

钢铁产品生命周期评价的必要性及建议

曲余玲 许 营 黄 宝

摘 要: 生命周期评价 (LCA) 是一种面向产品的“从摇篮到坟墓”的环境管理和分析工具, 是国际上评价产品环境足迹的科学方法, 是国际绿色发展领域的标准语言。文章从钢铁企业开展钢铁产品LCA研究的必要性进行分析, 阐述了LCA在国内外钢铁行业的研究和应用情况, 提出了钢铁企业开展LCA工作的具体建议。

关键词: 生命周期评价 LCA 钢铁企业 绿色认证

生命周期评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 是一种面向产品的“从摇篮到坟墓”的环境管理和分析工具, 可以系统性量化描述产品生命周期中的各种资源、能源消耗和环境排放, 并对其环境影响进行评价的国际标准方法, 是评价产品环境足迹 (碳足迹、水足迹等)、绿色制造、绿色供应链和生态设计等的科学方法, 是国际绿色发展领域的标准语言。对于钢铁企业而言, 在全球碳减排的背景下, 应加快开展钢铁产品LCA的相关工作。这既是市场的需要, 也是政策的需要, 更是企业可持续发展的内在要求。

一、钢铁企业开展LCA的必要性分析

(一) 钢铁产品 LCA 概述

钢铁产品LCA评价是评价钢铁产品从原材料的采集到产品生产、使用和最终处理整个周期内资源、能源消耗和环境影响的技术方法, 包含了铁矿石、煤、

石灰石等重要原材料的开采和运输, 焦化、烧结、球团、石灰、炼铁、炼钢、轧钢等钢铁生产工序, 钢材深加工及零部件制造、使用到下游建筑、机械、汽车、造船应用等领域, 最终报废形成废钢, 以及伴随铁元素流动而产生的各种能源物质流动的整个过程。

LCA面向的对象是产品, 目前有三种边界确定形式: (1) 从摇篮到坟墓, 即包括从资源、能源的开采、生产、加工、制造、使用和维护到废弃回收利用等全生命过程。(2) 从摇篮到大门, 即从资源、能源的开采、生产, 到产品的制造完成运出工厂大门这一过程。(3) 从大门到大门, 即从进工厂大门到出工厂大门, 产品的制造阶段。

对于钢铁产品, 由于下游用途广泛, 只有针对特定用户才能开展“从摇篮到坟墓”的研究。因此, 钢铁企业自身普遍开展“从摇篮到大门”的LCA研究, 即从铁矿石、煤炭等原料、燃料开采、运输, 经过焦化、烧结等原料加工工序, 炼铁、炼钢、轧钢及热处理等制造工序, 到形成钢铁产品过程的环境影响评价。

(二) 开展 LCA 的必要性分析

1. 下游行业已经开始对钢铁行业提出提供钢铁产品LCA报告和绿色产品采购需求, 钢铁企业开展LCA工作刻不容缓。

在全球碳减排背景下, 来自下游汽车、建筑等行业的部分国际钢材订单已经开始提出使用绿色钢材并提供LCA报告的需求, 绿色钢材将成为未来钢材消费市场的主要竞争产品。如奔驰和沃尔沃已向SSAB

采购零碳钢材，宝马提出2022年开始采购低碳钢材，大众提出供应链减碳。此外，大众、宝马、日产等多个车企已经向钢铁企业提出提供汽车钢LCA报告的需求。由此可见，下游行业已经开始倒逼钢铁企业开展LCA相关工作。对于钢铁企业而言，LCA一方面可以满足下游行业对碳足迹核算数据的需求，更好地服务客户，提升客户黏性；另一方面LCA可以更好地管理产品的碳足迹，支撑和加快企业绿色产品开发和认证，更好地满足下游用户对绿色低碳钢材的需求，获取更多的市场机会，提升产品的市场竞争力。同时LCA是国际环境产品认证（EPD）的标准语言，有助于企业产品参与国际竞争，打破绿色贸易壁垒。

2. 国内外先进钢铁企业已经抢占LCA竞争赛道，从提升企业竞争力和可持续发展出发，应尽快开展LCA相关工作。

目前，国内外先进钢铁企业，如安赛乐米塔尔、塔塔、蒂森克虏伯、浦项、宝武等先进钢铁企业在重点产品绿色认证、新产品开发、工艺升级优化等领域开展了LCA相关工作，支撑了企业的绿色产品开发和节能减排相关工作，提升了产品的市场竞争力。钢铁企业应提高思想认识，尽快开展LCA相关工作，避免在未来的绿色竞争赛道上处于被动，失去竞争优势。

3. LCA能够促进钢铁企业节能降碳和环保提升，助力企业绿色低碳转型。

LCA可预测工艺结构变化、产品结构变化、节能环保技术和循环利用等对钢铁企业产品环境性能的影响，为钢铁企业绿色采购、节能降碳、环保提升提供决策依据，指导企业节能降碳工作。例如，对于工艺结构变化方面，可以定量分析比较传统高炉流程与COREX熔融还原工艺、高炉转炉流程与电炉流程的生命周期环境影响；对于工艺升级方面，可以定量分析烧结、炼铁、轧钢等工艺升级对环境绩效的影响；对于产品结构变化方面，从生命周期角度结合成本分析不同生产线之间的产量如何分配，进行优化排产。

