来源： Henrichs 与 Alcamo，2001

土木工程师协会

布鲁内尔
国际演讲

迈入生态时代：工程师的责任

土木工程师学会演讲丛集

目录：

布鲁内尔演讲
2008

作者：Peter HEAD OBE FREng FRSA

迈入生态时代：
工程师的责任

执行摘要 5

致谢： 9

1. 简介 **11**

2. 旅程的起点 **15**

3. 背景 **17**
生态时代的经济学 17
文化的断层 19
概要 19
城乡差距 20
影响 21
资源效率 22
土地与城市区域 22
土地与食物 25
水与食品安全及健康 29
能源与原材料 32
制造业与废物 37
适应气候变化的影响 38

4. 变革的框架 **41**
生物模拟原则 41
2050 年目标 42

5. 每个国家的模式 **43**

6. 高收入国家的难题——欧洲的英国地区 **45**

7. 中低收入国家的难题——中国 47

8. 迈入生态时代的策略和技术 49
生物模拟原则：变废物为资源，
节约使用原材料，不要超采资源 49
生物模拟原则：多样化与相互合作 52
生物模拟原则：高效地开采和使用能源 52
概要 52
工商业的要求 53
家庭的要求 54
城镇与城市的地面交通运输 56
城镇与城市之间的地面交通运输 57
航空 58
电力与能源供应 58
生物模拟原则：最优化而非最大化，并且以信息为中心 61
生物模拟原则：清理而非污染 61
生物模拟原则：维持生态圈的平衡 63
缩短综合碳循环 (SICC) 63
生物模拟原则：利用当地资源 65
概述 66

9. 经济学与政策 67
简介 67
政策框架 67
达到可持续发展的经济规模 67
公平分配 68
国际政策 70

I0. 实现目标的模式 71

11. 工程师的责任 73

12. 结语 75

13. 参考文献 77

执行摘要

最近几十年，我们中很多人渐渐认识到如果没有健康的地球，人类的未来就难以维系。地球、水和空气为这个极其复杂的生命系统提供存在的基础，太阳是这个系统的动力。我们只是这个生命系统中的一部分。但是仅仅几代人，我们就耗尽了地球上储存的大部分化石燃料资源，这些燃料经过转化从地面排入大气中，显著改变着大气的组成。我们经济体系的全球化正影响着地球生命保障系统的稳定性——正是这个系统支撑着我们和孩子们的未来。这一点对人类发展的直接影响，加上食物和资源成本不断上涨，意味着目前的经济增长正在快速背离可持续性，全球正在经历着向人类文明中生态时代转变的历程。

本文详细分析了对目前全球的认识，以探索我们能否以及如何跨入可持续性发展的未来。结论就是，接下来的几十年中我们能够在环境容许的限度内转向可持续的生存方式，在适应气候变化影响的同时，实现人类的不断发展和人口增长。

2050 年的生态时代将：

- 二氧化碳排放量下降80%
- 生态足迹（Ecological Footprint）为人均 1.44全球公顷(gha)
- 人类发展指数提升

这个目标考虑到各个国家社会经济水平的不同，旨在提供具体解决方案，释放人类发展潜能，更少地使用非再生资源。高收入国家，如英国，需要下列基础设施投资和方案，改造现有城乡住宅区。中低收入国家，比如中国，通过这些系统开发新的城乡住宅区：

交通运输：

- 高效、舒适的零排放大众运输
- 行人和自行车通道
- 经过国际机场的城际高速铁路
- 货运枢纽的绿色物流服务

水与废物

- 水的采集、储存、循环以及分离饮用水和灰水管道
- 废物的收集、循环和厌氧消化
- 安装分离式厕所，真空收集固体废物
- 城市建筑材料的利用

能源：

- 大规模再生能源，包括沙漠太阳能
- 城市热电联产及当地热电网
- 利用次生物质获得能源与产品

食品与通信：

- 城市密集型食品生产
- 宽带通信与定制信息

所有的系统相互联系，形成良性循环，将建筑环境不同组成部分的环境、经济以及社会表现进行整合，因此设计上其中一项的改变将有利于另一项。

实现环境的可持续性时，以下城市设计原则同样重要：

- 采用智能、反应迅速的简约原则，而不是呆板的复杂原则。这意味着工业时代以化石燃料为动力的系统中，层层堆积的复杂结构需要拆除，使用清洁、灵活、适应性强并且可再生的系统为生活提供支持
- 制定区域和地方水平的可持续发展框架的目标和指标，推动投资满足生态时代的原则
- 将生物模拟原则作为框架，指导项目的设计和执行，并为形成利益的良性循环提供支持
- 创建区域性和地方性的土地使用方案。对于这一点，高密度的紧凑混合用途住宅区有许多优势，尤其是公共交通运输枢纽附近。
- 缩短城乡系统之间水、能源、废物和矿物的资源循环。
- 利用废物作为未来产品的资源。产品的设计可以让生产商回收进行分解并再使用。使用次生物质和智能材料作为原材料。
- 提供的产品要有性能标签。
- 适应与缓解气候变化相结合。

需要利用智能及可用的开发技术，支持可持续性的城市设计原则，比如：

- LED（半导体发光二极管）照明
- 以电和氢为燃料的交通运输
- 利用藻类生物发生器收集发电厂和煤气化的二氧化碳，缩短碳循环
- 废物的厌氧消化
- 利用水培法和营养馈送进行密集型食品生产。
- 航空运输使用次生物质燃料

本文强调了有助于实现目标的政策。在生态经济模式中，需要持续调整全球经济，以与作为支撑的生态系统的规模相匹配。如果资源的循环使用保持在生态系统吸纳废物、重新生成资源的固有能力之内，那么经济便具有可持续性，人类便能够继续发展。实际上许多例子中，人类的发展可以摆脱工业时代城市难题的桎梏。

本文列出三个政策领域。

首先，朝可持续性和最优规模发展的政策，需要解决规模的限制问题，并且强调以前不受限制的天然资源和服务应被认为是稀缺经济物资。比如：

- 能源输入的立法
- 逐步引入污染者支付税项，收益用于帮助私人部门的公共部门投资的措施。
- 设定排污权交易限额，这样社会和企业的边际成本能够与社会效益相等。

其次，可持续性是确定规模的标准，公平是分配的标准，从而确保在整个社会及全球保持公正，比如：

- 国家和地区的土地使用方案。
- 通过土地价值税收对社区重新分配价值
- 人类发展收益与环境清理收益相交换。
- 碳的“紧缩和趋同”方案与缩小并共同承担生态足迹

第三，政策需要尽可能确保资源分配有效、经济，比如：

- 通过国家资源效率指标和循环经济法刺激共生生产。
- 通过国家政策控制资源效率改善的反弹效应。

我们如果想要拥有可持续发展的未来，就必须对地球上保障生活的基础设施进行彻底改革。除了现有技术，这需要公共、私人、非政府组织以及社区团体在国家各社区以及全球范围内开展密切合作。

拥有全球工作经验、熟悉多学科团队合作的工程师，将是取得成功的关键，并能够设计完成这些新的基础设施系统。然而，我们认识到在不超过50年如此紧迫的时间内，要面对如此前所未有的挑战，资源水平是很有限的，因此我们需要培训并鼓励年轻人加入这项挑战，成为21世纪的布鲁内尔人。全球可持续发展机构的网络已经创建，将有助于加快知识共享和实现目标能力的建设；还提议改造利用公共、私人部门与非政府组织和社区组织之间的合作共同完成目标的模式。

这是对前进道路以及未来可信愿景的首次展望，但是这只是万里征程的起点。目标是 2009 年 12 月的哥本哈根气候峰会能够成为这样的时刻：全世界走到一起，一致同意我们已充分了解状况并且已为所需采取的前进方向做好准备。

希望本文也能够让全球的工程师汇聚在一起，并鼓励年轻人和我们一起，共同迎接这个几乎可谓人类面临的最大的挑战。

致谢：

对我们的同行审稿人致以特别的感谢：

同时感谢 Arup 公司的 Debra Lam 针对布鲁内尔演讲系列所做的项目管理与研究。

1. 简介

土木工程师为他们这一职业在 1700 年至 1900 年间为人类文明飞速发展所做的贡献感到自豪。我们正站在维多利亚时代那些伟大的工程师的肩上，而 Isambard Kingdom Brune 就是其中一位，他创造出众多具有变革意义的基础设施，有力支持了英国的经济发展。当时的英国经历了人口爆炸，人口从 5 百万猛增至 3 千万，人们纷纷涌向城市，工业产量的年增长率最高达到3.5%。[1] 工业革命在短期内将西方文明从农业时代推向工业时代，城市生活方式随之而来，那些过着这样一种生活的国家为了满足人们的利益，开采了地球上大量的资源。即使是在那个时代，仍然有人表达出对环境的忧虑，经济学家 Thomas Malthus[2] 认为人口增加到一定数量时，人类将没有能力养活自己。但是，我们以非凡的能力利用机械、高产小麦和水稻作物、化学肥料以及越来越多的化石燃料，提高生产粮食的土地的产量，证明了许多预言是错误的。当前人口是 Thomas 作出预言的时代的 7 倍，但是如果能够更好地进行分配，我们的粮食仍然可以说是充足的。[3]

工业发展和城市化势头始终未减，由此对全球产生的后果并未引起多少关注，而且这已经作为经济发展和生活质量提高的模式在全球普遍采用。这其中，土木工程师处于能源、水、废物、通信、运输以及防洪等重要基础设施设计和建造的核心位置。化石燃料能源的消耗是这类人类发展模式的核心，在设计建造这些系统的过程中，我们创造出一个消耗非再生资源的社会的牢固网络。

依靠使用数百万年前形成的化石燃料只不过是一种有限的模式，当燃料耗尽时，这个模式也将结束。尤其是高收入国家，应当为肆意浪费这些天然资源的废物而自责。目前的经济模式加上高收入国家表面上的富足，似乎加大了对这些有限的天然资源的低效使用。我们目前需要的是迅速调整方向。

1 Floud, Roderick and D.N. McCloskey eds. The Economic History of Britain since 1700 Cambridge: Cambridge University Press. 1994

2 Malthus, Thomas R., Ratios of the increase of population and food, An Essay on the Principle of Population, Book 1, Chapter I, pp 13-21, (1992).

3 Population Reference Bureau, (2007) World Population Data Sheet, pp 1-16, provided by http://www.scribd.com/doc/326077/World-Population-Datasheet-2007.

高收入国家的发展模式是建立在城市化的基础上，这已经成为中低收入国家追随的标准，而这种模式极大地增加了资源的消耗。经济不断快速发展的中国到 2020 年的时候将有超过 8 亿的人口生活在城市里[4]——占总人口的 60%，从而进一步推动了这种趋势，全球总的资源消费显著增加，而且几乎都源自非再生资源。

自上世纪七十年代第一次石油价格上涨，对这种发展模式局限性的关注再次出现，但是在里根—撒切尔时代这种关注被一扫而空。直到 1987 年发布的 Brundtland 委员会报告“我们共同的未来”，这种发展的局限性才重新得到全球的关注。[5] 在加拿大温哥华 British Columbia 大学 William Rees 的指导下，Mathis Wackernagel [6] 在1990至1994年间完成的博士论文中提出了生态足迹的理念和计算方法。[7] 世界自然基金会（WWF）自 1998 年开始发布两年一次的星球报告，其中 2006 年的报告指出我们目前的生活在生态上严重超载。世界自然基金会认为人类在全世界消费的资源，超出地球能够更换的 25%，并正在已经减少了我们赖以生存的自然资源的存储量。[8]

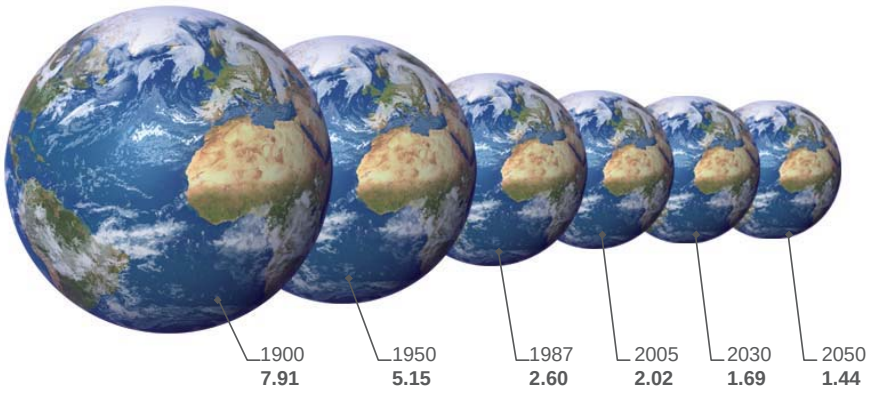
4 Peoples' Daily Online, Chinas urban population to reach 800 to 900 million by 2020, provided by, http://english.people.com.cn/200409/16/eng20040916_157275.html, (2004).

5 United Nations General Assembly Report A/42/427, Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development, sourced from http://www.worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf, (1987)

6 Wackernagel, M, How Big Is Our Ecological Footprint? – Using the Concept of Appropriated Carrying Capacity for Measuring Sustainability, Taskforce on Planning Healthy and Sustainable Communities, University of British Columbia, (1993).

7 Wackernagel, M, Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning towards sustainability, University of British Columbia., PhD thesis (1994). Wackernagel, M. & Rees, W.E, Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth, Gabriola Island, B.C., Canada: New Society Publishers, (1996).

8 World Wildlife Fund, Living Planet Report, sourced from http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf, (2006).



年
人均土地公顷数

萎缩的地球 [9]

本项分析主要的衡量标准之一就是不同国家中人口的‘生态足迹’，计算的是为了满足人们的生活方式，在水、能源、食物以及资源和废物吸收方面所需的地球面积。

2003 年胡锦涛成为中国国家主席的时候，他领导的政府对中国工农业发展的路线进行了详尽的研究。自此提出了新的政策，强调‘人与自然和谐发展’以及‘建立资源节约型和环境友好型社会。’中国的政治领导者开始强调‘经济的发展必须考虑对环境和社会的影响’。

2004 年胡锦涛主席在新加坡召开的亚太经济合作组织 CEO 峰会上发言时呼吁，

人类进程中的历史经验证明，我们的发展绝不能以浪费资源、破坏环境为代价。否则人类将付出高昂的代价，并且最终自身的发展也将受到威胁。人类发展的方向应该是高科技含量、合理的经济效益、较低的资源消耗、很少的环境污染，并充分利用人力资源。

2007 年十七大制定新的五年计划时，他的发言更深入一层。[10] 他首次提出‘推动中国向资源使用更有效和使用再生能源的生态文明发展’。他提到需要开展研究，提供新服务并强调设计的重要性。他指出通过新的法规、控制排放以及改善环境发展循环经济。这是一个重要的例子，体现了国家的领导层意识到，因为环境和健康方面的代价以及上涨的原材料成本，以工业模式实现增长将是不经济的方式。

9 FAOSTAT, Chapter 9 population projection, WTO 2007, Geo data Portal compiled from UNPD 2007, World Bank 2006, UNFCCC-CDIAC, 2006.

10 National Development & Reform Commission (NDRC), 11th Five Year Plan for National and Economic and Social Development, sourced from http://en.ndrc.gov.cn/hot/t20060529_71334.htm.

与此同时，出现了生态经济学，这门学科将地球视为一艘船，其承载的是经济的物质生产总量。经济学家说在这个模式中我们还不了解多大的负荷量是安全的，但是原则上我们知道，负载太重将会使这艘船沉没。[11] 这门学科出现在学术界已有 20 年了，它清楚地表明最终取代经济增长的将是人类的可持续发展，其中人类将持续发展但不会不断增加资源的消耗。

12

除了传统的 GDP 增长指标之外，通过为地方政府制定环境治理、能源效率和社会指标，中国正在向可持续发展和生态文明转变。法规也做出相应的改变，比如对将耕地用于开发的条款严格限制、鼓励私人生产再生能源以及在制造过程中循环使用资源。生态城市示范工程也开始启动，目的是将发展推向新的道路，在这条路上经济发展第一次与资源消耗相分离，开启了向生态时代的过渡。

Arup 集团通过为上海工业投资集团（SIIC）[13]这样有远见的客户服务设计崇明东滩生态城以及中国其它生态城市，将为这飞速的变革提供支持，而我们在世界各地开展的其它类似项目将：

- 与目前的“工业时代”进行比较，深化对可实现的资源效率水平以及对生态足迹影响的了解；
- 了解实现目标所需的基础设施及其建造技术；
- 洞察需要弥补的技术漏洞；
- 新方向的经济魅力

为将这些理念在现有的高收入国家中推行已经做了充足的工作，让这些国家了解全世界所有国家如何避免地球因不堪人类需求的重负而面临的灾难。所获得的这些知识包括适应气候变化影响的必要，以及 IPCC （政府间气候变化专门委员会）第四份评估报告中推荐的减缓对策。[14] 要想人口增长以及资源消耗不会毁掉支持人类活动的消耗体系，我们必须展开行动。

11 Daly, Herman E. & Farley, Joshua, Ecological Economics: Principles and Applications, Part III, Microeconomics, chapter 9, Supply and Demand, pp 141-157, (2004).

12 © Doug Sephton in Drivers of Change: Demographics, Arup 2008

13 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020, (2008).

14 Intergovernmental Panel on Climate Change Report, Working Group III Report Mitigation of Climate Change, sourced from http://www. ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm, (2008).

2. 旅程的起点

我们站在一段全新且至关重要的旅程的起点，我们将竭尽全力防止人类的发展因过度消耗有限的资源而呈螺旋式下降。一切还未失去，因为我们已经掌握了许多解决问题的知识。难题在于需要更深入地了解我们的处境，更加有效地运用我们掌握的知识。

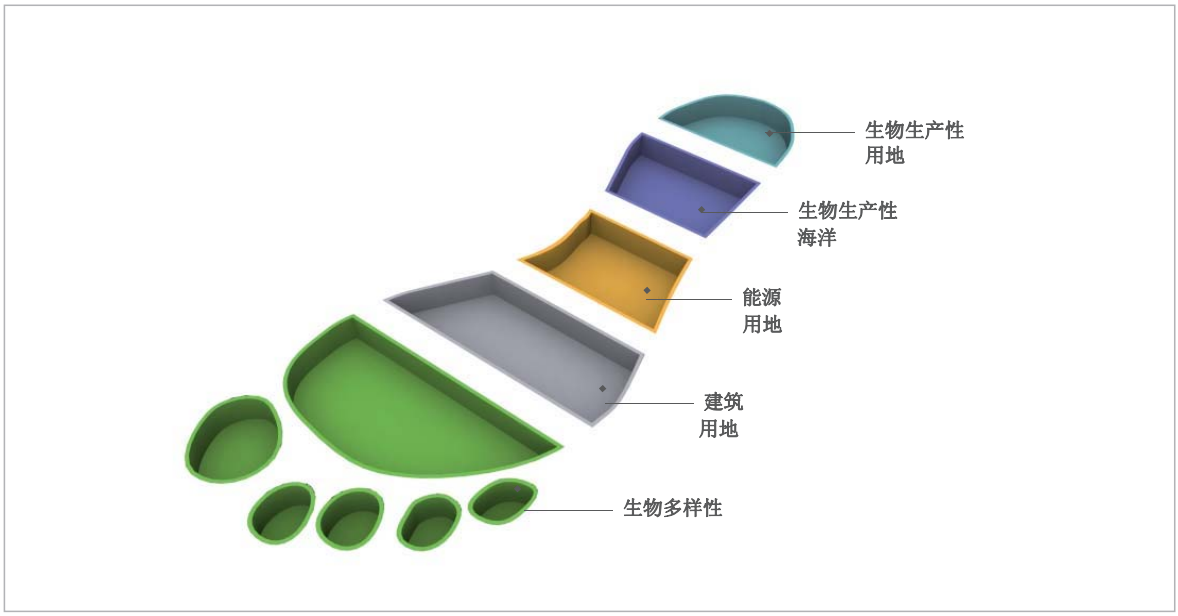
本文汇集了这些知识，并以可持续系统工程、生命周期分析、工业生态学以及地球系统工程学等学科为基础进行阐述。本章旨在以易于理解、合乎逻辑的方式传递信息，重点突出工程师们在为工程、商业以及政府等解决这些问题中承担的职责。我们都了解这是朝着全新方向的旅程的起点，设定明确的目标以及对前景的预测与达到目的的方式同样重要。已经制定了框架和模式，用于全球经济发展方向的快速转变，这种发展具有可持续性并且能够在 2050 年的环境限度内生活。这符合《地球生命力报告》（Living Planet Report）中‘快速减少的设想’。

2050 年的明确目标分三部分：

- 减少二氧化碳：2050 年时比 1990 年减少 80%
- 减少生态足迹：根据假定的 2050 年全球人口数，生态足迹减少至所有国家享有地球的土地面积为人均1.44gha
- 提高人类发展指数：提高总体的人均 GDP、预期寿命以及教育。

减少碳排放还不足以实现向生态时代的转变。我们需要确保自身能够继续增长与发展，但是在资源的限度内。生态足迹通过生产用地来衡量地球满足人类需求的生物承载力——耕地、草原、森林以及渔场。[15] 联合国人类发展指数衡量的是人类发展三个基本方面的良好状况——长寿、正

15 Word Wildlife Fund, Living Planet Report, sourced from http://assets. panda.org/downloads/living_planet_report.pdf, (2006).



生态足迹的土地使用类型

规教育以及人均 GDP。[16] 三方面的目标综合起来作为我们进入生态时代的指南。生活在碳排放减少、处于我们的生态足迹内、人类高度发展的环境中是每个公民的权利。这三个方面使我们在持续促进自身增长和发展的同时，保持与自然的平衡。本文探讨了一种假设，即为了达到这些目标，在进行基础设施投资的同时还要对教育和卫生保健进行额外投资。据估计这需要每年额外花费 770 亿美元。[17]

我们认识到每一个国家都有自身的实际状况和政策，伴随的是不同的人类发展状况、碳排放和生态足迹，我们希望促进全世界向生态时代转变的同时，针对每一种状况提出相应的建议。我们建议的技术和系统将分别应用于高、中、低收入的国家中。

这种方法存在一个内在的道德假设，并且真正关注全世界范围内不断加剧的不平等状况。越来越多的人生活在贫困的痛苦中，遭受着过度消耗的重创，并缺乏对抗这种状况的资源。此外，展望未来之时，非常需要尊重各代人之间的平等、尊重后代。

16 United Nations Development Programme, Human Development Report, sourced from http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_en_complete.pdf, (2007-2008).

17 Brown, Lester, Plan B 3.0, New York: W.W. Norton & Company. 2008.

这种方法的主要目的是为关键的问题提供一些有远见的答案，比如：

- 我们能否迈向可持续的生活方式？
- 在低、中和高收入国家需要怎样的政策和投资？
- 工程师在引领生态时代转变的过程中扮演怎样的角色？

论证的基础源自 Arup 公司包括气候变化[18] 在内的关于“改变的动力”的研究方案、碳收集的新研究、世界范围内的开发项目经验以及用以支持伦敦等城市的气候变化缓和行动方案的论据。[19]根据权威性选择了参考文献，本文经过全球专家的同行评审。

18 Arup Global Foresight and Innovation, Arup Drivers of Change, http:// www.arup.com/landing.cfm?pageid=8870, (2007-2008).

19 Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, sourced from http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_fullreport.pdf, (2008).

3. 背景

在这一部分中，我分析了工业发展模式下我们所面临的日趋紧迫的问题，并重点介绍一些可用来实现根本改进的关键方法，这些改进决定了减轻地球负荷的生态时代模式。

生态时代的经济学

经济学研究的是竞争各方之间关于有限或稀缺资源的分配。新古典经济学强调市场能够在分配过程中促进效率的提高，其潜在的假设是在全球宏观经济尺度下资源供应是不受限制的。

生态经济学认为地球是一个封闭的系统，唯一输入的是太阳的能量，输出的是热量。系统内所有其它物质都在内部循环，并不会流走。我们的经济增长模式存在于支持我们生活的地球生态系统内部，而全球经济的增长是以牺牲自然系统的某些部分为代价的。我们现在已经意识到当经济增长到如此程度，每一分增长所消耗的生态系统也许超过了它所带来的价值。因此在旧有的模式基础上实现未来的发展也许并不经济，我们可能需要开始寻找一个最佳尺度，在这里边际成本与边际效益相等。在达到这一目标的过程中，市场迫使我们寻找方法减少对生态系统的影响，更有效地利用资源以获得更大的增长，找到新的方法加快人类的发展。尤其是城市中心的选址方法需要重新评估，以增加利用更少的资源实现人类发展的机会。这其中包括增大机会获得洁净水、营养食品、工作、卫生设施、教育、医疗保健以及生物多样性和人类多样性——在城市设计中与美学处于同等核心地位的未来因素。

为了促进变革，我们需要重视自然资本，比如太阳能、土地、矿物质和化石燃料、水、活生物体以及他们为人类提供的服务，同时，为了保护我们的未来，我们需要保护这些自然资本并使其对人类的发展产生积极的作用。这对于转向生态时代是一个至关重要、根本的范式转换。长远的目标是达到可持续的生活方式，通过生物体、风、潮汐、气流以及直接的太阳能收集器利用太阳能。我们需要在尽可能长的时期内进行平稳的过渡，这样只要还有资源我们还可以使用化石燃料以及核能，但是对环境的污染要小的多。

20

生态经济学认为任何自然资本的消耗可以看作是生态经济方程式的一部分，认可测量转换效率和人造资本的使用是重要的方法。

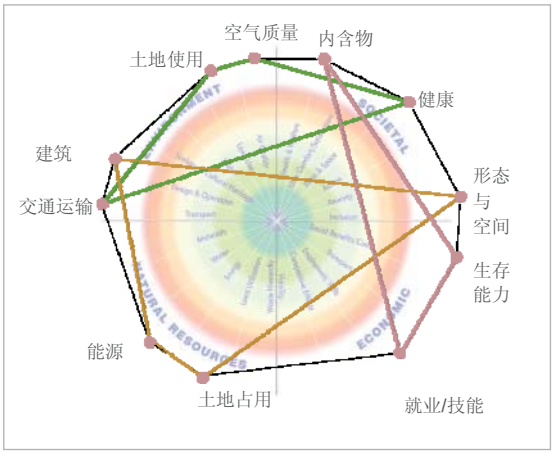
使用的术语是综合效率，包括以下内容：

- 服务效率，包括技术设计、资源的配置和分布；
- 维持与耐久力性能效率；
- 自然资本的增长效率和获得效率；
- 创造更多的自然资本储存，或是使用每一份储存时更少地消耗生态系统。

20 © Jupiter Images UK Ltd, in Drivers of Change: Demographics, Arup (2008).

本文使用的方法旨在利用这个效率模式，并将其用于我们工程师创造和规划的建筑环境中。建筑环境各个组成部分的环境、经济和社会效益之间存在良性循环，通过推动这个循环，产生的效益得以增大，从而一个部分设计的改变能够使其它部分获益。

举个简单的例子，使用低噪音的电动交通工具以及行人专用道，会降低屏蔽噪音的需要，从而减少建筑正面的重量，因而消耗较少的资源；或者选择更具有持续性的建筑材料，能够减少二氧化碳的排放。使用无污染的交通工具能够改善空气质量，因此促进建筑物的自然通风，既节约能源成本，又改善了居民健康。



Arup 的良性循环 [21]

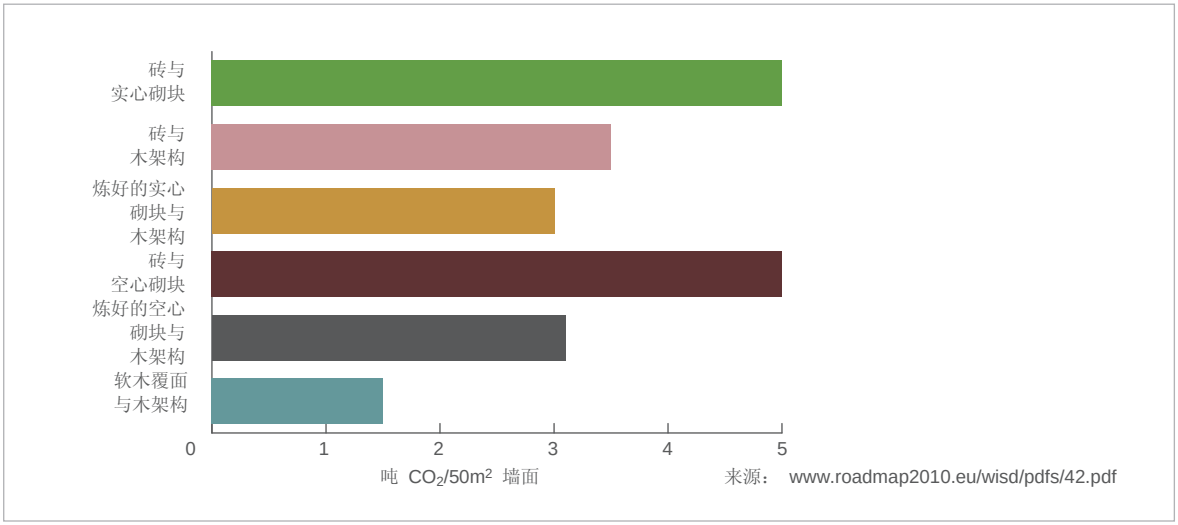
21 Arup's Integrated Urbanism: http://www.arup.com/integratedurbanism/whoweare.cfm?pageid=7937.

