



for a living planet®

中国环境与发展国际合作委员会
世界自然基金会

中国生态足迹报告



顾问

沈国舫 /Sheng Guofang¹

Arthur Hanson¹

Claude Martin²

Chris Hails³

欧达梦 /Dermot O’ Gorman³

李 琳 /Li Lin³

作者

成升魁 /Cheng Shengkui⁴

谢高地 /Xie Gaodi⁴

曹淑艳 /Cao Shuyan⁴

Justin Kitzes⁵

Susannah Buchan⁵

Steven Goldfinger⁵

¹ 中国环境与发展国际合作委员会
(CCICED)

² 前任世界自然基金会总干事和中国环
境与发展国际合作委员会委员

³ 世界自然基金会 (WWF)

⁴ 中科院地理科学与资源研究所
(IGSNRR)

⁵ 环球足迹网络 (Global Footprint
Network)

目 录

1 前言

2 引言

3 全球背景：人类生态足迹

4 亚太区的生态足迹

5 生态足迹概念在中国的发展

6 中国的生态足迹和生物承载力

7 中国生态足迹的全球影响

8 全球发展挑战

9 国家简介

10 中国未来的道路

11 中国：致力于可持续性的 CIRCLE 策略

12 技术说明

前言

环境与发展问题是新世纪全人类所面临的重大挑战，而环境的不断恶化直接影响到人类的生存和可持续发展。如何做到在保护环境实现经济社会的更好发展，已成为我国乃至全球发展中亟需解决的一个重大课题。

在世界范围内，生态足迹已被广泛用来衡量人类对大自然的需求。人类对自然资源的消耗在过去四十年里持续增加，现在已经超过了地球所能持续供给的能力，而且还在不断地超量消耗。了解人类和中国的生态足迹，并努力纳入可持续发展的轨迹，已成为全面统筹做好中国环境保护工作的前提和重要指南。

可持续发展要求人类对自然资源的需求严格控制在大自然可以再生的能力范围之内，这就是生物承载力的概念。中国生态足迹报告详细阐述了中国生态足迹与生物承载力的关系，以及为改善二者之间的矛盾而提出的建议，这些方法与建议为我们在衡量与改善中国环境现状，实现可持续发展方面具有重要的指导意义。

未来的二十年将是中国实现可持续发展的关键时期，而实现可持续发展，确保自然资源的可持续利用，其重要指标就是对自然资源利用的效率及其对资源可再生能力提高的平衡。为此，中国环境与发展国际合作委员会和世界自然基金会共同合作，邀请中外专家就中国生态足迹进行了研究，希望研究报告能发挥其应有的参考作用。

中国环境与发展国际合作委员会秘书长

程光耀

随着经济的持续增长，中国对自然资源的需求也不断上升。如果中国要实现可持续发展，它就必须同世界上其它国家一样，对自己正在消耗多少自然资源有个清晰准确的了解。

本报告涉及中国的生态足迹，是受中国环境与发展国际合作委员会和世界自然基金会的联合委托，全球足迹网络和中国科学院地理科学与资源研究所合作完成的。为了达到上述目的，并反映中国在建设生态文明过程中所做出的努力，本报告首次对相关必要的资料进行了收集整理。

实现可持续发展之路并非轻而易举。全世界都需要紧急行动起来应对气候变化，防止对海洋和森林生态系统的过度开发，保护我们的淡水资源。中国也不例外，应当立即行动起来。

一个国家的生态足迹由三个因素决定：人口数量、人均消费量和该消费量的资源密集度。测量每个因素的发展趋势并理解其含义，将有助于中国探索实现其发展目标的创新方式，确保子孙后代仍能拥有繁荣发展所需的自然资源。

本报告的分析表明，目前中国的人均生态足迹是 1.6 “全球公顷”，也就是说，平均每人需要 1.6 公顷具有生物生产力的土地，来满足其生活方式的需要。这个数字低于 2.2 “全球公顷”的全球平均生态足迹水平，但仍然反映出中国面临的重要挑战。事实上中国已经消耗的资源，超过了其自身生态系统所能提供资源的两倍以上。

中国弥补生态赤字的一个方法是从世界其他国家进口自然资源，但一些国家中也有其自身的生态赤字。因此，伴随着中国经济的持续增长，寻找减轻其生态足迹的方法变得至关重要。本报告提出了“CIRCLE”方式：紧缩化策略 (C)、个人责任化策略 (I)、减量化策略 (R)、碳策略 (C)、土地策略 (L) 和高效化策略 (E)。

我们可以从两个方面入手：(1) 从简单的事情做起，采取那些能立即减轻中国生态足迹的简单、廉价且广为接受的措施；(2) 优先解决见效慢的问题，仔细考虑那些能给未来几十年带来影响的决策（如高速公路建设、发展建筑、设立发电厂等）。总而言之，行动起来才是最为重要的，而本报告的推出便是迈出了重要的第一步。

James P. Leape
世界自然基金会全球总干事



报告概要

生态足迹用来度量满足一定人口需求的具有生物生产力的土地和水域的面积。通过与生物承载力——某地区或国家的可用的具有生物生产力的土地和水域——相比较，生态足迹账户可以判断一个国家，地区或者全世界是否按生态方式生活。政府，行业和个人已经在利用足迹账户，他们想通过生态足迹账户更好的了解他们对生物资本的依赖程度，以及如何在资源日益约束的世界进行战略规划。

本报告的重点是全球和区域背景下的中国生态足迹。报告对中国学者生态足迹研究的最新进展进行了评述，详细阐述了中国生态足迹，其中讨论了满足中国资源和能源需求所必需的不同类型的土地和水域面积。对所选贸易物品的专题研究表明生产物品的生产性面积如何在世界范围内进行“贸易”。本报告提出了管理中国生态足迹和生物承载力的战略。

报告得出结论如下：

- 2003 年（可获得数据的最近一年），全球需求的生物承载力超出了地球可供给能力的 25%。全球生态超载必然导致全球生物资本的退化。
- 美国，欧盟和中国占世界全部生态足迹的 50%，占有 30% 的全球可用生物承载力。各政府和社会所做出的决策在很大程度上决定这个世界是否能满足新世纪的可持续发展挑战。
- 亚太区人口占世界人口的一半还多，占有近 40% 的全球可用生物承载力。
- 生态足迹 20 世纪 90 年代中期首次提出后不久，中国的生态足迹的计算就开始了。中国研究人员评估了中国不同省份的生态赤字，此外，用生态足迹来评价特定行业和家庭活动的生态影响。
- 就个人而言，中国 2003 年的生态足迹是人均 1.6 全球公顷，位居世界第 69 位，低于全球人均的生态足迹 2.2 全球公顷。

- 尽管人均消费较低，然而，中国从 20 世纪 70 年代中期就出现生态赤字，每年需要的生物承载力大于其自身生态系统的供给能力。2003 年，中国需要两个中国大小才能供应其消费和吸纳其制造的废物。大部分生态赤字主要来源于 CO₂ 的排放。CO₂ 排放是由于化石燃料的燃烧而没有固定。
- 中国部分生态赤字是通过以自然资源的形式进口生物承载力来弥补。2003 年，中国进口了 13 亿全球公顷，几乎等于德国全国的生物承载力。
- 中国的生态足迹通过贸易关系同世界其他国家发生联系，既有中国的近邻也有遥远的异国。对所选贸易产品分析表明，中国的生物承载力进口主要体现在来自其他国家如加拿大，印度尼西亚和美国的原材料，通常的生物承载力出口表现为出口加工制品到别的国家，如韩国，日本，美国和澳大利亚。

- 人口，人均消费和消费资源强度等 3 个因子支配中国的生态足迹。提出缩减中国生态赤字的两条补充性措施：（1）容易实现的目标，比如节能灯泡的应用；（2）加大那些将来会对资源利用有长期影响的基础设施投资。
- 有助于中国走向可持续发展道路的具体策略是 CIRCLE 方法：城市紧缩化，个人行动，减少隐藏的废物流，碳减排，土地管理和效率提升。

2 引言

20 世纪人类社会快速发展，与此同时，人类社会对大自然的影响也在增强。在上个世纪，世界人口增加了 3 倍，能量消耗增加 10 倍多。从实用角度而言，地球是有限的，唯一的局限在于人类利用资源的能力和对资源长距离运输的能力。

然而，今天，有了全球化的经济和近乎无限的运输能力，人类对资源的需求已经超出了地球的供应能力。人

类正在消耗至少超出地球可更新资源 25% 的资源（图 2.1）。这一全球生态超载意味着人类正在耗竭人类经济所依赖的生物资本，并造成其退化，同时也使我们的周围充满垃圾。

日益严峻的资源短缺已经开始影响到每一个人。全世界的渔业都在面临资源匮乏的压力，木材的供应地越来越远，许多分析人士将其归咎于现有的化石燃料和淡水资源国际竞争冲突。

21 世纪将与以往不同：全球生态超载将越来越多地卷入我们的日常生活。

21 世纪发展将受限制，成功的政府政策策略应该是怎样的呢？全球趋势将如何左右决策制定者和规划者的选择？每个国家的生态赤字在全球尺度上将如何影响他们的竞争力？国际和国内商业如何维持？个人如何确保自身和家庭的生活质量？

以上问题是全球性的，但是问题得由区域、国家、省、市和个人局部解决。

在 21 世纪的生态背景下，亚太区将扮演日益重要的角色。亚太区拥有超过 50% 的世界人口，需要接近 40% 的全球生物承载力，这一地区的决定将会影响到世界。亚太区能否避免局部的和大规模的崩溃，而不受其他地区崩溃的波及？亚太区能否推动全球的可持续发展，成为其他国家学习的典范？

图 2.1：人类的生态足迹与可用生物承载力的比率（1961–2003 年）

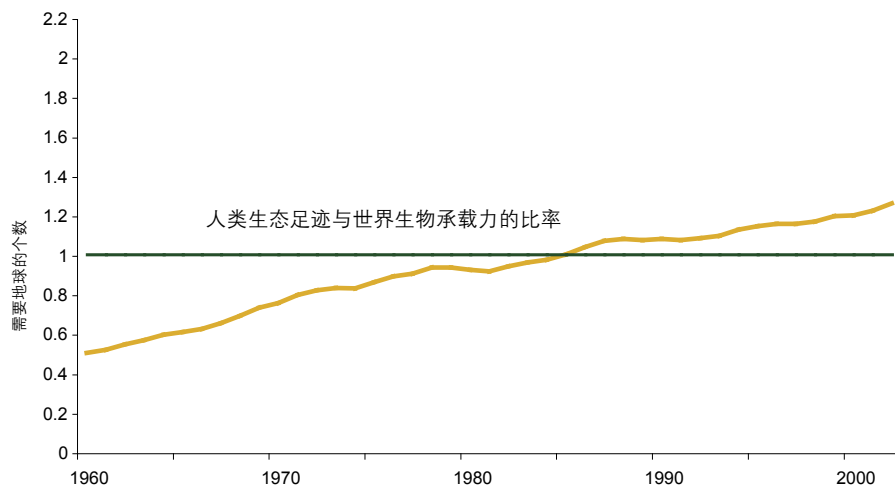
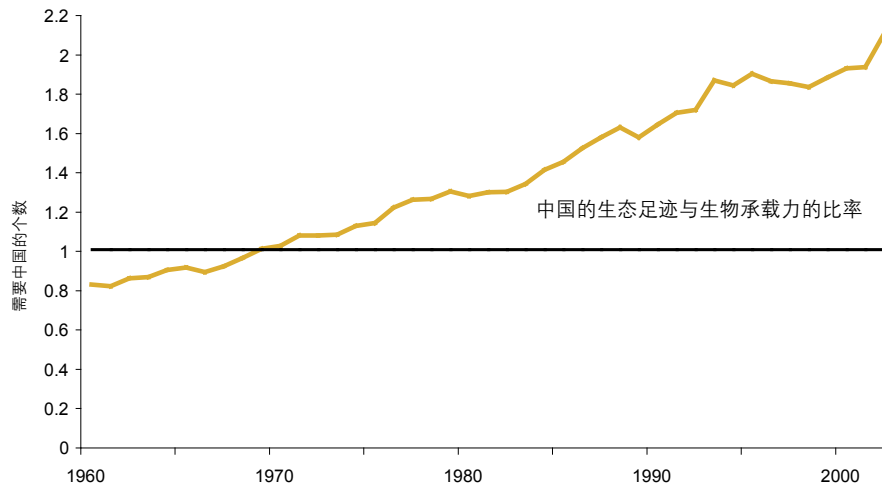


图 2.2：中国的生态足迹与可用生物承载力的比率（1961–2003 年）



作为这一地区最有影响力的国家，中国的决策尤为重要。作为一个国家，中国消耗了全球生物承载力的 15%，居世界第二位。尽管由于生产性土地面积的增加和新技术的引入，中国的生物承载力持续增加，然而这是以自然生态系统的和生物多样性的破坏为代价的。尽管生物承载力不断增加，中国的需求仍是其自身生态系统可持续供应能力的 2 倍还多（图 2.2）。

美国人均需要近 10 公顷的生产性土地，若中国也是如此，那么中国将需要全球的可用生物承载力。这对于中国是不可能的，对于其他国家也是如此。相反，如果中国走健康发展的道路——资源高效利用，将会引领南北半球和东西半球成为一体。这种发展可以通过建立在强大的科学理论和知识基础上的智能化的规划和管理来实现。

本报告运用生态足迹表述中国对生物承载力的需求现状，把中国定格在日益膨胀的世界环境中。作为一种使生物承载力需求可视化，可以衡量，可以操作的资源核算工具，生态足迹能够使不同层次的决策者鉴别决策是否适合可持续发展。

图 2.1：人类的生态足迹与可得生物承载力的比率 人类的消耗在过去的四十年里持续增加，2003 年，全球对生物承载力的需求超出地球可供应能力的 25%。

图 2.2：中国的生态足迹与可得生物承载力的比率 当今中国消耗了多于其自身生态系统供给能力两倍多的资源。

图 2.3：生态足迹总量排名居前的国家 作为一个国家，中国的生态足迹和欧盟 27 国的生态足迹相当，是第二大生态足迹国，次于美国。

图 2.4：生物承载力总量排名居前的国家 中国占据了全球 9% 的生物承载力。

图 2.3：生态足迹总量排名居前的国家（2003 年）

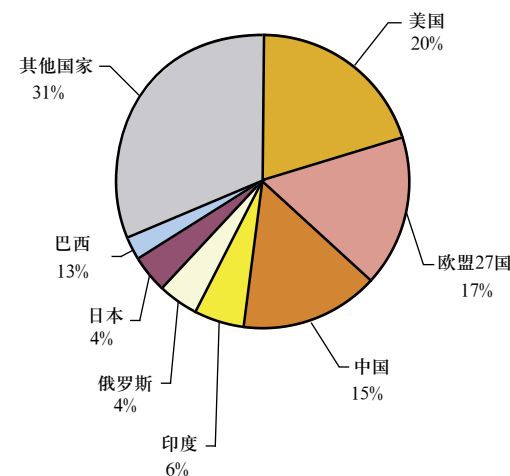
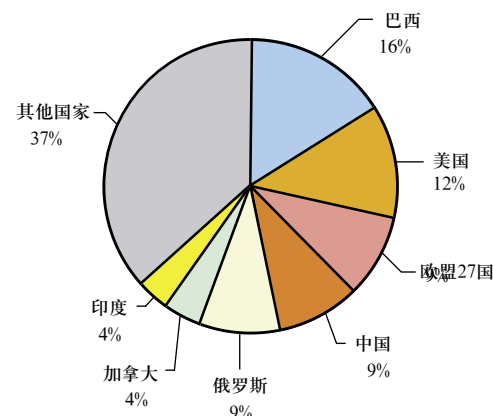


