



中国环境与发展国际合作委员会  
专题政策研究报告

# 重大绿色技术创新 及其实施机制

2020

政策研究专题发布  
2020年9月





## 专题政策研究项目组成员\*

### 联合组长:

### 中方组长:

李晓江 中国城市规划设计研究院原院长，国家工程勘察设计大师，京津冀协同发展专家咨询委员会委员

### 外方组长:

沃格雷 世界经济论坛执行董事，国合会特邀顾问

### 中方副组长:

翟 齐 中国可持续发展工商理事会执行秘书长，国合会特邀顾问

### 项目组中外专家:

#### 中方专家:

叶 青 深圳建筑科学研究院院长  
朱荣远 中国城市规划设计研究院副总规划师  
詹 鲲 中国可持续发展工商理事会首席专家  
张 纯 北京交通大学建筑与城规学院副教授  
张永波 中国城市规划设计研究院上海分院副院长  
吕晓蓓 中国城市规划设计研究院西部分院总规划师  
任希岩 中国城市规划设计研究院生态市政院总工程师  
魏保军 中国城市规划设计研究院生态市政院副总工程师  
伍速锋 中国城市规划设计研究院交通分院所长  
周 俊 中国城市规划设计研究院深圳分院所长  
郭永聪 深圳建筑科学研究院高级工程师

#### 外方专家:

Claudia Sadoff 国际水管理研究院 (IWMI) 总干事  
林 江 美国劳伦斯·伯克利国家实验室讲席科学家 (中国能源政策)



Susan Bazilli	国际妇女权利项目主任
Christian Hochfeld	Agora Verkehrswende 执行董事
Arjan Harbers	荷兰环境评估署 (PBL) 研究员
Charles Godfray	牛津大学马丁学院院长
樊胜根	中国农业大学特聘教授
Khee Poh Lam	新加坡国立大学设计与环境学院院长
林伯强	厦门大学中国能源政策研究所所长, 世界经济论坛能源与材料平台执行委员
Charlo Ratti	麻省理工学院可感知城市实验室主任

**咨询专家:**

李 艺	全国工程勘察设计大师, 北京市市政工程设计研究总院有限公司副总经理
郭继孚	北京市交通发展研究院院长
宋晔皓	清华大学教授, 建筑学院建筑与技术研究所所长
付 林	清华大学教授, 博士生导师
方 莉	世界资源研究所中国区代表
郑德高	中国城市规划设计研究院副院长
张 菁	中国城市规划设计研究院副总规划师, 经营管理处处长
孙立明	“一带一路”环境技术交流与转移中心 (深圳) 主任
丁士能	“一带一路”环境技术交流与转移中心 (深圳) 副主任

**协调员:**

胡京京	中国城市规划设计研究院学术信息中心副主任
James Pennington	世界经济论坛循环经济项目负责人

\*本专题政策研究项目组组长、成员以国合会专家身份参加研究工作, 并不代表其所在单位观点, 亦不代表国合会观点。



# 执行摘要

## 一、研究意义

城市是实现减排目标的重要领域，是转变发展模式的核心场所。城市是碳排放的主要场所，未来碳排放总量和占比还将大幅提高。城市必须利用绿色发展理念改革现行的财政、税收制度和 GDP 导向，摆脱高投入、高消耗、高排放的粗放发展路径“锁定效应”，兑现《巴黎协定》国家自主减排承诺。

未来 10 年是绿色城市和绿色技术发展的重要机遇期。未来 10 年城镇人口还将增长 1.5 亿，中等收入群体主要集中在城市，其全新的价值观和生活方式正在形成。造成资源消耗和排放压力的巨大人口与消费增量，正是城市实现绿色发展、转型发展的动力和机会。

绿色技术实施是实现城市绿色转型的主要路径。许多欧洲、北美城市提出以“零碳、零废弃、健康的生态系统”为目标，建设繁荣发展的绿色城市。绿色技术是在建设绿色城市过程中用来降低消耗、减少排放、改善环境的具体技术，通过绿色技术创新和实施，培育市民绿色生活和消费方式，提升绿色发展福祉。

## 二、研究重点

### 1、当前的主要问题分析

绿色发展是中国城市发展唯一选择，绿色技术广泛应用是中国城市发展的必然要求。但在实践过程中，我们发现包括城市政府在内的多元主体仍然缺乏发展绿色技术的动力与切实举措，因此需要首先认识当前中国绿色技术创新、实施和推广存在的主要问题，以问题为导向提出政策建议。

### 2、评估方法的认识与构建

在绿色技术推广中，还存在着对经济、产业的考量多于绿色低碳考量，多采用短期“运动”方式等问题，而忽视城市绿色发展的系统性；部分未经全生命周期财务与外部性评估而匆忙推广的绿色技术和产品反而造成了资源浪费。因此，构建绿色技术评估体系，进行综合、多维度评估，对绿色技术实施推广至关重要。

### 3、识别重点领域

绿色技术的创新和实施，既需要系统推进，更应在识别当前主要问题的基础



上，借鉴国内外先进经验，聚焦重点领域和市民需求，针对不同领域的技术难点和应用短板，选择重点领域，实现重点突破。

#### 4、提出技术清单

通过汇集中外先进技术经验和最佳实践，在重点领域识别的基础上，通过全生命周期技术评估，提出前瞻性、综合性、创新性和有效性的绿色技术清单，形成“十四五”时期绿色技术创新导向。

#### 5、多层次的政策建议

在现行财政、税收制度、GDP 增长考核导向下，城市政府仍然更关注经济发展，依赖土地财政基本建设投资，缺乏转变发展模式、推进绿色技术的动力。因此，绿色技术的创新与实施，需要建立健全法律法规和政策体系，完善政府、企业、公众等多元主体共同参与的体制机制。

### 三、政策建议

#### 1、绿色愿景与目标

**绿色城市发展愿景。**通过绿色技术创新与实施，助推绿色生产方式与生活方式成为社会主流选择，建设绿色繁荣、低碳集约、循环利用、公平包容、安全健康的美丽城市，为世界可持续发展提供“中国样本”。

**绿色技术发展总体目标。**在降低消耗、减少排放、改善环境、实现绿色低碳的基础上，满足人民对美好生活的需要，形成全社会共同参与的绿色生产和生活方式。通过建设绿色城市和实施绿色技术，提高国家的绿色发展国际竞争力，实现城市“绿色繁荣”。

#### 2、建立健全全生命周期、全成本的绿色技术评估体系

应当从全生命周期、全成本视角综合考虑减碳降耗有效性、经济合理性、生产可行性、社会可接受性，建立绿色技术评估体系。

**全生命周期评估：使用前、中、后。**绿色技术不能只关注使用环节，忽略前后两端的绿色效益。应当提出从设计到报废全生命周期的绿色技术评估方式，关注在设计、资源采集、生产、运营、维护、分解处理等各个阶段的绿色效益。

**多维度全成本评估：增量成本和收益。**评估维度既要突出减碳降耗的效用，也不能忽略经济效益与财务可行性，忽略社会的认同感和接受度。因此，我们提出环境成本、综合经济收益、社会成本的多维度评估框架，考虑全成本盈亏。

**三个阶段+三个核心维度评估框架。**全生命周期的绿色技术评估框架，在周期上涵盖实施前、实施中、实施后三大阶段，在维度上考虑环境、经济、社会三大

方面，对绿色技术的成本与收益进行综合分析。

### 3、绿色技术的重点领域及推荐清单

通过借鉴欧洲、北美先进经验，分析我国当前城市发展的主要问题和市民需求，针对不同领域的技术难点和应用短板，建议“十四五”时期选择**水、能源、交通、建筑、土地利用、食物**作为城市绿色发展的六个重点领域，在六个领域中选择二十项具有较好节能减排效益与居民获得感的**创新绿色技术**进行推广实施。

“十四五”期间六个重点领域绿色技术推荐清单

重点领域	技术发展方向	推荐技术
水	污水处理与水循环经济	污水处理与厂网河一体提质增效技术
	再生水利用	再生水系统水质保障技术
	再生水利用和无收益水管理	再生水系统智慧运行技术
能源	一体化绿色能源电网	微电网技术
	近零排放制冷与供热	工业余热集中供暖技术
		中深层地热利用技术
能源互联网	能源互联网综合管理平台技术	
交通	智慧交通系统	MaaS 出行服务技术
	新能源交通工具及配套设施	氢能源车辆技术
		智能充电系统技术
交通需求管理与自行车出行	自行车专用路技术	
建筑	健康建筑	建筑立体绿化技术
	绿色建筑	“钢结构+模块化内部空间”技术
	近零能耗建筑	光伏、BIPV，分布式储能与直流供电技术
	建筑智慧运维	群智能建筑系统技术
土地利用和规划	绿色城市形态	绿色城市形态技术包
	绿色宜居、碳中和社区	绿色宜居、碳中和社区技术包
食物	食物溯源	食品安全信息监控和追踪技术
	城市农业	垂直农业技术
	智慧农业	数字食物平台技术



#### 4、绿色技术的性别视角与跨领域解决方案

**绿色技术的性别政策。**增加女性在绿色技术领域的教育和研究机会，为女性提供更多相关的就业岗位。建立基于性别的绿色政策绩效评估方法，确保有足够比例的女性参与绿色政策制定与管理，参与城市、社区、建筑绿色发展的设计、运营、管理等各个环节。在绿色技术研发和设计环节增加性别区分的数据收集。充分鼓励女性参与绿色产品的推广与营销，提高女性学习、安装、操作和维护绿色产品的能力。

**4IR 新技术。**选择试点城市开展 4IR 新技术应用与孵化，开展数据收集与应用，形成可复制的创新模式。通过设计新的政策工具，推动技术创新实现可持续性和包容性的经济增长。

**循环经济。**将循环经济纳入城市规划，制定明确的目标、路线图和金融、税收机制，引导企业、研究机构、公众积极参与。建立政府、企业和公众多元主体合作平台和网络化监管机制。

**数据治理。**创建公共部门和私人部门数据共享平台。通过制定数据监管与问责的政策与法规，确保数据共享与数据安全。

#### 5、实施政策建议

##### (1) 总体政策建议

**国家总体战略与法律体系建设。**制定绿色低碳发展的国家规划，确立兑现《巴黎协定》承诺的碳排放总体目标、时间表和路线图。加快推进绿色低碳发展与碳排放控制的国家和地方法律体系。

**绿色低碳发展政策与体制机制建设。**建立健全绿色发展相关行政、财政、税收政策体系。明确碳排放总量控制任务，向省、市、县逐级分解，并监督实施。开展超低/零碳城市与社区示范和六个领域推荐技术实施的示范工程。

**建立绿色金融体系。**鼓励社会资本、民间资本参与绿色发展和绿色技术投资，改善企业融资状况。提倡绿色投资原则，鼓励金融机构放弃非绿色、高排放投资。

**发挥企业主体作用。**建立绿色低碳导向的资源定价、碳交易、财政补贴、税收约束与激励等政策，鼓励企业参与绿色发展，积极投入绿色技术研发、生产、应用。促进绿色低碳循环经济体系建设。

**建立公众参与机制。**出台保障公众和社会组织参与绿色低碳与减排相关决策的法律法规，明确公众的利益、责任和权力。动员公众践行绿色生活和消费方式。全面实施碳排信息公开制度，公开城市与企业的碳排信息。

**推动绿色技术创新研发。**建立以市场为导向，企业广泛响应，专业机构积极





参与的绿色技术创新体系。

**加强绿色技术国际合作。**建立绿色技术与创新国际联盟，为企业、决策者和专家群体搭建交流平台，共同解决城市绿色发展与气候变化问题。

### **(2) 六个重点领域的具体政策建议**

**水领域：**重点提出建立多层次的再生水法律制度；建设海绵城市、污水处理和再生水指标考核机制；制定特定地区污水再生排放标准；对节能、水治理技术财税扶持和增值税进行减免；建立厂网河一体化的水系统综合示范城市试点和循环节水型城市等政策建议。

**能源领域：**重点提出拟定可再生能源优先法，能源产品价格改革和碳税政策，编制综合能源规划，促进绿色税收机制改革。

**交通领域：**重点提出建立氢能源管理与安全法规体系和电池回收管理制度，加强电动自行车的生产、销售和使用管理；制定 MAAS 出行服务的技术标准；自行车专用路示范工程；交通零排放区和拥堵收费试点示范工程等政策建议。

**建筑领域：**重点提出落实能耗总量和能耗强度双控制度；把绿色建筑性能目标、能耗总量和强度指标纳入城市规划标准；将个人购买、居住（含租赁）绿色建筑纳入个税专项扣除优惠，制定企业使用绿色建筑的企业税收优惠政策。建设近零能耗建筑试点示范城市/城区等政策建议。

**土地利用与规划领域：**重点提出推进国土空间开发保护立法工作；对高层住宅项目实行监督检查和全过程管理；建立低碳试点城市和试点社区规划的规划评估和督查制度、工业用地绩效考核与动态评估制度；制定土地混合利用相关标准规范等政策建议

**食物领域：**重点提出完善食物安全和追踪体系的法律保障；推进对食物从产地到消费者的全过程管理，建立对农产品开发全产业链的追踪溯源系统；制定垂直农业相关技术导则等政策建议。

### **(3) 基于国际最佳实践的政策建议**

**制定城市和建筑设计指南。**创建依据公交导向开发的中国城市来满足未来城镇化的需求；根据国际最佳实践制定并加大力度推广绿色建筑标准。

**投资新型城市基础设施。**建议将建筑集成光伏（BIPV），水处理技术和能源存储三项技术加入新基建计划，并设立宏伟目标，帮助刺激疫后经济复苏。建议风能、太阳能和能源存储投资增加一倍，建立综合绿色能源电网。

**继续推动电动汽车的普及。**加强电动汽车基础设施建设；重点推进高行驶里程的商业运营车辆电气化，推广共享汽车并实施交通需求管理。



**推进食品价值链的数字化创新。**建立强大的创新生态系统，把数字创新应用到整个食品价值链，提高食品供应链的可追溯性，生产和采用更健康、更具营养和可持续的食物，同时促进城市的室内农业生产。

**建设碳中和社区。**制定碳中和、循环社区的明确目标和共同路线图，动员政府部门、私营部门和利益相关方共同参与碳中和、循环社区建设。

**推进机制。**有助于在中国城市中实现绿色转型的三种策略包括：试点城市和政策沙盒、绿色技术跨国联盟、公众参与。



## 目 录

引 言 .....	1
<b>第一章 机遇、愿景与目标 .....</b>	<b>3</b>
一、城镇化与城市发展的特征、问题与机遇 .....	3
二、城市绿色发展的愿景与准则 .....	4
三、城市绿色发展的目标与路径 .....	5
<b>第二章 既有政策与问题 .....</b>	<b>7</b>
一、城市绿色发展的既有政策 .....	7
二、城市绿色发展存在的问题分析 .....	10
<b>第三章 挑战与策略 .....</b>	<b>11</b>
一、绿色技术创新与实施的挑战 .....	11
二、绿色技术推广的重点领域识别 .....	12
<b>第四章 绿色技术的评估方法 .....</b>	<b>14</b>
一、评估方法的比较研究 .....	14
二、建议的评估框架 .....	14
三、设计评估方法 .....	15
四、评估方法的应用检验 .....	17
<b>第五章 中外经验与新兴最佳实践 .....</b>	<b>17</b>
一、水领域 .....	18
二、能源领域 .....	18
三、交通领域 .....	19
四、建筑领域 .....	20
五、土地利用和规划领域 .....	21
六、食物领域 .....	21
<b>第六章 六个重点领域“十四五期间”绿色技术推荐 .....</b>	<b>22</b>
一、水领域 .....	22
二、能源领域 .....	23
三、交通领域 .....	23
四、建筑领域 .....	24



五、土地利用和规划领域 .....	26
六、食物领域 .....	27
<b>第七章 绿色技术推广的跨领域解决方案 .....</b>	<b>27</b>
一、第四次工业革命（4IR） .....	27
二、循环经济 .....	29
三、数据治理 .....	31
<b>第八章 绿色技术推广与实施的性别视角 .....</b>	<b>32</b>
一、性别视角在城市绿色发展中的重要性 .....	32
二、性别视角与城市发展的国际经验 .....	33
三、绿色城市发展的性别视角 .....	33
四、六个重点领域的性别视角 .....	34
<b>第九章 政策建议 .....</b>	<b>34</b>
一、“十四五”期间重大绿色技术推广的建议清单 .....	34
二、“十四五”期间绿色发展与绿色技术创新的政策建议 .....	35
三、“十四五”期间六个重点领域绿色技术实施的政策建议 .....	37
四、基于国际最佳实践的政策建议 .....	39
<b>参考文献 .....</b>	<b>41</b>



