

国家科技支撑计划

National Key Technology R&D Program



“十二五”国家科技支撑计划项目

“国际背景下我国重点行业碳排放核查及
低碳产品认证认可关键技术与示范” 成果系列丛书

我国低碳产品认证 基础理论及技术体系研究

中国质量认证中心 编著



非
外
借



中国质检出版社
中国标准出版社

国家科技支撑计划

National Key Technology R&D Program

“十二五”国家科技支撑计划项目

“国际背景下我国重点行业碳排放核查及
低碳产品认证认可关键技术与示范” 成果系列丛书

我国低碳产品认证 基础理论及技术体系研究

中国质量认证中心 编著



中国质检出版社
中国标准出版社

北京

本书的出版受以下课题资助:

“十二五”国家科技支撑计划项目

“国际背景下我国重点行业碳排放核查及低碳产品认证认可关键技术与示范”
(项目编号:2013BAK15B00)

课题七“低碳产品认证认可关键技术与示范”(课题编号:2013BAK15B07)

图书在版编目(CIP)数据

我国低碳产品认证基础理论及技术体系研究/中国质量认证
中心编著. —北京:中国标准出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-5066-8538-2

I. ①我… II. ①中… III. ①产品质量认证—研究—中国
IV. ①F279. 23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 003387 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www. spc. net. cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 8 字数 189 千字

2017 年 3 月第一版 2017 年 3 月第一次印刷

*

定价:40.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

“十二五”国家科技支撑计划项目

“国际背景下我国重点行业碳排放核查及低碳产品认证认可关键技术与示范”成果系列丛书

编委会

主 任 王大宁

主 编 董乐群

副主编 刘先德 刘宗德 刘 克

委 员 (按姓氏笔画排序)

于 洁 马振珠 万晓跃 王晓冬 王 峰

田晓飞 邓秋玮 孙天晴 闫浩春 陈 悦

李 云 宋向东 张丽欣 杨泽慧 郑 深

娄 丹 胡国瑞 黄世元 曹 鹏 葛红梅

丛书前言

本套丛书基于“十二五”国家科技支撑计划项目“国际背景下我国重点行业碳排放核查及低碳产品认证认可关键技术与示范”(项目编号 2013BAK15B00)的系列研究成果编写而成。该项目的组织单位为国家质量监督检验检疫总局和国家认证认可监督管理委员会,承担单位国家认证认可监督管理委员会认证认可技术研究所,起止时间为 2014 年 1 月至 2016 年 12 月。项目以支撑国家节能减排相关政策为导向,从促进重点行业的低碳转型、引导低碳消费和突破国外“碳关税”壁垒等迫切需求出发,开展重点行业碳排放核查关键技术研究,构建行业碳排放核查技术体系;同时开展低碳产品认证认可关键技术研究,确定生命周期评价理论在我国低碳产品认证中的适用原则,针对重点行业的典型产品,建立和完善低碳产品认证技术体系。项目研究着力于进一步发挥认证认可对国民经济和社会发展的基础性支撑作用,为国家节能减排相关政策顺利实施,以及应对国际行业减排压力提供技术支撑。

目前,该项目已完成研究任务并形成一批研究成果,为了系统地总结、宣传和推广这些研究成果,推动我国碳排放核查工作开展,支撑全国碳市场的建立和运行,项目管理办公室组织各课题承担单位对研究成果进行整理,编写出版本套丛书,共 8 册,具体如下:

- 《温室气体排放核查技术指南及优良实践》
- 《国际背景下我国碳排放 MRV 体系建设研究》
- 《电力行业碳排放管理与实践》
- 《钢铁行业碳排放核查技术》
- 《钢铁行业碳排放核查员培训教程》
- 《建材行业碳排放核查管理与实践》
- 《水运行业碳排放核查员培训教程》
- 《我国低碳产品认证基础理论及技术体系研究》

