

联合国
环境署



International
Resource
Panel



政策制定者摘要

全球资源利用评估

提高资源效率和减少污染的系统方法

致谢

作者：Stefan Bringezu、Anu Ramaswami、Heinz Schandl、Meghan O’ Brien、Rylie Pelton、Jean Acquatella、Elias T. Ayuk、Anthony Shun Fung Chiu、Robert Flanegin、Jacob Fry、Stefan Giljum、Seiji Hashimoto、Stefanie Hellweg、Karin Hosking、Yuanchao Hu、Manfred Lenzen、Mirko Lieber、Stephan Lutter、Alessio Miatto、Ajay Singh Nagpure、Michael Obersteiner、Lauran van Oers、Stephan Pfister、Peter-Paul Pichler、Armistead Russell、Lucilla Spini、Hiroki Tanikawa、Estervander Voet、Helga Weisz、James West、Anders Wijkman、Bing Zhu和Romain Zivy。

*除SB、AR、HS、MO 和 RP 外，作者按字母顺序排列。

本中期报告由联合国环境规划署国际资源委员会（IRP）主持编制。我们感谢国际资源委员会联合主席 Janez Potocnik，并对以下组织和个人深表感谢：同行评审协调员 Patrice Christmann 和评审员谢高地（中国科学院地理科学与资源研究所）、葛察忠（中国环境保护部环境规划研究院）、Shem Wandiga（内罗毕大学）、Keisuke Nansai（国立环境研究所）、Raoudha Gafrej（突尼斯艾尔马纳尔大学助理教授）、Franz Gatweiler（国际科学理事会）、王冉冉（耶鲁大学）、Claudia Binder（洛桑联邦理工学院）、Liselotte Schebek（达姆施塔特工业大学）、Barbara Reck（耶鲁大学）、Sabine Barnes（巴黎第一大学）、Valerie Thomas（佐治亚理工学院）、陈莎（北京工业大学）和 Laurent Bontoux（欧盟委员会）。

我们还要感谢联合国环境规划署国际资源委员会秘书处成员 Peder Jensen、Maria-Jose Baptista、Vera Gunther，特别是 Hala Razian 为组织和编辑本报告提供的协助。

文字编辑：Cheryl Livesey
设计和排版：Anna Mortreux
印刷：联合国教科文组织
照片：istock

© 2017年联合国环境规划署版权所有

如用于教育或者非营利性目的，在申明资料来源的前提下，可不经版权所有者的特别许可，以任何方式使用本出版物全部或部分內容。如转载者能提供任何引用本出版物內容的出版物副本，环境署将深表感谢。未经联合国环境规划署的事先书面许可，不得将本出版物再次出售或用于任何其他商业目的。

免责声明

本出版物所使用的名称及提供的材料并不意味着联合国环境规划署对任何国家、领土、城市、区域或其当局的法律地位，或对其边界或分界线的划分表示任何意见。此外，文中观点不一定代表联合国环境规划署的决定或者既定政策，提到商品名称或者商业程序也不意味着环境规划署对其给予认可。

报告全文引用格式：国际资源委员会（2017年），全球资源利用评估：提高资源效率和减少污染的系统方法。Bringezu, S., Ramaswami, A., Schandl, H., O’ Brien, M., Pelton, R., Acquatella, J., Ayuk, E., Chiu, A.S.F., Flanegin, R., Fry, J., Giljum, S., Hashimoto, S., Hellweg, S., Hosking, K., Hu, Y., Lenzen, M., Lieber, M., Lutter, S., Miatto, M., Singh Nagpure, A., Obersteiner, M., van Oers, L., Pfister, S., Pichler, P., Russell, A., Spini, L., Tanikawa, H., van der Voet, E., Weisz, H., West, W., Wijkman, A., Zhu, B.和 Zivy, R. 国际资源委员会的报告。联合国环境规划署，肯尼亚内罗毕。[pp.]。

工作编号：XXX/XXXX/XX //
ISBN: XXX-CC-XXX-XXXX-X

政策制定者摘要

全球资源利用评估

提高资源效率和减少污染的系统方法

国际资源委员会编制。

本文件重点介绍了报告的主要研究成果，应与报告全文一并阅读。
报告全文中列明了其所依据的研究与综述的参考文献。可在
<http://www.resourcepanel.org>上下载报告全文。

如欲订购其他副本，请发送电子邮件至：resourcepanel@unep.org
或邮寄至以下地址：

United Nations Environment Programme (UN Environment)
1 rue Miollis, Building VII
75015 Paris, France

前言

在联合国环境大会第二届会议上，世界各国不但认识到社会消费方式和生产方式的根本性变化对于实现全球可持续发展不可或缺，而且还确认了自然资源可持续利用方面的严格科学证据对于有依据地制定相关政策具有重要作用。

国际资源委员会很荣幸应环境大会第二届会议之邀，于2019年之前向大会提供关于可持续消费和生产的状况、趋势与前景的资料。¹本中期报告是回应这项要求的第一步。本报告基于委员会数十年的研究，再次确认自然资源管理在实现可持续发展方面的核心地位；重申使经济活动和人类福祉同资源利用脱钩的紧迫性和必要性；以及提供基于前沿数据的创新解决方案，以使我们的生产和消费系统实现从线型向高效循环型的转变。

为配合联合国环境大会第三届会议推动构建无污染地球的工作，本研究进一步探讨了资源利用与污染之间的关系。自然资源的消耗量与由此产生的最终废弃物和排放物数量密切相关。因此，为实现有效的污染控制，还必须最大限度地减少原材料的使用，从而减少最终废弃物和排放物。本报告的专题部分深入探讨了城市层面的自然资源利用和管理与减少污染之间的关系。本报告采用了一种系统方法，审查发展中经济体和新兴经济体的城市所使用的资源，并提出了多项旨在既减少污染又促进人类福祉的战略。

