

基于绿色供应链的资源流转成本会计评价框架构建

郑玲(教授), 杨密圆

【摘要】 2017年ISO14052的发布,为资源流转成本会计(MFCA)向供应链层面扩展提供了指南,但在其具体实施的过程中却出现了新的问题和挑战。鉴于生命周期成本(LCC)和生命周期评估(LCA)是在可持续决策背景下评价生命周期范围内经济和生态效益的常用方法,对MFCA和LCC-LCA综合评估的过程模型进行集成研究,构建MFCA向供应链扩展的评价框架,并对其在实践中的应用提出调整与修正建议,以适用其在供应链层面生命周期范围内的评价要求。

【关键词】 资源流转成本会计; 物质流分析方法; 生命周期成本; 生命周期评估; 供应链

【中图分类号】 F275 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-0994(2019)17-0075-6

一、引言

资源流转成本会计(MFCA)是在物质流成本会计基础上发展起来的一种环境管理会计方法。2017年《环境管理—物质流成本会计—供应链实践应用指南》(ISO14052)的发布,为MFCA向供应链层面扩展提供了指南^[1],但在其具体实施过程中却出现了新的问题和挑战。鉴于供应链中参与企业较多、涉及的生命周期阶段之间关系较为复杂,如何协调它们之间的相互关系,构建MFCA在整个供应链上的集成模型成为亟待解决的问题。

在供应链层面研究MFCA的扩展问题,帮助企业进行经济和生态二维的综合决策,需要对供应链上参与企业的生产经营活动成本及相关经济、生态影响进行建模计算,其中比较重要的工具就是生命周期成本(LCC)和生命周期评估(LCA)。在现有的研究中,LCC和LCA分析往往是基于不同的范围、生命周期模型及数据库并行执行的,这一方面导致了双倍的工作量,另一方面也使研究结果缺乏一致性而不利于管理者据以进行决策。因此,首先需要对二者进行整合以形成一致的评估方法,然后将此方

法运用到MFCA中,实现MFCA向供应链的扩展,在具体实施方法上为企业实践提供借鉴。

已有学者提出了利用LCC和LCA进行综合评估的过程模型,进一步考察可以发现,MFCA与LCC和LCA均以物质流分析和流程结构分解为基本特征,它们在基本要素和方法上具有相似性。因此,本文拟以LCC和LCA综合评估的过程模型为基础,结合MFCA的核心评估步骤,构建MFCA供应链层面的集成模型,为MFCA向供应链层面的扩展提供一个初步的评价框架。

二、LCC-LCA综合评估过程模型

在进行LCC和LCA综合评估时,应基于共同基础详细评估经济和生态效益。基于此,本文构建了LCC和LCA综合评估的过程模型。LCC-LCA综合评估过程模型源于决策理论,以复杂、系统的生命周期评价通用模型为基础,使用协调一致的目标、范围、生命周期定义、系统模型以及共享数据库来计算选定的经济和生态目标值,如图1所示。

该模型包含不同的建模层级,包括一个系统层级和一个或多个子系统层级,每个层级都有若干步

【基金项目】 湖南省自然科学基金项目“绿色供应链视角下制造企业资源流转成本会计应用研究”(项目编号:2017JJ2129)

