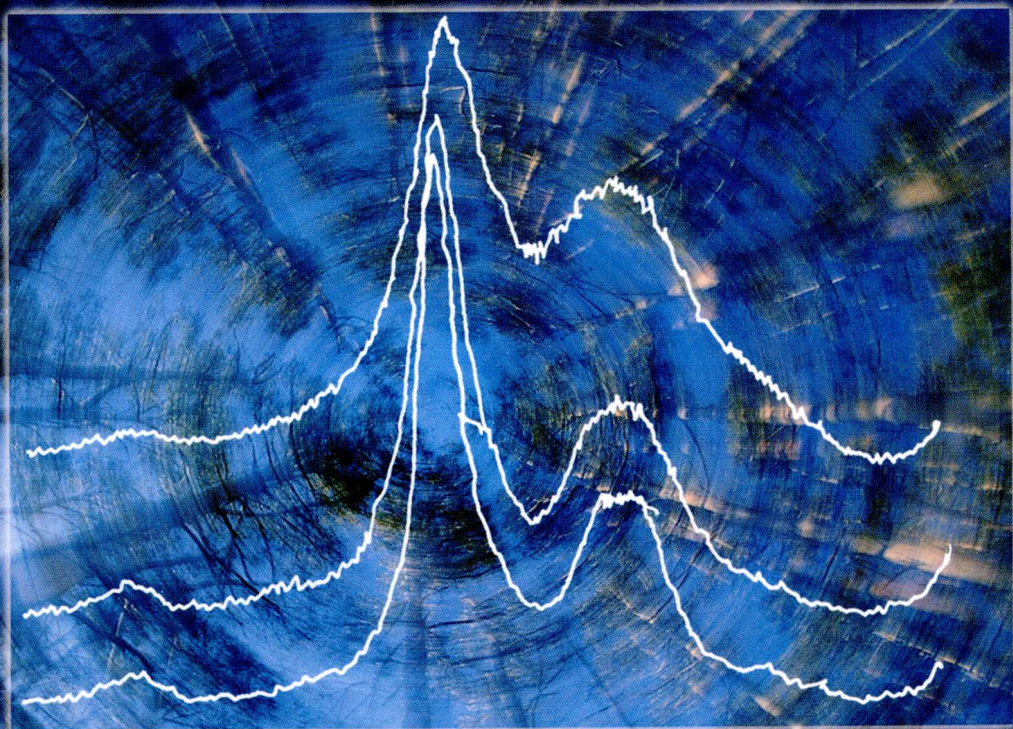


许民 李坚 编著



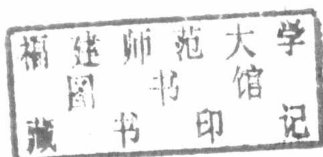
木材的碳素储存与 科学保护



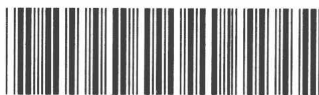
科学出版社

木材的碳素储存与科学保护

许 民 李 坚 编著



1042681



T1042681

科学出版社

北 京

内 容 简 介

木材是公认的能被人类永续利用的生态材料,在加工时比很多建筑材料所需的能源小,碳排放量少。木材和木制品具有储碳功能,经过采伐、运输、加工等一系列过程,木材及其制品中的碳储量并没有发生变化。因此,研究木材加工过程中碳排放与木材自身碳储量之间的关系具有重要的意义。本书针对木材循环利用的碳汇问题进行了研究,从木材循环利用的意义、木材循环利用中的储碳功能、国内外研究现状和发展趋势等方面入手,重点分析了木材循环利用、木材保护、木结构建筑和木质基复合材料中碳素储量的变化和影响因素,提出了木材在循环利用过程中的碳汇问题和将木材作为低耗能高储碳材料的依据。

本书突出了木材使用过程中的碳排放问题,适合于木材科学与技术、木材加工、木材保护等领域的人员、高等院校师生、管理人员和生产企业的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

木材的碳素储存与科学保护/许民,李坚编著. —北京:科学出版社,2013.1

ISBN 978-7-03-036615-3

I. ①木… II. ①许…②李… III. ①木材-碳-储存-研究 IV. ①S781.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 020919 号

责任编辑:周巧龙 张 星 / 责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013年1月第一次印刷 印张:18 1/4

字数:370 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

森林生态系统对全球碳循环具有重要意义,主要表现在森林生态系统约占陆地生态系统总面积的 31%,储存了陆地生态系统 76%~98% 的有机碳;根据我国现有的森林蓄积量评估,我国森林林木生物量的碳储量在 6×10^9 t 以上,而木材所占有的生物量为森林生态系统之首。树木每产生 1t 木材,就要吸收 1.6t CO_2 ,释放 1.1t O_2 ,固定 0.5t 的 C,可见木材中碳素储存量巨大,是陆地生物质中最大的碳素储存库。同时,木材自身所固有的微-纳结构,使其含有的碳元素以各种键合方式牢固地与其他元素结合而不容易游离和释放。因此,在后续的加工和利用中,碳元素能够在木材制品中得以固定和保存。