种种迹象清楚地表明，高收入国家受市场压力和政策的影响，开始向这种新模式转变，目的是在经济活动的最佳规模内实现人类的可持续发展。但是，推动因素纷繁复杂，其中包括环境政策、社会需求以及经济市场的压力。

我们已经发现随着可再生资源消耗的增加（不可再生资源因为越来越稀缺，将会因价格或规定等缘故而逐渐淡出），发展将会继续向前，并且会因效率提高、环境污染降低以及重视增强过渡过程中人类发展的有效性而得到巩固。比如，我们现在已经看到节能和再生资源产品及服务的销售正在增加。预计到 2020 年，再生能源行业将为德国提供十万个就业机会，成为主要的工作岗位创造源，而这主要归因于政府的政策。[22] 在日本，住宅和商业建筑的新建筑能源法规每年将节约 53 亿的能源成本，并减少 3400 万吨的二氧化碳。[23]

22 The Climate Group Report, In the Black: The Growth of the Low Carbon Economy - Summary Report, http://theclimategroup.org/assets/resources/TCG_ITB_SR_FINAL_COPY.pdf, (August 2007).

23 The Climate Group Report, In the Black: The Growth of the Low Carbon Economy - Summary Report, http://theclimategroup.org/assets/resources/TCG_ITB_SR_FINAL_COPY.pdf, (August 2007).



不同建筑墙壁的 **CO_2** 排放量 [24]

中低收入国家的大好机会是将这种新的经济观点与技术的运用结合起来，而不用将时间浪费在高收入国家所经历的过程上。大部分减少碳排放的详尽研究，如 Stern Review[25] 以及 McKinsey 的重要报告[26] ，认为我们能够承担这一变革的成本，并且不会损害经济的增长。McKinsey 的报告指出，到 2030 年的时候美国能将温室气体的排放减少三分之一乃至一半，其经济完全能够承受这方面的成本。事实上，正如这里所建议的，如果能在更广的范围内采用资源效率，那么推动经济的因素将更加畅通无阻。

英国工商业联合会（CBI）同意 Stem 的结论，认为目前如果不采取行动，那么未来解决气候变化问题的成本将会更高，而英国将错失通往低碳经济道路上出现的大好商机。据估计，通过投资进行碳减排而导致 GDP 年平均增长变缓的比率只有 0.12%。[27]

规模经济学正在减少低碳技术的成本。在美国，对设计与建造均符合 LEED（领先能源与环境设计建筑评级体系）标准的节能建筑的研究已经表明，随着此类建筑数量的增加，最初成本的提高已经消失，与非 LEED 建筑对比，能耗得到了显著改善。[28] 从上至下的政策以及个人的行动，是改变发展方向所需要的。最大的障碍在于：从文化角度看来，我们曾相信如果不消耗资源，人类就不会发展。

24 World Business Council for Sustainable Development, Policy Directions to 2050, http:// www.wbcsd.org/DocRoot/bdA09BFxjVkjEeXJKjle/int_low_res.pdf, (2007).

25 UK Chancellor of the Exchequer, Stern Review: The Economics of Climate Change, http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm, (2007).

26 Mckinsey & Company, Reducing Greenhouse Gas Emissions: How much at what costs?, US Greenhouse Gas Abatement Mapping Initiative Executive Report, http://www.mckinsey.com/clientservice/ccsi/pdf/US_ghg_final_report.pdf, (December 2007).

27 Climate Change: Everyone's Business. CBI Climate Change Taskforce. November 2007 http://www.avtclient.co.uk/climatereport/docs/climatereport2007full.pdf

28 Turner, Cathy and Mark Frankel, Energy Performance of LEED for New Construction Buildings, US Green Building Council, https://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=3930, (4 March 2008).

文化的断层

概要

因为在过去的 150 年中我们肆意挥霍资源、污染地球，全球经济的持续增长已经开始受到制约，这一结果是由文化造成的。在这种文化中，自然应是被征服的，它与发展进程一部分的日常生活没有关联。我们曾经相信增加物质财富或消费能够让人们更快乐，能够满足人们的需求，而经济增长也将永远持续下去。事实上征服自然以及增加物质财富这两方面的愿望已经使我们面临文化的断层和环境的破坏。正被我们消耗殆尽的资源是有限的，不可能持续到永远。

在工业化之前的几千年中形成的文明认同可持续发展的原则，目前可以利用这些文明的根源并利用这些哲学思想的观点加速改变的步伐。工业发展模式加剧了社会的不平等，因为市场导致对包括土地在内的日益有限的资源进行争夺。我们不仅扩大了社会的不平等，物质财富的增加也并没有使我们更快乐。[29]

29 Layard, Richard. Happiness: Lessons from a New Science, pp 110-217, Penguin Publishing Press, (2004).

好消息也存在：因为我们如此浪费，因此有许多地方可以迅速改善。我们在发展模式中造成的每一个问题，都可以被另一个依赖化石燃料的暂时方法解决，因此我们创造了一大堆相互依赖的能源消耗技术。我们已经发现以恰当的方式逐一解决这些问题，所获得的社会、经济以及环境效益经过良性循环将会大的惊人。

堆积起来的问题已经导致基础设施维护成本高昂的复杂状况。目前可以明确地预见，未来的方式将是智能、反应迅速的简单方式，而不是刻板的复杂方式。比如，在一个紧凑的混合用途新社区中，人们可以步行、骑自行车或搭乘公共交通工具，轻松前往工作、上学、购物以及休闲设施；居民因此节省了开销，出行时由汽车尾气带来的污染也有所减少。这将会提高健康状况、降低社会医疗成本、创造更为理想的居住环境、为开发商带来更高的回报。世界上最适合居住的城市，像温哥华，高速公路只是美国吸引力较低的城市的 10%，无需承担高昂的维护成本。[30] 目前在许多国家进行的调查显示，人们愿意以不同的方式生活，并希望改变生活方式。[31]

迅速变革的首要方法之一，就是提供关于有效的现有公共和地方服务的实时信息，这将使人们生活得更轻松、更有效率，随后以稳定可靠优质的信息指导长期的选择和投资，为此提供支持。

我们需要快速的范式转换，大大降低对非再生资源的需求，同时找到种类更多、更有效的可再生供应源。资源效率变革中调整方向的合理起点是，在全球共享地球的生态足迹内生活，其中一个例子就是 WWF（世界自然基金会）提出的“一个星球生活”。“一个星球生活”的愿景是：“建立一个与野生动植物和荒野共存，人人都能公平分享地球资源、快乐健康生活的世界。”[32] 获得快乐不是靠物质的积累，而是改变我们的生活状况。一个基本的需要和机会是制定针对社会各个阶层的生态时代生活、商业、投资及政策方面的教育与培训计划。

30 U.S. Department of Transportation, FHWA's Highway Performance Monitoring System and the Canadian Equivalent or Gordon Price?, Highway Performance Monitoring System Report, http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/hpms/, (3 April 2008).

31 BBC News, (2007), Most people ready for Green Sacrifices, (9 November) http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7075759.stm http://news.bbc.co.uk/1/shared/bsp/hi/pdfs/09_11_2007bbcpollclimate. pdf

32 Word Wildlife Fund, Living Planet Report 2006, http://assets.panda. org/downloads/living_planet_report.pdf

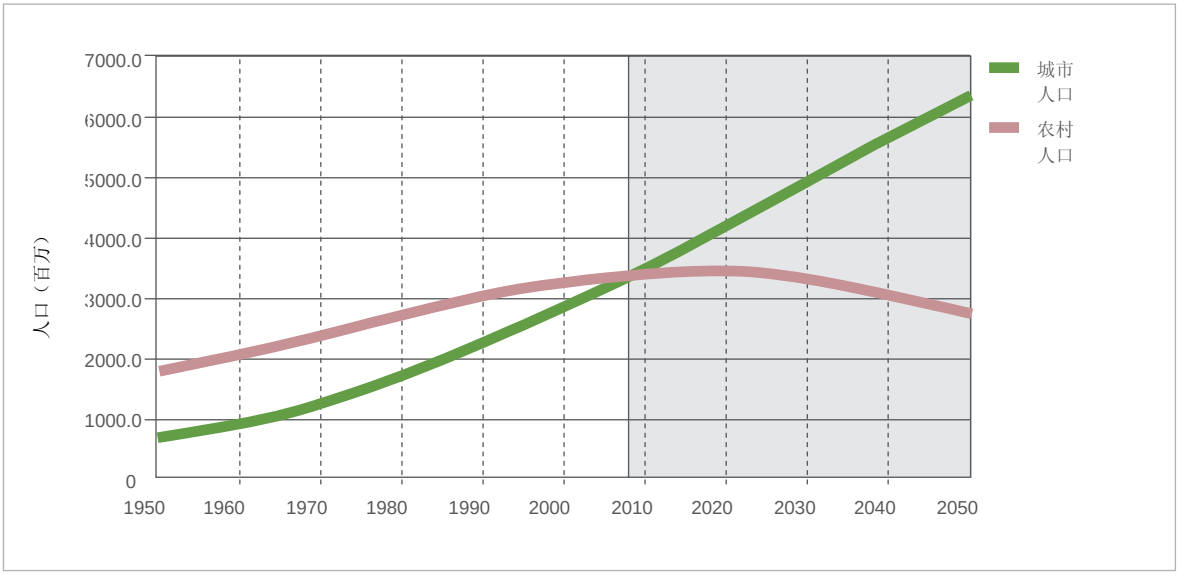
城乡差距

化石燃料有相当大一部分用于农业，除了利用化石燃料产生电能进行灌溉外，还使用能源密集型人造肥料以及将物资运送至城市消费者的交通运输。同时，土壤贫瘠化导致食物中矿物质的流失，给健康带来不良影响。我们需要重新连接城市和乡村的发展，形成资源循环圈以获得可持续发展的未来。这将意味着农业、制造业和城市系统以及我们对生活方式所作的选择都需要彻底转变。当我们进行转变时，需要彻底重新评估我们的观念以及对绿色空间、地貌、农场的界定。

Arup 的“远见和创新”研究组通过在世界各地开展访谈，分析了变革的动力。结果表明，土地使用、食物生产和能源之间恰到好处的平衡，这些驱动因素大部分直接联系着资源损耗对人们产生的不可避免的影响。考虑到人们最基本的需求就是住房、食物、水以及制冷/取暖，这个结果并不在意料之外。水资源的可用性这一关键性问题以及矿产资源的开采也将得到讨论。

33

33 © Tuca Vieira in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).



全球城市与农村人口 1950-2050 [34]

影响

两个加剧我们难题的关键问题是（i）人口的持续增长——据预测到 2050 年人口将达到 90 亿——以及（ii）与向城市迁移有关的资源消耗的快速增长，尤其是在亚洲、非洲以及加勒比海。2008 年成为一个标志，历史上第一次有一半的人口生活在城市里。到 2050 年，全世界的城市人口预计将增加近一倍，从 2007 年的 33 亿增加到 2050 年的 64 亿。[35]

由于可能获得更高的生活水平、更低的死亡率以及更长的预期寿命，因此城市化动力强大。但是目前这个模式是非持续性的。高收入城市的生活会造成二氧化碳大量排放，使城市成为减少二氧化碳排放的重点所在。此外，城市生活所需的所有资源都需要运送至都市圈，而所有的废物则需要运送出去。我们还必须记住的是，城市中消费的食物和商品，向上游追溯都有城市之外的相关排放问题。未来的城市中心需要改造，显著地减少温室气体排放量，让生活在其中的人们更加轻松。尤其对于中低收入国家，它们有机会越过高收入国家目前存在的问题，只要他们遵循新的生态时代模式就能更加有效地利用资源。

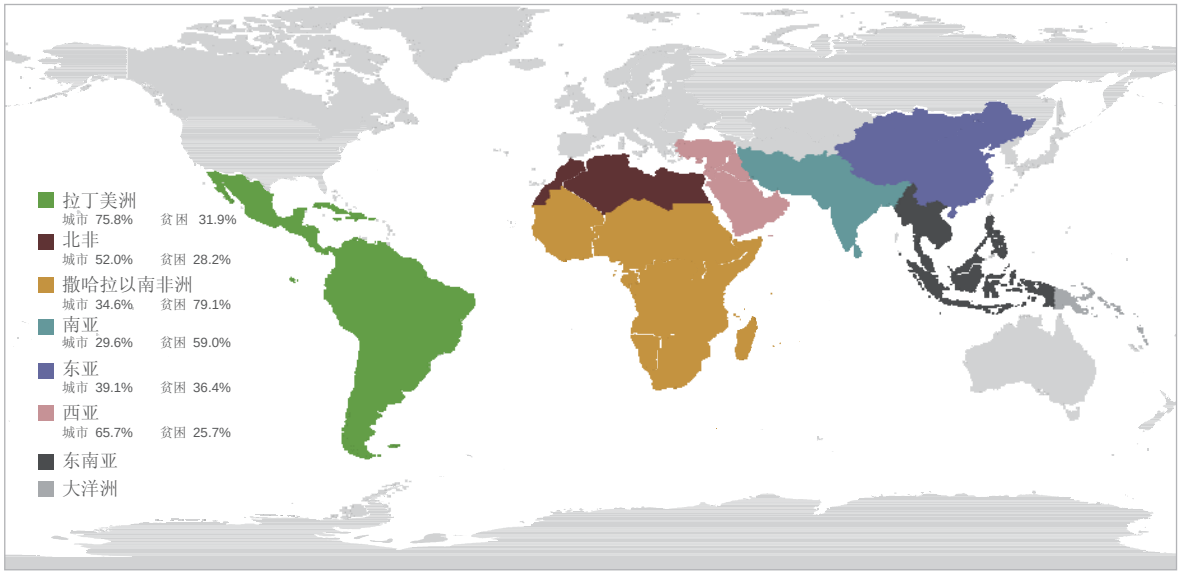
温室气体排放的增加目前被普遍认为是对人类最大的长期威胁。对气候系统反馈效应的最新了解指出，如果不尽快采取措施缓解这种状况，气候变化对我们造成的负面影响将比以前预期的来得更快。我们获悉格陵兰岛冰帽的融化速度比最初预计的要快，因此海平面的上升也许会更早来临。36 全球共识不断提高，目前已经开始关注如何实现转变而不是质问是否有此需要。我们确切地了解正是人类快速消耗资源和采伐森林的活动，造成了目前看到的气候变化不断加快。

人们广泛认同，必须在 2050 年之前减少 80% 的排放，以稳定气候，并且这方面的减少重点是在高收入国家。在联合国巴厘岛气候变化会议讨论 2012 年后京都计划和目标的准备阶段，德国和法国提出重大倡议对前述观点进行了补充。欧洲已经计划到 2020 年要将二氧化碳排放减少 40%，而不是在此前同意的 20%。不过，制定目标与切实大幅减少排放量是截然不同的事。

34 The United Nations, World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, United Nations Publication, http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007WUP_Highlights_web.pdf, (26 February 2008).

35 The United Nations, World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, United Nations Publication, (26 February 2008) http://www. un.org/esa/population/publications/wup2007/2007WUP_Highlights_ web.pdf

36 Hansen, J.E, Scientific reticence and sea level rise. Environmental Research Letters, sourced from http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/2/2/024002/erl7_2_024002.html, (2007).



中低收入国家贫困人口 37

资源效率

土地与城市区域

随着人口激增，污染加剧，生产性土地的人均面积在上个世纪已经从 8 公顷降低至大约 2 公顷，而且随着人口的继续增长，生产性土地将进一步减少。38 不过由于技术增加了土地的生产力，因此在我们的生活这种减少似乎并未发生，我们还没有意识到进行变革的迫切需要。让地球适合后代居住的一个关键因素是更加有效的使用土地和资源。让我们先了解一下城市区域。

大部分城市中的土地竞争正在抬高房价中土地这一部分的价格。这意味着土地价值的增加可以用于加强效率改善方面的投资。然而不平等的状况正在加剧，尤其是房主和房客之间。在伦敦，临时住所内无家可归的家庭数目清楚地反映了经济住宅的短缺，这个数目（6 万）占到英格兰总数目的三分之二。土地价格的上涨导致社会住宅的短缺。英国社会住房的建造数量已经从 1994－1995 年期间每年大约 42,000 所下降至 2002－2003 年的 21,000 所。39

大多数情况下，那些迁往世界各地城市中心的人的宏伟抱负并未实现。正如联合国人居署执行主任 Anna Tibaijuka 所指出的，“人们迁往城市不是因为他们将变得富裕，而是因为他们希望变得富裕”。40 这部分人发现很难寻找到所期望的经济机会。他们经济状况不佳，支付不起住房，而燃料和食品成本的上涨更加重了这些状况，这一切导致无家可归者以及贫民窟的出现。据预测，到 2020 年贫困人口将达到 14 亿，影响最为严重的是非洲。41

城市生活需要彻底改变，如果我们要在地球的承载范围之内生存，就需要更有效地使用土地。城市密度所处的水平、食物和商品的选择、能源供给效率以及燃料的选择将从根本上改变生态足迹。食物和商品属于消费者的选择，而城市密度、能源供给效率以及燃料的选择主要是规划的结果。

因此，良好的城市设计和规划是成功改变方向的关键，土地使用规划的法律结构是否清晰明了至关重要。

37 Figures given for slum populations are percentages of the urban population as a whole BBC News, Report reveals global slum crisis, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/5078654.stm#slums, (16 June 2006).

38 GEO-4, United Nations Environmental Programme Figure 8.1. http:// www.unep.org/geo/geo4/media/, (2007).

39 Barker, Kate, Review of Housing Supply: Delivering Stability: Securing our Future Housing Needs, HM Treasury http://www.hm-treasury. gov.uk/media/E/3/barker_review report_494.pdf, (2004).

40 BBC News 16 June, Report reveals global slum crisis, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/5078654.stm#slums, (2006).

41 UN Habitat characterizes slum housing as lack of durable housing, insufficient living area, and lack of access to clean water, inadequate sanitation, and insecure tenure.

空间和交通[42]

城市生态足迹最大的区别标志在于城市密度和运输能源消费之间的关系。美国一个普通城市居民每年用于私人交通的能源是中国城市居民的 24 倍。[43]

城市密度的最佳点为每公顷 75 人，此时，经济地提供公共运输，交通能源的消耗就会下降，而且还会有充足的空间建造城市公园和花园。[44]

较高的城市密度、良好的公共运输以及转向使用由可再生能源驱动的低油耗交通工具，能够减少与运输有关的能源消费并改善适于居住性。

城市硬质景观以及人为的热量释放造成与夏季制冷高能耗有关的热岛效应。由于全球温度上升，这些效应会对健康造成危害。在周围绿地和水体很少的城市区域内，夜间温度会高出两三度，造成夏季高温时间延长。

42 Press Office City of Mü enster, Germany

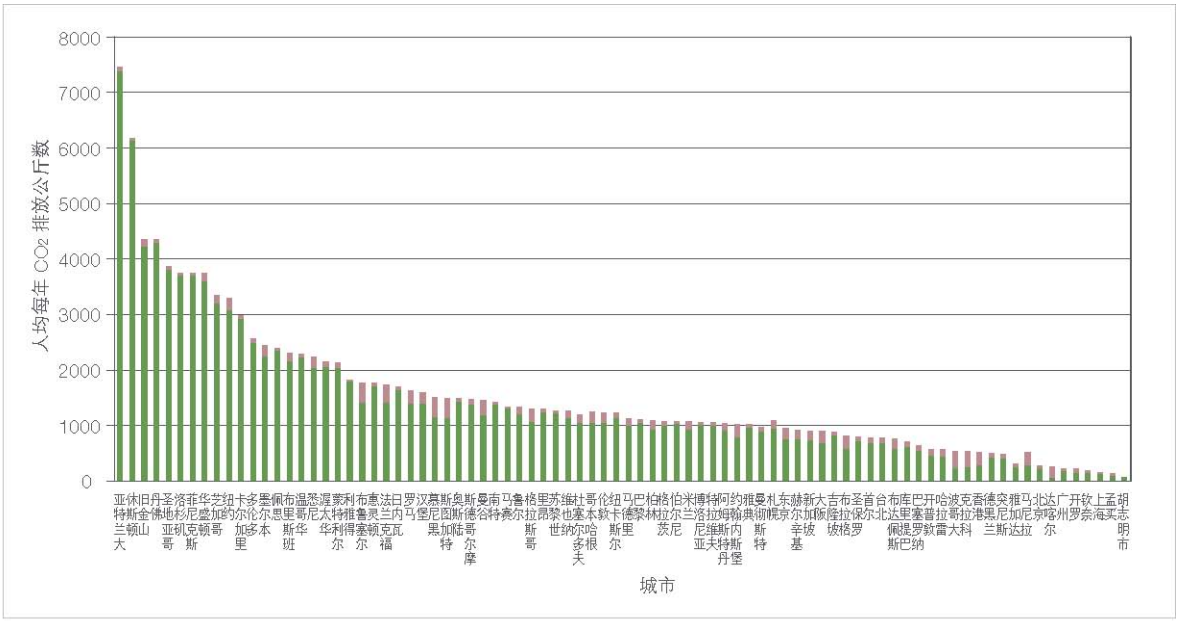
43 Kenworthy, J.R, Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities, Presented to the International Third Conference of the Regional Government Network for Sustainable Development, Notre Dame University, Fremantle, Western Australia, http://cst.uwinnipeg.ca/ documents/Transport_Greenhouse.pdf, (September 17-19 2003).

44 Newman, Peter and Jeffrey Kenworthy, Urban Design to Reduce Automobile Dependence, Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies: Vol. 2: No. 1, Article 3. http:// repositories.cdlib.org/cssd/opolis/vol2/iss1/art3, (2006).

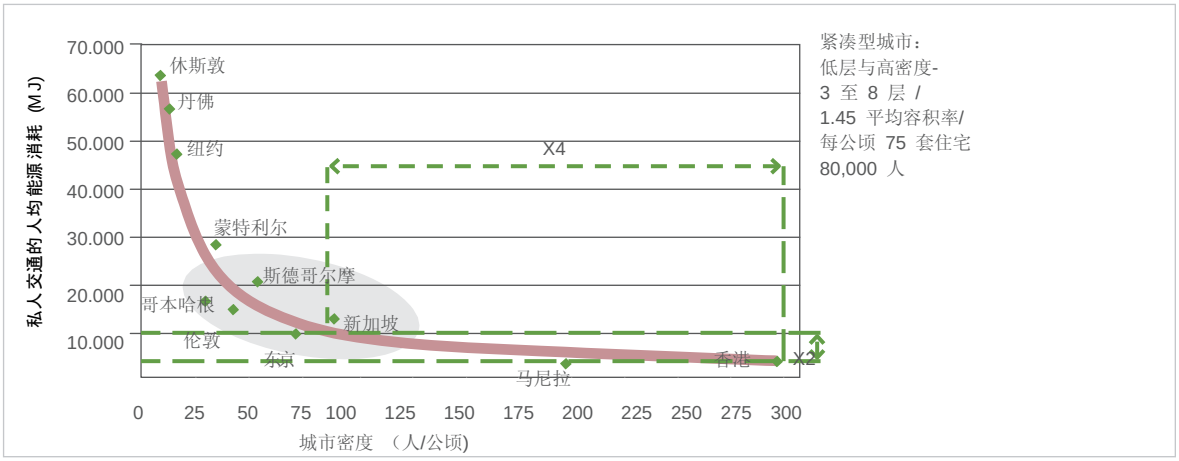
通过绿色屋顶、城市公园以及在街道两旁种植树木增加生物多样性能够降低热岛效应，并且通过减少热应激、改善精神状态提高健康状况。[45]要说明生物多样性和健康之间的联系，新加坡公园中生物多样性管理就是一个颇有远见的例子。利用蜻蜓的栖息地帮助控制这个城市中的蚊子及登革热问题。墨尔本同样通过安置种群，创建一个蚊子难以繁殖的生态系统。

城市具有生物多样性，因而与自然和谐相处，它们与能耗以及生活质量之间是一个良性循环。有明确的证据表明，绿地的使用增加了新住宅的需求，土地价值的提升为募集资金提供了可能。生活所处的自然系统也将同样受益。树木和植物还有助于水源管理，减少水流失并改善空气质量。城市范围之外的农村和水生环境的生物多样性同样需要恢复，这需要视为总体变革进程的一个部分。未来的城市中心将被转化成在所有方面均能反应人与自然和谐相处的地方。

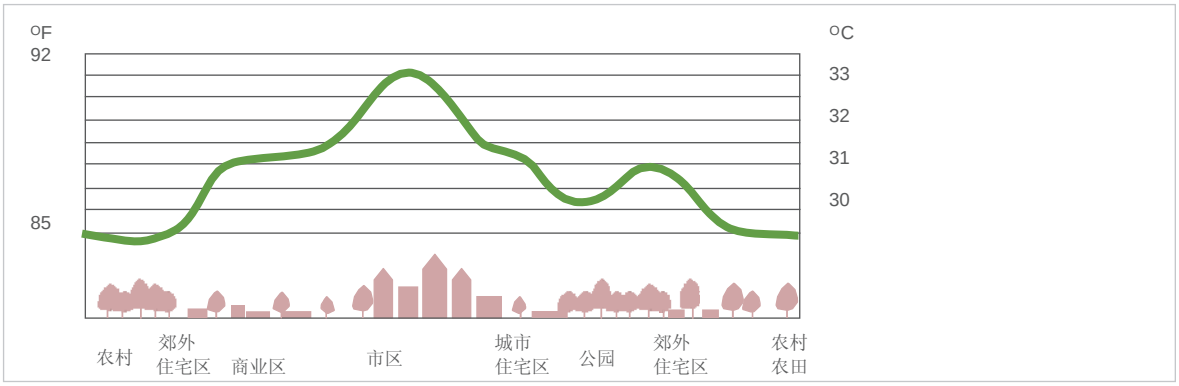
45 Mind Organisation, Ecotherapy: The Green Agenda for Mental Health, http://www.mind.org.uk/mindweek2007/report/, (May 2007).



84 个城市乘客运输的人均二氧化碳排放量（私人和公共交通）[46]



交通运输与城市密度 [47]

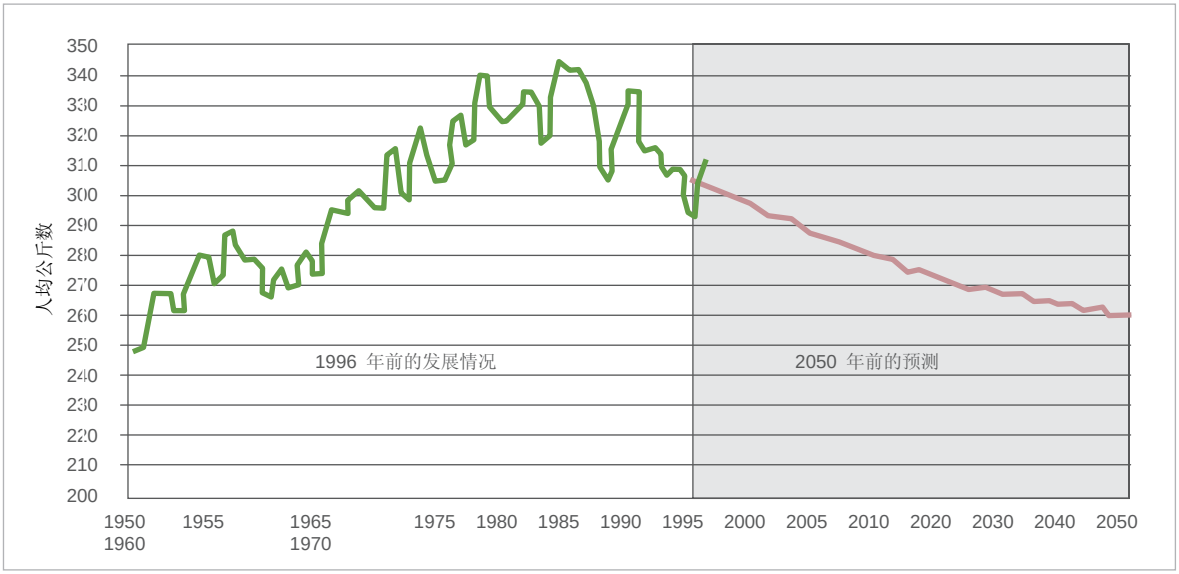


城市热岛效应剖面图 [48]

46 Kenworthy, J.R, Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities, Presented to the International Third Conference of the Regional Government Network for Sustainable Development, Notre Dame University, Fremantle, Western Australia, http://cst.uwinnipeg.ca/documents/Transport_Greenhouse.pdf, (September 17-19 2003).

47 Newman, Peter and Jeffrey Kenworthy, Urban Design to Reduce Automobile Dependence, Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies: Vol. 2: No. 1, Article 3. http://repositories.cdlib.org/cssd/opolis/vol2/iss1/art3, (2006).

48 Pon, B., and Diagram: Sketch of an Urban Heat-Island Profile, sourced from http://heatisland.lbl.gov/HighTemps/, (2007).



