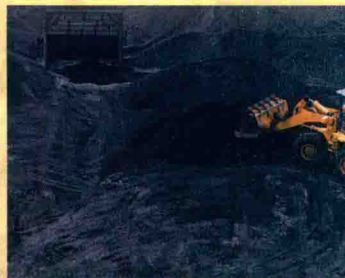
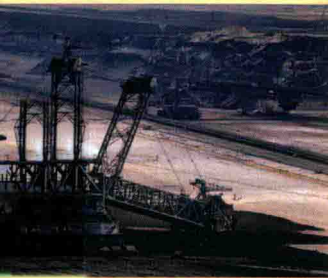




露天煤矿碳排放量核算及 碳减排途径研究

张振芳 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

露天煤矿碳排放量核算及 碳减排途径研究

张振芳 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

露天煤矿碳排放量核算及碳减排途径研究/张振芳著. —北京:
知识产权出版社, 2016. 10

ISBN 978 - 7 - 5130 - 4492 - 9

I. ①露… II. ①张… III. ①煤矿开采—露天开采—二氧化碳—
减量化—排气—研究—中国 IV. ①X511 ②TD824

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 231392 号

责任编辑: 国晓健

封面设计: 臧磊

责任校对: 谷洋

责任出版: 卢运霞

露天煤矿碳排放量核算及碳减排途径研究

张振芳 著

出版发行: 知识产权出版社有限责任公司

社址: 北京市海淀区西外太平庄 55 号

责编电话: 010-82000860 转 8385

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

印刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16

版次: 2016 年 10 月第 1 版

字数: 250 千字

ISBN 978-7-5130-4492-9

网 址: <http://www.ipph.cn>

邮 编: 100081

责编邮箱: guoxiaojian@cnipr.com

发行传真: 010-82000893/82005070/82000270

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

印 张: 13.5

印 次: 2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

前 言

在低碳经济背景下，露天煤矿积极开展了低碳项目，目前露天煤矿的节能减排已取得良好的低碳效益。但露天煤矿碳排放水平并无量化研究，对露天煤矿的低碳发展起了制约作用。本书对露天煤矿碳排放量核算方法和碳减排途径进行研究。

笔者通过对露天煤矿生产过程的分析，认为露天煤矿主要有五个碳排放源：直接源燃油（柴油、汽油）、炸药、逸散、自燃和间接源电力。炸药指爆破引起的碳排放；逸散指由于开采活动对煤层结构造成破坏导致赋存的温室气体释放到大气中；自燃指采煤工作面和排土场中的煤自燃引起的碳排放。在目前已有的相关研究的基础上，分别给出了燃油、炸药、逸散、自燃和电力的碳排放因子。基于炸药的基本原理，明确了炸药碳排放因子计算方法：碳平衡法和B-Wilson法，并计算了露天煤矿中常用炸药的碳排放因子。

本书分别以能源消耗和露天开采生产环节为主线，构建了露天煤矿碳排放量初步核算模型和基于生产环节的露天煤矿碳排放量核算模型。露天煤矿碳排放量初步核算模型按照五类碳排放源构建；基于生产环节的露天煤矿碳排放核算模型按照以生产环节为主、初步核算模型为辅的原则，分为穿孔、爆破、采装、破碎、运输、排土、辅助、逸散、自燃九个部分构建。

采用基于露天煤矿碳排放量初步核算模型，结合安家岭、黑岱沟、伊敏河、布沼坝等国内具有代表性的露天煤矿统计数据 and 采用的开采工艺系统，分析了六种生产工艺系统的碳排放水平。同时，通过情境假设法应用基于生产环节的露天煤矿碳排放核算模型比较不同工艺系统的碳排放水平。所得结论为：剥离环节为单斗—卡车工艺时，采煤环节的碳排放水平由高到低为坑底自移半连续工艺、单斗—卡车工艺、坑底破碎和地面破碎半连续工艺、端帮破碎半连续工艺、地面破碎半连续工艺。单斗—卡车工艺优于部分半连续工艺的原因是碳排放核算中计入了电力间接碳排放源；运输环节和采装环节是露天煤矿碳排放量的最大来源，约占总量的80%。

