



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

碳匯概念

范曾題詞

董恒宇 云锦凤 王国钟
主編



科学出版社

碳 汇 概 要

董恒宇 云锦凤 王国钟 主编

科 学 出 版 社

北 京

《碳汇概要》编委会名单

主 编 董恒宇 云锦凤 王国钟

副主编 韩国栋 周 梅 赵利新 王召明

编 委 (以姓氏笔画为序)

王立新 王召明 王国钟 王忠武 云锦凤

田青松 孙晓琴 李立军 李相合 张 英

张凤新 周 梅 周承英 赵 吉 赵利新

姜 宇 姜月忠 董恒宇 韩国栋 解晓明

序

2009年8月12日，温家宝总理主持国务院常务会议，要求把应对气候变化纳入“十二五”规划。

2009年8月27日，吴邦国委员长主持全国人大常委会通过了《关于积极应对气候变化的决议》。

2009年9月22日，胡锦涛主席在联合国气候变化峰会开幕式讲话时承诺：“中国将进一步把应对气候变化纳入经济社会发展规划，并继续采取强有力的措施。”

应对气候变化，发展低碳经济是必由之路。目前，我国已成为世界最大的二氧化碳排放国家之一。我们必须尽快采取有力行动，积极应对温室气体减排导致的国际经济格局和贸易规则的变化，推动我国经济早日迈入低碳发展的历史新阶段。

发展低碳经济，是科学发展的题中之义。

低碳经济，按通常的理解，是指在可持续发展理念指导下，通过技术创新、产业转型、新能源开发等手段，改变能源结构，尽可能减少煤炭石油等化石燃料，减少二氧化碳等温室气体排放，同时，大力发展碳汇事业，达到经济社会发展与生态环境保护双赢的一种经济发展形态。

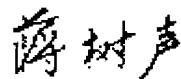
作为一个负责任的发展中大国，近年来，我国已经把低碳经济纳入国家总体发展战略，并一直为实现控制温室气体的自主行动目标，为可持续发展进行着不懈的努力。

植树造林和保护草原是陆地生态系统增加碳汇、减少二氧化碳的最好办法。通过大力组织开展义务植树、人工造林、封山育林与中幼林抚育和相继实施一系列林业重点工程，我国森林面积已达到1.95亿 hm^2 ，森林覆盖率由新中国成立初期的8.6%提高到了2008年的20.36%；人工林保存面积继续居世界首位。我国的人工林目前大部分还都是幼林，生长潜力很大，随着时间推移，其吸收温室气体的能力还会继续增强。此外，我国草原面积近4亿 hm^2 ，居世界第二，占世界草地面积的13%、我国国土面积的40%，是我国耕地面积的3.2倍、森林面积的2.5倍。在森林碳汇、草原碳汇方面，我们都还有很大的提升空间，还有许多工作要做，还有很多的问题需要尽快解决。例如，对于发展低碳经济，国家层面关注得较多、地方层面关注得较少，理论研究得较多、模式研究得较少，政策对策较多、技术方案较少，行动推进较多、成效评估较少；再如，在林业方面，虽然还有很多工作要做，但毕竟已经开始行动，相比较而言，草业方面的工作就显得更为滞后。

近年来，中国民主同盟针对北方生态保护与建设和低碳经济发展，以构建“生态基地、生态基金、生态论坛”三位一体运作的机制和模式为目标，正在积极努力，并提出了一些相关的提案和议案，引起了较大的社会反响。内蒙古民盟生态研究基金会还与内蒙古和信园蒙草抗旱绿化股份有限公司、内蒙古农业大学共同组建了“内蒙古碳汇评估研究院”，已经为内蒙古的兴安盟完成了森林、草原碳汇的初步评估工作。为促进中国的低碳经济和方兴未艾的碳汇事业，内蒙古碳汇评估研究院与民盟生态研究基金会组织

国内专家共同编辑了这本《碳汇概要》。碳汇知识是人类文明的一个全新领域，我愿与大家共同努力学习，为我国的低碳经济事业和科学发展，作出自己的贡献。

是为序。

Handwritten signature of Jiang Shu in black ink.

