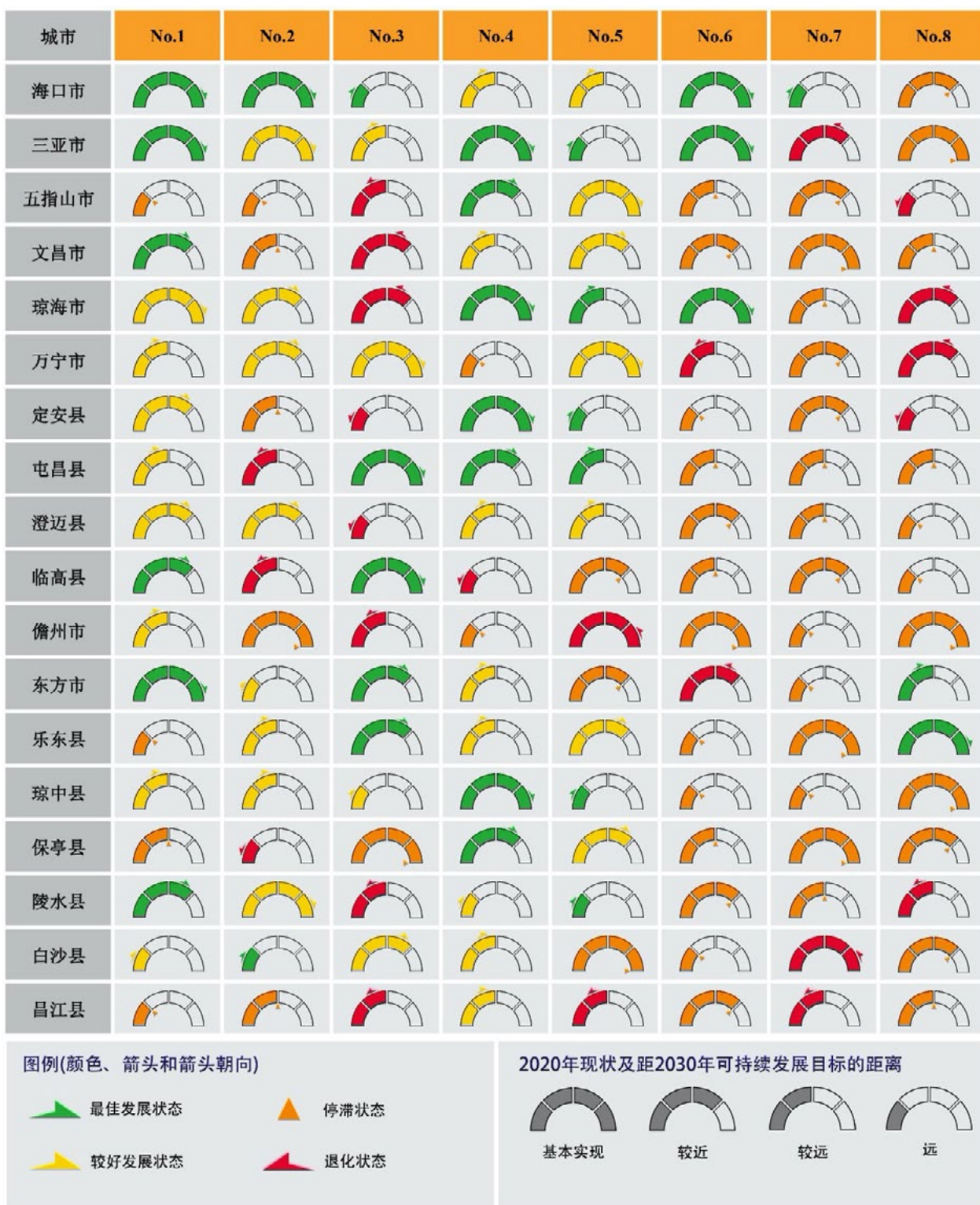


图 3 单指标2020年现状及进展表

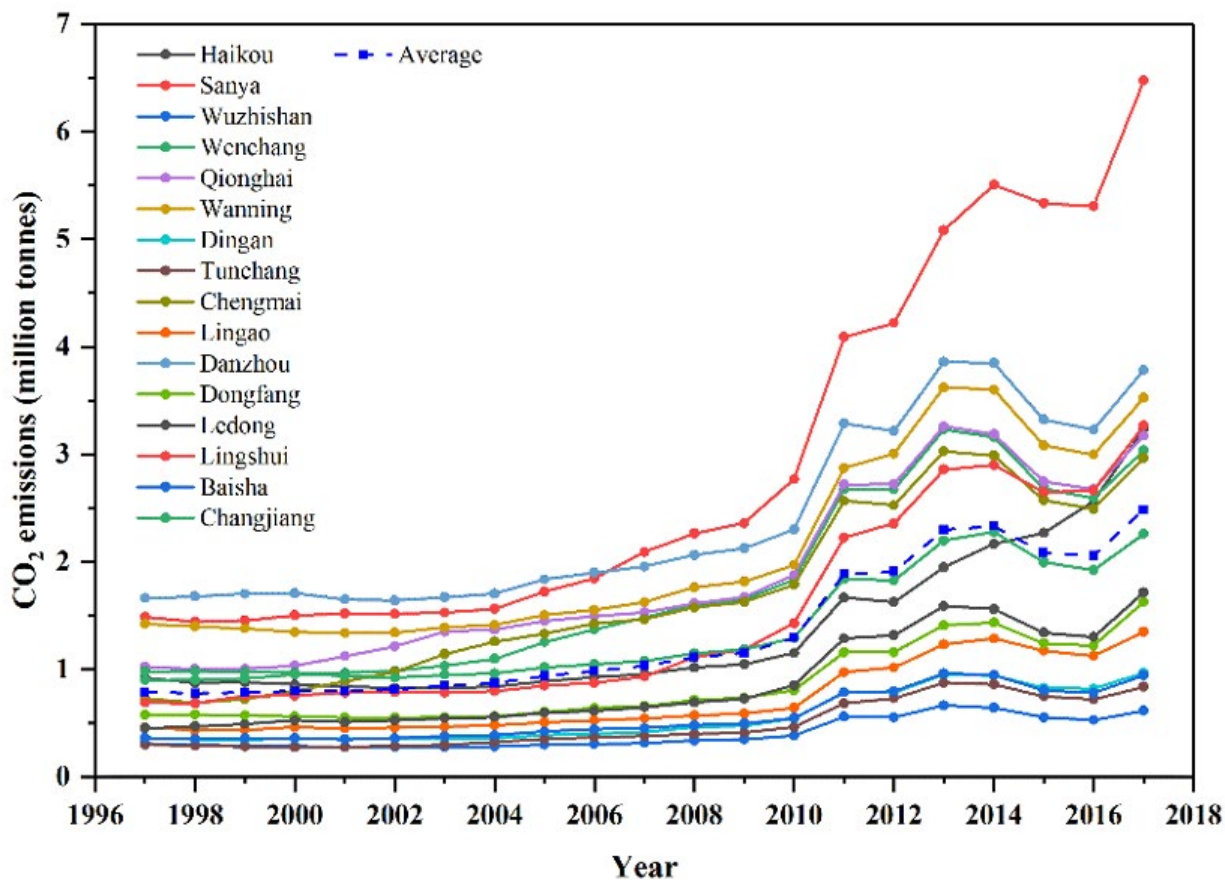


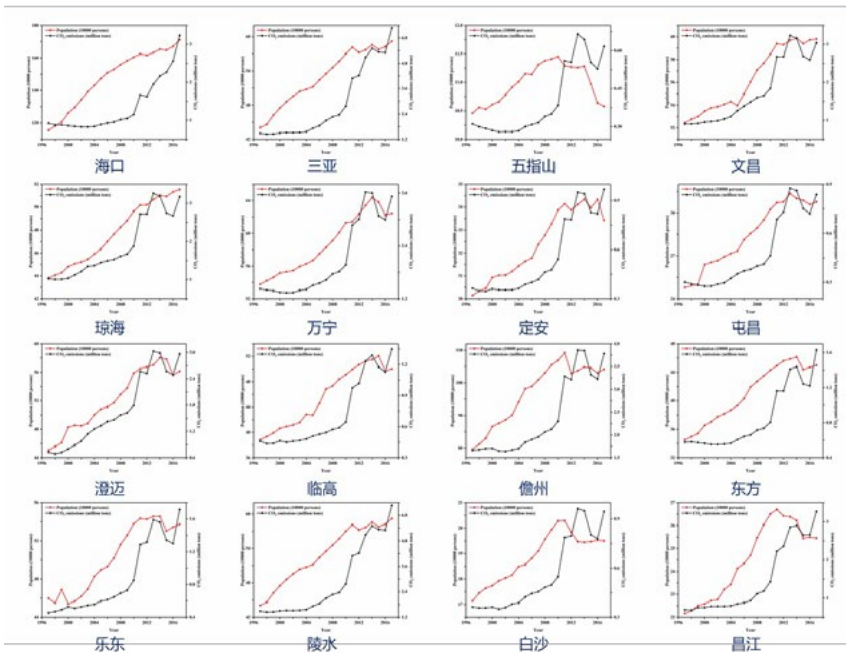
图 4 1997-2017年海南省各行政区CO2排放量

人口开始下降。同时在趋势上，人口数量表现为放缓增加的趋势，而CO2排放量和GDP呈急剧增加的趋势。

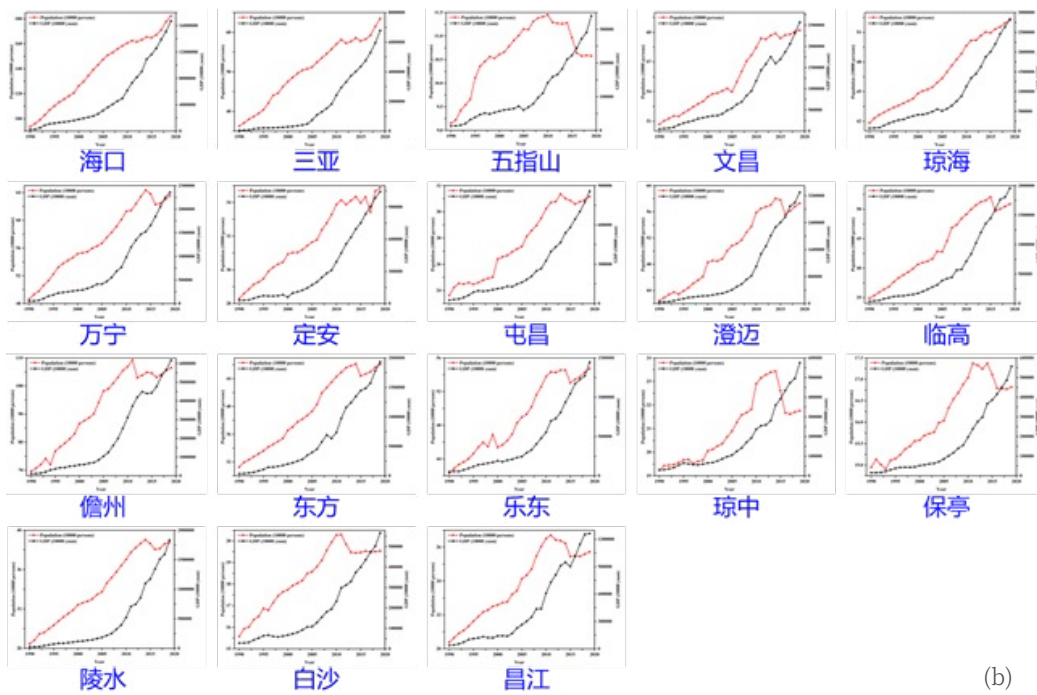
#### 4.2 综合分析

如图所示，海南省的发展分布不均，主要

呈现“南北两端高、中西部低”的空间分布格局。海口市作为海南省的行政中心，三亚市作为国内重要的旅游城市，可持续发展水平最高，每年综合得分在70分以上。西南部以乐东县和五指山市为首的可持续发展指标表现较差，2015年后，受三亚市的影响，乐东县可持续发展水平上升迅速，



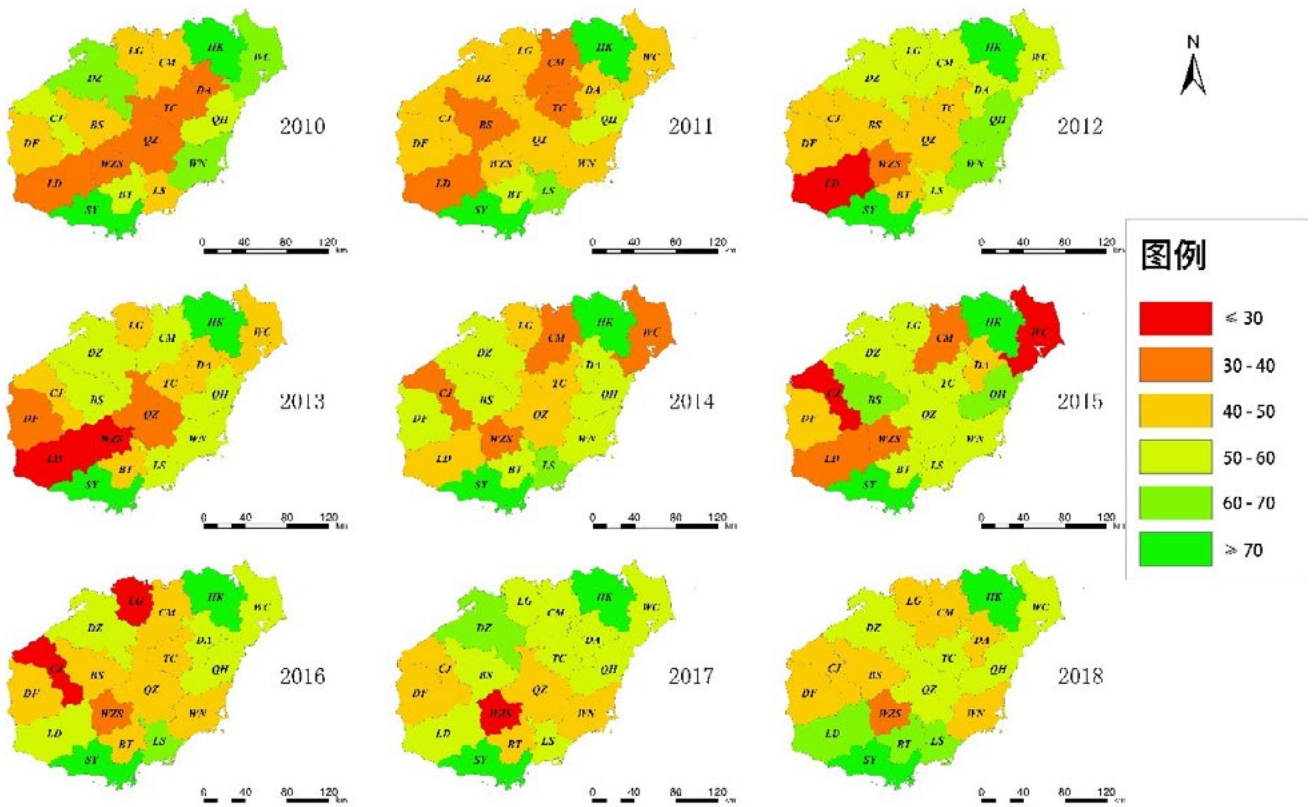
(a)



(b)

图 5 (a) CO<sub>2</sub>排放量与人口数量对比; (b) GDP与人口数量对比

图6 海南省18个市县可持续性的空间分布



至2018年上升至全省第三。儋州市、东方市、澄迈县和昌江县作为海南省主要的重工业基地，虽然在个别年份城市的可持续发展指标表现较好，但是总体可持续发展指标表现较差。中部内陆地区的城市化率低，城市现代化程度差，城市的可持续发展水平最低。

总体而言，至2018年，全省可持续发展水平最好的城市为三亚市，其次为海口市，同年内五指山市综合得分最低，其余城市得分在45~60之间。

## 5. 结论

本文以海南省为例，基于SDG11指标构建了适用于海南省市县尺度的可持续发展评价体系。首先对收集到的当地数据与SDG11具体指标结合，得到本地化指标；其次通过这些指标得到海南省18个市县的单指标得分及发展趋势并进行了对比分析，找出海南省各市县单方面的优势与不足；最后通过单

指标的得分得到整个海南省市县综合得分，找出全省可持续发展较好的市县与可持续发展不足的市县，为市县的可持续发展提供借鉴。本文的结论如下：

(1) 海南省各行政区CO<sub>2</sub>排放量在1997-2010年间较为平稳，从2010年后急剧增加，在2013年提出“一带一路”倡议后，除三亚和海口增幅持续增长外，多数行政区CO<sub>2</sub>排放量增幅再次放缓。

(2) 2010-2015年，海南省整体各市县的综合可持续发展得分上下波动较大，2015年后，随着海南省“十三五”规划的推动，海南省整体可持续发展水平快速上升。

(3) 2010-2018年间，海南省可持续发展水平呈“南北两端高、中西部低”的空间分布格局。海口市和三亚市分别作为行政中心和旅游中心，是可持续发展水平最高的城市；五指山市整体可持续发展水平有待加强。

本研究利用12个与SDG11相关的指标来综合评估海南省城市可持续发展状况，但是230+个SDG指标中超过三分之一与SDG11相关，未来的工作是结合其他SDG目标与城市相关的指标、美丽中国评价指标、城市体检指标以及海南省地方政府规划指标利用地球大数据计算与方法构建海南省SDG11城市可持续发展指标体系，更加全面地监测与评估海南省市县尺度的可持续发展进程。

## 参考文献

1. United Nations, Department of economic and social affairs, population division. World urbanization prospects: The 2018 revision, online edition. 2018, Available from <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications>.
2. United Nations. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development annex A/RES/70/1. 2015, <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.
3. Thomas E., Erik A., Niki F., et al. Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, 2019, 2:267-273.
4. Acuto M, Parnell S, Seto KC. Building a global urban science, *Nature Sustainability*, 2018; 1:2-4.
5. UN-Habitat. A guide to assist national and local governments to monitor and report on SDG goal 11+ indicators, Online Edition. 2019,

Available from <https://www.localizingthesdgs.org/library/60/SDG-Goal-11-Monitoring-Framework-A-guide-to-assist-national-and-local-governments-to-monitor-and-report-on-SDG-goal-11-indicators.pdf>

6.Habitat III, 2016. The New Urban Agenda. <http://habitat3.org/the-new-urban-agenda>.

7.Messerli P, Murniningtyas E. Global sustainable development report 2019: the future is now - science for achieving sustainable development. New York: United Nations, 2019.

8.Sachs JD, Schmidt-Traub G, Mazzucato M, et al. Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals, *Nature Sustainability* 2019a; 2:805-814.

9.Lynch, A., LoPresti, A., Fox, C. The 2019 US Cities Sustainable Development Report. New York: Sustainable Development Solutions Network (SDSN), 2019.

10.Guillaume Lafortune, Kees Zoeteman,

Grayson Fuller, Rens Mulder, John Dagevos and Guido Schmidt-Traub. (2019). The 2019 SDG Index and Dashboards Report for European Cities (prototype version). Sustainable Development Solutions Network (SDSN) and the Brabant Center for Sustainable Development (Telos), 2019.

11.Xu, Z., Chau, S.N., Chen, X. et al. Assessing progress towards sustainable development over space and time. *Nature* 2020, 577, 74–78.

12.Xu X, Gao J, Zhang Z, et al. An Assessment of Chinese Pathways to Implement the UN Sustainable Development Goal-11 (SDG-11) — A Case Study of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *International journal of environmental research and public health*, 2019, 16(13): 2288.

13.Paganini, M.; Petiteville, I. Satellite Earth Observations in Support of the Sustainable Development Goals, Special 2018 ed.; CEOS-ESA: Paris, France, 2018.

14.Anderson K., Ryan B., Sonntag W., Kavvada

- A. and Friedl L. Earth observation in service of the 2030 Agenda for Sustainable Development, *Geo-spatial Information Science*, 2017, 20:2, 77-96.
- 15.Kavvada, A.; Metternicht, G.; Kerblat, F.; Mudau, N.; Haldorson, M.; Laldaparsad, S.; Friedl, L.; Held, A.; Chuvieco, E. Towards delivering on the sustainable development goals using earth observations. *Remote. Sens. Environ.* 2020, 247, 111930.
- 16.Guo H., Chen F., Sun Z., Liu J., Liang D. Big Earth Data: a practice of sustainability science to achieve the Sustainable Development Goals, *Science Bulletin*, 2021. DOI:10.1016/j.scib.2021.01.012.
- 17.Guo H. Big Earth Data in Support of the Sustainable Development Goals (2019). Science Press and EDP Sciences, 2019.
- 18.Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G. (2019): Sustainable Development Report 2019b. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN).
- 19.陈军, 彭舒, 赵学胜等. 顾及地理空间视角的区域SDGs综合评估方法与示范. *测绘学报*, 2019,48 (4) :473-479.
- 20.Huiping Jiang, Sun Zhongchang, Huadong Guo, Qihao Weng, et al. An assessment of urbanization sustainability in China between 1990 and 2015 using land use efficiency indicators. *NPJ Urban Sustainability*, 2021. DOI: 10.1038/s42949-021-00032-y.
- 21.海南省统计局.海南省统计年鉴2019.海南省人民政府.
- 22.Chen, J., Gao, M., Cheng, S. et al. County-level CO<sub>2</sub> emissions and sequestration in China during 1997–2017. *Sci Data* 7, 391 (2020a).
- 23.Wu, J., Wu, Y., Guo, X. & Cheong, T. S. Convergence of carbon dioxide emissions in Chinese cities: A continuous dynamic distribution approach. *Energy Pol.* 91, 207–219 (2016).
- 24.Chen, J., Gao, M., Ma, K. & Song, M.



- Different effects of technological progress on China's carbon emissions based on sustainable development. *Bus. Strateg. Environ.* 29, 481–492 (2020b).
25. United Nations Statistics Division, SDG Indicators Metadata repository, 2021, <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/>
26. Liang, Y. Correlations between health-related quality of life and interpersonal trust: Comparisons between two generations of Chinese rural-to-urban migrants. *Soc. Indic. Res.* 2015, 123, 677–700.
27. Shi, G.; Chen, Z.; Bi, C.; Wang, L.; Teng, J.; Li, Y.; Xu, S. A comparative study of health risk of potentially toxic metals in urban and suburban road dust in the most populated city of China. *Atmos. Environ.* 2011, 45, 764–771.
28. Rosenstock T S, Lamanna C, Chesterman S, et al. When less is more: Innovations for tracking progress toward global targets. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2017, 26: 54-61.
29. Allen C, Nejdawi R, El-Baba J, et al. Indicator-based assessments of progress towards the sustainable development goals (SDGs): a case study from the Arab region[J]. *Sustainability Science*, 2017, 12(6): 975-989.
30. Hainan Provincial Government. Statistical yearbook, <https://www.hainan.gov.cn/hainan/zfsj/xsj.shtml>
31. Atmospheric Composition Analysis Group. China Regional Estimates (V4.CH.03), [http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page\\_id=140](http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page_id=140)
32. Nerini F F , Sovacool B , Hughes N , et al. Connecting climate action with other Sustainable Development Goals[J]. *Nature Sustainability*, 2019, 2(8):674-680.

# 以中国雄安为例， 探讨城市碳中和的路线

窦新宇<sup>1</sup>, 唐圣贤<sup>2</sup>, 邓 铸<sup>1</sup>, 朱碧青<sup>1</sup>, 柯丕煜<sup>1</sup>, 郭 睿<sup>1</sup>  
鲁晨曦<sup>1</sup>, 孙韬淳<sup>1</sup>, 乔雅君<sup>3</sup>, 刘 竹<sup>1\*</sup>

1.中国北京, 清华大学地球系统与科学系, 邮编100084

2.美国洛杉矶, 南加州大学维特比工程学院系, 邮编90007

3.中国河北省雄安新区管委会生态环境局

## 摘要

全球气候变化问题引起了人们的普遍关注, 尤其是自2015年《巴黎协定》通过以来。超过100个国家和地区已提出了不同形式的碳中和目标, 并针对实现碳中和的技术需求出台了科技发展规划。城市, 作为碳排放重点区域, 是实现“碳中和”目标的重点和难点。本文旨在提供一个城市层面的“碳中和”分析框架模型及建设路径。本研究以雄安新区为例, 明确了各行业碳排放评估的范围和边界。结合统计年鉴数据、夜间灯光数据和我们的碳监测技术(一种近实时的每日网格化石源CO<sub>2</sub>排放数据集), 本研究计算了该市的碳排放量, 进一步分析了关键排放行业的现状和特征。同时, 基于专业模型和卫星遥感数据, 本研究通过计算森林碳汇和水泥碳汇, 有效评估了雄安新区的碳汇潜力。本文结合重点排放行业的专家意见, 致力于为雄安新区实现碳中和的排放路径和技术路径提供指导, 从而进一步完善示范项目的配套政策体系。

\* 通讯作者: 刘竹\*; 电话: +86 18811765789; 邮箱: zhuliu@tsinghua.edu.cn

**关键词:** 碳中和; 城市层面; 碳排放; 碳汇; 中国

## 1. 引言

气候变化是21世纪人类生存和发展的重大挑战。2015年12月, 近200个《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)<sup>1</sup>缔约国在巴黎气候变化大会上一致通过了具有里程碑意义的《巴黎协定》, 确立了2020年后全球气候治理的总体框架。在碳中和全球化的背景下, 各国都启动了针对特定区域的减缓战略, 以期到2050年实现国内净零碳排放。不同国家采取不同战略的主要原因是, 各国碳排放的状况和趋势不同, 而不同的区域特征主要与各国土地可用性、人口密度和人口趋势的差异息息相关。与此同时, 中国将深化各类低碳试点作为重要的战略起点, 即“净零碳排放区示范项目”<sup>2</sup>。

作为碳排放的主要来源, 城市以不到全球2%的土地面积消耗了全球78%的能源, 同

时排放了60%以上的温室气体<sup>3</sup>。因此，控制城市碳排放成为近零碳排放区示范项目的工作重点。2010年以来，我国就在低碳省市开展试点，迄今已有87个省市开展试点。然而，建设碳中和示范城市并不仅仅是建设低碳城市。在“碳中和”愿景下，中国迫切需要在现有低碳试点基础上开展近零碳排放试点，从城市层面为达成“碳中和”目标提供支持<sup>3</sup>。2017年4月1日，中共中央、国务院决定设立雄安国家级新区。这一新区既有政策优势，也有后发优势。因此，在雄安新区开展“碳中和”试点城市建设将为我国实现“碳中和”目标提供实践经验和理论示范，为我国生态文明建设和绿色区域发展提供路径支撑。

本研究借鉴了国内外近零碳排放区的建设经验，结合年鉴统计数据、夜间灯光数据和我们的碳监测技术，可以估算雄安新区的碳排放数据，从而进一步分析得出雄安新区主要排放行业的现状和特点。此外，基于专业模型和卫星遥感数据，本文通过计算森林碳汇和水泥碳汇，有效评估了雄安新区碳汇潜

力。最后，根据以上数据和结果，结合重点领域专家意见，本文旨在为雄安新区走碳中和排放路径和技术路径提供指导，进一步完善示范项目配套政策体系。

## 2.碳排放数据来源

本研究的数据主要来源于三个方面：统计年鉴、卫星遥感数据和我们以往工作中收集的网格化碳监测数据集。

### 2.1.统计年鉴

在计算雄安新区的碳排放量时，考虑到雄安新区尚未公布全面可靠的能源消耗数据，在计算碳排放量时，本研究首先测算了雄安新区所在地省份，即整个河北省的碳排放量。用于计算河北省二氧化碳排放量的能源消费数据可以从《中国能源统计年鉴》中各省2000年至2018年的能源消费和碳排放数据中收集得到。本研究中的碳排放核算仅关注河北省境内消耗的化石燃料，不包含河北省

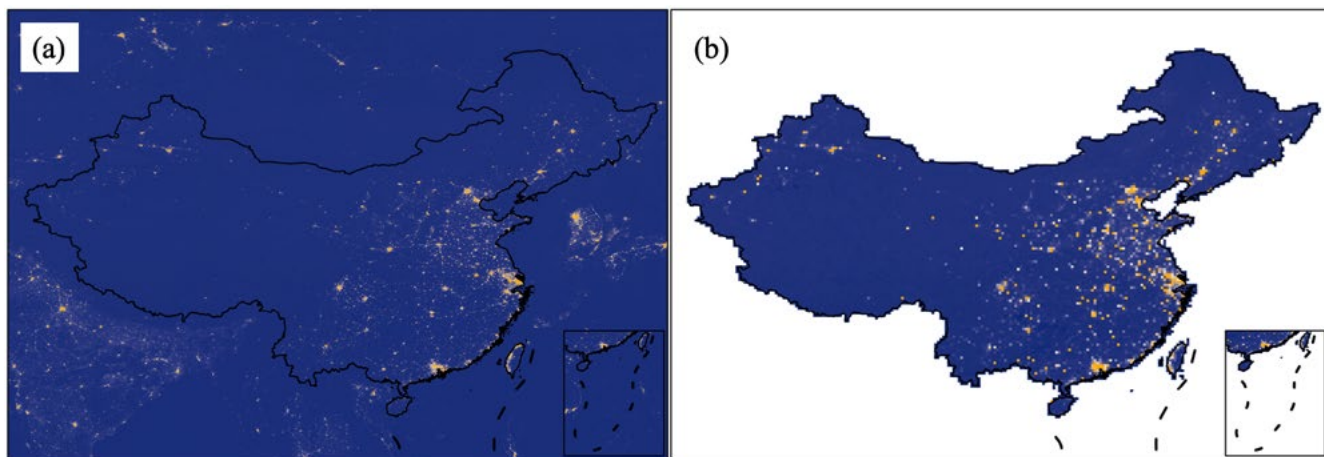


图1 (a) 2018年1月中国NPP-VIIRS夜间灯光灰度值分布情况。  
(b) 2018年1月重新采样的中国NPP-VIIRS夜间灯光灰度值分布情况。

境外进口电力和热能消耗的排放量。

## 2.2. 卫星遥感数据

### 2.2.1. NPP-VIIRS夜间灯光数据

夜间灯光数据是从NOAA的可见红外成像辐射计套件（VIIRS）中获得的15"x15"网格数据，该套件是SUOMI国家极地轨道器合作伙伴（SUOMI NPP）航天器上的关键仪器之一。机载NPP-VIIRS传感器配置了美国国家海洋和大气管理局的AVHRR（高级甚高分辨率辐射计）传感器和NASA成像光谱仪的MODIS（中等分辨率）传感器和DMSP-OLS传感器，总光谱范围为0.4-12.5微米。

日/夜波段（DNB）是NPP-VIIRS传感器的

一个波段，也是用于检测夜间光线强度的主要波段。与DMSP-OLS稳定夜间灯光数据相比，没有所谓的数据“过饱和”。日常数据可以实现对短时间间隔变化的动态分析，但该数据受云量影响较大。本研究中，我们选择使用2013年1月至2018年12月间每月NPP-VIIRS的夜间灯光数据。图1（a）为2018年1月中国NPP-VIIRS夜间灯光灰度值的分布情况。然后，使用面积加权平均法将原始夜间灯光数据重新采样到0.25°网格。2018年1月重新采样的分辨率为0.25°的夜光数据如图1（b）所示。

夜间灯光卫星遥感数据可以有效检测城市夜间灯光甚至小范围内居民区和车流产生的低强度夜光，是监测人类活动强度的良好数据源<sup>46</sup>。由于人类活动是碳排放的主要来源，

而NPP-VIIRS夜间灯光图像可以有效反映人类活动的强度，本研究就利用夜间灯光数据来估算雄安新区的碳排放量。

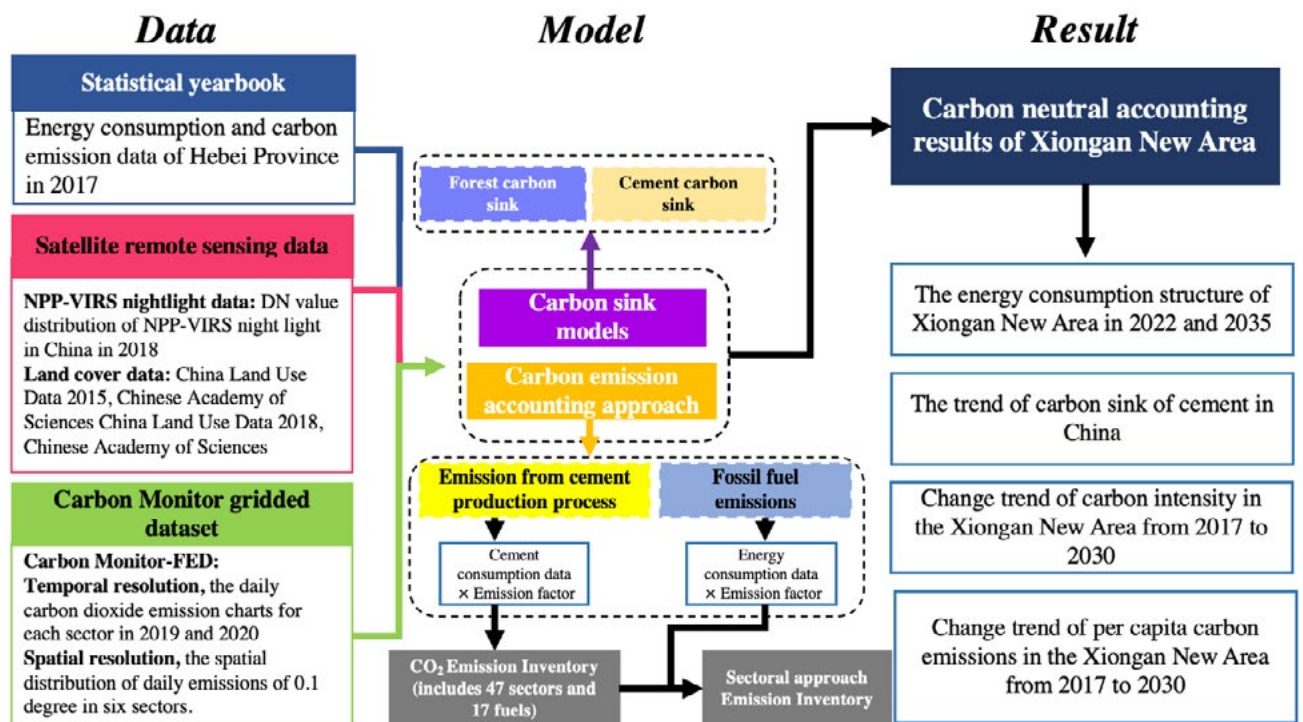
### 2.2.2. 土地覆盖数据

本研究中雄安新区的碳汇核算主要包括森林碳汇和水泥碳汇两个方面。其中，有很多途径能够发挥森林的碳汇功能。为了避免对现有经济发展模式和发展速度造成过大的负面影响，雄安新区增加碳汇的重要途径主要是合理采伐。在创造新的林地和森林生长空间的同时，利用森林产品（如家具、纸张等）进一步固碳。因此，用于计算森林碳汇的数据来自中国科学院提供的2018年中国土地利用数据和河北省平均森林生物量密度数据<sup>7</sup>。碳汇核算还有另一个方面——虽然水泥在生产过程中会排放出大量的二氧化碳，但是在其使用过程中还会从外界吸收二氧化碳。这个吸收过程中的碳汇数量一直没有得到重视和量化。本研究根据中国2015年土地利用数据和中国科学院提供的2013年中国水泥碳汇量<sup>8</sup>，对雄安新区水泥碳汇潜力

