

地球大数据支撑 可持续发展目标报告

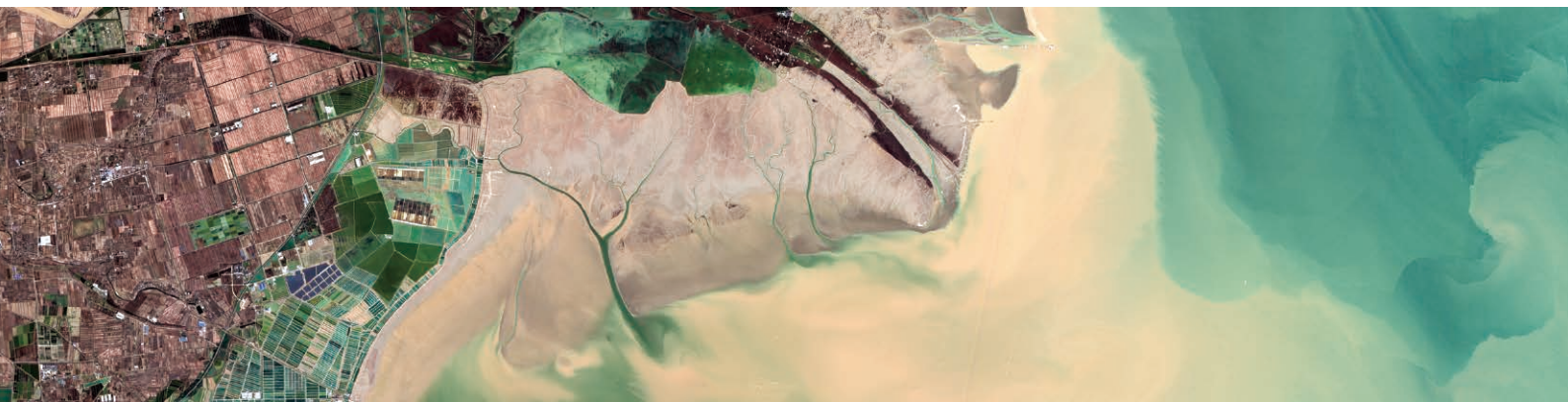


中国科学院
可持续发展大数据国际研究中心
2023年9月

地球大数据支撑 可持续发展目标报告



目录



04 前言

05 执行摘要

07 绪论

11 SDG 2 零饥饿

13 中期进展

14 可持续粮食生产体系监测

全球耕地变化监测与评估 \14

中国梯田分布及其土壤保持效益 \16

17 可持续粮食生产政策与效益评估

中国耕地利用与保护政策与经验分享 \17

中国农田建设效益评估 \18

21 SDG 6 清洁饮水和卫生设施

23 中期进展

24 安全饮水与卫生设施

中国饮用水水源地水质监测评估 \24

中国公共卫生设施覆盖人口比例监测 \25

26 改善水环境

全球大型湖库透明度时空变化 \26

27 提高用水效率

全球农田用水效率变化 \27

29 水生态系统变化

全球湖库水体分布范围变化 \29

非洲地下水储量变化 \31

33 SDG 7 经济适用的清洁能源

35 中期进展

36 清洁炊事

中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例 \36

37 可再生能源

全球风光资源情况 \37

中国清洁能源转型 \39

中国特高压支撑可再生能源远距离利用 \40

41 国际能源合作

中国清洁能源国际合作 \41

44 SDG 11 可持续城市和社区

46 中期进展

47 城市公共交通

全球主要城市可便利使用公共交通的人口比例及变化 \47

49 遗产保护

世界自然遗产以及文化和自然双遗产公开边界数据质量完善 \49

50 城市环境

全球典型区域大气颗粒物的时空趋势 \50

中国长期高分辨 PM_{2.5} 反演及变化趋势 \51

52 SDG 11 综合评估

中国典型城市 SDG 11 综合评估 \53



55 ◎ SDG 13 气候行动

- 57 中期进展
- 58 减少气候相关灾害影响
中国洪涝灾害影响及防御成效分析 \58
- 60 积极应对气候变化
中国应对气候变化战略与行动 \60
全球实时碳排放 \61
全球陆地生态系统三种温室气体 (CO₂、CH₄和 N₂O) 源汇通量 \63
- 65 加强气候变化教育
中国气候变化社交媒体传播 \65

67 ◎ SDG 14 水下生物

- 69 中期进展
- 70 减少海洋污染
中国近海微塑料分布特征及时变状况分析 \70
- 71 保护海洋生态系统
中国海草床时空分布动态监测 \71
典型岛礁活珊瑚覆盖度动态监测 \73
中国典型海湾生态系统健康综合评估 \74
- 75 可持续地管理水产养殖业
中国近海筏式养殖动态遥感监测与分析 \75

77 ◎ SDG 15 陆地生物

- 79 中期进展
- 80 森林保护与恢复
森林覆盖及地上生物量动态变化 \80

全球油棕空间分布 \81

- 83 土地退化零增长
中国土地退化零增长动态 \83
蒙古高原沙尘暴动态与应对策略 \85
- 86 红色名录指数
中国高等植物红色名录指数 \86
- 87 外来物种入侵
重要农业入侵害虫分布预测与评估 \87
- 88 生态系统恢复综合示范
河北省塞罕坝机械林场生态恢复成效及经验 \88

90 ◎ SDGs 综合与交叉

- 91 中国地级及以上城市 SDGs 综合与交叉分析
SDGs 综合进展评估 \91
SDGs 协同与权衡关系分析 \93
SDGs 空间溢出效应 \94
SDGs 未来发展情景预测 \95

98 ◎ 总结与展望

100 ◎ 附录

- 100 数据源
- 103 缩略词
- 105 主要参考文献
- 109 报告编写组

前言

从 2015 年至今，联合国《变革我们的世界：2030 年可持续发展议程》（以下简称“2030 年议程”）实施时间过半。在这半程阶段，可持续发展目标（Sustainable Development Goals, SDGs）整体推进虽有进展，但面临较严峻挑战和困难。国际社会对气候变化、生物多样性丧失等长期性问题的认识更为深入，但执行力度有待进一步提升。新冠疫情、地区冲突等突发问题对社会、经济和环境造成重大和深远影响。

如何总结 2030 年议程前半程的有益经验，分析前半程的不利教训，使后半程更好地落实可持续发展目标，并为未来可持续发展探索方向，国际社会在广泛关切。前半程的进展迟缓，凸显了全球在推进可持续发展过程中，应对长期风险和短期危机的能力不足。及时、准确数据的缺失，仍然是制约人类应对长期、短期问题的短板，更是影响 SDG 实施和进展监测、制定科学决策的瓶颈。

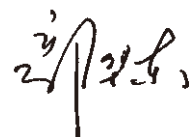
2021 年 9 月，中国国家主席习近平在第 76 届联合国大会上提出全球发展倡议（Global Development Initiative, GDI），GDI 目标旨在深化国际合作，加快落实 2030 年议程，推动实现更加强劲、绿色和健康的发展。GDI 重点推进包括数字时代互联互通等领域的相关合作，以加快落实 2030 年议程为目标，致力于推动构建全球发展共同体。推广数字技术是促进数字时代互联互通的重要基础之一。作为数字技术的一个典型形式，地球大数据技术是弥补当前 SDG 指标统计数据不足、时空信息缺失的重要工具。

2023 年，是习近平主席宣布中国设立可持续发展大数据国际研究中心（International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals, CBAS）3 周年，也是《地球大数据支撑可持续发展目标报告》（以下简称“报告”）连续发布的第 5 年。过去几年，科研团队利用能力日臻完善的地球大数据平台，充分发挥科学数据客观、时空信息丰富的优势，评估中国和全球的可持续发展中期进展，试图探索阻碍可持续发展的短板，明

确未来发展方向。

今年的报告通过地球大数据，聚焦中国和全球可持续发展的中期评估，扩展 SDG 指标数据产品，探讨延伸指标内涵，完成中国所有环境类指标的进展评估。同时，积极为全球提供公共数据产品，服务各国尤其是发展中国家的 2030 年可持续发展议程落实评估。同时，基于报告研究内容，提出了对未来科学决策、加速可持续发展进程、大数据获取能力建设以及指标调整与优化的建议，为落实 2030 年可持续发展议程提供科学支撑。

本报告由科研院所、高校等 50 多家单位 160 余名科研人员进行撰写，反映了可持续发展和大数据领域的最新研究成果。中国科学院机关和有关部委专家给予了大力支持，编写组同志们付出了艰辛劳动，在此一并表示衷心感谢。



可持续发展大数据国际研究中心主任
联合国可持续发展目标技术促进机制 10 人组成员
(2018—2021)

执行摘要

本报告充分发挥地球大数据的优势与特点，围绕SDG 2 零饥饿、SDG 6 清洁饮水和卫生设施、SDG 7 经济适用的清洁能源、SDG 11 可持续城市和社区、SDG 13 气候行动、SDG 14 水下生物和SDG 15 陆地生物7个可持续发展目标的25个具体目标及SDG多指标交叉与综合，形成41个研究案例，从数据产品、方法模型和决策支持三方面，展示了全球、区域、国家和典型地区4个尺度的SDG指标监测和中期评估成果，是大数据支撑SDG落实的创新性实践，可为决策部门提供科学参考。



2 零饥饿 SDG 2 零饥饿方面，报告重点聚焦2个具体目标的4个指标，开展了全球/中国中期进展评估。研究发现，中国在逐步实现营养需求满足目标的基础上，粮食生产向可持续方向迈进。中国6岁以下儿童生长迟缓率(SDG 2.2.1)从2013年的8.1%下降至2017年的4.8%；中国6岁以下儿童超重率(SDG 2.2.2)从2013年的8.4%下降至2017年的6.8%；中国育龄女性贫血率(SDG 2.2.3)从2012年的15.0%下降至2018年的14.5%；从事生产性和可持续农业地区比例方面(SDG 2.4.1)，全球耕地总面积呈现稳定增长态势，2015—2022年增速为3.05万km²/a；中国高标准农田建设面积从2015年占全国耕地总面积的约20%增加至2022年的50%以上，化肥、农药、灌溉水和土地等资源利用效率提高8.8%~25.3%，从业者收入提升率平均为56.4%，中国梯田面积略有增加，梯田使中国农田土壤水力侵蚀总量减少约50%，其中2015—2020年间中国农田耕层土壤有机碳增加了3.4%。



6 清洁饮水和卫生设施 SDG 6 清洁饮水和卫生设施方面，报告重点聚焦6个具体目标的8个指标，开展了全球/中国中期进展评估。研究发现，2001年以来，全球41.4%的大型湖库透明度(SDG 6.3.2)呈显著上升趋势，全球农业区的农田水分利用效率(SDG 6.4.1)总体上升幅度为3.5%，全球湖库水体分布面积增长率为719.1km²/a；中国SDG 6整体取得明显进展。2015年以来，中国地表饮用水水源地

水质安全(SDG 6.1.1)达标率增长了3.5个百分点，城镇居民每万人拥有公共卫生间数量(SDG 6.2.1a)增长率为11.2%，污水处理厂数量和处理能力(SDG 6.3.1)分别增长111.6%和56.1%，地表水质良好水体比例(SDG 6.3.2)上升的省份达26个，总体用水紧张程度(SDG 6.4.2)从66%下降至58%，自然和人工水体面积(SDG 6.6.1)呈增加趋势，其中水库水面面积增长约7%；2001—2019年，中国小麦、玉米和水稻水分利用效率(SDG 6.4.1)分别上升33.4%、20.0%和14.1%；2020年，中国水资源综合管理实施程度(SDG 6.5.1)评价综合评分由2017年的75分提高至79分。



7 经济适用的清洁能源 SDG 7 经济适用的清洁能源方面，报告重点聚焦5个具体目标的6个指标，开展了全球/中国中期进展评估。研究发现，中国SDG 7各指标均取得了较显著进展。2020年全球建筑通电状况(SDG 7.1.1)较2014年明显提升，中国已于2015年实现完全通电；2022年，中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例(SDG 7.1.2)达到83.55%；中国清洁能源(SDG 7.2.1)转型进展显著，2022年中国风电、光伏发电装机容量分别较2015年增长了2.8和9.2倍，2021年中国特高压输送的可再生能源电量比2016年增加了1.69倍；2021年中国单位国内生产总值能耗(SDG 7.3.1)较2014年下降了五分之一；中国从政策框架、能源项目合作、绿色能源利用和能源科技合作等方面开展了系统性的能源国际合作(SDG 7.a.1/SDG 7.b.1)，助力全球能源转型。



11 可持续城市和社区 SDG 11 可持续城市和社区方面，报告重点聚焦8个具体目标的9个指标，开展了全球/中国中期进展评估。研究发现，2015—2020年，全球主要城市可便利使用公共交通的人口比例(SDG 11.2.1)提升了3.4%，全球城市土地利用效率(SDG 11.3.1)提高，全球遗产保护(SDG 11.4.1)态势呈现正向发展，全球的受灾人数(SDG 11.5.1)显著减少；2015—2022年，PM_{2.5}浓度(SDG

11.6.2) 从 $21.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 降至 $19.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。中国 SDG 11 各指标取得了明显进展，中国主要城市棚户区的常住人口 (SDG 11.1.1) 下降了 30.8%，中国可便利使用公共交通的人口比例显著增加，中国的受灾和死亡人数 (SDG 11.5.1) 和直接经济损失 (SDG 11.5.2) 两项监测指标均呈现明显下降趋势，中国居民暴露高 $\text{PM}_{2.5}$ 的比例 (SDG 11.6.2) 降低至 44.2%，中国城市建设用地生态绿化 (SDG 11.7.1) 成效显著，中国中部和东部地区的城乡区域发展 (SDG 11.a) 整体情况优于西部和东北地区。



13 气候行动 SDG 13 气候行动方面，报告重点聚焦 4 个具体目标的 7 个指标，开展了全球 / 中国中期进展评估。研究发现，中国和全球防灾减灾取得一定成效，温室气体排放仍面临较大压力。2016—2021 年，全球极端天气气候事件年均受灾人口和死亡人口 (SDG 13.1.1) 较 2000—2015 年分别减少了 42.2% 和 78.0%，中国每十万人受灾、死亡失踪人口较 2010—2015 年分别减少了 57.7% 和 64.8%；中国依据仙台框架构建了完整的国家减灾政策体系 (SDG 13.1.2)，构建减灾战略的地方政府比例 (SDG 13.1.3) 达到 100%，中国在 2020 年以后明确了碳达峰、碳中和目标，以及应对气候变化的战略体系 (SDG 13.2.1/13.b.1)；全球温室气体排放量 (SDG 13.2.2) 在 2020 年短暂下降后，在 2021 年后重回上升轨道，中国温室气体排放量的控制同样面临较大压力；中国的气候变化教育 (SDG 13.3.1) 尚处于初期阶段，“双碳”目标的提出对公众认知气候变化问题有明显提升作用。



14 水下生物 SDG 14 水下生物方面，报告重点聚焦 4 个具体目标，开展了中国中期进展评估。研究发现，中国 SDG 14 各指标都取得了较显著进展。减少海洋污染方面 (SDG 14.1)，2009—2019 年中国东部近海溶解无机氮、溶解无机磷、活性硅酸盐浓度显著降低；2018 年中国近海漂浮垃圾密度比 2010—2014 年平均值下降约 25%；2018—2021 年中国近海水体中微塑料的平均密度整体处于中低水平。保护海洋生态系统方面 (SDG 14.2)，2015—2020 年中国红树林面积净增长 16%；中国近海湿地的台风防护服务价值不断提升；中国近海典型海湾生态系统健康状况整体良好。保护沿海和海洋区域方面

(SDG 14.5)，2010—2020 年中国沿海退围还海、退耕还湿的速度持续增加，特别是在 2018—2020 年速度增加最为显著。可持续管理水产养殖业方面 (SDG 14.7)，2015—2020 年中国滨海养殖池面积总体呈现持续下降趋势；2015—2021 年中国海洋筏式养殖面积处于有序增长阶段，分布呈现远离海岸线的趋势。



15 陆地生物 SDG 15 陆地生物方面，报告重点聚焦 5 个具体目标的 6 个指标，开展了全球 / 中国中期进展评估。研究发现，中国 SDG 15 各指标均取得了较显著进展。中国森林覆盖面积 (SDG 15.1.1) 呈明显增加态势，人工造林成效显著；2015 年以来全球土地退化 (SDG 15.3.1) 趋势向好，中国提前实现土地退化零增长，监测期 (2015—2020 年) 比基线期 (2000—2015 年) 年均土地净恢复速率同比增加近 5%；在山地生态系统保护方面，截止到 2020 年中国山地 2/3 的重点保护野生动植物物种、86.9% 的优先保护自然生态系统处于自然保护地覆盖之下，为山地生物多样性保护 (SDG 15.4.1) 提供了重要保障；全球与中国 2015—2020 年山地绿色指数 (SDG 15.4.2) 基本稳定，中国已实现山地绿色指数目标；2013—2020 年中国高等植物红色名录指数 (SDG 15.5.1) 略有上升，受威胁物种保护成效稳定并有所提升；2012—2020 年中国 6 种典型农业入侵害虫范围保持相对稳定，马铃薯甲虫等外来入侵物种防治 (SDG 15.8.1) 效果良好。



SDGs 综合与交叉方面，报告重点聚焦 4 个主题，开展了中国 285 个地级及以上城市 SDGs 综合评估、SDGs 协同与权衡关系分析、SDGs 空间溢出效应分析及 SDGs 未来情景模拟。研究发现，中国各地级及以上城市 SDGs 综合得分及均衡度得分具有明显的空间差异，城市群的 SDGs 发展明显优于非城市群区域；城市群 SDGs 的协同关系多于权衡关系，且在长三角、成渝、珠三角等城市群区域 SDGs 城市间交互作用更为紧密；城市群战略能够有效带动城市的可持续发展，未来需要重点发展 SDG 4 (优质教育)、SDG 11 (可持续城市和社区)、SDG 12 (负责任消费和生产) 和 SDG 15 (陆地生物) 等目标，促进 SDGs 的整体实现进程。

绪 论

2023 年是《变革我们的世界：2030 年可持续发展议程》（以下简称“2030 年议程”）中期之年。我们需要用更准确的数据评估当前可持续发展目标的进程，从而更全面地了解当前全球和各个国家面临的问题，并研究科学可行的解决方案，为议程后半段的实施指明方向。

然而，根据联合国《可持续发展目标报告》对 17 个目标的分析，以及 230 多个指标的调研结果（图 1-1），可以看出全球仍然有大约一半的国家严重缺乏指标进展数据，且指标更新不及时，缺乏地理空间信

息，严重影响指标的监测和科学决策（UN, 2022; UN, 2023a）。可持续发展目标中期评估是一个机会，一方面可以检验我们实施可持续发展目标的进展和不足，另一方面也可以借此加强数据获取能力。在目前 230 多个 SDG 指标中，仍然有 35% 的指标处于 Tier II 有方法无数据的状态。而那些有数据的指标，在不同国家、不同领域分布也极其不均匀，尤其对很多发展中国家和欠发达国家，短期难以实现大范围的数据计算，急需高质量的全球数据产品。

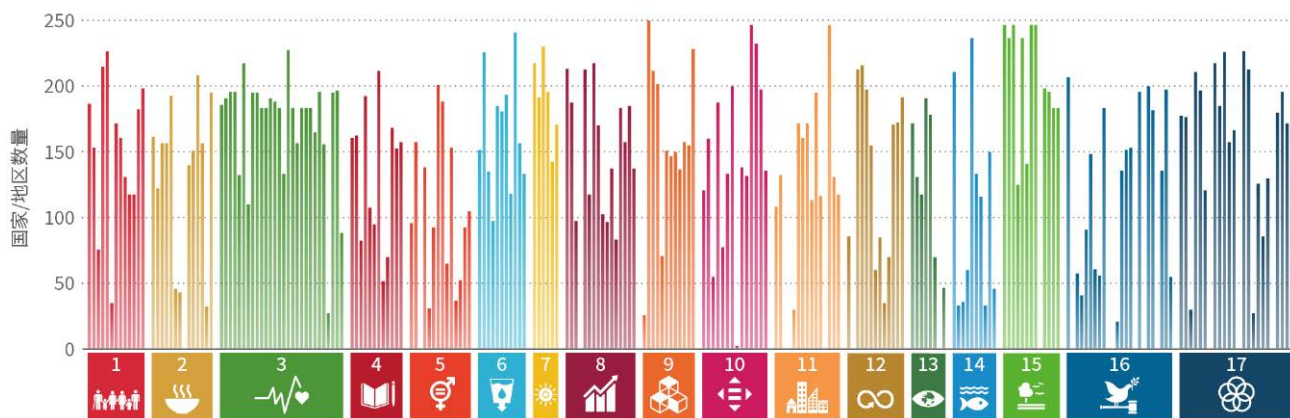


图 1-1 SDG 各指标有数据的国家 / 地区数量对比

地球大数据助力 SDG 中期进展评估

联合国推动提出《数字合作路线图》，旨在推动数字技术加快可持续发展进程（UN, 2020a）。大数据是数字技术的重要方法和手段。我们融合了卫星观测、台站记录、调查统计、网络媒体、基础地理等多源数据的地球大数据，弥补统计数据的缺失，同时提供丰富的时空信息，展示指标的空间差异和进展状态。2021 年 11 月发射的可持续发展科学卫星 1 号（SDGSAT-1）是致力于 2030 年议程服务的科学卫星。目前，卫星数据已在全球范围内共享，以进一步增强 SDG 数据获取和服务能力。

2019—2022 年我们连续发布的《地球大数据支撑可持续发展目标报告》（以下简称 SDG 报告，<http://www.cbac.ac.cn/yjcg/yjbg/>），助力中国和全球的可持续发展目标实现。2023 年度的报告，我们继续从指标方法、数据和决策支持三个方面，关注中国和全球尺度指标进展。另外，今年的报告重点开展指标在中国和全球的中期进展评估。在可持续发展目标所有 230 多个指标中，有超过 1/3 与环境相关（UNEP, 2021a），这些环境相关指标也是最能体现地球大数据时空优势的领域。随着地球大数据研究的深入，能够用来计算指标的数据也在

不断增加和更新。

在全球尺度上，5年来重点提供了可持续发展指标相关的公共数据产品，例如全球耕地数据产品（SDG 2）、全球湖库水体质量产品（SDG 6）、全球通电率产品（SDG 7）、全球城市不透水层和全球城市公共空间产品（SDG 11）、全球温室气体排放和自然灾害影响产品（SDG 13）、全球海洋养殖和红树林分布产品（SDG 14）、全球森林覆盖和土地退化产品（SDG 15），以及SDGSAT-1卫星数据产品等。这些产品无论从分辨率、时效性、精度等方面都处于领先水平，可以直接服务全球可持续发展目标的评估。同时，我们构建了地球大数据共享平台以及数据在线展示平台，用来开展指标的共享、展示和在线计算。

在中国尺度，依据2019—2023年的《地球大数据支撑可持续发展目标报告》数据集，以及国家及联合国部分统计数据，分析了2010—2022年中国98个以环境

类为主的可持续发展指标进展（图1-2）。本报告形成的关于中国可持续发展目标落实进展的部分定量结论，是基于地球大数据处理与分析关键技术及创新方法应用的探索性研究成果。结果显示，2010—2022年，评估的指标整体持续稳定改善。2010—2015年，评估指标中有76.5%在持续改善，14.7%在恶化；而在2015—2022年，改善趋势进一步加强，有81.0%在持续改善，没有恶化的指标。地球大数据评估的98个指标中，在2015年，仅仅有13个指标实现了2030年目标，而到了2022年，已经有超过一半（51个，52%）的指标，提前实现2030年目标。数据显示，中国从2015年可持续发展议程实施以来，环境类可持续发展指标大幅改善。其中，SDG 2 零饥饿、SDG 13 气候行动、SDG 15 陆地生物3个目标中参与评估的指标60%以上都已经实现2030年目标。

进一步完善SDG指标的探讨

大数据在开展全球一致性指标计算方面，具有更新快、可重复、覆盖广的优势，对于弥补部分国家数据缺失问题具有重要作用（Guo, 2019; 2020; 2021）。然而，在长期的指标研究和跟踪过程中，从大数据分析和计算的角度，目前SDG部分指标定义和评价标准有3点可以进一步完善和改进：

（1）部分指标的数据可比性不高。有些指标的数据无法体现国家间人口、发展程度、地理环境差异。例如，指标SDG 13.2.2年温室气体排放量，没有考虑国家间人口、经济体量差异。

（2）部分指标的评估标准不明确。有些指标的标准无法量化，难以衡量指标进展及是否实现目标。例如，SDG 14.a.1海洋领域占研究活动预算的比例，这个指标需要达到多高的比例才算实现目标难以量化，同时，海洋预算比例的提高可能导致农业、气候变化等其他研究

活动比例的降低。

（3）部分指标的空间数据难以获取。有些指标的定义区分男女、残疾人等，例如SDG 11.2.1可便利使用公共交通的人口比例、SDG 11.7.1城市开放公共空间比例，本意可能是强调对弱势人群的保护，但城市内男女人口、残疾人口的空间分布数据难以广泛获取，指标计算时仅靠统计数据无法反映空间差异。

为此，基于目前全球各国数据获取能力差异，以及指标设置的一些问题，我们建议，一方面，各国需要加强支持，继续提升大数据计算指标的能力，另一方面，联合国需要对指标设置进行一些完善，明确指标定义和标准，增加数据可获取性的考虑，从而更大地发挥全球一致性大数据的作用，向着“更公平、易获取”的方向改进。

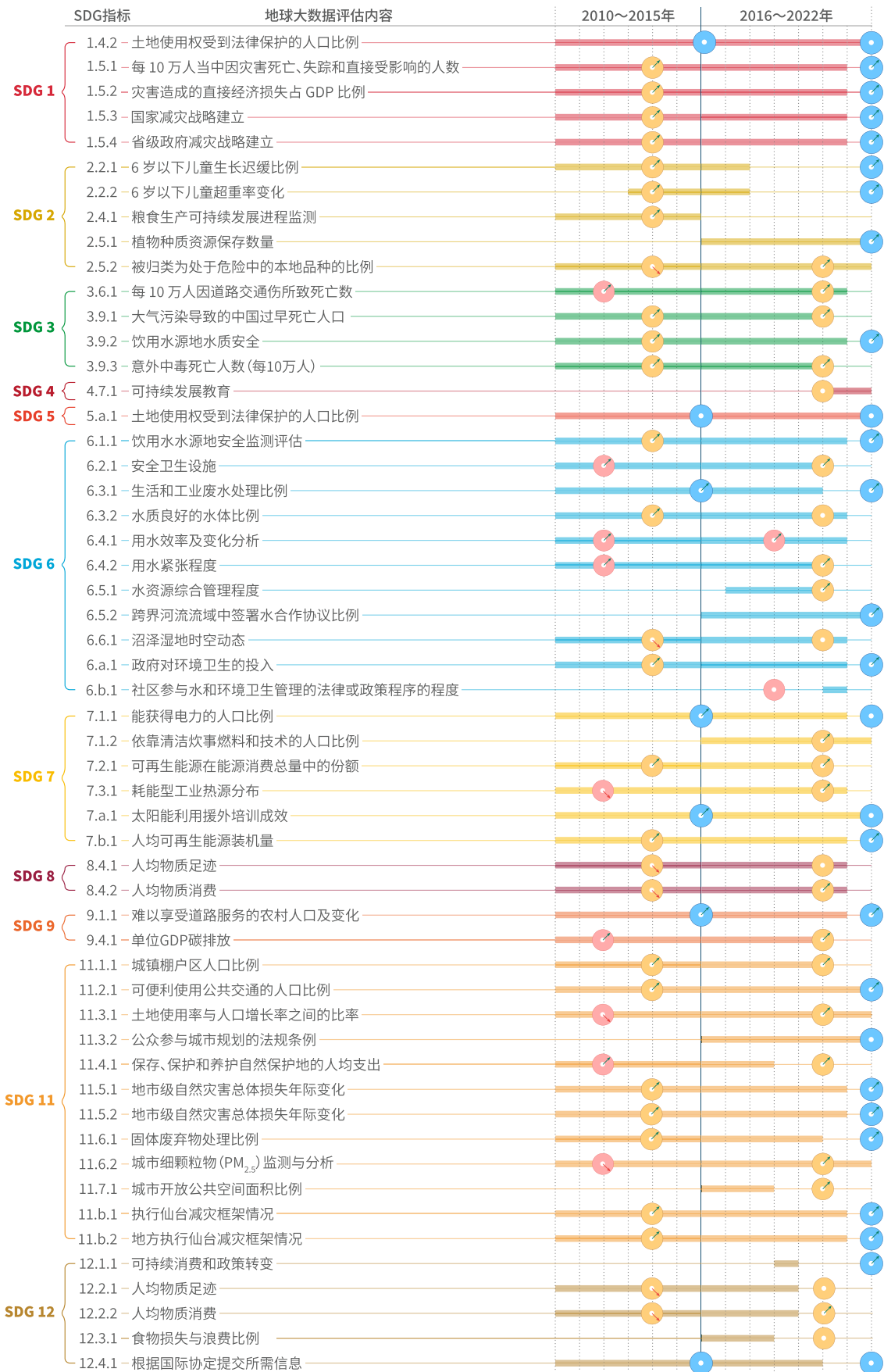
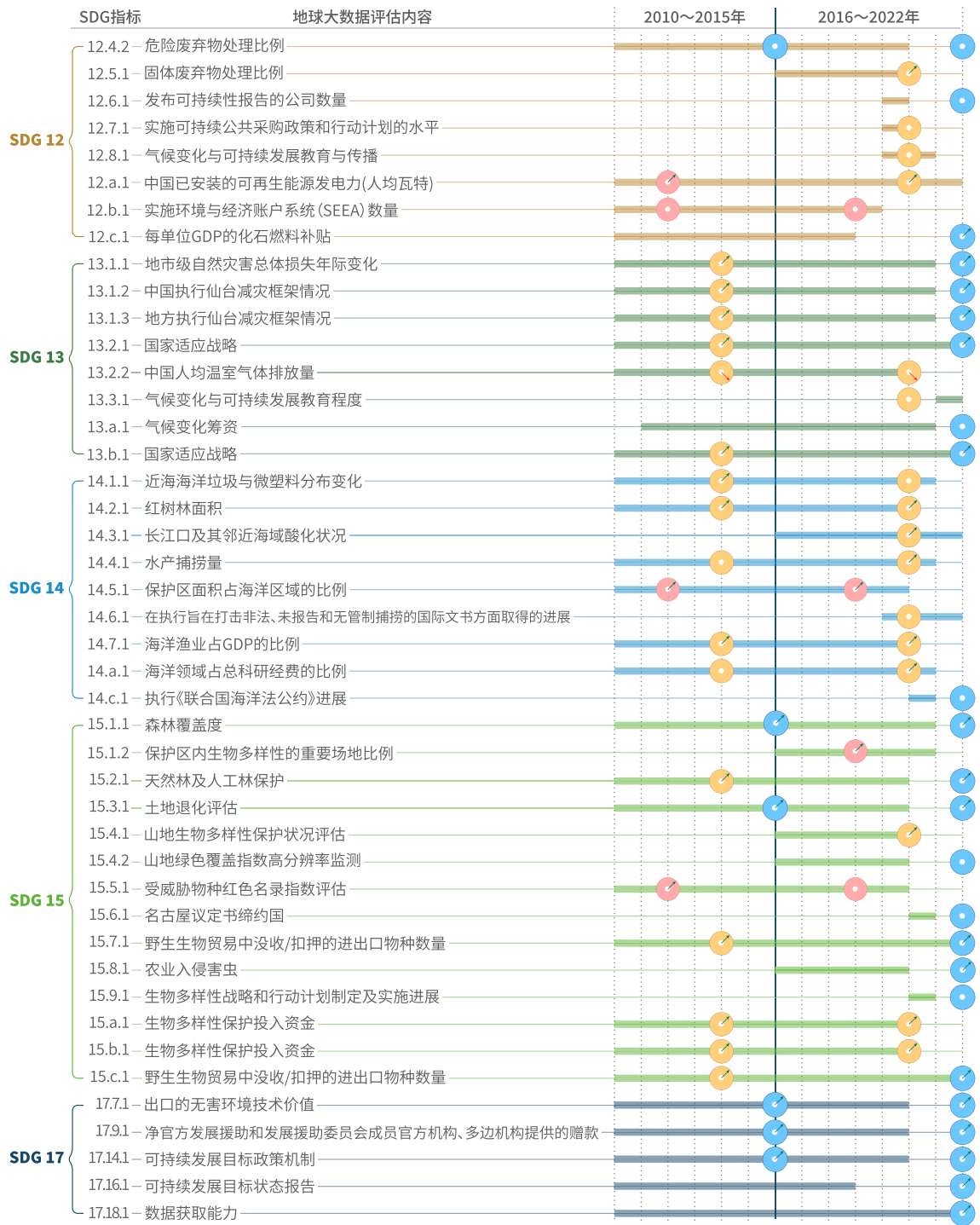
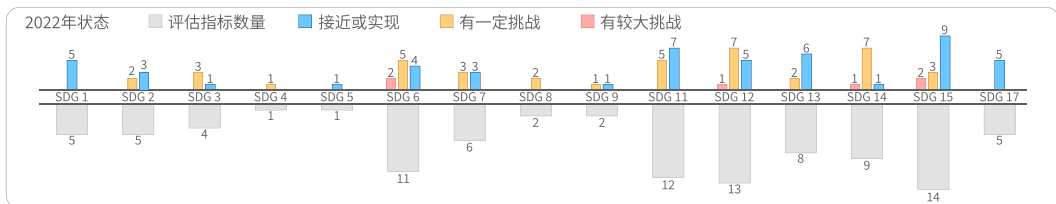


图 1-2 基于地球大数据的中国 98 个 SDG 指标中期进展评估



● 有较大挑战 ● 有一定挑战 ● 接近或实现 ● 向好 ● 变化不大 ● 变差

深色填充表示数据在 2010 ~ 2022 年之间涵盖的年份





SDG 2 零饥饿

背景介绍.....	12
中期进展.....	12
主题研究.....	14
建议与展望.....	20

SDG 2



背景介绍

2030年议程过半，但气候变化和极端天气、政治冲突、经济冲击和日益严重的不平等使世界偏离了零饥饿目标（SDG 2）的轨道（UN，2022）。同时，预测表明，到2030年全世界仍将有6亿人面临饥饿，与2015年启动2030年议程时的水平相当（FAO *et al.*，2023）。若要实现零饥饿目标需要全球平均农业生产水平在未来10年提高28%，是过去10年增幅的3倍多（OECD and FAO，2022）。

可持续的土地、土壤及水资源管理是在向可持续消费方式转变的过程中保障营养、多样化膳食和资源节约型价值链的基础。人类消耗90%的卡路里和80%的蛋白质都来自耕地（Kastner *et al.*，2012），但由于人口增长，人均耕地面积在2000—2020年减少了约18%（FAO，2022）。同时，相关证据表明，农业生产率增速正在放慢，并且高污染、高排放已将生产能力逼至极限，造成了土地和环境的退化（FAO，2021）。

联合国粮农组织（Food and Agriculture Organization of the United Nations，FAO），作为SDG 2的14个指标中9个指标的监管机构和1个指标的合作监管机构，发展了系统全面的统计调查数据搜集与共享系统，为来自

世界不同部门和不同地区的科学家和利益相关方，提供和丰富了与农业、自然资源和粮食系统有关的数据与知识，为促进可持续的土地、土壤及水资源管理、实现零饥饿目标提供了强有力的数据支撑。然而，全球各国统计调查能力相差较大，近50%的国家没有可用于零饥饿目标评估的数据。目前，寻求创新的技术和数据成为落实2030年议程、实现FAO 2022—2031年十年战略目标的4大加速因素之一。

报告在过去的4年中，重点针对营养需求满足和可持续粮食生产保障相关指标开展了一系列地球大数据指标监测方法创新与实践，并对面向未来提升路径进行了探索，为SDG 2中期进展评估奠定了坚实的基础。本年度，我们继续探讨对Tier II指标SDG 2.4.1中涵盖的关于土地、土壤相关的亚指标进行监测，同时对中国耕地可持续利用政策进行梳理并评估其效益。在此基础上，本章将开展全球/中国中期进展评估，研究成果可为了解全球/中国落实SDG 2进程、明确问题与差距、改进和制定加速策略提供科学支撑，为实现全球/中国SDG 2目标提供数据基础和经验参考。



中期进展

基于2019—2022年报告SDG 2相关内容及本章研究结果，开展了儿童生长迟缓率（SDG 2.2.1）、儿童超重率（SDG 2.2.2）和育龄女性贫血率（SDG 2.2.3）3个人群营养健康状况指标的本地化及进展评价，评估了全球/中国生产性与可持续农业地区比例（SDG 2.4.1）等指标的中期进展。地球大数据评估结果显示，虽然全球耕地面积不断增加，但全球人均占有耕地面积正在持续减少；中国在逐步实现营养需求满足目标的基础上，粮食生产向可持续方向迈进。

（1）在营养需求满足方面，对SDG 2.2.1、SDG 2.2.2和SDG 2.2.3等3个指标进行了中国本地化进展研究发

现，中国基本实现上述3个指标的预期目标，具体包括：

在SDG 2.2.1方面，中国6岁以下儿童生长迟缓率从2013年的8.1%下降至2017年的4.8%；监测期间，中国城市、农村儿童生长迟缓率分别从4.2%和11.3%下降至3.5%和5.8%。农村地区下降明显，城乡差距逐年缩小。在SDG 2.2.2方面，中国6岁以下儿童超重率从2013年的8.4%下降至2017年的6.8%；其中，城市从8.4%下降至6.9%，农村从8.4%下降至6.7%，城市地区下降偏缓。在SDG 2.2.3方面，中国育龄女性贫血率呈现一定幅度的下降趋势，从2012年的15.0%下降至2018年的14.5%。

(2) 在可持续粮食生产方面, 2019、2022 年报告和本章研究重点针对 SDG 2.4.1 相关亚指标进行了全球和中国两个尺度的进展监测, 发现全球人均耕地资源日趋紧张, 中国保障粮食产量的同时, 在缓解其环境影响方面取得了积极进展。

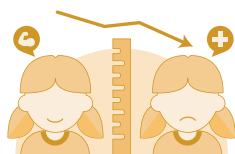
全球耕地总面积呈现稳定增长态势, 2000—2015 年增速为 5.26 万 km²/a, 2015 年之后降低为 3.05 万 km²/a。

中国自 2000 年起, 单位产量的环境影响就开始逐渐减少, 耕地利用总体朝更为可持续的方向发展。作为发展生产性和可持续农业 (SDG 2.4.1) 的实践, 中国自 2011 年起开展高标准农田建设工作, 建设面积从 2015

年占全国耕地总面积的约 20% 增加至 2022 年的 50% 以上, 为建立可持续农业生产系统奠定了坚实基础。对高标准农田项目实施效果的评估发现, 化肥、农药、灌溉水和土地等资源利用效率提高 8.8%~24.3%, 从业者收入提升率平均为 56.4%。

从 SDG 2.4.1 关于土壤亚指标的监测结果来看, 2015—2020 年, 中国农田耕层土壤有机碳增加了 3.4%, 且未来农田土壤将持续表现为碳汇, 但碳汇强度趋于减弱; 2015—2022 年, 中国梯田面积略有增加, 整体而言, 现有梯田使得中国耕地的土壤水力侵蚀总量减少约 50%。

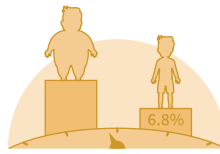
SDG 2 零饥饿: 全球 / 中国中期进展



中国6岁以下儿童生长迟缓率于2017年下降至

4.8%¹

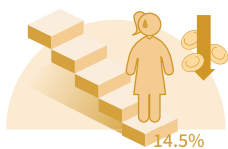
SDG 2.2.1



中国6岁以下儿童超重率于2017年下降至

6.8%¹

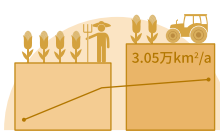
SDG 2.2.2



中国育龄女性(18-44岁)贫血率于2018年下降至

14.5%¹

SDG 2.2.3



全球耕地面积2015—2022年年均增幅降至

3.05万km²/a²

SDG 2.4.1



中国高标准农田建设面积在2022年达到

50%以上²

SDG 2.4.1



中国农田土壤有机碳2015—2020年期间增加

3.4%³

SDG 2.4.1



梯田使得中国农田2022年土壤水力侵蚀减少约

50%²

SDG 2.4.1

注: 1.《中国居民营养与慢性病状况报告(2020)》; 2.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2023)》; 3.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2022)》。



可持续粮食生产体系监测

耕地是承载粮食生产的重要资源，是发展农业生产的基础。同时，耕地利用也会带来一定的环境影响，比如，相较于自然植被，耕地往往意味着更高的土壤流失风险，尤其是在没有适当农业管理措施的情况下。本主题首先开展了全球尺度耕地变化监测，与此同时，针对SDG 2.4.1

的亚指标之一土壤流失与退化情况，对具有中国特色的土壤保护措施梯田的建设进行了监测，并开展了梯田缓解土壤流失的效应评估。通过这两项监测，我们继续丰富地球大数据在零饥饿目标中 Tier II 指标监测与评估的技术方法与数据。

全球耕地变化监测与评估

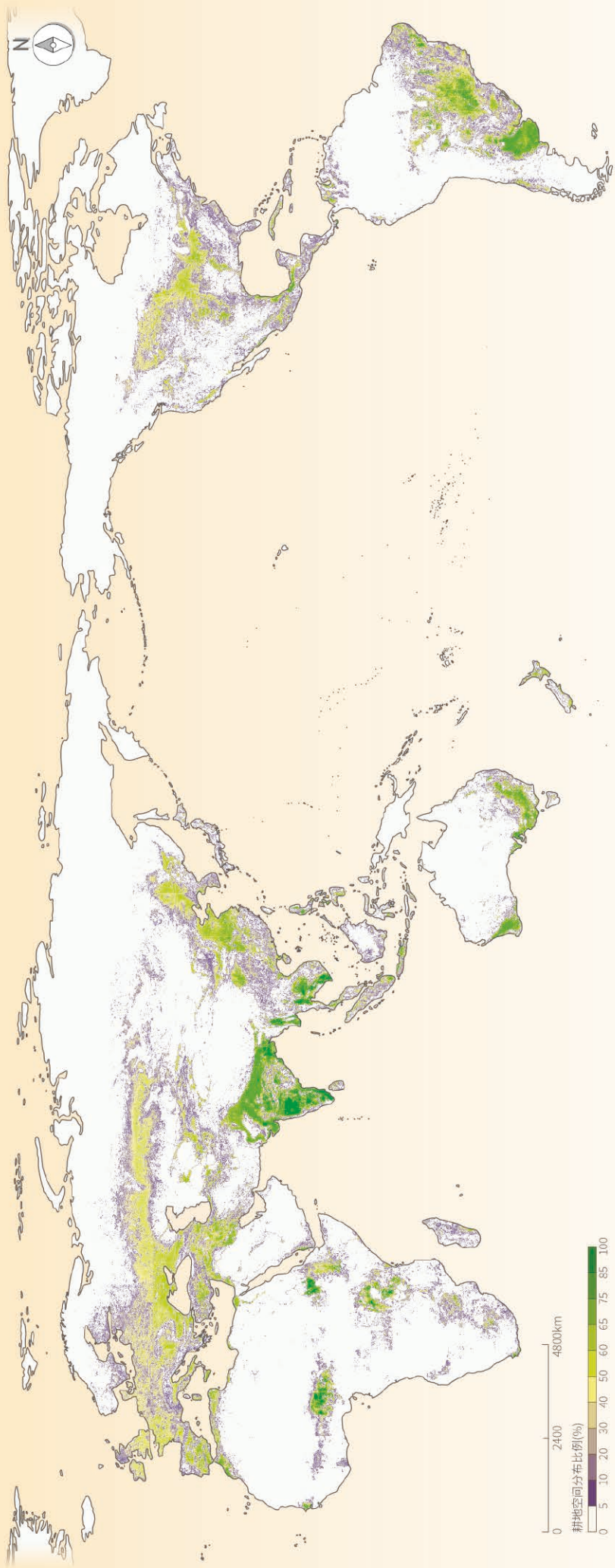
对应目标：SDG 2.4 到 2030 年，确保建立可持续粮食生产体系并执行具有抗灾能力的农作方法，以提高生产力和产量，帮助维护生态系统，加强适应气候变化、极端天气、干旱、洪涝和其他灾害的能力，逐步改善土地和土壤质量

以全时序卫星观测数据为基础，构建耦合连续变化检测和动态更新的耕地监测模型，实现了 1985—2022 年全球 30m 耕地动态监测。同时，结合全球人口统计数据，分析了国家尺度的人均耕地占有量，为各国粮食安全评估提供科学认知和数据支撑。

1985—2022 年，全球耕地总面积呈现稳定增长态势，2015 年之后增速降低，为 3.05 万 km^2/a 。全球耕地主要集中于地势平坦且雨水相对充足的区域，如东亚、南亚、欧洲、北美大平原以及南美洲南部的拉普拉塔平原等区域（图 2-1）。新增耕地主要集中于非洲和南美洲，其中，南美洲存在广泛的伐木造田的现象，而非洲有部分未利用地被开垦为耕地，进而导致了两个区域耕地分别增加了 88.37 万和 23.95 万 km^2 （图 2-2）。欧洲、北美、亚洲和大洋洲的耕地增幅不太显著，这四大洲的耕地增加量分别约为 8.84 万、0.88 万、12.26 万和 3.05 万 km^2 ，从增幅上显著低于其他两个大洲。其中，东欧部分农田存在撂荒现象，亚洲部分国家耕地被建设用地侵

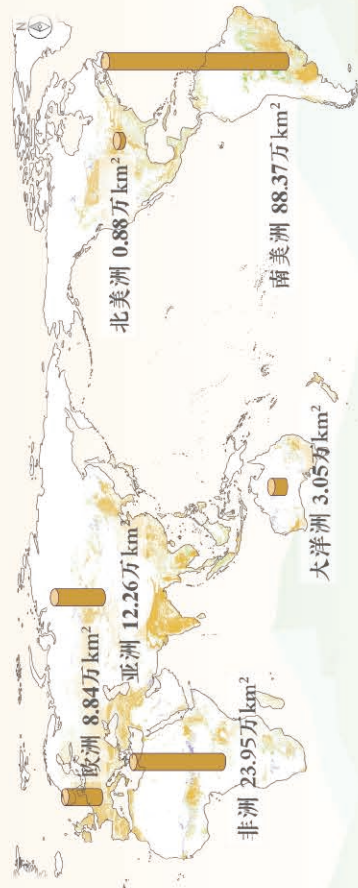
占。从时间变化来看，耕地面积增加最多的南美洲和非洲，其耕地增速有所下降，从 2000—2015 年的 3.00 万 km^2/a 和 0.73 万 km^2/a ，下降至 2015—2022 年的 1.55 万 km^2/a 和 0.57 万 km^2/a 。

全球人均耕地占有量呈现下降趋势，2015—2022 年降幅较之前略有降低，为每年 0.88%。结合人口统计数据，分析了 1985—2022 年全球人均耕地占有量。结果表明全球人均耕地占有量从 1985 年的 3.83 $\text{km}^2/\text{千人}$ 降至 2022 年的 2.51 $\text{km}^2/\text{千人}$ ，年均降幅为 0.93%。2015 年后人均耕地占有量减少速度趋缓，从 1985—2015 年的 0.039 $\text{km}^2/(\text{千人} \cdot \text{a})$ 下降至 2015—2022 年 0.023 $\text{km}^2/(\text{千人} \cdot \text{a})$ 。亚洲人口国家存在显著的人多地少现象，日本、孟加拉国、印度和中国等，人均耕地占有量低于 2.00 $\text{km}^2/\text{千人}$ ；随着人口的日益增加，亚洲各国的人均耕地占有量同样呈现下降的趋势，2015—2022 年人均耕地占有量年降幅为 0.70%。



