

# 透明公平的产品生命周期评价方法

顾 复<sup>1</sup> 顾新建<sup>1</sup> 张武杰<sup>1</sup> 倪益华<sup>2</sup>

1. 浙江大学浙江省先进制造技术重点研究实验室, 杭州, 310027

2. 浙江农林大学工程学院, 临安, 311300

**摘要:** 针对产品生命周期评价(LCA)面临的数据获取、评价和维护难的问题, 提出了透明公平的产品生命周期评价方法, 利用新一代信息技术, 促进 LCA 数据获取、评价和维护过程的自动化、透明化及协同化。在透明化的基础上, 市场、政府、有关企业对于相关企业和个人的贡献给予公平的激励, 这不仅有助于解决 LCA 所需数据获取难、评价难和维护难的问题, 也有助于推进绿色制造工程。最后分析了透明公平的产品生命周期评价方法在中国的进展情况, 表明这方面的发展较快, 应给予高度重视和支持。

**关键词:** 生命周期评价; 新一代信息技术; 透明公平; 大数据

中图分类号: X76

DOI: 10.3969/j.issn.1004-132X.2018.21.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Transparent and Fair LCA Method for Products

GU Fu<sup>1</sup> GU Xinjian<sup>1</sup> Zhang Wujie<sup>1</sup> Ni Yihua<sup>2</sup>

1. Zhejiang Advanced Manufacturing Technology Key Laboratory, Zhejiang University, Hangzhou, 310027

2. School of Engineering, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an, Zhejiang, 311300

**Abstract:** To address the difficulties in acquiring, evaluating and maintaining LCA data, a transparent and fair LCA methodology was proposed herein. On the basis of state-of-the-art information technologies, automation, transparency and collaboration in acquisition, evaluation and maintainence of LCA data were achieved. On the basis of transparency, the contribution of related enterprises and individuals might be rewarded properly by the market, government and related enterprises. This mitigates the problems in acquiring, evaluating and maintaining LCA data, and propels the progress of green and sustainable manufacturing, as this topic requires further attention and support. Finally, the progresses of transparent and fair LCA methodology in China were analyzed, which indicates that this method develops rapidly and should be given great attentions and supports.

**Key words:** life cycle assessment(LCA); information technology; transparent and fair data; big data

### 0 引言

生命周期评价(LCA)是对某一产品从原材料获取开始,直至最终废弃处理的全生命周期环境影响进行评价的技术,是量化、系统化评价各种产品/服务/技术所造成综合环境影响的方法<sup>[1]</sup>。随着经济的不断发展,人类的生产经营活动对环境的影响越来越大,减少这种环境影响已经成为全社会的迫切需求,因此产品生命周期评价得到人们日益广泛的重视。产品 LCA 需求主要包括以下方面:产品用户的需求(获取产品在生

命周期中对环境造成影响的所有信息,以便在产品选择中比较不同产品在环境绩效方面的差异<sup>[2]</sup>),政府和其他管理机构的需求(获得产品环境影响信息,帮助制定和完善相关法规和环境管理方案),采购商的需求(了解产品环境影响信息,减少因产品环境问题带来的风险<sup>[3]</sup>),银行等机构的需求(开展绿色金融服务<sup>[4]</sup>),制造企业的需求(获取产品对环境影响的信息,以便采取有效措施降低影响,并给出产品生命周期环境影响的评价数据,满足市场和政府法规的要求,满足用户的需要)。

相关学者及组织已经在 LCA 方面进行了一些研究工作,目前已经有 ISO14040 系列及 GB24040 系列标准的支持,但是仍存在很多问题,主要是 LCA 所需要的数据获取、评价和维护难度很大。没有数据或数据不准确,就难以进行

收稿日期:2018-04-13

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFB1400302);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2018QNA4006);国家自然科学基金资助项目(51775493);浙江省自然科学基金资助项目(LZ15E050003);工业和信息化部 2016 年绿色制造系统集成项目