木材中碳元素的储存和固定赋予了木材鲜明的生态学属性,其重要标志是减少了 CO_2 、 CH_4 等气体的生成和排放,可以有效地抑制由此形成的温室效应,温室效应可以导致全球气候变暖及极端气候变化的发生。据资料记载,在 20 世纪的 100 年中,人类共消耗 2650 亿 t 煤炭,1420 亿 t 石油,同时排放出大量的温室气体,使大气中 CO_2 浓度由 20 世纪初的不到 $0.3\text{g}/\text{m}^3$ 上升到目前的接近 $0.4\text{g}/\text{m}^3$ 。如此发展下去,预计在未来的 20 年中,气温将以每 10 年约 0.2°C 的速度升高。气温的升高,将严重破坏自然生态系统,威胁人类和基他生物的安全。

木材中含有 50% 的碳元素,是树木碳汇的延伸。当木材进行加工、利用时,必须采取科学的低碳加工和保护方法,使碳素的储存保持稳定,实现固碳减排、节能环保和永续利用,这在经济社会和工业化生产高速发展的今天尤其必要。

我们基于环境保护和发展低碳经济的理念编撰此书,旨在助推木材加工企业的发展,使其适应低碳科技的理念,不断追寻木材及其产品在加工过程中的碳足迹,重新审视以往的木材加工方法和加工质量。

有关木材的碳素储存与环境效益方面的研究得到了国家自然科学基金项目“木材的碳素储存与保护机制的研究”的经费支持,以及生命科学二处项目官员的指导和关注;有关木材科学保护方面的研究得到了国家林业局“948”项目“木质材料纳米防腐关键技术引进”的经费支持,在此深致谢忱!

全书共 6 章,编写过程中得到了该领域全国同仁的关心和帮助,在此一并致以由衷的谢意!

限于水平,书中必有疏漏和不妥之处,敬请悉心指正。

作 者

2012 年 12 月

目 录

前言

0 绪论	1
0.1 全球气候变化概述	2
0.1.1 全球气候变化的内容	3
0.1.2 全球气候变化的原因	5
0.1.3 全球气候变化的影响	7
0.1.4 全球气候变化的对策	9
0.2 国际社会的关注	11
0.2.1 IPCC 与 UNFCCC	11
0.2.2 各国的行动	17
0.3 国内外研究现状	19
0.3.1 相关的概念	19
0.3.2 研究的类型	22
0.3.3 研究的现状	23
0.4 木材的生态学属性与人居环境	38
0.4.1 木材的历史文脉	39
0.4.2 木材的生态学属性	40
0.4.3 木质材料环境的评价方法	47
参考文献	48
1 木材碳素储存测定与评价	50
1.1 碳循环模型	50
1.1.1 陆地碳循环模型	50
1.1.2 森林碳循环模型	53
1.2 木材碳储量计算	56
1.2.1 木材的基本内容	56
1.2.2 木材的碳储量	58
1.3 木材碳素储存的测定	61
1.3.1 不同地区各树种木材含碳率研究现状分析	63
1.3.2 木材含碳率测定方法	71

1.3.3	东北林业大学帽儿山林场木材含碳率测定	75
1.3.4	数据处理及分析	79
1.4	森林碳储量测定方法	84
1.4.1	森林与 CO ₂ 的关系	84
1.4.2	森林固碳形式	86
1.4.3	国内外森林碳汇估算方法	88
1.4.4	我国森林碳汇估算	95
1.4.5	基于分子式各树种含碳率测定方法	98
1.5	中国森林碳储量影响因素	99
1.5.1	温度与降水	99
1.5.2	CO ₂ 浓度	100
1.5.3	土地利用变化	100
	参考文献	101
2	生物质复合材料的碳储存	103
2.1	木质材料的碳储存	104
2.1.1	数据来源	104
2.1.2	缺失数据处理	104
2.2	实验室制造木质材料过程中碳储量的变化	106
2.2.1	胶合板加工过程碳储量变化	107
2.2.2	刨花板加工过程碳储量变化	111
2.2.3	木材纤维/橡胶复合材料加工过程碳储量变化	115
2.2.4	木塑复合材料加工过程碳储量变化	120
2.3	实际生产木质材料过程中碳储量的变化	125
2.3.1	高密度纤维板加工过程碳储量变化	126
2.3.2	中密度纤维板(MDF)加工过程碳储量变化	131
2.3.3	刨花板加工过程碳储量变化	137
2.3.4	实际生产木质材料碳储量	139
	参考文献	140
3	轻型木结构的设计建造过程及碳汇计算	142
3.1	木结构建筑的特点和发展	142
3.1.1	木结构建筑的优越性	142
3.1.2	国内外木结构建筑的应用及研究	143
3.1.3	我国木结构建筑的发展潜力	145
3.2	木结构的形式及材料	146
3.2.1	轻型木框架结构	146

