

生命周期成本与生命周期评价:集成模型与协同路径

湖南工商大学 郑玲 张琪 杨密圆

【摘要】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产品和生产系统生命周期范围内经济和生态效益的常用方法,但是这两种方法通常并行使用,很少被整合在一起应用,导致了数据采集工作的重复性和分析范围缺乏一致性。目前有学者提出了一些LCC和LCA整合的想法和基本思路,但尚无成熟的理论方法出现。为解决这一问题,文章构建了一种综合使用这两种方法的集成过程模型,并对模型应用中出现的问题进行了分析,提出了二者集成的协同路径。

【关键词】生命周期成本; 生命周期评估; 集成; 协同

【中图分类号】F234.3 【文献标识码】A 【文章编号】1004-5937(2020)09-0047-04

一、引言

党的十九大报告指出中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段,强调推进绿色发展,着力解决环境问题,在微观层面则需要进行企业绿色治理。因此,经济和生态综合决策成为一个日益重要的课题。这就需要对企业生产经营活动发生的成本及相关经济、生态影响进行建模计算,其中一种重要工具就是生命周期成本和生命周期评价。在现有的研究中,LCC和LCA这两种方法往往是基于不同的研究范围、生命周期模型和数据库并行执行的,这一方面导致了双倍的重复性工作,另一方面也使研究结果缺乏一致性,不利于管理者据以进行决策。因此有必要对二者进行整合形成一致的评估方法。

通过对二者在总体目标、数据基础和适用方法等方面相似性的梳理发现,对二者进行整合是可行的,因此首先对LCC和LCA进行了综合集成,并提出了一种过程模型。但是由于二者研究的侧重点不同,LCC主要从经济维度考量企业产品和生产过程中的生命周期成本,帮助企业进行成本导向的决策;LCA主要从生态维度评价产品系统在生命周期范围内的环境负荷,帮助企业实施以生态目的为导向的改善活动^[1],因此,我们提出的过程模型在实施中还面临一些具体问题,本文对此进行了分析,并提出了这些问题的解决方案和协同路径。

二、LCC和LCA的相似点

LCC和LCA是在生命周期范围内进行经济和生态决策的两种主要的方法。LCC是一种成本管理方法,用于评估发生于一个产品生命周期中的所有经济后果(如成本、

收入、现金流)和货币交易,主要从经济维度帮助企业进行成本导向的决策;LCA则主要通过系统识别并量化其生态影响来揭示产品系统在生命周期范围内的环境负荷。作为一种评估产品系统环境负荷和效益的方法,LCA主要从生态维度支持以生态目的为导向的改善措施,以及生态友好型产品和生产过程的设计^[2]。虽然考虑问题的角度不同,二者在计算相关的经济或生态数据时有不同的方法,但由于它们都用于生命周期范围的评估,甚至面向同一类型的对象(产品、过程、资源),因此在应用中有一些相似之处,主要体现在总体目标、数据基础和适用方法方面。

(一)总体目标上具有相似性

LCC和LCA两种方法通过提供关于产品生命周期的综合基础信息,可以将产品的相关业务流程及其效果记录下来形成会计档案,这些档案可以为可持续报告和生态标签提供基础信息;另外,LCC和LCA研究中产生的信息可为企业进行优先设置和长期规划提供支持。LCC可以在产品和工艺设计、设备购置和更新以及资金分配和预算等方面为企业决策提供支持。同样,LCA可以为设计环保产品和工艺流程提供支持^[3]。总之,二者都有助于识别可行的替代方案,二者都旨在提高人们对经济或生态影响及其相互关系的认识,甚至是某种程度的行为控制。因此,它们所追求的总体目标基本上是相同的。不同之处主要是处理维度上的区别:LCC是经济维度,LCA是生态维度。经济和生态维度的目标有可能是相互竞争的,也有可能是中立或互补的。总的来说,将LCC和LCA整合在一起使用对于在两种目标维度之间进行权衡,找到经济和生态上最佳的决策选择具有重要意义。

