



# 管理会计在工业 碳足迹管理中的应用研究

GUANLI KUAJI ZAI GONGYE  
TANZUJI GUANLIZHONG DE YINGYONG YANJIU

宋海涛 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社  
Economic Science Press

# 管理会计在工业碳足迹 管理中的应用研究

宋海涛 著

---

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社  
Economic Science Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

管理会计在工业碳足迹管理中的应用研究/宋海涛著.  
—北京: 经济科学出版社, 2017. 3  
ISBN 978 - 7 - 5141 - 7814 - 2

I. ①管… II. ①宋… III. ①管理会计 - 应用 - 工业企业 - 节能 - 研究 - 中国 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 043591 号

责任编辑: 边 江  
责任校对: 隗立娜  
责任印制: 邱 天

## 管理会计在工业碳足迹管理中的应用研究

宋海涛 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销  
社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142  
总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮箱: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

固安华明印业有限公司印装

710 × 1000 16 开 11.25 印张 200000 字

2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 7814 - 2 定价: 36.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn)



**宋海涛**，副教授。哈尔滨商业大学会计学院硕士研究生毕业，获得“哈尔滨商业大学会计学院2016届优秀硕士毕业生”称号。现为黑龙江财经学院会计系教师，主讲课程：管理会计、成本会计、财务会计、财务管理、国际财务、公司财务等，在《财会月刊》《财务通讯》《黑龙江高教研究》等期刊，发表论文20余篇，承担黑龙江省级、哈尔滨商业大学研究生院级、黑龙江财经学院级科研课题16项，出版教材6部。曾获得黑龙江省教育厅“教学成果一等奖”、黑龙江财经学院“课堂教学大奖赛第一名”，“3A”级教师、“优秀共产党员”、“优秀毕业论文指导教师”等称号，是黑龙江财经学院财务管理专业的学科带头人。

**GUANLI KUAIJI ZAI CONGYE**  
**TANZUJI GUANLIZHONG DE YINGYONG YANJIU**

---

封面设计：王 颖

# 前 言

经济发展新常态下，国家一方面要推动产业升级转型、经济结构调整，另一方面要推进能源改革，加快能源技术创新，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系，主动控制碳排放，加强对高能耗行业的管控。我国现阶段主要的生产方式是规模化工业生产，这一生产过程需要消耗大量的化石能源，并排放大量的温室气体。有数据显示，目前我国工业部门的能源消费占能源消费总量的70%以上。工业能源结构不合理、能源利用效率低下、能源消耗量持续增长是我国的工业产业的基本特征。对于工业企业而言，片面追求高利润，使得工业生产活动产生的温室气体排放总量大、贡献高，而与此同时，工业企业承担的环境成本却极低，工业企业经济效益指标的飙升淹没了环境污染所造成的严重后果。忽视对工业碳足迹管理，没有从“低碳价值链”的角度对工业企业生产活动进行全生命周期的研究与分析，发生的环境补偿成本计入管理费用，仅与期间成本相匹配，没有从根本上找出环境成本动因及控制方法，缺乏科学的指标体系对工业碳排放进行合理的绩效评价。由此可见，做好工业领域的碳减排工作，是控制环境污染的重要方面。“碳足迹”是近年来兴起的一种解决定量评价碳排放强度的研究方法，已得到理论和实务界的高度关注，从工业活动碳足迹管理的角度研究如何帮助企业节能减排，并对管理会计功能和方法进行扩展以支持工业碳足迹管理，这是本书撰写的主要思路及完成此理论创新的目的。