0 2400 4800km
耕地空间分布比例(%)
0 5 10 20 30 40 50 60 65 75 85 100

图 2-1
● 2022年全球耕地空间分布比例(0.05°地理格网下耕地面积占比)



0 2400 4800km
1985—2022年耕地变化比例(%)
稳定 0 5 10 20 30 40 50 60 65 75 85 100
扩张 0 5 10 20 30 40 50 60 65 75 85 100
流失 0 5 10 20 30 40 50 60 65 75 85 100
● 1985—2022年耕地增加面积

图 2-2

● 1985—2022年全球耕地扩张和损失面积比例空间分布



中国梯田分布及其土壤保持效益

对应目标：SDG 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

中国约2/3的国土被山脉覆盖，梯田种植一直以来都是中国农业生产的重要形式之一（Wei *et al.*, 2016）。在保障粮食生产的同时，梯田具有显著的生态效益。针对中国梯田分布，开发了基于遥感数据的大尺度梯田制图的新方法，基于遥感影像和地形数据，提取时序光谱特征和地形特征，构建优化的特征集，通过解译和样本迁移技术获取样本，同时制定合适的分类方法，形成了中国30m空间分辨率梯田分布数据集2套（2015年和2022年）。同时，针对中国梯田的土壤保持效益评估，构建了基于修正通用土壤流失方程（Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE）的大尺度梯田土壤保持效益评估模型，对中国梯田的土壤减蚀效益进行量化。

中国梯田分布广泛，约占中国耕地总面积的1/4，2015—2022年约46.7%的新增梯田位于坡度为6°~15°的地区。中国梯田的总体空间分布和地形紧密相关，主要分布在高原山地（黄土高原、云贵高原）、丘陵（中国中部和东南部丘陵地区）和山地-盆地过渡区域（四川盆地东部）（图2-3）。2015—2022年，新增梯田占比较高的省份主要集中在原有梯田面积较多以及较为密集的地区，如位于中国西北地区黄土高原的甘肃省和

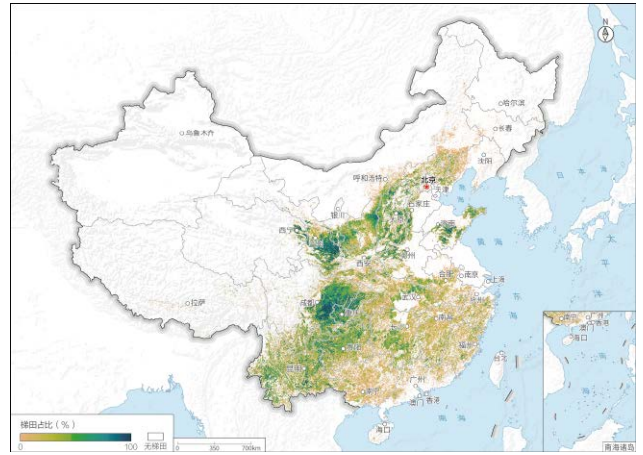


图 2-3 2022 年中国梯田分布图
注：此图像素值代表 1km×1km 格网内的梯田百分比，根据 30m 分辨率梯田制图结果计算。

陕西省，以及位于中国西南地区的四川省和云南省，且46.7%的新增梯田位于坡度6°~15°的地区，这些较大坡度的地区出现的坡地改梯田，对缓解不合理耕地利用产生的水土流失起到积极的作用。

中国梯田的土壤保持效益显著，已有梯田可将中国农地的水力侵蚀总量减少约50%，但其效益具有空间异质性。中国梯田的土壤保持效益在以山地丘陵为主的各农业区域十分显著。在梯田较多且潜在侵蚀率较高的地区，如中国西南地区和西北地区，梯田的土壤保持效益最大。在中国东部和南部丘陵地区，单位梯田面积的减蚀效益也较大；在东北地区，梯田较少且单位梯田面积的潜在侵蚀量较小，梯田的土壤减蚀效益较低。现有梯田可将中国农地的水力侵蚀总量减少约50%。在坡度为6°~25°的地区，梯田导致的农地侵蚀减少总量和减少比例最大，在坡度大于25°的地区，单位梯田面积的侵蚀减少量最大，由此可见，梯田在陡坡耕地的土壤保持中发挥着重要作用。

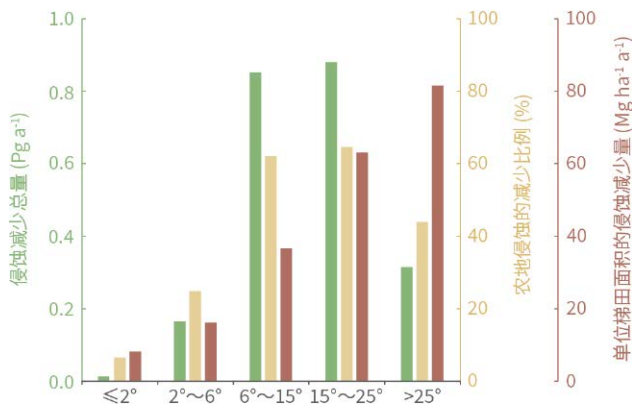


图 2-4 不同坡度地区的梯田减蚀效益

可持续粮食生产政策与效益评估

耕地是粮食生产的基石，保障粮食安全关键是要保障耕地的粮食生产能力。中国实施“藏粮于地、藏粮于技”战略，走出了一条中国特色的耕地利用与保护道路，用占世界 7% 的耕地养活了占世界 20% 左右的人口，取

得了瞩目成就。本主题系统梳理了中国耕地保护与利用的相关政策及制度，并对面向生产性和可持续农业的高标准农田建设成效进行了综合评估，向世界展示保障粮食安全和促进可持续发展的中国方案。

中国耕地利用与保护政策与经验分享

- 对应目标：SDG 2.3** 到 2030 年，实现农业生产力翻倍和小规模粮食生产者，特别是妇女、土著居民、农户、牧民和渔民的收入翻番，具体做法包括确保平等获得土地、其他生产资源和要素、知识、金融服务、市场以及增值和非农就业机会
- SDG 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

采用文献分析法和历史分析法查找、梳理、总结了我国耕地利用与保护领域相关政策，介绍其主要内容及发展过程，将耕地保护历程划分为不同发展阶段并形成完整的时间线，展示我国耕地保护及保障粮食安全的经验。

从耕地保护利用的历史沿革看，中国在初步的政策探索之后，经历了 3 个重要的发展阶段，分别是以数量为主的“耕地开发利用阶段”、数量质量并举的“耕地保护利用并重阶段”、数量质量生态兼顾的“三位一体新格局阶段”。中国针对耕地保护、利用、管理存在的问题，不断调整完善具体政策措施，实现了耕地保护利用理念、制度、措施、手段、主体等方面的全面升级，具体包括：①理念升级，从“数量”到“数量+质量”，升级到“数量+质量+生态”三位一体管理；②制度升级，由“国策-基本国策-生命线-红线”层级递进；③措施升级，从单一的“保护利用”升级为“管控性保护和利用”、“建设性保护和利用”、“激励性保护和利用”三结合综合措施体系；④手段升级，从单纯的行政手段，升级为行政手段、经济手段、工程手段并举，同时辅助大量技术手段；⑤主体升级，治理主体从单一主体（政府），升级为复合多元主体（政府、社会、农户），有效促进了耕地利用与保护的综合化和精细化。总体来说，耕地保护利用的发展阶段，体现了中国从耕地的粗放利用、到转型保护利用、再到高质量保护利用的过程。

通过土地利用调查、农用地分等定级、高标准农田建设等措施对耕地可持续利用与保护政策进行实践。在实践层面，我国自 1984 年开始陆续颁布了《土地利用现状调查技术规程》《全国土地分类（试行）》《土地利用现状分类》《农用地分等规程》《农用地估价规程》等技术规程，从全国层面开展了 3 次大规模的土地利用现状调查，掌握了耕地的数量和质量分布以及动态变化特征。随着“三区三线”划定和国土空间规划编制实施，将耕地保有量和永久基本农田保护面积等任务作为刚性指标，实行耕地保护和粮食安全责任制考核。依托“天、空、地、人、网”自然资源综合监测监管平台，构建国家、省、市、县、乡五级全覆盖的网格化监管体系，落实耕地保护责任面积和位置。

近年来，我国开展高标准农田建设，涉及田、土、水、路、林、电、技、管等 8 大方面，与 SDG 2.4.1 中多个亚指标相对应，是我国发展生产性和可持续农业的重要措施。建设面积从 2015 年占全国耕地总面积的约 20% 增加至 2022 年的 50% 以上（图 2-5）。建成的高标准农田亩均粮食产能一般增加 10%~20%，为确保全国粮食产量连续多年稳定在 1.3 万亿斤以上发挥了重要支撑作用。目前，国家统一开展高标准农田项目上图入库工作，实行数字化管理，建立土地整理信息化管理平台，实现“地、数、库”相统一，为更好地建设与管理高标准农田、实现农业可持续发展提供保障。

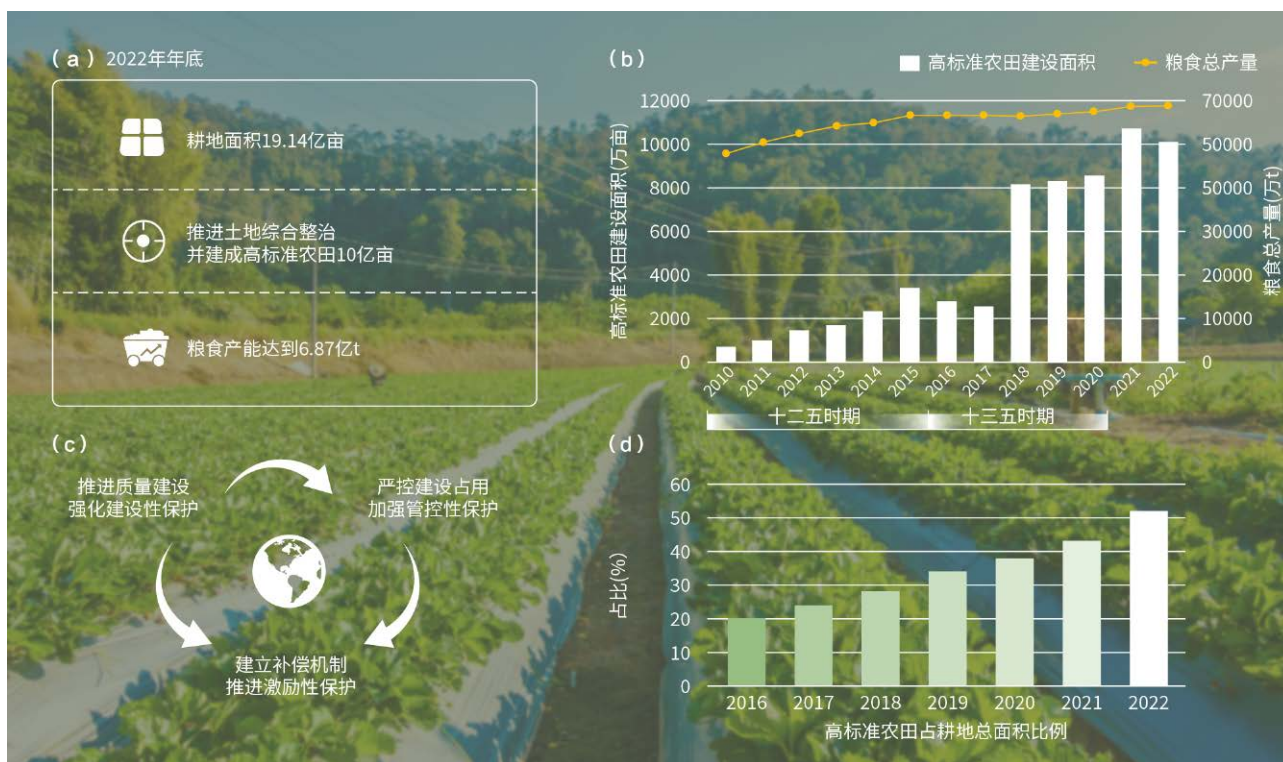


图 2-5 耕地利用与保护成效统计分析

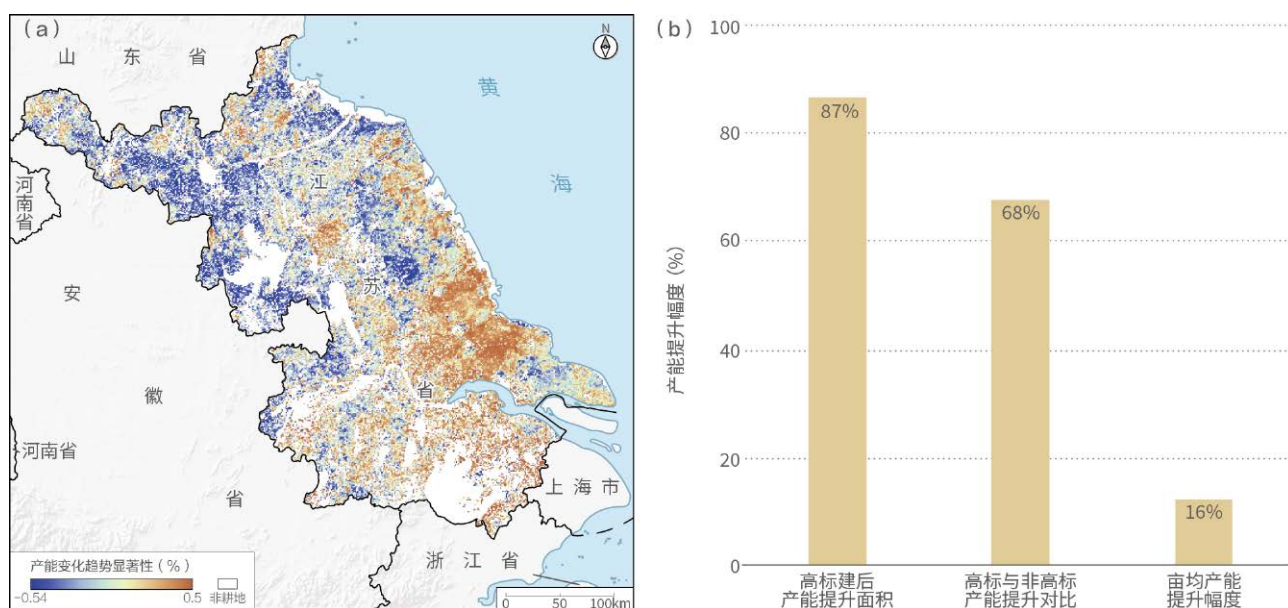
中国农田建设效益评估

对应目标：SDG 2.3 到 2030 年，实现农业生产力翻倍和小规模粮食生产者，特别是妇女、土著居民、农户、牧民和渔民的收入翻番，具体做法包括确保平等获得土地、其他生产资源和要素、知识、金融服务、市场以及增值和非农就业机会

SDG 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

高标准农田建设是近年来中国耕地可持续利用与保护的重要措施。到 2022 年底，中国已累计建成 10 亿亩（ $6.67 \times 10^7 \text{hm}^2$ ）高产稳产、旱涝保收高标准农田，确保粮食产能 1 万亿斤（ $5 \times 10^{11} \text{kg}$ ）以上，保障中国粮食总产量的 80%。案例构建了基于光谱混合分解模型的基质、植被和暗色物质三端元耕地产能监测方法，并集成贝叶斯模型组建竞争学习机制，聚焦高标准农田实施典型区，识别其耕地产能的变化幅度、突变时间等，实现高标准农田建设前后耕地产能动态监测。同时，基于全国范围重点农区高标准农田项目区建设成效实地调查，实现其综合效益评估，为 SDG 2.4 具体目标的实现贡献中国经验。

高标准农田产能监测发现，2010—2022 年，实施典型区 87% 的高标准农田产能有所提升，亩均产能提升幅度为 16%。采用对地观测数据开展耕地产能监测发现，2010—2022 年，高标准农田实施典型区（江苏省）有 87% 的高标准农田在建设后产能显著增加（图 2-6）。尽管近些年极端天气频发，但该区绝大多数高标准农田实现了“一季千斤，两季吨粮”，反映了高标准农田抗灾减灾能力的提升。在剔除气候影响下，高标准农田建设区与非高标准农田产能对比发现，68% 的高标农田斑块产能超过了非高标农田区，亩均产能提升幅度为 16%。以苏南丹阳市为例，该市已建成高标准农田 57.89 万亩（ 3.86万 hm^2 ），占耕地总面积的 75.4%，高标准农田项



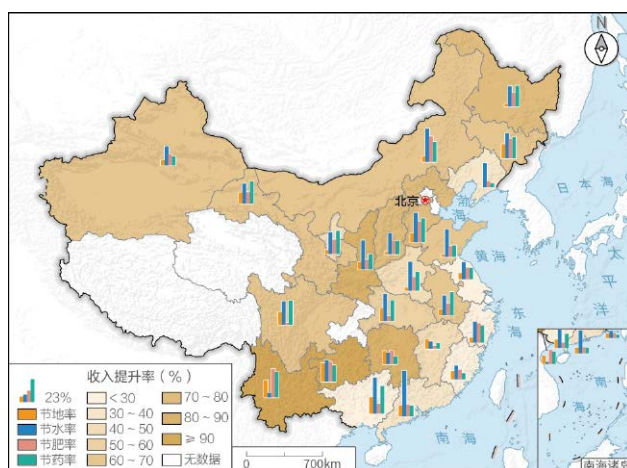
↑ 图 2-6 高标准农田典型实施区江苏省耕地产能变化分布特征。(a) 江苏省耕地产能变化趋势显著性分布；(b) 高标准农田提升幅度及与非高标准农田的对比

目区粮食产能亩均提高 80 斤 (40kg) 以上。总体来说，高标准农田建设能够有效促进耕地的稳产增产。

高标准农田项目实施后，化肥、农药、灌溉水和土地等资源利用效率提高 8.8%~24.3%，从业者收入明显提升，提升率平均为 56.4%。高标准农田建设项目实施后，科学种田水平和综合效益显著提升。项目实施区在降低资源投入成本的同时，减少了农业面源污染，亩均节地率、节水率、节肥率、节药率分别为 8.8%、24.3%、13.8%、19.1%，使农田生态环境向低耗、高效、生态、安全的可持续农业方向发展。此外，极大促进了生产经营主体向适度规模化方向发展，每公顷可带动农民平均增收 7464 元，提升率平均为 56.4%，77.3% 的项目区能够实现带动农民每公顷平均增收 3000 元的经济效益目标（图 2-7）。农民收入提升的主要原因有 3 个方面：一是在高标准农田建设时，当地农民投工投劳，获得相应报酬；二是高标准农田建设后，土地本身农作物产值的增加，如交通便利度显著提升，扩大了销售渠道导致产值增加；三是高标准农田建设带来的增值收益，通过土地流转或土地入股等方式获得分红，同时解放了当地劳动力。

高标准农田实施综合效益区域差异较为显著。从节地率来看，耕地地块破碎和平整度不高的西南区显著提升，贵州省的节地率提升 18.5%，云南省项目实施后每

公顷地块租金提升 7080 元，提升幅度为 63.0%。农田节肥率和节药率在地形起伏较大、地块破碎较多的东南区和西南区成效最为显著，达 18%~24%；相比之下，长江中下游区的节肥率最低，为 8.0%；东北区的节药率最低，为 12.8%。从节水率来看，干旱半干旱区的内蒙古节水率达 33.6%，每公顷平均灌溉用水量减少 1621.5m³；东南区的广东省每公顷灌溉节水率达到 45.9%。西南地区节地率和收入提升率最为显著，分别达 17.9% 和 95.8%。几乎所有项目区（96.2%）的每公顷平均农民纯收入增加超过了 3000 元。



↑ 图 2-7 中国重点农区高标准农田节地率、节水率、节肥率、节药率和农民收入提升率分省评估



建议与展望

本章围绕可持续粮食生产体系监测及其政策与效益评估两个主题，持续对有方法无数据的关键指标 SDG 2.4.1（生产性和可持续性农业地区比例）进行了地球大数据监测方法的创新与探索，并对中国在促进生产性和可持续农业方面的政策进行梳理总结，对其实施的综合效益进行了评估。在此基础上，总结过去 4 年的案例研究成果，开展了中期评估，发现中国在逐步实现营养需求满足目标的基础上，粮食生产向可持续方向迈进。

基于本章研究，我们建议：

（1）耕地是农业发展的基础，土壤肥力保持与提升是保障粮食产量的基础，梯田作为耕地的一种特殊类型，其建设是山地丘陵地区土壤保护的重要措施。未来，应当继续深化耕地保护利用管理制度改革，构建以“中央政府-地方政府-普通农户”多行为主体为核心，“监测-激励-监管”并行的管理体系。一方面，利用卫星遥感和无人机遥感等遥感技术，建立定期更新的监测系统，将土壤保护的各方面措施纳入农业统计和国土空间规划；另一方面，探索面向土壤肥力保持与提升的以不同类型补贴为主的奖励和激励机制。

（2）高标准农田建设作为中国发展生产性和可持续农业的重要措施，在以提升粮食产能为首要目标的同时，促进农民增收、资源提效、环境减排，为实现农业可持续发展高质量发展提供典型示范。由于耕地产能的提升驱动因素较多，未来应面向区域特点，进一步加强高标准农

田布局的科学规划与综合目标引导，并在土壤质量提升和农业科技服务等方面加大配合力度，促进耕地利用多目标协同的综合效益提升。

（3）面向 2025 年 SDG 指标审查，结合持续开展 SDG 2 指标监测的经验，我们提出以下零饥饿目标相关指标的修改建议：①为更完整地评估零饥饿目标的实现，应当将食物浪费和需求同时作为 SDG 2 的指标之一；② SDG 2.4.1 一直处于有方法无数据状态，与目前指标以统计调查获取数据为基础来进行定义不无关系，应当对指标定义进行适当调整，使其能够采用更多数据类型开展监测；③不同国家/地区在评价本国/地区居民营养健康状况时所选取的年龄范围有所不同，例如，在计算中国儿童生长迟缓率、超重率等营养健康状况指标时通常选取的年龄范围为 6 岁及以下、中国育龄女性贫血率通常选取的年龄范围为 18-44 岁。建议评价各国/地区居民营养健康状况时，既要考虑评价指标的一致性也应考虑各国/地区在分析过程中年龄段选取的差异性，不以具体年龄段进行界定，而以相关的社会活动来区分，如学龄前、育龄女性等，以增强不同地区指标的实际可比性及可获得性。

未来，我们将持续探索地球大数据在粮食安全与零饥饿监测和评估方面的能力，为提出零饥饿实现路径提供科学依据。



SDG 6 清洁饮水和 卫生设施

背景介绍.....	22
中期进展.....	22
主题研究.....	24
建议与展望.....	32

SDG 6



背景介绍

2030年议程过半，但在水资源开发利用方面，粗放式利用、管理不善、淡水和地下水资源的过度抽取和污染态势等未取得根本性改变，全球与水有关的生态系统正在以惊人的速度退化，清洁饮水和卫生设施目标（SDG 6）未在预定的轨道上推进，这些现状已成为全球共识（UN, 2023b）。联合国2022年全球可持续发展目标进展报告显示，由于缺乏监测，全球至少有30亿人赖以生存的水资源的水质状况未知，且7.3亿人生活在缺水严重的国家。按照目前的速度，到2030年，全球仍会分别有16亿人、28亿人和19亿人缺乏安全管理的饮用水、环境卫生设施和基本的洗手卫生设施。为实现2030年的具体指标，需要将提升饮用水、环境卫生和个人卫生设施具体指标的进展速度提高4倍（UN, 2022）。

虽然基于国别的统计数据得出了全球SDG 6总体进展结论，但无法有效支撑国家和国家以下各级政府制定

政策和做出决策。近年来，非传统的数据来源，如卫星遥感数据、移动电话数据和公众产生的数据，正在对传统统计数据形成有益的补充。例如，近年来快速发展的地球大数据技术极大提升了SDG 6的监测与评估能力。这些技术手段通过远程感知、定期重访、快速信息提取实现了相关指标的高时空分辨率监测，在节省资金和节约时间的同时，提供了更为准确和客观的评估结果（卢善龙等，2021）。

过去4年的报告开展了全球、区域、中国及省级尺度SDG 6进展监测与评估系列案例研究，这些研究成果为开展不同尺度落实SDG 6中期进展评估奠定了坚实基础。本年度，我们将结合这些成果开展全球/中国尺度中期进展评估，以期摸清全球/中国落实SDG 6进程、明确问题与差距、改进和制定加速策略提供科学支撑，为实现全球/中国SDG 6目标提供数据基础和经验参考。



中期进展

基于2021—2022年连续2年的报告及本报告研究成果，形成了全球尺度改善水环境、提高用水效率、水生态系统变化和中国尺度安全饮水、卫生设施、改善水环境、提高用水效率、水资源综合管理、水生态系统变化等目标的中期进展认识。结果显示：2000—2022年，全球大型湖库透明度整体上升趋势明显，农田水分利用效率整体呈明显增加趋势，湖库水体分布范围整体呈现扩张趋势；2015—2021年，中国SDG 6取得明显进展，SDG 6.1.1和SDG 6.3.1两项指标已基本实现目标，但是其他指标均存在不同程度的挑战。

（1）在安全饮水（SDG 6.1）方面，中国安全饮用水保障能力（SDG 6.1.1）显著提升，2015—2021年，中国地表饮用水水源地水质安全达标率上升了3.5个百分点，2021年地表饮用水水源地水质安全达标率为96.1%。

（2）在卫生设施（SDG 6.2）方面，中国卫生设施状况（SDG 6.2.1a）明显改善，2015—2020年，城镇居

民每万人拥有公共卫生间数量增长率为11.2%。

（3）在改善水环境（SDG 6.3）方面，2021、2022年报告及本报告研究显示，中国地表和地下水环境改善明显，地下水水质总体保持稳定。2015—2020年，中国污水处理厂数量由4300座增加到9100座，增长率为111.6%，污水处理能力（SDG 6.3.1）由约1.71亿吨/日增至约2.67亿吨/日，增长率为56.1%；2015—2020年，中国地表水质良好水体比例（SDG 6.3.2）上升的省份达26个；2001—2022年，全球有41.4%的大型湖库透明度呈显著上升趋势，仅有11.3%的大型湖库透明度呈显著下降趋势。

（4）在提高用水效率（SDG 6.4）方面，2021、2022年报告及本报告研究显示，2001—2020年，全球农业区的农田水分利用效率呈明显增加趋势，上升幅度为3.5%；2001—2019年，中国农业用水效率（SDG 6.4.1）显著提高，其中，小麦、玉米和水稻水分利用效率（作

物产量 / 蒸散耗水) 分别上升 33.4%、20.0% 和 14.1%; 2015—2020 年, 中国总体用水紧张程度 (SDG 6.4.2) 呈下降趋势, 从 66% 下降至 58%, 处于中度用水紧张状态。

(5) 在水资源综合管理 (SDG 6.5) 方面, 2021 年报告研究显示, 中国着力提升水资源综合管理水平并取得积极进展, 2020 年度水资源综合管理实施程度 (SDG 6.5.1) 评价综合评分由 2017 年的 75 分提高至 79 分, 达到全球中上水平。

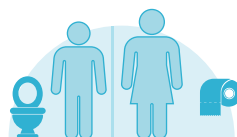
(6) 在保护和恢复与水有关的生态系统 (SDG 6.6) 方面, 2021、2022 年报告及本报告研究显示, 2001—2021 年, 全球湖库水体分布面积增长率为 719.1km²/a; 2015—2020 年, 中国自然和人工水体面积呈增加趋势, 其中水库水面面积增长约 7%; 与 2005—2014 年相比, 2015—2020 年中国地下水储量减少速率减缓 65%; 与 2010—2015 年相比, 2015—2020 年中国沼泽湿地损失的速率明显减小, 由 4.1% 减少为 0.8%。

SDG 6 清洁饮水和卫生设施: 全球 / 中国中期进展



2015—2021 年, 中国地表饮用水源地水质安全达标率上升了 3.5 个百分点, 2021 年的达标率为 **96.1%**¹

SDG 6.1.1



2015—2020 年, 中国城镇居民每万人拥有公共卫生间数量增长率为 **11.2%**¹

SDG 6.2.1a



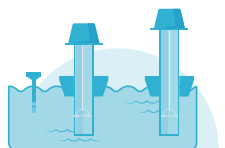
2015—2020 年, 中国污水处理厂数量增长率为 **111.6%**, 污水处理能力增长率为 **56.1%**²

SDG 6.3.1



2001—2022 年, 全球 **41.4%** 的大型湖库透明度呈显著上升趋势¹

SDG 6.3.2



2015—2020 年, 中国地表水质良好水体比例上升的省份达 **26 个**; 2019—2021 年, 地下水水质总体保持稳定³

SDG 6.3.2



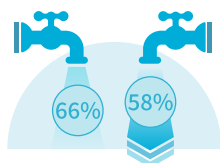
2001—2020 年, 全球农业区的农田水分利用效率上升幅度为 **3.5%**¹

SDG 6.4.1



2001—2019 年, 中国小麦、玉米和水稻水分利用效率分别上升 **33.4%**、**20.0%** 和 **14.1%**³

SDG 6.4.1



2015—2020 年, 中国总体用水紧张程度从 66% 下降至 **58%**³

SDG 6.4.2



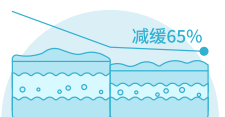
2017—2020 年, 中国水资源综合管理实施程度综合评分由 75 分提高至 **79 分**²

SDG 6.5.1



2001—2021 年, 全球湖库水体分布面积增长率为 **719.1km²/a**¹

SDG 6.6.1



2015—2020 年, 中国自然和人工水体面积呈增加趋势, 其中, 水库水面面积增长约 **7%**³; 2015—2020 年中国地下水储量与 2005—2014 年相比, 减少速率减缓 **65%**³, 沼泽湿地损失速率由 4.1% 减少为 **0.8%**²

SDG 6.6.1

注: 1.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2023)》; 2.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2021)》; 3.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2022)》。



安全饮水与卫生设施

安全饮水和卫生设施问题直接关系到广大人民群众的生命健康。在2016年颁布的《“健康中国2030”规划纲要》中明确指出“推进饮用水水源地安全达标建设，强化地下水管理和保护”，有力地推动了近年来中国饮

用水安全状况的改善。近年来中国通过实施“厕所革命”，公共卫生服务能力大幅提升，公共卫生间的数量明显上升，覆盖服务人群范围显著扩大。

中国饮用水水源地水质监测评估

对应目标：SDG 6.1 到2030年，人人普遍和公平获得安全和负担得起的饮用水

2015年和2021年中国地级及以上城市集中式饮用水地表水水源地达标率分别为92.6%和96.1%，上升了3.5个百分点。以2015年、2021年中国饮用水水源地自动监测站点位置及实时在线水质数据为计算基础，参考《2015中国环境状况公报》和《2021中国生态环境状况公报》数据，采用斯皮尔曼等级相关系数计算了中国31个省（自治区、直辖市，不含港澳台）2015年和2021年地表饮用水水源地水质综合达标率，并用增长率评估了各省2021年较2015年的变化，其中增长率=（2021

年指标值-2015年指标值）/2015年指标值×100%。

2021年中国有28个省（自治区、直辖市）地表饮用水水源地水质安全达标率达到90%以上。与2015年相比，2021年各省（自治区、直辖市）的地表饮用水水源地水质安全达标率均明显提高。其中，内蒙古达标率的增长率最大，饮用水水源地水质改善效果最突出；其次是山东和浙江（图3-1）。达标率的快速增长得益于中国政府于2015年起陆续制定并实施的《水污染防治行动计划》等一系列水环境治理和保护政策。

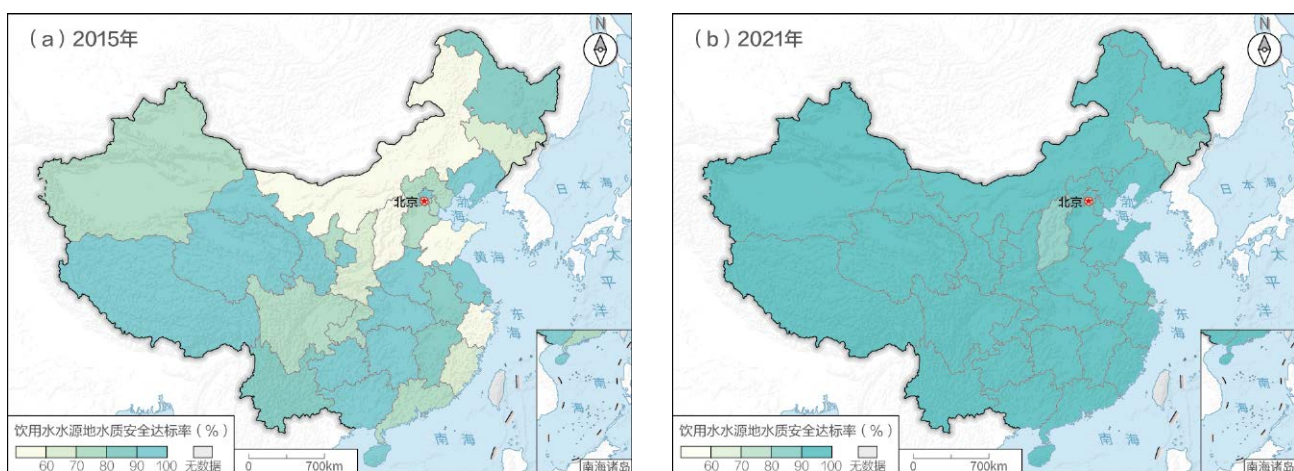


图 3-1 2015 年和 2021 年中国饮用水水源地水质安全达标率空间分布图

中国公共卫生设施覆盖人口比例监测

对应目标：SDG 6.2 到 2030 年，人人享有适当和公平的环境卫生和个人卫生，杜绝露天排便，特别注意满足妇女、女童和弱势群体在此方面的需求

基于《中国统计年鉴》和《中国城乡建设统计年鉴》，对 2015 年、2020 年中国城镇公共卫生间数量及万人拥有公共卫生间数量变化进行分析。在中国 7 大行政区域中选取了 7 个典型城市，利用土地利用、数字高程模型（Digital Elevation Model, DEM）、兴趣点（Points of Interest, POI）、高分辨率人口分布等数据，开发了城市公共卫生间覆盖人口比例监测模型，测算了 7 个城市 2015 年和 2020 年的公共卫生间覆盖人口比例，对公共卫生设施服务的统计结果进行了进一步验证。

2015—2020 年，中国城镇公共卫生间数量增长 22.1%，每万人拥有公共卫生间数量增长 11.2%。2015 年和 2020 年的中国城镇公共卫生间数量分别为 324949 座和 396617 座，每万人拥有公共卫生间数量分别为 4.0 座和 4.5 座。从变化率来看，2015—2020 年，东北地区、东部沿海部分省份以及宁夏的公共卫生间数量及万人拥有公共卫生间数量有所下降；其余省份呈现不同程度的上升，其中西藏的公共卫生间数量增长率及覆盖人口比例上升幅度最高，分别达到了 129.7% 和 71.6%（图 3-2）。

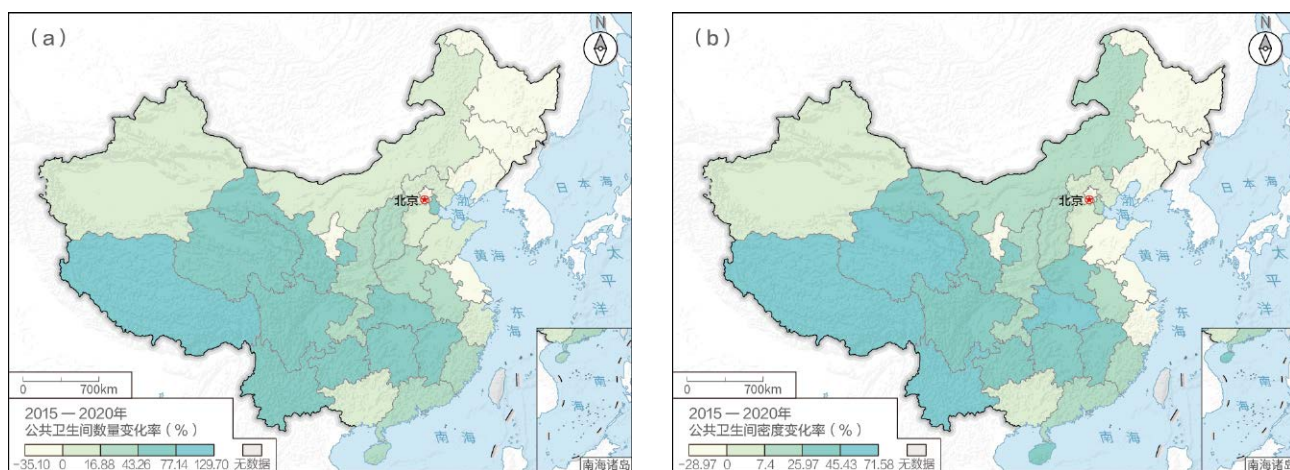


图 3-2 2015—2020 年中国城镇居民总的和每万人拥有的公共卫生间数量变化率。（a）总的公共卫生间数量变化率；（b）每万人拥有的公共卫生间数量变化率

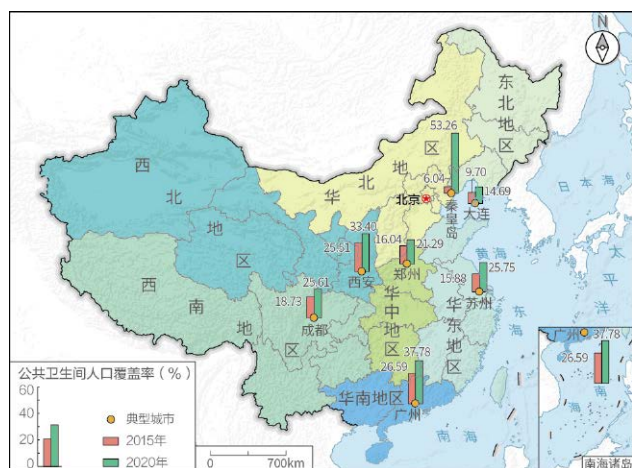


图 3-3 2015 年、2020 年典型城市的公共卫生间人口覆盖率空间分布

2015 年和 2020 年中国 7 个典型城市公共卫生间覆盖的人口比例由 19.0% 提升到 28.7%。POI 数据显示，2015—2020 年，中国 7 个典型城市的公共卫生间总数量由 10472 座增加到 27686 座，7 座城市卫生间人口覆盖均有不同程度提升（图 3-3），其中秦皇岛市的公共卫生间人口覆盖比例上升幅度最高，达到了 781.8%。上述监测结果反映了中国近年来实施的“厕所革命”的显著成效。

改善水环境

当前卫星遥感数据正在成为最重要且低成本的地表水质监测数据来源，在填补数据空白的同时，其大范围

长时序动态监测的优势为实现全球地表水质监测、追溯长时序时空变化规律提供了有效途径。

全球大型湖库透明度时空变化

对应目标：SDG 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

以2000—2022年全球500m分辨率的Terra中分辨率成像光谱仪（Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS）地表反射率数据（MOD09A1）、中国地表水体实测透明度数据集、中国国家地球系统科学数据中心和湖泊科学数据库中的实测透明度数据集、欧洲多湖调查共享数据集（European Multi Lake Survey, EMLS）以及美国AquaSat共享数据集为数据源，采用基于水体颜色指数（Forel-Ule Index, FUI）和色度角（ α ）的地表水体透明度反演模型（Wang *et al.*, 2020），利用南北半球每年夏季MODIS地表反射率数据构建了2000—2022年面积大于25km²的全球1117个大型湖库透明度数据集，在此基础上分析了全球大型湖库透明度时空变化趋势。

全球大型湖库透明度整体随纬度呈凹形分布。南北

极附近高纬度地区湖库透明度较高，平均透明度达4m左右，而赤道到南北纬20°附近低纬度地区湖库透明度较低，平均透明度不足1m。从全球各大洲平均透明度来看，亚洲、欧洲湖库透明度较高，非洲湖库透明度最低；从全球不同气候带平均透明度来看，极地和寒温带地区湖库透明度较高，热带地区湖库透明度较低（图3-4）。

2000年以来全球大型湖库透明度整体上升趋势明显。全球有41.4%的大型湖库透明度呈显著上升趋势（ $p < 0.05$ ），仅有11.3%的大型湖库透明度呈显著下降趋势（ $p < 0.05$ ）（图3-5）。从各大洲统计来看，全球6大洲湖库透明度平均年变化率均为正值，其中亚洲、非洲湖库平均透明度变化较平缓，平均变化率均为1.3cm/a，欧洲湖库透明度上升明显，平均变化率达7.6cm/a。

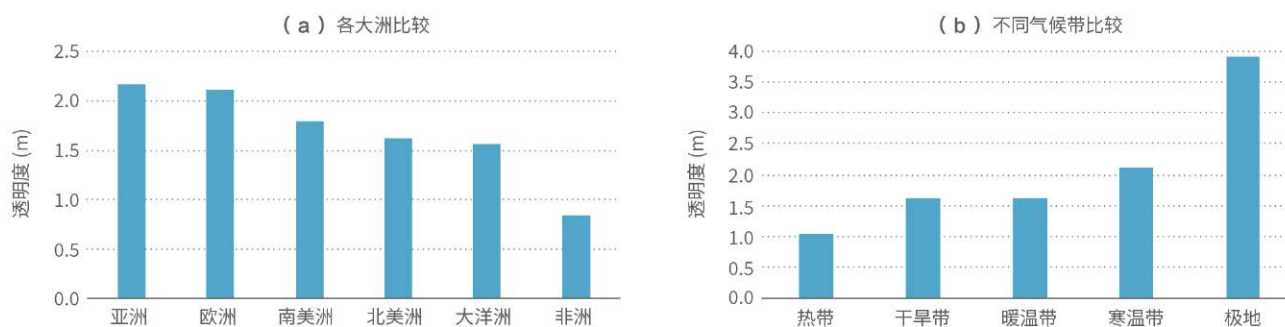


图 3-4 2000—2022 年各大洲与不同气候带大型湖库平均透明度与水体个数比较

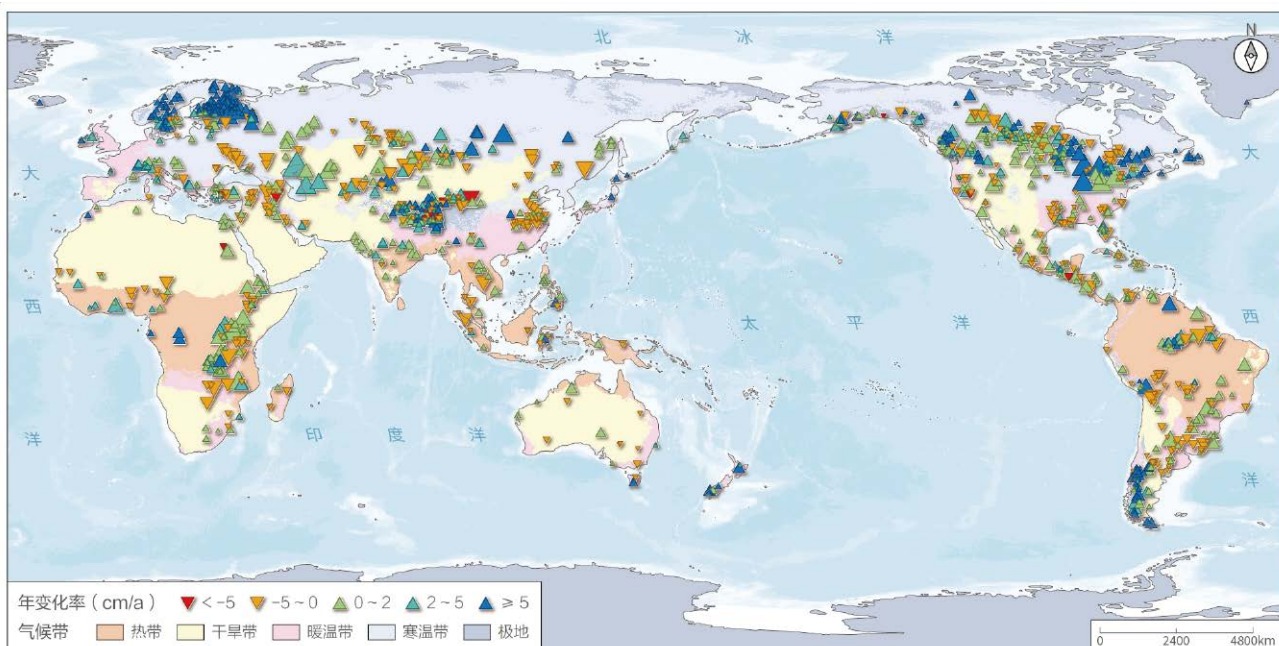


图 3-5 2000—2022 年全球大型湖库透明度变化率分布图

提高用水效率

提高各行各业用水效率是一直备受关注的主题，与人类福祉和可持续发展目标等息息相关。农业用水量，

耗水量高（消耗于蒸散发），因此，提高农业用水效率是实现水资源可持续开发利用的一项重要措施。

全球农田用水效率变化

对应目标：SDG 6.4 到 2030 年，所有行业大幅提高用水效率，确保可持续取用和供应淡水，以解决缺水问题，大幅减少缺水人数

使用农田净初级生产力（Net Primary Productivity, NPP）与蒸散耗水的比值表示农田水分利用效率，以 2001—2020 年全球 1km 分辨率逐年农田水分利用效率数据集为数据源，从空间分布和年际变化趋势等方面分析了全球农田水分利用效率时空变化规律，评估了全球、典型区域和典型国家尺度农田用水效率变化和改善情况。

2001—2020 年，全球农业区的农田水分利用效率呈明显增加趋势，上升幅度为 3.5%，但存在空间分布差异。从洲际尺度上看，各大洲农田水分利用效率变化差异较为明显。亚洲农田水分利用效率增幅最大（8.9%）；大洋洲农田水分利用效率增幅次之（7.2%）；北美洲农田水分利用效率也呈现增加趋势，增幅（4.6%）低于亚洲和大洋洲；欧洲、非洲以及南美洲农田水分利用效率变

化幅度不大（均小于 1%）（图 3-6）。

2001—2020 年世界主要产粮国的农田水分利用效率呈现上升趋势。农田水分利用效率多年均值较低的印度增幅最高，达到 19.8%，加拿大次之，为 18.2%，中国增幅为 13.3%；农田水分利用效率多年均值较高的印度尼西亚、巴西和法国增幅较小，均未超过 2%；美国和阿根廷的农田水分利用效率增幅分别为 3.2% 和 2.6%（图 3-7）。中国和印度农田水分利用效率大幅提升的原因是农田 NPP 增幅（均超过 25%）远远大于蒸散耗水的增幅（约 10%），主要由农业技术进步（田间管理、节水措施、施肥、育种等）、种植结构调整和种植强度增加以及气候变化（二氧化碳浓度增高等）等因素共同导致（Chen *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2022; Zhai *et al.*, 2021）。