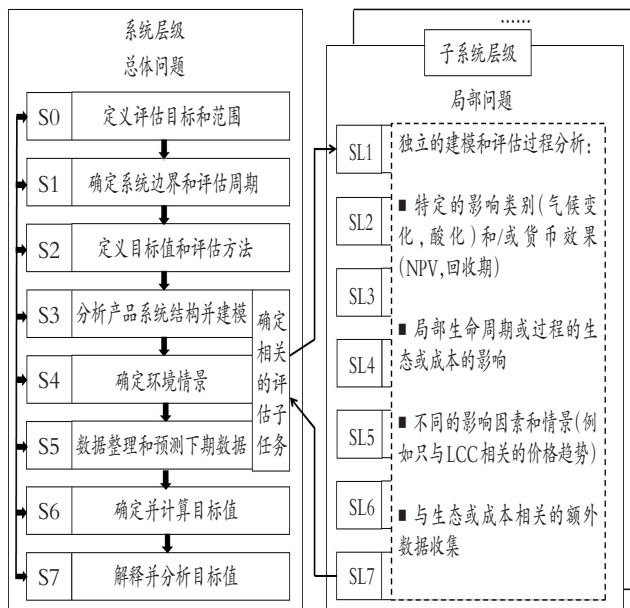


图1 LCC-LCA 综合评估的过程模型

骤和反馈循环。将其分解为不同层级是为了降低总体决策问题的复杂性。一般来说，LCC-LCA的综合研究应该建立和使用共同的评估基础。但由于相关方法均具有特定的特点和需求，需要进行特定的分析。部分问题的分析可以在子系统层级来处理。

模型的第一步(S0)开始于对评估目标和范围的定义。根据需要评估的产品系统，由供应链上的发起决策者确定研究目的和范围。这可以是产品系统的某一环节或某一方面(如原材料供应商、生产者、半成品或产成品、用户、回收者等)，也可以是整个产品系统。第二步(S1)，根据评估对象和目的选择相应的生命周期概念，在此基础上确定系统边界和评估周期。另外，由于LCC和LCA的经济效应和生态效应的影响范围往往不同，还要区分二者的评价周期。第三步(S2)，定义目标值和评估方法。在LCA计算中，应采用动态投资评估方法。用现金流代替收入和成本，使用其净现值作为目标数据，并考虑相关数据的时效性变化，如价格、通货膨胀率、学习曲线效应、货币的时间价值等。上述三步是前期准备阶段。

第四步(S3)，对产品系统的结构进行分析，并对相关的流程、活动和可用的决策方案进行建模，这是该模型的核心步骤。因为要综合考量经济和生态效益，这种二维目标使得决策问题更加复杂，因此需要对整体问题进行分解。由此产生的局部问题(例如规划工厂的装配线、运输系统或能源供应系统)在特定的子系统层级进行处理，以适当的方式对它们进行建模和分析。在系统建模过程中，产品和生产工艺引

起的经济和生态影响取决于多种影响因素。有的源于企业内部，如技术设备的条件；有的源于外部，如竞争者或现行法律等。为了充分考虑这些因素，需要定义不同的环境情景，这是该模型的第五步(S4)，以上是该模型的过程阶段。

接下来对过程中形成的数据进行整理并据此预测下期数据(S5)。产品、生产过程和相关影响因素的结果，构成了评估经济和生态后果的基础，这一步骤应特别注意收集和预测相关的经济和生态数据。与全部问题相关的数据可以从系统层级S3的共享模型中收集，只与经济或生态相关的局部问题所需的数据则从子系统层级进行收集和预测。在收集、整理和记录所有数据之后，即可计算S2中定义的目标值(S6)，据此选择可用的备选方案。最后一步(S7)是解释并分析目标值及备选方案的结果。这几步是通过

对数据进行整理、计算和分析，最终做出评价。需注意的是，上述综合研究的过程模型中，由于必须考虑经济和生态两个维度，至少需要两种目标值。因此，应采用多准则决策方法(MCDM)来寻找生态和经济上最佳的决策选择。此外，由于生态和经济数据预测的不确定性，还需要采用敏感性分析。

三、基于LCA-LCC综合过程模型的资源流转成本会计评价框架

MFCA作为环境管理会计中的一种管理工具，能帮助经济组织更好地理解物质与能源消耗过程中对环境与财务所产生的潜在后果，从而有助于经济组织寻找生产实践中提升环境效应与增进财务收益的机会^[1]。其对经济和环境的双重关注契合了LCC和LCA的分析、评价内容，MFCA中的物质流分析方法，物料中心、资源流转模型等基本要素与LCC-LCA中的流结构建模、生产过程和功能分解有对应的相似点。为对它们进行综合研究奠定了可行性基础。ISO14052中提出了将物质流成本会计的应用向供应链层面进行扩展的基本思路，为它们的结合进一步提供了国际标准和实践依据。循此思路，本文构建基于LCA-LCC综合过程模型的MFCA评价框架，以促进MFCA向供应链层面扩展。