进行量化，由此计算出雄安新区水泥碳汇。

### 2.3. 网格化碳监测数据集

网格化碳监测数据集（CM-G）是一个近实时网格化的每日化石源CO<sub>2</sub>排放数据集，以0.1°×0.1°的分辨率阐述，包括化石源CO<sub>2</sub>排放的六个主要“超级行业”：（1）电力、（2）工业、（3）居民消费、（4）陆运、（5）国内航空、（6）国际航空和（7）国际航运。工业方面，化石燃料燃烧和水泥生产过程所产生的CO<sub>2</sub>都计算在内。CM-G源自碳监测<sup>9,10</sup>，这是一个近乎实时的全球二氧化碳每日排放数据集，包括和汇总了6个部分和13个主要国家以及世界其他地区的详细信息。基于GIDv1.0和EDGARv5.0\_FT2019排放和TROPOMI NO<sub>2</sub>反演的网格空间模式，我们构建了空间分辨率为0.1°、时间分辨率为一天的CM-G。与其他网格化的二氧化碳排放数据集相比，CM-G的时空分辨率更高。从时间分辨率的角度，基于日常活动数据，我们分别估算得出了2019和2020年各行业的每日二氧化碳排放图。从空间分辨率的角度，我



Data	数据
Statistical yearbook	统计年鉴
Energy consumption and carbon emission data of Hebei Province in 2017	2017年河北省能源消费和碳排放数据
Satellite remote sensing data	卫星遥感数据
NPP-VIRS nightlight data: DN value distribution of NPP-VIRS night light in China in 2018	NPP-VIRS夜间灯光数据: 2018年中国NPP-VIRS夜间灯光灰度值分布
Land cover data: China I and Use Data 2015, Chinese Academy of Sciences; China Land Use Data 2018, Chinese Academy of Sciences	土地覆盖数据: 2015年中国土地使用数据, 中国科学院2018年中国土地使用数据, 中国科学院
Carbon Monitor gridded dataset	网格化碳监测数据集
Carbon Monitor - FED: Temporal resolution, the daily carbon dioxide emission charts for each sector in 2019 and 2020; Spatial resolution, the spatial distribution of daily emissions of 0.1 degree in six sectors.	碳监测-FED: 时间分辨率, 2019和2020年各行业每日二氧化碳排放图表, 角度为0.1度的6个行业日排放量空间分布。

Model	模型
Forest carbon sink	森林碳汇
Cement carbon sink	水泥碳汇
Carbon sink models	碳汇模型
Carbon emission accounting approach	碳排放核算方法
Emission from cement production process	水泥生产过程排放
Fossil fuel emissions	化石燃料排放
Cement consumption data X Emission factor	水泥消耗数据 X 排放因子
Energy consumption data X Emission factor	能耗数据 X 排放因子
CO2 Emission Inventory (includes 47 sectors and 17 fuels)	二氧化碳排放清单(包括47个行业和17种燃料)
Sectoral approach Emission Inventory	行业方法 排放清单
Result	结果
Carbon neutral accounting results of Xiongan New Area	雄安新区碳中和核算结果
The energy consumption structure of Xiongan New Area in 2022 and 2035	雄安新区2022和2035年能源消费结构
The trend of carbon sink of cement in China	中国水泥碳汇趋势
Change trend of carbon intensity in the Xiongan New Area from 2017 to 2030	2017-2030年雄安新区碳排放强度变化趋势
Change trend of per capita carbon emissions in the Xiongan New Area from 2017 to 2030	2017-2030年雄安新区人均碳排放变化趋势

图 2 碳排放核算框架。

们估算得出了角度为0.1的6个行业的日排放量空间分布。

### 3.方法

#### 3.1碳排放核算方法

根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 提供的温室气体排放清单指南<sup>11,12</sup>, 本研究采用行业核算方法计算一个地区各行业的碳

排放量，计算公式为如下：

$$CE_{ij} = AD_{ij} \times EF_i \times M \quad (1)$$

其中， $CE_{ij}$ 代表j部门消耗化石燃料i所产生的碳排放； $AD_{ij}$ 代表相应行业中相应化石燃料类型的消耗量； $EF_i$ 表示化石燃料i的排放因子。

$$EF_i = NCV_i \times CC_i \times O_{ij} \quad (2)$$

$NCV_i$ 表示净热值，即每单位化石燃料i产生的热值； $CC_i$ 表示碳含量，即化石燃料i产生的单位净热值的二氧化碳排放量； $O_{ij}$ 表示氧化率，即化石燃料i在部门j的燃烧过程中的氧化率。

### 3.2.碳汇模型

目前，减排思路主要包括两个方面：一是在多个行业进行二氧化碳的技术改革或技术回收处理，从而达到节能减排的目的。二是采取多种措施增加碳汇。雄安新区的传统碳汇潜力在于通过植树造林措施增加森林碳汇，用森林吸收的二氧化碳量抵消工业二氧化碳排放量。除此之外，水泥也是重要的碳汇<sup>13</sup>。水泥在暴露于空气中时，会逐渐吸收空气中的二氧化碳，产生碳化反应，这类碳汇逐年增加，却一直为世界各国所忽视。

发挥森林碳汇功能的途径有若干种。第一，

人类可以通过造林抚育活动加快森林资源的培育，积累森林资源，增加生物量。第二，合理采伐利用森林资源；第三，用森林产品（特别是木材）代替其他原材料，减少其他原材料生产过程中的二氧化碳排放。在森林碳汇计算方面，本研究借助中科院提供的2018年中国土地利用数据，计算得出雄安新区林地总面积为700公顷。根据平均生物量密度法（MBM），雄安新区森林碳汇估算公式如下：

$$CS_f = A_f \times \overline{BD} \quad (3)$$

其中， $CS_f$ 表示森林碳汇； $A_f$ 表示森林面积； $\overline{BD}$ 表示平均生物量密度。

在水泥碳汇计算中，本研究借助中科院提供的2015年中国土地利用数据，计算得出雄安新区的建成区面积为276.48平方公里。雄安新区水泥碳汇按以下公式估算：

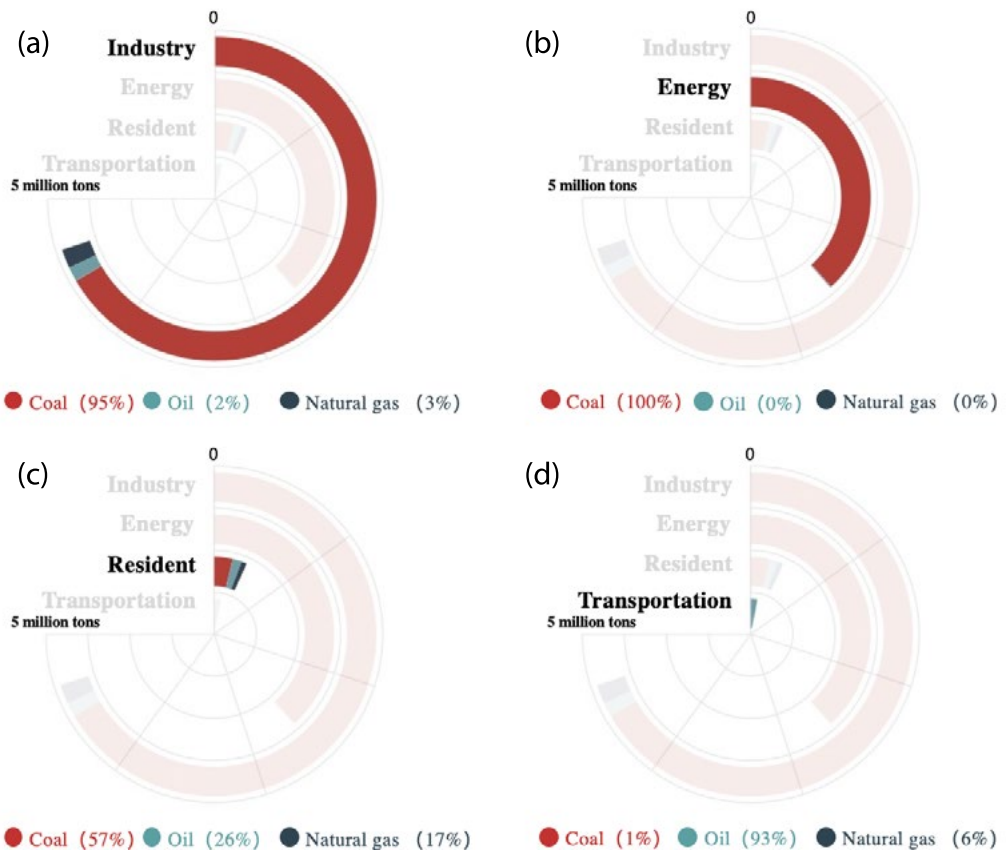
$$CS_C = A_{total} \times CS_{ci} \quad (4)$$

其中， $CS_C$ 表示水泥碳汇； $A_{total}$ 表示建成区的总面积； $CS_{ci}$ 表示已建成区i的水泥碳汇。

## 4.结论

### 4.1不同行业碳排放评估范围和边界的界定





Industrial	工业
Energy	能源
Community	社区
Traffic	车辆
5 million tons	500万吨
Coal	煤炭
Natural gas	天然气

图3.工业部门(a)、能源部门(b)、居民消费部门(c)和交通部门(d)中燃烧化石燃料类型的碳排放构成。

本研究参照中华人民共和国国家发展和改革委员会发布的《省级温室气体清单编制指南》，结合河北省能源平衡表和夜间灯光数据，计算了工业、能源、居民消费和交通四个行业的碳排放量。（图3）。根据测算，工业部门排放总量为496万吨，其中能源相关排放量466万吨，工业过程排放量30万吨。计算得出，能源部门的总排放量为257万吨；居民消费领域总排放量为46万吨；运输部门的总排放量预计为20万吨。

#### 4.2.雄安新区碳排放核算结果

2017年，从消费角度来看，雄安新区碳排放总量为831万吨，其中47个行业的具体碳排放量见下表1：

根据发展规划，2022年雄安新区能源消费总量预计将达到380万吨标准煤，其中天然气消费占9%，煤炭消费占50%，石油（成品油）消费占终端能源消费的8%，电能消

表1 2017年雄安新区47个行业碳排放情况

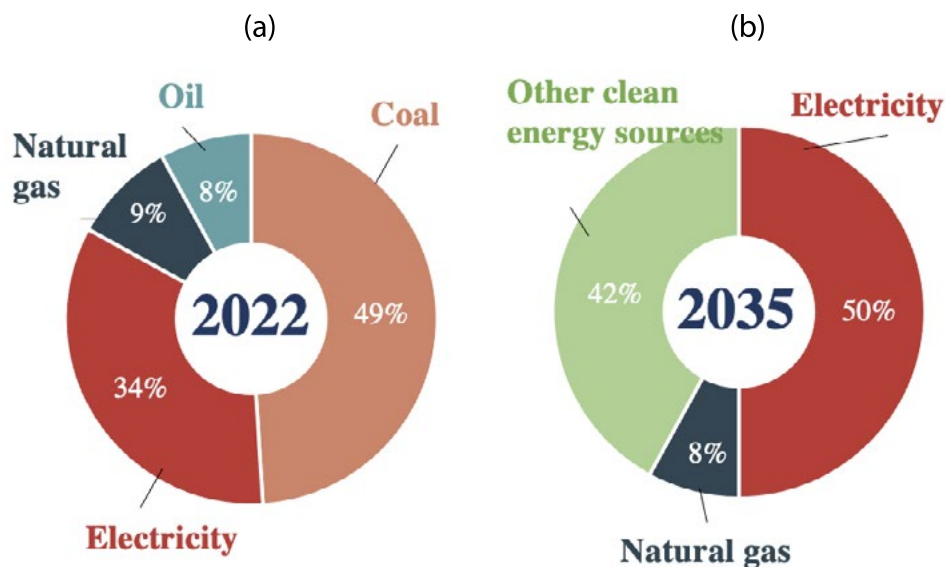
	<b>Energy-related emissions 能源相关排放 (kilotons) (千吨)</b>	<b>Emission from cement production process 水泥生产过程排放 (10 kilotons) (万吨)</b>	<b>The total emissions 总排放量 (10 kilotons) (万吨)</b>
Total consumption 消费合计	801.13	29.82	830.94
Water conservancy in agriculture, forestry, animal husbandry and fishery 农林牧渔业的水利资源	7.94	-	7.94
Coal selecting 选煤	40.02	-	40.02
Oil and gas drilling 石油和天然气钻探	1.47	-	1.47
Ferrous metal mining 黑色金属开采	1.76	-	1.76
Nonferrous metal mining 有色金属开采	0.07	-	0.07
Nonmetallic ore mining and dressing 非金属矿采选	0.15	-	0.15
Other mineral extraction and selection 其他矿物的提取和选择	0.00	-	0.00
The harvesting and transportation of timber and bamboo 木材和竹子的采伐和运输	0.00	-	0.00
Food processing 食品加工	1.84	-	1.84
Food production 食品生产	0.48	-	0.48
Beverage production 饮料生产	0.34	-	0.34
Tobacco processing 烟草加工	0.05	-	0.05
Textile industry 纺织工业	0.70	-	0.70
Clothing and other fiber products 服装及其他纤维制品	0.10	-	0.10
Leather, fur, down and related products 皮革、毛皮、羽绒及相关产品	0.23	-	0.23

续表

	<b>Energy-related emissions 能源相关排放 (kilotons) (千吨)</b>	<b>Emission from cement production process 水泥生产过程排放 (10 kilotons) (万吨)</b>	<b>The total emissions 总排放量 (10 kilotons) (万吨)</b>
Wood processing, bamboo, sugar cane, palm fiber and straw products 木材加工、竹子、甘蔗、棕榈纤维和稻草制品	0.21	-	0.21
Furniture manufacturing 家具制造	0.08	-	0.08
Paper and paper products 纸和纸制品	1.22	-	1.22
Printing and recording media reproduction 打印和记录媒体复制	0.05	-	0.05
Culture, education and sports articles 文教体育用品	0.02	-	0.02
Petroleum processing and coking 石油加工和焦化	6.28	-	6.28
Chemical raw materials and chemical products 化工原料及化工产品	6.51	-	6.51
Pharmaceutical products 药品	0.09	-	0.09
Chemical fiber 化学纤维	0.05	-	0.05
Rubber products 橡胶制品	0.10	-	0.10
Plastic products 塑料制品	0.16	-	0.16
Nonmetallic mineral products 非金属矿产品	10.43	29.82	40.25
Ferrous metal smelting and pressing 黑色金属冶炼和压制	376.40	-	376.40
Nonferrous metal smelting and pressing 有色金属冶炼及压制	0.54	-	0.54
Metal products 金属产品	0.85	-	0.85
General machinery 通用机械	3.09	-	3.09

续表

	<b>Energy-related emissions 能源相关排放 (kilotons) (千吨)</b>	<b>Emission from cement production process 水泥生产过程排放 (10 kilotons) (万吨)</b>	<b>The total emissions 总排放量 (10 kilotons) (万吨)</b>
Special equipment 特种装备	0.60	-	0.60
Transportation equipment 运输设备	0.78	-	0.78
Electrical equipment and machinery 电气设备和机械	0.31	-	0.31
Electronic and telecommunication equipment 电子和电信设备	0.22	-	0.22
Instrumentation culture office machinery 仪表及文职办公室机械	0.05	-	0.05
Other Manufacturing Industries 其他制造业	0.05	-	0.05
Scrap and Waste 废料和废弃物	0.06	-	0.06
Production and supply of electricity, steam and hot water 电力、蒸汽和热水的生产和供应	256.50	-	256.50
Natural gas production and supply 天然气生产和供应	0.05	-	0.05
Tap water production and supply 自来水生产和供应	0.02	-	0.02
building 建筑	2.45	-	2.45
Transportation, warehousing, post and telecommunications services 运输、仓储、邮电服务	19.73	-	19.73
Wholesale, retail trade and catering services 批发、零售贸易和餐饮服务	8.31	-	8.31
other 其他	5.06	-	5.06
city 城市	16.49	-	16.49
rural 乡村	29.24	-	29.24



Oil	石油
Natural gas	天然气
Coal	煤炭
Electricity	电力
Other clean energy sources	其他清洁能源

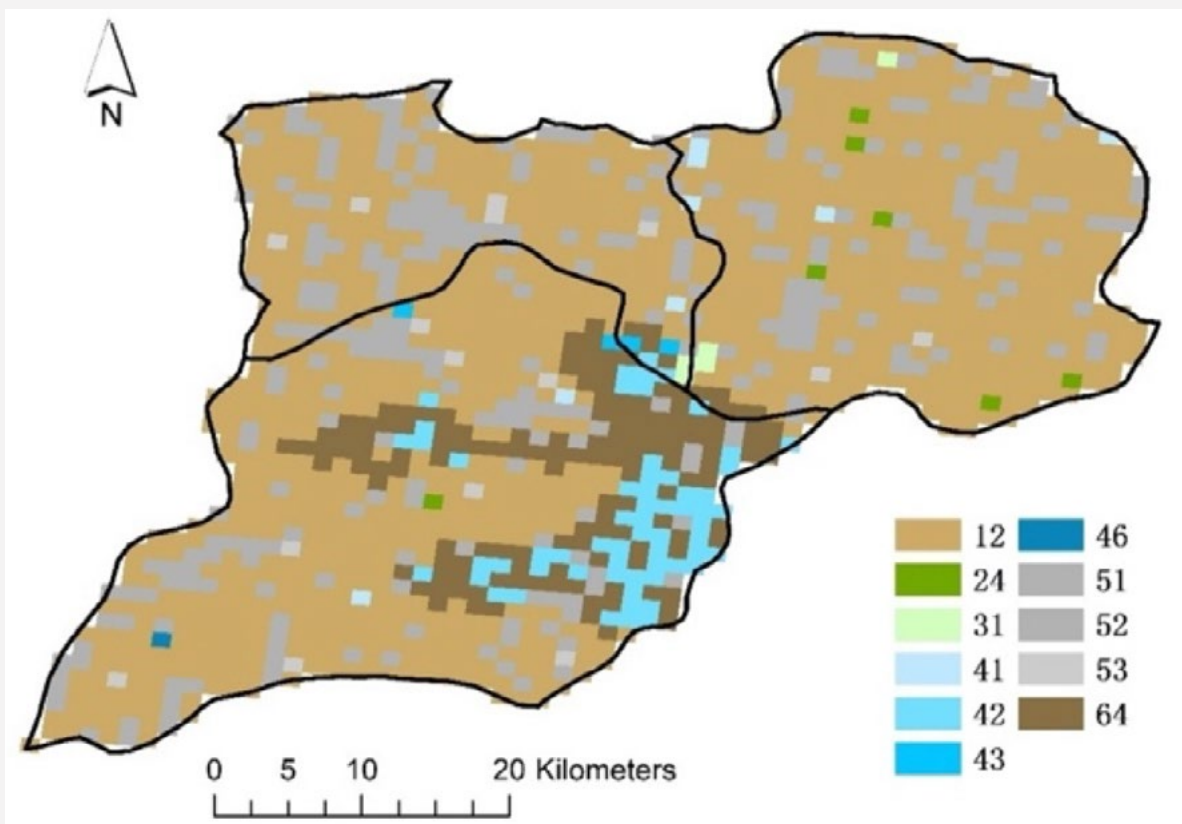
图4雄安新区2022年(a)和2035年(b)能源消费结构。

费占终端能源消费的34%（图4）。根据政府间气候变化专门委员会的指南，结合上述公式（1）和公式（2），研究估计：到2022年，雄安新区的碳排放总量将减少到607万吨。根据发展规划，到2035年，雄安新区能源消费总量预计将达到860万吨标准煤，其中天然气消费比重将低于8%，不含煤炭消费比重，石油（成品油）消费比重将下降到0.2%，电能消费占终端能源消费比重将超过50%。此外，区域内地热能、光伏能、生物质能等可再生能源利用规模将进一步扩大，与区域外转移的绿色电力和氢能共同形成雄安新区绿色能源供应体系。根据本次研究测算，到2035年，雄安新区仅会产

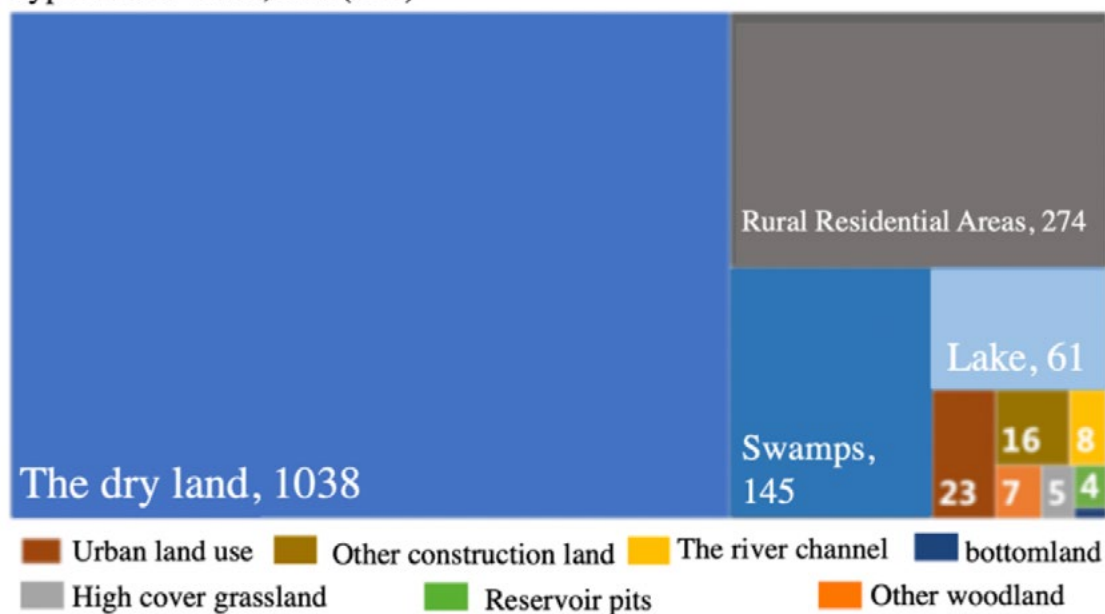
生107万吨的碳排放。

#### 4.3. 雄安新区碳汇核算结果

雄安新区森林碳汇依照上式计算。结合相关研究，河北省森林生物量平均密度为23.7吨/公顷（方精云等，1996）。因此，2018年，雄安新区森林碳汇估算量为16590碳，也就是约6万吨二氧化碳。

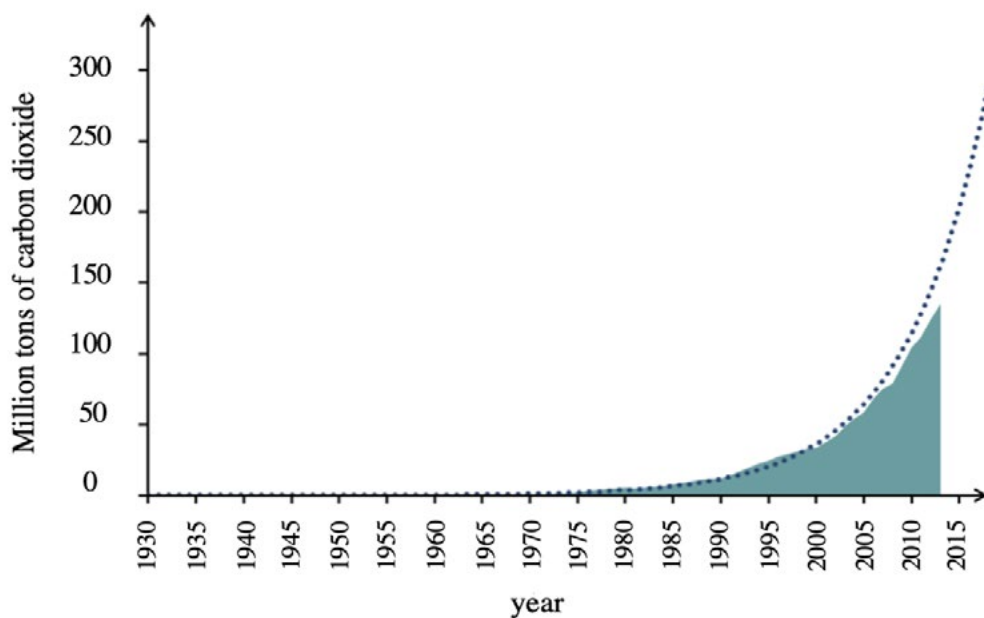


Type of land cover, area (km<sup>2</sup>)



Kilometers	公里
Type of land cover, area (km2)	土地覆盖类型, 面积(平方公里)
The dry land	旱地
Rural Residential Areas	农村居民区
Lake,	湖
Swamps,	沼泽
Urban land use	城市土地利用
High cover grassland	高盖草原
Other construction land	其他建设用地
Reservoir pits	水库坑
The river channel	河道
bottomland	洼地
Other woodland	其他林地

图5 雄安新区各类土地利用和土地覆盖面积统计。(土地覆盖数据编号对应的名称及含义见SI)



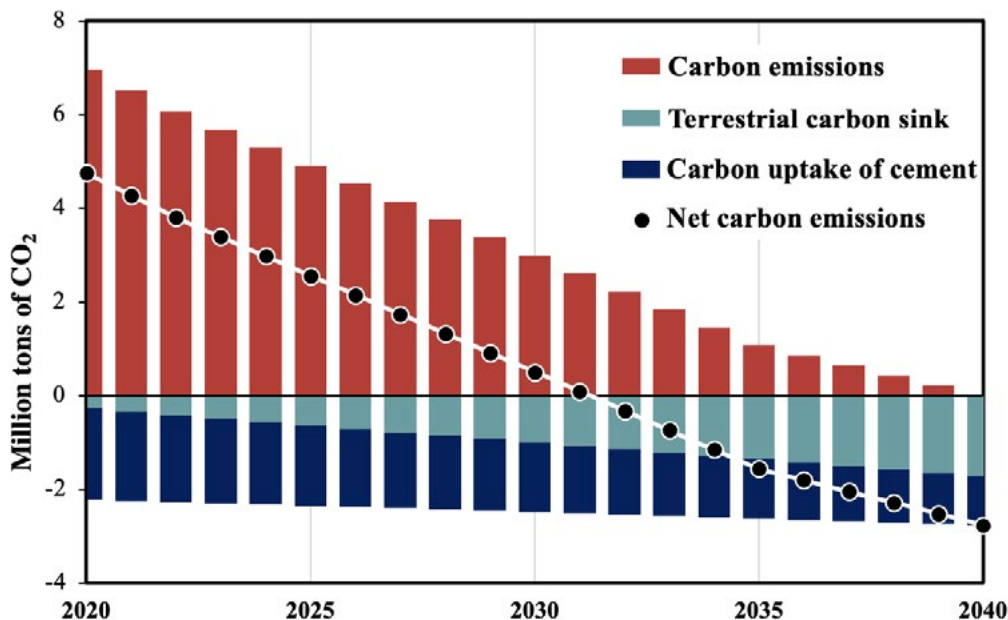
Million tons of carbon dioxide	数百万吨二氧化碳
year	年

图6 中国水泥碳汇变化趋势图。

与此同时，雄安新区致力于通过大规模植树造林和城市绿化，实现新区70%的蓝绿空间和40%的森林覆盖率的总体目标。起步区绿化覆盖率为50%，农村绿化覆盖率为45%。城建集团科技林总面积为23万亩。总体而言，这些绿化区域将吸收多达136万吨的二氧化碳。

在雄安新区水泥碳汇计算中，结合相关研究[8]，2013年中国水泥碳汇为1.35亿吨，1930-2013年该数字呈指数增长趋势。据此研究拟合的中国水泥碳汇指数函数趋势线（图6）估计，2015年中国水泥碳汇约为2.05亿吨。





Carbon emissions	碳排放量
Terrestrial carbon sink	陆地碳汇
Carbon uptake of cement	水泥的碳吸收
Net carbon emissions	净碳排放量
Million tons of CO <sub>2</sub>	数百万吨二氧化碳

图7.雄安新区未来的碳中和预期。

同时，随着雄安新区基础设施建设的推进，2030年新区总建筑面积将达到2.4亿平方米[14]，所有新建建筑将达到最新节能建筑标准。到2030年，新区水泥碳汇预计将达127万吨二氧化碳。

#### 4.4.雄安新区碳中和核算结果

本次研究结果表明（图7），根据雄安新区总体规划目标，雄安新区可充分依赖可再生

能源，最早将在2040年实现“零碳排放”目标。由此发展，该区域碳排放量将迅速下降，2030年将降至300万吨左右，2035年将降至100万吨左右，2040年将实现零排放。相比之下，森林碳汇和绿色建筑碳汇将稳步增长。在净碳排放方面，到2030年，雄安新区将接近零排放，到2031年左右，该区域将完全实现碳中和。2035年，该区域将实现碳负排放156万吨。

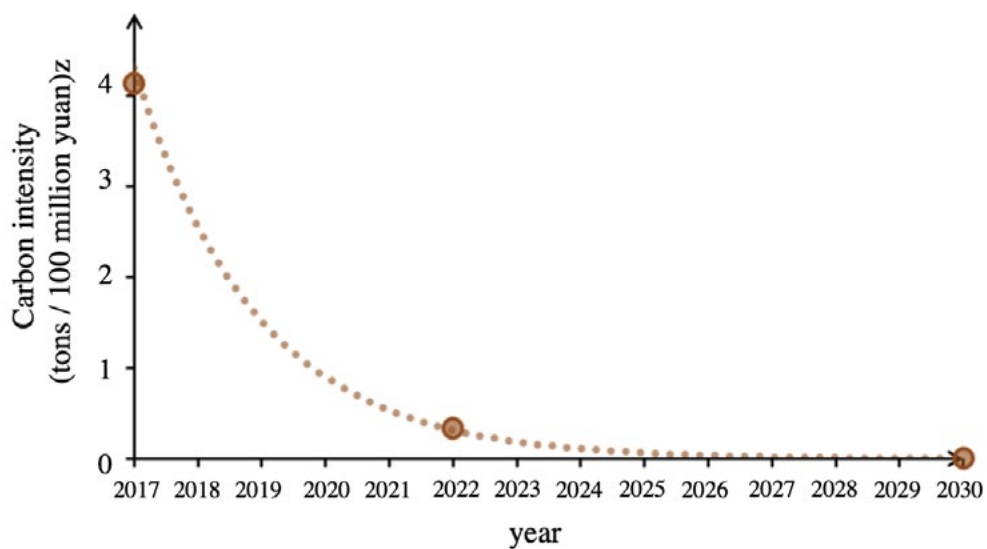


图8 雄安新区2017-2030年碳排放强度变化趋势。

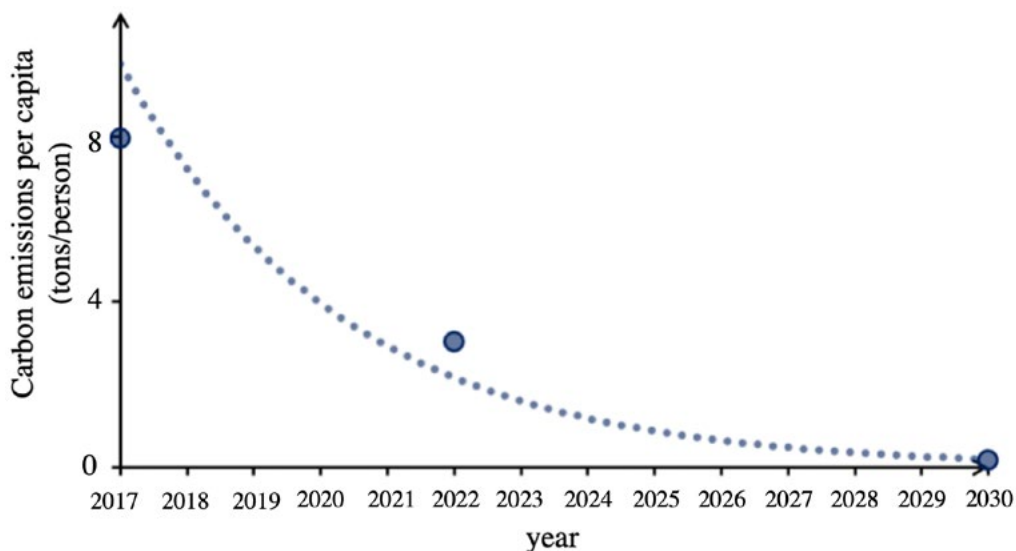
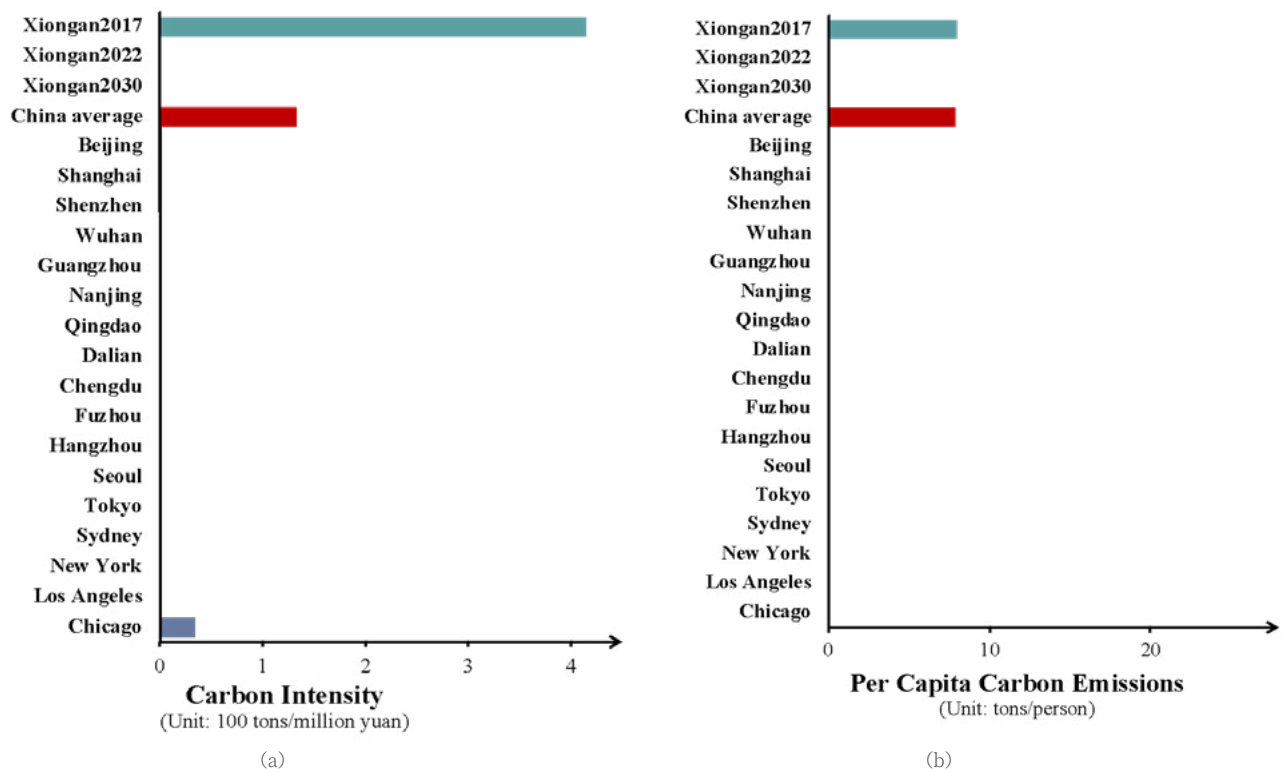


图9雄安新区2017-2030年人均碳排放变化趋势。

Carbon intensity (tons / 100 million yuan)	碳排放强度(吨/亿元)
year	年
Carbon emissions per capita (tons / person)	人均碳排放量(吨/人)

但从碳排放强度（单位GDP碳排放量）（图8）和人均碳排放量（图9）方面来看，2017-2030年间，雄安新区的碳排放强度和人均碳排放量总体将呈指数型急剧下降趋势。



