



中國人民大學
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA

硕士学位论文

THESIS OF MASTER DEGREE

论文题目：低碳经济实证及相关法律问题研究
——基于中外低碳道路养护技术实证的分析与比较

(英文)：The Economical Low-Carbon Diagnosis and The
Correlation of Legal Research - - Based on The Diagnosis、Analysis
and Comparison of the Chinese and Foreign Economical
Low-Carbon Asphalt Road Maintenance Technology

作者：黄艳

指导教师：周珂 教授

2012 年 4 月 10 日

中国人民大学

硕士学位论文

论文题目：

(中文) 低碳经济实证及相关法律问题研究
——基于中外低碳道路养护技术实证的分析与比较

(外文) The Economical Low-Carbon Diagnosis and The Correlation
of Legal Research — Based on The Diagnosis、Analysis
and Comparison of the Chinese and Foreign Economical
Low-Carbon Asphalt Road Maintenance Technology

作者学号：HKRULLM09027

作者姓名：黄艳

所在学院：法学院

专业名称：环境与资源保护法学

导师姓名：周珂

论文主题词：绿色低碳经济；沥青公路养护；排碳测验

论文提交时间：2012年4月10日

独创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写的研究成果，也不包含为获得中国人民大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

论文作者（签名）： 黄艳 日期： 2012年4月10日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解中国人民大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

论文作者（签名）： 黄艳 日期： 2012年4月10日

指导教师（签名）： 周珂 日期： 2012年4月10日

摘 要

碳排放压力和能源制约已经成为全球经济和环境不可承受之重，也是中国需要应对之重大课题。工业革命以来，大气中的二氧化碳浓度在 150 年间上涨了有 28%，从 1850 年的 285ppmv 上升到 1998 年的 366ppmv，人类对于地球系统的影响强度和速度前所未有。近一百多年来，全球变暖趋势显著，进入新世纪的这十年也成为近代以来最暖的十年。进入上世纪 90 年代，温室气体的排放导致温室效应的显著，气候危机和环境问题日益突出，国际社会对于碳源和碳汇日加关注，地球碳循环成为研究热点。我国目前已经成为世界上最大的温室气体排放国。在全球碳排放的政治博弈中，高速发展的中国经济已成为众矢之的，作为碳排放大国和最大的发展中经济体，中国碳减排任务艰巨，中国在转变增长模式、提高资源利用率方面任重道远。

我国目前的经济体系是基于煤炭、石油、天然气能源的高碳经济体系，而且这种体系是我国工业化不得不选择的必然体系，不会在短期内就可以过渡到低碳体系或低碳阶段。除了碳排放这一压力之外，我国面临的另一个问题是能源的短缺，在化石能源作为主能源的当代中国，我们必须考虑能源供应的稳定性和安全性。在对能源越来越依赖的今天，能源的安全性和稳定性已经是一个国家战略层面的问题。同时，保证能源供给的另一个角度是节约资源，提高能源的利用率，这不仅可以降低对石化能源的依赖度，同时也是给环境减压，保证了我国碳排放的降低。

现代中国，公路已经成为我国国民经济发展的主要支柱和基础设施建设的重要组成部分。而随着公路建设事业的发展 and 汽车产业的增长，公路基础建设和汽车排放导致的环境问题已经日渐明显。低碳经济需要低碳交通，低碳经济的公路交通现代化可概括为：规模适当、结构合理、管理信息化、低能耗、低排放、与自然环境协调发展的现代化公路交通。能耗低、污染低、排放低的“三低”发展模式是低碳交通的实质。公路交通行业在我国国民经济的发展过程中具有基础性的地位，是实现我国战略目标的重要保证，在我国国民经济的发展推进以及社会生活方式的转变等方面起着不可替代的作用。我国要构筑低碳交

通的模式，实现公路交通现代化，建立一套具备科学性、综合性和适用性的评价指标体系势在必行。

低碳化公路的建设不仅包括公路工程设计、施工过程中的低碳化，还包括公路养护过程的低碳化。目前采用的传统公路养护工艺，施工过程中封闭交通将造成道路拥堵、车辆行驶缓慢现象。堵塞在途中的车辆会造成大量的碳排放，我国公路养护中一年产生的二氧化碳约为 110 万吨，公路养护新技术的使用，将使公路达到不堵塞或缩短封闭道路的时间，使碳排放量大幅下降。以路面预防性养护为例，如果采用先进的路面再生技术，对原有路面旧沥青混合料进行保护，不破坏原有沥青路面，结果是施工现场不产生任何废料，不使用新的沥青混合料材料，公路养护不需要开采的石料，施工过程中产生的二氧化碳量减少到传统工艺的 10%左右，同时无需任何渣车，公路养护过程中车辆也能正常通行，交通效率高，车辆在路上排出的二氧化碳大幅度减少。

正是在这样的节能减排、改善人类生存环境的大背景下，本项目研究的目的是：建立一整套鉴定低碳道路的可行性指标，以推广低碳道路，即实现公路设施和公路施工工艺的低碳化，以期达到在交通管理及车辆技术状况和使用方式同等条件下，减少公路交通行业的碳排放，为我国公路运输提供一个低碳的交通设施，从而为我国的碳排放及人类生存环境的改善做出一份贡献。

关键词：低碳经济；低碳公路养护；法律保障

Abstract

Pressure to limit carbon emissions and to promote energy conservation has placed a burden on the global economy because major environmental issues can no longer be ignored and have to be tackled. Since the Industrial Revolution, human beings on a global scale have delivered a huge impact on our physical world with unprecedented speed and intensity. The atmospheric carbon dioxide concentration rose from 285 ppmv in 1850 to 366 ppmv in 1998, a rise of 28% in 150 years. Since the early 20th Century, global surface temperature has increased by 0.3 to 0.6 degrees C. The last 10 years have been the warmest period since 1860. Since the 1990's, with the increase awareness and understanding of the greenhouse gases and greenhouse effect, climate and environmental debates have become prominent public issues, such as international climate negotiations, evaluation of carbon source, carbon sinks and carbon cycle. With the recent and rapid modernization of its economy, China has become the world's largest emitter of greenhouse gases. On the international stage of global carbon emission discussions, Chinese economic development has become a target. The task China is facing in carbon emission reduction is arduous, requiring a long struggle in changing the growth pattern in its economy and in improving its resource utilization.

China's high-carbon economy is based on fossil fuel such as coal, oil and gas. This is inevitable as China is in an active phase of industrialization. The transition to a low-carbon economic and industrial system will not occur in a short period of time. China is also faced with a shortage of alternate energy sources, fossil fuel being presently the main energy supply in the country. At this stage of economic development, stability and security of energy supply are of paramount importance. These are not just economic issues, but have an important significance in national security policies as well. Some of the strategies to ensure a steady energy supply are to reduce consumption and to increase energy utilization efficiency. This will not

only reduce the dependency on fossil fuel, but also lower the pressure on the environment by reducing carbon emission over all.

In keeping up with the rapid economic development in China, transportation infrastructure has become an important component of the national economy. In recent years, the huge highway mileage expansion and the rapid increase in car ownership have increased the importance of the highway network in the overall transportation scheme in the country. The environmental degradation associated with road construction and maintenance and the increase in carbon emission due to heavier traffic have also become more prominent issues with the higher utilization of the highway system. To achieve a low carbon economy, a low carbon transportation system is absolutely essential. This will require a coordinated effort in sensible and innovative infrastructure design, construction and management techniques using the best engineering and information technology, and an environmentally friendly transportation fleet that is characterized by low energy consumption, low power and low pollution to the environment. As the development of an efficient and effective highway network and a low-carbon transportation system are essential to the economic development and social progress in China, a comprehensive and complete set of evaluation indices and data must be compiled to enable the implementation of the objectives of such a system.

Innovative technology in road building that aims at a lower carbon footprint is not limited to the engineering design and construction phases, but also involves the road maintenance process. Most traditional and commonly used road maintenance techniques would require closure or major restriction in traffic flow, resulting in traffic congestion or total stagnation. During road blockage or congestion, idle or slow moving vehicles emit a large quantity of carbon dioxide, which is estimated to be 1.1 million tons per year from road maintenance alone. Any technology that enables road maintenance to proceed with minimal road closure will decrease carbon emission significantly. An example of such new technology is Pavement Preventive Maintenance (PPM), a proven method that refreshes and protects the old asphalt road surface without disturbing the structure of the existing pavement. The benefit is that

the work site does not produce any waste and no new asphalt material is required, thereby saving much material resources such as petroleum derivatives and stone aggregates. The PPM process can reduce carbon emission by 90% as compared to traditional methods of highway pavement maintenance. Another positive impact of the PPM process on the environment is realized by the very short and minimal traffic interruption that entails, ensuring only small amounts of additional carbon dioxide emission is produced from the affected traffic flow.

It is against this background of energy conservation and emission control, and environmental concerns for human living conditions, that this study is directed towards the following objective: to study the feasibility for a set of achievable national standards that will govern the design, construction and maintenance of the low-carbon highway system so that the concept of low-carbon highways will be broadly adopted and implemented. The end result will be that under the same level of utilization, management and vehicle traffic volume, carbon emission will be reduced. This is the first step towards establishing a low-carbon transportation network, and is a contribution towards better environment for human habitation in China.

Key words: Low-carbon economy; Low carbon road maintenance; Legal protection

目 录

前 言	1
0.1 低碳经济以及低碳公路养护	1
0.2 选题意义	2
0.3 国内外研究现状	3
0.4 研究方法和论文结构	3
第 1 章 低碳经济及低碳经济立法	5
1.1 低碳经济	5
1.1.1 低碳经济的兴起	5
1.1.2 碳排放测定方法	6
1.1.3 碳排放发展政策	9
1.2 外国低碳经济立法分析	10
1.2.1 外国低碳经济立法状况	10
1.2.2 外国低碳经济立法制度和特点	15
1.3 中国低碳经济立法分析	18
1.3.1 中国低碳经济立法现状	18
1.3.2 中国低碳经济立法建议及前景	22
第 2 章 低碳交通及低碳公路养护	26
2.1 低碳交通	26
2.1.1 交通运输与中国碳排放	26
2.1.2 低碳经济与低碳交通	27
2.2 低碳公路养护	28
2.2.1 低碳交通与低碳公路养护	28
2.2.2 公路养护碳排放研究	29
第 3 章 基于低碳公路养护技术实证的分析与比较	31
3.1 公路养护碳排放研究方案	31
3.1.1 公路养护碳排放研究范围	31
3.1.2 公路养护技术分类	32

3.1.3 公路养护碳排放检测方法	33
3.2 公路养护碳排放检测	34
3.2.1 公路养护碳排放检测结果分析	34
3.3.4 公路养护碳排放检测结果分析	38
3.2.2 公路养护碳排放检测结果分析初步结论	42
3.2.3 公路养护碳排放检测结果深入研究设想	43
3.3 可量化低碳公路养护技术前景分析	44
第 4 章 推进低碳公路养护技术的法律保障	45
4.1 低碳公路养护技术与法律保障	45
4.2 低碳公路养护技术立法理论基础	46
4.2.1 低碳公路养护技术立法伦理基础	46
4.2.2 低碳公路养护技术立法目的选择	47
4.2.3 低碳公路养护技术立法价值取向	48
4.3 低碳公路养护技术立法制度构建	49
4.3.1 鼓励、限制或者禁止名录制度	49
4.3.2 公路养护技术市场准入制度	49
4.3.3 低碳公路养护技术规划制度	50
4.3.4 公路养护有毒有害物质禁止制度	50
4.3.5 公路养护技术绿色核算制度	51
4.3.6 低碳公路养护技术经济激励制度	51
结 语	52
参考文献	54
致 谢	59

前 言

0.1 低碳经济以及低碳公路养护

“低碳经济”是人类面对全球气候变暖和能源危机及其他对人类生存和发展的严峻挑战，旨在减少人类温室气体排放的经济发展形态。低碳经济要求减少化石能源的使用，减少温室气体的排放，达成减排指标和经济成效并重，低碳经济的考核指标是单位 GDP 的二氧化碳排放量。低碳经济的兴起，反映出从减少对环境破坏到人与自然融合为一体的思想脉络，这是一种进步的发展观。

现在中国谈低碳经济的时候，国务院总理温家宝强调的一个重点就是大力发展低碳技术，这也是他在国务院常务工作会议上多次提及的。今年两会，温家宝提及低碳经济的时候把低碳技术放在第一位，大力发展低碳技术并涉及到碳的减排的认证，国内上叫可量化，而只有可量化的低碳技术才可以被列为是低碳技术。能量化的低碳技术才能和中国的节能减排结合起来，因为现在中国已经把减少碳排放和以前的节能减排捆绑起来，指标下放到地方的政府，必须有碳的减排是多少。以前的节能是能源节源多少，减排是二氧化硫的减排和二氧化碳等废气减排。现在已经把碳强度减排跟这个捆绑在一块，所以下一步就是地方政府的一个任务就是把碳排量降低下来，接下来就是怎么样和国家的计划任务结合起来，比如说，必须有减排、测量和认证三样重要元素，再通过立法程序，推行低碳技术。

在过往的十多年间，国家每年以 3 千公里至 4 千公里惊人庞大的沥青高速公路建造速度建立全国的高速公路网，并以 2020 年达到全国总数 8 万 5 千公里为目标。这尚未计算数以百万公里计的城乡国道，这些建成的道路早已面临大中小修的时期。目前各种道路养护大都是高排炭及高重复率，每年国家耗费以数以千亿计算，2004 年 8 月加拿大国家工程研究院院士尔玛工程博士于中国公路学会曾发表 4 年研究报告，统计中 40 条高速公路，总长约 3 千公里，但超过

90%不合格，若不注重养护，每年盈亏超过千亿人民币，足以建设两个世界国际性水平的机场，若以此作为基数，那便中国所有高速公路每年所亏损足以建设超过 20-30 个世界国际性水平的机场。而其中高碳排量更是不计其数，为了量化这些养护方法，作多方面碳排放的分析和比较，追求低碳排绿色经济的养护技术和材料，并且提议应当建立适当的环境法规，给予引导及监管。

0.2 选题意义

随着人类生产生活方式的发展以及化石能源的大规模利用，温室气体的排放所引起的全球气候变化已经引起世人的广泛关注，并成为世界性的话题。人类活动排放的 CO₂ 被认为是导致气候变化的原因，但 CO₂ 在大气中的迁移信息却很模糊。科学家通过计算已获得了每年自然界 3300 亿吨 CO₂ 的循环路径，人类活动产生的 75 亿吨 CO₂ 尽管与自然界 CO₂ 的排放量相比微不足道，但它足以破坏系统中碳的平衡，导致气候升高。CO₂ 的吸收汇也同样存在很多谜团。目前已知，50%的 CO₂ 排放量主要是被海洋吸收了，但对其它的吸收汇科学家还不能有太多的解释。英国地球科学家肖恩·奎根指出：“我们运行模型时发现地球上有很多碳汇点，这些碳汇点都集中在北半球，但是它的具体位置还存在争论。”¹ 面临全球气候变化和能源危机的双重压力，“低碳经济”的兴起有其必然性，2009 年召开的哥本哈根会议专题研究了全球低碳问题，限制性碳排放和节能减排已成为全世界的共识。

随着人类经济发展模式和生活方式的转变，全球面临着严重的环境压力，所以，经济发展模式和人类生活方式必须转型，我国亦是如此。现代经济结构中，交通和物流是不可或缺的组成部分，并且是碳排放的重点行业，在减少二氧化碳排放过程中，交通运输必将成为人类思考的热点。² 低碳交通成为交通行业的心得发展趋势。低碳交通的实质是以一种低能耗、低污染、低排放为特征的新的交通发展模式。公路交通产业作为我国基础性产业，在带动社会进步、

¹ 《美国将发射碳观测卫星描绘全球碳排放地图》，人民网，2008 年 12 月 31 日。

² 2008 年《美国科学院报告》刊登的研究报告称，汽车、轮船、飞机和火车使用燃料所释放的气体是目前造成全球变暖的主要原因之一。过去 10 年，全球二氧化碳排放总量增加了 13%，而源自交通工具的碳排放量增长率达 25%。另有研究认为，运输业对二氧化碳的贡献度为 30% 以上。

支撑国民经济发展等方面发挥着不可替代的作用，是实现基础现代化的战略目标的重要支撑，必须先实现低碳交通的目标。为适应我国构筑低碳交通发展的要求，实现公路交通现代化，建立一套具备科学性、综合性和适用性的评价指标体系势在必行。

0.3 国内外研究现状

低碳经济方兴未艾，低碳公路的研究亦是世界上新课题。人类出行方式不同，碳排放亦是有很大不同。³测算表明，在等量运输下，铁路、公路、航空能耗比是 1.9:3:18.6。在运输方式中，公路和航空运输耗油最大，而铁路是耗油最少的运输方式。我国公路的平均能耗是铁路的 5~10 倍，美国是 3 倍。我国铁路运输外部成本是公里的 1 / 11，货运成本则是 1 / 25。⁴面临环境的巨大压力，鉴于公路交通在我国交通系统中所占的重要地位，低碳公路的建设养护研究势在必行。

目前，发达国家纷纷开展低碳经济的发展，但是对于低碳公路的建设并没有十分专业和权威的结论。就国内而言，低碳经济的发展刚刚起步，低碳公路的建设亦是一个新兴的课题。正是在这样的节能减排、改善人类生存环境的大背景下，本项目研究的目的是：建立一整套鉴定低碳道路的可行性指标，以推广低碳道路，即实现公路设施和公路施工工艺的低碳化，以期达到在交通管理及车辆技术状况和使用方式同等条件下，减少公路交通行业的碳排放，为我国公路运输提供一个低碳的交通设施，从而为我国的碳排放及人类生存环境的改善做出一份贡献。

0.4 研究方法和论文结构

本论文探讨的是低碳经济的相关法律问题，涉及到国内国外的相关立法、

³ 2009 年的《世博绿色出行指南》指出，不同交通工具的温室气体排放存在较大差异，据日本对各种运输方式的二氧化碳排放比例的调查结果表明，小轿车为 52%，货运车 31%，航运 6%，航空 3%，其它 5%。以欧盟为例，公路交通碳排放占交通领域碳排放的 72%，铁路则以 1.6%的碳排放完成了 10%的运量，铁路是最环保的运输方式。英国研究机构认为，铁路运输中二氧化碳的每人每公里排放量是公路的一半，是国内短途航空的 1 / 4。

⁴ 穆献中：《中国低碳经济与产业化发展》，石油工业出版社 2011 年版，第 95 页。

执法实践，而切入点是低碳公路沥青养护技术实证的分析与比较。总体构思为：全文围绕低碳立法问题，从国际到国内、从宏观到微观，探讨低碳立法在发展低碳经济中的重要性，从总体论述到实证分析。本文运用实证分析，比较研究，数据对比的研究方法，文章结构如下：

前言，在该部分当中，将低碳经济产生的历史沿革、定义、特点、内涵以及低碳道路建设的概念加以阐述。

第一章主要介绍世界及中国低碳经济发展与立法概况，围绕外国低碳经济发展概述，包括低碳经济理论源起及兴起原因，当前外国低碳经济发展思路、主要国家及中国低碳立法及低碳发展的实践与经验。

第2章主要分析低碳经济背景下中国的低碳交通，低碳交通与中国碳排放强度的关系，以及低碳公路养护技术与低碳交通的关系及其对中国低碳经济的贡献。

第3章基于中外低碳道路养护技术实证的分析与比较，主要是低碳道路养护实证分析比较，相关性能及施工案例，探讨低碳道路建设的迫切性、可行性，为我国的低碳公路养护技术立法做出实践性的贡献，提供数据支持。

