

# 产品社会生命周期评价研究进展分析

国琪<sup>1,2</sup>, 王晓蓬<sup>3</sup>, 陈爽<sup>1,2</sup>, 刘佳宜<sup>1</sup>, 张颖<sup>1,2</sup>, 王来力<sup>1,2,4</sup>

(1. 浙江理工大学服装学院, 浙江杭州 310018; 2. 浙江省服装工程技术研究中心, 浙江杭州 310018; 3. 浙江理工大学科学技术研究院, 浙江杭州 310018; 4. 浙江省现代纺织技术创新中心, 浙江绍兴 312000)

**摘要:** 为了系统分析产品社会生命周期评价的研究进展和技术框架, 采用 CiteSpace 对来源于中国知网、Web of Science 数据库的文献进行计量分析。结果表明: 产品社会生命周期评价研究热点演进分为框架搭建(2008—2013年)、方法探索(2013—2016年)和体系标准化(2017—2020年)3个阶段; 产品社会生命周期评价技术框架包括确定目标与范围、清单分析、影响评价与结果解释4个部分, 清单分析的指标选择过程涉及40个子指标, 其中与健康、人权相关的为核心指标; 社会影响特征化可以通过参考量表法与影响路径法进行量化, 参考量表法包括子类别评价法与社会热点数据库法, 其中子类别评价法体系较为完善。

**关键词:** 社会生命周期评价; 技术框架; 清单分析; 评价指标; 特征化方法

**中图分类号:** G254.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9350(2023)08-0001-06

## Analysis on research progress of product social life cycle assessment

GUO Qi<sup>1,2</sup>, WANG Xiaopeng<sup>3</sup>, CHEN Shuang<sup>1,2</sup>, LIU Jiayi<sup>1</sup>, ZHANG Ying<sup>1,2</sup>, WANG Lai-li<sup>1,2,4</sup>

(1. School of Fashion Design & Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Engineering Research Center of Clothing of Zhejiang Province, Hangzhou 310018, China; 3. Institute of Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 4. Zhejiang Provincial Innovation Center of Advanced Textile Technology, Shaoxing 312000, China)

**Abstract:** In order to analyze the research progress and technical framework of product social life cycle assessment systematically, the literature from CNKI and the Web of Science database is analyzed quantitatively by CiteSpace. The results show that the evolution of research hotspots of product social life cycle assessment can be divided into three stages: framework construction (2008—2013), method exploration (2013—2016) and system standardization (2017—2020). The technical framework of product social life cycle assessment consists of four phases: goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment and result interpretation. The indicator selection process of inventory analysis involves 40 sub-indicators, among which the core indicators are those related to health and human rights. The characterization of social impact can be quantified by the reference scale approach and impact pathway approach. The reference scale approach includes subcategory evaluation approach and social hotspot database approach, among which the subcategory evaluation approach system is relatively complete.

**Key words:** social life cycle assessment; technical framework; inventory analysis; evaluation index; characterization method

收稿日期: 2022-10-17

基金项目: 浙江省现代纺织技术创新中心软科学项目(ZX2022002R); 国家自然科学基金项目(71503233)

作者简介: 国琪(1999—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究方向为纺织服装产品社会生命周期评价。

通信作者: 王来力, E-mail: wangll@zstu.edu.cn。

环境生命周期评价(Environmental Life Cycle Assessment, ELCA)、生命周期成本计算(Life Cycle Costing, LCC)以及社会生命周期评价(Social Life Cycle Assessment, SLCA)是产品生命周期内环境、经济和社会相关影响评价的3种工具。ELCA主要关注产品生命周期内造成的自然环境影响;LCC聚焦产品生命周期内的直接成本和收益<sup>[1]</sup>;SLCA用于评估产品生命周期内潜在的积极或消极社会影响,帮助利益相关者评估产品生命周期、相关价值链和组织的社会与社会经济影响<sup>[2]</sup>。

SLCA最早由环境毒理学与化学学会(Society of Environmental Toxicology and Chemistry)于1993年提出,为了详细介绍SLCA框架体系,该机构编制了Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products,作为SLCA应用的参考文件。近年来,SLCA的基础理论、评价方法和应用研究受到越来越多的关注,其国际标准亦在制定中。本研究采用CiteSpace从时间线视图、时区图、关键词词频等对产品SLCA的相关文献进行分析,并对SLCA的技术框架进行讨论,为在