当温室效应累积年限不同时，政府间气候变化报告中三种主要温室气体的全球增温潜势值不同，以2010年安家岭露天煤矿为例，核算当累积年限分别为20年、100年和500年时的碳排放量，表明累积年限对露天煤矿碳排放量的影响较弱，不超过1%。在此基础上研究了基于时效性的露天煤矿碳排放量核算方法，将温室效应分摊到存留期内，得到对应的计算公式。与传统方法相比，很好地反映了温室效应的时效性。仍以安家岭为例，应用时效性方法所得 n 年碳排放量小于传统方法所得值。

最后，提出了露天煤矿碳减排的主要途径，包括工艺转型、节电节油、降低柴油和电力碳排放因子等。针对剥离环节为单斗—卡车工艺，采煤环节为单斗—卡车工艺和四种不同形式的半连续工艺，对工艺、电力、柴油三类碳减排途径的碳减排量进行了核算和分析，对露天煤矿的低碳发展有良好的指导价值。

本书是集体研究的成果，感谢中国矿业大学姬长生教授、李小林老师、韩流博士、周爽硕士、姚国栋硕士等的帮助，感谢山西大学田新豹老师。同时感谢在参考文献中列出的以及没有列出的所有给予我启发的研究成果的专家学者！

本书从两个角度提出了露天煤矿碳排放量核算方法，并进行了应用研究，首次提出基于时效性的露天煤矿碳排放量核算方法，并且提出了露天煤矿的碳减排主要途径。鉴于研究者的水平所限，书中错误之处在所难免，欢迎同行及读者提供宝贵的意见，请与我联系，电子邮箱为：zhangzhenfang@sxu.edu.cn。

张振芳

2015年12月25日

目 录

1	导 论	1
1.1	研究背景及意义	1
1.2	研究现状及文献综述	5
1.3	研究目标和研究框架	27
1.4	研究方法和特色	28
2	碳排放量核算理论及中国煤炭生产企业温室气体排放核算方法	31
2.1	碳排放核算理论基础	31
2.2	中国煤炭生产企业温室气体排放核算方法	39
2.3	本章小结	56
3	露天煤矿碳排放量核算模型构建	57
3.1	露天煤矿碳排放源的识别	59
3.2	露天煤矿碳排放因子的确定	60
3.3	露天煤矿碳排放量初步核算模型构建	74
3.4	基于生产环节的露天煤矿碳排放量核算模型构建	76
3.5	本章小结	80
4	露天煤矿不同生产工艺系统的碳排放量核算研究	82
4.1	露天煤矿生产工艺介绍	82
4.2	不同生产工艺系统露天煤矿碳排放量初步核算研究	87
4.3	不同生产工艺系统基于生产环节露天煤矿碳排放量核算研究	102
4.4	本章小结	117
5	基于时效性的露天煤矿碳排放量核算初步研究	118
5.1	温室效应年限不同时的露天煤矿碳排放量核算	118
5.2	基于时效性的露天煤矿 n 年碳排放量核算研究	122
5.3	本章小结	136

6 露天煤矿碳减排途径研究	137
6.1 生产工艺系统角度的碳减排途径	137
6.2 柴油碳减排途径	138
6.3 设备耗能的碳减排途径	139
6.4 电力角度的碳减排途径	141
6.5 其他碳减排途径	144
6.6 露天煤矿碳减排量核算	150
6.7 本章小结	165
7 结论与展望	166
7.1 研究结论	166
7.2 研究展望	169
参考文献	171
附录 1 《京都议定书》	177
附录 2 上海市碳排放管理试行办法	193
附录 3 关于加强应对气候变化统计工作的意见	202

