

DOI: 10.5846/stxb201905171013

侯焱臻, 赵文武, 刘焱序. 自然衰退“史无前例”, 物种灭绝率“加速”——IPBES 全球评估报告简述. 生态学报, 2019, 39(18): - .

自然衰退“史无前例”, 物种灭绝率“加速” ——IPBES 全球评估报告简述

侯焱臻^{1,2}, 赵文武^{1,2,*}, 刘焱序^{1,2}

1 北京师范大学地理科学学部地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

2 北京师范大学地理科学学部陆地表层系统科学与可持续发展研究院, 北京 100875

摘要: 2019 年 4 月 29 日至 5 月 4 日, 生物多样性和生态系统服务政府间科学与政策平台 (IPBES) 第七届全体会议在法国巴黎召开, 会议通过了 IPBES 全球评估报告, 指出当前全球正面临自然衰退“史无前例”和物种灭绝率“加速”的局面, 保护和恢复自然需要“变革性改变”。会议于 2019 年 5 月 6 日发布决策者摘要, 核心内容包括: (1) 自然及其对人类的重要贡献的评估; (2) 直接和间接的驱动力分析; (3) 全球目标和政策方案; (4) 政策工具、选项和最佳实践等内容。IPBES 全球评估报告为我国生态系统服务和可持续发展领域的研究带来如下启示: (1) 系统评估我国生物多样性与生态系统保护现状; (2) 探讨推动我国可持续发展的变革性方案; (3) 加强可持续发展的高等教育与公众宣传。

关键词: 生物多样性; 生态系统服务; IPBES; 全球评估; 可持续发展

生物多样性和生态系统是人类赖以生存和发展的基础, 是社会稳定和可持续发展的根本保障^[1]。联合国环境规划署 (United Nations Environment Programme, UNEP) 在千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment, MA) 的后续行动、生物多样性科学知识国际机制 (International Mechanism of Scientific Expertise on Biodiversity, IMoSEB) 的基础上, 于 2012 年 4 月在巴拿马正式成立了生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台 (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES), 现有 132 个成员国^[2]。IPBES 是根据决策者的要求, 评估生物多样性和自然对人类贡献的全球机构, 旨在通过科学评估加强政策和决策保护生物多样性, 实现人类福祉和可持续发展^[3]。IPBES 的运作方式与气候变化政府间委员会 (IPCC) 相类似, 科学评估报告由专家完成, 再经政府审定后正式发布, 督促国际社会制定相应政策, 解决生物多样性减退的全球问题^[4]。IPBES 评估报告对实现“2011—2020 年生物多样性战略计划”、“欧盟 2050 战略性长期愿景”、爱知生物多样性目标、可持续发展目标以及国家生物多样性战略和行动计划等具有重要意义。

2019 年 4 月 29 日至 5 月 4 日, 生物多样性和生态系统服务政府间科学与政策平台 (IPBES) 第七届全体会议在法国巴黎召开, 会议上通过了全球评估报告, 并于 2019 年 5 月 6 日公开发布决策者摘要 (IPBES Global Assessment Summary for Policymakers)。IPBES 主席 Robert Watson 爵士指出“我们和所有其他物种所依赖的生态系统健康状况正在以前所未有的速度恶化; 只有从地方到全球各个层面通过‘变革性改变’, 在技术、经济和社会因素的基础上, 对整个系统的范式、目标和价值观进行重组, 才能使大自然得到保护、恢复和可持续利用”^[5]。该报告引起全球不同国家的政府机构、研究机构和企业部门的广泛关注。

基金项目: 国家重点研发计划课题 (2017YFA0604704); 中央高校基本科研业务费专项资金资助

收稿日期: 2019-05-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoww@bnu.edu.cn

作为联合国常设机构和政府间的机构,IPBES 为发展中国家生物多样性的保护提供更多的政治资源 and 经济资源,但也会引发新一轮的环境、政治、经济利益之间的权衡与博弈^[6]。我国作为发展中的大国,于 2012 年 10 月正式加入 IPBES。2020 年《生物多样性公约》第十五届缔约方大会将由中国主办,并将为全球下一阶段(2020—2030 年)的生物多样性保护制定规划和方向。积极参与和开展 IPBES 的评估与研究工作,一方面可以在国际舞台上拓展全球生态治理的话语权,另一方面可以为我国相关领域的研究和政策提供科学支撑。

