

国家科技支撑计划

National Key Technology R&D Program




“十一五”国家科技支撑计划重点项目

“国家重点领域认证认可推进工程”成果系列丛书

“资源节约”系列

# 生命周期评价与 III型环境标志认证

陈莎 刘尊文 编著

 中国质检出版社  
中国标准出版社

“十一五”国家科技支撑计划重点项目

“国家重点领域认证认可推进工程”成果系列丛书

“资源节约”系列

---

# 生命周期评价与Ⅲ型环境 标志认证

---

陈 莎 刘尊文 编著

中国质检出版社  
中国标准出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

生命周期评价与Ⅲ型环境标志认证/陈莎, 刘尊文编著. —北京: 中国标准出版社, 2014. 1 (2014. 3 重印)

ISBN 978 - 7 - 5066 - 7333 - 4

I. ①生… II. ①陈… ②刘… III. ①工业产品—环境影响—评价 ②环境标志—认证 IV. ①X820. 3 ②X-657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 212110 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 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室: (010)64275323 发行中心: (010)51780235

读者服务部: (010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*  
开本 787×1092 1/16 印张 19 字数 435 千字

2014 年 1 月第一版 2014 年 3 月第二次印刷

\*

定价 60.00 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

“十一五”国家科技支撑计划重点项目 “国家重点领域认证认可推进工程”

### 项目领导协调组

孙大伟（组长） 王晓方（副组长）  
武津生（副组长）  
秦 勇 田 壮 车文毅 王大宁 谢 军  
顾基平 刘卫军

### 项目专家顾问组

王凤清（组长） 王以铭（副组长）  
徐建中 左铁镛 徐滨士 郭孔辉 郭重庆  
沈昌祥 曾 毅 魏复盛 郎志正 刘卓慧  
房 庆 宿忠民 魏克佳 谢光辉 孙 桢  
董惠琴

### 项目总体组

许增德（组长）  
秦海岩 刘尊文 王克娇 邓 绩 张军民  
胡 啸 戴云徽 宋桂兰 李怀林 唐晓芬

### 项目管理办公室

赵 静 岳 宁 葛红梅 贺 婧 曹 鹏  
徐 睿

《“十一五”国家科技支撑计划重点项目  
“国家重点领域认证认可推进工程”成果系列丛书》

## 编 委 会

主 任 王大宁

副主任 许增德

委 员 (按姓氏笔画排序)

尹风军	王加启	王克娇	王金德
邓 绩	刘尊文	吕 京	许 前
吴东来	宋桂兰	张少岩	李怀林
李 杰	李晓萍	陈会明	陈 莎
陈雪松	陈 健	郑建国	金国强
唐晓芬	徐滨士	秦海岩	钱 军
曹春香	游安君	程龙生	葛红梅
韩之俊	戴云徽	魏克佳	

## 丛 书 前 言

本套丛书基于“十一五”国家科技支撑计划重点项目“国家重点领域认证认可推进工程”(项目编号:2008BAK42B00)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,起止时间为2008年1月至2010年12月。项目主要内容为:基于“十五”国家科技攻关重点项目“认证认可关键技术研究示范”的研究基础,立足当前认证认可工作实际,着眼《国家中长期科学和技术发展规划纲要》需求,聚焦在能源和环境、农业、信息产业与现代服务业、公共安全及其他社会事业等关系国计民生和国家安全的重点领域,加强认证认可关键技术研究示范,开发一批适合我国认证认可特点的技术规范和服务技术平台,推进这些重点领域认证认可制度的建立和实施。

根据2009年1月国家科技部正式批准下达的计划任务,该项目共设立10个课题:《重点节能工程节能量评价关键技术研究与应用》、《造纸行业典型产品LCA分析及Ⅲ型环境标志认证技术研究》、《汽车发动机和轮胎产品再制造过程质量控制与评价技术研究》、《高新工业园区生态效率评价技术研究》、《中国良好农业规范关键点分级及符合性验证技术研究示范》、《信息安全产品认证关键技术研究》、《服务质量评价技术研究及其在公共服务领域的应用》、《生物安全四级和移动式三级实验室认可关键技术研究》、《化学品毒性检测实验室安全评价与质量控制技术研究》、《劳动密集型企业社会责任核心要素及其基准研究》。