1 导 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

我国是一个以煤炭为主的能源消费大国。产煤基地作为我国煤炭产业链的最上游，不可避免地成为能源结构低碳化、煤炭清洁利用过程中的重要一环。

随着世界经济的快速发展以及全球人口的不断增加，人类生活中大量消耗的煤炭、石油和天然气等燃料，破坏了生物圈中碳循环的平衡。^[1]在引起全球气候变暖的诸多因素中，人类活动所产生的碳排放量不断增加是最主要的一个。因此，未来能源发展的方向将是清洁、多元和可持续，在发展经济的同时更要减少温室气体排放和减缓全球气候变暖。人类进入 21 世纪第二个十年，世界关注的焦点集中到碳减排这一话题。哥本哈根会议使“低碳经济”的理念再次引起全球关注，低碳经济成为新的经济发展模式，并终将演变成为全球经济社会发展格局的新规则。^[2]中国政府在 2009 年 12 月的哥本哈根气候变化峰会上首次宣布温室气体减排清晰量化目标，到 2020 年单位 GDP 的二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%，作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划，并制定相应的国内统计、监测、考核办法。^[3]在中国“十二五”规划纲要中，单位 GDP 的二氧化碳排放量降低 17% 也被指定为约束性指标。^[4]为了更好地完成中国官方承诺的碳减排目标，需要全社会各个行业的积极参与。工业企业是温室气体减排的实施主体，如何科学有效地对工业企业的碳排放进行量化核算，进而加强其温室气体管理，降低温室气体排放强度，直接关系到我国碳强度减排目标的实现，也必将会对目标的如期完成起到极大的保障作用。碳排放量核算是一个非常复杂的研究领域，要完成目标首先要有一个科学

的碳排放量核算方法，因此，碳排放量的核算研究显得非常重要。

尽管《京都议定书》（见附录1）并未规定发展中国具体的减排义务，但却同样提出了一定的要求。其中，议定书的第10条、第11条等相关条目是专门针对发展中国家的，旨在督促这些国家制定国家规划或区域规划，以改进排放温室气体的因素、数据和模式。我国作为《京都议定书》的缔约方只是暂时不需要像多数发达国家那样承担具体的减排指标，而实际上，我国也已开始承担该议定书规定的全球控排温室气体的所有缔约方都应承担的普遍性义务。

随着近年来一系列国际性会议、双边会晤、多边合作等活动的举行，气候变化已经成为主要的国际性议题。国际对全球气候变化的关注及采取的应对措施已形成一种不断发展演化并日趋严格完善的国际制度架构。在不久的将来，中国将不可避免地承担其中相应的二氧化碳减排义务。在最近几次全球气候大会谈判上，发达国家要求发展中国家特别是中国承担二氧化碳减排的呼声越来越高。

近年来，我国能源消费量和温室气体排放量都呈现大幅迅速增长。根据国际能源机构（International Energy Agency, IEA）的统计，1980—2006年我国化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放的平均增速达到5.73%，特别是2001年后增速更为迅猛，平均每年增速超过10%，2006年我国温室气体排放量达到60.2亿吨。2001—2006年的这6年中，中国的排放增长占全球排放增长的58%。根据2008年荷兰环境评价部的研究报告，在2007年，中国的二氧化碳排放量为62亿吨，已经超过了美国，成为世界上最大的温室气体排放国。

随着国际社会空前关注碳减排问题，煤炭行业也受到很多的诟病。^[5]《BP世界能源统计2009》报告所提供的数据显示，我国一次能源结构中，煤炭占70.2%，位居世界首位，由此引发的二氧化碳过量排放问题不容忽视。目前我国75%的二氧化碳和90%的二氧化硫等温室气体都是由煤炭生产与消费导致，因此煤炭再一次被推到了能源革命的前台。^[6]我国已成为世界第一产煤大国。^[7]煤炭本身就是高碳能源，但是煤炭开采、分选、加工和利用全过程都存在直接或者间接的碳排放。^[8]从这个角度看，在我国大力提倡能源开发利用过程的低碳化，不仅内涵明确，而且是实现温室气体减排目标的科学手段。

煤炭行业在完成我国承诺的碳减排目标中起着很重要的作用。^[6]露天煤矿的开发与建设是我国“十一五”期间建设13个大型煤炭基地的重要组成部分。“十一五”期间，重点建设10个千万吨级现代化露天煤矿，^[9]已经建成和正在建成的有：神华哈尔乌素露天矿、大唐国际胜利东二号露天矿、神华准东

露天矿、鲁能宝清露天矿和平朔东露天矿、特变电工天池能源南露天矿、准东奥塔乌克日什露天煤矿等。《中国节能技术政策大纲》中明确要求“新建矿山，在采矿技术和经济条件允许的情况下，优先采用露天开采”。随着新疆和内蒙古大型煤炭基地的不断建设，会有更多的矿体适合露天开采，将会为我国经济建设做出更大的贡献。

本书选取露天煤矿作为主要研究对象，主要研究内容包括露天煤矿的碳排放量核算模型的构建，不同生产工艺露天煤矿的碳排放量核算和对比，露天煤矿基于时效性的碳排放量核算研究和露天煤矿降低碳排放量的实现途径。