纺织行业开展SLCA研究和应用提供参考。

## 1 SLCA 研究文献计量分析

### 1.1 数据来源

在CNKI数据库中,选择文献类型为“期刊”,选择主题为“社会生命周期评价”“生命周期评价”“社会”,检索词之间以“or”或“and”连接,检索得到63条结果,筛选删除无关条目后得到11篇文献,分布于2010—2020年。

在Web of Science核心数据库中,选择文献类型为“article”,以“social life cycle assessment”“SLCA”“S-LCA”为主题进行检索,检索结果以“or”连接词组合,得到文献353篇。经筛选剔除无关条目后得到287篇文献,分布于2008—2022年。

### 1.2 计量结果分析

SLCA研究的中文文献多为基础的案例应用型研究,文献量较少且完全参考指南提出的技术框架,本研究不对中文文献做计量分析。对SLCA的英文文献进行关键词时间线聚类分析,结果如图1所示。

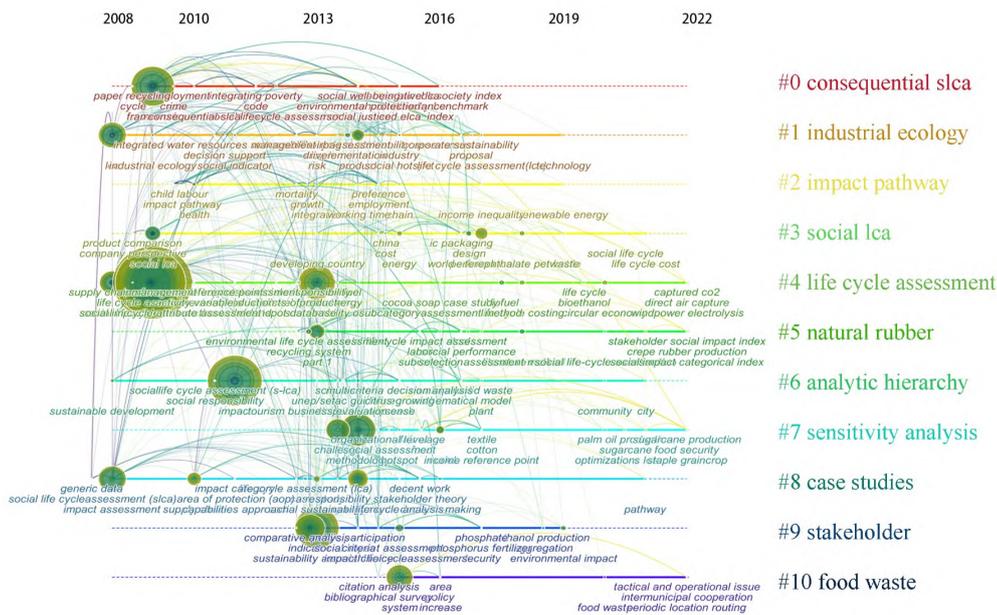


图1 2008—2022年SLCA英文文献关键词时间线视图

关键词聚类的时间线视图体现各聚类之间的联系以及某个聚类中文献的历史跨度,时间线图谱以纵轴为聚类名称,横轴为文献发表年份,节点出现的时区为该关键词首次出现的时间<sup>[3]</sup>。由图1可知, $Q=0.673\ 3$ , $S=0.881\ 1$ ,2008—2022年间SLCA研究英文文献关键词聚类效果显著,研究热点集中于“life cycle assessment”“sensitivity analysis”“case studies”这3大领域。聚类“life cycle assessment”时间跨度最长,

这反映出以生命周期评价框架为基础的SLCA方法体系自2009年沿用至今。聚类排在最前面的为“sensitivity analysis”,该聚类时间跨度为2014年至今,并且该聚类与“case studies”“impact pathway”“analytic hierarchy”联系密切,表明敏感性分析法和层次分析法是SLCA案例研究中较常用的研究方法,并且敏感性分析是目前SLCA领域的热门研究点。此外,聚类“case studies”从2008年持续到2020年,且与