粮食减产 49

土地与食物

农业生产性土地的普遍减少部分是由于城市化、污染以及气候改变产生的影响。土壤质量的退化和过度放牧导致土地面积缩小，在其上进行的食物生产产量因此减少，这就需要不断增加化学肥料，消耗更多的非再生能源，因而增加了相关的碳排放。水资源也正在被耗尽。热带雨林对于生态系统的保护以及碳的有效储存非常重要，而雨林因食物和生物燃料的生产正在遭受破坏。

在中低收入国家，农业仍然贡献了 11% 的 GDP。50 农作物产量 1% 的改变，就会影响到全球 6 百万生活在每日消费一美元之下的人口。我们不难想象，气候改变，尤其是由于水资源短缺和温度变化，将会给贫困人口造成怎样的影响。

全世界人口的粮食安全同样是一个重要的问题。联合国报告了全球 30 年以来最低的粮食储备量——可在发生紧急事件时为提供 53 天的食物，而 2007 年是169 天。52谷物，是我们最基本的食物来源，其人均供应在几十年中稳定增长，但是目前我们发现谷物在迅速减少，根据预计这种趋势将持续下去。除了人口增长，由于全球变暖直接导致粮食生产模式发生变化将使这个问题更为严重。

渔业也面临这种困境。全世界鱼类资源的四分之三已被彻底开发、过度开发或耗尽。据估计，到 2050 年大部分的鱼类资源将完全丧失。53 除此之外，因二氧化碳增加导致的海洋酸化将进一步影响水产食品体系。

事实上，我们生产的粮食已经足可以养活每一个孩子、妇女和男人，并且有可能足够养活 120 亿的人口。但是现实却是 8.5 亿的人口（大部分是妇女和儿童）长期忍饥挨饿，而肥胖或超重的人口有 11 亿。54 我们的粮食供应并未实现公平分配。

49 Source: Worldwatch Institute, Washington DC, United States http://maps.grida.no/go/graphic/grain_production_in_the_world_1950_1995_and_projection_for_2050

50 Statistics from Development Data Group, The World Bank, 2007 World Development Indicators Online. Washington, DC: The World Bank. Available at: http://go.worldbank.org/3JU2HA60D0 (2006).

51 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep. org/geo/geo4/media/ p 367, (2007).

52 BBC News, UN warns on food price inflation, http://news.bbc.co.uk/2/hi/in_depth/7281686.stm, (6 March 2008).

53 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep. org/geo/geo4/media/, (2007).

54 The Economist, An Expensive Dinner, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=10085859, (3 November 2008).

另一个令人担忧的趋势是膳食的改变。随着生活水平的提高，我们正消耗着越来越多的资源密集型食品。比如，从谷物向肉类的转变，导致食物生产所需的土地增加 2.5 到 3.5 倍。[55]这一点在中国异常突出，因为中国生活水平的提高已经导致肉类消费在不到 30 年的时间里增加了 2.5 倍。

英国首席科学顾问 John Beddington 指出，

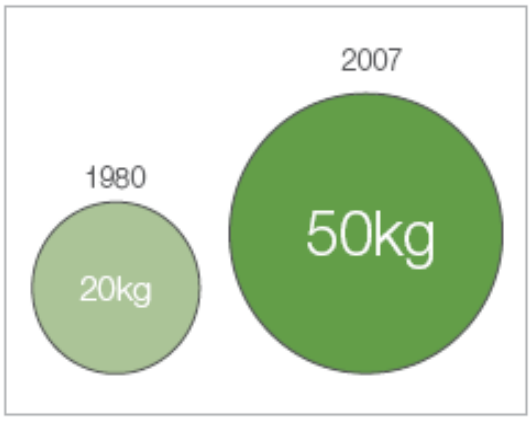
“如果每天[的收入]从 1 英镑变成 5 磅，人们就会增加肉类和乳制品的消费... 这样就需要额外的谷物。每天收入高于 5 英镑时，人们就开始选择加工食品和包装食品，而这些食品需要消耗更多的能源。”[56]农田及整个蓄水区域的矿物质丰富及平衡程度是食物产量和经济产出的关键问题。化学肥料被用来创造这样的条件，但是这需要更多的能源投入并导致了不平衡的加剧和随后的污染。[56]

农田及整个蓄水区域的矿物质丰富及平衡程度是食物产量和经济产出的关键问题。化学肥料被用来创造这样的条件，但是这需要更多的能源投入并导致了不平衡的加剧和随后的污染。[57]

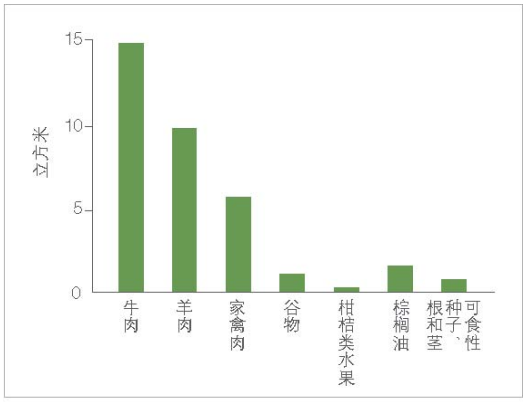
55 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/ p 142, (2007).

56 Randerson, James, Food crisis will take hold before climate change, warns chief scientist, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/science/2008/mar/07/scienceofclimatechange.food, (7 March 2008).

57 Holmgren, David, Permaculture: Principles & Pathways Beyond Sustainability, Holmgren Design Services (2002).



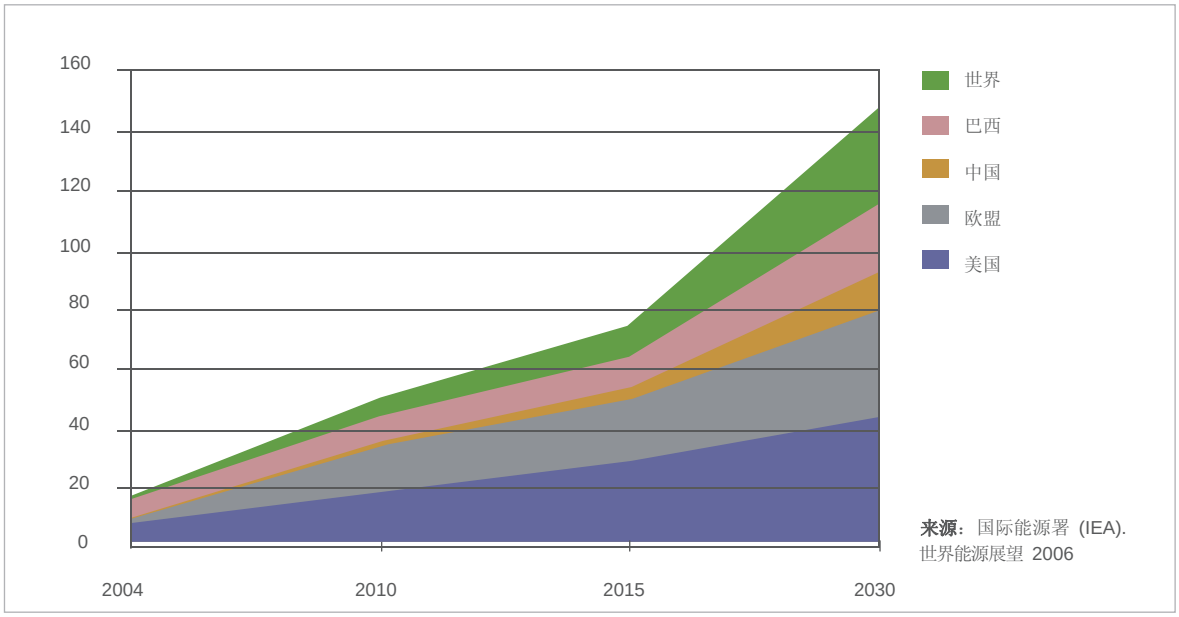
中国人均肉类消费的增长情况 [58]



不同食物种类的用水量 [59]

58 FAO/OECD, The BBC News, The Cost of Food: Facts & Figures, World Food Commodity Prices, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7284196.stm, (1971-2017).

59 Food and Agriculture Organisation, 1997 in Drivers of Change: Water, Arup (2008).



来源： 国际能源署 (IEA). 世界能源展望 2006

高效地采集、使用能源：世界生物燃料消耗、可选择政策情景[60]

膳食、食品生产效率及分配是资源效率的关键组成部分，这些都是可以解决的问题。比如，我们可能需要开始新的低能耗加工过程，增加并且平衡土壤肥力，对此有所帮助的是形成城市生活与农村食品生产之间的资源循环。供给和需求之间的不平衡正在抬高价格。消费已远远超过生产。通常是以备将来之需的粮食储备现在就已使用。由于将来的粮食储备受到威胁，再加上降低需求的努力，致使食品价格上涨。而种植生物燃料作物造成的土地竞争更是加剧了这种状况。

由于玉米、稻米以及小麦之类的基础粮食种类价格飙升，目前确实面临着粮食危机。联合国世界粮食计划署 (WFP) 的执行主任 Josette Sheeran 警告说，“世界上将收入的 60% 用于购买食品的人口最容易遭受粮食危机的影响，这部分人口因价格过高已经被挤出粮食市场之外。”[61] 8. 5 亿以上的饥饿人口其队伍将会继续扩大，而其它人将被迫改变他们的消费方式，放弃其它必需品或服务，比如医疗保健和教育。[62]

Sheeran 继续指出：

对于中产阶级而言，这意味着需要减少医疗保健费用。对于每日开销为 2 美元的人来说，这意味着要减少肉类并让孩子放弃教育。对于每日开销 1 美元的人来说，这意味着要减少肉类和蔬菜，只能食用谷物。对于 50 美分的人口，这将是彻彻底底的灾难。[63]

食物在人们的预算中所占的比重越来越大。“阿富汗的普通家庭现在要将收入的大约 45% 用于食品，而 2006 年时为 11%。”[64] 因此，人们便少买食品，买便宜的食品。但是便宜的食品，如加工食品或包装食品，往往营养价值低并且需要消耗更多的能源。[65]

城市的合作种植园可以成为城市食品供应一个重要来源，但是更稳定的新方法是，在城区利用水培法以及从废物流中回收营养物质种植粮食，从城区的能源消耗中回收碳并将其返回生产性土地中。这可以节省出更多的土地培育新森林，以创造其它的碳吸收能力并改善生物多样性。

60 World Business Council on Sustainable Development, Biofuels, (2007).

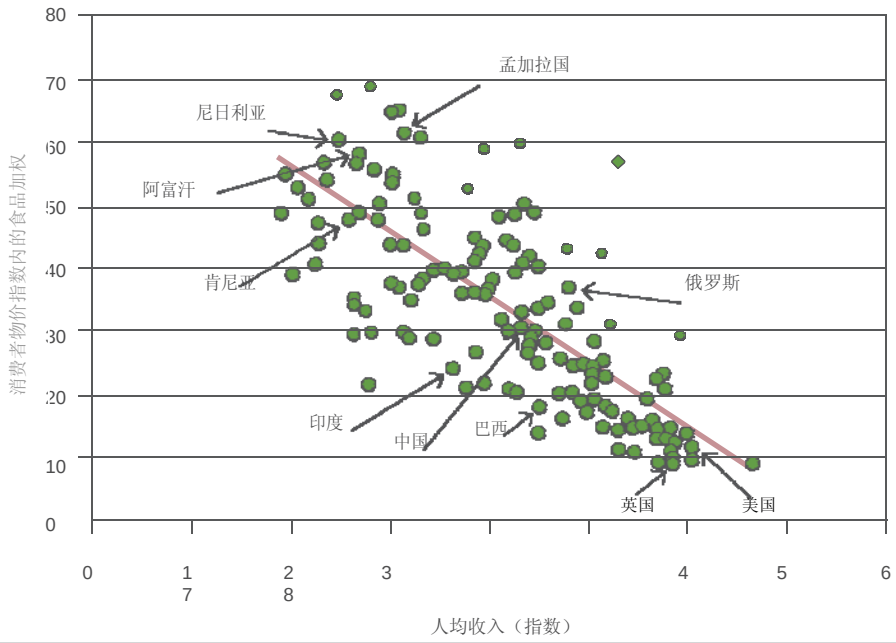
61 The Economist, An Expensive Dinner, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=10085859, (3 November 2008).

62 Varma, Subodh, Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (13 March 2008).

63 The Economist, The New Face of Hunger, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=11049284, (17 April 2008).

64 Ban Ki-moon, The new face of hunger, Washington Post, http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/03/11/AR2008031102462.html?hpid=opinionsbox1, (12 March 2008).

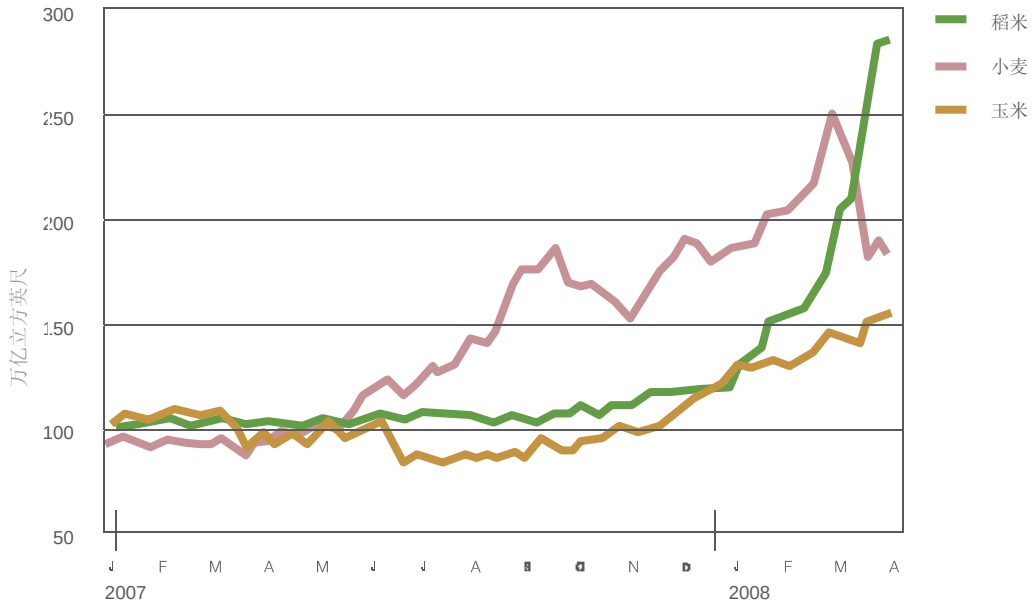
65 The cost of fresh vegetables and fruit (lower calorie foods) are rising fastest



注意：贫困人口趋向于将相对较多的收入用于食品，因此当粮食价格上涨时更容易受到影响。

来源：国际货币基金组织

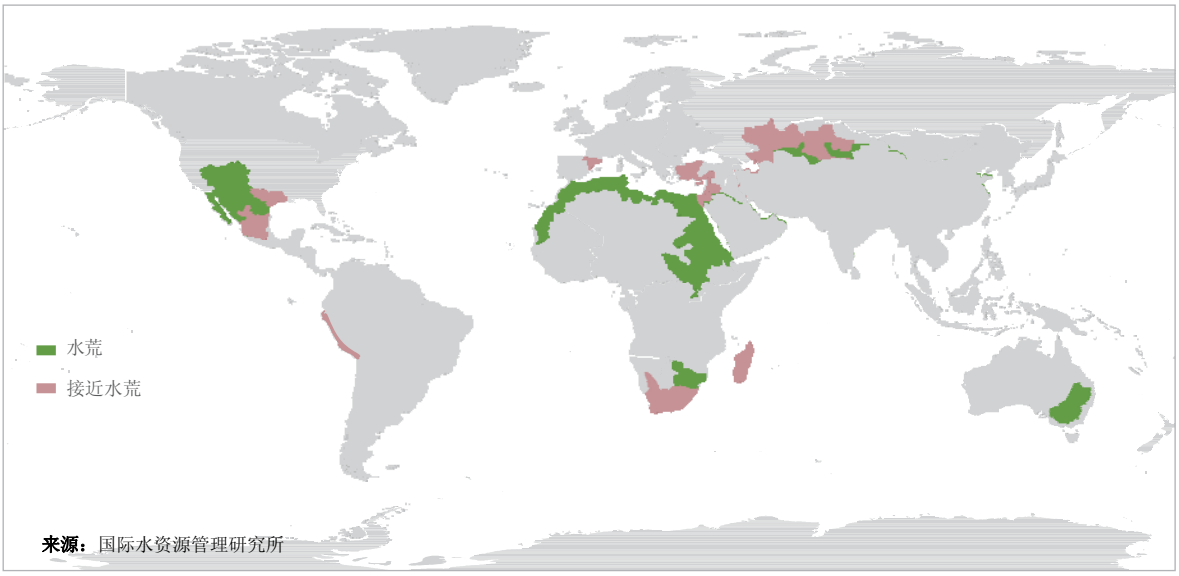
2000 年收入与能源消费对比：
食品价格上涨——不平等的影响[66]



谷物消费增加[67]

66 World Economic Forum, Global Risks: Global Risk Network Report, http://www.weforum.org/pdf/globalrisk/report2008.pdf, (2008).

67 The Economist, The New Face of Hunger, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=11049284, (17 April 2008).



全球水资源的可用性

水与食品安全及健康

淡水资源是农业、食品生产和人类发展的根本。联合国环境规划署的报告指出，“如果目前的趋势继续发展，那么到 2025 年将有 18 亿人生活在完全缺水的国家或地区，全世界三分之二的人口将会面临用水压力。”[68]造成这一切的主要原因在于过度抽水、使用低效/不公、人为污染以及森林采伐对生态系统造成的损害。此外还有农业领域过度耗水以及大多数蓄水层水位降低，这主要归因于用水价格没有起到应有的作用。[69]

英国也面临许多这类问题。即使是在气候变化产生影响以及需求增加之前，英格兰的东南部已经面临越来越严峻的水荒。[70] 对于水体而言，造成如此状况的责任在于我们自己那些毫不注意、浪费的行为。500 个水体因为过度采水濒临危险，还有 130 万个处所产生的废水直接流进河里。因为农业、人类和工业废物的污染，我们 70% 的河流仍然不能支持鲑鱼群的生长。[71]

另一方面我们没有回收一开始已经被处理过的废水，也没有收集、使用当地的雨水，我们让大量的处理水流走。大量用于处理水的能源也因此被浪费掉。

使用循环水有许多重要的方法。城市住宅区的水可以为周围的农田提供足够的灌溉水，收集、储存城市中的水径流并将其用作灰水，进行再次使用。这可以减少对饮用水的需求，并降低与水处理有关的能源需求。因气候变化导致雨雪增强而产生洪水的影响也可以得到缓解。

我们可以使用的这方面的所有技术都已经市场化，并不昂贵。作为同行，我们必须质问自己规划和执行的态度，弄清楚为什么如此简单的技术并没有得到采用。最有可能的原因是一种文化观念：再利用资源的观念由于某种原因在高收入国家并不适合。

68 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/ p 148, (2007).

69 Timmins, C., Environmental Resource Economics, Volume 26, Number 1, sourced from, http://www.springerlink.com/content/rp22580246p40t34, (2004).

70 Department for Environmental, Food and Foreign Affairs, Future Water; The Governments Strategy for water in England, sourced from http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf (February 2008).

71 Blueprint for Water, 10 steps to sustainable water by 2015, Blueprint for Water, http://www.blueprintforwater.org.uk/Blueprint_A4.pdf (November 2006).

生物燃料的增长将会进一步增加耕地和水供给的紧张状况，因此进一步抬高了食品价格。不仅是直接用于生物燃料的谷物，其它谷物及其价格也受到影响。斯坦福大学的法律教授 David Victor 认为：

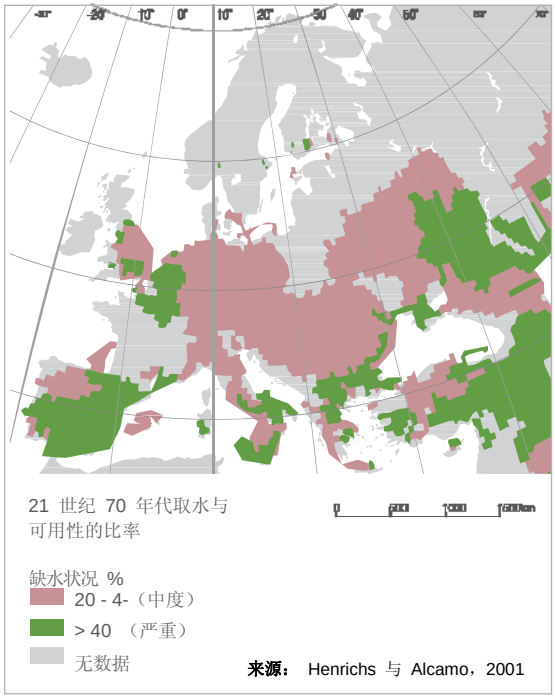
玉米价格的上涨，在很大程度上是因为美国生产的玉米越来越多地用于制成酒精生物燃料，而这一店主要是因为能源政策考虑不周。由于美国是最大的玉米输出国，因此这对全球市场造成影响。紧接着对小麦也会产生一定的影响，举个例子，因为小麦可以代替玉米用作饲料。[72]

欧洲的决策者在更多地关注生物燃料的社会、环境影响之时，正在重新考虑生物燃料方面的目标。欧洲许诺到 2020 年的时候运输燃料的 10% 使用生物燃料；英国制定了单独的目标，到 2010 年时汽油和柴油中的生物燃料要占 5%。[73]生物柴油生产导致了马来群岛等雨林地区油料作物种植园不断增加，随着土地的改变，大量的碳便释放出来。

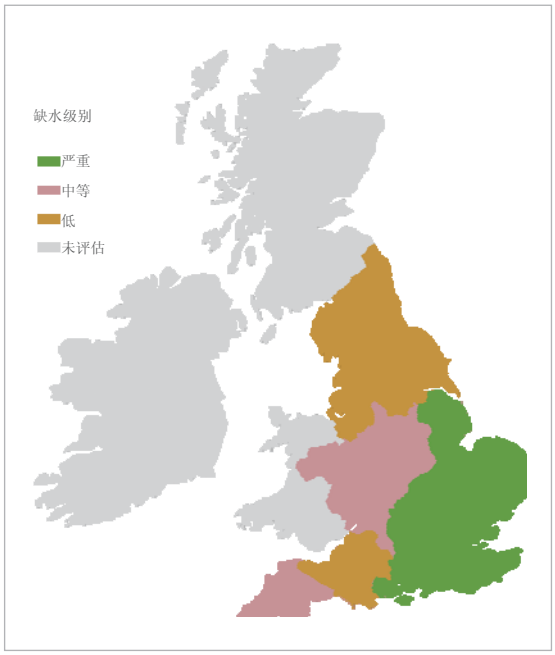
第二代生物燃料来自农业废物（如稻壳、谷类作物的茎，吸收二氧化碳的海藻），生态足迹较低，因此更具可持续性，而且这类生物燃料非常有助于减少碳排放、降低生态足迹。

72 Varma, Subodh., Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (13 March 2008).

73 Adam, David and Alok Jha, EU review biofuel target as environmental doubts grow, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jan/15/biofuels.carbonemissions, (15 January 2008).



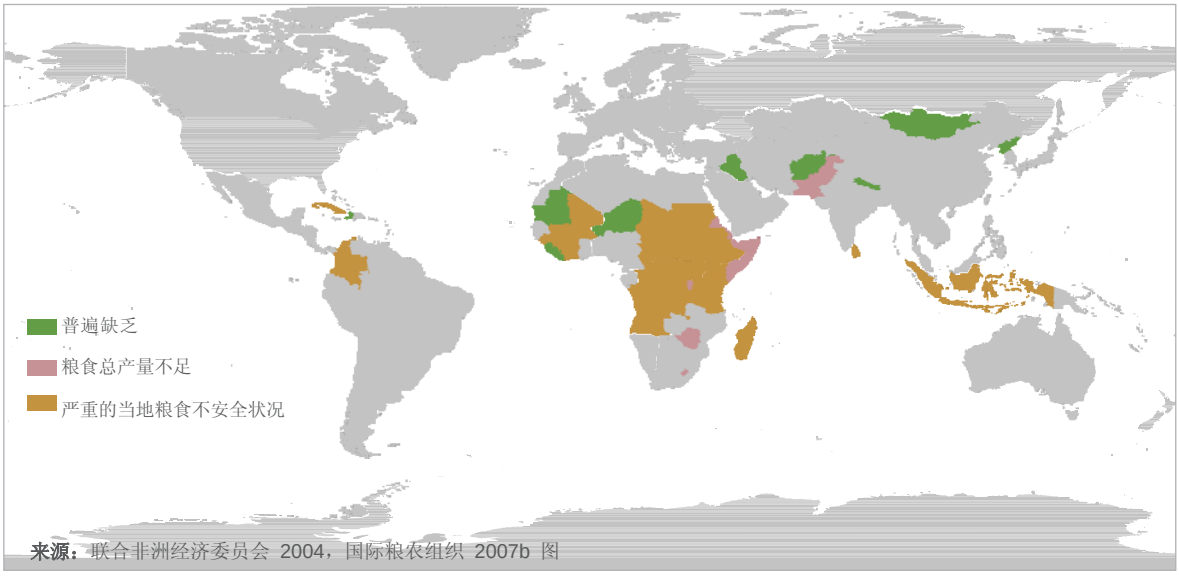
欧洲 21 世纪 70 年代的缺水状况 [74]



英国相对缺水的地区[75]

74 Dickie, Phil., Rich countries, Poor Water, World Wildlife Federation Freshwater Program, http://assets.panda.org/downloads/rich_countries_poor_water_final_170706.pdf, (2006).

75 Diagram Figure 4: Areas of Relative Water Stress, http://www.defra. gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf, (2007). Source: Environment Agency



来源： 联合非洲经济委员会 2004，国际粮农组织 2007b 图

粮食自给水平的下降

国家级的粮食安全通过自给水平进行衡量。一些国家普遍缺少粮食，一些国家存在生产不足的状况，而一些国家存在严重的粮食不安全状况，主要是在非洲国家。

即使是在英国，我们的粮食自给水平也在下降。从国外进口的粮食越多，运输成本就越高，将来丧失稳定良好的粮食供应的危险就越高。通过缩短资源管理循环，利用高效的新生产技术，可以解决这些问题。不过，以国家为基础的经济和环境的平衡很复杂且主要依赖于气候和土地的供给。

由于人口增长、生活标准提高，估计到 2050 年全球的粮食需求量将增加 70－90%。[76]当国家不能为人民提供食品之类的基础必需品时，不能负担高昂价格的消费者和不能承担成本的生产商这两者都将导致社会的动荡。我们在非洲许多国家已经发现这种状况，其它中低收入国家这类问题也越来越突出。

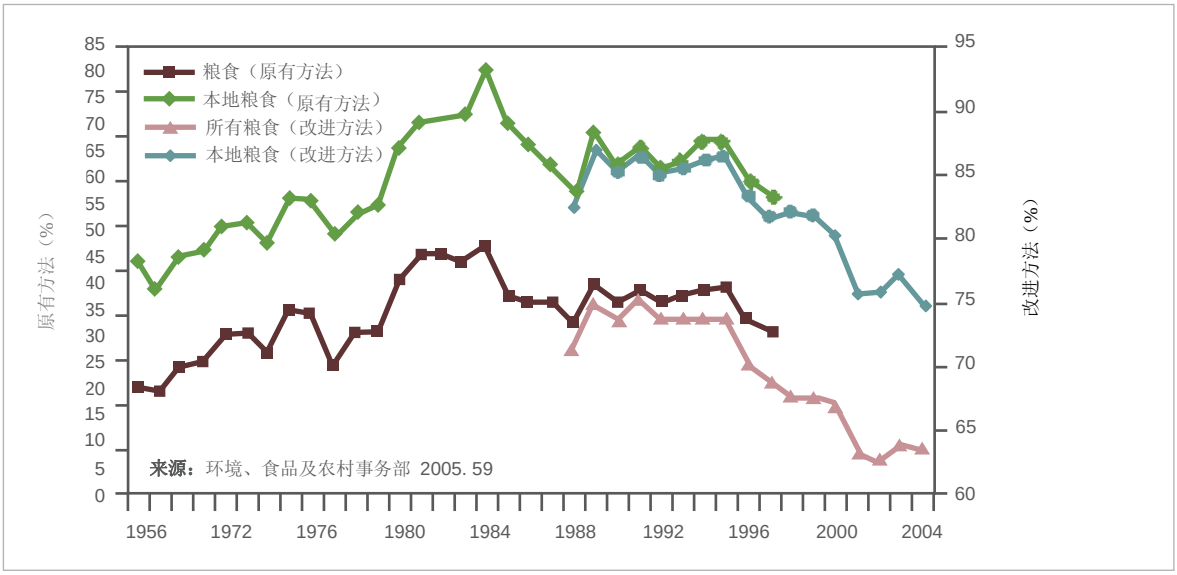
“从加尔各答到纳米比亚、津巴布韦、摩洛哥、乌兹别克斯坦、奥地利、匈牙利和墨西哥都有粮食骚乱出现。”[77] 英国也不能免除这种状况。2007 年 3 月，数百位猪农在唐宁街抗议猪肉价格过低，他们要求从超市 500 克包装的熏肉成本中额外收取 10 便士，用以弥补他们的成本。其它新鲜家禽、肉类和鸡蛋生产商也有同样的要求。[78]负担不起食物以及食物缺乏营养会导致健康状况不良，并有可能致使那些国家失去下一代领导者和供给者，而这将会成为恶性循环。

改善健康以及减少健康成本的主要方法可以是，在城市中心和靠近城市中心的地方提供高质量的食品，并且通过减少运输过程的碳排放改善空气质量。

76 Varma, Subodh., Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (13 March 2008).

77 Varma, Subodh., Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (13 March 2008).

78 Elliott, Valerie. Price rises feed through to your shopping basket, The Times, http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article3500963.ece, (7 March 2008).