1.1.2 研究意义

作为世界上最大的煤炭生产与消费国家，煤炭在我国能源生产和消费结构中，一直占据绝对性主导地位。煤炭产量和消费量总体上一直保持持续、快速增长。2013年，煤炭占我国能源生产的比例一直维持在71.64%。虽然煤炭占能源消费总量的比重逐年降低，但是2013年仍然高达59.36%。未来较长一段时期内，我国以煤炭为主的能源生产和消费格局，仍难以改变。对于露天煤矿碳排放量核算的研究，一方面可以从理论上探究国家利益与企业利益的结合点，寻找量化处理的方法；另一方面也可以在实际应用中，使露天煤矿对自身低碳经济的发展水平有准确、客观的了解，使政府便于制定相关的宏观政策，企业明确自己发展低碳经济的优点和不足，从而能够采取更合适的措施，以便从源头上减少碳排放。

相关资料显示，我国已经成为世界二氧化碳排放大国之一。^[10]按照目前的二氧化碳排放增长速度，下一步很有可能成为国际社会一致要求严格承担减排任务的对象，我国控制二氧化碳排放的任务将是十分繁重的。对此，必须要有清醒的意识和前瞻的安排。对于温室气体排放量的核算是我们实现官方承诺目标的第一步，建立自己的温室气体核算体系是非常重要的。无论为了以后的国际对话，还是为了使我们能够比较清晰地认识到煤炭产业在降低温室气体排放中的重点研究方向，温室气体排放量的核算都非常重要。

1.1.2.1 为中国在未来碳排放的国际谈判中提供量化依据

作为世界上最主要的碳排放国之一，中国的碳排放变化引起了世界各国的重视，^[11-13]使中国在国际气候谈判中面临较大的政治压力。在减缓碳排放量方面，我国目前面临着国际谈判压力和国内经济发展而产生的双重压力。目前我国暂无碳排放量的直接监测数据，全国性的报告机制正在建立之中，因此大部

分的测算研究或是基于能源消费量，或是依据国外研究机构发布的数据。国内的研究数据一般采用美国二氧化碳信息分析中心（CDIAC）、荷兰环境评价机构（MNP），以及美国能源部能源信息署（EIA）公布的数据。因此，对中国露天煤矿的碳排放进行科学的定量核算，有助于了解露天开采行业碳排放状况，为基于不同行业或部门的低碳经济规划战略的制定提供科学依据。^[14]

1.1.2.2 为完善“十二五”规划中的温室气体排放统计核算制度提供参考依据

“十二五”规划中提出建立完善温室气体排放统计核算制度，对于露天煤矿碳排放量核算的研究也是其中的一个部分。煤是碳的最主要载体。煤炭长期、有力地保障着我国经济社会的发展繁荣，不论现在和将来，煤炭都是中国的主要能源，与煤炭有关的温室气体排放量估算的准确性，对中国温室气体排放量估算的准确性影响很大，与国家利益息息相关。^[15]同时也为露天行业的温室气体排放统计提供参考，对促进露天煤矿节能减排，发展循环经济，探索低碳运行模式有非常现实的意义。

1.1.2.3 为露天煤矿行业的碳排放量核算提供理论基础

在露天煤矿的温室气体排放方面，只有像美国、澳大利亚这样的矿业大国开始了一些研究，但研究视角各异，侧重各不相同，且大多处在实验室研究阶段。虽然国内温室气体排放方面的研究也很活跃，但几乎全部集中在电力、钢铁、水泥等化石燃料高消费的工业领域以及农林牧业，却忽视了作为主要化石燃料生产行业采矿业本身的温室气体排放问题。煤炭在2010年分别占一次能源生产和消费总量的76.5%和68%。2010年生产212 279.7万t标准煤，而露天煤矿生产了19 286.1万t标准煤，约占总产量的9.08%。^[16]所以基于露天煤矿作为主体的研究是具有现实意义的。现有露天矿环境方面的研究多侧重于对露天矿造成的环境污染和生态环境的破坏，或是节能减排的研究，对于露天矿温室气体排放的核算研究几乎空白。因此，对露天煤矿碳排放量的核算模型进行研究，并尝试研究将时间因素加入后的碳排放量核算，将为整个露天煤矿行业的碳排放量核算提供基础理论。