第4章是推进低碳道路建设技术的法律保障，主题是制定低碳沥青道路养护的法律和政策，国标，鼓励可持续性发展。

结语部分对低碳公路养护技术及其法律保障进行总结。

第 1 章 低碳经济及低碳经济立法

1.1 低碳经济

低碳，指的是较低的或者是更低的温室气体排放，对于低碳的理解，可以从下面三种情况解释：温室气体排放的增长速度小于国内生产总值的增长速度；零排放；绝对排放量的减少，但是要保证经济的正增长。低碳经济的实质就是高效利用能源、清洁能源开发、实现绿色 GDP 发展。低碳经济的核心是技术创新和制度创新，包含了能源技术、减排技术的升级和产业结构以及经济制度的创新，并且追求人类生存和发展观念的根本转变。低碳经济是一种生活模式、生产方式、价值观念的全面转变。

1.1.1 低碳经济的兴起

低碳经济的兴起，是多方面综合因素的结果，是人类应对环境变化，寻求自身发展的一次反思，也是一次转变。而气候变化和化石能源的枯竭是直接原因。

一、全球气候变化逼近临近点

气候变化的严峻性和迫切性需要我们的正视。⁵工业革命以来，人类的物质财富急剧膨胀的同时气候变化的阴霾也已悄然笼罩，温室效应不但成为气候学家的研究重点，也成为人类生活中的关注点。工业革命的到来以前所未有的速度显著改变了自然界的碳循环。在此之前，大气中的二氧化碳浓度很长时间都是稳定在 270~290ppm，但是 1800 年之后，工业化和现代交通的发展，随着煤炭和石油的消耗，大气中的二氧化碳浓度增加，温室效应显现，地球开始“发烧”了。IPCC 第四次报告认为，自 1750 年来，大气中的二氧化碳浓度显著增加，在 1970-2004 年期间就增加了 70%，34 年间二氧化碳排放量增加了 80%，

⁵周珂、宋德新：《气候变化问题之批判》，载《河南省政法管理干部学院学报》，2008 年第 4 期。

超出了过去 65 万年自然变化的范围。⁶随之而来的是，21 世纪将是一个变暖的世纪。温室效应导致气候变暖，立竿见影的后果之一就是冰川和冻土带的融化，而这又会导致全球海平面的上升，威胁近海低地和岛屿国家；冻土带的融化会释放出大量的封存已久的甲烷等气体，进一步加剧温室气体效应。气候变化导致气候失调，引起全球极端天气事件，暴风雪、洪涝、干旱、高温等接踵而来，让人应接不暇。温室效应导致气候变化，气候迁移导致气象灾害，这些都会致使气候威胁：贫者更贫，从而引起全球性的不稳定。温室效应成为一个相互影响的恶性循环，并且朝着加剧的方向发展，所以，应对气候变化可谓已经是刻不容缓。

二、碳基能源走向终结

在现今全球能源结构中，煤炭、石油、天然气等化石能源占 87.9%，中国更是高达 93.8%。虽然人类依靠其创造了前所未有的奇迹，但是，碳基能源的大量燃烧导致气候变化，是温室效应、酸雨、灰霾等灾害的罪魁祸首，其储量的有限性也导致了它的不可持续性。人口规模的膨胀，经济规模的扩大导致能源需求的增加，化石能源形成的长时间性和储量的有限性，这是不可调和的矛盾。按照现有探明储量计算，石油、煤炭等能源在几十年内将被消耗殆尽，人类探索新能源的脚步从不停歇。碳基能源导致气象灾害，引起酸雨、灰霾等严重危害人类健康的气象现象，更为重要的是，碳基能源价格的高昂性已经成为国家发展的不可承受之重。而石油更是引起中东等地区持续动荡不安的主要原因。所以，我们需要改变能源结构，探索新能源。

温室效应的显现和由此导致的极端性的全球气候问题以及碳基能源高昂的价格和其走向枯竭，导致人类对于自己发展模式的思考，而 1995 年 3 月 28 日肇始于柏林会议的全球气候变化会议则为低碳经济的兴起提供了政治上和道义上的依据。此后，1997 年京都会议、2000 年海牙会议、2002 年新德里会议、2003 年米兰会议、2007 年巴厘岛会议、2009 年哥本哈根会议，逐步构建了全球气候公约的框架，为低碳经济的兴起提供了依据。⁷

1.1.2 碳排放测定方法

碳是生命物质中的重要元素之一，是有机质的重要组成部分。概括起来，

⁶ 陈晓春：《低碳经济与公共政策研究》，湖南大学出版社 2011 年版，第 172 页。

⁷ 参见周珂、李博：《哥本哈根会议与我国低碳经济的法制保障——以受试者的知情告知切入》，载于《法学杂志》，2010 年第 7 期。

地球上主要有四大碳库，即大气碳库、海洋碳库、陆地生态系统碳库和岩石碳库，碳元素在其中不断循环。二氧化碳、一氧化碳、甲烷等气体形式是大气中碳元素存在的主要方式，碳酸根是其水中的保存形式，碳酸岩石及沉积物是其岩石圈中的形式，以有机物和无机物形式在植被和土壤存在是其陆地中的存在形式。岩石和海洋碳库存量巨大，受到人类活动影响较小，陆地系统以及大气系统碳库受到人类活动影响巨大，且大气碳库联系其他几大碳库，在碳元素的流动和交换中不可忽视。大气中碳元素主要是以 CO_2 、 CH_4 、 CO 等气体形式存在，其中 CO_2 含量最大，也最为重要，因此，大气中的 CO_2 浓度可看成是大气中碳含量的一个重要指标。⁸

低碳经济的发展需要科学的技术手段对碳排放量加以测定，对碳足迹加以追踪，所以，需要科学的手段对环境中 CO 、 CO_2 的含量进行测定。 CO 为炼焦、炼钢、炼铁、炼油、汽车尾气及家庭用煤不完全燃烧的产物，更引人关注的是城市交通车辆增多，汽油在汽车发动机中燃烧时排放出大量的 CO 。⁹ CO 含量是大气污染监测最常见的监测指标之一，测定空气中 CO 主要是用仪器测量法，以红外线气体分析法、气象色谱法、电位法和汞置换法等，前三种方法应用比较普遍，汞置换法具有灵敏度高、响应时间快等特点，适用于大气中低浓度 CO 的测定。 CO_2 被认为是温室气体的主要组成部分，是全球气候变化的元凶。近来，由于生态环境的恶化，大气中 CO_2 浓度呈现上升趋势。测定低浓度 CO_2 （0.03%~0.5%）的方法有红外线气体分析法、气象色谱分析法、容量法、检气管法、被动式采样容量法等。准确度高、使用方便的红外线气体法已广泛用于公共场所 CO_2 的检测。

1、大气中碳排放的测定。陆地是人类活动的主要场所，也是人类碳排放的主要产地，陆地碳排放（吸收）具有排放（吸收）过程复杂、时空分布不均匀、生物源（汇）面积大强度低、输送交换过程复杂等特点，故为其温室气体的测量工作带来了很大的困难。¹⁰现今技术条件下，对于陆地生态系统 CO_2 的检测主要

⁸ Joe Wisniewski 等著，贾小丰译：《陆地生态系统的二氧化碳封存》，《水文地质工程地质技术方法动态》，2008年4月，第6期。

⁹陶波，葛全胜，李克让，邵雪梅：《陆地生态系统碳循环研究进展》，《地理研究》，2001年11月。 CO 是有毒气体，对人体有强烈的毒害作用，当 CO 浓度为 $125\text{mg}/\text{m}^3$ 时无自觉症状， $500\text{mg}/\text{m}^3$ 时会出现头痛、疲倦、恶心、头晕等感觉， $750\text{mg}/\text{m}^3$ 时发生心悸亢进，并伴有虚脱危险， $1250\text{mg}/\text{m}^3$ 时出现昏睡、痉挛而造成死亡。

¹⁰刘纪远，于贵瑞，王绍强，岳天祥，高志强：《陆地生态系统碳循环及其机理研究的地球信息科学方法

有下面两种方法：含动态箱法和静态箱法的箱法和含涡度相关法、梯度法、质量平衡法、能量平衡法等方法的微气象法。¹¹箱法测量法，静态箱法主要适用于稻田、农田、水体以及草原等区域，适合长时间的统计。动态箱法同静态箱法一样，也适用于小区域观察，但其测量结果更接近于真实值。微气象法测量是一种开放式测量方法，该方法主要适用于较大区域宏观均匀区域。包含下面几种方法：涡度相关法，适用于大面积的气候条件稳定的区域；空气动力学法，该方法尤为适用于有一定风速的大气条件；能量平衡法，这是一种较为成熟的微气象学法，长期以来被广泛应用于水、热通量的实验观测中，本法尤为适用于较潮湿的大气条件，而在较干燥的大气中会导致较大的测量误差，风速较小时，能量平衡法优于空气动力学法；质量平衡法，本方法理论基础简单，适用于小区域观测，更适用于被测气体本底浓度低而其排放量较大的小区域观测。

2、土壤中碳排量的测定。全球土壤中碳以有机物形式存在量约为 1550pg，是大气中碳含量的两倍。¹²农田的土壤由于人类活动的影响，比自然土壤更为活跃。由于受到农耕活动（如耕作、灌溉和施肥）以及自然变化的双重影响，农田中碳循环迅速，并与其他碳库发生交换，影响了全球的温室气体含量，与温室效应紧密相连。稻田是大气 CH₄、N₂O 的主要排放源之一，其中 CH₄ 排放量占大气总来源的 8%~13%左右。¹³稻田 CH₄、N₂O 排放通量的测定方法主要有微气象学法和箱法，邹建文等改装并有火焰离子检测器和电子捕获检测器的气象色谱仪 Agilent4890D 能同步分析稻田 CO₂、CH₄、N₂O 的排放通量，它具有灵敏度高、稳定性好、操作简便、准确可靠等优点，该仪器在农田生态系统的广泛应用对于农田生态系统 CO₂ 的排放源，特别是对我国农田生态系统温室气体排放的综合研究具有重要意义。

3、海气 CO₂ 的通量测量方法¹⁴。海气间的气体交换通量，特别是 CO₂ 的交

初探》，《地理研究》，2003 年 7 月。

¹¹王庚辰：《陆地生态系统温室气体排放（吸收）测量方法简评》，《气候与环境研究》，1997 年 9 月。

¹²黄耀，孙文娟：《近 20 年来中国大陆民田表土有机碳含量的变化趋势》，《科学通报》，2006 年 4 月；《土有机碳含量的变化趋势》，《科学通报》，2006 年 4 月。

¹³邹建文，焦燕，王跃思，黄耀：《稻田 CO₂、CH₄、N₂O 排放通量测定方法研究》，《南京农业大学学报》，2002,25（4）,p45~48；王庚辰：《陆地生态系统温室气体排放（吸收）测量方法简评》，《气候与环境研究》，1997 年 9 月。

¹⁴鲁中明，戴民汉：《海气二氧化碳通量与涡动相关法应用研究进展》，《地球科学进展》，2006 年 10 月。

换通量的检测、估算，对我们深刻理解碳的生物地球化学循环及全球气候变化有重大的意义。国际上已在这方面开展了众多研究，如表层海洋与大气研究、北美碳计划、全球海洋碳观测系统、大尺度 CO₂ 观测计划等，其核心问题均涉及海气 CO₂ 的交换通量。用涡动相关法测量海气 CO₂ 通量的优点在于能在较大风速范围内迅速测定一个界面的气体传输通量，建立在所依据的物理原理之上，是一种直接的测量湍流通量的方法，因而能避免许多影响 CO₂ 在海气界面迁移交换的控制机制和过程，有利于得到更可靠的 CO₂ 的海气通量数据，它不受平流条件的限制，相对其它方法较为精密可靠。

1.1.3 碳排放发展政策

1、衡量碳排放量的依据

目前，我们测量温室气体排放的方法有两种，一种是以生产为基础的测量方法（一个国家所产生的温室气体），另一种则是以消费为基础的测量方法（在生产和运输一个国家所消费的产品和服务产生的温室气体），大多数国际协议都是根据第一种测量方法制定的，但实际上第二种测量方法的效率更高、更科学，因为它更能区分责任的主体，也就是产品或服务的需求方。这种模式中，产品最终消费者需要承担减少温室气体排放的主要责任，这样就消除了某些国家逃避责任的隐患。《京都议定书》测量碳足迹的办法是基于该地区生产中排放的温室气体，而不考虑产品的产地排放，错误的测量方法往往会导致错误的管理方式，例如：2005 年的 G8 峰会上，英国用基于市场的温室气体测量方法得出结论，他们的减排进程已经达到了《京都议定书》中规定的目标，于是英国就被树立成了节能减排的典范。但这些减排的成果大都来自一个本土企业的去工业化改造、煤炭企业的关闭及重度污染企业向海外的转移，实际上英国市民的生活方式和温室气体排放并没有发生太大的变化，只不过是英国将自己所产生的 CO₂ 转移到其他欠发达的国家去排放。

2、碳关税

《京都议定书》要求成员国依据相关计划减少国内的温室气体排放。这些减排量所测算的是其国内的温室气体减排，并不包括像铝、钢铁等高碳附加值进口产品在其原产国的温室气体减排。日本、德国、法国、意大利消耗的碳足迹远远高于他们的生产碳足迹，而俄罗斯和中国生产产品所排放的碳远远超过

他们本国消耗产品所排放的碳量。因此，尽管中国生产的廉价产品是以牺牲自己国家的环境为巨大代价，但欧盟却仍然以受害者自居，并且法国德国等国家以加征特殊关税等措施来对碳排放政策比较宽松的国家所进口的产品，这将影响没有参与全球气候协议的国家，以及不承担碳排放费用的国家，在行业称为“碳泄漏”，即没有付费的碳排放。¹⁵“碳泄漏”问题已成为应对气候变化讨论的关注点。进口关税可能会刺激更严格的碳排放标准，但也会影响自由贸易的推广。欧盟提出的进口碳税在一定程度上会保护欧洲的重工业，但不会对减少碳排放产生太多效果。

3、我国碳排放政策

在哥本哈根会议议题之下，中国出于可持续发展战略的角度，以全球负责人大国的态度积极响应全球减缓气候变化的国际战略，在“共同但有区别的责任”原则之下，于2009年12月19日宣布中国到2020年单位生产总值碳排放较2005年下降40%~45%。中国制定了自己的气候应对策略：在保证经济发展和国家发展计划完成的前提下，在生产工业化、社会小康化、国家现代化实现的同时，转变经济发展模式和社会消费模式，提高资源利用率，发展清洁能源，推广节能技术，提高核能和可再生能源利用率，实施高效、洁净、低碳排放的煤炭利用技术，最终实现优化能源结构和环境保护的双重目标，走“低碳经济”的发展道路，逐步实现气候变化的应对机制，最终减缓温室气体的排放，实现低碳发展。

1.2 外国低碳经济立法分析

低碳经济作为新的经济增长点，引起了世界各国的普遍重视，各国纷纷制定法律政策，对于低碳经济的发展给予支持、鼓励和引导。

1.2.1 外国低碳经济立法状况

在国家层面，为促进低碳经济之发展，世界主要国家和地区都制定了激励可再生能源发展的政策措施，美国、欧盟、日本、印度等主要经济体已出台相关法律和法规。各国通过制定完善的法律法规体系，在推进循环型社会建设的

¹⁵王倩倩，黄贤金，陈志刚，谭丹，揣小伟：《我国第一次能源消费的人均碳排放重心移动及原因分析》，《自然资源学报》，2009年5月。

同时，也为低碳社会发展战略的实现奠定了坚实的基础。低碳经济开始对各国经济结构、投资、金融和生产活动产生重要影响。

欧盟是推动全球发展低碳经济的最重要力量。欧盟一直是气候变化的倡导者，积极推动国际温室气体的减排行动，并且一直引导世界就温室气体减排达成世界性的协议。近年以来，欧盟多次颁布新的政策法规，启动配套机制，促进低碳经济的发展。2005年，欧盟实施二氧化碳“国家分配计划”，就碳排放权问题启动了交易机制。2006年，欧盟发布《欧盟能源政策绿皮书》，加大对经济的支持力度。2008年底，欧盟通过了欧盟能源气候一揽子计划，包含了很多制度创新。¹⁶2009年，欧盟宣布了新的低碳经济刺激战略，加大了对低碳经济的支持。¹⁷

英国积极倡导低碳经济的发展，并且采取实际措施积极加以推动。2003年，英国政府能源白皮书首次提出“低碳经济”，把发展低碳经济置于国家战略的高度。2008年《气候变化法案》的颁布，使得英国成为世界上首个制定法律约束性长期框架减少温室气体排放、应对气候变化的国家。该法案为今后50年英国应对气候变化规定了具体计划和目标。为配合低碳发展战略，英国政府推出了一系列具有开创性的法律法规和配套措施。¹⁸2009年4月，英国又成为世界上第一个立法约束“碳预算”的国家。¹⁹

德国是构建低碳经济发展中法律框架最完善的国家之一。从上世纪70年代

¹⁶一揽子协议包括欧盟排放权交易机制修正案、欧盟成员国配套措施任务分配的决定、碳捕获和储存的法律框架、可再生能源指令、汽车二氧化碳排放法规和燃料质量指令等内容，规定欧盟到2020年将温室气体排放量在1990年基础上减少至少20%，将可再生清洁能源占总能源消耗的比例提高到20%，将煤、石油、天然气等化石能源消费量减少20%。

¹⁷2009年3月，欧盟委员会宣布在2013年之前投资1050亿欧元支持欧盟地区的“绿色经济”，促进就业和经济增长，保持欧盟在“绿色技术”领域的世界领先地位，款项全部用于环保项目以及与其相关的就业项目，其中540亿欧元将用于帮助欧盟成员国落实和执行欧盟的环保法规，280亿欧元将用于改善水质和提高对废弃物的处理和管理水平。因此，在发展低碳产业问题上，欧盟不仅提出的口号最响，行动也走在了其他国家和地区之前。从排放指标的制定，到科研经费的投入、碳排放机制的提出、节能与环保标准的制定，再到低碳项目的推广等，欧盟率先出击，步步为营，推出了全方位的政策和措施，统领各成员国大力发展低碳产业。

¹⁸2009年7月15日，英国政府又正式发布了《英国低碳转换计划》，英国能源、商业和交通等部门还在当天分别公布了一系列配套方案，包括《英国可再生能源战略》、《英国低碳工业战略》和《低碳交通战略》等。为达到节能减排的目标，英国政府采取了一系列强制性手段，如减少甚至停止矿产资源开采企业和高能耗高污染企业的生产。英国政府确定了“污染者支付原则”，规定防治污染的费用和减轻因污染造成环境损害的费用应由造成污染的企业承担。英国政府还综合运用财税政策的调节作用，鼓励企业节能减排。

¹⁹英国明确提出2008年至2050年期间，每5年为1个周期，设立3个减排周期，提出了降低碳排放的宏伟目标：到2020年减少34%。到2050年减少80%。

开始,德国政府就启动了一系列环境政策。1971年公布了第一个较为全面的《环境规划方案》,1972年重新修订并通过,从而赋予政府对环境政策领域更多的权力。《国家可持续发展战略报告》于2004年颁布,制定了“燃料战略——替代燃料和创新驱动方式”,以减少温室气体的排放。随后,为促进低碳经济的发展,德国先后颁布了《废弃物处理法》、《节省能源法案》、《新取暖法》等法律法规。²⁰

日本高度重视低碳经济发展战略。日本是《京都议定书》的发起和倡导国,制定了“21世纪环境立国战略”,将应对气候变化战略列为环境战略之首,把发展低碳经济、创建低碳社会作为应对气候变化有效途径,并将其提升为国家战略。²¹在战略层面之外,日本还积极推动低碳经济立法。²²

