



生态系统与 人类福祉

ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING

综合报告

Synthesis



千年生态系统评估

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT



千年生态系统评估委员会

- Harold A. Mooney (主席, 美国斯坦福大学)
Angela Cropper (主席, 特立尼达和多巴哥共和国种植者基金会)
Doris Capistrano (国际林业研究中心, 印度尼西亚)
Stephen R. Carpenter (美国威斯康星大学麦迪逊分校)
Kanchan Chopra (经济发展研究所, 印度)
Partha Dasgupta (英国剑桥大学)
Rashid Hassan (南非 Pretoria 大学)
Rik Leemans (荷兰 Wageningen 大学)
Robert M. May (英国牛津大学)
Prabhu Pingali (联合国粮农组织, 意大利)
Cristián Samper (美国史密森自然历史国家博物馆)
Robert Scholes (南非科学与工业研究委员会)
Robert T. Watson (保留职务, 世界银行, 美国)
A.H. Zakri (保留职务, 联合国大学, 日本)
赵士洞 (中国科学院)

编委会主席

- José Sarukhán (墨西哥国立自治大学)
Anne Whyte (加拿大 Mestor 合伙人有限公司)

MA 主任

- Walter V. Reid (千年生态系统评估项目, 马来西亚与美国)

千年生态系统评估理事会

MA 理事会代表了应用项目评估结果的用户

主席

- Robert Watson
世界银行首席科学家
A.H. Zakri
联合国大学高级研究所所长

机构代表

- Salvatore Arico
联合国教科文组织生态和地球科学部官员

- Peter Bridgewater
《湿地公约》秘书长

- Hama Arba Diallo
《联合国防治荒漠化公约》执行秘书

- Adel El-Beltagy
国际干旱地区农业研究中心国际农业研究咨询组主任

- Max Finlayson
《湿地公约》科学技术评估委员会

- Colin Galbraith
《迁移物种公约》科学委员会主席

- Erica Harms
联合国基金会生物多样性高级项目官员

- Robert Hepworth
《迁移物种公约》代理执行秘书

- Olav Kjörven
联合国开发计划署能源与环境组主任

- Kerstin Leitner
世界卫生组织可持续发展与健康环境部助理主任

- Alfred Oteng-Yeboah
《生物多样性公约》附属科学技术咨询机构主席

- Christian Prip
《生物多样性公约》附属科学技术咨询机构主席

- Mario Ramos
全球环境基金生物多样性项目经理

- Thomas Rosswall
国际科学理事会

- Achim Steiner
世界自然保护联盟主任

- Halldor Thorgeirsson
《联合国气候变化框架公约》协调员

- Klaus Töpfer
联合国环境规划署执行主任

- Jeff Tschirley
联合国粮农组织环境与自然资源服务、研究、开发与培训部主任

- Riccardo Valentini
《联合国防治荒漠化公约》科学技术委员会主席

- Hamdallah Zedan
《生物多样性公约》执行秘书

扩大成员

- Fernando Almeida
巴西可持续发展商业委员会执行主席

- Phoebe Barnard
南非全球入侵物种项目

- Gordana Beltram
斯洛文尼亚环境与空间发展部副部长

- Delmar Blasco
西班牙《湿地公约》前任秘书长

- Antony Burgmans
荷兰联合利华集团董事长

- Esther Camac
哥斯达黎加 Asociación Ixä Ca Vaá de Desarrollo Información Indígena 执行主任

- Angela Cropper
特立尼达和多巴哥种植者基金会主席

- Partha Dasgupta
英国剑桥大学经济政治系教授

- José María Figueres
哥斯达黎加 Fundación Costa Rica para el Desarrollo Sostenible

- Fred Fortier
加拿大原住民生物多样性信息网络

- Mohamed H.A. Hassan
第三世界科学院(意大利)执行主任

- Jonathan Lash
世界资源研究所(美国)所长

- Wangari Maathai
肯尼亚环境部副部长

- Paul Maro
坦桑尼亚 Dar es Salaam 大学地理系教授

- Harold Mooney
美国斯坦福大学生物学系教授

- Marina Motovilova
俄国莫斯科地区实验室地理系教授

- M.K. Prasad
印度 Kerala Sastra Sahitya Parishad 环境中心

- Walter V. Reid
千年生态系统评估项目主任(马来西亚和美国)

- Henry Schacht
美国朗讯科技前任董事长

- Peter Johan Schei
挪威 Fridtjof Nansen 研究所所长

- Ismail Serageldin
埃及亚历山大图书馆馆长

- David Suzuki
加拿大大卫铃木基金会会长

- M.S. Swaminathan
印度 MS Swaminathan 研究基金会会长

- José Galízia Tundisi
巴西国际生态研究所所长

- Axel Wenblad
瑞典 Skanska AB 环境事务部副主席

- 徐冠华
中国科技部部长

- Muhammad Yunus
孟加拉 Grameen 银行总经理

生态系统与人类福祉

综合报告

核心编写组成员

Walter V. Reid, Harold A. Mooney, Angela Cropper, Doris Capistrano, Stephen R. Carpenter, Kanchan Chopra, Partha Dasgupta, Thomas Dietz, Anantha Kumar Duraiappah, Rashid Hassan, Roger Kasperson, Rik Leemans, Robert M. May, Tony (A.J.) McMichael, Prabhu Pingali, Cristián Samper, Robert Scholes, Robert T. Watson, A.H. Zakri, 赵士洞 (Zhao Shidong), Neville J. Ash, Elena Bennett, Pushpam Kumar, Marcus J. Lee, Ciara Raudsepp-Hearne, Henk Simons, Jillian Thonell 和 Monika B. Zurek

其他编写人员

MA 的主要协调作者、主要作者、参与编写工作的作者和亚全球评估的协调人员

编审

MA 编审委员会的 2 位主席 (José Sarukhán 和 Anne Whyte) 及该委员会成员

中文翻译

赵士洞, 张永民

中文审校

赵士洞

建议的引用格式：

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

版权：© 2005 World Resources Institute

有关该出版物的所有权利都受国际和泛美版权公约保护。未经版权持有者世界资源研究所（World Resources Institute，地址：10 G Street NE, Suite 800, Washington, DC 20002.）的书面允许，不得以任何形式或者任何方式对本书进行复制。

ISLAND PRESS 是资源经济中心（The Center for Resource Economics）的商标。

美国国会图书馆图书在版编目数据：

Ecosystems and human well-being : synthesis / Millennium Ecosystem Assessment.

p. cm. – (The Millennium Ecosystem Assessment series)

ISBN 1- 59726-040-1 (pbk. : alk. paper)

1. Human ecology. 2. Ecosystem management. I. Millennium Ecosystem Assessment (Program) II. Series.

GF50.E26 2005

304.2–dc22

2005010265

在英国图书在版编目数据中也有该报告的信息。

该报告由不含酸的可回收纸张印制而成。

设计者：Dever Designs

印刷地：美国。

译者序

千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment, 缩写为 MA) 是由联合国秘书长安南宣布, 于 2001 年 6 月 5 日正式启动的。这是一个由联合国有关机构及其他组织资助, 为期 4 年的国际合作项目。它是世界上第一个针对全球陆地和水生生态系统开展的多尺度、综合性评估项目, 其宗旨是针对生态系统变化与人类福祉间的关系, 通过整合现有的生态学和其他学科的数据、资料 and 知识, 为决策者、学者和广大公众提供有关信息, 改进生态系统管理水平, 以保证社会经济的可持续发展。在该项目理事会和评估委员会的领导和指导下, 经过来自 95 个国家的 1360 位知名学者的共同努力, 目前该项目已经圆满结束。作为 MA 主要成果的技术报告、综合报告、理事会声明、评估框架和若干个数据库, 都将于 2005 年内完成并公开发布。

MA 的实施, 为在全球范围内推动生态学的发展和改善生态系统管理工作做出了极为重要的贡献, 它是生态学发展到一个新阶段的里程碑。MA 的贡献主要有以下几个方面: 1、丰富了生态学的内涵, 明确提出了生态系统的状况和变化与人类福祉密切相关, 将研究“生态系统与人类福祉”作为现阶段生态学研究的核心内容和引领 21 世纪生态学发展的新方向; 2、提出了评估生态系统与人类福祉之间相互关系的框架, 并建立了多尺度、综合评估它们各个组分之间相互关系的方法; 3、首次在全球尺度上系统、全面地揭示了各类生态系统的现状和变化趋势、未来变化的情景和应采取的对策, 以及它们与人类社会发展之间的相互关系, 为在全球范围内落实环境领域的有关国际公约所提出的任务, 进而为实现联合国的千年发展目标提供了充分的科学依据。通过 MA 的实施, 标志着生态学已经发展到以深入研究生态系统与人类福祉的相互关系, 全面为社会经济的可持续发展服务为主要表征的新阶段。因此, MA 的实施受到了各个阶层的广泛关注, 其成果在全世界引起强烈的反响。

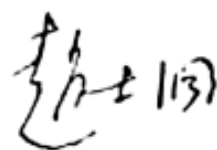
中国政府和中国学者从一开始就积极地参与了 MA 各方面的工作。科技部部长徐冠华院士作为 MA 理事会的成员, 积极参与了项目的立项和领导工作; 时任副院长的陈宜瑜院士, 代表中国科学院从各个方面积极支持 MA 的实施; 我本人作为 MA 评估委员会的委员自始至终积极参与了该项目的指导工作; 由中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远所长牵头, 圆满完成了由科技部资助的“中国西部生态系统综合评估”的任务, 为 MA 的亚全球生态系统评估工作做出了重要贡献; 数十名来自国内有关科研、教育机构的学者积极参与了 MA 报告的编写和审校工作。中国政府和中国学者通过自己的努力, 为 MA 的成功实施做出了应有的贡献。

中国目前已经进入到一个全面腾飞的历史新时期。经过 20 多年来的努力, 一方面, 我国在社会经济发展领域取得了举世瞩目的成就; 另一方面, 由于人口多、经济结构不尽合理和有

些地方对自然资源的掠夺式开发等原因，我国目前仍然面临着水旱灾害频繁、水土流失严重、荒漠化扩展、水体污染加剧、外来物种入侵以及生物多样性丧失等生态问题，这已成为严重影响我国社会经济可持续发展，构建和谐社会的障碍。生态系统是地球生命支持系统的核心组成部分，健康的生态系统是人类生存和社会经济发展的基本保障。因此，解决我国当前所面临的诸多生态和与此有关的其他问题的根本出路，在于更新观念、改善生态系统的经营管理、稳定并提高生态系统向人类社会提供服务的能力。在这些方面，MA 的成果对我们有着极为重要的借鉴意义。

受MA 秘书处和美国世界资源研究所的委托，我将负责翻译并在中国印刷《生态系统与人类福祉：综合报告》、《入不敷出：自然资产与人类福祉——理事会声明》、《我们人类的地球：提供给决策者的概要》、《生态系统与人类福祉：荒漠化综合报告》、《生态系统与人类福祉：湿地综合报告》、《生态系统与人类福祉：人类健康综合报告》及《生态系统与人类福祉：评估框架》这几份报告和翻译 MA 网站上部分重要内容的工作。上述报告，连同由香港 BEC 负责翻译的报告《生态系统与人类福祉：工商业所面临的机遇与挑战》一起，将于 2006 年 6 月底前在北京正式出版。为了加快工作进度和提高翻译质量，我特邀请在生态学和英、中文方面都有较高造诣的河南财经学院张永民博士承担了一部分重要的翻译任务。我的助手赖鹏飞先生也参与了部分翻译任务，并协助我完成了许多日常工作。由于 MA 的创新意义，所以它的报告涉及到包括自然科学和社会科学在内的许多学科领域，提出了一系列新的定义及内涵，这给我们的翻译工作带来了严峻的挑战，使得翻译工作在最初阶段极为艰难。为此，我们通宵达旦、废寝忘食、通力协作，通过切磋、讨论以及向有关专家请教，终于克服了一个又一个困难，使得我们的翻译工作能够按时、高质量地完成。担任 MA 评估委员会委员的这一经历，使得我较为深刻地理解了 MA 的理念和方法，这给成功翻译这些报告提供了极为有利的条件。可以预见，这些报告中文版的问世，将为中国的政府决策者、学者和公众当中迅速传播 MA 的理念和方法，进而为改进我国的生态系统管理工作发挥重要作用。

刘纪远所长和河南财经学院院长李小建教授一直积极支持对 MA 报告的翻译工作；中国生态系统研究网络综合研究中心主任于贵瑞研究员和河南财经学院资源与环境科学系主任樊明教授为我们的工作提供了必备的条件；MA 项目秘书处的 Christine Jalleh 女士热情地为我们提供了许多帮助。正是由于他们的积极支持和热情帮助，我们的工作才得以顺利完成。在此，谨向这些同事表示诚挚的谢意！



2005 年 10 月 14 日

于中国科学院地理科学与资源研究所
中国生态系统研究网络综合研究中心

目 录

前言	ii
序言	v
读者指南	x
提供给决策者的概要	1
发现 1：生态系统在过去 50 年的变化	2
发现 2：生态系统变化的得与失	5
发现 3：未来 50 年的生态系统前景	14
发现 4：扭转生态系统的退化	18
千年生态系统评估的关键问题	25
1. 生态系统在过去是怎样变化的？	26
2. 生态系统服务和人类对生态系统服务的利用在过去是怎样变化的？	39
3. 生态系统变化在过去是怎样影响人类福祉和减轻贫困的？	49
4. 导致生态系统变化的最关键的因素是什么？	64
5. 在未来的各种可能情景下生态系统及其提供的服务会怎样变化呢？	71
6. 在亚全球尺度上，我们可以从生态系统变化对人类福祉造成的影响中学习到什么？	84
7. 关于生态系统的时间尺度、惯性和发生非线性变化的风险，我们都了解什么？	88
8. 为了可持续地经营生态系统，我们存在什么样的选择？	92
9. 妨碍制定有关生态系统决策的最重要的不确定性是什么？	101
附录 A. 生态系统服务报告	103
附录 B. 评估对策的效力	123
附录 C. 作者、协调人和编审	132
附录 D. 缩略语和图的出处	136
附录 E. 评估报告的内容目录	137

前言

千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment, 缩写为 MA) 是联合国秘书长 Kofi Annan 在 2000 年联合国成员国大会上的报告——《我们人们：21 世纪联合国的作用》中发起的。随后，各国政府纷纷支持由 3 个国际公约做出的关于开展评估工作的决议，MA 从而于 2001 年正式启动。MA 是在联合国的领导下开展的，其秘书处的运作由联合国环境规划署负责。MA 的管理是由与其有关的各个方面组成的一个理事会负责，这个理事会由来自各国际机构、政府、商业组织、非政府组织及原住民的代表组成。MA 的目的是评估生态系统变化对人类福祉的影响，为加强对生态系统的保护与可持续利用，进而提高生态系统对人类福祉的贡献奠定科学基础。

本报告对 MA 的 4 个工作组 (状况与趋势工作组、情景工作组、响应工作组及亚全球评估工作组) 的评估结果进行了综合与集成。但是，由于它没有提供各工作组报告的全面概要，因而鼓励读者也分别对各工作组的评估结果进行查阅。本综合报告是围绕评估工作最初提出的一些核心问题进行组织的。这些核心问题包括：生态系统及其服务是怎样变化的？造成这些变化的原因是什么？这些变化是怎样影响人类福祉的？未来生态系统将会怎样变化？未来的这些变化将会对人类福祉造成什么影响？为了加强对生态系统的保护与可持续利用，进而提高它们对人类福祉的贡献，人类具有哪些选择？

来自世界各国的 2000 多位作者及评审人员为该项目贡献了他们的知识、创造力、时间及热情。如果没有他们的特别奉献的话，这项工作是不可能完成的。我们向对这次评估过程作出贡献的 MA 评估委员会成员、主要作者的协调人、主要作者、一般参与编写的人员、编审理事会以及评审专家表示感谢！同时，我们也对其所在机构内部给予他们的支持表示感谢，正是这种支持才使这些人能够参与该项工作。(可以在 www.MAweb.org 这一网页上查到评审人员的名单)。我们也对本综合报告编写组的成员及主席 Zafar Adeel, Carlos Corvalan, Rebecca D'Cruz, Nick Davidson, Anantha Kumar Duraiappah, C. Max Finlayson, Simon Hales, Jane Lubchenco, Anthony McMichael, Shahid Naeem, David Niemeijer, Steve Percy, Uriel Safriel 和 Robin White 表示感谢！

我们向为 MA 提供了技术支持的单位对评估过程的支持表示感谢！这些单位包括：世界渔业中心 (马来西亚)、联合国环境规划署世界保护监测中心 (英国)、经济增长研究所 (印度)、荷兰公众健康与环境国家研究所、南非比勒陀利亚大学 (University of Pretoria)、联合国粮食与农业组织、世界资源研究所 (美国)、子午线研究所 (Meridian Institute, 美国)、威斯康星大学湖泊学中心 (美国)、国科联环境问题科学委员会 (法国)、以及国际玉米和小麦改良中心 (墨西哥)。情景工作组是 MA 和国科联环境问题科学委员会 (SCOPE) 建立的一个联合计划，因而我们向 SCOPE 对 MA 的科学投入与管理表示感谢！

我们感谢 MA 理事会成员对该评估的指导和管理，同时我们也对现任及已经卸任的理事会成员的代表 Ivar Baste, Jeroen Bordewijk, David Cooper, Carlos Corvalan, Nick Davidson, Lyle Glowka, Guo Risheng, Ju Hongbo, Ju Jin, Kagumaho (Bob) Kakuyo, Melinda Kimble, Kanta Kumari, Stephen Lonergan, Charles Ian McNeill, Joseph Kalemani Mulongoy, Ndegwa Ndiang'ui 及 Mohamed Maged Younes 表示感谢！MA 理事会的诸位已经卸任的成员对 MA 的评估重点及整个评估过程的确立提供了重要帮助，这些卸任的成员是：Philbert Brown, Gisbert Glaser, He Changchui, Richard Helmer, Yolanda

Kakabadse, Yoriko Kawaguchi, Ann Kern, Roberto Lenton, Corinne Lepage, Hubert Markl, Arnulf Müller-Helbrecht, Alfred Oteng-Yeboah, Seema Paul, Susan Pineda Mercado, Jan Plesnik, Peter Raven, Cristián Samper, Ola Smith, Dennis Tirpak, Alvaro Umaña 和 Meryl Williams。我们也感谢 1999—2000 年间对 MA 计划进行设计的项目前期指导委员会的成员。他们包括 MA 理事会的一些现任和已卸任的成员, 以及 Edward Ayensu, Daniel Claasen, Mark Collins, Andrew Dearing, Louise Fresco, Madhav Gadgil, Habiba Gitay, Zuzana Guziova, Calestous Juma, John Krebs, Jane Lubchenco, Jeffrey McNeely, Ndegwa Ndiang'ui, Janos Pasztor, Prabhu L. Pingali, Per Pinstrup-Andersen 和 José Sarukhán。我们感谢生物多样性公约、Ramsar 湿地公约、防治荒漠化公约及迁移物种公约的科学、技术团体和秘书处对评估工作的支持和指导, 它们对 MA 评估重点的确定及本报告的编写提供了帮助。作为 MA 编审理事会的两位成员 Gordon Orians 和 Richard Norgaard 对该报告的评审与修改做出了特别重要的贡献, 我们对他们表示衷心感谢! 同时, Ian Noble 和 Mingsarn Kaosa-ard 在 2002 年担任过 MA 评估委员会成员, 我们对这两位同事的贡献也表示感谢!

我们感谢在 MA 秘书处工作的实习人员和志愿人员、秘书处的兼职人员、依托机构的行政人员, 以及为评估工作的顺利实施提供了帮助的其他机构的有关同事——Isabelle Alegre, Adlai Amor, Hyacinth Billings, Cecilia Blasco, Delmar Blasco, Herbert Caudill, Lina Cimarrusti, Emily Cooper, Dalène du Plessis, Keisha-Maria Garcia, Habiba Gitay, Helen Gray, Sherry Heileman, Norbert Henninger, Tim Hirsch, Toshie Honda, Francisco Ingouville, Humphrey Kagunda, Brygida Kubiak, Nicholas Lapham, Liz Levitt, Christian Marx, Stephanie Moore, John Mukoza, Arivudai Nambi, Laurie Neville, Rosemarie Philips, Veronique Plocq Fichelet, Maggie Powell, Janet Ranganathan, Carolina Katz Reid, Liana Reilly, Carol Rosen, Mariana Sanchez Abregu, Anne Schram, Jean Sedgwick, Tang Siang Nee, Darrell Taylor, Tutti Tischler, Daniel Tunstall, Woody Turner, Mark Valentine, Elsie Vélez-Whited, Elizabeth Wilson 及 Mark Zimsky。此外, Linda Starke 对本报告进行了精巧的编辑。联合国环境规划署全球资源信息数据库挪威阿伦达尔中心 (UNEP/GRID-Arendal) 的 Philippe Rekacewicz 和 Emmanuelle Bournay 为本报告准备了图件, 我们向以上两位同事的辛勤工作表示感谢!

我们也要感谢许多非政府组织给予本项工作的支持, 以及世界上许多网络对本项工作不遗余力的援助。这些非政府组织和网络包括: 埃及的亚历山大大学、阿根廷可持续发展商业委员会、哥斯达黎加的 Asociación Ixa Ca Vaá 阿拉伯环境与发展媒体论坛、巴西可持续发展商业委员会、捷克查尔斯大学、中国科学院、欧洲环境局、科学新闻工作者协会欧洲联合会、布基纳法索的 EIS-Africa、秘鲁的 Forest Institute of the State of São Paulo, Foro Ecológico、挪威弗里德约夫·南森研究所 (Fridtjof Nansen Institute)、厄瓜多尔的 Fundación Natura、全球发展学习网络、印度尼西亚生物多样性基金会、玻利维亚科学院生物多样性保育与研究研究所、热带森林原住民国际联盟、国际自然及自然资源保护联盟乌兹别克斯坦办公室、国际自然及自然资源保护联盟在西非和南美洲的区域办公室、Permanent Inter-States Committee for Drought Control in the Sahel, Peruvian Society of Environmental Law、秘鲁的 Probioandes、阿根廷环境分析专业委员会、尼日尔的 Regional Center AGRHYMET、中亚区域环境中心、智利资源与可持续发展研究所、英国皇家学会、瑞典斯德哥尔摩大学、埃及苏伊士运河大学、尼加拉瓜的 Terra Nuova、美国大自然协会、联合国大学、智利大学、菲律宾大学、世界青年大会、可持续发展世界商业委员会、世界自然基金会巴西分会、世界自然基金会意大利分会以及世界自然基金会美国分会。

特别感谢以下组织和机构为 MA 和 MA 的亚全球评估工作提供了资金支持。这些机构是：全球环境基金、联合国基金、David and Lucile Packard 基金会、世界银行、国际农业研究咨询集团 (Consultative Group on International Agricultural Research)、联合国环境规划署、中国政府、挪威政府外交部、沙特阿拉伯王国以及瑞典国际生物多样性计划。同时,我们也要感谢为本项评估提供了资金支持的其他机构,它们是:亚洲和太平洋地区全球变化研究网络 (Asia Pacific Network for Global Change Research)、加勒比海国家协会 (Association of Caribbean States)、英国高级专员公署 (British High Commission)、特立尼达岛和多巴哥、Caixa Geral de Depósitos、葡萄牙、加拿大国际开发署、Christensen 基金、Cropper 基金会、特立尼达岛和多巴哥环境管理局 (Environmental Management Authority of Trinidad and Tobago)、福特基金会 (Ford Foundation)、印度政府、国科联、国际发展研究中心 (International Development Research Centre)、岛屿资源基金会 (Island Resources Foundation)、日本环境省、Laguna Lake Development Authority、菲律宾环境与自然资源部、洛克菲勒基金会、联合国教科文组织、联合国环境规划署早期预警与评估部、英国环境、粮食与农村事务机构 (DEFRA)、美国航空和宇宙航行局以及葡萄牙科英布拉大学 (Universidade de Coimbra)。许多其他机构也为本项评估提供了慷慨的支持 (详细名单见 www.MAweb.org 网页)。以下组织和机构为 MA 的立项和设计工作提供了赠款,它们是: Avina 集团、David and Lucile Packard 基金会、全球环境基金、挪威自然管理董事会、瑞典国际开发署、政府首脑基金会、联合国开发署、联合国环境规划署、联合国基金会、美国国际开发署、Wallace 全球基金和世界银行。

我们特别感谢 MA 秘书处的负责人和全职工作人员 Neville Ash, Elena Bennett, Chan Wai Leng, John Ehrmann, Lori Han, Christine Jalleh, Nicole Khi, Pushpam Kumar, Marcus Lee, Belinda Lim, Nicolas Lucas, Mampiti Matete, Tasha Merican, Meenakshi Rathore, Ciara Raudsepp-Hearne, Henk Simons, Sara Suriani, Jillian Thonell, Valerie Thompson 和 Monika Zurek, 他们为本项评估的顺利实施做出了非凡的贡献。

最后,我们特别感谢 MA 评估委员会的主席 Angela Cropper 和 Harold Mooney 及 MA 评审理事会的主席 José Sarukhán 和 Anne Whyte 对本项评估及其评审过程高超的领导技艺。特别感谢 MA 项目主任 Walter Reid 在本项目建立过程中发挥的关键作用,以及他对整个评估过程的杰出贡献。



Robert T. Watson 博士
MA 理事会联合主席
首席科学家
世界银行



A.H. Zakri 博士
MA 理事会联合主席
高级研究所所长
联合国大学

序 言

千年生态系统评估（英文名称是 Millennium Ecosystem Assessment，缩写为 MA）是在 2001—2005 年期间开展的一个国际合作项目，它的主要目的是评估生态系统变化对人类福祉的影响，为加强对生态系统的保护与可持续利用、进而提高生态系统对人类福祉的贡献奠定科学基础。MA 是响应政府对 4 大国际公约（生物多样性公约、联合国防治荒漠化公约、Ramsar 湿地公约与迁移物种公约）所提供的信息的需求而启动的。同时，MA 计划的制订也为了满足包括商业团体、卫生部门、非政府组织以及原住民在内的其他利益相关方的需求。各亚全球评估也是为了满足它们各自评估区域的用户的需求。

MA 重点关注生态系统与人类福祉之间的联系，尤其重视对生态系统服务的评估。生态系统是由植物、动物、微生物群体与其周围的无机环境相互作用形成的一个动态、复合的功能单位。MA 的评估对象包括所有的生态系统类型，如干扰相对较轻的天然林地、多种利用方式相混合的景观以及农业用地和城市用地等经过人类集约化管理而改变了的生态系统。生态系统服务是指人类从生态系统中所获得的收益。这些收益包括生态系统在提供食物、水、木材以及纤维等方面的供给服务；在调节气候、洪水、疾病、废弃物以及水质等方面的调节服务；在提供消遣娱乐、美学享受以及精神收益等方面的文化服务；在土壤形成、光合作用以及养分循环等方面的支持服务（见图 A）。尽管可以通过文化和科技等手段减缓环境变化的影响，但是我们人类最终还是要完全依靠生态系统服务的流动而得以生存。

MA 研究生态系统服务的变化是如何影响人类福祉的。人类福祉由多种要素组成，包括在生计、食物、避难场所、衣物以及财物使用权等方面维持高质量生活的基本物质条件；在维持良好心情，以及拥有清洁空气和洁净水源等健康的自然环境方面的健康条件；在社会凝聚力、相互尊重、帮助别人以及供养孩子等方面的良好社会关系；在拥有自然资源和其他资源的安全保障、人身安全以及免受自然和人为灾害的安全保障等方面的安全条件；在实现个人价值的机会等方面的选择与行动的自由。选择和行动的自由既受福祉本身其他要素（也受其他外部因素，尤其是教育）的影响，也是获得其他福祉要素，尤其是有关公平和公正方面的福祉要素的前提条件。

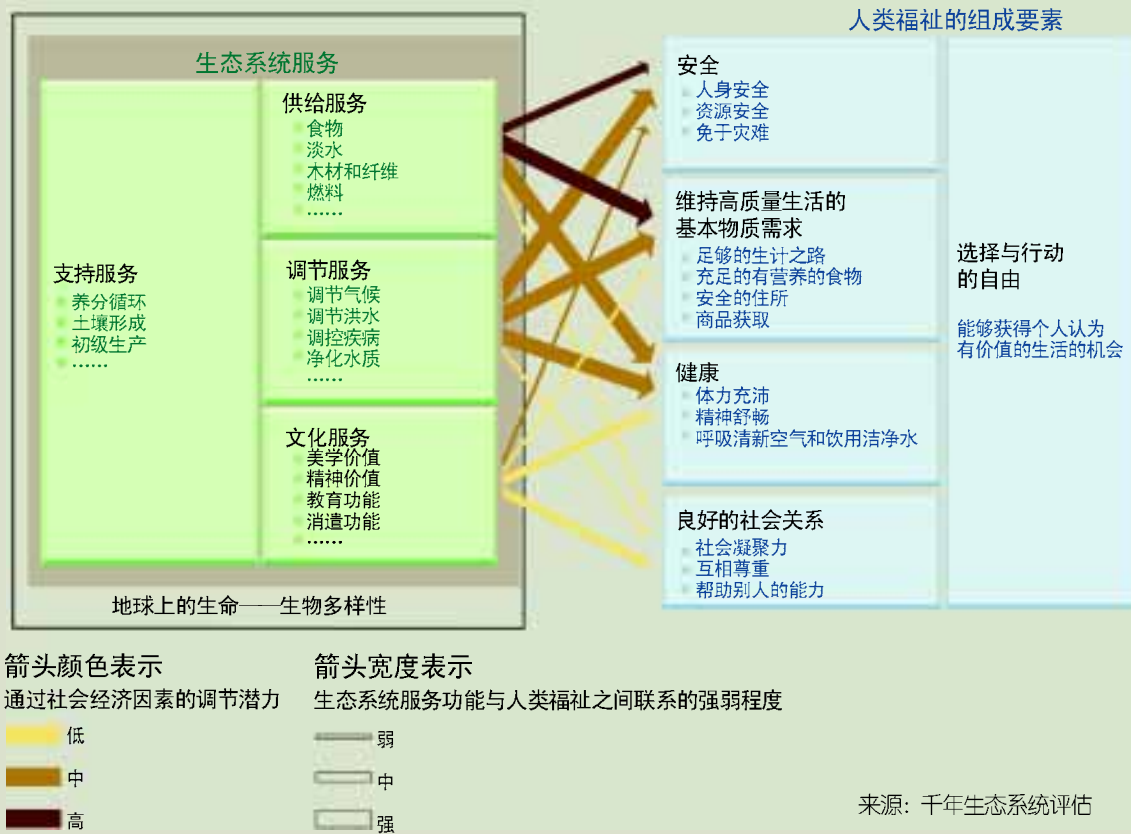
MA 的概念框架认为人类是生态系统的主要组成部分，人类与生态系统的其他组分之间存在着动态的相互作用，人类的状况通过直接或者间接的方式促使生态系统发生变化，从而引起人类福祉的改变（见图 B）。与此同时，社会、经济以及同生态系统无关的文化因素在改变着人类状况，许多其他自然因素也在影响着生态系统。尽管 MA 强调生态系统与人类福祉之间的联系，但是它认为人类改变生态系统的行动不仅仅是基于对人类福祉的关注，同时也包括基于对物种与生态系统内在价值的考虑。内在价值是事物内在的自身价值，它与对别人有用与否无关。

千年生态系统评估对来自科学文献的信息，以及经过同行审核的数据集和模型进行综合，对掌握在私营机构、专业人员、地方团体以及原住民当中的知识进行组合。MA 的目的不是创造新的原创知识，而是使用有效的方式对已有信息进行核对、评价、总结、解释和交流，从而增加已有信息的价值。这类评估运用专家对已有知识的评价，进而就有关的政策问题提供科学、可信的答案。对有关政策问题的关注与明确采用专家的意见，是 MA 这类评估与一般科学评述的区别之处。

下面的五大问题，连同一系列比较详细的用户需求引出了 MA 评估的问题。具体的用户需求有的是通过与相关利益方进行讨论得到的，有的是通过国际公约由政府部门提供的。

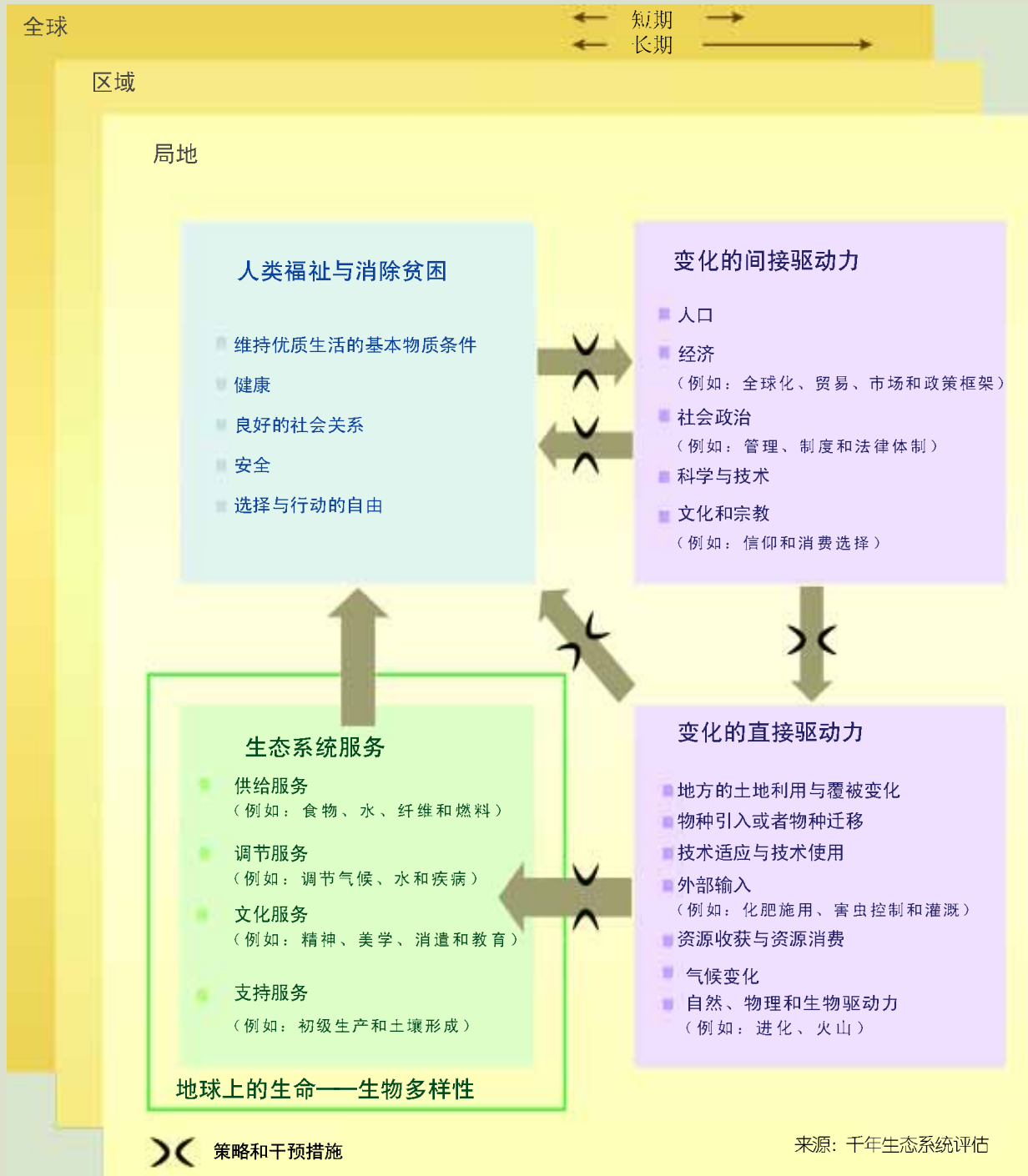
图 A 生态系统服务与人类福祉之间的联系

该图表示了各种生态系统服务和人类福祉中常见要素之间的联系强度，以及利用社会经济因素对以上联系进行调控的空间（例如，如果可以从市场上购得替代品对某一生态系统服务的退化进行补偿的话，那么该生态系统服务和相关人类福祉要素之间的联系就具有较大的调控空间）。生态系统服务和人类福祉要素之间联系的强弱程度及其可调控空间是因具体的生态系统和地理区域而异的。除了此处表示的生态系统服务对人类福祉的影响，其他因素（包括经济、社会、技术与文化因素，以及其他环境因素）也对人类的福祉状况具有影响；反过来，人类福祉状况的改变又对生态系统具有影响。（见图 B）。



图B 评估生物多样性、生态系统服务及人类福祉和驱动力之间的各种相互作用的千年生态系统评估概念框架

生物多样性间接驱动力的变化，如人口、技术和生活方式（图的右上角），可以导致其直接驱动力的变化，如渔场捕鱼或化肥施用（右下角）。这些变化将引起生态系统及其提供的服务的变化（左下角），进而影响人类的福祉状况。以上这些相互作用发生于不止一个尺度之上，而且可以跨越多个尺度。例如，国际市场对木材的需求可能导致区域森林覆被的减少，进而增加河流相关河段的洪水量。同样，这些相互作用也可以作用于不同的时间尺度。根据具体情况，可以在MA框架的多个环节上采取不同的策略和干预措施，以实现提高人类福祉和保护生态系统的目的。



- 生态系统、生态系统服务以及人类福祉的当前状况及其变化趋势如何？
- 生态系统及其提供的服务未来有可能如何变化？这些变化又会对人类福祉产生什么影响？
- 如何做才能既提高人类福祉，又能保护生态系统？为了实现某种有利的前景或者避免某种不利的后果，目前可供考虑的对策都有哪些优点或者存在哪些缺陷？
- 阻碍制定关于生态系统的有效决策的关键不确定因素是什么？
- 在 MA 提出和使用的的手段和方法中，哪些可以提高对生态系统和生态系统服务，以及生态系统及其服务对人类福祉的影响的评估能力？各种对策的优点和缺陷是什么？

MA 是由在局地尺度、流域尺度、国家尺度、区域尺度以及全球尺度上开展的一系列相互联系的评估组成的一个多尺度的评估项目。全球尺度的生态系统评估不易满足国家或者亚国家层次的决策者的全部要求，因为对任一特定生态系统的管理都必须是根据该生态系统的特定特征，以及对该生态系统的需求来进行。但是，仅仅关注于某一生态系统、或者某一国家的评估也存在明显的不足之处，因为一些过程是全球性的，并且地方商品、服务、事件以及能源常常跨区域进行转移。MA 在每一种尺度上的评估都是由 MA 的统一概念框架进行指导，并且吸收较大尺度和较小尺度上的评估的有用信息。亚全球评估只是为了满足评估区域中相关决策者的需求，并不试图代表所有的生态系统类型。

MA 的工作主要由 4 个工作组来承担，每个工作组都将他们的研究结果编写成一部报告。在全球尺度上，生态系统状况工作组对有关生态系统的已有知识、生态系统变化的驱动力、生态系统服务以及相关的人类福祉状况进行评估。在时间方面，它指的是 2000 年左右的状况。在生态系统服务方面，状况工作组的目标是尽力开展全面的评估，但也并非详尽无遗。通过利用 4 种全球前景探索驱动力、生态系统、生态系统服务以及人类福祉的未来变化，生态系统未来情景工作组对生态系统服务在 21 世纪的可能演化进行评估。通过对以往各种生态系统管理对策的优点和缺陷进行评估，对策工作组负责找出既提高人类福祉水平同时又能保护生态系统的有利时机。亚全球工作组负责报告从 MA 的各亚全球评估中得到的经验和教训。MA 的第一部报告——《生态系统与人类福祉：评估框架》已经于 2003 年出版，该报告对 MA 的关注对象、概念基础以及方法体系进行了概要介绍。

来自 95 个国家的约 1360 位专家，或者担任了评估报告的作者，或者参与了亚全球评估，或者作为编审理事会的成员参与到了 MA 的实施之中（附件 C 列出了主要作者、亚全球评估协调人员和编审人员）。编审理事会由 80 位专家组成，它负责督促政府和专家对 MA 报告的科学评审，并保证所有评审意见都由有关作者受理。MA 的所有成果都经过了专家和政府的两轮评审，尽管多数情况下（特别是政府和参与 MA 的科学组织）政府或者研究机构的评审人员是以集体的形式提交评审意见的，但 MA 共收到了大约 850 位评审者（其中包括 MA 的约 250 位其他章节的作者）的评审意见。

MA 的工作由一个理事会负责领导，该理事会是由来自 5 个国际公约、5 个联合国下属机构、国际科学组织、政府、私营机构的领导、非政府组织以及原住居民团体的代表组成。此外，在 MA 秘书处的支持下，一个由 15 位著名社会科学家和自然科学家组成的评估委员会负责解决计划实施过程中的技术问题。受联合国环境规划署的协调，MA 秘书处分别在欧洲、北美洲、南美洲、亚洲和非洲设有秘书办公室。

MA 将被用于：

- 确定优先的行动；
- 提供未来评估的参考基准；
- 提供评估、规划和管理的框架与方法；

- 预测决策对生态系统的有关影响；
- 确定实现人类可持续发展目标的对策；
- 帮助个人和机构在开展生态系统综合评估及其行动方面的能力建设；
- 指导未来的研究。

由于MA涉及的问题范围较广，社会系统与自然系统之间的相互作用极其复杂，所以对MA中的某些问题提供确定的信息还比较困难。目前被监测和研究的生态系统服务类型还相对较少，因而对于开展一个详细的全球评估来讲，研究基础和数据资料往往显得不足。此外，已有的数据和信息要么是关于生态系统的特征，要么是关于社会系统的特征，而不是关于生态系统与社会系统之间的相互作用。最后，开展跨尺度综合评估与预估未来生态系统服务变化前景的科学理念，以及评估的工具与模型目前才刚刚起步。尽管面临着这些挑战，MA还是有能力就多数焦点问题提供大量的信息。此外，通过找出阻碍解决相关政策问题的数据与信息鸿沟，MA可以对以后的研究和监测起到一定的指导作用，进而为有关问题的解决提供帮助。

读者指南

本报告包括MA的4个工作组的综合评估结果，及其对部分生态系统服务在状况、趋势与情景（见附件A）以及对策（见附件B）方面的详细评估结果。为方便特定用户的使用，MA还分别准备了5本有针对性的综合报告，这些用户包括生物多样性公约、联合国防治荒漠化公约、湿地公约、商业组织以及卫生部门。此外，MA的亚全球评估项目也将为满足它们各自用户的需求而分别编写相应的报告。MA的4个工作组的完整的技术评估报告将在2005年年中由Island Press出版社出版。评估的出版物、核心数据以及技术报告中使用的词汇术语都可以从网站 www.Maweb.org 上获得。附件D列出了本报告中使用的缩写及其表格的信息来源。

本综合报告正文圆括号中出现的参考文献，是指每个工作组完整的技术评估报告中的章节。（附件E是关于评估报告章节内容的一个清单）。在提交给决策者的摘要中，括弧内的参考文献是指这个完整的综合报告中的章节，关于每一问题的附加说明可以在综合报告中找到。

根据各位作者的集体意见，利用他们已经检验过的观测证据、模拟结果和研究理论，本报告在适当的地方使用以下词语表示评估结果的确定性程度：**非常确定**（大于或等于98%的概率）、**确定性高**（概率为85%~98%）、**确定性中等**（概率为65%~85%）、**确定性低**（概率为52%~65%）和**非常不确定**（概率为50%~52%）。在其它情况下，本报告使用定性指标表示对有关问题的科学确认层次：已确认、不完全确认、有争议，以及据推测。以上这些术语在使用时以楷体显示。

提供给决策者的概要



世界上每个人的生存都离不开地球的生态系统及其提供的服务，例如供给食物、提供水源、调控疾病、调节气候、精神满足和美学享受。在过去的50年中，为了满足快速增长的食物、洁净水、木材、纤维和燃料需求，人类对生态系统改变的规模与速度皆超过了历史上任何时期同一时间段的情况。这种变化极大地促进了人类福祉水平的提高和经济的发展。但是，并不是所有地区或者所有人群都从这种变化中获得了收益，事实上，他们当中有许多是以上变化的受害者。而且人类从生态系统获得收益的所有成本直到目前才逐渐显现。

在我们对世界生态系统的管理当中，以下三个方面的主要问题已经显著地对某些人群（特别是穷人）造成了危害，除非这些问题能够得到解决，否则的话，它们将极大地减少生态系统提供给我们的长期收益。

■ 第一、在评估的24项生态系统服务中，有15项（约占评估的60%）正在退化或者处于不可持续利用的状态，它们包括淡水、渔业捕捞、净化空气和水源、调节区域和地方气候、调控自然灾害，以及控制病虫害等。对于这些生态系统服务丧失和衰退的代价目前还难以测算，但是已有证据表明以上代价非常巨大，而且正在上升。过去为了提高某些特定的生态系统服务，例如食物供给服务，结果导致许多其他生态系统服务已经退化。这种交换常常导致生态系统服务退化的代价在不同人群之间发生转移，或者推给后代。

■ 第二、据不完全确认的证据表明，人类对生态系统的改变正在加大生态系统发生非线性变化的可能性（包括变化加速、突变，以及潜在的不可逆变化），这将对人类福祉产生重要影响。例如，暴发疾病、水质突变，沿海水域出现“死亡带”、渔业崩溃，以及区域气候变化等皆属于这种情况。

■ 第三、生态系统服务退化的有害影响正在不合理地加害于贫困人口，使各类人群之间的不公平和悬殊逐渐加大，从而在某些情况下就成了导致

评估的4大发现

■ 在过去的50年中，主要为了满足快速增长的食物、淡水、木材、纤维和燃料需求，人类对生态系统改变的规模和速度皆超过了历史上任何时期同一时间段的情况。因此，造成了地球上生物多样性的巨大丧失，而且其中大部分是不可逆转的。

■ 人类对生态系统的改变已经极大地促进了人类福祉的提高和社会经济的发展，但是，获取以上效益的成本却日益上升。例如，许多生态系统服务已经退化，生态系统出现非线性变化的风险已经加大，以及某些人群的贫困状况已经恶化。面对以上这些问题，除非人类找出正确的解决办法，否则，后代能够从生态系统获取的效益将大大减少。

■ 在21世纪的前半叶，生态系统服务退化的状况可能显著恶化，这是实现千年发展目标的一个障碍。

■ 根据MA考虑的某些情景，在满足日益增长的生态系统服务需求的同时，扭转生态系统的退化状况，这一挑战可以得到部分解决，但是它们涉及重大的政策、体制和作业方式改革，事实上目前还未着手这些工作。在多种生态系统服务当中，通过消除负面的利害关系，或者通过正面的协同共生，人类可以找到保护和提高特定生态系统服务的许多选择。

贫困和引发社会冲突的主要因素。这并不是说提高食物产量等方面的生态系统变化无助于使许多人们摆脱贫困和饥饿，关键是这些变化对其他个人或者团体具有损害，而且这种境况在很大程度上没有受到重视。在所有地区，特别是在非洲的亚撒哈拉地区(sub-Sahara)，生态系统服务的状况与管理是影响减贫前景的一个主导因素。

生态系统服务退化已经成为实现国际社会于2000年9月份签署的千年发展目标的一个重要障碍，并且在未来的50年中这种退化可能造成的后果将会更加严重。尽管到21世纪中期预计人口增长的速度将会减慢，或者进入平稳阶段，但是，由于全球GDP到2050年将增加到目前的3~6倍，因而人类对生态系统服务的消费(在许多情况下属于不可持续的消费)将会持续上升。在21世纪的前半叶，生态系统变化的大多数直接驱动力不可能减弱，而且气候变化和过量的养分施用这2大驱动力的作用将进一步加强。

在实现千年发展目标方面面临巨大挑战的许多地区，恰恰也面临着严重的生态系统退化问题。居住于乡村的贫困人口，作为千年发展目标涉及的主要对象，他们往往最直接地依存于生态系统的服务，因而最容易因生态系统服务的变化而受到损害。进一步讲，如果人类依存的大部分生态系统服务继续退化，那么在消除贫困与饥饿、改善卫生条件和环境可持续发展这些方面实现千年发展目标任何进展都不可能实现。相比之下，健全的生态系统服务管理机制可以通过相互协作的方式在实现多重发展目标方面提供成本比较划算的机会。

气候变化、生物多样性丧失和土地退化这些已经得到公认了的任一挑战其自身都十分复杂，对于它们之间通过相互作用而产生的一些综合问题更是没有简单的办法能够解决的。过去为减缓和扭转生态系统退化而采取的行动已经取得了显著的效益，只不过这些成效没有赶上生态系统持续增长的压力和需求。然而，在未来的几十年中，人类仍有巨大的行动空间可以减缓问题恶化的程度。实际上，在MA的4种详细情景中，有3种显示通过政策、体制，以及实践方式的革新，对于因生态系统压力日益增长而产生的部分(而不是全部)消极影响是可以得到缓解的。但是，以上所说的革新的步伐较大，目前还未得以实施。

确保对生态系统进行可持续管理的一套有效对

策，涉及体制、管理、经济政策、激励机制、社会因素、行为因素、技术和知识方面的巨大革新。在未来几十年的管理决策过程中，通过对各部门(如农业、林业、财政、贸易和卫生)的生态系统管理目标进行综合、加大政府和私有部门对生态系统管理的透明度和责任、削减不合理的各项补贴、尽量发挥经济手段和市场途径的作用、授权依存于生态系统服务或者遭受生态系统退化影响的有关人群进行参与、提高技术水平以期在不损害环境的条件下增加粮食产量、恢复生态系统，以及考虑各种生态系统及其服务的非市场价值这些方式都可以显著地减缓问题的严重程度。

下面对MA的4大发现进行介绍，主要包括提出的问题 and 为提高对生态系统的保护和可持续利用水平而需采取的行动。

发现1: 在过去的50年中，主要为了满足快速增长的食物、淡水、木材、纤维和燃料需求，人类对生态系统改变的规模和速度皆超过了历史上任何时期同一时间段的情况。因此，造成了地球上生物多样性的巨大丧失，而且其中大部分是不可逆转的。

在20世纪的后半叶，世界生态系统的结构和功能发生了巨大变化，其速度超过了人类历史上的任何时期。[1]

■ 自1950年之后的30年中，大量的土地已经被开垦为农田，开垦的土地总面积超过了1700—1850年这150年开垦的总和。目前的垦殖系统(指至少有30%是用于耕地、农田轮作、牲畜围栏生产或者淡水养殖的土地景观)约占地球陆地表面的1/4(见图1)。图2表示了快速变化的森林覆被和退化土地分布区域。

■ 在20世纪的后几十年中，世界上大约20%的珊瑚礁已经消失，另外还有20%已经退化。此外，同期大约35%的红树林已经消失(是根据数据资料比较充分的国家推算出来的，这些国家的红树林面积约占世界红树林总面积的1/2)。

■ 自1960年以来，世界上水库的蓄水量已经增加到了原来的4倍，目前水库中的蓄水量大约是自然河流中水量的3~6倍。此外，自1960年以来，主要为了满足农业用水(约占70%)，人类从河流与湖泊抽取的用水量增加到了原来的2倍。

图1 2000年世界垦殖系统的分布范围 垦殖系统占陆地表面的24%

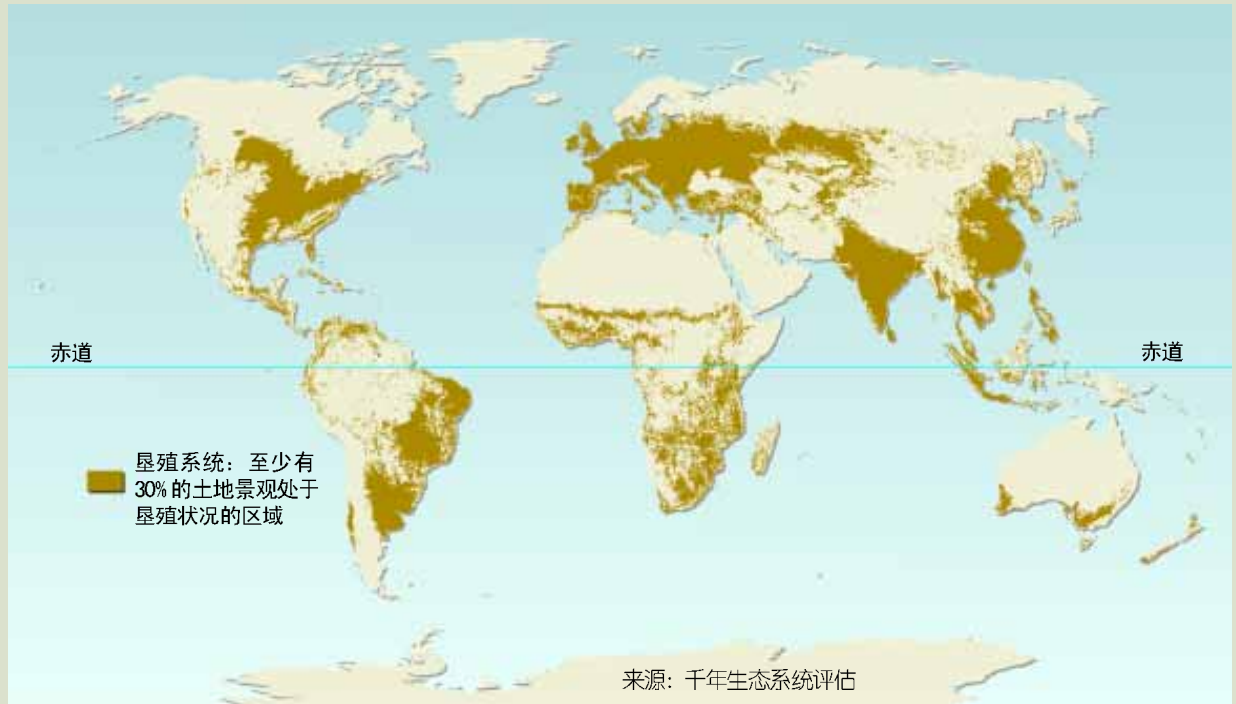
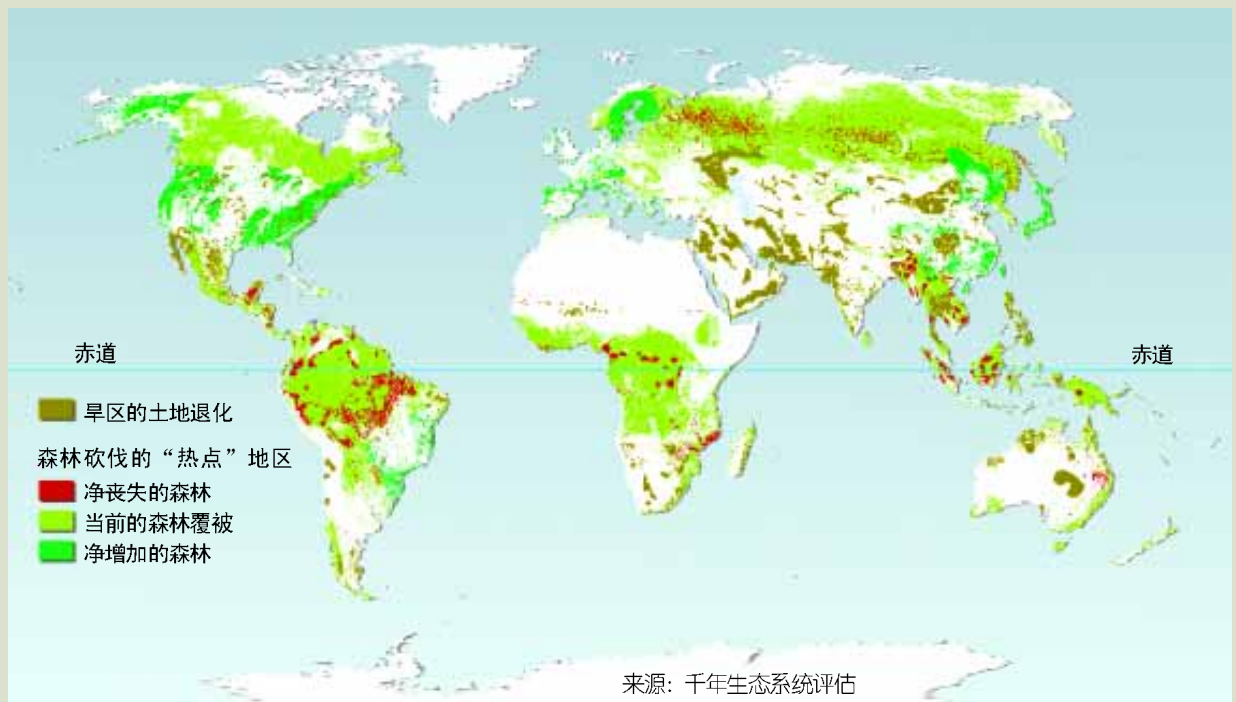


图2 在过去的几十年中各类研究报道的经历了快速土地覆被变化的地区 (C.SDM)

关于林地覆被的变化，研究时间是1980—2000年，其结果主要基于国家统计和遥感数据，同时也听取了一些专家意见。关于旱区退化（荒漠化）导致的土地覆被变化，研究时间没有具体给出，但是据推断是在20世纪的后半叶，大多数研究是完全基于专家的意见，因而确定性低。图上没有表示垦殖区域的变化。注意：图上显示的最近变化较少的地区，往往是历史上经历了大规模变化的区域（见图1）



■ 自 1960 年以来，陆地生态系统中生物活性氮和磷的流通量分别增加到了原来的 2 倍和 3 倍。自 1913 年人类首次生产出合成氮肥以来，世界上多于 50% 的合成氮肥施用量是在 1985 年之后施用的。

■ 自 1750 年以来，主要由于大量使用化石燃料和大规模的土地利用变化，大气中二氧化碳的浓度已经升高了 32%（从 1750 年的 280ppm 增加到 2003 年的 376ppm），增幅的大约 60%（60ppm）是自 1959 年之后开始的。

人类活动正在世界范围内大规模地改变着地球上的生命多样性，这种改变在很大程度上是不可逆转的，其结果大多数是导致生物多样性的丧失[1]。

■ 至 1990 年，在世界上的 14 个主要陆地生物群区中，其中 2 个生物群区的大于 2/3 的面积，以及其他 4 个生物群区的大于 1/2 的面积已经转变为农业用地（见图 3）。

■ 在许多物种分类群中，当前就其大多数物种而言，不是种群的数量正在减少，就是种群的分布范围正在缩小，甚至种群的数量和分布两者在同时减少。

■ 地球上物种分布的同质化趋势正在加强。换句话说，随着旅行和货运的增加，人们有意或者无意地造成了物种的引入，结果导致世界上不同地区之间的物种组成正在变得更加相似。

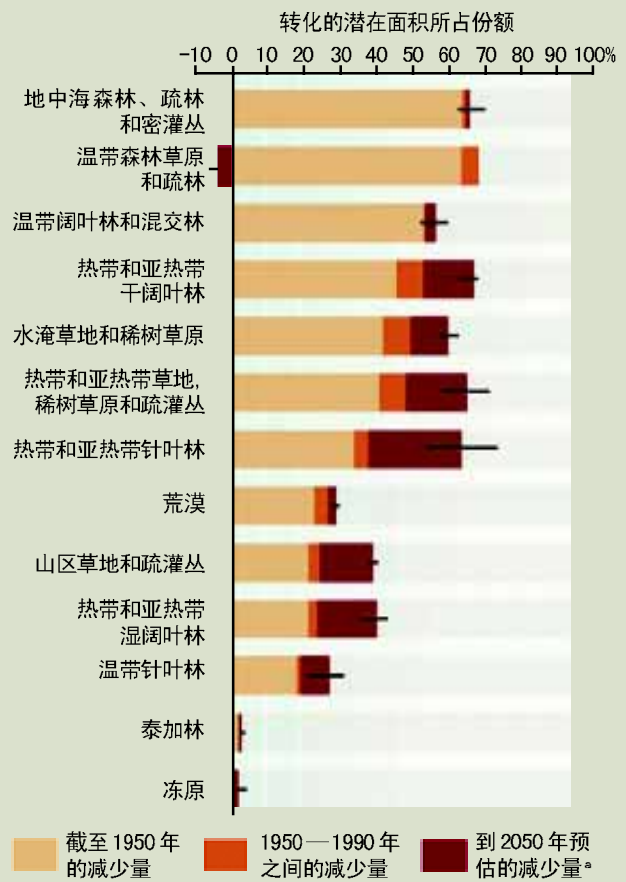
■ 地球上的物种数量正在减少。在过去的几百年中，人类造成的物种灭绝速度较地球历史上物种自然灭绝背景速度大约快了 1 000 倍（见图 4）（确定性中等）。当前，大约 10%~30% 的哺乳动物、鸟类，以及两栖动物正在面临灭绝的危险（确定性中等~确定性高）。相比而言，淡水生态系统中遭受灭绝威胁的物种比例往往最高。

■ 全球的遗传多样性已经下降，这在栽培物种上的表现尤其明显。

人类对生态系统的大多数改变是为了满足对食物、水、木材、纤维和燃料的需求的巨大增长[2]。某些生态系统变化，是由对生态系统服务的利用没有直接关系的活动造成的，例如修建道路、港口、城市及排污。但是，人类对生态系统的大多数改变则是为了满足对生态系统服务不断增长的需求，尤其是对食物、水、木材、纤维和燃料（包括薪炭和水电）的巨大需求。1960—2000 年期间，世界人口翻了一番增至 60 亿，全球经济增长了 6 倍，因而对生态系统服务的需求显著增加。为了满足以上需

图 3 陆地生物群区的转化^a（根据 C4, S10 改编）

尽管目前不可能准确推测人类显著影响之前的各生物群区的分布范围，但是根据土壤和气候条件还是可以确定出它们的潜在分布区域的。下图分别表示推测出的那些潜在区域在 1950 年前的转化情况（确定性中等）、1950—1990 年的转化情况（确定性中等），以及根据 MA 的 4 种情景预计在 1990—2050 年将发生的转化情况（确定性低）。由于红树林的面积太少，不能对其进行准确评估，所以这里没有把它包括进来。这些生物群区的大部分转化是流向了垦殖系统。



^a生物群区是在全球尺度之下的容易辨认的最大的生态分类单位，例如温带阔叶林或者山区草地。由于生物群区是一种广泛使用的分类单位，文献报道中的相当多的生态数据资料和模型模拟都是使用这种分类，因而这次评估中的某些信息只能基于生物群区进行报告。但是，在可能的情况下 MA 的信息报告还使用了 10 种社会生态分类，例如森林、垦殖、海滨及海洋系统。之所以使用后一种分类，一方面是它们与不同政府部门的管理职责区域相对应，另一方面是他们已经被生物多样性公约所使用。

^b根据 MA 的 4 种情景，图中对 1990—2050 年的预测，表示的是对 4 种情景的预测的平均值，误差条（黑线）表示不同情景的离散。

来源：千年生态系统评估

求的增长，食物生产量大约增加了 2.5 倍，水资源使用量翻了一番，用于生产纸浆和成品纸的木材采伐量增至原来的 3 倍，水电装机发电量翻了一番，木材生产增加了大于 50%。

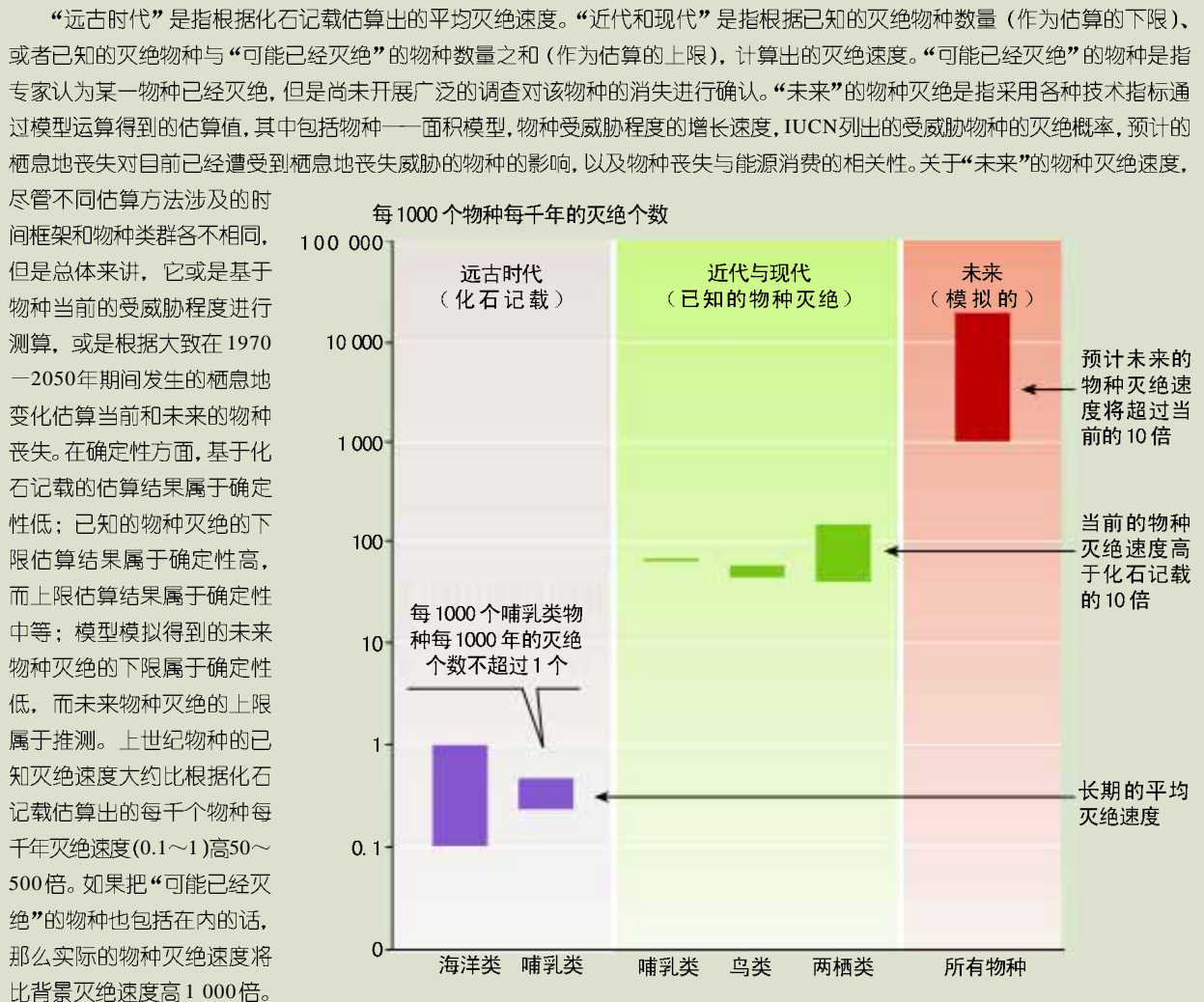
为了满足对生态系统服务不断增长的需求，人类一方面通过扩大对现有资源的消费（例如，增加灌溉用水、增加海洋捕鱼量），另一方面通过提高象作物和牲畜等某些生态系统服务的产量已经得到满足。对于后一方面，依靠运用新技术（如新作物品种、化肥以及灌溉技术等），和在作物、牲畜生产及水产养殖中，依靠扩大经营面积的手段，其目标已经实现。

总地来讲，对于大多说国家而言，近几十年人类对世界范围内生态系统的改变已经显著地促进

发现 2：人类对生态系统的改变已经极大地促进了人类福祉的提高和社会经济的发展，但是，获取以上效益的成本却日益上升。例如，许多生态系统服务已经退化，生态系统出现非线性变化的风险已经加大，以及某些人群的贫困状况已经恶化。面对以上这些问题，除非人类找出正确的解决办法，否则，后代能够从生态系统获取的效益将大大减少。

了人类福祉水平的提高和国家的发展 [3]。人类对生态系统的许多重大改变都是为了满足不断增长的食物和水的需求，这些变化为缩减处于营养不良状态的人口的比例和改善人类的健康状况具有重要

图 4 物种的灭绝速度（根据 C4 图 4.22 改编）



帮助。几个世纪以来，利用农业（包括渔业和林业）税收投资工业化和减轻贫困一直是多数国家在发展方面所采取的重要策略。尽管2000年食物生产价值仅占世界总产值的约3%，但是为此投入的农业劳动力约占世界总人口的22%，相当于世界总劳动力的1/2，而且在人均国民收入低于765美元的国家（世界银行定义的低收入发展中国家）中，它占到了这些国家GDP的24%。

过去，人类为提高福祉水平和发展社会经济而付出的成本日益上升。具体表现在许多生态系统服务退化、生态系统出现非线性变化的风险加大、某些人群的贫困状况恶化，以及不同人群之间的不公平和不平等日益加剧。

生态系统服务的退化与不可持续利用

在这次评估（包括70%的调节服务与文化服务）的各项生态系统服务中，大约60%（24项中有15项）已经处于退化或者不可持续利用的状态[2]（见表1）。在过去的50年中，出现退化的生态系统服务包括渔业捕捞、水资源供给、废弃物处理与无害化、净化水质、自然灾害防护、调节空气质量、调节区域与局地的气候、调控侵蚀过程、满足精神以及美学享受。就当前的需求水平而言，对捕捞渔业和洁净水这2项生态系统服务的利用已经远远超过了可持续的界限，如果考虑未来的需求增长的话，那样差距就更大了。至少1/4的商业鱼类资源已经被过度捕捞（确定性高）（见图5、图6与图7）。5%到大约25%的全球淡水利用超出了长期合理供给的水平，针对这种情况，当前正在或者通过工程调水，或者通过过度开采地下水进行弥补（确定性低~确定性中等）。大约15%~35%的灌溉用水超过了供给速度，从而属于不可持续的利用（确定性低~确定性中等）。过去的50年中，在15项生态系统服务处于退化状态的同时，仅有4项生态系统服务有所提高，其中3项与食物生产有关，它们是作物、牲畜，以及水产。平均来讲，陆地生态系统在19世纪和20世纪初期是向大气释放二氧化碳的净源，但是，在大约20世纪中叶变成了吸收二氧化碳的净汇，因而过去50年中通过吸收碳而已经导致陆地生态系统在调节全球气候方面的服务得到提高。

用于提高某一生态系统服务的行动常常引起其他服务的退化。[2, 6]例如，为了提高食物生产，通常都是加大水肥的使用量，或者扩大耕地面积。

这样就会引起其它生态系统服务的退化，如减少其他行业的生产用水、水质下降、生物多样性减少、森林覆被减少（这又可能引起林产品的损失和释放温室气体）。同样，森林向耕地的转化可能会引起爆发洪水的频率和规模发生变化，当然具体的影响过程与局地生态系统的特征和土地覆被变化类型有关。

生态系统服务的退化常常对人类福祉造成显著的损害 [3, 6]。目前可用于评估生态系统服务变化对人类福祉影响的信息相对较少。这一方面由于对许多生态系统服务的监测属于空白，另一方面则由于相对于影响人类福祉的其他社会、文化和经济因素而言，估算生态系统服务变化对人类福祉的影响也比较困难。然而，下边几个方面的证据表明生态系统服务退化对人类的生计和健康，以及地方与国家经济的损害是实实在在地存在的。

■ 因为在市场中流通的那部分生态系统服务对大多数的资源经营决策具有最强的影响，所以结果常常导致没有在中流通的那部分服务丧失或退化。然而，这些没有在中流通的生态系统服务通常更加昂贵，它们往往比流通于市场的那部分具有更高的价值。例如，迄今为止最为全面的一项研究，对8个地中海国家的流通于市场的森林价值和没有在中流通的森林价值进行了调查。结果表明每个国家中木材和薪炭的价值一般不超过其森林总经济价值的1/3（见图8）。除木材之外的林产品、消遣、狩猎、流域防护、碳储备，以及“消极”利用（与直接利用无关的价值）这些方面的价值占到了森林总经济价值的25%和96%。

■ 与通过农业开发、皆伐采木和其他集约化利用对生态系统进行转变而取得的价值相比，运用可持续利用的方式对生态系统进行经营能够获得更高的总经济价值。目前对不同管理制度下生态系统的总经济价值（包括在中交易的和没有在中交易的生态系统服务）进行比较的研究相对较少。但是仅有的几项研究已经发现对生态系统进行可持续管理的收益超过对生态系统进行转化而得到的收益（见图9）。

■ 因损害生态系统而在经济和公众健康方面造成的代价是非常巨大的。

■ 20世纪90年代早期，由于过度捕捞造成加拿大纽芬兰鳕鱼资源枯竭，因而导致数万人失业，用于这些失业人员的收入支撑和再培训的成本在20亿美元以上。

表 1. 千年生态系统评估中供给服务、调节服务与文化服务的全球状况

状况是指在近代和现代全球生态系统服务是增强了（例如，服务的生产能力是否增加了）或者是退化了。下边的说明中给出了“增强”和“退化”的具体定义。关于第四种生态系统服务——支持服务，因为不被人类直接利用，所以这里没有把它包括进来。

