

文章编号: 1002-6673 (2013) 05-040-03

工程机械产品全生命周期评价模型构建研究

刘继永, 杨前进

(机械科学研究总院, 北京 100044)

摘要: 根据 ISO14044 标准全生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)操作规定, 结合工程机械产品全生命周期特点、物能消耗和环境排放情况, 研究确定工程机械产品全生命周期评价目标与范围确定、清单分析、环境影响评价等操作相关规定, 最后构建出工程机械产品全生命周期评价模型。

关键词: 工程机械; 全生命周期评价; 清单分析; 环境影响

中图分类号: TP39 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1002-6673.2013.05.016

The Research of Life Cycle Assessment Model for Construction Machinery

LIU Ji-Yong, YANG Qian-Jin

(China Academy of Machinery Science & Technology, Beijing 100044, China)

Abstract: According to LCA operation rules in ISO14044, some specifications for construction machinery LCA, such as goal and scope definition, inventory analysis, environment impact assessment, are formulated in this study. Finally, a life cycle assessment model for construction machinery is established.

Key words: construction machinery; LCA; inventory analysis; environment impact

0 引言

工程机械是用于工程建设的施工机械的总称, 被广泛应用于城市建设、交通运输、能源开采等领域。我国工程机械行业从 2006 年以来发展迅猛, 现已成为国际工程机械制造业的四大基地之一。同时随着工程机械品种和数量的不断增加, 其所消耗资源、排放污染物以及施工中产生的噪声、废气等对环境产生了难以估计的负荷。“十二五”规划显示, 未来 5~10 年工程机械行业将成为我国节能减排的重要领域。目前, 国内外将 LCA 应用于工程机械领域的研究相对较少, 本研究结合工程机械全生命周期过程特点, 依据 ISO14040 系列环境管理标准规定, 构建工程机械产品全生命周期评价模型, 为其全生命周期评价提供理论支撑。

1 全生命周期评价技术框架

ISO14040 标准将 LCA 的实施步骤分为目的与范围的确定、清单分析、影响评价和结果解释 4 个阶段^[1],

修稿日期: 2013-07-10

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2011BAF11B10)

作者简介: 刘继永(1984-), 男, 硕士研究生, 工程师。主要从事绿色制造、企业信息系统设计开发研究工作。

如图 1 所示。

(1)目的与范围定义: LCA 研究中的第一步。目标定义要说明开展评价的目的和原因以及研究结果的预期应用领域; 研究范围的界定要保证研究的广度、深度、详尽程度与要求的目标一致。

(2)清单分析: 对所研究的产品、工艺过程或活动在其整个生命周期内的能量和原材料需要量以及对环境的排放进行以数据为基础的客观量化过程。

(3)生命周期影响评价: 对清单阶段数据进行定量或定性的评价, 此评价考虑了对生态系统、人体健康和和其它方面的影响。

(4)结果解释: 将清单分析和影响评估的结果组合在一起, 使清单分析结果与确定的目标和范围相一致, 从而做出结论和建议。

本研究将依据此技术框架, 逐步构建工程机械产品全生命周期评价模型。



图 1 ISO14040 制定的全生命周期评价技术框架

Fig.1 LCA framework in ISO14040

2 目标与范围定义

2.1 目标定义

目标定义包括确定评价应用领域(如产品研发和产品改进,战略规划,销售等),进行 LCA 原因,评价结果目标人群,即 LCA 结果同哪些人进行沟通,以及 LCA 结果用途。对于工程机械产品来说,其目标应用也不外乎上述领域,比如工程机械产品生产工艺或设计改进、法规或政策制定等。其目标人群通常为工程机械产品设计人员或行业政策制定人。

2.2 范围定义

范围定义包括描述研究的产品系统、产品系统或比较性研究的功能和功能单位、环境负荷分配原则、评价数据要求、假设、评价局限、初始数据质量要求、研究所需报告的类型和格式等。

(1)功能、功能单位。一个系统可能有多个功能,研究时功能的选取取决于 LCA 研究的目标和范围。功能单位是对产品确定功能的量化,功能单位的首要目的是为系统的输入和输出提供一个参照流。功能单位的选取应便于产品系统建模,尽量符合企业生产统计习惯或实际使用功能统计习惯^[2]。在确定了功能单位之后,各流程的参照流也相应明确了,如挖掘机的功能为土方等的挖掘、搬运等,则挖掘机使用维护过程的对比评价,其功能单位可以设定为挖掘 1000 的土方,则其使用过程的输入和输出相关统计都是基于此参照流。

