基于利益相关群体的碳减排策略与潜力分析——以苏州市为例

岳子桢，刘蓓蓓*

（南京大学环境学院污染控制与资源化研究国家重点实验室，江苏南京 210023）

【摘　要】本研究基于苏州市低碳试点工作实施方案，识别了苏州市重点减排领域，采用国家温室气体排放清单，估算了苏州“十二五”（2011—2015）期间碳排放量，并利用情景分析法预测了2016—2025年基准情景和综合减排情景碳排放趋势，分析了各重点排放领域减排贡献率。在此基础上，将减排策略按照自愿、监管、自愿与监管相结合的方式分别从不同利益相关群体进行梳理，分析不同群体减排潜力。结果表明：①2015年，苏州市碳排放量约为2.35亿吨，2011—2015年，重点排放领域为工业能源消耗、建筑、交通、电力行业。②采用综合减排方案能在2020年左右达到峰值，之后缓慢下降，但交通部门碳排放仍有一定增加。③碳减排策略由多个利益相关群体共同作用产生减排贡献。对苏州市低碳试点方案的分析表明，当地政策制定者的减排贡献最高，其后是基础设施建设者和运营者，最后是基础设施使用者。

【关键词】碳排放；情景分析；利益群体；减排潜力

【中图分类号】X823　　【文章编号】1674-6252（2018）06-0079-008

【文献标识码】A　　【DOI】10.16868/j.cknki. 1674-6252. 2018.06.079

前言

IPCC第五次评估报告提出，全球温室气体排放总量的49%与城市有关，且比重仍在不断上升[1]。2010年，我国出台了《关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》，至今已经有3批，共6个省和81个城市成为低碳试点地区。江苏省苏州市作为第二批低碳试点位列其中。作为东部经济发达地区、GDP位于全国前列的城市，苏州积极响应国家号召开展低碳城市试点工作，2012年底编制了《苏州市国家低碳试点城市工作初步实施方案》，该方案于2013年开始实施。

苏州市经济与社会发展维持了高水平上的中高速增长，“十二五”期间地区生产总值增加9.5%，2015年服务业增加值比重达到49.9%左右，第三产业比重显著增加。城乡一体化程度高，“十一五”期间城镇化比例已经达到70%。2015年常住人口数量为1 061.6万人。同时，苏州能源活动排放占据主导地位，碳排放总量大强度高。2010年苏州市能源活动碳排放就占总碳排放的95%。能源结构调整减排压力较大。此外，苏州可再生资源禀赋匮乏，无法大规模开展非化石能源发电。“十三五”时期碳减排策略的选择和实施，关系到苏州市能否完成实施方案中提出的2020年碳排放达峰的目标。

近年来，国家、省市、跨区域等各个层面的低碳工作研究广泛开展，例如，国家层面的工业碳排放强度和排放量现状解析和未来轨迹的研究[2]，“城市－工业”跨部门交互带来的脱碳效果和健康协同效应研究[3]，基于投入产出法量化城市规模排放责任[4]等研究。其中，Ramaswami[5]的研究详细阐述了不同的社会角色对碳减排策略的分类以及减排潜力的影响，他以美国丹佛市为例探讨了三类社会参与者的角色：个人用户、基础设施设计人员以及美国城市温室气体的政策参与者，探讨了他们对城市减碳潜力的影响。基于以上影响，本文识别了《苏州市低碳试点工作实施方案》中的重点减排领域，并基于不同利益相关群体分析了碳减排策略中不同群体单独作用和联合作用对碳减排潜力的影响。

1 数据与方法

1.1 苏州市碳排放核算及清单分析方法

根据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》[6]，GHG的核算范围主要包括能源碳排放和非能源碳排放。基于《苏州市低碳试点工作实施方案》，本研究中的能源碳排放主要包括工业、交通、建筑，以及电力、热力的生产和供应业一次能源消费的碳排放，非能源碳排放包括工业过程碳排放。

本研究中涉及的能源消耗的碳排放因子主要采用国

基金项目：国家自然科学基金项目“我国碳减排的成本有效性及大气污染协同控制效应研究”（71874078）；江苏省高校后勤协会能源管理专业委员会节能课题（JSSNZH2016105）。

作者简介：岳子桢（1996—），女，在读研究生，主要研究方向为碳减排、环境气候变化政策分析，E-mail: yuezizhen@163.com。

* 责任作者：刘蓓蓓（1981—），女，副教授，主要研究方向可持续能源管理、能源与环境政策分析、环境治理与公众参与，E-mail: Lbeibei@nju.edu.cn。

家级温室气体排放核算方法与报告指南、《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》和省级温室气体清单编制指南 [7] 中的推荐方法计算得到 [8]。核算方法如下：

（1）工业能源

$$E_{\text{industry}}=\sum_{i,j}[C_{i,j}\cdot EF_j] \quad (1)$$

其中，E_{industry} 为工业能源消耗产生的 CO_2 排放量，单位为 t；C 为工业能源消耗量，单位为 t、万 m^3 等；EF 为碳排放因子（以 CO_2 计），单位为 t；i 为工业子部门，如纺织业等；j 为能源消费类型，如原煤、洗精煤、焦炭、汽油、柴油等。