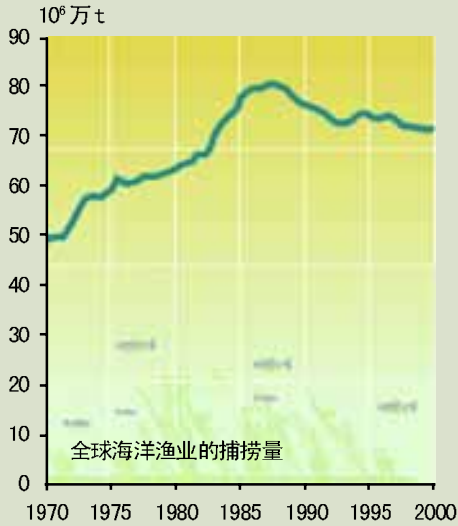
生态系统服务	分类	状况	说明
供给服务			
食物	农作物	▲	产量大幅增长
	家畜	▲	产量大幅增长
	捕鱼业	▼	因过度捕捞导致产量下降
	水产养殖业	▲	产量大幅增长
	野生食物	▼	产量下降
纤维	木材	+/-	部分地区森林丧失，另外部分地区出现增长
	棉花，麻类，丝绸	+/-	产量有增有减
	薪柴	▼	产量下降
遗传资源		▼	因物种灭绝和作物遗传资源丧失导致遗传资源的丧失
生物化学物、天然药材及药物		▼	因物种灭绝和过度采集导致部分药材丧失
淡水		▼	不合理地用于饮用、工业和灌溉； 水能总量保持不变，但大坝建设使人类利用水能的能力增强
调节服务			
调节空气质量		▼	大气自我净化的能力下降
调节气候	全球	▲	自 20 世纪中期以来成为净碳源
	区域和局地	▼	不利影响更多
调节水源		+/-	情况不同，视生态系统变化和所处地点而定。
控制水土侵蚀		▼	土壤退化加剧
净化水源、废物处理		▼	水质下降
控制疾病		+/-	因生态系统变化不同而存在差异
控制病虫害		▼	因使用杀虫剂导致自然控制疾病的能力退化
授粉		▼ ^a	全球传粉者的数量明显下降
控制自然灾害		▼	湿地和红树林等天然屏障的丧失
文化服务			
精神和宗教价值			具有宗教意义的圣林和物种迅速减少
审美价值			具有审美价值的自然地的数量减少、质量下降
休闲和生态旅游		+/-	以前去观光旅游和休闲度假的地方增多，但很多地方出现退化现象

说明：对于供给服务，服务增强是指通过增加提供服务的土地面积（例如扩大农田面积），或者提高单位面积上产量，而使服务的产量得到提高；而服务退化，是指最近对服务的利用超过了可持续利用的水平。对于调节服务，服务增强是指服务的变化能够导致人类获得更多的惠益（例如通过消灭可以向人类传播疾病的带菌媒介，从而使疾病调节服务得到提高），而服务退化，是指能够从服务获得的收益减少，这一方面可能是服务自身的变化引起的（例如红树林消失导致生态系统免受暴风雨袭击的福祉降低），另一方面也可能是由于人类对服务施加的压力超过了它能够承受的极限（例如对水源的过度污染超出了生态系统的水质净化能力）引起的。对于文化服务，服务退化是指生态系统特征的变化导致其提供的文化惠益（包括消遣、美学，以及精神等方面）降低。

^a 表示在确定性低与确定性中等之间，其他趋势表示在确定性中等与确定性高之间。

图5 1950—2001年期间全球渔业捕捞量的估算值 (C18图C18.3)

在某些情况下,为了纠正原数据中可能存在的错误,对各国政府所报告的捕捞量进行了一些调整。



来源: 千年生态系统评估

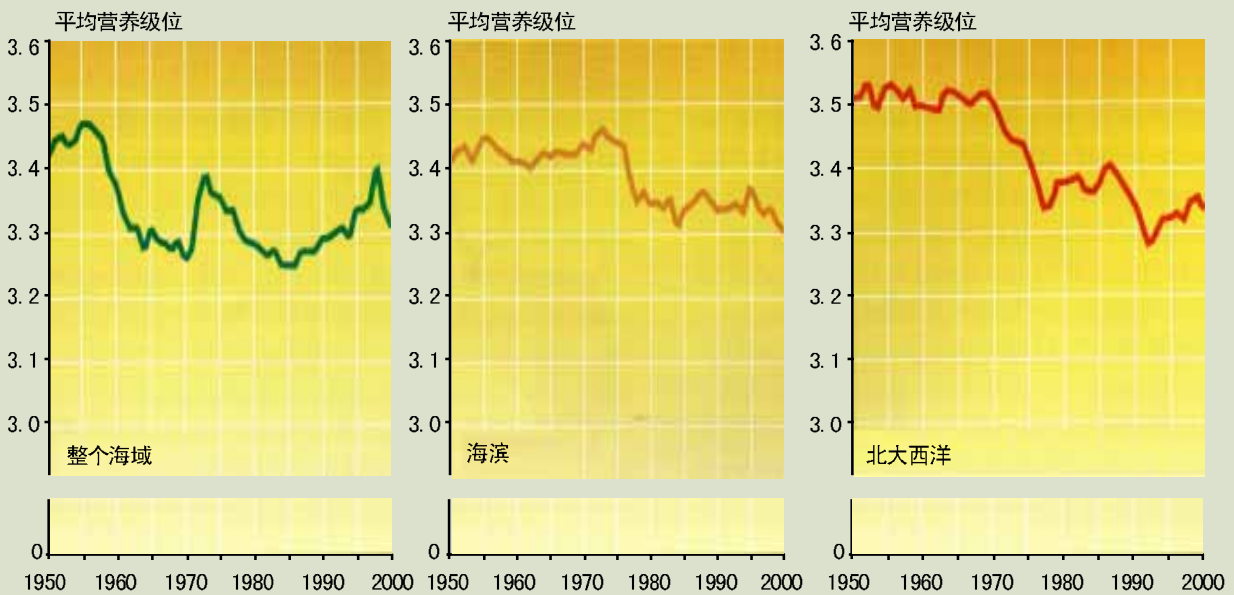
图7 自1950年以来渔业捕捞作业平均水深的变化趋势 渔业捕捞越来越多地来自深水区域 (数据来自C18图18.5)



来源: 千年生态系统评估

图6 自1950年渔业捕捞中鱼类营养级位的下降情况 (C18)

营养级位是指某一种生物在食物链中所处的位置。从在食物链中处于第1营养级位的初级生产者开始,根据具体生物的相对位置对其营养级位进行编号。例如第2营养级位的食草动物,第3营养级位的食肉动物,以及第4或者第5营养级位的食肉动物等。处于较高营养级位的鱼类一般具有较高的经济价值。捕捞鱼类营养级位的降低在很大程度上是由于较高营养级位鱼类被过度捕捞的结果。



来源: 千年生态系统评估

■ 1996年，英国农业作业对水（污染和富营养化造成植物过度生长引起水中氧气匮乏）、空气（释放温室气体）、土壤（相关区域的侵蚀危害，释放温室气体），以及生物多样性造成损害的成本是26亿美元，相当于20世纪90年代年均农业总收入的9%。与此相似，据估算20世纪90年代在英格兰和威尔士仅淡水富营养化的每年危害成本（包括临水住宅价值下降、水处理成本提高、水域消遣价值降低，以及旅游损失）是1.05亿~1.60亿美元，此外每年还要花费7700万美元用于损失赔偿。

■ 目前海洋生物疾病的发生率正在上升，新病原体正在增加，其中某些是对人类健康具有危害的。沿海水域赤潮类（包括毒藻）暴发的频率和强度正在上升，从而对渔业等其他海洋资源和人类健康造成危害。1989年，意大利暴发了一次特别严重的赤潮，沿海水产业为此而损失了1000万美元，旅游业损失了1140万美元。

■ 在过去的50年中，洪水和火灾的发生频率与影响显著上升，这其中的部分原因可能是生态系统变化引起的。例如，沿海红树林遭到彻底破坏后，沿海地区的居民更易遭到热带风暴的侵袭；长江上游的土地利用变化导致下游洪水增加。自20世纪50年代以来，每年因极端事件而造成的经济损失增加了10倍，至2003年大约为700亿美元。其中，自然灾害（洪水、火灾、干旱、地震）大约占到了投保损失的84%。

■ 对于因文化服务丧失而造成的影响尤其难以估算，但是对于许多人来讲它又是非常重要的。人类文化、知识系统、宗教，以及社会的相互作用都已受到生态系统的强烈影响。MA的许多亚全球评估发现，不论是在发展中国家（例如，印度森林中的宗教林），还是在发达国家（例如城市公园），对于许多地方社区来讲，生态系统的精神与文化价值与其它服务同等重要。

生态系统服务退化表现为资本资产的丧失[3]。以生态系统服务为例的可更新资源和以矿床、一些土壤养分，以及化石燃料为例的不可更新资源都属于人类的资本资产。但是，在传统的国家帐目上都没有把对以上资源的耗损和资源退化统计

图8. 部分国家森林收益的年流量（根据C5专栏5.1改编）

对大多数国家而言，生态系统在木材和薪材生产方面的市场价值不足其总经济价值（包括诸如碳吸收、流域保护和消遣在内的非市场价值）的1/3。

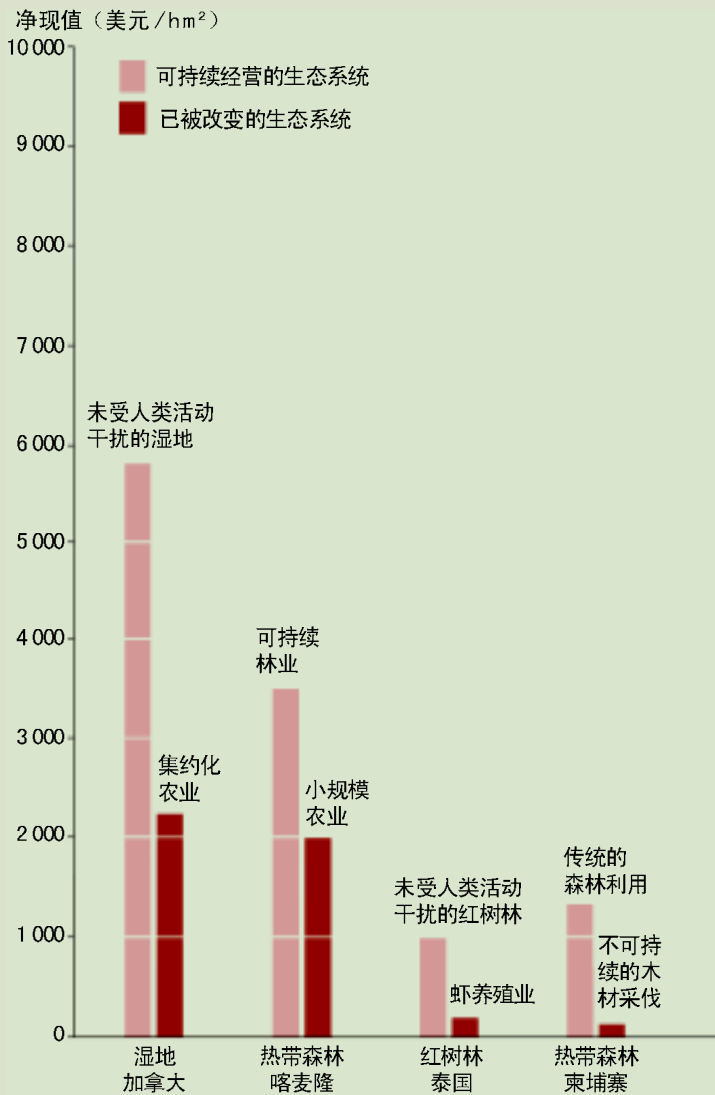


在内。结果导致，某一国家可能砍伐森林和耗竭鱼类资源，而在国家的统计帐目上仅表现出GDP（当前经济福利的一种测算方法）的正增长，而没有登记相应的资产（财富）减少，但是后者是对未来经济福利的一种比较合适的测算方法。此外，许多生态系统服务（例如蓄水层中的洁净水，以及将大气层作为排放污染物的场所）对于使用者来讲不存在任何限制，因而一般的经济测算也没有反映这些服务的衰退。

如果把与自然资产耗损有关的经济损失计算在国家总财富的测算当中，对于显著依赖自然资源发展经济的国家来讲，那么它们的资产负债表将会发生明显变化。例如，2001年厄瓜多尔、埃塞俄比亚、哈萨克、刚果民主共和国、特立尼达岛和多巴哥岛、乌兹别克斯坦，以及委内瑞拉的净储蓄出现正

图9. 不同管理方式的经济收益（以每公顷的净现值表示，单位是美元）（C5 专栏 5.1）

在每一种情况下，尽管在私营（市场）收益方面，是已被改变了的生态系统较高，但是就净收益来讲，是较为可持续管理的生态系统高于已被改变的生态系统。（如果原始数据只给出了价值变化范围的话，则该图中标出的是价值的下限。）



来源：千年生态系统评估

增长，说明国家财富出现净增加。但是，如果考虑其对自然资源（能源和森林）的耗损、以及由于碳排放而造成的损失的话，那么这些国家的净储蓄实际上是减少的。

有时，虽然人类活动导致某些生态系统服务退化可能是为了获取更多的其他方面的服务，但是，由于许多退化的生态系统服务具有“公共物品”的属性，因而生态系统服务的退化常常超出

了社会利益的范围 [3]。尽管人们能够从净化空气与净化水质，或者提供美的宜人景观等生态系统服务中获得一定的惠益，但是由于不存在以上服务的交易市场，因而对于任何个人来讲，也就没有为维持以上服务而支付费用的激励机制。此外，当由于某项行动导致生态系统服务退化，进而对其他个体造成损害时，根据损害程度确保受害者得到赔偿的市场机制也不存在。

富裕人群也逃脱不了生态系统退化的影响 [3]。农业、渔业和林业曾经是国民经济的主要支柱，因而对自然资源的管理成了政策的主要议程。但是，在 20 世纪当这些自然资源型行业在通常情况下仍然十分重要时，一些其他产业在工业化国家中的经济与政治地位已经开始上升。究其原因，这与正在进行的从农业经济向工业经济和服务经济的转变、城市化进程、新技术发展带来的生态系统提供服务的能力得到提高，以及替代产品的出现具有重要关系。然而，对于工业化地区和发展中国家的富裕人群来讲，生态系统服务退化对他们的福祉状况仍然具有多种影响：

■ 生态系统退化在自然、经济或者社会方面产生的影响可以跨越行政边界的限制（见图 10）。例如，某个国家的土地退化，以及随之而生的沙尘暴，或者火灾可能导致附近其他国家的空气质量下降。

■ 发展中国家的生态系统服务退化常常加剧其贫困状况的恶化，致使区域经济增长速度减慢、引发地区冲突，以及难民迁移，因而对邻近工业化国家的发展产生不利影响。

■ 生态系统在温室气体排放方面的变化，通过引发全球气候变化，因而对所有国家都产生一定的影响。

■ 许多行业仍然对生态系统服务具有直接的依赖性。例如，渔业资源的崩溃已经在工业化国家中对许多社区的人类福祉造成了严重的损害。林业、农业、渔业，以及生态旅游行业的前景都与生

态系统服务的状况直接相关。此外，就保险、银行，以及卫生等行业而言，尽管受生态系统服务的影响不是那么直接，但是生态系统服务变化对它们仍然具有强烈的影响。

■ 对于生态系统退化的某些方面，富裕人群可能不受损害。但是，并非所有的生态系统退化都不对他们产生损害。例如，对于文化服务的丧失，替代品是不可能找到的。

■ 尽管农业、渔业和林业在工业化国家中的相对经济地位正在下降，但是以美学享受和消遣选择为主的其他服务的重要性却正在上升。

对生态系统变化进行评估，以及对生态系统进行有效经营的困难，在于生态系统变化产生的影响需要一个较长的显现过程，生态系统变化与其产生的主要影响可能会在空间上相隔一定的距离，生态系统变化的成本和效益往往作用于不同的利益相关方 [7]。生态系统具有一定的惯性作用（指对一种干扰产生反应的时滞）。因此，从驱动力发生变化到变化的影响全部显现出来常常需要一个很长的时差。例如，在许多农业土壤中磷正在大规模的累积，因而导致河流、湖泊，以及近海遭受富营养化的威胁。但是，经过侵蚀或者其他过程，磷的影响全部显现出来可能需要几年甚至几十年的时间。同样，对于大气中温室气体浓度的变化，全球气温达到平衡可能需要几个世纪的时间，生物系统对气候变化的适应可能需要更长的时间。

此外，某些生态系统变化的影响仅发生在远离发生变化地区的一定距离之外。例如，流域上游的变化影响下游水的流量和质量。同样，近海湿地中某一重要鱼圃的面积缩减可能导致一定距离外的渔业捕捞减少。由于生态系统的惯性作用和生态系统变化的成本与收益在时空尺度上的分离，因而常常导致生态系统变化的受害个体（例如后代，或者下游的土地使用者）和生态系统变化的受益个体不一致。由于这些时空格局的作用，使得无论是全面评估生态系统变化的成本与效益，还是区分不同利益相关方的成本与效益都变得极端困难。其次，目前管理生态系统的制度结构非常对这些挑战的考虑非常不够。

生态系统发生非线性（成梯状的）变化和潜在性突变的可能性升高

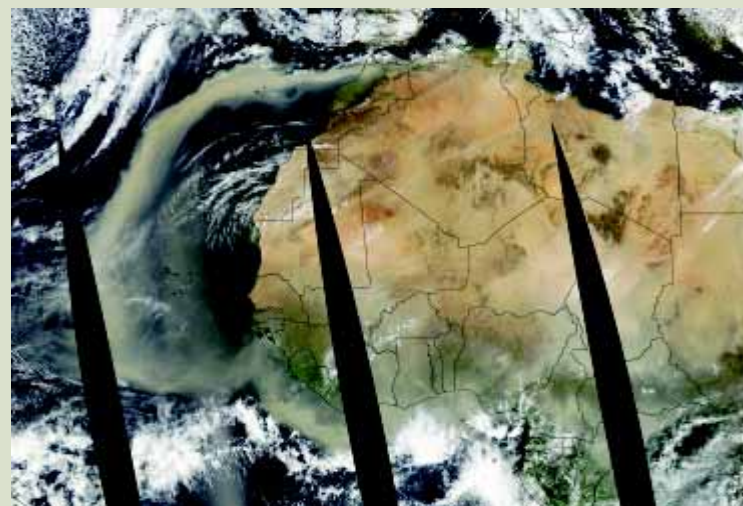
据不完全的证据表明，人类对生态系统的改

变正在加大生态系统发生非线性变化（包括变化加速、突变，以及潜在的不可逆变化）的可能性，从而对人类福祉产生重要影响 [7]。一般情况下，生态系统是逐渐变化的。然而，有些变化却具有非线性的特征。也就是说，一旦超越了变化的阈值，生态系统就变到了一个完全不同的状态。这些非线性变化有时是以突变的形式发生的；有时它们也可能是指变化幅度巨大，因而恢复难度较大、恢复成本昂贵，甚至不存在恢复的可能性。尽管对非线性变化的预测能力正在提高，但是对于大多数生态系统和大多数潜在的非线性变化，当前的科技常常只能对变化风险的上升进行预警，对于发生非线性变化的阈值还不能预测。大幅度非线性变化的例子包括以下几个方面：

■ 暴发疾病 如果平均每位病菌感染者传染至少一位其他的健康人，那么该病菌就开始流行传播。相反，如果平均每位病菌感染者传染的健康人数不到一个的话，那么该病菌就会逐渐灭亡。伴随1997—1998年的厄尔尼诺现象，过多的洪水引发了吉布提、索马里、肯尼亚、坦桑尼亚，以及莫桑比克的霍乱流行。由于气候变化引发非洲大湖变暖，这可能导致霍乱在周边国家流行的风险增加。

图 10 2004 年 3 月 6 日来自非洲西北海岸的沙尘暴

在这张影像上，风暴范围跨越了大约 1/5 的地球周长。经过数千英里的行程，沙尘暴抵达了佛罗里达西海岸的水域，导致该水域的铁元素含量增加。与此相关，引发区域毒藻旺长，北美地区出现呼吸性疾病。此外，这场沙尘暴对加勒比海的珊瑚礁也产生了一定的影响。旱区的土地退化，将与与沙尘暴有关的一些问题进一步恶化。



来源：美国航空航天管理局的地球观测站

■ **富营养化与缺氧** 养分含量一旦超过了某一阈值,淡水生态系统和近海生态系统就可能发生重大突变,出现有害赤潮(包括毒藻类),有时产生缺氧带,导致大多数动物死亡。

■ **渔业崩溃** 例如,1992年纽芬兰东部沿海的大西洋鳕鱼资源枯竭,导致开发经营了几百年的渔场被迫关闭(见图11)。更为重要的是,即使显著减少捕捞、或者完全禁渔,耗损的渔业资源也需要好多年才能恢复,或者甚至不能恢复。

■ **物种引入与物种丧失** 例如,美国水生生态系统中斑马蚌类的引入,导致St. Clair湖中当地蛤的灭绝,并且电力工业和其他有关用户每年要为此花费1亿美元的成本。

■ **区域气候变化** 一般情况下,砍伐森林会导致降雨减少。由于森林的生长对降水具有较强的依赖性,森林砍伐和降水减少之间可能形成一种正反馈关系,因而在一定条件下,它可能引发森林覆被的非线性变化。

灌丛婴猴肉(bushmeat)贸易的增加致使生态系统发生非线性变化的风险显著上升,这里的非线性变化是指变化的速度加快[7]。灌丛婴猴肉的利用与贸易增加正在加大许多物种(尤其是在非洲和亚洲)的压力。经过一段持续增长的收获之后,收获物种的种群数量就会逐渐减少。一旦收获的速度超过了种群可持续发展的水平,收获物种的种群将会加速减少。这将进而导致物种面临灭绝的危险,而且从长期来讲也将减少依赖于这类资源的有关人群的食物供给。同时,灌丛婴猴肉贸易涉及到人类与其食用的关系较为密切的野生动物之间较高层次上发生的相互关系。这又可能引发新的危险病原体,从而增加生态系统发生

非线性变化的风险。就今天的国际旅行速度与规模而言,新病原体将会随之在全世界快速传播。

发生以上非线性变化的风险增加,这主要源于生物多样性的丧失和多种直接驱动力作用下生态系统压力的加强[7]。物种和遗传多样性的丧失导致生态系统的自恢复能力下降。生态系统的自恢复力是指在没有超越阈值的情况下,生态系统的结构和功能得以继续维持的干扰水平。此外,来自诸如过度收获、气候变化、物种入侵和养分负荷这些驱动力的压力日益增加,这将驱使生态系统向阈值接近。否则,如果没有以上情况的话,那么它们可能就不会向阈值接近。

图11 1992年,纽芬兰东海岸的大西洋鳕鱼资源突然崩溃(CF专栏2.4)

这次鳕鱼资源崩溃迫使开发经营了数百年的渔场关闭。在20世纪50年代后期之前,该渔区主要是季节性迁移的捕鱼船队作业和海岸附近渔民的小规模捕捞作业。自20世纪50年代后期开始,可以触及海底的拖网渔船在该渔区开展了深海捕捞作业,虽然渔获量大幅度上升,但是潜在鱼群生物量却急剧减少。虽然于20世纪70年代早期国际协议规定了捕捞配额,1977年加拿大宣布了专属捕鱼区,但是国家配额制度最终仍未能遏止和扭转渔业资源的减少趋势。至20世纪80年代后期和90年代初期,鳕鱼资源跌至了极低的水平,于是1992年7月被迫宣布暂停所有的商业捕鱼。直至1998年,近岸的小规模商业捕鱼才重新开始,但是渔获效率一直下降,因而2003年该渔场被无期限的关闭。



来源:千年生态系统评估

某些个人或者群体的贫困状况恶化, 这导致人类中不同群体之间的不公平与不平等加剧。

尽管人类对生态系统服务的生产和利用已经取得了一定的进展。但是, 当前的贫困程度仍然严重, 社会的不公平程度正在扩大, 许多人仍然缺乏充足的生态系统服务供应, 甚至没有得到某些服务的使用权[3]。

■ 2001年, 世界上有11亿人生活在每天收入不足1美元的水平。这些人当中大约70%居住在农村, 他们的生活高度依靠于农业、放牧与狩猎。

■ 在过去的10年中, 不同人群在收入和其他人类福祉方面的不公平程度一直加剧。出生于非洲亚撒哈拉地区的婴儿与出生于工业化国家的婴儿相比, 在5岁之前前者死亡的可能性是后者的20倍, 这一差距较10年之前进一步加大。在20世纪90年代, 世界上有21个国家在人类发展指数的排位上出现下降, 这其中有14个国家是在非洲亚撒哈拉地区。

■ 尽管在过去的40年中人均食物生产出现了增长, 但是在2000—2002年据估计仍有8.52亿的人口生活在营养不良的水平, 这一人数较1997—1999年增加了3700万。作为营养不良人口最多的地区, 南亚和非洲亚撒哈拉地区同时也是人均食物生产增长最慢的地区。最值得注意的是, 非洲亚撒哈拉地区的人均食物生产已经下降。

■ 大约11亿人口仍然缺乏较好的水资源供应, 多于26亿的人口缺乏完善的卫生设施。世界范围内大约10亿~20亿的人口遭受水资源匮乏的影响。自1960年以来, 水资源利用与有效供应的比值在以每10年20%的幅度递增。

生态系统服务退化正在损害世界上许多最为贫穷的人民, 有时它已成了引起贫困的主要因素[3, 6]。

■ 在非洲、亚洲、拉丁美洲, 以及加勒比海地区, 由于水资源匮乏和卫生设施不完善, 有一半的城市人口患有的一种或多种相关疾病。在世界范围内, 大约每年有170万人口由于水资源不足、卫生设施不健全, 以及卫生知识较少而死亡。

■ 渔业捕捞的衰减致使这种并不昂贵的蛋白质资源正在发展中国家减少。除中国之外, 1985—1997年发展中国家的人均鱼消费出现了下降。

■ 荒漠化对数百万人口的生计问题造成了影响, 相当多的生活在干旱区的穷人都在影响的范围

之内。

生态系统变化导致的“受益者”和“受害者”分布格局, 尤其是生态系统变化对贫困人口、妇女, 以及当地居民的影响, 在管理决策当中还没有全部被考虑进去[3, 6]。生态系统变化通常导致一部分人从中获得收益, 而其他另外一部分人则因此失去了对有关资源的使用权, 失去了原有的生计, 或者遭受变化的外部效应的影响。由于多个方面的原因, 贫困人口、妇女和原住民往往容易成为生态系统变化的受害者。

■ 生态系统管理方面的许多变化已经造成原来公共资源的私有化, 因而过去依赖于原来公共资源的个体(例如原住民、依存于森林的社区, 以及在政治和经济上处于相对边缘位置的其他群体)常常失去了对资源的所有权。

■ 遭受生态系统及其提供的服务变化影响的某些人群和地区非常敏感, 对于生态系统可能发生的重大变化应对能力较低。最容易受到损害的是那些对生态系统的需求已经大于供给的群体, 例如缺乏足够的洁净水供应的人群和生存地区人均农业产量正在下降的群体。

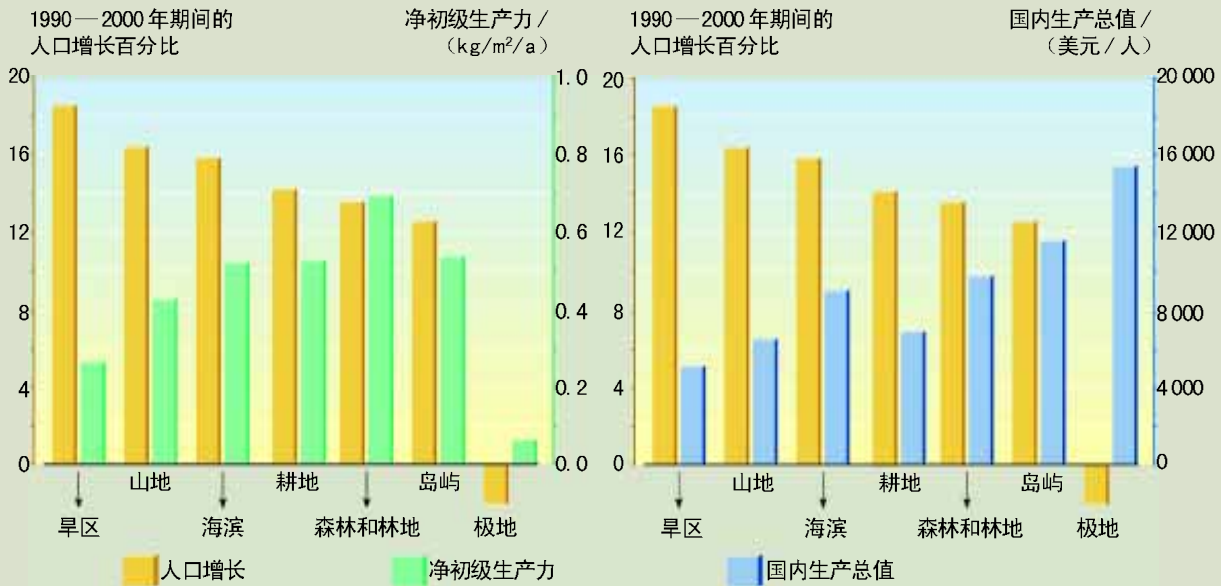
■ 男性和女性在社会中职位与权力的显著差别导致女性在生态系统服务变化过程中的脆弱性升高。

■ 关于农村贫困人口对生态系统服务的依赖程度, 这方面的估算工作很少, 因而在国家统计和贫困评估当中以上内容往往被忽略, 结果导致因为没有考虑环境的作用而在减贫方面得出不合适的对策。例如, 综合了17个国家的数据资料的一项新近研究发现, 在林区的农村社区中, 22%的农户收入来源(如采集野生食物、薪材燃料、饲草、药用植物和木材)一般不在国家统计的范畴之内。与富裕家庭相比, 以上活动得到的经济收入在贫穷家庭的总收入中占有更高的份额, 而且在可预见或者不可预见的其他生计来源短缺时期, 以上收入对于农村家庭尤为重要。

发展中国家干旱地区的发展前景, 尤其依赖于为防止、减缓或者抑制正在发生的生态系统退化而采取的行动[3, 5]。干旱区约占地球陆地表面的41%, 生活着20多亿的人口, 其中90%以上属于发展中国家。在MA评估的所有生态系统中, 20世纪90年代干旱区生态系统中(包括农村和城市)的人口增长最快(见图12)。尽管干旱区的人口约

图12 MA的各生态系统在1990—2000年期间的人口增长速度，以及在2000年的人均GDP和生物生产力(C.SDM)

在MA的评估系统中，1990—2000年最低净初级生产力和GDP最低的系统往往具有最高的人口增长速率。由于在确定城镇系统的净初级生产力，以及内陆水域系统和海洋系统的人口增长和GDP时具有一定的武断性，因而没有把城镇、内陆水域和海洋这些系统包括在内。



来源：千年生态系统评估

占世界总人口的1/3，但是他们的可更新水资源供应仅占世界总量的8%左右。由于降水量少、降水变率大、气温高、土壤有机质含量低、传输电能和管道调水的成本高，以及因为人口密度低而基础设施投入有限等方面原因，干旱区的人们面临着许多生活方面的挑战，而且他们往往拥有最低的福祉水平，包括最低的人均GDP和最高的婴儿死亡率。

环境条件变化快与人们贫困水平相对较高，这两种情况的结合使得生活在这些地区的人们在应对生态系统变化方面非常脆弱，尽管针对这些情况已经制定了弹性土地管理策略。在干旱地区，如土壤形成和水资源供应，一些生态系统服务已经超过了可持续的水平，但是那里生态系统的压力却仍在增加。目前，干旱地区的人均水资源供应量仅为最低人类福祉水平需求量的2/3。世界上大约10%~20%的旱地已经退化（确定性中等），这已对当地居民造成了直接的损害。此外，通过生物物理方面的影响（如沙尘暴、温室气体排放和区域气候变化）和社会经济方面的影响（如人口迁移和贫困加剧有时导致地区冲突和一些不稳定因素发生），旱地退化也对更多的人口造成了间接的损害。尽管面

临着这些巨大的挑战，但是生活在干旱地区的居民及其土地关系体系已经具有一定的经过验证的弹性和防止土地退化的能力。当然，公众政策和发展策略既有可能对以上适应能力进行破坏，也有可能使以上适应能力得到提高。

发现3：在本世纪的前半叶，生态系统服务退化的状况可能显著恶化，这是实现千年发展目标的一个障碍。

MA提出了探索生态系统和人类福祉发展变化的4种可能情景（见专栏1）。这些情景主要包括两个方面的内容，一是全球的发展道路，二是人类管理生态系统的途径。关于两种不同的世界发展道路，一种是世界的发展将日益全球化；另一种是世界的发展将日益区域化。关于两种不同的生态系统管理途径，一种是被动式管理，大多数问题是在已经出现之后才采取被动的行动进行应对；另一种是主动式管理，在政策方面进行慎重的探索，目的在于长期维持生态系统服务。

对于当前的大部分生态系统来说，影响它们的

大多数直接驱动力或者正保持着稳定的作用状态、或者在作用强度方面正在增强（见图13）。在MA的所有4个情景中，在21世纪的前50年生态系统压力预计将会持续增加[4, 5]。引起生态系统发生变化的最重要的直接驱动力包括栖息地变化（土地利用变化、河流的物理改造或者河流的河水抽取）、过度开发、外来物种入侵、污染和气候变化。这些直接驱动力之间常常具有协同增效作用。例如，在某些局部地区土地利用变化可能导致较高的养分负荷（如果土地转化为高度集约化的农业用地的话）、增加温室气体排放（如果森林被皆伐的话），以及增加入侵物种数目（由于栖息地遭到干扰）。

■ **栖息地变化，特别是转化为农业用地：**按照MA提出的情景，在2000年至2050年，预计10%~20%的草地和林地将会发生转化（主要是转变为农业用地，如图2所示）预计转化将会集中在

低收入国家和干旱地区。在工业化国家，森林面积预计将会持续增加。

■ **过度开发，特别是渔业过度捕捞：**与渔业工业化之间的水平相比，一些海洋生态系统中的渔业资源（包括渔业捕捞的目的种和同时捕获的其它种）已经减少了90%，而且随着高营养级的鱼种的耗竭，处于较低营养级的价值较低的鱼种在捕捞鱼种的比重持续增加（见图6）。在MA的所有情景中，以上压力都将继续增加。

■ **外来入侵物种：**随着贸易和旅行的日益扩大，由于有目的的迁移或者无意识的引入，外来物种和致病生物的扩散将继续增长，这将给当地物种和许多生态系统服务造成显著的有害影响。

■ **污染，特别是养分负荷：**尽管人类活动已经导致陆地中活性氮的流通量翻了一番，一些预测仍然显示到2050年陆地中活性氮的流通量还将增

专栏1 MA 构建的情景

基于对生态系统变化的驱动力、以及它们之间可能发生的相互作用的不同假设，MA提出了4种情景以探索未来生态系统与人类福祉发展的可能变化：

全球协同（Global Orchestration）：这一情景描述了一个全球化的社会。它的特征是集中于全球贸易和经济自由化；对生态系统问题采取被动式的管理途径，但是也采取强有力的措施减轻贫困和不平等，以及投资诸如基础设施和教育这些公共物品。在MA的4种情景中，该情景的经济增长最快，同时认为它在2050年的人口最少。

实力秩序（Order from Strength）：这一情景描述了一个区域化的和破碎化的世界。它的特征关注安全和保护问题；主要强调区域市场的作用；很少关注公共物品；对生态系统问题采用被动式的管理途径。在MA的4种情景中，该情景的经济增长速度最慢（特别是发展中国家的经济增长尤其缓慢），而且随着时间的推移经济增长速度下降，同时它的人口增长最快。

适应组合（Adapting Mosaic）：在这一情景中，它的特征是把政治和经济活动集中于区域的流域生态系统；地方机构得到加强，使用共同的局地生态系

统管理策略；各种社会机构设计了非常主动的生态系统管理途径。该情景的经济增长速度在初期阶段稍微缓慢，但是随着时间的推移经济增长会加快，2050年该情景的人口几乎和实力秩序情景相等。

技术乐园（TechnoGarden）：这一情景描述了一个全球化的世界。它的特征是强烈地依赖于环境无害化技术，利用高度管理的（常常是工程化的）生态系统生产生态系统服务；对生态系统采取主动式的管理途径，尽力避免问题。该情景的经济增长相对较快，而且呈加速增长；在4种情景中，2050年该情景的人口处于居中水平。

情景不等于预测，它是为了探索驱动力与生态系统服务在变化方面的某些不可预测特征而发展起来的。尽管情景都是源于当前的状况和发展趋势，但是通常情况下情景并不代表真实的未来。

在设定情景的过程中，既使用了定量模型，也使用了定性分析。对于一些驱动力（如土地利用变化和碳排放）和生态系统服务（排水和食物生产），可以根据已经建立的，并且经过审核的全球模型进行定量预测。而对于其它驱动力（例如技术变化和经济增长）、生态系统服务（特别是支持与文化服务，如土壤形成和消遣机会），以及人类福祉的指示因子（如人类健康和社会关

系）则是通过定性估计得到的。一般情况下，情景中使用的定量模型是为了预估一些渐进性的变化，但它不能预估生态系统服务变化的阈值、极端事件的风险，以及规模大、成本高或者不可逆变化可能造成的影响。在MA的每种情景中，通过定性地考虑规模大且不可预测的生态系统变化的风险与影响，来表达这些现象。

为了解决可持续发展的挑战，在全球协同、适应组合，以及技术乐园这三种情景中都包括了政策方面的显著变化。在全球协同这一情景中，贸易壁垒被拆除、不合理的补贴被消除，主要目的就是消除贫困与饥饿。在适应组合情景中，为了促进技术转让与提高知识在区域群体间的增殖扩散，至2010年大多数国家将把接近13%的GDP用于教育（2000年的这一平均百分比为3.5%）和制度安排。在技术乐园情景中，提供和维持生态系统服务的个人与企业具有获得报酬的政策保障。例如，在该情景下，至2015年，大约50%的欧洲农业和10%的北美农业将主要用于平衡食物和其它生态系统服务的生产。为了提高生态系统的服务、研发替代产品，以及减少有害的利害关系，在技术乐园这一情景下，环境技术将会取得显著的进展。

图 13. 生物多样性和生态系统变化的主要直接驱动力 (CWG)

方块颜色表示过去50~100年中驱动力对各生态系统类型的生物多样性的影响。强影响表示在过去的一个世纪中驱动力已经显著地改变了生物群区的生物多样性，弱影响表示对生物群区的生物多样性影响较小。箭头表示驱动力的变化趋势。水平箭头表示将会持续目前的影响水平，对角线和垂直箭头表示影响逐渐加强的上升趋势。因此，如果在过去的一个世纪中某一驱动力已经对一个生态系统产生了非常强的影响的话(例如入侵物种对岛屿生态系统的影响)，那么水平箭头就表示这种强烈影响有可能持续下去。该图是根据专家意见，以及MA的生态系统状况与趋势工作组评估报告中对驱动力变化的分析结果绘制而成，这两个结果是一致的。它表示的是全球尺度上的影响和变化趋势，因而与特定地区的结果可能不太一致。



来源: 千年生态系统评估

加大约 2/3 (见图 14)。MA 的 4 种情景当中, 有 3 种预测认为至 2030 年近海生态系统的全球氮通量将会再增加 10%~20% (确定性中等), 并且大多数增加在发展中国家。过多的氮流量导致淡水和近海生态系统的富营养化, 以及淡水和陆地生态系统的酸化 (影响这些生态系统的生物多样性)。在某种程度上, 氮对地表臭氧的产生 (这将导致农业或者林业生产力的降低)、大气同温层中臭氧的破坏 (这将导致臭氧层的耗损、增加地球的紫外线辐射, 提高皮肤癌的发病率), 以及气候变化具有一定的作用。由此而给健康方面造成的影响包括臭氧污染对哮喘和呼吸功能的影响, 花粉生产力提高导致敏感症和哮喘的增加, 饮用水中的硝酸盐导致患蓝舌婴儿 (blue-baby) 综合症、癌症和其他慢性疾病的风险增加, 以及空气中产生的细微颗粒增加了一系列肺部疾病和心脏疾病的发病风险。

■ 人类活动导致的气候变化: 已观测到的近期气候变化, 特别是区域气候变暖, 已经给生物多样性和生态系统造成了显著影响。这些影响包括在物种分布、种群大小、繁殖或者迁移时节方面的变化, 以及爆发害虫和疾病的频率上升。当局部海面月气温上升幅度超过平均最热月气温 0.5~1℃ 时, 许多珊瑚礁已经出现褪色现象, 尽管当条件合适时可以得到部分恢复。

至本世纪末, 气候变化及其影响在全球范围内将会成为生物多样性丧失和其他生态系统服务变化的主要的直接驱动力。根据政府间气候协作委员会提出的情景, 与工业化之前相比, 至 2100 年全球地表的平均气温预计将会升高 2.0~6.4℃, 爆发洪涝和干旱的次数将会增加, 自 1990—2100 年海平面将会再升高 8~88cm。随着气候变化速度的加快与变化幅度的持续增加, 在全球范围内其对生物多样性的损害也将加剧。相比而言, 在气候变化 (例如气温升高或者降水增加) 的初期, 预计一些地区的某些生态系统服务将会得到提高, 因而在气候变化的较低水平上这些地区可能从中获得一定的净收益。然而, 当气候变化较为剧烈时, 对于世界上的大多数地区而言, 其对生态系统服务的损害将会超过收益。将各方面的科学证据进行平衡, 结果显示与工业化之前的水平相比, 如果全球地表平均气温的增幅大于 2℃, 或者每十年的增长速度超过 0.2℃ 的话, 那么气温增加对世界生态系统将会造成显著的净损害 (确定性中等)。关

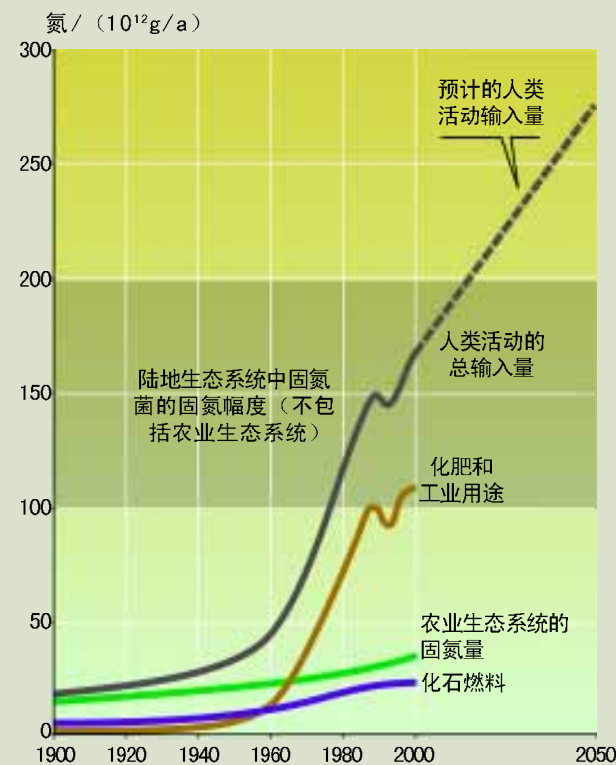
于温室气体致暖所需的稳定浓度具有多方面的不确定性, 但是根据政府间气候协作委员会的预测 CO₂ 最终平稳浓度在低于 450ppm 的情况下即可导致气候变暖 (确定性中等)。

根据 MA 的所有 4 种情景, 预估的驱动力变化将会导致对生态系统服务的消费显著增加、生物多样性持续丧失, 以及某些生态系统服务进一步退化 [5]。

■ 根据 MA 的情景预测, 今后 50 年对粮食作物的需求预计将增长 70%~85%, 对水资源的需求增长 30%~85%。根据情景预测, 在这一时段尽管预计发达国家的用水量将会减少, 但是预计在发展中国家它将显著增加 (确定性中等)。

图14 地球上人类活动产生的活性氮的全球变化趋势 (包括至 2050 年的预计值) (R9 图 9.1)

人类产生的大多数活性氮, 是来自于为合成化肥和工业用氮而生产的氮。此外, 化石燃料燃烧的副产品和农业生态系统中的一些固氮作物和树木也产生一些活性氮。为了进行对比, 此图也标出了自然陆地生态系统中固氮菌 (不包括农业生态系统的固氮作用) 的自然固氮速率的范围。目前陆地上人类活动产生的活性氮与自然过程的制造量大体相当。(注: 2050 年的预计值来自于原研究结果, 而不是 MA 提出的情景)



来源: 千年生态系统评估

■ 根据MA的情景预测，至2050年食物安全的目标不会实现。尽管食物供应能力正在提高，而且饮食结构也正在向多元化发展，但是仍然不能根除儿童的营养不良问题（在MA的某些情景下，某些地区的问题预计还将加剧）（确定性中等）。

■ 根据MA的情景预测，与淡水资源有关的生态系统服务（例如水生生物的栖息环境，渔业生产，家庭、工业和农业用水的供应），特别是那些容易引起环境问题的服务的退化就更为严重（确定性中等）。

■ 根据MA的所有4种情景，由于栖息地丧失和其它生态系统服务退化，至2050年地方的本地物种将会减少（确定性高）。单单因为栖息地丧失这一种因素的作用，1970—2050年期间全球植物物种的平衡数量预计将会减少10%~15%（确定性低）。此外，如过度收获、物种入侵、污染和气候变化也将进一步加快物种消失的速度。

生态系统服务退化为实现千年发展目标及其2015年的具体目标设置了一个重要的障碍[3]。2000年联合国通过了8项千年发展目标，其目的是为了通过消减贫困和饥饿、减少儿童与母亲的死亡率、普及教育、控制与管理疾病、解决性别间的不平等、确保环境的可持续发展，以及促进全球合作从而实现人类福祉状况的改善。在每项千年发展目标中，会员国已经承诺了最迟在2015年实现的具体目标（targets）。在实现2015年的具体目标方面面临最大挑战的许多地区同时也是生态系统退化问题最为严重的地区。

尽管社会经济政策的变化将在实现千年发展目标方面发挥主要作用，但是如果生态系统的管理状况不能得到显著改善的话，那么千年发展的许多目标和指标仍是不可能实现的。生态系统变化促使某些群体的贫困状况恶化（目标1，具体目标1），这在前面已经阐述。此外，只要大多数生态系统服务继续退化，包括饮用水安全在内的环境可持续发展目标（目标7，具体目标9，10，11）就不可能实现。以下其他3项千年发展目标的进展特别依赖于健全的生态系统管理：

■ 饥饿（目标1，具体目标2）：根据MA的所有4种情景，预计未来在消除饥饿方面将会取得进展，但是进展的速度却远远低于实现国际上签署的在1990—2015年使遭受饥饿的人口比重减少一半这一具体目标的要求。此外，就目前饥饿问题最为严

重的一些地区而言，如南亚和非洲的亚撒哈拉地区，它们在消减饥饿方面的进展也是最为缓慢的。生态系统状况，特别是气候、土壤退化，以及水资源可供量，通过影响作物产量与野生食物资源的供应，它们对实现消除饥饿方面的进展影响重大。

■ 儿童死亡率（目标4）：营养不良是导致相当一部分儿童死亡的根本原因。在MA的4种情景中，至2050年，实力秩序情景预计营养不良的人数将会增加10%，其他3种情景预计营养不良的人数将会减少10%~60%（确定性低）。此外，儿童死亡率也受与水质有关的一些疾病的重要影响。痢疾是在世界范围内导致婴儿死亡的重要原因。在非洲的亚撒哈拉地区，疟疾是导致该地区许多国家的儿童死亡的另一重要因素。

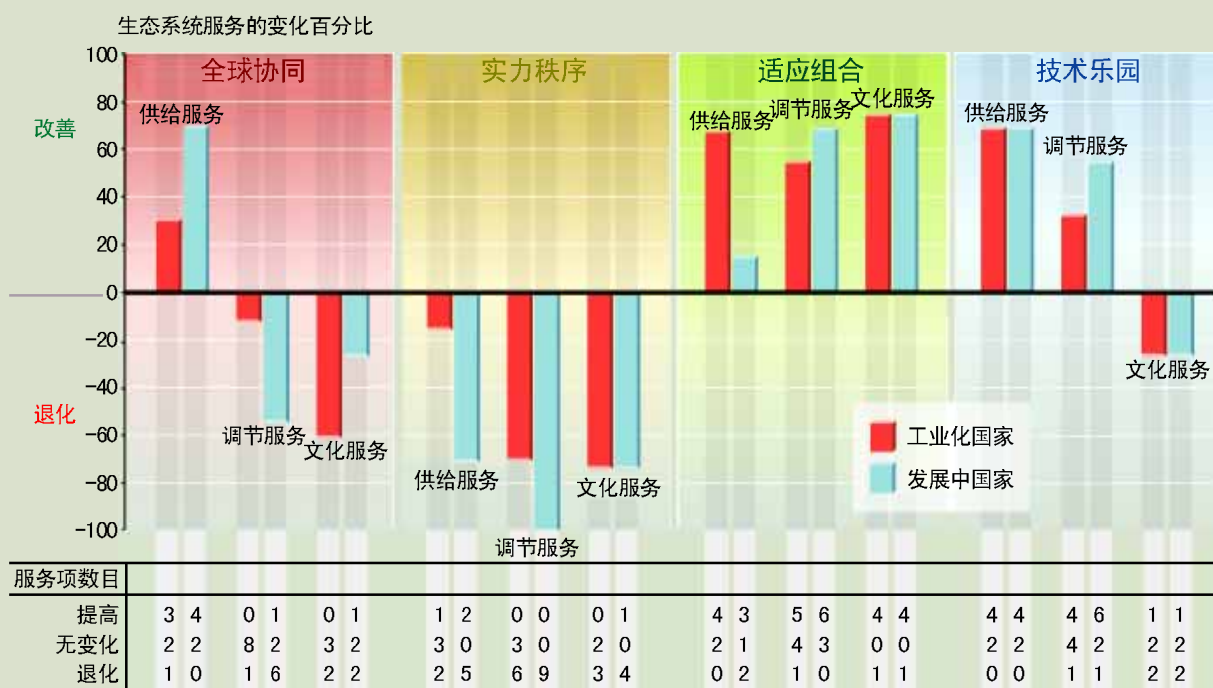
■ 疾病（目标6）：在一些比较乐观的MA情景中，千年发展的第6目标能够得以实现。但是在实力秩序这一情景中，世界上发展中国家和发达国家在卫生和社会状况方面的差距将会进一步加大，因而许多低收入地区的人类健康问题将会恶化。生态系统变化对于痢疾和霍乱等人类病原体的产生，以及发生新疾病的风险具有一定影响。在非洲疟疾占到了人类疾病的11%的病痛。据估计，如果35年前疟疾在非洲得到消除的话，那么2000年非洲的GDP将会增加1000亿美元（大约增长25%）。疟疾、血吸虫病、淋巴腺丝虫病、日本脑炎、登革热、利什曼病、查格斯（chagas）疾病、脑膜炎、霍乱、西尼罗河病毒，以及莱姆关节炎以上这些疾病的流行特别受到生态系统变化的强烈影响。

发现4：根据MA考虑的某些情景，在满足日益增长的生态系统服务需求的同时，扭转生态系统的退化状况，这一挑战可以得到部分解决；但是它们涉及重大的政策、体制和作业方式改革，事实上我们还没有着手这些工作。在多种生态系统服务当中，通过消除负面的利害关系，或者通过正面的协同共生，我们可以找到保护和提高特定生态系统服务的许多选择。

在MA的4种情景中，有3种情景认为政策、体制与作业方式方面的重大改革可以减缓因生态系统压力持续增加而引起的许多消极影响，尽管以上要求的改革幅度较大，目前还尚未实行[5]。在MA的所有4种情景中，只有实力秩序这一种情

图 15. 在MA的4种情景中，至2050年预计将会增强和退化的生态系统服务的数量

此图表示在MA的不同情景下，工业化国家和发展中国家中每类生态系统服务的增强和退化数量的净百分比的变化情况。因此，100%退化就表示与2000年相比，至2050年该类生态系统服务的所有服务项都将退化；50%改善表示6项服务中有3项将会增强，而其余3项不发生变化，或者表示6项服务中有4项将会增强，而1项将会退化。各类生态系统服务中被评估的服务项包括6项供给服务、9项调节服务和5项文化服务。



来源：千年生态系统评估

景预计至2050年所有生态系统的供给服务、调节服务与文化服务与目前状况相比将会恶化。在其他3种情景中，生态系统的供给服务、调节服务与文化服务这3项服务至少有一项至2050年将会较2000年的状况得到改善（见图15）。为了取得这些积极的变化效果，我们必须对生态系统采取许多干预措施。具体包括清洁技术方面的大幅度投资，积极的适应性管理，在环境问题的消极影响全部出现之前采取主动的预防措施，对公众行业（如教育与卫生）的较大投入，采取有力的措施减少社会经济方面的不平等并消除贫困现状，以及扩大人们对生态系统进行适应性管理的能力。但是，即使在有些情景中，一种或者多种生态系统服务得到改善；但是生物多样性仍将持续丧失，因而就长期的可持续能力而言，人类减缓生态系统服务退化的行动还是具有不确定性的。

过去为减缓和扭转生态系统退化而采取的行动已经取得了显著的效益，但是这些成效普遍慢于

对生态系统压力和需求的增长[8]。例如，人类已经建立了100 000多个（总面积约占陆地表面的11.7%）保护区，在保护生物多样性和生态系统服务方面，这些保护区具有重要作用。此外，技术进步对减轻单位面积上人类对生态系统服务需求的增加也具有巨大帮助。尽管MA评估的大多数生态系统服务是退化的，但是在过去的几十年中如果没有采取积极对策的话，那么生态系统退化的幅度将会更大。例如，人类已经建立了100 000多个保护区（包括国家公园这种严格意义上的保护区域和像伐木场和狩猎区这些为了自然生态系统的持续利用而管理的区域），总面积约占陆地表面的11.7%。在保护生物多样性和生态系统服务方面，这些保护区具有重要作用（尽管目前保护区的分布非常不均衡，特别是海洋和淡水生态系统的保护区的这一情况更为严重）。此外，技术进步对减轻单位面积上人类对生态系统服务需求的增加也具有巨大帮助。

尽管可以开发某些（而不是所有）生态系统

服务的替代产品；但是替代产品的成本普遍较高，而且可能引发其他的负面环境效应。[8]例如，最近几年开发的乙烯化合物、塑料和金属等产品对减慢全球木材消费的增长具有重要作用。尽管替代产品可以降低对特定生态系统服务的压力，但是它们并非只对环境产生净收益。例如，化石燃料对薪材的替代，减轻了对林木消耗的压力和室内空气的污染程度。但是，化石燃料的使用却加大了温室气体的排放，进而导致全球变暖等其它环境问题。此外，与原始的生态系统服务相比，替代产品生产成本一般较高。

人口变化（包括增长和移民）、经济活动变化（包括经济增长、财富差异，以及贸易格局）、社会政治因素（包括地区冲突和决策制定中的公众参与程度）、文化因素，以及技术改革，它们是导致生态系统及其提供的服务发生变化的五大间接驱动因素。如果不能采取行动减少以上一种或者多种驱动因素的消极影响（或者提高它们的积极影响）的话，那么扭转生态系统退化的愿望就几乎难以实现[4]。以上5种间接驱动因素共同影响着生态系统服务的生产和消费水平，以及生产的可持续能力。经济增长与人口增加都会导致对生态系统服务的消费水平提高，当然具体到某一消费水平可能对环境造成的不利影响时，这与生产生态系统服务采用的技术效率有关。以往减缓生态系统退化的行动往往没有考虑以上间接驱动因素的作用。例如，林业管理决策受到来自林业部门之外（如贸易政策与体制，微观经济政策，以及农业、基础设施、能源与采矿业的政策）的行的影响较林业内部的影响还要强烈。

确保对生态系统实施可持续管理的一组有效对策必须考虑以上间接驱动因素的作用，同时也必须克服来自以下几个方面的障碍[8]：

- 不合理的体制和管理安排，包括腐败，监管与责任系统弱。

- 市场失灵，经济刺激不当。

- 社会和行为因素，包括一些社会群体的政治和经济权力的丧失，例如贫困人群、妇女和原住民，他们特别依存于生态系统的服务，容易遭受生态系统退化的危害。

- 技术开发与推广可以提高对生态系统服务的利用效率，并且减少生态系统变化的各种驱动力的不利影响。但是在这些方面的投资不足。

- 缺乏既可提高资源收益又能保护资源的有

关知识（包括对现有知识的利用水平较低），这些知识涉及生态系统服务及其管理、政策、技术、行为和制度对策。

由于在评估和管理生态系统服务方面人类自身能力与制度功能较弱、用于调控与管理生态系统服务利用状况的投资不足、公众意识的缺乏，以及决策制定者对生态系统服务退化给人类造成的威胁和可持续管理的生态系统能够给人类提供的机遇了解不够，因而进一步增加了克服以上障碍的难度。

MA对74项涉及生态系统服务、综合的生态系统管理、生物多样性的保护与可持续利用和气候变化等方面的对策进行了评估。这些对策中的大部分可以在保护或可持续地提高生态系统服务的供应，以及克服与此有关的诸多障碍方面做出贡献。专栏2中列举了为一些特定部门提出的积极对策，以下将介绍一些为解决关键性障碍而提出的跨领域对策。

制度与管理

为了创造有效管理生态系统的条件，有时需要对当前的制度和环境管理框架进行改革。当然，在其它一些情况下现行的制度也能够满足管理生态系统的要求，不过它们面临一些重要的障碍。[8]在全球和国家层次上的一些现行制度具有防治生态系统服务退化的权力，不过由于部分问题涉及跨部门合作与多尺度之间的协调对策等需求，因而现行制度在应对生态系统服务退化的操作过程中面临着许多挑战。由于评估中发现的一些问题只是近期才关注到的，当初在设计今天的管理制度时并没有专门考虑，因而特别是在国家尺度上对现行制度进行改革或者制定新的管理制度时就显得很有必要。

特别需要指出的是，在管理公共资源（这也是许多生态系统服务的特征）方面现行的国家和全球管理制度设计不够完善。资源的所有权与使用权、管理决策的参与权，以及对特殊类型资源的利用（或者对废弃物的排放）进行调控，这些议题都对生态系统管理的可持续能力具有强烈的影响，是决定谁在生态系统变化中受益（和受害）的基本条件。腐败作为对生态系统进行有效管理的一个重要障碍，其产生也与监管和责任体系弱有关。

积极的干预措施：

- 把生态系统的管理目标纳入到其他部门，以及更加广泛的发展计划框架内。影响生态系统的最重要的公共政策的决策，常常是由那些在政策层面

专栏 2 几种适用于特定部门的可行并有效的对策举例

下面列出了几种被认为是适用于特定部门的有希望的或者有效的对策(见附件 B)。这里所说的有效的对策是指它可以提高特定的生态系统服务并改善人类的福祉状况,而且不对其它服务功能造成显著的损害,也不对其他人产生不利影响。可行的对策是指目前虽然尚无长期的评估记录,但其成功的可能性很大,或者是通过已知的方法将其改进后,可以成为有效的对策。

农业

- 取消在经济、社会,以及环境方面具有不利影响的各种生产补贴。
- 加强农业科技的投入与推广,保证食物供应的必要增长,同时避免因过多使用水资源、养分或者杀虫剂而产生有害结果。
- 利用有关对策,承认妇女在食物生产和使用方面的地位,强化妇女在获取和控制与食品安全有关的资源方面的权力。

- 综合应用基于规章制度、激励和市场的作用机制以减少养分的过度使用。

渔业与水产业

- 降低海洋捕鱼量。
- 建立严格的海洋渔业监管制度,确定并执行捕捞配额,以及应对未报告捕捞和无节制捕捞的措施。特别是对于冷水渔业和单一鱼种的渔业,个体可转让配额制度在一些情况下可能比较适用。
- 建立正确的监管体系,减少水产业对环境的有害影响。
- 建立海洋保护区(包括弹性禁渔区)。

水资源

- 施行流域生态系统服务补偿办法。
- 完善淡水资源的权力配置,根据保护需求采取激励措施。
- 提高水资源管理信息的透明度,改善处于边缘地位的利益相关方的参与状况。

- 建立水资源市场。
- 强调对自然环境的利用,以及除修建水坝与大堤之外控制洪水的措施。
- 增加科技投入,提高农业的水资源利用效率。

林业

- 综合运用在财政体制、贸易规则、全球环境计划,以及全球安全决策方面已经达成协议的可持续林业经营方式。
- 授权地方社区,支持他们为实现林产品的可持续利用而采取的行动。总体来讲,与政府或者国际计划(international processes)领导的各种努力相比,以上地方社区的行动更加显著,不过它们的推广需要政府或者国际程序的支持。
- 改革对林业的管理,发展国家领导的、经过利益相关方协商的集中于战略需要的国家林业计划。

并不负责保护生态系统的部门作出的。例如,发展中国家的政府为世界银行和其它公众机构提出的《减贫战略》,很大程度上反映了国家发展的优先考虑,通常没有考虑生态系统在改善最贫穷人群的基本人类能力方面的重要性。

■ 增进在各种多边环境协议之间,以及环境协议与其它国际经济与社会机构之间的协调。虽然国际协议对于解决跨越国界的有关生态系统问题是必不可少的,但是许多障碍的存在削弱了它们当前的效力。目前,有关部门正在采取措施以提高这些机制之间的协调能力,从而帮助它们扩大关注的范围。但是,在多边环境协议和其它政治权力较强的国际制度(如经济与贸易协议)之间也需要进行协调,以确保它们的作用目的不相互矛盾。这些协议的执行需要从国家的层次上对相关机构和部门进行协调。

■ 通过利益相关方对决策制定过程的广泛参与,提高政府和私营部门制定对生态系统具有影响的决策的透明度和责任心。在决策制定过程中,经过公众广泛参与而制定的法律、政策、制度,以及市场可能更加有效,从而被认为具有公正性。通过

利益相关方的参与,可以更好地了解有关影响和弱点,了解有关利害关系中成本与效益的分配,可以在特定的环境条件下找出更为广泛的对策,因而促进决策过程更加完善。此外,利益相关方对决策过程的参与可以增加决策的透明度,提高决策制定者的责任感,从而减少腐败现象的发生。

经济与激励

经济与财政干预为调节对生态系统产品和服务的利用提供了强有力的手段[8]。因为许多生态系统服务不能通过市场进行交易,因而市场不能为有效的配置和可持续地利用生态系统服务提供正确的引导信号。运用经济和财政手段通过影响人类行为,从而解决以上挑战的机会还是广泛存在的。然而,只有在制度支持到位的条件下,市场机制和大多数的经济手段才能发挥作用。因此,为了使以上机制能够得到广泛利用,需要加强制度能力方面的建设。

积极的干预措施:

- 取消促进对生态系统服务过度利用的各项补贴(在条件允许的情况下可以把这些补贴转变为

对不能在市场上交易的生态系统服务的补偿)。2001—2003年期间,经济合作与发展组织的国家平均每年用于农业部门的政府补贴超过了3 240亿美元,相当于2000年全球农产品总价值的1/3。其中相当一部分是与生产补贴有关,结果导致工业化国家的食物生产超过了全球市场条件的需求,造成化肥和杀虫剂在那些国家过度使用,而且降低了发展中国家的农业盈利能力。经济合作与发展组织之外的许多国家也存在不合理的投入与生产补贴。此外,在其他部门,如水资源、渔业和林业部门,也存在许多不合理的补贴。虽然消除不合理的各项补贴将会产生一定的净收益,但是这也是需要付出一定的代价。对于由于补贴取消而对贫困人口造成的不利影响,应该建立相应的补偿机制。取消经济合作与发展组织国家的农业补贴,同时也需要发展中国家采取行动把生态系统服务的不利影响减少到最低程度。

■ 对生态系统服务的管理尽量使用经济手段和通过市场途径。这包括以下几个方面:

- 对具有“外部性”成本(市场之外的交易)的活动征税或者收取使用费。例如,过度使用肥料税和生态旅游费。
- 建立包括排放上限与交易排放系统(cap-and-trade systems)在内的有关市场。与生态系统服务有关的一个正在迅速发展的市场是碳市场。2004年1月至5月,大约6 400万t的二氧化碳当量以工程的形式进行了交换,几乎相当于2003年的全年交换量。2003年碳贸易的价值大约是3亿美元。其中大约1/4的贸易与在生态系统服务方面的投资有关(水电或者生物量)。根据推测,至2010年碳市场的贸易将会增至100亿~440亿美元。建立养分交易系统的市场也许是降低美国养分负荷的一种低成本途径。
- 对生态系统服务进行补偿。例如,为了引导土地所有者提供生态系统服务,1996年哥斯达黎加建立了一个全国性的保护补偿体系。在这一计划的指导下,哥斯达黎加的经纪人为国际或者国内的“购买者”和地方的“销售者”签订关于储备碳、生物多样性、流域服务,以及自然美景的交易合同。另一种崭新的财政保护机制是“生物多样性补偿”,据此开发者向保护活动支付一定的酬

金,用于补偿由于项目开发而不可避免地给生物多样性造成的损害。

- 建立表达消费偏好的市场机制。例如,当前对可持续渔业和可持续林业作业方式的认证体系为人们提供了通过消费选择促进可持续发展的机遇。

社会和行为对策

社会和行为对策(包括人口政策,公众教育,社区、妇女和青年人的授权,以及民间社会行动)可能有助于人类应对生态系统退化问题。[8]这些对策一般是由利益相关方发起和执行的干预,它们是通过行使人们在改善生态系统服务和人类福祉的努力方面所涉及的程序性权力或者民主权力来实现的。

积极的干预措施:

■ 采取措施减少对不可持续经营的生态系统服务的总消费。消费者对消费项和消费量的选择不仅受价格因素的影响,而且还受与文化、伦理道德和价值取向有关的行为因素的制约。可以通过政府(例如教育和公众常识宣教计划,或者提高需求方管理)、工业(例如完善产品的商标管理,或者承诺使用被认证为可持续的原材料)和民间社会(通过提高公众意识)的行动鼓励人类发生行为变化,减少对退化了的生态系统服务的需求。但是,在努力减少对不可持续的生态系统服务的总消费的同时,有时仍必须采取措施提高特定人群(例如贫困人群)对那些生态系统服务的获取和消费。

■ 交流与教育。为了实现环境公约、《约翰内斯堡实施计划》(Johannesburg Plan of Implementation)和更加广泛的自然资源可持续管理的有关目标,改善交流与教育状况是必不可少的。尽管公众与决策者都能从有关生态系统与人类福祉的教育中获得裨益,但是教育在帮助人们认识引起生态系统退化的许多驱动力方面,可以获得更大的社会效益。当前,影响有效开展交流与教育的障碍包括,无法利用研究成果和无法运用关于学习和改变的现代理论。在充分认识了交流与教育的重要性之后,调动人力和财政资源开展有效的工作,仍是一个需长期持久的问题。

■ 授权给包括妇女、原住居民和青年这些或者对生态服务依存性较强,或者容易遭受生态系统退化影响在内的人群。尽管妇女拥有环境知识和潜能,但是由于经济、社会和文化结构的原因,她们



在参与决策方面仍然常常受到限制。因为青年人将要经受当前有关生态系统服务决策的长期影响，所以他们也是重要的利益相关方。原住民对传统领地的控制有时也会产生环境效益，尽管其主要的证据一直是依据人权和文化权得出的。

技术对策

鉴于对生态系统服务的需求日益增长和来自其它方面的生态系统压力的增加，为了提高资源的利用效率，或者降减少诸如气候变化和营养负荷这些驱动力的影响，技术开发和技术推广就必不可少。[8]过去为了满足对某些生态系统服务需求的日益增长，技术改革一直是必不可少的基本条件。对于未来的需求增长，仍有相当的希望可以借助技术的帮助给予实现。目前，可以减少养分污染而且成本合理的技术已经出现。这方面的例子包括减少点源排放、改变作物管理方式，以及可以帮助控制田间化肥使用的精准农业技术。但是为了在足够大的尺度上应用以上技术手段，以减缓并且最终扭转营养负荷的上升趋势（尽管在诸如非洲的亚撒哈拉这些很少使用化肥的地区，那里的化肥施用正在增加，但是已经认识到这一全球目标是必须实现的），当务之急是制定新的政策进行指导。但是，新技术有时也对生态系统和人类福祉造成负面影响，因而在引入之前进行认真的评估必不可少。

积极的干预措施：

■ 提高技术水平，既增加作物产量又不造成与水资源、养分和杀虫剂使用有关的不利影响。在21世纪，农业扩张仍将是导致生物多样性丧失的主要驱动力之一。通过技术开发、技术评估和技术

推广，在没有过度消耗水资源，或者过度使用养分和杀虫剂而造成有害影响的前提下可持续地提高单位面积上的食物产量，将显著地降低其他生态系统服务的压力。

■ 生态系统服务修复。目前生态系统修复行动在许多国家普遍存在。当生态系统呈现出转变之前的某些特征时，通常情况下可以对其进行修复，从而提供最初的一些生态系统服务。但是，与防治生态系统退化相比，进行生态系统修复的成本一般极高。此外，修复严重退化了了的生态系统服务可能需要相当长的时间，而且并非所有退化了了的生态系统服务都能够进行修复。

■ 提高技术水平，增加能量利用效率，减少温室气体排放。由于能量供应、能量需求和废弃物管理部门已经具备了广泛的技术条件，因而从技术层面上讲，显著地减少温室气体的净排放是可行的。为了实现预计的减排目标，将需要一系列的能量生产技术（包括燃料转换技术，煤/油向燃气的转换；提高电厂效率；提高可更新能源的利用技术）。此外，在运输业、建筑业和工业部门也需要采用更加有效的能源利用技术。当然，完善和执行相关的支撑制度与政策，克服技术推广和市场化过程中存在的障碍，提高公众和私有部门对技术研发和技术转让的资助力度，这些也是必不可少的条件。

知识对策

由于一方面缺乏关于不同生态系统的知识和信息，另一方面不能充分利用已有的信息支持管理决策；因而限制了有效的生态系统管理的实施[8, 9]。例如，在大多数地区关于大多数生态系统服

务状况与经济价值的信息相当有限，而且在国家的经济统计中很少对生态系统服务的耗损进行记录。在全球尺度上，关于不同生态系统和土地利用类型分布范围和变化趋势的基础数据极少。用于预测未来环境和经济状况的模型，在整合生态反馈（包括生态系统的非线性变化）和行为反馈（例如，在适应性生态系统管理中出现的经验学习）方面能力有限。

同时，决策者未能充分利用已有的相关信息。这一方面是因为制度失灵的原因，从而导致已有的与政策有关的科学信息不能提供给决策者；另一方面的原因在于未能整合其它形式的对生态系统管理具有相当价值的知识与信息（如传统知识和实践知识）。



积极的干预措施：

■ 在资源管理和投资决策中兼顾生态系统的非市场价值。大多数的资源管理和投资决策是考虑不同政策选择下的货币成本与效益，并受其强烈的影响。如果了解不同管理选择的总经济价值，并且实行对非经济成分的审议机制的话，那么资源管理和投资决策将会进一步完善。

■ 在评估和决策制定过程中，充分利用各种形式的有关知识和信息，包括传统知识和实践知识。有效的生态系统管理特别需要基于地方的知识，即关于某一生态系统的具体特征和历史。地方的资源管理者所掌握的传统知识与实践知识对于资源管理常常具有相当宝贵的价值，但是在决策过程中它们很少得到利用，通常它们确实是被不合理地

丢弃了。

■ 提高和维持个人和机构在了解关于生态系统变化对人类福祉的后果，以及对这些后果进行评估的能力。我们需要较强的管理农业、森林和渔业的能力。尽管目前许多国家在农业、林业以及渔业的管理方面能力有限，但是与管理其他生态系统服务的能力相比，这些管理能力仍然是比较强的。

面对存在于数据、预测、环境和尺度方面的不确定性，可以利用多种框架和方法做出较好的决策。为了减少生态系统管理决策当中的不确定，积极的适应性管理可能是一种特别有价值的手段[8]。通常使用的决策支持方法包括成本—效益分析、风险评价、多目标分析、预防性原则，以及脆弱性分析。情景分析也是处理多种不确定性的一个方法。但是，由于我们对生态响应和人类反应的过程不够了解，所以任何一种情景都隐藏了自身特定的不确定性。鉴于社会生态耦合系统具有高度的不确定性，积极的适应性管理就成了一种特别有价值的手段。积极的适应性管理通过设计各种管理计划，对有关生态系统各组分的作用原理及其相互作用机制的假设进行检验，因而与不采取这些措施相比，它可更快地减少关于系统的不确定性。

评估发现，关于生态系统变化的驱动力、生态系统服务变化对人类福祉的影响，以及在所有尺度上为了实现可持续发展而用于提高决策制定水平的各种对策的优点，这些方面的信息已经比较充足。但是，这次评估也揭示了许多研究需求和信息鸿沟，采取行动解决这些需求，在完善政策和行动的所需信息方面将会产生大量的收益[9]。由于数据和知识的缺乏，对于用户提出的许多问题，这次评估还不能全部回答。一些数据与知识的缺乏是由于目前人类在有关生态系统服务及其与人类福祉的联系方面的监测系统还较弱。此外，这次评估揭示了未来研究的许多重要需求，例如完善对生态系统非线性变化，以及不同管理对策的经济价值的理解。增加对监测和研究工作的投入，加强对不同国家和地区的生态系统服务的评估，一定会显著地提高以后在全球尺度上开展生态系统变化对人类福祉的影响进行评估的效用。

千年生态系统评估的 关键问题



1. 生态系统在过去是怎样变化的? 26
2. 生态系统服务和人类对生态系统服务的利用在过去是怎样变化的? 39
3. 生态系统变化在过去是怎样影响人类福祉和减轻贫困的? 49
4. 导致生态系统变化的最关键的因素是什么? 64
5. 在未来的各种可能情景下生态系统及其提供的服务会怎样变化呢? 71
6. 在亚全球尺度上, 我们可以从生态系统变化对人类福祉造成的影响中学习到什么? 84
7. 关于生态系统的时间尺度、惯性和发生非线性变化的风险, 我们都了解什么? 88
8. 为了可持续地经营生态系统, 我们存在什么样的选择? 92
9. 妨碍制定有关生态系统决策的最重要的不确定性是什么? 101

1. 生态系统在过去是怎样变化的?