图 2.4：生物承载力总量排名居前的国家（2003 年）



3 全球背景：人类生态足迹

生态足迹账户广泛用来衡量人类对大自然的需求。一个国家的生态足迹是生产其所消耗的食物、纤维和木材，吸纳其制造的废物和提供空间进行基本设施建设所需要的土地总面积。一个国家需要消耗来自世界各地的资源和生态服务，它的足迹就是这些面积的总和，不论足迹落在地球的何处。

2003 年，全球生态足迹是 140 亿全球公顷，即人均 2.2 全球公顷（1 全球公顷指生物生产力与全球生物生产力平均值相等的一公顷面积）。

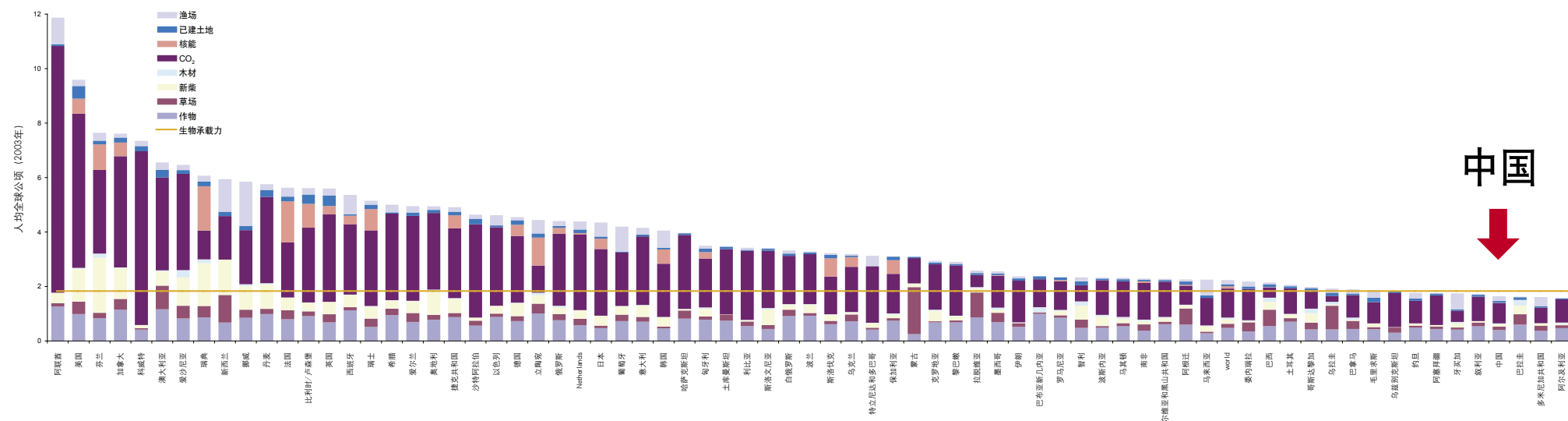
人类对大自然的需求可以和地球的生物承载力——具生物生产力土地面积可以满足人类需求的量——相比较。2003 年，地球生物承载力为 112 亿全球公顷，即人均 1.8 全球公顷。

然而，生态足迹在全球各个地区间有很大差异。北美和西欧的许多高收入国家的人均生态足迹最大，2003 年，中国的人均生态足迹是 1.6 全球公顷，在 147 个国家中列第 69 位。对于高收入国家和中国，碳足迹占据了总生态足迹一半左右。

图 3.1. 按人口、国家和土地类型划分的生态足迹 图中列出了 150 个国家，生态足迹划分为主要土地类型。对于大部分高收入国家，最大的足迹来自于二氧化碳的排放，而低收入国家的足迹主要来自于耕地和草地。

图 3.2. 按收入群体和时间划分的生态足迹 1961–2003 年，相对于中低收入国家，高收入国家的生物承载力需求起点高，增速快。虚线表示苏联解体导致的相关数据缺失。

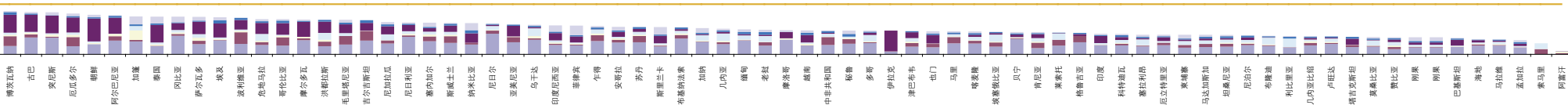
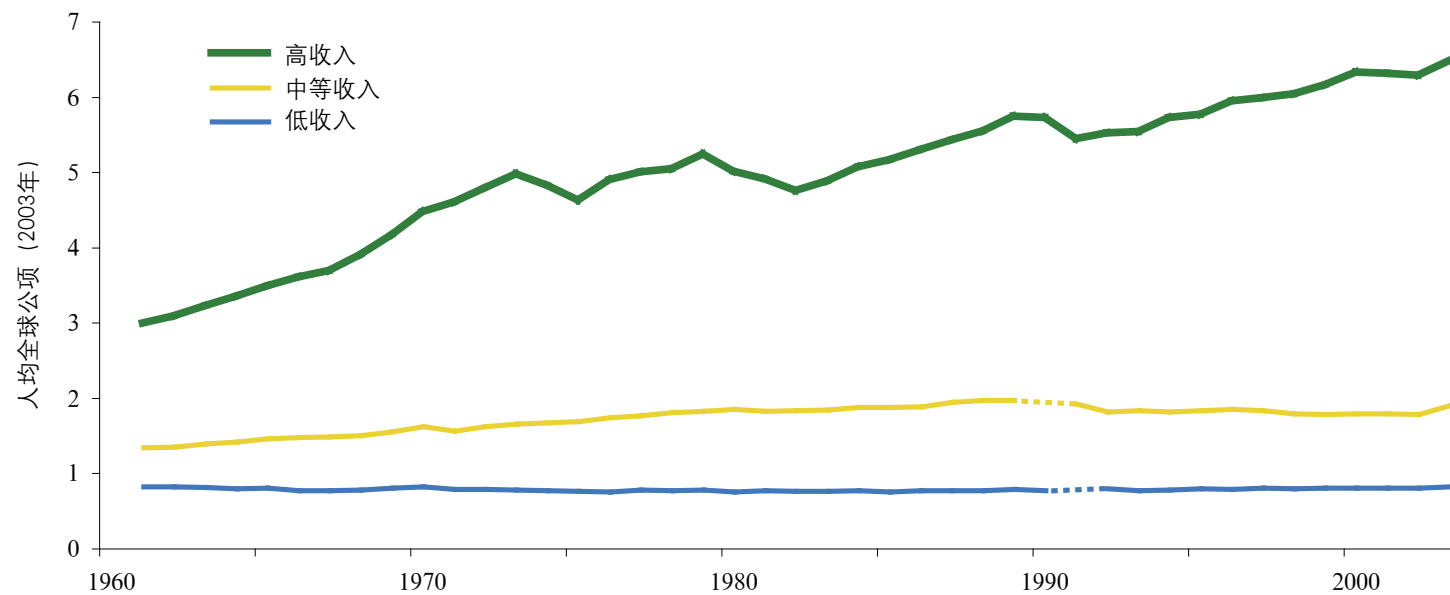
图 3.1：按国家划分的人均生态足迹（2003 年）



中国



图 3.2：按收入划分的国家生态足迹（2003 年）



4 亚太区的生态足迹

与世界其他地区相比，亚太区的人均生态足迹相对较低(图 4.1)。然而，庞大的人口数量使得本地区的总生态足迹在世界居于首位。在全世界范围内，亚太区的人口数量占到世界的一半以上，需求全世界 40% 的生物承载力(图 4.2)。

亚太区的生态足迹是其自身生物承载力的 1.7 倍。与之形成鲜明对照的是，在 1961 年，亚太区的生态足迹仅

是其生物承载力的 75%。过去的四十年里，这一地区的生产力持续提高，尤其是借助绿色革命和其他技术的引入，但是对资源和生物承载力的需求增加的更快。

亚太区弥补其生态赤字有两种方式。第一种方式是进口资源和使用他国的生物承载力和全球共有自然资源，第二种方式是，降低本地区的生物资本蓄积(例如，砍伐树木的速度大于树木更新速度)。

在亚太区的国家间，生态足迹差异较大。澳大利亚人均需求 7.7 全球公顷，孟加拉国人均需求只有 0.6 全球公顷。中国人均需求为 1.5 全球公顷(图 4.3)。

因为人口数量和生态足迹总值的庞大，中国和印度在这一地区的影响尤为突出。但需要看到的是这两个国家的人均生态足迹却还远在世界平均水平以下。

图 4.1：按地区划分的生态足迹 北美的人均生态足迹最大，然而，亚太区人口数量庞大，因而亚太区的总生态足迹最大。

图 4.2：亚太区占用的世界生物承载力 亚太区的人口和生态足迹快速增长。2003 年，亚太区需求全世界 40% 的生物承载力

图 4.1：按地区划分的生态足迹和生物承载力（1961–2003 年）

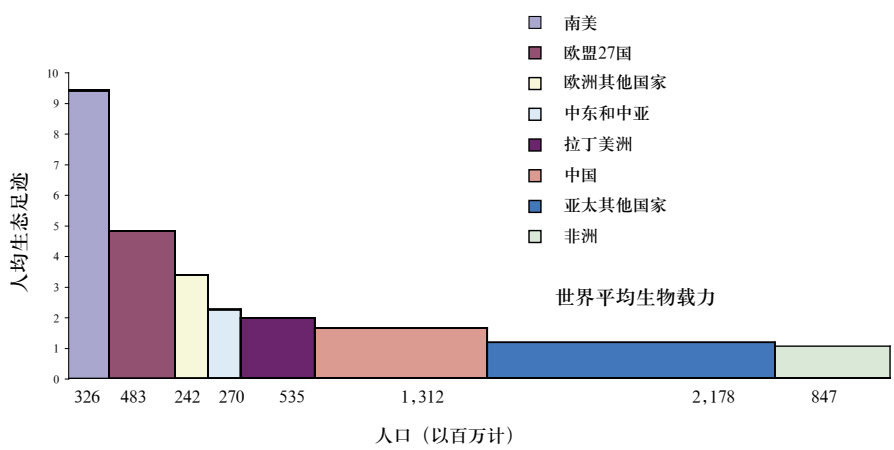
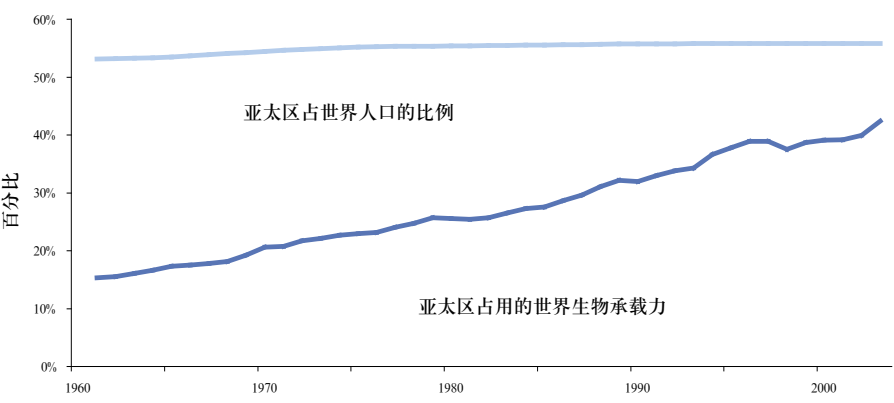


图 4.2：亚太区占用的世界生物承载力（1961–2003 年）



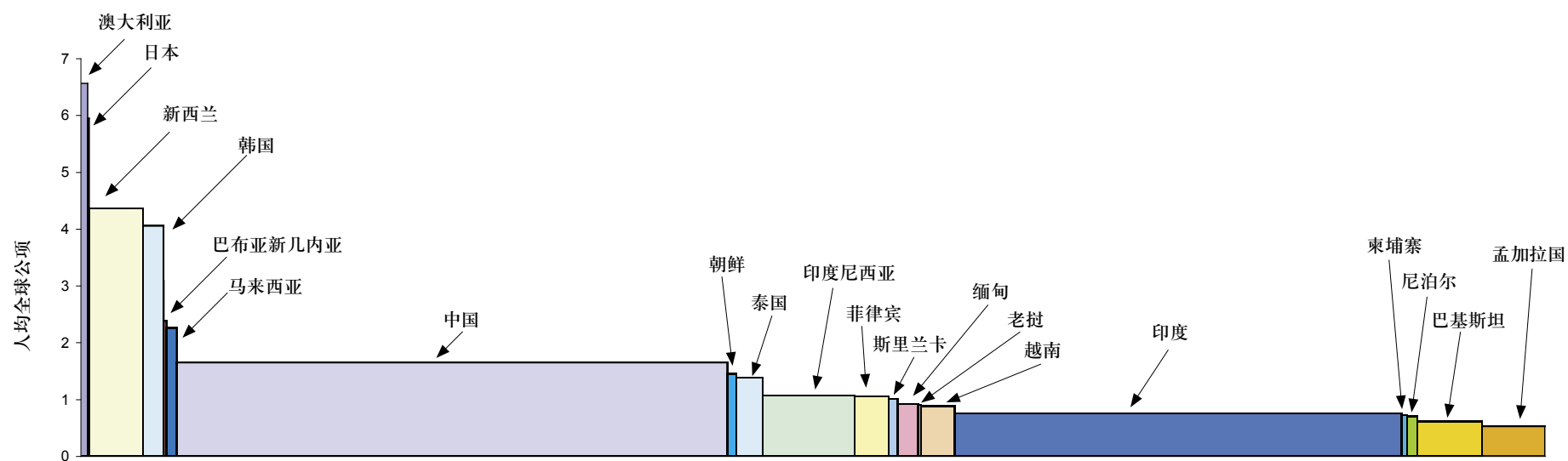


图 4.3：亚太区每个国家对生物承载力的需求和供应（2003 年） 纵轴是亚太区每个国家的人均生态足迹，横轴是人口数量。本地区的人口总数为 35 亿。中国 2003 年的人口数目是 13 亿。每个柱形条代表对应国家的总生态足迹。澳大利亚和日本的人均生态足迹最高，中国和印度的总生态足迹最大。

