浅析生命周期评价软件 eBalance 的使用

平旭彤

(北京信息科技大学,北京 100192)

摘　要:作为中国国内最出名的 LCA 软件之一,eBalance4.0 软件是亿科环境科技有限公司(IKE)员工和四川大学相关学者共同辛勤钻研的成果。它是具有自主知识产权的通用生命周期评价分析软件,并提供全世界范围尤其是中国大陆境内的高质量数据库支持。文章先简要科普 LCA 知识,后从使用者的角度对软件进行功能、难点、实例等几个方面的探析。

关键词:LCA;本土化;数据质量

1 LCA 方法背景及政策支持

1.1 LCA 方法背景

节能减排工作作为我国可持续发展策略的重要组成方面,越来越被京津冀等地区的高耗能、高污染和高排放企业、公司的高管所重视。特别是随着欧盟 EUP 等指令的出台,例如太阳能板等中国十余类相关优势出口产品将面临着发达国家尤其是欧美等国极大的环境审核风险,因此基于可持续发展的国家要求与倡导保护环境的发展趋势,生命周期评价(Life Cycle Assessment,简称 LCA)方法作为国外发达国家先进经验也被引入到我国相关标准制定工作中。

产品在设计-生产-回收处理等阶段在直接或间接地消耗各种能源、资源,排放污染物,运行使用阶段更是如此。因此,相关企业如果想在此次环境产品标准大战中实现长期盈利,就要通过合理制定产品设计方案,实现产品的可持续发展,重要手段就是对产品整个生命周期的环境性能进行综合量化评价。LCA 是目前世界上公认的量化评价产品和系统环境负荷的方法,同时也是 EUP 指令的核心理念。LCA 作为一种环境管理工具,为各国政府提供环境政策支持。而 eBalance 作为国内专业的生命周期评价软件,被广泛应用于我国的节能减排及生态设计、研究等工作中。

1.2 LCA 政策支持

LCA 方法在近几年得到了更有力的国内外政策及法规支持,特别是:2013 年 2 月,国家发改委、工信部和环保部三部委联合发布了“工业产品生态设计指导意见”,鼓励“开展产品生命周期评价、减少产品生命周期的资源消耗和环境排放”。这是继“节能减排先进适用技术评估”、“能效之星”产品评价体系之后,又一个鼓励采用 LCA 方法的国内政策文件,并于 2014 年启动了“生态设计示范企业创建”工作。

2013 年 4 月,欧盟颁布“建立统一的绿色产品市场”政策,倡议在所有绿色产品评价中,用基于 LCA 的产品环境足迹评价方法(PEF)逐步取代产品碳足迹评价方法。这意味着 LCA 已经成为欧盟环境政策制定和实施中最佳、甚至是唯一的绿色产品评价方法,无疑将对出口驱动的外贸国家,尤其对于中国的出口产品和出口企业、甚至全球相关市场造成长远影响。欧盟已经启动了为期三年的试验阶段,并于 2014 年 3 月申请开展第二轮试验项目。

2 eBalance 功能简介及 LCA 对照

2.1 eBalance 功能简介

本软件全面支持 LCA 方法的各个标准步骤,无论是目标与范围定义、构造生命周期流程图、输入清单数据,还是 LCI 及 LCIA 的计算与分析等都可以实现。主要功能如下:

(1)生命周期建模:支持用户构建任意形式的生命周期流程图,适合于各种产品的生命周期建模(免费版不可超过十个过程框);可支持浮动运输框和废物处理框的建模方式(属于增强功能)。

(2)清单数据输入:支持从清单数据库或之前保存的清单文件中导入清单数据,同时也支持手工录入单元过程的清单数据。还可从 ILCD 或 EcoSpold 格式的 XML 文件中导入清单数据。为此,程序还提供下列支持:a.清单物质名录管理:采用国际生命周期基准数据系统(ILCD)的物质名称和单位,完善了部分 EcoSpold 物质名录,并根据中国大陆具体情况额外添加了一些物质名录,同时也允许用户个性化添加所需的物质名录。b.清单数据库管理:包含欧盟研究总署提供的欧盟生命周期基础数据库(ELCD)、瑞士 Ecoinvent 数据库以及川大研发的中国生命周期基础数据库(CLCD),使用者可将计算结果添加到数据库中。

(3)LCI 与 LCIA 计算:a.指定基准流:不仅允许指定模型中任意一个过程的产品作为基准流进行计算(单基准流),而且也允许多个过程的产品作为基准流(多基准流),进行计算并比较。b.LCIA 指标管理:eBalance 程序内置了 LCA 常用的十几种 LCIA 特征化指标、2005 和 2010 年中国的归一化基准值以及面向中国节能减排政策目标的 ECER 权重因子,支持完整的 LCIA 特征化指标、归一化指标和加权综合指标的计算,除此,用户还可以根据研究需要自定义其他 LCIA 指标。

