

# 国际温室气体排放核算清单研究

■ 王亚菲 徐丽英

2021年8月,联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)发布《第6次评估报告》(Sixth Assessment Report, AR6)的第一部分《2021年气候变化:自然科学基础》(IPCC, 2021)。该报告明确指出,立即、迅速和大规模地减少温室气体排放的行动是必要的,否则将全球气温上升控制在接近1.5℃或者是2℃是无法实现的。由于认识到人为温室气体排放增加所产生的气候变化,不仅会导致海平面上升、极端气候事件频发等全球升温所产生的直接后果,同时也会为人类发展带来全方位的灾难,例如对人类健康、粮食生产、生态系统的威胁等,早在20世纪80年代,国际组织开始致力于对气候变化的科学评估,为减缓气候变化、探索减少温室气体排放的方法提供助力。中国作为世界上最大的发展中国家,主动承担温室气体排放责任,于2020年提出“力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和”。“双碳”目标的设定不仅事关中华民族永续发展,同时也是构建人类命运共同体的必然需求,而了解与认识已有的国际温室气体排放核算清单是实现“双碳”目标的第一步。鉴于此,本文分别从国家宏观尺度、企业微观尺度以及城市中观尺度等3个尺度系统梳理现有的国际温室气体排放核算清单。

## 一、基于国家宏观尺度的温室气体排放清单

(一)IPCC国家温室气体清单指南  
IPCC于1988年由世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)和联合国环境规划署(United Nations Environment Programme, UNEP)联合创建,其主要目的是为了科学评估气候变化,包括评估其规模、时序变化、潜在的环境和社会经济影响以及提出减缓气候变化的应对策略等。IPCC通过其在国家温室气体清单方法方面的工作,为《联合国气候变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)提供支持。IPCC公布的《IPCC国家温室气体清单》是迄今为止接受度最高、应用范围最广的国家层面温室气体排放清单指南。当前使用的版本是2006年发布的《2006年IPCC国家温室气体清单指南》(IPCC 2006)(IPCC, 2006),并于2019年发布《2006年IPCC国家温室气体清单指南2019年细化报告》(2019年细化报告)(IPCC, 2019)。《2019年细化报告》需与IPCC 2006指南结合使用,该报告主要是补充IPCC 2006中没有覆盖的温室气体排放源和碳汇,识别因新兴技术和生产过程出现产生的差异以及对排放因子的更新。

IPCC 2006指南将温室气体排放源和碳汇划分为能源、工业过程和产品使用(IPPU)、农业、林业和其他土地利用(AFOLU)、废弃物以及其他等5大类。每一大类包括各个类别(如交通)和亚类(如轿车)。最终,各国会从亚类层面建立清单。每种气体排放量和清除量的总和即是国家总量。此外,源于国际运输船舶和飞机中燃料使用的排放不包括在国家总量中,而是单独报告。IPCC指南中提供的排放因子法是目前应用最为广泛的核算温室气体排放的方法,即把有关人类活动发生程度的信息(称为“活动

数据”; Activity Data, AD)与量化单位活动的排放量或清除量系数(即排放因子; Emission Factor, EF)结合起来。根据方法的复杂程度与各国可获得数据的详细程度,指南将方法学分为3个层级,第1层为方法1(Tier 1 method),是基本方法;第2层为方法2(Tier 2 method),是中级方法;第3层为方法3(Tier 3 method),要求最高。方法2和方法3被称为较高级别方法,通常认为结果更为准确。以能源大类中的化石燃料燃烧为例,方法1是根据燃料燃烧的数量与平均排放因子进行计算,该方法旨在利用已有的国内与国际统计资料,结合使用排放因子数据库(EFDB)提供的缺省排放因子和其他参数进行计算,尽管对所有国家切实可行,但对国家的代表性不足。方法2是根据燃料燃烧的数量与特定国家排放因子进行选择。方法1与2的主要区别是排放因子的选择不同,由于方法2是使用各国自身的排放因子,相较于方法1,方法2更值得推荐。方法3是对燃料气体的持续排放进行监测,该方法成本相对较高,可行性不高,因此,通常不使用该方法估算国家排放。

(二)欧盟EMEP/EEA  
当前欧盟的国家温室气体排放清单的编制是以《EMEP/EEA空气污染排放清单指南(2019修订版)》(2019指南)为指导开展的,该指南提供了测算人为和自然排放源排放的指导。欧盟EMEP/EEA最早可追溯到欧洲共同体于1985年提出的一项工作计划——环境信息协调(Coordination d'Information Environnementale, CORINE)。该工作计划旨在收集欧洲共同环境信息和自然资源信息,并协调和确保信息的一致性。空气污染清单(CORINAIR)是该计划的组成部分之一。然而,CORINAIR1985并不包含温室气体,直至其更新版CORINAIR1990将CORINAIR1985清单中涵盖的物质扩展至8种,温室气体(CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>)才列入清单中(EEA, 2019)。其后,欧盟环境署(European Environment Agency, EEA)分别于1996年、2002年、2006年、2007年、2009年、2013年、2016年以及2019年对清单指南进行更新,并于1994年与2009年对指南进行更名。