生态系统的结构

20 世纪的后半叶，世界生态系统结构的变化速度比人类历史上记录的任何时期都快：事实上，现在人类活动已经显著地改变了地球上的所有生态系统。生态系统结构的最显著的变化，是大约 1/4 (24%) 的地球陆地表层已经转变为垦殖系统 (C26.1.2) (见专栏 1.1.)。在 1950 年之后的 30 年中，转变为农田的土地面积比 1700—1850 年这 150 年间转变的总和还要多 (C26)。

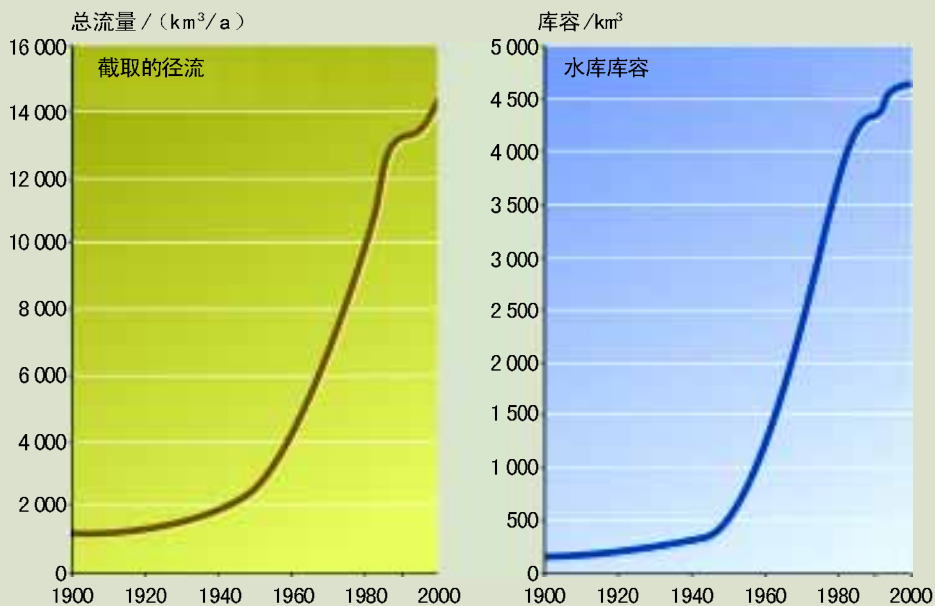
1960—2000 年期间，世界上的水库库容翻了两番，结果导致被大型水坝拦截的水量估计是自然河道中水量 (不包自然湖泊) 的 3~6 倍 (C7.3.2) (见图 1.1)。在拥有充足时间序列数据资料的国家 (这些国家当前的红树林面积占世界上总面积的 1/2 以上) 中，大约 35% 的红树林是在过去的 20 年中消失的 (C19.2.1)。在 20 世纪的后几十年，世

界上丧失了大约 20% 的珊瑚礁，除此之外还有 20% 已经退化 (C19.2.1)。专栏 1.1 和表 1.1 对不同生态系统的重要特征和变化趋势进行了总结。

尽管目前生态系统的大多数快速变化正发生在发展中国家，但是工业化国家在历史上也经历了相似的生态系统变化。在 1700 年以后，欧洲经历了农田的快速扩展；在 1850 年以后，北美和前苏联也显著地经历了农田的快速扩展 (C26.1.1)。至 1950 年，大约 70% 的温带原始森林和草原、以及地中海森林已经消失，其中大部分是被开垦为农业用地 (C4.4.3)。历史上，温带地区的森林砍伐比热带地区更加严重，因而欧洲是目前世界上原始森林现存份额最少的一个洲 (C21.4.2)。但是，就转化速度来讲，工业化时代之前的生态系统变化似乎要远远低于当前的转化速度。

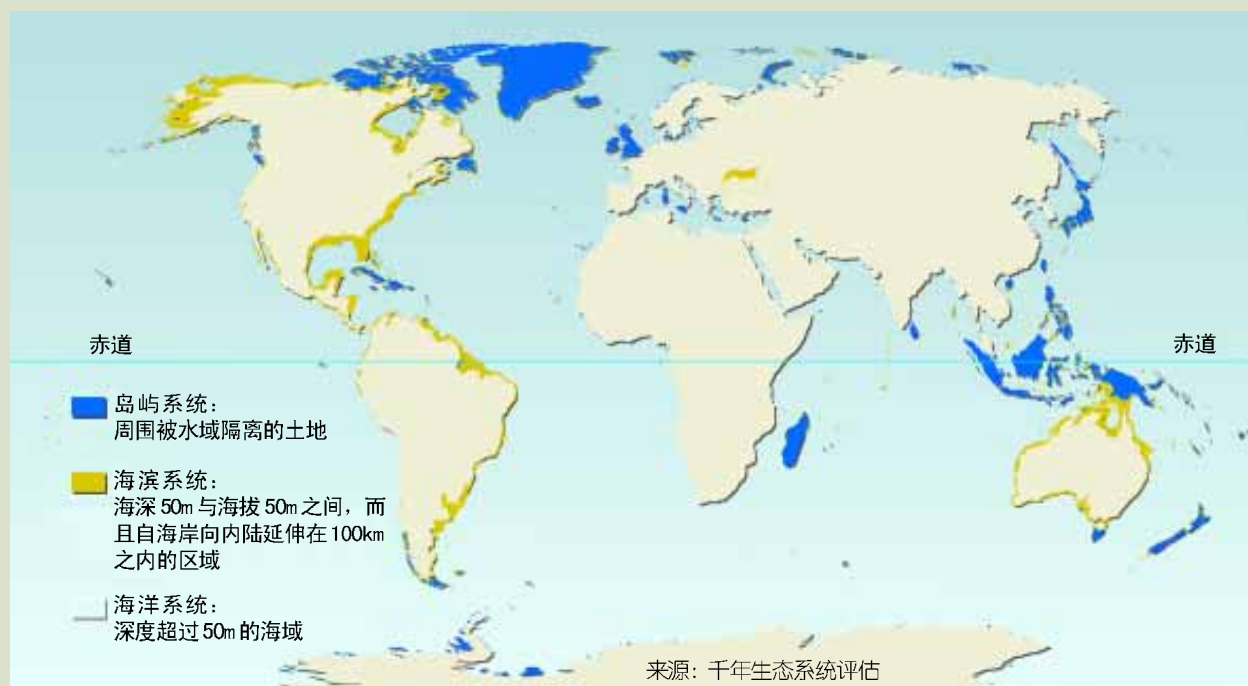
图 1.1 1900—2000 年陆地的径流截留量和大型水库蓄水量变化的时间序列 (C7 图 7.8)

本时间序列是根据从世界大型水库中 (指库容大于 0.5km³ 的水库) 抽取的一个样本子集计算得到的，它们的蓄水量约占世界水库蓄水总量的 65%，而且具有在河流水系中进行地理定位的相关数据资料和流量资料。1960—2000 年的数据显示，世界上截留的径流量和水库容量在该期间快速趋向平稳。然而，近来在世界上的某些地区，由于对大型水电工程周围的社会、经济和环境关注日益增加，因而以上数据的增长趋势已经减慢。



来源：千年生态系统评估

专栏 1.1 世界生态系统的特征



我们根据地球表层陆地和海洋的 10 种覆被类型（这里称作“系统”）对评估结果进行报道。这 10 种覆被类型分别是：森林、垦殖、旱区、海滨、海洋、城镇、极地、淡水、岛屿和山地。每一类型包含许多生态系统。同一类型内的生态系统共享一组相似的生物、气候和社会因素，但是不同类型间生态系统的以上因素存在着明显差异。MA 报告中的以上类型在空间上并不互相排斥，它们相邻之间的边界区域常常存在一定的重叠。例如，森林和垦殖土地之间的过渡带既包括在森林系统之中，同时也包括在垦殖系统之中。在 MA 的报告中之所以选用这些覆被类型，一方面在于它们与不同管理部门（例如农业、水利、林业等等）的职责区域相对应；另一方面在于它们已经被生物多样性公约使用。

海洋、海滨和岛屿系统

■ 海洋系统是指世界上的海洋。为了制图的方便，图中的海洋表示的是深度超过 50m 的海域。全球的渔业捕捞在 20 世纪 80 年代后期达到了最高点，目前尽管渔业方面正在

进行各种努力，但是渔业捕捞仍在下降（C18.ES）。

■ 海滨系统是指海洋与陆地之间的交界面，向海洋延伸至大陆架的中间，向内陆延伸至所有受海洋因素强烈影响的区域。图中表示的滨海系统是位于平均海深 50m 与潮流线以上 50m 之间的区域，或者自海岸向大陆延伸 100km 范围内的低地，包括珊瑚礁、高潮线与低潮线之间的区域、河口、海滨水产作业区，以及水草群落。世界上几乎一半的主要城市（指居住着 500 000 以上的人口）都位于距离滨海系统 50km 的范围之内，滨海区域的人口密度高于内地 2.6 倍。根据通常使用的所有测算方法，滨海系统居民的平均人类福祉远远高于内陆社区（C19.3.1）。

■ 岛屿是指周围被水域隔离的土地（包括大陆上的岛屿和海洋中的岛屿），其中海滨与内陆的之比值较高。为了制图的方便，MA 使用了 ESRI ArcWorld 的国家边界数据，包括了接近 12 000 个岛屿。在制图和统计上忽略了面积小于 1.5hm² 的岛屿，包含的最大岛屿是格陵兰岛（Greenland）。虽然图上显示了距离大陆 2km 以内的岛屿（例

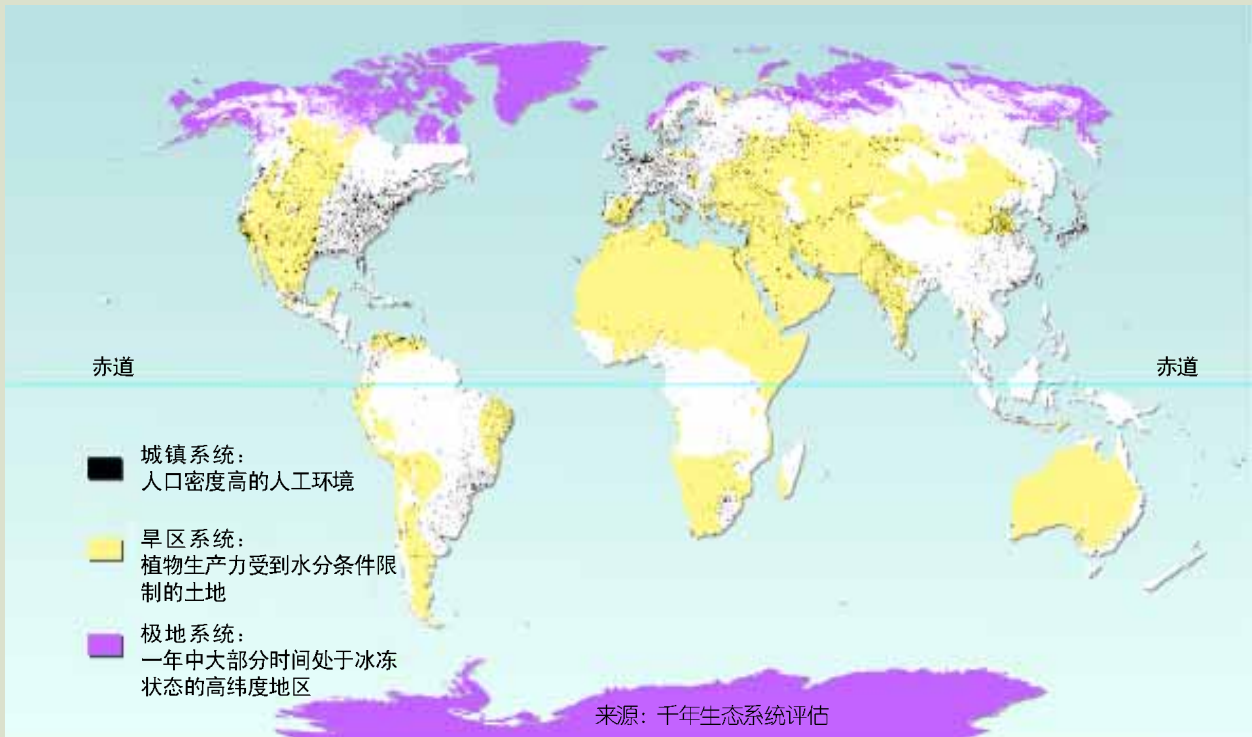
如，美国的 Long Island），但是报告中没有包括有关这些岛屿的统计数据。岛屿国家（包括它们的专属经济区）占了世界海洋的 40%（C23.ES）。岛屿系统对于外界干扰特别敏感，有记载的物种灭绝大半是发生在岛屿系统。当然，这种格局正在发生变化，在过去的 20 年中，发生在大陆上的物种灭绝几乎和岛屿上一样多（C4.ES）。

城镇、旱区和极地系统

■ 城镇系统是指人口密度高的人工环境。为了制图的方便，MA 把城镇系统表示为已知定居人口至少为 5 000 人的城镇；其边界是通过观测稳定持久的夜间灯光来确定，在没有这些数据的情况下则进行推测。世界上的城镇人口已经由 1900 年的大约 2 亿上升到了 2000 年的 29 亿；超过 100 万人口的城市由 1900 年的 17 个增加到了 2000 年的 388 个（C27.ES）。

（下转 29 页）

专栏 1.1 世界生态系统的特征 (续)



■ 旱区系统是指植物生产力受水分条件制约的土地，主要用途是畜牧业(养殖大型食草哺乳动物)，包括放牧和种植业。图上表示的旱区系统是根据联合国《防治沙漠化公约》中给出的定义制作的，指年降水量低于年潜在蒸发量 2/3 的土地，包括干旱和亚湿润区域(降水量与潜在蒸发量之比在 0.50 与 0.65 之间)、半干旱、干旱，以及极端干旱区域(降水量与潜在蒸发量之比小于 0.05)，但不包括极地区域。旱区包括耕地、密灌丛、疏灌丛、草地、稀树草原、半沙漠和沙漠。旱区系统约占地球陆地表面的 41%，生活着大于 20 亿的人口(约为世界总人口的 1/3)(C22.ES)。农田约占旱区的 25%(C22 表 22.2)，旱区草原支撑了世界上大约 50% 的牲畜生产(C22)。与其他地区相比，旱区系统上大约 90% 的国家属于发展中国家，当前的人类社会经济状况较差。2000 年旱区系统每年的人均可利用淡水是 1300m³，尽管这已经低于最低人类福祉和可持续发展所要求的每年人均 2 000

m³界限，但是预计未来旱区系统的可利用淡水将会持续减少(C22.ES)。世界上大约 10%~20% 的旱区已经退化(确定性中等)(C22.ES)。

■ 极地系统是指一年内大部分时间处于冰冻状态的高纬度系统，包括冰帽、存在永冻层的地区、冻原、极地荒漠覆盖的区域，以及极地海滨区域，但不包括低纬度地区的高海拔寒冷区域。目前极地系统的平均气温比过去 400 年中的任何时期都要高，因而导致永冻层的大范围解冻和海洋冰山的消融(C25.ES)。发生在极地区域的大多数反馈变化对稀有气体导致的全球变暖趋势具有进一步的扩大作用，因而降低了极地区域作为地球制冷系统的制冷功能(C25.ES)。苔原构成了世界上最大的自然湿地(C25.1.1)。

森林系统

■ 森林系统是指以生长树木为主的土地，通常用于生产木材、薪材，以及非木材的森林产品。图中的森林系统表示高 5 米以上，

冠层郁闭度不少于 40% 的木本植物群落。森林包括暂时性的采伐迹地和人工林地，但不包括果园和以生产粮食作物为主的农林复合系统。在过去的 3 个世纪中，全球的森林面积已经减少了 1/2。有 25 个国家的森林实际上已经消失，另有 29 个国家已经丧失了 90% 的森林覆被(C21.ES)。全球 57% 的地表径流受森林系统的调节。大约 46 亿人口全部或者部分地依靠森林系统供应他们用水(C7 表 7.2)。从 1990—2000 年，全球温带森林的面积每年增加大约 300 万 hm²。但是在过去的 20 年中，平均每年砍伐的热带森林面积超过了 1 200 万 hm²(C-SDM)。

垦殖系统

■ 垦殖系统是指以种植栽培植物为主，主要用于作物、农林业或者水产生产的土地。图中表示的垦殖系统是指每年至少有 30% 的土地景观处于耕作状态的区域，包括农田、轮歇地、圈养牲畜和淡水水产产业，



专栏 1.1 世界生态系统的特征 (续)

约占陆地总面积的24%。在过去的20年中,农田扩展的主要地区包括东南亚、南亚的部分地区、非洲东部的大湖地区、亚马孙流域,以及美国的大平原。农田减少主要出现在美国的东南部、中国东部,以及巴西和阿根廷的部分地区(C26.1.1)。在过去的50年中,人类对食物需求的增加大部分是通过作物、牲畜和水产系统的集约化生产得到满足的,而不是通过生产面积的扩张。1961—1999年期间,尽管在非洲的亚撒哈拉地区生产增长的2/3是通过面积扩张完成的,但是在发展中国家农田面积扩张所获得的增产仅占作物产量总增加量的29%(C26.1.1)。尽管作物产量的提高已经减缓了自然生态系统向农田转化的压力,但是集约化生产却增加了内陆水域生态系统的压力。一般情况下,农业景观的生物多样性较低,并且需要机械和化肥等较高水平的能量输入以维持其运转。尽管

由于垦殖系统与人类的生活距离接近,这意味着大约50亿人口全部或者部分地依靠垦殖系统供应他们用水,但是垦殖系统的地表径流仅占全球总量的16%,(C7表7.2)。养分和工业水污染也与这种距离接近具有联系。

内陆水域和山地系统

■ 内陆水域系统是指海滨之外的永久水体,以及生态条件和利用状况受永久性、季节性、与间断性洪水控制的区域。内陆水域包括河流、湖泊、洪水泛滥的平原、水库、湿地及内陆盐湖系统(注意:湿地公约把MA中的内陆水域和海滨都划为“湿地”)。由于湿地面积减少和内陆水域的水质下降,因而与其他任何“系统”相比,内陆水域的生物多样性状况都比较差(C4和C20)。据推测,全球50%的内陆水域(不包括大的湖泊)已经消失(C20.ES)。水坝和其他

基础设施导致世界上60%的大型河流水系呈现破碎化的状态(C20.4.2)。

■ 山地系统是指陡峭和高海拔的陆地。图中的山地一般是采用海拔这一项标准划定的,但是在低海拔地区,对山地的划分也结合了海拔、坡度,以及地方的地形特征。大约20%(相当于12亿人口)的世界人口生活在山地或者山地的边缘地区,1/2的人类直接或者间接地依存于山地资源(主要指水资源)(C24.ES)。在山地系统的12亿人口中,几乎全部或者90%所在国家的经济处在发展阶段或者转型阶段。在这些国家中,目前7%的山区被划为农田,当地人类的生存高度地依赖于地方农业和畜牧业生产(C24.3.2)。世界上大约40亿人口的用水全部或者部分地依靠山地系统供应。大约9000万山区人口(几乎全部生活在海拔2500m以上的山区)是生活在贫困的状态,在食物安全方面特别脆弱(C24.1.4)。



表 1.1. 千年生态系统评估报告中各“系统”之间的情况比较对照表 (C.SDM)

正如专栏 1.1 所述, 相邻“系统”之间的边界区域常常存在一定的重叠, 因而对于不同“系统”的统计数据可以进行比较, 但是不能进行总数合计, 因为那样将会造成对重叠区域的重复计算。

系统与亚系统	面积 ^a (10 ⁶ km ²)	占全球陆地表面的百分比 (%)	人口		1990—2000 年的增长速度 (%)	人均 GDP ^a	婴儿死亡率 ^b	平均 NPP [kgC/(m ² ·a)] ^c	系统中保护区的百分比 ^d (%)	转变面积 ^e (%)
			密度 (人/km ²)							
			城镇	乡村						
海洋	349.3	68.6 ^e	—	—	—	—	—	0.15	0.3	—
海滨	17.9	4.5	1 105	70	15.9	8 960	41.5	—	7	—
陆地	6.7	4.5	1 105	70	15.9	8 960	41.5	0.52	4	11
海洋	11.2	2.2 ^e	—	—	—	—	—	0.14	9	—
内陆水域 ^f	10.3	7.0	817	26	17	7 300	57.6	0.36	12	11
森林/林地	42.2	28.6	472	18	13.5	9 580	57.7	0.68	10	42
热带/亚热带	23.5	15.9	565	14	17	6 854	58.3	0.95	11	34
温带	6.3	4.3	320	7	4.4	17 109	12.5	0.45	16	67
北方	12.4	8.4	114	0.1	-3.7	13 142	16.5	0.29	4	25
旱区	60.9	41.3	750	20	18.5	4 930	66.6	0.26	7	18
极端干旱	9.8	6.6	1 061	1	26.2	5 930	41.3	0.01	11	1
干旱	15.7	10.6	568	3	28.1	4 680	74.2	0.12	6	5
半干旱	22.3	15.3	643	10	20.6	5 580	72.4	0.34	6	25
干旱半湿润	12.9	8.7	711	25	13.6	4 270	60.7	0.49	7	35
岛屿	9.9	6.7	1 020	37	12.3	11 570	30.4	0.54	17	17
岛国	7.0	4.8	918	14	12.5	11 148	30.6	0.45	18	21
山地	33.2	22.2	63	3	16.3	6 470	57.9	0.42	14	12
300~1000m	15.1	10.2	58	3	12.7	7 815	48.2	0.47	11	13
1000~2500m	11.9	8.1	69	3	20.0	5 080	67.0	0.45	14	13
2500~4500m	3.9	2.7	90	2	24.2	4 144	65.0	0.28	18	6
>4500m	1.8	1.2	104	0	25.3	3 663	39.4	0.06	22	0.3
极地	23.0	15.6	161 ^g	0.06 ^g	-6.5	15 401	12.8	0.06	42 ^g	0.3 ^g
垦殖	35.6	24.1	786	70	14.1	6 810	54.3	0.52	6	47
牧草地	0.1	0.1	419	10	28.8	15 790	32.8	0.64	4	11
农田	8.3	5.7	1 014	118	15.6	4 430	55.3	0.49	4	62
混合用地	27.1	18.4	575	22	11.8	11 060	46.5	0.6	6	43
(作物与其他)										
城镇	3.6	2.4	681	—	12.7	12 057	36.5	0.47	0	100
全球	510	—	681	13	16.7	7 309	57.4	—	4	38

^a 除垦殖系统的面积是根据 1992—1993 年的 GLCCD v2 数据集 (C26 专栏 1) 估算得到的之外, 其余系统的面积都是根据 2000 年的 GLC2000 数据集估算得到的。

^b 每 1000 个出生的活婴儿在 1 岁之内死亡的个数。

^c 只包括 IUCN 规定的 I 到 VI 类的自然保护区。

^d 除森林/疏林地之外的所有“系统”的转变面积是根据 GLC2000 土地覆被数据集中的垦殖区域或城镇区域计算得到的; 而森林/疏林地的转变面积则是根据潜在植被 (WWF 生态区域中的森林生物群落) 和 GLC2000 中森林/疏林地的当前面积计算得到的变化百分比。注: 有 22% 的森林/疏林地“系统”是在森林生物群落之外的, 因而在本分析中没有包括在内。

^e 占地球表面百分比。

^f 计算内陆水域系统的人口密度、增长速度、人均 GDP 及人口增长速度时, 包括了系统边界之外的 10 公里缓冲区。

^g 不包括南极洲。

全球范围内，已经被人类活动最显著地改变了的生态系统和生物群区，包括海洋与淡水生态系统、温带阔叶森林、温带草地、地中海森林和热带干森林（见图 1.2，以及 C18 和 C20）。在过去的 50 年中，世界上对食物和动物饲料的需求，已经给海洋系统的渔业捕捞造成了巨大的压力，结果导致世界上许多渔场的目标种和同时捕获的其他种的生物量已经降低到了渔业工业化开始之前的 1/10 水平（C18.ES）。在全球尺度上，由于较高营养级位的鱼类种群已经枯竭，因而目前捕捞的鱼类越来越多地是来自于具有较低经济价值的处于较低营养级位的鱼群（见图 1.3）。这一事实也反映了鱼类资源的退化状况。

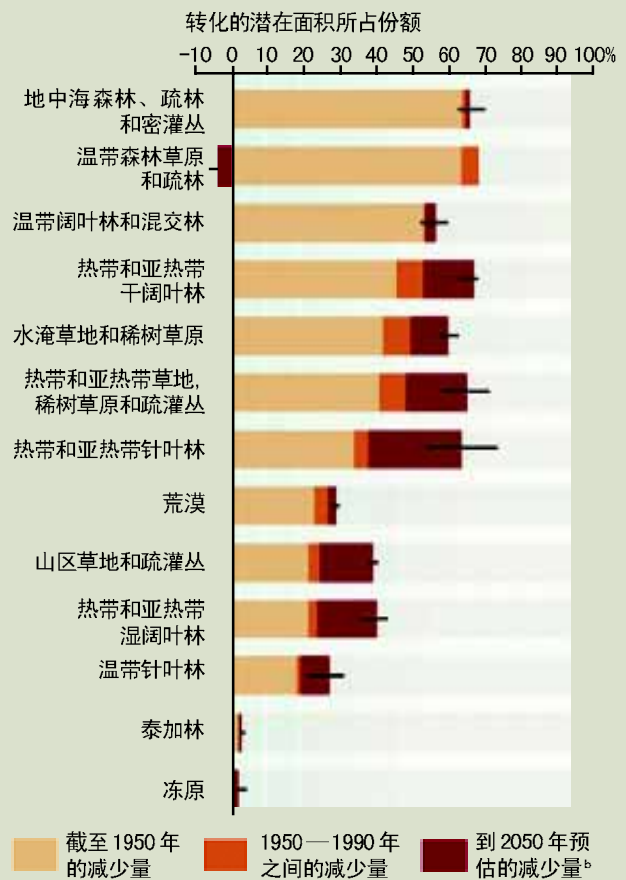
由于修建水坝和人类的水资源利用，淡水生态系统已经被改变。由于沿河修建水坝或者其他建筑，世界上 60% 的大型河流水系的流量已经受到了中等或者强烈的影响（C20.4.2）。人类抽取用水已经导致诸如尼罗河、黄河和科罗拉多河等几个重要河流出现断流。由于河水流量减少，作为维持河口生态系统的重要养分供给源河流沉积物的流量也相应地减少。世界范围内，尽管人类活动已经导致河流的沉积物流量增加了大约 20%，但是水库和河流改道这些因素却导致由河流输送到河口生态系统的沉积物减少了大约 30%，因而导致河流入海口的沉积物输送量净减少了大约 10%（C19.ES）。

如图 1.3 所示，至 1990 年，在世界上的 14 个主要陆地生物群区中，大于 2/3 面积的温带草地和地中海森林已经发生了改变；此外，大于 1/2 面积的热带干森林、温带阔叶林、热带草地和洪水区草地也已经发生了改变，以上生物群区的变化主要是转变成了农业用地。在世界的主要生物群区中，只有苔原和北方森林的丧失和转变水平不是太明显，基本可以忽略，但是它们却已经开始受到了气候变化的影响。

全球范围来讲，生态系统的转变速度已经开始减慢，这主要是由于耕地的扩展速度降低引起的，在某些地区（特别是在温带地区），生态系统正在恢复它们转变之前的状态和物种组成。但是，对于某些特殊的生态系统和地区来讲，生态系统仍在高速转变，或者正在加速转变。在 MA 的支持下，基于全球和区域的数据资料第一次对陆地和沿海土地覆被的状况和变化趋势进行了系统的调查。图 14 表示了 1980—2000 年期间森林砍伐、植树造林和旱区退化的分布格局。在世界上的许多地区，适宜于

图 1.2. 陆地生物群区的转化^a（根据 C4，S10 改编）

尽管目前不可能准确推测人类显著影响之前的各生物群区的分布范围，但是根据土壤和气候条件还是可以确定出它们的潜在分布区域的。下图分别表示推测出的那些潜在区域在 1950 年前的转化情况（确定性中等）、1950—1990 年的转化情况（确定性中等），以及根据 MA 的 4 种情景预计在 1990—2050 年将会发生的转化情况（确定性低）。由于红树林的面积太少，不能对其进行准确评估，所以这里没有把它包括进来。这些生物群区的大部分转化是流向了垦殖系统。



^a生物群区是在全球尺度之下的容易辨认的最大的生态分类单位，例如温带阔叶林或者山区草地。由于生物群区是一种广泛使用的分类单位，文献报道中的相当多的生态数据资料和模型模拟都是使用这种分类，因而这次评估中的某些信息只能基于生物群区进行报告。但是，在可能的情况下 MA 的信息报告还使用了 10 种社会生态分类，例如森林、垦殖、海滨及海洋系统。之所以使用后一种分类，一方面是它们与不同政府部门的管理职责区域相对应，另一方面是他们已经被生物多样性公约所使用。

^b根据 MA 的 4 种情景，图中对 1990—2050 年的预测，表示的是对 4 种情景的预测的平均值，误差条（黑线）表示不同情景的离差。

来源：千年生态系统评估

集约化农业的土地已经被开垦，因而进一步扩展耕地的机会正在减少 (C26.ES)。此外，鉴于农业生产力的提高，进行农业扩展的需求也正在减小。

由于以上2种因素的作用，结果导致垦殖系统(垦殖面积不少于30%的区域)中垦殖土地的份额正在增加，垦殖土地的集约化强度正在上升，土地的轮歇期正在缩短，单一栽培的经营模式正在向多轮栽培模式转化。自1950年以来，北美洲的农田面积已经趋于稳定，欧洲和中国的农田面积已经减少 (C26.1.1)。自1960年以来，前苏联的农田面积已经减少 (C26.1.1)。20世纪90年代，温带和北方生物带的森林覆被在以每年大约290万hm²的速度递增，其中大约40%是人工造林 (C21.4.2)。在某些情况下，例如温带阔叶林和地中海森林生态系统，由于目前它们大多数已经被转变，因而这些生态系统的转变速度已经明显减慢 (C4.4.3)。

生态系统过程

在20世纪的后半叶，诸如水循环、氮循环、碳循环和磷循环这些生态系统过程变化的速度比人类历史上记录的任何时期都快。人类活动不仅改变了

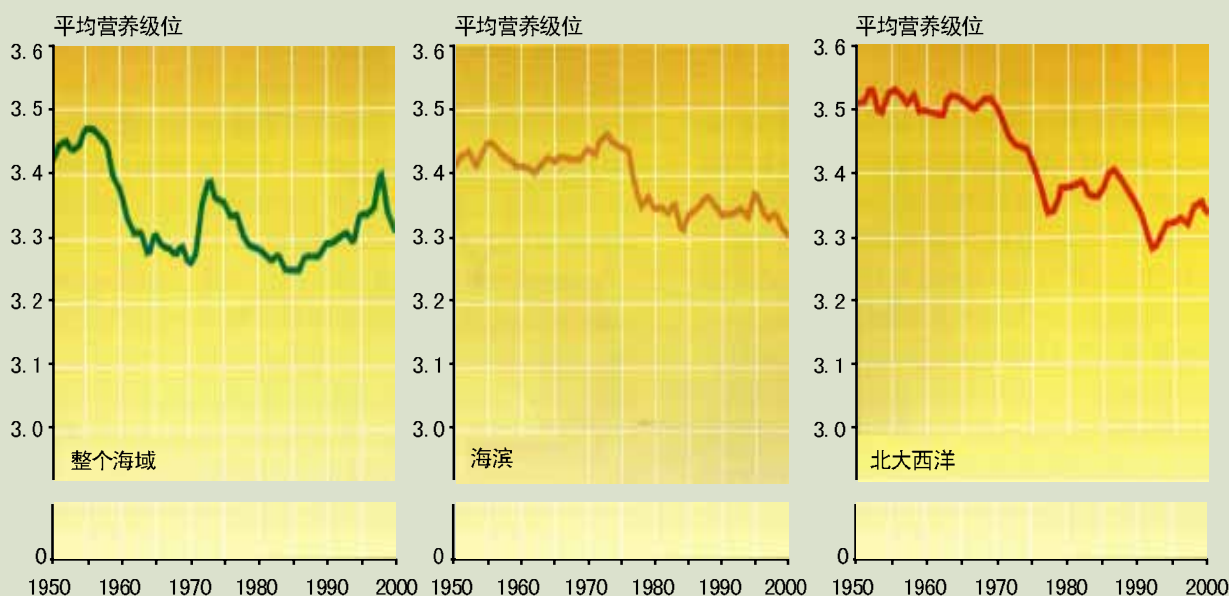
生态系统的结构(例如特定地点的栖息地和物种)，而且也改变了生态系统的过程和功能。生态系统提供服务的能力直接来自于自然界生物地球化学循环的运转，在某些情况下，这些循环过程已经显著地被人类活动改变了。

■ **水循环**：1960—2000年期间，人类对河流和湖泊的水资源利用量(灌溉用水、城市用水或者工业用水)翻了一番 (C7.2.4)。(世界上70%的水资源利用属于农业用水 (C7.2.2))。大型的水库建筑使河水在河道中的停留时间(指一滴水流入海洋的平均时间)，增加到了原来的2到3倍 (C7.3.2)。在全球尺度上，通过家庭、农业和工业活动，人类的水资源利用量占可用可更新淡水资源的10%多一点 (C7.2.3)，尽管在某些地区，例如中东和北非，那里的水资源利用量是可更新淡水资源的120% (超额部分是通过过度开采地下水得到的) (C7.2.2)。

■ **碳循环**：自1750年以来，大气中的二氧化碳浓度已经升高了大约34% (从大约280ppm升到了2003年的376ppm) (C7.3.1)。其中，大约60%的增幅(60ppm)是自1959年以后出现的。在过去

图1.3 自1950年渔业捕捞中鱼类营养级位的下降情况 (C18)

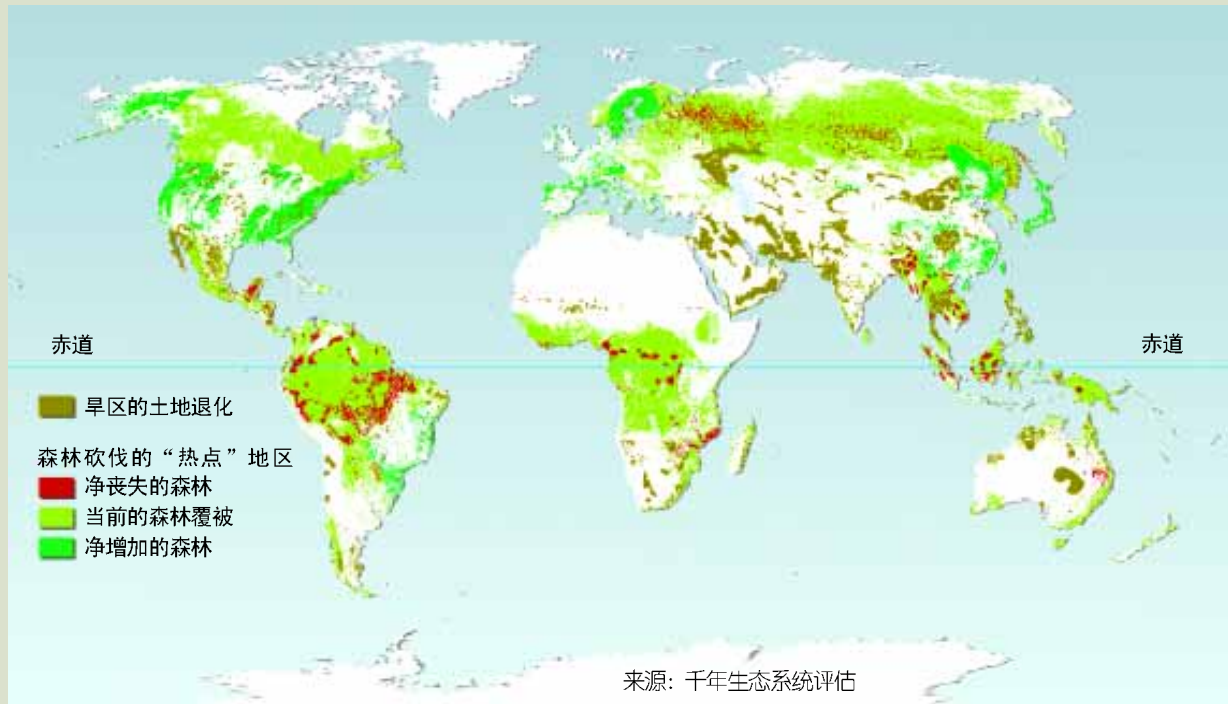
营养级位是指某一种生物在食物链中所处的位置。从在食物链中处于第1营养级位的初级生产者开始，根据具体生物的相对位置对其营养级位进行编号。例如第2营养级位的食草动物，第3营养级位的食肉动物，以及第4或者第5营养级位的食肉动物等。处于较高营养级位的鱼类一般具有较高的经济价值。捕捞鱼类营养级位的降低在很大程度上是由于较高营养级位鱼类被过度捕捞的结果。



来源：千年生态系统评估

图 1.4 在过去的几十年中，被各类研究报道的经历了快速土地覆被变化的地区（C.SDM）

关于林地覆被的变化，研究时间是 1980—2000 年，其结果主要基于国家统计和遥感数据，同时也听取了一些专家意见。关于旱区退化（荒漠化）导致的土地覆被变化，研究时间没有具体给出，但是据推断是在上世纪的后半叶，大多数研究是完全基于专家的意见，因而确定性低。图上没有表示垦殖区域的变化。



的 50 年中，陆地生态系统变化对碳循环的影响发生了相反的转变。在 19 世纪和 20 世纪初期，平均来讲那些生态系统是排放二氧化碳的净源（主要是由于砍伐森林造成的，但是也有农田、牧草地和林地退化的作用），但是大约在 20 世纪中期，他们转变成了吸收二氧化碳的净汇（尽管土地利用变化仍在继续造成高水平的碳丧失）（确定性高）。其中，促进生态系统在吸收碳方面作用增强的因素包括：北美、欧洲、中国和其它一些地区的植树造林、重新造林和林业经营措施；农业生产方式的变化；氮沉积的增肥效应；以及大气中二氧化碳浓度的升高（确定性高）（C13.ES）。

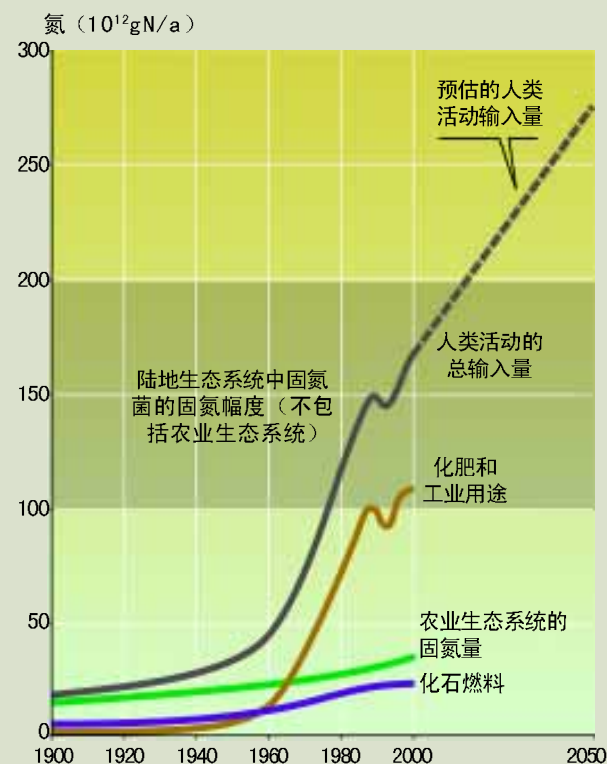
■ 氮循环：1890—1990 年期间，人类活动生产的活性氮（生物可利用氮）总量增加了 9 倍；其中大部分增幅是在这 100 年的后 50 年伴随着化肥施用量的增加而出现的，（S7.3.2）（见图 1.5 和 1.6）。根据一项有关全球人类对活性氮流量贡献的最新研究，预计活性氮流量将从 1999 年的大约 $1.65 \times 10^{14} \text{g}$ 增加到 2050 年的 $2.70 \times 10^{14} \text{g}$ ，增幅达 64%（R9）。

自 1913 年世界上首次生产出合成氮肥以来，在全球所施用的合成氮肥总量当中，1985 年以后的施用量占 1/2 还要多（R9.2）。当前，人类活动已经导致地球陆地表层的活性氮生产速度大约翻了一番（R9.2）。1860—1990 年期间，输入到海洋的活性氮通量，从大约每年 $2.7 \times 10^{13} \text{g}$ 氮增加到了 1990 年的 $4.8 \times 10^{13} \text{g}$ ，增幅接近 80%（R9）（但是，这一变化在地球上并不是均匀分布的。在某些地区，例如加拿大的 Labrador 和 Hudson 海湾，即使存在以上变化，目前的证据也很少；但是，在一些比较发达的地区，例如美国的东北部、欧洲的北海流域和中国的黄河流域，活性氮通量已经增加了 10~15 倍）。

■ 磷循环：1960—1990 年期间，世界上磷肥的施用量和农业土壤中磷的累积速率增长了接近 3 倍，尽管此后的速度已经有所下降（见 S7 图 7.18）。当前输入到海洋的磷通量是其背景速率的 3 倍（目前的大约每年 $22 \times 10^{12} \text{g}$ 磷对自然通量的 $8 \times 10^{12} \text{g}$ ）（R9.2）。

图 1.5 地球上人类活动制造的活性氮的全球变化趋势（包括对直到 2050 年的预估）（R9 图 9.1）

人类生产的大多数活性氮是来自于满足合成化肥和工业用途的生产用氮。此外，化石燃料燃烧的副产品和农业生态系统中的一些固氮作物和树木也产生一些活性氮。为了进行对比，此图也标出了自然陆地生态系统中固氮菌（不包括农业生态系统的固氮作用）的自然固氮速率范围。目前陆地上人类活动制造的活性氮和自然过程的制造量大体相当（R9 图 9.1）。（注：对 2050 年的预估是基于有关的原始研究而不是 MA 的情景）



来源：千年生态系统评估

物种

生态系统变化必然影响到系统的物种，物种变化反过来也影响生态系统过程。

地球上的物种分布正在向更加同质化的趋势发展。这里所谓的同质化，我们是指平均来讲地球上不同地点之间物种组成的差异正在缩小。物种的自然进化过程，特别是物种迁移的自然障碍和物种的局地适应的综合作用，导致不同地区的生态系统在物种类型方面存在显著的差异。但是，现在地球上生物群的这些区域差异正在减少。

物种分布的同质化趋势和 2 种因素有关。第一，物种灭绝和种群丧失导致特殊地区的独有种消失。

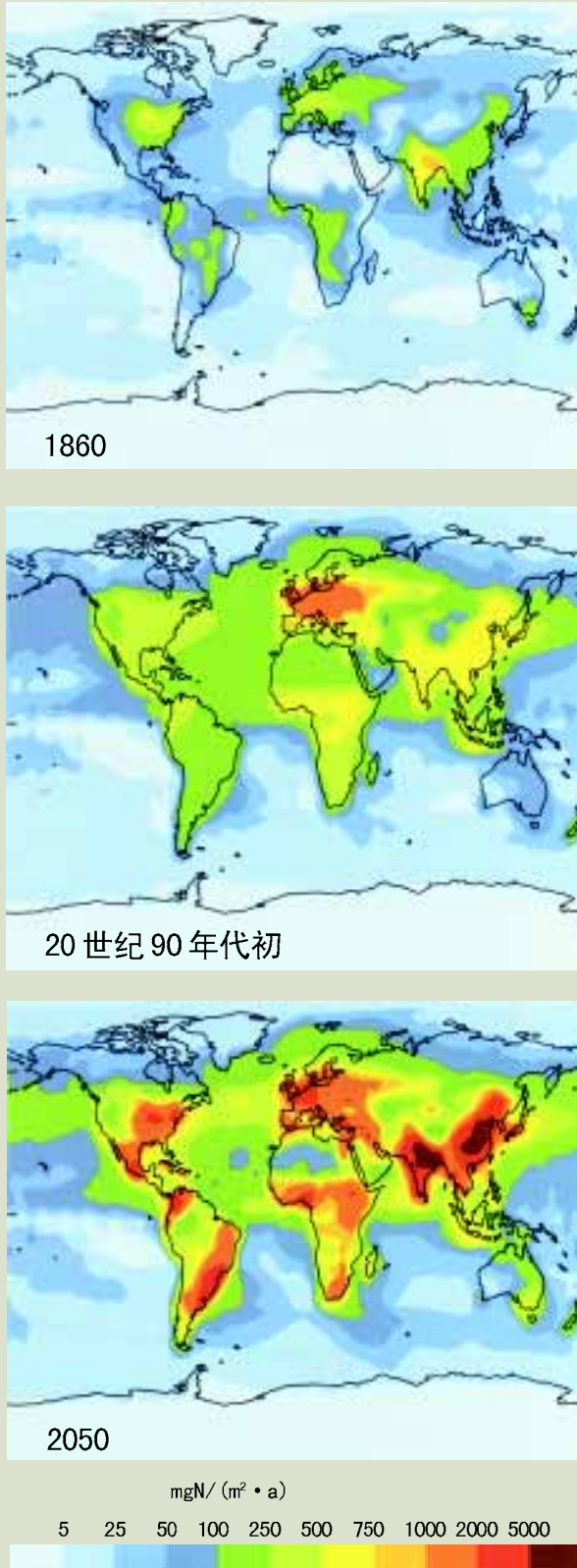
第二，物种入侵或者引种的速度已经很高，而且随着贸易的日益增长和更快的运输，它还继续急剧加速（见图 1.7）。例如，波罗的海的大约 100 种非本地物种，相当多的一部分是来自北美大湖区的本地物种；北美大湖区新近引入的大约 170 种非本地物种，75% 是来自波罗的海的本地物种（S10.5）。当人类活动导致物种减少或者物种灭绝时，它们将被少数适宜在人类活动改变了的环境中生存的扩展物种所代替。此外，在某些生物多样性低的地区，有一种影响是非本地物种的入侵可能导致其生物多样性增加（这种情况在欧洲大陆如荷兰，以及一些海岛确实存在）。

在许多物种分类群中，当前就其大多数物种而言，不是种群的数量正在减少，就是种群的分布范围正在缩小，甚至种群的数量和分布两者在同时减少。对全球的两栖动物、非洲的哺乳动物、农田鸟类、英国的蝴蝶、加勒比海的珊瑚，以及鱼类种群的研究表明，大多数物种的种群数量或者种群分布正在减少。当然也有一些种群的情况属于例外，它们包括已经在保护区中被保护起来的物种、种群的特定压力（例如过度开发）过去已经降低的物种，以及那些适宜在已经被人类活动改变了的景观中茁壮生长的物种（C4.ES）。

根据国际自然与自然资源保护联合会——世界保护联盟制定的物种灭绝威胁标准，目前世界上 10%~30% 的哺乳动物、鸟类和两栖动物正遭受灭绝的威胁。到 2004 年为止，一项旨在对主要物种分类群中每一物种进行综合评估的项目，仅完成了对 3 类动物类群（哺乳动物、鸟类和两栖动物）和 2 类植物类群（松类和苏铁类，后者是一组类似棕榈的常青植物）的评估。专家根据种群在诸如种群数量和种群分布面积及其变化趋势这些数量指标方面是否满足一组特定标准而决定是否把它们划分为“灭绝威胁种”。（根据目前广泛使用的国际自然与自然资源保护联合会制定的灭绝威胁物种标准，如果某些物种被划分为灭绝威胁物种的话，那么，在未来的 100 年中，它们当中的大部分将面临大约 10% 的灭绝概率。对于某些长寿命的物种而言，尽管它们可以在较小种群数量和缺少种群恢复措施的情况下维持较长的时间，但是它们的灭绝概率仍然很高）。目前 12% 的鸟类、23% 的哺乳动物和 25% 的松类正遭受灭绝的威胁。此外，32% 的两栖动物也在遭受灭绝的威胁，不过这方面的信息比较有

图 1.6 大气（湿大气和干大气）活性氮沉降总量的估算（包括 1860 年、20 世纪 90 年代早期和对 2050 年的预估共 3 个时段）（毫克氮/平方米/年）

在全球尺度上，目前大气沉降的活性氮约占进入陆地和海滨海洋生态系统总量的 12%；当然，有某些地区的百分比较高（在美国大约为 33%）（R9 图 9.2）。（注：对 2050 年的预估是基于原始研究，而不是基于 MA 的情景得到的。）



来源：Galloway et al. 2004

限，因而估计可能偏低。目前，已经发现苏铁类物种的受威胁程度较高，即 52% 的苏铁物种在遭受威胁（C4.ES）。一般情况下，淡水栖息环境中遭受威胁的物种比例往往最高（C4.5.2）。

在过去的几百年中，与地球历史上物种灭绝的背景速率相比，人类活动导致物种灭绝的速率增加了 1 000 倍（确定性中等）（C4.ES, C4.4.2）（见图 1.8）。物种灭绝是地球历史变化的一部分。大多数估计认为，今天的物种总数是在 500 万~3 000 万之间。当然，如果把诸如深海生物、真菌类和包括寄生类在内的微生物类，这些人类认识较少因而估计可能偏低的物种包括在内的话，那么，世界上的物种总数将超过 3 000 万。当前的物种数量仅占曾经在地球上生存过的所有物种总数的 2%~4%。化石记载显示，地球历史上曾经发生过 5 次大规模的物种灭绝，其中最近的一次发生在大约 6 500 万年以前。

根据海洋和哺乳动物的物种化石发现，它们的平均灭绝速率是每百万物种每年的灭绝数在 0.1~1 之间（不包括在 5 次物种大规模灭绝中灭绝的物种）。在过去的 100 年中，包括鸟类、哺乳类和两栖类在内，文献记载了大约 100 个已经灭绝的物种，这是地球历史上物种灭绝速率背景值的 50~500 倍。如果把可能已经灭绝的物种也包括在内的话，那么物种灭绝速率将超过背景值的 1 000 倍。在过去的 20 年中，尽管用于测算当前物种灭绝速

率的数据和技术都得到了进一步的完善，但是对当前物种灭绝速率的测算仍然存在显著的不确定性。这其中的原因主要包括，那些没有分类记录的物种的灭绝程度仍是未知的；对许多记录物种的生存状况了解较少；对于非常稀有物种的最终灭绝难以证明；以及在威胁过程的影响和最终导致的物种灭绝之间存在一定的时间差。

基因

在全球尺度上，遗传多样性已经下降，特别是栽培物种更为显著。物种灭绝和

独有种群的消失造成有关独有遗传多样性的丧失。对于野生物种而言，尽管研究表明那些已经被高度开发利用的物种的遗传多样性正在下降，但是，目前有关野生物种多样性及其分布变化的数据资料非常缺乏（C4.4）。自1960年以来，垦殖系统中农户田地里的种内多样性（intra-species diversity）格局已经发生了根本性的转变，农户种植的作物品种已经由局地适应和进化的种群（本地种）转变为通过正式的繁育系统培育出来的具有更广适宜性的品种（现代种）。目前，发展中国家大约80%的小麦面积，以及亚洲3/4的水稻面积种植的都是现代种（其他作物，如玉米、高粱和及稷类作物，它们当中现代种的种植面积远远较少）（C26.2.1）。关于作物和牲畜在农业活动中丧失的遗传多样性，已经通过对种子库中的遗传多样性进行保护而得到了部分补偿。

图 1.7 海洋中外来物种的引入数目增长情况（C11）

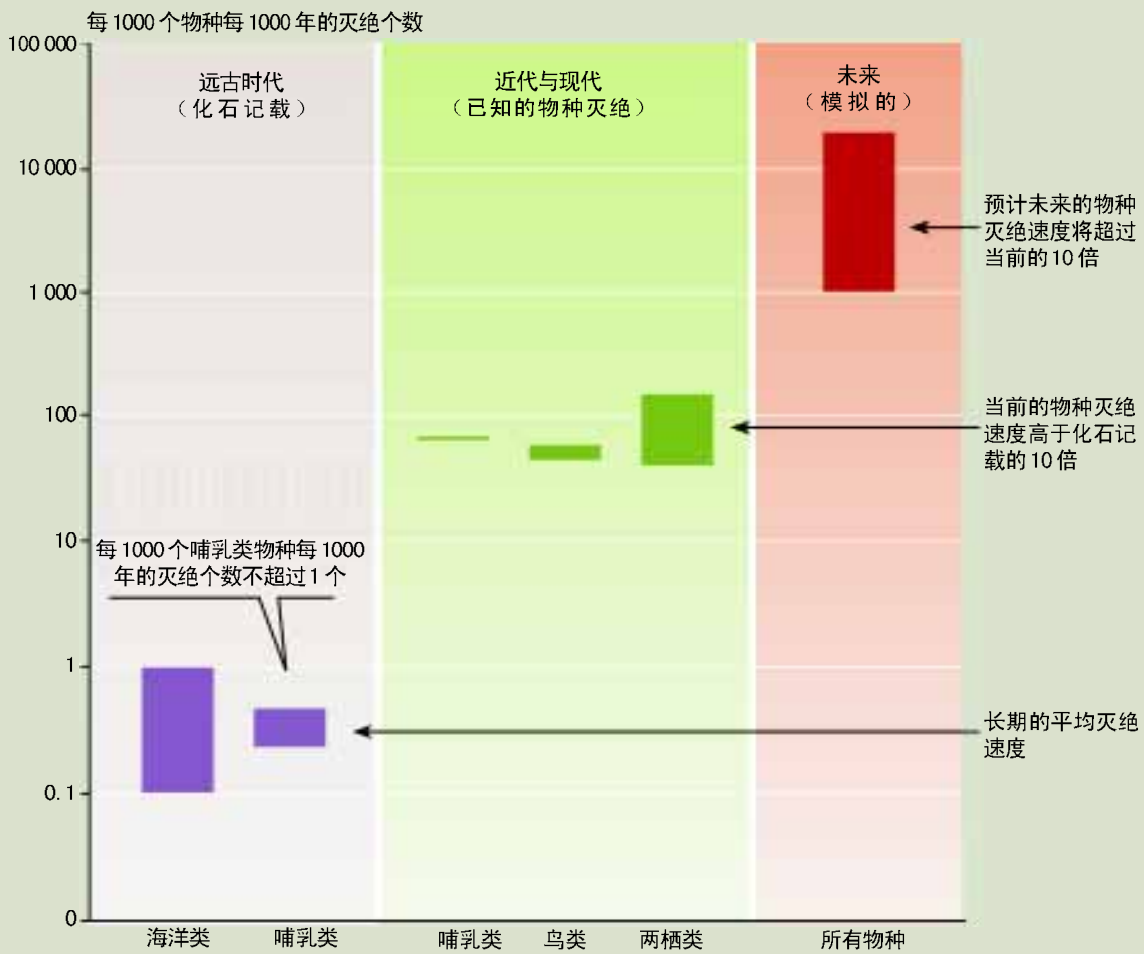
图中表示了自有记录以来北美海洋水域和欧洲海滨水域中外来物种的引入数目增长趋势。其中北美海域记录的外来物种是指海洋无脊椎动物和藻类，欧洲海滨记录的外来物种是海洋植物。



来源：千年生态系统评估

图 1.8 物种的灭绝速率（根据 C4 图 4.22 改编）

“远古时代”是指根据化石记载估算出的平均灭绝速度。“近代和现代”是指根据已知的灭绝物种数量（作为估算的下限）、或者已知的灭绝物种与“可能已经灭绝”的物种数量之和（作为估算的上限），计算出的灭绝速度。“可能已经灭绝”的物种是指专家认为某一物种已经灭绝，但是尚未开展广泛的调查对该物种的消失进行确认。“未来”的物种灭绝是指采用各种技术指标通过模型运算得到的估算值，其中包括物种—面积模型，物种受威胁程度的增长速度，IUCN 列出的受威胁物种的灭绝概率，预计的栖息地丧失对目前已经遭受到栖息地丧失威胁的物种的影响，以及物种丧失与能源消费的相关性。关于“未来”的物种灭绝速度，尽管不同估算方法涉及的时间框架和物种类群各不相同，但是总体来讲，它或是基于物种当前的受威胁程度进行测算，或是根据大致在 1970—2050 年期间发生的栖息地变化估算当前和未来的物种丧失。在确定性方面，基于化石记载的估算结果属于**确定性低**；已知的物种灭绝的下限估算结果属于**确定性高**，而上限估算结果属于**确定性中等**；模型模拟得到的未来物种灭绝的下限属于**确定性低**，而未来物种灭绝的上限属于**推测**。上世纪物种的已知灭绝速度大约比根据化石记载估算出的每千个物种每千年灭绝速度（0.1~1）高 50~500 倍。如果把“可能已经灭绝”的物种也包括在内的话，那么实际的物种灭绝速度将比背景灭绝速度高 1 000 倍。



来源：千年生态系统评估

2. 生态系统服务和人类对生态系统服务的利用在过去是怎样变化的？

生态系统服务是指生态系统提供给人类的收益。这些收益包括供给服务（例如食物、水、木材、纤维和遗传资源）、调节服务（例如调节气候、洪涝、疾病、水质和处理废弃物）、文化服务（例如消遣、美学享受和满足精神世界）和支持服务（例如土壤形成、授粉和养分循环）（见专栏 2.1）。

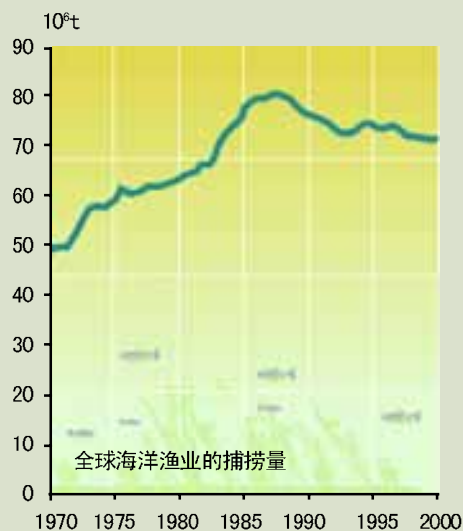
人类对生态系统服务的利用正在快速增长。在这次评估的生态系统服务中，大约 60% 的服务（24 项中有 15 项）正处于退化或者不可持续利用的状态（包括 70% 的调节服务和文化服务）（见表 2.1）。就目前可以获得评估所需信息的 24 项供给服务、文化服务与调节服务而言，人类对其中 20 项服务的利用将继续增长。因为过去的几十年中人类对鱼类进行了过度捕捞，导致鱼类数量下降，因而当前人类对捕捞渔业这一服务的利用正在降低。此外有 2 项服务（薪材和纤维），人类对它们的利用表现为上升和下降并存的混合模式。人类对某些纤维的利用在增加，而对另外一些纤维的利用却在降低。至于人类对薪材的利用，已有证据显示达到了近期的最高利用限度。

通过面积扩展或者技术投入，人类已经提高了作物、牲畜和水产这 3 项生态系统服务的产量。尽管以前的森林砍伐曾经是碳的净排放源，但是由于温带地区重新造林的部分原因，最近全球的碳吸收服务已经得到了提高。此外，多于 1/2 的供给服务（11 项中有 6 项）、接近 70%（13 项中有 9 项）的调节服务，以及文化服务正处于持续退化或者不可持续利用的状态。

■ **供给服务：**20 世纪的后半叶，人类对诸如食物、水和木材这些生态系统供给服务的利用量一直快速增长。尽管这种增长一般慢于经济增长，但是它常常快于人口增长。目前，人类对生态系统供给服务的利用仍在继续增长，但是在许多情况下这种利用是以不可持续的速度增长的。人类对生态系统供给服务的利用之所以日益增长，它是通过大量增加生态系统生产某些供给服务的绝对数量和提高对生态系统供给服务的利用份额而得以实现的。1960—2000 年期间，世界人口由 30 亿增长到了 60 亿，总人口翻了一番，而全球经济的增长则超过了

图 2.1 1950—2001 年的全球海洋捕捞量
(C18 图 18.3)

在某些情况下，为了纠正可能的数据错误，本表对政府报告的捕捞数据进行了部分调整。



来源：千年生态系统评估

6 倍。在此期间，世界上的食物生产增长了大约 2.5 倍（1961—2003 年期间食物生产的增幅是 160%），水资源利用量翻了一番，用于生产纸浆和成品纸的树木采伐量增长了 2 倍，木材生产增长了大约 60%（C9.ES, C9.2.2, S7, C7.2.3, C8.1）。（同期发展中国家的食物生产增长了 4 倍。）

尽管不同地区人类对生态系统供给服务利用的可持续性程度不同，但是即使从全球层次上讲，当前人类对某些供给服务的利用也已达到了不可持续的状态。当前，许多渔场的鱼类资源已经枯竭（见图 2.1），人类的渔业捕捞（包括海洋和淡水）已经不可持续。目前，1/4 的重要商业鱼类资源已经被过度开发或者显著地耗竭（确定性高）（C8.2.2）。5% 至大约 25% 的全球淡水利用超出了长期可以获取的供应能力，对于超额部分只能通过工程调水或者透支地下水的供应进行补偿（确定性低~确定性中等）（C7.ES）。15% 至 35% 的灌溉用水超过了其补给速率，因而处于不可持续的状态（确定性低~

专栏 2.1 生态系统服务

生态系统服务是指人类从生态系统获得的收益。这些收益包括可以直接影响人类生活的供给服务、调节服务和文化服务，以及维持其他服务所必需的支持服务（CF2）。这里列出的许多服务具有密切的相互联系。（例如，初级生产、光合作用、养分循环和水循环这些过程分别属于同一生物学过程的不同方面。）

供给服务

指从生态系统获得的各种产品。这些产品包括：

食物——包括从植物、动物及微生物获得的各种食物产品。

纤维——包括木材、黄麻、棉花、大麻、蚕丝及羊毛等。

燃料——指用作能源的木材、家畜粪便及其它生物原料。

基因资源——指用于动植物繁育和生物技术的基因和基因信息。

生物化学物质、天然药材、以及药物许多药材、生物杀虫剂、食物添加剂（如硅藻酸）和生物物质都是从生态系统获得的。

装饰资源——诸如皮肤、贝壳和花朵这些动植物产品都可用作装饰品，整株植物也可用于美化景观和装饰物。

淡水——人们是从生态系统获得淡水资源的，因而淡水供应可以被认为是一项供给服务。河流中的淡水也是一种能源。但是，由于淡水又是其他生命生存所必需的，因而也可以认为淡水是一项支持服务。

调节服务

指从生态系统过程的调节作用当中获得的收益。这些收益包括：

调节空气质量——生态系统既可以向大气中释放化学物质，也可以从大气中吸收化学物质，因而对多个方面的空气质量产生影响。

调节气候——生态系统既可以影响一个小地方的小气候，也可以影响全球的大气候。例如，在局地尺度上，土地覆被变化可以影响地方的气温和降水；在全球尺度上，通过储备和吸收温室气体生态系统在全球气候变化中起着非常重要的作用。

调节水分——土地覆被变化可以在时间和数量规模方面强烈地影响地表径流、洪水，以及蓄水层的蓄水等过程。此外，特别指出的是诸如湿地的改变、森林向农田的转化和农田向城市的转化这些土地覆被变化还将改变生态系统的蓄水潜力。

调节侵蚀——植被覆盖在保持土壤和防止塌方方面具有重要作用。

净化水质和处理废弃物——生态系统可能是混杂物的源（例如淡水中的杂质），但是生态系统也能够帮助过滤和分解进入内陆水源、海滨水域和海洋生态系统的有机废弃物，能够通过土壤层和亚土壤层中的生态过程吸收和降解一些化合废弃物。

调控疾病——生态系统变化可以直接改变诸如霍乱等人类病原体，以及诸如蚊子等带菌媒介的多度

调节害虫——生态系统变化可以影响田地害虫和牲畜疾病的流行。

授粉——生态系统变化可以影响授粉媒介的分布、多度和效力。

调节自然灾害——诸如红树林和珊瑚礁这些海滨生态系统的存在可以有效地减少飓风和巨浪造成的损害。

文化服务

指通过精神满足、发展认知、思考、消遣和体验美感而使人类从生态系统获得的非物质收益。这些收益包括：

文化多样性——生态系统多样性是影响文化多样性的因素之一。

精神与宗教价值——许多宗教把精神与宗教价值寄存于生态系统或者生态系统的组分之中。

知识系统（传统的和正规的）——生态系统可以影响产生于不同文化渊源的知识系统类型。

教育价值——在许多社区，生态系统及其组分和过程为正式的和非正式的教育提供了基本素材。

灵感——生态系统为艺术、民间传说、民族标志、建筑风格和广告创意提供了丰富的灵感源泉。

美学价值——正如对公园的支持、追逐美景、以及房屋选址等所反映的那样，许

多人从生态系统的不同方面发现了美的感受或者美学价值。

社会关系——生态系统可以影响建立于特定文化氛围之中的各种社会关系类型。例如，渔业社区的社会关系在许多方面都不同于游牧社区或者农业社区。

故土情结——许多人珍惜“故土情结”的价值，这种情结是与他们对生活环境的特征认知，以及对生态系统的不同方面的感受密切相联的。

文化遗产价值——许多社区对于维持历史上的重要景观（“人文景观”）或者具有重要文化价值的物种赋予了很高的价值。

消遣与生态旅游——人类对空闲时间的去处的选择常常部分取决于特定地区的自然或者人工景观的特征。

支持服务

指对于其他生态系统服务的生产所必需的那些服务。支持服务与供给服务、调节服务及文化服务的区别在于：支持服务对人类的影响常常具有间接性，或者持续较长的时间，而其他服务对人类的影响常常是直接的，并且持续时间较短。（某些服务，例如侵蚀调节，依据时间尺度的长短和对人类影响的直接性特征，既可能被认为是支持服务，也可能被认为是调节服务。）这些服务包括：

土壤形成——因为许多供给服务的生产是依靠于土壤肥力而定的，所以土壤的形成速度可以从许多方面对人类福祉产生影响。

光合作用——光合作用可以产生氧气，这对大多数活有机体的生存都是必需的。

初级生产——指有机体对能量和养分的吸收和累积。

养分循环——诸如磷和氮大约 20 种生命所必需的元素是通过生态系统进行循环的，并且在生态系统的不同组分维持着不同的浓度。

水循环——水通过生态系统进行循环，这一循环过程对于维持活有机体的生存是必不可少的。

表 2.1 人类利用生态系统服务的变化趋势、以及 2000 年左右生态系统服务的增强或退化状况 (图例见第 45 页)

服务	亚类	人类利用 ^a	增强或者退化 ^b	说明	在MA中的章节
供给服务					
食物	作物	▲	▲	食物供给的增长已经快于总的人口增长。这种增长主要源于单产的提高及农田面积的显著扩展。目前,仍然存在生产力低下和种植面积快速扩展的区域,例如非洲的亚撒哈拉和拉丁美洲的部分地区就是这种情况。	C8.2
	牲畜	▲	▲	在某些地区,尽管用于牲畜生产的土地面积已经显著增加;但是牲畜生产的提高主要还是源于更加集约化的鸡、猪和牛的圈养生产。	C8.2
	捕捞渔业	▼	▼	在20世纪80年代后期之前,海洋渔业的捕捞量是持续增长的,但是之后就一直处于下降趋势。当前,1/4的海洋渔业资源已被过度开发或者已经显著地耗竭。淡水渔业捕捞也已经下降。由于供应减少而不是需求降低,人类对捕捞渔业的利用已经下降。	C18 C8.2.2 C19
	水产养殖业	▲	▼	在过去的50年中,水产养殖业已经成了全球重要的食物来源之一。2000年,水产业大约提供了全球27%的鱼类产品。但是,为食肉类水产物种使用鱼类饲料将对捕捞渔业造成额外的压力。	C8 表 8.4
	来自野生动植物的食物产品	NA	▼	由于世界范围内自然栖息环境的压力正在增加,以及人类(特别是贫穷人群)对野生种群的不可持续开发,目前来自野生动植物的食物资源供应总体上是处于下降趋势。	C8.3.1
纤维	木材	▲	+/-	在过去的40年中,全球的木材生产增长了60%。人工林提供的原木收获量日益增长,2000年其原木收获量占到了全球总收获量的35%。尽管目前位于温带地区的某些国家的森林正在恢复,因而近几十年这些地区的木材供应服务得到增强(相对于较低的基线),但是在工业化时代,这些地区40%的森林已经丧失,而且许多地区森林面积仍在继续丧失(因而那些地区的木材供应服务是退化的)。在过去的40年中,棉花和丝绸生产分别增加到了原来的2倍和3倍。但是,其他农业纤维的生产已经降低。	C9.ES C21.1
	棉花、大麻、丝绸	+/-	+/-	全球的薪材消费似乎是在20世纪90年代达到了最高点。	C9.ES
	薪材	+/-	▼	尽管认为目前它的消费正在缓慢减少,但是在许多地区薪材仍然是主要的家庭能源。	C9.ES
遗传资源		▲	▼	尽管分子遗传学和生物技术为作物遗传多样性的扩展和定量研究提供了新的手段,但是过去传统的作物繁育方式一直是依赖于几种主要作物品种的相对较窄的种质资源。随着新的生物技术产业的发展,人类对遗传资源的利用也在不断提高。但是由于传统栽培作物品种的丧失(部分原因在于采用了现代化的耕作方式和作物品种)和物种灭绝的原因,已经导致了遗传资源的丧失。	C26.2.1

(下转第 42 页)

表 2.1 人类利用生态系统服务的变化趋势、以及 2000 年左右生态系统服务的增强或退化状况 (续)

服务	亚类	人类利用 ^a	增强或者退化 ^b	说明	在 MA 中的章节
生物化学物质、天然药材和药物		▲	▼	人类对生物化学物质和新药物的需求正在增长。但是在满足这种需求的过程中，新的合成技术与天然产品存在一定的竞争。对于其他天然产品（化妆品、个人保健品、生物保健品、生物试验体和生态恢复）的利用也正在增加。但是，由于物种灭绝和对药用植物的过度收获，这些资源的可利用量正在减少。	C10
装饰资源		NA	NA		
淡水		▲	▼	人类对生态系统的改变（例如，修建水库）已经蓄积了陆地河流的大部分流量，因而得到了更多的淡水供应，但是在干旱区，由于开放水面的水分蒸发和灌溉用水导致大量的水资源丧失，因而河流流量减少。流域管理和植被变化也对季节性河流的流量产生影响。当前，5% 至大约 25% 的全球淡水利用超过了长期可获取的供应能力，因而需要工程调水或者透支地下水进行补充供应。15%~35% 的灌溉用水超出了供应速度。通过水电开发，淡水在河流的流动也可以提供能量服务。修建水坝并没有改变能量的大小，但是它使这些能量更容易被人类利用。1960—2000 年期间，全球的水电发电能量翻了一番。在世界上有人居住的许多地区，污染和生物多样性丧失是现代的内陆水域系统的明显特征。	C7
调节服务					
调节空气质量		▲		自工业化时代以来，大气净化自身污染的能力已经出现了微弱的下降，但是下降幅度可能不超过 10%。目前关于生态系统与大气净化能力下降之间的关系还不清楚。尽管生态系统也是吸收对流层臭氧、氨、NO _x 、SO ₂ 、尘埃颗粒和 CH ₄ 的汇，但是 MA 没有对这些服务进行评估。	C13.ES
调节气候	全球	▲	▲	在 19 世纪和 20 世纪早期，陆地生态系统平均来讲是释放 CO ₂ 的净源，但是在大约 20 世纪中期它又转变成了吸收 CO ₂ 的净汇。由于土地覆被变化导致反照率增加，部分抵消了碳释放引起的温暖效应，因而从 1750 年至今，从全球尺度上讲历史土地覆被变化的生物物理效应是致冷作用。	C13.ES
	地方与局部	▲	▼	对于地方与局地的气候来讲，土地覆被变化既有有利的一面，也有不利的一面，但是不利影响占了主导地位。例如，热带森林砍伐与荒漠化往往导致地方的降雨减少。	C13.3 C11.3
调节水资源		▲	+/-	关于生态系统变化在时间和水量方面对径流、洪水和蓄水层水源补给的影响，是与具体的生态系统特征及对生态系统的特定改变状况密切相关的。	C7.4.4

