



城市低碳发展规划指南

4.1 城市低碳发展规划概念框架

城市低碳发展规划要明确城市在时间、空间、结构三个维度的低碳发展优化路径，厘清低碳发展的总体思路、核心目标、战略重点与保障体系。

- 时间维度：在短、中、长期^[29]时间尺度内建立发展进程与节能减碳目标的密切关联，合理选择战略路径，分阶段设定社会经济发展和节能减碳目标（见图4-1）。
- 空间维度：在城市群、城市、城区与小城镇、

社区尺度优化空间布局，塑造低碳城市形态，推动城市空间结构向多中心、多层次、组团式结构转变，实现职住平衡，降低因城市布局和基础设施设计不合理造成的碳排放（见图4-2）。

- 结构维度：以提升碳生产率为低碳发展的核心目标，以转变经济发展方式和调整经济结构为主线，优化城市产业、行业与产品结构，实现碳排放控制与提升经济和技术竞争力的双赢（见图4-3）。

图 4-1 | 城市低碳发展规划在时间维度的优化：短期、中期、长期战略重点

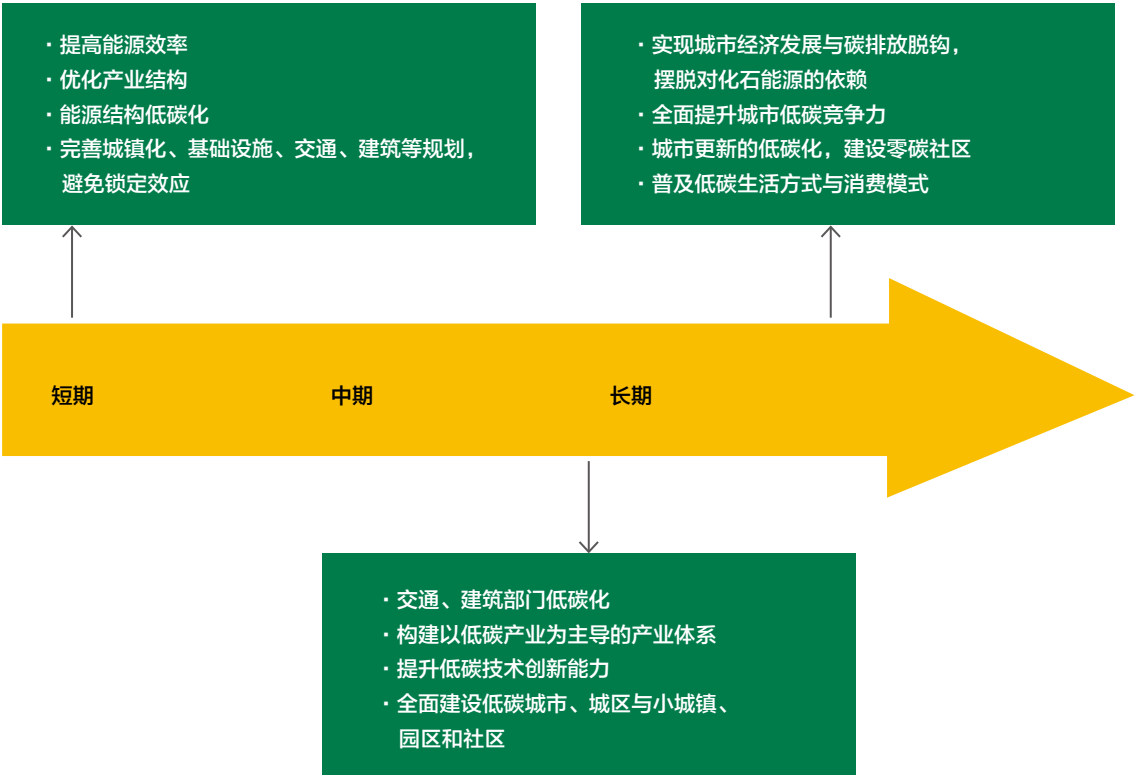


图 4-2 | 城市低碳发展规划在空间维度的优化：社区、城区、城市、城市群战略重点

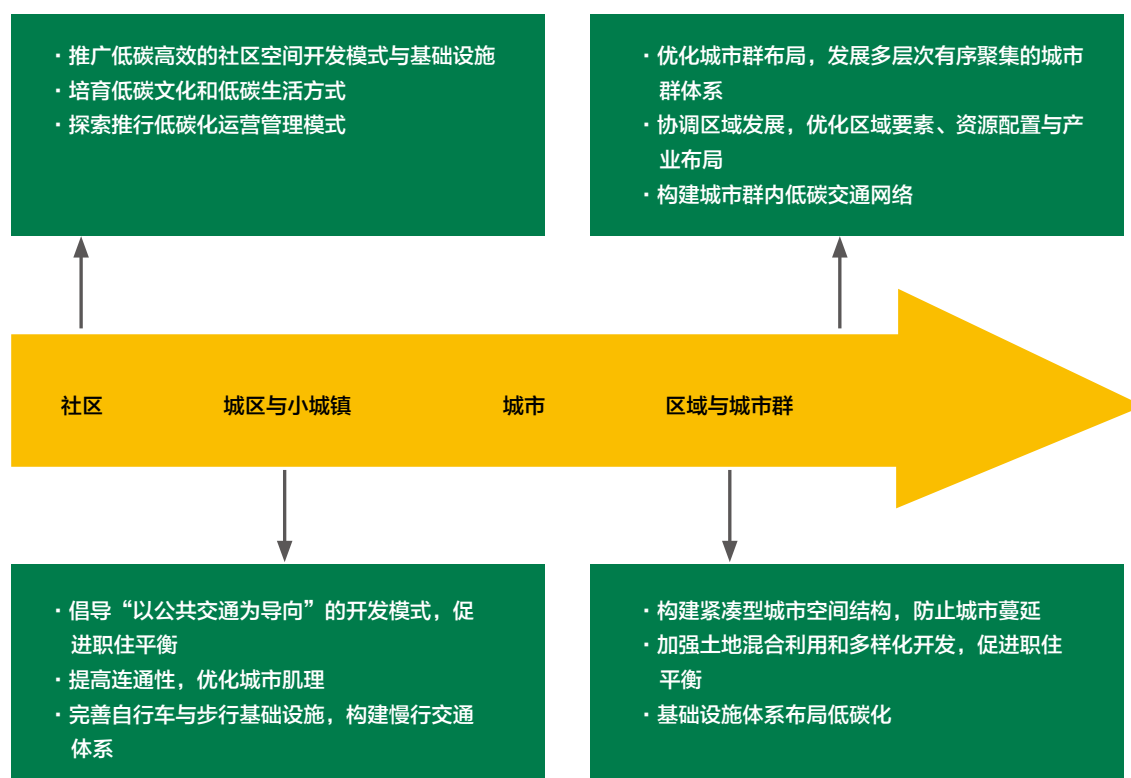
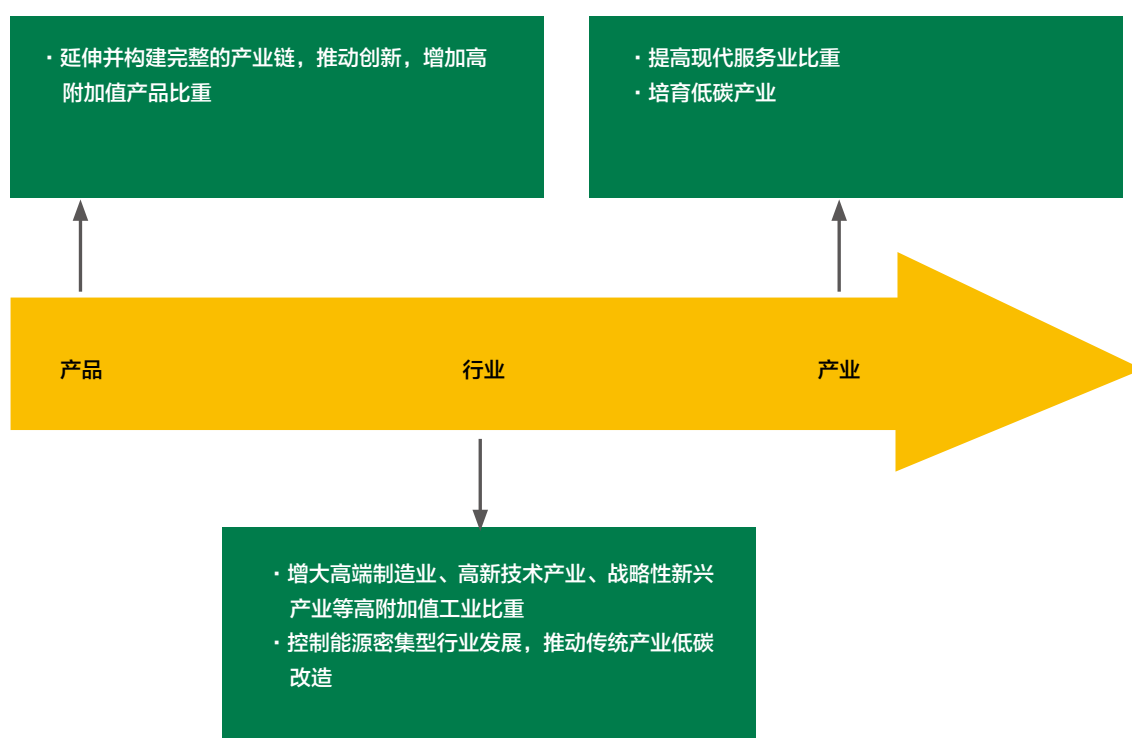


图 4-3 | 城市低碳发展规划在结构维度的优化：产品、行业、产业战略重点



4.2 区域协作发展背景下的城市低碳发展

城市空间的本质特征在于聚集，城市群是城市空间聚集的高级阶段。城市群是一个国家工业化和城镇化过程中产业发展和人口迁移的主要空间载体，是承载区域乃至整个国家经济社会发展的重要地区^[30]。中国的新型城镇化发展已进入以城市群为主体构建空间战略的阶

段，各类城市应结合自身在区域城市群中的定位，在低碳产业发展、城市形态优化、基础设施建设的低碳化等方面加强区域协作，促进区域一体化的低碳发展。城市群中的中心城市、中小城市和小城镇的区域协作低碳发展重点如表4-1所示。

表 4-1 | 各类城市区域协作低碳发展的重点

城市类别	城市行政级别	区域协作低碳发展重点领域	低碳发展含义
中心城市	直辖市、省会城市、计划单列市和重要节点城市	加快产业转型升级，健全以先进制造业、战略性新兴产业、现代服务业为主的低碳产业体系，提升要素集聚、科技创新、高端服务能力，发挥低碳发展辐射带动效应	形成低碳产业发展区域中心，引领带动全域低碳产业发展
		优化城市形态，适当疏散经济功能和其他功能，加强与周边城镇基础设施连接和公共服务共享，推进中心城区功能扩散，培育形成通勤高效、一体发展的都市圈	将就业、公共服务等功能扩散到区域内中小城市与小城镇，减少出行里程，控制交通碳排放
中小城市	地级市（区）和规模较大的县级市（区）	加强产业和公共服务资源布局引导，依托优势资源发展特色低碳产业，加强与中心城市及其他中小城市的分工协作和功能互补，夯实产业基础，提升低碳竞争力	打造具有区域特色的高效低碳产业集群，避免发展失衡、产能过剩与低效竞争
		优化城镇规模结构，构建紧凑型的城市空间形态，倡导以公共交通为导向的开发模式，加强市政基础设施和公共服务设施建设，增强低碳发展所需要素的集聚能力	避免职住分离加剧与“城市蔓延”，防止在城市化过程中被锁定到高碳基础设施与交通方式发展路径
小城镇	县城和重点镇	承接大城市中心城区的功能疏解，发展特色低碳产业，增强为农业低碳化发展服务能力	促进小城镇“产城融合”，带动区域农业低碳化发展，防止应严格控制发展的高碳行业向小城镇转移
		以高效低碳土地利用方式推动规划建设，完善基础设施和公共服务，加强与周边城市发展的统筹规划与功能配套，逐步发展成为职住平衡的卫星城	提高小城镇土地利用效率，控制交通、建筑部门碳排放