1 全球评估报告主要内容

全球评估的总体范围包括评估人类与自然之间的过去、现在和未来多尺度互动状态,研究了自然对人类贡献及其相互联系现状、趋势、驱动因素、价值观和应对方案等。其中,对于自然的研究包括陆地、淡水和海洋生物多样性,生态系统结构和功能等方面。自然对人类的贡献的研究主要表现为生态系统产品和服务。全球评估决策者摘要的核心内容包括:(1)自然及其对人类重要贡献的评估;(2)直接和间接的驱动力分析;(3)全球目标和政策方案;(4)政策工具、选项和最佳实践等内容^[7]。

1.1 自然及其对人类的重要贡献的评估

自然是人类生存和良好生活质量的必要条件。大自然对人类的贡献具有不可替代性,在空间、时间和社会阶层之间分布的不均衡性,以及在生产和使用中的权衡性。自 1970 年以来,随着人口增长、需求增长和技术发展,农业生产、渔业产量、生物能源生产和材料产量的趋势不断增加。但就生物多样性而言,物种内部、物种之间和生态系统之间的多样性快速下降。在有详细评估记录的 21 个国家的动植物种群中,平均约 25% 的物种受到威胁,驯化动植物的品种多样性下降,特有物种的多样性和功能丧失,陆基栖息地的本地物种平均丰度下降了至少 20%,入侵外来物种数量增加了大约 70%。

1.2 直接和间接的驱动力分析

迄今为止影响全球自然变化最大的五个直接驱动因素依次是:(1)土地/海洋利用的变化;(2)直接开发生物,特别是过度开发和开采;(3)气候变化;(4)污染,包括空气、水和土壤污染;(5)外来入侵物种。同时,全球自然变化也受到社会价值观和人类行为等间接驱动因素的影响,主要包括:人口与社会文化、经济与技术、机构与管理、战争与疾病等。

就直接驱动因素而言,对于陆地和淡水生态系统来说,1970 年以来对自然带来负面影响最大的是土地利用变化;其次是对动物、植物和其他生物的直接过度开发。对于海洋生态系统而言,直接开发生物(主要是捕鱼)的影响最大,其次是土地/海洋利用的变化。气候变化影响海洋、陆地和淡水生态系统的物种分布、种群动态、群落结构和生态系统功能等,同时加剧其他驱动因素对自然和人类福祉的影响。温室气体排放、未经处理的生产生活污染物等对土壤、淡水和海洋水质产生负面影响,并通过食物链影响人类。此外,外来物种也影响着本土物种、生态系统功能和大自然对人类的贡献,进而影响经济发展和人类健康。

在间接驱动因素方面,过去 50 年里,人口增长了一倍,全球经济增长了近 4 倍,全球贸易增长了 10 倍。经济刺激措施会扩大经济活动,推动对能源和材料的需求,进而造成环境损害。与此相对应,局地、区域、国家和全球不同尺度通过实施支持政策,可以取得良好的生态、经济和社会效益。例如为消除环境负面效应提供补贴,将提升生态系统功能价值纳入经济奖励,实施可持续的土地/海洋利用管理和执行相关法规等措施。

1.3 全球目标和政策方案

报告指出目前生物多样性和生态系统的退化趋势无法满足保护和可持续利用自然的需求,难以实现可持续发展的全球目标。在 20 个爱知生物多样性目标中只有 4 个取得了良好进展,与贫困、饥饿、健康、水、城市、气候、海洋和陆地有关的可持续发展目标(SDG1、2、3、6、11、13、14 和 15)的 44 个具体目标中,有 35 个可持续发展具体目标的进展较差。从情景预测的结果来看,除了实行“变革性改变”的情景外,在土地/海洋利用变化、生物开发和气候变化的驱动下,自然、生态系统功能以及自然对人类许多贡献的退化趋势将持续到 2050 年及以后。预计未来几十年,气候变化的影响效应将变得愈发显著。因此,生物多样性的丧失不仅仅是