美国引领世界低碳经济发展,注重实效、重视经济、蓄势强发是美国低碳

²⁰德国的《废弃物处理法》最早制定于1972年,1986年修改为《废弃物限制及废弃物处理法》。在主要领域的一系列实践后,1996年提出了新的《循环经济与废弃物管理法》,2002年出台了《节省能源法案》,把减少化石能源和废弃物处理提高到发展新型经济的高度并建立了系统配套、相互衔接的法律体系,如抑制废物形成制度、循环名录制度、循环目标制度、技术与工艺标准及技术性指导制度、法律义务和责任制度、市场准入制度、经济刺激制度、信息化建设制度等等。2009年3月德国通过了《新取暖法》,把扶植重点逐渐向新能源下游产业转移。德国为鼓励私人投资新能源产业,出台了一系列激励措施,使可再生能源项目均能得到政府资金补贴?政府还向大的可再生能源项目提供优惠贷款,甚至将贷款额的30%作为补贴。政府还向可再生能源发电项目提供资金补贴,使德国风能发电和太阳能利用水平均处于世界领先水平。

²¹2004年4月,日本环境省设立的全局环境研究基金就成立了“面向2050年的日本低碳社会情景”研究计划。2006年,经济产业省还编制了《新国家能源战略》,全面推动各项节能减排措施的实施。2007年6月,日本内阁会议制定的《21世纪环境立国战略》中指出:为了克服地球变暖等环境危机,实现可持续发展的目标,需要综合推进低碳社会、循环型社会和与自然和谐共生的社会建设,日本中央环境审议会地球环境分会为明确实现低碳社会建设的努力方向,针对其基本理念、具体构想以及实施战略进行了讨论。2008年5月,日本发布了《面向低碳社会的12大行动》报告,提出建设低碳社会的12大行动及其可实现的减排量,相对于1990年的排放水平到2050年减排70%需要的行、技术选择、社会改革及政策措施等。2009年4月,日本环境省公布《绿色经济与社会变革》草案,除要求采取环境、能源措施刺激经济外,还提出了实现低碳社会、实现与自然和谐共生的社会等中长期方针,其主要内容涉及社会资本、消费、投资、技术革新等方面。此外,政策草案还提议实施温室气体排放权交易制和征收环境税等。

²²日本先后制定了《环境保护法》、《循环型社会形成推进基本法》、《关于促进利用再生资源的法律、合理用能及再生资源利用法》、《促进建立循环社会基本法》、《促进资源有效利用法》、《绿色采购法》、《家用电器回收法》、《化学物质排出管理促进法》、《关于促进新能源利用的措施法》、《废弃物处理法》、《新能源利用的措施法实施令》等与低碳有关的法律、法规,形成了完善的低碳经济法律体系。据统计,在低碳经济立法方面,日本已颁布基本法1部、综合性法律2部、专门性法律6部,另外还颁布了一系列规章制度。此外,日本还制定了激励性的财税政策,包括税收、补贴、价格和贷款政策等。其中一个主要政策是生态工业园区补偿金制度。另外,环境省还在废弃物处置技术与开发、工业性示范、政策调查等方面为研究单位、企业和中介机构提供大量的资金支持。为全面推动各项减排措施的实施,日本采取了“四级管理”监督模式,即首相—经济产业省—资源能源厅—各县的经济产业局四级管理。以首相为首的国家节能领导机构负责宏观节能政策的制订;经济产业省及其下属的资源能源厅和各县的经济产业局为节能的指挥机关,具体负责节能和新能源开发等工作。总体来看,日本发展低碳战略取得了不错的成绩,迈出了向低碳社会转型的关键一步。

经济立法的特点。²³美国温室气体排放量现在仅次于中国，尽管长期以来美国对于减排持消极态度，并且未批准《京都议定书》而饱受批评，但是美国认识到低碳技术在未来竞争中的作用，大力发展低碳技术，力图继续引领世界经济发展的潮流，采取了立法在内的多项措施。2007年，美国制定《低碳经济法案》促进美国经济发展战略的转型，并且出台经济刺激计划以促进新能源技术的发展。2009年6月，美国《美国清洁能源安全法案》，以立法保障美国温室气体排放权（碳排放权）限额—交易体系的建立，以减少温室气体的排放。该法案规定的减排目标为：至2020年，二氧化碳排放量比2005年减少17%，至2050年减少83%。此后，《国家节能政策法规》、《国家家用电器节能法案》、《清洁水法》、《清洁空气法》、《固体废弃物处置法》等一系列法律法规的颁布为美国低碳经济发展提供了可靠保障。

印度以国家计划统领低碳经济发展。对发展中国家而言，持续快速的经济增长至关重要，发展低碳经济同样是促进经济又好又快发展的根本途径。印度作为发展中的新兴大国，印度面临温室气体排放的巨大压力，低碳经济是其必然的选择。印度先后颁布了一系列的法律法规，促进经济向低碳转型。²⁴

在全球为改善气候而努力合作的大背景下，各国都在积极探索低碳经济的实现形式。从各国由“高碳经济”向“低碳经济”转型的历史，我们可以看出法治在低碳经济发展中的支撑作用，即都是通过立法先行，确立低碳经济发展道路，通过制度创新和法治支持保证项目的实施。

在全球层面，各国政府力图达成国际性公约，以促进全球温室气体排放的减少，促进全球经济向低碳转型。1992年，联合国环境大会在巴西里约热内卢举行，为减少温室气体排放、应对全球变暖，通过了《联合国气候变化框架公约》，是第一个旨在控制温室气体排放的应对全球气候问题的全球框架性公约。

²³ 周珂、徐岭、潘文军：《中国应对气候变化法治建设刍议》，载《自然科学》，2010年。

²⁴ 2008年6月30日，印度发布《气候变化国家行动计划》，确定到2017年将实施8个国家计划，内容主要包括太阳能、水资源、提高能效、绿色印度、可持续生活等。这些计划提出的措施包括：强制关停低效火电厂，支持整体煤气化联合循环发电和超临界技术研发；依据2001年的《能源节约法案》，必须对高能耗企业进行能源审核，电器试行节能标志等；依据2003年《电办法》和2006年《国家关税政策》，中央和国家电监会必须购买一定比例的可再生能源电量。可见，印度的国家行动计划是推进印度经济和社会可持续发展的一个纲领性文件。同时印度政府还专门设立了能源效率局，推广将白炽灯换成节能灯，此外部分联邦政府还强制要求在医院、宾馆、政府以及商用楼中使用太阳能热水器，并为使用太阳能热水器的居民提供补贴。除政府措施外，印度同样注重运用市场机制推动企业节能和提高能效。印度政府规定能源使用效率高于标准的企业将在能源审计后获得节能证，可以向任何行业部门出售，未达标企业须整改或购买节能证。

该公约对于发达国家和发展中国家采取了区别的责任方式。²⁵《联合国气候变化框架公约》规定每年举办一次气候大会，1997年12月，在东京举办第3次会议，通过了《京都议定书》。²⁶2007年，为了完成《京都议定书》所规定的一起承诺，在印度尼西亚巴厘岛举办的13次会议通过了“巴厘岛路线图”，启动气候变化谈判进程，致力于就气候公约问题达成一致意见。²⁷2009年12月7日在丹麦首都哥本哈根拉开了哥本哈根世界气候大会，即公约第15次缔约国会议的帷幕。会议经过十二天艰苦的谈判，与会各方终于达成了《哥本哈根协议》。作为哥本哈根气候变化大会最重要的成果，该协议是国际社会为共同应对气候变化所迈出的具有重大意义的一步：在坚持“巴厘岛路线图”授权的同时，维护了《联合国气候变化框架公约》原则。规定了发达国家对于发展中国家在减缓行动的测量、报告和核实方面的帮助义务。²⁸气候变化会议缔约方第十六次会议于2010年在墨西哥坎昆召开，会议通过了《联合国气候变化框架公约》长期合作行动特设工作组的决议，并对于《京都议定书》附件一缔约方进一步承诺特设工作组决议。决议指出，发达国家根据其责任能力以及其对气候变化应该担负的历史责任，要主动承担减缓温室气体的历史责任，并对于以发展社会经济和减缓贫困为主要责任的发展中国家提供资金帮助、技术支持以及能力建设帮助。为了帮助发展中国家应对气候变化，会议决议设立了绿色气候基金。²⁹2011年12月，第十七次缔约方会议在德班召开。会议就《京都议定书》第二期承诺问题做出了安排，同时启动了绿色基金，在资金问题上也取得了重大进展。会议在《坎昆协议》基础上进一步明确和细化了适应、技术、能力建设和

²⁵危敬添：《联合国气候变化框架公约的历史和现状》，《中国远洋航务》，2009年第11期。

²⁶ 参见：Kyoto Protocol，联合国气候变化框架公约官方网站

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php，2012年1月6日最后访问。《京都议定书》，对2012年前主要发达国家减排温室气体的种类、减排时间表和额度等作出了具体规定。《京都议定书》于2005年开始生效。根据这份议定书，从2008年到2012年间，主要工业发达国家的温室气体排放量要在1990年的基础上平均减少5.2%，其中欧盟将6种温室气体的排放量削减8%，美国削减7%，日本削减6%。议定书建立了旨在减排温室气体的三个灵活合作机制——国际排放贸易机制、联合履行机制和清洁发展机制。

²⁷ 参见：“WHAT WILL BALI BE ABOUT?” 联合国气候变化框架公约官方网站

http://unfccc.int/files/meetings/cop_13/press/application/pdf/071025__media_info_on_bali.pdf，2012年1月6日最后访问。

²⁸ 周珂、李博：《哥本哈根会议述评——兼谈对中国的影响》，北京环境法制论坛网

<http://bjelf.com/onevs.asp?id=919>，2012年1月6日最后访问。

²⁹ 参见：“Cancun Agreements” 联合国气候变化框架公约官方网站

http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/items/6005.php，2011年12月26日最后访问。

透明度的机制安排。会议还深入讨论了 2020 年后进一步加强公约实施的安排，并明确了相关进程，向国际社会发出积极信号。³⁰

1.2.2 外国低碳经济立法制度和特点

2011 年是充满挑战的一年，在全球经济低迷和欧元区债务危机的背景下，低碳经济相关的气候变化立法还是取得了较大进展。各国基于国家利益，越来越多地采取行动来应对气候变化，发展低碳经济。

在全球低碳经济发展历程中，欧洲是发起者，也是引领者，其促进低碳经济发展经济法律制度也是最为完善，研究欧洲低碳立法制度和立法特点，可以为国际低碳经济立法指引方向。2010 年 3 月 9 日，欧盟委员会发布了《后哥本哈根国家气候政策：重振全球气候变化行动刻不容缓》的通讯³¹。2011 年 3 月 8 日，欧盟委员会发布了名为《能源效率规划》的通讯³²。欧盟将通过一些立法手段来保障规划中提出的约束性措施的实施，包括修订能源服务和热电联产指令³³。同日，欧盟委员会还发布了名为《2050 年迈向具有竞争力的低碳经济路线图》的通讯³⁴。

一、欧盟发展低碳经济的立法制度可以概括为以下几点：

1、促进可再生能源的发展，可再生能源政策与立法在欧盟能源政策与立法方面占有重要地位。为了确保可靠的能源供应，减缓欧盟对外部能源的依赖，欧盟提出要加强可再生能源的发展。欧盟目前促进可再生能源发展的立法主要

³⁰ 参见：“Duban Climate Change Conference”联合国气候变化框架公约官方网站 http://unfccc.int/meetings/durban_nov_2011/meeting/6245/php/view/decisions.php，2011 年 12 月 26 日最后访问。

³¹ COM(2010)86 final. 文件对后哥本哈根时代欧盟气候谈判的总体战略进行了布局，包括各国携手控制温室变暖的全球战略目标、多边机制框架下的国际气候谈判、重申欧盟 20%和一定条件下 30%的温室气体减排义务、启动《哥本哈根协议》中国际资金援助项目等内容。

³² Energy Efficiency Plan 2011. COM(2011)109 final.

³³ 即指令 2006/32/EC 和指令 2004/8/EC. 文件提出，如果不进行进一步的努力，在现有措施下，欧盟到 2020 年将能源利用效率提高 20%的目标将无法实现。而为了实现这个目标，欧盟将进一步采取措施提高建筑、交通和工业领域的能效。

³⁴ A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. COM(2011)112 final. 该路线图提出，到 2050 年将欧盟温室气体排放量在 1990 年的基础上减少 80%-95%，实现低碳经济转型。为了实现这一目标，到 2030 年和 2040 年，欧盟应分别在 1990 年的基础上减排 40%和 60%。至于到 2020 年的减排目标，该路线图分析认为，要实现 2050 年的目标，最符合成本效益的方式就是到 2020 年实现减排 25%的目标，而不是目前确定的 20%，而这可以通过充分实施《能源效率规划》中的举措来实现。该文件还指出，为了实现 2050 年目标，向低碳经济转型，所有的部门都应当作出努力；而在未来 40 年里，欧盟平均每年需要新增投资 2700 亿美元。

是：在内部电力市场促进可再生能源电力生产的指令 2001/77/EC³⁵和在运输领域推广使用的生物燃料和其他可再生燃料的指令 2003/30/EC³⁶。2009 年，欧盟颁布了促进可再生能源利用的指令 2009/28/EC³⁷，这一指令修改了前述两个指令的部分内容，并规定将于 2012 年 1 月 1 日废止前述两个指令。能源与经济、气候变化关系密切。2009 年，欧洲温室气体排放有 79.3%来自与能源消耗有关的部门³⁸。即使是更细致的划分，2009 年排放量最大的部门也是能源生产，占到了 30.7%的比例³⁹。欧盟理事会也认为，由于能源生产与消耗是欧盟温室气体排放最大的来源，如果不能把能源与气候综合起来进行考虑并采取措施，欧盟就不可能在 2020 年实现温室减排 20%的目标。⁴⁰因此，与气候变化有关的能源立法制度是欧盟应对气候变化立法的核心制度之一。

2、提高能源效率，提高能源效率可以减少能源消耗，因此可以减少由于能源消耗产生的温室气体。针对提高能源效率，欧盟主要措施包括电器产品的最低能效标准和能效标识制度。第一，电器产品的最低能效标准。最低能效标准法规有一系列欧盟指令组成，如：指令 92/42/EEC，使用液体或气体燃料的新型热水器的能效要求⁴¹；指令 2000/55/EC，关于荧光灯镇流器的能效要求⁴²。可以看出，这些指令都是针对具体产品的指令。电器产品满足最低能效标准是生产和进入市场销售的条件之一，满足条件的产品将加贴 CE 标志(Conformite Europeenne)。第二，能效标识制度。欧盟能效标识制度，通过对产品的能效进行分等级的比较标志，一方面可以促使产品生产和设计商不断提高产品的能源效率，另一方面也可以引导消费者购买能效产品。

3、建筑节能，欧盟涉及建筑节能的立法也有很多，但最主要的是关于建筑节能性能的指令 2002/91/EC。这一指令建立了建筑节能完整的制度体系。根据

³⁵ Directive 2001/77/EC of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market, OJ L 283,27.10.2011,P.33.

³⁶ Directive 2003/30/EC of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels of other renewable fuels for transport, OJ L 123, 17.5.2003, P.42.

³⁷ Directive 2009/28/EC of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. OJ L140, 5.6.2009, p.16.

³⁸ Annual European Union greenhouse gas inventory 1999-2009 and inventory report 2011, EEA Technical report, No. 2/ 2011.

³⁹ See Why did greenhouse gas emissions fall in the EU in 2009 ? EEN analysis in brief.

⁴⁰ See Franklin Dehousse and Tania Zgajews, the EU Climate Policy after the Climate Package and Copenhagen Promises and Limits, Academia Press, 2010, p.11.

⁴¹ OJ L 167, 22. 6. 1992, P.17.

⁴² OJ L 236, 18.9.1996, P.36. 已作废。

指令，从 2006 年 1 月起，成员国要采取必要措施，保证根据建筑能耗的计算方法，确定其最低能效标准。在确定最低标准时，新建筑、既有建筑以及不同类型的建筑可以区别对待。此外，为了加强建筑节能，指令还规定需要对锅炉和空调系统进行定期检查。需要注意的是，前述指令已被指令 2010/31/EU 所修订废止⁴³。新指令扩大了受规制建筑物的范围并制定了更为严格的建筑物能源效率规定。

4、立法模式上，欧盟为应对气候变化，发展低碳经济，并未制定专门的“气候变化指令”，即不存在一部统领应对气候变化的法律，而采用的是就各领域分别进行立法的分散立法模式。这些领域包括能源、温室气体排放权交易、税收、交通、适应气候变化等。欧盟之所以积极进行气候变化立法，在国际法层面，《京都议定书》为其强制性减排立法提供依据；而在欧盟法层面，《欧洲联盟运转条约》作为欧盟的宪法性条约，其对气候变化政策的规定（第 191 条），则是欧盟气候变化政策及立法的直接依据。上述这些法律共同组成了欧盟应对气候变化的立法体系。欧盟发展低碳经济的法律包括以下方面：欧盟加入的有关气候变化的国际公约；欧盟基础条约；欧盟机构制定的相关条例（regulation）、指令（directive）和决定（decision）等。⁴⁴

二、欧盟低碳经济立法特点可以总结为下列几点：

1、立法的多元目标模式。减少温室气体排放并非是欧盟气候变化立法的唯一目标。欧盟应对气候变化立法往往从促进长远经济发展和提升长远竞争力出发，使气候变化立法成为一种应对气候变化、促进经济与社会发展、增强欧盟实力的多元目标性立法。以能源与气候变化为例，欧盟 2009 年通过的“能源与气候一揽子法案”，将气候变化与能源综合考虑，在完成减排目标的同时，既能为能源安全提供保障，也可以增加就业岗位促进社会发展，还能提升欧盟工业的竞争力。

2、广泛的公众参与和多元的监督机制。欧盟在气候变化立法过程中高度重视普通公民和非政府组织的参与，在广泛寻求民意的基础上进行气候立法。而且，为了减轻行政监管的压力和弥补行政监管的不足，欧盟在注重多元的监督机制对于气候立法的作用，建立了温室气体排放权交易体系（EU ETS）中企业

⁴³ OJ L 279, 1. 11.2000, p.33-39.

