

# 城市低碳发展路线图编制: 技术要素与改进建议

庄贵阳<sup>1</sup> 周枕戈<sup>2</sup>

(1. 中国社会科学院城市发展与环境研究所, 北京 100028; 2. 中国社会科学院研究生院, 北京 102488)

**摘要** 着力推进低碳发展是中国特色新型城镇化建设基本要求之一。研究制定城市低碳发展路线图是系统推动控制本地区温室气体排放、建设低碳城市的必要条件。城市低碳发展路线图是根据城市市情, 结合国家和地区发展战略, 通过规划技术和解决方案, 对城市发展转型所制定的低碳战略目标、发展规划、重点部门(行业)行动方案的全景式描述。低碳发展路线图的制定一般需要六个步骤, 即了解温室气体排放现状, 分析未来的排放情景, 设定低碳发展目标, 给出重点领域行动方案, 评估技术/项目减排潜力, 提出实施保障措施。本文根据城市低碳发展路线图编制实践, 从部门管理的现实需求出发, 建立了温室气体清单“七部门”的编制分析结构, 使其与低碳发展重点领域, 即 IPCC 七大重点减排领域对接, 并将部门(行业)低碳适用技术需求评估纳入城市低碳发展路线图编制。为了促进温室气体排放清单和低碳适用技术需求评估更好地纳入城市低碳发展路线图编制, 特提出三点改进建议: ①发挥温室气体清单最核心的直接功能, 需改进清单工具分析质量, 科学、系统地分析城市温室气体排放的时间分布、部门分布, 为城市低碳发展路线图制定和低碳发展决策服务。②发挥温室气体清单为规划、考核和决策服务的衍生功能, 需要提升温室气体清单编制质量与时间序列上的连续性。③发挥温室气体清单的衍生功能, 需要把改进的温室气体清单、低碳适用技术需求评估纳入低碳发展路线图编制之中。

**关键词** 温室气体排放清单; 低碳发展路线图; 低碳技术需求评估; 城市

中图分类号 X21 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2016)01-0016-07 doi: 10.3969/j.issn.1002-2104.2016.01.003

城市是应对气候变化、发展低碳经济的主要载体。许多城市都是通过制定城市低碳发展路线图(或规划和实施方案)引领本地区低碳发展和应对气候变化工作<sup>[1-4]</sup>。然而, 从低碳城市建设实践看, 虽然温室气体排放清单在国内城市低碳发展路线图编制中越来越受到重视, 但普遍缺乏建设项目与工程减排潜力评估和技术需求评估的内容。即便路线图的编制利用了清单编制的结果, 很多清单报告的结果对于部门(行业)目标的确定不能给予科学支撑, 从而, 一定程度上影响了低碳发展路线图实施效果。因此, 为了促进低碳发展路线图的科学编制和有效实施, 需要把温室气体排放清单、低碳技术需求评估的方法与低碳发展路线图的编制内容和要求协同统一, 即改进温室气体排放清单分析方法, 把低碳适用技术评估纳入城市低碳发展路线图的情景分析和低碳发展潜力评估环节, 以提高城市低碳发展路线图指导效能, 服务于城市低碳发展目标的实现。

## 1 城市低碳发展路线图编制的技术要素

城市低碳发展路线图是根据城市市情, 结合国家和地区发展战略, 对城市发展转型所制定的低碳战略目标、发展规划、重点领域(部门)行动方案的全景式描述<sup>[1-2]</sup>。如何建立碳排放核算框架、设定一定时期内温室气体减排目标、制定本地区行动方案, 以及对减排方案的实施效果进行监测评估是国内外研究的主要关注点<sup>[1-5]</sup>。然而对于如何促进城市低碳发展路线图“落地”缺乏有效的解决办法。尤其是对排放清单和低碳发展部门职能不尽对接、“技术/项目减排潜力评估缺失”等问题在低碳发展路线图的编制技术上没有得到很好的解决。总体来看, 城市低碳发展路线图的编制与实施一般需要从了解城市当前碳排放现状开始, 通过研究城市未来中长期的碳排放情景设定减碳目标, 进而编制重点领域行动方案, 评估技术/项目减排潜力, 提出政策建议和保障措施。

收稿日期: 2015-07-17

作者简介: 庄贵阳, 博士, 研究员, 博导, 主要研究方向为低碳经济与气候变化政策。

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(编号: 2011BAJ07B07); 中国社会科学院城市发展与环境研究所创新工程项目; 中国清洁发展机制基金赠款项目(编号: 2012008)。