产品生命周期评价,无法满足各方面的需要。

本文从 LCA 数据获取、评价和维护难的原因入手,提出透明公平的产品生命周期评价方法,并介绍其在中国的进展。

## 1 LCA 数据获取、评价和维护难的原因

### 1.1 LCA 数据获取难的主要原因

LCA 数据包括产品的资源、能源消耗数据和环境污染数据。LCA 数据获取难的主要原因如下。

(1)评价对象的复杂性。由于评价对象的复杂性、数据的有限性,以及科技水平不高等原因,LCA 的准确性和科学性受到很大限制。如排放物对人体健康的影响评价方法;又如各种污染物的臭氧损耗潜势(ODP)或全球升温潜能(GWP),虽然有一定的科学根据,但仍存在不确定性<sup>[5]</sup>。

(2)LCA 数据获取的复杂性。LCA 数据获取需要相关的理论知识和专业技能,以及专门的传感器和仪器设备,需要做大量的细致工作,需要大量的人力、物力和财力。目前我国除了一些比较知名的大中型企业之外,一般中小企业基本上都没有能力获取这些数据<sup>[6]</sup>。

(3)LCA 数据的多态性。在不同的工况下,排放数据会有显著的不同。例如,汽车在高速行驶和慢速行驶中的排放数据有较大差异,这会给数据的获取和评价增加难度。

(4)LCA 数据的保密性。LCA 数据涉及工艺流程等企业敏感的数据。一方面这些数据企业本身也很难获取<sup>[7]</sup>;另一方面,企业对这些数据有强烈的保密要求,往往不愿公开。

(5)LCA 数据的海量性。许多产品很复杂,例如,汽车有上万个零件、飞机有上百万个零件,许多零件有几十道工序,这导致 LCA 数据量大,来源多样,收集处理难度大<sup>[8]</sup>。

### 1.2 LCA 数据评价难的主要原因

目前已经有不少 LCA 数据,但这些数据的价值、数据间的关系需要评价,不能直接使用。LCA 数据评价难的主要原因如下。

(1)LCA 数据的时变性。LCA 数据常常随着时间的变化而变化。一般的能耗产品会随着使用时间的延长而工作能效降低、能耗增加。如空调,刚购买时达到 1 级能效标准,使用几年后,可能只能达到 4、5 级能效标准。由此,这种时变性问题要求不断采集数据并进行评价<sup>[9]</sup>。

(2)LCA 数据的场景性。LCA 数据与其采集时的场景有关。LCA 数据的来源不同、采集标

准不同、数据记录方式不同等因素,都可能造成数据之间的不一致。另外,在不同的工业环境中会得到不同的 LCA 数据,例如,在不同的数据库中由于数据来源、处理方法等的不同,同一产品的排放数据会有较大差异。由此需要说明数据的场景,包括其来源和背景,也需要考虑数据误差和不确定性<sup>[10]</sup>。虽然国外有一些较为成熟的 LCA 数据库,但国外数据库中的基础数据都是基于本国各行业的平均数据,有地域和时域的差别,不太符合我国国情,数据库缺失成为阻碍我国 LCA 发展的一个因素,并且这些数据库的数据主要集中在基础原料级别。

(3)LCA 数据的科学性。由于成本、精力及技术手段等原因,目前许多 LCA 数据的评价还缺乏严密的科学性,使得 LCA 数据的质量良莠不齐。

(4)LCA 数据的真实性。有些数据可能是某些部门随意编的或是某些企业为了自己的利益而故意编造的。

### 1.3 LCA 数据维护难的主要原因

LCA 数据建立后需要不断维护整理。LCA 数据维护难的主要原因如下。

(1)LCA 数据收集的长期性。通常,LCA 数据收集中常常需要对数据进行时间范围、地理范围、技术特征等的标注<sup>[11]</sup>。然而产品生命周期较长,要保证收集数据的客观性、正确性,需在较长、较广泛的范围内进行收集。

(2)LCA 数据的时变性。LCA 数据会随着时间的变化而变化,对于同样的产品或过程,在 LCA 评估中使用不合时宜的数据,会造成评估结果的差异<sup>[12]</sup>。企业要保证产品环境绩效的准确性,需要对 LCA 数据进行维护。

(3)LCA 数据维护的协同性。LCA 数据需要产品价值链上下游企业协同维护,需要产品零部件各道工序的协同维护,不同的人所考虑的角度不同,采用的方法不同,会导致维护结果的不同。