(一)资源流转成本会计基本原理

物质流成本会计由德国学者创建，在日本企业实践中得到发展与完善，我国学者对其内涵和研究内容进行延展，将其进一步改进为资源流转成本会计。MFCA是一种面向流程的会计方法，它基于物料

平衡原理,以物量中心为纽带,根据物质流转模型对生产过程中的物料流和能源流进行成本核算,分解出物料流和能源流中的有效成本和无效损失,通过内外部成本的二维评估,帮助经济组织准确识别其物质和能源使用的经济效益和潜在环境影响,从而进一步改善经济和环境^[2]。

MFCA有四个基本要素:物量中心、物料平衡、资源流转模型和成本核算。物量中心一般由物料流转过程中的一个或多个具有相近功能的生产环节组成,然后以此为节点,对生产过程中输入和输出的物料和能源进行实物单位和货币单位的量化。物料平衡是根据物质输入输出原理,追踪各个环节的物料投入,在输出端分解出有效输出(正制品)和无效输出(负制品)。资源流转模型包括流程结构模型和流程数量模型两种。将上述四个基本要素进行有机组合,就形成了MFCA的三个步骤:①流程结构建模。在建模的同时,可以界定出成本核算的系统边界、分解出各个物量中心;②量化物量中心的物料和能源流量,即在流程结构模型中描述会计账簿中记录的物料和能源流量;③进行成本分类核算,根据MFCA将成本分为正制品和负制品的规则特征以及具体的成本分类方法,绘制出流程数量模型,据此可以同时评价其经济和环境效益。流程结构模型和流程数量模型分别如图2和图3所示。

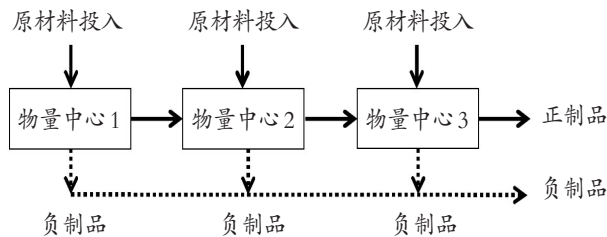


图2 MFCA 流程结构模型

(二)MFCA与LCC-LCA集成研究的可行性

根据MFCA的基本原理,MFCA的基本要素、流程结构和核算思路与LCC-LCA综合评价有一些共同之处,为它们的集成研究奠定了可行性基础。

1. 建模方法的相似性。LCC-LCA集成研究中使用流结构模型进行系统建模,用以描述其各环节输入—输出的物质和能源的流量和存量,这与MFCA中的流程结构模型、物量中心以及相应的流程数量模型异曲同工,具有非常相似的系统模型和建模方法。可以说,MFCA已经与LCA紧密相连,其结构和数量模型甚至可作为LCA分析的起点。MFCA