“industrial ecology”联系紧密,表明 SLCA 案例研究从 SLCA 提出开始持续到 2020 年,并且工业生态学领域最早应用 SLCA 进行案例研究。时区视图将时间因素加入知识图谱的绘制中,可以直观地看出文献研究热点随时间的演变情况以及各个热点之间的关联情况<sup>[4]</sup>。而关键词是一篇文章的高度凝练,展现文章的核心内容<sup>[5]</sup>。从整体来看,SLCA 领域研究热点由最初的“framework”框架研究,然后聚焦“methodology”方法学研究,而后进一步聚焦案例可行性实践。由图 2 可知,第一个关键词节点出现于 2009—2011 年,关键词多为“social life cycle assessment”“framework”“impact”等,聚焦于基础理念框架研究,涉及组织层面、企业层面以及国家层面。关键词“social life cycle assessment”节点最大,即出现频次最高,以“social life cycle assessment”为关键词的文章中最有影响力的是 2008 年 Jorgensen 等发表于《International Journal of

Life Assessment》上的论文,至今被引 393 次。该文通过概述 SLCA 的发展比较现场特定数据和一般数据评估之间的差异,为 SLCA 框架方法学标准化的研究提供新思路<sup>[6]</sup>。第二个关键词节点出现在 2013—2016 年,关键词集中于“indicator”“methodology”“product”“management”和“sustainability assessment”,在原有理论上详细研究 SLCA 指标体系与影响评价方法。SLCA 的子类别方法表 Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment 于 2012 年发布,该文件分别对工人、当地社区、消费者、社会以及价值链参与者 5 大利益相关者所涉及的 31 个影响子类别都进行了详细的定义和说明,提供有关数据评估的信息,包括清单指标、度量单位和数据源的示例<sup>[7]</sup>。2017—2020 年突变强度最高的关键词为“system”“part design”与“bioethanol”,此阶段 SLCA 体系进一步完善并趋向成熟,案例研究亦较为丰富。

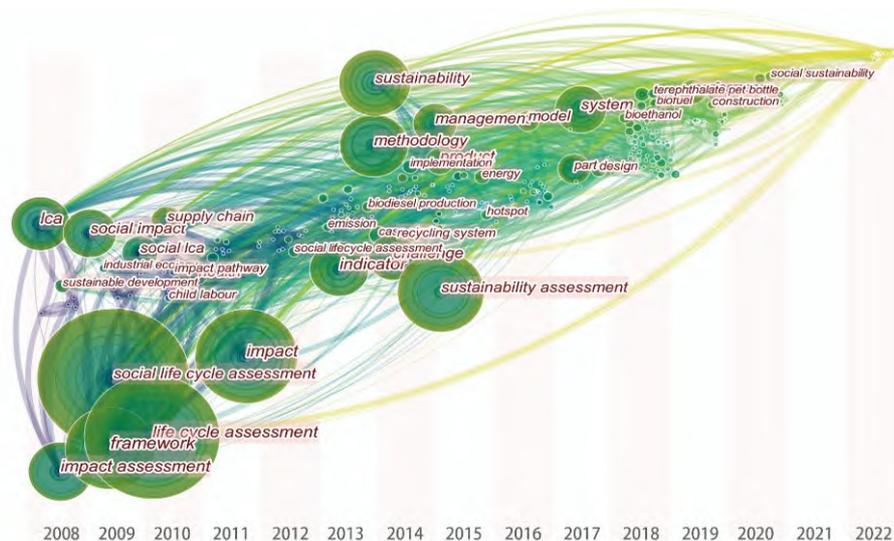


图 2 2008—2022 年 SLCA 英文文献关键词时区视图

通过以上文献计量分析结果可知,SLCA 的研究热点演进分为 3 个阶段:框架搭建阶段(2008—2013 年)、方法探索阶段(2013—2016 年)和体系标准化阶段(2017—2020 年)。在框架搭建阶段,SLCA 的观点被提出并在农业、化石能源等行业进行初步的案例应用研究。2009 年 SLCA 指南 Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products 发布后,相关案例应用研究逐渐丰富。2012 年子类别方法表 Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment 发布,弥补了 SLCA 指标选择上方法学的空缺。在方法探索阶段,SLCA 的指标选择、数据库开发、影响评价方法和社会影响量化的相关文章