上述原因导致 LCA 数据获取、评价和维护难,直接导致 LCA 应用难。

## 2 透明公平的评价方法

利用新一代信息技术,如:物联网、大数据、移动互联网、云计算、Web2.0、新一代人工智能、区块链等技术,通过透明公平的产品 LCA 方法有助于解决 LCA 数据获取难、评价难和维护难的问题。

### 2.1 透明公平的 LCA 数据获取方法

LCA 的发展得益于大量相关数据的应用,然

而在数据获取上仍存在技术和社会方面的一些难点,既要处理大量分布、异构的数据,又要保障数据共享、维护的公平激励<sup>[13]</sup>。

### 2.1.1 基于物联网的 LCA 数据获取方法

通过物联网和传感器记录并集成每一产品在其全生命周期中的环境影响数据,如汽车生命周期中的能耗和排放数据等。

问题:①数据采集增加企业的 LCA 数据获取成本;②一些企业不愿意采集数据,不积极配合。

对策:①产品绿色设计规范化。高耗能和高污染型的产品在设计时一方面需要考虑降低能耗和污染,另一方面需要在产品提供给用户前,就设计安装好获取 LCA 数据的传感器,让用户和有关部门掌握 LCA 数据情况。例如,锅炉需安装监测能耗、废气排放的传感器。②LCA 数据获取制度化。有了获取 LCA 数据的传感器,用户不一定会使用,这需要相应的制度和法规,规定产品用户必须使用这些传感器获得和提交数据。③降低能耗和污染的协同化。典型的做法便是企业利用智能设备和系统远程监控产品的运行情况,特别是能耗情况<sup>[14]</sup>。这样产品生产企业掌握用户产品的 LCA 数据后可以提供各种绿色服务,如根据锅炉的输入、环境等条件,提出针对性的节能减排方案,既能降低用户使用成本,又获得节能减排的社会效益。④奖惩透明公平化。企业的环评需要企业不断上传 LCA 数据,作为环评的依据,不上传 LCA 数据的企业,将受到处罚,并接受更严厉的监控。

### 2.1.2 基于大数据的 LCA 数据间接测算方法

大数据已经应用在一些 LCA 研究中,可以服务 LCA 过程的数据抽样、统计分析和推理,解决部分评估过程存在的问题<sup>[15]</sup>。

问题:①许多 LCA 数据难以直接获取,如企业产品制造过程排放的“三废”,包括废气、废水和固态废弃物,其排放不易直接监控;②LCA 数据对企业而言比较敏感,企业常常不愿意提供或提供的数据不准确。

对策:①基于大数据的企业“三废”排放情况透明化。在要求企业提供“三废”内容和数量的同时,要求企业提供输入(原材料/零部件/能源)、输出(产品及服务)和工艺过程的数据。由此,结合传统的物料平衡、污染系数法等<sup>[16]</sup>可以进行间接计算,基于大数据可测算出其“三废”的内容和数量,进行比较和核实,使企业“三废”排放情况透明化。②基于大数据的企业“三废”的去向透明化。进一步要求企业提供“三废”处理方法以及处理

“三废”的输入和输出数据。③基于大数据的倒逼法。政府制定相关法规和制度,例如已经要求企业必须提供输入、输出和工艺过程的数据。

### 2.1.3 LCA 数据协同获取方法

问题:①协同行业、企业来获取产品的 LCA 数据,制定绿色产品标准,但行业内企业往往是竞争对手,协作不易;②产品供应链各个企业和零部件的绿色性,直接关系到最终产品的绿色性,但有些企业提供虚假数据,以便其零部件能够进入供应链;③依靠用户大众帮助获取数据时,用户大众不知道如何获取 LCA 数据,且大众参与的热情也是一个问题;④企业需要自我评价 LCA 数据,以便应对碳关税、绿色贸易壁垒等,但专门安排人员进行 LCA 数据获取,工作量很大,质量不易保证。

