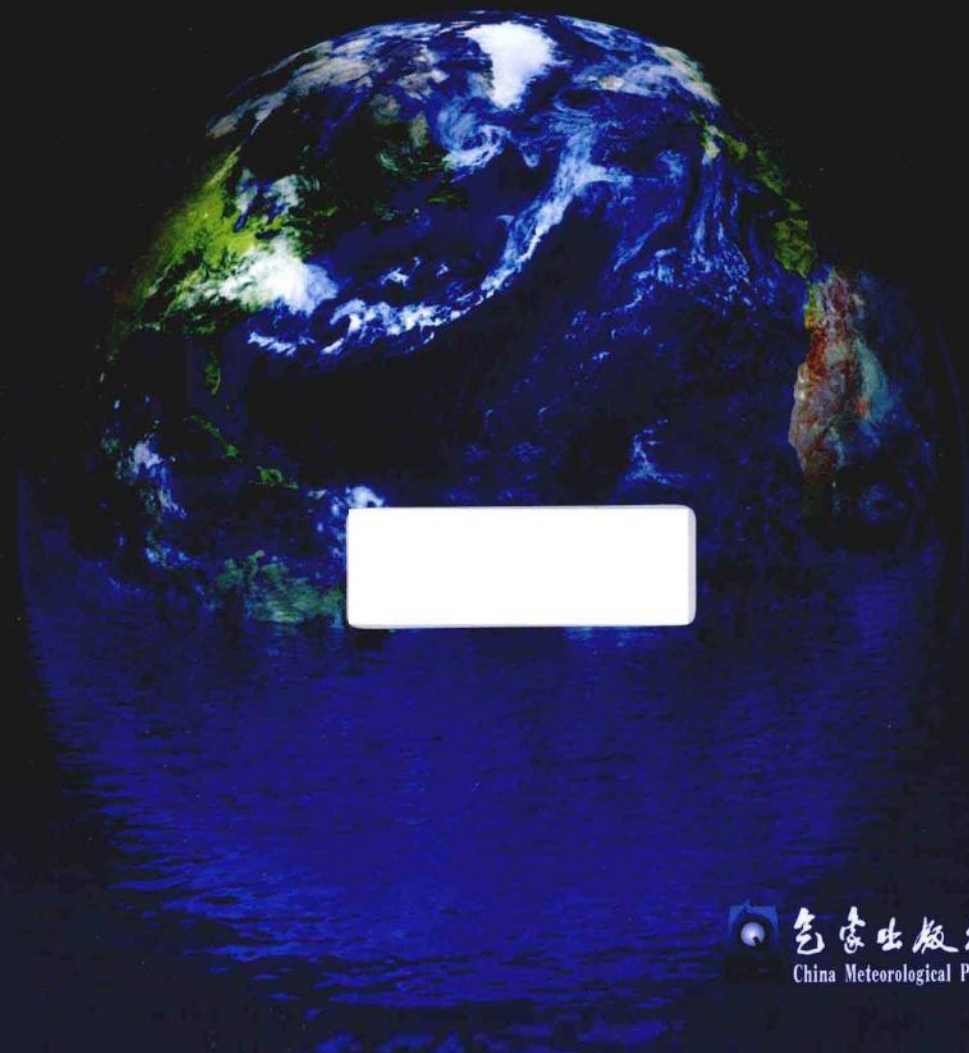


肖国举 张强 编著

气候变化 地球会改变什么？



气象出版社
China Meteorological Press

“生态文明” 科普读物

气候变化 地球会改变什么？

肖国举 张 强 编著

内容提要

全球变暖已经严重影响到人类的生存和社会的可持续发展,正在改变着我们的世界。本书从全球变暖事实与假说、气候变化灾害与风险、动植物行为变化、冰川融化与海洋危害、粮食与水安全挑战、人类健康与人类文明、低碳时代与低碳生活等方面,汇集了科学界对全球变暖的基本认识和取得的最新研究成果。旨在让从事气候变化研究的学者与非专业学者、普通大众和决策者之间架起一道思想沟通的桥梁,使人们能够真正认识到全球变暖对粮食生产、生态环境、人类健康安全影响的重要性和迫切性。