### 1.1 城市温室气体排放核算

对城市温室气体排放进行核算和编制温室气体排放清单,一是为了清晰了解本地区温室气体排放部门(行业)状况,为应对气候行动提供基本定量数据支撑,二是有助于监测评估低碳城市建设进展。从国家层面到省级层面和城市层面,进行温室气体排放核算主要参考的方法学中,IPCC 温室气体清单编制指南推荐的参考方法和部门方法在不同方法学研究中均有所包含<sup>[6]</sup>,《省级温室气体清单编制指南》方法学<sup>[7]</sup>(以下简称《省级清单》)和《ICLEI 指南》方法学<sup>[5,8]</sup>是中国城市温室气体清单编制研究参考的重要方法;然而,由于编制模式、编制定位、清单框架、清单边界和适用范围不同,以上方法学在城市层面温室气体核算应用中既有适用性,也有局限性<sup>[9]</sup>。《中国温室气体清单研究》提出了改造能源平衡表的创新工作方法<sup>[10]</sup>,以适应清单编制工作需要。《中国城市温室气体清单核算工具指南》<sup>[11]</sup>在借鉴《省级清单》基础上,结合城市温室气体排放源和汇的特点,提出了适用于编制城市温室气体清单的方法。总体上,根据行政管理和温室气体减排行动需要,编制城市温室气体清单,为制定减排行动目标、衡量减排行动效果、开展碳排放试点交易提供数据和量化支撑。

### 1.2 城市温室气体排放情景分析

碳排放情景分析主要是通过情景描述、参数设定和量化模型工具进行一定时期内能源消费总量和温室气体排放总量的估算。其中,情景描述是根据与温室气体排放相关的经济增长、能源消费等宏观影响因素,设定不同排放情景,以全面反映所研究客体一定时期内温室气体可能的排放情形,通常包括为情景描述提供分析基准点的常规情景(BAU)、低碳情景和强化低碳情景;相关参数主要包括本地区国内生产总值、国内生产总值增长率、产业结构水平、人口水平、城镇化率和能源结构等宏观经济指标和政策参数指标,部分模型中还考虑主要工业产品产量、环境保护、清洁能源、交通和建筑等领域相关物理表征指标和技术水平指标的数值;中国综合政策评价模型、能源和气候经济学项目技术优化模型、环境影响评价模型、环境影响评价拓展模型和随机环境影响评估模型、指数分解模型是情景分析中确定温室气体减排目标的常用工具<sup>[4,12-16]</sup>。以综合政策评价模型(IPAC)为例,通过围绕国内生产总值及其增长率、产业结构水平、人口和城市化水平设置了基准情景、低碳情景和强化低碳情景进行情景描述,通过统筹考虑不同程度的经济规模、产业结构、能源结构、环境减排和重点技术进步情况进行参数量化、拟合和校正,以描述相关宏观经济变量与温室气体排放(主要是二氧化碳)的时间序列关系,为目标地区整体上

低碳发展潜力描述和低碳发展目标设定提供客观参照<sup>[12]</sup>。

### 1.3 设定城市低碳发展目标

在温室气体核算基础上,可通过中长期的碳排放情景分析和减排潜力评估设定城市低碳发展目标集。城市低碳发展目标设置有两种类型,一是通过城市建设专项规划提出低碳发展的绝对减排目标,如伦敦以1990为基准期,通过《伦敦气候变化行动指南》和《伦敦规划2011》提出“至2025年比1990年标准减排60%”的总量减排目标;二是通过制定城市应对气候变化规划、低碳城市建设行动方案提出具有经济发展方面碳生产力和福利绩效含义的相对量减排目标,如我国试点城市大多以2005年和2010年为基准期在低碳城市试点方案中提出了具有碳减排物理效率和经济效率双重含义的相对减排目标——强度目标。整体上,考虑到我国仍处于工业化中后期、城镇化30%—70%的快速增长区间,应结合城市碳排放总量、人均碳排放量和碳排放强度有顺序达峰的城市低碳发展演变规律<sup>[17]</sup>在时间序列上遵循国家“2020年单位GDP二氧化碳排放比2005年下降40%至45%”的强度目标管理原则,结合低碳城市工作深入开展需要,探索2020—2030年总量控制目标管理方法,为城市低碳发展目标确立和政策制定提供参考。

### 1.4 编制重点领域行动方案

从理论研究和全球经验观察看,清晰的部门界定和划分,为部门(行业)减排方案制定建立了更为科学的依据<sup>[18-19]</sup>。从加强和提高城市低碳发展管理能力方面看,低碳城市建设方案中经常有一个城市低碳发展的总目标,城市减排目标和任务需要落实到能源供应、建筑、交通、农业、工业、林业、废弃物处理等具有减少温室气体排放潜力的国民经济行业和部门。温室气体排放清单报告五部门排放结构中,能源活动包括了来自工业、交通、建筑和农业部门(行业)产生的直接排放和间接排放,加上工业生产过程、农业、土地利用变化和林业、废弃物处理等部门(行业)与全球经验观察保持一致;然而,编制部门行动方案需要了解部门的温室气体排放量,现有的清单编制方法学往往不能给予直接的支持。由于城市化模式和发展阶段不同,使得每个城市的低碳发展重点领域有所不同;借鉴其他城市的发展经验和温室气体排放结构,不利于科学识别城市低碳发展重点领域,进而不能在城市低碳发展过程中,从盘活存量、优化增量、避免高碳锁定效应<sup>[20-21]</sup>的视角为部门(行业)低碳工作方案制定提供可比性的量化数据支撑。