Carbon Intensity (Unit: 100 tons / million yuan)	碳排放强度(单位:百吨/万元)
Per Capita Carbon Emissions (Unit: tons/ person )	人均碳排放量(单位:吨/人)
Xiongan2017	雄安2017
Xiongan2022	雄安2022
Xiongan2030	雄安2030
China average	中国平均水平
Beijing	北京
Shanghai	上海
Shenzhen	深圳
Wuhan	武汉
Guangzhou	广州
Nanjing	南京
Qingdao	青岛
Dalian	大连
Chengdu	成都
Fuzhou	福州
Hangzhou	杭州
Seoul	首尔
Tokyo	东京
Sydney	悉尼
New York	纽约
Los Angeles	洛杉矶
Chicago	芝加哥

图10 雄安新区(2017年、2022年、2035年)与国内外其他典型城市(2017年)碳排放强度(a)和人均碳排放量(b)比较

与国内外典型的C40城市相比，雄安新区具有更大的碳中和潜力（图10）。C40城市集团是一个致力于应对气候变化的国际城市联盟。其成员包括中国、美国、加拿大、英国、法国、德国、日本、韩国和澳大利亚等国的许多城市。雄安新区2018年开工建设前，2017年雄安新区因经济发展水平不发达，人口较少，因此碳排放强度较高，人均碳排放量也相对较高。

随着新区的有序发展，雄安新区的人均碳排放量将远低于悉尼等人口规模相当的国外C40城市，碳排放强度也将明显低于青岛、南京、杭州等国内经济规模相近的C40城市。与国外C40城市相比，雄安2030年的经济和人口规模将与悉尼相近，但其碳排放水平将远低于悉尼，碳排放强度和人均碳排放水平将显著降低。与国内C40城市相比，雄安2030年的经济规模将与青岛、南京、武汉、成都等C40城市相当，但其碳排放水平将远低于这些城市，呈现出较低的碳排放强度。

## 5. 总结与讨论

### 5.1. 雄安新区碳中和技术发展路径

现阶段，国际上主流的减排思路主要分为两个方面：一是在居民消费、交通运输、工业、能源等领域进行二氧化碳的技术改革或技术回收处理，从而达到节能减排的目的。二是采取多种措施增加碳汇。雄安新区的传统碳汇潜力在于通过植树造林措施增加森林碳汇，用森林吸收的二氧化碳量抵消工业二氧化碳排放量。

本研究基于第一种减排思路，结合碳排放量和碳封存计算结果，根据雄安新区减排技术体系和专家调研，比较具体的近零碳居民消费技术措施供参考98项技术措施（表2-5）。这些措施主要分为两类：一类是技术的适用性，专家调查对技术措施打分为5分；二是强技术的适用性，即技术分为3-4分（图11）。

表2适用于居民消费领域的技术措施。

Classification of technical measures 技术措施分类	Name of technical measure 技术措施名称	Applicability 适用性
Overall planning 总体策划	Low-carbon community planning 低碳社区规划	High suitability 高适用性
Property management 物业管理	Intelligent property management system 智能物业管理体系	Suitability 适用性
	Community carbon emission management system 社区碳排放管理体系	Suitability 适用性
Building renovation 建筑改造	Solar water heating system 太阳能热水系统	High suitability 高适用性
	External shading renovation 外遮阳改造	High suitability 高适用性
	Outside the window transformation 外窗改造	High suitability 高适用性
	Elevator Energy Recovery 电梯能源回收	High suitability 高适用性
	Elevator group control measures 电梯群控措施	High suitability 高适用性
	Roof greening 屋顶绿化	High suitability 高适用性
	Vertical greening 垂直绿化	High suitability 高适用性
	Energy saving transformer 节能变压器	High suitability 高适用性
Replacement of power structure 能源结构更换	Distributed photovoltaic power generation 分布式光伏发电	High suitability 高适用性
Lighting technology 照明技术	Electrodeless fluorescent lighting based on inductive coupling 基于耦合电感的无极荧光照明	High suitability 高适用性
	Promote LED energy-saving lamps LED节能灯推广	High suitability 高适用性
	High efficiency intelligent power saving controller for lighting 照明用高效智能节能电控制器	High suitability 高适用性

续表

Classification of technical measures 技术措施分类	Name of technical measure 技术措施名称	Applicability 适用性
Other measures 其它措施	Popularization of energy-saving behavior 节能行为推广	High suitability 高适用性
	Special-purpose energy conservation training 专项节能培训	High suitability 高适用性
	Energy consumption monitoring statistics database 能耗监测统计数据库	High suitability 高适用性
	Demonstration Base Construction 示范基地建设	High suitability 高适用性
	Garbage sorting and recycling 垃圾分类回收	High suitability 高适用性
	Resource utilization of solid waste 固体废弃物资源化利用	High suitability 高适用性
	Unconventional water use 非常规用水	High suitability 高适用性
	Vegetation increases carbon sinks 植被增加碳汇	High suitability 高适用性
	Regional carbon emission monitoring system and personal carbon account 区域碳排放监测系统和个人碳账户	High suitability 高适用性
	Household low-carbon consumption 家庭低碳消费	Suitability 适用性
	Green travel for residents 居民绿色出行	Suitability 适用性
Community carbon HP system 社区碳HP体系	High suitability 高适用性	

表3适用于交通运输部门的技术措施

Classification of technical measures 技术措施分类	Name of technical measure 技术措施名称	Applicability 适用性
Infrastructure construction 基础设施建设	Bus Rapid Transit Development 快速公交系统发展	High suitability 高适用性
	Regular Bus Development 常规公交开发	High suitability 高适用性
	Time-sharing rental of electric vehicles 电动汽车分时租赁	High suitability 高适用性
	Rail Transit Development 轨道交通发展	High suitability 高适用性
Road Traffic Facilities 道路交通设施	The electric car 电动汽车	High suitability 高适用性
	Fuel cell vehicle 燃料电池汽车	Suitability 适用性
	Natural gas vehicle 天然气汽车	Suitability 适用性
	Solar car 太阳能汽车	Suitability 适用性
	Engine energy saving technology 发动机节能技术	High suitability 高适用性
	Intelligent Traffic Management 智慧交管	High suitability 高适用性
	Energy-saving lighting systems have been upgraded 节能照明系统已升级	Suitability 适用性
Railway technical facilities 铁路技术设施	Station retrofitted with LED lamps 车站加装LED灯	Suitability 适用性
	Other railway management energy conservation projects 其他铁路管理节能项目	Suitability 适用性
	Regenerative Braking Energy Saving 再生制动节能	High suitability 高适用性
	Encourage green travel and voluntary driving 鼓励绿色出行和自愿驾驶	High suitability 高适用性
Traffic Policy Measures 交通政策措施	Guide the transformation of travel mode to rail travel 引导出行方式向轨道交通出行转变	Suitability 适用性
	Reinvent the slow system 重新开发现行缓慢系统	High suitability 高适用性

表4适用于工业部门的技术措施

Classification of technical measures 技术措施分类	Name of technical measure 技术措施名称	Applicability 适用性
Power distribution system efficiency improvement technology 配电系统效率提升技术	Energy-saving technology of dynamic harmonic suppression and reactive compensation 动态谐波抑制与无功补偿节能技术	High suitability 高适用性
Comprehensive management of enterprise energy use to improve technology 企业能源消费综合治理提升技术	Process energy consumption control technology system technology 过程能耗控制技术系统技术	High suitability 高适用性
	High energy consumption equipment timing on, off and other related measures 高耗能设备定时开、关等相关措施	High suitability 高适用性
	High efficiency electromagnetic induction heating technology 高效电磁感应加热技术	Suitability 适用性
Combustion efficiency improvement technology 燃烧效率提高技术	Energy-saving technology of heat storage combustion without induced draft fan and directional valve 无引风机及换向阀蓄热燃烧节能技术	Suitability 适用性
	Focused energy combustion technology 聚能燃烧技术	Suitability 适用性
Power saving technology for facilities 设施节能技术	High voltage frequency conversion speed regulation technology 高压变频调速技术	High suitability 适用性
	Frequency conversion speed regulation energy saving technology 变频调速节能技术	High suitability 高适用性
	Intelligent lighting control technology 智能灯光控制技术	Suitability 适用性
Renewable energy technologies 可再生能源技术	Distributed photovoltaic power generation 分布式光伏发电	High suitability 高适用性
	Distributed geothermal power generation 分布式地热发电	High suitability 高适用性
	Waste power generation technology 垃圾发电技术	High suitability 高适用性

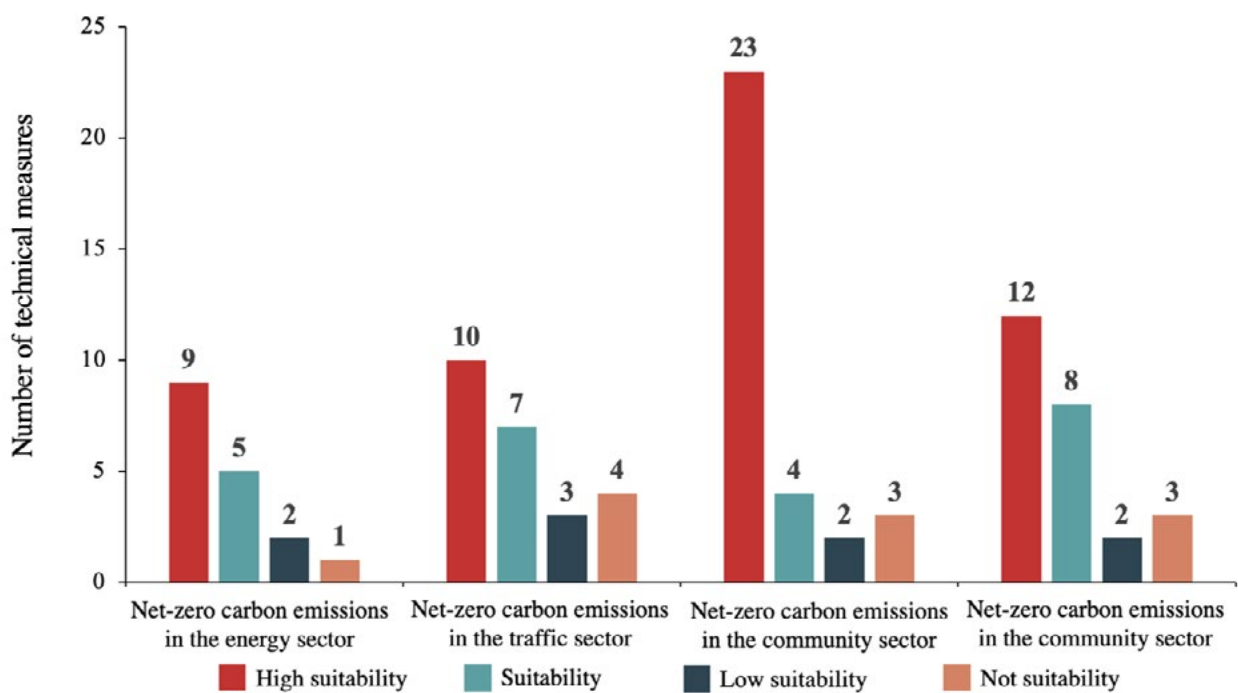


续表

Classification of technical measures 技术措施分类	Name of technical measure 技术措施名称	Applicability 适用性
Breakthrough carbon reduction technology 突破性的减碳技术	New melting reduction process for iron and steel 钢铁熔炼还原新工艺	Suitability 适用性
	Iron and steel electrolytic iron ore process 钢铁电解铁矿石工艺	Suitability 适用性
Clean energy technologies 清洁能源技术	Clinker substitution in cement industry 水泥行业熟料替代	High suitability 高适用性
	Carbon dioxide storage technology 二氧化碳储存技术	Suitability 适用性
	Coal to gas technology 煤制气技术	High suitability 高适用性
	Oil to gas technology 油改气技术	High suitability 高适用性
Improve the utilization technology of recycled raw materials 改善再生原料的利用技术	Increase the ratio of scrap iron in steel raw materials 提高钢铁原料中废铁的比例	Suitability 适用性
	Increase the proportion of recycled aluminum in aluminum processing 提高铝加工中再生铝的比例	High suitability 高适用性

表5适用于能源部门的技术措施

Classification of technical measures 技术措施分类	Name of technical measure 技术措施名称	Applicability 适用性
Coal-fired power plant technology 燃煤电厂技术	Natural gas ignition replaces kerosene ignition 天然气点火代替煤油点火	High suitability 高适用性
	Technical renovation of steam boiler air preheater 蒸汽锅炉空气预热器技术革新	High suitability 高适用性
	High efficiency motor replacement 高效电机更换	High suitability 高适用性
Gas power plant technology 燃气电厂技术	Heating surface is added at the end of the waste heat boiler 余热锅炉尾部增加受热面	Suitability 适用性
	Realization of pure condensate turbine unit to realize combined heat and power generation technology 纯凝汽轮机组实现热电联产技术	Suitability 适用性
	Gas turbine rotor cooling air waste heat utilization 燃气轮机转子冷却空气余热利用	Suitability 适用性
	Gas turbine intake cooling 燃气轮机进气冷却	Suitability 适用性
Power structure substitution 能源结构替代	New gas-fired power generation 新型燃气发电	High suitability 高适用性
	Distributed photovoltaic power generation 分布式光伏发电	High suitability 高适用性
	Distributed geothermal power generation 分布式地热发电	High suitability 高适用性
	Increase the utilization hours of existing gas-fired power generation 提高现有燃气发电利用小时数	Suitability 适用性
	Garbage power generation 垃圾发电	High suitability 高适用性
	Triple generation technology of cold, heat and power 冷、热、电三联产技术	High suitability 高适用性
	Outsourcing green power 外包绿色电力	High suitability 高适用性



Net-zero carbon emissions in the energy sector	能源部门的净零碳排放
Net-zero carbon emissions in the traffic sector	交通部门的净零碳排放
Net-zero carbon emissions in the community sector	社区的净零碳排放
Net-zero carbon emissions in the community sector	社区的净零碳排放
High suitability	高适用性
Suitability	适用性
Low suitability	低适用性
Not suitability	不具适用性
Number of technical measures	技术措施数量

图11.98项技术措施在各行业的适用性分布情况。

## 5.2 就雄安新区碳中和配套政策体系提出的建议

在顶层政策设计的基础上，积极推进近零碳排放区示范项目建设，将政策设计应用于具体的绿色发展项目，使绿色发展与经济发展结合起来，从而实现低碳工业的发展和技术领域的创新。同时，建设公开透明的政府管理体系和政务服务信息平台，提高公众参与水平，实时公开政府规划设计。

在居民消费领域，运用居民区碳排放监测系统，采用合理紧凑的城市布局，推广绿色吸碳建材和低碳建筑技术。此外，加强财政补贴和支持力度，吸引和鼓励人们参与到可再生能源利用的政策管理当中，形成可持续的居住生态系统。

在交通领域，通过将土地利用与交通规划相结合，减少交通拥堵，提高交通系统效率，改善车辆技术，提高燃料性能，减少机动车温室气体排放等政策和管理措施，将能耗较大的城市交通方式转变为环境友好型城市交通方式。

在工业部门，通过财政手段和融资机制加强监管措施（如温室气体排放清单的管理等）；实施能源效率或能源强度标准；落实设备标准等技术规范等）以及政策和管理，加快推进节能建设项目，同时推广节能产品，倒逼产业从消费端向生产端转变。

在能源领域，推进新能源综合服务相关业务，满足终端用户生产消费，新能源销售，新能源规划设计，项目投资建设，实现能源领域接近零碳排放，建立新能源补贴或奖励机制，提高新能源市场份额。

此外，要进一步加强宣传引导，提升地方政府和相关主体意识，将示范项目建设与地方经济社会发展相结合，推动形成绿色低碳新增长点、新动能。通过项目，实现碳排放控制与经济的双赢。

目前，业内人士对雄安新区碳中和示范项目的成果持积极态度。本研究将为中国实现“碳中和”目标提供实践经验和理论论证，这对中国生态文明和绿色区域的发展将十分有利。但是，本研究还存在一些局限。例如，雄安新区碳中和路径是否适用于大多数城市，这一点仍然需要大量案例研究来证实。

## 参考文献

- 1.《联合国气候变化框架公约》。《巴黎协定》。2020[引自2021年6月30日];可从以下网址获取:unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement。
- 2.中华人民共和国外交部。《联合国气候变化框架公约》进程-中华人民共和国外交部。2020[引自2021年2月5日];可从以下网址获取:www.fmprc.gov.cn/web/ziliao\_674904/tytj\_674911/t1201175.shtml
- 3.中国科学网。雄安新区有望成为全球首个近零碳排放城市。2021。
- 4.Elvidge,C.D.等人,《Nightsat任务概念》。2007.28 (11-12):第2645-2670页。
- 5.Elvidge,C.D.等人,《世界夜间灯光:1994-1995》。2001.56 (2):第81-99页。
- 6.Raupach, M.R., P.J. Rayner和 M.J.E.P. Paget,《夜灯空间结构、人口密度和化石燃料二氧化碳排放的区域差异》。2010.38 (9):第4756-4764页。
- 7.方精云,刘国华,徐嵩龄,《中国森林植被的生物量与净产量》。植物生态学报,1996.05:第497-508页。
- 8.郝凤明等人,《水泥碳化对全球碳的大量吸收》。《自然地球科学》,2016.9 (12):第880-883页。
- 9.Liu, Z. 等人,《对全球二氧化碳排放的近实时监测揭示了新型冠状病毒蔓延的影响》。《自然通讯》,2020年.11 (1):第1-12页。
- 10.Liu, Z. 等人,《碳监测,化石燃料和水泥生产全球二氧化碳排放的近实时每日数据集》。《自然科学数据》,2020.7 (1):第392页。
- 11.政府间气候变化专门委员会,《2019年对2006年政府间气候变化专门委员会国家温室气体清单指南的改进》。2019。
- 12.政府间气候变化专门委员会,《2006年政府间气候变化专门委员会国家温室气体清单指南》。2006。
- 13.郝凤明等人,《水泥碳化对全球碳的大量吸收》。2016.doi:10.1038/ngeo2840(12)。
- 14.郭焦锋,《雄安新区向零碳排放迈进》。《绿叶》,2019.000 (006):第17-24页。

## 补充信息

表S1 土地覆盖数据编号对应的名称和含义

Number 编号	Term 期限	Definition 定义
12	The dry land 旱地	Cultivated land without irrigation sources or facilities, where crops are grown by natural water; Arable land for dry crops with water and irrigation facilities that can be irrigated normally in normal times of year; Arable land mainly for growing vegetables. 没有灌溉源或设施的耕地, 利用天然水种植农作物; 有水和灌溉设施的旱作耕地, 可在一年中正常时间正常灌溉; 耕地主要用于种植蔬菜。
24	Other woodland 其他林地	Refers to unformed woodlands, nurseries and gardens (orchards, mulberry gardens, tea gardens, tropical crop gardens) 指未成形的林地、苗圃和花园(果园、桑园、茶园、热带作物园)
31	High cover grassland 高盖草原	Means covering more than 50% of natural grassland, improving grassland and mowing grassland. This kind of grass generally better moisture conditions, grass growth dense. 指覆盖面积为50%以上的天然草地、改良草地和牧草地。这种草一般水分条件较好, 生长繁茂。
41	Natural gas vehicle 天然气汽车	Refers to naturally formed or artificially excavated rivers and land below the annual water level. Artificial canals include embankments. 指自然形成或人工开挖的河流和低于年平均水位的土地。人工运河包括堤坝。
42	The river channel 河道	A naturally formed area of stagnant water, and land below the annual water level. 自然形成的积水区, 以及低于年平均水位的土地。
43	Reservoir pits 水库坑	A man-made water storage area, and land below the annual water level. 人工蓄水区和低于年平均水位的土地。
46	Bottomland 洼地	Land between the water level of a river or lake during normal and flood periods. 一般时期和洪水泛滥期间河流或湖泊水位之间的土地。
51	Urban land use 城市土地利用	Refers to large, medium and small cities and counties and towns above the built-up area land. 指建成区以上的大、中、小城市和县镇用地。
52	Rural Residential Areas 农村居民点	Rural settlements that are independent out of towns and cities. 独立于城镇之外的农村聚居区。
53	Other construction land 其他建设用地	Refers to land for factories and mines, large industrial areas, oil fields, salt works and quarries, as well as roads, airports and special land. 指厂矿用地、大型工业区、油田、盐厂和采石场, 以及道路、机场和专用土地。
64	Swamps 沼泽	Refers to the land which flat low-lying terrain, poor drainage, long-term wet, seasonal or perennial water, and the surface growth of wet plants. 指地势平坦、排水不畅、长期潮湿、季节性或常年积水, 地表生长着湿地植被的土地。

# 以人工智能和公众科学 对抗塑料污染

长谷曜一郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 联合国环境规划署 (UNEP) 亚洲和太平洋办事处的高级项目官员，  
亚洲和太平洋无塑料河流的CounterMEASURE II项目的首席技术顾问

## 塑料污染及其对环境的不利影响

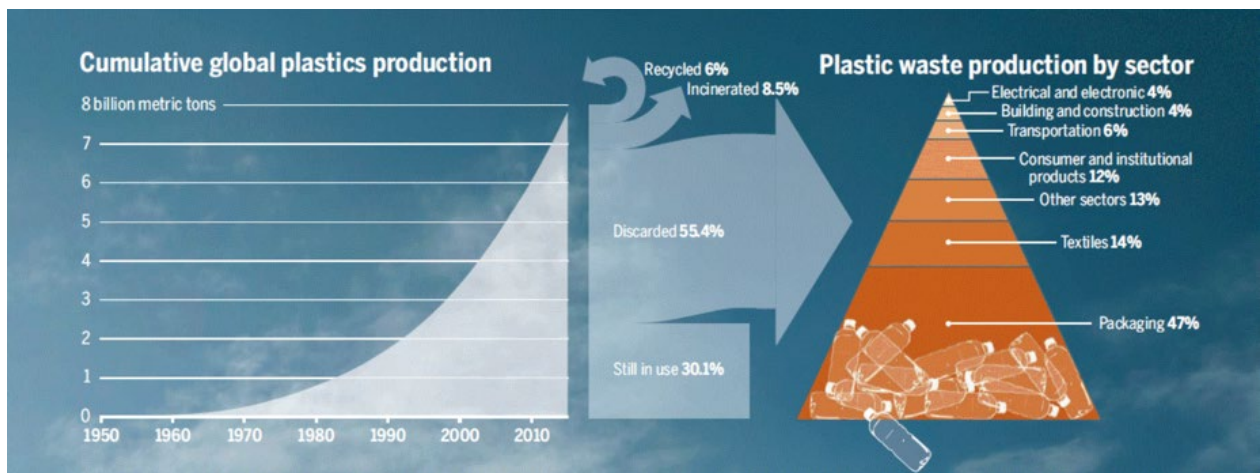
塑料是一种能同时满足产业发展和消费者各式需求的多功能材料。因为塑料具有高实用性，自1950年以来，塑料的产量已超过其他所有合成材料，达到80亿吨。到2050年，塑料产量预计将增长70%，达每年近6亿吨。

近几十年来，亚洲拉动了塑料生产的增长，同时也让塑料消费的主要地区。亚洲地区人均塑料使用量的增长速度也高于其他地区。全球前20的聚合物生产商中，11家位于亚洲（其中5家位于中国）。但亚洲地区的废物管理水平（包括废物管理基础设施、相关政策的制定和执法能力）却面临着巨大的挑战。尤其是2020年新冠疫情爆发以来，该地区对废弃个人防护及卫生装备（如口罩）和电商服务的需求扩大，该地区的塑料使用量 and 处理量进一步增加，加大了该地区针对废弃物的管理成本。此外，该地区还有大量塑料泄露地，

大量塑料从这些地点流向自然环境，使得处置塑料的负面影响进一步扩大。

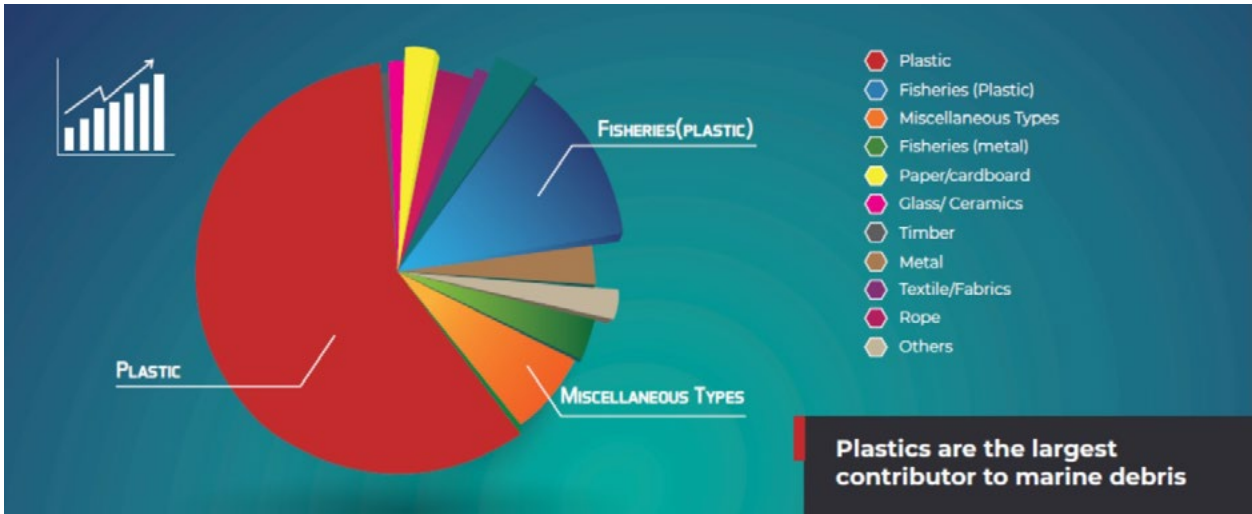
近年来，全球范围内人们对海洋垃圾和塑料污染的关注度大大提升。排名前10位的污染排放国中，仅有一个是亚洲国家；排名前50位的受污染河流中，43条是亚洲河流。海洋垃圾的很大一部分是塑料，这些塑料在没有回收或焚烧的情况下，被当作“废物”丢弃。如果按此情形继续发展，到2040年，城市固体塑料垃圾将增加一倍，泄露到海洋中的塑料将增加近三倍，达到每年2900万吨，海洋中的塑料存量将增加四倍。

为此，各国已制定相关政策，以应对塑料污染。关于塑料如何进入水道、河流、湿地，随后又在海岸线和海洋中变成塑料污染这些问题缺乏数据和科学的认识，以此为基础制定的政策无科学根据且实施后只会如膝跳反应一样出现短暂的效果，这样做很难取得正面效果甚至会出现倒退。



Cumulative global plastics production	全球累计塑料产量
8 billion metric tons	80亿公吨
Recycled 6%	6%回收
Incinerated 8.5%	8.5%焚化
Discarded 55.4%	55.4%丢弃
Still in use 30.1%	30.1%仍在用
Plastic waste production by sector	按行业划分的塑料废弃物产量
Electrical and electronic 4%	电气和电子4%
Building and construction 4%	建筑业4%
Transportation 6%	交通6%
Consumer and institutional products 12%	消费品和机构产品12%
Other sectors 13%	其他行业13%
Textiles 14%	纺织品14%
Packaging 47%	包装47%





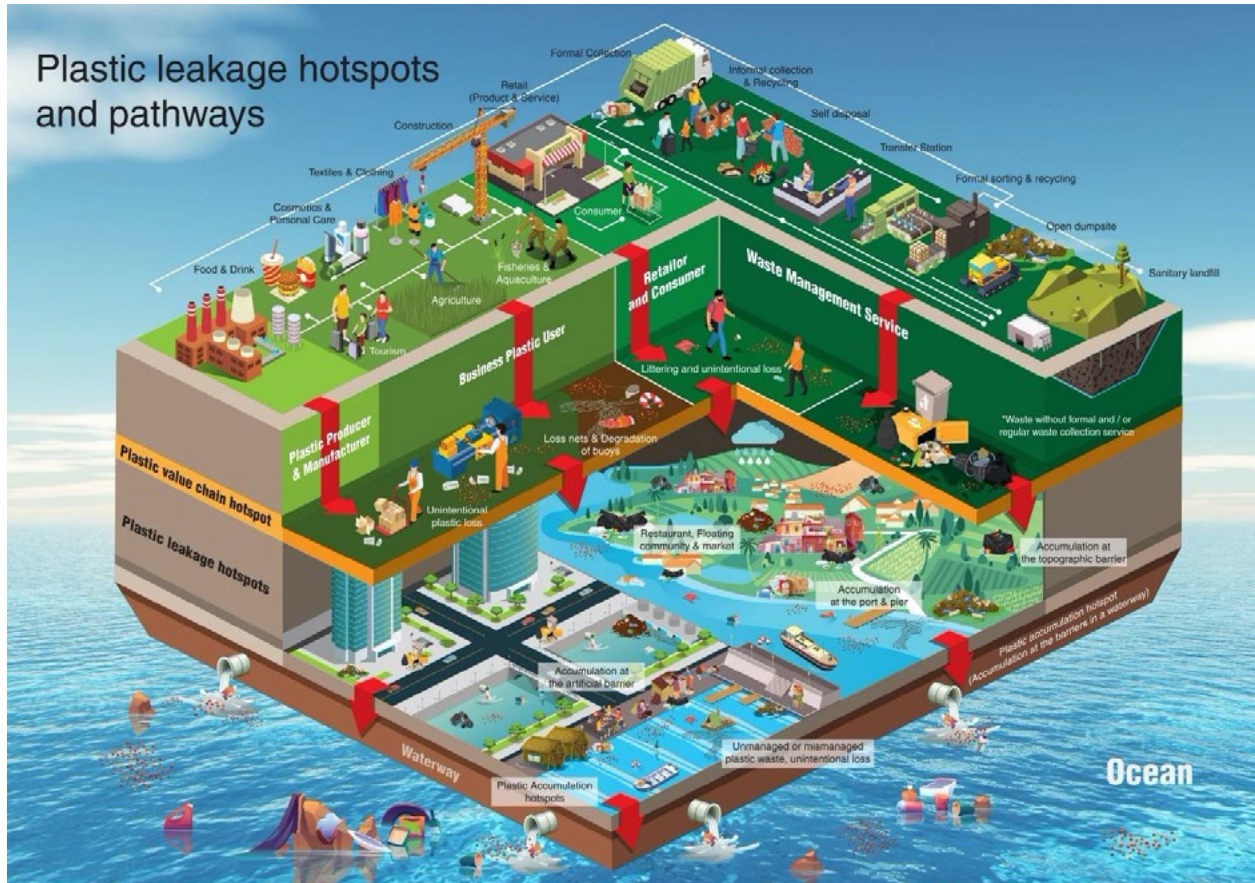
PLASTIC	塑料
FISHERIES (PLASTIC)	渔业(塑料)
MISCELLANEOUS TYPES	杂项
Plastic	塑料
Fisheries (Plastic)	渔业(塑料)
Miscellaneous Types	杂项
Fisheries (metal)	渔业(金属)
Paper/cardboard	纸/纸板
Glass/ Ceramics	玻璃/陶瓷
Timber	木材
Metal	金属
Textile/Fabrics	纺织/面料
Rope	绳索
Others	其他
Plastics are the largest contributor to marine debris	塑料制品是海洋垃圾的最主要来源

## 亚洲河流无塑料治理项目

重点关注位于湄公河、恒河以及斯里兰卡境内的河流。

2019年，联合国环境规划署（UNEP）在日本政府的支持下启动了一个项目，也就是后来被命名为“亚洲河流无塑料治理项目”（CounterMEASURE），其主要目的是从科学角度认识河流在塑料污染中的作用和保持减少海洋垃圾的相关活动。该项目旨在明晰亚洲河流流域中塑料污染的来源和途径，

该项目的第二阶段，即“亚洲河流无塑料治理项目”（应对亚洲及太平洋的海洋塑料垃圾行动）于2020年5月启动。当时，新冠疫情正席卷全球。该项目的三个战略措施为政策和宣传、沟通和知识管理，具体来说就是积极和战略性地采用尖端技术，并与数字技术研发的领先者进行合作。



Plastic leakage hotspot sand pathways	塑料泄漏热点砂道
Food & Drink	餐饮
Cosmetics & Personal Care	美妆和个人护理
Textiles & Clothing	纺织品和服装
Construction	建筑
Retail (Product & Service)	零售(产品和服务)
Formal Collection	正式收运
Informal collection & Recycling	非正式收运和循环使用
Self disposal	自行处置
Transfer Station	中转站
Formal sorting & recycling	正式分类和回收
Open dumpsite	开放式垃圾场

Sanitary landfill	卫生填埋场
'Waste without formal and / or regular waste collection service	没有正式和/或定期垃圾收集服务的垃圾
Waste Management Service	废弃物管理服务
Retailor and Consumer	零售商和消费者
Business Plastic User	商业塑料用户
Plastic Producer & Manufacturer	塑料生产商和制造商
Tourism	旅游业
Agriculture	农业
Fisheries & Aquaculture	渔业和水产养殖
Consumer	客户
Plastic value chain hotspot	塑料价值链热点
Plastic leakage hotspots	塑料泄漏热点
Unintentional plastic loss	无意塑料损失
Loss nets & Degradation of buoys	损失网和浮标退化
Littering and unintentional loss	乱扔垃圾和意外丢失
Accumulation at the topographic barrier	地形障碍堆积点
Accumulation at the port & pier	港口码头堆积点
Restaurant, Floating community & market	餐厅、水上漂浮社区和市场
Accumulation at the artificial barrier	人为堆积点
Waterway	水路
Plastic Accumulation hotspots	塑料堆积热点
Unmanaged or mismanaged plastic waste, unintentional loss	未加管理或管理不善的塑料垃圾, 意外损失
Plastic accumulation hotspot (Accumulation at the barriers in a waterway)	塑料堆积热点(在航道障碍处堆积)

## 亚洲河流无塑料治理项目结果

经过两年半的努力，该项目从清莱、万象、乌汶叻差他尼、洞里萨、金边、湄公河下游的芹苴和恒河以及亚穆纳河两岸的哈里瓦、普拉亚格拉吉、阿格拉和巴特那等城市的近2000个地点收集到了塑料污染信息，对塑料污染有了新的认识。该项目确立了以下四个塑料污染“热点”：

1. 塑料价值链热点包括塑料生产、转化、贸易、使用和处置等关键活动。塑料价值链热点与所有特定的塑料应用或产品都无关，但通常与塑料的种类（例如聚合物）或行业领域有关。

2. 塑料泄漏源热点由地理信息系统工具确定，运用人口密度、废物产生率、废物流中塑料占比、废弃物收集率、与水道和河流的距离、集蓄径流、坡度和风模式等数据参数。例如：非法垃圾场、乱扔垃圾点，以及没有定期/正式废弃物收集服务的区域。

3. 塑料堆积热点是废弃物在当地/区域内水道和河流中堆积的地方。例如：人为堆积点。

4. 塑料应用热点与部分或完全由塑料制成的产品或包装有关，这些产品和包装中含有大量的塑料颗粒和塑料微粒。例如：一次性餐具、多层食品包装、小袋（如烟草）、渔具、与礼拜和节日相关的物品（如纺织品和花盆）。

### 经验教训

项目发现，塑料污染的特征是与地点直接相关。例如，在恒河沿岸的一些地区，装有咀嚼烟草/潘马沙拉（一种槟榔与塑料的混合物）的小袋子就是高风险塑料物品，因为它们数量多、收集和妥善处理的难度大。项目还证实，作为微塑料，聚丙烯是湄公河水域中的主要塑料污染物，这与日本的河流情况不同。日本河流中的大部分潘马沙拉（一种槟榔与塑料的混合物）来自聚乙烯。对湄公河中的微塑料测试表明，湄公河下游地区

