

文章编号:1002-1779(2020)03-0047-04

# 生命周期评价在我国钢铁行业的发展与应用

□ 管志杰 马东旭 李文远 陈程

**摘要:**阐述了生命周期评价的基本内涵及对钢铁企业的重要意义,介绍了世界钢协及国内外先进钢铁企业开展生命周期评价的最新进展,并结合钢铁行业绿色发展理念,重点分析了冶金工业规划研究院为钢铁企业提供绿色发展咨询服务、制定绿色设计产品评价技术规范标准、推动钢铁企业参评和申报绿色产品的具体实践,指出了生命周期评价在钢铁行业的广阔前景。

**关键词:**钢铁;生命周期评价;绿色产品

**中图分类号:**F273.1

**文献标识码:**A

2015年,习近平总书记在气候变化巴黎大会开幕式上郑重承诺:我国将于2030年左右使二氧化碳排放达到峰值,并争取尽早实现;2030年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%~65%。近年来,我国政府不断加大力度推动碳减排和环境保护工作,先后发布了《“十三五”控制温室气体排放工作方案的通知》(国发

[2016] 61号)、《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》等文件,节能减排绿色发展在全国全社会形成高度共识。如何采用先进工艺技术和方法来减少资源能源消耗和污染物排放以降低对环境的影响,成为钢铁行业关注的热点。生命周期评价为此提供了一个很好的方法和工具。

中,过程验收相比国内过于严苛,在各专业验收中分别对2个项目提出了5 000条和4 000条整改意见。

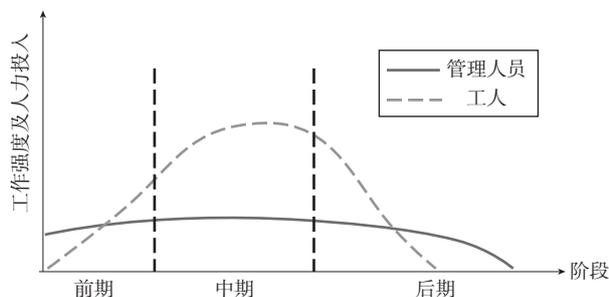


图3 施工过程中各阶段管理工作强度

五是沟通管理。在分包商管理过程中,更多的还是对相关人员的管理,而且是对管理人员而非一线工人的管理。对于施工分包商的管理人员,应该秉承“己所不欲,勿施于人”的管理理念,注意方法及态度,运用内省化思想配合以理服人及以身作则来对大部分问题及意见达成谅解和解决,并且保证合作关系融洽,做到对事不对人,任何事情首先需要考虑总承包方是否已经做到位,再去要求对方。在服务业主的同时,也要服务施工单位,因为现场实际施工工程量是由分包商直接完成的,要做到互相理解,使分包商管理人员大概率能够心情舒畅并全身心投入到一线施工管理中,充分配合及实施总承包方的施工指令。

六是共同进步。因为各种原因,总承包方均与几个

施工分包单位建立了稳固的合作关系,在施工分包商选择上,项目经理部没有决策权,只有建议权,那么与分包单位共同进步是相对现实的策略。资源共享,向分包单位灌输企业及项目管理文化及理念,尽可能使施工分包商管理人员能够与总承包方管理人员各方面水平趋于一致,促使各方管理人员互相理解、互通信息,在后续的项目中省却磨合时间。

## 四、结束语

较大的国际总承包商都在努力实现由劳动集合型向管理集合型转变,把项目管理作为主要工作,现场实施一般交由国际分包商或本土施工分包商进行。实践证明,施工分包管理体现了总承包商的对外沟通和项目管理优势,降低了机械设备、管理人员的成本。分包商体现了专业施工团队施工速度快、高属地化比例、在交流上没有阻碍等优势。优异的施工分包管理可使总承包商和分包商优势互补,达到真正意义上的互惠互利。○

## 参考文献:

- [1]任文渊.事业环境因素对海外项目进度管理的影响及其缓解措施[J].冶金经济与管理,2019(3).
- [2]沙雨亭.建筑工程中项目分包商管理研究[D].济南:山东大学,2014.