全国人大常委会副委员长

前言

全球携手应对气候变化是 21 世纪人类发展的主题之一。

政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的报告肯定了近百年全球气候变化是由人类活动和自然气候波动共同引起的, 且主要是由人类活动排放的大量温室气体所造成的。自工业革命以来, 人类大规模的经济活动改变了地球上碳的存在方式, 全球工业化使得以化石形式存在的碳转移到大气中而成为温室气体, 土地利用失当又使得植被吸收气态碳的能力降低, 从而导致大气中温室气体的浓度过大, 过量的碳排放因温室效应又引发了一系列气候灾变。

中国是世界能源生产、煤炭消费、二氧化碳排放大国, 也是能源消费大国, 因此在应对全球气候变化问题上责无旁贷; 同时, 中国又拥有巨大的碳汇资源潜力。中国政府已经将应对全球气候变化定为国策, 并将具体目标写入“十二五规划纲要”。应对气候变化必须首先增加民众的认知度, 引导广大民众积极参与, 因为生产方式、经济活动乃至生活方式都与减排和增汇直接相关。

在这种形势下, 内蒙古碳汇评估研究院组织相关专家编写了本书。本书为科学普及型读本, 旨在向公众宣传、普及碳汇相关知识; 同时也可供碳汇计量、评估的专业人员、管理人员使用。

本书首次提出了“碳汇理论”概念, 并对碳汇理论的内涵进行了阐述, 对全球气候变化的缘由做了全面分析; 详细介绍了国际社会为应对全球气候变化所做的努力以及历次气候峰会所取得的成果。对森林、草原、农田、湿地和海洋碳汇的概念、评估分析和计量方法做了详尽的表述, 这其中汇集了国内外碳汇研究领域科学家的智慧和研究成果; 为方便专业及管理人员参考, 本书以案例方式介绍碳汇评估方法。本书还介绍了碳源的核查、监督、监测与计量评估的方法。为有助于中国碳汇经济的发展, 本书对碳汇市场的建立、碳汇交易的管理做了详尽的论述。气候变化是个环境问题, 同时也是个发展问题, 所以本书对增汇措施、经济发展的转型, 以及碳汇机制的建立等做了研究和探讨。气候无国界, 解决气候问题必须强化国际交流与合作, 所以本书也从碳汇合作的角度做了论述。为方便普通读者阅读, 本书在编写的过程中, 还将相关知识及背景材料插入书页中, 这也是本书的特色之一。

本书撰稿人员如下:

第一章 碳汇理论研究概况	董恒宇
第二章 碳汇问题的由来	王国钟
第三章 应对气候变化的国际行动	张 英
第四章 碳汇形成原理及碳汇计量	周 梅
第五章 森林碳汇评估	周 梅
第六章 草原碳汇评估	云锦凤 韩国栋 王忠武
第七章 农田碳汇	田青松 李立军

第八章 湿地与海洋碳汇	赵 吉 王立新
第九章 碳源及监控计量	赵利新 孙晓琴
第十章 碳汇交易与管理	姜月忠 解晓明
第十一章 国内增汇政策与措施	周承英
第十二章 国际碳汇合作	王国钟

本书的编写得到了联合国教育、科学及文化组织的大力支持，并将本书列为“联合国教育、科学及文化组织宣传丛书”；还得到了民盟中央、民盟内蒙古区委、内蒙古和信园蒙草抗旱绿化股份有限公司和内蒙古农业大学生态环境学院的大力支持。全国人大常委会副委员长、民盟中央主席蒋树声为本书作序；著名书画家范曾教授在了解到本书的创作宗旨后，欣然为本书题写了书名。在此一并致谢。

由于时间仓促，编撰人员才学所限，书中疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2011年2月2日

目 录

序

前言

第一章 碳汇理论研究概况	1
第二章 碳汇问题的由来	9
第一节 气候变化的事实	9
第二节 全球气候异常的缘由	12
第三节 气候变化可能带来的严重后果	16
第四节 碳汇与碳源	21
第五节 应对全球气候异常的措施	22
第三章 应对气候变化的国际行动	25
第一节 联合国政府间气候变化专门委员会	25
第二节 联合国气候变化框架公约	30
第三节 《京都议定书》	35
第四节 巴厘岛路线图	41
第五节 哥本哈根世界气候大会	44
第六节 坎昆世界气候大会	53
第七节 清洁发展机制	59
第四章 碳汇形成原理及碳汇计量	70
第一节 地球系统碳循环	70
第二节 生态系统的生物生产	86
第五章 森林碳汇评估	91
第一节 基于清查资料的乔木林生物量估测法	91
第二节 森林生态系统净生产力实测法	106
第三节 森林生态系统碳蓄积涡度相关法	115
第四节 林地土壤呼吸的箱式法	121
第五节 森林碳汇评估实例	126
第六章 草原碳汇评估	137
第一节 草原概况	137
第二节 草原碳汇	144
第三节 草原碳汇评估	150
第四节 不同管理方式下的草原固碳潜力	166
第七章 农田碳汇	172
第一节 农田碳汇基础	172
第二节 农田碳汇监测	179