3.2.2 重型木结构	147
3.2.3 柱框架结构	147
3.3 中国传统木结构建筑	147
3.3.1 中国传统木结构建筑的演变	148
3.3.2 中国传统木结构建筑体系	149
3.3.3 中国传统木结构建筑的特点	151
3.3.4 中国传统木结构建筑面临的挑战	152
3.4 轻型木结构的研究现状和结构体系	152
3.4.1 轻型木结构国外研究现状	152
3.4.2 轻型木结构国内研究现状	156
3.4.3 轻型木结构的结构体系	157
3.4.4 轻型木结构的设计原理	164
3.5 轻型木结构的材料	167
3.5.1 规格材	168
3.5.2 木基结构板材	170
3.5.3 国外工程木产品	171
3.5.4 木塑复合材	173
3.6 自行设计建造的木结构房屋	174
3.6.1 建筑地点和材料	174
3.6.2 本建筑的结构形式及平面布置	174
3.7 轻型木结构的碳汇计算	179
3.7.1 木建筑碳排放的主要影响因子	179
3.7.2 木结构能耗	179
3.7.3 轻型木结构碳汇计算	181
3.7.4 计算结果与分析	183
参考文献	184
4 木材防腐处理及科学保护	188
4.1 防腐木材研究的现状和发展趋势	190
4.1.1 国外研究现状	190
4.1.2 国内研究现状	191
4.1.3 防腐木材的发展趋势	193
4.2 木材的科学保存	193
4.2.1 木材菌害	194
4.2.2 木材菌害的防治	199
4.2.3 木材虫害	214
4.2.4 木材虫害的防治	219

4.2.5	木材变色	222
4.2.6	木材变色的防治	228
4.3	探索新型木材防腐剂	230
4.3.1	新型木材防腐剂的研究进展	231
4.3.2	木材防腐剂的发展方向	234
4.4	木材纳米防腐	235
4.4.1	纳米氧化铜的性质和应用	235
4.4.2	纳米氧化铜粉体的制备和表征	236
4.4.3	纳米氧化铜改性试验	247
4.4.4	纳米氧化铜防腐性能评价	251
4.4.5	纳米木材复合防腐剂的制备及性能评价	255
4.5	木材生物防腐	260
4.5.1	生物防腐概念	260
4.5.2	生物防腐机理	261
4.5.3	国内外研究现状	262
4.5.4	生物防腐作用	263
4.5.5	发展趋势	266
4.6	植物提取物及其对木材耐腐性的影响	267
4.6.1	树木提取物	267
4.6.2	植物提取物在木材防腐方面的研究和利用	269
4.6.3	植物提取物用作木材防腐剂存在的问题	270
4.6.4	研究的目的是和意义	270
	参考文献	271
5	提升和发挥木质材料碳汇功能的途径	273
5.1	天然的碳储存	274
5.1.1	农产品	274
5.1.2	木制品与纸张	274
5.1.3	棉花	274
5.2	提升木质材料碳汇林业的途径	276
5.2.1	对森林碳汇的理解	277
5.2.2	森林碳汇交易与 CDM 造林再造林碳汇项目	277
5.2.3	我国的碳汇林业	278
5.3	木材的碳素储存与保护机制	278
5.3.1	研究的意义	279
5.3.2	国内外研究现状与分析	281
	参考文献	282

0 绪 论

工业革命以来,以煤炭、石油、天然气为代表的化石能源成为当今世界各国发展经济和进行工业生产活动的主要能源。2006 年全球消耗的能源中,化石能源所占比例高达 87.9%,我国的比例则高达 93.8%,其中煤炭占主要地位。分析 2010 年一次能源结构,其中煤炭生产和消费比例分别达到 76.5%和 68.0%。石油和天然气消费的比例也从 2005 年的 3.27%和 0.47%提高到了 2010 年的 4.28%和 0.98%,占世界比例达 10%和 3.4%。随着人类的不断开采,化石能源枯竭是不可避免的,大部分化石能源 21 世纪将被开采殆尽。另外,大量化石能源的消耗带来 CO₂ 排放量的增加,打破了自然界正常的碳循环过程,或者说打破了正常的碳交换平衡,致使大气中 CO₂ 的增加速度和增加数量大大超过了海洋碳库和陆地生态碳库可以吸收的速度和数量,从而引起温室效应,对生态环境造成严重破坏。德班世界气候大会期间,一些媒体报道了英国梅普尔克罗夫特公司(Maplecroft company,世界上著名的风险评估公司之一)公布的温室气体排放量数据,并以此为依据对全球近几年排放 CO₂ 最多的国家进行了排名,其中 5 个国家的 CO₂ 排放量占全球 CO₂ 排放量的一半还多。从我国的人均排放量来看,虽然不是排名前列,但是总量达到了 60 亿 t,位居世界各国之首。

2007 年,政府间气候变化专门委员会(IPCC)公布的第四次评估报告结果显示^[1]:自 1750 年以来,全球大气温室气体(GHG)浓度显著增加,二氧化碳(CO₂)浓度从工业革命前的 280ppm* 上升到 2005 年的 379ppm,以目前的增长速度计算,到 2050 年大气中 CO₂ 的浓度将达到 550ppm,将为工业革命前的 2 倍;化石燃料燃烧释放的 CO₂ 从 20 世纪 90 年代的 6.4GtC/a 上升到 2000~2005 年的 7.2GtC/a;20 世纪 90 年代估计土地利用变化导致的 CO₂ 排放是 1.6GtC/a,全球 CO₂ 浓度的增加主要是由化石燃料使用和土地利用变化(主要是毁林)引起的。