1.1.2.4 为露天煤矿的碳减排途径指明方向

由于目前对露天矿的温室气体排放还没有全面系统的估算，因此所提出的减排措施也有失科学性和全面性。对于露天煤矿低碳核算的研究，可以使露天煤矿行业对其碳排放源，尤其是特别需要重点关注的碳排放源有更为清晰的认识，为节能减排和露天煤矿的低碳发展提供量化依据。通过对露天煤矿碳排放量核算的研究，对露天煤矿的碳排放源有更深刻的理解，能够找到露天煤矿最

主要的碳排放源，进而为露天煤矿的碳减排途径指明方向，提出的碳减排措施更有针对性。

要有效控制碳排放，首先需要有一个正确的核算方式，进而能够找到主要的碳排放源，才可以更有针对性地通过节能减排、技术改造等措施来降低温室气体排放。因此，碳排放量核算的研究是非常重要的。其目的并非精确核算碳排放量，而是能够为露天煤矿行业的碳排放量核算提供一种方法，能够了解其碳排放水平，并通过核算找到主要的碳排放源，从而能更好地采取针对性措施。目前我国碳排放量核算体系还未建立起来，对于各行各业的碳减排工作，尤其是企业进行碳排放核算是其中一项必需的基础工作。对于铝业、水泥业等行业已有相关碳排放量核算的研究，对于煤炭开采尤其是露天煤矿碳排放量核算的研究非常少，因此本书针对露天煤矿的碳排放量核算的研究是非常有意义的。^[17,18]

1.2 研究现状及文献综述

本书的研究对象为露天煤矿，研究重点为露天煤矿的碳排放量核算和碳减排途径。对于温室气体的减排称为碳减排。低碳，指较低（更低）的温室气体（二氧化碳为主）排放。^[19]其含义是，为维持生物圈的碳平衡，抑制全球气候变暖，需要降低生态系统碳循环中的人为碳通量，通过减少碳源改善生态系统的自我调节能力。^[20]低碳经济是以低能耗、低污染、低排放为特征的经济发展模式，其实质是建立新的产业结构和能源结构。^[21]低碳经济的关键环节是温室气体长期减排和经济社会的可持续发展，核心是发展清洁低碳能源技术，建立低碳经济增长模式和低碳社会消费模式。可以说，低碳经济是继农业文明、工业文明之后的又一次重大进步。低碳经济最早见之于政府文件是在 2003 年的英国能源白皮书《我们能源的未来：创建低碳经济》^[22]。书中指出，低碳经济是通过更少的自然资源消耗和更少的环境污染，获得更多的经济产出。低碳经济之所以被认为是未来经济最有希望的增长点，就是因为它具有明显的节能减排、刺激经济、促进就业三方面的效应。目前碳排放量核算主要以能源消耗为基础，尚缺乏对生产过程消耗的细分。本书将从露天煤矿生产工艺系统和生产环节的角度研究其碳排放量的核算。

1.2.1 温室气体排放国内外现状

随着 2009 年哥本哈根会议、2010 年坎昆会议的召开，低碳受到了越来越

多的关注。低碳是在人类温室效应及全球气候变暖问题日趋严重的背景下提出的。随着全球气候变暖给人类环境和自然生态带来的影响日益严重，人们逐渐认识到，必须改变高碳模式。2008年的世界环境日主题定为“转变传统观念，推行低碳经济”，更是希望国际社会能够重视并采取措施使低碳经济的共识纳入决策之中。2010年中国的世界环境日主题为“低碳减排，绿色生活”，也体现了我国对低碳发展的重视。伴随着温室效应、气候变暖的日趋严重，我国对低碳经济的关注也越来越多。自1990年以来，人们对确定和量化温室气体排放的兴趣越来越大，已了解其对全球大气的影响，并开始更好地了解不同温室气体的来源及影响。当前的碳排放量是通过诸多方法确定的，包括宏观模型、直接测量、计算和估算。随着时间的推移和经验的增加，对每一种方法的准确性、价值和适用性的了解也在增加。