服务	亚类	人类利用 ^a	增强或者退化 ^b	说明	在 MA 中的章节
调节侵蚀		▲	▼	尽管合理的减少土壤侵蚀的保护措施(例如最小耕作方式)正在日益被北美和拉丁美洲的农民所采用,但是以往的土地利用与作物/土壤管理措施已经导致了土壤退化和土壤侵蚀的加剧。	C26
净化水质和处理废弃物		▲	▼	在过去的20年中,尽管大多数工业化国家地表水中的病原体和有机体污染已经减少,但是从全球来讲,水质仍在下降。在过去的30年中,水中氮的浓度已经快速增加。正如有关内陆水系污染的广泛报道所证明的那样,生态系统在净化此类废弃物方面的能力是有限的。湿地的减少也进一步降低了生态系统过滤和分解废弃物的能力。	C7.2.5 C19
调控疾病		▲	+/-	尽管栖息地的重要变化既可能增加,也可能减少特定传染性疾病发生的风险,但是随着经济的发展,人类对生态系统的改变常常是导致传染性疾病的发病增加。	C14
调控害虫		▲	▼	在许多农业地区,目前杀虫剂的使用已经替代了自然天敌对害虫的控制。这种使用杀虫剂自身已经导致农业生态系统控制害虫的能力降低。在其他一些系统中,利用天敌控制害虫的方法正在被使用,并且通过综合的害虫管理策略,这种方法也得到了一定的提高。具有抗虫基因的作物品种也可以减少对毒性合成杀虫剂的使用需求。	C11.3
授粉		▲	▼ ^c	据不完全确认的证据表明,全球的授粉媒介在减少。除南极大陆(不存在授粉媒介)之外,其他每个大洲都至少有一个地区或者国家已经对授粉媒介的减少进行了报道。尽管授粉媒介的减少很少能够导致种子和果实生产过程产的彻底失败,但是它却常常引起产量降低、或者果实的发育能力降低和果实品质下降。在某些种群中,一些特殊授粉媒介的丧失已经直接影响了相关稀有物种的繁育能力。	C11 专栏11.2
调节自然灾害		▲	▼	人类正在向极端事件的易发地区和地点迅速扩展,因而面对于自然灾害的脆弱性也在恶化。这种趋势的发展,以及生态系统缓冲极端事件的能力的降低,结果已经导致全球范围内由自然灾害造成的生命死亡居高不下,经济损失迅速增长。	C16 C19
文化服务					
文化多元化		NA	NA		(下接第 44 页)

表 2.1 人类利用生态系统服务的变化趋势、以及 2000 年左右生态系统服务的增强或退化状况 (续)

服务	亚类	人类利用 ^a	增强或者退化 ^b	说明	在 MA 中的章节
文化服务 (续)					
精神和宗教价值		▲	▼	世界上的圣林, 以及其他诸如此类的保护区域已经减少。与社会和经济的变化一道, 特殊生态系统特征 (宗教物种或者宗教林) 的丧失有可能削弱人类从中获得的精神收益。与此相反, 某些情况下某些生态系统特征 (例如, 正在对人类造成显著威胁的那些生态系统特征) 的丧失可能提高剩余特征的精神价值。	C17.2.3
知识系统		NA	NA		
教育价值		NA	NA		
灵感		NA	NA		
美学价值		▲	▼	随着城市化的扩展, 人类对美感觉人的自然景观的需求已经上升。但是满足人类需求的自然景观, 无论是数量或者是质量都已经减少或者下降。对城市居民来讲, 自然环境方面供应和获取的减少, 可能会对公众健康和经济发展造成严重损害。	C17.2.5
社会关系		NA	NA		
故土情结		NA	NA		
文化传统价值		NA	NA		
消遣与生态旅游		▲	+/-	当前人类对消遣景观的利用需求正在上升, 越来越多的土地被用于迎合消遣、表现多变的文化和反映多重的文化感受。但是, 许多自然形成的景观特征 (例如珊瑚礁) 的消遣服务已经退化。	C17.2.6 C19
支持服务					
土壤形成		+	+		
光合作用		+	+		
初级生产		+	+	1981—2000年期间, 诸如旱地、森林和垦殖这几个 MA 的全球“系统”的净初级生产 (NPP) 出现了增加趋势。但是, 伴随着全球尺度上的气候变化, 以上增长趋势包含较高的季节性变化和年际变化。	C22.2.1

服务	亚类	人类利用 ^a	增强或者退化 ^b	说明	在MA中的章节
支持服务(续)					
养分循环		+	+	在最近的几十年中,主要由于化肥施用、牲畜排泄物、人类排泄物和生物量燃烧,全球的养分循环已经发生了大规模的变化。由于限制养分迁移的生物缓冲带已经被严重地损害,结果导致陆地养分向水生生态系统迁移,因而内陆水域和海滨系统已经日益受到了富营养化的影响。	C12 S7
水循环		+	+	由于河流结构的变化、河水的利用和最近的气候变化,人类活动已经导致自然界的水循环发生了重大变化。	C7

^a 对于供给服务而言,如果人类对其消费增长(例如,更多的食物消费)则认为人类利用上升;对于调节服务和文化服务而言,如果受其影响的人口增长则认为人类利用上升。一般情况下,时间框架是指过去的50年;但是如果在这段时间趋势已经发生变化,那么指示因子表示的是最近的趋势。

^b 对于供给服务而言,服务增强是指通过扩展提供该服务的面积(例如农业扩展),或者提高单位面积的服务生产量而导致供给服务的生产得到提高。如果当前的人类利用超出了可持续利用的水平,我们就认为供给服务的生产是退化状态。对于调节服务和支持服务而言,服务增强是指导致人类获得更多收益的服务变化(例如,通过消除已知的带菌媒介,生态系统调控疾病的服务就可能得到提高)。服务退化是指服务变化导致人类从这些服务获得的收益减少,这可能是由于服务自身的变化(例如,红树林减少导致生态系统保护人类免受风暴侵袭的收益降低)造成的,也可能是由于人类施加于服务的压力超出了服务所能承受的极限(例如,过度的污染超出了生态系统净化水质的能力)造成的。对于文化服务而言,服务退化是指导致生态系统提供的文化收益(消遣方面的、美学方面的和精神方面的等)减少的生态系统特征的变化。一般情况下,时间框架是指过去的50年;但是如果在这段时间趋势已经发生变化,那么指示因子表示的是最近的趋势。

^c 确定性低~确定性中等。其他的为确定性中等~确定性高。

图注:

▲ = 表示上升(对于“人类利用”栏)、或者增强(对于“增强或者退化”栏)

▼ = 表示下降(对于“人类利用”栏)、或者退化(对于“增强或者退化”栏)

+/- = 表示混合趋势(在过去的50年中上升和下降并存、或者一些组分/地区下降而其它组分/地区上升)。

NA= MA没有对其进行评估。对于某些服务,MA根本就没有涉及(例如装饰资源),而对于另外一些服务,MA虽然也涉及了,但是由于目前掌握的信息和数据资料还不足以对人类的利用趋势或者服务的状况进行评估。

十 = 由于根据定义,支持服务是不被人类直接利用的,因而对于“人类利用”和“增强或者退化”的分类不适合支持服务。(如果把间接影响也包括进去的话,那么支持服务的成本和收益将被重复计算)。支持服务的变化可以影响供给服务、文化服务或者调节服务的供应状况,而后三种服务是可以被人类利用的,它们可能增强或者退化。

等确定性)(C7.2.2)。由于依赖于不可持续的水源、过度施用化肥或杀虫剂而造成的有害影响、盐碱化、养分耗竭,以及土壤流失大于土壤形成速度等原因,当前某些地区的农业生产也处于不可持续的状态。

■ **调节服务:** 通过改变生态系统的结构,人类显著地改变了生态系统在诸如调节气候和调控疾病方面的调节服务,在处理废弃物方面,人类对生态系统施加的压力已经超出了它的处理能力。人类对调节服务的改变,大多数是伴随提高生态系

统供给服务的行动而在无意识中造成的。人类已经显著地改变了生态系统对气候的调节服务,这种改变最初是通过土地利用变化促使大气中二氧化碳,以及诸如甲烷和氧化氮这些温室气体的含量增加,而最近则是通过提高陆地生态系统的碳吸收能力(尽管生态系统目前仍然是甲烷和氧化氮的净排放源)而得以实现的。人类对生态系统的改变,通过增加或减少特定病菌的栖息环境或带菌媒介(例如水坝与灌溉渠是血吸虫病的栖息地),或者通过扩大人群与各种致病生物的密切接触,进而改变了疾

病爆发的模式。自20世纪40年代以来，人类对生态系统的改变已经显著地增加了所有大洲的洪水和重大火灾爆发次数。生态系统在降解环境中废弃物的毒性方面具有重要作用，但是它在处理废弃物方面也有一个内在的极限。例如，水生生态系统平均可以净化全球水中80%的附带氮负荷，但是这种内在的自净化能力也具有很大的变异性，而且随着湿地的丧失水生生态系统降解氮的能力也在下降(C7.2.5)。

■ **文化服务：**在过去的—个世纪中，尽管人类对生态系统文化服务的利用持续增长，但是生态系统提供文化服务的能力却已经显著地降低了(C17)。人类文化受生态系统的强烈影响，生态系统变化能够显著地影响人类的文化特征和社会稳定。诸如人类文化、知识体系、宗教、传统价值、社会影响及相关的娱乐服务（例如美学享受、消遣、艺术与精神的充实，以及智力发展），这些文化服务的形成都受生态系统及其状况的影响。目前，许多生态系统的文化服务正在退化，这不是由于生态系统变化（例如最近宗教性树林和诸如此类的受保护性区域的快速减少）造成的，就是由于导致人类对那些文化收益的认知或评价降低的社会变化（例如语言或者传统知识的丧失）造成的。具有特定文化价值的生态系统和景观的快速丧失可能引发社会分裂和社会排斥。目前，世界上具有宜人美感的自然景观在数量和质量方面已经出现了衰减趋势。

在过去的—个世纪中，尽管出现了地方资源枯竭和限制资源利用的情况，不过就全球来讲，通过向未开发地区转移生产和收获（有时可以转移相当远的距离），人类常常可以在食物、水、木材，以及其他供给服务方面获得—定的收益。但是，当前人类获取以上收益的选择空间正在减少。这种趋势在海洋渔业中的表现最为明显。当个别鱼类资源出现枯竭时，渔业捕捞的压力就转移到了开发相对较轻的渔业资源(C18.2.1)。为了满足全球鱼产品需求，工业化的渔船舰队已经开赴离海岸较远的深海区域进行捕捞作业(C18.ES)（见图2.2）。关于木材的获取，与市场需求、供应和政府政策有关的许多驱动力已经对它产生了较大的影响。例如，当一个国家的森林不能满足其需求，或者已经颁布禁止或限制木材收获的政策时，森林产品的国际贸易将会增加。

图2.2 自1950年以来渔业捕捞作业平均水深的变化趋势。

渔业捕捞越来越多地来自深水区域(数据来自C18图18.5)



来源：千年生态系统评估

尽管总地来说人类对生态系统服务的需求是在继续增长，但是在—些个别地区由于替代产品的开发，它们对特定服务的需求却在下降。例如，薪材的使用正在日益被煤油、电，以及其他能源所代替（当然，薪材目前仍然是大约26亿人口取暖和煮饭的主要能源）(C9.ES)。近年来，木制品的许多其他替代产品（例如尼龙、塑料和金属）的使用已经为减慢全球木材的消费速度做出了一—定的贡献(C9.2.1)。虽然利用替代产品可以减轻特定生态系统的压力，但是它并非总是产生积极的环境效益。例如，使用化石燃料替代薪材是减轻了森林的压力、并降低了对室内空气的污染；但是它却增加了温室气体的排放量。此外，从成本上讲，替代产品常常要高于原始的生态系统服务。

生态系统服务的供给和生态系统服务的自恢复能力都受生物多样性变化的影响。生物多样性是指活生物及其组成的生态复合体的变异性。当某一物种在特定地区消失（尽管不是全球性的丧失）或者引入到另一个新的地区之后，与该物种有关的各种生态系统服务都将发生变化。更加普遍的情况是，当某一栖息地改变之后，与生存在该栖息地的所有物种有关的一—系列生态系统服务都会发生变化，而且常常立即对人类产生直接的影响(S10)。从长期效应来讲，生物多样性变化也将对生态系统服务产生

许多间接的影响。它们包括影响生态系统为适应变化着的环境而进行自身调整的能力（确定性中等），导致生态系统过程发生特大变化或者不可逆变化，影响传染性疾病转播的潜力。此外，对于农业系统而言，生物多样性的变化还将影响环境多变地区作物歉收的风险，以及改变害虫和病原菌的潜在影响（确定性中等~确定性高）（C11.ES, C14.ES）。

为改变某一种服务的状况（例如提高食物和木材的产量）而对生态系统进行的改变，通常也会引起其他服务的变化（CWG: SG7）。在多种生态系统服务之间进行利害权衡已是常见的事情（见表2.2）。例如，为提高食物产量而采取的行动常常会产生以下一种或者多种影响：水资源利用量增加、水质下降、生物多样性降低、森林覆被减少、森林产品丧失或者温室气体排放。当前由于土地的频繁耕作、灌溉水稻生产、牲畜生产，以及燃烧作物的残留物等原因，每年以二氧化碳的形式向大气中释放的碳大约有16亿t左右（±800）（C26.ES）。由于耕作、灌溉稻田和牲畜生产，每年以甲烷的形式向大气中释放的碳在1.06至2.01亿t之间（C13表26.1）。关于人类活动释放的氧化氮，大约70%可以归咎于农业生产，而且其中大部分是由于土地变化和施用化肥引起的（C26.ES）。同样，森林向农业用地的转变可以显著地改变洪水爆发的频率和规模，尽管这种影响的大小和趋势是与当地生态系统的特征和土地覆被变化的自然条件密切相关的（C21.5.2）。

许多与生态系统服务有关的利害效应是在远离退化地点的区域发生的。例如，森林向农业用地的转化可能对转化地点的下游区域的水质和洪水频率产生影响；农田氮肥施用量的增加可能对近海水域的水质产生消极影响。由于受限于决策规划的部门利益，或者由于影响在时间上的转移（例如气候变化的长期影响），人们在决策制定过程中很少全面考虑以上与生态系统服务有关的全部利害关系。

在扣除消极影响之后，提高生态系统服务生产力或者收获量的行动所能取得的净收益往往低于最初的预计收益。关于资源管理行动所取得的收益，传统的评价方法仅仅是局限于管理干预的服务本身。但是，旨在提高任一服务的管理干预在大多数情况下总会对其他服务产生成本效应。在各种供给服务之间，在供给服务及由调节服务、文化服务和支持服务组成的复合服务和生物多样性之间，人们

通常可以发现消极的利害关系。如果把这些消极的利害关系所产生的成本计算在内的话，那么它将会减少各种管理措施的表现收益（apparent benefits）。例如：

■ 商业养虾场的扩张已经给有关生态系统造成了严重的影响。这些影响包括植被消失、水质退化、渔业捕捞下降和生物多样性丧失（R6, C19）。

■ 世界上牲畜生产的扩大常常导致过度放牧、土地退化、牧场破碎化、野生生物栖息地丧失、沙尘形成、灌木扩侵、森林砍伐、肥粪流失造成养分负荷超载和温室气体排放（R6.ES）。

■ 由于制定和实施不完善的农业政策，咸海（Aral Sea）地区的生态系统已经发生了不可逆转的变化。至1998年，咸海的面积减少超过了60%，水容量减少了大约80%。目前该地区与生态系统有关的问题包括主要河流的含盐量过高、农产品中农用化学药品污染、主要水资源的混浊度高、地表水的杀虫剂和苯酚含量高、土壤肥力丧失、物种灭绝和商业渔场的破坏（R6专栏6.9）。

■ 美国密西西比河流域的河滨森林湿地可以储存大约60天的河水流量。但是由于开挖运河、修筑大坝和挖掘排水沟，导致湿地减少，目前该地区的湿地仅能储存不足12天的河水流量，洪水储备能力降低了80%（C16.1.1）。

但是，如果为保护或提高生态系统的特定组分及其服务而采取的行动，也对其他服务或者利益相关方产生收益的话，那么就on能够获得积极的协同效应。农林复合经营可以满足人类对食物和燃料的需求，同时利于恢复土壤肥力，并且促进于对生物多样性的保护。作物间作可以提高作物产量，增强生物控制能力，减少土壤侵蚀和减少田地的杂草入侵。城市公园和其他城市绿地既可以为人们提供精神、美学、教育和消遣方面的收益，同时也能够净化水源、提供野生动植物的栖息场所、处理废弃物和吸收碳。旨在保护生物多样性的天然林保护同时也能够减少碳释放和保护水资源。湿地保护能够增强调控洪水的能力，同时也能够帮助去除水中的磷和氮等污染物质。例如据估计，如果把7%的伊利诺斯流域（Illinois River basin）恢复为湿地的话，那么由严重污染的伊利诺斯河流域进入密西西比河的氮负荷将会减少1/2（R9.4.5）。在生态系统的调节服务、文化服务和支持服务之间，以及这些服务和生物多样性保护之间，积极的协同作用是经常存在的。

表 2.2 生态系统服务的利害关系示意图

生态系统服务之间的利害关系的性质和变化趋势,显著地取决于为改变目标服务而采取的具体经营措施和有关的生态系统。尽管不同个案之间利害作用的程度(或者甚至变化趋势)可能各不相同,但是本表总结了不同生态系统服务之间的利害关系的一般取向。

经营措施	供给服务			调节服务			文化服务	支持服务	说明
	食物生产	可用水资源及水质	纤维生产	碳吸收	消除疾病	调节洪水	生态旅游潜力	N 调节(避免富营养化)	
通过农业集约化提高食物生产	干预的目标	-	○	-	+ / -	○	○	-	降低了农业生态系统某些疾病的发生,但是却增加了其他疾病发生的风险。
通过农业扩展提高食物生产	干预的目标	-	-	-	+ / -	-	-	-	
提高野生鱼类捕捞	干预的目标	NA	NA	NA	NA	NA	+ / -	+ / -	高鱼类捕捞可能增加生态旅游的机会(例如,增加运动式钓鱼的机会)。但是如果进行不可持续捕捞的话,或者大量捕捞受旅游者喜欢的上一级肉食动物种群(如虎鲸、海豹和海狮等)减少的话,那么也可能减少生态旅游的机会。
修建水坝提高水资源供应	+	干预的目标	-	+ / -	-	+ / -	+ / -	+ / -	对河流的改变可以减少一般性洪水的发生,但是它却增加了发生灾难性洪水的风险。水库可以提供某些旅游机会,但是丧失了原来河流的有关旅游机会。
提高木材收获量	-	+ / -	干预的目标		+ / -	+ / -	-	○	一般来讲,木材收获将减少人类的野生食物资源供应。
排干或者填平湿地,减少疟疾发生	+	-	○	○	干预的目标	-	-	-	填平后的湿地常常是用于农业生产。但是,湿地的丧失将降低其净化水源的能力,减少调控洪水的资源,丧失生态旅游的潜力。
建立严格的自然保护区,维持物种多样性,并提供消遣场所	-	+	-	+	+ / -	+	+	+	建立严格的自然保护区可能导致当地居民丧失用于获得食物供应和木材生产的资源。但是,建立保护区能够保护水源供应和净化水质,防止因改变栖息地而造成温室气体排放,以及提高旅游潜力。

注释: - 第一列的变化对目标服务的利害关系为负
 + 第一列的变化对目标服务的利害关系为正
 ○ 第一列的变化对目标服务的利害关系为中性或者说没有影响
 NA 对该类服务不适用

3. 生态系统变化在过去是怎样影响人类福祉和减轻贫困的?

生态系统服务与人类福祉之间的关系

生态系统服务的变化可以影响人类福祉的所有组成要素，这些要素包括维持高质量生活所需的基本物质条件、健康、良好的社会关系、安全，以及选择和行动的自由(CF3)(见专栏3.1)。人类的生存完全依赖于地球上的生态系统及其提供的服务，这些服务包括食物、洁净水、调控疾病、调节气候、精神满足和美学享受。生态系统服务和人类福祉之间的关系是受人类对人造资本、人力资本及社会资本的获取进行调节的。人类福祉既依赖于生态系统服务，也依赖于社会资本的供应及其质量状况、技术条件和人类制度。至于这些因素是如何调节生态系统服务与人类福祉之间的关系的？这个问题目前我们还没有完全理解，仍存在争议。人类福祉和生态系统服务之间不是一种线性关系。当某一项生态系统服务的供应相对于需求来讲比较充裕时，一般情况下该服务的边际增长只能引起人类福祉的少量提高（或者甚至可能降低人类的福祉水平）。但是，当某一项服务相对稀缺时，其少量的减少就可能对人类福祉的大幅度降低(S.SDM, SG3.4)。

生态系统服务对全球的就业和经济活动具有显著的促进作用。显然，生态系统的食物生产服务对人类的经济活动和就业具有最大的贡献。2000年食物生产的市场价值是9 810亿美元，约占世界总产值的3%，但是发展中国家的食物生产在其GDP中所占的百分比要远高于这一份额(C8表8.1)。例如，2000年人均收入低于765美元的国家（世界银行定义的低收入国家）中，农业生产（包括林业和渔业）占到了其GDP的24%(C26.5.1)。全球的农业劳动力是13亿——约占世界总人口的1/4(22%)和世界总劳动力的1/2(46%)。此外，有大约26亿人口，约占世界总人口的40%，生活在以农业为基础的家庭(C26.5.1)。当然，这种格局在发展中国家和工业化国家之间具有显著的差异。例如，美国只有2.4%的劳动力从事农业生产。

除以上提到的食物生产之外，还有一些其他的生态系统服务对国家的经济活动也具有重要的贡献。它们包括木材（大约4 000亿美元）、海洋

渔业（2000年大约为800亿美元）、海洋水产养殖业（2000年大约为570亿美元）、消遣性的狩猎和捕鱼（仅在美国每年分别为500亿美元和240亿~370亿美元）、可食用的森林产品、植物性药材和药用植物(C9.ES, C18.1, C20.ES)。最后，许多的其他工业产品和商品也依赖于生态系统提供的服务（例如水的投入）。

生态系统服务退化代表了一种资本资产的丧失(C5.4.1)（见图3.1）。可更新资源（例如生态系统服务）和不可更新资源（例如矿产储藏、土壤养分和化石燃料）都是人类的资本资产。但是，在传统的国家统计中没有对资源的耗损或者可更新资源的退化进行度量。结果导致，假设某个国家可能砍伐森林和耗竭渔业资源，尽管出现资本资产的丧失，但是在它的统计数据中却只反映为GDP的正增加。此外，对于使用者来讲，许多生态系统服务可以免费获取（例如蓄水层的淡水利用或者向大气中排放污染物），因而它们的退化也没有在通常的经济度量当中反映出来。

对于那些较强地依赖于自然资源发展经济的国家来讲，如果把它们在发展经济过程中耗费的自然资产以经济损失的形式计算到国家总财富当中的话，那么这些国家的资产负债表将会发生显著的变化。例如，2001年厄瓜多尔、埃塞俄比亚、哈萨克、刚果人民共和国、特立尼达岛和多巴哥岛、乌兹别克斯坦和委内瑞拉这些国家的纯储蓄（反映了一个国家的净财富的增加）出现了正增长，但是如果把他们耗费的自然资源（能源和森林）和碳排放可能造成的损害（促进气候变化）计算在内的话，那么这些国家的纯储蓄实际上是减少的。2001年，在数据资料比较充分的122个国家中，当把自然资源损耗的成本（不可持续的林业、以及对化石燃料的损耗）和碳排放造成的损害计算在内时，有39个国家的纯储蓄至少下降5%（以占国家总收入的百分比进行表示）。

生态系统服务的退化常常给人类福祉造成显著的损害(C5专栏5.2)。关于生态系统服务变化对人类福祉造成的影响，目前评估中可以利用的信息还

(下转56页)

专栏 3.1 生态系统服务与人类福祉的联系

人类福祉具有5种主要要素：维持高质量生活的基本物质需求、健康、良好的社会关系、安全，以及选择和行动的自由（见专栏图A）。其最后一种要素——选择和行动的自由，既受其他福祉要素的影响（也受其它因素，尤其是教育状况的影响），也是获得其它福祉要素（特别是公平和平等）的前提条件。从对各种福祉要素的极端剥夺（或者贫困），到对福祉的高度获取（或者体验），人类福祉是一个连续体。通过支持服务、供给服务、调节服务和文化服务的作用，生态系统是支撑人类福祉的基础。人类福祉也受人类服务、技术以及制度的供应

状况和质量状况的影响。

维持高质量生活的基本物质条件

这是指获得安全的和充足的生计的能力。它包括收入与资产、不受时间限制的充足的食物和水、住所、获得取暖和纳凉所需的能源的能力，以及商品获取。诸如食物、水和薪材这些供给服务的变化对维持良好生活的充足物资条件具有强烈的影响。这些物质条件的供应状况在很大程度上受到社会经济环境的调节。对于富裕人群来讲，地方的生态系统变化可能不会对他们必需的物质供应状况造成显著改变；因为他们

可以从其他地方购买到必需的物质商品，如果政府提供补贴（例如调水系统）的话，有时他们还可以人为的低价购买必需的物质商品。影响水资源供应、授粉、食物生产和气候的调节服务，它们的变化对人类福祉的这一组成要素具有非常强烈的影响。在较小的幅度上，可以根据社会经济情形对以上状况进行调节。文化服务的变化与人类福祉的物质要素的联系相对较弱。通过对供给服务和调节服务的影响，支持服务的变化对人类福祉的物质要素具有强烈的影响。下面是几个生态系统变化影响人类福祉的物质要素的例子。

专栏 图 A 生态系统服务与人类福祉之间的联系

该图表示了各种生态系统服务和人类福祉中常见要素之间的联系强度，以及利用社会经济因素对以上联系进行调控的空间（例如，如果可以从市场上购得替代品对某一生态系统服务的退化进行补偿的话，那么该生态系统服务和相关人类福祉要素之间的联系就具有较大的调控空间）。生态系统服务和人类福祉要素之间联系的强弱程度及其可调控空间是因具体的生态系统和地理区域而异的。除了此处表示的生态系统服务对人类福祉的影响，其他因素（包括经济、社会、技术与文化因素，以及其他环境因素）也对人类的福祉状况具有影响；反过来，人类福祉状况的改变又对生态系统具有影响。



■ **收入与就业** 随着地方与国家经济的显著增长，作物、鱼类和森林产品的生产得到了提高。以上服务在利用和管理方面的变化，既可能增加就业（例如：在农业向新地区的扩展时期），也可能减少就业（例如：劳动力的生产效率提高）。在那些由于土地退化或者渔业过度捕捞而生产力出现降低的地区，生态系统变化对地方经济与就业所产生的影响，可能会对穷人，或者收入依赖于这些服务的人群造成破坏性的损失。

■ **食物**：由于食物生产和农田生产力的提高超过了全球人口的增长，结果导致粮食面临降价的显著压力。继20世纪70年代由于石油危机引发粮食降价的显著信号之后，全球的粮食价格一直处于持续的大幅度下跌趋势（C8.1）。在过去的40年中，由于生产力的提高粮食价格实际上已经降低了大约40%（C26.2.3）。可以相当肯定地说，过去食物生产增加，单位面积的粮食生产成本日益降低，这已经使得数十亿人口的福祉和健康状况得到了改善，对于那些把大部分收入用于食物方面的贫困人群来讲，这种改善就更加显著（C8.1）。但是，粮食生产增加、粮食价格下降，也并不是只产生正面的效应。当前，与饮食有关的危险，主要指营养过量、体育活动过少，在工业化国家已经占到了人口疾病的1/3，这一数字在发展中国家也在日益增加（R16.1.2）。目前，多于10亿的成年人身体超重；至少3亿人在医学上被认为是肥胖患者，而这一人数在1995年是2亿（C8.5.1）。

■ **水资源供应状况**：在世界上的许多地区，通过修建水坝和对河流及湖泊的改造，人类的水资源供应能力已经得到了提高。但是，人均水资源供应的减少正在对人类福祉产生负面的影响。世界范围内，10亿~20亿人口出现了水资源供应匮乏，并且这种状况仍在恶化，这同时也为食物生产、人类健康和经济发展造成了严重的问题。根据测度水资源匮乏的一个重要指标

（水资源利用与水资源供应的相对比），自1960年到目前为止，全球的水资源匮乏在以平均每10年20%的幅度递增，由于各大洲的具体情况不尽相同，各洲的这一测度指标值在15%~30%变化不等（C7.ES）。

健康

健康，这里是指个体的感觉良好和生体强壮。换句话说，健康就是指个体营养充足，没有疾病，拥有足够的洁净水和清洁的空气，具有获得取暖和纳凉所需能源的能

力。对于人类福祉来讲，健康既是一种产品也是一种决定因素。诸如食物、水、药用植物和拥有新的医学条件这些供给服务的变化，以及调节空气质量、调节水质、调节疾病和处理废弃物这些调节服务的变化都对人类健康具有非常强烈的影响。文化服务的变化，通过影响人类在精神、灵感、美与消遣方面的机会而对健康产生强烈影响，反过来健康条件也对人类的机体和情绪状态产生影响。支持服务的变化对所有其它类型的服务都具有强烈的影响。社会经济

专栏表 选出的几种与水有关的疾病

每年的大约病例、死亡人数，以及调整后的残疾生命年数。调整后的残疾生命年数（DALY）是对人群健康状况的一种概略测算指标，它是根据人群规模计算出的由于未成年死亡，或者由于健康方面的事件引起的残疾而失去的健康年数的总和（C7表7.10）。

疾病	病例数	调整后的残疾生命年数 (1 000)	估计的死亡人数 (1 000)	与淡水服务的关系
痢疾	40 亿	62 000 (54 000) ^b	1 800 (1 700) ^b	人类排泄物造成的污染
疟疾	3 亿~5 亿	46 500	1 300	按蚊和蚊子传播
血吸虫病	2 亿	1 700	15	水生软体动物传播
登革热和出血热	5000 万至 1 亿登革热；500 000 出血热	616	19	伊蚊传播
盘尾丝虫病 (河流盲)	1 800 万	484	0	黑苍蝇传播
伤寒症和副伤寒	1 700 万			污水、食物和洪水
沙眼	1500 万，包括 600 万失明患者	2 300	0	缺乏基本的卫生知识
霍乱	140 000~184 000 ^a		5~28 ^a	被人类排泄物污染了的水和食物
麦地那龙线虫	96 000			污染的水

a 上限特指 2001 年

b 痢疾是一种与水有关的疾病，但是也并不是所有的痢疾病例都与水污染有关。括号中的数字是特指与水污染有关的痢疾。

(下转 52 页)

专栏 3.1 生态系统服务与人类福祉的联系 (续)

条件可以对人类的以上收益状况进行适度的调节。富裕人群可以通过购买替代产品(例如药用植物或者洁净水)替代生态系统在健康方面提供给人类的收益,但是他们更容易受到影响空气质量的生态系统变化的影响。下面是几个生态系统变化影响人类福祉的健康要素的例子。

■ **营养:** 2000年,在一些最贫穷的国家中,大约1/4的疾病可以归因于儿童和母性的营养不良。在世界范围内,接近10%的疾病与营养不良有关 (R16.1.2)。

■ **水与卫生设施:** 水资源、卫生设施和卫生知识的不足引起的疾病,导致的死亡人口每年达170万,因而每年至少丧失

5400万的健康生命年。卫生设施、水资源供应和水质状况也是引发诸如痢疾和一些其它主要传染性疾病的重要危险因素(见专栏表)。大约11亿人口缺乏洁净的饮用水,大于26亿的人口缺乏卫生设施(C7.ES)(见专栏的图B和图C)。主要由于对人类健康的影响,全球每年花费在海滨水域污染方面的经济成本估计在160亿美元左右(C19.3.1)。

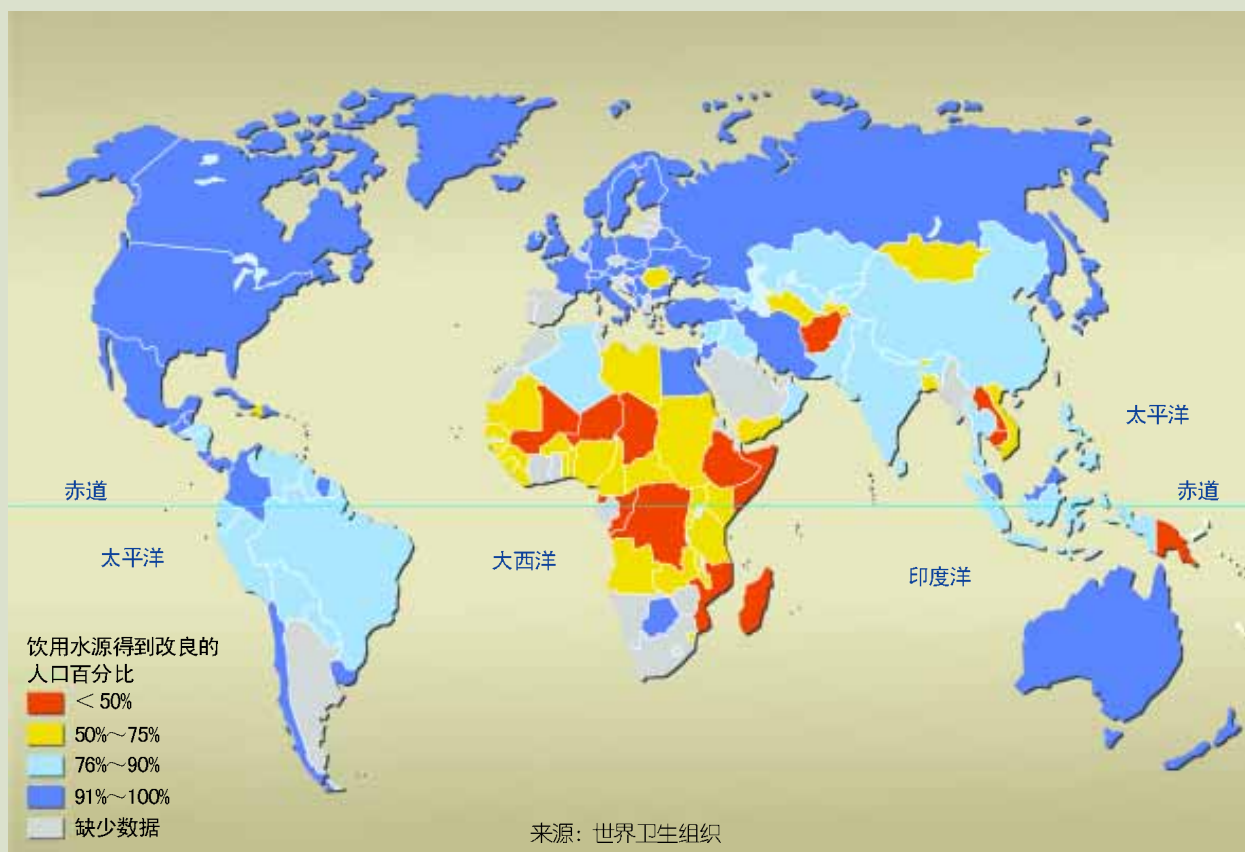
■ **媒介传染病:** 减少媒介传染病的行动已经使人类在健康方面获得了重要收益,同时也减轻了贫穷地区在发展道路上的限制条件。媒介传染病,特别是非洲的疟疾,每年大约导致140万人死亡。这些媒介

传染病既是贫困造成的结果,也是引起贫困的原因(R12-ES)。许多情况是,在诸如森林砍伐、修建水坝、修路、农业转变和城市化这些环境变化的作用下,许多传染性疾病的流行似乎呈现出了增长的态势(C14.2)。

■ **医药:** 制药行业中天然产品的利用往往具有很大的波动性,但是几家主要制药公司的生物制药出现了总的衰减趋势。历史上大多数的医药是从天然产品中获得的。即使在20世纪末,大约50%的处方医药最初仍是从植物当中发现的(C10.2)。目前,天然产品在医药研制中仍被积极地应用。在世界的许多地方,药用植物仍在健康

专栏 图 B 2002年具备完善的饮用水供应条件的人口百分比 (C7图7.13)

完善的饮用水供应是根据使用以下饮用水源的人口百分比估算得到的:家庭自来水、公用水塔、钻进、受保护的挖井、受保护的泉水和收集起来的雨水。



护理系统中起着重要作用。MA的一个亚全球评估在湄公河湿地发现了 280 多种重要的药用植物，其中 150 种仍在经常使用 (C10.2.2)。但是，由于过度采伐和栖息地的丧失，药用植物资源总体上已经出现了衰减。

良好的社会关系

良好的社会关系是指具有社会凝聚力、相互尊敬，以及帮助他人和供养孩子的能力。生态系统的供给服务和调节服务的变化将会对社会关系产生影响，这种影响主要是通过它们对人类福祉的物质要素、健康和安全的更加直接的影响而起作用的。

文化服务的变化可能对社会关系产生强烈影响，这种影响对于那些仍然和地方环境保持较强联系的文化社会尤其明显。供给服务和调节服务的变化可以运用社会经济因素进行调节，但是对于文化服务而言这种调节却是不可能的。即使对于诸如瑞典和美国这样的富裕国家，他们也不可能购买一种替代产品替代被地方社区居民认为具有重要价值的人文景观。

生态系统在过去的变化倾向于提高人类在消遣和生态旅游方面对生态系统的利用。生态系统服务降低可能破坏社会关系，进而导致冲突，这方面已有清楚的例子。对于那些文化认知与特定栖息环境或者野生

动植物具有密切联系的原住民社区来讲，如果栖息环境遭到破坏，或者野生动植物种群出现衰减，那么他们的社会关系将会遭到损害。这种影响在海滨的渔业社区、北极人群、传统的林业社区和游牧社会已经被观察出来 (C5.4.4)。

安全

安全，这里是指人身安全、财产安全、必需的资源安全和免受自然和人为灾害侵袭的安全。诸如调控疾病、调节气候和调节洪水这些调节服务的变化将会对安全具有非常强烈的影响。诸如食物和水这些供给服务的变化将会对安全产生强烈的影响，

专栏 图 C 2002 年得到完善的公共卫生设施覆盖的人口百分比 (C7 图 7.14)

得到完善的公共卫生设施覆盖的人口百分比是根据使用以下公共卫生设施的人口百分比估算得到的：连接公共下水道、接通垃圾处理系统、冲刷性的厕所、简易的便坑（一部分便坑被认为是不完善的卫生设施）和具备通风条件的完善的便坑。



(下转 54 页)

专栏 3.1 生态系统服务与人类福祉的联系 (续)

因为以上服务的退化常常导致人类对这些必需资源的丧失。文化服务的变化可能会对安全产生影响，因为它可能促进社会上社会网络的破裂或者强化原有的社会网络。由于支持服务对所有其它服务的影响，它的变化将对安全产生强烈影响。以上与安全有关的人类收益可以通过社会经济条件进行适度的调节。富裕人群具有安全方面的防护网络，因而可以把一些生态系统变化(例如洪水和干旱保险)对安全造成的可能影响降低到最低水平。但是，富裕人群并不能全部摆脱他们生活地区的一些生态系统变化对安全的影响。

影响洪水和主要大火强度和规模，这是生态系统变化影响安全福祉的一个例子。在过去的 50 年中，以上灾害发生的频率已经显著增加。生态系统自身的变化、以及生态系统管理的变化已经促进了以上趋势的发展。例如，开凿运河往往是降低了小规模洪水的发生和影响，但是它却加大了大规模洪水的发生和严重性。平均来讲，每年大约有 1.4 亿人口遭受洪水的影响，这比遭受其它自然灾害和技术灾难的人口的总和还要多。1990—1999 年期间，10 万多人死于洪水，结果造成了高达 2 430 亿美元的赔偿金额。

选择和行动的自由

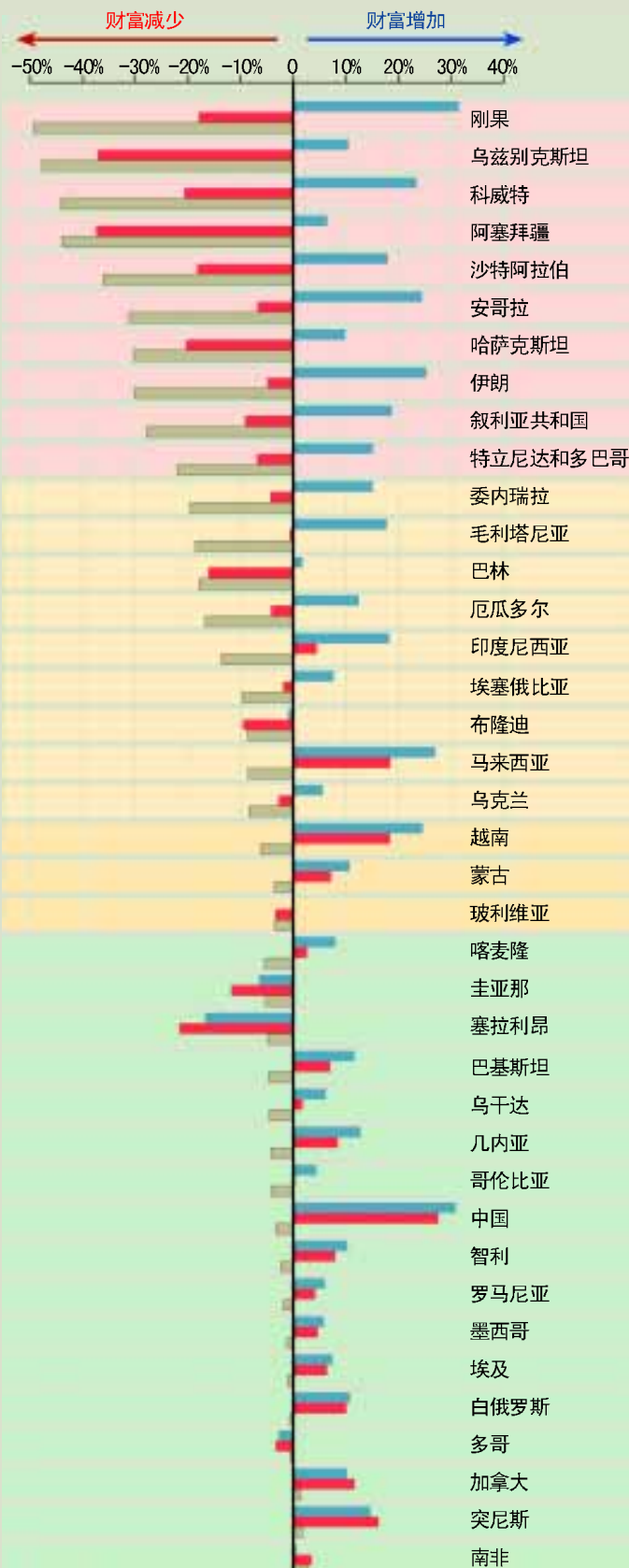
选择和行动的自由是指个体对发生在自己身上的事件的控制能力、以及实现自身价值和实现个人愿望的能力。选择的自由不能脱离福祉的其它要素而存在，因而所有生态系统服务的变化都可能对福祉的这一要素的实现产生间接影响。生态系统变化对选择和行动的自由的影响受到社会经



济条件的强烈调节。对于富裕人群和那些生活在政府管理高效、社会高度民主的国家的公民，即使生态系统发生显著的变化他们仍然可以维持选择和行动的自由；但是，对于穷人来讲那就不可能了，因为生态系统变化将会导致他们失去生计。

总体来讲，关于生态系统变化对于选择和行动的自由的影响，目前我们在这方面的知识还相对有限。薪材和饮用水的供应减少，用在收集这些基本必需品方面的时间已经表现出了增加趋势，反过来这就减少了用于教育、就业和照顾家庭成员的时间。通常认为，这种影响将对妇女造成更大的不利（尽管这种观点的经验基础相对有限）(C5.4.2)。

图 3.1 2001 年，根据人力资本投入、自然资源耗损和污染损失调整后的国家净储蓄和通常国家净储蓄的测算对比 (C5.2.6)



国家储蓄 (以占国家总收入的百分比表示) 为正值反映了国家财富的增加。通常的测算方法没有包括人力资本 (在通常的国家统计当中, 人力资本的花费被看作消费处理) 投入、各种自然资源耗损及污染损失。通过考虑教育开支 (加到平常的测算当中)、不可持续的森林采伐、不可更新资源的耗损 (矿藏和能源) 和碳排放对气候变化的加速作用 (从平常的测算当中减去把以上损失), 世界银行提供了调整后的国家净储蓄的测算结果。由于没有包括许多生态系统服务的潜在变化 (诸如渔业枯竭、大气污染、淡水资源退化和非商用林及其服务), 其实调整后的测算结果仍较真实的国家净储蓄要高。这里我们给出了2001年部分国家的净储蓄变化, 把资源耗损和碳排放造成的损害计算进去后, 这些国家的净储蓄均减少5%以上。

柱状图例

- 用占国民收入总值的百分比表示的净储蓄, 它是一个仅仅考虑经济参数的财富指标
- 用占国民收入总值的百分比表示的调整后的净储蓄, 它包括人力资本 (例如, 教育) 和自然资源损耗 (例如, 不可持续的林业、能源利用、以及二氧化碳污染)
- 2001 年储蓄与调整后的净储蓄之间的差值

背景图例
根据资源损耗和资源破坏折合的损失:

- 25%~60%
- 10%~25%
- 5%~10%

来源: 千年生态系统评估

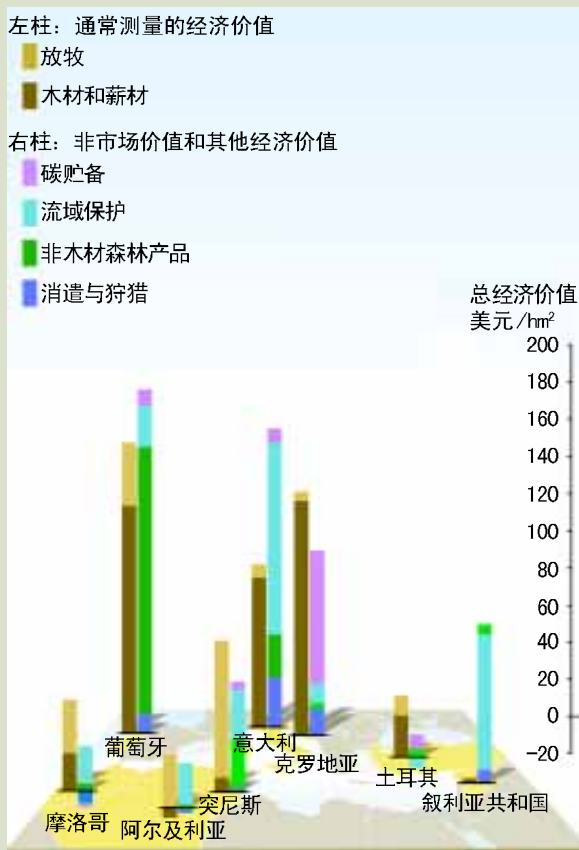
相对有限。对于许多生态系统服务的状况，我们还缺乏监测，相对于其他社会、文化及经济因素的影响，还很难具体测算生态系统服务的变化究竟会对人类福祉造成多大的影响。但是，以下证据显示生态系统服务退化会对人类的生计、健康，以及地方和国家经济产生严重的损害。

■ 大多数的资源管理决策是受进入市场交易的那部分生态系统服务强烈影响，结果常常导致没有进入市场交易的生态系统服务丧失或者退化。许多生态系统服务，例如净化水源、调节洪水或者提供美学收益，它们都没有在市场上进行交易。因此，这些生态系统服务提供给人类的收益大部分没有登记，只有一小部分进入了社会统计的行列，而且还出现了许多“张冠李戴”的错误（例如，在有关的统计资料中，湿地对水资源的调节效益，不是出现在湿地的收益这一栏目，而是出现在水资源利用部门的相对较高的利润栏中）。此外，对于那些没有进入市场交易的生态系统服务来讲，常常缺乏足够的激励行为来刺激个体投资以对它们进行维护（尽管在某些情况下公共财产管理制度会采取一些这方面的激励措施）。更为典型的是，即使大家对某一生态系统提供的服务非常清楚，但是他们既不会因为提供这些服务而得到补偿，也不会因为减少这些服务而受到惩罚。与进入市场交易的那部分服务相比，没有进入市场的生态系统服务提供给人类的收益常常更高，有时它们的价值更大。例如：

- 森林的总经济价值：科学界对8个地中海国家的森林的市场经济价值和非市场经济价值进行了一项迄今最为全面的研究。结果表明，在每个国家中，木材和薪材的经济价值一般不足其森林总经济价值的1/3（见图3.2）。
- 保护区的消遣收益：2003年夏威夷岛的6个海洋管理区中，每个管理区的珊瑚礁的年消遣价值在300 000美元至3 500万美元之间。
- 水质：按1998年的净现值进行计算，5年来美国Catawba河的360km河段在保护水质方面的价值估计是34 600万美元。
- 湿地的净化水质服务：1992年多瑙河冲积平原的总经济价值中，大约1/2可以归于其在养分储备方面的作用。
- 自然授粉媒介：哥斯达黎加的一项研究表明，在1km的林段中基于森林的授粉媒介可以使咖啡产量提高大约20%（同时提高咖啡的质

图3.2 部分国家森林收益的年流量（根据C5专栏5.1改编）

对大多数国家而言，生态系统在木材和薪材生产方面的市场价值不足其总经济价值（包括诸如碳吸收、流域保护和消遣在内的非市场价值）的1/3。



量)。2000—2003年期间，来自2块林地（分别为46hm²和111hm²）的授粉服务可以使一个110hm²的农场每年增收60 000美元，相当于来自土地利用竞争的预期税收。

- 调节洪水：Muthurajawela沼泽，斯里兰卡一个3 100 hm²的泥炭沼泽，在调节当地洪水方面每年提供的收益估计为500万美元（相当于每公顷1 750美元）。

■ 与通过开垦耕地、皆伐森林和其他集约化利用对生态系统进行改变相比，对生态系统进行更加可持续的管理常常可以获得较高的总经济价值。尽管对不同管理体制下生态系统的总经济价值（包括生态系统服务的市场价值和非市场价值）进行的比较研究相对较少，但是从已经开展的几项有关研究得出的结果来看，虽然对生态系统进行转变或者

进行不可持续的管理可以获得更大的私有收益。进入市场交易的那部分生态系统服务提供的实际货币收益，但是从获得的总经济价值看，对生态系统进行较为可持续的管理还是超过了对生态系统进行转变（见图3.3）。这些研究结果与下边的理解比较一致，即关于对生态系统的改变，更大程度上是由于生态系统服务方面的市场失灵造成的，而非经济上的合理转变。但是，这一结果也不是适用于所有的地区。例如，对处于原始农业生产的土地或者城市地区的生态系统进行转变就常常能够获得较原来生态系统更多的总经济价值。（尽管在城市密集的地区，维持某些“绿色空间”而获得的总经济价值可能高于对其进行开发所能获得的价值）。

■ 损害生态系统服务可能牺牲大量的经济成本和公众健康成本。

■ 由于过度捕捞，20世纪90年代早期纽芬兰渔场的鳕鱼资源突然枯竭（见图3.4），结果导致数以万计的人员失业，政府为此花费了至少20亿美元用于这些失业人员的收入支持及其再就业培训。

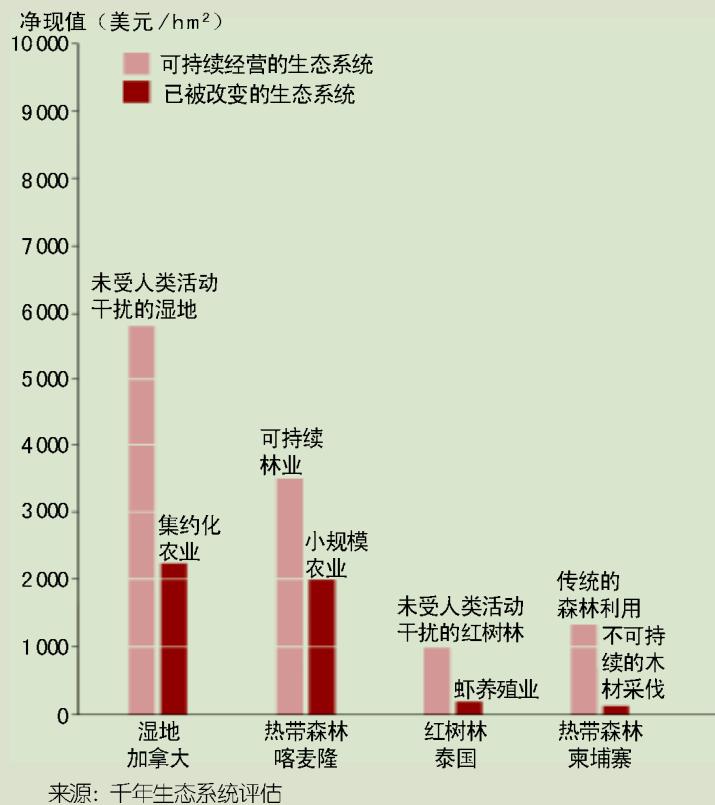
■ 1996年，由于农业生产对水资源（污染和富营养化）、空气（排放温室气体）、土壤（下游的土壤侵蚀，以及二氧化碳丧失）和生物多样性的损害，英国农业在这些方面是26亿美元，相当于20世纪90年代年均农业总收入的9%。与此相似，在20世纪90年代，英格兰和威尔士每年仅因淡水富营养化而损失的成本就达1.05亿~1.60亿美元，此外每年还要花费7700万美元用于治理有关的损害。

■ 1997年和1998年，印度尼西亚烧毁了1000万hm²的森林，因此在健康医疗、生产损失及旅游税收损失方面估计造成了93亿美元的损失，整个地区遭受影响的人口大约是2000万。

■ 1998年印度洋地区出现了大规模的珊瑚白化事件，在此后的20年（以10%的贴现率计算）它估计将会造成6.08亿美元（如果仅对旅游

图3.3 不同管理方式的经济收益（以每公顷的净现值表示，单位是美元）（C5专栏5.2）

在每一种情况下，尽管在私营（市场）收益方面，是已被改变了的生态系统较高，但是就净收益来讲，是较为可持续管理的生态系统高于已被改变的生态系统。（如果原始数据只给出了价值变化范围的话，则该图中标出的是价值的下限）。



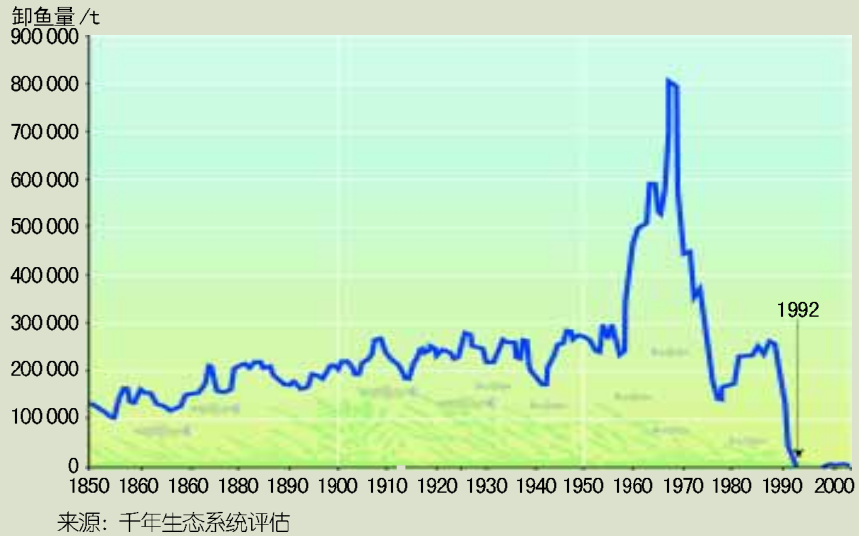
收入和就业造成较小影响的话）至80亿美元的总损失（如果旅游收入、就业和渔业生产显著降低，而且珊瑚礁失去其原有的缓冲保护功能的话）。

■ 1997年南非 Cape Floral 地区因为外来物种入侵而每年损失的净经济价值估计是9350万美元，相当于在不发生物种入侵情况下的潜在经济价值的40%还要多。物种入侵导致生物多样性、水、土壤和美景都受到了损失，尽管入侵物种也可以为当地提供一些诸如薪材之类的收益。

■ 目前，海洋生物发病的几率和新病原体出现的几率都正在上升，其中某些（例如 ciguatera）是对人类健康有害的（C19.3.1）。海滨水域赤潮（包括有毒藻类）爆发的频率和强度正在增加，从而对其他海洋资源（例

图 3.4 1992 年，纽芬兰东海岸的大西洋鳕鱼资源突然崩溃（CF 专栏 2.4）

这次鳕鱼资源崩溃迫使开发经营了数百年的渔场关闭。在 20 世纪 50 年代后期之前，该渔区主要是季节性迁移的捕鱼船队作业和海岸附近渔民的小规模捕捞作业。自 20 世纪 50 年代后期开始，可以触及海底的拖网渔船在该渔区开展了深海捕捞渔业，虽然渔获量大幅度上升，但是潜在的鱼群生物量却急剧减少。虽然于 20 世纪 70 年代早期国际协议规定了捕捞配额，1977 年加拿大宣布了专属捕鱼区，但是国家配额制度最终仍未能遏止和扭转渔业资源的减少趋势。至 20 世纪 80 年代后期和 90 年代初期，鳕鱼资源跌至了极低的水平，于是 1992 年 7 月被迫宣布暂停所有的商业捕鱼。直至 1998 年，近岸的小规模商业捕鱼才重新开始，但是渔获效率一直下降，因而 2003 年该渔场被无期限的关闭。



如鱼类资源)和人类健康造成危害(R16图16.3)。1989年,爆发在意大利的一次特大赤潮给海滨水产业造成了1 000万美元的损失,给意大利旅游业造成了1 140万美元的损失(C19.3.1)。

■ 在过去的50年中,世界范围内洪水和火灾爆发的次数已经显著地增加,其中部分原因是由生态系统变化引起的。这方面的例子包括红树林砍伐后海滨居民面对热带风暴的敏感性增强,以及长江上游土地利用变化导致下游洪水增加(C.SDM)。自20世纪50年代以来,每年因极端事件造成的经济损失增加了10倍,至2003年大约为700亿美元。其中,诸如洪水、大火、风暴、干旱及地震等自然灾害占到了加入保险的损失的84%。

■ 为了恢复和维持生态系统的非市场价值常常需要大量的投资。

■ 在南非,通过侵占自然栖息地,入侵树种已经对本地物种和径流造成了威胁,因而对经济增长和人类福祉造成了严重影响。为此,南非政府启动了“水工作计划”。1995—2001年期间,该计划对控制入侵物种的清除项目(clearing programs)投资了1.31亿美元(以2001年的兑换率计算)。

■ 美国路易斯安娜州已经实施了一项价值140亿美元的湿地恢复计划,该计划主要是为了保护10 000km²的沼泽、湿地和海岛,以减少飓风风浪的危害。

尽管在决策制定的过程中如果全面考虑生态系统服务的总经济价值的话,那么就可能减缓或者扭转生态系统服务的退化,但是如果仅从经济方面考虑则有可能导致生物多样性的降低(确定性中等)(CWG)。尽管大多数甚至全部生物多样性都具有一定的经济价值(任何物种的选择价值总是大于零),但是这并不意味着对所有生物多样性的保护从经济上讲都是合理的。其他方面的“效用”收益常常和由维持较高生物多样性获得的收益进行竞争。例如,为提高生态系统服务产量而采取的许多措施都涉及对自然系统的简化(例如,农业生产已经典型的利用简单的生产系统代替相对较为多样的自然系统)。此外,保护某些其他方面的生态系统服务也不一定非要通过保护生物多样性才能实现(例如,不管是包含多个物种的原始森林,还是单一树种的人工林都可以起到净化流域水质的作用)。最后,地球上幸存的生物多样性水平不仅仅取决于效用因素,而在很大程度取决于伦理关系(包含物种的内在价值因素)。

富裕人群也逃脱不了生态系统退化的影响

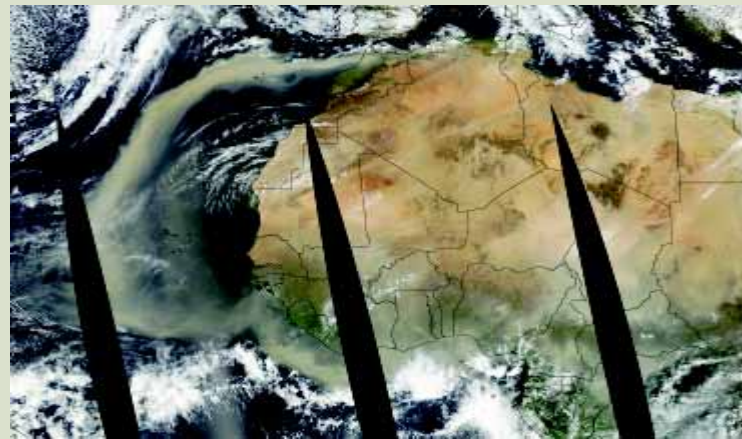
(CWG)。生态系统服务退化对工业化地区以及发展中国家的富裕人群都会产生影响。

- 生态系统服务退化造成的自然、经济和社会影响可以跨越行政边界的限制（见图 3.5）。例如，发生在贫困国家的土地退化或者大火已经加剧了富裕国家空气质量的下降（沙尘暴和烟尘增加）。
- 发展中国家的生态系统服务造成其贫困状况恶化，这可能导致区域经济增长减慢，引发地区冲突和发生难民迁移，因而对周边的工业化国家造成影响。
- 促进温室气体排放的那些生态系统变化，会加速全球的气候变化，这将影响到所有的国家。
- 许多行业的运转仍然直接依赖于生态系统提供的服务。例如，渔业资源的枯竭已经对工业化国家的许多社区造成了损害。林业、农业、渔业和生态旅游业的前景都直接与生态系统服务的状况密切相关。此外，诸如保险、银行和卫生这些其他部门，如果说它们与生态系统服务的关系不是那么直接的话，它们也受生态系统服务变化的影响。
- 对于生态系统在某些方面的退化所造成的有害影响，富裕人群有可能免受其害，但是这不包括生态系统的所有退化。例如，当生态系统的文化服务丧失之后，通常是没有替代品可以替代的。

当诸如农业、林业和渔业这些传统的自然资源部门在工业国家的经济中仍然十分重要时，随着农业型经济向工业型经济和服务型经济的转变，这些国家中其他部门的经济和政治地位已经得到了显著的提高（S7）。在过去的 2 个世纪中，世界上某些最大经济体的经济结构已经显著地由农业生产转向了工业，特别是转向了服务型产业（见图 3.6）。尽管基于自然资源的部门仍然在发展中国家占着支配地位，但是与农业、林业和渔业相比，以上变化导致工业和服务业部门（根据传统的经济测算方法，不包括那些未进入市场进行流通的成本与效益）的相对重要性得到了提高。2000 年，农业占世界总产值的 5%，工业占 31%，服务业占 64%。同时，尽管生态系统服务提供给人类的许多非市场收益没有统计在国民经济之内，但是它们的重要性已经上升。例如，目前城市附近的林业生态系统在水

图 3.5 2004 年 3 月 6 日来自非洲西北海岸的沙尘暴

在这张影像上，风暴范围跨越了大约 1/5 的地球周长。经过数千英里的行程，沙尘暴抵达了佛罗里达西海岸的水域，导致该水域的铁元素含量增加。与此相关，引发区域海藻旺长，北美地区出现呼吸性疾病。此外，这场沙尘暴对加勒比海的珊瑚礁也产生了一定的影响。旱区的土地退化，将使与沙尘暴有关的一些问题进一步恶化。



来源：美国航空航天管理局的地球观测站

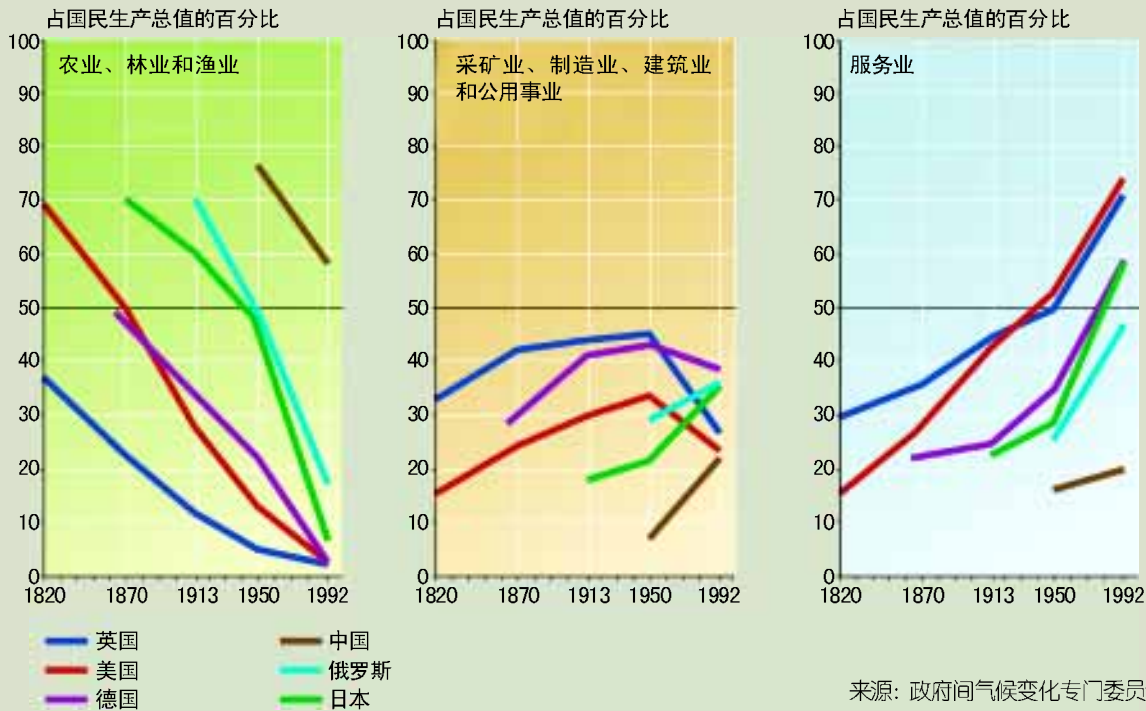
资源供应方面的经济价值已经超过了其木材供应价值。生态旅游、消遣性狩猎和捕鱼这些行业提供给人类的经济收入和就业机会已经增加。

贸易的增加常常有助于满足某些地区（生态系统服务较低）对诸如粮食、鱼类和木材这些生态系统服务的生长需求。但是，这种贸易在减轻进口地区生态系统服务的压力的同时，却加重了出口地区的压力。世界上鱼产品的贸易流通量非常大，大约 50% 的出口量来自发展中国家。当前，来自这些发展中国家以及南半球的鱼产品出口弥补了欧洲、北美和东亚市场的供应缺额（C18.ES）。尽管欧洲、日本，特别是美国，这些国家的海洋渔业捕捞出现了减少，但是渔业贸易已经显著地提高了这些富裕国家的鱼产品供应的数量和质量（C18.4.1）。

林产品国际贸易价值的增长速度已经远远超过了对林产品收获的速度（1961—2000 年期间，对原木的收获量增长了 60%；同期国际木材贸易增长了 25 倍）（C9.ES）。2000 年，世界上大于 1/2 的木材进口是进入了美国、德国、日本、英国和意大利，大于 1/2 的木材出口是来自加拿大、美国、瑞典、芬兰和德国。

在诸如粮食、鱼和木材这些商品的贸易过程中，伴随着生产这些商品所必需的其它生态系统服

图 3.6 部分国家经济结构的变化趋势 表示 1820—1992 年期间不同部门在国家 GDP 中所占的份额 (S7 图 7.3)



务的“虚拟贸易”。在全球范围内，每年伴随粮食的水的国际“虚拟贸易”估计在 500~900km³，伴随牲畜和牲畜产品的水的国际“虚拟贸易”估计在 130~150km³。作为比较，当前每年的灌溉用水量总量为 1 200km³ (C7.3.2)。

生态系统服务变化对生活在城市生态系统的居民具有直接和间接的影响。同样，城市人口对他们生活当地的生态系统服务和远离城市中心的生态系统服务都具有强烈的影响 (C27)。目前，世界上几乎 1/2 的人口是生活在城市地区，而且这个比例还在上升。城市发展常常对水资源供应、空气质量、水的质量、废弃物处理，以及许多其他方面的对人类福祉具有促进作用的周边环境造成威胁，这种退化特别是对脆弱人群（例如，贫困人群）正在造成威胁。许多生态系统服务对于人类的生计仍然十分重要。例如，在非洲的亚撒哈拉地区，城市边缘的农业生产对于维持城市的粮食安全至关重要。城市人口不但通过贸易和消费对远距离的生态系统产生影响，而且也受到远距离的生态系统变化的影响。这些远距离的生态系统变化或者是对当地的商品供应和商品价格、空气质量、水质和全球气候产生影响，或者是通过影响远距离的城市地区的经济、人口或者安全状况这一途径进而对那些国家的

社会经济状况产生影响。

对于许多地方社区来讲，生态系统的精神与文化价值和其他服务同等重要。人类文化、知识系统、宗教、遗产价值和社会的相互作用总是在特定文化氛围的生态系统及其状况的影响下形成的。人类已经通过多种途径从生态系统的文化服务获得了收益，这些途径包括美学享受、消遣、艺术与精神方面的满足，以及智力的开发 (C17.ES)。MA 的几项亚全球评估突出强调了生态系统的这些文化与精神收益对于地方社区的重要性 (SG.SDM)。例如，为了精神信仰许多印度的当地村庄对选出的“圣林”进行保护；在世界上的许多城市，城市公园为人们提供了重要的文化和消遣服务。

生态系统服务、千年发展目标和减贫

生态系统服务退化为实现千年发展目标，以及千年发展目标中的 2015 年发展指标设置了一个显著的障碍 (见专栏 3.2)。在实现千年发展目标方面面临最严峻挑战的许多地区，恰恰也在生态系统服务的可持续供应方面面临着最严重的问题 (R19.ES)。这些地区包括非洲的亚撒哈拉，中亚、南亚和东南亚的部分地区，以及拉丁美洲的某些地区。在非洲的亚撒哈拉，母亲死亡数和收入方面的

贫穷人口（那些生活在每天收入不足1美元的人们）已经上升，预计那里生活在贫困状态的人口将由1999年的3.15亿增至2015年的4.04亿（R19.1）。非洲南部地区的人均食物生产一直处于下降趋势，但是根据MA的情景预计将会出现相对较少的增加。这些地区许多都分布有大面积的旱地，由于人口增长和土地退化的综合作用，结果导致当地居民对经济和环境变化的脆弱性正在上升。在过去的20年中，同是这些地区经历了世界上某些年份最快的森林和土地退化。

尽管人类在提高对某些生态系统服务的生产和利用方面已经取得了进展，但是当前仍然处于高的贫困水平，而且不公平程度正在增加，许多人仍然得不到足够的生态系统服务供应或者无法获取足够的生态系统服务（C5）。

- 2001年，世界上大约有11亿人口生活在每天收入不足1美元的状态，其中他们的大多数（大约70%）是生活在农村，生活来源高

度依赖于农业、牧业和狩猎（R19.2.1）。

- 过去的10年中，在收入和人类福祉的其它测度指标方面，不平等程度已经加剧（C5.ES）。当前，出生在非洲亚撒哈拉地区的婴儿在5岁之前的死亡概率高于出生在工业化国家的婴儿的20倍，与10年之前相比，这一比率又有增加。在20世纪80年代，世界上只有4个国家的人类发展指数（经济福利、卫生和教育方面的一个综合指标）出现位次下降，至90年代出现位次下降的国家已经增至21个，其中14个是在非洲的亚撒哈拉地区。
- 在过去的40年中，尽管人均食物生产出现了增长，但是2000—2002年估计世界上的营养不良人口估计是85200万，与1997—1999年的这类人口数相比，增加了3700万。这些营养不良的人口，大约95%是生活在发展中国家（C8.ES）。南亚和非洲的亚撒哈拉，这些营养不良人口分布最多的地区恰恰也是

专栏3.2 生态系统与千年发展目标

2000年9月，在联合国千年首脑会议上，联合国各会员国政府共同签署了8项千年发展目标。签署千年发展目标的目的是通过消除贫穷和饥饿、降低幼儿和产妇的死亡率、普及初级教育、控制与扭转疾病的传播势头、解决性别歧视、确保可持续发展和促进全球伙伴关系的发展，进而改善人类的福祉状况。在每项千年发展目标中，会员国政府已经承诺最迟在2015年实现1~8项具体目标（targets）（共15项具体目标）。减缓和扭转生态系统服务的退化趋势将会显著地促进许多千年发展目标的实现。

■ **消除贫困：**生态系统服务状况是影响大多数穷人的生计问题的一个主导因素。世界上大多数的最贫困人口生活在农村地区，因而他们通过直接或者间接的方式高度依赖于生态系统服务的食物生产（包括农业、畜牧和狩猎）（R19.2.1）。生态系统管理不善就可能对贫困人口的生计造成威胁，甚至可能威胁到他们的生存（C5.ES）。贫困人口特别容易受到流域服务变化的影响；因为流域服务的变

化常常影响穷人的水资源供应和水质，造成诸如湿地、红树林，以及珊瑚礁这些生态系统的丧失，进而影响洪水和风暴对贫困人口的危害，或者导致生态系统对气候的调节服务发生变化因而引起区域气候变化。生态系统退化常常是导致人们陷入贫困循环的主要因素之一。

■ **消除饥饿（R19.2.2）：**尽管经济和社会因素常常是造成饥饿的主要决定因素，但是食物生产仍然是引发饥饿的重要因素，尤其是对于农村的贫困人口来讲更是如此。尽管食物生产自身就是一种生态系统服务，但是它也依赖于流域的服务、授粉、调节害虫及土壤形成。一方面需要提高食物生产以满足不断增长的人口食物需求；另一方面还需要提高食物生产的效率（单位面积产量、水和其他投入）以降低对其他重要服务的损害。生态系统状况，特别是气候、土壤退化和水资源供应情况，对实现以上目标的进程具有重要影响；因为它们既影响作物的产量，同时也影响野生食物资源的获取。