由于项目研究时间和资源有限,且需要继续深化相关研究,本套丛书难免有不足和尚需完善的地方,欢迎读者提出宝贵意见。

丛书编委会

2016 年 12 月 12 日

“十二五”国家科技支撑计划项目

“国际背景下我国重点行业碳排放核查及低碳产品认证认可关键技术与示范”成果系列丛书

《我国低碳产品认证基础理论及技术体系研究》

编委会

技术总顾问 王克娇

主 编 陆 梅

副 主 编 宋向东 刘彦宾 李国振 刘志峰 刘 克

执行副主编 于 洁 田晓飞 王宏涛

编 委 黄海鸿 张 雷 张 城 陈泽勇 闫浩春

张海孝 蒋 婷 陈水龙 姚 芩 郑 深

闫 冰 李 璐 莫兴波 陈 夏 蒋诗新

撰 稿 人 于 洁 田晓飞 王宏涛 黄海鸿 张 雷

张 城 陈泽勇 闫浩春 张海孝 蒋 婷

陈水龙 姚 芩 郑 深 闫 冰 李 璐

莫兴波 陈 夏 蒋诗新

本书前言

在全球应对气候变化的大背景下,发展低碳经济已成为世界各国经济发展战略上的共同选择。中国作为发展中大国,在坚持“共同但有区别”责任的前提下,积极承担减排责任、履行减排承诺,不断通过具体的行动和措施,强化中国应对气候变化的国家自主贡献。本书研究的低碳产品认证正是我国在国际上率先提出并实施的一项全新的认证制度,旨在发挥认证认可在产业进步中的技术支撑作用,引导低碳生产和消费,增强全社会应对气候变化的意识。

为保障我国低碳产品认证制度的推进和实施,建立和健全低碳产品认证的理论基础和技术体系,在国家发改委和国家认监委的共同组织下,中国检验认证集团的指导下,中国质量认证中心作为牵头单位,实施了科技部“十二五”科技支撑计划支持的“低碳产品认证认可关键技术研究及示范”课题研究,通过对我国重点行业典型产品的碳排放量化分析,在对产品碳排放关键生命周期阶段和关键影响因素进行量化识别与判定的基础上,创造性地提出了适用于我国低碳产品认证制度的产品关键碳排放生命周期评价原则和方法。该方法和原则兼顾生命周期评价方法系统化、定量化和普适性等优点,同时规避其数据质量控制难、特征因子区域化等局限性的影响,实现了生命周期评价理念与认证工作的有机融合,初步回答了我国低碳产品认证工作的科学性和有效性问题。同时,从技术规范、技术支撑和技术实施体系三个方面研究并构建了我国低碳产品认证技术体系框架,开发了实用性强的低碳产品评价软件工具和数据库模型。

本书结合上述课题研究工作,较为系统地总结了低碳产品认证的基础理论研究和体系框架构建方面的研究成果,针对研究形成的技术标准和认证实施规则进行了详细解读,并结合实际认证工作经验,通过案例帮助读者深入理解相关认证要求,可作为主管部门、企业、认证机构等相关方开展低碳产品认证工作的指导手册,也可作为各级地方政府开展应对气候变化能力建设的参考读物。

中国检验认证集团作为在国际上享有盛誉、在中国最具影响力的综合性、跨国检验认证机构,将继续在全球应对气候变化和我国应对气候变化自主行动中主动作为,积极践行企业社会责任,立足行业,充分发挥认证认可在供给侧结构性改革中的有效作用,为推动产业和科技进步做出自己的贡献。最后,欢迎各界读者及行业专家对本书给予指导勘正。

中国检验认证集团董事长

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 问题的提出	3
1.3 研究思路	4
第 2 章 文献综述(Ⅰ):生命周期评价方法研究	6
2.1 LCA 的定义与技术框架	6
2.2 国内和国际 LCA 的研究进展	8
2.3 LCA 的简化方法	14
2.4 产品种类规则	16
第 3 章 文献综述(Ⅱ):产品碳标签实施概况	22
3.1 碳标签介绍	22
3.2 碳标签的特点	23
3.3 主要国家/地区碳标签的实施现状	23
3.4 碳足迹核算的主要方法	30
第 4 章 低碳产品认证制度	33
4.1 认证认可的特点	33
4.2 低碳产品认证的定位和定义	33
4.3 我国低碳产品认证制度	34
4.4 我国低碳产品认证面临的问题	34
第 5 章 全生命周期评价与部分生命周期评价方法的对比	36
5.1 家用空调碳排放分析	36
5.2 纺织面料碳排放分析	51

