

碳足迹认证LCA数据库应用现状研究

邹伦贵



DOI:10.16434/j.cnki.zgzl.2023.08.015

碳足迹的概念源自于“生态足迹”，主要以二氧化碳排放当量（CO₂ equivalent，简写CO₂ eq）表示人类的生产和消费活动过程中排放的温室气体总排放量。广义的碳足迹可划分为国家碳足迹、企业碳足迹、产品碳足迹以及个人碳足迹等，狭义的碳足迹一般指的是产品碳足迹。本文涉及的为产品碳足迹范畴。

2023年5月17日，欧盟碳边境调节机制（Carbon Border Adjustment Mechanism，CBAM）强势生效，对碳足迹认证结果提出了更高的要求。在此背景下，我们需要审视碳足迹认证过程。

生命周期评价方法（Life Cycle Assessment，LCA）是产品碳足迹认证的核心。由于涉及从资源开采、生产加工、废弃处理等多个环节，受制于地理位置、生产技术、排放主体、核算边界、核算方法等因素，LCA计算方法高度依赖数据库。LCA数据库的质量和使用的，成为碳足迹认证的关键。

本文通过对当前国内和国外LCA数据库开发及应用现状分析研究，为未来碳足迹认证LCA数据库使用和建设提供建议与决策参考。

LCA研究方法介绍

生命周期评价方法（Life Cycle Assessment，LCA）研究是一种数据密集型方法，基于大量数据的计算、分析和研究，需要大量不同地区、工艺、行业等相关原材料和生产过程的数据作为支撑。高质量的数据库是开展LCA评价的必要前提，同时也是直接影响最终评价结果的重要因素。

LCA是产品碳足迹认证的核心。LCA数据库的本质是服务于碳排放计算，并最终因为未来碳排放的金融属性，将付出真金白银的成本。LCA数据库的建设和使用是碳足迹认证最为核心的内容。因此，LCA数据库质量直接影响碳足迹认证结果的可靠性和准确性。

国际LCA数据库现状

Ecoinvent数据库。Ecoinvent数据库是由瑞士生态发明（Ecoinvent）中心开发的商业数据库，于1998年由瑞士公路、能源及环保几大政府部门资助开发。Ecoinvent数据库在2021年9月发布的最新版本Ecoinvent 3.8中包含了欧洲及世界多国超过19000多条

系统数据集,包括农业和畜牧业、建筑和建筑、化工和塑料、能源、林业和木材、金属、纺织、运输、旅游住宿、废物处理和回收以及供水等工业部门。Ecoinvent数据库覆盖基础工业和多个行业是世界范围内认可度较高的LCA数据库之一,同时也是国内使用较为广泛的LCA数据之一。数据质量上,Ecoinvent协会发布了《概述和方法: Ecoinvent数据库第三版的数据质量指南》,并组建了专家组对数据库基本结构、数据集类型、数据收集方法、数据集审核流程及要求等进行标准化指导。

G a B i 数据库。G a B i 数据库是由德国思步(Thinkstep)公司开发的LCA数据库,其原始数据主要来源为与其合作的公司、协会和公共机构。2022年发布的最新数据库包括了世界各国和各行业的17000条汇总过程数据集,涵盖了建筑与施工、化学品和材料、消费品、教育、电子与信息通信技术、能源与公用事业、食品与饮料、医疗保健和生命科学、工业产品、金属和采矿、塑料、零售、服务业、纺织品、废物处置16个行业。数据质量上,发布了数据质量管控指南《GaBi数据库与模型导则》,对数据库结构设计、数据收集和建模原则、数据集审核及记录格式等提出标准化要求。同时,GaBi数据库还在2014年引入独立的第三方机构DEKRA对数据库的数据来源的可靠性、建设方法的合规性以及记录内容的准确性进行审核。

ELCD数据库。ELCD数据库是由欧盟政府资助,欧盟研究总署(JRC)牵头联合欧洲各行业协会进行研究的数据库。ELCD数据库最新版3.0涵盖了欧盟440多条大宗能源、原材料、运输的汇总LCI数据集,主要为在欧生产,使用、废弃的产品的LCA研究与分析的数据基础,是欧盟环境总署和成员国政府机构指定的基础数据库之一。数据主要来源于欧盟企业真实数据,由于欧盟直接采购市场上现有的商用数据库,目前ELCD数据库已经停止更新。