第三节	农田增汇途径·····	185
第四节	农田碳增汇技术与效应·····	189
第八章	湿地与海洋碳汇·····	204
第一节	湿地定义及分类·····	204
第二节	湿地生态系统碳收支模型·····	207
第三节	湿地生态系统固碳潜力的估算·····	211
第四节	不同管理方式下的湿地增汇·····	212
第五节	海洋碳汇·····	214
第六节	湿地及海洋碳汇项目的监测方法·····	218
第九章	碳源及监控计量·····	224
第一节	工业及生活碳源·····	224
第二节	化石燃料·····	229
第三节	碳排放强度的控制·····	231
第四节	温室气体排放量估算·····	235
第五节	温室气体排放清单·····	250
第六节	碳源核查·····	253
第十章	碳汇交易与管理·····	256
第一节	国际碳汇交易综述·····	257
第二节	国际碳汇交易的管理·····	260
第三节	中国的碳汇经济与碳汇市场·····	267
第四节	我国碳汇市场的构建·····	278
第十一章	国内增汇政策与措施·····	287
第一节	中国应对气候变化的行动·····	287
第二节	中国应对气候变化面临的问题·····	294
第三节	应对气候变化的原则与目标·····	296
第四节	应对气候变化的措施·····	298
第十二章	国际碳汇合作·····	321
第一节	应对气候变化各国立场的差异和原因·····	321
第二节	国际气候合作的行动·····	325
第三节	国际减排方案·····	331
第四节	低碳潮流与各国的经济战略调整·····	338
主要参考文献·····		346

第一章 碳汇理论研究概况

碳汇是植物通过光合作用吸收大气中的二氧化碳和土壤中的水，把二氧化碳固定在植物体中，并转变为土壤中碳的过程和机制。碳汇的功能在于把太阳能转变为地球的有效能量，以维持包括人类在内的一切生命和生态系统的生存和进化。可见，碳汇是人类及其环境存在的基础和前提，没有任何可以替代的因素。因而碳汇代表了“自然价值”的最高层次，在生态文明时代人类给予碳汇极大的期待。

一、碳汇理论提出的背景

（一）两位智慧老人的预言

一位是费孝通先生。20 世纪 90 年代，费孝通先生就提出人类对地球竭泽而渔，使得资源枯竭、生态破坏、环境污染、气候异常——后工业时期必然会发生一个“文化大转型”。在这样的背景下，人类对自己创造的文化有必要全面反思，费老称之为“文化自觉”（费孝通，2004）。“文化自觉”表达了 20 世纪末人类对自我生存的终极性思考。不曾想先生的预言兑现得如此之快——现在，一个崭新的“生态文明”的时代已经向我们走来。

另一位智慧老人是钱学森先生。早在 20 世纪 80 年代，钱学森先生发现西北部的荒漠——祖国的半壁河山是我们未来重要的生存空间，他提出“知识密集型沙产业、草产业、林产业理论”，并预言在荒漠发展这一产业将掀起中国的“第六次产业革命”，他的技术路线是：“多采阳光，少用水，新技术，高效益”（内蒙古沙草产业协会，2009）。内蒙古等西部地区沙草产业的实践证明，钱老的预言是准确的。现在看来，“第六次产业革命”就是人类在 21 世纪的绿色革命。

（二）低碳文明的全球化

人类文明经历了从狩猎、游牧、农业文明到工业文明的进化。工业文明为人类创造了巨大的财富，但是工业文明是建立在大量消耗化石能源等自然资源、排放二氧化碳等温室气体的基础之上的，因而严重损害了人类赖以生存和发展的生态环境。恩格斯在总结人向自然索取的教训后曾精辟地指出：“但是，我们不要过分陶醉于我们人类对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都对我们进行报复。每一次胜利，起初确实取得了我们预期的结果，但是往后和再往后却发生完全不同的、出乎预料的影响，常常把最初的结果又清除了。”为此，人类必然由工业文明走向新的生态文明，从高碳重新回到低碳，走人与自然协调发展、和谐发展之路，推进人类步入生态文明社会。

20 世纪 80 年代以来，国际社会对气候变化问题给予了高度关注，1992 年和 1997 年先后通过了《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》。提出了“把大气中温室气体的浓度预定在不产生危险的人为干扰的水平上”的目标，确定了发达国家与发展中