森林是陆地生态系统的主体,对维持陆地生态平衡起着十分重要的作用。树木是森林系统的主要生物物质,可以通过光合作用吸收大气中的二氧化碳,释放出氧气。有数据记载,树木每产生 1t 木材,就要吸收 1.6t 二氧化碳,释放 1.1t 氧气,可以固定 0.5t 的碳^[2]。国际上对于森林碳素储存能力(碳汇)问题的研究始于 20 世纪 60 年代中后期,对森林碳汇研究主要集中在以下内容:森林参与大气碳循环的方式、森林碳汇对大气的净化作用、森林吸收 CO₂ 量的计算模型、不同的森林类型

* ppm 为非法定量级,量级为 10⁻⁶。

吸收 CO₂ 的差异等。而对于木材的碳素储存能力和木材保护处理对碳素储量的变化、生物质复合材料的碳素储存、不同建筑结构住宅的固碳量、提升和发挥木质材料碳汇功能的途径等方面提及较少。

树木在自然界中发挥着固定二氧化碳、供给氧气、保持水土、利于健康等多种重要功能。通过光合作用可以使木材吸收的 CO₂ 以有机物的形式储存于生命体内,固定在木材的各个部分,而木材(木质部)是木材全部生物量中碳素储存最多的寄主体。构成木材的元素主要有 C、H、O 三种,三种元素各自所占比例约为 C 50%、O 42.6%、H 6.4%。可见,在木材中碳素储量最多,可以说木材(树木)是陆地生物最大的碳素储存库。森林和树木具有吸收二氧化碳和固定碳素的重大功能和减少二氧化碳排放、减缓温室效应的独特作用,并以此减少生态灾难,保障人类的生态安全。树木生产中吸收的 CO₂ 以木材的形式予以固定和储存,木材是林木生物量中储存碳素量最大的生物质。所以,科学保护和科学利用木材,对减少二氧化碳的排放和减缓温室效应具有十分重要的意义。

除木材外,我国每年收获的农作物秸秆约在 7 亿 t 左右,也是陆地植物体中储存碳素最多的物质之一。以前对这类生物质材料的工业利用率很低,绝大部分被丢弃或焚烧,燃烧时所释放的烟雾严重危害环境,甚至妨碍航空安全。因此,要将木材的科学保护和利用扩展到农作物、废弃物等全部的生物质材料。木材也是良好的建筑材料之一,世界上一些发达国家和木材资源丰厚的地区,很注重采用木结构形式建造住宅和公共、公益性场所。木结构房屋和木质家具使人居空间的木材拥有量增加,木材和木质材料具有独特的环境学属性,除长久固定碳素、净化空气外,还具有调节建筑室内物理环境的功能,从而提高人居舒适程度。

0.1 全球气候变化概述

全球气候问题从工业革命以来逐渐成为全球环境问题的焦点,气候变化及其所带来的不利于人类和自然生态系统可持续发展的一系列问题,使得气候变化问题被国际社会列为全球十大环境问题之首,并成为国际社会普遍关注的热点话题。目前国际社会不断通过政府间气候变化相关组织进行沟通以协调各国应对气候变化的办法及确立各国的责任和义务,推动并提高气候变化的全球参与度和关注度,为缓解全球气候变化形成了组织基础。全球气候变化的因素有很多,范围较为广泛,既有历史因素,又有人文因素,既有经济因素,又有社会因素。此外,全球气候变化对于现代人类社会在经济、社会、环境,甚至政治方面影响巨大,并不仅仅是单一的环境或者气象学和生态学问题。在经济方面,气候变化衍生的全球变暖、碳排放和碳汇问题关乎一个国家和地区的经济发展规模、发展速度和今后的发展方式。应对全球气候变化从某种意义上来说也是国家之间政治的角力,是发展中国家和

发达国家对于自然资源价值在碳排放空间的争夺和重新分配。在应对全球气候变化过程中所衍生的对于新型能源的开发和利用反映了各国对于可持续发展的愿望,另外也刺激了各国利用新技术新方法开发新型能源的积极性。可以说以核能、太阳能、风能、生物质能等为代表的新型能源的利用程度和开发程度是将来各国综合国力提升和竞争的能源基础,是解决和应对全球气候变化的有效途径。新型能源成为全球主流能源还有很长的路要走,在此之前,如何合理利用和保护现有全球陆地生态系统,提高森林的碳库作用,优化树木的配比结构,延续木材的固碳能力是在全球气候变化对人类生存环境提出严峻考验的情况下最为基本和有效的措施。