该指南可协助公约缔约方履行其在公约下的排放报告义务,UNFCCC是其成员国需履行的公约之一。因此,该指南明确指出,确保用于报告空气污染排放的部门定义与用于报告UNFCCC的温室气体排放清单的部门定义保持一致是该指南的优先事项。该指南提供的主要核算方法也为排放因子法,并且同样根据方法的复杂程度与数据的可获取性采用区分层级的方法评估排放。方法1假设活动数据与排放因子之间存在简单的线性关系。活动数据来源于现成的统计信息(能源统计、生产统计、交通量、人口规模等)。选择默认的方法1排放因子来代表“典型”或“平均”过程条件,计算过程与技术无关。方法2使用与方法1相同或类似的活动数据,但应用特定的国家排放因子(需要使用特定国家的工艺条件、燃料质量、减排技术等信息制定特定的国家排放因子)。在多数情况,该方法也可用于计算更为细致分类的数据,通过进一步细分活动数据,将同质过程的活动归纳为同一子类进行计算。方法3通常应用于测算微观排放源产生的排放。该方法可能需要利用企业级别(facility-level)的数据(例如污染物排放和转

移登记数据、来自工业排放交易计划的数据)或是复杂的模型(例如用于道路运输排放COPERT模型等)。

(三)美国EPA核算体系  
美国环境保护署(United States Environmental Protection Agency, EPA)公布了两套温室气体排放清单,分别是《美国温室气体排放与沉降清单》与《温室气体报告计划》(Greenhouse Gas Reporting Program, GHGRP),通过两个互补清单跟踪温室气体排放。最新版本《美国温室气体排放与沉降清单1990—2019》(清单)于2021年8月公布(EPA, 2021)。《清单》提供了对IPCC 2006指南中确定温室气体排放源的温室气体排放的全面核算,用以了解与UNFCCC报告指南一致的美国温室气体排放量;而GHGRP提供自下而上的企业级别信息,有助于改进对各个企业和供应商的温室气体排放源和类型的理解。虽然GHGRP没有覆盖美国年度温室气体排放和碳汇的全部范围(例如, GHGRP不包括农业、土地利用和林业部门的排放),但它是计算国家层面排放的重要基础。现有的GHGRP清单包括41个行业超过8000个排放源的企业于2010年开始年度报告,而其他类型则于2011年开始报告。

《清单》使用与IPCC 2006指南一致的方法估计各种排放源和碳汇的温室气体排放,并选择使用较高级别的方法(方法2与方法3)进行核算。《清单》在很大程度上利用了已发布的官方经济和统计数据来获取活动数据和排放因子。随着新研究和数据的出现, EPA在可能的情况下用其他可用的国家特定方法和数据对基础数据进行补充,尽可能降低数据的不确定性。由于GHGRP提供企业级别的数据, EPA使用多个类别的GHGRP数据改进国家估计。GHGRP中使用的方法与IPCC 2006指南中的方法一致,并且采用“更高级别”的方法(例如方法3),例如直接收集企业或工厂特定的测量值。GHGRP不仅可用于改进和完善国家排放估算和趋势,还允许EPA分解国家清单估计值,以突出区域和排放子类别之间的差异。

## 二、基于企业微观尺度的温室气体排放清单

继国家温室气体排放清单之后,企业温室气体排放清单受到国际社会高度关注。本文有选择性地对企业温室气体排放清单进行梳理。

(一)温室气体核算体系:企业核算和报告标准

世界资源研究所(World Resources Institute, WRI)和世界可持续发展工商理事会(World Business Council for Sustainable Development, WBCSD)于2004年3月公布了《温室气体核算体系:企业核算和报告标准》(The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard, GHGP)。该标准首次将排放划分为3个范围,分别为①范围1(Scope 1),直接GHG排放(不包括生物质燃烧排放),排放来源由企业所有或控制;②范围2(Scope 2),电力间接GHG排放,企业购买的用于自身消费的电力产生的排放;③范围3(Scope 3),其他间接GHG排放,该部分排放是企业活动的结果,并且该部分排放来源不是企业所有或控制。在GHGP中,范围3并不在强制

报告内容内。由于范围3代表着企业排放中的最大来源, WRI和WBCSD于2011年公布了范围3排放的补充标准,即《温室气体核算体系:企业价值链(范围3)核算与报告标准》(WRI and WBCSD, 2011)。此外, GHGP于2015年给出了对范围2排放核算和报告指南的更新,即《温室气体协议范围2指南》(WRI and WBCSD, 2015)。该标准要求各企业核算和报告《京都议定书》中的6种温室气体。

