

经济预测分析

第 25 期

国家信息中心

2021年07月06日

碳达峰碳中和背景下我国碳排放核算方法探讨

内容摘要：建立统一规范的碳排放核算体系是做好碳达峰碳中和工作的当务之急。当前，我国碳排放核算方法不尽相同，摸清碳排放“家底”应尽快统一“度量衡”。建议充分借鉴国际经验，与国际规范接轨，以排放因子法为基本逻辑，同时考虑各地区、各行业、各能源品种碳排放因子动态变化的特征，定期动态调整排放因子，从国家、区域和行业等层面开展碳排放核算，实现碳排放数据“横向可比，纵向可加”，夯实各地区、各行业碳排放统计核算基础。

一、现有碳排放核算方法不尽相同

目前，我国官方发布的碳排放核算数据缺乏连续性，国家层面仅在向联合国提交的国家信息通报中有部分年度的碳排放核算数据，省级层面仅服务“十三五”、“十四五”规划碳强度目标设定中有所涉及。同时，我国碳排放核算方法不尽相同，建立统一规范的碳排放核算体系刻不容缓。

从现有相关研究来看，碳排放核算主要有两种方法：模型估算法和物料衡算法。模型估算法是从宏观层面和微观层面进行碳排放情景分析和政策模拟时，通过构建相关数学模型对碳排放进行研究的一种方法。主要有 ERM-AIM/能源排放模型、MARKAL/能源系统模型、系统动力学模型、Lnistic 模型、投入产出模型、生命周期模型等。由于模型估算法需要构建估算模型，主要用于国家层面碳排放核算，在区域和行业层面估算模型的构建难度大，模型不恰当会给碳排放核算带来较大误差，因此在区域和行业层面的碳排放通常采用物料衡算法。物料衡算法是以生产过程中投入产出遵循质量守恒定律为基本原则，对生产过程中所使用的物料进行定量分析的一种方法。物料衡算法通过把工业排放源的碳排放量、生产工艺和管理、资源（水源、原材料、能源）的综合利用以及环境治理有效结合，系统全面地研究生产过程中碳排放的产生、排放，是一种科学有效的核算方法。既适用于整个生产过程的物料衡算，同时也适用于局部生产过程的物料衡算。目前大部分碳源排碳量估算和基础数据的获得均是基于物料衡算法。

受现有碳排放核算方法不尽相同影响，官方与国内外研究机构核算的中国碳排放数据不一致。以 2010 年我国能源利用碳排放核算结果为例，我国官方在《国际信息通报》中公布的二氧化碳排放数据为 76.2 亿吨，中国科学院碳专项公布的数据为 71.6 亿吨，国际机构英

国石油公司（BP）和美国能源信息署（EIA）发布的数据分别为 81.4 和 77.9 亿吨，国际机构核算结果明显偏高。

二、现有碳排放核算存在的主要问题

从现有方法来看，大部分基于一次能源消费量或者能源消费总量直接进行碳排放核算，不同时期不同区域或行业的碳排放系数使用固定的参数，未考虑技术进步带来的能源消费碳排放系数减少和区域及行业之间的碳排放系数存在时空差异，导致碳排放核算存在一定误差。

（一）大部分基于一次能源消费量或能源消费总量直接进行核算。从我国历年《中国能源统计年鉴》中的能源平衡表中可以看出，终端能源消费量既包括煤炭、石油、天然气等一次能源消费量，也包括电力、热力等二次能源消费量。从目前现有碳排放核算方法来看，大部分只对一次能源消费量进行碳排放核算，而未对二次能源消费量进行核算。电力、热力等二次能源消费的碳排放主要来自于其生产过程中化石能源的能量损失与能量转换，由于电力、热力在终端能源消费量中占据一定的比重，对电力、热力等二次能源消费的忽视会对碳排放的核算带来较大的误差。

（二）大部分从煤炭、石油、天然气等一次能源消费进行粗略估算。终端能源消费量包括原煤、洗精煤、其他洗煤、型煤、煤矸石、焦炭、焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气、其他煤气、其他焦化产品、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、石脑油、润滑油、石蜡、溶剂油、石油沥青、石油焦、液化石油气、炼厂干气、其他石油制品、天然气、液化天然气、热力、电力、其他能源等。从现有核算方法来看，大部分将终端能源消费量分成煤炭、石油、天然气三类，其排放系数采用国家发展和改革委员会能源研究所（2003）的数据，即煤炭、石油、