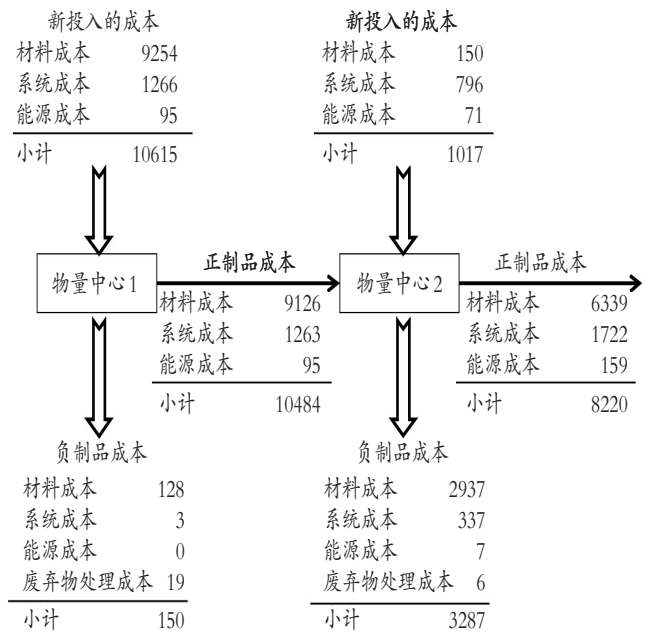


图3 MFCA 流程数量模型

模型扩展到整个生命周期后,其结构和数量模型可成为LCC的基础,当然,成本评估需要适应LCC的具体需要而采用适当的方法如动态评估等^[3]。

2. 物质流分析方法的共用性。物质流分析方法是MFCA和LCA相同的基础分析方法。首先,物质流分析方法是LCA进行分析评估的一种基本思路 and 基础方法,据此可以评价产品及其所耗用物质的能耗、碳足迹及其对环境的影响等。物质流分析方法也是MFCA的一种基础方法,并且MFCA在物质流的基础上将其扩展到价值流上进行分析,是对物质流分析方法的一种扩展,由此在成本计量及货币维度方面与LCC连接起来。因此,MFCA通过物质流分析方法将LCA和LCC连接起来,成为二者的一个纽带,有助于形成二者集成研究的共享数据库。

3. MFCA规则的适用性。MFCA中的核算规则如进行流程结构建模、量化物量中心的物料和能源流量、成本分类核算等,都能适应LCC和LCA集成研究将经济和生态效应分配到相应流量中的要求,使得二者的集成研究使用MFCA的规则没有任何障碍。而且MFCA将成本区分为正制品和负制品进行分别确认和评估的规则特征,使LCC和LCA结果都增加了一个新维度,产品系统生命周期范围的经济和生态绩效可以通过效益和损失的差异化评估,更深刻地揭示企业的资源效率,为管理层进行管理决策提供更高层次、更详实精准的数据信息^[4]。

总之,MFCA与LCC-LCA综合评估在基本理念和评估方法上有共同之处。以MFCA为纽带,将

其建模方法、物质流分析思路和区分正负制品的规则特征纳入LCC-LCA过程模型,将有助于形成一套分配经济和生态效应的共同规则,一方面增加LCC和LCA结果的一致性,另一方面可以为MFCA向绿色供应链的扩展探索实践应用方法。

(三)资源流转成本会计评价框架构建

根据上述分析,以LCC-LCA集成研究的过程模型为基础,构建出MFCA评价框架模型。该模型首先根据评估目标确定一个适当的分析框架,包括系统边界与评估周期、评估方法和目标值;然后以MFCA的三个步骤为核心,将范围扩大到生命周期,并在评价步骤中加入生态维度。具体见图4。

图中步骤S0~S2沿用LCC-LCA过程模型的思路,根据评估目标首先确定生命周期概念和范围,在此基础上确定系统边界和评估周期,进而确定目标值和评估方法。MFCA的三个核心步骤和LCC-LCA集成研究后相应调整如下:①生命周期范围内流结构建模;②在物量中心量化特定阶段或期间的物质流量;③评价生命周期系统的经济和生态影响。

其中,步骤①对应于原模型(图1)中S3的结构分析和系统建模。理论上,MFCA中划分物量中心并确定它们之间的物质流量的方法也可应用于LCC-LCA集成研究。这是因为MFCA中的流结构模型至少可以用于生命周期的单一阶段。而且,根据MFCA既核算内部正负制品成本,又核算外部环境损害成本的特点,除了经济维度的流量数据,所有与生态相关的流量亦均包括在内。同时,由于向生命周期的扩展和对生态效应的考虑,与传统的MFCA研究相比,MFCA评价框架模型分析的范围扩大了很多。因此,该模型对于MFCA与LCC-LCA具有互补协同效应,一方面MFCA为LCC-LCA集成研究提供了方法和思路,另一方面LCC-LCA综合评价促进了MFCA向生命周期范围的扩展。需要指出的是,在生命周期范围的研究中,并不是在每个阶段都要进行详细的建模和分析。如果特定阶段的流量不影响决策方案的制定,并且可以获取相应的成本、收入和生态负荷数据,未建模阶段的经济和生态影响也可以分配给系统的输入和输出流而不会影响其结果^[5]。

步骤②包括原过程模型中的步骤S4和S5,这里仅量化物理数量。对应于上一步骤的流结构模型,建立各阶段的流量模型。由于扩展到生命周期后时间跨度较大,需要考虑与时间相关的影响因素如学习曲线、部件磨损、货币时间价值等。为了在后续评价