国家“共同但有区别的责任”原则，制订了发达国家到 2012 年减排温室气体的具体目标，即发达国家二氧化碳排放量要在 1990 年排放水平的基础上减少 5.2%，同时帮助发展中国家适应和减缓气候变化。鉴于发展阶段的差距，发展中国家人均二氧化碳排放量要远低于发达国家人均水平，但是，快速工业化进程中的发展中国家排放增长速度快，增长幅度大。2007 年 12 月，在印度尼西亚达成了“巴厘岛路线图”，要求发达国家在 2020 年进一步大幅减少二氧化碳排放；发展中国家也要偏离常规的高碳发展路径。2009 年 12 月，哥本哈根会议经过艰苦努力，在落实“巴厘岛路线图”，推动《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》全面、有效、持续实施方面取得了重要阶段性成果。2010 年底坎昆会议召开并达成相关协议。“气候变化”、“节能减排”、“绿色发展”、“碳汇与碳源”、“低碳经济”、“碳金融”、“碳交易”等名词不断冲击着人们的视野，成为世界各国政府及人民最为关心的话题。通过国际社会的协同应对，坚持走绿色发展、低碳发展之路，全球控制气候异常的目标有望得到实现，人类社会正在走向新的生态文明时代。气候变化是全球性的，因此，应对气候变化和发展低碳经济也是全球性的。在哥本哈根会议之后，各国向气候变化框架公约秘书处提交了减排承诺。

（三）中国在行动

我国历来十分重视气候变化问题，已经认识到绿色发展、低碳发展是我国经济实现又快又好、和谐稳定的有效途径。2007 年，我国出台《中国应对气候变化国家方案》，是全球较早拿出此类方案的国家。2007 年年底我国制定了《节能减排综合性工作方案》。我国于“十一五”规划中提出降低单位 GDP 能耗 20% 的目标。近年不断采取激励措施，支持新能源和清洁能源的开发和运用，包括太阳能、风能、智能电网、新能源汽车等，都取得很大的进展。

2009 年底的哥本哈根会议前夕，我国不仅提出了到 2020 年年底在 2005 年基础上降低我国单位 GDP 碳排放强度 40%~45% 的目标，同时还提出要将非化石能源占一次能源的比例提高到 15%。我国《十二五规划纲要》第六篇“绿色发展：建设资源节约型、环境友好型社会”中阐明了如下国家战略意图：

“面对日趋强化的资源环境约束，必须增强危机意识，树立绿色、低碳发展理念，以节能减排为重点，健全激励与约束机制，加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式，增强可持续发展能力，提高生态文明水平。”

可见，绿色发展、低碳发展已成为我国的发展战略，相关的理论研究要与之呼应，理论创新要跟上时代的步伐。在这种背景下，提出碳汇理论的概念和初步框架。

二、碳汇发生学研究

在陆地，在海洋，在我们星球的每一个角落，小草、灌木、大树都在阳光雨露的沐浴下花开花落，自由自在地生长。这就是大自然——悄无声息却蕴含着无限的力量，厚德载物，生生不息。

（一）碳汇是太阳、植物与水的杰作

大约在 50 亿年前，小行星撞击地球给荒凉的地球带来了水。大约在 35 亿年前，在

无氧或缺氧的地球环境中出现了一种叫蓝藻的原核生物，具有类似光合作用的功能，能吸收空气中的二氧化碳合成有机物，同时释放出氧气。到了 7 亿~4 亿年前，大气中氧含量增加，地球高空开始形成臭氧层。紧接着，生命开始登陆，陆地也出现了光合作用，碳汇便源源不断地产生。

生命演化到进入距今 5.3 亿年前的寒武纪时，演化突然提速，各类生命形成瞬间爆发，人称其为“寒武纪生命大爆发”。生命奇迹是进化上的突变，揭开了生物进化复杂性的一面。但其中光合作用和氧的形成具有必不可少的作用。

推动地球运转的动力来自太阳，万物生长靠太阳，太阳是绿色之源、能量之源、生命之源。植物在阳光的照射下利用叶绿素，绿色植物吸收空气中的二氧化碳，把二氧化碳固定在植物体中，并转化为土壤碳，同时向外释放出氧气。动物摄食植物，继续着太阳能的再次生命循环。就这样，几亿年来，地球上的生命在太阳的恩惠下，在这颗绿色的星球上生存繁衍。绿色植物通过光合作用减少大气中二氧化碳浓度的过程、活动或机制我们称为碳汇。科学研究测算，每年地球上绿色植物从空气中吸收约 1500 亿 t 的碳和从水中吸收约 250 亿 t 的氢，产生约 4000 亿 t 的氧。只要太阳从东方升起，碳汇便源源不断地“涌现”，碳汇的源泉喷涌不绝，碳汇的力量持续不断。