5 生态足迹概念在中国的发展

中国许多生态学家、环境学家乃至社会学家一直积极探索度量国家与区域可持续发展状态的指标，政府部门也大力支持可持续发展指标的研究，认为在新世纪里，可持续发展指标在引导决策支持方面至关重要。

1999 年中国学者徐中民率先开展生态足迹核算，随后这一方法在中国学界受到热烈响应，并迅速扩散，截止目前，已有 500 余篇研究论文发表。这些研究总体上归为两类：一类是采用综合法生态足迹模型，在中国及省际空间尺度上衡量不同区域的自然资本的需求；另一类是采用组分法生态足迹模型，描述和识别某一生产或消费行为（例如，旅游、交通）的生态足迹。

本章所综述的所有生态足迹研究均先于“生态足迹标准”——一套用于生态足迹报告编制与分析的方法指南与最佳实践 (www.footprintstandards.org)。使得这些研究虽然提供了有用的信息，但受采用方法差异的制约，研究结果可比性较弱。

中国及其各省的总生态足迹

中国的生态足迹研究最初以实践 Mathis Wackernagel 与 Bill Rees 在其所著的《我们的生态足迹》一书中构建的生态足迹基本模型为主。2001 年中国学者首次核算了中国的生态足迹与生物承载力（谢高地等，2001），并开展省际尺度上的时间序列研究。现有公开发表的研究覆盖了中国所有省份、70 余个市、20 多个县。2004 年，中国 21 世纪议程管理中心发表了 1980–2000 年中国及其各省份的生态足迹的时间序列变化结果。

该项研究取得如下主要结论：

- 1980–2000 年，中国生态赤字的省份由最初的 19 个扩大为 26 个（表 5.1），说明未来中国生态系统所受的损害可能进一步增强，跨国生态占用不可避免；
- 逐年扩增的生态赤字主要是由于化石能源消费的迅速增长；
- 中国生物生产性空间开发潜力已经不大，提高生物承载力的关键在于提高现有生物生产性空间的生产力。

• 与世界平均相应水平相比，中国生态足迹与生物承载力变化非常迅速，说明在一定程度上，中国决定着全球可持续性的未来情形。

总体而言，中国学者主要是采用综合法生态足迹模型，进行城市以上空间水平的生态足迹研究。已有一些学者开始进行基于投入产出分析的生态足迹研究，但是此类研究尚处于起步阶段。由于研究基于的数据来源多样，加上缺乏像在全球尺度上的统一标准，中国现有生态足迹研究的结果的可比性较弱，制约了其为用户服务的功能。在新版国际生态足迹标准的指引下，未来中国的生态足迹研究的结果可比性有望得到明显的提高。

特定生产与消费行为的生态足迹

组分法生态足迹模型是生态足迹分析的另一种方法，该方法通常是采用产品生命周期法，核算某一特定生产与消费行为从原材料获取到产品最终处置的所有环节的生态影响，研究结果有利于帮助组织与公众更好地认识其自身行为的生态影响后果，引导

他们采用较低生态需求的生产与消费行为。

目前，中国的组分法生态足迹研究主要是针对城市旅游、水资源、交通、教育、农产品加工，其中约半数研究针对旅游领域（图 5.1）。通常，旅游生态足迹被划分为旅游交通、住宿、餐饮、购物、娱乐、游览等 6 大组分，六者之和即为旅游生态足迹。研究表明（章锦河，张捷，2004）黄山市游客的人均生态足迹 0.106 gha，客均停留时间 3.13 天，相应的年度转化值为 12.36 gha，是当地居民人均生态足迹的 9 倍。交通组分生态足迹研究表明，北京市私家车的总生态足迹是公共汽车的总生态足迹的 5 倍多（梁勇等，2004）。

中国水资源学者还引入“水足迹”概念——一种与生态足迹法核算类似的概念来研究水资源。马静等（2005）研究表明，中国经济系统消耗的水资源量中，近 60 % 来源于绿色水（土壤水）。

化石能源消费的真实生态代价与收益

自 20 世纪 80 年代以来，全球包括中国在内的很多国家经历了快速的经济增长，同时也经历了快速的生态赤字提高。生态赤字的提高主要归因于化石能源消费的持续增长。对此，中国学者（谢高地等，2006；曹淑艳，2007）对化石能源的利用进行了专门的研究，并认为，化石能源消费的持续增长，虽然加大了能源消费国的总生态足迹，但同时也缓解了消费国生态系统的压力，因为如果不利用化石能源，人们就不得不依赖生物质能源来满足能源需求。换言之，利用化石能源在某种意义上有助于中国及其他国家保护其境内的森林资源，但是会把能源消费足迹施加给全球公民。

一项新的研究认为（曹淑艳，2007）：

- 在中国，燃烧天然气、石油产品、煤炭造成的生态足迹，与依赖生物能源资源提供等量有效“功”所需的生态足迹相比，前者更低。例如，燃烧煤炭每产生 1TJ (10^{12} 焦耳) 能量，中国

的生态足迹就增加 17gha。如果采用生物质能最优替代技术——生物质固化成型技术提供同形态、等效能的能量，则需要 23gha 生产性土地。与之相比，利用 1TJ 煤炭使中国的生态足迹减少 6gha（图 5.2）。

- 然而，使用化石能源带给我们的生态足迹“节约”是以消耗历史沉积下来的资源存量与大气中 CO_2 的增加为代价实现的。化石能源推进经济系统发展，这是在科学技术尚未达到足以使国民经济系统主要依赖可更新资源运转情况下的短期发展选择。这种发展选择伴随着化石能源耗竭、全球变暖、生态风险增加等系列问题。

- 通过化肥、农药与其他促进生产要素的施用，化石能源提高了中国耕地的产量，且由此产生的生物承载力的增加幅度大于化石能源投入造成的生态足迹的增加。可见，化石能源对中国生物承载力提高的贡献是不容忽视的。当然，中国也必须考虑集约化农业生产引发的土壤侵蚀与退化等其他长期影响。而这些影响尚未被纳入到生态足迹核算方法范畴之内。

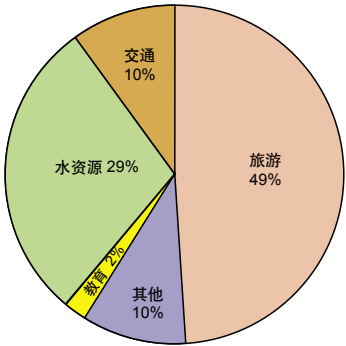
表 5.1 中国不同年代处于生态赤字区的省（市、自治区）个数 *

	1980 年	1990 年	2000 年
生态赤字区	19	24	26
严重生态赤字区 ($\text{ED} > 2.0$)	0	2	3
较严重生态赤字区 ($1.0 < \text{ED} \leq 2.0$)	3	2	4
中度生态赤字区 ($0.5 < \text{ED} \leq 1.0$)	3	8	12
轻度生态赤字区 ($0.1 < \text{ED} \leq 0.5$)	13	12	7
生态盈余或持平区	12	7	5
生态基本持平区 ($-0.1 < \text{ED} \leq 0.1$)	4	4	2
生态盈余区 ($\text{ED} \leq -0.1$)	8	3	3

* 中国的生态赤字区不断扩大，1980 年，有 19 个省处于生态赤字区，12 个省处于生态盈余区或持平区；2000 年生态赤字区扩大到了 26 个省（CSSD，2004）。ED：人均生态赤字 (gha cap^{-1})。

图 5.1：中国“组分法”足迹研究构成

中国组分法生态研究主要是针对旅游、水资源、交通、教育及农产品加工。其中约半数研究关注旅游领域。过去 10 年里，已公开发表的 42 篇相关文章中，有半数旅游生态足迹研究。



未来研究方向

近来,中国生态足迹研究开始关注生态消费的公平性、合理性与国际贸易的流转性(尚海洋等,2006;陈丽萍,杨忠直,2005;胡小飞等,2006;Zhongmin Xu 等,2003;曹淑艳,谢高地,2006)。例如,Gini 系数、胡佛中心指数被引入到生态足迹研究中,作为生态足迹与生物承载力区域分布的公平性的指标度量(曹淑艳等,2007b)。在生态足迹的合理性研究上,有研究以中国营养学会推荐的均衡膳食为基础提出均衡膳食足迹,并推荐以之作为衡量人口食物消费的合理性标竿(曹淑艳,谢高地,2006)。还有一些研究关注林产品、水资源、农产品的国内、国际贸易引起的生态足迹的区际转移和国际转移(陈丽萍,杨忠直,2005;胡小飞等,2006;于格等,2005)。

总体上,生态足迹研究在中国受到了广泛应用,并为政策支持所欣赏。已有研究成果对政府的生态环境建设政策选择和对社会公众的生态环境保护意识提高都发挥了重要的影响(陈秋

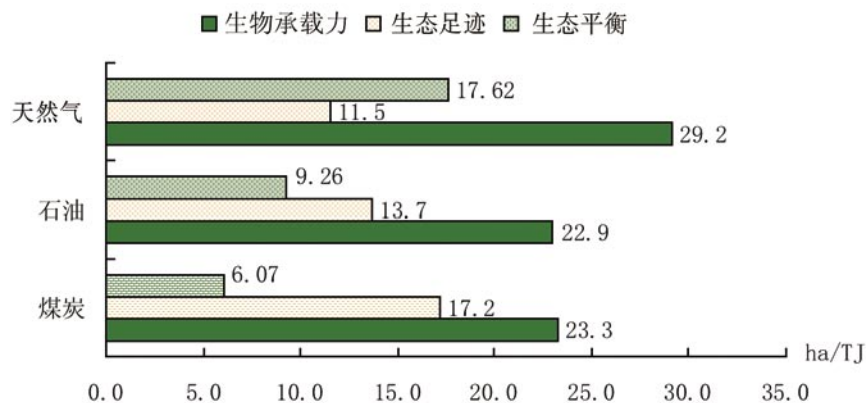
林,毛德华,2007;叶玉瑶等,2008)。

中国一些政府机构已初步表露出利用生态足迹服务决策的偏好。展望未来,中国的生态足迹研究还应在如下方面加大力度:

- 在研究尺度上,增加对小尺度与组分水平的研究,以满足管理决策和公众教育的需要;
- 在时间持续性上,增加长时间序列的研究,以揭示区域生态足迹变化的特征、区域发展演化的动力机制和未来发展的可能;
- 在研究方法上,未来研究应采用统一方法与数据来源,以提高核算结果的准确性与可比性;
- 继续加强对化石能源与生物质能源的生态效应差异、生态消费的公平性以及生态足迹跨区流动等重点领域的研究。

图 5.2: 单位化石能源使用的生态足迹与利用生物质能源生产等效能量的生态足迹

三种化石能源的生态足迹(黄色)根据 1 TJ 化石能源燃烧释放的 CO₂ 量所需的碳纳土地面积计算;利用生物质能资源生产类似形态、同样功效的能量所需的生态足迹(深绿色)基于中国现有可利用最佳生物质能源收获与加工技术计算。假定在化石能源与生物能生产两种情景下,中国能源消耗保持不变,显然,利用化石能源情景下,中国的生态足迹相对较低。



6 中国的生态足迹和生物承载力

中国过去的四十年是发展的四十年。1961 年以来，中国的人口已经翻了一番，中国的人均生态足迹也翻了一番，其对地球总需求增加有四种因素。1961 年，中国生物承载力占位居 114 位，现在中国的生物承载力需求超出美国以外的任何国家。

然而，除了高需求以外，中国也非常幸运的有如此大的可用承载力。其农田可以生产的有用产品居于世界第二位。2001 年，中国的森林木材产量是整个西欧木材产量的 1.6 倍，中国的可用牧场

面积比经济合作和发展组织（OECD）成员国的牧场总面积还要大。

可持续发展要求人类的需求在大自然可以再生的能力范围之内。然而，如果一个国家消耗大于其自身生态系统可以提供的量，将会出现生态赤字。赤字仅有两种形式，依赖于国外生物承载力的进口和消耗全球共有自然资产；或者是耗竭本国的可用生物承载力。

从 20 世纪 70 年代早期，中国总体出现生态赤字。农田赤字已经减少，但

是中国每年仍旧需要进口相当于 83 000 000 全球公顷的农田承载力。中国的草场和森林有生态盈余，这些类型的承载力在国家可以供应的范围之内，但是这些盈余随着时间变迁也在减少。渔业方面小的盈余已经转变为生态赤字。

随时间最显著的变化是碳足迹的急剧增加。这与这段时期内人均能源消耗同等程度的剧烈增加有关，已经增加 2 倍。鉴于中国的燃煤电力是碳密集性行业，电力部门对于减少碳足迹将扮演重要角色。

图 6.1：中国的生态赤字（1961–2003 年）
20 世纪 70 年代中期以来，中国对生物承载力的需求开始超出其自身生态系统的供应能力，如今，中国需要两个中国大小的面积生物承载力。

图 6.2：中国每种土地类型的生态盈余和生态赤字 除林地以外，中国的所用土地类型已经出现生态赤字。然而，林地在过去的四十年稳步减少，将很快出现赤字。CO₂ 地是最严重的赤字，是导致中国生态赤字的主要原因。因而，减少碳排放可以显著降低中国总的生态赤字。

图 6.1：中国的生态赤字（1961–2003 年）

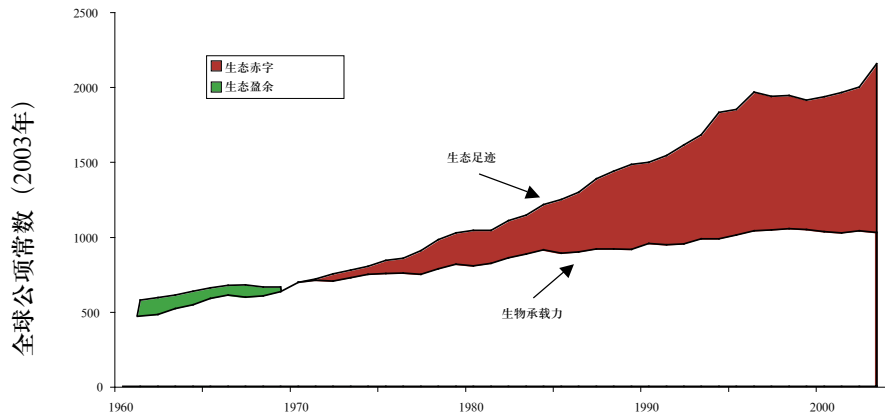


表 6.1：按土地类型划分的中国总生态足迹和生物承载力（2003 年）

土地类型	总生态足迹 (百万全球公顷)	总生物承载力 (百万全球公顷)
农地	530	450
放牧地	160	160
森林	150	210
二氧化碳（化石燃料）	990	—
核能	10	—
已建土地	90	90
渔业空间	220	120
总计	2,150	1,030

