

## 目录

第 1 章 概览 .....	1
第 2 章 城市及地区峰值目标比较 .....	3
2.1 中国达峰先锋城市峰值目标 .....	3
2.2 中国达峰先锋城市碳排放和经济发展现状 .....	4
第 3 章 碳减排措施和项目 .....	6
3.1 碳减排措施和项目概述 .....	6
3.2 产业结构调整 .....	7
3.2.1 普遍项目 .....	9
3.2.2 新兴项目 .....	10
3.2.3 新项目 .....	10
3.3 需求控制 .....	12
3.3.1 工业 .....	12
3.3.2 交通 .....	15
3.4 提高能效 .....	18
3.4.1 工业 .....	18
3.4.2 建筑 .....	22
3.4.3 交通 .....	28
3.5 能源结构优化 .....	31
3.5.1 电力系统 .....	31
3.5.2 区域能源系统 .....	37
3.6 顶层设计和综合性政策 .....	43
第 4 章 项目优选 .....	45
4.1 城市项目优选 .....	45
4.2 城市联盟整体项目优选 .....	49
第 5 章 加强先锋城市合作的机会 .....	51
第 6 章 主要结论与建议 .....	53
6.1 主要结论 .....	53
6.2 主要建议 .....	54
第 7 章 附录 .....	55

## 第1章 概览

2014年11月，中美两国元首在《中美气候变化联合声明》中提出了启动气候智慧型/低碳城市的倡议，中国政府宣布了2030年左右二氧化碳排放达到峰值并尽可能提前。2015年年底召开的巴黎气候缔约方大会达成了巴黎气候协定，一百多个国家提出了国家自主减排目标，承诺为全人类应对气候变化做出各自贡献。中国的峰值目标也包含在其提交的自主减排贡献方案中。

根据IPCC第五次评估报告和不同的研究显示，城市能源消耗量约占全球能耗总量的67%-76%，经济总量占全球GDP约80%。与此同时，碳排放与城市化的过程一直相互交织，城市所产生的与能源相关的二氧化碳排放量占全球总排放量的71-76%之多，是温室气体排放的主体，气候变化的重要源头之一，而城市化的过程也是人类活动影响气候变化的最重要因素之一。

作为最大的发展中国家，中国的二氧化碳排放居世界之首。中国提出峰值目标，力争将其经济增长与碳排放脱钩意义重大，不仅对中国低碳发展具有长期的指导作用，也同时为全球应对气候变化和低碳发展注入正能量。中国达峰有着世界性寓意，将是人类成功转变传统发展模式的积极信号，为其他经济体转型也提供了可供借鉴的路径。

2015年9月，第一届“中美气候智慧型/低碳城市峰会”遴选出了16个低碳试点案例作为气候智慧型/低碳城市典范。中国参会省市在峰会上宣布了各自努力实现二氧化碳排放达到峰值的时间目标，并宣布成立中国达峰先锋城市联盟（以下简称“APPC”），以加强城市间的经验总结和分享、推广最佳低碳实践，常态化展示城市层面低碳发展成效。达峰先锋城市通过加速低碳发展，促进国际合作，承诺在2030年前率先实现二氧化碳排放达峰。在2015年12月巴黎气候会议中国角边会上，中国气候变化事务特别代表解振华指出，中国支持地方低碳发展行动，开展了多层次、多方位的试点示范，试点省、市在低碳发展方面取得了明显成效，并为今后一个时期低碳试点工作提出了更高要求，特别是提出了率先实现排放峰值的目标。中国的低碳试点中，已有23个城市正式提出了各自温室气体排放达峰时间目标。考虑到70%的碳排放来自城市，同时中国在未来10至15年将经历人类历史上最大的城市化进程，讨论中国城市何时达峰以及如何达峰意义重大。政府追求的高质量可持续发展目标能否实现，很大程度上取决于能否处理好经济转型升级与新型城市化之间的关系。达峰是中国政府将低碳试点升级到一个新阶段的关键指标和工具，需要进一步扩大工作范围和深化试点内容，进入真正实现达峰目标的新阶段。

本报告梳理了中国达峰先锋联盟城市的初步工作进展，重点关注目前城市/部门级别主要减排措施和手段。通过调研了解达峰先锋城市以及部分先进试点城市目前现有减排政策措施，分析研究国内及国际最佳实践，对比美国城市的相关实践和案例，针对现有具体政策措施提出潜在的改进提升机会。本报告初步提供了在城市个体和城市群级别政策措施优选排序的建议。剖析中美两国继续深入在区域及城市层面合作应对气候变化的途径。

中美是世界上最主要的两个经济体，分别为最大的发达国家和发展中国家。中国城镇化率已经超过50%，正处于快速发展阶段，蕴含着巨大发展潜力和市场空间，同时也面临优化城镇化布局和形态、促进农村转移人口融入城市、提高城市可持续发展能力等方面挑战。

学习美国在城市建设、城市规划管理、人才技术、城市适应气候变化方面的经验，有利于中国的城市突破经济增长带来的碳锁定效应，尽快实现跨越式的低碳转型。美国在低碳城市建设、清洁能源技术等方面的先进管理经验和领先的技术，在双方城市可持续发展领域的具有巨大合作潜力。

中国和美国是当今世界温室气体两大排放国，同时也是世界前两位经济体，两国发表气候变化联合声明，整个世界为之雀跃。中美双边合作的成功对国际社会积极应对气候变化有着举足轻重的作用。毋庸置疑，中美将在引领世界低碳革命的进程中起到举足轻重的作用，将为世界范围内的低碳发展发挥引领示范作用。通过及时分享经验，推广先进示范，促进中国更多城市在低碳发展中更进一步，加速达峰，促进美国城市引领深度减排，同时促成更多中美双边合作，扩大和坚实中美低碳发展在全球领域的示范意义。

## 第2章 城市及地区峰值目标比较

城市发展是现代经济增长的重要标志，是能源消费和二氧化碳排放增长的主要来源。目前，中国有 56%<sup>1</sup>的人口生活在城市地区，美国有 81%<sup>2</sup>的人口生活在城市地区。推动城市地区二氧化碳排放尽早达峰并持续下降，对中美两国尤其是对处于快速城镇化进程中的中国实现应对气候变化目标都具有重要意义。

### 2.1 中国达峰先锋城市峰值目标

中国已提出 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰。截至目前，已有 21 个城市和 2 个省区（合为 APPC 达峰先锋城市成员）提出了各自达到二氧化碳排放峰值的目标。这 23 个省市占全国总人口的 17%，占全国国内生产总值的 28%，占全国二氧化碳排放总量的 16%（图 2.1）<sup>3</sup>。

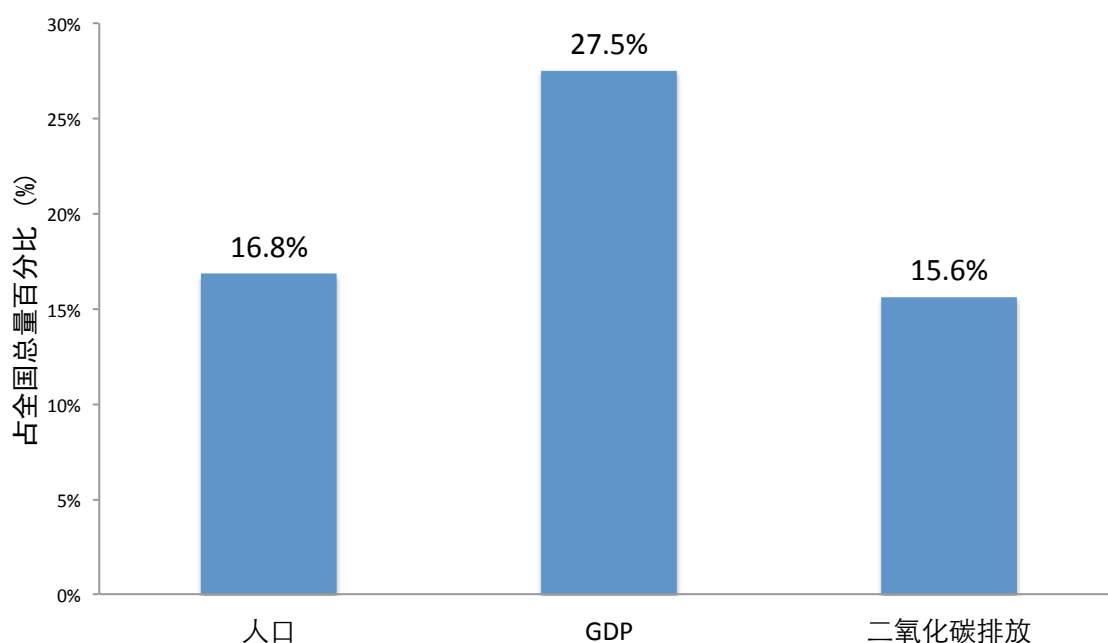


图 2.1 中国达峰先锋城市城镇常住人口、GDP 和二氧化碳排放占全国总量百分比（2015 数据）

这些省市当中，宁波、温州等 8 个城市提出在“十三五”期间（2016-2020）达到峰值，武汉、深圳等 7 个城市提出在“十四五”期间（2021-2025）达到峰值，延安、海南等 8 个省市提出在“十五五”期间（2026-2030）达到峰值（图 2.2）。为实现达峰目标，达峰先锋城市应积极探索创新模式的达峰路径，吸取国内外先进经验，加速向高附加值产业的转型，推动经济社会发展。

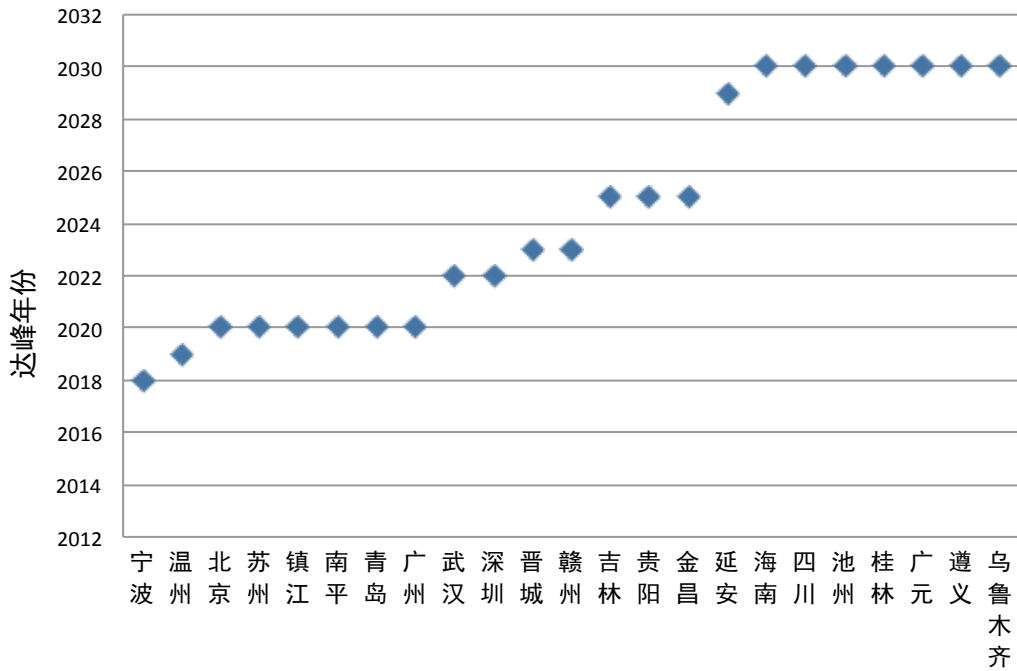


图 2.2 中国达峰先锋城市峰值目标<sup>4</sup>

## 2.2 中国达峰先锋城市碳排放和经济发展现状

城市的二氧化碳排放量取决于很多因素，包括气候、能源结构等，但其中最重要的因素是该地区的经济发展水平。由于工业活动对化石能源消耗巨大，在工业化的发展过程中二氧化碳排放量也会相应增加。中国作为发展中国家，仍处在工业化、城市化快速发展过程中，伴随经济增长和收入水平提高，二氧化碳排放将长期保持增长趋势。当前，我国已经步入工业化后期，正处于城镇化率 30-70% 的快速发展区间，城市人口与规模仍有较大的增长潜力，未来我国城镇化水平和质量的稳步提升还将导致 CO<sub>2</sub> 排放的进一步增长。在 19 世纪和 20 世纪工业化进程中，美国的碳排放量也经历了显著增长。如今，美国已经普遍完成工业化、城市化。在过去的几十年里，处于后工业化时代的美国逐步优化产业结构，重工业比重不断降低，而更多转为第三产业（服务业）。第三产业通常是非能源密集的，因此，美国许多城市实际达到了二氧化碳排放峰值。

比较两国人均二氧化碳排放和人均 GDP 水平（图 2.3）可发现，中国的 23 个先锋城市之间经济社会发展水平和二氧化碳排放水平存在较大差异。根据其不同碳排放和经济发展水平，可将城市划分为 5 个集合。集合 1 中的城市碳排放和 GDP 水平均较低，第三产业比重也较小。排放量相对较低的原因可能是该地区仍未完全实现工业化。反观集合 5，碳排放水平较低，GDP 水平高，第三产业比重也较高。集合 5 中的深圳、广州等城市大力发展高附加值和知识型产业，使得他们能在发展经济的同时有效控制碳排放量。关于城市群对城市经济发展的指导意义，及其相应达峰低碳发展策略将在第 4 章节进一步讨论。

如图 2.4 所示，美国城市成功实现在高人均 GDP 水平的前提下，保持着较低的人均二氧化碳排放这一目标。对中国而言，为确保实现全面小康社会发展目标的同时，较早实现

二氧化碳排放达峰目标，先锋城市可参考广州、深圳和许多美国城市的低碳发展道路。积极借鉴美国的相关先进理念、技术和实践经验，对推进中国达峰和持续降碳具有重要意义。

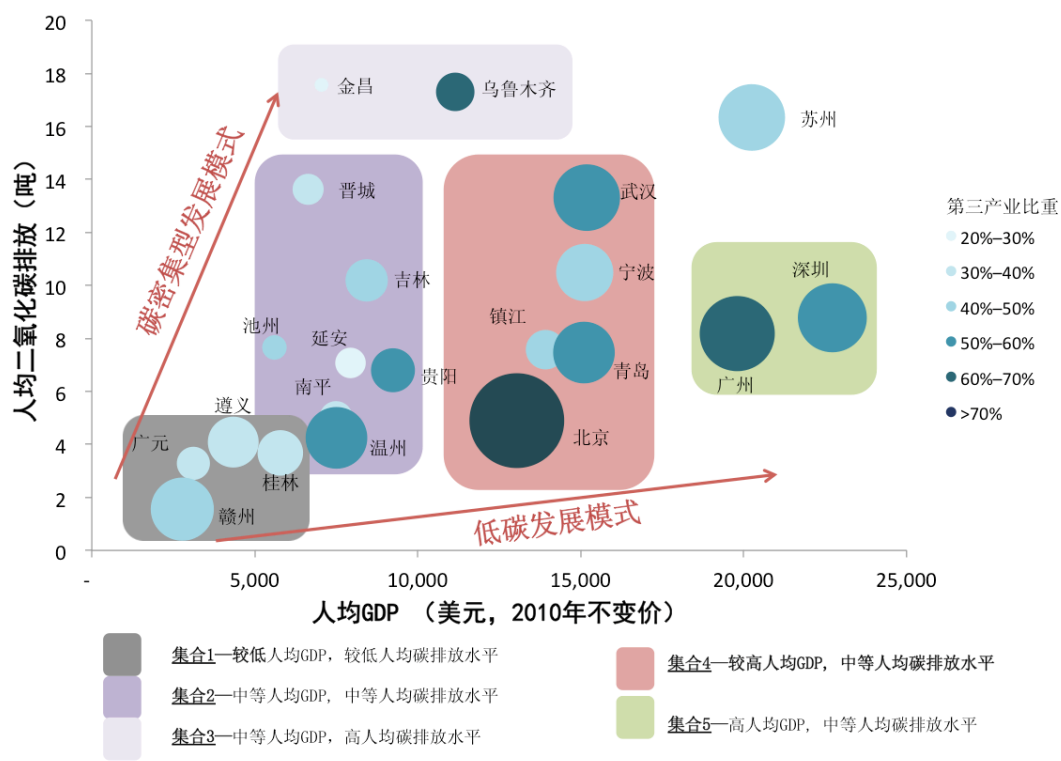


图 2.3 中国达峰先锋城市人均 GDP 和二氧化碳排放水平比较（气泡大小表示人口总量，气泡颜色表示第三产业所占经济比重）

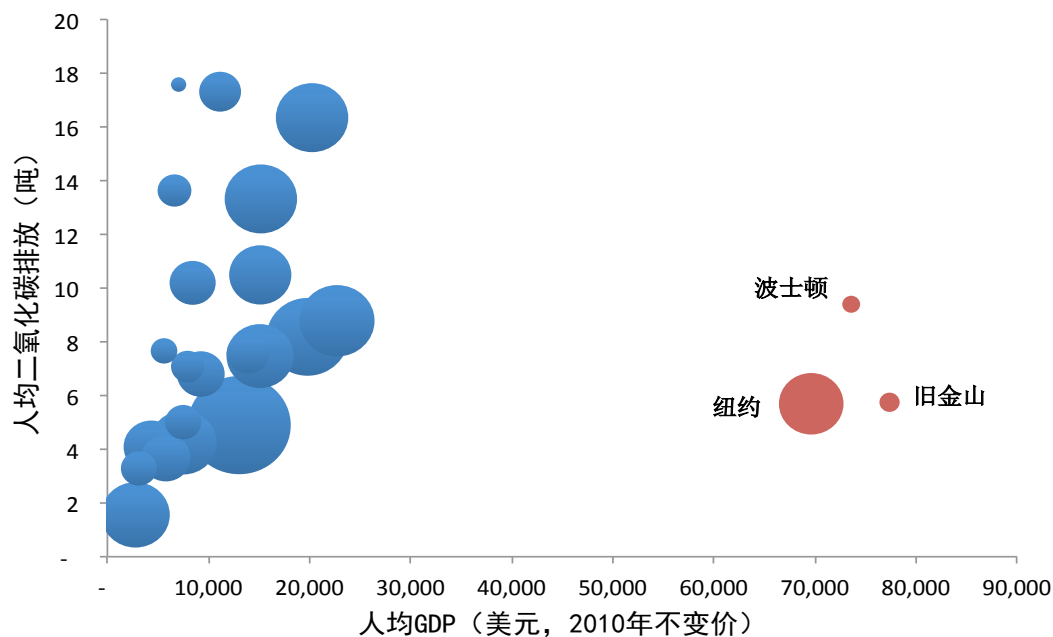


图 2.4 中美城市人均 GDP 和二氧化碳排放水平比较

## 第3章 碳减排措施和项目

### 3.1 碳减排措施和项目概述

一般而言，减缓碳排放可采用的政策手段包括行政规制和经济激励两种，通过优化产业结构和提高生产效率来减少单位 GDP 的碳排放，通过能源与资源的节约、循环、高效利用来降低社会发展对资源消耗的需求，通过能源供应的低碳化来降低单位能源利用的碳排放，最终实现社会经济不断发展的同时，碳排放量的降低。

对于一个城市而言，一套全面综合的减排措施，是不断推进实现减排目标的必要条件。可供考虑的政策措施有许多，图 3.1 对其进行了结构化概括。本报告认为可以把减排政策措施分为四类，它们覆盖了多个部门，随后对这四类政策在低碳城市中的应用进行了示例。

政策	焦点部门	代表性措施	典型项目
1. 产业结构调整	工业	<ul style="list-style-type: none"><li>提升产品附加</li><li>向服务业转变</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>设立低碳工业园区</li><li>技能培训</li></ul>
2. 需求控制	工业、客运、货运	<ul style="list-style-type: none"><li>循环利用和重复利用</li><li>生产高质量材料</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>循环经济</li><li>公共交通基础设施建设</li></ul>
3. 提高能效	工业、建筑、客运、货运	<ul style="list-style-type: none"><li>淘汰落后产能</li><li>提高新建建筑能效</li><li>在公共交通中推广新能源和清洁能源车辆</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>能源审计</li><li>建筑能效标准</li><li>充电桩建设</li></ul>
4. 能源结构优化	电力、区域能源系统、工业	<ul style="list-style-type: none"><li>提高可再生能源在电网供电中的比例</li><li>开发区域分布式供热新系统</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>可再生能源配额标准</li><li>煤改气</li></ul>