## 引言

**生态文明。**中国政府把生态明确立为国家发展的基本方略，绿色发展、美丽中国与以人民为中心共同构成了生态文明发展道路的核心价值和愿景。生态文明的根本目标是要在保护生态安全，发挥生态资本的服务功能，减量并高效利用自然资源，降低碳和污染物排放的前提下，从粗放野蛮的增长模式向生态友好的发展模式转变，通过绿色发展，实现绿色繁荣，让人民分享绿色福祉，实现人与自然和谐共生。

**应对气候变化。**《联合国气候变化框架公约》、《京都议定书》、《巴黎协定》三个国际法律文本确定了全球气候治理和低碳绿色发展的框架。《巴黎协定》确定了“把全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上低于 $2^{\circ}\text{C}$ 之内”，明确了各个国家“共同但有区别的责任”。中国作为签约国，做出了2030年达到碳排放峰值，碳排放强度比2005年降低60%~65%的承诺，承担应对气候变化的大国责任。

**绿色发展。**欧美国家，尤其是欧盟地区，高度重视绿色发展。2019年《欧洲绿色协议》提出到2050年，成为全球首个“碳中和”地区。新一届欧盟机构又提出“绿色新政”概念。中国“十三五”规划首次提出了“生态环境总体改善”的绿色发展目标，包括推进资源节约集约利用、加强环境综合治理、加强生态保护修复、积极应对全球气候变化和发展绿色环保行业等任务，提出四类27项绿色发展工程。绿色发展成为指导中国新时代发展的五大理念之一。

**绿色城市。**许多欧洲、北美城市提出建设绿色城市、碳中和社区的目标和行动，如《奥尔堡宪章》、《奥尔堡承诺》、《莱比锡宪章》、《弗赖堡宪章》、《温哥华：最绿城市行动计划2020》等，以“零碳、零废弃、健康的生态系统”为目标，覆盖能源、水、交通、建筑等众多领域，建设繁荣发展的绿色城市。

中国城市是人口和经济更聚集、资源消耗和排放量更大的地域，绿色发展是中国城市发展唯一选择。近年来中国政府先后提出“海绵城市”、“生态城市”、“绿色新区”、“低碳城市”、“低碳社区”、“生态修复、城市复兴”、“无废城市”等行动，通过试点示范项目探索城市绿色发展道路。

**绿色技术。**绿色技术是降低消耗，减少排放，改善生态环境的具体技术，包括采集、生产、制造、营建、规划、设计、使用、维护和管理等各个环节。绿色技术广泛应用是中国城市发展必然要求。中国应对气候变化的国际承诺和减排政



策，越来越严格的环境治理政策也倒逼绿色技术在城市发展中更快、更大规模的应用。

“十四五”期间是中国城镇化和城市发展转型的关键时期，以绿色低碳技术发展助推新型城镇化，在新型城镇化中推动绿色技术应用，是中国应对气候变化、实现疫后经济绿色复苏的重要领域。

**绿色技术的推广应用。**2018年中国政府提出，“推进绿色发展，加快建立绿色生产和消费的法律制度和政策导向，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。构建市场导向的绿色技术创新体系，发展绿色金融”。2019年国家发布《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》，提出到2022年基本建成市场导向的绿色技术创新体系。

绿色技术具有良好的正外部性，良好的社会和环境效益；绿色技术具有公益性质，巨大的市场潜在需求，应该得到社会和政府的支持。在传统资源利用模式和市场价格下，绿色技术往往缺乏价格竞争力。应该通过资源定价，让生产或使用承担全部成本，包括外部成本，以实现绿色或非绿色技术与产品的公平竞争；应该通过恰当的财政补贴对绿色技术与产品给予扶持。绿色技术也应通过不断创新来降低成本，提高市场竞争力。

绿色技术是广受关注的新兴领域和科技创新领域，在给予鼓励和扶持的同时，也要防止盲目推广，需要建立有公信力的信息发布和全生命周期评估程序来避免陷阱。

绿色技术推广应该有政府、高校、专业机构、企业、社会组织和公众的广泛参与。政府应该建立完整的法规和政策体系，鼓励高校、专业机构参与绿色技术创新；鼓励企业研发、生产、应用绿色技术；鼓励绿色技术研发、生产和应用中关注不同性别、年龄和能力人群差异化的需求和能力；向社会和公众倡导绿色生活方式和消费理念，形成全社会共同参与绿色发展、应用绿色技术的良好氛围。

**研究重点。**国合会“重大绿色技术创新及其实施机制专题政策研究项目”致力于城市范畴的绿色发展、绿色技术推广应用、评估方法和法规及政策研究；通过研究，推荐10~20项可推广的绿色创新技术，并从全生命周期角度进行综合评估，为“十四五”规划的绿色发展政策提供技术支持，同时提出绿色技术推广的政策保障体系的建议。





# 第一章 机遇、愿景与目标

## 一、城镇化与城市发展的特征、问题与机遇

城镇化进程和城市人口增长压力增大，给城市转型发展提供了机会。2019年，中国城镇人口占总人口比重达到60%，已经从传统农业社会转向了城市型社会。未来10年，中国城镇人口还将增长1.5亿左右；已经进入城市工作、生活，但尚未安家落户的流动人口中，将有1~1.5亿在城市和县城安家，成为家庭团聚的市民。庞大的人口增量和安家需求，将产生巨大的新需求和资源消耗，也给城市提供了改变发展模式、优化资源配置的机会。

城市是资源消耗和碳排放最主要的场所，也是实现绿色低碳发展的核心场所。工业、建筑、交通是资源消耗和碳排放的主要领域，这三项活动都主要集中在城市。城市既是排放的主要场所，也是实现全社会绿色低碳发展的核心场所。在GDP增长导向、和现行财政、税收制度的影响下，中国城市形成了资源粗放利用、用地盲目扩张的模式。城市布局碎片化，土地低效利用，基础设施和公共服务配置失衡与错位，交通运输效率低下，导致城市发展的碳足迹居高不下，并产生“锁定效应”。城市发展模式的根本性转变和绿色技术的广泛应用，将直接影响中国绿色低碳发展目标能否实现。

消费规模扩张带来更大的供给压力，为生活方式和消费转型提供了动力。随着人均收入水平的持续提高，中国的中等收入群体不断扩大，已经占总人口的30%左右，中产阶级的价值观和生活方式正在形成。一方面，消费能力不断提高，将需要更多的资源消耗，产生更多的排放；另一方面，新兴中产阶级和受过良好教育的年轻人更乐于接受绿色低碳的价值观和理性的生活方式。这正是倡导和培育低碳生活方式和低碳消费理念，推进城市的绿色发展和绿色技术应用的好机会。

增量扩张转向存量利用的政策变化为绿色技术应用提供了新的空间。城市沉淀了大量存量资产，包括低效利用或闲置的土地、基础设施、工业与民用建筑。国家要求城市发展重点从增量扩张转向存量资产的有效、充分利用。这一新政策也给绿色技术的推广，包括土地多功能混合开发，建筑低碳改造、城市有机更新、低碳社区建设、绿色慢行交通、分布式能源供应、循环经济原理等，提出了丰富的应用场景。



区域和城市之间的巨大差异需要不同的绿色发展策略和绿色技术供给。中国的自然资源和人口分布很不均衡，东部沿海地区和中部、西部之间，南方和北方之间的自然资源和发展水平存在差距；大城市和中等城市、小城镇之间的发展需求和治理能力也有很大差异；不同地区应对极端天气导致的自然灾害，气候变化导致的海平面上升等方面存在很大差异。城市绿色发展应该有“共同但有区别”的策略和路径；绿色技术的研发和推广也应该有很强的针对性和适应性。这也给绿色技术的发展和 innovation 提供了多样化的需求动力。

## 二、城市绿色发展的愿景与准则

**城市绿色发展愿景：**通过绿色技术的创新、推广与应用，助推绿色生产方式与生活方式成为社会主流选择，**建设绿色繁荣、低碳集约、循环利用、公平包容、安全健康的美丽城市，为世界可持续发展提供“中国样本”。**

**绿色繁荣**——建构绿色经济体系，促进低碳产业、循环经济和绿色消费发展，使绿色经济成为核心竞争力和社会的核心价值。

**低碳集约**——提倡土地混合使用，鼓励绿色交通、绿色建筑、绿色基础设施和低碳社区发展，放弃高消耗、高排放的发展模式。

**循环利用**——高效利用所有资源；把废物变成回收再利用的资源；用资源循环利用替代增量型的发展模式。

**公平包容**——让不同性别、不同阶层、不同年龄、不同身份（户籍）的居民公平享受高品质生活和生态资本的服务，平等参与绿色发展事务。

**安全健康**——降低城市与自然冲突，为当代和后代保护好自然资源和生态资本；提高城市运营的安全性和韧性，创造健康宜居环境。

**为了实现以上愿景，城镇化与城市发展应当遵循：**

**准则 1：**城市发展应以满足人民美好生活的需要为目的，实现人与自然的和谐，而不仅是促进经济增长；

**准则 2：**城市发展应在追求繁荣的同时为减少资源消耗和碳排放做出直接贡献，并应采取气候适应型的发展策略，以应对气候变化；

**准则 3：**政府应为城市绿色发展做出极大的努力，同时更应充分发挥市场的主导作用，鼓励企业和公众广泛参与；

**准则 4：**城市绿色发展应以公平正义为导向，不应损害妇女、老人、儿童、流动居民的福利，不应剥夺弱势群体的发展权利；

**准则 5：**城市绿色发展应建立差异化的策略和路径，以适应不同自然条件，不





同发展水平，不同层级城市和地区的发展需求和能力；

**准则 6:** 城市绿色发展应以实效和适用为导向，需对绿色技术进行多维度全生命周期的评估，避免追求时髦和“新技术陷阱”。

### 三、城市绿色发展的目标与路径

**总体目标:** 基于生态文明和新发展理念，实现人与自然和谐共生的现代化，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构，推动生产方式、生活方式绿色化、低碳化，将绿色低碳发展的理念落实在城市经济、社会与环境发展的各个领域和全过程，实现绿色低碳发展，实现美丽中国建设目标。

**2020-2025 年。**即“十四五”期间，重点推广水、能源、建筑、规划、交通、食物等领域绿色发展与绿色技术应用，克服锁定效应。在试点的基础上完善政策配套，健全标准体系，建立与国际接轨的绿色金融市场。通过排放许可、监督、报告、监测、核查、标准等手段的不断完善，推广绿色技术和绿色产品在生产和消费中的应用。实现主要温室气体排放总量大幅度减少和生态环境质量显著提高。

**2025-2030 年。**建立世界先进的绿色发展技术体系，全面实现城市绿色发展与绿色低碳技术广泛应用，建立完善低碳绿色发展法律、制度和政策体系，实现生产生活方式的全面绿色转型。支持中国提前、超额兑现全球《2030 年可持续发展目标》和《巴黎协定》的国家承诺。

**2030 年以后。**结合国家发展目标和《巴黎协定》提出的“2°C”、“1.5°C”目标，借鉴欧盟 2050 年实现零碳排目标和实施路径，实现绿色技术在城市的全面应用。全面建成绿色低碳的经济体系。全面实现资源节约、循环利用和深度减排。全面建成绿色生产和消费的法律制度和政策保障机制。2050 年全面实现绿色低碳发展，建成美丽中国，为“1.5°C”目标的实现做出中国的杰出贡献。

依据上述总目标和阶段目标，城市发展六个重点领域应实现的目标见表 1-1。

表 1-1 六个重点领域绿色技术发展的阶段目标

	2025	2030	2030 以后
水领域	污水收集管网和处理设施相对完善。	实现城市生活污水全部集中收集；再生水利用水平显著提高。	水环境质量全面改善；水资源可持续利用达到主要发达国家水平。



	2025	2030	2030 以后
能源领域	构建绿色低碳、智慧互联能源系统；新增需求主要由清洁能源供给。	可再生能源和核能利用增长，化石能源利用大幅减少；全面实现能源利用清洁化。	能效达到世界先进水平；能源消费达峰；新能源与可再生能源全面替代化石能源。
交通领域	初步形成绿色技术、标准和保障体系；能源结构持续优化，交通减排取得成效。	智慧化、低碳化接近国际先进水平；技术、标准和保障体系健全；公共交通、物流配送全面电动化；碳排放明显降低。	绿色、超低碳、智慧交通体系全面建成。
建筑领域	新建民用建筑全面执行绿色建筑标准；建筑能源结构进一步清洁化、低碳化。	新建民用建筑全面达到超低能耗水平以上。	新建民用建筑全部达到零能耗建筑标准，既有非节能建筑全部提升为节能建筑。
土地利用和规划领域	实现规划建设管理全过程的绿色低碳管控，加快推进绿色城市和绿色街区试点。	着力推进重点城市化地区人居环境质量绿色低碳转型，建成一批具有国际水平的绿色城市和街区。	城市和街区人居环境质量全面达到绿色、低碳、宜居、繁荣的要求，实现生态文明。
食物领域	解决食物安全问题；降低食物碳排放。	全面提升食物健康，食物结构向绿色发展方向转移。	建成绿色、低碳、营养、公平的食物体系。

为了实现上述目标，应当根据城市经济、社会、文化活动特征，建立覆盖城市居住、生产、游憩、交通活动全进程，覆盖“资源保护与利用—生产与营造—消费与使用—分解与回收”各个环节，形成全链条的绿色技术体系。绿色技术体系应当针对中国城市发展中非绿色、高碳排的突出问题。

**促进保护与减量利用公共自然资源的绿色技术。**严守生态底线，尊重自然山水，摒弃高消耗、高排放的城市发展模式；合理使用、节约使用公共自然资源，确保自然资源的公平分配。

**促进“可循环”的生产和营建方式的绿色技术。**在生产和营建过程中，提高资源利用效率，降低资源消耗与排放，生产高品质、高附加值的绿色产品。

**促进负责任的消费和使用行为的绿色技术。**通过负责任的消费观念和良好的使用、维护行为，在提高生活质量的同时，减少整个生命周期的资源消耗、碳排放和环境污染，增加城市居民的净福利收益。

**促进废弃物无害化分解和资源再生的绿色技术。**以“零碳排放”为终极目标，全面推行固废、水、气的高标准处理与高水平回收利用，构建“零废城市”和“零污染”的无害环境。



## 第二章 既有政策与问题

### 一、城市绿色发展的既有政策

1992 年联合国环境与发展大会以后，作为《气候变化框架公约》缔约方，中国发布了《中国 21 世纪议程—中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》，此后，通过法律、政策、规划和标准等方式持续推进，积极构建并完善可持续发展、节能减排、绿色发展与低碳发展相关的法律和政策体系。

在宏观层面，近年来，国家相继出台了多项关于生态文明建设、可持续发展、新型城镇化建设、城市规划建设管理等方面重要政策文件，推进城镇化与城市发展领域的生态文明可持续发展理念。政策文件强调城市建设要“以人为本”，兼顾经济、社会、资源、环境、文化多维度发展目标，要重视改革创新、科技进步的作用。这些政策文件表明中国政府对城市绿色发展高度重视，也提出了城市绿色发展的目标和要求。

表 2-1 城市绿色发展宏观层面政策文件及内容

时间	名称	主要内容
2014.3	《国家新型城镇化规划(2014—2020 年)》	增强城市可持续发展能力，建设和谐宜居、富有特色、充满活力的现代城市。
2015.4	《中共中央、国务院关于加快推进生态文明建设的意见》	建立资源节约型和环境友好型社会，推进生态文明主流价值观
2015.12	《2015 中央城市工作会议公报全文》	城市发展持续性、宜居性
2016.2	《国务院关于深入推进新型城镇化建设的若干意见》	新型城镇化，经济持续健康发展
2016.2	《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》	城市有序建设、适度开发、高效运行、和谐宜居、富有活力、各具特色
2016.3	《“十三五”规划纲要》	“人的城镇化”，优化城镇化布局和形态、和谐宜居城市、城乡协调发展
2016.9	《中国落实 2030 年可持续发展议程国别方案》	包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区
2016.12	《中国落实 2030 年可持续发展议程创新示范区建设方案》	创建国家可持续发展议程创新示范区
2017.4	《“十三五”城镇化与城市发展科技创新专项规划》	城市发展领域科技创新体系
2017.10	十九大报告《决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利》	新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化，共建共享发展，人与自然和谐共生
2018.8	《中共中央办公厅国务院办公厅关于推进城市安全发展的意见》	城市安全发展与灾害、公共安全防范

