

基于分时分区电碳因子分析方法 构建产品碳足迹标准认证体系

■ 舒印彪

当前,全球积极应对气候变化,推进能源清洁低碳转型。国际绿色贸易规则规制对产品碳足迹提出新要求。在此背景下,精细化计算电碳因子、实现电力系统碳流的精准溯源,是构建产品碳足迹标准认证体系的重要基础。

分时分区电碳因子 计算分析方法

电碳因子,又称电力二氧化碳排放因子或电网碳排放因子,是指产品生产过程中因使用单位电量所带来的二氧化碳排放。简而言之,就是单位电量的含碳量,是核算产品生命周期电力间接排放的基本依据,其覆盖范围和随时间变化特性对核算产品碳足迹的准确性至关重要。

分时分区电碳因子是计算电力间接排放的基础参数。根据世界资源研究所(WRI)《温室气体核算体系:企业核算与报告标准》(GHG Protocol),在企业二氧化碳等温室气体排放核算方面,通常涵盖范围一、范围二和范围三。范围一来自直接排放,如使用化石燃料燃烧等产生的二氧化碳。范围二是外购电力、热力等产生的间接排放。范围三是除范围一、二之外的其他间接排放,如外购原料与燃料的开采和生产、运输活动、废弃物处理等。一般将由区域边界内的活动引起,但发生在区域外的排放称为间接排放。企业外购电力用于产品生产,在这个过程中,隐含的碳排放发生在发电端,但是由用电端的消费活动引起,对于用电端来说属于间接排放。根据核算标准,净购入电力隐含碳排放基于排放因子法计算,即间接排放量=净外购电量×电碳因子。

根据电碳因子的计算公式,以某时段某地区的总发电量与该地区净输入电量之和作为分母,以某时段当地火电发电碳排放和来自输出地区电量对应的碳排放量之和作为分子,计算出该时段该地区电力二氧化碳排放因子。这样就基于实时电网拓扑结构和发电量数据,得到分时分区电碳因子。

计算分时分区电碳因子需要提升时间和空间分辨率。今年4月,生态环境部、国家统计局发布了2021年我国电力二氧化碳排放因子,分为全国、区域、省级电网三个范围,计算时段为一年,其中全国平均值为0.5568kgCO₂/kWh。在中国工程院“我国碳达峰碳中和若干重大问题”研究中,还对全国2025年、2030年省级电碳因子变化趋势做了测算。从理论上讲,由于发电结构在实时变化,因此所发电量的含碳量也在实时变化。

精细化计算电碳因子,时间上需要缩短计算尺度,空间上需要进行合理分区。随着我国电力清洁化步伐加快,新能源占比不断提高,就一个地区或企业而言,电碳因子采用全年的平均数,不能及时反映生产过程中清洁电力利用情况,有必要细化计算时段。覆盖电网范围不同,包含的电源结构和送电关系就不同,对电碳因子覆盖范围合理划分,更能反映用户电力消费结构和用电特征。目前,美国大致划分



了60多个送受电功率基本平衡的区域,欧洲划分了约30个国家或控制区域,开展电碳因子计算分析。我国已划分到省级电网,正在探讨更细的划分范围。近期,我们对部分省级电网和省内地市电网小时级电碳因子进行了计算分析。

以四川省2023年全年8760小时电碳因子变化为例,在水电大发的7—10月,平均电碳因子为0.07kgCO₂/kWh,10月中下旬最低时段只有0.025kgCO₂/kWh,分别是全年全省平均值的58%和21%。以江苏省13个地市2023年5月1日全天24小时电碳因子变化为例,在连云港、盐城,24小时平均电碳因子为0.171、0.286kgCO₂/kWh,分别是全省平均水平的30%和50%。在扬州,中午光伏大发时段的电碳因子为0.473kgCO₂/kWh,仅为火电大发时段的68%。