■ **降低儿童死亡率：**营养不良是造成

大量儿童死亡的潜在原因。儿童死亡也受水质引起的有关疾病的强烈影响。痢疾是造成全世界婴儿死亡的一种主要原因。此外，对于非洲亚撒哈拉地区的许多国家来讲，疟疾也是造成儿童死亡的另外一种重要原因。

■ **防治疾病（R19.2.7）：**人类健康受到食物生产、水质、水资源量和调控自然灾害这些有关生态系统服务的强烈影响，生态系统管理是解决一些全球最为紧迫的疾病（例如疟疾）的基础。生态系统变化将会影响一些人类病原体（如疟疾和霍乱）的发生，同时它也将影响出现新生病的风险。在非洲11%的疾病与疟疾有关；据估算，如果35年以前非洲已经消灭了疟疾的话，那么2000年非洲的GDP将会增加1000亿美元（大约增加25%）（R16.1）。

■ **环境的可持续性：**实现这一目标的最低限度，需要停止当前对诸如渔业和淡水这些生态系统服务的不可持续利用，需要阻止诸如净化水质、调节自然灾害、调节疾病、调节气候和文化服务这些生态系统服务的退化。

人均食物生产增长最慢的地区。最值得注意的是，非洲的 sub-Saharan 地区人均食物生产已经出现了下降 (C28.5.1)。

- 当前，大约 11 亿人口仍然无法获得完善的水供应条件，多于 26 亿的人口缺少完善的卫生设施。世界上大约 10 亿~20 亿的人口受水资源匮乏的影响。自 1960 年以来，水利用量和可获取的水供应量之比在以每 10 年 20% 的幅度递增 (C7.ES, C7.2.3)。

生态系统服务退化正在对世界上的许多最贫困人口造成损害，有时它已经成了引发贫困的主要因素。这并不是说诸如食物产量增加这些生态系统变化对于数亿人口摆脱贫困没有帮助。但是，这些变化已经对许多其他社区造成了损害，而且他们的困境在很大程度上已经被忽略。这方面的例子包括：

- 在非洲、亚洲、拉丁美洲和加勒比海，1/2 的城市人口遭受与水资源和卫生设施不足有关的 1 种或者多种相关疾病的折磨 (C.SDM)。每年大约有 170 万人死于水、卫生设施和卫生知识的欠缺 (C7.ES)。
- 在发展中国家，由于渔业捕捞的下降，鱼类这一廉价的蛋白质资源正在减少。1985—1997 年期间，发展中国家（不包括中国）的人均鱼产品消费出现了下降 (C18.ES)。
- 荒漠化将对数百万人口（包括生活在旱区系统的大部分穷人）的生计造成影响 (C22)。

生态系统变化引起的“受益者”和“受害者”的分布格局，特别是生态系统变化对贫困人口、妇女和原住民的影响，在管理决策过程中还没有受到足够的重视 (R17)。生态系统变化通常导致某些人从中获得收益，而把变化造成的成本强加在另外其他人身上。他们可能不是失去对资源的获取和生计手段，就是遭受由变化引起的外部效应的损害。由于多个方面的原因，诸如贫困人口、妇女和原住民社区这些人群往往容易成为生态系统变化的受害者。

■ 生态系统的许多变化已经把以前的公共资源变成了私有化，因而导致依存于这些公共资源的人们失去了以前的资源所有权。对于原住民、依存于林业的社区和那些在政治和经济权力方面处于边缘位置的人群，以上情况尤其突出。

■ 某些受到生态系统和生态系统服务变化影响的地区和居民非常脆弱，对于可能发生的生态系统变化他们缺乏足够的应对能力 (C6.ES)。这些高度

脆弱的人群包括那些在生态系统服务方面需求已经超过供应的人群，例如，缺乏足够的洁净水供应的人群和生活在人均农业产量正在下降的地区的人群。在容易发生诸如洪涝和干旱这些自然灾害的生态系统中，常常由于不合理的政策造成了人口的增长，这也已经增加了这些地区的脆弱性。目前，低洼的海滨地区，以及旱区生态系统的人口正在增长。在过去的 40 年中，需要国际援助的自然灾害（洪水、干旱、地震等等）发生次数已经翻了两番，其部分原因就在于以上脆弱人群的人口增长。最后，当社会系统或者生态系统的自恢复能力已经降低时（例如，耐干旱的作物品种的丧失），这也导致了脆弱性的上升。

■ 在许多社会中，由于男人和妇女在地位和权力方面的显著差异，当生态系统服务发生变化时，结果导致妇女的脆弱性上升。在发展中国家，农村妇女是诸如水稻、小麦和玉米这些主要作物的生产者 (R6 专栏 6.1)。在许多社会中，性别分工把日常照料家庭的责任归在了妇女的身上，尽管妇女在农业生产上也发挥着重要的作用。因此，诸如水资源、薪材、农业生产力和牧业生产力这些生态系统服务的退化，常常导致对妇女劳动力的需求增加。对于较大的家庭来讲，这可能减少准备食物、照看孩子、教育孩子和从事其他有益活动的时间，因而造成家庭影响 (C6.3.3)。在许多国家，农业政策仍然存在性别偏见，因而从事农业生产的农村妇女往往成为政策革新和新技术发展的最后受益者，甚至政策革新和新技术发展在某些情况下会对她们产生不利影响。

■ 关于农村贫困人口对生态系统服务的依赖程度，这方面的测算工作很少，因而在国家统计和贫困评估当中这方面的因素往往被漏掉，结果在减贫方面导致了没有考虑环境作用的不合理战略决策。例如，综合了 17 个国家的数据的一项最新研究发现，对于林区的农村社区来讲，22% 的家庭收入来自于收获野生食物、薪材、草料、药用植物和木材，但是这些收入来源都不在国家统计的范畴之内。与富裕家庭相比，以上收入在贫穷家庭总收入中所占的百分比往往较高，而且当其他生计来源出现可预见或者不可预见的短缺时，以上收入就显得尤其重要 (R17)。

历史上，由于对生态系统服务需求的增加，贫困人口已经严重地失去了对生态系统服务的获取。海滨栖息地常常被转变为水产养殖池，以及诸如虾和鲑鱼这些珍贵物种的饲养箱。尽管这些地

区仍是用作食物生产，但是当地居民常常被迁移出去，而且生产的食物通常不是为了满足当地人的消费而是为了出口（C18.4.1）。因渔业过度捕捞而受到关注的许多地区也是一些低收入的食物匮乏国家。例如，在毛利塔尼亚、塞内加尔、冈比亚、几内亚比绍和 Sierra Leone 这些国家的专属经济区，大量的渔业资源被远洋捕鱼舰队所捕捞，捕捞到的鱼类大部分被出口或者直接被装船运到欧洲。与运往海外的鱼类的价值相比，以上国家常常只能从对渔业资源的拥有权上获得较低的补偿。当国外的远洋捕鱼舰队在他们的海域上往返作业时，即使通过渔业供应量的提高和政府税收的增加，这些国家也不一定能够从中获得真正的收益（C18.5.1）。

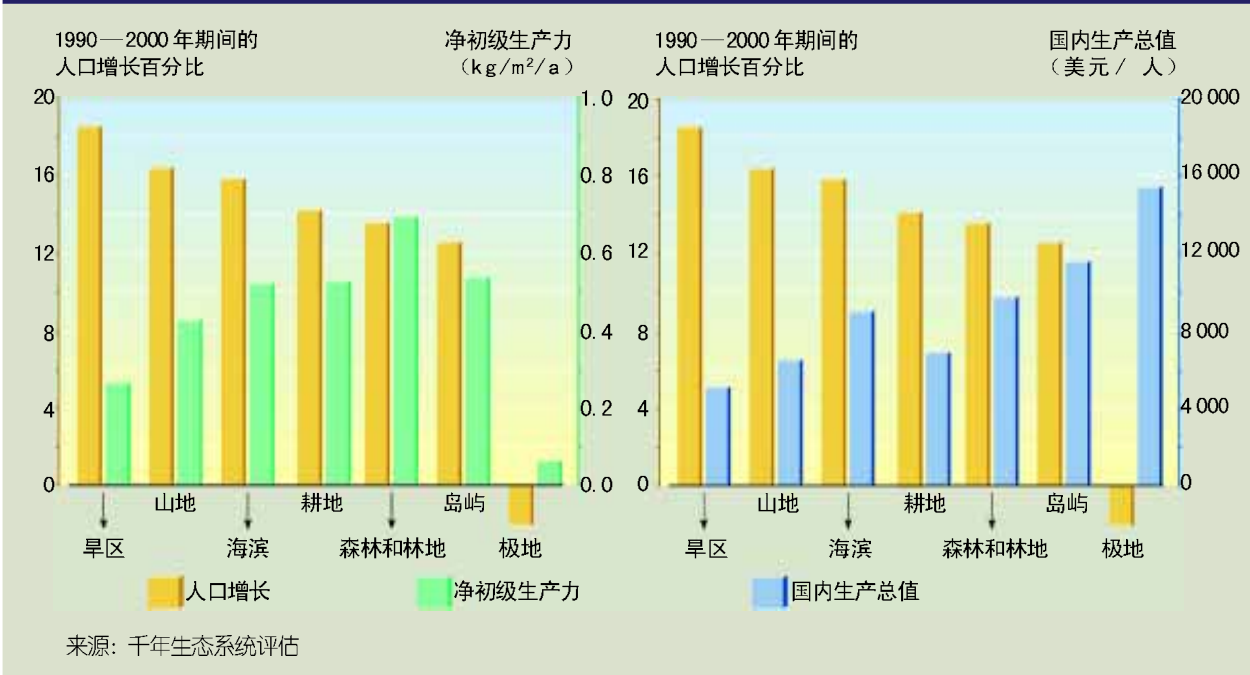
人类福祉水平的降低往往加大对生态系统服务的直接依靠，由此而产生的额外压力可能损害生态系统提供服务的能力（SG3.ES）。随着人类福祉水平的降低，人类按照可持续的水平调节他们的自然资源利用方式的选择对策也将减少。这反过来可能加大生态系统服务的压力，因而可能形成贫困日益加剧和生态系统服务进一步退化的旋涡式发展。

旱区生态系统的人类福祉水平往往最低（C5.3.3）。在MA评估的“系统”中，旱区的人均GDP最低，婴儿死亡率最高。当前，世界上接近5亿人口生活在干旱和半干旱地区的农村，其中大多数是在亚洲和非洲，也有些是在墨西哥和巴西的北部（C5专栏

5.2）。由于这些旱区降水极少且变率较大，因而限制了定居农业和游牧业的生产潜力，许多扩大生产的措施（例如缩短土地的轮歇周期、过度放牧和砍伐树木用作薪材）往往导致环境的退化。环境条件变化快与人们贫困水平相对较高，这两种情况的结合导致生活在这些地区的人们在应对生态系统变化方面非常脆弱（尽管针对这些情况已经制定了弹性土地管理策略）。在20世纪50年代至60年代中期，非洲 Sahel 地区出现了较多的降雨，从而吸引了大量的人口返回该地区。但是自1970年以后，该地区又回到了从前正常的低降雨水平，结果估计造成了250 000人口（同时包括他们的几乎全部牛、绵羊和山羊）死亡（C5专栏5.1）。

尽管历史上是生产力较高的生态系统或者城市地区的人口增长较快，但是在20世纪90年代却是生产力较低的生态系统的人口增长最快（C5.ES, C5.3.4）。在MA评估的“系统”当中，20世纪90年代旱区系统（包括旱地的农村和城市）的人口增长速度最快，山地系统第二（见图3.7）。过去某些人口从边际状态的陆地迁移到了城市或者农业生产力较高的地区，这曾是减缓边际地区人口相对增长的一个重要因素。但是，由于受到多种因素的综合影响，当前的这种移民机会受到了限制，这些因素包括某些城市的经济增长不佳，富裕国家的移民限制提高，以及生产力较高地区的土地有限。

图3.7 MA的各生态系统在1990—2000年期间的人口增长速度，以及在2000年的人均GDP和生物生产力



4. 导致生态系统变化的最关键的因素是什么？

我们把直接或者间接地导致生态系统变化的自然或者人为因素称作“驱动力”。直接驱动力是直接对生态系统过程造成影响，而间接驱动力是通过一种或者多种直接驱动力的改变间接地对生态系统造成影响。与直接驱动力相比，间接驱动力的作用相对更为广泛。

由于驱动力对生态系统服务和人类福祉的影响是作用于不同的空间和时间尺度之上的，这使得对它们的评估和管理变得复杂化(SG7)。气候变化可能在全球或者一个大区域的空间尺度上产生影响，而政治变革可能在一个国家或者一个地方行政区域的尺度上产生影响。一般来讲，社会文化变革较慢，通常发生在几十年的时间尺度上(尽管在发生诸如战争或者政治体制变革这些事件的情况下，社会文化也可能发生突变)，而经济变化往往发生较快。由于驱动力的这种时间和空间尺度上的相关性，使得在某一特定时空尺度上表现最为显著的驱动力，在另一较大(或者较小)的时空尺度上就不一定最为显著。

间接驱动力

总的来说，在全球尺度上导致生态系统及其提供的服务变化的间接驱动力包括以下5种：人口的变化、经济活动的变化、社会政治因素、文化因素和技术进步。在以上5种因素的共同作用下，它们将对生态系统服务的生产和消费水平，以及生产的可持续性产生影响。经济增长和人口增加都导致对生态系统服务的消费提高，尽管任一特定消费水平对环境造成的损害是取决于服务产品的生产技术及效率。这些因素在不同的地区以复杂的方式发生相互作用，进而改变有关生态系统的压力和人类对生态系统服务的利用。生态系统的驱动力几乎总是具有多重作用和相互作用，因而很少存在特定驱动力和特定生态系统变化之间的一对一联系。即便如此，以上任一间接驱动力的变化通常都会导致生态系统发生变化。驱动力和生态系统变化之间的因果关系几乎总是受到其他因素的高度调节，因而使得对因果关系的陈述，以及试图确定各种因素对相关变化的作用大小的努力

更加复杂。下边是5种主要的间接驱动力：

■ **人口驱动力**：在过去的40年中，全球人口翻了一番，在过去的25年中，全球人口增加了20亿，至2000年，全球人口达到了60亿(S7.2.1)。在过去的1/4世纪中，最近的大部分人口增长是出现在发展中国家，但是现在不同国家和地区的人口格局呈现出了史无前例的多样化。诸如美国的一些高收入国家的人口仍在快速增加，而诸如中国、泰国、北韩和南韩这些发展中国家的人口增长非常缓慢。在美国，人口的快速增长主要是由于高度移民造成的。目前，世界上几乎1/2的人口是生活在城市地区(尽管城市地区不足陆地表面的3%)，而在20世纪初期，城市人口还不到世界人口的15%(C27.1)。高收入国家的城市人口一般占其总人口的70%~80%。在一些发展中国家和地区，例如亚洲的部分地区，仍然存在大面积的农村。但是，在拉丁美洲，75%的土地已经变成城市，在这方面它已经与高收入国家没有区别(S7.2.1)。

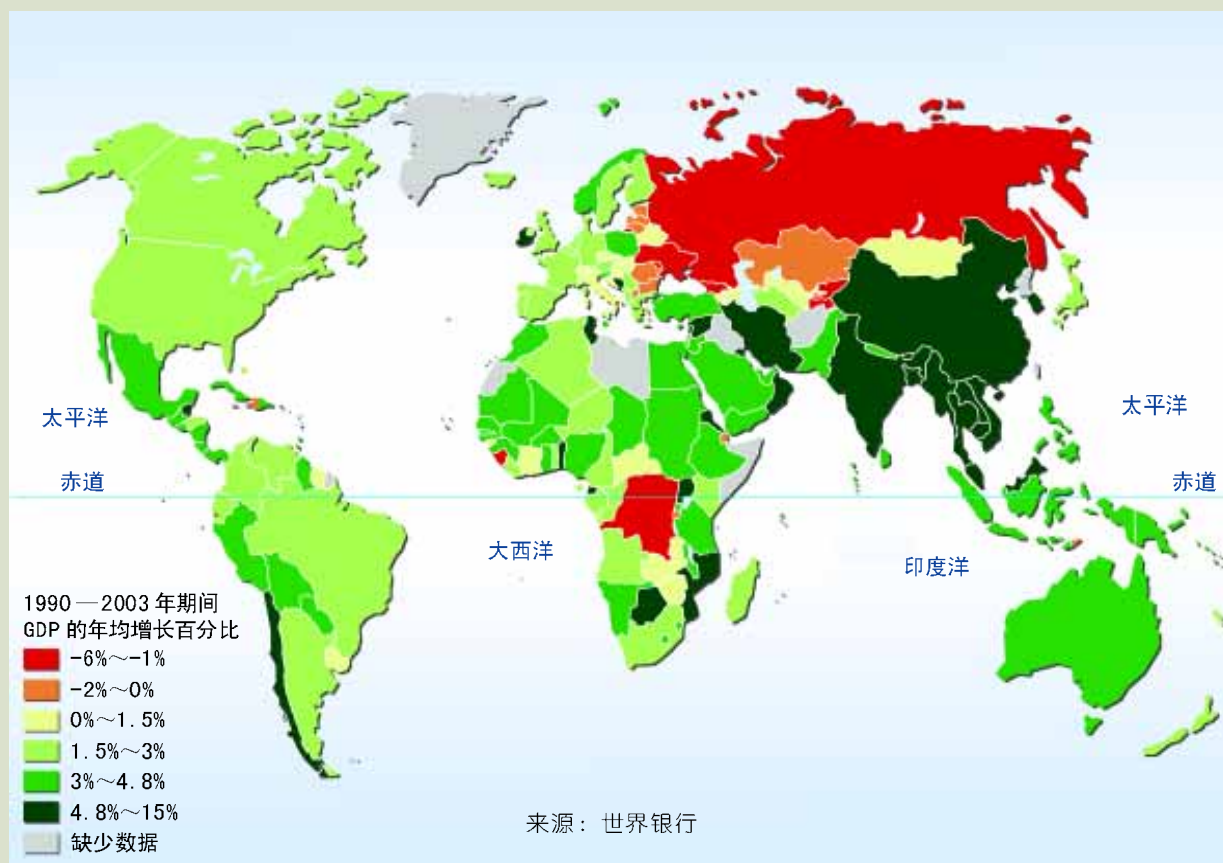
■ **经济驱动力**：1950—2000年期间，全球的经济活动增长了接近7倍(S7.SDM)。随着人均收入的增加，人类对许多生态系统服务的需求相应增长；同时，人类的消费结构也发生了变化。例如，以食物为例，随着收入的增加，所增加收入中用于食物消费的份额将会降低，淀粉类食品在日常生活中的重要性将会下降，日常饮食包括更多的脂肪、肉类、鱼类、水果和蔬菜，同时对工业产品和服务的均衡消费将会上升。

在20世纪后期，无论是从世界范围还是国家内部来讲，收入的分配都不均衡。北美、西欧、澳大利亚和东北亚是世界上人均收入水平最高的地区。但是，南亚、中国和南美洲的部分地区在GDP和人均GDP方面都是世界上增速最快的地区(S7.2.2)(见图4.1和4.2)。多年来，国际贸易流通量的增长速度已经超过了全球产品生产的增长速度，而且二者的差距仍在扩大。2001年，国际商品贸易达到了世界总产值的40%(S7.2.2)。

税和补贴是导致生态系统变化的重要间接驱动力。例如，化肥税和养分过度施用税将会刺激农民提高作物的化肥使用效率，从而减少化肥施

图 4.1 1990—2003 年 GDP 的平均年增长情况 (S7 图 7.6b)

GDP 的年均增长百分比是基于当地货币流通处于稳定情况下的市场价格计算的。美元数字是根据 1995 年的官方汇率由国内货币换算出来的。GDP 是指所有常驻居民创造的经济总价值加上所有的产品税收，然后减去没有包括在产品价值之内的所有政府津贴。这种计算方法没有扣除制造资产 (fabricated assets) 的贬值部分，或者自然资源的退化和耗损。



用造成的负外部效应。当前，许多不合理的补贴大幅度增加了对资源的消费速度，增加了负外部效应。20 世纪 90 年代中期，每年对常规能源的各项不合理补贴估计在 2 500 亿~3 000 亿美元之间，这些补贴刺激了对化石燃料的大量利用，因而增加了温室气体的排放 (S7.ES)。2001—2003 年，经济合作与发展组织国家每年平均支付给农业部门的各项补贴超过了 3 240 亿美元 (S7.ES)，用于鼓励食物生产，同时也刺激了对水资源的消费，而且造成了养分和杀虫剂的释放。同时，许多发展中国家也存在着各项显著的农业生产补贴。

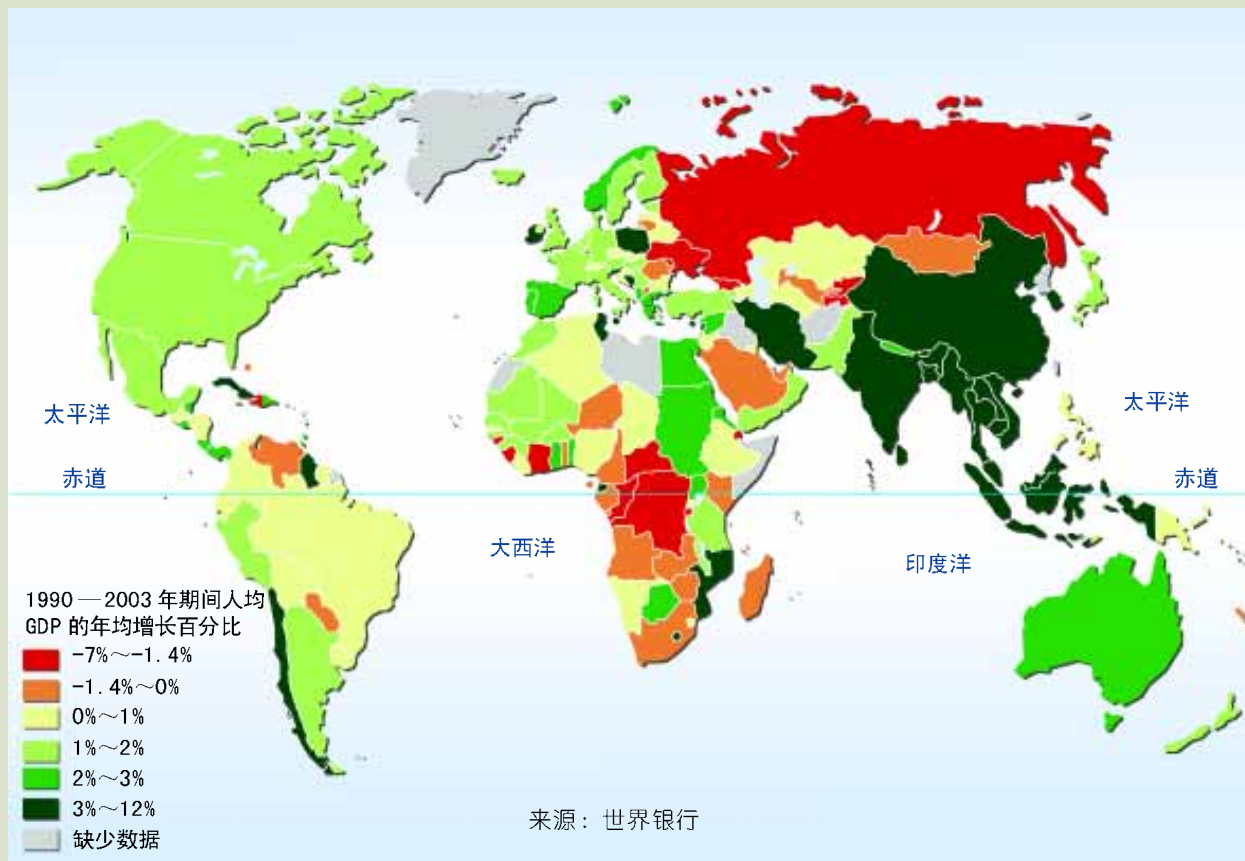
■ **社会政治驱动力：**社会政治驱动力是指影响决策制定的各种因素，它包括决策制定中的公众参与数量、参与公共决策制定的阶层、解决争端的机制、国家相对于私有部门的作用，以及

教育和知识的水平 (S7.2.3)。这些因素依次影响生态系统管理方面的制度安排，以及生态系统服务的财产权。在过去的 50 年中，社会政治驱动力已经发生了显著的变化，中央集权的管理方式表现出了减弱的趋势，同时选举民主已经得到加强。在许多国家，妇女的地位正在发生变化，正规教育的平均水平正在提高，各种民间团体已经增加 (例如，在决策制定过程中非政府组织和民间组织的参与已经提高)。这种向民主制度的转化已经为提高地方社区 (特别是妇女和资源贫穷的家庭) 的权力提供了帮助 (S7.2.3)。多边环境协议已经增加。国家——作为商品和服务的供应者、提供就业的资源 and 革新的源泉，它相对于私有部门的重要性正在降低。

■ **文化与宗教驱动力：**为了解文化是生

图 4.2 1990—2003 年人均 GDP 的年均增长情况 (S7 图 7.6a)

人均 GDP 的年均增长百分比是基于当地货币流通处于稳定情况下的市场价格计算的。美元数字是根据 1995 年的官方汇率由国内货币换算出来的。GDP 是指所有常驻居民创造的经济总价值加上所有的产品税收，然后减去没有包括在产品价值之内的所有政府津贴。这种计算方法没有扣除制造资产 (fabricated assets) 的贬值部分，或者自然资源的退化和耗损。



态系统变化的驱动力，最好把它看作是某一人群共享的价值、观念和规范。从这种意义上讲，文化调节着个体对世界的各种感知，影响着他们对各种事物的重要性的判别，指引着他们对各种行动合适与否的判断 (S7.2.4)。事实证明，对整个文化进行广泛的比较是没有意义的，因为这种比较忽视了各种文化在价值、观念和规范方面的巨大差别。不过，文化差异确实对相关的直接驱动力具有重要的影响。例如，文化因素可能影响消费行为 (人类对消费项和消费量的选择) 和环境部门工作人员的价值观念，因而它们可能是环境变化方面的特别重要的驱动力。

■ 科学与技术：科学知识，以及开发科学知识的技术，它们的发展和推广对生态系统和人类福祉的状况具有深远的影响。20 世纪人类对世

界在物理、化学、生物和社会方面的运转机理的理解获得了巨大的进展，同时对知识在奋斗过程中的运用也取得了极大的进步。自 1929 年至 20 世纪 80 年代早期，据估算，美国大于 1/3 的 GDP 增长可能归功于科学和技术的发展；1960—1995 年期间，部分经济合作与发展组织国家 16%~47% 的 GDP 增长可能归功于科学和技术的发展 (S7.2.5)。在食物生产方面，科学和技术对生态系统服务的影响最为明显。在过去的 40 年中，农业产量的提高很大程度上是来自于单位面积产量的增加，而不是耕地面积的扩展。例如，在过去的 40 年中发展中国家的 wheat 产量增加了 208%，大米产量增加了 109%，玉米产量增加了 157% (S7.2.5)。但是，技术进步也可能导致生态系统服务发生退化。例如，捕捞技术的提高已经显著地促进了海洋渔业

资源的枯竭。

人类对生态系统服务的消费在逐渐地从经济增长的作用中脱离出来。在过去的50年中，人类利用生态系统服务的增长速度通常远远低于GDP的增长。这种变化不但反映了经济结构的改变，而且它也是各种新的技术、新的管理措施及政策的作用（在它们的作用下，人类已经提高了有关生态系统服务的利用效率，提供了某些服务的替代产品）。即使取得了如此的进步，但是人类消费生态系统服务的绝对水平仍在继续增长。这与能源和原料（例如金属）的消费模式相一致：在能够获得可靠数据资料的过去200年中，在能源和原料方面消费的增长速度已经超过了在能源和原料利用方面效率的增长，结果导致了在能源和原料利用方面的绝对增长（S7.ES）。

全球贸易可以扩大治理、监管和经营措施对生态系统及其提供的服务的影响，从而使好的措施得到提高，但是它也导致由于措施不当而造成的损害更加严重（R8，S7）。如果政策、监管和经营体系不完善的话，贸易的增加可能会导致出口国家的生态系统服务加速退化。但是，国际贸易能够开发国际间的相对优势，加速效率较好的技术和措施的推广。例如，受林产品贸易增加的影响，许多国家对林产品的需求相应提高，因而可能导致那些在监管和经营方面体系不完善的国家出现森林加速退化。但是，如果监管框架足够有力，能够防止由于贸易和利润增加而可能导致的资源退化，那么在贸易扩大的刺激下也可能形成一种“良性循环”。历史上，与生态系统有关的大多数贸易总是指诸如食物、木材、纤维、基因资源和某些生物化学物质这些供给服务。目前，生态系统的一种调节服务——调节气候，或者更加具体地说碳吸收，也进入了国际贸易的行列。

虽然城市人口的增多和经济增长导致全球生态系统的压力一直增加，但是与此相比，大量的农村和城郊居民常常对生态系统造成更大的压力（C27.ES）。与城市和城市郊区的扩展相比，一般认为高密度的城市社区对环境造成的压力相对较小。人口向城市地区的迁移已经显著地减轻了某些生态系统的压力。例如，它使前几个世纪遭受森林砍伐的一些工业国家在部分地区重新造林。同时，通过因经营规模扩大而得到的经济节约，

城市中心促进了居民对生态系统服务的获取和经营。例如，城市高密度人口居住区输水管道系统的铺设就属于这类情况。

直接驱动力

当前，导致生态系统和生物多样性变化的大多数直接驱动力是保持不变的状态，或者对于大多数生态系统来讲，它们的作用强度正在增强（见图4.3）。导致生态系统变化的最重要的直接驱动力是栖息地变化（土地利用变化、对河道的物理改变和对河水资源的利用）、过度开发、外来物种入侵、污染和气候变化。

在过去的50年中，总体来讲导致陆地生态系统服务变化的最重要的直接驱动力是土地覆被变化（特别是，向农田的转化）和新技术的应用（它们已经显著地促进了诸如食物、木材和纤维这些服务的供应的提高）（CWG，S7.2.5，SG8.ES）。在MA评估的14个陆地生物群区中，有9个生物群区的1/5~1/2的面积已经发生了转化，其中大部分是转变为了农田（C4.ES）。只有诸如沙漠、北方森林和苔原这些相对来讲不合作物生长的生物群区，大部分还未受到人类活动的改变。土地覆被变化，以及对土地的经营措施和技术都可能造成生态系统服务的重要变化。例如，通过农业产量的提高，新技术已经显著地提高了某些生态系统服务的供应能力。例如以谷类为例，从20世纪80年代中期至90年代后期，全球谷类的种植面积平均每年减少大约0.3%，但是，产量平均每年增长大约1.2%（C26.4.1）。

在过去的50年中，总体来讲导致海洋生态系统及其提供的服务变化的最重要的直接驱动力是渔业捕捞（C18）。在21世纪之初，商业开发的鱼类资源的生物储量可能已经降低到了历史上的最低水平。根据粮农组织（FAO）的估算，大约1/2的已知商业野生海洋鱼类资源已被完全开发，已经没有增加捕捞量的空间可言（C8.2.2）。正如第1章所指出的那样，目前某些海洋生态系统的渔业捕捞压力是如此之重，以致一些目标种（特别是那些大的鱼类）和那些伴随捕捞得到的其他种的生物量已经降低到了渔业工业化开始之前的1/10水平（C18.ES）。渔业捕捞不但已经对海滨区域产生了特别显著的影响，而且目前正在影响开阔的海洋。

图 4.3 生物多样性和生态系统变化的主要直接驱动力 (CWG)

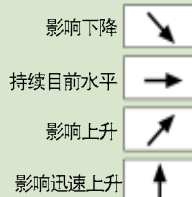
方块颜色表示过去 50~100 年中驱动力对各生态系统类型的生物多样性的影响。强影响表示在过去的一个世纪中驱动力已经显著地改变了生物群区的生物多样性；弱影响表示对生物群区的生物多样性影响较小。箭头表示驱动力的变化趋势。水平箭头表示将持续目前的影响水平；对角线箭头和垂直箭头表示影响逐渐加强的上升趋势。因此，如果在过去的一个世纪中某一驱动力已经对一个生态系统产生了非常强的影响的话（例如入侵物种对岛屿生态系统的影响），那么水平箭头就表示这种强烈影响有可能持续下去。该图是基于专家意见，同时和 MA 的状况与趋势工作组的评估报告中对驱动力变化的分析结果保持一致。它表示的是全球尺度上的影响和变化趋势，因而与特定地区的结果可能不太一致。



上个世纪驱动力对生物多样性的影响



驱动力的当前变化趋势



来源：千年生态系统评估

在过去的50年中，根据地区的不同，导致淡水生态系统及其提供的服务变化的最重要的直接驱动力主要包括水资源管理体制的改变、入侵物种、污染，以及特别是高水平的养分负荷。据推测，在20世纪50%的内陆水域生态系统（不包括大的湖泊和内海）已经被改变（C20.ES）。水资源的管理体制已经发生了大规模的变化：在亚洲，78%的水库总库容是修建于近10年；在南美洲，几乎60%的水库是20世纪80年代以后修建的（C20.4.2）。外来物种的引入是导致淡水系统物种灭绝的一个主要原因。尽管诸如磷和氮这些养分是生物系统所必需的，但是高水平的养分负荷可能导致水体发生显著的富营养化，而且在某些地区可能导致饮用水的硝酸盐含量增高（养分负荷是指在某一时段进入到水体中的氮或磷的总量）。诸如城市暴雨造成的地表径流，农村卫生设施简陋或者不存在卫生设施，以及雨水和融雪对牲畜排泄物造成的冲刷这些非点状污染源也是造成污染的重要原因（C20.4.5）。诸如采矿之类的点状污染源一直是对内陆水域生物造成局部和区域的破坏性影响的重要原因。

海滨生态系统是受多重直接驱动力的影响。由于陆地、河流及海洋方面的污染，栖息地丧失，入侵物种和养分负荷这些驱动力的共同作用，使得渔业捕捞对海滨生态系统造成的压力更加复杂。尽管人类活动已经导致河流中的沉积物流量增加了大约20%，但是水库建设和分水防洪措施却阻止了大约30%的沉积物不能被输送到海洋，结果导致河口的沉积物输送净减少了大约10%，而河口则是重要的渔场和水产养殖基地（C19.ES）。世界上大约17%的人口生活在MA中的海滨系统（海拔低于50m，自海岸向内陆延伸不超过100km的区域），其中大约40%是生活在距离海岸50km以内的拥挤区域。目前，由于迁入移民、人口增殖率高和旅游的综合作用，海滨区域的绝对人口仍在增长（C.SDM）。当前，海滨地区对诸如运输、废弃物处理、军事和安全用地、消遣和水产养殖这些方面的土地需求正在上升。

当前，海滨系统受到的最大威胁是来自于诸如森林、湿地和珊瑚礁这些与发展有关的海滨栖息地的转化，以上所说的发展包括海滨城市扩展、度假村和港口的发展、水产养殖和工业化。挖泥、开垦和破坏性的渔业捕捞也是广泛存在的引起事

表 4.1 相对于工业和农业革命之前，在人类活动的影响下由河流输送到海滨海洋系统的氮通量的增长情况（R9 表 9.1）

Labrador & Hudson 海湾	没有变化
欧洲西南部	增长 3.7 倍
Great Lakes / St. Lawrence 盆地	增长 4.1 倍
波罗的海的流域	增长 5.0 倍
Mississippi 河流域	增长 5.7 倍
黄河流域	增长 10 倍
美国东北部	增长 11 倍
北海流域	增长 15 倍
Republic of Korea	增长 17 倍

实上不可逆破坏的重要原因。某些海岸保护建筑和防护工程（例如海滩保护、湿地堤道和桥梁等等），通过改变海滨系统的动力学机制，它们所造成的影响已经远远超过了它们自身的范围。当前，世界范围内海岸带的氮负荷已经增加了大约80%，这已经导致了珊瑚礁群落的迁移（C.SDM）。

在过去的40年中，过高的养分负荷已经成了陆地、淡水和海洋生态系统变化的一种最重要的直接驱动力（见表4.1）。对于生态系统来讲，养分输入既可能产生有益的影响（例如，增加作物产量），也可能造成有害的影响（例如，内陆水域和海滨水域的富营养化）。随着养分输入的增多，它对生态系统的有益影响将最终达到一个稳定的状态，但是它对生态系统的有害影响将持续增长。

在过去的50年中，氮肥的合成生产一直是大幅度提高食物生产的最重要的驱动力（S7.3.2）。1960—2003年期间，世界上氮肥的消费增长了接近8倍，由原来的1 080万t增加到了8 510万t。根据化肥施用的不同管理效果，大约有50%的施用氮肥可能流失到环境当中。过高的养分负荷大部分是由于养分的施用量超过了作物的利用量，因而它对农业收入和环境都造成了损害（S7.3.2）。

过多的氮流量既可能促进淡水和海滨海洋生态系统的富营养化，也可能促进淡水和陆地生态系统的酸化（将对这些生态系统的生物多样性产生影响）。在一定程度上，氮对地表臭氧层的形成（导致农业和林业的生产力降低），平流层臭氧的破坏（导致臭氧层的损耗，增加地球上的紫外线辐射，造成皮肤癌发病率上升）和气候变化都具有一定的作用。由此而对健康造成的影响包括哮喘



喘和呼吸功能方面的臭氧污染，花粉生产提高造成的敏感症和哮喘，发生 blue-baby 的风险，饮用水中过量的氮造成癌症和其它慢性疾病的发病率增加，以及空气中细小颗粒引发的一系列肺部和心脏疾病的发病风险增加 (R9.ES)。

自 1960 年以来，磷的施用量已经增加了 3 倍。在 1990 年之前它一直处于平稳上升的趋势，自 1990 年之后维持在了大约与 20 世纪 80 年代施用量相等的平稳水平。由于施用的磷在缺乏磷的土壤中日益聚集，土壤中聚集的磷持续增加，进而促进了磷的流失。与氮的负荷一样，磷负荷过大造成的潜在影响包括海滨和淡水生态系统的富营养化，进而促进鱼类栖息环境的退化，降低人类和牲畜用水的水质。

内陆水域和海滨生态系统开始富营养化之后，许多有关的生态系统服务也随之降低。对出现水华现象的湖水进行净化以用作饮用水和其它工业用水时，其费用往往高于一般湖水。富营养化可能导致鱼类种群衰减甚至消失。由此而造成的最明显的损失或许就是湖泊的许多文化服务的丧失。腐烂的藻类散发出难闻的气味，藻类粘液覆盖的湖面，以及藻类旺长时某些蓝-绿藻类制造的有毒化学物质，使湖泊失去了原有的游泳、

划船，以及其他方面的美学欣赏价值 (S7.3.2)

在过去的—个世纪中，气候变化已经对生态系统造成了重要的影响。自工业革命之前的时代以来，地球的气候系统已经发生了变化，这其中包括人类活动的部分原因。根据有关预测，在 21 世纪气候仍将继续变化。在过去的 100 年中，全球的地表平均气温已经上升了 0.6°C ，降水的时空格局已经发生变化，全球平均海平面上升了 $0.1\sim 0.2\text{m}$ (S7.ES)。已观测到的气候变化，特别是区域气温变暖，已经对世界上许多地区的生物系统造成了影响。这些影响包括物种分布的变化，种群大小的变化，繁殖与迁移时间的变化，以及特别是森林生态系统中害虫和疾病发生频率的增加。在过去的 30 年中，欧洲的生长季节已经延长 (R13.1.3)。尽管目前还难以确定极端气温的出现是否属于人类造成的气候变化，但是当海面气温在一个月內增至高出平均最热月气温 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 时，珊瑚礁已经出现了重要的白花现象（尽管这种现象通常属于可逆现象）。在局部气温增幅达到 3°C 的海域已经出现了大范围的珊瑚死亡现象 (R13.1.3)。

5. 在未来的各种可能情景下生态系统及其提供的服务会怎样变化呢？

为了探究未来生态系统和人类福祉发展的可能变化，MA 提出了 4 种不同的全球情景（global scenarios）（见专栏 5.1）。尽管包含到本世纪末的某些信息，但是这些情景主要是针对 2050 年的全球状况而提出的。它们探究了 2 种不同的世界发展道路和 2 种不同的生态系统管理途径。关于 2 种不同的世界发展道路，一种是世界的发展将日益全球化；另一种是世界的发展将日益区域化。关于 2 种不同的生态系统管理途径，一种是被动式管理，大多数问题是在已经出现之后才采取被动的行动进行应对；另一种是主动式管理，在政策方面进行慎重的探索，目的在于长期维持生态系统服务。

■ **全球协同（Global Orchestration）**：这一情景描述了一个全球化的社会。它的特征是集中于全球贸易和经济自由化；对生态系统问题采取被动式的管理途径，但是也采取强有力的措施减轻贫困和不平等，以及投资诸如基础设施和教育这些公共物品。在 MA 的 4 种情景中，该情景的经济增长最快，同时认为它在 2050 年的人口最少。

■ **实力秩序（Order from Strength）**：这一情景描述了一个区域化的和破碎化的世界。它的特征是与安全和保护有关，主要强调区域市场的作用；很少关注公共物品；对生态系统问题采用被动式的管理途径。在 MA 的 4 种情景中，该情景的经济增长速度最慢（特别是发展中国家的经济增长尤其缓慢），而且随着时间的推移经济增长速度下降，同时它的人口增长最快。

■ **适应组合（Adapting Mosaic）**：在这一情景中，它的特征是把政治和经济活动集中于区域的流域生态系统；地方机构得到加强，使用共同的局地生态系统管理策略；各种社会机构设计了非常主动的生态系统管理途径。该情景的经济增长速度在初期阶段稍微缓慢，但是随着时间的推移经济增长会加快，2050 年该情景的人口几乎和实力秩序情景相等。

■ **技术乐园（TechnoGarden）**：这一情景描述了一个全球化的世界。它的特征是强烈地依赖于环境无害化技术，利用高度管理的（常常是工程化

的）生态系统生产生态系统服务；对生态系统采取主动式的管理途径，尽力避免问题。该情景的经济增长相对较快，而且呈加速增长；在 4 种情景中，2050 年该情景的人口处于居中水平。

情景不是预测。相反，情景是用来探究生态系统服务变化和许多社会经济因素方面的不可预测和不可控制的特征。尽管情景是根据当前的状况和变化趋势得出的，但是它通常并不代表真实的情况。未来将是由各种情景中的管理途径及其相应结果组成的一个混合体，同时还可能出现一些仍未想象到的事件和新的东西。情景不可能与未来发生的真实情况相吻合。MA 的 4 种情景的设计并不是为了探究未来生态系统服务发展的所有可能变化——根据对生态系统及其提供的服务，以及人类福祉发展所持的比较乐观、或者比较悲观的结果，还可能提出一些其他的情景。

MA 的情景是根据定量模型和定性分析的结果提出的。对于某些驱动力（例如土地利用变化和碳排放）和生态系统服务（例如水资源利用和食物生产），MA 利用全球模型（指已经建立的，而且经过同行评审得到认可的）经过模拟计算对

（下转 74 页）





全球协同

全球协同情景描述了一个全球化的社会。在这个社会中，利用致力于全球贸易和经济自由化方面的政策改革，对经济和管理进行改造，重点在于创建平等参与、和平等获取商品和服务的市场体系。在这些政策的作用下，再加上全球公共卫生方面的巨大投资，以及世界范围内教育状况的改善，一般可以成功地促进经济的扩张，提高大量贫困人口的福祉水平，使得他们脱离贫困，从而步入日益扩大的全球中等阶层群体。在这个全球化的情景中，为了处理诸如气候变化和渔业衰退这些全球性的环境问题，建立了相应的国际机构。但是，生态系统管理的被动式途径使得人类容易受到由于行动滞后而出现的一些突发性问题的损害。虽然它致力于改善全人类的福祉状况，但是威胁人类福祉的环境问题却往往是在显现之后才予以考虑。

经济增长、教育扩张和中等阶层群体扩大，这些因素将导致对卫生城市、减少污染和更加美丽的生活环境的需求。收入水平提高将导致全球的消费模式发生转变，增加对生态系统服务的需求（包括诸如肉、鱼和蔬菜这些农产品）。这些生态系统服务需求的增加将导致生态系统的其它服务减少，随着森林向农田和牧场的转化，它们原来提供的那些服务就会减少。对于居住在城市的大多数人来说，由于增加食物生产而引发的诸如荒地减少之类的问题并不明显。因而，以上问题只

会受到有限的关注。

全球性的经济扩张将剥夺贫困人口曾经依存的许多生态系统服务，或者导致那些生态系统服务退化。虽然对于某些地区来讲，通过提高得到特定生态系统服务替代产品的能力，经济增长的收益可能大于对以上损失的补偿，但是对于许多其他地区来讲，经济增长将难以弥补以上的损失。受害于人类生存所必需的基本生态系统服务丧失的人口将日益增加。虽然对于某些地区来讲，以上风险好像可以得到控制。但是，对于其他地区来讲，由于超越生态系统的阈值或者发生不可逆的退化，就可能造成一些突发的难以预测的损失。例如，缺少饮用水供应、作物歉收、洪水、物种入侵和环境病原体爆发，这些灾害事件的发生频率将增加。突发性的难以预测的生态系统变化的扩张，其中许多将对日益增长的大量人口造成有害影响，这正是生态系统服务的管理者所面临的关键性的挑战。



实力秩序

实力秩序描述了一个区域化的和破碎化的世界。它的特征是关注安全和保护问题；主要强调区域市场的作用；很少关注公共物品。国家对对自身利益的维护看作是抵御经济风险 (economic insecurity) 的最好办法，因而商品、人口和信息的流通受到强大的监管和控制。随着石油公司、水公司和其它战略性行业的国有化或者受到

更多的国家监控，政府的职能将会扩大。因此，贸易将受到限制；大量的资金将被投入到安全体系的构建；由于商品和信息的流通受到限制，技术的发展将会减慢。最终，区域化格局将会导致全球的不平等状况恶化。

根据实力秩序情景，有关全球气候变化、国际渔业和濒危物种贸易的条约只是得到勉强或者偶然的执行，结果将导致全球公共物品的退化。虽然地方性问题常常得不到解决，但是对于一些重大的问题，有时通过快速的灾难救援得到处理，至少可以暂时解决一些直接的危机。许多强大的国家对地方性问题的解决是通过把自己的负担转移到其他比较弱小的国家，结果将导致贫富差距。特别需要指出的是，自然资源消耗强度大的工厂将由富裕国家迁移到比较贫穷的弱小国家。世界上各国内部的不平等程度也将显著扩大。

根据实力秩序情景，生态系统服务将更加敏感、脆弱和易变。例如，虽然公园和保护区存在于固定的边界范围之内，但是周围的气候变化将会导致许多物种意想不到的灭绝。尽管作物的产量状况常常不能令人满意，但是由于贸易障碍的原因进口替代食物的能力将会降低。结果导致食物和水资源的短缺频频出现（特别是在贫穷地区）。低水平的贸易往往可以限制外来物种的入侵，但是生态系统的自恢复能力将会减弱，因而一旦出现入侵物种，它们常常更能获得成功。

适应组合

在适应组合情景中，地区的流域生态系统是政治和经济活动的中心。根据该情景，地方的生态系统管理策略将得到提高，地方机构日益加强。人力和社会资本的投资主要用于改善关于生态系统功能和管理知识状况，这将促进人类更好地理解生态系统的自恢复能力、脆弱性和局部的适应能



力。虽然在学习方面我们应该持乐观的态度，但是在应对生态系统突变和彻底掌握有关生态系统管理的能力方面，我们应该持谦卑的态度。

不同国家和不同地区在管治方面（包括对生态系统服务的管理）也具有很大的差异。某些地区将积极地对适应性管理进行探索，通过试验对替代途径进行研究。其他地区则使用官僚式的硬性方法对生态系统的过程进行优化。以上不同的管理途径将导致非常多样化的结果：某些地区将兴旺发达，而其他地区将出现不平等程度加剧或者生态退化。虽然在开始阶段，商品和产品的贸易壁垒增加，但是随着通讯技术的改善，以及信息获取成本的快速降低，信息方面的障碍将几乎不再存在（对于那些具有使用动机的人群）。

最后，致力于地方的管治将导致对全球公共物品的管理失败。诸如气候变化、海洋渔业和污染这些问题将变得更加严重，同时全球的环境问题将会加剧。由于将会持续遭到全球和地方问题的侵害，社区逐渐意识到它们不可能单独地管理他们生存的局部区域。因此，他们将在社区、区域，甚至国家之间构建一些“网络”，以便更好地管理全球的公共物品。解决地方性问题的有效方案将被“网络”采用。当协调方面存在互利机会的情况下，以上在区域上取得成功的“网络”尤其常见（例如，沿河谷形成的“网络”）。通过放弃差的方案，共享好的解决方

案，从城市贫困到农业水资源污染的一系列社会和环境问题的解决方案最终将会得到完善。随着从成功与失败当中收集的知识增多，许多生态系统服务的供给状况将逐步得到改善。

技术乐园

技术乐园情景描述了一个全球化的世界。它的特征是强烈地依赖于环境无害化技术，利用高度管理的（常常是工程化的）生态系统生产生态系统服务。虽然供给生态系统服务的总的效率将得到提高，但是大规模的人工管理方案和对生态系统的硬性控制这些因素的一些自身风险将对以上成果埋下隐患。通过技术和面向市场的制度改革以获取对环境问题的解决方案。这些方案的设计是实现经济与环境的双赢。这些变化将随生态系统财产权



的扩大与其共同发展，例如要求污染的制造者支付污染费，向那些提供关键性生态系统服务（例如通过对关键的流域进行保护）的人们支付工资。对维持甚至提高以上财产权的经济价值的关注，加上对知识学习和信息的关注，这些因素将促进管理生态系统服务的生态工程途径日益完善。伴随着对经济发展和教育的重大关注，人类对清洁技术的投资将会增加，这将促进人类的生活状况日益改善，而且帮助他们理解生态系统是怎样为人类提供生计的。

通过对多功能农业的重视，以及全球范围内不合理的农业补贴和贸易壁垒的减少，目前全球农业中存在的一系列问题将得到解决。对多样化农业的地位的认识将鼓励农民生产较多种类的生态服务而不是简单的食物产量最大化。这些转变将刺激新的生态系统服务市场的发展，例如，养分流失交易许可制度，以及日益完善的生态系统管理技术的发展。随着新的财产权制度和技术的共同发展，它们将刺激企业和合作团体为城市、乡镇和个体财产所有者提供可靠的生态系统服务，从而环境企业将逐步扩大。

发展中国家的创新能力将迅速发展。作为经济增长的一个组成要素——生态系统服务将得到可靠的供给，收入水平的提高将促进人类对技术的利用，在以上这些因素的作用下世界上许多贫困人口将得到发展，进而步入全球中等阶层的行列。但是，由于地方文化、风俗和传统知识的大量丧失，以及随着“国际互联网”相互作用的增强，一些民间社会机构的作用逐渐减弱，因而在技术乐园情景中人类福祉的社会关系这一组成要素将出现衰退。此外，虽然对基本生态系统服务的供给将改善世界上贫穷人群的福祉状况，但是确保服务安全（特别是城市地区）的难度正在日益增加，情况将变得更加危急。技术革新并非能够解决所有问题。依赖技术方面的解决方案有时将造成一些新的问题和缺陷。在某些情况下，社区似乎就在下一次生态系统服务的威胁的面前。在这种情况下，新的问题似乎常常是出现于上一次的解决方案，因而对环境的管理成本将持续增加。给大量人口造成不利影响的环境退化将更加常见。有时，新问题似乎较解决方案来得更为迅速。学习如何管理社会生态系统，以便既不损害解决异常的突发性问题的社会能力，又能维持生态系统提供的服务，这是人类未来面临的一个挑战。

它们的变化进行了定量预估。对于其他一些驱动力（例如经济增长和技术进步的速率）、生态系统服务（特别是指诸如土壤形成和消遣机会这些方面的支持和文化服务）和人类福祉指标（例如人类健康和社会关系），则是利用定性的方法进行了估算。一般来讲，这些情景中的定量模型可以处理一些渐进性的变化，而无法解决阈值问题，极端事件的发生风险，以及那些规模大、成本极高、或者不可逆的生态系统服务变化所造成的影响。遇到这种情况，主要是通过考虑各种情景条件下生态系统发生大规模而且不可预测变化的风险及影响，使用定性的方法对它们进行了处理。

MA 的情景预计的直接驱动力和间接驱动力的变化

根据 MA 的 4 种情景，在 21 世纪的前半叶，预计影响生态系统及其服务的大量直接驱动力和间接驱动力将持续在与 20 世纪后半叶大致相同的水平，但是不同驱动力之间的相对重要性将开始变化。某驱动力（例如全球的人口增长）的重要性将开始降低，而另外一些驱动力（例如人口分布、气候变化，以及对养分循环的改变）的重要性将开始上升（见表 5.1，5.2 和 5.3）。

在 MA 的情景中，对有关结果确定性的陈述

是条件陈述。它们是指在特定的预计中，情景及其有关驱动力的变化将会发生的确定性或者不确定性水平。它们并不表示任何情景及其有关预估将会实现的可能性。在理解这一点的基础上，MA 的 4 种情景对 2000—2050 年（某些情况下是 2100 年）的这些变化进行了描述：

■ 根据 MA 的情景，预计 2050 年世界人口将增至 81 亿~96 亿（确定性中等~确定性高），2100 年将增至 68 亿~1 050 亿（S7.2.1）（见图 5.1）。全球人口的增长速度在 20 世纪 60 年代后期达到了年递增 2.1% 的最高点，至 2000 年当全球人口达到 60 亿时已经降到了年递增 1.35% 的水平（S7.ES）。在未来的几十年中，人口增长预计将集中在最为贫穷的地区、非洲 sub-Saharan 地区的城市社区、南亚和中东地区（S7.ES）。

■ 根据 MA 的情景，预计全球的人均收入将增长 2~4 倍（确定性低~确定性中等）（S7.2.2）。根据不同的情景，预计世界总产值将增长大约 3~6 倍。收入的日益增加将导致世界上大部分地区对大多数资源的人均消费日益上升，从而引起消费结构的变化。例如，随着收入的增加，饮食中的动物蛋白往往增多。

■ 预计土地利用变化仍将继续成为导致陆地和淡水生态系统变化的一种主要驱动力（确定性中等~确定性高）（S9.ES）。在全球尺度上，根据 MA 的所有情景，预计土地利用变化仍将是导致陆地生态系统的生物多样性发生变化的主导驱动力。此外，与在过去 50 年中的作用格局相一致，预计气候变化和氮沉积分别是继土地利用变化之后的重要驱动力（S10.ES）。但是，对于某些特殊的生物群区来讲，其它方面的一些直接驱动力可能比土地利用变化更为重要。例如，对于苔原和沙漠系统来讲，气候变化可能是导致其生物多样性变化的主导驱动力。对于淡水生态系统来讲，物种入侵和水资源利用则是重要的驱动力。

■ 特别是对于发展中国家来讲，预计养分负荷将成为一个日益严重的问题。无论是工业化国家，还是发展中国家，当前的养分负荷已经对淡水

图 5.1 MA 的世界人口情景（S7 图 7.2）

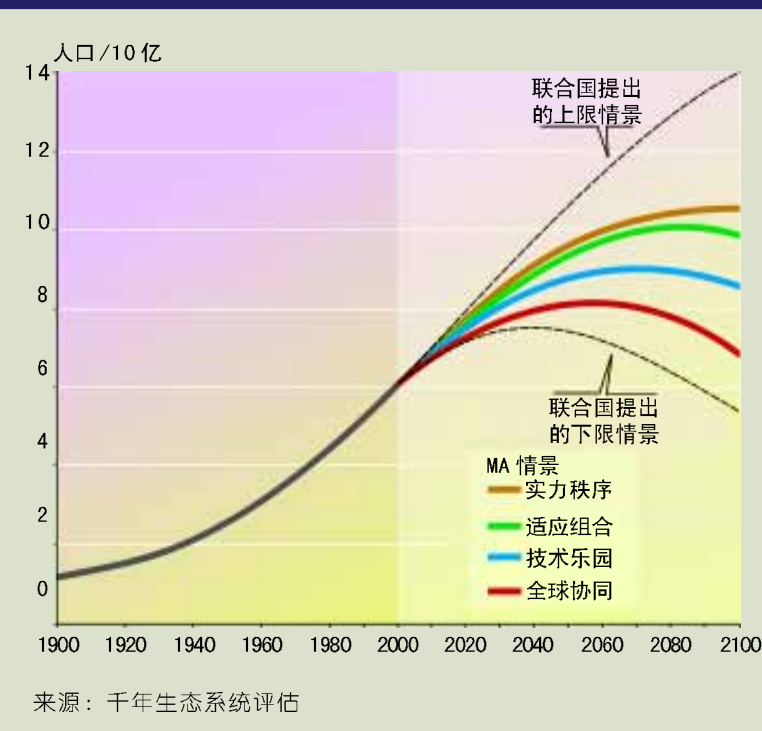


表 5.1 MA 的情景中使用的有关直接与间接驱动因素的主要假设 (S.SDM)

	全球协同	实力秩序		适应组合	技术乐园
		工业化国家 ^a	发展中国家 ^a		
间接驱动力					
人口状况	大规模的人口迁移；低水平的生育率和死亡率；2050 年人口：81 亿。	高水平的生育率和死亡率（特别是在发展中国家）；小规模的人口迁移；2050 年人口：96 亿。		高水平的生育率；在 2010 年之前为高水平的死亡率，其后至 2050 年为中等水平的死亡率；小规模的人口迁移；2050 年人口：95 亿。	中等水平的生育率和死亡率；中等规模的人口迁移；2050 年人口：88 亿。
平均收入增长状况	高	中	低	与实力秩序情景相似，但是至 2050 年为加速增长	低于全球协同情景，但是至 2050 年将会追上全球协同情景
至 2050 年人均 GDP 的年均增长率	全球尺度上，1995—2020 年为 2.4%/a；2020—2050 年为 3.0%/a。	1995—2020 年为 1.4%/a；2020—2050 年为 1.0%/a。	1995—2020 年为 2.4%/a，2020—2050 年为 2.3%/a。	1995—2020 年为 1.5%/a；2020—2050 年为 1.9%/a。	1995—2020 年为 1.9%/a；2020—2050 年为 2.5%/a。
	工业化国家，1995—2020 年为 2.5%/a，2020—2050 年为 2.1%/a；发展中国家，1995—2020 年为 3.8%/a，2020—2050 年为 4.8%/a。	1995—2020 年为 2.1%/a，2020—2050 年为 1.4%/a。	1995—2020 年为 2.4%/a，2020—2050 年为 2.3%/a。	工业化国家，1995—2020 年为 2.0%/a，2020—2050 年为 1.7%/a；发展中国家，1995—2020 年为 2.8%/a，2020—2050 年为 3.5%/a。	工业化国家，1995—2020 年为 2.3%/a，2020—2050 年为 1.9%/a；发展中国家，1995—2020 年为 3.2%/a，2020—2050 年为 4.3%/a。
收入的分配	将会更加均衡	与目前相似		开始与当前相似，但是后来将会变得更加均衡。	将会更加均衡
对新增资产的投资	高	中等	低	开始与实力秩序情景相似，随后逐渐增加。	高
对人力资本的投资	高	中等	低	开始与实力秩序情景相似，随后逐渐增加。	中等
技术进步的总体趋势	高	低		中等~低	一般情况下属于中等，但是环境方面的技术高速发展。
国际合作	加强	减弱~出现国际竞争		减弱~集中于局部环境方面	加强
对待环境政策的態度	被动	被动		主动~学习	主动

表 5.1 MA 的情景中使用的有关直接与间接驱动因素的主要假设 (S.SDM)

	全球协同	实力秩序		适应组合	技术乐园
		工业化国家 ^a	发展中国家 ^a		
间接驱动力 (续)					
能源需求和生活方式	能源消耗量大	以不同区域采取不同假设		以不同区域采取不同假设	高水平的能源效率；能源利用出现饱和。
能源供应	市场自由化；选择低成本对策；迅速的技术革新	集中于国内的能源资源		在某种程度上偏向于清洁的能源资源	偏向可更新的能源资源、以及快速的技术改革。
气候政策	没有	没有		没有	制定气候政策，目的是实现稳定的 550ppmv 的 CO ₂ 当量浓度。
实现可持续性的方案	经济增长导致可持续发展	国家层次的政策引导；保护；保护区；公园		局地和区域的共同经营管理；公共财产制度	清洁技术；生态效率；可交易的生态财产权。
直接驱动力					
土地利用变化	至 2025 年全球森林将会以稍微低于历史上的速率的水平继续减少，2025 年之后将会趋于稳定；耕地面积将会增加 10% 左右。	至 2025 年全球森林将会以高于历史上的速率的水平快速减少，2025 年之后减少速率大体与当前的水平相当；与 2000 年相比，耕地将会增加 20% 左右。		至 2025 年全球森林将会以稍微低于历史上的速率的水平继续减少，2025 年之后将会趋于稳定；耕地面积将会增加 10% 左右。	至 2025 年全球的森林覆被将会出现净增长，2025 年之后将会缓慢减少；耕地面积将会增加 9% 左右。
至 2050 年的温室气体排放情况	CO ₂ : 20.1Gtc-eq CH ₄ : 3.7Gtc-eq N ₂ O: 1.1Gtc-eq 其他: 0.7Gtc-eq	CO ₂ : 15.4Gtc-eq CH ₄ : 3.3Gtc-eq N ₂ O: 1.1Gtc-eq 其他: 0.5Gtc-eq		CO ₂ : 13.3Gtc-eq CH ₄ : 3.2Gtc-eq N ₂ O: 0.9Gtc-eq 其他: 0.6Gtc-eq	CO ₂ : 4.7Gtc-eq CH ₄ : 1.6Gtc-eq N ₂ O: 0.6Gtc-eq 其他: 0.2Gtc-eq
大气的污染物排放情况	SO ₂ 的排放趋于稳定；NO _x 的排放将在 2000~2050 年将会增加。	全球的 SO ₂ 和 NO _x 的排放将会增加。		SO ₂ 的排放将会减少；NO _x 的排放将会缓慢增加。	SO ₂ 和 NO _x 的排放将会显著减少。
气候变化	与工业化之间的水平相比，至 2050 年气温将会升高 2℃，至 2100 年将会升高 3.5℃。	与工业化之间的水平相比，至 2050 年气温将会升高 1.7℃，至 2100 年将会升高 3.3℃。		与工业化之间的水平相比，至 2050 年气温将会升高 1.9℃，至 2100 年将会升高 2.8℃。	加与工业化之间的水平相比，至 2050 年气温将会升高 1.5℃，至 2100 年将会升高 1.9℃。强
养分负荷	河流中 N 的传输将会增加	河流中 N 的传输将会增加		河流中 N 的传输将会增加	河流中 N 的传输将会减少

a. 这些类别指的是在情景的初始阶段对国家的划分，在今后的 50 年中某些国家的类别可能会发生变化。

表 5.2 与 2000 年相比, 2050 年 MA 情景中的生态系统服务变化结果 (S.SDM)

对“增强”和“退化”的定义见下边的说明。

	全球协同		实力秩序		适应组合		技术乐园	
	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a
供给服务								
食物 (需求得到满足的程度)	▲	▲	◄►	▼	◄►	▼	▲	▲
燃料	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
遗传资源	◄►	◄►	▼	▼			◄►	
生物化学物质 / 发现的医药品	▼	▲	▼	▼	◄►	◄►	▲	▲
装饰资源	◄►	◄►	◄►	▼	▲	▲	◄►	◄►
淡水	▲	▲	◄►	▼	▲	▼	▲	◄►
调节服务								
调节空气质量	◄►	◄►	◄►	▼	◄►	◄►	▲	▲
调节气候	◄►	◄►	▼	▼	◄►	◄►	▲	▲
调节水资源	◄►	▼	▼	▼	▲	▲	◄►	▲
调控侵蚀	◄►	▼	▼	▼	▲	▲	◄►	▲
净化水源	◄►	▼	▼	▼	▲	▲	◄►	▲
调控人类疾病	◄►	▲	◄►	▼	◄►	▲	▲	▲
调控害虫	◄►	▼	▼	▼	▲	▲	◄►	◄►
授粉	▼	▼	▼	▼	◄►	◄►	▼	▼
风暴防护	◄►	▼	◄►	▼	▲	▲	▲	◄►
文化服务								
精神 / 宗教价值	◄►	◄►	◄►	▼	▲	▲	▼	▼
美学价值	◄►	◄►	◄►	▼	▲	▲	◄►	◄►
消遣与生态旅游	▼	▲	▼	▲	▼	▼	▲	▲
文化多元化	▼	▼	▼	▼	▲	▲	▼	▼
知识系统 (多元化与记忆力)	◄►	▼	▼	▼	▲	▲	◄►	◄►

图例: ▲表示增强; ◄►表示维持 2000 的现状; ▼表示退化

说明: 对于供给服务, 服务提高是指通过提供服务的土地面积变化 (例如农业扩展)、或者单位面积上产量的增加而导致服务的生产得到提高; 而服务退化是指最近对服务的利用超过了可持续利用的水平。对于调节服务, 服务提高是指服务的变化能够导致人类获得更多的收益 (例如通过消灭可以向人类传播疾病的带菌媒介, 从而导致疾病调节服务得到提高); 而服务退化是指能够从服务获得的收益减少, 这一方面可能是服务自身的变化引起的 (例如红树林消失导致生态系统免受暴风雨袭击的福祉降低), 另一方面也可能是由于人类对服务施加的压力超过了它能够承受的极限 (例如对水源的过度污染超出了生态系统的水质净化能力) 引起的。对于文化服务, 服务退化是指生态系统特征的变化导致其提供的文化收益 (包括消遣、美学, 以及精神等方面) 减少; 而服务增强是指生态系统特征的变化导致其提供的以上文化收益增加。

a. 这些类别指的是在情景的初始阶段对国家的划分, 在今后的 50 年中某些国家的类别可能会发生变化。

表 5.3 与 2000 年相比，2050 年 MA 情景中的人类福祉的变化结果

	全球协同		实力秩序		适应组合		技术乐园	
	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a	工业化国家 ^a	发展中国家 ^a
服务								
福祉的物质方面	▲	▲	▲	▼	◀▶	▲	▲	▲
健康	▲	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▲
安全	▲	▲	▼	▼	▲	▲	▲	▲
社会关系	◀▶	▲	▼	▼	▲	▲	▼	▼
自由与选择	◀▶	▲	▼	▼	▲	▲	▲	▲

图例：▲表示增强；◀▶表示维持 2000 的现状；▼表示退化

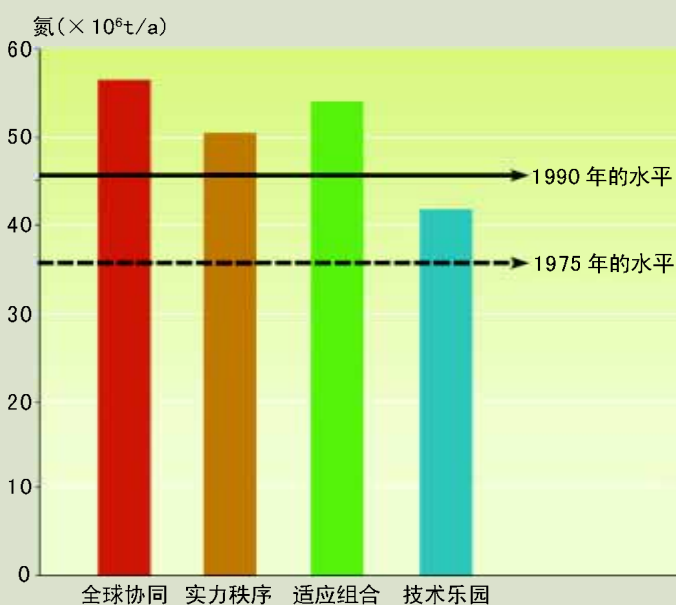
a. 这些类别指的是在情景的初始阶段对国家的划分，在今后的 50 年中某些国家的类别可能会发生变化。

生态系统和海滨地区造成了较大的不利影响。这些影响包括出现有毒的水华现象、其他方面的人类健康问题、鱼类死亡和对诸如珊瑚礁等栖息地的损害。在 MA 的 4 种情景中，有 3 种预计至 2030 年输送到海滨生态系统的全球氮通量将增加 10%~20%（确定性中等）（S9.3.7.2）（见图 5.2）。

在大多数工业化国家河流中的氮将不发生变化，但是在发展中国家（特别是亚洲），预计河流中的氮将增加 20%~30%。

■ 预计气候变化及其影响（例如海平面上升）对生物多样性和生态系统服务的影响将日益增强（确定性中等）（S9.ES）。根据 MA 的 4 种情景，预计全球气温将显著升高——预计至 2050 年较工业化之前的水平高出 1.5~2.0℃，至 2100 年较工业化之前的水平高出 2.0~3.5℃。以上结果是根据具体的情景，使用对气候敏感性的中间估计值（CO₂ 的浓度增长一倍，气温升高 2.5℃）计算得到的。根据 IPCC 的第三次评估报告中使用的情景，与工业化之前的水平相比，温度增幅是 2.0~6.4℃，其中的气温浮动有一半是归因于不同情景之间的差异，另一半是归因于不同气候模型之间的差异。与此相比，MA 情景中给出的气温增幅相对较小，或者稍微有点偏低。这不仅是因为 MA 只使用了一种气候模型（对气候敏感性只有一个估计值）的原因，而且还包括某些情景在政策方面的气候适应性对策，以及经济增长和人口增加方面不同假设之间的差异等原因。根据 MA 的情景，尽管预计全球的平均降水将会增多（确定性中等），但是某些地区将更加干旱，而另外一些地区将更加湿润。气候变化将会直接改变生态系统服务的状况，例如改变栽培植被与非栽培

图 5.2 1975 年和 1990 年全球由自然生态系统、农业生态系统和污水系统输送到河流中的氮，与 MA 情景中 2030 年的模拟结果对比情况（S9 图 9.21）



来源：千年生态系统评估

植被的生长带和生产力。此外，预计气候变化将改变与生态系统服务有关的一些极端事件的发生频率。最后，预计气候变化还将通过许多间接的方式对生态系统服务造成影响。例如，气候变化引起海平面上升，因而对当前保护海岸线的红树林和其他植被造成威胁。

预计气候变化将进一步对发展方面的许多关键性挑战造成不利影响，这些影响包括诸如洁净水、能源和食物的供应；维持健康的环境；保护生态系统及其生物多样性和有关的生态产品和服务 (R13.1.3)。

- 预计气候变化将会加剧生物多样性的丧失，提高许多物种灭绝的风险（特别是对于那些由于诸如种群数量降低、栖息地破碎和分布区受气候条件限制这些因素的影响已经面临灭绝风险的物种）（确定性中等~确定性高）。
- 在许多干旱和半干旱地区，预计水资源供应将会减少，水质将会降低（确定性高）。
- 预计发生洪水和干旱的风险将会上升（确定性高）。
- 预计海平面将会上升 8~88cm。
- 在某些地区，预计水电供应的可靠性和生物量生产将会降低（确定性高）。
- 在许多地区，预计诸如疟疾和登革热之类的媒介疾病和诸如霍乱之类的水传播疾病的发病率将会增加（确定性中等~确定性高），而在其他一些地区，伴随严重的气象损伤和致死，预计热胁迫的死亡率将会升高，营养不足的威胁程度将会加剧（确定性高）。
- 在热带和亚热带地区，预计任何程度的变暖将会导致农业生产下降（确定性中等~确定性低），预计对渔业资源将会造成不利影响。
- 预计 21 世纪的气候变化至少在过去的 10 000 年中很可能是史无前例的。如此剧烈的气候变化，再加上土地利用变化和外来物种扩散所造成的综合影响，可能对物种的迁移能力，以及物种在破碎化的栖息地中持续生存的能力造成限制。
- 至本世纪末，气候变化及其影响可能将是导致全球生物多样性丧失和生态系统服务变化的

主要的直接驱动力 (R13)。随着气候变化的日益加速和绝对变化量的日益增加，它对生物多样性的损害也将日益严重。对于生态系统服务来讲，根据气候情景预计的气温升高和降水增多，在开始阶段可能会对某些地区的某些服务产生收益。但是，均衡各方面的证据显示，如果全球的地表平均气温升高至高出工业化之前 2℃，或者气温的升高速度超过每十年 0.2℃的话，气候变化将对世界范围内的生态系统服务产生显著的净损害（确定性中等）。尽管目前对任一稳定的温室气体浓度将会产生的致暖幅度，还存在很多的不确定性，但是根据政府间气候协作委员会预测，对于 CO₂ 来讲只需不足 450ppm 的最终平衡浓度即可导致以上的增温（确定性中等）。