### 1.5 评估技术/项目减排潜力

城市低碳发展是一个从局部地区和部门(行业)开

始,探索新的增长模式和新的发展业态与经济增长点的过程,评估低碳技术/项目减排潜力是城市低碳发展路线图“规划—实施—评估—改进”的编制方法学中一个重要环节,也是以能力建设和低碳技术创新驱动城市低碳发展的重要着力点。《国家应对气候变化规划(2014—2020年)》提出了能源、工业、交通、建筑、农业和林业领域的技术大类及其研发方向。能源供应、建筑、交通、工业、农业、林业、废弃物处理七大部门通过“无悔行动”在低碳适用技术应用方面具有控制温室气体排放和提高部门经济效率的双重红利效应<sup>[19-22-23]</sup>。关于低碳发展路线图如何落地,代表性的研究多集中于国家和区域层面<sup>[23-25]</sup>,一是通过碳排放强度指标变化情况表征城市技术进步水平和目标年温室气体减排水平;二是通过减排情景设置,分析不同技术条件下(比如技术进步速度)减排政策的宏观经济影响和成本有效的技术需求,制定技术路线图;三是相对于工程减排、结构减排、管理减排,分析技术在节能与减排中贡献率。整体上,以上研究中基于宏观数据的优化与均衡效应的检验分析更适用于大型经济体低碳技术发展方向研究判断,同时也需要围绕减排工程和行动中“新项目、新技术可能带来多少排放量,有多大减排潜力”问题,评估低碳适用技术的减排潜力,还要评估拟建项目的排放影响,这不仅是优化路线图编制的重要内容,很大程度影响部门低碳发展目标设置的科学性。

#### 1.6 提出政策建议和保障措施

政策和机制是保障城市低碳发展总体目标和行动方案得到执行的“总开关”。虽然各国家和地区在推动城市低碳发展方面尚未有通用的“一揽子政策方案”或模式,但优化能源结构、调整产业结构、推广低碳建筑、提倡低碳交通、推动生活方式低碳化都是国内外城市编制低碳发展路线图、制定低碳发展政策的基本着力点。国内试点省市低碳发展政策主要围绕加强规划引领、完善低碳规划实施体系和配套政策、优化经济结构和促进产业低碳发展、开展统计监测和温室气体清单编制等能力建设,推进低碳消费和低碳生活等方面展开,避免基础设施的高碳锁定效应并加强适应管理,建设低碳韧性城市<sup>[21]</sup>。从政策角度,一是需要在凝聚共识基础上,组织上明确工作程序,范

围上确定地理边界和温室气体类型,设定科学合理的核算精确度<sup>①</sup>,做好规划引领;二是一个高质量的城市低碳发展路线图要以城市温室气体清单为基础,并能够给出低碳技术(项目)应用建议;三是建立和完善低碳发展工作目标问责机制和绩效考核机制,构建和完善“政府主导+市场配置+企业主体+社会协同”的治理格局,靠法制把一张蓝图绘到底,提高本地区绿色低碳发展水平<sup>[26]</sup>。

## 2 改进低碳发展路线图编制的技术路线

根据上节对低碳发展路线图编制技术要素的总结评述,对城市温室气体排放进行核算、评估低碳技术需求是两个最重要环节。城市温室气体清单可作为碳核算工具,为城市低碳发展决策制定提供量化管理依据,低碳技术的应用为城市低碳发展“提质增效”提供技术支撑。从低碳发展路线图的主体要素方面看,清单核算结果如何与部门减排目标和低碳适用技术需求评估对接,尚未见到很好的案例。试点城市的低碳实施方案基本都没有给出部门的低碳目标,城市低碳发展规划、部门(行业)行动方案制定、温室气体清单编制作为试点政策主要内容,需要提高方法上的协同。因此,温室气体清单编制工作对低碳发展规划的支撑作用有待进一步开发。如何把温室气体清单和低碳适用技术需求评估纳入城市低碳发展路线图,如何识别城市低碳发展重点部门(行业)、改进清单分析报告、评估重点部门(行业)技术减排潜力是关键。

