

地球大数据支撑 可持续发展目标报告



中国科学院地球大数据科学工程

2019年9月

地球大数据支撑 可持续发展目标报告



目录



04 序

06 前言

08 执行摘要

10 案例汇总表

12 地球大数据服务联合国可持续发展目标

14 数据密集型范式

14 地球大数据

15 地球大数据支撑 SDGs 实施

18  SDG 2 零饥饿

20 背景介绍

21 主要贡献

22 案例分析

中国粮食生产可持续发展进程监测 \ 22

25 本章小结

26  SDG 6 清洁饮水和卫生设施

28 背景介绍

29 主要贡献

30 案例分析

中国地表水水质良好水体比例分析 \ 30

32 本章小结

34  SDG 11 可持续城市和社区

36 背景介绍

37 主要贡献

38 案例分析

中国可便利使用公共交通的人口比例 \ 38

中国城镇化监测与评估 \ 41

SDG 11.4 内涵解析和指标量化 \ 44

中国城市细颗粒物 (PM_{2.5}) 监测与分析 \ 48

中国城市开放公共空间面积比例 \ 50

52 本章小结



54



SDG 14 水下生物

56 背景介绍

57 主要贡献

58 案例分析

中国近海典型海域富营养化评估 \ 58

中国近海典型海域生态系统健康评估 \ 61

64 本章小结

66



SDG 15 陆地生物

68 背景介绍

69 主要贡献

70 案例分析

中国钱江源国家公园保护地有效性评估 \ 70

中国受威胁物种红色名录指数评估 \ 74

大熊猫栖息地的破碎化评估 \ 77

79 本章小结

80

总结与展望

84

主要参考文献

88

编写组成员



序

2015年9月，在联合国成立70周年之际，各国元首和代表相聚纽约联合国总部，通过了《变革我们的世界：2030年可持续发展议程》。该议程是人类社会基于历史经验和对未来共同期望所提出的全面、系统、开拓进取的发展框架，为未来15年全球和各国的发展指明了方向，勾画了蓝图。该议程的核心是实现全球可持续发展目标（SDGs），其指标体系已被全球所接受并采取各自的国别方案积极落实。

随着科技发展的日新月异，其在SDGs实施中所发挥的关键作用越发凸显。为此，联合国启动了技术促进机制（TFM）以凝聚科技界、企业界和利益攸关方的集体智慧，支持和促进实现SDGs，使全球走上可持续发展的道路，实现人与自然的和谐共处。面对可持续发展这个人类共同的宏大使命所提出的新需求和新挑战，中国科学院作为全球科技界的一员，正在组织研究力量积极行动。

SDGs由17项目标，169项具体目标和超过230个指标构成。世界各个国家发展的阶段和不同国家在不同领域的发展存在各种差异，不同目标之间有着彼

此相互增强或制约的关系。因此，SDGs本身是一个复杂、多样、动态和相互关联的庞大的体系。对各目标的有效度量和监测是保障实现可持续发展目标最重要的环节，但如何度量这些目标仍然面临很大困难，迫切需要建立科学合理和完善的可持续发展评估指标体系。目前只有大约45%的SDGs指标实现了既有方法又有数据，约39%处于有方法无数据状态，还有多达16%的SDGs指标既没有统一的方法也没有数据。显然，如果在这些方面不能尽快取得进展，2030年议程全面落实必然会大打折扣。

为有效应对上述挑战，中国科学院围绕零饥饿、清洁饮水和卫生设施、可持续城市和社区、水下生物和陆地生物5个目标和11个指标，特别是针对在数据和方法方面存在不足的指标上开展了工作。这份报告所呈现的数据分析成果，表明地球大数据及其相关技术和方法可以为我们认识这些SDGs相关重大问题提供新的发展分析工具和数据依据。可以预期，在地球大数据方面的这些示范工作的进一步开展和持续深入，将形成对SDGs目标指标体系有力的数据服务和



支撑。对于众多发展中国家来说，尤其是对数据获取和处理，发展指标监测和评估方面技术能力相对薄弱的国家来说，中国在地球大数据面向 SDGs 的应用研究方面的探索和经验具有特别重要的意义。

地球大数据支撑可持续发展工作是对联合国 2030 年议程的有益贡献，同时也为中国科学家参与和推动全球实现 SDGs 与合作共享提供了全新的平台。感谢郭华东院士领导的团队以科技创新积极服务 SDGs 实施所付出的努力，期待今后每年的报告中可以看到新的更出色的成果。

白春礼

中国科学院院长

前言

联合国 2030 年可持续发展议程在落实过程中面临 4 个方面的挑战：1) 数据缺失和指标体系动态变化；2) SDGs 目标繁多且相互关联；3) 目标度量监测本土化问题复杂多样；4) SDGs 监测评价指标模型化存在难度。这些挑战需要科技的支撑，其中指标数据的严重不足是监测 SDGs 目标的主要挑战之一，一半以上的指标没有数据支撑。

为充分利用科技创新有效推动 SDGs 指标评估和目标实现，联合国提出了 SDGs 技术促进机制（TFM）。该技术促进机制由联合国科技创新促进可持续发展目标跨机构任务组和 10 人专家组、科技创新促进可持续发展目标多利益攸方协作论坛以及网上平台三部分组成，以充分发挥科技创新在实现可持续发展目标中的作用。TFM 最紧迫任务是实现对 Tier II（有方法无数据）和 Tier III（无方法无数据）数据和指标方法的突破。

作为科技创新的重要方面，大数据正在为科学研究带来新的手段和方法论。集地球科学、信息科学和空间科技等交叉融合的地球大数据，数据不仅来源于空间对地观测，还包括陆地、海洋、大气及与人类活动相关的数据，具备海量、多源、异构、多时相、多维度、高复杂度、非平稳以及非结构化等特点，成为我们认识地球的新钥匙和知识发现的新引擎，可在促进可持续发展中发挥重大作用。

中国科学院积极利用地球大数据服务 2030 年议程落实。可持续发展目标特别是地球表层与环境、资源密切相关的诸多目标，具有大尺度、周期变化的特点，地球大数据的宏观、动态监测能力为可持续发展评价提供重要手段。

地球大数据服务 SDGs 的主要目标是实现地球大数据向 SDGs 相关应用信息的转化、为 SDGs 落实提供决策支持、构建地球大数据支持 SDGs 指标体系和集成、并从地球系统的角度研究各目标间的关联和耦合。我们根据地球大数据的优势和 SDGs 指标体系的特点，遴选出 5 个 SDGs 目标中的 11 个指标进行剖析，以期对 6% 的 Tier II 和 8% 的 Tier III 指标作出实质贡献。这 5 个 SDG 目标分别是：零饥饿（SDG 2）、清洁饮水和卫生设施（SDG 6）、可持续城市和社区（SDG 11）、水下生物（SDG 14）、陆地生物（SDG 15）。

地球大数据支持 SDGs 指标主要通过三个模式来实现：1) 数据贡献：利用地球大数据弥补数据缺失，提供评估数据新来源；2) 方法模型贡献：基于地球大数据技术和模型，创立 SDGs 评估新方法；3) 决策实践贡献：提供地球大数据 SDGs 案例，监测 SDGs 指标实践进展。通过协同设计方式，充分利用多源地球大数据，采用众源采集、云数据分析、人工智能等方法，系统分析从全球到地方尺度的典型案例，构建



全球和区域 SDGs 空间评估指标体系，动态评估相关 SDGs 的全球和国别进展。

这本《地球大数据支撑可持续发展目标》报告，汇聚了围绕 5 个 SDGs 目标所开展的案例研究、指标建设和可持续发展状态评估。报告总结了 12 个典型研究案例。这些研究案例分在数据、方法模型和决策支持方面对相关 SDGs 目标和指标进行了深入研究和评估，提供了较为系统的方案。在数据库建设、指标体系建设、指标进展评估等方面各有侧重。每一个典型案例首先清晰地列出对应目标和指标，然后依次从研究方法、所用数据、结果分析、展望四个方面展开。可以看出，地球大数据作为新的科学方法论的生命力和巨大应用价值。报告最后概括总结了地球大数据促进 SDGs 的主要进展和下一步的研究重点。

近期“联合国 2019 年可持续发展报告”出版，联合国秘书长古特雷斯在其前言中讲到：2030 议程在一些关键领域正在取得进展，但要更好地利用数据，在科技创新时要更加注重数字转型。联合国副秘书长刘振民也讲到：对于一半以上的全球指标，大多数国家没有定期收集数据，要确保有足够的数为 2030 年议程各方面的决策提供信息。可见数据的重要性和紧迫性，地球大数据有能力为可持续发展目标作出特有的贡献。

联合国的技术促进机制是实现可持续发展目标的重要基础，中国的创新驱动战略以相同的理念在推动可持续发展。作为创新科技的地球大数据，在支撑可持续发展目标实现中具有巨大潜力。我们计划持续开展 SDGs 研究工作，每年出版“地球大数据支撑可持续发展目标”报告，欢迎国内外领域同行合作开展研究。

本报告形成过程中得到中科院、外交部、科技部领导和相关部门的悉心指导，团队科研人员付出了辛勤的劳动。值此报告出版之际，一并表示衷心感谢。

中国科学院院士

地球大数据支撑可持续发展目标团队负责人

执行摘要

2015年，联合国可持续发展峰会通过了一份由193个会员国共同达成的成果文件，即《变革我们的世界——2030年可持续发展议程》，旨在推进经济、社会、环境三位一体可持续协调发展，是国际发展合作的一个重要里程碑。然而，该议程在实施过程中依然面临数据缺失、方法不完善、目标相互关联制约以及本地化问题多样等挑战。技术创新机制是应对以上挑战的重要手段，其中地球大数据整合多源数据，通过不同学科和领域间知识与数据的交叉与集成，生成地理空间上更清晰、更丰富和更完整的信息产品以用于复杂的、频繁的决策分析和支持，服务于SDGs落实的分析、评估和监测工作，能为可持续发展做出贡献。本报告通过利用地球大数据的优势和特点，推动地球大数据服务于SDG 2 零饥饿、SDG 6 清洁饮水和卫生设施、SDG 11 可持续城市和社区、SDG 14 水下生物和SDG 15 陆地生物等五个SDGs中的11个指标的监测与评估，在数据产品、技术方法、案例分析和决策支持方面做出了新的探索。



在SDG 2 零饥饿方面，本报告瞄准指标SDG 2.4.1 从事生产性和可持续农业的农业地区比例，综合采用中国及其他国家的中高分辨率遥感卫星数据，结合农业统计数据、地面调查数据、气象站点数据等多源数据，融合遥感信息提取模型、统计模型、生态模型等，提出了指标/亚指标的评估方法，实现了指标/亚指标的评估和发展进程的监测。对中国粮食生产环境影响的研究发现，2000年以来，单位产量的环境影响（用地、用水、化肥过施风险）呈降低趋势，粮食生产系统朝着更为可持续的方向发展，同时，以城镇化为主要特征的土地利用变化正施加负向影响。报告提出统筹农田管理与土地管理，是构建可持续粮食生产体系，帮助实现SDG 2 零饥饿目标的重要途径。



在SDG 6 清洁饮水和卫生设施方面，本报告遴选了地球大数据技术支持的SDG 6.3.2 环境水质指标，通过案例例证了地球大数据技术对SDG 6 目标实现的支撑作用。在案例中重点应用了卫星遥感、互联网、传统统计等多源数据，通过时空数据融合和模型模拟方法，实现了对中国省、市两个尺度地表水环境的高分辨率监测和整体分析，结果表明，通过多年的集中治理，中国地表水水质呈现逐渐改善的态势。中国2017年地表水水质较2016年有小幅改善，全国范围内西部地区地表水水质总体优于东部地区，重点区域需要进一步加强治理。



在SDG 11 可持续城市和社区方面，聚焦SDG 11.2.1 公共交通、SDG 11.3.1 城镇化、SDG 11.4.1 文化和自然遗产、SDG 11.6.2 PM_{2.5}、SDG 11.7.1 公共空间共5个指标开展SDG 11 指标监测与评估。引入地球大数据数据，突破了以传统统计数据为主的限制，提高了SDGs 指标评价的时空分辨率；集成地球大数据技术，提出了SDG 11 的中国本地化指标评估体系。基于合成孔径雷达（SAR）和光学影像融合生产了2015年全球10米分辨率不透水面产品，其精度优于86%，弥补了土地消耗率与人口增长率比率（SDG 11.3.1）指标监测数据的缺失。基于中国区域公共交通信息数据、中国城市扩张数据、自然文化遗产数据、PM_{2.5} 产品、城市建成区公共空间面积等指标评价数据集，实现了中国城市可持续发展综合评价。通过SDG 11 指标评估与进程监测，报告中的相关案例完善了城市可持续发展指标体系，提出“加大单位面积资金投入，保护和捍卫世界文化和自然遗产”新的评价指标和方法。



在 SDG 14 水下生物方面，聚焦 SDG 14.1 海洋污染和 SDG 14.2 海洋生态系统健康两个目标，综合采用中国近海典型海域的营养盐、叶绿素、生物量、溶解氧等理化指标，以及国家海洋监测相关部门的公报或发表数据，重点开展了方法模型构建与优化等研究工作。基于“压力—状态—响应”框架构建了适用于中国近海富营养化评估的综合评价体系和模型，科学评估了中国近海不同尺度海域的富营养化现状，可为中国近海营养盐污染和富营养化现状管理提供科学依据与技术支撑；基于胶州湾长时间序列观测数据，优化了卡片式生态系统健康评估方法，并开展了中国近海典型海湾的生态系统健康试验性评估；通过进一步推广相关技术的业务化应用，有望为近海环境保护和管理提供决策支持，有效推动 SDG 14 指标完成和目标实现。



在 SDG 15 陆地生物方面，本报告以 SDG 15.1.2 保护区内陆地和淡水生物多样性的关键场地比例与 SDG 15.5.1 红色名录指数共 2 个指标为主要研究

对象，汇集了 3 个案例开展了评价与监测，从数据产品与决策支持方面为 SDG 15 做出贡献。基于生物多样性监测平台，实现中国钱江源国家公园保护地有效监测与评估，表明开展跨区合作是提高钱江源国家公园保护有效性的关键措施。通过大熊猫栖息地的破碎化评估，发现 1976-2013 年期间大熊猫栖息地面积缩小且更加破碎化，提出应综合考虑保护物种的种群数量和栖息地环境的保护建议。基于红色名录指数评估，发现 2004-2017 年期间中国高等植物和陆生哺乳动物的红色名录指数呈上升趋势，鸟类的红色名录指数呈下降趋势，并指出其原因。

本报告重点围绕上述 5 个 SDGs 目标 11 个 SDGs 指标总结了 12 个研究案例，在数据产品、方法模型和决策支持方面对相关 SDGs 目标和指标进行了深入研究和评估，取得了重要进展。本报告展现了地球大数据在支撑 SDGs 指标监测与评估方面的巨大应用价值与潜力，对 SDGs 决策部门和相关学术领域具有重要参考价值。

地球大数据支撑可持续发展目标案例汇总表

对应指标	案例名称	研究区域	数据产品	方法模型	决策支持
SDG 2.4.1	中国粮食生产可持续发展进程监测	中国		融合多元数据多学科模型的土地生产力、水资源利用和化肥施用风险亚指标评估方法	实现中国耕地利用可持续发展进程及驱动因素贡献评估，提出构建更为可持续发展粮食生产系统的措施
SDG 6.3.2	中国地表水质良好水体比例分析	中国	2016、2017年中国省级地表水质良好水体比例		
SDG 11.2.1	中国可使用公共交通的人口比例	中国	中国区域公共交通信息数据	提出一种简便的指标核算方法，能为其他国家开展本指标评价及结果的国际对比提供经验借鉴	为开展中国尺度城市可持续发展综合评价提供数据支撑
SDG 11.3.1	中国城镇化监测与评估	中国	2015年（SDGs基准年）全球10米分辨率高精度城市不透水空间分布信息	提出利用多源多时相升降轨SAR和光学数据结合其纹理特征和气候特征的全球不透水面快速提取方法；开展了SDG 11的中国本地化实践评价方法	为开展中国尺度城市可持续发展综合评价提供数据支撑
SDG 11.4.1	SDG 11.4内涵解析和指标量化	中国	中国244个自然保护区分东、中、西部单列人均支出统计图表以及单列面积支出统计图表；黄山世界遗产地遥感生态指数（RSEI）25年时间序列数据集	提出“加大单位面积资金投入，保护和捍卫世界文化和自然遗产”	
SDG 11.6.2	中国城市细颗粒物（PM _{2.5} ）监测与分析	中国	中国2010-2018年PM _{2.5} 年平均产品		
SDG 11.7.1	中国城市开放公共空间面积比例	中国	中国城市建设区公共空间面积指标评价数据集	提出一种简便的指标核算方法，能为其他国家开展本指标评价及结果的国际对比提供经验借鉴	为开展中国尺度城市可持续发展综合评价提供数据支撑

对应指标	案例名称	研究区域	数据产品	方法模型	决策支持
SDG 14.1.1	中国近海典型海域富营养化评估	中国近海		构建适用于中国近海富营养化评估的第二代综合评估体系；科学评估我国近海典型海域富营养化状况	参与了中国近海富营养化评价海洋行业标准的制定；撰写富营养化评价国际报告并提交联合国环境署
SDG 14.2.1	中国近海典型海域生态系统健康评估	中国胶州湾		针对典型研究海域构建评估指标体系	
SDG 15.1.2	中国钱江源国家公园保护地有效性评估	中国钱江源国家公园	钱江源国家公园生态系统数据集、钱江源国家公园生物多样性数据集		钱江源国家公园生物多样性保护与管理对策
SDG 15.5.1	中国受威胁物种红色名录指数评估	中国	中国物种红色名录指数数据		
SDG 15.5.1	大熊猫栖息地的破碎化评估	中国西南地区	全国大熊猫栖息地的现状分布数据，近40年全国大熊猫栖息地变化数据		大熊猫栖息地的演变特征与保护建议



地球大数据服务联合国可持续发展目标

14 数据密集型范式

14 地球大数据

15 地球大数据支撑SDGs实施



地球大数据服务联合国可持续发展目标

2030年可持续发展议程的核心是17个可持续发展目标。中国高度重视落实联合国2030年可持续发展议程，以实际行动为应对全球挑战、实现共同发展作出重要贡献。

联合国2030年可持续发展议程是一项宏伟的战略行动计划，要实现可持续发展目标（SDGs），需要充分发挥科学技术的作用。在众多学科和技术中，快速发展中的大数据技术无疑正发挥着独特和日益重要的作用。

数据密集型范式

随着科学技术的飞速发展和社会需求的强大驱动，新一轮信息技术革命与人类社会活动交汇融合，半结构化、非结构化数据大量涌现，数据的产生已不受时间和空间的限制，引发了数据爆炸式增长，数据类型繁多且复杂，已经超越了传统数据管理系统和处理模式的能力范围，人类正在开启大数据时代新航程。

数据革命，包含了开放的数据移动、众包的兴起、新数据收集信息通信技术的涌现、大数据可用性的爆炸式提升，以及人工智能和物联网的出现，正在影响全球的生产、流通、分配和消费方式，正在改变人类的生产

方式、生活方式、经济运行机制和国家治理模式。与此同步发展的计算科学和数据科学，使得实时处理和分析大数据变成了现实。通过数据挖掘获取的新数据，可以作为官方统计和调查数据的补充，促进人类行为和经验信息的积累。新数据与传统数据的结合可以创造更详细、更及时和更相关的高质量信息。

数据作为影响决策的重要因素之一。利用大数据技术的长周期、多尺度、宏观和微观的多源信息获取，挖掘与分析，可以更好地监测和评估落实SDGs的进展，提出更科学更有针对性的发展指导建议。

地球大数据

地球大数据是大数据的重要组成部分，正成为地球科学的一个新的前沿领域，在推动地球科学的深度发展以及重大科学发现上意义重大。

地球大数据是面向地球科学形成的新型数据密集型研究方法，由具有空间属性的与地球科学相关联的大数据构成，包括陆地、海洋、大气及与人类活动相关的数据。地球大数据通过多种对地观测方式、地球勘测方法及地面传感网产生，具有大数据的一般特性，不仅具有体量大、来源广、多时相、高价值等特点，同时它也具有高瞬时性、

任意空间性、物理相关性等特点，其关键技术主要包含对地观测技术、通信技术、计算技术和网络技术等。

地球大数据不仅局限于地球科学研究，也可为社会对可持续发展的需求做出贡献，服务于SDGs。地球大数据的一个重要特征就是整合多源数据，有助于产生更相关、更丰富和完整的信息用于复杂的、频繁的分析 and 决策支持。与此同时，地球大数据的发展将迎来更开放、更透明的数据政策，从而使人类和地球能够期许更美好的未来。

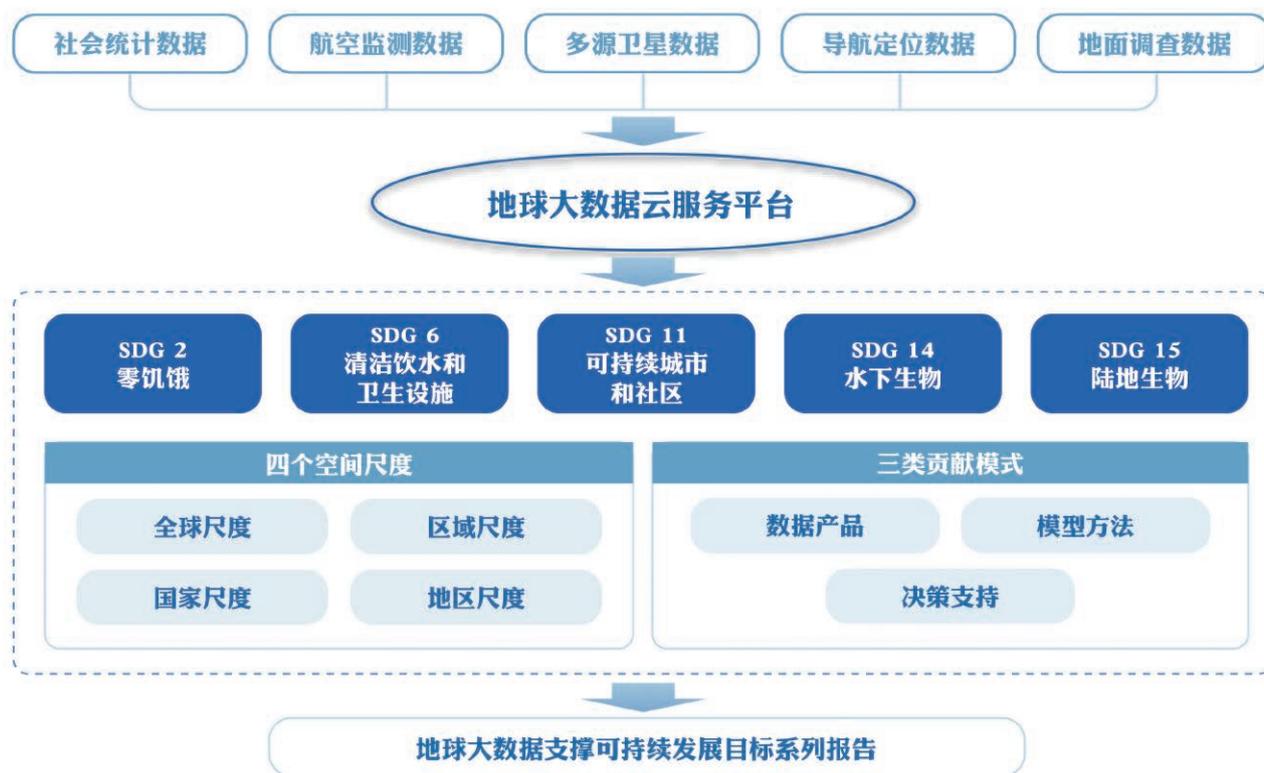
地球大数据支撑SDGs实施

目前，联合国、各国政府、国际组织等正在开展SDGs 指标体系构建以及指标监测评估研究。但SDGs 在具体实施过程中面临诸多挑战，其中数据缺失是监测SDGs 各个目标最艰巨的挑战。数据统计体系不完善、不一致，以及指标体系缺失是造成数据缺乏和质量不高的主要原因；SDGs 监测的评价指标模型化问题复杂，受限于数据的可获取性，在进行综合评价时，并不是所选指标均能模型化实现。因此，如何科学建立综合、交叉、多要素相互作用评价模型库是一个难点问题。

SDGs 中特别是地球表层与环境、资源密切相关的诸多目标，具有大尺度、周期变化的特点。为此，中国科学院率先启动相关研究，利用地球大数据驱动跨学科、跨尺度宏观科学发现，以系统性和整体性的理念去研究一系列重大科学问题，在对地球系统科学认知上有重大