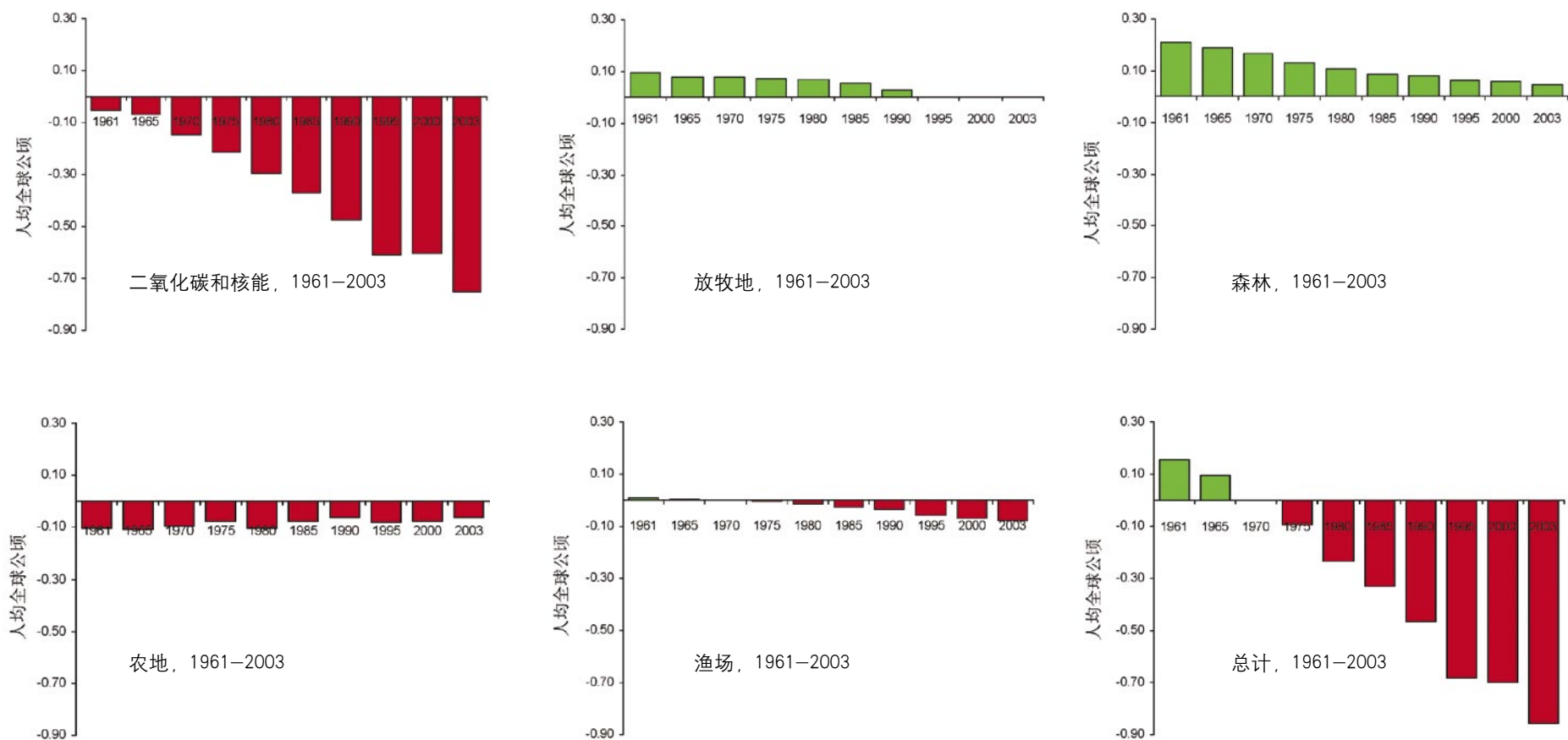


图 6.2: 中国各种土地类型的生态盈余或生态赤字

除林地以外, 中国的所用土地类型已经出现生态赤字。然而, 林地在过去的四十年稳步减少, 将很快出现赤字。二氧化碳地是最严重的赤字, 是导致中国生态赤字的主要原因。因而, 减少碳排放可以显著降低中国总的生态赤字。

7 中国生态足迹的全球影响

中国国际贸易以进口初级产品与原材料(如木材)、出口制成品(如纸张、家具)为主要特色。2003年,联合国研究指出,中国进口贸易携带的生物承载力总计 $480 \times 10^6 \text{gha}$,出口贸易携带的生物承载力总计 $350 \times 10^6 \text{gha}$ 。因此,净进口生物承载力 $130 \times 10^6 \text{gha}$,几乎匹敌于德国全国的生物承载力。一定程度上,净进口资源保障了中国在生态赤字下运转。

在核算中国贸易输入、输出的生物承载力时,主要考虑进出口的大宗货物。在本研究中,包括谷物、大豆、棉花、羊毛、蔬菜、水果、水产品、畜禽肉、木材以及它们的制品。在本初步分析中,尚未涵盖国际贸易携带的碳排放足迹,其在进口贸易中约占进口总生态足迹的一半,在出口贸易中约占总出口生态足迹的三分之二。

对于选定的货物,2004年中国在国际贸易中进口生物承载力 $161.1 \times 10^6 \text{gha}$,出口生物承载力 $95.4 \times 10^6 \text{gha}$,代表了进出中国的非碳足迹的主体部分(图7.1)。其中,林业用地贸易居各大宗货物清单之榜首。这主要是由于中国森林资源相对稀缺,难以满足国内消费的需求,大量进口原木、纸浆和纸品的结果。

在国内消费需求与出口生产需求的双重拉动下,未来一段时间内,中国不可避免地会继续进口生物承载力。在城市化与经济发展的驱动下,人口膳食结构中肉、奶消费份额将进一步增加,预期中国将在国际贸易中获得更多的草地与耕地承载力空间。

表7.1与图7.2描述了2004年中国与其主要贸易伙伴之间进行选定的大宗货物贸易携转的生物承载力情况。中国生物承载力进口的源国主要是美国、加拿大与印尼,其中进口自美国的生物承载力主要是谷物、木材及纸浆等贸易共同作用的结果,而进口自印尼的生物承载力空间几乎全部缘于纸浆贸易。而生物承载力输出汇国主要是美国、日本、韩国与澳大利亚,其中美国、日本与韩国主要是从中国购买毛纺制品与水产品及其制品,而澳大利亚主要从中国购买纸制品。目前中国已经生态赤字,所以,上述贸易联系的安全对中国未来发展的影响将日益增强。

输入到中国的生物承载力在经济系统中的去路主要有三种:直接消费、间接消费与国际贸易再出口。

■ 直接消费:进口的产品不经任何加工,直接用于满足中国人口生活消费,精米进口是最典型的例证;

■ 间接消费(国内再分配):进口的产品作为生产的中间输入,转化成其他制成品,然后再为国内所消费。例如,进口玉米作为生猪饲养饲料,然后生产猪肉满足国内消费;

■ 国际贸易再分配:进口的产品作为生产的中间输入,转化到其他产品之中,然后再出口供其他国家与地区消费。例如,中国从澳大利亚与新西兰进口羊毛,然后加工成毛纺制品出口给美国、日本。中国的贸易格局主要属于此类:进口初级产品,出口加工制成品。

总体而言,中国的进净进口(留在国内被消耗掉的部分)仅比进口总额的 $1/4$ 略多。

表 7.1: 中国与主要贸易伙伴间大宗货物贸易携带流转的生物承载力
(2004 年, 10⁶gha) 未包含碳足迹。

	进口	出口	净出口	主要产品
印度	1.5	3.3	1.9	羊毛
印尼	11.3	2.3	-9.0	木制产品 (WP)
马来西亚	1.0	1.7	0.7	水产品 (AP)
日本	1.5	17.2	15.8	AP
沙特	0.0	0.6	0.6	木材
新加坡	0.0	1.2	1.2	棉制品, 猪肉
韩国	1.0	14.2	13.3	AP, 棉制品
泰国	3.4	0.6	-2.8	WP, AP
德国	1.1	3.0	2.0	AP, 羊毛
法国	1.2	0.5	-0.7	面粉, 谷物
英国	0.4	2.0	1.6	羊毛, AP
意大利	0.4	1.2	0.8	羊毛
荷兰	1.3	2.0	0.7	AP
俄罗斯	6.6	2.3	-4.3	AP
西班牙	0.3	0.7	0.4	AP
加拿大	17.6	1.2	-16.4	WP
美国	13.7	11.4	-2.3	棉花, 谷物, WP
南非	0.4	0.5	0.1	棉花
埃及	0.2	0.2	0.0	羊毛
巴西	6.3	0.1	-6.2	WP
墨西哥	0.1	0.6	0.6	AP, 棉制品
澳大利亚	4.1	12.3	8.2	WP
新西兰	3.8	0.2	-3.6	WP, 羊毛
合计	77.1	79.6	2.5	

图 7.1: 中国生物承载力的国际贸易流动 (2004 年)

林业资源匮乏, 使得林地成为决定中国生物承载力净进口幅度的主要生物生产性空间类型。

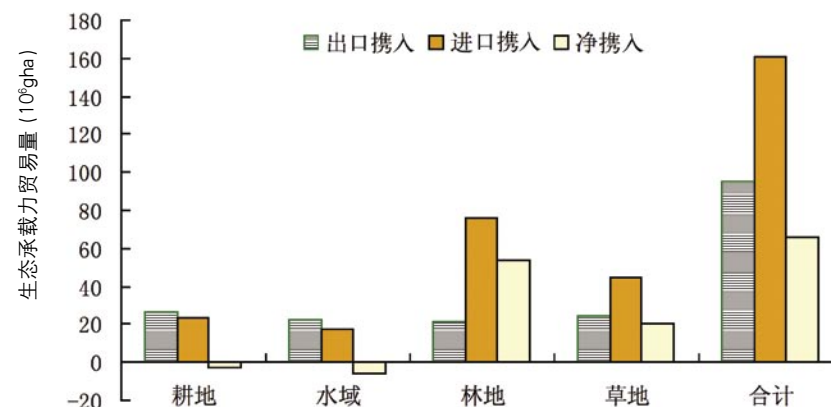


图 7.2： 中国与主要贸易伙伴间大宗货物贸易携带流转的生物承载力（按国家）

图 7.2： 在国际贸易（部分国家）中，中国的生物承载力主要输出至周边国家，如韩国和日本，而输入自森林资源丰富的较远国家，例如，加拿大、印尼和巴西。生物承载力为正时，表示净进口即净输入；为负时，表示净出口即净输出；中国跨国净进口的生物承载力有相当一部分来自于本图所列入国家之外的其他多个国家。

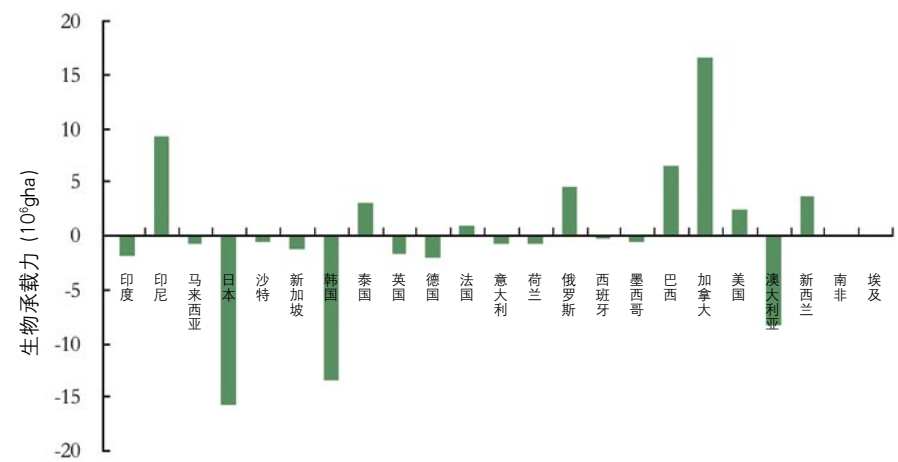


图 7.3： 中国与主要贸易伙伴间大宗货物贸易携带流转的生物承载力（按选定国家所属的大洲）从洲际看，中国的生物承载力主要输出至亚洲和大洋洲，而输入自北美洲与拉丁美洲，在欧洲的输入输出基本平衡。本图仅统计中国与其主要贸易伙伴间的大宗货物交易，且未包含碳足迹。