（2）工业过程

工业过程排放主要包括工业生产过程中由于化学或物理转化材料释放的温室气体排放。

$$E_{\text{process}}=\sum_j\sum_i[\text{GWP}_i\cdot EF_{ij}\cdot P_j] \quad (2)$$

其中，E_{process} 为工业产品生产过程中的温室气体排放，单位为 t；P 为各种工业产品的产量，单位为 t、m^3 等；GWP 为各种温室气体的全球增温潜势；EF 为工业产品生产过程中的各种温室气体的排放因子，单位为吨；i 为温室气体类型，主要指 CF_4、NF_3 和 SF_6 等；j 为工业产品类型，如水泥、钢铁等。（本文只考虑水泥、石灰、钢铁、电石四种工业产品产生的碳排放，其他工业产品产生的温室气体排放忽略不计。）

（3）交通部门

交通部门包括道路交通、水运和空运。鉴于苏州市的实际情况，本研究仅考虑道路交通碳排放，液体燃料和气体燃料消耗量分别通过下列公式计算。

$$FC_i=\sum k_{ij}\times OC_{ij}\times C_i\times 10^{-5} \quad (3)$$

$$FC_i=\sum k_{ij}\times OC_{ij}\times 10^{-6} \quad (4)$$

其中，FC_i 为核算和报告期内第 i 种化石燃料的消耗量，液体燃料为 t，气体燃料为万 10^4Nm^3；k_{ij} 为核算和报告期内第 j 个车型全部运输工具的行驶里程，单位为 km；OC_{ij} 为第 j 个车型运输工具的百公里燃油（气）量，单位为 L/100km；m^3/100 km；C_i 为第 i 种化石燃料的密度 [9]。

$$E_{\text{transport}}=\sum_i[FC_i\cdot EF_i] \quad (5)$$

其中，$E_{\text{transport}}$ 为交通部门消耗产生的 CO_2 排放量，单位为 t。FC 为化石燃料消耗量，单位为 t、万 m^3 等；EF 为碳排放因子（以 CO_2 计），单位为 t；i 为燃料类型，如汽油、柴油、天然气。

（4）建筑设计

建筑设计部门在修建过程中主要包括建材行业和家具制造业。

$$E_{\text{industry}}=\sum_{i,j}[C_{i,j}\cdot EF_j] \quad (6)$$

其中，E_{industry} 为工业能源消耗产生的 CO_2 排放量，单位为 t；C 为工业能源消耗量，单位为 t、万 m^3 等；EF 为碳排放因子（以 CO_2 计），单位为 t；i 为工业子部门，如建材行业等；j 为能源消费类型，如原煤、洗精煤、焦炭、汽油、柴油等。

（5）建筑运行

对于公共建筑，由于当前无法直接获取公共建筑运行能耗，本研究拟用第三产业的能耗数据替代公共建筑运行能耗数据，主要核算商业建筑内部活动（如餐饮、娱乐等）的能耗碳排放。

$$E_{\text{building-}p}=\sum_i[C_i\cdot EF_i] \quad (7)$$

其中，$E_{\text{building-}p}$ 为公共建筑耗能产生的 CO_{2e} 排放量，单位为 t；C 为能源消耗量，单位为 t、万 m^3 等；EF 为碳排放因子（以 CO_2 计），单位为 t；i 为能源类型。

对于住宅建筑，运行（或居民生活）消耗的能源类型主要有天然气、液化石油气和人工煤气。

$$E_{\text{building-}R}=\sum_i[C_i\cdot EF_i] \quad (8)$$

其中，$E_{\text{building-}R}$ 为住宅建筑耗能产生的 CO_{2e} 排放量，单位为 t；C 为能源消耗量，单位为 t、万 m^3 等；EF 为碳排放因子（以 CO_2 计），单位为 t；i 为能源类型，主要包括天然气、液化石油气和人工煤气等。

（6）电力、热力的生产和供应业

苏州市将能源减排作为碳减排的一个重要举措，考虑到苏州市将在未来着力发展燃气发电，适度利用光伏发电、风电等能源改造措施，故将电力行业部门单独列出来作为能源碳排放的主要贡献部门，主要考虑电力、热力的生产和供应。

$$E_{\text{industry}}=\sum_{i,j}[C_{i,j}\cdot EF_j] \quad (9)$$

其中，E_{industry} 为工业能源消耗产生的 CO_2 排放量，单位为 t；C 为工业能源消耗量，单位为 t、万 m^3 等；EF 为碳排放因子（以 CO_2 计），单位为 t；i 为工业子部门，如电力行业等；j 为能源消费类型，如原煤、洗精煤、焦炭、汽油、柴油等。