4.3 城市低碳发展规划的编制步骤与主要内容

中国城市低碳发展规划的研究、编制与实施的完整框架应包括编制启动、调研、规划研究、规划编制、征询意见、颁布实施、中期评估、实施后评估等环节（图4-4）。在此过程中应特别注意以下问题：

- 作为综合规划，涉及部门众多，因此前期的部门调研、资料收集以及后期的部门和公众意见征询非常重要；
- 能源消耗与碳排放基础数据的收集、整理和核算是规划编制的重要基础，需要组建技术团队专门开展城市碳排放清单编制工作；
- 对于中国很多城市而言，低碳发展规划是一项全新的工作，因此需要加强规划编制过程中经验、方法、数据的整理，为日后滚动编制低碳发展规划奠定基础；
- 需要组建专业团队开展城市低碳发展情景研究，定量研究城市未来碳排放控制目标，实现目标的关键领域、部门和技术，测算各领域、部门和技术对目标实现的贡献率以及成本。

城市低碳发展规划研究与编制的主要内容及步骤如图4-5所示，可将规划研究与编制的内容归纳为以下要点：城市温室气体排放核算，基于情景分析确定低碳发展路径与碳排放控制目标，将目标合理分解至各重点部门与城市下辖行政区，识别关键技术需求及其减排潜力与成本，进行项目开发并设计投融资机制，构建支撑低碳发展的制度与政策保障体系。

本章4.4节将对“城市低碳发展目标与指标体系的确定”这一低碳规划研究与编制中的重要内容进行简介，并在4.5节中整理出“中国城市低碳发展规划文本的建议大纲”，供中国城市进行低碳发展规划研究与编制时参考。

4.4 城市低碳发展的目标与指标体系

确定城市低碳发展目标，是城市低碳发展规划编制过程中重要的一步。城市低碳发展目标的设定，为城市发展过程中的碳排放施加了一个刚性约束，能够促进形成节能减排的倒逼机制。同时城市碳排放总量约束，会影响碳交易市场中发放的排放配额，推动碳排放交易的开展。此外，对城市低碳发展目标完成情况的动态监测还能够起到评估城市低碳发展绩效、满足考核要求等作用。因此，确定合理的城市低碳发展目标，既有助于体现和进一步凝聚城市低碳发展的政治意愿，也能够促进低碳发展各项行动与政策措施的制定与实施。

城市低碳发展目标的含义非常广泛，其核心是温室气体排放控制目标。温室气体排放控制目标有三种类型：绝对量控排目标、强度控排目标和相对一切照常情景（BAU）的控排目标。不同形式的目标严格程度不同，具有各自的特点和适用范围（表4-2）。

图 4-4 | 低碳发展规划研究、编制与实施的主要步骤



图 4-5 | 低碳发展规划研究的主要内容与支撑方法学



表 4-2 | 温室气体排放控制目标的不同类别

目标类型	形式与特点	严格程度	应用
绝对量控排目标	未来某一目标年的排放总量相对历史某一年排放总量的变化量	严格	附件 I 国家
强度控排目标	以单位国内生产总值的二氧化碳排放（即碳强度）为指标，规定到某一目标年碳强度相比基准年水平的变化幅度	灵活	中国、印度
相对BAU的减排目标	基于情景研究，得到基准情境下未来的排放总量，再设定未来目标年排放相对目标年基准情景排放的下降程度	灵活	南非、巴西
排放总量峰值目标	绝对量控排目标的一种特殊形式。要素包括到达峰值的时间点、峰值时的排放量、到达峰值前的排放路径和到达峰值后的排放下降路径	严格	

除此之外，城市低碳发展目标还应当包含城市低碳发展的各个方面，如可再生能源、提高能效、低碳建筑、低碳交通、低碳生活消费、低碳型城市空间布局、低碳化废弃物处理等（图4-6）。

目前中国国家层面温室气体排放控制目标采用强度减排形式，并将目标分解到各省级行政区，然后由省级政府进一步分解到各市。由于中国城市在经济发展水平、发展阶段、能源资源禀赋以及在国家和区域发展中的定位差别很大，因此中国城市层面的温室气体控排目标，其形式不一定局限于强度控排目标。

中国城市确定温室气体控排目标具体形式的主要原则是“因地制宜”，即与本市的经济、产业、资源、技术等实际情况相吻合。本指南根据《全国主体功能区规划》中对于城市的分类，提供了不同城市设定温室气体

控排目标的指导性原则，供各城市参考（表4-3）。

强度减排目标和峰值目标的设定，可以采用列表的形式，列出定量的指标（表4-4和4-5）。理论上，应当包含全部温室气体，并包含外调电对应排放。这样能与国家清单和省级清单的要求保持一致。现阶段，由于统计数据基础的限制，可以暂时只考虑二氧化碳排放，且不考虑外调电对应排放。未来需要进一步加强温室气体排放相关的统计体系，并逐步将其他温室气体也纳入控制目标。

需要强调的是，如果城市采用强度减排目标形式，GDP需要用基准年的不变价计算，剔除价格变动的因素，保证指标的可比性。国家层面上，2020年碳强度目标以2005年为基准年，而“十二五”规划提出的2015年目标则以2010年为基准年。各城市在制定各自目标时，可以参考国家目标的基准年选取方式。

图 4-6 | 城市低碳发展目标

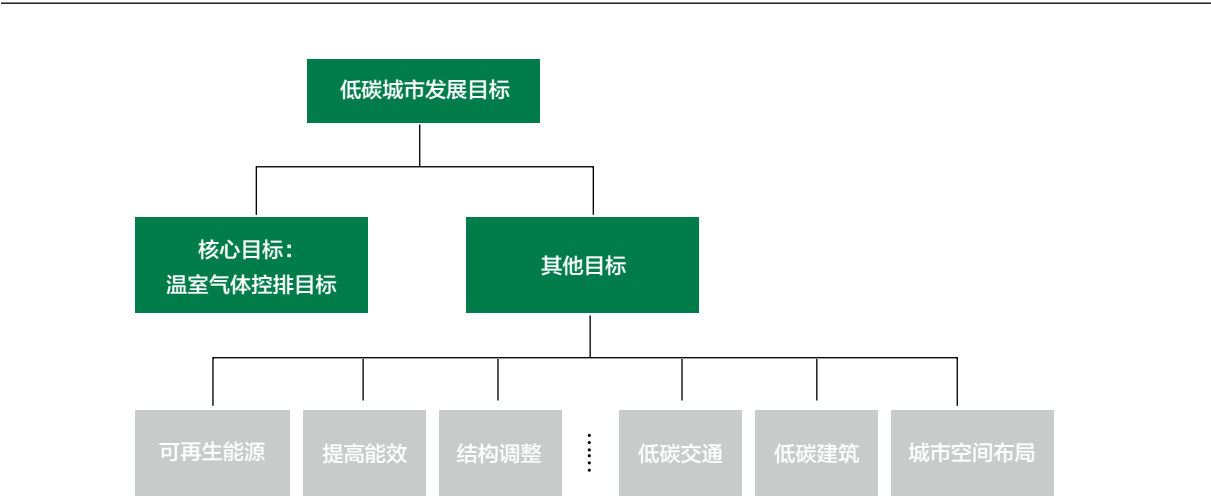


表 4-3 | 中国不同主体功能区城市的温室气体控制目标选择

城市类型	城市特点	推荐目标类型
优化开发的城市地区	经济发展水平较高，通常已经进入工业化后期，产业正在从高能耗、高排放、低附加值的产业向低能耗、低排放、高附加值的产业转型	除强度减排目标之外，还应当自我加码，设定峰值目标
重点开发的城市地区	处于快速工业化进程中，经济增长速度较快，控制碳排放的压力也比较大	现阶段以强度目标为主，未来尽快过度到峰值目标
限制开发和禁止开发的 城市地区	资源环境承载能力较弱，且关系到全国或较大区域范围内的生态环境安全，在全国国土空间的总体布局中，主要承担保护生态环境的功能	绝对量控排目标

表 4-4 | 强度减排目标设定

指标	单位	2010	2015	2020		属性
单位GDP二氧化碳排放强度 (未考虑外调电)	吨二氧化碳/万元					约束性
单位GDP二氧化碳排放强度相对于 2010年水平下降(未考虑外调电)	%					约束性
单位GDP二氧化碳排放强度相对于 2005年水平下降(未考虑外调电)	%					约束性

表 4-5 | 排放总量峰值目标设定

指标	数值	属性
峰值年份		约束性
峰值时点排放量（万吨二氧化碳）		约束性
峰值时点前各年排放量（万吨二氧化碳）		预期性
峰值时点后各年排放量（万吨二氧化碳）		预期性



目前中国已经实施了能源强度、碳强度和能源总量控制目标。这些目标与碳排放总量目标相互之间存在着高度的关联性（图4-7）。碳强度下降的途径主要包括能源强度下降和能源结构优化。中国目前已经开始实施能源总量控制目标，由于短时期内能源结构的变动不会很大，因此也相当于对碳排放总量施加了一定约束。

目前在国家层面上，以上几个目标的主管部门不同。碳强度目标的主管部门是国家发改委应对气候变化司，能源强度目标的主管部门是国家发改委资源节约与环境保护司，而能源总量目标的主管部门则是国家能源局。由于部门分割，目前目标的实施和考核存在数据、方法和管理不协调、不统一的问题。未来，应当首先从国家层面开始逐步建立统一平台，实现数据和信息共享，并逐步向省和市推广。

除温室气体排放控制这一综合性目标外，在城市低碳发展的各重点方面设定合理的目标，有助于明确和细化城市低碳发展任务，提高规划的可操作性。

各城市在选取目标和指标时，应当遵循城市低碳发展规划的总体思路，从时间、空间和结构等几个维度理清低碳发展的重点领域，并根据城市的发展定位、产业结构、优势产业、技术水平、能源资源禀赋等条件，选取适合城市特点的低碳发展目标和指标。城市选取目标可以参考以下几个原则：（1）目标与低碳发展的关联程度；（2）与目标相关的数据基础；（3）目标是否可

进一步分解；（4）目标是否便于考核；（5）目标的可达性；（6）目标是否体现城市特色。

城市在提出低碳发展目标时，可以采用列表的形式，列出不同目标在基准年和目标年的数值，方便直观地进行对比。本指南参考了国内外低碳城市评价指标体系研究，和《关于加强应对气候变化统计工作的意见》等国内各相关政府文件，提出了城市低碳发展备选目标和指标库（见附录2），供城市编制低碳发展规划时参考。

城市确定低碳发展目标，主要有两种方式（图4-8）。其一是根据国家目标进行自上向下分解，逐步分解到省和市，确定城市的低碳发展目标。另一种方式是从城市的功能定位和总体发展战略出发，确定相应的社会经济发展目标，从而确定城市减排的技术经济潜力，进而确定适合城市的低碳发展目标。