5.3 其他产品碳排放分析 56

第 6 章 产品关键碳排放生命周期阶段的量化识别与判定原则 70

6.1 产品关键碳排放生命周期评价理论的提出 70

6.2 产品关键碳排放生命周期评价理论的解析 71

第 7 章 低碳产品认证技术体系 75

7.1 低碳产品认证技术规范 76

7.2 低碳产品认证实施规则 76

7.3 数据库和软件工具 76

第 8 章 总结与展望 79

8.1 结论 79

8.2 创新点 79

8.3 进一步工作展望 80

附录 1 某家用空调的主要零部件及其材料清单 81

附录 2 某家用空调部分原材料生产碳排放因子 84

附录 3 某家用空调电子元器件组成 85

**附录 4 低碳产品认证技术规范 陶瓷砖(板)低碳产品评价方法及要求
(NPVC-LCPC-TS 0005-2016) 88**

附录 5 低碳产品认证实施规则 陶瓷砖(板)(CNCA-LC-0105:2016) ... 94

附录 6 节能低碳产品认证管理办法 102

参考文献 108

第 1 章 绪 论

全球生态环境的迅速恶化是 21 世纪人类生存和发展所面临的重大危机,而其核心问题就是“全球变暖”,它已成为国际社会最为关注的焦点之一,而减少温室气体排放,减缓气候变化已成为世界各国共识。从 2006 年超越美国成为世界排放第一大国后,中国又相继成为了世界能源消费第一大国、世界第二大经济体、二氧化碳排放总量第一大国,人均排放也超过了欧盟,煤炭、水泥、钢铁、铝、铜等重要高耗能产品的消费量均超过了世界一半。中国作为世界上最大的发展中国家,同时在工业化的过程中也成为了世界上温室气体排放量最大的国家。随着《联合国气候变化框架公约——巴黎协定》的达成生效,我国将承担更多的温室气体减排义务与责任,这对于我国的经济转型、供给侧改革和社会的可持续发展具有重大的战略意义。

1.1 研究背景

1.1.1 气候变化

在全球变暖的背景下,气候变化会使人类付出巨大代价的观念已为世界所广泛接受,并成为受到广泛关注和研究的全球性环境问题。气候变化是指气候平均状态统计学意义上的巨大改变或者持续较长一段时间的气候变动,气候平均值和离差值两者中的一个或两者同时随时间出现了统计意义上的显著变化。气候变化的原因可能是自然的内部进程,或是外部强迫,或者是人为地持续对大气组成成分和土地利用的改变。全球气候变化会给人类带来难以估量的损失,人类的进化和文明的发展,过去和现在都与气候有关,尽管现代人生活在一个以人类自己双手所创造的物质文明世界,但人类活动总会受到气候变化的左右。

过去 100 年中全球平均地面气温已增加 $(0.3\sim 0.6)^{\circ}\text{C}$,寒冷季节缩短而温暖季节延长;内陆地区变得更加干燥而炎热,沿海地区热带风暴更加频繁;极地和北半球高纬度地区气温升高了 $(3\sim 5)^{\circ}\text{C}$,冰川大面积消融,海平面上升。近 50 年来,全国年平均气温地表温度增加 1.1°C ,增温速率为 $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,明显高于全球或北半球同期平均增温速率。中国未来气候的变化趋势也将进一步加剧,预计 2010 年~2030 年,中国西部地区每年缺水量约为 200 亿 m^3 ,中国沿岸海平面到 2030 年可能上升幅度为 $(0.01\sim 0.16)\text{m}$ 。冰川随着气候变化而改变其规模,估计到 2050 年,中国西部冰川面积将减少 27.2%。未来 50 年,中国西部地区冰川融水总量将处于增加状态,高峰预计出现在 2030 年~2050 年,年增长 20%~30%。此外,青藏高原多年冻土空间分布格局将发生较大变化,大多数岛状冻土发生退化,季节融化深度增加。联合国环境规划署 2009 年发布的最新研究报告显示,即使发达国家二氧化碳