图 3.1 碳减排政策、措施、项目

为促进达峰先锋城市<sup>a</sup>减排政策之间的比较和推广，本报告设计了“计分表评估”（Scorecard Assessment）的研究方法。该计分表有助于各城市了解本地减排政策与其他达峰先锋城市以及国际经验之间的差异。APPC 秘书处首先对当前各城市开展的碳减排行动进行了梳理。这一梳理有助于识别某一城市采取的重点政策，并有助于该城市了解本地政策在全国具有的普遍性或特殊性。APPC 的后续项目将推进对这些政策实施效果和影响的评估。

基于对中国达峰先锋城市的分析，并考虑美国城市低碳项目的经验，本研究绘制了“热点图”，以展示中国大部分试点城市已经开展的减排努力，如图 3.2 所示。该图的横坐

<sup>a</sup> 注：考虑到一些尚未提出达峰目标的低碳试点城市在减排政策制定和实施方面也有先进性，故本部分也研究了这些城市的实践案例。

标是政策措施的类型，这些政策措施有助于减少温室气体排放；纵坐标是实施相应减排项目必须解决的关键问题；中间的表格展示城市已经开展的减排项目。对于每一个项目，我们用颜色进行了标记，不同的颜色代表开展这类减排项目的城市所占的百分比。除了中国城市采取的项目外，图中还包括了一些美国城市实施的项目，我们认为这些项目或许在未来的中国城市中可以实施。

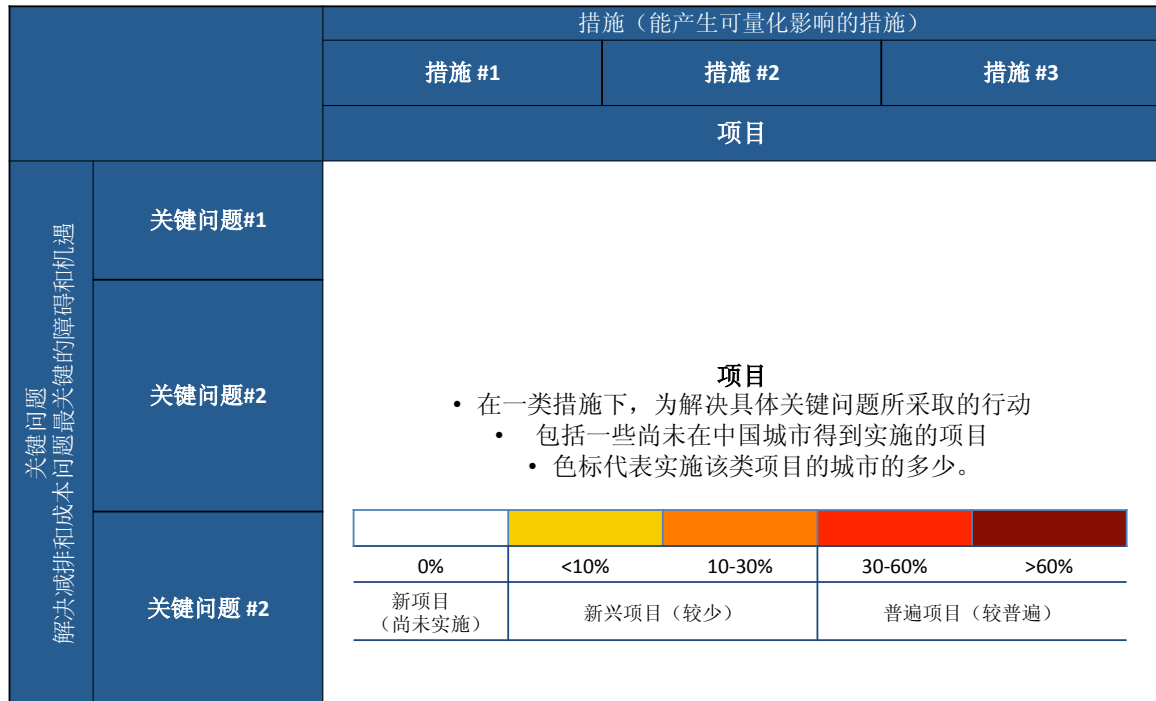


图 3.2 项目热点图示意

从四个大类减排政策的比较看，中国的达峰城市普遍关注和实施了产业结构调整的政策。其他类型的减排项目也很多，并且出现了一些具有创新性的项目。这些现象至少说明了两点：

1. 城市在产业结构调整之外，还可以开展很多项目来实现碳减排。从温室气体排放量上来说，不属于产业结构调整类型的减排项目大约覆盖了一半左右的减排潜力（当然，对于工业城市，这一比例会降低，反之升高）；
2. 达峰城市在制定和实施本地减排政策措施时可以相互学习借鉴经验，也可以从美国城市低碳实践中得到启发。

### 3.2 产业结构调整

中国作为高能耗产品的“世界制造工厂”，在确保国内需求的同时，也满足了出口市场的需求；但在低碳发展的战略目标下，中国需要向一个更平衡的经济结构转变，不只停留在产业链下游（如钢铁生产，化工等），有条件的省市可努力发展高附加值、低能耗产品制造（电子产品、新材料、新能源汽车等）工业，并向服务类行业进行调整。这种转变将



有助于中国在维持经济增长的同时，降低能源消费和碳排放。美国加州的经验表明，在 1997 年至 2008 年期间，产业结构调整和提高能效对加州降低能源总消费的贡献同等重要<sup>5</sup>。

调整优化产业结构是中国近年来采取的重要措施，在国家、区域和城市层面广泛实施。这一政策不仅有利于降低生产侧的碳排放，也有利于提高国民经济质量、满足人民群众更加丰富的需求、增强国际竞争力。

作为达峰先锋城市，调整优化产业结构在各地都成为政策的主要目标之一。一般来说，调整优化产业结构的主要方向，一是提高服务业在地区经济中的比重，尤其是从第二产业转向发展第三产业，二是提高高新技术产业对制造业增加值的贡献度，提升第二产业产品附加值。由于中国各地的城镇化、工业化水平差距明显，各城市自身的资源禀赋和产业结构基础不同，所承载的主体功能也不尽相同，因此各达峰先锋城市在调整优化产业结构时，并没有按照一个统一的套路，而是根据本地情况制定政策，取得的效果也不尽相同。

总体而言，自“十一五”以来，中国各地调整产业结构取得了明显效果，如图 3.3 所示。由于工业化程度的不同，有些城市，尤其是中西部和山区工业化基础较弱的城市，第二产业增加值占比在过去十年间有所增加；但东部发达地区城市和工业化水平原本已经很高的城市，普遍出现了明显的第二产业下降、第三产业上升趋势。

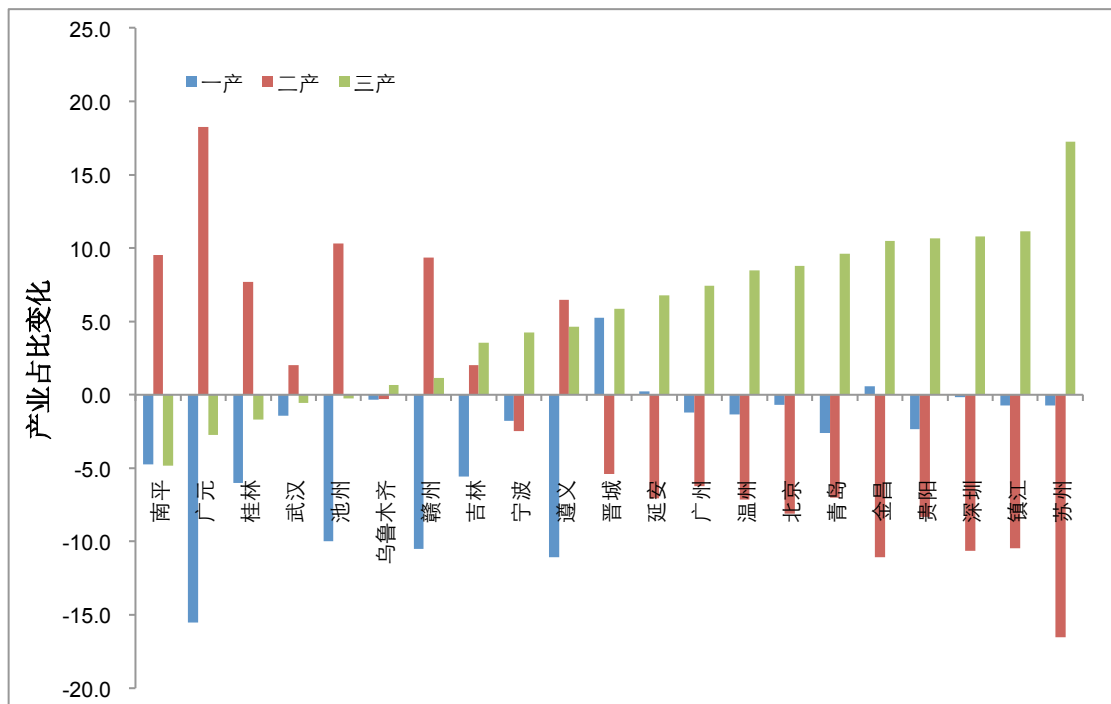


图 3.3 中国部分城市产业结构变化 (2005-2014)<sup>6</sup>

为了促进产业结构调整，需要解决三个关键问题：

**一是转型阻力：**要使资本、能源、资源、劳动力转移到新的工业产业和服务业，就必须对既有的落后产能进行限制和淘汰，当然这会遇到阻力。

**二是经济增长：**在一些案例中，城市的 GDP 增长目标必须依靠大量投资来实现，这包括资本密集型产业，因此产业结构调整对这种投资而言具有巨大的风险，进而威胁到

GDP 目标的实现。实际上，要保持经济长期稳健增长，对新工业产业和服务业的投资是极端重要的。

三是**员工素质**：城市必须保证产业结构调整所需要的就业员工，因此有必要尽早开展对既有产业员工的新技能培训，才能使其满足新工业产业和服务业的从业要求。

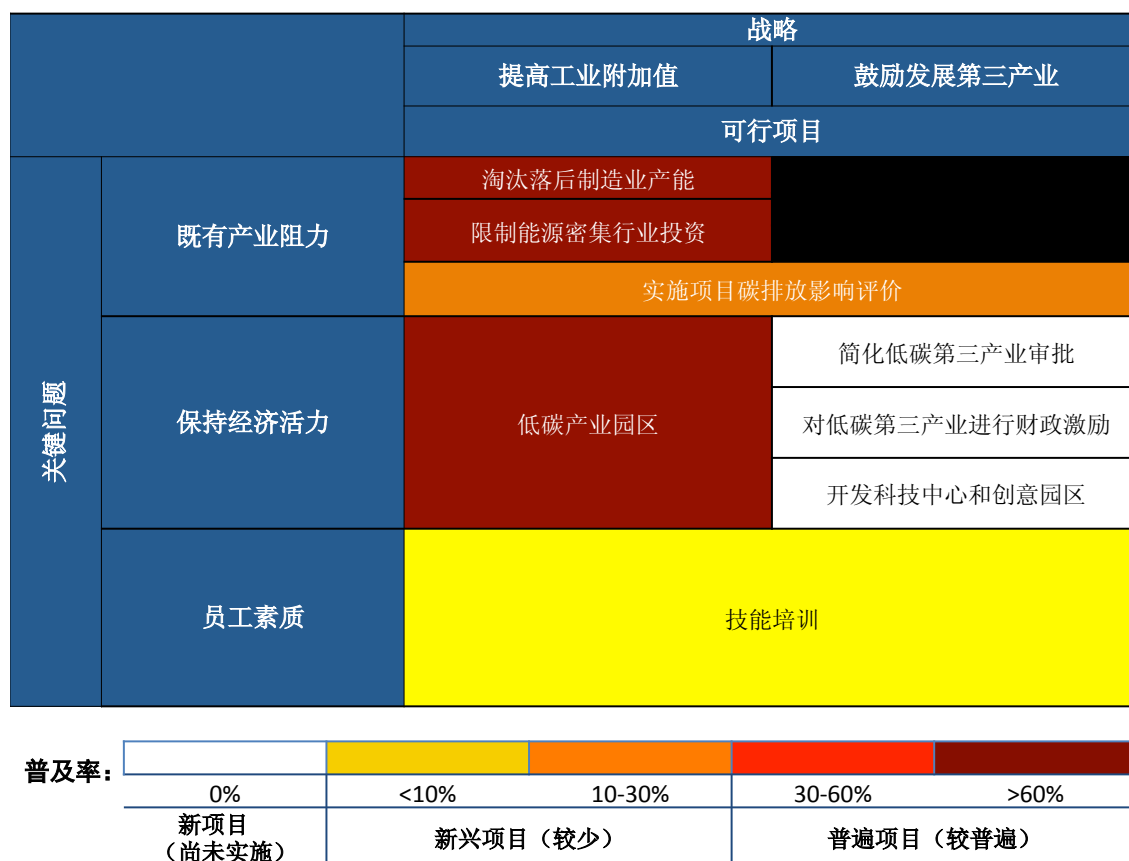


图 3.4 产业结构调整项目

### 3.2.1 普遍项目

#### 低碳工业园区

低碳工业园区设立的目的是通过制定特别的经济激励和其他优惠措施，吸引和鼓励低碳排放、高附加值产业和企业集聚发展，从而带动区域产业结构调整和低碳转型。战略性新兴产业是各地设立低碳工业园区鼓励发展的典型产业类型，包括节能环保、新兴信息产业、生物产业、新能源、新能源汽车、高端装备制造业和新材料等。中国在国家层面组织了国家低碳工业园区试点，选择了一批基础好、有特色、代表性强、依法设立的工业园区，希望通过试点建设，大力使用可再生能源，加快钢铁、建材、有色、石化和化工等重点用能行业低碳化改造；培育积聚一批低碳型企业；推广一批适合中国国情的工业园区低碳管理模式，使试点园区碳排放强度达到国内行业先进水平，引导和带动工业低碳发展。吉林化学工业循环经济示范园区、苏州工业园区、贵阳国家高新技术产业开发区等将为这些城市的产业结构调整和低碳发展探索道路<sup>7</sup>。

## 淘汰落后产能

淘汰落后产能是中国近年来实施的行之有效的产业结构调整项目，有效降低了产业能耗强度和碳排放强度，提高了第二产业整体效率。这一项目作为国家政策，在中国各达峰先锋城市中也得到了实施。这一项目对于产业资源配置十分重要，有助于新兴产业得到发展资源，降低城市整体能源消费和碳排放。这一项目也与提高能效密切相关，因为淘汰的落后、低效产能，往往也是过剩产能。例如“十二五”期间乌鲁木齐加速淘汰落后产能，共完成淘汰落后产能项目 81 项，涉及 16 个行业，其中淘汰电力产能 45.35 万千瓦，炼钢产能 178 万吨，炼铁产能 186 万吨，再生铜产能 3 万吨，水泥产能 174 万吨，玻璃产能 126 万重量箱，造纸产能 32.3 万吨，电解铝产能 3 万吨等，共节约标准煤 254 万吨<sup>8</sup>。

## 控制高耗能产业投资

严格控制高耗能产业投资是避免高耗能产业重复投资和扩张，减少资本锁定，引导资源向新型低碳工业产业和服务业倾斜的必要措施。在国务院和省政府政策指导下，苏州在 2004 年发布了《苏州市当前限制和禁止发展产业导向目录》<sup>9</sup>，限制铁合金、电石、一次性发泡塑料餐具生产等高耗能行业投资。在 2007 年，苏州又发布了更为综合性的《产业发展导向目录》<sup>10</sup>，分鼓励、限制、禁止和淘汰四大类对产业投资进行管理。同时，苏州还制定了《关于贯彻国务院深化改革严格土地管理的决定的实施意见》<sup>11</sup>，对限制和禁止类产业用地进行严格控制。

### 3.2.2 新兴项目

#### 高附加值工业行业和服务业就业技能培训

中国各地都开展了下岗职工再就业培训项目，以支持产业转型。作为先发展起来的的城市之一，广州很早就开始了产业结构调整。广州市政府在 1999 年开展了“‘一三一’就业服务资助”<sup>12</sup>，帮助下岗职工在新工业行业和服务行业重新就业。然而中国城市实施的就业技能培训往往并没有考虑低碳发展的因素，因此达峰先锋城市应当在后续工作中，加强职业技能培训与本地达峰战略和路线图的结合，以支撑城市的低碳转型和尽早达峰。

#### 固定资产投资项目碳排放影响评估

应当通过新建项目节能评估和环境影响评价，严格限制高耗能产业扩张，尤其是在建设新的大型工业企业项目时，做好节能评估和环境影响评价。中国达峰先锋城市还尝试对新建项目开展碳排放影响评价。镇江市实施了固定资产投资项目碳排放影响评估，通过测算项目的碳排放总量、碳排放强度以及降碳量等指标，建立评估指标体系，从低碳的角度综合评价项目的合理性和先进性，红灯否决、黄灯碳补偿、绿灯放行<sup>13</sup>。

### 3.2.3 新项目

#### 建设新型商务区：科技集群和创新基地

城市吸引聚集商业资源、投资、房地产开发，引导新型业态发展的一个方案，是建设新型商务区项目。对于中国的城市而言，就业和 GDP 仍是建设新型商务区必须考虑的问题。

许多美国的城市创建了一种新的非盈利机构，称为“经济发展公司”（Economic Development Corporations, EDC），它们常与城市政府一道，从公共和私营不同部门的角度，合作研究如何建设新型商务区。美国城市这一经验可以为中国城市所借鉴，通过公共和私营部门的合作，建设新型商务区。与之类似，杭州、宁波、温州在浙江省“特色小镇”建设中，政府创新供给制度，服务企业，做企业做不了的事，开展新政策试点。通过生产要素的重新配置，让产业升级、创业创新变得主动而有效<sup>14</sup>。

### 简化低碳第三产业审批

通过对高附加值、低能耗和低碳排放产业实施税收返还、简化审批手续等措施，可以促进产业结构调整优化。当前，许多高附加值产业和服务业行业不能满足审批要求，如果这一困难得到解决，将会有力促进地区经济增长。

### 对低碳第三产业进行财政激励

许多新的高附加值、低碳工业项目，以及服务业项目难以获得资本投资。城市层面应当采取措施，改变这一局面。当这些应鼓励发展的重点领域又与其他经济发展政策目标一致时，将投资导向这些领域会加速创新步伐、吸引更多新的投资、聚集吸引人才，从而在这些新领域形成良性循环。底特律市通过城市、当地开发商以及医疗机构之间建立合作伙伴关系，使医疗机构对于巩固社区经济的力量逐渐凸显并成熟。亨利福特医院开展一系列新的项目，鼓励支持员工迁入城市，投资当地社区的发展，并支持当地的政策，成为最成功的经济振兴案例之一<sup>15</sup>。

#### 关键点

- 中国城市要在保持经济增速的同时降低能源消费和二氧化碳排放，必须调整优化其产业结构，要从高能耗、低附加值产业，转换到高附加值制造业和服务业；
- 为解决就业问题，无论是出于对新产业合格员工的需求，还是出于对劳动人口就业的需求，都要求政府组织就业培训和再培训项目，以使得劳动人口具有从事新产业工作的必要素质；
- 低能效且经济效益差的旧工业产能必须尽早淘汰，这将有助于资源和劳动力向服务业和新制造业转移；
- 新产业必须符合严格的能效评估要求；
- 高附加值产业必须在简化审批手续、便利融资和享受新型商务区、产业园区方面得到支持，以促进这些产业的繁荣。

## 3.3 需求控制

### 3.3.1 工业

2014年，钢铁、建材、化工和有色金属等能源密集型产业的能源消耗占中国工业部门能源消费总量的70%以上<sup>16</sup>。大部分城市的情况也类似。降低高耗能产品的需求是节能减排的重要途径。对高耗能产品需求的降低将直接减少产品生产过程的能源消耗和相关温室气体排放。相应减少的原材料生产也将带来节能减排效益。