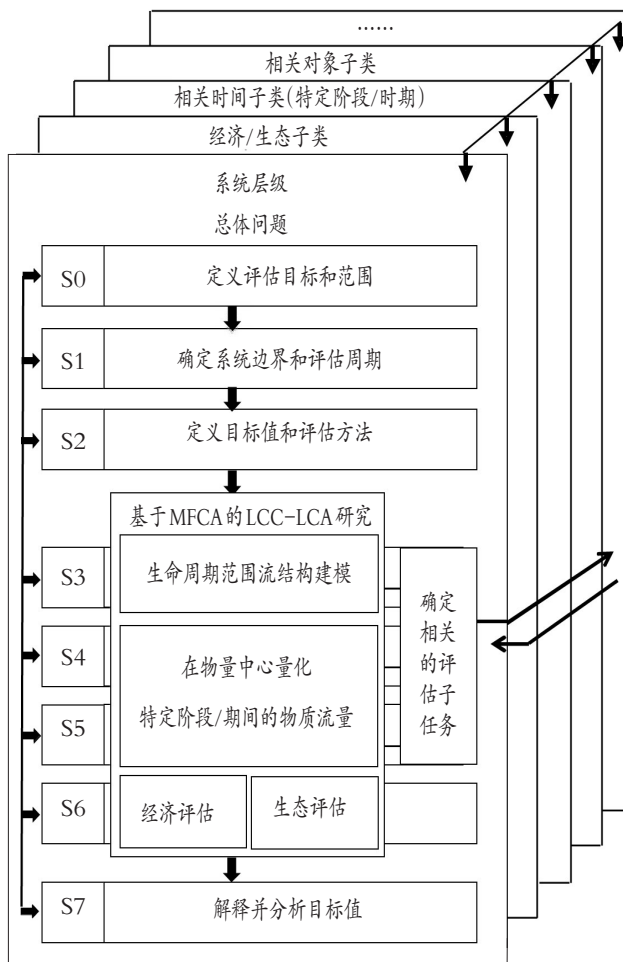


图4 MFCA评价框架模型

中涵盖这些影响,应进一步将特定阶段模型分解为特定期间模型。如果要将研究结果用于支持决策制定,大部分数据都需要进行预测,为保证最终结果的质量,还需要估计数据的可信度并进行额外记录。

为了获得LCC和LCA各自的目标数据,在进行经济和生态评估时对步骤③中的经济和生态影响进行了分离处理。这对应于原模型步骤S6,同时参考步骤S4和S5中的经济和生态评估活动。经济和生态评估同样采用根据MFCA区分正负产品的思路及其会计方法。对于经济评估,MFCA可以调整其货币单位的数据,可以看作是一种特殊的基于流程的生命周期成本方法。生态评价是基于LCA经典的评价方法和标准进行的,为了将生态效应分配到流程中,需要对MFCA的成本分配规则进行相应调整。

步骤③的结果包括数据库质量、敏感性分析以及经济和生态结果的联合评价,由此形成了最终决策的基础数据。在此基础上,可以对反映全部和部分问题的这些数据进行进一步分析和解释(这对应于原模型步骤S7),为管理者在供应链范围内进行综

合决策提供更准确、可靠、相关的信息。

四、资源流转成本会计评价框架在应用中的调整与修正

(一) 确定生命周期概念及供应链中的参与者

首先,选择合适的生命周期概念作为构建生命周期流程模型的基础。不同的生命周期概念对应不同的评价对象,如系统生命周期、产品生命周期、市场生命周期以及需求生命周期等。因此,需要根据评价目标以及评价对象的具体特征选择适用的生命周期概念(一般采用产品生命周期概念)。其次,在产品生命周期中,不同的参与者如供应商、生产商、销售商、使用者等相互作用构成了供应链,因此对相应的供应链方法提出了要求,其中一个基本问题就是供应链中参与者的确定,即以哪个参与者作为核心企业进行重点研究。ISO14052为物质流成本会计在供应链层面的实践提供了应用指南,该问题可遵循供应链中核心企业的确定思路予以处理。