1.2.1.1 碳排放国外研究现状

自20世纪90年代以来，美国东西方研究中心先后在印度、泰国、中国等发展中国家进行了一系列关于温室气体和污染物排放因子方面的实验。研究表明，《IPCC国家温室气体清单编制指南》（以下简称《IPCC指南》，书中所介绍的方法简称为IPCC方法）是一个动态的但未充分考虑不同国情的参考材料，其推荐值不能如实反映发展中国家二氧化碳排放的具体情况。早期有关中国温室气体排放量估算的研究由于缺乏合适的数据和准确的排放因子，造成估算结果各异。因此，合理选择与我国国情相适应的能源数据和相对准确的二氧化碳排放因子，是当前全球变化与能源研究领域共同关注的焦点之一。^[23]

2007年12月12日，在印度尼西亚巴厘岛，联合国气候变化大会召开。该次会议旨在拟定“巴厘岛谈判路线图”，使2012年《京都议定书》第一承诺期结束后的减排工作能顺利进行。为了缓解当前气候变暖的严峻形势必须谋求实现二氧化碳减排已经成为各方共识。

2009年12月7日，在丹麦首都哥本哈根 Bella 中心召开《联合国气候变化框架公约》缔约方第15次会议，最终，会议达成了不具法律约束力的《哥本哈根协议》。中国政府首次宣布温室气体减排清晰量化目标，到2020年单位GDP二氧化碳排放比2005年下降40%~45%。

2010年11月29日至12月10日在墨西哥坎昆召开《联合国气候变化框架公约》第16次缔约方大会和第6次《京都议定书》成员国大会。在未来国际气候制度构建方面，提出设立每年进行全球气候变化问题公投，倡议设立国际气候法庭，监督《联合国气候变化框架公约》的执行情况。

国际上二氧化碳减排主要有三种方案：一是节约用能，提高能源利用率和

转换率；二是采用燃料替代，大力发展低碳的化石燃料、核能、可再生能源和新能源；三是从化石燃料的利用中分离和回收二氧化碳并加以封存。^[24]

当前，国际上有关低碳经济研究的主要内容有：能源消费与碳排放，包括与碳减排有关的能源消费结构的转换和低碳排放能源系统的建立；经济发展与碳排放，主要探讨不同经济发展模式、阶段、速度与碳排放的关系；农业生产与碳排放，包括土地利用变化、农业土地整治、农业生产水平与结构的变化等；碳减排的经济风险分析与减排对策研究等。

2003年2月，全美几大工业部门和美国商业圆桌会议成员承诺，与能源部、环保署、交通部和农业部积极合作，在未来10年内共同致力于温室气体减排事业，达成了应对气候变化的共同愿景。参与该伙伴项目的工业部门包括：石油和天然气、交通运输、精炼、发电，煤炭和采矿、制造业（汽车、水泥、钢铁、镁、铝、化工和半导体）、铁路和林业等。尽管美国布什政府于2001年3月宣布退出《京都议定书》，但美国却十分重视节能减排。早在1990年，就实施《清洁空气法》，2005年通过《能源政策法》，2007年7月美国参议院提出了《低碳经济法案》，将低碳产业作为重振经济的战略选择。随着奥巴马政府上台，在应对气候变化问题上的态度更加主动，开发清洁能源、应对气候变化、向绿色经济转型，成为其执政的重大议程之一。2009年6月28日，美国众议院通过了《清洁能源和安全法案》。这是美国第一个应对气候变化的一揽子方案，内容涵盖了国家战略、碳技术、能源效率、减缓全球气候变暖、碳市场保障等十几个层面的内容。不仅设定了美国温室气体减排的时间表（到2020年温室气体排放量在2005年基础上减少20%，到2050年减排83%），加大了对发展低碳经济的补贴和投资，还设计了排放权交易。试图通过市场化手段，以最小成本来实现减排目标。

英国是世界上发展低碳经济最积极的倡导者和实践者，也是先行者。作为第一次工业革命的先驱，英国政府在2003年的能源白皮书中，系统地阐述了低碳经济发展的战略构想，声称到2050年前完成减排至少60%的目标。通过发展、应用和输出低碳技术，创造新的商机和更多的就业机会，从根本上把英国变成一个低碳经济国家。2008年颁布实施的《气候变化法案》使英国成为世界上第一个为温室气体减排目标立法的国家，并成立了相应的能源和气候变化部。2009年7月15日，英国政府又公布了《英国低碳转型计划》，提出了到2020年将碳排放量在1990年基础上减少34%的具体规划，阐述了将要采取的措施。计划内容涉及能源、工业、交通和住房等多个方面，这标志着英国推动经济向低碳转型又迈出具有实际意义的一步。通过实施气候变化税（CCL）