减少对高耗能产品的需求可有效降低原材料开采，产品生产和运输过程的温室气体排放。而减少上述需求主要通过以下三个方面：1) 减少“大拆大建”，从而减少不必要的建设；2) 使用回收的和再制造的材料，而不使用原材料生产新的材料；3) 提高材料强度延长产品寿命（例如，增加建设用的钢铁和混凝土强度）。这些措施可有效降低单位产值的材料能耗，将中国推向更高价值的工业经济。

但是，要实现上述潜力需要注意以下三个关键问题：

**不能仅考虑短期经济效益：**短期经济效益通常被优先考虑，而由于使用低质量建筑材料带来的长期成本的增加则在评估项目的经济性时被忽略。这将使得新建、拆除和重建的能源消耗和材料中内涵的能源消耗增加。

**消费者偏好：**随着中国发展水平的提高，消费者倾向于选择更大、能源更密集型的住宅和增加新的基础设施需求，这将引发大量的新建、拆除和重建需求。

**人为造成废弃物处理低成本：**由于许多城市为建设、消费和生产提供补贴，使得废弃物处理成本非常低廉，高成本的废弃物回收在经济上不具可行性。

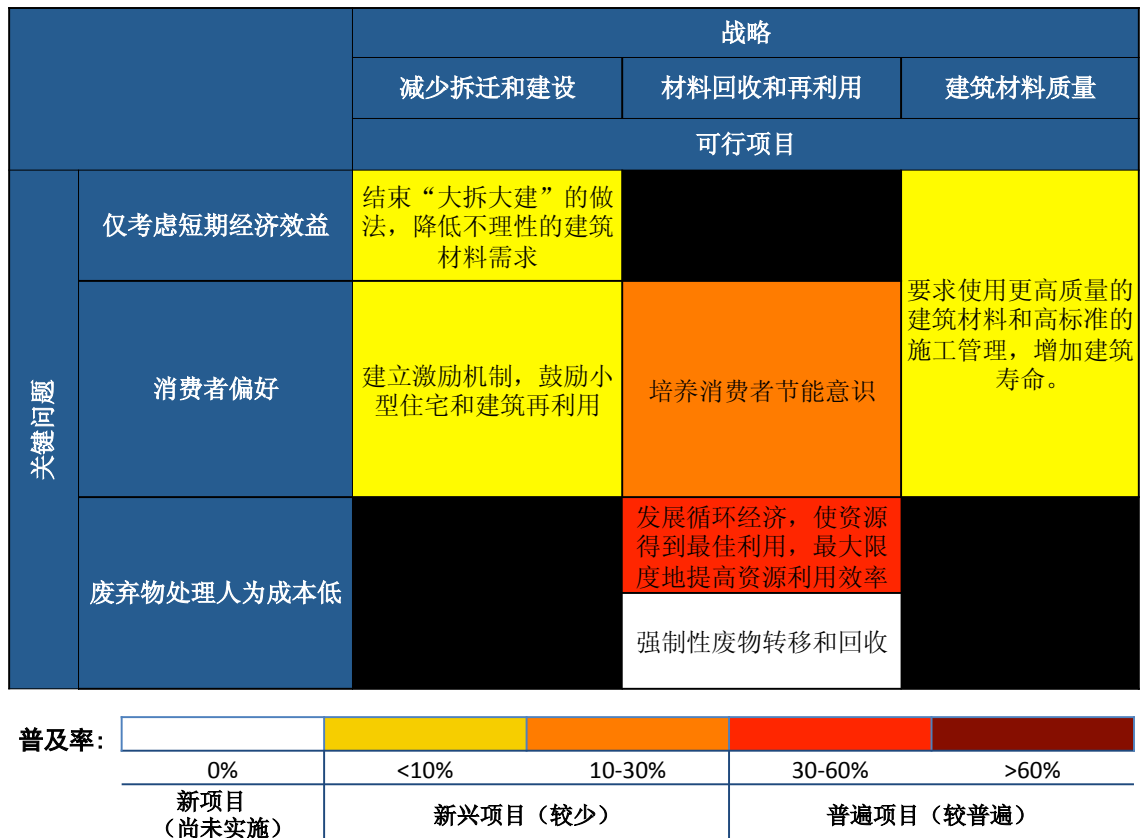


图 3.5 降低工业部门需求的项目热点图

### 3.3.1.1 普遍项目

#### 发展循环经济

循环经济致力于基于“减量化、资源化、无害化、减量化优先”的原则推动对能源、材料和废弃物的重复、持续、资源化再利用，降低对原材料的需求以减少能源消耗和温室气体排放。成功的循环经济需要通过补贴回收利用或增加废物处理费用以弥补由于减少开采或加工原材料所造成的损失，使得废弃物回收真正具备市场收益。在中国，利用工业产业园的项目集群特点，回收上游工厂废料作为下游工厂原材料的循环经济模式已经初见雏形。中国仍需探索在工业园外建立循环经济并使之具备市场收益的创新商业模式。

### 3.3.1.2 新兴项目

#### 停止“大拆大建”，降低不理性的建筑材料需求

拆迁和建设项目受城市层面政府审批许可政策的影响。城市应为房屋拆除提出更为严格的限制条件以放缓拆迁的速度。虽然在城市进行总体规划时，经常会引用老建筑的相关保护条例，如北京市的“2004-2020 城市总体规划”，但很少有具体的措施被提及。并且，城市进行总体规划的主要理由，也不是降低碳排放量，或是减少材料的使用。

## 要求使用更高质量的建筑材料和施行高施工标准，延长建筑寿命

在建设项目中，使用高质量材料、施行更高标准的建筑规范（也在 3.4.2 节讨论）和施工管理将会减少建筑材料需求并提升产品价值，同时还能减少建筑能耗。这将给企业带来长期的经济利益。然而，由于建设项目并不总在本地采购所有材料，因此需要评估这项措施在多大程度贡献于城市层面减排，多大程度贡献于国家层面减排。

## 鼓励小型住宅和建筑再利用

由于消费者随着收入增加本能趋向于选择更大更耗能的住宅，因此必须采取有效的措施减少消费者对更大空间的需求，并阻止对旧有建筑的不断拆除重建。解决上述问题的政策措施重点是要改变公众对生活方式的预期，这很难但不是无法做到。可考虑的政策包括：旧宅更新改造、建立强制性最低建筑寿命标准、对选择使用小空间的建筑业主或者租客提供激励以降低小型住宅价格等。

## 教育推广低碳生活方式和可持续环保理念

随着社交媒体和信息交流日渐频繁，中国民众将会越来越了解和接受低碳环保理念带来的经济和社会效益，进而将消费需求和生活方式向更节约高效和可持续的方向进行转变。这种消费观念的转变也许会进行很多年，但中国正朝着正确的方向稳步前进，并已经积累了不少经验。

### 3.3.1.3 新项目

#### 强制性废物转移和回收

强制性废弃物回收政策是一种有效但昂贵的解决方法，需要相应提高废物收集成本。该政策应重点关注建筑和工业废弃物。在美国，有些城市（例如德克萨斯州奥斯汀市）要求回收 50% 的建筑废物以减少对土地和自然资源的负担。虽然中国大多数 APPC 城市已经通过了废物回收和无害化处理的具体政策，但是，目前尚未出台强制性的废物回收法规。

#### 关键点

- 降低对建筑材料的需求是降低能源密集型的重工业产品产量的重要途径；
- 建筑物必须使用更高质量的建筑材料以提高建筑能效，延长建筑寿命；
- 为减少建设需求，城市需要停止“大拆大建”，反对拆除那些未达到使用年限且能效仍相对较好的建筑；
- 大力推广废弃物回收和循环经济，通过提高废弃物处理成本使废弃物回收更具有经济效益，同时应该对某些部门实行强制回收政策。

### 3.3.2 交通

降低交通能源需求可通过减少客运量和货运量实现。减少城市客运需求的三个主要方法是减少出行次数、缩短出行距离和改变出行方式（例如步行、自行车和公共交通）。由于货运是产业活动的产物，因此通过改变产业活动可减少货运量从而减少能耗(见 3.2 节)。减少货运需求还可以通过使用更高效的运输模式（例如铁路）和优化物流来实现。减少货运需求同时减少了空驶和车辆启停，这也将有助于提高能效。

可减少行驶距离和降低私人汽车使用量的紧凑型城市除了能节省燃料成本，同时还可减少车辆折旧和基础设施建设。尽管公共交通使用量增加，但由于紧凑型城市中出行距离的缩短，公共交通总出行距离反而可能降低。此外，与私人汽车相比，公共交通运输成本更低，而非机动模式出行方式的成本则可以忽略不计。

提高货运效率往往带来非常有吸引力的回报。例如，投资建设信息网络系统以改善物流效率可以在不到一年内收回成本。基础设施投资回报期较长，但基础设施的长使用寿命将带来很大的社会效益（避免的拥堵和提升的产业竞争力）。

阻碍交通节能的关键问题在于基础设施投资和与之不协调的城市规划（例如，在批准新的发展区域时不考虑运输限制、交通拥堵或相关排放等）。同时，城市应为使用更高效的运输方式，如用铁路或水运代替货运卡车，或者使用公共交通和非机动车而非私人汽车出行，提供更多便利和奖励。应使用信息和通信技术（ICT）来改进和简化运输系统的整体性能。

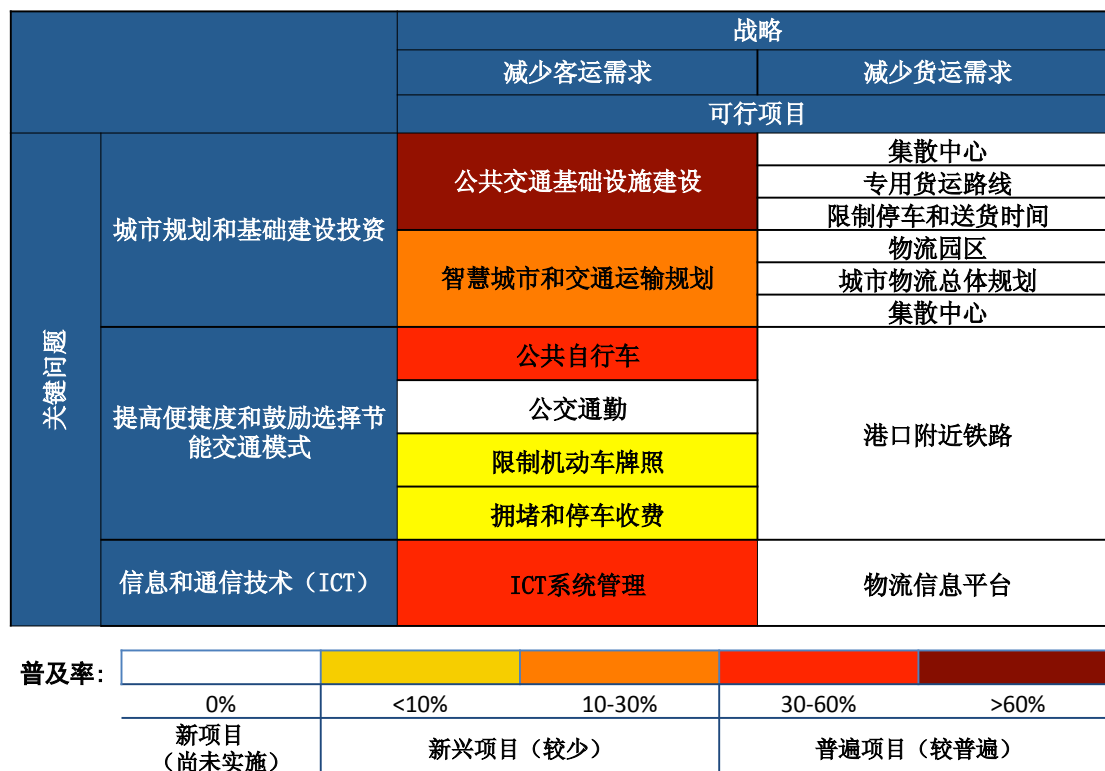


图 3.6 降低交通部门需求的项目热点图



### 3.3.2.1 客运普遍项目

中国城市一直大力投资公共交通基础设施建设，但仍难以跟上快速的城市化进程和经济增长。许多的中国城市正在建设或扩建地铁系统，以及建立快速公交系统（BRT）。为克服修建地铁系统的资金困难，深圳市实施了“轨道+物业”发展模式，希望通过促使周边土地价格的提高反过来为地铁发展融资<sup>17</sup>。

公共自行车系统在世界许多城市都成功实施。中国在公共自行车方面一直处于领先地位。武汉和杭州各自建立了世界上最大的两个公共自行车交通系统，两个系统分别有 9 万和 6 万辆自行车。公共自行车不但鼓励非机动车出行，而且通过在交通枢纽附近建立公共自行车站，也进一步完善了公共交通，有助于实现慢行交通与公共交通“无缝对接”和交通末端“最后一公里”接驳。

信息和通信技术（ICT）可用于改善交通系统的管理。ICT 可以提供实时交通信息，改善用户体验，例如及时避开拥堵路段等，同时可帮助交通规划员重新分配交通流量并更好的预测未来交通需求。

### 3.3.2.2 客运新兴项目

城市设计会影响平均出行距离以及公共交通和非机动车交通的便利性。智慧城市设计原则包括：创建密集的道路网络，投资公共交通以及自行车和步行基础设施建设，建立行人和公交专用区，采用混合设计以便共享基础设施和使商业建筑尽可能靠近住宅，使城市密度和运输能力相匹配，防止无计划扩张。中国领先的城市规划例子包括昆明呈贡新区低碳城市和重庆的悦来生态城<sup>18</sup>。

落实上述设想需要长期的综合交通规划。一个典型例子是美国华盛顿州西雅图市的交通改善计划。在 2015 年春，该市提出了为期十年的预期耗资 8.25 亿美元的西雅图交通改善计划。该计划综合了公共交通、步行、自行车和货运在内的多个交通改善计划。西雅图交通改善计划旨在让全城 70% 以上的居民可在离家步行 10 分钟的距离内享受全天交通服务<sup>19</sup>。

随着汽车保有量增加和交通拥堵的恶化，北京、天津和上海等大城市通过摇号或者拍卖来限制汽车牌照发放，减少道路上行驶车辆的数量。每名乘客乘坐私家车出行的能耗比乘坐公交车高出三倍，同时使用私家车的乘客的出行面积是使用公交系统乘客的出行面积的 40 倍左右，出行面积的增加使城市拥堵进一步恶化<sup>20</sup>。

实时公交追踪系统在中国很常见，停车雷达在深圳和广州的部分地区已开始使用<sup>21</sup>。在下一步中，中国城市可以根据需求波动改变停车费，自动进行停车计时，并允许司机在开车前查询停车场的可用性和价格。旧金山最近在市中心部分地区安装了停车雷达用于实施上述三个停车策略，减少了约 10% 的目的性交通流量<sup>22</sup>。城市还可以利用交通拥堵收费来限制私人汽车的使用（已在伦敦，斯德哥尔摩和新加坡实施）<sup>23</sup>。

### 3.3.2.3 客运新项目

交通应用程序（App）可以提高用户乘车的便利性（将滴滴或 Uber 的技术运用到公共交通中）。城市可以设计自己的应用程序或者与公司合作。在 2009 年，波特兰市的

TriMet 公共交通系统与谷歌合作，使 TriMet 成为了第一个允许公众在网上根据最新列车时刻表对出行路线和价格进行规划的公共交通部门<sup>24</sup>。App 开发人员努力开发最便捷的用户界面。行程规划 App 的功能包括对不同出行模式（自行车、公交车、火车、出租车等）的速度和花费进行快速比较，实时更新，并实现网上购票功能。自从 App 投入使用后，波特兰的公共交通系统的使用率显著上升<sup>25</sup>。

### 3.3.2.4 货运

许多美国和欧洲的城市出台政策限制货车的出行时间（例如：限制白天通行）。这些政策减少了货车空驶和启停次数，同时还有助于缓解城市整体交通拥堵，提高城市交通燃料效率。

卡车专用路线与非高峰送货效果类似。货车行驶在宽阔不拥堵且无急转弯的马路上，可以帮助提高交通的流动性，减少空驶和启停次数。

物流园区在中国很普遍。建立物流园的主要目的之一是将大量物流活动集中在大型交通设施附近，进而减少卡车在城市地区的行驶。问题是，物流园区的建设往往缺乏合理规划，在选址上远离大型交通设施和工业厂房。这些物流园区因此未被充分利用且效率低下。

城市物流总体规划通过彻底分析货运活动为如停车场和卸货区等基础设施的建设提供信息和方案。物流总体规划依赖于数据搜集、对主要部门的货运需求的模型分析和对基础设施需求的预估。总体规划也决定了城市工业和商业设施的位置，这是城市货运的主要来源。确保货运始发和目的地集中在大容量交通线路周边可以减少货运卡车在城市内的行驶。

港口附近铁路连接港口和国家铁路网，可以减少卡车在港口和铁路终端之间的短距离来回运输。它可大大降低使用集装箱运输的运输成本，使联运更有效和更便宜。

城市物流信息平台通过提高卡车的利用率帮助减少卡车活动。通过将城市货运和卡车容量相匹配，信息平台可以减少卡车空载和非满载次数。集散中心是将要送入城市的小型货物集中分配的仓库。满载卡车从集散中心出发沿着最优路线将货物送往城市，从而减少卡车总体的行驶距离。

## 关键点

- 减少客运需求和货运需求的关键是改善基础设施和城市规划，使公共交通更加便利。快速扩张的城市和迅速增长的私家车保有量为中国的城市和道路建设提出了严峻挑战。对客运而言，智慧城市设计和规划可以最大化公共交通和非机动车出行方式的使用量。对货运而言，合理的城市布局可以最优化物流，提高货运效率。
- 使用信息通讯技术(ICT)可以整体优化交通系统性能。城市规划者可以通过新技术监控交通流量，从而进行有效的车流疏导和系统设计。民众则可以利用新技术对比不同出行方式所需的时间和花费，合理规划出行。而货车也可以通过网络平台匹配物流需求，减少空驶率。
- 目前在中国城市应用最普遍的降低客运需求减少交通拥堵的政策措施是私家车限号，小客车数量调控，公共交通基础设施建设和环保出行方式推广（公交、地铁、自行车和步行等）。从国际经验来看，加收城市拥堵费或是停车场管理系统改进也是改善城市拥堵的可能途径。

## 3.4 提高能效

### 3.4.1 工业

为实现国家和城市层面的温室气体排放峰值和能源强度目标，中国大多数低碳试点城市的工业设施需要应用现有的所有可得商业化能效技术，包括复杂的管理和控制系统。同时，城市还可应用致力于链接不同工业流程的整体设计方案，在同一位置的不同产业间统一协调优化多个设施间的进料、能耗和废物，超额完成上述目标。

传统和集成的能效提高均源自以下两个方面：1) 提高新工厂和设备的能效；2) 改进旧工厂，使用更高效的技术和管理方案。两种方法必须在工厂层面实施，因此城市必须和工业伙伴合作以确保完成能效提高的工作。

提高能效主要面临以下三个方面的难题：

**融资困难：**能效升级的前期投资往往比较昂贵，但有较为稳定的预期回报。如何确保中小企业能从银行、政府或其他金融机构获得足够贷款将是面临的主要挑战。此外，许多设施目前以其一半、甚至更少的生产能力状态下运行，投资回报率不确定，这更增加了其关于融资的担忧。

**无效激励：**在中国，产量是许多工业公司年度考核的重要指标。提高能效改造旧厂房和设备时会造成生产中断，影响产量，进而可能影响考核成绩。因此，许多公司部门宁愿继续使用低能效的设备生产，而不愿意中断生产、改造旧厂房和设备。另外，由于工业产能过剩，许多工厂目前处于半停工或部分闲置状态，这使得能效投资的收益回报期变长，经济可行性降低。

**能源信息透明度：**中国大部分企业，尤其是企业高层管理人员，普遍缺乏对提高能效潜力的认知，使得它不太可能主动选择投资进行能效改造。这个现象被逐层渗入到工程师和中层管理层中，使得能效改造变得更加不可能。除此之外，高层管理人员往往不清楚他们的设施的能效与对标和最佳实践的具体对比情况。

