

# 基于碳足迹的绿色金融发展路径探索

王懋雄

(中国人民银行成都分行 四川成都 610041)

**摘要:** 长期以来,绿色经济的定义不明确,量化的难度较大,绿色主体认定较为困难,企业和项目存在“洗绿”空间,绿色金融难以有的放矢地支持绿色项目和投资。因此,寻找一个较好的绿色标准衡量载体显得十分重要。本文通过构建包含增值税原理和区块链技术的碳足迹体系,旨在相对精确地度量产业碳排放水平,活跃碳交易市场,为绿色金融支持绿色发展提供相对明确的标准。

**关键词:** 碳足迹 绿色金融 碳交易 碳排放 碳金融 绿色经济 低碳经济 能源结构优化 绿色发展

**中图分类号:** F832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-4350-2018 (12) -0064-05

我国在经济飞速发展的同时,化石能源的消耗引发碳排放激增,目前已成为最大的碳排放国,碳排放量占全球总量的比重约为29%,几乎是排在第二位的美国的两倍。国际组织“全球碳计划”称,由于欧盟和美国减碳步伐放缓,以及中国煤炭消费连续三年下降之后首次回升,全球二氧化碳排在连续三年零增长后,2017年强劲增长2%。这不仅给我国带来了巨大的国际压力,也成为了新时期我国经济发展“不平衡”“不充分”的重要表现,阻碍着全面小康和中华民族永续发展目标的实现。

我国明确承诺到2030年碳排放总量达到峰值并逐步下降,碳强度比2005年下降60%~65%。当前正值推动供给侧结构性改革关键时期,淘汰落后污染性产能,优化能源结构,提升能效水平,为节能减排做出了积极贡献。但近年来碳减排空间逐步缩小,而排放总量依然较大,本文旨在创新地从产业链视角出发,分析研究碳足迹<sup>①</sup>,深入挖掘碳减排潜力,为推动绿色金融的精准布局提供参考。

## 一、文献综述

### (一) 国外研究现状

关于碳足迹的定义:碳足迹概念源于生态足迹,生态足迹由加拿大经济学家威廉姆斯1992年首次提出;Wackernagel

(1996)进一步完善和总结了生态足迹的理论;Brown等(2009)认为碳足迹是衡量产品或服务在一个完整生命周期中能源消耗及温室气体排放量。关于碳足迹的测算方法:Patterson等(2006)对新西兰温室气体排放进行测算时分别采用了“自下而上”法和“自上而下”法,产生了相似的结果;Kitzes等(2009)基于“投入—产出”理论,以“自上而下”的方法衡量能源消耗与碳排放;Schmidt等(2009)基于生命周期评价理论,以“自下而上”方法将整个旅游业分解成不同的子系统,分别计算能源消耗量和碳排放量;Larsen等(2009)结合投入产出法和生命周期评价法测算分析了特隆赫姆市的碳足迹水平。关于碳足迹研究的成果:Brown等(2009)对美国100个大城市及主要地区交通与住宅区的碳足迹测算发现,运输成本、天气状况、电价等因素影响了碳足迹的变化;Dolnicar等(2010)测算发现交通工具的选择会造成59%~97%不等的碳足迹。

### (二) 国内研究现状

关于碳足迹定义的研究:赵荣钦等(2010)对碳足迹的定义延续了生态足迹的概念,认为碳足迹指吸纳碳排放所需生产性土地的面积;樊杰等(2010)认为碳足迹包括化石燃料燃烧直接产生的碳排放和产品与服务在整个生命周期中间接产生的碳排放。关于碳足迹测算方法的研究:李伯华等(2012)运用生命周