本书可供气象、地理、环境、生态、水文、农业、食品、旅游、人文相关领域的科研人员、政府管理人员以及高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

气候变化 地球会改变什么? / 肖国举, 张强编著. —北京:
气象出版社, 2013.6

ISBN 978-7-5029-5726-1

I. ①气… II. ①肖… ②张… III. ①气候变化-研究
②全球变暖-研究 IV. ①P467 ②X16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 114472 号

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室: 010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑: 蔺学东

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

开 本: 700×1000 1/16

字 数: 252 千字

版 次: 2013 年 6 月第 1 版

定 价: 45.00 元

邮政编码: 100081

发 行 部: 010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审: 章澄昌

责任技编: 吴庭芳

印 张: 14.00

印 次: 2013 年 6 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等, 请与本社发行部联系调换。

※ 前 言 ※

气候变暖引起全球降水量重新分配、冰川和冻土消融、海平面上升,以及带来的极端异常天气气候现象如干旱、洪涝、冻害、冰雹、沙尘暴等造成严重自然灾害,给农业生产、人类健康、生态环境、社会经济等诸多方面产生严重的影响,直接威胁人类食物供应和居住环境。全球气候变暖不仅仅是一个科学问题,而且是一个涵盖政治、经济、能源等方面的综合性问题,全球变暖的事实已经上升到国家安全的战略高度。

到目前为止,全球气候变暖的原因还没有哪一种学说或观点,能够提供一幅清晰的图像。本书介绍了目前流行的几种关于气候变化的观点和学说,这些观点或学说或许与科学真理仍有一定的距离,只是流行而已,如古代流行的“地心说”最终被“日心说”所代替。相反,被一度批判或冷落的学说如“大陆漂移说”则在新证据的支持下获得新生。

科学界主流观点认为,近 100 年的人类活动对气候变化的影响大大改变了气候变化的自然规律,增加了气候变化的不确定性,增大了预测气候变化的难度。人类文明也许还没有经历过这样剧烈的全球增温考验,很难预测人类甚至地球生命是否有能力去适应这样的气候巨变。需要特别说明的是,人类活动的影响与自然因素有根本不同,它的可怕性在于它是非周期的,而且由于累积作用而不断地单调增加。如果二氧化碳的排放不能得到有效控制,增温幅度不但不能够被减弱,而且还会被进一步迅速加强。

中国共产党“十八大”报告中指出,生态文明以尊重和保护自然为前提,以人与人、人与自然、人与社会和谐共生为宗旨,以建立可持续的生产方式和生活方式为内涵,致力引导人们走持续、和谐发展的道路。生态文明是人类对传统文明形态特别是工业文明进行深刻反思的成果,也是人类文明形态发展的飞跃。生态文明的崛起是一场涉及生产方式、生活方式和价值观念的世界性革命,是不可逆转的世界潮流,是人类社会继农业文明、工业文明后进行的一次新选择。

全球气候变暖问题是生态文明建设的重要内容。面对全球气候变暖问题,

科学界展开了全方位的应对气候变化研究。本书从全球气候变暖事实与假说、气候变化灾害与风险、动植物行为变化、冰川融化与海洋危害、粮食与水安全挑战、人类健康与人类文明、低碳时代与低碳生活等方面，汇集了科学家对全球气候变化的最新研究成果，诠释科学界对全球气候变化的基本认识，阐明了人类对生态环境保护的重要性。

本书属于科普类读物，力求用简明的语言表达科学化的问题，在从事气候变化研究的学者与非专业学者、普通大众和决策者之间架起一道思想沟通的桥梁，使人们能够真正认识到气候变化对粮食生产、生态环境、人类健康安全影响的重要性和迫切性，旨在提高全民对全球变暖的认识，动员全社会力量保护生态环境，积极有效地应对气候变化，切实减少气候变化带来的危害风险。