⁴⁴谢高地，李士美，肖玉，廊悦：《碳汇价值的形成和评价》，自然资源学报，2011 年 1 月。

温室气体排放报告不仅要接受政府机构审查，还应当公布于众，接受公众（尤其是环境非政府组织）的监督。这种将自上而下而上与自下而上的监督机制相结合的做法，无疑是有利于集思广益、认清问题、把握问题、解决问题的。

3、立法的域外效应突出。在全球一体化的背景下，全人类共同的利益在环境保护领域越来越受到关注。这一理念的诞生，带来了环境立法上的一些突破。欧盟气候变化立法的域外效应便是体现之一。一般认为，一国的管辖权应限于其主权范围内，但是欧盟气候变化立法显然突破了这一点。以 EU ETS 为例，根据欧盟指令规定，从 2012 年 1 月 1 月起，所有起飞自或降落于欧盟机场的空运活动都纳入 EU ETS 中。显然，欧盟已将对航空活动温室气体排放的管辖权扩张到欧盟管辖范围以外。暂且不论这是否侵犯了他国的主权，但全球化背景下，环境保护对国家主权的冲击，以及环境立法的域外影响，确实是一个值得深思的问题。⁴⁵

1.3 中国低碳经济立法分析

低碳经济是中国经济发展的趋势，法治将为低碳经济的发展提供强有力的保证。低碳经济的发展，低碳社会的转型都需要法律的先行。低碳经济所带来的社会结构调整、经济结构转型、消费模式变革、生活方式转变，都需要法律进行规范和指导。低碳转型，立法先行。

1.3.1 中国低碳经济立法现状

一、中国政府认真履行了在《联合国气候变化框架公约》下承担的具体义务。

《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》于 1994 年颁布，这是中国制定最早的可持续发展战略，此后，中国政府在 1996 年首次将可持续发展作为社会经济发展的指导方针和战略目标，2003 年又制定了《中国 21 世纪初可持续发展行动纲要》。⁴⁶经国务院批准，《中华人民共和国气候

⁴⁵ 参见邓海峰：《欧盟应对气候变化立法概览》，p.208-212，国外应对气候变化法所涉重点问题识别和研究中期报告。2011 年 12 月 15 日，北京。

⁴⁶ 周珂、徐岭、潘文君：《加强法治建设，积极应对气候变化》，载于《绿叶——特辑：绿色发展轨迹 2010》。

变化初始国家信息通报》，已于2004年11月正式提交《公约》缔约方会议。此外，中国根据《公约》的有关规定，着手制定了《应对气候变化国家方案》，用以指导未来几十年中国应对气候变化的政策措施。⁴⁷

二、中国积极采取国内立法措施促进低碳经济发展

我国为适应气候变化发展低碳经济取得的立法成果与确立了诸多法律制度，按领域主要有：农业领域的农业保护性耕作促进制度；农村建筑节能推广制度（民用建筑节能条例，《建筑节能专项规划》）；国家大工程项目的资金投入制度（重大工程包括：长江上游和黄河上中游地区的生态建设和保护工程，农村水利工程，农村沼气工程，退耕还林工程）；其他农村适应性项目（农村生物质能利用，沼气项目，滴灌项目，测土施肥项目）。水资源领域的流域综合治理制度；小水电能源替代生态保护制度等。海洋领域的海岛、海岸线和沿海地区保护管理制度；海域使用审批制度；海域（海洋特别保护区）保护区制度等。⁴⁸

1、能源法，是指调整在能源勘探、开发、利用与保护等活动中形成的社会关系的所有法律规范组成的相互联系、相互补充、内部协调一致的统一整体。从我国现有的诸多能源法律法规来看，与气候变化和低碳经济相关的能源法律体系已经建立并日趋完善。我国能源法体系主要由宪法中的能源条款、能源法律、能源行政法规、能源地方性法规、能源部门规章、地方性规章、能源标准、相关法律中的能源规定及我国加入的国际能源条约构成。关于低碳经济发展的法律规定主要集中于：电力法、煤炭法、节约资源法、可再生资源法等法律中。

电力法中与低碳经济相关的法律制度，包括：（1）可再生能源和清洁能源发电激励制度，为我国《可再生能源法》、《清洁生产促进法》和《循环经济法》的制定提供了法律依据，也为我国可再生能源的发展奠定了法律基础，提供了法律依据。⁴⁹（2）电力发展规划制度，是我国电力行业未来发展的主要指

⁴⁷ 参见：“气候变化的挑战及中国的应对战略”刘江在20国能源环境部长圆桌会议上的主题发言，<http://www.ccchina.gov.cn/cn/NewsInfo.asp?NewsId=3837> 2012年1月2日最后访问。

⁴⁸ 参见周珂：《论水循环与气候变化应对机制》，载于《河海大学学报（哲学社会科学版）》，2008年9月。

⁴⁹ 该制度取得了非常好的执行效果，这与其适度超前的制度设计有关。为改变我国以煤为主的能源结构，大力发展核电、太阳能、风能和水电等新能源和可再生能源奠定了法律基础和依据。不仅有利于能源结构的多元化，而且有利于我国更灵活地应对气候变化和发展低碳经济。但是由于该制度设计之初主要是针对我国农村地区和农业使用，所以有范围过狭之嫌。随着《可再生能源法》、《清洁生产促进法》和《循环经济法》的颁布，该制度得以在更的范围内得到适用。未来我国制定气候应对的法律中也应保

导方针，特别是其中有关电源结构多元发展的原则，对我国应对气候变化和发展低碳经济具有非常重要的意义。⁵⁰（3）分类电价制度，有利于国家鼓励和扶持可再生能源和新能源发电项目，为后来的可再生能源发电项目上网电价的国家补贴政策奠定了基础。⁵¹（4）节约用电和计划用电制度，提高能源利用效率也是节约能源的重要途径。煤炭法中与低碳经济相关的法律制度，其中包括：

（1）煤炭资源规划制度，鼓励新的清洁煤技术、煤气层开发利用技术以及其他与应对气候变化相一致的技术的研发与应用。（2）煤炭生产许可制度，对于高碳行业，通过许可证设定企业必须遵守的某些条件，就能够减少其碳排放。（3）煤炭综合开发利用制度，该制度将国家关于煤炭产品的开发、加工转化和综合利用的方针、政策法律化。鼓励、引导煤矿大力发展煤炭的精加工、深加工以及综合利用，这不仅有利于节约煤炭资源，而且有利于减少二氧化碳的排放，符合发展低碳经济的要求。（4）煤炭环境保护制度，煤炭环境保护制度是一项具有适应和减缓气候变化双重功能的法律制度。节约能源法中与低碳经济相关的法律制度，包括：（1）节能标准体系制度，国家通过建立节能标准体系规范企业的能源使用、能源产品的生产、进出口和使用、能源效率的提高以及建设节能建筑物等的行为，从而相应减少二氧化碳的排放⁵²。（2）高耗能项目、产品、设备和工艺淘汰制度。⁵³（3）节能目标责任制和节能考核评价制度。除上

留此制度。

⁵⁰ 电力发展规划已经成为我国能源领域一个重要的政策工具。根据电力“十二五”发展规划，2015年全国常规水电装机预计2.84亿千瓦左右，2020年全国水电装机预计达3.3亿千瓦左右。2015年，抽水蓄能电站规划装机容量4100万千瓦左右，2020年6000万千瓦左右。十二五期间，我国电力发展的原则是：优先开发水电、优化发展煤电、高效发展核电、积极推进新能源发电、适度发展天然气集中发电以及因地制宜发展分布式发电。电力发展规划对于我国可再生能源的发展起到了非常重要的作用。

⁵¹ 生物质项目上网电价实行政府定价的，由国务院价格主管部门分地区制定标杆电价，电价标准由各省（自治区、直辖市）2005年脱硫燃煤机组标杆上网电价加补贴电价组成。补贴电价标准为每千瓦时0.25元。发电项目自投产之日起，15年内享受补贴电价；运行满15年后，取消补贴电价。自2010年起，每年新批准和核准建设的发电项目补贴电价比上一年新批准和核准建设项目的补贴电价递减2%⁵¹。未来制定低碳经济相关法律，可以将分类电价制度纳入可再生能源和新能源激励制度的规定中⁵¹。参见：《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》，第7条。

⁵² 节能标准体系基本可以满足国家、行业、企业和公众对节能的要求。随着该体系的完善，其在气候变化和低碳经济中发挥的作用也将日益增大。2011年，全国交通运输行业有122个节能减排项目获得共2.5亿元专项资金支持，拉动投资达到80.6亿元。经测算，已经补助的122个项目，除无法准确计算节能减排量的交通运输服务与能力建设类项目外，所形成的年度节能减排量达到31.5万吨标准煤和替代燃料22.4万吨标准油，减少二氧化碳排放量达到113.8万吨

⁵³ 目前该制度执行良好。我国已经出台了众多的高耗能项目、产品、设备和工艺淘汰名录，如第一、二、三批《煤矿设备目录》、第一、二批《高耗能机电设备淘汰名录》等。“十二五”机械工业节能减排目标已初步确定，机械工业万元工业增加值综合能耗由2009年的0.42吨标准煤下降到2015年的0.31吨标准煤，年均下降5.9%。在煤炭行业，截至2011年11月，中国累计关停小火电7210万千瓦，电力工业

述法律制度，节约能源法还对节能技术创新、能效标识、建设项目节能评估审查、节能产品认证、重点用能单位节能、建筑节能、交通运输节能、公共机构节能和节能经济激励制度进行了规定。可再生能源法中与低碳经济相关的法律制度，可再生能源法与发展低碳经济的关系更直接、更密切。⁵⁴

2、清洁生产促进法，清洁生产促进法中与发展低碳经济相关的法律制度主要有：清洁生产制定和推广政策、规划制度、循环经济促进制度、清洁产品环境标志制度、清洁生产教育宣传制度、环境信息公开制度、产品包装、回收制度以及清洁生产审核制度。⁵⁵

3、积极发展循环经济，促进温室气体减排。中国政府对于资源积极推进减量化、资源化、再利用的利用，重视循环经济的推进，从源头和生产过程减少温室气体排放。国家制定《固体废物污染环境防治法》⁵⁶、《清洁生产促进法》⁵⁷，《城市生活垃圾管理办法》⁵⁸、《循环经济促进法》⁵⁹、《废弃电器电子产品回收处理管理条例》（2011年1月1日起施行）⁶⁰等法律法规，建立起较完备的循环经济法律体系。建立了循环经济规划制度、抑制资源浪费和污染物排放的总量调控制度、循环经济评价考核制度、以生产者为主的责任延伸制度等法律制度。

4、碳金融法，是指在低碳经济的背景下，以低碳项目直接投融资、银行“绿

结构得以优化。30万千瓦及以上机组比重，已从2005年的不到一半提高到70%左右；每千瓦时供电煤耗从370克下降到340克。两者累计节约原煤超过3亿吨。参见：上大压小：千万吨级以上煤炭企业产量占全国58%，<http://finance.ifeng.com/news/special/energyhuanshuai/20110113/3199132.shtml>，2012年1月6日最后访问。

⁵⁴ 参见《中华人民共和国可再生能源法》第19、20条，

http://www.gov.cn/flfg/2009-12/26/content_1497462.htm，2010年5月20日最后访问。2009年12月全国人大常委会通过了《可再生能源法修正案》，修改后的《可再生能源法》为可再生能源的发展构筑了“绿色通道”，确立了、可再生能源上网电价与费用分摊制度、可再生能源总量目标制度、可再生能源并网发电审批和全额收购制度、可再生能源经济激励制度、可再生能源发展基金制度、等相关法律制度。

⁵⁵ 杨丽萍，我国将修订清洁生产促进法，发改委表示将增强法律的约束力，

<http://news.163.com/11/0512/10/73RLVB9N00014AEE.html>，2012年1月6日最后访问。

⁵⁶ 参见《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，

http://www.gov.cn/gongbao/content/2005/content_63310.htm，2011年12月30日最后访问。

⁵⁷ 参见《中华人民共和国清洁生产促进法》，http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61640.htm，2012年1月6日最后访问。

2012年1月6日最后访问。

⁵⁸ 参见《城市生活垃圾管理办法》，http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2007-06/05/content_636413.htm，

⁵⁹ 参见《中华人民共和国循环经济促进法》，http://www.gov.cn/flfg/2008-08/29/content_1084355.htm，2012年1月6日最后访问。

⁶⁰ 参见《废弃电器电子产品回收处理管理条例》，

http://www.gov.cn/zwgk/2009-03/04/content_1250419.htm，2012年1月6日最后访问。

色信贷”、相关金融中介服务、温室气体排放权及衍生品的创制和交易等金融制度安排和金融交易活动为主的应对气候变化旨在减少温室气体排放的金融方法和市场机制的统称。⁶¹2005年10月，我国颁布了《清洁发展机制项目管理办》，规定国家从清洁发展机制项目减排量转让收入中收取了一定比例的费用，用于应对气候变化的工作。2006年8月，国务院批准成立中国清洁发展机制基金。2010年9月14日，国务院批准了《中国清洁发展机制基金管理办法》。这对于发展低碳经济具有重大意义。

三、我国低碳经济立法仍处于非常薄弱的初级阶段

就目前的法治状况而言，我国低碳经济立法还不是十分完备。表现为：一是体系不完备。目前还没有《应对气候变化法》或《低碳经济法》等综合性基本法。我国虽已出台节约能源法、可再生能源法、煤炭法等单行法，但是这些单行法都不是综合性的能源基本法，只是对能源问题的某些方面加以规定，并未涵盖所有的能源问题。二是政策约束力不够。规章制度在法律体系中的下位性决定了其效力的地下性，目前我国低碳经济多以规章制度面目出现，效力低下，尚不能有利保障低碳经济发展。三是缺乏可操作性。已出台的相关法律缺乏可操作性，再加上没有强有力的执法部门，因而“立法虽多，但管用的不多”。

1.3.2 中国低碳经济立法建议及前景

低碳发展，立法先行。从中国目前状况出发，必须加强低碳经济的立法，促进低碳经济有章可循，有法可依，积极推进，稳步发展。

1、进一步完善低碳经济法律框架，包括两个方面，一是构建与低碳经济直接相关的法律框架。可以以《循环经济促进法》为蓝本，制定“低碳经济促进法”作为促进低碳经济发展的基本法。其中的立法理念、制度设计和各项措施都要以促进低碳经济发展为基础。⁶²二是对于已经颁布的有关低碳领域法律法规，对其实施效果进行考察，根据我国低碳发展的现实状况及时对其修订和更新。

2、构建与低碳经济直接相关的法律框架。尽快制定“低碳经济促进法”对于与低碳经济关系密切的行业制定行业规章和行业标准，以硬性约束来规划行

⁶¹ Sonial Labatt, Rodney R. White, Carbon Finance: The Finance Implication of Climate Change, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2007, P.2.

⁶² 周珂、宋德新：《气候变化应对机制的挑战与完善》，载于《经济导刊》，2010年4月。

业标准，促进高碳行业低碳化。

3、完善与低碳经济发展间接相关的宏观法律架构。我国宪法规定了与资源利用相关的条文，确立了低碳经济发展的指导思想。⁶³ 在刑法领域，重点是利用刑法的威慑力来促进环境保护的实施和相关低碳法律规定的有效运行。在诉讼法领域，确立公益诉讼制度，促使执法者正确执行法律，督促违法者改正违法行为，以弥补现行法律的不足。在民商法领域，一方面加大对环境侵权行为的惩罚力度，另一方面加大对经济效益高、环境污染少的企业的扶植力度。引导社会经济的转型。

4、建立低碳立法的配套实施机制。法律重在实施，完善低碳立法是表，积极实施低碳法律是本。建立促进低碳法律实施的配套机制，加强碳排放的监督检查考核机制，促进低碳行业的技术创新和制度创新，建立碳交易市场，扶持低碳行业发展，保障低碳行业的投入，积极宣传教育，倡导低碳生活，同时从程序上也要严格低碳法律的执行。

二、中国低碳经济立法前景

中国低碳经济立法前景广阔，大有可为。就世界发展趋势和中国目前的经济的状况而言，向低碳转型是唯一的选择。⁶⁴ 能源的有限性和经济发展的无限性以及人类需求的无限性的矛盾是无可调和的。而温室气体引起的气候变化以及灾害向天气更是人类不可承受之中。这是从人类发展的普遍道义上而言，毕竟，人类生活在同一个地球上，休戚与共，更何况气候的变化是全球性的，而不是局部性的，任何的气候变化都会对全人类产生巨大的影响。中国自从 20 世纪 70 年代末，经济迅速发展，但随之而来的也是石化能源的大量消耗和碳排放的迅速增加，根据哥本哈根会议的数据，目前，中国碳排放量已经居于世界第一，并有不断增长的趋势，碳排放已经成为中国经济增长过程中的不可承受之重。

⁶³ 在宪法领域，已在合理利用资源、能源以及环境保护等方面确立了部分指导思想。如《宪法》第九条第二款：“国家保障自然资源的合理利用，保护珍贵的动物和植物。禁止任何组织或者个人用任何手段侵占或者破坏自然资源。”；第十条第三款：“一切使用土地的组织和个人必须合理地利用土地。”；第二十六条：“国家保护和改善生活环境和生态环境，防治污染和其他公害。国家组织和鼓励植树造林，保护林木。”上述条文体现了可持续发展等基本理念，但应进一步对低碳经济加以明确，如明确提出我国应走能源消耗低、环境污染小、经济效益好的低碳经济发展道路，并创设、赋予和保障公民环境权。

⁶⁴ 参见邹骥主编：《2009/10 中国人类发展报告——迈向低碳经济和社会的可持续未来》，中国出版集团公司 2010 年版，第 47 页。

2010 年世界十大碳排放国家

国家	CO ₂ 排放量	面积 (km ²)	人口	排放量/km ²	排放量/人
世界	33, 508, 901	148, 940, 000	6, 852, 472, 823	2, 250	49
中国	8, 240, 958	9, 640, 821	1, 339, 724, 852	8, 548	62
美国	5, 492, 170	9, 826, 675	312, 793, 000	5, 589	176
印度	2, 069, 738	3, 287, 263	1, 210, 193, 422	6, 296	17
俄罗斯	1, 688, 688	17, 075, 400	142, 946, 800	989	118
日本	1, 138, 432	377, 944	128, 056, 026	30, 122	89
德国	762, 543	357, 021	81, 799, 600	21, 358	93
伊朗	574, 667	1, 648, 195	75, 330, 000	3, 487	76
韩国	563, 126	100, 210	48, 875, 000	56, 195	115
加拿大	518, 475	9, 984, 670	34, 685, 000	519	149
沙特阿拉伯	493, 726	2, 149, 690	27, 136, 977	2, 297	182

数据由美国能源部二氧化碳信息分析中心 (CDIAC) 为联合国收集的数据。⁶⁵

在碳排放的压力和能源危机的双重作用之下，向低碳经济转型是中国的必然进程，从经济发展和法治进程来说，中国百年以来苦苦追求的民族复兴和中华崛起，不可能错失这个机会。在前三次工业革命的浪潮之中，中国都是错失良机，导致落后被动，并且影响时至今日。在低碳经济的潮流中，我们必须把握，有所作为。主动去引导低碳潮流，而不是被动适应。⁶⁶低碳经济的发展，低碳法治的完善，就全球而言，都是刚刚起步，差距并不很大，我们要抓住机会，不能再一次失去机会。或许，转型的代价是巨大的，但是，有些代价是必须承受的。暂时性的阵痛过去将会是美好的未来。如果我们囿于成见，仍然将低碳经济的潮流视为发达国家的阴谋或者是某些国家的别有用心，那么，结局是中国再一次失去赶超的机会。从现实来看，节约资源、寻找新能源都是一个

⁶⁵ 参见李士、方虹、刘春平编著：《中国低碳经济发展研究报告》，科学出版社 2011 年版，第 239 页。

⁶⁶ 周珂、徐岭：《我国绿色经济面临的挑战和发展契机》，载于《人民论坛》，2010 年 3 月。

国家的核心竞争力的表现。或者，我们需要做的并不需要那么多，只需要大力促进低碳经济的发展，发展清洁能源，节约利用资源，这对于我国的经济的发展并无不利。在低碳经济以及低碳法治发展上，我们无需患得患失，行动起来才是应对之策。

第 2 章 低碳交通及低碳公路养护

2.1 低碳交通

2.1.1 交通运输与中国碳排放

现代工业的发展中，汽车产业和交通运输业的崛起是一个奇迹，根据国际能源署一份关于不同经济部门二氧化碳排放的统计数据可以看出，从全球平均水平而言，2011 年碳排放最多的行业是公共电力和发热部门，按照从高碳到低碳的顺序，依次是交通运输部门、制造业和建筑业、居民部门、其他商业、公共和农业部门，以及其他能源行业。各国的情况大致相仿，碳排放最高的前三名行业是公共电力和发热、制造业和建筑业、交通运输。通过统计数据可以表明，不论是世界平均水平还是各个国家，交通运输行业的碳排量都是不容忽视的，所以，从这个角度而言，交通运输行业的低碳化对于中国低碳经济是有着重要意义的。低碳经济需要低碳交通。

2001 年不同经济部门碳排放数据

	碳排放总量/百万吨	公共电力和发热行业	其他能源行业	制造业建筑业	内部运输	居民部门	商业、公共和农业部门
世界	27898.6	37.2	4.7	16.8	18.4	7.8	5.6
亚洲	7402.8	41.2	4.5	24.4	13.5	6.9	6.3
欧盟	7402.8	40.2	4.2	16.9	19.2	12.1	6.0
美国	6156.9	42.3	4.6	11.5	30.3	6.3	4.7
中国	3167.3	44.6	4.5	29.3	7.4	6.9	5.6
印度	1046.1	53.0	2.5	21.1	12.0	7.7	0.6
日本	1182.7	34.9	3.3	19.1	22.1	5.4	10.9
加拿大	513.0	25.9	11.2	16.8	28.8	7.7	10.8