**作者简介:** 王懋雄(1985—),男,四川成都人,硕士,供职于中国人民银行成都分行,研究方向:宏观经济金融、绿色金融、农村金融。

<sup>①</sup>碳足迹:包含该行业从产业链的起点开始所有生产环节对应的碳排放。

表 1 碳足迹的定义

组织或研究者	研究尺度	定义
Global Footprint Network	活动、组织	根据其消耗的能源程度来测量温室气体排放总量
气候变化专门委员会、国家发改委、国家地方政府环境行动理事会	地域、界限	主要计算人类活动、生产和消费商品以及由于经济社会活动所产生的 CO <sub>2</sub> 、N <sub>2</sub> O、CH <sub>4</sub> 、PFCs 等的排放量,以及清除量
世界资源研究所	企业、项目	机构所持有的或可控制的温室气体排放,以及消耗电力引起的温室气体排放,由于某些上下游排放种类与企业的温室气体排放
Edward Jones G., Wiedmann T. 等	商品、活动	主要计算某一商品在整个生命周期生产和消费过程中所排放的直接或间接产生的 CO <sub>2</sub> 排放总量
Druckman A., Jackson T. 等	商品、家庭	生产消费商品和服务全过程当中,消耗能源而引起的直接或间接 CO <sub>2</sub> 等温室气体的排放总量
Barthelmie R., Hertwich 等	地域、界限	城市主要以需求为核心,除商品和提供服务外,还以所消费食品原材料、水、燃料等原因引起的直接和间接 CO <sub>2</sub> 排放

期评价理论,构建了交通系统碳足迹计算模型,结果显示,采用不同类型交通方式产生的碳足迹相差甚远;祁悦等(2010)利用基于“投入—产出”模式的物料衡算法,测算了1992~2007年间国内碳足迹总量和2007年主要地区碳足迹,其研究结果表明我国碳足迹规模较大且增长速度加快;焦文献(2012)根据IPCC方法获得甘肃省能源消费碳足迹量(=能源消费量\*排放因子)。关于碳足迹影响因素的研究:梅建屏等(2009)以南京市某单位交通工具选择为研究对象,结果表明碳排放总量从大到小依次是:轿车、综合交通、城市公交;李玲等(2011)运用2005~2009年湖南省14个州市资料分析碳足迹状况发现,经济发展水平和能源结构是影响碳排放量的主要因素。

二、碳足迹的内涵及其核算

(一)碳足迹的内涵及定义

关于碳足迹的研究时间相对较短,碳足迹的概念内涵尚未有统一权威的定義。表1所列是一些具有代表性的研究者和组织对碳足迹的定义,根据这些定义可以将碳足迹概括为以下三种观点:一是认为应从人类生产消费活动角度,衡量对化石燃料燃烧排放的CO<sub>2</sub>总量;二是认为应从产品全生命周期角度,计量原料获取、生产、使用、运输、废弃过程中直接和间接排放的CO<sub>2</sub>及转化量;三是认为碳足迹概念重点在于计量人类活动产生的直接和间接CO<sub>2</sub>及转化量对气候变化的影响程度。

在实践中,不同尺度的功能单位在碳足迹的测度内容、方法和技术等方面都有显著不同。碳足迹评估尺度主要包括产品、家庭、企业及相关组织、城市 and 区域、国家和地区等。其中产品碳足迹是应用与研究最为广泛的概念,即研究产品生命周期产生的温室气体排放量。

(二)碳足迹核算标准

碳足迹概念经学术界讨论并日渐完善与规范,但仍在衡量温室气体种类、界定系统边界等方面存在争议。因此,碳足迹的核算评估标准需求应运而生,评估准则也伴随碳足迹定义日渐完善。目前,碳足迹核算标准主要有针对单个产品或服务、立足组织或企业尺度的ISO系列标准(ISO14067),立足商品和服务角度制定的PAS 2050规范,以国家为边界的IPCC国家温室气体清单指南,WRI/WBCSD的《产品和供应链标准》<sup>②</sup>等(见表2)。其中英国标准协会和环境事务部共同发布的PAS系列准则确立了产品、企业、行业和城市等各层次碳排放准则,应用相对广泛。

表 2 碳足迹核算标准

核算层面	核算标准	标准发布单位
产品	ISO 14067 (2012)	国际标准化组织
	PAS 2050:2008	英国标准协会
	GHG protocol (2011)	世界资源研究所与世界可持续发展工商理事会
企业或组织	GHG protocol (2004)	世界资源研究所与世界可持续发展工商理事会
	ISO 14064-1:2006	国际标准化组织
国家	IPCC 2006	政府间气候变化专门委员会

(三)碳足迹核算方法

碳足迹核算方法主要包括投入产出法、生命周期评价法(LCA)、混合生命周期评价法、能源矿物燃料排放量计算、Kaya碳排放恒等式法、碳计算器法等。其中常用核算方法主要有以下几种:

②世界资源研究所(WRI)和世界可持续发展工商理事会(WBCSD)于2008年底拟定了《产品生命周期核算和报告标准》和《企业(范围3/供应链)核算和报告标准》,合称《产品和供应链标准》。

一是投入产出法,以整个经济系统为边界,采用自上而下的计算模型,利用投入产出表,通过平衡表反映生产活动和经济主体之间的关系,适用于宏观层面对市场主体碳足迹的计算。目前已在美国、中国、英国、澳大利亚以及全球产生相关的研究成果。

二是生命周期评价法(LCA法),采用自上而下的计算模型,计算一个产品、一项服务在生命过程中投入和产出对环境的碳排放总量,适用于微观层面的产品和服务碳足迹计算。LCA已成了国际公认的主流碳足迹核算方法。

三是IPCC算法法,由联合国气候变化委员会编写,碳排放计算依据活动数据和排放因子,即碳排放量=排放因子\*活动数据,主要适用于能源、工业、农林土地利用变化、废弃物等部门碳足迹计算。

四是碳计算器,这是互联网上的一款碳足迹计算工具,利用交通工具类型、交通工具使用里程数、生活用电量、居住面积等测算个人或家庭碳足迹。由于这种计算方法相对便捷,因此其应用相对广泛。

### 三、碳足迹运用中面临的困难与问题

碳足迹是立足于全产业链计算的碳排放量,通过碳足迹的运用,一方面能够激发供给端碳减排的主动性,提升效率和循环使用能力,降低生产能耗和原料成本;另一方面能够有效实现碳排放的信息对称,帮助消费者获取绿色健康产品,引导增加低碳消费需求。但在碳足迹的运用中还存在诸多困难。

#### (一)碳交易效率低及透明度差等制约市场发展

一是碳项目交易时间长。碳项目自勘察、审定、备案登记、减排量核证、注册、签发到上市交易环节,涉及控排企业、政府监管部门、碳资产交易所、第三方核查与认证等机构,流程过长,往往需耗费长达一年甚至更长的时间。

二是碳交易成本偏高。以碳交易中介佣金、碳交易谈判、合格性确认、监测和核证等为主的总费用高昂,如CDM(清洁发展机制项目)交易费用占碳交易总价的30%左右。

三是碳项目的真实透明性差降低了市场参与度。碳项目各流程节点可能存在造假、流程臃肿、不透明交易等问题。中心服务器无法对各控排企业的碳排放额、配额、价格等数据的真实性和透明性做到绝对的保障,而信息的不透明让市场主体难以真正参与其中。

四是国际范围内的碳市场碎片化现状明显。受制于各国市场的制度以及法规,全球碳交易市场呈现碎片化现状。各国及各类型碳市场的交易条件并不统一,难以互联互通,二氧化碳定价

存在巨大差异,限制了全球碳交易市场的发展规模。

#### (二)碳排放的管控措施缺乏精准性

近年来,通过各界努力,部分耗能企业由过去耗煤和耗油类企业改为用电,这些企业直接碳排放量降低,但当前储能技术和快充技术尚未有效突破,风电、光电、水电等季节性较强,核电规模尚未有效扩大,碳排放量较大的火电发电量占比达80%左右。在以火电为主的电力结构背景下,大部分上游碳污染并未计入下游产品,使得纯电汽车、用电企业等实现产业链内“碳转移”,煤改电、油改电等对碳减排效果大打折扣。以汽油汽车和纯电动汽车行使100公里的碳排放为例,按照上述基于生命周期的碳足迹测算法得知,纯电动汽车碳排放还高于低排放小轿车。若以碳足迹计算器计算,在匀速、空调关闭、气温适中的情况下,电动汽车用电约20度,碳足迹总量为19.2kg CO<sub>2</sub>,低油耗小轿车碳足迹总量为15.6kg CO<sub>2</sub>;以IPCC算法法测算,根据《IPCC温室气体排放清单指南》,结合我国能源统计特点,采用公式<sup>③</sup>计算,同样得知电动汽车碳排放高于低排放汽油汽车。上述碳足迹测算得出的结论是电动汽车的碳足迹可能高于汽油汽车。此外,我国开展碳足迹研究相对较晚,自主开展碳足迹核算的企业少,尚未形成完善的认证体系,还难以精准定量碳足迹。