【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”(2017JJ2129)

【作者简介】郑玲(1969—),女,河北辛集人,博士,湖南工商大学会计学院教授,研究方向:环境管理会计、循环经济资源价值流分析;张琪(1996—),男,河南信阳人,湖南工商大学会计学院硕士研究生,研究方向:环境管理会计;杨密圆(1993—),女,湖南邵东人,湖南工商大学会计学院硕士研究生,研究方向:环境管理会计

(二)系统建模和数据库具有相似性

LCC 和 LCA 的基本要素是系统建模以及建立适当的数据库。在 LCC 和 LCA 中,系统建模的基础部分是将生命周期划分为相应的阶段,并对产品系统进行分解,由此产生的模型构成了数据收集的基础^[4]。模型中分解出的相关要素如输入和输出、技术描述以及随时间变动的影响因素等,是对经济和生态效率进行综合评价的重要信息。因此,建模的系统结构和所需的数据库非常相似^[5]。LCC 和 LCA 的集成使用可能有助于实现协同效应,从而减少建模和数据收集的工作。这一点在实践中尤其重要,因为系统建模、数据采集和数据分析通常是 LCC 和 LCA 研究中最耗时的工作。

(三)适用方法具有相似性

通常情况下,进行 LCC 和 LCA 分析都要考虑影响产品系统绩效的各种因素。适当地考虑这些因素,通常会构建并分析一种或多种情景。在这种活动中,LCC 和 LCA 都可能会应用到情景分析、系统分析以及系统动力学等方法。这些方法在系统建模、流程的输入和输出分析、流量模型和流程图的构建等方面同样适用^[6]。

虽然目前 LCC 和 LCA 大多是并行使用的,但是基于上述相似点,笔者认为以共同的总体目标为基础,运用相同方法和共享数据库将有助于对基本假设形成共同定义,从而构建出最终决策的一致基础。因此,构建二者综合的集成模型是可行的,也是必要的。

三、LCC 和 LCA 集成评估的过程模型

在进行 LCC 和 LCA 集成评估时,应基于共同基础详细评估经济和生态效益。因此,应使用协调一致的目标、范围、生命周期定义、系统模型以及广泛共享的数据库来计算选定的经济和生态目标值。基于此,搭建了 LCC 和 LCA 综合评估的过程模型。

这个模型源于决策理论,以复杂系统的生命周期评价通用模型为基础,如图 1 所示,它包含了不同的建模层级,一个系统层级和一个或多个子系统层级,每个层级都有几个步骤和反馈循环。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,对于 LCC-LCA 的集成研究,应该建立和使

用一个共同的评估基础。但是,由于这些方法各具特点并具有特定的需求,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。

在这个模型中,第一步(S_0)开始于对评估目标和范围的共同定义。在这里,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的目的和范围。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。确定了研究目的和范围,就可以相应确定决策备选方案和基本评价概念。

第二步(S_1),确定系统边界和评估周期。这里的评估周期决定于不同的生命周期概念(如系统生命周期、产品生命周期、市场生命周期)以及与研究相关的生命周期阶段。另外,还有必要区分 LCC 和 LCA 的评价周期,因为相关的生态和经济效应其影响范围往往不同。例如,为了评估潜在的环境影响,在 LCA 中必须考虑温室气体的持续性(部分超过 50 年)。相比之下,LCC 研究只包括特定决策者经济效果的影响时间(例如,使用一辆汽车大约 10 年)。

第三步(S_2),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。这些方法使用净现值作为目标数据,用现金流代替收入和成本,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^[7]。LCA 除了使用上述方法外,还要考虑与生命周期相关的影响,如资源消耗的减少,这可以通过提高资源使用效率或改变消费依赖型产品的环境负荷及其权重因子来实现。

第四步(S_3),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。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)被转移到特定的子系统级别,以适当的方式对它们进行建模和分析。