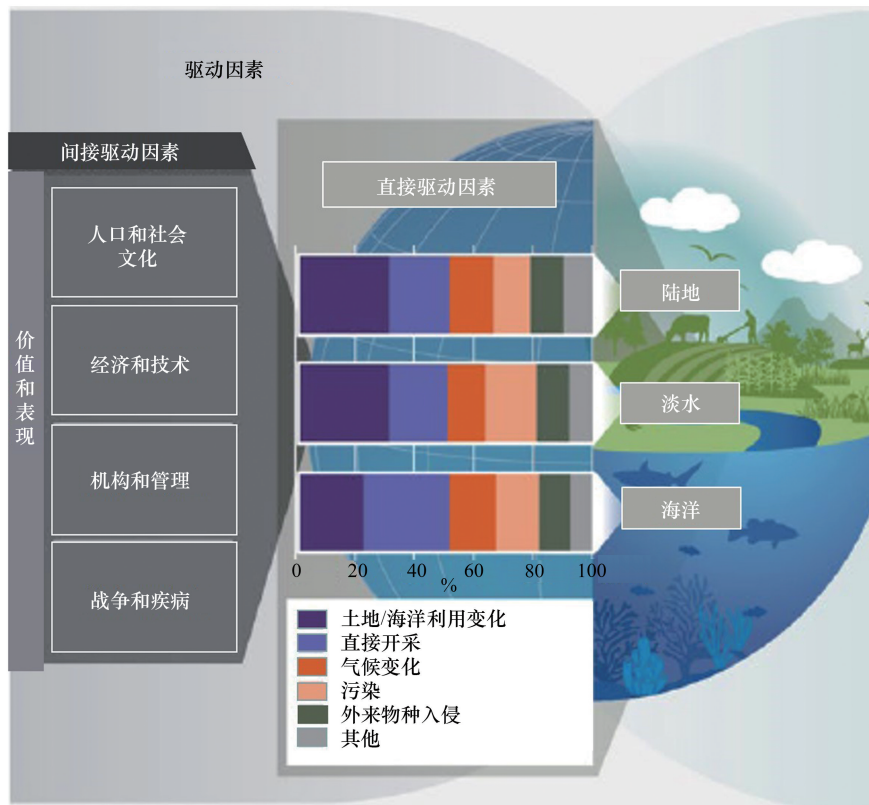


图1 影响全球自然变化的驱动因素

Fig.1 Influence factors of global natural change

(引自 IPBES Global Assessment Summary for Policymakers^[7])

一个环境问题,也是发展、经济、安全、社会和道德问题。实现 2030 年及以后的可持续发展目标,亟待通过经济、社会、政治和技术领域的变革来实现。

1.4 政策工具、选项和最佳实践

政策行动和社会倡议有助于提高人们对自然影响的认识,进而保护当地环境、促进当地经济的可持续发展,并恢复退化地区。为推动当前全球发展向更可持续的方向转变,报告提出了全球可持续发展变革的途径(图2):政府、科学和教育组织以及私营部门等决策者需要采取创新的治理方法,针对五种干预措施(“杠杆”)以及八个变革性改变的“杠杆点”,通过解决造成自然恶化的潜在间接驱动因素来实现变革性改变。创新的治理方法结合了现有方法,具有综合性、包容性、知情性和适应性,有助于解决许多部门和政策领域共同面临的治理挑战,并为实现变革性改变创造条件。国家的发展背景不同导致转型的特征和轨迹将不同,发展中国家和发达国家面临的挑战和需求也各不相同。因此要结合不同区域的地方知识和当地的管理制度,“因地制宜”开展环境治理。此外,报告还强调,人类生活、自然保护和可持续利用是互补的、相互依存的,可以通过可持续农业、调节水产养殖和畜牧系统等进行生态恢复,保护本地物种和栖息地。

2 全球评估的意义

全球评估为政府、私营部门和民间社会提供了决策所需的知识,加强了从地方到全球不同空间尺度的生物多样性、生态系统功能、生态系统产品和服务的科学政策互动。是自 2005 年出版千年生态系统评估以来,又一份具有里程碑意义的报告。