二、LCA在国内外钢铁行业的研究和应用

（一）LCA在钢铁行业的主要研究和应用

世界钢铁协会从1995年开始LCA研究，设置LCA项目组，由全球先进钢铁企业的成员组成LCA专家组，当前由宝武集团刘颖昊担任新一届专家委员会主席。LCA在钢铁行业经过20多年的发展，从方法学体系建立，模型及软件工具开发，到在上下游全产业链上应用，再到产品的生态设计，逐步形成完整的理论体系、应用体系和方法论，在国家或行业层面开始支撑环境政策和标准制定、引导绿色制造，在企业层面开始指导企业绿色采购、绿色营销和绿色制造等（见图1）。



图1 LCA在钢铁企业的主要研究和应用

（二）LCA在国外钢铁企业的应用

国外先进钢铁企业对LCA的研究起步较早，如安赛乐米塔尔、蒂森克虏伯、塔塔、新日铁、浦项等均成立了专门的LCA工作团队，并已开展了多年的研究应用工作。

安赛乐米塔尔于2005年开始对LCA进行研究，目前已经开展了建筑、汽车、包装等领域产品的LCA和EPD研究。2020年，安赛乐米塔尔在全球12个研发基地，开展了27项LCA研究，主要分析产品在生产、使用和处置过程中对环境的影响，多种钢铁产品已获得绿色认证。蒂森克虏伯在创新产品研发阶段运用LCA进行环境影响和可回收性评估，对可能造成更大环境影响或限制可回收性的产品进行识别。2016年，蒂森

克虏伯开发的LCA模型获得了世界钢铁协会颁发的“Steelie”奖，开发的“GaBi”LCA软件是钢铁产品开发的重要工具。通过LCA研究，蒂森克虏伯得到影响生产工艺变化和选择最佳材料的重要指标，并进入全球气候绩效A类名单。塔塔的大部分产品均进行了LCA评价，通过LCA确定产品的碳足迹，并采用LCA来评估新产品和新工艺。新日铁利用LCA对整个生产流程供应链进行管理，以减轻整个钢铁产品生产过程对环境的影响，并利用LCA在生态产品研发设计、废钢循环评价等方面进行研究，促进循环经济和可持续发展。浦项于2005年开始参与世界钢铁协会LCA项目，并建立企业内部钢铁产品的LCA数据库，开发LCA软件，开展重点产品EPD认证。

（三）LCA在国内钢铁企业的应用

中国钢铁行业开展钢铁产品LCA研究相对较晚，仅少数钢铁企业开展了LCA研究工作，构建企业产品绿色评价体系，为下游用户提供钢铁产品LCA数据。近年来，随着《工业和信息化部办公厅关于开展绿色制造体系建设的通知》等相关政策的实施，特别是在全球碳减排的背景下，下游行业逐渐对钢铁产品提出了LCA需求，钢铁企业也开始关注并对LCA进行研究。

1. 宝武集团

宝钢（以下称宝武），2003年在国内钢铁企业中率先开展LCA研究，2004年加入世界钢协LCA专家组。宝武通过18年的LCA研究，已搭建起基于全生命周期的绿色设计与绿色制造、标准体系、产品碳足迹计算模型和数据库、结合上下游的全价值链环境绩效分析，形成了一整套的LCA研究和应用体系。2012年，宝武获世界钢铁协会“生命周期评价领导奖”；2017年，宝武的“宝钢产品基于LCA的生产过程、环境友好的研究”课题获国家冶金科学技术奖一等奖；2018年，宝武通过LCA完成了超轻型白车身生命周期评价与生态设计研究；2019年，宝武完成薄板坯连铸

连轧技术生命周期评价；2020年荣获世界钢协“生命周期评价卓越奖”。目前，宝武建立了包含碳钢、不锈钢、特钢共131个大类产品、35个具体牌号产品环境绩效数据，建立了宝武钢铁产品碳足迹计算模型和数据库。同时，宝武作为第一起草单位，编制了国家标准《钢铁产品生产生命周期评价技术规范（产品种类规则）》。下一步将参与起草编制多项《钢铁行业碳达峰碳中和专项行业标准》。此外，宝武开发的Baosteel LCA软件可实现动态化、组态化建模，对在内部及与下游用户合作，开展各细分产品的生命周期评价和进行产品的生态设计具有重要作用。