本书资料精选于网络、报刊、期刊、杂志、书籍，由肖国举整理资料，撰写内容；张强统领全稿，把握整体构架。国家 973 计划课题（2013CB430206）、国家自然科学基金（41165009）、国家公益性气象行业科研专项（GYHY201106029）资助出版，特此说明。

肖国举

2012 年 12 月于宁夏大学

* 目 录 *

前 言

第一章 全球变暖事实与假说

- | | |
|------------------------------|--------|
| 01. 人类活动改变全球生态系统 | (1) |
| 02. 温室气体变化 | (2) |
| 03. 温室气体排放大国 | (3) |
| 04. 全球气候变暖 | (4) |
| 05. 全球变暖不可逆转? | (4) |
| 06. 全球高温屡创记录 | (5) |
| 07. 全球高温逐渐常态化 | (6) |
| 08. 中国高温天气频发 | (6) |
| 09. 全球变暖与悬浮微粒有关吗? | (7) |
| 10. 北极变暖与气溶胶有关吗? | (8) |
| 11. 全球变暖与太阳活动有关吗? | (8) |
| 12. 地热是全球变暖的祸首? | (9) |
| 13. 海洋温度和盐度引起全球变暖? | (10) |
| 14. “深海巨震降温说”会使全球变暖终结? | (11) |
| 15. “气候时冷时热”观, 不必大惊小怪? | (11) |
| 16. 地球并非变暖, 冰川时代来临? | (12) |
| 17. 全球气候开始变冷持续 30 年? | (13) |
| 18. 北半球严寒不表明全球变暖理论错误? | (14) |
| 19. 海洋模型证明人类造成了全球变暖 | (14) |
| 20. 全球变暖与盟国利益关联? | (15) |

第二章 气候变化灾害与风险

- | | |
|---------------------------|--------|
| 01. 全球持续变暖, 地球将会怎样? | (17) |
|---------------------------|--------|

02. 非洲干旱撕裂着干渴与饥饿	(19)
03. 全球变暖给贫困国家“火上浇油”	(21)
04. 全球变暖威胁岛屿国家居住安全	(22)
05. 全球变暖，洪水肆虐威胁居住环境	(23)
06. 欧洲气候反常，面临百年大旱	(24)
07. 全球变暖，孟加拉国雪上加霜	(24)
08. 巴西热浪侵袭，人挤人似“煮饺子”	(25)
09. 澳大利亚大堡礁或将消失	(25)
10. 英国称全球变暖将是“灾难性的”	(26)
11. 全球变暖威胁俄罗斯游牧民族	(27)
12. 全球变暖，俄罗斯北方地区将变成沼泽	(29)
13. 全球变暖助推莫斯科森林火灾？	(29)
14. 北极永久冻土融化引爆“定时炸弹”	(30)
15. 气候变化致阿尔卑斯南北现两重景观	(31)
16. 中国西南地区特大旱灾	(32)
17. 中国长江中下游异常大旱	(34)
18. 青藏高原冰川融化引发洪涝灾害	(35)
19. 海平面上升危害中国沿海地区	(36)
20. 全球变暖加速黄河源冻土退化	(37)
21. 三江源区旱情沧桑变化	(39)
22. 全球变暖，三江源区鼠害盛行	(39)
23. 冰川消融“激活”古老病毒	(40)
24. 气候变暖导致全球地震活跃度剧增？	(41)
25. 全球变暖导致土壤碳流失	(42)
26. 全球变暖加重山火猛烈程度？	(42)
27. 全球变暖让暴风雪来得更加猛烈	(43)
28. 全球变暖让洪灾更加泛滥	(44)
29. 全球变暖让台风更疯狂	(45)
30. 全球变暖让飓风更狂野	(46)
31. 亚太成气候移民热点区域	(48)
32. 南亚现自然灾害移民潮	(49)
33. 气候移民可能突破两亿	(50)
34. 岛屿国家担心被海水淹没	(50)