的排放减少 80%，发展中国家减少 50%，预计到 2100 年，地球平均气温仍将上升 4.3℃，海平面将升高 2m^[1]。

1.1.2 国内外相关低碳政策

严峻的全球气候变暖趋势，促使“低碳”的概念越来越深入人心。“低碳”从一开始就不仅仅是属于科学家和环保人士的环境问题，更关系到全人类的健康和可持续发展。减少碳及相关污染物的排放在科学界被公认为是解决各种环境问题的主要方法，以低能耗、低污染为基础的“低碳经济”已经成为全球关注的热点。目前，英国、德国、日本、韩国、美国、欧盟、中国台湾等国家和地区已纷纷推出了碳排放评价制度和标识方法。例如，英国于 2008 年通过的《气候变化法案》使英国成为世界上第一个为减少温室气体排放、适应气候变化而建立具有法律约束性长期框架的国家；日本内阁于 2008 年 7 月出台的《建设低碳社会行动计划》中明确提出了产品的碳排放系统项目，即企业掌握产品和服务在整个生命周期中的温室气体排放，向消费者披露产品的“碳足迹(Carbon Footprint)”。产品碳足迹是指由于人类社会活动，或在产品和服务的生产、提供和消耗过程中排放的二氧化碳和其他温室气体的总量，即通常所说的碳排放量或碳耗，其对环境的影响程度与碳足迹数值成正相关关系。而碳标签制度则是将产品整个生命周期中的碳足迹用量化的标准予以统计，并在商品上加注标签，是碳足迹核算制度化的一种新型环境标识制度。

美国众议院于 2009 年 6 月通过了旨在降低温室气体排放、减少对外国石油依赖、建立能源节约型和环境友好型经济的《清洁能源安全法案》，这是美国历史上首次以法案的形式限制国内的温室气体排放，该法案提议从 2020 年起，美国政府对从不实施碳减排的国家出口到美国的产品征收惩罚性的“碳关税”，标准为 1 吨 CO₂ 排放征收(10~70)美元关税。而我国出口商品中比重较大的服装、机电、农产品等劳动密集型产品，由于在生产技术、加工工艺等方面的差距，所以在产品生命周期中的碳排放量往往较高，难以达到发达国家设置的标准和要求。碳标签对我国的对外贸易额、特别是出口贸易额的影响是非常巨大的，主要体现在以下几个方面：导致我国生产企业的出口成本增加，削弱我国产品在国际市场上的市场份额，影响对外贸易的可持续发展；如果对碳标签制度的适应性不强，碳标签或将成为阻碍我国商品出口的新型技术贸易壁垒，从而引发更多的贸易摩擦；碳标签可能成为未来征收“碳关税”的税基，征收碳关税除了影响国内产业的发展，还将对我国的就业、劳动报酬以及居民福利等方面造成负面效应。

国际社会提出减少碳排放的初衷是为了应对由于温室气体的过度排放而导致的以全球变暖为特征的显著的气候变化所引发的极地冰川融化、海平面上升、极端气候现象频发和生物物种骤减等一系列的灾难性环境问题，保护人类共同生活的环境。而这也成为了发达国家设置“绿色”贸易壁垒的借口。一旦各国都开始借“绿色”之名、行贸易保护之实，都开始征收“碳关税”，对我国出口形势影响不容小觑。因此建立我国的碳排放评价标准体系，实施产品低碳认证是预防新型国际绿色贸易壁垒的有效途径和当务之急。这也发出了一个强烈的信号：碳排放，即将成为国际上衡量产品质量的新标准。

碳排放标准的背后，是在全球方兴未艾的低碳经济。它的实质是能源高效利用、清洁能源开发、追求绿色 GDP，核心是能源技术和减排技术创新、产业结构和制度创新以及人类生存发展观念的根本性转变。2013 年 2 月 18 日，国家发改委和国家认监委印发《低碳产品认