目前,该项目已陆续并将继续形成一批研究成果。为了系统地总结、宣传和推广这些研究成果,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,编写出版本套系列丛书。丛书分为5个系列,所包括的书名具体如下:

“资源节约”系列:

- 《节能量认证关键技术与应用》;
- 《生命周期评价与Ⅲ型环境标志认证》;
- 《装备再制造工程》。

“农业发展”系列:

- 《奶牛良好农业规范生产技术指南》;
- 《苹果良好农业规范生产技术指南》。

“公共安全”系列:

- 《生物安全四级实验室安全管理指南》;
- 《移动式BSL-3实验室安全管理指南》;
- 《化学品安全评价良好实验室规范(GLP)实施概论》;
- 《良好实验室规范(GLP)国家标准理解与应用》。

“服务质量”系列:

- 《服务质量评价理论与方法》;
- 《汽车维修服务质量评价与服务认证》;
- 《物业管理服务质量评价与服务认证》;
- 《医疗服务质量评价与服务认证》。

“社会责任”系列:

- 《劳动密集型企业社会责任研究》;
- 《劳动密集型企业社会责任认证实施指南》。

考虑到项目研究时间有限,而且有关研究仍需要继续深化进行,所以本套系列丛书难免会有不足和尚需完善的地方,欢迎读者提出宝贵意见。

《“十一五”国家科技支撑计划重点项目  
“国家重点领域认证认可推进工程”成果系列丛书》

编委会

2009年7月21日

## 前 言

随着人类对大自然的索取与征服,资源枯竭、能源短缺、环境破坏等诸多问题成为影响社会经济发展的重要问题。面对人口、资源、环境与经济发展关系上所出现的一系列尖锐的矛盾,人们需要重新认识环境问题的来源与人类活动方式以及消费模式之间的关系,通过新的技术创新、技术进步以及管理变革来协调人与自然之间的关系,促进人类社会的可持续发展,因此可持续的环境管理也就成为一个新的焦点。为此生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)方法作为一种有效的可持续环境管理工具受到了广泛的关注和研究。

在促进环境友好和可持续消费中,产品和服务的环境标志和声明可通过对产品和服务的环境因素的可验证的、准确而非误导性信息的交流,促进对具有较小环境压力的产品和服务的需求和供给,来激发市场驱动连续改善环境的潜力。而Ⅲ型环境标志采用第三方认证的方式,评价产品整个生命周期阶段的环境影响,可为市场上的产品和服务提供基于科学的、可验证和可比性的量化环境信息,可更加科学合理地评价产品对环境所造成的影响,因此被认为是对各国政府绿色采购和产品生态设计最有力的支持工具。

我国目前所实施的环境标志计划属于Ⅰ型环境标志,尚没有实施Ⅲ型环境标志计划。和发达国家相比,我国无论是生命周期评价的理论、方法以及基础数据的获取,还是Ⅲ型环境标志认证关键技术,认证规范和技术指南都刚刚起步。“十一五”期间,中环联合(北京)认证中心有限公司,中国制浆造纸研究院,北京工业大学等单位共同承担了国家认证认可监督委员会“十一五”国家科技支撑计划重点项目“国家重点领域认证认可推进工程”课题“造纸行业典型产品 LCA 分析及Ⅲ型



环境标志认证技术研究”的研究工作,课题组全体人员齐心协力,在认监委的领导和国内重要造纸企业的支持和配合下,以我国造纸行业典型产品为对象,应用生命周期评价理论研究建立了符合中国国情的适用于造纸行业典型产品的Ⅲ型环境标志认证评价指标体系和 LCA 评价方法及基础数据。同时借鉴国内外开展Ⅲ型环境标志认证的经验,结合我国的实际情况,建立我国Ⅲ型环境标志认证技术体系,并开展了Ⅲ型环境标志的试点认证,拓展了国家产品环境管理的领域和范围。本书正是对课题研究成果的系统梳理和总结,希望能有助于我国建立以企业为主体,以产品设计、生产、消费过程为核心,以改善产品生命周期环境影响、增强企业和产品综合竞争力为目标的可持续生产与消费模式,服务于清洁生产、循环经济建设 and 节能减排工作,促进经济、社会和环境的可持续发展。

本书绪论至第六章作者为:陈莎,张菁菁,任丽娟,杨孝光;第七章至第十章作者为:刘尊文,曹磊,岳文淙,周才华,马岩,李明博。全书由陈莎,刘尊文统稿。由于作者水平有限,时间匆忙,书中内容难免存有不足与纰漏,还望读者朋友提出意见和建议,以便我们能今后进一步做好这方面的工作。