分时分区电碳因子有助于实现电力系统碳流的精准溯源。碳排放与环境足迹评估对电力碳溯源精度和精细度提出明确要求。缩小电碳因子计算地域范围、细化计算时段,实现小时级甚至分钟级的低碳发电用配,有利于将电能交易流程中隐含的碳排放责任进行合理分摊,避免绿色权益的重复计算,使核算结果更为精准。同时,引导清洁能源投资与消费,促进全社会增加清洁能源生产和消费,进一步实现电力清洁化。

一些国家也提出电力溯源完整性、真实性和透明度的要求,积极推动分时分区电碳因子计算。2022年,美国国会立法要求美国能源信息署发布小时级平均和边际碳排放因子,为产品碳足迹核算提供基础数据。英国国家电网与科研机构合作,以30分钟的时间分辨率提前96小时预测全国14个区域碳排放强度变化趋势。此外,欧盟联合日本、加拿大、美国等,推动建立电力小时级溯源机制,并研究将时间颗粒度缩小至15分钟级,与电力现货市场出清

时间匹配,其中芬兰电网已实现每3分钟发布一次碳排放强度。

以分时分区电碳因子核算为基础 构建产品碳足迹标准核算体系

积极应对国际绿色贸易规则规制对产品碳足迹核算提出的新要求,世界各国正在积极构建以清洁能源为主体的能源体系,以清洁电力生产消费为主体的新型能源技术产业体系成为发展重点。

2022年8月,美国出台《通胀削减法案》,加大对风电、光伏等清洁能源基础设施投资力度,支持本国清洁能源技术产业发展。2023年3月,欧盟发布《关键原材料法案》,明确了用于制造电动汽车、风机等的原材料采购、加工和回收目标,加强欧洲在清洁能源关键技术和产业发展方面的战略主动。当前,产品国际竞争已从“成本+质量”变为“成本+质量+低碳”,碳足迹成为影响产品竞争力的关键因素。2023年5月,欧洲议会通过碳边境调节机制(CBAM),提出从2026年1月起,对钢铁、水泥、肥料、铝、氢和电力等6类进口产品征收碳关税,以调节这些产品在生产国未被充分计入的隐含碳排放成本。2023年7月,欧盟出台《新电池法案》,提出自2027年起,对出口到欧洲的包括电动汽车电池、工业电池等在内的5类电池产品提供碳足迹声明,并披露全生命周期的碳排放数据。

近年来,中国电动汽车、锂电池、光伏产品“新三样”发展迅猛,2023年出口达到1.06万亿元,同比增长近30%。以“新三样”为代表的新型能源技术装备产品碳足迹以电力间接排放为主。例如,硅料生产环节是光伏组件生产最主要的碳排放来源,电力间接碳排放占产品碳排放总量的70%左右。随着再电气化深入推进,传统高耗能行业将提升电气化率作为碳减排的重要手段,分时分区电碳因子在产品碳足

核算中的作用更加突出。

建立健全产品碳足迹标准核算体系。我国正在加快构建产品碳足迹标准核算体系。2021年10月,国务院发布《2030年前碳达峰行动方案》,提出探索建立重点产品全生命周期碳足迹标准。今年6月,生态环境部等15部门联合印发《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》,提出到2027年,制定发布与国际接轨的国家产品碳足迹核算通则标准,制定出台100个左右重点产品碳足迹核算规则标准,产品碳足迹因子数据库初步构建。

分时分区电碳因子库是产品碳足迹因子数据库的重要组成部分,通过科学制定计算方法,规范计算过程和数据来源,推动计算结果公开,支持国际比较和验证,增强数据的可信度和可比性,形成分时分区电碳因子和产品碳足迹核算国家标准和国际标准规范。

促进产品生产与低碳能源消费协同。分时分区电碳因子能够将清洁能源发电与电力消费含碳量关联起来,不仅有利于从生产端进行源头减碳,同时引导消费端优化用能行为。因此,分时分区电碳因子对于促进清洁能源消纳、助力消费侧实施碳排放有效控制将发挥重要作用。