天然气碳排放系数分别为 0.7476、0.5825、0.4435 千克碳/千克标准煤。然而，煤炭下面又细分为原煤、洗精煤、其他洗煤、型煤等品种，石油下面又细分为原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、石脑油、润滑油、石蜡、溶剂油等品种，天然气下面又细分为液化天然气等品种，受能源供给质量和结构变动影响，用煤炭、石油、天然气三种粗略的划分去进行碳排放核算，会给碳排放核算带来很大程度的偏误。

(三)碳排放系数与能源标准量转换系数一直相对固定，没有考虑技术进步和能源消费结构优化带来的影响。一般情况下，随着燃料能源品种的优化和燃料技术的改进，碳排放系数呈下降趋势，运用固定的碳排放系数，会高估碳排放量。对于不同区域、不同行业、不同时期的能源消费，受低碳技术、燃烧设备、燃烧品种等因素影响，碳排放系数在不同时间不同空间上存在较大的差异，直接利用统一的碳排放系数来核算碳排放，对不同区域、不同行业、不同时期的碳排放核算来说存在极大的不合理性。同时《中国能源统计年鉴》中的地区能源平衡表只公布实物量，亦需要间接动态核算终端消费的能源标准量转换系数。

(四)在区域碳排放核算中，很少有考虑区域之间电力调入调出，应该按照“生产地”核算。我国幅员辽阔，但是资源分布不均，目前我国通过输煤输电两种方式平衡各地电力发展，在输电比例不断提高的情况下，减少了大规模和远距离的输煤压力，但是在电力生产过程中产生的二氧化碳通常在调出端排放，应该核算在电力调出端。同理，在电力的调入端应减去相应的碳排放量来保证全国电力碳排放平衡。如内蒙古煤炭资源丰富，通常火力发电输送到北京等周边地区，应该按照“生产地”原则把碳排放计入内蒙古，在北京地区应该减去外地调入电量的碳排放。

三、碳排放核算基本原则

在温室气体排放成为国际上气候谈判焦点的背景下，控制碳排放数据质量、提高碳排放数据的可信度、加强碳排放数据的代表性，成为碳排放核算工作所需要思考的问题。由于受我国能源消费结构、化石能源燃烧技术、温室气体减排政策等因素的影响，碳排放系数存在时间性、空间性、多变性等特征，为了提高碳排放核算的准确性与代表性，在以物料衡算法为基础建立适合我国国情的碳排放核算方法时，应遵循以下原则：

（一）系统性原则。碳排放核算是一个大系统，包括区域碳排放核算、区域工业碳排放核算、工业分行业碳排放核算、产业碳排放核算、重点污染行业碳排放核算、火力发电碳排放核算、水泥生产碳排放核算等子系统。对这样一个系统进行碳排放核算，就必须遵循系统性原则，从系统的视角出发，在系统的相互影响、相互促进、相互制约中描述系统的特征。必须把碳排放核算作为一个有机的整体，要能全面地包含碳排放的各个要素（煤炭、石油、天然气等一次能源消费，电力、热力等二次能源消费，区域间电力调入调出，工业过程排放等）。

（二）科学性原则。碳排放核算方法必须科学地反映碳排放的实际水平，必须具有理论依据，不能选择没有实际意义的能源消费品种。在选取引起碳排放的能源消费品种时，要考虑到能源消费品种之间的差异性，选取那些主要的和占据碳排放大头的能源品种，对于那些零碳排放的能源品种，如风能、水能等则无需考虑，以期真实地反映我国碳排放水平。同时，要兼顾国内外碳排放核算方法之间的可比性。

（三）时间与空间动态变化原则。由于随着我国能源统计的进一步健全，终端能源消费品种进一步细化，在碳排放核算过程中，应当根据需要适时扩大核算范围。受燃料能源品种优化和燃料技术改进等

因素影响，碳排放系数呈下降趋势，需要对不同区域、不同行业、不同时期的碳排放系数进行动态核算，同时亦需要动态核算终端消费的能源标准量转换系数，根据我国国情进行适当调整。