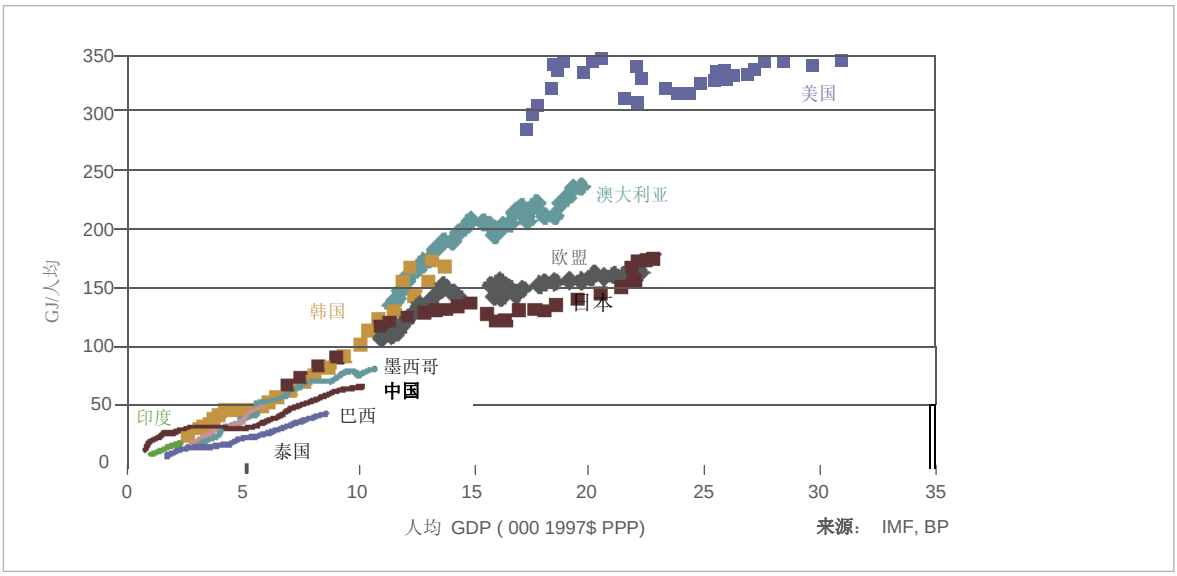


英国粮食自给水平下降[79]

能源与原材料

如果目前的趋势继续发展下去，到 2030 年世界初级能源的需求量将增加两倍多；单是印度和中国对能源的需求就几乎占了一半。[80]

在英国，我们使用的 90% 的能源来自化石燃料。在工业时代模式中，当 GDP 水平由低向高提升时，能源需求和碳排放就会相应地提高。这正是西班牙和爱尔兰最近所经历的。[81] 不过由于高收入经济体随后将制造业转移至其它国家，他们的能源消耗和碳排放因此趋于稳定。

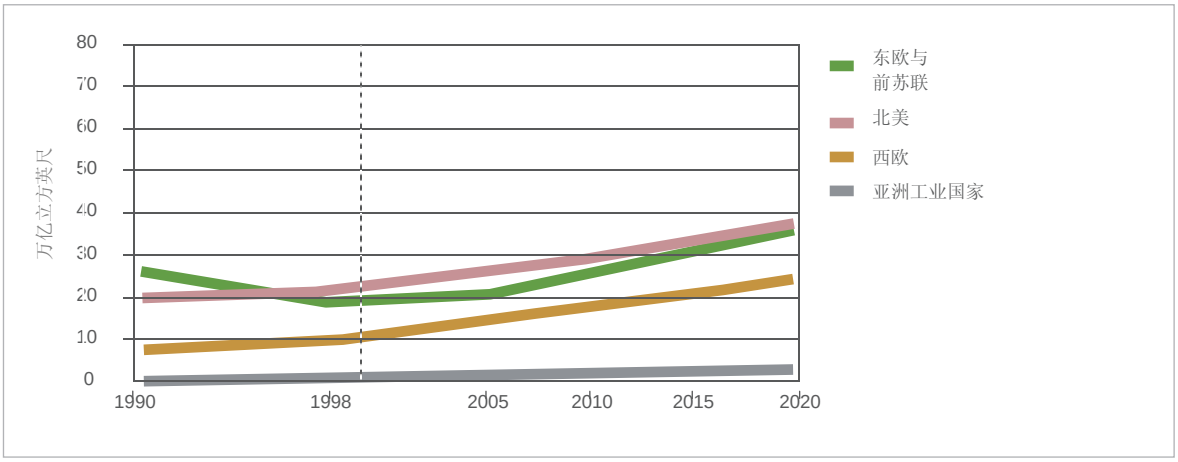


能源消耗

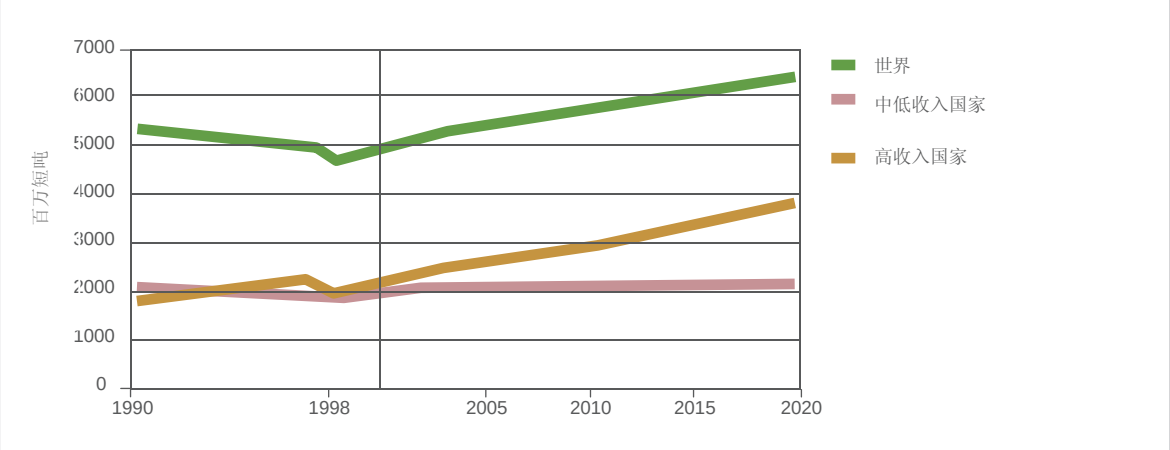
79 Simms, Andrew, Dan Moran and Peter Chowla, UK Interdependence Report, New Economics Foundation, http://www.neweconomics.org/gen/uploads/f2abwpumbr1wp055y2l10s5514042006174517.pdf, (2006).

80 International Energy Agency, World Energy Outlook 2007- China and India Insights, http://www.worldenergyoutlook. org/, (7 November 2007).

81 Energy and emissions increase in Ireland, Environment Protection Agency, (December 2007).



世界汽油消耗[82]



世界煤炭消耗[83]

目前有三分之二的潜在能源是因产生、分配、供给和使用的低效而浪费掉，这是我们进行性能改进之处。[84] 预计所有燃料的需求都会增加，问题在于‘传统化石资源的供应能否满足这些需求？’目前的迹象看起来前景不容乐观。

煤炭消耗的增长比石油和天然气迅速，预计全球在 2005 年到 2030 年之间需求将增加 73%。[85]全世界各个地方都在建造煤炭发电站，完全不顾碳排放的限制，因为煤炭是目前我们剩下的最便宜、最充足的化石燃料可以使用的期限比石油和天然气长。因为碳排放限制，目前煤炭的使用迅速增加，以获得“免受新法规限制” 的地位。目前的资源评估中假定资源的消耗是以当前的速度进行——消耗没有增加，官方的煤炭储量估计也许没有所认为的那么高，因此煤炭储量可能并不是一些人所估计的 150 年。[86]

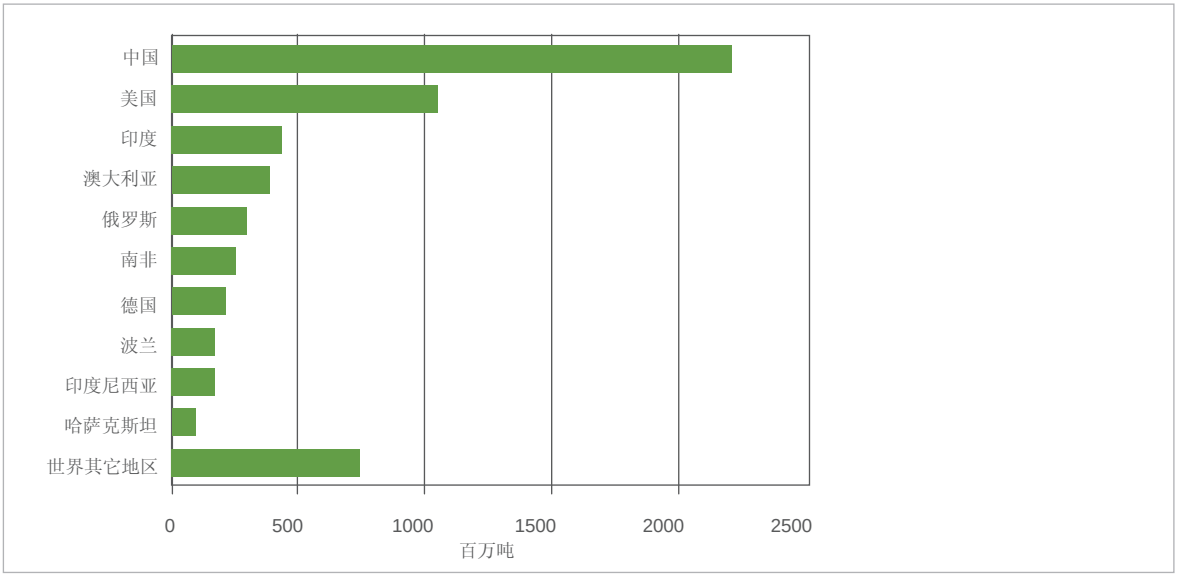
82 Energy Information Administration/International Energy Outlook 2001, based on EIA, International Energy Annual 1999, DOE/EIA-0219(99) Washington DC, Jan. 2001 and EIA, World energy projection systel 200.

83 Energy Information Administration/International Energy Outlook 2001, based on EIA, International Energy Annual 1999, DOE/EIA-0219(99) Washington DC, Jan. 2001 and EIA, World energy projection systel 200.

84 The Economist, The Elusive Negawatt, http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=11326549, (10 May 2008).

85 International Energy Agency, World Energy Outlook 2007 - China and India Insights (7 November 2007)

86 Strahan, David. Coal: Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist, http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (19 January 2008).



煤炭生产前十名的国家（2007 年）[87]

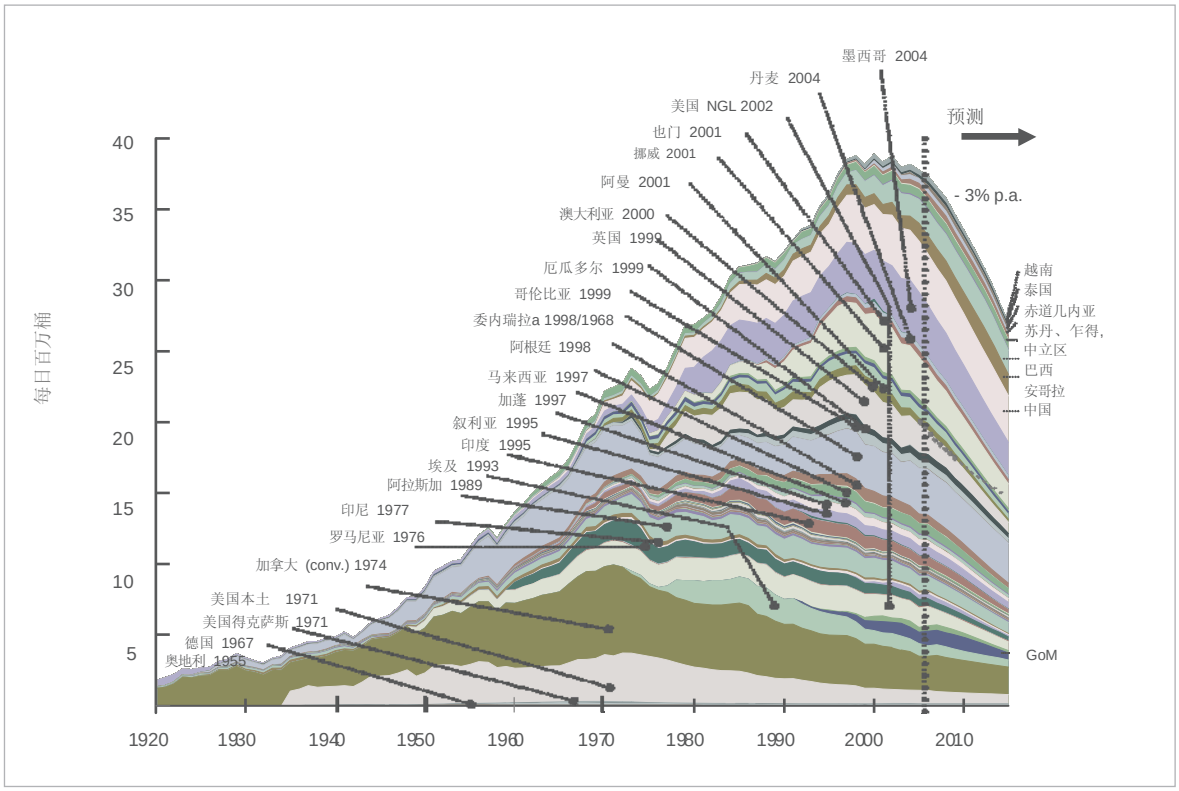
煤炭成本上涨[88]

碳的采集和储存，加上新的煤炭气化技术，为减少煤炭发电站的碳排放提供了机会。不过成本较高，因为需要液化并储存二氧化碳气体。还有其它新的技术可以在城市范围内缩短碳循环，方法是吸收当地发电站的二氧化碳，把它们变成各种藻类形式，再利用藻类和副产品作为当地燃料，将碳返回土地。

对来自太阳、风、潮汐流以及波浪等可再生能源的能量的利用远远不够。不过除了太阳能，其它形式的能源在生产中都需要相当数量的钢材。生产钢铁需要煤炭中的焦炭。这再次说明了相互连接的循环中多种因素之间的联系。PV 材料中硅的生产是能源高度密集的过程。

87 Strahan, David. Coal: Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist, http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (19 January 2008).

88 Strahan, David. Coal: Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist, http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (19 January 2008).



全球石油储备到达最高点情况[89]

世界上沙漠地区所蕴藏的太阳能远远比我们从化石燃料中获得的多。根据 2006 年联合国环境报告，64 万平方公里的土地面积可以为世界提供所需的全部电力（撒哈拉的面积超过 900 万平方公里）。[90] 但是气候的改变也可能使这些颇有价值的、蕴藏太阳能的沙漠并不适合人类居住，因为温度会上升到难以承受的程度，水资源也稀缺。我们希望建造基础设施，将沙漠的电力运送到城市地区。这是解决我们目前问题的新技术方案的最大机遇之一。

核能与天然气在能源供给种类中将继续发挥重要作用。供给源有限制，原材料的价格将不可避免地上涨。

最后能源方面我们看一下石油，对将来的预测表明石油供应难以跟上需求。唯一可能发生的是价格不断上涨，而因为投机，以及实物期权和期货与金融市场的结合，价格目前已经动荡不已。目前价格已经是七年前的四倍。[91] 传统生产的成本几乎没有变化，但是钻越来越深以及转移到越发不容易进入的油源则正在产生影响。价格上涨的主要原因是传统经济模式中供给不能满足需求。石油需求中的刚性意味着在需求“消失”之前，价格必须上涨。颇有争议的 “石油峰值”预测认为，石油的供给将很快开始下降，因为新油源的数量赶不上旧油源耗尽的数量。[92] 石油价格的上涨不仅影响了我们的能源成本，同时因为运输成本的增加，上涨的价格渐渐渗透到其它商品的成本当中。当其它商品，尤其是必需品的价格上涨时，那些负担能力较小的人们所受的影响最大。我们知道目前的石油供应不可能永远持续下去，那么转向沥青砂等新油源将成为一种不经济的增长模式，这会给环境造成严重负担。

原材料的消耗迅速增加。1994 年之前的 20 年，人口增加了 40%，水泥的消耗增加了 80%，塑料增加了 200%。[93] 采矿使环境付出了代价，因为每一年因为开矿夺去的地表土比自然侵蚀多得多。

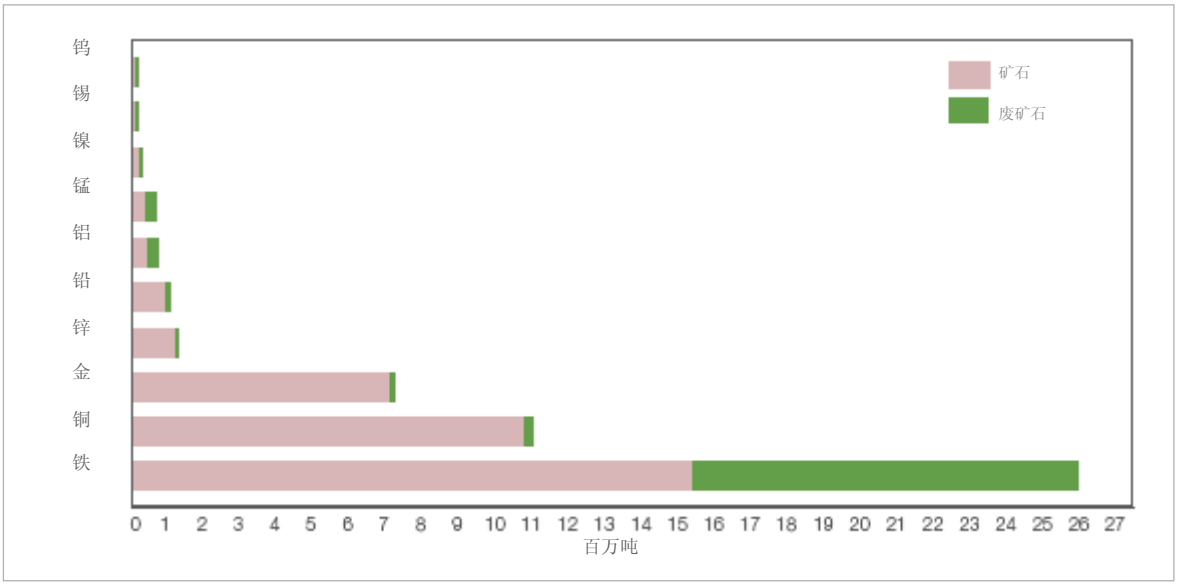
89 Energy Watch Group. “Crude Oil: The Supply Outlook”. EWG-Series No3/2007 October 2007.

90 United Nations Environment Report (2006)

91 The Economist, Shock Treatment, http://www.economist.com/finance/displaystory.cfm?story_id=10130655, (15 November 2007).

92 Roberts, Simon. Email to author. 1 April 2008.

93 U.S Geological Society, Materials Flow & Sustainability, USGS Fact Sheet FS-068-98, http://pubs.usgs.gov/fs/fs-0068-98/fs-0068-98. pdf, (June 1998).



原材料的消耗[94]

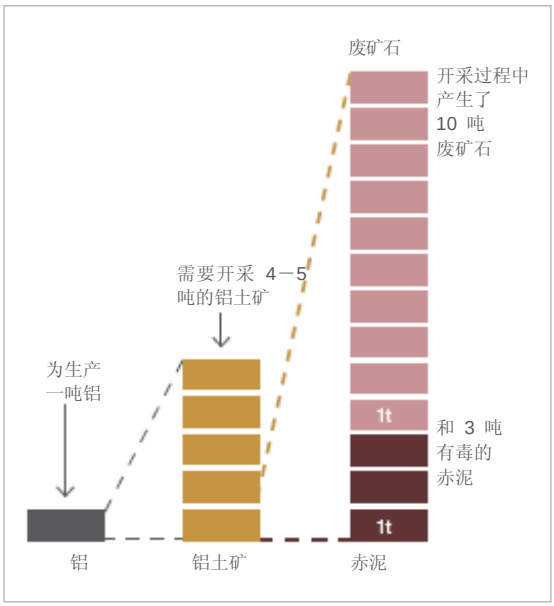
典型的铜矿中，开采 125 吨的矿石仅能生产出 1 吨的铜。[95]但是世界上最大的铜矿可能就在纽约和东京这类城市的建筑、产品以及基础设施中。相比从土地中开采铜矿，从旧建筑中回收铜更具有吸引力。许多天然矿床中矿石等级的下降意味着我们需要更多的优质能源去以提取、加工金属矿石以满足我们的现代需要。[96]

我们需要仔细思考，如何进行开采并回收我们已经在城市建筑中使用的物资，用于新的建造工程和新的产品。比如，分散的单一用途城郊处的建造原料可以回收用于在城市中心建造混合用途的高密度社区，由于燃料和资源的高成本，这种生活方式很有吸引力。

94 University of Minnesota

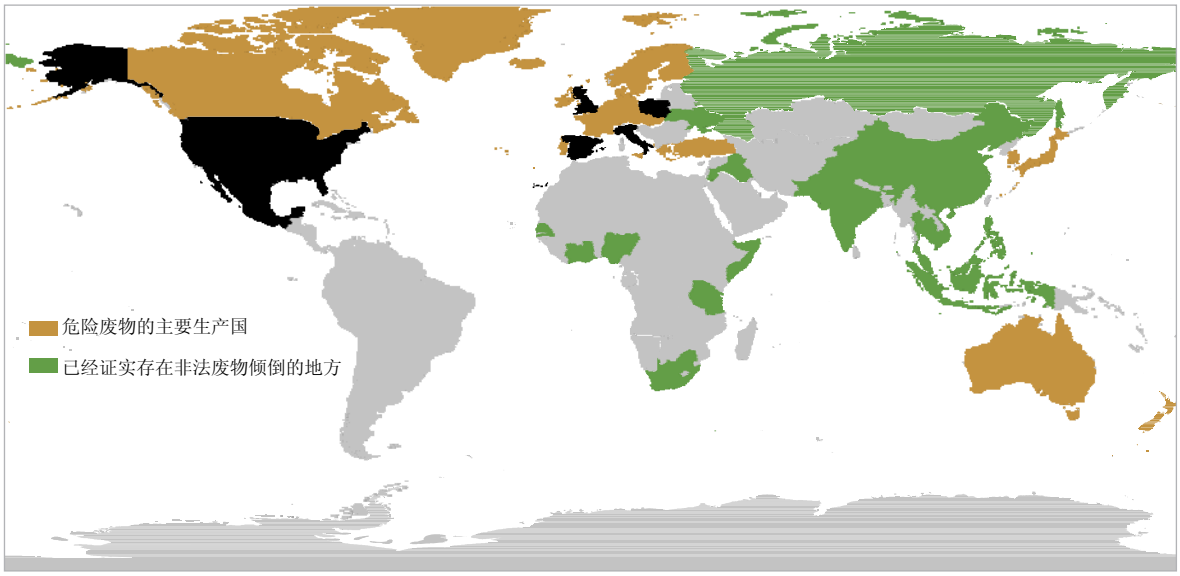
95 United Nations Environment Programme/ GRID-Arendal, Vital Waste Graphics, http://maps.grida.no/go/graphic/how-long-does-it-take- for-some-commonly-used-products-to-biodegrade, (2004).

96 Department of Treasury & Finance, DTF Research Note, The World Iron market in 2005, sourced from http://www.dtf.wa.gov.au/cms/uploadedFiles/iron_research_note_may2005.pdf (2005).



采矿与回收[97]

97 EAA C. Sperlinger, Nachhaltige Stadtentwicklung beginnt im Quartier OeKoinstiut e.V (Ed) Freiburg, 1999 in Drivers of Change: Waste, Arup 2008



消费国与制造国的对比[98]

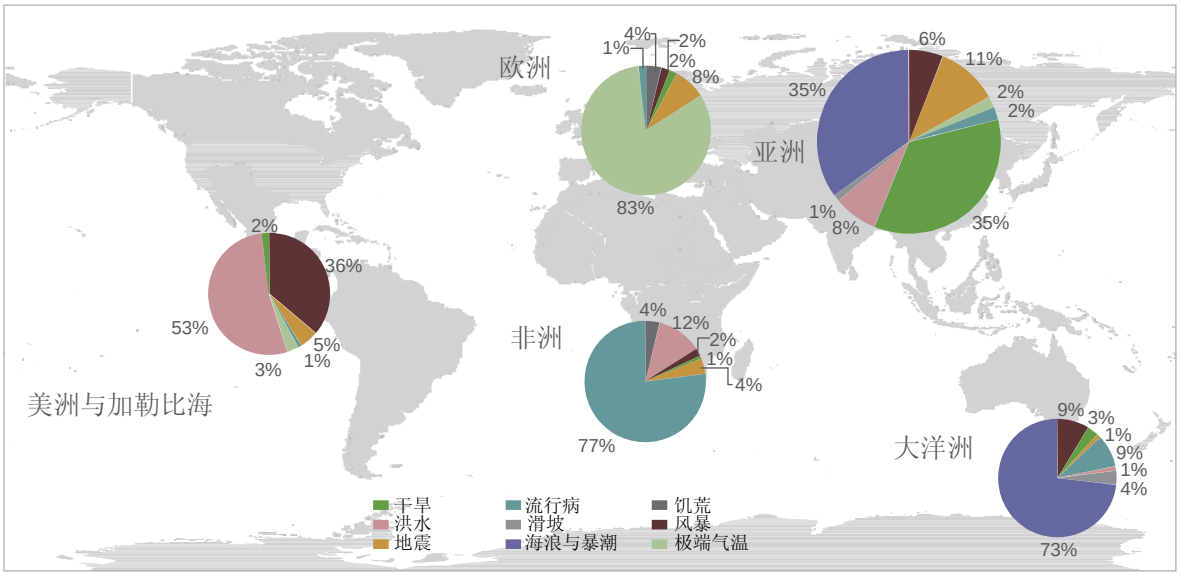
制造业与废物

目前高收入国家在减少碳排放方面表面上取得的部分成功，是因为从中低收入国家进口制成品。这些国家廉价的劳动力，以及较弱的健康、安全和环境标准降低了高收入消费者的成本，但是增加了环境方面的问题。尽管跨国公司经常引入更高的标准，但于事无补。中低收入国家碳排放的迅速增加，很大程度上与生产出口到高收入国家并为这些国家所消费的产品有关，而很多这类产品在相当短的时间内就被丢到“一旁”。

制造业在生产国造成污染，并且污染远远超过当地生态系统的吸收能力，就在这些污染发生之后，许多危险废物就被非法倾倒回中低收入国家，进一步加剧了环境问题。事实上许多废物永远都不可能被生态系统吸收。

我们可以获得一个改善后的良性循环，条件是废物可以作为资源用于生产将来的产品，而产品的设计可以让当地的生产商回收进行分解并重新利用，这也称为生产者责任延伸制度。许多国家和地区对此已经表示赞同，其中包括欧盟，欧盟已经在某些市场领域制定了再利用法规。同样可以转向开发当地生产的生物技术材料，这些材料中的碳可以在产品中储存和回收。

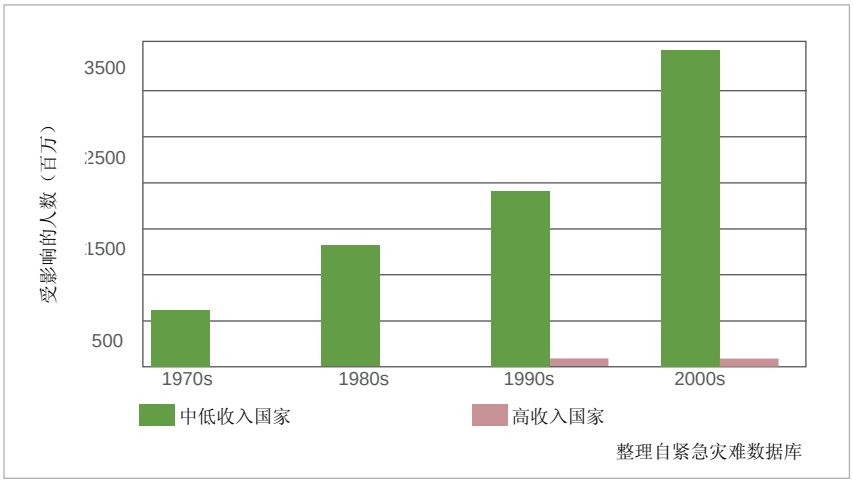
98 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep. org/geo/geo4/media/, (2007).