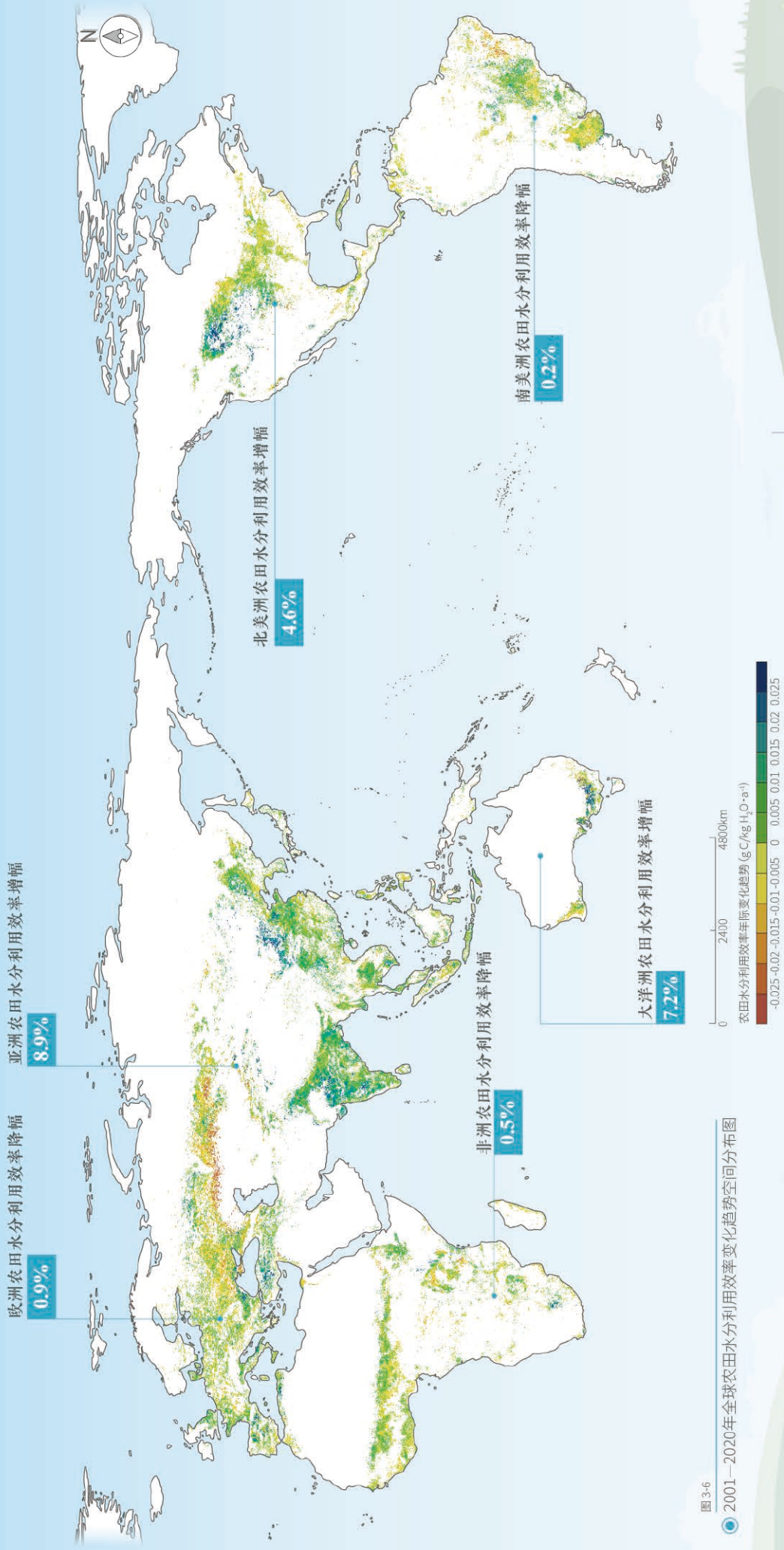
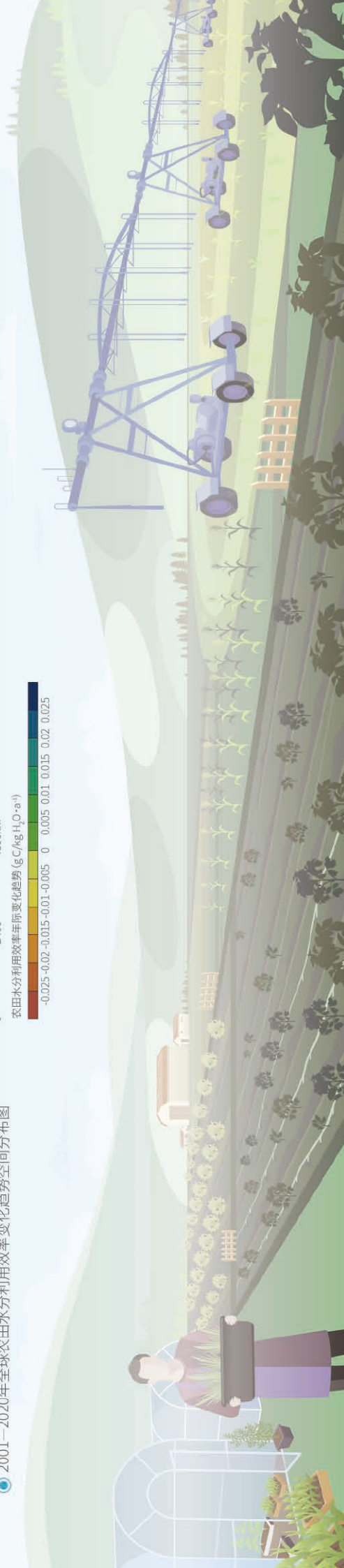
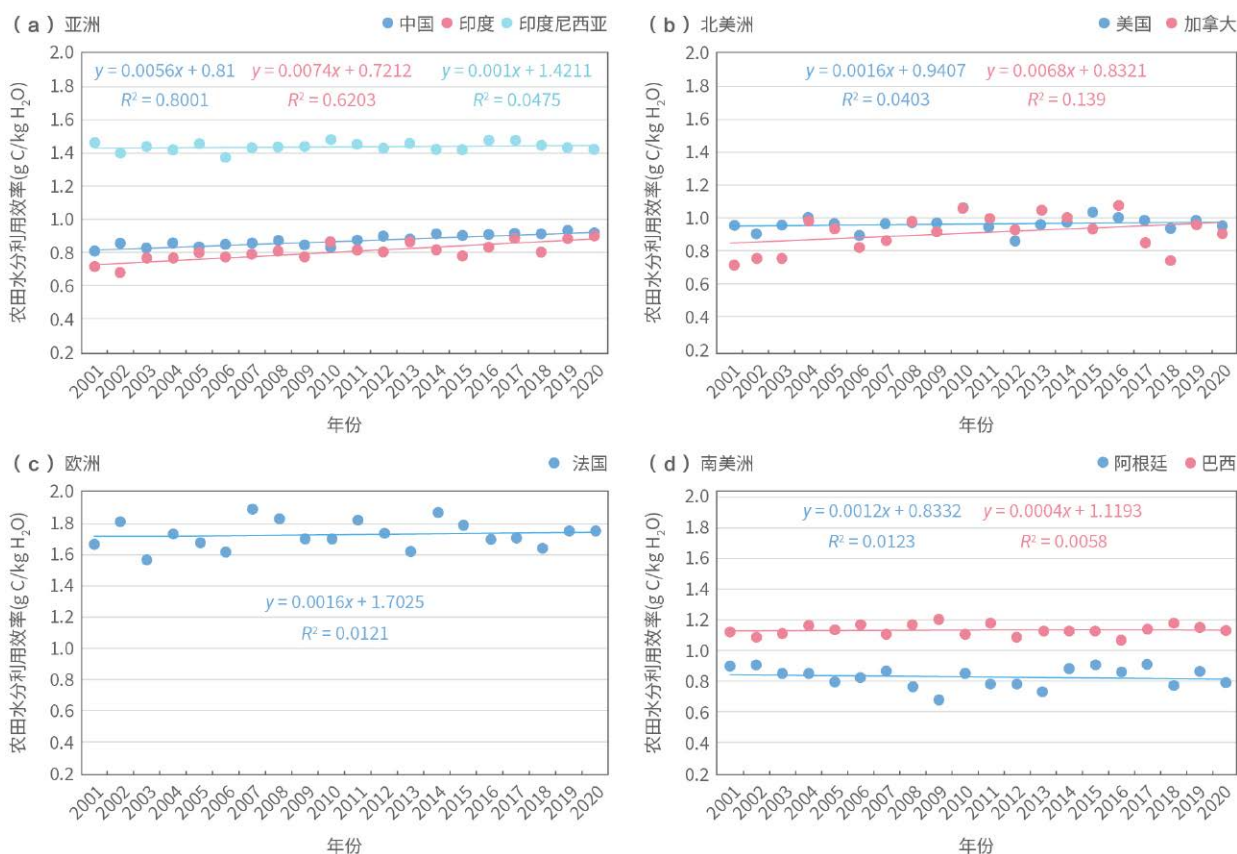


图 3-6

2001—2020 年全球农田水分利用效率变化趋势空间分布图





↑ 图 3-7 2001—2020 年世界主要产粮国农田水分利用效率年际变化

水生态系统变化

根据联合国最新评估报告 (UN, 2022), 全球与水有关的生态系统正以惊人的速度退化。过去 5 年全球近 1/5 的流域地表水面积发生了显著变化, 包括因洪水和水

库建设新增的水面以及因干旱而消失的湖泊、湿地和洪泛区 (UNEP, 2021b)。卫星对地观测技术为全球和区域地表和地下水动态变化精准监测与计量提供了可能。

全球湖库水体分布范围变化

对应目标: SDG 6.6 到 2020 年, 保护和恢复与水有关的生态系统, 包括山地、森林、湿地、河流、地下含水层和湖泊

以欧盟委员会联合研究中心 (European Commission's Joint Research Centre, JRC) 全球地表水体数据集 (Global Surface Water, GSW) (Pekel *et al.*, 2016) 为数据源, 通过空间统计叠加获取 2001—2021 年每三年一期的全球尺度水体出现频率 (是指在一定时期内被观测为水的次数占总体有效观测次数的比例, 反映了整个历史期间出

现水的频率) 图, 再与全球湖库矢量边界数据集 (Global Lakes, GLAKES) (Pi *et al.*, 2022) 和全球水库数据集 (Donchyts *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2021) 做叠加分析, 构建不同时期全球湖库 (湖泊和水库) 基于水体出现频率加权的面积时序数据集, 在此基础上分析不同时期湖库水体面积变化趋势及空间差异。

2001—2021年，全球湖库水体分布范围整体呈现扩张趋势，面积变化率为 $719.1\text{km}^2/\text{a}$ 。其中，水库水体持续而显著地扩张，变化率为 $1133.5\text{km}^2/\text{a}$ 。而自然湖泊水体则呈现先收缩后扩张再收缩的趋势，整体略微下降，其变化率为 $-414.4\text{km}^2/\text{a}$ （图3-8）。

在洲际尺度上，近20年水库水体范围除南美洲以外，均呈增加趋势，其中亚洲（ $835.4\text{km}^2/\text{a}$ ）和非洲（ $187.4\text{km}^2/\text{a}$ ）呈现出显著扩张的趋势。从国家尺度来看，共有46个国家的水库水体范围显著扩张，而只有7个国家的水库水体范围呈现出显著收缩的趋势。呈扩张趋势的主要国家和地区包括中国、俄罗斯、东南亚部分国家（越南、老挝、柬埔寨、缅甸、马来西亚）、印度、巴基斯坦、伊朗、土耳其、非洲东北部（苏丹、埃塞俄比亚）和加拿大；而呈收缩趋势的区域主要集中在巴西、阿根廷、泰国、伊拉克、乌克兰和非洲南部（南非、赞比亚、津巴布韦）。

自然湖泊水体范围在各大洲均未出现显著性年际变化趋势，但从国家尺度来看，有68个国家的自然湖泊水体范围显著扩张，12个国家的自然湖泊水体范围呈显著收缩趋势。呈扩张趋势的国家或区域主要包括中国、东南亚及南亚部分国家（印度、巴基斯坦、缅甸、印度尼西亚）、伊拉克、德国、非洲中部和西北部（马里、尼日利亚、刚果民主共和国、埃塞俄比亚、肯尼亚等）、

南美西海岸（智利、厄瓜多尔）和格陵兰；而呈收缩趋势的国家或区域主要出现在中亚和西亚（哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、伊朗、阿富汗）、乌克兰、非洲东南部（马达加斯加、莫桑比克、马拉维）、澳大利亚、美国、加拿大、南美洲中南部（阿根廷、玻利维亚）等。

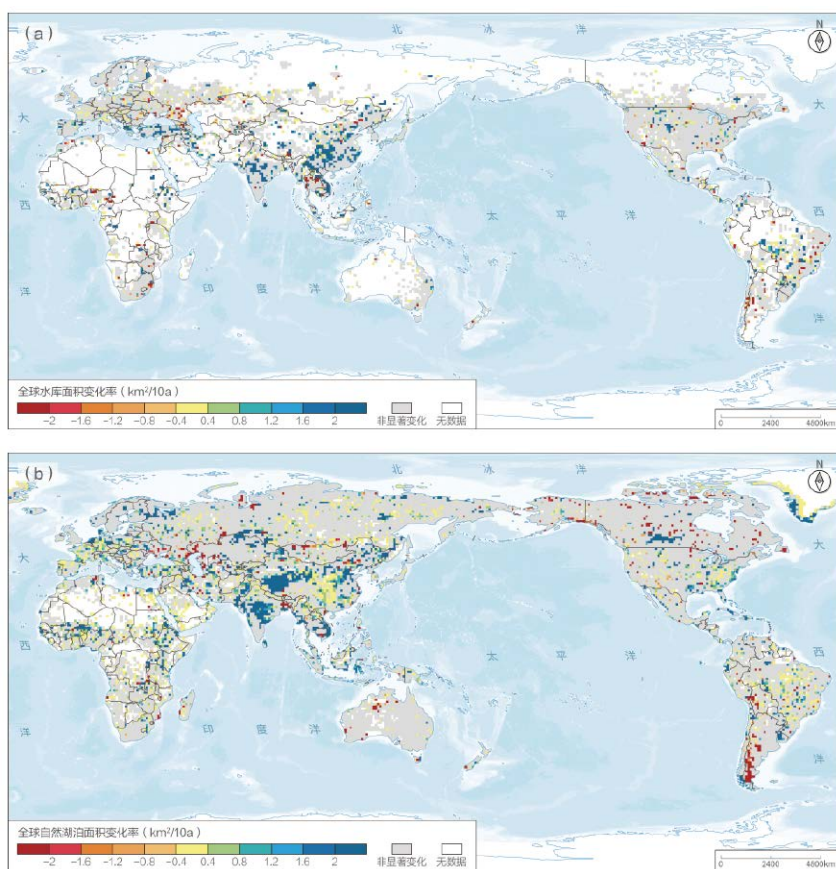


图 3-8 2001—2021 年全球湖库水体范围变化时空格局（ $1^\circ \times 1^\circ$ ）。(a) 全球水库水体范围变化时空格局；(b) 全球自然湖泊水体范围变化时空格局
注：灰色表示该网格内水体范围的年际变化率在统计学上不具备显著性。

非洲地下水储量变化

对应目标：SDG 6.6 到2020年，保护和恢复与水有关的生态系统，包括山地、森林、湿地、河流、地下含水层和湖泊

以2003—2017年重力卫星（Gravity Recovery and Climate Experiment, GRACE）及2018—2022年重力卫星 GRACE Follow-On 球谐系数数据、全球陆地数据同化系统（Global Land Data Assimilation System, GLDAS）和集水区陆面模型（Catchment Land Surface Model, CLSM）v2.2 陆面过程模型模拟数据、全球水文地质图（GLobal HYdrogeology MaPS, GLHYMPS）v2.0为数据源，采用融合重力卫星与模型数据的协同正演模型（Pan *et al.*, 2017）计算获取了非洲大陆月尺度、0.5° 分辨率地下水储量（以等效水高表示）变化数据集，在此基础上结合全球降水气候中心（Global Precipitation Climatology Centre, GPCP）降水数据分析了非洲地下水储量变化规律及影响因素。

2003—2022年非洲地下水储量显著（ $p < 0.05$ ）增加和显著减少区域分别约占非洲面积的33%和36%，总体变化速率为 $1.84 \pm 0.58 \text{ mm/a}$ 。其中，显著增加区域变化速率为 8.91 mm/a ，显著减少区域变化速率为 -3.58 mm/a 。

非洲地下水储量变化整体呈现以赤道为中心南北大致对称的特点（图3-9）。具体表现为，低纬度地区（ $10^\circ \text{ S} \sim 15^\circ \text{ N}$ ）以增加为主，中纬度地区（ $10^\circ \sim 25^\circ \text{ S}$ ， $30^\circ \sim 40^\circ \text{ N}$ ）以减少为主。其中，撒哈拉沙漠以北地区（ -3.84 mm/a ）、刚果河流域（ -2.22 mm/a ）、赞比西河流域（ -4.76 mm/a ）、马达加斯加岛（ -19.30 mm/a ）等地区地下水储量呈显著减少趋势；尼日尔河流域（ 8.36 mm/a ）、东非高原（ 30.58 mm/a ）等地区地下水储量呈显著增加趋势。

降水量变化是造成非洲地下水储量变化的主要原因。总体上，在按经度和纬度方向统计时，地下水储量变化与降水量变化表现出较好的一致性，体现了降水在区域上的主控作用。受气候带分布的影响，这种一致性在南北方向更明显。但在局部地区，地下水储量变化与降水量变化存在一定差异，体现了局部尺度其他因素的叠加作用。例如，在热带草原气候的西非南部，降水以 -9.89 mm/a 的速率减少，但受农田扩张、地表水灌溉增加等因素影响，该地区地下水储量以 9.20 mm/a 的速率

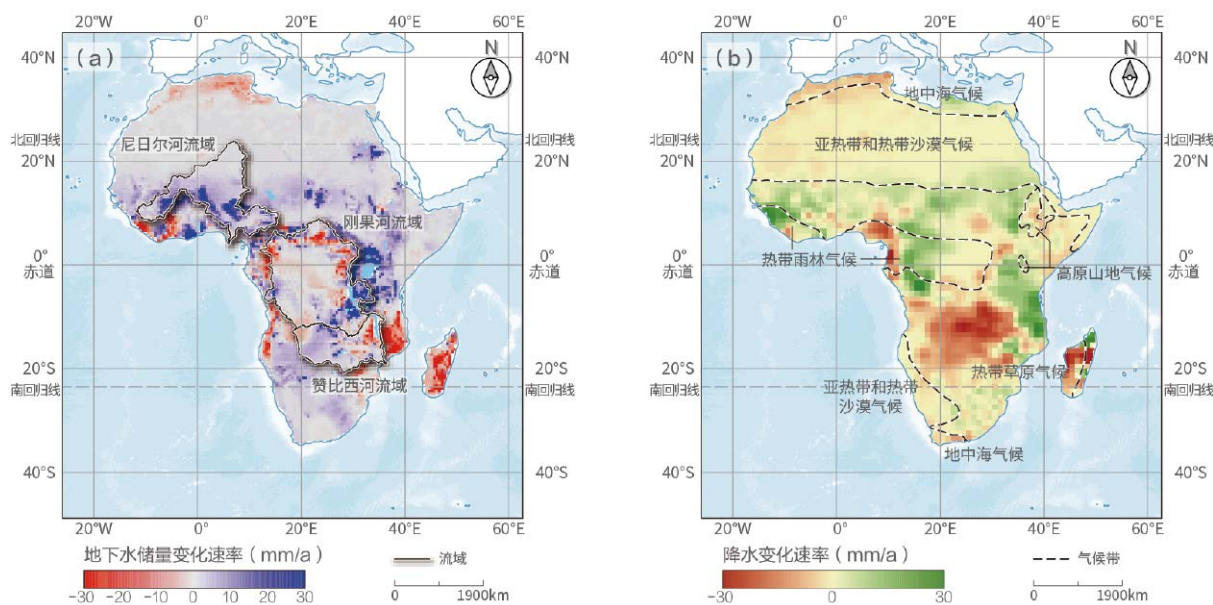


图3-9 非洲2003—2022年地下水储量变化速率、降水变化速率空间分布图。（a）地下水储量变化速率；（b）降水变化速率

增加。另外，值得注意的是，降水量的减少在一些区域可能加剧人类对地下水的依赖，进而加剧地下水的消耗。例如，在受地中海气候影响的撒哈拉沙漠以北地区，降

水以 -4.24mm/a 减少，在此背景下，农田灌溉、取水井增加加剧了地下水开发利用程度，使得该地区地下水储量减少 3.84mm/a 。



建议与展望

本章围绕安全饮水与卫生设施、改善水环境、提高用水效率和水生态系统变化等主题，开展了中国安全饮水与卫生设施、全球改善水环境和提高用水效率进展、全球和非洲与水有关的生态系统范围随时间的变化状况案例研究。在此基础上，结合过去 2 年基于地球大数据技术开展的案例研究成果，总结了全球、区域和中国尺度 SDG 6 中期进展。我们发现全球大型湖库透明度和农田水分利用效率呈总体增加趋势、全球湖库水体分布范围呈扩张趋势，而非洲地下水储量总体呈上升趋势；中国 SDG 6 整体取得明显进展，但各具体目标和指标的呈现区域的不均衡性，仍面临不同程度的挑战。

基于本章研究，我们建议：

（1）为保障中国饮用水水质的持续达标，需在水源地所在流域做好综合治理。在农村和偏远地区卫生条件状况未知区域加强统计调查数据的收集和共享，以便精

准掌握卫生设施现状并制定改进之策。

（2）在全球和区域尺度开展不同时间段不同地区地表水环境、用水效率和水生态系统变化状况评估时，应综合利用时空过程连续的且具有分布式优势的卫星遥感数据产品，以弥补统计调查数据无法准确定位变化显著区域、从而无法指导精准施策问题。

未来，为实现对全球、区域、国别及其他局地尺度水资源供给与利用、水环境治理与保护、水生态恢复与保护可持续性的精准监测与评估，从而服务于科学精准施策，将对现有 SDG 6 的具体目标与指标进行优化和调整，包括强化 SDG 6.1.1、SDG 6.2.1、SDG 6.3.1、SDG 6.5.1、SDG 6.5.2 等社会类指标的统计与调查工作，以保证数据的代表性和时效性；推动基于地球大数据的 SDG 6.3.2、SDG 6.4.1、SDG 6.4.2、SDG 6.6.1 等环境类指标的标准化生产等。



SDG 7 经济适用的 清洁能源

背景介绍.....	34
中期进展.....	34
主题研究.....	36
建议与展望.....	43

SDG 7



背景介绍

2030年议程过半，SDG 7 经济适用的清洁能源各项指标都取得了一定进展。如 SDG 7.1.1 全球通电率从 2015 年的 87% 增加到 2020 年的 91%，SDG 7.1.2 全球能够使用清洁炊事燃料的人口比例从 2015 年的 64% 上升为 2021 年的 71%，SDG 7.2.1 全球可再生能源装机占比从 2015 年的 29.5% 增加到 2022 年的 40.2%（IRENA, 2023），SDG 7.3.1 全球单位国内生产总值（Gross Domestic Product, GDP）（以平价购买力计算）能耗从 2015 年的 5.0MJ/USD 下降为 2020 年的 4.6MJ/USD（IEA *et al.*, 2023）。然而，目前各项指标的增长速度显著落后进程目标，难以在 2030 年实现 SDG 7 “人人都能获得经济适用的现代能源”总目标。如按照目前的增长速度，到 2030 年，全球仍将有 6.6 亿人无法获得电力（IEA, 2022a），19 亿人无法获得清洁炊事燃料（IEA *et al.*, 2023）。要实现目标，SDG 7.1.1 的年增长率需要由现在的 0.5 个百分点增加到 0.9 个百分点，SDG 7.3 能效提升速度必须达到目前的两倍。

要在 2030 年实现 SDG 7 目标，迫切需要全球在资金、技术和政策等各方面加大投入和协调。2021 年，中国提出了全球发展倡议，积极通过“全球发展和南南合作基金”和“中国 - 联合国和平与发展基金”帮助发展中国家落

实 2030 年议程。开展可持续发展卫星星座计划，研制并分享可持续发展目标监测报告和数据产品，提升了全球 SDG 7 各项指标的跟踪和监测能力。目前，以卫星对地观测和地理信息系统为代表的地球大数据技术，凭借可以周期性获取全球数据的优势，填补了传统统计和调查数据的不足，日益成为全球可持续发展研究的重要数据来源和分析手段。

准确评估 SDG 7 目标中期进展是 SDG 7 议程后半程政策制定的基础。2022 年度报告完成了全球 / 中国 SDG 7 目标进程监测与评估，包括通电率（SDG 7.1.1）、可再生能源（SDG 7.2）、能效提升（SDG 7.3）、国际能源合作（SDG 7.a/SDG 7.b）等方面，为 SDG 7 中期进展评估奠定了坚实的基础。2023 年报告在去年工作基础上，开展了清洁炊事（SDG 7.1.2）指标监测，进一步补充了全球风光资源情况、中国清洁能源转型和中国能源国际合作等可再生能源和国际能源合作方面的案例。基于近两年的工作，本章重点开展了全球 / 中国 SDG7 中期进展评估，研究成果可为摸清全球 / 中国落实 SDG 7 进程、明确问题与差距、改进和制定加速策略提供科学支撑，为实现全球 / 中国 SDG 7 目标提供数据基础和经验参考。



中期进展

基于 2022 年报告 SDG 7 相关内容及本章研究结果，评估了全球 / 中国通电率（SDG 7.1.1）、清洁炊事（SDG 7.1.2）、可再生能源（SDG 7.2）、能效提升（SDG 7.3）和国际能源合作（SDG 7.a/SDG 7.b）等目标的中期进展。地球大数据评估结果显示，SDG 7 的 6 项指标中，全球通电建筑面积增加显著，中国已实现完全通电，其他五大指标也都取得显著进展。具体进展如下：

（1）在全球通电率方面（SDG 7.1.1），2022 年报告研究显示，2020 年全球通电建筑面积较 2014 年明显增加，全球通电建筑面积增加 29108.62km²，通电建筑面积占比由 96.95% 增加为 98.68%。其中，117 个国家（地区）通

电建筑面积占比增加，32 个国家（地区）通电建筑面积占比下降。全球未通电建筑主要分布在非洲和亚洲，未通电建筑面积占比排名前 20 国家中 76% 分布在撒哈拉以南的非洲。中国已于 2015 年实现完全通电。

（2）在清洁炊事能源方面（SDG 7.1.2），2022 年中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例达到 83.55%，未使用清洁炊事能源的人口数量约为 1.5 亿人。燃气和电力是中国的主要炊事能源。

（3）在可再生能源方面（SDG 7.2），中国风、光等可再生能源和交通领域电能替代等取得了显著进展。2022 年中国风电、光伏发电装机容量分别是 2015 年的 2.8 倍

和 9.2 倍；中国可再生能源发电量占中国发电量的比重从 2015 年的 24.5% 提升至 2022 年的 31.3%；中国新能源汽车保有量从 2015 年的近 58 万辆增长至 2022 年的 1310 万辆，增长了近 22 倍，其中 2022 年销量达到 688.7 万辆，占到全球的 61.2%。

(4) 在能效提升方面 (SDG 7.3)，2022 年报告研究显示，中国能效较 2014 年提升近 1/5。2021 年中国单位 GDP 能耗和高耗能产业热量数量均比 2014 年下降了 1/5，推动了全球工业能效提升，为全球应对气候变化做出了贡献。

(5) 在国际能源合作方面 (SDG 7.a/SDG 7.b)，2022 年报告及本章研究显示，中国建立了系统性的能源

国际合作框架体系，助力全球 SDG 7 目标的实现。中国通过南南合作、“一带一路”能源部长会议等框架，与 90 多个国家、地区和国际组织建立了政府间能源合作机制。中国能源国际合作项目提升了发展中国家的能源供应能力，中国在其他发展中国家开发可再生能源投入的资金总额达到 1000 亿美元。中国海外产业园区积极推广绿色低碳发展经验，推动当地能源利用绿色低碳发展。中国通过标准制定和国际培训等帮助发展中国家增加能源自主能力，截至 2022 年年底接受中国太阳能开发利用培训的国家（地区）已达 133 个。

SDG 7 经济适用的清洁能源：全球 / 中国中期进展



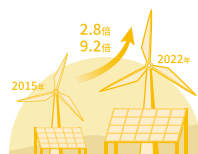
2020 年全球通电建筑
面积较 2014 年增长近
2%¹
SDG 7.1.1



中国于 2015 年
完全通电¹
SDG 7.1.1



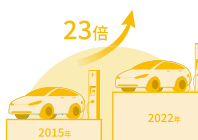
2022 年中国依靠清洁炊事能
源和技术的人口比例达到
83.55%²
SDG 7.1.2



2022 年中国风电、光伏发
电装机容量是 2015 年的
2.8 倍和 9.2 倍²
SDG 7.2.1



2022 年中国风电、光伏
发电量是 2015 年的
5.3 倍²
SDG 7.2.1



2022 年中国新能源汽
车保有量是 2015 年的
23 倍²
SDG 7.2.1



2021 年中国特高压输送的可再
生可再生能源电量是 2016 年的
1.69 倍²
SDG 7.2.1



2021 年中国高耗能产业热
量和单位 GDP 能耗均比
2014 年下降了
1/5¹
SDG 7.3.1



截至 2022 年年底与中国开展
能源合作国家数量累计达到
90 余个²
SDG 7.a.1



2000—2020 年中国投
入发展中国家开发可再
生能源的资金累计超
1000 亿美元¹
SDG 7.a.1



截至 2022 年年底接受中国太阳
能开发利用培训的国家（地区）
数累计达 **133 个**²
SDG 7.a.1



截至 2020 年年底中国能源
国际合作项目数量累计达
437 个¹
SDG 7.b.1

注：1.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2022）》；2.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2023）》。



清洁炊事

炊事能源对居民的健康有重要影响，不清洁的炊事能源可导致众多疾病。为促进清洁炊事能源（天然气、电、液化气、现代生物质、沼气、太阳能等）的使用，SDG 7 专门设置了指标 7.1.2 依靠清洁能源炊事的人口比例。中国是人口大国，在农村地区有 5 亿多人口。要实

现 2030 年清洁炊事能源的全覆盖面临巨大挑战。本主题采用地球大数据技术，结合问卷调查，摸清了中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例，以及影响清洁炊事能源和技术普及的关键因素，可为相关决策提供数据和参考。

中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例

对应目标：SDG 7.1.2 主要依靠清洁能源和技术的人口比例

基于地球大数据（包括行政区划矢量图、GDP、夜光遥感影像、土地利用数据等），采用空间分析、问卷调查和统计分析的方式，以“代表性省/市选择-调查样区确定-居民区类型划分-采样点”为主线，科学分析和计算了中国各个地区依靠清洁炊事能源和技术的人口比例，分析了清洁能源和技术在不同地区和不同聚落（城市、城镇和农村）中的使用情况，为制定相关政策提供数据支持，助力中国清洁炊事能源和技术的普及和应用。

2022 年，中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例为 83.55%。其中城市、城镇、农村比例分别为 100%、89.38% 和 69.77%，未使用清洁炊事能源和技术的人口

数量约为 1.5 亿人。使用清洁炊事能源和技术的人口比例受地理位置、经济发达程度、能源基础设施等多种因素影响。例如，中国东部地区由于经济发展程度较高，清洁能源和技术使用的比例明显高于西部地区（图 4-1）。清洁能源费用较高和能源基础设施不完善是限制农村地区清洁炊事能源和技术普及的关键因素。

燃气和电力是中国的主要清洁炊事能源，经济性和便利性是中国城乡居民能源选择的主要考虑因素。燃气和电力在城镇、农村家庭炊事用能中使用占比均高于其他能源，其中城镇居民使用燃气和电力的比例为 86%，农村该比例为 71%。随着中国可再生能源占比的进一步

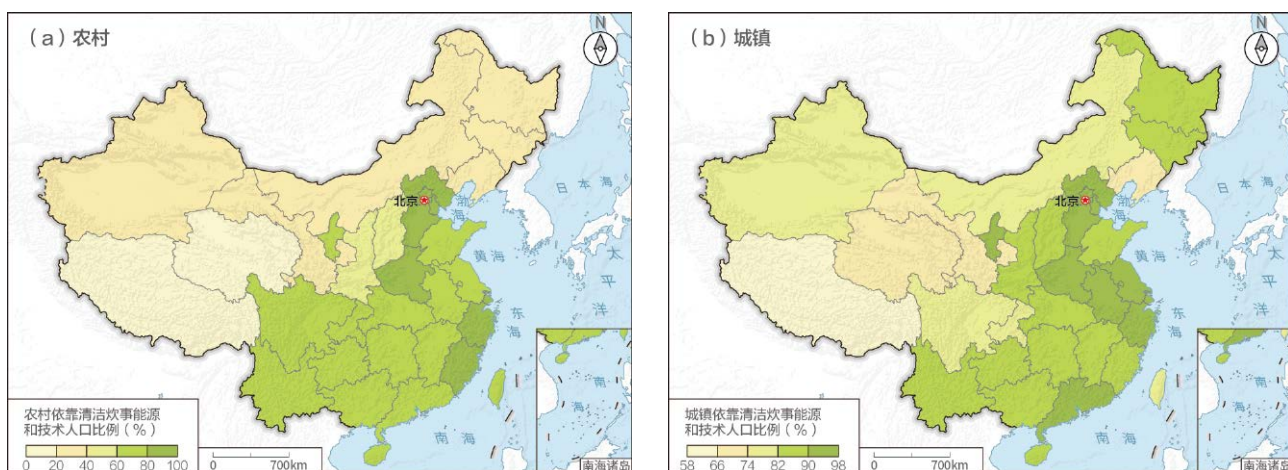


图 4-1 2022 年中国农村 (a) 和城镇 (b) 依靠清洁炊事能源和技术人口比例分级色彩图

提升和电力基础设施的不断完善，电能将成为农村居民清洁炊事能源的主要选择。由于城镇燃气设施相对完善，城镇家庭炊事用燃气、电力占比明显高于农村家庭。而在未通天然气管道的农村地区，液化气成为农村地区主

要清洁炊事能源。在进行生活用能选择时，城镇与农村居民均主要考虑经济性，占比分别为 50% 和 53%，同时也有 30% 的城镇居民和 20% 的农村居民优先考虑用能的便利性。

可再生能源

发展可再生能源是应对全球气候变化危机、实现全球能源转型的重要方面。可再生能源在能源消费中的占比是 SDG 7 目标中评估能源转型进程的关键指标。中国提出了“双碳”战略目标（二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和），积极发

展可再生能源，截止到 2022 年底，风电、光伏发电累计装机容量已分别连续 13 年、8 年位居全球首位。本主题基于地球大数据，评估全球风光资源状况，总结中国清洁能源转型的经验，分析特高压支撑可再生能源利用的作用，为全球能源转型提供经验。

全球风光资源情况

对应目标：SDG 7.2.1 可再生能源在最终能源消费总量中的份额

科学准确地资源量化评估是可再生能源大规模开发利用的基础。本研究基于全球高时空分辨率风光资源数据集和高分辨率地理信息数据集，利用地理信息系统空间分析方法，依次筛选影响风光资源开发的政策性、技术性和经济性限制因子，识别全球风光资源的可开发区，支撑全球各国的可再生能源规划和风光资源高效利用。研究表明：

全球风能资源丰富，开发潜力大，适宜集中式开发的区域主要分布在北非、中东、中亚以及蒙古、澳大利亚、中国西北、美国中部等地。受大气环流、地形等因素影响，全球风能资源分布不均匀，多集中在沿海地区和易形成

狭管效应的开阔大陆的收缩地带（图 4-2）。

全球太阳能资源充沛，开发潜力巨大，适宜集中式开发的区域主要分布在北非、中东、中亚以及蒙古、澳大利亚和中国西北等地。受太阳辐射角度、大气散射、日照时长等因素影响，全球太阳能资源主要集中在赤道至南北回归线附近，且常年受副热带高压控制的干旱地带（图 4-3）。

2022 年报告研究显示，近 10 年来，中国陆上风电和光伏发电成本分别下降了 30% 和 75%，风电和光伏发电已成为可负担的新能源，应进一步加大开发力度，加速能源转型进程。

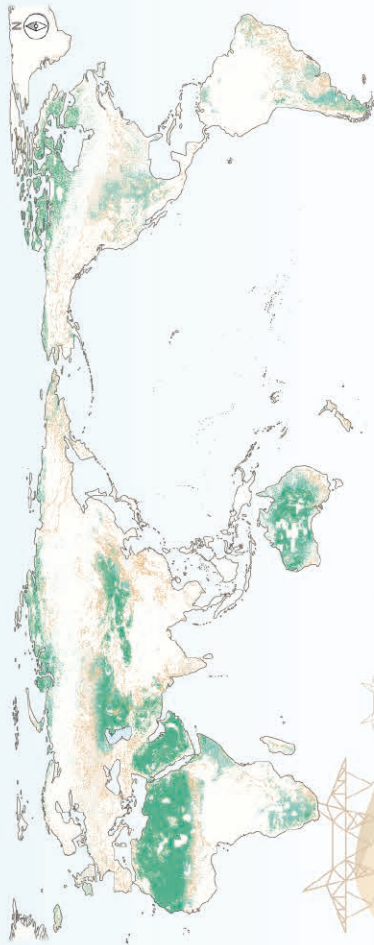
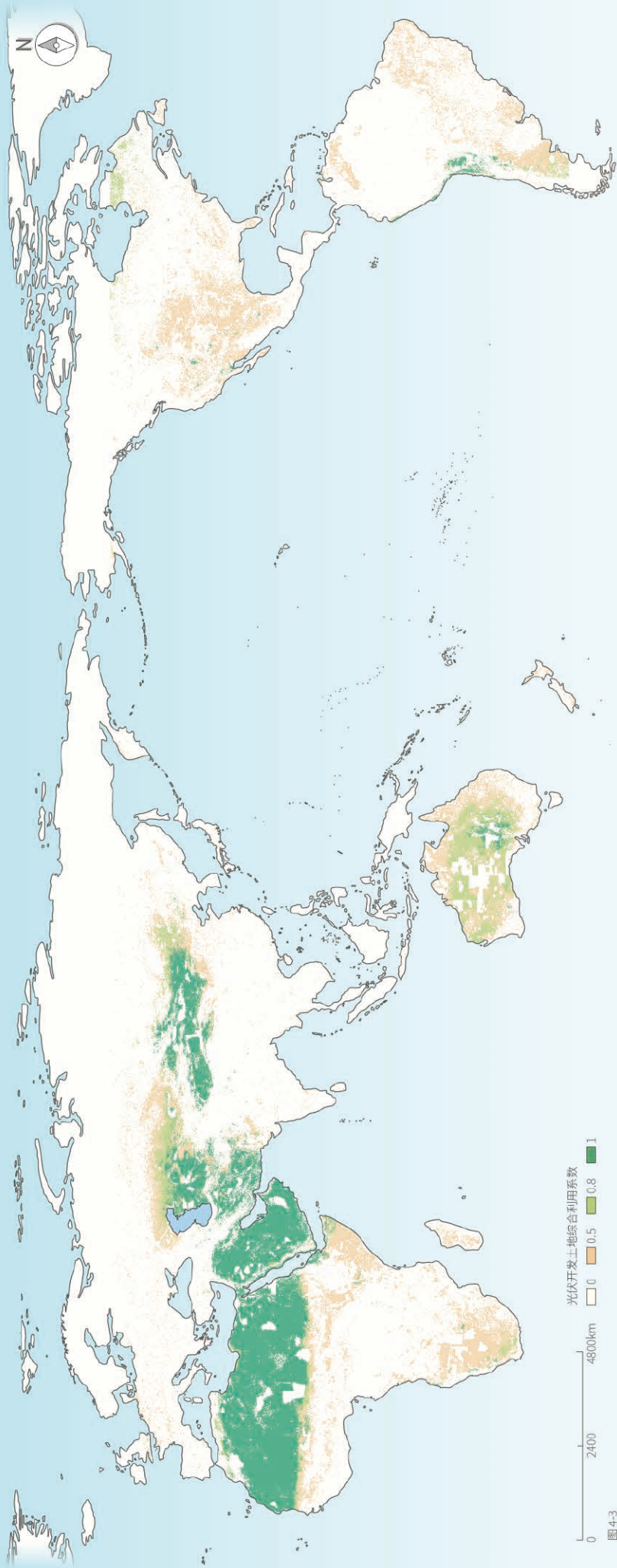


图 4-3
全球陆上太阳能光伏可开发区和土地综合利用系数
注：此图像像素值代表单位网格内可用于光伏开发的土地面积占比

图 4-2
全球陆上100m高度风能资源可开发区和土地综合利用系数
注：此图像像素值代表单位网格内可用于风电开发的土地面积占比



中国清洁能源转型

对应目标：SDG 7.2.1 可再生能源在最终能源消费总量中的份额

基于 2010—2022 年中国风电、光伏发电装机容量数据（中国国家能源局，2011—2023）、2016—2022 年中国电能替代数据（中国电力企业联合会，2023）、中国新能源汽车和公共充电桩分布数据集（中国工业和信息化部，2022；中国公安部，2022；中国国家能源局，2011—2023），采用地球大数据分析技术，分析了中国新能源装机占比变化和电能替代对全社会电气化水平中的贡献，重点分析了新能源汽车和公共充电基础设施的发展和空间分布，以为全球清洁能源转型提供决策支持。

可再生能源电力已逐步成为中国主要电源，2022 年装机容量首次超过煤电装机。截至 2022 年年底，中国

可再生能源装机容量约 12.13 亿 kW，占中国发电总装机的 47.3%。其中，风电 3.65 亿 kW、太阳能发电 3.93 亿 kW、生物质发电 0.41 亿 kW、水电 4.13 亿 kW（图 4-4），分别是 2015 年的 2.8 倍、9.2 倍、4.0 倍、1.3 倍。2022 年，中国可再生能源发电量达到 2.7 万亿 kWh，占全社会用电量的 31.6%，相当于减少二氧化碳排放约 22.6 亿吨。2022 年，中国风电、光伏发电量达到 1.19 万亿 kWh，是 2015 年的 5.3 倍。此外，2022 年中国水电发电量 1.35 万亿 kWh，生物质发电量达 1824 亿 kWh，分别是 2015 年的 1.2 倍、3.5 倍。

中国电能替代取得积极进展，促进了清洁能源电力



图 4-4 2010—2022 年中国风电及光伏发电装机容量及占比。(a) 2010-2022 年中国风电累计、新增装机容量及占比；(b) 2010-2022 年中国光伏累计、新增装机容量及占比

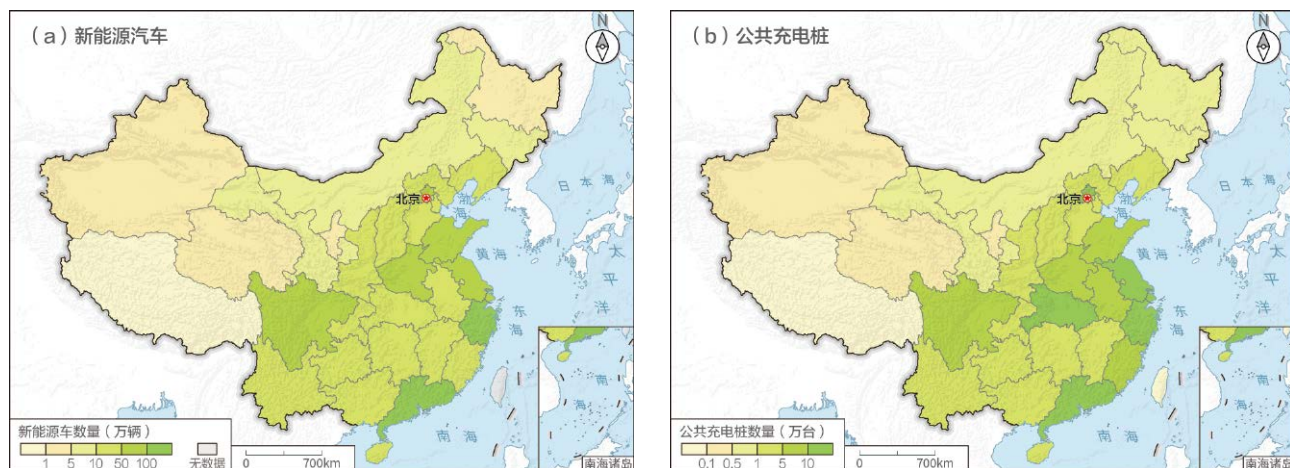


图 4-5 2022 年中国新能源汽车 (a) 及公共充电桩 (b) 空间分布现状

消费。中国积极持续推进交通、建筑、工业、农业等领域电能替代，从国家到行业、地方研究制定了一系列电能替代政策，促进了电能占终端能源消费比重从2016年的23.0%提升至2021年的26.9%（中国电力企业联合会，2023）。如在交通领域，中国加速电气化转型，引领全球新能源汽车发展。2022年中国新能源汽车销量领先全球，达到688.7万辆，占到全球的61.2%；中国新能源汽车保有量从2015年的不足58万辆增长至2022年的1310万辆，增长了近22倍（中国工业和信息化部，2022；中国公安部，2022）。中国充电基础设施网络逐步完善，数量从2015年的6.6万台增长至2022年的520

万台，增长了近78倍。其中中国公共充电桩数量累计达到180万台（图4-5）。2022年全年电动汽车充电量超过400亿kWh，同比增长85%以上（中国国家能源局，2011—2023），有力地促进了清洁能源电力消费，如国家电网公司智慧车联网平台充电量的清洁能源占比达42.6%。在其他领域中国电能替代也取得积极进展，如工业领域，电锅炉、电窑炉、冶金电炉、辅助电力等全面推进；建筑领域，热泵在供暖供冷和生活消费方面进一步拓展；农业领域，电动排灌机、烤烟机、农机电气化稳步推进。

中国特高压支撑可再生能源远距离利用

对应目标：SDG 7.2.1 可再生能源在最终能源消费总量中的份额

构建新型电力系统是推动能源清洁转型的关键。基于2015—2021年中国可再生能源电力发展监测评价报告（中国国家能源局，2016—2022）和2015—2021年中国可再生能源发电装机和生产数据（中国电力企业联合会，2016—2022），分析了中国特高压线路输送可再生能源规模、结构以及增长趋势等，评估了特高压对中国可再生能源远距离利用的支撑作用。

中国加快推动可再生能源开发与利用，特高压有效促进可再生能源远距离利用。2022年西南水电和“三北”地区风光发电量占中国可再生能源发电量的比重超过57%，中国2/3的用电量位于中东部地区，因此可再生能源需要远距离利用。特高压输电功率和输送距离是超高压输电线路的4~5倍，线路损耗仅相当于25%左右，可节省60%左右的土地资源，是中国可再生能源远距离利用的重要支撑。截至2022年底，中国总共建成了特高压输电工程35项，建成和在建线路总里程超过5万km，输电能力超过1万kW，累计输送电量超过2.5万亿kWh。

特高压促进了可再生能源电量的利用，输送的可再生能源电量占比超过50%。中国特高压输送的电量不断

增长，2021年，中国运行的17条直流特高压线路年输送电量4887亿kWh，是2016年的2.45倍，其中2021年特高压输送的可再生能源电量2871亿kWh，是2016年的1.69倍。特高压输送的可再生能源电量呈增长趋势，全部特高压输送的可再生能源电量占比为58.7%。从可再生能源类别看，2021年特高压输送的风电和光伏发电电量约970亿kWh，是2016年的7.9倍；输送的水电电量到达1901亿kWh，相当于四川、云南两地区水电发电量的28%。

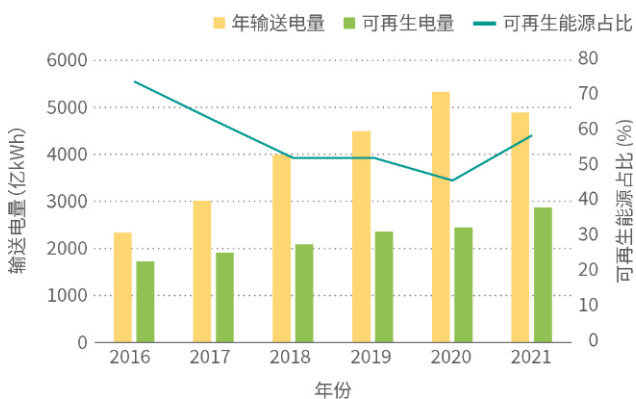


图4-6 中国特高压输送可再生能源电量情况
注：2021年数据为直流特高压数据。

国际能源合作

发展中国家普遍面临能源短缺问题。在全球能源转型背景下，发展新型绿色可再生能源被认为是发展中国家实现能源自给和能源转型的主要方案。然而，由于资金和技术的匮乏，以及能源基础设施的落后，发展中国家在实现能源自给中面临更大的不确定性。为促进可再生能源在发展中国家的发展，联合国可持续发展目标设立了 SDG 7.a 和 SDG 7.b 两大指标。中国积极响应联合