1.2 苏州市碳排放预测情景设计

苏州市碳排放预测及减排贡献分析情景设计与主要参数如表 1、表 2 所示。

1.3 碳排放量预测方法

（1）工业能源

工业是碳排放的主要行业，因此在短期和长期情景中需要对工业能源消耗进行详细分析。工业能源部门预测的基本思路是子行业单位产值碳排放乘以子行业总产值，得出每个子行业的碳排放量，相加得到工业部门总碳排放。

$$E_{\text{industry}}=\sum_i\text{GOV}_i\times\text{CI}_i \quad (10)$$

其中，E_{industry} 为工业部门碳排放量；GOV 为子行业总产值；CI 为子行业单位产值碳排放；i 为工业部门不同子行业。

（2）工业生产过程

工业生产过程产生的碳排放是由于化学或者物理转化过程中生产材料或者产品产生的碳排放。工业产品生产技术已经比较成熟，所以未来碳排放因子的值设定为不发生改变，在预测过程中只考虑未来产品产量的改变。

表 1　情景设计

情景	简称	描述
基准情景	BAU	充分考虑苏州市发展的需求和愿望，假定苏州市能源结构、能源效率、产业结构、经济社会和技术水平等维持2015 年水平不变
能源结构主导情景	ESD	考虑把能源结构调整作为转变能源发展方式的关键措施，加快发展新能源和可再生能源，加快实现从主要依靠化石能源向清洁高效、低碳优质能源结构转变。因地制宜，大力发展太阳能、生物质能、地热能、风能等可再生能源；提升天然气、热力、电力等清洁能源在能源消费中的比重
产业结构主导情景	ISD	以低碳理念指导传统产业升级改造，控制七大能耗行业能耗总量，控制既有产业碳排放强度。推动苏州发展现代服务业，巩固扩大“三二一”产业结构，实现结构性减碳。建设以绿色低碳产业体系，培育壮大新能源、新材料、生物技术和新医药、节能环保等战略性新兴产业，实现经济增长摆脱能源依赖
技术主导情景	TD	以低碳理念指导传统主导产业再造，提升行业技术水平，鼓励企业进行科技创新和技术改造，着力提升苏州传统主导产业的技术水平，降低行业碳排放贡献率；严格控制主要耗能行业，实施末位淘汰，逐步淘汰高能耗、高碳排放产业及其生产工艺
综合减排情景	ICR	综合考虑苏州市未来到 2025 年能源结构、能源效率、产业结构、经济社会和技术水平等驱动因素综合发展的减排效果

表 2　情景参数设计与描述

参数		基准情景	能源结构主导情景	产业结构主导情景	技术主导情景	综合减排情景
GDP		2011—2015 年年平均增长速度为 9.5%，2016—2020 年为 7%[11]，2021—2025 年为 6%				
人口		2015 年常住人口控制在 1 061 万左右，2015—2020 年年平均增长 0.267%，2020—2025 年年平均增长 0.229%[12]				
能源结构		全市一次能源消费总量中，煤炭比重稳步下降，油气比重不断提升，增加太阳能光伏、风电等新能源的供给。2015 年，煤炭、石油、天然气、非化石能源占一次能源消费量的比重为 75.61∶13.16∶10.73∶0.5。2020 年，该比重为 74.31∶13.03∶12.06∶0.60。2025 年，该比重为 73.64∶12.93∶12.74∶0.69				
产业结构		产业结构维持 2015 年水平不变	同基准情景	经济结构进一步优化，与目前发达国家的格局类似；2015 年服务业增加值比重达到 49.9% 左右；2020 年服务业增加值比重达到 53% 左右；2025 年服务业增加值比重达到 62%～64%	同基准情景	同产业结构主导情景
工业能源	工业结构	工业结构维持 2015 年水平不变	同基准情景	2020 年战略性新兴产业增加值占国内生产总值的比重力争达到 15%，服务业增加值占国内生产总值的比重达到 56%	同基准情景	同产业结构主导情景
	工业能源效率	各行业技术水平维持 2015 年水平不变	同基准情景	同基准情景	通过单位产值 CO_2 排放这个变量反映，高方案下在 2020 年达到国际先进水平	同技术主导情景
工业产品产量发展（工业过程）		与固定资产投资相关的工业产品（如水泥、石灰等）产量分别在 2013 年和 2015 年稳定增长到最大值，由于产能严重过剩，产量平稳下降，2025 年以后维持稳定；“十三五”期间，钢铁产量维持平缓上升，2025 年以后保持平稳				
公共建筑	公共建筑面积	公共建筑面积对第三产业增加值的弹性系数 ET 假设在 2011—2020 年保持 2005—2010 年的水平，为 0.75。至 2020 年达到亚洲发达国家水平，2020 年之后假定单位面积的经济产出将保持 2020 年水平不再变化，即认为 ET 保持为 1			同基准情景	同产业结构主导情景
	单位面积能耗水平	单位面积能耗到 2015 年达到上海市 2010 年的水平，2020 年达到日、韩等亚洲发达国家的现有水平	同基准情景	同基准情景	单位面积能耗增幅较基准情景略慢，2030 年达到日、韩等亚洲发达国家的水平	同技术主导情景
住宅建筑	住宅面积	人口增加，住宅建筑面积继续增加，2020 年人均住宅面积将达到 35m^2 [13]，并维持不变	同基准情景	同基准情景	同基准情景	同基准情景
	单位面积能耗水平	人均收入增加，居民生活舒适度要求提高，城市与农村单位建筑面积能耗增加	同基准情景	同基准情景	低碳、环境友好住宅广泛利用；充分利用清洁能源，节能家用电器普及，农村生活用能转向商品能源，单位建筑面积能耗较基准情景下降 [14]	同技术主导情景