陆续发表,并推动 SLCA 体系的标准化。在体系标准化阶段,SLCA 项目组开始对产品指南和方法表进行新一轮修订,2020 年发布全新版本指南,次年公布全新版子类别方法表,SLCA 的国际标准亦由 ISO/TC 207 SC5 组织制定中<sup>[8]</sup>。

## 2 SLCA 指南解析

*Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products* 是 SLCA 应用的基础参考文件,该指南在 2009 年首次出版,历经多次修订,全新版本于 2020 年发布,SLCA 的国际标准由 ISO/TC 207 SC5 组织制定中。SLCA 的技术框架包括确定目标与范围、清单分

析、影响评价和结果解释4个部分<sup>[9]</sup>,决策流程见图3。

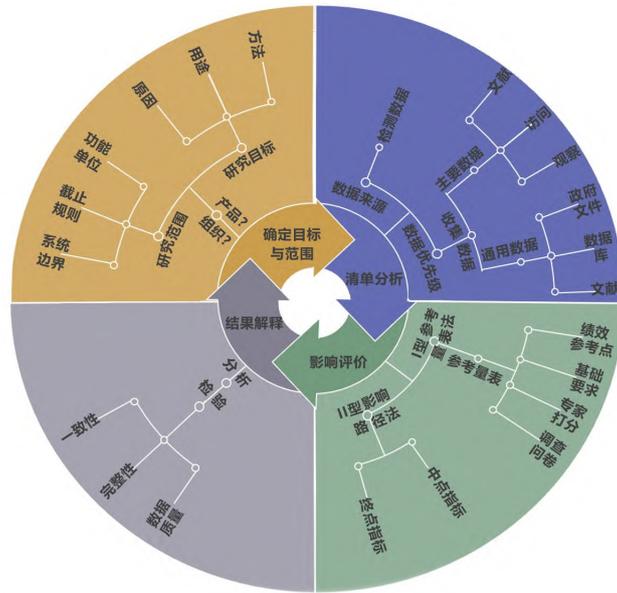


图3 SLCA 整体决策过程

### 2.1 确定目标与范围

SLCA 的实施首先需要明确该研究的目的、预期用途和研究范围,以确保研究满足预期。研究范围包括研究的深度和广度问题,限定评价范围以及信息收集和分析的详尽程度,并且界定数据的来源和处理信息的方法,以及研究结果的应用方向。功能单位与系统边界是定义研究范围的一部分。功能单位定义研究对象,是用于度量产品系统提供使用价值的计量单位,指定功能单位前需明确定义产品的功能。系统边界是指确定哪些单元过程应包括在被评估的系统中,便于识别功能单位所需的材料输入。在确定系统边界时,首先应明确产品系统的整个产业链,再根据研究目的确定时间边界与物理边界。

### 2.2 生命周期清单分析

清单分析阶段是收集数据以量化所研究产品社会影响的过程,将社会影响转换为便于分析比较的半定量和定量数据。清单分析在收集活动变量时是循环的、周期性的,应基于用途和使用情况对收集的数据进行优先级排序、热点评估、现场特定评估以及产品社会影响评估。社会生命周期清单分析步骤包括确定目标与范围、产品热点确定、数据收集、数据检验以及数据聚合,具体流程如图4所示。数据检验将检验所收集数据的有效性与质量,在关联数据与单位过程后若数据无误则将数据进行聚合,若检验错误则需要调整系统边界并返回确认目标与范围。