对工业碳足迹的研究，在阐述研究背景，提出研究目的和意义的基础上，回顾了国内外学者对工业碳足迹及其管理的相关问题的

研究成果。介绍了碳足迹与工业碳足迹的含义及两者之间的关系,对工业碳足迹管理的含义、目标、内容进行归纳总结,并对支撑工业碳足迹管理的相关基本理论进行阐述。从二氧化碳总量控制、碳金融、碳资产等宏观层面的发展,分析对工业碳足迹管理的必要性;从工业企业参与国际竞争、工业企业环境经营价值体系的构建及工业企业内部驱动机制等方面,分析工业企业微观层面对碳足迹管理的迫切需求。在此基础上,对工业碳足迹管理的管理会计功能与方法进行研究,从管理的角度对工业碳足迹进行计量、分析、规划、控制、评价,构建面向工业碳足迹管理的管理会计理论体系,阐述了基于工业碳足迹管理的管理会计理论体系构建思路,包括指导思想、构建目标、原则和路径,详细研究了面向工业碳足迹管理的管理会计理论基础。为满足工业碳足迹管理的功能深化,引入管理会计的功能,并针对工业碳足迹功能需要进行设计,提出战略预测功能、系统分析功能、创新规划功能、控制评价功能和碳绩效评价功能。支持工业碳足迹管理功能的深化还需要借助于管理会计的方法,并对相应方法进行设计,即拓展计量方法、生命周期方法、现代预算方法、低碳价值链方法及 BSC - AHP 评价方法。以 S 企业为例,首先分析 S 企业的碳足迹及其管理需求,其次对 S 企业碳足迹管理的内容进行界定并设计其碳足迹管理的流程,再次运用定量分析法对 S 企业的工业碳足迹进行计量、分析、规划、控制和评价的计算与分析,最后对 S 企业工业碳足迹运用管理会计方法应用效果进行分析。对参与工业碳足迹管理的管理会计功能与方法的扩展,从管理理念和框架调整两个方面进行总结,提出了基于中国国情的管理会计研究情境,并对基于工业碳足迹管理的管理会计未来发展进行展望。本书运用文献分析法、规范研究法、定性描述与定量分析相结合分析法及案例分析法等研究方法。通过研究,对于加强工业企业碳足迹管理,控制碳排放、降低资源消耗、增强企业价值、实现企业自身的绿色环保目标,进而推动实现整个国家的宏观温室气体减排目标都具有重大的战略意义。

# 目 录

|       |                      |    |
|-------|----------------------|----|
| 1     | 引言 .....             | 1  |
| 1.1   | 研究背景 .....           | 1  |
| 1.2   | 研究目的和意义 .....        | 2  |
| 1.2.1 | 研究目的 .....           | 2  |
| 1.2.2 | 研究意义 .....           | 3  |
| 1.3   | 国内外研究现状 .....        | 3  |
| 1.3.1 | 国外研究现状 .....         | 3  |
| 1.3.2 | 国内研究现状 .....         | 8  |
| 1.3.3 | 国内外研究现状文献综述 .....    | 11 |
| 1.4   | 研究内容与方法 .....        | 15 |
| 1.4.1 | 研究内容 .....           | 15 |
| 1.4.2 | 研究方法 .....           | 16 |
| 2     | 工业碳足迹管理的理论基础 .....   | 19 |
| 2.1   | 碳概述 .....            | 20 |
| 2.1.1 | 碳元素 .....            | 20 |
| 2.1.2 | 碳平衡 .....            | 21 |
| 2.1.3 | 碳循环 .....            | 22 |
| 2.2   | 碳足迹与工业碳足迹 .....      | 23 |
| 2.2.1 | 碳足迹的含义 .....         | 23 |
| 2.2.2 | 工业碳足迹的含义 .....       | 24 |
| 2.2.3 | 工业碳足迹与碳足迹的关系 .....   | 24 |
| 2.3   | 工业碳足迹管理及其目标与内容 ..... | 25 |