地球宝贵的森林草原湿地碳汇在稳定全球气候、净化和涵养水源等方面起着关键性的作用。

(二) 碳循环维系着生命和生态系统

碳是地球上最为重要的生命元素，是包括人类在内的生命体的主要组成部分，碳的正常循环维系着地球上生命系统新陈代谢过程。大自然赋存的碳是稳定的，正常状态下的大气二氧化碳和其他气体的比例使得地球平均温度保持在 16℃ 左右，地球上的液态水才得以存在，从而创造了生命存活的环境（丁照，2010）。

陆地生态系统碳汇功能是指生态系统以有机物质的形式暂时或永久性地储存碳的功能，具有储存碳功能的各生态系统的组分或类型都可以称为不同名称的碳汇。按植被类型划分可分为：森林碳汇、草原碳汇、农田碳汇、湿地碳汇、水体碳汇等。植物碳汇大约储存了陆地大气中碳储存量的 62%，植物光合和呼吸作用与大气之间的年碳交换量高达陆地生态系统碳汇总量的 90%，控制着全球陆地碳循环的动态。由此可见，植物碳汇对于人类来说是多么重要。

如果人类活动释放大气中的二氧化碳的量超过同期地球大气二氧化碳的增量及海洋吸收量，就会产生碳失汇，进而引起温室效应及全球气候异常。

(三) 碳汇概念产生于生态文明时代

狩猎、游牧、农业文明是原始的低碳文明，当时人们的生产方式是遵循自然，简单应用天然资源，一切用自然的力量来完成；生活方式也是原始的低碳，生活的一切来源于自然，与大自然融为一体。

从农业文明到工业文明是一次伟大的飞跃，人们的生产方式和生活方式发生了根本性的改变。人口大量增长，并且社会财富呈几何级数的大幅度增长，工业化取得了无比辉煌的成就。然而，200 多年工业化带来了新的危机。传统工业化的基本模式是大量生

产大量消费，其明显的特点集中表现为“四高”，即高资源消耗、高能源消耗、高污染排放和高物品废弃。工业革命前，二氧化碳在大气中的浓度几乎固定不变，而工业革命后，二氧化碳在大气中的浓度大量增加，增加幅度超过了 33%，这种温室气体排放进大气后，短则 50 年，长则 200 年不会消失。今后整个地球承载人类温室气体再排放的底线，已经达到地球生态的警戒线。绿色低碳之路是人和自然和谐发展之路，是后工业时代发展的必然趋势，推动人类迈向生态文明的时代。

《京都议定书》下的国际温室气体灵活三机制，即排放权交易机制、联合执行机制、清洁发展机制建立了国际碳排放权交易的基础性制度，碳汇作为一种新的生产要素、一种新型金融性资产，在全球范围内完成了概念上的创立。人类在科学技术发展中提出了碳汇的概念，并将碳汇视为一种资源——这是人类文明史上一次巨大的进步和飞跃，其深刻的思想在于通过碳汇经济运作，转变发展方式，将大自然的价值数量化、有形化、货币化，以确保人类生态安全。

三、碳汇价值研究

（一）碳汇价值的科学研究

现代科学已经可以将生态系统对人类的服务价值进行数量化计量了。2009 年国家第七次森林资源普查的中国森林生态服务评估结果：中国森林生态系统服务功能总价值为每年 10.01 万亿元人民币，大体相当于我国目前 GDP 总量的 1/4，其中年固碳释氧总价值量为 1.56 万亿元人民币，相当于我国去年财政收入的近 1/5。可见，森林碳汇的生态价值是相当可观的。中国森林植被碳储量为 78.11 亿 t，相当于燃烧 109 亿 t 标准煤二氧化碳的排放量。生物固碳增汇减排（间接减排）的成本远远小于工业减排（直接减排）成本。自 20 世纪 80 年代，我国退耕还林，大力植树造林，森林固碳量逐年增加，联合国有关组织估计，中国每年固碳能力达到了 50 亿 t 左右。

中国生态系统服务功能总价值 1998 年初评估为 4.2 万亿美元，而中国 2000 年的 GDP 为 1.1 万亿美元，即当时中国范围内自然的价值相当于人造价值的 4 倍。这 13 年来，中国的 GDP 增长速度很快，2010 年已达到 39.8 万亿元人民币，超过我国生态系统服务的价值。

1997 年全球生态系统对人类的服务价值每年的总价值为 16 万亿~54 万亿美元，平均为 33.3 万亿美元，是 1997 年全年全球经济生产总产值的 1.8 倍。到 2002 年全球经济生产总产值与全球生态服务价值持平。而到 2008 年全球的 GDP 已达到 78 万亿美元，远远超过了生态系统的服务价值。可见人类创造财富的能力，已经达到甚至超过自然生态系统对人类的服务能力。