(2)系统边界。进行 LCA 研究时,要定义产品系统模型,产品系统模型是对物理系统重要元素的描述。系统边界定义了系统中包含的单元流程。理想情况下,产品系统模型其边界输入和输出应都为基本流,如图 2 所示,

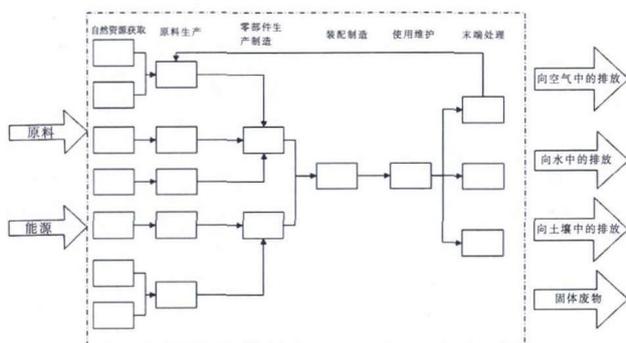


图 2 工程机械产品系统过程模型

Fig.2 System process model for construction machinery product

其输入流有:能源、原料、其他物理输入,输出流有产品、副产品和废物、向空气、水和土壤中的排放、其它环境影响等。

在本模型中,我们考虑产品对象从产品加工制造到最终末端处理的整个生命周期,其中产品加工制造又包

括其原料生产、零部件生产制造、产品装配制造。因此工程机械产品全生命周期具体划分为五个过程:原料生产、零部件生产制造、装配制造、使用维护和末端处理。

(3)环境负荷分配原则。环境负荷分配原则要求如下:首先是避免分配,ISO14041 标准要求 LCA 产品系统尽可能避免分配,这可以通过将一个流程单元分成两个或多个子流程单元,然后收集各子流程单元的环境影响数据或将产品系统扩展到包含副产品的附加功能实现^[3]。本研究中也采用此种方式,因为在工程机械产品制造过程中,几乎不存在产生副产品的工艺流程。

(4)截止准则。根据国外 LCA 结论^[4],当评价系统流程某些原料输入数量非常小时(通常小于产品整体重量1%),其对评价对象的影响可以从系统中截止出去。对于任意生产流程,我们都要尽可能的追溯到原材料。但对于某些输入,大多是化学品或复杂的辅料,由于其量少,故其影响忽略不计。在生产加工流程的输出中,涉及到的生产废物大多是可回收的边角余料和废品,可作为其它过程的原料使用,故其回收过程不考虑排放影响。

3 清单分析

根据 2.1 和 2.2 对工程机械产品 LCA 目标和范围的定义,划分单元过程,然后其全生命周期每一单元过程形成清单表。清单表结构如图 3 所示。该清单表中应包括以下九方面的数据内容:流程输出产品、原料输入、辅料输入、能源输入、向空气中的排放、向水中的排放、向土壤中的排放、固体废物。统计时均要注明计量单位(单位要与所建基础模型和子系统一致),最好注明数值变动范围,便于进行评价结果的误差分析。

产品和副产品							
名称	数量	单位	分配比例	备注			
输入流 (分为自然资源、原料、辅助输入流)							
名称	数量	单位	分布类型	标准差	最小值	最大值	备注
输出流 (分为向空气、水、土壤中排放、固体废物输出流)							
名称	数量	单位	分布类型	标准差	最小值	最大值	备注

图 3 流程清单表结构

Fig.3 Inventory structure of process

4 环境影响评价

4.1 影响评价方法组成概述

ISO14040(2006)定义全生命周期环境影响评价(Life Cycle Impact Assessment, LCIA)为生命周期评价中理解和评价产品系统潜在环境影响大小和重要性的阶段。

ISO14044(2006)在 ISO 14040(2006)的基础上对 LCIA 进行了补充细化,提出了 LCIA 的技术框架,如图 4 所示,并将其划分为必备要素和可选要素两部分。图 4 中每一

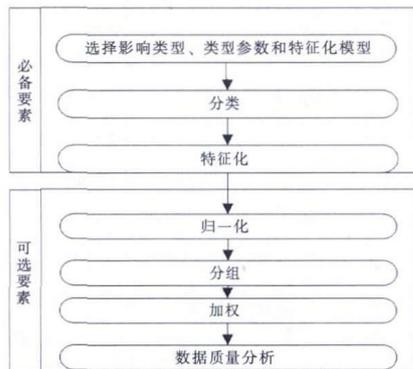


图 4 全生命周期环境影响评价组成要素
Fig.4 Elements for life cycle impact assessment

个阶段要素的表述如下:

(1)影响类型、类型参数和特征化模型选择:确定全生命周期评价涉及的影响类型、相应的类型参数和特征化模型。

(2)分类:将清单分析结果根据其造成的环境影响,将清单中各物质划分到各个影响类型。

(3)特征化:计算类型参数结果。

(4)归一化:根据基准信息计算类型参数结果的大小。

(5)分组:对影响类型进行分类,必要时加以排序。

(6)加权:用基于价值选择的数值因子对分属给个影响类型的参数结果进行转化,必要时加以合并。

(7)数据质量分析:为了更好地了解 LCIA 结果的可靠性,ISO14042 定义的 LCIA 技术框架中还包含了数据质量分析技术,具体方法包括重要度分析、不确定性分析和敏感性分析。

4.2 影响评价方法选择

LCIA 方法可以划分为两种类型:中间类型方法和破坏导向方法。中间类型方法,将清单结果转化成一系列的影响类型,也就是中间类型。破坏导向方法也叫终点类型方法,模拟由清单结果所造成的破坏。破坏导向方法由于将环境影响归结到几种破坏类,并进行归一、加权操作,使得评价过程增加了主观性和不确定度,但却使破坏模型直接与人类相关,提高了评价结果的可理解性。根据 ISO14040 和 ISO14044 标准规定,对于 LCIA 的发展更重要的是提高清单结果的可理解性,国际上对 LCIA 的研究也越来越倾向于破坏模型。

在各种破坏导向方法中,Eco-indicator 99 方法是目前使用较为广泛的一种方法,它是荷兰 Pre Consultants 公司设计的评价方法,该方法将产品对环境的影响划分为 11 个影响类:气候变化,臭氧层耗竭,致癌作用,有机物呼吸效应,无机物呼吸效应、电离(核)辐射、生

态毒性,酸化和富营养化、土地使用、矿物开采、化石燃料开采。这 11 种影响类又归为三种破坏类型:人类健康、生态系统质量和资源,最后将这三种破坏类型经过归一加权得到单一的生态指标因子^[5]。

4.3 工程机械产品工程全生命周期分析模型

综上所述,本研究工程机械产品全生命周期评价模型环境影响评价框架将采用破坏导向方法,其 LCIA 涉及的影响类和破坏类,以及相应的环境影响转化机理和破坏因子沿用 Eco-indicator 99 方法。结合前面对工程机械产品 LCA 目标范围的定义和清单分析结果,最终形成工程机械产品全生命周期评价模型,如图 5 所示。

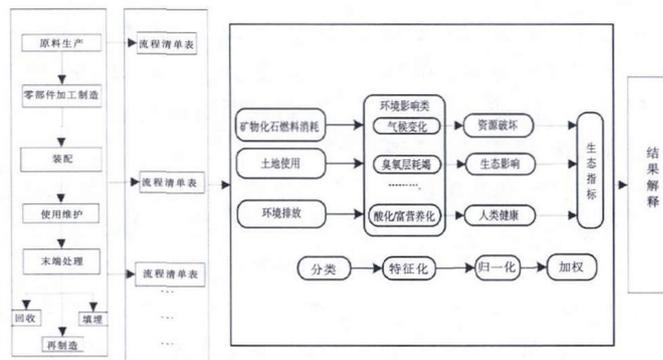


图 5 工程机械产品全生命周期评价模型
Fig.5 LCA model for construction machinery

5 结论

全生命周期评价作为 ISO14040 和 ISO14044 标准规定的环境管理工具,已经成为一种产品环境特征分析和辅助决策支持工具,得到了广泛应用。本研究构建的工程机械产品全生命周期评价模型,结合了工程机械产品原料生产、加工制造、使用、末端处理等全生命周期各阶段特点,确定了其全生命周期分析过程中的目标和范围、清单分析、环境影响评价等的操作,将为工程机械产品进行全生命周期评价提供基础支撑。

参考文献:

[1] 赵辉.中国产品生命周期影响评价—终点破坏类型模型框架建立及案例应用[D].大连:大连理工大学,2005,9.

[2] 金美灵.工程机械生命周期评价研究及其软件的设计开发[D].北京:北京工业大学,2010.

[3] 陈孝旭.机电产品全生命周期评价建模研究及支撑工具开发[D].济南:山东大学,2008.

[4] CEN. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006). European Union.2006,8.

[5] Tomas Ekvall,Lisa Person,Anna Reberg.Life Cycle Assessment of Packaging Systems for Beer and Soft Drinks[R].Denmark:Danish Environment Protection Agency,1998.