### 四、构建碳足迹体系支持绿色发展的思考

通过对我国碳排放现状、国外碳足迹核算标准与方法、碳交易市场面临的问题与困难等的阐述,对国内外碳足迹研究和全产业链碳排放现状有了较为清晰的掌握,并借鉴增值税征收、区块链运行原理和国外碳足迹认证的实践经验,对金融支持降低碳足迹、支持绿色发展,形成以下思路及预期效果。

#### (一)值得在碳足迹体系借鉴的领域

1. 增值税的“流转可抵扣”特性为压降全产业链碳足迹提供了思路。增值税是以商品(含应税劳务)在流转过程中产生的增值额作为计税依据而征收的一种流转税。其主要特征:一是对商品生产、流通、劳务服务中各个环节征税;二是课税对象是产品进入最终消费环节的销售价格,将进入下一环节的收入视为最终消费,作为征税依据;三是增值税实行进项税可抵扣,增值税实际是以增值额为征税依据,无增值不征税;四是每一个环节所征收的税款都全部包含在消费者所支付的价格中,增值税实际由消费者负担,属于价外税;五是增值税对无明确进项税抵扣项的市场主体实行简易增收法,对部分扶持鼓励领域实行优惠税率。综上,征收增值税是对产业链各节点收入的分配方案,而从另一角度来看,也是一种成本的支付,因此,也可作为一种

$$\textcircled{3} T = \frac{11}{3} \sum_{i=1}^{10} (EC_i * CEF_i * OCR_i)$$

式中: T为CO<sub>2</sub>排放量(kg); 11/3为CO<sub>2</sub>与碳间的转换系数; EC<sub>i</sub>为能源i的消耗量(若为能量单位,需要转换为标准煤,即1kg标准煤等于2.93×10<sup>-2</sup>GJ); CEF<sub>i</sub>为能源i的碳排放系数(以每千克标准煤下产生的千克碳计); OCR<sub>i</sub>为碳氧化率。



惩罚性的税收,从而优化产业链的结构性调整。

2. 区块链的高信任度和高效率等特性为提升基于碳足迹的碳交易参与度提供了思路。区块链是用分布式数据库识别、传播和记载信息的智能化对等网络。其主要特征:一是信息可信度高。区块链利用哈希算法对一个交易区块中的交易信息进行加密,信息不能被解密,除非超过51%的节点被控制,否则信息不可篡改,添加到区块链上的信息会永久存储,且数据对所有人公开。二是交易成本低。分布式分类账技术实现了去中心化,消除对中间商的需求,并允许更直接、更简单的购买和交易渠道,能有效降低交易成本。三是交易效率高。区块链任一节点都具有核算和存储功能,任一个节点的故障不影响系统整体的运作,且各节点权利和义务都是均等的,通过网络实现实时交易,交易效率较高。四是市场拓展性强。区块链依赖某种证明方式,设计一套制度,实现共识机制,维护系统的公平性,统一区块链的版本,证明工作量和权益,不受国界限制,更容易延伸业务边界,市场主体也更容易参与其中,市场空间更广。

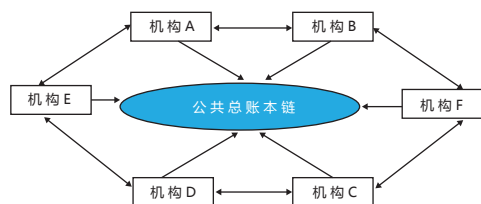


图1 区块链工作原理

3. 国外先行的碳足迹认证实践经验为我国碳足迹认证提供了思路。一是认证机构以非盈利性机构为主。为开展好碳足迹认证工作,英国由政府出资成立碳信托公司,美国成立碳基金公司、加利福尼亚碳标签公司、气候保护公司三家非盈利机构,日本则由政府经济、贸易和工业部门负责推动碳足迹认证相关工作。二是认证对象主要是与生活消费息息相关产品领域的核心企业。如美国主要对百事可乐、苹果、法国达能等核心企业产品加贴碳标签,让消费者体验更深,涉及面更广,同时也能引导企业将碳足迹认证作为提升市场竞争力的重要抓手。三是认证方法与标准因国而异。多数国家在碳足迹认证方面积极推动专业人才培养,制定出认证标准,如韩国以《韩国产品碳足迹核算指南》为产品碳足迹、碳标签认证的主要依据,日本旨在建立类别更加全面的产品分类规则(PCR),而其他国家更多使用PAS 2050等标准体系。