突破，同时在发展决策支持上实现新的跨越，持续地产出在科学发现、宏观决策、技术创新和知识传播等方面的成果。

我们提出以地球大数据为技术促进机制，重点围绕零饥饿（SDG 2）、清洁饮水和卫生设施（SDG 6）、可持续城市和社区（SDG 11）、水下生物（SDG 14）和陆地生物（SDG 15）开展研究工作。地球大数据的宏观、动态监测能力为可持续发展评价提供了重要手段，可整合集成资源、环境、生态和生物领域的数据库、模型库和决策方法库，构建可持续发展评价指标体系和决策支持平台，对经济、社会、环境三个方面的可持续发展进行有效地监测和评估，有助于产生更相关、更丰富的信息用于决策支持。特别重要的是，地球大数据能够把大范围区域作为整体进行认知。



↑ 图 1-1. 地球大数据服务 SDGs 框架图

地球大数据支撑 SDGs 的研究内容包括：

（1）通过构建地球大数据共享服务平台，成为联合国 SDGs 实施的数据提供者；

（2）围绕 SDG 2、SDG 6、SDG 11、SDG 14 和 SDG 15 等目标开展评估指标体系构建以及监测评估；

（3）从数据产品、模型方法和决策支持三方面开展地球大数据 SDGs 评估示范，并将其在全球进行推广，丰富 SDGs 评估的新数据、新方法、新能力；

（4）在数据收集分析的基础上，定期监测和评估 SDGs 的进展，形成系列“地球大数据支撑可持续发展目标报告”，为全球 SDGs 评估贡献新思路。

数据共享作为消除数据孤岛，提高数据交换共享效率的方式，是地球大数据支撑 SDGs 的关键要素之一。

中国科学院正积极建设数据共享服务系统，以打破数据共享的政策壁垒，完善数据共享评价体系，建立数据共享指标等可操作的知识产权保障机制，确保共享数据的真实性、准确性和时效性，保证了数据可发现、可访问、可交互、可重用、可引用。目前，共享数据总量约 5PB，随着云服务平台硬件条件研发不断成熟，将以每年 3PB 的数据量持续更新。

目前，利用地球大数据支撑可持续发展目标已开展了很好的实践。以地球大数据作为科技创新方法，构建面向 SDGs 的技术促进机制，以系统性和整体性的理念去研究一系列重大科学问题，为人类认识地球做出贡献，在服务全球可持续发展上实现新的跨越。



全球卫星遥感影像图

2 零饥饿





SDG 2 零饥饿

20 背景介绍

21 主要贡献

22 案例分析

25 本章小结

2 零饥饿



背景介绍

消除饥饿、保障粮食安全是实现全球可持续发展目标的基础。目前，全球营养不良人口比例在多年的持续降低之后有所抬升，比例在 10% 以上。气候变化、战争与冲突以及经济发展的不平衡为实现全球粮食安全带来了诸多不确定因素。

SDG 2 旨在消除任何形式的饥饿，实现粮食安全，改善营养状况和促进可持续农业。其下设 8 个具体目标 13 个评价指标，涵盖营养需求、食物供给及其保障、国家行动等方面，以期引导政府调控、建立符合需求的可持续粮食供应及保障体系。

SDG 2 的监测主要由粮农组织（FAO）、世界卫生组织（WHO）和联合国儿童基金会（UNICEF）主导，

依靠各国统计部门调查获取。然而，统计调查这一传统手段在指标获取的时效性、空间解析度以及成本花费上的不足全球已有广泛共识。对地观测技术在食物供给及其保障这类自然相关指标的监测方面具有得天独厚的优势。目前已有研究对农业生产用地分布、粮食产量等粮食生产相关要素采用对地观测技术进行了长期的监测。这类要素能够间接反映 SDG 2 相关指标情况，仍亟需与社会经济数据融合开展指标的直接评估。

本报告聚焦食物供给及其保障相关的 Tier II 指标（表 2-1），通过多学科模型融合形成基于地球大数据的指标评估方法，开展指标评估与进程监测，为建立可持续粮食供应系统，实现零饥饿目标提供支撑。

表 2-1 重点聚焦的 SDG 2 指标

具体目标	评价指标	分类状态
2.4 到 2030 年，确保建立可持续粮食生产体系并执行具有抗灾能力的农作方法，以提高生产力和产量，帮助维护生态系统，加强适应气候变化、极端天气、干旱、洪涝和其他灾害的能力，逐步改善土地和土壤质量	2.4.1 从事生产性和可持续农业的农业地区比例	Tier II

2 零饥饿



主要贡献

围绕食物供给及其保障相关指标监测中存在的技术难点，创新融合对地观测数据与其它多源数据的指标/亚指标评估方法；聚焦目标实现的关键区域，开展指标评估及进程监测，形成指标评估数据产品；针对目标实

现的重要指标：生产性和可持续农业比例，开展案例分析，提出构建更为可持续粮食生产系统的措施。具体贡献如表 2-2 所示。

表 2-2 案例名称及其主要贡献

指标	案例	贡献
2.4.1 从事生产性和可持续农业的农业地区比例	中国粮食生产可持续发展进程监测	方法模型：融合多元数据多学科模型的土地生产力、水资源利用和化肥施用风险亚指标评估方法 决策支持：实现中国耕地利用可持续进程监测及驱动因素贡献评估，提出构建更为可持续粮食生产系统的措施



2 零饥饿



案例分析

中国粮食生产可持续发展进程监测

尺度级别：国家

研究区域：中国

可持续农业要求在不消耗土壤维持作物生长的能力、最大限度地减少基本资源消耗的情况下，有助于经济和社会发展，长期确保可持续性农业生产。定量评估粮食生产系统的可持续性，需要对经济、环境和社会

发展等方面的多个要素进行空间和时间上的监测，并量化它们的相互关系。这项任务的复杂性需要借助现代数据基础设施来实现，地球大数据方法正当其时。

对应目标：2.4 到2030年，确保建立可持续粮食生产体系并执行具有抗灾能力的农作方法，以提高生产力和产量，帮助维护生态系统，加强适应气候变化、极端天气、干旱、洪涝和其他灾害的能力，逐步改善土地和土壤质量

对应指标：2.4.1 从事生产性和可持续农业的农业地区比例

方法

聚焦 SDG 2.4.1 的三个亚指标—土地生产力、水资源利用和化肥施用风险，融合遥感监测数据、气象数据、统计数据、地面调查数据和文献信息等多源数据，采用遥感物候信息提取模型、空间分配模型、物质平衡模型、作物水分模型等方法，对其总量及空间格局进行定量估算，实现 1987-2015 年中国耕地产粮（占播种面积

76%、产量 87% 的 14 种主要作物）可持续发展进程监测。

为方便不同区域和亚指标间的比较，案例采用“环境强度”（生产每千卡粮食所产生的环境影响）作为可持续衡量标准，并依据 SDG 2.4.1 元数据，基于指标的现状和变化趋势对可持续状况进行定义，即若“环境强度”降低，则意味着向着更为可持续的方向发展。

所用数据

◎ 遥感数据及相关产品包括基于 Landsat、中巴资源卫星、环境一号卫星数据的 1:10 万全国土地利用遥感监测数据库、MODIS 时间序列植被指数数据；

◎ 统计数据包括全国作物播种面积和产量、有效灌

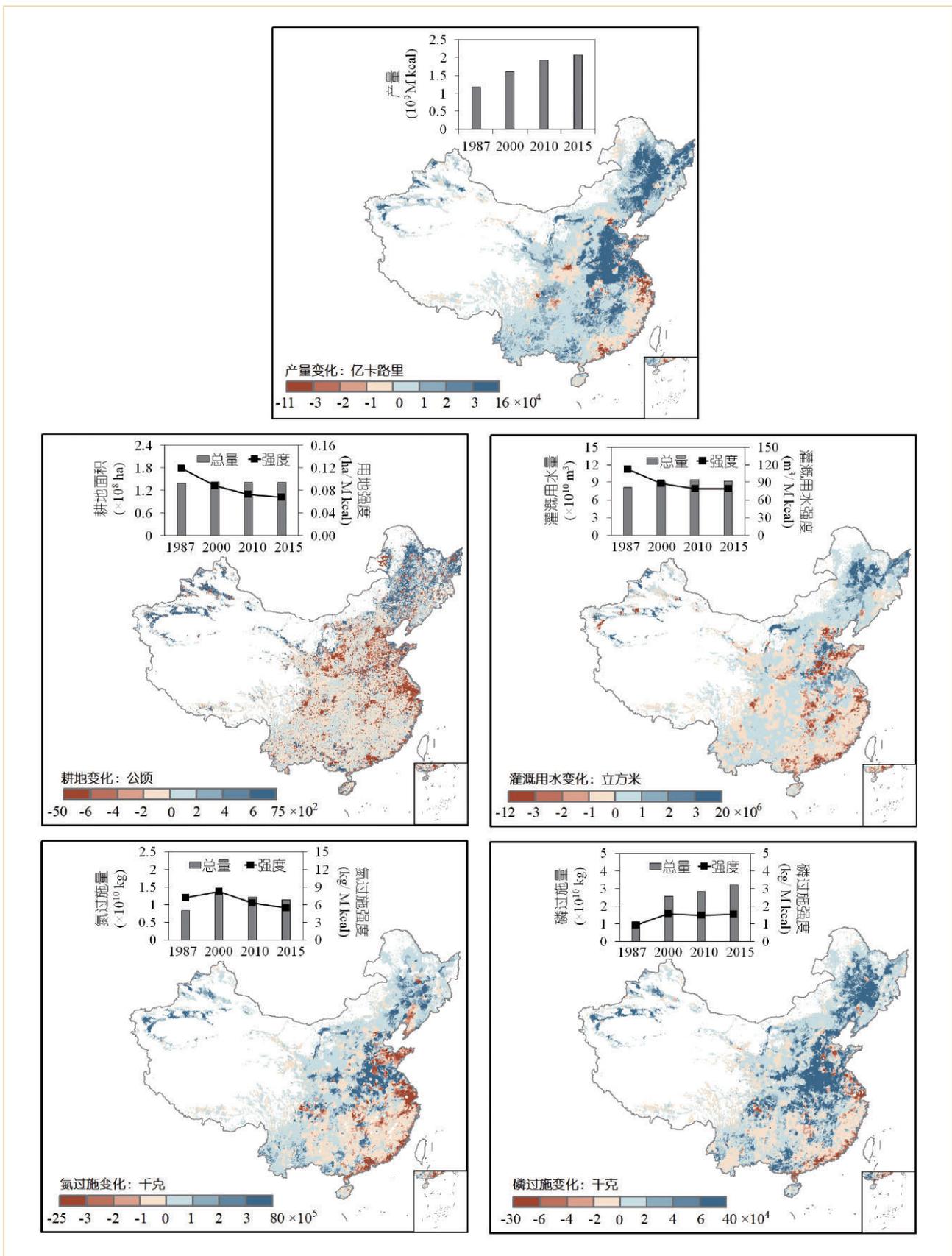
溉面积、化肥施用量等；

◎ 地面调查数据包括污染普查数据、农业普查数据；文献信息包括作物物候、化肥施用强度等信息。

结果与分析

1987-2015 年期间，中国粮食生产的平均用地强度、灌溉耗水强度和氮肥过施强度分别降低了 43%、30% 和 24%。磷肥过施强度增加了 66%，但在 2000 年之后

也呈现出降低趋势。以上四项指标的环境影响强度在 26% 的耕地上都有所下降，意味着这些耕地在所有四项指标上均向着可持续方向发展。只有 3%



↑ 图 2-1. 1987 年至 2015 年间中国耕地产粮可持续性评价指标变化及其空间分布图（a：产量变化； b：耕地变化； c：灌溉用水变化； d：氮过施变化； e：磷过施变化；注：台湾地区数据缺失）

的耕地在所有四项指标中强度均增加，处于不可持续的状态。生产力越高的地区各项指标改善程度越大。从所监测亚指标的全国平均水平变化来看，中国的粮食生产体系正朝着更为可持续的方向迈进。

农田管理措施的变化和土地利用变化是导致粮食生产及其环境影响变化的两大原因。全国尺度农田管理措施的改进解释了 90% 以上的粮食产量和环境影响变化。

同时，土地利用变化在部分区域起了决定性作用，且这一影响有加大的趋势。城镇化过程导致优质耕地流失的同时，新增耕地在我国北方地区扩张，并有从东北向西北干旱、半干旱区转移的特点。更好地统筹农田管理与土地管理，是推动中国、乃至全球城市化进程剧烈地区粮食生产进一步向可持续方向发展的重要途径。



↑ 图 2-2. 新疆维吾尔自治区高标准农田建设

成果要点

- 1987-2015 年，中国约 1/4 的耕地上，粮食生产的平均用地强度、灌溉耗水强度和氮肥过施强度均降低，即朝着更为可持续的方向发展；时间尺度来看，2000 年之后，三指标的全国平均水平朝着更为可持续的方向迈进。
- 农田管理措施的变化是各指标趋向可持续发展的主要驱动因素；同时，以城镇化为主要特征的土地利用变化对这一趋势形成了一定挑战，其作用趋强。更好地统筹农田管理与土地管理，是推动中国、乃至全球城市化进程剧烈地区粮食生产进一步向可持续方向发展的重要途径。

展望

技术创新层面，从深度挖掘遥感信息和扩大亚指标评估数量两个方面来加强对地观测技术在 SDG 2.4.1 评估中的应用，并探索社会、经济数据与对地观测数据在指标综合评估中的融合模式，推进基于对地观测技术的社会、经济和环境三类亚指标时空格局的全面监测。

应用推广层面，通过知识与技术共享的方式，扩大 SDG 2.4.1 的监测范围，将技术应用到全球人口高密度区，

实现重点国家农业可持续发展进程评估，为实现 SDG 2.4 寻找问题靶点。

问题解决层面，SDG 2.4 的实现对于 SDG 1、SDG 6、SDG 11 和 SDG 13 中多个可持续发展具体目标的实现具有联动效应。未来，在开展 SDG 2.4.1 评估的基础上，进行多个 SDGs 耦合实现方案研究，提出多可持续发展具体目标协同实现的区域差异化方案。

2 零饥饿



本章小结

可持续的粮食生产系统是实现零饥饿目标的基本保障。对地观测技术对农业生产分布、粮食产出与波动以及农业生产环境影响等衡量粮食生产状况及其影响的指标监测具有得天独厚的优势，能够快速客观地获取高时间和空间解析度的数据，用于监测目标实现进程；与统计调查数据的融合能够实现综合性指标的准确评估，从而解析问题，并从空间上探测问题靶点区域。

本报告在 SDG 2 方面的工作聚焦反映食物供给及其保障的 Tier II 指标——SDG 2.4.1，综合采用中高分辨率遥感卫星数据，结合农业统计数据、地面调查数据、气象站点数据等多源数据，融合遥感信息提取模型、统计模型、生态模型等，提出基于地球大数据的指标/亚指标的评估方法，实现了指标/亚指标的评估和发展进程的监测。

中国粮食生产环境影响的研究表明，2000 年来，单位产量的用地、灌溉耗水和化肥过施均呈降低趋势，粮食生产系统总体朝更为可持续的方向发展；同时，城市

化驱动下，优质耕地流失，边际耕地增加，对可持续发展趋势形成了一定挑战，更好地统筹农田管理与土地管理，是推动中国乃至全球城市化进程剧烈地区，粮食生产进一步向可持续方向发展的重要途径。

通过指标评估与进程监测，为构建可持续粮食生产体系，实现 SDG 2 提出了一些应当关注的重点区域、重点问题及解决对策。

未来还将：

(1) 加强地球大数据在 SDG 2 指标评估中的应用，充分利用国际组织与第三方机构，建立基础数据共享与技术推广机制，推进粮食安全问题严重同时技术力量相对薄弱的发展中国家的指标快速评估工作；

(2) 针对零饥饿实现的重点问题：小规模生产者生产力及生产性和可持续农业的稳定性，开展 SDG 2 与 SDG 13 成果交叉结合，对农业系统的可持续性及其对气候变化的响应进行深入研究，为气候变化加剧背景下实现全球粮食安全提供决策支撑。

6 清洁饮水和
卫生设施



SDG 6

清洁饮水和 卫生设施

28 背景介绍

29 主要贡献

30 案例分析

32 本章小结



背景介绍

水是保障人类社会和自然生态系统生存、发展的关键资源。SDG 6（为所有人提供水 and 环境卫生并对其进行可持续管理）是联合国 2030 可持续发展目标的重要内容之一。良好的水质与充沛的水源也是实现其他 SDGs 目标的重要保障。

SDG 6 共包含 8 项具体目标和 11 个具体指标，涵盖了水资源、水环境、水生态以及与水相关的国际合作等多个主题。为了全面监测、评价，UN Water、WHO 等国际组织共同实施了三项监测计划，对指标开展监测。

数据是目前制约 SDG 6 指标监测的最大瓶颈。在 SDG 6 的 11 个具体指标中，有 5 个 Tier II 类指标，属于有明确方法但缺少相关数据的指标。在全球范围内开展 SDG 6 各指标评价目前还存在一定难度，需要各国家和地区根据自身情况，结合联合国要求，探索利用多源数据，创新评价方法，提升监测与评价的时空精度。

联合国 SDG 6 相关指标的元数据文件和评估报告中

推荐的评价方法主要以统计和普查数据为主要依据。受抽样调查的成本及周期的限制，基于统计数据的指标评价实时性弱、空间解析能力有限，同时由于各国在统计体系和方法上的差异，导致评价结果间的可比性不强。

以大样本量、实时、动态、微观、详细、多源、自下而上、更加注重研究对象的地理位置信息等为特征的地球大数据，为可持续发展研究提供了一个全新的数据驱动力，也为 SDG 6 指标评价提供了新的途径。

目前应用的热点为综合利用卫星遥感和地面观测数据开展水环境、水生态指标的相关监测，具体包括：开展湖泊及大型水库的水体叶绿素含量遥感估算，分析水体水质变化情况，推动实现 SDG 6.3.2 指标的大范围动态监测。

本报告重点探索了地球大数据支撑实现 SDG 6 目标的监测方法，生产了评价案例数据，例证了地球大数据技术对 SDG 6 目标实现的支撑作用（表 3-1）。

表 3-1 重点聚焦的 SDG 6 指标

具体目标	评价指标	分类状态
6.3 到 2030 年，通过以下方式改善水质：减少污染，消除倾倒废物现象，把危险化学品和材料的排放减少到最低限度，将未经处理废水比例减半，大幅增加全球废物回收和安全再利用	6.3.2 环境水质良好的水体比例	Tier II



主要贡献

通过案例例证了地球大数据技术对 SDG 6 目标实现的支撑作用。重点是应用卫星遥感、互联网、统计等多源数据，通过时空数据融合和模型模拟方法，实现了 SDG 6.3.2 指标的高分辨率监测（表 3-2）。

表 3-2 案例名称及其主要贡献

指标	案例	贡献
6.3.2 环境水质良好的水体比例	中国地表水水质良好水体比例分析	数据产品：2016、2017 年中国省级地表水水质良好水体比例





案例分析

中国地表水水质良好水体比例分析

尺度级别：国家

研究区域：中国

地表水水质直接影响着人类与生态系统的健康。地表水污染问题是全球面临的共同挑战。在中国，过去40年的经济高速发展提高了水体污染物的排放强度。为了提升水体质量，中国付出了巨大努力，提升水体质量监测水平是其中的重要一环。为了规范化监测流程，中国政府制定了国家地表水环境质量标准（GB3838-2002），涉及24项具体监测指标，囊括了联合国推荐的18项监测指标。同时在全国主要流域建立了完善的断面水质监测体系，布设大量自动监测站，对水功能区的水质进行

监测、考核，重要水功能区监测覆盖率达到95%以上，依托现有监测体系，使用好已有数据，实现快速、准确的全国范围评估是地表水质监测重要环节。

本案例通过收集互联网发布的全国各省、市主要河流、湖泊、水库等水体水质监测数据，对数据开展统计和空间分析，获取中国省、市两个尺度地表水水质良好水体比例指标监测结果。希望通过中国的监测实践为全球其他区域的地表水水质监测提供可供参考经验。

对应目标：6.3 到2030年，通过以下方式改善水质：减少污染，消除倾倒废物现象，把危险化学品和材料的排放减少到最低限度，将未经处理废水比例减半，大幅增加全球废物回收和安全再利用

对应指标：6.3.2 环境水质良好的水体比例

方法

依托中国完善的地表水水质监测体系，利用网络数据爬取技术，全面收集2016、2017年全国各省市地表水断面水质监测数据。根据国家地表水环境质量标准（GB3838-2002）中的定义，将I、II、III类水划分为

良好水质水体，对全国各省、市所有监测断面中良好水质水体占比进行统计，进而获得全国各省、市地表水水质良好水体比例指标监测结果。

所用数据

◎ 各省、市环保监测部门发布的地表水水质监测数据。

结果与分析

基于互联网爬取的监测站点水质监测信息，开展了2016、2017年全国省市两级行政单元的地表水水质优良率指标评价。2016年全国优良水体占比为67.8%，

I、II、III、IV、V及劣V类水体占比分别为2.4%、37.5%、27.9%、16.8%、6.9%和8.6%，II、III类水体居多。2017年全国优良水体占比为67.9%，水质总体较2016

年小幅度改善，劣 V 类水体较 2016 年减少 0.3%。全国范围内西部地区地表水水质总体优于中东部地区，其中新疆、西藏自治区地表水水质质量最优，2016、2017 年监测断面水质优良的比例均在 97% 以上。中东部特别是华北地区仍有部分省市的地表水水质优良率较低，但改

善的趋势明显。通过多年的集中治理，中国地表水水质呈现逐渐改善的态势，但重点地区的地表水体质量仍然堪忧，建议结合区域重点污染源普查，开展分区差异化治理，进一步保障水体质量提升。

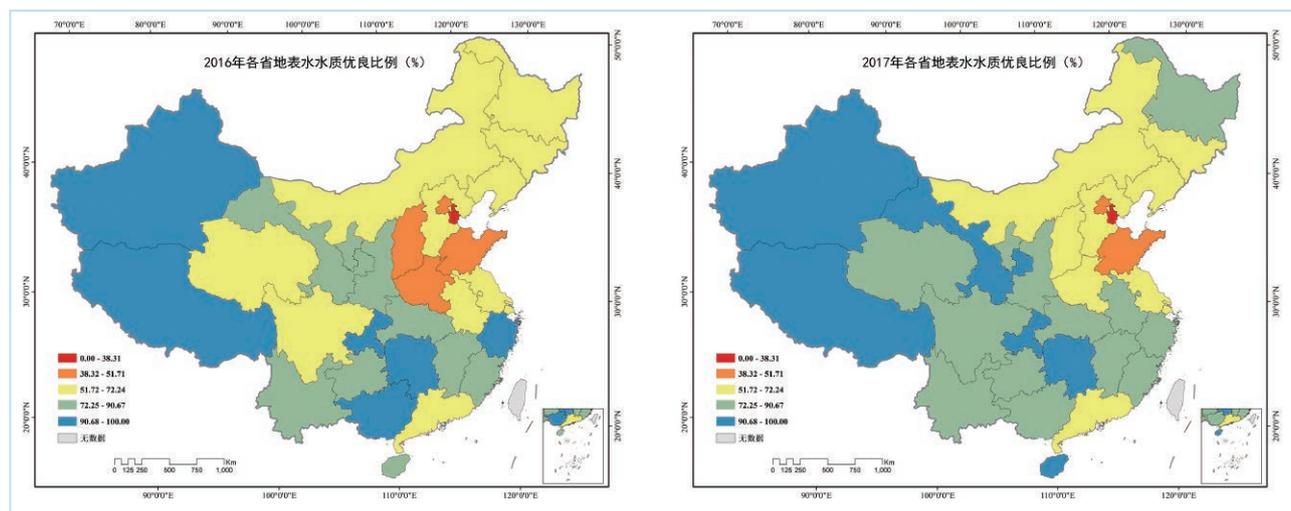


图 3-1. 2016、2017 年中国省级地表水水质良好水体比例

成果要点

- 中国 2016、2017 年地表水优良水体比例分别为 67.8% 和 67.9%，2017 年地表水水质较 2016 年有小幅改善。
- 全国范围内西部地区地表水水质总体优于东部地区，重点区域需要进一步加强治理。

展望

将进一步收集 2018-2020 年中国省、市地表水水质监测信息，完成并发布 2018-2020 年中国地表水水质良好水体数据与监测结果。

开展全球范围内各国家、地区水质监测标准比较分

析，分析目前在监测指标上的差异性，分析运用网络获取监测数据开展地表水水质分析的可行性，并在有数据基础的国家 / 地区开展应用。



本章小结

快速准确的开展 SDG 6 指标监测是实现为所有人提供供水和环境卫生并对其进行可持续管理这一宏伟蓝图的重要基础工作。目前，SDG 6 包含的 11 个具体指标均有明确的计算方法，参考现有计算方法，通过综合多源数据，实现满足指标监测与评估的时空过程连续数据是当前及今后工作的重点。