35. 全球一半区域因升温将无法居住?	(52)
36. 气候移民难题堪比定时炸弹	(52)
37. 中国历史上最大规模的生态移民	(54)
38. 气候移民与国际合作	(55)

第三章 动植物行为变化

01. 全球变暖将使地球回到恐龙时代末期	(56)
02. 全球变暖, 昆虫将统治地球?	(57)
03. 全球变暖使蝴蝶数量下降	(58)
04. 气候变暖使蝴蝶改变迁徙路线	(59)
05. 全球变暖使飞行最高的鸟类濒临灭绝	(60)
06. 气候变暖推延南极海鸟繁殖期	(60)
07. 气候变暖导致冬候鸟数量锐减	(61)
08. 全球变暖, 南极发现新物种	(62)
09. 气候变暖使南极企鹅数量大大减少	(63)
10. 气候变暖影响南极王企鹅生存环境	(63)
11. 气候变化曾导致南极象海豹大量灭绝	(64)
12. 气候变暖威胁北极熊生存	(64)
13. 北极熊适应气候变暖能力引发担忧	(65)
14. 北极冰面消失, 北极熊受灭绝威胁	(66)
15. 气候变化促使北极哺乳动物同近亲杂交	(67)
16. 全球变暖危及北极海洋哺乳动物生存	(67)
17. 气候变暖将威胁北极鲸鱼的生存	(68)
18. 气候变化或将导致北极麝牛灭绝	(69)
19. 气候变暖使北极蜘蛛生育能力提高	(70)
20. 气候变暖导致鱼类体积变小	(71)
21. 气候变暖“惹祸”, 毒蛙“背叛婚姻”	(71)
22. 气候变化将导致大熊猫栖息地向西北迁移	(72)
23. 气候变暖让绵羊颜色越来越浅	(73)
24. 气候变化改变绵羊“自然选择”	(73)
25. 气候变化致英国绵羊体型变小	(74)
26. 湿地干涸威胁麋鹿生存	(75)

27. 植物不喜欢气候变暖？	(76)
28. 全球变暖令植物快速开花	(78)
29. 气候变暖影响植物“排气”，全球越变越香	(78)
30. 植物“呼吸”可减缓全球变暖	(79)
31. 气候变化打破法国葡萄糖度与酸度平衡	(80)
32. 全球变暖致古巴岛部分珊瑚白化	(81)
33. 海藻类植物或将成为重要碳汇	(81)
34. 气候变暖加速冻土退化和森林破坏	(82)
35. 北极地区树木生长线呈现北移趋势	(84)
36. 全球变暖导致北极苔原带出现森林	(85)
37. 海水温度上升并不会导致珊瑚灭绝？	(86)
38. 海洋浮游植物递减加速全球变暖	(87)
39. 海平面上升，红树林面临威胁	(88)

第四章 冰川融化与海洋危害

01. 北极在全球气候变化中的意义	(90)
02. 北极具有对气候变化的放大效应	(91)
03. 从北极海冰看全球气候变化	(92)
04. 全球变暖致北极格陵兰冰川消退	(94)
05. 北极冰盖究竟融化了多少？	(94)
06. 北极海冰面积逼近历史最低	(95)
07. 北极将提前迎来无冰夏季	(96)
08. 北极冰盖融化，“西北航道”通航	(97)
09. 北极永久冻土消融，鸟类鱼类悄悄北上	(98)
10. 北极冰层消融释放有毒化学物质	(99)
11. 全球变暖与北极资源大开发	(100)
12. 北极寒地变热土，喧闹军事力量	(101)
13. 北极永冻土带融化，遭严重侵蚀	(102)
14. 北极航运增加将加速气候变化	(103)
15. 气候变化将严寒带到了欧洲	(103)
16. 全球变暖导致南极冰架倒塌	(105)
17. 南极洲东部冰体融化逐年加快	(106)