续表

参数	基准情景	能源结构主导情景	产业结构主导情景	技术主导情景	综合减排情景
交通发展	交通发展维持2010年趋势不变	同基准情景	同基准情景	快速发展公交出行，燃气公交有所发展到2020年占总公交数量的0.008%左右，2025年达0.018%左右；公共交通网络完善，环保出行，轨道交通完善；并考虑私家车保有量快速上升的趋势，至2020年新能源汽车数量达1 500辆，并按此趋势均匀增加	同技术主导情景

（3）建筑

公共建筑的碳排放预测方法如下：

$$E_P = S_P \cdot EUI_i \cdot EF_i \quad (11)$$

其中，E_P 表示公共建筑运行碳排放，单位为万 t CO_{2e}；S_P 表示公共建筑面积，单位为万 m^3；EUI_i 表示公共建筑中能源类型 i 的单位面积能耗，预测考虑公共建筑用电、天然气和液化石油气，单位为 kWh/m^2、m^3/m^2、t/m^2；EF_i 表示 i 类型能源的排放因子，t CO_{2e}/10 000kWh，t CO_{2e}/m^3，t CO_{2e}/t。为避免重复计算，计算苏州市全社会温室气体排放的时候，不再计算公共建筑运行中消耗的电力产生的碳排放。

$$S_{P,T} = S_{P,T-1} \cdot (1 + E_T \cdot \alpha_T) \quad (12)$$

其中，$S_{P,T}$ 表示第 T 年的公共建筑面积，单位为万 m^3；E_T 表示第 T 年公共建筑面积对第三产业增加值的弹性系数，无量纲；α_T 表示第 T 年的第三产业增加值增长率，%。

住宅建筑的碳排放预测方法如下：

$$E_P = S_R \cdot EUI_i \cdot EF_i \quad (13)$$

其中，E_P 表示住宅建筑运行碳排放，单位为万 t CO_{2e}；S_R 表示住宅建筑面积，单位为万 m^2；EUI_i 表示住宅建筑中能源类型 i 的能耗强度，单位为 kWh/m^2、m^3/m^2、t/m^2；EF_i 表示 i 类型能源的排放因子，单位为 t CO_{2e}/10 000kWh、t CO_{2e}/m^3、t CO_{2e}/t；i 表示能源类型，包括电力、天然气、液化石油气。

$$S_R = P \cdot D \quad (14)$$

其中，S_R 表示住宅建筑面积，单位为万 m^2；P 表示常住人口数；D 表示人均住宅面积需求，单位为 m^2/人。

（4）交通

在交通碳排放预测时考虑的因素为各车型保有量、各车型年均行驶里程数[15]与每百公里燃油（气）消耗量[16]。假设各车型的年均行驶里程数不发生改变（维持2015年的水平）。

根据各车型机动车保有量预测情形的不同，将机动车未来的发展情况分为高方案和低方案：①高方案：至2025年，机动车千人保有量达到520辆；②低方案：至2025年，机动车千人保有量达到270辆。假设2015—2020年及2020—2025年各车型比重不变，每百公里的燃油（气）消耗保持2015年水平不变。

2 结果与讨论

2.1 苏州市碳排放量结果（2011—2015）

苏州市“十二五”期间（2011—2015）碳排放结果如表3所示[10]。

表3 苏州市碳排放现状 单位：（亿 t CO_{2e}）

年份	工业能源	工业过程	交通	建筑设计	建筑运行	电力、热力的生产和供应业
2011	1.134	0.0 696	0.1 454	0.0 399	0.0 084	0.676
2012	1.223	0.0 730	0.1 615	0.0 384	0.0 112	0.652
2013	1.297	0.0 812	0.1 783	0.0 376	0.0 119	0.682
2014	1.307	0.0 865	0.1 956	0.0 357	0.0 105	0.676
2015	1.317	0.0 868	0.2 132	0.0 286	0.0 116	0.619

结果表明，2011—2015年，工业能源占比达到55%，交通碳排放呈现逐年上升趋势，从7%上升到9%，建筑设计碳排放一直稳定在约2%，建筑运行碳排放同样呈现逐年上升趋势，从2%上升到4%，而电力行业碳排放呈现稳定下降趋势，从32%下降到26%。

2.2 不同情景下苏州市碳排放量预测结果

利用情景分析法，计算了基准情景以及不同行业部门设定的减排情景组成的综合情景下苏州市未来碳排放趋势，见表4。

图1显示，综合减排高方案情景下，苏州市能够完成《苏州市低碳试点工作实施方案》中2020年碳达峰目标。结果表明，在2020年前后，碳排放达到峰值开始下降。相较2020年，2025年碳排放总量将减排182万t，其中工业能源完成约1 753万t、工业过程完成约20万t减排量。但是未来交通碳排放将呈现出较高增长（1 567万t），公共建筑也略有增加（52万t）。