制度、设立碳基金、推出气候变化协议（CCA）、规范排放贸易机制等一系列激励机制，英国低碳经济的发展取得了明显成效，达到了《京都议定书》规定的减排目标，走出了一条崭新的可持续发展之路。

德国承诺到 2020 年，在 1990 年水平上减排二氧化碳 40%。为达到这一目标，德国政府实施气候保护高技术战略，将气候保护、减少温室气体排放等列入其可持续发展战略中，并通过立法和约束性较强的执行机制制定气候保护与节能减排的具体目标。从 1977 年至今，相继出台了 6 期能源研究计划，以能源效率和可再生能源为重点，大力提供资金支持。另外，德国政府利用征收生态税、鼓励企业实行现代化能源管理、推广“热电联产”技术、实行建筑节能改造等手段提高能源使用效率，促进节能减排。政府还将发展可再生能源和低碳技术作为战略重点，减少碳排放，促进可持续发展。^[25]德国联邦内阁于 2011 年通过了第六能源研究计划。该计划规定了德国政府未来几年在创新能源技术领域资助政策的基本原则和优先事项，是德国政府能源和气候政策的补充。2011 年至 2014 年德国政府将为该研究计划拨款 34 亿欧元。

意大利政府在发展低碳经济时将重点放在可再生能源和新能源的开发和利用上。制订了一系列旨在发展可再生能源、提高能源效率、减少主要能源生产和消耗领域二氧化碳排放的政策措施。1999 年通过立法的形式开始实行“绿色证书”制度，即要求电力生产商或电力供应商在其电力生产或电力供应中必须有一定比例的电量来自可再生能源发电，经国家电网管理局认可后颁发证书。实质上这是一种促进可再生能源发展的配额制度。2005 年为减少能源消耗采用了“白色证书”制度，是对能源企业提高能源效率的一种认证，企业必须申请“白色证书”。对于达到节能目标的企业，政府将给予一定的经济奖励，否则将受到经济处罚。2007 年及新近出台的 2015 法案中关于能源的一揽子计划以及向欧盟提出的能源效率行动计划等，都是通过节能减排的政策措施鼓励和引导新能源技术开发，促进低碳经济的发展。上述一系列举措表明了意大利政府既要履行减排承诺，又希望保持工业发展和经济增长优势的双重战略目标。

日本政府提出利用市场机制，对二氧化碳进行定价，引入排放权交易制度，碳抵消、碳会计制度，创新税收系统，研究“地球环境税”等相关课题。日本低碳经济发展思想最初可以追溯到 20 世纪 70—80 年代，出于对能源短缺的恐惧和国家的需要，日本政府和国民很早就把节能技术和新能源技术作为国家重点发展的产业。日本于 2008 年正式提出构建低碳社会的战略构想，并陆续出台一系列政府规划，对具体的目标和推进措施进行了阐述。日本政府

和国民共同行动，致力于本国低碳经济的发展。通过大力研发低碳节能技术和不断调整相关政策法规，低碳节能效果已开始在一些领域显现。为了控制温室气体的排放，从2009年起，日本开始试行“碳足迹”标示制度，即将一项产品或服务在原料调配、制造、流通/销售、使用、废弃/回收5个阶段排出的温室气体折算成二氧化碳排出量，然后在产品的包装上加以标示。这是使二氧化碳排放量“可视化”的有效手段。“分业种减排方法”（Sectoral Approach），是日本根据自身技术及产业结构来设计提出的一种减排制度，强调将能源效率指数导入电力、钢铁和水泥产业等大量排放二氧化碳和其他温室气体的工业部门，计算出可以削减的排放量，然后汇总作为每个国家设定自己减排目标的标准。而这种方法将为世界同类行业树立相同的标准（不考虑行业对国家的经济发展影响）。日本是世界上低碳经济发展比较成功的国家之一，其节能减排理念发展至今已有40多年的历史。凭借着政策的不断调整以及低碳节能技术的发展进步，日本低碳节能效果已逐渐显现。^[26]