(4)计算结果分析与显示:软件还提供了多种数据图表和图表设置选项,用于显示和分析各项计算结果。另外,用户可以通过自定义图表对比分析多种条件下的多套计算结果。

(5)计算结果输出。

(6)增强功能

增强功能:a.废物处理;b.多产品系统;c.多数据组;d.多基准流;e.敏感度计算;f.自定义图表;g.数据收集;h.不确定性计算。

另外,eBalance 必须在联网下才能实现安装、激活、安装基础数据库以及更新。安装完成后,则可以断网使用程序。

2.2 eBalance 功能与 LCA 方法对照

下面为使用 mindmanager 画图工具画出的 LCA 方法与 eBalance 功能对照图,简介明了的呈现出该软件的强大功能。

图 1 LCA 方法与 eBalance 功能对照

注:图 1 中“复制/粘贴模型”、“浮动运输过程”、“设置计算标签”和“多数据组”增强功能仅存在于专业版以上版本中。(1)复制/粘贴模型:功能主要是方便使用者对模型中已经存在的过程进行复制/粘贴操作。(2)浮动运输过程:用户通过添加浮动运输框可记录运输方式和运输距离等运输信息。(3)设置计算标签:用户可以通过其标

的设计为自下而上逐渐变薄。文章为简化模型,将壁厚设置为均厚。文章将 ansys 引入玻璃钢贮罐的设计和分析中主要是计算水压下玻璃钢贮罐的最大应变值,另外出于产品优化设计方面的考虑,文章对不同壁厚的贮罐进行了水压分析。

壁厚分别为:t_1=7.43mm,t_2=14.3mm,t_3=21.1mm,t_4=26.3mm。

(1)立式玻璃钢贮罐应力计算结果(见表 2)

(2)计算结果分析

从计算结果上看,可以得出以下结论:

a.本罐体依然与大多数压力容器一样,稳定性依然是其主要控制因素。

b.值得注意的是无论是承载力,位移还是屈曲分析,均未将罐体保护层厚度对承载力,变形和稳定性贡献,因此结果均相对保守。

c.如将期望的承载力安全系数和稳定性安全系数设定为 10,同时将保护层贡献计算在内,文章认为罐体的结构层设计厚度可采用 21.1mm。保护层厚度内外各为 2mm,总厚度为 25.1。相比于原设计 26.3mm 厚设计方案,预计可节约成本约 20%左右。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

记该过程发生的实际情况（如是否发生在境内），并支持相应计算（如计算 ECER 指标时需要对是否在中国国内发生进行区分）；(4) 多数据组 LCA 中，一个过程（生产、使用、运输、废弃物处理）会有不同的可选方案，并且过程的清单数据也会有不同的来源。为了代表不同的数据来源或可选方案，程序允许在一个或多个过程框中输入多组数据。通过在一个模型中计算不同方案的结果，对比分析这些方案之间的差别，寻找对环境更友好的技术方案，服务于产品和工艺设计改进的组合、筛选。

3 软件的难点——LCIA 指标管理

生命周期评价是全球近年来环境科学研究的热点，而生命周期影响评价（Life Cycle Impact Assessment，简称 LCIA）是 LCA 的第三阶段，也是其核心及难点部分。eBalance 软件的 LCIA 指标管理器中包括“特征化指标”、“归一化指标”和“加权综合指标”三个标签页。它对前期清单分析所识别的环境影响进行定性与定量的表征评价，确定产品系统的物质能量交换对其外部环境，主要是对生态系统及人体健康等方面的影响。

3.1 特征化指标

本指标用来表征 LCA 中某项影响类型的指标。它可将清单物质数量汇总为相应影响类型。程序已内置了常用的 16 种左右 LCIA 特征化指标及面向中国节能减排政策目标的指标。每个特征化指标都有相对应的特征化因子（包括物质名称，单位，因子值等）。

3.2 归一化指标

归一化指标是特征化指标与归一化基准值的无量纲比值，用于表示所研究产品系统在基准值所代表系统中所占的比重。软件方案的右方窗格里对应显示各清单物质的消耗或排放总量（物质名称，单位和基准值）。

其中归一化基准值指某个基准的各项影响类型的特征化指标，一般选用某个区域某一年的各项影响类型的特征化指标作为基准。打个比方，2005 年中国的 SO_2 排放总量（排放到大气，未指定类型）为 3.2×10^{10}kg，氨氮排放总量（排放到水体）为 1.5×10^{9}kg；测 2005 年中国 SO_2 和氨氮的归一化基准值分别为 3.2×10^{10}kg 和 1.5×10^{9}kg。