对策:①行业 LCA 数据获取协同化。对于块状经济区域,建立区域中的行业绿色产品标准联盟,共同建立绿色产品标准,协同获取 LCA 数据,协同监管,打造区域的绿色产品品牌。对于非块状经济区域,则依靠行业协会和龙头企业,建立行业绿色产品标准联盟。②供应链企业 LCA 数据获取协同化。产品供应链的核心企业(一般是整车厂或整机厂)有责任承担起产品价值链的 LCA 数据统一获取任务,同时也有能力对供应商进行绿色性评估,以此作为选择供应商的一项依据,倒逼供应商提供产品环境信息和 LCA 数据<sup>[17]</sup>。③用户大众 LCA 数据获取协同化。提供基于 Web2.0 的信息平台,方便和激励大众监督自己工作和生活所在地附近的企业污染排放情况;开展基于大数据的分析,对数据的价值和关系、数据提供者的诚信和水平等进行分析;建立激励机制,对积极参与和有贡献的参与者给予公平的奖励,奖励的经费来自于对污染企业的罚款。④LCA 数据评价同步化。每开发一个新产品、每上一道新工序就要及时获取 LCA 数据,因为时过境迁,获取难度和成本将显著增加。⑤企业内 LCA 数据获取全员化。依靠企业员工一起获取 LCA 数据,一方面需要提供信息平台帮助他们,另一方面需要采用透明公平的激励<sup>[18]</sup>。

## 2.2 透明公平的 LCA 数据评价方法

一方面,一些企业提供虚假产品生命周期环境影响数据,或者限于水平提供不准确、不完整、不及时的数据;另一方面,获取的 LCA 数据往往大部分是没有价值的,并且由于各种原因,有些数据会存在一些错误。由此,需要对这些数据进行评价,包括对数据价值、数据间的关系和模型的评价。

### 2.2.1 LCA 数据评价透明公平化

问题:LCA 数据评价工作量大,评价者的专业领域和水平不同,如何进行有效的 LCA 数据评价?

对策:①LCA 数据评价透明公平化。专家和大众共同评价 LCA 数据的及时性、完整性和准确性,建立和评价 LCA 数据模型,通过基于 Web2.0 的信息平台,使该评价过程透明化,在此基础上对认真负责和有水平的评价者给予透明公平的奖励。②LCA 数据评价同步化。企业员工在工作中对每一个产品、每一道工序进行 LCA 数据评价,同时对所应用的数据进行同步评价。③LCA 数据评价科学化。基于评价大数据,对每个评价者的专业领域和水平进行评价,然后给予不同的评价者在不同的专业领域以不同的权重,促进 LCA 数据评价科学化。

### 2.2.2 基于大数据的评价透明化

问题:LCA 数据复杂且多,如何利用大数据对企业所提供数据的准确性、完整性和及时性进行评价?

对策:①相似企业的 LCA 数据比较和评价(横向比较),②企业的历史 LCA 数据比较和评价(纵向比较)。这些比较和评价过程应是透明的、可重复的。

### 2.2.3 LCA 数据评价的智能化

问题:仅依靠人进行 LCA 数据评价工作量大,且质量不稳定。

对策:①LCA 数据评价的自动化。系统根据 LCA 数据的使用(下载、点赞、评价、使用的时间等)对其价值和关系进行自动评价。②LCA 数据评价和应用集成化。将 LCA 报告中的数据与 LCA 数据库中的数据关联,建立标准化的语义关系和数据图谱,通过对大量 LCA 报告中数据进行分析,可以对 LCA 数据库中的数据进行比较科学准确的评价。例如,建立面向 LCA 的产品生命周期本体,为 LCA 评价中涉及的过程、物流、材料等及其之间的关系建立标准的语义系统,用于之后的数据共享、评价等<sup>[19]</sup>。