该标准主要采用IPCC 1996指南中的排放因子法。少数要求提供其他核算方法的结果,例如空调和冰箱使用的HFC还要求提供基于销售和基于生命周期阶段方法核算。此外,在单独公布的《核算范围3排放的技术指南》(WRI and WBCSD, 2013)中,提出了初始数据方法(primary data)和二手数据方法(secondary data)。初始数据是指企业尽可能地产品和服务的供应商处收集相关的能源和排放数据;二手数据方法则通过环境扩展的投入产出数据或基于过程的数据或两者结合数据对范围3排放进行核算。

(二)国际地方政府温室气体排放分析协议

国际地方政府环境行动理事会(International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI)于2009年10月发布《国际地方政府温室气体排放分析协议》(International Local Government Greenhouse Gas (GHG) Emissions Analysis Protocol, IEAP v1.0)(ICLEI, 2009),希望为地方政府提供一份易于执行的指南和标准,以帮助量化地方内部运营(internal operations)所导致的排放和在其地理边界内产生的排放。该协议认为一份排放清单应该包含两个平行的分析,一是地方政府相关的排放,以组织边界(Organizational Boundary, OB)为核算边界;二是在社区(community)内的所有排放,以地理边界(Geopolitical Boundary, GB)为核算边界;并且该排放清单建立在地方政府拥有管辖权的地理边界上。大多数地方政府运营相关的排放包含在社区排放内。上述两个核算清单需与国际标准一致,要将相应的排放归入部门。核算的温室气体与GHGP一致。该协议继续沿用GHGP提出的范围1、范围2和范围3对排放进行分类,分别就能源(固定源、交通、逃逸排放)、工业过程、农业、土地利用和土地利用变化和林业、废弃物(固体废物处理、废水处理)等5个排放来源进行核算。由于边界设定不同,两份清单上的核算内容存在差异。在核算排放方法中, IEAP采用IPCC指南中的层级(Tier)代表核算方法的复杂性。在实际核算过程中,地方政府应在获取所需数据的投入和数据带来的优势中进行衡量,选择可行性最高的层级方法。

## 三、基于城市中观尺度的温室气体排放清单

相较于国家温室气体排放核算清单与企业温室气体排放清单,城市温室气体排放清单研究起步较晚,并且城市温室气体排放清单的编制在方法、分类上借鉴了国家清单和企业清单。由于众多国际机构参与城市排放清单的编制,城市清单较为丰富,本文选择2个具有代表性的清单进行研究。

(一)城市温室气体排放的国际标准  
联合国环境规划署(United Nations

Environment Programme, UNEP)、联合国人类住区规划署(United Nations Human Settlements Programme, UN-Habitat)和世界银行(World Bank, WB)于2010年9月公布《城市温室气体排放的国际标准》(International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities, ISDGC)(UNEP et al., 2010)。标准依据IPCC指南中的原则和方法,要求对能源(固定源和移动源)、工业过程和产品使用、农业和其他土地使用以及废弃物产生的排放进行核算。同时,该标准也采用GHGP中的分类方法,将排放分为范围1、范围2和范围3,并且将由城市内活动导致的边界外排放包括在内。由于无法核算所有在城市内被消费的货物和材料相关的排放, ISDGC要求城市清单必须包括:城市内消费的边界外电力生产和区域热力生产排放(包括转移和分配损失)、从城市运送乘客或货物的航空和海运的排放、城市内产生的废弃物导致的边界外排放。

ISDGC采用的核算方法主要是IPCC 2006指南中给出的方法。而对隐含在城市消费的食物、水、燃料和建筑材料中的排放,根据Ramaswami et al. (2008)给出的基于混合生命周期的方法,将直接能源消费和排放因子与基于生命周期的隐含能源消费相结合,进行核算。

(二)PAS 2070  
英国标准协会(British Standards Institution, BSI)在大伦敦政府的支持下于2013年10月公布了城市温室气体排放评估规范(PAS 2070: Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city, PAS 2070)(BSI, 2013)。PAS 2070在遵循国际认可的温室气体核算和报告的原则下,提出了满足特定要求的用于评估城市或城市区域的温室气体排放的方法。同时, PAS 2070以英国伦敦为例,给出详细的数据收集、排放核算和报告模板等技术细节,用以帮助PAS 2070的使用者在实际过程中按照该指南实践(BSI, 2014)。该指南包括直接温室气体排放(即城市边界内的排放来源),也包括间接排放(即为了满足城市边界内的消费和使用需求在城市边界外生产的货物和服务)。《京都议定书》中的6种温室气体是PAS 2070的核算气体。