第五步(S_4),确定环境情景。产品和生产工艺引起的经济和生态影响取决于

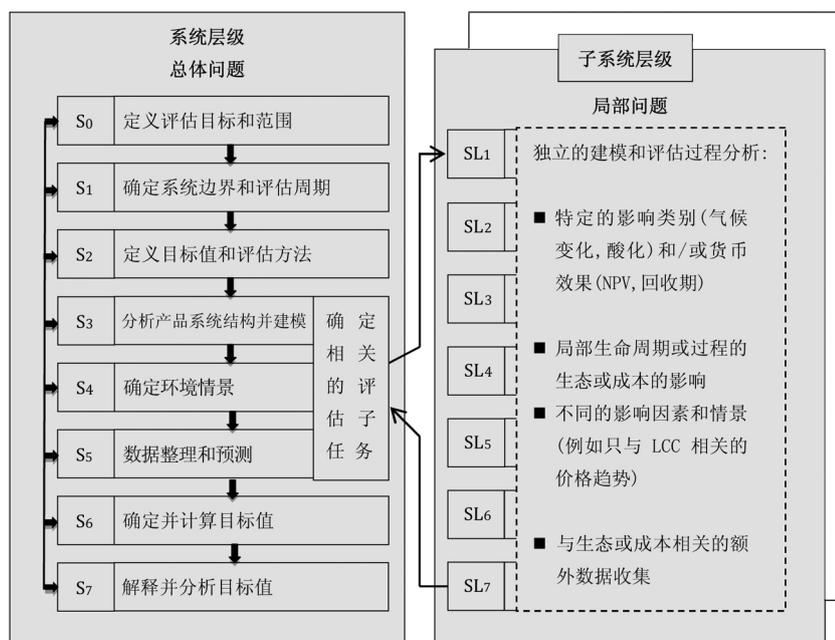


图 1 LCC-LCA 综合评估的过程模型

多种影响因素。它们可能源于企业内部,例如技术设备的条件,也可能源于外部,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(这里的环境概念广义上包括经济、生态以及技术方面)。

第六步(S₅),数据整理和预测。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,因此,这一步骤应特别注意收集和预测相关的生态和经济数据。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从子系统层级进行收集和预测。

第七步(S₆),确定并计算目标值。在对所有数据进行收集、整理和记录之后,即可计算 S₂ 中定义的目标值,据此选择可用的备选方案。

第八步(S₇),解释并分析目标值。这一步对估算的目标值和备选方案的结果予以解释并进行分析。

需要注意的是,上述集成研究的过程模型中,由于必须考虑经济和生态两个维度,这样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,还需要进行敏感性分析。

四、LCC 和 LCA 集成评估面临的挑战及协同路径

上述 LCC 和 LCA 集成评估的过程模型是一个基础模型,体现了二者集成的基本过程和思路。但是,鉴于 LCC 和 LCA 各自不同的特点,在应用过程中还存在一些新的问题和挑战,通过对这些问题进行具体分析,找到了实施过程中解决这些问题的协同路径,主要集中在以下三个方面:

(一)协调生命周期概念、系统边界和时间范围

1.生命周期概念的协调

如前所述,生命周期概念有系统生命周期、产品生命周期和市场生命周期,LCC 和 LCA 都可以采用系统生命周期的

概念,但是,由于二者所考虑的产品系统存在不同,研究过程中需要协调所涉及的具体范围。在 LCC 中通常针对单个产品单元(例如,一辆车,一台机床)或特定数量的产品单元(例如,一系列汽车)进行研究。而 LCA 通常针对单个产品单元以及相应的功能单元进行研究。这可以通过对一系列产品单元进行 LCA 分析,或者按比例缩小 LCC 中多个产品单元的结果数据来实现二者的协调。