在应对气候变化，推进节能减排、低碳发展方面，1998年颁布《节约能源法》，2006年颁布了《可再生能源法》，逐步形成了三类系统性政策工具：应对气候变化的政策、气候变化评估报告、节能减排工作方案。国家先后发布了《中国应对气候变化国家方案》《十三五节能减排综合性工作方案》《能源中长期发展纲要》《清洁发展机制项目运行管理办法》《绿色出行行动计划》等多项政策文件。在标准规范和技术规程方面，针对城市、社区、建筑等多个领域制订了国家或地方性技术规程，包括《绿色建筑评价标准》《企业温室气体核算与报告指南》《低碳社区试点建设指南》等。但对比欧盟国家的绿色低碳法律、政策融资、市场标准相互配合的体系建设，中国在城市绿色发展和绿色技术推广方面的鼓励和保障体系还很不完善。

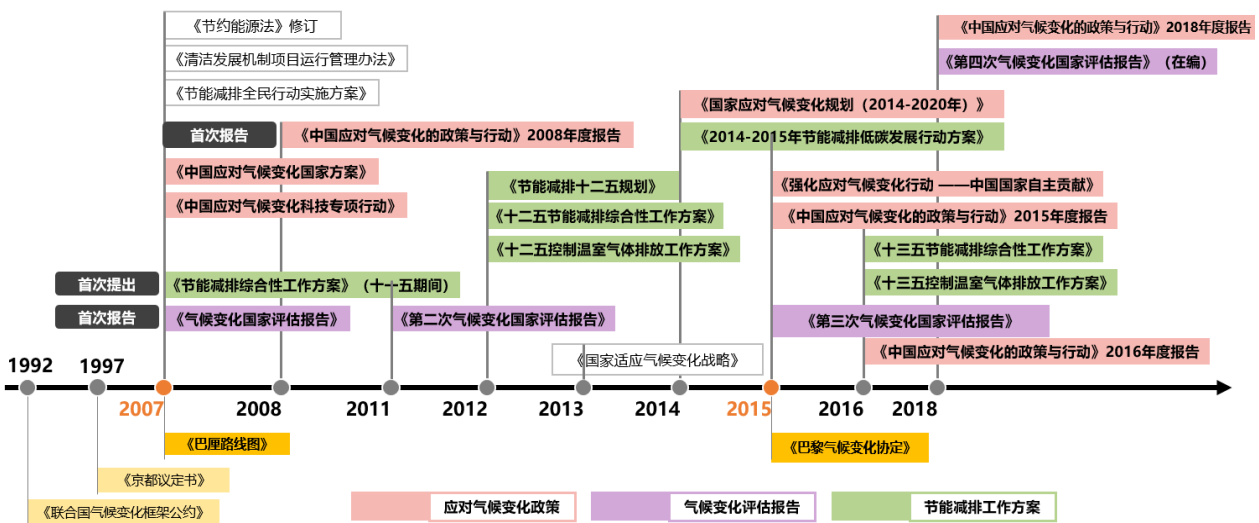


图 2-1 中国主要低碳减排政策出台的历程

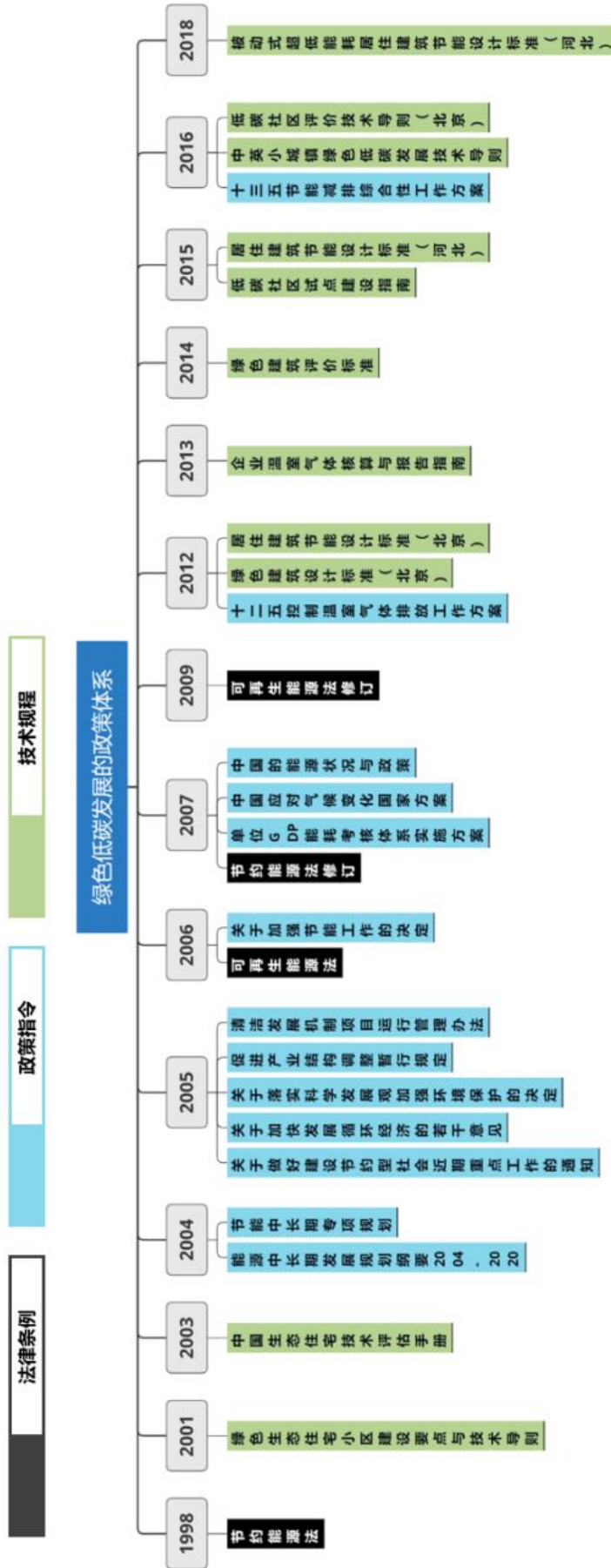


图 2-2 中国节能减排与低碳主要法律法规和政策





## 二、城市绿色发展存在的问题分析

尽管绿色发展已经成为国家和城市共识，但在城市绿色发展实践中仍然面临着一些突出问题。

**法律体系建设滞后。**中国缺乏关于绿色低碳发展系统性的法律体系，现有相关法律多以环境保护、污染防治、能源利用等单项型、底线型管理为主，综合性的绿色发展，减碳低碳法律缺位。绿色发展更多依靠政府政策推动，没有发挥法律的强制性、长期连续性和稳定性作用。

**减排目标和指标缺失。**中国目前的约束性减排指标比较保守，与我国巴黎气候大会承诺，以及国际绿色发展的趋势和行动存在一定的差距。缺乏具有强制约束力的总量目标和指标体系，也使减碳责任难于向地方传递、分解和落实。

**部门之间缺乏协调统筹。**绿色发展是一项系统工程，需要多个部门之间的协同，但目前政府各部门间权责划分不明确，协调统筹机制缺位，导致无人负责的现象。如“共享单车”涉及到10余个部门和不同层级城市政府的管理，在政策制定上各部门有鼓励、有限制规范，存在不一致性，导致了盲目上马、匆忙退出的尴尬局面。

**绿色融资体系尚未建立。**近几年绿色投资、环保投资总量每年增长幅度较大，但我国目前绿色投资资金来源比较单一，企业对绿色产业的投资主要依赖自筹资金，融资渠道不宽。绿色金融发展仍处于起步阶段，绿色融资市场存在绿色标准认证不统一、绿色融资抵(质)押品落实难等问题，这直接影响了金融机构投资绿色项目的积极性。此外，没有对金融业提出绿色投资原则与导向。

**企业响应不充分，绿色产业链尚未形成。**目前，鼓励企业参与绿色创新或应用的方式以各类财政补贴为主，且财政补贴缺乏对绿色技术的科学评估基础，导致真正的绿色经济行为未能获得有效激励；其次，我国碳排放交易市场整体获利不足，市场流动性较差，碳交易定价过低，严重影响了企业积极性；另外，我国还缺乏有效的政策工具鼓励企业加快绿色技术产业化和产品转化，缺乏绿色产品在市场投放、消费和应用的激励政策。

**绿色技术创新体系不健全。**技术创新是绿色发展的重要支撑，但我国绿色技术创新存在着大学创新研发热情高，企业对绿色技术和产品研发态度消极的状况，且国际合作不足，这样的创新模式对市场需求的反应迟缓，科技创新难以转化为企业和居民所需的技术和产品。

**社会认知不足、参与度低。**当前社会尚未真正形成“绿色低碳”的普遍价值



观。公众缺少有效参与城市绿色发展的渠道；缺乏有社会公信力的绿色与碳排放信息公开平台；缺乏趣味与专业的绿色发展社会教育体系；同时，随着收入水平的提高，消费享乐的生活方式蔓延，加剧了环境污染、资源消耗和碳排放。

## 第三章 挑战与策略

### 一、绿色技术创新与实施的挑战

**绿色城市发展对国家减排目标影响重大。**近 20 年来，中国城市发展走上一条高投入、高消耗、高排放的道路。城市水、能源、交通领域投入很大，在解决供给短缺问题的同时，并没有实现服务与供给的绿色低碳转型。城市建筑土地开发/规划领域消耗了大量土地和建筑材料，在改善城市生产、生活条件的同时，出现了土地资源分配不合理，居住用地人口和建筑密度太高，高层建筑过多的增长模式。研究表明，中国建筑领域的建材、建造和运营的碳排放占比已高达 40%。未来城市领域的碳排放总量和占比还将大幅提高。中国城市必须采取更加严格的碳排放标准，更加坚定地改变发展模式，走绿色城市发展道路，更加广泛地推广应用绿色技术，才能支持国家兑现《巴黎协定》的自主贡献承诺。

**城市发展模式依赖传统路径，缺乏绿色发展的动力与切实举措。**在现行财政、税收制度、GDP 增长考核导向下，城市政府仍然更关注经济发展，继续依赖土地财政基本建设投资，缺乏转变发展模式、推进绿色发展的动力。虽然各地提出了绿色发展的口号，但落实时遇到阻力就知难而退。2017 年的中央环保督察中，“环保罚单”共开出约 14.3 亿元，问责超 1.8 万人，深刻揭露了城市政府对污染防治工作、绿色发展理念落实不到位的问题。

**缺乏科学的评估与考核机制，绿色技术推广存在盲目性。**绿色技术、绿色产品的推广中存在经济产业考量多于绿色低碳考量；推广多采用短期的“运动式”方式，忽视了城市发展系统性，绿色产品生产消费的全过程性特点。部分未经生命全周期评估和外部性考量而匆忙推广的绿色技术反而造成了资源浪费，如共享单车、综合管廊等。国家 2019 年出台的《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》，提出要强化评价考核，建立绿色技术创新评价体系等内容，也说明了评估的重要性与当前评估方法和程序缺位。

**绿色技术涵盖范围广，既需要系统推进，也需要重点领域突破。**绿色城市与技术涉及范围极其广泛，包括多领域的一系列技术群，如材料技术、生物技术、



污染治理技术、资源回收技术、清洁生产技术等，涉及碳排、环境、能源、资源、制造、交通、基础设施、建筑、食物、土地等众多领域。同时，城市的碳排放、能源资源消耗、环境、污染、热岛效应、大城市病等问题也日益凸显。因此，绿色技术的推广应用，既需要系统性的推进，更应当识别当前主要问题，聚焦重点问题和市民需求，针对不同领域的技术难点和应用短板，选择重点推进的领域，实现重点突破。

## 二、绿色技术推广的重点领域识别

城市绿色发展的实现，需要在城市规划、建设、运行、维护等各个环节找到物质性绿色技术与方法的抓手。需要识别和选择能够解决当前突出问题，又具有前瞻性、综合性、创新性和有效性的绿色技术。

为了推动城市“全过程全链条”绿色发展，最终实现零碳排放的目标，应当从“资源保护利用、生产营建、消费使用、分解回收”四个维度，全面梳理、分析绿色技术体系，在各个维度下，进一步识别出诸多的技术领域。

表 3-1 绿色技术主要领域

资源保护利用	生产营建	消费使用	分解回收
水资源保护	循环经济	能源结构	固废处理技术
土地节约利用	能源技术	能源供应技术	水处理技术
可持续的能源	制造业技术	交通技术	废气处理技术
生态资本服务	建造技术	建筑运行维护	可再生资源回收技术
气象资源利用	建材技术	城市基础设施	厨余垃圾回收处理技术
城市公共空间	农业技术	食物供应链	...
气候适应模式	食物生产	...	
...	...		

通过分析欧洲具有里程碑意义的城市绿色发展纲领性文件：《奥尔堡宪章》（1994年）、《奥尔堡承诺》（2004年）、《莱比锡宪章：可持续欧洲城市》（2007年）以及《弗莱堡宪章》（2010年）可以知道，20多年来，能源、交通、建筑、水环境和食物（农业）等一直是欧洲具有共识的低碳绿色发展重要领域。在2019年12月欧盟委员会发布的《欧洲绿色协议》中也特别关注了能源、建筑、交通、农业、污染防治、生物多样性、可持续工业。





	《奥尔堡宪章》	《奥尔堡承诺》	《莱比锡宪章》	《弗莱堡宪章》
核心议题及关注点	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 城市经济可持续发展</li> <li>● 投资自然资源保护</li> <li>● 可持续发展的土地使用结构:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 高效公共交通</li> <li>● 有效能源供给,</li> <li>● 城市建设密度</li> <li>● 人性化的空间尺度</li> <li>● 功能混合</li> </ul> </li> <li>● 可持续的城市交通结构                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 生态友好的交通方式</li> </ul> </li> <li>● 防止空气、水、土壤和食物等自然领域的污染:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提高可再生能源的比重:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 更有效地利用水资源;</li> <li>● 促进生态农业与可持续林业经济的发展。</li> </ul> </li> <li>● 消费与生活方式:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 垃圾减量, 加强回收再利用;</li> <li>● 改善终端消耗的能效;</li> </ul> </li> <li>● 城市规划与城市发展:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 城市更新、城市密度、功能混合, 职住平衡、市中心优先发展</li> </ul> </li> <li>● 出行方式和交通需求管理:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 降低私人机动车出行;</li> <li>● 提高公共短途通道、步行道或自行车道的比重;</li> <li>● 促进机动车辆排放无害化;</li> <li>● 地方综合性可持续发展规划;</li> </ul> </li> <li>● 在能源、交通、采购、垃圾、农业、林业领域的相关战略与规章中融入气候保护政策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 打造高品质的公共空间</li> <li>● 提高基础设施网络现代化与能效的提高:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 城市交通系统与区域交通系统协调衔接</li> <li>● 城市交通与住房、就业、环境和公共空间协调;</li> <li>● 提高能效、提高利用自然资源 and 运营的经济效率;</li> </ul> </li> <li>● 形成紧凑型的居住区结构:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 改善弱势地区的存量建筑,</li> </ul> </li> <li>● 促进高性能、低成本的城市交通</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 混合、安全、包容的城市: 为所有居民建造不同的住房与办公空间/促进创新型居住形式的发展</li> <li>● 短途城市: 城市与地区中心的可达性</li> <li>● 发展“紧凑型、分布式”的城市</li> <li>● 提高公共短途交通沿线的城市发展/密度模型: 提高此类交通沿线区域城市建设的密度值</li> </ul>

本次SPS重点关注：土地利用与规划、能源、交通、建筑、水、食物

图 3-1 欧盟四部城市绿色发展纲领性文件中的核心议题

在前期工作中，通过分析比较各领域存在的突出问题和绿色技术发展需求，绿色技术的创新性、成熟度，应用的广泛性、城市居民获得感等方面，在 2020 年 5 月前，本专题把研究重点聚焦在水、能源、交通、建筑、土地利用与规划、食物六个领域。在这六个领域内进行单项或综合性技术筛选、评估，提出绿色技术应用推广推荐清单，为“十四五”期间中国城市绿色技术推广与应用提供建议。

表 3-2 六个重点研究领域

领域	内涵
水处理与水资源	保护水质，治理水污染，促进水资源循环、安全、高效利用
清洁、可持续的城市能源	减少矿石能源使用和温室气体排放，促进再生能源、清洁能源使用
改善城市交通	促进绿色出行，促进机动交通能源转换与排放降低，优化交通结构
发展绿色建筑	促进高质量、低消耗、低排放建筑与建造技术的发展
优化土地利用与规划	改善土地利用模式，优化城市布局，建设低碳社区，促进功能复合，保持人性尺度
城市食物生产与供应	探索城市食物生产系统，保护生物多样性和城市绿色生产空间