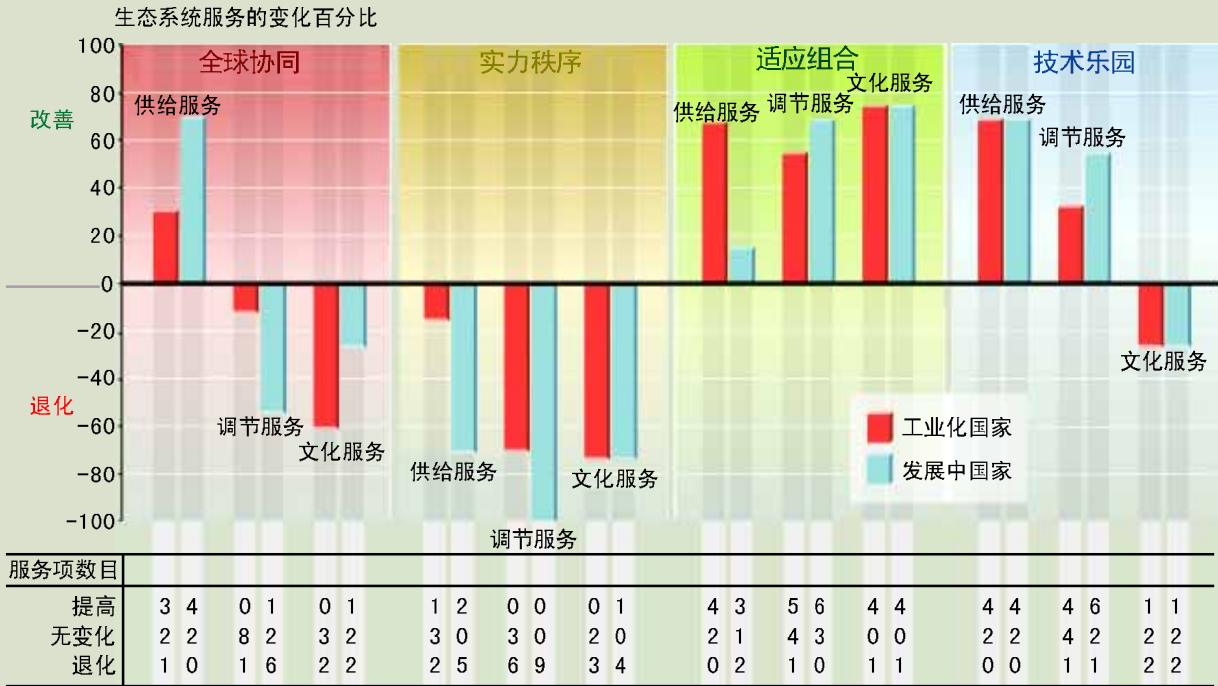
以上判断的证据是，高于工业化之前 2℃ 的全球平均地表温度代表了气候变化的负面影响由只能在某些地区觉察出来向全世界上的大多数地区都能觉察出来转变的一个转折点。例如，当温度增幅小于 2℃ 时，预计热带和亚热带的农业生产将会受到不利的影响，但是温带的大多数地区和高纬度地区将会受到有利的影响。然而，如果温度增幅超过了 2℃，预计许多温带地区的农业生产将会受到不利的影响。正好 2℃ 的温度增幅，既可能对经济造成有利的影响、也可能造成不利的影响，但是大多数人将会受到不利的影响。也就是说，对经济的不利影响将会占据主导地位。这样将对许多独有的或者已经受到威胁的生态系统造成一定的风险，因而导致许多物种灭绝。同时，它将导致极端气候事件显著增加，在水资源方面对那些水资源已经匮乏或者已经遭受水资源胁迫的国家造成不利影响，因而对人类福祉和财产造成影响。

生态系统的变化

根据 MA 的所有情景，在 21 世纪的前半叶，预计人类活动将对生态系统继续进行快速的转变。至 2050 年，预计当前大约 10%~20%（确定性低~确定性中等）的草地和林地将发生用途转变。其中主要的原因就是农业扩张，其次就是城镇和基础设施的扩张 (S9.ES)。在未来的 50 年中，预计温带混交林、热带（或亚热带）稀树草原、灌丛、热带森林和热带疏林地（见图 1.2）(S10.ES) 这些生物群区的栖息地和本地物种的丧失速度将最

图 5.3 在 MA 的 4 种情景中，预计至 2050 年将提高或退化的生态系统服务数量

此图表示在 MA 的不同情景下，工业化国家和发展中国家中每类生态系统服务的提高和退化数量的净百分比变化情况。因此，100% 退化就表示与 2000 年相比，至 2050 年该类生态系统服务的所有服务项都将退化；50% 改善表示 6 项服务中有 3 项将会提高而其余 3 项不发生变化，或者表示 6 项服务中有 4 项将会提高而 1 项将会退化。各类生态系统服务中被评估的服务项包括 6 项供给服务、9 项调节服务和 5 项文化服务。



来源：千年生态系统评估

快。生态系统改变的速度高度取决于未来的发展情景，特别是人口、财富、贸易和技术的变化。

根据 MA 的所有 4 种情景，预计至 2050 年陆地环境中栖息地的丧失将会加速地方本地物种多样性的减少（确定性高）(S.SDM)。栖息地的丧失将会导致地方种群的直接灭绝，因而造成与这些种群有关的服务的丧失。

随着残留栖息地上物种数量向平衡状态的逼近，根据 MA 情景预计的栖息地丧失将导致全球性的物种灭绝（确定性高）(S.SDM, S10.ES)。根据 MA 的情景，预计 1970—2050 年期间的栖息地丧失将导致植物物种的平衡数量减少 10%~15%（确定性低）。陆地的其它生物类群也可能将受到相似程度的影响。在时间方面，对物种的灭绝模式进行任何精度的估算都是不可能的，这是因为有些物种当栖息地受到改变之后很快就会丧失，然而其他某些物种可能会持续几十年甚至几个世纪。在栖息地减少和物种灭绝之间存在一定

的时滞，这为人类采取修复措施营救那些可能走向灭绝的物种提供了一个机会。由于气候变化、水资源利用、富营养化、酸化，以及非本地物种入侵加剧这些因素的综合作用，预计淡水鱼类的物种多样性将会显著减少（确定性低）。预计出现鱼类物种丧失的河流将集中分布在热带和亚热带的那些贫穷国家。

生态系统服务与人类福祉的变化

根据 MA 的 4 种情景，有 3 种情景在供给服务、调节服务和文化服务这 3 种服务中至少有一种出现净增长 (S.SDM)。至 2050 年，只有实力秩序这一情景的以上 3 种生态系统服务皆低于目前的水平 (见图 5.3)。但是，即使在那些一种或者多种生态系统服务得到改善的情景中，生物多样性仍将持续快速丧失。

生态系统服务与人类福祉的以下变化是 MA 的所有 4 种情景共同出现的，因而在未来的可能发展

倾向中，它们的变化范围可能较大 (S.SDM)。

■ 根据 MA 的所有情景，在未来的 50 年中，人类对生态系统服务的利用将大量增加。在许多情况下，这种增加将伴随着生态系统服务的质量退化。有时，如果生态系统服务是被不可持续地利用的话，这种增加就伴随着生态系统服务的可利用量的减少（见附件 A）。在人口增长和人均消费增加的综合影响下，人类对诸如食物和水这些生态系统服务的需求将会上升。例如，根据 MA 的不同情景，至 2050 年，预计对粮食的需求（以 t 计算）将增加 70%~85% (S9.4.1)，预计全球的水资源利用将增加 20%~85% (S9 图 9)。预计水资源利用在发展中国家将显著增加，但是在经济合作与发展组织国家将会减少（确定性中等）(S.SDM)。在某些情况下，人类对生态系统服务需求的增加将以不可持续的利用方式得以满足。例如，对海洋渔业资源的继续损耗。随着资源利用效率的日益提高，这将稍微减缓需求的压力。为了满足需求某些生态系统服务的生产力将得到提高；人类对某些生态系统服务的利用将达到较大的份额；某些生态系统服务将出现衰减或者退化，由于以上原因，未来 50 年的生态系统服务的数量和质量将发生巨大的变化。受生态系统变化的影响，预计渔业、旱区的食物生产、淡水的水质和文化服务这些生态系统服务将遭受进一步的损害。

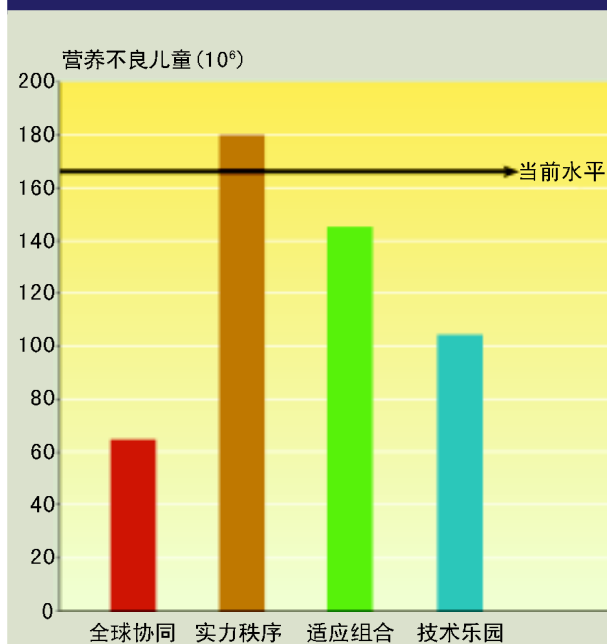
■ 对于许多人来讲，食品安全可能仍然难以实现。根据 MA 的 4 种情景，尽管预计食物供应将日益增加（确定性中等~确定性高），而且贫穷国家的饮食结构将更加多元化（确定性低~确定性中等）。但是，儿童的营养不良问题即使到 2050 年也将难以解决（确定性低~确定性中等），而且根据某些情景预计某些地区的营养不良儿童将会增加 (S.SDM)。根据 MA 的全球协同、适应组合和技术乐园这 3 种情景，预计至 2050 年营养不良儿童将减少 10%~60%。但是，根据实力秩序情景，营养不良儿童将增加 10%（确定性低）(S9.4.1)（见图 5.4）。这是由于有关食物供应系统（由于食物生产及其基础设施支撑条件方面的投资不足，因而造成食物生产力增长缓慢，以及贸易体制的变化）、食物需求和食物获取能力（持续贫困与高速的人口增长，以及缺乏食物方面的基础设施投资）这些因素综合作用的结果。

■ 根据 MA 的所有情景，预计淡水资源及其提

供的生态系统服务将出现巨大而且复杂的地理区域变异 (S.SDM)。气候变化将导致地球表面大于 1/2 的区域降水增加，因而使人类社会和生态系统得到更多的水资源（确定性中等）。但是，降水增多也可能导致许多地区发生洪水的频率上升（确定性高）。此外，气候变化导致的降水增多将出现不均衡分布，它也将造成某些地区的降水显著减少，因而随之出现水资源供应降低的情况（确定性中等）。发生这种情况的地区可能包括诸如中东和欧洲南部这些人口高度聚集的干旱地区（确定性低~确定性中等）。尽管大多数工业化国家的水资源利用将会减少，但是预计非洲和其它发展中地区的水资源利用将显著增加，再加上废水排放，以上这些因素的综合影响将使由水资源供应增加而可能获得的收益又蒙上了一层阴影（确定性中等）。

■ 根据情景分析，在那些对环境问题采取被动式管理的发展中国家，预计由淡水资源提供的生态系统服务（例如水生栖息地、渔业生产，以及家庭、工业和农业方面的水资源供应）将出现退化 (S9.ES)。相比之下，在那些比较主动管理环境问题的国家，虽然退化不很剧烈，但是预计仍然出现严重的下降（确定性中等）。

图 5.4 MA 的情景预计的 2050 年患营养不良的儿童人数



来源：千年生态系统评估

■ 对鱼和鱼产品需求的日益增长将导致区域渔业资源发生重大而且影响持久的渔业崩溃的风险日益上升（确定性低~确定性中等）（S.SDM）。通过提供日益增多的鱼类产品，水产养殖业可能会减轻一些以上压力。但是，这需要水产养殖业减少当前在饲料源方面对海洋鱼类的依靠程度。

未来陆地生态系统对气候的调节作用具有一定的不确定性（S9.ES）。在全球尺度上，生态系统的碳释放和碳吸收状况可以影响大气中的CO₂和CH₄含量，因而对全球气候产生一定的影响。当前，生物圈是一个净的碳汇，它每年吸收大约10亿~20亿吨的碳，大致相当于化石燃料释放的碳总量的20%。预计未来的土地利用变化很可能对生物圈的这一服务造成严重影响。此外，预计大气中CO₂浓度的增加将会提高生物圈的净生产力，但是这并不一定会提高它的碳汇能力。由于目前对土壤呼吸过程的了解比较有限，因而关于未来碳汇的判断还具有一定的不确定性。目前认为气候变化将增加某些地区（例如北极苔原）的陆地CO₂和CH₄通量，这种判断具有中等的确定性。

在未来的50年中，旱区生态系统特别容易受到气候变化的损害。旱区当前的低水平人类福祉（贫困率高，人均GDP低，婴儿死亡率高）、人口基数大而且人口仍在增长、环境条件变率大，以及人类对未来生态系统服务的变化高度敏感，对以上这些旱区生态系统的各种特征进行综合，结果表明持续的土地退化可能对生活在干旱地区的大量人口的福祉状况造成深远的不良影响（S.SDM）。在食物和水方面对干旱脆弱区的人口进行补贴，有可能会造成意想不到的结果，加大未来生态系统出现更大损坏的风险。尽管难以扭转食物生产能力下降、水资源供应退化和生物多样性丧失这些逆转趋势，但是一些地方性的适应与保护措施可能会减缓旱区生态系统服务在某些方面的退化。

虽然根据MA的大多数情景，预计人类的福祉状况将得到改善，但是也存在人类的健康和社会状况将出现南北两极分化的可能倾向（S11）。根据在健康方面可能性较大的情景，预计营养不良的儿童将会减少，诸如HIV/AIDS、疟疾和肺结核这些传染性疾病的负担将会减轻，优质疫苗的生产和销售将使得人类能够比较好地应对下次大型流行性

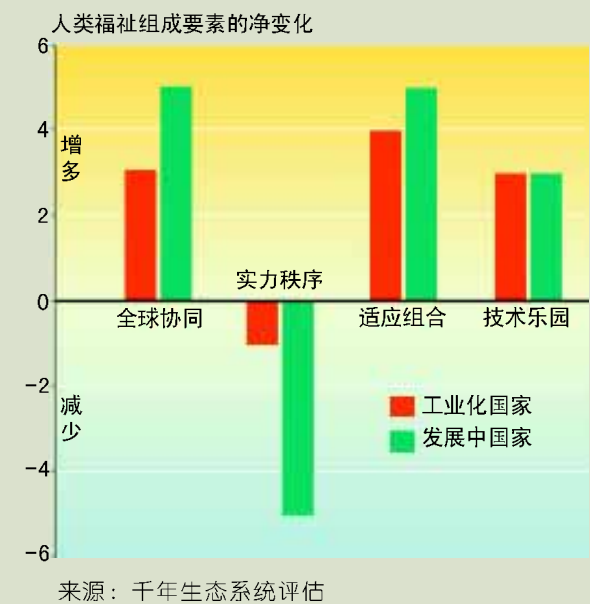
感冒的爆发，诸如SARS之类的其他新生疾病的影响也将能够在协调完善的公共健康措施的作用下得到有效的控制。

但是，根据实力秩序这一情景，随着不公平程度的加剧，以及工业化国家和发展中国家之间在贸易和科技方面交流的减少，预计全球人类的健康和社会状况很可能会出现南北两极分化。在这种情况下，发展中国家的人类健康可能更加恶化，因而导致贫困——健康下降——生态系统退化，形成一种负向反馈的螺旋式发展。在南半球，随着人口的增长，加上营养状况的停滞不前或者恶化，这些因素将会迫使人类增加与非农业生态系统的接触（特别是为了获得丛林肉和其他林产品）。这些接触可能会导致爆发更多的出血热和人畜共患病。尽管几率很小，但是仍有可能导致一些更加慢性的疾病通过野生动物传染给人类，就像HIV那样，开始很慢随后就很快地寄生到了人群当中。

对于不同的地区和不同的人群，每种情景得出

图 5.5 MA 根据 MA 的情景，2000~2050 年期间人类福祉的组成要素的净变化（数据取自于表 5.3）

图上显示的数据是 2000—2050 年期间工业化国家和发展中国家，不同情景中人类福祉中提高的要素数减去退化的要素数而得到的结果。根据这种定性的状态评估方法对人类福祉的 5 种组成要素进行了计算。这 5 种要素分别是：物质福祉、健康、安全、良好的社会关系，以及选择与行动的自由。



的人类福祉要素在受益、受害和脆弱性方面的组合结果各不相同 (S.SDM)。通过减少妨碍商品、服务和资金在国际间流通的障碍，进而致力于改善贫穷人群的生活状况的行动，往往会使当前的最贫困人群在健康和社会关系方面得到最大程度的改善。但是，人类对生态突变 (ecological surprises) 的脆弱性很大。针对技术和对生态系统服务的财产权的全球性综合途径，一般会在健康、安全、社会关系和物质需求方面使人类的福祉状况得到改善。但是，如果同一技术在全球范围普遍应用的话，那么一些地方的文化可能就会被丢失或者发生贬值。大量的贸易可能导致一些突发疾病更加快速地扩散，对于全部地区来讲这将在一定程度上减少人类的健康收益。相反，关注于局部的，基于学习的一些管理途径可能会最大程度地改善人类的社会关系。

实力秩序是在一个区域化的世界上立足于被动式的管理政策，在其作用下支撑人类福祉的生态系统服务和人力资源的全球分布正在日益偏斜，因而它对人类福祉产生的有利结果最少 (见图 5.5)。富裕人群的大多数物质需求一般可以得到满足，但是他们往往经受心理上的不安。根据这一情景，焦虑、压抑、肥胖和糖尿病往往对那些在其它方面取得优厚待遇的人群造成较大的影响。此外，疾病将成为压在弱势群体身上的一个重担。

根据MA的情景，对生态系统实行主动式或者先行式管理一般可以取得有利的结果，但是在变化条件下或者异常情况下这种方式尤其能够获得收益 (S.SDM) (见表 5.4)。由于复杂的相互作用，以及当前对生态系统动态特征的理解有限，因而生态突变是不可避免的。在过去的一个世纪中令人感到惊奇但是目前已经得到较好了解的现象包括：害虫对生物杀虫剂的进化性抵抗、某些土地利用变化对荒漠化的促进作用、毒素的生物放大、富营养化导致生态系统的脆弱性增加，以及去除捕食者造成生态系统的脆弱性增加。在未来的 50 年中，虽然我们还不知道前边会发生什么样的令人惊奇的现象，但是我们确信这样的现象是会出现的。

一般来讲，采取主动的行动对系统进行可持续的经营或者增强系统的自恢复能力将收到有利的效果，特别是对于快速变化的条件、可能出现的突变事件时，或者存在高度不确定性的情况时，以上方式尤其能够收到有利的效果。之所以说以上方式能够收到有利的效果，在很大程度上，这是因为与防止生态系统服务退化相比，在生态系统服务退化或者枯竭之后对其进行修复 (如果可能的话) 一般成本较高，耗时较长。不过正如表 5.4 显示的那样，无论是主动式途径或者是被动式途径，它们都具有一定的成本和效益。

表 5.4 MA 的情景中，主动式的生态系统管理与被动式的生态系统管理在成本和效益方面的对比 (S.SDM)

	主动式的生态系统管理	被动式的生态系统管理
效益	通过在以下方面的投资，生态系统服务发生意外丧失的风险降低，因而从中获得一定的收益。(1) 资源的更加高效利用 (水资源、能源、化肥等)；(2) 在清洁技术方面的更多创新；(3) 承受意想不到的生态系统服务波动的能力；(4) 适应性管理系统；(5) 生态系统的自恢复能力与自保护能力。	避免了监测方面的支出
	在变化的或者异常的状态下运转良好	在平稳变化或者渐进变化的状态下运转良好
	增加自然、社会、以及人力方面的资本	增加人造、社会，以及人力资本
成本	技术方面的解决方案可能会制造出新的问题	突发事件造成的昂贵成本
	试验失败的成本	持续重复的无知 (重复同样的错误)
	监测成本	选择价值的丧失
	为了长期收益而交易掉一些短期收益	对基础设施和生态系统的经营管理缺乏灵活性和适应性，因而造成一定的惯性成本 自然资本的丧失

6. 在亚全球尺度上，我们可以从生态系统变化对人类福祉造成的影响中学习到什么？

为了评估世界范围内生态系统服务对人类福祉的重要性的差异，MA 成立了一个亚全球评估工作组 (SG.SDM)。这个亚全球工作组在世界范围内开展了 33 项评估案例 (见图 6.1)。这些评估案例的设计主要是在局地、国家和区域的尺度上评估生态系统服务对人类福祉的重要性。这些评估案例的地区包括从小村庄 (例如印度的小村庄)，到城市 (例如瑞典的斯德哥尔摩)，到国家 (例如葡萄牙)，以及到大的区域 (例如非洲南部地区)，它们的面积大小变化不等。在某几个亚全球评估案例中，它们的设计包含了多个嵌套的尺度。例如，非洲南部地区这一评估案例包括了赤道以南的非洲地区、该地区中的 Gariep 和 Zambezi 河流域，以及这些流域中的社区。作为 MA 的总

体设计的一个组成部分，这种嵌套式的尺度设计主要是为了分析尺度对生态系统服务和人类福祉的重要性，以及不同尺度之间的相互作用。但是，对于大多数评估案例来讲，它们的实施主要是针对某单一尺度上的用户需求——某一特定的社区、流域或者区域。

评估尺度对有关问题的界定，以及评估的结果具有显著的影响 (SG.SDM)。由于针对的具体问题或者分析的信息不尽相同，因而不同尺度上的评估结果往往变化不一。地方社区往往受到来自全球、区域和局部尺度上的因素的影响。全球因素包括商品价格 (例如，不平衡的全球贸易对地方的生产模式产生影响) 和全球气候变化 (例如，海平面上升)。区域因素包括水资源供应体制 (农村安全的管道供水)、区域气候 (荒漠化) 和地貌过程 (土壤侵蚀和退化)。地方因素包括市场准入 (到市场的距离)、疾病流行 (例如疟疾)，以及地方的气候变异 (局部的雷雨)。不同尺度上的评估往往是针对各尺度上最相关的驱动力及其影响，因而不同尺度上的评估得到互不相同但又具有互补性的评估结果。由于每一尺度上的评估都提供了处理问题的不同视角，因而以上的多尺度评估将从其多尺度评估过程当中获得一定的收益。

尽管对于诸如水资源和生物多样性这些生态系统服务来讲，全球尺度上的评估结果与亚全球的案例评估结果是完全一致的，但是也有评估案例表明，某些局地尺度上评估出的生态系统服务状况不是优于就是差于全球尺度上的预期状况 (SG.SDM)。例如，巴西的 São Paulo 和菲律宾的 the Laguna Lake 流域，其水资源状况显著地差于全球的预期结果。在亚全球的评估案例当中，由于对生物多样性的定义和测算方法变化较大，因而与水资源的供给状况相比，各案例对生物多样性的评估结果存在着更多的不一致的地方。

不同地区生态系统变化的驱动力的作用方式截然不同 (SG7.ES)。尽管各评估中出现的驱动力可能相似，但是这些驱动力之间的相互作用——进而导致生态系统变化的过程，各案例彼此之间却存在显著的差异。例如，在对热带森林边缘地



图 6.1 MA 的亚全球生态系统评估

MA 正式批准了 18 项亚全球生态系统评估。只要同意使用 MA 的概念框架，始终把预期用户作为利益相关方和评估伙伴看待，同时满足 MA 关于评估结果的同行评审、元数据、透明度和知识产权等一程序方面的要求，任何机构和个人都可以作为 MA 的一个组成部分开展各自的生态系统评估项目。尽管 MA 也有一些计划资助和核心资助用于支持部分评估，但是 MA 的评估项目主要是自筹经费。此外，MA 还利用了与其有附属关系的 15 个其它亚全球评估的信息，这 15 项评估或者是满足 MA 的部分条件，或者是处于开展的早期阶段。



区 (Tropical Forest Margins) 的评估中，尽管亚马孙河流域、非洲中部地区和东南亚地区的土地利用变化具有一组相同的驱动力 (砍伐森林、铺设道路和开辟牧场)，但是由于这些驱动力之间不同的相互作用，结果导致了不同的变化。与其它地区相比，东南亚的丘陵山区由于轮歇耕作的农业用地开发而导致的森林砍伐更为严重。继国家铺设道路之后接着就是移民定居，然后他们就开始了刀耕火种式的农业生产，这种现象在拉丁美洲一些地势较低的地区 (特别是亚马孙河流域) 最为常见。目前，为了给家畜牧场开辟牧草地，南美大陆的几乎所有湿洼地区都在砍伐森林。此外，小型家庭农业的自发扩展，以及家庭利用的薪材获取，是造成非洲森林砍伐的重要原因。

这些亚全球评估揭示了生态系统变化在成本和

效益分配方面存在的不公平现象，它们常常被转移到其他地区或者推移给后代 (SG.SDM)。例如葡萄牙等国家，城市化的提高正在加大其农村地区的生态系统和服务的压力。国际贸易的增长也正在给全世界产生额外的压力，这可以从智利和巴布亚新几内亚的采矿工业得到证实。在某些情况下，生态系统转变造成的成本仅仅是推移给了后代。在世界不同地区的亚全球评估中一个广泛报道的例子就是热带森林砍伐，它虽然迎合了当前的需求，但是却降低了未来生态系统服务的供给能力。

有时，生态系统的退化趋势已经被创新性的地方对策所减缓。对于在总的全球尺度上观测到的一些“威胁”来说，如果从亚全球的角度去理解，它们既可能被高估，也可能被低估 (SG.SDM)。总体尺度上的评估常常缺乏对亚全球部门的适应能



话，那么将导致在所有尺度上无效或者不公平的政策和计划 (SGWG)。对于诸如碳吸收或者调节废弃物这些在全球尺度上相当重要的生态系统服务来讲，在局地尺度上就不一定会被认为具有价值。相似的道理，对于诸如生态系统的文化收益、燃料和肥料方面牲畜粪便的供应，以及非木材类的森林产品这些在局地尺度上具有重要作用的服务来讲，在全球尺度上常常会被认为不具有重要性。如果不考虑对地方社区具有激励作用的那些不同价值和利害关系的话，那么为实现在全球或者区域尺度上有关目标而设计的对策就可能会失败。

有证据表明，对于某些用户来讲，包括多种知识系统的应用可以提高评估结果的实用性、可信性和

合法性 (SG.SDM)。例如，在哥斯达黎加的 Bajo Chirripo 评估中，对于局地尺度上的许多潜在用户来讲，通过除科学家之外的其他人员的参与，提高了评估结果的合法性和实用性。但是，在许多亚全球评估中，地方的资源使用者是决策群体的组成之一，因而有关评估结果的合法性问题需要与使用者的授权一并考虑。

对生态系统和人类福祉的综合评估必须适应评估承担方的具体需求和具体特征 (SG.SDM, SG11.ES)。对于决策者来讲，如果能够响应那些个体的需求，这样的评估就最有用。因此，就评估涉及的问题而言，MA 的各亚全球评估案例之间具有显著的差异。同时，鉴于 MA 中评估的多样性，因而不同评估必须对 MA 的基本评估方法进行改编，以确保它们对不同用户的实用性 (见专栏 6.1)。为了体现变量之间更多的动力学相互作用、表现复杂系统的细微格局与过程，以及为更大的精神视窗留出发展空间，几个基于社区的评估对 MA 的框架进行了改编。例如，在秘鲁和哥斯达黎加的评估中，它们使用了集 MA 的基本原理和地方宇宙观为一体的其它概念框架。在非洲南部地区的评估中，它使用了多种框架平行进行的方法，以弥补 MA 的框架在用于社区评估时的缺陷。以上对 MA 的框架的改变和改编都是 MA 的重要成果。

力的考虑。通过社会网络中各部门间的相互合作，它们可能制定新的制度或者进行改组，进而减缓生态系统的退化趋势。另一方面，亚全球部门在制定对策时，往往会忽略他们不能直接影响的那些驱动力。因此，对于决策者来讲，在全球、区域和国家层次上制定增强亚国家和地方层次上相关部门的适应能力的制度，以制定出解决所有相关驱动力的针对具体环境的对策，这是至关重要的。印度的生物多样性管理委员会就是国家机构中一个较好的例子，它授予了地方部门应对生物多样性丧失的权力。这既不是集权，也不是分权，而是提高亚国家部门和地方对策的适应能力和效力的多尺度制度。

多尺度评估提供了单一尺度评估将会错失的洞察和结果 (SG.SDM)。在亚全球评估中，随着评估尺度的变小，它们在问题的定义、评估目标、尺度标准和解释系统方面的变异将会增加 (例如，随着评估尺度由大变小，评估中的社会公平问题日益明显)。作为地方社区的风险规避机制之一，在开展局地尺度的评估之前，生物多样性的作用常常被掩盖 (就如对印度地方村庄、埃及 Sinai 和非洲南部地区生计问题的研究)。

不同尺度上的利益相关方对各种生态系统服务的价值的理解不尽相同，如果不能认识到这一点的

专栏 6.1 地方评估对 MA 概念框架的改编 (SG.SDM)

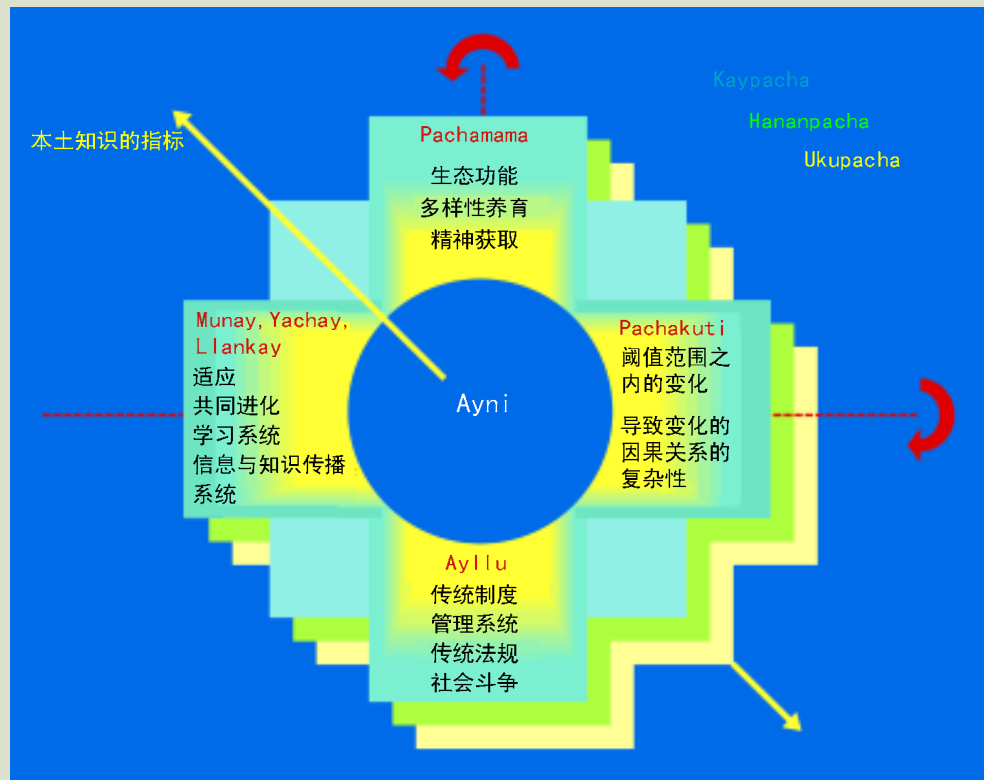
MA 的概念框架在多尺度评估中已经被广泛使用。但是，特别是对于较多的地方性评估来讲，为了更好地反映地方社区的需求及其关注的问题，在应用 MA 的概念框架之前需要对其进行改编。例如，在对秘鲁 Vilcanota 地区的当地社区进行生态系统评估时，就必须根据盖丘亚族人 (Quechua) 对生态

和社会关系的理解重新设计评估框架 (见图)。

在盖丘亚族人的宇宙观中，诸如互惠 (Ayni)、时空不可分离和各种过程的循环特征 (Pachakuti) 这些概念都是印加人 (Inca) 定义生态系统的重要组成部分。爱 (Munay) 和工作 (Llankay) 把人们对周围环境的知识 (Yachay) 带到一个较高的状态，因而是联系盖丘亚族人社区和自然世界的重要概念。农村氏族公社 (Ayllu) 代表了对各种生命体

的本质是指盖丘亚族人的适应能力，他们欢迎变化的发生，而且通过适应性的学习过程，他们对变化已经具有了顺应能力 (评估结果可能证实，当前的变化速率正在对这些社区的适应能力构成挑战)。维坎纳塔的框架示意图中的交叉图案代表的是 “Chakana”，对盖丘亚族人来说，它是最熟悉，也最神

在维坎纳塔 (Vilcanota) 评估中，盖丘亚族人社区负责对 Pachamama 特定方面 (集中于水资源、土壤和农业生物多样性) 的状况与变化趋势进行评估，评估这些产品与服务是在怎样变化的、导致变化的原因、变化对 Pachamama 的其他要素的影响、对于这些变化社区在过去和现在是怎样进



圣的图案，它同时表示通过协商和合作的决策制定过程，强调互惠的原则，进而促使世界进行有秩序的运转。其中，Pachamama 的含义与 MA 框架中的 “生态系统产品与服务” 和 “人类福祉” 这 2 者综合之后的含义相似。Pachakuti 与 MA 中的 “驱动力” (包括直接驱动力和间接驱动力) 比较相似。Ayllu (and Munay, Yachay, and Llankay) 可以被认为 MA 中的 “对策”，它被更加有机地综合到了变化与适应的循环过程之中。

行适应的，以及未来处理这些变化时盖丘亚族人的理念和制度的弹性状况。

与运用地方术语简单地翻录 MA 的框架相比，以上基于地方的观念与原则发展地方的概念框架这一做法，使得地方社区可以负责他们的评估过程，为他们提供了运用自己的知识和福祉原则评估地方环境与人口状况，并根据他们自己的文化和精神制度寻求解决问题的对策的权力。

7. 关于生态系统的时间尺度、惯性和发生非线性变化的风险，我们都了解什么？

变化的时间尺度是指某一过程的扰动效应作用的时间。与生态系统及其提供的服务有关的时间尺度见图 7.1。惯性是指当干扰因素的变化速度改变时，系统响应的时滞或者滞后时间，包括变化原因去除之后系统继续变化的时间。恢复力是指在丧失恢复到干扰前状态的能力之前，系统可以承受的干扰或胁迫。

时间尺度和惯性

人类对生态系统的许多影响（包括有利影响和不利影响）的显现是一个缓慢的过程，这可能导致把与生态系统变化有关的成本推移给后代。例如，当前过量的磷正在许多农业土壤中累积，因而使河流、湖泊和海滨海洋系统面临着富营养化程度升高的威胁。不过，通过侵蚀和其他过程使得磷的影响完全表现出来，这一过程可能需要数年或者数十年的时间（S7.3.2）。相似的道理，在地下水的开采成本显著增加之前，人类对地下水资源的利用可能已经超出其补给速度一段时间了。一般而言，人类对生态系统的经营总是采取提高短期收益的方式，他们可能没有意识到或者忽视了那些不会迅速和直接显现的成本。这将导致以牺牲后代利益的方式来提高当代人的收益，因而产生代际不公平现象。

不同类型的生态系统服务变化的时间尺度往往不同，因而使得管理者难以评估其中的所有利害关系。例如，与供给服务相比，诸如土壤形成和初级生产这些支持服务，以及诸如调节水资源和调控疾病这些调节服务，它们往往是在较长的时间尺度上发生变化。因此，在追求提高对供给服务的利用时，管理者常常忽略了对那些变化缓慢的支持服务和调节服务的影响（S12.ES）。

在惯性方面，不同驱动力（包括直接驱动力和间接驱动力）之间的差别相当明显，因而在相关的生态系统问题确定之后，它对解决有关问题的时间框架将产生强烈的影响（RWG, S7）。对于某些驱动力来讲，例如对特定物种的过量收获，它们的时滞较短，因而可以在短时间内使其驱动力的影响得以最小化或者消除。对于其他驱动力来讲，例

如养分负荷，特别是气候变化，它们的时滞较长，因而不可能在几年或者几十年的时间内使其驱动力的影响得以减轻。

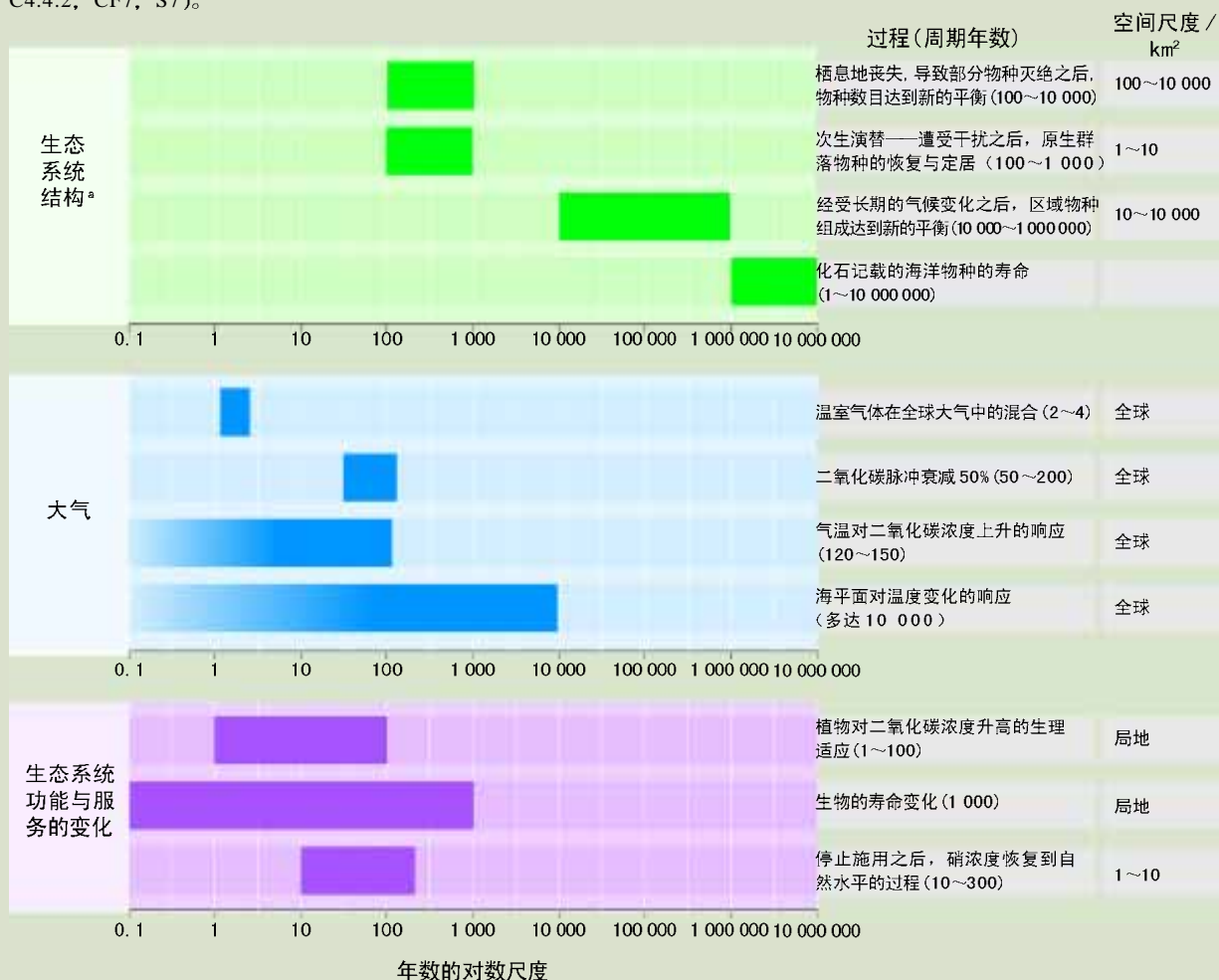
因栖息地丧失而导致的物种灭绝这一过程具有显著的惯性特征，即使在今天之后不再出现栖息地的丧失，由于上世纪发生的栖息地丧失也将导致需要几百年的时间才能使物种数量达到一个新的而且较低的平衡状态（S10）。对于未来几个世纪中将会灭绝的大多数物种而言，它们的栖息地丧失或者退化（既可能是通过土地覆被变化，也可能是通过气候变化）将是主要的驱动因素。栖息地丧失可能导致某些物种（例如那些分布范围极其有限的物种）快速灭绝，但是对于许多物种而言，灭绝过程可能会持续几个世代，对于有些长寿命物种（例如某些树种）而言，它们的灭绝过程可能会持续几个世纪的时间。这种“灭绝债务”具有以下重要的意义。第一，虽然栖息地丧失速度减慢将对某些物种起到保护作用，使物种生存状况在总体上获得长期的收益，但是它对未来 10~50 年物种灭绝速度的影响可能不大（确定性中等）。第二，除非某些物种确实已经灭绝，否则的话，它们仍有恢复到可存活种群的机会。

生态系统的非线性变化

非线性变化，包括加速变化、突发性变化和潜在的不可逆变化，是生态系统及其服务共同遇见的问题。生态系统及其提供的服务在大多数时间是逐渐增长的。至少在通常情况下，这些渐进性变化大多数是可以发现和可以预测的（确定性高）（S.SDG）。但是，生态系统具有许多非线性变化的例子，以及有时会发生突发性的变化。在这些情况下，当生态系统的压力达到某一阈值之前，可能是渐进性的变化，但是当达到特定阈值之后，随着生态系统向一个新的状态的转化，它将发生相对快速的变化。在这些非线性变化中，有些变化的量级可能非常大，因而将对人类的福祉状况产生巨大影响。尽管对某些非线性变化的预测能力正在提高，但是对于大多数生态系统和大多数潜在的非线性变化来讲，目前的科学知识常常是只

图 7.1 生态系统及其服务的特征时空尺度

注：为了对比，本表包括了 IPCC 第三次评估报告的综合报告中引用的时空尺度作为参考（IPCC TAR, C4 图 4.15, C4.4.2, CF7, S7）。



^a 生态系统结构也包括“脊椎动物的分布范围”，但是这方面的时间尺度目前还无法获得；它的空间尺度在 0.1 至 100 万 km²。

来源：政府间气候变化专门委员会 (IPCC)，千年生态系统评估

能对加大的变化风险进行预警，而不能预测出导致非线性变化的阈值 (C6.2, S13.4)。关于生态系统的非线性变化和相对的突发性变化，目前已经有了许多例子：

■ **爆发疾病 (S13.4)**：如果平均每位病菌感染者传染至少一位其他健康人，那么该病菌就开始流行传播。相反，如果平均每位病菌感染者传染的健康人数不到一个的话，那么该病菌就会逐渐灭亡。高密度人群与传染性疾病的动物宿主进行密切接触将促进病原体的传播，如果达到了传染率的阈值——即平均每位病菌感染者传染至少一位其他健康人，那么这些传染源将会在世界范围内通过相互联系而且高度流动的人群轻易

地迅速传播。SARS 几乎同时在上世界上不同地区爆发，就是这种潜在危险出现的一个例子，尽管后来快速有效的行动抑制了它的传播。1997—1998 年期间，厄尔尼诺现象引发大量的洪水，结果导致霍乱在吉布提、索马里、肯尼亚、坦桑尼亚和莫桑比克这些国家流行。由于气候变化，非洲大湖地区 (African Great Lakes) 正在变暖，这可能加大霍乱在周边国家传播的风险 (C14.2.1)。1918 年西班牙出现了全国范围的流感大爆发，结果在世界范围内可能造成了 2 000 万~4 000 万人死亡。如果现在再出现一次类似事件的话，那么有可能在一年内造成 1 亿多人死亡。一旦发生此类的灾难性事件（其出现的可能性正在受到流



照片提供：美国地质调查局入侵物种部的RANDY WESTBROOKS

行病学界的严重关注)，就可能会给经济造成严重破坏，甚至导致依靠全球商品和服务快速交易发展起来的世界经济迅速崩溃。

■ **水华现象和鱼类死亡 (S13.4)**：过量的养分负荷将导致淡水和海滨生态系统肥力增加。尽管养分负荷出现少量增长时，常常只引发生态系统的微小变化，但是如果一旦超出了养分负荷的阈值，就会引起生态系统的大量突发性变化，造成赤潮（包括一些有毒的藻类），而且常常导致整个生态系统被一种或者少数几种藻类控制的现象。养分严重超负荷时可能造成区域性的氧气稀缺，导致所有动物死亡。

■ **渔业崩溃 (C18)**：无论是淡水渔业，还是海洋渔业，鱼类种群崩溃都已经成了共同遇见的事实。一般情况下，鱼类种群可以随一定的捕捞水平，而且只会对整个种群数量造成相对较小的影响。但是，随着捕捞量的增加，它一旦超出种群的捕捞阈值，成鱼的数量将大量减少，因而不能生产足够的仔鱼以维持原来的捕捞水平，结果将导致种群突然降低到一个非常小的水平。例如，1992年纽芬兰东海岸大西洋鳕鱼资源的崩溃，导致经营了数百年的渔场被迫关闭，见图3.4所示（CF2专栏2.4）。更为重要的是，鱼类资源一旦出现崩溃，即使之后显著减少对其捕捞或者完全禁渔，这些鱼类资源仍需数年才能得以恢复，也有些情况或许根本无法恢复。

■ **物种引入和物种丧失**：物种引入（或者去除）可能导致生态系统及其服务发生非线性变化。例如美国淡水系统中斑马纹贻贝（Zebra

mussel）的引入导致 St. Clair 湖中本地贻贝的灭绝，使湖中的能量流动和生态系统的功能发生了巨大变化，给电力工业和其他用户造成了年均 1 亿美元的成本（S12.4.8）。黑海中栉水母（Mnemiopsis leidyi）的引入导致当地 26 种主要鱼类丧失，而且（与其它因素一道）对后来因缺氧而出现的“死亡区域”具有一定的影响（C28.5）。由于过度猎捕，北美太平洋海岸许多海滨生态系统中的水獭已经消失，结果导致海胆（是水獭的被捕食者）大量繁殖，继而又导致海草森林（Kelp forests）消失（被海胆吃光了）。

■ **珊瑚生态系统中优势种的变化**：许多珊瑚礁生态系统已经由珊瑚占主导地位突然转变为藻类占主导地位。通常情况下，这种基本上不可逆的转变是由多种原因造成的，它们包括养分输入增加造成的富营养化，以及维持珊瑚和藻类平衡的食草鱼类的去除。一旦达到了生态系统状态转变的阈值，这种转变就会在几个月内发生。尽管转变后的生态系统也可能处于稳定的状态，但是它的生产力将降低，生物多样性将减少。在这方面研究较好的一个例子，是 1983 年牙买加珊瑚礁生态系统由珊瑚占主导地位向藻类占主导地位的转变。究其原因，是经过前几个世纪对食草鱼类的过度捕捞，造成鱼类大量减少，结果导致了几乎完全依靠海胆这单一物种去控制海藻繁殖的局面，但是后来由于针对海胆这一物种的病原体的爆发，海胆种群出现崩溃，因而藻类占据了生态系统的主导地位。最后，牙买加珊瑚礁生态系统就转变成了（显然为一种不可逆变化）一个生物

多样性水平较低，藻类占主导地位，鱼类支撑能力非常有限的状态（C4.6）。

■ **区域气候变化（C13.3）**：区域植被通过地表的反照率（地表的发射辐射）、蒸腾作用（水分从地表经植物到大气的通量），以及空气动力学特征会对气候产生影响。在非洲北部的 Sahel 地区，其植被状况几乎完全受控于降水条件。当有植被时，雨水就会快速循环，这样一般可以提高降水，进而形成较密的植被冠层。模型模拟结果显示，土地退化会导致水循环显著减少，因而可能促进了该地区在过去 30 年中观测到的降水减少趋势。在热带地区，砍伐森林一般会导致降水减少。因为森林的生长关键依赖于降水的状况，热带森林和降水之间将形成一种正反馈关系。从理论上讲，在特定条件下将会形成两种稳定的状态：热带雨林和热带稀树草原（尽管某些模型的模拟结果只出现亚马孙河流域的稳定性气候型植被状态）。

已有不完全确认的证据显示，人类对生态系统的改变正在增加自然和生物系统发生非线性变化、以及具有潜在严重影响的突发性变化的可能性，这将会对人类的福祉状况产生重要影响（C6，S3，S13.4，S.SDM）。以上可能性的增加主要来源于以下因素的作用：

■ 总的来说，目前人类对生态系统的改变正在降低生态系统的自恢复能力（不完全确认）（C6，S3，S12）。遗传多样性、物种多样性，以及景观的空间格局、环境波动和物种进化过程的时间周期，这些因素的综合作用形成了生态系统的自恢复能力。由不同物种组成的各功能群体对生态系统过程和服务的形成具有相似的促进方式。功能群体之间的多样性可以提高生态系统过程和服务的流通量（不完全确认）。在功能群体内部，不同物种适应环境波动的对策不尽相同。对策的多样性主要来自于物种对导致环境变化的驱动力的不同反应、物种分布的异质性、物种对季节循环或者干扰模式的不同利用方式，以及其它方面的作用机制。对策的多样性使得生态系统在变化的环境中具有适应和调整能力，从而按照维持生态系统过程和服务的要求改变自身的生物结构（确定性高）（S.SDM）。由于目前的生物多样性正在减少，因而可能降低生态系统的自恢复能力。

■ 由于各种驱动力的共同作用，生态系统的压力正在增加（S7，SG7.5）。生态系统阈值的变

化并不罕见，但是这种情况很少发生在不受人为压力影响的生态系统中。目前，生态系统的许多人为压力正在增加。渔业捕捞的提高增加了渔业资源出现崩溃的可能性；气候的快速变化增加了物种灭绝的潜在可能性；环境中氮和磷的输入量增加使得淡水生态系统更加容易出现富营养化；随着人口流动性的增加，越来越多的物种将被带到新的栖息地，因而可能导致那些地区出现害虫的可能性增加。

正在增加的丛林肉贸易将在非线性变化方面造成特别显著的威胁，这里的非线性变化是指变化的加速（C8.3，S.SDM，C14）。特别是在非洲和亚洲，对丛林肉利用和贸易的增长正在加大许多物种的生存压力。尽管在超越可持续水平之前的一段时间内，对物种收获量的增加可能导致收获物种的种群逐渐降低，但是一旦超越了可持续的水平，收获物种的种群往往出现加速减少。这一方面可能导致收获物种出现灭绝的危险，另一方面也可能降低依赖于这些物种资源的人群的食物供应。最后，丛林肉贸易的增加将促进人类与某些相对密切的食用野生动物之间的相互作用。因此，这又可能加大发生非线性变化的风险，不过这里的非线性变化是指新的危险病原体的出现。就以目前的国际旅行速度和规模，新病原体一旦出现就可能会在世界范围内快速传播。

关于潜在的非线性对策，当前科学集中研究的一个主题是大气对空气污染（特别是碳水化合物和活性氮的化合物）的自净化能力（C.SDM）。这种能力取决于有关氢氧基的化学反应。自工业革命之前的时代以来，大气中的氢氧基浓度已经降低了大约 10%（确定性中等）。

生态系统一旦遭受非线性变化，要恢复到原来的状态可能需要几十年或者几百年的时间，也有些情况是不可能再恢复到原来的状态。例如，对于遭受过度捕捞的渔业资源采取禁渔措施进行恢复，这一过程所需的时间就变化很大。尽管纽芬兰的鳕鱼渔场已经被关闭了 13 年（除在 1998—2003 年期间进行过少量的近海捕捞之外），但是很少有恢复的迹象，因而许多科学家对其在可以预见的未来得以恢复不报乐观态度。（C18.2.6）。另一方面，在 20 世纪 70 年代后期由于过度捕捞北海的鲱鱼资源（Herring fishery）出现了崩溃，但是经过关闭 4 年之后它就得到了恢复（C18）。

8. 为了可持续地经营生态系统，我们存在什么样的选择？

当前，人类对生态系统服务的需求日益增长，怎样在满足这些需求的同时，扭转生态系统的退化状况，这是我们面临的一个重大挑战。但是，这一挑战是可以解决的。在MA的4种情景中，有3种情景认为政策、制度和作业方式的改变可以减缓因生态系统压力持续增加而造成的某些消极影响，尽管以上要求的改变幅度较大，而且我们目前还未着手这些工作（S.SDM）。正如第5章中指出的那样，在MA的4种情景中，与2000年相比，尽管生物多样性都将持续快速丧失，但是至2050年在供给服务、调节服务和文化服务这3种服务中至少有一种服务的状况将得到改善。但是，为了取得这些积极的成果，我们必须采取非常显著的干预措施。这些干预措施包括对环境无害化技术的较大投资、积极的适应性管理、在环境问题完全显现之前对其采取积极主动的应对行动、对公共物品（例如教育和卫生）的重大投资、采取强有力的行动减少社会经济方面的不平等现象并消除贫困，以及扩大人们对生态系统的适应性经营能力。

更加具体地讲，在全球协同情景中，贸易壁垒将被清除，错误的补贴将被去除，工作的主要重点将放在消除贫困和饥饿方面。在适应组合情景中，至2010年世界上的大多数国家将把接近13%的GDP用于教育行业（与此相比，2000年的平均数是3.5%），将增加促进各区域群体之间进行技术和知识转让的制度安排。在技术乐园情景中，对于那些提供和维持生态系统服务的公司和个人，他们的工资将得到政策方面的保护。例如，至2015年大约50%的欧洲农业和10%的北美农业将主要用于平衡食物生产和其他方面的生态系统服务的生产。在这一情景中，为了提高服务的生产、开发替代品和减少有害影响，相关的环境技术将取得显著进展。

过去人类在减缓和扭转生态系统退化状况方面所采取的行动已经取得了显著的收益，但是人类对生态系统退化状况的改善通常没有赶上生态系统压力的增加和对生态系统服务需求的增长。尽管MA评估的大多数生态系统服务是处于退化状况，但

是如果在过去的几十年中没有采取那些对策的话，以上生态系统服务退化的程度将更加严重。例如，当前已经建立了100 000多个保护区（包括国家公园这种严格意义上的保护区域和像伐木场和狩猎区这些为了自然生态系统的持续利用而管理的区域），总面积约占地球陆地表面的11.7%（R5.2.1）。这些保护区的建立对于保护生物多样性和生态系统服务具有重要的作用，尽管目前保护区的分布非常不均衡，特别是海洋和淡水生态系统的保护区的这一情况更为严重。

技术进步也有助于减缓因单位面积上生态系统服务的需求上升而造成的生态系统压力的增长速度。例如，对于所有的发展中国家来讲，在过去的40年中，它们的小麦、水稻和玉米产量增长了109%~208%。如果没有这些产量的增长的话，在此期间将会转变更多的栖息地用作农业生产。

确保对生态系统进行可持续经营的一组有效对策，必须解决好第4章中指出的那些驱动力和克服以下几个方面的有关障碍（RWG）：

- 不合理的制度安排和管理安排，包括腐败以及监管与责任系统弱；
- 市场失灵和经济刺激不当；
- 社会和行为因素，包括某些社会群体（例如穷人、妇女和原住居民群体）的政治和经济权力的缺失，而这些群体特别依存于生态系统服务的供给状况，容易因生态系统服务退化而受到损害；
- 技术开发与推广可以提高对生态服务功能的利用效率，并且减少生态系统变化的各种驱动力的不利影响，但是在这些方面的投资不足；
- 缺乏既可提高资源收益又能保护资源的有关知识（包括对现有知识的利用水平较低），这些知识涉及生态系统服务和管理、政策、技术、行为和制度对策。

由于在评估和管理生态系统服务方面人类自身能力与制度能力较弱、用于调控与管理生态系统服务功能利用状况的投资不足、公众意识的缺乏，以及决策制定者对生态系统服务功能退化给



人类造成的威胁和可持续管理的生态系统能够给人类提供的机遇了解不够，因而所有这些障碍的解决变得更加复杂。

MA 对 74 项涉及生态系统服务功能、综合的生态系统管理、生物多样性的保护与可持续利用以及气候变化等方面的对策进行了评估（见附录 B）。这些对策中的大部分可以在保护或可持续地提高生态系统服务的供应方面做出贡献。本章下边的内容将就解决以上提出的障碍介绍几种有希望的对策（RWG, R12）。对通过制定决策执行有关对策的利益相关方群体分别使用以下符号表示：G 政府，B 商业与工业部门，N 非政府组织，以及其它民间社会组织，例如基于社区的组织和原住民组织。

制度与管理

为了创造有效管理生态系统的条件，有时需要对当前的制度和环境管理框架进行改革。当然在其他一些情况下，现行的制度也能够满足管理生态系统的要求，不过它们面临一些重要的障碍。现有的许多制度（包括国家层次和全球层次）虽然具有防治生态系统服务退化的权力，但是在实际操作的过程中它们面临着许多挑战，这些挑战与需要加强各部门之间的合作，以及需要对不同尺度上的对策进行协调有关。但是，由于本评估中发现的一些问题只是近期才开始关注到的，而当初在设计今天的管理制度时并没有专门专门考虑，因而特别是在国家尺度上对现行制度进行改革，或者制定新的管理制度有时就显得很有必要。

值得注意的是，尽管许多生态系统服务具有

开放型资源的特征，但是国家和全球层次上的现有制度，它们在设计时并不是为了有效地管理开放型资源。诸如资源的拥有权和获取权、对决策过程的参与权，以及对特殊资源利用和对废弃物排放的监管，这些问题将对生态系统经营的可持续状况产生强烈影响，是决定生态系统变化的受益者和受害者的重要因素。腐败——对生态系统进行有效管理的一个重大障碍——也是起源于监管和职责体系的软弱不力。

积极的干预措施：

■ 把生态系统的管理目标纳入到其他部门，以及更加广泛的发展计划框架内（G）。当前，影响生态系统的最重要的公共政策的决策，常常是由那些在政策层面并不负责保护生态系统的部门作出的。只有反映到其他部门的决策和国家的发展战略中，生态系统管理目标的实现才有更大的可能性。例如，由发展中国家的政府向世界银行和其他有关机构提出的《减贫战略》，强烈地体现了国家发展的优先考虑，但是它们一般没有考虑生态系统在改善最贫穷人群的基本生存能力方面的重要性（R17.ES）。

■ 增进在各种多边环境协议之间，以及环境协和其他国际经济与社会制度之间的协调（G）。虽然国际协议对于解决跨越国家界限的有关生态系统问题是必不可少的，但是现存的许多障碍削弱了它们的当前效力（R17.2）。大多数双边环境协议和多边环境协议的目标和机构具有针对性强和数量有限的特征，因而它们不解决有关生态系统服务和人类福祉的一些较为广泛的问题。目前正在采取措施促进这些协议之间的协调，从而帮

助它们扩大关注的范围。但是，也需要促进多边环境协议和那些政治权力较强的国际合法机构（例如，经济和贸易协议）的协调，以确保它们作用的目的不相互矛盾。（R.SDM）。此外，在这些协议的执行过程中，也需要对国家层次上的有关机构和部门进行协调。

■ 通过利益相关方对决策制定过程的广泛参与，提高政府和私营部门制定对生态系统具有影响的决策的透明度和责任心（G，B，N）（RWG，SG9）。在决策制定过程中，经过公众广泛参与而制定的法律、政策、制度以及市场可能更加有效，从而被认为具有公正性。例如，淡水和其他生态系统服务的退化，一般来讲，它们总是通过多种方式对被排斥在决策制定过程之外的人群产生不合理的影响（R7.2.3）。通过利益相关方的参与，可以更好地了解有关影响和弱点，了解有关利害关系中成本与效益的分配，可以在特定的环境条件下找出更为广泛的对策，因而促进决策过程更加完善。此外，利益相关方对决策过程的参与可以增加决策的透明度，提高决策制定者的责任感，从而减少腐败现象的发生。

■ 制定制度，把决策制定集中于满足生态系统管理的需要，同时确保在各层次之间进行有效的协调（G，B，N）。过去，由于决策制定过程的过度集中和过度分散，它们已经导致了生态系统管理问题的恶化。例如，许多国家已经证明对森林进行高度集中的管理，其效果并不理想，因而目前正在努力把管理森林的职责转移至较低的决策层次，要么把它并入自然资源部门，要么把它作为广义的地方政府职责的一部分。但是，在管理生态系统的过程中，一个最难处理的问题是管理生态系统产品和服务的合理地理单元和行政边界不一致。下游社区可能对影响上游行动的一些



制度没有参与权，或者下游的社区或国家在政治权力上较上游地区强大，因而可能主导对上游地区的控制，而不考虑上游地区的需求。不过，为了对跨边界生态系统进行管理，目前许多国家正在加强区域机构建设（例如，多瑙河、湄公河委员会、关于维多利亚湖的东非合作和亚马孙河合作条约组织）。

■ 制定制度，对市场和生态系统之间的相互作用进行监管（G）（RWG）。由于制度的软弱或者空缺，在改善生态系统管理方面，政策和市场改革的潜力常常受到限制。例如，根据气候变化条约建立的清洁发展机制，其目的是通过向发展中国家提供财政支持以减少温室气体的排放，通过对森林的碳吸收服务支付报酬，这种机制将会在气候和生物多样性方面获得一定的收益。但是，由于财产权模糊不清，对减排的持久性的关注，以及缺乏解决争端的机制，结果使得清洁机制的作用潜力受到了一定的抑制。此外，现有的许多监管机构通常没有保护生态系统这项明确的权力。例如，对私有水资源系统和电力系统的独



照片提供：PETER ARNOLD 公司的 RON GILING

立监管者来讲，他们不一定能够促进资源利用效率和可更新供应的提高。对于国家来讲，即使在私有化和市场主导增长的背景下，其制定和强化规则的作用仍然具有长久的重要性。

■ 建立制度框架，促进资源管理由高度的部门管理途径向更加综合的管理途径转变（G，B）（R15.ES，R12.ES，R11.ES）。在大多数国家，不同的部门分别掌管着不同的生态系统（例如环保局、农业部、水利部和林业部）和导致生态系统变化的驱动力（例如能源部、交通部、发改委和贸易部）。这些部门分别控制着生态系统管理的不同方面。因此，在政治上很少形成有效的生态系统管理策略，此外，由于部门之间的竞争常常导致损害生态系统的政策选择。但是，诸如海滨区域综合管理、流域综合管理和国家可持续发展战略这些综合性的对策，它们将有意识地或者积极地一并应对生态系统服务和人类福祉的有关问题。尽管这些综合性对策具有较大的作用潜力，但是许多障碍却限制了它们的效力。这种情况包括：尽管它们属于资源集约型管理，但是它们的潜在收

益将超过它们的成本；它们的执行需要多重手段；它们需要新的制度与管理结构、技能、知识和能力。迄今，综合性对策的执行效果一直是体现于生态、社会和经济方面的综合影响。

经济与激励

经济与财政干预为监管对生态系统产品和服务的利用提供了有力的手段（C5 专栏 5.2）。因为许多生态系统服务不能在市场上交易，因而市场不能为有效地配置和可持续地利用生态系统服务提供合理的引导信号。即使人们清楚地知道某一生态系统提供的服务，但是他们既不会因为提供这些服务而受到补偿，也不会因为减少这些服务而受到惩罚。此外，因生态系统服务退化而遭受损害的人群常常不是那些从导致生态系统服务退化的行动中获得收益的人群，因而导致管理决策不会把这些退化的成本计算在内。运用经济和财政手段通过影响人类行为，从而解决以上挑战的机会还是广泛存在的。这些机会包括：建立生态系统服务的交易市场、调节有关社会主体的金融与财政利益；以及影响相对价格等。

只有在制度支持到位的情况下，市场机制才能发挥应有的作用。因此，为了使市场机制能够得到广泛的利用，需要加强制度方面的能力建设（R17）。经济手段的使用通常需要一定的法律体制，在许多情况下，可行有效的经济干预机制的选择是取决于特定的社会经济环境。例如，征收资源税可能是防止对生态系统服务过度开发的一个有力手段，但是有效的征税计划需要健全的可靠的监督和征收体系。相似的道理，补贴可能对引入特定的技术和执行特定的经营措施产生一定的效果，但是如果缺乏透明机制和防止腐败的职责设置，那么这样的补贴就是不适当的。市场机制的建立常常也会涉及有关财富分配和资源配置的明确决策，例如，把以前的公共资源变成私有财产的决策。从这方面考虑，对市场机制的不合理利用可能导致贫困问题的进一步恶化。

积极的干预措施：

■ 取消促进过度利用生态系统服务的各项补贴（同时，在条件许可的情况下，把这些补贴用于补偿不能在市场上交易的那部分服务）（G）（S7.ES）。2001—2003 年期间，经济合作与发展组织国家平均每年支付给农业部门的政府补贴超过

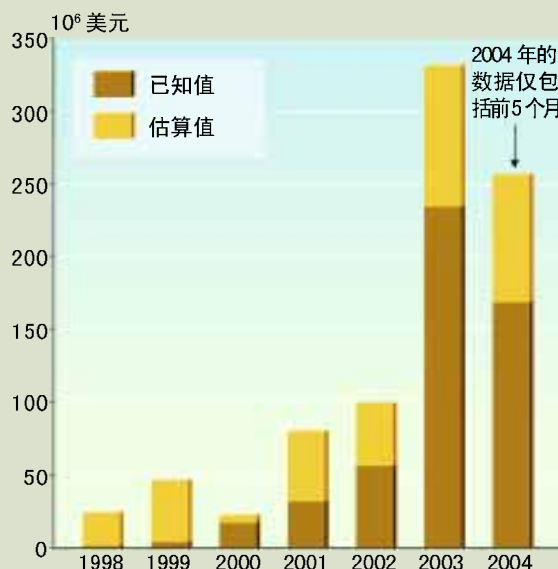
了3240亿美元，相当于2000年全球农产品总价值的1/3。经济合作与发展组织之外的许多国家同样也存在着许多不合理的补贴。这些所有补贴中相当一部分是生产补贴，它们导致实行补贴的国家的食物生产超过了全球市场条件的正当需求；加速了对水资源、化肥和杀虫剂的过度使用；减少了发展中国家的农业利润。补贴也可能导致土地的价值上升，从而增强了土地所有者对减少补贴的抵制能力。在社会方面，农业补贴导致农民的生计过分地依赖于纳税人；通过扶持大型的合作农场和损害小型的家庭农业而改变财富分配和社会组成；促进大部分发展中世界对援助的依靠。最后，并不清楚这些补贴政策能否实现它们的主要目标之一——扶持农民的收入。在价格支持的所有支出中，只有大约1/4转移到了农户的额外收入。

渔业补贴也存在着类似的问题，2002年经济合作与发展组织国家支付的渔业补贴估计在62亿美元左右，大约相当于当年生产总值的20% (C8.4.1)。对于渔业补贴来讲，除了影响财富分配之外，它对过度开发渔业资源的激励作用还影响资源的管理和可持续利用，因而导致渔业中的公共财产问题日益恶化。尽管某些间接的补贴，例如，对取消个人可转让收获配额的补偿，将对渔业的管理产生积极的影响，但是多数的补贴是具有消极影响的。此外，在诸如水利和林业这些部门，不合理的补贴也是比较常见。

尽管去除生产补贴将产生净的收益，但是这也会牺牲一定的成本。如果取消补贴的话，作为补贴的直接收益者，不但农民和渔民将遭受最大的直接损失，而且它也将对地方和全球的生态系统产生间接影响。在某些情况下，可以把生产补贴转移给对生态系统的监管活动，例如，补偿调节服务和支撑服务的供给和提高。不过对于因取消补贴而遭受不利影响的贫困人口来讲，他们将需要一定的补偿机制 (R17.5)。对于经济合作与发展组织国家来讲，补贴减少将减轻那些国家某些生态系统的压力，但是对于发展中国家来讲，将导致更多的土地快速地转向农业用地，或者提高农业生产的集约化程度，因而需要制定相应的配套政策以最大程度地减少对那里生态系统的不利影响。

■ 尽量使用经济手段和通过市场途径对生态系统服务进行管理 (G, B, N) (RWG)。具有提

图 8.1 碳市场总价值的每年变化情况
(单位：百万美元) (C5 专栏 5.1)



来源：世界银行，千年生态系统评估

高生态系统服务管理潜力的经济手段和市场机制包括：

- 对具有“外部性”成本（市场中没有解决的利害关系）的活动征税或者收取使用费。这些手段可以对减轻外部成本产生激励作用，而且通过增加税收帮助保护受损的生态系统服务。这方面的例子包括，征收养分过量施用税或者生态旅游费。
- 建立包括排放上限与交易排放系统 (cap-and-trade systems) 在内的有关市场。某些生态系统服务，常见的例子如水资源，过去它们一直被看作是“免费”的资源，因而往往导致了使用过程中的浪费现象。如果法律和经济制度支撑到位的话，建立这些服务的交易市场，它们将加大保护这些服务的刺激力度，同时提高服务配置的经济效益。但是，正如前边所指出的那样，虽然市场将提高这些资源的利用效率，但是它可能对特殊的用户群体造成有害影响，使他们在以上的变化过程中可能受到不公平的影响 (R17)。管制性的排放上限，再加上污染权交易的市场调节机制，它们的综合作用常常为减少损害生态系统的污染排放提供了一个有效途径。例如，养分交易系统可能是降低美国水污染的一个低成本

本途径 (R7 专栏 7.3)。

关于生态系统服务的一个增长最为迅速的市场是碳市场 (见图 8.1)。2004 年 1 月至 5 月, 大约 6 400 万 t 的二氧化碳当量以项目的形式进行了交换, 几乎相当于 2003 年的全年交换量 (7 800 万 t) (C5 专栏 5.2)。2003 年二氧化碳交易的价值大约是 3 亿美元。其中大约 1/4 (根据二氧化碳当量的体积计算) 的交易与在生态系统服务方面的投资有关 (水电或者生物量)。世界银行成立了一个 3 330 万亿美元的基金 (自 2005 年 1 月启动), 用于资助植树造林和重新造林计划, 其主要目的在于储备或者保护森林和农业生态系统中的碳, 同时提高对生物多样性的保护和减轻贫困。据推测, 至 2010 年全球碳排放交易市场的交易总价值将增至 100 亿~440 亿美元 (有关的二氧化碳或者二氧化碳当量交易量将达到 45 亿 t)。

- 对生态系统服务进行补偿。为了让资源所有者提供特定的服务, 可以建立促使个人、公司和公共部门向他们提供补偿的作用机制。例如, 在澳洲的新南威尔士地区, 农民协会可以向国家林业局购买盐碱券 (salinity credits), 接着林业局与上游的土地所有者签订植树合同, 以降低地下水位和增加碳储备。与此相似, 1996 年哥斯达黎加为了引导土地所有者提供生态系统服务而建立了一个全国性的保护补偿体系。在这一计划的指导下, 哥斯达黎加的经纪人为国际或者国内的“购买者”和地方的“销售者”签订关于吸收碳、生物多样性、流域服务, 以及自然美景的交易合同。到 2001 年为止, 至少有 280 000hm² 的森林已经以 3 000 万美元的价格进入了该计划的交易之中, 另外还有 800 000hm² 的森林申请案正在审查办理之中 (C5 专栏 5.2)。

其他创新性的财政保护机制还有“生物多样性补偿” (据此开发者向保护活动支付一定的酬金, 用于补偿由于项目开发而不可避免地给生物多样性造成的损害)。目前, 有一个机构联盟已经建立了一个在线新闻网——生态系统市场 (the Ecosystem Marketplace), 专门提供有关生态系统

服务的市场发展和生态补偿方面的信息。

- 建立表达消费偏好的市场机制。在缺乏有效的政府管制的情况下, 消费压力可能为促使生产者采用较为可持续的生产方式提供了另一种影响方式。例如, 现有的可持续渔业和可持续林业认证认可体系, 为人们提供了通过自己的消费选择促进可持续发展的机会。当前, 在林业部门, 森林认证已经在许多国家和林区广泛实施, 但是, 迄今被认证的森林大多数是位于温带地区, 被大的公司经营, 主要是出口给北方的零售商 (R18)。

社会和行为对策

社会和行为对策 (包括人口政策, 公众教育, 社区、妇女和青年人的授权, 以及民间社会行动) 可能有助于人类应对生态系统退化问题。这些对策一般是由利益相关方发起和执行的干预, 它们是通过行使人们在改善生态系统服务和人类福祉的努力方面所涉及的程序性权力或者民主权力来实现的。

积极的干预措施:

- 采取措施减少对不可持续经营的生态系统服务的总消费 (G, B, N) (RWG)。消费者对消费项和消费量的选择不仅受价格因素的影响, 而且还受与文化、伦理道德和价值取向有关的行为因素的制约。可以通过政府 (例如教育和公众常识宣教计划, 或者提高需求方管理)、工业 (例如完善产品的商标管理, 或者承诺使用被认证为可持续的原材料) 和民间社会 (通过提高公众意识) 的行动鼓励人类发生行为变化, 减少对退化了的生态系统服务的需求。但是, 在努力减少对不可持续的生态系统服务的总消费的同时, 有时仍必须采取措施提高特定人群 (例如贫困人群) 对那些生态系统服务的获取和消费。

- 交流与教育 (G, B, N) (RWG, R5)。为了实现环境公约、《约翰内斯堡实施计划》 (Johannesburg Plan of Implementation) 和更加广泛的自然资源可持续管理的有关目标, 改善交流与教育状况是必不可少的。尽管公众与决策者都能从有关生态系统与人类福祉的教育中获得裨益, 但是教育在帮助人们认识引起生态系统退化的许多驱动力方面, 可以获得更大

的社会效益。当前，影响有效开展交流与教育的障碍包括，无法利用研究成果和无法运用关于学习和改变的现代理论。在充分认识了交流与教育的重要性之后，调动人力和财政资源开展有效的工作，仍是一个需长期持久的问题。

■ 授权给包括妇女、原住居民和青年这些或者对生态服务依存性较强，或者容易遭受生态系统退化影响在内的人群（G，B，N）（RWG）。尽管妇女拥有一定的环境知识和具备一定的潜力，但是由于经济、社会和文化结构等原因，他们在参与决策制定方面常常受到限制。因为将要经历当前有关生态系统服务决策的长期影响，因而青年人群是重要的利益相关方。原住居民对传统领地的控制有时也会产生环境效益，尽管其主要的证据一直是依据人权和文化权得出的。