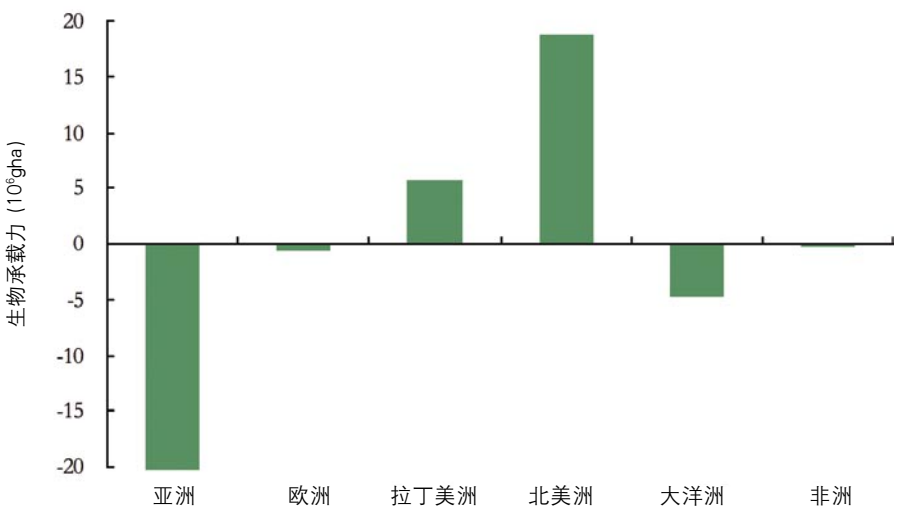


图 7.4：中国与主要贸易伙伴间大宗货物进口
贸易携入的生物承载力（2004）

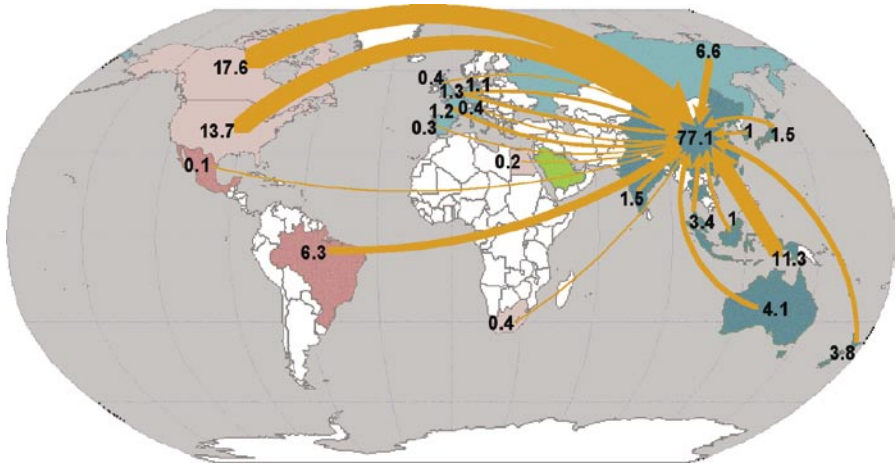


图 7.5：中国与主要贸易伙伴间大宗货物出口
贸易携出的生物承载力（2004）

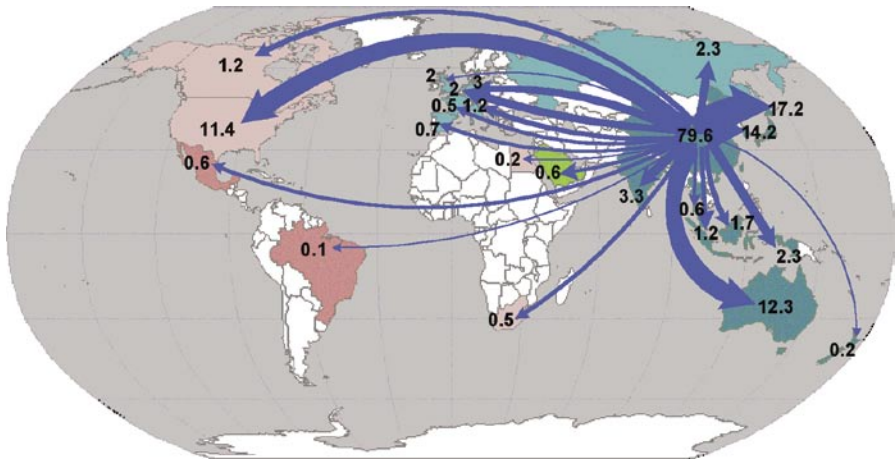
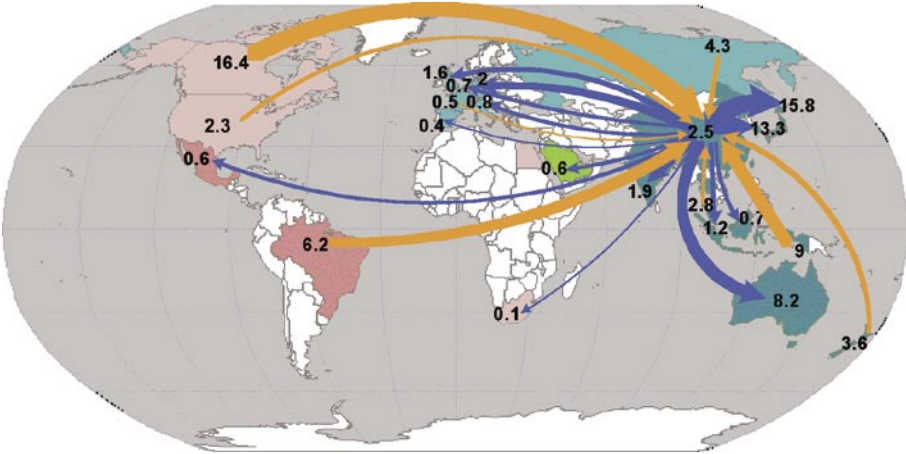
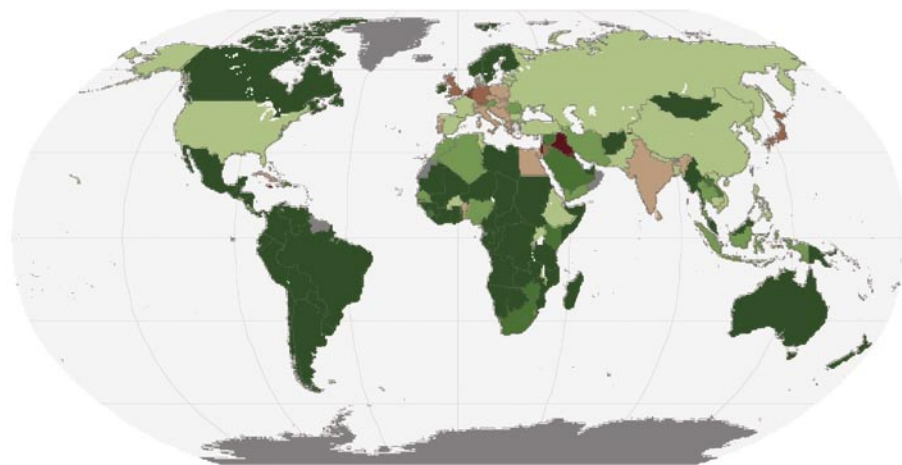


图 7.6：中国与主要贸易伙伴间大宗货物
进出口贸易净携转的生物承载力（2004）



8 全球发展挑战

图 8.1 (a): 1961 年



生态负债国是指一国的总体消耗大于其自身生态系统的供应能力。生态债权国拥有生态盈余，本国居民的生态足迹低于本国的人均可用生物承载力。生态债权国的生物承载力盈余

可以不开发，也可以开发之后出口到别的国家。尽管是盈余，但是如果不合理管理生态系统，生物承载力仍可能被过度利用。

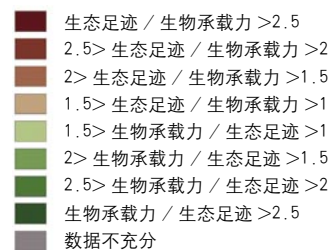


图 8.1 (b): 1982 年

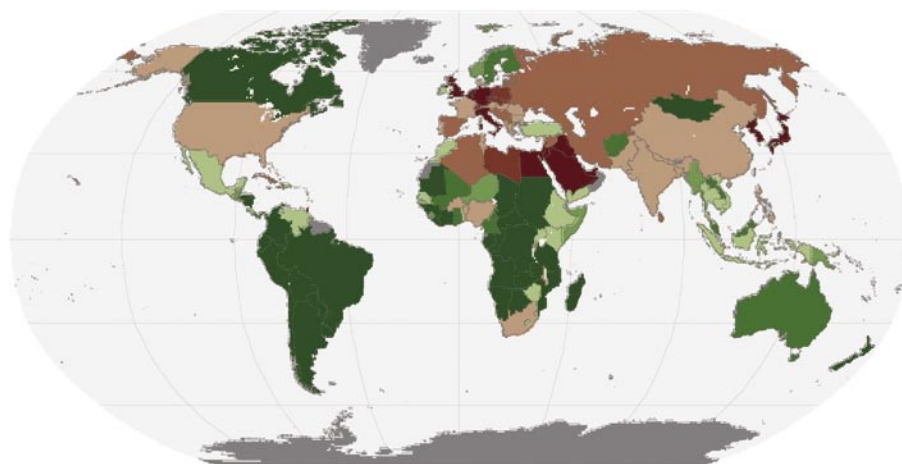
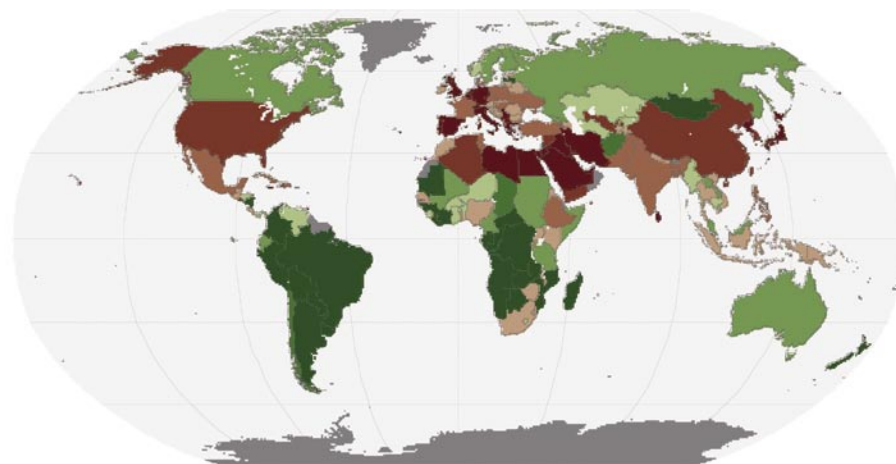


图 8.1 (c): 2003 年



随着全球生态超载的持续和扩大，生态负债国和生态债权国都会认识到生态资产越来越重要。在全球面临更大的生态超载情况下，减少一国的生态足迹因而变成了国家改善其顺应力，增强国家安全，和发挥比较优势的方式。

事实上，随着生态赤字的增长，欧洲环境署认为当今世界流行的地缘政治划分可能将会由现在按经济划分的发达国家和发展中国家，转变成按资源划分为生态负债国和生态债权国。仅有生态盈余，尚不能创造人类福祉。例如，有些国家内部冲突不断，人均生态足迹较低，如阿富汗或索马里，尽管是生态债权国，然由于国内动荡，因而阻碍了人们获取生物承载力来满足基本需求。生态盈余是必需的，但是对于人类的福祉显得不足。

图 8.1 生态负债国和生态债权国 1961, 1982, 2003 年 生态负债国用红色标示，生态债权国用绿色标示。1961 年，147 个国家中仅有 26 个是生态负债国，但是到 2003 年，90 个国家出现了生态赤字。

满足可持续发展目标（所有人用自然的方式生活）的发展，可以通过生态足迹（人类对自然需求的指标）、和人类发展指数（HDI，基本的人类发展指标）相结合来共同检验。联合国开发计划署（UNDP）每年发布一次人类发展报告。

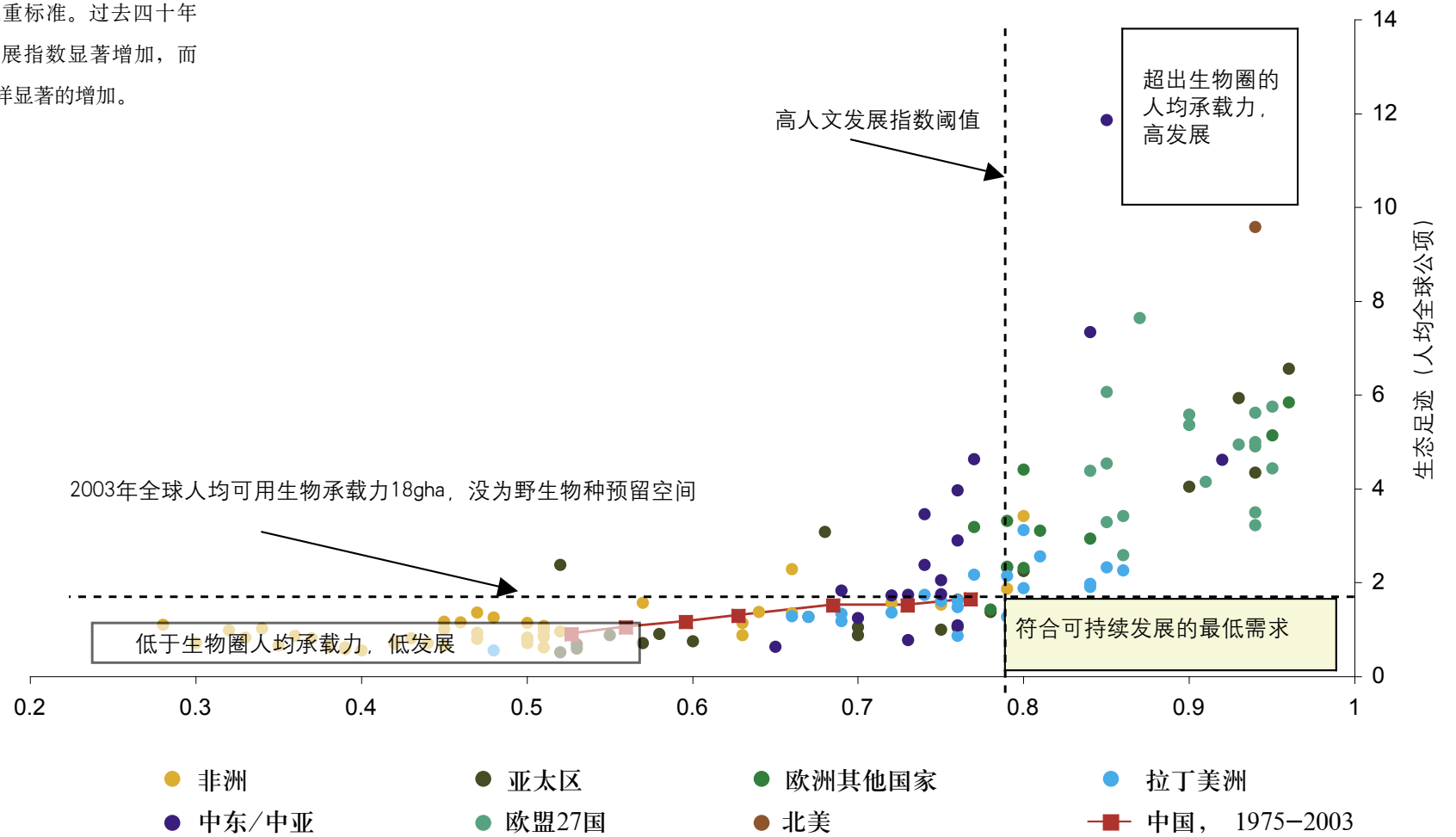
符合可持续发展目标的发展，应允许所有人用自然的方式过充实的生活，而且还可以通过两个指标来检验，即生态足迹——表示人类对自然需求的指标，人类发展指数——基本的人类发展指标。

联合国开发计划署（UNDP）认为一国的人类发展指数超过 0.8 就是高人文发展水平。人均生态足迹低于 1.8 全球公顷全球——全球人均可用生物承载力，意味着这个国家的生活方式可以在全世界范围内持续复制。可持续发展要求世界在平均水平上满足这个要求，右下角的蓝色区所示。

就地区而言，在 2003 年，亚太和非洲需求低于人均 1.8 全球公顷，而欧洲和北美的人类发展指数高于 0.8。世界上任何地区和全世界总体都不满足可持续发展的标准。在国家水平上，根据其向联合国提交的报告，拉丁美洲的一些国家接近可持续发展。