|       |                      |    |
|-------|----------------------|----|
| 2.3.1 | 工业碳足迹管理的含义           | 25 |
| 2.3.2 | 工业碳足迹管理的目标           | 25 |
| 2.3.3 | 工业碳足迹管理的内容           | 27 |
| 2.4   | 工业碳足迹管理的理论基础         | 27 |
| 2.4.1 | 社会责任理论               | 27 |
| 2.4.2 | 信号传递理论               | 29 |
| 2.4.3 | 可持续发展理论              | 30 |
| 2.4.4 | 生态足迹理论               | 30 |
| 3     | 工业碳足迹管理的宏观需求         | 32 |
| 3.1   | 对二氧化碳总量控制的工业碳足迹管理需求  | 32 |
| 3.1.1 | 总量控制和碳税的理论分析         | 33 |
| 3.1.2 | 总量控制的现状和特点           | 36 |
| 3.1.3 | 碳税实施的现状和特点           | 38 |
| 3.2   | 碳金融及碳资产发展对工业碳足迹管理的需求 | 41 |
| 3.2.1 | 碳金融发展对工业碳足迹管理的需求分析   | 42 |
| 3.2.2 | 碳资产发展对工业碳足迹管理的需求分析   | 43 |
| 4     | 工业碳足迹管理的微观需求         | 46 |
| 4.1   | 工业企业参与国际竞争需要工业碳足迹的管理 | 46 |
| 4.1.1 | 绿色消费成为推动工业碳足迹管理的浪潮   | 46 |
| 4.1.2 | 工业碳足迹管理抵制发达国家的环境剥削   | 47 |
| 4.2   | 环境经营价值体系构建需要工业碳足迹的管理 | 47 |
| 4.2.1 | 工业碳足迹管理的环境经营模式的框架结构  | 48 |
| 4.2.2 | 环境经营促成管理会计支持工业碳足迹管理  | 50 |
| 4.3   | 工业企业内部驱动机制催生工业碳足迹的管理 | 52 |
| 4.3.1 | 持续发展的环境伦理价值观培育       | 52 |
| 4.3.2 | 环境管理机制和组织体系的完善       | 52 |
| 4.3.3 | 全面环境质量管理会计制度建立       | 53 |
| 4.3.4 | 环保创新技术和节能技术的应用       | 54 |

|       |                            |    |
|-------|----------------------------|----|
| 5     | 工业碳足迹管理的管理会计需求分析 .....     | 55 |
| 5.1   | 工业碳足迹管理的管理会计功能需求 .....     | 55 |
| 5.1.1 | 工业碳足迹计量与分析功能需求 .....       | 55 |
| 5.1.2 | 工业碳足迹规划与控制功能需求 .....       | 57 |
| 5.1.3 | 工业碳足迹的绩效评价功能需求 .....       | 58 |
| 5.1.4 | 工业碳足迹管理的管理会计功能深化 .....     | 59 |
| 5.2   | 工业碳足迹管理的管理会计方法需求 .....     | 60 |
| 5.2.1 | 工业碳足迹计量与分析方法需求 .....       | 60 |
| 5.2.2 | 工业碳足迹规划与控制方法需求 .....       | 61 |
| 5.2.3 | 工业碳足迹的绩效评价方法需求 .....       | 62 |
| 5.2.4 | 工业碳足迹管理的管理会计方法改进 .....     | 64 |
| 6     | 面向工业碳足迹管理的管理会计体系构建 .....   | 65 |
| 6.1   | 管理会计概述 .....               | 65 |
| 6.1.1 | 管理会计的含义 .....              | 65 |
| 6.1.2 | 管理会计的功能及其类性 .....          | 66 |
| 6.1.3 | 管理会计的方法及其体系 .....          | 68 |
| 6.2   | 管理会计演进及其功能与方法的扩展 .....     | 72 |
| 6.3   | 工业碳足迹管理的管理会计理论体系构建思路 ..... | 76 |
| 6.3.1 | 指导思想 .....                 | 76 |
| 6.3.2 | 构建目标 .....                 | 76 |
| 6.3.3 | 构建原则 .....                 | 77 |
| 6.3.4 | 构建路径 .....                 | 77 |
| 6.4   | 工业碳足迹管理的管理会计功能与方法深化 .....  | 79 |
| 6.5   | 面向工业碳足迹管理的管理会计理论基础 .....   | 81 |
| 6.5.1 | 委托代理理论 .....               | 81 |
| 6.5.2 | 利益相关者理论 .....              | 82 |
| 6.5.3 | 权变管理理论 .....               | 84 |
| 6.5.4 | 平衡计分卡理论 .....              | 85 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>7 支持工业碳足迹管理的管理会计功能设计</b> | <b>87</b> |
| 7.1 工业碳足迹计量与分析功能            | 87        |
| 7.1.1 工业碳足迹计量功能             | 87        |
| 7.1.2 工业碳足迹分析功能             | 88        |
| 7.2 工业碳足迹规划与控制功能            | 90        |
| 7.2.1 工业碳足迹规划功能             | 90        |
| 7.2.2 工业碳足迹控制功能             | 90        |
| 7.3 工业碳足迹绩效评价功能             | 92        |
| <b>8 支持工业碳足迹管理的管理会计方法设计</b> | <b>95</b> |
| 8.1 工业碳足迹计量方法               | 95        |
| 8.1.1 工业碳足迹量化模型             | 96        |
| 8.1.2 碳排放量的测算               | 97        |
| 8.1.3 基于碳排放量的工业碳足迹计量        | 99        |
| 8.1.4 作业成本法对工业碳足迹的核算        | 99        |
| 8.2 工业碳足迹分析方法               | 105       |
| 8.2.1 工业碳足迹的成本性态分析          | 105       |
| 8.2.2 工业碳足迹的本量利分析           | 106       |
| 8.2.3 工业碳足迹的现金流量分析          | 109       |
| 8.3 工业碳足迹的规划方法设计            | 110       |
| 8.3.1 销售的工业碳足迹预算            | 110       |
| 8.3.2 生产的工业碳足迹预算            | 111       |
| 8.3.3 生产成本的工业碳足迹预算          | 111       |
| 8.4 工业碳足迹的控制方法设计            | 111       |
| 8.4.1 工业碳足迹的事前控制            | 113       |
| 8.4.2 工业碳足迹的事中控制            | 113       |
| 8.4.3 工业碳足迹的事后控制            | 113       |
| 8.5 工业碳足迹绩效评价方法设计           | 114       |
| 8.5.1 工业碳足迹管理的 BSC 基本框架     | 114       |
| 8.5.2 工业碳足迹管理的 BSC 战略地图     | 116       |
| 8.5.3 工业碳足迹管理的 BSC 评价指标     | 117       |