现阶段中国城市设定低碳发展目标时，比较具有可操作性的方式是自上向下和自下向上两种方式的结合。以所在省分配给本市的目标为基准，参考本市国民经济和社会发展规划以及能源、工业、交通、建筑、服务业、高新技术产业、科技、林业等与低碳相关的专项规划，在地方发展改革、规划、工业、交通、建筑、市政、林业等部门开展跨部门的信息搜集和整合，最后以低碳发展协调、统筹和整合各部门和各专项规划的目标，确定城市低碳发展的目标。



图 4-7 | 低碳发展相关目标的关联性

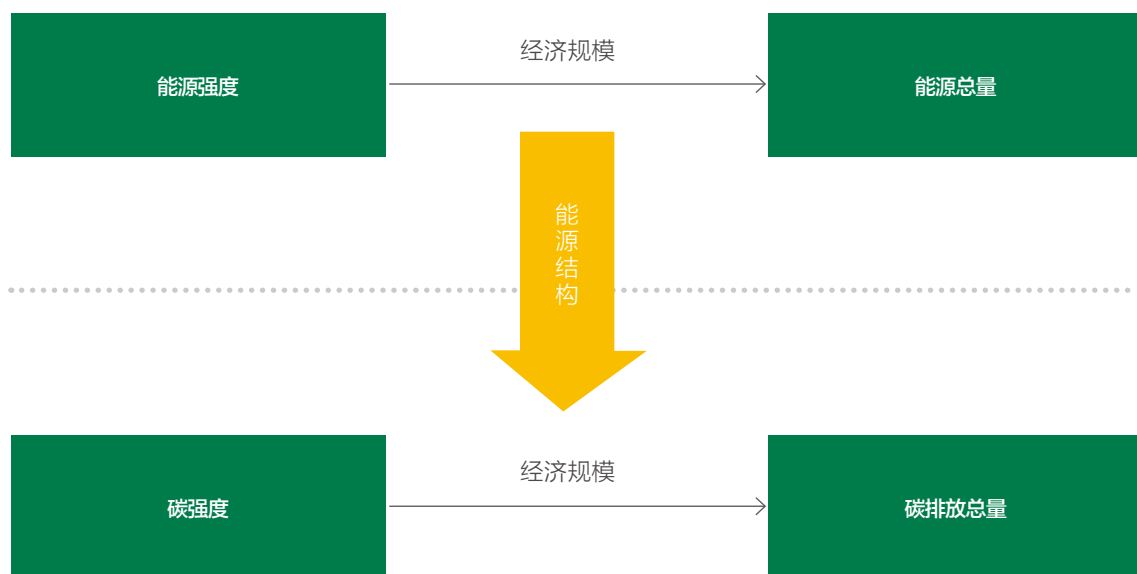
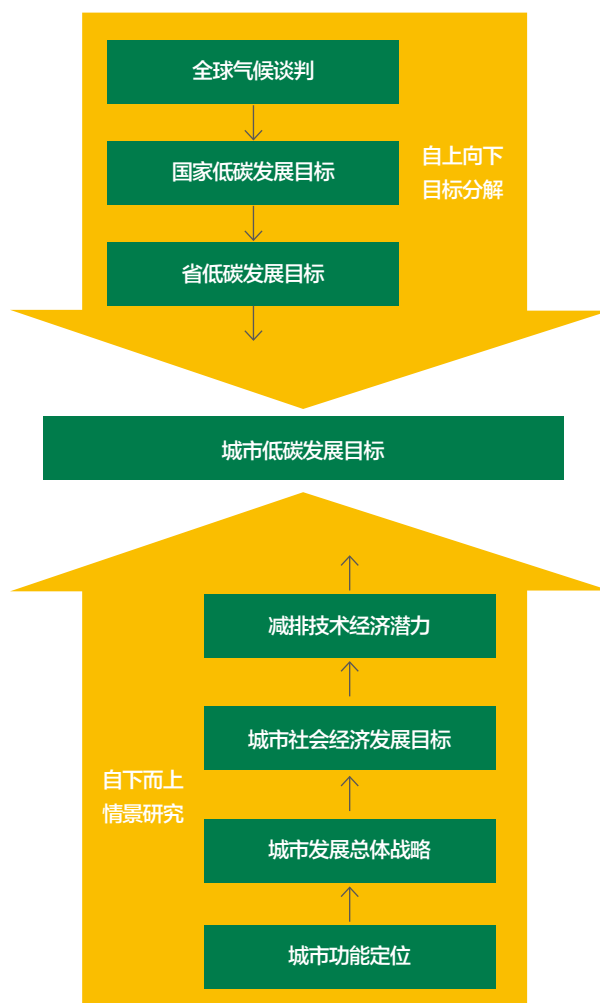


图 4-8 | 中国城市低碳发展目标设定



4.5 城市低碳发展规划的建议大纲

本节在参考国内已有城市低碳发展规划文本基础上，结合上文中提出的城市低碳发展规划概念框架、编制步骤与主要内容，整理了中国城市低碳发展规划文本的建议大纲（专栏4-1），供中国城市编制低碳发展规划时参考。

专栏 4-1 | 中国城市低碳发展规划文本的建议大纲

× × 市低碳发展规划 (规划起止年)

一、前言

简述规划编制的背景、必要性、适用范围、规划期限、编制依据、主要内容及组织工作等。

二、发展基础与面临形势

编制城市低碳发展规划时，首先要做形势和现状分析，寻找差距，提出规划需要解决的问题。现状分析一般包括面临形势、发展基础和面临挑战三方面内容。

面临形势：介绍低碳发展的国内外形势，论述城市低碳发展的紧迫性与重要意义，明确低碳发展在城市整体发展战略中的定位和作用。

发展基础：从城市的社会、经济、能源消耗与温室气体排放、产业基础、人口、城镇化、空间布局、土地、能源资源、技术、生态环境、体制和制度等方面介绍低碳发展基础。总结本地已经开展的低碳发展相关工作的成效，并突出因地制宜的对低碳发展模式的探索。

面临挑战：基于对城市现状的判断，结合城市未来低碳发展目标，提出城市实现低碳发展的现有不足和未来可能遇到的问题以及存在的制约因素，识别低碳发展规划中的重点和难点，明确提出城市通过低碳发展拟解决的关键问题。分析城市面临的挑战，一般从发展阶段、未来排放增长趋势、能源结构、低碳能源资源禀赋和潜力、重点领域未来技术减排潜力、基础数据等方面展开。

三、指导思想与发展目标

包括指导思想、基本原则、总体思路、发展目标、主要指标等内容。

指导思想：指导规划编制和实施的方向，要明确规划的使命，体现发展方向和工作重点。

基本原则：结合城市的具体情况，选择对实践工作最具有指导意义的几项原则，一方面体现在低碳发展上的共性问题，另一方面体现城市自身特色。

总体思路：从时间、空间和结构几个维度上厘清低碳发展的几个重点领域及其之间的相互关系。

发展目标：提出各目标年的低碳发展核心目标，即温室气体排放控制目标，有时也包括非化石能源占一次能源消费比重与森林覆盖率等目标，以及其他定性目标。

主要指标：提出涵盖城市低碳发展各方面的综合指标体系，包括温室气体排放控制、调整产业结构、节约能源与提高能效、发展非化石能源、城市空间布局低碳化、发展低碳交通、发展低碳建筑、增加森林碳汇、废弃物处理低碳化、低碳生活消费和低碳发展协同效应等方面指标。可以采用列表的形式，列出不同目标在基准年和目标年的数值，以及指标属性（约束性或预期性）。

四、低碳发展的重要领域与主要任务

简要概括城市低碳发展的重要领域与主要任务，并分章节介绍城市低碳发展的重要领域，各领域的主要任务、行动、关键技术、重大项目，以及相应的减排效益。必要时可用专栏或附表形式列出各领域重点项目及其减排效益与成本信息。各重要领域应独立成章，形成简明扼要的各重点领域低碳发展专项行动方案。

通常而言，城市层面的低碳发展重要领域包括优化城市空间布局、通过结构调整等构建低碳型产业体系、促进低碳技术创新、加强工业等领域应用节能减碳技术的推广、打造低碳园区、推进低碳企业试点、建设低碳能源供应体系、建设低碳交通运输体系、推广绿色低碳建筑、建设低碳型小城镇、建设低碳型政府、建设低碳型社区、倡导低碳生活和消费方式、推进农业与农村生活低碳化、保护生态系统巩固碳汇等。

城市要结合本地自然条件、资源禀赋、经济基础与经济、社会发展阶段等方面具体情况，选择本市低碳发展的重点领域。根据城市的主体功能定位，优化开发的城市化地区，通常应以转变经济发展方式、调整产业结构、构建低碳产业体系和消费模式、优化空间结构与城镇布局、加快现有建筑和交通体系的低碳化改造等作为重点领域；重点开发的城市化地区具有较大聚集经济和人口的潜力，重点领域是坚持走低消耗、低排放、高附加值的新型工业化道路，加快技术创新，加大对传统产业的改造升级，在城市基础设施与空间布局、建筑和交通规划设计过程中贯彻低碳发展理念；限制开发地区和禁止开发地区，一般为农产品主产区、重点生态功能区、文化功能区，重点领域是控制农业、废弃物等领域温室气体排放，增加碳汇，提高适应气候变化能力。

在本读本第5章中，对各重要领域面临的低碳发展主要任务及发展思路的一般性分析框架进行了简介，供中国城市编制低碳发展规划时参考。

五、保障措施

通常包括组织保障、法律法规保障、政策保障、资金保障、科技保障、人才保障、基础设施保障、思想观念保障、协作网络保障等，亦可专门设节或专栏介绍低碳城区、低碳园区、低碳社区、低碳企业、碳交易等重要示范试点，以及国际合作与能力建设等内容。特别应注意，要通过保障措施中的具体安排，建立规划实施进展跟踪、监督及评估机制。



城市低碳发展 重点领域与行动

通常而言，城市层面的低碳发展重要领域包括优化城市空间布局、通过结构调整等构建低碳型产业体系、促进低碳技术创新、加强工业等领域应用节能减碳技术的推广、建设低碳能源供应体系、建设低碳交通运输体系、推广绿色低碳建筑、倡导低碳生活和消费方式、保护生态系统巩固碳汇等。本章将简要介绍各重点领域的低碳发展对策及主要行动，并概述城市低碳发展的体制与政策保障的主要内容。

5.1 优化城市空间形态

低碳城市在空间形态上具有高密度、紧凑型、土地混合利用、高连通性、高可达性等特征(表5-1)。优化城市空间形态领域的重点是大力提高城镇土地利用效率、城镇建成区人口密度,合理控制城市发展边界,将“紧凑型城市”、“土地混合利用”等低碳发展理念融入城乡规划、土地利用规划和交通等基础设施规划的编制、实施、动态管理的各个环节,以低碳为导向,合理规划城市功能区,优化产业空间布局,打造紧凑型、集约型的城市空间格局。

全国主体功能区中的优化开发地区与重点开发地区是中国推进城镇化发展的主要地区。

优化开发地区是指城镇体系已经基本形成,建设密度和人口密度较高的地区^[31]。该地区城市重点应科学定位城市功能,引导人口和产业由特大城市主城区向周边和其他城镇疏散转移,划定城市发展边界,控制建设用地增长和城市蔓延,优化空间结构、城镇布局和人口分布、基础设施布局和生态系统格局,推动城市结构向多中心、多层次、组团式结构转变。

重点开发地区是指具有大规模经济集聚和人口集聚的良好基础条件,未来可大量吸纳农村转移人口、推进城镇化建设的地区^[2]。该地区城市重点应完善基础设施网络,健全功能完备、布局合理的城镇体系,在城市基础设施与空间布局、建筑和交通规划设计过程中贯彻“紧凑型城市”、“土地混合利用”等低碳发展理念,形成职住平衡、功能互补、相互依托、以公共交通为主导的城镇体系。