地球大数据在时空分辨率、可获取性、准确性等方面具有传统统计数据无法比拟的优势。地球大数据方法的引入全面提升了 SDG 6 各评价指标数据的空间精度、采样密度和频率，提高了评价结果的时间分辨率和准确性。

本报告中选用的 SDG 6.3.2 案例，证明了地球大数据技术方法对提升 SDGs 指标监测水平具有重要的推进

作用，但同时也暴露了时空连续数据获取、多源异构数据匹配和独立监测评估结果与政府管理部门实际需求有效衔接等方面的问题。鉴于此，未来宜重点在以下几方面继续深入开展工作：

（1）加强数据收集、处理和分析通用性、标准化流程和模块的发展，实现网络大数据、遥感数据与统计调查数据无缝衔接和简化应用，实现各指标监测评估工作的连续性和可持续性。

（2）推动与国际组织、国家及社会组织之间的深入合作，将技术方法和流程体系落地应用，切实服务和推动全球、特别是共建“一带一路”国家和地区 SDG 6 可持续发展目标的实现。



三江平原湿地

11 可持续
城市和社区



SDG 11

可持续 城市和社区

36 背景介绍

37 主要贡献

38 案例分析

52 本章小结





背景介绍

联合国 2030 年可持续发展议程涵盖社会、经济、环境三大支柱，其中城市化起着关键作用。据联合国统计，全球城市人口比例从 1950 年低于 30%，增至 2018 年的 55%，预计到 2050 年将增加到 68%。2016 年，有超过 10 亿人生活在贫民窟或非正规住区，其中一半以上（5.89 亿）生活在东亚，东南亚，中亚和南亚。虽然城市地区占全球 GDP 的 75% 以上，但占能源消耗的 60%-80% 和碳排放的 75%。快速的城市化带来了巨大的挑战，包括住房短缺导致贫民窟居民人数不断增加、交通拥堵、空气污染和污水增加、淡水供应不足、废物处理问题、基本服务和基础设施不足等。在全球城镇化背景下无计划的城市扩张使城市特别容易受到气候变化和自然灾害的影响。

为此，联合国 2030 年可持续发展议程专门设立了可

持续城市和社区的目标，提出 SDG 11：建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区，包括 7 个技术类子目标和 3 个合作类子目标，共 15 个指标。城市是可持续发展目标（SDGs）中最具挑战性和最具启发性的领域之一。国内外研究表明，地球大数据技术方法在及时提供更新的地表空间信息方面具有巨大的潜力和经济效益，尤其是对地观测技术在时空分辨率、可获取性、准确性等方面具有传统方法所无法比拟的优势。本案例旨在利用地球大数据方法，聚焦 SDG 11 中的城市公共交通、城镇化、文化和自然遗产、PM_{2.5}、城市公共空间共 5 个指标（表 4-1），为联合国 SDG 11 指标的监测与评估提供科技支撑。

表 4-1 重点聚焦的 SDG 11 指标

具体目标	评价指标	分类状态
11.2 到 2030 年，向所有人提供安全、负担得起的、易于利用、可持续的交通运输系统，改善道路安全，特别是扩大公共交通，要特别关注处境脆弱者、妇女、儿童、残疾人和老年人的需要	11.2.1 可便利使用公共交通的人口比例，按年龄、性别和残疾人分列	Tier II
11.3 到 2030 年，在所有国家加强包容和可持续的城市建设，加强参与性、综合性、可持续的人类住区规划和管理能力	11.3.1 土地消耗率与人口增长率之间的比率	Tier II
11.4 进一步努力保护和捍卫世界文化和自然遗产	11.4.1 保存、保护和养护所有文化和自然遗产的人均支出总额（公共和私人），按遗产类型（文化、自然、混合、世界遗产中心指定）、政府级别（国家、区域和地方/市）、支出类型（业务支出/投资）和私人供资类型（实物捐赠、私人非营利部门、赞助）分列	Tier III
11.6 到 2030 年，减少城市的人均负面环境影响，包括特别关注空气质量，以及城市废物管理等	11.6.2 城市细颗粒物（例如 PM _{2.5} 和 PM ₁₀ ）年度均值（按人口权重计算）	Tier I
11.7 到 2030 年，向所有人，特别是妇女、儿童、老年人和残疾人，普遍提供安全、包容、便利、绿色的公共空间	11.7.1 城市建设区中供所有人使用的开放公共空间的平均比例，按性别、年龄和残疾人分列	Tier II



主要贡献

为应对城市面临的基本公共服务缺乏、交通拥堵、住房短缺、基础设施的不足和空气污染增加等诸多严峻挑战，充分发挥地球大数据的特点和技术优势，为中国及全球提供 SDG 11 监测及评估经验。报告主要围绕 5

个指标（表 4-1），在中国尺度上开展 SDG 11 指标监测与评估，中国在 SDG 11 指标监测中的数据产品、方法模型、决策支持三个方面的贡献，具体如表 4-2 所示。

表 4-2 案例名称及其主要贡献

指 标	案 例	贡 献
11.2.1 可便利使用公共交通的人口比例，按年龄、性别和残疾人分列	中国可便利使用公共交通的人口比例	数据产品：中国区域公共交通信息数据 方法模型：提出一种简便的指标核算方法，能为其他国家开展本指标评价及结果的国际对比提供经验借鉴 决策支持：为开展中国尺度城市可持续发展综合评价提供数据支撑
11.3.1 土地消耗率与人口增长率之间的比率	中国城镇化监测与评估	数据产品：2015 年（SDGs 基准年）全球 10 米分辨率高精度城市不透水面空间分布信息 方法模型：提出利用多源多时相升降轨合成孔径雷达（SAR）和光学数据结合其纹理特征和物候特征的全球不透水面快速提取方法；开展了 SDG 11 的中国本地化实践评价方法 决策支持：为开展中国尺度城市可持续发展综合评价提供数据支撑
11.4.1 保存、保护和养护所有文化和自然遗产的人均支出总额（公共和私人），按遗产类型（文化、自然、混合、世界遗产中心指定）、政府级别（国家、区域和地方/市）、支出类型（业务支出/投资）和私人供资类型（实物捐赠、私人非营利部门、赞助）分列	SDG 11.4 内涵解析和指标量化	数据产品：中国 244 个自然保护区分东、中、西部单列人均支出统计图表以及单位面积支出统计图表；黄山世界遗产地遥感生态指数（RSEI）25 年时间序列数据集。 方法模型：提出“加大单位面积资金投入，保护和捍卫世界文化和自然遗产”
11.6.2 城市细颗粒物（例如 PM _{2.5} 和 PM ₁₀ ）年度均值（按人口权重计算）	中国城市细颗粒物（PM _{2.5} ）监测与分析	数据产品：中国 2010-2018 年 PM _{2.5} 年平均产品
11.7.1 城市建设区中供所有人使用的开放公共空间的平均比例，按性别、年龄和残疾人分列	中国城市开放公共空间面积比例	数据产品：中国城市建成区公共空间面积指标评价数据集 方法模型：提出一种简便的指标核算方法，能为其他国家开展本指标评价及结果的国际对比提供经验借鉴 决策支持：为开展中国尺度城市可持续发展综合评价提供数据支撑



案例分析

中国可便利使用公共交通的人口比例

尺度级别：国家

研究区域：中国

城市公共交通是城市交通不可缺少的部分，是保证城市生产、生活正常运转的动脉，是提高城市综合功能的重要基础设施之一，它对城市各产业的发展、经济和文化事业的繁荣、城乡间联系等起着重要的纽带和促进作用。良好的城市公共交通系统是许多城市经济增长和

城市生活质量的代名词，也是实现大多数可持续发展目标的关键因素，特别是与教育、粮食安全、卫生、能源、基础设施和环境有关的目标。然而传统的分析手段难以对复杂的公共交通空间网络进行获取和量化分析，因而需要借助地球大数据方法进行处理。

对应目标：11.2 到2030年，向所有人提供安全、负担得起的、易于利用、可持续的交通运输系统，改善道路安全，特别是扩大公共交通，要特别关注处境脆弱者、妇女、儿童、残疾人和老年人的需要

对应指标：11.2.1 可便捷使用公共交通的人口比例，按年龄、性别和残疾人分列

方法

SDG 11.2.1 基于中国公共交通网络矢量图，提取具有空间属性的公共交通站点（公交、地铁）数据，创建站点 500 米缓冲区范围，叠加基于遥感数据和网络数据生成的高时空分辨率人口数据，计算公里网格内缓冲

区覆盖的人口比例，最后根据城市建成区空间数据，测算得到城市建成区范围内的可便捷使用公共交通人口比例。

所用数据

- ◎ 2015 年中国公共交通网络矢量图；
- ◎ 全国公里网格人口分布图。
- ◎ 全国 100 米分辨率的土地利用数据产品；

结果与分析

结合中国地级城市公共交通站点数据和人口公里网格数据，分析了中国地级市（除台湾之外）建成区公共交通站点 500 米范围内的人口覆盖比例。总体上，中国省级尺度可便捷使用公共交通的人口比例平均为

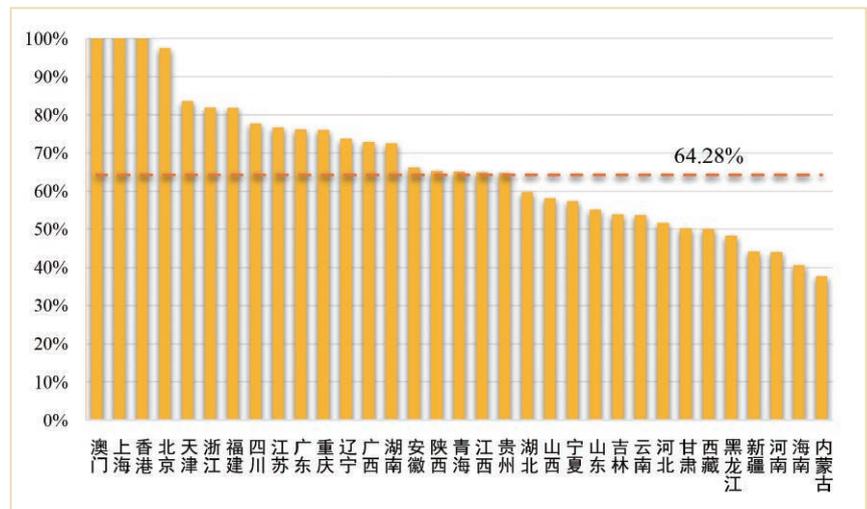
64.28%，东部地区省份普遍高于中西部地区省份，南方省份普遍高于北方省份。其中，澳门、上海、香港达到 100%，即距公共交通站点 500 米覆盖了建成区全部人口；北京、天津、浙江、福建、四川、江苏、广东、重庆、

辽宁、广西、湖南、安徽、陕西、青海、江西、贵州等省市高于全国平均水平；低于全国平均水平的 14 个省份中，既有东部地区的山东、河北、海南，也有中部地区的湖北、山西、吉林、黑龙江、河南和西部地区的宁夏、云南、甘肃、西藏、新疆、内蒙古。

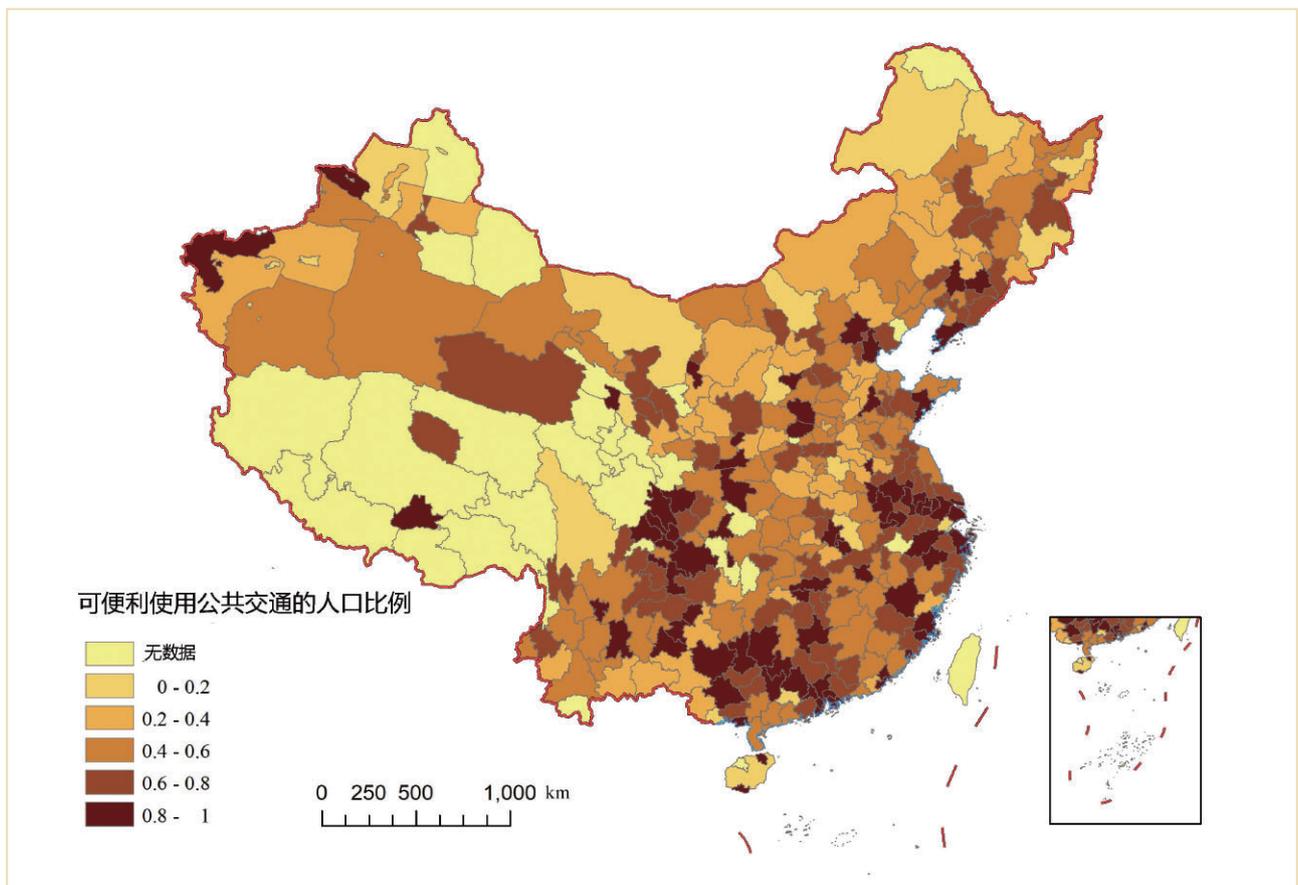
从地级市尺度来看，人口密集的城市可便捷使用公共交通的人口比例要普遍高于人口稀少的城市。省会城市可便捷

使用公共交通的人口比例普遍高于其他非省会城市。在西北部的一些城市，由于城市人口分布相对集中或人口

主要沿城市道路分布，其可便捷使用公共交通的人口比例较高。



↑ 图 4-1. 各省市可便捷使用公共交通的人口比例 (注：台湾数据缺失)



↑ 图 4-2. 全国地级市可便捷使用公共交通的人口比例 (注：台湾地区数据缺失)

成果要点

- 中国省级尺度可便捷使用公共交通的人口比例平均为 64.28%，东部地区省份普遍高于中西部地区省份，南方省份普遍高于北方省份。
- 从地级市尺度来看，人口密集的城市可便捷使用公共交通的人口比例要普遍高于人口稀少的城市。省会城市可便捷使用公共交通的人口比例普遍高于非省会城市。

展望

该指标采用的计算方法较为简便，同时导航数据和土地利用数据较易获得，能为其他国家开展本指标评价及结果的国际对比提供经验借鉴。

公交网络矢量数据可依据需要动态更新，土地利用数据产品每 3-5 年更新一次，基本能够满足未来高时空

分辨率的评价。

该指标评价所使用的人口数据，目前还无法实现按年龄、性别和残疾人的分类分析。下一步计划通过手机、互联网等大数据开展不同人群人口空间数据的研发，以更好为该指标的监测和评价提供支持。

中国城镇化监测与评估

尺度级别：国家

研究区域：中国

城市化最显著的特征包括城市空间扩张和人口增长，即土地城市化和人口城市化。伴随着快速的城市化进程，城市扩张占用了周边大量的耕地等土地资源，对社会、经济、环境产生了深远影响。另外，城市的物理增长常常与人口增长不成比例，导致土地利用在许多形式上效率较低。因此，为有效监测城市化进程，不仅需要掌握现有城市空间扩张强度，还需要监测人口的增长速率。快速、有效地获取城市土地消耗与人口增长之间的关系，对理解和协调人地关系具有重要意义。指标

SDG 11.3.1 定义为土地消耗率 (Land Consumption Rate, LCR) 与人口增长率 (Population Growth Rate, PGR) 之比，用于描述城市扩展与人口统计之间的关系。对于该指标，本案例主要工作包括：① 基于地球大数据开展高分辨率高精度全球城市不透水面制图，为该指标的监测与评估提供数据支撑；② 以中国大陆 340 个地级城市为研究对象，定量描述土地消耗率与人口增长率之间的关系，在国家尺度上评估中国城市可持续发展。

对应目标：11.3 到2030年，在所有国家加强包容和可持续的城市建设，加强参与性、综合性、可持续的人类住区规划和管理能力

对应指标：11.3.1 土地消耗率与人口增长率之间的比率

方法

依照 SDG 11.3.1 的评价方法，计算城市土地消耗率与人口增长率之间的比值：

① 土地消耗率：

$$LCR = \text{LN}(\text{Urb}_{t+n} / \text{Urb}_t) / (y)$$

Urb_t 代表城市过去城市建成区的面积，作为初始值，单位为 km^2 ； Urb_{t+n} 代表城市现在城市建成区的总面积，作为最终值，单位为 km^2 ； y 代表两个时期之间的年份。

在城市扩展研究中，科学家们发现从遥感影像中提取的城市不透水面能够非常准确地反映城市地表信息以及城市土地利用强度。本案例利用多时相 Landsat 5 TM 和 Landsat 7 ETM+ 大气纠正后的地表反射率影像进行 1990 至 2010 年度的城市不透水面提取。对于 2015 年产品，本研究研发利用多源多时相升降轨 Sentinel 1/2A 数据结合其纹理特征和物候特征的全球不透水层自动化精细提取技术，依托大数据云处理平台将其应用到 2015 年

(SDGs 基准年) 全球 10 米分辨率高精度城市不透水面空间分布信息提取中。

② 人口增长率 (PGR)：

$$PGR = \text{LN}(\text{Pop}_{t+n} / \text{Pop}_t) / (y)$$

Pop_t 代表城市过去总人口的数量，作为初始值； Pop_{t+n} 代表城市现在人口总人数的数量，作为最终值； y 代表两个时期之间的年份。

对于中国区域采用人口数据空间化方法：首先，通过土地利用数据和 DMSP/OLS 夜间灯光数据构建与人口相关的 9 个自变量；其次，采用地理回归加权 (Geographic Regression Weighted, GWR) 构建人口空间化模型；最后获得 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 空间分辨率的网格化人口。

③ 土地消耗率和人口增长率的比值 (LCRPGR)：

$$\text{LCRPGR} = (\text{土地消耗率} / \text{人口增长率}) = (\text{LCR} / \text{PGR})$$

所用数据

© 2015.1.1-2016.6.30 期间获取的升降轨 Sentinel 1 SAR（15 万景）和 Sentinel 2A 光学影像（34 万景）；1990-2010 年期间 Landsat 数据；1992、2000 和 2010 年 DMSP/OLS 夜间灯光数据；SRTM 和 ASTER 数字高程

模型（DEM）数据；

© 1990、2000 和 2010 年 30 米分辨率土地利用数据；

© 第四，第五和第六次中国人口普查数据（县级）和 UN 城市人口数据。

结果与分析

该研究根据联合国人居署提出的 SDG 11.3.1 的评价指标从一个侧面反映中国城镇化发展。

① 高分辨率全球城市不透水面制图

全球 10 米分辨率城市不透水面分布如图 4-3 所示。与 Global Human Settlement Layer（GHSL，38 米分辨率，2014 年）、Liu（30 米分辨率，2015 年）、GlobeLand30（30 米分辨率，2010 年）、NLCD（30 米分辨率，2010）以及 CLC（20 米分辨率，2012）产品进行对比分析，我们的产品相关系数 $R^2 > 0.80$ ，总体精度 $OA > 86\%$ ，用

户精度 $UA > 82\%$ ，制图精度 $PA > 90\%$ 。结果证明该产品具有很高的精度，以及基于 SAR 和光学影像融合在全球尺度提取城市不透水面技术方法的有效性。本研究：1）有效改善单时相单一数据源不透水面提取中的误差并进一步提升其提取精度；2）采用大数据处理技术与方法：利用不同传感器（SAR 和光学）和不同成像模式（SAR 升降轨）数据，真正体现大数据理念，所用数据量：Sentinel-1 共 15 万景；Sentinel 2A 共 34 万景；3）首次实现全自动化的城市不透水面精细快速提取。



图 4-3. 全球城市不透水面空间分布（2015）

② 中国城市扩张与人口迁移分析

为了监测 SDG 11.3.1 在中国的进展状况，我们计算了 1990-2000 和 2000-2010 年期间中国大陆 340 个地级市的 LCR、PGR 和 LCRPGR。图 4-4 显示了该指标在地级市尺度空间分布。结果显示中国该指标变化从 1990-

2000 年的 1.41 增加到 2000-2010 年的 1.94。因此，相对 1990-2000 年，2000-2010 年建成区的增长速度较人口增速更快。此外，LCRPGR 较高的城市（ $LCRPGR > 3$ ），在 1990-2000 年共 19 个城市，而在 2000-2010 年增加到 47 个，这些城市需要有效控制城市空间范围扩张。

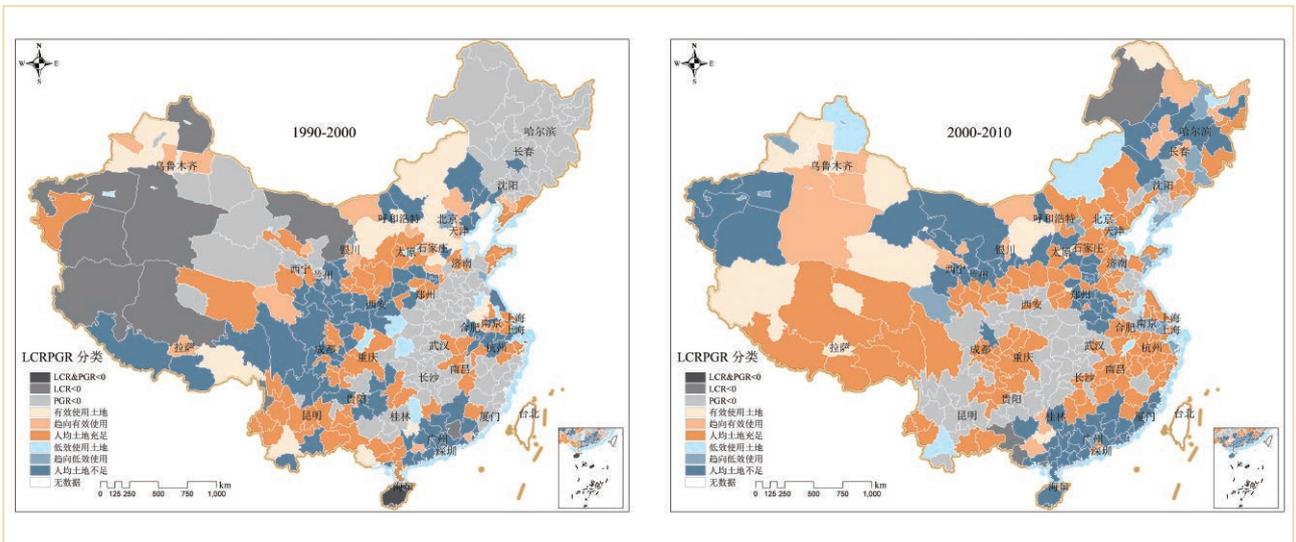


图 4-4. 中国 340 个地级市尺度 1990-2010 年间 SDG 11.3.1 计算结果空间分布

成果要点

- 中国自主生产的全球 10 米分辨率城市不透水面遥感产品精度优于 86%，可以为联合国 2030 可持续发展提供空间数据支撑，从而解决数据缺失问题。
- 通过监测 SDG 11.3.1 在中国的进展状况来看，相对 1990-2000 年，2000-2010 年建成区的增长速度较人口增速更快；对于 LCRPGR 较高的城市（ $LCRPGR > 3$ ），1990-2000 年共 19 个城市，而 2000-2010 年增加到 47 个，这些城市需要有效控制城市空间范围扩张。