### 2.1 低碳发展路线图编制的技术要素优化

从城市低碳发展路线图编制步骤设置上看,温室气体清单编制是了解城市温室气体排放的主要核算工具。然而当前温室气体清单的编制结构不能完全适应低碳城市建设工作开展和提高能力建设需要,主要表现为基于清单分析的低碳发展重点领域识别与低碳工作开展中低碳发展部门管理缺乏对接;另一方面,一个高质量的低碳城市建设监测评估指标体系<sup>②</sup>要以城市温室气体排放核算为基础,并能够给出城市低碳发展能力建设、政策制定和评价方面的建议。

① 温室气体核算方法有方法1、方法2和方法3。其中,方法1最简便,使用的排放源数据和排放因子包括默认的排放因子(例如IPCC参考值)、国家或国家平均人均能源消费量、国家或国家居民人均固体废弃物产生量、国家甲烷回收量平均水平等。方法2中特定国家排放因子主要是考虑到每个国家的具体情况,能够使得温室气体排放源估算结果契合城市温室气体排放特点,对城市低碳规划起到科学参考作用。方法3准确度高,能够比较准确的反映城市温室气体排放状况,满足统计、监测和考核的需要,也切实满足城市低碳规划和低碳建设的需求。

② 当前低碳城市建设评价指标体系主要有:在概括建筑、交通、工业等重点部门(行业)和城市空间形态低碳发展特征基础上,基于脱钩理论和不同排放情景分析,构建评价指标体系,为城市部门低碳工作开展提供指导借鉴;在概括分析低碳城市特征基础上,通过主要指标分析方法和复合指标分析方法,构建低碳城市评价指标体系,为城市低碳工作开展提供指导借鉴,相对于温室气体排放清单评价工具,在指标的选取与参数设置上具有不同程度的主观性。

为了把清单结构分析和技术需求评估科学融入低碳发展路线图编制中,提升路线图的编制质量,需要改进和优化路线图编制的技术要素,把温室气体排放清单核算和低碳适用技术需求的部门(行业)评估纳入城市低碳发展路线图,理顺技术路线:①从部门(行业)细分视角改进温室气体清单分析报告(五部门转化为七部门),与城市低碳发展部门管理和 IPCC 七大重点减排领域对接。②通过情景分析设定部门和细分行业低碳发展目标。③在识别城市低碳发展重点部门(行业)基础上,评估重点部门(行业)技术减排潜力和技术需求是优化和提高城市低碳发展路线图编制的科学性和指导效能的关键,具体请见图 1 所示。

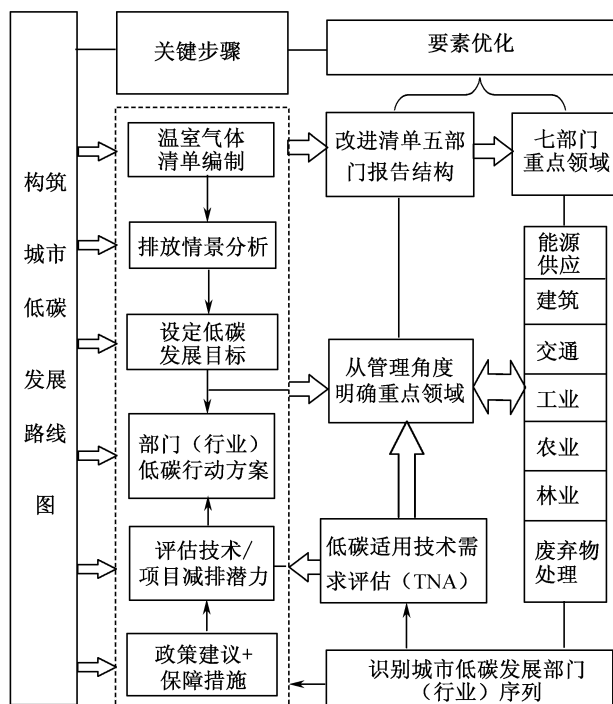


图 1 优化城市低碳发展路线图编制的技术路线

Fig. 1 An optimal technical guideline for developing low-carbon city development roadmap

## 2.2 根据低碳发展重点领域改进清单报告

城市温室气体清单的直接功能是对各部门的温室气体排放进行核算,主要是“摸家底”。根据世界资源研究所的调查,城市编制温室气体清单是出于“上级政府要求”,而“支持低碳发展规划”是第二大原因<sup>[27]</sup>。即使有全面、完善的排放清单分析报告,当前五部门的清单编制结构不能很好地适应城市低碳发展路线图或规划编制的需要。原因有几个方面:①清单核算中部门排放项细分在活动水平数据收集与整理环节是完善的,却在核算报告中由于部门排放项细分不够,被清单报告整体结构湮没,使得清单虽然能够反映城市排放特征,却与部门职责和分工不