18. 喜马拉雅山冰川健康状况恶化	(106)
19. 喜马拉雅地区冰川或将消失	(107)
20. 喜马拉雅冰川峰顶出现苍蝇	(108)
21. 喜马拉雅山脉吹响争夺水资源号角	(110)
22. 全球变暖, 三江源区雪线明显上升	(111)
23. 玉龙雪山冰川消融影响水源补给	(112)
24. 冰川融化危害中国环境	(113)
25. 冰河消融抬升阿拉斯加陆地	(114)
26. 冰盖消融可能导致地球重力场偏移	(115)
27. 海洋面对气候变化挑战	(116)
28. 气候变化导致海洋变酸	(116)
29. 海平面上升 7 米、25 米、60 米?	(117)
30. 全球变暖危及海洋生物生存状态	(118)
31. 全球变暖导致海洋“死亡区”扩大	(118)
32. 全球变暖导致海洋沙漠扩张	(119)
33. 北冰洋浮冰减少, 浮游植物提前暴发	(120)
34. 全球变暖导致海水含盐量降低	(121)

第五章 粮食与水安全挑战

01. 全球变暖, 农业受重创	(123)
02. 气候变化给拉丁美洲农业带来风险	(124)
03. 亚洲高山冰雪融化威胁粮食安全	(125)
04. 喜马拉雅冰川融化威胁南亚粮食安全	(126)
05. 气候变化影响中国粮食安全?	(126)
06. 气候变暖改变农作物品种结构	(128)
07. 气候变化加剧土壤盐渍化	(128)
08. 气候变暖扩大作物病虫害发生范围	(130)
09. 香蕉将可能取代土豆成为人类主要食物	(131)
10. 中国耕地面临重金属污染的风险	(132)
11. 气候变化对粮食安全具有多重影响	(133)
12. 黑土地消失危及中国粮仓	(134)
13. 有机农业能养活全球 90 亿人?	(136)

14. “北大荒”变“北大仓”，全球变暖有功？	(137)
15. “金砖四国”承诺将加强农业合作	(138)
16. 气候变化带来水资源危机	(139)
17. 气候变化加剧水资源供需矛盾	(140)
18. 全球变暖影响水资源利用	(141)
19. 气候变化影响作物水分利用效率	(142)
20. 中国如何应对水资源供需矛盾？	(143)
21. 气溶胶颗粒导致降雨增多	(144)
22. 冰川融化利于缓解黄河上游旱情	(144)
23. 湖泊遇涝满溢，遇早见底？	(145)

第六章 人类健康与人类文明

01. 气候变化威胁人类健康	(147)
02. 全球变暖加剧传染疾病传播	(148)
03. 气候变暖加剧引发老年人呼吸道疾病	(148)
04. 全球变暖加大呼吸系统疾病的危险性	(149)
05. 气候变暖导致死亡率增加？	(150)
06. 气候变化引起食源性病原菌污染	(150)
07. 气候变化引起北极地区饮食污染	(151)
08. 气候变化将影响人类对食物的选择	(152)
09. 酷暑使俄罗斯人健康状况下降	(153)
10. 气候变化影响了古文明发展？	(153)
11. 气候变化影响人类文明进程	(155)
12. 气候变化冲击人类文化	(156)
13. 气候变化威胁世界遗产	(157)
14. 气候变化泯灭土著部落文化	(158)
15. 气候变化威胁考古遗迹	(159)
16. 全球变暖或将终结人类文明？	(160)
17. 冰川融化可能引发水资源争夺而爆发冲突	(161)
18. 干旱是引发中东冲突的一大诱因？	(163)

第七章 领导人话语

- 01. 潘基文：呼吁各国实施“绿色新政” (165)
- 02. 帕乔里：遏制气候变化势在必行 (166)
- 03. 胡锦涛：妥善应对气候变化 (167)
- 04. 奥巴马：带头承担应对气候变化的责任 (168)
- 05. 卡梅伦：本界政府成为最绿色政府 (169)
- 07. 梅德韦杰夫：开发北极资源，保证生态安全 (170)
- 06. 萨科齐：共同行动应对全球气候变化 (170)
- 08. 温家宝：为应对气候变化作不懈努力 (171)
- 09. 解振华：宁可信其有，不可信其无 (172)