还有来自其他国家、地区的数据库。美国LCA数据库,由美国国家再生能源实验室(NREL)及其合作伙伴开发,涵盖了950多个单元过程数据集及390个汇总过程数据集。韩国LCA数据库由韩国环境产业技术院(KEITI)开发,涵盖了393个韩国国内的汇总过程数据集,包括物质及配件的制造、加工、运输、废物处置等过程。日本是亚洲地区较早开展LCA数据库研究的国家。IDEA数据库由日本的产业技术综合研究所和日本产业环境管理协会联合开发,涵盖了非制造业(农业、林业和渔业、采矿、建筑和土木工程)、制造业(食品和饮料、纺织、化工、陶瓷和建材、金属和机械)以及其他部门(如电力、煤气、水和污水)的LCI数据集,同时包含了日本标准商品分类范围内的所有产品。IDEA v3.1为2022年3月发布的最新版本,包含了4700条数据集。

行业数据库方面,既有服装鞋类行业的世界服装和鞋类生命周期评估数据库(World Apparel and Footwear Life Cycle Assessment Database, WALDB),也有农业足迹(Agri-footprint)数据库。最新版本的农业足迹数据库Agri-footprint 5.0在2019年发布,其原始数据主要来自于统计数据、科学文献和专家,涵盖了食品、饲料和饮料相关的数据库。数据库涵盖了近4000种产品和流程。

总体来看,国际LAC数据库起步较早,形成了数个较为成熟的数据库,目前应用日趋广泛。但由于各国所处的科技水平、技术能力、能源占有量和各国资源有所不同,瑞士、德国、欧盟、美国等国外LCA数据相比较下具有较强的地域性,其中中国代表性数据较少,所以现有的国外数据库难以完全满足未来我国企业需求。

国内LCA数据库现状

虽然我国相关研究起步较晚,但在政府及市场

的良性引导下，LCA数据库的系列研究也在逐步进展当中，并积累了一定的成果，国内也开发了不少生命周期数据库。

中国生命周期核心数据库（CLCD-China）。数据库最初由四川大学依托“十一五”科技支撑计划创建，后由亿科环境持续开发，是一个以中国基础工业为主的生命周期核心模型的行业平均数据库。同时四川大学编制了标准化的数据收集指南，对数据质量进行管控。CLCD数据库包括国内600多个大宗的能源、原材料、运输的清单数据集。数据库支持完整的LCA分析和节能减排评价指标，包含中国本地化的资源特征化因子、归一化基准值、节能减排权重因子等参数。数据库数据采集以背景数据为主，实景数据为辅。

中国产品全生命周期温室气体排放系数库（CPCD）。它是在中国城市温室气体工作组（CCG）统筹下，组织了生态环境部环境规划院碳达峰碳中和研究中心联合北京师范大学生态环境治理研究中心、中山大学环境科学与工程学院等24家研究机构的54名专业研究人员进行研究。《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》主要基于《ISO 14067: 2018》的基本原则和方法，其主要基于公开文献的收集、整理、分析、评估和再计算。共有6大专题，包括能源产品（172条）、工业产品（378条）、生活产品（361条）、交通服务（44条）、废弃物处理（60条）和碳汇（66条），共计1081条。数据集包括产品上游排放、下游排放、排放环节、温室气体占比、数据时间、不确定性、参考文献或数据来源等信息。该数据集是我国目前正式推出的权威度和可信度最高的LCA数据集之一。

中国材料生命周期清单数据库 材料环境负荷基础数据库（SinoCenter）。数据库在“九五”国家、“863”计划等十余项国家科技计划的资助下，

以北京工业大学为主导，通过与主要工业、行业协会密切合作，得到几百家材料生产企业的密切配合和大力支持，开发了面向材料生产流程的各类材料及能源生产、交通运输等公用系统的编目清单数据库。已积累并持续更新材料生命周期分析基础数据10余万条，数据库包含公用系统，典型材料（钢铁、建筑材料、有色金属、高分子材料、联接材料）等70多个我国材料LCA数据集产品，被国内外广泛应用。