数据来源：国际能源署 International Energy Agency (IEA)⁶⁷

⁶⁷ 参见雷鹏：《低碳经济发展模式论》，上海交通大学出版社 2011 年版，第 96 页。

中国各行业与能源有关的二氧化碳排放量

年份	1980	2000	2005	2015	2030	2005-2030 年均增长率/%
发电/百万吨	652	2500	3589	4450	6202	3.7
工业/百万吨	800	1430	2014	2186	2373	2.0
交通运输/百万吨	121	337	486	664	1255	5.4
民用和服务业/百万吨	497	468	550	622	715	1.7
其他行业/百万吨	191	365	585	709	903	3.7

资料来源：EIA 世纪证券综合研究所⁶⁸

在目前运输环保最为严格的欧盟，交通及物流业消耗了全社会三分之一的能源，排放了五分之一的温室气体，是氮氧化物的第一排放源和悬浮微粒的第二排放源。就世界而言，货物运输每天要消耗 1500 万桶石油，是世界石油产量的五分之一。就中国来看，交通运输业也是温室气体排放的大户，根据《交通运输系统节能减排方向与途径研究》，预计到 2020 年，乐观预计是交通运输业的总耗能比 2007 年增长约 1.5 倍，交通运输业二氧化碳排放量将达到 15 亿吨，届时交通领域对中国二氧化碳排放的贡献率将提高到 18%~20%。如果不加以控制能耗、提高能效以及利用新技术的话，交通运输的能耗和碳排放增长将是难以想象的。

2.1.2 低碳经济与低碳交通

低碳经济的兴起和发展要求各个行业也是低碳的。低碳交通是我国应对全球气候变化的重要举措，也是推动我国交通事业可持续发展的重要契机。⁶⁹根据国际能源局在 2007 年 11 月 7 日发布的《世界能源展望》评论，认为世界的能源需求到 2030 年将增长 50%，而其中的 20%将会用于满足交通运输的要求。⁷⁰而交通运输业不仅是能耗大户，其碳排放量以及其占的比重也是逐步增长的。在中国现今的碳排放结构中，交通运输行业对于碳排放的贡献率一直是居于第

⁶⁸ 参见雷鹏：《低碳经济发展模式论》，上海交通大学出版社 2011 年版，第 99 页。

⁶⁹ 周珂、梁文婷、李姗姗：《论构建我国低碳交通运输法律体系》，载《法治研究》，2011 年第 2 期。

⁷⁰ 参见易鹏：《低碳真相》，中信出版社 2010 年版，第 287 页。

三位，仅次于电力发热行业以及制造业，并且其增长率也是高于前两个行业，交通运输业碳排放在整个世界碳排放中所占比重越来越大。

所以，低碳经济的发展，需要低碳交通的发展。低碳交通是实现低碳经济的重要组成部分，也是具有挑战性的部分。交通运输行业不仅涉及交通运输工具的减排，还涉及交通基础设施建设的减排；交通运输行业不仅方式众多，而且其涉及的技术种类以及行业众多。更为重要的是，随着社会经济结构的变化，以及经济全球化的兴起，交通运输行业对于整个社会经济的支撑作用也是越来越明显，并且其在整个社会中的能耗以及碳排放都是逐步增长的，所以，交通运输行业减排任重道远，低碳交通不能一蹴而就，低碳经济的实现离不开低碳交通的实现。

2.2 低碳公路养护

2.2.1 低碳交通与低碳公路养护

低碳交通是指在交通出行的各个环节全面关注温室气体排放问题。一般地，减少碳排放总量的基本途径有两条，一是减少化石能源使用量，不同能源具有不同的效率，因此，也影响交通节能水平，如柴油机车比汽油机车节约 15%。二是使用替代能源，推广使用混合动力汽车、电动车等交通工具，可在部分替代化石能源的同时达到节能的目的，从而降低碳排放。但在现实中，在无大规模替代能源出现前，化石能源的使用量难以从根本上减少。因此，发展低碳交通的前提手段是节能，其次才是使用替代能源。节能领域可覆盖到交通建设、交通工具、交通设施、交通管理等方面。

传统观点只是关注与交通运输工具的减排，而不重视交通基础设施的减排。但是，作为交通运输行业重要组成部分的交通基础设施不容忽视。相对于水路运输业的码头，航空运输业的机场建设，公路运输业中公路养护更值得人们关注。交通运输的载体是交通工具和交通设施。对于公路运输而言，公路条件是影响交通能耗水平的重要因素。一般的，高等级公路比低等级公路节能，目前，我国高等级公路比普通公路油耗节约 20%以上。但是，公路建设的能源消耗非常巨大，造成在建设过程中碳排放也是一个非常巨大的数字。公路高堤填筑、

高边坡修筑、沥青的铺筑、桥梁、隧道的修建等等，都需要消耗大量的原材料，这些原材料的获得是通过消耗大量化石能源和排放大量碳实现的。因此公路建设过程低碳化的规划和实施，是一个亟待解决的重要课题。⁷¹低碳化公路的建设不仅包括公路工程设计、施工过程中的低碳化，还包括公路养护过程的低碳化。目前采用的传统公路养护工艺，从根本上来说还是高碳排放的，因而，如何减少公路养护过程中的碳排量，确立一套科学可行可量化的低碳公路养护标准成为当下之急，也是本文的研究目的。所以，低碳公路养护作为低碳交通一个重要的组成部分是不可或缺的，公路养护过程中，不仅对环境的影响巨大，而且还有大量的碳排放，这些都需要准确的数据加以认定，为低碳公路养护的可量化奠定基础。所以，低碳公路养护是低碳交通的一个重要的组成部分，也是促进低碳交通的重要步骤。

2.2.2 公路养护碳排放研究

在公路的建设和养护过程中，如果是采用传统模式，其程序包括了开山采石、沥青的提取、沥青混合料的拌合、公路建设材料的运输、路面的铣刨和摊铺、废弃渣土运输等一系列过程，而这些过程中都是高碳排放量工序。⁷²

我们下面采取定量分析的方法，分析传统公路养护过程中的碳排放。开山采石中，按照目前我国每年公路养护所需的石料 5000 万吨计算，那么一个采石场中以 5 只风枪每天工作八小时计算，那么其耗电量是 800 度，每年生产石料 50 万吨就会产生 230 吨的二氧化碳，那么我国每年道路养护所需石料造成的将是 2.3 万吨二氧化碳的排放。这还没有计算开山采石破坏山林能吸收的二氧化碳量。在石料运输过程中，按照目前载重卡车 30 升/百公里耗油量计算，将 5000 万吨石料运输至 10 公里外的搅拌厂，那么需要 20 吨位的卡车运输 250 万次，这将会产生 4 万吨二氧化碳排放。沥青材料的拌合中，我国公路养护每年的市场是 2.4 亿吨沥青拌合料，按照 1 吨拌合料产生 18 公斤二氧化碳排放量计算，5000 吨公路养护沥青拌合料产生 90 万吨二氧化碳。将这 5000 万吨沥青拌合料运输至 10 公里外的施工现场，大约有 4 万吨的二氧化碳排放。同样，传统工艺中产生的 5000 万吨渣土运输也是由大约 4 万吨的二氧化碳。在进行公路大修中，

⁷¹ 孙建卫，赵荣钦，黄贤金，陈志刚：《1995~2005 年中国碳排放核算及其因素分析研究》，自然资源学报，2010 年 8 月。

⁷² 《算算公路养护碳排放这笔账》，中国高速公路网，2011 年 3 月 25 日。

采用传统工艺会造成车辆拥堵、车行缓慢，堵塞在途中的车辆会造成大量的碳排放。加上沥青提取、路面铣刨、路面摊铺产生的碳排放，公路养护中一年产生的二氧化碳约为 110 万吨。⁷³

国内外就碳排放的基础性研究工作已有很大的成果，在交通运输业的碳排放研究也有初步的进展。但是，就公路设施的低碳研究尚是一个空白，即迄今为止尚未看到有关公路设计、施工、运营过程中如何实现低碳化的研究成果，且国内外均未对公路设计、施工、运营过程中的碳排放做出定量的研究分析。为了使公路运输业尽快实现低碳化，本研究项目就道路在设计、施工、运营过程中的碳排放进行定量研究，从而制定出一整套评价低碳道路的可行性指标，为公路运输的碳排放提供一套量化指标，以推进我国的低碳化道路的发展，达到节能减排的目的，为改善人类的生存环境做出一份努力。

⁷³ 《交通运输碳排放量增长率达 25%—不可忽视的低碳领域》，中国传动网，2010 年 1 月 7 日。

第3章 基于低碳公路养护技术实证的分析与比较

低碳交通的发展离不开低碳公路养护技术的支持，就目前而言，低碳公路养护技术并没有统一的行业标准，为了将低碳公路养护技术最终定量化，进而标准化，并通过法律加以固定，必须有强有力的数据支撑，并就低碳公路养护技术做出实证的比较研究，为低碳公路养护行业的成熟提供实证案例。

3.1 公路养护碳排放研究方案

3.1.1 公路养护碳排放研究范围

公路建设和使用过程中碳排放测试和碳排放量研究，是一个系统和庞大的工程，必须对公路建设过程中涉及的方方面面进行测试、计算，测定公路工程建设中使用原材料的碳排放量，机械设备的碳排放量以及各种构筑物施工过程中其它碳排放量，最后计算得到公路施工建设过程中的总碳排放量。⁷⁴在研究的同时，也可以对比环保节能新材料、新技术、新工艺等在公路中应用的碳排放量，制定出节能环保的公路建设碳排放量标准，以此标准为基准，综合评价一条公路建设是否达到碳排放量的标准，以及研究分析减低碳排放量的对策和措施。作为对环境保护的贡献，公路建设中应该将碳排放评价作为除造价评价外的另外一项重要的评价手段，对公路建设的碳排放进行规范和要求。

在公路使用过程中，需要对路面进行养护，不同的路面养护方法和工艺，其对环境的影响以及碳排放量也各不相同。因此，对比路面养护技术的优劣时，不但需要对路面养护效果、路面功能好坏、使用的寿命、交通影响大小、对环境的影响程度等方面进行评价，还应养护材料应用的碳排放量，施工机械的碳排放量以及施工过程中的碳排放量等方面进行测定和评价，综合评价路面养护技术的社会效益和环境影响。

⁷⁴ 杨秦：《碳排放数据困扰中国公司》，中国经济导报，2010年2月17日。

作为对公路建设和养护施工过程中碳排放研究的初步探索，本研究将对沥青路面预防性养护技术的几种方法进行施工过程和运营过程中碳排放量的研究，比较目前沥青路面预防性养护技术对环境（或对温室效应）的影响，为选择合适的预防性养护技术提供基础数据，同时为今后研究公路建设和运营中碳排放评定提供技术的方法。

3.1.2 公路养护技术分类

沥青路面预防性养护是一种在路面无结构性损坏、不存在功能性缺陷的情况下采取的对现有路面进行有计划的养护措施，以达到保持或提高路面使用性能、延长路面使用寿命和减少路面养护寿命周期成本的目的，简称预养护（PPM）。实践表明，预防性公路养护及时可以延缓公路损坏，延长路面的使用寿命，延迟昂贵的路面大修和重修，是一种投入少，效果好的公路养护技术。

目前，公路沥青路面预防性养护技术主要有：沥青再生还原材料（沥青处治(还原)技术）、微表处、超薄磨耗层、雾封层等。（1）沥青再生还原技术能够很好的预防沥青路面早期病害的产生，并能使沥青各方面使用性能得到恢复。沥青再生还原处治后 4-6h 内即可开通交通。（2）沥青路面微表处技术是一种沥青路面早期预防性养护技术，该技术应用于高等级公路预防性养护时，可以明显改善路面的路用性能，延长路面的使用寿命，微表处后 1~2h 即可开放交通。（3）超薄磨耗层具有平整度好、抗滑性高及耐久、降噪等优点，施工结束后可 1~2h 可以开放交通。（4）雾封层是预防性养护常用技术之一，该技术以低廉的建设成本、快速的施工过程及优良的使用性能而被高速公路建设广泛应用，经雾封处治后的路面能很快进行通车。通过这些技术处治方法在施工以及后期运营阶段 CO₂ 的排放量的检测，以对各种预防性养护技术的环保性进行评价，使公路预防性养护达到“低碳、环保”的要求。

目前，对公路建设和养护过程中碳排放量的检测还没有成熟的方法，本研究借鉴对空气中碳排放量的检测方法，对施工过程中以及通车后不同时间的碳排放量进行检测。已有研究表明，空气中温室气体（即碳排放气体）主要为 CO₂ 和 CO，为了对比不同的预养护技术的碳排放量，选择 CO₂ 排放量作为评价指标。CO₂ 排放量大的环保效果差，同时测定不同时间的 CO₂ 排放量评价不同预防性技术对环境影响的持续性。

3.1.3 公路养护碳排放检测方法

采用容量滴定法进行试验检测，其原理是：空气中的二氧化碳被过量的氢氧化钡溶液吸收，生成碳酸钡沉淀，剩余的氢氧化钡溶液用标准草酸溶液滴定至酚酞试剂红色刚褪。由容量法滴定结果和所采集的空气体积，计算空气中二氧化碳的浓度。

该实验所需仪器及试剂为：（1）仪器：吸收管、空气采样器、酸式滴定管、碘量瓶；（2）试剂：吸收液、草酸标准溶液、酚酞指示剂、正丁醇、纯氮或经碱石灰管除去 CO₂ 的空气。

该实验需要制作试验样品，包括两类试验样品：室内试验样品和现场试验样品。室内试验样品的制作过程是：（1）在室内用轮碾法预先成型 3 块尺寸为 300mm×300mm×50mm 的车辙板，成型温度为 60℃，轮压为 0.7MPa。然后在其表面按照设计要求剂量涂抹沥再生或雾封层材料，或将微表处或超薄磨耗层材料按照设计配比和厚度摊铺碾压在车辙板表面，对车辙板表面进行 4 种方式的预防性养护处理。（2）分别在车辙板表面处治结束时以及 1 天、10 天、30 天、60 天时进行样 CO₂ 气体的采集。（3）采集 CO₂ 样本气体时取一个事先用纯氮或去除 CO₂ 的净化空气驱除残留空气的吸收管，装入 50ml 氢氧化钡吸收液，以 0.3L/min 流量采气 3L，吸收管管口距离车辙板表面 10cm。采样后，密封吸收管的进出气口，以免空气进入。记录采样时的温度和大气压力。2、现场试验样品的制作过程是：（1）在沥青路面表面按照设计要求剂量涂抹沥再生或雾封层材料，或将微表处或超薄磨耗层材料按照设计配比和厚度摊铺碾压在路面表面，对沥青路面进行 4 种方式的预防性养护处理。（2）分别在路面预防性养护处理结束时（0min）、10min、30min、1h、2h、4h、6h、12h、1d、5d、10d、30d、60d 时进行样本气体的采集；（3）现场试验检测时，每隔 20m 进行一次采样，并标定位置，以便之后的采样；（4）采集 CO₂ 样本气体时取一个事先用纯氮或去除 CO₂ 的净化空气驱除残留空气的吸收管，装入 50ml 氢氧化钡吸收液，以 0.3L/min 流量采气 3L，吸收管管口距离路面 10cm。采样后，密封吸收管的进出气口，以免空气进入。记录采样时的温度和大气压力。选择晴朗无风的天气以减少环境温度、湿度和大气压力的变化对测量结果造成的影响。

试验分析过程，包括：（1）采样后，取出中间砂芯管，加塞静置 3h，使

碳酸钡沉淀完全，吸取上清液 25ml 置碘量瓶中，加入 2 滴酚酞指示剂，用草酸滴定至酚酞的红色刚褪，记录样品滴定所消耗的草酸标准液体积(ml)。(2) 在每批样品测定的同时，吸取 25ml 未采样的吸收液，按相同操作步骤作试剂空白滴定，记录空白滴定所消耗的草酸标准液的体积(ml)。(3) 计算，使用下面公式计算：

$$c = \frac{20(V_2 - V_1)}{V_0}$$

其中：c—空气中 CO₂ 浓度，%；V₂—滴定样品消耗草酸标准溶液的体积，ml；v₁—滴定空白消耗草酸标准溶液的体积，ml；v₀—换算成标准状况下的采用体积，ml。对各平行试验结果取平均值，以此作为不同预防性养护技术的 CO₂ 排放量。

四、试验结果分析，通过计算得出所采样品的 CO₂ 浓度，并与空气中 CO₂ 标准浓度进行对比，以此分析评价不同预防性养护技术养护路面所产生的 CO₂ 是否对环境产生影响。现场取样的试验结果会因汽车尾气的影响而偏大，应用室内试验结果对其进行校正。

3.2 公路养护碳排放检测

3.2.1 公路养护碳排放检测结果分析

按照上节方法，对沥青处治(还原)技术、微表处、超薄磨耗层、雾封层等 4 种预防性养护技术进行了室内和沥青路面预防性养护现场测试，作为对比，也进行了室内和沥青路面施工现场的空气以及普通沥青路面表面空气样品的 CO₂ 浓度测试。测试的结果见表 1 和表 2，不同预养护技术 CO₂ 浓度随时间变化见图 1 和图 3，不同预养护技术 CO₂ 浓度对比情况见图 2 和图 4。

表 1 不同预防性养护技术室内 CO₂ 浓度测试结果

试验室内	不同预防性技术试件表面上 10cm 处 样品气体中 CO ₂ 浓度 (体积比, %)					
测试时间	试验室	沥青处治(还 原)技术	微表处	超薄 磨耗层	雾封层	沥青 路面
0min	0.06	3.51	4.15	5.97	4.08	5.83
10min	0.06	2.98	3.86	5.73	3.54	5.64
30min	0.06	2.03	3.54	4.86	3.09	4.78
1h	0.06	1.55	3.05	3.78	2.86	3.67
2h	0.06	0.87	2.72	2.55	2.58	2.45
4h	0.06	0.43	2.21	1.05	2.03	0.95
6h	0.06	0.28	1.54	0.88	1.52	0.57
12h	0.06	0.14	0.81	0.12	1.08	0.12
1d	0.06	0.11	0.53	0.06	0.87	0.06
5d	0.06	0.08	0.08	0.06	0.52	0.06
10d	0.06	0.06	0.06	0.06	0.43	0.06
30d	0.06	0.06	0.06	0.06	0.24	0.06
60d	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

表 2 不同预防性养护技术施工现场 CO₂ 浓度测试结果

施工 路面现场	不同预防性技术路面表面上 10cm 处 样品气体中 CO ₂ 浓度 (体积比, %)					
测试时间	公路 空旷处	沥青处治(还 原)技术	微表处	超薄 磨耗层	雾封层	沥青 路面
0min	0.04	3.86	4.75	6.92	4.59	6.57
10min	0.04	2.04	4.19	6.45	4.02	6.02
30min	0.04	0.54	3.88	5.31	3.56	5.14
1h	0.04	0.04	3.42	3.55	2.57	3.22
2h	0.04	0.04	3.03	2.14	2.01	1.86
4h	0.04	0.04	2.51	0.36	0.98	0.21
6h	0.04	0.04	1.87	0.04	0.64	0.04
12h	0.04	0.04	0.47	0.04	0.59	0.04
1d	0.04	0.04	0.04	0.04	0.51	0.04
5d	0.04	0.04	0.04	0.04	0.36	0.04
10d	0.04	0.04	0.04	0.04	0.22	0.04
30d	0.04	0.04	0.04	0.04	0.18	0.04
60d	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04