(1)影响范围广。这是一份关于自然状况、生态系统和自然对人类贡献的最新全球综合报告,是第一次

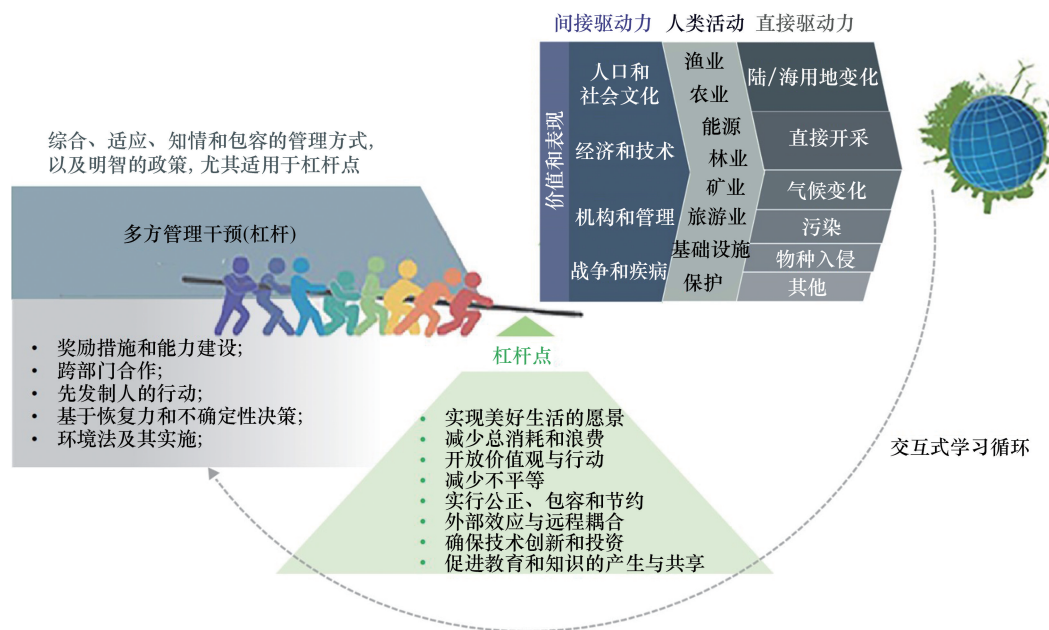


图2 全球可持续发展变革的途径

Fig.2 Transformative change in global sustainability pathways

(引自 IPBES Global Assessment Summary for Policymakers [7])

根据优先事项进行的全球评估,也是 IPBES 第一份政府间报告^[8]。报告受到各个国家和组织的广泛关注,由来自 50 个国家的 145 位自然科学和社会科学的国际专家编写,并已经通过包括政府和企业领导人、民间社会团体、原住民和社区代表在内的数百名外部专家的两次审查。

(2)数据和模型的可利用性强。报告得到联合国环境规划署(UNEP),联合国教育、科学和文化组织(UNESCO),联合国粮食及农业组织(FAO)和联合国开发计划署(UNDP)等 44 个组织的数据和技术支持。可以提供协商一致的、以证据为基础的知识库,提供对全球资产进行多维评估的情景和模型,为未来十年的政策制定提供支撑。此外,在涉及多尺度的政策时,可以利用原住民和地方知识来补充信息,最大可能地完善情景和模型,减小模拟结果的不确定性^[8-9]。

(3)跨地点、跨系统和跨组织合作。提出了全球可持续发展变革的途径,根据现有的科学知识,审查了与环境有关的国际计划发展目标和指标,加强了国际合作与区域相关措施的联系。认识并强调每个行动者在改善自然和生态系统条件方面的作用,号召所有行动者(包括个人)广泛参与资助保护、生态恢复和可持续利用行动。同时强调对多部门协调治理,以及跨区域决策的重要性^[10]。

(4)为未来工作奠定基础。生物多样性和生态系统服务全球评估报告标志着 IPBES 第一份工作方案的圆满完成。该方案将在“2030 年可持续发展议程”的大背景下,与生物多样性和生态系统服务区域评估、土地退化和恢复评估一起,为审议 2020 年后全球生物多样性框架提供参考。