与欧洲、北美绿色发展重要政策文件相比较，我们相信，对绿色发展的领域进行系统分析和识别是非常必要的；本专题第一阶段工作选择的 6 个重点领域是恰当的。



## 第四章 绿色技术的评估方法

绿色技术应用的实际效果一直是受到高度关注并持续争论的问题。实践中缺乏事前、事中必要的客观评估而盲目推广的绿色技术造成了极大的资源浪费和负面效果。构建全面的绿色技术评估体系，对技术进行综合、多维度的估价，对绿色技术的推广至关重要且极其紧迫。

### 一、评估方法的比较研究

目前，国际上针对绿色技术的评估较为成熟，主要运用两种方法。一种是通过构建分类详尽的指标体系，通过规范性打分，得出评估结论。这一方法多适用于明确的评估对象，如绿色建筑的评估中《美国 LEED 标准》<sup>[1]</sup>、德国 DGNB 体系<sup>[2]</sup>、加拿大 GB TOOL<sup>[3]</sup>等，都是类似的评估方式。另一种是框架性评估，提前设计好评估导向与评估框架，主要用于广泛领域的绿色技术评估。以美国标准普尔绿色技术评价标准为例，以透明度、治理管理、缓解性或适应性作为评价的一级维度，下面设定次级评估方向，通过定性或定量判断，得出评估分数<sup>[4]</sup>。最后对减碳、财务和管理三个角度作出评估结论。这一方法可以普遍应用于绿色建筑、绿色能源、水资源、绿色交通等七大领域。

中国绿色技术推广大多采用推广目录方式，尚未建立针对绿色技术的评价方法和制度。住建部发布的《绿色建筑评价标准》普及应用度不高，且缺乏专业机构提供评估服务。众多“绿色技术”因缺乏全生命周期全成本的综合评估，推广后产生了资源浪费、安全隐患等负面影响，如共享单车、电动车、综合管廊等。

### 二、建议的评估框架

绿色技术的评估应当从全生命周期全成本视角综合考虑减排减消耗有效性、经济合理性、生产可行性、使用的可接受性。

**全生命周期的评估：使用前、中、后。**绿色技术的关注点不能只集中在使用环节，忽略了前后两端的绿色效益。应当提出从设计到报废全生命周期的绿色技术评估方式，关注在设计、资源采集、生产、运营、维护、分解处理等各个阶段的绿色效益。



**多维度全成本的评估：增量成本和收益<sup>1</sup>**。评估维度既要突出减碳减消耗的效用，也不能忽略经济效益与财务可行性，忽略社会的认同感和接受度。因此，我们提出环境成本、综合经济收益、社会成本的多维度评估框架，考虑全成本的盈亏。

**三个时间阶段+三个核心维度评估框架**。全生命周期的绿色技术评估框架，在周期上涵盖**实施前、实施中、实施后**三大阶段，在维度上考虑**环境、经济、社会**三大方面，对绿色技术的成本与收益进行综合分析。

环境维度主要评估实施前、中、后期绿色技术在减碳、节能两方面的量化收益。经济维度主要考量实施前、中、后三各阶段中绿色技术的增量成本与增量收益情况。社会维度主要包括政府支持、使用者/居民感受、企业响应等方面，主要以定性评价的方式进行分析。

因此，全生命周期的绿色技术评估框架采用**环境、经济维度的定量评估与社会维度的定性评估**相结合的评估方法，基于评估结论给予后续推广建议。

### 三、设计评估方法

**技术评估**。针对单项绿色技术各项性能特征，从全生命周期的环境、经济维度进行定量评估，衡量技术本身的可行性。首先，行业专家和企业推荐为主要来源，吸纳国际经验，筛选重点领域，汇总全部已知绿色技术，纳入备选绿色技术库，形成领域的绿色技术长名单。其次，从技术就绪度、问题针对性、推广可行性三个方面，筛选出面向社会需求，国家十四五计划可能采纳的绿色技术，形成绿色技术中名单。第三，从经济与环境维度建立定量评价指标，根据减碳和财务评估，形成四个象限的矩阵评价。由此进一步筛选出绿色技术短名单。

**表 4-1 绿色技术-财务、低碳评价体系**

	指标维度	主要指标
经济维度—财务评估	增量成本	研发和设计、生产加工改造、运行维护、报废处理成本等
	增量收益	资源节约量（节水、节能、节材、节地等），经济效益
环境维度—低碳评估	碳排放	碳排放量、资源消耗量
	环境品质	其他大气污染物排放量，水和土壤环境影响

<sup>1</sup>增量成本与增量收益：指绿色技术相对于传统技术额外产生的成本与收益

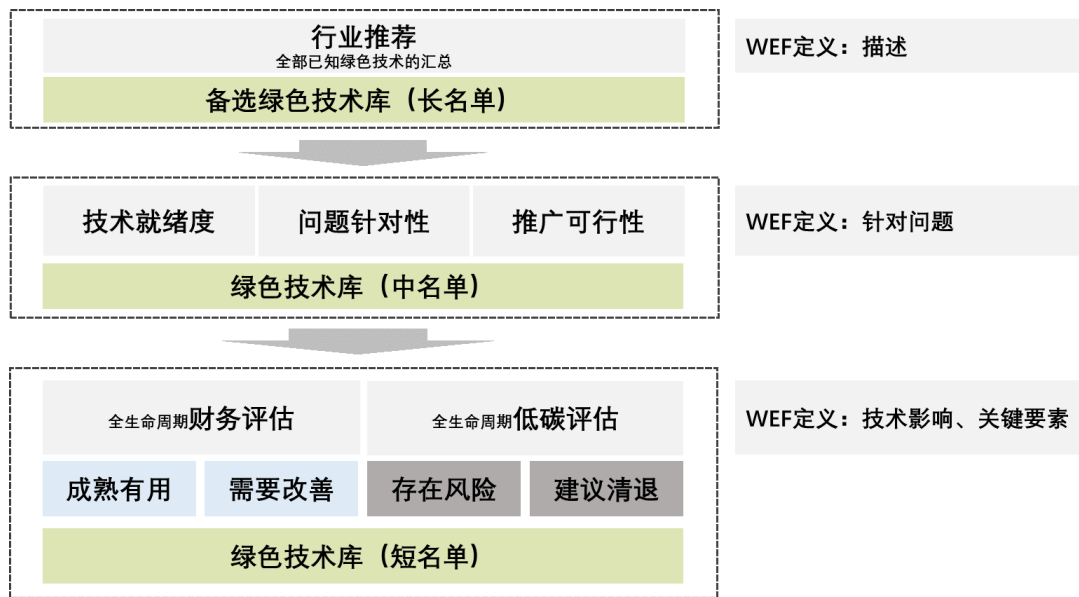


图 4-1 绿色技术“长名单-中名单-短名单”三阶段技术评估流程

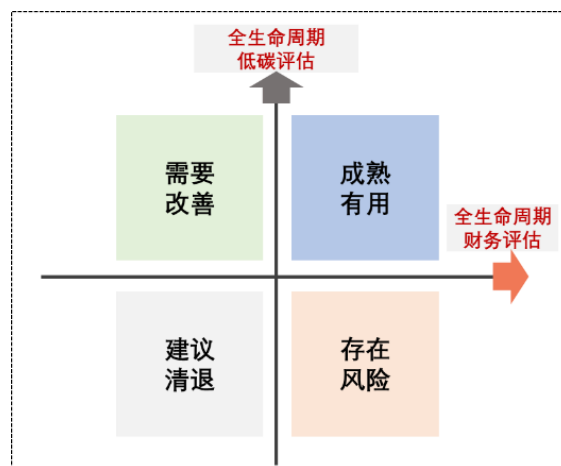


图 4-2 绿色技术全生命周期财务-低碳四象限评价体系

**建议推广的单项技术选择。**针对短名单，从社会维度进行定性评估，从企业、多元群体、政策制定者三大视角综合评价技术的推广可行性，最终由专家与智库校核，提出绿色技术推广应用的推荐名单。

**企业响应度。**了解绿色技术在生产与应用方面的优势与难点等，综合评估企业的认可度与推广响应度。

**多元主体技术认可度。**了解女性、老人、儿童、低收入群体在应用过程中的安全、公平、便利、幸福感等。通过使用者问卷调查，评估各个群体对于不同绿



色技术的认可度与获得感。

**政府政策。**梳理既有政策的支持程度，综合评价政府的相关资源投入、治理能力等支持程度。

**专家与智库校核。**对评估过程与数据进行最终校核，对技术的绿色效益、应用前景及阻碍因素等进行定性的综合评判，提出建议推广的绿色技术最终名单。

## 四、评估方法的应用检验

绿色技术涉及领域众多，技术类型繁多且差异很大，本项目研究中已经把前述评估方法应用到水、能源、交通、建筑、土地、食物六个领域的绿色技术推荐过程中。

在评估阶段，一是要充分识别各领域的绿色内涵，根据其突出的绿色效用进行分类，界定可评估的技术层次。二是建议根据领域的特殊性，对经济、环境维度的具体评估指标进行调整，如土地利用与规划领域的技术关注重点应为提升环境和生活效益。此外，针对综合性较高的技术，拆分为多个单项技术，分别评估后综合判断。第三，各领域侧重点也有所不同。如水、能源领域技术的评估重点是企业响应度；土地利用与规划主要考虑政府政策、专家评价等。

表 4-2 基于绿色内涵的评估维度框架建议

主维度	资源节约	安全耐久	健康舒适	生活便利	环境宜居
次级维度	节能 节水 节材 节地	安全 耐久	空气品质 水质 声光环境 热环境	出行 服务 运行管理	生态景观 物理环境

## 第五章 中外经验与新兴最佳实践

关于绿色技术的推荐名单，中外专家进行了充分交流。在各自提交的技术名单中，双方既在技术理念、方法和具体内容上形成共识，同时也在技术表述的层级、颗粒度和具体名称上存在差异。经过共同探讨，参照中国《国家创新驱动发展战略纲要》的表述方式，形成重点领域-技术发展方向-推荐技术三个层次。其中技术发展方向，重在集合中外优秀技术经验和新兴最佳实践，针对六个重点领域的突出问题，形成未来技术创新导向，本章将重点探讨此内容；推荐技术，将在





技术发展方向的基础上，通过问题针对性、技术就绪度和推广可行性的识别与评估，形成具体推荐建议，下文第六章将予以重点论述。

## 一、水领域

中国在水领域始终存在着水资源贫乏、分布不均、水质型缺水、用水需求快速增长等问题，同时也存在着污水处理效能不足、再生水利用效率低等诸多挑战。中国政府在 2006 年开展了“水体污染控制与治理科技重大专项”<sup>2</sup>；在 2015 年开始“海绵城市建设试点”工作；在 2019 年提出“城镇污水处理提质增效三年行动方案”，重点关注全面提升污水处理系统效能问题<sup>[5]</sup>。

**污水处理与水循环经济。**全球超过 80%的用水最终成为污水，未经管理的污水排放会造成健康危害和水资源短缺。污水处理技术包括物理、化学和生物过程的结合，以去除污水中的固体、有机物、养分和病原体。污水处理可解决缺水地区的水资源问题；污水处理的副产品中产生能量<sup>[6]</sup>，既可提高本城市水资源循环利用，又可降低下游用水成本<sup>[7]</sup>；可回收高达 90%的甲烷气体并用于清洁发电与供暖。中国已启动城镇污水处理和黑臭水体整治行动，并将选取 60 个城市开展试点。

**再生水利用。**发达国家普遍十分重视高品质再生水利用。再生水利用的核心是再生水水质安全。2009 年日本公布《下水道白皮书》，严格控制再生水的水质，定期向公众公开监测结果，以促进安全利用再生水。澳大利亚悉尼使用高科技的远程控制系统对循环再生水的运行进行自动和连续的监测，确保再生水水质安全。

**无收益水管理 (NRW)。**无收益水是城市供水系统最严重的问题之一，通过综合方法减少到消费者之前的水损失，包括泄漏检测、管道评估、压力管理和水力建模。通过减少输送、处理和分配环节的水损失，可以减少能源消耗和排放水平，对供水部门的财务绩效产生积极影响<sup>[8-9]</sup>。国际水协总结出了一系列方法、流程与评价指标，国内已有越来越多的供水企业关注并尝试应用，以指导 NRW 管网漏损控制工作。

## 二、能源领域

中国要实现 2030 年二氧化碳排放达峰承诺，必须控制能源消费总量，提高能源利用效率，并大力发展可再生能源。中国当前的新能源利用技术正处于创新突

---

<sup>2</sup>简称“水专项”，为列入国家中长期科学和技术发展规划纲要的重大技术攻关项目。



破、产业化示范、应用推广示范的快速发展之中。但对新能源的安全输配和储存、高效利用仍然存在着关键性的瓶颈和障碍。

**一体化绿色能源电网<sup>[10]</sup>**。通过 PV、电池、抽水储能、智能电网和电表等技术实现可变供给。通过冬季使用风能，夏季使用太阳能，满足供热和制冷的高峰需求；通过短期电池存储解决可变供电，使用长期存储（如氢）解决发电与需求的峰谷均衡问题<sup>[11]</sup>。目前以社区、园区“微电网”一体化绿色能源电网应用已成为美国、日本等国家解决电力问题的一个重要手段，美国的示范工程占全球项目的 50% 左右<sup>[12]</sup>。美国、欧盟、英国都制定了鼓励扩大绿色电网规模的政策，其中储能技术的投资将是释放绿色电网潜力的关键。

**能源互联网（IoE）**。将物联网技术及流程应用到能源行业，从而提高能效并减少浪费，包括智能计量、远程控制和自动化系统、智能传感器、需求响应系统等。国际能源署的研究表明，IoE 可将电力系统运营成本降低 2-11%，化石燃料发电需求降低 30%<sup>[13]</sup>，有助于提高电网可靠性、安全性与资产利用率。

**近零排放制冷与供热**。在建筑与工业的制冷和供热系统中充分考虑减排、节能、减少污染的技术方法，包括建筑太阳能发电、城市热电联产和使用余热、社区地源热泵、建筑隔热等<sup>[14]</sup>。中国河北雄县、陕西西安市的地热供暖是成功实践。近零排放设备前期成本较高，但全生命周期成本较低，应当通过政策激励使用者前期投入。

### 三、交通领域

中国城市交通面临着交通供需矛盾突出，绿色、集约型交通发展不足，交通能耗与排放增长迅速，机动车排放加重大气污染等问题<sup>[15]</sup>。为此中国提出了推进交通工具的新能源化；推进城市交通的智能化、信息化发展；推进公交优先发展、交通可持续发展等应对策略。

**智慧交通系统**。推进网联车、物联网、公共云服务平台建设，推动大数据、互联网、人工智能等新技术与交通行业深度融合，是当前中国城市交通领域的主要发展方向<sup>[16]</sup>。近年来，欧美在无缝整合出行系统等方面实践了不少成功案例。

**新能源交通工具及配套设施**。中国正在促进公交车辆的电动化和新能源化，大力发展纯电动汽车和配套充电设施。此外，氢燃料电池电动汽车也是关注热点。电动汽车全生命周期排放量比燃油汽车降低 43%<sup>[17]</sup>。美国、日本已将氢能源应用于大容量客运和重型货运车辆，并进行了大量技术开发。在欧洲，挪威通过多种政策手段推广电动汽车是非常有价值的实践案例。



**交通需求管理与自行车出行。**通过交通需求管理，促进交通行为的改变，可以有效减少机动车出行量，减轻交通拥堵和碳排放。策略包括道路和停车定价，提供更绿色的驾驶替代方案。中国已明确发展大城市轨道交通、优先公共交通、鼓励共享交通的战略<sup>[18]</sup>；欧盟则鼓励选择自行车、步行、公共交通以及共享交通等策略<sup>[19]</sup>。欧盟更重视示范并引导自行车出行，哥本哈根自行车高速公路项目更是全球著名的最佳实践。

## 四、建筑领域

建筑运行的能耗（20%）和建筑建造所导致的能耗（20%）占到全社会总能耗的 40%左右，并且还将不断增长，降低二者的能耗是中国实现低碳目标的必然要求。与此同时，随着社会经济发展，建筑安全、舒适与健康的要求越来越高。