展望

利用实时更新的全球不透水面遥感产品，结合 UN 城市人口数据、中国人口统计和年鉴数据等人文、社会资料对全球 1860 个城市（人口大于 30 万）开展 SDG 11.3.1 “土地消耗率与人口增长率之间的比率”指标监测与度量。未来，将结合其他城镇化评价指标来综合展示中国城镇化进展。另外，结合这些城市的经济和环境数据，实现基于地球大数据技术的城市可持续发展在社会、经济和环境三个层次的时空格局全面监测。

SDG 11 至少与其它 11 个 SDGs 存在直接关系，全部 SDG 的 230+ 个指标中约有 1/3 的指标可以在城市层

面进行衡量，使城市成为行动和跟踪可持续发展进展的重要单元。未来，将围绕重点城市开展 SDG 11 与其它 SDGs 目标交叉与综合评估研究。

基于地球大数据及其处理技术我们将实时发布和更新（例如每 3 年）高分辨率高精度全球城市遥感产品；我们发布和更新的全球城市不透水面遥感产品可以帮助那些没有技术和财政资源支撑的发展中国家来监测他们的城市发展，并描述这些城市的土地使用率和人口增长率之间的关系。

SDG 11.4 内涵解析和指标量化

尺度级别：国家

研究区域：中国

UN 对于 SDG 11.4 提出“进一步努力保护和捍卫世界文化和自然遗产”，并给出“人均支出总额（公共和私人）”来衡量投入大小的指标。但是，由于世界遗产存在于不同国家和地区，在不同文化背景和不同的发展水平下，对于如何评价“进一步努力保护和捍卫世界文化和自然遗产”成为难点。实际上，一国的人均支出总额的大小，至少与下列因素有关：① 该国的所有文化和自然遗产的数量及其面积总量；② 该国对于每个文化和自然遗产的投入的经费量；③ 该国的人口数量。通过对评价目标体系的深入解读、可靠的数据较便利的获取和

符合实际测度的制定，我们提出：衡量资金投入，特别是对于自然遗产以及混合遗产可以从保护区单位面积投入来尝试计算，即：单位面积投入费用 = 总费用 / 遗产地面积（ km^2 或者 Ha）这个指标来衡量“加大资金投入”的情况。通过比较发现，“单位面积投入费用”比“人均支出总额（公共和私人）”更加合理。因此，建议将联合国可持续发展的 SDG 11.4 给出的指标概括为 11.4.1 “加大单位面积资金投入，保护和捍卫世界文化和自然遗产”。

对应目标：11.4 加大投入，保护和捍卫世界文化和自然遗产

对应指标：11.4.1 保存、保护和养护所有文化和自然遗产的人均支出总额（公共和私人），按遗产类型（文化、自然、混合、世界遗产中心指定）、政府级别（国家、区域和地方/市）、支出类型（业务支出/投入）和私人供资类型（实物捐赠、私人非营利部门、赞助）分列

方法

（1）单位面积资金投入的计算。从保护区单位面积资金的投入来反映某个国家总体或者单个世界遗产地的保护力度。计算公式：

$$\text{TEPUA} = \frac{\sum \text{PuE} + \sum \text{PrE}}{A}$$

其中，TEPUA 为保存、保护和养护所有文化和自然遗产的单位面积支出总额（Total expenditure per unit area, TEPUA），PuE 为各级政府部门在文化和自然遗产的保存、保护和养护上的支出费用（Public expenditure, PuE）；PrE 为各类用于文化和自然遗产保存、保护和养护上的私人支出费用（Private expenditure, PrE）；A 为区域保护地总面积（Area, A）。

（2）遥感生态指数（Remote Sensing Ecological Index, RSEI）的计算。以遥感生态指数（Remote

Sensing Ecological Index, RSEI），来衡量生态环境的变化。

RSEI 计算方法：

$$\text{RSEI} = 1 - \text{PCA}(f(\text{NDVI}, \text{WET}, \text{NDSI}, \text{LST}))$$

上式中，PCA 为主成分分析，NDVI、WET、NDSI、LST 分别代表绿度、湿度、干度、热度。

（3）样本选择方法。由于中国国家级风景名胜区有比较完善的管理制度体系，且中国世界遗产和国家级风景名胜区之间存在着共通之处，目前自然遗产管理的组织模式就是在原有的风景区管理模式基础上演变而来的。因此，本项目在梳理现有自然遗产地可持续发展评价指标的基础上，利用 244 个中国国家级风景名胜区 2006-2017 年共 12 年的收支统计数据 and 风景区面积数据，借助于 GIS 分析技术方法，对资金投入情况进行量化测算和分析总结，旨在从具有一定数量的案例中讨论加大资金投入指标的可测度性和可操作性。

(4) 资金投入与生态环境状态的关系分析。以黄山典型案例地为示范，比较 TEPUA 投入曲线与 RSEI 曲线，

分析资金投入与生态环境的关系。

所用数据

◎ 2006-2017 年 244 个中国国家级风景名胜收支统计数据、风景区面积及游客客量数据；

◎ 244 个国家级风景名胜区及中国世界遗产地边界的矢量数据；

◎ 1992-2017 年 25 年间黄山保护区资金收支数据；

◎ 1992-2017 年黄山地区 Landsat 系列卫星影像数据、部分高分辨率遥感数据、地面调查数据。

结果与分析

以中国 244 个国家级风景名胜区相关数据为样本，并将中国划分为东部、中部、西部三个区域，分别统计计算各区的人均支出、单位面积支出，并进行比较（图 4-5，图 4-6）。

根据图 4-6，中国的平均单位面积资金投入在逐年加大，从 2006 年的 25 万 /km² 到 2017 年的 65 万 /km²，东部、

中部的投入要高于西部。根据图 4-5，西部的人均支出在 2012 年后显著高于东部。与图 4-6 的结论不同，虽然东部的资金投入量实际上要远高于西部，但是由于西部人口数量远低于东部，所以图 4-5 呈现西部人均投入比东部高。因此，“人均支出总额”来衡量保护力度没有用“单位面积投入”来衡量加大投入更合理。

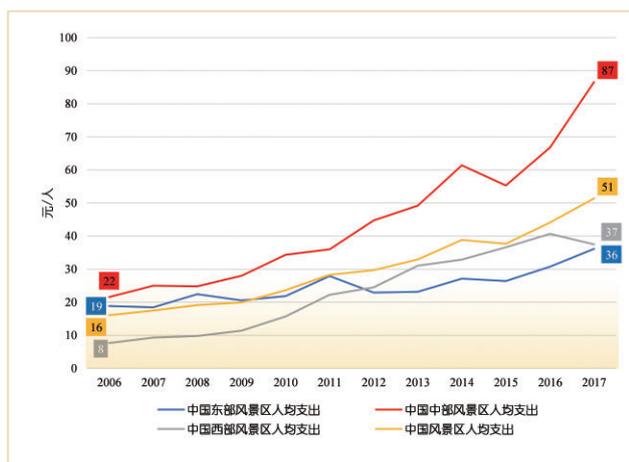


图 4-5. 中国风景名胜区人均支出分区统计图

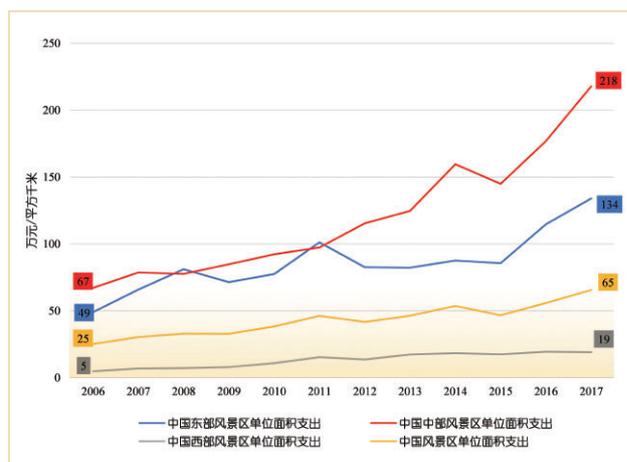


图 4-6. 中国风景名胜区单位面积支出分区统计

以黄山为例，展示关于 11.4.1 “加大资金投入，保护和捍卫世界文化和自然遗产”的指标体系和评价方法。黄山是中国较早（1990）列入世界遗产名录的遗产地之一，目前，拥有世界双重遗产地、世界地质公园、世界生物圈保护地“三项桂冠”。用该遗产地的保护与资金投入分析具有典型性。

图 4-7 反映 25 年来，黄山风景区资源保护投入与生态环境状况变化。从图 4-7 可见，两者趋势基本一致。在大趋势上，随着资源保护投入的增加，保护区的生态

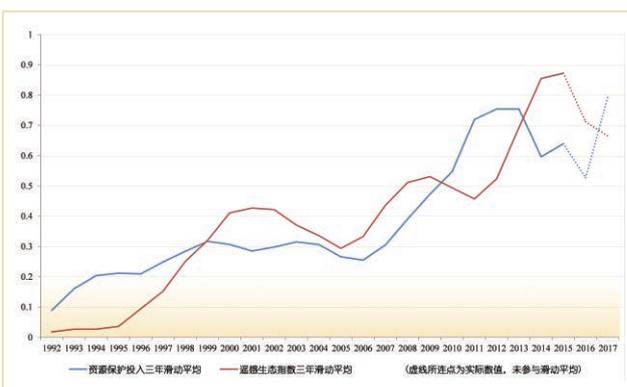


图 4-7. 黄山风景区资源保护投入与遥感生态指数变化图

环境状况在变好。黄山 1990-2017 年遗产地不同项目支出金额的比例中，资源保护占比 23%，比较有力地起到

保护遗产地生态环境的作用。图 4-8 为黄山风景区遥感生态指数（RSEI）图（1992-2017）。

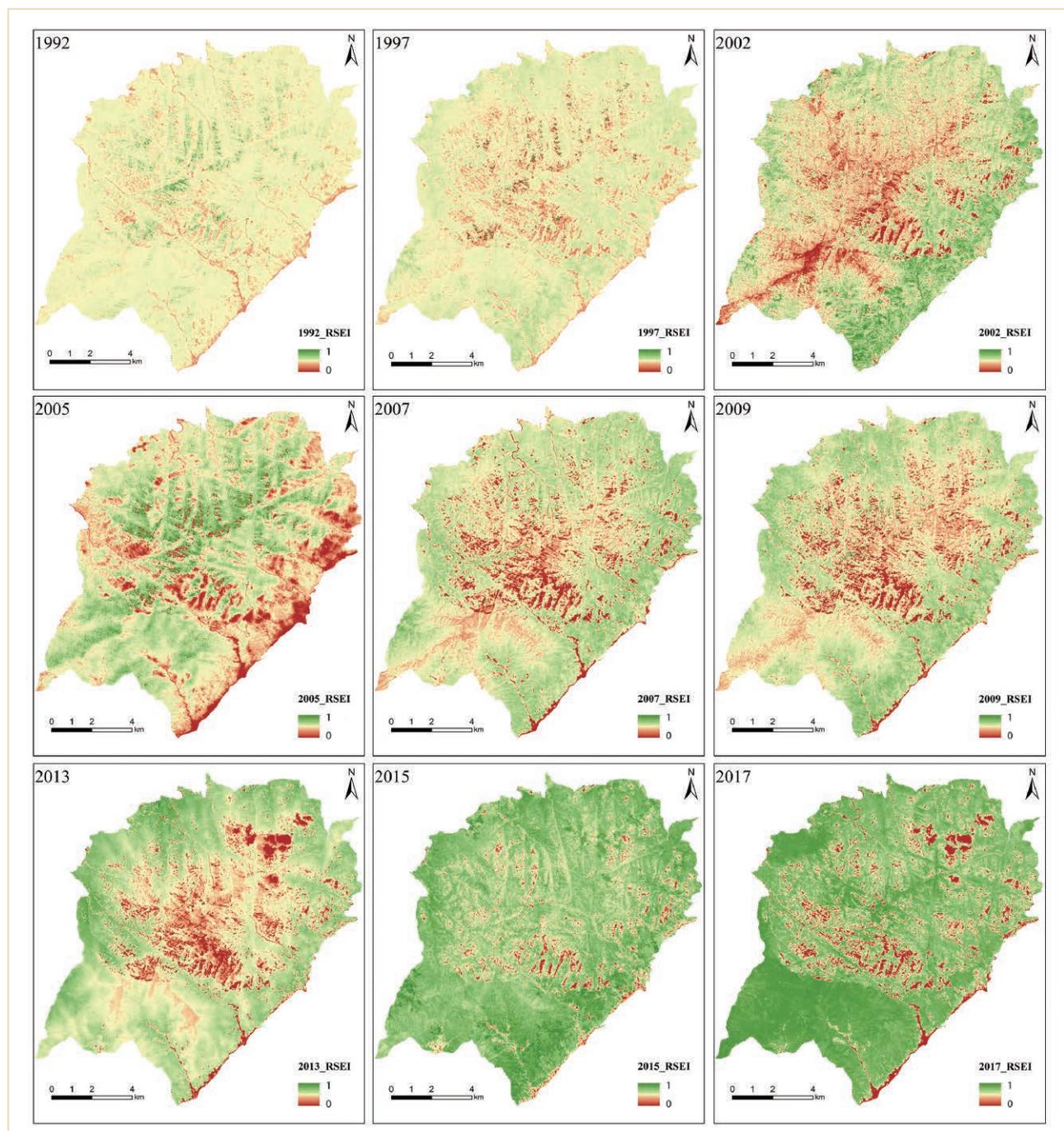


图 4-8. 黄山风景区遥感生态指数（RSEI）图（1992-2017）

成果要点

- 相较于“人均支出总额”，保护区“单位面积支出总额”更能科学合理地反映区域世界遗产的可持续发展状况。
- 以黄山风景区为例，证明资源保护投入可以促进生态环境状况变好，进一步说明加大资金投入对于保护区可持续发展的重要性。

展望

全球急需一个指导性的保护区单位面积资金投入评分标准（可以 0-5 级）来度量资金投入的力度。虽然“单位面积支出总额”相较于“人均支出总额”能更科学合理地反映加大投入对世界遗产保护的力度，但是，对于“单位面积支出总额”的衡量，不同国家、地区乃至不同遗产地，可能所需要的投入资金都有差别。从世界遗产地“干扰最小化原则”出发，亟需从全世界角度考虑，并结合不同国家、地区以及遗产地类型能出台一个指导性的保护区单位面积资金投入评分标准（可以 0-5 级）来度量

加大努力在资金投入方面的力度。

需要有直接的、通用的指标来衡量资金投入在遗产地保护的效果。本文以中国黄山世界遗产地为例，用遥感生态指数（RSEI）能够说明随着资源保护资金的投入加大，可以促进黄山风景区生态环境状况变好。但是，这仅仅是一个案例，未来需要全球若干案例的综合研究，才能进一步判定用遥感生态指数（RSEI）来衡量资金投入与生态环境保护的定量关系。这也需要国际合作，特别在统计数据方面的共享机制建立方可完成。

中国城市细颗粒物 (PM_{2.5}) 监测与分析

尺度级别：国家

研究区域：中国

细颗粒物 (PM_{2.5}/PM₁₀), 大气动力学直径小于 2.5/10 μm) 已成为中国大气污染的首要污染物, 已严重影响人类生活健康。自 2012 年起, 随着国家环保相关部门重视, 地基监测站点逐年增加; 同时, 由于长期缺乏细颗粒监测控制网, 历史数据难以获取, 阻碍细颗粒

物在流行病学和健康效应研究。卫星遥感技术具有时间序列长、空间覆盖广等优势, 有效弥补站点观测不足, 已被科学家大量用于估算区域 PM_{2.5} (PM₁₀) 浓度, 较好反映细颗粒在空间上的连续变化。

对应目标：11.6 到2030年，减少城市的人均负面环境影响，包括特别关注空气质量，以及城市废物管理等

对应指标：11.6.2 城市细颗粒物(例如PM_{2.5}和PM₁₀)年度均值 (按人口权重计算)

方法

利用卫星反演的气溶胶光学厚度 (Aerosol Optical Depth, AOD) 估算近地面颗粒物的方法较多, 不同方法各有优势, 可用于估算历史 PM_{2.5} 的时空分布特征, 对公共健康的评价具有重要的应用价值。为分析近几年中国地区重点城市 PM_{2.5} 变化, 本研究根据人口权重计算

出重点城市建成区 2010-2018 年 PM_{2.5} 年均浓度, 计算方法如下:

$$C_{agg} = \text{SUM} (C_{nat} \times P_{nat}) / \text{SUM}(P_{nat})$$

C_{agg} 是区域/全球估计; C_{nat} 是国家估计; P_{nat} 是国家人口。

所用数据

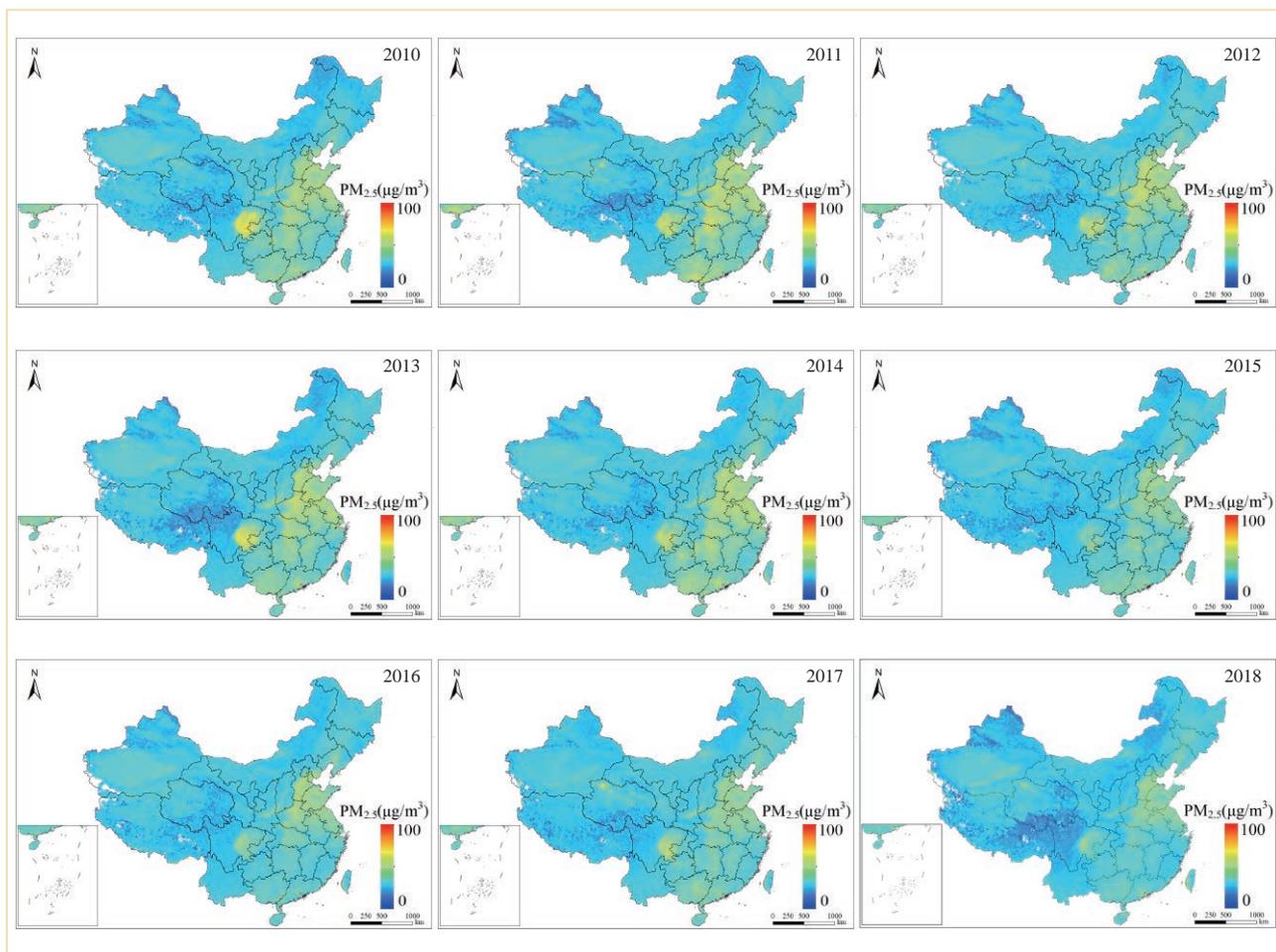
◎ 遥感数据及相关产品包括基于 MODIS 气溶胶产品、MODIS 时间序列植被指数数据;

◎ 监测数据包括：中国环境监测站大气成分；
◎ 气象数据：欧洲中期天气预报中心再分析资料。

结果与分析

基于 NASA Terra 及 Aura 卫星 MODIS 载荷的 AOD 全球二级产品, 估算中国地区 2010-2018 年各年平均的 PM_{2.5} 浓度, 分布如下图所示。从全国尺度来看, PM_{2.5} 的空间分布与人口或工业产业的聚集程度呈明显正相关, 高值多集中在中东部城市化与工业化发达的地市或城

市群。从时间变化来看, 2013 年至 2018 年全国平均的 PM_{2.5} 含量逐年下降, 其中京津冀、成渝、长三角和珠三角等城市群下降趋势更为明显, 体现了我国近几年来大气污染防治的显著成效。



↑ 图 4-9. 2010-2018 年中国 $PM_{2.5}$ 年均分布图

成果要点

- 提供中国 2010–2018 年度平均 $PM_{2.5}$ 数据产品。
- 从全国尺度来看,京津冀、长三角、珠三角及成渝地区,2010–2018 年整体呈现较为明显的下降趋势。

展望

技术创新层面,未来将继续探索深度学习方法,引入更多与相关指标参数为提高估算精度;并探索影响大气中污染物机制和源分布,推进大气环境研究。

应用推广方面,大气环境影响着人类健康,是公众

首要关心问题。未来通过构建高时空分辨率数据,完善和推动 $PM_{2.5}$ 、臭氧等公共健康密切相关的产品进步和落地应用。同时还需要政府、社会等用户力量的引导和支撑。

中国城市开放公共空间面积比例

尺度级别：国家

研究区域：中国

开放公共空间（Open public space）为城市人口提供了娱乐机会、审美享受、环境和农业功能等有价值服务，是改善城市功能和促进健康，发展居民生活质量更好的高效的生态系统的先决条件。同时，公共空间与增强社会安全性和凝聚力、更高的平等性以及改善人民健康和福祉等益处息息相关。在联合国可持续发展目标中，

开放公共空间是实现 SDG 3、SDG 5、SDG 8、SDG 13 等若干目标的关键。在新的时代背景下，城市公共空间的规划更新为城市空间转型和品质的提升提供了可行路径。面对特定的城市公共空间的独特性和复杂性，公共空间更新规划合理有效地编制思路也在不断探索的过程中。

对应目标：11.7 到2030年，向所有人，特别是妇女、儿童、老年人和残疾人，普遍提供安全、包容、便利、绿色的公共空间

对应指标：11.7.1城市建设区中供所有人使用的开放公共空间的平均比例，按性别、年龄和残疾人分列

方法

从中国土地利用数据产品中提取亚类“城镇用地”构建中国建成区空间数据集。从全国导航矢量数据中提取基于建成区域定义的城市边界内的开放公共空间（包括公共绿地，广场）。同时提取各级道路数据（高速、国道、省道、县道、乡镇道路和城市街道），根据中国道路建设宽度规范，将道路线状数据空间化为面状矢量数据。具体计算过程包括：① 全国公里网格生成：定义 generateFishnet 函数，利用栅格网格转化法生成全国公里网格；② 全国网格与公共绿地空间数据叠加分析，生

成公里网格公共绿地空间数据；③ 以国家各级道路建设宽度规范，将高速、省道、县道、县镇道路和城市其他道路转换为面状数据，然后与全国网格叠加分析，生成公里网格道路空间数据；④ 在网格尺度，将道路数据与公共绿地数据加和后除以城市建成区总面积得到城市开放公共空间面积比例；⑤ 尺度转换：基于空间统计分析，将结果由公里网格尺度向县、市、省和全国尺度进行转换。