（如越南的芹苴）水中含有的微塑料明显多于上游河流地区（如泰国的昌莱）。这就体现了实地评估和开发本地化解决方案的重要性。

此外，在亚洲河流无塑料治理项目开展之前，人们会指责大城市制造了大部分塑料垃圾，所以减少塑料泄露的责任应由这些特大城市来承担。然而，越来越多的证据表明现在开始认识到，一些拥有水道和支流却没有良好的废物收集体系的小城市，在减少河流塑料污染和海洋塑料垃圾方面也会起到同样重要的作用。在亚洲，垃圾倾倒入河流中或是沿河无人监管垃圾场现象较为普遍。一些用于货物运输和旅游业的港口和码头也可能是减少塑料泄露的关键地点。这些地方不仅会因为废物处理不当导致塑料泄露，而且还会堆积从河流上游泄露的塑料。它们可能成为防止塑料废物成为河流和海洋污染的关键性（也可能是最后的）节点。

亚洲河流无塑料治理项目展示了地方政府、大学和社区如何联合起来，共同将新知转化为行动。在印度，合作伙伴们以宣誓、游

行、研讨会、清理活动和社交媒体活动等形式组织了一系列教育宣传活动，收集有关塑料热点和泄漏途径的重要信息，鼓励人们行动起来减少塑料污染。河流清理工作能够带来很多好处，比如清洁目标区域，提高公众对滥用塑料和不当处理废物的危害的认识，生成特定地点塑料废弃物数据，从而进一步加强理解和验证已实施政策的有效性等。举例来说，在那些全面禁止使用聚苯乙烯泡沫塑料容器的州内开展清理工作的志愿者们发现，他们收集的废弃物中几乎没有聚苯乙烯泡沫塑料。

## 知识生产和创造影响力

通过与保护野生动物迁徙物种公约（CMS）秘书处进行合作，该项目开始致力于了解塑料污染对恒河海豚和湄公河巨鲶等淡水迁徙物种带来的影响。公约的缔约方将会了解塑料污染对迁徙物种的影响，发现亟须优先干预区域，从而保护物种免受进一步伤害。湄公河委员会的成员正在

着手制定三项重要协议，即《河流中鱼类微塑料监测协议——湄公河下游河流塑料碎片污染的长期和成本效益监测》《河流大分子塑料塑料监测协议——湄公河下游的河流塑料碎片污染进行长期和成本效益监测》《河流微塑料监测协议——对湄公河下游的河流塑料碎片污染进行长期和成本效益监测》，目的都是对塑料污染进行长期、可持续监测。斯里兰卡政府决定改进国家标志性计划“Surakimu Ganga”中的相关措施，以减少塑料污染。2021年5月，《国家地理》杂志与亚洲河流无塑料治理项目达成合作，共同讲述了一个全球故事，强调了在恒河和湄公河等淡水水域对抗塑料污染，以减少海洋塑料垃圾的重要意义。在印度，突出一次性塑料制品问题、强调减少河流塑料问题的文章定期刊登在报纸上，阅读人数超过百万。

亚洲河流无塑料治理项目现正转向人工智能（AI）和公众科学领域，进一步拓展相关认知，产生影响力。2021年4月，联合国环境规划署与谷歌、亚洲理工学院(AIT)地球空间信息科学中心(GIC)合作开发出一种机

器学习算法，用于大规模检测街道和水道中的塑料泄漏，同时生成“热力图”。在塑料泄漏流向大海的危险地区，科技能解决量化塑料污染。现有的开源机器学习模型有助于检测街道内和河岸边的塑料污染。

在这方面，公众科学通过对来自于社区的塑料图像进行图像标注来改进模型，发挥了十分关键作用。2021年6月，在世界环境日和世界海洋日所在的那一周，第一次公众科学活动成功举办。活动向人们展示了公众科学在检测社区塑料泄漏、开发相关工具方面做出的贡献。此次活动由主题为“应对亚洲塑料污染的公众科学和前沿技术”网络研讨会推动开展，凸显出依靠公众实现塑料泄漏评估和监测的巨大潜力。志愿者们在专家的详细指导下对图像进行标注，创建了亚洲街道塑料垃圾的开源图像数据库，这些举措可以被复制。

通过合作，开展工作的细节性和准确性得到了显著提高。此举也有助于联合国环境规划署为某国和地方政府制定相关指南，以解决河流中的塑料污染问题。期待亚洲河流无塑

料治理项目的方法能被广泛运用到湄公河和恒河以外地区。

2020年，亚洲地区针对河流塑料污染的工作迎来了更多的挫折和挑战。由于各国采取了限制出行等防止新冠病毒传播的措施，人们在塑料使用、生活方式和消费者行为方面的显著变化变化，包括以下主要方面：

- 改变了人们对待塑料的态度。因为疫情，出于对安全卫生的考虑，人们更愿使一次性物品避免重复使用产品，这提高社会整体的塑料消耗量；

- 改变了塑料价值链的格局，具体来说包括我们日常生活使用的塑料制品总量和构成、废弃物流，并扰乱了消费后塑料废物的回收管理；

- 一次性塑料（SUP）政策受挫，导致一些国家和地市层面（市/自治直辖市）暂停执行、撤回、延迟、取消禁止一次性塑料使用和推动循环利用的相关政策，导致一次性塑料使得政策和重复使用理念受到冲击。

2019年新型冠状病毒的蔓延导致全球产生的医疗废弃物总量增加了约40%（工化，2020）。城市固体废物流中的一次性塑料和塑料包装废物明显激增。在23个国家/地区进行的一项研究表明，家庭垃圾中的塑料制品含量增加了约53%（菲力欧Filho，2021）。

正如温室气体改变了全球气候并造成了地球危机，塑料污染的消极影响需要几十、甚至上百年才能完全消除。同时，与气候变化一样，塑料污染是人类造成的问题，每个人、每个公司和每个国家都应为此不懈努力。

当一项新兴技术从实验室走向真实的生活场景，需要经过与社会系统的融合。在面向碳中和目标的绿色转型过程中，需要思考新技术在城市环境、公众服务、生产力提升之间如何取得平衡。新兴技术是把双刃剑，在落地和融入过程中会经历一段阵痛期，如何更好帮助城市和社区去把握技术积极的一面是利益相关者需要共同思考的问题。本章创新性地聚焦区域实践这一视角，从德国、丹麦、中国、新加坡等地的实践总结中探寻具有规模化可复制性的技术推广模式，既有高屋建瓴顶层设计层面的战略思考，也有落地性的实践工具建议，还引入了城市场景实验室 (Urban Living Labs) 这样的方法论工具。



## 第三章

# 新兴技术 与应用场景

# 以城市场景实验室 助推“绿色+数字”双转型

赵明潇<sup>1</sup>, 罗伊然<sup>1</sup>, 曹宝林<sup>1</sup>

1. 新经济发展研究院INED

2020年9月22日，中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布：

“中国将力争2030年前达到二氧化碳排放峰值，努力争取2060年前实现碳中和”。

对比已经宣布碳中和目标的发达经济体，以下三个因素加大了中国实现碳中和目标的挑战。一是时间显著缩短，公布了碳中和计划的经济体从碳达峰到碳中和平均时间间隔约45年，其中大多发达国家的时间间隔超过50年，而中国的时间间隔为30年。二是中国承担了大量本应属于他国的“隐含碳”排放<sup>1</sup>。作为“世界工厂”，中国生产了大量用于其他国家消费的产品，统计显示2015年中国承担的“隐含碳”总量超过OECD所有成员国滞留他国“隐含碳”总量之和的80%<sup>2</sup>。三是与发达经济体相比，中国仍处于工业化、城镇化加速发展的进程中，

“十四五”纲要明确了2035年人均国内生产总值达到中等发达国家水平的目标；而从历史经验来看，人均收入增加将伴随碳排放增加。

承诺实现碳中和是中国推动构建人类命运共同体的责任担当和助力联合国2030可持续发展议程的务实举措，满足人民日益增长的美好生活需要是中国经济社会发展的根本目的。要同时实现以上目标亟需新的方法路径，庆幸的是，数字经济正在创造更多可能。

从全球先行城市的经验来看，有一种创新治理实验方法在同时推动城市绿色低碳和数字化转型得到了广泛尝试——城市场景实验室（Urban Living Labs, 简称“ULLs”）。城市场景实验室通常会有一个具体的目标设

1. 参考《迈向零碳——基于科技创新的绿色变革》，红杉中国，2021年4月

2. 根据OECD最近数据计算得出，2015年中国（包括港澳台地区）承担的“隐含碳”总量为22.60亿吨，OECD所有成员国滞留他国的“隐含碳”总量之和为29.82亿吨。



## 城市场景实验室 (ULLs)

一种创新治理实验方法

- ✓ 目标与任务
- ✓ 多元合作伙伴关系
- ✓ 新产品和服务
- ✓ 真实世界的环境
- ✓ 场景构建
- ✓ 实验设计
- ✓ 实验开展和评估

图1 城市场景实验室的关键要素

定，通过在公共部门、科研院所、私营机构和社会组织等多元主体间建立合作机制，将城市真实场景设定为实验区域，通过实验方案设计、过程实施、结果评估和用户反馈四个主要环节验证新技术、产品和模式以及其对具体场景的影响，推动创新应用的验证、孵化和扩散。

本文介绍了曼彻斯特、奥斯汀、成都三座城市在打造城市场景实验室的实践经验，并提出了一个对利用场景实验室方法构建可持续发展元宇宙的设想。

### 曼彻斯特牛津路长廊：打造自适应学习社区

2003年，英国政府发布了《英国低碳经济白皮书》，呼吁城市和区域政府探索建设试

点示范项目，以助推碳减排并提高经济可持续发展的速度，这便是曼彻斯特牛津路长廊城市场景实验室（以下简称“长廊实验室”）的诞生背景。这个实验室覆盖区域从中央商务区的圣彼得广场一直延伸到曼彻斯特大学南部的惠特沃思公园，占地2.43平方千米。当时，这条坐拥全球知名高校、科技园区和NHS基金会的狭长走廊刚经历了20世纪90年代城市中心经济振兴，贡献了整座城市22%的生产总值，是曼彻斯特高附加值产业汇聚、经济活动最为密集活跃的区域。但与经济高速增长伴生还有一系列环境问题，如缺少绿色基础设施、交通阻塞以及随之而来的空气污染和噪音。从以牺牲环境为代价的经济高速增长转向绿色低碳发展模式，是一场全新的城市实验。

2008年，曼彻斯特市议会、曼彻斯特大学、曼彻斯特城市大学以及曼彻斯特中央医院NHS基金会信托正式达成合作伙伴关



图2 曼彻斯特牛津路长廊

系，计划五年期间总计投入15亿英镑主要用于（1）交通出行，（2）环境治理与基础设施建设，（3）研究和创新，（4）就业、商业交流与技能培训，（5）地域风貌，意在将长廊打造成“由知识和创新驱动增长的全球现实典范”。合作关系建立之日起，长廊区域就被设定为城市场景实验室，利益相关方对于允许在区域内安装环境监测传感器、开展各类与减碳相关的新应用测试达成了共识，并同意将场景中的数据供研究者使用。

i-trees是长廊实验室一个具有代表性的实验项目，这个项目由曼彻斯特市议会、曼彻斯特大学和红玫瑰森林慈善组织共同发起，在长廊区域部署了九个测试点，每个点位设置

不同的树木和地表覆盖类型组合，同步安装环境监测传感器采集数据，以研究不同的景观形态对城市碳排放、微气候和水文的影响。实验开展一段时间后，测试内容拓展至不同土壤、树木品种以及距离道路不同距离对结果的影响。在执行分工中，市议会和慈善组织主要承担项目意义宣讲、争取居民支持、潜在风险防控方面的工作，高校主要负责项目方案设计、实施、效果评估和未来研究推进。

曼彻斯特长廊以城市场景实验室构建公私合作模式，推动区域绿色低碳发展和城市更新；通过重建物理基础设施、安装数字基础设施和基于数据采集分析的多方合作机制设计创造了一个区域自适应学习的价值创造雏



图3 奥斯汀皮坎街城市实验室模型<sup>3</sup>

形。在建设和运营模式上，实验室建设主要参与者同时也是区域内主要的土地所有者，这为在城市空间开展新应用实验创造了便利。在助推创新扩散方面，城市场景实验室为创新者和城市管理者搭建了桥梁，比如，基于实验的大量数据和事实为制定更为精准的政策提供了依据，通过相关政策措施的出台又促进了创新在城市的广泛应用。从结果来看，长廊实验室存在的一些问题在城市场景实验室中也较为普遍，包括场景中数据使用和数据安全，由精英主导而缺乏包容性设计，以及没有产生直接的经济效益，比如绿色低碳新产业聚集。

## 奥斯汀皮坎街：为智能电网而生

无独有偶，2003年，美国时任总统乔治·W·布什出于对国家安全和经济安全的考虑，提出要尽快推动电网现代化。美国能源局于同年7月推出“美国电网2030计划”（Grid 2030）。计划指出，老化的电网系统无法跟上数字技术和电信网络的发展，而能源技术与信息技术的融合创新将有可能催生全球最先进的电力系统。此后，美国政府开始陆续推出一系列包括规划、经济法案、输电规划路线图等政策措施，继任美国总统奥巴马于2009年2月推出7870亿美元的经济刺激计划中有45亿美元专门用于扶持智能

3. 来源：[https://www.smartgrid.gov/files/documents/Pecan\\_Street\\_Project\\_Report\\_Recommendation\\_201012.pdf](https://www.smartgrid.gov/files/documents/Pecan_Street_Project_Report_Recommendation_201012.pdf)

电网的发展。金融危机之后的智能电网建设叠加了提振经济、助力美国摆脱对化石燃料的依赖向绿色经济转型的期许，皮坎街城市场景实验室（以下简称“皮坎街实验室”）便在这时候应运而生。

皮坎街实验室始于美国能源部拨款支持的“能源互联网示范”项目，该拨款正是2009年经济刺激计划中用于智能电网的专项经费。实验室依托得克萨斯州奥斯汀市的穆勒社区城市更新项目建设，覆盖面积2.87平方千米，旨在城市社区开展太阳能电池板、电动汽车、智能电表、家庭能源管理以及储能技术等各类智能电网和智能家居技术的验证和推广，推动社区实现净零碳排放，同时创造绿领就业机会。

皮坎街实验室由皮坎街公司牵头发起，与奥斯汀市、德克萨斯大学奥斯汀分校、奥斯汀科技孵化器、奥斯汀能源、国家可再生能源实验室、环境保护基金以及产业伙伴共同建设。这几个不同类别的机构各司其职，从新科技的研发测试、应用转化到商业推广构成了多维合作伙伴关系，并且在发展过程中持续拓展合作伙伴网络，建设成为服务全球的智能电网技术应用创新策源地和孵化器。

穆勒社区有约1200个家庭和商户自愿参与到皮坎街场景实验中来，这些用户与实验

室达成了以下三个主要方面的合作，一是同意安装监测设备对自身能耗情况进行持续监测，二是试用智能电网和智能家居新技术和新产品，三是同意将场景中的数据用于实验室相关的学术研究和其他应用测试。

一个典型的实验项目是通过安装家用储能电池来缓解用电高峰期的供电压力、减少碳排放。这个项目共有67户家庭参与，每一户家庭都安装了20千瓦时的储能电池，项目周期为2012年10至2013年9月。监测数据显示，在当时穆勒社区居民用电高峰期是晚上6点到9点，而社区用的ERCOT电网风力发电高峰期是晚上10点到凌晨5点，因此居民用电高峰期是储能电池的使用时段，而风力发电高峰期是储能电池的充电时段。实验结果显示，储能电池的使用让67户家庭一年碳排放总计减少了近200千克，并且每户的电池使用量还有不同程度的剩余。如果引导用户改善用电习惯和进一步优化智能电网，实验结果还将得到大幅提升。

相比长廊实验室，皮坎街实验室在助力绿色创新和带动经济增长方面成效显著，以下两个举措功不可没。首先是数据使用，通过长期采集大量家庭用电数据，实验室建成了全球最大的家庭能源使用数据库，这些数据已被来自60个国家的2,000余名研究人员使用，并且也供公用事业单位用于优化提升相关基础设施和服务供给。再是产业孵化平台

构建，智能电网本身作为新型电力基础设施，是各类智能家居相关的新技术、新产品和新模式的数字底座。实验室既利用了智能电网的平台聚集作用，同时也基于和社区居民的合作关系为各类创新应用进入真实环境验证测试提供了窗口和渠道。这也是为什么如英特尔、戴尔、3M、索尼、西门子、施耐德等ICT和家用电器领域的龙头企业都是皮坎街实验室产业咨询委员会成员，并且为实验室的运营提供资金。

利用城市场景实验室推动绿色低碳转型的案例大多有一些共性问题，比如试验区域相对比较局限，往往是一个街道或者社区，缺乏城市整体的系统设计；对需求侧用户参与的高度重视不够，以技术为中心忽略了社会包容性；对基于自然的解决方案关注较少，资金筹集是主要障碍。

## 成都场景营城：从“机会之城”到“公园城市”

2016年，AlphaGo在围棋比赛中战胜人类冠军；世界经济论坛创始人克劳斯·施瓦布将全球正在经历的以人工智能、人机交互、纳米技术、生物科技为代表的新兴技术交叉互补，物理世界和虚拟世界融合发展的新技术进步阶段称为第四次工业革命。正如历史上每一次工业革命都必将经历创新扩散的过

程，如何推动数字技术创新与现实需求适配是释放新工业革命潜能的关键。

来自中国的内陆城市成都，做了一次系统性的城市实验。

成都在2017年设立了一个专门的政府机构——成都市新经济发展委员会，助力数字创新在城市各领域的扩散。成都对城市场景实验室的方法进行了丰富和延伸，开创性地提出基于城市整体的“场景营城”体系，以应用场景整合供需两端，从数量和质量两个维度构建了鼓励场景建设升级进阶、不断做优做精的金字塔模型。新经济委推出了一套场景工具箱，包括一张清单、一个创新者网络、两类场景实验室、三种场景示范，包括信息服务、为创新合作提供便利、供需对接、应用孵化和市场推广等主要功能。截止2022年6月，成都市总计发布10批次3600余条供需信息，建立有超过1000活跃成员的创新者社群，推出32个场景实验室，评选出逾100个场景示范。

成都通过“场景营城”为创新应用进入现实场景搭建渠道，为创新企业发展聚集人才和资本；场景政策工具箱为需要将城市作为整体来推动实现的新目标提供了一个通用方案。一座“机会之城”跃然显现，而它也正在助力城市的碳中和理想照进现实。

成都在建设公园城市、推动城市绿色低碳转



图4 成都新经济场景工具箱

型工作中运用场景方法论做了三个方面的探索。首先，发布了《公园城市示范区建设机会清单》，首批机会清单涵盖生态修复、污染防治、资源循环利用、绿色新兴技术应用等逾千条应用场景建设需求，同时也将提升包容性的考虑融入绿色转型中，场景建设还包括养老、托育、健康照护等内容。再是大规模采用基于自然的解决方案，并且着力打造消费场景和产业场景反哺NbS的管护。根据官方数据，截止2022年4月，成都市已累计建成各级绿道5327公里，通过在绿道植入休闲娱乐、运动健身等消费场景和产业孵化器，年均游客接待量可达千万数量级，由生态价值向经济价值转化未来可期。







图5 成都将提升包容性的考虑融入场景驱动的绿色转型中



除了上面提到的消费场景和产业场景外，成都还在推动城市绿色低碳转型方面还着力推动以下三类场景实验，一是集成绿色技术的近零碳场景，比如天府CBP总部基地近零碳排放园区从建设开始就利用大数据、物联网等技术，分析、预测园区碳排放并规划碳减排；二是可持续农业场景，比如通过客土回填、土层增厚、施用有机肥、种植固氮类植

物、使用生物菌剂、秸秆还田等方式打造环城高标准农田，预计2022年农作物总产量将超过2万吨；三是碳普惠场景，比如推出“碳惠天府”机制，在小程序以及合作平台上市民可以建立个人碳账户，通过开展衣食住行等生活场景下的减排低碳活动获得碳积分，并可兑换平台提供的绿色商品和服务。

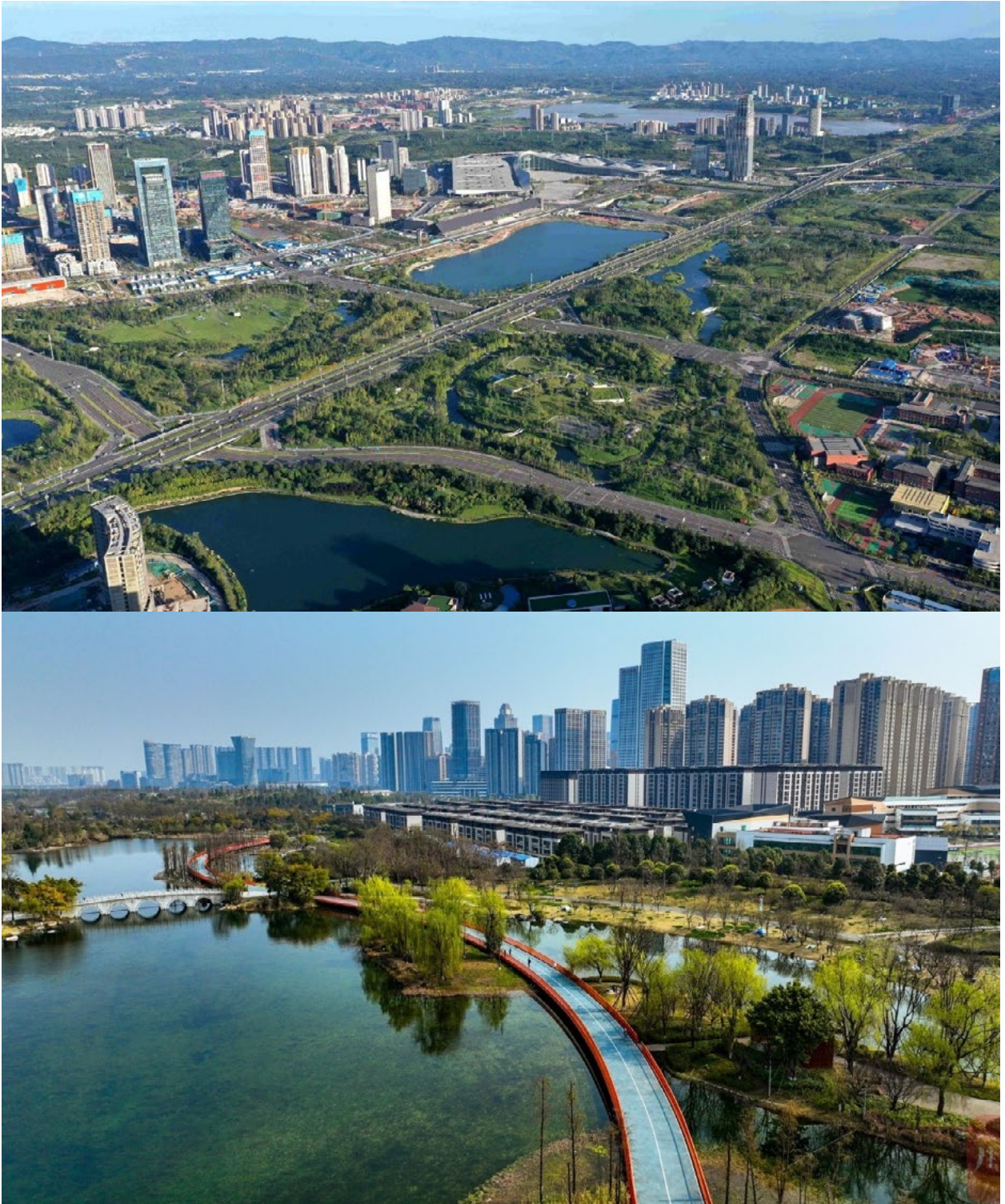


图6 天府新区——公园城市基于自然的解决方案

#	名称	所在地	面积	主要合作伙伴	场景类型
1	牛津路长廊	曼彻斯特, 英国	2.43 km <sup>2</sup>	曼彻斯特市议会、曼彻斯特大学、曼彻斯特城市大学、曼彻斯特中央医院NHS基金会信托	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 交通运输</li> <li>• 生态环境</li> <li>• 研究和创新</li> <li>• 商业发展</li> <li>• 地域风貌</li> </ul>
2	皮坎街	奥斯汀, 美国	2.87 km <sup>2</sup>	皮坎街公司、奥斯汀市、德克萨斯大学奥斯汀分校、奥斯汀科技孵化器、奥斯汀能源、国家可再生能源实验室、环境保护基金	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 智能电网</li> <li>• 家庭能源管理</li> <li>• 智能家居</li> </ul>
3	场景营城体系	成都, 中国	行政区内	市政府、成都市新经济发展委员会、各级政府、产业园区、高校科研院所以及各类市场主体	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 数字化转型和创新</li> <li>• 基于自然的基金方案、近零碳园区、碳普惠</li> <li>• 包容性</li> <li>• 可持续农业</li> </ul>

图7 文中场景实验室案例总结

## 启示与建议

放眼全球，城市场景实验室层出不穷，它们有着不同的目标、发起机构、合作关系和运营模式。对于为了推动低碳转型而设立的城市场景实验室而言，实现碳中和是值得所有努力的共同愿景。而我们是否可以有一个像脸书、亚马逊、抖音一样全球性的数字平台，将可持续发展、绿色低碳和碳中和变为潮流时尚、街头巷议，亦或是生活日常？

在基于自然的解决方案和数字技术推动的绿色创新这两条路径中，我们有一个融合的梦想，即通过人工智能、区块链、虚拟现实、卫星互联网等技术，将基于自然的解决方案拓展成为绿色“元宇宙”，通过流量、资金、碳汇的组合实现元宇宙主要的价值创造

和交换，并具备以下三个主要功能：

- 绿色场景实验室案例展示、模拟建设和交流合作；
- 绿色商品和服务创新、测试、推广和交易；
- 绿色活动、减排降碳行动设计、发起和实施跟进。

现实世界实现碳中和目标道阻且长，也许数字时代给我们了一个实验机会，让全球携手先在虚拟世界开展碳中和实验，共建绿色地球，环球同此凉热。

### 参考文献

1. Bulkeley, Harriet, and Vanesa Castán Broto.

2012. "Government By Experiment? Global Cities And The Governing Of Climate Change". *Transactions Of The Institute Of British Geographers* 38 (3): 361-375. doi:10.1111/j.1475-5661.2012.00535.x.
- 2.Evans, James, and Andrew Karvonen. 2013. " 'Give Me A Laboratory And I Will Lower Your Carbon Footprint!' - Urban Laboratories And The Governance Of Low-Carbon Futures". *International Journal Of Urban And Regional Research* 38 (2): 413-430. doi:10.1111/1468-2427.12077.
- 3.Evans, James, and Andrew Karvonen. "Living laboratories for sustainability: Exploring the politics and epistemology of urban transition." In *Cities and Low Carbon Transition*, edited by Harriet Bulkeley, Vanesa Castán Broto, Mike Hodson, Simon Marvin, pp.126-141, London, Routledge, 2013.
4. "GRID 2030" A NATIONAL VISION FORELECTRICITY' S SECOND 100 YEARS". 2022. Energy.Gov. <https://www.energy.gov/oe/downloads/grid-2030-national-vision-electricity-s-second-100-years>.
- 5.Levenda, Anthony M. "Urban Living Labs for the Smart Grid." *Urban Living Labs*, 2018, 52-73. <https://doi.org/10.4324/9781315230641-4>.
- 6."Project: Pecan Street Project Inc | Smartgrid.Gov". 2022. Smartgrid.Gov. [https://www.smartgrid.gov/project/pecan\\_street\\_project\\_inc\\_energy\\_internet\\_demonstration.html](https://www.smartgrid.gov/project/pecan_street_project_inc_energy_internet_demonstration.html).
- 7.Voytenko, Yuliya, Kes McCormick, James Evans, and Gabriele Schliwa. "Urban Living Labs for Sustainability and Low Carbon Cities in Europe: Towards a Research Agenda." *Journal of Cleaner Production* 123 (2016): 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.053>.

# 以德国城市为例——系统性促进碳中和城市发展的四个维度

彭妮可 (Nicole Pillen)<sup>1</sup>, 叶昂 (Ang Ye)<sup>2</sup>, 章辉 (Hui Zhang)<sup>3</sup>

1. 德国能源署建筑能效部副主任, 德国能源署国际合作署署长

2. 德国能源署建筑能效部国际城市合作组主任

3. 德国能源署建筑能效部国际城市合作团队成员, 城市规划师

## 引言

世界上越来越多的国家开始达成共识, 通过达成可持续发展目标来解决气候变化问题势在必行。理解和践行创新、合作、绿色、开放以及共享的新发展理念已成为国际交流与合作最重要的主题之一。国际社会必须携手合作, 共同推进后疫情时代世界经济的“绿色复苏”, 凝聚可持续发展的强大合力。

多家德国和国际智库的调查研究表明, 我们需要更多的可再生能源, 需要电池和蓄热系统市场实现快速增长, 需要电力多元化转换, 以及所有能够推进实现气候中和的其他可用科技。尽管许多现有技术都已经能够投入市场应用, 或仅需要扩大市场规模, 但仍有大量的创新技术尚处在试验阶段。

但这些技术的应用不应该独立发展。德国在

能源转型方面二十多年的经验表明, 只有各行动领域都进行转变, 总体气候目标才有望实现。在这些领域中, 技术措施的重点可能有所转移。比如, 可以通过减少能源需求或转变使用气候中性能源来实现减排。无论如何, 转型若过度依靠单一路径则无法实现整体目标。

因此, 德国能源署 (dena) 在其中期报告“德国能源署试验研究 (二) ——气候中和展望”中提出了实现气候中和的四大支柱战略:

- 提高能源效率;
- 提高可再生能源作为主要能源的使用比例 (可再生电力和可再生生物能源);
- 从可再生能源 (电力多元化转换) 制备气态和液态零碳动力燃料;
- 主动捕获或吸收大气中的二氧化碳实现“负排放”。<sup>1</sup>

1. 德国能源署 (dena), 中期报告, 《德国能源署旨在实现气候中和的试点研究》, 研讨会概览: 中心行动领域的初步调查结果和结论”, 可在线获取: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/ Publikationen/PDFs/2021/dena-Leitstudie\\_Aufbruch\\_Klimaneutralitaet\\_ES.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/ Publikationen/PDFs/2021/dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet_ES.pdf), 2021The Pew Charitable Trusts & Systemiq (2020). Breaking the Plastic Wave: A Comprehensive Assessment of Pathways Towards Stopping Ocean Plastic Pollution

要实现气候中和，必须加快贯彻落实必要措施，必须快速并坚持践行有关措施。<sup>2</sup> 例如，大量地研究和分析表明，可在各领域强制实施能效措施。

上述经验对全球范围内的碳中和城市发展有重要启示意义。作为碳排放的主要来源，城市面临着诸多问题：如何

- 实现气候目标等多个可持续发展目标？
- 整合四大支柱战略，制作出合理的碳中和发展路径图？
- 保证减排措施及创新科技方法得以高质量贯彻落实？
- 使用创新和试点示范措施发挥可持续性影响？

推动碳中和的发展是一项系统性工作，气候变化的严峻性更是急需这些工作能尽快大规模落地。以下四个维度将有助于城市和政策制定者制定出系统的工作计划，推动新方法、新技术、新模式的大规模应用。

1. 愿景目标
2. 路线图和规划
3. 实施措施及

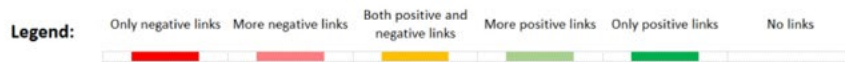
2. 基本措施指那些不仅能在特定情景下达到预期效果，而且要能在不断变化的条件下保持其生态、经济或社会价值的措施。
3. 冈萨雷斯、祖尼加等人(Gonzales-Zuñiga et al.),《SCAN工具：将气候行动与可持续发展目标联系起来-主要发现说明》，可在线获取：[https://ambitiontoaction.net/wp-content/uploads/2019/04/Key\\_findings\\_final.pdf](https://ambitiontoaction.net/wp-content/uploads/2019/04/Key_findings_final.pdf), 2018

#### 4.政策框架

以下将举出一些具体的案例，阐释政策制定者如何运用这四个维度，大规模系统地推进城市碳中和发展。

## 构建愿景目标

《2030 年可持续发展议程》和2015年通过的《巴黎气候变化协定》切实地为国际社会的新发展范式奠定了基础，即：在伙伴关系和多边主义框架内实现人类与地球的共同繁荣。尽管这两种方案的缔约方由不同的多边关系组成，但是从内容来说二者是强相关的。一项由德国联邦环境署于2018年委托进行的研究表明，气候行动的不同领域与大多数联合国可持续发展目标（SDG）之间存在相互作用，且这些联系大都能够相辅相成。<sup>3</sup>（见图 1）就城市而言，理解两种框架的相关性，基于二者间的积极互动，设立清晰的愿景目标，这将有助于城市管理更好地应对多重挑战。比如气候、健康或经济危机，从而制定连贯统一的政策，提高能实施效率。



Legend:	图例:
Only negative links	仅负向关联
More negative links	更多负向关联
Both positive and negative links	正向关联与负向关联并存
More positive links	更多正向关联
Only positive links	仅正向关联
No links	无关联
Electricity & heat	电力和热力
Transport	运输
Buildings	建筑物
Waste	废物
Industry	行业
Agriculture	农业



Forestry	林业
General	全行业
No poverty	无贫困现象
Zero hunger	无饥饿现象
Good health and well- being	健康和福祉
Quality education	质量教育
Gender equality	性别平等
Clean water and sanitation	净水和公共卫生
Affordable and clean energy	经济适用的清洁能源
Decent work & economic growth	好工作和经济增长
Industry, innovation & infrastructure	工业、创新和基础设施
Reduced inequalities	不平等现象减少
Sustainable cities and communities	可持续城市和社区
Responsible consumption and production	负责任的消费和生产
Life below water	水下生活
Life on land	陆上生活
Peace, justice and strong institutions	和平、公正和强有力的制度

图1 不同领域气候行动与可持续发展目标之间的相互作用(来源:冈萨雷斯、祖尼加等人Gonzales-Zuñiga et al., SCAN工具:将气候行动与可持续发展目标联系起来—主要发现说明,可在线获取:[https://ambitiontoaction.net/wp-content/uploads/2019/04/Key\\_findings\\_final.pdf](https://ambitiontoaction.net/wp-content/uploads/2019/04/Key_findings_final.pdf), 2018)

## 案例研究

### 案例研究一：城市可持续发展目标指标

“城市可持续发展目标指标”是由德国城市事务研究所（Difu）和其他7个合作机构为人口数量在5000及以上的县、镇和直辖市制定的指标体系。<sup>4</sup> 主要目的是确定合适的指标，为评估德国市级层面城市可持续发展目标的实施情况提供数据支持。该系统在2020年进行了更新，更新后的指标体系分为多个模块共计120项指标。参与计划的城市可以因地制宜，自行选择和使用这些指标。

以德国波恩市2020年完成的地方可持续发展报告为例。该项报告选取了120项指标中的46项，用以评估当地六大领域的发展状况，包括交通、气候和能源、自然资源、工

作和经济、社会参与和性别平等，以及全球责任和同一个世界，展示这些领域的发展与波恩市可持续发展目标达成之间的相关性。

<sup>5</sup> 通过对报告的分析，有17项指标与联合国可持续发展目标7，即“经济适用的清洁能源”，以及联合国可持续发展目标13，即“气候行动”，直接相关。其中，16项指标主要关注“交通”、“气候和能源”，以及“自然资源”这三个领域，另有一项指标涉及“工作和经济”领域。在“运输”大类下，报告显示：相比德国的其他城市，波恩市居民总体上选择绿色出行（步行、骑行，或公共交通）的比例更高。<sup>6</sup>然而，自2015年，该市的机动车辆密度始终保持恒定。这使得波恩市的二氧化碳平衡无法实现总体向好发展。如“气候和能源”领域所示，在成功的市政气候保护政策指导下，1990至2016年，波恩市的人均二氧化碳排放量已减少了25%。再生能源在该市电力供应中所占比例（2018年占比为72%）在德国遥遥领先，并将持续提升。<sup>7</sup>在“自然资源”领