灾害的地区分布 [99]

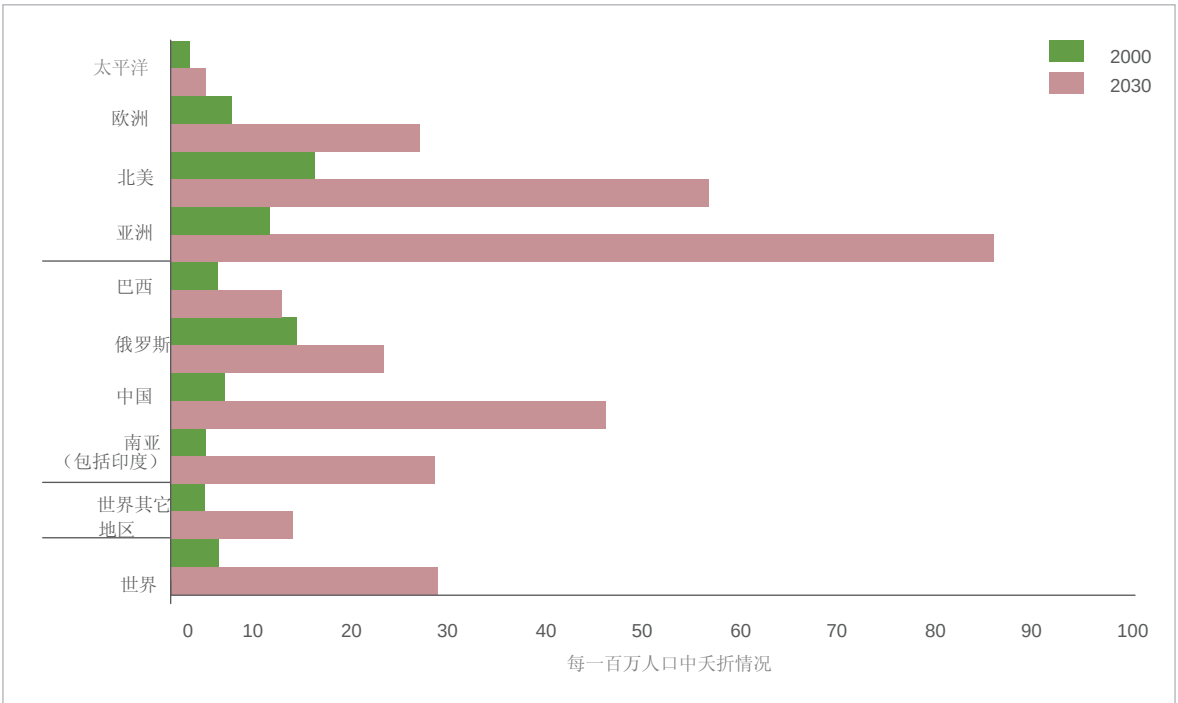
适应气候变化的影响

气候变化导致的自然灾害越来越多。人口的增长——尤其是沿海地区面临更多的洪水、飓风、干旱和洪水——正影响着食品的生产和价格，夏季的高温天气对老人和体弱者非常危险。导致这些问题的是密度加大的风暴。火灾出现的也更为频繁。很多最易受气候变化影响的国家和地区是产生温室效应气体很少的中低收入国家。这些国家还不充分具备应对气候变化影响或防止其发生的技术和资源。由于早期预警系统能够促使公众撤到安全地带，因此一些国家的死亡量有所下降，但是对社会和经济的影响极大。总体而言，影响已经变得非常严重。



中低收入国家受到气候变化影响最多，拥有应对这些变化的资源最少

99 EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. http: //www.em-dat.net, UCL - Brussels, BelgiumBase Map: UNEP/DEWA/GRID-Europe, June 2005



2000 和 2030 年因城市臭氧造成的夭折情况[100]

我们目前的责任重大，需要立刻采取措施减少碳排放和生态足迹。在促成这些转变的过程中，我们需要同时确保措施和投资均已到位，能够保护最易受到影响的群体。

适应环境的变化应该放在首位，世界上高收入国家缓解气候变化的行动也应当同时进行。结合基础设施投资来满足两方面的目的能够使成本降低。比如，我们可以规划利用绿色屋顶和公园对城市区域进行自然降温，再加上减少温室气体排放，从而减少居民的热应激。中低收入国家的城市开发需要在可持续发展的目标内适应环境的改变。

100 OECD Environmental Outlook to 2030, www.oecd.org/environment/outlookto2030, (5 March 2008).

4. 变革的框架

我们可以得出结论，恰恰是支撑我们这个星球经济发展的体系在受威胁。我们正在肆意挥霍矿产和能源，而低效的农业生产正在威胁我们养活不断增长的人口的能力。因此，我们的社会结构面临压力，地球的封闭体系正在改变，威胁着地球上越来越多居民的生活。

我们所有人共有这一个星球，所以我们必须找到出路，与自然更和谐地相处下去。因此我们必须制定一个框架，推动农业、工业时代向生态时代的转变，这样可以满足我们三方面的目标：减少二氧化碳的排放；减少生态足迹；改善人类的发展。

很合理的方法是采取模仿我们所处的生态系统的原则。这是可持续性原则的拓展，根据这个原则我们来平衡经济、环境以及社会方面的影响。

生物模拟原则

地球上成功的生物体是那些在生态系统内竞争生存了上百万年而没有消耗生态资产的生物。

Janine Benyus 在其出色的著作《生物模拟》中写道：

最终将我们与其它物种区别开来的是我们能够按照达成的谅解集体采取活动。在这个时刻，我们可以下定决心，倾听生活并模仿我们所听到的，并有意识地作出选择遵从自然的引导。[101]

我坚信，利用生物模拟的原则，利用自然界最高效的生物体，是向生态时代快速转变中风险最低的方式。生态系统拥有惊人的能力，能够回收物质并利用太阳能维持发展、经受冲击，我们应当从中学习，并利用这些能力来帮助我们。

最终的目标是达到最佳经济规模而并非不断扩大经济规模，也不是将我们自身的系统关系强加于其它生物体。我们需要使我们的系统再次达到平衡，重新发现我们的世界是由太阳提供能量。这是 2050 年之后某个时间的未来愿景，但是在 2050 年之前我们要平稳处于过渡之中。

Benyus 列出了十个可以指导我们变革的原则， Arup 集团正利用这些原则指导全世界的许多项目。这些原则将用于说明如何改造城市区域、制造业、食品生产以及能源和水资源的供应，用于探索利用已知及正在开发的技术的可能性，通常是合作利用细菌和海藻等最合适的自然生物体达到我们的新目标。

101 Benyus, Janine. Biomimicry: Innovations that Inspired by Nature. Harper Collins: New York, (1997).

在高、中、低收入国家迈向新目标的进程中，已经使用以下列出的原则指导经济发展轨道的设计：

- 将废物用作一种资源
- 多样化与相互合作
- 高效地采集并使用能源
- 最佳化而非最大化
- 节约使用原材料
- 清理而非污染
- 不耗尽资源
- 与生物圈保持平衡
- 以信息为中心
- 利用当地资源

需要提请注意的是，前面提及的健康和教育方案必须同时进行。

2050 年的目标

全球生态时代的经济正在兴起，其中发展的基础是资源效率，中低收入国家必须寻找一种能在这种经济模式中提高生活质量、创造工作和就业机会的方式。依照我们在像巴西库里提巴这样的城市中所取得的长期经验，以及我们当前的项目，如中国上海的东滩生态城，规划、设计以及投资模式将是全新的。对于这些中低收入国家来说，这可以看作是快速从农业时代跃向生态时代的一种方式。

与此同时，高收入国家需要围绕城市生活、农村粮食生产、水资源管理、能源供应以及制造业的范式重新打基础，以利用生态时代经济。这些国家需要避免通货膨胀造成的破坏，以及由于一直集中于工业生产造成基本必需品短缺而引起的政治危机。这将需要遵循《伦敦气候变化行动方案》的方针路线以及世界自然基金会开展的各种“一个地球生活”的研究对现有城市进行投资改造。我们将此称为改进，并设想可以在至少有 5 万到 10 万人口的区域级社区实施这类行动。.

正如在简介中提到的，2050 年生态时代的关键目标是：

- 二氧化碳排放减少：到 2050 年时达到 1990 年的80%
- 减少生态足迹：根据预计的 2050 年的全球人口，全世界所有国家共享地球的生态足迹为人均 1.44 公顷
- 提高人类发展指数：在人均 GDP、预期寿命以及教育方面提高整体良好状况

这些是理论目标，用于验证借助生物模拟原则推动这个方向，是否存在利用现有知识实现这些结果的方法。一个适用全球范围的重要假设是总体效率提高时，将会进行重新分配以确保低收入人群能够受益而不是变得更加贫困。

5. 每个国家的模式

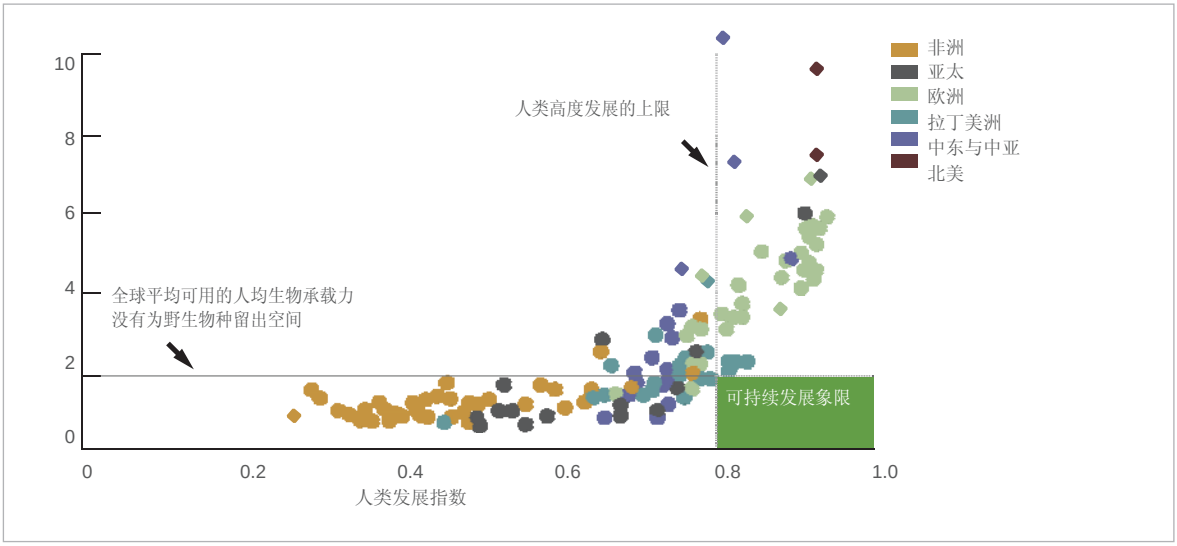
这是一个非常复杂的课题，为了获得一些易于理解的有用发现，有必要简化一些假设。

现有城市中心可分为三种基本模式：

城市中心模式	主要特征	生态足迹	人类发展指数	实例
新兴经济	生活密集，人口增长	1 至 2	.4-.8	非洲、拉丁美洲、东欧、中国、印度
欧洲	较高密度，汽车使用率较低	4 至 8	>.08	西欧、日本、韩国、新加坡
美国	分散，汽车使用率较高	8 至15	>.08	北美、澳大利亚

第一种模式注重城市区域的扩展或创建，而后两种则注重现有区域的改造。新兴经济的目标是在持续发展和提高其人类发展指数的同时，避免增加生态足迹。欧洲和美国的模式旨在减少生态足迹，同时保持较高的人类发展指数。

接下来研究生态时代的基础设施布局。有可能让这些国家从现有的生态足迹、资源消费以及碳排放水平迈向人类发展的目标吗？通过提高土地总体使用效率和降低资源密度，能够完成向可再生资源和控制碳排放的转变吗？与此同时，可能的话，将根据土地面积和产量的改变，对采纳合理的改进措施之后气候变化的影响进行预估。



生态足迹与人类发展指数[102]

生态足迹比其它指标更能回答下面这个问题：“我们是否生活在地球的生物承载力范围内？”生态足迹能够帮助我们了解环境的限度以及环境给予的能力。如果我们以英国普通人的方式生活，那么需要三个地球为我们提供所需的资源，这个清楚明了的比喻可以提出警示、提高意识。结合可持续性评估，生态足迹有助于发现以下两点，一是非持续性趋势，它创造出机会可对资源进行更具持续性的管理，另一个是我们未来面临的难题。

全球公顷(gha)是生态足迹的主要度量单位，指的是在某一特定年份中，具有全球平均生产力的所有生产性土地和水域具有全球平均生产力的公顷数。[103] 其结果在全球范围内均可比较，正如财务评估使用一种流通货币，比如美元或欧元，在全球范围内比较交易和资金流动。因为不同的土地类型有不同的生产力，比如 1gha 的农田比生物生产力较低的牧场占用的实际面积更少，因此要提供同样的生物承载力，所需的牧场比农田更多。由于全球生物生产力年与年之间稍有不同，因此不同年份中 1gha 的价值可能稍有不同。

生态足迹只针对生态可持续性。它是一种定量方法，并且不对环境质量进行评估。它没有说明污染物的影响，土壤管理的质量以及其它可能对自然资源造成影响的外界因素，比如核能。[104] 对全球范围内生态足迹和生物承载力的评分进行比较，能够说明我们的消费是否在生态限度内。不过，将当地人口的生态足迹与当地或区域性的生态承载力对比，并不足以预测生态足迹在全球范围内是否不变。此外，生态足迹指标应得到当地数据的支持，同时还应需要考虑经济和社会指标以全面考虑可持续性发展。但是，解决了这些限制，加上其它两个指标——联合国的人类发展指数和二氧化碳排放总量，可以帮助我们利用生态足迹的优点，并为我们向生态时代的转变做好充分准备。

以下的看法存在争议：如果我们对 2050 年限定在地球承载能力之内的生活方式有一个切合实际的、有充分基础的设想，那么通过领导和参与我们就有更多的机会实现这个设想。

102 Global Footprint Network: http://www.footprintnetwork.org/

103 Global Footprints Network, Footprint Standards, http://www.footprintstandards.org/, (2003-2007).

104 Currently, an international working group of experts is examining how nuclear power generation can be expressed adequately.

6. 高收入国家的难题 – 欧洲的英国地区

引证	交通运输	住宅	食品	消费品	私人服务	公共服务	资本投资	总计 (GHA)
2007 年英国生态足迹	0.91	1.47	1.23	0.75	0.57	0.37	0.24	5.45
2001 年伦敦生态足迹	0.716	1.519	1.302	0.773	0.571	0.370	0.239	5.48
2050 年伦敦生态足迹	0.14	0.36	0.45	0.21	0.15	0.09	0.06	1.44

英国和伦敦目前的生态足迹分布如上表所示。105 生态足迹在下列土地的使用种类间分割。交通运输系统的生态足迹衡量的是私人及公共交通工具燃料排放的影响，以及维护交通工具、购买新交通工具及建造运输基础设施产生的影响。住宅生态足迹衡量的家庭在取暖、热水、照明、家电方面直接使用能源带来的燃料排放影响以及房屋维护和建造带来的影响。食品生态足迹这一部分衡量的是在家、在餐馆以及外卖消费的所有有机和无机食品所带来的影响。消费品生态足迹衡量的是生产家庭购买的所有产品造成的影响，从报纸到家电都包括其中。私人服务生态足迹衡量从娱乐到金融服务产生的影响。此外，公众服务（例如，教育、排污以及医疗保健）、资本投资（例如采矿）以及其它方面（例如海外旅行的影响）的支出包括在总的生态足迹中。这些数字对所有生活在英国的人都是相同的。

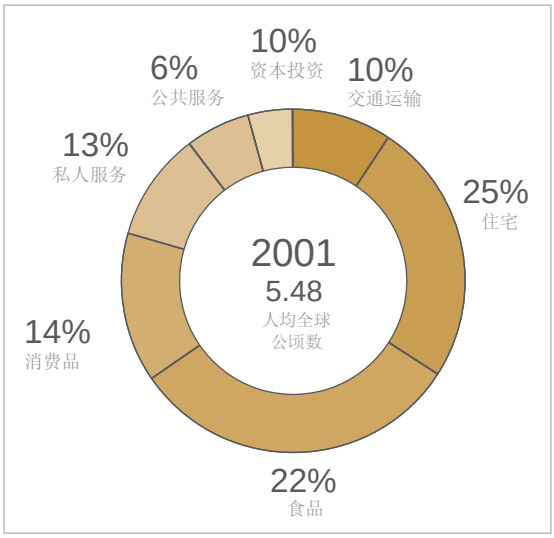
估计到 2050 年将有 90 亿人生活在这个星球上。如果每个人都能公平地享有地球，那么在地球的承载限度内，每个人将需要 1.44gha，为我们提供资源，吸收我们生活产生的碳排放。要了解如何减少生态足迹的每个组成部分，以实现 2050 年一个星期生活的目标，必须了解碳排放产生的影响的比例。不同的生态足迹组成部分之间存在着巨大的差异。比如，食品消费产生的影响只有 22% 来自碳排放，而运输部分碳排放产生的影响占 85%。因此假设对于所有碳排放而言，减少 80% 将可以实现。接下来假设为了将生态足迹减少到 1.44gha，需要提高资源的使用效率以及全面减少消费。假设所有部分中的减少是成比例的。

105 In the report the UK data is based on 2001 data in REAP which corresponds to the Living Planet Report 2004 data. Although more recent data for the UK exists (LPR 2006) which show the EF of the UK to be 5.6gha/capita, these figures have not been used as they are not comparable with the UK London data and no compositional breakdown exists dividing the UK data into consumption categories. REAP (SEI, 2007)

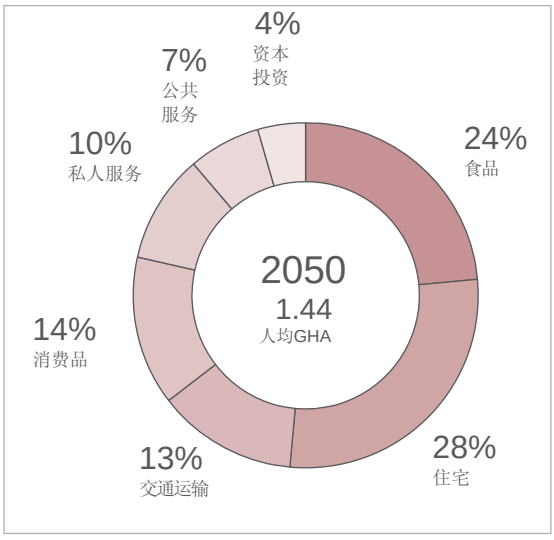
城市生活的生态足迹稍高，这是因为资源消耗以及食物足迹较高，但是公共交通使用的能源较少，抵消了一部分。2050 年的生态足迹目标是人均 1.44gha，所以伦敦生态足迹需要减少大约 74%。这一点与碳排放减少 80% 的目标相似。

英国生态足迹目前每年增加 1.17%。[106] 造成这一增长的主要因素是用于国际旅游的运输能源增加、食品和消费品生产的日益机械化、全球能源紧张的供应链。能源和原材料价格飞速上涨产生的经济压力必然会平息这种未受干预的上涨，不过这种上升的势头必须迅速转为下降，否则需要减少的生态足迹量将高于 74%。

106 World Wildlife Fund, Living Planet Report sourced from http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf (2006). It states that the UK EF has increased by 33% between 1975 and 2003.



2001 年伦敦生态足迹

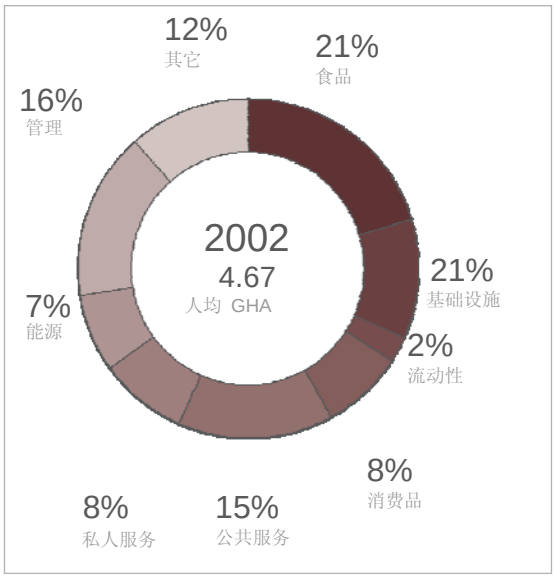


2050 年伦敦生态足迹

7. 中低收入国家的难题——中国

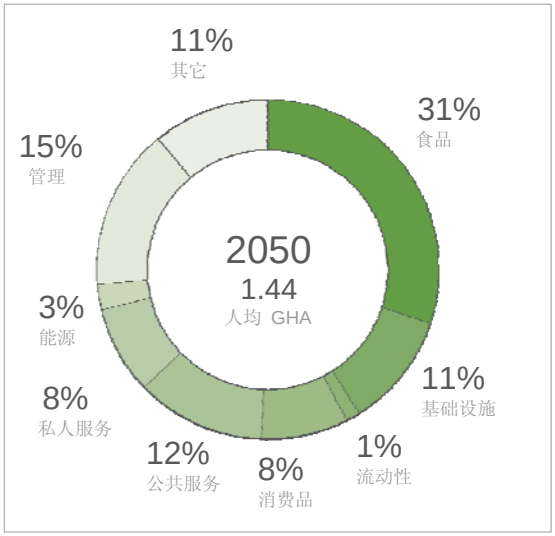
引证	食品	基础设施	流动性	消费品与废物	私人服务	公共服务	能源消耗	管治	其他	总计 (GHA)
上海目前的生态足迹	0.950	0.531	0.114	0.357	0.690	0.396	0.343	0.739	0.546	4.67
2050 年上海的生态足迹	0.4464	0.1584	0.144	0.1152	0.1728	0.1152	0.0432	0.216	0.1584	1.44

中国目前的生态足迹是人均1.6gha，接近全球的地球分配状况。[107] 不过随着人口迅速增长并且更加富裕，中国的生态足迹正在增加。上海的生态足迹已经是人均4.7gha。[108]但是汽车拥有率以及城市化水平越来越高正加剧资源压力。正因如此，中国意识到这并非是可持续性的方式，需要一种全新的城市发展模式，需要发展更多资源可回收再利用的循环经济。食品和石油价格的上涨已经给经济造成了严重的通货膨胀压力，根据保守估计，环境管理的成本占到总 GDP 的 8－13%。[109]



2002 年上海生态足迹

上海东滩生态城的规划已经向我们展示，可以寻找到城市化发展的合理方式，人们能够居住在城市区域，享受现代生活方式，而生态足迹仅为人均 2.6gha。伦敦也可以类似方式进一步降低生态足迹，达到人均1.44gha。[110] 总的来说，根据其它地方所述的方案对现有城市中心进行改造，中国到 2050 年时整体上可以接近全球的地球分享指数。



2050 年上海生态足迹

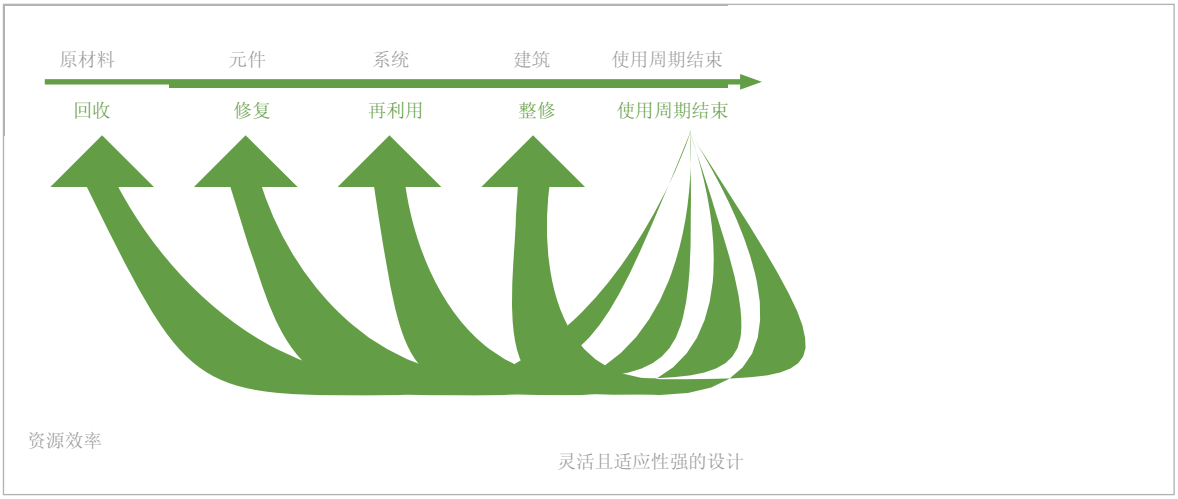
107 Word Wildlife Fund, Living Planet Report 2006, http://assets.panda. org/downloads/living_planet_report.pdf

108 SEI and Arup Eco footprint research

109 The Economist, A large black cloud, (21 March 2008).

110 All consumption in China was assumed to have the same impact as commodities produced in China therefore discounting any reduction in impact that may have been generated through purchasing imported goods that will have been produced in factories supplied by electricity not generated by coal fired power stations (as is the case in China). We have therefore reduced the results accordingly.

8. 迈入生态时代的战略与技术



实际中的可持续性[111]

生物模拟原则：变废物为资源，节约使用原材料，不超采资源

通过详尽的研究，我们开始深入了解世界上主要的非再生资源流在人类社会中的循环。[112] 随着时间的流逝，这些信息将为再利用和回收提供坚实的基础。今天的技术依赖于对范围广泛的资源的使用，对使用后的资源进行回收和再利用所需的工程学，至少要和当初赋予这些资源特定用途的技术一样出色。

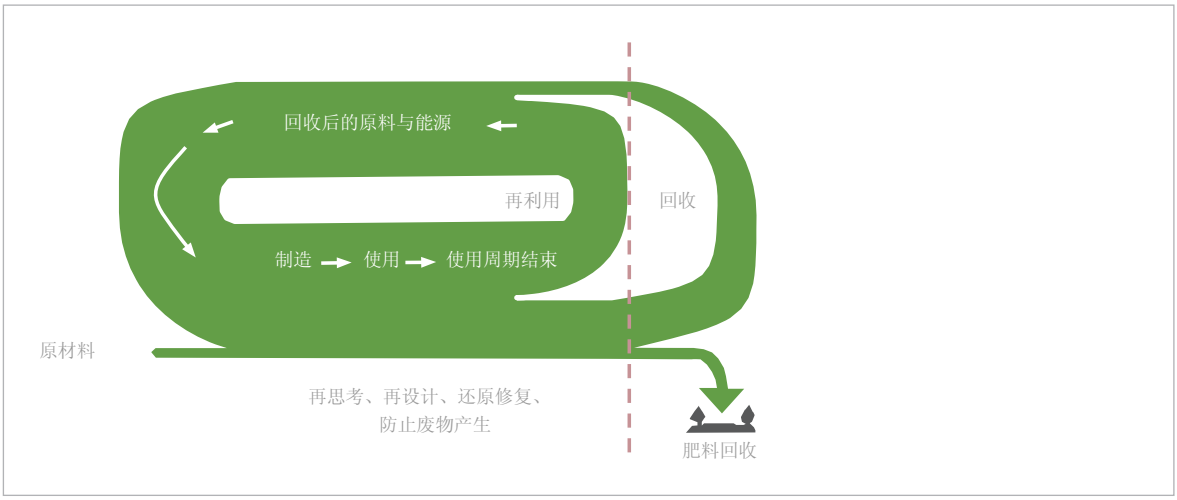
在整个制造业中目前所需的方法是减少消耗初级非再生资源，尽量利用现有资源的当前形式，如果这些不可能做到，

那么将旧的产品重新制造成新一代产品，或者回收资源作为可用的给料。中低收入国家有大量的资源可以利用，因此完全有可能将不断增加的对内资源采购资金流的一部分投资于研发，无需模仿工业时代的系统开发出全新的产品和原料。比如，已经有技术利用麦杆和稻草生产阻燃建筑墙壁，以及将羊毛用作建筑保温材料。

所有产品的设计都需要有较长的使用周期，在此期限内，产品通过需求一侧的交换得到再利用，最终通过供应一侧的生态集群得以重新制造。还需要强调要增加使用可退还的包装，这种包装可以再利用、回收或制成肥料。

111 Hillier, Graham. “Construction Products for a Sustainable Society”Sustainability - Steel and the Environment Conference. 2 November 2004

112 Graedel, T.E., et al., Multilevel cycle of anthropogenic copper, Environmental Science & Technology, 38, 1242-1252, (2004) B. Reck, et al. Anthropogenic nickel cycle: Insights into use, trade, and recycling, Environmental Science & Technology, 42, 3394-3400, (2008).