表 4　不同情景下苏州市碳排放趋势　　单位：万 t CO^2

年份	基准情景	综合减排高方案（产业结构调整＋能源结构调整＋技术水平升级）	基准情景	综合减排低方案（产业结构调整＋能源结构调整＋技术水平升级）
2011	21 141	21 141	21 141	21 141
2012	22 014	22 014	22 014	22 014
2013	23 392	23 392	23 392	23 392
2014	23 679	23 679	23 679	23 679
2015	23 486	23 486	23 486	23 486
2020	24 503	23 826	23 785	23 109
2025	26 061	23 674	23 859	21 471
是否完成总量目标	否	是	否	是

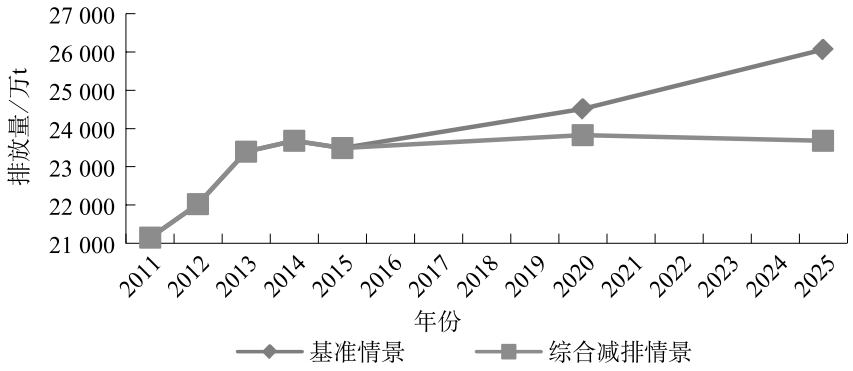


图 1　高方案不同情景苏州市碳减排空间

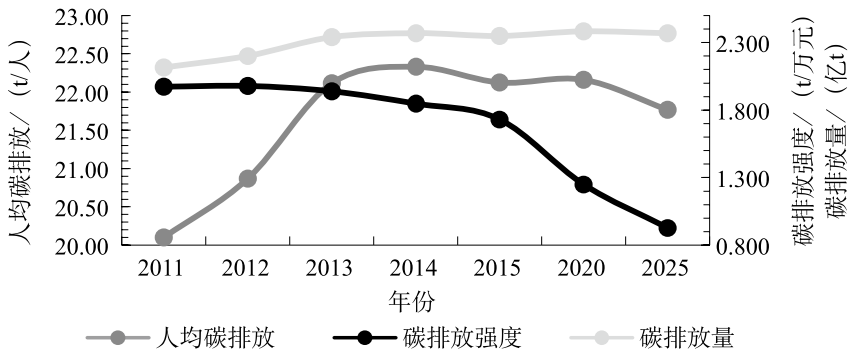


图 2　综合减排情景高方案碳排放趋势

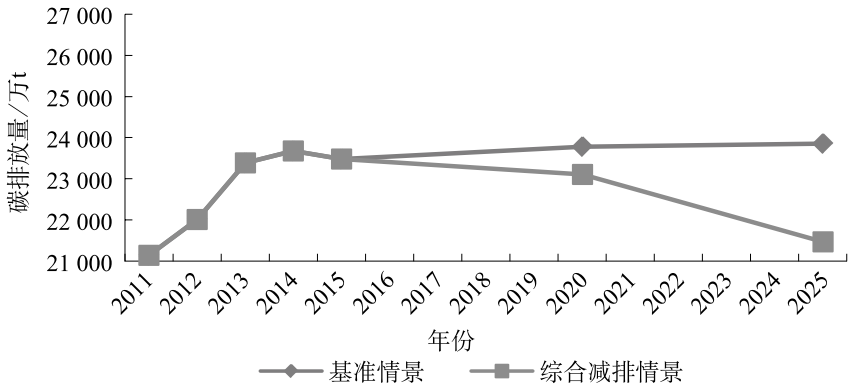


图 3　低方案不同情景下碳减排空间

图 2 显示，综合减排高方案情景中，到 2020 年，苏州市碳排放强度将比 2015 年下降约 27.8%；2025 年碳排放强度将比 2020 年下降 25.8%，能够落实《苏州市低碳试点工作实施方案》减排目标，并超额完成国家“十三五”规划制定的 18% 下降指标。此外，苏州市人均碳排放量在 2020 年将达到峰值，约为 22.16t/ 人，与于美国峰值水平相当。2020 年以后，人均碳排放量将稳步下降，但是相较峰值下降幅度不大，至 2025 年，人均碳排放值为 21.77t/ 人。

图 3 显示，综合减排低方案情景下，苏州市能更好地完成《苏州市低碳试点工作实施方案》2020 年达峰目标。碳排放总量削减量将增至 1 638 万 t，交通部门碳排放将略有增长（81 万 t）。

图 4 显示，综合减排情景低方案中，到 2020 年，苏州碳排放强度将比 2015 年下降约 30.0%；2025 年碳排放强度将比 2020 年下降达 30.6%，超额完成“十三五”规划制定的 18% 下降指标。工业能源消耗对碳减排做出的贡献最大，而交通部门碳排放增量最大。苏州市人均碳排放量在 2020 年以前已达到峰值并开始下降，约为 21.49t/ 人，略低于美国峰值水平，截至 2025 年，人均碳排放将进一步下降到 19.74 t/ 人。