3 对我国生态系统服务和可持续发展研究的启示

过去 40 年来,中国进行了 16 个旨在提高环境与民生可持续发展的生态环境建设工程,不仅给中国的自然环境与人民的生活环境带来益处,为其他国家在设计和实施重大生态工程时提供经验,也帮助世界上其它国家在实现联合国可持续发展目标方面取得进展^[11]。研究发现,2000—2010 年间,我国食物生产、水源涵养、土壤保持、防风固沙、洪水调蓄、固碳、生物多样性保护等 7 项生态服务中,有 6 项在 10 年中得到明显改善,只有生物多样性保护功能下降^[12]。将我国现有的研究成果通过适当的方式纳入 IPBES 开展的各项评估中,会

有利于我国在国际上推广生物多样性保护相关重大工程评估的典型案例。另一方面,有利于我国在生物多样性与生态系统领域,规范与整合知识和信息系统弥补研究空缺,从而提高我国在该领域的研究和管理水平,为政府决策提供科学保障,为生态文明建设提供技术支撑^[13]。IPBES 全球评估报告在科学研究与实践结合的角度对我国相关领域的研究可以带来以下几点启示。

(1) 系统评估我国生物多样性与生态系统保护现状。

IPBES 基于数据共享平台,在评估的基础上运用情景和建模分析,从生态系统(供给)和人类系统(需求)层面,围绕评估框架探索生态系统服务的形成和影响机制、服务之间的联系和作用机理^[14]。生物多样性研究需要大数据支撑,我国有较多典型的评估案例,如中国陆地生态系统综合监测与评估^[15]和全国生态环境十年变化(2000—2010 年)遥感调查评估^[16]等。同时,我国已经组建了系列生态系统和生物多样性方面的监测网络,如中国生态系统评估与生态安全格局数据库、中国生态系统研究网络(Chinese Ecosystem Research Network, CERN)、中国大型样地的森林生物多样性监测网络(Chinese Forest Biodiversity Monitoring Network, CFor Bio)和科技部支持下的“国家标本资源共享平台”(National Specimen Information Infrastructure, NSII)^[17]等。但是,现有数据平台系统性相对不足,应统一规划协调中国已有的研究网络,搭建适合多学科的共享平台,促进学科间交流,强化数据共享。另一方面可以将现有的数据成果与 IPBES 的数据库相结合,并根据 IPBES 下一个工作方案“2030 前工作方案”开展评估合作。除此之外,中国历史文化源远流长,与亚洲各国之间有着密切的经济和文化交流,有丰富的文化差异和地方知识。可以将其纳入 IPBES 地方知识体系,并合理利用地方知识补充分析由于多样化的自然及人文环境造成的对政策和管理需求的区域差异性。

在分析自然对人类的贡献中,生态系统服务评估模型是重要的工具。目前,常见的生态系统服务模型有 InVEST、ARIES 和 MIMES 等。这些模型多侧重于对某些生态系统服务的供给或流向流量进行定量化评估,在情景分析、关联关系挖掘、决策优化等环节比较薄弱^[18]。为探索中国黄土高原生态修复的政策影响和优化而设计的 SAORES 模型加强了生态系统管理的情景构建,以及生态系统服务的规划和管理决策优化方法^[19]。我国学者提出的“生物多样性-生态系统结构-过程与功能-服务”框架适用于中国国家尺度的生物多样性与生态系统服务评估指标体系和模型^[20-21],但生态系统服务需求、以及供—需关系分析模型尚有待进一步研发。故可以参考 IPBES 的情景和模型的方法和结果,结合中国现状,模拟未来生物多样性和生态系统服务变化趋势,从而制定积极的策略应对未来生物多样性丧失和生态系统服务水平下降带来的负面影响。

(2) 探讨推动我国可持续发展的变革性方案。

IPBES 全球评估发现自然对人类的贡献降低,且在当前趋势下不能实现可持续发展目标,并在决策者摘要中提出了“全球可持续发展变革的途径”。我国的生态文明建设分别在跨部门合作、实施环境法等、制定奖励措施等方面体现了变革性方案中干预措施(“杠杆”)的思想,有利于推动我国可持续发展的变革性方案。党的十八大把生态文明建设纳入中国特色社会主义建设“五位一体”总体布局,党中央、国务院先后出台了一系列重大决策部署,推动生态文明建设取得了重大进展和积极成效。整合国土资源部、水利部和国家林业局等多个部门的职责,组建自然资源部,统一行使所有国土空间用途管制和生态保护修复职责。形成了包括《环境保护基本法》、《大气污染防治法》、《生态文明建设目标评价考核办法》等在内的生态文明建设法律保障体系,保障了生态文明建设的实施。制定了生态补偿制度,向生态保护者或因生态损害而受损者以支付金钱、物质或提供其他非物质利益等方式,弥补其成本支出以及其他相关损失。