优化开发地区与重点开发地区城市的优化空间布局领域重点行动如表5-2所示。

5.2 优化经济和产业结构

根据本读本1.4节对KAYA公式的介绍和分析,中国人口和人均GDP会继续推动城市碳排放增长。受中国以煤为主的能源结构影响,单位能源碳强度在未来较长时期内不会发生大的改变,通过能源结构调整带来的减排潜力很有限。因此,通过优化产业结构、提高服务业比重和低碳产业比重、促进产品结构升级等结构调整措施降低单位GDP能耗对实现减排目标尤为重要。

《中国应对气候变化的政策与行动》、《节能减排“十二五”规划》等都将加快调整产业结构作为重要措施。产业结构调整成为城市低碳发展最大的贡献来源。例如,在青岛市和贵阳市的低碳发展规划中,青岛市产业结构调整对实现城市2015年和2020年低碳发展目标的贡献率为40%以上。贵阳市产业结构调整对实现城市2020年低碳发展目标的贡献率为43%。近十年来,中国第三产业比重虽然从2003年38.1%上升到2012年45.6%,但是依然低于第二产业比重,2012年第二产业比重为48.7%。在第二产业内部,重工业产值比重呈上升趋势,从2003年64.5%增加到2012年71.8%^[33]。很多城市情况与之类似,例如广州市重工业占工业总产值比重从2003年49.53%上升到2012年66.1%^[34]。经济和产业结构调整既给低碳发展带来巨大挑战,又具有很高的减排潜力。

经济和产业结构调整大致可分为三个层次(图5-1):

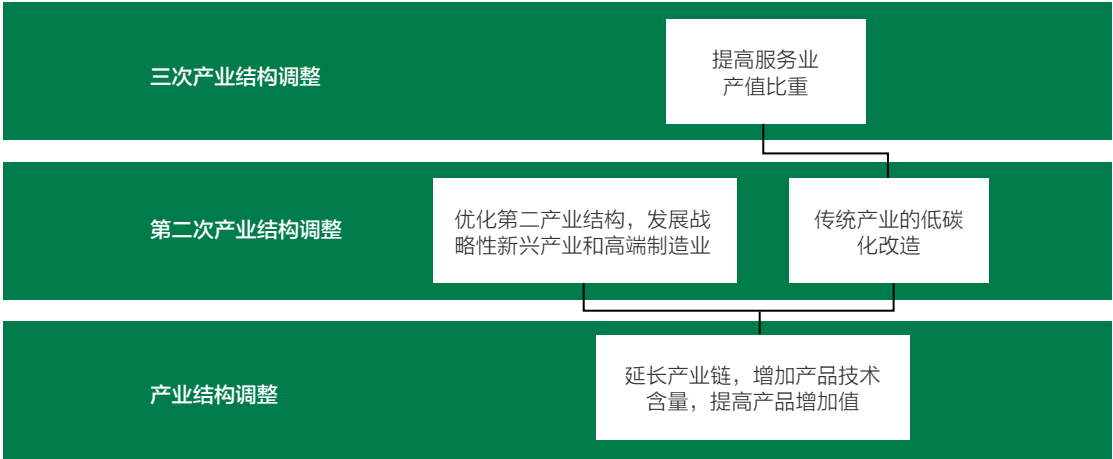
表 5-1 | 城市空间形态的低碳与高碳特征

空间指标	低碳特征	高碳特征
密度	高密度	低密度
形态	紧凑型	碎片式/城市蔓延/飞地式开发
土地利用	混合利用	单一功能区
连通性	高连通性, 适合非机动车交通	低连通性, 适合小汽车出行
可达性	通勤及日常出行里程较短	通勤及日常出行里程较长

表 5-2 | 优化城市空间布局领域的重点行动^[32]

城市分类	政策目标	重点行动、策略与措施	补充规划与政策工具
优化开发地区城市	提高密度	设定城市增长边界/绿带/规划建成区边界等限制城市扩张措施	引导开发重点转向建成区
	促进土地混合利用	鼓励已有居住区或棕地再开发等城市更新项目，对空置建筑进行再利用	要求新开发项目为社区服务设施供给做出贡献
	提高可达性	提高轨道交通网络密度，加强多种交通方式的换乘；促进职住平衡	控制郊区单一功能社区的开发
	提高连通性	在已有居住区或棕地再开发过程中规定社区道路连接度、街区最大规模，增加步行道与自行车道	改进公交服务质量，引导居民合理使用小汽车
重点开发地区城市	提高密度	土地利用规划管理应提高开发密度规定、改革土地功能分区、修订容积率规定	控制机动车出行，支持公交和非机动出行，增加高密度社区吸引力
	促进土地混合利用	推行混合功能的分区制，加强职住平衡、控制单一住宅功能的郊区建设；鼓励多户住宅或其它非独栋住宅	提供多种交通方式的便捷换乘，扩大公共交通服务范围
	提高可达性	鼓励公交导向型开发模式；对公交站点附近开发项目提供激励；加强多种交通方式的换乘	在推行公交导向型开发的同时，警惕郊区可能加剧的低效用地扩张
	提高连通性	规定社区道路连接度、街区最大规模等，规划建设步行道和自行车道	建设自行车租赁系统，增强非机动车出行的安全性

图 5-1 | 经济和产业结构调整框图



第一层次：提高三次产业中服务业的产值比重。发展有特色的低碳服务业，例如自然环境优美和旅游资源丰富的地区主导开发绿色低碳旅游、会展业，经济发达城市提升金融服务业竞争力等。发展低碳型生产性服务业，如合同能源管理、能源与排放核算服务、碳排放权交易咨询服务业等。

第二层次：优化第二产业结构，对传统产业进行低碳化改造。在第二产业内，根据城市的经济水平和资源条件，发展战略性新兴产业和高端制造业，例如节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等产业。在对传统产业进行低碳化改造时，通过技术和管理措施降低传统能源密集型行业的能耗，控制部分高能耗行业的增长。例如调整重工业能源结构，转为使用更清洁和低排放的能源，通过节能技改和更新生产设备、改进生产工艺，降低能耗和排放。此外，还可以在能源管理或其他低碳型生产服务业的帮助下，识别生产全流程中的减排潜力。

第三层次：调整产品结构。提高行业生产技术，延长产业链，从初级产品的加工逐渐扩展为核心部件的制造和终端商品的生产，提高产出的附加值，走向产业链高端。例如某些资源型城市可从过去采矿业初级开采和加工发展为矿产品精加工业。

在实际调整产业结构过程中，各城市应根据各自的资源禀赋状况、经济发展水平和优势、行业技术水平等条件，选择合适的调整方式。例如对于某些资源型城市，应以调整产品结构、延长产业链和提高产品增加值为主要结构调整措施；对于某些经济比较发达、服务业比重已经较高的城市，应以培育低碳型服务业和鼓励技术创新为工作重点。

5.3 发展低碳农业

（一）发展现代农业体系

加快转变农业发展方式，加大现代农业投入力度，加强农业科技创新和推广，选育选种适应性广、抗逆性强的优良农作物品种，扩大测土配方施肥规模，改善化肥使用习惯，增加有机肥、缓释肥用量，促进化肥科学合理高效利用等。推广保护性耕作技术，不断提高农业土地产出率和综合效益。

推广现代化农业基地、规模农业基地、特色产业基地和农副产品深加工出口基地，积极推广农业节能减排技术，把延伸绿色农业产业链作为“低碳农业”的调整方向，提高农业附加值。

积极拓展农业功能，发展观光旅游、文化科普、体验参与、休闲度假等特色产业，恢复农村的整体生态功能。

（二）推动农业生产低碳化

创新农业生产形式，以集中节约为原则，大力推动节地、节水、节肥、节药、节种、节电、节油、节柴（节煤）、节粮等集约低碳的农业生产方式，大力发展农业低碳技术，积极探索化肥、农药、农用薄膜的减量和替代。推进光伏智能温室、太阳能产业生态园区等太阳能现代农业项目建设。

（三）推动农村能源利用低碳化

以规模化畜禽养殖场大中型沼气池建设为重点，加强农村生态能源建设。加快大中型沼气工程建设力度，按照循环农业理念，大力推广减量化、资源化和再利用，推进“一池三改”，把沼气建设与改厨、改厕、改圈结合起来，利用生活垃圾、牲畜粪便、作物秸秆发酵生产沼气，利用沼渣为农作物施肥，既变废为宝，减少碳排放，又节省开支，增加收入。提高农作物秸秆综合利用水平，实现畜禽粪便资源化利用、畜禽粪便污染零排放和能源低碳化的三重目标。

提高生物质能在农村生产、生活用能中的比例，优化农业内部发展环境，重点推动农村生物质能源示范镇、示范村建设。

5.4 提高工业能源效率

根据KAYA公式，影响单位GDP能耗的因素除了经济和产业结构，另一个重要因素就是能源效率。能源效率是指单位产出能源消耗量，反映了经济体的生产技术水平。工业作为中国城市的支柱产业，是城市能源消耗的主要来源。以青岛市为例，2011年工业部门能源相关CO₂排放占城市碳排放的33.7%，是最大的排放部门。将电力、热力产生的排放分配到终端消费部门后，工业部门能源相关CO₂排放占城市碳排放的49%。青岛市和贵阳市的低碳发展规划研究表明，提高工业能效对实现青岛市和贵阳市2020年低碳发展目标的贡献率分别为21.7%和25.2%，仅次于经济和产业结构调整。

中国过去在工业能效方面取得了显著进展。以火电行业为例，中国火电供电煤耗从2005年370克/千瓦时降至2013年321克/千瓦时，处于世界先进水平。在未来，通过上大压小等技术节能措施的减排潜力已经很小，而来自管理节能行动的减排潜力很大。

提高工业能效、促进工业节能一直是国家社会经济发展工作的重点领域，国家已经制定和颁布了一系列促进工业节能的总体部署和专项规划^[35]，为城市在低碳发展规划中设定工业能效目标和制定措施提供了良好基础。但是已有规划并非以城市低碳发展为指导框架，因此需要强化工业能效目标、措施与城市低碳发展目标之间的联系。

城市低碳发展规划中的工业能效目标应包括多种目标类型（表5-3）：（1）总体目标，即工业行业整体目标，例如2015年或2020年（或其他目标年）工业单位增加值能耗水平（或碳强度）以及相对基准年（如2010年）的下降率；（2）主要行业目标，即设定主要工业行业如钢铁、有色金属、石化、化工、建材、机械、轻工、纺织、电子信息等的单位工业增加值能耗、碳排放等目标；（3）主要产品单位能耗下降目标，即实物量能耗目标，如2015年吨钢综合能耗、铜冶炼综合能耗、吨水泥熟料综合能耗、乙烯综合能耗等，可以采用对标法，参照国内外先进水平设置；（4）淘汰落后产能目标；（5）管理目标，如重点用能单位能源利用状况报告上报率、重点用能单位能源审计比例、能效对标示范企业数等，以此来完善城市的能源和排放统计体系。

城市低碳发展规划中应通过明确行动计划和具体工程来推动工业能效目标的实现。

在技术节能方面，可参考已有的各级节能专项规划中的工业能效措施，例如实施工业锅炉窑炉节能改造、内燃机系统节能、电机系统节能改造、余热余压回收利用、工业副产煤气回收利用、先进适用节能技术推广等。有关能效技术信息可以参考由工信部、科技部和财政部联合组织开展和筛选的工业分行业的节能减排先进适用技术目录等。

在节能管理方面，可以通过企业能源管控中心建设、节能产品认证、能效标识制度、合同能源管理、电力需求侧管理、能源审计、开展节能咨询与节能宣传等方式，建立和完善节能服务体系，利用市场机制促进节能减排、减缓温室气体排放。