2.3 基于利益相关群体的苏州碳减排潜力分析

2.3.1 碳减排策略和潜力分析框架

在筛选和确定低碳试点实施方案不同阶段减排策略的基础上，本文提

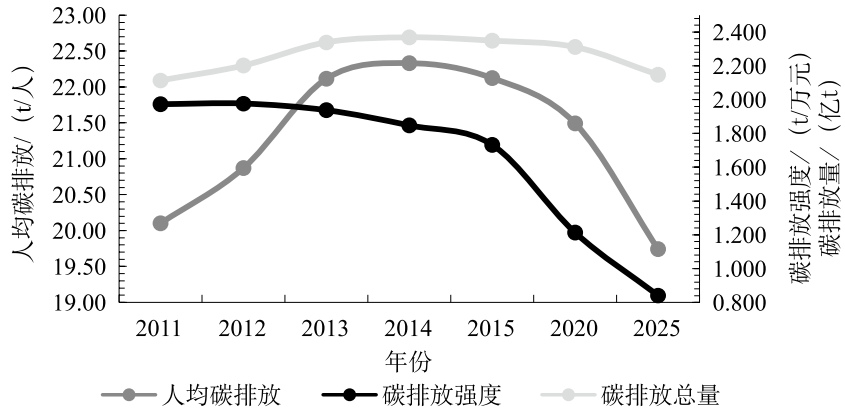


图 4　综合减排情景低方案碳排放趋势

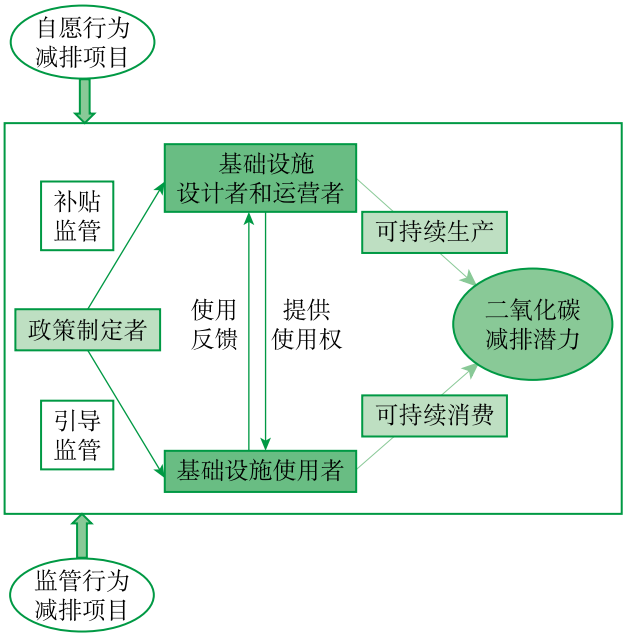


图 5　碳减排利益相关群体图示

出的这些策略按照自愿、监管、自愿与监管相结合的方式，从不同利益相关群体（基础设施使用者、基础设施设计者和运营者、政策制定者）角度分析其对各部门的减排效用。

其中，基础设施使用者主要包括城市居民、城市各个行业和企业；基础设施设计者和运营者主要包括建筑设计者、水处理厂、电厂、垃圾填埋厂等；政策制定者主要包括政府管理部门、非政府组织（NGOs）、媒体、城市范围内和范围内运作的相关利益集团[5]。各利益相关群体间关系如图 5 所示。

2.3.2 不同利益相关群体对各重点排放部门所产生的减排效用

将政策制定者简称为 P，将基础设施设计者和运营者简称为 D，将基础设施使用者简称为 U。

（1）工业能源与工业生产过程

工业能源与工业生产过程减排中，起主导作用的是政策制定者、基础设施设计者和运营者，其参与了 5 类与监管有关的减排策略。而自愿减排策略中起作用的主要是基础设施使用者（参与 2 类减排策略）。具体见图 6。

（2）交通

交通部门减排中，政策制定者、基础设施设计者和运营者、基础设施使用者均参与减排，无论是自愿减排策略还是城市、国家层面与监管相关的减排策略，三者均具有很高的参与度。具体见图 7。

（3）建筑

建筑部门减排，政策制定者参与了所有 4 类减排策略，其次是基础设施设计者和运营者（参与了 3 类），最后是基础设施使用者（参与了 2 类），故政策制定者是各领域减排目标实现的关键。具体见图 8。

（4）电力、热力的生产和供应业

电力、热力的生产与供应业减排中，政策制定者同样是减排策略最重要的参与者，参与了 4 类减排策略，其次是基础设施设计者和运营者（参与了 3 类），最后是基础设施使用者（参与了 2 类）。具体见图 9。

3 结论

“十二五”（2011—2015）期间，苏州市重点排放领域碳排放总量从 2.10 亿 t 增长到 2.35 亿 t，年均增长率为 2.7%。其中，工业能源消耗占比最高（55.82%），其次是电力、热力的生产与供应业（29.14%），最后是交通部门（8.19%）。