		战略		
		新建和已有工厂	优化运营	
		可行项目		
关键问题	获取资金	能效贷款		
		能源服务行业发展		
	有效激励	阶梯电价		
		补贴和奖励		
		淘汰落后产能		
	透明度和信息	对标		能源管理培训
		能效标准和标识体系		能源审计
		重点节能技术目录		建立能源管理系统

普及率：				
	0%	<10%	10-30%	30-60%
	>60%			
新项目 (尚未实施)		新兴项目 (较少)		普遍项目 (较普遍)

图 3.7 工业能效项目热点图

### 3.4.1.1 普遍项目

#### 树立标杆企业

与中国“万家企业”节能项目类似，城市通过选取重点企业和开展对标，推动行业内企业的比较，以奖励高能效企业，识别低能效企业，并就如何达到能效标准提供指导建议。

#### 补贴和奖励节能

在中国，一些评选和奖励高能效企业的政策项目已初见成效。部分企业开始逐渐将提高能效作为生产指标以外的核心考核指标之一。例如作为“千家万家企业节能项目”的补充，财政部和国家发改委于 2006 年出台《节能技术改造财政奖励资金管理暂行办法》，采取“以奖代补”方式对企业实施节能技术改造给予支持和奖励。2011 年，财政部和国家发改委进一步出台《节能技术改造财政奖励资金管理办法》，从企业范围、节能门槛和补贴力度三个方面对资金管理办法进行了修改，以帮助更多企业更易申请到补贴。然而，尽管标准有所放松，小企业仍然很难获得资金支持。由于有限资金在不同申请企业间的分配主要取决于该企业节能减排的量，这一措施显然有利于规模较大的企业，因为他们有更大

的节能潜力。目前，部分省市已经建立了配套政策，以降低可以申请基金的企业的节能减排量门槛，并提高基金资助补贴的金额。

## 能源审计

无论在国际上还是中国，对主要工业设施进行能源审计均取得了巨大成功。能源审计帮助企业找出能源使用问题并提供最佳解决方案。美国圣地亚哥电力公司推出的工业综合能效考核项目为该电力公司的工业用户们提供免费的设备能耗审计，帮助他们确定最佳的节能方案。这些工业用户包括：印刷厂、塑料注塑成型企业、组件设备生产企业、木材和造纸厂、水泥厂和采石场、金属加工、石油精炼厂、化工行业、组装厂以及污水处理厂。

## 发展节能服务产业

作为企业获取节能资金的一种途径，节能服务产业在中国稳步增长，在很多低碳试点城市也有了一定实践，例如苏州市已签定了 250 个合同能源管理项目，但仍需要获得更多的资本支持，提高完成回报期较长的大项目的能力。

## 淘汰落后产能

淘汰落后产能已经成为降低中国的能耗和碳强度的重要国家政策。中国许多低碳试点城市一直实施这一政策。淘汰落后产能也有助于解决产能过剩问题，可提高高效企业的产能利用率。它还有助于调整产业结构，使得新企业能够获取更多资源（见 3.2.1 节）。

### 3.4.1.2 新兴项目

#### 能源管理系统

能源管理系统不仅为公司提供自身实时的能耗信息，而且通过联网可将公司耗能与其他企业相对比。这一措施要求在城市、省甚至国家层面进行各公司信息的连接以及协调，形成联网。

#### 制定能效标准和能效标识

尽管越来越多的消费产品带有能效标识，工业设备的能效标准和能效标识还没有统一标准。这项措施需要在国家层面协调实施，但城市作为主要利益相关者可以参与到具体的标准制定中。

#### 提供能效专用贷款

对能效项目提供直接贷款不仅满足了节能服务公司的资金需求，同时由于能效投资的回收期较短，总的来说也是一项不错的短期投资。美国能源部能效办公室和可再生能源办公室定期会向美国有高效设备和能效目标的公司提供贷款，以此帮助美国更进一步完成经济及能效目标。这些项目具有较高投资回报率，同时提高了美国企业的竞争力。

#### 节能关键技术目录

这项政策在中国国家层面被广为应用，但目前在中国城市的应用范围仍有限，需要和相似城市讨论，根据自身产业、行业特点和市情提出可行的技术目录。此项政策还可和对标工作相结合以帮助企业识别缺失的核心技术。

## 差别电价

此项政策致力于对企业使用超出能耗标准部分的能源收取额外费用促使企业降低自身能耗。差别电价使提高能效带来的经济利益更为明显，企业通过提高能效降低自身用电量以达到低电价阶层。这项政策在城市层面的潜力巨大。

## 能源经理培训

对部门经理和公司总监进行能效知识培训，帮助他们了解提高能效技术和项目不仅是环境要求，同时是让他们了解各项政府补贴和贷款的机会，为公司带来经济利益，增加公司获得政府资助和表彰的机会。

### 关键点

- 在中国，节能减排已经，并且正在被很多公司和项目所采纳实践。其中最为标志的项目是“万家企业节能项目”。在这些节能项目，以及一些国际组织的推动下，许多工业企业已经意识到节能技术与项目所能带来的成本经济性。然而，由于融金渠道的缺乏，以及在提升利润方面，一贯地对扩大生产量高于对节能的重视，许多企业并未把提升能效作为其首要任务。
- 更加通畅便捷的融资渠道，无论是通过专业的金融机构及公司，或者通过政府贷款，都能使提高能效成为工业企业更加经济可行的选择，对于一些中小企业尤其如此。因为他们相比大规模企业更加缺乏融资渠道。如果城市政府能够对某些实施了能效提升，并有稳定资金回报的企业提供贷款，同时在民营领域，发展以提供此类贷款为主营业务的节能服务公司，工业企业就可以在追求能效提升的过程中拥有更好的经济支撑和保障。
- 在城市、省份和国家层面，对不同企业在能效提升方面的努力和表现给予关注，如识别并公示在能效方面表现最好和最差企业，能鼓励企业将提升能效作为其首要任务之一。这可以通过审计、补贴、奖励和对标等措施来实现。这些手段也是有效的战术，可以使企业意识到，通过提升自身能效能获取成功和企业声誉，而若不提升能效，可能会导致不良社会影响。进一步，可以说服企业提升自身能效，不仅在提升经济成本效益上是势在必行的举措，在维护企业社会形象方面的重要性也不言而喻。
- 节能技术和措施方面的教育在中国工程技术专家群体中正越来越得到普及，然而，高层和中层管理者往往不知道这些机会。由于这些管理人员往往是做投资和筹资决策的人，工程师们很容易遵从而不是质疑他们的指示。加强对这些掌有决策权的管理者的教育，可以使他们更好地意识到能效提升对企业带来的优势，从而带领并指示其员工更加努力坚定地追求能效提升。
- 在中国，城市主要依靠规制手段来管理企业。一些自上而下的经济或市场手段，如通过差别电价逐步淘汰老旧设备、发展碳市场等，可以淘汰低效的制造企业，并促进存活的企业向高效发展模式转变，从而满足社会整体的经济发展与转型需要。

### 3.4.2 建筑

大量的减排机会存在于新建建筑，但是提高既有建筑的能效也可以发挥重要作用。建筑节能措施既有负成本和低成本的，也有回报期较长的长期投资。规模经济可以帮助降低长期成本。

实现建筑行业的节能潜力需要重点解决如下关键问题：

**获取资本：**很多业主缺少用于节能升级的资金。如何使得业主能获取用于能效升级的资金是至关重要的。

**投资吸引力和回报率：**提高投资回报率和降低相关风险（或感知风险）将有助于促使建筑节能的额外投资。

**对机会的意识：**业主和服务供应商需要了解潜在的节能机会。

**与激励挂钩：**当一个业主或投资者不支付能源账单就没有动力投资于提高能源效率。

		策略		
		新建建筑	既有建筑	设备和产品
		可行项目		
关键问题	获取资金		合同能源管理	
		能效投资		
	投资吸引力和回报率	补贴	补贴	补贴
		基于绩效的激励		
		绿色建筑导则和绿色通道		
	对机会的意识	对标和信息披露		节能标准和标识
		节能标准和标识	强制能源审计	淘汰落后技术
	相关激励	设计和建设节能标准	强制能效升级	
		运行节能标准(能耗定额)	热计量	

普及率：				
	0%	<10%	10-30%	30-60%
	>60%			
新项目 (尚未实施)		新兴项目(较少)		普遍项目(较普遍)

图 3.8 建筑能效项目热点图

#### 3.4.2.1 普遍项目

中国常用的建筑节能政策措施包括：**强制性建筑节能标准，绿色建筑指南和补贴政策等。**

## 城市层面强制性建筑节能标准

中国一些试点城市相继出台比国家标准更为严格的强制性建筑节能标准。例如，北京市 2013 年率先提出居住建筑执行相比 1980 年效率水平节能 75% 的强制性节能标准。而在 2015 年，北京出台了修订后的《公共建筑节能设计标准》，将公共建筑的节能标准提高到高于国家水平。

为了落地先进的能源标准，除了制定有效目标，还需要重点考虑实现方式。一个规范的路径需要满足特定设计和组件级的性能值。成本可以通过使用市场化标准技术来降低。此外，性能标准要求通过整体模拟来展示建筑能够达到能效目标。这个方法给了建筑设计者更大的灵活性，使他们能选择最具有成本效益的设计方案以实现城市相应的能效目标，但使用这个标准需要很强的建筑专业知识作为支撑。尽管中国国家建筑节能标准包含性能标准和规定性标准，性能标准基本不被使用。

在美国，建筑标准已被证实是提高新建建筑能效水平的有效措施。美国很多城市都在其气候行动计划中提出了更为严格的建筑能源标准。美国的建筑能源标准可分为规定性标准和性能标准。许多美国的领军城市要求建筑设计团队使用绩效方式来展示其建筑相较于国家标准的能效表现。具体案例包括，科罗拉多州博尔德市要求大于 2000m<sup>2</sup> 的建筑的能效设计需高于国家标准 30%。美国其他城市，例如西雅图，开发了规定性标准，但是同时允许使用性能标准。

## 城市层面强制性建筑节能标准

遵守建筑标准对于实现建筑节能目标至关重要。在中国，大城市建筑设计基本遵守建筑标准，但在小城市建筑标准执行和实施率较低<sup>26</sup>。另外，建筑建设阶段对建筑标准的执行率更低。中国以及世界上大部分国家的建筑标准对于建筑的实际能源消耗并没有规定或者评估。

执行和实施标准需要显著的投资，也需要对检查员和行业充分培训。例如，纽约市的标准合规办公室拥有 9600 万美元的年度预算，平均到每千美元的住宅建筑活动有 54 美元的预算，相当于城市的总预算约为 0.1%。波士顿的建筑法规部门有 1600 万美元的年度预算，平均到每千美元的住宅建筑活动有 15 美元的预算，相当于城市的整体预算的不到 0.1%<sup>27</sup>。

通过软件简化合规性检查可以帮助提高达标率，降低执法成本。美国能源部设计了两个合规软件，COMCheck 和 RESCheck。这些软件可帮助简化对个体建筑合规评估的流程、确保其一致性、也可帮助设计团队和标准执行团队更深入了解标准要求，从而提高真实合规率。

低达标率城市可以通过增加对合规的投资提高达标率。利用软件解决方案可以帮助提高达标率，同时降低成本。

在设计和建设阶段严格遵从建筑标准对于建筑节能至关重要，但是即便如此也不能保证建筑的实际能耗与建筑标准或者气候行动目标中设定的一致。国际和国家层面的最佳实践正在向转型为规定建筑实际能耗的建筑标准。



中国许多城市正在试点中国能源定额分配标准。该标准明确列出建筑能耗目标，但是目前的实施情况不明确。中国也许可以从国际类似的事件中获取经验，例如美国西雅图市和瑞典的国家能源标准。

## 重点创新项目

### 3.4.2.1.1 瑞典实际能耗标准

瑞典是最早使用以成果为基础的能源标准的国家之一。瑞典的标准为建筑（除插头负载外）设置了强制能耗目标，这些目标根据三个气候带各不相同，而且涵盖了住宅及商用建筑。采用电暖的建筑需要采用一个更为严格的目标。下表列出了各目标（不包括家电）：

气候带（从北向南）	I	II	III
居民建筑（非电采暖）	140	120	100
商业建筑（非电采暖）	150	130	110
居民和商业建筑（电采暖）	95	75	55

图 3.9 2011 瑞典能效标准 (kWh/m<sup>2</sup>/yr)

第一次检测是否达标是在设计阶段根据设计数据而确认，第二次检测是在建筑运行 24 个月之后。

## 通过制定标准和补贴政策推广绿色建筑

中国众多低碳试点城市通过下述方式推广绿色建筑：1.要求所有城市满足绿色建筑评级体系要求，例如住房城乡建设部提出的绿色建筑评价标识和建筑能效评估标识项目要求；2.建立示范区。典型案例包括深圳市出台的《深圳市绿色建筑促进办法》和秦皇岛市建立的北戴河新区“国家级绿色节能示范区”等。

美国城市也普遍采取了类似措施，例如要求政府大楼满足绿色建筑标准或准则，如 LEED（绿色建筑评级系统），对符合标准的建筑提供激励等。这有助于创造市场对 LEED 的需求并帮助增加最优实践。LEED 评级系统的一个重要优势是它要求第三方认证。这有助于在评级市场建立信任，是将绿色建筑评级体系转化成市场价值的重要前提。城市可以通过推动绿色评级系统第三方认证以扩大影响。

### 3.4.2.2 新兴项目

还未在中国广泛应用但潜力巨大的项目措施包括建筑能效信息披露，既有建筑节能改造和供热计量改造等。

**既有建筑节能改造：**中国城市通过提出节能改造目标和提供政府激励等方式推动既有建筑节能改造。例如淮安市重点针对围护结构、外窗、屋顶、供热系统、排水系统等实施公共建筑节能改造工程，乌鲁木齐实施了既有居民建筑节能改造项目等。如果能将节能改造变成强制性行为将有助于提高效率。在美国，德克萨斯州的奥斯汀对能效表现差的多

户住宅楼提出强制性的能效升级要求，同时，加州的很多城市还要求建筑在出售时强制进行能效升级。

**建筑能效信息披露：**中国部分城市，如青岛、贵阳构建了针对政府公共建筑和大型公共建筑的用能监测平台，并定期披露。公开这些信息将有助于识别节能潜力和新的市场机会。同时，还可在房地产决策中考虑相关信息。

**热计量改造：**中国很多建筑连接到旧的区域供热系统，按面积支付固定的取暖费用，与供热量无关。通过加装计量表对热计量进行改造，可以使得集中供热提供商按能源供应量向客户收取费用。这将激励业主或住户减少能源消费，如吉林市的“暖房子”供热计量改造工程。

**合同能源管理和能源服务公司：**合同能源管理（EPC）是业主以节省的能源费用支付节能项目成本和合理利润的节能服务机制，可有效克服节能项目资金缺口问题。这一商业模式目前已经在中國有了一些实践，如苏州已经签订了合同能源管理项目 250 个。该项目在各城市都有较大的推广潜力。

### 3.4.2.3 新项目

尽管中国国内已推行了不少在国际上被广泛认可的建筑能效最佳实践项目，但是建筑节能融资方面较为滞后，这可能会影响到未来建筑节能项目的实施。美国一项叫做按绩效支付的创新性奖励政策可能会为中国城市的节能融资带来新契机。按绩效支付政策根据建筑超出法定节能目标（通常是 15%）的实际节能量，按照每千瓦时对业主给予现金奖励。这一政策受到项目开发商和承包商的欢迎，帮助电力公司达到节能目标，推动市场转型，带来了双赢局面。

## 重点创新项目

### 资产评估性清洁能源融资（PACE Finance）

当地政府利用 PACE 融资政策向新能源和能效项目提供高达项目成本 100% 的贷款，帮助这些项目解决前期资本障碍。经新能源或能效项目改造后的资产重新估值，适当增加资产税，还款方通过支付增加的财产税还款，还款期可长达 20 年。改造后的资产如在未还完 PACE 欠款下进行买卖，由买方继续支付未还完的欠款。PACE 也可以被用于新建筑的新能源和能效项目。在美国，特别是在康涅狄可州和加州，PACE 融资政策被广泛应用。

中国城市已经开始征收商业物业税，也即将根据将要开展的改革征收住宅物业税，因此 PACE 在中国具有极大潜力。只要项目可以在各个城市间协调实施，PACE 在中国会比在美国实施得更加标准。然而，能够确保在中国的融资规模的关键是中国能够在各城市实施物业税征收。

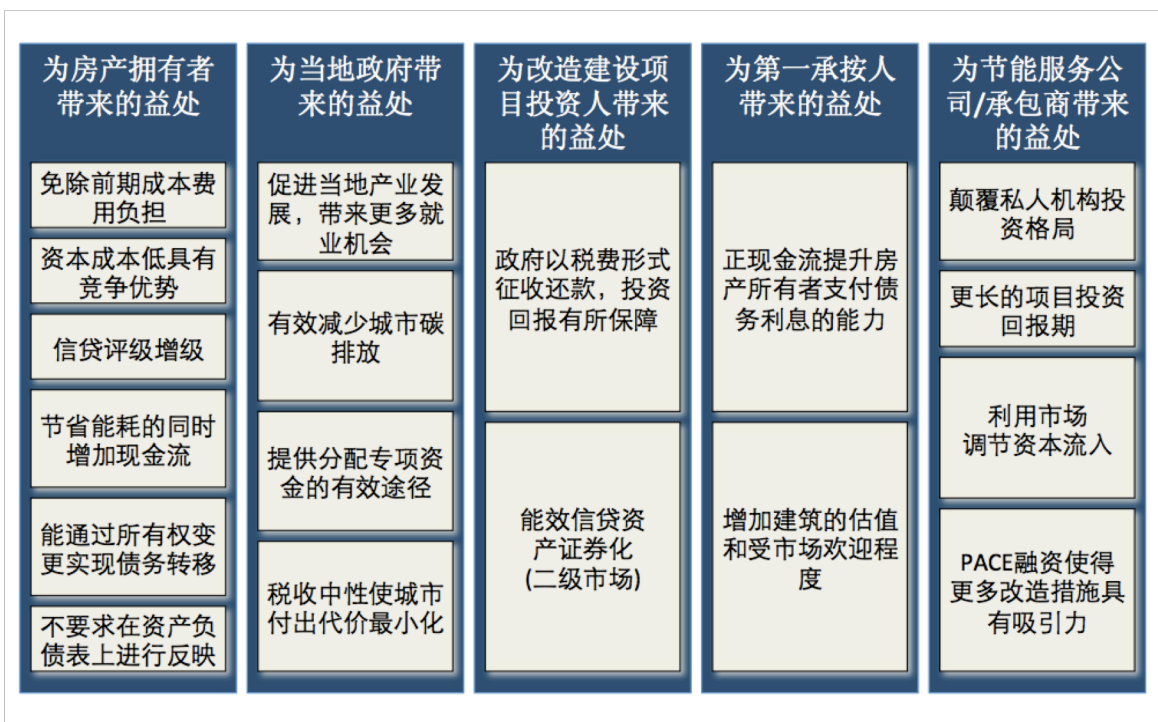


图 3.10 PACE 融资的益处<sup>a</sup>

## 按绩效支付奖励

### 重点创新项目

#### 西雅图市电力公司按绩效支付奖励措施

西雅图电力公司由西雅图市政府所有，为该市提供电力服务。公司正在试点一项创新的节能激励补贴政策，即对经证实的实际节电量按照每千瓦时给予补贴，而非根据节能措施的预计节电量给予补贴<sup>a</sup>。在新补贴政策下，业主可以更灵活地选择适合自己的节能措施，而不是只在规定的节能措施中进行选择。一旦建筑节能能量超过规定的目标，通常为 15%，业主即可获得节能补贴。西雅图市最开始的试点项目中，向超过最低节能目标的业主提供每度电 3 美分的补贴，节能量越多则奖励力度越大。这项新政策为电力公司带来最经济的电力来源——节能。西雅图市计划在 2016 年扩大项目的实施规模。