通过测定和监测我们开采、使用和处置自然资源的方式，可以揭示相关的创新和多方受益的方法，以应对当今时代复杂的社会、经济和生态挑战。本中期报告提出的科学证据侧重于原材料资源，首次引用了从一个涵盖2017年之前50年历史数据的数据库中获取的结果。委员会的后续研究，包括拟于2019年提交联合国环境大会第四届会议的一份报告，将扩大分析范围，加入水、土地和化石燃料以及排放足迹的内容。

通过定期、持续地报告相关信息，国际资源委员会的目的是改进就可持续性进行系统监测和决策的证据基础。我们希望《全球评估》丛刊中定期报道的这些数据，能够支持各国监测自然资源流动的工作，并促进决策者为使社会经济转向可持续发展所做的工作。

¹ 联合国环境大会第二届会议关于可持续消费和生产的第2/8号决议可在网上查阅：
http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11184/K1607179_UNEPEA2_RES8E.pdf?sequence=1&isAllowed=y

我要衷心感谢几位主要作者和国际资源委员会工作组的成员，他们通过《全球评估》丛刊的这一中期报告，为这项重要研究打下基础。同样，我也要感谢联合国环境大会成员对国际资源委员会能够完成这项重要工作所报的信心。



Janez Potocnik
联合主席
国际资源委员会



Izabella Teixeira
联合主席
国际资源委员会

序言

我们的经济体消耗的自然资源越多，我们的环境、乃至我们的福祉受到的影响就越大，包括废弃物、排放物和有害污染物所产生的影响。人类福祉、经济繁荣和环境复原力之间的联系虽然从表面上看是一个简单的命题，但在本质上非常复杂多样。这意味着如果在决策时没有将这三个维度都考虑在内，将有可能出现意想不到的后果和回弹效应，导致我们无法在实现跨维度目标上取得任何进展。

国际资源委员会的这份中期报告首次提供了一个新的证据基础，可以准确地为此类综合性政策制定提供依据。报告提供了有关原材料资源的最新信息，揭示了开采和利用原材料资源的地点、目的及影响。这一信息可推动采取有针对性的政策干预和制定长期目标，以改变资源利用方式，从而造福人类，构建无污染地球。报告提出了七项关键战略，分享了世界各地的现有实例，以期推动消费模式和生产系统的转变，从而既增进人类福祉，又不给环境带来不可持续性的压力。

这类综合决策所带来的影响可能具有变革性。相关的案例研究通过使用印度新德里和中国600多个城市关于水、化石燃料、空气污染和温室气体排放的数据，展示了与自然资源有关的信息如何有助于制定以相对较少的资源投入显著促进人类福祉的“政策包”。对发展中经济体和新兴经济体而言，这意味着只需要适度增加资源用量，即可实现全体公民的福祉。对发达经济体而言，在降低资源的绝对用量和相关影响的同时，仍可获得较高的社会效益和经济效益。

在新德里事例中，据估计，一个只要求增加10%城市能源和物质（水泥）资源投入的“政策包”可以改善700万个得不到充分服务的家庭的福祉，同时减少温室气体排放和细颗粒物排放，后者是与空气污染有关的过早死亡的一个主要风险因素。在中国，与单一部门战略相比，将紧凑的城市设计和循环经济政策相结合可以减少高达35%的二氧化碳排放量，同时也可避免与污染有关的死亡。虽然每个城市各自都面临着独特的挑战和处境，但这些案例表明，这一新证据基础在为有影响力的政策设计提供支持方面具有重要作用。

推动采取一种具有变革性的综合办法以实现可持续性，必须以严谨的科学为基础，从而使一个领域的进步推动其他领域的进步。联合国环境大会第二届会议认识到这一点，因此在关于可持续消费和生产的第2/8号决议中请国际资源委员会分享关于可持续消费和生产的状况、趋势和前景的科学知识。本报告是对这一请求做出的中期答复，所包含的结果引人注目。我相信你们将同我一起，欢迎为环境大会第三届会议上的辩论提供的这项资料，并期待本丛刊的后续报告，将评估范围扩大到其他自然资源，包括土地、水和温室气体排放。



Ligia Noronha

联合国环境规划署
经济司司长

关键信息

1

全球物质资源使用量预计在2017年达到近900亿吨，而且从2015年到2050年还可能增加一倍以上；高收入国家当前的人均消耗量比低收入国家高出10倍，地球的承载极限正在被突破。

2

单靠减排是无法有效缓解环境所遭受的影响的——包括气候变化和污染。由于资源利用水平决定着向环境释放的最终废弃物和排放物的数量，所以资源管理和效率是环境保护战略的关键所在。