证管理暂行办法》，标志着我国低碳产品制度的正式建立。中国经济的主体是第二产业，制造业占据绝对比例，生产技术水平落后的现状加重了中国制造产品的高碳特征。虽然在国际社会共同减排的大趋势下，我国不断调整着自身的产业结构和能源结构，但整体上还未建立起统一的国内产品碳排放评价体系和低碳产品认证制度，相关研究处于起步阶段，技术基础比较薄弱。

2015年9月17日，中国国家质检总局和发改委联合发布了《节能低碳产品认证管理办法》，同时废止了《暂行办法》。该管理办法主要明确了节能产品认证、低碳产品认证两种形式。建立国家统一的节能低碳产品认证制度，能够有效保证产品质量，提高用能产品以及其他产品的能源利用效率，改进材料利用，控制温室气体排放，应对气候变化。认证制度的出台，是国家践行生态文明建设的重大举措。

1.1.3 我国开展低碳产品认证的意义

随着我国对应对气候变化、发展低碳经济的政策支持力度的不断加大，国民经济的各个领域都将产生对低碳技术的巨大需求。将产品碳排放量的评估结果作为低碳产品认证的依据来指导产品的碳减排具有重要的意义。

(1) 低碳产品认证是应对气候变化的重要工具。作为用来对抗气候变化的一个重要工具，通过碳排放评估可以让个人和组织能够评估自己对环境造成的影响；也能帮助其了解自己在哪些环节排放了温室气体，为实施减排活动提供基准信息，以制定相应的减排措施。

(2) 低碳产品认证有助于企业消除绿色贸易壁垒。绿色贸易壁垒是指进口国政府以保护生态环境、自然资源以及人类和动植物的健康为由，以限制进口保护贸易为根本目的，通过颁布复杂多样的环保法规、条例，建立严格的环境技术标准，制定繁琐的检验、审批程序等方式对进口产品设置贸易障碍，这些贸易障碍对我国的产品和服务出口企业构成了绿色贸易壁垒。现在越来越多的投资者、政府和其他利益相关者会要求量化产品的温室气体对环境的影响，评价产品的碳排放可以用于向第三方提供精确的排放报告，是突破绿色贸易壁垒的有效手段。

(3) 低碳产品认证有助于提升企业的良好声誉。低碳减排作为企业社会责任表现的一个方面，产品的碳排放评估有助于提升企业的声誉，使其在行业拥有良好的口碑，增加企业的知名度和竞争力。

(4) 低碳产品认证有助于企业未来发展。产品的碳排放评估可以应对未来法规和买家对产品的碳排放信息的要求以及满足未来消费者的期望，同时使企业建立从产品设计阶段重视环境影响而避免后期出现环境问题的意识，产品的碳排放评估降低了企业环境成本，从长远角度也提高了经济效益。

1.2 问题的提出

随着全球低碳经济市场的迅速发展和扩张，我国作为世界最大的碳排放国家，由于自身特殊的国情以及现行的产品碳评价机制的缺陷和不足，使我国在碳减排领域面临巨大挑战和压力。为了履行相应的国际责任，应对气候变化和绿色贸易壁垒给我国的经济和贸易带来的冲击和影响，我国已经正式向国际社会承诺了到2020年将单位GDP二氧化碳排放强

度降低 40%~45% 的目标。同时,“十二五”期间,无论是国家国民经济和社会发展的规划纲要,还是各级地方政府的控制温室气体排放工作方案中都明确提出研究产品碳排放计算方法,开展低碳产品认证工作。然而由于低碳产品认证制度缺乏基础理论支撑,发展产品碳排放量化评估技术已成为产品低碳技术中亟待解决的基础性问题。产品碳排放量化评估技术涉及的行业跨度大,而且数据更新速度快。如何提高产品碳排放量化评估与计算方法的通用性与准确性是发展产品碳排放评估技术迫切需要解决的问题,由此提出了本书的研究问题。

1.2.1 如何以高效率和低成本的方式实现生命周期评价方法与低碳产品认证的有机结合?