2. 河钢集团

河钢集团依托国家重点研发计划，运用LCA方法优化炼铁工艺，建立球团、烧结、高炉工艺流程模型，根据LCA结果分别提出球团、烧结及高炉工序升级改造建议，从源头削减污染物排放。河钢集团承钢公司运用LCA方法，面向钒的提取生产过程建立环境性能评价模型、经济性能评价模型、绿色产品指数计算模型，针对现有五氧化二钒提钒产线，实现了对从原材料、生产、使用到生命末期的处理、循环和最终处置的生命周期环境因素和潜在环境影响因素贡献比例的数据统计与自动分析评价，制定了钒的清洁提取标准，为产品生态化设计提供了支持。

3. 包钢

2015年，包钢开始进行LCA研究工作，选择钕铁硼磁性材料和稀土抛光粉2个稀土产品，以及U76CrRE钢轨和BT610L汽车大梁钢2个稀土钢产品作为研究对象，研究边界设定为“采矿-产品”，通过建立铁矿石开采、稀土和稀土钢产品LCA方法论、LCA计算模型、LCA计算软件、LCA在线分析和展示系统，包钢发布了钕铁硼磁性材料、稀土抛光粉、U76CrRE钢轨和BT610L汽车大梁钢的产品环境声明（EPD）和产品种类规则（PCR），并完成了《产品生命周期评价技术规范》《绿色设计产品评价技术规范》等团体标准的编制。2017年，包钢荣

获了世界钢铁协会“生命周期评价卓越奖”。2019年,包钢制定了《包钢(集团)公司生态设计与绿色制造三年行动计划(2019—2021年)》,组织开展稀土钢产品和稀土产品的生命周期评价工作,并将生命周期评价研究升华到产品的生态设计层面,从稀土耐磨钢入手帮助并引导产品开发人员树立生态设计理念,从产品及工艺设计阶段引入LCA概念,进行绿色产品设计。

三、关于钢铁企业开展LCA工作的建议

从目前看,国内外钢铁企业已经开展的LCA工作,主要集中在对重点产品进行LCA研究和绿色认证、新产品研发和生态设计、对工艺升级开展LCA评价、建立内部产品LCA数据库,少数企业开展了LCA软件设计和LCA相关标准制定。对于钢铁企业而言,应立即着手开展相关工作,可从重点产品的LCA研究为入手,逐渐开展LCA相关工作。

(一) 加快建设LCA在线数据采集系统

数据是开展LCA相关工作的基础和前提,钢铁企业应以数字化建设为契机,将LCA数字化建设作为数字化建设的一项重要内容,包括建设LCA全周期(摇篮到大门)在线数据采集系统、LCA分析系统、LCA对标体系建设系统、LCA软件和模型开发、重点产品LCA数据库等。

(二) 加快推动重点钢铁产品绿色认证

在市场和政策的双重推动下,钢铁企业应立即组建LCA工作团队,先以汽车钢、管线钢等重点产品,特别是出口产品的LCA研究为入口,开展钢铁产品的LCA在线数据采集、分析和绿色认证,为客户提供LCA数据报告,避免在“双碳”背景下,因为缺失LCA评价和绿色认证而丧失市场机会;以钢铁产品的LCA数据为依据,有针对性地开展工艺技术升级和替代,指导企业绿色采购和绿色制造,提升企业整体节能减碳水平和环境绩效;与下游客户共同开展钢铁产品生态设计研究,促进产品全生命周期的绿色化。

(三) 积极参与国内、国际LCA相关标准的制定,增加企业在该领域的话语权

目前,我国针对绿色产品出台了18项评价国家标准,发布了包括管线钢、电工钢等26类钢铁产品的绿色设计标准清单。但是,由于针对绿色认证、LCA评价领域的标准尚不完善,国家最近出台的政策多次提出建立完善重点产品全生命周期碳足迹标准。2021年8月,中国金属学会公开征集《钢铁产品生命周期评价》标准参与单位。2021年12月,中国钢铁工业协会公开征集设计钢铁产品绿色认证、碳足迹评估等多项标准。钢铁企业应积极参与涉及LCA、绿色产品认证等相关标准的制定,了解该领域的评价规则,增加企业在该领域的话语权及产品被绿色认证的机会,提升企业在该领域的影响力。■

参考文献

- [1]姬莉,王梦鹿,汪志佳.LCA评价方法在钢铁产品绿色设计中的应用研究[J].《智库时代》,2019,(07): 263-264.
 - [2]刘颖昊,郑建平,石洪志等.宝钢产品基于LCA的生产过程、环境友好的研究[J].《中国冶金》,2018,28(03): 83.
 - [3]刘涛,刘颖昊,周焯.生命周期评价方法在钢铁企业低碳发展规划中的应用[J].《中国冶金》,2021,31(09): 130-134.
 - [4]管志杰,马东旭,李文远.生命周期评价在我国钢铁行业的发展与应用[J].《冶金经济与管理》,2020,(3): 47-50.
 - [5]李新创.中国钢铁产品全生命周期评价理论与实践[J].《中国冶金》,2019,29(4): 1-5.
 - [6]郭淼,李卓琳,张志海.绿色钢铁产品认证发展现状[J].《冶金分析》,2021,41(11): 89-95.
- (作者单位:鞍钢集团有限公司经济发展研究院、钢铁研究院)