图 1 室内不同预养护技术 CO₂ 浓度随时间变化图

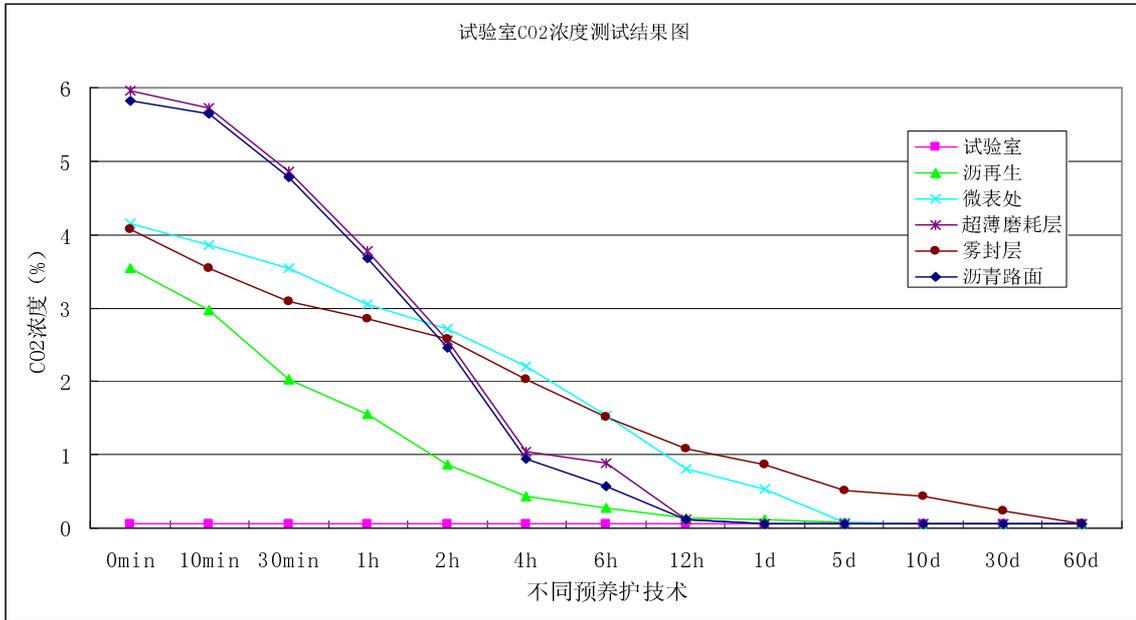


图 2 室内不同预养护技术 CO₂ 浓度对比情况图

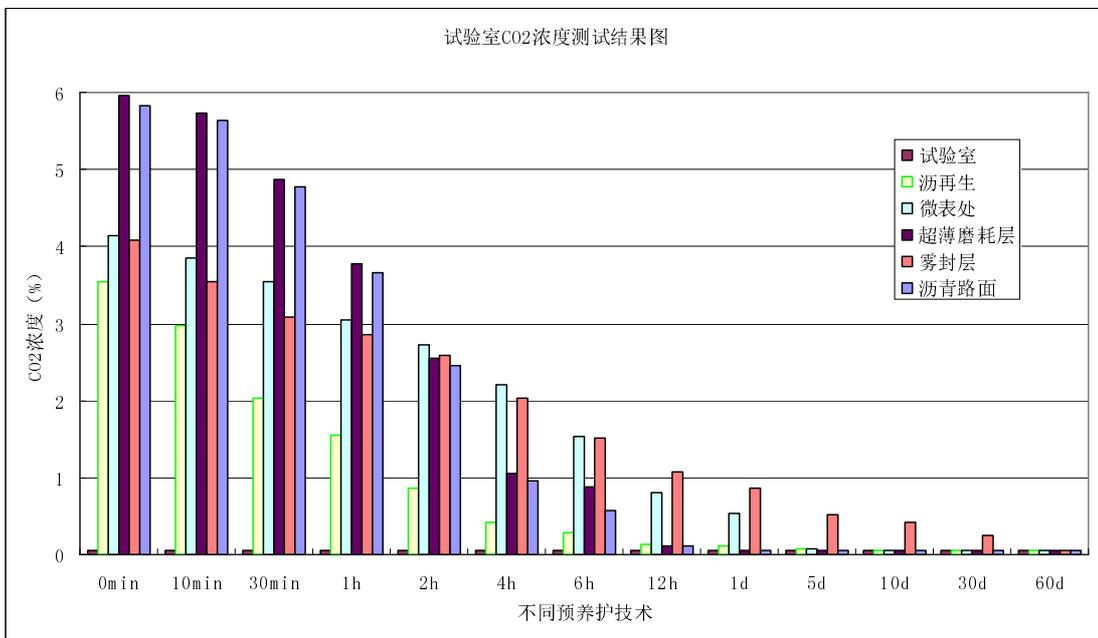


图 3 施工现场不同预养护技术 CO₂ 浓度随时间变化图

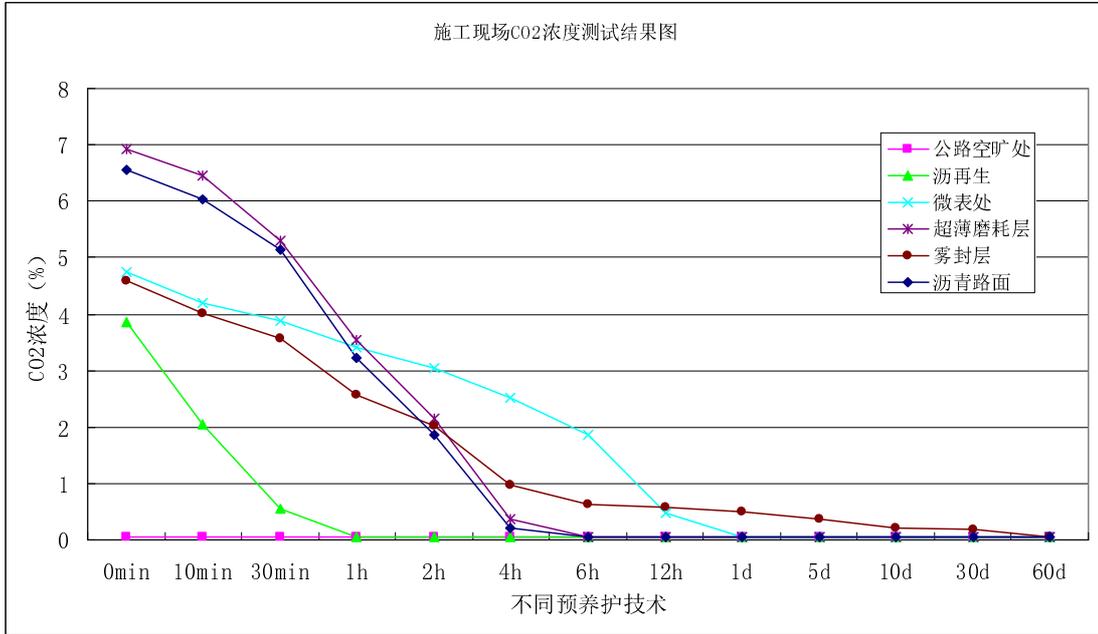
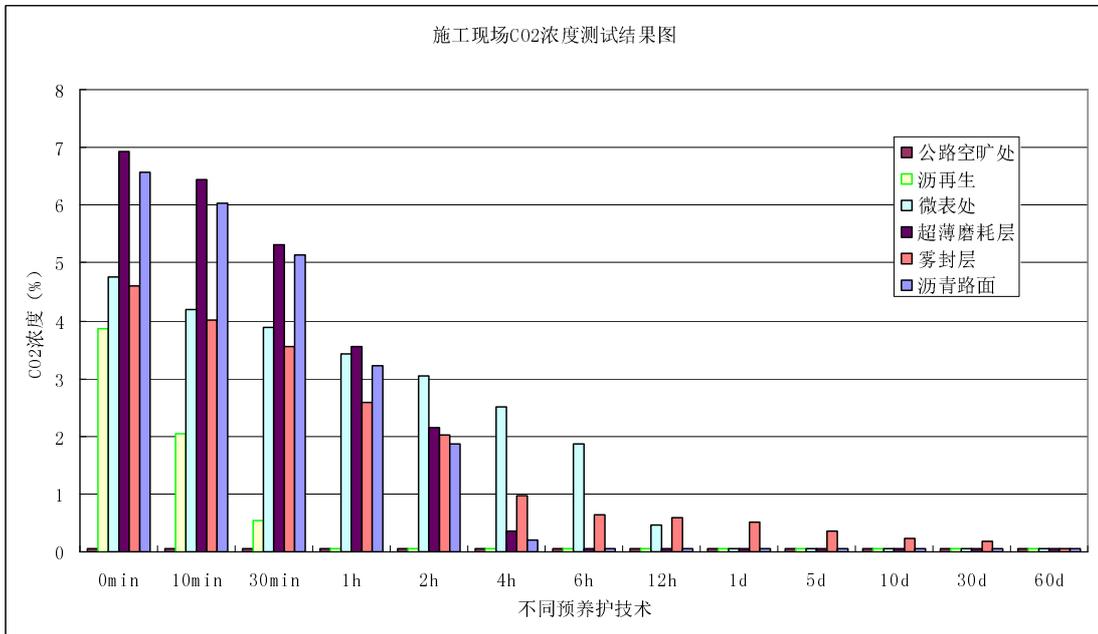


图 4 施工现场不同预养护技术 CO₂ 浓度对比情况图



(图表来源：香港中怡企业发展有限公司)

3.3.4 公路养护碳排放检测结果分析

分析室内和现场测试结果，可以看到：

1、不同预防性养护技术在施工和运营过程中，排放到空气中的 CO₂ 量是不同的，表现在浓度同的样品气体的浓度指标方面也各不相同。通过试验室和现场测试，施工期不同预防性养护技术的 CO₂ 浓度大小排序相同：超薄磨耗层 > 沥青路面 > 微表处 > 雾封层 > 沥青处治(还原)技术 > 环境空气。

2、由于材料本身的特点，随着使用时间的变化，不同预防性养护技术的 CO₂ 浓度变化规律各不相同。加热类的混合料 CO₂ 浓度变化最快，如超薄磨耗层和沥青路面，CO₂ 浓度随材料温度的下降而迅速降低，一般施工结束后 10min 到 4h 期间，CO₂ 浓度 5%~7% 下降至 1% 以下。对于沥青处治(还原)技术材料，由于其本身为环保型材料，排放的 CO₂ 量最小，在材料干燥和向下渗透的过程中，由于材料中不存在有害的有机溶剂，CO₂ 浓度会损失随时间降低，室内密闭空间中，其 CO₂ 浓度在 2h 内将达到 1% 以下，在现场通风的条件下，30min 内 CO₂ 浓度即可下降到 0.5% 左右；对于微表处和雾封层，施工过程中排放的 CO₂ 量介于沥青处治(还原)技术和热沥青混合料之间，随着时间的推移，CO₂ 浓度逐渐降低，但降低的速度较热沥青混合料和沥青处治(还原)技术材料小，经过 12h 才能达到 1% 的 CO₂ 浓度，造成这种现象的原因可能是由于这两类材料都属于反应类材料，在干燥或破乳的过程中，发生了一系列化学反应，产生新的物质，同时向空气中排放一定的 CO₂ 气体所致。试验室测试结果和现场测试结果均显示相同的 CO₂ 浓度变化规律。

3、通过分析试验室测试结果和现场测试结果发现，由于环境条件的不同，CO₂ 浓度变化快慢同。在试验室内，由于环境比较密闭，通风不畅，气体很难散失，CO₂ 浓度变化较现场通风良好的地方小。对于沥青处治(还原)技术材料，室内 4h 内 CO₂ 浓度从 3.55% 降低到 0.43%，而现场通风良好状况下，只需要 30min 就可以达到相同的 CO₂ 浓度；对于加热类的沥青混合料，这种情况表现的更明显，室内相对密闭条件下，沥青路面和超薄磨耗层材料，需要 6h 才能将 CO₂ 浓度从 6% 降低到 0.6% 左右，而在现场通风良好的情况下，只需要 4h 就可以将 CO₂ 浓度从 7% 降低到 0.3% 左右；对于微表处和雾封层这类反应类材料，由于通风的原因，CO₂ 浓度的变化也显示出现场比室内降低快的现象，达到 CO₂

浓度 0.5%水平，室内需要约 1d~5d 的时间，而现场只需要 12h。

4、研究表明，二氧化碳在新鲜空气中含量约为 0.03%，这是人类可以耐受的含量值。如果二氧化碳含量过高，空气不流通，或者是室内燃烧煤气、液化石油气等使得空间氧气含量减少而产生大量二氧化碳，那么室内人员就有可能出现二氧化碳中毒现象。关于二氧化碳在室内空气中最大允许含量，各国尚无统一规定，日本规定室内空气中二氧化碳含量为 0.15%时为换气标准。表 3 为空气中 CO₂ 含量对人体的影响。

表 3 空气中 CO₂ 含量对人体的影响

空气中 CO ₂ 的含量/%	症状
2.5	经数小时无任何症状
3.0	无意识地呼吸次数增加
4.0	出现局部刺激症状
6.0	呼吸量增加
8.0	呼吸困难
10.0	意识不清，不久导致死亡
20.0	数秒后瘫痪，心脏停止跳动

(图表来源：香港中怡企业发展有限公司)

根据表 3 的标准，以 6%作为路面施工阶段 CO₂ 含量的上限值，以 0.5%为使用阶段 CO₂ 含量的应上值，那么不同预防性养护技术对人体健康的影响存在不同影响，同时开放交通的时间也各不相同。在施工现场，沥青处治(还原)技术、微表处和雾封层都能满足施工阶段 CO₂ 含量上限的要求，沥青路面和超薄磨耗层等加热类混合料 CO₂ 浓度接近 7%，施工时对施工人员的健康有影响；而要达到可以开放交通的 0.5% CO₂ 浓度要求，沥青处治(还原)技术需要 30min，微表处需要 12h，雾封层需要 1d，超薄磨耗层和沥青路面需要 4h。因此，出于对人体健康的考虑，应选择 CO₂ 含量较低的材料作为预防性养护材料。

5、对于不同预防性养护材料施工和使用期 CO₂ 总排放量的测定和评价，本研究未进行详细的试验和研究。但从表 1 和表 2，图 1 至图 4 的结果可以定性的分析，图 3 中现场 CO₂ 含量测定中，曲线以下的面积可以间接反映 CO₂ 总排放量，见图 5 至图 9。