### 关键点

- 强制性建筑节能标准和绿色建筑推广已经是中国城市达峰的重要手段。
- 中国城市可以考虑在强化现有上述两项政策时融入国际最优实践，包括提高合规率，实施基于实际能耗的标准，要求能效标识的第三方认证。
- 确保达标是实现建筑行业目标的关键，因此需要巨大投资的支持。小型城市存在设计达标上的潜力，而所有的城市都应当在设计之外的建筑施工环节实现达标（包括结果为导向的标准）。
- 一些根据国际经验具有巨大潜力的新兴项目包括：能源信息披露，既有建筑改造，热计量改造以及能源改造项目。这些项目能够通过提供财政激励手段、强调新机遇以及帮助建筑行业实现建筑能效的新需求来刺激市场对于能效的需求。
- 美国在应对建筑行业核心问题方面的成功实践经验包括：资产评估性清洁能源融资和按绩效支付奖励措施。其中资产评估性清洁能源融资已经在美国取得了巨大成功，而按绩效支付奖励措施虽然在美国仍处于新兴阶段，却已经展示出了节能上的巨大潜力。

### 3.4.3 交通

提高交通部门能效包括客运和货运两部分。提高轮胎性能、减轻车体重量、升级发动机和变速器、采用启停系统、使用混合动力或者电动汽车都是帮助减少城市客运的能源消耗和温室气体排放的重要举措。尽管卡车是中国交通运输排放的主要来源，但卡车主要运用于长途运输业，而非城市主要排放源。货运的城市排放量不及客运，却会带来空气污染等极大的负外部效应。

提高能效所需要的前期资金投入可以通过能效提高后燃料的节约进行收回。根据目前的汽油价格，电动汽车的投资回报在 1-10 年间。由于电动汽车的成本正在快速下降，即使按照当前较低的油价计算，2025 年电动汽车的投资回报预计也将在 3 年左右。

提高交通部门能效的最大挑战在于刺激新技术需求以及克服前期的高成本投入。考虑到新技术的稳定性不强，不确定性较大的情况下，人们对新技术的应用往往持怀疑态度。更进一步来看，一些关键技术由于成本过高而无法大规模使用，因此电动汽车的大规模使用仍然依赖于对充电桩的建设。

		战略		
		客运能效提高	货运	无人驾驶汽车
		可行项目		
问题 回 程 米	鼓励研发和使用新技术，帮助克服前提投入成本高的问题	燃油经济性标准	燃油经济性标准	无人驾驶汽车试点
		鼓励消费者使用新技术		
		在公共交通中推广新能源和清洁能源车辆	细分市场的混合动力和纯电动卡车	
			减少卡车超载	
	最佳实践信息共享			
基础设施	充电桩建设			

普及率:				
	0%	<10%	10-30%	30-60%
	>60%			
新项目 (尚未实施)		新兴项目 (较少)		普遍项目 (较普遍)

图 3.11 交通能效项目热点图

#### 3.4.3.1 客运普遍项目

中国通过大批量用于公交系统和出租车系统的新能源汽车政府采购，带动新能源汽车消费。深圳市拥有 850 余辆电动出租车和公交车。美国印第安纳州的印第安纳波利斯市使用公私合作方式为该市公交系统引入超过 200 辆电动汽车，并将在未来的 7 年内支付总额 3200 万美元的租金推广这一项目。该市具有全美最大的电动汽车共享项目，全市超过 1000 辆电动汽车可供租赁。电动汽车租赁在中国杭州和昆明也已成立试点<sup>28</sup>。

### 3.4.3.2 客运新兴项目

电动汽车，也称新能源汽车，是目前最具潜力的节能设备。电动汽车的每公里能耗比传统汽车少 2/3，且没有尾气排放。中国的电动汽车产业发展迅速，2015 年电动汽车销量超过十万辆，比 2014 年销量增长了一倍多。相关激励政策包括对购买电动车的经济补助（截止到 2020 年）以及免车牌摇号等。中国计划在 2020 年之前实现电动车使用量超过五百万辆这一目标。

加州在节能政策制度和实施方面领先全美，既有**鼓励消费者**购买的补贴措施（包括非融资性政策），也有基于市场的强制政策。除联邦政府的补助，加州是全美 31 个对电动车提供外额外补助的州之一。同时，加州对低或者零排放汽车提供如快速通道和优先停车等非经济性鼓励政策。加州政府要求，从 2017 年开始，所有在加州的汽车经销商必须提高零排放汽车的销售量，到 2025 年零排放汽车的销售量需占年总销售量的 15%。这项规定具有一定的灵活性和市场性：混合动力汽车可以替代部分指标，超额完成的汽车经销商可以将超额量卖给未完成指标的汽车经销商<sup>29</sup>。

缺乏**充电基础设施**将限制电动汽车的普及。中国计划到 2020 年安装 480 万个充电站。在美国，早期购买充电汽车的用户主要依赖于晚上在家充电，但在中国由于私人车库非常少见，该方法不具有可行性。加州近期批准了电力工司安装充电站的提案，初期的目标为建立 1500 个充电站。这些充电站补充了现有的由充电桩公司和如尼桑和特斯拉等汽车制造商提供的充电网点，为电动车驾驶者带来便利。

### 3.4.3.3 客运新项目

虽然无人驾驶汽车的未来存在不确定性，无人驾驶汽车的技术发展和在该领域的投资在过去的五年里依然大大加快。例如，自动泊车和自适应巡航系统等技术已经投入实际应用。许多专家预测，无人驾驶汽车将在未来的 5 到 10 年内进入市场。在中国，百度近日宣布在安徽省芜湖市进行无人驾驶汽车的合作项目。

这些无人驾驶汽车可以与其他汽车和基础设施相连，从而优化驾驶效率、提高驾驶安全性并减少交通拥堵。从长期来看，专家们预计无人驾驶出租车将在成本和便利性两方面击败私家汽车，赢得广大市场。无人驾驶汽车的广泛应用将加速交通部门的电力化并使得车辆的应用更加专门化（大小、最高时速和里程范围等），其能耗和尾气排放可减少 90% 以上<sup>30</sup>。据估计，如果在全美推广无人驾驶汽车，每年可节约一万亿美元和二十亿桶石油。

美国交通部最近公布了一项智能城市的挑战项目，该项目鼓励全美城市将创新技术融入城市交通系统，例如无人驾驶汽车和智能传感器的应用等。第一个将智能创新技术完全融入城市交通系统的城市将获得四千万美元的奖励。奥斯汀市是入围最终名单的七座城市之一，该城市提案的主要内容包括：公共交通和拼车服务中试点使用无人驾驶汽车，提高公共交通的电气化，使用基础设施传感器，并打包提高移动服务<sup>31</sup>。

### 3.4.3.4 货运新兴项目

针对细分市场的**混合动力和电动卡车**是提高城市货运能效的潜在机遇。混合动力卡车的商业模式高度依赖工况。将每天在固定位置开始和结束工作、启停较多、空驶时间长、且有很大备用能源需求的卡车替换为混合动力或纯电动汽车一般会有较短的投资回报期。在美国，混合动力车和电动车会率先在公用事业货车、垃圾车、拖车等领域进行应用。插电式混合动力汽车和纯电动汽车需要**充电站**解决为停运的车辆充电的问题。由于卡车一般需要在一天工作结束后返回车库，车库中的充电桩足以为这些混合动力或电动车充电，卡车的充电问题相比乘用车更容易得到解决。

由于货物运输是一种商业行为且购置卡车属于投资，车队会额外关注节省燃油的成本效益。**最佳实践信息分享**是让卡车购买方了解能效技术潜在资本回报期的重要措施。在美国，NACFE 提供卡车燃油经济性的商业分析案例，Calstart 的混合动力卡车使用者论坛等机构也提供类似的案例分析。实施**针对消费者的激励措施**可有效改善混合动力卡车和纯电动卡车的商业模式并降低成本。例如，加州重型车辆激励计划（HVIP）为商业模式接近成熟且在细分市场购买电动和混合动力卡车的行为提供补助。

### 3.4.3.5 货运新项目

与乘用车类似，**无人驾驶车辆**也可作为货运行业的新领域。通过编程设置为完美的“生态驾驶”状态，无人驾驶车辆能够尽可能以最高效的方式运行。此外，无人驾驶卡车可以以车队的模式运行，从而大大降低空气阻力和能源消耗。最后，无人驾驶卡车还可以节省司机费用并降低货运成本。无人驾驶卡车将不再受时间或服务的限制，这能够提高车辆年使用率并提高效率。欧洲已经有了自动化卡车的成功试点，自驾卡车车队已经成功从荷兰其他城市和瑞典开至鹿特丹。

#### 关键点

- 城市可以通过激励性措施（包含非融资性的）、管制手段以及其他项目刺激对新技术的需求和克服前期的高成本投入
- 电动化是提升交通效率并减少排放的重要技术手段，同时积极推广充电桩也是中国城市的重要措施。
- 无人驾驶车辆能够带来重要的技术突破，不仅能带来巨大的节能潜力，还可以提升安全性，减少交通拥堵。但同时也会增加基础设施建设的不确定性。中国城市需要在实际应用的过程中不断更新和指导实践。

## 3.5 能源结构优化

### 3.5.1 电力系统

城市电力系统的减排机会主要来自使用集中式及分布式的可再生能源来代替火电。由于高比例的可再生能源发电相对火电有更大的波动性，增加需求弹性可以更好地匹配可再生的发电曲线，以帮助将可再生能源整合入电网。情景研究显示到 2050 年三分之二的城市用电可以来自可再生能源<sup>32</sup>。

从全国范围而言，集中式可再生能源（不考虑补贴）在中国的大部分地方相对火电还不具备价格优势。但是投资分布式能源在不少核心城市已经或即将变得经济有效（由于更高的零售价格）。除个别城市，需求弹性还没有形成补偿机制，所以暂时还不是经济有效的。

实现上述机会存在如下三方面关键挑战：

**第一是投资回报率较低。**一方面，集中式可再生发电的成本相对煤电等传统能源尚不具备价格优势。而房屋业主通常不愿支付分布式可再生能源高额的前期投资。需求弹性政策还未能有效补偿成本，导致投资不足。

**第二是电力公司商业模式无法形成有效激励。**在当前体系下，分布式可再生能源或能效的发展将直接降低电力公司的售电量和利润。如果没有充足的补偿机制或价格差别化，电力公司将缺乏推广分布式可再生能源的动力。此外，当前的电力上网价格和零售价格不能反映发电和输电的实时成本。因此，电力公司没有动力采用需求弹性政策来提高系统利用效率和降低成本。

**第三是需求弹性政策的价值未能体现。**当前的电价机制未能有效反映可再生能源的外部成本和收益以及电网的灵活需求。例如，对有弹性和没有弹性的发电商的购电价格是一样的。而且，环境成本未能包含在电价中。因此，可再生能源和弹性需求都未能得到合理的价格补偿。

从 2015 年 5 月开始实施的电力改革为推广可再生和增加需求弹性创造了两方面机会。首先，售电业务从传统的输配电业务分离出来，并允许不同的市场资本参与售电市场。其次，在过去的几个月中，负责跨区跨省交易业务的北京、广州两大电力交易中心和十几家省级电力交易中心相继成立，为发电方和用电方的直接交易提供了平台。



		战略		
		增加分布式可再生能源	增加上网可再生能源	需求响应
		可行项目		
关键问题	投资回报率	城市层面的可再生能源直接补贴		特定城市电价改革
	电力公司商业模式	城市层面非化石能源目标		
		城市层面可再生能源配额制度		
		新建筑强制安装太阳能	可再生能源直购	
		在建筑中使用可再生能源的目标和激励	社区共享太阳能	
		电力公司持有分布式发电资源	火电厂严格排放标准，煤炭总量控制	
	通过电费账单的节能改造分期偿还项目和集成服务体系			
体现需求弹性价值	净计量电价		需求弹性集成	

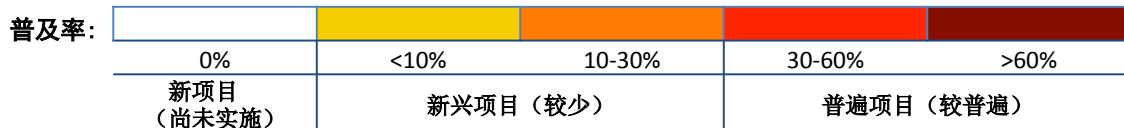


图 3.12 电力系统脱碳项目热点图

### 3.5.1.1 普遍项目

中国电力行业脱碳的常见实践项目包括非化石能源目标，可再生能源配额制度，煤电排放标准和煤炭总量控制，对可再生能源的直接补贴。

#### 非化石能源目标和可再生能源配额制度

中国在国家层面设立了非化石能源目标并将其进一步分配到各省。地方发改委负责在考虑所有一次能源使用的基础上满足这些目标。同样在国家层面建立的可再生能源配额制度，是与非化石能源目标密切挂钩的，主要致力于提高电力部门可再生能源比例。当前的可再生能源配额（在公众听证阶段）细化了非核能和非水电的各省市可再生能源发电比例。2020 年所有省的可再生能源目标都超过 7%。一些低碳试点城市也设置了他们自身的可再生能源目标。

可再生能源配额制度关注将目标分配给每一个发电企业。虽然不确定的是这一制度是否会有法律约束力，但是它将使得国家层面政府更为深入的融入电网的投资和运行决策中。

为支持可再生能源配额制度，可再生能源发电商每发一个单位的电，均可获得一个单位的可再生能源证书。发电商可以在卖电的同时将该证书卖给终端用户或者电力零售商。发电企业可以以某种方式将证书提交给监管部门，作为其核准电力公司是否完成配额目标的凭证。

可再生能源证书标准化了可再生能源的发电账户，同时提供了比向各省自上而下分配目标更多的潜在的经济替代手段。可再生能源证书允许那些实现可再生能源目标成本较高

的省向另一个可能超额完成目标的省购买证书以实现目标。中国正在探索建立可再生能源证书制度，而达峰先锋城市有望参与最初的试点。

国际可再生能源证书制度在一定程度上可以说是成功的，但是可再生能源证书的价格过低，难以引发规模性变化。更严格的可再生能源配额制度可帮助激发对可再生能源证书的需求（包括提高价格），并进一步帮助提高新的可再生能源项目的经济性。

城市可以通过为大的电力消费商分配可再生能源配额而进一步推动这一制度发挥效力。结合新的可再生能源采购机制（跨省交易中心，直接采购），企业层面的配额制和可再生能源目标可以创造对可再生能源新的需求。在美国，企业购买占 2015 年可再生能源装机容量的 40%。可再生能源目标需要和配额制紧密结合，以作为一种比直接采购可再生能源更为经济有效的替代手段。

## 化石能源电厂排放标准和煤炭总量控制

火电厂的排放标准在中国国家层面存在，主要针对二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等污染物，要求东部省市要有严格的执行率，而同时鼓励西部欠发达省市接近或达到这一标准。

众多中国主要城市实施了比国家标准更高的燃煤电厂排放标准，而在北京，基本已经禁止了燃煤发电。

但是，中国仍缺少有效的报告和监测系统以保障其政策实施效果。未达到标准的火电厂应被罚款或关停。美国环境保护署负责按照“清洁空气法案”监管汞及空气污染物标准的有效落实。在该标准的推动下，排放净化设备获得推广安装，2500-6000 万千瓦的火电设备得以关停。

考虑到煤炭是中国污染问题的主要来源，中国低碳城市设置了煤炭消费总量或者为煤电厂设置了更为严格的排放标准。杭州市制定实施了《杭州市煤炭消费减量替代总体方案》。通过实施“无燃煤区”建设、10 蒸吨以下锅炉淘汰或清洁化改造、落后燃煤机组关停等措施，杭州市主城区已基本建成无燃煤区。武汉市也在其《武汉市改善空气质量行动计划（2013-2017）》中提出 2017 年全市煤炭消费总量和 2012 年相比实现零增长的目标。

## 对可再生能源的直接补贴

低碳试点城市采用了多种形式的激励和补贴刺激分布式可再生能源的发展。杭州市积极推进“分布式光伏发电应用示范区”和“农村光伏扶贫试点”建设。保定市分布式屋顶电站总装机容量达到 200 兆瓦以上，且部分与储能结合。上网电价补贴是一种广为使用的针对分布式和集中式可再生能源的补贴政策。它通过对可再生能源在市场成熟前进行溢价补贴的形式，促进对可再生能源的投资。政府或电网将与可再生能源供应商签署一个长期合约，保障其售电价格比传统能源在批发市场的价格高。合约价格通常会随时间推移而递减，从而持续激励技术创新。上网电价补贴这一政策工具于 1978 年随着《公共事业监管政策法案》的颁布在美国实行，多年来推动了风电装机容量的显著增长。

上网电价补贴政策在中国国家层面广泛实施，促进了对分布式和集中式可再生能源的电网接受度。一些低碳试点城市，例如杭州，也出台了城市层面的上网电价补贴，但是整体来看，这在城市层面的实施仍然非常有限。

### 3.5.1.2 新兴项目

中国开展的新兴项目包括**直接购电**、**分时电价**和**净电量结算**等。

#### 可再生能源直接购电项目

直接购电是一种城市直接向可再生能源发电供应商购买电力的项目。中国新建的电力交易中心推出了电力直接购销协议，这有助于企业从发电厂那里直接购买可再生能源电力，减少了对可再生能源电力上网的限制问题。例如甘肃金昌的可再生能源发电企业，直接与铁合金、石化、新材料企业，以及新建和改造建筑达成消纳补偿协议，降低了可再生能源电力企业生产成本，有效利用了可再生能源。更进一步看，城市可以通过制定“企业可再生能源利用比例标准”，要求企业购买和使用可再生能源电力，包括鼓励这种可再生能源电力直接购销协议。

#### 分时电价项目（包括分时计费、峰谷电价、阶梯电价、按需收费等）

在一天当中的许多时间段，都可以通过采取不同的激励性措施或限制性措施，通过调整电价来影响电力消费。由于电动汽车的使用日益普遍，电动汽车接入电网使得电网的灵活性增强。基于智能电网和先进计量设备，以及电动汽车、空调、热水器等必要的可调控用能设备，可以优化用电设备的使用，达到削峰填谷的作用。位于美国西北太平洋沿岸的普吉特海湾电力公司（Puget Sound Electric）就推出了电动汽车谷电充电优惠项目，鼓励电动汽车用户在社会用电低谷期进行充电。中国很多城市也已施行了“峰谷电价”政策。

#### 净电量结算项目

净电量结算计量（Net energy metering, NEM）项目是指鼓励用户将自发的可再生能源电力，在满足自身需求之外的富余部分卖给电网的措施。净电量结算的价格可以由各地自行制定，可以介于电网售电批发价与零售价之间。净电量计量在美国促进可再生能源发展的政策中起到了主要作用，为光伏设备的所有者创造了投资回报的渠道，从而降低投资成本。

### 3.5.1.3 新项目

中国可能可以实施的新项目包括新建建筑太阳能利用一体化规范、企业分布式可再生能源发电、通过电费账单的节能改造分期偿还项目（账单融资）、社区集群决策、社区太阳能利用等，这些可以解决用户层面商业模式的关键问题；而弹性需求集成化项目可以解决分布能源有效利用的问题。

#### 强制新建筑安装太阳能

要求新建筑安装太阳能可以被引入新建建筑设计规范。这样的规范可以应用在所有的商业和居民建筑上。在新建建筑上安装太阳能利用设备是除了大规模集中式太阳能利用外，最经济的可再生能源利用手段，因为在建筑设计阶段就可以制定出最高效的太阳能利用途径。

太阳能利用规范特别适用于已经有可再生能源补贴，并且市场已经比较成熟的城市。例如，美国加州有两个城市就实施了这样的项目，要求通过最经济的方式利用分布式可再生能源。结果表明，在建筑建设时一体化考虑是最节约成本的方法。

## 电力公司持有分布式可再生能源发电

在美国去管制后市场里，大型电力公司持有分布式能源正在成为趋势。它因为将分布式发电的收入在电力公司和用户间分享，从而可能消除电力公司和分布式能源所有者（一般是用户）之间的利益矛盾。在这类项目中，又有分布式可再生发电设施安装在用户电表之前或安装在电表之后两种模式。