3


使经济活动和人类福祉与资源利用脱钩——即提高资源效率——是全面实现可持续发展目标的必要条件。

4

为了实现有效脱钩，必须将智能化的基础设施同产品设计、标准化、再利用、回收与再制造相结合，使现有的线性材料流动转为循环材料流动。

5

从长远来看，资源利用效率和循环经济创造就业机会，相较于惯常做法，能够带来更好的社会经济成果与环境成果。



国际资源委员会的目标是改进系统监测和政策制定的证据基础，特别是通过对与资源有关的挑战和机遇进行系统评估，支持向可持续发展转变。

6

各国面临的情况不同，因此，使财富创造和资源利用脱钩，包括跨越式升级的机会也不尽相同。

7

为改变生产和消费系统，实现可持续发展目标，需要采取一种系统方法，避免相关负担在不同部门、地区、资源和影响之间相互转移。

8

采用系统方法还可以引导城市基础设施可持续化转型，改变满足食品、能源、水和住房等基本需求的方式，以发展具有包容性的资源节约型低污染城市。

9

需要在各个治理层面制定具体目标和指标，如原材料足迹，以监测原材料流动，并引导社会经济向实现可持续发展目标转型。

10

产品整个生命周期的技术、商业和政策创新，以及金融工具改革，还有政策学习、能力建设和知识共享，对向资源节约型经济过渡都将是至关重要的。

为什么开展全球资源利用评估？



© ADB Uzbekistan/Flickr

全社会利用和保护自然资源的方式从根本上影响着人类福祉、环境和经济。从地方到全球，自然资源，即植物和植物性材料、金属、矿物质、化石燃料、土地和水，都是社会经济系统中商品、服务和基础设施的基本投入。研究表明，自然资源和环境与联合国所有的可持续发展目标之间都存在着直接或间接的关联。恢复和维持自然资源基础的健全，是目标中所述大幅提高今人与子孙后代福祉得以实现的必要条件。

在增进人民福祉的同时，尽力减少资源利用和环境的影响，尤其是提高资源利用效率，是实现关于负责

任生产和消费的可持续发展目标12的必要内容，也直接或间接构成了实现几乎所有可持续发展目标的必要内容。为实现二者脱钩，经济体内现有的线性材料流动必须通过以下途径实现向循环材料流动的转变：实行了标准化、再利用、回收/再制造的智能化产品设计；高效且具有包容性的基础设施系统的形成；注重提供服务而非物质产品。资源利用效率也是对传统上污染控制战略的补充。通过降低资源使用量，相关的排放量和影响也得以减少，而且在很多情况下二者是同时减少的。

社会要使经济增长与自然资源利用和环境影响脱钩，有多种可行的办法。采用技术上和商业上均可行的技术，可使建筑、农业、食品、工业、运输和其他行业的水和能源利用效率提高60%至80%，并且到2030年之前，每年还可节约经济成本2.9万亿至3.7万亿美元。必要基础设施行业（能源、建筑、运输、供水、环境卫生和废弃物管理）和食品供应行业，是全球资源利用产生的污染及环境对人类健康的不良影响的重要源头。这些行业还可体现基础供应方面的社会公平程度，并对多项可持续发展目标产生影响。在预计于2050年前的已有城市基础设施中，有60%尚待动工，因此，从长远来看，仍有机会改变未来。

在这个意义上，使二者脱钩不单单是环境部门的责任，而是要涉及所有政府部门和各级机构。这意味

着需要有结合多层面、多部门的政策，才能使自然资源在社会中的流动方式发生深刻转变，而不局限于碎片式的变化。

准确的信息是实现这一转变的基础。环境政策和可持续政策需要有一个坚实的证据基础，才能监测实体经济的规模，即制造、使用和提供商品、服务和基础设施系统时所用的原材料、能源、水和土地数量以及产生的排放量。从有关实体经济的状态、趋势和驱动因素等最新信息中提取的数据，有助于为跨部门和跨地域进行的有针对性、有成效的政策干预确定着力点。这类有定期报告的数据（例如从全球自然资源评估中得到的数据），可以为制定长期的方向性目标和激励框架、建立参与和相互学习的系统提供依据，从而为转型变革铺平道路。

资源利用与污染

更好和更高效地进行生产和利用自然资源，是减少对环境影响、增进人类福祉的最具成本效益且最有效的方式之一。确定自然资源整个生命周期的效率，意味着找到机会改进自然资源的开采、加工、使用（包括再利用、回收和回收利用）和处置方式，在实现相同或更好的经济效益与社会效益的同时，尽可能减少负面的环境影响（包括污染）。

社会的生产和消费系统（包括必要基础设施和食品供应）开采和使用自然资源的方式，均会带来环境风险因素和基础设施相关的风险因素，据估计全球每年因此导致大约1 900万人过早死亡。与家庭和工业、城市交通与建筑行业的能源供应和使用有关的空

气污染，造成大约650万人过早死亡（绝大多数出现在城市）。

实现有效的污染控制，需要降低特定物质产生的危害，并减少经济体的原材料利用量，以便降低排放到空气和水体中的最终废弃物和排放物的数量。原材料需求不断地从生物质和可再生材料转向不可再生材料，这造成新的废弃物流动，致使排放增加，污染加重。从传统技术转向现代技术以及从农业经济转向城市和工业经济（导致对新型原材料的需求快速增长）的全球趋势，进一步加速了全球的原材料使用，并对可持续性政策造成了重大挑战。

从1970年到2010年，金属矿开采量和金属产量增长了两倍。2000年到2010年的增长速度最为迅猛，主要是受到了新兴经济体工业化和城市化的推动。环境影响随着时间的推移而增加，这主要是生产量的增加所致。降低原材料和能源生产力既对经济不利——这意味着遏制潜在的经济增长——也对环境不利（因为对环境造成的压力和影响，包括污染恶化的速度，远远超过商品生产和服务提供的速度）。因此，对原材料和能源生产力进行投资，是改善经济目标与环境目标整合情况、减少污染的一个关键领域。这是可持续发展目标12的有机组成部分，因为该目标旨在通过转变资源利用方式来重塑消费和生产模式，从而减少环境压力和气候压力，同时促进人类和经济发展。