### 2.2.4 LCA 数据评价的协同化

问题:LCA 数据评价需要数据的最终用户参与,如环境监管部门、产品用户等。环境监管部门人手有限、经费有限导致评价困难,产品用户等则不知如何参与评价。

对策:①环境监管部门评价的公开化。环境监管部门定期或不定期对企业的“三废”排放数据进行核实评价。环境监管部门的 LCA 数据评价

结果最权威,可通过网络公布于众,供大家选用,同时接受大众的监督。②用户评价的协同化。利用新一代信息技术挖掘大众在使用电子设备中产生的数据,利用一些大数据算法去分析得到相关的环境数据<sup>[20]</sup>。另外,如今的智能设备及软件,如微信平台等为大众之间的信息交互、传播提供了非常适宜的环境<sup>[21]</sup>,为 LCA 数据评估、企业环境问题的监督、公开、举报等提供了便利。③LCA 数据的公开化。建立 LCA 数据管理和分析中心,组织专人分析,并且 LCA 大数据分析过程应是透明的、可重复的,既便于民众的监督,也便于大家的参与,如成为学者们的研究课题。④LCA 数据评价的权威化。有些 LCA 数据评价在国际上已经有一套比较成熟的方法,如在美国的碳注册系统中,企业主动在网上公示自身的温室气体排放量,并需要按国际标准进行第三方认证。

## 2.3 透明公平的 LCA 数据维护方法

产品的绿色性是在不断提高的,如汽车的能耗标准和排放标准等。行业企业需要协同开展行业中的绿色产品标准修订,需要协同应对国外绿色贸易壁垒,这需要新的 LCA 数据的支持。另外,随着数据获取手段的进步,企业所获取的 LCA 数据也越来越准确,需要对数据库的数据进行维护。

### 2.3.1 LCA 数据维护的自动化

问题:LCA 数据的维护一般发生在产品使用过程中,因此需将产品使用和产品 LCA 数据的自动维护相结合。

对策:①基于设备能耗监控的 LCA 数据维护的自动化。通过布置在设备中的能耗监控装置,在帮助企业节能的同时,获取设备能耗相关数据,对这些数据进行分析处理后,就可以用于 LCA 数据库的维护。②基于家电能耗监控的 LCA 数据维护的自动化。家电制造企业可通过远程数据监控和分析,获得家电运行的 LCA 数据,且是连续有效的数据<sup>[22]</sup>。从用户所使用的家电中获得的能耗数据是最有价值的 LCA 数据。例如,有的家电企业宣传的“一度电空调”,在不同的环境中,空调一天所耗费的电量有很大差别,这与室外温度、房屋的密封程度、开门窗的次数等有关。③基于设备排放监控系统的 LCA 数据维护的自动化。通过布置在设备中的污染排放监控装置,获取设备污染排放相关数据,对这些数据进行分析处理后,就可以用于 LCA 数据库的维护。

### 2.3.2 LCA 数据维护的协同化

问题:LCA 数据维护的工作量巨大,需依靠

大家协同进行,因此需要保持大家参与 LCA 数据维护的热情。

对策:①通过微信群进行协同数据获取。组织低碳族微信群,由产品价值链中不同专业的人共同对 LCA 所需要的数据进行搜集、补充和完善;建立制度,对积极参与和有贡献的参与者给予公平的奖励。②企业对 LCA 数据的自维护。例如,面对碳关税,企业需要计算自己产品的碳排放量,要给出明确的计算模型和数据。③环境监管部门在 LCA 数据维护中的关键作用。环境监管部门需要对企业的“三废”排放数据进行核实,核实的结果可以用于 LCA 数据的维护。权威部门测试的一些 LCA 数据,可用于维护 LCA 数据库。

### 2.4 透明公平的产品 LCA 方法的特点

透明公平的产品生命周期评价方法在产品生命周期不同阶段的特点总结见表 1。

表 1 透明公平的产品生命周期评价方法的应用特点

Tab.1 The application characteristic of transparent and fair LCA method for products