所用数据

© 2015 年中国导航矢量数据，包括公共绿地、广场、各级道路（高速、国道、省道、县道、乡镇道路、城市街道）等数据，以 PostgreSQL 数据库存储；

© 2015 年 100 米分辨率的中国土地利用数据产品，

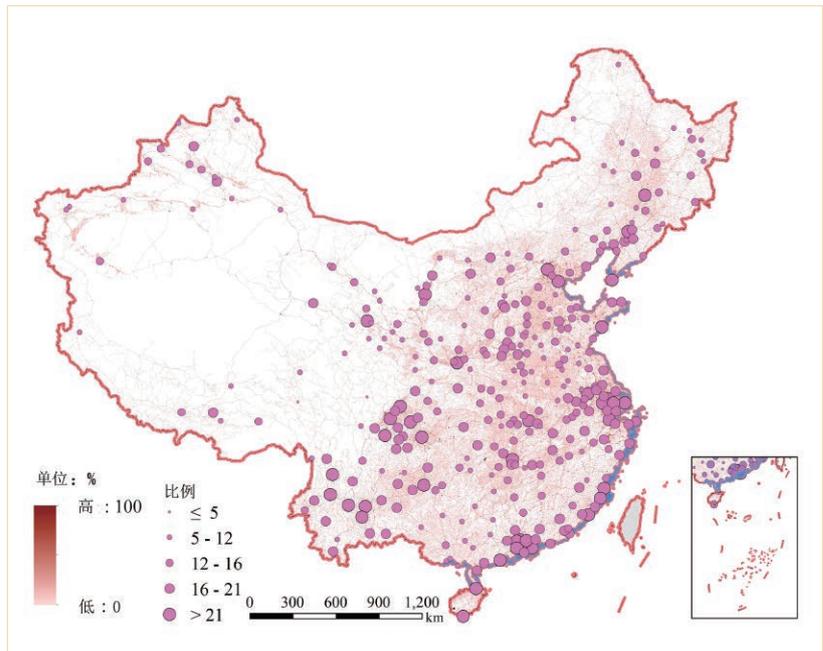
数据来自中国科学院资源环境科学数据中心“2015 年中国土地利用现状遥感监测数据”，主要基于 landsat 8 遥感影像，通过人工目视解译生成。

结果与分析

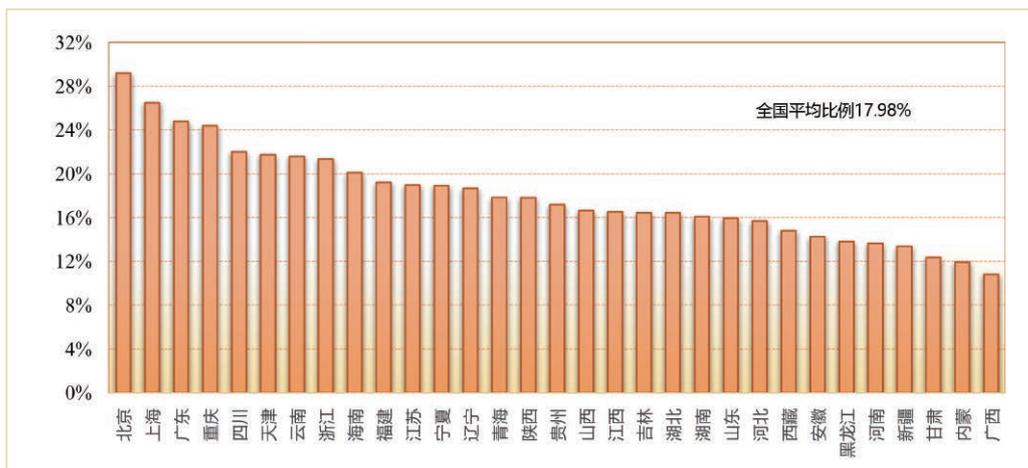
本案例对中国所有地级市城市开放公共空间进行了评价研究，初步得出：在省级层面，中国各省城市建

成区开放公共空间面积平均比例为 17.98%（不包括港澳台）。其中北京市开放公共空间面积比例最高，为

29.18%，广西省最低，仅为 10.82%。全国共有青海、陕西、贵州、山西、江西、吉林、湖北、湖南、山东等 18 个省份的开放公共空间面积比例低于全国平均水平。在城市层面，东部城市开放公共空间面积比例高于中西部城市，省会城市高于全省其他城市。京津冀城市群、长三角城市群、珠三角城市群、四川盆地城市群、云贵地区城市群开放公共空间面积比例高于周边城市。城市开放公共空间主要由公园、广场和绿地等公共空间与道路组成，京津冀城市群、长三角城市群、珠三角城市群地区城市道路密度占主导位置，而四川盆地城市群和云贵地区城市群的绿色公共空间占主导。



↑ 图 4-10. 全国主要地级市开放公共空间面积比例



↑ 图 4-11. 全国各省城市开放公共空间面积比例

成果要点

- 在省级层面，中国各省城市建成区开放公共空间面积平均比例为 17.98%（不包括港澳台）。其中北京市开放公共空间面积比例最高，为 29.18%，广西省最低，仅为 10.82%。
- 在城市层面，东部城市开放公共空间面积比例高于中西部城市，省会城市高于全省其他城市。

展望

中国导航数据为实时更新数据，能够满足未来高时间分辨率的评价需求。中国土地利用数据产品每 3-5 年更新一次，基本可满足评价需求；

案例采用的方法较为简便易行，同时导航数据和全球土地利用数据均不难获取，这为世界各国开展 SDG 本目标的本国评价与国际对比提供了新思路；

案例方法解决了 SDG 11.7.1 的核心评价内容，但开放公共空间类别目前只纳入了绿色公共空间和道路数据，

没有涉及其他开放公共空间类型。今后需进一步完善开放公共空间评价类型；

SDG 11.7.1 考虑开放公共空间对不同分类人群的服务，而当前按性别、年龄和残疾人信息分类仍然是一项关键挑战。下一步需结合手机、互联网等大数据开展不同人群人口空间数据研发，以更好为联合国 2030 可持续发展提供空间数据和决策支持。



本章小结

本报告以 SDG 11 的 5 个指标为例，针对 Tier I、Tier II 和 Tier III 三类指标提出相应的地球大数据支撑的指标评价模型和方法，在中国尺度生产了相应的数据产品，实现了 SDGs 指标的实时动态、空间精细化、定量的监测与评估，为后续开展全球、区域可持续发展的综合评价提供了有力的支撑。

(1) 针对 SDG 11.3.1，提出了利用多源多时相升降轨 SAR 和光学数据结合其纹理特征和物候特征融合的全球 10 米分辨率高精度城市不透水面提取方法，为该指标监测与评估提供技术方法和数据支撑。在 PM_{2.5} 估算方面 (SDG 11.6.2, Tier I)，提出了利用卫星反演的气溶胶光学厚度估算近地面 PM_{2.5} 的新方法，提升了 PM_{2.5} 遥感估算的精度和时空分辨率，为评价城市空气质量的评估提供了新的数据产品。

(2) 在城市公共交通 (SDG 11.2.1, Tier II)、城市土地利用效率 (SDG 11.3.1, Tier II) 和城市公共空间 (SDG 11.7.1, Tier II) 指标方面，以高分辨率遥感数据和导航矢量数据为核心，提出了公共交通、开放公共空间 (绿地、广场、道路等)、建成区范围和人口等城市信息的高时空分辨率提取方法，形成了高分辨的中国区

域数据产品。

(3) 在保护和捍卫世界文化和自然遗产 (SDG 11.4.1, Tier III) 方面，提出“加大单位面积资金投入，保护和捍卫世界文化和自然遗产”的新指标并构建了相应的评价模型，在中国区域开展了案例研究。

可持续发展已成为城市未来发展和应对资源、环境等挑战的有效选择，而城市地区成为实施可持续发展战略的重要阵地。未来将在指标评价方法发展和综合评价方面重点开展以下研究：

(1) 进一步深度挖掘地球大数据在 SDG 11 指标评价方面的潜力，构建新的评价模型并生产高质量评价数据集。

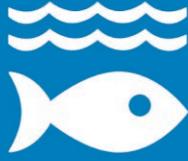
(2) 以 SDGs 为框架，重点围绕城市相关指标开展多指标协同与权衡研究；积极与国家政府部门合作，联合开展中国主要城市的可持续发展综合评估，服务于政府决策。

(3) 将地球大数据支撑的 SDG 11 指标评价模型和方法标准化，将新方法和新数据推向国际社会；为发展中国家提供数据和技术支撑，协助相关国家和地区开展 SDG 11 指标监测与综合评估。



粤港澳大湾区 10 米分辨率不透水面遥感产品

14 水下生物





SDG 14 水下生物

56 背景介绍

57 主要贡献

58 案例分析

64 本章小结



背景介绍

海洋是全球生态系统的重要组成部分，为数十亿人提供食物和生计，吸收大气热量和超过 1/4 的 CO₂，并产生了约一半的 O₂。近几十年来，在人类活动和全球变化的双重影响下，海洋生态系统、尤其是全球近海生态系统稳定度下降，酸化、低氧、富营养化等环境问题愈发严重，赤潮、水母等生态灾害频发，沿海渔业资源日渐枯竭，对海洋生态环境和沿海经济可持续发展构成威胁。海洋保护区、政策和条约鼓励负责任地开采海洋资源，对于应对这些威胁至关重要。

中国启动了一系列海洋重大研究计划，在海洋基础数据积累和理论认知取得了跨越发展，但是现阶段在海洋污染综合评估、海水酸化问题应对、近海生态系统健康管理以及海洋资源可持续利用等方面还有诸多不足，

难以满足“保护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展”的需求。中国科学院地球大数据科学工程以全球尺度基础数据产品和可持续系统研发为主要出口，围绕“中国近海”信息集成和科学研究开展工作，为海洋可持续发展目标 SDG 14 的实现提供了数据和平台保障。

SDG 14 旨在“保护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展”，主要关注海洋生物的多样性，海水酸化对海洋生态的威胁，陆源污染物对海洋的影响，海洋可持续利用资源等问题，已确定 7 个具体目标。报告聚焦在 SDG 14 涉及的海洋污染评估和海洋生态系统健康管理两个方向（表 5-1），为联合国可持续发展目标的实现提供支撑。

表 5-1 重点聚焦的 SDG 14 指标

具体目标	具体指标	分类状态
14.1 到 2025 年，预防和大幅减少各类海洋污染，特别是陆上活动造成的污染，包括海洋废弃物污染和营养盐污染	14.1.1 富营养化指数和漂浮的塑料污染物浓度	Tier III
14.2 到 2020 年，通过加强抵御灾害能力等方式，可持续管理和保护海洋和沿海生态系统，以免产生重大负面影响，并采取行动帮助它们恢复原状，使海洋保持健康，物产丰富	14.2.1 国家级经济特区当中实施基于生态系统管理措施的比例	Tier III

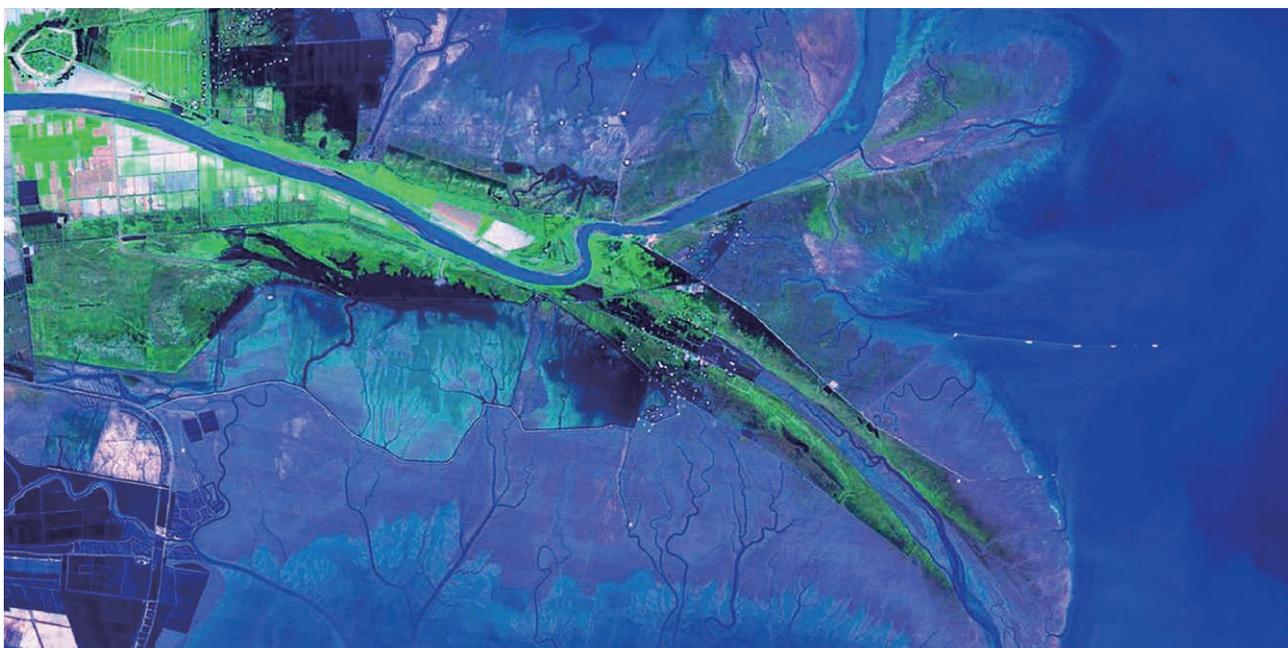


主要贡献

利用中国科学院地球大数据科学工程提供的数据集和模型方法，重点围绕海洋污染和海洋生态系统健康 2 个方向，在典型地区上开展 SDG 14 指标监测与评估，为全球贡献中国在 SDG 14 指标监测中的方法模型、数据产品、决策支持三个方面的贡献（表 5-2）。

表 5-2 案例名称及其主要贡献

指标	案例	贡献
14.1.1 富营养化指数和漂浮的塑料污染物浓度	中国近海典型海域富营养化评估	方法模型：构建适用于中国近海富营养化评估的第二代综合评估体系；科学评估我国近海典型海域富营养化状况 决策支持：参与中国近海富营养化评价海洋行业标准的制定；撰写富营养化评价国际报告并提交联合国环保署
14.2.1 国家级经济特区当中实施基于生态系统管理措施的比例	中国近海典型海域生态系统健康评估	方法模型：针对典型研究海域构建评估指标体系



↑ 黄河入海口



案例分析

中国近海典型海域富营养化评估

尺度级别：典型地区

研究区域：中国近海

人类活动排放的污染物经过各种途径，如河流排放、大气沉降等，最终排入近海，陆上活动污染的加剧导致了海洋营养盐污染和近海富营养化。近海生态系统面对营养盐输入压力，会产生相应的生态系统响应。本报告综合考虑了中国近海的营养盐压力和低氧、赤潮等生态系统响应，构建了基于压力 - 状态 - 响应的近海富营养

化评估模型，开展了中国近海典型海域人类压力、生态系统症状和富营养化状况的综合评估研究。相关模型和结果将为决策者通过管理措施预防和减少海洋污染（尤其是营养盐污染）从而消除中国富营养化问题（从而实现 SDG 14.1 的目标）提供科学依据和技术支撑。

对应目标：14.1到2025年，预防和大幅减少各类海洋污染，特别是陆上活动造成的污染，包括海洋废弃物污染和营养盐污染

对应指标：14.1.1富营养化指数和漂浮的塑料污染物浓度

方法

以长江口、胶州湾、莱州湾、渤海湾等不同尺度的近海海湾、河口为示范区，采用国际上目前通用的“压力—状态—响应”（PSR）框架建立了富营养化评价方法。该方法针对中国近海典型海域生态系统特点和监测水平，筛选人类压力、水质状态、生态系统症状等方面的各类

指标，构建了富营养化状况评估指标体系，建立了适用于中国近海富营养化评价的新一代综合评估模型；在此基础上，应用该方法对典型海域富营养化状况进行了科学评估。

所用数据

◎ 中国近海和典型海湾营养盐、叶绿素、生物量、溶解氧等理化指标；

◎ 海洋监测部门提供或者公开发布的数据。

结果与分析

构建了基于水质状态和生态系统响应的中国近海富营养化评价指标体系和综合评估模型。该模型在人类压力评价部分充分考虑了不同评价区域的海域敏感性、水动力条件差异，从而更为客观反映不同区域的人类压力

特点；在生态响应部分细分初级生态响应和次级生态响应，从而有效反映近海生态系统营养化发展的阶段和程度，增加了管理响应模块，综合“人类压力”、“系统状态”和“管理响应”不同模块的评价结果，对典型海

域富营养化状况进行综合评估,使得评估结果更为客观、并具有现实指导意义。

针对近海富营养化综合评估中的关键性指标,以胶州湾为典型海域,基于地理信息系统(GIS),开发了人类活动压力(图 5-1 左)和赤潮等近海富营养化症状(图

5-1 右)的可视化评估模型,结果表明受人类活动变化影响,该海域富营养化症状在近 20 年内有所变化,赤潮高发区从胶州湾内向湾外转移。上述结果为富营养化管理和政府决策提供了科学依据和技术支撑。

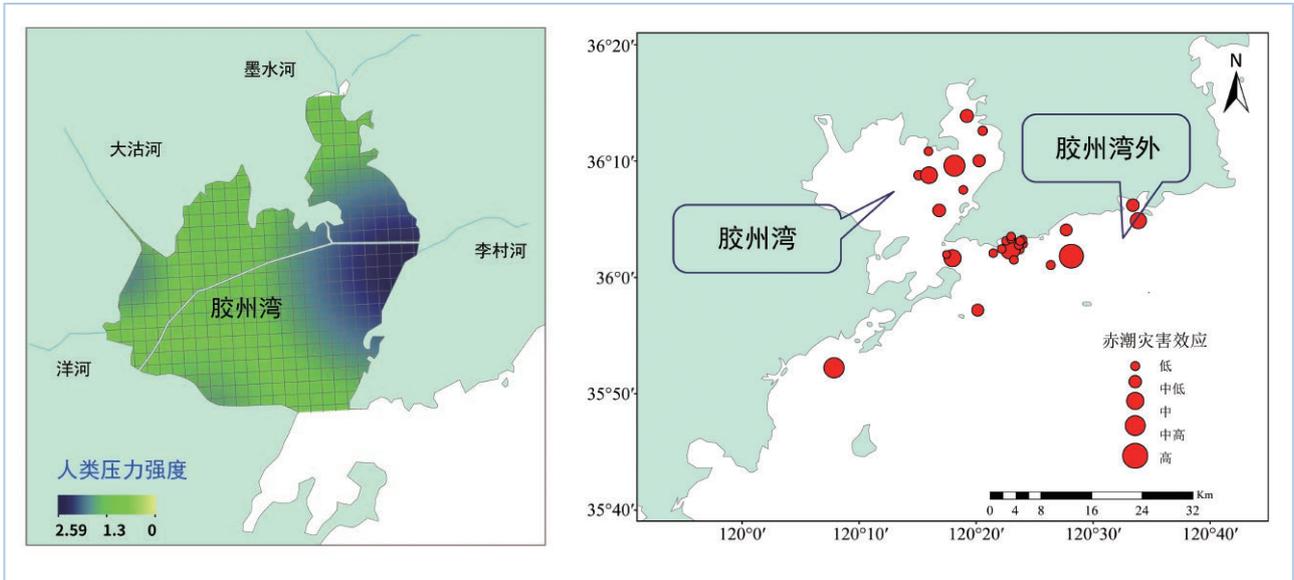


图 5-1. 中国典型海湾胶州湾人类活动压力评估和赤潮等近海富营养化症状评估

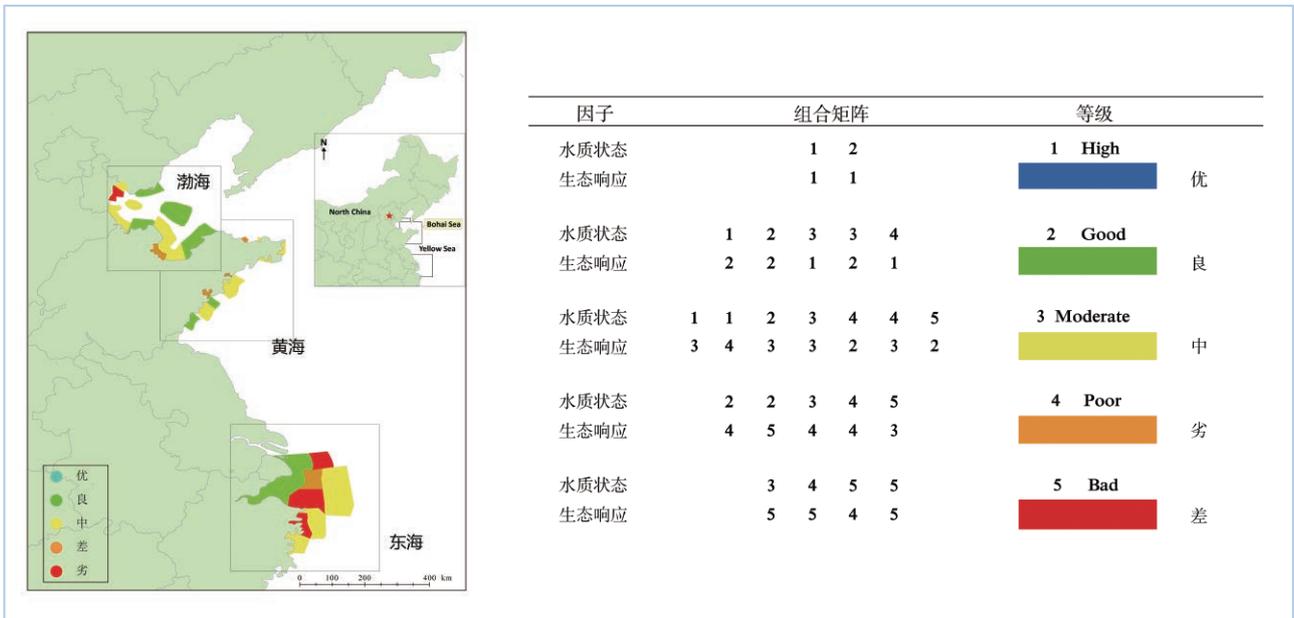


图 5-2. 中国近海典型海域富营养化状况评估

在对人类压力和生态系统症状评估基础上，进一步对不同尺度中国近海富营养化状况开展综合评估。结果表明：在一些人类活动较多、营养盐压力较重的内湾、河口等典型海域，富营养化症状明显，富营养化程度较为严重，如渤海湾、胶州湾、莱州湾和长江口等海域（图

5-2）。进一步针对这些典型海域继续实施营养盐减排、海域生态系统修复等措施，并持续开展富营养化跟踪评估，是评估管理措施有效性并最终消除近海富营养化的有效途径。

成果要点

- 构建了基于水质状态和生态系统响应的中国近海富营养化评价指标体系和综合评估模型。
- 近海富营养化状况的科学评估既需要考虑人类活动压力，也需要考虑低氧、赤潮等生态响应情况。
- 在一些人类活动较多、营养盐压力较重的内湾、河口等典型海域，富营养化症状明显，富营养化程度较为严重。

展望

参与中国近海富营养化评价海洋行业标准的制定与正式发布，并进一步推广富营养化状况综合评估模型的业务化应用，为中国近海营养盐污染和富营养化管理提供科学依据和技术支撑。继续参与联合国环境署（UNEP）

西北太平洋海域行动计划（NOWPAP），发布中国近海富营养化评价相关研究报告。

不断更新相关数据，进一步从评估结果和决策支持等方面对 SDGs 目标的实现作出贡献。



↑ 近海富营养化导致大规模赤潮频发

中国近海典型海域生态系统健康评估

尺度级别：典型地区

研究区域：中国胶州湾

实现对海洋和海洋资源的保护和可持续发展，最重要的途径之一是从保持海洋生态健康的目标出发，建立以海洋生态系统为基础的海洋管理模式。海洋生态系统健康评估作为海洋管理和开发利用的重要工具手段，可以为海洋生态环境保护、生态管理等提供重要的科学依据，为国家和地方管理部门提供可以直接使用的、高质量的信息，是提升海洋管理能力以及近海决策水平，实

现合理海洋资源开发、利用，保障海洋经济可持续发展的关键问题。近海生态系统承受着人类活动的多重压力，加上全球气候变化的大趋势及其自身的脆弱性，其健康评估工作涉及工业、农业、养殖、旅游、气候变化等多学科、多产业相关数据。因此，相关任务的完成必须从陆海统筹的理念出发，通过地球大数据平台的数据优势，通过发展大数据分析等技术方法才能够得到实现。

对应目标：14.2到2020年，通过加强抵御灾害能力等方式，可持续管理和保护海洋和沿海生态系统，以免产生重大负面影响，并采取行动帮助它们恢复原状，使海洋保持健康，物产丰富

对应指标：14.2.1国家级经济特区当中实施基于生态系统管理措施的比例

方法

本报告以中国胶州湾为目标海域，针对与胶州湾生态系统动态变化密切相关的气象、水文、化学、生物等要素进行现状及变化趋势分析并考虑关键生态过程与生态系统变动之间关系，初步确立了评估框架。从SDG 14.2 海洋和沿海生态系统的可持续管理，以及实现保持海洋健康的目标出发，基于海域生态系统结构、服务功能及生态灾害 / 疾病等各项特征，完成了对各类数据资

料的筛选、量化。利用机器学习技术，挖掘数据潜在的相关关系，并以此为基础，开展评估标准制定工作，对现有的标准进行改进，对未有定义的标准进行标准的建立。发展卡片式生态系统健康评估报告，将原始观测数据通过评估，转化成管理决策所需要的直观科学信息，直接服务于国家和近海开发管理工作。