4. 贝塔斯曼基金会、联邦建筑、城市事务和空间发展研究所(BBSR)、德国县议会(DLT)、德国城市协会(DST)、德国城市和乡镇协会、宜可城-地方可持续发展协会—地方政府可持续发展和欧洲委员会德国分部

5. 波恩联邦市市长，国际事务和全球可持续发展办公室/新闻办公室，(主编)，《波恩地方报告“地方自愿审查”——地方层面的2030年议程》。在线出版物，第53-56页可在线获取：<https://www.bonn.de/medien-global/amt-02/Voluntary-Local-Review-Bericht.pdf>, 2020

6. 同上。

7. 波恩联邦市市长，国际事务和全球可持续发展办公室/新闻办公室，(主编)，《波恩地方报告“地方自愿审查”——地方层面的2030年议程》。在线出版物，第22页可在线获取：<https://www.bonn.de/medien-global/amt-02/Voluntary-Local-Review-Bericht.pdf>, 2020

域中，波恩市一半左右的城市区域受到保护，居民和交通用地面积增长速度低于人口增长率，供给充足。然而，由于夏季高温和气候变化，饮用水消耗量持续增长，这也给波恩市带来了新的挑战。<sup>8</sup>总的来说，该报告面向社区，以浅显易懂的方式展现了社区各领域的发展状况，使信息更加公开透明。报告运用简明的指标系统，展示出近年来波恩市的发展成果领域，也暴露出城市发展的薄弱环节，指出了需要重新调整的政策措施。与此同时，报告中也包含具体的市政数据，使波恩市与其他城市在国家和国际层面上实现交流互鉴。

“城市可持续发展目标指标”门户网站 [www.sdg-portal.de](http://www.sdg-portal.de) 于2019年获得联合国可持续发展目标行动奖。该网站不仅收录有数千个城市的指标数据，还涵盖了约200个优良的城市实践案例，可供参考和借鉴。

## 指导方针和规划

一个好的指导方针需要满足三个条件：

1. 能够实现愿景目标；
2. 兼具灵活性，能够适应社会变化和技术发展；
3. 能够理解和支持利益相关者。

其中，第二和第三点在城市碳中和发展过程中尤为重要。达成气候目标需要保持技术开放。一项有关德国能源转型路径的研究表明，从国家经济角度出发，开放的技术路径比单一技术路径（比如全盘电气化）更好、更有益。<sup>9</sup>因此，城市发展需要因地制宜，采用合适的规划方案，为推动创新发展、融合新技术提供框架。与此同时，在制定和落实计划时，城市决策者应当与所有相关部门协同合作，促进利益相关者交流沟通，着力提升公众参与水平。

### 案例研究二：城市能源与气候保护管理体系

能源与气候保护管理体系（Energie- und Klimaschutzmanagement; EKM）是德国能源署为德国城镇开发的管理工具，自2010年起应用于试点城镇。该系统涵盖建筑、能源、交通、水资源和废物处理，目标

8. 波恩联邦市市长，国际事务和全球可持续发展办公室/新闻办公室，(主编)，《波恩地方报告“地方自愿审查”——地方层面的2030年议程》。在线出版物，第28页可在线获取：<https://www.bonn.de/medien-global/amt-02/Voluntary-Local-Review-Bericht.pdf>, 2020
9. 德国能源署(dena)，德国能源署《综合能源转型研究，到2050年塑造能源系统的动力，结果报告和推荐行动方案》，第20-21页可在线获取：[https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9283\\_dena\\_Study\\_Integrated\\_Energy\\_Transition.PDF](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9283_dena_Study_Integrated_Energy_Transition.PDF), 2018



Sucesses Accouting Certification	满足标准认证
Step 1 Creat organization structure	第一步 创建组织结构
Step 2 Develop vision	第二步 构建愿景
Step 3 Analyse initial situation	第三步 分析初始情况
Step4 Set goals, Develop measures	第四步 设定目标, 制定措施
Step 5 Financing and planning measures	第五步 融资和规划措施
Step 6 Implement measures	第六步 执行措施
dena-EKM Energy and Climate Protection Management	德国能源署-能源与气候保护管理体系 能源和气候保护管理

图2: 能源和气候保护管理(来源: 德国能源署)

是提高能效，实现城乡可持续发展。其重点是市政行动领域的整体能源结构优化，而不是个别政策的执行情况。

能源与气候保护管理体系由六个部分（步骤）组成，是一个动态循环体系，经评成功推行该体系的城市可获得认证。在三年的项目期内，德国能源署将为选定的试点城市提供支持，帮助它们引入管理体系，执行初步措施。超过50个德国城镇现已执行能源和气候保护管理体系，德国联邦政府已为其中13个城市颁发了荣誉证书。此外，该管理体系已在俄罗斯（36个城市）、中国（25个城市）、乌克兰（2个城市）及哈萨克斯坦（1个城市）得到广泛运用。在国际合作中，能源与气候保护管理体系能够根据各国的框架条件进行调整和优化。

德国的马格德堡就是德国市镇运用能源与气候保护管理体系的典型案列：该市大约有230,000名居民，但面积足以容纳一所约有18,000名学生的大学。该市的悠久历史可以回溯到中世纪之前。马格德堡曾被称为“重工城市”。如今，除机械和设备工程外，该

市还重点发展环境科技、循环经济、健康产业和物流。以奥托·冯·格里克大学、马格德堡——施腾达尔应用科学大学及诸多知名科学和研究机构为依托，马格德堡市现已成为国际公认的科研地点。同时，该市的旧商埠也已改造成同时拥有智库和创新创业中心的现代化“科学港”。

2010年以来，马格德堡市一直在为能源和气候保护管理体系的应用做准备，建立了相应的组织结构，指定了统筹该项工作的总负责人，并开始制定“2013-2015马格德堡能源和气候保护计划”。<sup>10</sup> 该计划第一阶段的目标就是同期减少5%的能耗。基于对波恩市能源状况的全面分析，该计划共包含17项措施，涉及建筑、城市规划、电力使用、交通、能源系统和通信等多个领域。<sup>11</sup>2013年4月，市议会正式采用并开始实施能源与气候保护计划。其中就已包含了节能创新目标，建设一个新的日托中心，在迪斯托夫泳池设立一座热电厂，以及在监测一些市政大楼中的能源使用情况等内容。从2014年实施能源监测以来，此项工作仍在继续开展。此外，马格德堡市的门户网站上

10. Strübig, M., Grünert, D., Müller, M. 和 Delaney, M., 《州首府马格德堡的能源和气候保护计划2013-2015》，州首府马格德堡环境局（编辑），可在线获取：[https://www.magdeburg.de/PDF/Energie\\_und\\_Klimaschutzprogramm\\_2013\\_2015.PDF?ObjSvrID=37&ObjID=10057&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&\\_ts=, 2013](https://www.magdeburg.de/PDF/Energie_und_Klimaschutzprogramm_2013_2015.PDF?ObjSvrID=37&ObjID=10057&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&_ts=, 2013)
11. 《能源和气候保护计划》，Ottostadt Magdeburg气候保护门户网站，2021年，可在线获取：<https://www.magdeburg.de/Start/B%C3%BCrger-Stadt/Leben-in-Magdeburg/Umwelt/Klimaschutzportal/Ziele-und-br-Fakten/Energie-und-Klimaschutzprogramm/>

也实时更新着各项政策、实施项目及气候环境相关活动的具体信息。

## 实施办法

在愿景目标和路线图规划的指导下，实施措施是四个维度中最具有挑战性的。这一阶段不止局限于运用创新技术和理念，推动单个试点项目的实施。原因是，尽管试点项目是测试技术概念，为内容确认和迭代优化提供信息的最直接手段，但是推进碳中和进程的各阶段中实则均会涉及创新技术。无论是准备上市还是仍处于试验阶段，创新技术的实施措施都需要利益相关者或直接参与者，如政府、企业、研究单位、孵化器和交流平台，在密切合作的同时明确各自的角色和任务。最终，各参与方将通过试点项目使创新理念和技术转化为可复制、可扩展的新模型和新商业模式，如标准、流程和能力培训方法，推动市场的整体发展。

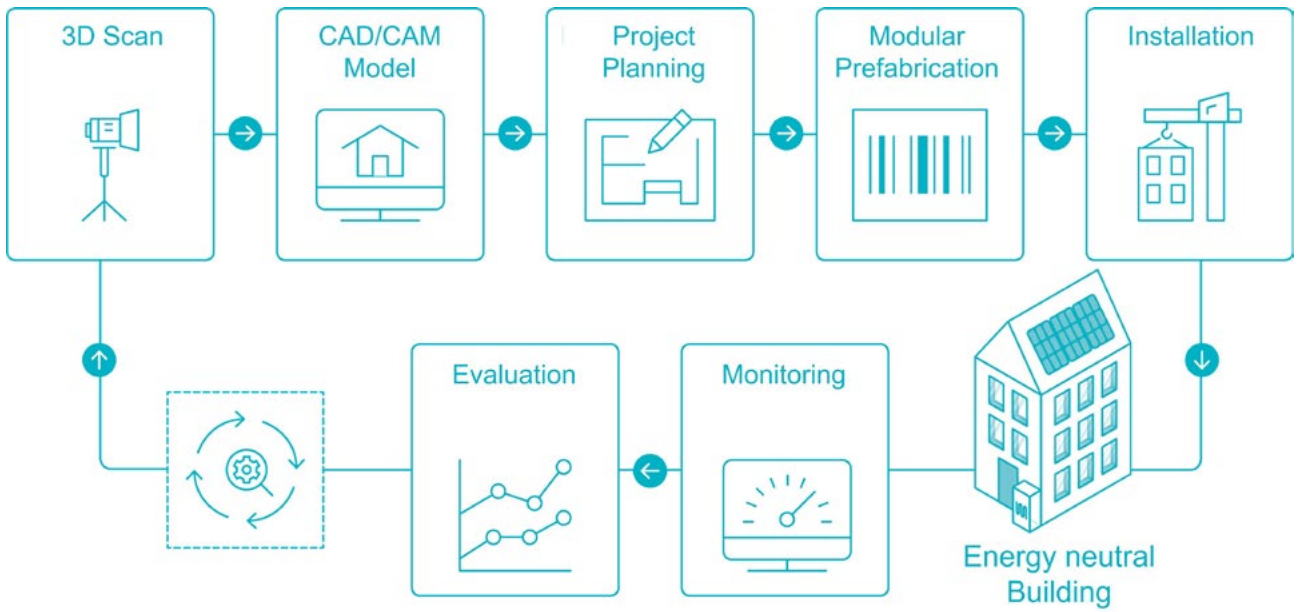
### 案例研究三：装配式现有建筑的综合改造

为了快速提升德国现有建筑的改造速度，解决建筑市场专业人员严重缺乏的难题，德国

能源署在德国联邦经济与能源部的支持下，开展了一项可行性研究，对2017年在德国市场启用EnergySprong模式的可行性和预备工作问题进行了探讨。EnergySprong是一种对现有建筑的综合改造模式，通过多技术融合和模式创新，一步实现“净零能耗”。其主要优势为：按照净零能耗标准进行数字化、高质量改造；预制组件和多技术集成，大幅缩短改造时间；显著提高建筑舒适度；采用创新的融资方式。

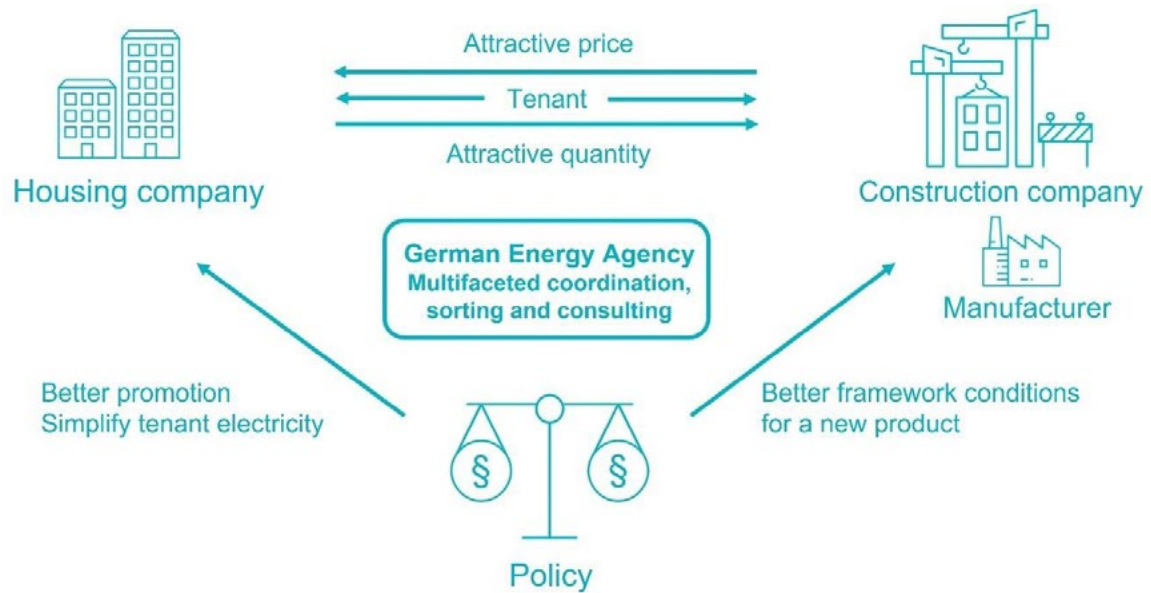
EnergySprong模式已在超过1000间荷兰的独栋别墅或非独立单户住宅中得到了开发、试验和测试。然而，该模式在引入德国市场之初曾遭遇瓶颈，即如何协调各方、各利益相关者，共同驱动市场需求、促进技术的发展，建立商业模式。因此，开拓市场是前期准备工作中最重要的任务之一。为此，德国能源署已组成了一支专业的市场开发团队，它们将作为中立性平台，与房地产行业、建筑公司、外墙、光伏屋顶和建筑技术模块制造商等创新公司携手，共同开发新的综合改造解决方案。<sup>12</sup>（参见图3）

12. Energiesprong网站：<https://www.energiesprong.de/was-ist-energiesprong/rolle-des-marktentwicklungssteams/>



3D Scan	3D扫描
CAD/CAM Model	电脑辅助设计模型/竞争优势管理模型
Project Planning	项目规划
Modular Prefabrication	模块化预制
Installation	安装
Energy neutral Building	中性能源建筑
Monitoring	监督
Evaluation	评估

图3 EnergySprong模式改造过程(来源:德国能源署, www.energiesprong.de)



Housing company	房地产公司
Better promotion Simplify tenant electricity	更好的推广效果 简化租户用电流程
Attractive price	具有吸引力的价格
Tenant	房客
Attractive quantity	具有吸引力的数量
German Energy Agency Multifaceted coordination, sorting and consulting	德国能源署多方面的协调、分类和咨询
Policy	政策
Construction company	施工单位
Manufacturer	生产企业
Better framework conditions for a new product	为新产品提供更好的框架条件

图4 市场开发团队在EnergySprong模式部署中的作用(来源:德国能源署, www.energiesprong.de)



经过大量准备工作，德国现已有22家房地产公司和5家建筑集成商确认参与EnergySprong规模化试点项目。越来越多的公司正参与进来。2019年11月，第一个综合改造试点项目正式启动。到2023年，在德国能源署的全面协调和支持下，将会有11635套德国公寓采用净零能耗的EnergySprong模式进行改造。目前，EnergySprong模式已受到国际社会的广泛关注。除荷兰和德国外，法国、英国、意大利、美国和加拿大也开展了试点和推广工作。<sup>13</sup>

#### 案例研究四：面向未来的气候友好型建筑

建筑、生产制造和交通是能源消耗的三大主要领域。目前，建筑施工和运营的终端能耗占全球能耗总量的三分之一以上。这其中也包含了近40%的直接和间接二氧化碳排放量。由于发展中国家获取能源愈发便捷，耗能设备得到广泛使用，以及全球建筑面积快速增长，建筑领域的整体能耗将保持增长趋势。因此，气候友好型建筑的发展对于应对这一挑战意义非凡。

自2006年以来，德国能源署与中国住房和城乡建设部始终如一地保持合作，共同致力

于推动相关政策落实，提高技术水准和中国建筑行业的能源使用效率。通过合作，一系列被动式低能耗建筑示范项目完成。此外，不仅项目建筑的能效水平得到了提高，通过借鉴德国节能建筑标准和设计理念，合作也促进了相关地方标准和激励政策的出台。德国能源署将着力保证这些解决方案能够在中国不同地区的地理情况和气候特征条件下适用。

2006年合作开始时，超低能耗建筑在中国还是一个全新的概念，国内还没有相关的标准和政策。就连中国的建筑行业对超低能耗建筑的核心技术也知之甚少，能够实施超低能耗建筑工程的专业人才更是屈指可数。<sup>14</sup> 2008年，德国能源署与住建部科技与产业化发展中心签署了合作谅解备忘录。此后，首批中德被动式超低能耗建筑示范项目于2010年正式推出。随后，中德双方的合作开始从理论交流走向具体的项目实践。

自两国确立合作伙伴关系以来，越来越多的示范项目也促进了对相关技术咨询和质量保证服务需求的增长。为确保与节能技术和质量相关的核心指标和要求在设计和施工过程中得到有效遵守和实施，试点工程需要有高质量、全过程的质量保证体系。这种体系需

13. 更多信息可查看：EnergySprong模型介绍主网站：[www.energiesprong.org](http://www.energiesprong.org)；德国项目网站：[www.energiesprong.de](http://www.energiesprong.de)

14. 德国能源署(dena),《德国能源署手册：中国的气候友好型建筑》，可在线获取：[https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/Klimafreundliches\\_Bauen\\_in\\_China\\_15\\_Jahre\\_erfolgreiche\\_deutsch-chinesische\\_Zusammenarbeit.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/Klimafreundliches_Bauen_in_China_15_Jahre_erfolgreiche_deutsch-chinesische_Zusammenarbeit.pdf), 2020

要覆盖几个重要方面，比如：设计培训、设计指导和图纸审查、施工培训、施工现场检查、竣工验收和最终质量标志认证。

截至2020年，已有47个示范项目在中国的12个省市和四个气候区内顺利实施，其中29项已圆满完工。示范项目中涉及的建筑类型多种多样，其中就包含学校、幼儿园、高层住宅、别墅、写字楼和展馆等。<sup>15</sup>

于2014年建成并投入使用的河北省建筑科学研究院石家庄研发中心项目是中德首座被动式低能耗办公楼的示范项目。<sup>16</sup> 项目采用一体化地源热泵冷暖系统和终端联动技术，能够高效满足有制冷制暖功能的新风系统的需求。河北省对新建建筑的强制节能率要求

为不低于65%。与这一数字相比，这一项目的节能率超过了90%，每年可减少二氧化碳排放596吨。

成都中建办公楼和公寓楼位于四川省成都市，该示范项目率先实现了新型节能预制构件的开发、生产和使用。项目也成功实现了被动超低能耗技术与预制钢筋混凝土构件技术的有机结合。这对打破现有技术壁垒，扩大未来实施方案的多样性起到了示范作用。<sup>17</sup>

该试点项目的实践经验对中国超低能耗建筑技术标准体系的形成做出了重大贡献。河北、山东、北京及最早完成大部分示范项目的其他省市率先出台了多项超低能耗建筑



15. 同上。

16. 同上。

17. 同上。



图5 河北石家庄建筑科学研究院

相关标准和技术导则。其中包括北京市于2018年发布的《北京市超低能耗示范项目技术导则》和2016年开始实施的《山东省被动式超低能耗住宅节能设计标准》等文件。目前，至少有15个省（自治区）和17个城市已经制定了被动式超低能耗建筑技术准则、设计标准、发展规划和激励政策。

## 政策框架

为应对来自社会和环境各项挑战，联合国可持续发展目标（SDG）和各国碳中和发展承诺都对创新转型发展提出了新的要求。

这主要是由于它们都面向整体目标，而不是精确的、易于衡量的指标。可持续和碳中和发展都需要实现生活方式的转变，也要求社会各领域进行转换性变革。<sup>18</sup> 因此，在政策层面，地方和中央政府需要采用更全面的措施，促进政府、市场和社会之间的联网和互动，建立公平透明的政策框架。例如，在能源生产和消费链中，传统意义上的能源消费

者，如城市居民，通过屋顶光伏设备，可能会变身能源的生产和消费者（“产销合一者”）。在这样的情况下，能源供应商不再是主要生产者，市场的开发和塑造也不再是单向的了。反之，越来越多的能源使用者也将参与其中。此时，政策实践变成了一个集体实验和学习的过程。同时也需要有一个政策框架，使未来发展在一定程度上变得更加开放、更加灵活。如何保持规范性和灵活性间的平衡是该领域决策者将面临的关键问题。

### 案例研究五：真实世界能源转型实验室

“真实世界能源转型实验室”是由德国联邦经济部牵头和资助的能源转型跨领域项目。其主要目标是在真实环境中对不同的能源技术及其相互作用进行测试，加速创新向实践领域转化。创新技术、产品、服务或方法可以在与现有法律和监管框架部分兼容的真实条件下进行测试和应用。该实验室的成果虽然是特定时空、特定条件的产物，但仍能够

18. Johan Schot & W. Edward Steinmueller,《创新政策的三个框架：研发、创新系统和转化性变革》。研究政策。第47卷，第9期，2018年11月，第1554-1567页，可在线获取：[https://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2018/04/3-Frames-Paper-Schot-Steinmueller\\_Framings-of-STI-Policy-April-2018.pdf](https://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2018/04/3-Frames-Paper-Schot-Steinmueller_Framings-of-STI-Policy-April-2018.pdf), 2018

19. 联邦经济事务和能源部(档案),《监管沙箱-创新和监管的测试环境》,2019年, <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Dossier/regulatory-test-beds-testing-environments-for-innovation-and-regulation.html>

为法律框架的进一步完善提供具体的实证依据。在创新领域的许多方面，监管都存在不确定性。此外，由于数字化的迅猛发展，几十年前制定的许多法规已不再适用。在不排斥有意义且必要的标准的情况下，“真实世界实验室”项目有助于制定和优化法律框架，使其变得更加合理，促进监管改进步伐与数字化发展速度相匹配。<sup>19</sup> 2018年，德国联邦经济部宣布实施能源转型实验室计划并发布了相关战略文件，此后，多批优质项目先后获得了资助。<sup>20</sup>

北德能源转型实验室（Norddeutsches Reallabor）项目于2021年4月14日启动，未来五年，该实验室将对氢在工业、运输和供暖领域的作用展开研究。该实验室以北德能源转型4.0项目为基础，是德国联邦经济事务和能源部资助下SINTEG（智能能源展示-能源转型数字议程）计划的五个示范区之一。<sup>21</sup> 项目由汉堡应用技术大学携手来自汉堡、石勒苏益格-荷尔斯泰因和梅克伦堡-前波美拉尼亚四个地区的商业、科学和政治等不同领域的合作伙伴共同牵头，涵盖了从发电到运输和存储到能源消耗领域的整个能源价值链。<sup>22</sup>

项目主要由两部分核心内容组成：首先，以氢为重点的行业耦合。氢不仅可以作为公交车和私家车的替代燃料，还可以替代天然气作为工业和供暖等行业的能源，减少工业生产过程中的二氧化碳排放。其次，区域供热解决方案。项目希望利用垃圾焚烧和工业生产产生的热量，将其馈入现有的区域供热网络，以此促进热能周转。

在北德能源实验室，专家们会基于真实市场条件，探索新想法、测试新技术并进行研究，目的是将研究结果应用于其他地区并促进区域经济发展。德国联邦经济部为北德能源转型实验室项目提供了5230万欧元的资助，预计该项目每年可减少二氧化碳排放量超50万吨。

20. 联邦经济事务和能源部，《BMW i战略：作为创新和监管测试室的真实世界实验室》，可在线获取：<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/ST/strategypapier-reallabore.pdf>, 2018年

21. 联邦经济事务和能源部，《启动德国北部监管沙箱：经济事务部提供超过5200万欧元资金》，2021年4月14日，<https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2021/04/20200414-Launch-of-the-Northern-Germany-Regulatory-Sandbox.html>

22. 同上。

## 结论

随着可持续发展和碳中和发展日益成为国际社会的共识，现已有多项技术和应用实践可为达成这些目标助力。城市，作为能源转型和气候保护的主战场，必须在保证持续创新的同时，尽快促进相关工作的规模化、系统化发展。在本文提出的四个维度中，前三个维度，即“愿景、路径和执行措施”，与城市与地方层面进行创新的目标、路径和试点工程直接相关。而第四个维度，也就是“政策框架”维度，则需要地方、国家，甚至国际层面上更充分的交流与合作。特别是在构建愿景目标时，各城市可在联合国可持续发展和国际气候行动的框架内，结合自身发展和上级政府和单位提出的要求，设定合理的目标。在路径规划过程中，城市决策者要综合协调，广泛吸纳意见和建议，这一点尤为重要。加强利益相关方沟通、增加公众参与度等措施，将有助于更好地平衡各方需求，为路线图的顺利实施奠定良好基础。最后，要采用或构建标准化的管理方法和清晰的质量保证流程，尤其是在创新概念试点应用时，此举将有利于项目的高效完成。在此基础上进行专业的交流并开展相关宣传工作，则能够使试点项目更好地发挥示范引领作用，进而推动形成可复制、可推广的新模型和新商业模式。

气候变化给人类社会带来的挑战引起了人们的高度关注。城市、地方、国家、市场和社会要形成合力，在可持续目标与碳中和目标的指导下，共同促进新发展范式的传播、实践和推广。

## 参考文献

1. 德国能源署(dena), 中期报告, 德国能源署牵头研究, 《走向气候中和, 研讨会回顾: 核心行动领域的初步发现和结论》, 可在线获取: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/dena-Leitstudie\\_Aufbruch\\_Klimaneutralitaet\\_ES.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet_ES.pdf), 2021
2. 冈萨雷斯、祖尼加等人(Gonzales-Zuñiga et al.), 《SCAN工具: 将气候行动与可持续发展目标联系起来-主要发现说明》, 可在线获取: [https://ambitiontoaction.net/wp-content/uploads/2019/04/Key\\_findings\\_final.pdf](https://ambitiontoaction.net/wp-content/uploads/2019/04/Key_findings_final.pdf), 2018
3. 波恩联邦市市长, 国际事务和全球可持续发展办公室/新闻办公室, (主编), 《波恩地方报告“地方自愿审查”——地方层面的2030年议程》。在线出版物, 可在线获取: <https://www.bonn.de/medien-global/amt-02/Voluntary-Local-Review-Bericht.pdf>, 2020
4. 德国能源署(dena), 德国能源署研究综合能源转型, 《塑造能源系统直至2050年的动力、结果报告和推荐行动方案》, 可在线获取: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9283\\_dena\\_Study\\_Integrated\\_Energy\\_Transition.PDF](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9283_dena_Study_Integrated_Energy_Transition.PDF), 2018
5. Strübig, M., Grünert, D., Müller, M. 和 Delaney, M., 《州首府马格德堡的能源和气候保护计划2013-2015》, 州首府马格德堡环境局(编辑), 可在线获取: [https://www.magdeburg.de/PDF/Energie\\_und\\_Klimaschutzprogramm\\_2013\\_2015.PDF?ObjSvrID=37&ObjID=10057&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&ts=](https://www.magdeburg.de/PDF/Energie_und_Klimaschutzprogramm_2013_2015.PDF?ObjSvrID=37&ObjID=10057&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&ts=), 2013
6. 《能源和气候保护计划》, Ottostadt Magdeburg气候保护门户网站, 2021年, 可在线获取: <https://www.magdeburg.de/Start/B%C3%BCrger-Stadt/Leben-in-Magdeburg/Umwelt/Klimaschutzportal/Ziele-und-br-Fakten/Energie-und-Klimaschutzprogramm/>
7. 德国能源署(dena), 《德国能源署手册: 中国的气候友好型建筑》, 可在线获取: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/Klimafreundliches\\_Bauen\\_in\\_China\\_15\\_Jahre\\_erfolgreiche\\_deutsch-](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/Klimafreundliches_Bauen_in_China_15_Jahre_erfolgreiche_deutsch-)

chinesische\_Zusammenarbeit.pdf, 2020

8. Johan Schot & W. Edward Steinmueller, 《创新政策的三个框架：研发、创新系统和转化性变革》。研究政策。第47卷，第9期，2018年11月，第1554-1567页，可在线获取：[https://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2018/04/3-Frames-Paper-Schot-Steinmueller\\_Framings-of-STI-Policy-April-2018.pdf](https://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2018/04/3-Frames-Paper-Schot-Steinmueller_Framings-of-STI-Policy-April-2018.pdf), 2018

9. 联邦经济事务和能源部（档案），《监管沙箱 - 创新和监管的测试环境》，2019年，<https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Dossier/regulatory-test-beds-testing-environments-for-innovation-and-regulation.html>

10. 联邦经济事务和能源部，《BMW i战略：作为创新和监管测试室的真实世界实验室》，可在线获取：<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/strategiepapier-reallabore.pdf>, 2018

11. 联邦经济事务和能源部，《启动德国北部监管沙箱：经济事务部提供超过5200万欧元资金》，2021年4月14日，<https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Pressemitteilung-en/2021/04/20200414-Launch-of-the-Northern-Germany-Regulatory-Sandbox.html>



# 丹麦在碳中和方面的经验和创新

苏宇婕<sup>1</sup>, 马丁·侯赛<sup>2</sup>, 墨腾·克鲁斯<sup>3</sup>

1. 约翰霍普金斯大学

2. 奥胡斯大学

3. 哥本哈根大学

就气候变化而言，全球对能源需求的不断增长是当今世界主要关注的问题之一。这一趋势强调了寻找化石燃料的可持续替代品的重要性，人们对丹麦碳中和技术解决方案的兴趣也日益浓厚。丹麦在帮助世界其他国家更快地向绿色经济转型方面拥有独特的地位。

## 丹麦国家能源和气候综合计划概述

### 1. 丹麦国家能源与气候综合计划概述

#### 1.1 丹麦与全球气候计划的联系

随着对全球气候变化的意识逐步提高，越来越多的国家开始积极参与能源使用和储存改革，以创造一个更加可持续的未来。国际能源署（IEA）发布提倡世界各国到2050年实现零碳排放的净零能源体系目标，同时保证稳定和可负担的能源以及繁荣的经济增长。所制定的优先行动战略框架附有详细计

划，可以为促进可持续发展提供支持（附录A）。

丹麦是国际能源署的成员国之。此外，根据欧洲议会、能源联盟治理和气候行动委员会条例起草的《丹麦国家能源和气候综合计划草案》已于2018年提交给欧盟委员会。自1990年以来，丹麦在长期减少温室气体排放和增加可再生能源使用方面已经开展了持续而有效的工作。

根据气候公约设定的从1990年开始的头十年减少温室气体排放的目标，丹麦于2000年成功地实现了将土地变化与林业（LULUCF）部门的CO<sub>2</sub>排放量减少5%（与1990年调整后的水平相比）的目标。下文第一张表格所示为1990至2018年LULUCF温室气体的排放量和减少量，以及对从现在至2040年未来数据的预期。除了土地使用、土地使用变化和林业排放，2008年至2012年期间，丹麦在控制工业温室气体排放和减少方面也取得了令人难以置信的进展，总排放量下降了21%，而欧盟只承诺达到平均8%的目标。此外，可再生能

源在丹麦最终能源总消费中的占比在过去几十年里不断增加，2020年达到了约36%的水平。总的来说，基于过去几十年积累的经验，丹麦整体上在各个领域都取得了进步，成为全球碳中和先进国家。

### 1.2 丹麦碳中和行动战略

全球正面临气候危机。我们耗尽了太多的地球资源，排放了太多的污染，地球已经不堪重负。这些行为引起了不良后果。过去四年是地球上记录以来最热的四年。世界海平

面正以前所未有的速度上升，而北极海冰的数量已创新低。

### 2020年后的框架

为了跟上国际能源署实现全球“净零”目标的步伐，丹麦已经制定了该国2020年后碳中和进展框架。丹麦2020年后的碳中和目标如下：

关于碳中和的工作，丹麦将努力实现到2030年国内可再生能源占比达到55%左右

Stop on the sale of new petrol and diesel cars in 2030, and plug-in hybrid cars in 2035.

From 2020, all new busses must be climate-friendly powered by e.g. electricity, hydrogen, biogas, or biofuels. From 2030, city busses and taxis may not be powered by fossil fuels, but by e.g. electricity or hydrogen.

Concrete initiatives and targeted research will future-proof agriculture.

Initiatives in housing, industry, and shipping will also benefit the climate and air quality.

Climate labeling and information will make it easier to be a climate-conscious consumer.

Research in carbon capture and storage will pave the way for a climate-neutral Denmark.

Stop on the sale of new petrol and diesel cars in 2030, and plug-in hybrid cars in 2035.	在2030年停止销售新的汽油和柴油汽车，在2035年停止销售插电式混合动力汽车。
Initiatives in housing, industry, and shipping will also benefit the climate and air quality.	住房、工业和航运方面的计划也将有利于控制气候和空气质量。
From 2020, all new busses must be climate-friendly powered by e.g. electricity, hydrogen, biogas, or biofuels. From 2030, city busses and taxis may not be powered by fossil fuels, but by e.g. electricity or hydrogen.	从2020年开始，所有新型公交车必须采用电力、氢气、沼气或生物燃料等气候友好型能源。从2030年开始，城市公交车和出租车可能不再使用化石燃料，而改用电力或氢等燃料。

Climate labeling and information will make it easier to be a climate-conscious consumer.	气候标记和信息将使人们更容易成为具备气候意识的消费者。
Concrete initiatives and targeted research will future-proof agriculture.	面向未来农业制定具体的计划和有针对性的研究。
Research in carbon capture and storage will pave the way for a climate-neutral Denmark.	碳捕捉和储存研究将为丹麦实现气候中和铺平道路。

的目标，即在2030年之前逐步淘汰煤炭，减少工业和住宅的温室气体排放等，从而达到2050年丹麦气候中和的目标。

## 2.案例研究

在丹麦境外，丹麦的消费和活动对温室气体排放也有影响，丹麦人会购买其他国家生产的产品，所以丹麦人的平均气候足迹要高于全国各个地区的水平。对此，丹麦企业尝试将可持续发展纳入其价值链并出口绿色解决方案，这是丹麦全球战略的关键组成部分。政府还与一些新兴经济体合作，通过双边战略部门合作减少全球温室气体排放。

由于丹麦在推动绿色转型方面富有经验，且丹麦也专注于成为碳中和期刊中的先驱之一，因此探索在世界不同城市实现本地化实践也很重要。



提振全球气候治理雄心



减少全球温室气体排放



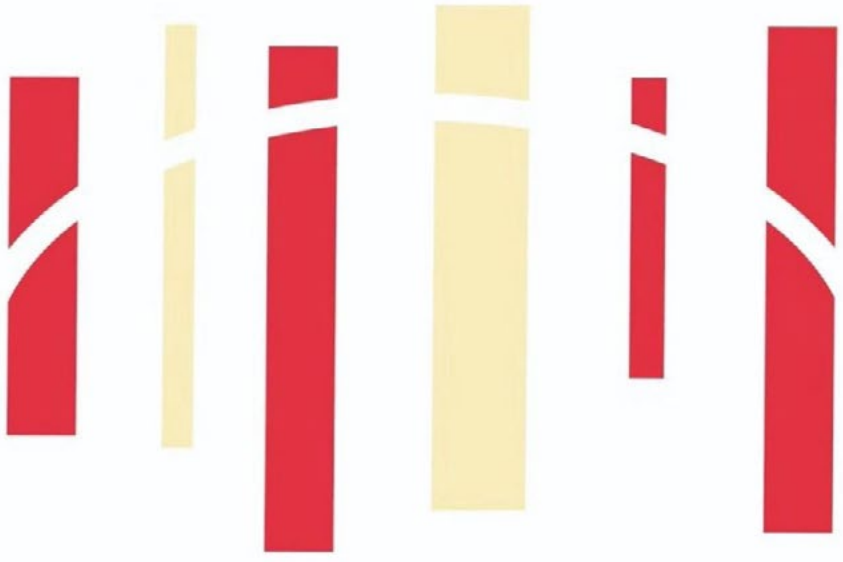
加强对适应性和可持续性发展的重视程度



将财政从黑色能源转移至绿色能源



与私营部门就绿色解决方案达成合作




# Nordic Sustainable Cities

## 北欧可持续发展城市

<https://www.nordicinnovation.org/sustainablecities>

在中国的项目由丹麦创新中心、挪威创新署、瑞典贸易投资委员会、芬兰贸易促进会、以及冰岛驻华大使馆共同推进。  
Co-financed by Nordic Innovation, the project in China is implemented with joint efforts of Innovation Centre Denmark, Innovation Norway, Business Sweden, Business Finland, and Embassy of Iceland.