第八章 气候变化大会

- 01. 里约热内卢气候变化大会 (174)
- 02. 京都气候变化大会 (175)
- 03. 巴厘岛气候变化大会 (176)
- 04. 哥本哈根气候变化大会 (178)
- 05. 坎昆气候变化大会 (179)
- 06. 德班气候变化大会 (180)
- 07. 多哈气候变化大会 (181)
- 08. 联合国气候变化谈判 (183)
- 09. “非加太—欧盟”联合大会 (184)
- 10. 八国集团首脑会议 (185)
- 11. 联合国小岛屿国家会议 (186)
- 12. “德班平台”首次亮相国际舞台 (186)
- 13. 气候变化大会的“遗憾”事 (187)

第九章 低碳时代与低碳生活

- 01. 全球行动，给地球降温 (189)
- 02. 二氧化碳捕集与封存 (190)
- 03. 森林旺盛生长，延缓地球升温 (191)
- 04. 建造人工太空环，调节地球温度 (192)
- 05. CH₂OO 清理大气，实现地球降温 (193)

06. 蓝天变白云，抑制全球变暖	(194)
07. 污气培育海藻，减排温室气体	(195)
08. 倡导绿色建筑，缓解全球变暖	(195)
09. 淘汰白炽灯泡，中国力推减排	(196)
10. 倡导低碳生活，节约宝贵能源	(196)
11. 养成良好习惯，践行低碳生活	(197)
12. 厉行资源节约，发展低碳经济	(199)
13. 依靠科技进步，发展低碳农业	(200)
14. 应对气候变化，发展绿色能源	(201)
15. 实施低碳新政，建设低碳城市	(203)
16. 推进生态文明，建设美丽中国	(204)

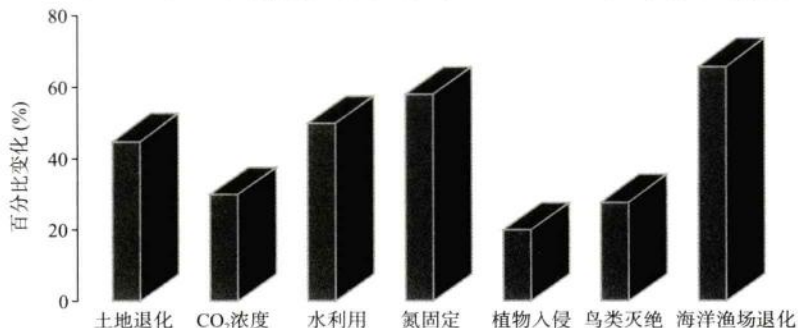
参考文献	(207)
------------	---------

第一章 全球变暖事实与假说

全球变暖正在改变着我们的世界。然而对于全球变暖的原因仍没有一个准确的科学定论。科学界主流认为，全球变暖是由于人类大量排放的温室气体在大气层形成温室效应而造成的。但学术界对“温室效应说”的质疑声此起彼伏，出现了全球变暖与太阳活动、悬浮微粒、气溶胶、地热、深海巨震等有关的学术观点，甚至有极端者提出地球并非变暖，冰川时代来临。围绕全球气候变暖问题上演的激烈交锋，似乎正在谱写着 21 世纪的“童话”故事。

01 人类活动改变全球生态系统

半个世纪以来，人类对自然资源不合理的开发和利用，使全球的生态环境发生了急剧变化。这种全球范围内生态环境的变化，包括大气二氧化碳（ CO_2 ）浓度的升高、全球温暖化的加剧、臭氧层空洞的扩大及森林和草地的减少等，已经对包括人类在内的地球生命系统构成了巨大威胁。由于人类活动，现在地球表面 10% ~ 15% 的农耕地与工业区、6% ~ 8% 的草地与牧场发生了变化；空气中 CO_2 ，甲烷（ CH_4 ）和氮氧化物（ N_2O ）的含量较工业化之前分别提高了 30%，145% 和 15%；土地利用和退化达到 39% ~ 50%，导致了自然生态系