对自然资源利用采取系统方法对我们有什么启示？



仅仅关注单一资源、单一经济部门或单一环境影响与健康影响，将无法实现可持续发展目标这一共同愿景，而且如果不考虑每个目标之间的相互作用，反而有可能会产生危害。将经济体利用自然资源的方式与其对环境的长期影响（污染、毁林、生物多样性丧失和水资源枯竭）和对人的长期影响（健康、福祉、财富等）联系起来进行分析，需要采用一种系统方法。系统方法将资源流动（从开采到最终废弃物处置）与资源利用情况及其在生命周期的每个阶段对环境、经济和社会的影响联系起来。这种方法可用于确定关键的杠杆点，制定资源目标，设计考虑到取舍和

协同效应的共赢政策，并引导向可持续的消费、生产和基础设施系统的转变。

国际资源委员会从系统角度出发，遵循研究人与自然相互作用的**DPSIR**分析框架，对自然资源进行评估。该框架着眼于资源利用的多重**驱动因素**及其对自然环境造成的**压力**，将其视为环境**状态**的决定因素。环境状态反过来又会**影响**依赖于环境的人类福祉和社会经济系统，因此，需要采取**应对策略**来影响关键驱动因素，并通过循环渐进的过程，使由此产生的压力、状态和影响达到理想水平。

自然资源的利用及其相关影响越来越呈现跨国界情况，主要是由贸易和全球化所致。因此，仅关注一个国家直接利用自然资源状况的国家核算指标并不能完全反映出促进经济活动的资源和相关影响情况。因此，记录跨国界资源利用情况的“足迹”概念是系统方法中的一项重要手段。“足迹”可以测量不同类型的压力，包括资源利用、污染物排放和环境影响。已经确定的资源利用足迹有四种（材料、土地、水和化石能源），可作为大多数具体环境影响程度的决定性因素。

图1 通过驱动因素—压力—状态—影响—应对框架将自然资源利用与可持续发展目标挂钩



DPSIR = 驱动因素、压力、状态、影响和应对

全球原材料资源评估



本丛刊的后续报告将评估所有资源（原材料、土地、水和温室气体排放）的足迹，本报告重点关注原材料资源。原材料资源是经济体使用的生物质（如木材和粮食作物、能源和植物性材料）、化石燃料（如煤、天然气和石油）、金属（如铁、铝和铜）和非金属矿物（包括沙、砾石和石灰石）。原材料资源开采领域的强劲增长持续为全球经济提供支持，但也加剧了对全球环境的压力和影响。根据一项覆盖近五十年（1970年至2017年）历史和191个国家的原材料资源数据库数据，现有的趋势预测认为2017年全球原材料利用将达到886亿吨——为1970年的三倍多。这点非常重要，因为在其他条件都相同的情况下，原材

料开采及后续材料流动的不断增长将加剧全球的环境压力与影响。

人口增长、主要发达经济体的消费趋势以及发展中经济体的转型导致原材料利用不断增加。原材料需求已经从可再生资源转向不可再生资源，反映了从传统技术走向现代技术、从农业经济走向城市和工业经济的全球趋势。这会产生新的废弃物流动，从而加剧排放和污染。例如，有关数据显示，对铁等金属矿需求的大幅增加导致温室气体排放、酸化、水生生态毒性和烟雾形成物的排放急剧恶化。

新的分析工具使我们得以深入了解整个商品供应链所需的初级原材料的数量。²在进口方面，欧洲和北美地区的人均初级原材料利用量是世界平均水平的四倍。全球原材料以往来自低收入和中等收入地区，而这些地区往往为了向高收入国家出口初级产品而承受着资源开采对当地造成的影响。在2000年之前，高收入国家都是原材料的净进口国，而所有其他地区则是净出口国。这在2017年发生了戏剧性的变化。高收入国家目前出口10亿吨原材料，而中高收入国家进口7.5亿吨左右，这主要是受美国和澳大利亚出口快速增长的推动。

原材料足迹使我们得以更深入地了解全球原材料利用状况。2017年，尽管全球有一半以上的原材料用来

2 贸易流动的原材料当量（RME），即生产商品的供应链上所需的初级原材料的数量。

满足亚洲和太平洋地区的最终需求，但据估计该地区的人均原材料足迹只有11.4吨。北美的最终原材料需求为人均30吨，欧洲20.6吨，所有其他地区人均在10吨以下。按人均计算，高收入国家消耗的原材料依然是低收入国家的10倍以上。

整份报告深入分析了原材料资源，阐明了原材料的开采地点、用于何处、产生的影响以及原材料利用的驱动因素。了解这些相互关系有助于制定适当的政策对策。控制实体经济的总规模是减少废弃物和排放物并缓解总体环境影响至关重要的第一步。需要采用新的经济模式提高资源生产力，实现以较低的原材料与能源需求运行生产和消费系统，并在提供所需的一切服务的同时减少废弃物和排放物。

资源效率如何改变经济

国际资源委员会就目标远大的提高资源效率和减少温室气体政策所带来的经济与环境综合后果构建了模型（环境署，2017年），发现存在实现共赢的巨大潜力，既增加收入并促进经济增长，同时又减少环境压力。

到2050年，目标远大的提高资源效率政策可以将全球资源需求减少四分之一左右，并推动全球经济增长比现有趋势提高3%至5%。这也将使为减缓气候变化所作的努力产生巨大的协同效益。