编著者  
2013年9月

# 目 录

1 绪论 .....	1
1.1 资源、环境与可持续发展面临的机遇与挑战 .....	1
1.2 生命周期评价与环境管理 .....	2
1.3 生命周期评价与温室气体排放核算 .....	3
2 生命周期评价的理论与方法 .....	6
2.1 生命周期评价理论的产生和发展 .....	6
2.1.1 生命周期评价理论的产生阶段(20 世纪 60 年代末~20 世纪 70 年代中期) ...	6
2.1.2 生命周期评价理论的发展阶段(20 世纪 70 年代后期至今) .....	6
2.2 生命周期评价的技术框架 .....	7
2.2.1 目的与范围 .....	8
2.2.2 清单分析 .....	12
2.2.3 生命周期影响评价 .....	16
2.2.4 生命周期解释 .....	28
2.3 生命周期影响评价方法 .....	34
2.3.1 中间点法 .....	34
2.3.2 终结点法 .....	37
3 生命周期评价的局限性与发展趋势 .....	49
3.1 生命周期评价的局限性及存在的问题 .....	49
3.1.1 生命周期评价的应用范围 .....	49
3.1.2 数据的获取 .....	49
3.1.3 清单过程中的分配问题 .....	50
3.1.4 系统边界选择的主观性 .....	51
3.1.5 影响评价方法的局限性 .....	53
3.1.6 研究结果的不确定性 .....	55
3.2 生命周期评价的发展趋势 .....	56
3.2.1 生命周期评价的发展 .....	56
3.2.2 面向可持续发展的评价 .....	58
3.3 生命周期评价方法学研究进展 .....	59
3.3.1 清单数据补全方法 .....	59

3.3.2	后果性生命周期评价 .....	60
3.3.3	生命周期成本 .....	62
3.3.4	社会和社会经济生命周期评价 .....	65
3.3.5	生命周期可持续性评价 .....	69
<b>4</b>	<b>生命周期评价的应用 .....</b>	<b>80</b>
4.1	生命周期评价的应用领域 .....	80
4.1.1	工业企业部门的应用 .....	80
4.1.2	政府管理部门的应用 .....	82
4.1.3	服务行业的应用 .....	89
4.2	生命周期评价在我国的应用 .....	89
4.2.1	行业的应用 .....	89
4.2.2	环境管理的应用 .....	91
4.2.3	决策分析领域的应用 .....	94
<b>5</b>	<b>复印纸与新闻纸的生命周期评价 .....</b>	<b>99</b>
5.1	复印纸的生命周期评价 .....	101
5.1.1	目的与范围 .....	101
5.1.2	清单分析 .....	105
5.1.3	影响评价 .....	108
5.1.4	结果解释 .....	111
5.2	新闻纸的生命周期评价 .....	117
5.2.1	目的与范围 .....	117
5.2.2	清单分析 .....	120
5.2.3	影响评价 .....	121
5.2.4	结果解释 .....	123
5.3	国外造纸行业生命周期评价研究 .....	127
5.3.1	国外复印纸生命周期评价案例 .....	127
5.3.2	国外新闻纸生命周期评价案例 .....	131
<b>6</b>	<b>火力发电与公路运输生命周期清单分析 .....</b>	<b>137</b>
6.1	火力发电生命周期清单分析 .....	138
6.1.1	概述 .....	138
6.1.2	火力发电生命周期清单分析方法 .....	139
6.1.3	目标与范围 .....	139
6.1.4	清单分析 .....	139
6.1.5	结果解释 .....	148
6.2	公路运输生命周期清单分析 .....	152