原材料与废物[113]

许多机制可以促进变革，比如押金退还、产品回收、生态标签以及针对电池等影响极大的产品直接制定法规。《报废电子电气设备指令》（WEEE Directive）[114] 以及《废弃车辆指令》[115]是欧盟用于这个目标的法律手段。不过，其它行业有直接的商业模式，其业绩记录已经过验证，比如施乐复印机有关将使用周期结束的设备转化成新产品和新部件的方案。[116]

英国消耗的纸浆和纸张有 70% 要靠进口。[117]用于杂志以及其它优质用途的绘图纸有 97% 来自进口，需要全世界1百万公顷的森林来供应。[118] 生物区域可持续的当地纸张循环强调的是回收办公用纸，利用来自当地木材或其它生物农作物的 20% 原纤维进行改造。根据估计，当地再生纸的生态足迹比进口纸张的生态足迹低 86%，英国有充足的木材及其它合适的纤维资源用于此项目的。[119]

113 Arup, Drivers of Change: Waste, http://www.zerowaste.org/case.htm, (2008).

114 Environment Agency, Waste, Electrical and Electronic Equipment, http://www.environment-agency.gov.uk/business/1745440/444663/1106248/, (2007).

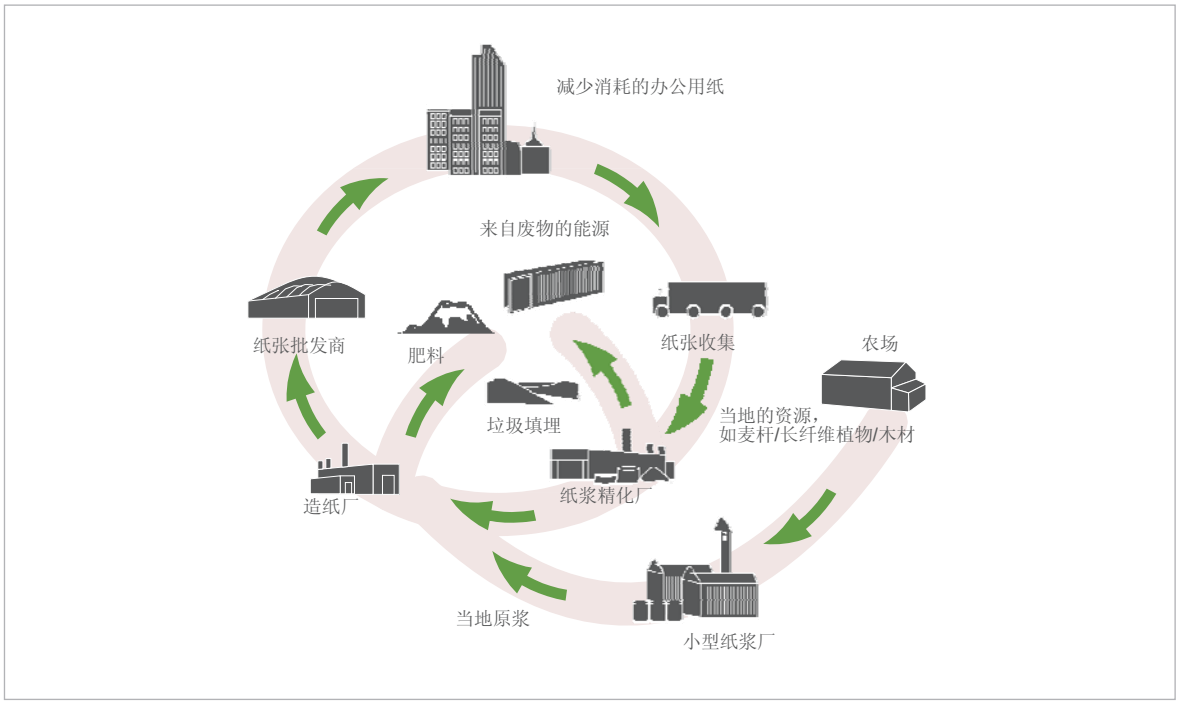
115 European Environment Commission, Waste: End of Life Vehicles, http://ec.europa.eu/environment/waste/elv_index.htm, (2008).

116 Linstead, C. and C. Gervais, and P. Elkins, Mass Balance: An Essential Tool for Understanding Resource Flows, London: Forum for the Future, (2007).

117 Environment Agency, landfill and waste regulation studies, sourced from: http://www.environment- agency.gov.uk/subjects/waste/?lang.

118 Environment Agency, landfill and waste regulation studies, sourced from: http://www.environment- agency.gov.uk/subjects/waste/?lang.

119 BioRegional Solutions for Sustainability, Local Paper for London, http://www.bioregional.com/programme_projects/pap_fibres_prog/lp4london/lpaper_facts.htm, 2008.



Lifecycle of Paper [120]

金属回收是英国产值 45 亿英镑的行业，同时英国是五大金属废料出口国之一。这个行业中有 8 千名员工，为英国的国际贸易平衡做出卓有有效的贡献。[121] 除了经济方面的收益，环境方面也获益匪浅。英国 2006 年生产的 1390 万吨钢铁中，有 480 万吨是利用回收金属炼就的。[122] 使用回收钢铁生产新钢铁可以取得以下方面的成果：

- 每年减少 2 亿吨二氧化碳排放量
- 减少 86% 的空气污染
- 减少 40% 的水用量
- 减少 76% 的水污染
- 每年减少垃圾填埋1500 万吨[123]

因此高收入国家形成这样一个理念，利用现有的产品和基础设施获得金属及其它矿物，能够显著降低生态足迹与初级资源的消耗。采矿和初级原材料的运输也会减少。据估计，通过遵循这些原则，英国初级原料的总体消耗将大幅降低。[124]

到 2050 年，所有产品将需要来自 80－100% 的可持续性采购，并带有监管认证以及生态标签，表明在产品使用周期内对环境的影响。[125]

生产商需要汇集在一起，利用工业共生原则，进行集成化供应链管理。同时通过产品的可持续性设计提高其使用寿命，通过需求侧的管理减少总体消耗，最终可以使英国产品的生态足迹减少 75%。[126]

120 BioRegional Solutions for Sustainability, Local Paper for London, http://www.bioregional.com/programme_projects/pap_fibres_prog/ lp4london/lpaper_facts.htm, 2008.

121 British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

122 British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

123 British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

124 Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

125 Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

126 Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

生物模拟原则：多样化与相互合作

城市和城镇的用地规划需要经过重新审议，2050 年的区域空间策略以及当地住宅区框架应当特别强调不超出地球环境限度的低碳生活。

这意味着土地的使用模式远离单一用途，更趋近于混合用途，这样其中的人们可以在更近的空间内生活、工作、学习和娱乐。城市土地尤其是公共交通交汇处附近的土地，使用密度也更高，交通运输方式也更多。城市中心内出行不再依赖汽车将减少能源消耗、提高生活质量。可引进城郊轨道公共交通路线增加新的换乘点，形成放射状路线，这些位置也可以有较高密度的混合用途住宅区。

这种办法将促使当地居民步行或骑自行车。增加现有城镇城市的混合用途密度，而不是低密度、向四周延伸至乡村，这样就可以使用节能型和以再生能源为动力的公共交通系统，比如导向巴士和有轨电车，尤其是当这些系统与新的以及现有轨道路线连接的时候。

这些优势加上交通工具的微粒排放降低，影响高收入国家居民的健康问题就能够减少和避免，而医疗保健成本减少，自然就增加了经济效益。

当地能源、水资源以及废物管理公用事业系统应当综合在一起，便于合作，便于共享土地、共享资源。新的可持续系统的改造也应当遵循这样的方式。典型的例子是，废物厌氧发酵工厂产生的能源可以用于处理当地下水道的废物和污泥。

当地住所内文化、年龄、家庭群体的多样性通过互助体系，可以极大地促进人类的发展，这些互助系统在社区内“以物易物”。所有这些都指向紧凑型混合用途的高质量城市设计，集教育、休闲、公园及工作为一体，推动人类的发展。

所有这些理念还可以用于中高收入国家城市改造方案的设计中，可以作为降低生态足迹的重要因素。

生态模仿原则：高效地开采和使用能源

概要

通过控制系统需求和设备效率，以及管理集散供应之间的基础设施供应结构，可以有很多机会实现低生态足迹的发展。特别建议供应一方从依赖化石燃料转向使用可再生能源。

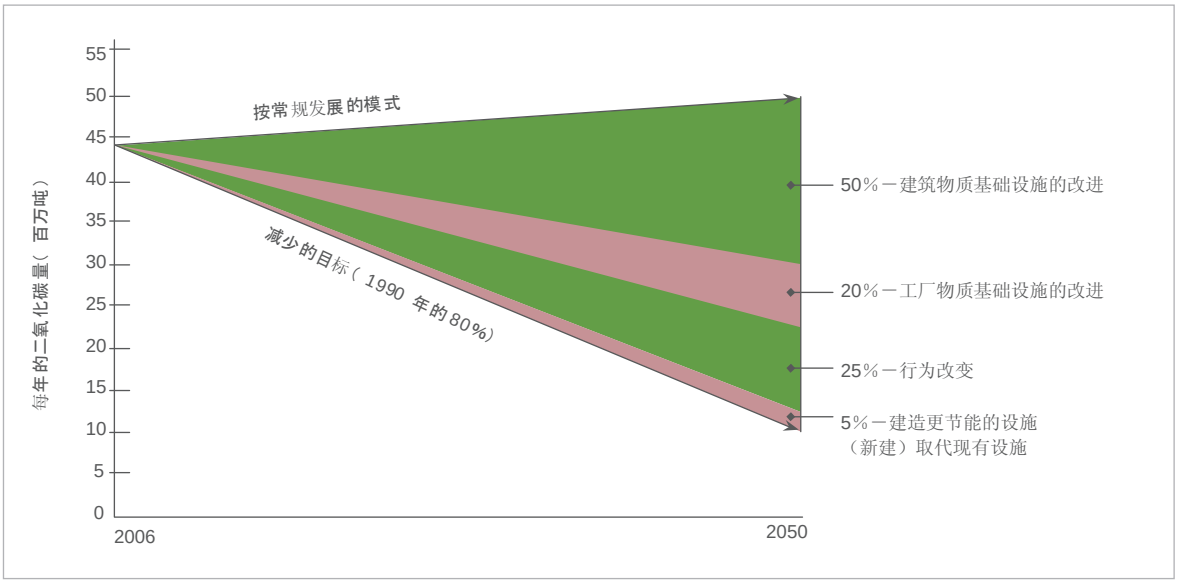
中低收入国家迅速采用如下方法：利用小额信贷安装光电板，从废设施中提取当地能源以及用太阳能驱动灌溉泵，这说明面对目前的石油价格，在偏远的难以接近的地区利用当地可再生能源用于人类的发展，比昂贵的集中供电更具吸引力。没有理由设想，当经济的电动车辆推出时，这种趋势不会延伸至交通运输领域中，事实上在电动自行车的使用中已经看到了这种趋势。在此，我们可以看到生态时代模式的兴起。

所有源自太阳、风、波浪、潮汐流的可再生能源，在采集时都需要投资建设能源储存设施，比如电池或水泵，这方面开发较少。可以使用的方法是将能量转化并贮存在载体内，比如氢，但迄今这仍是一种效率相当低的过程。

在高收入国家，需要渐进的投资向 2050 年转变，还需要在碳捕获技术上进行早期投资，以加快减少碳排放的速度。已经发现随着经济的发展，依赖能源的物资和服务的需求将继续增加，但是在供应、使用、设施和设备方面效率的提高能够促进总体能源需求模式的转变。高收入国家这些结论的来源是《伦敦气候变化行动方案》[127]以及牛津大学环境变化研究所的低碳家园策略。[128] 所有这些都采用了一个重要的基础设施改造方案，对现有的建筑和基础设施进行改造以符合伦敦方案。

127 Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_fullreport.pdf, (February 2006).

128 Boardman, Brenda, Home Truths: A Low Carbon Strategy to Reduce UK Housing Emissions by 80% by 2050, University of Oxford's Environmental Change Institute, http://www.foe.co.uk/resource/reports/home_truths_summary.pdfCo-o, (November 2007).



英国工商业的要求：减少 80% 的碳排放

工商业的要求

中低收入国家目前的目标可以是规定工业和商业的开发，收集太阳能和风能，从当地使用废物和生物质作为资源的热电联产网中获得热能、制冷能力以及电能。同时建筑和设施设计使用的能量比过去工业时代模式的低 60－70%。[129] 许多跨国公司目前列出了仓库之类碳排放净值为零的服务设备，这些设备使用初级能源供应，因为这样成本更低。

在中国，70% 的碳排放来自工业制造，主要实施的节能方案是将资源密度（能源消耗/GDP单位）提高 20%。130这通常包括关闭旧的工厂，建造新的节能型的工厂。这些方式越来越受到鼓励以遵循资源共享的循环经济原则。

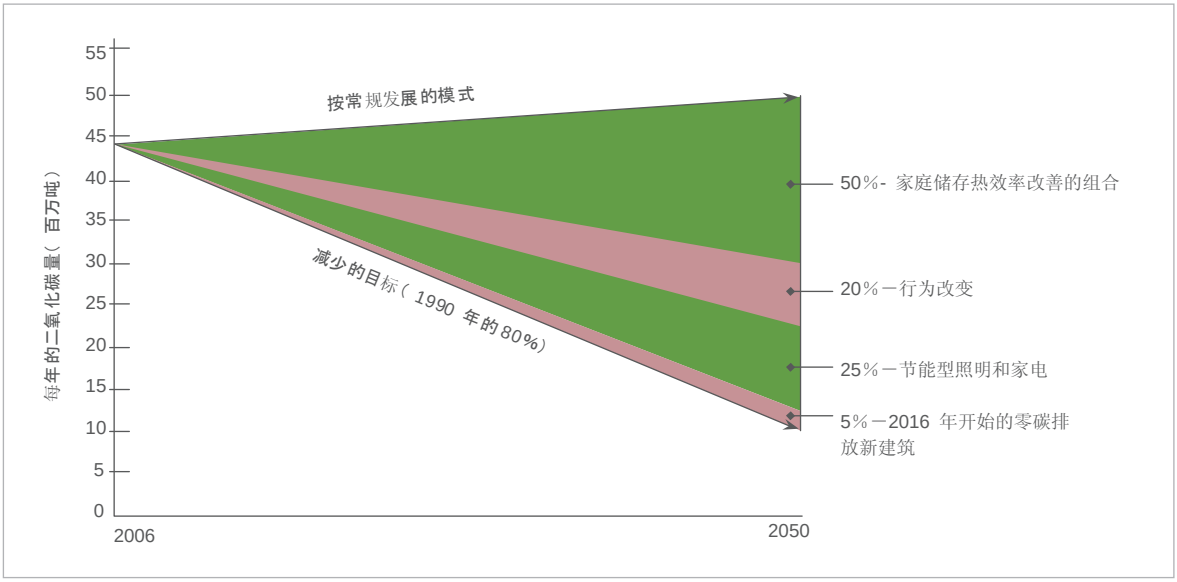
英国减少 80% 的碳排放可以从以下几个方面进行：

- 50%－建筑物质基础设施的改进
- 20%－工厂物质基础设施的改进
- 25%－行为改变
- 5%－建造更节能的设施（新建）取代现有设施

改造商业建筑设施可以采用的方法是，同时增加楼层面积以便为工程提供资金，比如拆除旧设备，改变外围，如果结构和当地规划条例允许的话，在顶部再增加一层。

129 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

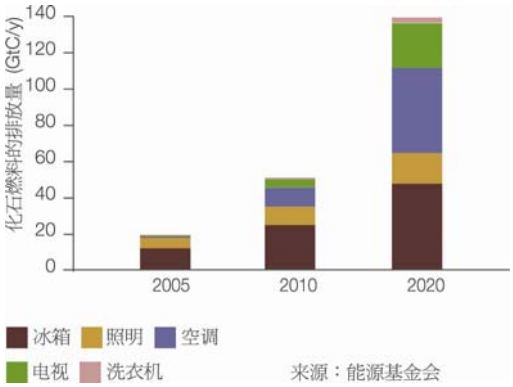
130 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).



英国家庭的要求：
减少 80% 的碳排放

家庭的要求

在可以用于当地采集和产生电力的技术方面，我们刚开始起步，石油的价格水平使得这些技术对于没有辅助电网的中低收入国家更具有吸引力，利用这些技术，住房设施可以产生能源而不是消耗能源。唯一缺少的组成部分是将能源廉价储存于社区内以备不时之需的能力，但是随着电池的发展，这个问题看起来很快就可以得到解决。废物设施以及使用次生物质的小型工厂产生的能源也将作为这些基础设施的一部分。



家电标准带来的节能效果[131]

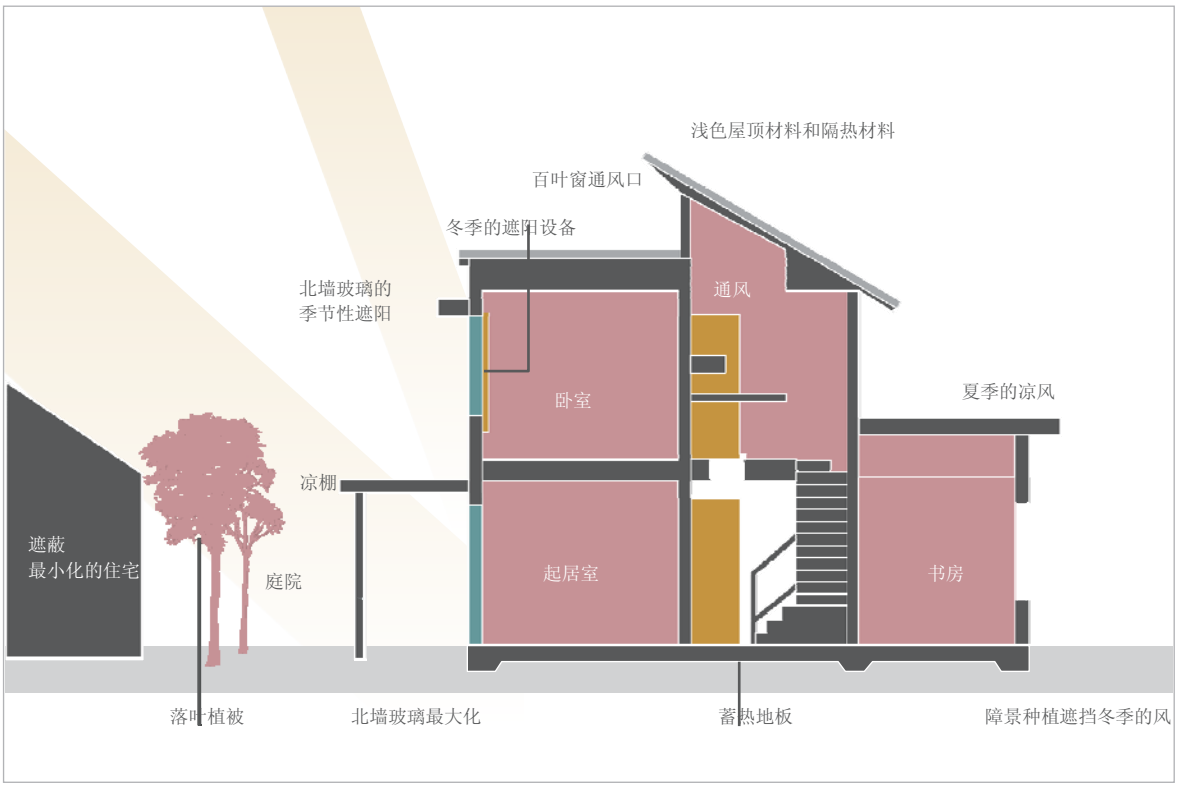
131 Design to Win: Philanthropy's role in the fight against Climate Change,California Environmental Associates (August 2007).

英国要减少 80% 的碳排放可以从以下几个方面进行：

- 50%- 改善家庭热效率的组合
- 20%－行为改变
- 25%－节能型照明和家电
- 5%－2016 年开始的新型零碳排放建筑

中国已经拥有电网，能源供应法规使得安装当地的 CHP（热电联产），PV（太阳能光电）以及从废物中提取能量，在较大的居民住宅区进行大规模风力发电颇具吸引力。这些住宅的设计可以减少能源需求，并且一旦规模经济效益开始见效，价格也将具有吸引力。中国的家电标准将会使居民的电力需求降低 10%，避免建造 36 个大型（1000 兆瓦）火力发电站。[132]

132 China White Paper on Energy: China Energy Conditions and Policies, (2007) sourced from http://www.10thnpc.org.cn/english/ environment/236955.htm#0.



绿色家园[133]

高收入国家现有住宅的改进是一个很大的难题，因为住户分散、质量各有不同，因此要迅速解决这一问题，只有通过逐条街道改造的区域性方案，同时许多其它基础设施的问题，如能源、水资源管理、通信、交通条件以及绿地，都可以一同解决。这种解决方式随后会将规模经济引入各个家庭。已有工作证实，对于大部分住户来说，隔热等改进措施、节能水暖、节能型家电和照明设备的使用，很快就会在成本上有所收益。其他供应方面的改进需要优化当地资源及现有供应效率，并且随地域的不同而不同。

133 World Business Council for Sustainable Development, Policy Directions to 2050, http://www.wbcsd.org/DocRoot/bdA09BFxjVkjEeXJKjle/int_low_res.pdf, (2007).

城镇与城市的地面交通运输

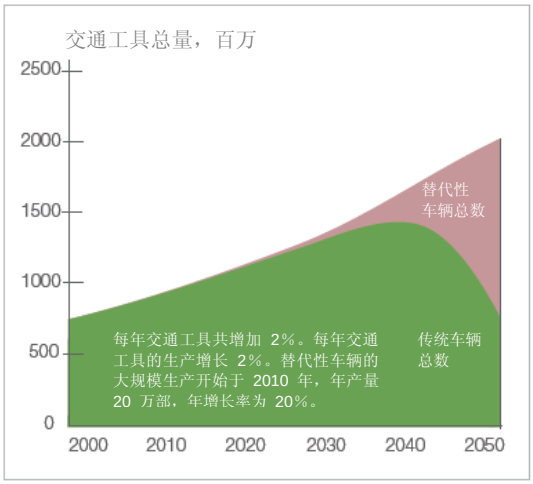
城市范围内大幅减少私人交通工具中汽油和柴油的使用，将是促进生态时代转变的关键因素，空气质量改善有益健康在一定程度上也起到了促进作用。用于个人、公共交通以及物资运输的常规电池和氢燃料电池动力交通工具将成为从天然气或其他来源中提炼的氢的众多混合用途的一部分。

人们需要时可

134

以从汽车俱乐部租用车辆，许多这类交通工具将成为低碳或零碳排放的车辆。汽车俱乐部在许多像伦敦这样的城市中发展迅速。研究表明，加入汽车俱乐部之后，用户的驾驶旅程比原来少 64%，一般而言，俱乐部的一辆车可以代替 20 辆私家车。[135]城市周围运送物资的集运中心也将改善运输和能源效率。

借助城市密度的增加，在轨道、地铁、公共汽车及有轨电车上的公共交通投资以及优良的信息系统将使人们出行时更多地选择高效的公共交通。拥有专用道、成本相对较低的公交系统在库里提巴这样的城市已经非常成功。[137]选择性地封闭道路将使人们更多选择直接步行和骑自行车去上班，去学校、商店以及公共服务设施。



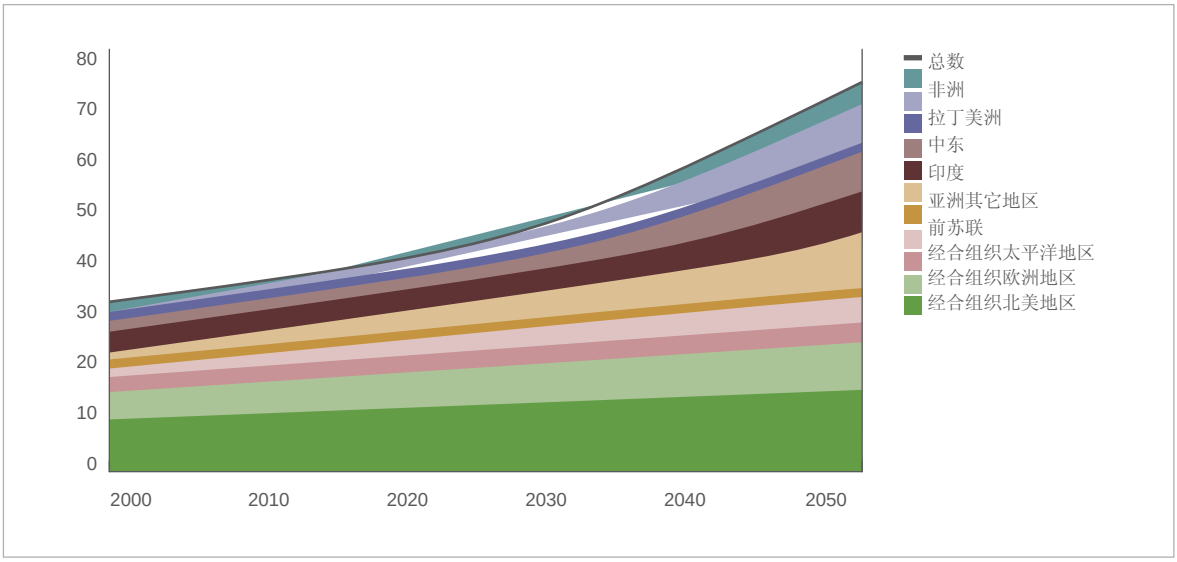
高效地收集和使用能源[138]

134 © Daisuke Tofuku in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).

135 Transport for London information on motor vehicle usage and ownership, http://www.tfl.gov.uk/tfl/search/?keywords=car%20drivers%20research&direction=next&filter=1&restrict=&lastResult=10, accessed (2008).

137 odes for Rapid Transport, Race, Poverty & the Environment; Curitiba's Bus System, sourced from http://www.urbanhabitat.org/node/344 (2007).

138 orld Business Council for Sustainable Development, Facts and Trends to 2050: Energy and Climate Change, http://www.wbcsd.org/DocRoot/FjSOTYajhk3cIRxCbijT/Basic-Facts-Trends-2050.pdf, (2004).



各地区的交通运输活动状况[136]

136 Design to Win: Philanthropy's role in the fight against Climate Change,California Environmental Associates (August 2007).

1990 年 32 个城市各种交通运输方式下的平均燃料效率和搭载人数		
方式	**平均燃料效率** 每人公里兆焦	**测出的平均车辆搭载人数** 搭载人数
汽车	2.91	1.52
公共汽车	1.56	13.83
重轨（电力）	0.44	30.96
重轨（柴油）	0.44	27.97
轻轨/有轨电车	0.79	29.73

1990 年 32 个城市各种交通运输方式下的平均燃料效率和搭载人数[139]

上表通过平均搭乘率表示了不同交通方式下的燃料/能源效率，通过该表可以看出城市电力地铁系统的能源效率远远高于普通的汽车，后者的搭乘人数为1.5。

库里提巴的公共汽车同样出色，将来这些公交车可以完全使用再生能源作为燃料。

这样的组合可以使生态足迹保持在合适的水平，但是这需要对高收入国家现有的城市交通基础设施进行大量改造，包括公路和车辆加油系统。这对于住宅广布在郊区，对汽车的依赖性及交通能源消耗都非常高的美国来说是一个相当大的难题。洛杉矶正在试行将低密度单一用途的街区改为高密度混合用途街区，这在商业上证明很成功。拆除城市区域内庞大的高速公路基础设施，能够获得颇有价值的开发用地，能够卸掉沉重的维护费用负担，并能提供资金用于公共交通。温哥华这个城市证明，一个没有高速公路的城市也可以运转流畅。温哥华在全世界最适合居住的城市名单上名列前茅，碳排放也相对较低。目前这座城市的中心正在建造高密度的优质生活社区，而不是向郊区扩展。

139 Newman, Peter and Jeff Kenworthy, Greening Urban Transportation: State of the World 2007, Worldwatch Institute (Eds.) New York, W.W. Norton & Company, (2007).

城市周围的集运中心通过城际铁路和公路相互连接，可以减少城市区域物流的能源消耗。这些集运中心可以采用零碳排放车辆组成的车队，有组织地进行配送，从而缩短运输距离、降低交通拥堵状况。研究表明，与目前高收入国家的模式相比，能源消耗降低 70%。运输的可靠性也可以得到改善。[140] 运输的可靠性也可以得到改善。

城镇与城市之间的地面交通运输

要获得城际交通的能源效率，可以在高速铁路客运网络（最终将使用再生能源）进行组合投资，高速公路上优先使用公交和汽车，改善信息和交通管理系统，改进车辆和燃料技术。目前我们在欧洲已经拥有一个可行的高速铁路网络，我们了解到在铁路可达的地区，这种方式比距离达到 600 公里的区域性航空更有吸引力。引进高速铁路时，铁路使用者的数量翻了一倍。在某些线路上，如巴黎至布鲁塞尔的 300 公里线路，航空已经无足轻重。这种情况在日本也得到证实。高速铁路的投资需要包括铁路货运能力投资，建造直接连接城市周围集运中心的交通路线。这方面生态足迹的减少较为困难，只有当以再生能源驱动的公路车辆其价格对于长途乘客和货运具有竞争优势时，困难才能缓解。不过这可能要到 2050 年才可实现。

140 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

航空

从英国机场出发的空中旅行仍在不断增加，因为休闲旅行的需求一直在增长。如果一直保持这样的使用水平，在没有技术加以改变的情况下，到 2050 年时航空业的碳排放将成为唯一最大的温室气体来源。[141]

这是减少生态足迹面临的最大的难题。建设综合性欧洲高速铁路网络，连接英国所有地区以及希思罗和戴高乐这样的机场，这点与前面讨论的在 2050 年之前寻找到航空所用的可再生燃料来源一样很重要。

中低收入国家从中得到的经验是，所有新建机场应当将重点放在大约超过 600 公里的国际/区域性航程上，这些机场应当位于高速铁路线上，并且通过公共交通系统与当地的城市区域联系起来。同样高速铁路的投资与公路同等重要。美国最大的难题是要遵循这些原则并要考虑使高速铁路网络发挥作用，为 600 公里之内的城市中心服务，并且经过那些机场。

141 Hickman, Martin, Cheap Flights threaten UK target for carbon emissions, The Independent, http://www.independent.co.uk/environment/cheap-flights-threaten-uk-targets-for-carbon-emissions-524879.html, (28 January 2006).