指南中提供了两种方法核算温室气体排放。一是直接供应链排放核算方法(Direct Plus Supply Chain methodology, DPSC)。该方法建立在《社区温室气体排放清单全球议定书》(GPC)(WRI et al., 2014)的基础上,核算了更大范围的间接温室气体排放。二是消费排放核算方法(Consumption-based methodology, CB)。该方法核算了由城市内的最终消费者消费的所有货物和服务的直接排放和生命周期排放。CB方法不考虑城市内产生并且出口到城市外进行消费的货物和服务、游客活动或是提供给游客的服务而产生的排放。该指南不推荐使用纯粹的地理核算方法,但是在城市边界中产生的排放可以作为DPSC方法中的一部分。

作者简介:

王亚菲,北京师范大学统计学院教授、博士生导师。研究方向为国民经济核算、投入产出分析、环境系统分析。

徐丽英,浙江财经大学数据科学学院讲师。研究方向为国民经济核算、投入产出分析、环境系统分析。

## 中国商业统计学会八届二次理事会暨常务理事会召开

本报讯 近日,中国商业统计学会八届二次理事会暨常务理事会在线上成功举办,会议同期举行“新思维、新模式、新作为”主题论坛和“学党史、悟思想、担使命”主题报告会。大会在雄壮的国歌声中拉开帷幕。开幕式由上海工程技术大学数理与统计学院院长殷志祥主持,上海工程技术大学副校长王岩松致欢迎辞。中国商业统计学会会长金勇进致开幕词。他表示,今年是“十四五”的开局之年,是全面建设社会主义现代化国家新征程的开启之年,中国商业统计学会作为中文字头单位,要努力与新时代同行,与新征程共进,进一步团结全国统计调查工作者,为促进中国统计事业的高质量发展,提供理论上的创新和实践上的突破,从而为中华民族的伟大复兴作出更多更大的贡献。主题论坛报告分别由厦门大学教授朱建平、

北京大学教授邓明华、东北财经大学教授杨仲山主持。中国人民大学统计学院副院长李扬作了题为《问卷分割设计的成组序贯问卷分配方法》,华南理工大学数量经济学系主任贺建风作了题为《大数据背景下基于BMA方法的模型辅助抽样估计研究》的主题报告。

“学党史、悟思想、担使命”主题报告会由天津财经大学统计学院副院长王健主持,解放军报社文化部部长原主编陈先义作了题为《毛泽东主席的人民观及其建党思想确立》的党史主题报告。

本次会议由中国商业统计学会主办,上海工程技术大学承办。中国商业统计学会会长金勇进、副会长戴庆华、苏为华、张焕明、朱建平、邓明华、马秀颖、米子川、杨仲山、罗良清、李扬、袁岳、李勇、叶剑,秘书长江懿及常务理事、理事共267人参加会议。

## 2021年(第15届)全国企业经济统计学会年会暨第2届中国统计教育学会社会经济统计分会年会落幕

本报讯 近日,第15届“全国企业经济统计学会年会暨第2届中国统计教育学会社会经济统计分会年会”线上会议圆满落幕,会议的主题是“新时代中国特色统计学问题理论及应用研究”。

新疆财经大学统计与数据科学学院院长陈小昆主持开幕式,新疆财经大学副校长高志刚致欢迎辞。全国企业经济统计学会会长、江西财经大学首席教授罗良清教授致辞。

江西财经大学教授邱东、河南大学教授肖红叶、浙江财经大学党委书记李金昌、安徽财经大学研究生院院长宋马林、上海财经大学统计与管理学院教授徐国祥分别远程在线作了“解读《基石还是累卵——经济统计学之于实证研究》”“认知数据要素”“共同富裕的统计解读”“面向资源高效利用的统计理论、方法及应用”“大数据经济指数理论与应用研究”的特邀报告。

浙江财经大学数据科学学院院长洪兴建报告了“ICT影

响经济发展的测度方法”;北京师范大学教授王亚菲报告了“中国城市多区域投入产出表的编制及应用研究”;江西财经大学统计学院副院长郭露报告了“多维相对贫困的精准扶贫政策减贫效应研究——基于中国农村的准自然实验”;东北财经大学统计学院教授孙玉环报告了“关于CFPS微观数据库应用的几点解读”;厦门大学经济学院统计学与数据科学系教授匡南报告了“基于多源大数据的信用风险测度研究”;山东财经大学统计学院副教授王开科报告了“供给侧结构性改革下的中国资本回报率变动:理论基础与现实证据”;西南财经大学统计学院副教授彭刚报告了“中国居民自有住房服务核算问题研究”等。专家们从经济统计的各个方面,探讨了新时代中国特色统计学问题的理论及应用,学会秘书长李勇教授对大会报告作了总结。

该年会由中国统计教育学会社会经济统计分会与全国工业统计学教学研究会企业经济统计学会联合主办,新疆财经大学承办。