国 2030 年议程，在南南合作、“一带一路”倡议和全球发展倡议等框架下，积极开展全球能源合作，已成为发展中国家可再生能源发展的重要资金和技术来源。本主题从政策框架、能源项目合作、能源利用绿色低碳转型和能源科技合作等方面，总结了中能源国际合作等方面的经验，以期为全球能源国际合作提供借鉴。

中国清洁能源国际合作

- 对应目标：SDG 7.a** 到 2030 年，加强国际合作，促进获取清洁能源的研究和技术，包括可再生能源、能效，以及先进和更清洁的化石燃料技术，并促进对能源基础设施和清洁能源技术的投资
- SDG 7.b** 到 2030 年，增建基础设施并进行技术升级，以便根据发展中国家，特别是最不发达国家、小岛屿发展中国家和内陆发展中国家各自的支持方案，为所有人提供可持续的现代能源服务

基于 2015—2022 年中国太阳能产品出口统计数据和自主研发的中国能源国际合作项目数据集，采用地球大数据空间统计分析方法，从政策框架、能源项目合作、能源利用绿色低碳转型和能源科技合作等方面，分析中国能源国际合作的成效。

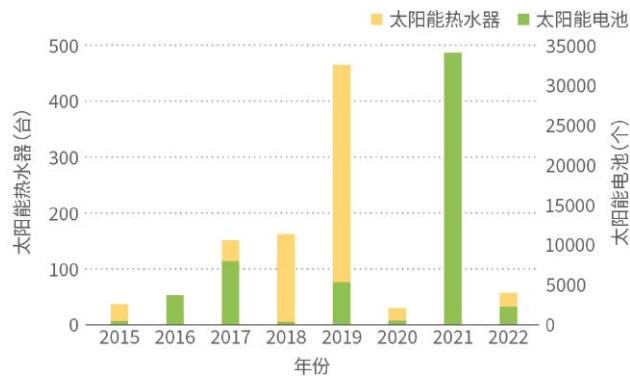
中国建立了全面、多层次的能源国际合作框架体系。国际合作和援助是发展中国家实现能源可及与转型的关键。中国通过南南合作、“一带一路”能源部长会议、中欧环境与气候高层对话、中非合作论坛等框架和机制，建立了中国 - 东盟、中国 - 非盟、中国 - 东盟、中国 - 中东欧、亚太经合组织可持续能源中心等多层次能源合作

平台，与 90 多个国家、地区和国际组织建立政府间能源合作机制，支持全球能源多元化发展，共同打造绿色发展新模式。

中国以投资、承建、援建、产品供应及产能合作等方式积极开展全球清洁能源国际合作，帮助发展中国家解决能源短缺问题，助力全球能源转型。中国国际能源合作项目达到 437 个，其中可再生能源电站数量和装机容量占比分别达 51.26% 和 41.35%，显著提高了发展中国家的能源供应水平。2000—2020 年，中国国家开发银行和中国进出口银行中国海外能源融资金额达 2346 亿美元，其中可再生能源直接投资占比 42.75%。截至



↑ 图 4-7 2015—2022 年中国光伏组件出口量和出口额



↑ 图 4-8 2015—2022 年中国无偿捐赠非洲太阳能产品

2022年底，中国光伏企业在东南亚的海外工厂产能超过了40GW。2015—2022年，中国向全球供应光伏组件累计超过520GW（图4-7）。中国还通过援建小水电、离网太阳能系统等能源项目，向发展中国家无电地区提供能源设备，帮助偏远地区和群体解决能源短缺问题。如2015—2022年，中国向非洲无偿捐赠太阳能光伏产品53494个（图4-8）。

中国海外产业园区积极推广绿色低碳发展经验，推动当地能源利用绿色低碳发展。中国海外产业园区不断吸纳、借鉴国内和国际园区生态建设和循环经济的成功经验（图4-9），绿色低碳发展水平不断提升，绿色发展指数从2013年的61.5分上升到2019年的70.5分，增加了14.7%。能耗强度和碳排放强度逐年下降，单位产值能耗平均值为1.21t标准煤/万美元，比各当地平均水平低约50%~60%，基本达到发达国家先进水平（宋婧等，2022）。绿化率平均在30%左右，污水集中处理设施建成率和基础设施完善率均在60%左右，达到中国低碳工业园区试点指标值。海外园区绿色低碳绩效水平普遍高于当地平均水平，大多已成为所在国家推动绿色低碳发

展的标杆和典范，带动当地不断完善相关行业标准。

中国能源国际合作强化“授人以渔”的理念，提升发展中国家能源自主发展能力。中国能源国际合作通过规划和标准编制、人员培训等方式，加强发展中国家在清洁能源利用、技术研发、项目建设与运营等方面的能力。如在规划和标准编制方面，中国与联合国工业发展组织（United Nations Industrial Development Organization, UNIDO）共同签署了《关于协同推进小水电国际标准的合作谅解备忘录》，并共同编写了国际标准《小水电技术导则》，该备忘录在2019年4月被列入第二届“一带一路”国际合作高峰论坛成果清单；2022年5月，国际标准化组织小水电技术委员会（Technical Committee 339 Small Hydropower Plants of International Organization for Standardization, ISO/TC339）批准成立，秘书处设在中国。中国帮助加纳、坦桑尼亚、科特迪瓦等国家开展能源咨询和规划编制服务。在人员培训方面，中国先后为全球133个发展中国家2000多名太阳能技术人员提供来华培训，通过“绿色丝路使者计划”为120多个共建“一带一路”国家培训3000人次绿色人才。

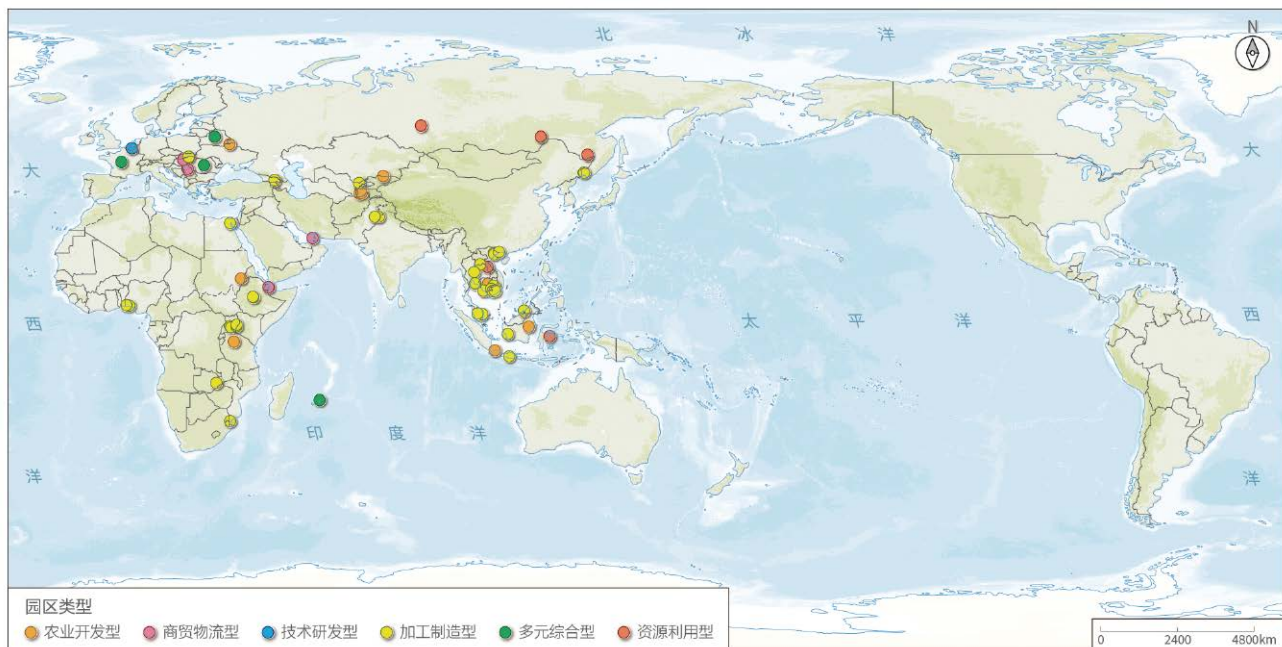


图 4-9 60 家中国海外园区区位分布图



建议与展望

本章围绕清洁炊事、可再生能源和国际能源合作等主题，评估了中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例、全球风光资源，总结了我国清洁能源转型和国际能源合作经验。在此基础上，基于 2022 年和 2023 年的工作，开展了全球 / 中国 SDG 7 各项指标中期进展评估。研究发现风光可再生能源已成为可靠、可负担的能源，将成为未来能源开发的主力，但基础设施不完善和资金投入不足，特别是支持发展中国家的可再生能源资金不足，是 SDG 7 进程落后于目标的主要原因。

基于本章研究，为加速 SDG 7 全球进程，我们建议：

(1) 加大能源基础设施建设是实现能源可及的关键。基础设施和能源价格是限制清洁炊事能源普及的关键因素。2022 年中国农村使用清洁炊事能源的人口比例仅为 69.77%，要实现全球清洁能源可及目标，应加大农村地区电网、管道等基础设施的建设。为促进 SDG 7.1 能源可及性目标的实现，建议补充能源基础设施覆盖率作为 SDG 7.1 新型指标，如通电建筑面积占比等。

(2) 发展风、光等可再生能源对实现全球能源转型至关重要。全球风能和太阳能等可再生资源可开发潜力巨大，可为实现全球能源转型和应对气候变化目标发

挥关键作用。然而目前全球国家自主贡献 (Nationally Determined Contributions, NDCs) 电力目标仅为实现 2030 年全球气候目标所需可再生能源电力的 40%。为促进风、光等可再生能源的开发，中国《“十四五”可再生能源发展规划》提出 2025 年可再生能源电力非水电消纳责任权重重要达到 18% 左右，建议补充非水可再生能源装机占比作为 SDG 7.2 新型指标。

(3) 国际能源合作对发展中国家实现 SDG 7 至关重要。尼泊尔 35% 的电站装机容量依赖国际投资。然而流入发展中国家的外国投资呈现明显下降趋势，2020 年以来，该资金甚至比上一个十年平均值少了 1/3 (IEA *et al.*, 2023)。发达国家应积极落实对发展中国家每年 1000 亿美元的气候补偿，积极推动发展中国家的现代能源可及和能源转型。

地球大数据在全球能源可及和转型中已凸显重要作用。为助力全球 SDG 7 和中国“双碳”目标实现，未来我们将进一步挖掘地球大数据技术在风光资源开发方面的潜力，为全球能源可及和转型提供科学数据和决策支持服务。



SDG 11 可持续城市 和社区

背景介绍.....	45
中期进展.....	45
主题研究.....	47
建议与展望.....	54

SDG 11



背景介绍

实现可持续城市和社区（SDG 11）是应对气候变化、促进经济增长并减少贫困和污染的关键。预计到2030年，全球60%的人口将居住在城市地区（Chen *et al.*, 2022），到2050年这一比例将接近70%（Sun *et al.*, 2020）。然而，城市地区虽然贡献了全球75%的GDP，但也产生了全球75%的垃圾和碳排放。快速城市化也带来了住房短缺、交通拥堵、空气污染、废物管理以及基础设施和服务不足等问题和挑战，无计划的扩张使城市容易受到气候变化和自然灾害的影响。目前，超过40亿城市居民依然面临着空气污染、基础设施短缺和城市无序开发等严峻问题。

SDG 11旨在建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续发展的城市 and 人类住区，包含7个技术类目标和3个政策类目标。在联合国2030年议程中涉及的17个SDGs中，SDG 11与其他多个SDGs相互关联，230多个指标中约有1/3可以在城市层面进行衡量，然而，很多指标处于有评估方法而无数据支撑的状态，指标数据的严重不足

成为目标和指标进展监测与评估的主要挑战。地球大数据技术，如卫星遥感和地理信息系统，可定期获取全球数据，挖掘全球SDG 11进展的驱动因素，并成为全球可持续发展研究的重要数据来源和分析手段。

过去4年报告在全球和中国尺度上开展了SDG 11进展监测与评估，为城市可持续发展提供了有力的支撑和指导。本年度报告将围绕城市公共交通（SDG 11.2）、遗产保护（SDG 11.4）以及城市空气污染（SDG 11.6）等具体目标开展研究，在总结SDG 11中期进展的基础上，评估全球可便利使用公共交通的人口比例，补充世界自然和文化与自然混合遗产边界数据，分析监测全球大气颗粒物的平均浓度变化，建立城市建设管理和人居环境评价体系。本章将聚焦全球/中国SDG 11中期进展评估，为揭示全球/中国在SDG 11的实施进程中的现状，提供数据基础和经验参考，为实现SDG 11提供科学支持。



中期进展

根据2019—2022年报告及本章研究成果，形成了安全住房、城市公共交通、城镇化、遗产保护、城市灾害与应对、城市空气污染、城市开放公共空间和城乡区域发展等具体目标的中期进展认识。研究表明，2015—2022年，全球主要城市可便利使用公共交通的人口比例提升3.38%；全球典型区域的大气细颗粒物浓度呈现下降趋势；世界自然和文化与自然混合遗产边界数据质量提升明显；中国城市在硬件基础设施建设方面有了明显的进步。2015年以来，全球及中国SDG 11各项指标均取得明显进展，具体如下：

（1）在安全住房方面（SDG 11.1），2022年报告研究显示，2015—2020年中国各主要城市原有棚户区的常住人口由2202.5万人减少到1524.2万人，下降30.8%。中国主要城市的棚户区改造成效显著、人居环境改善。

（2）在城市公共交通方面（SDG 11.2），本报告研究显示，2020年全球主要城市可便利使用公共交通的人口加权均值超过60%，但仍处于相对不均衡的状态。中国主要城市中几乎所有社区的交通便利程度都有上升，公共交通覆盖面显著扩张。

（3）在城镇化方面（SDG 11.3），2022年报告显示，全球城镇化协调发展总体向好，全球城市土地利用效率指标由2000—2005年的1.65下降到2015—2020年的1.31，全球城市土地扩张和人口增长朝着协调方向发展。

（4）在遗产保护方面（SDG 11.4），2022年报告显示，全球遗产保护态势呈现正向发展，2010—2020年全球90%的遗产地及其缓冲区范围与人类活动相关的土地覆盖变化小于5%；2015—2020年全球90%的遗产地保护范围内土地覆盖变化小于1%。

（5）在城市灾害与应对方面（SDG 11.5），2022年报告显示，全球极端灾害受灾人口和死亡人口数量显著减少，但直接经济损失指标增加幅度较大；中国的受灾和死亡人数（SDG 11.5.1）和直接经济损失（SDG 11.5.2）两项监测指标均呈现明显下降趋势。

（6）在城市空气污染方面（SDG 11.6），本报告研究显示，全球PM_{2.5}浓度在2015—2022年整体呈现下降趋势。2015—2022年中国年平均PM_{2.5}浓度逐年下降，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，体现了中国近几年来大气污染综合防治的显著成效。

（7）在城市开放公共空间方面（SDG 11.7），2022年报告显示，2010年以后，城市建成用地的绿地空间显著上升，城市生态绿化成效显著。中国以全球19%的城

市建成区面积贡献了全球28%的城市显著变绿区域。全球范围内共有约3.1亿人直接受益于城市显著变绿，中国的受益人口约占全球受益总人口的47%。

（8）在城乡区域发展方面（SDG 11.a），本报告研究显示，2000—2020年，中国11个城乡融合发展试验区的经济总量提升明显。其中，以农村为主的混合乡镇发展程度和发展速度均为最高，这表明与农村相关的乡镇经济总量和经济空间增长速度远大于与城市相关的乡镇，城市化进程和乡村振兴缩小了城乡经济差异。

（9）在中国市域尺度SDG 11综合评价方面，2021年报告显示，SDG 11综合指数得分由2015年的64分增长到2020年的73分，表明2020年各市级行政区可持续性表现较好，其中有300个市级行政区SDG 11综合指数增长。

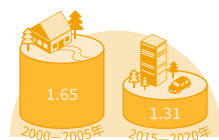
SDG 11 可持续城市和社区：全球 / 中国中期进展



2015—2020年中国
棚户区常住人口减少
678.3万人¹
SDG 11.1.1



2020年全球可便利使用公
共交通人口加权均值超过
60%²
SDG 11.2.1



全球城市土地利用效率由
2000—2005年的**1.65**下降
到2015—2020年的**1.31**¹
SDG 11.3.1



2015年到2020年全球遗产地
与人类活动相关的土地覆盖
变化小于**5%**¹
SDG 11.4.1



2015年到2020年全球遗产
地保护范围变化小于
1%¹
SDG 11.4.1



2021年，中国每十万人受灾人口、
每十万人死亡失踪人口、直接经济
损失占GDP比重较2010—2020年
均值分别下降**58.2%**、
54.7%、**50.8%**¹
SDG 11.5.1 SDG 11.5.2



2015—2020年全球PM_{2.5}
平均浓度下降
4.4μg/m³²
SDG 11.6.2



2015年—2022年中国人口
权重的PM_{2.5}年均浓度下降
19.6μg/m³²
SDG 11.6.2



2021年中国贡献显著变
绿的城区面积占全球的
28%¹
SDG 11.7

注：1.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2022）》；2.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2023）》。



主题研究

城市公共交通

公共交通是一种关键的城市交通形式，也是城市居民的主要出行选择之一。高效和可靠的公共交通系统，可减少城市拥堵和空气污染，促进经济增长和社会进步（Saif *et al.*, 2019）。因此，实现可持续城市公共交通也是 SDGs 中非常重要的领域之一。要实现这个目标，需

以人为本，注重实现公共交通的可达性和质量，以及采取可持续的技术和策略，促进城市公共交通的发展和提高市民的交通出行体验，进而实现人们在城市中拥有便利、低碳、高质量的出行选择。

全球主要城市可便利使用公共交通的人口比例及变化

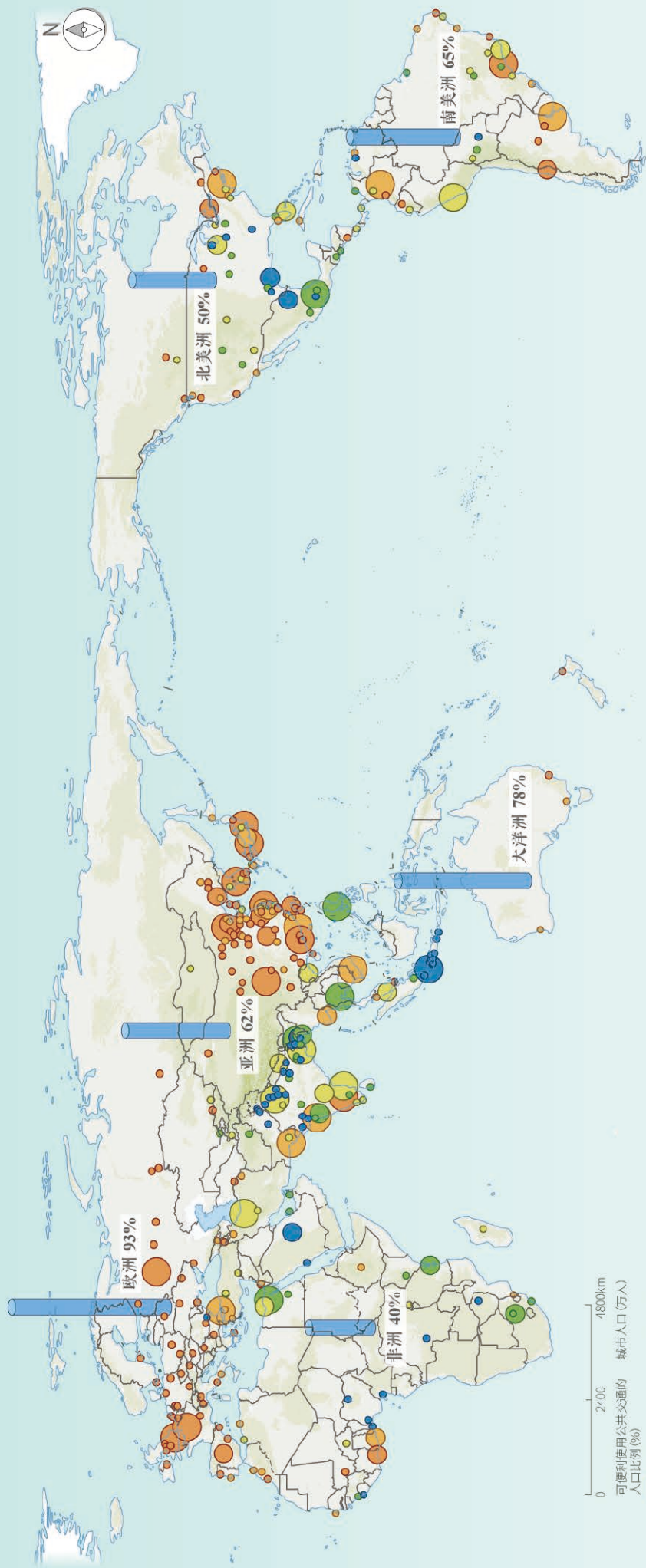
对应目标：SDG 11.2.1 可便利使用公共交通的人口比例，按年龄、性别和残疾人分列

基于全球主要城市公共交通数据集和人口密度数据集等，应用叠加分析和空间统计等空间分析方法，重点分析了全球 330 个主要城市的可便利使用公共交通的人口比例及变化情况。

2020 年全球主要城市可便利使用公共交通的人口加权均值超过 60%，欧洲和亚洲东部城市的值相对较高（> 80%）；非洲和南亚的值相对较低（< 20%）（图 5-1）。欧洲城市可便利使用公共交通的人口比例指标的人口加权均值约为非洲城市的 2.3 倍。

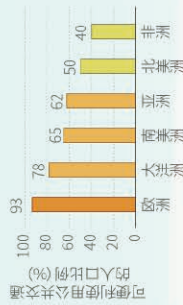
全球可便利使用公共交通的人口比例处于不均衡状态。2020 年全球主要城市的人口加权均值与 2015 年相比提升了 3.38%；全球约 1/7 的城市增加了 10% 以上，主要分布在欧洲以外的地区，中国可便利使用公共交通人口比例提升明显。2015 年，可便利使用公共交

通的人口比例不高的城市有明显改善。2020 年全球 330 个主要城市公共交通便利程度指标（Public Convenient Accessibility to Public Transport, PCAPT）的基尼系数为 0.59，与 2015 年基本持平（若该值小于 0.4，则认为相对较均衡）。PCAPT 指标较高的城市主要分布在经济较为发达的地区，其中欧洲和亚洲东部地区的指标数值远远高于全球均值，东南亚地区、中东地区和非洲地区总体低于全球均值，对于美洲地区，经济、政治繁荣的城市的指数较高，而其他城市的指数则相对较低。从 PCAPT 数值变化的情况来看，2020 年指数较高的地区变化相对较小，但中东地区的指数变化相对于其他区域更为显著；非洲 2020 年指数较高的地区其指数增长较大，而指数较低的区域在 2015—2020 年的变化并不明显，说明非洲指数较高的地区在近年发展迅速。

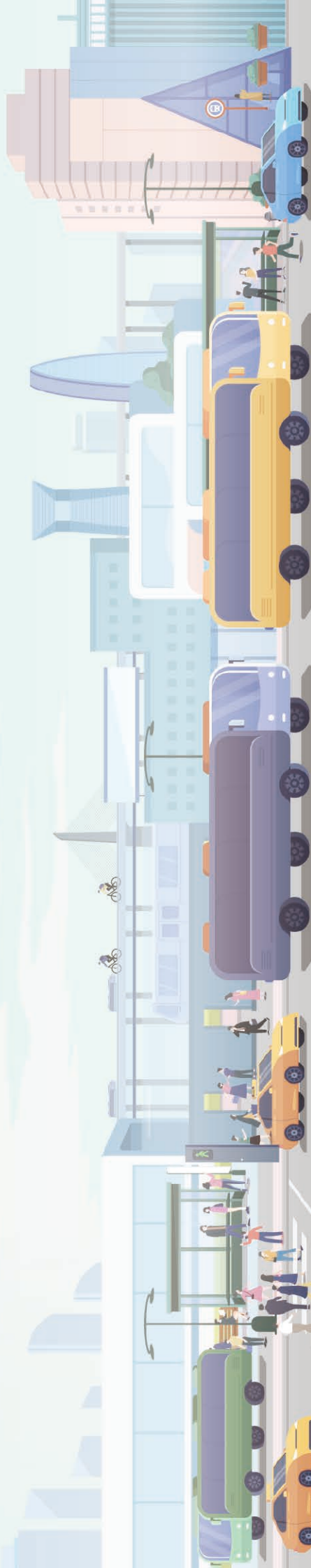


2020年全球主要城市可便利使用公共交通的人口加权均值超过**60%**

欧洲和亚洲东部城市的值 (> 80%) 非洲和南亚的值相对较低 (< 20%)



● 2020年全球330个主要城市可便利使用公共交通的人口比例



遗产保护

遗产保护旨在保护、传承并合理利用世界各地的文化和自然遗产，这些遗产代表了人类文明和地球自然演化的丰富多样性，通过遗产保护，不仅能传承文化传统，还能为旅游、教育和经济发展提供机会。基于大数据可

持续方法来保护遗产至关重要，包括遗产保护数据的完整性、大数据支持可持续旅游、遗产教育和社区参与等，这将有助于确保遗产保护的可持续性。

世界自然遗产以及文化和自然双遗产公开边界数据质量完善

对应目标：SDG 11.4 进一步努力保护和捍卫世界文化和自然遗产

边界是世界遗产完整性保护的重要基础和世界遗产管理的基本依据。由于各遗产地早期申报过程中提交的边界数据格式和精度不统一、相关国际机构和组织数据多源等问题，造成现有已公开的遗产边界信息存在完整性、一致性和准确性等质量问题。本案例基于已有的公开数据资源，利用大数据技术，在世界自然保护联盟（International Union for Conservation of Nature, IUCN）和联合国教科文组织国际自然与文化遗产空间技术中心（International Centre on Space Technologies for Natural and Cultural Heritage under the auspices of UNESCO, HIST）等国际机构和组织支持下，对现有世界自然遗产以及文化和自然双遗产边界数据进行质量检查和更新，并提出完善数据管理的措施。

案例通过比对全球公开的世界保护区数据库（World Database on Protected Areas, WDPA）的遗产地边界数据与从联合国教科文组织世界遗产中心（UNESCO World Heritage Centre, WHC）网站获取的档案资料，分析二者面积差异率，为遗产边界数据完善和更新提供借鉴和参

考。

WDPA 始建于 1981 年，是目前关于陆地和海洋保护区最全面的全球数据库，其中包括世界自然与混合遗产边界矢量与属性数据。基于 WDPA 提取的 250 项遗产地数据（截至 2023 年 4 月），通过计算 WHC 官网档案资料中最新报告面积和 WDPA 数据库中矢量边界面积的差异率，得出差异率绝对值在 10% 以内的占 80.5%，差异率绝对值大于 10% 的有 50 项，最大差异率达到 513.44%，如图 5-2 所示。

基于自然语言处理信息提取方法，案例提取并整理 WHC 官网以及相关英文网站的自然遗产以及文化和自然双遗产边界信息，分析 WHC 官网中遗产地边界相关的地图文件内容、空间参考等信息发现，全球 257 项世界自然遗产以及文化和自然双遗产中有 129 项（占 50%）地图要素完整、126 项地图要素不完整，2 项遗产地缺少边界遗产地地图，因此，WHC 官网中的遗产地地图和边界信息亟待完善和更新。目前基于 WDPA 数据库的遗产地边界矢量数据在 HIST 和 IUCN 合作下已经

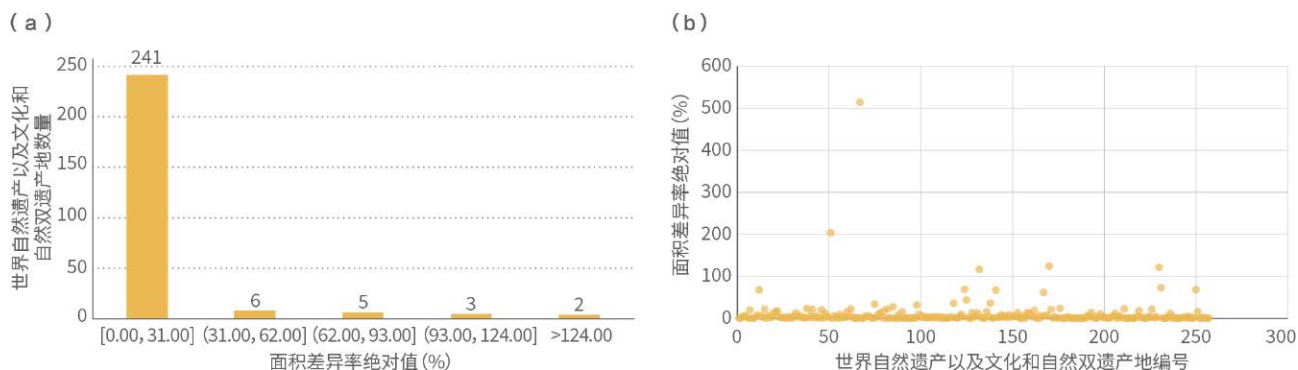


图 5-2 官网最新面积和边界矢量数据库图形 GIS 面积的面积差异率绝对值。(a) 表示面积差异率绝对值各区间的遗产地数量；(b) 各遗产地面积差异率绝对值数值分布

进行了更新，未来随着 WHC 官网信息的完善，边界矢量数据库的质量也可以据此提升。

本案例基于自然语言处理的边界信息提取方法，对自然遗产以及文化和自然双遗产边界信息完整性、一致性进行检查，梳理边界数据共性和个性问题，制作基于 WDPA 矢量数据和 WHC 官网地图更新的世界自然遗产

以及文化和自然双遗产边界矢量数据（图 5-3）。案例为世界自然遗产以及文化和自然双遗产的保护、管理和研究提供最新数据支持，为联合国教科文组织进行遗产数据完善和更新提供思路和参考，从而呼应联合国教科文组织和可持续发展目标的遗产保护战略，支持世界遗产的全球保护和可持续发展。

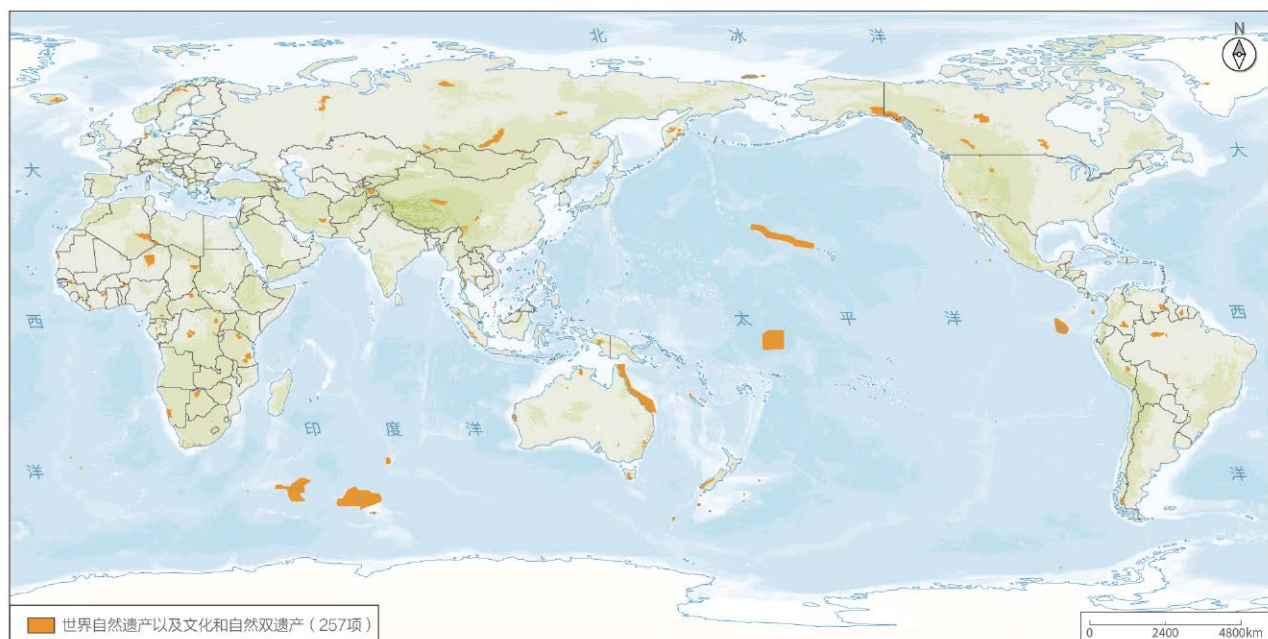


图 5-3 基于 WDPA 矢量数据和 WHC 官网地图更新的世界自然遗产以及文化和自然双遗产边界矢量数据

城市环境

全球典型区域大气颗粒物的时空趋势

对应目标：SDG 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）

通过集成全球大气环境监测的数据建立了 2015—2022 年全球大气颗粒物及辅助数据集，使用 GIS 分析方法刻画出多种大气污染物的空间分布，得出全球大气污染物年际变化趋势。

2015—2022 年， $PM_{2.5}$ 的平均浓度为 $20 \mu g/m^3$ ，92% 的城市站点浓度超过世界卫生组织（World Health Organization, WHO）2005 年制定的年均浓度 $10 \mu g/m^3$ 的标准。 $PM_{2.5}$ 浓度的高值区主要分布在亚洲、中东和西欧等人口密集区域。在亚洲，印度和中国的 $PM_{2.5}$ 的浓度较高，只有极少数城市达到 WHO 设定的空气质

量标准。在中东，由于其干旱半干旱的气候，沙尘对总颗粒物有较为重要的贡献，其浓度也处于中等的水平。欧洲的 $PM_{2.5}$ 浓度较低，从空间分布上东欧的颗粒物浓度略高于西欧。北美洲的颗粒物浓度水平在所有大洲中处于最低的水平，基本上只在东西部的大城市观测到较高的浓度。南美洲和非洲由于站点较少，已有数据不能反映整个大洲的整体情况，而已有的观测数据表明相关城市处于轻度至中等的污染水平。

全球 NO_2 的高值区与 $PM_{2.5}$ 较为类似， O_3 的空间分布则与 NO_2 和 $PM_{2.5}$ 不尽相同。 NO_2 大部分出现在人

口较多的城市，而在偏远城市浓度较低。O₃在亚洲地区仍旧是高值区，这主要与近些年来持续增加的挥发性有机物排放有关。相较而言，作为世界上颗粒物污染最为严重的地区之一，印度的O₃的浓度却处于相对较低的水平，这主要是由于高浓度的颗粒物对大气中氧化剂的摄取所导致的。

PM_{2.5}的浓度在2015—2020年整体呈现下降趋势，全球平均浓度从21.6 μg/m³降至17.2 μg/m³。2020年

之后则呈现微弱的上升趋势，在2022年达到19.4 μg/m³（图5-4）。NO₂的年际变化趋势与PM_{2.5}类似，全球平均浓度从2015年的12.7 μg/m³降至2020年的9.9 μg/m³，而在2022年则达至最高的13.1 μg/m³。O₃的年际变化趋势与PM_{2.5}和NO₂略有不同，除了2015年的低值，2016—2018年的平均浓度在23 μg/m³左右，而在之后的四年明显降低，维持在21 μg/m³左右。大气中的主要污染物在2020年和2021年达到研究期间的最低值。

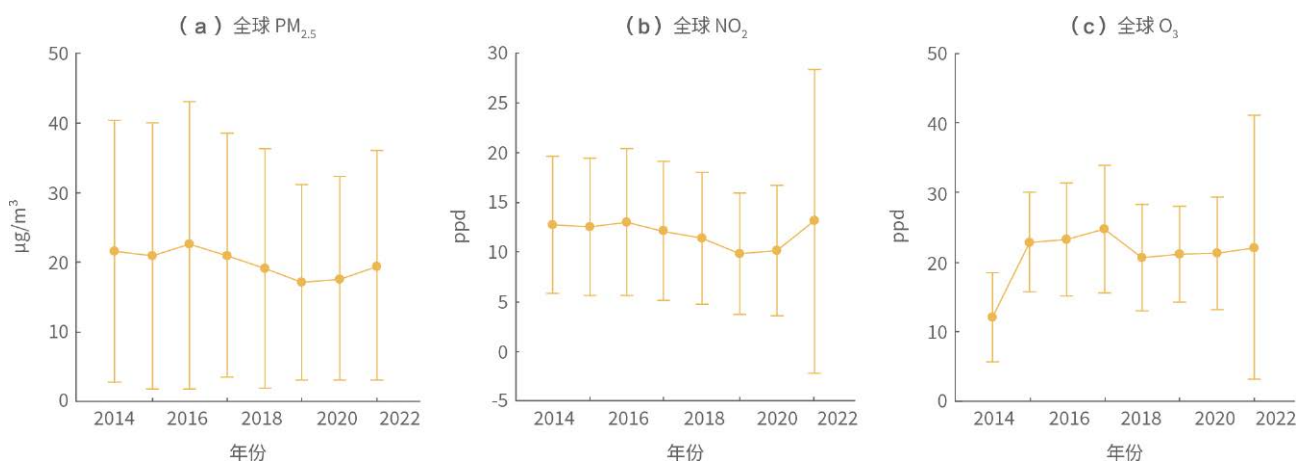


图 5-4 2015—2022 年全球 PM_{2.5}、NO₂ 和 O₃ 浓度的年际变化趋势

中国长期高分辨PM_{2.5}反演及变化趋势

对应目标：SDG 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）

基于中国空气质量地面监测站网数据，与 PM_{2.5} 时空变异密切相关的能见度、气象要素、卫星气溶胶和 NO₂ 产品，以及社会经济因子等多源数据组合的数据集（Bai *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023; Wei *et al.*, 2023），使用随机森林算法，预测反演 2015—2022 年全空间覆盖的 PM_{2.5} 日尺度网格化数据集，并评估人口权重的 PM_{2.5} 浓度的变化趋势。

2015—2022 年全国和国内重点区域 PM_{2.5} 浓度都呈下降趋势（图 5-5），其中京津冀及周边、长三角、汾渭平原、成渝、长江中游、珠三角等人口集中的重点城市群下降趋势更为明显，体现了中国一系列大气污染综合治理行动的显著成效。但是中国西北如新疆地区，地广人稀，受大范围沙漠和戈壁等不利自然地理条件的影响，

使得 PM_{2.5} 浓度处于较高水平。

2015—2022 年中国居民 PM_{2.5} 暴露风险在逐步降低，尤其是人口密集的城市群区域风险下降显著。人口权重的 PM_{2.5} 年均浓度变化明显，全国下降速度为 3.1 μg/(m³·a)，降幅为 36.5%，而京津冀降速和降幅分别高达 6.0 μg/(m³·a) 和 50.7%，京津冀和全国的人口权重的 PM_{2.5} 浓度差距逐步缩小（图 5-6）；此外，通过统计暴露在高 PM_{2.5} 浓度（年均值 >35 μg/m³）水平的人口比例，结果显示截至 2022 年全国范围下降至 44.2%，而京津冀区域下降至 66.5%。上述结果反映近年来中国大气污染综合治理攻坚行动大幅降低了 PM_{2.5} 污染程度，使得中国居民健康收益愈发显著、受惠人群更加广泛。

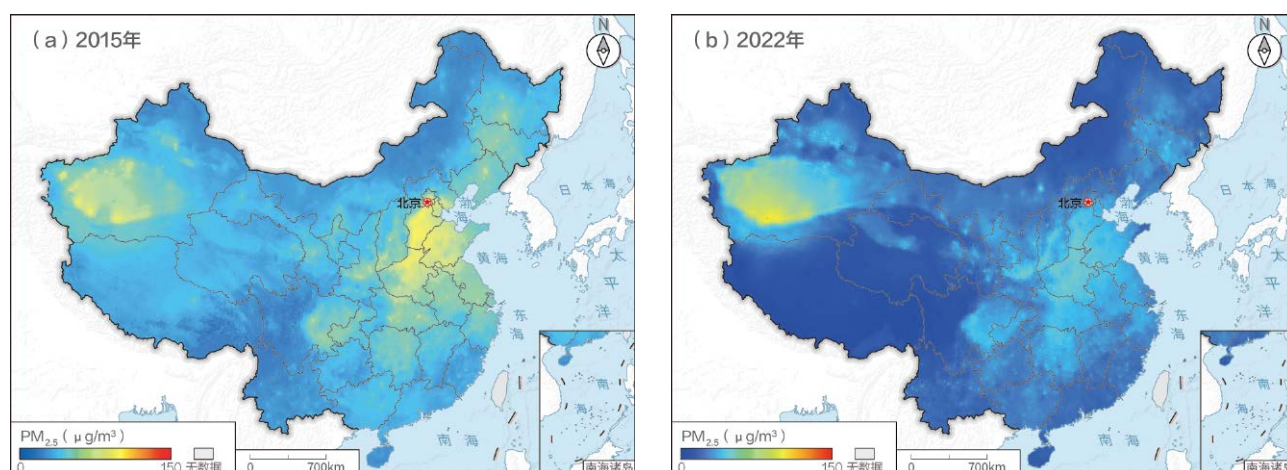


图 5-5 2015—2022 年中国 PM_{2.5} 年均值空间分布图



图 5-6 2015—2022 年中国居民 PM_{2.5} 暴露风险。(a) 中国和京津冀暴露高 PM_{2.5} 浓度 (>35µg/m³) 的人口比例变化；(b) 中国和京津冀人口权重的 PM_{2.5} 年均浓度变化

SDG 11 综合评估

实现 SDG 11 在全球城市本土化的过程尚面临着诸多挑战。在国际层面，全球城市均面临着数据采集、处理和管理等方面的问题 (Fox *et al.*, 2022)，具体表现包括以下几点：首先，由于国家和地区的差异以及数据可获得性的限制，SDG 指标可能不适用于特定的当地情况 (Greene *et al.*, 2017)；其次，地方政府缺乏收集数据的

机构和能力，例如许多城市市级政府缺乏国家级政府所具备的数据监测能力，进一步加剧了数据尺度不匹配所带来的问题 (Barnett *et al.*, 2016)；最后，城市赖以发展的资源、人员和信息的流动跨越了当地的政治管辖范围，使得衡量城市的可持续性进展成为独特的复杂挑战 (Da Cruz *et al.*, 2019；Fox *et al.*, 2019)。

中国典型城市SDG 11综合评估

对应目标：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

围绕 SDG 11 本土化工作缺少指标数据与综合指数结果，以及城市层面评估方法暂不清晰的缺项和难点，本案例主要从两个层面进行相关工作的补充：①是基于城市体检的相关工作基础，实现 SDG 11 指标体系本土化并获取试点城市数据，将最新的数据采集手段和结果应用到 SDG 11 的工作当中；②是参考联合国已有研究基础，形成多指标拟合综合指数，为中国城市管理者提供综合决策的定量分析结果，为可持续发展目标在 2030 年的达成提供评估监测手段，实现过程监测作用。选择 59 个中国典型城市，通过空间分析得到可持续发展目标 SDG 11 本土化综合指数结果，如图 5-7 所示。

城市综合指数的空间格局与城市经济社会发展的“钻石结构”¹相似性较高，珠三角、长三角、京津冀、成渝、长江中游、海峡西岸等发育较为成熟的城市群核心城市发展水平较高。在城市层面，福州、上海、广州、深圳和南京是得分最高的 5 个城市，体现了这些城市在建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区方面的努力和成果。在区域层面，华中与华东平均分最高，华南与西南居中，华北、西北与东北最低，体现了较为明显的东西与南北差异。

从七大地理分区来看，综合指数平均得分从高到低依次为华中、华东、华南、西南、华北、西北和东北，

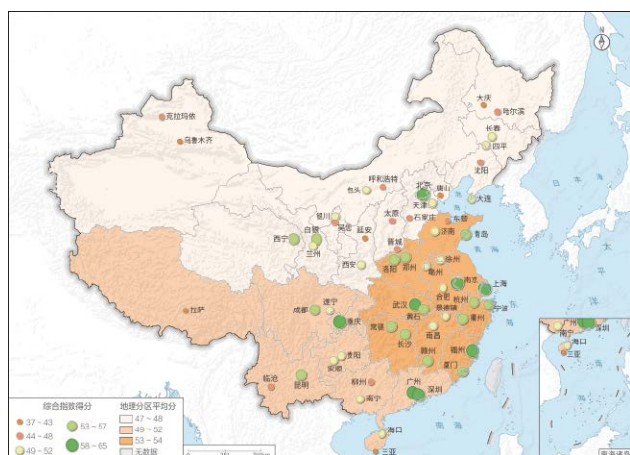


图 5-7 2022 年 SDG 11 本土化综合指数结果空间分布

中部和东部地区的城市整体优于西部和东北地区的城市（图 5-8）。具体目标上，由图 5-9 可知各地区在保障住房和基本服务（SDG 11.1）、建设交通运输系统（SDG 11.2）、减少负面环境影响（SDG 11.6）以及提供公共空间（SDG 11.7）方面属于较高水平。近年来的各项评估均显示中国城市在硬件基础设施建设方面有了明显的长足进步。

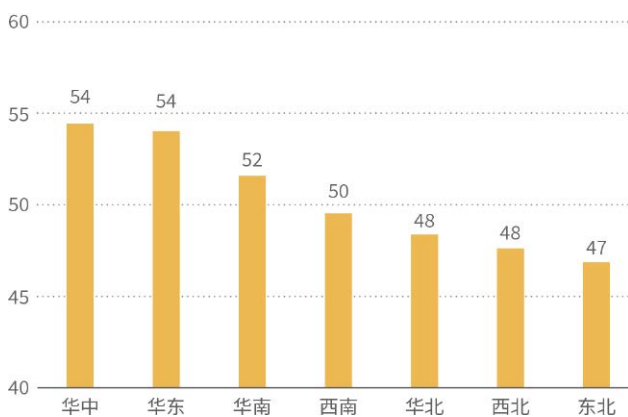


图 5-8 2022 年 SDG 11 本土化综合指数分地理分区平均得分柱状图

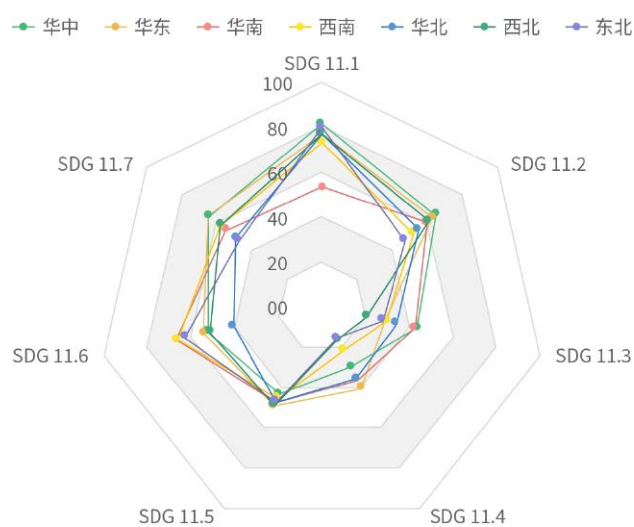


图 5-9 2022 年 SDG 11 本土化分指数分地理分区平均得分雷达图

¹ “钻石结构”指的是在中国城市研究领域中，珠三角、长三角、京津冀、成渝 4 个国家级的经济社会发展增长极核形成的钻石状分布。



建议与展望

本章围绕可持续城市和社区主题,开展了安全住房、城市公共交通、城镇化、遗产保护、城市灾害与应对、城市空气污染、城市开放公共空间、城乡区域发展中期进展研究。在此基础上,结合过去5年的案例研究成果,总结了全球、区域和中国尺度SDG 11进展,研究发现:全球主要城市可便利使用公共交通的人口比例提升,全球遗产保护态势呈正向发展,全球典型城市大气颗粒物的来源受到多种因素影响;中国可便利使用公共交通的人口比例接近实现,中国居民暴露于PM_{2.5}的风险在逐步降低,SDG本土化城市综合指数呈现差异化特征,中国城市在基础设施建设方面有了明显的进步。这些研究将为精细化分析不同区域指标进展、可持续城市和社区科学决策提供重要支撑。