0.1.1 全球气候变化的内容

气候与全球气候是有区别的,气候是指多方面的。在我国古代气候用来泛指时令,有二十四节气与七十二候,如“气候今年晚,浓霜始此回”;还有的指云气的变化,甚至以此来预测凶吉,如“将军占气候,出号夜飏营”;也有的指天气,比喻前途、结果等。气候作为一个科学概念主要指地球上某一地区多年时段大气的一般状态,是该时段各种天气过程的综合表现。气象要素(温度、降水、风等)的各种统计量(均值、极值、概率等)是表述气候的基本依据。太阳辐射地球表面的差异性和海洋、陆地、山脉、森林等不同性质的下垫面在到达地表的太阳辐射的作用下所产生的物理过程不同,使气候除具有温度大致按纬度分布的特征外,还具有明显的地域性特征。按水平尺度大小,气候可分为大气候、中气候与小气候。大气候是指全球性和大区域的气候,如热带雨林气候、地中海型气候、极地气候、高原气候等;中气候是指较小自然区域的气候,如森林气候、城市气候、山地气候以及湖泊气候等;小气候是指更小范围的气候,如贴地气层和小范围特殊地形下的气候(如一个山头或一个谷地)。在纬度位置、海陆分布、大气环流、地形、洋流等因素的影响下,世界气候可分为很多类型,如热带雨林、热带草原、热带季风、地中海、温带大陆、温带海洋、温带季风、极地苔原气候、极地冰原气候等。

全球气候更多地关注地球的气候特征,以整个地球的气候特征和状况为研究目标。全球气候是指气候要素(气温、气压、风和降水等)的全球分布及其随季节变化的特征。例如,气温全球分布特点是温度随纬度的增加而降低。在北半球,冬季最低气温达 -40°C 以下,最高气温为 25°C ,南北温差达 65°C ;夏季最低气温为 0°C 左右(撒哈拉沙漠),南北温差只有 40°C 。冬季大陆温度比同纬度的平均温度低,而海洋则反之,夏季情况相反。海平面气压分布基本特点是高纬度为低压带,副热带为高压带,中纬度为等压线密集的强经向气压梯度带。地面风场在南北半球各存在三个主要纬向风带,即热带信风(东风)带、中纬度西风带和极地东风带。降水分布最多的地方是赤道附近,不少地方年降雨量高达 2000mm 以上;中纬度的降

水比副热带的多,特别在气旋活动区,年降水量可达 1000mm。

全球气候变化(climate change)发生在全球范围内,不是单一的一国一地区一段时间内气候的改变和异常,而是建立在气候平均统计学上的概念,一般是指气候的巨大改变或者持续较长的一段时间(典型的为 10 年或者更长时间)的气候改变。我国唐代诗人杜牧用诗句“一宫之内而气候不齐”来描写气候的变化。气候变化有多种表现,从冰河世纪到工业革命,气候变化无时无刻不存在,这里所说的气候变化主要是指工业革命以来,以化石能源为基本能源的现代社会时期气候的突变情况,全球气候变化是一个牵涉广泛的问题,它涵盖的层面包括环境、生态、气候、地质、海洋、生物多样性、经济发展、政治议题等。最直接的表现为全球气候变暖及其产生的温室效应,全球海平面的上升,大部分地区冰雪退缩、冰川融化,全球极端气候趋强趋多,干旱范围更大、强度更强,热带气旋强度增大,生态环境的改变等。应当指出的是,全球气候变化不等于全球变暖,而是包括全球变暖在内的及其引起的一系列气候变化现象。

温室效应(greenhouse effect),又称花房效应,是大气保温效应的俗称。大气能使太阳短波辐射到达地面,但地表向外放出的长波热辐射线却被大气吸收,这样就使地表与低层大气温度增高,因其作用类似于栽培农作物的温室,故名温室效应。温室效应的示意图如图 0-1 所示。

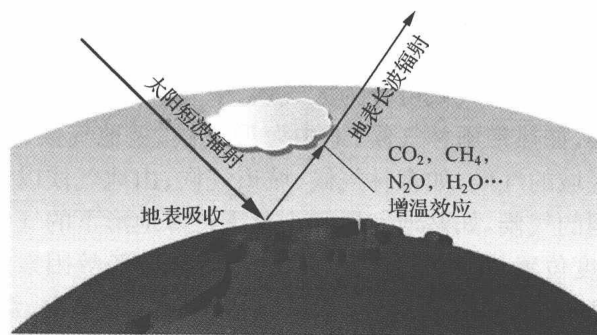


图 0-1 温室效应示意图

极端天气气候事件是指天气(气候)的状态严重偏离平均态,在统计意义上属于不易发生的事件。通俗地讲,极端天气气候事件指的是 50 年一遇或百年一遇的小概率事件。随着全球气候变暖,极端天气气候事件的出现频率发生变化,呈现出增多增强的趋势。例如,使原属冷水域的太平洋东部水域变成暖水域,结果引起海啸和暴风骤雨,造成一些地区干旱,另一些地区又降雨过多的厄尔尼诺现象。类似的还有拉尼娜现象(又称反厄尔尼诺现象或冷事件)。

0.1.2 全球气候变化的原因

全球气候变化是一个涉及广泛的问题,涵盖了环境学、生态学、气候学、地质学,甚至牵涉到了生物多样性、经济发展和政治主张等方面。

全球气候系统是由大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈(陆面)和生物圈组成的一个极其复杂的系统,这些部分之间依照某种规律发生着明显的相互作用。在这个系统自身动力和外部强迫作用下(如火山爆发、太阳变化、人类活动引起的大气成分变化和土地利用变化),气候系统逐渐随时间演变(渐变与突变),而且具有不同时空尺度的气候变化与变率(月、季节、年际、年代际、百年尺度等气候变率与震荡)。气候系统是地球系统的主要部分之一。地球系统还包括人类与生命系统、社会经济方面等。它是一个完整的、相互关联的、具有复杂代谢和自身调节机制的系统。它的生物过程与物理和化学过程强烈地相互作用,以此构成复杂的地球生命保障系统。