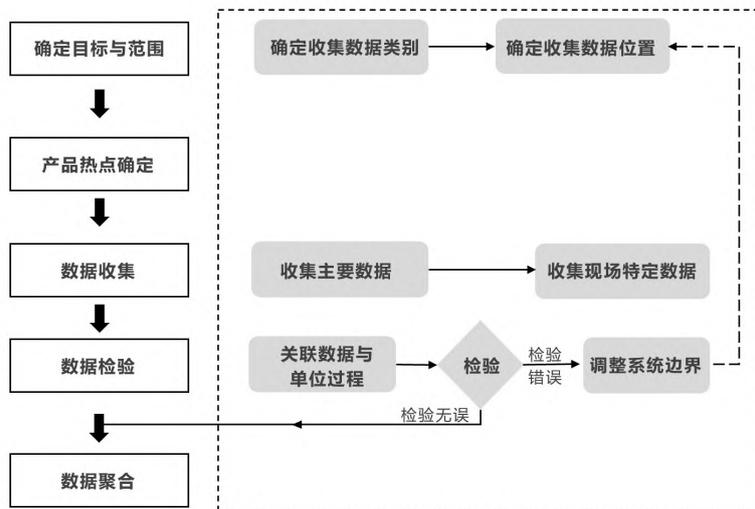


图4 生命周期清单分析步骤图

数据收集是清单分析中最耗时的步骤,包括主要数据与现场特定数据的收集。数据收集由第一环节选择的子类别决定,方法包括定向或半定向访谈、调查问卷、焦点小组以及从政府和非政府组织发布的报告中获取。表1为清单分析通常需要收集数据的利益相关者类别与子类别,与人权、工作条件、文化

遗产、贫困、疾病、政治冲突、本土权利等影响类别密切相关。子指标的筛选以“工人”“当地社区”和“消费者”3大影响类别的子指标为核心,可采取问卷调查、专家打分法以及三角测量等减少指标选择时的偏见与主观性。

表1 SLCA 涉及利益相关者

利益相关者类别	影响评价子类别
工人	1 结社自由和集体谈判权, 2 童工, 3 公平薪资, 4 工作时间, 5 强迫劳动, 6 公平机会/歧视, 7 健康与安全, 8 社会福利和保障, 9 雇佣关系, 10 性骚扰, 11 包括农民在内的小农
消费者	12 健康与安全, 13 反馈机制, 14 消费者隐私, 15 透明度, 16 生命终结责任
当地社区	17 物资资源使用权, 18 非物质资源使用权, 19 人口迁徙, 20 文化遗产, 21 健康安全的居住环境, 22 治安良好的生活环境, 23 社区参与度, 24 本地就业, 25 对原住民权利的尊重
社会	26 技术发展, 27 对经济发展的贡献, 28 对可持续发展的公开承诺, 29 腐败, 30 预防和缓解武装冲突, 31 动物伦理待遇, 32 扶贫
价值链参与者	33 供应商关系, 34 提升社会责任感, 35 对知识产权的尊重, 36 财富分配, 37 公平竞争
儿童	38 社区教育, 39 儿童的健康问题, 40 儿童对营销实践的关注

### 2.3 生命周期影响评价

影响评价阶段是将生命周期清单分析阶段得到的数据通过一定的方法模型标准化到一定数值范围,此阶段3个步骤为:(1)选择表征方法与模型;(2)将清单数据与影响类别、子类别关联;(3)计算子类别指标特征化结果。特征化的方法主要有参考量表方法(I型)与影响路径方法(II型)两种。I型方法使用绩效参考点(Performance reference point, PRP)来评估清单数据,而II型方法基于影响途径中因果联系测量的表征因子,两种方法的区别在于是否缺乏基于因果关系的表征因素。

参考量表方法对参考量表进行基准测试,以提供社会热点或社会绩效结果,方法步骤为:(1)建立参考量表;(2)数据对应;(3)对照量表评估数据;(4)数据分组;(5)分配结果权重。I型主要方法为子类别评价法(Subcategories Assessment Method, SAM)与社会热点数据库法(Social Hotspot Database, SHDB),涉及6种表征方法,其中基于规范与最佳实践和基于规范与当地环境两种表征方法最为常用。SAM作为一种通用方法适用于许多产品系统,是特征化方法中最成熟的方法,应用于可可皂<sup>[10]</sup>、西红柿<sup>[11]</sup>、蜂蜜<sup>[12]</sup>和聚合物生产<sup>[13]</sup>等产品的SLCA研究。关于SLCA数据库的应用,由Benoit-Norris等开发的SHDB作为SLCA分析的基础数据库应用最多,同时PSILCA数据库逐渐应用于研究。

影响路径方法通常与特征化后的清单数据链接产生中点或终点影响指标,步骤如下:(1)确定清单与影响指标;(2)选择并使用表征模型;(3)使用表征模型量化并描述影响路径;(4)关联社会活动与社会影响。此方法基于社会机制,通过中点或终点指标描述社会影响因果链。中点指标是因果链中间的影响,而终点指标则表示因果链末端的影响。