在我国提出 2020 年二氧化碳减排目标强度和国际大力发展低碳经济的大背景下,如何以高效率和低成本的方式实现生命周期评价方法与低碳产品认证的有机结合成为需要研究的首要问题。在现有的经济技术条件下,温室气体的减排不仅对发展中国家是一个难题,发达国家同样如此,主要是因为减排的经济和时间成本高,让企业承担了很大的压力。同时,我国缺乏与市场兼容性好的标准和政策,低碳产品认证制度的建立为其提供了出口,该认证的基础理论方法——生命周期评价方法(LCA)具有系统化、定量化、标准化和普适性的优点,但其也存在一定的局限性:数据需求大、时间成本高、经济花费高昂、结果具有不确定性等不足,这些局限性都限制了 LCA 在低碳产品认证中的可操作性,如何规避 LCA 的局限发挥优势是本书研究解决的一个重要问题。

1.2.2 如何构建我国低碳产品认证技术体系?

为推进减缓气候变化的政策和行动、保证节能减排工作的落实,国家制定和发布了一系列的专项规划、法律和法规,强化了激励和约束机制,注重用法律手段促进节能减排。国家“十二五”规划纲要中明确指出,要“探索建立低碳产品标准、标识和认证制度,建立完善温室气体排放统计核算制度,逐步建立碳排放交易市场”。低碳产品认证制度的建立正是依赖于国家发展低碳经济的大环境,建立所需的完备技术体系,从而为国家低碳经济的战略和市场发展提供基础保障。本书从技术规范体系、技术支撑体系和技术实施体系三个方面就如何构建我国低碳产品认证技术体系展开研究,包括开发实用性强的低碳产品评价软件工具和数据库模型等。

1.3 研究思路

本书首先通过对低碳产品认证的理论基础——生命周期评价方法(LCA)的研究和应用两个层面进行文献调研和梳理,包括研究国内外 LCA 传统方法学优缺点以及简化方法的发展现状、LCA 在碳标签领域的应用和实施情况等,其次是介绍我国低碳产品认证所面临的问题,然后选择我国典型高排放行业中的代表性产品进行全生命周期和部分生命周期碳排放对比研究,分析各个生命周期阶段碳排放的特征、贡献率等,识别产品关键碳排放生命周期阶段和关键影响因素,确定生命周期评价理论在我国低碳产品认证中的应用原则和方法,回答低碳产品认证的科学性和有效性问题,构建我国低碳产品认证制度的理论基础,最后从



技术规范体系、技术支撑体系和技术实施体系三个方面构建我国低碳产品认证技术体系框架,开发实用性强的低碳产品评价软件工具和数据库模型,为我国低碳产品认证的国际合作和国际互认奠定理论基础。

第2章 文献综述(I):生命周期评价方法研究

低碳产品的认证与产品或者组织的碳足迹核算密切相关,因此,对产品从原料开采、运输、加工生产、使用直到废弃回收的全生命周期过程进行碳排放核算十分必要^[2]。在该领域,生命周期评价方法(Life Cycle Assessment, LCA)作为目前国际上主流的环境负荷量化工具已被广泛认可,并得到了快速的发展和应用。目前, LCA 在实践中的应用很广泛,特别是在欧洲和发达国家。当前应用较为典型的产品的碳足迹^[3-6],这个概念的产生和发展都是生命周期思想在不同领域的具体应用。

目前我国国家的低碳产品认证制度正处在稳步的推进实施阶段,而生命周期评价方法作为低碳认证领域最基本和核心的方法,研究其最新的方法学进展和应用对于更好的与低碳认证相结合有现实的意义,通过借鉴国内外与低碳认证相关的 LCA 应用经验,来服务于我国的低碳认证制度的建立和完善。