**绿色建筑。**在全生命周期内节约资源保护环境，提供健康、适用、高效的建筑空间。中国在 2019 年把绿色建筑性能定义从节约、环保拓展到安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约和环境宜居五个方面，带来了新的发展前景。

**近零能耗建筑。**指利用自然条件和自然力量，采用被动式建筑设计来减少对供暖、空调和照明需求，或采取积极的技术措施，最大限度提高能源设备和系统的使用效率，同时创造并充分利用可再生能源，实现低能耗。发达国家有大量的近零能耗、零能耗建筑实践，如新加坡国立大学设计与环境学院 SDE4 净零能耗建筑。中国在 2019 年发布了《近零能耗建筑技术标准》。

**健康建筑。**关注空气、水、营养、光线、健康、舒适度等影响人类健康和福祉的建筑环境特征，是近年来的新兴技术领域。美国在 2012 年提出 WELL（健康）建筑认证标准。中国在 2016 年明确提出“营造绿色安全的健康环境，减少疾病发生”<sup>3</sup>，并发布了《健康建筑评价标准》和《健康住宅评价标准》。深圳湾创业大厦已获取 WELL 认证，是中国的最佳实践案例之一。

**建筑智慧运维。**基于更多使用 AI 技术，对建筑环境质量、能源及水资源消耗及用户需求等信息的监测和分析，对建筑本体及设备进行运行优化控制的系统；通过数字化管理和人员的良好培训，实现设备节能和行为模式节能，保障建筑绿色低碳实效。“楼宇管理系统”即属此类。新兴最佳实践包括阿姆斯特丹的 Edge 大厦、深圳的腾讯滨海大厦。

---

<sup>3</sup>引自《健康中国 2030 规划纲要》。





## 五、土地利用和规划领域

近三十年，中国的城市土地出现了扩张过快、布局无序、大拆大建、配套失衡等一系列问题，导致了对生态环境的影响和碳排放的快速增加。对城市土地规模、形态、强度、网络及节点的规划控制是城市绿色低碳的源头性技术手段。

**绿色城市形态。**国际先进城市通过提高城市紧凑度、合理人口密度与可达性、绿色空间布局模式、混合土地使用、公交导向开发等城市形态手段，减少碳排放、应对气候变化，实现绿色发展。国际著名的最佳实践如丹麦哥本哈根总体规划及城市形态控制[20]。

**绿色宜居、碳中和社区。**国际先进城市的绿色低碳社区实践，主要围绕“3D原则”（Density、Diversity、Design）<sup>[21]</sup>，包括提供慢行环境、提高土地混合使用、重视街道互联互通、保护公共开放空间、与其他领域低碳技术（包括建筑、能源、水、固体废物、交通、食品技术等）相结合等一系列技术措施，实现宜居环境塑造和综合能耗降低。国内外新兴最佳实践案例，包括瑞典斯德哥尔摩哈马碧社区、荷兰乌特勒支豪登社区、中新天津生态城等。

## 六、食物领域

中国的食物供给既面临着食物需求增加、耕地、水资源、气候变化等因素的挑战；也面临着食品安全、远距离运输、进口动物饲料、高食物浪费率、营养过剩导致的营养不良等城镇化因素带来的问题。因此，食物领域需要更紧密的与城镇化相结合，实现绿色、低碳、营养、安全的城市食物保障。

**食物溯源。**通过技术手段进行食物溯源，可以对食物生产、销售和消费等各个环节的环境、经济、健康和社会影响进行全面跟踪，更好地识别、应对食品安全问题，保证消费者的权益，支持供应链优化，减少食物损失，使企业切实履行食物供给的可持续性与安全承诺。例如，物联网可实现全面的数据收集；区块链可以实现跟踪、汇总和共享供应链数据；食品传感技术可以识别安全性和真实性。

**智慧农业。**通过物联网、互联网、AI技术，如分析数据、环境温度、降雨和土壤盐分等对农业生产、服务、销售进行控制优化，以实现更透彻的农业信息感知，更深入的农业智能控制，以及更直接透明的公众服务。中国已经提出了“互联网+”的现代农业战略，腾讯正在积极参与“AI+农业”并取得初步进展。

**城市农业。**指以满足城市消费者需求为目的，利用分散于城市或郊区各个角落的土地、水体和建筑空间种养农产品，并进行加工和销售的产业。城市农业能



够使城市消费者获取健康营养的食物，同时提高土地利用率、减少食物运输碳排放、改善生态环境。城市农业在新加坡、日本等国家发展较好。新加坡已经提出“30.30 愿景”行动，通过发展城市农业，在 2030 年达到 30% 食物自给的目标。

## 第六章 六个重点领域“十四五”期间绿色技术推荐

基于六个重点领域的主要技术发展方向，进一步结合中外实践以及各领域的具体突出问题，“十四五”期间各领域推荐绿色技术如下：

### 一、水领域

**污水处理与厂网河一体提质增效技术：**针对污水处理厂、排水管网、水体治理、污泥资源化利用、河岸垃圾回收体系建设、再生水利用等统筹建设和协调管理。破解污水处理厂污染物进水浓度低的困境，提高污水处理设施的污染物减排总量，保障污水处理设施的安全高效运行。

该技术是污水处理和海绵城市的交叉技术领域，既关注污水处理厂、水体治理等传统污水领域问题；也关注污泥资源化利用、再生水利用等水循环经济技术问题；同时还通过对所辖流域内排水设施的统一调度和管理，以及与初期雨水污染治理等海绵城市技术的结合，统筹解决污水收集问题，从而实现污水处理的效能提升。

**再生水系统智慧运行技术：**结合城市地形特征、再生水用途及城市用地布局，优化再生水厂服务范围、选址与取水方式。利用最优化技术，改善水资源配置与管网系统，节约水资源，降低能耗与运行成本。基于数字仿真模型建立再生水输配动态仿真系统，利用最优化技术，降低管网漏损，提高运行效率。

该技术是再生水和无收益水管理的交叉技术，通过大数据分析和智慧模拟手段，能够对再生水厂服务范围、选址、取水方式等再生水领域的重大问题提供优化解决方案；通过基于数字仿真模型建立再生水输配动态仿真系统及最优化技术，能够改善水资源配置与管网系统，降低管网漏损，提升无收益水管理效益。

**再生水系统水质保障技术：**基于模型仿真技术、自动化技术与大数据技术，建立再生水智慧管控平台，实现智慧管控，保障再生水水质、水量及水压可靠。

该技术是再生水领域的最重要技术，能够智慧高效的管控再生水水质，实现高品质再生水补充城市用水。该技术还能建立面向新冠疫情等特殊情况的水质污染源溯源与应急响应机制，保障再生水系统消毒剂水平，以应对重大公共安全风险。

## 二、能源领域

**中深层地热利用技术：**通过探测与钻井，采用抽取地热水或井下换热的方式，提取地下热能，结合热交换、热泵等技术为周边建筑供暖。在有夏季制冷需求的地区，利用该技术也可为建筑供冷。

该技术是近零排放制冷与供热领域的重大技术。中国北方地区中深层地热资源丰富，且有超过 70 亿平方米建筑（约占 50%）尚未使用清洁能源取暖<sup>[22]</sup>，作为一种高效稳定的清洁能源供暖方式，该技术前景广阔。此外，该技术虽然建设安装成本较高，但运行维护成本较低，整体经济效益优于大型锅炉房供暖。

**能源互联网综合管理平台技术：**以区块链、人工智能（AI）、智能电网、大数据等为基础，统筹协调能源供需关系，将能源规划设计、工程建设、输配与控制、数据交互、能效监测、智慧运维、市场交易等结合而建立的综合服务平台。

该技术是能源互联网走向实践的第一步，也是一体化绿色能源电网与能源互联网领域的交叉技术。综合管理平台一方面可以打破原有的信息孤岛，实现全业务数据共享融通的智慧用能方式，推动一体化绿色能源电网建设；另一方面，通过互联网技术，可实现计量认证、市场交易、能源金融、智慧调度、运营优化等服务，从而最大程度提高能源利用效率<sup>[23]</sup>。该技术推广需要更动态化的能源定价，提高电网安全风险管控。

**微电网技术：**由分布式电源、储能装置、能量转换装置、配电设施、用电负荷、监控和保护装置等组成，在一定区域内的智能直流或交流发配电系统。

该技术是一体化绿色能源电网领域的关键技术<sup>[24]</sup>，是未来的发展方向。微电网具备投资节约、绿色高效、运行灵活、韧性良好、发储用一体、方便可再生能源接入与应用等特征，可弥补传统大电网调峰困难、稳定性差的缺点，适用于城市新区和偏远地区。自 2017 年开始，中国已开展微电网示范应用。

**工业余热集中供暖技术：**电厂等大型工业企业在生产过程中会排放大量含有较多低品位热能的废弃物，通过提取废弃物中的热能，实现为周边地区集中供暖。

该技术是近零排放制冷与供热领域又一重大技术。通过该技术可充分利用中国高耗能产业的工业余热，同时有效控制环境和大气污染，减少碳排放。采用该技术进行城镇供暖，不需大量消耗天然气与电力等优质能源，同时可降低供暖成本及减排压力，是目前中国“煤改电”、“煤改气”的低碳替代方案<sup>[25]</sup>。

## 三、交通领域

**MAAS 出行服务技术：**通过单一平台、一站式的服务，上承政府管理部门，下联用户与运输企业，有效整合汽车、公交车、自行车、人行道、共享交通等多种不同的交通资源，采用动态定价等手段，为出行者提供多样化的出行套餐方案。



该技术是智慧交通系统领域的新兴重大技术，比传统交通系统更清洁、高效，能在降低成本、节省时间的同时提高运力。研究表明，完整实施该技术，单次出行成本可降低 25%-35%，运力提高 30%，行程时间缩短 10%<sup>[26]</sup>。目前中国正在推进该技术的研究开发，深圳、北京等城市已进行了项目试点。

**氢能源车辆技术：**以氢为主要能源，通过燃料电池驱动的一种新能源车辆。该技术是近年来新能源交通工具及配套设施领域重新兴起的重大技术，现阶段具有氢能源汽车和氢能源轨道交通车辆两种类型。

氢能源汽车完全依靠氢能源，零碳排放无污染。此外还具有氢燃料电池能量密度和转化率高、寿命长且原材料易回收，加氢设施空间占用小等优势。氢能源基础设施还可用于储能和房屋供暖。

氢能源轨道交通车辆由氢气和燃料电池构成动力系统。该技术可以摆脱传统线路牵引供电系统，降低投资，同时具有噪音小、污染低及使用寿命长等特点<sup>[27]</sup>。氢能源轨道技术在美国、日本、西班牙、德国等均已部署试点项目

**智能充电系统技术：**基于物联网、车联网、人工智能和能源需求管理，协调供电侧、充电侧和输配电网，实现新能源车辆充电服务数字化、场景化、智慧化运营的网络系统，主要由智能充电桩、车桩网、智能充电信息管理平台等构成。

该技术是新能源交通工具及配套设施领域的又一项重要技术。充电配套设施的不足，是当前中国纯电动汽车规模化推广的主要障碍之一。该技术可以缓解车辆充电供需矛盾，同时更好地平衡电网负载。未来通过车网融合技术（V2G），将电动汽车融入储能基础设施，还可在高峰期为电网供能。

**自行车专用路技术：**是专门面向自行车交通行驶的专用道路设施技术，可灵活采用高架或地面布设形式，保障自行车的独立专用路权。

该技术也是出行需求管理（TDM）系列技术中具体的技术实践和应用之一，在提升自行车分担率、减少碳排放方面作用明显。根据相关研究，可提升沿线自行车出行分担率 10-20%，每年减少碳排放 60-70 吨/公里<sup>[28]</sup>。此外该技术社会认可度好，综合社会效益高，在中国具有迫切的现实需求<sup>[29]</sup>，北京、厦门等城市已经进行了初步的试点。

## 四、建筑领域

**“钢结构+模块化内部空间”技术：**“模块化内部空间”指将建筑设计为大柱网、高层高的标准模块，可按需实现内部空间自由分割、建筑结构与建筑设备管线分离、设备设施与功能空间变化相适应，从而使建筑更耐久。钢结构可做大空间且



安全经济，更有利于“模块化内部空间”的实现。

该技术是绿色建筑技术领域的关键技术之一。中国每年新增建筑约 20 亿平方米，传统建造方式建材消耗大、施工现场环境差、施工时间长、建筑质量参差不齐导致中国建筑的平均寿命只有 30 年。该技术则具有可循环材料利用、节约建材、减少建筑废弃物、减少现场作业和工人需求、改善施工环境、缩短工期等优势，同时进一步解决了空间供需匹配和空间安全供应问题，从而提高建筑寿命。

**建筑立体绿化技术：**指利用建筑屋顶、架空层、阳台、窗台、墙面及其他建筑部位进行绿化的技术，包括植物选择搭配、建筑构造、维护管理系统等。

该技术是绿色建筑、健康建筑交叉领域的关键技术。中国城市建设密度和强度较高，人均绿地有限，发展立体绿化是现实选择。该技术具有提高建筑热工性能、改善建筑微气候、美化人居环境、重建生物多样性等多重效益。研究表明：完善采用该技术，建筑可应用自然通风时长增加 35.3%，可用通风处理的冷负荷累计量提高 8.81%；建筑夏季墙体外表面温度、内表面温度、室内空气温度比裸建筑分别最多可降低 21.6℃、5.7℃和 5.2℃；空调节电率可达 39.97%。

**光伏，建筑集成光伏（BIPV）分布式储能与直流供电技术：**将光伏发电与分布式储能、直流供电集成应用于建筑中的技术。该技术是近零能耗建筑领域的必要技术综合了可再生能源利用+分布式储能提高能源安全性+直流供电提高能源供需匹配性等优点。

光伏分布式储能可有效解决电力源侧的不确定性与负载侧的峰谷变化之间的矛盾，实现低碳能源。随着光伏效率提升与成本下降，以及蓄电池技术发展，光伏分布式储能在建筑上应用潜力巨大。直流供电在安全、效率、可靠性与分布式电源协同以及实现恒功率供电等方面更具优势；同时由于采用安全电压供电，对于儿童、老人更友好。二者的结合具有广阔的技术和市场前景。

**群智能建筑系统技术：**是新一代建筑智能化平台技术，实现对建筑环境和机电设备的智能控制，提升用户舒适度，提高建筑系统运行效率，降低建筑能耗。群智能系统将空间和源设备作为标准化单元，并按其空间位置连接成覆盖建筑和城市的计算网络；采用去中心化架构，仿照物理场的变化过程设计并行计算机制，使计算过程与物理场深度融合；通过自组织的智能群落，实现整体优化功能。

该技术是建筑智慧运营领域的新兴技术。现有建筑智能化系统普遍存在数据和物理系统对应不准，工程周期长，只监测不控制，难以灵活适应城市系统变化等问题。群智能建筑系统技术能够通过监测和智能算法，对机电设备进行控制从而实现建筑环境供需精准匹配和高效供给。国外研究表明，依靠群智能算法（包括典型的粒子群智能算法和简化群智能算法）可降低建筑能耗 25% 以上，而建设



工程周期仅为 3~4 周，且初始投资成本与一般楼宇管理系统相当。

## 五、土地利用和规划领域

**绿色城市形态技术包：**主要包括城市开发边界划定和城市主要功能沿公交走廊布局两项技术工具。城市开发边界划定，主要通过划定城市增长的外部边界，严格控制城市的大规模粗放式扩张，促进城市集约发展；城市主要功能沿公交走廊开发，主要通过城市功能与公共交通的协同发展，提升整体公共交通出行比例；通过功能合理布局，减少出行碳排放<sup>[30]</sup>。

划定城市开发边界，有助于控制城市规模，降低交通能耗。同时倒逼更多资源转入城市内部发展，引导政府、企业逐步淘汰高污染、高排放产业，进一步降低工业能耗，提高土地利用效率。从 1990 年到 2013 年，美国波特兰通过划定开发边界，人口增长将近一半，而碳排放量下降了 14%（同期美国增加 6%）<sup>[31]</sup>。

通过引导城市主要功能沿公交走廊开发，将居民通勤、购物、使用城市公共服务等出行目的地布局在公共交通站点周边，可提高居民使用公共交通出行意愿，减少私人小汽车的交通能耗<sup>[32]</sup>。瑞典斯德哥尔摩通过引导城市主要功能沿公交走廊开发，使 60% 以上居民使用公共交通出行，远高于其他欧洲城市<sup>[33]</sup>。