应预测未来数天分时分区电碳因子变化趋势,指导地方因地制宜制定能源和产业转型政策,优先调用清洁能源发电,将可再生能源消纳责任逐步落实到重点行业企业。衔接绿电绿证与碳排放权交易,实现碳价价格耦合联动,引导企业通过科学安排生产、优化用电行为开展电碳需求响应,降低综合用电成本,提升产品绿色价值和国际竞争力。

打造国际互认的 碳足迹标准认证体系

当前,中国产品碳足迹标准体系建设

尚处于起步阶段,特别是参与制定国际标准数量与制造业大国地位不相匹配。按年度开展电碳因子数据统计管理,从空间、时间上不能充分反映清洁能源利用情况,难以满足产品碳足迹核算真实、透明、可溯源的实际需求。目前,国内认证机构还未实现国际互认,我国出口企业主要选择欧洲第三方机构进行认证。例如,江苏某新能源制造企业委托德国一家认证机构做产品碳足迹认证,该认证机构采用欧洲Ecoinvent数据库记录的中国电网排放因子为1.155kgCO₂/kWh,是生态环境部公布的江苏省电碳因子(0.6451kgCO₂/kWh)的1.8倍。此外,核算范围一和范围三,尚缺乏统一规范的产品碳足迹本土数据库。为此,需要从以下四方面加快推进产品碳足迹标准认证体系建设。

一是加强火电碳排放连续在线监测。只有提升火电碳排放数据实时监测计量质量,才能从源头保障电力实时碳排放数据的准确性和可信度,也为碳市场交易提供客观依据。利用人工智能、区块链、智能合约等数字化技术,研发高精度数字化火电碳排放连续监测装置,扩大碳排放监测试点行业范围,健全监测数据质量评价指标体系。构建全国碳排放在线监测管理平台,实现重点行业碳排放数据实时监测、自动校验和智能预警。推动将碳排放连续监测纳入全国碳排放核算体系,提高全国碳排放核算数据质量和报送效率。

二是建立产品碳足迹本土化数据库。基于以工序为过程的行业碳足迹单元过程数据网络,构建重点行业产品碳足迹数据库。政府部门引导、行业协会组织、龙头企业牵头,汇聚产业链上下游力量,规范产品碳足迹精细化建模和核算方法。同时,搭建碳足迹数据服务平台,共享供应链上下游数据资源,建立产品碳足迹基础数据库、背景数据库和实景数据。充分考虑电网的拓扑结构和系统运行的时变性,明确分时分区电碳因子计算方法,建立分时分区电碳因子数据库,引导企业主动响应电碳因子分时变化,优化用能行为,减少产品全生命周期碳排放。

三是加强碳标准体系建设。发挥标准引领作用,促进技术研发、标准研制与产业发展协同联动。完善碳排放核算核查、碳减排量化评估、减排降碳控制监测、产业链低碳数字化等标准,开展新型能源技术产品全生命周期碳足迹标准研制,加快形成以通用技术标准为基础、不同类型产品碳足迹技术标准全覆盖的标准体系。鼓励龙头企业发挥技术和产业优势,依托国际标准组织,推进国家标准成果向国际标准转化。

四是建立与国际接轨的碳排放标准认证体系。积极对接国际绿色贸易规则规制,健全碳排放标准认证体系。建立产品碳足迹标签数字化平台,开展重点行业碳足迹标签技术应用验证,推行产品全生命周期碳标识制度。打造标准与检测认证国际合作平台,构建标准认证产业一体化格局。加快培育具有国际影响力的碳排放认证机构,与主要贸易伙伴建立碳足迹认证机构资质互认机制。

(作者系IEC第36届主席、中国工程院院士、中国电机工程学会理事长)

三季度低硫燃料油价格预期维持震荡

■ 童川

今年6月,燃料油价格大起大落。以上海期货交易所燃料油主力合约FU2409为参考,5月底该合约价格在3500元/吨上方,在6月初的4个交易日,合约价格大幅下跌至3250元/吨,随后开启缓慢的修