生命周期评价方法的应用已经涉及我们生活的各个方面,评价内容已扩展到环境、经济、社会等多个方面,以环境为例,其包括资源能源消耗、温室效应、人体毒性、生态毒性、水体毒性、土壤毒性、光化学烟雾、酸化、富营养化、臭氧层破坏等具体的环境影响表现。生命周期评价方法与以往的末端治理模式相比较, LCA 体现了全生命周期理念,对传统的末端治理手段进行了创新变革;末端治理与产品的各个过程相脱节,只是进行了末端处理;生命周期评价思想则是从产品的原料采集阶段到生产与服役的每个环节,通过强化管理和技术进步,对一些重点的工艺过程和服役过程进行设计和计算处理,使其最大限度和协调地达到环境友好的目的。它们最大的不同就是生命周期找到了环境效益与经济效益相统一的结合点。因此,将 LCA 应用于生产实践是很有必要的,也是企业可持续发展的必然结果。 LCA 方法在过去几十年已经发展和基本成熟起来,这就使得有关的数据库、数据质量、一致性和方法的协调性得到保证。值得注意的是新的应用领域的发展表明,产品的环境影响评价与社会交流的必要性正在不断增加。生命周期评价方法的核心思想是生命周期的思想,所谓“生命周期(Life Cycle)”就是指产品从自然界中开采自然资源、化石能源,经过加工、生产、包装、运输、销售、使用、循环再利用直至最终废弃回到自然界的全过程,即从“摇篮到坟墓(From Cradle to Grave)”的各个阶段的总和,具体如图 2-1 所示。

2.1 LCA 的定义与技术框架

生命周期评价方法是评价一个产品的整个生命循环中的环境影响和资源消耗的工具,它的概念内涵在生命周期评价(LCA)的发展进程中,研究者们给出了多种定义^[7],其中最具有权威性、为世界所公认的是来自国际标准化组织(ISO)和国际环境毒理学与化学学会

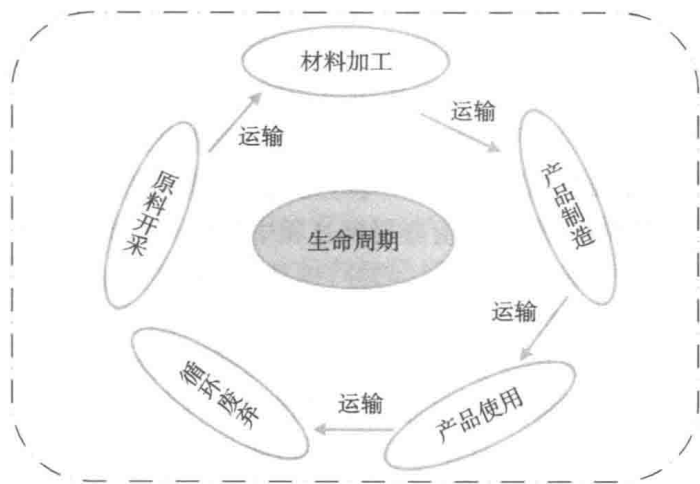


图 2-1 产品的生命周期

(SETAC)的定义——生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA),也称“生命周期分析”,是对产品、工艺或活动的客观评价过程,即对从原材料采集到产品生产、运输、销售、使用、回用和最终处置的全生周期阶段中的环境影响程度进行评价。它是通过识别、量化产品整个生命周期的能流、物流及污染物排放来进行的,目的在于评价上述过程对环境的影响,寻求减小环境影响的机会^[8-12]。关于 LCA 的技术框架,ISO 14040 标准将其划分如图 2-2 所示的四个部分^[8]。目前,生命周期评价框架中的前两部分,即目标与范围的确定和清单分析的发展已经相对比较完善,而影响评价是技术含量最高、难度最大的阶段,与结果解释同样处于不断探索和改进的发展过程之中。