**绿色宜居、碳中和社区技术包：**主要包括多层高覆盖的建筑布局形式、小街区密路网的街道空间设计、结合公共交通站点全面推行公交导向开发三项技术工具。多层高覆盖的建筑布局形式，通过限制居住建筑高度、匹配相应的容积率与建筑密度指标、并综合运用街坊尺度优化、建筑退线控制以及开放空间优化等方法，实现居住密度与人居环境品质的相对平衡。小街区密路网的街道空间设计，重在提高街道的互联互通性，增加道路密度，营造舒适、便捷的步行环境，减少私人小汽车的使用。结合公共交通站点全面推行公交导向开发，重点关注是提升街区公共交通接驳便捷度、提升街道慢行环境品质，提升社区公共服务。

与高层和超高层建筑相比，多层高覆盖的建筑布局形式具有全生命周期成本低，人居环境质量高、火灾安全隐患小等多重优势，并有助于减少建造、运维、拆除等过程的工业能耗。

小街区密路网的街道空间设计，有助于营造更为舒适、便捷的步行环境，引导居民出行选择绿色交通，降低交通能耗。根据研究，以 1 平方公里左右的街区，采用该技术，居民从家门口前往街区中心的步行距离可减少 30% 以上<sup>[34]</sup>。

结合公共交通站点全面推行公交导向开发，引导社区服务设施围绕轨道或公交站点布局，并提供多元化绿色接驳方式，有助于减少小汽车使用和交通碳排放。



## 六、食物领域

**食品安全信息监控和追踪技术：**通过用 RFID 或电子二维码信息采集、WSN 物联网、EPC 全球产品电子代码体系、物流跟踪定位等系列技术的集成，对食物生产、销售和消费等各个环节进行全面跟踪和信息共享，以明确责任和保障权益。

该技术是食物溯源技术领域的关键技术，对食品安全与食品行业自我约束具有相当重要的意义。该技术能够实现对产地和流通环节的食品信息全记录，做到有据可查；同时各环节环环相扣，避免流通过程中的数据丢失或人为干预，保障食物安全可信赖；此外还能让消费者、管理者能够方便快捷了解食物来源与运输过程，提高对食物的安全监护。

**垂直农业技术：**是一种农业环境控制技术与建筑农业一体化的结合体，即在城市建筑内，充分利用可再生能源和温室技术，借助水耕栽培、现代 LED 照明和种子选育等创新技术，进行农业生产，提高农业产量和土地利用率。

该是城市农业技术领域的重大技术，也是发达国家比较火热的投资领域之一。垂直农场具有占地面积小、单位面积产量高；集约使用水和肥料，没有重金属和农药残留；本地化生产和配送使食物更新鲜等优点，既能在资源紧缺条件下实现高效种植，满足绿色食物需求，还能起到改善环境功效，具有多重效益。美国、日本已经进行了试点；新加坡将其作为实现食物自给的主要技术之一，并提出 2030 年达到 30% 的食物自给率目标。

**数字食物平台技术：**平台将从生产到消费的各个供应链环节连接起来，使消费者与生产商直接对接，以此保障农产品的新鲜便利供应，以及资源的高效配置。

该技术是智慧农业技术领域在运输-销售端的重大技术。国际食物政策研究所的研究表明，从生产到消费，由于中间商的影响而使全球食物浪费率高达约 30%，而新鲜度却难以保障。该技术能够消除中间环节，直接针对农产品和食品采购。研究表明，如果实施得当，可将损失率降低 50%。此外，该技术在流行病疫情期间发挥了重要作用。

## 第七章 绿色技术推广的跨领域解决方案

### 一、第四次工业革命4（4IR）

#### 4IR 对绿色城市发展的重要性

4IR 是新技术的融合，包括人工智能，机器人技术，物联网（IoT）、自动驾驶、

---

<sup>4</sup>第四次工业革命，the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution，以下简称“4IR”。



3D 打印、纳米技术、生物技术、材料科学、能量存储和量子计算<sup>[35]</sup>，正在改变人们的生活、工作、交往和获得服务的方式，可以为所有人创造可持续的未来。城市政府必须具以前瞻性、敏捷性的态度运用 4IR，改变并造福社会。

在城市中，4IR 可以把物理基础设施带入数字领域。互联网和 5g 网络提供了无处不在的连接。运用传感器和物联网可以检测并数字化建筑物温度、管道泄漏、废水中病毒传播等所有信息。物理空间的数字化创建了数字孪生城市，可以使用 AI 算法或区块链进行操作、记录和交易。反之，通过数据的对物理基础设施进行控制，打开了巨大的可能性。

#### **4IR 支持六个领域的绿色技术应用**

4IR 可以通过多种方式对城市地区产生积极影响：首先，有助于推进城市用地混合开发。例如，运用在在线平台分析当地居民习惯和消费需求。

其次，城市资产智能化可以促进循环经济，减少浪费，提高资源效率<sup>[36]</sup>。物联网可以提供资产的位置、状况和可用性数据；运用该数据可以降低维护成本，提高利用率或延长使用周期<sup>[37]</sup>。

第三，4IR 可以通过分布式可再生能源发电系统（包括 BIPV）实现向智能电网或能源互联网的过渡。

区块链有助于解决水资源短缺问题。基于区块链的智能水市场通过提供会计、审计和交易平台替代中介机构，有效地分配水资源。根据洛杉矶县的研究，这一技术可以促进水资源丰欠之间的交易来减少水利用不平等；鼓励废水回收<sup>[38]</sup>。

第四，智能化的风险预测和可再生材料可以预测和减少气候冲击，自然灾害危害<sup>[39]</sup>。例如，早期识别地表震颤或海平面变化<sup>[40]</sup>。先进的材料，如自修复混凝土，可以提高建筑物抗震性能<sup>[41]</sup>。

最后，新一代量子传感器将极大地增强城市的可感知数字化。例如，测量重力和磁场的微变化，以了解地下深处，创建地下地图，更好地进行建设和维护；光子雷达用于自动驾驶汽车<sup>[42]</sup>。

中国已成为向 4IR 和智慧城市发展过渡的全球强国。中国拥有众多人工智能和 5G 技术公司，如华为<sup>[43]</sup>。目前，中国已在 22,000 个新的智能基础设施建设项目中投资超过 7 万亿美元。中国启动了“新基建”，涵盖领域包括 5G 网络、大数据、超高压传输、城际交通、人工智能、工业物联网和新能源车辆充电站。所有这些优势基础和投资，可以也应该为城市绿色发展提供重要的技术支持。

#### **成功实施 4IR 的治理方法**

4IR 的复杂、变革和动态性要求采用新的治理方法，在最大程度减少潜在弊端





的同时，提高数字化转型对社会的积极影响<sup>[44]</sup>。中国的治理将不可避免地面临两个主要挑战：a.确立以人为本，促进技术融合的长期愿景；b.以睿智的态度拥抱而不是阻碍创新。

4IR 的快速技术变革要求建立一种将公众置于中心位置的技术集成模式<sup>[45]</sup>。例如，无人驾驶汽车可能为人们提供更多选择，使人们生活在更远的地方并利用通勤时间工作或休息；规划师要预见到这些技术的影响，以改善对城市和人的服务。

其次，4IR 技术发展迅速需要更加灵活的治理方法。通过治理结构与方法调整，促进公众与利益相关者（如私营部门和学术界）紧密合作。中国可以采取敏锐和主动的态度来利用第四次工业革命的技术，例如：

**试点城市：**通过与私营部门、学界合作，在试点城市开展新技术应用与孵化，开展数据收集与应用，形成可复制的创新模式。试点城市也可以测试本报告中论述的绿色技术和创新方式。

**政策实验室：**旨在通过设计新政策和公共服务，引导创新服务于可持续性和包容性的举措<sup>[46]</sup>。

**监管沙箱：**公司可以安全地测试创新产品、服务和商业模式，而免除从事实验活动的监管和财务负担<sup>[47]</sup>。监管沙箱的案例包括瑞典的自动驾驶汽车、巴林的金融技术和新加坡的能源创新<sup>[48-50]</sup>。

## 二、循环经济

### 循环经济对绿色城市发展的重要性

循环经济是旨在持续保持产品和原材料最高价值的生产和消耗系统，通过一个过程的产出成为对另一过程的投入，在避免使用有毒材料的情况下，清除系统内的废物，最大程度地减少对纯净原材料的索取<sup>[51]</sup>。循环经济对城市发展尤为重要。2009年，中国颁布实施《循环经济促进法》，是世界上最早为循环经济立法的国家之一。研究表明，如果中国城市拥抱循环经济，可以在2040年前为消费者节省70万亿元人民币，温室气体排放量将减少23%<sup>[52]</sup>。

### 循环经济支持六个领域的绿色技术应用

城市的资源的流动形成了错综复杂的系统，循环经济就是通过对这些系统的分析和思考。在食物、建筑和生活垃圾等领域应用循环方法的成功案例可说明不同循环节点的各种变化可以扭转整个系统的发展方向。

城市食物系统与水、交通、能源领域相关联，是循环经济成功应用的典型案例。氮、磷、钾肥是主要的粮食生产原料，2015年中国消耗了5416万吨<sup>[53]</sup>；2017



年钾肥进口量占 43.8%<sup>[54-55]</sup>；粮食运送到城市，增加了交通量、能耗和污染。在食用前，粮食中三分之一的热量已作为垃圾在运输、加工、零售阶段或进入家庭后流失了<sup>[56]</sup>。

通过绿色技术建立的循环系统，可以在城市有利用潜力的空间发展垂直农业，减少交通量；在封闭水系统中通过水培法来节约用水，从而高效地利用土地和水生产食物。通过数字平台可以使价值链和家庭粮食废物最小化。任何不可避免的废物都能转化为有用的产品，或通过工业氧化处理，产生的甲烷可用于再生能源生产，或制成堆肥用于粮食生产。污水污泥也可用于农业。荷兰阿默斯福特污水处理厂每年生产 900 吨高级肥料及净化再生水。中国的废水中含有约 12 万吨磷，采用适当的技术便可有效地回收<sup>[57]</sup>。

全球建筑行业每年消耗 424 亿吨材料。现有干预措施和技术已经可以更好地利用建筑废料，包括利用废料 3D 打印出新建筑物。实现建筑循环的关键在设计阶段。阿姆斯特丹多功能餐厅和办公楼 Circl 项目在设计、建造时就考虑了最终拆卸、利用问题，这就是“建筑亦是材料库”概念。开发商为建筑材料制作“护照”，护照记录了部件价值、位置信息，保存在建筑蓝图中，方便未来拆卸和价值评估。例如，使用再生钢仅消耗原钢耗能的 16% 至 20%；再生铝仅消耗原铝耗能的 5%<sup>[58]</sup>。

仅 20% 的电子电气设备废弃物（WEEE）通过正当途径实现回收<sup>[59]</sup>。这本应是稀缺和贵重材料的重要来源。估计全球电子电气废弃物的价值已超过 600 亿美元<sup>[60]</sup>。研究显示，中国从废旧电子产品中获取的铝仅占 10%，锡 6%，钴 0.6%，稀土 0%，如对其进行 100% 回收利用，到 2030 年仅材料价值就将达 33 亿美元<sup>[61]</sup>。

中国制定出了工业循环经济的政策，到 2025 年中国将回收 50% 的关键产品，所有新产品中回收材料的占比需达到 20%。许多对循环经济和产品中回收材料做出了承诺。政府和企业正面临共同实现这一目标的重大机遇<sup>[62]</sup>。

### 把循环经济纳入城市发展与规划

第一，根据城市循环系统分析制定循环经济城市规划并为初创企业、研究机构、规划师和私营部门等提供参与机会，并让市民参与循环经济。《伦敦循环经济路线图》是伦敦迈向循环城市的指导文件。到 2036 年，该路线图每年可为伦敦在建筑、环境、食物、纺织品、电气和塑料等主要领域创造 70 亿英镑的净收益<sup>[63]</sup>。

第二，制度促进循环经济的政策和税制。如对一次性物品的负外性征税；对使用再生材料的产品给予税收优惠；扩大生产者环境与碳排放责任也可采用禁止废弃物进出生产区，对废弃物收税或对纯净原料进行补贴等政策。

第三，利用政府资金或混合金融模式促进对循环经济投资。政府资金有助于



降低循环经济模式的投资风险<sup>[64]</sup>。也可鼓励银行设立创新基金或增加公司创新挑战难度，激发企业家精神。

### 促进循环经济的治理方法

把复杂的城市系统转向循环经济系统，需要对诸多利益相关者进行协调，如作为创新和实施主体的企业，需要改变资源使用方式的市民，具有专业知识的学术界。由于循环经济的交叉性质，许多城市、地区或国家都以平台为基础进行实施，这使所有关键参与者形成结构化的整体，协同推进循环经济发展。如：

欧洲可持续磷平台（ESPP）。通过该平台可与各利益相关者合作，确保知识共享，实施网络化管理，扫清监管障碍<sup>[65]</sup>。

BAMB 平台（建筑亦是材料库平台）。BAMB 平台连结 7 个欧洲国家的 15 个合作伙伴，制定建筑领域循环解决方案。通过设计和循环价值链提高建筑材料的价值，使建筑物在使用寿命结束时变成有用材料库<sup>[66]</sup>。

循环经济加速平台（PACE）。是一个全球性召集平台和项目加速器，2017 年在达沃斯发布，旨在为全球领导人提供领导协作平台，运营并支持全球高影响力项目，与合作伙伴分享知识和经验<sup>[67]</sup>。

艾伦·麦克阿瑟食品计划（Ellen MacArthur Food Initiative）召集了主要参与者，以促进全球向基于循环经济原则的再生食品系统转变。

## 三、数据治理

### 数据治理对绿色城市发展的重要性

数据被称为“新油”，是 4IR 的动力。每天生成超过 2.5 兆字节的数据是潜在的丰富信息来源，可用于改善城市服务、管理和市民的生活质量。然而，仅有少于 1% 被用于制定决策和创造价值<sup>[68]</sup>。数据通常由不同参与者持有，存储在不同系统，缺乏互通性，这意味着它无法释放其全部潜能，不能转换为巨大的社会和经济价值。

### 数据治理支持六个领域的绿色技术应用

城市有两种类型的数据生成，公共部门数据是指“由国际、国家、地方政府以及其公共机构生成、收集和存储的数据，以及由外部机构为政府收集或与之相关的数据”。私营部门数据是指“由私营公司或个人生成、收集和拥有的信息，如客户活动数据、个人数据、业务运营数据和行业数据”<sup>[69]</sup>。

公共部门数据可通过政府开放平台来免费共享如地理、气候、水资源数据，道路交通、建筑、能源、空气污染等数据<sup>[70]</sup>。



柏林创建了一个开放数据平台，该平台可免费提供 935 个数据集。其中关于交通的数据集涵盖了从实时公共交通数据到自行车事故发生地点的所有内容。该平台可以供企业开发应用程序，为市民提供服务<sup>[71]</sup>。

私有部门数据与私有资产一样，它通常在公司或个人之间进行交易。但也有绿色技术、城市规划机构共享私营部门数据共享的成功实例。

优步运动软件可以让规划师免费访问从全球 700 多个城市数百万次优步旅行中收集的匿名数据。该软件共享的数据使城市规划师能够更好地应对城市交通挑战<sup>[72]</sup>。

能源互联网要求能源公用事业公司不仅要管理能源网格，而且还要管理数据网格，数据网格还必须与众多用户的物联网设备互操作。智能家电、智能电表、电动汽车、建筑或家庭单元生产的可再生能源，都需要建立类似公用事业公司所需要的数据。良好的数据治理可以促进设备网络、公用事业和第三方之间的共享<sup>[73]</sup>。

### 政府应实施有效的数据治理

使用者对数据共享平台的信任是数据治理基础。数据管理必须有必要的限制和法规保障<sup>[74]</sup>。无限制地开放公共部门数据，允许无监管的私人部门数据交易会降低对数据共享平台的总体信心。构成强有力数据监管框架基本要素是：

- 数据隐私，在数据收集、共享和使用的全过程中予以保证；
- 数据安全，避免网络威胁，如未经授权访问数据和破坏数据；
- 数据互操作性，允许在系统、平台、位置和管辖范围内共享和使用数据；
- 数据问责制，通过“验证和声明数据提供者，评估潜在偏见，确保数据源和数据流的透明性和可追溯性”来解决；
- 运营商资格，确保在平台上的操作者都具合法权利，并受到监控；
- 通过创建共享私人部门数据的平台来促进城市绿色发展，从而释放数据价值。同时要鼓励企业和行业协会参与数据共享<sup>[75]</sup>。