(作者单位:中钢设备有限公司,北京 100080)

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是一种“从摇篮到坟墓(cradle-to-grave)”的环境管理和分析工具,其是从产品生命周期全过程来量化其资源消耗和环境排放,并评价这些消耗和排放对资源、生态环境及人体健康带来的影响<sup>[1]</sup>。

钢铁是国际上应用领域最广、用量最大的基础金属材料。近年来,随着人们环保意识的不断提升,钢铁产品对环境的影响也日益受到广泛关注。生命周期评价给人们提供了一种量化研究钢铁产品资源消耗、环境负荷及潜在环境影响的有力工具。

### 一、钢铁产品生命周期评价概述

钢铁产品生命周期评价主要研究在铁矿石、煤、石灰石等原燃料的开采和运输,耐火材料、石灰等辅料生产和运输,钢铁产品生产(经过焦化、烧结、球团、炼铁、炼钢、轧钢等工序),钢材物流配送和进一步深加工,以及建筑、机械、汽车等下游用钢行业使用、下游用钢产品报废并回收利用的全过程中对资源、环境及人体健康带来的影响。钢铁产品生命周期评价涉及钢铁行业及其上下游相关行业,是一项系统工程。

生命周期评价对钢铁企业具有重要意义,主要表现在以下方面。一是量化产品绿色程度。通过LCA评价可以量化单位钢铁产品的资源、能源消耗和环境指标,可以明确产品的绿色程度;通过与国内外同类先进产品的LCA结果对比,可了解优势和差距,并提出相应的改进方案<sup>[1]</sup>。二是满足用户开拓市场需求。进行LCA研究有助于钢铁企业进行绿色产品的认证和发布,为钢铁企业应对趋势越来越明显的绿色贸易壁垒,参与国内外市场竞争提供支撑;目前,部分国际钢材订单提出了使用碳排放达标钢材并提供LCA报告的要求<sup>[2]</sup>。三是助力绿色新产品开发。由于LCA是从产品生产的全流程考虑资源、能源和环保排放,可充分了解从哪些方面着手降低资源能源消耗、减少环境排放有助于钢铁企业研发绿色钢铁产品<sup>[3]</sup>。四是促进节能降耗和环保提升。通过LCA,可准确发现产品生产各工序的资源能源消耗和对污染物排放的影响,为钢铁企业节能降耗、减少污染提供决策依据。五是作为绿色产品认证基准。绿色产品认证的基础就是钢铁产品生命周期评价结果,若申请公司产品的LCA结果优于世界或地区同类产品平均水平,则易于获取绿色产品认证<sup>[3]</sup>。

### 二、生命周期评价在国外钢铁行业的发展

生命周期评价(LCA)是国际上通用的认定绿色产品的方法,是国际绿色发展领域的标准语言,在国际上应用广泛。

世界钢铁协会从1994—1995财年开始收集生命周期清单(LCI)数据,并分别于1999—2000财年、2005—2006财年、2012—2015年对清单数据进行数次更新,最新更新数据于2020年发布<sup>[4]</sup>,目前主要在建筑行业 and 汽车行业开展LCA工作。在欧洲,欧盟委员会发布环保政策——产品环境足迹认证(PEF)——的目标是形成绿色产品单一市场,形成评价产品生命周期环境绩效的一般方法,减少差异,以实现产品的一致性比较。

与此同时,国外先进钢铁企业也开展了LCA的研究工作。塔塔钢铁欧洲公司采用LCA工具来评估新产品开发的可持续性,成功开发可拆卸复合地板及空心型钢,并在建筑领域推广应用。安赛乐米塔尔公司基于生命周期评估、生命周期成本计算、社会影响评估等17项关键绩效指标建立评价方法,用于比较任何类型建筑的建筑施工方案对环境、经济和社会可持续性的影响,并推出了Stelignce®这一全新的建筑用钢概念,强调钢铁仍然是一种可持续材料和建筑行业的首选材料,Stelignce®项目荣获2018年世界钢铁协会生命周期评价卓越奖<sup>[5]</sup>。蒂森克虏伯欧洲钢铁公司在创新产品研发阶段运用生命周期评价方法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,并开发了决策树形式的程序,协助非LCA专业人员进行判断决策<sup>[6]</sup>。浦项集团于2005年开始参与世界钢铁协会LCA项目,随后独立建设生命周期评价数据库,开发LCA软件,并成功用于汽车轻量化解决方案,实现车身减重8.5%。以浦项先进高强钢在2015年的全球销量为例,每年可节省14.7亿升汽油、18.6亿美元驾驶成本和316万吨二氧化碳当量<sup>[6]</sup>。

钢铁产品LCA在国外已有广泛应用,已形成完整的理论体系和方法论,并开始支撑环境政策、环境产品标准的制定。同时,钢铁产品LCA也为安赛乐米塔尔、塔塔、浦项等先进钢铁企业的产品研发、推广等提供了全新的思维和视角。

### 三、生命周期评价在我国钢铁行业的应用与实践

近年来,随着我国绿色制造工作持续推进,尤其是《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》(工信厅节函[2016]586号)政策的实施,我国钢铁行业关注和研究LCA工作的热情大幅提升。近期,世界钢铁协会、中国金属学会等国内外钢铁行业组织积极推动我国钢铁企业开展LCA工作,引发广泛关注。目前,已有宝钢、包钢、河钢等钢企开展了较为深入的生命周期评价研究和应用。