6.2.1	概述	152
6.2.2	国内外交通运输生命周期清单研究现状	154
6.2.3	公路运输生命周期清单分析方法	156
6.2.4	目标与范围	156
6.2.5	清单分析	158
6.2.6	结果解释	164
<b>7</b>	<b>国际Ⅲ型环境标志认证分析与研究</b>	<b>170</b>
7.1	国际Ⅲ型环境标志的发展状况	170
7.1.1	Ⅲ型环境标志起源和发展	170
7.1.2	Ⅲ型环境标志与Ⅰ、Ⅱ型环境标志的区别和联系	172
7.2	国际Ⅲ型环境标志计划	174
7.2.1	国际Ⅲ型环境标志计划发展概况	174
7.2.2	国际Ⅲ型环境标志计划对比研究	177
7.3	国际Ⅲ型环境标志认证流程的分析和研究	178
7.3.1	国际Ⅲ型环境标志认证思路	178
7.3.2	国际Ⅲ型环境标志认证工作流程	179
7.4	国际产品种类规则(PCR)分析和研究	180
7.4.1	涵盖内容	180
7.4.2	产品描述	180
7.4.3	产品范围	181
7.4.4	系统边界	181
7.4.5	取舍原则	185
7.4.6	分配原则	186
7.4.7	功能单位	186
7.4.8	生命周期阶段信息	186
7.4.9	环境影响方面信息	186
7.5	国际环境产品声明(EPD)分析和研究	187
7.5.1	世界各国环境产品声明(EPD)概况	187
7.5.2	世界各国环境产品声明(EPD)比较研究	193
<b>8</b>	<b>我国Ⅲ型环境标志体系的建立</b>	<b>195</b>
8.1	Ⅲ型环境标志发展状况	195
8.1.1	Ⅲ型环境标志发展历程	195
8.1.2	Ⅲ型环境标志面临的挑战	196
8.2	Ⅲ型环境标志理论体系	197
8.2.1	GB/T 24025—2009 介绍	197
8.2.2	Ⅲ型环境标志与生命周期评价之间的关系	205

8.2.3	产品种类规则(PCR)制定原则 .....	205
8.2.4	环境产品声明(EPD)规则 .....	218
8.3	Ⅲ型环境标志实践体系 .....	220
8.3.1	产品种类规则(PCR)制定流程 .....	220
8.3.2	Ⅲ型环境标志认证流程 .....	220
9	我国Ⅲ型环境标志实施战略 .....	228
9.1	Ⅲ型环境标志宏观战略研究 .....	228
9.1.1	促进国民经济可持续发展 .....	228
9.1.2	促进对外贸易可持续发展 .....	228
9.1.3	应对气候方面 .....	234
9.1.4	推动可持续消费方面 .....	237
9.2	Ⅲ型环境标志认证发展前景及面临的挑战 .....	239
9.2.1	发展前景分析 .....	239
9.2.2	面临的挑战 .....	240
9.3	Ⅲ型环境标志支撑体系建设战略研究 .....	240
9.3.1	生命周期基础数据库建设 .....	240
9.3.2	生命周期分析及评价方法 .....	241
9.3.3	相关标准的确立 .....	242
9.3.4	Ⅲ型环境标志实施的技术文件 .....	243
9.4	Ⅲ型环境标志认证推进战略研究 .....	244
9.4.1	Ⅲ型环境标志认证的目标和重点领域 .....	244
9.4.2	Ⅲ型环境标志认证战略实施步骤 .....	244
9.4.3	Ⅲ型环境标志认证实施途径 .....	245
10	造纸行业典型产品Ⅲ型环境标志认证案例 .....	247
10.1	造纸行业分析 .....	247
10.1.1	造纸行业现状 .....	247
10.1.2	造纸行业典型产品的选择 .....	247
10.2	复印纸环境产品声明 .....	248
10.2.1	复印纸产品种类规则(PCR)文件的制定 .....	248
10.2.2	复印纸环境产品声明(EPD) .....	260
10.3	新闻纸环境产品声明 .....	273
10.3.1	新闻纸产品种类规则(PCR)文件的制定 .....	273
10.3.2	新闻纸环境产品声明(EPD) .....	283

# 1 绪 论

## 1.1 资源、环境与可持续发展面临的机遇与挑战

人类的生存发展依赖于自然,同时也影响着自然的结构、功能与演化过程。人与自然的关系体现在两个方面,一是人类对自然的影响与作用,包括从自然界索取资源与空间,享受生态系统提供的服务功能,向环境排放废弃物;二是自然对人类的影响与反作用,包括资源环境对人类生存发展的制约,自然灾害、环境污染与生态退化对人类的负面影响。200多年的工业革命,人类社会的发展超过了以往几千年的农业历史时期,但是工业社会的发展曾建立在依靠消耗以化石资源为主的不可再生资源基础上,以对大自然进行野蛮地开发掠夺、牺牲生态环境换来的经济增长。整个20世纪,人类消耗了1420亿吨石油、2650亿吨煤、380亿吨铁、7.6亿吨铝、4.8亿吨铜。占世界人口15%的工业发达国家,消费了世界56%的石油和60%以上的天然气、50%以上的重要矿产资源。如此经济发展结果是世界环境迅速恶化,自然资源急剧消耗,生态环境日益恶化,其主要的表现在于自然资源枯竭,大气、水、土壤污染严重,物种减少加速,土地荒漠化严重,全球气候变化加剧,灾难性极端天气现象发生频率增加,如海啸、风暴、洪水、持续干旱等。