基于本章研究,我们建议:

(1) 为提高可便利使用公共交通的人口比例,进一步解决全球公共交通便利性不均衡的问题,应加强城市公共交通系统的建设和改进,促进公共交通规划与城市规划的一体化。

(2) 数据的完整性与准确性对遗产保护工作至关重

要,应及时更新世界保护区数据库,完善联合国教科文组织世界遗产中心网站信息,以便精确掌握世界自然和文化与自然混合遗产边界的数据。

(3) 在全面改善全球空气质量及归因研究时,除了关注已有监测网络和数据完备的地区,也应进一步关注数据信息不准确或不完整的地区,如戈壁沙漠地区等。

(4) 加强中国城市可持续水平的本土化评估研究,完善城市可持续发展状况的变化监测与能力优化。重点关注西部和东北地区城市可持续发展,尤其是住房与公共服务、环境污染治理和风险抵御等领域。

(5) 应构建适应各国国情和语境的本土化SDG 11指标体系,推进多源数据的采集与融合,促进发展目标的定量评估。

未来,随着地球大数据技术的不断发展,可以更全面、准确地监测和评估城市发展趋势,更有效地利用人口流动和资源利用等信息,为可持续性城市和社区提供更丰富的数据支持,为新的指标制定提供决策支持,为政府规划及其决策支持提供科学依据。



SDG 13 气候行动

背景介绍.....	56
中期进展.....	56
主题研究.....	58
建议与展望.....	66

SDG 13





背景介绍

全球温室气体浓度持续上升，导致全球平均气温不断打破新的纪录，带来更多更极端的气象灾害，冰川冰盖的加速消融，使海平面不断上升，并威胁生物多样性（WMO，2023）。《2023年全球风险报告》指出，未来十年，人类面临的重大风险，前三位分别是无法减缓气候变化、无法适应气候变化和极端自然灾害，都与气候变化紧密相关。气候变化已经极其严峻地威胁到人类的生存与发展（WEF，2023）。联合国《2022年可持续发展目标报告》指出，世界正处在气候灾难的边缘，躲避的窗口正在关闭。全球温室气体排放总量仍在增加，所有国家都需要立即行动，努力将气候灾难的临界点转变为可持续未来的转折点（UN，2022）。中国在2020年宣布碳达峰、碳中和目标之后，2022年发布实施《国家适应气候变化战略2035》，以推动提升适应气候变化能力，积极应对气候变化。

SDG 13 气候行动的主要目标就是采取紧急行动应对气候变化及其影响。然而，目前 SDG 13 在所有 17 个可

持续发展目标中是最缺少数据的一个，只有约 20% 的国家拥有相关数据（UN，2022），具有时空信息的数据更是稀缺。因此，全球急需既能反映 SDG 指标整体进展，又能提供空间细节和时间趋势的数据信息，为应对自然灾害和减缓气候变化提供决策支撑。

在 2019—2022 年的报告针对灾害损失（SDG 13.1.1）、国家减灾战略（SDG 13.1.2）、构建减灾战略的地方政府比例（SDG 13.1.3）、温室气体排放量（SDG 13.2.2）、气候变化教育（SDG 13.3.1）5 个指标，在中国和全球尺度，提供了指标计算方法、时空数据产品和科学决策支持。

今年报告首次梳理了中国应对气候变化战略（SDG 13.2.1/SDG 13.b.1），同时提供了洪涝灾害影响、全球温室气体收支、气候变化公众认知方面的新进展。另外，本章系统总结了近 5 年来地球大数据的成果，评估了 SDG 13 中 7 个指标在中国以及全球尺度中期进展情况，为制定防灾减灾、温室气体减排策略提供科学数据支撑。



中期进展

基于 2019—2022 年报告与本章内容，评估了 SDG 13 全球 / 中国 7 个指标的进展情况。结果显示，全球灾害损失（SDG 13.1.1）大幅下降，温室气体排放量（SDG 13.2.2）仍在上升；在中国，有 5 个指标（灾害损失 SDG 13.1.1，国家减灾战略 SDG 13.1.2，构建减灾战略的地方政府比例 SDG 13.1.3，应对气候变化战略 SDG 13.2.1/SDG 13.b.1）已经提前实现了 2030 年目标，另外两个指标面临一定的挑战（气候变化教育 SDG 13.3.1，温室气体排放量 SDG 13.2.2）。具体中期进展如下：

（1）在防灾减灾方面，2021、2022 年报告研究显示，中国依据仙台减轻灾害风险框架（以下简称仙台框架）构建了完整的国家减灾战略（SDG 13.1.2），构建减灾战略的地方政府比例（SDG 13.1.3）达到 100%，2016—2021 年仙台框架实施以来，中国每十万人受灾、死亡失踪人口（SDG 13.1.1）和年均直接经济损失占 GDP 比重

较 2010—2015 年水平分别下降 57.7%、64.8%、48.3%，基本实现 2030 年目标。同期全球极端天气气候事件年均受灾人口和死亡人口较 2000—2015 年分别减少了 42.2% 和 78.0%，但经济损失呈现上升趋势。

（2）在应对气候变化方面，本报告研究显示，中国在 2020 年以后明确了碳达峰、碳中和目标，应对气候变化的战略体系（SDG 13.2.1/SDG 13.b.1）逐步清晰，但温室气体排放量（SDG 13.2.2）的控制仍然面临较大压力。全球温室气体排放量在 2020 年短暂下降后，在 2021 年开始反弹并至接近新冠疫情大流行之前的水平，新冠疫情对碳排放的影响基本消失。

（3）在气候变化教育方面，2022 年报告及本报告研究显示，中国的气候变化教育与传播（SDG 13.3.1）尚处于初期阶段，碳达峰、碳中和目标的提出对公众认知气候变化问题有明显提升作用。

SDG 13 气候行动：全球 / 中国中期进展



2016—2021年全球受灾和死亡人口较2000—2015年分别减少了**42.2%**和**78.0%**¹
SDG 13.1.1



2016—2021年中国每十万人受灾、死亡失踪人口较2010—2015年下降**57.7%**、**64.8%**¹
SDG 13.1.1



截至2022年中国依据仙台框架构建了**完整的**国家减灾政策体系¹
SDG 13.1.2



2015—2022年中国**100%**省级政府构建了减灾政策体系¹
SDG 13.1.3



截至2022年,中国建立了**明确的**国家气候变化适应计划和长期战略²
SDG 13.2.1 SDG 13.b.1



2019—2022年全球温室气体排放量仍在**上升**²
SDG 13.2.2



2019—2022年中国温室气体排放量仍在上升,但**增速放缓**^{1,2,3}
SDG 13.2.2



截至2022年,中国的气候变化教育与传播尚处于**初期**阶段^{1,2}
SDG 13.3.1

注：1.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2022)》；2.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2023)》；3.《地球大数据支撑可持续发展目标报告(2021)》。



减少气候相关灾害影响

在全球范围内所有因自然灾害而产生的经济损失中，洪涝灾害所占比例最高，高达 40%。中国是世界上洪涝灾害多发、频发的国家之一，大约 2/3 的国土上可能发

生不同类型和不同程度的洪涝灾害。遥感技术为洪涝灾害提供了有效的监测手段（DeVries *et al.*, 2020；朱辉等，2022）。

中国洪涝灾害影响及防御成效分析

对应目标：SDG 13.1 加强各国抵御和适应气候相关的灾害和自然灾害的能力

基于 GF-3、Sentinel-1 等多源遥感及调查数据，采用区域生长法提取每月水体覆盖最大面积，将其与正常水体范围相减，得到中国区域每月洪水覆盖范围、覆盖面积和时空变化，开展了 2020 年、2021 年中国洪水淹没空间分布调查；结合《中国水旱灾害公报》和《中国统计年鉴》中的统计数据，分析了 2010—2021 年因洪涝死亡人口、失踪人口、受灾人口、农作物受灾面积、直接经济损失等指标的变化，以及中国应对洪涝灾害采取

防御措施的防洪减灾效益，服务 SDG 13.1.1 的评估。

2020 年中国遭遇 1998 年以来最严重汛情。利用多源多时相遥感数据提取灾前、灾后水体范围，获取洪水淹没范围空间分布（图 6-1）。2020 年，中国遭遇 1998 年以来最严重汛情，6 月洪涝主要分布在珠江流域，7 月主要分布在淮河流域，8 月主要分布在长江流域和黄河河流域，9 月主要分布在松辽流域。

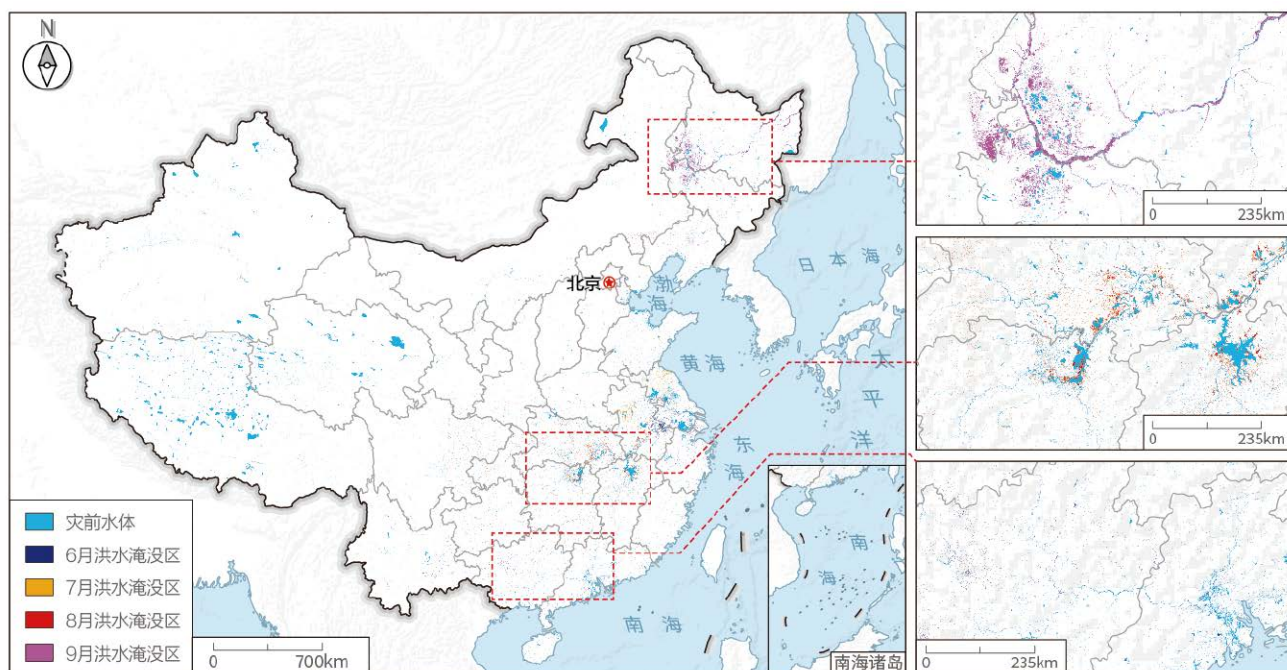


图 6-1 2020 年中国洪水淹没范围空间分布图

2010年以来中国受洪涝灾害影响人数指标呈现明显下降趋势。《仙台框架》实施后（2016—2021年），中国年均每十万人因洪涝灾害死亡人口、失踪人口、受灾人口（图 6-2a）、农作物受灾面积、农作物绝收面积、直接经济损失占当年 GDP 的比例较实施前（2010—2015年）水平分别下降 59.8%、74.2%、44.6%、34.0%、20.8%、41.0%（图 6-2b），尤其死亡人口、失踪人口和受灾人口下降显著。

中国应对洪涝灾害制定了有效的防御措施，防洪减

灾成效显著。为保障防洪安全，减少灾害损失，中国坚持“系统、统筹、科学、安全”的原则进行监测预警、会商响应、防洪调度、抢险支撑。2021年汛期，全国有 4347 座次大中型水库投入拦洪运用，11 个国家蓄滞洪区投入分蓄洪运用，全国减淹城镇 1494 座次，减淹耕地 1689.4 千 hm^2 ，避免人员转移 1524.6 万人次，最大程度保障了防洪安全、减少了灾害损失。2010—2021 年因实施积极防御措施年均减淹耕地面积 2887.3 千 hm^2 ，年均减少受灾人口约 2595.5 万人（图 6-2c）。



图 6-2 2010—2021 年中国洪涝灾害损失变化。(a) 死亡、失踪和受灾人口；(b) 农作物受灾、绝收面积和直接经济损失；(c) 因防洪措施减淹耕地面积和减少受灾人口

注：由于数据缺失，2020、2021 年减少受灾人口按照避免人员转移进行统计。

积极应对气候变化

有效应对气候变化，需要制定长远的国家战略，以及在科学支撑下的决策支持。SDG 13 具体目标 13.2 将应对气候变化的举措纳入国家政策、战略和规划，包含 SDG 13.2.1 应对气候变化战略和 13.2.2 温室气体排放量两个指标。为实现《巴黎协定》规定的控温目标，各国

提出本国气候变化减排战略、方案和时间表。然而，评估这些减排措施的效果需要科学、及时、精确的高时空分辨率基础数据作为支撑，其中一个最为重要的基础是准确量化温室气体的源汇通量。

中国应对气候变化战略与行动

对应目标：SDG 13.2 将应对气候变化的举措纳入国家政策、战略和规划

SDG13.2.1 为向《联合国气候变化框架公约》秘书处报告过的，拥有国家自主贡献、长期战略、国家适应计划以及适应信息通报的国家数目，以监督和指导各国应对气候变化的政策行动。中国一贯高度重视应对气候变化。在中国，应对气候变化行动已形成政府主导、多元参与的格局，然而，当前还未有关于 SDG 13.2.1 中国完成情况的评估。通过构建 2007—2023 年中国应对气候变化政策数据集，基于政策文本量化方法（郑新曼，2021），评估中国应对气候变化政策行动指标的实施进展。

中国向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交了应对气候变化国家自主贡献文件和长期战略。2007 年，中国第一部应对气候变化的政策性文件《中国应对气候变化国家方案》颁布实施，强调在可持续发展框架下应对气候变化，坚持减缓与适应气候变化并重。2015 年，中国向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交《强化

应对气候变化行动——中国国家自主贡献》，并于 2021 年提交《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》和《中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略》。

中国发布了国家适应气候变化战略，统筹开展全国适应气候变化工作。2013 年，中国第一部专门针对适应气候变化方面的战略规划《国家适应气候变化战略》颁布，标志着中国首次将适应气候变化提高到国家战略高度。2022 年，17 个部门联合印发的《国家适应气候变化战略 2035》发布，体现出中国将主动适应气候变化作为实施积极应对气候变化国家战略的重心之一。“十三五”时期，各地方政府出台了应对气候变化相关规划，以此指导各地开展包括适应在内的应对气候变化工作；颁布了一系列增强适应气候变化能力建设的政策措施，含农业、水资源、林业、人体健康、防灾减灾等不同领域，旨在提高自然生态和经济社会领域气候韧性。目前，各省依据《省

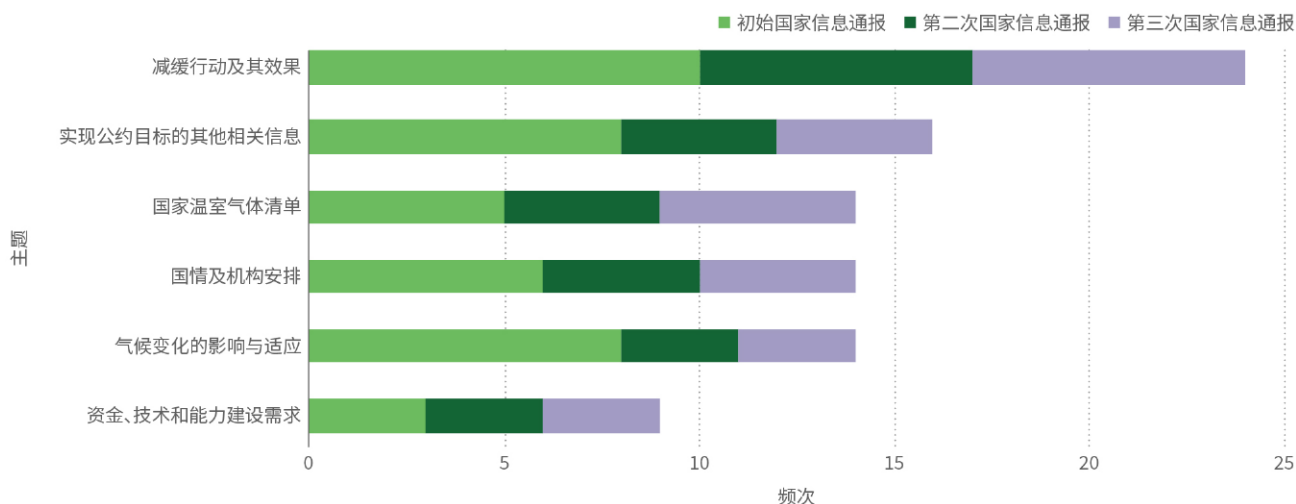


图 6-3 中国三次国家信息通报章节的主题分布

级适应气候变化行动方案编制指南》，编制省级适应气候变化行动方案。

中国积极承担国际义务，向国际社会阐述中国应对气候变化的行动与效果。中国切实履行作为《联合国气候变化框架公约》非附件一缔约方的义务，向国际社会全面阐述中国应对气候变化的行动与成效。截至目前，

中国已向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交了《中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报》、《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》等多份文件，编制完成《中华人民共和国气候变化第四次国家信息通报》和《中华人民共和国气候变化第三次两年更新报告》，在减缓行动方面取得积极成效（图 6-3）。

全球实时碳排放

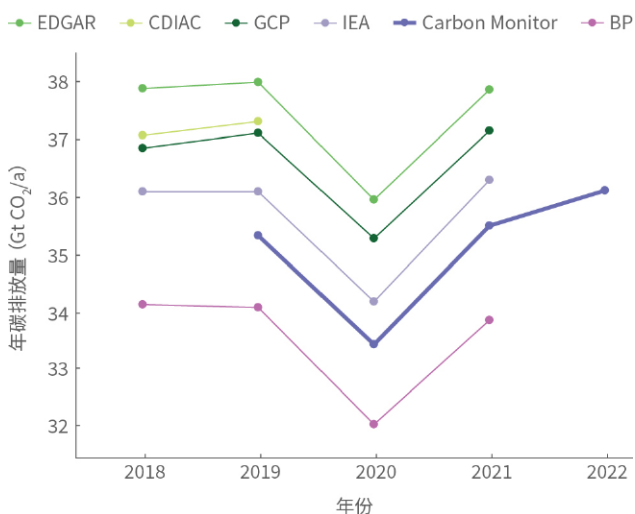
对应目标：SDG 13.2 将应对气候变化的举措纳入国家政策、战略和规划

全球各国按碳排放来源划分成电力、工业、居民消费、地面交通、航空、海运 6 个主要部门。基于统计数据、卫星遥感数据和实地观测数据等多源信息，构建了一种基于部门活动水平的碳排放近实时量化方法，用于评估 2019—2022 年全球碳排放的时空动态变化。利用碳排放和能源活动强度的线性关系（例如，排放量和燃料消耗量、发电量、行驶里程等之间的线性关系），在估计碳排放不确定性的范围内实现对各部门碳排放的近实时估计，形成 2019—2022 年全球主要国家分部门逐日碳排放量数据集。使用上述数据集作为国家尺度逐日碳排放总量的约束，结合 NO₂ 卫星观测浓度值校正碳排放日尺度的空间分配，得到空间化的日尺度全球碳排放近实时数据。

全球其他数据库包括全球大气研究排放数据库（Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR）、二氧化碳信息分析中心（Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC）、国际能源署

（International Energy Agency, IEA）、全球碳计划（Global Carbon Project, GCP）与英国石油公司（British Petroleum, BP）等也会报告全球每年碳排放量，但存在 1~3 年的时间滞后。另外，不同数据库的核算范围导致了排放估计值之间的差异（图 6-4）。Carbon Monitor 的排放核算范围（化石燃料燃烧和水泥生产过程）与 GCP 和 CDIAC 相同，但比它们低 5% 左右。

全球全年碳排放呈现显著季节性差异。2019—2022 年全球日尺度碳排放动态变化如图 6-5 所示。全球的碳排放量在冬季（12 月）最高，春季（4 月）最低；夏季升高幅度不明显，在秋季又进一步快速升高。这一规律与大部分国家人口集中于北半球，而北半球国家冬季和夏季有取暖和制冷的需求有关。由于所处地理位置不同，各国月度排放的季节变化特征也存在差异。欧盟成员国和俄罗斯地处北半球中高纬度，是典型的温带国家/地区，受冬季取暖需求的影响，碳排放呈现出显著的冬高夏低



↑ 图 6-4 不同数据库 2018—2022 年全球碳排放数据比较



↑ 图 6-5 2019—2022 年全球日尺度碳排放动态



图 5-6

● 2022年全球日尺度近实时碳排放图 (0.1° × 0.1°)



的季节特征。中国和美国大部分处于温带和亚热带气候区，受冬季取暖和夏季制冷需求的影响，呈现出冬季和夏季的排放小高峰。印度地处热带地区，全年高温，碳排放没有明显的季节变化特征。

新冠疫情对碳排放的影响基本消失。全球碳排放数据反映出全球人为源碳排放量由于2020年新冠疫情影响，出现剧烈下降，与2019年相比减少了5.4%（1.9 Gt CO₂），并在2021年反弹至接近大流行前的水平，增加了6.3%（2.1 Gt CO₂）。2022年全球CO₂排放量比2021

年增加1.5%，达到36.1Gt CO₂。如果全球维持2022年的排放水平，将在未来2~7年内耗尽1.5℃升温目标限制下的剩余碳预算（67%可能性）。

全球天尺度近实时碳排放地图（图6-6）覆盖全球90%以上的国家和地区，空间分辨率为0.1°×0.1°，能够反映全球碳排放热点，挖掘碳排放年、季、月以及周排放时空模式。同时碳排放地图能够聚焦更精细的空间尺度，研究省级、城市级碳排放时空分布趋势。

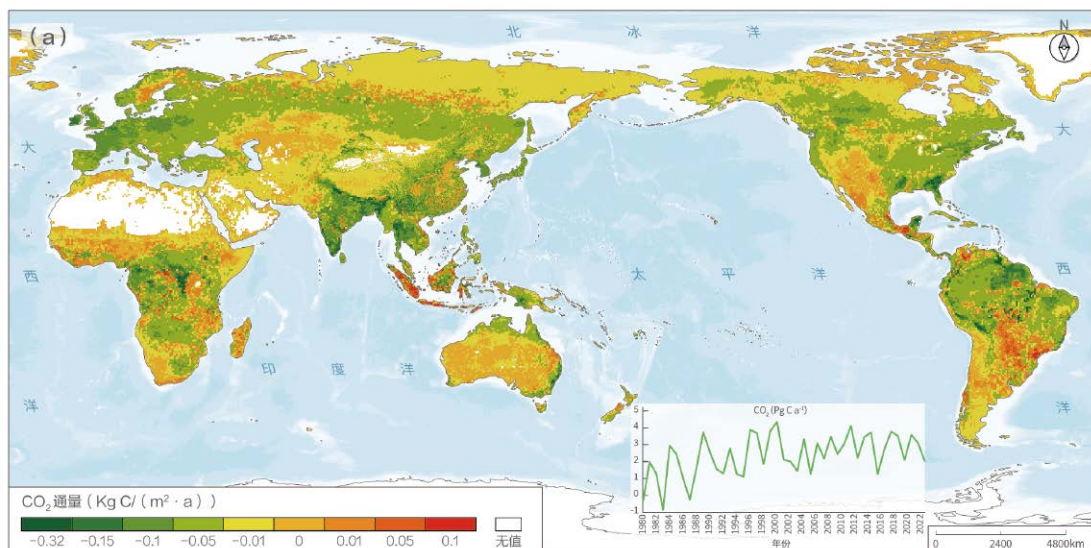
全球陆地生态系统三种温室气体（CO₂、CH₄和N₂O）源汇通量

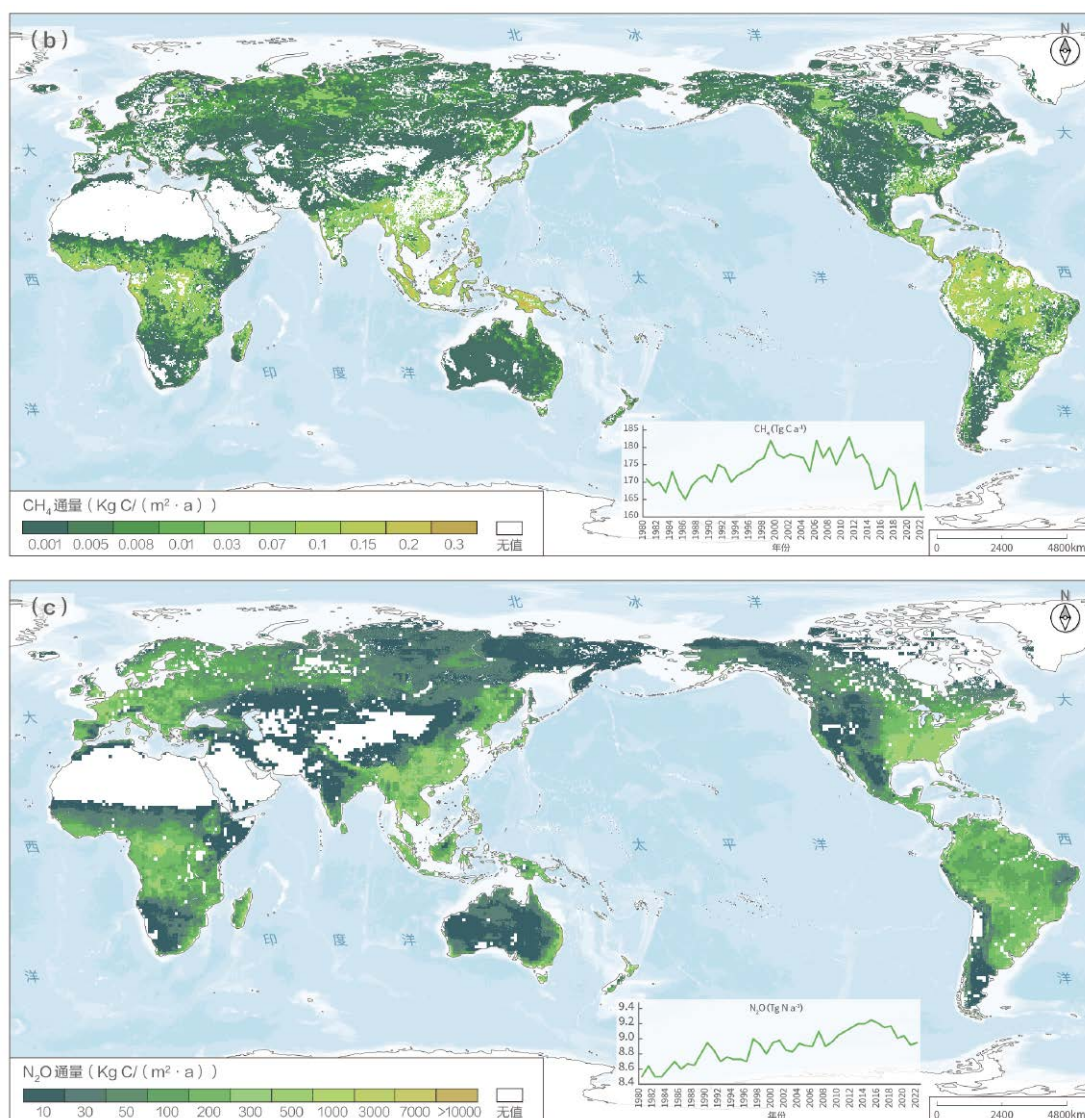
对应目标：SDG 13.2 将应对气候变化的举措纳入国家政策、战略和规划

与政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）国家温室气体排放清单编制指南其他部门相比，陆地生态系统温室气体源汇通量核算具有最大的不确定性，而清单编制指南建议的最高层级的核算方法即是利用陆地生态系统模型开展国家尺度的核算。采用陆地生态系统碳循环过程模型（Integrated Biosphere Simulator, IBIS）（Yuan *et al.*, 2014）进行全球陆地生态系统三种温室气体（即CO₂、CH₄和N₂O）源汇通量核算。该模型实现了陆地生态系统生物、化学、物理过程的全耦合，是国际上少有的几个可以同时模拟三种温室气体源汇通量的模型之一。以IBIS为基础，综合使用最新的土地利用变化、植被类型

分布，提高模拟精度。IBIS模型对于N₂O和CH₄通量的模拟在全球多个站点的验证显示显著优于国际其他主流模型。

三种温室气体在全球陆地生态系统上呈现不同的源汇格局。对于CO₂而言，1980—2022年全球陆地生态系统呈现为显著的碳汇（即吸收大气中的CO₂），其平均强度为2.36 Pg C/a（图6-7a）。然而，对于CH₄和N₂O，全球陆地生态系统则为大气的排放源，1980—2022年平均排放强度分别为173 Tg C/a和8.9 Tg N/a（图6-7b和6-7c）。三种温室气体的长期变化趋势也呈现显著的差异，碳汇自1980—2000年呈现显著的增加趋势，年增加速率为0.17~0.19 Pg C/a，但是自2000年以





↑ 图 6-7 全球 2010—2022 年平均三种温室气体源汇通量。(a) CO₂ 通量（负值为碳汇，正值为碳源）；(b) CH₄ 排放通量；(c) N₂O 排放通量

来，全球陆地生态系统碳汇的增加趋势停滞，甚至表现为不显著的降低趋势。CH₄ 排放呈现先增加后降低的趋势，变化趋势转折时间在 2012 年左右。N₂O 排放量在 1980—2016 年间显著增加，2016 年之后开始呈现降低的趋势。

中国陆地生态系统温室气体源汇通量在全球格局中扮演着重要的角色。1980—2022 年来，中国陆地碳

汇占全球碳汇的 11%。特别值得注意的是，得益于中国实施的大规模生态工程，其陆地碳汇增加幅度超过了全球碳汇，2010—2022 年中国陆地碳汇占全球比例达到 15.95%。中国陆地 CH₄ 自 1980 年以来排放量波动变化。得益于 2016 年之后采取的降低农田化肥施用的环境保护政策，中国陆地 N₂O 排放量出现显著下降趋势。

加强气候变化教育

减缓气候变化需要明确的国家战略和广泛的公众参与。SDG 指标 13.3.1 旨在了解 (i) 全球公民教育和 (ii) 可持续发展教育在 (a) 国家教育政策、(b) 课程、(c) 教师教育和 (d) 学生评估中主流化的程度。在中国，以

拥 5.86 亿月活跃用户的新浪微博为代表的社交媒体因其分散性和参与性，正在成为教育课程之外气候变化信息交流、意见形成和行动参与的重要平台。

中国气候变化社交媒体传播

对应目标：SDG 13.3 加强气候变化减缓、适应、减少影响和早期预警等方面的教育和宣传，加强人员和机构在此方面的能力

案例设定 2022 年 1 月 1 日至 12 月 31 日的数据采集期，设置一周内随机抽取一天的随机抽样方式，使用 Python 在新浪微博中抽取关键词包含气候变化、全球变暖、极端天气、碳达峰、碳中和等的发帖数据（图 6-8），对发帖内容进行清理、删除重复和不相关的数据后，共获得 53788 行案例分析有效数据。通过数据分析发现：

中国七大地理区域气候变化传播力差异较大，三大经济带气候变化议题传播力较强。华南、华北、华东等中国经济较发达地区气候变化传播力较强，传播力分值均为 80 以上。生活在珠三角、长三角、京津冀三大经济带区域公众对社交媒体气候变化议题的关注、转发和评论较为积极，华南地区公众主动参与讨论的活跃度最高，传播力分值为 85.03。西北、华中、东北地区公众更倾向于被动接受信息而非主动设置议题，参与评论和转发的活跃用户数相对较低。

经济发展与青年名人效应是推动气候变化议题传播的两大动因，碳达峰、碳中和目标的提出有效激发了中国公众对气候变化问题的关注。通过机器学习方法从微博发帖数据中提取气候变化的共性主题发现，一方面大众普遍认为气候变化是一个经济问题，并在讨论中强调需要从经济和技术上减少碳排放；另一方面，中国碳达峰、碳中和目标提出后，诱发了就业市场上对传统产业转型和碳产业新型人才需求的讨论。此外，可以发现中国人对气候变化的复杂看法——认为它既是威胁也是经济转型中的重要机会。除了行业内的讨论外，在面向公众的传播中，名人作为代言人或公益大使对碳达峰、碳中和目标进行宣传的影响力较大，尤其是对尚处于教育阶段

的青少年群体关注气候变化、积极参与气候行动能发挥重要作用。

中国社交媒体中的公众对国家碳达峰、碳中和目标的实现抱有信心，对减缓气候变暖整体抱有积极态度。案例对抽取的气候变化微博发帖内容进行了情感倾向分析。整体来看，微博发帖内容中积极情感内容占比 72.98%，消极情感占比为 24.43%，可以看出中国公众在社交媒体上的讨论更愿意追随主流媒体或舆论领袖的意见和态度，整体呈现出积极、乐观、充满信心的特点。

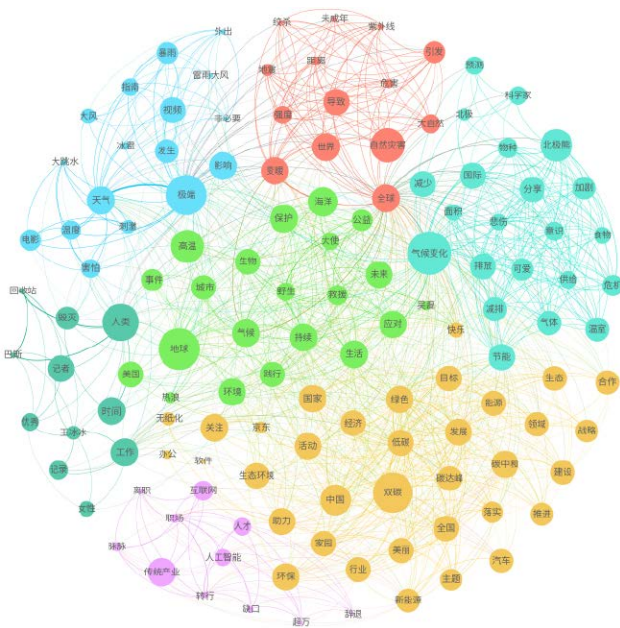


图 6-8 微博发帖主题关键词关系网络（圆点大小代表关键词出现频次的高低，颜色代表不同类别的聚集，连线代表关键词的共现关系）



建议与展望

本章主要围绕减少气候相关灾害影响、积极应对气候变化和加强气候变化教育三个主题，通过地球大数据方法，实现灾害损失（SDG 13.1.1）、应对气候变化战略（SDG 13.2.1）、温室气体排放量（SDG 13.2.2）、气候变化教育（SDG 13.3.1）4个SDG指标的计算，并提供对应的时空数据产品。在总结气候行动相关指标连续监测成果基础上，开展了中期评估，发现中国的防灾减灾战略已经较为完整并起到良好效果，碳达峰、碳中和战略和应对气候变化战略逐步完善，贯彻落实任务仍较为艰巨。

依据本章数据和结论，我们建议：

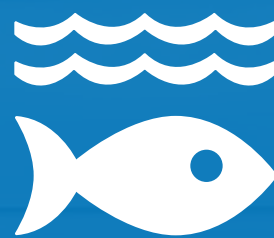
（1）中国洪水监测预报预警以及大中型水库、蓄滞洪区等防洪调度体系，极大地减轻了洪涝灾害的影响，未来应对极端气候变化条件下洪涝等灾害还需要进一步

加强天空地立体监测以及提升预报预警的精度。

（2）针对SDG 13.2.2年度温室气体排放量不适合评估不同规模国家的问题，建议将该指标设置修正为温室气体人均排放量或单位GDP排放量。

（3）加强青年气候变化科学素养和媒介素养的教育，注重气候变化科学知识教育的媒体化传播，积极树立碳达峰、碳中和行动的热心青年公益带头人，早日达成教育与传播双轮驱动下SDG 13.3.1的正向引导和主流化目标。

中国和全球在SDG 13的防灾减灾方面取得一定成效，未来需重点关注温室气体减排的实施进展。一方面，加强对温室气体排放的数据监测能力，另一方面，需制定有力的政策加快减排进度，同时增加林地保护和农田管理，增加生态系统对温室气体的汇集能力。



SDG 14 水下生物

背景介绍.....	68
中期进展.....	68
主题研究.....	70
建议与展望.....	76

SDG 14



背景介绍

海洋在调节全球水循环、调节气候、保护生物多样性和为许多重要物种提供栖息地等方面具有重要作用。此外，海产品为全球 31 亿人提供了至少 20% 的动物蛋白供应，这些供应对经济条件较差的沿海地区和小岛屿发展中国家的民生保障尤为重要。

2030 年议程将 SDG 14 保护和可持续利用海洋和海洋资源作为其 17 个变革性目标的组成部分。但是从全球范围来看，SDG 14 大部分具体目标的实施效果并不理想。2021 年 4 月 21 日联合国发布的《第二次全球海洋综合评估报告》结果显示：自 2015 年第一次全球海洋评估以来，来自人类活动的许多压力继续使海洋退化。2022 年联合国海洋大会通过的里斯本宣言，同意加大基于科学和创新的海洋行动力度，以应对当前的海洋紧急情况。宣言说，应对当前海洋面临的严峻现状，各方必须更有雄心，采取更坚决、更具时效性的行动来改善海洋及沿海生态系统的健康、增强可持续发展能力和韧性。宣言呼吁各方在加强数据收集、减少温室气体排放等领域采取进一步措施，同时创新融资渠道以实现可持续的海洋经济。2023 年 4 月 27 日联合国秘书长题为《在实现可持续发展目标方面取得的进展：制定拯救人类和地球的

计划》的报告（特别版）中，总结了 SDG 14 取得的最新进展，总体评估结果显示，尽管全球在扩大海洋保护区和打击非法、无管制和未报告的捕捞活动方面取得了一些进展，但破坏海洋健康的趋势并未减弱，海洋继续受到酸化、富营养化、鱼类种群减少和塑料污染加剧的威胁，停滞或倒退的指标比例达到 50% 左右，迫切需要更加协调一致的努力和加速行动（UN，2023c）。

在过去四年的报告中，我们利用地球大数据等技术和方法，重点对 SDG 14.1、SDG 14.2 等有方法无数据的具体目标及相关指标进行了深入研究，探索中国及全球典型区域相关数据的获取途径及计算模型以弥补联合国相关数据的缺失。同时对 SDG 14.5 和 SDG 14.7 等在中国区域具有一定特色的具体目标进行了长时间的动态监测和分析。今年的报告中，我们通过近海微塑料、海草床、岛礁活珊瑚覆盖度、海湾生态系统健康、近海筏式养殖等动态变化状况分析，进一步完善 SDG 14 相关指标监测方法，构建相应技术和模型体系，提供精细化监测评估产品，同时综合过去的报告成果，开展中国 SDG 14 中期进展评估，以期更好地掌握 SDG 14 目标进展情况，从而采取措施推进目标实现。



中期进展

基于 2019—2022 年报告 SDG 14 相关内容及本章研究结果，评估了预防和减少海洋污染（SDG 14.1）、保护海洋和沿海生态系统（SDG 14.2）、保护沿海和海洋区域（SDG 14.5）和可持续地管理水产养殖业（SDG 14.7）等目标的中期进展。地球大数据评估结果显示，在绿色发展理念以及加快建设海洋强国等战略引领下，中国大力推动了 SDG 14 的实施，取得了一系列成果。具体进展如下：

（1）在预防和减少各类海洋污染方面（SDG 14.1），2022 年报告研究显示，中国东部近海不同营养盐长期变化趋势显示，2009—2019 年，溶解无机氮、溶解无机磷、活性硅酸盐浓度显著降低；2015—2022 年，中国管辖海域呈富营养化状态的海域面积总体呈现下降趋势

（中华人民共和国生态环境部，2022）。2020 年报告研究显示，基于中国沿海 22 个典型区域漂浮垃圾分布与变化分析，发现 2018 年中国近海漂浮垃圾密度比 2010—2014 年平均值下降约 25%。本报告研究显示，2018—2021 年中国近海微塑料的平均密度整体处于中低水平。

（2）在保护海洋和沿海生态系统方面（SDG 14.2），2022 年报告研究显示，中国的近海湿地在台风防护减灾过程中发挥了越来越重要的作用，经估算，2010 年中国近海湿地的台风防护服务价值是 926.9 亿元，2015 年上升到 2119 亿元，2020 年高达 2959.7 亿元。2021 年报告研究显示，2015—2020 年间，中国红树林面积净增长 16%，广东和广西沿岸红树林增加最为显著，自然保护区内的红树林得到

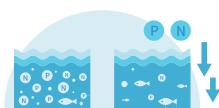
了良好的保护和恢复。此外，通过对生态系统各项要素进行现状及变化趋势分析，对中国典型海湾生态系统健康整体评估。2019、2020 年报告及本报告研究显示，山东青岛胶州湾、山东烟台四十里湾和广东惠州大亚湾等中国近海典型海湾生态系统目前健康状况良好，特别是胶州湾生态系统健康状况自 2010 年以来整体向好，2021 年生态系统健康状况达到近 20 年（2003—2021 年）最好。

（3）在保护沿海和海洋区域方面（SDG 14.5），中国政府历来重视围填海的管控和治理。2018 年《国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》要求坚持生态优先、绿色发展和最严格的生态环境保护制度，切实转变“向海索地”的工作思路，严控新增围填海造地，加强生态保护修复，实现海洋资源严格保护、有效修复、集约利用。2022 年报告研究显示，2010—2020 年，中国沿海退围还海、退耕还湿的速度持续增加，特别是在

2018—2020 年速度增加最为显著，中国围填海管控治理和滨海湿地修复取得了显著成效。

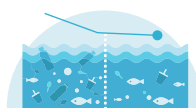
（4）在可持续地管理水产养殖业等方面（SDG 14.7），中国名特优水产品养殖规模不断扩大，生态健康养殖模式迅速发展，养殖业的规模化、集约化程度逐步提高。2021 和 2022 年报告研究显示，在退塘还湿等政策驱动下，中国滨海养殖池面积总体呈现持续下降趋势，2010—2015 年中国沿海围海养殖年均退出面积约 3.72km²，2015—2018 年围海养殖年均退出面积约 4.77km²，2018—2020 年围海养殖年均退出面积约 21.62km²。而与此同时，2020 年报告及本报告研究显示，2015—2021 年中国海洋筏式养殖面积则处于有序增长阶段。在大部分近海生态保护红线内筏式养殖面积基本保持稳定的情况下，筏式养殖区分布呈现远离海岸线的趋势。

SDG 14 水下生物：中国中期进展



2015—2022年，中国管辖海域呈富营养化状态的海域面积**总体呈现下降趋势**^{1,2}

SDG 14.1.1



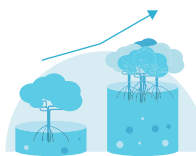
2018年中国近海漂浮垃圾密度比2010—2014年平均**下降约25%**³

SDG 14.1.1



2010年中国近海湿地的台风防护服务价值是926.9亿元，2020年高达**2959.7亿元**¹

SDG 14.2.1



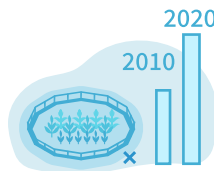
2015—2020年，中国红树林面积**净增长16%**⁴

SDG 14.2.1



山东青岛胶州湾2021年生态系统健康状况达到近**20年**（2003—2021年）**最好**^{5,6}

SDG 14.2.1



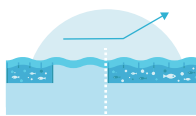
2010—2020年，中国沿海退围还海、退耕还湿的**速度持续增加**¹

SDG 14.5.1



2015—2020年，中国滨海养殖池面积总体呈现**持续下降趋势**^{1,4}

SDG 14.7.1



2015—2021年，中国海洋筏式养殖面积有序增长，分布呈现**远离海岸线**的趋势^{3,5}

SDG 14.7.1

注：1.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2022）》；2.《2022 年中国海洋生态环境状况公报》；3.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2020）》；4.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2021）》；5.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2023）》；6.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2019）》。



减少海洋污染

中国政府高度重视海洋污染防治，出台了一系列相关法律和法规，为预防和减少各类海洋污染奠定了良好的基础。本主题开展了中国近海微塑料分布及时变规律

相关研究，为客观评估微塑料对中国近海海洋环境的影响以及人类健康的影响等提供数据与理论支撑。

中国近海微塑料分布特征及时变状况分析

对应目标：SDG 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

海洋微塑料作为新型污染物，已成为国际上研究的热点之一（Gu *et al.*, 2022；孙承君等，2022）。2022 年 3 月 2 日第五届联合国环境大会续会通过《终止塑料污染决议（草案）》。这项具有法律约束力的决议旨在推动全球治理塑料污染。本案例聚焦 SDG 14.1，综合 2015—2022 年中国近海不同检测站位的微塑料检测结

果、中国海洋生态环境状况公报（中华人民共和国生态环境部，2018—2021）以及环境类国际权威期刊等相关地球大数据（Sun *et al.*, 2018；Zhu *et al.*, 2018；Zhang *et al.*, 2020a；Liu *et al.*, 2022），基于微塑料的密度、粒径及种类等主要指标，分析中国近海环境中微塑料的赋存状态，研究中国近海水体中微塑料的分布状况；结合中

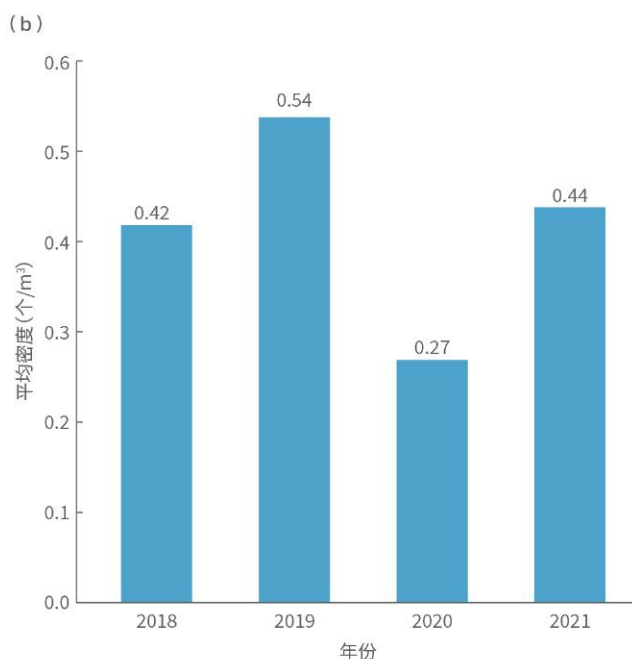


图 7-1 中国近海海面飘浮微塑料密度分布及平均密度年际变化。(a) 2021 年中国近海海面飘浮微塑料密度分布；(b) 中国近海监测断面海面漂浮微塑料平均密度变化

国近海水体中微塑料的年度密度分布特征，评价中国近海微塑料的年际变化。其中，海水中微塑料样品以拖网采集样品为主，微塑料种类利用显微红外光谱鉴定分析确定。

结果显示：2021年中国近海不同海域海面漂浮微塑料密度存在差异（图 7-1a），渤海、黄海、东海和南海北部监测断面海面漂浮微塑料平均密度分别为 0.74、0.54、0.22 和 0.29 个/m³，漂浮微塑料主要为纤维、泡