## (二) 基于碳足迹搭建金融支持绿色发展的思路

1. 完善绿色金融配套政策与措施。参照增值税和区块链原理,由发改委、财政、工信等部门推动搭建碳排放权许可费(以下简称碳费)和碳交易区块链框架,实施信息共享与监督管理。推动政策性担保机构、投融资平台公司等与相关交易所的对接,激活碳交易市场。充分利用优惠与激励政策,推动基于碳足迹的

碳排放权在我国碳市场交易。鼓励金融机构开发碳衍生金融产品,完善碳交易的价格发现功能,提升减排企业碳产品的保值和增值能力。引进与培养碳足迹核算、认证和管理等和绿色金融方面的机构和人才,积极推动碳足迹认证,推广碳标签使用范围,提升基于碳足迹的绿色精准识别能力,优化绿色项目库建设,完善绿色金融统计制度,及时建立健全绿色金融评价和考核标准体系。

2. 金融支持能源结构的优化调整。我国碳减排项目的评估更多集中于产业链的局部区域,缺乏从全产业链视角抑制碳排放的意识,导致碳减排空间难以拓展。同时,能源是我国碳污染最为严重的领域之一,而火电为主的能源结构抑制了碳减排,只有克服清洁能源发展困难,调整优化能源结构,才能从源头降低碳排放量。因此,金融应积极推动储能、快充技术的有效突破,支持风电、光电、核电、水电等清洁能源建设,提升清洁能源市场占比;建议政策逐步放宽清洁能源直供电,金融跟进直供电企业的建设;建议支持绿色电力证书交易,推动绿色消费市场发展。综上,从产业链源头的能源侧控制碳排放,能有效降低整个产品生命周期的碳排放。

3. 搭建基于增值税原理和区块链技术的碳足迹体系。由于碳足迹能较为精准地反映产业链各节点碳排放量,因此,可借鉴增值税流转可抵扣原理,基于碳足迹征收碳费,购进原料含有的碳足迹可作为进项税抵扣基础,同时参考增值税对进项税实行差异化抵扣政策(见图2)。一是购进碳排放强度大的可抵扣物,实行低费率抵扣,降低对高排放产品的购进需求;二是对于上游产品碳含量难以计算的市场主体,应实行简易征收法(按固定比例征收);三是对碳足迹增量未超过碳配额的情况,不予以增收碳费,不额外增加减排企业负担。金融支持应将碳费负担过大的市场主体纳入负面清单,对碳费较低的市场主体提供激励性支持。因此,以碳足迹为费用征收依据,以流转税形式征收碳费,相当于对实体碳排放增量征收惩罚性税负,能从产业链的各节点进行碳排放控制,进一步拓宽碳排放空间。