电力与能源供应

中低收入国家首先应当利用自己的化石燃料、铀和天然的可再生资源作为能源的主要来源。碳捕获和回收技术随后讨论，这些技术的引入能够使上述办法可行，尤其是煤炭，如果采纳本文的建议，将不会增加碳排放。接下来应该注意的是有效地分配这些资源，结合使用当地的热电网络、国家电网以及移动的能源储存载体，如氢。我们目前了解到这个系统各个方面的效率都可以得到显著提高，而且低生态足迹的目标也是可以实现的。

142

目前许多可再生电力资源已经可以获得，在没有电网的地方，价格与当地的化石燃料相比也很具吸引力。沙漠地区采集太阳能可以为许多国家提供重要的可再生电力资源，目前西班牙和美国亚利桑那州的项目正体现了这一点，这也将证明配电网的投资是物有所值。美国加州的 PG&E（太平洋气体和电力公司）已经签署了 900 兆瓦的太阳能热源发电协议。[143] 仅美国西南部 250,000 万平方英里的土地就蕴藏着巨大的太阳能资源。据估计，只需在 46,000 平方英里的面积上建设太阳能发电厂，加上风能、生物质和地热能，美国就可以不用依靠 4 千亿美元的国外进口石油。[144] 这还可以大幅减少温室气体的排放。

142 Source: Shot in the Dark

143 TMC Net, eSolar and Southern California Edison to Produce 245MW of Solar Power, http://callcenterinfo.tmcnet.com/news/2008/06/03/3477818.htm, (3 June 2008).

144 Zweibel, Ken; and James Mason; and Vasilis Fthenakis, A Solar Grand Plan, Scientific American, (16 December 2007).

在同时使用化石燃料和核电网的地区，我们会发现人们越来越多地转向集中发电与当地热电网络相结合，而当地热电网由当地可找到的化石燃料提供动力，并渐渐由可再生能源替代。转变的速度将受国家和地区政策的影响。英国的状况可以说明这一点。

英国基础设施的电力供应源自以下组合：[145]

- 38% 的天然气
- 35% 的石油
- 16% 的煤炭
- 9% 的核能
- 2% 的可再生资源
- 供热主要使用天然气

英国的《能源法案》设想实现以下转变：到 2020 年时使用 20% 主要源自海风的可再生资源，更换核电站以及转为使用洁净的煤电。英国石油和天然气自给自足的时代即将结束，因此能源供应安全是一个大问题。

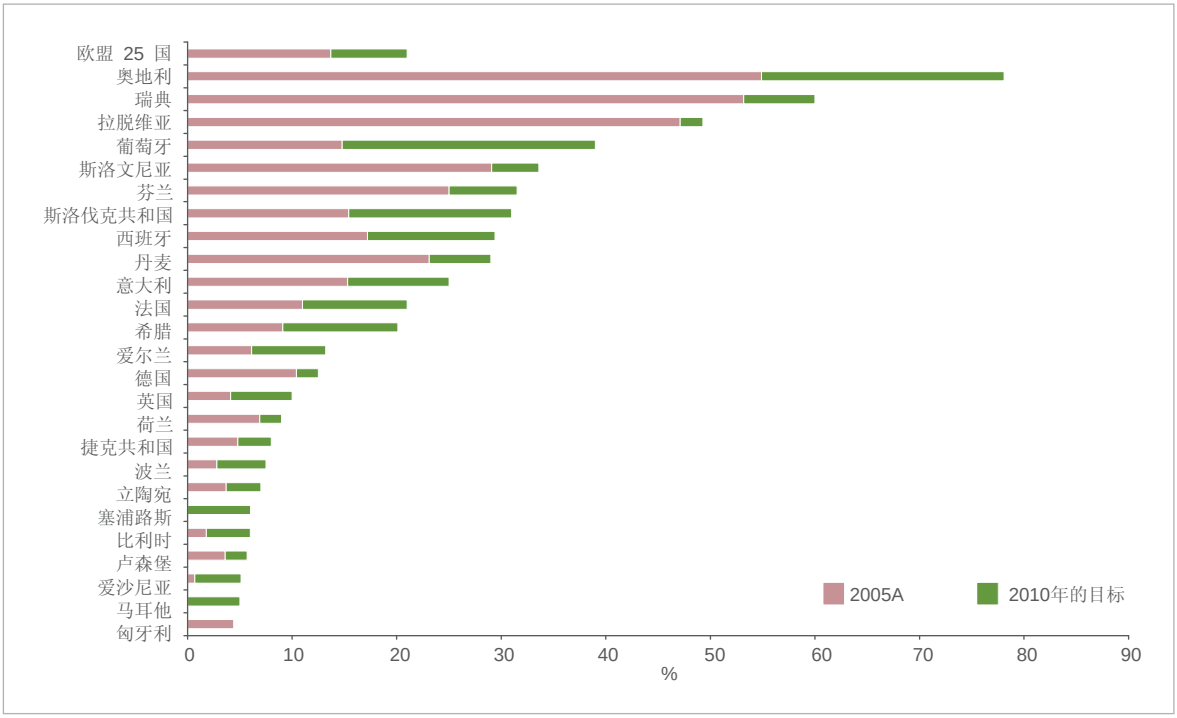
只要燃料还能以较为经济的价格获得，核电就有可能保留，至少用于供应目前的电力份额。

145 UK Energy Research Centre: Energy Infrastructure and Supply, sourced from, http://www.ukerc.ac.uk/ResearchProgrammes/EnergyInfrastructureandSupply/EnergyInfrastructureAndSupply.aspx.

集中发电和配送是一种低效的方式，因为产生的电力中只有 10% 真正能够到达用户那里。改善发电站效率的方案正在进行中，并且与城镇和城市中推出分散型热电设施相结合。其形式可以采用热电联产设备，使用天然气、当地的废物和生物质作为能源，结合使用地源热泵。据估计，来自能源供应方面的碳排放有 50% 可以从城市区域的这些方面得到降低。[146]

从 2020 年到 2050 年，石油和天然气的供给可能出现短缺，价格可能会飙升。因此，英国正在从这些资源之外寻找可持续的未来燃料源，用于供应大部分的热和电。

146 Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_fullreport.pdf, (February 2007).



欧盟25国可再生能源2010年目标[147]

以上是欧洲一些国家2020 年的可再生能源目标：

最为乐观的估计是，英国通过使用自身的资源，比如风、潮汐流、海浪、太阳能以及生物质，可以达到完全使用可再生能源的水平，如果能源需求显著降低则可以达到更高水准。[148] 不过更有商业前景并且可以实现的解决方案是“欧洲可再生能源电网”，动力包括撒哈拉沙漠的太阳能、风能、来自海洋潮汐和水流提供的能量以及阿尔卑斯山和斯堪的纳维亚的水电。这个电网的建造将使用高压直流电地下系统。欧洲这一低碳可持续未来的关键组成部分是使用撒哈拉沙漠中的太阳能聚热发电厂提供的电力，阿尔及利亚政府已经开始朝这个方向努力。这些设备将有能力提供远远高于目前需求的可再生能源。这可能成为实现英国和欧洲低生态足迹能源组成解决方案中决定性的一部分，

再加上热电联产 (CHP) 在当地区域内提供热和电力，实现交通运输系统的低碳电力驱动。

可再生能源产生的氢也可以提供一部分交通运输能源，也可以作为可再生能源的储存介质。这将需要新的供应基础设施，就像已经在上海城市周围使用的加油站，其供应源来自工业废物。

147 Lehman Brothers, Wind Energy (18 April 2007).

148 Helweg-Larsen, Tim and Jamie Bull, ZeroCarbonBritian, Centre for Alternative Technology, http://www.zerocarbonbritain.com/images/ zerocarbonbritain.pdf, (2007).

生物模拟原则：最优化而非最大化，并且以信息为中心

这部分所提出的策略和技术，很多来自对我们所依赖的复杂系统进行的综合分析。一般而言，目前这套个人激励措施适用于最大限度地使用资源，而不是使用最少的资源达到所要的结果。

一个及早且迅速促进生态足迹减少的措施是为客户提供信息，让他们能够优化日常生活，享受舒适生活，同时保持较低的生态足迹。

在中低收入国家，安装高带宽通信网络看起来是最有效的方式之一，可以迅速推动可持续性发展。整个系统可以用太阳能作为动力，包括手机的用户。

现有技术已经可以做到这一点，但是当地的服务设施还非常少，这也正是目前需要进行重大投资之处。比如为公共交通设计的优化实时旅行，在这样的系统中，人们可以要求在指定的时间到达城市中的某个位置，并且得到根据公交车和列车的实时位置做出的方案，这一系统可以使利用公共交通系统的安全性和方便性得到改观。操作者的优势在于引导事故点附近的行人，而反馈信息能够改善服务互换状况。通过手持式设备和所有服务区域内的电话亭可以获得信息。

有证据表明，将消费者的行为与周围区域进行对比，或是只是简单显示收费使用，这种能源和水资源使用状况的反馈是另一种实现行为改变目标的好方法。

另一个例子是产品的认证和生态标签，它能使消费者迅速判断产品的质量以及产品对生态足迹的影响。当地的服务网络能够使人们就地找到物资和服务，这将有可能以更低的成本促进人类的发展。

企业之间的反馈和互动是另一个重要方面，对于资源共享来说尤其如此。废物交换系统正在全世界范围内迅速发展，一个企业的废物对另一个企业而言是资源。

因此宽带信息系统基础设施对于低生态足迹的未来至关重要。

生物模拟原则：清理而非污染

使用废物作为资源，与不污染空气、水和土壤之间是一个良性循环。生态经济学方法表明，因为污染而耗尽生态系统的资源对于经济是一个巨大的威胁，并正在将我们推入不经济的发展模式。欧洲立法已有效地推动这一方面的变化，但是仍然存在一个落后的领域，那就是污水和废水的回收，这些污水和废水依然还在污染英国的水域。只要采用二次加工对金属污染物进行处理并杀死病原体，废物就可以在厌氧消化器内被消化，产生能量并生成有用的肥料。

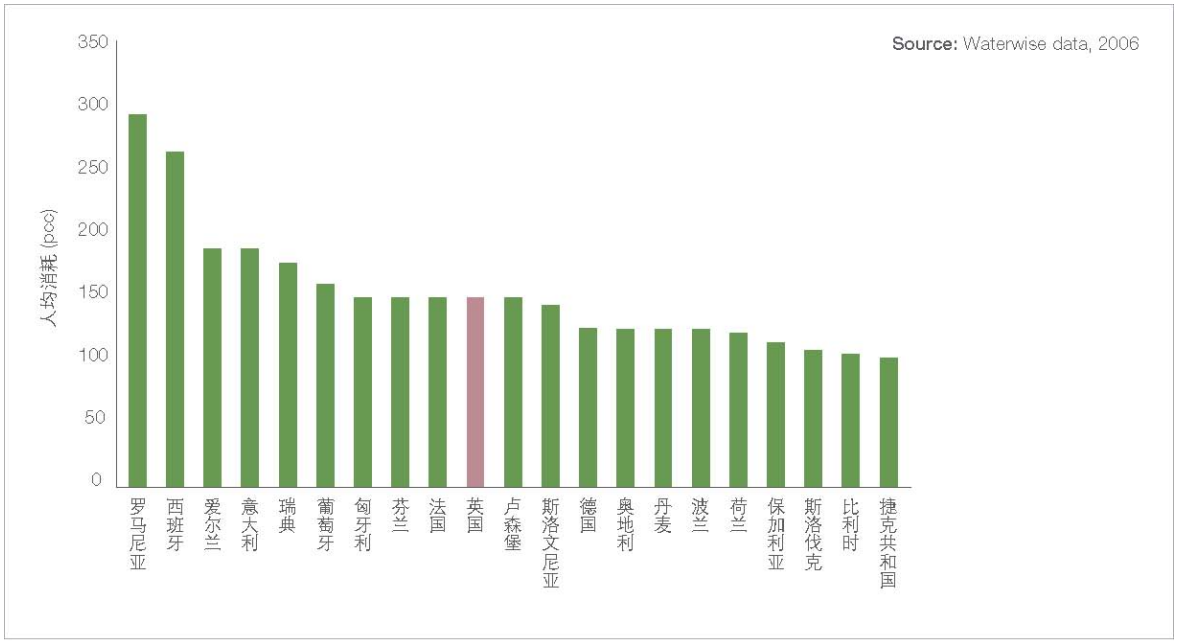
中低收入国家首次建造的系统中应当使用分离式厕所，这种厕所能够将固体废物吸入真空管道进行厌氧消化，而液体废物进行处理并提取其中的营养物质。这种方式之下，处理成本和水资源管理成本可以显著降低。雨水和黑水不要混在一起，因为这使得气候变化增加的径流水难以在处理过程中不释放污染。

水在当地可以回收用于灌溉以及二次利用。假设产生的肥料是安全的，这种肥料也可以减少粮食生产中化学肥料的使用。这是所有国家基础设施投资中的关键领域。

在家庭中安装水收集和灰水循环系统，可以节约 30% 的饮用水，[149] 减少雨水径流并降低能源消耗，因此这是另一个良性循环。难以铺设路面的区域可以采用多孔的形式帮助蓄水层蓄水，并使径流速度变缓。

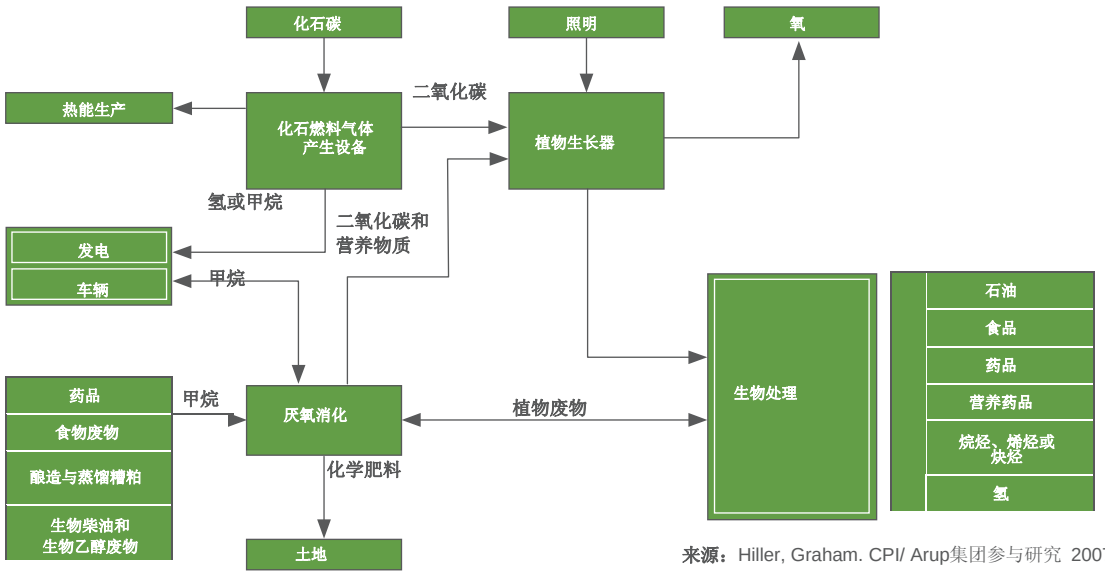
149 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

未来的水之家园



清理而非污染 [150]

150 Department for Environment, Food and Foreign Affairs, Future Water; The Governments Strategy for water in England, sourced from http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf.



来源：Hiller, Graham. CPI/ Arup集团参与研究 2007.

缩短碳循环系统的关键因素

生物模拟原则：维持生物圈的平衡

前面没有解决的一个问题是，如何在煤炭发电站淘汰前这段时间减少碳排放，直到完全使用可再生能源电网。两个有效的技术可以用于这方面的过渡：“缩短综合碳循环（SICC）”以及“快速海藻或植物生长”。

缩短综合碳循环 (SICC)

碳捕获和存储技术正在开发过程中，首选的是地下储存。然而寻找到所需规模的存储方式很难。另一个更具有可持续性的方式还处于开发的初期阶段，就是在“缩短型综合碳循环（SICC）”中形成碳循环。这可以在使用化石燃料的较长一段时间内进行平稳过渡，直到我们完全利用太阳每日提供的能量作为能源生活，因此根据 Arup 集团委托进行的研究做出一些详尽说明。

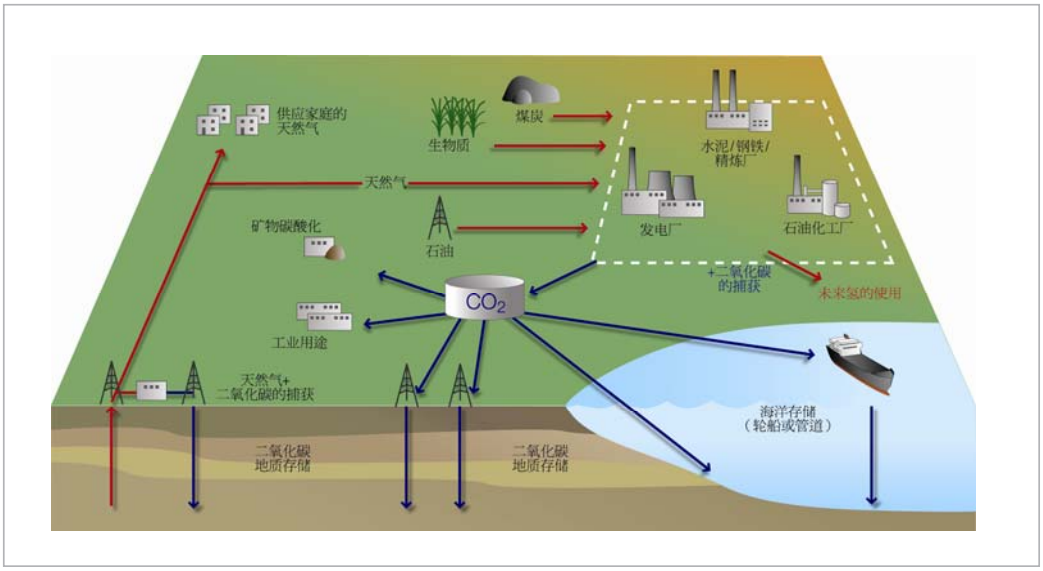
二氧化碳从废气中得到清理和分离并经过生物反应器的收集，在反应器中，不同类型的海藻利用光、营养物质和海水迅速生长，吸收碳，释放氧气，有时候还释放氢气。已经建造了小型的试验厂验证这种方式的可行性。首次建造的是麻省理工学院的 20 兆瓦特的热电联产电厂。[151]在这个厂的顶端是 30 个 3 米高的三角形透明管道，其中是海藻和水的混合物。将工厂的废气通入混合物中，在晴天的时候能够减少 82% 的二氧化碳排放量，阴天的时候能够减少 50%（白天），减少 85% 的氮氧化物（24 小时之内）。利用光生物反应器控制海藻的生长。目前的示范设备面积较大，或是使用光导管吸收充足的阳光，以使海藻的产量较高。不过海藻生长之后，透光性将会减弱。理论上海藻的密度可以高达 84克/升，但是目前通常只有 3－15 克/升，原因是海藻生长后透光性变差。[152] 反应器的设计是海藻成功生长的核心。构造需要确保光线以适当频率经济地输送，从而使海藻密度最大。

151 Stauffer, Nancy, Algae system transforms greenhouse emissions into green fuel, The MIT Energy Research Council http://web.mit.edu/erc/potlights/alg-all.html, (2006).
152 Hillier, Graham, Centre for Process Innovation, Sustainability in Practice, http://www.uk-cpi.com/, (2008).

2005 年的秋天，美国西南部一家 1000 兆瓦的发电站中安装了一套这样的海藻系统。在发电站初期场试验获得成功后，目前测试进入了试运行阶段。随后可以出售海藻并作为燃料用于当地城市的厌氧消化器，产生能量，也可以作为医药产品，还可以用来生产石油或产生氢气用于交通运输。在碳的捕获中，气体需要被液化、输送以及泵入地下的储存器内，所有这一切都增加了成本。在这个过程中，副产品有一定的价值，因此我们认为它很有可能具有良好的商业前景。

完整的“缩短综合碳循环”其基础是利用煤炭气化作为最有效的处理过程，因为煤依然是一种充足的燃料来源，然后再利用生物反应器吸收二氧化碳。我们建议使用反应增强器，这种机械的化学装置可以增加生物残渣内的有效能量。生物质被运送至厌氧消化器内，这个建造良好的生产设备可以吸收生物废物，利用他们产生能量，同时减少固体物的含量。

原则上，SICC 过程可以奏效，能够吸收大多数都市圈产生的二氧化碳。但是还有需要解决的重大技术难题。光生物反应器还没有达到工业规模，生物提炼和处理技术只是处于初级阶段，厌氧消化还需要优化气体的产出和密度。不过，有迹象表明通过协作开发这些问题都可以克服。



可能采用的 CCS 系统示意图[153]

153 Intergovernmental Panel on Climate Change; The Future of Coal: Options for a Carbon-Constrained World (MIT, 2007).

生物模拟原则：利用当地资源

食品的生产、加工、分配、零售和供应是生态足迹的关键因素。在英国这样的高收入国家中当地食品的消费增长迅速，并且正在成为主要方式。面向超市的可持续食品分配系统的转变会大幅度降低生态足迹，这个系统是建立在以区域性和当地农场构成的全国性网络基础上的。

许多高收入国家长期使用石油提炼的肥料，使得土地丧失了健康所需的营养物质和矿物质，硝酸盐还污染了水道。使用来自农业和城市的有机肥料，能够减少化学肥料的使用，还能减少二氧化碳的排放，这种有机肥料中含的是矿物质和碳。这需要对连接城乡地区的处理和废物管理系统进行大量的投资。

改善城市区域内的水收集和灰水管理，能够提供安全的水，在干旱时用于灌溉，有助于在气候变化导致产量波动时维持食品产量。可以采用库里提巴的方式将水储存于城市公园的湖泊中，天然的芦苇床系统可以净化水，弗莱堡已经采用了这种方式。

城市范围内的土地还可以用于密集型粮食生产。正在开展研究在建筑内进行粮食生产，即在建筑中利用人工光源、水培法以及从城市废物流中回收的营养物质种植绿色蔬菜和水果。这种方式使用了新的 LED 照明技术和植物科学，并且认为植物只需要利用一定的白光光谱就能茁壮生长。很有可能到 2050 年时，有一部分食物是超市在城市和城镇现有设施中进行商业化的种植获得并直接销售给消费者的，只要有再生能源的供给，生态足迹就会很低。控制以这种方式培育的植物的营养物质供给还可以使食物链中的矿物质平衡得以改善。

154

对气候变化的适应也需要进行投资，从而控制洪水的威胁以及洪水对农村粮食生产和城市居住地的影响。比如在英国沼泽地区，海平面上升导致的洪水以及土地后退引起的洪水都需要加以考虑，因为英国有很大一部分蔬菜产自这些地区。这些问题非常重要，需要国家政策和投资方案。城市中心的食品生产仅只是用于弥补这些可能由气候变化引起的损失。

154 Linsley, Benjamin and Ted Caplow, Sustainable Urban Agriculture, Urban Land Green, (Spring 2008). Kiss + Cathcart, Architects

概述

广而言之，可以明确的是以下策略是可持续性未来的关键：

- 减少非再生资源的消耗
- 如有可能，重复利用
- 回收
- 将各项技术综合起来——通过早期设计将低排放和废物系统的各种要素结合起来
- 通过良好的规划高效使用城市土地
- 遵循生物模拟原则进行规划和设计

可以得出结论，在人类持续发展的同时有办法显著减少低效和有损环境的状况。这样的方法能够有助于维持人类的发展。但是如果我们要利用这样的机会，就必须以不同的方式进行统筹，因此必须着眼于能够推动和促进那些至关重要、迫在眉睫的变革的方法。

9. 经济学与政策

简介

在生态经济模式中，需要不断调整全球经济以符合起支撑作用的生态系统的规模。如果资源的循环利用维持在生态系统吸收废物、再生资源的自然承载力之内，那么这个经济就是可持续的，人类的发展就能够得以继续。

推动向这种可持续的或最佳规模转变的政策，需要强调规模的限度以及这样一个事实——以前免费的天然资源和服务设施已宣布成为稀缺的经济物资。一旦稀有，它们就会成为颇有价值的资产，于是就出现了谁拥有这些资源的问题，因此必须解决分配问题。正如可持续性是确定规模的标准，公正就是分配的标准。政策最终必须确保资源的分配是高效且具有成本效益的，这正是需要考虑综合效率之处。

这三个相互影响的目标被用于创建一个政策框架，然后构建一个配送模式，并研究公共的、个人的、非政府组织以及社区的责任。在世界一个地区实施这些经济改革时所面临的政治困境是如何保持国际竞争力，因此制定全球性政策也很关键。做不到这一点，污染的行为只会从一个国家转移至另一个国家。因此政策需要在国家和全球范围内实施。

政策框架

达到一个具有可持续性的经济规模

政策影响规模的主要形式是命令及控制方面的法规，这些规定或者禁止某些行为，或者限制可能进入生态系统的污染物的数量。比如，汽油中的含铅添加剂（四乙铅）或是 DDT 已经被禁止，工厂可以处理的废物数量有限制，车辆的排放量也有限制。

这种方法的优势在于，规定可以公平地施用于每一个人，或者进行特定调整满足分配目标。规定易于理解，监控和执行的成本很低。

劣势在于，一般情况下规定不能解决高效分配的经济目标，因此不是达到最佳规模的最具成本效益的方式。它们不能鼓励超越最低规定，在地方一级时往往还会阻止市场上的创新方法。

这里有三种更加复杂的政策形式，其目的是解决这些问题：

- 财政措施，如税收
- 补助
- 排污权交易

第一个是执行税收，在这里税收等于边际额外成本，其中包括污染造成的损害——污染者付费原则。整体的难题在于如何在一个法律框架内衡量和分配这些成本。征收这类税唯一可行的方法是，在几年之内逐步增加税收直到达到全额水平，垃圾填埋税已经采用了这样的方式。同样重要的是，增加税收可以用于推动公共部门和相关的投资，假以时日这会提高私营部门的收益。改变行为的例子包括垃圾填埋税、气候变化收费、废物处置规定等。通过对排放或污染进行征税或制定法规，市场不得不做出改变以保持竞争力。

第二个政策是向企业提供财政补助以减少他们的环境成本，其中补助相当于避免污染产生的收益。不同于污染者付费原则，这种情况下政府向没有产生污染的企业付费。典型的例子就是能源馈入法规，当可再生能源企业不能获得商业利益时，这种方式为其生产提供补助。全世界已经有 50 个国家采用了这种方式。[155]

提供补助存在一个潜在的问题，这种方式可能误导市场，如果级别设定过高，加速前进的商业行为将导致更彻底的污染，因此随着时间的推移，财政补助系统需要有一定的灵活性。

第三种限制规模的政策是引入排污权交易原则，这种方式不是通过税收提高价格，而是设定了可容许的污染上限的配额。理论上设定这种配额应当使得社会和商业边际成本等于社会效益，但是很难达到这一点。一旦设立，配额就以许可证或个体配额的形式在污染者和资源使用者之间进行分配。某些配额体系可以进行交易，这有助于提高效率、实现成本效益。

155 Seager, Ashley, Experts call for 'feed-in tariffs' to encourage renewable energy use, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/apr/29/renewableenergy.energyefficiency, (29 April 2008).