沫、颗粒和碎片，成分主要为聚对苯二甲酸乙二醇酯（Polyethylene Terephthalate, PET）、聚丙烯（Polypropylene, PP）、聚苯乙烯（Polystyrene, PS）和聚乙烯（Polyethylene, PE）。2018—2021年间，中国近海监测断面海面漂浮微塑料平均密度分别为 0.42 个/m³（2018年）、0.54 个/m³（2019年）、0.27 个/m³（2020年）和 0.44 个/m³（2021年）（图 7-1b）。与近年来国际同类调查结果相比，中国近海微塑料的平均密度处于中低水平。

保护海洋生态系统

海洋生态系统是海洋中由生物群落及其环境相互作用所构成的自然系统，对人类的作用巨大，其服务功能及其生态价值是地球生命支持系统的重要组成部分，也是社会与环境可持续发展的基本要素。本主题通过地球

大数据技术弥补监测数据缺失，实现海草床、活珊瑚礁等典型海洋生态系统变化的精准监测分析，并客观评估中国近海典型海湾生态系统的健康状况。

中国海草床时空分布动态监测

对应目标：SDG 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

海草床由大片相连的海草群落组成，与周边环境共同形成海草床生态系统，与红树林、珊瑚礁并列为典型的三大海洋生态系统，也是地球上生产力最高的生态系统之一。本案例在常规调查基础上，综合多源卫星遥感数据，基于地球大数据高性能计算平台，通过机器学习模型，实现中国海草床时空分布动态信息的提取和分析。

综合“我国近海重要海草资源及生境调查”（2015—2021年）调查结果和遥感监测结果，我国近海海域海草床面积共约 27010hm²。其中，辽宁约 3205hm²、河北约 9171hm²、天津约 466hm²、山东约 4193hm²、福建约 470hm²、广东约 1538hm²、广西约 665hm²、海南约 6728hm²、台湾约 574hm²（周毅等，2023；Li *et al.*, 2022）。

基于地球大数据计算平台，综合利用 1985—2020

年间 Landsat、SPOT 和 Sentinel 等系列卫星数据，通过支持向量机算法对中国近海海域进行监督分类，得到 1985—2020 年海草床分布和面积动态变化信息（图 7-2）。结果显示，中国（除三沙市外）海草床面积整体呈现先下降（1985—2010年），后略有回升的趋势（2010—2020年）。其中，填海造地、人类活动污染以及生物入侵是造成海草床萎缩的最主要原因。2010年以来，中国相关部门重视和保护海草床生态系统，使得不少重点海草床区域得到恢复。例如，中国北方面积最大的曹妃甸海草床，上世纪 80 年代以来，受人类活动等影响，其面积逐渐减小。2015 年，相关科研团队与当地政府一道积极开展保护和修复工作（刘慧等，2016），曹妃甸海草床恢复良好并已修复至上世纪 80 年代水平。

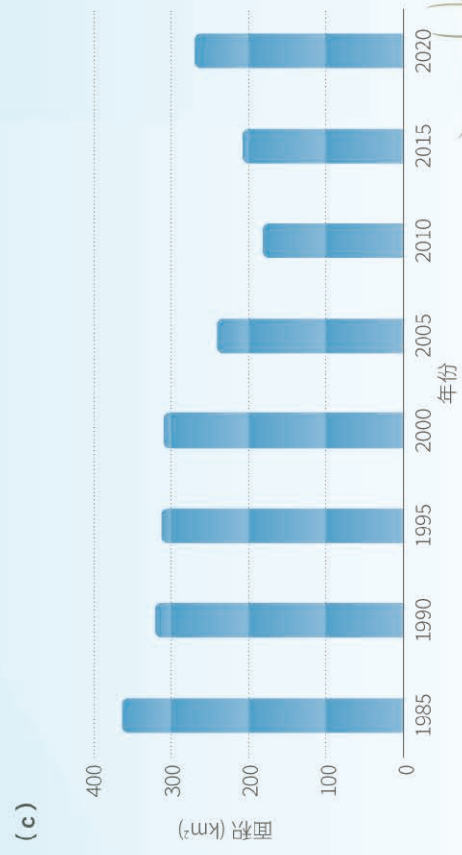
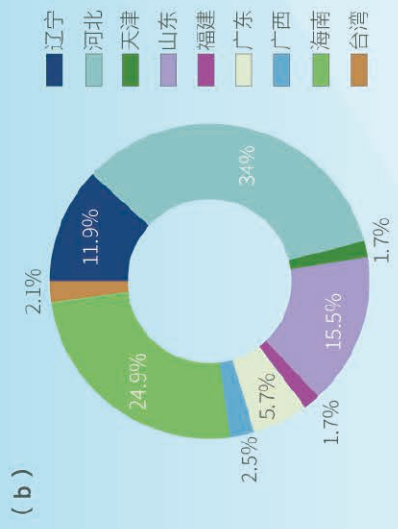
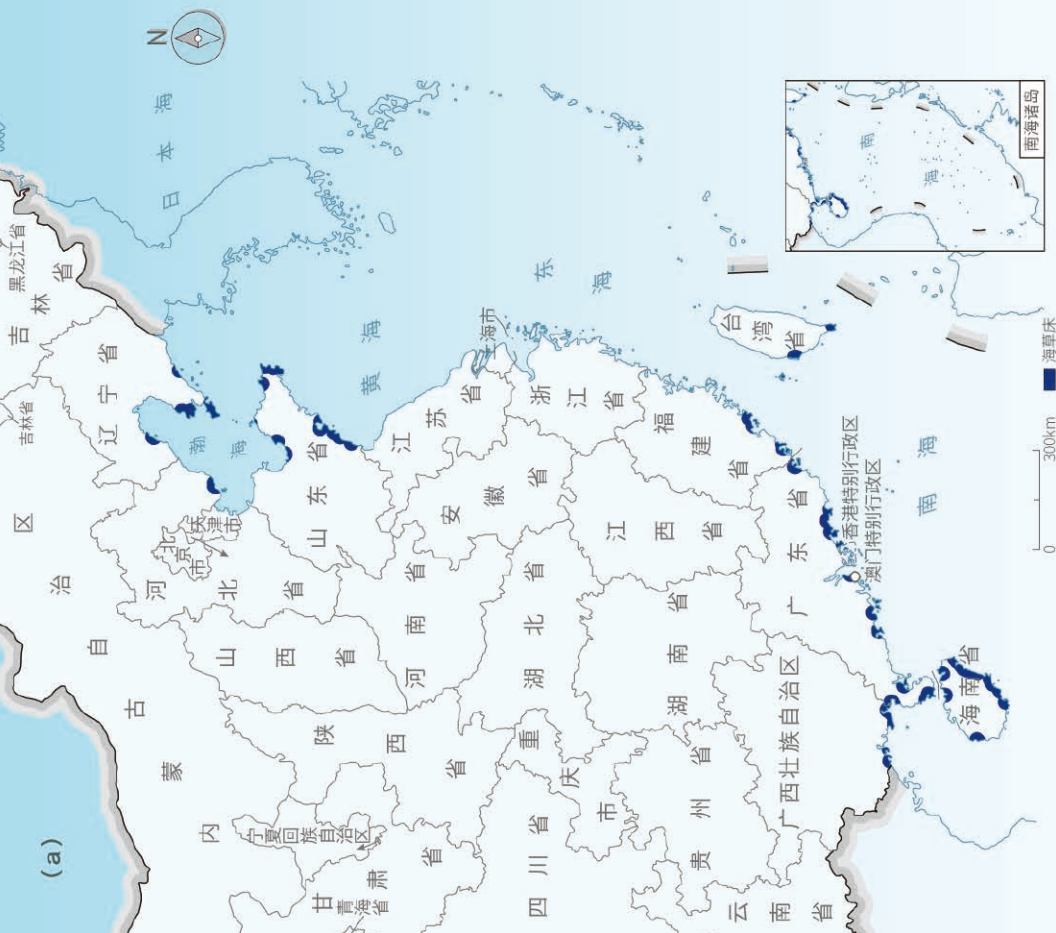


图 7-2
 基于遥感监测的中国海草床分布及面积变化
 (a) 2020年海草床空间分布
 (b) 2020年中国各省海草床面积占比
 (c) 1985—2020年海草床面积变化



典型岛礁活珊瑚覆盖度动态监测

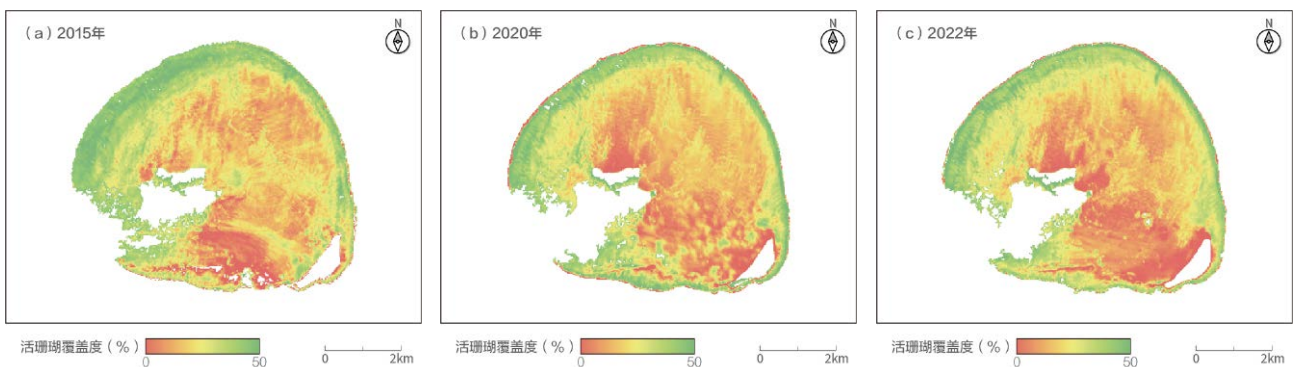
对应目标：SDG 14.2 到2020年，通过加强抵御灾害能力等方式，可持续管理和保护海洋和沿海生态系统，以免产生重大负面影响，并采取行动帮助它们恢复原状，使海洋保持健康，物产丰富

珊瑚礁是敏感而脆弱的生态系统，在全球变化的影响下，近几十年来急剧退化，被预言可能是因为全球变化而失去的第一个典型海洋生态系统。本案例基于多源光学遥感数据，研制了活珊瑚覆盖度遥感反演模型与方法，制作了全球典型区域活珊瑚覆盖度遥感监测数据产品，可为珊瑚礁资源规划、管理、开发、利用和保护提供信息支撑。

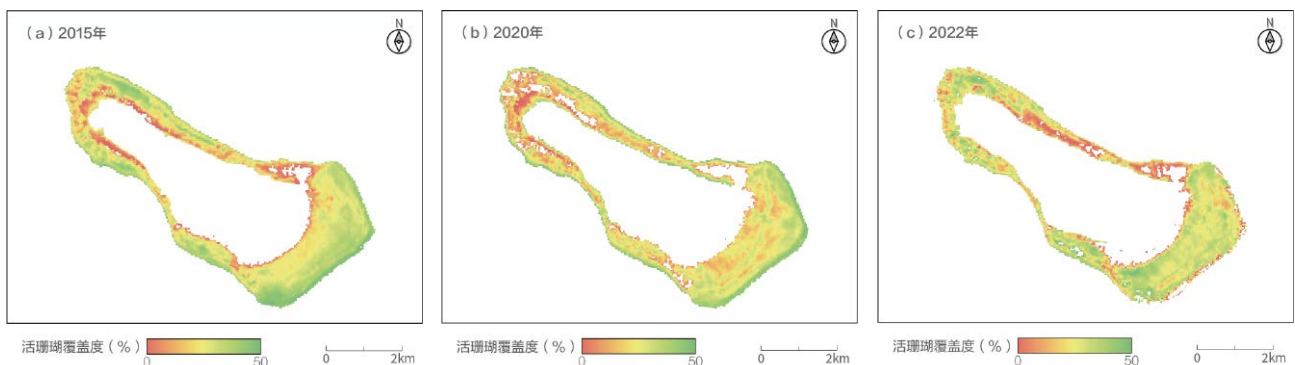
伴随中高分辨率多光谱卫星资源的逐渐丰富，利用多光谱卫星遥感实现活珊瑚覆盖度的动态监测具有非常好的潜力和应用前景（Liao *et al.*, 2021）。本案例在系统分析典型珊瑚的光谱反射率特征的基础上，考虑蓝波段的似二阶差分算子，利用现场生态调查资料与波段比值的回归分析，构建活珊瑚覆盖度模型，开展模型空间扩展性、时间扩展性、传感器扩展性分析，构建的活珊瑚覆盖度反演模型，均方根误差和平均绝对值误差分别为8.84%和5.79%，该方法能够有效提取活珊瑚覆盖度信息，

为珊瑚礁生态系统的健康分析与保护管理提供精确参考。

典型珊瑚礁活珊瑚覆盖度整体处于减少状态。采用Landsat陆地成像仪（Operational Land Imager, OLI）与中国海洋一号C/D卫星（HY-1C/D）等卫星数据，计算夏威夷礁（库雷礁）（图7-3）、大堡礁（无名礁）（图7-4）2015年、2020年、2022年的活珊瑚覆盖度。结果显示，这两个典型区域珊瑚礁普遍具有退化趋势，2015—2020年，活珊瑚覆盖度均出现较大幅度的下降，直观表现为活珊瑚分布区在缩小，夏威夷礁（库雷礁）从24.00%下降到18.63%，降幅为5.37%，与同时期生态调查，降幅为6.00%的结果基本一致；大堡礁（无名礁）从18.16%下降到10.85%，降幅为7.31%，与同期生态调查，降幅为6.80%的结果基本一致。2020—2022年，大堡礁（无名礁）有微弱的恢复迹象，夏威夷（库雷礁）则是一直处于减少状态，但减少幅度有所减缓。



↑ 图7-3 夏威夷礁（库雷礁）活珊瑚覆盖度



↑ 图7-4 大堡礁（无名礁）活珊瑚覆盖度

中国典型海湾生态系统健康综合评估

对应目标：SDG 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

胶州湾位于山东半岛南侧，山东省青岛市境内，环湾人口密集，工农业发达。海湾生态环境受城市化建设、围海造地、陆源物质排放、国际航运、大型工程、海水养殖等高强度人类活动影响，是中国温带近海典型海湾，在东部沿海发展历程中具有较好的代表性。本案例通过构建卡片式近海生态系统健康评估模型（Logan *et al.*, 2019），结合机器学习技术，发展适用于多尺度海洋生态参数的评估方法，并基于长期观测地球大数据，实现对胶州湾生态系统健康的长时间综合评估，服务海湾可持续发展研究。

胶州湾生态系统健康状况自 2010 年以来整体持续向好，2021 年达到近 20 年来最好水平。2021 年胶州湾生态系统健康等级为“B”，海湾生态系统处于良好状态。空间分布上，海湾各区域健康状态并无太大差异，均为“B”级良好状态（图 7-5）。从海湾生态系统健康长时间变化角度，胶州湾生态系统整体健康状况自 2010 年以来呈现总体向好趋势，2019 年度因水母、夜光虫等生物

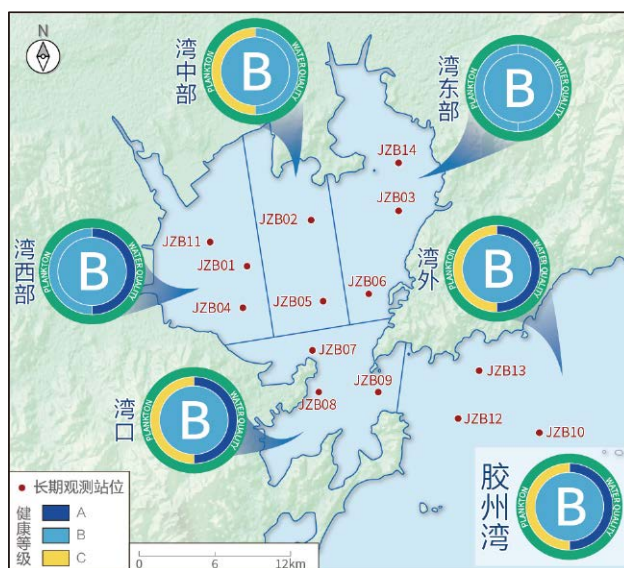


图 7-5 2021 年胶州湾及各海域生态系统健康评估结果

暴发导致生态系统健康状况出现波动。2021 年海湾健康评估得分为近 20 年来最高（图 7-6）。

胶州湾通过有效陆海统筹、加强近海防控等管理，实现了生态系统健康和海洋经济高质量发展。2021 年，青岛海洋生产总值达 4684.84 亿元，总量居全国沿海同类城市第一位。在保持经济高速高质发展的同时，胶州湾海湾生态系统健康状况能够持续不断得到改善，这与海湾环境治理与保护措施的成效密不可分。胶州湾近岸海域水污染的综合整治、治污减排等措施有效减少了陆源输入、降低了海湾营养盐浓度水平；岸线治理、海湾面积恢复等措施保障了海湾水动力环境的畅通；稳定的底栖贝类资源数量及良好的底栖生态系统保证了正常的海湾生物地球化学循环（孙松等，2015）。胶州湾多重举措并行，为海湾可持续发展目标的实现提供了重要基础。

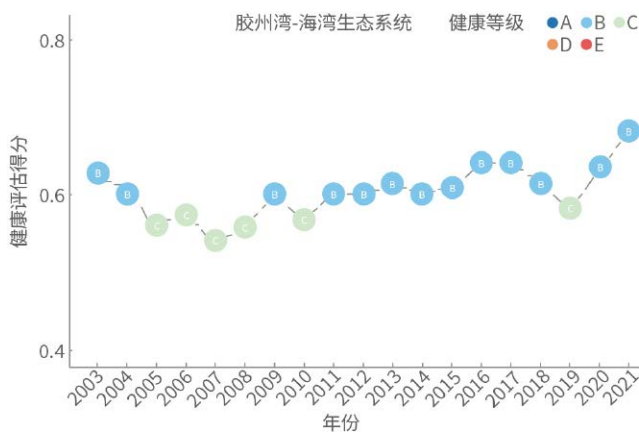


图 7-6 2003—2021 年胶州湾海湾生态系统健康评估得分

可持续地管理水产养殖业

中国是世界上海水养殖最发达的国家之一，是世界上唯一一个水产养殖产量高于捕捞的国家。科学的水产养殖类型、规模和分布，对促进人类养殖活动与海洋环境的和谐共生、保持生物多样性、促进海洋养殖可持续

发展具有重要的意义。本主题通过对中国近海筏式养殖状况进行动态监测和分析，为探索海洋生态水产养殖的可持续管理途径提供参考。

中国近海筏式养殖动态遥感监测与分析

对应目标：SDG 14.7 到 2030 年，增加小岛屿发展中国家和最不发达国家通过可持续利用海洋资源获得的经济收益，包括可持续地管理渔业、水产养殖业和旅游业

近海养殖是目前中国海水养殖的重要组成部分，近海养殖的方式和规模也在不断地发生变化。本案例充分利用高分系列和哨兵系列多源卫星遥感影像，采用基于深度学习的近海筏式养殖高精度提取方法（Zhang *et al.*, 2020b; 2022a），提取筏式养殖区并确定养殖类型，并通过现场核查和专家解译实现算法验证，最终获取了多时相的筏式养殖区数据，用以分析中国近海筏式养殖的现状及其变化情况。

2017—2021 年中国海洋筏式养殖面积处于有序增长阶段，筏式养殖区分布呈现远离海岸线的趋势。2017 年中国近海筏式养殖遥感监测面积约为 5673km²，2021 年中国近海筏式养殖遥感监测面积约为 5698km²（图 7-7a），其中山东、广东、福建、江苏、辽宁、河北等省养殖面积领先（图 7-7b）。通过分析距离海岸 10km 和 20km 筏式养殖的分布发现，筏式养殖有远离海岸线的趋势，2021 年离海岸线 10km 外的筏式养殖区明显增多。

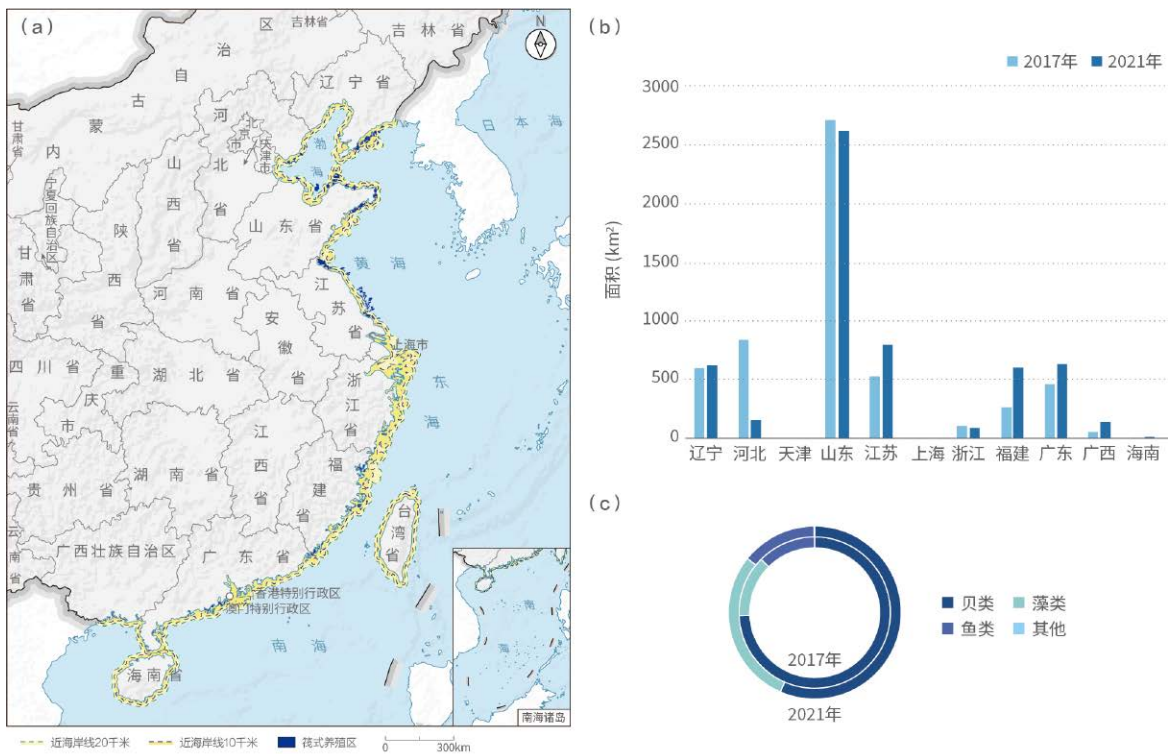


图 7-7 中国近海筏式养殖空间分布及面积统计。(a) 2021 年筏式养殖空间分布；(b) 2017 年和 2021 年不同省份筏式养殖面积；(c) 2017 年和 2021 年养殖类型变化

中国近海筏式养殖结构日益优化，生态健康养殖模式发展迅速。遥感监测中国近海筏式养殖结构结果显示，从2017年到2021年中国近海筏式养殖结构上有显著的变化，养殖类型更加均衡（图7-7c）。通过不同养殖类型合理规划，减少了大面积单一物种养殖可能导致的生

态退化与生物多样性减少的影响，加上新的养殖技术和新的养殖品种的不断推出，养殖领域进一步拓展，生态健康养殖模式发展迅速。中国近海筏式养殖目前处于布局优化和质量显著提升的阶段。



建议与展望

本章围绕减少海洋污染、保护海洋生态系统、可持续地管理水产养殖业等主题，开展了中国近海微塑料分布特征及时变状况、中国海草床时空分布动态监测、典型岛礁活珊瑚覆盖度动态监测、中国典型海湾生态系统健康综合评估、中国近海筏式养殖动态遥感监测与分析等案例研究，在此基础上，结合过去4年基于地球大数据技术开展的案例研究成果，总结了中国SDG 14中期进展，发现虽然中国存在沿海地区人口密集、对海洋资源需求大等客观挑战，但中国大力推动了SDG 14的实施，取得了系列成果，相关经验为后面更好促进可持续发展目标的实现奠定了基础。

基于本章研究，我们建议：

（1）利用2023年SDG中期评估机会，重新审查和调整相关指标体系。目前，SDG 14.1、SDG 14.2、SDG 14.3、SDG 14.a、SDG 14.c等5个具体目标都处于有方法无数据状态，这在一定程度上阻碍了联合国及各国政府对相关目标现状的把握和管理政策的实施。有必要结合当前的关注热点和中期评估状况，适当调整现有指标体系，获取更多监测数据用于SDG目标评估。例如，在SDG 14.1中增加微塑料污染指标和海洋放射性污染指标、

在SDG 14.2中增加典型海洋生态系统恢复（比如红树林、海草床、珊瑚礁等）的评价指标、SDG 14.7修改为聚焦本国可持续渔业规模或产值的增长等。

（2）通过“海洋科学十年”计划的实施，进一步鼓励和引导各国加大对海洋科学研究的支持力度，通过增加海洋科技投入，新建海洋科学研究平台，鼓励企业和民众参与，提高海洋数据采集和分析的能力。同时，进一步强化海洋领域国际合作，推动海洋数据资源的管理、开放和共享，更好地支持海洋可持续发展目标的实现。

（3）针对中国在海洋可持续发展方面所取得的成就和面临的挑战，重点聚焦碳达峰、碳中和目标及全球气候变化背景下海洋系统的管理问题，开展更加深入和综合的情景分析，提供更多研究案例，为进一步探索近海健康及可持续发展路径提供科学支撑和决策支持。

未来，我们将持续提高地球大数据在海洋可持续发展领域的共享和应用能力，通过搭建数据共享平台、在线计算平台、数据服务平台，促进数据和知识的及时共享和传播，提升蓝色经济发展与海洋科技创新水平，为联合国2030年议程的实施贡献力量。



SDG 15 陆地生物

背景介绍.....	78
中期进展.....	78
主题研究.....	80
建议与展望.....	89

SDG 15



背景介绍

2030年议程过半，SDG 15实现面临的形势仍十分严峻，如全球森林面积（SDG 15.1.1）稳步下降（FAO，2020），全球约75%的土地仍处于退化（SDG 15.3.1）状态（IPBES，2019），全球重要生物多样性场所被保护比例有所增加（SDG 15.1.2、SDG 15.4.1），但是红色名录指数（Red List Index, RLI）（SDG 15.5.1）仍在持续减少（UNEP，2021a），按现在进度，SDG 15在2030年很难实现（UN，2022）。在全球SDG 15实现较为黯淡的前景下，中国SDG 15则呈现出来较为积极的进展态势。近些年来，中国全面地开展了生态系统保护与修复工作，2015年以来森林覆盖率增加2.36%，国家公园体制试点启动，中国陆域国土面积约2.3%的区域纳入了国家公园保护体系，中国荒漠化和沙化土地面积持续“双减少”，大熊猫、朱鹮、亚洲象、藏羚羊等多种濒危野生动物持续下降的态势基本扭转并实现恢复。

2023年是SDG中期评估时间节点，开展SDG 15进展评估是了解进展、明确差距并采取有效干预的关键。

当前，充分发挥大数据的优势，填补SDG进展评估数据空缺、实现SDG的连续地理空间化评估，已得到了联合国机构的广泛认可，相关数据已成为国家SDG统计数据的重要补充。随着数据可用性的提高与技术方法的发展，SDG 15涵盖的14个指标中有8个指标有方法有数据。然而，这些指标的获取方法主要以统计手段为主，缺乏跨尺度（全球-区域-国家-局地）上的可拓展性（UNEP，2021a），很多能力相对落后的发展中国家无法进行进展评估。

过去4年的报告聚焦森林保护与恢复、生物多样性保护、土地退化与恢复、山地生态系统保护及外来物种入侵等方向开展了一系列地球大数据指标监测方法创新与实践，并对面向未来提升路径进行了初步探索。本年度报告将在回顾各指标评估结果及对其中期评估支撑的基础上，继续利用对地观测、人工智能等前沿技术开展全球与中国尺度SDG 15进展评估，以期为SDG 15中期评估及未来落实提供支撑。



中期进展

基于2019—2022年报告SDG 15相关内容及本章研究结果，评估了全球/中国森林覆盖率（SDG 15.1.1）、生物多样性保护（SDG 15.1.2、SDG 15.4.1）、可持续森林管理（SDG 15.2.1）、土地退化（SDG 15.3.1）、山地绿色指数（SDG 15.4.2）、红色名录指数（Red List Index, RLI）（SDG 15.5.1）与外来入侵物种防治（SDG 15.8.1）等目标的中期进展。地球大数据评估结果显示：全球土地退化趋势向好、山地绿色指数基本稳定，中国SDG 15.1.1、SDG 15.3.1、SDG 15.4.2等3个指标已经实现，其他指标均呈积极进展，具体进展如下：

（1）在森林保护与恢复（SDG 15.1.1）方面，本报告研究显示，中国森林面积呈明显增加态势，人工造林成效显著；从森林生物量（SDG 15.2.1）来看，2015—

2021年间中国森林地上生物量（Aboveground Biomass, AGB）总体呈增加趋势，其中南方增幅更为明显。

（2）在防治土地退化（SDG 15.3.1）方面，2020年报告和本报告研究显示，全球SDG 15.3.1趋势向好，但不同国家间空间差异明显，中国提前实现土地退化零增长（Land Degradation Neutrality, LDN）且持续向好，监测期（2015—2020年）比基线期（2000—2015年）年均土地净恢复速率同比增加近5%；蒙古高原沙尘暴（Sand and Dust Storms, SDS）多始于蒙古国西部，沙尘暴发生的频率和强度与自然和人类活动密切相关。

（3）在山地生态系统保护方面，2021、2022年报告研究显示，从保护地内山区生物多样性的重要场地的覆盖情况（SDG 15.4.1）来看，截至2020年中国山地

2/3 的重点保护野生动植物物种、86.9% 的优先保护自然生态系统处于自然保护地覆盖之下，为山地生物多样性保护提供了重要保障；从山地绿色指数（SDG 15.4.2）来看，2015—2020 年全球与中国山地绿色指数基本稳定，2020 年全球山地绿色指数平均值约为 80%，中国山地绿色指数平均值约为 82%。

（4）在物种保护方面，本报告研究显示，2013—2020 年，中国高等植物红色名录指数（SDG 15.5.1）略

有上升，受威胁物种保护成效稳定并有所提升。采挖、农业水产业是高等植物主要致危因子。

（5）在外来入侵物种防治（SDG 15.8.1）方面，2022 年报告和本报告研究显示，2012—2022 年中国 6 种典型农业入侵害虫范围保持相对稳定，未来气候场景下需加强入侵害虫新分布区与迁移方向的预警预测，以更好地防治外来物种入侵。

SDG 15 陆地生物：全球 / 中国中期进展



全球森林覆盖面积呈下降趋势，2019 到 2021 年全球森林面积净减少 **0.29 亿 hm²**
SDG 15.1.1



2015—2021 年间，中国森林地上生物量总体呈 **增加趋势¹**
SDG 15.2.1



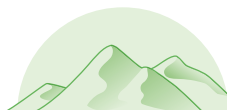
全球土地退化 **有所改善**，区域差异明显²
SDG 15.3.1



中国提前实现土地退化零增长，监测期（2015—2020 年）比基线期（2000—2015 年）年均土地净恢复速率同比增加近 **5%^{1,2}**
SDG 15.3.1



到 2020 年，中国山地 **2/3** 的重点保护野生动植物物种、**86.9%** 优先保护自然生态系统处于自然保护地覆盖之下³
SDG 15.4.1



全球与中国山地绿色指数基本稳定，2020 年全球山地绿色指数平均值约为 **80%**，中国山地绿色指数平均值约为 **82%⁴**
SDG 15.4.1



2013—2020 年，中国高等植物红色名录指数分别是 0.98792 和 0.98797，**略有上升¹**
SDG 15.5.1



2012—2022 年中国 6 种典型农业入侵害虫范围保持 **相对稳定¹**
SDG 15.8.1



互花米草、豚草、马铃薯甲虫等主要外来入侵物种防控 **成效显著^{1,3}**
SDG 15.8.1

注：1.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2023）》；2.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2020）》；3.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2022）》；4.《地球大数据支撑可持续发展目标报告（2021）》。



主题研究

森林保护与恢复

森林是陆地生态系统最重要的碳库之一，对防止水土流失、缓解气候变化和维系生物多样性发挥着关键性作用。对地观测技术已广泛应用于森林类型制图、植被覆盖度估算等方面，目前已有若干全球尺度森林分类、覆盖度产品。然而，这些产品存在分类体系不够精细、

空间不连续和不确定性大等问题。为此，我们充分挖掘地球大数据的潜力，开展了林木覆盖及油棕分布的监测，评估了中国森林地上生物量的动态，以期为森林可持续管理提供数据支持与方法参考。

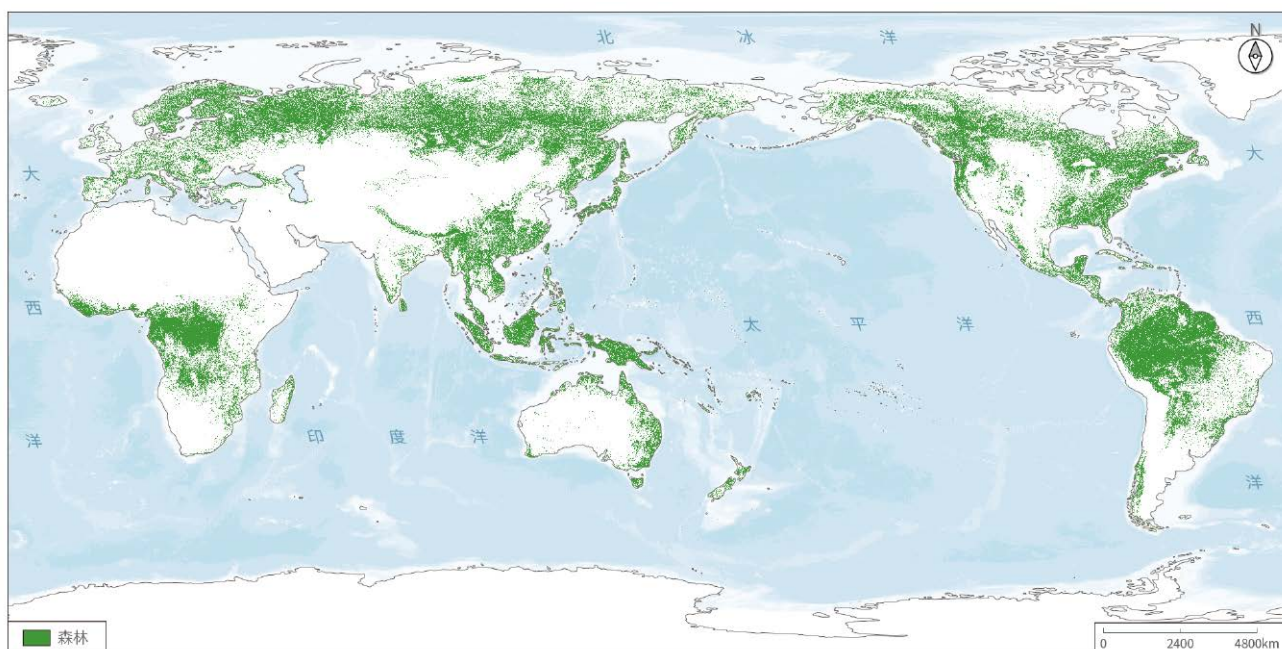
森林覆盖及地上生物量动态变化

对应目标：SDG 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

采用机器学习、大数据分析等先进技术，基于长时间序列的多源卫星遥感数据，生产了全球森林覆盖产品。全球通过建立 43 个森林分区，并获取分区的高质量森林样本点，最终建立了基于机器学习和大数据分析技术的全球森林覆盖产品快速生产流程和方案，实现了全球时间序列森林覆盖产品的快速生产（Zhang *et al.*, 2020c）。

中国通过划分为空间连贯、森林类型一致的 17 个林区，综合利用地面调查获取的森林样方生物量数据、Landsat 卫星数据、森林高度产品以及 DEM、地形等参量，采用随机森林算法，分区分森林类型建立了森林地上生物量反演模型，生成了全国 30m 分辨率森林地上生物量产品。

全球森林覆盖面积呈下降趋势，2019—2021 年全球



↑ 图 8-1 2021 年全球森林分布状况图

森林面积净减少 0.29 亿 hm^2 。森林面积的增减表现出明显的区域差异，撒哈拉以南非洲、东南亚和南美洲的森林覆盖面积明显减少，欧洲、东亚等地区森林覆盖面积增加显著。中国森林覆盖面积逐步增加，整体呈现东部、西南多，西北少的特点（图 8-1）。

中国单位面积森林生物量变化趋势整体向好。2015—2021 年，中国森林生物量变化趋势整体向好。中国各植被区森林地上生物量变化差异明显，南方森林地上生物量增长比例高于北方（图 8-2）。

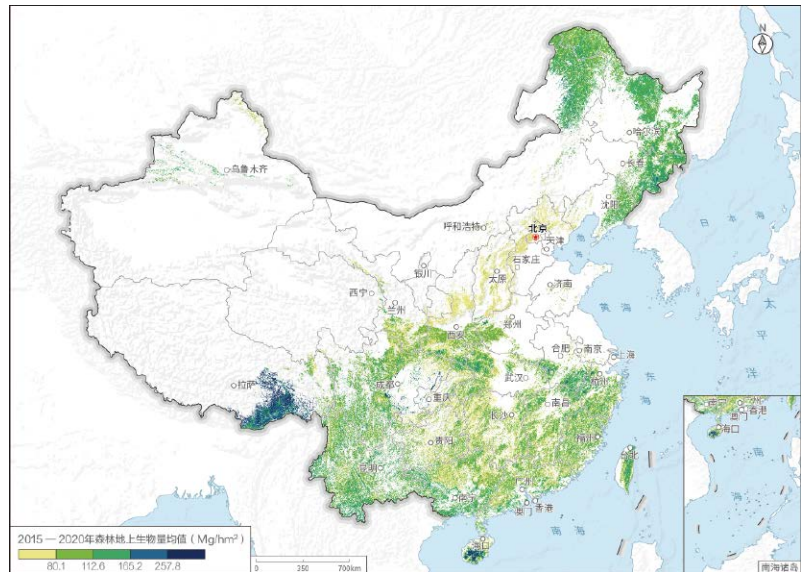


图 8-2 2015—2021 年中国森林地上生物量年均值分布

注：植被区划采用《中华人民共和国植被图（1：100 万）》中的划分方法。

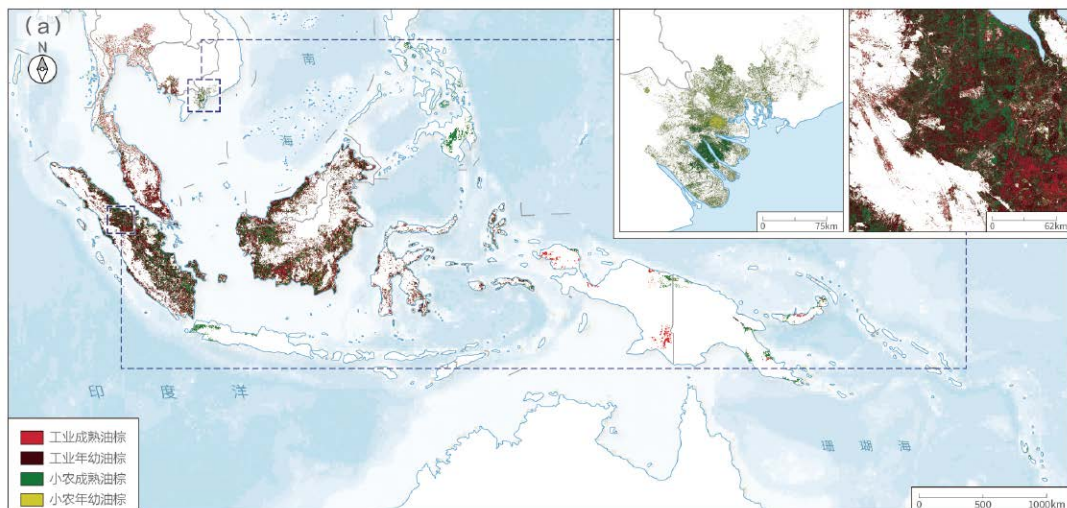
全球油棕空间分布

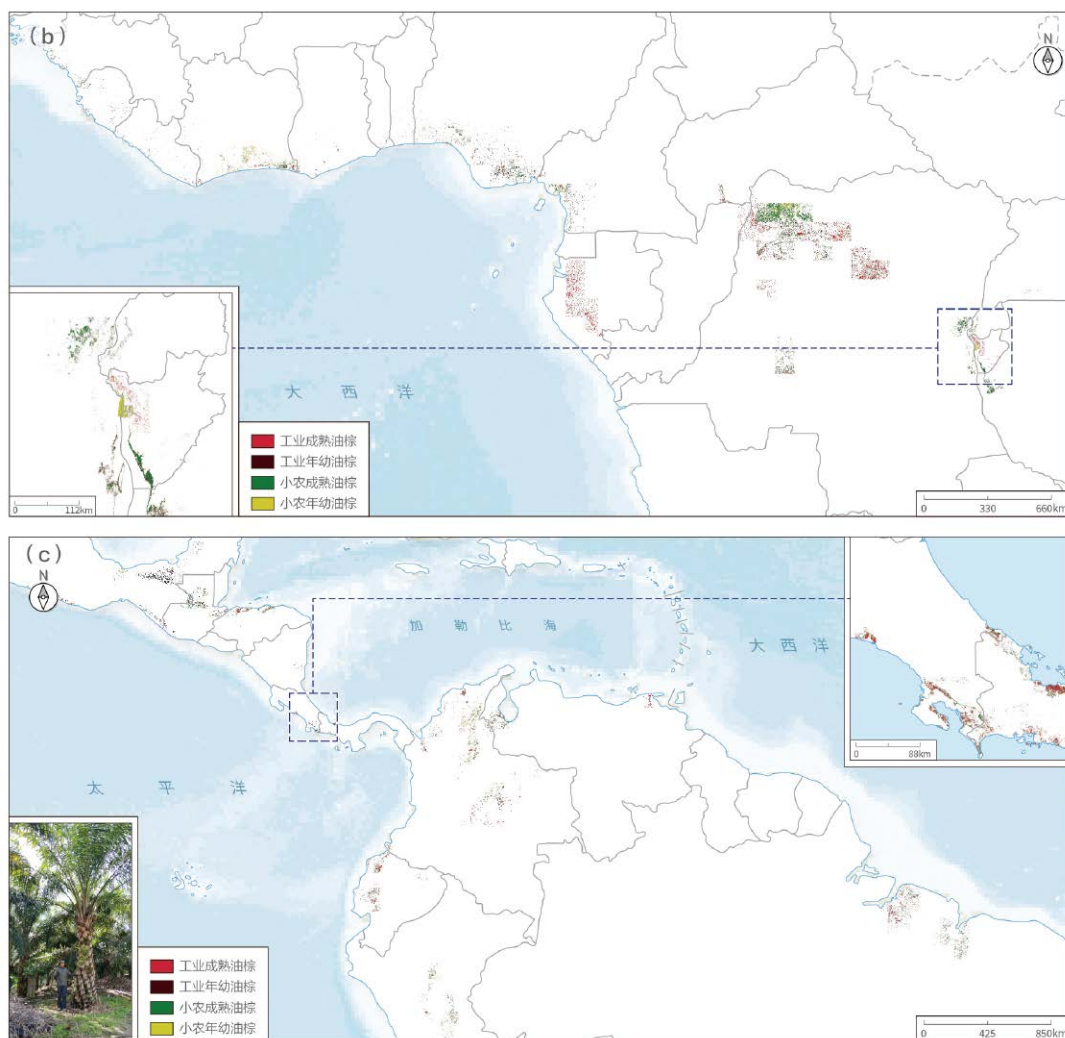
对应目标：SDG 15.2 到 2020 年，推动对所有类型森林进行可持续管理，停止毁林，恢复退化的森林，大幅增加全球植树造林和重新造林

油棕是世界上生产效率最高的产油植物，由油棕榈轧制的棕榈油是全球第二大类食用植物油。准确掌握油棕种植分布情况对于可持续森林管理具有重要意义。案例采用面向像元和网格小区域（ $100\text{km} \times 100\text{km}$ ）逐个分类方法，进行全球尺度的油棕子类分类制图。主要流程包括：针对油棕种植所需满足的地形、土壤、气候、生态-

社会标准等条件，选取全球油棕种植适宜区；建立样本库，基于机器学习方法对遥感影像进行分类，得出全球不同油棕子类的空间分布格局，完成全球油棕空间分布制图。

2020 年，全球油棕种植面积共 72.67 百万 hm^2 。东南亚种植面积最大，为 59.70 百万 hm^2 ，占比 82.15%；中美和南美种植面积次之，为 6.35 百万 hm^2 ，占比 8.74%；





↑ 图 8-3 油棕子类空间分布图。(a) 东南亚及太平洋地区；(b) 西非及中非地区；(c) 中美及南美地区

西非和中非种植面积为 5.63 百万 hm^2 ，占比 7.75%。油棕 4 个子类皆有的国家包括印度尼西亚、马来西亚、柬埔寨、尼日利亚、哥伦比亚等 10 个国家（图 8-3）。

全球各地区油棕子类分布面积及占比存在明显差异（表 8-1）。工业成熟油棕、工业年幼油棕、小农成熟

油棕、小农年幼油棕种植面积分别占油棕总种植面积的 31%、17%、35%、17%。东南亚及太平洋地区 4 种油棕子类的占比最多，分别为 84.00%、95.60%、72.30%、86.30%。西非及中非、中美及南美地区主要种植工业成熟油棕和小农成熟油棕，年幼油棕种植比例较小。

表 8-1 不同地区油棕子类种植面积（百万 hm^2 ）

类型	东南亚及太平洋地区	南亚地区	中非及西非地区	中美及南美地区
工业成熟油棕	18.66	0.01	1.77	1.77
工业年幼油棕	11.64		0.07	0.46
小农成熟油棕	18.94	0.98	3.04	3.22
小农年幼油棕	10.46		0.75	0.90

土地退化零增长

土地退化是全球性挑战，2022年发布的《全球土地展望 2》指出“土地退化面积已占全球土地总面积的20%~40%，直接影响到世界上近一半的人口”（UNCCD，2022）。防治荒漠化与土地退化是SDG 15.3的核心内容，2030年实现土地退化零增长已得到国际社会全面接受和认可。当前，土地退化及沙尘暴等监测与归因仍面临较

多挑战，这一问题在发展中国家尤为突出。为此，我们充分利用地球大数据的优势，评估了中国土地退化零增长动态，对蒙古高原沙尘暴动态及驱动因素进行分析并提出了对策，以期为土地退化零增长目标实现提供新数据与新手段。