在过去的 40 年里，中国的人文发展指数快速增加，相应人均生态足迹中度增加。中国现在正处于选择的交叉点上：他们做出的经济优先选择是不是在促使高发展的同时而没有导致高的生态足迹？这种发展会使中国在全球生态超载的情形下更加强大。而寻找这一道路需要认真计划和管理。中国的未来和世界生态系统取决于中国在未来的几十年里做出的决策。

图 8.2：人类发展和生态足迹，2003
国家按地区进行分组，中国始于 1961，
在图中用红点表示。尽管逐步采用可持
续发展的策略是一项明确的政策目标，
目前仅有一个国家满足高人文发展和
低生态足迹的双重标准。过去四十年
里，中国人文发展指数显著增加，而
生态足迹没有同样显著的增加。



9 国家简介

世界在过去的四十年里发生了巨大变化。许多国家，包括亚太区，经济快速增长，贫困减少，生活质量改善。然而，相应的生态足迹也增加了。

整体而言，现在人均消耗的要多于 40 年前。但是，与此同时，人均可用生物承载力总量在下降，全世界人口增速超过其生产力土地和生态系统产量的增速。这两个压力导致了全球各国的生态赤字的增加。

从中国四十年来的生态足迹、生物承载力和人均 GDP 变化来看，这一情形也是显而易见（图 9.1）。或许，令人惊奇的是，最大的人均 GDP 绝对增加没有伴随着同等剧烈的生态足迹增加。导致这一现象的原因是，低资源密集型活动的增加，或者生态足迹的分布不均和不同人群的收入分布不均。

印度的情形则不同（图 9.2），人均生态足迹略微减小，但人口增加导致总生态足迹大幅度增加。印度的时间变化趋向表明生物承载力制约生态足迹，这些年生物承载力显著下降或者锥形上升，相应的模式在生态足迹的图中也可以看出。

日本和美国（图 9.3, 9.4），这些高收入国家从国外进口资源，显著的增加了本国的生态足迹。从图中可以清楚地看到在过去的四十年里存在与不景气相关的消费减少。有趣的是，通过技术和经济结构的变革，日本的人均生态足迹与 20 世纪 70 年代早期相比仅提高了不到 20%，尽管此间人均 GDP 已经翻一番。

值得注意的是，与快速增长的亚太区国家相比，美国和欧盟（图 9.5）在过去的三十年里人均生态足迹和人均生物承载力都呈稳定增加态势。这些高收入国家的居民消耗的快速增加出现在 1961 年以前，因而，从这些图上看不太明显。

非洲的情形则显著不同（图 9.6）。就全非洲而言，其人均消耗增加很少，而快速的人口增长，已经导致人均可用生物承载力的剧烈下降。总的看来，非洲仍是一个生态债权国，其中的一些生态盈余出口到国外。

图 9.1–9.6：中国、印度、日本、美国、欧盟和非洲的人均生态足迹，人均生物承载力和人均 GDP，1961–2003

图 9.1：中国的生态足迹，生物承载力和 GDP（1961–2003 年）

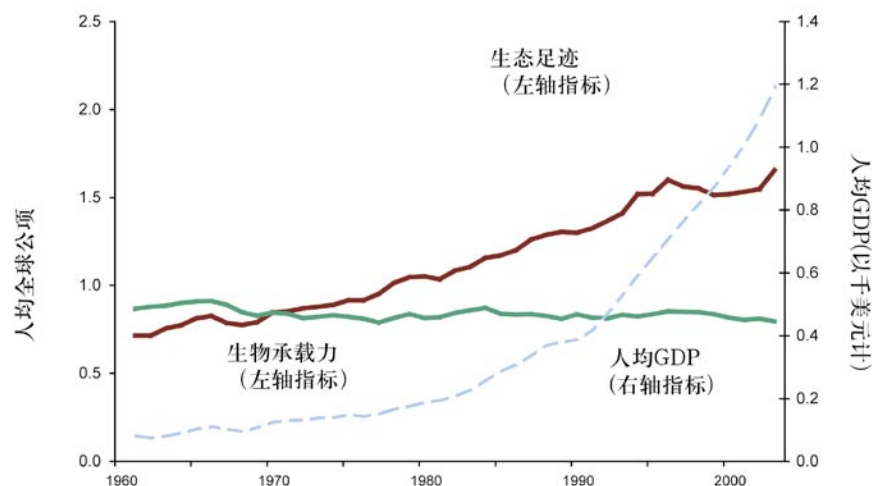


图 9.2：印度的生态足迹，生物承载力和 GDP（1961–2003 年）

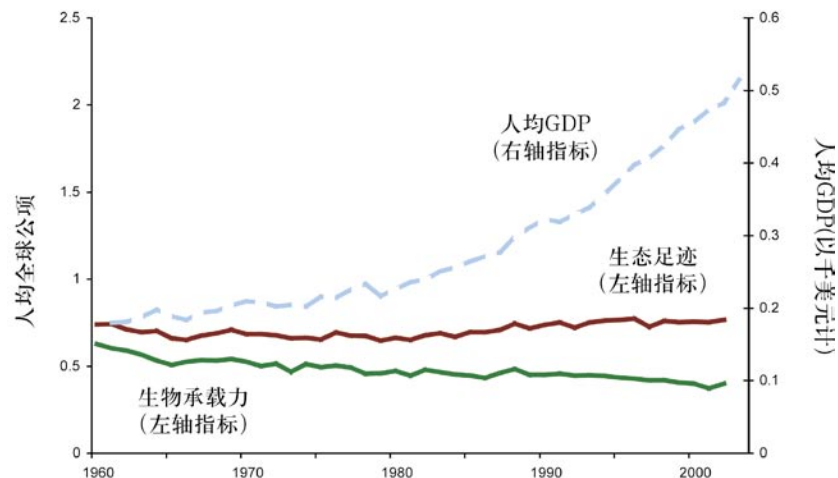


图 9.3：日本的生态足迹，生物承载力和 GDP（1961–2003 年）

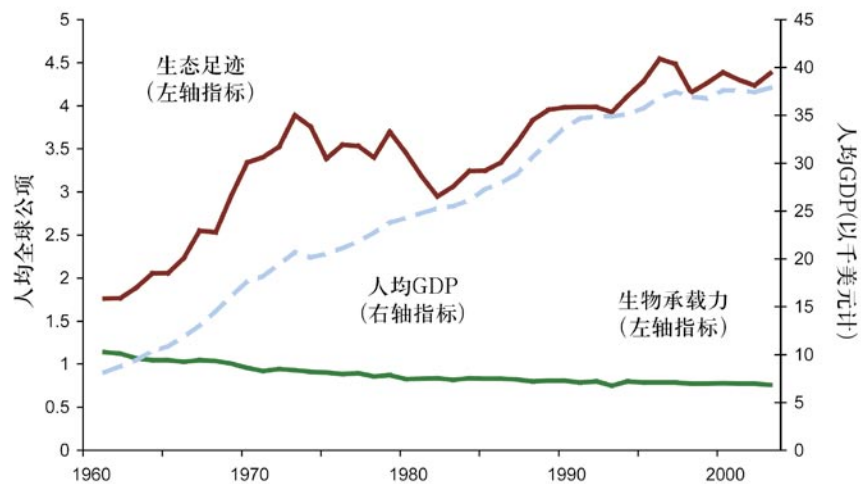


图 9.5：欧盟 27 国的生态足迹，生物承载力和 GDP（1961–2003 年）

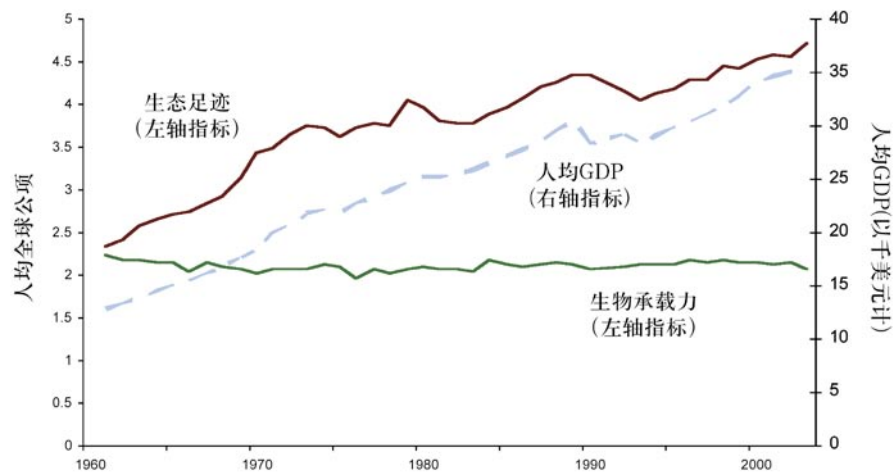


图 9.4：美国的生态足迹，生物承载力和 GDP（1961–2003 年）

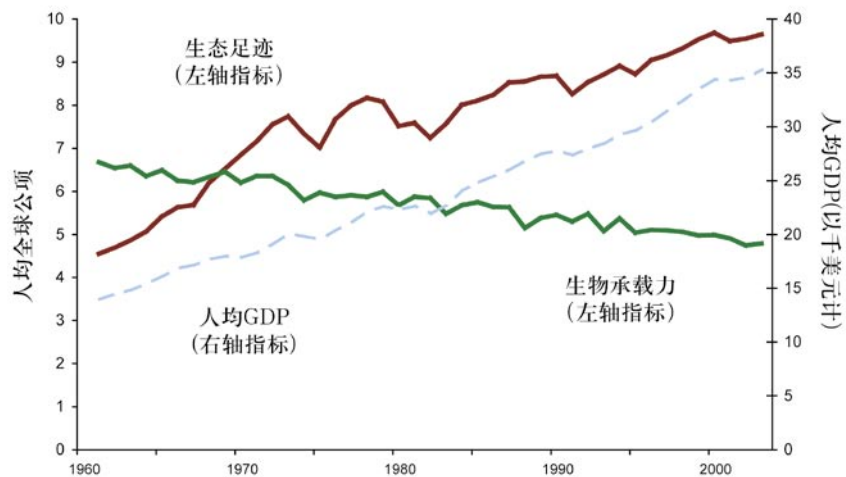
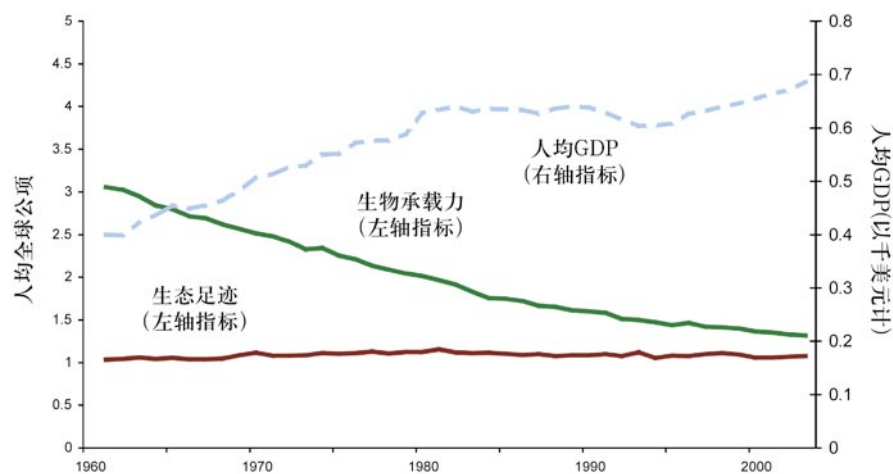


图 9.6：非洲的生态足迹，生物承载力和 GDP（1961–2003 年）



10 中国未来的道路

中国在新世纪的选择与全世界的命运密切相关。如果全球继续沿目前的轨道发展,即使联合国乐观的估计——适度的人口增长,适度的食物和纤维消耗,和适度的二氧化碳排放,到2050年,人类对资源和生态服务的需求将会两倍于地球可以供应的数量。换句话说,到2050年,需要两个地球才能维持人类的生存。

在这种全球环境下,中国的生态赤字持续增加,这就使得中国更加依赖国外的生物承载力,将使本国的生态系统面临退化和崩溃的风险。随着这种限制的日益明显,生态赤字将会对中国的经济和社会造成日益增大的风险。

面临新的生态现实,中国如何做出成功的决策?中国在减少生态赤字的同时,采取何种措施来继续提高人民的生活水平?

决定中国生态赤字大小的有五个因素(图10.1)。其中,三个影响中国对整个地球的需求,即人口数量,人均消耗,和每单位消耗的足迹强度。其他两个因子——可用的生物生产力面积和这些土地的生产力或产量——影响生物承载力,即中国生态系统的供应能力。

1. 人口因素

通过鼓励少生,人口增速可以放缓,乃至实现负增长。实践证明,为妇女提供安全的和可以负担的计划生育,更好的教育,经济机会和健康护理可以实现人口增速的放缓。人口数量变化较慢,现在的决策会影响将来的多代人。

图 10.1: 决定生态超载的五个生态足迹和生物承载力因素

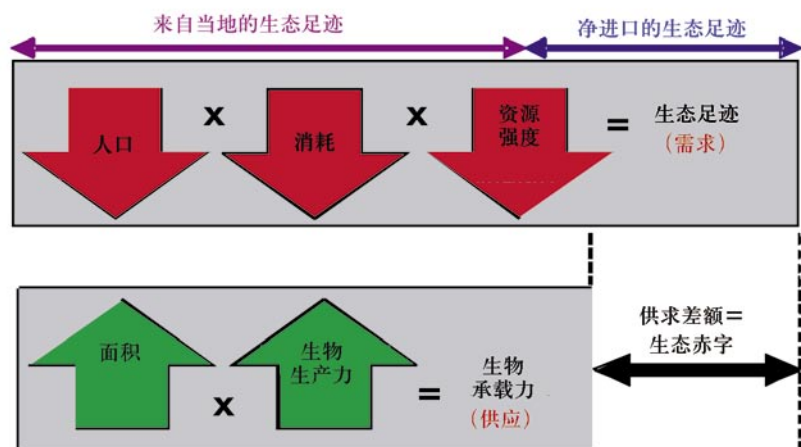
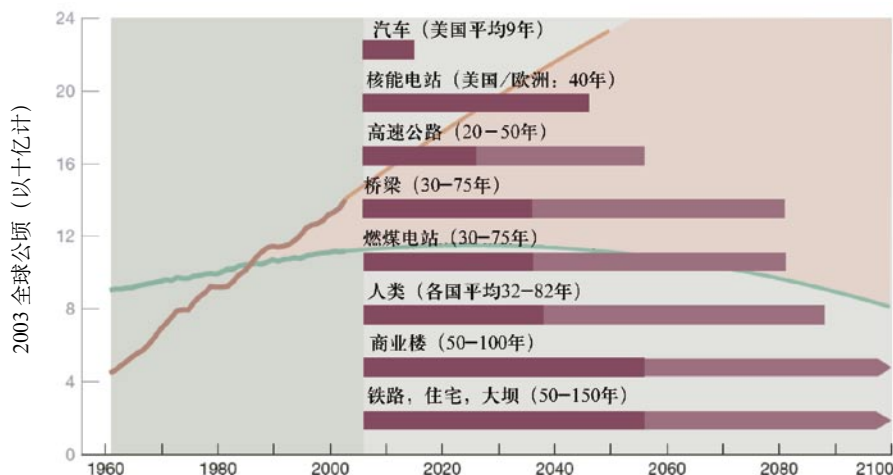