有专家学者称，现行经济是“以化石燃料为基础，以汽车为中心，用后即弃的经济”——采取线性的、非循环的模式，把投入生产和生活的资源大部分以废物的形式排向环境。这既造成资源破坏和浪费，又造成环境污染和生态破坏。

这种经济模式的潜台词是自然资源没有价值。结果导致自然价值严重透支。世界自然保护基金会《2002 年生命地球报告》指出：“人类对自然资源的消耗已经大大超出地球的再生能力。”

（二）碳汇的内在价值

在 2500 年前，中国哲学就认为自然的价值是最高的，老子《道德经》曰：“人法地，地法天，天法道，道法自然。”当代西方自然哲学家 H. 罗尔斯顿也认为：“生态系统是宇宙中最有价值的现象。”

在人类还没有诞生之前，森林等绿色植物以及恐龙飞鸟等一些动物就在地球上生长繁殖了，因而碳汇是大自然的产物。“自然”一词在希腊文的原始含义有“生长”之意，“依靠自己的力量，自然而然地生长、涌现、出现”。亚里士多德认为，“自然”意味着自身具有事物的本性，本性就是自然万物的动力渊源。东方哲学也主张“识自本心，见自本性”。碳汇表征着大自然的“内在价值”（intrinsic value），是大自然所具有的不以人为尺度的价值，即不需要以人类作为参照系。大自然原本可以自我维持、自我塑造。在大自然中，各种植物、动物（包括人类）、微生物等相互依从，共同维持着物质、能量和信息的有序传递，使自然系统呈现出稳定、和谐和美丽的状态，包括碳汇在内的自然界的一切存在都具有不可替代的内在价值。“在与人类学有关方面，生态学恢复了‘自然’概念的崇高地位，使人根植于自然。自然不再是无序、被动、无定形的环境，而是复杂的整体。人对于这个复杂的整体不再是封闭的实体，而是一个开放系统，以组织形态上的自主——依从的关系处于生态系统的内部。”（埃德加·莫兰，1999）

揭示大自然及碳汇“内在价值”的重要性在于确认作为“道德关爱对象”的“道德资格”。因其具有“内在价值”，人类要予以终极性的理解和尊重。

（三）碳汇的工具价值

碳汇的工具价值除其生态价值之外，还表现为经济价值。碳汇作为一种自然价值是生态文明时代的新型资源，如果弃之不用则形同虚无；反之，整合碳汇资源，使碳汇资源有形化、产业化、货币化和市场化，真正进入我们的经济生活，则对节能减排、保护生态环境以及扩大农牧民就业、惠及民生产生重要作用。增加碳汇的直接手段是植树造林，保护、恢复和管理好我们的森林、草原、湿地、农田，在适宜地区退耕还林、退牧还草，治理好沙漠荒地，恢复地球自我修复的生态功能，以减缓气候变化，拯救地球家园。随着人类认识的提高，国家间签署相关协议，碳汇交易量的扩大，碳汇的工具价值被全球认可，甚至成为新的金融工具和货币形态。碳汇的经济价值往往也作为国家间博弈的工具。

四、碳汇复杂性研究

当代科学和哲学最新的研究探索表明，对人类未来前景的把握依赖于我们对复杂性的认知程度。理解复杂性要靠复杂性思维，即认识事物的整体性、系统性、复杂性、非线性、相对性、全息性、多元性、动态性、不确定性和定量分析等。复杂性研究开创了人与自然、科学与人文的新对话。碳汇的复杂性研究在方法论上也不能单纯局限于生物学、生态学某一视角，而应从多维度、多视角、多原理审视。

（一）大气中的二氧化碳已经超过地球的“外在限度”

地球家园的可贵之处在于她是一个非常特殊的（无机→有机→生命→人类→文明）自然连续演化体，这是一个充满了复杂性的过程，即在各种自然因素、在时空上巧妙地集合而成。复杂性常常源于组分间的复杂关联，这在生态系统中尤为突出。所有的生物都相互关联，所有生物系统又与生态环境之间紧密关联，相互依存，相依为命，我们实在难以尽窥个中奥妙。生态系统乃至整个宇宙系统的动力学原理来自整体而不是部分。

复杂性系统科学哲学研究有一个关键词叫“涌现”，认为自然系统各子系统之间相互作用，在某一点上会突然产生整体性质的质变。这一结论趋近东方哲学的“缘起性空”。如前所述，现在人类追求财富增长的活动已接近和超过地球自然系统的某些“外在限度”，根源在于当代人类的“主流文化”追求人类中心主义和享乐主义的价值观，使用“理性工具”向大自然无限攫取，人类“创造力”已超过大自然的承受能力，此时大自然对人类无情的报复次数越来越频繁，程度越来越剧烈，领域越来越广泛。