安装在电表之前的模式是指电力公司购买一整套分布式发电系统并安装在商业楼或住宅楼的屋顶。参与此项目的用户提供屋顶并以某种形式得到补偿（可以是每月电费的抵用信用或净计量电价）。安装在电表之后的模式中所指的分布式能源的范围比前一模式（只包括分布式发电）广，它们包括光伏、智能逆变器、储能、弹性需求（空调暖通及电器）。这一模式允许电力公司直接控制这些资源。相对前一模式，这种设计更像需求响应的项目，需要更复杂的计量装置和电费费率。安装在电表后的分布式能源能提高弹性需求和可调度性；而安装在电表前的分布式发电则只是简单的发电设施，不会影响其所处建筑的用电曲线。

上面所介绍的两种模式都是综合能源服务商可以提供的服务内容，从而替代用户持有分布式能源设施的传统模式。随着中国的批发和售电市场的放开，拥有大型发电资源的可再生能源开发商如果能将发电和售电业务整合将具有巨大的资源优势。这样的综合能源服务商可以通过协调电网两端的资源来充分获取分布式能源的价值。

## 社区集中购电项目

社区集中购电是美国地方政府整合用户需求实现电力采购的方式。在该模式下，地方电力公司仍然负责输配电业务，但不再负责电力采购。地方社区作为一个整体到批发市场采购，且一般情况下采购的可再生能源比例比电力公司的比例高。加州的一些市郡，例如马林郡、索诺玛郡、圣地亚哥市等，都在实行社区集中购电。与传统电力公司相比，该模式在加州可实现 5-10% 的采购成本削减，且可再生能源比例显著提高。这一模式在中国可以为新兴的售电公司所借鉴。

## 社区共享太阳能

在美国一些州，居民可以与距离自己家数英里之外的太阳能发电用户共享电力。在虚拟净电价计量(VNM)制度下，共享的太阳能发电系统生产的每度电均可作为积分记录到每个用户的账单上，抵扣电力消费。尽管截至 2014 年底，共享的太阳能发电系统装机容量只有 66 兆瓦，分析预计 2020 年前每年将会新增超过 500 兆瓦的社区共享太阳能。中国现有的电力体制下，社区共享太阳能暂时不可行。然而随着可再生能源比例不断提升及电力改革的推进，在不久的将来社区共享太阳能或许会变为可能。此外，售电公司可以作为中介整合用户需求，达到共享太阳能供给的目标。

## 弹性需求

需求弹性是利用通讯和控制技术，在每天各时段里转移电力需求，同时以相同的或更好的质量和较低的成本提供终端服务（例如空调、家庭热水器、电动汽车充电等）的能力。实现需求弹性一方面需要通过利用自动控制系统在不影响用户使用的前提下不间断地改变用户的用电需求曲线，另一方面也需要更为精细的费率结构，从而通过为用户和电网降低成本，实现需求弹性的套利。

将分散的弹性需求进行集成可以创造出新价值。美国最大的需求响应服务供应商 EnerNOC 将工业厂房的可控电力需求进行集成后，作为电量资源放入电力市场中参与竞标。用能行为管理平台 OhmConnect 在获得家庭用户的允许后通过控制他们的恒温器或电动汽车充电装置，再将整合后的用电需求作为灵活性资源在加州能源市场上出售，最终将所得利润大部分返还给终端用户。

当前的中国电力市场结构下，弹性需求还没有办法直接参与能源市场，然而随着电力改革的深化，当容量市场和对弹性需求的补偿机制逐步建立后，弹性需求将获得巨大的商机。

## 创新项目亮点

### 账单融资和发电公司综合服务模型

账单融资项目中，发电公司对楼房的能源效率升级改造、可再生能源系统负担费用，房产购买者通过每月的电费账单进行偿还。前期投资由第三方或发电公司提供。此类项目需要采用可转让式税费，以保证房屋买卖。一旦房产拥有者不缴纳费用，供电方可切断其电力供应。这可以使拖欠率保持很低的水平并提高协议的有效性。尤其对于中国，在信用评级和民事法庭还不普及的情况下，该优点尤为重要。

发电公司综合服务模型（IUS）是一个新型发电公司商业模型。该模型向消费者提供能源效率和太阳能发电的多种捆绑式套餐服务，在稳定发电公司商业模型的同时，克服可再生能源发电的前期投资难题。消费者通过每月的电费账进行付款。通过延长偿还时限和保证账单税费的可转移性，更可以实现更有力的能源效率提高和可再生能源升级。这项政策适用于住宅和商业业主。科罗拉多州的科林斯堡市正在进行该项目的试点。

集成服务体系目前在美国科罗拉多州的福特柯林斯（Fort Collins）城市电力公司实施。该“邻里互助，高效可行”试点项目目前仅针对家庭用户，对住户提供太阳能光伏发电和节能措施一体化服务，其费用通过每月电费账单进行偿还。这项措施是该市实现到 2030 年比 2005 年减排温室气体 80%目标的重要行动。这也是全美目前最具有雄心的行动目标。

## 关键点

- 电力部门改革和相关项目最理想的是在国家和大区域层面进行，但城市层面也可以制定政策，以支持自上而下的措施。尤其是城市可以通过激发居民对可再生能源的需求和政治施压，来限制燃煤电厂的发展。武汉就实施了煤炭消费总量控制和执行严格的环保标准，以限制燃煤发电。
- 分布式和集中式可再生能源发电的经济激励措施类似，但电网层面的激励措施与之不同。城市可以通过固定电价等补贴措施，或可再生能源配额等规制措施来鼓励更大尺度的可再生能源利用。
- 就整合可再生能源资源而言，弹性需求对于发电侧和用电侧都是必要的，但当前弹性需求并没有得到补偿。城市可以通过改变商业模式（例如分时电价、集成服务体系等）或鼓励新的电力零售模式，提高用电需求弹性。

### 3.5.2 区域能源系统

区域能源系统是减少建筑部门碳排放的有效且经济的方法。新技术的发展进一步发掘了减排潜力，而创新性项目实施有助于区域能源系统的推广。

集中供暖在密集城市地区和工业园区是极为经济的供暖方式。集中供暖系统与区域制冷、热电联产或余热回收技术相结合，将进一步提高供暖的经济性。尽管区域能源系统的建设需要高资本投入，但这些系统通常由国有企业安装控制，无需担心融资困难，且可以带来长期稳定的资本回报。将火电厂改造为新能源或者其他低碳发电厂，通常依赖于本地资源，相比之下，废弃物发电在中国许多城市地区都能带来不错的经济收益。许多减排效益来自于多用户间紧密的协调合作，形成最优化的供暖系统。实现上述效益需要在城市和系统层面进行总体规划，以及区域能源系统的设计和运行。

		战略	
		利用可再生能源或废弃物供热	改善现有系统
		可行项目	
关键问题	对机会的意识	煤改气	能效提升
		太阳能热	
		上网可再生能源	
		热电联产, 冷热电联产	
		水(湖, 海)	
		生物质能	
	强制性连接到区域能源系统		
	针对多个利益相关方的相关激励	综合能源服务供应商	
煤改气		能效提升	

普及率:				
	0%	<10%	10-30%	30-60%
				>60%
新项目 (尚未实施)		新兴项目(较少)		普遍项目(较普遍)

图 3.13 分布式电力系统脱碳项目和技术热点图

### 3.5.2.1 普遍项目

区域供热系统在中国有较长的发展历史。在近几十年内，中国修建了上百个区域供暖项目。目前，中国仍在继续建设新的区域供暖系统，并升级老旧系统，将旧系统中的燃煤供暖改造为天然气供暖。

#### 区域供暖系统的能效升级

不少中国城市正在逐步升级地区区域供暖系统，主要包括升级供热设备（如管道、隔热层、换热器），并将中央锅炉替换为更高效的设备。

一个典型例子是吉林市实施的“暖房子”供热计量改造工程，取缔区域锅炉房 8 座，撤并改造小锅炉房 134 座，占全部分散小锅炉的 90.5%，新建供热主干管网 500 公里，二次网 833 公里，改造老旧管网 1279.5 公里。

#### 现有能源系统的燃料转换

中国许多城市正在将城市能源系统中的燃煤逐步替换为天然气。以延安市为例，延安市大力实施城区锅炉改造。按照“因地制宜、宜气则气、宜煤则煤、财政补贴、单位改造”的原则，采取天然气锅炉或壁挂炉、加装脱硫装置等多种形式，分区域分类别逐步改造。截止 2015 年，市本级财政投资约 1 亿元，完成了城区 68%燃煤锅炉的改造，减少原煤消耗量约 4.3 万吨。

## 中国区域分布式能源系统发展

中国区域分布式能源系统的数量逐年增加，有望在“十三五”时期建成 1000 个区域能源系统。大部分区域能源系统项目由当地企业或者政府自主建设。制定区域供暖国家目标和支持各市政府的本地目标有助于城市专注解决区域能源系统问题。国家供热指导方针也应随着国家目标一起制定实行。新指导方针应着重关注新开发地区的工业和建筑部门，并包括新的气候区域。对于在已开发地区建设新区域供热系统也应出台相应的指导方针。考虑到不同地区供热需求不同，国家指导方针应该是高层次高水平的，并建议如何调整指导方针使其适用于不同的气候带和不同的建筑功能。中国还可以从国际最佳实践的实施细节中学习经验：

- 北美一些城市，如加拿大温哥华，在发放开发许可证时要求处于区域供热系统服务范围内的建筑必须连接到该供热系统中。
- 大型工业城市应该考虑要求在区域供热系统中使用工业余热。欧盟部分地区要求，如果成本回收期小于四年，新建的供热设备或者改造热容量超过 20 兆瓦的旧设备必须使用工业余热。
- 区域制冷在中国实行率不高，只有小部分城市拥有区域制冷系统。位于较热气候区域的中国城市可以考虑建立区域制冷系统。

### 3.5.2.2 新兴项目

在中国具有巨大潜在影响力的新兴项目主要集中在区域供暖系统中的新能源使用。例如，区域供暖系统中使用太阳能制热和地热技术已经在中国应用。中国城市应多参考国内新兴项目和国际最佳实践，找出适用于本地的技术方法。

## 热电联产和冷热电三联产

热电联产和冷热电联产技术已在上海等城市开始推广<sup>33</sup>。可以将联产系统与区域能源系统相连，或者在耗电量大的大型建筑上使用。

### 利用新能源供热

潜在的机会是将间歇性新能源电力用于区域分布式供热。中国的乌鲁木齐市是这一措施的成功案例。该市成功将多出的 30% 的风电用于本地的供热系统<sup>34</sup>。多余风电主要是由于在大风力时间段需求不足和无法关闭电站基本负荷导致电网无法消耗的多余电力。将多余电力用于供热可以帮助稳定电网，同时鼓励更多的新能源电站上网。中国城市应该多从国内和国际的相关实践中发现新的机会。

### 3.5.2.3 新项目

国际最佳实践和创新技术中，存在着巨大的潜在影响力，可以供中国城市参考。



- 水资源制冷供热：利用热泵，湖畔、水库和海洋等水资源可以用于供热和制冷。用热泵供热制冷已经在美国和其他国家的多个区域系统中应用。在一些情况下，冷水可以被直接用于制冷，例如多伦多的区域制冷系统。
- 生物质热电联产：生物质供热系统已成为北美和欧洲流行的低碳采暖解决方案。这些系统通常使用废弃木材和如气化等现代技术最小化颗粒物排放量。

## 创新商业模式亮点

### 零能耗区示例

落基山研究所开发出了一种净零能耗或超低能耗社区（NZE）的综合商业模式，对一级开发商，二级开发商和租户很有吸引力，对当地电网及社区的发展也有大由益处。此商业模式起初是为一个占地 175 英亩，6000000 平方英尺，混合使用的净零能耗社区专门设计的，但其中很多元素都可被复制到各类房产开发项目中。此净零能耗社区坐落于一个美国中等规模城市，所处地曾是工业用地。相比于普通社区，这个净零能耗社区（NZE）开发过程中的生命周期成本并未增加，甚至更低。二级开发商的初始成本也更低。与此同时，建造出的社区更加宜居、健康、舒适、抗灾害并具有环境可持续性。

该项目的关键要素是由 RMI 引入的“综合能源服务供应商”（IESP）理念，即由该供应商提供多种与能源相关的日常运营管理服务。换个方式理解，“综合能源服务供应商”既可以是开发阶段的项目投资方，也可以是项目建成后该区域内负责能源服务供应、运营和管理的实体。在这一理念框架下，社区整体能效得以提升，既对垂直开发商有经济吸引力，也为机构投资者提供了良好的投资机会。

在净零能耗社区内，IESP 运营商充当辖区内能源系统的多功能投资方、开发商、运营商以及管理方，优化整个区域的能源供应设施和服务，确保以最经济的方式实现既定的能效目标。项目建成后，能源服务供应商负责项目的能源供给，设备维护管理等。

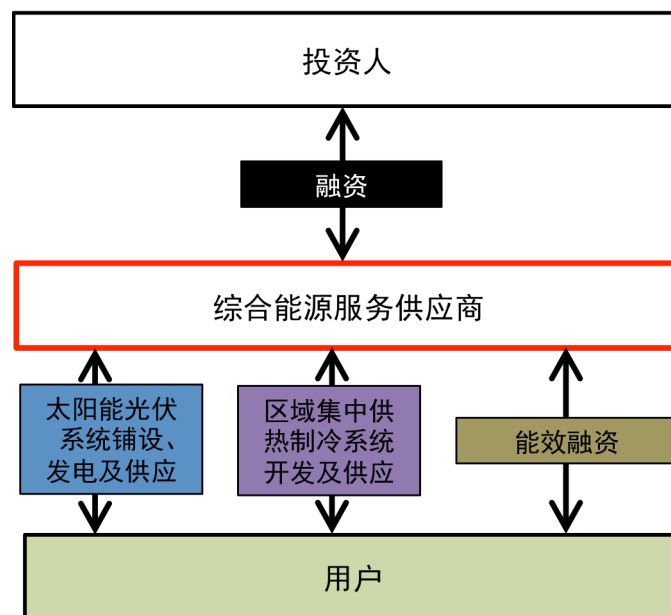


图 3.14 综合能源服务供应商所起的作用

## 创新商业模式亮点（接上页）

综合能源服务运营商还可以负责全区范围内可再生能源的开发和管理，为所有用户装配地面、屋顶或停车场太阳能光伏系统，为区域内用户提供充足的电量供应。虽然目前太阳能光伏使用成本较高，但是选用一家供应商负责可再生能源整体开发，便于统筹各地块的太阳能使用需求和开发成本，用户集体安装也会降低成本，进而实现更高的规模效益。区域综合能源服务运营商还将负责开发运营一套区域集中供热与制冷系统。其中最高效的技术是地源热泵系统，其他可能用到的技术还包括大规模空气源热泵与太阳光热结合，及天然气热电联产。通过落基山研究所的模型研究分析，这种系统的供暖和制冷效率要远高于单体建筑物中装配的冷暖系统，且维护成本更低，更稳定可靠，设备使用寿命也更长。

另外，综合能源服务供应商还负责为超高能效建筑所需额外的投资成本引入条件优惠的绿色融资。相比传统建筑，超高能效建筑需要更专业的一体化设计、更高性能的外墙材料、智能控制系统、严格的工程施工质量以及更高的测试运行成本，因此前期投入会比一般建筑高出 8%-15%。高出的这一部分成本由综合能源供应商直投资或者通过绿色融资的渠道向机构投资者贷款。

## 关键点

- 目前在中国常用高碳能源向用户提供能源服务，而分布式区域供能，尤其是采用可再生能源和废弃物资源供能，可以为中国能源结构优化带来巨大机会。
- 尽管区域能源系统需要大量资本投资，但是从长期来看，区域能源系统具有成本效益，并同时带来其他经济收益，例如稳定能源价格。
- 目前中国城市集中改造现有的燃煤锅炉，将其置换为更高效的燃煤锅炉或者更换为天然气锅炉。
- 使用其他可再生能源例如地热、垃圾发热和太阳能发热在中国还有很大的发展空间。可以将现有系统逐渐替换为这些新能源系统。
- 许多国际认可的最佳实践已经在中国试点，应该进一步在国内推广这些实践方法。
- 除转换成新能源，中国还可以优化现有的供热和供冷系统。

### 3.6 顶层设计和综合性政策

	部门	当前重点 目前在中国低碳试点城市普遍推行	进一步推荐 在国内或国际城市得到验证，但仍未大规模推行	创新项目 尚未得到验证，但潜力较大
1. 产业结构调整	工业	<ul style="list-style-type: none"> <li>淘汰落后制造业产能</li> <li>推动低碳工业园区建设</li> <li>限制能源密集行业投资</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>开发科技中心和创意园区</li> <li>技能培训</li> <li>实施项目碳排放影响评价</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>简化低碳第三产业审批</li> <li>对低碳第三产业进行财政激励</li> </ul>
2. 需求控制	工业	<ul style="list-style-type: none"> <li>发展循环经济</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要求使用更高质量的建筑材料</li> <li>强制性废物转移和回收</li> <li>结束“大拆大建”的做法</li> <li>培养消费者节能意识</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>激励小型住宅</li> </ul>
	交通	<ul style="list-style-type: none"> <li>公共交通基础设施建设</li> <li>公共自行车</li> <li>ICT系统管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>智慧城市和交通运输规划</li> <li>限制机动车牌照</li> <li>拥堵和停车收费</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公交通勤APP</li> </ul>
3. 提高能效	工业	<ul style="list-style-type: none"> <li>补贴和奖励</li> <li>淘汰落后产能</li> <li>对标</li> <li>能源服务行业</li> <li>能源审计</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>能效贷款</li> <li>能效标准和标识体系</li> <li>重点节能技术目录</li> <li>建立能源管理系统</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>阶梯电价</li> <li>能源管理培训</li> </ul>
	建筑	<ul style="list-style-type: none"> <li>绿色建筑导则和绿色通道</li> <li>设计和建设节能标准</li> <li>补贴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>对标和信息披露</li> <li>热计量</li> <li>强制能效升级</li> <li>强制能源审计</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>运行能效标准（能效定额）</li> <li>能效投资</li> <li>基于绩效的激励</li> </ul>
	交通	<ul style="list-style-type: none"> <li>在公共交通中推广新能源和清洁能源车辆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鼓励消费者使用新技术</li> <li>充电桩建设</li> <li>最佳实践信息共享</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>推广混合动力及纯电动卡车</li> <li>减少卡车超载</li> <li>无人驾驶汽车试点</li> </ul>
4. 能源结构优化	电力	<ul style="list-style-type: none"> <li>可再生能源配额制度</li> <li>煤炭总量控制</li> <li>火电厂排放标准</li> <li>可再生能源直接补贴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>差别电价</li> <li>净计量电价</li> <li>弹性需求集成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>企业可再生能源直购</li> <li>电力公司集成服务商业模式</li> </ul>
	区域分布式供热	<ul style="list-style-type: none"> <li>开发区区域分布式供热新系统</li> <li>能效提升</li> <li>煤改气</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鼓励连接到区域能源系统</li> <li>技术：地源热泵，工业余热回收，热电联产，上网可再生能源，太阳能热</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>强制连接到区域能源系统</li> <li>技术：生物质能，水源供热/制冷</li> </ul>

图 3.15 现有及推荐项目概览

本章介绍的低碳政策可分为三大类（图 3.15）：

- **当前重点**：在中国低碳试点城市中普遍推行的项目；
- **进一步推荐**：较少推行，但减排效果已得到验证的项目；
- **创新项目**：减排效果尚未得到验证，但潜力较大的新兴项目。

针对当前已得到普遍推行的重点项目，达峰先锋城市可以通过信息共享与比对，评估该项目在本市是否得到有效推行，减排效果是否显著。通过达峰先锋城市之间的合作，可以将这些项目的最佳实践实现制度化，并明确进一步改善提升的工作重点。针对进一步推荐的项目，达峰先锋城市可以吸收其他城市的经验，评估该项目在本市的可行性，其中信息共享是关键。通过共享实现最佳实践的相关信息自由共享，可以快速推进项目实施。针对创新项目，达峰先锋城市可以统筹协作，在合适的地区和城市开展试点项目，监测并评估项目进展及成果。在试点成果得到检验后，其余城市可以跟进效仿。达峰先锋联盟可以有助于成功的创新项目在达峰先锋城市中大规模推广。

大部分当前重点项目以政策导向型或直接干预型为主，例如淘汰落后产能，或对公共交通直接补贴及投资等。尽管直接干预型项目效果十分显著，然而达峰先锋城市仍然需要其它基于市场的项目手段，主要体现在进一步推荐的项目和创新项目中。例如技能培训在