### 1. 宝钢

2003年,宝钢在国内钢铁企业中率先开展LCA的研究工作。截至目前,宝钢仍是国内钢铁企业开展LCA工作的领先者。宝钢通过对钢铁产品LCA的持续研究与标准建设,已搭建起基于生命周期的绿色设计与绿色制造方法学、标准体系、产品碳足迹计算模型和数据库,并结合上下游的全价值链环境绩效分析,升华到产品的生态设计层面,形成了一整套应用体系<sup>[7]</sup>。2012年获世界钢铁协会“生命周期评价领导奖”“可持续发展报告成就奖”<sup>[8]</sup>。“宝钢产品基于LCA的生产过程、环境友好的研究”课题获2017年国家冶金科学技术奖一等奖。宝钢通过LCA实现产品生态设计,2018年完成了超轻型白车身生命周期评价与生态设计研究。2019年,宝钢完成薄板坯连铸连轧技术生命周期评价。宝钢绿色设计产品评价方法产品环境绩效指数(BPEI),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,建立了宝钢钢铁产品碳足迹计算模型和数据库。同时,宝钢作为第一起草单位编制了国家标准《钢铁产品生命周期评价技术规范(产品种类规则)》(GB/T 30052)。此外,宝钢已开发自己的Baosteel LCA软件,具有可兼顾专业人员和非专业人员的矩阵模型,可实现动态化、组态化建模,这对于宝钢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、进行产品的生态设计具有重要作用。

### 2. 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<sup>[9]</sup>。2017年,包钢因其在利用生命周期评价工具支持供应链的生态设计及改善环境方面的突出工作,荣获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。

### 3. 河钢

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。此外,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。

## 四、冶金工业规划研究院钢铁产品生命周期评价应用与实践

### 1. 提出河钢“六位一体”的绿色发展理念

冶金工业规划研究院灵活运用钢铁产品生命周期评价,在行业率先提出钢铁企业的绿色矿山、绿色采购、绿色物流、绿色制造、绿色产品和绿色产业“六位一体”的绿色发展理念<sup>[10]</sup>。2016年,冶金工业规划研究院开展了《河钢集团绿色发展行动计划》的编制,通过资料收集、现场调研,对河钢集团各子公司分别从原料场、焦化、烧结球团、炼铁、炼钢、轧钢等工序,以及能源、环保、节水、物流、采购、销售、研发等方面逐一进行诊断,制订了河钢集团绿色发展路线图,建议河钢集团深入推进绿色制造、加快发展绿色产业、研发应用绿色产品、稳步实施绿色采购、系统优化绿色物流、培育打造绿色矿山。就“六位”与“一体”的关系而言,绿色发展是统领,绿色制造是关键,绿色产业是方向,绿色产品是目标,绿色矿山、绿色采购、绿色物流是保障<sup>[2]</sup>。

### 2. 制定系列绿色设计产品评价技术规范标准

按照《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》的要求,冶金工业规划研究院联合有关钢铁企业积极申报绿色设计产品评价技术规范系列标准。截至目前,申请的23项绿色设计产品评价技术规范系列标准已获得工业和信息化部批复;其中,《绿色设计产品评价技术规范厨房用具用不锈钢》行业标准已被工信部批准发布,《绿色设计产品评价技术规范建筑用高强高耐蚀彩涂板》《绿色设计产品评价技术规范家具用免磷化钢板及钢带》《绿色设计产品评价技术规范压力容器用钢板》3项行业标准已通过审定,《绿色设计产品评价技术规范冷镦用线材》等19项行业标准草案正在制定。

绿色设计产品评价技术规范系列标准要求依据《环境管理生命周期评价原则与框架》(GB/T 24040)、《环境管理生命周期评价要求与指南》(GB/T 24044)和《生态设计产

品评价通则》(GB/T 32161)编制绿色产品的生命周期评价报告。生命周期评价报告需综合评价绿色产品在生命周期内对环境的影响,并提出持续改进的措施建议,最大限度地减少绿色设计产品的资源能源消耗,降低环境影响,满足下游用户对生态友好型绿色设计产品的现实需求。