直接对接,降低了清单使用效能,因此,需要畅通清单分析与指导部门(行业)低碳工作开展之间的“一公里”;②从消费侧需求管理方面看,清单报告中对能源活动产生的排放按部门项进行总量核算,使得一次能源结构对能源活动排放结构影响分析缺失。在划定城市边界情况下,缺乏反映电力、热力等“范围二”排放的信息,不利于直接排放和间接排放厘清,模糊了不同类型城市(生产型城市/消费型城市)减排责任、不同行业(部门)减排潜力<sup>[28]</sup>;③数据分析是清单应用的基础,清单使用效能亟待得到提高。比如需要加强围绕清单报告进行排放结构分析、趋势分析、减排贡献因素分析和比较分析等。在数据情况较好的情形下,可开展单个城市的年度分析、时间序列分析;甚至还可以进行不同城市的年度比较分析,以及多个城市的面板数据分析。

因此,改进清单报告,与减排部门分工进行对接,是开展低碳工作、进行任务分解与考核的必要条件。综合以上分析,本文结合省级温室气体排放清单和城市温室气体排放清单五部门格式,把间接排放纳入排放总量同时,对清单结构进行改造:一是把省级清单中的信息项(电力和热力等)间接排放纳入城市温室气体排放总量(从“省级清单”到“城市清单”改进);二是对城市温室气体清单中能源活动的排放量进行细分(从“城市清单”到基于部门管理的“七部门清单”构成),从而形成与城市低碳发展重点领域相对接的七部门清单结构:①能源供应,包括能源工业、生物质燃料、煤炭开采和油气系统散逸;②工业,包括工业生产过程、制造业和建筑业;③建筑,包括民用建筑和公共建筑;④交通;⑤农业;⑥土地使用变化和林业;⑦废弃物处理。具体请见图 2 所示。

## 2.3 开展重点领域(部门)技术需求评估

加强科技创新和推广应用是应对气候变化工作重要举措之一。低碳适用技术则是实现城市低碳发展路线图目标的现实途径,从城市宏观和微观层面建立低碳技术和项目需求评估的方法学,对培育和完善的有产、学、研等微观主体参与的城市区域创新系统有着积极意义。然而,就不同城市经济体量和低碳发展条件而言,由于能源资源基础、产业结构和技术使用效率不同,需要围绕“如何实现低碳发展的愿景目标”这一问题,在国家(区域)层面和城市层面的低碳适用技术研究中,区分开国家(区域)层面基础技术、通用技术需求和个体城市层面专用技术需求,联系具体城市低碳发展重点部门(行业)技改需求,与部门(行业)温室气体排放核算、减排情景分析衔接,为城市低碳发展路线图制定、执行和优化提供技术支撑。

在城市层面,首先采用“自上而下”的研究方式,根据改进的温室气体排放清单报告,分析温室气体排放结构,

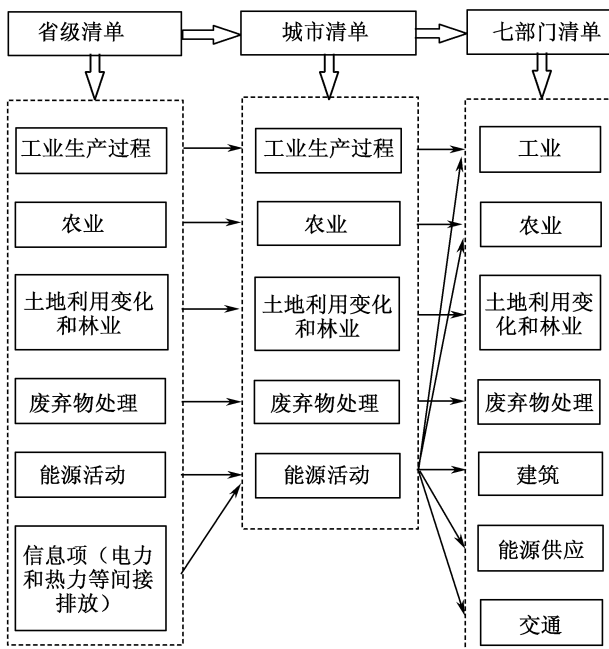


图2 低碳发展重点领域和清单结构的改进  
Fig. 2 Key areas of low-carbon development and improvements of inventory structure