## 第八章 绿色技术推广与实施的性别视角

### 一、性别视角在城市绿色发展中的重要性

联合国《关于环境与发展的里约宣言》特别强调了妇女在环境管理和可持续发展中的重要作用。女性是自然资源可持续消费的重要参与者，因为她们最常管理家庭活动；女性更重视绿色安全健康，研究表明女性绿色消费渗透率高于男性；





女性对儿童绿色观念的培养教育具有重要影响力；女性还可以促进社区凝聚力，大大改善自然灾害的预防和管理。

但与此同时，城市在实现绿色发展的过程中，还缺少性别关怀。从优先考虑通勤而非关怀的交通服务，到公共空间缺乏照明以及卫生设施的各种挑战，很多女性在城市中感到不安全，主要原因就在于对性别视角认知的缺失。

## 二、性别视角与城市发展的国际经验

**交通：**根据世界银行研究，公共交通系统通常仅设计用于满足男性劳动力需求，而没有关注女性在非高峰时段的连续交通需求。汽车在设计时也主要考虑男性安全，碰撞测试假人的制造以典型成年男性为主，使得女性在车祸中受伤的可能性要提高 73%<sup>[76]</sup>。

**土地使用和规划：**土地混合使用可以减少出行距离，因此可以使乘车较少的公民（如女性）受益；同时还可以帮助女性将家庭照顾和就业结合起来。此外，更好的公共空间设计和管理也将使女性更加安全，一种新型的城市环境评估工具“妇女安全审核”已经出现<sup>[77]</sup>。

**建筑：**建筑室内温度，通常需要进行调整以满足女性需求；楼梯尺寸太高和太宽，无法用于女性脚步等。联合国报告显示，考虑性别视角仅仅会使建筑成本增加不到 1%<sup>[78]</sup>。

此外，国际上还非常关注**活动性**：安全地、方便地且负担得起地在城市周围移动；**安全和免于暴力侵害**：在公共和私人领域免受现实和可察觉的危险侵害；**医疗与卫生**：在周围环境中过着无健康风险的积极生活方式等<sup>[79]</sup>。

## 三、绿色城市发展的性别视角

推动性别关怀，释放女性潜力应当是绿色城市发展的最重要目标之一。而充分认识女性在绿色发展中的作用并予以反映；充分认识男女在城市中有不同需求，但权利平等；充分考虑性别敏感来计划女性参与的活动，则是绿色城市发展性别视角的关键准则。我们提出应当高度重视以下三个方面的内容：

**绿色政策制定与管理：**确保有足够比例女性参与绿色政策制定与决策，鼓励更多女性参与城市绿色发展的建设和治理，并加强基于性别的绿色政策绩效评估。

**绿色技术教育与就业：**增加女性在绿色技术领域的专业教育培训和研究机会，为女性提供更多绿色技术领域的就业岗位，并在绿色技术生产中推广性别政策。



**绿色产品消费与使用：**在绿色产品研发环节增加对女性需求的数据收集，鼓励妇女们参与到绿色技术、绿色产品的推广和技术营销中。

## 四、六个重点领域的性别视角

**水领域：**在技术上发展再生水水质保障技术与智慧运行技术，减少生产过程中的不稳定，在当地水资源管理中嵌入性别响应型预算，可以有助于克服男女因身体素质的差异而无法公平地利用和管理水资源。

**能源领域：**将性别问题纳入能源主流政策，不仅要让女性在管理家庭一级能源有效利用方面发挥重要作用，还要让其成为促进可持续能源技术的变革推动者。提高女性学习、安装、操作和维护社区可持续能源解决方案的能力，鼓励发挥女性优势，向其他女性推广绿色技术和清洁能源，并在社区内教育人们如何使用。

**交通领域：**将出行的性别差异化需求作为交通政策研究的基础性条件和交通规划的依据标准；提高女性在交通决策与管理的话语权，保障女性角色在交通标准制定、科学研究、决策管理、规划设计、运营服务等各个关键领域的作用。

**建筑领域：**充分认识女性对建筑空间的差异化需求，研究符合女性差异化需求的建筑设计标准规范，并将其作为建筑及社区开发的基本前提。

**土地利用与规划领域：**女性由于兼顾职业和家庭的责任，在有限时间内对社区和城市多元功能融合需求更高。另外在城市规划公众参与和社区治理决策中应纳入更多女性意见，确保充分纳入女性需求。

**食物领域：**在采购和决定食物加工形式方面，女性往往具有更多话语权。因此针对食物领域食品安全技术的推广应用，必须考虑男女对于食品安全的不同角色、需求和看法，采取面向女性友好的理念进行技术设计。

## 第九章 政策建议

### 一、“十四五”期间重大绿色技术推广的建议清单

基于中国城市绿色发展的愿景目标和实施路径，结合中外实践以及当前的技术进展，中外专家共同提出了六个重点领域的技术发展方向，并建议在“十四五”期间率先推广二十项针对当前突出问题、具有较好节能减碳效益与居民获得感的创新型绿色技术，详见表 9-1。



表 9-1 “十四五”期间六个重大领域的绿色技术推荐清单

重点领域	技术发展方向	推荐技术
水	污水处理与水循环经济	污水处理与厂网河一体提质增效技术
	再生水利用	再生水系统水质保障技术
	再生水利用和无收益水管理	再生水系统智慧运行技术
能源	一体化绿色能源电网	微电网技术
	近零排放制冷与供热	工业余热集中供暖技术
		中深层地热利用技术
能源互联网	能源互联网综合管理平台技术	
交通	智慧交通系统	MaaS 出行服务技术
	新能源交通工具及配套设施	氢能源车辆技术
		智能充电系统技术
交通需求管理与自行车出行	自行车专用路技术	
建筑	健康建筑	建筑立体绿化技术
	绿色建筑	“钢结构+模块化内部空间”技术
	近零能耗建筑	光伏、BIPV，分布式储能与直流供电技术
	建筑智慧运维	群智能建筑系统技术
土地利用和规划	绿色城市形态	绿色城市形态技术包
	绿色宜居、碳中和社区	绿色宜居、碳中和社区技术包
食物	食物溯源	食品安全信息监控和追踪技术
	城市农业	垂直农业技术
	智慧农业	数字食物平台技术

## 二、“十四五”期间绿色发展与绿色技术创新的政策建议

借鉴欧盟、日本、美国等发达国家从国家到城市，到社区层面推行绿色低碳发展的实践经验，应当从法律法规、政府政策与管控、市场主体作用和公众参与等四个领域的诸多方面，提出完善城市绿色发展与绿色技术创新、推广的法律、政策和机制保障方面的建议。

### 国家总体战略与法律保障

绿色发展已经成为国家的发展战略表述，还应该明确提出国家绿色低碳的总



体战略和低碳发展的总体目标，加快相关的法律体系建设。

一是制定绿色发展、低碳发展的国家规划，提出兑现《巴黎协定》承诺，实现 2℃ 目标，走向碳中和的系统性规划。

二是明确 2050 年以前分阶段的碳排放总量，控制目标及实现目标的时间表、路线图，并把总量分解到省、市。应当鼓励经济发达的地区和城市承担更多的减排责任，并通过建设强制性目标指标体系予以监督落实。

三是加快推进绿色低碳发展，制定控制资源消耗与碳排放的法律体系。鼓励城市制定落实减碳目标，实现绿色发展，推广绿色技术的地方法规。

### 政府领域体制机制建设

建立完善的绿色发展行政、财政、税收政策保障体系，充分发挥政府在绿色发展和绿色技术推广中的引导、激励和约束作用。

一是建立碳排放总量控制制度。在既有的碳排放强度控制制度基础上，明确碳排放总量控制任务。将全国碳排放总量控制目标向各省、市、县逐级分解，作为约束性指标纳入各级政府的控制碳排放工作方案和年度计划。可以先在经济发达的省、市开展碳排总量控制试点。

二是加强规划引领。把国家绿色低碳规划分解为专业、地方规划和可实施的行动计划，并把减排目标拓展到生态、生产和生活的各个领域。在低碳城市、低碳社区试点中推进绿色低碳的治理体系建设，总结推广低碳建设经验。

三是搭建绿色技术创新国际交流合作机制。建立绿色技术与创新国际联盟，为国内外企业、决策者和专家群体搭建交流平台，促进中国城市绿色发展问题的持续沟通和共同解决。

### 市场领域体制机制建设

建立健全市场机制，充分发挥企业在绿色发展和绿色技术推广中的主体作用。

一是强调企业主导。发挥企业的市场主体地位和资源配置的决定作用，出台各类企业充分参与、充满活力的绿色生产、营造、产品、技术的市场体系。

二是加强金融支持。鼓励社会资本、民间资本参与绿色发展，改善绿色技术企业融资状况；鼓励绿色投资原则，建立绿色金融体系。

三是推动创新研发。建立以市场为导向，企业广泛响应，专业机构积极参与的绿色技术创新体系。

### 社会和公众参与领域体制机制建设

动员市民和社区居民共同践行绿色生活方式，维护城市和社区绿色福利，建立公众广泛参与的绿色治理体系。



一是全面实施碳排放信息公开制度，扩大环境信息获取途径，加强信息披露。建立企业和城市碳排与环境信息公开名录，健全信息公开奖惩制度，整合各部门统计和监测信息平台，推动各类行为主体自觉接受社会监督。

二是建立鼓励公众参与的体制机制。将低碳绿色发展从行政管理转向社会治理，明确公民保护生态环境的责任、权力和利益，利用社交媒体向公众阐释绿色技术推广应用的重要性，以及行为转变如何能够实现更好的绿色发展，从而提高全社会绿色低碳的意识。出台保障公众和社会组织参与低碳减排相关决策的法律法规，出台相关政策鼓励公众和社会的广泛参与绿色低碳发展事务。

### 三、“十四五”期间六个重点领域绿色技术实施的政策建议

在总体政策建议的基础上，结合技术标准与规范、试点工程两种工作方法，进一步提出六个重点领域的具体政策建议，见下表 9-2。

表 9-2 “十四五”期间六个重点领域绿色技术推广与应用的政策建议

领域	政策建议	
水	法律法规	建立多层次的再生水法律制度，完善再生水利用管理办法
	部门政策	编制再生水规划；提出厂网河一体化水体治理与污水提质增效机制，建立再生水的管理制度；加强城镇污水处理与排水条例执法检查，建设海绵城市、污水处理和再生水指标考核机制。
	技术标准与规范	完善污水处理排放标准与设施技术标准分类；修订再生水利用标准；制定特定地区水体污染物治理排放标准。
	金融财政税收	对节能技术财税扶持和增值税进行减免，设立、引导、规范多种资金渠道，鼓励特许经营制度和 BOT、TOT 等融资方式；以各种收费、税收返还等获取资金的内生融资方式。
	试点建议	建立黑臭水体治理与污水提质增效示范城市试点和节水型城市。
能源	法律法规	拟定可再生能源优先法、可再生能源供热促进法、塑料包装垃圾强制使用可再生材料促进法
	部门政策	成立低碳能源管理和技术推广机构；推动低碳能源高比例发展，形成多能互补供应体系；大力推广垃圾分类、能源产品价格改革和碳税政策。建立和实施问责制措施和指标。
	技术标准与规范	建立低碳能源技术国家标准和服务体系；制定全生命周期内碳排放评价规范；编制综合能源规划。
	金融财政税收	建立研发与试点应用补贴机制，拓展多元化融资渠道，促进绿色税收机制改革，对可再生能源提供贷款担保。引入更灵活的能源定价系统，实行上网电价补贴制度。创新混合融资机制，调动社会资本投资。
	公众参与	通过宣传教育引导公众逐步转向绿色能源消费。



领域	政策建议	
交通	法律法规	建立氢能源管理与安全法规体系和电池回收管理制度，补充拟定资源有效利用促进法。
	部门政策	加强电动自行车的生产、销售和使用管理；建立锂电池回收管理考核机制；促进绿色交通、移动支付、金融业等行业的跨界联盟。
	技术标准与规范	制定MAAS出行服务的技术标准、交通数据资源共享技术规范、电动自行车安全技术规范、充电设施规划规范标准、电池回收点规划布局指南、氢能源配套设施的规划建与管理规范标准。
	金融财政税收	制定MAAS运费价格体系与补贴政策、新型电池技术研发的税收优惠政策以及氢能源制备技术、存储技术、运输技术研发的税收优惠政策；设立氢能源基础设施建专项补贴和自行车专用路建设专项资金。
	试点建议	推动MAAS出行服务示范和自行车专用路示范工程；推进交通零排放区和拥堵收费试点示范工程。
	公众参与	加强公众引导，建立出行服务数据共享公开机制。
建筑	部门政策	实行能耗总量和能耗强度双控目标；绿色建筑项目进行性能目标体系策划、多目标优化，建立智慧运维系统；空气质量指标纳入竣工验收程序（或结合消防审查程序）；建立建筑材料循环利用管理办法，明确绿色建筑参建、监管各方主体责任。
	技术标准与规范	参考LEED、WELL，把绿色建筑性能目标、能耗总量和强度指标纳入城市规划标准，制定绿色建筑前策划后评估技术标准、建筑适变设计导则；制定“十四五”期间绿色建筑、装配式建筑行动方案。
	金融财政税收	将个人购买、居住（含租赁）绿色建筑纳入个税专项扣除优惠，制定企业使用绿色建筑的企业税收优惠政策。
	试点建议	建设打造近零能耗建筑试点示范城市/城区、近零碳排放区示范工程和公共建筑节能交易试点。
土地利用与规划	法律法规	建立国土空间开发保护法、自然保护地法，赋予城市设计法定地位。
	部门政策	建立快速响应的规章制度与价格调节机制，制定节约集约利用土地规定、闲置土地处置办法和土地储备管理办法；对高层住宅项目实行监督检查和全过程管理；建立低碳试点城市和试点社区规划的规划评估和督查制度、工业用地绩效考核与动态评估制度。
	技术标准与规范	制定土地混合利用相关标准规范、居住区建设指引及相关规范、低碳减排城市/社区/公共空间的规划标准；制定相关导则，保障街区的连通性，在规划、设计、建设和管理等社区服务。
	金融财政税收	研究制定环境税政策，激励环境友好的土地开发。
	试点建议	建设打造近零能耗建筑试点示范城市/城区、近零碳排放区示范工程和公共建筑节能交易试点。

领域	政策建议	
食物	法律法规	建立保障基本农田土壤、用水环境质量标准的法律；完善食物安全和追踪体系的法律保障。
	部门政策	推进对食物从产地到消费者的全过程管理，建立对农产品开发全产业链的追踪溯源系统；加强农村宽带网络建设，建立农产品信息平台，改善农户与市场的链接；开展农户使用电商平台的技能培训；制定促进城郊废弃土地和棕地转换为智慧农业用地的政策。
	技术标准与规范	建立面向全生命周期的绿色食物标准；制定垂直农业相关技术导则。
	金融财政税收	建立面向区域公平的价格支付的财政转移机制；制定绿色食物的生产消费税收激励政策。
	试点建议	推进绿色食物安全信息与追踪技术的乡镇/村试点；建立垂直农业的试点社区和评估制度。

#### 四、基于国际最佳实践的政策建议

基于国际最佳实践的政策建议旨在加强以人为本的城市绿色发展目标；促进城市的生态可持续性、复原力、公平和生活质量；特别是通过对新基础设施和绿色技术投资，帮助中国经济实现高质量增长。

**制定城市和建筑设计指南。**为中国城市绿色低碳发展、公交导向发展的指南；根据国际最佳实践制定并更大力度推广绿色建筑标准。

**投资新型城市基础设施。**丰富新型基础设施计划，帮助刺激“新冠”肺炎疫情后的经济。把三项关键的城市绿色技术增加到新型基础设施投资清单中：建筑集成光伏（BIPV），水处理技术、能源存储技术。为每项技术制定更有雄心的目标。为了建立“集成绿色能源网格（IGEG）”，每年在风能、太阳能和能源存储方面的投资应增加一倍。

**继续推动电动汽车的普及。**加强电动汽车基础设施建设；重点推进高行驶里程的商业运营车辆电气化，推广共享汽车并实施交通需求管理。

**推进食品价值链的数字化创新。**建立强大的创新生态系统，把数字创新应用到整个食品价值链，提高食品供应链的可追溯性，生产和采用更健康、更具营养和可持续的食物，同时促进城市的室内农业生产。

**建设碳中和社区。**制定碳中和、循环社区的明确目标和共同路线图，动员政府部门、私营部门和所有利益相关者共同参与碳中和、循环社区建设。

**推进机制。**有助于中国城市实现绿色转型的三大策略包括：试点城市和政策沙盒、绿色技术跨国联盟、公众参与。





## 致谢

我们感谢中国环境与发展国际合作委员会（国合会）设立了“重大绿色技术创新及其实施机制”这个关系中国未来发展模式和方向的专题政策研究项目。在项目组开展工作的近一年时间里，国合会对项目研究工作提供了重要指导与资金支持，使项目组中外方专家的讨论、交流和研究得以有效开展。