技术对策

鉴于对生态系统服务的需求日益增长和来自其它方面的生态系统压力的增加，为了提高资源的利用效率，或者降减少诸如气候变化和营养负荷这些驱动力的影响，技术开发和技术推广就必不可少。过去为了满足对某些生态系统服务需求的日益增长，技术改革一直是必不可少的基本条件。对于未来的需求增长，仍有相当的希望可以借助技术的帮助给予实现。目前，可以减少养分污染而且成本合理的技术已经出现。这方面的例子包括减少点源排放、改变作物管理方式，以及可以帮助控制田间化肥使用的精准农业技术。但是为了在足够大的尺度上应用以上技术手段，以减缓并且最终扭转营养负荷的上升趋势（尽管在诸如非洲的亚撒哈拉这些很少使用化肥的地区，那里的化肥施用正在增加，但是已经认识到这一全球目标是必须实现的），当务之急是制定新的政策进行指导。但是，过去这些技术改革对生态系统和人类福祉造成了许多负面影响（R17.ES）。技术“翻新”的有害影响一旦显现出来，那么它造成的成本损失可能极其昂贵，因而在引入新技术之前必须进行认真的评估。

积极的干预措施：

■ 提高技术水平，既增加作物产量又不造成与水资源、养分和杀虫剂使用有关的不利影响（G，B，N）（R6）。在21世纪，农业扩张仍将是导致生物多样性丧失的主要驱动力之一。通过技

术开发、技术评估和技术推广，在没有过度消耗水资源，或者过度使用养分和杀虫剂而造成有害影响的前提下可持续地提高单位面积上的食物产量，将显著地降低其他生态系统服务的压力。如果没有自1950年以来出现的农业集约化生产，那么要实现今天的作物产量至少需要再增加2 000万km²的作物种植面积（C.SDM）。未来面临的挑战，同样是降低农业扩展的压力，同时不能因为水资源利用、过量的养分负荷和使用杀虫剂而增加生态系统服务的压力。

■ 生态系统服务修复（G，B，N）（RWG，R7.4）。目前生态系统修复行动在许多国家普遍存在，它几乎涉及了所有的生态系统类型，诸如湿地、林地、草地、河口生态系统、珊瑚礁生态系统和红树林生态系统。当生态系统呈现出转变之前的某些特征时，通常情况下可以对其进行修复，从而提供最初的生态系统服务（例如湿地对污染物的过滤，或者森林的木材生产）。尽管修复后的生态系统很少能够完全恢复到原来的状态，但是它们仍然有助于满足对特定服务的需求。不过，与防治生态系统退化相比，进行生态系统修复的成本一般极高。此外，修复严重退化了了的生态系统服务可能需要相当长的时间，而且并不是所有退化了了的生态系统服务都能够进行修复。

■ 提高技术水平，增加能量利用效率，减少温室气体排放（G，B）（R13）。由于能量供应、能量需求和废弃物管理部门已经具备了广泛的技术条件，因而从技术层面上讲，显著地减少温室气体的净排放是可行的。为了实现预计的减排目标，将需要一系列的能源生产技术（包括燃料转换技术，煤/油向燃气的转换；提高电厂效率；提高可更新能源的利用技术）。此外，在运输业、建筑业和工业部门也需要采用更加有效的能源利用技术。当然，完善和执行相关的支撑制度与政策，克服技术推广和市场化过程中存在的障碍，提高公众和私有部门对技术研发和技术转让的资助力度，这些也是必不可少的条件。

知识与认知对策

由于一方面缺乏关于不同生态系统的知识和信息，另一方面不能充分利用已有的信息支持管理决策，因而限制了有效的生态系统管理的实施。尽管已有足够的信息，借之能够采取许多有助于保护

生态系统和提高人类福祉水平的行动，但是存在着重大的信息鸿沟。例如，在大多数地区关于大多数生态系统服务状况与经济价值的信息相当有限，而且在国家的经济统计中很少对生态系统服务的耗损进行记录。此外，关于生态系统非线性变化的发生几率，以及可能导致非线性变化的阈值，这些方面的现有信息较少。在全球尺度上，关于不同生态系统和土地利用类型分布范围和变化趋势的基础数据极少。用于预测未来环境和经济状况的模型，在整合生态反馈（包括生态系统的非线性变化）方面能力有限。

同时，决策者未能充分利用已有的相关信息。这一方面是因为制度失灵的原因，从而导致已有的与政策有关的科学信息不能提供给决策者；另一方面的原因在于未能整合其他形式的对生态系统管理具有相当价值的知识与信息（如传统知识和实践知识）。

积极的干预措施：1

■ 在资源管理与投资决策中兼顾生态系统的市场价值和非市场价值 (G, B) (RWG)。大多数的资源管理和投资决策是考虑不同政策选择下的货币成本与效益，并受其强烈的影响。但是，对于生态系统的管理来讲，这将导致对社会不利的结果，因为生态系统的非市场价值可能超过其市场价值。因此，许多现有的资源管理政策，往往是牺牲生态系统在水资源供应、消遣和文化服务这些方面的价值（它们可能具有更大经济价值），而偏向于诸如农业、林业和渔业这些部门的生产。如果能够包括不同管理选择的总经济价值，并且实行对非经济成分的审议机制的话，那么资源管理和投资决策将会进一步完善。

■ 在评估和决策制定过程中，充分利用各种形式的有关知识和信息，包括传统知识和实践知识 (G, B, N) (RWG, C17.ES)。有效的生态系统管理特别需要基于地方的知识，即关于某一生态系统的特征和历史。虽然正式的科学信息常常是获取以上信息

的来源之一，但是地方的资源管理者所掌握的传统知识和实践知识对于资源管理常常具有同等或者更大的价值。虽然这些知识在地方管理者的决策过程中得到了利用，但是在其它的决策过程中却很少使用，常常是被不合理地丢弃了。

■ 提高和维持个人和机构在了解关于生态系统变化对人类福祉的后果，以及对这些后果进行评估的能力。(G, B, N) (RWG)。我们需要较强的管理农业、森林和渔业的能力。尽管目前许多国家在农业、林业以及渔业的管理方面能力有限，但是与管理其他生态系统服务的能力相比，这些管理能力仍然是比较强的。因为对这些其他服务的认识最近才刚刚起步，所以在评估全面生态系统服务方面的经验有限。在生态系统服务的变化监测、生态系统变化的经济评价或者健康评估，以及关于生态系统服务的政策分析方面，各国的专门知识都极其有限，不过，这种情况在发展中国家又更加严重。但是，即使可以获得以上评估信息，当前在决策制定和资源管理方面，传统的高度部门化特征将使得以上建议难以执行。为了克服这种限制因素，可以对现有机构人员提高培训或者通

图 8.1 决策支持方法与框架的适用性 (R4 表 4.1)

方法	适用的尺度						
	最优化	公平	阈值	不确定性	微观	国家	区域与全球
成本效益分析	+	+	-	+	✓	✓	✓
风险分析	+	+	++	++	✓	✓	✓
多标准分析	++	+	+	+	✓	✓	
风险预防原则 ^a	+	+	++	++	✓	✓	✓
敏感性分析	+	+	++	+	✓	✓	

^a 虽然风险预防原则与其他分析和评估方法不是严格地相似，但是它仍然可以被看作是一种决策支持方法。通过明确提出风险预防形式并提前进行审议，风险预防原则描述了如何把科学不确定性运用到决策制定过程。它假定当遇到严重或者不可逆转损害的威胁时，采取显著的行动（例如，从不采取任何行动到禁止潜在的有害物质或者活动，其行动变化不等）进行预防可能是正当的。

图例：
 ++：直接适用
 +：修改后可能适用，或者（涉及不确定性时）为了处理不确定性方法已经被修改。
 -：适用性不佳，但是经过显著努力也并非不可能

过制度改革，加强制定综合对策的能力建设。

设计有效的决策制定过程

通过改变决策的制定过程，可以改善影响生态系统及其服务的有关决策。目前，有关生态系统决策的制定情境正在快速变化。在这种正在变化的情境中，如何有效地利用信息和手段对决策进行完善，这是决策制定过程中面临的新挑战。与此同时，某些旧的挑战仍然必须解决。干预措施的选择受决策制定过程及其制定人员的影响。决策制定过程依管辖区域、制度和文化而变化。不过，关于生态系统及其服务的决策制定过程，MA 已经确定了以下几项基本原则，根据以往经验它们可以改善有关决策及其对人类福祉的影响 (R18.ES)。

- 使用可得到的最佳信息，包括考虑生态系统服务的市场价值和非市场价值。
- 确保决策制定过程透明，保证重要的利益相关方进行有效的知情参与。
- 在决策制定过程中，承认并非其涉及的所有价值都可以量化，对决策过程中显著具有主观性特征的要素进行量化可能得出虚假的客观事实。
- 争取效率，但是不要牺牲效力。
- 在成本和效益的分配方面，考虑公平和脆弱性的问题。
- 确保决策制定的责任，提供定期的监测和评价。
- 考虑累积效应和跨尺度效应，特别值得注意的是评估不同生态系统服务之间的利害关系。

在有关生态系统及其服务的决策制定过程中，许多审议式手段（可以提高决策过程的透明度和促进利益相关方的参与）、信息收集手段（主要针对收集数据资料和意见）和计划手段（主要用于对潜在的政策选项进行评价）可以提供有益的帮助 (R3 表 3.6~3.8)。审议式手段包括街坊论坛、公民会审、社区问题组织、共识寻求会议、电子民主、焦点团体访谈、问题讨论会和生态系统服务用户讨论会。信息收集手段方面的例子，包括公民研究小组、审议式民意调查、环境影响评价、参与式农村评估和快速农村评估。一些常见的计划手段是共识参与 (consensus participation)、成本效益分析、多标准分析、参与式学习与行动、利益相

关方决策分析、权衡分析和走访。采用多视角的决策制定方法特别合适，因为这些技术不会过分强调任一特殊观点的重要性。以上这些手段可以在诸如全球、亚全球和地方等多种尺度上使用。

面对数据、预测、情境 (context) 和尺度方面的不确定性，可以利用多种框架和方法做出较好的决策 (R4.5)。常用的方法包括成本效益分析（或者多标准分析）、风险评估、风险预防原则和脆弱性分析（见表 8.1）。以往所有这些方法都具有支持优化的能力，但是涉及到公平性问题的却很少。例如，可以对成本效益分析方法进行修改，以相对于其他人群加大某些人群的利益。在用于长期分析时，贴现率可以被看作是强调后代福祉的一种方法。风险预防原则可能是体现了对特定人群或者系统免于危害的保护，他们的优先地位可能是基于公平的考虑。只有多标准分析的设计，主要是用于解决存在复杂性相互作用的多重目标之间的优化问题，但是经过改编，这种方法也可以用于考虑国家或者亚国家尺度上的公平和阈值问题。最后，虽然可以使用多种手段探究变化的阈值及其重要性，但是只有风险预防原则的设计是为了明确地解决这些问题。

情景为处理多方面的不确定性提供了一个方法，但是，由于我们对生态系统和人类响应的过程不够了解，因而任何一种情景都隐藏了自身特定的不确定性。(R4.ES)。可以利用情景分析对人类行为和生态系统的关键不确定性做出各种假设，进而揭示这些假设的含义。这样，情景分析为处理对策评估中的多种不确定性提供了一种方法。各种情景的相关性、显著性和影响力最终是依赖于它们设计中的有关人员 (SG9.ES)。

尽管如此，由于以下原因，我们在使用情景分析方法时必须慎重。第一、每个情景代表的是基于特定假设的条件预测，对于情景中出现的生态系统和人类系统，就我们的理解和表达来讲是有限的，因而任何特定情景都具有自身的不确定性。第二、当我们把某一尺度上的（假如全球尺度）情景得出的教训转用到另一尺度上（假如亚国家尺度）的对策评估时，在此转变过程中将出现不确定性。第三、情景常常含有隐藏假设和难以阐明的假设 (hard-to-articulate assumptions)。第四、在过去的环境情景分析中，和社会科学模

(下转 102 页)

9. 妨碍制定有关生态系统决策的最重要的不确定性是什么？

对于有关生态系统服务和人类福祉的许多重要政策问题，MA仍不能提供足够的科学信息进行解答。在某些情况下，虽然科学信息可能确实已经存在，但是现有的使用程序和时间期限，不是妨碍了对所需信息的获取，就是妨碍了对它们的评估。不过在许多情况下，不是得不到用于回答问题所需的数据资料，就是关于生态或者社会系统的知识不够充分。下面我们列出了几个方面的信息鸿沟，如果这些鸿沟能够得到弥补的话，那么它们将显著地提高如MA这类计划回答决策者提出的有关政策问题的能力。

状况与趋势

■ 当前的全球和国家监测体系存在许多重大的不足，导致许多生态系统特征缺乏记录完备的和对等的时间序列信息，因而为评估生态系统服务的状况和变化趋势设置了显著的障碍。此外，在许多情况下，包括水文监测系统在内，目前这些确实存在的监测体系的运行状况正在下降。

■ 尽管可以用于对全球土地覆被变化进行精确监测的遥感技术已经出现了30多年，但是由于在处理遥感信息方面财政资源不足，因而使得对土地覆被变化的精确测度仅仅局限在案例研究的基础上。

■ 极其缺乏有关旱区的土地退化信息。根据当前评估中发现的重大不足，需要建立一个系统的全球监测计划，在其引导下为土地退化和荒漠化确定一个科学可信而且统一的本底状态。

■ 能够复现全球森林分布变化轨迹的数据资料很少。

■ 缺少精度合理的全球湿地地图。

■ 关于那些非市场交易的生态系统服务，特别是调节服务、文化服务和支持服务，存在着较多的信息鸿沟。

■ 缺少完整的物种调查清单，关于许多重要动植物物种的实际分布信息较少。

■ 缺乏有关以下几个方面的信息：

■ 特殊区域各种驱动力之间的相互作用机制，以及驱动力在不同尺度之间的相互作用机制。



照片提供：美国农业部的KEITH WEILER

■ 当重要的养分供应或者二氧化碳供应发生变化时，生态系统的响应机制。

■ 生态系统的非线性变化、阈值的预测，以及产生阈值和导致不可逆变化的系统结构和动态特征。

■ 关于特定地区和时期的生态系统服务变化和生物多样性变化，对它们之间的关系进行量化和预测。

■ 各种尺度上生态系统服务的变化将产生什么经济影响？或者更加一般地讲，生态系统服务（不包括食物和水）的供应状况和人类福祉之间是怎样关联的？有关这些问题的信息较少。

■ 关于生态系统服务和人类福祉之间关系，这方面的模拟模型相对较少。

情景

■ 对于不同地理尺度上提出的情景，缺乏有效的分析和方法途径对它们进行空间明晰的嵌套和连接。这方面的创新将会相当详细地给决策者提供有关生态系统服务在局地、国家、区域及全球尺度上的直接关联信息。

■ 关于生态系统变化对生态系统服务流量的影响，以及生态系统服务变化对人类福祉变化的影响，这些方面的模拟能力较差。此外，也需要联系生态系统变化和许多生态系统服务的数量模型。

■ 关于联系生态过程和社会过程的模型，亟待显著的改善。此外，关于生态系统的许多文化服务和支持服务，目前还缺少相应的模拟模型。

■ 关于如何在模型中体现适应性对策和人类态度及行为的变化，以及在数量模型中纳入关键的反馈机制，目前这方面的能力比较有限。例如，随着食物供应的变化，土地利用的模式也将随之发生变化，接着，这些变化将对生态系统服务、气候和食物供应产生重要的反馈信息。

■ 缺少有关阈值预测的理论和模型。阈值的特点是，一旦超过它的界限，将发生重大的系统

变化，甚至导致系统崩溃。

■ 关于整合性模型 (holistic models) 和有关生态系统服务情景的复杂性问题，特别是关于大多数生态系统中的大量非线性、反馈和时滞现象，目前还缺乏与非专业人士的沟通能力。

对策

■ 在总经济价值方面 (包括非市场交易的生态系统服务)，对于不同政策选择的边际成本和效益，现有信息较少。

■ 关于流域服务的受益者，以及未来变化 (特别是流域变化) 将怎样影响那些服务，这些问题目前还存在很大的不确定性。为了确定流域服务的市场化是否可以成为一项有效的对策，急需获取以上两方面的有关信息。

■ 关于生物多样性保护对策的效力，过去这方面的社会科学分析较少。

■ 关于各种文化服务对不同文化背景人群的重要性，这种重要性怎样随时间变化，它怎样影响权衡和决策中的净成本和效益，这其中具有相当大的不确定性。

(上接第 100 页) 型的整合情况相比，它们往往比较有效地整合了最新的自然科学模型。

过去，有关生态系统服务的大多数对策往往是针对提高供给服务生产力的短期收益 (RWG)。与此相比，人类很少重视对调节服务、文化服务和支持服务的管理；很少重视有关减轻贫困，以及对生态系统服务的收益进行公平分配这些方面的管理目标；很少重视生态系统变化对供给服务造成的长期影响。因此，当前的管理体制远远缺少满足人类需求和保护生态系统的潜力。

对生态系统进行有效的管理需要多重尺度上的协调对策 (SG9; R17.ES)。由于受到法律体制和管理制度的限制，在较小尺度上获得成功的对策，当用于较大尺度时常常难以成功。此外，对于尺度上推的限制，不仅是因为以上较高层次的制约，而且还因为地方尺度上的干预措施往往是针对导致变化的直接驱动力，而不是间接或者潜在驱动力。例如，为了减轻对保护区的压力，实施了一项改善保护区周围社区生计条件的地方计划，如果这项计划取得成功，它可能会增加居民向缓冲

区的迁移，进而增加缓冲区的压力。为了解决高层次的限制作用和外漏问题 (leakage problems)，同时应对区域、国家和地方尺度上的驱动力，采用跨尺度对策可能比较有效。成功的跨尺度对策方面的例子包括渔业和林业中对自然资源的共同管理途径，以及制定多重利益相关方的政策 (multistakeholder policy processes) (R15.ES)。

为了减少生态系统管理决策当中的不确定性，积极的适应性管理可能是一种特别有价值的手段 (R17.4.5)。在此，“积极的”适应性管理这一术语主要是用于强调其原始概念的关键特征 (该术语常常被不适当地用于表示“通过实践学习”)：管理计划的设计在于检验生态系统组分的功能和相互作用原理，进而 (与其他方式相比) 较快地减少关于系统的不确定性。例如，根据适应性管理途径，为了较快获取有关渔业产量曲线形状的信息，渔业管理者可能有意地设置高于或者低于“最佳估计”的捕捞水平。鉴于社会生态耦合系统具有高度的不确定性，应用积极的适应性管理常常被证明是正确的。

附录



附录 A

生态系统服务报告

根据千年生态系统评估提出的部分生态系统服务类型，本附录给出了状态与趋势工作组和情景工作组对它们评估的部分主要结果。

食物供给服务

人类主要从高度管理的人工生态系统（例如，种植、畜牧和水产）及野生资源（包括淡水捕捞渔业、海洋捕捞渔业和收获野生动植物（例如，丛林肉））获取食物。

状态与趋势

■ 1961—2003年期间，世界的食物产量增长了一倍多（增幅超过了160%）（C8.1）（见附录图A.1.）。在此期间，谷类（人类食物中的主要能量成分）的产量增长了接近2.5倍；牛肉和羊肉的产量增长了40%；猪肉的产量增长了接近60%；家禽产量翻了一番（C8.ES）。

■ 在过去的40年中，全球垦殖系统的集约化一直是以上食物产量增长的主要源泉（几乎占80%）。但是某些国家，发现主要在非洲的亚撒哈拉地区，它们的食物生产力持续较低，一直是依靠扩展耕地面积来增加食物产量。1961—1999年期间，对于所有的发展中国家来讲，耕地面积扩展对作物产量的贡献仅占29%，与此相比，单产上升的贡献占到71%。但是，在非洲的亚撒哈拉地区，单产增加对产量增长的贡献仅占34%。（C26.ES, C26.1.1）。

■ 在过去的40年中，世界鱼类产品的总消费

量和人均消费量都已经增加。但是自1973年以来，工业化国家的鱼类产品总消费量已经有所降低，不过发展中国家的总消费量却几乎翻了一番（C8.ES）。

■ 由于对鱼类产品需求的增长速度已经超过了它的生产增长，因而导致大多数的新鲜鱼类产品和冷冻鱼类产品的实际价格（real prices）出现了上涨（C8表8.4）。

■ 淡水养殖是食物生产方面增长最快的一个部门。在世界范围内，自1970年以来，淡水养殖业在以9.2%的复合年均增长率增长。与淡水养殖业相比，捕捞渔业的复合年均增长率仅为1.4%，陆地畜禽类肉产品生产系统的复合年均增长率是2.8%（C26.3.1）。当前，水产养殖系统大约占到了鱼类总产量的27%（C8.ES）。

■ 自1996年以来，全球谷类作物的产量一直停滞不前，因而粮食库存出现了减少趋势。尽管这种减少趋势得到了有关部门的关注，但是它可能只是反映了市场调节下正常循环周期中的一个阶段（C8.2.2）。

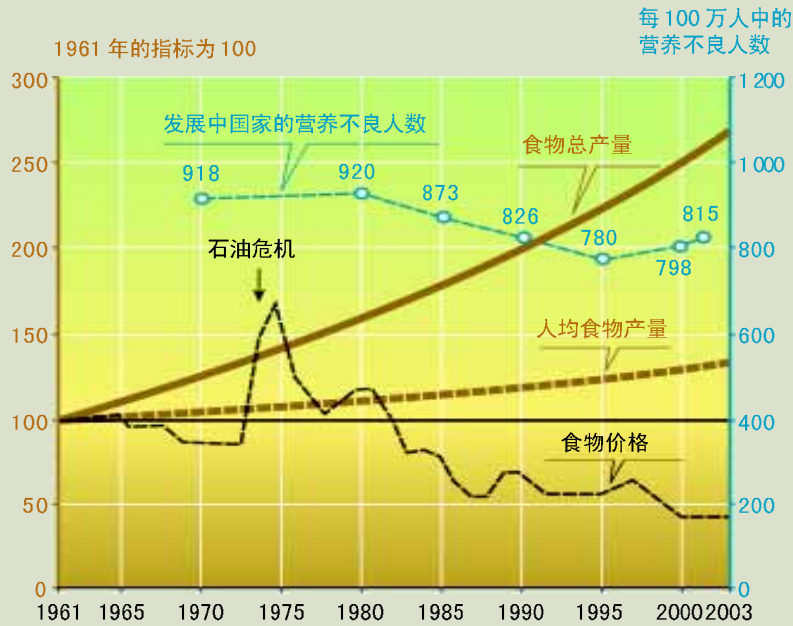
■ 自2001年以来，尽管某些谷类产品的价格出现了上涨，但是与20世纪90年代中期的最高价格相比，目前的价格仍然要低30%~40%（C8.2.2）。

■ 当前，人类对捕捞渔业的利用模式正处在不可持续利用的水平上。通过日益提高可获

附录 图 A.1 1961—2003 年期间，食物供给方面几个关键指标的变化趋势 (C8 图 8.1)

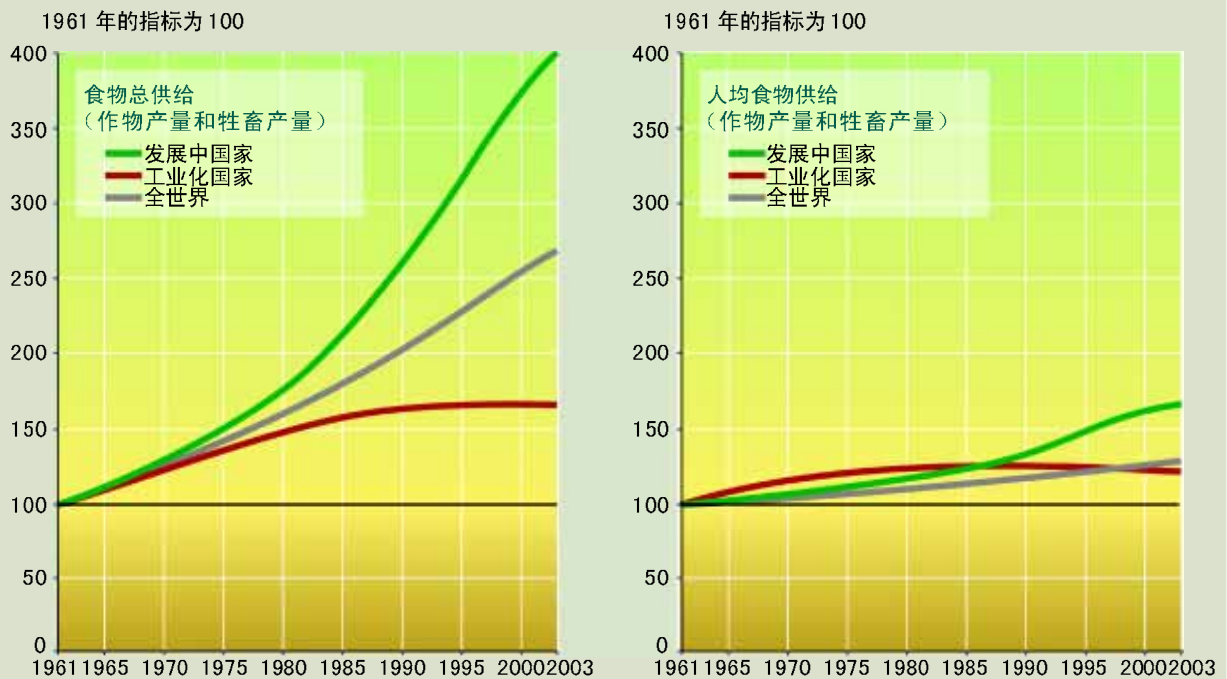
全球产量、价格和营养不良人数

全球范围内，2000—2002 年的营养不良人数估计是 8.52 亿，与 1997—1999 年相比，增加了 3 700 万。这个图上只表示了发展中国家的营养不良人数。



来源: FAOSTATS, SOFI, 千年生态系统评估

食物供给状况 (作物和牲畜) 在工业化国家和发展中国家的相对变化



来源: FAOSTATS, 千年生态系统评估

取资源的捕捞份额，至 20 世纪 80 年代为止，人类对海洋渔业的捕捞量一直处于上升趋势。由于对渔业资源的过度捕捞，目前的海洋渔业卸鱼量 (Marine fish landings) 正在下降。内陆渔捞业 (Inland water fisheries)，作为贫穷人群高质量饮食的重要来源，由于栖息地改变、过度捕捞和水资源利用等原因，也已经出现了下降趋势 (C8.ES)。

■ 一般情况下，传统养殖渔业是可以可持续发展的。但是，随着养殖渔业中食肉类品种所占份额的日益增加，这逐渐加大了其它渔业为其提供鱼粉饲料的压力，同时也使得废弃物问题逐渐恶化。尽管一些国家已经采取了减少不利影响的有关措施，但是养虾场仍然常常给红树林生态系统造成严重的损害。

情景

■ 根据 MA 的 4 种情景，至 2050 年预计全球的食物总产量和人均食物产量将会增加 (S9)。但是在 MA 的 4 种情景中，根据人均食物产量计算，在中东和北非这些地区，预计基本的主要食物产量将会停滞不前、甚至出现下降，而在非洲的亚撒哈拉地区，预计将会出现少量的增加。这些地区的食物产量缺口预计将会通过食物进口的增加而得以弥补。根据 MA 的情景，预计发展中国家的农业用地面积将会继续增加，而工业化国家的农业用地将会减少 (见附录图 A.2.)。

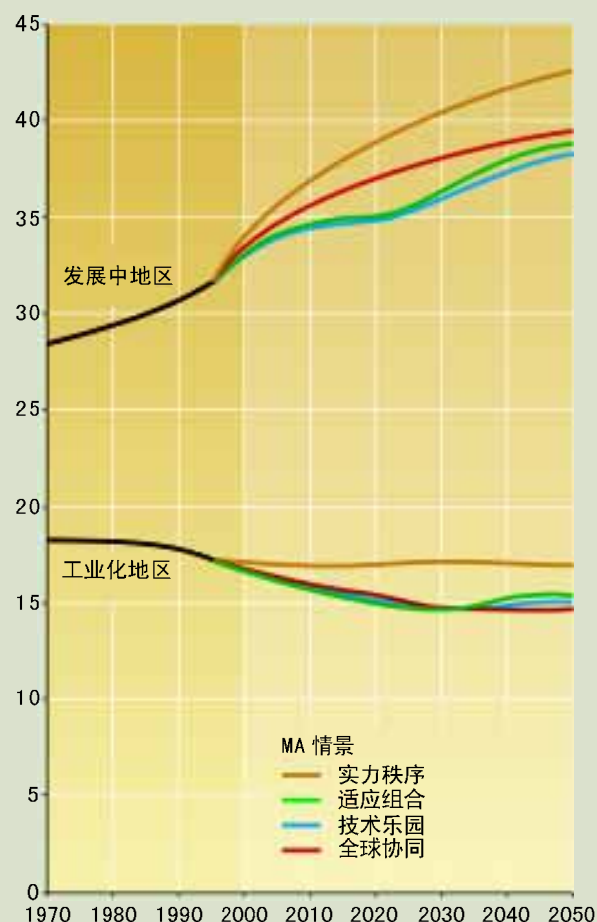
■ 2000—2050 年期间，预计全球的食物产量需求将会增长 70%~85% (S9.4.1)。

■ 由于人口增长和食物偏好的变化，人类对淡水与海洋鱼类产品的需求将会扩大，结果将会加大区域海洋渔业资源出现重大和持久衰减的风险 (确定性中等，确定性高) (S9.ES)。

附录图 A.2 在 MA 的不同情景中，农业用地的变化情况 (S9 图 9.15)

注：这里 2000 年牧场和耕地的总面积较表 1.1 中的大；主要因为这里统计的牧场和耕地包括了粗放型的放牧地，而在表 1.1 中没有把粗放型的放牧地包括在垦殖系统。

牧场和耕地 (10⁶km²)



来源：千年生态系统评估

水资源供给服务和支持服务

水资源既是生态系统提供的供给服务，也是生态系统提供的支持服务。在供给服务方面，生态系统是供给人类用水的源泉；在支持服务方面，水是地球上各种生命所必需的，因而对其它的生态系统过程具有支撑作用。森林生态系统和山地生态系统拥有地球上最大的淡水资源，分别占全球径流总量的57%和28%。它们各自在为40多亿人口（相当于世界总人口的2/3）提供可再生水资源。此外，垦殖系统和城市系统产生的地表径流仅分别占全球径流总量的16%和0.2%，但是由于与人类的距离较近，受其服务的人口为45亿至50亿。不过由于与人类的距离较近，

也导致了这些系统的有关养分污染和工业废弃物污染（C7.ES）。

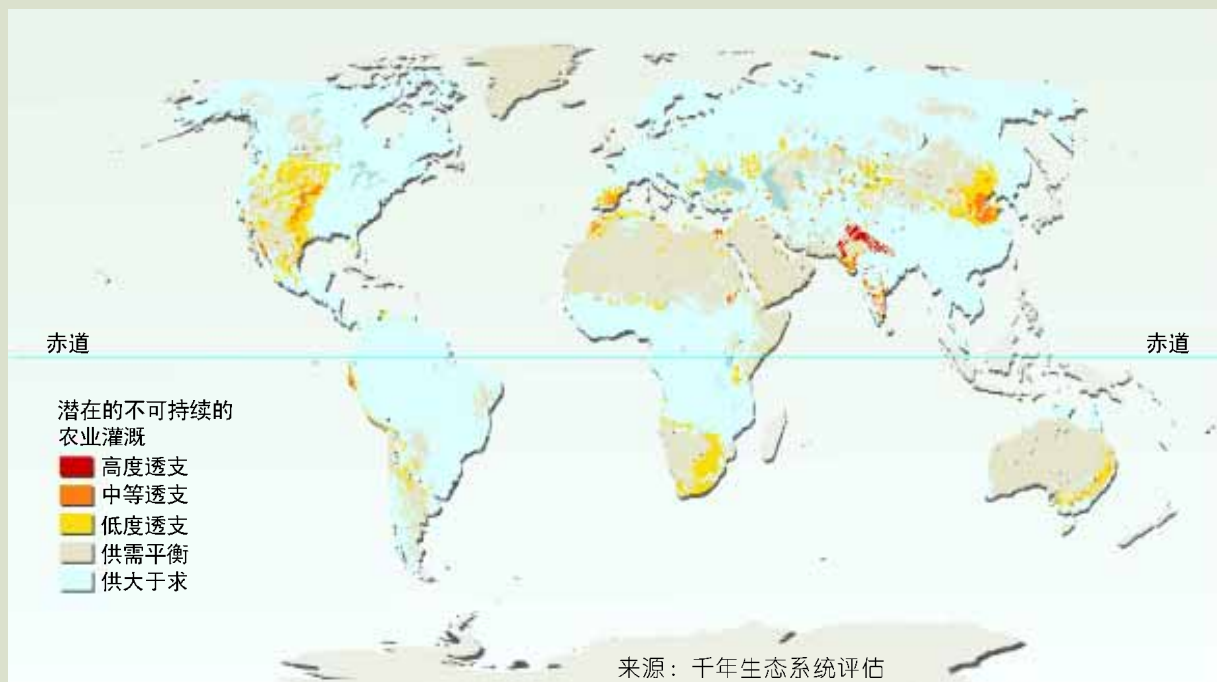
状态与趋势

■ 虽然近期发生的生态系统变化还未明显地改变地球上可更新淡水的净径流量，但是这些径流当中被人类利用的份额却已经显著地增加。1960—2000年期间，全球的淡水利用在以每10年增长20%的速度扩展，因而淡水的利用量在此期间翻了一番（C7.ES）。

■ 当前的水利用量大约占全球陆地径流（continental runoff）的10%，它相当于一年当中

附录 图 A.3 灌溉方面不可持续的水资源利用（C7 图 7.3）

在全球范围内，估计15%~35%的灌溉用水是不可持续的（确定性低~确定性中等）（C7.2.2）。本图表示了世界上缺乏足够的淡水资源，不能完全满足作物灌溉需求的区域。这种长期性的水资源供需失衡使得地表引水和过度开发地下水成了必然的结果。其中，每个大陆上水资源利用的不可持续程度为中等透支和高度透支的区域，就是蓄水层开采区或者重要的计划引水区域。图例说明：高度透支，表示每年大于 1km^3 ；中等透支，表示每年为 $0.1\sim 1\text{km}^3$ ；低度透支，表示每年为 $0\sim 0.1\text{km}^3$ 。图上所有的估计值都是基于 50km 左右的空间分辨率计算的。尽管难以转化出一般性的结论，但是如果假设水需求的缺额可以通过不受限制、而且具有普通透水潜力的蓄水层（单位产水量等于0.2）进行抽取补充的话，那么以上出现的水资源供需失衡将会导致每年的地下水位下降大于 1.6m 。其中，高度透支的地区可能会更高，而低度透支地区每年的地下水位下降可能会小于 0.1m 。



全球的大部分人口可以利用的陆地径流的 40% ~ 50% (C7.ES, C7.2.3)。

■ 自 1960 年以来, 全球内陆水道中的无机氮污染物已经增加了 2 倍多, 而在许多工业化地区则已经增长了 10 多倍。

■ 人类当前的水资源利用模式正处于不可持续的状态。大约 5% ~ 25% 的全球淡水利用超过了可长期持续的供应水平, 而是通过工程调水或者透支地下水满足其超量的需求 (确定性低 ~ 确定性中等)。世界上有 10 亿多人生活在几乎没有可更新淡水供应的区域, 他们对水资源的需求主要是通过以上方式得以满足 (C7.ES)。在北非和中东地区, 1/3 的水资源利用是处在不可持续的状态 (确定性低) (C7.ES)。

■ 在全球范围内, 估计 15% ~ 35% 的灌溉用水是不可持续的 (确定性低 ~ 确定性中等) (C7.2.2) (见附录图 A.3.)。

情景

■ 过去的 40 年中, 人类对水资源的利用量在以每 10 年增加 20% 的速度增长。与此相比, 预计 2000 — 2010 年期间, 水资源的利用量将会增长 10% 左右 (C7.ES)。

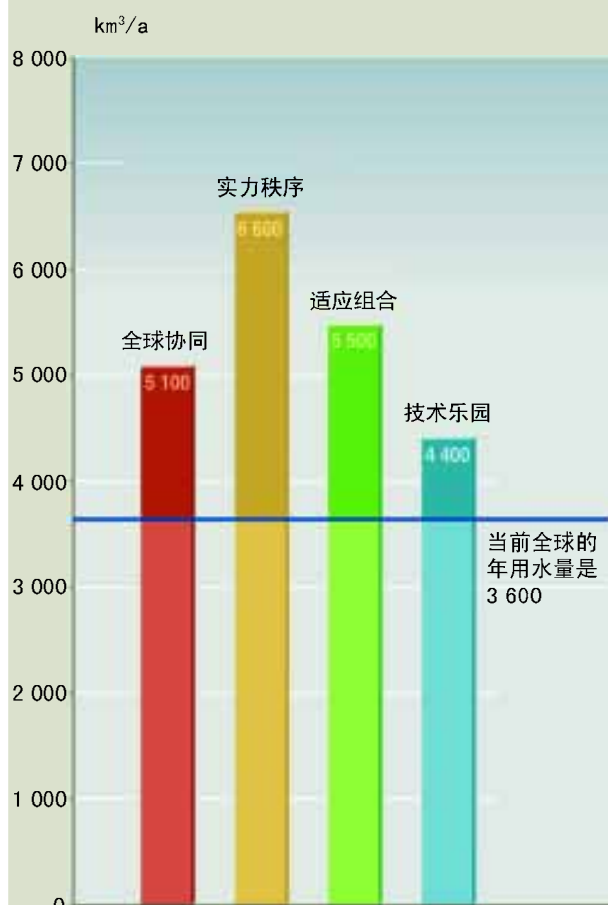
■ 20 世纪末期, 水资源利用量在经济合作与发展组织的许多地区已经开始减少。在 21 世纪, 预计水资源的利用量在整个经济合作与发展组织国家将会继续减少 (确定性中等); 这是因为在此期间人均需求饱和、水资源利用效率提高和人口趋于平稳所致 (S9.ES)。

■ 由于经济发展和人口增长, 预计水资源利用量在经济合作与发展组织之外的国家将会出现较大的增长, 具体的增长幅度根据不同的情景而定。在非洲的 sub-Saharan 地区, 家庭用水将会明显增加, 这意味着对淡水的利用将会增长 (确定性低 ~ 确定性中等)。但是, 在技术和经济方面, 提高家庭用水具有很大的不确定性 (S9.ES)。

■ 根据 MA 的所有情景, 2000 — 2050 年期间, 预计全球的水资源利用量将会增长 20% ~ 85% (S9 图 9.35) (见附录图 A.4.)。

■ 根据 MA 的所有情景, 全球的水资源供应将会增长。至 2050 年, 预计全球的水资源供应量将会增长 5% ~ 7% (不同情景之间有所差别), 其中拉丁美洲增幅最小 (在 2% 左右, 不同情景之

附录图 A.4 MA 的不同情景中, 2050 年的水资源利用量 (S9 图 9.35)



来源: 千年生态系统评估

间有所差别), 而前苏联的增幅最大 (16% ~ 22%) (S9.4.5)。在此期间, 降水增加可能导致径流增多, 同时, 气温升高引起蒸发加剧, 这又可能导致径流减少。

木材、纤维、燃料供给服务

天然林和人工林是人类收获木材的源泉。木材可以用于建筑业、制造业、燃料和其它需求。森林（提供薪材和木炭）、农作物和牲畜粪都是重要的生物能源。许多作物和牲畜被用于纤维生产。棉花、亚麻、大麻与黄麻一般是由农业生态系统生产的，而剑麻则是由龙舌兰属植物仙人掌的叶子生产的。丝绸是由蚕生产出来的，蚕是吃桑园中桑树的叶子长大的。毛线是由绵羊、山羊、羊驼和其它动物生产出来的。

状态与趋势

■ 自1960年以来，全球的木材收获量已经增长了60%，同期木质纸浆产量的增幅接近3倍（C9.ES，C9表9.5）。但是，最近几年的增长速度有所减慢。

■ 当前，全球55%的木材消费是用作薪材（C9.ES），薪材是26亿人口取暖和煮饭的主要能源。尽管在世界范围的能源利用中，薪材和木炭所占的比重不足7%，但是在非洲和拉丁美洲的能源利用量中，它们所占的比重分别是40%和10%（C9.4）。

■ 全球的薪材消费似乎是在20世纪90年代达

到了其最高点。目前，随着向代用燃料的转变，在某种程度上，也与高效生物能源技术的开发有关，薪材的消费正在逐渐下降。相比之下，1975—2000年期间，全球的木炭消费已经翻了一番，这在很大程度上是因为人口持续向城市地区转移的结果（S9.4.1）。

■ 非洲出现局部薪材短缺，对于那些依靠薪材取暖和煮饭的当地家庭来讲，这将会加重他们的负担（SG3.4）。对于城市地区来讲，可能导致能源价格上涨；对于农村地区来讲，可能导致收集木柴的时间增多，难度增大。

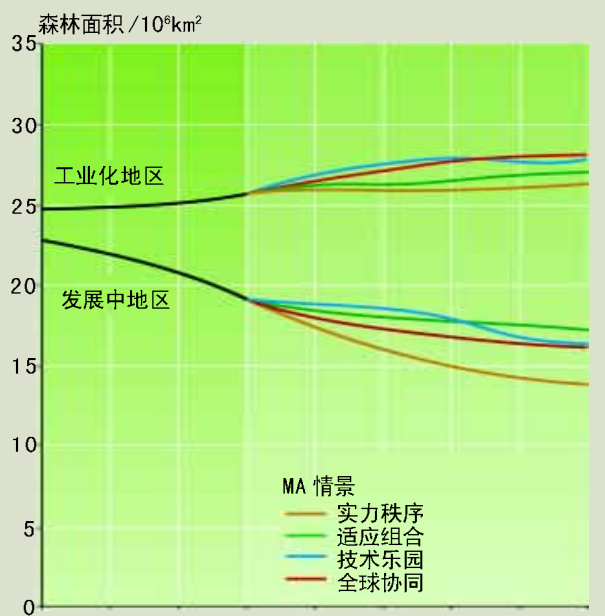
■ 自1961年以来，在农业纤维当中，全球的棉花产量已经翻了一番，丝绸产量增至原来的3倍（C9.ES）。尽管棉花产量翻了一番，但是其种植面积实际上并没有变化。此外，亚麻、毛线、大麻、黄麻和剑麻的产量已经下降。例如，近几十年来，由于来自合成纤维的竞争，对毛线的需求已经降低。1980—2000年期间，毛线产量已经下降了16%（C9.5.3）。

情景

■ 未来人工林在供给木材产品方面所占的比重可能日益上升（C9.ES）。2000年，人工林面积占全球森林覆被的5%，但是它们却为人类供给了大约35%的原木产量，预计到2020年这一比重将会增至44%。预计人工林将会在中纬度地区快速扩展，因为那里的生产成本较低、而且产量较高。

■ 根据MA的情景，1970—2050年期间，预计工业化地区的森林面积将会增加，而发展中国家的森林面积将会减少。根据实力秩序这一情景，预计森林的减少速度将会从历史水平（1970—1995年期间，年减少速度大约是0.4%）增加到0.6%。根据全球协同情景和适应组合情景，预计森林的减少速度将会持续在历史水平。根据技术乐园情景，前10年的情景模拟预计森林的减少速度将会下降，但是对于整个模拟期间来讲，预计森林的减少速度将会与历史水平相近，这是因为在气候变化政策的部分作用下，森林覆被承受的压力加大，人类对生物燃料的利用将会增加（见图附录A.5.）（对于特殊的生态系统而言，例如热带森林，它们的减少速度可能会高于平均水平）。

附录 图 A.5 MA 情景中的森林面积变化
(S9 图 9.15)



来源：千年生态系统评估

生化药剂和遗传资源供给服务

在诸如制药、植物药、作物保护、化妆品、园艺、农业种子和环境监测等行业，以及制造业和建筑业等部门的商品生产中，许多物种（包括微生物、植物和动物）及其基因资源都具有重要的作用。

状态与趋势

■ 作为商业原材料的来源之一，目前对生物多样性的需求正在日益增加。根据对有关产业的调查，附录的表 A.1.对生物多样性的利用趋势，以及产生的社会和商业效益类型进行了概述，附录的表 A.2.列举了一部分取自天然资源的化合物，它们于 20 世纪 90 年代通过审查，被允许在

制药行业内部交易。

情景

■ 根据对有关产业和国家的调查，尽管生物制剂和遗传资源的市场趋势差别较大，但是预计生物探勘行业（bioprospecting activities）及其税收在未来的几十年中将会增加。几个主要的新兴产业，例如生物修复和生物仿生（bioremediation and biomimetics），已经成立并开始表现出增长的趋势，而其它一些产业的未来还难以确定。根据当前的经济形势，预计制药方面的生物探勘将会增长，特别是在利用进化和生态知识开发新方法提高生产力这方面（C10.ES）。

附录 表 A.1 生物探勘产业（bioprospecting Industries）的现状和趋势（C10 表 10.8）

产业	当前参与生物探勘的状况	在生物探勘中的预期趋势	社会收益	商业利润	生物多样性资源
制药	趋于循环变化	循环变化，可能增长	人类健康，就业	+++	P, A, M
植物性药材	强劲	增长	人类健康，就业	+++	大多数是 P, A, M
化妆品和天然个人护理品	强劲	增长	人类健康与福祉	+++	P, A, M
生物修复	不稳定	增长	环境健康	++	大多数是 M
作物保护与生物控制	强劲	增长	食物供给，环境健康	+++	P, A, M
生物仿生	不稳定	不确定，或许增长？	多种收益	++	P, A, M
生物监测	不稳定	稳定	环境健康	+	P, A, M
园艺和种子产业	低落	平稳	人类福祉，食物供给	+++	P
生态恢复	中等	增长	环境健康	++	P, A, M

图例：+++ 表示数量级为 10 亿美元，++ 表示数量级为 100 万美元，+ 表示可以获利，但是利润变化不等；P 表示植物，A 表示动物，M 表示微生物。

附录 表 A.2 一些取自天然资源的化合物（纯净的天然产品、半合成的修改品、或者取自天然产品的效药团），在 20 世纪 90 年代经过审查，它们被允许在美国及美国以外地区进行市场交易（C10 表 10.2）

种类	商标名字	开发者
在美国及其之外地区		
Cladribine	Leustatin	Johnson & Johnson (Ortho Biotech)
Docetaxel	Taxotere	Rhone-Poulenc Rorer
Fludarabine	Fludara	Berlex
Idarubicin	Idamycin	Pharmacia & Upjohn
Irinotecan	Camptosar	Yakult Haisha
Paclitaxel	Taxol	Bristol-Myers Squibb
Pegaspargase	Oncospar	Rhone-Poulenc
Pentostatin	Nipent	Parke-Davis
Topotecan	Hycamtin	SmithKline Beecham
Vinorelbine	Navelbine	Lilly
只在美国以外的市场进行交易		
Bisantrene		Wyeth Ayerst
Cytarabine ocfosfate		Yamasa
Formestane		Ciba-Geigy
Interferon, gamma-la		Siu Valy
Miltefosine		Acta Medica
Porfimer sodium		Quadra Logic
Sorbuzoxane		Zeuyaku Kogyo
Zinostatin		Yamamouchi

气候调节

调节服务

生态系统（包括自然生态系统和人工经营的生态系统），作为排放（或吸收）污染物、活性气体、温室气体和大气悬浮尘粒的源（或汇），以及由于其物理特性对热量通量和水分通量（降水）的影响，因而对气候和空气质量具有强烈的影响。生态系统对气候的影响方式包括，致暖（例如，作为排放温室气体的源，或者森林的反照率低于裸露的雪面）、致冷（例如，作为吸收温室气体的汇，释放对太阳辐射具有反射作用的某些悬浮尘粒的源，以及生态系统的蒸发散），以及改变水分分配/循环过程和区域降雨格局（例如，通过蒸发散过程、或者云的凝结核）。



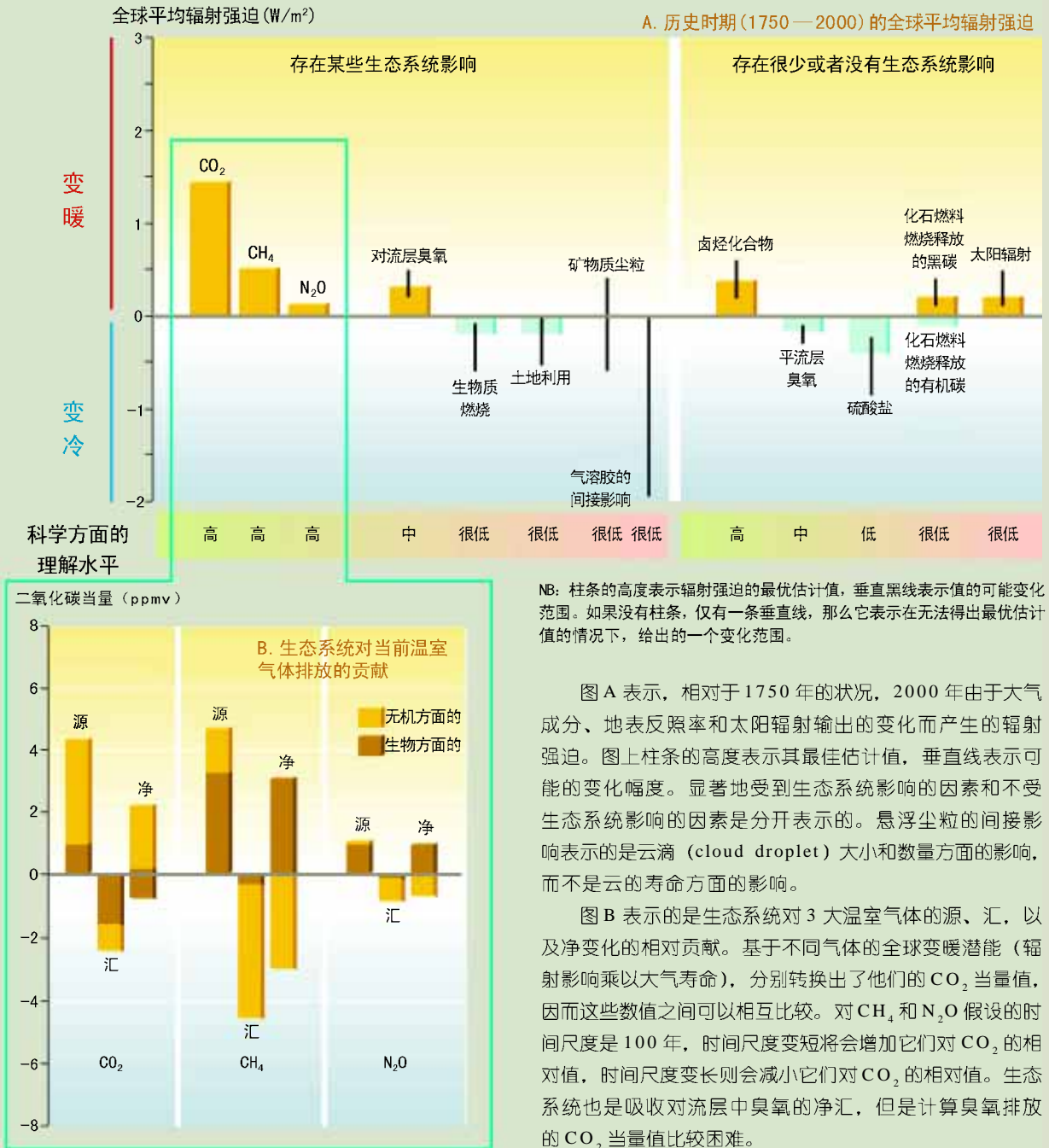
状态与趋势

■ 自 1750 年以来，主要由于森林砍伐、化肥施用和农业生产方式的影响，生态系统变化已经导致辐射强迫（radiative forcing）发生了巨大的历史变化（C13.ES）（见图附录 A.6.）。自 1750 年以来，由 CO_2 所造成的辐射强迫增值中，生态系统变化的作用占 10%~30%；由 CH_4 和 N_2O 所造成的辐射强迫增值中，生态系统变化的作用占了很大的份额。当前，生态系统是吸收 CO_2 和对流层中臭氧的净汇（net sink），同时它也是排放 CH_4 和 N_2O 的净源（net source）。未来对生态系统的经营有可能改变多种温室气体的浓度，尽管与 IPCC 情景中下世纪的化石燃料排放相比，这种潜力可能较小（确定性高）。生态系统对几种主要人工温室气体的影响如下：

- 二氧化碳：大约 40% 的历史排放量（在过去的 2 个世纪中）和大约 20% 的当前 CO_2 排放量（指 20 世纪 90 年代），主要是由于土地利用与土地经营的变化（特别是砍伐森林）造成的。作为 CO_2 的汇，陆地生态系统吸收了大约 1/3 的历史累积排放，以及 1/3 的当前（指 20 世纪 90 年代）总排放（能源使用和土地利用变化的总和）。对于汇（sink）的解释，部分可能是由于北美洲、欧洲、中国和其它地区进行植树造林、重新造林和森林经营的结果，还有部分可能是由于氮沉积，以及大气中 CO_2 浓度增加导致的增肥效应。平均来讲，在 19 世纪和 20 世纪早期，陆地生态系统是排放 CO_2 的净源，而大约在 20 世纪中期，它又转变成了吸收 CO_2 的净汇（确定性高）。目前，关于海洋生物变化对全球 CO_2 通量变化的净影响还不清楚。
- 甲烷：当前大约 25%~30% 的甲烷排放量来自于湿地生态系统的自然过程，而大约还有 30% 的排放是由于农业生产造成的（反刍动物和稻田）。
- 氧化氮：当前大约 90% 的 N_2O 排放量是来自于生态系统，其中 35% 的排放又是来自

（下转 113 页）

附录 图 A.6 生态系统对历史上辐射强迫 (radiative forcing) 的贡献, 以及对当前温室气体排放的贡献 (C13 图 13.3)



来源: 千年生态系统评估

农业系统（主要是受化肥施用驱动的）。

- 对流层的臭氧：在吸收对流层中臭氧的总汇中，生态系统的干沉降（Dry deposition）的吸收量大约占 1/2。生态系统释放的几种气体（特别是生物量燃烧）是对流层中臭氧形成的先驱物质（precursors）（包括 NO_x 、挥发性有机化合物、 CO 、 CH_4 ）。从全球范围的净影响来讲，生态系统是吸收对流层中 O_3 的汇。

■ 在 20 世纪的大部分时间，大多数作物系统中的土壤有机质出现了稳定的净丢失。但是，随着作物产量的平稳增加，归还到土壤中的作物生物量和残余物质也随着上升。此外，随着作物系统中保护性耕作和免耕措施的实施，估计在北美的玉米—大豆系统，以及某些连续灌溉的低地稻田系统中将形成吸收碳的汇。主要由于其它用地向农业用地转化和化肥施用，农业系统造成了 44% 的人为甲烷排放，以及大约 70% 的人为氧化氮气体排放（C26.2.6）。

■ 陆地和海洋植物可以固定大气中的 CO_2 ，然后通过呼吸作用又把它释放出来。在海洋中，有些碳是以死有机体、颗粒和溶解了的有机碳的形式沉积到海底，其中少量保留在沉积物中，其余部分在海洋深处通过呼吸作用被植物释放出来，最终又循环到海洋表面（生物泵）。通过增加海洋深处的 CO_2 浓度，生物泵起着吸收 CO_2 的净汇的作用。海洋深处的 CO_2 可能会与大气隔绝几十年到几百年，结果导致与假设没有海洋植物的情况相比，大气中的 CO_2 浓度降低了 200ppm（C13.2.1）。在陆地上，大量的碳被植物固定之后储存到了土壤有机质中。

■ 自 1750 年以来，发生的土地覆被变化已经提高了陆地表面对太阳辐射的反射率（反照率）（确定性中等），这部分抵消了由 CO_2 排放造成的增暖效应（C13.ES）。热带和亚热带地区的森林砍伐和荒漠化导致区域降水减少（确定性高）。在

评估减缓气候变化的对策时，需要考虑生物物理方面的影响。例如，对于被季节性降雪覆盖的区域来讲，重新造林导致地表反照率降低而产生增暖效应，但是造林又导致区域生物量中碳储藏增加而产生致冷效应，二者作用的结果有可能是增暖效应大于致冷效应。生态系统变化对区域气候格局造成的生物物理影响是根据不同地理位置和不同季节而变化的。下边是几项确定性高的结果：

- 对于被季节性降雪覆盖的地区来讲，在冬季森林砍伐将会提高地表的反照率，因而导致地表的区域致冷效应。但是，在夏季森林砍伐将会降低地表的蒸发散，因而导致致暖效应。
- 主要由于蒸发散的降低，大尺度（几百平方公里）的热带森林砍伐将会减少区域的降水。
- 热带和亚热带地区的荒漠化，通过降低地表的蒸发散，提高地表反照率，从而导致区域降水减少。

情景

■ 未来，陆地生态系统对气候调节的贡献具有一定的不确定性。当前，生物圈是一个净的碳汇，它每年吸收大约 10 亿~20 亿 t 的碳，相当于化石燃料燃烧排放量的 20%。未来这种服务很可能会因可能发生的土地利用变化而受到很大的影响。此外，预计大气中 CO_2 浓度增加将会提高生态系统的净生产力，但是这也不一定导致碳汇服务增加。由于对土壤的呼吸过程了解不多，因而导致了对未来碳汇变化认识上的不确定性。不过根据确定性中等的把握，认为气候变化将会增加某些地区（例如北极苔原区）的陆地 CO_2 通量和 CH_4 通量（S9.ES）。

调控疾病

调节服务

诸如食物、水和燃料这些生态系统服务的供应状况会对人类健康产生深远的影响 (R16)。在此, 我们将从一个狭义的角度考虑与人类健康有关的生态系统服务: 即生态系统在调控疾病方面的作用。对于传染性疾病的出现或者复发, 生态系统变化具有重要的作用 (见附录表 A.3)。随着社会发展, 诸如修建水坝和扩展农业灌溉面积, 人类改变生态系统的这些活动, 有时已经导致诸如疟疾、血吸虫病和虫媒病毒感染等传染性疾病的局部 (特别是在热带地区) 发病率上升。同时, 也有一些人类对生态系统的其它改变已经减少了某些传染性疾病的发病率。

状态与趋势

■ 传染性疾病在全球疾病中仍然占有接近 1/4 的比重。一些主要的热带疾病, 特别是疟疾、脑膜炎、利什曼病、登革热、日本脑炎、非洲锥虫病、南美锥虫病、血吸虫病、丝虫病和腹泻这些疾病仍在世界范围内感染着数以百万计的人口 (非常确定) (C14.ES)。

■ 下边这些传染性疾病的流行受生态变化的影响特别强烈。它们包括, 大多数生态系统中的疟疾; 热带耕地和内陆水域系统中的血吸虫病、淋巴丝虫病 (Lymphatic filariasis) 和日本脑炎; 热带城市中心地区的登革热; 森林和旱地系统的利什曼病和南美锥虫病; 荒漠草原 (Sahel) 的脑膜炎; 海滨、淡水和城市系统的霍乱; 欧洲和北美洲城市和城郊系统的西尼罗河病毒 (West Nile virus) 和莱姆关节炎 (Lyme disease) (确定性高) (C14.ES)。

■ 生态系统的各种变化可以通过多种机制对疾病的发病率产生影响。关于疾病和生态系统之间的关系, 下面给出了几个方面的例子, 它们是说明相关的生物学作用机制的最好范例 (C14.ES)。

- 水坝和灌溉渠为蜗牛提供了理想的栖息环境, 而蜗牛则是血吸虫病的中间储菌宿主物种 (the intermediate reservoir host species), 灌溉稻田扩大了蚊子的饲养表面, 从而增加了由蚊子传播的疟疾、淋巴

丝虫病、日本脑炎和裂谷热 (Rift Valley Fever) 这些疾病的传播机会。

- 森林砍伐为传播疟疾的蚊子提供了适宜的栖息环境, 因而导致疟疾在非洲和南美洲传播的风险增加。
- 具有保护性结构和特征的自然系统, 一般可以抵御由于人口迁移和定居而带来的人侵性人类和动物病原体。霍乱、黑热病 (kala-azar) 和血吸虫病就属于这种情况, 因而它们没能在亚马逊河流域的森林生态系统移植生长 (确定性中等)。
- 亚马逊河流域由蚊子传播的病毒 (虫媒病毒感染), 以及非洲的淋巴丝虫病, 这些疾病的发生一直与森林生态系统中的不受控制的城市化过程有关。供水系统较差和住房短缺的热带城市地区将促进登革热的传播。
- 有证据表明, 栖息地的破碎化, 以及并发的生物多样性丧失, 扩大了细菌在扁虱中的流行, 进而引发了北美洲的莱姆关节炎 (确定性中等)。
- 无论是人类历史上的传染性疾病 (例如 HIV 和肺结核), 还是新近出现的一些传染性疾病 (例如 SARS、西尼罗河病毒和亨德拉病毒), 动物传播的病原体 (根据它们在动物体中的自然生命周期进行定义) 都是导致以上疾病的重要原因。此外, 动物传播的病原体可能导致较高的死亡率, 而且由于它们的主要储菌宿主不是人类, 因而对其进行预防接种比较困难。
- 低剂量的抗生素在集约化畜牧业中的应用已经导致了 *Salmonella*、*Campylobacter*, 以及 *Escherichia coli* bacteria 这些耐抗菌素菌株的出现。密集和混合型的牲畜养殖模式及丛林肉贸易, 可能为疾病感染源的中间宿主转移提供了有利条件, 从而导致诸如 SARS 和感冒新菌株等危险新变体的出现。

情景

■ 位于热带地区的发展中国家，那里的人们比较容易受到传染性疾病的带菌媒介的危害，因而未来更可能受到传染性疾病的影响。这些人群缺乏应对疾病的必要资源，同时由于资源缺乏也难以开展与经济活动有关的环境规划（确定性

高)。但是，当前的国际贸易和运输使得没有国家不受传染性疾病的影响（S11）。

■ 在MA的不同情景中，因生态系统的疾病调控服务变化而对健康产生的影响差别较大。在某些情景中，健康状况逐渐上升，而在另外一些情景中，健康状况逐渐下降（S11）。

附录 表 A.3 与生态系统变化有关的一些传染性疾病的重要性（C14，表 14.4）

疾病	每年的病例 ^a	病疾调整生命年 ^b （千年）	（直接的）发病机制	（间接）驱动力	地理分布	生态系统变化导致的预期变化	置信水平
疟疾	350m	46 486	生境入侵；带菌媒介增多	森林砍伐；水资源开发工程	热带（美洲，亚洲和非洲）	++++	+++
登革热	80m	616	带菌媒介增多	城市化；住房条件差	热带	+++	++
HIV	42m	84 458	宿主迁移	森林蚕食；猎捕丛林肉；人类行为	全球	+	++
利什曼病	12m	2 090	宿主迁移；栖息地改变	森林砍伐；农业扩展	热带美洲；欧洲和中东	++++	+++
莱姆关节炎	23 763 (US2002)		捕食者减少；生物多样性丧失；水库扩展	栖息地破碎化	北美洲和欧洲	++	++
南美锥虫病	16~18m	667	栖息地改变	森林砍伐；城市扩展与城市蚕食	美洲	++	+++
日本脑炎	30~50 000	709	带菌媒介增多	灌溉稻田	东南亚	+++	+++
西尼罗河病毒以及其他脑炎	-				美洲和欧亚大陆	++	+
Guanarito; Junin, Machupo	-	-	生物多样性丧失；水库扩展	森林砍伐后的单一农业	南美洲	++	+++
巴西的 Oropouche/Mayar O 病毒	-	-	带菌媒介增多	森林蚕食；城市化	南美洲	+++	+++
汉他病毒 (Hantavirus).	-	-	依赖天然食物资源的人口密度发生变动	气候变异		++	++
狂犬病	-	-	生物多样性丧失；寄主选择改变	森林砍伐和采矿	热带	++	++
血吸虫病	120m	1 702	直接的寄主扩张	修建水坝；灌溉	美洲、非洲和亚洲	++++	++++

附录 表 A.3 与生态系统变化有关的一些传染性疾病的重要性 (C14, 表 14.4) (续)

疾病	每年的病例 ^a	病疾调整生命年 ^b (千年)	(直接的) 发病机制	(间接) 驱动力	地理分布	生态系统变化导致的预期变化	置信水平
细螺旋体病	-	-			全球 (热带)	++	++
霍乱	†	¥	海平面气温上升	气候变异和变化	全球	+++	++
隐孢子虫症 (Cryptosporidiosis)	†	¥	卵囊污染	对饲养牲畜的流域经营管理不善	(热带) 全球	+++	++++
脑膜炎		6 192	沙尘暴	荒漠化	非洲亚撒哈拉地区	++	++
球孢子菌病 (coccidioidomycosis)	-	-	土壤干扰	气候变异	全球	++	+++
淋巴丝虫病	120m	5 777			热带美洲和非洲	+	+++
锥虫病	30~500 000	1 525			非洲		
盘尾丝虫病	18m	484			非洲和热带美洲	++	+++
裂谷热 (Rift Valley Fever)			大雨	气候变异和变化	非洲		
Nipah/Hendra 病毒			生境入侵	工业食品生产; 森林砍伐; 气候异常	澳洲和东南亚	+++	+
沙门氏菌病			生境入侵	动物饲料中使用抗生素导致抗药力			
埃波拉病毒 (Ebola)			森林蚕食; 猎捕丛林肉				
牛绵状脑病 (BSE)			宿主迁移	集约化的牲畜饲养			
SARS			宿主迁移	野生动物与家畜混合集约化饲养			

图例: + 低; ++ 中等; +++ 高; ++++ 非常高

^a 表示百万

^b 病疾调整生命年: 丧失的健康生命年, 它是在病痛疾苦方面对某一人群的实际健康状况和完全健康地生活到老的理想状况之间的差距进行测度的一种方法。

† 分别表示所有腹泻疾病死亡人数和病疾调整生命年数 (DALYs): 1 798 × 1 000 病例和 61 966 × 1 000 DALYs

废弃物处理

调节服务

因为无论是从废弃物自身来讲，还是从接收废弃物的生态系统来讲，它们都具有变化的特征，所以在吸收废弃物，或者无害化、处理和隔离有毒废弃物方面，不同环境下的能力也不尽相同。对于某些污染物（如金属和盐分）来说，它们是不能被转变为无害物质的，但是对于其他一些污染物（如有机化合物和病原体）来说，它们就可以被降解为无害的成分。但是，这些污染物在环境中的释放速度可能非常快，因而导致生态系统功能发生显著的变化。有些物质（如养分肥料和有机物）是生物代谢和生态系统过程的正常原料。但是，有时这些物质在环境中的负荷速度可能非常快，因而对生态系统功能造成显著的改变或者破坏。

状态与趋势

■ 一般来讲，当前有关废弃物和污染物的问题正在增加。某些废弃物（例如，污水）的生产几乎直接与人群大小成正比。其他某些类型的废弃物和污染物则是社会富裕程度的反映。富裕社会往往使用和产生较多的生产废弃物的材料（如家庭垃圾和家用化学药品）（C15.ES）。

■ 在经济显著发展的地区，某些废弃物负荷的增长速度往往会超过人口的增长。某些废弃物的生产（例如，工业废弃物）不一定随人口和发展状态而增加。通过政府管制，鼓励生产者对其排泄物进行净化处理，或者使用替代生产程序，通常可以减少这些废弃物的生产（C15.ES）。

■ 在发展中国家，90%~95%的污水和70%的工业废弃物未经处理就直接排入地表水体（C7.4.5）。淡水生态系统对氮负荷（nitrogen loads）处理的区域格局，清楚地提供了生态系统的废弃物处理服务过载的例子。

■ 平均来讲，水体生态系统可以净化80%的

全球伴随性氮负荷（global incident nitrogen loading），但是，这些生态系统的自净化能力差别较大，而且具有一定的限度（C7.2.5）

■ 在垦殖系统、城市系统（高强度利用和高强度的污染源）和旱地系统（对地表径流调控的高度需求，缺乏稀释废弃物的潜力），淡水水质的严重退化状况被进一步加剧（C7.ES）。

情景

■ 随着环境的变化，整个地球在去除有毒废弃物毒质方面的内在能力将会增强？或者将会降低？对于这一问题，试图进行何种陈述都是不可能的，也是不正确的。随着环境条件的变化（例如，土壤湿度），各地生态系统的无害化能力将会改变。但是，一旦废弃物快速负荷，环境的内在无害化能力将会崩溃，从而造成废弃物在环境中的积累，因而导致人类福祉遭受损害和出现生物多样性丧失（C15.ES）。

■ 根据MA的情景，包括发展中国家和工业化国家在内，水体的净化服务既可能增强，也可能减弱（S9.5.4）。在工业化国家，由于大多数流域的径流将会随着降水的增多而增加，因而预计大多数河流稀释废弃物的能力将会增强。由于人口和农业用地的扩展，预计湿地稀释废弃物的能力将会减弱。根据某些情景，尽管污水流量将会增加，但是当北半球水体的净化能力面临崩溃时，它们在财力方面具备对其进行修复的能力。根据MA的其中两个情景，在发展中国家，生态系统退化，因高负荷的废弃物导致生态系统负担过重，以及由于人口增长和农用地扩展导致湿地减少，这些因素往往驱使水体的净化能力出现退化。但是，根据适应组合情景，即使在发展中国家，预计水体的净化能力也可能获得提高。此外，技术乐园情景也预计水体的净化能力将会提高。

调控自然灾害

调节服务

对于极端事件给人类系统造成的影响，生态系统具有重要的调节作用。生态系统不仅影响事件的发生概率和事件的严重程度，而且还对事件的作用效果具有调节作用。土壤储存有大量的水分，为地表水向地下水的转移提供便利条件，从而防止或者减少洪水的发生。闫滩 (barrier beaches)、湿地和湖泊，通过吸收径流的洪峰和风暴潮，它们将能削弱洪水的影响。

状态与趋势

■ 人类正在日益占用容易发生极端事件的区域和地点 (例如，占用海滨和冲积平原，以及向人工薪材林靠近等)。这些行动导致人类对极端事件 (例如 2004 年的印度洋海啸) 的脆弱性正在恶化。多项测度结果表明，由于贫困加剧，人类的脆弱性普遍上升，这主要是对发展中国家而言的 (C16.ES)。

■ 在美国的所有城市土地中，大约 17% 是位于 100 年一遇的洪水带。同样在日本，大约 50% 的人口是居住在泛滥平原，这种泛滥平原仅占国土面积的 10%。在孟加拉国，洪水易发区占国土的百分比非常高，发生 1/2 以上国土被淹并非罕见的事，例如，在 1998 年的大洪水中，大约 2/3 的国土被洪水淹没 (C16.2.2)。

■ 获取的许多有关数据表明，极端事件对世界上许多地区的影响正在上升。1992—2001 年期间，洪水是发生最为频繁的自然灾害 (占 2 257 次

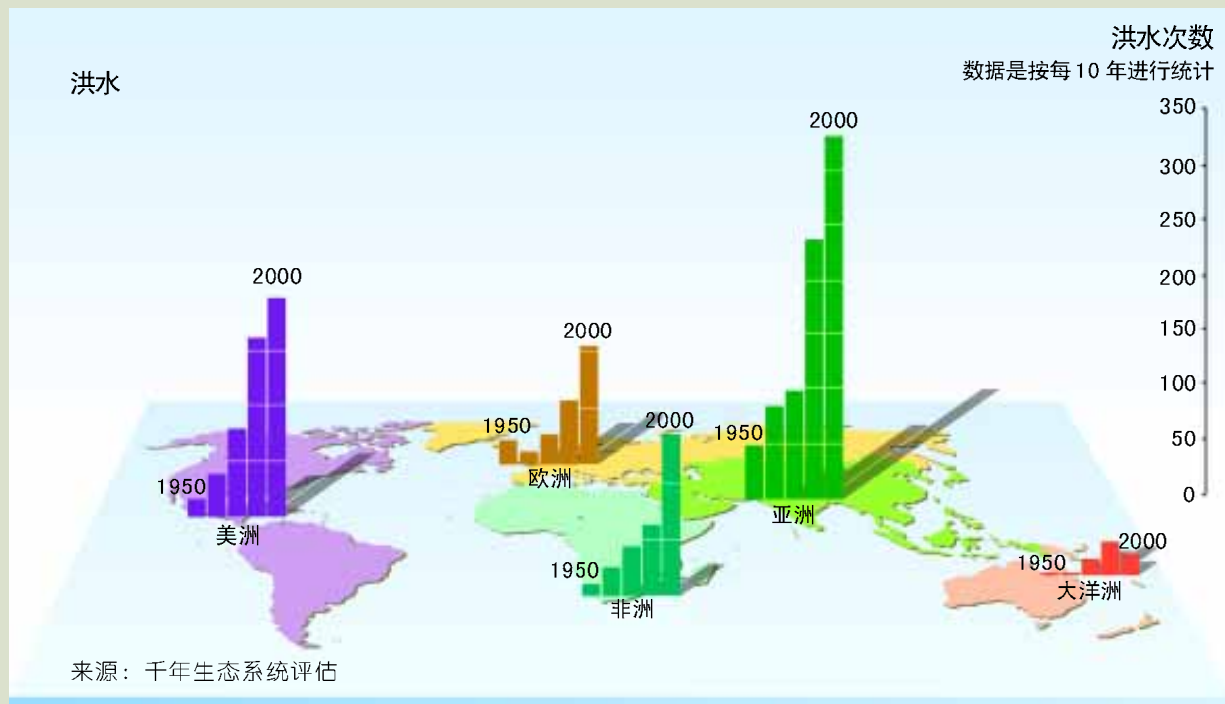
自然灾害的 43%)，10 年中它们共导致 96 507 人死亡，大于 12 亿的人口受到影响。自 20 世纪 50 年代至 90 年代，每年因极端事件造成的经济损失增长了 10 倍 (C16.ES)。

■ 诸如湿地和红树林这些生态系统的丧失，已经显著地降低了生态系统应对自然灾害的自然保护机制。例如，在人类定居之前，美国 Mississippi 河附近沿岸带的森林湿地可以储存 60 天的河流流量。但是，随着开凿运河、修建防洪堤和排水等人类活动的开展，湿地相应减少，目前剩余湿地的储洪能力不足 12 天的河流流量，储洪能力降低了 80% (C16.1.1)。

■ 在过去的 60 年中，所有大陆上洪水和火灾的发生次数都已经显著地增加 (见附录图 A.7. 和 A.8.)