综合考虑城市温室气体排放特征和发展目标,确定城市低碳发展的重点领域;其次,从城市的功能定位和发展模式出发,通过情景分析,结合清单分析,研究未来主导产业发展趋势,从产业链分工高端化角度,分析和确定城市未来需要优先发展的产业方向,了解城市在能源供应、交通、建筑、工业、农业、林业、废弃物处理等7大领域的低碳发展现状和先进的低碳适用技术需求方向;然后,采用“自下而上”的研究思路,通过问卷调查收集一线企业、行业专家对一定时期内特定节能低碳适用技术的发展意见,通过与行业相关专家和重点企业技术主管座谈,了解需求反馈,明确低碳适用技术需求内容及发展重点,完成城市中长期低碳适用技术及项目需求评估,初步形成一个包含技术物理参数和经济参数的低碳适用技术及项目需求列表;最后,组织行业技术专家和投资分析专家对低碳适用技术进行会商与甄别,形成一个按重点部门(行业)、排放源分类的城市低碳适用技术及项目需求序列,结合技术需求列表中的产能参数、节能减排效力参数和成本项参数,对本地区部门和行业亟需的优先项技术、重大产业项目和基础设施项目进行经济效益和减排效率分析,为技术引进、推广、应用工作部署提供支持。

### 3 结论与建议

可量化、可核证以及标准化是科学深入推进低碳城市建设的的基本要求,需要以温室气体清单为支撑。为此,本

文根据城市低碳发展路线图编制要求,改进清单工具的报表形式,并与重点领域低碳技术需求评估结合起来,建立了“三位一体”城市低碳发展路线图的研究框架。同时考虑到我国环境保护工作中“温室气体和主要污染物减控”治理的双重性阶段特征,该分析框架的建立也有助于为大气污染源国家法规排放清单编制方法学和减排技术评估方法学统一规范提供研究借鉴。在未来的实践工作中,还需做好以下工作:

(1) 改进清单工具分析质量,为城市低碳发展路线图制定和低碳发展决策服务。通过清单编制,科学、系统地分析城市温室气体排放的时间分布和部门分布,是温室气体清单最核心的直接功能。因此,从方法上,如果只是根据能源平衡表改造对接清单编制工作,很多行业的信息会缺失,看不出清单报告中部门的减碳潜力。应根据活动水平数据需求导向,探索采用自上而下和自下而上结合的方法,从生产侧和消费侧出发,基于分部门、分能源品种的能源消费统计数据编制能源平衡表,形成清单导向的长效工作机制,围绕碳排放效率配置加强碳排放预算管理。

(2) 发挥温室气体清单为规划、考核和决策服务的衍生功能,需要提升温室气体清单编制质量与时间序列上的连续性,统筹考虑排放总量、排放增长速度和减排空间、部门(行业)经济发展等因素,识别温室气体关键排放源,与国家目标对接,细化部门目标,结合清单时序分析功能,推动形成科学的温室气体排放统计考核制度,协同考虑大气污染源国家法规排放清单和减排支撑技术。推动城市低碳发展路线图编制从“温室气体排放清单核算”到“减排目标设定”、“低碳减排重点领域识别”和“部门(行业)适用技术支撑”基本方法程式化,结合城市主体功能分区和区域联防联控中需求管理差异性,根据城市比较优势和特色制定低碳发展路线图。

(3) 发挥温室气体清单的衍生功能,需要与路线图研究(包括低碳技术/项目需求评估)整体考虑。基于技术的减排量评估是推动城市低碳发展路线图动态管理基本依据,通过对试点城市低碳适用技术减排效率测度可以看出,试点城市低碳发展效率与其当前的经济发展阶段、排放构成、产业发展等关系密切,因此,技术需求评估要能估算预开工重大项目和基础设施产生的碳排放、减排项目(工程)可减少碳排放量,这些信息对于既定蓝图架构下路线图的“检查”、“再优化”等决策非常重要。

(编辑:刘呈庆)

#### 参考文献(References)

- [1]潘晓东.中国低碳城市发展路线图研究[J].中国人口·资源与环境,2010,20(10):13-18. [Pan Xiaodong. Roadmap for Chinese Low-carbon City Development[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(10): 13-18.]