产品生命周期阶段	透明化的内容	公平化的内容
1 产品研发阶段	产品主要组分、产品制造原理、产品工作原理	根据产品生命周期设计指南和标准,进行绿色产品评估。
2 产品设计阶段	产品组分、产品模块重用度、产品制造方案、产品工作方案、产品维修方案、产品回收方案、产品使用能耗预估、产品生命周期污染预估	根据产品生命周期设计指南和标准,引入产品数据技术集成产品必要信息,进行绿色产品评估 <sup>[23]</sup> ;对提高产品绿色度的企业和个人给予公平奖励。
3 产品制造阶段	产品制造工艺、产品制造能耗监控数据、产品制造中的污染物排放监控数据、污染治理设备和工艺及过程数据	根据产品生命周期设计指南和标准,基于大数据进行绿色制造过程评估和相似企业的比较;对随意排放“三废”的行为进行处罚。
4 产品使用阶段	产品使用能耗数据、产品使用中的污染物排放数据、污染治理设备和工艺及过程数据、产品维护数据、产品再制造数据	根据产品生命周期设计指南和标准,基于大数据进行绿色产品评估;对随意排放“三废”的行为进行处罚。
5 产品回收阶段	产品回收能耗监控数据、产品回收中的污染物排放监控数据、污染治理设备和工艺及过程数据	根据产品生命周期设计指南和标准,基于大数据进行绿色产品评估;对随意排放“三废”的行为进行处罚。

## 3 中国 LCA 透明公平环境的建设进展

### 3.1 政府重视

2008 年 5 月 1 日中国开始施行《环境信息公开办法(试行)》,2014 年以来,9 000 家国控污染源根据《国家重点监控企业自行监测及信息公开办法

(试行)》要求,通过省级平台公开了在线监测数据。

2015 年 9 月 1 日,《环境保护公众参与办法》正式实施,其主旨在切实保障公民、法人和其他组织获取环境信息,参与和监督环境保护的权利,畅通参与渠道,规范引导公众的依法、有序、理性参与行为。

2016 年 4 月,国家环境保护总局对 2006 年 2 月 14 日发布的《环境影响评价公众参与暂行办法》进行修订,主要针对建设项目。

中国国务院办公厅 2016 年 11 月 22 日印发了《关于建立统一的绿色产品标准、认证、标识体系的意见》,其主要目标是:按照统一目录、统一标准、统一评价、统一标识的方针,将现有环保、节能、节水、循环、低碳、再生、有机等产品整合为绿色产品,到 2020 年,初步建立系统科学、开放融合、指标先进、权威统一的绿色产品标准、认证、标识体系,健全法律法规和配套政策,实现一类产品、一个标准、一个清单、一次认证、一个标识的体系整合目标<sup>[24]</sup>。

国家工业和信息化部《绿色制造工程实施指南(2016—2020 年)》中特别指出了产品全生命周期绿色管理的重要性:“按照产品全生命周期绿色管理理念,遵循能源资源消耗最低化、生态环境影响最小化、可再生率最大化原则”,尤其强调了数据的重要性:“建立产品全生命周期基础数据库及重点行业绿色制造生产过程物质流和能量流数据库,加大信息公开力度”<sup>[25]</sup>。

2018 年 1 月 1 日起施行的《中华人民共和国环境保护税法》实施环境保护税法,确定大气污染物、水污染物、固体废物和噪声为应税污染物。

### 3.2 民间推动

(1) 蔚蓝地图。IPE 建立的蔚蓝地图<sup>[26]</sup>自 2014 年 6 月上线以来,已集成上万家重点污染源的在线监测数据。公众不但能够随时获取实时排放数据,还能够通过社交媒体将数据便捷分享。截止 2016 年 6 月,蔚蓝地图共计推动 600 余家重点污染源对其在线监测数据超标问题作出公开说明,且部分企业已切实整改,减少了污染排放。

(2) 中国水污染地图。中国水污染地图<sup>[27]</sup>是 IPE 从 2006 年开始发布的水污染地图数据库,并持续对水污染的数据库进行更新,依靠当地的社区和环保组织,保护河流,推动广泛的公众参与。到 2016 年 8 月份,中国水污染地图已经列出了企业环境表现数据 270 477 条,企业排放数据 21 781 条,超过 50 000 条的企业污染纪录,而空气污染地图也列出了 13 000 余条企业违规超标

纪录。

(3) 基于供应链的公众参与环境保护。通过供应链可以将环境友好的需求和压力传递到大量存在环境问题的企业。2008 年 8 月, IPE 开发了名为绿色选择联盟的供应链管理体系, 搜集了各级环保部门发布的几万条污染企业的官方纪录。企业将供应商的名单输入水污染地图中的搜索引擎, 可以马上发现自己的供应商是否存在政府查处的违规超标现象, 帮助企业选择绿色供应商。