达峰先锋城市中并未得到广泛应用，但却在推动市场参与者向低碳工业转变的过程中发挥至关重要的作用。以建筑部门为例，对标及信息披露政策并没有直接降低建筑温室气体排放，但帮助购房者及租房者可以基于房屋排放情况作出购买决定。为实现达峰目标，达峰先锋城市需要全面实施各种直接的或是基于市场的项目。

总的来说，达峰先锋城市在低碳政策领域都开展了许多行动。进一步而言，这些低碳发展的项目又可以分成四大类（在本章前面的小节分别有阐述），具体包括：

- **产业结构调整：**归功于国家政策的导向，很多城市都在积极地调整产业结构。但是更大范围的项目,比如简化低碳第三产业审批及对其进行财政激励等，还有很大潜力可供挖掘。
- **需求控制：**此类项目在各达峰先锋城市广泛开展，但仍以规制政策和影响供给端的政策为主，如发展循环经济、投资公共交通基础设施等，真正影响需求和消费者偏好的消费端政策措施仍显不足。控制需求的政策相对比较复杂，涉及面很广，依赖于一定的规划、技术、公众意识等，因此各地重视和实施情况不一，效果差异较大。横向拓展此类项目范围，包括减少大拆大建，鼓励使用高质量的材料和鼓励小型建筑，推行综合交通规划等是主要减排机会。此外，城市还应考虑将降低货运需求纳入其整体政策框架中。
- **提高能效：**大部分能效升级项目都具有长期经济效益，如何刺激对能效升级的需求，提高对新技术的认可度和解决因前期成本投入过高而造成的融资困难是中国达峰先锋城市普遍遇到的挑战。达峰先锋城市已经实施了大量节能项目，但主要依赖于规制政策，借鉴国际先进经验，通过实施推荐项目和创新项目，加大经济手段或者基于市场工具的使用力度，将有巨大潜力可供挖掘。
- **能源结构优化：**目前普遍推行的大多数是自上而下的政策，因地制宜的地方创新项目及新的技术已经具备在达峰先锋城市落地的条件。

进一步推进这四个抓手，落实图 3.15 中“进一步推荐”及“创新项目”两列中的项目，能帮助达峰先锋城市捕捉减排潜力。用本报告列出的工具能帮助城市明确潜在的项目领域。我们认为达峰先锋城市并不一定需要从零开始探索，应当依托达峰先锋联盟搭建的平台加强信息交流，分享好的做法，借鉴其他城市以及美国及其它国际城市的经验教训，尽快深化、扩展本地实施的低碳项目，促进尽早达峰。

## 第4章 项目优选

达峰先锋城市联盟（以下简称“联盟”）正在积极寻求通过清洁的增长战略和第三章所列出的多样化的项目实现碳排放达峰。然而受资源禀赋和城市其它发展目标的限制，上述碳减排项目难以全部得到有效的实施。因此无论从城市个体还是联盟整体的角度，项目优选和正确排序对于减碳机遇的把握都是至关重要的。

城市个体和城市联盟整体在进行项目优选的过程中会考虑多种因素和不同的目标（图 4.1）。城市个体在制定达峰战略时既需要综合考虑经济发展等整体目标，也需要考虑特定项目经验、项目投资回报以及其他收益（如空气质量）等具体方面。因此城市优选的项目应当支持而非阻碍城市整体的发展。城市联盟的总体目标则是支持中国各城市尽早实现达峰，并帮助其在之后保持绿色可持续的发展路径。具体措施包括消除障碍持续改进城市行为模式，发挥城市规模效应创造融资机会以及借鉴国际经验推动创新等。

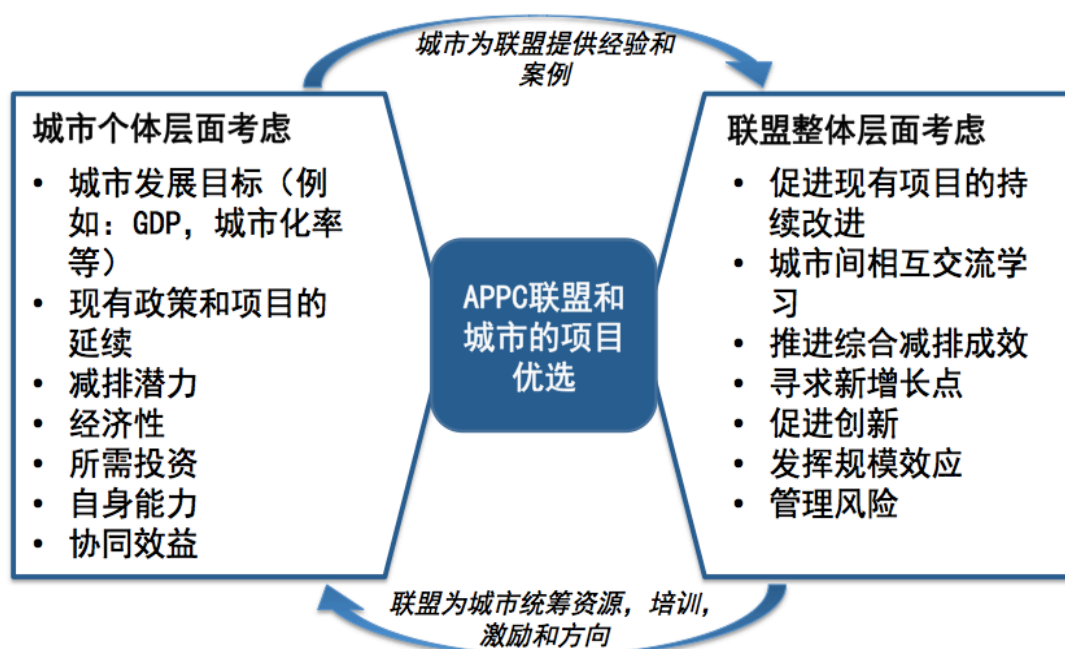


图 4.1 项目优选应该从城市个体和 APPC 联盟整体两方面综合考虑

### 4.1 城市项目优选

首先，各城市需要观察其项目热点图（图 4.2）。在现有项目的引导下，通常可以做出如下两个选择：

1. 基于现有成功项目，在力所能及的范围内进行创新和拓展
  - a. 优势：团队成员意见一致，蓄势待发

- b. 劣势：可能忽略其他进展更突出的领域
- 2. 开发新的项目并着眼于其他碳减排资源
  - a. 优势：拓展机会网，接触新的减排领域
  - b. 劣势：投资需求过高

		Strategies		
		新建建筑	已有建筑	电器和设备
		项目		
关键挑战	项目融资	建筑节能融资机制：清洁资产评估，电费账单金融等	节能服务公司和能源托管	
	具有吸引力或是稳定的投资回报率	对超高能效建筑进行补贴	补贴现有公共建筑的节能改造	
		基于绩效的费率机制		能效产品的购置补贴
	发现减排机会	推广绿色建筑：指导和加快准入	补贴现有民用建筑节能改造	
		建筑能效标识和信息公开	建筑能效标识和信息公开	绿色照明和高能耗产品淘汰项目
激励机制		强制性建筑能源审计	能效标准和标识	
		强制性建筑能效升级改造	能效标准和标识	
	基于最终能效的建筑标准	温度传感器		

图 4.2 单个城市项目热点图决策框架

城市分级能够进一步帮助指导决策，并针对具体的项目判断城市处于领先、落后或者是中游状态。对于落后的状态，城市可以通过向其他城市学习得到飞快的进展；领先状态为城市提供了向其他城市传授经验以及在国际上与其他领先城市交流经验的机会；而处于中游的城市则获得了通过创新走向领先地位的机遇。

不管城市希望拓展项目的深度还是广度，有效的方案都能同时拓展市场的上限和下限水平。对于上限，城市会激励项目领导者们完成超过市场当前需求的任务，并尽可能推进至经济可行性的极致，这也就是所谓的市场手段。同时，城市同样可以构建出市场的下线水平，每个部门必须满足的社会最低标准，这一标准也就是通常所说的政策法规。通过将市场和政策法规手段相结合并在此基础上持续推进，不同类型城市都能积极推进其碳减排项目。

有效的排序同样具有重大的意义。多数采取相同措施的项目都是相互联系且可以互相支持的，其中有的项目需要较高的专业水平和较强的执行能力（如严格的建筑标准，工业能效贷款等）。尚不具备该项专业水平和能力的城市需要依靠其他项目学习和获得该项技术能力（如教育培训，试点项目）。其他项目虽然规模较小，却为更多需要政策和公众支

持（如要求所有公共建筑公开披露其能耗）的长期项目创造了必要的契机（如拓展性活动等）。



#### 4.1.1.1 西雅图案例分析-深入领域探究

华盛顿州西雅图市是一个很好的在值得就某一领域进行深入探究的案例（图 4.3）。约 20 年前，西雅图启动了能效建筑项目<sup>35</sup>。通过在建筑部门（LEED 认证和绿色建筑）中不断改进现有项目并试点创新项目，西雅图成为了该领域的模范城市。目前，西雅图市的目标是在 2050 年以前减少 82% 的建筑排放，而这在 10 年前还是一个遥不可及的目标。

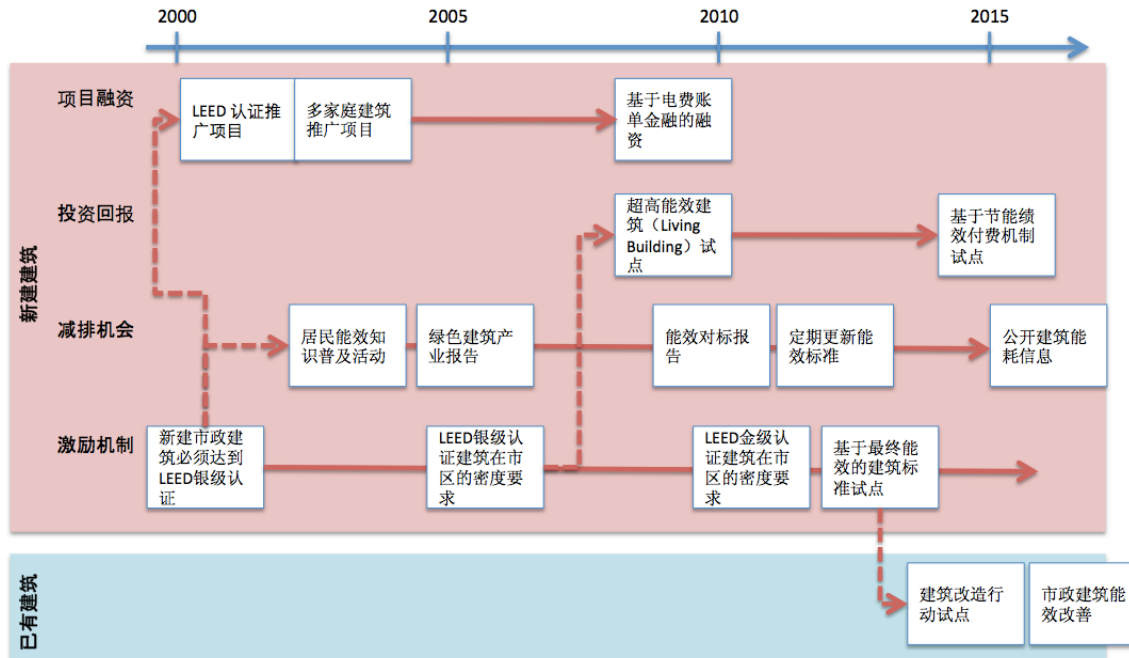


图 4.3 西雅图绿色建筑项目案例分析

1998 年，西雅图在绿色建筑领域的专业技能水平非常有限。1980 年西雅图市通过了其首套完整的建筑能耗标准，而该时间点却并未能被赋予里程碑式的意义。直到 18 年后，西雅图市才出台了第一套可持续建筑行动方案并雇佣了全职的绿色建筑员工。正是在这一重要的时间节点，多个建筑项目开始实施。

随着 2000 年初期绿色意识的不断增强，西雅图开始实施超过基本建筑标准的项目。立法规定新建公有建筑必须获得 LEED 银色认证（提升标准）<sup>36</sup>。2002 年，西雅图市首座 LEED 认证建筑—司法中心正式落成，该市发布了一个可持续建筑帮助提升员工工作效率的报告，报告对当地房地产决策者的决策依据产生了一定的影响（抬升上限水平）。这些行动拓展了西雅图的市场空间并激励着其他人积极跟进。

之后，西雅图市出台了多项激励和信息公开项目，力图为 LEED 建筑打开市场，并成功帮助西雅图在 2006 年获得 LEED 项目先驱者的光荣称号。截至 2014 年，西雅图市超过 45% 的商业建筑都获得过能源之星或指 LEED 认证。市场的成熟化为之前步履维艰的项目打开了窗口。标准所要求的提升能源绩效和实施创新项目使得市场上限水平被进一步提升。

西雅图市作为绿色建筑先驱继续在该部门进行创新和深入挖掘，并在近期通过了一项新的法令，要求 10000 平方英尺以上的建筑和 2018 年开始在 4 年内必须整改的建筑进行能源绩效披露。同时，西雅图计划在 2030 年之前对于能效改进提出最低标准，该标准基于能耗水平进行测度，并提供了多样化的基于建筑本身的融资方式供选择，从而避免了建筑所有权交易而带来的问题。

## 4.2 城市联盟整体项目优选

为实现中国的整体峰值目标，达峰先锋城市联盟希望确保各城市的碳排放尽早在尽可能低的水平达峰。联盟作为会员城市的资源后备，要重点关注各城市关心的重点领域。联盟需要像各城市一样提升各个行业部门的上限和下限水平，在帮助创新者充分利用资源的同时保证城市项目的进展速度。

本报告所使用的热点图为联盟领导者提供了帮助会员城市共同前进并更好地支持城市联盟工作的工具。热点图也可以用于对城市进行分组：如具有相似经济发展水平、产业构成、规模和相同的达峰项目的城市。联盟网络可以是国内也可以是国际层面上的，并且应当重点关注最佳实践分享和学习，从而帮助项目实施，增大其影响力。

很多城市发现他们没有足够的专业技术支持他们对一些项目进行实践，这在一定程度上是和项目顺序相关的，而联盟则能够帮助增强这部分的能力。基于项目数据库，联盟能够发现哪些项目的实施需要哪些能力和培训。而相应的能力建设和培训活动可以为城市提供相互间交互合作的机会和资源分享的平台。

所有的项目都需要融资，而其中一些会比另一些有更迫切的需求。联盟可以帮助城市寻找捐助、贷款和资本以推进项目的实施。在识别可行项目并推行创新性融资机制的过程中，联盟都能够发挥重要的作用。

联盟同样可以借助其核心地位和对重要经验的整合为会员城市提供工具和资源，以支持其项目的实施。其中一些工具能够经过一定的修正在满足联盟需求的基础上帮助城市选出优先实施的行动。例如，世界银行的 TRACE 工具<sup>37</sup>是一项可行性和影响评价工具，其已经在世界范围内得到了广泛应用并经过劳伦斯伯克利实验室的修正更适用于中国现状（BEST 工具<sup>38</sup>）。TRACE 能够帮助城市确定其是否有能力实施某个项目，项目的成本以及其影响的大小，但不能解决其他社会经济相关的问题，资本需求以及与其他二氧化碳减排相关项目相关联的问题。与之相似的，CLIMACT Prio 工具<sup>39</sup>通常用于选择优先的气候行动，但是其主要用于气候变化适应领域而非排放达峰。

对于新项目，联盟能够帮助识别适合的实施城市并帮助推行实践。而对于尚未在中国进行试点的项目，联盟能够帮助城市领导确定试点项目并在中国落地，从而持续推动中国低碳发展力度的提高。

### 下一步工作重点：

项目优选是达峰先锋城市实现其减排目标的关键步骤，然而现有的工具和分析方法都有其优点和局限性。本报告列出的项目优选的关键考虑步骤如图 4.4 所示。

下一步	重要性
项目的技术可减排量评估	在投资某特定项目之前，城市应充分了解这一项目的减排潜力。事先获知项目的投入和产出至关重要，只有这样城市才能有针对性地就其达峰目标进行项目设计。
经济性影响	所有项目综合起来应该具有正向的经济效益，支持绿色发展。应充分理解并优化项目的经济性，支持城市经济发展，改善城市就业情况，优化当地产业结构，并在其他关键经济领域起到正向推动作用。
所需投资	在中国，减排项目的融资机制还不成熟；了解各类融资渠道对项目的成功实施至关重要。了解项目所需的投资可以帮助城市更好地调配政府资源和民营资本，集合各方力量制定切实可行的项目融资计划（节能服务公司，电费账单金融等）。
执行顺序	项目的执行应该步步深入，循序渐进。首先应该执行见效相对较快的项目，这样能迅速建立起公众认知和减排信心，为后续项目的执行打下基础。对于不同的领域和措施，项目的执行顺序会有所不同。充分理解并分享最有效的“实施配方”对项目的规模化推广非常重要。
量化项目影响	正确理解项目是否达到了预期的减排量是评价和优选项目的重要步骤。量化和评估现有项目的减排影响和实施阶段对利用项目热点图更新和改进未来减排项目实施方向至关重要。

图 4.4 达峰先锋城市项目评估重点

项目热点图为城市提供了初步的减排项目概览，可视化了不同项目的活跃程度（而非影响）。但热点图也只能展示这些，并不能深层次得展露项目的经济可行性或减排潜力，而项目技术经济性分析可以解决这些问题。技术经济性分析为城市如何优选项目提供了初步依据，但是具体到分配项目比重及分阶段实施规划，更多的因素应该被考虑进来，以达到整体优化、综合治理的效果。例如，城市可以利用减排成本曲线来分析其项目的经济性影响和技术路径；联盟也需要类似的工具或方法来整体统筹各个城市的各个减排项目，评估它们的综合经济影响和整体减排成效，同时预估项目落地所需投资，以便最有效最准确地调配资源，最大化实施效果。

项目的投融资可能仍会是达峰先锋城市推进减排达峰项目的重要挑战之一，联盟会持续关注此类问题，借鉴和消化吸收国际经验，为城市提供高效便捷的融资工具，帮助城市完善融资机制。

## 第5章 加强先锋城市合作的机会

气候变化问题是中美两国面临的共同挑战，也是两国加强交流合作的重点领域。在国家层面，2014年发布的《中美气候变化联合声明》为两国在绿色低碳发展方面开辟了广阔的合作前景。中美两国城市进一步加强政策、实践、技术、产业、工程项目等领域务实合作，具有巨大的潜力空间。主要合作机会包括：

### 1. 推动最佳实践和政策深入交流

中国先锋城市为推动尽早达峰开展了一系列政策实践，虽然取得了积极的进展，但与发达国家最佳实践相比，还存在一定不足。从前文中中美城市低碳政策“热点图”比较可以看出，围绕城市达峰关键领域和环节，部分城市还存在某些政策空白现象，发达国家城市已经采取的许多创新政策做法，在中国尚没有得到广泛采用；对于已经采取的许多最佳实践和政策，由于规划设计不够科学、配套机制不完善等，实际落实的程度和效果也还存在差距。下一步应以推进率先达峰城市联盟地区率先达峰为目标、以探索特色低碳发展模式为动力，以 APPC 为平台，以健全低碳发展体系为主线，以培育生态文明理念为支撑，进一步加强对口地区的合作交流，引领中国低碳发展。

中美城市应进一步推动达峰最佳实践和政策交流，围绕城市产业转型、建筑节能、电动汽车推广、可再生能源应用、能力建设等重点领域，深入开展经验研讨和对话合作。中美两国均有大量的研究机构，具有低碳城市方面的丰富经验和较强能力，通过构建两国低碳城市研究网络，建立智库间交流长效机制，加强研究成果的应用推广，撬动政府社会和民间资本的参与，构建多层次合作机制，推动中美基层政府、企业、智库建立更广泛和紧密的联系，实现低碳发展合作共赢。