感谢国合会中方首席顾问刘世锦先生、外方首席顾问魏仲加先生对项目研究给予的重大指导；感谢国合会秘书处以及国际支持办公室的重要支持。

该专题研究得到了国内外有关部门、机构和专家的大力支持和协助，在此特别感谢参与项目的世界经济论坛（WEF）、中国可持续发展工商理事会、深圳建筑科学研究院和中国城市规划设计研究院的专家与工作人员为项目的顺利开展和报告的最终完成做出的贡献。他们分别是：

世界经济论坛：李秋苹、宋莎、徐亚敏；中国可持续发展工商理事会：魏雪艳；深圳建筑科学研究院：杨子瑄、汪四新、郑剑娇、赖玉珮、李雨桐、刘鹏；中国城市规划设计研究院：孙娟、马璇、张亢、章怡、朱明明（上海分院）；陈婷、秦维、浦鹏、王怡婷、丁洁芳、蒋力克、潘凌子（西部分院）；金鑫、周游、周璇（深圳分院）；王家卓、王晨、于德淼、张春洋、孙道成、张中秀、李爽、郑桥、冯一帆、常魁、白静、黄比君、杨立焜、胡筱、闫勤玲、卢蕾、郭跃洲、张可慧、王欣（生态市政院）；赵一新、马林、王芮、白颖、廖璟瑒（交通分院）；秦奕、张园、孔晓红、王俊、王维、王翊萱、赵晓静、张鹤鸣、徐辉、刘世晖、李昊（学术信息中心）。

同时还要感谢项目的中方支持单位“一带一路”环境技术交流与转移中心（深圳），以及外方知识合作伙伴全球能源社区—中国。感谢所有曾经帮助过我们，但由于篇幅所限没有提及到的专家、学者、朋友、同仁，在此一并致谢！



## 参考文献

- [1] [https://www.cement.org/sustainability/leadership-in-energy-design-\(leed\)](https://www.cement.org/sustainability/leadership-in-energy-design-(leed))
- [2] <https://www.dgnb.de/en/>
- [3] <http://www.gbtoolsltd.com/>
- [4] Standard & Poor's Financial Services LLC, Global Ratings Green Evaluation Report, 2017
- [5] China Statistical Yearbook (2018). Available at: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2018/indexeh.htm>
- [6] M. Swilling, M. Hajer, T. Baynes, J. Bergesen, F. Labbé, J.K. Musango, A. Ramaswami, B. Robinson, S. Salat, S. Suh, P. Currie, A. Fang, A. Hanson, K. Kruit, M. Reiner, S. Smit, S. Tabory (2018), "The Weight of Cities: Resource Requirements of Future Urbanization", A Report by the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. Available at: <https://www.resourcepanel.org/reports/weight-cities>
- [7] Nutrient Platform, "Phosphorus From Wastewater In Amersfoort". Available at: <https://www.nutrientplatform.org/en/success-stories/phosphorus-from-wastewater-in-amersfoort/>
- [8] New America, "The Development of Smart Water Markets Using Blockchain Technology". Available at: <https://www.newamerica.org/fellows/reports/anthology-working-papers-new-americas-us-india-fellows/the-development-of-smart-water-markets-using-blockchain-technology-aditya-k-kaushik/>
- [9] Great Lakes Echo (2020), "Water sensors, data collaboration make Great Lakes smarter". Available at: <https://greatlakesecho.org/2020/02/21/water-sensors-data-collaboration-make-great-lakes-smarter/>
- [10] 国际能源署. 2010 能源技术展望: 面向 2050 的情景与战略[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [11] 国际能源署. 追踪清洁能源进展 2017. 北京: 科学出版社, 2018:17-61.
- [12] 王成山, 周越, "微电网示范工程综述", 供用电, 2015 年 1 月.
- [13] 国际能源署(2019), "中国电力系统转型", <https://www.iea.org/reports/china-power-system-transformation>
- [14] 住房和城乡建设部. 《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》建科[2017]53 号.2017 年 3 月 1 日
- [15] 《中国机动车环境管理年报》, 中华人民共和国生态环境部发布; [http://www.gov.cn/guoqing/2019-04/09/content\\_5380744.htm](http://www.gov.cn/guoqing/2019-04/09/content_5380744.htm) 2020 年 3 月 5 日检索
- [16] 《绿色出行行动计划 (2019-2022 年)》, 交通运输部等部门印发;



- [http://www.gov.cn/xinwen/2019-06/03/content\\_5397034.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2019-06/03/content_5397034.htm) 2019 年 10 月 3 日检索
- [17] Global EV Outlook 2019:Scaling-up the transition to electric mobility, May 2019  
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019> 2019 年 11 月 25 日检索
- [18] 《交通强国建设纲要》，中共中央、国务院印发；  
[http://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content\\_5431432.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm) 2019 年 11 月 8 日检索
- [19] European MaaS Roadmap 2025. MAASiFiE project funded by CEDR；  
[https://www.researchgate.net/publication/317416483\\_Deliverable\\_2\\_European\\_MaaS\\_Roadmap\\_2025\\_MAASiFiE\\_project\\_funded\\_by\\_CEDR/link/5939f82baca272bcd1e29417/download](https://www.researchgate.net/publication/317416483_Deliverable_2_European_MaaS_Roadmap_2025_MAASiFiE_project_funded_by_CEDR/link/5939f82baca272bcd1e29417/download) 2019 年 8 月 11 日检索
- [20] 刘志林, 秦波, “城市形态与低碳城市:研究进展与规划策略“, 《国际城市规划》, 2013 年 02 期
- [21] Robert Cervero, “TOD 与可持续发展”, 《城市交通》, 2011 年 01 期
- [22] 林伯强. 中国能源发展报告 2018. 北京: 北京大学出版社, 2019.
- [23] 国家发展改革委,国家能源局.《能源技术革命创新行动计划(2016-2030 年)》发改能源[2016]513 号.2016 年 4 月 7 日
- [24] 国家发展改革委.《国家重点节能低碳技术推广目录(2017 年本, 节能部分)》.国家发展改革委公告 2018 年第 3 号.2018 年 2 月 28 日
- [25] 国家发展改革委,国家能源局.《能源发展“十三五”规划》发改能源[2016]2744 号.2016 年 12 月 26 日
- [26] Interoperable Transit Data: Enabling a Shift to Mobility as a Service. Rocky Mountain Institute,October 2015. [http://www.rmi.org/mobility\\_ITD](http://www.rmi.org/mobility_ITD) 2019 年 9 月 21 日检索
- [27] The Future of Hydrogen:Seizing today' s opportunities,Report prepared by the IEA for the G20,Japan,June 2019. <https://webstore.iea.org/download/direct/2803> 2019 年 12 月 21 日检索
- [28] CO2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights(2019 edition), International Energy Agency; [www.iea.org](http://www.iea.org) 2019 年 9 月 1 日检索
- [29] 《中国城市步行友好性评价》，自然资源保护协会和清华大学建筑学院联合发布；  
<http://nrdc.cn/Public/uploads/2017-12-15/5a336e65f0aba.pdf> ; 2019 年 9 月 23 日检索
- [30] 张杰、杨阳、陈骁、毛其智, “济南市住区建成环境对家庭出行能耗影响研究”, 《城市发展研究》, 2013 年 07 期
- [31] 波特兰: 环保和经济可以兼得, 《经济参考报》2016 年 7 月 25 日第 A04 版
- [32] 姜洋、何东全, ZEGRAS Christopher, “城市街区形态对居民出行能耗的影响研究“, 《城市交通》, 2011 年 09 期



- [33] 潘海啸,“面向低碳的城市空间结构——城市交通与土地使用的新模式“,《城市发展研究》,2010 年第 01 期
- [34] 申凤, 李亮, 翟辉, “密路网,小街区”模式的路网规划与道路设计——以昆明呈贡新区核心区规划为例,《城市规划》,2016 年 05 期
- [35] The World Economic Forum (2016), “The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond”. Available at:  
<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- [36] Ibid.
- [37] The World Economic Forum (2016), “Intelligent Assets Unlocking the Circular Economy Potential”. Available at:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Intelligent\\_Assets\\_Unlocking\\_the\\_Circular\\_Economy.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Intelligent_Assets_Unlocking_the_Circular_Economy.pdf)
- [38] New America, “The Development of Smart Water Markets Using Blockchain Technology”. Available at:  
<https://www.newamerica.org/fellows/reports/anthology-working-papers-new-americas-us-india-fellows/the-development-of-smart-water-markets-using-blockchain-technology-aditya-k-kaushik/>
- [39] The World Economic Forum (2018), “Harnessing the Fourth Industrial Revolution for sustainable emerging cities”. Available at:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Harnessing\\_the\\_4IR\\_for\\_Sustainable\\_Emerging\\_Cities.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_the_4IR_for_Sustainable_Emerging_Cities.pdf)
- [40] Ibid.
- [41] Flextegrity. Available at: <http://www.flextegrity.com/>
- [42] Battersby (2019), ”Core Concept: Quantum sensors probe uncharted territories, from Earth’s crust to the human brain” PNAS August 20, 2019 116 (34) 16663-16665;  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1912326116>
- [43] The Economist (2018), “Chinese Tech vs American Tech: which of the world’s two superpowers has the most powerful technology industry?”. Available at:  
<https://www.economist.com/business/2018/02/15/how-does-chinese-tech-stack-up-against-american-tech>
- [44] The World Economic Forum (2018), “Agile Governance: Reimagining Policy-making in the Fourth Industrial Revolution”. Available at:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Agile\\_Governance\\_Reimagining\\_Policy-making\\_4IR\\_report.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Agile_Governance_Reimagining_Policy-making_4IR_report.pdf)



- [45] The World Economic Forum (2018), “Rethinking Technological Development in the Fourth Industrial Revolution”. Available at:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_WP\\_Values\\_Ethics\\_Innovation\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_WP_Values_Ethics_Innovation_2018.pdf)
- [46] <https://openpolicy.blog.gov.uk/category/policy-lab/>
- [47] <https://openpolicy.blog.gov.uk/category/policy-lab/>
- [48] <https://www.drivesweden.net/en> and <https://www.testsitesweden.com/en/projects-1/driveme>
- [49] <http://www.cbb.gov.bh/assets/Regulatory%20Sandbox/Regulatory%20Sandbox%20FrameworkAmended28Aug2017.pdf>
- [50] <https://www.ema.gov.sg/Sandbox.aspx>
- [51] World Economic Forum and Ellen MacArthur Foundation (2014), “Towards the Circular Economy”  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_ENV\\_TowardsCircularEconomy\\_Report\\_2014.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf)
- [52] Ellen MacArthur Foundation (2018), “The Circular Economy Opportunity for Urban and Industrial Innovation in China”. Available at:  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/chinareport>
- [53] J. Cai, X. Xia, H. Chen, T. Wang, H. Zhang (2018), “Decomposition of Fertilizer Use Intensity and Its Environmental Risk in China’s Grain Production Process”. Available at:  
<https://www.researchgate.net/publication/323152227>
- [54] S. Dong (2019), “Reduce Potash Import Dependence in China”. Available at:  
[https://iad.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk4906/files/inline-files/Sisi%20Dong\\_capstone%202019\\_1.pdf](https://iad.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk4906/files/inline-files/Sisi%20Dong_capstone%202019_1.pdf)
- [55] GPCA (2018), “China Fertilizer Industry Outlook”. Available at:  
<https://gpca.org.ae/wp-content/uploads/2018/07/China-Fertilizer-Industry-Outlook.pdf>
- [56] FAO (2020), “Food Loss and Food Waste”. Available at:  
<http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>
- [57] China Statistical Yearbook (2018). Available at: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2018/indexeh.htm>
- [58] BAMB (2019), “Metals Value Chain Report”. Available at:  
<https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/Metals-Value-Chain.pdf>
- [59] ITU (2017), Global E-waste Monitor,  
<https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Pages/Global-E-waste-Monitor-2017.aspx>
- [60] World Economic Forum (2019), “A New Circular Vision for Electronics”. Available at:  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_New\\_Circular\\_Vision\\_for\\_Electronics.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf)
- [61] World Economic Forum (2019), “Recovery of Key Metals in the Electronics Industry in the People’s



- Republic of China”. Available at:  
<https://www.weforum.org/reports/recovery-of-key-metals-in-the-electronics-industry-in-the-people-s-republic-of-china>
- [62] World Economic Forum (2019), “Recovery of Key Metals in the Electronics Industry in the People’s Republic of China”. Available at:  
<https://www.weforum.org/reports/recovery-of-key-metals-in-the-electronics-industry-in-the-people-s-republic-of-china>
- [63] LWARB (2017), “London's circular economy route map”. Available at:  
[https://www.lwarb.gov.uk/wp-content/uploads/2015/04/LWARB-London%E2%80%99s-CE-route-map\\_16.6.17a\\_singlepages\\_sml.pdf](https://www.lwarb.gov.uk/wp-content/uploads/2015/04/LWARB-London%E2%80%99s-CE-route-map_16.6.17a_singlepages_sml.pdf)
- [64] World Economic Forum (2019), Harnessing the Fourth Industrial Revolution for the Circular Economy Consumer Electronics and Plastics Packaging .  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Harnessing\\_4IR\\_Circular\\_Economy\\_report\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_4IR_Circular_Economy_report_2018.pdf)
- [65] European Sustainable Phosphorus Platform, “About the European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP)”. Available at: <https://www.phosphorusplatform.eu/platform/about-espp>
- [66] BAMB (2020), “About BAMB”. Available at: <https://www.bamb2020.eu/about-bamb/>
- [67] About PACE (2020) accessed at: <https://pacecircular.org/>
- [68] SmartImpact (2018), “Data Governance & Integration for Smart Cities”. Available at:  
[https://smartimpact-project.eu/app/uploads/2018/02/SmartImpact\\_Data-Gov-and-Intergration\\_A4\\_AW.pdf](https://smartimpact-project.eu/app/uploads/2018/02/SmartImpact_Data-Gov-and-Intergration_A4_AW.pdf)
- [69] World Economic Forum (Forthcoming), “Protocol - Unlocking the shared value of dynamic IoT data in smart city with trusted platforms”.
- [70] Public sector data refers to data “generated, collected and stored by international, national, regional and local governments and other public institutions, as well as data created by external agencies for the government or related to government programs and services”. Source: World Economic Forum (Forthcoming), “Protocol - Unlocking the shared value of dynamic IoT data in smart city with trusted platforms”.
- [71] European Data Portal (2017) “Analytical Report number 6” Available at:  
[https://www.europeandataportal.eu/sites/default/files/edp\\_analytical\\_report\\_n6\\_-\\_open\\_data\\_in\\_cities\\_2\\_-\\_final-clean.pdf](https://www.europeandataportal.eu/sites/default/files/edp_analytical_report_n6_-_open_data_in_cities_2_-_final-clean.pdf)
- [72] Uber Movement. Available at: <https://movement.uber.com/?lang=en-US>
- [73] Kotagiri, Sunil (2019) ”Data Quality and Governance Critical for Utilities” Available at:



- <https://www.tdworld.com/smart-utility/data-analytics/article/20972300/data-quality-and-governance-critical-for-utilities>
- [74] World Economic Forum (Forthcoming), “Protocol - Unlocking the shared value of dynamic IoT data in smart city with trusted platforms”.
- [75] World Economic Forum (Forthcoming), “Protocol - Unlocking the shared value of dynamic IoT data in smart city with trusted platforms”.
- [76] Including Gender in the World Bank Transport Strategy, World Bank, 2006,  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/968841468147567926/pdf/841800WP0Trans0Box0382094B00PUBLIC0.pdf>
- [77] Women’s safety audits, what Works and Where? UN-Habita, 2009, Available at:  
<https://unhabitat.org/womens-safety-audit-what-works-and-where>
- [78] Disabilities, Office of the High Commissioner for Human Rights, United Nations, 2007,  
<https://www.ohchr.org/Documents/Publications/training14en.pdf>
- [79] ‘Sorry, we didn’t take women’ needs into consideration during product design’, March 9th, 2020.  
Available at: <https://xw.qq.com/cmsid/20200310A000I900>