2.系统边界的协调

在 LCA 中,有“摇篮到大门(cradle-to-gate)”和“摇篮到坟墓(cradle-to-grave)”两种系统边界。“摇篮到大门”的边界是半生命周期,集中于生命周期的特定部分(如生产阶段、使用阶段)和一个特定阶段的功能单元^[9]。它通过测算这一阶段以及上游阶段投入造成的影响来分析各个阶段和各个功能单元所造成的环境影响。例如,在汽车生产阶段“摇篮到大门”的研究中,要考虑汽车制造及其上游阶段的环境影响(例如,资源消耗、二氧化碳排放),下游阶段的影响则超出了该系统边界。而“摇篮到坟墓”认为环境影响贯穿整个生命周期,不仅要分析重点生命周期阶段及其上游阶段的生态负担,还要分析汽车使用和处置阶段所造成的环境影响(见图 2)。

而 LCC 的研究通常集中在生命周期的所有阶段,其范围涵盖了产品系统直接或间接导致的多个阶段的经济效果。从 LCC 的角度看,上游阶段的输入对生产出产品至关重要:某个生命周期阶段以及供应链上某个参与者产生的成本通常由产品的价格(或服务)反映出来,这是下一个阶段或参与者采购成本的最大组成部分^[9]。因此,上游生产过程的成本被归集起来并从一个参与者传递到下一个参与者。与此类似,下游生产过程的经济影响则可以通过残值反映出来。同样以汽车为例,LCC 的系统边界应当包括图 2 所示的所有生命周期和相关流程。

对于不同的系统边界,只需将 LCA 的研究范围相应扩大,都进行“摇篮到坟墓”范围的研究即可达成与 LCC 系统边界的一致。这也将提升生态效应分析评价的意义。

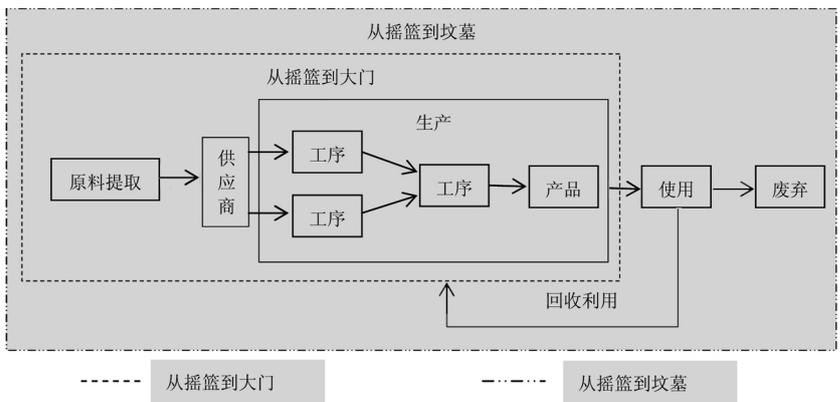


图 2 汽车相关生命周期和过程

3.时间范围的协调

在 LCC 中,时间因素被认为是影响整个生命周期经济后果的一个决定性因素。为了将和时间相关的因素考虑在内,通常采用动态化的方法(如计算平均值,现金流折现)进行研究。而 LCA 通常是基于稳态模型进行研究,在这些模型中,生产过程中的时间因素和环境负担通常不被重视。但是,如

前所述,环境和经济影响的时间范围通常是不同的,而且环境负荷及其相应权重因子还会随时间而改变,因此,在进行LCC-LCA集成研究时,应收集与时间有关的生态数据,必要时采用LCA的动态化方法,以保证LCC和LCA处于相同的特定的时间范围。

(二)协调系统建模方法,建立共享数据库

系统建模通常是指为进行产品系统分解而进行的产品和过程分解结构的开发。在LCA中,系统建模的一项基础内容就是产品系统的流结构建模。它是对后续过程输入输出流及相关的环境负荷进行量化的基础。LCA通常使用生产流程图描述与生态相关的单元流程(最小可量化的生产元素)及其在整个生命周期中的相互关系。而LCC主要侧重于开发成本或现金流模型。成本和现金流模型代表相关的成本构成和基本的计算结构。与LCA相似,这种数量结构也需要建模以计算成本构成。但是,与LCA相比,LCC可以和其他类型的数量模型一起工作,如销售或生产计划等,并不一定需要对流结构进行建模。然而,流结构模型可以为深入了解产品系统并推导数学关系以计算成本提供基础。因此,集成LCC-LCA系统模型的最佳选择就是协调二者的建模方法,使之保持一致。这可以在LCC和LCA模型之间通过接口进行数据交换或通过建立一个具有共享数量结构的通用模型来实现。