### 2. 探索不同类型城市达峰模式和路径

尽管中美城市发展条件和水平差距较大，但在人口规模、产业结构、区位条件、资源禀赋等方面，也还存在很多相似类型的城市。而且，无论从历史上还是现在看，在推动城市产业转型、治理环境问题、提升城市低碳转型的过程中，也都面临许多共同的挑战。在总结先锋城市达峰经验教训基础上，探索适合不同类型城市的达峰路径，形成可复制推广的经验模式，对进一步促进中美两国强化应对气候变化行动具有重要作用。

中美先锋城市应加强合作，针对不同类型城市，在摸清城市排放家底、分析减排潜力、制定规划行动、完善政策机制、筛选落实项目、最佳实践和政策等方面，形成科学系统、可操作性强的模式参考，为推动更大范围的城市达峰和深度减排提供指南借鉴。

### 3. 促进低碳技术、绿色金融等领域全方位合作

城市达峰涉及城市规划、产业体系、技术选择、能源系统等诸多方面，需要结合不同类型城市实际情况，统筹经济增长、排放达峰、解决就业等多重目标，是一项复杂的系统工程。在推动最佳实践和政策交流的同时，推动城市综合治理和技术研发等领域全方位合作是重要保障。

建议共同推动中美低碳城市发展基金等投融资平台，为两国城市低碳发展的顶层设计、人员交流、能力建设提供资金支持。鼓励中美先锋城市开展全面治理合作，建立现代化低碳治理体系。同时，加强先进理念、技术和商业模式交流，不断发掘合作潜力机会，既利用中国的市场规模优势，又发挥美国的技术长处，在零能耗建筑、电动汽车、自动驾驶卡车、复合型工厂等领域，加强技术合作研发，在碳交易体系、绿色金融等创新工具应用方面，更好发挥市场活力。

#### 4. 开展中美低碳达峰全方位试点合作

鼓励先锋城市在低碳发展领域大胆探索，是实现中美两国应对气候变化目标的重要基础。但受现实经济和城市发展惯性影响，中国城市达峰实践还大多以模仿、照搬为主。为了避免路径锁定，有效发挥后发优势，应鼓励中国达峰先锋城市采取试点方式，探索创新性、跨越式达峰路径。

针对中国快速城市化现状，应鼓励达峰先锋城市以城市新区、县城、乡镇等为试点，推动中美低碳达峰全方位试点合作，从城市规划、基础设施、产业布局、能源系统、公众教育等方面，广泛应用最先进的理念和技术，开展系统性试点尝试，从源头打造低碳城市的示范案例。

#### 5. 发挥中美城市在全球低碳转型中的引领作用

推动城市尽早达峰有利于改善城市环境质量和宜居水平，有利于从根本上提升低碳发展能力和竞争力。作为世界排放大国，中美两国在地方层面采取的切实低碳行动，推动先锋城市尽早达峰和深度减排，不断促进先进经验、技术推广和传播，将有助于推进全球绿色低碳转型进程，对于促进其他城市和地区强化应对气候变化行动，实现低碳发展与经济、社会、环境的共赢，具有重要示范和引领作用。

同时，作为世界最主要的经济体，中美也是全球产业链重要一环，在全球贸易中占据重要地位。中美城市在为其他发展中国家提供达峰模式和最佳实践经验参考的同时，不断提高出口商品的能效水平，不断增加低碳技术和服务出口，也将为全球应对气候变化做出积极贡献。

## 第6章 主要结论与建议

### 6.1 主要结论

#### 1. 中美城市强化减排达峰行动对两国积极应对气候变化具有重要意义

城市是经济发展和二氧化碳排放的主要载体，在一国低碳转型中居于核心地位。中国达峰先锋城市占全国总人口的 16.8%，占全国 GDP 的 27.5%，占全国二氧化碳排放总量的 15.6%，推动部分城市率先尽早达峰，对确保中国实现在 2030 年左右实现二氧化碳排放达峰这一国家行动目标具有重要意义，对其他地区加快转型具有积极示范和引领作用。美国主要城市虽然均已经达到二氧化碳排放峰值，但推动其持续深度减排，对美国实现 2025 年绝对减排目标也具有重要支撑作用。

#### 2. 城市尽早实现达峰有利于促进低碳发展和经济增长双赢

城市集聚人才、技术、资金等要素资源，具备转型发展的创新活力。美国先进城市经验表明，通过释放教育医疗、知识经济、低碳环保、智慧城市等领域投资潜力，能够持续降低二氧化碳排放，并且创造新的经济和就业增长。中国先锋城市的探索实践也表明，推动尽早达峰有利于加快新兴产业和服务业发展，降低对高碳行业的依赖，实现低碳发展与高质量经济增长双赢。中国在达峰过程中所蕴含的发展潜力和市场空间也可以为美国经济带来新的市场机遇和活力。

#### 3. 城市减排达峰需要发挥比较优势变革城市产业、技术、能源体系

中美是世界上两个最大的二氧化碳排放国，在降低排放总量和增量方面都具有潜力。但在城市层面，由于人口规模、资源禀赋、产业结构、技术水平不尽相同，低碳发展并没有统一模式。推动城市减排达峰，应结合自身实际情况，在传统产业升级、低碳新兴产业培育、技术进步、能源结构优化等不同领域，制定差异化的达峰路径，形成新的低碳比较竞争优势。

#### 4. 可持续政策支持体系和创新市场机制是减排达峰重要保障

达峰涉及城市运行方方面面，需要发挥法治、市场、政府、社会等共同作用。美国先进城市在法规标准、经济政策、监督实施等方面积极作为，同时有效发挥私人部门、社会各界力量作用，是实现达峰和持续减排的前提基础。中国在全面深化改革过程中，鼓励先锋城市在政府治理、市场机制等方面先行先试、积极创新，对探索构建低碳发展长效制度体系具有重要作用。

## 6.2 主要建议

### 1. 推动和提升中美城市低碳发展全面合作

中国尚在快速城市化进程中，面临应对气候变化共同挑战，中美城市加强低碳发展合作的潜力巨大。通过加强中美城市间的结对交流与合作，鼓励相似程度较高的中美城市加强减排达峰合作，在特大型城市低碳发展、传统工业城市低碳转型、中小城市培育低碳特色产业等方面，推进政府、企业、智库等全方位合作，积极探索不同类型城市减排达峰模式和创新经验，大力推动两国向绿色低碳发展转型，将城市达峰与可持续发展打造成中美新型大国关系的新亮点，展现中美两国的大国责任及全球领导力，为全球城市国际合作提供标杆，也为全球其他国家，特别是发展中国家的城镇化提供经验与参考。

### 2. 促进创新政策、最佳实践经验交流和技术研发合作

推动中美城市以双边、多边等方式，在低碳技术、最佳实践、创新政策、商业模式等方面加强交流合作。鼓励中美之间发挥互补优势，围绕绿色建筑、高效汽车、清洁能源、智慧城市等重点领域，加强相互投资和技术共同研发，不断挖掘利益共同点和合作潜力。构建开放式交流平台和网络，促进低碳技术产品、市场需求与各级政府有效对接。

### 3. 完善促进先锋城市尽早达峰的综合政策支持体系

充分发挥先锋城市的探索精神，鼓励先锋城市从实际出发，以制度创新为重点，及时总结经验模式，在全国各个地区实现复制推广。严把低碳准入门槛，鼓励先试先行，在政府绩效管理、产业政策、经济手段、法规标准等方面大胆创新。对达峰进展成效显著的城市，在财政资金、土地利用、项目安排等方面，加大奖励支持力度。鼓励先锋城市加快出台并实施严于国家要求的低碳相关标准，对高耗能、高排放企业开展强制能源审计。促进先锋城市加快低碳领域的法规标准建设，把达峰相关活动全面纳入法治轨道。

### 4. 健全清单编制、统计监测等基础工作体系

在开发和编制城市温室气体清单数据库的基础上，搭建和完善城市碳排放综合管理平台，主要包括清单管理、清单编制、清单分析等功能，从工业、建筑、交通等领域加强城市能源统计、温室气体排放清单编制等能力建设，推进数据公开透明、科学规范。利用物联网、大数据等技术，加强城市工业、建筑、交通等领域能源消费和二氧化碳排放监测。

## 第7章 附录

“十三五”时期 (2016-2020)		“十四五”时期 (2021-2025)		“十五五”时期 (2026-2030)	
宁波 <sup>40</sup>	2018年	武汉 <sup>42</sup>	2022年左右	延安 <sup>42</sup>	2029年前
温州 <sup>41</sup>	2019年	深圳 <sup>42</sup>	2022年	海南省 <sup>42</sup>	2030年
北京 <sup>42</sup>	2020年左右	晋城 <sup>43</sup>	2023年	四川省 <sup>42</sup>	2030年前
苏州 <sup>44</sup>	2020年	赣州 <sup>45</sup>	2023年	池州 <sup>46</sup>	2030年
镇江 <sup>42</sup>	2020年左右	吉林市 <sup>42</sup>	2025年前	桂林 <sup>47</sup>	2030年左右
南平 <sup>48</sup>	2020年左右	贵阳 <sup>42</sup>	2025年前	广元 <sup>49</sup>	2030年
青岛 <sup>50</sup>	2020年	金昌 <sup>42</sup>	2025年前	遵义 <sup>51</sup>	2030年左右
广州 <sup>42</sup>	2020年底前			乌鲁木齐 <sup>52</sup>	2030年

图 7.1 中国达峰先锋城市峰值目



## 参考资料

- 1 按照城镇常住人口统计, 2015 年国民经济和社会发展统计公报。
- 2 2014 数据, 世界银行发展数据库。
- 3 根据中国统计年鉴 2015、中国能源统计年鉴 2015、中国城市统计年鉴 2015、2015 年各省市统计年鉴、统计公报等数据整理, 并对国家与地区汇总统计核算差异进行了修正。其中, 国内生产总值和地区生产总值按照 2010 年不变价计算, 人口按照常住人口计算, 二氧化碳排放仅考虑能源活动排放, 低碳省区与低碳城市重复的仅考虑省区情况。说明: “达峰先锋城市” 包括省区、城市。
- 4 峰值目标来源见附录(图 7.1)。说明: 达峰先锋城市中的四川省不属于国家低碳试点省市。
- 5 Hasanbeigi, A, S.de la Rue du Can, and J. Sathaye. 2012. “Analysis and decomposition of the energy intensity of California industries.” *Energy Policy*. 46. 234-245.
- 6 国家统计局城市社会经济调查司. 2015. 《中国城市统计年鉴 2015》. 北京: 中国统计出版社; 国家统计局国民经济综合统计司编. 2007. 《中国区域统计年鉴 2006》. 北京: 中国统计出版社。
- 7 《工业和信息化部发展改革委关于组织开展国家低碳工业园区试点工作的通知》。  
<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n12843926/n13917012/15673738.html>; 《39 家国家低碳工业园试点实施方案获批》。  
[http://news.xinhuanet.com/chanye/2015-09-10/c\\_1116523747.htm](http://news.xinhuanet.com/chanye/2015-09-10/c_1116523747.htm)
- 8 “十二五”期间乌鲁木齐市淘汰落后产能工作取得显著成效。  
<http://www.wlmqec.gov.cn/cxxx/264607.htm>
- 9 苏州市当前限制和禁止发展产业导向目录。  
<http://www.changshu.gov.cn/zgcs/Zfxgk/showinfo.aspx?infoId=a4a37807-c8db-4000-b143-be8f4deb3f37&categoryNum=067004001|01417292X|004001003>
- 10 苏州市产业发展导向目录。  
[http://www.suzhou.gov.cn/asite/zfgk2012/zfgb/2007/zfgb\\_11.shtml#3](http://www.suzhou.gov.cn/asite/zfgk2012/zfgb/2007/zfgb_11.shtml#3)
- 11 苏州市人民政府关于贯彻国务院深化改革严格土地管理的决定的实施意见。  
[http://www.suzhou.gov.cn/asite/zfgk2012/zfgb/2005/zfgb\\_06.shtml#7](http://www.suzhou.gov.cn/asite/zfgk2012/zfgb/2005/zfgb_06.shtml#7)
- 12 广州市开展“一三一”就业服务资助暂行办法。  
[http://www.hrsgz.gov.cn/zcfg/ldjyzyjys/201103/t20110329\\_158349.htm](http://www.hrsgz.gov.cn/zcfg/ldjyzyjys/201103/t20110329_158349.htm)
- 13 《镇江市固定资产投资项目碳排放影响评估暂行办法》。  
[http://xxgk.zhenjiang.gov.cn:8088/pub/root87/auto3390/201403/t20140328\\_1195906.htm](http://xxgk.zhenjiang.gov.cn:8088/pub/root87/auto3390/201403/t20140328_1195906.htm)
- 14 治国理政新实践·浙江特色小镇启示录——新平台带来新供给。  
<http://tv.cctv.com/2016/03/03/VIDERCXKzyw9VKAbVbe3Lju160303.shtml>; 治国理政新实践·浙江特色小镇启示录——政府当好“店小二”。  
<http://tv.cctv.com/2016/02/29/VIDEKfGnyZ8bJ1YB0lgbPmqS160229.shtml>
- 15 [http://www.brookings.edu/~media/research/files/reports/2008/12/10-metropolitan-economies-bartik-erickcek/metropolitan\\_economies\\_report.pdf](http://www.brookings.edu/~media/research/files/reports/2008/12/10-metropolitan-economies-bartik-erickcek/metropolitan_economies_report.pdf)
- 16 National Bureau of Statistics of China. 2016. *2015 China Energy Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Press.
- 17 <http://www.wri.org.cn/en/publication/rail-plus-property-development-china-pilot-case-shenzhen>
- 18 <http://www.ynhouse.com/news/view-106655.html>
- 19 “Move Seattle,” Seattle Department of Transportation, Spring 2015, <http://www.seattle.gov/transportation/docs/MoveSeattle-FinalDraft-2-25-Online.pdf>
- 20 Rodrigue, J-P et al. (2013) *The Geography of Transport Systems*.
- 21 <http://www.chinaonstreetparking.com/ghghg/html/?1823.html>
- 22 Millard-Bell, Weinberger, and Hampshire, “Is the Curb 80% Full or 20% Empty? Assessing the Impacts of San Francisco’s Parking Pricing Experiment.”
- 23 Victoria Transportation Policy Institute, “TDM Encyclopedia: Road Pricing.”
- 24 Lindsey Hallock and Jeff Inglis, *The Innovative Transportation Index: The Cities Where New Technologies and Tools Can Reduce Your Need to Own a Car*, Frontier Group, February 2015,  
[http://www.uspirg.org/sites/pirg/files/reports/Innovative\\_Transpor-tation\\_Index\\_USPIRG.pdf](http://www.uspirg.org/sites/pirg/files/reports/Innovative_Transpor-tation_Index_USPIRG.pdf)
- 25 “Trimet Service and Ridership Information,” Trimet, October 20, 2014, <http://trimet.org/pdfs/publications/trimetridership.pdf>
- 26 “Building Energy Codes in China: Recommendations for Enforcement”, October 2015,  
[http://www.paulsoninstitute.org/wp-content/uploads/2015/10/Building-Code-Roadmap-Oct-2015\\_vfinal\\_EN.pdf](http://www.paulsoninstitute.org/wp-content/uploads/2015/10/Building-Code-Roadmap-Oct-2015_vfinal_EN.pdf)
- 27 <http://database.aceee.org/city-scorecard-rank>
- 28 Brian Eason, “Indianapolis Mayor Greg Ballard plans 425 electric vehicles by 2016,” *IndyStar*, October 28, 2014, <http://www.indystar.com/story/news/politics/2014/10/28/may-or-greg-ballard-plans-electric-vehicles/18062225>, and Katherine Tweed, “Unlikely City Claims Nation’s Largest Electric Car Share,” *Greentech Media*, June 13, 2013, <http://www.greentechmedia.com/articles/read/unlikely-city-claims-nations-largest-electric-car-share>

- 
- 29 “Assessment of leading electric vehicle promotion activities in United States cities,” ICCT.  
<http://www.theicct.org/leading-us-city-electric-vehicle-activities>
- 30 Greenblat and Saxena, “Autonomous Taxis”; RMI Outlet, “US Transport System can Save”; Larry Burns, “The Future of Cars.”
- 31 “Austin Vision Narrative: Beyond Traffic and the Smart City Challenge,” City of Austin, TX.  
<https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/Austin%20Vision%20Narrative.pdf>
- 32 RMI analysis
- 33  
<http://www2.china.ahk.de/chamber/shanghai/attachment/Massimo%20Onofri,%20TURBEC%20microturbine%20CHP&CCHP%20in%20China.pdf>
- 34  
<http://www2.china.ahk.de/chamber/shanghai/attachment/Massimo%20Onofri,%20TURBEC%20microturbine%20CHP&CCHP%20in%20China.pdf>
- 35 The City of Seattle Office of Sustainability website: <http://www.seattle.gov/environment/buildings-and-energy/>
- 36 Green Building Adoption Index 2014, CBRE, 2013,  
<http://www.cbre.com/~media/files/corporate%20responsibility/green-building-adoption-index-2014.pdf?la=en>
- 37 The Energy Sector Management Assistance Program’s (ESMAP) website (a technical assistance trust fund administered by the World Bank) hosts the Tool for Rapid Assessment of City Energy (TRACE):  
<http://esmap.org/TRACE>
- 38 LBNL’s Benchmarking and Energy Savings Tool for Low Carbon Cities (BEST Cities):  
<https://china.lbl.gov/tools/benchmarking-and-energy-saving-tool-low>
- 39 The Climate Actions Prioritization (CLIMACT Prio) tool:  
[http://www.ihs.nl/research/research\\_projects/climact\\_prio\\_tool/](http://www.ihs.nl/research/research_projects/climact_prio_tool/)
- 40 宁波市十三五规划,  
<http://zj.people.com.cn/n2/2016/0106/c186806-27475457-4.html>
- 41 温州市低碳城市试点工作实施方案,  
[http://xxgk.wenzhou.gov.cn/xxgk/jcms\\_files/jcms1/web2/site/art/2013/10/17/art\\_2089\\_51605.html](http://xxgk.wenzhou.gov.cn/xxgk/jcms_files/jcms1/web2/site/art/2013/10/17/art_2089_51605.html)
- 42 第一届中美气候智慧型/低碳城市峰会上发表的中美气候领导宣言,  
<http://qhs.ndrc.gov.cn/gzdt/201509/W020150922338325099571.pdf>
- 43 晋城市低碳城市试点工作实施方案.  
[http://www.jconline.cn/Contents/Channel\\_7148/2013/0821/987685/content\\_987685.htm](http://www.jconline.cn/Contents/Channel_7148/2013/0821/987685/content_987685.htm)
- 44 苏州市低碳发展规划, <http://dtfz.ccchina.gov.cn/nDetail.aspx?newsId=48768&TId=171>
- 45 赣州市人民政府关于建设低碳城市的意见.  
[http://www.ganzhou.gov.cn/zwgk/cyxx/jhgh/fzgh/201405/t20140526\\_803371.htm](http://www.ganzhou.gov.cn/zwgk/cyxx/jhgh/fzgh/201405/t20140526_803371.htm)
- 46 池州市国家低碳城市试点工作实施方案获国家发展改革委批复.  
<http://www.ahpc.gov.cn/pub/content.jsp?newsId=E634B1A2-A5DB-406C-B643-EBD060F854BB>
- 47 广西桂林将全面启动低碳城市建设行动. <http://www.lcwto.com/news/show-408.html>
- 48 南平市低碳城市试点工作实施方案. <http://www.fujian.gov.cn/inc/doc.htm?docid=672966>
- 49 广元市国家低碳城市试点工作实施方案（2013-2016年）  
<http://www.gyxxww.cn/GYFGW/DTGY/201305/162134.html>
- 50 关于组织实施青岛市低碳发展规划（2014-2020）的通知（青政办字【2014】77号）  
<http://www.qingdao.gov.cn/n172/n68422/n68424/n30259215/n30259219/140924163931863706.html>
- 51 遵义市低碳试点工作初步实施方案.  
[http://www.zunyi.gov.cn/zysfzhggwyh/xxgk/zpfl/ghjh/fzgh/201506/t20150604\\_155092.html](http://www.zunyi.gov.cn/zysfzhggwyh/xxgk/zpfl/ghjh/fzgh/201506/t20150604_155092.html)
- 52 乌鲁木齐市低碳城市试点工作实施方案. <http://www.urumqi.gov.cn/gk/zfwj/2014n/198914.htm>