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 8.5.4 工业碳足迹管理的 AHP 评价模型 .....          | 120        |
| <b>9 管理会计在 S 企业工业碳足迹管理中的应用实例 .....</b> | <b>126</b> |
| 9.1 S 企业背景简介 .....                     | 126        |
| 9.1.1 S 企业基本情况 .....                   | 126        |
| 9.1.2 S 企业的碳足迹追踪及其管理需求 .....           | 127        |
| 9.2 S 企业碳足迹管理的内容及流程设计 .....            | 128        |
| 9.2.1 S 企业碳足迹管理内容的界定 .....             | 128        |
| 9.2.2 S 企业碳足迹管理的流程设计 .....             | 131        |
| 9.3 管理会计方法在 S 企业工业碳足迹管理中的应用 .....      | 132        |
| 9.3.1 S 企业工业碳足迹的计量 .....               | 132        |
| 9.3.2 S 企业工业碳足迹的分析 .....               | 135        |
| 9.3.3 S 企业工业碳足迹的规划 .....               | 138        |
| 9.3.4 S 企业工业碳足迹的控制 .....               | 138        |
| 9.3.5 S 企业工业碳足迹的评价 .....               | 140        |
| 9.4 S 企业工业碳足迹管理的管理会计方法应用效果分析 .....     | 152        |
| 9.4.1 获得 S 企业高层管理者的支持 .....            | 152        |
| 9.4.2 明确 S 企业碳足迹管理的界限 .....            | 152        |
| 9.4.3 研究 S 企业碳足迹节约的领域 .....            | 153        |
| <b>10 工业碳足迹管理的管理会计发展理念与展望 .....</b>    | <b>154</b> |
| 10.1 工业碳足迹管理的管理会计理念与调整 .....           | 154        |
| 10.1.1 管理会计框架设计体现工业碳足迹管理理念 .....       | 154        |
| 10.1.2 工业碳足迹管理视角下管理会计的框架调整 .....       | 155        |
| 10.2 工业碳足迹管理的管理会计思考与展望 .....           | 157        |
| 10.2.1 基于中国国情的管理会计研究的情境 .....          | 158        |
| 10.2.2 工业碳足迹管理的管理会计未来展望 .....          | 159        |
| 参考文献 .....                             | 162        |
| 后记 .....                               | 168        |