所用数据

© 2006-2015 年期间在胶州湾典型海域内包括海洋浮游植物、浮游动物、底栖动物、细菌总数、叶绿素、水文要素、海水化学要素、悬浮物等要素实测数据；

© 2006-2010 年环境保护部门发布环境状况公报胶州湾海湾环境、水质以及养殖产量、面积等数据。

结果与分析

2006-2015 年十年间胶州湾生态系统的气象、水文、化学、生物等要素长期变化趋势以及要素间的相互关系表明，胶州湾生态系统存在趋势性的变化。海域域内以营养盐浓度、结构等各项指标为代表的海水水质状况呈现降低的趋势改变，整体水质状况逐渐得到改善；浮游植物、浮游动物群落组成、粒径结构等代表浮游生物群

落结构健康状况的相关指标存在下降趋势（图 5-3）。十年间胶州湾内各项营养盐绝对限制及相对限制发生的频次也呈逐渐上升的趋势（图 5-4），与营养盐浓度与结构变化的影响结合，成为引起胶州湾浮游植物种类及数量变化的重要驱动因子。

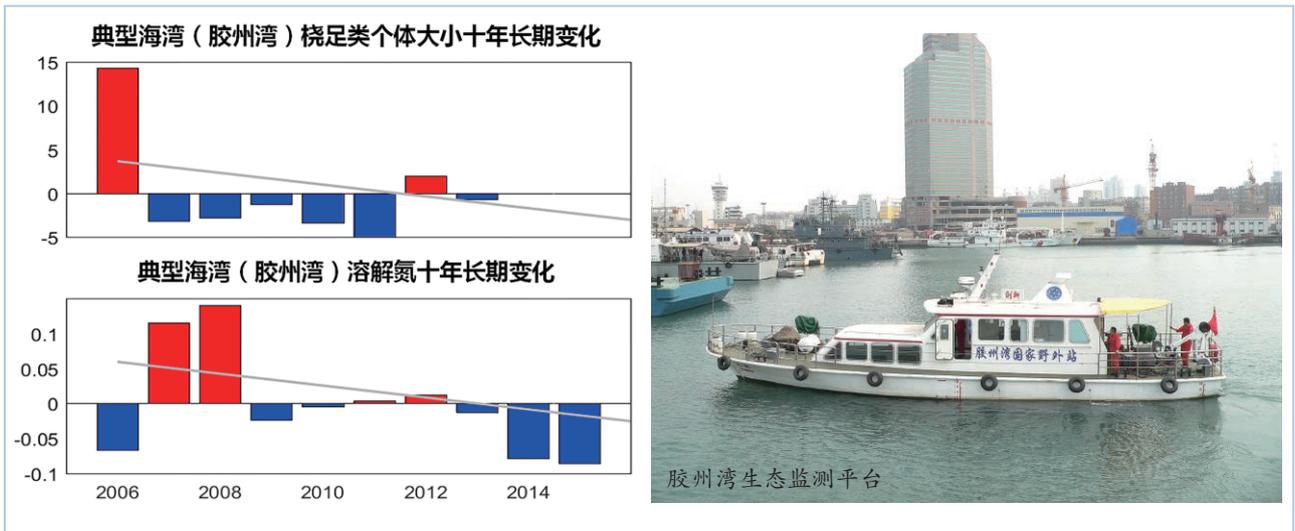


图 5-3. 2006-2015 年间近海典型海域浮游生物丰度变动情况

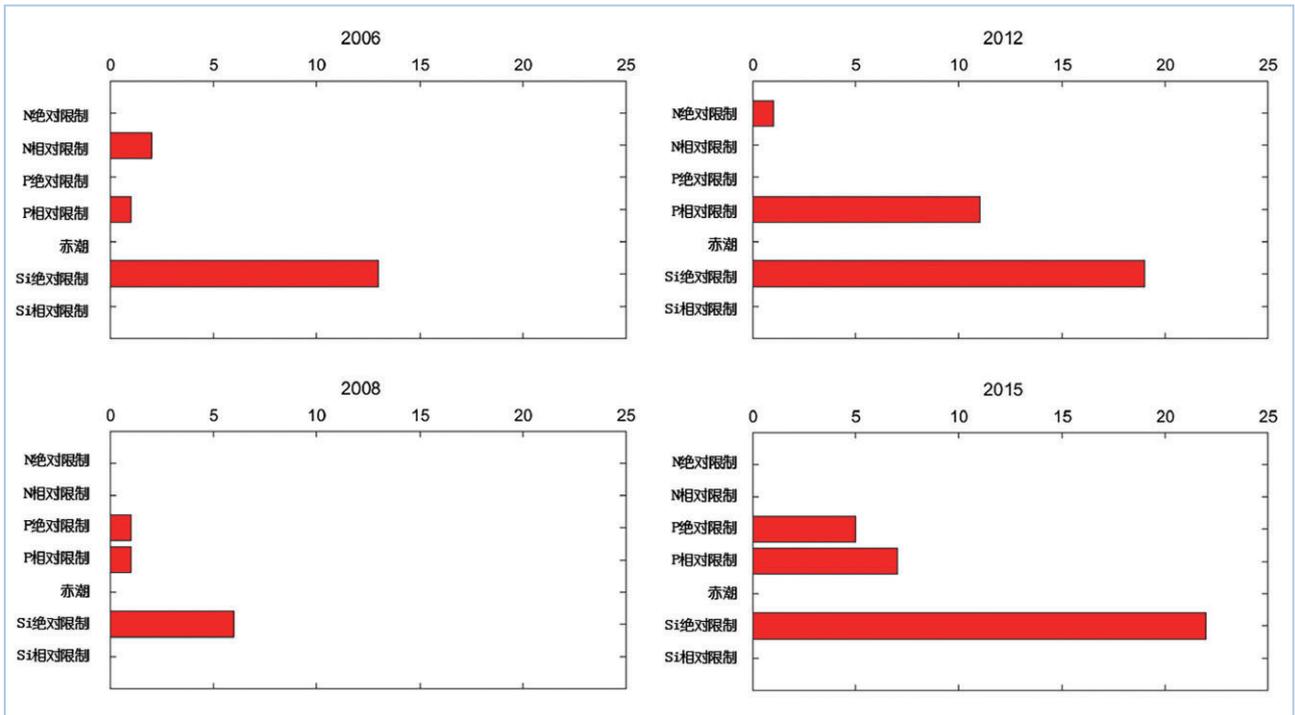
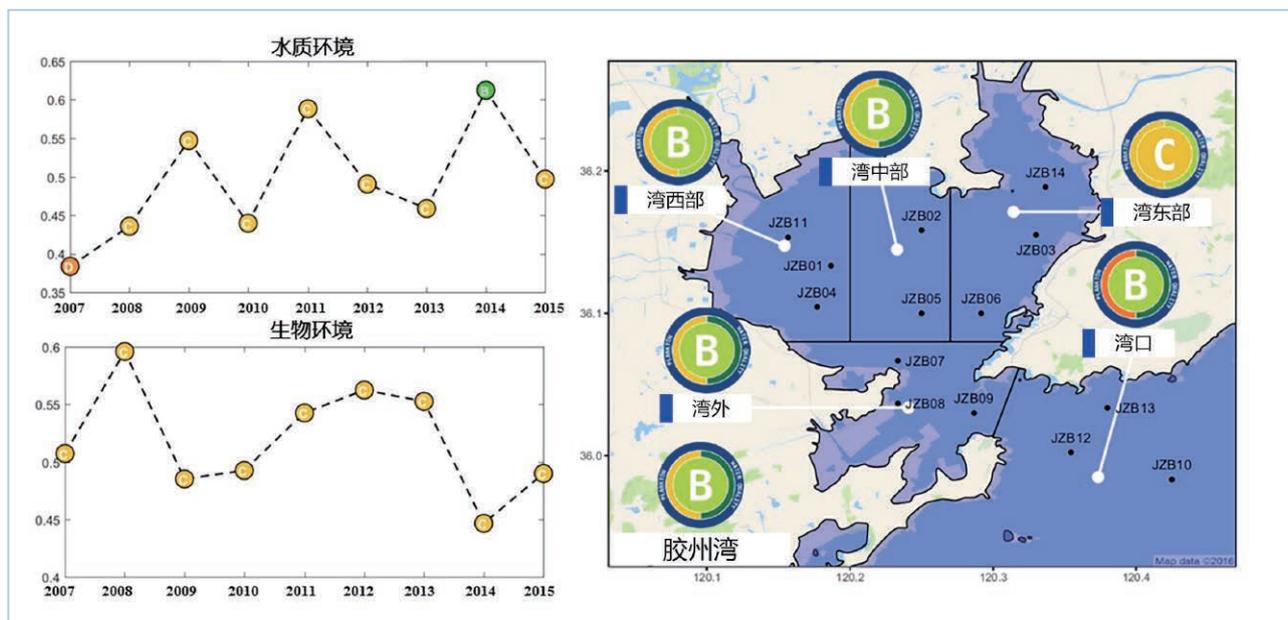


图 5-4. 2006-2015 年间近海典型海域营养盐限制及生态灾害暴发频次变动情况

对 2006-2015 年十年间胶州湾试验性生态系统健康评估的结果表明，胶州湾整体健康处于 B 级，代表较良好的状况。胶州湾湾内水质环境十年评估结果呈现逐渐改善趋势，与海湾内营养盐等相关指标变化趋势一致，整体水质状况逐渐得到改善；湾内生物环境健康状况呈

现小幅下降趋势，与代表浮游生物群落结构相关指标的整体长期变化趋势一致。研究表明胶州湾生态系统健康各分项及整体指标的长期变化规律呈现非线性特征，部分与历史变化趋势一致，多项指标要素在近十年期间呈现与历史变化规律不同的变化趋势。



↑ 图 5-5. 2007-2015 年间近海典型海域生态系统变化情况及试验性健康评估结果

成果要点

- 在典型海域（胶州湾）生态系统结构、服务功能及生态灾害/疾病等各项特征基础上进行评估指标的筛选，利用机器学习技术确定相关指标标准，对评估方法进行完善，在此基础上建立健康评估模型并对典型研究海域开展试验性评估工作。
- 作为中国近海典型海湾的胶州湾整体健康状况良好，湾内整体水质环境状况呈现逐渐改善趋势；生物群落结构健康状况呈现小幅下降趋势。
- 胶州湾湾内生态系统健康各分项及整体指标的长期变化规律呈现非线性特征，部分与历史变化趋势一致。

展望

海洋生态系统健康评估工作将进一步从陆海统筹的理念出发，结合大数据平台的数据优势，结合目前发展迅速的大数据分析等技术方法对海陆数据进行同步深入挖掘。同时，将进一步开发专家诊断模型和情景模拟系统，分析生态系统健康胁迫因子，实现对海洋生态系统的健康诊断，并将评估、诊断、水质、生态、水动力模型进行系统整合，应用于一系列的场模拟，预测生态系统的可能响应。

以胶州湾为中国近海典型海湾代表，在发展相应评估方法、模型基础上，在大亚湾、黄河三角洲滨海湿地、牟平海岸带进行应用推广，并在过程中对模型与方法不

断进行完善和改进。同时，通过与澳大利亚海洋研究所、印尼海洋研究所进行国际合作，将相关健康评估研究的框架理念和模型方法在相关区域进行推广和应用，实现 SDG 14.2 对海洋及沿海生态系统保护和可持续发展目标的实现探索实施途径。

SDG 14.2 的实现对于陆地、海洋相关数据融合和进一步应用具有重要的促进效应，对多源数据通过平台的整合以及进一步实现真正大数据分析和挖掘提供解决手段和方法。在此基础上，面向国家决策需求，针对不同终端用户和使用目标，形成辅助决策咨询报告，为近海环境的保护和管理提供决策支持。



本章小结

SDG 14 重点围绕海洋污染问题和海洋生态系统健康管理两个指标开展研究工作。构建中国近海富营养化综合评估体系，科学评估中国近海不同尺度海域富营养化现状；参与中国近海富营养化评价海洋行业标准制定；发布中国区富营养化评价相关研究报告，为中国近海营养盐污染和富营养化管理提供科学依据。利用机器学习技术确定生态系统评估指标标准，建立生态系统健康评估模型；基于胶州湾长时间序列观测数据，开展生态系

统健康试验性评估，科学评价胶州湾整体健康状况及其长期变化趋势。未来将进一步开发情景模拟系统，预测近海生态系统对海洋污染变化的可能响应；扩展方法模型应用的时空尺度（中国近海典型海域—全球热点区域）；进一步推广相关技术的业务化应用，为近海环境保护和管理提供决策支持，有效推动 SDG 14 指标评估和目标实现。



福建宁德海上水产养殖区

15 陆地生物





SDG 15 陆地生物

68 背景介绍

69 主要贡献

70 案例分析

79 本章小结



背景介绍

陆地生态系统是地球生命支持系统的基本组成单元，是人类赖以生存的基础，它所提供的粮食、木材、燃料、纤维等产品，以及净化水源、保持水土、清洁空气和维持整个地球生命支持系统的稳定性等服务功能，是社会经济可持续发展的基本保证。目前，土地退化愈发严重，耕地损失速度是历史速度的 30-35 倍。干旱化和荒漠化也愈发频繁，导致 1200 万公顷耕地损失，影响着全球的贫困社区。在目前已知的 8300 种动物中，8% 已经灭绝，22% 濒临灭绝。过去 50 年中人类对生态系统的影响比历史上的任何时期都要快速和广泛，这导致了地球上生物多样性的巨大的、不可逆的损失。

SDG 15 是“保护、恢复和促进可持续利用陆地生态系统，可持续管理森林，防治荒漠化，制止和扭转土地退化现象，遏制生物多样性的丧失”。推动陆地生态系统的可持续管理对减缓气候变化的影响、减少自然栖息地及生物多样性的丧失有关键作用。本报告旨在利用地球大数据方法，为 SDGs 的监测与评估提供支撑。针对 SDG 15，将聚焦 SDG 15 中的保护区内陆地和淡水生物多样性的重点场地比例、红色名录指数共 2 个指标（表 6-1），开展评价与监测，为联合国可持续发展目标的实现提供支撑。

表 6-1 重点聚焦的 SDG 15 指标

具体目标	评价指标	分类状态
15.1 到 2020 年，根据国际协议规定的义务，保护、恢复和可持续利用陆地和内陆的淡水生态系统及其服务，特别是森林、湿地、山麓和旱地	15.1.2 保护区内陆地和淡水生物多样性的重点场地所占比例，按生态系统类型分列	Tier I
15.5 采取紧急重大行动来减少自然栖息地的退化，遏制生物多样性的丧失，到 2020 年，保护受威胁物种，防止其灭绝	15.5.1 红色名录指数	Tier I



主要贡献

利用中国科学院地球大数据科学工程提供的数据集和模型方法，重点围绕 SDG 15 中的 2 个指标（表 6-1），在中国及典型地区尺度上开展 SDG 15 指标监测与评估，为全球贡献中国在 SDG 15 指标监测中的数据产品和决策支持方面的贡献（表 6-2）。

数据产品方面：面向 SDG 15 中的保护区比例与红色名录等指标，生产生物多样性、物种红色名录指数等数

据产品，为 SDG 15 指标监测提供夯实的数据基础，支撑《中国落实 2030 可持续发展议程国别方案》。

决策支持方面：利用建立的模型方法库与生产的数据产品，聚焦 SDG 15.1.2 与 SDG 15.5.1，开展面向 SDG 15 的指标评价与监测，形成评价或评估报告，为区域发展提供决策支持与发展建议。

表 6-2 案例名称及其主要贡献

指标	案例	贡献
15.1.2 保护区内陆地和淡水生物多样性的关键场地所占比例，按生态系统类型分列	中国钱江源国家公园保护地有效性评估	数据产品：钱江源国家公园生态系统数据集、钱江源国家公园生物多样性数据集 决策支持：钱江源国家公园生物多样性保护与管理对策
15.5.1 红色名录指数	中国受威胁物种红色名录指数评估	数据产品：中国物种红色名录指数数据
	大熊猫栖息地的破碎化评估	数据产品：全国大熊猫栖息地的现状分布数据，近 40 年全国大熊猫栖息地变化数据 决策支持：大熊猫栖息地的演变特征与保护建议



案例分析

中国钱江源国家公园保护地有效性评估

尺度级别：典型地区

研究区域：中国钱江源国家公园

建立自然保护地（Protected Areas, PAs），包括国家公园、自然保护区、各类自然公园等多种形式，是阻止全球生物多样性丧失最为重要的途径。评估保护地对生物多样性保护的有效性通常包括两个层面。首先，在全球、区域或者国家尺度上，评估生物多样性关键区域（Key Biodiversity Areas, KBAs）被保护地覆盖的比例，以确保重要的生物多样性分布区被纳入保护地进行管理和保护。其次，在单个保护地尺度上，评估保护地空间规划的合理性和管理的有效性，以确保保护地能有效地保护区内的生物多样性。截至目前，保护地覆盖了全球约 15% 的陆地和淡水区域。然而，保护地的管理有效性仍然受到保护地内广泛存在的人类活动、保护地降级、范围缩小和被撤销（Protected Area Downgrading, Downsizing, and Degazettement, PADDD）等现象的影响，不能有效发挥生物多样性保护的功能。但目前仍然缺少

系统的、标准化的监测指标和监测平台，用于监测保护地的管理有效性。

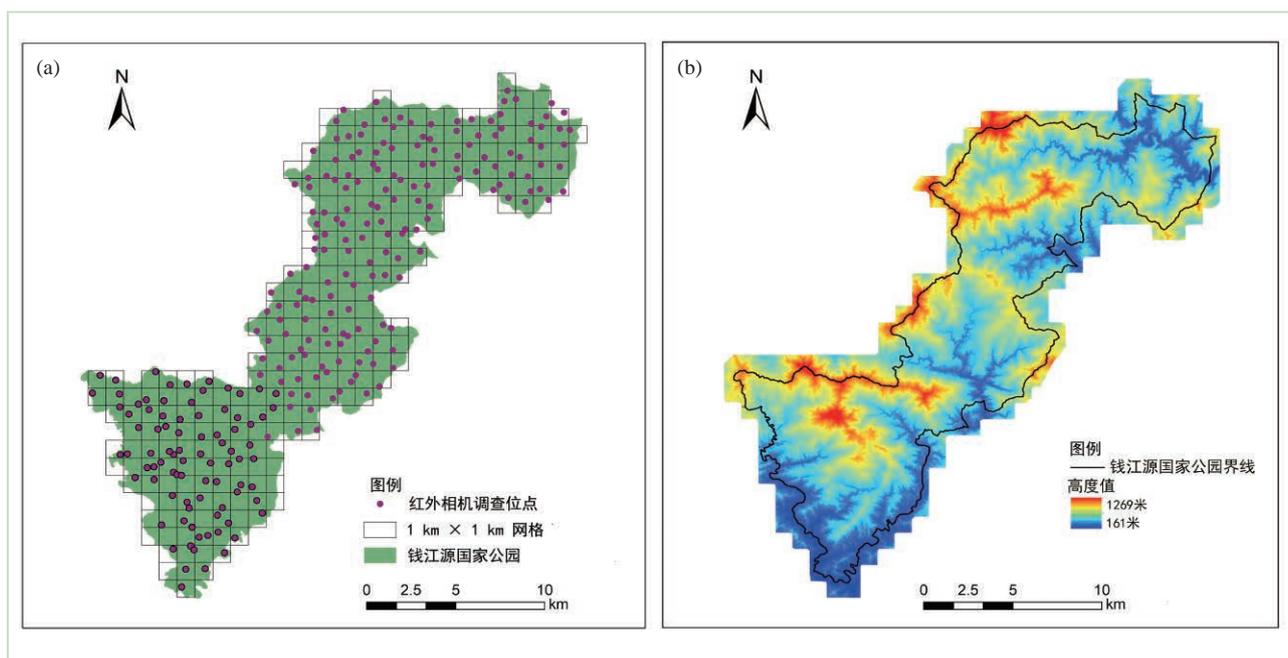
钱江源国家公园是中国首批建立的 10 个国家公园体制试点区之一，区内保存了大面积、低海拔的地带性常绿阔叶林（图 6-1），代表中国独特的植被类型；是中国特有物种、一级保护动物黑麂（*Muntiacus crinifrons*）和白颈长尾雉（*Syrnaticus ellioti*）的集中分布地（图 6-1）；同时也是中国东部发达地区（长三角）重要的水源涵养地。我们以钱江源国家公园为例，建立针对保护地管理有效性的评估指标体系，以及相应的生物多样性综合监测平台。建议采用标准化的方法和指标体系监测和评估保护地的管理有效性，便于保护地间的保护成效比较，整合多个保护地评估数据开展区域和全球尺度保护地的有效性评估。

对应目标：15.1 到2020年，根据国际协议规定的义务，保护、恢复和可持续利用陆地和内陆的淡水生态系统及其服务，特别是森林、湿地、山麓和旱地

对应指标：15.1.2 保护区内陆地和淡水生物多样性的关键场所所占比例



图 6-1. 钱江源国家公园低海拔常绿阔叶林（左）、一级保护动物黑麂（右上）和白颈长尾雉（右下）



↑ 图 6-2. 钱江源国家公园全境植物群落动态样地监测平台和全境的动物多样性监测平台 (a) 和全境遥感监测平台的数字表面模型 (b)

方法

从三个方面综合评估保护地的保护管理成效，包括：

- ① 保护地内重点保护生态系统类型的面积和破碎化程度；
- ② 保护地内重点保护动植物物种的种群变化趋势；
- ③ 保护地的生态系统功能，其中森林生态系统以地上生物量和碳储量为主要指标。

针对这三类保护地评估指标，在钱江源国家公园内建立 3 个生物多样性监测平台（图 6-2），以收集评估所需的数据：

（1）覆盖钱江源国家公园全境的植物多样性监测平台（图 6-2a）。将钱江源国家公园划分为 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 的网格，布设 641 个 ≥ 0.04 ha 样地，对样地内胸径大于 1cm 的独立个体挂牌调查，并抽样调查灌木层和草本层的多样性组成。

（2）覆盖钱江源国家公园全境的动物多样性监测平台（图 6-2a）：在钱江源国家公园每个 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 网格内

布设一台红外相机，持续监测大中型地栖动物的多样性组成和种群动态。

（3）钱江源国家公园全域的遥感监测平台（图 6-2b）：通过激光雷达和高光谱遥感技术获取钱江源国家公园全域的森林冠层结构信息，反演植物叶片的重要功能性状。

综合以上 3 个平台收集的数据信息评估钱江源国家公园的管理有效性，包括：利用植物群落动态样地监测数据和遥感数据，对钱江源国家公园森林群落分类，计算亚热带常绿阔叶林的面积和破碎化指数；基于动物多样性监测平台收集的红外相机调查数据，采用 N-mixture 模型估算该区域范围内黑麂和白颈长尾雉的相对多度及其年际变化趋势；基于植物群落动态样地监测数据，估计样地内森林生态系统的地上生物量和碳储量，并结合遥感技术估计整个国家公园森林生态系统的生物量和碳储量。

所用数据

- ◎ 地面调查数据包括钱江源国家公园公里网格的 641 个 ≥ 0.04 ha 的森林样地及红外相机监测数据；
- ◎ 遥感数据包括航空遥感的点云数据、高光谱数据和正射影像数据。

结果与分析

(1) 钱江源国家公园内的常绿阔叶林面积为 5827.1 ha，占国家公园总面积的 23.1%，常绿阔叶林最大斑块面积 1178 ha。人工林面积占国家公园总面积的 26%。钱江源国家公园毗邻地区尚有大量常绿阔叶林老龄林分布。