澳大利亚温室气体办公室（AGO）负责清单编制工作，专家与AGO签订合同，分别负责清单报告、报告格式表格和未来趋势的制定。成立了国家温室气体清单委员会，由各个州和地区的代表组成，负责回顾和评价清单及其编制方法。还成立了政府部门间委员会，主要包括工业旅游和资源部、农业林业和渔业部、交通和区域服务部、外交事务和贸易部、总理和议会、农村科学局、农业和资源经济局、澳大利亚环境部。清单划分的部类包括：能源、工业过程、溶剂和其他产品使用、农业、土地利用和森林、废弃物6个。温室气体办公室有4个人负责清单工作，另外有5名专家协助。投入的资金为110万澳元（不包括国家碳统计系统或数据库开发）。清单采取的方法与政府间气候变化专门委员会（IPCC）方法一致，如果有详细国家数据的地方则采用国家数据。基本原则是保持数据和方法的透明性。澳大利亚国家清单报告（NIR）的主要内容包括：主要源分析、不确定性定量分析、质量保证/品质控制（QA/QC），部门排放趋势分析。在不确定性定量分析方面，采用了专家判断方法、IPCC方法、随机抽样技术。而且量化分析方法越来越多，但到目前为止，还没有对整个清单进行不确定性分析的结果。在QA/QC方面，采用了IPCC好的做法上面的指标，由温室气体办公室参加QC检查，组织咨询顾问检查数据和比较结果。未来要进一步进行的工作主要包括，通过国家碳统计系统更好地分析土地利用和森林变化，对其他部门的方法和数据进行评价，继续实施好的做法，另外就是进一步开发数据库系统。

除上述几个国家外，加拿大、瑞典、法国、挪威等发达国家也都制定了一

系列旨在减少温室气体排放、发展低碳经济的长期规划。中国、印度等广大发展中国家也积极行动起来，可以说，发展低碳经济作为协调社会经济发展、保障能源安全与应对气候变化的基本途径，已经成为后危机时代各国的一个普遍共识。

国际上计量温室气体减排量的方法主要有两种：一是通过分行业、分部门调查经济活动来进行统计计量。全面的温室气体排放统计计量几乎包含了所有的自然生态系统和社会生产部门，是一项非常庞大的工作，计量结果也易受主观因素的影响。二是利用全球大气观测地面站、高空热气球、航空器、卫星以及其他遥感观测设施等先进手段的综合运用来进行科学监测计量，计量结果较为客观公正。^[27]

温室气体排放数据是国际上开展温室气体排放评价与减排责任谈判的数据基础。国际上基于全球尺度的主要温室气体排放的数据来源包括美国能源信息署（EIA）、世界资源研究所（WRI）、美国橡树岭国家实验室 CO₂ 信息分析中心（CDIAC）、《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）和 OECD 国际能源署（IEA）。^[28]

Johnston 等学者探讨了英国大量减少住房二氧化碳排放的技术可行性，认为利用现有技术到 21 世纪中叶实现在 1990 年基础上减排 80% 是可能的。^[29] Treffers 等学者探讨了德国在 2050 年实现在 1990 年基础上减少温室效应气体（GHG）排放量 80% 的可能性，认为通过采用相关政策措施，经济的强劲增长和 GHG 排放的减少的共同实现是可能的。^[30] Kawase 等学者通过改进的 kaya 恒等式对碳排放进行了因素分解研究，并对不同国家的碳减排目标进行了情景预测；回顾和描绘了长期气候稳定的情景，将排放变化分解为三个因素：二氧化碳强度、能源效率和经济活动等，指出为实现 60% ~ 80% 的减排目标，总的能源强度改进速度和二氧化碳强度减少速度必须比以前 40 年的历史变化速度快 2 ~ 3 倍。^[31] Shimada 等学者构建了一种描述城市尺度低碳经济长期发展情景的方法，并将此方法应用到日本滋贺地区。^[32] Sovacool 等对全球 12 个大都市区的碳足迹进行了评价分析，并提出了减少碳足迹的政策建议。^[33] Kenny 以爱尔兰为例，对六种碳足迹计算模型的运行效果进行了对比分析。^[34] 1998 年，Bickne 在生态足迹研究中提出了基于投入产出分析的模型（以下简称 IOA - EF 模型），即采用投入产出技术，以土地乘数来计算区域生态足迹的贸易流动的新思路，利用投入产出表的产品流信息追踪和计算最终消费的生态足迹格局，弥补了 EF 基本模型在识别环境影响的真实发生位置、组分构成及其在产业间的相互联系等的不足。^[35-37] Shimada K 建立了对未来区域尺度上低碳经济