复行情,直至6月底价格重回3500元/吨以上。6月燃料油市场自身的基本面矛盾并不显著,价格的大幅波动主要受到成本端原油价格大幅波动的影响。

6月初,市场密切关注欧佩克在6月2日召开的大会。会后,该组织表示将从今年四季度开始逐步退出当前自愿减产计

划。这意味着,明年三季度结束前,欧佩克将为市场带来超过200万桶/日的供应增量。这对于本就脆弱的原油供需平衡格局而言是不可承受的。会议结果明显不及多头预期,会后油价大跌,是本轮燃料油价格大跌的主要驱动因素。在原油价格超跌过后,欧佩克成员陆续发声挺价,市场情绪企稳,并开始计价三季度原油消费旺季的预期,油价企稳反弹,燃料油同步跟涨。

在燃料油自身基本面方面,数据显示,高硫燃料油整体供需格局较5月环比变化不大。供应方面,6月乌克兰无人机再度频繁袭击俄罗斯炼厂,但俄罗斯高硫燃料油出口量维持稳定,较4月炼厂损失最严重时期的出口量有所上升。中东地区6月出口量环比持平,沙特出口量的下滑被伊拉克出口增加抵消。中东炼厂检修和区域内发电消费增加使得二季度高硫燃料油出口较一季度有所下降。南美市场,墨西哥6月高硫燃料油出口量较5月环比小幅回升,但仍低于一季度水平,主要出口方向仍为美国,6月出口至新加坡的数量从5月的15万吨下降至7万吨。需求方面,中东地区6月最高气温达到39摄氏度以上,平均

气温为37.5摄氏度,高于前4年同期平均气温。高温天气使得当地的发电需求存在强劲支撑。中国和美国的炼厂进料需求表现差异化。高硫燃料油价格上涨叠加国内炼厂大规模检修,本月中国高硫燃料油进料量出现明显下滑,6月中上旬,中国共进口高硫燃料油约50万吨,远低于135万吨的5月进口量和150万吨的4月进口量。美国炼厂开工上升至93%以上高位,对高硫燃料油的进料需求有所回升。美国残渣油进口量环比上升,库存下降至五年区间低位。综上,6月高硫燃料油供需变化不大,剔除成本端的波动,燃料油与原油价差维持在-5美元/桶附近窄幅波动,依旧处于年内高位水平。

低硫燃料油供需维持偏宽松的状态。新加坡低硫燃料油供应持续增长,主要来自三个方面。首先,5月低硫燃料油东西方价差扩大,套利窗口打开,已有三艘苏伊士型油轮从欧洲发往亚洲。其次,非洲尼日利亚丹格特炼厂维持50%的开工率运行,其生产的低硫燃料油已有两船发往新加坡市场。最后,科威特在5月完成夏季发电燃料的囤货之后,近期国内采购有所

放缓,国内外的Al-Zour炼厂目前稳定运行,低硫出口量环比增长。需求端则毫无起色,发电需求维持高位,边际上已没有更多增量。红海危机导致船舶绕行的格局已基本稳定,对船舶消费的刺激也在边际走弱。脱硫塔的安装使得低硫船舶消费持续被高硫替代。数据显示,鹿特丹港口今年一季度低硫船舶销量占比为46%,同比下降5%。1—5月新加坡低硫船舶销量占比由2023年的60%以上降至2024年的55%以下。富查伊拉低硫船舶销量占比由2023年的71%下降至2024年的64%。需求走弱的背景下,新加坡低硫燃料油现货成交趋于清淡,买方报价积极性偏低。

展望三季度,预计高硫燃料油前期还将维持需求旺季的强势基本面,之后随着中东发电需求的消退以及欧洲和俄罗斯供应回升而开始走弱。低硫燃料油预期维持震荡。中东及非洲供应稳定增长,船舶需求在三季度缺乏预期,低硫燃料油的价格更多受到原油和成品油旺季表现的影响。

(作者系银河期货有限公司能化投资研究部原油研究员)