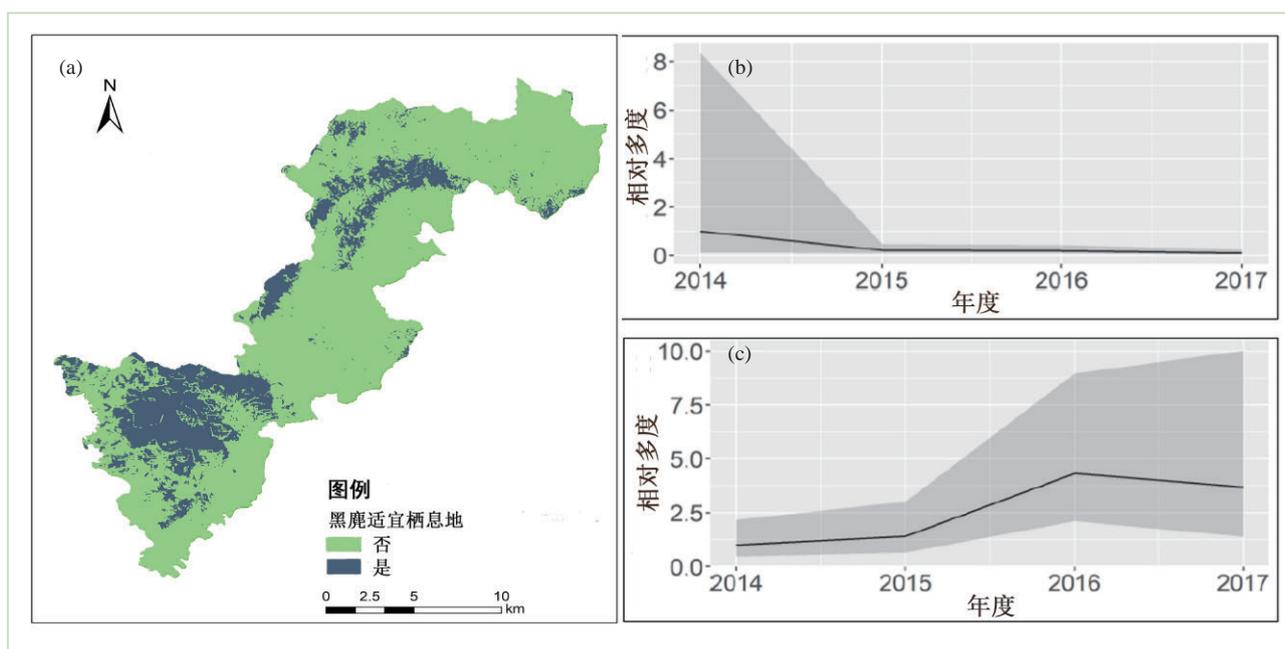


图 6-3. 钱江源国家公园黑鹿栖息地分布图 (a)、2014 年 -2017 年间黑鹿种群多度变化图 (b) 和白颈长尾雉种群多度变化图 (c)

(2) 基于样地调查的结果推算，森林碳储量的平均值为 86.2 mg/ha，主要分布范围在 75-100 mg/ha。老龄林的地上碳储量最大，为 228.5 mg/ha，30 年前被采伐后天然更新的次生林碳储量最小，为 18.1mg/ha，老龄林的碳储量是次生林碳储量的 12.5 倍。

(3) 国家公园内有黑鹿适宜栖息地 4250 ha，占国家公园总面积的 16.9% (图 6-3a)。

(4) 2014-2017 年间，黑鹿的种群数量明显下降，白颈长尾雉的种群数量上升 (图 6-3b, c)。

(5) 评估结果显示钱江源国家公园的重点保护动物黑鹿的种群数量下降，需要持续的监测与保护。开展跨区的合作以保护毗邻地区的常绿阔叶林和濒危动物栖息地，对区内人工林进行生态修复，是提高钱江源国家公园保护有效性的关键措施。

成果要点

- 基于三个生物多样性监测平台，实现钱江源国家公园三类评估指标的监测。发现钱江源国家公园保存了大面积低海拔的地带性常绿阔叶林，以及大面积的黑麂适宜栖息地，表明钱江源国家公园生态系统的原真性和完整性。
- 监测发现重点保护动物白颈长尾雉的种群数量上升，黑麂的种群数量下降，需要持续的监测与保护。开展跨区合作以保护毗邻地区的常绿阔叶林和濒危动物栖息地，是提高钱江源国家公园保护有效性的关键措施。

展望

加强本方法的区域推广。在应用于其它类型的保护地时，需针对特定保护地的生态系统类型和特征以及具体的保护对象，选取适宜的评估指标。

建立长期的、标准化的生物多样性综合监测平台，为评估提供所需的数据。结合卫星遥感、近地面遥感、红外相机等监测技术，辅以地面调查，快速获取较大区

域尺度的监测数据。

深度挖掘近地面遥感与地面观测数据的关联，开发新的指标反演生物多样性格局，加强“空天地”一体化生物多样性监测平台在保护地有效性评估中的应用，提高保护地管理有效性评估的准确性和时效性。

中国受威胁物种红色名录指数评估

尺度级别：国家

研究区域：中国

由于气候变化和人类活动干扰，全球生物多样性正面临着严峻的威胁。为了评估生物多样性的变化与生物多样性保护的成效，Butchart 等提出了基于物种红色名录的红色名录指数（Red List Index, RLI），成为评估物种濒危状况变化趋势的最有效指标，已经被列为联合国千年发展目标的指标之一，在全球尺度的应用取得了很好的效果。中国作为是生物多样性保护公约（The Convention on Biological Conservation, CBD）缔约国

之一，迄今为止，针对中国生物多样性变化趋势研究仍十分缺乏。本报告以中国陆生哺乳类、鸟类和高等植物两次全国大规模评估大数据为基础，基于红色名录指数（RLI）评估，量化及全面反映本世纪初至今中国生物多样性的变化状况，并对未来保护重点进行分析。同时，进一步分析引起物种濒危等级变化的威胁因素的组成，为生物多样性研究和制订保护对策提供依据。

对应目标：15.5 采取紧急和重大行动，减少自然栖息地退化，遏制生物多样性丧失，保护和预防濒危物种灭绝

对应指标：15.5.1 红色名录指数

方法

核对名录，保留两次均被评估的物种。因中国红色名录前后仅评估两次，首次评估是 2004 年，评估了濒危程度较为严重的 4408 种高等植物；2017 年第二次评估了所有高等植物，共计 35784 种，因此，取其中共同的高等植物 4408 种进行指数分析。按照以下原则去除不参与分析的物种：①去除异名；②处理归并物种；③去除

首次被评估为绝灭的物种；④去除两次均为数据缺乏等级的物种（对首次评估中评定为数据缺乏而第二次评估为非数据缺乏等级的物种给予保留）。在这一系列的处理后最终高等植物 3948 种、鸟类 1213 种及陆生哺乳类 568 种参与红色名录的计算。

所用数据

◎ 中国物种红色名录指数的数据来源于中国科学院和生态环境部于 2004 年与 2016 年联合发布《中国物种红色名录》中评定的物种及濒危等级及 2017 年《生物多样性》（中国高等植物红色名录专辑）少量高等植物红色名录修订信息；

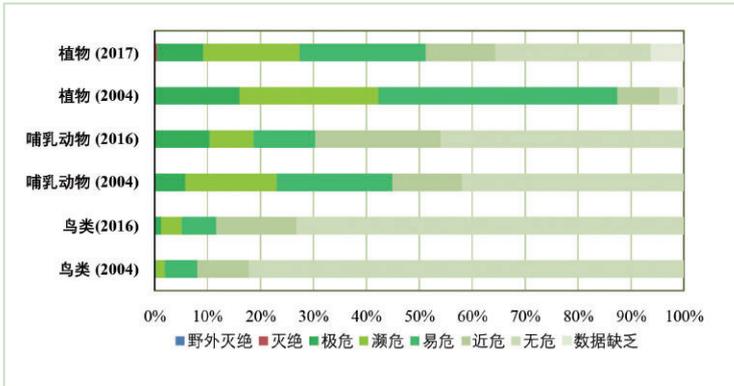
◎ 物种受威胁因素依据 IUCN 分类标准，相关空间数据来自人类活动相关的地球大数据包括人口密度、公路、航道入口、电力基础设施以及城市、农田占用面积等空间数据。

结果与分析

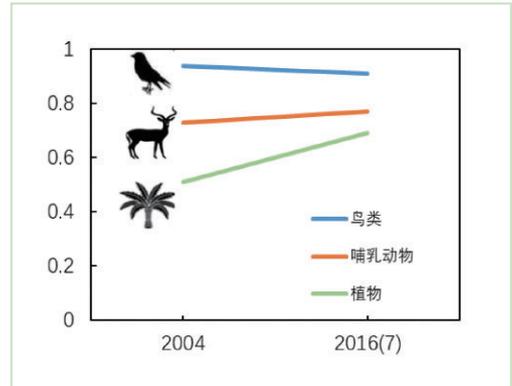
（1）物种等级变化情况

2004 年与 2016/2017 年两次物种受威胁等级评估结果表明（图 6-4），高等植物中约 37.4% 的物种等级保持不变，约 47.8% 的物种等级下降，约 7.9% 的物种等

级上升，甚至由少量被列为灭绝等级；鸟类受威胁等级极危（CR）、濒危（EN）、易危（VU）数量均有所上升；哺乳动物极危等级数量上升，濒危和易危数量有所下降。



↑ 图 6-4. 各类群评估等级变化情况



↑ 图 6-5. 中国物种红色名录指数

(2) 红色名录指数评估

红色名录指数 (RLI) 评估的结果表明 (图 6-5)，鸟类红色名录指数微弱下降，哺乳动物略有上升。对于高等植物而言，首次评估 (2004 年) 红色名录指数是 0.51；第二次评估 (2017 年) 红色名录指数为 0.69，红色名录指数是呈上升趋势，说明中国高等植物与陆生哺乳动物

受威胁状况总体趋向变好 (图 6-5)。2004 年第一次评估定为受威胁物种后，国家和地方的各级生物多样性保护组织、单位采取了许多保护措施，甚至为部分物种建立不少保护区及保护地对此进行保护。因此，2004 年的许多濒危物种会得到有效的保护，一定程度上缓解了其濒危状态，使其红色名录指数呈现上升状态。

(3) 生物多样性丧失的威胁因素

根据世界自然保护联盟 (IUCN) 标准，将导致生物多样性丧失的威胁因素分为 12 类，如图 6-6 所示。生物资源利用和农业/渔业开发是中国陆生哺乳动物与鸟类共同面临的主要威胁，高等植物更多地面临生态系统变化与过度采挖的直接威胁。控制这些威胁因素，将扭转种群下降、遏制生物多样性丧失的有效手段。

采用国家的物种红色名录评估的濒危等级计算红色名录指数，相比采用 IUCN 评估的濒危等级，更能反映物种在被评估国家的濒危状况。研究结果揭示了在过去十年内中国生物多样性变化的综合状况，我国高等植物、陆生哺乳动物与鸟类的多样性保护总体形势仍十分严峻，部分类群需要得到重点关注。本报告为有针对性地制定



↑ 图 6-6. 导致中国生物多样性丧失的威胁因素比重

新的保护政策提供了指导，同时也表明了国家 RLI 潜在的评估效力。

成果要点

- 基于红色名录指数评估，发现 2004-2017 年期间中国高等植物和陆生哺乳动物的红色名录指数呈上升趋势，其濒危状态有所缓解，鸟类的红色名录指数略有下降。
- 生物资源利用和农业 / 渔业开发是中国陆生哺乳动物与鸟类共同面临的主要威胁，高等植物更多地面临生态系统变化与过度采挖的直接威胁。控制这些威胁因素，是扭转种群下降、遏制生物多样性丧失的有效手段。

展望

建立针对中国受威胁物种或保护关注物种的动态监测，从而找到并消除物种濒危因子、促进物种保护将是今后保护生物多样性的有效途径和一项重要工作。

中国陆生哺乳动物与鸟类的多样性保护总体形势仍

十分严峻，部分类群需要得到重点关注。

分析物种受威胁因素的组成和空间分布，为有针对性的开展濒危物种的保护管理措施提供信息支撑，有助于遏制或扭转生物多样性丧失的态势。

大熊猫栖息地的破碎化评估

尺度级别：典型地区

研究区域：中国西南地区

全国第四次大熊猫调查报告表明，中国目前共有野生大熊猫 1864 只，相比第二、三次全国大熊猫调查，成年大熊猫种群数量有较为明显的增加，故世界自然保护联盟（IUCN）于 2016 年将大熊猫的濒危等级从濒危

降到易危，但这一降级受到国内外保护学者广泛的质疑，大熊猫是否已经真的不再濒危？目前物种是否濒危的主要依据是物种种群数量，而物种的栖息地变化状况没有得到充分重视。

对应目标：15.5 采取紧急重大行动来减少自然栖息地的退化，遏制生物多样性的丧失，到2020年，保护受威胁物种，防止其灭绝

对应指标：15.5.1 红色名录指数

方法

由于全国四次大熊猫调查的范围、数据收集和分析方法等存在不一致，可能会影响评估结果。为此，本研究选取四次调查的最大调查范围作为研究区域，包括四川、甘肃和陕西三省的 56 个大熊猫分布县。采用一致的栖息地范围和质量评估方法，结合多年野外调查、GIS 和遥感数据，对大熊猫栖息地进行综合分析。

在大熊猫栖息地空间分布评估中，主要使用海拔、坡度和森林覆盖等因素相结合的栖息地机理模型来评估大熊猫栖息地的空间分布，从分辨率为 90 米的数字高程模型（DEM）数据提取海拔和坡度等相关数据，从 52 幅来自中国科学院数据库和中国遥感卫星地面站的 Landsat MSS/TM 图像，提取森林覆盖类型数据。

在栖息地破碎化评估中，使用 Fragstats 3.3 并选取隔离斑块数量和平均斑块面积对不同年份大熊猫栖息地进行破碎化评估，综合反映自然过程和人类活动因素对斑块的影响。在宏观尺度，由于河流、永久积雪和高等级公路（如国家级、省级、县级公路）是大熊猫栖息地隔离的主要因素，我们将大熊猫栖息地和以上隔离因素进行空间叠加分析，分析不同年份栖息地隔离的变化趋势。

在栖息地变化影响因素分析中，综合考虑了生物物理和社会经济等相关因素，如湿度指数、海拔高度、人口、道路密度、自然保护区比例。通过构建多元线性回归模型，分析不同因素的贡献。

所用数据

◎ 1976、1988、2001、2013 四个年份的 Landsat MSS/TM 图像；

◎ SRTM DEM 数据；

◎ 来自国家地理信息中心的河流数据，来自于交通管理部门的道路数据，以及人口、经济、自然保护区边界数据等。

结果与分析

大熊猫栖息地评估结果发现，2001 年至 2013 年间，尽管发生了汶川大地震这样重大自然灾害，大熊猫栖息地仍增加了 0.4%，栖息地平均斑块面积增加了 1.8%。

这表明从 2001 年以来，我国自然保护区建设、天然林保护工程、退耕还林工程等生态保护与恢复工程的实施促进了大熊猫栖息地面积的增加（图 6-7）。

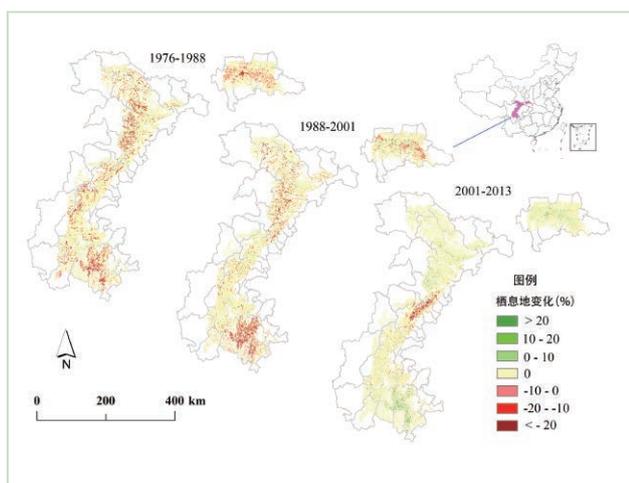


图 6-7. 大熊猫栖息地空间动态变化图

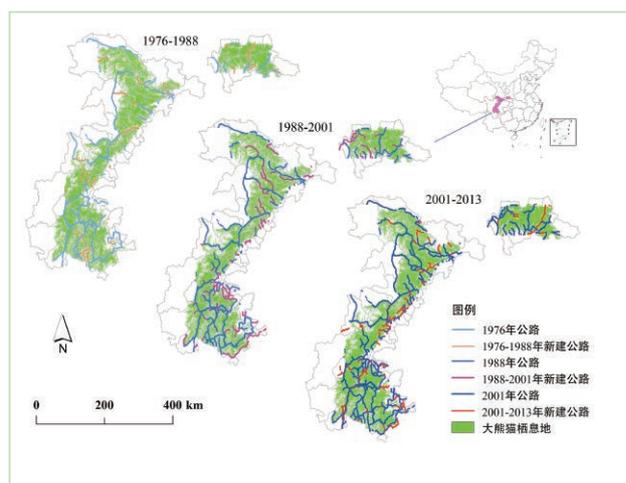


图 6-8. 大熊猫栖息地范围内公路交通变化图

但是，从过去近 40 年的时间尺度来看，由于历史上长时间的森林采伐，近年来公路交通等基础设施建设的快速发展，以及地震、泥石流等自然灾害的影响，目前大熊猫栖息地的面积比 1976 年及 1988 年（大熊猫被列为濒危物种）的面积要小，并且更加破碎。由于公路建设等人类活动的影响，2013 年被隔离的大熊猫栖息地单元数是 1976 年的 3 倍（图 6-8），意味着大熊猫种群间的交流阻碍有较大的增加。

研究表明，从种群数量来看，大熊猫从濒危（EN）调整为易危（VU）是合理的，但从栖息地的变化来看结论并不完全成立。尽管 2001 年以来大熊猫栖息地有所恢复，但目前大熊猫的栖息地比 1988 年大熊猫被列为濒危物种时面积要小，并且更加破碎，大熊猫面临的威胁因素仍然严重，这种调整是不合理的，将来物种濒危等级的评估要综合种群和栖息地两方面的因素。



图 6-9. 四川卧龙自然保护区大熊猫栖息地

成果要点

- 1976-2013 年期间，虽然大熊猫种群数量增加，但栖息地比 1988 年面积缩小且更加破碎化，单纯以种群数量为依据将大熊猫濒危等级从濒危降到易危是不合理的，物种濒危等级的评估需要综合种群和栖息地两方面的因素。

展望

采用本报告的方法可以更合理的评估大熊猫栖息地的动态变化，为后续的大熊猫的保护工作提供有力的方法和数据支撑。

本研究的方法可应用于全球其他濒危物种栖息地的

评估，分析破碎化以及影响因素，开展 SDG 15.5 “紧急采取重大行动来减少自然生境的退化，阻止生物多样性的丧失，到 2020 年，保护受威胁物种，不使其灭绝”。



本章小结

以 SDG 15 中的保护区内陆地和淡水生物多样性的关键指标所占比例与红色名录指数 2 个指标为例，利用前沿的技术手段与方法，挖掘并综合集成地球大数据，进行指标监测与评估的实践，实现了实时动态、精细化、定量和客观的可持续性评价。生产了面向不同尺度的数据产品与模型方法，为开展可持续发展的综合评价提供了有力的支撑。

在已有工作的基础上，未来的工作将继续依托地球大数据技术与方法，开展以下几个方面的工作：

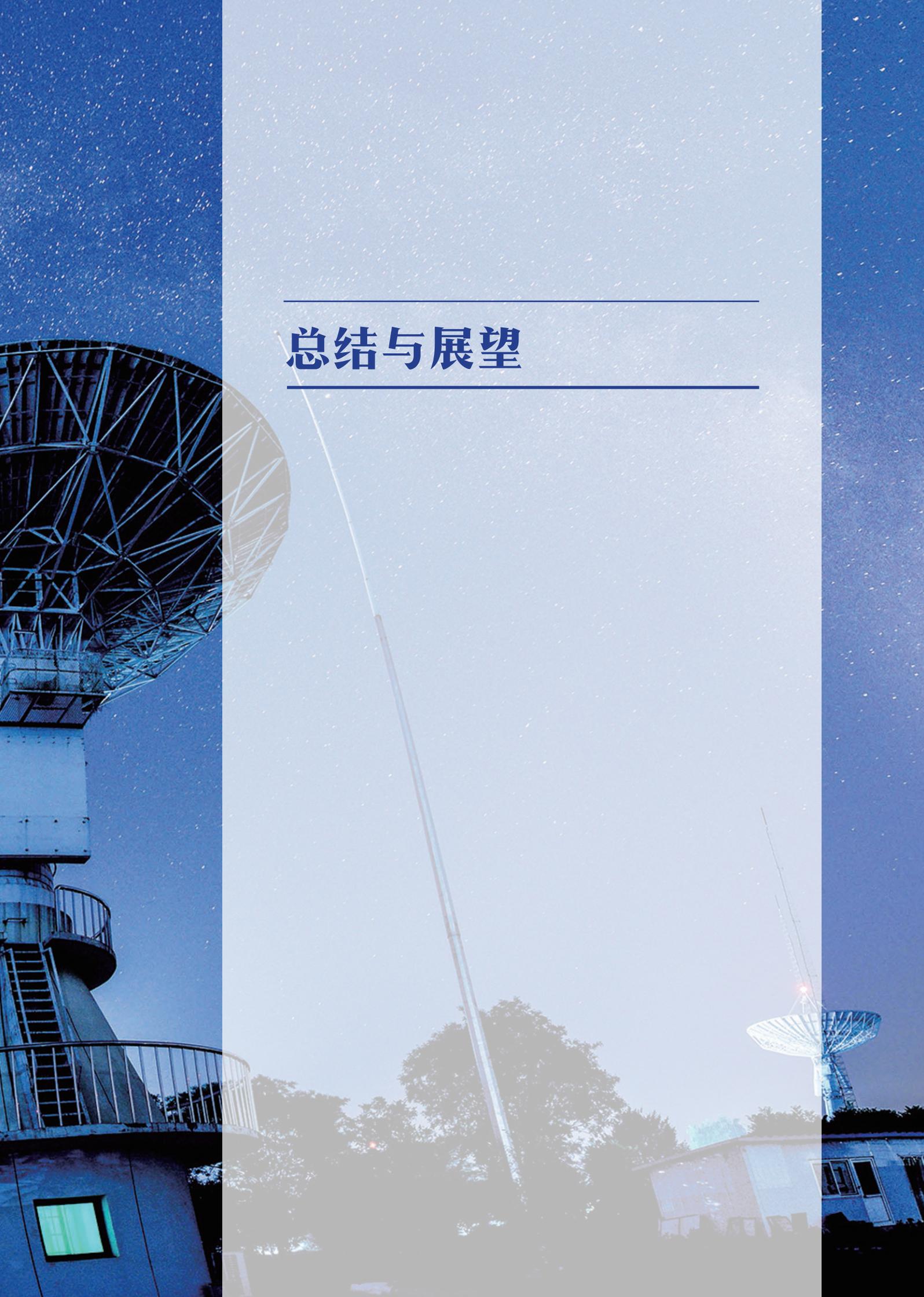
(1) 针对 SDG 15.1.2，持续开展多尺度生物多样性有效保护的监测与评价。探索栖息地、人类活动、环境

影响与气候变化等指标在综合评估中的融合模式，推进基于对地观测技术的自然资源保护、资源合理利用与社会可持续发展三类指标协同的全时空监测。将案例的综合监测平台和保护地评估指标体系应用于其他保护地，提出保护地的差异化保护和管理方案，推进科学合理的自然保护地体系构建。

(2) 针对 SDG 15.5.1，分析中国濒危物种受威胁的因素的组成和空间分布，为有针对性地开展濒危物种的保护管理提供信息支撑，尽快地扭转生物多样性丧失的态势。对全球其他濒危物种栖息地进行评估，分析其破碎化程度及影响因素。



总结与展望



总结与展望

2030年可持续发展议程中，各项政策决策的推进必须基于科学证据。在此过程中，不但需要持续、及时地采集、监测各类可持续发展目标相关数据，还要依靠高质量的科学方法使用这些数据，帮助联合国各成员国做出更好的政策决策。

本报告针对5个SDGs目标（零饥饿、清洁饮水和卫生设施、可持续城市和社区、气候行动、水下生物、陆地生物）中的11个指标，从数据产品、模型方法和决策支持三方面在不同区域开展了地球大数据支撑联合国SDGs指标评估的案例研究。

（1）针对SDG 2.4.1指标，提出了融合遥感、统计、地面调查等多元数据的指标/亚指标评估方法，发现1987至2015年，中国粮食生产的用地、灌溉耗水、氮肥过施和磷肥过施四项指标的环境强度在26%的耕地上全部下降，这些耕地在所有四项指标上均向着可持续发展方向。

（2）针对SDG 6.3.2清洁饮水和卫生设施指标，提供了2016和2017年中国地表水质数据集，在SDG 6评估数据新来源上进行了实践。

（3）针对SDG 11.2.1、SDG 11.3.1、SDG 11.4.1、SDG 11.6.2、SDG 11.7.1五个可持续城市和社区指标，开展了基于对地观测、社交媒体、统计、地面调查等地球大数据指标监测与评估实践新方法。提供了全球10米分辨率高精度城市不透水面空间分布数据，以及美丽中国城市可持续发展指标评价数据集等SDG 11指标评估新数据；证实了保护区“单位面积支出总额”更能科学合理地反映区域世界遗产的可持续发展状况；构建了美丽中国城市评价指标体系和决策支持平台，实现了美丽中国城市现状的综合评价。

（4）针对SDG 14.1.1、SDG 14.2.1两个水下生物指标，基于“压力—状态—响应”框架，构建了中国近海富营养化综合评估体系，基于海域生态系统结构、服务功能及生态灾害/疾病等各项特征，结合机器学习方法，建立了中国近海典型海域生态系统健康评估方法。相关案例为发展“中国近海营养盐污染和富营养化管理”等