图 5 沥青处治(还原)技术 CO₂ 总排放量间接评价图

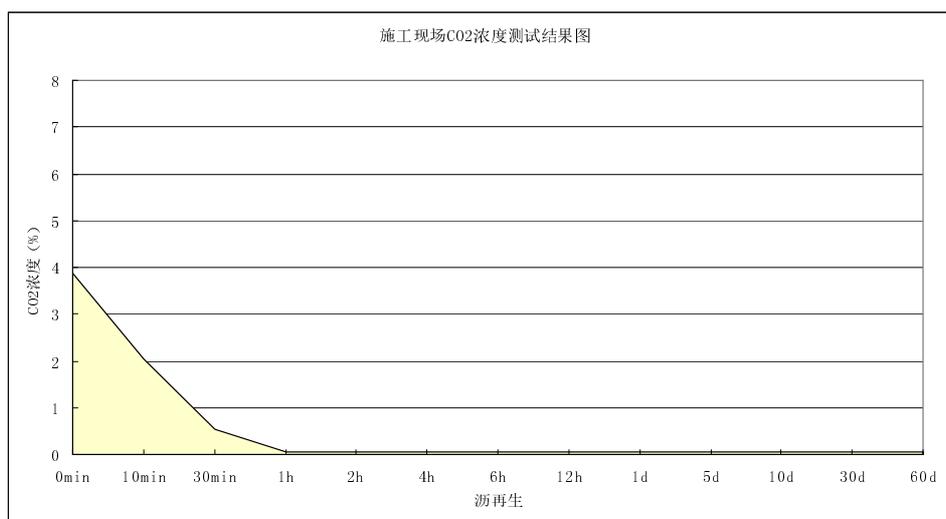


图 6 微表处 CO₂ 总排放量间接评价图

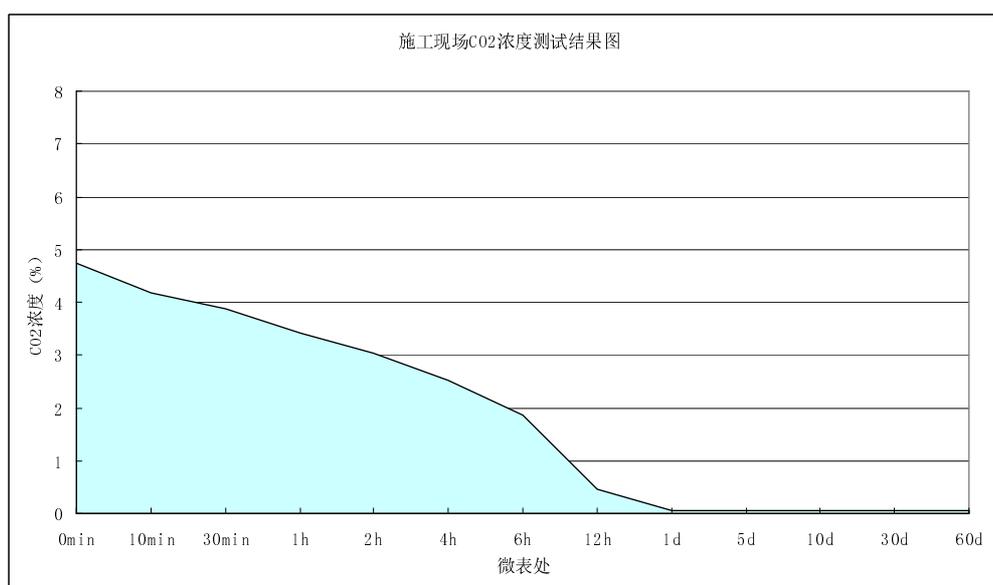


图 7 雾封层 CO₂ 总排放量间接评价图

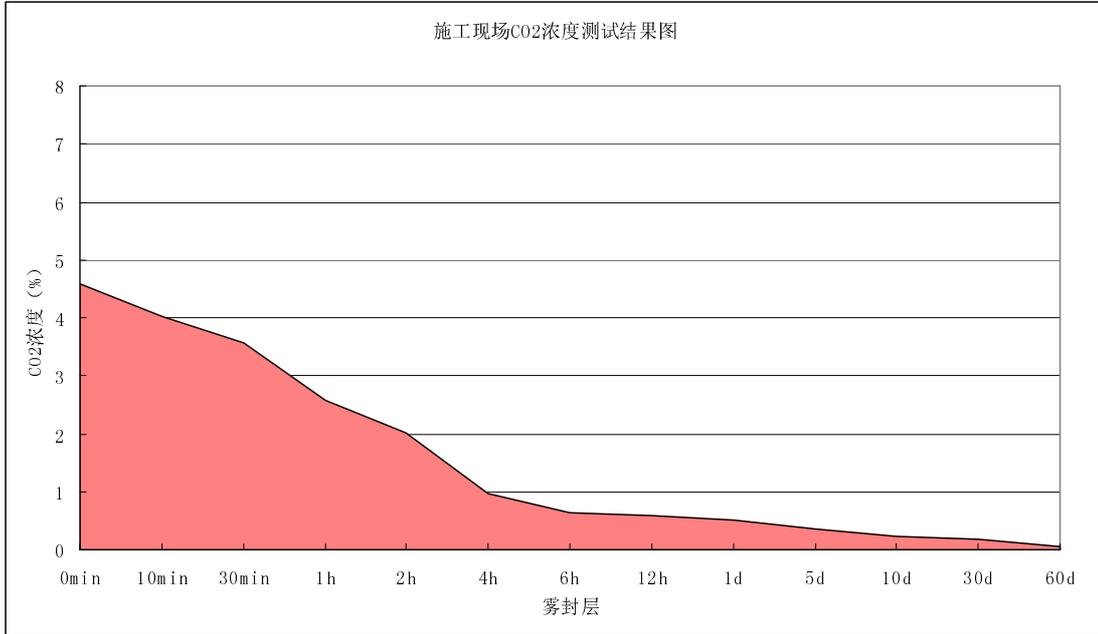


图 8 超薄磨耗层 CO₂ 总排放量间接评价图

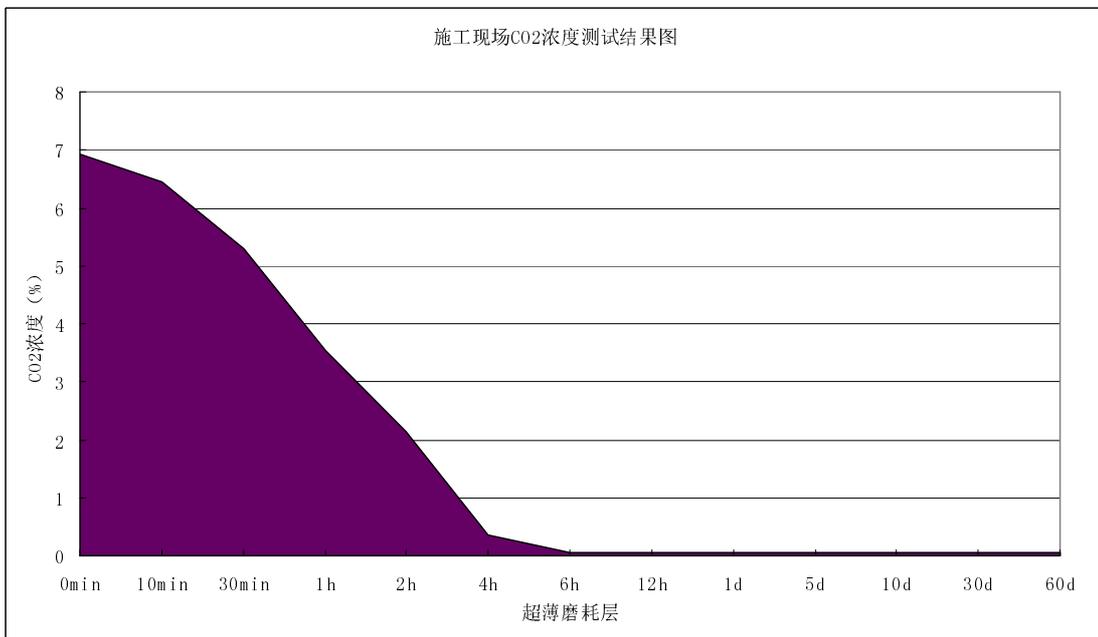
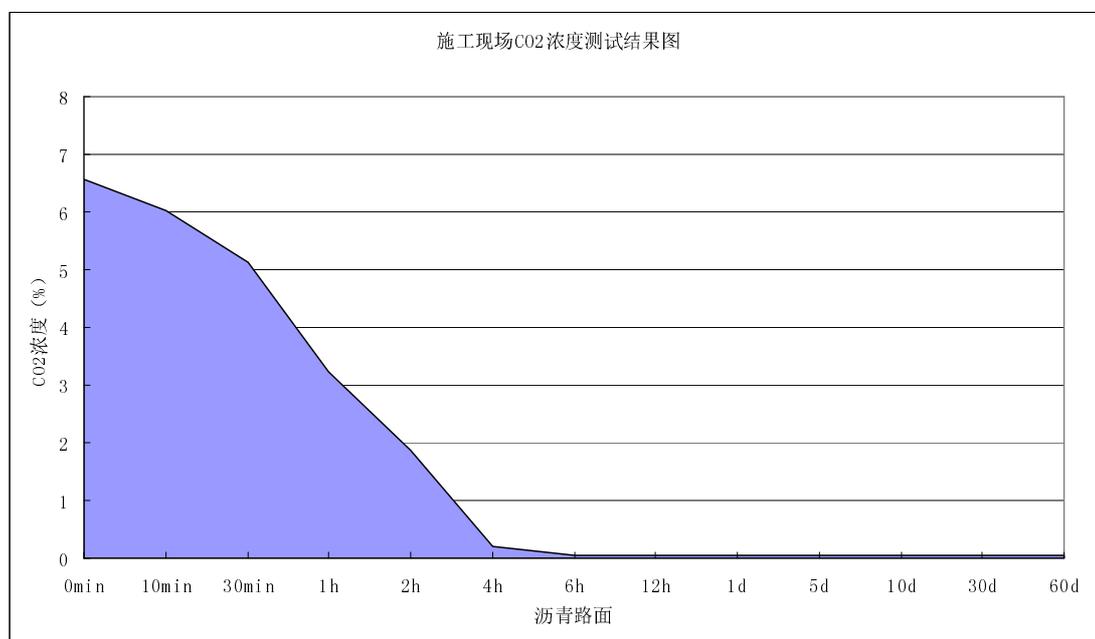


图9 沥青路面 CO₂总排放量间接评价图



(图表来源; 香港中怡企业发展有限公司)

从图中的阴影面积可以定性的看到, 5种预防性养护技术 CO₂总排放量从大到小的排序为: 超薄磨耗层 > 沥青路面 > 微表处 > 雾封层 > 沥青处治(还原)技术。CO₂总排放量越大, 对环境的影响越大, 为地球“温室效应”的贡献就越大。因此, 出于保护自然环境的考虑, 应该对路面预防性养护技术的选择进行综合分析, 选择最优的方案, 达到路面使用性能、经济效益、社会效益和环境效益最优。

3.2.2 公路养护碳排放检测结果分析初步结论

从前面的研究, 可以得到初步的结论:

1、不同的预防性养护技术, 排放的 CO₂浓度和总量各不相同。加热类的混合料 CO₂排放浓度和排放量最大, 其次是反应类材料如微表处和雾封层, 沥青处治(还原)技术 CO₂排放浓度和排放量最小。

2、通风良好的地段 CO₂浓度随时间降低速度快。因此在城市道路等通风

不良的路段,更应选择 CO₂ 排放浓度小的预防性养护技术,以避免 CO₂ 的积聚,带来浓度增大,影响人身体健康。

3、从研究的成果可以看到,在以后的沥青路面预防性养护中,应首先选择常温、非反应性施工材料和技术,保证在路面施工和使用过程中,CO₂ 排放水平始终处于较低的状态。同时尽量避免使用加热性材料。

3.2.3 公路养护碳排放检测结果深入研究设想

此次的研究只是对公路工程建设中预防性养护技术 CO₂ 排放问题的初步探索性研究,公路工程建设和使用中,CO₂ 排放的测试和评价牵扯到形形色色的材料和机械,不同的施工工艺和养护技术,对其测定和评价是一个复杂的、庞大的工程,因此,需要进一步细致的研究,分析公路工程建设和使用中不同材料、不同机械、不同施工工艺和技术等在不同条件下的 CO₂ 排放量大小和随时间的 CO₂ 排放量变化规律,为公路工程建设和使用各阶段制定出具体的 CO₂ 排放量测定方法和评价标准。因此,今后主要在以下方面进行研究:

1、搜集公路工程建设和养护中所使用的原材料信息,包括材料的组成、制备工艺等,测试和计算出每种材料的单位 CO₂ 排放量;

2、搜集公路工程建设和养护中所使用的机械信息,测试和计算出每种机械设备使用的台班 CO₂ 排放量;

3、整理汇总公路建设和养护过程中每种构造物的工艺、技术,以及完成此工艺所需要的材料、机械和人工等数量,测试和计算出完成单位构筑物所需的 CO₂ 排放量;

4、编制 CO₂ 排放量计算软件,根据不同的公路设计或养护情况,编制出公路 CO₂ 排放总量;

5、搜集国内外公路工程中有有关低碳环保方面的新材料、新工艺、新技术,对这些新材料、新工艺和新技术进行单位碳排放量的测试;

6、根据尽可能应用低碳环保的新材料、新工艺、新技术原则,编制基准的低碳环保公路碳排放量标准,即低碳环保公路标准;

7、根据低碳环保公路标准,研究已经设计或施工的公路碳排放量大小,对其进行碳排放量的评价,根据评价结果,确定是否满足碳排放要求;

8、研究对不满足碳排放要求公路的超碳排放原因,进行改进措施研究。

3.3 可量化低碳公路养护技术前景分析

一、低碳公路养护技术可量化的可行性

通过上面的实验并进行的数据分析，可以得出不同的沥青公路养护方法碳排放量是各不相同的。在现有的技术条件下，对于各种公路养护技术的碳排放做出检测是可行的。要通过理论模型、实践检验对于不同公路养护技术的碳排放量进行对比，最终得出较为稳定可信的数据，以支撑公路养护行业低碳化行业标准的确立，进而为低碳公路养护技术法律化提供基础。

二、可量化低碳公路养护技术的必要性

低碳公路养护技术必须进行可量化，在现今的公路养护技术中，很多都是宣传多于实效，概念多于行动。可量化的低碳公路养护技术是将来公路养护行业的发展趋势，只有可量化的低碳公路养护技术才能为我国公路养护行业的低碳化做出真正的贡献。各种公路养护技术只有经过量化的对比研究才能比较各种养护技术之间的优劣，进而为整个公路养护行业提供数据上的支持和行业标准，最终推进整个低碳公路养护行业的标准化和规范化。

第4章 推进低碳公路养护技术的法律保障

4.1 低碳公路养护技术与法律保障

一、法律推进低碳公路技术规范确立

低碳公路养护技术的推广是实现低碳交通的一个重要方面，而低碳交通又是我国低碳经济发展的一个重要组成部分。积极推进低碳公路养护技术的发展是实现低碳交通的内在要求。低碳公路养护的推广，不仅是企业的责任，也是政府、行业组织等各方面主体共同推进的结果。但是，要想根本上实现低碳公路养护的推广和发展，必须要有法律作为强有力的后盾。法律不仅是维护行业秩序，促进低碳公路养护良性发展的重要手段，其对于低碳公路养护的标准化确立也是最根本的保证手段。对于低碳公路养护，我们需要的不仅仅是口号式的作秀或者是仅仅停留在口头的宣传，而不注重实际的效果。

低碳公路养护技术必须标准化，这是行业发展所必须的，可以促进优秀技术和优秀企业的发展，防止一些企业仅仅是拿低碳作为宣传而或者是广告，这需要法律的保障。法律可以将低碳公路养护技术标准予以确认，确定低碳公路养护的技术标准和行业规范，从而从根本上实现公路养护的低碳化。法律作为最具有强制性和权威性的规范，其在低碳公路养护的发展中应该有所作为。法律通过对于行业标准的确认以及强制标准的认证，可以促进真正低碳公路养护产业的发展，淘汰落后技术，发展先进技术，最终实现我国低碳公路养护行业的崛起，从而推进低碳交通的发展，进而实现低碳经济的发展。

二、法律推行量化低碳公路养护技术

低碳公路养护技术的推广需要各方面的合力。其中涉及企业、政府、行业协会等主题，但根本上还需要法律的推动。企业对于低碳公路养护技术的发展可以提供实证支持，提供数据支撑，从而为低碳公路养护技术的发展提供经验。企业可以做的，政府也可以做。低碳减排可以从行业做起，也需要政府的推广

和支持。在沥青公路养护方面积累的经验和数据同样可以应用到其他的行业和领域。比如，北京市政府要实现公路养护碳减排强度降低百分之多少，每年降低百分之多少，它可以把任务交给一个专业科研能力强的单位处理，帮忙设计，怎么样把碳全部或一部份减排下来，引进技术、负责实施和组织、最后也有监督和认证，凡此种种，不一而足。这样通过可以量化的低碳减排技术以及数据的支持，最终将低碳技术推广到可以应用的行业和领域。如果说通过能源管理实施下来，通过企业、政府有关机构找到中国节能联盟，它就可以认可你的技术，并推荐可靠的方案和技术，所以最终效益体现，应当是通过合作能源管理之后。但是要从根本上推进低碳公路养护技术的发展还是需要法律的确认。其二是国人的根基教育；如美德节俭；据调查，中国的公路行业并不是一定缺乏相关法规法条，只是在操作上，执行上力度不够；从而导至相关问题呈现至今。其三政府要下放权力予以公路协会主办；对于合乎条件之产品以予认证推广，不合格则淘汰，如律师协会模式等，有相关问题时必须由律师协会来主办处理。

历史发展到今天，法律已经成为人类活动最基本的准则之一，其强制力和权威性已经得到人民的普遍认识。同样，法律在推进低碳公路养护技术推广方面大有作为。一个行业的发展，一种技术的推广、一种理念的实施，都需要法律的后盾。在低碳公路养护技术方面，法律首先是确认其价值，低碳公路技术的推广是实现低碳交通、低碳经济发展的重要组成部分，也是人类应对气候变化、能源危机的重要手段，必须尽快予以推进；其次，法律确认低碳公路养护技术的标准，推进真正低碳技术的推广，促进整个行业的良性发展；最后，法律制定鼓励优秀技术、淘汰落后技术的规范，实现低碳公路养护行业的优胜劣汰，维护行业准则。所以，以法律推进低碳公路养护技术的发展，势在必行。

4.2 低碳公路养护技术立法理论基础

4.2.1 低碳公路养护技术立法伦理基础

人本和谐主义是低碳公路养护技术立法的伦理基础。立法理念先行，思想指导行动，低碳公路立法要坚持人本和谐主义。低碳经济的兴起是为了解决经济发展与环境资源保护之间的矛盾，低碳公路养护技术也是为了实现人类社会

与自然环境的和谐发展。

自从工业革命开始，人类征服自然的能力大大增强了，可谓是改天换日，无所不能，人类在自然面前的自信心也极大的增强，自认为是万物的主宰。但是，随之而来的却是自然环境危机的爆发，导致我们必须反思自己的认识——人类与自然到底是何种关系，人类与自然如何相处？我们今天面对的生态危机并不是自然环境本身的变迁引起的，而是由于人类不合理的改造自然的的活动所导致的，从此角度而言，人类可谓是生态危机的始作俑者。正如岩佐茂所说：“这里所要研究的自然环境破坏，并不是自然本身变迁中发生的生态破坏，而是由人类活动所引起的地球生态破坏。作为自然环境破坏的地球生态破坏，是由作为平衡生态系统一员的人类具有了足以破坏其他物种的巨大能力而产生的后果。”⁷⁵人性作为意义和价值的基础，对于人类世界的存在、人类社会的生活以及人本身的活动都是具有指导意义的，所以，对于人类与自然的关系，人类与自然如何相处，我们都需要重新认识。

作为自然环境一员的人类，其实是自然生态系统的一部分，人类既不能脱离自然而存在，也不能对环境肆意妄为。天人合一，道法自然，人类需要对自然有足够的敬重。在经过 18 世纪工业革命以来人类改造自然的历史进程之后，人类现在重新定位自己的价值，深刻进行了反思。归根到底，人类是不能脱离环境而独自存在的，人类与自然的关系也不是征服与被征服的关系，人与自然共生共荣，是一个整体。所以，人本和谐注意自然也就成为低碳公路养护技术立法的伦理基础。

4.2.2 低碳公路养护技术立法目的选择

法律的制定是出于一定的动机和意图，无目的则无立法。低碳公路养护技术立法之终极目的在于实现环境正义，促进低碳经济发展，实现人与自然和谐，直接目的则在于实现经济发展与自然环境和谐，推进我国低碳公路养护事业的发展。

低碳公路养护技术，可以实现经济发展与环境资源相协调，而实现环境正义和环境公平也就成为低碳公路养护技术立法的基础目的。自然环境不仅仅是人类自身的生活环境也是其他物种共同的生活环境，生态系统不仅仅是我们的

⁷⁵ [日]岩佐茂：《环境思想》，韩立新等译，中央编译出版社 1997 年版，第 84 页。

生态系统，也是全人类共同的居住环境；同样的道理，自然资源也不仅仅是我们这一代人的自然资源，其同样也是我们子孙后代的自然资源。所以，我们需要对自己负责，对后代负责。环境公平和环境争议，不仅仅涉及国别之间，也涉及代际之间，我们需要广阔的视野和长远的眼光，在低碳公路养护技术立法上也要高瞻远瞩，真正实现立法之目的。就直接立法目的而言，低碳道路养护技术立法需要实现经济发展与环境保护之间的协调，真正促进低碳公路养护行业的发展，从而为实现低碳交通，保证低碳经济发展奠定基础。

4.2.3 低碳公路养护技术立法价值取向

低碳公路养护技术立法价值与其伦理基础及立法目的一脉相承——生态和谐，是低碳公路养护技术立法追求的目的性价值；生态效率，是低碳公路养护技术立法的工具性价值。⁷⁶

低碳公路养护技术立法要实现生态的和谐，包括三方面的内容：代内生态和谐，其关注同代人之间的生态和谐问题，具体需要注意国际间的生态和谐、地区间的生态平衡和同代人之间的生态和谐；代际生态和谐，既世代人之间的纵向生态和谐，要注意当代人活动对于自然资源的开发利用和对于环境破坏的程度，当代人对于修复改善自然环境所做出的努力以及现代人对于后代人的补偿能否实现等问题；种际生态和谐，既人类与其他物种之间的生态和谐，其实，我们应该认识到的是保护自然环境就是保护人类自己，爱护其他物种就是爱护人类自身。人与自然之间的公平交易，不仅是保护环境的利益，使人类与环境之间建立一种和睦符合伦理要求的关系，也是保护人类自身利益的需要，达到局部利益与整体利益、短期利益与长期利益之间的平衡。⁷⁷

低碳公路养护技术立法之工具性价值在于实现生态效率，要求我们关注经济社会发展价值量与环境资源消耗之间的实物比，一个国家的整体生态效率可以用以下公式计算：生态效率（资源生产率）=经济社会发展（物质量，即GDP总量）/资源环境消耗量（实物量，即资源环境消耗的实物量）。对于公路养护行业，也是适用于这个原理，即如何以最小的资源消耗量和谈排放量实现公路养护效果的最大化。中国的国情以及目前的环境现状都需要我们提高生态效率，

⁷⁶ 参见杨泽伟主编：《发达国家新能源政策法律与政策研究》，武汉大学出版社2011年版，第163页。

⁷⁷ 参见李挚萍：《经济法的生态化》，法律出版社2003年版，第34页。

而实现低碳公路养护行业的生态效率是低碳经济发展的题中之义。

4.3 低碳公路养护技术立法制度构建

结合我国自然资源环境的状况以及低碳公路养护技术的实际水平，在低碳公路养护立法中，应着力构建以下一些相互衔接的低碳公路养护基本法律制度。

4.3.1 鼓励、限制或者禁止名录制度

要建立低碳公路养护名录与循环示范制度，国务院有关部门要根据经济社会发展情况，依据相关制度制定低碳公路产业政策，不定期制定和公布国家鼓励、限制和禁止的工艺、产品目录，对于消耗高、污染重、效率低的落后工艺、设备实行强制淘汰制度。国家还应制定相关产业政策鼓励低碳公路建设养发展，定期发布关于符合国家要求的技术、工艺、设备名录。授权地方政府部门对于符合经济发展产业政策、采取国家鼓励发展的生产工艺或生产符合目录中鼓励发展工艺、产品的单位、项目进行认定。⁷⁸也要建立重点企业强制工艺革新制度，低碳公路养护作为一种新的技术方法，必然会对传统的生产经营模式提出改进要求。政府在推进新工艺技术过程中，必然会受到许多传统企业的抵触。因此，要制定标准和奖罚措施，将达不到工艺的企业列入强制名单，进行严格监管、重点突破。要求列入强制名单的企业必须按照国家规定的标准进行整改。

4.3.2 公路养护技术市场准入制度

低碳公路养护离不开市场的推进，但是也要符合市场规则 and 环境保护等方面的市场准入条件，主要表现为：技术和设备等是否符合国家的标准，环境影响评价结果是否合格，产品能否再生或者再利用。实现道路建设养护的优化提升是发展低碳公路建设养的一条基本主线，而科学完善的市场准入制度，是从源头实现低碳公路养护的重要措施。首先，对生产过程管理实行环境准入，通过建立环境污染强度指标和资源消耗指标限制，制定环境影响评价和产业指导政策等制度，对于不合格企业实行限制，对于合格企业实行优先立项、财政补贴、投资倾斜等优惠政策；其次，对产品实行环境准入管理，达标企业进行鼓