其他代表性行业企业数据库还包括中国汽车产品生命周期数据库，这一数据库由中国汽车技术研究中心有限公司数据资源中心发布，数据库包括基础过程和产品生命周期数据库、零部件生命周期数据库和整车生命周期数据库三大部分。目前应用于中国生态汽车评价规程（C-ECAP）认证，指导认证汽车的生命周期评价，仅为内部服务使用，尚未公开。此外，还有宝钢产品LCA数据库，作为企业数据库，它包含典型能源及钢材产品内外部工序的近6年生命周期数据。因为宝钢数据库主要来源为内部生产工序数据，数据相对于上下游用户的外部数据在准确性、代表性和一致性上已经达到相对较高的水平。

在实现我国2030年碳达峰、2060年碳中和的总体目标下，随着绿色制造、绿色低碳转型的政策推动，LCA的应用范围和关注度在不断提升。因此，推动我国LCA数据库也将成为紧迫的任务之一。我国LCA数据库的建设在政府相关部门及市场的引导下也在不断地建立及完善，国内研究机构、行业组织、相关企业和商业机构也在建立完善高质量的本土数据库道路上努力前行。

几点对比思考

国内外数据的方法差异。LCA数据包括评价方法、指标数据、评价的项目信息数据、或者数据来源于文献时，需要明确文献相关信息。国内目前

由于在数据库建设方法研究方面,多数研究所建立的数据库没有明确配套的数据库建设方法体系,各数据库采用的方法有所不同。我国的LCA数据库建设过程相对缺失标准化,国内数据库多为科研院所或团队直接建立,数据库大多尚未公开,所以国内数据库架构的设置,数据收集的渠道、数据收集的方法和数据处理的方法,以及数据审核标准不一。国际上数据库的建立,多数配套公开了数据库建设的方法指南,以统一标准进行数据收集、数据汇总计算、数据的分析处理,部分数据库配套第三方审核,数据更具验证性。

国内外数据的代表性差异。不同国家、或者不同地区由于技术水平不同、科技水平层次不同、资源分配不同、能源消耗的不对称,或者原材料和产品从而对环境影响存在非常大的差异。国外数据库具有较强的地域性,代表其国家、地区在一段时间内的环境负荷情况。使用外国数据库进行评价的结果无法真实地反映中国本土产品的碳排放情况。同时,国外数据库智能化系统的数据录入要求通常与国内也存在一定的差异性,所以并不利于在国内进行大面积普及。时间代表性、技术代表性、地区代表性都是在做LCA评价时需要考虑衡量的重要因素。我国数据库更多的来自背景数据,实景数据为辅,暂时我国现阶段还没有统一的可代表中国平均生产能耗和碳排放量情况的数据库,所以我国现阶段在大力推动建设本土代表性的数据库。

国外数据库可借鉴之处。国外数据库的开发最初多由其相关权威部门统筹,通过开放性数据收集模式进行数据收集。因为数据库建设涉及行业广、数据处理专业性强、整体工作量大所以多方合作模式是国际各主流数据库建设过程中基本采用的方法。同时,由政府主导牵头技术机构支撑和由咨询机构自发投资建设,这两种模式更具备权威牵头、

资金保障、开发合作的特点,能最大力度保障数据库前期建设的统一性、系统性和开放性。国外部分数据库采用了第三方核证,从而保证了数据的真实准确和一致性。

我国未来LCA数据库发展思考。我国LCA数据库建设虽然已经有所进展,但对比国际上代表性的数据库的建设开展较晚,对于国际上的LCA数据库的研究与应用,以及国际上数据库开发的问题,可以进行借鉴和参考。政府主导建设、建立健全数据库资产证券化和数据共建共享机制,将是未来我国LCA数据库发展的较好选择。同时,不断优化我国LCA数据库建设的标准化,提高我国LCA数据库建设的权威性,满足我国企业和研究机构的需求,逐步成为国际上主流的LCA数据库,消除贸易壁垒,也是未来发展的必由之路。CAQ

(作者单位:中质协质量保证中心)