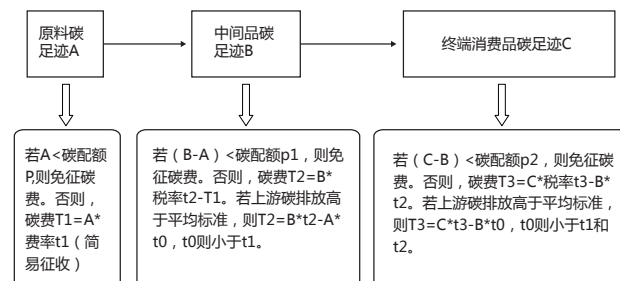


图2 增值税原理运用在碳费增收方面的设想

借鉴区块链运行原理,构造底层去中心化的碳排放数据流转框架,搭建起分布式分类账的交易网络,省去中间交易环节,

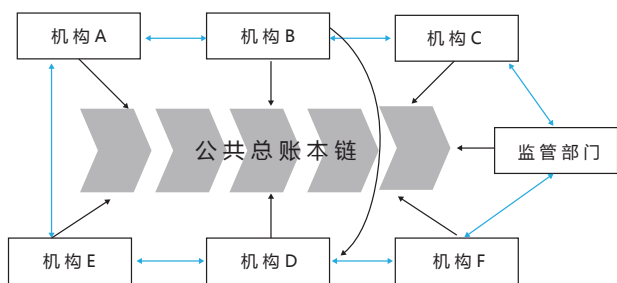


图3 区块链原理运用在碳交易中的设想

搭建稳定的交易网络,将监管机构作为区块链节点,提供一个市场化交易市场,让减排信息完全公开透明,通过严密的加密算法对信息安全再加固,推动全国碳交易市场快速发展,促成搭建全球碳交易市场(见图3)。通过这种碳交易模式,能降低交易成本,提升交易效率,增进市场主体的合作水平,增强市场主体参与积极性,突破国界等边界限制,拓宽市场空间,能让碳减排形成国际合力,也能为准确简便计算碳足迹、执行好碳标签制度、有效征收碳费等提供基础保障。

如图3所示,以区块链为底层技术的开放式数据库中,所有的信息主体、信息需求方、信息提供方及监管方都作为一个节点接入公共总账本链,监管方主要负责审核运行标准、监督各节点遵守规则、处理各类投诉,保障整个平台运行的合法良好氛围。所有的交易信息都以加密的方式加载到区块链上。机构B想要获取机构D的碳减排信息,可以直接发送交易请求给机构D,D将其持有的密钥提供给机构B,机构B立即获取了D的信息,同时,所有的节点共同确认与验证该信息,获取信息后交易,监管机构也跟进监管并反馈,交易及监管信息加载至区块链。

## 五、小结

基于增值税原理和区块链技术的碳足迹体系,将为精确度量产业链碳排放提供有效途径,也将为绿色产业和绿色项目认定提供可靠的标准,进而为包括绿色金融在内的各项支持措施提供明确的支持对象,为我国大力推进生态文明建设、实现绿色发展的提供有力支持。从目前情况来看,我国碳足迹认证应着重做好以下两个方面:

一是加强宣传。应以企业自愿为原则,加强碳足迹和碳标签与生态环保、提升市场竞争力关联性的宣传。同时加强对消费者的宣传,让消费者充分认识绿色认证,提升消费者对绿色产品的识别能力。

二是加强引导。尽快出台规范和约束作用的指导性文件,制定《产品类别规则》,规范不同产品碳足迹的计算标准及方法,同时兼顾国际现有标准,促成搭建全球碳交易市场标准体系。

此外,应优先在与生活息息相关的产品生产性核心企业试点,提升试点辐射引导效应。鉴于当前碳核算、认证和管理等费

用成本较高,应运用政府补贴、税收优惠、政府采购等鼓励企业开展碳认证工作。金融支持应将关键领域的碳认证作为门槛条件,引导绿色发展。

## 参考文献:

- [1] 谢鸿宇,陈贤生,林凯荣,胡安焱.基于碳循环的化石能源及电力生态足迹[J].生态学报,2008(4).
- [2] 赵荣钦,黄贤金.基于能源消费的江苏省土地利用碳排放与碳足迹[J].地理研究,2010(9).
- [3] 祁悦,谢高地,盖力强,张彩霞,李士美.基于表观消费量法的中国碳足迹估算[J].资源科学,2010(11).
- [4] 李伯华,刘云鹏,窦银娣.旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估及影响因素分析——以南岳衡山为例[J].资源科学,2012(5).
- [5] 焦文献,陈兴鹏,贾卓.甘肃省能源消费碳足迹变化及影响因素分析[J].资源科学,2012(3).
- [6] 幸宇.构建纳入林业碳汇的碳排放权市场的设想[J].西南金融,2013(10).
- [7] 陈国庆,龙云安.绿色金融发展与产业结构优化升级研究——基于江西省的实证[J].当代金融研究,2018(1).
- [8] 杜受祜,葛声波.绿色发展:国家中心城市特征和动力源泉——成都国家中心城市建设印订[J].西部经济理论论坛,2018(1).
- [9] 康丹.企业产品碳足迹核算及碳标签制度设计[D].西安:西安理工大学硕士学位论文,2018.
- [10] Alvarez Fernandez, Roberto. Carbon Footprint and the industrial life cycle: from urban planning to recycling[M]. springer, 2017.

责任编辑:冯晶