(二) 识别并构建生命周期各阶段的执行过程

为建立与生命周期阶段的具体特征相适应的生命周期流模型,需要识别和构建生命周期各阶段的执行过程。这些过程因评估对象不同而在细节上有所差异,本文建议使用通用的过程模型进行结构化和系统化的描述并可视化不同生命周期阶段的过程。这些模型要预先构建生命周期中可能发生的相关过程及它们之间的相互关系,并对相应过程进行标准化描述,这可作为简化建模的框架。对于某些阶段(包括子阶段),已经有通用模型可以借鉴,如供应链作业参考模型和制造过程的DIN六分类法。

建立了生命周期范围的流程模型后,还要考虑这些过程中各阶段的具体特点。一般情况下,原材料

获取、生产和生命周期结束这几个阶段依次进行且只发生一次,如图5所示。而使用阶段通常表现为几个时间周期内一个或几个流程的多次重复,如图5的环形箭头所示。由于时间因素的影响,重复过程中流数量可能会发生变化。另外,在流程结构建模中,要事先考虑合理的经济评估需要确定特定周期的数量和成本。对此,特定周期的流模型可以从流程结构模型中推导出来。

(三) 处理生命周期相关循环及各阶段交叉问题

生命周期建模的另一个挑战是由再制造、再利用和回收等过程造成的不同阶段和循环之间产生的交叉问题。在再制造和再使用这两种情况下,使用阶段可以分为子使用阶段和相应生产过程的中间“生产阶段”。在许多情况下,将会形成材料循环;回收活动通常也会引起材料和能源循环。因此,在流程建模中要处理好循环问题。生命周期模型中面对循环的具体挑战是,其可能跨越多个时间段并涉及多个参与者。鉴于再使用、回收和生产活动之间存在时间间隔,准确地将流量归属到各个周期就成为一个难点。对于这些流量,像所有其他跨越系统边界的流量一样,系统边界外的相关影响必须确定并予以分配^[6]。本文建议用市场价格作为其经济评价基础,用再利用或回收部件及材料与在其他产品系统投入的替代产品对比形成的生态指标作为其生态评价基础。

(四) 转换货币单位并延伸到生态维度

在这个综合评价框架中,MFCA以成本为基础的货币单位必须转换为动态投资评估中的现金流,并扩展至LCA的生态负荷和收益。MFCA评估使用的货币单位是成本,而合理的LCC是基于动态的投资评估方法,该方法使用的货币单位是现金流。因此,MFCA的成本数据需要转换为现金流出。这可以

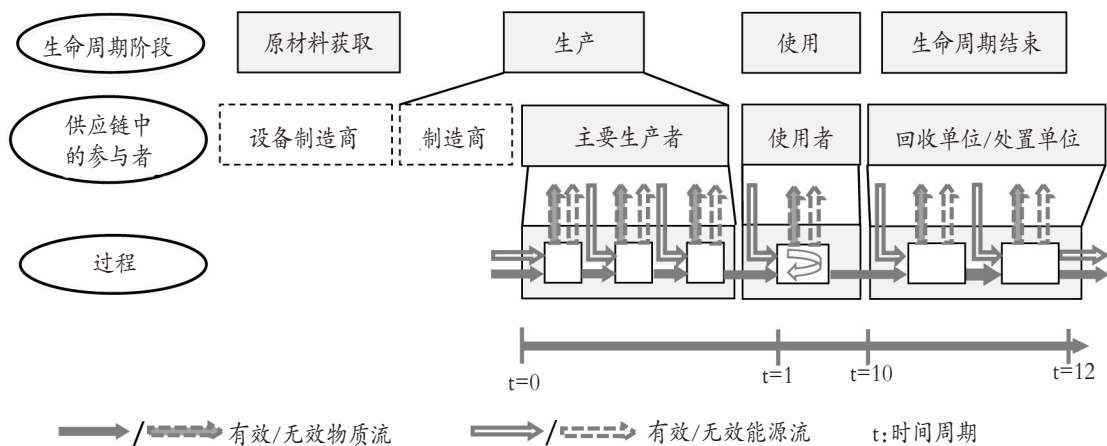


图5 生命周期范围流程结构模型

通过以下的公式调整来完成:成本+非现金流出的成本(如折旧)-不属于成本的现金流出(初始投资支出)=现金流出。这些现金流出通过使用特定周期的流模型来确定其发生的特定时间周期。此外,如果在LCC中考考虑现金流入,它们也必须纳入货币模型中。除货币单位外,还要引入生态维度的建模单元,用于量化产品系统造成的生态负荷和收益。