图 10.2: 人、财产和基础设施的寿命



2. 消费因素

减少人均资源消耗的潜力取决于个人的经济状况和所处的社会文化背景。生存线以下的人们为提高生活水平需要增加消费，而富裕的人在降低其生活水平的前提下，应减少消费。例如，意大利的人均生态足迹不足美国的一半。

3. 技术因素

对于任何数量和任何消费水平的人类，用于提供货物和服务的生态足迹通常都可以显著的降低。降低消耗的生态足迹强度可以通过多种方式实现：提高制造业和家庭的能量利用效率，减少废物和加强循环利用，制造燃料利用率高的汽车，减少货物的远距离运输。商业和工业要适应国家推动资源有效利用和技术革新的相关政策和激励措施，这些政策和消耗压力一样清晰和长久。

4. 面积因素

某些情况下，可用生物生产力面积可以增加。通过精细经营管理，退化土地可以复垦，山区的土地可以建梯田（有成功的历史），灌溉可以使荒地变为生产性土地。然而，增加生产用地的措施和政策必须谨慎，以免对生物多样性和野生物种的健康造成负面影响。要采取措施使新增长生产性土地的生产力不仅限于最初的几年，采取好的土地经营措施确保现有的生产性土地不让位于城市化，盐渍化或荒漠化。

5. 生产力因素

每公顷土地的有用产出取决于生态系统的类型和经营管理措施。农业技术可以提高生产力，但是也减少了生物多样性。如果土地退化，收益将会变为负值。能源密集农业和高度的化肥依赖可能会增加产量，但是其代价是需要更大的生态足迹来弥补增加的产出。

在中国所有的可能选择和投资中，哪一个是最重要的呢？减少生态赤字的一个总的策略同样重要：

(1) 从简单的事情做起

这一策略最简单、最廉价和最容易为公众所接受。对清洁工艺的投入，如高效能灯泡，通常能快速的减少足迹强度而不降低终端消费者的生活质量和商业的利益。这一策略能够导致能够产生快速的，短期的收益，推动社会向着降低生态足迹的方向发展。

(2) 效果较慢的优先解决

彻底减少中国的生态赤字，需要考虑到现在所做出的很可能会有长期影响的决定（图 10.2）。通常，当今所做出的最重要决定不是那些现在对地球需求最多的决定，而是那些长期具有中度和高度需求的。尽管与新兴的轻便铁路系统建设相比，高速公路保养更便宜，但是长远看来，将来高速公路的需求将会高于轻便铁路系统。由于人的寿命较长，与人口和建筑相关的决策和行动的效果较慢，将会影响生态赤字直到新世纪。

11 中国：致力于发展可持续性的策略

在未来一、二十年内，中国社会经济系统消费可能依然危及本国的生态系统，并对全球生物承载力施加更大的压力。随着城市化、工业化和全球化的快速发展，中国人均自然资源需求将进一步增长。在不采取措施的情况下，人口数量与人均生态足迹的双重增长，势必导致更大的生态赤字，现时的经济发展冒着耗用未来子孙赖以生存与发展的国内、国际自然资本赋存的危险。

中国政府已经深刻意识到这一问题的严重性，明确将可持续发展列入全面建设小康社会的奋斗目标。明确指出要采取系列措施推进国家可持续发展不断深化，自然环境得以改善，能源利用效率显著提高，人与自然协调发展，以使中国整体走上生产发展、生活富裕、生态良好的发展道路。

基于上章所列的总体发展策略，为中国推荐“CIRCLE”综合发展策略。“CIRCLE”是紧缩化策略 (Compact)、个人责任化策略 (Individual)、减量化策略 (Reduce)、碳策略 (Carbon)、土地策略 (Land)、高效化策略 (Efficiency) 的英文首字缩写，这一策略对于中国实现可持续发展目标至关重要。

1. 紧缩化策略 (Compact)：控制城市扩张的策略

中国城乡之间的人均生态足迹差异非常显著，与农村相比，城市需要更多的生物承载力来支持其生活模式 (图 11.1)。然而在相对的高收入补偿作用下，城市生活能较农村生活在资源利用上更为高效。预计到 2020 年，中国人口总量可能达到 14.5 亿人，城市化率为 55%，这意味着这未来 12 年内中国居住在城市的人口将比现在多 2.2 亿余人。

图 11.1：中国城乡人口的生态足迹差距 (2004)

城乡人均生态足迹差距 = 城镇地区人均生态足迹 - 农村地区人均生态足迹

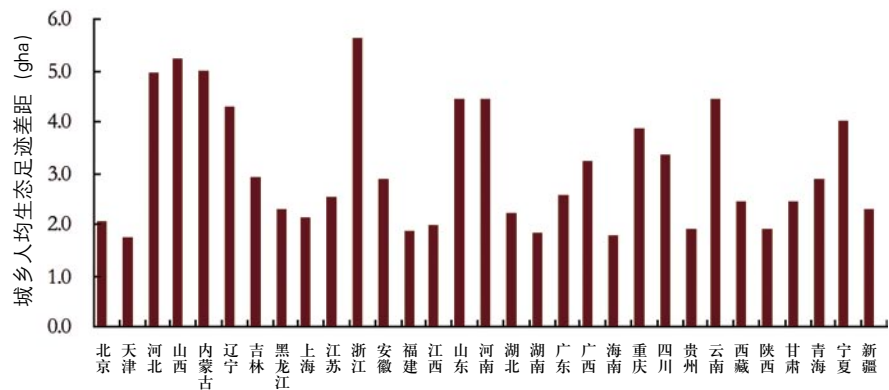


表 11.1：城市化发展下中国土地资源数量与结构的变化 (1982–2000)

本表的研究结果按早期的土地利用类型系统汇总，与报告其他部分采用的足迹组分分类有所不同。

	林地	草地	耕地	园地	水面	建成区	未利用土地
	总量 (10 ⁶ ha, %)						
1982	198.7	264.0	126.7	5.8	36.5	27.8	300.5
2000	229.2	263.8	127.6	10.6	22.0	36.4	270.3
变化率	15.3	-0.1	0.7	82.8	-39.7	30.8	-10.0
	人均量 (ha, %)						
1982	0.20	0.27	0.13	0.01	0.04	0.03	0.30
2000	0.18	0.20	0.10	0.01	0.02	0.03	0.21
变化率	-11.74	-23.55	-22.94	39.83	-53.88	0.18	-31.18

城市集约化发展策略是在越来越多的人涌入城市地区的情况下，预防中国生态足迹大量增长的最有效策略。尽管在 20 世纪的后 20 年里，中国在加速城市化步伐的同时，稳定了土地利用的格局（表 11.1），但是，年均 1.5% 的建成区扩展速率与不断降低的人均绿色覆被面积已向城市化进程中的中国发出了土地资源安全问题的预警信号。

城市紧缩化发展策略包括两层的含义：

其一：城市空间形态紧缩化。尽管“紧缩城市”未必是所有国家实现可持续发展的适合城市形式，但对中国而言，却是非常理想的选择，尤其在中国中东部人口密集、土地资源紧张，缺乏可供城市开发利用的乡村开阔地的地区。“紧缩城市”有利于减少人均年交通距离，进而减少能源的消耗与温室气体的排放。“紧缩城市”有利于住宅单元互享围墙，提高房屋的取暖与制冷效率。中国政府大力推行的“公共交通优先”与“公共交通补贴”措施，实质上是鼓励城市紧缩化、遏制城市

无节制膨胀的措施。

但是，由于缺乏规划或科学的规划，目前中国很多城市依然“摊大饼”式发展。利于集约利用土地与降低出行距离的多中心组团式格局较为少见。同时，收入增长一方面推动中国城镇房屋需求大、求阔，同时也加剧了城镇商品房屋空置面积的增加。从而加剧了城市的蔓延与优质耕地的流失。

其二：城市土地功能紧缩化。在中国，城市化水平高的区域，其单位土地面积提供生物承载力的能力通常也较高。例如，天津、北京、上海这样“拥挤”的城市，其单位面积提供的生物承载力是全国同期水平的 2 ~ 6 倍。这主要是城市化推动城郊土地集约化种植，单产水平持续提高的结果。从生态服务供需角度看，在城市建成区保留一定的生物生产性面积的做法非常值得称赞，既有利于改善当地居民的公共生活条件，又有利于减少远距离进口与运输自然资源的生态占用。

2. 个人责任化策略 (Individual)：负责任地球人的生态消费的策略

生态敏感型消费，是每一位负责人地球公民都应认识到并身体力行的行为准则。每个人都应该清楚自己的在经济系统中的角色，清楚自己的生产活动方式决定着所产消费品的生态足迹的高低。

亟急在以下方面，改变个人的消费行为：

- (1) 提高水资源利用效率。农民、工人以及每个家庭都可以参与进来。
- (2) 消费者应该选择能源高效利用技术（如节约型荧光灯泡）与需求，鼓励建设节能型房屋，以节约原材料与能源消耗。
- (3) 培养均衡的膳食习惯，选择既有利于健康，又利于生态的生活模式和饮食结构。继续中国传统的植物型食品为主的膳食结构是非常适宜的；
- (4) 尽可能选择与环境友好或低影响的出行方式。

3. 减量化策略 (Reduce)：减轻隐藏消费的影响的策略

中国的原材料消费存在严重的隐藏性影响。例如，中国化石资源开采普遍是采 1 吨扔 2 吨。在可持续发展中，必须大力减少隐藏资源流动。

目前，中国煤炭资源的平均回采率约为 30%，原油和天然气的采收率分别为 27% 和 35% 左右。开采效率低，对应的生态足迹就高。以煤炭为例。煤炭“筛选”与“入洗”率低，使中国煤炭资源运输中有 20% 多的动力是花费在煤矸石、粉煤灰这样的无效资源上。中国每年因木质包装消耗 450 万立方米木材和 14 亿多吨水资源，因金属包装消耗近 200 万吨铁、铝、锡等金属资源，因塑料包装使国家多消耗 1.5% 的原油资源。粮食在收获、储藏、调运、加工、销售和消费中的总损失高达近 20%。

减少废弃物隐藏流的策略主要包括：

- (1) 提高资源开采效率，降低不可更新资源与可更新资源的资源动用量。尽可能就地进行资源“富集”和去废物化，

减少交通运输过程的不必要能源浪费；

(2) 尽可能提高资源加工与利用的转化效率；

(3) 减少不必要的包装；

(4) 降低资源储存、运输环节的损失率。

4. 碳策略 (Carbon): 生态足迹多样化的策略

中国与全球的生态足迹，约有一半是由于化石能源消费造成的。降低化石能源消费的生态足迹，是中国实现可持续发展的重要途径之一。主要措施包括：

(1) 提高能源生命周期各个环节的利用与转化效率；

(2) 选择生态足迹相对较低的生物质能技术，替代化石能源利用；

(3) 在现有与规划的电厂，采用有效的碳捕捉与储存技术。

5. 土地策略 (Land): 提高土地生产力的策略

在土地资源赋存有限的情况下，中国解脱生态赤字局面的根本途径之一在于稳定土地资源总量的情况下，提高土地的生物生产力。

提高土地生产力的主要措施包括：

(1) 维持与提高林、草生态系统的健康与服务功能，为农业生态系统和水资源提供天然的风险防御和保护屏障；

(2) 加大优良种子的利用，加强农田综合管理与本地作物品种利用，提高灌溉效率；

图 11.2: 中国种植业的能量效率变化 (1978–2004)

单位辅助能投的产出能回报率逐渐下降，但依然大于 1 (即农田收获的产出能大于其投入能。)

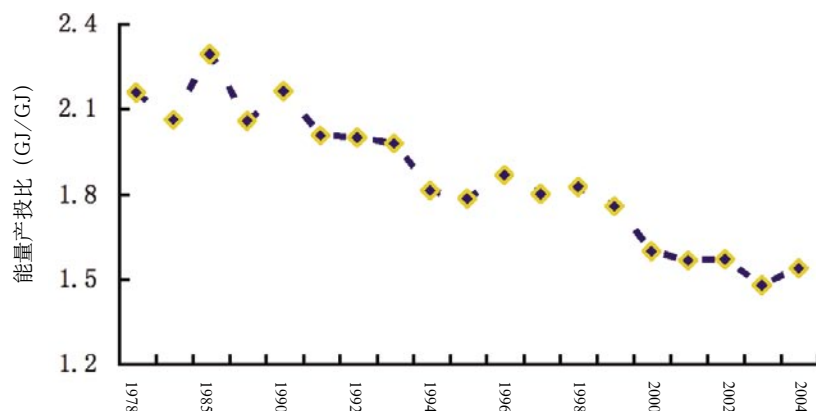
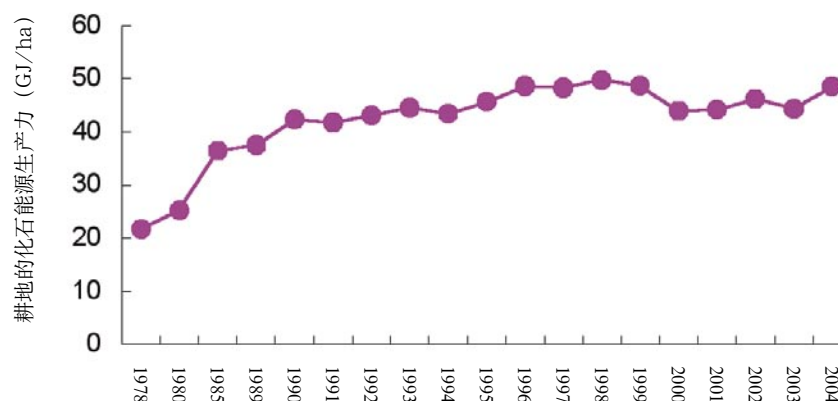


图 11.3: 化石能源对中国耕地生产力的影响 (1978–2004)

尽管化石能投促进农业生产力提高，但是能量回报率已经有所下降。



(3) 优化肥料投入的结构与数量,减少直至彻底消除不必要的化肥投入;同时增加机械化程度,使机械化土地管理、种植、收割的面积不断扩大;