Nordic Sustainable Cities	北欧可持续城市计划
<a href="https://www.nordicinnovation.org/sustainablecities">https://www.nordicinnovation.org/sustainablecities</a>	<a href="https://www.nordicinnovation.org/sustainablecities">https://www.nordicinnovation.org/sustainablecities</a>
Co - financed by Nordic Innovation, the project in China is implemented with joint efforts of Innovation Centre Denmark, Innovation Norway, Business Sweden, Business Finland, and Embassy of Iceland.	在中国的该项目由北欧创新中心共同出资, 由丹麦创新中心、挪威创新署、瑞典贸易投资委员会、芬兰贸易促进会和冰岛大使馆共同实施。
Nordic Innovation	北欧创新中心
BUSINESS FINLAND	芬兰贸易促进会
Innovation Norway	挪威创新署

以下的案例研究阐明了合作过程中的碳中和经验、可持续意识平台的创建以及具体的绿色流程开发。

## 2.1 政府碳中和计划

### 2.1.1 北欧可持续城市计划

世界各地的大量人口正受到城市化进程不断加速的影响，这造成了一些健康、安全和环境问题。这一情况还导致全球对城市环境治理解决方案的需求不断上升。

根据联合国《世界城市化展望报告2018》，到2050年，城市预计将容纳全世界68%的人口。《2030年联合国议程》指出城市在促进可持续发展方面具有重要作用，议程还强调有必要使城市更具包容性、安全性、可恢复性和可持续性。现有大约85%的北欧人口生活在城市。

为了在北欧和中国之间建立起可持续和碳中和的协同机制，在丹麦创新中心、挪威创新署、瑞典贸易投资委员会、芬兰贸易促进会和冰岛大使馆等五个北欧官方机构的共同努力下，北欧创新中心发起了一项名为北欧可持续城市计划的重点项目。该计划旨在将北欧可持续解决方案推广到中国市场，以应对当前可持续发展的迫切需求，同时也为碳中和相关行业创造可落实的商机。该计划不仅与其他合作协议有关联，也涉及到城市如何

推进零碳排放。

北欧可持续城市计划是北欧应对全球挑战方案中六大重点计划之一，由北欧五国首脑共同发起的计划，旨在分享北欧的专业知识和经验以助力联合国可持续发展目标实现。北欧部长理事会负责协调该项目。北欧低碳城市利用城市居民的临近性汇聚减少碳排放的共同努力，并且不妨碍经济增长。

“应对全球挑战的北欧解决方案是北欧国家首脑提出的联合计划。我们希望邀请全世界分享北欧六个重点项目的知识和经验。这些北欧解决方案将成为我们共同努力在2030年之前实现联合国可持续发展目标的有效工具。”

——北欧部长理事会

建筑、交通运输和能源是北欧城市低碳计划的重点。许多建筑物都优于国家建筑规范，多式联运网络鼓励人们跟团旅行，可再生能源正逐步成为工业、居住区和公共交通的能源供应来源。将一个城市的活动从传统经济模式转型到循环经济模式，需要进行系统性的改革，也需要实施能让社会各界参与的包容性战略。整个北欧地区的市政府、企业和个人都在研究新方法，以发掘产品和服务的潜力。循环经济努力的一个重要前提是废弃物处理。业界表示，北欧社区正越来越多地尝试从资源效率中获取收益。建造新建筑所

北欧城市在宜居性、吸引力以及良好运行的综合技术解决方案上被视作楷模。北欧的优势包括但不限于：**北欧的建筑和设计、综合规划、洁净的空气和水、气候变化适应、智能城市解决方案、城市机动性、循环经济和废弃物管理**，多层次和多方参与性治理。

北欧企业在这些领域处于全球领先。

In the Nordic region we can offer high quality urban solutions based on our Nordic strengths such as **architecture & design, urban planning, clean air & water, climate adaptation, intelligent city solutions, city mobility, circular economy and waste management**, as well as multi-stakeholder engagement in governance. Nordic companies are world leading in these fields.

目前，在北欧创新署的协调下，在中国首批挑选的六个城市包括**北京、雄安新区、西咸、成都、肇庆和宜兴**，推广北欧可持续城市的理念和解决方案。

Currently, 6 Chinese cities has been selected as pilot cities including **Beijing, Xiong'An, Xixian, Chengdu, Yixing, and Zhaoqing**.

与当地政府合作，根据具体城市发展需求和环境保护需求提供量身定制的解决方案，使北欧的设计和技术为中国的可持续发展服务。

Through collaboration with local government, Nordic Sustainable Cities project provides tailor-made solutions for Chinese cities taking into consideration of both development needs and environmental protection needs, contributing to sustainable development goals with Nordic designs and technologies.

We aim at establishing a number of industry verticals of Nordic companies & Chinese solution providers / integrators i.e. within:

促进北欧企业和中国企业在以下几方面的合作：

Smart & livable urban city design 智慧宜居城市设计

Water & Wastewater solutions 供水和水处理解决方案

Clean energy & Energy efficiency 清洁能源和能效

Climate adaptation 气候变化适应

Circular economy and waste management 循环经济和废弃物管理

 **Nordic Sustainable Cities**

 **Nordic Innovation**

In the Nordic region we can offer high quality urban solutions based on our Nordic strengths such as architecture & design, urban planning, clean air & water, climate adaptation, intelligent city solutions, city mobility, circular economy and waste management, as well as multi-stakeholder engagement in governance. Nordic companies are world leading in these fields.	北欧城市在宜居性、吸引力以及良好运行的综合技术解决方案上被视作楷模。北欧的优势包括但不限于:北欧的建筑和设计、综合规划、洁净的空气和水、气候变化适应、智能城市解决方案、城市机动性、循环经济和废弃物管理、多层次和多方参与性治理, 北欧企业在这些领域处于全球领先。
Currently, 6 Chinese cities has been selected as pilot cities including Beijing, Xiong'An, Xixian, Chengdu, Yixing, and Zhaoqing.	目前, 在北欧创新署的协调下, 在中国首批挑选的六个城市包括北京、雄安新区、西咸、成都、肇庆和宜兴, 推广北欧可持续城市的理念和解决方案。
Through collaboration with local government, Nordic Sustainable Cities project provides tailor-made solutions for Chinese cities taking into consideration of both development needs and environmental protection needs, contributing to sustainable development goals with Nordic designs and technologies.	与当地政府合作, 根据具体城市发展需求和环境保护需求提供量身定制的解决方案, 使北欧的设计和技术为中国的可持续发展服务。
We aim at establishing a number of industry verticals of Nordic companies & Chinese solution providers / integrators i.e. within:	促进北欧企业和中国企业在以下几方面的合作:
Smart & livable urban city design	智慧宜居城市设计
Water & Wastewater solutions	供水和水处理解决方案
Clean energy & Energy efficiency	清洁能源和能效
Climate adaptation	气候变化适应
Circular economy and waste management	循环经济和废弃物管理
Nordic Sustainable Cities	北欧可持续城市计划
Nordic Innovation	北欧创新中心



用的材料、对居民垃圾的回收利用以及从污水管网中获取能源，都有助于提高当前城市系统的效率。

## 2.2 碳中和的三螺旋式合作

在推进碳中和时，形成由高校科研力量驱动、政府提供支持、企业验证的模式至关重要。一项名为“Aurora”的独特创新项目就是一个极佳的示例，它阐释了学术界、产业界和政府三方如何共同努力，促进经济和社会发展的三螺旋模型。

### 2.2.1 Aurora与AuroraLOOP

(1) 中国太阳能十项全能竞赛和Aurora项目

Aurora是2021年中国国际太阳能十项全能(SDC)竞赛的参赛作品，由丹麦技术大学(DTU)和苏州大学(SUDA)联合完成。

中国国际太阳能十项全能竞赛源自太阳能十项全能竞赛(SD)，后者是一项由美国能源部发起的国际大学生建筑类竞赛，其旨在激励成千上万的大学生团队设计、建造和

SOLAR DECATHLON CHINA	中国国际太阳能十项全能竞赛
Technical University of Denmark	丹麦技术大学

运营具有创新性、可持续性、韧性、可负担、高性能且低碳足迹的太阳能住宅。目前，太阳能十项全能竞赛已分别在六大洲举办，Aurora项目参与了2021中国国际太阳能十项全能竞赛(SDC)。2021中国国际太阳能十项全能竞赛将于秋季在中国张家口举行，该项赛事主要提出了三大挑战——可持续发展、智慧连接和人类健康。

Aurora是中国国际太阳能十项全能竞赛中15个住宅类参赛项目之一。它由丹麦技术大学负责设计，由苏州大学负责建造和演示。这一住宅不仅具有宏伟的创新设计，而且融入了碳中和



与可持续发展的构思。Aurora住宅致力激发居住者身心，实现人与房屋之间的积极对话。此外，Aurora项目位于张家口，被官方指定为2022年冬奥会的居住场所，它将向世界展示碳中和住宅解决方案。

## (2) 从技术视角看Aurora项目如何实现碳中和

住宅需要为居住者提供安全保障、社交生活/私人生活空间、创意活动空间、家庭隐私空间。Aurora允许公共和私人活动空间以一种灵活的方式开展互动，因为它设计有公共、半公共和私人空间，可以通过最低限度的实物变动轻松实现转换。此外，这是一项将可持续发展作为目标、融合了斯堪的纳维亚和中国的建筑和文化元素的项目。木材、天然材料、自然采光和简洁的线条都是斯堪的纳维亚设计的特点。与此同时，竹材在世界另一端的中国有着悠久的历史，它也被认为是一种具有可持续性、可再生性、可快速增长、高性价比的耐用材料。竹材是Aurora设计的主要材料之一，用于梁、柱

等结构部件，以及外部包层和室内设计。Aurora试图复制斯堪的纳维亚住宅的灵活性和长期耐用性，采用了1.5住宅的构思。1.5住宅由一幢三居室的主宅和一幢较小的次宅（0.5居所）组成，后者可以用作工作室、工作场所或健身中心等。居住者可以根据自己的需求以各种方式使用这一区域，使之实现各种功能。

在Aurora住宅的各个方面都可以见到碳中和设计。其中一大亮点是房屋的太阳能屋顶，它是整个设计的关键组成部分。它不仅提供电力，而且还增加了周围环境和建筑的整体美感。它有放置太阳能电池板的空间，并呈现出一种零能耗家庭的风貌。

通风在保持适宜的室内空气质量方面的重要性毋庸置疑。现代建筑环境采用了有效的通风策略，以节能的方式提供舒适的室内温度，从而满足不断增长的舒适度需求，并保护居民的健康和福祉。整个系统具有帮助人们减少煤炭和生物燃料发电厂CO<sub>2</sub>排放的潜力。

(3) Aurora如何搭建用于知识交流和实现本地化的碳中和平台

在实体Aurora住宅之外，一座多维度的平台想必也能引起人们的关注。Aurora LOOP代表与该项目相关的平台。Aurora得到了产业基金会的支持，这家丹麦组织的主要投资对象是应对社会挑战并帮助丹麦发展的企业家、研究人员和企业。此外，该项目由丹麦创新中心（ICDK）推动，该组织旨在帮助丹麦研究机构和企业获得国外的知识、网络、技术、资本和市场机会。另外，从事绿色、智慧和健康住宅的圈内公司还组成了一个与Aurora相关的绿色建筑联盟。换句话说，Aurora LOOP是一座连接大学、政府和企业的平台。

Aurora LOOP为中小企业（SME）提供四种主要类型的活动：项目路演，这是一种网络研讨会形式的展示，它为公司提供一座展示舞台；Aurora开放活动将直接向中国观众和感兴趣的相关群体展示室内产品；组织10家丹麦中小企业与中国潜在消费者、合作伙伴和经销商召开“结对会”，并在社交媒体上进行宣传；最后一种是展览。事实上，自从这一项目开始以来，其已经成功地举办了数字演讲、圆桌讨论、研讨会和路演。在Aurora住宅建设和中国太阳能十项全能竞赛之后，将有更多的展览计划在近期推出。Aurora LOOP平台成功地促成了中

丹两国在碳中和领域的合作，这也符合国际能源署的“净零”目标以及丹麦国内发展计划的框架。

## 2.3 助力亚洲碳中和进程

不仅中国在积极借鉴丹麦经验，其他亚洲国家也在寻求可持续发展的解决方案。

下面的案例研究由丹麦首尔创新中心执行。

### 2.3.1 大邱污水污泥处理与资源回收

Korea is responsible for assisting Danish corporations to put into their innovation and services.

大邱是韩国第四大城市，人口约250万。为了迈入净零城市之列，城市必须寻找从污水处理厂收集污泥的新型应用，并提高其处理工艺。为推进城市的碳中和计划，大邱推出了“污水污泥处理及资源回收”项目。有三个国家的专家小组参与该项目，它们分别来自韩国、墨西哥和丹麦。与“Aurora”项目类似，位于韩国的丹麦创新中心（ICDK）负责协助丹麦企业提供创新和服务。

#### (1) SludgeX计划中来自丹麦的团队

大邱环境公司提出了SludgeX任务，该任务涉及沼气废水处理厂的污泥管理效率问题，

参与SludgeX任务的丹麦团队将与参加“新一代水行动”计划的其他各国团队一起寻求解决方案。

在处理污水废水时形成的凝结有机半固体称为污水污泥，它们将被回收或者返回到环境中。这些污泥不仅仅是废物，使用精密设备加以处理，可以将其变为生成可再生能源的重要来源。能量被锁定在污泥的有机碳分子中。

这些分子可以被分解并转化为甲烷，甲烷是一种能量密度很高的燃料，可以利用它产生热量和能量，这个过程被称为“厌氧消化”。在接下来的部分将介绍这一过程是如何进行的，以及SludgeX如何优化系统，以实现可持续性和效率的最优化。

## (2) 过程如何进行？

厌氧消化是细菌在无氧环境中分解污泥中有机分子的过程，这一过程将导致由细菌排放的气体也缺乏氧分子，从而产生CH<sub>4</sub>（或称甲烷），这种物质主要由碳和氢组成。甲烷是一种非常高效的燃料，可用于供暖和发电。污水处理厂通过消化污泥来产生沼气，并将能量用于现场活动，通过减少厂外处理污泥的碳排放提高设施的可持续性。

热解是另一种从污泥中获取再生能源的技术，它在我们独特的系统中使用。热解并不

是一项新工艺，已有大量研究和成熟技术；然而，我们的系统将热解和厌氧消化结合在一起，通过一种独特的配置最大限度促进污泥消化和热解，以尽可能获取可再生能源。由于方式的独创性，目前过程细节尚未公布，但SludgeX已经开始为这种方法申请专利。

随着沼气能源使用量减少了50%左右，同时沼气产量增加了24%，成本得到了节约，该方案可在短短四年时间内收回资本投资，其具有能源效率和经济优势。

这种方法有可能从加强沼气再利用中创造可观的经济价值，协助污水处理设施使用更少的外部能源，同时减少将污泥运送到发电厂的能源浪费，并节省了为燃烧这些污泥所需支付的费用。

当生物炭生产规模扩大并最终取代火电厂时，生物炭中的碳会产生负碳足迹，从而促进世界各地城市的可持续性发展。近几十年来，可持续发展的价值和推动力得到了大幅提升，我们的方法可以帮助实现联合国十七项可持续发展目标中的四项。

这是将丹麦在碳中和技术和商业方面的经验引入亚洲市场的又一创新方式。

## 2.3.2 卧龙自然保护区都江堰大熊猫救护与疾病防控中心

卧龙自然保护区都江堰大熊猫救护与疾病防控中心是2008年四川“5.12地震”后由香港援建的项目。这是世界上第一家集大熊猫疾病治疗、康复、研究、科教为一体的大熊猫医院。该项目的设计概念是在建筑的整个生命周期中追求最低能源消耗。该项目已同时在设计和运营方面获得三星级绿色建筑认证。

该建筑采取将熊猫医疗技术与生态环节保护要求相结合的设计理念，总体遵循地形和川西林盘的特征，建筑和环境彼此和谐相处。从而保护了中心的生态湿地。建筑形式受当地民居的启发，试图与环境相适应。项目采用了旧建筑的废砖、地源热泵、雨水收集、道路雨水渗透、被动通风吊顶、墙体复合保温等特有的环保节能措施和技术。

根据相应的功能要求，项目利用了原有的宅基地和道路，因地制宜地布局主要建筑和道路，从而最大限度地保持原有的地形、植被、湿地和水系，以减少水土流失。项目绿化覆盖率达80%以上。所有的车道、人行道、停车场都铺设了透水材料，室外透水地面占总面积的82.5%。

本项目结合现场的自然条件和当地的经济水平，采用适当的以结果为导向的低碳技术，降低建筑的整体能耗以及维护成本。水资源利用、软水收集和再利用等方式体现了低碳和节能设计理念。这两种设计使总有效调节

和储存水量达到3000m<sup>3</sup>，非常规水源利用率达到60.3%。

本项目的设计继承并完善了传统民居的通风和保温层，在基本保留原有建筑逻辑的基础上，采用新材料进一步降低建筑空间的能耗。（附录D）。

在吸收传统建筑智慧的基础上，通过嵌入保温吊顶，将能耗区域限制在合理范围内。这样就可以利用空气中的垂直温差形成自然通风。

通过综合运用多种绿色技术，建筑实现了60.6%的节能效果。测量结果显示，建筑单位面积能耗仅为48kwh/（m<sup>2</sup>·a），比普通建筑低36%。

### 2.3.3 中德生态园被动房屋技术展示中心

被动房屋技术展示中心（以下简称“体验中心”）位于青岛中德生态园核心区，这是一座集多种被动式超低能耗相关功能于一体的多功能建筑。这些功能包括绿色建筑技术研发、体验中心、展区、会议室、居住区等。体验中心建筑总面积近14000平方米，地上五层，半地下一层，地下一层。这是亚洲首个高标准被动式房屋项目，它是中德技术合作的成果。该项目采用绿色、低碳的设计理念，与ROCKWOOL（石棉）的性能相匹配——该材料用于建筑的外墙保温。

被动式房屋是在低能耗建筑的基础上建立起来的一种新型建筑。保暖效果主要通过保温和密封来达到，而不是使用传统的供暖系统。体验中心保温层采用ROCKWOOL石棉，厚度为150毫米至250毫米。该材料因其优异的保温性能和卓越的耐久性，得到了项目业主和设计师的高度评价。这可确保项目在以后的使用中始终保持其设计性能标准和功能。

被动式房屋室内温度全年保持在18°C至26°C之间，夏季不需要空调，冬季不需要供暖，能够有效提高室内的舒适度。体验中心通过其高质量的隔热材料和被动式建筑设计达到了令人难以置信的节能效果。预计每年可节约能源130万kWh，减少碳排放664吨。公司通过了德国被动式房屋协会（PHI）的被动式房屋认证，并在中国获得了三星绿色建筑认证。体验中心是目前亚洲最大的被动式建筑，也是世界上功能最复杂的被动式房屋。它被中国住房和城乡建设部选定为2017年科技项目。ROCKWOOL从项目初期就参与了体验中心的建设。ROCKWOOL石棉带来的卓越建筑保温性能成为被动式房屋项目成功的关键。

## 2.4 碳中和创新研究

除了我们正在为一个更绿色、更具可持续、更公平的世界做出贡献之外，助力全球绿色转型工作也符合丹麦自身利益。丹麦的绿色

出口、经济增长和就业都得益于丹麦绿色解决方案的全球推广工作。丹麦对全球气候行动的承诺可以帮助我们获得专门知识、新技术、解决方案和投资，这将有助于丹麦自身的绿色转型，助力丹麦经济社会发展保持引领地位及前瞻性，并帮助丹麦实现宏大的气候目标。

寻找和验证从传统燃料资源向可再生能源转型的过程也是实现碳中和的一条非常有效的途径。促成来自中国和丹麦的研究人员合作，开展获得可再生能源的实践探索，是推动绿色发展的积极尝试。以下案例目前正在进行中，它们均得到了丹麦创新基金的支持。

### 2.4.1 HEAT4RES——使用热泵进行灵活集中供热，实现电热调度与可再生能源一体化

HEAT4RES项目于2019年启动。三分之二的丹麦家庭使用集中供热。主要燃烧煤炭和天然气的热电联供（CHP）电厂提供了40%的热能。为了实现到2035年实现无化石燃料发电和供热的国家目标，必须逐步淘汰煤炭和以煤气为燃料的热电联产设施。HEAT4RES项目旨在通过在集中供热系统中利用现有的电锅炉和蓄热装置安装热泵，以实现能源系统的高成本效益和安全运行，这种能源系统将具备较高的可再生能源渗透率。来自丹麦的丹麦电力与能源中心、丹麦

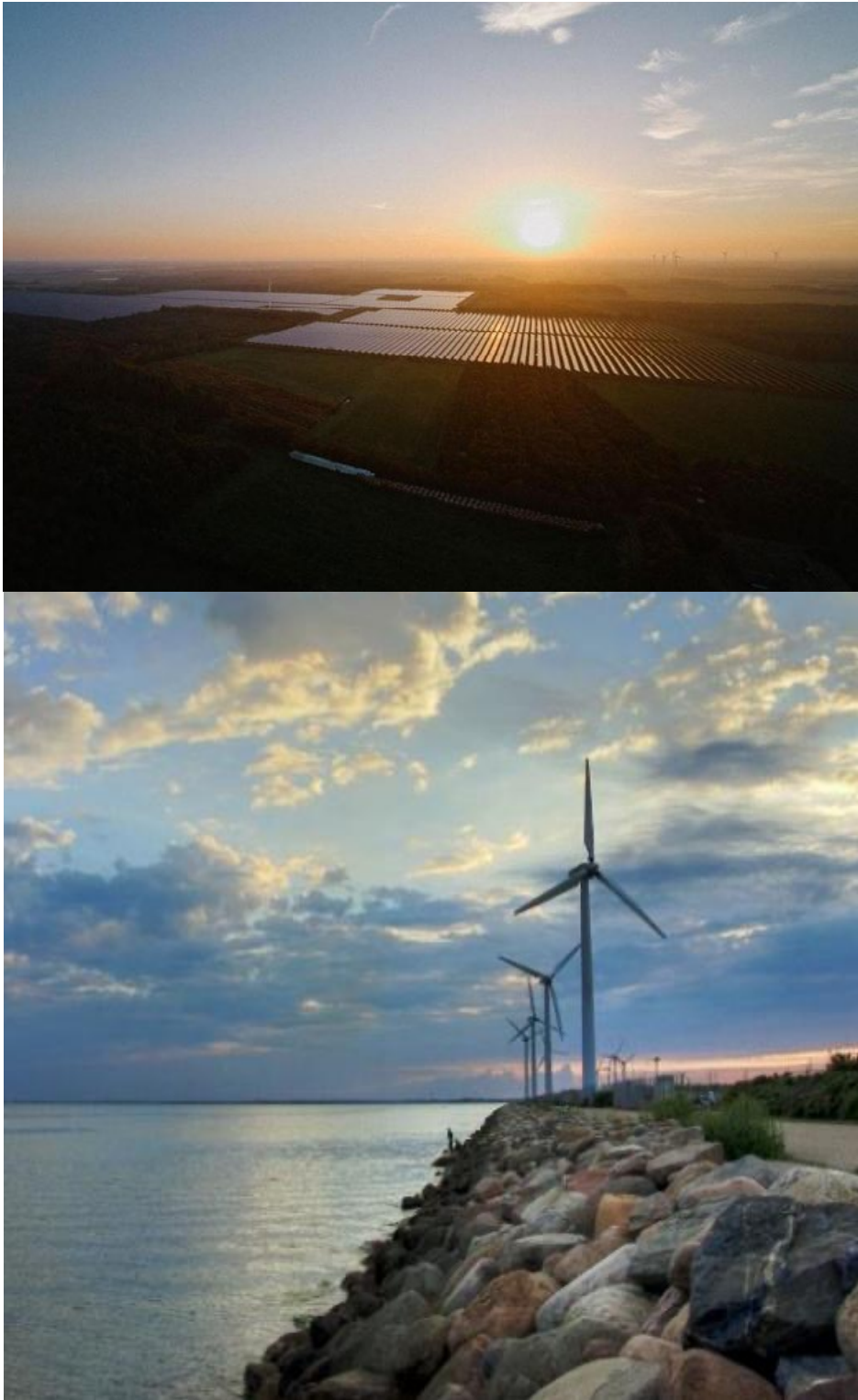


图2.4.1 丹麦的太阳能发电厂和风力发电厂

技术大学电气工程系和维斯塔斯将与清华大学、华北电力大学、国电新能源技术研究中心、烟台龙源电力技术股份有限公司一起对电热一体化系统进行优化。如果这项计划获得成功，将为丹麦电力用户节省数百万丹麦克朗。此外，该计划还将为未来的绿色电力和热能输送提供通用的方案。能源技术供应商和公用事业公司最终将把项目的研究成果付诸实践。所产生的价值将造福于社会、能源技术供应商、热能供应商和最终用户。

#### 2.4.2 IECC——一体化智能和高效电解能量转换和控制系统

丹麦希望到2050年彻底摆脱化石燃料。因此，用于电力系统和能源运输的新型蓄能解决方案至关重要。与此同时，在2016年和2017年，中国借助可再生能源替代1000亿千万时的火力发电。这是丹麦全年用电量的三倍。IECC将成为开发一个可负担的、高效能源-燃气/氢系统的项目。研究人员试图通过该项目寻求可行的解决方案，包括通过功率分数处理的新配置实现高效率，使用智

能电解实现灵活性，使用交流滤波降低成本。对于丹麦而言，该项目是由丹麦和中国在电解领域的合作伙伴于2019年底启动，预计到2022年1月完成。该项目的合作机构包括来自丹麦的丹麦技术大学、NPC Tec、绿色氢气和国家清洁与低碳能源研究所（NICE）和来自中国的清华大学四川能源互联网研究院、中国矿业大学（北京）、臻泰能源科技有限公司、北京华电天仁电力控制技术有限公司、国家电网四川电力公司。合作伙伴提交的创新和专利将用于商业化与未来的研发工作。

## 参考文献

1. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/dk\\_final\\_necp\\_main\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/dk_final_necp_main_en.pdf)
2. [https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/denmark\\_draftnecp.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/denmark_draftnecp.pdf)
3. <https://innovationsfonden.dk/da/investeringer/investeringshistorier/dansk-kinesisk-samarbejde-19-mio-kr-til-forskning-i-gronne>
4. [https://innovationsfonden.dk/en/investments/investments-overview?field\\_program\\_target\\_id=&field\\_start\\_year\\_value=&field\\_area\\_target\\_id=36&page=7](https://innovationsfonden.dk/en/investments/investments-overview?field_program_target_id=&field_start_year_value=&field_area_target_id=36&page=7)
5. [https://innovationsfonden.dk/en/investments/investments-overview?field\\_program\\_target\\_id=&field\\_start\\_year\\_value=&field\\_area\\_target\\_id=36&page=8](https://innovationsfonden.dk/en/investments/investments-overview?field_program_target_id=&field_start_year_value=&field_area_target_id=36&page=8)
6. <https://orbit.dtu.dk/en/projects/integrated-energy-conversion-and-control-for-smart-and-efficient->
7. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/405543d2-054d-4cbd-9b89-d174831643a4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/405543d2-054d-4cbd-9b89-d174831643a4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf)
8. <https://www.archdaily.com/416791/uow-australia-wins-the-2013-solar-decathlon-china>
9. [https://news.cucas.cn/school\\_news/House-Designed-by-SCUT-Students-Wins-First-Place-at-SDC-2018/5357](https://news.cucas.cn/school_news/House-Designed-by-SCUT-Students-Wins-First-Place-at-SDC-2018/5357)
10. <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1297072/FULLTEXT01.pdf>
11. [http://nordregio.org/sustainable\\_cities/](http://nordregio.org/sustainable_cities/)
12. <https://www.nordicinnovation.org/sustainablecities>
13. <https://nextgenerationwateraction.com/team-3-dk-sludgex/>
14. <https://nextgenerationwateraction.com/daegu-city-mx>
15. <https://unify.caneurope.org/policy-areas/necp/denmark/lulucf/>
16. <https://unify.caneurope.org/policy-areas/necp/denmark/share-of-energy-from-renewable-sources-in-gross-final-consumption-of-energy/>
17. <https://denmark.dk/innovation-and-design/green-solutions>



\* dan.friess@nus.edu.sg

根据国际货币基金组织 (IMF)《全球金融稳定报告》中的最新分析,全世界规模达到50万亿美元的投资基金行业(尤其是可持续主题的基金)可以发挥重要作用,有助于为绿色经济转型提供融资,并帮助避免气候变化带来的一些最危险的影响。在2022年举办的第十一届世界城市论坛上,在六场主题对话中特别设置未来城市经济与金融的对话,指向国家和城市要从新冠疫情中有序恢复,并保持在包容性和可持续增长的道路上行进,需要针对企业家提供一系列有针对性的经济支持和救济方案。在推动碳中和的行动中,涉及到产业结构、经济结构和金融结构的三大转型,这将产生巨大的资金缺口,同时也是价值被严重低估的资本洼地,需要通过金融的手段和工具来引导资金的流向,构建可循环可持续的绿色商业闭环。本章精选的两篇文章从绿色商业银行和构建面向碳中和目标的金融数据要素市场的角度,提供了公私合营(Public-private partnership)视角下城市绿色金融创新和碳积分和碳激励体系的转型思路。

## 第四章

# 城市绿色 金融创新

# 碳中和 绿色银行改革案例

朱韵, 帕里斯·哈德菲尔德, 郭倩仪, 董晓群  
国际金融公司可持续发展与气候融资咨询部

为了实现全球气候目标, 并对城市实现碳中和所需的一揽子政策做出响应, 就要求获得大量融资, 仅靠公共部门是无法满足这一资金需求的。私营部门融资对取得绿色转型的成功至关重要。因此, 金融部门, 特别是商业银行可以发挥重要作用——不仅可以通过提供可持续的金融产品和服务, 而且通过各种方式影响其他部门, 这些方式包括可持续投资趋势和业务创新。

这种需求同样也带来了巨大的投资机会。据国际金融公司 (IFC) 的研究估计, 到2030年, 仅在新兴市场的城市就有吸引超过29万亿美元与气候相关投资的潜力。(IFC 2018)。关键部门涉及绿色建筑、低碳交通、气候智慧城市、水和废物管理基础设施以及可再生能源。如今, 亚洲银行的绿色投资组合估计超过2000亿美元——每年具备可以减排2亿吨温室气体的潜力。这相当于一关闭35座1000兆瓦燃煤电厂的效果。

什么是绿色商业银行? 它是如何运作的?