# 引 言

## 1.1 研究背景

环境和人类发展的问题由来已久，从 1972 年最先将该问题提到议事日程的联合国人类环境会议算起，到 2002 年联合国高峰会议后，将次年定为可持续发展行动元年，环境保护和可持续发展在经历长达 30 年的漫长征程之后，终于得到了全人类的理解和认同。中国政府承诺在 2005 年基础上，到 2020 年将万元 GDP 碳排放量减少 40% ~ 45%，单位 GDP 碳排放要比 2005 年下降 40% ~ 45%，到 2030 年中国碳排放达到峰值。现在，国家和企业都开始主动、自发地从各方面着手环境保护行动，这其中也包括在会计领域的行动。顺应财政部《关于全面推进管理会计体系建设的指导意见》，将工业碳足迹的管理功能需求和方法设计与管理会计相应功能和方法进行对接，这对于加强工业碳足迹管理、扩展管理会计理论体系、解决我国当前严峻的环境问题都具有积极的意义。

当前，世界经济进入增速减缓、结构转型、竞争加剧的时期；我国经济正处于增长速度换档期、结构调整阵痛期和前期刺激政策消化期“三期”叠加阶段，面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，只有加快经济发展方式转变，充分挖掘管理潜力，才能实现社会经济持续发展。党的十八届三中全会对全面深化改革做出了总体部署，强调：“建设生态文明，必须建立系统完整的生态文明制度体系，用制度来保护生态环境”。在会计领域贯彻落实全面深化改革要求，非常重要的一项内容就是要

大力加强管理会计工作，通过强化管理会计应用，推动企业建立、完善现代企业制度，实现管理升级，增强核心竞争力和价值创造力，进而促进经济转型升级；推动更加科学、全面地衡量企业绩效，加快形成企业自主经营、公平竞争的市场环境，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用。

在经济新常态下，管理会计到底应承担怎样的责任？发挥怎样的功能？如何在环境管理会计方面做出新的突破？企业环境污染的治理过程如何引入管理会计方法协同治理？这样一系列的问题等待学者们逐一去研究探索，这也是本书的研究目的和研究背景。

## 1.2 研究目的和意义

### 1.2.1 研究目的

企业的可持续发展是在追求自身价值的同时兼顾环境保护，实现企业可持续发展的重要前提是利用相关信息，有效评估企业的环境状况并迅速做出正确的反应。现阶段，我国工业企业追求高经济效益指标的同时，环境保护意识有所提高，能积极主动配合环保部门做好企业“三废”排放检测工作，在一定程度上能采取比较有效的环境污染治理措施。“工业碳足迹管理”是对工业生产过程全生命周期的管理，在工业碳足迹管理功能发挥作用的过程中需要引入管理会计的计量、分析、规划、控制和评价功能，而满足工业碳足迹管理的功能需求就需要在方法上进行基于工业碳足迹管理的管理会计方法设计。现阶段，工业碳足迹管理停留在宏观经济管理层面，如何将其转化为微观的企业内部管理活动，将其进行会计的货币计量，并转化为产品的成本，从而通过生产过程的成本控制达到整个企业的碳排放控制，这方面还需要进一步探索管理会计功能扩展的必要性和管理会计方法支持的可行性。对于传统管理会计来说，完成这样的功能扩展和方法支持需要研究工业碳足迹管理，变革现有的理论方法体系。在研究过程发现管理会计总体上与企业环境经营发展有一定差距，管理会计理论研究不充分、管理会计没有统一的标准和模式、管理会计理论研究人员和实践操作人员对接不够、管理会计为企业整体发展提供信息不充分，管理会计信息咨询和信息服务不及时等问题。