气候系统是一个自然与人类生命系统相互作用互为依存的完整体系,因此,全球气候变化的原因也可概括为自然气候波动和人类活动的影响两个方面。自然因素抑或是人为因素影响全球气候变化在国际上还存在很大争议。其中以联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)为代表,其第四次评估报告显示“20 世纪中期以来观测到的全球平均温度的上升,非常可能是由观测到的人类活动产生的温室气体增加造成的”,并且指出“这个结论比第三次评估报告前进了一步”。那时认为“近 50 年观测到的大部分变暖可能是由温室气体浓度增加造成的”。据 IPCCAR4,“非常可能”指可能性在 90% 以上,“可能”则指 66% 以上。也就是说,从 IPCCAR3 到 IPCCAR4 对变暖是由温室气体增加造成的可能性的评估从 >66% 提高到 >90%。另外,非政府间气候变化专门委员会(NIPCC)的决策者摘要,标题就是“自然,而不是人类活动主导着气候”。显然这是与 IPCC 针锋相对的观点。二者虽然存在争议,但也从另外一个角度说明了全球气候变化的二重性,即自然和人类活动共同作用的结果^[3]。

0.1.2.1 自然因素

气候系统的能力基本上都来自于太阳,所以太阳能力输出的变化是导致气候变化的原因之一,太阳辐射的变化是引起气候变化的外因,引起太阳辐射变化的另一原因是地球轨道的变化。地球绕太阳轨道有三种规律性的变化,一是椭圆形地球轨道的偏心率(长轴与短轴之比)以 10 万年的周期变化;二是地球自转轴相对于地球轨道的倾角在 $21.6^{\circ} \sim 24.5^{\circ}$ 变化,其周期为 41 000 年;三是地球最接近太阳的近日点时间的年变化,即近日点时间在一年的不同月份转变,其周期约为 23 000 年。另一个影响气候变化的自然因素是火山爆发。火山爆发之后,向高空喷放出

大量硫化物气溶胶和尘埃,可以到达平流层高度,它们可以显著地反射太阳辐射,从而使其下层的大气冷却。

0.1.2.2 人类活动的影响

人类活动造成了异化的自然,正如马克思说:“人给自然界打上了自己的烙印,因为他们不仅变更了植物和动物的位置,而且也改变了他们居住地方的面貌、气候,他们甚至还改变了植物和动物本身,使他们活动的结果只能和地球的正常死亡一起消失”^[4]。

人类活动加剧了气候系统变化的进程。人类活动引起的全球气候变化,主要包括人类燃烧化石燃料、硫化物气溶胶浓度的变化、陆面覆盖和土地利用的变化(如毁林引起的大气中温室气体浓度的增加)等。人类活动排放的温室气体主要有6种,即二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亚氮(N_2O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFC)和六氟化硫(SF_6)。其中对气候变化影响最大的是二氧化碳,它产生的增温效应占有所有温室气体总增温效应的63%,且在大气中的存留期很长,最长可达200年,并充分混合,因而最受关注。研究表明,地球上原始大气的主要化学组成是 H_2O 、 CO_2 、 N_2 和 O_2 ,其中 CO_2 含量仅低于 H_2O 而远高于 N_2 和 O_2 含量,因此原始地球表面的温度很高。大约在38亿年前生物出现,经过漫长的发展和进化过程后,大气中的 CO_2 才稳定到 $300\text{cm}^3/\text{m}^3$ 的动态平衡状态,这一含量下所造成的地球表面温度使人类和其他生物得以顺利繁衍和发展。但从工业革命以后,大量矿物燃烧和森林破坏等使大气中 CO_2 含量显著升高,由此导致温室效应增强,全球气温升高。众多研究表明,公元1750年以前,大气中的 CO_2 浓度基本保持在 $280\text{cm}^3/\text{m}^3$ 左右;工业革命以后, CO_2 的浓度逐渐上升,而上升速度在1960年之后加快,其中20世纪80年代以来上升最快。例如,从1958年至1977年20年间, CO_2 浓度从 $316\text{cm}^3/\text{m}^3$ 增加到 $330\text{cm}^3/\text{m}^3$;平均每年递增约 $0.7\text{cm}^3/\text{m}^3$;而从20世纪80年代到90年代, CO_2 浓度从 $330\text{cm}^3/\text{m}^3$ 增加到了 $354\text{cm}^3/\text{m}^3$,平均每年递增约 $1.7\text{cm}^3/\text{m}^3$,递增幅度明显增加。温室气体的增加主要是通过温室效应来影响全球气候或使气候变暖的。地球表面的平均温度完全取决于辐射平衡,温室气体则可以吸收地表辐射的一部分热辐射,从而引起地球大气的增温。也就是说,这些温室气体的作用犹如覆盖在地表上的一层棉被,棉被的外表比里表要冷,使地表辐射不至于无阻挡地射向太空,从而使地表比没有这些温室气体时更为温暖。