绿色商业银行具有多项职能, 绿色投资组合

只是其中之一。为了实现绿色变革, 商业银行还需要创立和普及更多的重点金融产品, 以便释放潜在市场, 履行其气候承诺; 制定可持续发展的中长期战略规划; 提高整个银行在绿色金融方面的知识和能力等。

为满足金融部门客户和国际合作伙伴日益增长的需求, 国际金融公司最近发起成立了绿色商业银行联盟。这一新的全球计划将汇集金融机构、研究机构和技术服务商, 以加速采用绿色银行的实践, 并增加可用于气候投资的资金。

该联盟利用国际金融公司在气候融资和可持续性风险管理方面的全球经验和当地市场知识, 为商业银行的绿色变革提出了宏大的目标和以下五大支柱框架。这五大支柱框架旨在指导银行制定战略规划, 同时允许灵活探索具有差异化和特色的绿色发展道路。下面是对该框架的运行方式和真实案例的高屋建瓴的阐述:

1. 绿色投资组合: 促成提供绿色贷款组合, 目标是普及绿色融资, 减少对排放密集型

产业的融资。例如，中国的绿色金融领军企业兴业银行已将绿色资产占总资产的比例扩大到15%（远高于中国银行业10%的平均水平）。截至2020年，其绿色金融总余额达到了1778亿美元。

2.绿色新业务：鼓励设计新的产品和服务，发展绿色业务和服务于绿色市场。例如，乌克兰天然气银行（Ukrigasbank）是国际金融公司在乌克兰设立的绿色银行样板，该行已经向大中型绿色项目发放了400多笔贷款，自2016年以来的绿色贷款额也已经超过8亿美元。印尼华侨银行（Bank OCBC NISP）是印度尼西亚绿色债券市场的先驱，它发行了该国首只商业贷款机构的绿色债券（国际金融公司投资1.5亿美元）。该债券旨在为环境友好型项目提供资金，并帮助国家降低气候影响。

3.战略承诺：制定中长期可持续发展战略规划，重视提高绿色金融内部能力。汇丰银行（HSBC）于2020年宣布了一项长远计划，即为支持净零的全球经济转型优先安排融资和投资。该计划包括资金支持、气候解决方案和创新支持，以及银行净零承诺。2015年，花旗银行宣布了其可持续发展战略，将该行的业务分为三大支柱：环境金融、环境与社会风险管理，以及运营与供应链。

4.碳中和：支持业务和/或投资组合的脱碳，以实现碳中和。例如，德意志银行已经

设定了减少碳足迹的目标，并在2013年的业务运营中实现了碳中和。去年，渣打银行宣布了到2030年实现净零碳排放的目标。黑石集团是全球最大的资产管理公司，该集团已开始在其网站上公开自2020年底以来的共同基金碳足迹数据。

5.环境、社会 and 气候风险管理：帮助管理气候风险敞口，并在管理环境和社会风险以及贷款和投资绩效方面遵守国际良好实践。例如，作为领先的环境、社会和公司治理（ESG）管理领域的资产管理公司，瑞士联合银行（UBS）一直在不断披露其ESG报告，并在目标年份宣布其长期发展目标。自2017年以来，先锋领航投资管理公司（Vanguard）始终要求接受其投资的公司披露与气候相关的风险。标普全球（S&P Global）已将气候风险纳入其评级的决定因素中。

我们认为，金融机构需要有指示性结果或明确的行动计划，以便承担至少三项支柱（如果无法承担全部），从而实现绿色改革。

以下是三则详细的真实案例，从中可以探寻大型综合银行以及中小型商业银行在绿色之路上的前行之道。虽然不是所有国家都通过联盟框架实行改革，但值得注意的是各国的计划具有高度的协同性。

## 案例研究

### 1. 北欧联合银行, 北欧地区

北欧联合银行是北欧最大的银行，总管理资产为3540亿欧元，营业收入达到了84.66亿欧元。这家银行为22个国家的客户提供服务，拥有四大服务领域——对私银行业务、对公银行业务、大型企业和机构、资产和财富管理。

在过去的几年里，北欧联合银行收到来自其企业、机构和家庭客户关于可持续融资的咨询日渐增多。作为回应，该行已主动提供几种产品和融资解决方案，以支持客户应对气候变化的需求。北欧联合银行最近还宣布计划减少其在芬兰的石油和天然气股票，该行将限制200多项基金，这些基金管理着合计1200亿欧元（折合1430亿美元）的石油和天然气股票。为免遭淘汰，能源供应商需要提供证据表明其正在开展绿色转型。由于未能达到上述要求，英国石油公司、荷兰皇家壳牌、挪威国家石油公司的股票已被抛售（2021彭博绿色）。

为了介绍北欧联合银行的最佳实践，以下将举出该行在《2020年可持续发展报告》中提供的一些精选示例：

#### 支柱1——绿色投资组合

北欧联合银行基于6种不同的资产类别，为

中小企业和大企业客户提供绿色企业贷款，这些具有绿色贷款资格的类别分别是可再生能源、能源效率、绿色建筑、污染防控、清洁能源和可持续管理生物自然资源。经第三方核实后，这些贷款被纳入绿色债券资产投资组合，同时获得通过北欧联合银行的两种绿色债券进行融资的资格，其总额达到了12.5亿欧元。除了北欧联合银行的绿色债券之外，该银行还帮助客户发行绿色、社会和可持续性债券。

#### 支柱2——绿色新业务

2019年，北欧联合银行开始提供与可持续性相关的贷款，基本上可以使用任何类型的贷款工具，但在贷款文件中必须包含可持续性绩效，借款人必须实现明确的年度目标。此外，北欧联合银行还提供绿色抵押贷款、针对建筑节能投资的无担保贷款、绿色车贷和绿色汽车租赁业务。为了帮助客户更容易地识别可持续金融产品，北欧联合银行还设计了一种名为“可持续选择”的新标志，以突出其可持续产品。

#### 支柱3——战略承诺

2020年，北欧联合银行在财政实力、气候行动、社会责任以及治理与文化四大战略领域制定了增强可持续性的中长期目标和计划。目标示例如下：



AuM in sustainability-enhanced funds	可持续发展基金中的资产管理规模 (AuM)
Growth in green corporate loans	绿色企业贷款增长
Increase in transaction volumes for sustainability-linked loans	与可持续发展相关的贷款交易量增加
Growth in green mortgages	绿色抵押贷款的增长
Sustainable Choice	可持续的选择
EUR 36. 3. bn	363亿欧元
EUR 1. 2. bn	12亿欧元
EUR 15. 5. bn	155亿欧元
EUR 207m	2.07亿欧元
FY 2020	2020财政年度

图表3: 2020财年北欧联合银行的绿色改革里程碑和可持续选择标志

● 财政实力——到2023年，建立环境、社会和公司治理的风险管理框架；到2023年，对最易受气候风险影响的部门和客户进行风险评估。

● 气候行动——到2023年，可持续性产品的储蓄额占总流入资金的25%；与2019年相比，2023年的内部运营的碳减排总量减少30%，到2030年减少一半以上。

● 社会责任——到2023年，将对100%的新供应商将进行可持续问题筛查。

● 治理与文化——可持续银行将其作为北欧联合银行文化的一部分实施，并将可持续目标融入到员工的流程中，包括到2023年的员工品牌建设和福利计划。

#### 支柱4——碳中和

北欧联合银行的目标是到2050年实现净零排放目标，到2030年，将其贷款和投资组合中的碳排放减少40%至50%。为了实现这些目标，该行不仅在下游业务中致力于实现碳中和，而且通过将气候行动作为其采购实践的战略重点领域之一，在上游同样铺开这项工作。2020年，北欧联合银行推出了各种举措，以尽可能地减少银行资源消耗，并进一步将循环经济思维融入其业务之中。例如，北欧联合银行在丹麦开展了一项翻新旧IT配件的项目，特别是耳机、键盘和鼠标。该行还进一步将气候因素纳入其供应商选择流程之中。对于所选定的行业部门，北欧联合银行目前在招标请求中增加了基于气

候科学的问题，以确保关键供应商也迈入脱碳之路。

#### 支柱5——环境、社会和气候风险管理

为强化业务战略可持续性、确保对四项战略领域实施监督，作为涉及上述目标决策的一部分，该行已于2020年12月成立了一个新的可持续性和伦理委员会（SEC）。SEC将拥有更强有力、更有针对性的授权，以促进可持续性的跨领域合并，并支持在风险管理中采用ESG因素。此外，产品和风险管理；胜任力、教育和意识；叙事、品牌和传播；人与文化；内部碳减排计划等五项任务的实施结构已经制定完成，其将确保可持续发展能够与所有业务领域和集团职能相结合。各项任务的进展将由SEC负责监督。

## 2.尼日利亚Access Bank Public有限公司

Access银行是一家尼日利亚的商业银行，2019年该行的净利润为2100亿尼日利亚奈拉。其于2019年3月同Diamond Bank Plc合并，按客户数量和总资产计算，两者合并后成为了尼日利亚最大的银行。Access的核心业务包括提供货币市场产品和服务、零售银行业务、发放贷款和预付款、租赁设备、企业融资和外汇业务。

在可持续性方面，Access是尼日利亚首家



所得款项用途	实际地点	债券收益提供的融资额(尼日利亚奈拉)	收益分配日期	影响指标
项目A: 抗洪	维多利亚岛拉各斯	12,845,114,325.79	2019年5月31日	·抗洪能力:900公顷 ·受益于提高抗洪能力的总人数:40万人
项目B: 太阳能	拉各斯大都会区包括-奥霍.马戈多、伊凯贾.伊科伊、阿贾	1,674,600,042.00	2019年12月31日	·可再生能源装机容量:13.39MW ·可再生能源发电:22286MWh/年 ·温室气体减排:10631 tCO <sub>2</sub> eq/年
项目C: 太阳能	埃努古霍斯哈科特港拉各斯和阿布贾	103,722,982.85	2019年12月31日	·可再生能源装机容量:0.92MW ·可再生能源发电:1.531MWh/年 ·温室气体减排:730 tCO <sub>2</sub> eq/年
项目D: 农业(水资源管理)	N/A 不适用	N/A	N/A 不适用	N/A

采用赤道原则的银行。赤道原则是一种风险管理框架，帮助金融机构确定、评估和管理项目中的环境和社会风险。自2010年以来，该行还一直在编写独立的可持续发展报告，每年的问责制和透明度相关数据都有改善。为了更深入地了解Access为实现绿色转型所付出的努力，以下将列举该行《2019年可持续性报告》的部分细节。

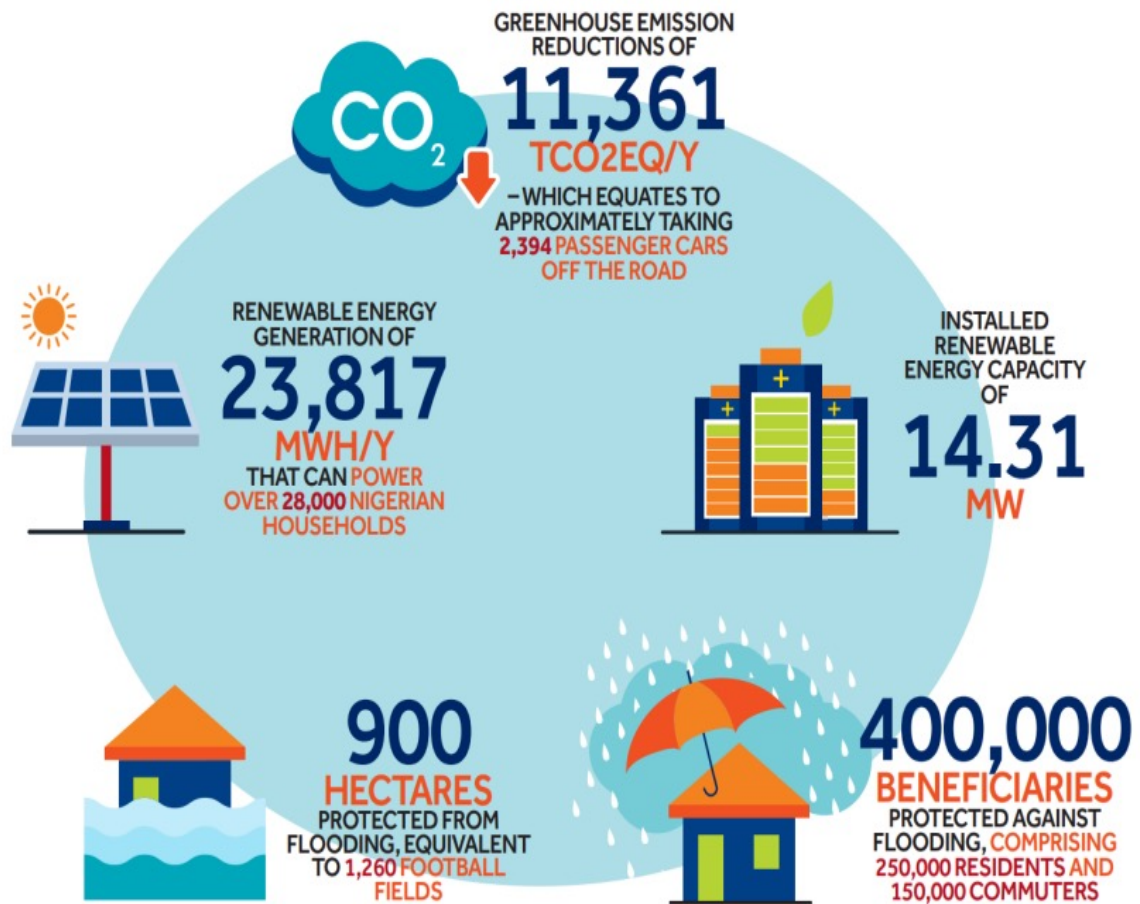
#### 支柱1——绿色投资组合：

作为标准信贷和风险程序的一部分，Access银行根据一系列可持续性相关指标对贷款项目进行环境和社会影响评估。评估还会考虑借款人管理影响的总体能力。Access还通过其绿色债券计划提供绿色贷款资金。下图说明了已成功获得资助的项目

及其产生的可持续影响。

#### 支柱2——绿色新业务：

鉴于具备环保意识的客户对可持续融资解决方案的兴趣日渐浓厚，Access银行在2018年与FMDQ证券交易所、气候债券计划（CBI）和尼日利亚证券交易委员会合作，推出了绿色债券市场发展计划。通过合作，Access于2019年在非洲推出了首只经CBI认证的企业绿色债券，这也是尼日利亚首只在尼日利亚和卢森堡证券交易所交叉上市的绿色债券。迄今为止，总计有146.23亿尼日利亚奈拉已分配给上文图表2所示的三个绿色项目。这些项目的年度综合影响如下文所示。



GREENHOUSE EMISSION REDUCTIONS OF 11,361. TCO2EQ/Y WHICH EQUATES TO APPROXIMATELY TAKING 2,394. PASSENGER CARS OFF THE ROAD	温室气体减排为11361。TCO2EQ/年大约等于2394。停止使用小客车
RENEWABLE ENERGY GENERATION OF 23,817. THAT CAN POWER OVER 28,000. NIGERIAN HOUSEHOLDS	可再生能源发电量为23817。可以为28000户尼日利亚家庭供电
INSTALLED RENEWABLE ENERGY CAPACITY OF 14.31. MW	新增可再生能源装机容量1431MW
400000. BENEFICIARIES PROTECTED AGAINST FLOODING, COMPRISING 250,000. RESIDENTS AND 150,000. COMMUTERS	400000.防洪保护的受益者为25万居民和15万乘客
900. HECTARES PROTECTED FROM FLOODING, EQUIVALENT TO 1.260. FOOTBALL FIELDS	900.受防洪保护的面积相当于1260个足球场

图表4: 2019年获得Access银行融资的绿色项目的年度可持续影响

#### 支柱4——碳中和：

在持续努力促进绿色改革的过程中，Access银行始终在履行计划，提高能源效率、减少其业务活动造成的直接碳排放。具体例子包括：“员工通勤项目”，同事之间进行拼车以实现每种交通方式的减排；“从纸张到铅笔的计划”，在Access银行和Diamond银行收集使用过的日历、议程表以及便条本，并将其回收制成铅笔供当地社区学校使用。

#### 支柱5——环境、社会和气候风险管理：

2019年，Access集团董事会还宣布通过成立可持续发展委员会对可持续发展管理进行治理监督。该委员会负责监督和报告该行可持续业务战略的实施情况，并指导实施工作，以确保在每个战略重点中实现Access银行的可持续目标。

### 3.中国马鞍山农村商业银行(MRCB)

随着政府监管和合规要求的不断提高、业务增速放缓，中国的许多中小型银行积极采取措施升级风险管理体系，以增强市场竞争力。在这种背景下，总资产为518亿元人民币的地级农村商业银行——MRCB已制定了到2025年成为“中国首家以可持续金融为主要业务的绿色商业银行”的战略改革目标。

2017年12月，MRCB与国际金融公司签署了一项合作协议，该协议将利用国际金融公司在气候变化方面的专业知识和丰富经验，帮助MRCB开展全面改革工作，以实现该行的可持续发展目标。具体而言，MRCB的目标是将绿色信贷比例提高到60%，绿色金融产品的比例提高到70%，拥有绿色证书的从业人员人数提高到80%，同时实现全行运营碳中和，并使所有银行所属建筑通过绿色建筑认证。

通过全面评估和磋商，国际金融公司帮助MRCB采取了前一节提到的五大支柱方法，并采取了具体行动。改革项目计划用三年时间分4阶段执行，涉及所有业务线和银行的前台、中台和后台办公部门。以下是MRCB《2018年绿色改革成果报告》中提及的一些例子：

#### 支柱1——绿色投资组合：

MRCB动员了分布于21个乡镇分支机构中的资源和专门知识，以确定与气候相关融资的重点产业和领域。成功的案例包括为小型农户提供融资，将水稻生产与小龙虾养殖结合起来，以实现平衡和低排放的生态系统，并确保附近城市的可持续食品供应。另一个例子是为冷弯型钢中小企业提供设备升级融资，从而显著提高能效。



---

图表2: 小型农户和中小企业绿色融资的创新使用案例



图表1: MRCB的绿色金融产品和服务创新

产品名称	说明
绿色抵押贷款	通过为购买环保家居产品提供价格优惠和消费信贷额度, 引导客户的购房决策, 使其了解绿色认证建筑
分布式太阳能光伏贷款	鼓励农村客户在适合的屋顶空间安装分布式太阳能系统, 降低能源开支, 并通过销售剩余电力获得收入
农村能效改造贷款	为大量农村老宅的节能改造提供融资, 从而达到改善生活条件和提高能效的目的
小龙虾-稻米连续生产贷款	鼓励多用途耕地利用, 以提高资源利用效率, 减少排放、增加小型农户的收入
有机食用百合贷款	支持环保肥料、高效生产线和无硫炉的应用
绿色车贷	向低排放、混合动力和新能源汽车购买者提供优惠的汽车贷款利率。做到价格折扣与汽车的环保效益相称。
绿色储蓄存款	鼓励客户使用网上无纸化平台处理交易。绿色存款人将获得专用借记卡——绿色金融(Greenfin)卡, 该卡认可持卡人对绿色发展的支持。持卡人亦有资格享用专属绿色服务。该产品有助于引导存款流向绿色资产项目

支柱2——绿色新业务:

仅在2018年, 这家银行就推出了7种覆盖各行业的新型绿色金融产品和服务。每项创新的具体情况见下文中的图表1。

支柱3——战略承诺:

为达成2025年的目标, MRCB制定了关于可持续性的中期战略, 其中包括三个循序渐进的步骤, 以便成功实现转型。此外, 该行还通过丰富学习材料和增加上课频率的方式提高员工的绿色能力建设。2018年, MRBC组织了24次共2158人参加的培训讲习班, 并建立了在线“绿色金融学院”, 为员工提供更灵活的选择, 方便他们随时学习。

支柱4——碳中和:

MRCB在总部加装了屋顶太阳能电池板, 发电量超过50兆瓦时(Mwh)的清洁能源, 其占每年所需电力的12.21%。该行还为工作场所的垃圾分类和回收提供培训和宣传, 并建立了一个合作项目每年在博望横山林场栽种50英亩树木。此外, MRCB还按照国际金融公司创建的“边缘绿色建筑标准”, 将总部大楼的能耗和用水量降低了20%以上, 并成功获得了“边缘”认证。为了提高员工在日常生活中的习惯意识, 减少排放, 银行还编制了第一版《员工绿色手册》。

支柱5——环境、社会 and 气候风险管理:

为了确保改革过程不会随着时间的推移而失

去动力，MRCB建立了全行绿色治理结构。五个改革工作组由绿色银行中央执行办公室领导，直接向主席和高级管理团队汇报工作。MRCB还制定了工作场所可持续发展标准程序，并将“绿色发展”纳入其企业的核心价值观。

在国际金融公司的全面承诺和技术支持下，MRCB已经实现了出色的绿色改革里程碑（见下图），并已在规划新的产品和培训项目，以便继续增加银行在气候相关议题的影响力。

作为先行者，MRCB和马鞍山市在国内和国际上都获得了很高的知名度。银行董事长孙先生应众多国际组织和知名机构的邀请发表

演讲，分享经验。更重要的是，通过将ESG和可持续性作为其运营的中心，MRCB在市场上获得了新优势并树立了品牌，这使银行的整体业绩得以提高。

除了MRCB，全球其他几家银行也在推出绿色改革的方法。有价值的方面在于，虽然所采取的方法通常是针对特定银行的业务量身定制而成，但大多数做法都有相似之处，可以整合起来丰富一个或多个支柱。

图表2: MRCB计划实施第一年后绿色改革里程碑

	2017	2018	第1季度2019.
绿色信贷	7%	21%	28%
绿色金融产品	7%	24%	24%
持有绿色证书的员工	0	18%	69%
拥有绿色证书的建筑物	0	47%	47%
绿色信贷减排(万吨)	18.86	60.21	95.44

## 数字技术起到的作用是什么？

尽管数字革命以不断变化的方式影响着人类生活和现实世界，但自2020年初以来，对“技术促发展”的炒作开始逐渐降温。这主要是由于全球经济受到了新冠疫情的严重影响，资金资源变得有限。在此背景下，利益相关者正在更理性、更仔细地思考每一个“前沿技术+”原型所能带来的真实价值。这一趋势表明，在探索利用现有和新兴数字技术发掘绿色银行业务潜能方面，业界正在提高效率和有效性的健康进程中稳步前行。

数字技术的作用主要体现在两个方面：实现数字化和应用数字化。实现数字化指的是将物理信息转换成数字格式，例如自动化已经存在的离线文档处理。应用数字化是指正在彻底改变一个组织的整个商业模式，以创造更好的方式为客户和合作伙伴提供服务。目前，公共、私营和发展部门的大多数数字化项目都属于实现数字化的范畴。与此同时，大多数应用数字化项目仍处于创意提案阶

段。这在一定程度上是可预测的，因为应用数字化所产生的指数级影响只有在大多数涉及其中的数据、流程和接口都实现数字化后才可能发生。

对于绿色银行，尤其是中小型银行来说，最容易实现的目标是利用现有技术，以低成本将现有产品和流程实现数字化，并改善客户体验，同时利用即时价值。同时，人工智能（AI）、物联网（IoT）传感器、大数据中间平台、区块链等前沿技术可以通过最小化可行产品（MVP）的形式继续探索商业创新模式。以下是几则例子：





此外，有证据表明，到2030年数字技术可使全球CO<sub>2</sub>e排放量相比2015年的水平至少降低20%（2015年GeSI和埃森哲战略）。大型技术供应商已经开始主动采取措施，确定数字技术可以为发展提供切实利益的关键领域。中国蚂蚁集团将“可持续性”和“女性赋权”作为其企业社会责任工作的两大主题，并积极推出区块链、大数据分析、物联网、人工智能等举措，以将这些主题与商业运营结合起来，同时促进与政府和发展机构的伙伴关系。在美国，10家最大的公司中有四家已经宣布了到2050年实现净零排放的计划。这些公司恰巧都是科技公司：苹果、微软、亚马逊和脸书，谷歌公司表示，自2007年以来，该公司一直处于碳中和状态。大型技术供应商的参与可能会带来大量的技术能力和研发资金，这对推进绿色改革

的应用数字化至关重要。

但在另一方面，数字技术的快速发展也显著提高了对能源的需求，这有可能逆转减排成果。尽管由于使用的方法和数据集的不同，全球估计数存在很大差异，但有部分证据表明，数字生态系统的碳排放总量已经在2013年到2018年间从2.5%升至3.7%。

（2019年转移项目）。数字生态系统包括数据中心的主机服务器、网络基础设施（卫星、传输媒介等）、接入点（如3G基站、调制解调器、WIFI等）以及设备（个人电脑、移动设备、人工智能设备等）。数字生态系统在一起工作时将会消耗大量能源。特别是数据中心和区块链验证过程往往需要高度复杂的计算，这变得极其耗费能源和资源。此外，台式和移动数字设备的持续普及

和增长极大地助长了能源使用和碳排放。

预计在未来几十年，随着实现数字化和应用数字化进程的推进，确保清洁的能源供应和有效的能源效率措施至关重要，只有这样才能抵消数字技术能耗带来的总体排放。

## 参考文献

1. Access Bank Plc. 2020. “2019. 可持续报告——促进可持续未来。”

2. <https://www.accessbankplc.com/AccessBankGroup/media/Documents/Sustainable%20Reports/2019-Sustainability-Report.pdf>

3. GeSI 和埃森哲战略咨询。2015. “SMARTer2030: 应对21世纪挑战的ICT解决方案。” 布鲁塞尔: 全球e-可持续发展计划。 <http://smarter2030.gesi.org>。

4. 国际金融投资公司。2018. “城市的气候投资机会——国际金融公司分析。”

5. <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/875afb8f-de49-460e-a66a-dd2664452840/201811-CIOC-IFC-Analysis.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mthPzYg>

6. 北欧联合银行集团。2021. “2020年可持续发展报告。” [https://www.nordea.com/Images/33-397264/nordea-sustainability-](https://www.nordea.com/Images/33-397264/nordea-sustainability-report-2020.pdf)

[report-2020.pdf](https://www.nordea.com/Images/33-397264/nordea-sustainability-report-2020.pdf)

7. 转移项目。2019. “精益ICT——数字节俭之路。” 巴黎。 <https://theshiftproject.org/en/article/lean-ict-our-new-report/>

8. 提姆·昆森 (Tim Quinson) . 2021. “漂绿规则”、银行行承诺可能标志着欧洲迎来了新的一天。”

9. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-17/eu-rules-bank-pledges-signal-new-day-for-europe-green-insight>

10. 提姆·昆森 (Tim Quinson) . 2021. “科技公司正在制定最远大的净零目标。”

11. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-07/tech-firms-are-setting-the-most-ambitious-net-zero-goals-green-insight>

12. 联合国。2021. “国家自主贡献 (NDC)。” <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs>

13. 路透社。2017. “先锋领航投资管理公司寻求企业披露气候变化的风险。”

14. <https://www.reuters.com/article/us-vanguard-climate-idUSKCN1AU1KJ>

15. 联合国开发计划署。“联合国开发计划署数字战略。”

16. <https://digitalstrategy.undp.org/>

# 浅析碳中和目标下构建中国金融数据要素市场的问题与建议

曾 辉<sup>1</sup>, 朱 韵

1.原微众银行人工智能部高级研究员、清华大学MPA-香港城大EMBA项目学员 (资助信息: 清华×腾讯WeSpace未来城市空间 (2020) 学术支持计划 (041504196), 本文首发于中国金融出版社《金融科技青年论文 (2021)》)

## 摘要

在全球性的气候共识下, 落实碳中和目标已成为中国推进经济高质量可持续发展的重要抓手, 迫切需要将碳中和的政策信号转化为政策红利。全球碳金融市场面临的数据瓶颈将成为中国脱颖而出的良机, 绿色金融和数据要素生态的构建将成为一套组合拳, 塑造中国全面转型升级的数字绿色基底。本文将从数据要素特性、基础数据采集、能源转型中的数据短板、绿色金融的数据衔接机制、碳市场的数据协同机制、用户侧的数据价值等角度, 结合全球的应用案例, 深度剖析中国金融数据要素市场的问题和契机, 最后, 从监管机构、产业机构、平台机构、金融机构、国际组织、中介机构等方面提出建议。

## 一、引言和研究背景

在全球性的气候共识下, 落实碳中和目标已成为中国推进经济高质量可持续发展的重要抓手, 迫切需要将碳中和的政策信号转化为政策红利。2021年的政府工作报告将“扎实做好碳达峰、碳中和各项工作”列为重点工作之一, 同时, 碳排放达峰行动方案也被列入中国“十四五”规划, 全国碳排放权交易市场第一个履约周期启动。在联合国缔约方大会第二十六届会议(COP26)即将召开之际, 联合国于2020年6月启动了“竞速到零”行动, 这是一项旨在2050年前实现净零排放的全球行动。不丹和苏里南是仅有的已经实现负碳排放的国家, 瑞典、英国、法国、丹麦、新西兰和匈牙利等六国将2045/50净零排放的目标写入法律。值得注意的是, “竞速到零”的重点在政府之外, 即城市、大学以及至关重要的投资者和私营部门。目前全球共有995家公司已承诺到2050年在其运营中落实净零排放。全球气候智能型企业

和技术的市场规模已经增长到每年1万亿美元，并将加速增长。

### (一) 中国的数据要素时代到来

在技术浪潮和政策红利的双重驱动下，以数据要素为关键要素的数字经济已在中国经济中扮演举足轻重的角色，数据价值日益彰显，数据要素市场的建设进入快车道。根据联合国贸发会《2019年数字经济报告》显示，数据已经成为创造和捕获价值的新经济资源，代表数据流的IP流量在20年间已增长超过1500倍。<sup>1</sup>据《中国互联网发展报告2020》分析，中国数字经济规模在过去六年实现接近1倍的增长达到35.8万亿元，占GDP比重达36.2%。<sup>2</sup>而根据国家工业信息安全发展研究中心《中国数据要素市场发展白皮书》数据显示，中国数据要素市场到2020年预计将达到545亿，十三五期间复合增速超过30%。<sup>3</sup>在数据价值对国民经济贡献呈指数级增长的背后，数据要素市场的建设成为必须破解的增长难题。

在中国，碳中和浪潮还伴随着新基建浪潮，在经济结构和产业结构进行绿色转型和趋向低碳目标的过程中，以人工智能、5G、大

数据等为代表的新一轮新型基础设施建设也在重塑城镇化和产业结构升级。随着人工智能等对算力的解放，数据要素在各流程上的效力得到充分释放，而以联邦学习、区块链等为代表的创新技术在实现数据隐私保护的前提下，更多参与方、更多数据特征维度的数据价值被更充分地捕获到，技术革新倒逼机制和体系革新，对碳排放数据的采集、计算和利用需要融合新基建对技术效率和能力的突破。

### (二) 碳中和趋势催生巨大资金缺口

碳中和行动是从源头上推进金融结构、产业结构和能源结构的转型升级，以地方政府为主力的碳减排工作将形成巨大的资金缺口，分析我国目前的公共财政体系不难发现，目前直接的气候资金来源主要是清洁发展机制（CDM）和可再生能源电价补贴，气候金融覆盖范围仍受限。在“绿水青山就是金山银山”的生态文明理念指导下，六省九地的绿色金融改革创新试验区成果显著，绿色贷款余额在2019年末达到10.22万亿规模。

《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》报告提出，实现1.5°C目标导向转型路径，

1. 联合国贸易和发展大会,2019年数字经济报告[R],2019-09-04.
2. 中国互联网协会,中国互联网发展报告2020[R],2020-11-23.
3. 国家工业信息安全发展研究中心,中国数据要素市场发展白皮书[R],2020-11-13.

需新增投资约138万亿元，超过每年GDP的2.5%。<sup>4</sup>根据《零碳中国·绿色投资——以实现碳中和为目标的投资机遇》预测，零碳投资相关的七大领域将形成近15万亿元的市场规模，撬动70万亿元左右的基础设施投资。<sup>5</sup>国家发改委2010年至2018年分批复了81个低碳城市试点，而据绿金委估

计，政府财政仅能提供绿色投资需求的10%到15%，低碳城市建设的资金缺口约为5.6万亿到5.9万亿元。2021年1月6日，绿色金融也首度被划入中国人民银行年度十项重点工作，其中特别提出要“落实碳达峰碳中和重大决策部署，完善绿色金融政策框架和激励机制”。

中国关于气候和环境信息披露的政策汇总			
时间	机构	政策文件	内容
2008.02	国家环境保护总局	《关于加强上市公司环境保护监督管理工作的指导意见》	完善上市公司环境监管的协调与信息通报机制，促进上市公司真实、准确、完整、及时地披露相关环境信息
2016.08	七部委	《关于构建绿色金融体系的指导意见》	支持银行和其他金融机构在开展信贷资产质量压力测试时，将环境和社会风险作为重要的影响因素，并在资产配置和内部定价中予以充分考虑；将企业环境违法违规信息等企业环境信息纳入金融信用信息基础数据库，建立企业环境信息的共享机制，为金融机构的贷款和投资决策提供依据
2017.12	证监会	《公开发行证券的公司信息披露内容与格式准则第2号——年度报告的内容与格式（2017年修订）》	在报告期内以临时报告的形式披露环境信息内容的，应当说明后续进展或变化情况；重点排污单位之外的公司可以参照上述要求披露其环境信息，若不披露的，应当充分说明原因；鼓励公司自愿披露有利于保护生态、防治污染、履行环境责任的相关信息
2018.09	证监会	《上市公司治理准则》（修订）	确立环境、社会责任和公司治理（ESG）信息披露基本框架
2019.11	证券投资基金业协会	《中国上市公司ESG评价体系研究》 《绿色投资指引》	采用系统的ESG投资方法，综合环境、社会、公司治理因素落实绿色投资，构建标的资产环境评价体系和环境评价数据库
2020.01	银保监会	《关于推动银行业和保险业高质量发展的指导意见》	银行业金融机构要建立健全环境与社会风险管理体系，将环境、社会、治理要求纳入授信全流程
资料来源：根据政府材料整理			

图：中国政府关于气候和环境信息披露的政策汇总

- 清华大学气候变化与可持续发展研究院等,中国长期低碳发展战略与转型路径研究[R],2020-10-12.
- 落基山研究所、中国投资协会,零碳中国·绿色投资——以实现碳中和为目标的投资机遇[R],2020-11-13.

中国交易所关于气候和环境信息披露的政策汇总			
时间	机构	政策文件	内容
2015.03	深交所	《中小板上市公司规范运作指引》	上市公司出现重大环境污染问题时，应当及时披露环境污染产生的原因、对公司业绩的影响、环境污染的影响情况、公司拟采取的整改措施等
2019.03	上交所	《上海证券交易所科创板股票上市规则》	上市公司应当在年度报告中披露履行社会责任的情况，并视情况编制和披露社会责任报告、可持续发展报告、环境责任报告等文件。
2020.09	上交所	《上海证券交易所科创板上市公司自律监管规则适用指引第2号—自愿信息披露》	科创公司可以在根据法律规则的规定，披露环境保护、社会责任履行情况和公司治理一般信息的基础上，根据所在行业、业务特点、治理结构，进一步披露环境、社会责任和公司治理方面的个性化信息
2020.09	深交所	《上市公司信息披露工作考核办法》	上市公司发布内容充实、完整的CSR报告、ESG报告以及披露积极参与符合国家重大战略方针等事项的信息均可为公司的信息披露工作加分，并将上市公司信息披露工作考核结果记入诚信档案，通报中国证监会相关监管部门和上市公司所在地证监局
资料来源：根据交易所材料整理			

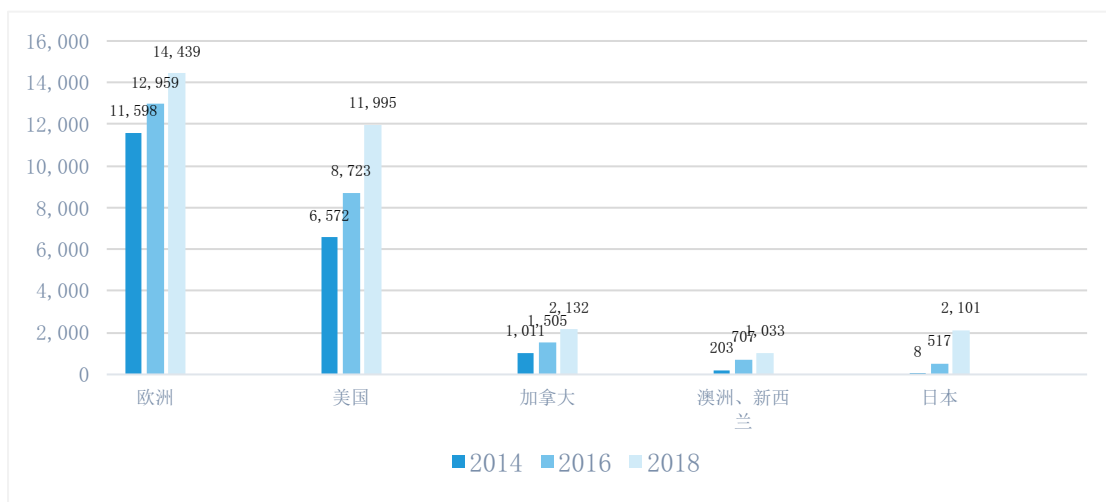
图：中国关于气候和环境信息披露的交易所政策汇总

本文研究的碳中和目标下的金融数据要素市场定义为两方面，一是以碳中和目标为约束条件下，数据要素市场的资本化；二是绿色金融市场与数据要素市场的衔接转化。在数据要素被列入中国五大生产要素之一和气候投融资市场即将迎来爆发性增长的节点，研究碳中和目标下如何构建中国金融数据要素市场具有两大重要意义，一是顺应全球积极应对气候变化的趋势，将中国的政策信号转化为政策红利，探索统筹经济绿色发展与碳减排的可持续生态，打造国际性的“碳中和

朋友圈”；二是顺应第四次工业革命和中国积极推进人工智能、大数据等新基建的技术趋势，打造具有绿色特色的数据要素市场，为数据要素的流通奠定基础，加速能源转型中的数字化进程和金融与数据要素转化的资产化进程，充分利用数据要素的特性，倒逼向需求侧改革。本文将重点从数据要素特性、基础数据采集、能源转型中的数据短板、绿色金融的数据衔接机制、碳市场的区域协同机制、小微企业和个人用户的数据价值等角度，结合全球前沿的应用案例，深度



图: 碳中和目标下的金融数据要素市场定义



(单位:十亿美元,数据来源:国际可持续投资联盟)

图:全球主要发达经济体责任投资规模变化

剖析目前中国碳金融相关的数据要素市场存在的问题和发展契机,最后,从监管机构、产业机构、平台机构、金融机构、国际组织、中介机构等方面提出构建生态的建议。

## 二、全球可持续金融趋势分析

就全球而言,可持续投资和气候金融已成为应对气候变化,引导资金的良性循环的

共识。根据国际可持续投资联盟数据显示,2018年全球主要经济体基于责任投资理念的专业化资产管理总额达到30.68万亿美元,较2016年增长34%。

在高增长的背后,基于气候变化和环境指标的信息披露成为监管的重要抓手。根据Refinitiv的ESG(环境、社会、治理)投资报告显示,截至2019年9月,全球ESG相关的法规数量较2015年增长近2倍,政府和国际组织成为标准创新的主力。



发达经济体环境和气候信息披露框架

经济体	制度	主要参与主体	主要依据
欧盟	半强制	欧盟及各成员国相关机构	《非财务报告指令》《可持续金融分类方案》《股东权指令》《欧洲绿色协议》《可持续金融行动计划》等
日本	半强制	东京证券交易所,日本交易所集团	《公司治理守则》
美国	强制	美国证监会、美国国家环境保护署、美国财务会计准则委员会	《证券法》《清洁水源法》《固体废弃物处理法》《资源保护和恢复法》《污染防治法》《有害物质控制法》《超级基金法》《紧急计划和社区知情权法案》(EPCRA)《环境会计导论》
法国	强制	法国授权委员(Cofrac)、欧盟授权机构合作组织第三方机构、法国政府	《新环保法(Grenelle II 法案)能源转换的修订法案
英国	强制+自愿	英国上市管理局(UKLA)、伦敦证券交易所	《公司法》《环境保护法案》《主要市场和目标公司的企业治理》《自愿性环境汇报指引》《碳排放报告指引》
新加坡	强制+自愿	新加坡交易所、新加坡金融管理局	《公司治理准则》