5.2节中优化产业结构和5.4节中提高能源效率的部分内容共同构成了工业低碳化领域的主要任务，发展低碳工业园区是目前中国工业低碳化领域的一项重要试点工作，综合了结构调整、能效提高、管理创新等方面的重点行动。专栏5-1对相关工作内容与政策进程进行了简介。

表 5-3 | 部分工业能效目标类型

总体目标		主要行业目标		主要产品目标	
节能目标	低碳目标	节能目标	低碳目标	节能目标	低碳目标
工业整体单位增加值能耗水平（吨标准煤/万元）	工业整体单位增加值碳排放水平（吨CO ₂ /万元）	单位工业增加值能耗水平（吨标准煤/万元）	单位工业增加值碳排放水平（吨CO ₂ /万元）	单位实物产品能耗（千克标准煤或千克标准油/吨）	单位实物产品碳排放（千克CO ₂ /吨）
工业整体单位增加值能耗相对基准年水平下降率（%）	工业整体单位增加值碳排放相对基准年水平下降率（%）	单位工业增加值能耗相对基准年水平下降率（%）	单位工业增加值碳排放相对基准年水平下降率（%）	单位实物产品能耗相对基准年水平下降率（%）	单位实物产品碳排放相对基准年水平下降率（%）

概念	低碳工业园区是在原工业园区基础上，通过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和形成低碳管理模式的方式发展而来。通过园区先行来引导和带动工业低碳发展。
意义	开展低碳工业园区建设是落实国家碳排放目标的重大举措，推动工业转型升级的重要途径，增强产业竞争力、实现工业由大变强的重要支撑。
目标	到2015年，创建80个特色鲜明、示范意义强的国家低碳工业园区试点，打造一批掌握低碳核心技术、具有先进低碳管理水平的低碳企业，形成一批园区低碳发展模式。
建设内容	（一）大力推进低碳生产。1.加快传统制造业转型升级；2.积极推动低碳新型产业的发展；3.改善工业用能结构；4.优化产业链和生产组织模式；5.制定严格的园区低碳生产和入园标准。 （二）积极开展低碳技术创新与应用。建立低碳技术创新研发、孵化和推广应用的公共综合服务平台，建立低碳技术创新和推广应用的激励机制和融资平台，推动企业低碳技术的研发、应用和产业化发展。 （三）创新低碳管理。建立健全园区碳管理制度，编制碳排放清单，建设园区碳排放信息管理平台，加强企业碳管理能力建设，强化从生产源头、生产过程到产品的生命周期碳排放管理。 （四）加强低碳基础设施建设。制定园区低碳发展规划，完善空间布局，优化交通物流系统，对园区水、电、气等基础设施建设或改造实行低碳化、智能化。
政策进展	2013年10月，工业和信息化部、国家发展改革委联合组织开展了国家低碳工业园区试点申报和评审工作 ^[36] ，于2014年5月确定了首批55家国家低碳试点工业园区 ^[37] 。

5.5 能源供给部门的低碳发展

能源供给部门的低碳发展，能够使得单位能源的碳排放降低，从源头上减少碳排放，从而实现在无需大幅度限制能源消费的情况下完成低碳发展。

能源供给部门低碳化是指降低一次能源生产，以及能源加工、转换和运输过程中产生的碳排放，主要途径包括提高能源加工、转换、运输效率，优化能源结构和发展碳捕集、利用与封存（CCUS）等。其中优化能源结构又包括发展可再生能源等非化石能源和优化化石能源结构两类途径（图5-2）。能源供应低碳化领域的重点行动如表5-4所示。

优化化石能源结构，主要途径是限制煤等单位能源排放较高的化石能源，提高天然气等单位能源排放较低的能源比例。

煤炭在目前中国能源消费中的比重较高，以煤为主的能源结构在短期内很难改变。煤炭消费不但产生了大量碳排放，同时还成为了中国大气污染物排放的主要来源，造成了雾霾等环境问题。所以短期内，一方面需要控制煤炭消费量，同时要发展超超临界、整体煤气化联合循环（IGCC）等清洁煤技术。

图 5-2 | 能源供给部门低碳发展

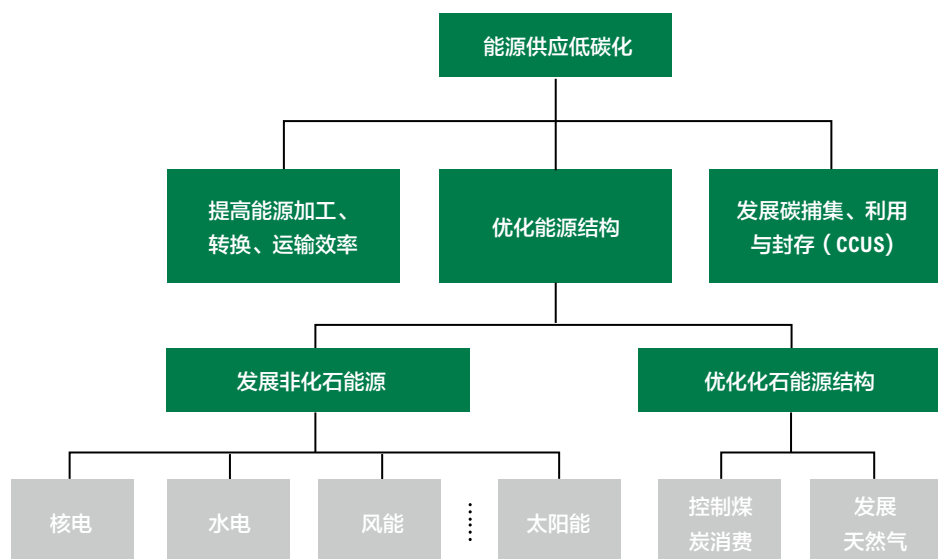


表 5-4 | 能源供应低碳化的重点行动

低碳发展途径	重点行动
发展非化石能源	水力资源丰富地区城市在生态安全和妥善安置移民前提下继续发展水电
	风力资源丰富地区大力推动陆上及近海风电开发
	太阳能资源丰富的城市推动太阳能光伏发电和光热的应用
	地热、沿海地区发展地热能、潮汐能等可再生能源
	推广城市生活垃圾有机物质等生物质能资源的利用
	发展安全高效的核电
优化化石能源结构	控制煤炭消费量，发展清洁煤技术
	大力发展天然气，提高天然气在城市化石能源供应中所占比重
	推广应用先进超（超）临界燃煤机组、循环硫化床燃煤发电、整体煤气化联合循环（IGCC）等高效燃煤发电技术
提高能源加工、转换和输送效率	鼓励电厂和热电厂等企业进行节能改造，提高供热和发电、供电效率，降低厂用电率和碳排放水平
	提高电网运行效率，完善和提高高电压等级输电技术，推进传统电网向智能电网的升级改造
发展碳捕集、利用与封存（CCUS）	鼓励燃煤电厂、供热企业等高排放能源生产企业试点碳捕集，探索资源化利用
	鼓励本地企业、科研院所进行碳捕集、利用和封存技术研究和应用示范，加强与发达国家在碳捕集和碳封存技术方面的交流合作，加快自身技术创新的步伐

推广使用天然气是世界各大城市“绿色进程”的重要一步。对于中国而言，在最终转向以可再生能源为主的能源体系的转型过渡期，天然气将发挥积极的重要作用。在目前中国城市尤其是北方城市雾霾频发的背景下，大力发展天然气，不仅能够降低碳排放，还能改善城市空气质量、提高城市蓝天数量，实现低碳发展与城市环境优化的协同效应。因此要加快城市天然气基础设施建设，保障和增加天然气来源，增加天然气对煤炭和石油的替代。积极推广天然气分布式能源系统的应用，继续拓展天然气在居民燃气供应、交通、发电、供热等领域的应用。加快天然气汽车加气站建设，优先发展天然气汽车。加快工业天然气推广，推进工业燃煤、燃油锅炉的天然气改造，推动重点园区工业用天然气的普及。

发展非化石能源的重点是根据城市的资源禀赋，因地制宜地大力发展水能、太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能等可再生能源。在国家层面，可再生能源配额制几经修订即将出台，将为各省（自治区、直辖市）及电网企业制定可再生能源电力配额指标，通过强制性政策促进可再生能源产业发展。非水电可再生能源电力，包括风力发电、太阳能发电、生物质能发电、地热发电和海洋能发电等技术都将纳入配额制考核范围。各城市应当在所在省份的指标和政策的指导下，按照城市的实际情况，因地制宜地大力发展可再生能源。在新建建筑和具备条件的既有建筑，如公共建筑、住宅楼等建筑屋顶安装光电、光热系统；在城市道路、市政公园、交通设施以及广场、车站等公共场所，推广使用太阳能LED产品。在风力资源较丰富的区域布局发展风力发电。沿海城市探索发展潮汐能、海上风电等海洋能源。此外，在安全选址、运行和管理的前提下发展核电也是发展非化石能源的一个重要方向。

提高能源加工、转换和输送效率的重点首先是提高燃煤电厂和热电厂的发电供热效率，主要途径是推广应用先进超（超）临界燃煤机组、循环硫化床燃煤发电、

整体煤气化联合循环（IGCC）等高效燃煤发电技术，推广大规模热电联产机组，鼓励电厂和热电厂等企业进行节能改造，提高供热和发电、供电效率，降低厂用电率和碳排放水平；其次是提高电网运行效率，主要途径有完善和提高高电压等级输电技术，引进利用数字化、信息化和智能化技术，加强电网配网和用户端能源监控监测与智能控制，提高电网运行效率和管理水平，降低线损率，提高输电、配电、变电设备的效率和可靠性，推进传统电网向智能化电网的升级改造。

碳捕集、利用与封存（CCUS）是一项在末端削减碳排放的重要技术，被广泛认为是应对全球气候变化、控制温室气体排放的重要技术之一，也是中国重点支持、集中攻关和示范的重点技术领域^[38]。城市主管部门可以鼓励燃煤电厂、供热企业等高排放能源生产企业试点碳捕集，探索资源化利用的可能性；鼓励本地企业、科研院所进行碳捕集、利用和封存技术研究，并因地制宜地开展应用示范；加强与发达国家的交流合作，加快自身技术创新的步伐。

5.6 发展低碳城市交通

交通部门温室气体排放由交通活动水平、交通方式构成、交通工具的能源强度、不同燃料组成对应的排放因子四类因素所决定^[39]。因此，发展低碳城市交通领域的重点行动可以分为控制交通活动水平、优化交通方式构成与运输体系组织方式、提高燃料利用效率和促进清洁能源应用四类（图5-3）。

不同发展阶段、不同规模以及不同空间结构形态的城市，其交通需求存在着显著差异，发展城市低碳交通应采取的重点行动也有所不同。根据城市人口规模，可将城市分为城区人口300万人以上、100-300万人和100万人以下三个等级^[40]，这三类城市发展低碳交通的重点行动和优先顺序存在差异（表5-5）。