改革开放以来,我国经济总量和工业规模快速扩张。GDP从1978年3645亿元增加到2011年的471564亿元,经济总量仅次于美国,成为世界第二经济体。但是,我们也应该看到由于规模快速扩张和发展阶段的限制,以及体制、政策的弊端,我国工业没有摆脱传统增长方式,工业资源消耗较高、利用效率较低,资源、能源和环境对工业发展的制约比较突出。主要是:第一,经济增长在相当程度上依靠资源、能源消耗的支撑。2010年,我国一次能源消费量为32.5亿吨标准煤,单位GDP能耗是发达国家的4~5倍,是世界平均水平的2.4倍;钢材的消耗占世界总消耗量的25%,水泥占世界总耗量的40%,煤炭占30%,石油占8%,水占5%,氧化铝占20%,铜材占20%,镍材占21%。主要矿产资源的进口依存度高,如我国的铁矿石52%靠进口,石油的43%靠进口,铜矿的69%靠进口,铝矿的41%靠进口。截至2010年底,我国耕地总数不足18.26亿亩,人均耕地不足0.1公顷,不到世界平均水平的1/2、发达国家的1/4,只有美国的1/6、阿根廷的1/9、加拿大的1/14。我国可以利用的土地资源并不丰富,但是我国单位GDP增长消耗的土地资源平均为32亩,为日本同期的8倍。第二,生态恶化与环境污染问题没有得到遏制,许多地区主要污染物排放量接近或超过环境承载能力。2011年我国,全国化学需氧量、氨氮和二氧化硫排放量虽有所下降,但仍然依次为2499.9万吨,260.4万吨,2217.9万吨。工业固体废弃物综合利用率为60.3%,建筑垃圾、电子废弃物、污泥产生量增加迅速。在一些地区,地下水资源接近枯竭,持续性有机污染物,重金属污染严重,环境群体性事件发生增加。直接影响到我国经济增长和国

际形象。

解决资源与环境问题的关键之一是处理好经济发展、资源利用与环境保护三者之间相互联系和互为因果的关系,把发展产生的负面影响控制在资源和环境承载能力之内,确保资源和环境能够持续地为人类社会经济的发展所利用。解决发展中的资源和环境问题,不仅要求发展保持一定的规模和速度,而且要求不断优化发展结构和提高效率,改变以高投入、高消耗、高污染、低效率为特征的生产和消费方式,实行清洁生产和文明消费。

2011年,全国第七届环境保护大会上,时任副总理李克强指出“资源相对短缺、环境容量有限已经成为我国国情新的基本特征,而环境问题的背后往往是资源的过度消耗,进一步加强环境保护,可以倒逼经济发展方式加快转变,是推进生态文明建设的根本途径,体现了人民群众的迫切愿望,有利于我们参与国际合作与竞争。”同时强调要坚持在发展中保护,在保护中发展,要把节约环保融入经济社会发展的各个方面,加快构建资源节约、环境友好的国民经济体系。要做到四个结合:一是把优化产业结构与推进节能减排结合起来,从源头上减少污染;二是把企业增效与节约环保结合起来,大规模实施企业节能减排技术改造,同时提高新建企业环境准入门槛;三是把扩大内需与发展节能环保产业结合起来,大力发展节能环保技术装备、专业管理、工程设计、施工运营等产业,拓展新的经济增长空间;四是把生产力空间布局与生态环保要求结合起来,实行差别化的产业政策,切实防止污染转移。2011年12月,国务院印发《国家环境保护“十二五”规划》,提出了控制总量、改善质量、防范风险和均衡发展四大战略任务,要求到2015年,主要污染物排放总量显著减少,实现化学需氧量、二氧化硫排放总量在2010年基础上削减8%,氨氮、氮氧化物排放总量削减10%。《规划》中明确指出要突出有差别的环境管理政策,完善环境保护战略体系;强化政策支撑,推进并建立环境保护长效机制。