因此,要实现管理会计跨越式发展,提高单位资金使用效益和价值创造力,推动中国经济转型升级,控制环境污染,加快管理会计的功能和方法拓展,切实加强管理会计参与环境污染治理、控制工业碳排放的实践应用是本书研究目的所在。

### 1.2.2 研究意义

低碳经济催生管理会计框架调整,这是可持续发展对会计领域革新的外在需求,也是企业增强自身竞争优势的内在要求。为了实现兼顾经济效益、社会效益和环境效益的综合价值最大化,企业必须将碳足迹融入管理会计工作,对现有的预算管理、成本核算、投资决策及绩效评价等方法及时进行改进和补充。从现阶段碳排放量的限制倒逼企业改善环境经营现实状况出发,在研究财政部《关于全面推进管理会计体系建设的指导意见》的基础上,指出管理会计在功能和方法上支持工业碳足迹管理的路径及现实意义,对碳足迹管理的管理会计的功能和方法研究成果,采用案例分析法,以 S 企业为研究对象,分析该企业工业碳足迹管理的管理会计计量、分析、规划、控制、评价等功能与方法的拓展与应用,从而为企业管理层最终做出正确的决策,提供精准的财务信息。为满足工业碳足迹的管理从管理会计功能和方法上进行支持,这对于企业降低生产成本、帮助企业正确决策、有效评价企业经营绩效、提升企业战略及增加企业价值等方面具有现实的应用价值和积极的借鉴意义。

## 1.3 国内外研究现状

### 1.3.1 国外研究现状

#### 1. 碳足迹国外研究现状

国外对碳足迹的研究始于 1996 年,主要集中对碳足迹的含义、计量方法、评价指标及准则等方面的研究。

第一,碳足迹的含义。碳足迹的含义源于生态足迹(Ecological Footprint)的概念,是瓦克纳格尔(Wackernagel)和雷埃尔(Reel)于1996年首次提出的,指某企业产品或服务系统在其生命周期内的温室气体排放总量<sup>①</sup>。ETAP(电力电气分析、电能管理的综合分析软件系统的简称)认为人类活动产生的温室气体对环境的影响均以二氧化碳(CO<sub>2</sub>)或二氧化碳当量的排放量来衡量,以此定义碳足迹的概念<sup>②</sup>。哈蒙德(Hammond)强调碳足迹是一项活动或者一个人生活所产生的“碳重量”<sup>③</sup>。维德曼和米克尔(Wiedmann and Minx, 2007)认为碳足迹只能用来衡量含碳气体的排放,并将非含碳气体的排放量折合为二氧化碳当量,通过二氧化碳和二氧化碳当量的合计数来衡量温室气体的排放量<sup>④</sup>。格鲁尔和埃利斯(Grub and Ellis)认为,碳足迹是化石燃料燃烧过程中所排放的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)量的估算值<sup>⑤</sup>。赫特威希和巴尔多(Hertwich and Baldo)等将碳足迹分成不同的种类,将其定义为一个产品整个生产过程的各个阶段所产生的温室气体排放总量,并确定碳足迹计算边界、研究对象、范围及尺度等<sup>⑥</sup>。

第二,碳足迹的计量方法。碳足迹的计量方法主要有生命周期法(life cycle assessment)、IPCC 算法、投入产出法(input-output assessment),三种方法均可以对工业碳足迹进行量化,根据研究企业的不同阶段和过程可以采用不同的计算方法<sup>⑦</sup>。

生命周期法是一种“从摇篮到坟墓”的碳足迹量化方法,对某产品的设计、研发、采购、生产、销售、售后服务、废弃物输出等全生命周期排放的温室气体排放进行捕捉。应用生命周期法量化碳足迹最核心的问题是合理

① Wackernagel M, Rees W W. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth [M]. New Society Publishers, 1996: 216-378.

② ETAP. The carbon trust helps UK businesses reduce their environmental impact [R]. 2007: 78-112.