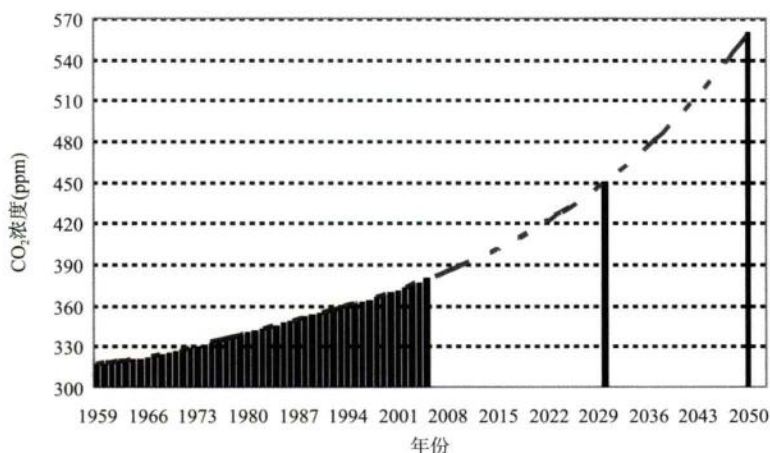
人类活动对地球生态系统主要组成成分的改变

统破碎化；人类对淡水的利用超过全球总量的一半，其中 70% 为农业用水。

（来源：期刊《Ecosystems》，1999）

02 温室气体变化

全球大气层和地表这一系统就如同一个巨大的“玻璃温室”，使地表始终维持着一定的温度，产生了适于人类和其他生物生存的环境。在这一系统中，大气既能让太阳辐射透过而达到地面，同时又能阻止地面辐射的散失，我们把大气对地面的这种保护作用称为大气的“温室效应”。造成温室效应的气体称为“温室气体”，这些气体有二氧化碳、甲烷、氯氟化碳、臭氧、氮的氧化物和水蒸气等，其中最主要的是二氧化碳。近百年来全球气候正在逐渐变暖，与此同时，大气中温室气体的含量也在急剧增加。许多科学家认为，温室气体的大量排放所造成的温室效应的加剧是全球变暖的根本原因。



1959—2050 年大气中二氧化碳浓度变化趋势

工业革命以来，全球大气 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 浓度显著增加。其中， CO_2 是最重要的人为温室气体，全球大气 CO_2 浓度已从工业化前约 280 ppm^1 ，增加到了 2005 年的 379 ppm ，2010 年更是达到了 389 ppm ，是距今 650 千年以来的最高值。预计 2030 年大气中 CO_2 浓度将达到 450 ppm ，2050 年达到

1 $1 \text{ ppm} = 1 \times 10^{-6}$ ，即 100 万体积的空气中所含污染物的体积数。

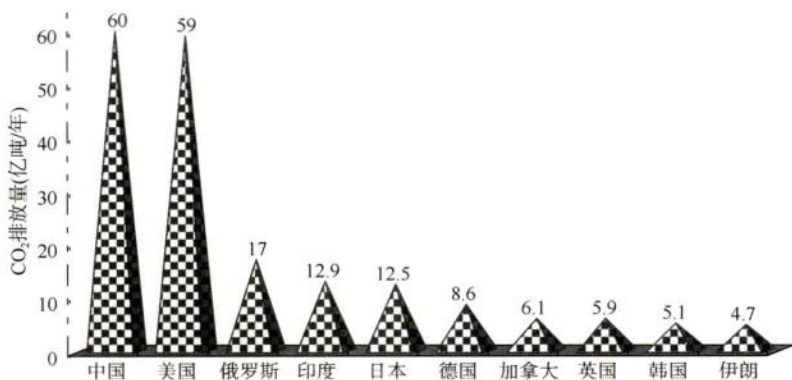
560 ppm。全球大气中 CH_4 浓度值已从工业化前的 715 ppb¹ 增加到 2010 年的 1808 ppb，是距今 650 千年以来的最高值，观测到的 CH_4 浓度的增加很可能源于人类活动，农业和化石燃料的使用是其重要来源。全球大气中 N_2O 浓度值也已从工业化前约 270 ppb 增加到 2010 年的 323 ppb，约超过 1/3 的 N_2O 源于人类活动，农业活动是主要的来源之一。新的证据表明，21 世纪人类活动将继续改变大气组分，所造成的气候变化将持续上千年。