(五)从供应链中的不同参与者处收集数据

生命周期建模中最重要的一个挑战就是数据采集。一般来说,建模的起点是某单独参与者的生产过程中一个足够详细的初始流模型。其中涉及的数据由各自的参与者提供。现在要将这个模型从单一的参与者扩展到整个供应链和生命周期,必须收集生命周期范围内关于流结构、数量、成本和生态影响的适当数据。一方面,需要对相关定义和计算过程进行协调和整合,这可以借鉴标杆管理和供应链成本核算中的跨公司作业成本法、目标成本法等概念和思路。另一方面,要能保证供应链上参与者有交换数据的意愿。然而现实的问题是,供应链上参与者除了缺乏意愿,并非每一个参与者都能够提供详细且满足质量要求的数据,有时获取数据的费用甚至是不合理的。对此,笔者认为设定一个假设的平均用户行为用于建模,可以初步解决上述问题。另外,还要考虑收集数据的成本—收益比率。根据特定的范围和目标,为某些参与者构建粗略的模型即可(如“普通用户”),或者仅收集这些参与者活动的相关经济和生态影响并将其分配到相应的输入或输出流模型。数据收集是一项基础工作,关系到供应链上数据收集的完整性和准确性,同时还要考虑收集成本,且该项研究需要持续进行并不断优化。

五、结论和展望

本文的目的是探索一种MFCA向供应链扩展的实践方法。鉴于LCC和LCA是评价生命周期范围内经济和生态效应的常用方法,本文将MFCA和LCC—LCA进行集成研究。以LCC—LCA综合研究的过程模型为基础,将MFCA的核心步骤纳入其中,构建了向供应链扩展的评价框架。由于MFCA最初的研究仅定位于一个企业的生产阶段,因此需要对其进行一些调整和修正以使其适应生命周期范围的分析与评价。这包括向生命周期范围流模型的扩展,对计算单元由成本向现金流的调整,从供应链

上的多个参与者处收集并处理数据等等。这个扩展的MFCA评价框架可以在系统和子系统层级同时进行系统建模和结构分析,主要表现为可以协调系统模型,建立共享数据库,为货币和非货币目标数据的联合评估提供一致的基础等,由此可以克服集成过程中遇到的一些新问题。

本文提出的仅是MFCA评价框架和基本方法,为了探索这些方法的潜力,还需进行深入研究。特别是MFCA、LCC和LCA之间的数据接口问题,供应链上跨公司的数据交换问题等。目前的解决方案是MFCA与传统成本会计以及LCC—LCA集成的综合研究,但还需进行更详细的分析,并在实践中进行验证。另外,共享数据库还需相应信息系统的支持,需要进一步研究和开发;而且,与其他会计及管理方法的结合也将有助于提高MFCA和LCA—LCC方法的适用性,这也是后续要研究的主要内容之一。

主要参考文献:

- [1] 肖序,曾辉祥,李世辉. 环境管理会计“物质流—价值流—组织”三维模型研究[J]. 会计研究, 2017(1):15~22.
- [2] Schmidt M.. The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2015(11):1310~1319.
- [3] 罗喜英,王雨秋. 流程企业内部资源价值流三维动态分析模型研究[J]. 生态经济,2017(7):92~97.
- [4] Rieckhof R., Guenther E.. Integrating life cycle assessment and material flow cost accounting to account for resource productivity and economic—environmental performance [J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2018(7):1491~1506.
- [5] Schmidt A., Götze U., Sygulla R.. Extending the scope of Material Flow Cost Accounting—Methodical refinements and use case[J]. Journal of Cleaner Production, 2015(11):1320~1332.
- [6] 肖序,甄婧茹,曾辉祥. 基于MFCA的废弃物回收优先排序方法及应用研究[J]. 科技进步与对策, 2017(9):43~51.

作者单位:湖南工商大学会计学院,长沙410205