本地SDG 14指标评估提供了新方法。

（5）针对SDG 15.1.2和SDG 15.5.1两个陆地生物指标，提出了中国物种红色名录指数、全国大熊猫栖息地、钱江源国家公园生物多样性等多个尺度的SDG 15评估相关新数据，发现和提出综合种群和栖息地因素的大熊猫保护建议等中国方案。

上述案例是科技支撑可持续发展的实践，借助地球大数据技术和分析工具，可以更高效地收集和分析数据，可以弥补SDGs指标评价数据的缺失，可以提升评价数据的时空分辨率和精度，可为方法及数据尚不明确SDGs指标评价提供新思路。

全球必须在2030年之前实现SDGs目标，而这留给各国的时间只有11年。在地球大数据支撑SDGs实践方面，也依然面临许多挑战。

（1）依据数据获取程度和评估方法的情况，目前在全球层面SDGs各指标被分成了三大类，该全球指标框架为各国进行SDGs指标评估提供了一个基本架构。然而不同国家、地区之间，由于对信息、网络技术的拥有和应用程度，以及地球大数据创新能力的差别存在评估方法鸿沟，许多国家特别是发展中国家，尚无有效开展SDGs科学评估的方法路线图。研究、制定可适用于全球层面的可持续发展目标地球大数据监测方法体系，并将其在全球进行推广，可帮助处于不同发展阶段的各成员国缩小SDGs评估的能力差异。

（2）SDGs指标评估涉及到不同类型数据，既包括人口、卫生、经济数据，也涵括土地、交通、林业等生态环境数据。同时，SDGs指标往往对应不同空间、时间尺度的社会现象或生态环境问题，既需要长时间系列的历史数据为基础，也需要年度更新的最新动态数据，目前这无论对发达国家还是发展中国家均非易事。要适应关于SDGs监测的新需求，就要改革现有以统计调查为主要来源的数据获取方式，尝试在各成员国加大地球大数据基础设施建设，进一步拓宽数据的来源和渠道，以全面提供SDGs评估所需的多类型、多空间、多年度的信息数据。

(3) 在全球层面, 众多机构正致力于构建面向不同 SDGs 评估需求的数据和信息平台, 联合国也通过可持续发展知识平台 (Sustainable Development Knowledge Platform)、技术促进机制在线平台 (TFM online platform) 等推进 SDGs 评估信息的共享。然而由于从政策层面尚缺乏具有共识性的共享策略, 从技术层面尚不具备包括数据结构、数据安全性等方面的统一标准, 各 SDGs 评估机构和平台在访问其他部门拥有的数据时难免受到权限阻碍, 或有些数据基于特定的统计单位形成, 不能被其它用户直接使用等。为充分发挥地球大数据在 SDGs 评估中的作用, 我们需要加强相关国家机构、国际组织、国际科学计划间多部门、多学科的交叉协作配合, 共同研究指标评估方法、数据的共享模式, 合作制定技术标准, 联合提供应用示范, 携手利用地球大数据服务全球可持续发展。

在过去的一年多时间, 中国科学院在 SDGs 指标评估方法、数据拓展等方面进行了先期的研究, 而面向上述地球大数据支撑 SDGs 实践的挑战, 还需要重点开展以下工作:

(1) 加强地球大数据支撑 SDGs 指标评价的案例研究

数据是制约可持续评价准确性的一个突出瓶颈问题。联合国 SDGs 评价指标中尚有 39% 的指标有明确的方法, 但缺乏评价数据 (Tier II), 同时 16% 的指标既没有明确的方法也没有评价数据 (Tier III)。基于地球大数据开展 Tier II 和 Tier III 指标的评价还有很大的潜力和空间。本报告包括的 11 个 SDGs 指标中, 包括了 3 个 Tier I, 5 个 Tier II, 3 个 Tier III 指标, 下一步将重点面向 Tier III 指标, 研究基于地球大数据的评价模型和数据, 充分考虑卫星遥感数据、网络数据以及地面站点数据等 (PM_{2.5} 监测、水质监测等) 的结合, 发展新的全球尺度适用性模型和方法, 对 SDGs 指标开展更为全面的评价, 形成系列可推广、可共享的地球大数据 SDGs 指标评价案例库。

(2) 开展多 SDGs 目标及指标的协同评估研究

2030 年可持续发展议程强调了可持续发展目标及

其指标的综合性和不可分割性, 各目标和指标之间是相互联系、相互作用的。可持续发展目标特别是地球表层与环境、资源密切相关的诸多目标, 具有大尺度、周期变化的特点, 地球大数据的宏观、动态监测能力为分析 SDGs 指标之间的相互关系与作用提供了重要的科学手段。本报告开展了针对单一 SDGs 指标的监测研究, 下一步将利用地球大数据加强对可持续发展目标与指标之间相互作用关系的研究, 探索新的工具和方法, 综合量化可持续发展目标与指标之间相互作用关系的程度, 提供更相关、更丰富的信息用于决策支持。

(3) 加强与相关政府部门的联系

在联合国可持续发展目标的实践中政府部门是主要的引导者和实践者; 在 SDGs 目标的落实过程, 政府部门有大量的决策咨询需求。让科学数据服务于决策, 辅助各部门高效、精准地制定相关政策是地球大数据科学服务的重要目标。加强与相关政府部门的联系, 减少科学家、决策者之间的科学“数据鸿沟”, 实现科学数据的可获取、可理解、可评价、可应用, 提升科学为决策服务的可信度是地球大数据服务 SDGs 工作的核心内容。下一步将在技术促进机制框架下, 通过地球大数据共享服务平台, 实现面向政府部门的 SDGs 指标监测数据与结果的共享, 并将以此为契机推动地球大数据服务政府决策的长期高效机制。

(4) 加强与联合国相关机构的 SDGs 合作研究

联合国已在可持续发展目标全球指标框架上建立了一个复杂的治理体系, 联合国和各国家层面都涉及许多利益相关者。中国科学院已经与联合国环境署 (UNEP)、联合国防治荒漠化公约 (UNCCD) 等开展合作, 构建地球大数据为核心的技术促进机制, 服务保护生态环境、合理利用自然资源等领域的 SDGs 目标。未来, 将拓展同更多 SDGs 相关联合国机构 (如 UNESCO、FAO、UN-Habitat、UNDRR 等) 的合作, 将已开展的 SDGs 指标监测与评估的数据、方法、决策支持案例等及时同相关机构共享, 支持更多国家, 特别是发展中国家提高运用地球大数据服务可持续发展的科技能力, 支持可持续发展目标在全球的实践。

主要参考文献

- Acuto, M., Parnell, S. and Seto, K. C. (2018). Building a global urban science. *Nature Sustainability* 1: 2–4. [https://doi: 10.1038/s41893-017-0013-9](https://doi.org/10.1038/s41893-017-0013-9).
- Andries, A., Morse, S., Murphy, R. *et al.* (2019). Translation of earth observation data into sustainable development indicators: An analytical framework. *Sustainable Development* 27: 366–376. <http://doi: 10.1002/sd.1908>.
- Anwar, M. R., Liu, D. L., Macadam, I., *et al.* (2013). Adapting agriculture to climate change: A review. *Theoretical and applied climatology* 113(1–2): 225–245. [https://doi:10.1007/s00704-012-0780-1](https://doi.org/10.1007/s00704-012-0780-1).
- Bao, Q., Xu, X. F., Li, J. X., *et al.* (2018). Outlook for El Nino and the Indian Ocean Dipole in autumn-winter 2018–2019. *Chinese Science Bulletin* 64(1): 73–78. <https://doi.org/10.1360/N972018-00913>.
- Behnke, R.H. and Mortimore, M. (2016). *The End of Desertification?* Springer-Verlag, Berlin.
- Bricker, S. B., Ferreira, J. G., Simas, T. (2003). An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling* 169 (1):39–60. [https://doi:10.1016/S0304-3800\(03\)00199-6](https://doi:10.1016/S0304-3800(03)00199-6).
- Butler, J. H. and Montzka, S. A. (2016). The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI). <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>.
- Chen, C., Park, T., Wang, X. H., *et al.* (2019). China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability* 2:122–129. <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-019-0220-7>.
- Cloern, J. E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series* 210: 223–253. <https://doi: 10.3354/meps210223>.
- Cooper, P. J. M., Dimes, J., Rao, K. P. C., *et al.* (2008). Coping better with current climatic variability in the rain-fed farming systems of sub-Saharan Africa: An essential first step in adapting to future climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 126(1–2): 24–35. <https://doi: 10.1016/j.agee.2008.01.007>.
- Devlin, M., Bricker, S., Painting, S. (2011). Comparison of five methods for assessing impacts of nutrient enrichment using estuarine case studies. *Biogeochemistry* 106:177–205. <https://doi:10.1007/s10533-011-9588-9>.
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., *et al.* (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *Bioscience* 67(6): 534–545. <https://doi: 10.1093/biosci/bix014>.
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., *et al.* (2008). Global change and the ecology of cities. *Science* 319(5864): 756–760. <https://doi: 10.1126/science.1150195>.
- Guo, H. D. (2017). Big Earth Data: A new frontier in Earth and information sciences[J]. *Big Earth Data* 1: 4–20.
- Guo, H. D. (2018). Steps to the digital Silk Road. *Nature* 554: 25–27. <https://doi:10.1038/d41586-018-01303-y>.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., *et al.* (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319 (5865): 948–952. <https://doi:10.1126/science.1149345>.
- Halpern, B. S., Longo, C., Hardy, D., *et al.* (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488 (7413): 615–620. <https://doi:10.1038/nature11397>.
- He, Z., Zeng, Z. C., Lei, L., *et al.* (2017). A data-driven assessment of biosphere-atmosphere interaction impact on seasonal cycle patterns of XCO₂ using GOSAT and MODIS observations. *Remote Sensing* 9(3): 251. <https://doi: 10.3390/rs9030251>.
- Hsu, N. C., Tsay, S. C., King, M. D., *et al.* (2006). Deep blue retrievals of asian aerosol properties during ACE-Asia. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 44(11): 3180–3195. <https://doi: 10.1109/TGRS.2006.879540>.
- IUCN. (2016). A Global Standard for the Identification of

- Key Biodiversity Areas, Version 1.0. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.
- Jiang, L. L., Jiapaer, G., Bao, A. M., *et al.* (2019). Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia. *Ecological Indicators* 104:195–208. [https://doi: 10.1016/j.ecolind.2019.04.067](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.067).
- Johnson, S., Logan, M., Fox, D., *et al.* (2016). Environmental decision-making using bayesian networks: Creating an environmental report card. *Applied Stochastic Models in Business and Industry* 33(4): 335–347. [https://doi: 10.1002/asmb.2190](https://doi.org/10.1002/asmb.2190).
- Kaufman, Y. J., Tanré, D., Remer, L. A., *et al.* (1997). Operational remote sensing of tropospheric aerosol over land from EOS moderate resolution imaging spectroradiometer. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 102(D14): 17051–17067. [https://doi: 10.1029/96JD03988](https://doi.org/10.1029/96JD03988).
- Kosmas, C., Kirkby, M. and Geeson, N. (1999). Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. *European Commission*, 87.
- Kroner, R. E. G., Qin, S. Y., Cook, C. N., *et al.* (2019). The uncertain future of protected lands and waters. *Science* 364(6443): 881. [https://doi: 10.1126/science.aau5525](https://doi.org/10.1126/science.aau5525).
- Levy, R. C., Remer, L. A., Kleidman, R. G., *et al.* (2010). Global evaluation of the Collection 5 MODIS dark-target aerosol products over land. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10(21): 10399–10420. [https://doi:10.5194/acp-10-10399-2010](https://doi.org/10.5194/acp-10-10399-2010).
- Liu, J., Bowman, K. W., Schimel, D. S., *et al.* (2017). Contrasting carbon cycle responses of the tropical continents to the 2015-2016 El Nino. *Science* 358: 6360. [https://doi: 10.1126/science.aam5690](https://doi.org/10.1126/science.aam5690).
- Lu, S. L., Ma, J., Ma, X. Q., *et al.* (2019). Time series of Inland Surface Water Dataset in China (ISWDC) for 2000-2016 derived from MODIS archives. *Earth System Science Data* 11(3):1099–1108. <https://doi.org/10.5194/essd-11-1-2019>.
- Masó, J., Serral, I., Domingo-Marimon, C., *et al.* (2019). Earth observations for sustainable development goals monitoring based on essential variables and driver-pressure-state-impact-response indicators. *International Journal of Digital Earth*, Online, <http://doi:10.1080/17538947.2019.1576787>.
- Micklin, P., Aladin, N. V. and Plotnikov, I. (2016). *The Aral Sea*. Springer-Verlag, Berlin.
- Monfreda, C., Ramankutty, N. and Foley, J. A. (2008). Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles* 22: 89-102. [https://doi:10.1029/2007GB002947](https://doi.org/10.1029/2007GB002947).
- Nicolai, S., Hoy, C., Berliner, T., *et al.* (2016). Projecting progress: Reaching the SDGs by 2030. Overseas Development Institute, London.
- Niu, Z. G., Zhang, H. Y., Gong, P. (2011). More protection for China's wetlands. *Nature* 471(7338): 305. [https://doi:10.1038/471305c](https://doi.org/10.1038/471305c).
- NOWPAP CEARAC. (2011). Integrated Report on Eutrophication Assessment in Selected Sea Areas in the NOWPAP Region: Evaluation of the NOWPAP Common Procedure. NOWPAP CEARAC, Toyama, Japan.
- Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., *et al.* (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 540(7633): 418–422. [https://doi:10.1038/nature20584](https://doi.org/10.1038/nature20584).
- Poulter, B., Frank, D., Ciais, P., *et al.* (2014). Contribution of semi-arid ecosystems to interannual variability of the global carbon cycle. *Nature* 509(7502): 600. [https://doi: 10.1038/nature13376](https://doi.org/10.1038/nature13376).
- Rapport, D. J. (1995). Ecosystem health: Exploring the territory. *Ecosystem Health* 1(1): 5–13.
- Sachs J., S. T., Kroll, C. (2016). SDG Index and Dashboards-Global Report. Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN), New York.

- Siebert, S. and Döll, P. (2010). Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology* 384(3–4): 198–217. <https://doi:10.1016/j.jhydrol.2009.07.031>.
- Sun, Z. C., Xu, R., Du, W. J., *et al.* (2019). High-Resolution Urban Land Mapping in China from Sentinel 1A/2 Imagery Based on Google Earth Engine. *Remote Sensing* 11(7): 752. <https://doi:10.3390/rs11070752>.
- Thornton, P. K., Jones, P. G., Alagarswamy, G., *et al.* (2009). Spatial variation of crop yield response to climate change in East Africa. *Global Environmental Change* 19(1): 54–65. <https://doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.08.005>.
- Thomas, E., Erik, A., Niki, F., *et al.* 2019. Sustainability and resilience for transformation in the urban century, *Nature Sustainability* 2: 267–273. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0250-1>.
- Tulbure, M.G., Broich, M., Stehman, S.V., *et al.* (2016). Surface water extent dynamics from three decades of seasonally continuous Landsat time series at subcontinental scale in a semi-arid region, *Remote Sensing Environment* 178: 142–157. <https://doi:10.1016/j.rse.2016.02.034>.
- UNDESA. (2014). World urbanization prospects the 2014 revision. New York: United Nations.
- United Nations Education, Cultural and Science Organization. (1972). Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. United Nations Education, Cultural and Science Organization, Paris.
- UN-Habitat. (2019). A guide to assist national and local governments to monitor and report on SDG goal 11+ indicators, Online Edition.
- United Nations. (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, New York.
- United Nations. (2018). Tracking Progress Towards Inclusive, Safe, Resilient and Sustainable Cities and Human Settlements.
- United Nations. (2019). The Sustainable Development Goals Report 2019, Online Edition. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/>.
- Wei, H. S., Wang, J. L., Cheng, K., *et al.* (2018). Desertification information extraction based on feature space combinations on the Mongolian plateau. *Remote Sensing* 10(10): 1614. <https://doi:10.3390/rs10101614>.
- Xu, W.H., Viña, A., Kong, L.Q., *et al.* (2017). Reassessing the conservation status of the giant panda using remote sensing. *Nature Ecology & Evolution* 1(11): 1635–1638. <https://doi:10.10138/s41559-017-0317-1>.
- Zeng, Z. C., Lei, L. P., Hou, S. S., *et al.* (2014). A regional gap-filling method based on spatiotemporal variogram model of columns. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 52(6): 3594–3603. <https://doi:10.1109/TGRS.2013.2273807>.
- Zeng, Z. C., Lei, L. P., Strong, K., *et al.* (2017). Global land mapping of satellite-observed CO₂ total columns using spatio-temporal geostatistics. *International Journal of Digital Earth* 10(4): 426–456. <https://doi:10.1080/17538947.2016.1156777>.
- Zhao, L. N., Yang, Y. C., Liu, H. Y., *et al.* (2019). Spatial knowledge deficiencies drive taxonomic and geographic selectivity in data deficiency. *Biological Conservation* 231: 174–180. <https://doi:10.1016/j.biocon.2018.12.009>.
- Zhao, L. N., Li, J. Y., Liu, H. Y., *et al.* (2016). Distribution, congruence, and hotspots of higher plants in China. *Scientific Reports* 6: 19080. <https://doi:10.1038/srep19080>.
- Zheng, Y. M., Niu, Z. G., Gong, P., *et al.* (2015). A database of global wetland validation samples for wetland mapping. *Science Bulletin* 60(4): 428–434. <https://doi:10.1007/s11434-014-0717-4>.

- Zheng, Y. M., Zhang, H. Y., Niu, Z. G., *et al.* (2012). Protection efficacy of national wetland reserves in China. *Chinese Science Bulletin* 57(10): 1116–1134. <https://doi:10.1007/s11434-011-4942-9>.
- Zheng, Y. M., Niu, Z. G., Gong, P., *et al.* (2017). A method for alpine wetland delineation and features of border: Zoig Plateau, China. *Chinese Geographical Science* 27(5): 784–799. <https://doi:10.1007/s11769-017-0897-3>.
- Zhu, J. A. (2005). Transitional Institution for the Emerging Land Market in Urban China. *Urban Studies* 42(8):1369-1390. <https://doi:10.1080/00420980500150714>.
- Zscheischler, J., Mahecha, M. D., Harmeling, S., *et al.* (2013). Detection and attribution of large spatiotemporal extreme events in Earth observation data. *Ecological Informatics* 15: 66–73. <https://doi:10.1016/j.ecoinf.2013.03.004>.
- Zuo, L. J., Zhang, Z. X., Carlson, K. M., *et al.* (2018). Progress towards sustainable intensification in China challenged by land-use change. *Nature Sustainability* 1: 304–313. <https://doi:10.1038/s41893-018-0076-2>.
- Zuo, L. J., Wang, X., Liu, F., *et al.* (2013). Spatial exploration of multiple cropping efficiency in china based on time series remote sensing data and econometric model. *Journal of Integrative Agriculture* 12(5): 903-913. [https://doi:10.1016/S2095-3119\(13\)60308-1](https://doi:10.1016/S2095-3119(13)60308-1).
- 邓伟, 李爱农, 南希, 等. (2015). 中国数字山地图. 北京: 中国地图出版社.
- 郭华东. (2018). 2018 地球大数据科学工程. 中国科学院院刊 33(8): 818 — 824.
- 郭华东. (2018). 科学大数据——国家大数据战略的基石. 中国科学院院刊 33(8): 768 — 773.
- 郭华东. 利用地球大数据促进可持续发展. 人民日报, 2018 年 7 月 30 日, 7 版. http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2018-07/30/nw.D110000renmrb_20180730_2-07.htm.
- 何立峰. (2017). 国家新型城镇化报告 2016. 北京: 中国计划出版社.
- 欧阳志云, 徐卫华, 肖燧. (2017). 中国生态系统格局质量服务与演变. 北京: 科学出版社.
- 唐孝炎, 张远航, 邵敏. (2006). 大气环境化学(第二版). 北京: 高等教育出版社.
- 俞志明, 沈志良, 等. (2011). 长江口水域富营养化. 北京: 科学出版社.

编写组成员

组长:

郭华东 中国科学院遥感与数字地球研究所

组员: (排名不分先后, 按姓名拼音排序)

白洁	中国科学院新疆生态与地理研究所	南希	中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所
包庆	中国科学院大气物理研究所	牛振国	中国科学院遥感与数字地球研究所
边金虎	中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所	欧阳志云	中国科学院生态环境研究中心
曹泊	兰州大学	覃海宁	中国科学院植物研究所
陈方	中国科学院遥感与数字地球研究所	任海保	中国科学院植物研究所
陈劲松	中国科学院深圳先进技术研究院	上官冬辉	中国科学院西北生态环境资源研究院
陈磊	中国科学院植物研究所	申小莉	中国科学院植物研究所
陈琪婷	中国科学院遥感与数字地球研究所	宋晓瑜	中国科学院西北生态环境资源研究院
陈亚西	中国科学院遥感与数字地球研究所	孙晓霞	中国科学院海洋研究所
陈玉	中国科学院遥感与数字地球研究所	孙中昶	中国科学院遥感与数字地球研究所
程凯	中国科学院地理科学与资源研究所	王宝	中国科学院西北生态环境资源研究院
程志峰	中国科学院地理科学与资源研究所	王江浩	中国科学院地理科学与资源研究所
崔宇然	中国科学院遥感与数字地球研究所	王璉	中国科学院深圳先进技术研究院
邓新萍	中国科学院深圳先进技术研究院	王卷乐	中国科学院地理科学与资源研究所
杜文杰	中国科学院遥感与数字地球研究所	王蕾	国家林业与草原局林产工业设计院
范馨悦	中国科学院生态环境研究中心	王力	中国科学院遥感与数字地球研究所
高峰	中国科学院西北生态环境资源研究院	王鹏龙	中国科学院西北生态环境资源研究院
古丽·加帕尔	中国科学院新疆生态与地理研究所	王树东	中国科学院遥感与数字地球研究所
郭万钦	中国科学院西北生态环境资源研究院	汪潇	中国科学院遥感与数字地球研究所
韩群力	中国科学院遥感与数字地球研究所	王心源	中国科学院遥感与数字地球研究所
何编	中国科学院大气物理研究所	王昀琛	中国科学院西北生态环境资源研究院
贺忠华	中国科学院遥感与数字地球研究所	王子峰	中国科学院遥感与数字地球研究所
胡光成	中国科学院遥感与数字地球研究所	魏海硕	山东理工大学
胡仔园	中国科学院海洋研究所	魏彦强	中国科学院西北生态环境资源研究院
黄春林	中国科学院西北生态环境资源研究院	吴炳方	中国科学院遥感与数字地球研究所
黄磊	中国科学院遥感与数字地球研究所	吴文斌	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所
贾根锁	中国科学院大气物理研究所	吴小飞	成都信息工程大学
贾慧聪	中国科学院遥感与数字地球研究所	吴在兴	中国科学院海洋研究所
贾立	中国科学院遥感与数字地球研究所	肖焱	中国科学院生态环境研究中心
姜亮亮	中国科学院新疆生态与地理研究所	徐卫华	中国科学院生态环境研究中心
蒋珣	中国科学院遥感与数字地球研究所	杨瑞霞	中国科学院遥感与数字地球研究所
孔令桥	中国科学院生态环境研究中心	于仁成	中国科学院海洋研究所
雷光斌	中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所	于秀波	中国科学院地理科学与资源研究所
雷莉萍	中国科学院遥感与数字地球研究所	袁涌铨	中国科学院海洋研究所
李爱农	中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所	张晶晶	中国科学院生态环境研究中心
李洪忠	中国科学院深圳先进技术研究院	张丽荣	生态环境部环境规划院
李利平	中国科学院遥感与数字地球研究所	张路	中国科学院生态环境研究中心
李晓松	中国科学院遥感与数字地球研究所	张森	中国科学院遥感与数字地球研究所
梁栋	中国科学院遥感与数字地球研究所	张少卿	中国科学院遥感与数字地球研究所
廖静娟	中国科学院遥感与数字地球研究所	张增祥	中国科学院遥感与数字地球研究所
林永生	北京师范大学中国市场经济研究中心	赵莉娜	中国科学院植物研究所
刘洁	中国科学院遥感与数字地球研究所	赵晓丽	中国科学院遥感与数字地球研究所
刘荣高	中国科学院地理科学与资源研究所	郑姚闽	中国科学院遥感与数字地球研究所
卢琦	中国林科院荒漠化研究所	周正熙	中国科学院海洋研究所
卢善龙	中国科学院遥感与数字地球研究所	朱丽	中国科学院植物研究所
骆磊	中国科学院遥感与数字地球研究所	朱亮	中国科学院遥感与数字地球研究所
马克平	中国科学院植物研究所	朱秀林	中国科学院遥感与数字地球研究所
米湘成	中国科学院植物研究所	左丽君	中国科学院遥感与数字地球研究所



中国科学院地球大数据科学工程

地址：北京市海淀区邓庄南路9号

电话：+86 10 82178980

邮箱：casearth@radi.ac.cn

网址：www.casearth.com