公平分配

分配引进了伦理纬度，即如何让目前的贫困人口和将来的后代们能够使用日益有限的资源，因此是个存在争议的领域，不得不予以解决。国家内部以及国家之间已制定了一些政策方法：

- 收入与财富的最高及最低标准
- 分配资本收益
- 分配自然资本收益

收入与财富的最高及最低标准：所提出的政策措施中包括了限制个人财富的个人高累进所得税，以及最低收入标准，确保最低收入的工人能够充分享有最低限度的资源。许多经济学家认为这种措施会挫伤有待改进的企业主的积极性，似乎有些不切实际。

分配资本收益：分配资本收益是政策中更有效的一个领域。资本所有权在更广范围内分配，能够促进市场经济的效益，提高自然资本的收益。比如“员工持股计划”能够在更大的范围内影响商业决策，使得分配更为均衡。这些观念可以延伸至社区利益效用以及提供低碳服务的服务企业中。

养老金投资的公开要求，是为了使投资获得社会和环境方面的效果，这也是一种非常有效的方式，能够改善分配及相关的配置效率。因为养老金正在寻找长期回报，因此这很可能是一个用于生态时代基础设施的关键资金来源。

分配自然资源的收益：土地和自然资本的所有权目前没有反映承担的成本。按照生态经济学的观点，因为对土壤、水和空气的污染，这就存在一个有效的隐性补助。资源为国家所有时需要支付使用费，提高使用费的标准可以作为一种方式消除这些补助。

土地是一种固定、有限的关键资源。社会活动使土地价值提高，并逐渐在社会和私人两个部分中积累。由于土地供应固定而需求增加，土地的价格和地产收益也将上涨，导致了财富和收入不断集中。目前的经济周期与土地投机周期密切相连。美国最富有的 10% 的人拥有60－65% 的土地（按价值计算），而在巴西最富有的 1% 拥有 50% 的农村土地。156 有一项引起广泛讨论的政策，利用地税对一部分租金收益进行再分配。

城市基础设施和高密度住宅区的建造抬高了土地价值，因此应该考虑征收土地和基础设施税。许多经济学家认为土地税是一种稳定经济的手段，因为税收会降低土地价值。

土地使用密度和价值之间的关系对于推动将来更具持续性地使用土地而言非常关键。城市区域内精心设计的高密度住宅区，与分散的郊区住宅相比，能够增加土地价值，减少对生态系统的污染。另一方面，公共部门对郊区低密度住宅区的公路基础设施进行的投资，对于生活在那里的人而言是一种补助。墨尔本和匹兹堡就属于这类例子，这类城市将高土地税与免费的基础设施结合起来，以刺激城市中心内部和外围延伸建筑的改造。

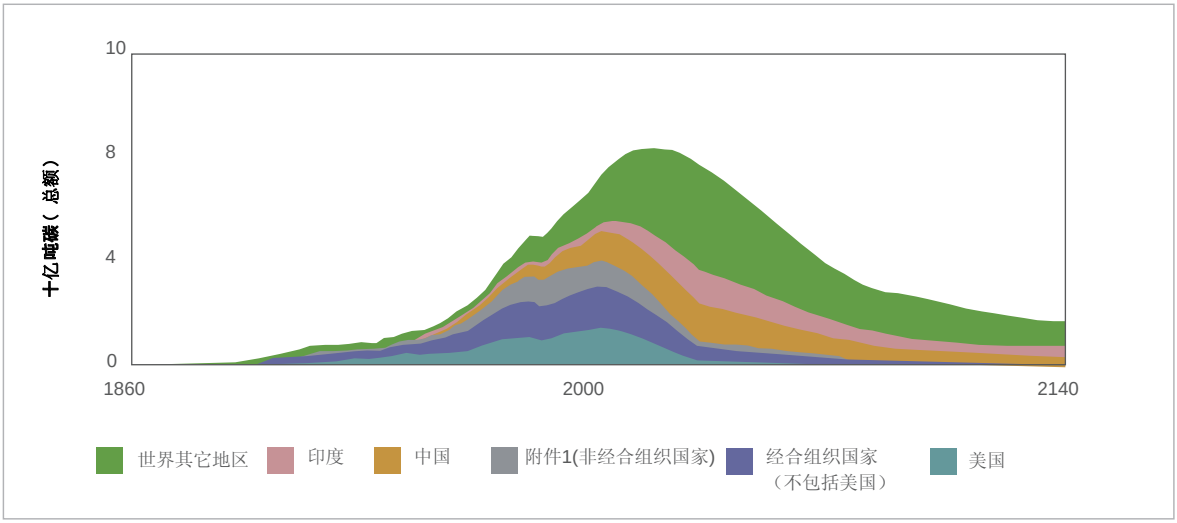
因为城市区域的土地一般为公私部门共同拥有，所以可以采用公私合作的方式进行改造，共享土地价值的收益，并将收益用于改变城市密度，就此带来较高的生活质量。上述所有内容表明，城市治理结构之内的土地使用和基础设施规划对于达到目标非常关键。

156 Daly, Herman E. & Farley, Joshua, Ecological Economics: Principles and Applications, Part III, Microeconomics, chapter 9 supply and demand, pp 141-157, (2004).

内部交换：通过交换有助于资源共享，其中回收废物和避免污染的回报是人类的发展。库里提巴是一个成功的例子，在这个城市穷人通过回收自己的废物换得上班所用的免费乘车票。这样，社会效益和生态系统效益协同发展。这种方案很受欢迎，并且能迅速推动人类的发展。在我们向可持续发展的模式转变的时候，基础设施运营系统需要对这样的内部机制加以考虑。

本文大部分的重点在于如何提高资源配置效率，这一点将是规划者和工程师合作过程中最重要的领域之一。目前市场的配置没有效率，因为自然资本和生态系统服务并未得到重视。因此配置倾向于那些有可能损害我们长期福利的物资。综合效率方案能够解决这一问题，并提供一个框架用于配置的范式转换。利用这种方式进行配置，需要对生态系统服务进行评估。解决这一课题的是环境经济学。157

157 King, D.M & Mazotta, M.J, Ecosystem Valuation, sourced from; www.ecosystemvaluation.org.



联合国的“紧缩与趋同” 158

国际政策

世界上所有国家都受益于其它国家的良好生态系统，但是对于其它国家的环境维护则付出的很少。因此迫切需要建立有效的政策，通过提供激励因素和资源来保护健康的生态系统。《京都议定书》以及源自于此的协议，是解决这一问题的首次尝试，其针对的是地球上谁也不能宣布为其所有的大气。由联合国倡导的“紧缩与趋同”方案是一个深思熟虑、具有潜在力度的方案，它同样强调公平分配。这一方案的基本原理为本文提出的生活在环境限度内的紧缩模式提供了基础，两者相互支持。

158 Meyer, Aubrey, The fair choice for climate change, BBC News, http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4994296.stm, (May 18 2006).

10. 实现目标的模式

任何国家、地区或城市要进行转向，第一步都需要建立一个具有可持续性的清晰的发展框架，在其中要设定社会、环境和经济表现的长远目标。已经证实，要想使那些明确的目标得到赞同并稳定实现，国家和地区的领导非常重要。

高质量的规划和设计可以开始使用“综合资源模型”之类的建模工具，对完成目标所需的基础设施和土地使用变化进行规划。了解本文所述的良性循环对于进行趋同设计非常必要。接下来的步骤就是为完成目标而建立合作和资金管理。

有明确的证据表明，这个变革中的第一批行动者可以在地区经济水平和商业水平两方面获益。C40（城市气候变化领导小组）的“克林顿气候行动”就是一个国际合作的例子，通过建立全球采购俱乐部，为新技术创建市场规模，以使技术的实施更具吸引力，这样推动较高收入国家的城市领域向本文所说的方向前进。[159]

融资解决方案需要公私部门之间、社区组织以及非政府组织间长期的基建合作，我们希望在地区一级能出现这样的合作，并将缓解和适应气候变化也纳入其中。合作是必需的，因为土地通常是公共部门和私人共同所有。这个领域对养老金投资颇有吸引力。因为需要降低价值损失的风险，因此与保险公司合作也可能会颇具成效，同样与抵押放贷者的合作也如此，与后者合作能够改善房屋和周围基础设施，使得房屋所有者迅速看到成本的降低。小额信贷和小额保险方案针对的是气候变化的缓解和适应，这种方式正在迅速兴起，它能够在中低收入国家当地的社区和地区范围内运作，以在较长时间内控制和分担风险。

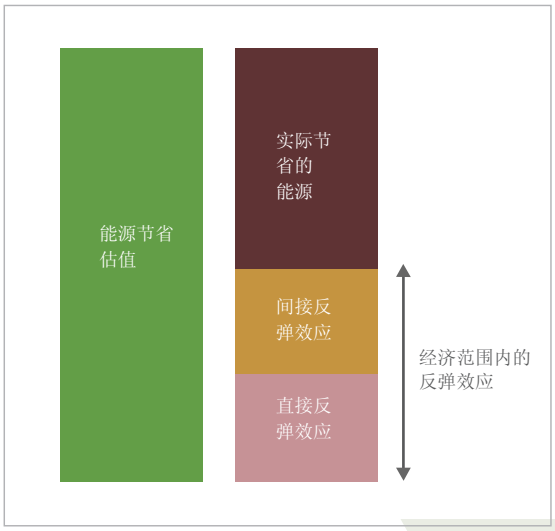
159 Clinton Climate Initiative C40 Cities. http://www.c40cities.org/.

现在来看看管理和运作阶段，并分析一下生态足迹的改善能否持续。本文重点讨论的解决方案是提供充足高效的可再生能源，而不是简单地依靠降低能源消耗而减少生态足迹和碳排放。原因在于这关系到“反弹效应”。反弹效应有三个组成部分。[160] 反弹效应有三个组成部分。

直接反弹——当效能更高的汽车和家庭供暖技术降低了能源服务的成本（运输里程，温暖的住宅）时，这样就可以行驶更长的里程，或者延长住宅供暖的时间。

间接反弹——当“直接”效应节省下来的资金允许从事更多消费活动时，如第二辆车、家中拥有更多使用能源的家电、海外旅行。

均衡反弹——当经济中各种效能更高的能源服务层出不穷时，经济增长受到刺激的部分反过来推动了更多的消费。全球政策领域在这个方面非常重要，需要确保一个经济区域内的效率不会导致另一区域消费的进一步扩大。



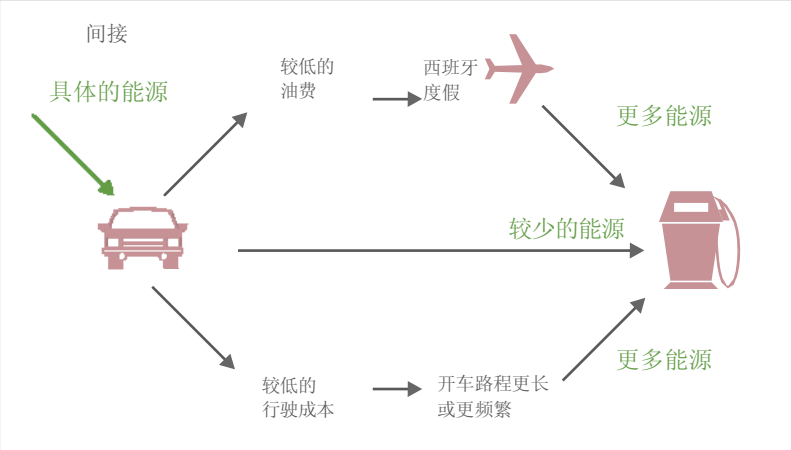
经济范围内的反弹效应[161]

160 Crane, D., Foran, B., Powerful choices: options for Australia's transition to a low-carbon economy, Advances in Energy Studies: Perspectives on Energy Futures, (2006).

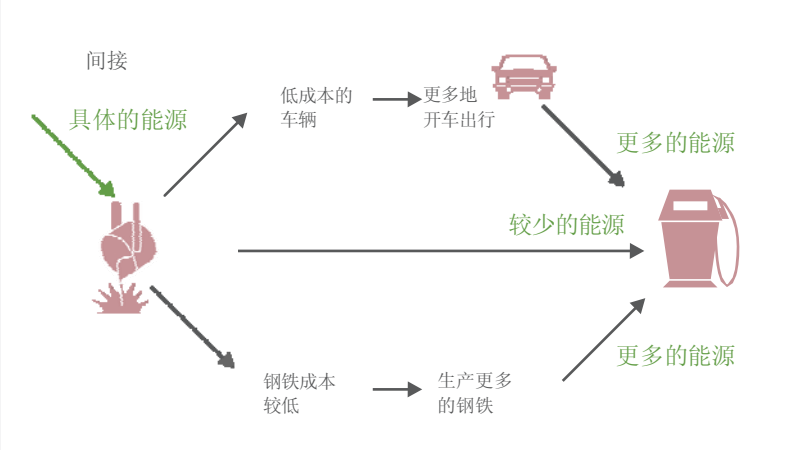
161 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710Rebound Effect/0710ReboundEffectReport.pdf, (October 2007).

虽然我们应承认反弹效应，但是这不应阻止我们继续努力制定节能政策、开发节能技术。而且，正如英国能源研究中心的报告中指出的，我们应当“在政策目标中为反弹效应留出空间，随能效的改善相应提高能源价格或者制定碳排放的绝对上限”。162关键在于制定的政策需要有一定的灵活性，并且能够强有力地实施，确保永久性地转向生态时代。

这只是旅程的起点，因此学习、研究反馈以及能力的构建非常重要。Arup 集团正为创建可持续性学会网络提供支持，以推动这一进程，最初包括英国的泰晤士河谷、中国的东滩生态城以及非洲的坎帕拉。



反弹效应－消费者163



反弹效应－生产者164

162 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710Re boundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (October 2007).

163 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710Re boundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (October 2007).

164 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710Re boundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (October 2007).

11. 工程师的责任

我希望本文的篇幅能够向工程师这个职业的内外人士表明，解决我们所面对的那些问题单靠政策难以奏效。如果我们希望拥有可持续的未来，那么就要对地球上支持生活的基础设施进行翻天覆地的变革。这需要国家和全球范围内公共部门、私人部门、非政府组织和社区组织之间紧密合作，但是要利用现有技术开展合作。

拥有全球工作经验、熟悉多学科团队合作的工程师，将是取得成功的关键，并能够设计完成这些新的基础设施系统。然而，我们认识到在不超过50年如此紧迫的时间内，要面对如此前所未有的挑战，资源水平是很有限的，因此我们需要培训并鼓励年轻人加入这项挑战，成为 21世纪的布鲁内尔人。

通过设计和性能规范、质量管理和整个生命系统的运行管理对各种复杂的系统进行管理并实现可持续的目标，这样的能力是我们目前所缺乏的。在这方面，工程师需要与规划者、建筑师、社会企业家、生态学家、社区团体以及非政府组织更加紧密地合作。

12. 结语

本文已经对技术、基础设施系统、规划方法、政策以及实现目标的机制等方面进行了综合评述。在全世界范围内推动人类发展步入可持续途径，停止并扭转对我们赖以生存的生态系统的破坏，需要上述各项因素。工程师们将与其它学科通力合作，着手解决这个难题。我已经重点强调了我们所缺的和亟待开发的技术，但是其中大部分已经存在。

我已描绘了对前进道路和未来可信愿景的首次展望，但是这只是万里征程的起点。我希望 2009 年 12 月哥本哈根气候峰会是这样的时刻：全世界走到一起，一致认为我们已经充分了解状况，并且已经为前进的方向做好准备的时刻。因此，这将是借助全球和国家的管治政策、借助私人部门和非政府组织的合作，我们迅速起程沿着这条路前进的时刻。

我希望本文还能将全球的工程师汇聚在一起，激励年轻人加入这项可以说是前所未有的最伟大的挑战。希望本文也能够让全球的工程师汇聚在一起，并激励年轻人加入这项可以说是人类面临的最大的挑战之中。

13. 参考文献

图片由如下公司提供：

© Doug Sephton in Drivers of Change: Demographics, Arup 2008

© Jupiter Images UK Ltd, in Drivers of Change: Demographics, Arup (2008).

© Tuca Vieira in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).

© Daisuke Tofuku in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).

网址：

Arup Global Foresight and Innovation, Arup Drivers of Change,

http://www.arup.com/landing.cfm?pageid=8870, (2008).

Arup's Integrated Urbanism: http://www.arup.com/integratedurbanism/whoweare.cfm?pageid=7937.

Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco- City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

Clinton Climate Initiative, C40 Cities, http://www.c40cities.org/ (2008).

Global Footprint Network: http://www.footprintnetwork.org/

A.

Adam, David and Alok Jha, EU review bio fuel target as environmental doubts grow, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jan/15/biofuels.carbonemissions, (15 January 2008).

Areas of Relative Water Stress, http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf, (2007).

Arup, Drivers of Change: Waste, http://www.zerowaste.org/case.htm, (2008).

B.

Ban Ki-moon, The new face of hunger Washington Post, (12 March 2008).

Barker, Kate, Review of Housing Supply: Delivering Stability: Securing our Future Housing Needs, HM Treasury, http://www.hm-treasury.gov.uk/media/E/3/barker_review_report_494.pdf, (March 2004).

BBC News, Most people ready for Green Sacrifices, BBC News, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7075759.stm, (9 November 2007).

BBC News, Report Reveals Global Slum Crisis, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/5078654.stm#slums, (2007).

BBC News, UN warns on food price inflation, http://news.bbc.co.uk/2/hi/in_depth/7281686.stm, (6 March 2008).

Benyus, Janine, Biomimicry: Innovations that Inspired by Nature, Harper Collins: New York (1997).

British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

BioRegional Solutions for Sustainability, Local Paper for London, http://www.bioregional.com/programme_projects/pap_fibres_prog/lp4london/lpaper_facts.htm, (2008).

Blueprint for Water Organisation Publication, 10 steps to sustainable water by 2015, http://www.blueprintforwater.org.uk/Blueprint_A4.pdf, (November 2006).

Boardman, Brenda, Home Truths: A Low Carbon Strategy to Reduce UK Housing Emissions by 80% by 2050, University of Oxford's Environmental Change Institute, (November 2007).

Bradsher, Keith, A Drought in Australia, a Global Shortage of Rice, The New York Times, World Business Report, http://www.nytimes.com/2008/04/17/business/worldbusiness/17warm.html?_r=3&hp&oref=slogin&oref
=slogin&oref=slogin, (17 April 2008).

Brown, Lester, Plan B 3.0, New York: W.W. Norton & Company, (2008).

C.

CBI Climate Change Taskforce, Climate Change: Everyone's Business,

http://www.avtclient.co.uk/climatereport/docs/climatereport2007full.pdf, (November 2007).

China: White Paper on Energy: China Energy Conditions and Policies, sourced from http://www.10thnpc.org.cn/english/environment/236955.htm#0, (2007).

The Climate Group Report, In the Black: The Growth of the Low Carbon Economy - Summary Report, The Climate Group http://theclimategroup.org/assets/resources/TCG_ITB_SR_FINAL_COPY.pdf

(August 2007).

Crane, D., Foran, B., Powerful choices: options for Australia's transition to a low-carbon economy, Advances in Energy Studies: Perspectives on Energy Futures, (2006).

D.

Daly, Herman E. & Farley, Joshua, Ecological Economics: Principles and Applications Part III, Microeconomics, chapter 9 supply and demand, pp 141-157 (2007).

Department for Environmental, Food and Foreign Affairs, Future Water; The Governments Strategy for water in England, sourced from http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf (February 2008).

Department of Treasury & Finance DTF Research Note The World Iron market in 2005, sourced from http://www.dtf.wa.gov.au/cms/uploadedFiles/iron_research_note_may2005.pdf, (2005).

Design to Win: Philanthropy's role in the fight against Climate Change,

California Environmental Associates (August 2007).

Dickie, Phil., Rich countries, Poor Water, World

Wildlife
Federation Freshwater Program,

http://assets.panda.org/downloads/rich_countries_poor_water_final_170706.pdf, (2006).

E.

EAA C. Sperlinger, Nachhaltige Stadtentwicklung beginnt im Quartier OeKoinstiut e.V (Ed) Freiburg, 1999 in Drivers of Change: Waste, Arup 2008

The Economist, A Large Black Cloud, (21 March 2008).

The Economist, An Expensive Dinner, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=10085859, (3 November 2007).

The Economist, Shock Treatment,

http://www.economist.com/finance/displaystory.cfm?story_id=10130655, (15 November 2007).

The Economist, The Elusive Negawatt, http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=11326549, (2008).

The Economist, The New Face of Hunger,

http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=11049284, (17 April 2008).

Elliott, Valerie, Price rises feed through to your shopping basket, The Times,

http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article3500963.ece, (7 March 2008).

EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. http: //www.em-dat.net, UCL - Brussels, Belgium Base Map: UNEP/DEWA/GRID-Europe, June
2005

Energy and emissions increase in Ireland, Environment Protection Agency, (December 2007).

Energy Watch Group. "Crude Oil: The Supply Outlook". EWG-Series No 3/2007 October 2007. http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Oilreport_10-2007.pdf

Environment Agency, Landfill and waste regulation studies, sourced from http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/waste/?lang.

Environment Agency, Waste, Electrical and Electronic Equipment, http://www.environment-agency.gov.uk/business/1745440/444663/1106248/, (2007).

European Environment Commission, Waste: End of Life Vehicles, http://ec.europa.eu/environment/waste/elv_index.htm, (2008).

European Law Monitor, Commission to promote clean and Energy Efficient vehicles, sourced from http://www.europeanlawmonitor.org/latest-eu-news/commission-to-promote-clean-and-energy-efficient-vehicles.html, (2008).

F.

FAO/OECD, The BBC News, The Cost of Food: Facts & Figures, World Food Commodity Prices, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7284196.stm, (1971-2017).

FAOSTAT, Chapter 9 population projection, WTO 2007, Geo data Portal compiled from UNPD 2007, World Bank 2006, UNFCCC-CDIAC, (2006).

Floud, Roderick and D.N. McCloskey eds, The Economic History of Britain since 1700, Cambridge University Press, (1994).

Food and Agriculture Organisation, 1997 in Drivers of Change: Water, Arup (2008).

G.

GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/ (2007).

Global Footprints Network, Footprint Standards, http://www.footprintstandards.org/, (2003-2007).

Graedel, T.E., et al., Multilevel cycle of anthropogenic copper, Environmental Science & Technology, 38, 1242-1252, (2004); B. Reck, et al. Anthropogenic nickel cycle: Insights into use, trade, and recycling, Environmental Science & Technology, 42, 3394-3400, (2008).

Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, sourced from Greater London Authority, http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_fullreport.pdf, (February 2007).

H.

Hansen, J.E, Scientific reticence and sea level rise, Environmental Research Letters, sourced from http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/2/2/024002/erl7_2_024002.html, (2007).

Helweg-Larsen, Tim and Jamie Bull, ZeroCarbonBritian, Centre for Alternative Technology, http://www.zerocarbonbritain.com/images/zerocarbonbritain.pdf (2007).

Hickman, Martin, Cheap Flights threaten UK target for carbon emissions, The Independent, http://www.independent.co.uk/environment/cheap-flights-threaten-uk-targets-for-carbon-emissions-524879.html, (28 January 2006).

Hiller, Graham. CPI / Arup Joint Study (2007).

Hillier, Graham. "Construction Products for a Sustainable Society" Sustainability - Steel and the Environment Conference. 2 November 2004

Holmgren, David, Permaculture: Principles & Pathways Beyond Sustainability, Holmgren Design Services (2002).

I.

Intergovernmental Panel on Climate Change Report, Working Group III Report Mitigation of Climate Change, sourced from http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm, (2007).

International Energy Agency Publication, World Energy Outlook, sourced from http://www.worldenergyoutlook. org/, (2008).

K.

Kenworthy, J.R, Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities, Presented to the international Third Conference of the Regional, (2003).

King, D.M & Mazotta, M.J, Ecosystem Valuation, sourced from, www.ecosystemvaluation.org.

L.

Layard, Richard. Happiness: Lessons from a New Science, pp 110-217, Penguin Publishing Press (2004).

Lehman Brothers, Wind Energy (18 April 2007).

Linstead, C, and C. Gervais, and P. Elkins, Mass Balance: An Essential Tool for Understanding Resource Flows, London: Forum for the Future, (2007).

Linsley, Benjamin & Ted Caplow, Sustainable Urban Agriculture, Urban Land Green, (2008).

M.

Malthus, Thomas R, Ratios of the increase of population and food, An Essay on the Principle of Population, Book
1, Chapter I, pp 13-21, (2007).

Marin, Cecile. UNEP/GRID-Arendal, 2006 in Drivers of Change: Waste, Arup (2008)

McKinsey & Company Reducing Greenhouse Gas Emissions: How much at what costs?, US Greenhouse Gas Abatement Mapping Initiative Executive Report, (2007).

Modes for Rapid Transport, Race, Poverty & the Environment; Curitiba's Bus System, sourced from http://www.urbanhabitat.org/node/344 (2007).

N.

National Development & Reform Commission (NDRC), 11th Five Year Plan for National and Economic and Social Development, sourced from http://en.ndrc.gov.cn/hot/t20060529_71334.htm.

Newman, Peter and Jeff Kenworthy, Greening Urban Transportation: State of the World, Worldwatch Institute
(Eds.) New York, W.W. Norton & Company, (2007).

Newman, Peter and Jeffrey Kenworthy, Urban Design to Reduce Automobile Dependence, Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan

Studies: Vol. 2: No. 1, Article 3, http://repositories.cdlib.org/cssd/opolis/vol2/iss1/art3, (2006).

O.

OECD Environmental Outlook to 2030, www.oecd.org/environment/outlookto2030, (5 March 2008).

P.

Peoples' Daily Online, China's Urban Population to reach 800 to 900 Million by 2020, provided
by, http://english.people.com.cn/200409/16/eng20040916_157275.html, (2007).

Population Reference Bureau, World Population Data Sheet, pp 1-16, provided by http://www.scribd.com/ doc/326077/World-Population-Datasheet-2007.

Pon, B., Diagram: Sketch of an Urban Heat-Island Profile sourced from http://heatisland.lbl.gov/HighTemps/ (2007).

R.

Randerson, James, Food crisis will take hold before climate change, warns chief scientist, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/science/2008/mar/07/scienceofclimatechange.food, (7 March 2008).

Roberts, Simon. Email to author. 1 April 2008.

S.

Seager, Ashley, Experts call for 'feed-in tariffs' to encourage renewable energy use, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/apr/29/renewableenergy.energyefficiency, (29 April 2008).

Simms, Andrew, Dan Moran and Peter Chowla, UK Interdependence Report, New Economics Foundation (2006).

Statistics from Development Data Group, The World Bank, World Development Indicators Online. Washington, DC: The World Bank. Available at: http://go.worldbank.org/3JU2HA60D0.

Stauffer, Nancy, Algae system transforms greenhouse emissions into green fuel, The MIT Energy Research Council http://web.mit.edu/erc/spotlights/alg-all.html, (2006).

Strahan, David, Coal: Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist,

http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (19 January 2008).

T.

Timmins, C, Environmental Resource Economics, Volume 26, Number 1, sourced from

http://www.springerlink.com/content/rp22580246p40t34/ Yale (2004).

TMC Net, eSolar and Southern California Edison to Produce 245MW of Solar Power, http://callcenterinfo.tmcnet.com/news/2008/06/03/3477818.htm, (3 June 2008).

Transport for London information on motor vehicle usage and ownership, http://www.tfl.gov.uk/tfl/search/?keywords=car%20drivers%20research&direction=next&filter=1&restrict=&lastResult=10, date accessed (2008).

Turner, Cathy and Mark Frankel, Energy Performance of LEED for New Construction Buildings, US Green Building Council, https://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=3930, (4 March 2008).

U.

United Nations General Assembly Report A/42/427, Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development, sourced from http://www.worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf (1987).

UK Chancellor of the Exchequer, Stern Review: The Economics of Climate Change, UK Chancellor of the Exchequer, http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm, (2006).

UK Energy Research Centre, Energy Infrastructure and Supply, sourced from, http://www.ukerc.ac.uk/ResearchProgrammes/EnergyInfrastructureandSupply/ EnergyInfrastructureAndSupply.aspx

UK Energy Research Centre, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (October 2007).

United Nations Development Programme, Human Development Report, sourced from http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_en_complete.pdf (2007-2008).

United Nations Environment Report (2006).

United Nations Environment Programme/ GRID-Arendal, Vital Waste Graphics, http://maps.grida.no/go/graphic/how-long-does-it-take-for-some-commonly-used-products-to-biodegrade, (2004).

United Nations, World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007WUP_Highlights_web.pdf(19 January 2008).

U.S. Department of Transportation, FHWA's Highway Performance Monitoring System and the Canadian Equivalent or Gordon Price?,Highway Performance Monitoring System Report, http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/hpms/, (3 April 2008).

U.S Geological Society, Materials Flow & Sustainability, USGS Fact Sheet FS-068-98, http://pubs.usgs.gov/fs/ fs-0068-98/fs-0068-98.pdf, (June 1998).

V.

Varma, Subodh, Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (13 March 2008).

W.

World Business Council on Sustainable Development, Biofuels, (2007).

World Business Council for Sustainable Development, Facts and Trends to 2050: Energy and Climate Change, http://www.wbcsd.org/DocRoot/FjSOTYajhk3cIRxCbijT/Basic-Facts-Trends-2050.pdf, (2004).

World Business Council for Sustainable Development, Policy Directions to 2050, http://www.wbcsd.org/DocRoot/bdA09BFxjVkjEeXJKjle/int_low_res.pdf, (2007).

World Economic Forum, Global Risks: Global Risk Network Report, http://www.weforum.org/pdf/globalrisk/report2008.pdf, (2008).

Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

World Wildlife Fund, Living Planet Report sourced from http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf (2006).

Wackernagel, M, Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning towards sustainability, University of British Columbia., PhD thesis
(1994).

Wackernagel, M, How Big Is Our Ecological Footprint? – Using the Concept of Appropriated Carrying Capacity for Measuring Sustainability, Taskforce on Planning Healthy and Sustainable Communities, University of British Columbia (1993).

Wackernagel, M. & Rees, W.E, Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth, Gabriola Island, B.C., Canada: New Society Publishers, (1996).

Z.

Zweibel, Ken; and James Mason; and Vasilis Fthenakis, A Solar Grand Plan, Scientific American, (16 December 2007).