### 3.3 企业参与

(1) 企业间的信息分享和交流。企业之间的节能减排信息分享和交流变得越来越普遍。例如, 企业通过企业社会责任报告来公布其结果, 全球很多企业都向碳信息披露项目(CDP)的投资网络提交信息。

(2) 市场撬动。在环境信息全面公开的条件下, 大型品牌、投资者、金融机构可以将环境数据融入采购、投资和信贷流程, 用市场化方式撬动减排。

(3) 碳注册系统。碳注册系统是企业等单位测量其能源使用状况和温室气体排放量的在线系统工具。碳注册系统是对企业进行可测量、可报告、可核实的碳核算的有效管理, 目标是得到可靠的和可核实的能源消耗信息和二氧化碳排放量, 旨在鼓励各企业自愿地通过在线注册系统输入参数来计算其能源消耗和得出温室气体排放清单, 这些数据和计算结果将通过第三方核实认证。有了这些公开和标准化的信息, 企业就可以有根据地采取措施以减少其温室气体排放和整体的能源消耗。

## 4 结语

本文分析了 LCA 相关数据获取、评价和维护的原因。在此基础上, 提出利用新一代信息技术, 采用透明公平的产品生命周期评价方法解决存在问题, 并分析了透明公平的产品生命周期评价的国内现状, 表明: 新一代信息技术对于中国开展透明公平的产品生命周期评价有重要的推进作用, 未来中国 LCA 透明公平环境的建设仍需依靠政府、民间组织和企业的高度重视和共同努力。

参考文献:

[1] FINNVEDEN G, HAUSCHILD M Z, EKVALL T, et al. Recent Developments in Life Cycle Assessment[J]. *Journal of Environmental Management*, 2009, 91(1): 1-21.

[2] YALABIK B, FAIRCHILD R J. Customer, Regulatory, and Competitive Pressure as Drivers of Environmental Innovation[J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 131(2): 519-527.

[3] BLOME C, HOLLOS D, PAULRAJ A. Green Procurement and Green Supplier Development: Antecedents and Effects on Supplier Performance [J]. *International Journal of Production Research*, 2014, 52(1): 32-49.

[4] 张承惠, 谢孟哲, 张丽平, 等. 发展中国绿色金融的逻辑与框架[J]. *金融论坛*, 2016(2): 17-28. ZHANG Chenghui, XIE Mengzhe, ZHANG Liping, et al. The Developmental Logic and Framework of China's Green Finance[J]. *Finance Forum*, 2016(2): 17-28.

[5] GUO M, MURPHY R J. LCA Data Quality: Sensitivity and Uncertainty Analysis[J]. *Science of the Total Environment*, 2012, 435: 230-243.

[6] 郭英玲. 绿色制造技术的分析及评价方法研究[D]. 北京: 机械科学研究总院, 2009. GUO Yingling. Research on Analysis and Evaluation Method of Green Manufacturing Techniques [D]. Beijing: China Academy of Machinery Science and Technology, 2009.

[7] WITCZAK J, KASPRZAK J, KLOS Z, et al. Life Cycle Thinking in Small and Medium Enterprises: the Results of Research on the Implementation of Life Cycle Tools in Polish SMEs—Part 2: LCA Related Aspects[J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2014, 19(4): 891-900.

[8] 张亚平, 左玉辉, 邓南圣, 等. 生命周期评价数据库分析与建模[J]. *环境科学导刊*, 2006, 25(4): 8-11. ZHANG Yaping, ZUO Yuhui, DENG Nansheng, et al. Analysis and Model of Life Cycle Assessment Database[J]. *Yunnan Environmental Science*, 2006, 25(4): 8-11.

[9] LEVASSEUR A, LESAGE P, MARGNI M, et al. Considering Time in LCA: Dynamic LCA and Its Application to Global Warming Impact Assessments [J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44(8): 3169-3174.

[10] COOPER J S, KAHN E, EBEL R. Sampling Error in US Field Crop Unit Process Data for Life Cycle Assessment[J]. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2013, 18(1): 185-192.

[11] WEIDEMA B P, WESNAES M S. Data Quality Management for Life Cycle Inventories: an Example of Using Data Quality Indicators[J]. *Journal of Cleaner Production*, 1996, 4(3/4): 167-174.