CO_2 等温室气体浓度的增加与工业革命时期人类的活动密切相关。人类活动是引起全球气候变暖的一个主要因子,IPCC第三次评估报告认为,最近50年的气候变化主要是由人类活动引起的。对植被特别是森林植被的开发和资源的不合理利用,使全球森林植被遭到严重破坏。据统计,过去全球拥有热带雨林面积为 $24.5 \times 10^{12}\text{m}^2$,约占陆地总面积的16%;到1995年约有一半数量被砍伐,现存面

积已经减少到陆地面积的 7%,而且每年约以 $12.4 \times 10^{10} \text{ m}^2$ 的速度递减。由于植物特有的光合作用,植被的减少意味着吸收的 CO_2 减少,从而引起大气中 CO_2 浓度的增加,造成温室气体的提升。据统计,目前因全球森林破坏而引起的 CO_2 浓度的上升约占 CO_2 浓度增加总量的 24%。

综上所述,从价值论的维度考虑,全球性气候变暖等环境问题的产生,是人与自然价值分离对立的结果。

0.1.3 全球气候变化的影响

由温室效应与全球变暖而导致的一系列全球气候变化对人类和整个地球生态产生了深刻影响,具体表现为对人类活动及自然资源环境两大方面。

全球气候变化最为明显的影响是全球气温的升高及其所带来的一系列极端天气。1906~2005 年全球地表平均温度上升了 0.74°C ,北半球升温高于南半球,冬半年升温高于夏半年。最近十年是有记录以来最热的十年,多地气温百年或几十年一遇的情况时有发生,20 世纪后 50 年北半球的平均温度可能是近 1300 年来最高的。进入 21 世纪以来,地球因为“发烧”引起了很多极端天气事件。例如,印度和南欧每年创纪录的热浪,希腊、澳大利亚和美国加利福尼亚州恐怖的森林大火,非洲的大面积干旱都严重影响到人民的生命和财产安全。各大媒体报道高温天气的时候,人们听到最多的是“史无前例”和“破历史记录”。

全球气候变化影响人类健康。气候变暖导致因热浪袭击致死人数大幅增加,虫媒传染病加重。未来疟疾和登革热等低纬度常见流行病的发生范围将向更高纬度扩展,并将波及世界 40% 的人口。旱灾、水灾、暴风雨等极端气候事件将增加死亡率、伤残率和传染病发病率。

极端天气事件增多增强。20 世纪 50 年代以来,全球许多地区热浪频繁发生,强降水事件和局部洪涝频率增大,风暴强度加大。尤其是 20 世纪 70 年代以来,热带和副热带地区(特别是非洲地区)的干旱更频繁、更持久、更严重,影响范围不断扩大;台风和飓风强度增强,强台风频率增大,由 20 世纪 70 年代初不到 20% 增加到 21 世纪初的 35% 以上。极端天气常造成房屋倒塌、人员伤亡、农作物歉收。英国经济学家斯特恩爵士指出:“极端天气的成本达到世界每年 GDP 的 0.5%~1%。如果世界继续变暖,这个数字还会持续上升”。极端天气影响农业和自然生态系统。随着二氧化碳浓度的升高和全球变暖,可能会增加植物的光合作用,延长生长季节,使世界一些地区更加适合农业耕作。但全球气温和降雨形态的迅速变化,也可能使世界许多地区的农业无法适应或不能很快适应这种变化,使其遭受很大的破坏性影响,造成大范围的农业灾害。气候变暖带来的干旱加剧、洪涝频繁发生,将使全球粮食产量发生大的波动。预计 2050~2080 年,气候变化将导致粮食贸易需求增加,大多数发展中国家将更加依赖粮食进口,这可能导致世界粮价居高

不下。与农田、人工草场和人工经营管理的森林相比,自然生态系统对未来气候变化显得更为脆弱。未来人口增长和经济发展将使自然生态系统继续向退化方向发展,这进一步增加了自然生态系统对未来全球气候变化的脆弱程度。对荒漠和荒漠化的影响研究指出,预计荒漠会变得更极端、更炎热。如果环境变得更干,则在干旱、半干旱及干旱的半湿润地区,由气候变化和人类活动造成的荒漠化土地可能变得不可逆转。湿地的地理分布将随温度、降水和径流的变化而迁移。内陆水生生态系统由于未来气候变化引起水温、水文体系和水位的变化而受到影响。有些沿海生态系统由于气候变化的影响处于十分危险的状态,其变化对旅游业、淡水供应、渔业和生物多样性均产生不利影响。未来如果全球平均温度比 1980~1999 年的平均温度增加 $1.5^{\circ}\text{C}\sim 2.5^{\circ}\text{C}$,则 20%~30% 的物种灭绝的风险会增大。海洋吸收更多的二氧化碳,导致表层海水酸化度增加数倍,对海洋生态系统特别是贝类构成严重威胁。