资料来源:《国际上市公司强制环境、社会及公司治理信息披露制度对我国的启示与借鉴》、长江证券交易所

主要责任投资组织信息披露要求					
标准设定者	关注主题	导则或标准	基于具体行业?	基于财务资料?	披露格式
Global Reporting Initiative (GRI) 全球报告倡议组织	环境和社会	标准	否	否	公司财报
(Sustainability Accounting Standards Board (SASB) Foundation) 可持续发展会计准则委员会基金会	环境、社会和治理	标准	是	是	公司财报
Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) 气候相关财务信息披露工作组	气候变化	导则	是	是	公司财报
Principles for Responsible Investment (PRI) 联合国责任投资原则组织	环境、社会和治理	导则	否	否	公司财报
Integrated reporting (IR)	财务、环境和社会	标准	否	是	综合报告
Climate Disclosure Standards Board (CDSB)	气候变化和自然资本	标准	否	是	公司财报
Carbon Disclosure Project (CDP) 全球环境信息研究中心	碳、水和森林	问卷	是	否	问卷
资料来源: BloombergNEF					

## 实现碳中和目标的三大方式

充分结合中国的新型基础设施建设

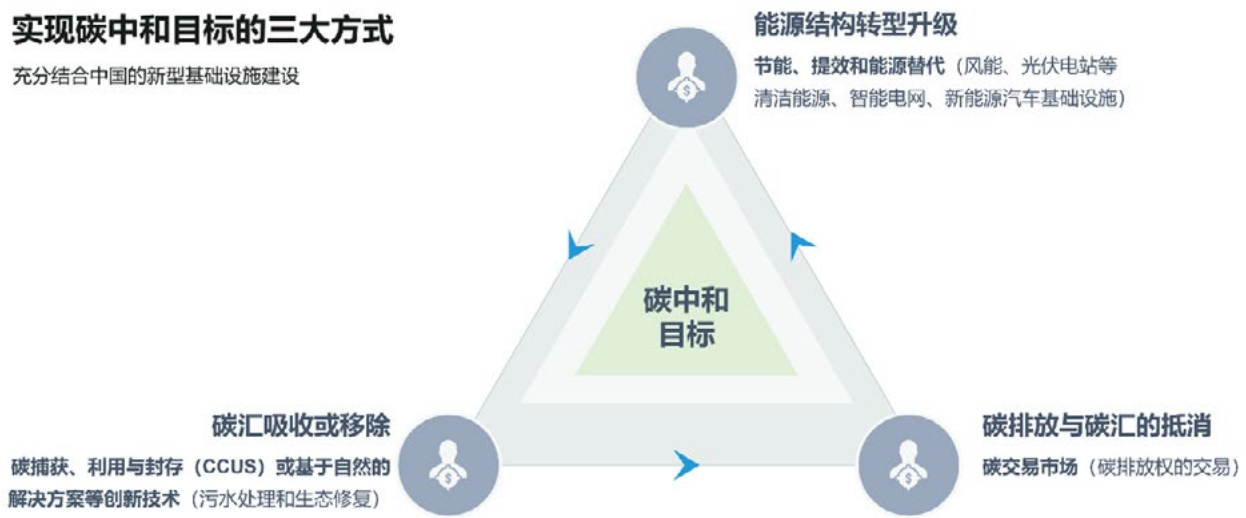


图: 中国落实碳中和目标的三大方式

## 三、问题剖析及全球案例参考

碳中和目标的实现主要取决于三种方式，一是通过节能、提效和能源替代实现能源结构的转型，降低碳排放量；二是通过碳捕获、利用与封存 (CCUS) 或基于自然的解决方案等创新技术实现碳汇吸收或移除；三是利用碳交易市场等实现碳排放与碳汇的抵消。在这三种方式上，金融手段保障了对能源转型和碳汇过程中的资本支持，以及碳市场本

身特有的金融属性。因此，在剖析碳中和目标下，构建中国金融数据要素市场的问题，需要从数据要素本身特性、基础数据采集、能源转型的过程、绿色金融的数据化情况、碳市场的数据协同机制以及基于用户侧的普惠角度切入。

### (一) 数据要素的准公共品属性

数据要素本身作为一种准公共品，可能导致市场效用的失灵。参考萨缪尔森的公共品理

论，数据要素具备典型的非竞争性和非排他性。非竞争性表现在气候和环境相关的数据要素在绝大多数场景下，可以永久被保存及复制，不会带来“拥挤成本”，并不随其使用者数量的增加而减少其效用，即边际效用不递减；非排他性表现在阻止人们消费数据要素的成本是无限大的，气候和环境数据的采集和流通环节上都存在多渠道的来源，难以进行有效限制。公共品的缺陷将导致市场效用的递减甚至失灵。生态环境具有明显的外部性，需要将碳排放所造成的负外部性，进行地方、企业和个人的内部化。事实上，数据要素作为“俱乐部产品”，具有完全非竞争性但排他成本相对较低，一方面要设定标准保障整体的基础效益；另一方面可以通过技术手段，对数据要素的价值进行有效切割，实现精准计量和精准付费，吸引社会资本参与，比如流通环节的碳足迹数据，刺激绿色资产消费。针对数据要素本身的特性，目前在数据确权、交易和激励机制上尚缺乏一套系统的机制设计。除此外，在对数据隐私和安全监管日严的大趋势下，尤其是能源转型涉及到国家核心能源企业和重大战

略领域的核心资产数据，这都属于强监管的重点防范领域，目前仍存在数据安全的重大隐患。

## (二) 碳排放数据收集及边界界定

生产活动中的碳排放数据收集及边界界定，是目前实施碳中和实践过程中面临的主要基础问题。MRV（监测（Monitoring）-报告（Reporting）-核查（Verification））是指碳排放的量化过程，是构建碳交易机制的基础元素，也是企业进行低碳转型和参与碳中和活动的重要依据。自2011年中国相继启动了8个省（市）碳排放权交易试点以来，各试点地区已建立各自相对完善的MRV体系，为形成全国统一碳市场的MRV体系奠定基础。但目前，中国对于企业主体的碳排放检测、报告及核查主要集中于石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、电力、航空8个行业，及温室气体排放量达2.6万吨二氧化碳当量及以上的企业或者其他经济组织，对于范围外的大量中小企业的碳排放数据收集及边界确认缺乏系统性、数字化、组织化

的体系支撑，目前大型市场主体被普遍要求使用的第三方核查制度对于中小企业的适用也存在供应能力短缺、价格负担较高、审核流程冗长的问题。碳排放数据缺乏的困境将阻碍多种类型的市场主体参与碳循环。

### (三) 能源转型中的数据短板

能源转型过程中存在严重的数据短板，数据利用效率低，且需要从供给导向转向需求导向。2016年，中国发布了《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》，提出要重塑能源产业链、供应链和价值链，实现多能互补，推动生产、输送、交易、消费等环节的高效运转。尽管工业互联网被写入新型基础设施的国家战略，能源转型中的数字化转型仍集中在能源数据的电子化，即能源管理和流程的数字化，在生产关系和需求管理方面仍未实现数据驱动，且不同机构间的能源数据存在明显的孤岛，未能实现在行业内灵活流动乃至二次的开发转化。

作为中国碳排放占比接近50%的行业，电力

减排是能源结构转型的重点，但智能化减排仍处于较初步的阶段。从国际实践来看，谷歌的子公司DeepMind已经将机器学习算法应用于美国中部700兆瓦的风力发电，利用天气预报和风力涡轮机的历史数据进行神经网络训练，可实现在实际发电前36小时预测电力输出。除了发展以清洁能源为代表的能源替代策略、提升能源使用效率外，还有一大突破点是落地以柔性配电等创新技术为支撑，实现灵活响应和数据驱动的配售需求改革。区别以往的大规模集中式并网和统购统销模式，未来的电力消费将被分时电价、智能配售等方式逐步优化，且智能家电、电动汽车的大规模应用对数据的精细化利用提出了更高的要求。例如，撒哈拉以南的非洲有接近三分之二的人群无法接入主电网，英国光伏公司Azuri Technologies公司就此开发了一种按使用付费的智能太阳能解决方案，以解决东非和尼日利亚的家庭用电挑战。Azuri的HomeSmart解决方案基于人工智能技术，使用了离网太阳能技术，可实时追踪家庭的能源需求，并相应地调整功率输出（例如通过自动调暗灯光）来满足用户

的日常需求，并且鼓励用户基于此使用电视机等家电并可定期访问网络。据海外发展研究所（ODI）数据预测，使用太阳能发电可将非洲家庭的照明支出从百分之九减至百分之二，至少为东非50万户家庭提供电力。这对于中国广大偏远山区同样具有很强的借鉴性。除此外，面向小微企业、个人用户的更个性化和更精准的用电需求也将成为一个重要的数据特征重塑生产-输送-消费的流程，甚至可能成为碳中和目标下营商环境的重要考察指标。

#### (四) 气候和环境信息披露

同全球发达绿色金融市场相比，中国绿色金融在规模和质量上仍有较大成长空间，数据成熟度和信息披露程度有待进一步增强。据中央财经大学估算，2019年，中国绿色金融资金新增需求量为2.048万亿元，资金缺

口为0.618万亿元，占比超过30%。<sup>6</sup>这背后，一个重要原因就是缺乏足够的数据支撑和统一的信息披露制度，导致绿色金融标准差异性大，从而导致绿色金融产品供给不足。尤其是以碳中和目标为约束条件，绿色金融标准和数据完善程度需要在一开始就对标全球标准，形成中国特色的绿色金融路径规划。以ESG投资为例，在中国，在2011年至2020年的近十年间，我国A股市场披露年度企业社会责任报告，由2011年的565家增长至2020年的1005家，仅占不到25%。区别于传统的财报有强制披露的要求，ESG投资相关的信息多依赖于企业自身的CSR报告披露，或依靠主观的专家评分，给个别企业留有了“洗绿”空间，容易假借绿色投资名义进行融资。一方面，因为缺乏统一标准，在数据的结构化和客观性上，有所欠缺，无法对数据的真实性做验证，另一方面，因为财报或CSR报告多为半年或一年披

6. 中央财经大学绿色金融国际研究院,中国绿色金融研究报告(2020)[R],2020-10-12

露一次，在时效性上无法及时反馈气候风险，及时引导市场的资金流向。中国资本市场在发展规模的同时，也着重质量提升。单纯的财务指标已无法满足当下环境事件频发的现状，气候相关的数据要素有助于识别非财务因素绩效，以剔除可能存在长期系统性环境风险的投资标的，确保长期的稳定收益。

参考国际先进案例，2019年10月29日，世界银行首次公开了用于ESG投资的国家及地区数据库。将世界各国的温室气体排放量、人口变化和男女平等的进展程度等17种指标进行一元化处理，任何人都可以通过专用网站检索数据。其目的是通过向投资者提供判断哪些国家和地区致力于ESG投资的途径，促使投资资金流向积极致力于可持续投资的新兴经济体。

同时，现行的中国绿色投融资体系在对碳市场相关的技术成果创新上支持力度有限，根据中国环境保护产业协会报告显示，参与调

查的一万家环保企业研发经费占营业收入比重仅为3%，远低于发达国家3.8%的平均水平。<sup>7</sup>根据保罗罗默的内生增长理论，维持经济长期增长的最终推动力是不断出现的新技术，数据要素作为生产要素之一，是科技成果创新的原生动力。例如，联合利华承诺到2039年实现所有产品的净零排放，为了达到目标，其正与供应商合作测量其产品的碳足迹、并使用卫星和区块链技术提高其供应链的数据可追溯性和透明度，创造可生物降解的配方，以及设立10亿欧元的气候与自然基金，投资土地再生、水和再造林。而世界自然保护联盟（IUCN）牵头设立了“自然+加速基金（Nature+Accelerator Fund）”，即首个专门面向私营部门的自然保护加速基金，加速技术成果转化以应对迫切的自然保护挑战，为投资者提供能在促进自然保护、产生积极社会影响与获得合理财务收益之间取得平衡的投资机会。因此，这其中既需要围绕应对气候变化卡脖子的技术部署国家级的绿色金融支持计划和地方配

7. 中国环境保护产业协会,《中国环保产业分析报告(2019)[R],2019-12-24

套资金，也需要积极通过政府和社会资本合作（PPP）等方式积极引导社会资本乃至国际投资参与推动技术创新的转化，完善在项目层面的气候信息披露要求。

#### （五）碳市场的数据协同机制

中国碳市场目前缺乏数据协同机制。根据中国人民银行数据显示，全球碳金融市场每年交易规模超过600亿美元，截至2019年末，7省(市)试点碳市场配额累计成交量仅为3.56亿吨，金额超过73亿元，市场潜力有待进一步挖掘，且碳价在全球相对较低，需要树立权威的碳交易认证机制，与国际市场接轨。碳市场交易体系的核心要素包括配额总量分配、排放数据的监测与核查、交易机制、抵消机制、履约机制等，区别于传统金融市场的强制财务披露要求或有专业中介介入，碳市场的全流程都有待数据的跟踪监测。随着中国碳市场和碳排放权试点的逐步深入，以北、上、深为代表的碳中心城市将链接周边城市，形成区域性的碳交易平台和机制，区域内和跨区域的碳市场相关数据要

素的流通将越来越频繁，一方面，数据要素保障了碳交易的专业性和客观性，可实现跨地区的认证机制，从而更好实现跨区域的生态补偿；另一方面，碳市场最为核心的碳排放配额交易更利于以数据要素为载体进行交易，实现碳价发现功能。参考国际实践，欧盟排放交易体系是世界上最大的碳排放交易市场，培育出了多层次的碳排放交易市场体系，欧洲气候交易所、北方电力交易所、未来电力交易所以及欧洲能源交易所等区域性和行业性交易中心应运而生，碳排放权期权等衍生品市场也逐步形成。面对微观数据例如企业层面数据不足的问题，通过不断向企业调查、修正的方式，建立了庞大的企业碳排放数据库，成为整个欧盟排放交易体系的数据支撑。

#### （六）小微企业和个人用户上的绿色金融缺位

绿色金融服务在小微企业和个人用户上覆盖不足，数据价值未被充分挖掘。根据中国人民银行数据显示，人民银行企业征信系统共纳入1370万户小微企业，有371万户的小



微企业获得信贷支持，占比为14%。作为民营经济的有生力量，小微企业总量大且覆盖领域广，但在相适应的绿色金融服务上，受限于征信数据不足等问题，存在严重的供给不足，从而难以吸引小微企业参与围绕碳循环的升级改造。除此外，从普惠金融角度考虑，个人用户在碳金融体系下应获得更大比重，目前个人用户的碳金融数据存在场景零散且难以追踪的难题。要解决此难题需要建立一套数据驱动的碳消费和碳账户体系。首先，得益于移动互联网的崛起，无现金支付、互联网贷款等方式的出现，效率大大提升了。尤其是面对疫情对经济的冲击，各地推出的数字货币、数字消费卷等形式可以更为精准与线下的消费场景绑定。因此，出于对低碳生活的倡导，可以在一开始就联动政府、企业、金融机构设计多方参与的碳消费机制。当然了，在中国推出“信用社会”的大背景下，个人碳账户可以和信用积分绑定，碳账户和个人数据账户可以打通，在电动汽车充电桩、公共交通和骑行服务、垃圾分类及绿色产品消费等场景下应用。2018年9月，深圳市绿色低碳发展基金会推出了

“碳账户4.0版”，一方面记录了个人碳排放量数据，一方面记录了通过节能环保等行为产生的减排量，并通过“碳日记”和闯关挑战等方式建立了碳足迹追踪和激励机制，将公共出行等公共服务与低碳生活场景绑定，解决了个人用户数据难以收集、用户难以参与金融服务的困境。

#### 四、构建碳中和目标下中国金融数据要素市场的建议

在碳中和的大目标下，全球性碳金融市场共同面临的数据瓶颈也将成为中国脱颖而出的良机，绿色金融和数据要素生态的构建将成为一套组合拳，塑造中国全面转型升级的数字绿色基底。实现碳中和目标，是金融结构、产业结构和能源结构多方的转型升级和全流程的再塑，因此，在此背景下的中国金融数据要素市场建设需要监管机构、产业机构、金融机构、平台机构、国际组织、专业中介机构等六方的统筹配合。

图:碳中和目标下的金融数据要素市场体系



### (一) 监管机构

第一, 从监管机构层面, 要从数据要素作为准公共品的特性出发, 建立确权、定价、交易、治理四位一体的管理体系。在对市场建设的监管上, 要以碳中和目标为约束条件, 树立“全国一盘棋”的理念, 建立统一的气候投融资和绿色金融标准, 设定气候项目的界定和绩效评价标准, 以此对数据要素的确权和定价进行规范和引导。同时, 在促进交易上, 可依据价值、安全性等指标建立公共绿色数据资源的分级分类资产目录, 以试点形式逐步进行开放, 对交易涉及到的各方进行明确的权责规范, 逐步推进公私数据的融

合。要建立围绕碳排放的绿色金融激励机制, 推动建立专业性的绿色资产交易平台和基于绿色产业的数据要素交易平台, 并建立可追溯可验证的数据审查和追踪机制, 对大企业、小微企业、个人用户等多方进行引导和规范。在对数据安全的监管上, 要建立立体穿透性的管理体制, 打造分级的数据安全治理机制, 通过监管沙盒等方式鼓励渐进式的数据创新。在对政府多部门的协调上, 要建立横跨发改委、生态环保部、科技部、央行、银保监会等多部委专项行动和协调办公室, 对涉及中央、地方及不同职能部门间的沟通协调进行督促引导, 同时, 以点带面,

形成一批具有地方特色的典范进行推广。具体而言，排污权、碳排放权、林地经营权、电力交易等使用权和污水废物等处理收费机制存在明显的区域差异，且归口不同委办局管理，需要形成统一的规划设计和任务分工，实行灵活的协同机制。

## (二) 产业机构

第二，从产业机构层面，要抓住产业数字化转型和绿色转型的双重机遇。在促进绿色产业发展上，在推进低碳和高效的能源供给体系建设的同时，还需要转变传统粗放的生产经营方式，向低碳的产业进行转移。参考宏基董事长施振荣提出的“产业微笑曲线”，数据要素市场也满足价值曲线的分布，所以一方面，可通过金融手段和科技创新手段，占据全球产业链高附加值的环节，比如产业链的上游技术创新或下游的品牌、服务环节，提升单位GDP的生产效率，同时减低单位能耗；另一方面，要以数据要素作为突破口，加速利用数字化技术研发针对中小微企业市场主体和个人用户的排放数据采集核算

工具，健全、完善涵盖大型市场主体、中小微企业及个人用户端的全国性排放数据库，加速碳中和数据基础建设。能源转型中的节能、增效和能源替代环节将产生大量数据，借助这些数据可推动数据导向的能源互联网和工业互联网进程，以需布产，调整生产计划，建立分级的数据资产体系。除此外，产业机构可利用联邦学习、多方安全计算、区块链、可信计算等技术在“数据可用不可见”、“定量定向精确使用”、追溯确权等方面的优势，建立安全可信的产业数据共享机制和基于用户需求和灵活响应的能源使用策略，提升传统工业算法的效率和准确性，推动科技创新成果转化和再利用，推动数据要素在同行业和跨领域间的流通。除此外，要善用气候投融资手段，积极利用PPP等模式向社会资本开放参与能源转型的机会，一是参与一级市场的碳排放权交易，二是参与二级市场碳现货、碳期货以及碳期权等的衍生品交易，以金融手段合理撬动资源。同时，可运用ESG（环境、社会、治理）的框架进行信息披露和内部治理，应用数据要素对金融风险进行全生命周期的管理，进行及

时预警。

### (三) 平台机构

第三，从平台机构层面，要发挥传统金融交易所和以碳排放交易所为代表的专业交易所的作用。对深交所等传统交易所来说，要鼓励符合碳中和目标和气候变化趋势的金融产品交易和能源转型相关的科技产权交易，完善碳中和主题下的债券、基金、信托等绿色金融产品线，加强对上市公司和金融机构在ESG以及气候风险上数据治理和信息披露要求，建立面向粤港澳大湾区、京津冀、长三角等区域性的交易平台和机制，推动区域内的金融数据要素汇聚和流通，鼓励私人资本和境外资本参与中国的碳中和目标建设。对碳排放交易所等专业交易所来说，要发挥碳价发现和跨区域的生态补偿功能，承担交易监管和市场协调的双重角色，探索多种绿色要素的定价机制，推动碳期货等衍生产品和金融产品创新，引入卫星数据、舆情数据、物联网监测数据等多种数据源对碳排放数据进行交叉验证，建立数据追踪反馈机制。

### (四) 金融机构

第四，从金融机构层面，要推进多种碳金融产品的创新和提升ESG和气候投融资在金融产品中的比重。一是遵循碳中和目标下的绿色金融标准，发挥数据要素在信息披露和追踪方面的作用，强化气候风险在金融产品的“募投管退”全流程中的管控强度，善用自然语言处理、知识图谱等人工智能技术构建基于绿色产业链、绿色供应链的碳风险传导分析体系，结合多方隐私安全计算、区块链等手段，在不侵害数据隐私的前提下，扩展数据特征维度，引入合法有效的第三方数据，开展压力测试和情景分析，进行碳金融足迹追踪；二是对绿色资产探索资产证券化手段，增强碳金融产品的流通性，运用PPP模式鼓励社会资本参与能源转型过程，三是针对小微企业和个人消费者，推出与低碳生活相适应的信用服务与支付服务，建立碳账户和构建碳生活的闭环，鼓励生态伙伴参与打造具有地方特色的低碳消费场景。

#### (五) 国际组织

第五，从国际组织层面，要发挥引领国际标准和引导资本流向的角色。在引领国际标准方面，作为全球倡议碳中和目标的主力，联合国可在碳汇、碳税、碳交易等专业领域建立数据监测和联动机制，建立联合国牵头的全球性的数据要素协调机制。鼓励TCFD（气候相关财务信息披露工作组）、CDP（全球环境信息研究中心）等联合中国监管机构对企业信息披露和气候风险分析进行规范和引导，而像中国、法国等八个经济体的央行和监管部门发起设立的央行与监管机构绿色金融体系网络（NGFS）可从顶层设计层面对齐标准，尤其是基于全球碳中和目标对各自行动进行压力测试和情景分析。在引导资本流向上，世界银行集团和其他多边金融机构可加大在中国参与的气候投融资活动的信息披露程度，打造示范性的投资范例，同时联合中方金融机构提升在绿色金融服务上的普及范围和深度，尤其是注重对能源转型项目和小微企业的扶持。

#### (六) 中介机构

第六，从中介机构（律所、会计事务所、咨询团队、评级机构等）层面，要当好在生态中专业支持和规范引导的角色。一方面要在专业支持上，充分吸收国际案例和国际标准，提供满足中国碳中和目标下可持续投资的评估框架，提供第三方的数据验证和评估，帮助中国输出“碳中和”的中国经验；另一方面，要发挥专业机构的规范引导作用，从行业入手，联合行业协会推出行业实施指南和白皮书报告，对趋势的进行规范引导，寻找行业标杆。

## 参考文献

- 1.联合国贸易和发展大会,2019年数字经济报告[R],2019-09-04.
- 2.中国互联网协会,中国互联网发展报告2020[R],2020-11-23.
- 3.国家工业信息安全发展研究中心,中国数据要素市场发展白皮书[R],2020-11-13.
- 4.清华大学气候变化与可持续发展研究院等,中国长期低碳发展战略与转型路径研究[R],2020-10-12.
- 5.落基山研究所.中国投资协会,零碳中国·绿色投资——以实现碳中和为目标的投资机遇[R],2020-11-13.
- 6.中国电力企业联合会,中国电力行业年度发展报告2020[R],2020-6-12.
- 7.中央财经大学绿色金融国际研究院,中国绿色金融研究报告(2020)[R],2020-10-12
- 8.中国环境保护产业协会,《中国环保产业分析报告(2019)》[R],2019-12-24
- 9.杨长进,田永,许鲜.实现碳达峰、碳中和的价税机制进路[J/OL].价格理论与实践:1-7[2021-03-31].<http://eproxy2.lib.tsinghua.edu.cn:80/rwt/CNKI/https/MSYXTLUQPJUB/10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2021.01.22>.
- 10.[安国俊.碳中和目标下的绿色金融创新路径探讨[J/OL].南方金融:1-10[2021-03-31].<http://eproxy2.lib.tsinghua.edu.cn:80/rwt/CNKI/http/NNYHGLUDN3WXTLUPMW4A/kcms/detail/44.1479.F.20210224.1123.002.html>.
- 11.司盛华,赵怡.ESG指数投资策略在债券市场的应用[J].债券,2021(02):35-39.
- 12.邵举平,李晓华,孙延安.绿色经济背景下我国碳交易市场活力激发机理研究[J].企业经济,2021,40(02):24-34.
- 13.谢晶晶.金融机构如何服务好碳中和目标[N].金融时报,2021-01-28(012).
- 14.张华忠.绿色金融支持淮安绿色发展的路径研究[J].商业文化,2021(03):58-59.
- 15.闫彦明,施文.借鉴欧盟ESG最佳实践推动资本市场绿色转型——欧盟ESG信息披露监管趋向与启示[J].当代金融家,2021(01):119-122.

- 16.钱龙海.推动建设ESG市场有助实现经济高质量发展[J].当代金融家,2021(01):50-51.
- 17.刘双柳,陈鹏,程亮,徐顺青,高军.长三角区域一体化背景下的环保投融资创新机制研究[J].生态经济,2021,37(01):152-156.
- 18.李贵修.如何将ESG理念运用到PPP项目绩效管理中[J].中国招标,2021(01):71.
- 19.马梅若.“点绿成金”充分发挥绿色金融重要作用[N].金融时报,2021-01-06(002).
- 20.王晓书.中国企业如何强化ESG披露和管治[N].第一财经日报,2020-12-21(T11).
- 21.周华.PPP模式下环保项目融资问题探究及对策分析[J].当代会计,2020(23):127-129.
- 22.葛杨.ESG投资的人工智能应用及前景展望[J].当代金融家,2020(12):40-42.
- 23.杨新兰.以ESG投资策略推动资管业转型[J].中国金融,2020(23):53-54.
- 24.李亭亭,李良勇,起云凤.PPP模式下绿色金融发展的问题及对策分析[J].中国商论,2020(22):33-35.
- 25.唐要家,唐春晖.数据要素经济增长倍增机制及治理体系[J].人文杂志,2020(11):83-92.
- 26.孙明春. ESG基金在中国的发展现状和趋势[N].第一财经日报,2020-11-23(A11).
- 27.刘丹,王元芳.日本ESG投资的现状和问题——以日本养老金公积金为例[J].当代经理人,2020(04):21-26.
- 28.王珊珊,张晗.我国ESG评价实践发展研究[J].当代经理人,2020(04):6-10.
- 29.梁正,吴培熠.数据治理的研究现状及未来展望[J/OL].陕西师范大学学报(哲学社会科学版):1-12[2021-03-31].<http://eproxy2.lib.tsinghua.edu.cn:80/rwt/CNKI/https/MSYXTLUQPJUB/10.15983/j.cnki.sxss.2020.1110>.
- 30.黄蕊.数据要素激发经济增长新动能[N].中国社会科学报,2020-11-10(003).
- 31.黄晶.中国2060年实现碳中和目标亟需强化科技支撑[J].可持续发展经济导刊,2020(10):15-16.
- 32.施懿宸,徐加贝洱,任玉洁.从PPP模式回报机制看生态价值的实现[J].环境经济,2020(19):38-41.
- 33.顾郡雯.长投短贷:绿色PPP面临的融资困境

- [C].《上海法学研究》集刊（2020年第22卷 总第46卷）——上海对外经贸大学文集.:上海市法学会,2020:290-297.
- 34.鲁捷.中国A股市场整合ESG: 挑战与应战[J].董事会,2020(09):58-61.
- 35.梁正.人工智能时代亟需构建合理高效的数据治理体系[J].国家治理,2020(31):40-42.
- 36.张学平,孙国浩.我国公募证券投资基金:ESG投资实践[J].当代经理人,2020(03):42-52.
- 37.何伟.激发数据要素价值的机制、问题和对策[J].信息通信技术与政策,2020(06):4-7.
- 38.施懿宸,包婕,李雪雯.将ESG纳入银行授信机制, 迈出绿色金融发展新一步[J].现代商业银行,2020(11):13-19.
- 39.赵新博,王守清.新基建投融资的路径选择[J].项目管理评论,2020(03):62-65.
- 40.[40] 于施洋,王建冬,郭巧敏.我国构建数据新型要素市场体系面临的挑战与对策[J].电子政务,2020(03):2-12.
- 41.邓茗文.气候投融资如何引领低碳发展——对话中央财经大学绿色金融国际研究院院长王遥[J].可持续发展经济导刊,2020(Z1):63-65.
- 42.贾康.中国应对气候变化PPP融资模式的初步设计[J].当代农村财经,2014(07):3-6.
- 43.公管学院.齐晔、何建坤等与美英科学家辨析中国碳排放之谜[N]. 新清华,2013-08-30(004).
- 44.董昕.碳金融背景下我国银行业面临的机遇与挑战[J].中国经贸导刊,2011(09):62-63.
- 45.张万宽,杨永恒,王有强.公私伙伴关系绩效的关键影响因素——基于若干转型国家的经验研究[J].公共管理学报,2010,7(03):103-112+127-128.
- 46.柯永建,王守清,陈炳泉.私营资本参与基础设施PPP项目的政府激励措施[J].清华大学学报(自然科学版),2009,49(09):1480-1483.
- 47.曾辉,程善钿.AI驱动的ESG投资链接可持续未来[J].可持续发展经济导刊,2020(08):34-36.
- 48.Artificial Intelligence in Emerging Markets—Opportunities, Trends, and Emerging Business Models[R],IFC,2020-09







## 第五章

# 行动呼吁

# 行动呼吁

拉斐尔·奥博尼奥<sup>1,2</sup>, 郭蕾<sup>1</sup>, 梅丽莎·珀梅泽尔<sup>1</sup>

1.联合国人类住区规划署(联合国人居署)

2.世界银行

## 未来城市与新经济: 绿色创新驱动碳中和

在所有温室气体中,二氧化碳被认为是导致大部分负面气候变化影响的罪魁祸首,而自工业革命以来人类大量生产这种气体。作为化石燃料消耗的主要副产品,二氧化碳产生于交通运输、建筑、工程、能源和矿业等多个行业。

如今全球超过一半的人口居住在城市,并且这个数字还在急速增长,这意味着城市将在决定世界气候目标是否能够实现方面扮演关键角色。正如已经注意到的那样,如今城市能源消耗占到了全球能源消耗的75%左右,对全球温室气体排放量的贡献超过了70%。值得注意的是,城市的规划、建设和管理方式对于减少碳排放和将全球变暖控制在2015年《巴黎气候协定》设定的限制范围内至关重要。

联合国人居署认识到城市在应对我们这个时

代的关键危机中所扮演的关键角色,并继续与城市合作,加速为实现一个无碳世界而采取城市行动。通过各种倡议,联合国人居署将持续扩大全球“加速零排”行动的影响,并鼓励地方政府制定可行的零碳计划。全球数百个城市已经承诺在2050年前实现完全碳中和,不再产生任何无法抵消的气候变化排放。

据估计,通过采用技术可行并可被广泛可用的缓解措施,到2050年城市的温室气体排放量可以减少近90%。这意味着城市行动可以将全球排放量减少超过70%。这种潜在减排可以通过能应对不断扩张程度的城市以及建筑、交通、材料效率和废物管理等领域的组合措施实现。本文出现了许多有价值的想法和教训,值得城市政策制定者和城市管理者注意,因为这些内容可为他们在如何加强气候承诺方面提供实用的建议。

其中一些必要的行动包括:

## 1. 建造节能的基础设施和住房

城市中很多碳排放来自于建筑物和住房的供暖、照明和制冷。城镇和城市需要建造适应当地条件的节能基础设施和住房。同时，现有的建筑物必须通过实施措施或技术来使其更加高效，如改善绝缘或通风，以便它们使用更少的能源。此外，新建筑必须使用不产生二氧化碳的材料进行建造，同时还要具有节能性。

## 2. 促进和实施多样化的城市出行解决方案: 2/5 的二氧化碳排放源于

陆路、铁路、水路和空运运输，其中大部分来自陆路交通。低碳公共交通与步行和骑行设施相结合，将有助于解决这个问题。步行和骑行是城市中最清洁的出行方式，对健康、温室气体排放、空气质量、道路安全和

公平性都有巨大的好处。

## 3. 规划紧凑城市

城市规划可以通过推进气候友好型城市形态，引导城市增长朝向低碳城市发展。确保不断增长的城市紧凑有序，以适应不断增加的居民数量，有助于减少碳足迹。紧凑城市也使基本服务，如废物管理、交通、能源、水和卫生的提供更具有资源效率和财务可行性。因此规划紧凑城市，让人们可以在短距离内到达工作和设施，也将减少排放。

## 4. 产生清洁能源

各国需要生产清洁、资源效率高且比以往更便宜的能源，以摆脱对化石燃料的依赖。这也将带来健康相关的好处，例如减少空气污染并创造绿色就业。经济部门和

各产业应在生产过程中更多地使用可再生能源。作为能源需求的主要中心，城市必须带头加速零碳行动。城市应该从领先产业和支柱产业开始，了解产业链中的碳排放现状，根据生产情景中碳排放活动的频率和排放量定期整理“碳中和产业机会清单”，并积极帮助企业寻找绿色科技，推动产业升级。

## 5.促进城市绿地以实现碳中和

公共绿地在调节温度和减少城市热岛效应方面发挥关键作用，应采取措施在改善基本服务的同时减少碳足迹。这些措施包括更好的水需求管理、通过基于自然的解决方案进行废水处理、更好的市政废物管理和物质回收、采用微型电网、可再生能源、通过改进建筑的能效来改造建筑物、采用共享、公共和电动交通。

## 6.利用创新的方式减少城

## 市温室气体排放

在绿色和低碳变革已成为全球价值导向的背景下，城市生活场景实验室可能也是一种有效的治理模型探索，城市应为数字化和脱碳这两个产业的新一轮融合做好准备。城市生活实验室将不同的利益相关者——公司、研究机构、公共部门和公民——汇聚在一起，促使他们协同合作，共创涉及不同发展阶段的最终解决方案。成都正在开创“城市公园”，部署新的经济方法，这很可能是智能城市和绿色低碳城市的融合。在创造其他社会效益的同时，必须努力利用创新方式减少城市温室气体排放。

## 7.建立机制吸引私人融资机构的资金

使市区达到环境自然状态将需要大量资金投入，这些资金不仅来自财政机构，还来

自私人融资机构。投资者和企业向绿色经济的过渡中发挥着核心作用。近年来，有关环境、社会和治理因素的投资激增。城市可以和国家政府合作通过制定政策和激励措施以及展示创新项目，来吸引投资，例如智能能源网络和建筑。私营部门融资对于成功的绿色过渡至关重要。金融部门，特别是商业银行，扮演着重要的角色，他们不仅可提供可持续的金融产品和服务，而且在可持续投资和运营创新等方面影响其他领域。

放和促进经济发展的双赢局面。同时，实现气候目标需要保持技术开放性。

## 8. 增强公众参与和维护技术开放性

应建立透明和开放的政府管理系统和政府服务信息平台，以增强公众参与，使政府的规划和设计实时公开。此外，需要加强宣传和指导，提高地方政府和相关主体的意识，将示范项目的建设与当地经济和社会发展相结合，通过项目推动绿色低碳新增长点和新动力的形成，以实现控制碳排









**UN HABITAT**  
FOR A BETTER URBAN FUTURE

UNITED NATIONS HUMAN  
SETTLEMENTS PROGRAMME  
P.O. Box 30030, Nairobi 00100, Kenya  
T: +254-20-76263120  
E: [infohabitat@unhabitat.org](mailto:infohabitat@unhabitat.org)