(4) 提高农田管理的科学性;

(5) 维持与保护自然生态系统与人工管理生态系统的功能。

鉴于农业化肥施用的生态足迹问题(化肥施用既增加农业产量,同时也增加生态成本),农业生产活动必须向上述方向转化。中国耕地系统的能源效率已经出现下降,目前每 GJ (10⁹ 焦耳) 能源投入得到的产出能回报仅为 1.5GJ (图 11.2)。但是在单位耕地面积上,化石能源投入增加,其产出依然增加(图 11.3),只是增加的幅度已呈现下降趋势。

6. 高效化策略 (Efficiency): 积累信息,走循环经济与循环型社会的发展之路的策略

在简单的社会模型中,社会经济系统从自然界中取用“自然资本流”,返回“废弃物流”,这两类活动共同构成区域的生态足迹。循环经济模型尽可能使经济系统产生的“废弃物”资源化与再利用,从而降低社会经济系统消耗自然资本的强度和排放废弃物的数量。

在中国,创建循环型社会的最主要措施是:

(1) 在家庭与农业系统内部大力发展循环农业,把农业经济系统组织成“农牧渔”综合发展、物质循环利用的生产模式。

(2) 大力发展循环性工业与制造业,组成工业系统的食物网。中国倡导的生态工业园是非常不错的选择。在生态工业园中,一个工厂的废弃物与废热可以成为其他工厂的物质与能源投入项。

(3) 在家庭、企业与城市层面,大力推进废弃物回收与处理产业的扩展与升级换代,促进“废物”产生、收集、运输、贮存、再利用、处理直至最终处理一体化管理的发展。

(4) 在国家和政府层面,积极推行和深化有效的循环经济激励政策。包括完善资源真实成本定价体系,建立绿色核算与审计制度,促进产业布局合理化、政府支持清洁生产技术发展等。

高度综合的“CIRCLE”战略的形成,标志中国已经步入可持续发展之路。

总体而言,本报告的研究表明:从全球角度看,与发达国家的人口的生活方式相比,中国人口的生活方式所需的生物承载力空间相对较低。但是,规模大,使中国既是世界上总生物承载力最大的国家,也是总生态足迹最大的国家之一。未来,中国国内资源将日益紧张,不断增长的生态赤字与日益广泛的国际贸易活动,可能使中国的可持续发展面临诸多挑战。

本报告所提出中国可持续发展的策略与政策,主要是为将来的深入研究做些铺垫。以后,我们将继续研究中国的人与自然的关系,以服务于决策。中国将有独特的机会,向世界各国展示其未来可持续发展之路。

12 技术说明

注：本部分根据 Kitzes 等人的一篇论文进行修改而成 (Kitzes, J., A. Peller, S. Goldfinger, et al. 2007. Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. Science for Environment & Sustainable Society. 4(1) 1–9.)。 (data@footprintnetwork.org)

生态足迹核算

生态足迹是一种著名的资源核算工具，用来度量在现行的技术和资源管理下，个人，城市，国家，地区或者人类占用的具生物生产力土地和水体面积，用来生产其消费的资源 and 吸纳其产生的废物。通常，生态足迹的单位为全球公顷。1 全球公顷是对某一年 1 公顷所有具有生物生产力的土地和水体进行归一化，使其具有全球平均生物生产力。由于国际贸易和废物扩散，实际上足迹可能是落在世界的任何地方。

中国的生态足迹度量中国居民所需要的用来生产物品和服务的生物承载力，还有用来同化所制造的废物的生物承载力。对于用来生产物品和服务的资源，如果物品和服务被出口到其他国家，那么足迹应列入物品和服

务的最终消费国。

生物承载力

是指运用现有的管理方案和提取技术，生态系统生产有用的生物材料和吸纳人类制造的废弃物的能力。“有用的生物材料”每年都在重新界定，它是指能为人类经济所利用的物质。关于“有用的”界定也在随时间发生变化（如用玉米秸生产纤维素乙醇，导致秸秆成了有用的材料，因而提高了玉米地的生物承载力）。和生态足迹一样，生物承载力的单位也是全球公顷，也涉及全球具有生物生产力的土地和海洋面积。

生态赤字表征某年内某一人群的生态足迹超出该人群领地范围内的可用生物承载力的数量。国家生态赤字度量一个国家的生态足迹超出其生物承载力的程度。国家可以通过从别的国家进口生物承载力，在出现生态赤字的情形下，继续运行，也就是把本国的需求建立在全球共有资材之上（如大气圈的碳库，公海的渔业），或者耗竭本国的生态资产。然而，全球生态赤字不能通过贸易进行弥补，必然导致生态资产的耗竭和废弃物的累计。

与生态足迹相对的是生态盈余，是指生态足迹小于可用生物承载力。一个国家的生态盈余未必不使用，然而，别的国家可以通过从该国进口进而占用该国的承载力。所有国家也应考虑为野生物种或者后代保存生物承载力。

数据来源

本报告中中国和其他国家生态足迹的计算来自全球足迹网络国家足迹账户 2006 年版。这些国家账户计算了 150 个国家 1961–2003 年的生态足迹和生物承载力。这一数据可以通过向全球足迹网络申请获取 (data@footprintnetwork.org)。

国家足迹账户的计算主要基于联合国粮农组织 (FAO)，国际能源署 (IEA)，联合国统计处 (联合国商品贸易统计数据库 – UN Comtrade) 和政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 发布的国际数据集。其他数据资料来源于同行评议学术期刊和专题收藏。

本报告中引用的中国国家尺度以下的生态足迹分析数据资料可见文后所附的参考文献。

方法论

生态足迹核算基于以下 6 个基本假设：

- 人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其产生废弃物的数量。
- 这些资源和废物流能够转换成相应的具生物生产力土地面积。对于那些不能度量的资源和废物流不计算，导致系统低估了人类的真正生态足迹。
- 通过每一种面积类型加权求得其生物生产力，不同类型的面积都可以转变为通用单位全球公顷——具有全球平均生物生产力的面积。
- 由于 1 全球公顷代表一种利用方式，某一年的所有类型全球公顷数表示同等数量的生物承载力，它们可以累加从而得到总的生态足迹或生物承载力。
- 人类需求用生态足迹表示，但都用全球公顷做单位时，可以直接同自然的供应——生物承载力相比较。
- 面积需求可以超出面积供应，如果对生态系统的需求超出了生态系统

的更新能力（如人类可以短期内从森林或渔业获得多于可用生物承载力的生物承载力）。这种生态足迹大于可用生物承载力的情形称作生态超载。

生态足迹核算的方法正在经历重大的发展，经常会融入一些新的可以获得的资料和科学知识。

2006 年的国家足迹报告包含 200 多个资源类别，包括作物产品，纤维，家畜，野生和养殖鱼类，木材，薪材。报告还明确包括一种重要的废弃物——CO₂。通过细分资源消耗的（或废物制造）总量和每种土地类型生产资源（或吸纳废弃物）的全球平均水平，人类对资源生产和废弃物同化的需求转换为全球公顷。这一面积乘以适当的当量因子可以表示每种资源消耗总需求的全球公顷数。产量的计算基于各种国际统计资料，主要来源于联合国粮农组织。

加工品或衍生品（如面粉和木浆）可以转化为相应的初级产品等价物（如小麦和圆木），从而进行生态足迹的计算。初级产品的总量进而可以表达为全球公顷数。

现今，每一单位能量的足迹，不管是由核能产生还是由化石燃料燃烧产生，都认为是等价的，这有待于进一步研究。

局限性

尽管生态足迹核算试图尽量准确的度量人类对生物圈的需求，然而，没有一个指标能够准确的获取人类活动和自然生态系统关系的各个方面。现在的生态足迹方法论通常被认为有很多局限，意味着还需要其他附加指标才能做出更加完备的决策。

由于生态足迹是一个历史账目，一些一贯危害自然界将来更新能力的活动没有考虑到现在的和过去的生态足迹账户之内。这些活动包括排放一些生物圈没有显著同化能力的物质（例如，钚，多氯联苯，二恶英和其他顽固性污染物），破坏生物圈后续承载力的过程（例如，生物多样性的丧失，耕地灌溉导致的盐碱化，耕种造成的土壤侵蚀）。尽管这些活动的影响会在将来的生态足迹账户里的表现为生物承载力的下降，生态足迹核算没有引入风险评价模型来计算这种未来的危害。

同样，生态足迹账户也没有直接计算淡水利用和其可利用性，因为淡水是生物承载力的一个限制条件，但是它自身不具有生物生产性物品和服务。尽管生物承载力的丧失与水的占用或水质退化能够反映为当年总生物承载力的下降，淡水利用的生态足迹一般不能归为水资源的消费。

旅游活动的足迹一般归入旅游发生国，而不是归入旅游者所属国家。这就扭曲了一些国家的生态足迹，过高估计了旅游发生国的生态足迹，而又过低估计了旅游者所属国家的生态足迹。由于现在可用资料的局限性，也使得因国家间的电力贸易产生的足迹没有划入电力最终消费国的足迹账户之中，

除 CO₂ 之外的其他温室气体排放造成的生物承载力需求没有包括在现今的生态足迹账户之内。对除 CO₂ 之外的其他温室气体认识不足，使得对中和其他温室气体排放导致的气候变化所需生物承载力进行评价很困难。

因人为干扰造成的土地利用变化导致排放到大气 CO₂ 含量增加，如刀耕火种的农业做法，没有被算入生态足迹，还有 CO₂ 之外的其他温室气体

排放。

一般性参考文献

1. Galli, A., J. Kitzes, P. Wermer, M. Wackernagel, V. Niccolucci, and E. Tiezzi. 2007. An Exploration of the Mathematics Behind the Ecological Footprint. *International Journal of Ecodynamics* 2(4): 250-257.
2. Global Footprint Network. 2006. National Footprint Accounts, 2006 Edition. Available at www.footprintnetwork.org.
3. Kitzes, J., A. Peller, S. Goldfinger, and M. Wackernagel. 2007. Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. *Science for Environment & Sustainable Society* 4(1): 1-9.
4. Monfreda, C, M. Wackernagel, and D. Deumling. 2004. Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy* 21: 231-246.

5. Wackernagel, M., C. Monfreda, D. Moran, P. Wermer, S., Goldfinger, D. Deumling and M. Murray. 2005. National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The Underlying Calculation Method. Available at www.footprintnetwork.org.
6. Wackernagel, M., B. Schulz, D. Deumling, A. Callejas Linares, M. Jenkins, V. Kapos, C. Monfreda, J. Loh, N. Myers, R. Norgaard and J. Randers. 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99(14), 9266-9271.

其他参考文献

www.footprintnetwork.org/damethods.

Additional references can be found at www.footprintnetwork.org/damethods.

中国生态足迹参考文献

1. 中国 21 世纪议程中心可持续发展战略研究小组 (CSSD). 2004. 发展的基础: 中国可持续发展的资源、生态基础评价. 北京: 社会科学文

献出版社.

2. 谢高地, 鲁春霞, 甄霖, 等. 2006. 生态赤字下非再生资源对生态空间的替代作用, *资源科学*, 28 (5): 1-6
3. 谢高地, 鲁春霞, 成升魁, 等. 2001. 中国的生态占用研究. *资源科学*, 23 (6): 19-22
4. 马静, 汪党献, 来海亮, 等. 2005. 中国区域水足迹的估算. *资源科学*, 27 (5): 96-100
5. 章锦河, 张捷. 2004. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析. *地理学报*, 59 (5): 763-771
6. 曹淑艳. 2007. 耗竭性资源的生态承载力研究 (博士论文). 中国科学院地理科学与资源研究所
7. 梁勇, 成升魁, 闵庆文. 2004. 生态足迹方法及其在城市交通环境影响评价中的应用. *武汉理工大学学报 (交通科学与工程版)*, 28 (8): 821-824
8. 徐中民, 张志强, 程国栋. 2000. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析. *地理学报*, 55 (5): 607-616

其他参考文献

1. 尚海洋, 马忠, 焦文献, 等. 2006. 甘肃省城镇不同收入水平群体家庭生态足迹计算. *自然资源学报*. 21(5):408-416
2. 陈丽萍, 杨忠直. 2005. 中国进出口贸易中的生态足迹. *世界经济研究*. (5):8-1
3. 胡小飞, 代力民, 谷会岩, 等. 2006. 1973-2003 年中国林业生态足迹的研究. *林业研究*. 17(2):87-92
4. Zhongmin Xu, Guodong Cheng Journal, Zhiqiang Zhang, et al. 2003. The calculation and analysis of ecological footprints, diversity and development capacity of China. *Journal of Geographical Sciences* 13(1):19-26
5. 曹淑艳, 谢高地. 2006. 社区居民消费的生态足迹. *中国人口、资源与环境*. 16(4):299-302
6. 曹淑艳, 谢高地, 鲁春霞. 2007b. 中国省际生物生产性空间的分布与占用的公平性研究 (未出版)

7. 于格, 谢高地, 鲁春霞, 等. 2005. 我国农产品流动的生态空间跨区占用研究 - 以小麦为例. 13(3): 14-17
8. 陈秋林, 毛德华. 2007. 生态足迹方法在土地利用总体规划实施评价中的应用. *广东土地科学*. 6(2):27-30
9. 叶玉瑶, 张虹鸥, 李斌. 2008. 生态导向下的主体功能区划方法初探. *地理科学进展*. 27(1): 39-45

本文作者感谢以下人士提供宝贵的
建设性意见：

国合会委员

来自作者团队的支持：

甄霖

肖玉

李士美

徐增让

王晓颖

世界自然基金会：

Isabelle Louis, Claude Martin,
John Kornerup Bang, Karin
Wessman, 李利锋, 韩峥, 周立东,
荆卉, 陈冬梅, 李楠 .

同时感谢：

WWF 荷兰及其支持者

王会东



中国环境与发展国际合作委员会：

中国政府批准于 1992 年成立的高级咨询机构，由中外方高层人士与专家组成的，主要职责是针对中国环境与发展领域的重大问题进行研究，向中国政府提出建议，促进中国可持续发展。

中国环境与发展国际合作委员会秘书处

中国北京西直门南小街 115 号

电话：86-10 66556547

传真：86-10 66556539

www.CCICED.org

WWF 的使命是遏止地球自然环境的恶化，
创造人类与自然和谐相处的美好未来。
为此我们致力于：

- 保护世界生物多样性；
- 确保可再生自然资源的可持续利用；
- 推动降低污染和减少浪费性消费的行动。



for a living planet®

世界自然基金会（瑞士）北京代表处

地址：北京市劳动人民文化宫东门
内文华宫 1609 室

邮编：100006

电话：+86 10 6522 7100

传真：+86 10 6522 7300