中国土地退化零增长动态

对应目标：SDG 15.3 到2030年，防治荒漠化，恢复退化的土地和土壤，包括受荒漠化、干旱和洪涝影响的土地，努力建立一个不再出现土地退化的世界

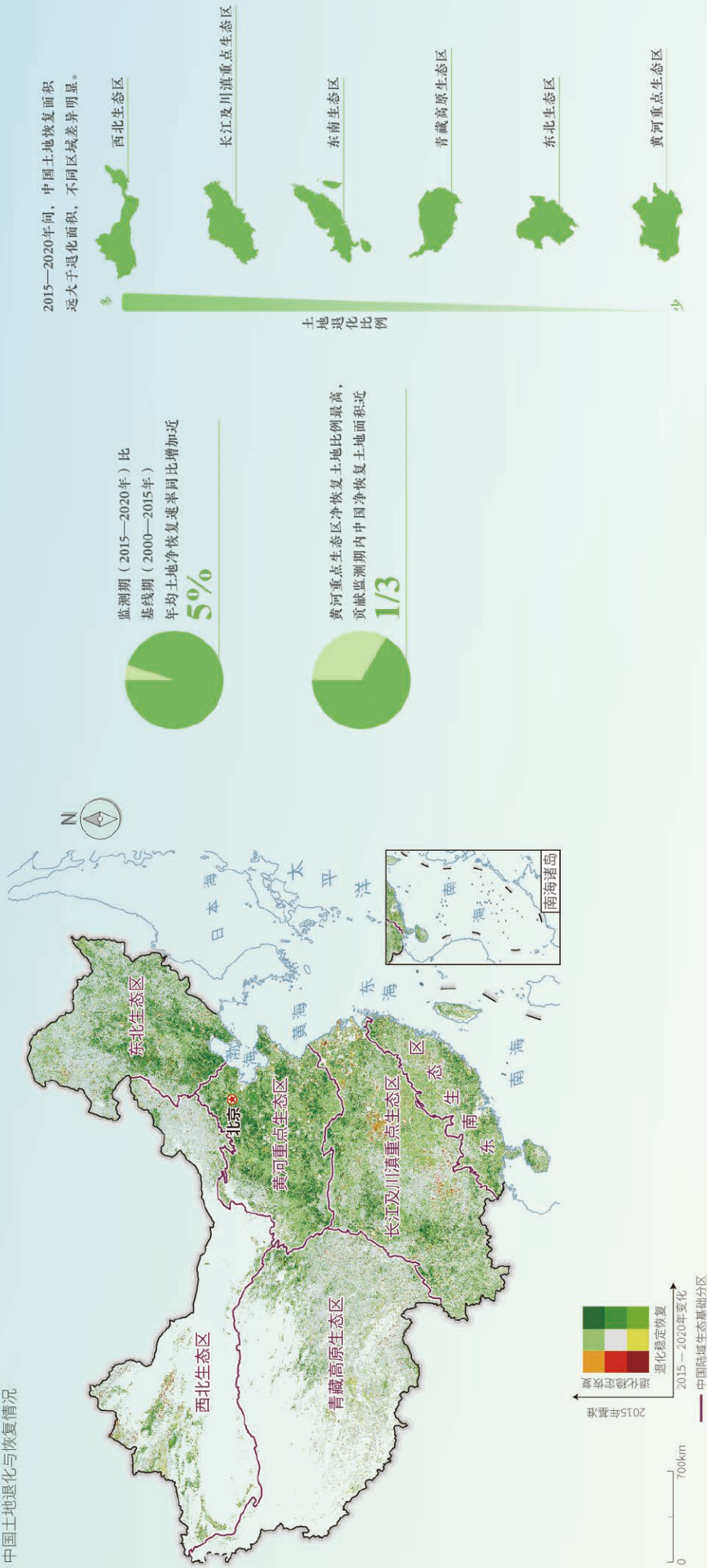
土地退化的定义一度争议较大，其核心恰在于对不同退化过程、起因、特征与危害的分歧，这直接导致了不同土地退化评估结果差异巨大，严重影响了国际社会对全球/区域土地退化真实状况的科学认知和准确判断，进而影响其切实行动和有效防治。案例参考联合国防治荒漠化公约（United Nations Convention to Combat Desertification, UNCCD）SDG 15.3.1良好实践指南（Good Practice Guidance, GPG）推荐方法，在2000—2015年基线期评估基础上，利用一致的土地覆盖、土地生产力与土壤有机碳3个子指标开展2015—2020年动态评估。然后，通过对比中国基线期（2000—2015年）与监测期（2015—2020年）土地退化与恢复动态，分析中国土地退化零增长动态变化。

2015—2020年中国土地净恢复速率明显提高，中国土地退化零增长呈持续向好趋势。监测期（2015—2020

年）比基线期（2000—2015年）年均土地净恢复速率同比增加近5%（图8-4）。基于地球大数据视角的中国土地退化零增长动态结果，与国家林业和草原局提交的中国履行《联合国防治荒漠化公约》专项数据报告（2022年度）中报告期（2016—2019年）的“中国土地退化面积减少、中国荒漠化潜在发生区内土地生产力整体向好趋势十分明显”的结论一致。

2015—2020年间，中国土地恢复面积远大于退化面积，不同区域差异明显。按中国陆域生态基础分区统计，黄河重点生态区净恢复土地比例最高，贡献监测期内中国净恢复土地面积近1/3；长江及川滇重点生态区、东南生态区受2019年以来干旱严重影响，耕地、林地生产力出现了明显下降；西北生态区土地退化占比相对较高，在未来中国“三北”工程攻坚战应予以重点关注。

图 8-4 中国土地退化与恢复情况



蒙古高原沙尘暴动态与应对策略

对应目标：SDG 15.3 到 2030 年，防治荒漠化，恢复退化的土地和土壤，包括受荒漠化、干旱和洪涝影响的土地，努力建立一个不再出现土地退化的世界

蒙古高原是亚洲沙尘暴主要发源地之一，其中蒙古国的戈壁地区及内蒙古西部的沙漠地区与中国和蒙古国近年多发的沙尘暴事件有密切的关系。沙尘暴是沙尘天气的一种，具体是指强风从地面卷起大量沙尘使水平能见度小于 1km，具有突发性和持续时间较短特点的概率小危害大的灾害性天气现象。在此以蒙古国全境和中国内蒙古自治区为研究区，选用 MODIS L1B 数据作为源数据构建沙尘指数（Dust Storm Detection Index, DSDI）模型，获取蒙古高原 22 年（2000—2021 年）的春季沙尘暴分布数据集；结合沙尘暴发生频次、波及面积、强度以及空间分布图等，从时间和空间两个角度对蒙古高原 2000—2021 年春季沙尘暴的基本特征进行总结分析，获得蒙古高原 22 年（2000—2021 年）的春季沙尘暴分布基本特征；利用蒙古高原 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年、2021 年 6 期 Landsat 8 数据，结合相关模型，得出了蒙古高原 2000—2021 年沙地分

布数据集，并获取了近蒙古高原下垫面土地覆盖格局与变化；最后结合下垫面情况、气象数据以及中蒙两国采取的沙尘暴抑制措施，对蒙古高原沙尘暴进行归因分析，并根据研究结果，给出了相关应对策略。

2000—2021 年蒙古高原春季沙尘暴空间格局及传输路径明晰。2000—2021 年蒙古高原春季沙尘暴空间分布整体呈现南多北少，西多东少，且自西向东、自南向北依次递减的趋势（图 8-5）。沙尘暴的主要影响范围为中蒙交界区域，尤其是南部地区，是重点受灾地区。在沙尘暴发展路径上，沙尘起源多始于蒙古国西部，发展轨迹为从蒙古国西部的巴彦洪戈尔、前杭爱等省起沙，到蒙古国南部的中戈壁、东戈壁和南戈壁等获得尘源补充，后直接作用在中蒙边境及中国内蒙古区域；偶尔受气旋影响，会到达中国内蒙古东北区域。

蒙古高原沙尘暴发生频次及面积存在年际间变化，其发生的频率和强度与自然和人类活动有一定关联。

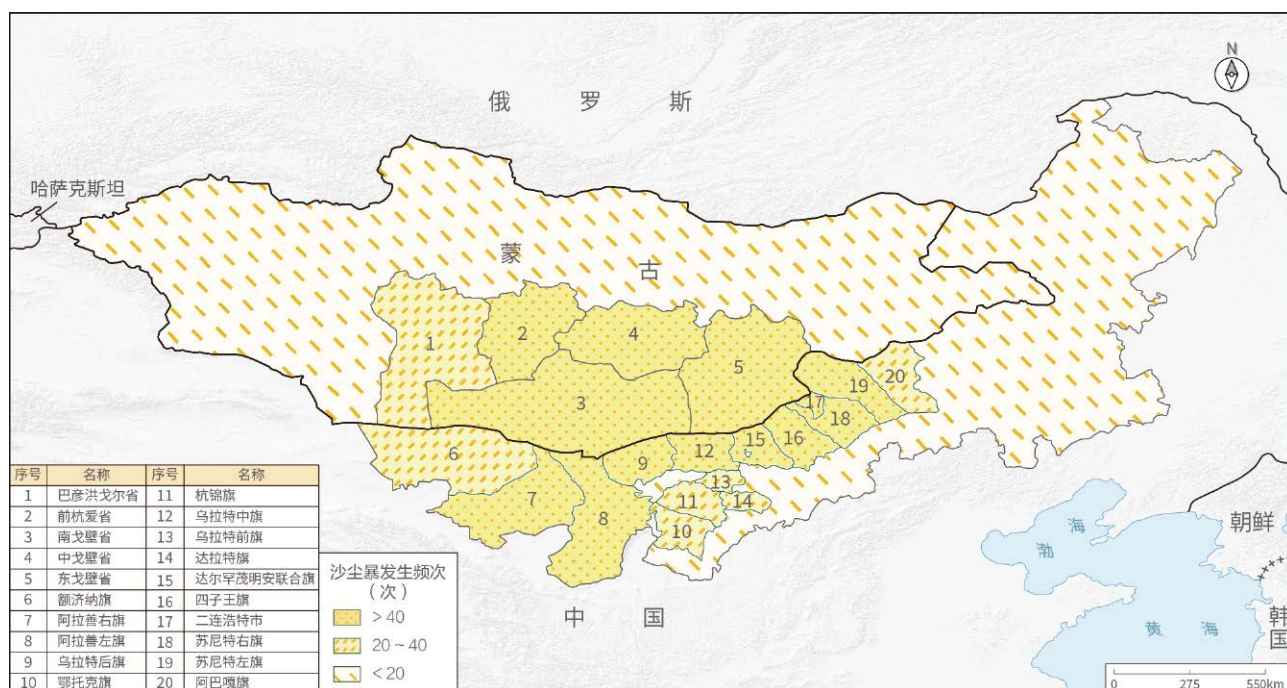


图 8-5 2000—2021 年蒙古高原春季沙尘暴频次位置图

2000—2021年遥感共监测到80次典型蒙古高原春季沙尘暴事件。3—5月是沙尘暴高发期。2000—2010年蒙古高原春季沙尘暴发生次数较多，达到52次（占85%）。但2021年春季发生的沙尘暴带来的危害明显加大，反映出气候变化和极端天气事件增多背景下的不确定性。结

合地理因子分析发现，裸地2000—2010年增长1.3%，2010—2015下降1.9%，这与沙尘暴发生频率呈正相关；降水与沙尘暴面积相关系数为-0.73，呈负相关。未来，应加强中蒙跨境防沙治沙生态工程以减少沙尘暴的不利影响。

红色名录指数

红色名录指数是评估物种濒危状况变化趋势的最有效指标，在各个国家及全球尺度广泛应用。中国是《生物多样性公约》（Convention on Biological Diversity, CBD）缔约国之一，也积极推动了《昆蒙框架》的签署，

以实际行动履行生物多样性大国的责任，生物多样性变化趋势研究可以评估中国对世界生物多样性保护的贡献。

中国高等植物红色名录指数

对应目标：SDG 15.5.1 红色名录指数

世界自然保护联盟红色名录物种受威胁评估方法是生物多样性保育的核心方法之一，红色名录指数可以反映物种受威胁程度的变化和生物多样性保育的成效。中国以往针对高等植物的红色名录指数计算涉及的物种较少，仅能部分反映植物受威胁状况的变化。本章节的红色名录指数主要根据生态环境部（原环境保护部）和中国科学院发布的《中国生物多样性红色名录—高等植物卷》（中华人民共和国环境保护部 & 中国科学院，2013）、《中国生物多样性红色名录—高等植物卷（2020）》（中华人民共和国生态环境部 & 中国科学院，2023），结合《中国种子植物多样性名录与保护利用》（覃海宁，

2020）及中国数字植物标本馆、IUCN等的数据库，依据Butchart等（2004）和Butchart等（2007），选取两年均评估的32054种高等植物物种，除去数据缺乏以及2013年灭绝类的物种，采用相对权重法计算红色名录指数，权重赋值见表8-2。

表 8-2 红色名录指数计算所采用的物种受威胁等级权重

级别	相对权重法
灭绝 EX	1
野外灭绝 EW	1
区域灭绝 RE	1
极危 CR	0.5
濒危 EN	0.05
易危 VU	0.005
近危 NT	0.0005
无危 LC	0

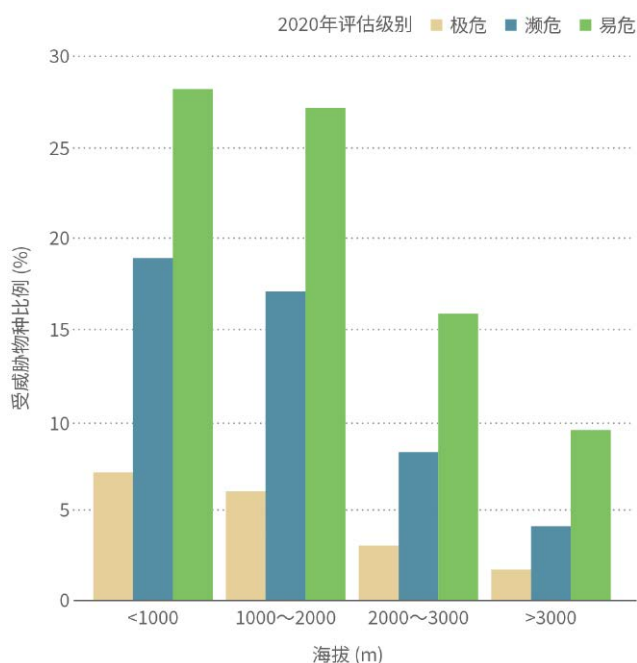


图 8-6 受威胁物种出现在不同海拔段的比例
注：表示每个海拔段出现的某级别受威胁物种数占受威胁物种总数的比例。

中国高等植物红色名录指数在 2013 和 2020 年分别是 0.98792 和 0.98797，略有上升。中国的受威胁物种级别下降多于上升，物种生存状况好转，例如 2013 年的受威胁物种中，112 个极危物种，174 个濒危物种，184 个易危物种在 2020 年的评估中等级下降，而仅有 86 个受威胁物种等级上升，即受威胁程度加剧。这是中国实施退耕还林还草和山水工程等多项生物多样性保护措施和工程的结果，是中国对世界生物多样性保护的贡献。

中国受威胁物种主要出现于低海拔地区，采挖、农

业及水产业等是主要致危因子。约一半的受威胁物种出现在海拔 1000m 以下，约 80% 的受威胁物种出现在海拔 2000m 以下，只有约 15% 的受威胁物种出现在海拔 3000m 以上（图 8-6）。中国受威胁物种的致危因子在 2013 年主要是农业及水产业和采挖，两者占了致危因子记录的一半以上（29.4% 和 25.7%），其次是生物入侵（10.7%）。2020 年的评估结果则显示多项致危因子的影响，主要是采挖，人类干扰，农业及水产业和改变自然系统，该四类因子占了致危因子记录的 60.2%。

外来物种入侵

外来入侵物种是公认的导致生物多样性丧失的主要因素之一，中国面临外来物种入侵威胁，部分外来物种已入侵到森林、农田、河流、湿地、草原等各类生态系统。中国非常重视外来入侵物种管理，将其纳入《中华人民

共和国生物安全法》。然而，关于外来入侵物种空间分布及动态，缺乏有效数据和方法支撑。我们针对 6 种中国重要农业入侵害虫分布进行了预测与评估，以期为解决上述问题提供支撑。

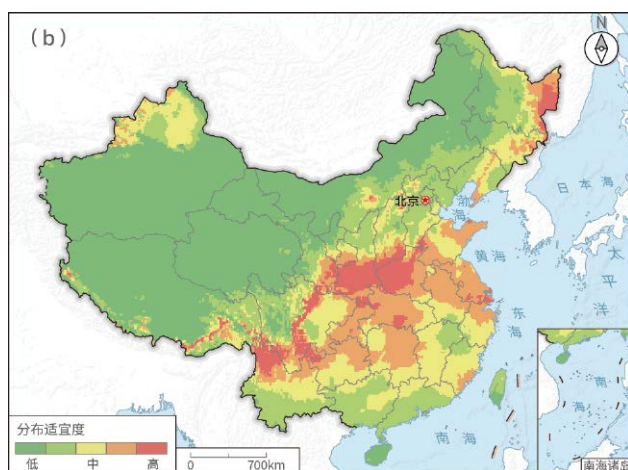
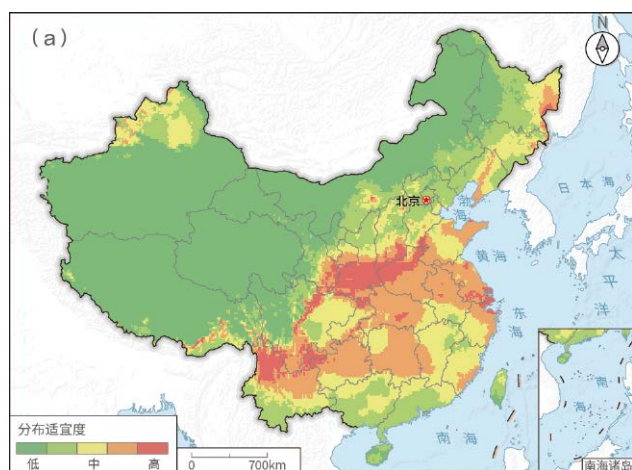
重要农业入侵害虫分布预测与评估

对应目标：SDG 15.8 到 2020 年，采取措施防止引入外来入侵物种并大幅减少其对土地和水域生态系统的影响，控制或消灭其中的重点物种

农业入侵害虫对生态与社会经济的影响与多个 SDG 目标紧密相关，是引起饥饿与健康危机等经济社会问题的重要因素。案例首先对 6 种农业入侵害虫的分布数据进行分析，动态模拟各种害虫的扩张趋势。基于发生数据与气候环境数据，利用生态位模型预测现在及未来场景下的潜在分布区，并与相关作物种植区进行叠加分析。

本章节提出 3 个指标衡量入侵害虫的控制效果、潜在危害与未来的扩张趋势，即： R_1 ，已入侵的面积占潜在入侵分布区面积的比例； R_2 ，已入侵的种植面积占潜在入侵种植面积的比例； R_3 ，未来气候场景与现在场景比较，潜在适于分布区面积增量比例。

中国 6 种重要农业入侵害虫防控效果良好。马铃薯



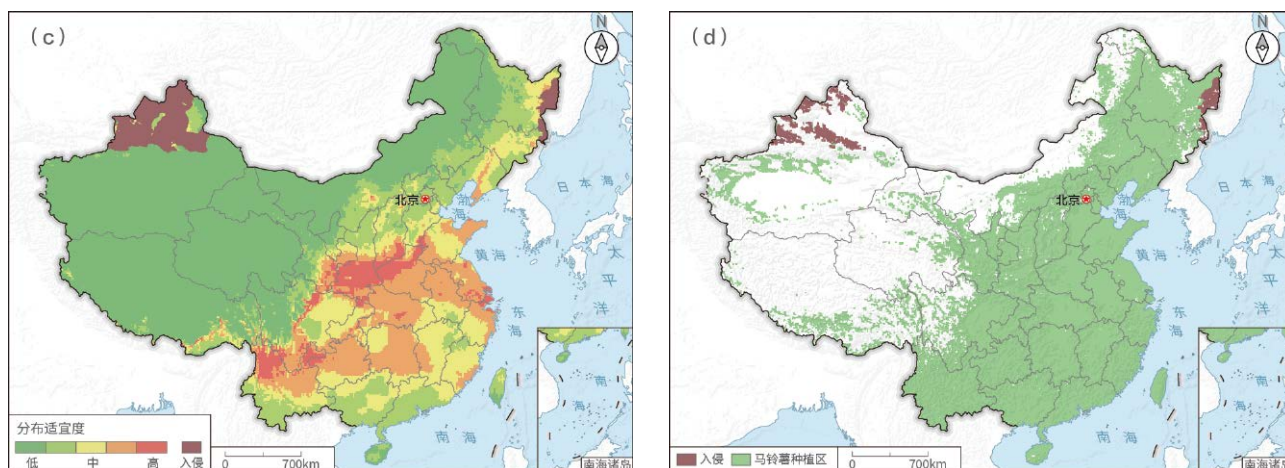


图 8-7 马铃薯甲虫潜在分布区预测与防控效果评估。(a) 当前潜在分布区；(b) 未来潜在分布区；(c) 已入侵区域与潜在分布区叠加分析；(d) 已入侵区域与马铃薯种植区叠加分析

甲虫、菜豆象、葡萄根瘤蚜及四纹豆象入侵县域数量相对稳定。扶桑绵粉蚧、蜜柑大实蝇入侵县域数量有所下降。马铃薯甲虫等 6 种入侵害虫均被控制在较小范围内 ($R_1 < 0.1$)。其中马铃薯甲虫入侵范围占马铃薯种植面积比例较小 ($R_2 = 0.04$)，未进入中部和东部大片适宜分布区域，防控效果良好，对中国马铃薯种植产业起到重要保护作用 (图 8-7)。

未来气候场景下需加强入侵害虫新分布区与迁移方向的预警预测。所有害虫的潜在分布区都有整体向高纬度和高海拔地区迁移的趋势，会对原本不适合分布的地区造成更大危害，因此需要进一步加强评估预测工作，对当前和未来的潜在分布区进行多点监控，及时发现及时防治。

生态系统恢复综合示范

为制止生态系统退化，恢复生态系统以促进全球实现 SDG 15，联合国 2021 年启动了“生态系统恢复十年 (2021—2030 年)”行动，并在全球范围评选了首批旗舰项目，作为国家或地区层面开展大规模和长期生态系统恢复的最佳或最具前景的案例，供全世界学习。中国“山水林田湖草沙一体化保护和修复工程”（以下简称

“山水工程”），采取将所有生态系统视为“生命共同体”的系统方法，通过不懈努力恢复了中国数百万公顷的土地，入选了联合国首批十大“世界生态恢复旗舰项目”。开展基于地球大数据的典型生态系统恢复工程成效评估、总结其成功经验，对于联合国生态系统恢复十年行动具有重要价值。

河北省塞罕坝机械林场生态恢复成效及经验

对应目标：SDG 15 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，遏制生物多样性的丧失

河北省塞罕坝机械林场是中国“山水工程”的典型，曾荣获联合国环保最高荣誉“地球卫士奖”与联合国防治荒漠化领域最高荣誉“土地生命奖”。本案例采用地球大数据方法，开展了塞罕坝机械林场生态恢复成效的评估。结果表明，SDG 15 及其他目标均呈良好发展态势：

1962—2021 年，塞罕坝林场森林面积从 24 万亩 (1.6 万 hm^2) 提升到 115.1 万亩 (7.67 万 hm^2) (图 8-8)，森林覆盖率从 11.4% 提升到 82%，森林蓄积量从 33 万 m^3 提升到 1036.80 万 m^3 ；2000—2022 年，塞罕坝林场土地生产力净增加比例 53.05%，年均净增加比例 2.31%；塞

罕坝机械林场森林固碳效益明显，2000—2020 年森林生态系统碳汇（净生态系统生产力）净增加速率 2576 t/a。

生态文明思想的指引与科技创新的驱动是塞罕坝机械林场成功的主要经验。塞罕坝林场整个发展历程是生态文明建设决策部署落地见效的过程，证明了只要科学定位，自然生态系统可以得到修复重建，让沙地荒山变成绿水青山；只要坚持绿色发展，生态优势可以转化为经济优势，让绿水青山成为金山银山；针对高寒干旱地区森林生态系统可持续经营，塞罕坝林场建立了以华北落叶松、樟子松为主的人工林可持续经营技术体系，发展了困难立地攻坚造林技术、次生林更新改造技术及森林生态系统一体化经营技术，提升了育苗成活率与单位面积生产力、优化了森林结构、实现了森林生态产品的价值转化。

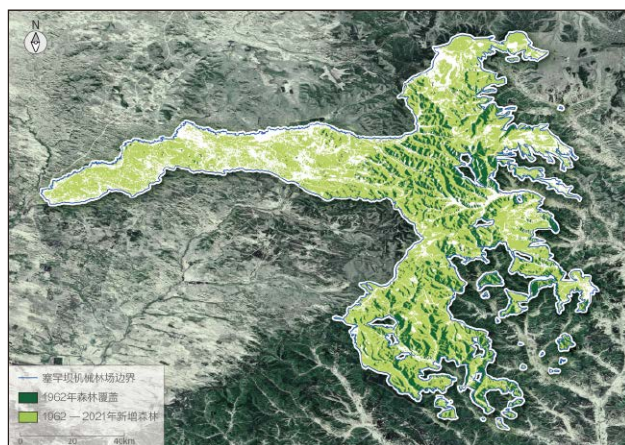


图 8-8 1962—2021 年塞罕坝森林覆盖变化



建议与展望

本章围绕森林保护与恢复、土地退化零增长、红色名录指数、外来物种入侵及生态系统恢复综合示范主题，开展了森林覆盖及地上生物量动态变化、全球油棕空间分布、中国土地退化动态、蒙古高原沙尘暴动态与应对策略、中国高等植物红色名录评估、重要农业入侵害虫分布预测与评估和河北省塞罕坝机械林场生态恢复成效及经验方面的研究。在此基础上，结合过去 4 年的案例研究成果，总结了全球和中国尺度 SDG 15 中期进展，发现自 2015 年 SDG 目标提出以来，全球土地退化趋势向好；中国森林覆盖与生物量呈增加趋势，可持续森林管理水平稳步提高；自然保护地面积持续增长，覆盖了山地大部分优先保护物种；受威胁保护物种保护与外来物种防控取得了明显成效。

基于本章研究，我们建议：

(1) 在森林保护与生态系统恢复方面，未来需要加强基于地球大数据的森林种植与采伐的精准监测、森林生物多样性的系统监测，以更好实现森林保护与恢复目标；在土地退化零增长方面，未来应加强基于地球大数

据的土地退化治理优先区规划、生态修复效益评估与模拟，以为开展退化土地科学治理提供支撑。

(2) 在生物多样性保护方面，未来需要加强基于地球大数据的保护优先性与空缺分析，为统筹利用与保护的关系、有针对性地开展自然保护地建设提供支持；进一步加强山地生物多样性保护、山地资源开发等多目标协同的综合研究，以实现山地可持续发展。

(3) 在外来入侵物种防治方面，建议在巩固并推广成功外来入侵物种防治技术的基础上，针对处于快速扩张阶段的物种应该加大防控资金与技术投入力度，有效防治外来入侵物种扩散。

未来，我们迫切需要更好地发挥地球大数据的价值，针对 SDG 15 提出可量化更能反映目标进展的指标体系、研发并共享高时空分辨率全球关键变量遥感产品，深入开展多目标耦合下的生态系统与生物多样性保护科学研究，建设可持续发展目标落实决策支持工具，支持发展中国家能力建设，更好地服务于中国及其他国家 SDG 15 落实。



SDGs 综合与交叉

背景介绍.....	91
中国地级及以上城市 SDGs 综合与交叉分析.....	91
建议与展望.....	97





背景介绍

SDGs 涵盖广泛而复杂的议题，各目标间存在着错综复杂的交叉关系，主要体现为协同效应和权衡效应。具体而言，协同效应指的是实现特定目标同时促进其他目标改善的现象，这种关系特指各目标之间相互促进的情况；权衡效应则意味着在追求某一目标实现的过程中，可能不得不牺牲其他目标，从而形成相互制衡的局面（Pradhan *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2022b）。协同与权衡效应不仅局限在同一区域，在不同地理单元之间也由于人员往来、经济贸易、文化交流、物质转移等作用而广泛存在，这种现象称之为空间溢出效应。由于自然资源禀赋和社会发展水平的差异，各地在发展过程中面临着独特的 SDG 交叉作用问题。因此，开展 SDGs 综合评估，梳理不同区域 SDG 指标之间的交叉关系，动态模拟未来不同发展情景下 SDGs 的实现情况，对于制定因地制宜的可持续发展路径，有效实现 2030 年议程，具有重

要意义。

基于地球大数据的地理信息建模与模拟手段能够有效挖掘不同区域 SDGs 间的相互作用关系，揭示其潜在的影响机制和关键因素。此外，基于地理空间单元 SDGs 交互作用的未来可持续发展情景模拟，可动态模拟未来 SDGs 的实现情况，支撑 SDGs 综合与交叉评估。

过去 4 年的报告对中国典型区域的可持续发展进程进行了综合评估，探索了中国省级层面 SDG 指标之间的协同与权衡关系。2023 年，报告将进一步扩展至中国各地级及以上城市层面，评估可持续发展进程和均衡发展状况，并深入挖掘不同城市之间 SDG 指标的交叉作用关系。同时，本章将预估中国各地级及以上城市未来的发展进程和趋势，旨在为各地级及以上城市的可持续发展提供决策支撑和示范参考，为实现全国范围内的可持续发展目标贡献力量。



中国地级及以上城市SDGs综合与交叉分析

本章基于联合国提出的 SDG 指标体系，结合中国的可持续发展实践，并依据适应性、可测度、可比较、覆盖广、多时相五大原则，构建了一套面向 SDGs 的包含 16 个目标（不含 SDG 14）61 个指标的中国 285 个地级及以上

城市可持续发展指标体系，并以此开展 SDGs 综合进展评估、SDGs 协同与权衡关系分析、SDGs 空间溢出效应研究和 SDGs 未来情景模拟预测，为中国各地级及以上城市可持续发展路径实施与调整提供决策参考。

SDGs综合进展评估

参考联合国可持续发展目标进度表方法（UN, 2020b），计算中国城市群和非城市群 2020 年各 SDG 得分现状、与 2030 年可持续发展目标的距离以及 2010—2020 年各 SDG 的发展趋势。其中，2020 年 SDG 得分现状根据得分以 20% 为阈值分为 5 个等级，分别为基本实现、接近目标、存在挑战、较大挑战与极大挑战。2010—2020 年各 SDG 发展趋势依据 SDG 得分增长率划分为 4 个等级，包括进展较快、有进展但需加速、有限/无进展与负进展。此外，计算了各城市的 SDG 综合指数

得分，并通过改进的雷达图法计算不同城市的均衡度得分（Liu *et al.*, 2021）。SDG 均衡度以各 SDG 得分的差异性为标准，衡量 SDGs 的均衡发展情况。

2010—2020 年，中国 285 个地级及以上城市在可持续发展方面进展显著。与非城市群相比，城市群在 SDGs 的实现方面表现更好，且增长趋势更为明显。中国 285 个地级及以上城市的 SDGs 整体进展较好，无论是在城市群或非城市群，SDG 1（无贫穷）已基本实现，同时，SDG 12（负责任消费和生产）已接近 2030 年目标。

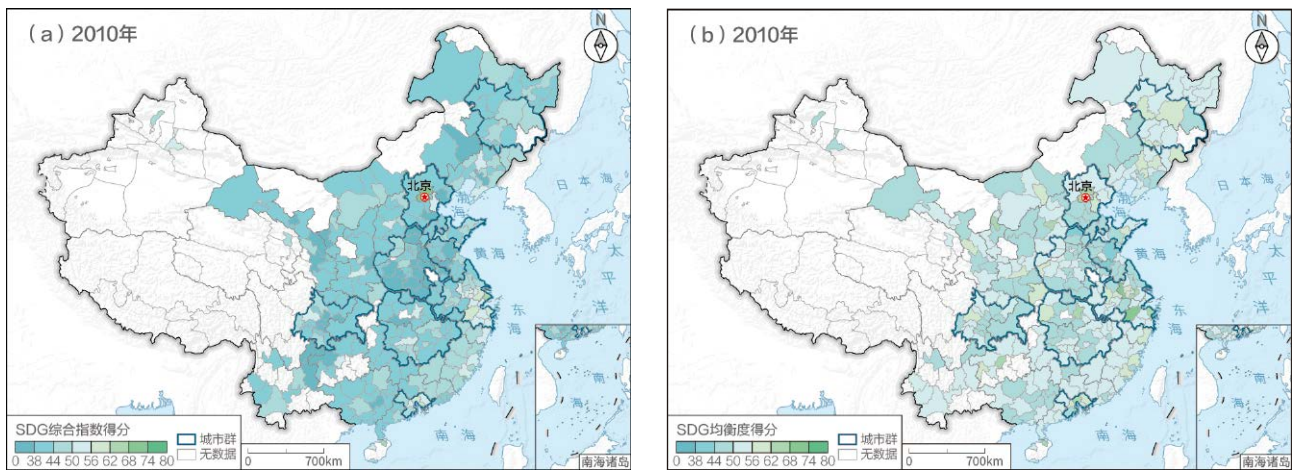
SDG 6（清洁饮水和卫生设施）、SDG 10（减少不平等）、SDG 11（可持续城市和社区）和SDG 13（气候行动）的2030年目标实现存在挑战。其中，SDG 13呈现有限进展的发展趋势，因本评估以碳排放量为主要指标。虽然SDG 2（零饥饿）、SDG 4（优质教育）、SDG 5（性别平等）和SDG 8（体面工作和经济增长）的发展现状与2030年目标相比存在较大挑战，但均呈现较快的发展趋势。SDG 3（良好健康与福祉）和SDG 7（经济适用的清洁能源）在城市群和非城市群都有较快的发展趋势，且城市群的发展现状明显好于非城市群，更有可能实现2030年目标（图9-1）。

中国各地级及以上城市在SDG均衡发展维度的得分优于综合指数表现维度，但综合指数的得分增长趋势更为明显，尤其是城市群城市。城市群在提升SDGs整

体表现的同时更有能力促进SDGs的均衡发展。2010—2020年，中国城市群的平均SDG综合指数和均衡度得分高于非城市群（图9-2），且呈现更为显著的增长趋势。大部分城市SDG综合指数的增长幅度均高于均衡度，特别是初期SDG综合指数较低的城市。空间上，东部城市不仅拥有更高的SDG综合指数，同时更加注重SDGs间的均衡发展，均衡度得分的增长趋势最为显著。东北部城市的SDG综合指数和均衡度有一定提升，中西部城市则在提升SDGs整体表现维度上取得更为明显的成绩。总体而言，社会经济发展联系紧密、基础设施完备、产业分布合理、注重技术创新和环境管理的城市群城市更容易实现SDGs。此外，不同城市应结合自身的地理区位、优势产业、基础环境、发展重心和周边城市的经济社会和环境发展情况，制定适应自身的发展战略与发展路线。



图9-1 2010—2020年中国285个地级及以上城市可持续发展总体进程指示板



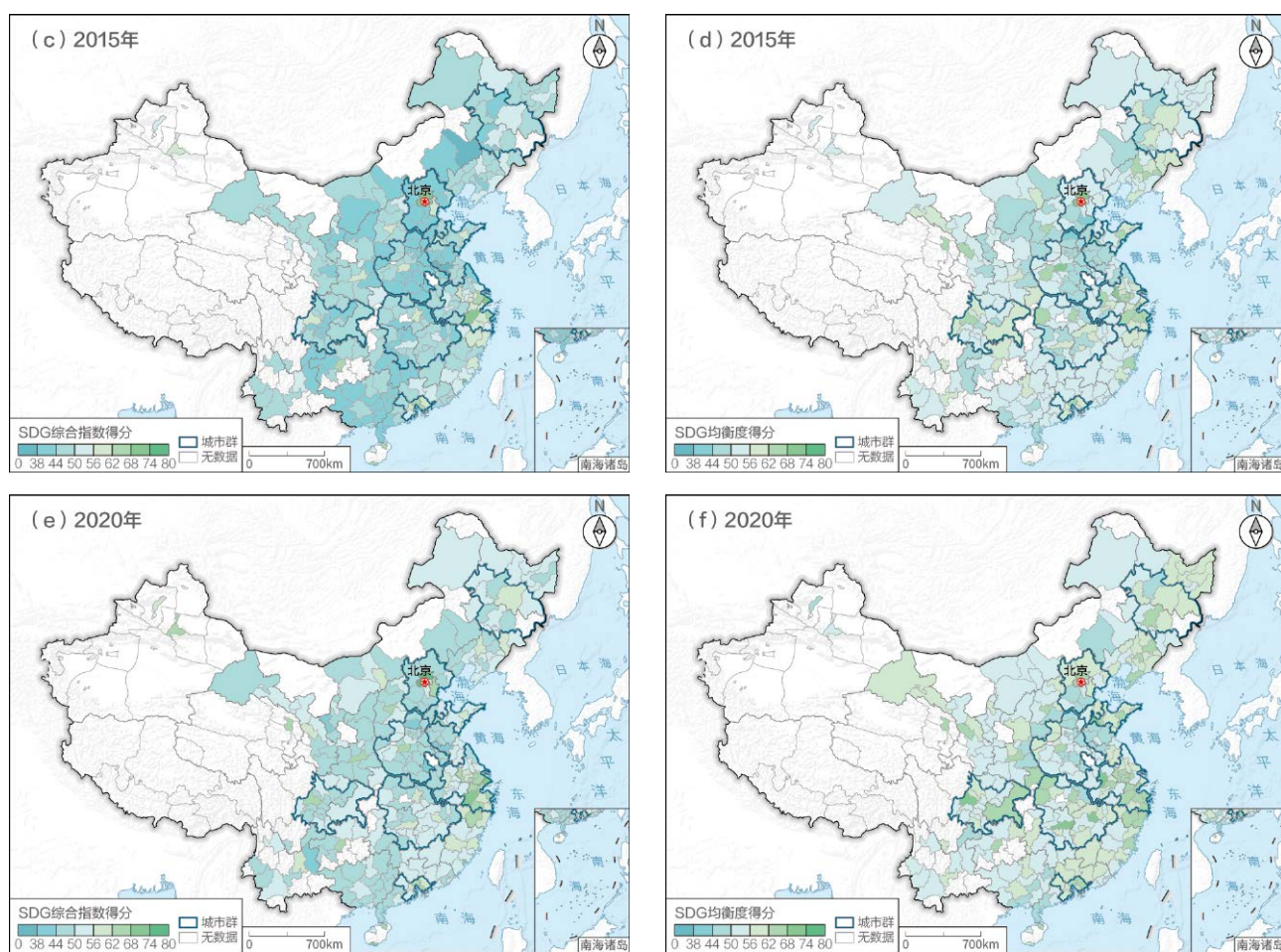


图 9-2 2010—2020 年中国 285 个地级及以上城市可持续发展综合评估

SDGs协同与权衡关系分析

基于中国 285 个地级及以上城市的 SDG 时间序列数据（2000—2020 年），进行平稳性检验，通过向量自回归模型确定最佳滞后期，分析 SDG 指标间格兰杰因果关系。基于 SDG 指标间的因果关联，构建城市之间的 SDG 联立方程组，探索不同城市间 SDGs 的交互作用方向和强度，并分别统计城市群和非城市群 SDGs 协同与权衡关系的数量占比和平均强度。

中国地级及以上城市间 SDGs 的交互作用整体表现为正向的协同多于权衡，协同关系占比 60.04%，权衡关系占比 39.96%，且在长三角、成渝、珠三角等城市群区域城市间 SDGs 交互作用更为紧密。2000—2020 年中国各地级及以上城市 SDGs 间的典型交互作用如图 9-3 所示，整体上，协同关系为权衡关系数量的约 1.5 倍。中

国各地级及以上城市之间的关系是紧密相连的，不是单一城市的“孤军奋战”。城市的发展不仅受到该城市自身因素的推动，还受到周边城市的空间溢出效应的影响。从空间分布上看，城市间 SDGs 交互作用紧密的地区大多分布于城市群区域，尤其在长三角、成渝、珠三角等城市群区域。SDGs 在城市间协同作用均明显高于权衡作用的数量和强度，城市群的发展能够促进城市间的正向协同交互作用。对比结果表明，城市群的 SDG 综合指数的城市间协同关系数量占比和强度均高于非城市群，而权衡关系数量占比和强度均低于非城市群。综合而言，中国城市群这一发展战略有效地促进了城市间的积极协同发展，同时抑制了城市间的权衡抵消作用，有利于促进城市整体可持续发展的积极健康发展。

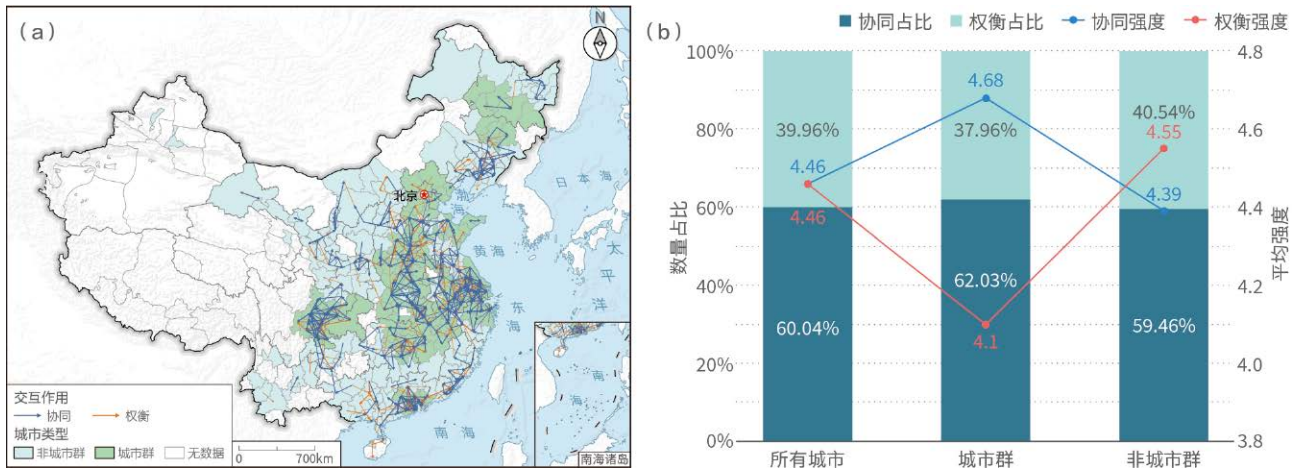


图 9-3 2000—2020 年中国地级及以上城市 SDGs 间交互作用。(a) Top 1% 典型交互作用空间分布；(b) 总体交互作用数量占比统计

SDGs 空间溢出效应

通过计算整体与局部莫兰指数和运用空间杜宾模型评估各城市与周围城市之间的交互作用对 SDG 实现的影响。在空间杜宾模型中，SDG 综合指数的增长为被解释变量，临近地区的 SDG 综合指数的增长为核心变量，控制变量包括初期 SDG 综合指数、经济发展、社会进展、

环境改善、治理效率进展和 SDG 均衡度。

中国各地级及以上城市 SDGs 不仅受到本地区内部因素的驱动，而且还受到其周围城市的空间溢出效应的影响。当周围城市的 SDGs 的进展提高 10% 时，可以带动本地区的 SDGs 提高 2.80%。其中，城市群的空间溢

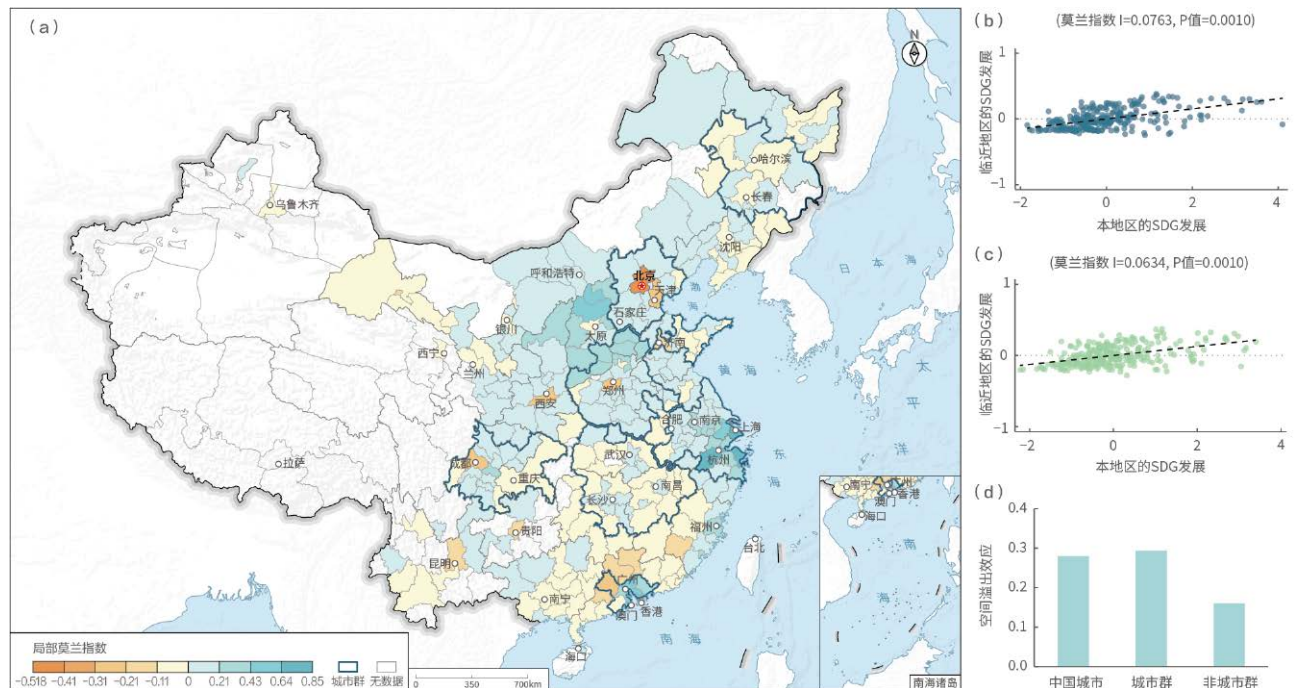


图 9-4 中国地级及以上城市 SDGs 的空间关系。(a) 2020 年 SDG 进展的空间聚集特征；(b) 2010 年地级及以上城市间交互关系；(c) 2020 年地级及以上城市间交互关系；(d) 空间溢出效应

出效应显著高于非城市群的空间溢出效应。中国各地级及以上城市的 SDGs 呈显著的协同效应，城市群之间和非城市群之间的交互作用均产生正向的空间溢出效应，表明本地区的 SDGs 发展与邻近城市的发展呈正相关。SDGs 得分高与 SDGs 得分低的城市在空间上更易分别聚集。同时，城市的空间交互作用存在着明显的空间异质性，城市群的空间自回归系数比非城市群的空间自回归系数高出 0.1340（83.75%），这说明城市群的空间溢

出效应显著高于非城市群的空间溢出效应。具体来说，当周围城市的 SDGs 的进展提高 10% 时，城市群和非城市群的中心城市的 SDGs 分别提高 2.94% 和 1.60%。中国各地级及以上城市、城市群和非城市群 SDG 综合指数的增长率与初期 SDG 综合指数水平呈显著负相关，即 SDG 综合指数得分低的区域具有后发优势，比得分高的区域发展更快（图 9-4）。

SDGs未来发展前景预测

根据 2000—2020 年各地级及以上城市 SDGs 的指标值，计算得到各地级及以上城市的 SDGs 年均复合增长率；利用 2020 年 SDGs 的目标值构建 2020 年城市可持续发展距离，并基于地理距离构建城市空间地理距离矩阵，结合所构建的城市可持续发展距离和空间地理距离权重矩阵，设置延续发展路径、温和发展路径、适宜发展路径、积极发展路径以及充分发展路径五种不同的发展路径，筛选得到不同发展路径下的相似邻近城市集，以城市集中最好的城市 SDGs 增长模式为标准，学习该城市的生长模式。与此同时，由于 SDGs 是一个复杂的

关联系统，城市内 SDGs 的交互作用以及 SDGs 空间溢出效应都会对城市的 SDGs 进程产生影响，综合考虑城市内 SDGs 交互作用以及 SDGs 空间溢出作用，预测城市 SDGs 在下一年进程的目标值；通过重复上述步骤，以迭代预测的方式得到 2021—2030 年各地级及以上城市 SDGs 的目标值。

中国各地级及以上城市 SDGs 的未来发展具有显著的空间差异，城市群战略能够有效带动城市的可持续发展，需要重点发展 SDG 4（优质教育）、SDG 11（可持续城市和社区）、SDG 12（负责任消费和生产）和