2016 年,联合国环境规划署发布《绿水青山就是金山银山:中国生态文明战略与行动》报告,得到国际组织对中国生态文明建设的认同和支持。因此,我国在实施生态文明建设的同时,可以针对“全球可持续发展变革的途径”中的“杠杆点”采取措施,充分考虑直接和间接驱动力的影响,协调人类活动与自然资源之间的关系。在科学决策方面,可以参考 IPBES 的全球评估报告结果和 IPBES 的科学政策互动的运作过程,根据政府和利益相关方的政策需求制定工作方案,由科学专家及相关人员获取相关知识并进行评估,最后以交付成果的形式提供决策支持和政策建议。

(3) 加强可持续发展的高等教育与公众宣传。

高等教育机构被认为是促进可持续发展和发展社会可持续文化的最佳场所^[22]。过去二十年来,许多国家对可持续发展在高等教育文化中的作用的认知发生了重大变化,美国已经建设可持续性研究或可持续发展的本科或研究生学位^[23-24]。根据我国 2019 年硕士专业目录查询结果,我国涉及可持续发展的研究生专业方向仅 3 个,且属于社会科学范畴,分别为可持续发展经济学、建筑经济与城市可持续发展和可持续发展管理。可持续性科学是指在局地、区域和全球尺度上研究自然和社会之间动态关系的科学,是为可持续发展提供理论基础和技术手段的横向科学^[25]。因此,建议设置可持续性科学研究生和本科生专业,整合自然科学和社会科学,围绕生态环境与经济社会的相互关系,结合基础性和应用研究,培养更多具有可持续发展专业素养的人才和科研力量。

对公众进行宣传教育可以促进人们对可持续发展的认识与行动。IPBES 通过举行的科学与政策衔接的研讨会,在线资源、指南、学习材料的共享,举办讲习班、培训及行为体对话等方式,提高公众的参与意识以及参与度。对此,我国可以建立整合多学科可持续发展信息平台,利用网络、社区及公共场所的宣传橱窗、新闻媒体等多种媒体开展相关宣传活动,公开发布相关知识宣传册,请专家对相关知识向公众做深入浅出的讲解等,提升公众的认知水平。另一方面应加强可持续发展的体验活动,吸引和鼓励更多的本地公众参与当地政府的生态保护与修复工作,更有效的达成多方利益相关者的区域生态系统可持续管理共识。

参考文献 (References):