工业化 200 年来，大气中二氧化碳和甲烷等温室气体浓度超过了 33%，从而诱发了全球气候变化。气候变化引起全球生态灾难频发：冰山融化、湿地缩小、海平面上升，污染性疾病增多，生物多样性降低，干旱程度加剧，异常天气增多，地震频发并加剧等。

（二）可以改变的是人类的“内在限度”

人类的理性智慧与蕴藏着无穷奥秘的大自然相比，只不过是沧海一粟而已。我们无法改变大自然的“外在限度”，因为那是一些自然常数，可以避免我们这颗星球毁灭的唯一办法就是改变人类的“内在限度”。

人类“内在限度”就是所谓“新石器文明时代开始产生的人类幻觉”，用中国的一个成语叫“盲人摸象”，即先验地认为地球资源是无限的，可以被人类无穷享用，人是环境的主人。征服与战胜自然是西方文明的“工具理性特征”，手段便是工业技术。人类把事物的复杂性化归为简单的秩序和基本的单元并形成了分科极细的教育体系。

现在，人类对复杂性的研究有了很大的进展，而且每一个新的结论都奇妙地回归东方思想和中国哲学的一些古老命题。例如，复杂性研究认为：“世界处于我们精神的内部，而我们的精神又处于世界的内部。主体和对象在这个过程中彼此是建构者。”（埃德加·莫兰，2008）这在中国哲学中即称为“天人合一”或“性天相通”。以敬畏、感恩的心包容自然、理解自然，而不是征服自然、战胜自然。只要人类还没有完全克服西方文明的品质缺陷，还没有完成从工业文明向生态文明的过渡，还没有走出主客二分观点的认识误区，还没有对事物整合性、复杂性、系统性等“本性”有深刻的认知，空气中的二氧化碳依然持续增多，那么，发生全球性生态灾难和其他全球性灾难的危险，就一直高悬在我们头顶的上空。

（三）人类面对抉择

有位科学家设计了一个别出心裁的游戏，假定有一串多米诺骨牌，其中每一块是它前一块的 1.5 倍。只要第一块多米诺骨牌倒翻，每块骨牌即相继倒塌，理论上计算，按

此程序排列 32 块骨牌，最后一块骨牌的大小将如昔日的纽约世贸中心摩天大楼那么大。现在地球空气中二氧化碳的增多大概就是第一张多米诺骨牌，现在它已经大到可以引发全球性自然灾害的程度了。唯一的办法是“文化转型”，即建立全新的生态伦理和生态理念，费孝通先生生前再三提醒我们应该有这样的“文化自觉”。

然而，近几年的现实是大灾难接踵而至，如日本的大地震、海啸引发的核泄漏危机。人类不得不面临新的抉择。笔者认为，在一定意义上人类是有选择权的，关键是人类是否觉醒，是否早日摆脱人类中心主义、文化本位主义以及由此派生的国家本位主义，从而促成各国政府早日达成关于气候问题的协议。“我们正步入这样一个世界，在其中将来是未决的，在其中时间是一种结构，我们所有人都可以参与到这当中去。”（普里戈金，2005）

五、碳汇伦理研究

2008 年中国奥运会有一首著名的歌曲叫“你和我”，表达“你和我”、“你们和他们”、“我们和它们”同住地球村，是相互依从的，中国道家哲学称之为“互为其根”，即以对方的存在为我存在的根据和前提。这种以和平、和谐、和睦相处的东方伦理将 21 世纪替代“你或我”、“他们或它们”以至“我们或它们”的排他性生存逻辑，“非零和博弈”将替代“零和博弈”，进而实现“正和博弈”，即大家都是赢家。

联合国《世界自然宪章》（1982 年）宣告：“人类属于自然的一部分，生命依赖于自然系统功能的持续发展，从而确保能源和营养的供给。文明根源于自然。它塑造了人类的文化，并影响了所有艺术和科学的成就；与自然协调一致的人类生活，将赋予人类在开发创造力和休息、娱乐方面的最佳机遇。”我们不仅要尊重人，爱惜文化价值；而且要尊重一切生命和自然界，爱惜自然价值；生命的每种形式都有存在的理由，不管它对人类的价值如何，都应受到尊重；为使其他生物得到这种尊重，人类的行为必须受到道德准则的支配。

（一）碳汇伦理倡导人与人、人与自然平等、公平的原则

生态文明时代伦理学的基本内涵，是建立真正平等的、公正的人与人、人与自然的关系，实现人与人、人与自然的和谐发展，达到共荣共存。人类平等原则，具体包括“代内平等”与“代际平等”，前者体现的是全球共同利益，后者体现的是社会未来利益。