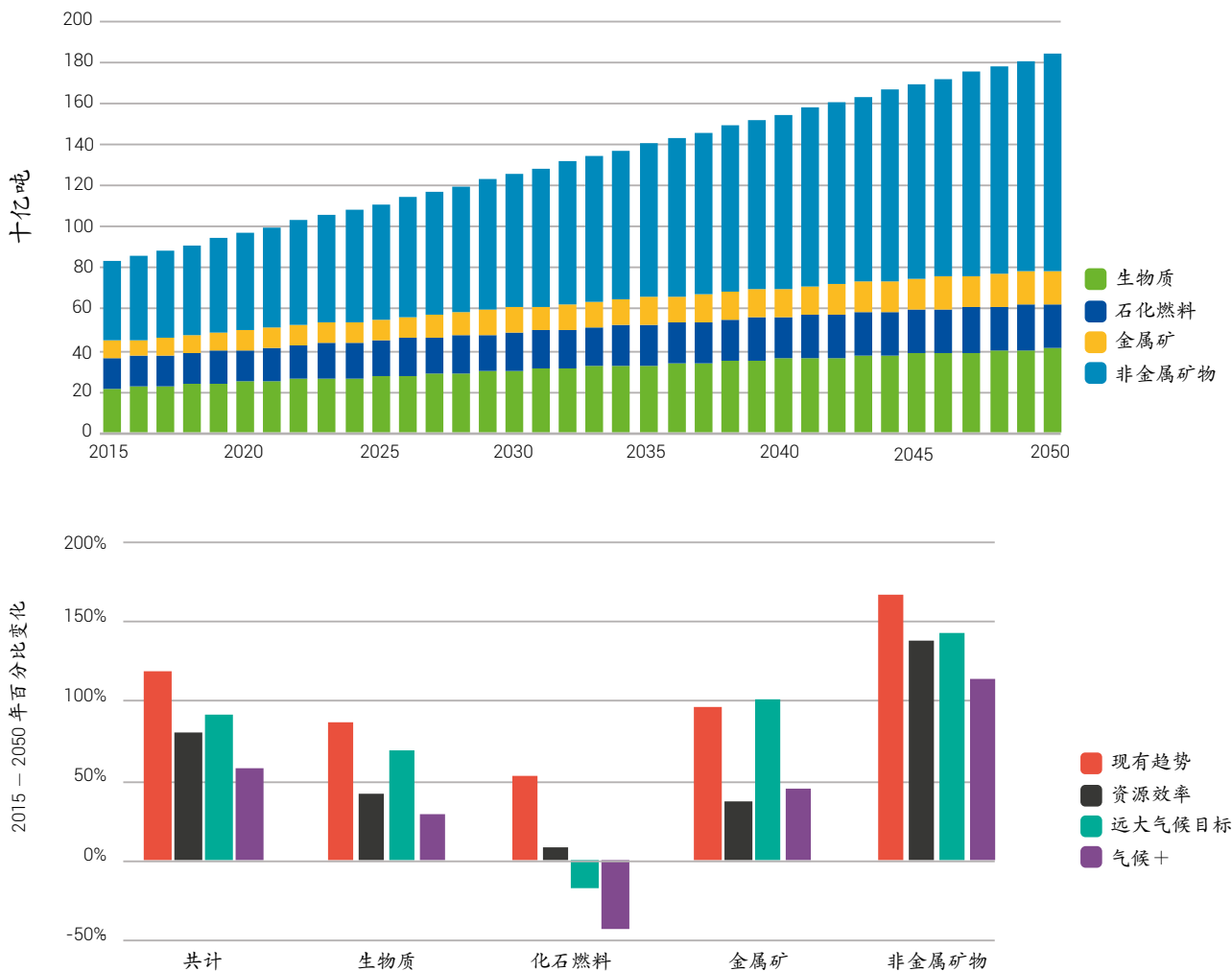
资源效率政策和举措能够实现以下目标：

- 与目标远大的全球气候变化行动配合，到2050年将全球自然资源利用量减少26%，并将高收入国家目前的人均资源利用量稳定在现有水平；
- 到2050年，将温室气体排放量再减少15%至20%（针对既定的温室气体政策），2050年全球排放量降至2010年水平的63%以下，2050年高收入国家的排放量降至2010年水平的74%以下；
- 不仅抵消目标远大的气候行动的经济成本，还要使增加收入，使经济增长比“现有趋势”情境下更加强劲；
- 相对于现有趋势，使2050年全球年度经济收益达到2万亿美元，包括高收入国家的5 200亿美元，这也有助于使全世界步入正轨，将气候变化限制在2°C或以下。

上述预测可视为对具有经济吸引力的物质资源效率潜能的最低合理估计。本丛刊的后续报告将深入构建情境模型，为知情政策制定和决策提供支持。然而，所取得的经济效益和环境效益水平及二者的兼顾将取决于所实施政策和所采取方法的设计——即需要重视既智能又实用的资源效率措施的制定和测试工作。

图2

四类（生物质、化石燃料、金属矿和非金属矿物）全球资源开采量 (a) 2010-2050年的现有趋势，以及 (b) 2015年至2050年四种情境下的变化





推动深刻的资源效率转型



提高工业开采和加工资源的效率、人们利用和再利用资源的效率、所有人回收和处置资源的效率，对于努力建设一个可持续和无污染的地球的工作而言必不可少。有了长期愿景，再加上由循证目标和逐步加强的政策信号作为支撑，便可使实体经济发生深刻变革。这一点对于确保采取一种协调一致的连贯做法进行跨部委决策，以及推动能够将共同愿景变为现实的利益攸关方的参与，并通过澄清行为者的多重利益来应对变革阻力而言，都是至关重要的。这不仅意味着企业创造价值的方式和公民获取、利用和处置资源的方式要自下而上发生变化，也意味着各项政策对企业运营所在市场和公民所处社会的基础设施建设进行引导的方式也要自上而下发生变化。