- [1] Tittensor D P, Walpole M, Hill S L L, Boyce D G, Britten G L, Burgess N D, Butchart S H M, Leadley P W, Regan E C, Alkamade R, Baumung R, Bellard C, Bouwman L, Bowles-Newark N J, Chenery A M, Cheung W W L, Christensen V, Cooper H D, Crowther A R, Dixon M J R, Galli A, Gaveau V, Gregory R D, Gutierrez N L, Hirsch T L, Höft R, Januchowski-Hartley S R, Karmann M, Krug C B, Leverington F J, Loh J, Lojenga R K, Malsch K, Marques A, Morgan D H W, Mumby P J, Newbold T, Noonan-Mooney K, Pagad S N, Parks B C, Pereira H M, Robertson T, Rondinini C, Santini L, Scharlemann J P W, Schindler S, Sumaila U R, Teh L S L, van Kolk J, Visconti P, Ye Y M. A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 2014, 346(6206): 241-244.
- [2] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington DC: Island Press, 2005.
- [3] Silvis H. The economics of ecosystems and biodiversity in national and international policymaking. *European Review of Agricultural Economics*, 2012, 39(1): 186-188.
- [4] 马克平. IPBES: 生物多样性领域的 IPCC. *生物多样性*, 2012, 20(4): 409-410.
- [5] IPBES. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) *Media Release*. [2019-05-07]. <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>.
- [6] 吴军, 徐海根, 丁晖. IPBES 的建立、前景及应对策略. *生态学报*, 2011, 31(22): 6973-6977.
- [7] IPBES. IPBES global assessment summary for policymakers (PDF). [2019-05-07]. <https://www.ipbes.net/news/ipbes-global-assessment-summary-policymakers-pdf>.
- [8] Thaman R, Lyver P, Mpande R, Perez E, Cariño J, Takeuchi K. *The Contribution of Indigenous and Local Knowledge Systems to IPBES: Building Synergies with Science*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2013.
- [9] Yue T X, Liu Y, Zhao M W, Du Z P, Zhao N. A fundamental theorem of Earth's surface modelling. *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75(9): 751.
- [10] IPBES. IPBES global assessment preview. [2019-04-29]. <https://www.ipbes.net/news/ipbes-global-assessment-preview>.
- [11] Bryan B A, Gao L, Ye Y Q, Sun X F, Connor J D, Crossman N D, Stafford-Smith M, Wu J G, He C Y, Yu D Y, Liu Z F, Li A, Huang Q X, Ren H, Deng X Z, Zheng H, Niu J M, Han G D, Hou X Y. China's response to a national land-system sustainability emergency. *Nature*, 2018, 559(7713): 193-204.
- [12] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352(6292): 1455-1459.
- [13] 田瑜, 李俊生, 兰存子, 李秀山. 生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台 2014-2018 年工作方案解析. *生物多样性*, 2015, 23(4): 543-549.
- [14] IPBES. Summary for Policymakers of the Methodological Assessment of Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services of the

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016.

- [15] 刘纪远, 邵全琴, 于秀波, 黄河清. 中国陆地生态系统综合监测与评估. 北京: 科学出版社, 2016.
- [16] 欧阳志云, 王桥, 郑华, 张峰, 侯鹏. 全国生态环境十年变化(2000—2010 年)遥感调查评估. 中国科学院院刊, 2014, 29(4): 462-466.
- [17] 孙鸿烈, 陈宜瑜, 于贵瑞, 于秀波. 国际重大研究计划与中国生态系统研究展望——中国生态大讲堂百期学术演讲暨 2014 年春季研讨会评述. 地理科学进展, 2014, 33(7): 865-873.
- [18] 赵文武, 刘月, 冯强, 王亚萍, 杨思琪. 人地系统耦合框架下的生态系统服务. 地理科学进展, 2018, 37(1): 139-151.
- [19] Hu H T, Fu B J, Lü Y H, Zheng Z M. SAORES: a spatially explicit assessment and optimization tool for regional ecosystem services. *Landscape Ecology*, 2015, 30(3): 547-560.
- [20] 傅伯杰, 于丹丹, 吕楠. 中国生物多样性与生态系统服务评估指标体系. 生态学报, 2017, 37(2): 341-348.
- [21] 于丹丹, 吕楠, 傅伯杰. 生物多样性与生态系统服务评估指标与方法. 生态学报, 2017, 37(2): 349-357.
- [22] Karvinen M, Lundgren U, Mätkki H, Sorvari J. The implementation of sustainable development in the Nordic Higher Education Institutions (HEIs)//Goal Filho W L, Mifsud M, Shiel C, Pretorius R, eds. *Handbook of Theory and Practice of Sustainable Development in Higher Education*. Cham: Springer, 2017: 169-187.
- [23] Vincent S, Dutton K. Integration of interdisciplinary environmental and sustainability education and research and urban sustainability. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 2017, 7(1): 112-120.
- [24] Glass S C, Lioubimtseva E, Christopher N, Wenner W. Sustainability and changing university culture and curriculum: a grand valley state university case study//*Sustainability in Practice from Local to Global: Making A Difference*. London: Kingston University Press, 2009.
- [25] Kates R W, Clark W C, Corell R, Hall J M, Jaeger C C, Lowe I, McCarthy J J, Schellnhuber H J, Bolin B, Dickson N M, Faucheux S, Gallopin G C, Grübler A, Huntley B, Jäger J, Jodha N S, Kaspersen R E, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore III B, O'Riordan T, Svedin U. Environment and development. *Sustainability science. Science*, 2001, 292(5517): 641-642.