（来源：IPCC，2007）

03 温室气体排放大国

人类燃烧煤、石油、天然气和树木，产生大量二氧化碳和甲烷进入大气层后使地球升温，使碳循环失衡，改变了地球生物圈的能量转换形式。国际能源机构的一项调查结果表明，美国、中国、俄罗斯和日本 4 个国家的二氧化碳排放量几乎占全球总量的一半。美国二氧化碳排放量居世界首位，年人均二氧化碳排放量约 20 吨，排放的二氧化碳占全球总量的 23.7%。中国人均二氧化碳排放量约为 2.51 吨，约占全球总量的 13.9%。2011 年德班气候会议期间，英国 Maplecroft 公司公布了温室气体排放量数据，中国、美国、俄罗斯、印度和日本 5 个国家二氧化碳排放量超过全球二氧化碳排放量的一半。

（来源：《百科知识》，2012）



2011 年英国 Maplecroft 公司公布的各国家二氧化碳排放量

1 1 ppb=1×10⁻⁹，即 1 亿体积的空气中所含污染物的体积数。

04 全球气候变暖

地球一方面接受着太阳的温暖，但它又不得不把通过太阳短波辐射接收到的热量，以地面长波辐射的形式向外太空放射出去。好在大气层中的温室气体能够阻止一部分地面热量的散失，使地球表面的温度不至于降得太低，使得地球成为一个生机盎然的绿色星球。全球变暖指的是在一段时间中，地球大气和海洋温度上升的现象，主要是指人为因素造成的温度上升。近 100 多年来，全球平均气温经历了“冷→暖→冷→暖”四次波动，总的来看，气温为上升趋势。进入 20 世纪 80 年代后，全球气温明显上升。目前世界范围内认为主要原因很可能是由于温室气体排放过多所造成的。2007 年，政府间气候变化专门委员会正式发布了全世界超过 2500 名顶尖科学家参与的气候评估报告。报告肯定了从 20 世纪中期至今，我们观测到的地球增温现象有 90% 的可能性与人类活动排放温室气体相关。

联合国政府间气候变化专门委员会第四次评估报告给出，最近 100 年（1906—2005 年）全球平均地表温度上升了 0.7 ($0.56 \sim 0.92$) $^{\circ}\text{C}$ ，比第三次评估报告（IPCC，2001）给出的 100 年（1901—2000 年）上升 0.6 ($0.4 \sim 0.8$) $^{\circ}\text{C}$ 有所提高。自 1850 年以来最暖的 12 个年份中有 11 个出现在近期的 1995—2006 年（1996 年除外），过去 50 年升温率几乎是过去 100 年的 2 倍。同时，第四次评估报告指出，20 世纪后半叶北半球平均温度很可能比近 500 年中任何一个 50 年时段更高，也可能至少在最近 1300 年中是最高的，即最近 1000 年的北半球平均温度曲线呈现所谓的“曲棍球杆”的观点。有研究表明，北半球温度的变率比第三次评估报告中提出的要大。近 100 年来北极平均温度几乎以两倍于全球平均速率的速度升高；20 世纪 80 年代以来北极多年冻土层顶部温度上升了 3°C ；北半球 1900 年以来季节冻土覆盖的最大面积已减少了约 7%。

（来源：IPCC，2007）

05 全球变暖不可逆转？

科学家研究发现，古代农业活动曾使世界避免进入新冰川期，说明人类