- [2] 庄贵阳等. 中国城市低碳发展蓝图: 集成、创新与应用[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2015. [Zhuang Guiyang, et al. A Blueprint for Low-carbon Development for Chinese Cities: Integration, Innovation and Application[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2015. ]
- [3] 武旭. 低碳城市建设的国际经验借鉴与路径选择[J]. 区域经济评论, 2014 (1): 40-47. [Wu Xu. International Experience and Path Selection for Low-carbon City Construction [J]. Regional Economic Review 2014 (1): 40-47. ]
- [4] 周南, Lynn Price, Stephanie Ohshita, 等. 低碳发展方案编制指南(第三部分): 制定低碳发展规划[J]. 科学与管理, 2013 (6): 62-69. [Zhou Nan, Lynn Price, Stephanie Ohshita, et al. A Guidebook for Low-carbon Development at Local Level (Part 3): Develop a Plan for Low-carbon Development [J]. Science and Management 2013 (6): 62-69. ]
- [5] ICLEI. Cities for Climate Protection (CCP) Campaign [R]. 2008.
- [6] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. Kanagawa, Japan: The Institute for Global Environmental Strategies, 2006.
- [7] 省级温室气体清单编制指南编写组. 省级温室气体清单编制指南(试行) [R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2011. [Provincial Greenhouse Gas Inventory Writing Group. The Provincial Greenhouse Gas Inventory Guidelines (Pilot Version) [R]. Beijing: NDRC, 2011. ]
- [8] ICLEI, C40. Global Protocol for Community-scale Greenhouse Gas Emissions (GPC Pilot Version 1.0) [R]. World Resources Institute, C40 Cities Climate Leadership Group, ICLEI Local Governments for Sustainability, 2012.
- [9] 白卫国, 庄贵阳, 朱守先. 中国城市温室气体清单研究进展与展望[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23 (1): 63-68. [Bai Weiguo, Zhuang Guiyang, Zhu Shouxian. Progresses and Prospects of Municipal Greenhouse Gas Inventory Research in China [J]. China Population, Resources and Environment 2013, 23(1): 63-68. ]
- [10] 国家气候变化对策协调小组办公室, 国家发展和改革委员会能源研究所. 中国温室气体清单研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007. [The National Coordination Committee on Climate Change, Energy Research Institute of National Development and Reform Commission. China Greenhouse Gas Inventory Research [M]. Beijing: China Environment Science Press 2007. ]
- [11] 中国社会科学院城市发展与环境研究所. 中国城市温室气体清单核算工具研究 [R]. 2014. [Institute for Urban and Environmental Studies Chinese Academy of Social Sciences. Chinese City Greenhouse Gas Inventory Accounting Tools Research [R]. Beijing: IUE/CASS, 2014. ]
- [12] 刘强, 姜克隽, 胡秀莲. 中国能源领域低碳发展路线图[J]. 气候变化研究进展 2010 6(5): 370-375. [Liu Qiang, Jiang Kejun, Hu Xiulian. Low Carbon Technology Development Roadmap for China [J]. Advances in Climate Change Research, 2010, 6(5): 370-375. ]
- [13] 邹骥, 傅莎, 王克. 碳强度目标给经济社会带来什么样的影响 [N]. 中国经济导报, 2009-12-02 (1902-A03). [Zou Ji, Fu Sha, Wang Ke. The Carbon Intensity Target Brings What Kind of Influence on Economy and Society [N]. China Economic Herald, 2009-12-02 (1902-A03). ]
- [14] York R, Rosa E A, Dietz T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic Tools for Unpacking the Driving Forces of Environmental Impacts [J]. Ecological Economics, 2003 46: 351-365.
- [15] 王韶华, 于维洋, 张伟. 基于 IPAT 模型的我国低碳情景分析 [J]. 生态经济, 2014, 30 (4): 19-23. [Wang Shaohua, Yu Weiyang, Zhang Wei. The Scenario Analysis of Low-carbon Based on Improved IPAT Model in China [J]. Ecological Economy, 2014, 30(4): 19-23. ]
- [16] 马丁, 陈文颖. 上海市低碳发展状况分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23 (8): 26-32. [Ma Ding, Chen Wenyong. Development Status of Low-carbon in Shanghai [J]. China Population, Resources and Environment, 2013 23(8): 26-32. ]
- [17] 陈劲峰, 刘扬, 邹秀萍, 等. 碳排放的历史考察与减排驱动力分析 [M]//中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略报告: 探索中国特色的低碳道路. 北京: 科学出版社, 2009: 36-74. [Chen Shaofeng, Liu Yang, Zou Xiuping, et al. Review of Carbon Emissions and Analysis of the Driving Force of Reduction [M]//Sustainable Development Strategy Research Group of Chinese Academy of Sciences. 2009 China Sustainable Development Strategy Report: The Exploration of Low-carbon Path of Chinese Characteristics. Beijing: Science Press 2009: 36-74. ]
- [18] 胡秀莲, 苗韧. 对 IPCC 第 5 次评估报告部门减排路径和措施评估结果的解读 [J]. 气候变化研究进展 2014, 10(5): 331-339. [Hu Xiulian, Miao Ren. Interpretation of the Assessment Findings on Sectoral Mitigation Pathways and Measures from the IPCC AR5 [J]. Advances in Climate Change Research, 2014, 10(5): 331-339. ]
- [19] IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change [M/OL]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. [2015-04-10]. <http://www.IPCC.ch/report/ar5/wg3/>.
- [20] 庄贵阳. 节能减排与中国经济的低碳发展 [J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(5): 303-308. [Zhuang Guiyang. Energy Saving and Emission Reductions: Their Significance to China's Transition to a Low-carbon Economy [J]. Advances in Climate Change Research, 2008 4(5): 303-308. ]
- [21] 庄贵阳. 破解城镇化进程中高碳锁定效应 [N]. 光明日报, 2014-10-02 (08). [Zhuang Guiyang. Addressing High-carbon Lock-in Effect in the Process of Urbanization [N]. Guangming Daily, 2014-10-02 (08). ]
- [22] Tomas N, Per-Anders E. 2009 通向低碳经济之路: 全球温室气体减排成本曲线(2.0 版) [J]. 麦肯锡季刊 2009 (12). [Tomas N, Per-Anders E. 2009 The Path to the Low Carbon Economy: Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve (Version 2.0) [J]. McKinsey Quarterly 2009 (12). ]