图 5-3 | 决定交通部门温室气体排放的因素与低碳交通发展对策

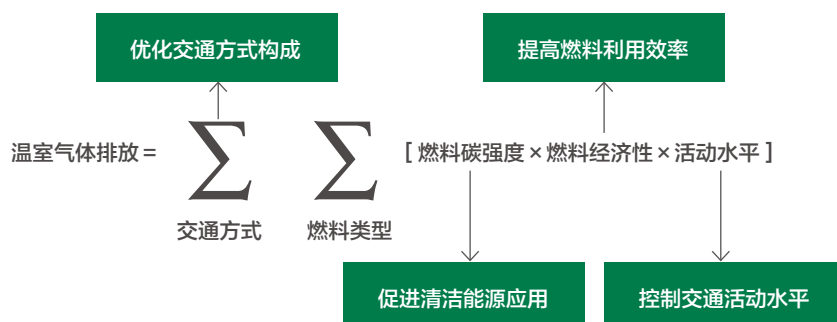


表 5-5 | 发展低碳城市交通的重点行动

城市分类	低碳发展途径	重点行动
城区人口300万以上城市	优化城市空间布局	疏解主中心过度密集的人口，发展职住平衡、功能完备的副中心与卫星城
	交通方式构成低碳化	构建以大流量快速轨道交通为主体，常规公共交通为辅助的公交体系；打造城市绿道系统，发展自行车公共租赁体系，倡导近距离出行采取非机动车交通
	加强交通需求管理	合理引导私人机动车的购置和使用，在城市中心区适当控制停车泊位供应，实施差别化的停车收费政策，发展智能交通系统
	提高交通燃料利用效率	严格执行车辆燃料消耗量限值标准，加快淘汰老旧车辆，推广应用通用型交通节能技术
	促进清洁能源应用	推广应用天然气汽车，提高电动汽车在公交车和私家车等领域的保有量
城区人口100-300万城市	优化城市空间布局	促进交通规划与土地利用规划的结合，做好具有前瞻性的科学规划，鼓励公交导向型开发（TOD）
	交通方式构成低碳化	在城市发展的过程中，应同步或提前建设公共交通系统，控制私人机动化出行增长速度，条件成熟时可在客流量较大的线路方向建设轨道交通
	加强交通需求管理	鼓励共乘交通，扶持和鼓励提供班车、校车服务，倡导低碳出行理念
	提高交通燃料利用效率	严格执行车辆燃料消耗量限值标准，鼓励公众购买小排量汽车
	促进清洁能源应用	促进清洁能源交通工具特别是电动汽车的应用
城区人口100万以下城市	优化城市空间布局	及时开展科学合理的空间布局规划，避免城市无序蔓延
	交通方式构成低碳化	尽快构建低成本、高效率常规公共交通系统，提高公共交通服务水平，培养居民公交出行习惯并使之稳固化；改善自行车、步行等出行环境，维持非机动车在出行结构中所占的较高比例
	加强交通需求管理	倡导低碳出行理念
	提高交通燃料利用效率	严格执行车辆燃料消耗量限值标准
	促进清洁能源应用	推广应用新能源汽车

城区人口超过300万的城市，一般是全国、大区域中心城市或其他省会城市。发展低碳交通的重点主要包括：

- （1）构建以大流量快速轨道交通为主体，常规公共交通为辅助的公交体系。引导私人机动化交通出行方式向公共交通转移，使中心城区公共交通占机动化出行比重达到60%以上。倡导自行车、步行等非机动车的发展。

（2）调整优化功能区布局，疏解主中心过度密集的人口，发展职住平衡、功能完备的副中心与卫星

- 城，控制出行总量，缩短出行距离。
- （3）加强交通需求管理，合理引导私人机动车的购置和使用，创新交通运输组织管理模式，发展智能交通系统。

（4）提升交通工具燃料经济性水平，促进清洁能源交通工具的应用。

城区人口在100万-300万之间的城市，通常是主要城市圈（带）中围绕特大城市的二级城市，或是城镇体系发育阶段形成的核心城市，目前正处于人口进

一步集聚、城市外延扩张较快的阶段^[41]。发展低碳交通的重点是：

- （1）促进交通规划与土地利用规划的结合，做好具有前瞻性的科学规划，鼓励以公共交通为导向的开发模式（TOD），注重发挥交通引导城市空间结构合理发展的作用，控制未来城市交通的出行总量与出行距离。
- （2）在城市发展的过程中，应同步或提前建设公共交通系统，控制私人机动化出行增长速度，条件成熟时可在客流量较大的线路方向建设轨道交通。
- （3）提升交通工具燃料经济性水平，促进清洁能源交通工具特别是电动汽车的应用。

城区人口在100万以下的城市，属于中小城市，公共交通发展水平较低，交通需求的迅速增长与私人机动车普及率的较快提升对城市交通低碳化带来较大压力。发展低碳交通的重点是：

- （1）尽快构建低成本、高效率常规公共交通系统，提高公共交通服务水平，培养居民公交出行习惯并使之稳固化。
- （2）在加快构建公交系统的同时，注重改善自行车、步行等出行环境，维持非机动车在出行结构中所占的较高比例。
- （3）及时开展科学合理的空间布局规划，避免城市无序蔓延。

5.7 发展低碳建筑

随着中国经济、社会发展和城镇化进程的持续推进，建筑部门能耗与温室气体排放量将快速增长。建筑部门能耗是指非工业生产用的建筑物内各种用能系统和设备的运行能耗，依据其功能可分为居住建筑和公共建筑两类，主要包括采暖、空调、制冷、家用电器、照明、办公设备、热水供应、炊事、电梯、通风等能耗。中国城市的行政辖区中包含农村单元，因此在城市建设低碳建筑过程中也需要关注农村建筑。

根据建筑能耗和温室气体排放特点不同，建筑用能可分为四类：北方城镇集中采暖能耗、城镇住宅除集中采暖外能耗、公共建筑除集中采暖外能耗和农村住宅能耗。

减少建筑能耗和优化建筑用能结构是建筑部门低碳发展的两大对策。减少建筑能耗的主要途径包括合理控制建筑规模、提高建筑能源利用效率、引导节约的建筑用能方式等。优化建筑用能结构的重点是推进低碳能源在建筑部门的应用，尤其是积极促进可再生能源在建筑中的规模化应用（表5-6）。

根据《中国建筑节能年度发展研究报告2014》^[43]，中国公共建筑总面积从1996年的27.6亿平方米增长到2011年的79.7亿平方米，单位面积能耗从1996年的62.0kWhe/m²增长到了2011年的75.7kWhe/m²，其在城市建筑用能结构和面积增长上都占主要地位，综合考虑各类建筑的减排潜力，公共建筑节能低碳改造将是未来主要的趋势和工作重点。



表 5-6 | 发展低碳建筑的重点行动

建筑用能分类	低碳发展途径	重点行动
北方城镇集中采暖	合理控制建筑规模	适度提高建筑容积率，发展紧凑型城市，避免城市无序蔓延
	提高建筑能源利用效率	推进北方既有住宅围护结构改造与供热计量改造，提高新建住宅建筑节能标准并实施热表计量及相关技术，推广绿色建筑[42]，高效热电联产系统及相关技术应用，工业余热供暖再利用
	引导节约的建筑用能方式	针对已实施供热计量改造的建筑，引导使用者根据需求调控室内供暖系统及温度
	优化建筑用能结构	燃气锅炉替代燃煤锅炉
城镇住宅除集中采暖外	合理控制建筑规模	适度提高建筑容积率，发展紧凑型城市，避免城市无序蔓延
	提高建筑能源利用效率	提高新建城镇住宅建筑节能标准并严格实施，推动既有城镇住宅建筑节能改造，推广基于ICT技术的住宅能源管理系统
	引导节约的建筑用能方式	鼓励居民通过自然通风调节室内热舒适性，节能的家用电器使用方式
	优化建筑用能结构	加快太阳能光电、太阳能热水器系统、水源和地源热泵等可再生能源在城镇住宅的应用
公共建筑除集中采暖外	合理控制建筑规模	适度控制新增公共建筑规模，控制大型公共建筑的新增数量
	提高建筑能源利用效率	推广被动式节能建筑设计，提高新建公共建筑节能标准并严格实施，推动既有公共建筑空调系统等的节能改造，推广公共建筑能源监测与分项计量系统
	引导节约的建筑用能方式	以发展低碳政府为示范，鼓励公共建筑使用者形成及时关闭电器和办公设备等低碳办公习惯与节能的电器使用行为
	优化建筑用能结构	加快太阳能光电、太阳能热水器系统、水源和地源热泵等可再生能源在公共建筑的应用
农村住宅	合理控制建筑规模	适度控制农村住宅建筑规模，引导集约型的农村住宅建设
	提高建筑能源利用效率	推进农村住宅围护结构改造，鼓励发展被动式太阳房，推广秸秆压缩、节能吊炕、高效土暖气、高效节能灶、地板辐射采暖系统等的的应用
	引导节约的建筑用能方式	鼓励农村居民形成节能的家用电器使用行为
	优化建筑用能结构	加快太阳能光电、太阳能热水器系统、水源和地源热泵、户用沼气池等可再生能源在农村住宅的应用

专栏 5-2 | 低碳社区试点工作

2014年国家发改委发布了《国家发展改革委关于开展低碳社区试点工作的通知》，通知对中国开展低碳社区建设试点工作进行了部署，具体包括以下几个方面的内容^[44]：

低碳社区概念

社区作为城乡居民生活的基本单元，是建设资源节约型和环境友好型社会的基础载体。低碳社区是指通过构建气候友好的自然环境、房屋建筑、基础设施、生活方式和管理模式，降低能源资源消耗，实现低碳排放的城乡社区。

低碳社区试点工作的意义

通过开展低碳社区试点，将低碳理念融入社区规划、建设、管理和居民生活之中，探索有效控制城乡社区碳排放水平的途径，是我国走新型低碳城镇化道路的重要探索，是对倡导和谐社会下低碳生活方式的重要探索，是控制居民生活领域温室气体排放过快增长的重要探索。对于实现中国控制温室气体排放行动目标，推进生态文明和“美丽中国”建设具有重要意义。

建设内容

低碳社区试点可选择在具备条件的城乡既有社区开展，也可选择在以新开发小区为主的社区开展。“十二五”时期，重点结合国家保障性住房建设、新型城镇化建设和社会主义新农村建设，开展低碳社区试点工作。主要建设内容包括：以低碳理念统领社区建设全过程；培育低碳文化和低碳生活方式；探索推行低碳化运营管理模式；推广节能建筑和绿色建筑；建设高效低碳的基础设施；营造优美宜居的社区环境。