图 6　利益相关群体作用工业能源与工业生产过程的减排潜力

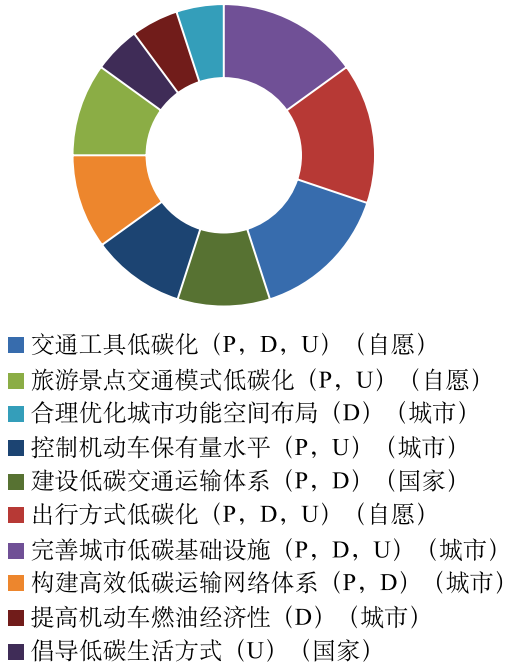


图 7　利益相关群体作用下交通部门减排潜力 [17-19]

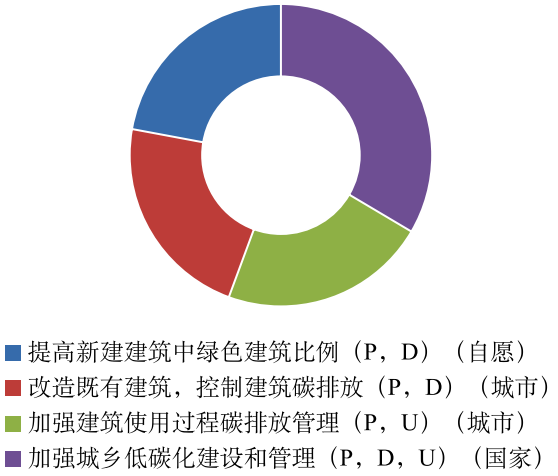


图 8　利益相关群体作用下建筑部门减排潜力

2016—2020 年，碳排放量增速放缓，在综合减排情景高方案和低方案下，苏州市碳排放量均能在 2020 年到达峰值，届时，碳排放总量分别为 2.38 亿 t 和 2.31 亿 t，其中高方案碳排放强度下降幅度约为 27.8%，低方案下降幅度约为 30.0%，均超额完成国家提出的“十三五”（2016—2020）期间碳排放强度下降 18% 的指标。至 2020 年，高方案人均碳排放为 22.16t/ 人，低方案为 21.49t/ 人，与美国峰值水平相当；2020—2025 年碳排放量、人均碳排放呈现下降趋势，碳排放强度下降幅度与“十三五”时期相当。

2016—2025 年，交通部门碳排放增速较快，苏州未来汽车保有量水平的变化将在一定程度上决定碳排放能否在 2020 年顺利达峰，因此控制汽车保有量增长是政府管理部门的重点工作。工业能源消耗始终是碳排放大户，

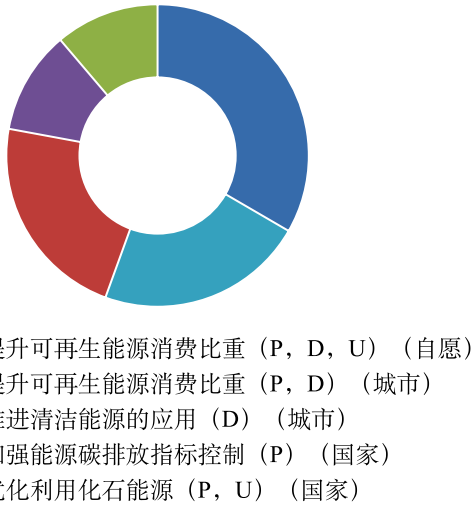


图 9　利益相关群体作用下电力、热力生产与供应业减排潜力

因此，通过对高碳排放、高能耗工业的末位淘汰以及鼓励高新技术产业、新兴产业大力发展，传统工艺改造与新技术的研发，着力发展燃气发电、适度利用光伏发电、风电等能源结构调整系列措施，可以提高工业能源消耗的碳减排贡献率。

碳减排策略往往不是由一个部门独立产生作用，而是由多个利益相关群体共同作用产生减排贡献，每一个社会角色的单独作用、双重作用和三重作用都从生产端和消费端带来了有差异的贡献率。综合四个重点减排领域各策略，政策制定者参与度最高，其次是基础设施设计者和运营者，基础设施使用者参与度最低。这与苏州市低碳试点方案的政府主导特征相一致。识别不同利益相关群体进行减排策略分析，据此制定更好的跨部门甚至是跨区域战略，可以综合提升碳减排潜力。

参考文献

[1] 苏布达，王腾飞，尹宜舟．IPCC 第五次评估报告关于气候变化影响的检测和归因主要结论的解读 [J]．气候变化研究进展，2014, 10(3): 203-207.