[12] HISCHIER R, ACHACHLOUEI M A, HILTY

- L M. Evaluating the Sustainability of Electronic Media: Strategies for Life Cycle Inventory Data Collection and Their Implications for LCA Results [J]. *Environmental Modelling & Software*, 2014, 56: 27-36.
- [13] REICHMAN O J, JONES M B, SCHILDHAUER M P. Challenges and Opportunities of Open Data in Ecology[J]. *Science*, 2011, 331(6018): 703-705.
- [14] LU B, GUNGOR V C. Online and Remote Motor Energy Monitoring and Fault Diagnostics Using Wireless Sensor Networks[J]. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2009, 56(11): 4651-4659.
- [15] COOPER J, NOON M, JONES C, et al. Big Data in Life Cycle Assessment[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2013, 17(6): 796-799.
- [16] 席德立, 彭小燕. LCA 中清单分析数据的获得[J]. *环境科学*, 1997(5):84-87.  
XI Deli, PENG Xiaoyan. Inventory Data Acquisition in LCA[J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 1997(5):84-87.
- [17] GOVINDAN K, RAJENDRAN S, SARKIS J, et al. Multi Criteria Decision Making Approaches for Green Supplier Evaluation and Selection: a Literature Review[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 98: 66-83.
- [18] 顾新建, 马步青, 倪益华. 透明公平的制造业发展环境探讨[J]. *计算机集成制造系统*, 2017, 23(1):186-195.  
GU Xinjian, MA Buqing, NI Yihua. Transparent and Fair Development Environment for Manufacturing Industry[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2017, 23(1):186-195.
- [19] ZHANG Y, LUO X, BUIS J J, et al. LCA-oriented Semantic Representation for the Product Life Cycle[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 86: 146-162.
- [20] MITCHELL T M. Mining Our Reality[J]. *Science*, 2009, 326(5960): 1644-1645.
- [21] DELVICARIO M, BESSI A, ZOLLO F, et al. The Spreading of Misinformation Online[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2016, 113(3): 554-559.
- [22] BARBATO A, CAPONE A, RODOLFI M, et al. Forecasting the Usage of Household Appliances Through Power Meter Sensors for Demand Management in the Smart Grid[C]//*Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, 2011 IEEE International Conference on. 2011: 404-409.
- [23] MORENO A, CAPPELLARO F, MASONI P, et al. Application of Product Data Technology Standards to LCA Data[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2011, 15(4): 483-495.
- [24] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于建立统一的绿色产品标准、认证、标识体系的意见(国办发〔2016〕86号)[EB/OL]. [2016-11-22]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/07/content\\_5144554.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/07/content_5144554.htm).  
General Office of the State Council. Establishing Unified Framework of Green Product Standards, Authentication and Label[EB/OL]. [2016-11-22]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/07/content\\_5144554.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/07/content_5144554.htm).
- [25] 中华人民共和国工业和信息化部. 绿色制造工程实施指南(2016—2020年)[EB/OL]. [2016-09-14]. <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057542/n3057545/c5256301/content.html>.  
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Implementation Guidelines of Green Manufacturing Engineering (2016—2020) [EB/OL]. [2016-09-14]. <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057542/n3057545/c5256301/content.html>.
- [26] 阮清鸳, 袁言, 马军. 撬动减排, 路径渐渐清晰[EB/OL]. [2016-07-21]. 蔚蓝地图微信公众号.  
RUAN Qingyuan, YUAN Yan, MA Jun. The Path for Reducing Emissions is Gradually Clear [EB/OL]. [2016-07-21]. WeChat Public Platform of BLUE MAP.
- [27] 公众环境研究中心. 中国水污染地图[Z]. <http://www.ipe.org.cn/>.  
The Institute of Public & Environmental Affairs. China Water Pollution Map[Z]. <http://www.ipe.org.cn/>.

(编辑 袁兴玲)

作者简介:顾复,男,1985年生,讲师、博士。研究方向为绿色制造和知识管理等。出版专著1部,发表论文30篇。E-mail:gu-fu@zju.edu.cn。