来源：《国家发展改革委关于开展低碳社区试点工作的通知》



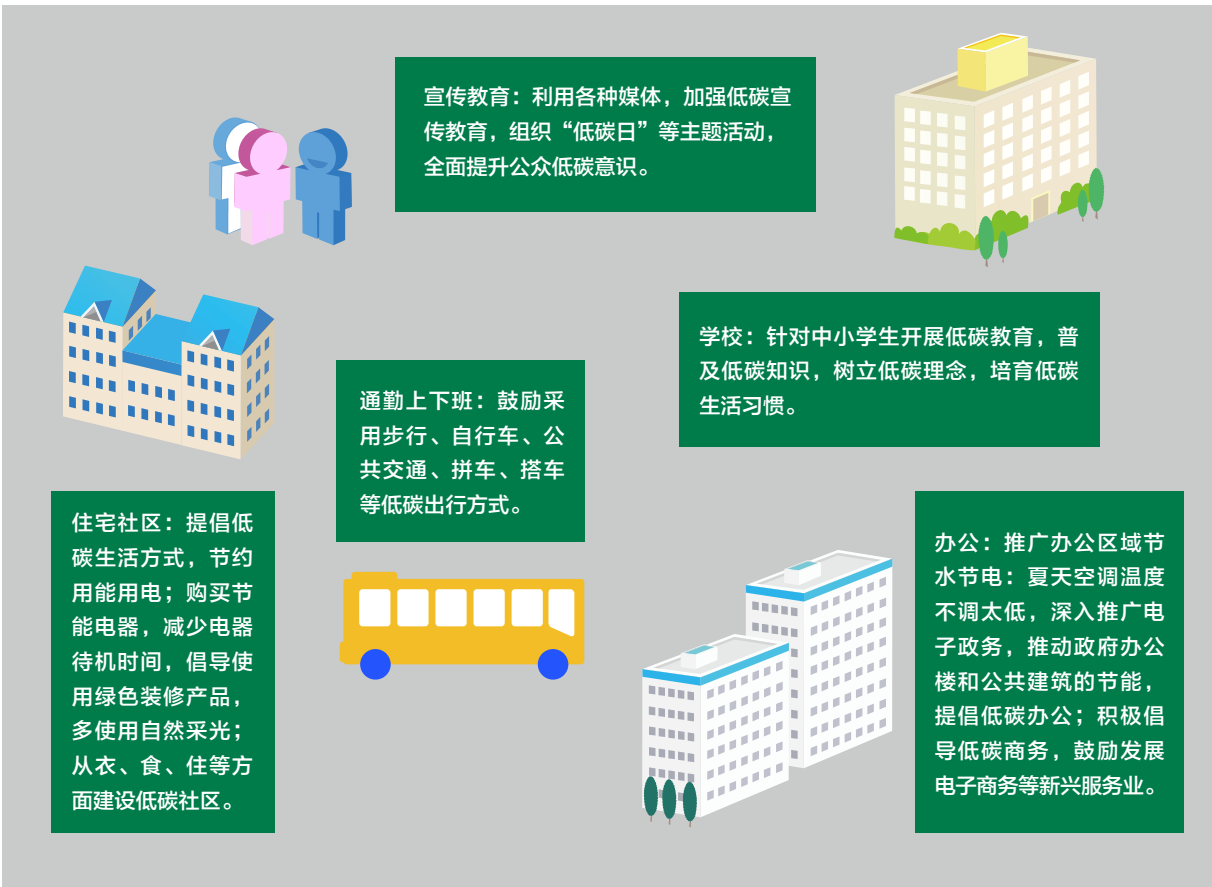
5.8 低碳生活与消费方式

倡导低碳生活方式与消费模式这一重点领域的发展目标是通过示范、宣传、教育与基于市场的经济手段等多种政策措施，充分调动社会各领域力量，全面普及低碳理念，积极引导和鼓励居民绿色消费，形成可持续的低碳生活方式与消费模式，为整个社会低碳转型奠定基础。

倡导低碳生活方式与消费模式的需要涵盖市民从起居、出行、办公等衣食住行的各方面，其主要途径如图5-4所示。

发展低碳社区是目前中国针对生活社区低碳化领域开展的一项重要试点工作，专栏5-2对相关工作内容与政策进程进行了简介。

图 5-4 | 低碳生活的主要实现途径



5.9 城市废弃物处置的低碳化

城市废弃物处置是城市温室气体排放重要来源，主要包括垃圾填埋处理产生的甲烷排放、废水处理产生的甲烷和氧化亚氮排放，以及垃圾焚烧处理产生的二氧化碳排放。

如图5-5所示，城市垃圾处置低碳化的对策是：

首先，在垃圾产生源头尽量做到垃圾减量化。通过改变产品材料设计、制造工艺和使用方法，节约各种材料使用，防止过度包装，倡导节约的生活方式等措施来减少垃圾生成量。

其次，对垃圾进行充分的回收和再利用。通过推行合理的垃圾分类，充分回收废纸、废旧塑料、破碎玻璃、金属制品、废电池等材料并进行再利用，促进城市静脉产业发展，减少对各种原材料的需求。对垃圾分类后的有机废物进行堆肥，转变成土壤附加物和肥料后加以利用。

再次，对无法再利用的垃圾进行安全高效的焚烧处理，尽量减少二氧化碳排放，充分利用垃圾焚烧发电。

最后，对于必须以填埋方式处理的垃圾，按照卫生填埋的标准建设垃圾场，并配套建设垃圾填埋气发电装置，对填埋气进行有效收集、合理利用。

城市废水低碳化处置的对策是：

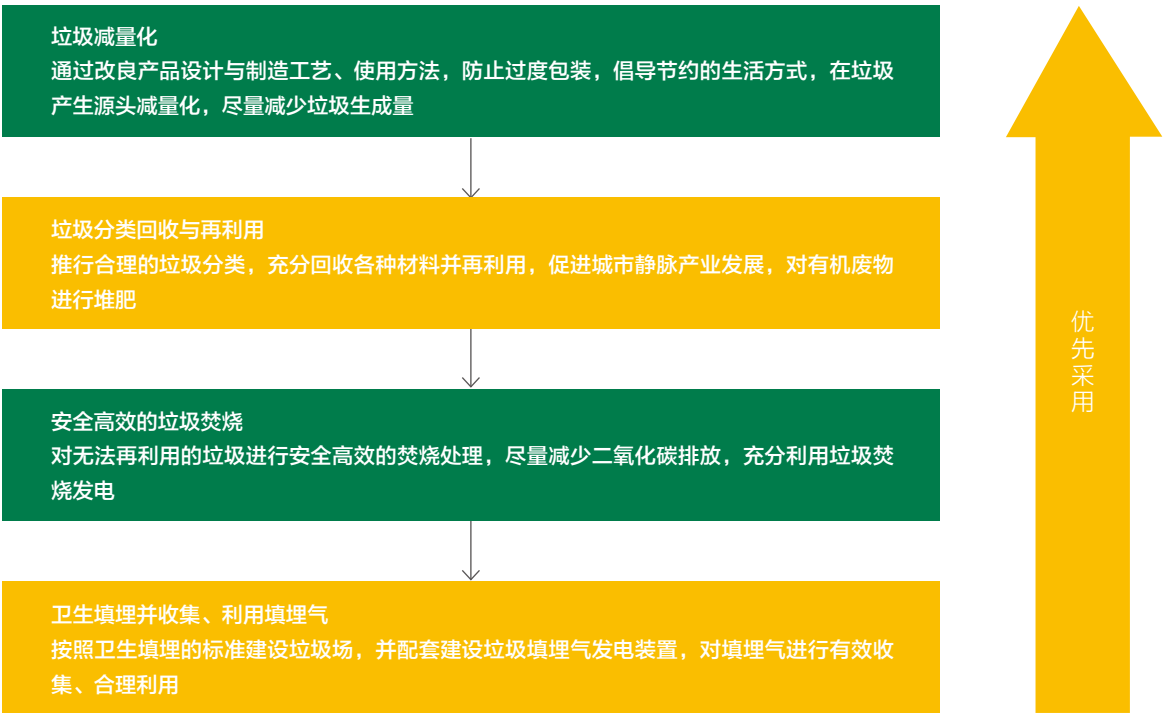
首先，推广节水设备与器具，通过需求管理政策与宣传教育手段激励或倡导节水的生活方式与生产方式，提高水资源利用效率，从源头减少污水生成量。

其次，推广雨水收集与中水回用，供给农业灌溉或工业回用以及地下水或江河湖泊水体的水量补充等，实现雨污分开处理。

再次，提高污水集中处理率，由城市排水管网汇集污水并输送到污水处理厂进行集中处理，对产生的甲烷进行回收利用，避免依赖下水道或化粪池现场处理而厌氧降解产生更多的甲烷。

最后，对污水处理后的污泥进行低碳化处置。推行“生物堆肥+土地利用”和“厌氧消化+沼气发电”等处理工艺^[45]，对污泥进行处置并进行资源化利用。

图 5-5 | 城市垃圾处置低碳化的对策



5.10 控制工业生产过程温室气体排放

工业生产过程排放是指原材料在工业生产过程中除燃料燃烧之外的物理或化学变化造成的温室气体排放。根据《“十二五”控制温室气体排放工作方案》，控制工业生产过程的温室气体也是减缓气候变化的重要行动。根据《中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报》，在不考虑土地利用变化和林业部门的情况下，

2005年中国工业生产过程的温室气体排放量为7.67亿吨二氧化碳当量，占温室气体排放总量的10.26%，其中水泥生产、一氯二氟甲烷生产、石灰生产和钢铁生产四个行业相加约占工业生产过程温室气体排放总量的85%（表5-7），是控制工业生产过程温室气体排放的重点行业。

表 5-7 | 2005年中国工业生产过程温室气体排放（单位：百万吨二氧化碳当量）

排放源	CO ₂	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	排放总量
水泥生产过程	411.7					411.7
石灰生产过程	85.6					85.6
钢铁生产过程	47.0					47.0
电石生产过程	10.3					10.3
石灰石和白云石使用	14.0					14.0
己二酸生产过程		18.5				18.5
硝酸生产过程		14.5				14.5
铝生产过程				5.5		5.5
镁生产过程					0.5	0.5
电力设备制造和运行					9.9	9.9
半导体生产过程			0.1	0.2	0.1	0.3
一氯二氟甲烷生产			106.3			106.3
臭氧消耗物质替代生产和使用			42.5			42.5
总排放量	568.6	33.0	148.9	5.7	10.4	766.6

数据来源：国家信息通报. 2013. 《中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报》. http://qhs.ndrc.gov.cn/zcfg/201404/t20140415_606980.html

表 5-8 | 分行业的主要措施

行业	措施
水泥	用电石渣、造纸污泥、脱硫石膏、粉煤灰、矿渣等固体工业废渣和火山灰等非碳酸盐原料替代石灰石生产水泥熟料等原料替代技术；高炉渣和粉煤灰等作为添加混合材料生产水泥等改进生产工艺过程
石灰	改进生产工艺；减少石灰土窑数量，推广新型石灰窑
钢铁	采用废钢电炉炼钢—热轧短流程生产工艺
电石	改进生产工艺
己二酸生产过程	采用催化分解和热氧化分解处理己二酸生产过程的氧化亚氮排放；改进生产工艺
硝酸生产过程	采用二级处理法和三级处理法处理硝酸生产过程的氧化亚氮排放
铝生产过程	推广有色金属冶炼短流程生产工艺技术等
镁生产过程	推广有色金属冶炼短流程生产工艺技术等
电力设备制造和运行	改进生产工艺
一氟二氟甲烷生产	采用热氧化法对 HFC-23 进行捕获和清除
臭氧消耗物质替代生产和使用	改进生产工艺
半导体生产过程	改进生产工艺

控制工业过程温室气体排放的主要措施除了淘汰落后产能、适当控制产量，主要方式是替换原料和改进生产工艺（表5-8）。

5.11 生态建设与碳汇

城市生态系统是城市居民与其环境相互作用而形成的统一整体，也是人类对自然环境的适应、加工、改造而建设起来的特殊的人工生态系统。城市生态系统不仅能提高城市应对气候变化的适应性，还能利用碳汇减少温室气体排放。

碳汇是指自然界中碳的寄存体，主要是指城市中绿色植物通过光合作用吸收、固定大气中的二氧化碳，并将大气中的温室气体储存于生物碳库。城市植被在维持

大气的碳氧平衡、降低热岛效应、净化和美化城市环境等功能方面是城市其它生态系统元素无法替代的。充分利用城市森林的固碳增汇作用，提高森林覆盖率与森林蓄积量是成本低、见效快的低碳发展措施。

保护城市碳汇的重点行动^[46]主要包括：通过植树造林等行动增加绿色植被面积，提高森林覆盖率以增加森林蓄积总量；通过林分改造等行动提高植被质量，以增加单位面积森林蓄积量；加强绿色生态区防护及管理，加强林地用途管制，提高林业经济效益等方面保护已有的碳汇资源。

由于地域、气候、水文等差异，不同城市的生态与碳汇基础有显著的不同，根据城市的自然条件，可将城市分为农林业为主的城市、一般以城市化为主的城市和临海城市三类。这三类城市发展城市生态和碳汇的重点行动和优先顺序存在差异（如表5-9所示）。