“代内平等”原则认为，任何人、任何国家都享有平等的生存与发展的权利，任何人、任何国家都不能以“自我为中心”，不能以损害别人、别国的发展为代价来实现自身的发展，而应该在地区、国家和全球范围内防止和消灭贫富两极分化，实现同舟共济。

“代际平等”原则要求社会的发展不仅要满足当代人的需要，而且要考虑下一代以及子孙后代的需要，当代人的发展不能以损害后代人的发展为代价。

“环境公平”主要包括三个方面的含义：其一，是确认生态环境自身具有内在价值；其二，在人与人的社会关系方面，所有的人公平地享受环境权利；其三，在人与自然的生态关系方面，所有的人在开发和利用环境资源的同时，承担补偿自然的责任，以实现利用与保护的平衡，即污染了环境要进行治理和净化，透支了自然资源要给予生态补

偿，高碳者要对低碳者补偿等。这是生态文明时代人类新的道德规范。

（二）“碳补偿”伦理

“碳补偿”回馈自然，表面上好像是为了自然，但实际是为了人类自己的利益。因为在人对自然不断攫取的情况下，只有回馈和补偿自然，维护大自然的平衡，人类才会有前途。

“碳补偿”伦理实施的理论依据是利益激励机制。“在一定的制度和体制下，采取相应的手段、工具和组织形式，充分发挥利益激励的社会功能，就构成了一定的利益激励机制，利益激励的作用机制是客观的，是有一定规律的，人们可以利用利益激励的客观机制、自觉地促进社会的发展和进步。”（王伟光，2010）

碳补偿伦理把公正公平、利益共享、风险分摊的原则扩展到了全人类，从现代人扩展到子孙后代，从人扩展到生命和自然界。通过实行“碳补偿”利益激励机制，有助于正确解决人与人之间的社会利益，以及正确处理人与自然的生态关系，有助于人与自然的和解，以及人类自身的和解，这是建构和谐社会的必要条件。当然，“碳补偿”的实行是非常复杂的过程，它不仅需要人类道德的完善，还需要相应政策的制定和实施，需要完善立法和执法，以及碳汇机制和碳汇交易体系的建立。这是建设生态文明建设的重要内容。

（三）返璞归真，低碳生活，实现自我

碳汇理论所倡导的伦理价值观认为：生态系统的稳定、完整和美丽都是判断人的行为是否正确的重要因素。由于碳汇伦理呈现着自然的本质，绽放着友善的花朵，追求根本性的正义等公共理性，同时又内化为人的知识和智力，故而可以实现人的自我塑造。

2008年北京奥运会期间，有8万人自愿不开汽车，骑自行车或步行上下班，在16天运动会期间，减排温室气体2万多t，通过国际市场实现了碳排放权的交易。低碳生活，实现自我的途径很多，如宣传普及气候变化和低碳文明知识，确立低碳生活新观念，提倡节约资源能源、保护生态环境的自觉性。抛弃奢靡的高碳消费，遵循低碳消费新时尚。在绿色交通、建筑节能、园林绿化、小区环保、社区公共设施节能等方面，依靠社区民众的广泛参与，共建共享生态家园。选购含有碳信用额度的商品和服务，以实现“碳中和”的目标；捐资碳汇造林、植草、治沙或资助碳汇基金，“参与碳补偿，消除碳足迹”；参加“地球一小时”活动。凡此种种均可表达生态文明时代人类的新型文明理念、伦理道德和美好情怀，实现人类智慧和个性化自由选择等人类高层次的精神需求。

“谁言寸草心，报得三春晖”。生态文明时代，碳汇成为重要资源。不能轻看小树、小草、小花，也许就是它们才是解救人类危机的“救命稻草”。它们维护着地球湿地不至枯竭，保护山体不至滑坡，使草原和森林永葆绿色，防沙治沙，改造沙漠；它们吸入二氧化碳，呼出氧气，减缓气候异常，减缓生态灾难。在生态文明时代，我们要保护这些绿色生命，增强绿色意识，弘扬全球伦理，倡导终极关怀，发展碳汇经济，以此调整经济结构，转变发展方式，推动绿色发展。绿色碳汇是我们的幸运女神，给我们带来福音和吉祥，给我们注入“绿色的力量”，使我们的地球维持正常的运行。我们要充分认识她、研究她，维护好我们的海洋、森林、草原、湿地、农田等生态系统，将更多的乔木、灌木和花草覆盖在地球表层，增汇减排，让绿色碳汇为人类造福。