## 1.2 生命周期评价与环境管理

生命周期评价(life cycle assessment, LCA)“是对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价”,是一种用于评价产品或服务相关环境因素及其整个生命周期环境影响的工具,随着其理论和方法学的发展,在环境管理、政策与规划中的应用发展迅速。成为指导企业进行清洁生产、开发绿色产品及设计环境协调性材料,环境标准制定的重要工具。

环境管理本身覆盖范围非常广泛,从包罗一切的远景规划到具体的影响评价,从环境信息交流到报告等。在远景规划制定中,需要在公众、企业与组织中强度可持续性,为此往往要设定一定的环境目标,同时对这些目标进行不断的再思考与修订,它提倡通过组织行为的改变,回溯从原则到共识的过程,推动社会的可持续性发展。尽管有如技术等方面的限制,生命周期评价可以提供有关产品和服务的环境负荷信息从而告知改变的可能性。LCA特别是在需要比较不同的环境输出时非常有用,它可以通过多因素的评价工具,定性或定量地比较和评价不同的环境指标。

ISO14001体系或类似的环境管理体系中制定了系列模型来评价,监测、证明、管理和保持环境行为,其中需要量化的管理,往往都会用到LCA。特别是在调研组织关注的过程、产品和服务方面,都会采用LCA。



环境管理文件中需要进行环境承诺或行为的声明,如环境报告体系或一些倡议,往往需要通过 LCA 提供一些背景证明,如环境负荷,效益以及环境改善情况等。

在环境评价方面,LCA 的应用非常广,如广为流行的“生态足迹法”及其相应的计算工具需要用到 LCA 数据,而提倡的工艺信息也需要来自 LCA 的结果。

在企业层面上,LCA 主要用于产品和技术的比较和改进,国际上一些著名的大企业已开展了大量的 LCA 工作。如美国惠普企业对打印机和微机的能源效率和废弃物进行了生命周期评价研究,德国奔驰企业对空气清洁器进行了 LCA 示范研究;在管理层面上,主要用于帮助制定和实施面向产品的政策、废物管理政策、一般性的面向工艺和过程的政策。如美国环保局在《清洁水法》中使用 LCA 来完善工业洗涤污水指南。

近年来,一些国家和国际组织相继在环境立法上反映产品和产品系统相关联的环境影响。比较有影响的环境管理标准有英国的 BS7750,欧盟生态管理和审计计划(EMAS),国际标准化组织(ISO)制定的 ISO14000 环境管理体系。很多发达国家和地区已借助于生命周期评价制定了“面向产品的环境政策”,特别是“欧盟产品环境标志计划”,已对一些产品颁布了环境标志,如洗碗机、卫生间用纸巾、油漆、洗衣粉以及电灯泡等,并正准备对更多的产品授予环境标志。

国外大多数国家已采用生命周期评价方法制定环境标志产品标准。德国联邦环境署推出分步生命周期评价方法,主要分为筛选、改进、详细三个步骤。英国对洗衣机环境标志制定首先采用现行的生命周期评价模式,根据基本数据定量分析洗衣机所用原料的环境影响,其次估算在洗衣机实际制造中总原料生产产生影响所占的比例,最后确定结果,表明洗衣机的环境标志认证应重点考虑洗衣机使用阶段的能耗、水耗和洗涤剂的消耗等。法国采用生命周期评价的清单分析,共分为五步:一是对讨论的产品组进行市场调查;二是从讨论的产品组中选出有市场和环境问题的代表性产品;三是对代表性产品进行清单分析;四是鉴别产品生命周期中与产品有关的主要环境问题;五是专家组讨论制定环境标志产品的标准。丹麦采用定量和定性的生命周期评价方法,对纸制品的评价首先采用简化 LCA 方法侧重对具体阶段进行评价,然后根据清单分析找出产品生命周期的关键环境影响阶段和主要的环境问题进行更深入的影响评价以制定标准。

国内外制定环境标志认证标准有四种方法:一般原则法、完整 LCA 法、简化定量 LCA 法、简化定性 LCA 法。随着 LCA 进一步完善和标准化,更规范科学的 LCA 方法终将在环境标志评定中得到广泛应用。