■ 在工业化国家，当前遭受火灾燃烧的面积正在减少，但是发生重大火灾的次数却正在增加。例如，美国自 1930 年以来，遭受火灾的面积已经减少了 90% 多；瑞典每年遭受火灾的面积也由 1876 年的大约 12 000hm² 减少到了 1989 年的大约 400hm²。但是，北美洲的火灾次数则由 20 世纪 80 年代的大约 10 次上升到了 90 年代的大约 45 次 (对火灾的界定是，根据报道死亡人数在 10 人以上，受影响人数达到 100 人，宣布紧急状态，而且呼吁国际援助) (C16.2.2)。

附录 图 A.7 自 1950 年以来，按每 10 年计算各大洲洪水的爆发次数 (C16 图 16.6)



附录 图 A.8 自 1950 年以来，按每 10 年计算各大洲的火灾爆发次数 (C16 图 16.9)



文化服务

生态系统对人类文化、知识系统、宗教、社会交往和愉悦服务的形成和发展都具有一定的影响。同时，为了提高特定的重要服务类型的供应，人类已经对周围环境进行了影响和塑造。意识到不可能对人类文化和生态系统之间的不同精神、智力和物质联系进行彻底分割，MA对生态系统提供的六大文化与愉悦服务进行了评估。这六大服务分别是，文化多元与文化认同、文化景观与遗产价值、精神服务、激励（例如艺术和民间传说）、美学，以及消遣与旅游。由于关于文化服务状况的全球总体信息十分有限（部分消遣与旅游除外），因而下面的叙述主要依据MA在亚全球评估中获得的信息。

状态与趋势

■ 随着社会和经济的发展（包括快速的城市化、大家庭（extended families）的分解、传统制度的丧失、交通的便利，以及经济和社会“全球化”的发展），变化多样的生态系统转变成了相对相似的垦殖景观。这些变化已经显著地削弱了生态系统和文化多元与文化认同之间的联系（C17.2.1）。纵观人类的进化历程，人类社会已经与自然环境发展了密切的相互作用，通过这种相互作用进而形成了人类社会的文化认同、价值体系和语言。

■ 随着社会和经济的发展，某些特殊的生态系统特征（神圣的物种和神圣的森林）已经丧失。在世界上的许多地区，这些变化有时可能会降低人类从生态系统获得的精神收益（C17.2.3）。另一方面，某些情况下生态系统某些特征的丧失（例如当生态系统的某些特征正在给人类造成显著的威胁时）则可能会提高剩余特征的精神价值。

■ 对于来自不同文化背景和地区的人群来讲，与城市和建筑环境相比，他们一般都具有对自然环境的偏好，但是有关自然环境的转变和退化已经缩减了他们在这方面的收益。生态系统将会继续激发艺术、歌曲、戏剧、舞蹈、设计和时尚的发展，尽管这些载体记述的内容不同于历史上的情节（C17.2.5）。

■ 由于人口持续增长，富裕人群较之以往的休闲时间增多，以及支撑消遣活动和旅游的基础设施不断完善，因而人类对生态系统在消遣

和旅游方面的利用正在增长。在20世纪90年代早期，估计自然旅行（nature travel）每年增长10%~30%，至1997年，自然旅游大约占到了国际旅行总量的20%（C17.2.6）。对于许多发展中国家而言，目前旅游已经成了国家的主要经济发展策略。

■ 对于MA的许多亚全球评估地区来讲，旅游是经济结构的主要组成部分，因而在所有尺度上，大多数评估的利益相关方都要求把旅游包括在内。与此不同，关于生态系统的精神、宗教、消遣和教育服务往往只是在小地方的案例研究中通过细小的尺度进行评估，这一般是因为不能获得较大评估尺度所需的数据资料，以及这些服务具有文化特异性，难以确定，有时具有自身敏感性等原因所致（SG8.3）。

■ 根据MA的亚全球评估，尽管某些评估表现了对旅游活动将会潜在降低生态系统提供这种文化服务能力的关注，但是一般来讲生态系统在旅游和消遣方面的文化服务是处于良好的增长状态（SG8.3）。

■ 与以上不同，根据MA的亚全球评估，生态系统在局地尺度上的精神服务是处于一种变化的状态，依赖于政策、干预措施，以及一些具有因情景而异（context-specific）的因素（例如，领导层变动），它们要么日益崩裂，要么正在被复苏（SG8.3）。秘鲁、哥斯达黎加、印度，以及南非某些地区的亚全球评估表明，生态系统的精神价值对生态进行保护具有强烈的激励作用。瑞典、Sao Paulo和葡萄牙的亚全球评估表明，生态系统的教育服务都处于增长趋势，这主要是由于人们对生态系统教育服务价值和收益的认识层次正在提高，因而产生了对环境教育的需求。

■ 根据所有的亚全球评估，尽管诸如水、药用植物、薪材和食物这些供给服务非常重要，但是对于地方的人们来讲，地方景观的精神成分也具有十分特定的重要价值。在几个评估案例中，精神价值与诸如生物多样性、水资源供应、生物医学和燃料这些其它方面的价值是一致的（SG11.3）。

（下转第123页）

养分循环 支持服务

生态系统通过养分循环这一生态过程为生命提供必需的充足而且均衡的元素供应，从而为生态系统的其他服务提供支持。在过去的两个世纪中，人类活动已经极大地改变了几种关键元素的循环过程，进而对一系列的其他生态系统服务和人类福祉产生了重要的有利（或者有害）影响。养分（包括诸如氮、磷、钾这些矿质元素）是生物有机体生长和发育所必需的原材料。生态系统可以通过许多复杂过程对各种养分的流量和浓度进行调节，这些过程使得养分元素从它们的矿物来源（大气圈、水圈或者岩石圈）中分离出来，或者从死有机体开始再循环。养分循环这一服务是在许多不同物种的支撑下进行的。

状态与趋势

■ 对于那些通过化肥施用或者大气中氮和硫

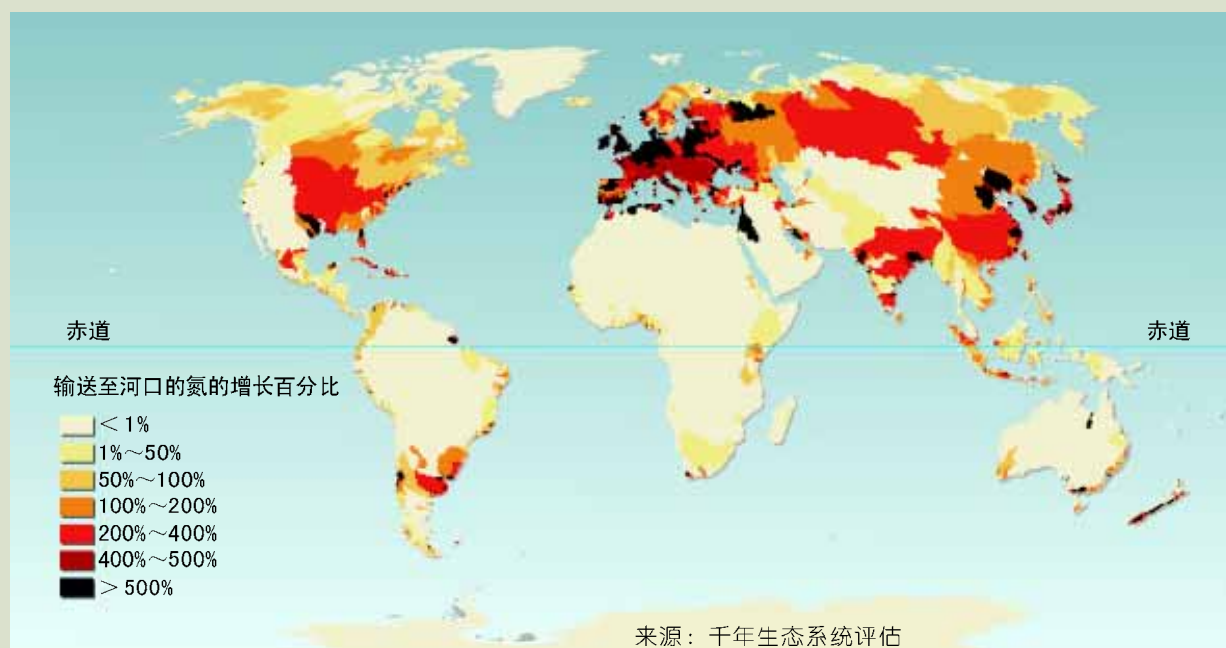
的沉降过程而得以供给的养分元素，陆地生态系统的吸收和持有能力已经受到了破坏，这主要是由于生态系统彻底简化成了大尺度，低生物多样性的农业景观所致。过量的养分元素经过渗漏进入地下水、河流和湖泊当中，进而又运输到海滨系统。城市地区排放的经过处理和未经处理的污水也增加了以上系统的养分负荷（C.SDM）。

■ 在工业革命之前的时代，每年由大气进入陆地和水体生态系统的氮通量大约是110~210万亿克（teragram）。当前，人类活动又使以上的年氮通量增加了大约165万亿g，导致地球表面活性氮的生产速度大约翻了一番（R9.2）（见附录图A.9）。

■ 氮在陆地和水体中的累积已经极大地提高了部分国家的食物生产，但是他们也为此牺牲了一定的成本，例如温室气体的排放增加、淡水和海滨生态系统提供的服务（例如水质、渔业和美

附录 图 A.9 百由于人类活动导致生态系统的养分循环加速，本图表示了当前通过内陆水体系统的氮输送总量与人类干扰之前水平的对比情况（C7 图 7.5）

尽管水污染的具体特征是由污染物质的特性、河流和治理情况决定的，但是对氮观测得到的一般格局代表了通过水体输送的要素的人为变化。当前氮在系统中某一部分（例如耕地）的负荷量增加常常导致系统的其他部分（例如海滨地区）产生响应，使其附加负荷超出自然系统的吸收能力。





化价值) 频繁出现退化 (C12.ES)。

■ 当前, 磷每年在生态系统中的累积速度是 10.5 万亿~15.5 万亿 g, 与此相比, 工业革命之前的时代磷的累积速度是每年 1 万亿~6 万亿 g, 磷累积速度的增加主要是由于农业生产中磷肥 (通过采矿获得的) 施用的结果。以上的大部分累积是发生在土壤中。如果这些土壤一旦遭受侵蚀进入淡水系统的话, 那么就可能导致生态系统服务退化的发生。由于当前陆地中已经累积了大量的磷, 这些磷元素向水体系统的输送速度较慢而且难以预防, 因而在未来的几十年中, 磷导致生态系统服务退化的趋势具有扩大和恶化的可能 (C12.ES)。

■ 当前, 硫的排放在欧洲和北美洲正在日益减少, 但是这种趋势不包括世界上一些正在向工业化发展的地区, 例如中国、印度、南非, 以及南美洲的南部地区。一项有关酸沉降的全球评估认为, 热带生态系统发生酸沉降的风险较大 (C12.ES)。

■ 为了养活当前的世界人口, 所有尺度上的人类活动都已经增加了生态系统的养分“渗漏”。耕作常常破坏土壤结构, 生物多样性的丧失可能增加养分淋洗。景观结构的简化, 以及沿岸带森林、湿地、河口的破坏导致陆地和水体生态系统

之间的养分径流畅通无阻。特定组成的生物多样性是发挥缓冲机制, 确保生态系统的养分循环和有效利用的关键 (C12.ES)。

■ 与以上有关养分供应过剩的情况不同, 世界上仍然存在大面积的地区 (主要是在非洲和拉丁美洲), 由于只对土地进行收获而不进行养分补充, 从而导致土壤肥力枯竭, 并给人类营养和环境造成严重影响 (C12.ES)。

情景

■ 最近包括氮肥施用在内的情景研究预计, 至 2020 年氮肥施用将会增加 10%~80% (或者更多) (S9.3.7)。

■ 根据 MA 的 4 种情景, 其中有 3 种情景预计, 至 2030 年进入海滨生态系统的全球氮通量将会再增加 10%~20% (确定性中等)。预计大多数工业化国家河流中的氮将不发生大的变化, 但是发展中国家河流中的氮则可能增加 20%~30%。这主要与城市化的发展、卫生设施建设、排污系统的发展、滞后的污水处理、食物生产及其氮肥投入的增加、动物粪便、大气氮沉降, 以及农业系统的生物固氮等过程有关。河流中氮负荷的持续上升将会导致海滨系统中有关富营养化问题的增加 (S9.3.7)。

附录 B

评估对策的效力

有效的 (effective) 对策, 是指评估结果表明它已经提高了特定的生态系统服务 (或者, 促进了对生物多样性的保护和可持续利用), 对人类福祉具有一定的贡献, 而且没有显著地损害生态系统提供的其他服务, 没有给其他人群造成有害影响。有希望的 (promising) 对策包括两种情况, 一种情况是尽管缺少评估所需的长期跟踪记录, 但是它表现出了成功的可能; 另一种情况是存在已知的改进方法, 它经过改进能够产生效力。有问题的 (problematic) 对策也包括两种情况, 一种情况是过去的使用表明它没有实现提高有关生态系统服务的目标 (或者对生物多样性的保护和可持续利用); 另一种情况是过去的使用表明它对生态系统提供的其他服务具有显著的损害。需要说明的是, 指出某一对策是有效的对策, 并不意味着历史上的评估没有发现问题、或者有害的权衡结果, 事实上, 这样的权衡结果几乎总是存在的, 但是它们不够显著, 因而不能否定对策的效力。同样, 指出某一对策是有问题的对策, 并不

意味它没有通过改进消除对生态系统服务的过度损害, 进而实现其政策目标的机会。

本附录表中给出的对策类型是根据干预措施的性质进行定义的, 共被划分为以下类型: 制度与法律 (I), 经济激励 (E), 社会行为 (S), 技术 (T), 知识与认知 (K)。需要注意的是表中给出的是主导对策类型。通过制定决策执行对策的各部门包括位于不同层次的管理组织 (例如, 国际组织 (GI) (主要通过多边协议和国际公约), 国家组织 (GN) 和地方组织 (GL))、商业/工业部门 (B) 和民间社团 (包括非政府组织 (NGO), 基于社区的或者原住民的组织 (C), 研究机构 (R))。在重要性方面, 以上这些执行者不一定同等重要。

本表包含了对诸如食物、淡水、木材、养分管理、洪水和风暴控制、疾病调节和文化服务等一系列生态系统服务的评估对策。它也评估了生物多样性保护对策、综合对策、以及应对气候变化这一特定驱动力的对策。

(上接第 120 页)

情景

■ 由于缺少合适的定量模型, MA 的文化服务情景仅是基于一种定性的预计分析。在某些情景中, 预计文化服务将会提高, 然而在其它一些情景中, 则预计文化服务将会降低。一般来讲, 由于缺少对自然的亲身体验, 以及文化多元性较低, 全球协同情景预计生态系统的文化服务将会

出现一定的降低, 而实力秩序情景则预计文化服务将会出现强烈的下降。受文化多元性较低的驱动, 技术乐园情景预计文化服务也将下降。另一方面, 由于知识系统增加和文化多元性上升的部分原因, 适应组合情景预计生态系统的文化服务将会提高 (S9.7)。

附录 B 评估对策的效力

对 策	效力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
生物多样性保护与可持续利用						
保护区 (PA)				保护区在生物多样性和生态系统的保育计划中非常重要，特别是对于那些拥有珍贵的生物多样性成分的环境敏感区，情况更是如此。对于保护所有的生物多样性来讲，全球或者区域尺度上现有的保护区都是非常必要的，但是仅仅这些还不够。为了确保保护区的代表性，同时解决保护区内人类居住、非法获取、不可持续的旅游活动、物种入侵和气候变化造成的影响，在选址、设计和经营管理方面仍然需要对保护区进行完善。此外，还需要通过景观途径加强对保护区外围地区的保护 (R5)	I	GI GN NGO C R
帮助当地居民获取生物多样性收益				实践证明，对于当地居民来讲，通过效益的形式（例如，通过来自个别物种或者生态旅游的产品）刺激他们对生物多样性的保护是非常困难的。如果地方社区具有一定的职位，从而制定与总的生物多样性保护相一致的经营决策，这样的计划往往更有成效。关于生物多样性保护的机遇和地方社区的效益来讲，尽管可以在它们之间实现“双赢”，但是对于地方社区来讲，导致生物多样性丧失的行动往往可能取得较大的效益 (R5)。	E	GN GL B NGO C
把提高对野生物种的经营水平（包括迁地保护）作为一种保护手段				较有成效的个体种经营应该促进对生物多样性的保护和提高其可持续利用水平。尽管“基于栖息地”的保护途径必不可少，但是它并不能取代“基于物种”的保护途径。诸如动物园、植物园，以及其它形式的迁地保护计划，它们可以建立保护的基础、支持有价值的研究和提供生物多样性的文化收益 (R5)	T S	GN S NGO R
把生物多样性保护与区域规划结合起来				通过对各种土地利用进行平衡，在生物多样性、生态系统服务和社会的其它需求方面，综合区域规划可以提高决策权衡的有效性。在不同的经营体制下，生物多样性的那些组分将会继续存在？关于这一问题仍然存在较大的不确定性，这限制了当前综合区域规划途径的有效性 (R5)。	I	GN GL NGO
鼓励私营部门参与对生物多样性的保护				许多公司正在筹备他们自己的生物多样性行动计划，例如采用与生物多样性保护比较一致的方式经营自己的土地，支持旨在提高可持续利用的各种认证方案，以及承担他们在解决生物多样性议题中的责任。为这些大公司创立的商业案例同样需要在其它公司中扩展 (R5)。	I	NG B NGO R
把生物多样性保护融入农业、林业和渔业的实践过程中				包含较多物种的生产系统可能与物种多样性低的系统具有相等（甚至更高）的生产力。基于比较集约化生产（而不是面积扩展）的策略将产生较好的保护效果 (R5)。	T	NG B
设计支持生物多样性的管理途径				在世界上的许多地方，生物多样性分权经营的结果变化不一。其中，成功的关键在于强化所有层次上的制度，稳定地方的土地使用权和必需的其他相关权力，激励他们实行可持续的经营 (R5)。	I	GL GN GL R
通过多边环境协议促进国际合作				应该把多边环境协议作为在生物多样性保护和可持续利用领域开展国际合作的一种有效方式。他们涵盖了与生物多样性丧失相关的最紧迫的驱动力和议题。各公约之间进行较好的协调将会提高它们的效用 (R5, 15)。	I	GL GN
环境教育和交流				教育和交流计划已经使人们明白而且改变了生对物多样性保护的偏见，因而改进了生物多样性对策的实施。提供有效开展生物多样性保护工作所需的人力和财力资源，将是该领域的一个持久障碍 (R5)。	S	GN GL NGO C

对 策	效 力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
食 物						
全球化、贸易，以及食物方面的国内和国际政策				有关食物生产的政府政策（价格扶持，以及各种补偿或者税款）可能产生不利的经济、社会和环境的影响（R6）。	E	GI GN B
知识和教育				深入的研究可以实现食物在社会、经济和环境方面的可持续生产。公众教育应该使消费者能够在食物的营养、安全，以及自己的购买力方面做出知情的选择（R6）。	S K	GN GL NGO C
技术对策，包括生物技术、精准农业和有机农业				新兴的农业科学和有效的自然资源管理将为旨在满足世界范围食物需求的新农业革命提供支持。这将有助于环境、经济和社会的可持续性发展（R6）。	T	GN B R
水资源管理				正在形成的水资源定价方案和水资源市场表明，对水资源定价可能是实现对水资源有效配置和负责任利用的一种途径（R6）。	E	GN GL B NGO
渔业管理				为了应对未报告捕捞和任意捕捞，必须对海洋渔业实行严格的管制，这包括配额和措施的确立和执行。对于冷水区域单一鱼种的渔业来讲，个体可转让配额具有一定的积极作用，但是他们可能并不适用于多鱼种的热带渔业。鉴于水产业对环境具有潜在的不利影响，因而需要增加适当的调节机制对现有政策进行补充（R6）。	I E	GN GL B NGO
牲畜管理				由于过度放牧和旱地退化、草场破碎和野生动植物栖息地丧失、沙尘形成、丛林地蚕食、森林砍伐、粪肥使用导致养分过度负荷，以及温室气体排放等问题，需要对现有的牲畜政策进行重新调整。此外，与一些疾病（例如鸟类流感和牛海绵状脑病（BSE））有关的人类健康问题也需要得到政策的关注（R6）。	T	GN B
重视性别问题				政策对策必须认识到性别的差异，制定妇女权力，保证她们对事关食物安全的必需资源的获取与控制。这需要性别动态进行系统分析，以及对性别、食物和水资源安全之间的关系进行明确的思考（R6）。	S	GN NGO C
淡 水						
确定生态系统的水资源需求				为了平衡各种竞争需求，关键是社会对生态系统的各种水资源需求（环境流量）达成明确的共识（R7）。	I T	GN GL NGO R
利用淡水服务的权力和供给淡水的责任				关于淡水资源，以及与供给淡水资源有关的土地资源，无论是公有制、还是私有制，就激励对水资源服务的供给而言，它们在很大程度上都是失败的。结果导致，居住于高处的社区往往被剥夺了对水资源服务的获取（特别是当他们缺少所有权的保障时），因而对他们认为的不公平规则进行抵制。具有清楚和透明规则的有效财产权制度将能增加各利益相关方对获取淡水服务的信心，因而产生对它们的支付意愿（R7）。	I	GN B C

附录 B 评估对策的效力 (续)

对 策	效力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
淡水 (续)						
提高公众参与决策制定的效力				对于那些被排斥在参与决策制定之外的人群来讲, 淡水以及其它生态系统服务的退化往往给他们造成过重的影响。改善参与决策过程的关键是提高信息透明度, 完善处于社会边缘的利益相关方的代表制度, 让他们参与制定淡水服务配置方案的政策目标和优先权, 创造审议和经验学习的空间, 容纳多种观点 (R7)。	I	GN GL NGO C R
河流流域组织 (RBOs)				河流流域组织在促进合作和减少大范围对策的交易成本方面具有重要作用。根据利益相关方的参与程度, 他们对经营目标和经营计划的认可程度, 以及他们在执行中的合作状况, 从而决定流域组织的功能是受到抑制, 或者是被激活 (R7)。	I	GI GN NGO
管制对策				基于市场刺激 (例如, 对超标污染的赔偿) 的管制途径适合于点源污染。简单地宣布个别类型的违法行为, 这样的管制途径可能既不实用又显得繁琐, 因而可能无法提供保护淡水服务的激励作用 (R7)。	I	GN GL
水市场				通过对水资源的新 (主要指市政和生态用水) 老 (主要指灌溉用水) 用途进行符合成本效益原则的再分配, 经济刺激可以潜在地显著提高供给方和需求方的效率 (R7)。	E	GI GN B
对流域提供的服务进行补偿				对于流域提供的生态系统服务的补偿, 以往仅仅局限于森林在水文状况中的作用。其实, 它们应该是基于整个流域的径流状况, 包括其它土地覆被与土地利用 (例如, 湿地、沿岸带、陡坡地、道路和经营方式) 的相对价值。补偿方案的关键挑战是能力建设, 包括基于地方的监测与评估, 根据整个流域的径流状况确定其提供的服务类型, 兼顾多种用途之间的得失和冲突, 明确其中的不确定性 (R7)。	E	GN B C
合作经营与筹措资金				用于管理淡水的资源和淡水提供的服务的高额社会价值明显不相匹配。水利基础设施建设投资不足就是一个明显的例证。为了提高效率和回收成本, 过去仅仅关注于大规模的私有化, 实践证明私有化是一把双刃剑, 资源的价格上涨或资源控制已经引起了有关部门的争论。在某些情况下, 私有化甚至出现失败而撤回。为了避免出现问题和不公平现象, 水利基础设施建设和技术开发必须遵守最好的惯例。就短期和中期而言, 对现有基础设施进行检查和翻新可能是最好的选择 (R7)。	IE	GI GN B NGO C
大型水坝				关于大型水坝对淡水生态系统的影响, 普遍认为害大于利。此外, 修建大坝产生的收益很少被公平地分享, 贫困人口、弱势群体和后代常常无法收到大坝的社会和经济收益。修建大坝之前的可行性研究普遍对项目的收益过于乐观, 而低估项目的成本 (R7)。	T	GN
湿地修复				尽管湿地修复是一种积极的经营途径, 但是在确定什么样的经营措施将能产生湿地结构与功能方面的理想组合时, 人们面临着显著的挑战。在结构和功能方面, 人工湿地不可能代替自然湿地 (R7)。	T	GN GL NGO B

对 策	效力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
木材、薪材和非木材类的森林产品						
制定国际林业政策和发展援助				国际林业政策的制定已经在林业部门取得了一些进展。今后，应该注重把已经认可的森林经营方式纳入到财政制度、贸易规则、全球环境计划，以及全球安全的决策制定中（R8）。	I	GL GN B
贸易自由				林产品贸易往往导致制定决策的权力和森林经营的收益趋于集中，而不是把它们扩散到包括较穷或者较弱的参与者中。林产品贸易对管理效果具有“放大”作用，导致好的管理将会更好，而差的管理将会更差。如果监管框架健全，而且外部性得到解决的话，那么贸易自由将能促进“良性循环”的形成（R8）。	E	GL GN
国家森林管理行动和国家森林计划				经过利益相关方磋商的基于战略需要的森林管理行动和国家森林计划，有望把生态系统健康和人类福祉进行综合（R8）。	I	GN GL
原住民对森林的直接管理				原住民对他们传统领地的管理，通常被认为会产生一定的环境效益，尽管那样做的理由仍将是建立在公民的人权和文化权力的基础之上的。尽管现有的系统数据资料较少，但是对巴西亚马逊河流域的植被覆盖和森林破碎化的初步研究表明，原住民管理地区至少可以和严格限制利用的保护区域产生相同的效果（R8）。	I	GL C
森林的合作经营，以及获取和利用林产品的地方运动				政府和社区对森林的合作经营，尽管这种方式可能非常有用，但是它往往产生不同的结果。这些计划虽然改善了资源的经营状况，以及乡村穷人对森林资源的获取状况，但是它们却没有实现帮助贫困人群的潜力。近年来，有关林产品获取和利用问题的地方对策已经日益增多。和政府或国际程序领导的各种行动相比，这些地方对策总的效果还是比较显著的，但是它们的推广则需要国家或国际程序的支持（R8）。	I	GN GL B NGO C
小规模森林私有经营和公私共同所有的森林经营				在信息充足，土地权属明确和管理能力强的地区，和大的集体所有制相比，小规模私有制可能产生较大的地方经济效益和较好的森林经营状况（R8）。	I	GL B C
公司与社区合伙经营的林业				与单独的公司林业、社区林业或者小规模农场林业相比，就向合伙者和整个公众提供的收益而言，公司与社区合伙经营的林业可能具有更好的效果（R8）。	I	GL B C
公众与消费者行为				公众和消费者的行为已经导致了许多重要的森林和贸易政策计划的启动，以及大型森林企业的作业方式的改善。这已经在“木材消费型国家”和国际机构中产生了影响。某些大型企业和机构，以及对森林具有影响的那些从事非林业活动的其他部门，它们的运作标准已经得到改善（R8）。	S	NGO B C
三方自愿的森林认证				目前，森林认证已经被普遍推广。但是，大多数被认证的森林是位于地球北部，被一些大型公司经营着，它们的产品主要是输出给北部的零售商。森林认证的早期倡导者希望森林认证能够成为防止热带森林采伐的有效对策（R8）。	IE	B
木材技术和生物工艺				木材技术方面的对策主要是针对适合于木制品制造的产业化造林树种（R8）。	T	NG R B

附录B 评估对策的效力(续)

对 策	效力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
对非木材类的森林产品 (NWFPs) 实行商业化经营				NTFPs 的商业化已经对当地人的生活产生了一定的影响, 但是它并非总是促进对森林的保护。提高 NTFPs 的价值并非总是对森林的保护产生激励作用, 它还可能产生相反的效果。我们需要重新审议可持续经营 NTFPs 的激励机制, 其中包括探索木材和 NTFPs 的联合生产 (R8)。	E	NGO B R
热带地区的天然林经营				为了经济效益的目的, 对热带天然林的可持续经营不应该仅仅局限于木材, 而因该包括一系列的森林产品和服务。应该对全球企业的“最优作业方式”做法进行评估, 同时探索传统林业和地方(小)企业中的有效做法。通过使用减少木材采伐影响的采伐技术, 人们已经取得了相当可观的收益, 特别是对于热带森林, 这些采伐可以降低对环境的影响, 可能产生较高的效率, 因而符合成本效益的原则 (R8)。	T	GI GN GL B NGO C
人工林的经营				为了应对木材需求的增长和天然林的减少, 农田林场和大面积的人工林正在日益增多。如果缺少正确的规划和经营管理, 那么人工林建设就可能选择不适当的立地条件, 选用不适当的树种和种源。在退化了的土地上, 通过造林可能会给当地社区带来一定的经济、环境和社会收益, 从而帮助他们降低贫困状况, 提高食物的安全保障 (R8)。	T	GN GL B NGO R
薪炭林的经营				在南方, 薪炭仍然是林业部门的一种主要产品。如果技术持续发展的话, 或许产业化的森林薪炭产品将会成为一种重要的可持续能源 (R8)。	T	GL B C
旨在提高碳经营的植树造林和重新造林				尽管早期的许多植树造林活动是建立在保护和经营森林的基础之上的; 但是当前的植树造林活动, 可能多数反映了 2001 年国际上只把植树造林和重新造林活动列入清洁发展机制 (CDM) 的第一个承诺期程的决定 (R8)。	TE	GL GN B
养分循环						
管制				包括法规控制和征税或者罚款, 这些强制性政策是把污染控制的成本和负担加在了污染者的身上。基于技术的许多管理标准, 虽然容易执行, 但是它们可能阻碍技术创新, 一般认为不具有成本效益 (R9)。	I	GI GN
基于市场的手段				诸如财政激励、补贴和征税, 虽然这些基于市场的手段具有改善养分经营的潜力, 但是它们可能并非适应所有的国家和情况。此外, 关于这些手段对技术革新的影响, 从经验方面了解的相对较少 (R9)。	E	GN B R
混合途径				将法规、激励措施和市场机制结合起来, 可能会形成国家和流域尺度上的各种途径, 这些途径可能成本效益最优, 而且政治方面最容易接受 (R9)。	IE	GI GN GL NGO C,R
调节洪水和风暴						
物理工程				历史上, 工作的重点是在物理工程/措施方面, 而不是自然环境和社会制度。这种选择常常产生一种错误的安全感, 促使人们接受大的风险。证据显示, 今后工作的重点需要放在自然环境和非工程措施方面 (R11)。	T	GN B

对 策	效 力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
调节洪水和风暴（续）						
利用自然环境				通过对植被的维护和经营，以及通过自然或人工地貌特征（天然河道、沙丘分布、梯田），可以减少洪水和风暴造成的影响。（R11）	T	GN GL NGO C
信息、制度和教育				这些方法，侧重于灾害防范、灾害处理、洪水和风暴预测、早期预警和撤退，它们对减少灾害损失至关重要。（R11）	SI	GN GL B C
财政服务				这些对策侧重于保险、灾害救济和援助。社会计划和私营保险都是洪水灾害恢复的重要应对机制。但是，通过鼓励在泛滥平原的发展，或者修建防洪建筑，这些措施可能会在无意中提高有关社区的敏感性。（R11）	E	GN B
土地利用规划				土地利用规划是确定最理想的土地利用类型的过程。通过避免在灾害易发区的发展，土地利用规划有助于减轻灾害影响和降低灾害发生的风险。（R11）	I	GN
调节疾病						
对传病媒介的综合管理（IVM）				减少传染病的传播通常会对其他方面的生态系统服务造成影响。IVM为人们提供了健康和环境之间的协调对策。IVM采用综合干预的方法，在使对其它生态系统服务的影响达到最小的同时，对传病媒介的繁殖地进行清除或者控制，破坏病媒的生活周期，而且使人与病媒的接触达到最小。如果把IVM与社会经济发展结合起来的话，那么它将会最为有效（R12）。	I	GN NGO
进行环境管理/改良，减少病媒和储菌宿主				环境管理措施可能具有高的成本效益，而且给环境造成非常低的影响。有的放矢的环境管理技术可能具有高的成本效益（R12）。	I	GN B C R
生物控制/天敌				生物防治措施可能具有高的成本效益，而且给环境造成非常低的影响。在对传病媒介繁殖地非常了解，而且地点数目有限的情况下，生物控制或许更加有效。但是，如果病媒繁殖地较多的话，那么这种方法就不太可行（R12）。	T	GN B R
化学控制				在IVM中杀虫剂仍然是一种重要的手段，今后可能会继续对其进行有选择的使用。但是，有关杀虫剂造成的影响，也已经引起了人们的关注。尤其是有机污染物在环境和人群中的长期残留（特别是杀虫剂喷洒器），这方面更为突出（R12）。	T	GN B R
人类聚集模式				关于人与病媒的接触，这一问题的基本管理大多数是通过改善住宅建筑及其位置进行的（R12）。	T	GN NGO C
健康意识与行为				社会和行为对策有助于控制媒传疾病，同时也会改善生态系统提供的其它服务（R12）。	S	C
对病媒物种进行基因改造，减少疾病传播				在未来的5到10年，一些新的“尖端”措施（例如转基因技术）将可能进入使用。但是，关于这种途径在技术上的可行性和在公众当中的可接受性，科学界仍存在不同的意见（R12）。	T	GN B NGO R

附录B 评估对策的效力(续)

对 策	效力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
文化服务						
全球环境意识，以及地方机构和全球机构的联系				地球是作为一个整体的系统进行运转的，这一认识导致了生态系统综合途径这一概念的产生。生态系统综合途径强调“人类环境”这一概念，以及在全球尺度上对环境问题进行讨论。地方组织也利用新成立的全球机构和全球公约，把它们的成功案例推向更大的政治舞台。(R14)	SI	GI GN GL
从对景观的修复到对人文景观进行价值评价				景观是受文化认知、政治和经济利益的支配和影响。这将影响关于景观保护的决策。(R14)	SK	GL NGO C
尊重宗教圣地				虽然过去对宗教圣地和自然保护之间的联系已经有所了解，但是将“宗教圣地的精神力量”转化为具有颁布土地权力的立法或者法律制度，这一过程已经有了新的进展。这一过程需要人们对特定地区的宗教、自然与社会之间的联系具有广泛的了解。(R14)	S	GL NGO C
国际协议和对生物，以及农牧多样性的保护				随着对地方资源开发力度的加大，以及对地方资源和经验知识消失的有关认识，保护地方和本土经验知识的需求日益突出。某些国家已经采用特殊的法律、政策和行政安排来强调知识拥有者的事先知情同意概念。(R14)	I	GL GN
整合地方的和本土的经验知识				地方的和本土的经验知识一般具有特定的载体，因而应该尽量不要破坏它的载体。关注于内容的传统的“最优作业经验“方法，用在处理地方/本土经验知识时，可能并不合适。(R14)	KI	GN B NGO
知识补偿				由第三方在利用地方和本土知识的过程中对其进行补偿，这是一个重要而又复杂的对策。认为通过强化当地传统意义上的权威人士的地位就可以达到推广本土知识的目的，这种通常的观点在许多情况下可能是没有效果的。(R14)	EK	GN B C
财产权的变化				社区可以从对自然资源的控制中获得一定的收益，但是传统的领导地位可能并非总是解决问题的办法。通过民主选举，选出对资源具有真正权威的地方管理机构，这在某些情况下可能是一个较好的选择。当前，由于没有授予它们任何一方真正的决策制定权，因而许多责任在“传统的“权威和地方管理实体之间存在来回转移的趋势。(R14)	I	GN GL C
认证计划				尽管认证计划是一个可行的对策，但是许多社区并没有进入这些计划，或者甚至不知道这些计划的存在。此外，由于涉及相关的财政成本，因而减少了地方社区独立参与认证计划的机会。(R14)	IS	GI GN B
公平交易				通过支付较好的价格和提供较好的交易条件，同时提高消费者作为顾客的潜在作用意识，公平交易是为帮助处于不利地位或者在政治上处于边缘地位的社区而发起的一项运动。在某些情况下，公平交易与针对交易的环境绩效的一些活动具有重合之处。(R14)	ES	GI GN GL NGO C
生态旅游与人文旅游				相对于改变生态系统，尽管生态旅游可以提供另外一种经济选择；但是在资源利用和特定生态系统的美学价值之间，生态旅游可能会引起冲突。对于不同的生态系统，生态旅游方面的基础设施建设会产生不同类型和不同规模的影响。此外，对于旅游者来讲，某些生态系统可能比其它生态系统更容易得到市场。根据公众对自然界的不同认知，不同生态系统的市场价值将会变化不一。根据持有生态旅游的不同观点，在发展生态旅游的过程中，人们可能对景观或进行“封存”、或进行改变、或全部利用、或去除人类影响。不过，当生态系统保护缺乏预算补贴时，旅游业可以为保护行动提供一些收入。(R14)	E	GL B C

对 策	效 力			说 明	对 策 类 型	需 要 的 执 行 部 门
	有 效 的	有 希 望 的	有 问 题 的			
综合对策						
国际环境治理				环境政策在国际层次上的综合，几乎绝对是对各国政府对绑定在既定议题上的让步的承诺。主要的挑战是国际环境管理组织的改革，以及国际贸易与环境机制保持一致。(R15)	IEK TB	GI GN
旨在把环境议题纳入国家政策的国家行动计划和战略				这方面的例子包括，国家保护战略(NCS)、国家环境行动计划(NEAP)、国家可持续发展战略(NSSD)。它们成功与否，主要取决于诸如政府和民间团体(包括国家尺度上的各政府部门和私营部门，以及亚国家和地方尺度的各政府部门和私营部门)对它们的认同和广泛参与这些基本条件。国家综合对策可能成为政府的跨部门联系一个好的开端。(R15)	IEK TB	GN GL B NGO C
亚国家和地方的综合对策				对于许多综合对策来讲，它们是在亚国家层次上执行的。这方面的例子包括，可持续森林经营(SFM)、海岸地区综合管理(ICZM)、综合保护发展计划(ICDP)，以及流域综合管理(IRBM)。迄今为止，它们所产生的效果变化不一。其中，亚国家和多部门对策经历的主要限制因素是缺乏执行能力。(R15)	IEK TB	GN GL NGO C
气候变化						
关于气候变化的联合国框架公约(UNFCCC)与京都协议书				UNFCCC的最终目标是把大气中的温室气体浓度稳定在一定的水平，防止对气候系统造成危险性的人为干扰。京都协议书包含在温室气体排放方面对工业化国家的限制，与1990年的排放相比，这些工业化国家同意在2008—2012年期间把它们的温室气体排放平均减少5%左右。(R13)	I	GI GN
减少温室气体的净排放				从技术方面来讲，显著地减少温室气体的净排放是可行的。而且在许多情况下，它的社会成本很小，甚至没有。(R13)	T	GN B C
土地利用与土地覆被变化				植树造林、重新造林、森林改良、农田和牧场经营和农林复合经营，这些措施可以提供增加碳吸收的机会。同时，降低森林砍伐可以减少排放。(R13)	T	GN GL B NGO C
市场机制与激励				京都协议机制，以及有关的国家和区域机制，它们可以减少发达国家减缓发展的成本。此外，通过向排放征税(或者排放拍卖)，利用这些税收消除在劳动力和资本方面的畸形税款，从而这些国家可以降低消除排放的净成本。就近期来看，基于项目的排放交易可以为向发展中国家转让对气候有利的科学技术创造便利条件。(R13)	E	GI GN B
适应性对策				有些气候变化是不可避免的，因而生态系统和人类社会需要适应新的环境条件。人类将会面对遭受气候变化损害的风险，其中有些损害是当前的应对系统可以应对的，但是其它的损害可能需要全新的人类行为去应对。在当前的发展计划中需要考虑气候变化的因素。(R13)	I	GN GL NGO C R

附录 C

作者、协调人和编审

核心编写组成员

Walter V. Reid, 千年生态系统评估
(马来西亚和美国)

Harold A. Mooney, 美国斯坦福大学

Angela Cropper, 特立尼达岛和多巴
哥岛 Cropper 基金

Doris Capistrano, 国际林业研究中
心(印度尼西亚)

Stephen R. Carpenter, 美国威斯康星
大学麦迪逊分校

Kanchan Chopra, 经济增长研究所
(印度)

Partha Dasgupta, 英国剑桥大学

Thomas Dietz, 美国密歇根大学

Anantha Kumar Duraiappah, 加拿大
国际可持续发展研究所

Rashid Hassan, 南非比勒陀利亚大学

Roger Kasperson, 美国克拉克大学

Rik Leemans, 荷兰瓦赫宁根大学

Robert M. May, 英国牛津大学

Tony (A.J.) McMichael, 澳大利亚
国立大学

Prabhu Pingali, 联合国粮食和农业
组织(意大利)

Cristi 醤 Samper, 美国国立自然历史
国家博物馆

Robert Scholes, 南非科学和工业研
究理事会

Robert T. Watson, 世界银行(美国)

A.H. Zakri, 联合国大学(日本)

赵士洞(Zhao Shidong), 中国科学院

Neville J. Ash, 联合国环境规划署—
世界保护监测中心(UNEP-WCMC)
(英国)

Elena Bennett, 美国威斯康星大学麦
迪逊分校

Pushpam Kumar, 经济增长研究所
(印度)

Marcus Lee, 世界渔业中心(马来西
亚)

Ciara Raudsepp-Hearne, 千年生态
系统评估(马来西亚)

Henk Simons, 荷兰国家公众健康和
环境研究所

Jillian Thonell, 联合国环境规划署
—世界保护监测中心(UNEP-
WCMC)(英国)

Monika B. Zurek, 联合国粮食和农
业组织(意大利)

千年生态系统评估的主要协调者、概念框架的主要作者和亚全球评估的协调人员

Adel Farid Abdel-Kader, 联合国环
境规划署(巴林, 英文名字是
Bahrain)

Nimbe Adedipe, 尼日利亚国家大学
委员会

Zafar Adeel, 联合国大学—水、环境
和健康的国际网络(加拿大)

John B.R. Agard, 特立尼达岛和多巴
哥岛 West Indies 大学

Tundi Agardy, 美国 Sound Seas

Heidi Albers, 美国俄勒冈大学

Joseph Alcamo, 德国卡塞尔大学

Jacqueline Alder, 加拿大大不列颠哥
伦比亚大学

Mourad Amil, 摩洛哥 Ministère de
l'Aménagement du Territoire, de
l'Eau et de l'Environnement

Alejandro Argumedo, 秘鲁 Kechua-
Aymara ANDES 协会

Dolors Armenteras, 哥伦比亚
Instituto de Investigación de
Recursos Biológicos Alexander von
Humboldt

Neville J. Ash, 联合国环境规划署—
世界保护监测中心(UNEP-WCMC)
(英国)

Bruce Aylward, 美国 Deschutes Re-
sources Conservancy

Suresh Chandra Babu, 国际粮食政策
研究所(印度)

Jayanta Bandyopadhyay, 印度管理

学院

Charles Victor Barber, IUCN—世界
自然保护联盟(美国)

Stephen Bass, 英国国际开发署

Allan Batchelor, B&M Environmen-
tal Services (Pty) Ltd (南非)

T. Douglas Beard, Jr., 美国地质调
查局

Andrew Beattie, 澳大利亚
Macquarie 大学

Juan Carlos Belausteguigoitia, 国际
水域全球评估计划(瑞典)

Elena Bennett, 美国威斯康星大学麦
迪逊分校

D.K. Bhattacharya, 印度德里大学

Hernán Blanco, Recursos e
Investigación para el Desarrollo
Sustentable(智利)

Jorge E. Botero, Centro Nacional de
Investigaciones de Café(哥伦比亚)

Lelys Bravo de Guenni, Universidad
Simón Bolívar(委内瑞拉)

Eduardo Brondizio, 美国印地安那大
学

Victor Brovkin, 波茨坦气候影响研
究所(德国)

Katrina Brown, 英东英格兰大学

Colin D. Butler, 澳大利亚国立大学

J. Baird Callicott, 美国北德克萨斯
大学

Esther Camac-Ramirez, 哥斯达黎加
Ixä Ca Vaá 本土发展与信息协会

Diarmid Campbell-Lendrum, 世界卫
生组织(瑞士)

Doris Capistrano, 国际林业研究中
心(印度尼西亚)

Fabricio William Carbonell Torres,
哥斯达黎加 Ixä Ca Vaá 本土发展与信
息协会

Stephen R. Carpenter, 美国威斯康
星大学麦迪逊分校

Kenneth G. Cassman, 美国内布拉斯

加大学林肯分校
Juan Carlos Castilla, 智利生态学与生物多样性发展研究中心
Robert Chambers, 英国苏塞克斯发展研究所
W. Bradnee Chambers, 联合国大学 (日本)
F. Stuart Chapin, III, 美国阿拉斯加大学费尔班克斯分校
Kanchan Chopra, 经济增长研究所 (印度)
Flavio Comim, 英国剑桥大学, 巴西 Rio Grande do Sul 联合大学
Ulisses E.C. Confalonieri, 巴西国家公共卫生学院
Steve Cork, 澳大利亚土地与水资源
Carlos Corvalan, 世界卫生组织 (瑞士)
Wolfgang Cramer, 波茨坦气候影响研究所 (德国)
Angela Cropper, 特立尼达岛和多巴哥岛 Cropper 基金
Graeme Cumming, 美国佛罗里达大学
Owen Cylke, 世界自然基金会 (美国)
Rebecca D'Cruz, Aonyx Environmental (马来西亚)
Gretchen C. Daily, 美国斯坦福大学
Partha Dasgupta, 英国剑桥大学
Rudolf S. de Groot, 荷兰瓦赫宁根大学
Ruth S. DeFries, 美国马里兰大学
Sandra Diaz, Universidad Nacional de Córdoba (阿根廷)
Thomas Dietz, 美国密歇根州立大学
Richard Dugdale, 美国旧金山州立大学
Anantha Kumar Duraiappah, 国际可持续发展研究所 (加拿大)
Simeon Ehui, 世界银行 (美国)
Polly Ericksen, 美国哥伦比亚大学地球研究所
Christo Fabricius, 南非 Rhodes 大学
Dan Faith, 澳大利亚博物馆
Joseph Fargione, 美国新墨西哥大学
Colin Filer, 澳大利亚国立大学
C. Max Finlayson, 澳大利亚高级科学家环境研究所
Dana R. Fisher, 美国哥伦比亚大学
Carl Folke, 瑞典斯德哥尔摩大学
Miguel Fortes, 西太平洋政府间海洋学委员会区域秘书处 (泰国)
Madhav Gadgil, 印度科学研究所
Habiba Gitay, 澳大利亚国立大学
Yogesh Gokhale, 印度科学研究所
Thomas Hahn, 瑞典斯德哥尔摩大学
Simon Hales, 新西兰惠灵顿医药与卫生科学学院
Kirk Hamilton, 世界银行 (美国)
Rashid Hassan, 南非比勒陀利亚大学
何大名 (He Daming), 中国云南大学
Kenneth R. Hinga, 美国农业部
Ankila J. Hiremath, 印度阿修卡信托环境与生态研究机构
Joanna House, 德国 Max Planck 生物地球化学研究所
Robert W. Howarth, 美国康奈尔大学
Tariq Ismail, 沙特阿拉伯
Anthony Janetos, The H. John Heinz III 美国科学、经济与环境中心
Peter Kareiva, 美国大自然保护协会
Roger Kasperson, 美国克拉克大学
Kishan Khoday, 联合国开发计划署 (印度尼西亚)
Christian Koerner, 瑞士巴塞尔大学
Kasper Kok, 荷兰瓦赫宁根大学
Pushpam Kumar, 印度经济增长研究所
Eric F. Lambin, Universite Catholique de Louvain (比利时)
Paulo Lana, Universidade Federal do Paraná (巴西)
Rodel D. Lasco, 世界混农林业中心 (菲律宾)
Patrick Lavelle, 法国巴黎 VI/IRD 大学
Louis Lebel, 泰国 Chiang Mai 大学
Marcus Lee, 世界渔业中心 (马来西亚)
Rik Leemans, 荷兰瓦赫宁根大学
Christian Lévêque, Institut de Recherches pour le développement (法国)
Marc Levy, 美国哥伦比亚大学
刘健 (Liu Jian), 中国科学院
刘纪远 (Liu Jiyan), 中国科学院
马诗明 (Ma Shiming), 中国农业科学研究院
Georgina Mace, 英国伦敦动物学会
Jens Mackensen, 联合国环境计划署 (肯尼亚)
Mai Trong Thong, 越南科学与技术科学院
Ben Malayang III, 菲律宾可持续发展网络和菲律宾 Los Baños 大学
Jean-Paul Malingreau, 欧盟联合研究中心 (比利时)
Anatoly Mandych, 俄罗斯科学院
Peter John Marcotullio, 联合国大学 (日本)
Eduardo Marone, Centro de Estudos do Mar (巴西)
Hillary M. Masundire, 博茨瓦纳大学
Robert M. May, 英国牛津大学
James Mayers, 国际环境与发展研究所 (英国)
Alex F. McCalla, 美国加利福尼亚大学戴维斯分校
Jacqueline McGlade, 欧洲环境局 (丹麦)
Gordon McGranahan, 国际环境与发展研究所 (英国)
Tony (A.J.) McMichael, 澳大利亚国立大学
Jeffrey A. McNeely, IUCN—世界自然保护联盟 (瑞士)
Monirul Q. Mirza, 加拿大多伦多大学
Bedrich Moldan, 捷克 Charles 大学
David Molyneux, 英国利物浦热带医药学院
Harold A. Mooney, 美国斯坦福大学
Sanzhar Mustafin, 中亚区域环境中心 (哈萨克斯坦)
Constancia Musvoto, 津巴布韦大学
Shahid Naeem, 美国哥伦比亚大学

Nebojša Nakićenović, 国际应用系统分析研究所 (澳大利亚)
Gerald C. Nelson, 美国 Illinois - Urbana-Champaign 大学
牛文元 (Niu Wen-Yuan), 中国科学院
Ian Noble, 世界银行 (美国)
Signe Nybø, 挪威自然研究所
Masahiko Ohsawa, 日本东京大学
Willis Oluoch-Kosura, 肯尼亚 Nairobi 大学
欧阳志云 (Ouyang Zhiyun), 中国科学院
Stefano Pagiola, 世界银行 (美国)
Cheryl A. Palm, 美国哥伦比亚大学
Jyoti K. Parikh, 发展的综合研究与行动计划 (印度)
Anand Patwardhan, 印度孟买技术研究院
Ankur Patwardhan, 印度自然财富管理研究与行动
Jonathan Patz, 美国威斯康星大学麦迪逊分校
Daniel Pauly, 加拿大大不列颠哥伦比亚大学
Steve Percy, 美国
Henrique Miguel Pereira, 葡萄牙里斯本大学
Reidar Persson, 瑞典农业科学大学
Garry D. Peterson, 加拿大 McGill 大学
Gerhard Petschel-Held, 波茨坦气候影响研究所 (德国)
Ina Binari Pranoto, 印度尼西亚环境部
Robert Prescott-Allen, 加拿大海岸带信息组
Rudy Rabbinge, 荷兰瓦赫宁根大学
Kilaparti Ramakrishna, 美国森林洞研究中心
P. S. Ramakrishnan, 印度 Jawaharlal Nehru 大学
Paul Raskin, 美国泰勒斯研究所
Ciara Raudsepp-Hearne, 千年生态系统评估计划 (马来西亚)
Walter V. Reid, 千年生态系统评估计划 (马来西亚和美国)
Carmen Revenga, 美国大自然保护

协会
Belinda Reyers, 南非科学与工业研究理事会
Taylor H. Ricketts, 世界自然基金会 (美国)
Janet Riley, 英国洛桑研究所
Claudia Ringler, 国际粮食政策研究所 (美国)
Jon Paul Rodriguez, 美国委内佐兰诺科学调查学院
Jeffrey M. Romm, 美国加利福尼亚大学伯克利分校
Sergio Rosendo, 英国东英格兰大学
Uriel N. Safriel, 以色列耶路撒冷希伯来大学
Osvaldo E. Sala, 美国布朗大学
Cristián Samper, 美国国立自然历史国家博物馆
Neil Sampson, 美国辛普森集团有限公司
Robert Scholes, 南非科学与工业研究理事会
Mahendra Shah, 国际应用系统分析研究所 (澳大利亚)
Alexander Shestakov, 世界自然基金会俄罗斯计划 (俄罗斯)
Anatoly Shvidenko, 应用系统分析研究所 (澳大利亚)
Henk Simons, 荷兰国立公共卫生与环境研究所
David Simpson, 美国环境保护署
Nigel Sizer, 印度尼西亚大自然保护协会
Marja Spierenburg, 荷兰阿姆斯特丹自由大学
Bibhab Talukdar, 印度阿修卡信托环境与生态研究机构
Mohamed Tawfic Ahmed, 埃及苏伊士运河大学
Pongmanee Thongbai, 泰国科学与技术研究院
David Tilman, 美国明尼苏达大学
Thomas P. Tomich, 世界混农林业中心 (肯尼亚)
Ferenc L. Toth, 国际原子能机构 (澳大利亚)
Jane K. Turpie, 南非开普敦大学
Albert S. van Jaarsveld, 南非

Stellenbosch 大学
Detlef van Vuuren, 荷兰国立公共卫生与环境研究所
Joeli Veitayaki, 斐济太平洋大学
Sandra J. Velarde, 世界混农林业中心 (肯尼亚)
Rodrigo A. Braga Moraes Victor, São Paulo City Green Belt Biosphere Reserve - Forest Institute (巴西)
Ernesto F. Viglizzo, 阿根廷农业技术国家研究院
Bhaskar Vira, 英国剑桥大学
Charles J. Vörösmarty, 美国新汉普郡大学
Diana Harrison Wall, 美国科罗拉多州立大学
Merrilyn Wasson, 澳大利亚国立大学
Masataka Watanabe, 日本国家环境研究院
Robert T. Watson, 世界银行 (美国)
Thomas J. Wilbanks, 美国 Oak Ridge 国家实验室
Meryl Williams, 国际农业研究咨询集团 (马来西亚)
Poh Poh Wong, 新加坡国立大学
Stanley Wood, 国际食物政策研究所 (美国)
Ellen Woodley, 加拿大 Terralingua
Alistair Woodward, 新西兰奥克兰大学
Anastasios Xepapadeas, 希腊克里特岛大学
Gary Yohe, 美国 Wesleyan 大学
岳天祥 (Yue Tianxiang), 中国科学院
Maria Fernanda Zermoglio, 美国加利福尼亚大学戴维斯分校
赵士洞 (Zhao Shidong), 中国科学院
Monika B. Zurek, 联合国粮食与农业组织 (意大利)

千年生态系统评估编审理事会

主席

José Sarukhán, 墨西哥国立自治大学 (Universidad Nacional Autónoma de México)

Anne Whyte, 加拿大 Mestor Associates Ltd.

理事会成员

Antonio Alonso Concheiro, 墨西哥 Analítica Consultores Asociados

Joseph Baker, 澳大利亚昆士兰州主要工业和渔业局

Arsenio Balisacan, 东南亚农业研究区域中心 (菲律宾)

Fikret Berkes, 加拿大马尼托巴湖大学

Julia Carabias, 墨西哥国立自治大学
Gerardo Ceballos, 墨西哥国立自治大学

Robert Costanza, 美国佛蒙特州大学

Marian S. de los Angeles, 世界银行 (美国)

Navroz K. Dubash, 印度国家财政与政策研究院

Faye Duchin, 美国伦斯莱尔学院

Jeremy S. Eades, 日本立命馆亚太大学

Mohamed A. El-Kassas, 埃及开罗大学

Paul R. Epstein, 美国哈佛大学医学院

Jorge D. Etchevers, 墨西哥 Colegio de Postgraduados

Exequiel Ezcurra, 墨西哥 Instituto Nacional de Ecología

Naser I. Faruqui, 加拿大环保署

Christopher Field, 美国华盛顿卡耐基研究院

Blair Fitzharris, 新西兰 Otago 大学
Gilberto Gallopin, 拉丁美洲及加勒比地区经济委员会 (智利)

Peter Gardiner, 马来西亚 Independent consultant

Mario Giampietro, Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (意大利)

Andrew Githeko, 肯尼亚医学研究院

Allen Hammond, 世界资源研究所 (美国)

Marc J. Hershman, 美国华盛顿大学

Brian John Huntley, 南非国家植物研究院

Pedro R. Jacobi, 巴西 Universidade de São Paulo

Pavel Kabat, 荷兰瓦赫宁根大学

Roger Kasperson, 美国克拉克大学

Robert W. Kates, 美国独立学者

Tony La Viña, 世界资源研究所 (菲律宾)

Sarah Laird, 美国独立学者

Sandra Lavorel, Université Joseph Fourier (法国)

Neil A. Leary, 国际全球变化系统分析研究与培训秘书处 (美国)

Kai Lee, 美国威廉斯学院

Ariel E. Lugo, 美国波多黎各农林服务局

Yuzuru Matsuoka, 日本东京大学

Richard Moles, 爱尔兰 Limerick 大学

Fran Monks, 美国

Patricia Moreno Casasola, 墨西哥生态学研究所

Mohan Munasinghe, 斯里兰卡 Munasinghe 发展研究院

Gerald C. Nelson, 美国 Illinois - Urbana-Champaign 大学

Valery M. Neronov, 联合国教科文组织人与生物圈计划俄罗斯委员会

Shuzo Nishioka, 日本国立环境研究院

Richard B. Norgaard, 美国加利福尼亚 - 伯克利大学

Bernadette O'Regan, 爱尔兰 Limerick 大学

León Olivé, 墨西哥国立自治大学
Gordon Orians, 美国华盛顿大学

Stephen Pacala, 美国普林斯顿大学

Christine Padoch, 美国纽约植物园

Jan Plesnik, 捷克自然保育与景观保护局

Ravi Prabhu, 国际林业研究中心 (津巴布韦)

Jorge Rabinovich, 阿根廷国立 La Plata 大学

Victor Ramos, 菲律宾

David J. Rapport, 加拿大西安大略湖大学

Robin S. Reid, 国际牲畜研究所 (肯尼亚)

Ortwin Renn, 德国斯图加特大学

Frank Rijsberman, 国际水资源管理研究所 (斯里兰卡)

Agnes C. Rola, 位于洛斯巴诺斯的菲律宾大学

Jeffrey M. Romm, 美国加利福尼亚大学伯克利分校

Cherla B. Sastry, 加拿大多伦多大学

Marten Scheffer, 荷兰瓦赫宁根大学

Kedar Lal Shrestha, 尼泊尔发展与创新中心

Bach Tan Sinh, 越南国家科学与技术政策与战略研究所

Otton Solis, 哥斯达黎加

Avelino Suárez Rodríguez, 古巴环境署

Jatna Supriatna, 印度尼西亚大学
唐龄 (DanLing Tang), 复旦大学

Holm Tiessen, 德国 Goettingen 大学

Hebe M.C. Vessuri, 委内瑞拉科学研究所

Angela de L. Rebello Wagener, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (巴西)

王如松 (Wang Rusong), 中国科学院
Wolfgang Weimer-Jehle, 德国斯图加特大学

Philip Weinstein, 西澳大利亚大学

Thomas J. Wilbanks, 美国 Oak Ridge 国家实验室

徐建初 (Xu Jianchu), 国际山地综合开发中心 (尼泊尔)

Michael D. Young, 澳大利亚联邦科学与工业研究组织

张林秀 (Linxiu Zhang), 中国科学院

附录 D

缩略语和图的出处

缩略语

BSE —牛海绵状脑病
CBD —生物多样性公约
DALY —病残调整生命年
FAO —粮食与农业组织 (联合国)
GDP —国内生产总值
GHS —温室气体
GNI —国民收入总值
GNP —国民生产总值
IPCC —政府间气候变化专门委员会
IUCN —世界自然保护联盟
IVM —病媒综合管理
MA —千年生态系统评估
MEA —多边环境协议
MDG —千年发展目标
NGO —非政府组织
NPP —净初级生产力
NWFP —非木材森林产品
OECD —经济合作与发展组织
PA —保护区
RBO —河流流域组织
SARS —非典型肺炎
SCOPE —环境问题科学委员会
UNCCD —联合国防治荒漠化公约
UNEP —联合国环境规划署
UNFCCC —联合国气候变化框架公约
WWF —世界自然基金会

化学符号、化合物以及度量单位

CH₄ —甲烷
CO —一氧化碳
CO₂ —二氧化碳
GtC-eq —十亿 t 碳当量
N —氮
N₂O —一氧化二氮
NO_x —氧化氮
ppmv —体积的百万分之几
SO₂ —二氧化硫
teragram —10¹²g

图的出处

本报告中使用的的大多数图, 是根据

技术评估报告中的图经过重新绘制而成, 图的标题中给出了它在技术报告中的章节位置。以下几个图是经过经过添加新的信息之后做成的:

图 11 (图 3.4)

源图来自于CF专栏2.4。但是, 在本报告中, 根据2004年3月加拿大海洋与水产部提供的北部鳕鱼资源状况的更新资料, 它包含的信息被更新至2003/2004。

图 14 (图 1.5)

源图 (R9 图 9.2) 经过修改, 对其添加了预估的 2050 年的人工投入量, 这些信息来自于 R9 图 9.2 的最初来源: Galloway, J.P., et al., 2004, 生物地球化学 (Biogeochemistry) 70: 153 — 226。

图 1.6

源图 (R9 图 9.2) 经过修改, 对其添加了1860年和2050年大气活性氮沉降的估算总量, 这些信息来自于 R9 图 9.2 的最初来源: Galloway, J.P., et al., 2004, 生物地球化学 (Biogeochemistry) 70: 153 — 226。

图 1.7

该图是根据C11.3.1中引用的2个图件综合而成的: Ruiz et al., 2000, Annual Review of Ecology and Systematics 31: 481-531 (图 1c); Ribera Siguan 2003, in G.M. Ruiz and J.T. Carlton eds., Invasive Species: Vectors and Management Strategies, Island Press, Washington D.C. (图 8.5)。

专栏 3.1 中的图 B 和图 C: 生态系统服务与人类福祉之间的联系

源 (C7 图 7.13 和 7.14) 是根据世界卫生组织和联合国儿童基金 2000 年的全球水资源供应和卫生设施评估

报告中的信息绘制而成的 (2000 年的全球水资源供应和卫生设施评估报告, 世界卫生组织, 日内瓦城)。但是, 在本报告中, 根据世界卫生组织的网上数据库对 2002 年的状况进行了更新。

图 3.1

该图是根据 C5.2.6 中引用的数据库 (2001 年世界银行的“调整后的净储蓄”数据) 绘制而成的。数据下载网址是:

[Inweb18.worldbank.org/ESSD/envext.nsf/44ByDocName/GreenAccountingAdjustedNetSavingsonJanuary25,2005](http://web18.worldbank.org/ESSD/envext.nsf/44ByDocName/GreenAccountingAdjustedNetSavingsonJanuary25,2005) (2005 年 1 月 25 日)。

图 3.6

源图 (S7 图 7.3) 是根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 在 2000 年订定的温室气体排放情景中的图 3 ~ 图 9 综合而成的 (原始出处: Intergovernmental Panel for Climate Change, 2000: Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.)。

图 4.1 和图 4.2

源图 (S7 图 7.6a 和 7.6b) 是根据世界银行网站上的数据资料绘制而成的, 它已在 2004 年世界银行的报告 (World Development Report 2004: Making Services Work for Poor People, World Bank, Washington D.C.) 中使用。

图 8.1

源图 (C5 专栏 5.2) 是根据 2004 年世界银行的报告 (碳市场的现状与变化趋势, 2004, 世界银行, 华盛顿) 中的图 7, 经过重新绘制而成的。

附录 E

评估报告的内容目录

说明：正文中出现的 CF（评估框架）、CWG（状况与趋势工作组）、SWG（情景工作组）、RWG（响应工作组）或 SGWG（亚全球评估工作组）是指整个工作组的报告。ES 是指某一章节中的主要信息。

生态系统与人类福祉：评估框架	C.20	内陆水域系统	R.07	淡水生态系统服务
CF.1 引言和概念框架	C.21	森林和疏林系统	R.08	木材、薪柴和非木材林产品
CF.2 生态系统及其服务	C.22	旱区系统	R.09	养分管理
CF.3 生态系统与人类福祉	C.23	岛屿系统	R.10	废弃物的管理、处理与无害化
CF.4 生态系统及其服务变化的驱动力	C.24	山地系统	R.11	洪水与暴雨的调控
CF.5 尺度问题	C.25	极地系统	R.12	生态系统与媒传疾病的调控
CF.6 生态系统价值的概念及其评价方法	C.26	垦植系统	R.13	气候变化
CF.7 分析方法	C.27	城镇系统	R.14	文化服务
CF.8 战略干预、响应对策及决策	C.28	综合	R.15	综合响应
		情景：情景工作组的评估结果	R.16	对人类健康的影响及对策
		SDM 提供给决策者的概要	R.17	各种响应对人类福祉和缓解贫困的影响
现状与趋势：状况与趋势工作组评估结果	S.01	MA 的概念框架	R.18	对响应的选择
SDM 提供给决策者的概要	S.02	全球情景的历史回顾	R.19	对实现千年发展目标的意义
C.01 MA 的概念框架	S.03	全球情景中的生态学		
C.02 评估生态系统状况与人类福祉的分析方法	S.04	模拟生态系统服务未来变化的最新进展	多尺度评估：亚全球评估工作组的评估结果	
C.03 变化的驱动力（说明：这是《情景评估报告》中第7章的大纲）	S.05	生态系统服务的情景：意义及概述	SDM 提供给决策者的概要	
C.04 生物多样性	S.06	设定 MA 情景的方法论	SG.01 MA 的概念框架	
C.05 生态系统状况与人类福祉	S.07	生态系统状况及生态系统服务变化的驱动力	SG.02 MA 亚全球评估的概述	
C.06 易受影响的人群及地方	S.08	4 种情景	SG.03 将生态系统服务与人类福祉相联系	
C.07 淡水	S.09	4 种情景中生态系统服务的变化及其驱动力	SG.04 多尺度方法	
C.08 食物	S.10	4 种情景中的生物多样性	SG.05 利用多种知识体系：惠益与挑战	
C.09 木材、燃料与纤维	S.11	4 种情景中的人类福祉	SG.06 评估过程	
C.10 生物多样性的新产品与新产业	S.12	生态系统服务间的相互作用	SG.07 生态系统变化的驱动力	
C.11 生态系统服务的生物调节	S.13	情景分析的经验	SG.08 生态系统服务的状况和变化趋势与生物多样性	
C.12 养分循环	S.14	提交给重要利益相关方政策的综合	SG.09 应对生态系统变化的对策及其对人类福祉的影响	
C.13 气候与空气质量		政策响应：响应工作组的评估结果	SG.10 亚全球情景	
C.14 人类健康：生态系统对传染病的调控	SDM 提供给决策者的概要		SG.11 社区、生态系统与人类生计	
C.15 水处理与无害化	R.01 概念框架		SG.12 反思及经验教训	
C.16 对自然灾害的调控：洪灾和火灾	R.02 响应的拓扑学			
C.17 文化和愉悦服务	R.03 对响应的评估			
C.18 海洋渔业系统	R.04 认识响应评估中的不确定性			
C.19 海滨系统	R.05 生物多样性			
	R.06 食物与生态系统			

Millennium Ecosystem Assessment Order Form

SAVE \$50 WHEN YOU PURCHASE THE FIVE-VOLUME CLOTH SET!

Ecosystems and Human Well-being:	_____ Qty.	_____ Qty.	
Five-Volume Set	\$ 275.00	\$ 500.00	
*Includes Volumes 1-4 and Our Human Planet	1-59726-042-8	1-59726-041-x	

Title	Paper	Cloth	Sub-Total
Vol.1,Current State and Trends : Findings of the Condition and Trends Working Group	_____ Qty. \$ 75.00 1-55963-228-3	_____ Qty. \$ 145.00 1-55963-227-5	
Vol.2,Scenarios : Findings of the Scenarios Working Group	_____ Qty. \$ 65.00 1-55963-391-3	_____ Qty. \$ 130.00 1-55963-390-5	
Vol.3,Poilty Responses : Findings of the Responses Working Group	_____ Qty. \$ 55.00 1-55963-270-4	_____ Qty. \$ 110.00 1-55963-269-0	
Vol.4,Multiscale Assessments : Findings of the Sub-global Assessments Working Group	_____ Qty. \$ 55.00 1-55963-186-4	_____ Qty. \$ 110.00 1-55963-185-6	
Our Human Planet : Summary for Decision-makers	_____ Qty. \$ 25.00 1-55963-387-5	_____ Qty. \$ 55.00 1-55963-386-7	
Ecosystems and Human Well-being: Synthesis	_____ Qty. \$ 15.00 1-59726-040-1		
Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment	_____ Qty. \$ 25.00 1-55963-403-0	_____ Qty. \$ 50.00 1-55963-402-2	



Order Online: www.IslandPress.org
Call: 1-800-621-2736 • Outside of the U.S.: 773-702-7000

Total Book Price	
Tax(D.C.5.75%)	
Shipping & Handling (U.S.: \$4.50 first book; \$1.00 each additional; Int'l: \$5.50 first book; \$1.00 each additional)	
Total Payment	

Name: _____
 Address: _____
 City/State/Zip: _____
 Phone: _____
 E-mail: _____

Purchase Order No: _____
 My check is enclosed.
 Please charge my: Visa MasterCard
 American Express Discover
 Exp.Date: _____
 Signature: _____

Mail orders to: Island Press

c/o University of Chicago Distribution Center, 11030 South Langley Ave., Chicago, IL 60628

千年生态系统评估项目秘书处的依托机构

千年生态系统评估项目秘书处的运作由联合国环境规划署负责协调，其秘书处依托于以下合作机构：

联合国粮食与农业组织（UNEP）（意大利）

经济增长研究所（印度）

国际玉米和小麦改良中心（CIMMYT）（墨西哥，截至 2002 年）

Meridian 研究所（美国）

国立公共卫生与环境研究所(RIVM)(荷兰，截至 2004 年年中)

环境问题科学委员会(SCOPE)(法国)

联合国环境规划署世界保育监测中心（英国）

Pretoria 大学（南非）

威斯康星大学麦迪逊分校（美国）

世界资源研究所（WRI）（美国）

世界渔业中心（马来西亚）

地图与图形制作：挪威 UNEP/GRID-Arendal 的 Emmanuelle Bournay 和 Philippe Rekacewicz

地图和图形产品的制作得到了挪威外交部，以及联合国环境规划署全球资源信息数据库挪威阿伦达尔中心的大力支持

照片提供：

封 1：UNEP/Still Pictures

封 2：UNEP/Still Pictures

封 3：HUNT-UNEP/Still Pictures

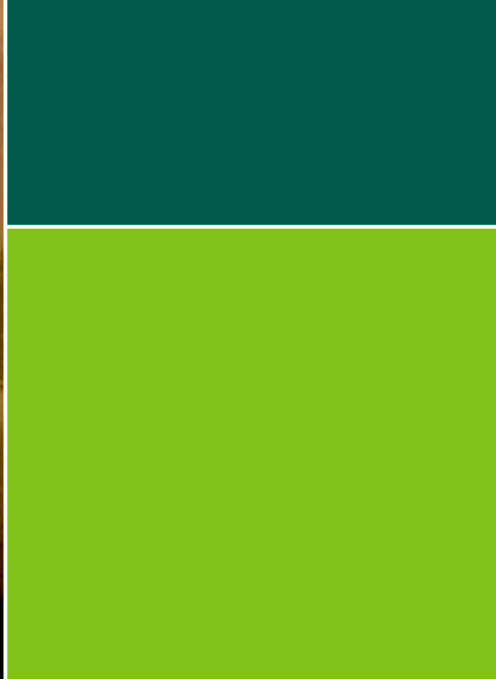
封 4：UITTAPRON JUNTAWONSUP/UNEP/Still Pictures

WASHINGTON COVELO LONDON

www.islandpress.org

岛屿出版社（Island Press）出版的所有书籍皆使用再生纸进行印刷





Ramsar
CONVENTION ON WETLANDS
Ramsar, Iran, 1971



CBD



CMS



GEF



ICSU

International Council for Science

IUCN

The World Conservation Union



UNITED NATIONS
FOUNDATION



UNEP