⁷⁸ 参见乔刚：《生态文明视野下的循环经济立法研究》，浙江大学出版社 2011 年版，第 328 页。

励，不达标企业予以限制。本制度主要从下面两个方面进行设置：一是针对高能耗、高污染技术、项目提高市场准入门槛；二是针对低能耗、低污染企业放宽市场准入资本限制，通过特许经营等方式吸引和规范社会资本的流向。不断加强我国市场准入制度的建设，不仅可以促进专业化和规模化企业介入低碳公路建设养产业，促进低碳公路养护，还可以确立国内市场低碳公路建设养的绿色秩序，建立自己的绿色标准。⁷⁹

4.3.3 低碳公路养护技术规划制度

低碳公路养护是一种新的技术，从传统公路养护到新技术的过度不是一蹴而就的，需要一个较长的时间过程，为了明确低碳公路的发展目标，指导低碳公路养护，需要在立法中确立低碳公路养护的规划制度。低碳公路养护立法应该对低碳公路养护提出明确要求：一是将低碳公路养护纳入国家经济社会发展规划之中，把低碳公路的建设养护确立为道路建设发展的基本目标之一并进行全面规划；二是将低碳公路养护作为重要的原则，用低碳公路理念编制相关的专门规划，引导和加快产业结构、产品结构的调整；三是要用低碳公路养护的理念指导地方公路建设规划，促进地方公路养护的低碳化。通过规划，确立低碳公路养护的发展方针、分期目标、考核目标、计划性对策和重大项目等事项；解决低碳公路养护的发展目标、发展重点、路径选择、保障措施等；确立重点技术、重点企业名录，搭建一个全面促进低碳公路养护的政府平台。

4.3.4 公路养护有毒有害物质禁止制度

有毒有害物质一旦进入环境之中就很难消除，其对于人类健康和环境的危害将是长期性的，因而，在公路养护过程中，从源头上禁止有毒有害物质进入环境是有效的措施。因为，在低碳公路养护技术立法中，对于公路养护技术中有毒有害物质的名单目录以及环境容纳量进行规定，实行有毒有害物质名录制度，以从源头上保证环境安全。⁸⁰具体而言，对于在目前经济条件和技术条件下能够替代的公路养护过程中需要的有毒有害物质，要采取其他产品和技术；对于目前的经济技术条件还不能替换的公路养护有毒有害物质，应该允许其继续使用，但是应该限制其使用的数量和范围，并采取相应的技术手段消除减小

⁷⁹ 陶伦康：《循环经济立法理念研究》人民出版社 2010 年版，第 313 页。

⁸⁰ 参见刘学敏：《循环经济与低碳经济》，现代教育出版社 2011 年版，第 187 页。

其危害。有毒有害物质禁止制度并不只是具有禁止和限制的内容，还应该发挥鼓励替代的效果，积极促进新技术和新产品的投入使用。可能有毒有害物质禁止制度会导致公路养护成本的暂时加大，但是从长远来看，该制度节约了将来必然存在的巨额有毒有害物质的处理费用，有利于经济的长远发展。

4.3.5 公路养护技术绿色核算制度

无偿占有社会共有的资源环境，是传统公路养护的症结，也是道路建设养护中外效应难以根除的主要原因。这不仅造成了资源的浪费，而且造成了碳的高排放。因而，发展低碳道路建设养护就必须从企业自身和国家层面建立一套绿色的公路养护技术核算制度，改变现有的公路养护核算机制，把碳排放量纳入经济考核，实行资源的有偿使用。该项制度包括两个方面：一是改变传统的国民生产总值（GDP）核算方法，在道路建设养护中推行绿色 GDP 制度，明确规定 GDP 的核算方法，核算范围和核算内容，建立绿色的道路养护技术核算制度；二是健全法律法规，推行绿色会计制度，依据会计准则所规定的有关环境原则设计会计制度，使绿色会计具有实际可操作性，为我国建立公路养护技术的绿色核算制度奠定可靠的微观基础。绿色公路养护技术核算制度的确立，有助于真正从数量上核算公路养护碳排放，为公路养护技术低碳化提供数据上的支持。

4.3.6 低碳公路养护技术经济激励制度

低碳公路养护在发挥政府指导作用的同时，需要充分发挥经济杠杆作用，通过经济杠杆制度，完善低碳公路建设和养护的价格形成机制，刺激企业的行为，引导社会投资取向，形成低碳公路建设养的市场调节基础，调动企业、公众参与低碳公路养护的积极性。本制度主要从以下四个方面构建：一是通过价格、税收、费用等经济杠杆，合理调整低碳公路养护产品的比价关系，完善低碳公路建设养的价格形成机制；二是运用企业名录和押金制度，刺激企业的生产机制，改变整个公路养护系统的生产模式；三是利用国债、贷款、基金等经济杠杆，引导社会投资，促进低碳公路建设养的发展；四是通过政府采购和招标，扩大低碳公路建设养产品的市场消费需求，激发企业从事低碳公路养护的热情，引导绿色消费取向。

结 语

中国正面临着两难的局面和转型的机会。在过去的三十多年间，中国经历了人类历史上最辉煌的发展阶段之一。促进几亿人民的发展和经济持续高速增长应对结合，成为一体。因为，如果没有实现人民福祉的增长是不可持续的，以损害环境为代价的经济发展是没有效率的。目前，中国以资源环境为代价的高正常是不可持续的。

向低碳发展转型势在必行，中国正处于十字路口。可能，就目前中国而言，渐进的向低碳转型是一个可行的路径。更有很多人认为中国应该采取更加激进的错事，因为时间不多，别无选择。传统的增长模式已经让环境资源能以承受，如果我们不希望电影中 2012 的到来，那么，行动应该刻不容缓。相关的证据已经证明气候变化与高碳经济之间的内在关系，那么，向低碳转型不仅仅是一条基本的途径，也是应对危机必然的选择。可能，向低碳经济转型会带来暂时的阵痛：工作机会的减少、经济增长的放缓以及财政上的压力，但是其带来的收益更是不容忽视：技术竞争上的优势、经济结构的优化、能源服务的转型、国际地位的提高以及生态环境的好转等，实际的好处不仅是这些，我们需要行动。低碳发展有助于中国经济保持可持续增长，并提高人类发展水平，避免气候变化有可能逆转中国发展的成果。但是，如果我们继续漠视气候变化，不能够以一种协调的方式来处理气候变化与人类发展两者关系的话，上述种种的成就有可能受到气候变化的负面影响的危害。有可能给粮食安全、人类健康和带来不利的影响，甚至包括现有能源体系等领域都会产生不可预知的影响。

低碳公路养护技术可能处于起步阶段，但是不容忽视的是公路交通事业在中国现代经济结构中的地位以及其对于中国碳排放的影响。尽管传统的观点对于低碳交通焦点仍然是交通工具的低碳化，但是我们不能忽视交通基础设施建设中的碳排放，不能忽视公路养护过程中带给环境的影响和温室气体的排放，所以，一项针对低碳公路建设和养护的法律政策，有助于改善碳排放量，也会带来长期的效益。尽管可能刚刚起步，但是，有意识，去行动，总会有收获的。

对于事物之认识，总会有一个过程，而认识事物本质的过程，必将是一个艰辛的过程。试想，如果没有蒸汽机的发明，电力的应用以及计算技术的普及，可能我们很难想象我们生活的时代。而其中走过的艰辛探索过程，我们表示敬意。而今，低碳经济成为世界发展的潮流，这不仅仅应景之说，更重要的是为了人类自身的生存环境，为了人类后代的栖息空间而做出的一次全球的努力。可以说，面对低碳潮流，我们别无选择。对于中国而言，这是一个最好的时代，也是一个最坏的时代。因为中国还面临经济发展和减少贫困的重任，社会的现代化还需要一个很长的时间，可谓任重而道远，这期间，不能不说压力不大，所以，这是一个最坏的时代；但是，低碳技术优势最近兴起，世界是平的，对于所有的国家，发展低碳经济、低碳技术，起跑线是相同的，我们终于有机会在同等条件下与其他国家一较高低，所以，这是一个最好的时代。可能的是，时代本来无谓好坏，机会无论多少；时代无谓好坏，完全看如何应对，机会无论多少，只需把握一个。所以，从这个角度而言，我们可能不需要那么多的争吵和讨论，赶紧行动，切实去做些事情，这才是关键。关于中国低碳经济道路养护，前景美好，道路崎岖，美好之前景催促我们坚持，道路之崎岖需要多些耐心。从一个企业规则的制定，到一个行业标准的确立，直至法律法规的认可，这是一个过程，机遇与挑战并存，对于企业而言如此，对于国家而言亦是如此。可能，我们从来不缺少机会，只是把握较少；亦可能我们从来不缺少想法，只是缺少坚持的勇气。就让我们一起去坚持下去，为了低碳公路的发展贡献一些力量；让我们一起多些想象，为低碳经济的发展多些经验；让我们一起多些信念，为了人类共同的家园而减排吧！

参考文献

一、著作类

- 1、周珂：《环境法(第三版)》，中国人民大学出版社 2000 年版。
- 2、穆献中：《中国低碳经济与产业化发展》，石油工业出版社 2011 年版。
- 3、陈晓春：《低碳经济与公共政策研究》，湖南大学出版社 2011 年版。
- 4、李士、方虹、刘春平编著：《中国低碳经济发展研究报告》，科学出版社 2011 年版。
- 5、雷鹏：《低碳经济发展模式论》，上海交通大学出版社 2011 年版。
- 6、杨泽伟主编：《发达国家新能源政策法律与政策研究》，武汉大学出版社 2011 年版。
- 7、乔刚：《生态文明视野下的循环经济立法研究》，浙江大学出版社 2011 年版。
- 8、刘学敏：《循环经济与低碳经济》，现代教育出版社 2011 年版。
- 9、易鹏：《低碳真相》，中信出版社 2010 年版。
- 10、邹骥主编：《2009/10 中国人类发展报告—迈向低碳经济和社会的可持续未来》，中国出版集团公司 2010 年版。
- 11、[日]岩佐茂：《环境思想》，韩立新等译，中央编译出版社 1997 年版。
- 12、李挚萍：《经济法的生态化》，法律出版社 2003 年版。
- 13、邹骥主编：《2009\10 中国人类发展报告—迈向低碳经济和社会的可持续未来》，中国对外翻译出版公司 2010 年版。
- 14、陶伦康：《循环经济立法理念研究》人民出版社 2010 年版。
- 15、Why did greenhouse gas emissions fall in the EU in 2009 ? EEN analysis in brief.Franklin Dehousse and Tania Zgajews, the EU Climate Policy after the Climate Package and Copenhagen Promises and Limits, Academia Press, 2010, p.11.
- 16、Directive 2001/77/EC of 27 September 2001 on the promotion of electricity

- produced from renewable energy sources in the internal electricity market, OJ L 283,27.10.2011,P.33.
- 17、 Directive 2003/30/EC of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels of other renewable fuels for transport, OJ L 123, 17.5.2003, P.42.
 - 18、 Directive 2009/28/EC of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. OJ L140, 5.6.2009, p.16.
 - 19、 Sonia Labatt, Rodney R. White, Carbon Finance: The Finance Implication of Climate Change, Hoboken, NJ:John Wiley & Sons, Inc., 2007, P.2.
 - 20、 A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. COM(2011)112 final.
 - 21、 Annual European Union greenhouse gas inventory 1999-2009 and inventory report 2011, EEA Technical report, No, 2/ 2011.
 - 22、 OJ L 167, 22. 6. 1992, P.17.

二、论文类

- 1、王倩倩、黄贤金、陈志刚、谭丹、揣小伟：《我国第一次能源消费的人均碳排放重心移动及原因分析》，《自然资源学报》，2009年5月。
- 2、陶波、葛全胜、李克让、邵雪梅：《陆地生态系统碳循环研究进展》，《地理研究》，2001年11月。
- 3、王庚辰：《陆地生态系统温室气体排放（吸收）测量方法简评》，《气候与环境研究》，1997年9月。
- 4、刘纪远、于贵瑞、王绍强、岳天祥、高志强：《陆地生态系统碳循环及其机理研究的地球信息科学方法初探》，《地理研究》，2003年7月。
- 5、黄耀，孙文娟：《近20年来中国大陆民田表土有机碳含量的变化趋势》，《科学通报》，2006年4月。
- 6、黄耀，孙文娟：《土有机碳含量的变化趋势》，《科学通报》，2006年4月。邹建文、焦燕、王跃思、黄耀：《稻田CO₂、CH₄、N₂O排放通量测定方法研究》，《南京农业大学学报》，2002，25。
- 7、王庚辰：《陆地生态系统温室气体排放（吸收）测量方法简评》，载《气候

- 与环境研究》，1997年9月。
- 8、鲁中明、戴民汉：《海气二氧化碳通量与涡动相关法应用研究进展》，《地球科学进展》，2006年10月。
 - 9、刘险峰：《城市群低碳交通发展研究》，《中国城市经济杂志》，2010年10月11日。
 - 10、岑铁振：《公路行业如何走“低碳”之路》，《魅力中国》，2010年5月，第1期。
 - 11、埃森哲：《能源供应是碳排放的主要来源》，《魅力中国》，2010年12月23日。
 - 12、杨秦：《碳排放数据困扰中国公司》，中国经济导报，2010年2月17日。
 - 13、孙建卫、赵荣钦、黄贤金、陈志刚：《1995~2005年中国碳排放核算及其因素分析研究》，自然资源学报，2010年8月。
 - 14、危敬添：《联合国气候变化框架公约的历史和现状》，《中国远洋航务》，2009年第11期。
 - 15、谢高地、李士美、肖玉、廊悦：《碳汇价值的形成和评价》，自然资源学报，2011年1月。
 - 16、邓海峰：《欧盟应对气候变化立法概览》，p.208-212，国外应对气候变化法所涉重点问题识别和研究中期报告，2011年12月15日。
 - 17、周珂、李博：《哥本哈根会议述评——兼谈对中国的影响》，北京环境法制论坛网 <http://bjelf.com/onews.asp?id=919>，2012年1月6日最后访问。
 - 18、周珂、徐岭、潘文军：《中国应对气候变化法治建设刍议》，载于《学习与探索》，2010年第2期，第128-131页。
 - 19、周珂、宋德新：《气候变化问题之批判》，载于《河南省政法管理干部学院学报》，2008年第4期，第1-8页。
 - 20、周珂、李博：《哥本哈根会议与我国低碳经济的法制保障——以受试者的知情告知切入》，载于《法学杂志》，2010年第7期，第35-39页。
 - 21、周珂、梁文婷、李姗姗：《论构建我国低碳交通运输法律体系》，载《法治研究》，2011年第2期。
 - 22、周珂：《论水循环与气候变化应对机制》，载于《河海大学学报（哲学社会科学版）》，2008年9月。

- 23、周珂：《气候变化利益格局及应对机制》，载于《清华法治论衡》。
- 24、周珂、宋德新：《气候变化应对机制的挑战与完善》，载于《经济导刊》，2010年4月。
- 25、周珂、徐岭：《我国绿色经济面临的挑战和发展契机》，载于《人民论坛》，2010年3月。
- 26、乔雪峰：《全国交通运输行业 122 个节能减排项目或 2.5 亿支持》，<http://finance.people.com.cn/GB/16392372.html>，2012年1月6日最后访问。
- 27、Joe Wisniewski 等著，贾小丰译：《陆地生态系统的二氧化碳封存》，《水文地质工程地质技术方法动态》，2008年4月，第6期。
- 28、Kyoto Protocol，联合国气候变化框架公约官方网站
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php，2012年1月6日最后访问。
- 29、“WHAT WILL BALI BE ABOUT?” 联合国气候变化框架公约官方网站
http://unfccc.int/files/meetings/cop_13/press/application/pdf/071025__media_info_on_bali.pdf，2012年1月6日最后访问。
- 30、“Cancun Agreements” 联合国气候变化框架公约官方网站
http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/items/6005.php，2011年12月26日最后访问。
- 31、“Durban Climate Change Conference” 联合国气候变化框架公约官方网站
http://unfccc.int/meetings/durban_nov_2011/meeting/6245/php/view/decisions.php，2011年12月26日最后访问。
- 32、“气候变化的挑战及中国的应对战略” 刘江在 20 国能源环境部长圆桌会议上的主题发言，<http://www.ccchina.gov.cn/cn/NewsInfo.asp?NewsId=3837> 2012年1月2日最后访问。
- 33、《上大压小：千万吨级以上煤炭企业产量占全国 58%》，
<http://finance.ifeng.com/news/special/energyhuanshuai/20110113/3199132.shtml>，2012年1月6日最后访问。
- 34、杨丽萍：《我国将修订清洁生产促进法，发改委表示将增强法律的约束力》，<http://news.163.com/11/0512/10/73RLVB9N00014AEE.html>，2012年1月6日最后访问。

三、法规类

- 1、《中华人民共和国可再生能源法》第7条，
http://www.gov.cn/flfg/2009-12/26/content_1497462.htm，2010年5月20日最后访问。
- 2、《可再生能源电价附加标准上调为每千瓦时8厘》，
<http://www.zjol.com.cn/epmap/system/2011/12/22/018095263.shtml>，2012年1月6日最后访问。
- 3、《中华人民共和国清洁生产促进法》，
http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61640.htm，2012年1月6日最后访问。
- 4、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，
http://www.gov.cn/gongbao/content/2005/content_63310.htm，2011年12月30日最后访问。
- 5、《中华人民共和国循环经济促进法》，
http://www.gov.cn/flfg/2008-08/29/content_1084355.htm，2012年1月6日最后访问。
- 6、《城市生活垃圾管理办法》，
http://www.gov.cn/ziliao/flfg/2007-06/05/content_636413.htm，2012年1月6日最后访问。
- 7、《废弃电器电子产品回收处理管理条例》，
http://www.gov.cn/zwgk/2009-03/04/content_1250419.htm，2012年1月6日最后访问。
- 8、欧盟指令 2006/32/EC 和指令 2004/8/EC。

致 谢

首先衷心感谢周珂老师两年多来的耐心教导及鼓励，在此期间带引学生不但认识低碳领域中各方面的知识，更让学生多次参与与低碳有关的法学会议及论坛，使我受益非浅。在本次文章拟定及编写期间，周老师更是不厌其烦的加以指导及完善，才使得此论文顺利延写至定稿。无言感谢！

同时亦感谢法学院高原师姐细心指导，协助编写与校对本论文。在此，再向老师和师姐致以真挚的谢意！

过往十年，学生很幸运的能在事业上及学术上得到多位中外专家的教导，并实践低碳沥青道路养护技术。衷心感谢加拿大国家工程研究院院士尔玛工程博士 (Dr. M.Y. Fisekci) 和加拿大注册专业工程师蒋松华先生！他们这十年来钻研低碳的成果及订立低碳及绿色经济的沥青再生(还原)技术规程，在专业知识领域中使我获益良多。

感谢西安公路研究院徐希娟工学博士、广东华南理工学院虞将苗工学博士在沥青再生(还原)技术上给予的指导。感谢上海市市政公路行业协会、上海市市政公路管理处、和上海市市政规划设计研究院等各位技术领导人在过往 6 年对学生在工程上的指导。

无限无言的感激香港中怡集团许建德董事和蒋松华总裁！他们调派学生进驻上海，在过往的 6 年间一直予以大力支持及信任，并让学生负责研究和推广原路面沥青再生(还原)处治技术及碳排量化技术、零碳和低碳建筑技术，此次更是准予学生将部分研究成果在该论文中呈现。感谢香港中怡物业服务有限公司邓勤昌先生在过去的十年中所给予的教导及支持！亦感谢中怡企业发展有限公司苏丽华女士的多方协助！

最后感谢一众中怡同事给予工作上的配合及支持！不能一一致谢，敬请谅解并致以真挚的谢意！

学生：黄艳

2012-04-09