(三)协调经济目标值和生态目标值

由于LCC和LCA分别侧重于经济维度和生态维度进行研究,导致了多准则决策问题。为了解决这一问题,需要找到适当的方法对计算出的经济和生态结果进行联合评价(见S₇)。对此,可以采用决策理论中广义的MCDM方法,例如,效用价值分析、层次分析法、网络分析法等^[10]。这些方法是根据决策者的优先次序,根据目标值的权重进行加权,然后将计算的经济和生态结果乘以这些权重并进行归集。因此,借助多准则决策方法,一种方案的经济和生态效率最终可以用一个数值来表示。这样就可以实现从经济效率和生态效率的二维角度同时反映评价结果。进一步深入的话,还可以将技术因素考虑进来扩展到三维进行研究。

五、结论和展望

生命周期成本和生命周期评估集成研究是帮助企业进行经济和生态综合决策的重要研究方法和思路。但是,由于其研究范围要扩展到整个生命周期,涉及因素众多,需要各个层面、各个阶段的基础数据信息,还要反映出经济和生态两个维度的目标值,因此研究内容比较复杂,需要找到一种合适的解决方案。本文构建的过程模型是二者整合的基本过程和思路,具体实施中还面临一些问题,虽然本文对此进行了分析,提出了解决问题的基本路径,但

是,要深入解决这些问题,还需要寻找更合适的方法以有效消除二者之间的差异。

物质流成本会计(MFCA)以物质流分析为基础,通过企业生产过程中的生产流程结构、流程中的流量和存量以及成本模型为基本要素,描述企业生产过程中材料流和能源流的正负流向和流量,可以识别导致企业经济和生态效率低下的节点^[11]。其物质流分析方法、流程结构、流量模型和成本分类核算的主要特征可能为生命周期成本及生命周期评估提供相应的支持。这可以作为后续研究的方向。●

【参考文献】

- [1] 胡鸣明,张纯博,董亮,等.支撑资源循环可持续性评价的经济决策工具——生命周期成本分析的发展与应用[J].中国环境科学,2018,38(12):4788-4800.
- [2] ISO.ISO 14040:2006 Environmental management- life cycle assessment- principles and framework[S].2006.
- [3] SANTOS R, et al.Integration of LCA and LCC analysis within a BIM- based environment [J].Automation in Construction,2019,103:127- 149.
- [4] 水会莉. 产品生命周期成本集成研究 [J]. 会计之友, 2015(5):17- 20.
- [5] REBITZER G.Enhancing the application efficiency of life cycle assessment for industrial uses[J].International Journal of Life Cycle Assessment,2005,10(6):446.
- [6] 王长波, 张力小, 庞明月. 生命周期评价方法研究综述——兼论混合生命周期评价的发展与应用[J].自然资源学报,2015,30(7):1232- 1242.
- [7] BIERER A,MEYNERTS L,UWE G.Life cycle assessment and life cycle costing - methodical relationships,challenges and benefits of an integrated use[C].Reengineering Manufacturing for Sustainability,2013:415- 420.
- [8] 黄和平.生命周期管理研究述评[J].生态学报,2017,37(13):4587- 4598.
- [9] THORSTEN K,KATJA M.The adoption and benefits of life cycle costing[J].Journal of Accounting & Organizational Change,2018,14(2):188- 215.
- [10] SAATY T L,VARGAS L G .Decision making with the analytic network process.Economic,political,social and technological applications with benefits,opportunities, costs and risks[M].Springer US,2013.
- [11] 刘三红,肖序,周志方.融合与创新:传统会计中物质流成本会计的导入研究[J].河南师范大学学报(哲学社会科学版),2016,43(6):123- 128.