冰冻圈逐渐退缩。观测结果表明,北半球积雪面积明显减小,山地冰川和格陵兰冰盖加速融化,冰川湖泊范围扩大、数量增加;冻土区地面不稳定性增大,山区岩崩增多;北半球多年冻土层正在融化。前面提到全球气候系统是由大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈(陆面)和生物圈组成的一个极其复杂的系统,这些部分之间依照某种规律发生着明显的相互作用,如果有一部分发生改变势必会造成整个系统的变化。冰冻圈消退最为直接的影响就是海平面上升。全世界约有 $1/3$ 的人口生活在沿海线 60km 的范围内,经济发达城市密集。全球气候变暖导致两极融化、海洋水体膨胀,可能在 2100 年使海平面上升 50cm,从而危及全球沿海地区,特别是那些人口密集、经济发达的河口和沿海低地。这些地区可能遭受淹没或海水入侵,海滩和海岸遭受侵蚀,土地恶化,海水倒灌和洪水加剧,港口受损,沿海养殖业受到影响,供排水系统遭到破坏^[5]。

对于经济、政治环境具有一定影响。经济学家对气候变化造成的损失进行了定量估计,Nodhaus 于 1991 年和 1994 年预测温室气体加倍在美国造成的损失达 GDP 的 1%,预测其他 OECD 国家 GDP 损失与美国相同,而发展中国家的损失达 GDP 的 2%~8%。全球因温室气体加倍造成的损失占总 GDP 的 1%~2%,可以说气候变化影响重大,预计 2100 年全球 GDP 为 170 万亿美元,届时由气候变化所造成的损失将高达每年 1.7 万亿~3.4 万亿美元。全球气候变化对自然系统、人类系统产生了巨大的影响,以至于各国要同心协力来解决这个问题。但是在具体的操作过程中,各国家集团必须在自身利益和全球利益及国家利益之间作出某种妥协与调整,这样就把表面上的环境问题深化到政治问题了。

以上气候变化的影响在我国也不同程度地存在和发生着。2008 年初席卷全国的寒潮,让整个华南和华中地区猝不及防。高速公路冰封、电网被压坏、城市断电、物流中断,上亿农民工被滞留在广州、深圳、佛山等车站,南方几个省市的日常

生活和运转几乎被冻住了。2009年华北的特大暴雪,阻断了很多春运人的回家之路。2011年5月以来,广西、贵州、四川等十多省市(自治区)遭受强降雨袭击,2939万人受灾,因灾死亡200人,转移人口171万人,农作物受灾3720万 hm^2 ,倒塌房屋33.9万间,直接经济损失约665亿元。极端气候还影响了我国的水资源分布。缺水的地区更加缺水,水资源丰富的地区则出现严重的洪涝灾害。华北缺水,人们不得不努力寻找水源,但在华中、华南、华东地区却发生洪涝灾害,形成了一个矛盾的局面^[6]。

0.1.4 全球气候变化的对策

气候是人类赖以生存的自然要素之一,其任何变化都会对自然生态系统和社会经济系统产生全方位、深层次的影响。工业革命以来,人类的活动和大量化石燃料的使用(主要用于燃烧)使大气中以 CO_2 为主的温室气体浓度逐渐上升,引发了以变暖为主要特征的全球气候的变化,严重影响了经济社会的可持续发展和全人类的生存条件,成为人类面临的十大生态问题之首。如何与自然和谐统一发展,改善人类生存环境是人类需要解决的现实问题,最大限度地减少全球气候变化对世界各国经济和政治的影响成为各国新时期发展的基本目标和任务。全球气候变化主要有自然因素和人为因素,包括太阳活动在内的自然因素是不受人类控制的,是不可确定因素;而以人类活动的影响因素为切入点进行全球气候变化对策的研究则是我们当下需要进行的主要工作,具有重要的现实意义^[7]。

国际组织开展了应对全球气候变化的一系列工作。国际组织作为国际社会的一个不同于主权国家的机构,早在19世纪就已经产生,它是国与国之间、地区与国家之间、地区与地区之间各种关系发展的产物。人类工业文明的发展和世界各国联系的不断加强,尤其是在区域一体化和经济全球化的今天,国际组织作为国际社会中的一个重要行为主体,在国际事务中正扮演着越来越重要的角色,发挥着越来越重要的作用。联合国是全球最大的政府间组织机构,在应对包括全球气候变化在内的各种问题上都发挥了积极能动性。面对全球气候变化所带来的危机和挑战,联合国积极推动国际谈判、召开国际会议、制定国际公约和提供相应的经济支持。1992年6月3日至14日,联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开,会议通过了《联合国气候变化框架公约》,这是人类发展史上为拯救自身生存环境而迈出的坚实一步。为了更好地加强在气候变化问题上的国际合作,联合国规定从1995年起,每年召开一次缔约方大会,讨论如何应对全球气候变化问题。至今为止,已经召开了十八次缔约方会议,这些会议的召开为全球气候的变化提供了科学的政策指导,减少了国际社会在气候变化问题上的分歧,加强了国际社会的国际气候合作。尤其是1997年12月在日本京都举行的第三次缔约方大会,在该会议上通过了一个具有里程碑意义的国际公约,即《京都议定书》。它以法律的形式明确