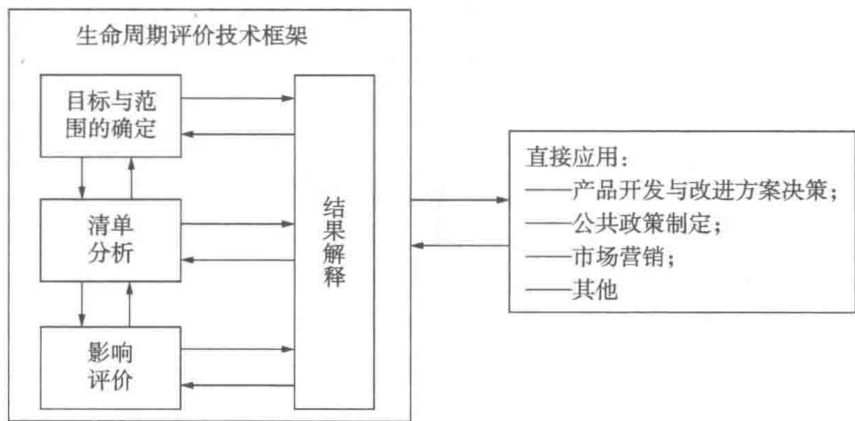


图 2-2 LCA 的评估过程及技术框架

2.1.1 目标与范围的确定

目标与范围的确定是进行生命周期评价的初始步骤,其中目标必须明确的指出所要开展的生命周期评价的研究意图、开展该项研究的理由以及使用它的对象。LCA 的范围应该根据要达到的既定目标来确定,定义和划定研究的系统边界、功能单位、输入输出的分配方法、所选用的环境影响评价模型以及其它假设条件等,从而确保研究的深度、广度和详尽程



度与研究的目的一致。目标与范围的确定是后续内容——清单分析、影响评价和结果解释的立足点和出发点。

2.1.2 清单分析

生命周期清单分析涉及数据的收集和计算,是生命周期评价的第二个步骤,是指针对当前 LCA 的研究系统边界,对产品整个生命周期过程中的输入输出项进行汇编和量化。清单分析是整个生命周期评价中最为重要的一部分,也是 LCA 评估过程中研究最成熟的一个环节,任何环境影响评价方法的实施都要以产品具体的输入、输出数据为基础,因此,清单的准确性直接影响了最终评价结果的准确性。在生命周期评价的研究中,清单的计算方法是一个容易被忽视的问题,目前最常用的计算方法是以流程为基础的流程计算模型(Process-based Model)。随着对清单准确度与覆盖面要求的不断提高,国际上又出现基于投入产出模型(Input-output Model)的清单计算方法^[13]。

2.1.3 影响评价

生命周期影响评价是生命周期评价的第三个步骤,在清单分析的基础上,对目标产品的资源消耗量和不同的污染物排放量可能产生的潜在环境影响的评价。LCA 的影响评价阶段包括六个步骤:影响类型、类型参数及特征化模型的选择;分类;特征化;归一化;加权;数据质量分析。其中前三部属于影响评价环节的强制性步骤,而后三个部分则属于可选择步骤。对于可选择步骤,将特征化结果归一化、加权虽然能得到可直接进行比较的单一环境影响值,但在其实施的过程中,尤其在加权环节,不同环境影响类型间权重因子的确定并非基于自然科学的相关研究成果,而是通过统计学的相关模型获得(一般为专家打分法),其中包含了大量的人为主观因素。由于其不可避免的要包含一些社会、道德与政策的因素,因此选择性步骤的实施在一定程度上会降低最终评价结果的客观性^[14-16]。

2.1.4 结果解释

结果解释作为最后一个步骤,是对 LCA 得出的清单结果和影响评价进行归纳,分析结果、得出结论、建议和最终报告的阶段。结果解释是依据研究目标和范围的规定,对生命周期清单和生命周期影响评价的结果进行分析,从而找到可以减少环境影响、改善环境状况的方法和途径。其主要步骤包括对重大环境问题的识别和完整性、敏感性检查,在此基础上对清单结果或影响评价结果进行分析,最终得出结论与建议。

2.2 国内和国际 LCA 的研究进展

2.2.1 LCA 方法的发展历程

对 LCA 方法而言,其发展最早可以追溯到 20 世纪 60 年代末,当时的人类已经意识到资源和能源是有限的,从节约资源和能源的角度出发,同时开始注重对环境排放的有限评估,最具代表性的是美国可口可乐公司和中西部研究所展开的比较不同饮料容器的整体环境影响的研究,这被认为是 LCA 研究正式开始的标志性事件。该项研究考虑是否可以一次