为引导长期且深刻的变革，需要在所有的治理层面采取四项**循序渐进**的步骤：（1）监测当前效能和利用情况；（2）根据国际协定确立具体目标并确定今后的目标；（3）对资源效率和综合资源管理的目标、监管和自愿采取的途径、补贴和税收进行测试与创新；（4）评价、学习和适应。

图在国家层面，则向政府当局提供了一个策略与工具包，支持向包容性、资源效率高、无污染的经济结构进行转变。国家的自然资源禀承水平和社会经济背景不同，其总体策略可能采取的途径也不尽相同。建议将“**绝对脱钩**”作为高收入国家的目标，需要降低平均资源消耗水平，平等分配财富（包括促进性别平等），保持高质量的生活。防止浪费、高价值资源回收、循环资源流动和调整社会规范等策略尤为相关。“**相对脱钩**”是非常适合发展中经济体和转型经济体提高平均收入水平和消除贫困的一项关键策略。这些国家尽管净消耗的增加尚不足以使生活质量达到社会可接受的水平，但也应当努力提高资源效率。这些国家有机会通过借鉴并跨越传统途径来加快可持续发展进程。

仅有资源效率也还不够。目前线性生产系统生产力的提高可能会因经济增长和反弹效应的共同作用而导致原材料需求增长。我们需要通过将延长后的产品生命周期、智能产品设计和标准化、再利用、回收和再制造相结合，实现从线性材料流动到循环材料流动的转变。作为销售更多产品的一种替代方法，旨在提供高质量服务的业务模式将是另一个重要组成部分。

图3 向可持续资源利用过渡的周期



七项政策战略，实现共赢决策



许多政策工具已成功用于处理世界各地面临的资源效率挑战的各种问题。本报告针对消费模式和生产系统，提出了有助于增进人类福祉、但又不会对环境造成不可持续压力的七项策略。

1. 确定目标，衡量进展

为关键资源（原材料、土地和水以及温室气体排放）的利用设定一套可以引导政策制定并为进展监测框架提供依据的资源效率目标。这些目标最好以足迹为基础，考虑产品使用的跨国界效应，尽可能降低使问题转移到其他地区的风险。定期报告使用统一指标衡量国家之间和国家内部的资源利用与效率情况，可以增强对资源效率状况的了解，推动提高资源效率的雄心。资源效率目标是向前迈出的第一步，同时也需要设定国家和国际目标，以使全球资源消耗达到可持续的水平。

2. 在各个治理层面就关键杠杆点采取行动

为了确定政策行动的“热点”，国家和国际资源效率方案可以在协调监测方面发挥战略作用，从而精简机构安排并促进国家（和跨部门）政策干预的协同效应。

3. 利用跨越式发展机会

许多快速发展的城市和发展中经济体没有受制于现有的设计和商业模式。由于社会对资源节约型投资的偏见较小³，并且有机会避免为新基础设施进行资源和能源密集型设计，它们得以从中受益。要利用这些机会，便需要获得资金并开展国际合作，对于低收入经济体而言更其如此。

4. 实施建立激励机制和纠正市场失灵的政策组合

将价格信号和财政政策与社会战略目标协调起来，可以调整企业行为和个人行为，从而使其投资与购买决策能够反映整个社会的投资与购买决策。实施建立激励机制和纠正市场失灵的资源效率政策组合，包括按照成功脱钩的节奏将税收重心从劳动力缓慢转移到原材料上，可产生强大的转向效应，并有助于避免反弹。

5. 促进创新，实现循环经济

长远来看，从消耗有限资源到消耗回收的材料和可再生资源（如阳光、风能和受到可持续管理的生物质）的转变使我们有可能满足更多人的需求。在回收利用之前，通过直接再利用、修理、翻新或再制造来延长物质资源的使用寿命，并制定政策鼓励将回收利用视为产品设计的组成部分，这对于突破现有生产和消费系统基础设施的局限性至关重要。

6. 使人们能够制定资源节约型解决方案

建立新型合作、实验和学习联盟是成功转型的关键。发起和参与多利益攸关方平台、跨领域专家网络和公私营伙伴关系，将有助于推动合作与协作。各国政府可以提供技能培训，改善教育方案，并提供财政支助，以分散与潜在的突破性创新有关的风险。

7. 消除变革阻力

必须解决在向资源节约型和可持续的全球经济转型期间出现的收入减少和失业问题，以克服变革阻力，并为受到影响的工人和企业提供支持。提升技能培训和教育、将税收收入回报给受影响的行业和企业以支持转型、通过实施考虑到贫困和弱势群体需求的政策包来保护贫困和弱势群体都是减轻变革阻力的一些办法。

3 与此相关的情况是，既得利益可能并不一定矢志维护现状，消费习惯可能尚未形成快速淘汰式的大众消费，从而为新形式的消费和租赁提供了更大的空间（Swilling和Anneck，2012年；波士顿咨询集团，2010年）。

专题：通过系统关注自然资源和基础设施， 在城市缓解空气污染和实现可持续发展目标

空气污染已成为21世纪导致过早死亡的主要风险因素之一，每年有650万人过早死亡，其中大多数发生在全球的各个城市当中。以细颗粒物（PM2.5）形式产生的室内和环境空气污染是主要的风险因素（占对健康影响的96%）。