### 2.4 生命周期结果解释

结果解释是得出结论并生成报告的过程,报告需公开透明、内容完整,主要步骤为:(1)识别重大问题;(2)对研究进行评估;(3)报告利益相关者参与情况;(4)提出结论与建议,生成详细报告。最终报告需考虑与研究目标和范围的一致性与完整性,检验是否进行结果分析、局限性解释、提供建议以及揭示重大问题等。

报告中指出的重大问题为研究过程中筛选出的社会热点问题,亦包括研究过程中遇到的关键问题、研究限制、结果假设等。报告利益相关者参与情况时,未调查的利益相关者需加以说明。最终报告从初步结论开始需验证所得结论是否符合研究要求,若不符合,需返回确定目标与范围阶段进行整体调整。

## 3 结语

基于CiteSpace可视化工具,对SLCA的研究文献进行计量分析,并针对SLCA指南提供的基础技术框

架和影响评价方法进行讨论,研究结论如下:(1)SLCA的研究热点演进分为框架搭建、方法探索以及体系标准化等3个阶段。研究重点从早期关注基础框架、指南制订与案例应用等聚焦到影响评价方法开发,评价方法研究侧重于指标体系的统一以及社会数据库的开发应用。(2)SLCA包括确定目标与范围、清单分析、影响评价与结果解释4个步骤,其中影响评价阶段是最核心的环节,收集的产品或组织社会影响相关的数据清单在该环节转换为社会影响评价结果。(3)数据清单特征化的方法有SAM方法、SHDB方法以及影响路径方法,3种方法评价结果都体现产品或组织的社会表现与影响,其中SAM方法与SHDB方法所得结果重点关注社会风险,而影响路径方法评价结果侧重描述潜在的社会影响后果。

#### 参考文献:

- [1] ANDREWS E S, BARTHEL L P, BENOIT C, et al. Guidelines for social life cycle assessment of products[M]. Nairobi: United Nations Environmental Programme, 2009:16-18.
- [2] BENOIT C, NORRIS G A, VALDIVIA S, et al. The guidelines for social life cycle assessment of products: Just in time![J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2010, 15(2): 156-163.
- [3] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [4] 刘书轶, 丰翔, 邱笑笑, 等. 纺织服装产品生命周期评价研究文献计量分析[J]. 服装学报, 2021, 6(3): 208-214.
- [5] 丰翔, 王晓蓬, 邱笑笑, 等. 基于 CiteSpace 的纺织服装足迹类文献计量分析[J]. 现代纺织技术, 2022, 30(1): 9-17.
- [6] JORGENSEN A, BOCQ A L, HAUSCHILD N M. Methodologies for social life cycle assessment[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2008, 13(2): 96-103.
- [7] HUARACHI D, PIEKARSKI C M, PUGLIERI F N, et al. Past and future of social life cycle assessment: Historical evolution and research trends[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 264(9): 40-56.
- [8] SOUZA A, WATANABE M D B, CAVALETT O, et al. Social life cycle assessment of first and second-generation ethanol production technologies in Brazil[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2018, 23(3): 617-628.
- [9] HAASTER B V, CIROTH A, FONTES J, et al. Development of a methodological framework for social life-cycle assessment of novel technologies[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2016, 22(3): 1-18.
- [10] RAMIREZ P K S, PETTI L, BRONES F, et al. Subcategory assessment method for social life cycle assessment. Part 2: application in Natura's cocoa soap[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2016, 21(1): 106-117.
- [11] PETTI L, RAMIREZ P K S, TRAVERSO M, et al. An Italian tomato "Cuore di Bue" case study: Challenges and benefits using subcategory assessment method for social life cycle assessment[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2018, 23(3): 569-580.
- [12] D'EUSANIO M, SERRELI M, ZAMAGNI A, et al. Assessment of social dimension of a jar of honey: A methodological outline[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 199(7): 503-517.
- [13] HANNOUF M, ASSEFA G. Subcategory assessment method for social life cycle assessment: A case study of high-density polyethylene production in Alberta, Canada[J]. International Journal of Life Cycle Assessment, 2017, 23(17): 116-132.

广告