[2] ZHANG X, ZHAO X R, JIANG Z J, et al. How to achieve the 2030 CO_2 emission-reduction targets for China's industrial sector: Retrospective decomposition and prospective trajectories[J]. Global environmental change, 2017, 44: 83-97.

[3] RAMASWAMI A, TONG K K, FANG A, et al. Urban cross-sector actions for carbon mitigation with local health co-benefits in China[J]. Nature climate change, 2017, 7(10): 736-742.

[4] LONG Y, YOSHIDA Y. Quantifying city-scale emission responsibility based on input-output analysis – Insight from Tokyo, Japan[J]. Applied energy, 2018, 218: 349-360.

[5] RAMASWAMI A, BERNARD M, CHAVEZ A, et al. Quantifying carbon mitigation wedges in U.S. cities: near-term strategy analysis and critical review[J]. Environmental science & technology, 2012, 46(7): 3629-3642.

[6] 国家温室气体清单特别工作组．《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南第 2 卷能源》[EB/OL]. http://pic.caigou.com.cn/upfile/pro/2014/7/15/201407151236238522.pdf.

[7] 陈其颢，朱林，王圣，等．江苏省温室气体排放清单基础研究 [J]．环境科学与管理，2012, 37(10): 1-4.
[8] 王云霞．江苏省能源与工业过程温室气体排放现状及趋势研究 [D]．南京：南京大学，2014.
[9] 国家发展改革委.《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》[EB/OL]. http://www.yahuacn.com/uploads/soft/20160722/1469166246.pdf.
[10] <Emission-inventory-construction-method.pdf> [J].
[11] 政宣．对编制苏州市“十三五”规划的几点建议 [J]．江苏政协，2015(12): 15-17.
[12]董小林，韩妮晏，薛文婕，等．基于经济弹性系数的环境经济系统分析 [J]．西北大学学报（哲学社会科学版），2015, 45(4): 37-43.
[13] 白静，曲建升，韦沁，等．我国城乡住宅建筑物化阶段碳排量现状与趋势分析 [J]．环境工程，2016, 34(10): 161-165.
[14] 住建部．住建部:《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》解读 [J]．居业，2017(5): 7-7.
[15] 何晓云，张细雄，吴砚，等．利用年检数据分析机动车行驶里程分布规律 [J]．轻工科技，2017, 33(9): 87-89.
[16] 刘卡，余经历，许利峰．中国民用汽车保有状态及发展趋势分析 [J]．汽车实用技术，2017(1): 67-68.
[17] 周胤腾．苏州工业园区邻里中心适老性优化设计研究 [D]．苏州：苏州科技大学，2017.
[18] 任圣臣．苏州区域性物流中心城市建设研究 [D]．苏州：苏州科技大学，2016.
[19] 罗东晓，郑少芬．天然气汽车的经济性分析 [J]．煤气与热力，2007, 27(3): 21-24.

Stakeholder-based Carbon Mitigation Strategy and Potential Analysis in Suzhou City, China

YUE Zizhen, LIU Beibei*
(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse,
School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Based on content analysis of Low Carbon Pilot Implementation Plan in Suzhou city, this study identifies key mitigation fields and estimates their carbon emissions during 2011-2015, as well as predicts carbon emission trend in 2016-2025 within different scenarios, and then analyzes their contribution rate on carbon mitigation. Carbon mitigation strategies are sorted from stakeholders involved (policy makers, infrastructure designers and operators, infrastructure users). Results show that: ① In 2015, carbon emission in Suzhou reached 235 million tons. The key emission sectors included industrial energy consumption, building, transportation and power sector. ② During 2011-2020, the overall carbon emission is rising, within both high and low comprehensive carbon mitigation scenarios. Carbon emission achieves the peak around 2020, and keeps a slow downward trend during 2020-2025. Transportation is a rapidly growing sector in carbon emission during 2015-2025. ③ Carbon mitigation strategies are usually not independent of one stakeholder, but involve joint actions of multiple social roles.
Keywords: carbon emissions; scenario analysis; interest groups; mitigation potential

（上接第 78 页）

Problems and Suggestions of Environmental Statistics Under the High-quality and Green Development Situation in China

HU Xi[1,2], ZHANG Wei[1,2*], LI Yongyuan[3], LIU Jie[1]
(1. State Environmental Protection Key Laboratory of Environmental Planning and Policy Simulation, Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012 China; 2. The Center for Beijing-Tianjin-Hebei Regional Environment, Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012 China; 3. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Environmental statistics is animportant basic work of environmental protection. In order to achieve continuous high-quality and green development domestically, it’s supposed to adjust or even establish new environmental statistical index system to assess the quality and to evaluate defects of China’s economic growth scientifically. Based on the review of development history of international and domestic environmental statistics, and the situation of currenthigh-quality and green development, an analysis of defects of environmental statistics has been made, including the imperfect planning system, absence of necessary statistical index, lack of high-quality data and inadequate laws and regulations. To improve China’s current environmental statistical system, to provide decision-making support in terms of environmental statistics and to ensure China’s high-quality and green development, advices have been provided from following aspects: improving the method system of environmental statistics, establishing monitoring data collection and audit system, building environmental investment statistical system in this article.
Keywords: environmental statistics; high-quality development; green revolution; environmental data