### 1.3 生命周期评价与温室气体排放核算

联合国环境规划署 2009 年发布的最新研究报告显示,即使发达国家减少二氧化碳的排放达到 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。为了应对全球气候变化,世界各个国家都在努力减少温室气体的排放。2009 年 11 月,在国务院常务会议上,我国决定到 2020 单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%。

任何一个减少温室气体排放的系统方法框架如《京都议定书》或其他的地区框架协议,都需要有标准的方法来计算温室气体的产生以及碳固定,在碳交易和碳税方面也同样



需要。

因 LCA 在先期产品或技术的能源分析中的应用,因而对于温室气体排放的计算有着得天独厚的优势,全球气候变暖在 LCA 中往往作为环境影响评价的一个指标,故能定量反映产品或服务中温室气体的排放。

往往应用简化的 LCA 模型进行产品或服务的温室气体排放清单分析,包括对原材料和能源消耗,CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 等温室气体排放数据的收集和计算,给出以产品功能单位表达的产品系统的各种输入和温室气体的输出。如国外学者 Yasuhiro F. 等对中国台湾 3 年生的甘蔗种植过程的温室气体排放进行了评价。其以生产 1 吨甘蔗为功能单位,计算出甘蔗种植过程中温室气体的排放是-280kg CO<sub>2</sub> 当量。通过 LCA 对灌溉、施肥以及土地翻耕等的敏感性研究,研究表明在甘蔗种植中,土壤中的微生物反硝化过程产生的 N<sub>2</sub>O 占了整个温室气体排放的 50.4%,是温室气体的主要来源。提出了合理的使用氮肥是减少甘蔗种植过程中温室气体排放的有效办法。另外,Seungdo K. 和 Bruce E. D. 对美国的 40 个地区生物燃料(1kg 乙醇和大豆油)的温室气体排放做了简化 LCA 研究,生命周期的边界包括农作物的种植过程,农作物的精炼过程,以及土地改变使用用途而相对生成的温室气体。研究显示生产 1kg 的乙醇产生的温室气体量是 1.1~2.0kg CO<sub>2</sub> 当量,而 1kg 大豆油产生的温室气体量则是 0.4~2.5kg CO<sub>2</sub> 当量。两种产品产生的温室气体主要来源于土壤系统中微生物反硝化过程中氧化亚氮和农作物磨碎过程中天然气的消耗。

Smart R. 等对生产 1kg 硬纸板产生的温室气体进行了简化生命周期评价,研究指出在硬纸板的生产和使用过程中产生的温室气体主要是 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub>。作者考虑了树木固定的温室气体,硬纸板分解过程中产生的温室气体量以及回收过程中温室气体排放量。并且比较了木质材料制浆和回收材料制浆温室气体排放情况,结果由于木质材料制浆过程中需要厌氧发酵而产生大量的 CH<sub>4</sub>,木质材料制浆的全球变暖效应高于回收材料制浆,这是在应用 LCA 研究节能减排的理论研究方面,可利用简化 LCA 模型,针对节能减排等环保措施的目标建立评价指标体系,并对污染排放和资源消耗的影响进行评价,根据评价结果分析生产过程中的薄弱环节,提出改进方案来帮助企业实现节能减排。

国内简化生命周期分析温室气体排放研究大多是集中在产品生产过程与不同工艺间的比较,对于运用到企业管理、政策制定等方面较少。

国际上用于 GHG 气体排放核算的标准和评价工具主要有,国际标准化组织制定的 ISO14064 系列,世界资源研究所及世界可持续发展商业基金会(WRI-WBCSD)的《温室气体协议》,英国制定的产品和服务碳足迹评价标准 PAS2050,期间无一例外地明确指出应用 LCA 进行相应的温室气体排放计算工具。

LCA 作为有效的环境规划,环境管理,环境影响评价,清洁生产,节能减排等评价工具,其在我国的研究和应用方兴未艾,在科技部“十一五”支撑计划项目的支持下,环保部环境发展研究中心、北京工业大学、中国制浆造纸研究院以及相关企业密切合作,应用生命周期评价的方法和原理,建立了我国造纸行业典型产品生命周期评价的模型与方法,并且应用于标准的制定。本书为其主要研究成果的呈现,主要包括了生命周期评价的理论与方法,生命周期评价在国内外的应用与研究,目前存在的问题和发展趋势;我国公路运输、火力发电生命周期清单的建立,造纸行业典型产品生命周期环境影响评价模型,我国环境标志体