3.3 加权综合指标

加权综合指标指不同影响类型经加权得到的综合指标。是为了综合各个影响类型，得出的单一结果。程序已内置了专家调查法（ISCP2009）以及面向中国节能减排政策目标的 ECER-115 和 E-CER-125 等三种加权综合指标。程序右方窗格对应显示各影响类型的权重因子（指标名称，单位和因子值）。

4 实例分析

文章选择某化工企业氯化钾加工的物质流为例做 LCA 分析，图 2 为使用 Microsoft office visio 画图工具画出的氯化钾加工物质流图；之后，运用 ebalance 软件画出氯化钾加工物质流相对应的流程图，如图 3 所示。

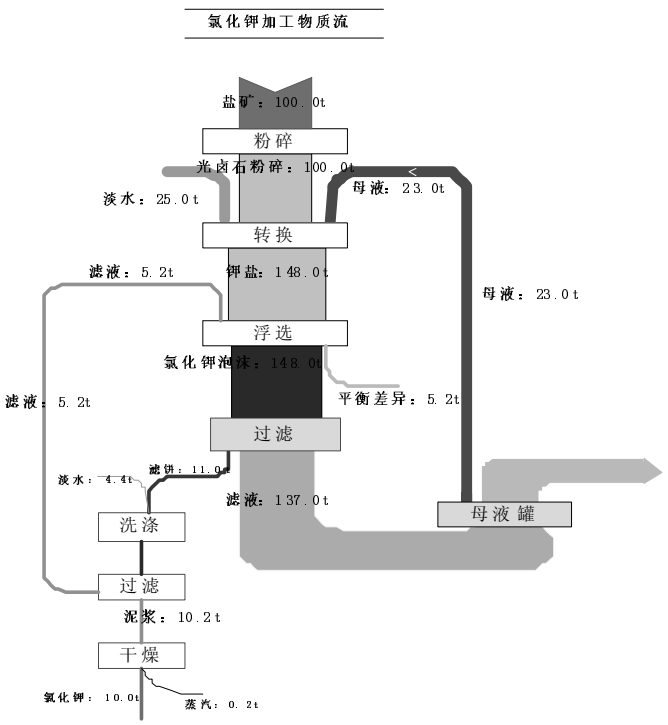

图 2 氯化钾加工物质流 visio 图

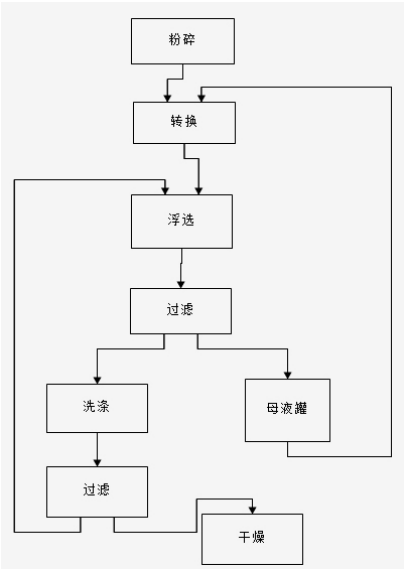

图 3 氯化钾加工物质流 eBalance 流程图

本次操作除了如图 4 的多基准流选取外，还进行了计算条件其他设定。

图 4 氯化钾加工物质流的多基准流选择

5 结束语

在国际 LCA 领域，来自荷兰 Leiden 大学环境科学中心的 SimaPro 软件和来自德国 PE-INTERNATIONA 公司的 Gabi 是两大主流。中国自行设计的生命周期评价软件 eBalance，相比于 SimaPro，Gabi 等非本土化 LCA 软件，体积小，反应快，且具有本土化数据特征，所以文章以 eBalance 软件平台研究为主。eBalance 于 2010 年 9 月 19 日首次发布，是国内首个自主开发并公布的通用型 LCA 分析软件。由于其具有本土数据的丰富性和项目可操作性，其客户遍布国内众多企业、高校以及科研院所，如清华大学、中国农大、联想集团和北京城市系统工程研究中心等。开发软件的亿科环境科技有限公司官网上有很多可供软件初学者参考的论文资料和方法，方便随时查阅。

参考文献

[1]郑秀君，胡斌.我国生命周期评价（LCA）文献综述及国外最新研究进展[J].科技进步与对策，2013（6）.

[2]黄娜，王洪涛，等.基于不确定度和敏感度分析的 LCA 数据质量评估与控制方法[J].环境科学学报，2012（6）.

[3]赵晶晶.生命周期评价方法在热电联产中的应用[J].黑龙江科技信息，2011（24）.

[4]高峰.生命周期评价研究及其在中国镁工业中的应用[D].北京工业大学，2008.

[5]亿科环境.eBalance 用户手册[G/OL].[2014-5-1].

[6]孙平平.再生混凝土环境影响 LCEC 评价模型的构建[D].浙江大学，2013.

作者简介：平旭彤，男，北京信息科技大学研究生，研究方向：生命周期评价（LCA）。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net