（四）充分利用现有相关部门核算数据的原则。要充分利用相关部门的现有行政统计数据，如各级环保部门对碳排放的核算等，检验碳排放核算的准确性与一致性，在我国能源消费结构优化、产业结构升级、低碳技术完善、居民低碳生活方式转变等背景下，碳排放核算方法不一定能够迅速适应。需要根据有关部门公布的部分碳排放数据进行核算方法的调整。

四、摸清碳排放“家底”的核算建议

目前《2006年IPCC国家温室气体清单编制指南2019修订版》《IPCC清单指南2006》《2006年IPCC国家温室气体清单指南2013年增补：湿地》是各国开展碳排放核算遵循的最新方法和规则。建议充分借鉴国际经验，与国际规范接轨，以排放因子法为基本逻辑，同时考虑各地区各行业各能源品种碳排放因子动态变化的特征，定期动态调整排放因子，科学反映技术进步、能源消费结构优化等因素对降碳的成效。对国家、省、市三个层面的碳排放总量及分行业碳排放量开展核算，提高核算结果权威性和气候变化话语权。

（一）明确碳排放核算范围。碳排放主要来自能源利用及部分工业生产过程，不含非二氧化碳温室气体排放。按照国家统计局编制的《能源统计报表制度》中的要求，能源消费量分为加工转换损失量（投入量-产出量）、损失量（运输和输配损失）、终端消费量三部分。其中，能源加工转换包括火力发电、供热、洗选煤、炼焦、炼油及煤制油、制气、天然气液化、煤制品加工等八个方面；终端消费量包括农、林、牧、渔业，工业，建筑业，交通运输、仓储和邮政业，批发、零

售业和住宿、餐饮业，其他，生活消费等七个部分。在一次能源消费量核算碳排放的基础上，加上二次能源消费量的碳排放量和工业过程碳排放量，同时充分考虑区域之间的电力调入调出，按照“生产地”原则核算碳排放。

(二)科学动态调整碳排放系数。在地区终端能源消费中，电力和热力受各地区政府和人们对环保的重视程度、政府对环境治理和保护的投入、化石能源燃烧过程中燃烧控制技术和燃烧后控制技术、区域能源消费结构等因素的影响，运用动态变化的电力和热力碳排放因子进行区域碳排放核算。在地区工业终端能源消费和工业行业终端能源消费中，受燃烧技术改进和能源消费结构调整的影响，电力和热力碳排放因子呈动态变化，对不同年份、不同地区使用动态变化的电力和热力碳排放因子进行核算。

(三)保持碳排放核算统计口径一致性。终端能源消费种类较多，既包括原煤、洗精煤、其他洗煤、型煤、煤矸石、焦炭、焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气、其他煤气、其他焦化产品等煤炭产品，也包括原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、石脑油、润滑油、石蜡、溶剂油、石油沥青、石油焦、液化石油气、炼厂干气、其他石油制品、天然气、液化天然气等油气产品，还包括热力、电力、其他能源等。由于终端能源消费的其他能源消费量少，且不易获得碳排放系数，同时为保证数据统计口径的一致性，在对碳排放核算时，不考虑其他能源消费，选取原煤、洗精煤、其他洗煤、型煤、焦炭、焦炉煤气、其他煤气、其他焦化产品、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、炼厂干气、其他石油制品、天然气等17种终端能源消费品种。

(四)由统计部门负责碳排放核算并下算一级。充分发挥统计局完善高效的统计组织体系、科学适用的统计调查体系、良好的国际统计交流合作机制等优势，具体负责组织实施气候变化统计调查，收集、

整理和提供有关碳排放调查的统计数据，对碳排放统计数据质量进行检查和评估等。同时为避免出现碳排放数据“纵向不可加”现象，碳排放核算下算一级，省级层面的碳排放由国家统计局统一核算，市级层面的碳排放由省级统计局统一核算。为避免出现碳排放数据“横向不可比”现象，充分发挥我国碳卫星等优势，对国家、省、市三个层面的历史连续时间序列碳排放数据进行反演。

（执笔：肖宏伟）

编辑部地址：北京三里河路58号国家信息中心预测部

联系电话：68557142, 68557122

电子邮箱：gxfx@sic.gov.cn

邮编：100045

传真：68558210