③ Hammond G. Time to Give due Weight to the Carbon Footprint Issue [J]. Mature, 2007, 445 (7125): 256-256.

④ Weidema, Mikkel Thrane, Per Christensen, Jannick Schmidt. Carbon Footprint - A Catalyst for Life Cycle Assessment [J]. Journal of Industrial Ecology, 2007.

⑤ Grubb and Ellis · Meeting the Carbon Challenge: The Role of Commercial Real Estate Owners [M]. Users & Managers, Chicago. 200.

⑥ Hertwich E G, Baldo Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis [J]. Environmental Science & Technology, 2009, 43 (16): 6414-6420.

⑦ IPCC. Climate Change: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.

地界定系统边界,最大限度地减少阶段误差。Laboratory of Manufacturing and Productivity 研究领域包括工业企业制造工艺与系统的采购、生产、销售、回收等全生命周期的分析,侧重于碳足迹对相关环境影响的效应检测<sup>①</sup>。迪亚兹(Díaz)等采用生命周期法对煤炭企业整个开采过程的碳足迹进行计算,发现通风气的排放是煤炭开采过程中最重要的温室气体排放源,占到温室气体总排放量的60%~70%<sup>②</sup>;约瑟夫(Iosif)等采用生命周期法并应用 Aspen Plus 软件构建计算模型,对钢铁工业从炼焦到热轧全过程的温室气体排放进行了核算<sup>③</sup>;马纳尔(Aranya Venkatesh)等采用过程框架和统计建模方法,建立了化石燃料生命周期中温室气体排放的不确定性评价模型<sup>④</sup>。如果在产品系统边界不能确定、核算结果不允许有截断误差、工业生产过程相关数据较难获得的情况下,则不能采用该方法。

IPCC 算法是指由国际气候变化专门委员会(IPCC)所编写的《国家温室气体清单指南》所提供的温室气体排放计算方法,通过六个部门来计算碳足迹,包括产品生产、产品使用、能源、农业、土地利用和废弃物,主要用于这六个领域的直接或间接碳足迹的计算<sup>⑤</sup>。阿里和考克萨(Ari and Koksall)应用 IPCC2006 指南中有关能源部门化石燃烧产生的碳排放计算方法,计算了土耳其电力部门的碳排放,在此基础上提出了减少碳排放的对策及建议<sup>⑥</sup>。IPCC 算法在工业碳足迹中的应用,全面考虑温室气体排放源,阐述了计算原理,对不同温室气体的排放情况给出不同的计算方法,并列出相应的排放因子数据。该方法仅能从生产角度计算碳足迹,忽视从其他角度考虑碳排放,不利于对碳足迹管理的全方位监控。

投入产出法是由美国经济学家瓦西里·列昂惕夫创立的,是一种自上而

① Timothy Gutowski. Environmentally benign manufacturing: Observations from Japan, Europe and the United States [J]. Journal of Cleaner Production, 2005, 13: 1-17.

② Díaz E, Fernández J, Ordóñez S, et al. Carbon and Ecological Footprints as Tools for Evaluating the Environmental Impact of Coal Mine Ventilation Air [J]. Ecological indicators, 2012, 18: 126-130.

③ Iosif A M, Birat J P, Mirgaux O, et al. Reduction of CO<sub>2</sub> Emissions in the Steel Industry Base on LCA Methodology [L/OL]. [http://www.ulcos.org/en/docs/Ref33%20-%20TMS\\_CO2\\_correct\\_1.pdf](http://www.ulcos.org/en/docs/Ref33%20-%20TMS_CO2_correct_1.pdf).

④ Venkatesh A., Griffin W. M., Jaramillo P., et al. Uncertainty analysis of life cycle greenhouse gas emissions from petroleum-based fuels and impacts on low carbon fuel policies [J]. Environ. Sci. Technol., 2010, 45 (1): 125-131.

⑤ IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

⑥ Ari I, Koksall M A. Carbon Dioxide Emission from the Turkish Electricity Sector and its Mitigation Options [J]. Energy Policy, 2011, 39 (10): 6120-6135.