表 5-9 | 不同类型城市城市生态与碳汇重点行动

城市	简述	重点行动
农林业为主的地区	一般是有自然保护区，工业相对不发达，地理位置相对较偏僻的中小城市，其森林覆盖率已非常高。发展城市生态与碳汇的重点行动侧重于管理与保护已有的碳汇资源	在遵守森林生态的国家级和省级法律法规的同时，根据本地情况，酌情制定更为严格的法规 and 规定；此外加大执法力度，为城市、地区和森林生态相关部门建立联合执法机制，防治非法采伐和非法征用、占用林地。
		加强林地用途管制，制定林地分级保护规划、森林资源保护规划、节约使用林地规划、占用征收林地规划等。
		逐步建立和完善有利于碳汇林业发展的生态补偿机制，同时加快林业产业结构调整步伐，全面推进集体林权制度改革工作。通过提高林业的经济效益，以提高保护林业资源的积极性，从而更好地保护碳汇资源。
		加强对城市已有林分的管理，从重视林分数量向重视林分质量转变。通过修剪、打薄、振兴和补植等手段改造和优化现有林分，提高林地生产力和固碳能力。
以城市化为主的城市	一般是大型中心城市或二级城市，其碳汇资源相对并不充裕的城市。发展城市生态与碳汇的重点行动偏重于增加城市植被面积。	坚持植树造林，积极创建森林建设项目、城市绿化项目。建立都市核心区绿色生态网络体系，通过点、线、面的有机结合，整合城市和农村地区的碳汇资源。
		坚持种管并重，严格按照造林设计标准抓好施工，采取统一培育或委托培育方式保证新种树苗的质量，提高森林资源总量，增强碳汇能力。
		通过多种媒体宣传森林和生态知识，增加公众对林业生态建设的认识，加强公众保护森林资源的活动。
临海城市	除林地之外，主要城市碳汇为海岸湿地。	对于林地的保护行动与以城市化为主的城市相同。
		对于海岸湿地的重点行动在于保护湿地不受污染，强化湿地的监测、预警、约束和处罚，加强湿地的保护宣传及科学研究等保护行动。

表 5-10 | 城市低碳发展规划项目库示例

重点项目	直接来自各部门和重点领域的项目	传统产业的低碳化改造项目	低碳型服务业发展项目	低碳型产业发展项目
示例	高技术低碳船舶和10万吨级以上船舶设计和制造项目 燃气管网改造工程 热电厂及配套管网改造工程 公交专用道建设项目 公交场站建设项目 供热分户计量改造工程 汽车用加气站建设项目	钢铁技改项目 炼油工程的配套节能项目（如100万吨/年石油焦化制甲醇项目） 城市道路绿色照明示范工程 燃煤锅炉（工业窑炉）、电机系统改造工程 发电厂扩建项目及配套节能项目 公交车辆节能改造项目	推动能源合同管理、节能减碳咨询服务、碳金融服务、科技信息、投融资、减排认证、碳排放权交易等节能环保低碳服务发展的项目	风力发电项目 太阳能研发中心项目；垃圾发电项目；秸秆发电项目；农村沼气池建设项目 海浪发电项目；波浪能发电站工程 LNG项目 热泵项目 地热项目 地铁工程项目

5.12 重点项目与关键技术

城市低碳发展目标要落到实处，最终需要依赖于具体项目的实施与关键技术的应用。根据不同来源以及对城市低碳发展的直接或间接作用，可以将城市低碳发展的重点项目分为四类（表5-10），项目来源、筛选方法如下：

第一类：直接来自各部门和重点领域的项目。来自发改、工信、交通、建筑、环保等各部门现有的项目库，如产业结构调整项目、生态建设项目、环保项目、能源发展项目等。这些项目虽然未必直接带来温室气体

减排，但其单位增加值排放远低于传统行业，能够大大促进经济增长，起到降低单位GDP碳强度的效果，例如发展旅游、商务等服务业，发展战略新兴产业；或者能起到支撑低碳技术应用、鼓励低碳消费方式等作用，例如智能电网、供热分户计量改造等项目。在筛选重点项目时，需要对各个项目的低碳效果进行评价，根据各个项目是否具有低碳效应、低碳效果大小进行判断、分类和排序，最终确定重点项目。

第二类：传统产业的低碳化改造项目。这些项目主要与节能减排工程相关，如节能技改、CCUS、上大压小、淘汰落后产能、工艺改造等。在选择重点项目时，可以通过比较国内外能效技术差距，或者与国内先进水平的差距，采取对标法，识别各个低碳化改造项目的减排潜力和成本，基于各项目可带来的减排贡献和成本确定重点项目。

第三类：低碳型服务业发展项目。低碳型服务业可以帮助生产性企业核算排放总量、识别排放来源和减排潜力，制定减排方案。例如合同能源管理行业、排放核算机构等。低碳型服务业还能提供低碳认证、减排量核证、低

碳标准设计、低碳投融资以及其他服务，成为低碳政策执行、低碳市场发展的推动力与催化剂。发展这类项目，可为减排主体实现低碳发展目标提供信息和技术支撑，加速低碳市场建设，为实现城市低碳发展目标提供有力保障。在筛选这类项目时，需要考虑各城市条件与各低碳型服务业项目的匹配程度和贡献大小来确定重点项目。

第四类：低碳型产业发展项目。包括太阳能发电、风能发电、潮汐发电、生物质能发电、核电等能够直接带来低碳效应的产业发展项目。这些项目的选择和确定需要考虑当地资源和条件，如太阳能资源、风能资源、可利用的土地资源情况、生物质来源情况等来设计专门的项目。

很多项目都与特定的技术应用相关，因为实现减排的技术多种多样，所以需要在备选技术中筛选出最佳技术。根据2014年7月发布的《国家重点推广的低碳技术目录》（征求意见稿），在筛选低碳技术时，可从技术、经济、社会三个层面（一级指标），结合更具体的指标（二级指标），对技术进行评估、比较和选择（表5-11）。

表 5-11 | 可供参考的技术评估筛选指标

一级指标	二级指标	含义
技术价值	技术合理性	技术减碳机理、实际减碳效果；以行业内同类技术的相关参数作为基准线对关键参数进行对比
	技术先进性	在行业内与同类技术水平相比，具有较好的技术参数及性能，一般至少应达到国内先进水平
	技术适用性	技术推广难度、技术的可复制性、与其他技术的匹配程度和实用性等
	碳减排潜力	技术未来在行业内能达到的推广比例以及能够形成的碳减排潜力
经济价值	静态投资回收期	在不考虑资金时间价值的条件下，以技术的净收益回收其全部投资所需要的时间
	碳减排成本	减排每吨二氧化碳当量需要投入的成本
社会价值	环境影响	与同类技术相比，在减少对环境损害方面的效果
	劳动就业	技术达到预期推广比例时，可为社会提供的新增就业岗位数量

来源：国家发展和改革委员会,2014年7月.《国家重点推广的低碳技术目录》（征求意见稿）http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201407/t20140725_620055.html

5.13 低碳技术研发、示范与推广应用

低碳技术创新和推广应用是应对气候变化和产业转型升级的重要手段。城市低碳技术研发、示范与推广应用情况将直接影响城市各行动减排潜力实现的可能性。

低碳技术的发展分五个阶段，分别是基础研究、研发、示范、推广和商业化应用（图5-6）。对于不同发展阶段的技术，要根据其发展现状和面临的障碍，制定不同的政策。对于部分有重点国家实验室、企业研发机构的城市，工作重点是推动低碳技术创新和研发，其他

城市的工作重点应是低碳技术示范与推广应用。

针对各发展阶段的低碳技术促进措施如表5-12所述。总体来说,政策要适应技术的发展阶段,解决关键障碍。对于处于基础研究期的技术应当建立组织机制并加大研发经费投入;对于处于应用研发期的技术应当推动企业创新行为和能力建设,并为未来技术产业化打好基础;成熟技术应当为技术推广创造市场和产能的准备,同时大力推动引进技术本土化和再创新进程;商业化技术则要通过政策创新解决市场缺陷导致的障碍。

图 5-6 | 低碳技术发展阶段

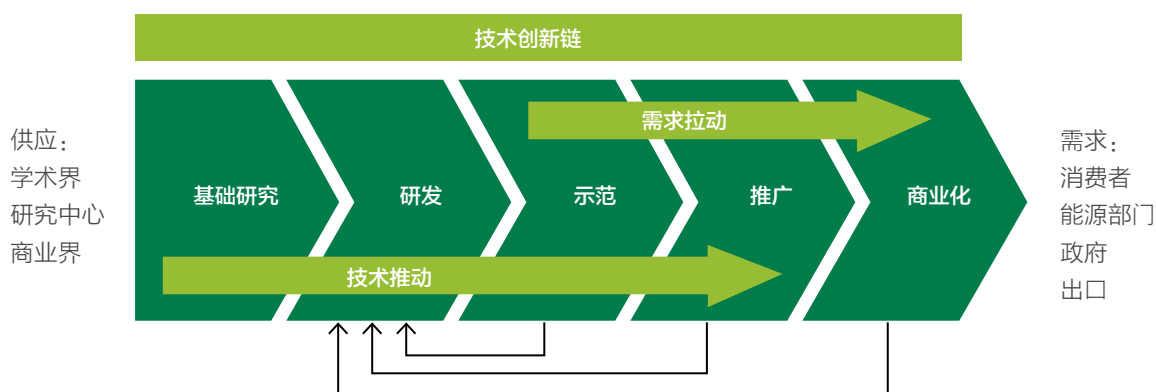


表 5-12 | 分技术发展阶段的促进措施

技术的发展阶段	主要措施 [47]
处于基础研究期 (但未来有巨大应用潜力的技术, 如核聚变、海洋能、CCUS等)	充分发挥相关国家重点实验室、国家工程技术研究中心、产业技术创新战略联盟创新平台和企业研究机构的作用, 在国家财政支持基础上, 城市进一步提供相关辅助支持, 包括土地、基础设施、资金支持、创造有利环境等
处于应用研发期 (已进行了少量示范的技术, 如电池电动汽车、氢燃料电池汽车、新型薄膜太阳能电池和海上风电等技术)	企业是此类技术创新和扩散的主体, 政策应致力于推动企业创新行为和创新能力建设, 并为未来技术产业化打好基础。提升企业作为科技创新主体的创新能力, 完善低碳技术政策、措施和推进机制, 为企业技术研发提供资金激励。加强产学研合作, 积极组织减排企业与市内外高校、科研院所合作, 共同开展低碳技术与开发。
处于大规模推广示范 (包括提高车辆燃油效率、改进现有风能和太阳能技术以提高其经济性、改进工艺以提高LED照明的发光率和寿命等)	此类技术主要通过市场竞争来占有市场并实现成本下降, 对于近期不具备市场竞争力但出于减排考虑而需求迫切的技术, 政府需要进行扶持, 例如实施一批低碳技术示范项目, 形成一批低碳技术创新示范产业, 提高低碳关键产品或核心技术研发、制造、系统集成和产业化能力。
已经具备经济性并实现商业化 (如超超临界发电技术和各类已经商业化的能效技术)	坚持以市场为导向, 辅以相关政策, 快速推动此类技术的大规模商业化应用。政策包括: 制定和完善低碳技术标准体系, 推动建立低碳技术和产品的检测认证服务机制, 促进形成技术服务政策环境、投资环境和产业环境。市政府还可以参考国家有关低碳技术推广目录, 结合本市产业部署, 确定适合本市行业结构的低碳技术推广目录, 筛选一批减排效果显著、产业化前景好的关键技术进行推广。