绿色设计产品评价技术规范标准制定以《生态设计产品评价通则》(GB/T 32161)为依据,对绿色设计产品的评价由基本要求与评价指标要求两部分组成,评价指标又分为一级指标和二级指标,其中一级指标包括资源属性指标、能源属性指标、环境属性指标和产品属性指标。已发布的《绿色设计产品评价技术规范厨房厨具用不锈钢》按照国内厨房厨具用不锈钢使用用途分为食品接触类和非食品接触类,依据生产现状、主要工艺路线技术水平,选取3种不锈钢冶炼工艺,分别为红土镍矿高炉生产工艺、红土镍矿RKEF生产工艺和以电炉、转炉、AOD或其组合的生产工艺。资源属性指标中,根据各工艺对红土镍矿中镍品位的需求不同,或对废钢中磷、硫含量和其他有毒有害物质的含量要求(符合《废钢铁》(GB/T 4223)标准要求),制定出相应指标。能源属性指标中,厨房厨具用不锈钢产品生产企业类型众多、流程长短不同,因此无法以单一产品综合能耗指标确定,故能耗指标针对主要工序能耗指标进行确定。环保属性指标中,为体现厨具用不锈钢产品生产制造过程中的绿色化与环境友好性,规定单位产品污染物排放量(如颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、COD、氨氮和废水)必须满足“钢铁行业清洁生产评价指标体系”中Ⅱ级基准值。产品属性指标除使用性能、耐腐蚀性和表面质量外,针对食品接触类不锈钢还提出安全性指标,即不锈钢在使用过程中的重金属迁移须符合《食品安全国家标准食品接触用金属材料及制品》(GB 4806.9-2016)中的相关规定。

### 3.推动钢铁企业参评和申报绿色产品

《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》提出,绿色产品是以绿色制造实现供给侧结构性改革的最终体现,侧重于产品生命周期的绿色化;并提出开发万种绿色产品的建设目标。冶金工业规划研究院借助编制绿色设计产品评价技术规范标准的经验,积极联络和协助钢铁企业参评绿色产品;特别是在帮助企业申报绿色产品的过程中,通过编制产品的生命周期评价报告,协助企业建立产品绿色设计及评价的体系,从原燃料选取、品种结构、生产技术、工艺装备、环保节能、循环经济、绿色低碳等重点内容实施诊断,完善企业的绿色设计体系建设,推进企业进行有害物质替代与减量化、产品环

境足迹评价、绿色环保材料应用、绿色包装设计等方面的绿色创新,树立和完善企业的绿色发展理念。

## 五、生命周期评价在我国钢铁行业应用前景展望

总体来说,由于我国钢铁行业开展LCA工作起步较晚,对LCA工作重要性认识不足,基础较为薄弱。除宝钢等少数企业外,多数企业尚未真正开展LCA相关工作,未建立LCA研究平台及配置相关专业技术人员。

未来,随着绿色发展愈发受到国家、社会 and 用户的重视,为实现我国碳减排和环境保护的承诺,高消耗和高排放的钢铁行业必将继续成为国家调控的重点。LCA作为国际上通用的绿色领域的标准语言,必将在钢铁行业绿色发展进程中发挥更大作用。我国钢铁企业应未雨绸缪,提前谋划,加强产品全生命周期评价研究力度,搭建研究平台或机构,以期在竞争中赢得发展先机。○

### 参考文献:

- [1]刘涛,刘颖昊.钢铁产品生命周期评价研究现状及意义[J].冶金经济与管理.2009(5).
- [2]李新创.中国钢铁产品生命周期评价理论与实践[J].中国冶金,2019,29(4).
- [3]刘颖昊,沙高原,黄志甲,等.产品生命周期评价在钢铁行业中的应用和前景[J].环境工程,2008(1).
- [4]World Steel Association. Life Cycle Inventory Study 2019 Data Release [EB/OL].<https://www.worldsteel.org/zh/steel-by-topic/life-cycle-thinking.html>, 2020-04-21.
- [5]World Steel Association. STEELIE AWARDS 2018 [EB/OL].<https://www.worldsteel.org/zh/about-us/steelie-awards/2018-steelie-awards.html>, 2018-10-16.
- [6]World Steel Association. STEELIE AWARDS 2016 [EB/OL].<https://www.worldsteel.org/zh/about-us/steelie-awards/2016-steelie-awards.html>, 2016-10-10.
- [7]宝钢股份.2018年宝山钢铁股份有限公司可持续发展报告[EB/OL].[http://pdf.dfcfw.com/pdf/H2\\_AN201904251322230352\\_1.pdf](http://pdf.dfcfw.com/pdf/H2_AN201904251322230352_1.pdf), 2019-04-25.
- [8]宝钢股份.宝山钢铁股份有限公司《可持续发展报告》(2012)[EB/OL].<http://www.cfi.net.cn/p20130330000383.html>, 2013-03-30.
- [9]曹晓明,班华,程德富,等.包钢稀土钢生命周期评价研究[J].包钢科技,2017(43).
- [10]李新创,高升.钢铁工业绿色发展途径探讨[J].工程研究——跨学科视野中的工程,2017,9(1).

(作者单位:冶金工业规划研究院,北京100013)