解决PM2.5空气污染具有挑战性，因为这种污染既来自城市边界内的多个部门（工业、交通、家庭炉灶、垃圾焚烧、建筑和道路灰尘），也来自城市边界外的多个部门（农业燃烧、工业排放和自然源头）。此外，空气中的PM2.5浓度还受当地复杂天气模式的影响，并因气候变化（尤其是极端高温和干旱天气）而恶化。

空气质量管理经验和教训表明，基于系统的方法并辅以末端控制策略，对于控制PM2.5的多个源头非常重要。本专题提出了一种立足于自然资源利用的系统方法，重点是城市内的必要基础设施和食品供应。研究结果指明了在减少污染的同时提供多项协同效益的多种途径，可推动处于不同发展阶段的经济体实现可持续发展目标。

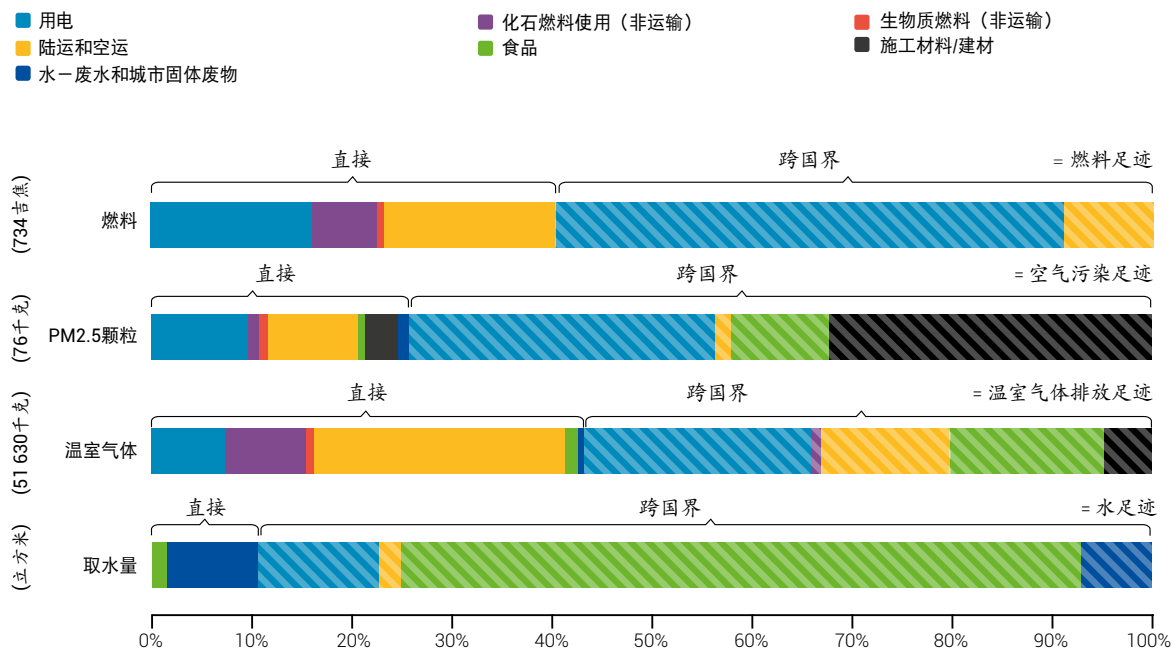
对于**发展中经济体**，明确了多种战略途径，将人口得不到充分服务、不平等现象严重和污染等级严重的城市转变为包容、资源效率高、更加清洁的城市，从而增进大量城市人口的福祉。印度新德里的一项案

例研究展示了一个战略包（提供中转服务、就地重建城市内的贫民窟、利用低污染材料建造资源节约型多层建筑、高消费者节能、更换污染性的烹饪燃料）如何为大约700万额外人口提供基本服务，而水泥和电力消耗量却仅占目前市内消耗总量的较小部分（低于5%），同时又能使温室气体排放量和空气污染物（PM2.5颗粒）排放量减少22%以上，还能使仅因污染性烹饪燃料导致的死亡人数减少2 500多人。这个案例研究表明，相对较小的资源投入即可显著改善人类福祉，这是脱钩概念的一个很好例证。

对于正在经历快速城市化和工业化的**新兴经济体**，循环经济政策与城市规划相互结合起来，便使城市的不同行业和基础设施部门得以进行有益的材料和能源交换，从而产生经济效益、保护自然资源、减少温室气体排放和降低空气污染。中国有630多个城市的不同行业（住宅、商业和工业）使用了能源利用模型，结果表明，城市循环经济战略对国家可持续发展和温室气体排放目标有着显著的共同影响，同时也表明对每个城市特有的地方人口健康均有连带效益。这些模型显示，与传统的单一行业战略相比，在城市实施的循环经济战略为实现国家温室气体减排目标作出了贡献，可额外减少排放量15%至36%。从连带效益来看，减少空气污染后，据估计每年可以避免约47 000人（范围是25 500人至57 500人）过早死亡。

图4

印度新德里基础设施供给和食品供应的资源利用（水和化石燃料）足迹以及空气污染和温室气体排放足迹案例（数据来源：Ramaswami等，2017年a；Nagpure等，2017年a）



美国等国家的空气质量管理经验表明，发达经济体也受益于将多个行业的资源效率与空气污染控制系统结合的系统方法。空气污染是一项世界性挑战，需要采取一种立足于资源利用和资源效率的系统方法，尤其是在基础设施行业和食品供应行业。