- [23] IEA. Energy Technology Roadmaps: Charting a Low-carbon Energy Revolution [R]. Paris: IEA, 2009.
- [24] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略报告: 探索中国特色的低碳道路 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 132 - 171. [Sustainable Development Strategy Research Group of Chinese Academy of Sciences. 2009 China Sustainable Development Strategy Report: The Exploration of Low-carbon Path of Chinese Characteristics [M]. Beijing: Science Press, 2009: 132 - 171. ]
- [25] 吴昌华. 低碳创新的技术发展路线图 [J]. 中国科学院院刊, 2010, 25(2): 138 - 145. [Wu Changhua. Roadmap of Technology Development for Low-carbon Innovation [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2010, 25(2): 138 - 145. ]
- [26] 庄贵阳, 王苒. 靠法制把一张蓝图绘到底 [N]. 人民日报, 2015 - 04 - 21 (023). [Zhuang Guiyang, Wang Ran. Make a Blueprint Drawn Exactly by the Rule of Law [N]. People's Daily, 2015 - 04 - 21 (023). ]
- [27] 蒋小谦, 房伟权. 中国城市温室气体清单应用的领域、挑战和建设 [R/OL]. 北京: 世界资源研究所, 2015. <http://www.wri.org.cn/cityinventorychallenges>. [Jiang Xiaoqian, Fang Weiquan. Chinese City Greenhouse Gas Inventory Application: The Field, Challenges and Suggestions [R/OL]. Beijing: WRI, 2015. <http://www.wri.org.cn/cityinventorychallenges>. ]
- [28] 庄贵阳, 白卫国, 朱守先. 基于城市电力消费间接排放的城市温室气体清单与省级温室气体清单对接方法研究 [J]. 城市发展研究, 2014, 21(2): 49 - 53. [Zhuang Guiyang, Bai Weiguo, Zhu Shouxian. A Study on Linking Method of City's GHGs Inventory with Provincial GHGs Inventory Based on City's Indirect Emissions of Electricity Consumption [J]. Urban Development Studies, 2014, 21(2): 49 - 53. ]

## Formulating Low-carbon City Development Roadmap: Technical Elements and Recommendation

ZHUANG Gui-yang<sup>1</sup> ZHOU Zhen-ge<sup>2</sup>

(1. Institute for Urban & Environmental Studies, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100028, China;

2. The Graduate School, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China)

**Abstract** Promoting low-carbon development is one of the basic requirements of new urbanization construction with Chinese characteristics. The research of formulating low-carbon city development blueprint is the necessary condition to systematically control of GHGs emissions and build low-carbon cities. Low-carbon city development roadmap is a 'panoramic' description of the low-carbon strategic objectives, development planning and key sector (industry) initiatives considering the city-state and the national and local strategic targets with specific planning technical to achieve low-carbon city development objectives. Generally, six major steps will be needed to formulate low-carbon roadmap as following: accounting the GHGs emission, analyzing the future emission scenarios, setting low-carbon development targets, developing action plans for key sectors, assessing mitigation potential of low-carbon technologies or projects, and proposing measures for implementation. Therefore, according to practical experience of low-carbon city roadmap development and the sector management requirements, this paper establishes a 'seven sector' analytical structure of GHGs inventory to link the administrative functions of city departments and IPCC key potential mitigation areas, integrate the applicable sector (industry) low-carbon technology assessment. Furthermore, for better integrating the two methods into the low-carbon development roadmap, this paper also provides several recommendations: ① To strengthen the core function of GHGs emission inventory, accounting quality should be improved, scientific and systematic analysis on the temporal and sectoral distribution of GHGs emission should be enhanced so as to serve the low-carbon city development roadmap and decision-making. ② To reinforce the derivative function of GHGs inventory and serve the low-carbon development planning, assessment and decision, quality and continuity of GHGs inventory should be improved. ③ To develop the derivative function of the GHGs inventory, improved GHGs inventory and low-carbon technology practicability assessment should be integrated into the process of formulating the low-carbon roadmap development.

**Key words** GHGs inventory; low-carbon development roadmap; low-carbon technology needs assessment; city