对于城市，下文列出的政策战略包如果一并实施，可同时减少空气污染并促进人类福祉，从而在世界不同地区实现多重效益。

- 发展城乡市场机制，避免城区扩张到农用土地和提供高价值生态系统服务的土地，以确保土地保持，减少粉尘/空气污染物排放；
- 在城市和城区内进行战略性城市土地利用和基础设施规划，以减少交通运输需求；
- 对高效的交通运输系统投资，以减少车辆尾气排放和拥堵；

- 在人口密集的城市地区进行包容性开发并就地改造贫民窟，建设多层建筑，从而提供必要服务和获取生计的途径，同时减轻贫困人口的交通运输负担；
- 推动所有建筑采用多层式资源节约型建筑结构并提高能源效率；
- 推广对文化敏感的行为改变策略，以减少资源利用，侧重于替换污染性烹饪燃料和建筑原材料；
- 实施电网改造，大规模使用可再生能源；
- 鼓励企业创新，以减少农业和固体废弃物焚烧。

图5 与2010年的基准线相比，中国637个城市在资源效率和共生情境下估计的环境、人类福祉和经济连带效益



资料来源：Ramaswami等，2017年b

未来的方向?

维持和管理资源利用是可持续发展的基石，特别是在实现环境目标和社会经济目标方面。系统方法顾及到自然资源生命周期的所有阶段（从开采到生产、消费、回收和最终处置），已被证实确实有助于人们更好地理解社会的物质基础。这种深刻的理解反过来又能为经济生活的所有部门和层面有效设计政策措施提供依据，从而提高资源效率，减少污染。

一方面，要减少过度消费和自然资源浪费；另一方面，又要提供获取自然资源和食物的安全途径，这两个问题必须同时解决，才能确保任两方面都不超出全球“安全操作空间”的阈值。因此，应在既考虑各国国情、又以全球一致的方式制定相关战略和解决方案，以此实现可持续发展目标，而不损害其他地区在这方面的进展。

使用附加技术的传统污染治理必然会转移环境问题，增加资源消耗。只有大幅提高生产和消费系统以及基础设施供给的资源效率，才能将自然资源的利用和相关影响控制在安全范围内。向资源节约型城市基础设施转型也会产生增进人类健康和福祉的连带效益。

总之，要提高整个经济体的资源效率和加强可持续资源利用，需要制定转型政策。开发用于推动生产和消费系统实现更具可持续性的自然资源利用的工具方面，已经取得初步进展，包括在基础设施管理方面的进展。但是，着眼未来，仍然存在着巨大的机遇。

定期报告关于自然资源状况、趋势和前景的最新信息和情境分析，可以使政策设计与评估既有效、又有针对性。国际资源委员会的《全球资源资源利用评估和管理》丛刊旨在提供这一知识基础。总而言之，本报告可以作为一个试点，为基于国际资源委员会新发布的关于材料流动的权威数据库进行定期报告提供战略要素。预计2019年将发布关于自然资源（水和土地）和温室气体排放量的报告。

参考文献

- Boston Consulting Group (2010). Winning in Emerging Market Cities: A Guide to the World's Largest Growth Opportunity. USA: BCG. 14
- Nagpure, A., Boyer, D., Russell A., Ramaswami, A. (2017a). Greenhouse gases (GHG) and air pollution emission footprints of infrastructure use in three Indian cities: Equity within & beyond city boundaries, J Cleaner Production (Under Review).
- Ramaswami, A., et al. (2017b). Urban Cross-Sector Actions for Carbon Mitigation with Local Health Co-Benefits in China. Nature Climate Change (In Press).
- Steinmann, Z.J.N., Schipper, A.M., Hauck, M., and Huijbregts, M.A.J. (2016). How many environmental impact indicators are needed in the evaluation of product life cycles? Environ. Sci. Technol. 50(7): 3913-3919.
- Swilling, M. and Anneck, E. (2012). Just transitions. Claremont, South Africa: UCT Press.
- 环境署（2014年）。脱钩2：技术、机遇和政策选择。向国际资源委员会提交的脱钩问题工作组报告。Weizsäcker, E.U.、de Lardereel, J.、Hargroves, K.、Hudson, C.、Smith, M.、Rodrigues, M。
- 环境署（2017年）。资源效率：潜能和经济影响。国际资源委员会报告。Ekins, P.、Hughes, N.等人。

政策制定者摘要

全球资源利用评估

提高资源效率和减少污染的系统方法

社会利用和保护自然资源的方式从根本上影响着人类福祉、环境和经济。更好且更高效地利用自然资源，是既减少环境影响、又实现国际可持续发展与气候目标中的社会经济目标的最具成本效益和最行之有效方式之一。要使经济增长与自然资源利用和环境影响脱钩，存在多种可行的办法。但是，我们有何种途径可以采取？

环境政策和可持续性政策要监测实体经济的规模，即在制造、使用和提供商品、服务和基础设施系统时利用的原材料、能源、水和土地数量以及产生的排放物数量，需要一个新的证据基础。本出版物对全球自然资源利用状态、趋势和前景进行了评估，重点针对的是作为可持续消费和生产政策制定的证据基础组成部分的物质资源。本报告提出了七项战略，以期在整个经济体的生产和消费系统范围内减少污染，加强资源的可持续利用，其中包括考虑世界各地不同城市 and 国家的适当政策工具和良好做法实例。本报告还包含一个专题，阐述了城市的资源利用、基础设施、空气污染和人类健康之间的关系。

获取更多信息，请联系：

联合国环境规划署

经济司

国际资源委员会（IRP）秘书处

1 rue Miollis

Building VII

75015 Paris, France

电话：+33 1 44 37 14 50

传真：+33 1 44 37 14 74

电子邮箱：resourcepanel@unep.org

网址：www.resourcepanel.org