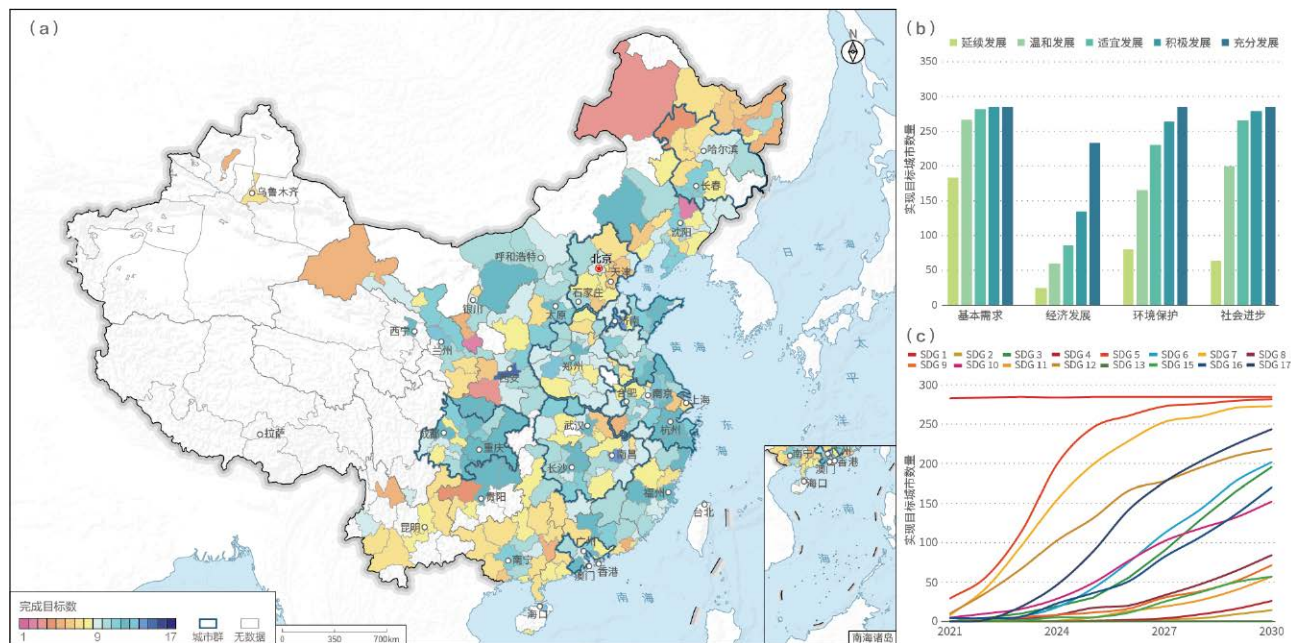


图 9-5 中国各地级及以上城市 SDGs 实现进程预估结果。(a) 适宜发展情景下各地级及以上城市可完成 SDGs 数量；(b) 不同情景下四类 SDGs 实现进程；(c) 2021—2030 年适宜发展情景下 SDGs 发展趋势

SDG 15(陆地生物)等目标,促进SDGs的整体实现进程。情景模拟显示,到2030年中国各地级及以上城市SDGs目标实现进程预估结果如图9-5所示。适宜发展情景下2030年中国各地级及以上城市SDGs的实现进程存在较大差异,长三角、成渝等城市群实现的SDGs数量较多,而东北和西南地区部分城市完成SDGs数量偏低,因此,需要根据不同地区的发展情况推动城市SDGs的发展。将SDGs分为基本需求、环境保护、社会进步和经济发展四种类型,其中,中国各地级及以上城市基本需求类SDGs在不同的发展情景下的完成情况均较好。随着发展成本的提升,从延续发展情景到充分发展情景实现SDGs的城市数量逐渐增多,其中社会进步类目标完成城市数量增加尤为明显,表明适当提高城市的发展成本有利于推动城市社会可持续性的快速增长。从SDG目标层面来看,SDG 1(无贫穷)已实现目标。预期到2030年大多数城市可以实现SDG 2(零饥饿)和SDG 17(促进目标实现的伙伴关系)等目标,而SDG 4(优质教育)、SDG 11(可持续城市和社区)、SDG 12(负责任消费和生产)和SDG 15(陆地生物)等目标需要重点发展。

因此,需要制定合理的政策,促进城市优质教育稳步发展,并积极建设可持续性城市和社区,推进绿色生活生产消费方式转变和陆地生物的良好发展,以促进SDGs的整体实现。

中国大多数城市仅需延续过去的发展路径或稍微提高城市的发展投入,即可有效地促进SDG 5(性别平等)和SDG 7(清洁能源)等目标实现。而大多数城市的SDG 2(零饥饿)、SDG 4(优质教育)和SDG 13(气候行动)需要采取充分发展路径,优先改善和发展粮食安全、优质教育、气候变化等SDGs,以促进城市SDGs整体实现进程。中国各地级及以上城市SDGs的最优实现路径如图9-6所示。中国各地级及以上城市的最优路径存在明显的空间差异,城市群发展战略能有效地促进SDGs目标实现。在长三角、珠三角等城市群SDG 8(体面工作和经济增长)和SDG 9(产业、创新和基础设施)仅需延续当前的发展路径,或较少投入的温和发展模式,即可实现对应目标,而其他地区城市则需要较高的投入(积极发展或充分发展模式)才能实现SDG 8和SDG 9。

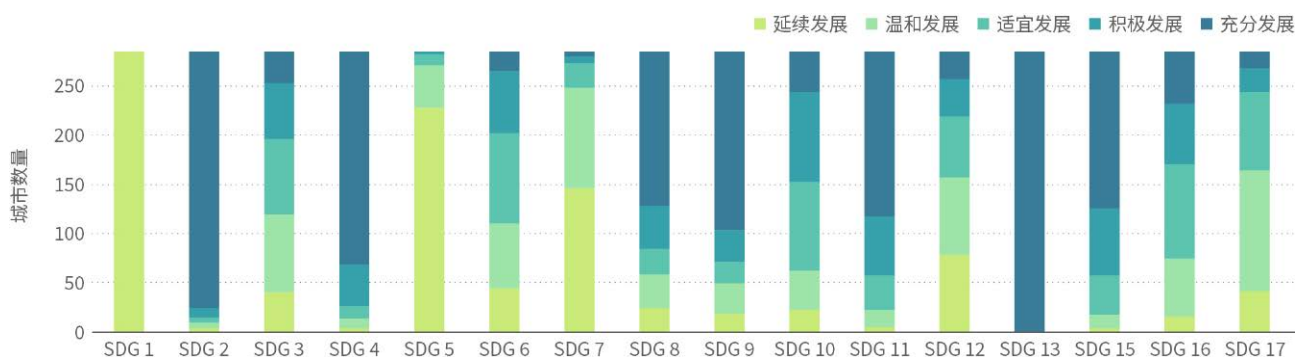


图9-6 不同发展路径下各SDG可实现城市数量



建议与展望

本章围绕 SDGs 综合评估、SDGs 协同与权衡关系分析、SDGs 空间溢出效应分析及 SDGs 未来情景模拟 4 个主题，在中国 285 个地级及以上城市开展了案例研究。发现中国各地级及以上城市 SDG 综合指数及均衡发展具有明显的空间差异，城市群的 SDGs 发展明显优于非城市群区域，城市间 SDGs 的协同关系多于权衡关系。研究结果可为中国加快城市群建设，促进不同地区间 SDGs 协同发展，抑制权衡影响，优选可持续发展路径提供决策参考。

基于本章研究，我们建议：

(1) 加大 SDGs 相关指标地球大数据的获取能力建设。构建中国各地市级和县级等不同行政级别与联合国可持续发展指标体系相适用的 SDG 指标体系，并健全数据收集获取的标准化流程，为城市间 SDGs 综合与交叉

评估及城市间 SDGs 空间溢出作用提供数据支撑。

(2) 深化城市间 SDGs 多指标交互溢出作用分析方法研究。利用地球大数据的探索性空间数据分析、空间计量模型和深度学习等方法，为探讨中国各地级及以上城市间 SDGs 多指标交互空间溢出作用提供方法参考。

(3) 开展非空间统计 SDG 指标的空间化分解研究。基于人口、土地利用等空间数据将其他非空间统计 SDG 指标空间化，从而实现具有高空间解析度 SDGs 的综合评估，为中国各地级及以上城市 SDGs 的实现路径精细化决策提供技术支撑。

未来，我们将持续探索地球大数据在 SDGs 综合与交叉方面的信息挖掘能力，为提出不同地区 SDGs 的实现路径提供科学依据。

总结与展望

总结

本报告针对 7 个 SDGs（零饥饿、清洁饮水和卫生设施、经济适用的清洁能源、可持续城市和社区、气候行动、水下生物和陆地生物）及 SDGs 多指标交叉与综合，从数据产品、方法模型和决策支持三个方面，在不同尺度开展了地球大数据支撑 SDG 指标评估的案例研究。

在数据产品方面，研制了全球与中国尺度的数据产品 32 套。部分产品弥补了 SDG 指标监测的数据空缺，例如，全球大型湖库透明度时空变化、全球风光资源数据、全球世界遗产地边界、全球 30m 林木覆盖数据、全球典型区域大气颗粒物空间分布、中国 PM_{2.5} 日尺度网格化数据集、中国梯田空间分布、中国森林地上生物量、中国土地退化与恢复等数据集；另有部分产品提升了 SDG 指标监测与评估的空间精细度，例如，全球 1km 分辨率农田用水效率、非洲 0.5° 网格地下水储量变化、中国 10m 分辨率筏式养殖空间分布等数据集。

在方法模型方面，构建了基于地球大数据的方法模型 25 种。部分方法模型解决了 SDG 指标监测方法缺失的问题，例如，中国依靠清洁炊事能源和技术的人口比例评估方法等；部分方法模型为 SDG 评估提供了优化解决方案，例如，耦合连续变化检测和动态更新的耕地变化监测模型。此外，在 SDGs 多指标交叉与综合方面，通过采用局部空间自相关和双变量空间自相关方法，挖掘中国不同城市 SDGs 的时空差异性。结合格兰杰因果关系检验和联立方程模型，探索了城市间 SDGs 的协同与权衡作用。通过构建迭代预测模型，预测不同情景下中国各地级及以上城市可持续发展目标的实现进程和发展趋势。

在决策支持方面，通过结合以上数据与方法，开展

了可持续发展指标时空分析，提供了支持全球和中国可持续发展的决策参考建议 32 项。例如，面向区域化的产能提升驱动要素，加强农田建设的科学规划与综合引导，加大土壤质量提升和农业科技服务等方面的配合力度，促进耕地利用综合效益提升；加强国家和地方清洁饮水和卫生设施使用人口统计调查，综合利用时空过程连续的卫星遥感数据产品，弥补和解决统计调查数据无法指导精准施策问题；将非水可再生能源装机占比作为 SDG 7.2 的新型指标，以加快能源转型；推动城市公共交通的智能化和整合化发展，有针对性地规划公共交通线路和运营；大力减少人为排放与增加生态系统碳汇措施并举，尽快实现全球碳中和；在 SDG 14.2 中增加典型海洋生态系统恢复（比如红树林、海草床、珊瑚礁等）的评价指标，促进指标的可量化性和可获取性，并通过“海洋科学十年”计划的实施，进一步鼓励和引导各国加大对海洋科学研究的支持力度；加强基于地球大数据的中蒙跨境土地退化治理、生态修复效益评估与模拟，为减少蒙古高原沙尘暴影响提供支撑；在中国地级及以上城市继续深化城市群战略，并重点发展 SDG 4、SDG 11、SDG 12 和 SDG 15 等目标，以促进 SDGs 的整体实现进程。

在此基础上，依据过去 4 年的报告成果，以及国家及联合国部分统计数据，分析了 2010—2022 年中国以环境类为主的可持续发展指标进展。结果显示，环境类可持续发展指标取得巨大进展。2010—2022 年期间，评估的指标整体持续稳定改善。截止到 2022 年，地球大数据评估的 98 个指标中，有 52%（51 个）的指标，已经提前实现 2030 年目标。

展望

地球大数据的广泛应用极大地推动了可持续发展目标的实现，同时也存在诸多问题，比如需要采用更高质量的地球大数据、发展更合理更智能的SDG指标评估方法、推动数据共享和应用以及搭建多指标间的综合评价体系等（Guo *et al.*, 2022a; Guo *et al.*, 2022b; 郭华东等，2021）。为促进联合国2030年议程的实现，建议未来重点开展以下工作。

积极推进SDG指标体系完善调整

当前联合国SDG指标体系中的部分指标无法体现国家间人口、发展程度、地理环境差异，且基于国别尺度的统计数据难以体现国家内部不同地理单元的可持续发展水平差异。无法真正践行“不让一个人掉队”的目标宗旨。基于空间分布的地球大数据具有较强的地理空间分解能力，特别是针对环境类指标，可实现更高空间维度的SDG指标监测与评估。因此，建议在SDG指标体系中积极促进基于地球大数据相关指标的应用，作为地理空间分解有效补充进一步完善调整SDG指标体系。

推动地球大数据的共享和广泛应用

由于各国统计标准和方法的不同，各指标数据的规范性和质量参差不齐，发达国家和发展中国家在地理覆盖率和时效性方面也存在显著差距。地球大数据具有海量、多源以及更精准、更科学、更及时的独特优势。海量地球大数据的合理管理模式和高效共享方式是促进可持续发展目标实现的前提。目前，地球科学数据存在着共享机制不完善、共享技术创新性匮乏、共享服务模式单一和共享权益保障较弱等问题，我们需要推动更广泛的科学数据共享和应用，加强多时空数据的管理与关联融合，构建科学数据共享及其机制建设，消除信息孤岛、实现数据的快速汇集和报送，打破地球大数据的共享壁垒，弥合数字鸿沟，充分发挥地球大数据在实现全球可持续发展目标中的作用。

技术创新搭建可持续发展目标评估方法

基于地球大数据的SDG指标监测新方法和新模型需

要在自动化、智能化和时效性方面取得进步以实现地球大数据的高效利用。孤立使用单一特定领域的已有挖掘分析理论和方法已经难以有效推动科学发现，需要综合应用和创新技术方法，系统性、整体性去解决重大科学问题。目前绝大多数采用的地球大数据分析方法是统计分析、可视化展现，以及机器学习技术。建议结合人工智能、深度学习、数据融合、数据同化和区块链等创新前沿技术，进一步提高各种方法的适用性和可解释性，提高地球大数据衡量可持续发展目标的能力。

加强大数据在多个可持续发展目标间关系研究

联合国2030年议程提供了一个全面和多维的发展观。由于不同可持续发展目标的相互关系，单一目标会受到其他目标的促进或限制作用。地球大数据具有的时空连续特征能够补充或替代传统官方的统计数据，并提供包括土地、大气、海洋和人口等在内的多主题信息。需要利用海量多源信息推动全球、国家或区域间跨部门的监测能力，进行问题导向的数据挖掘，探索构建多指标综合评估体系，充分分析不同可持续发展目标间的协同或权衡关系，准确把握指标动态趋势，优化区域SDGs协同发展路径，为促进全部可持续发展目标的共同发展提供科学依据。

重视可持续发展科学卫星数据的应用

可持续发展大数据国际研究中心发射了可持续发展科学卫星1号（SDGSAT-1）。作为全球首颗专门服务2030年议程的科学卫星，SDGSAT-1卫星为表征人与自然交互作用的SDGs指标提供专属数据支撑。2022年9月，“SDGSAT-1开放科学计划”启动，逾70个国家开始使用该卫星数据。建议国际社会广泛使用该卫星数据，利用新型数据为国际社会特别是发展中国家开展SDGs研究做出实质贡献。同时建议在数据质量、处理方法、空间分辨率和数据粒度等方面进一步挖掘地球大数据的应用价值，充分发挥其在实现可持续发展目标评估中的作用。

数据源

卫星监测数据

1980~2015 年中国森林覆盖变化 CFCD 数据 . <https://doi.org/10.1029/2022JG007101>

1980~2022 年全球土地覆盖变化 LUH2 数据 . <https://luh.umd.edu/>

2000~2018 年全球湿地分布 WAD2M 数据 . <https://doi.org/10.5194/essd-13-2001-2021>

2000~2020 年增强型植被指数 (Enhanced Vegetation Index, EVI) 数据, 空间分辨率 500m. <https://lpdaac.usgs.gov/products/myd13a1v061/>

2010~2012, 以及 2021 年逐月 0.125° 的 OMI 卫星全球 NO₂ 对流层柱浓度 . https://www.temis.nl/airpollution/no2col/no2regioomimonth_qa.php

2010~2021 年中国 30m 分辨率土地利用数据 . <https://zenodo.org/record/5816591#.Y-4bEsisGvM>

2010~2021 年中国 1 km 的 MODIS 气溶胶光学厚度产品 . <https://zenodo.org/record/5652257>

2010~2022 年逐月 1 km 的 MODIS 植被指数产品 MOD13A3. <https://modis.gsfc.nasa.gov/>

2013~2018 年逐月 0.1° 的 OMI 卫星中国 NO₂ 对流层柱浓度 . <https://zenodo.org/record/7574177>

2015 年 SDG 15.3.1 评估结果数据 (Guo *et al.*, 2019)

2015、2020 年全球土地覆盖数据, 空间分辨率 300m. 欧洲航天局提供

2016~2022 年中国双季稻分布数据 . <https://doi.org/10.3390/rs13224609>

2017~2022 年中国中稻分布数据 . <https://doi.org/10.5194/essd-2023-9>

2019~2020 年逐月 1 km 的 Tropomi 卫星中国的 NO₂ 对流层柱浓度 . <https://zenodo.org/record/6622056>

2019~2022 年全球 TROPOMI NO₂ 柱浓度数据. 来源: 欧洲航天局 www.esa.int.

2020 年全球地表覆盖 GlobLE30 数据 . <http://www.globallandcover.com/>

2020 年全球 30 米精细土地覆盖分类产品 GLC_FCS30. https://data.casearth.cn/thematic/glc_fcs30

AquaSat 共享数据集为数据源 . <https://github.com/GlobalHydrologyLab/AquaSat>

EMLS (European Multi Lake Survey) 共享数据集, <http://geonode.org/>

Google Earth Pro 和 Collect Earth 开源卫星遥感影像数据
GRACE 重力卫星数据 . <http://icgem.gfz-potsdam.de/series>
KeyHole 卫星遥感影像数据 (1962)

Landsat 卫星遥感影像数据 . <https://www.earthdata.nasa.gov/>

MODIS 遥感影像数据 . <https://www.earthdata.nasa.gov/>

MODIS 归一化差值植被指数数据 . <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.061>. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MYD13Q1.061>

Planet 卫星遥感影像数据 . <https://www.planet.com/explorer/>

Sentinel 卫星遥感影像数据 . <https://scihub.copernicus.eu/>

SPOT 卫星遥感影像数据 . <https://regards.cnes.fr/user/sw/h/modules/60>

SRTM 全球陆地高程数据 . <https://earthexplorer.usgs.gov/>

可持续发展科学卫星一号 (SDGSAT-1) 遥感影像数据 . <https://www.sdgsat.ac.cn/>

高分 (Gaofen) 卫星遥感影像数据 . <https://data.cresda.cn/#/home>

国家土壤信息网格数据 . <http://doi.org/10.11666/00073.ver1.db>

珞珈一号卫星夜间灯光影像数据 .

<http://59.175.109.173:8888/app/login.html>

全球 1km 分辨率逐年农田水分利用效率数据集 . http://data.casearth.cn/thematic/GWRD_2023/273

全球 500m 分辨率 MODIS 地表反射率数据 . <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>

全球风能资源图谱 . <https://globalwindatlas.info/downloads/introduction>

全球太阳能资源谱图 . <https://solargis.com/cn/maps-and-gis-data/download/world>

全球土地利用和土地覆被数据 . <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!dataset/satellite-land-cover?tab=form>

全球自然保护区数据 . <https://www.protectedplanet.net/>

全球高程数据 . <https://download.gebco.net/>

全球海水深度数据 . <https://download.gebco.net/>

全球湖泊数据 . <https://www.hydrosheds.org/products/hydrolakes>

全球土地覆盖 GLCS-LC100. <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>

全球土壤有机碳数据, 空间分辨率 250m. 来源: 国际土壤信息参比中心 SoilGrid 250

全球生态分区数据 . 来源: RESOLVE Ecoregions 2017 (<https://ecoregions2017.appspot.com/>)

哨兵全球 10 米土地覆盖产品 . <https://esa-worldcover.org/en>
行政区划矢量数据、环境气候数据 (当前场景 / 未来场景 2040 年) (Fick and Hijmans, 2017)

中国海洋一号 C、D 卫星反射率产品 . <https://osdds.nsoas.org.cn/>

1km 分辨率中国海拔高度 (DEM) . 中国科学院资源环境数据中心提供的

逐年中国土地利用数据 CLUD-A. <https://doi.org/10.1007/s11430-019-9606-4>

地面观测数据

2000~2020 年中国气象要素 (如降水量、辐射等) 数据 . 来源: 中国气象局国家气象信息中心

2003~2021 年胶州湾海洋浮游植物、浮游动物、叶绿素、水文要素、海水化学要素等生态要素实测数据 . 来源: 中国科学院海洋研究所

2008~2017 年蒙古国和内蒙古气象台站数据, 包括年平均气温和降水数据

2015~2022 年中国空气质量监测网络提供的 PM_{2.5} 数据, 中国环境监测总站和各省的环境监测总站提供

2010~2022 年中国 2100 个国家级气象站点逐日能见度数据, 中国气象局 MICAPS 气象信息综合分析处理系统提供

2015~2022 年中国近海海洋微塑料检测数据集 . 来源: 自然资源部第一海洋研究所

江苏省行政区划矢量数据 . 来源: 国家基础地理信息中心 (<http://www.ngcc.cn/ngcc/>)

全球森林动态监测网络全球森林大样地、Geo-Wiki 验证数据、日本千叶大学环境遥感中心 (CEReS) 地面真实验证点、全球通量站点数据资料等。

森林生物量地上样地数据: 依托中国科学院青藏高原二次科考项目 (E0BA180100)、全国重点地区生物量产品的课题等研究成果, 与中国科学院生态中心合作收集了全国 6667 个样地的森林结构参数 (包括树高和胸径等)

中国气象站点降水和温度数据 . <https://www.ncci.noaa.gov/>

中国地表水体实测透明度数据集、国家地球系统科学数据中心和中国湖泊科学数据库中的实测透明度数据集 . <http://www.geodata.cn/data/datadetails.html?dataguid=23392619680528&docid=6083>

统计数据

1980~2022 年中国 31 个省级行政区农业统计数据 . 来源: 国家统计局 (<http://www.stats.gov.cn/>)

1980~2022 年全球不同国家农业统计数据 . 来源: 世界粮农组织 (<https://www.fao.org/faostat/zh/>) .

1989~2020 年台风灾害数据 . 来源: 中国海洋灾害公报 (<https://www.mnr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbgg/zghyzhgb/>)

2000~2020 年中国 31 个省级行政区统计数据 . 来源: 中国国家统计局

2000~2020 年国家统计局 285 个城市 SDGs 指标统计数据 (<http://www.stats.gov.cn/>)

2000~2020 年土地利用分类数据, 空间分辨率为 30m (<http://irsip.whu.edu.cn/resources/CLCD.php>)

2005~2021 年期间中国国家统计局的人口和国内生产总值 (GDP) 数据 . <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsjs/>

2007~2023 年中国国家级和省级的气候行动政策数据集 . 来源: 科技政策汇 (<http://policybank.las.ac.cn/policy22-list>)

2010~2020 年 1km 的 LandScan 人口数据 . <https://landscan.ornl.gov/metadata>

2010~2021 年中国 31 个省级行政区统计数据 . 来源: 国家统计局 (<http://www.stats.gov.cn/>)

2010~2021 年中国水旱灾害公报数据 . 来源: 中华人民共和国水利部 (<http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/zgshzhgb/>)

2015 年中国环境状况公报数据 . 来源: 中华人民共和国环境保护部 . <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>

2015、2020 年中国城乡建设统计年鉴数据 . 来源: 中华人民共和国住房和城乡建设部 (<https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdgnr/sjfb/tjxx/jstjnj/index.html>)

2021 年中国生态环境状况公报数据 . 来源: 中华人民共和国生态环境部 . <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>

2015、2020 年全球 100m 分辨率人口格网数据 . 来源: WorldPop (<https://hub.worldpop.org/>)

2015、2020 年全球公共交通站点 POI 数据 . 来源: OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>)

2015~2022 年光伏发电相关统计数据 . 来源: 国家能源局及国际能源署公布

2015~2022 年中国太阳能产品出口统计数据 . 来源: 中华人民共和国海关总署 (<http://www.customs.gov.cn/>)

2017 年中国重点农区高标准农田项目区建设成效调查问

卷.来源:中国科学院科技服务网络计划(STS)项目"国家农业综合开发高标准农田建设第三方评估".

2017~2021年赤潮、绿潮灾害.来源:中国海洋灾害公报(<https://ww.mnr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbagg/zghyzhgb/>)

2018年全球各国碳排放数据.来源:大气研究排放数据库(Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR) <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>.

2018~2021年中国近海塑料垃圾与微塑料数据.来源:中国海洋生态环境状况公报(<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/>)

2019年全球人类居住层数据集城市中心数据库.来源:GHSL-UCDB(https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/ghs_stat_ucdb2015mt_r2019a.php)

2019~2022年全球国家各部门(电力、工业、航空、地面交通、居民消费、航运)活动数据,包括能源消费、工业活动、GPS数据和雷达数据.来源:各国统计局、开源网站、运营公司等.

2021年中国生态环境状况公报.(https://www.gov.cn/xinwen/2022-5/28/content_5692799.htm)

2022年各省市农村城镇人口数据.来源:各省市官方统计局

2022年各省市各区县人均GDP.来源:各省市官方统计局保护区数据集.来源:世界保护区数据库(<https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa>)

《地球大数据支撑可持续发展目标报告》, <http://www.cbac.ac.cn/en/publications/reports/>

联合国经济和社会事务部人口数据: <https://population.un.org/wup>

农业入侵害虫的分布数据(2012~2020).来源:《中华人民共和国农业农村部公报》

全国行政区划矢量数据.来源:全国地理信息资源目录服务系统(<https://www.webmap.cn/main.do?method=index>)

全球尺度红色名录评估数据.来源:IUCN(www.iucnredlist.org)

世界遗产地申报和维护相关文件或图片.来源:联合国教科文组织世界遗产中心官方网站(<http://whc.unesco.org/>)

中国境外工程项目数据集.来源:中国科学院空天信息创新研究院

中国海外能源融资数据库.来源:全球发展政策研究中心中国强沙尘暴序列及其支撑数据集.来源:国家气象信息中心(中国气象局气象数据中心),气象科学数据共享平台(<https://data.cma.cn/>)

《中国种子植物多样性名录与保护利用》(覃海宁,2020)及后续的专家评估完善,及中国数字植物标本馆(<https://www.cvh.ac.cn/>)

中华人民共和国环境保护部和中国科学院.2013.中国生物多样性红色名录—高等植物卷.(https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912_260061.htm)

中华人民共和国生态环境部和中国科学院.2023.中国生物多样性红色名录—高等植物卷(2020).(https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html)

模型模拟数据

1980~2022年全球再分析气象数据集(ERA5-Land).
<https://www.ecmwf.int/en/era5-land>

2010~2020年中国0.1°的ERA5再分析资料的地面和高空气象数据.<https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis>

2019~2022年全球ERA5再分析数据集.来源:哥白尼气候变化服务中心(Copernicus Climate Change Service, C3S) <https://climate.copernicus.eu/>.

GLDAS(Global Land Data Assimilation System)和CLSM(Community Land Surface Model)v2.2陆面过程模型数据.
<https://disc.gsfc.nasa.gov/>

GLHYMPS(GLobal HYdrogeology MaPS)V2.0. <https://borealisdata.ca/dataset.xhtml?persistentId=doi%3A10.5683/SP2/TTJNIU>

WorldClim数据.<https://worldclim.org>

水稻、土豆及温带水果种植范围地图(International Food Policy Research Institute, 2019)

网络数据

在微博授权下,通过应用程序接口(API),使用Python 3.6程序自动检索可公开访问的微博消息和相应的用户资料.所采集的数据时间区间为2022年1月1日至2022年12月31日.

缩略词

AGB	Aboveground Biomass	地上生物量
BP	British Petroleum	英国石油公司
CBAS	International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals	可持续发展大数据国际研究中心
CBD	Convention on Biological Diversity	生物多样性公约
CDIAC	Carbon Dioxide Information Analysis Center	二氧化碳信息分析中心
CLSM	Catchment Land Surface Model	集水区陆面模型
DEM	Digital Elevation Model	数字高程模型
DSDI	Dust Storm Detection Index	沙尘指数
EDGAR	Emissions Database for Global Atmospheric Research	全球大气研究排放数据库
EMLS	European Multi Lake Survey	欧洲多湖调查共享数据集
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	联合国粮农组织
FUI	Forel-Ule Index	水体颜色指数
GCP	Global Carbon Project	全球碳计划
GDI	Global Development Initiative	全球发展倡议
GDP	Gross Domestic Product	国内生产总值
GLAKES	Global Lakes	全球湖库矢量边界数据集
GLDAS	Global Land Data Assimilation System	全球陆地数据同化系统
GLHYMPS	GLobal HYdrogeology MaPS	全球水文地质图
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre	全球降水气候中心
GPG	Good Practice Guidance	良好实践指南
GRACE	Gravity Recovery and Climate Experiment	重力卫星
GSW	Global Surface Water	全球地表水体数据集
HIST	International Centre on Space Technologies for Natural and Cultural Heritage under the auspices of UNESCO	联合国教科文组织国际自然与文化遗产空间技术中心
IBIS	Integrated Biosphere Simulator	陆地生态系统碳循环过程模型
IEA	International Energy Agency	国际能源署
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府间气候变化专门委员会
ISO/TC339	Technical Committee 339 Small Hydropower Plants of International Organization for Standardization	国际标准化组织小水电技术委员会
IUCN	International Union for Conservation of Nature	世界自然保护联盟
JRC	European Commission's Joint Research Centre	欧盟委员会联合研究中心
LDN	Land Degradation Neutrality	土地退化零增长
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer	中分辨率成像光谱仪

NDCs	Nationally Determined Contributions	国家自主贡献
NPP	Net Primary Productivity	净初级生产力
OLI	Operational Land Imager	陆地成像仪
PCAPT	Public Convenient Accessibility to Public Transport	公共交通便利程度指标
PE	Polyethylene	聚乙烯
PET	Polyethylene Terephthalate	聚对苯二甲酸乙二醇酯
POI	Points of Interest	兴趣点
PP	Polypropylene	聚丙烯
PS	Polystyrene	聚苯乙烯
RLI	Red List Index	红色名录指数
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation	通用土壤流失方程
SDGs	Sustainable Development Goals	可持续发展目标
SDS	Sand and Dust Storms	沙尘暴
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification	联合国防治荒漠化公约
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	联合国工业发展组织
WDPA	World Database on Protected Areas	世界保护区数据库
WHC	UNESCO World Heritage Centre	联合国教科文组织世界遗产中心
WHO	World Health Organization	世界卫生组织

主要参考文献

- Bai K, Li K, Ma M, *et al.* LGHAP: the long-term gap-free high-resolution air pollutant concentration data set, derived via tensor-flow-based multimodal data fusion[J]. *Earth System Science Data*, 2022, 14(2): 907-927. DOI: 10.5194/essd-14-907-2022.
- Barnett C, Parnell S. Ideas, implementation and indicators: Epistemologies of the post-2015 urban agenda[J]. *Environment and Urbanization*, 2016, 28(1): 87-98. DOI: 10.1177/0956247815621473.
- Butchart S H M, Akcakaya H R, Chanson J, *et al.* Improvements to the Red List Index[J]. *PLOS ONE*, 2007, 2(1): e140. DOI: 10.1371/journal.pone.0000140.
- Butchart S H M, Stattersfield A J, Bennun L A, *et al.* Measuring global trends in the status of biodiversity: Red List Indices for birds[J]. *PLOS BIOLOGY*, 2004, 2(12): e383. DOI: 10.1371/journal.pbio.0020383.
- Chen M, Chen L, Cheng J, *et al.* Identifying interlinkages between urbanization and Sustainable Development Goals[J]. *Geography and Sustainability*, 2022, 3(4): 339-346. DOI: 10.1016/j.geosus.2022.10.001.
- Chen C, Park T, Wang X, *et al.* China and India lead in greening of the world through land-use management[J]. *Nature Sustainability*, 2019, 2: 122-129. DOI: 10.1038/s41893-019-0220-7.
- Da Cruz N F, Rode P, McQuarrie M. New urban governance: A review of current themes and future priorities[J]. *Journal of Urban Affairs*, 2019, 41(1): 1-19. DOI: 10.1080/07352166.2018.1499416.
- DeVries B, Huang C Q, Armston J, *et al.* Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2020, 240: 111664. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111664.
- Donchyts G, Winsemius H, Baart F, *et al.* High-resolution surface water dynamics in Earth's small and medium-sized reservoirs[J]. *Scientific Reports*, 2022, 12: 13776. DOI: 10.1038/s41598-022-17074-6.
- FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture-Systems at Breaking Point[R]. Rome, 2021. <https://www.fao.org/land-water/solaw2021/en/>.
- FAO. FAOStat: FAOSTAT Online Statistical Service Food and Agriculture Organization[R]. 2022. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, Agrifood Systems Transformation and Healthy Diets Across the Rural-urban Continuum[R]. Rome, 2023. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc3017en>.
- Fox S, Macleod A. Bristol and The SDGs: A Voluntary Local Review of Progress 2019[R]. 2019. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2020-09/BRISTOL%20AND%20THE%20SDGs.pdf>.
- Fox S, Macleod A. Localizing the SDGs in cities: reflections from an action research project in Bristol, UK[J]. *Urban Geography*, 2022, 44(3): 1-21. DOI: 10.1080/02723638.2021.1953286.
- Greene S and B Meixell. Hacking the Sustainable Development Goals: Can US Cities Measure Up?[R]. 2017. https://www.urban.org/research/publication/hacking-sustainable-development-goals/view/full_report.
- Gu X, Liu S, Li Y, *et al.* A review of sources, status, and risks of microplastics in the largest semi-enclosed sea of China, the Bohai Sea[J]. *Chemosphere*, 2022, 306:135564. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.135564.
- Guo H. Big Earth Data in Support of the Sustainable Development Goals (2019)[M]. Beijing: EDP Sciences Press, 2020.
- Guo H. Big Earth Data in Support of the Sustainable Development Goals (2020): The Belt and road[M]. Beijing: EDP Sciences Press, 2021.
- Guo H. Big Earth Data in Support of the Sustainable Development Goals (2021): The Belt and Road[M]. Beijing: EDP Sciences Press, 2022.
- Guo H, Huang L, Liang D. Further promotion of sustainable development goals using science, technology, and innovation[J]. *The Innovation*, 2022a, 3(6):100325. DOI:10.1016/j.xinn.2022.100325.

- Guo H, Liang D, Sun Z, *et al.* Measuring and evaluating SDG indicators with Big Earth Data[J]. *Science Bulletin*, 2022b, 67(17): 1792-1801. DOI: 10.1016/j.scib.2022.07.015.
- IEA. World Energy Outlook 2022[R]. Paris, 2022a. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.
- IEA, IRENA, WB, UNSD and WHO. Tracking SDG7: The Energy Progress Report, 2023[R]. 2023. https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/sdg7-report2023-full_report.pdf.
- IRENA. Renewable Capacity Statistics 2023[R]. 2023. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023>.
- Kastner T, Rivas M J I, Koch W, *et al.* Global changes in diets and the consequences for land requirements for food[J]. *Biological Sciences*, 2012, 109(18): 6868-6872. DOI: 10.1073/pnas.1117054109.
- Li Q, Jin R, Ye Z, *et al.* Mapping seagrass meadows in coastal China using GEE[J]. *Geocarto International*, 2022, 37(26): 12602-12617. DOI: 10.1080/10106049.2022.2070672.
- Liao Z, Yu K, Chen B, *et al.* Spatial distribution of benthic algae in the South China Sea: responses to gradually changing environmental factors and ecological impacts on coral communities[J]. *Diversity and Distributions*, 2021, 27(5): 929-943. DOI: 10.1111/ddi.13243.
- Liu Y, Du J, Wang Y, *et al.* Evenness is important in assessing progress towards sustainable development goals[J]. *National Science Review*, 2021, 8(8). DOI: 10.1093/nsr/nwaa238.
- Liu S, Pan Y, Li H, *et al.* Microplastic pollution in the surface seawater in Zhongsha Atoll, South China Sea[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 822:153604. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.153604.
- Logan M, Hu Z, Brinkman R, *et al.* Ecosystem health report cards: An overview of frameworks and analytical methodologies[J]. *Ecological Indicators*, 2019, 2019:105834. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105834.
- OECD and FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031[R]. 2022. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2022.
- Pan S, Pan N, Tian H, *et al.* Evaluation of global terrestrial evapotranspiration using state-of-the-art approaches in remote sensing, machine learning and land surface modeling[J]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2020, 24(3): 1485-1509. DOI: 10.5194/hess-24-1485-2020.
- Pan Y, Zhang C, Gong H, *et al.* Detection of human-induced evapotranspiration using gravity satellite observations in the Haihe River Basin of China[J]. *Geophysical Research Letters*, 2017, 44(1): 190-199. DOI: 10.1002/2016GL071287.
- Pekel J F, Cottam A, Gorelick N, *et al.* High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes[J]. *Nature*, 2016, 540: 418-422. DOI:10.1038/nature20584.
- Pi X, Luo Q, Feng L, *et al.* Mapping global lake dynamics reveals the emerging roles of small lakes[J]. *Nature communications*, 2022, 13: 5777. DOI: 10.1038/s41467-022-33239-3.
- Pradhan P, Costa L, Rybski D, *et al.* A systematic study of sustainable development goal (SDG) interactions[J]. *Earths Future*, 2017, 5(11): 1169-1179. DOI: 10.1002/2017ef000632.
- Saif M A, Zefreh M M, Torok A. Public transport accessibility: A literature review[J]. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 2019, 47(1): 36-43. DOI: 10.3311/PPtr.12072.
- Sun L, Chen J, Li Q, *et al.* Dramatic uneven urbanization of large cities throughout the world in recent decades[J]. *Nature communications*, 2020, 11(1): 5366. DOI: 10.1038/s41467-020-19158-1.
- Sun X, Liang J, Zhu M, *et al.* Microplastics in seawater and zooplankton from the Yellow Sea[J]. *Environmental Pollution*, 2018, 242: 585-595. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.014.
- UN. Road Map for Digital Cooperation: Implementation of the Recommendations of the High-level Panel on Digital Cooperation[R]. 2020a. <https://digitallibrary.un.org/record/3864685>.
- UN. Sustainable Development Goals Progress Chart 2020[R]. 2020b. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/progress-chart-2020.pdf>.
- UN. The Sustainable Development Goals Report 2022[R]. 2022. <https://www.un.org/development/desa/dspd/2022/07/sdgs-report/>.
- UN. The Sustainable Development Goals Report 2023: Special edition[R]. 2023a. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>.
- UN. Blueprint for Acceleration: Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation 2023[R]. 2023b. <https://www.unwater.org/publications/sdg-6-synthesis-report-2023>.
- UN. Progress Towards the Sustainable Development Goals: Towards a Rescue Plan for People and Planet, Report of the Secretary-General (special edition)[R]. 2023c. <https://hlpf>.

- un.org/sites/default/files/2023-07/SDG%20Progress%20Report%20Special%20Edition.pdf.
- UNCCD. Global Land Outlook 2[R]. 2022. <https://www.unccd.int/resources/global-land-outlook/glo2-summary-decision-makers>.
- UNEP. Measuring Progress: Environment and the SDGs[R]. 2021a. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35968/SDGMP.pdf>.
- UNEP. Progress on Integrated Water Resources Management: Tracking SDG 6 series - Global Indicator 6.5.1 Updates and Acceleration Needs[R]. 2021b. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/36690>.
- Wang S, Li J, Zhang B, *et al.* Changes of water clarity in large lakes and reservoirs across China observed from long-term MODIS[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2020, 247: 111949. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111949.
- Wang L, Liu B, Li R, *et al.* Prediction of daily PM_{2.5} and ozone based on high-density weather stations in China: Nonlinear effects of meteorology, human and ecosystem health risks[J]. *Atmospheric Research*, 2023, 293: 106889. DOI: 10.1016/j.atmosres.2023.106889.
- Wang J, Walter B A, Yao F, *et al.* GeoDAR: Georeferenced global dam and reservoir data set for bridging attributes and geolocations[J]. *Earth System Science Data*, 2021, 14(04): 1869–1899. DOI: 10.5194/essd-14-1869-2022.
- WEF. The Global Risks Report 2023[R]. 2023. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf.
- Wei J, Li Z, Wang J, *et al.* Ground-level gaseous pollutants (NO₂, SO₂, and CO) in China: daily seamless mapping and spatiotemporal variations[J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2023, 23(2): 1511–1532. DOI: 10.5194/acp-23-1511-2023.
- Wei W, Chen D, Wang L, *et al.* Global synthesis of the classifications, distributions, benefits and issues of terracing[J]. *Earth-Science Reviews*, 2016, 159: 388-403. DOI:10.1016/J.EARSCIREV.2016.06.010.
- WMO. State of the Global Climate 2022[R]. 2023. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11593.
- Yang J, Huang X. The 30 m annual land cover data sets and its dynamics in China from 1990 to 2019[J]. *Earth System Science Data*, 2021, 13(8): 3907–3925. DOI: 10.5194/essd-13-3907-2021.
- Yang S, Zhang J, Wang J, *et al.* Spatiotemporal variations of water productivity for cropland and driving factors over China during 2001-2015[J]. *Agricultural Water Management*, 2022, 262: 107328. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107328.
- Yuan W, Liu D, Dong W, *et al.* Multiyear precipitation reduction strongly decreases carbon uptake over northern China[J]. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2014, 119(5): 881-896. DOI: 10.1002/2014JG002608.
- Zhai L, Lu L, Dong Z, *et al.* The water-saving potential of using micro-sprinkling irrigation for winter wheat production on the North China Plain[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021, 20: 1687–1700. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63326-3.
- Zhang X, Long T, He G, *et al.* Rapid generation of global forest cover map using Landsat based on the forest ecological zones[J]. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2020c, 14(2): 022211. DOI: 10.1117/1.JRS.14.022211.
- Zhang Y, Wang C, Chen J, *et al.* Shape-constrained method of remote sensing monitoring of marine raft aquaculture areas on multitemporal synthetic Sentinel-1 imagery[J]. *Remote Sensing*, 2022a, 14(5): 1249. DOI: 10.3390/rs14051249.
- Zhang Y, Wang C, Yuan J, *et al.* Combining segmentation network and nonsubsampling contourlet transform for automatic marine raft aquaculture area extraction from Sentinel-1 images[J]. *Remote Sensing*, 2020b, 12: 4182. DOI: 10.3390/rs12244182.
- Zhang J, Wang S, Zhao W, *et al.* Finding pathways to synergistic development of Sustainable Development Goals in China[J]. *Humanities and Social Sciences Communications*, 2022b, 9: 21. DOI: 10.1057/s41599-022-01036-4.
- Zhang W, Zhang S, Zhao Q, *et al.* Spatio-temporal distribution of plastic and microplastic debris in the surface water of the Bohai Sea, China[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2020a, 158: 111343. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111343.
- Zhu, L, Bai, H, Chen, B, *et al.* Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification[J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 636: 20–29. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.182.
- 郭华东, 梁栋, 陈方, 等. 地球大数据促进联合国可持续发展目标实现 [J]. *中国科学院院刊*, 2021, 36(08): 874-884. DOI: 10.16418/j.issn.1000-3045.20210707006.
- 刘慧, 黄小平, 王元磊, 等. 渤海曹妃甸新发现的海草床及其生态特征 [J]. *生态学杂志*, 2016, 35(07): 1677-1683. DOI: 10.13292/j.1000-4890.201607.022.
- 卢善龙, 贾立, 蒋云钟, 等. 联合国可持续发展目标6 (清洁饮水与卫生设施) 监测评估: 进展与展望 [J]. *中国科学院院刊*, 2021, 36(8): 904–913. DOI: 10.16418/

- j.issn.1000-3045.20210705007.
- 宋婧, 王芳, 苗红, 等. 海外园区低碳发展指标体系: 赋能中国海外园区高质量发展 [J]. 开发性金融研究, 2022, (04):48-59. DOI: 10.16556/j.cnki.kfxjr.2022.04.002.
- 孙承君, 丁金凤, 高丰蕾, 等. 海洋微塑料研究挑战与展望 [J]. 海洋科学进展, 2022, 40(4): 717-724. DOI: 10.12362/j.issn.1671-6647.20220701002.
- 孙松, 孙晓霞. 海湾生态系统的理论与实践 - 以胶州湾为例 [M], 北京: 科学出版社, 2015.
- 覃海宁. 中国种子植物多样性名录与保护利用 [M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2020.
- 郑新曼, 董瑜. 政策文本量化研究的综述与展望 [J]. 现代情报, 2021, 41(02): 168-177.
- 中国电力企业联合会. 中国电力统计年鉴 2015—2021[R]. 2015—2021. <https://cec.org.cn/>.
- 中国电力企业联合会. 中国电气化年度发展报告 2022[R]. 2023. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/13/content_5741383.htm.
- 中国工业和信息化部. 2022 年汽车工业经济运行情况. 2022. <https://wap.miit.gov.cn/>.
- 中国公安部. 2022 年全国机动车和驾驶人统计数据. 2022. <https://www.mps.gov.cn/>.
- 中国国家能源局. 国家能源局发布 2010—2022 年全国电力工业统计数据. 2011—2023. <http://zfxgk.nea.gov.cn/>.
- 中国国家能源局. 国家能源局关于 2015—2021 年度全国可再生能源电力发展监测评价结果的通报. 2016—2022. <http://www.nea.gov.cn>.
- 中华人民共和国环境保护部. 2015 中国环境状况公报 [R]. 2015. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>.
- 中华人民共和国环境保护部和中国科学院. 关于发布《中国生物多样性红色名录—高等植物卷》的公告. 2013. 公告 2013 第 54 号. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912_260061.htm.
- 中华人民共和国生态环境部. 2021 中国生态环境状况公报 [R]. 2021. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>.
- 中华人民共和国生态环境部. 中国海洋生态环境状况公报 [R]. 2018—2021. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/>.
- 中华人民共和国生态环境部. 中国海洋生态环境状况公报 [R]. 2022. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/jagb/>.
- 中华人民共和国生态环境部和中国科学院. 关于发布《中国生物多样性红色名录—脊椎动物卷(2020)》和《中国生物多样性红色名录—高等植物卷(2020)》的公告. 2023. 公告 2023 第 15 号. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.
- 周毅, 江志坚, 邱广龙, 等. 中国海草资源分布现状、退化原因与保护对策 [J]. 海洋与湖沼, 2023. DOI: 10.11693/hyhz20230700153.
- 朱辉, 何祺胜, 李金阳, 等. 基于多源遥感数据的蓄洪区洪涝遥感监测与分析 [J]. 河海大学学报(自然科学版), 2022, 50(04): 50-57. DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2022.04.007.

报告编写组

组长：

郭华东 可持续发展大数据国际研究中心

组员：（按姓名拼音排序）

曹博文	清华大学	纪力强	中国科学院动物研究所
曹敏	南京师范大学	贾根锁	可持续发展大数据国际研究中心
陈方	可持续发展大数据国际研究中心	贾慧聪	可持续发展大数据国际研究中心
陈旻	南京师范大学	贾立	中国科学院空天信息创新研究院
陈双双	浙江大学	贾玲萍	甘肃自然能源研究所
陈玉	可持续发展大数据国际研究中心	贾绍凤	中国科学院地理科学与资源研究所
崔萌	北京计鹏信息咨询有限公司	蒋敏	中国科学院空天信息创新研究院
邓思铭	可持续发展大数据国际研究中心	蒋云钟	中国水利水电科学研究院
董国锋	国际小水电中心	柯丕煜	清华大学
董金玮	中国科学院地理科学与资源研究所	黎文郁	香港中文大学
窦新宇	清华大学	李栋	清华大学中国新型城镇化研究院
窦长勇	可持续发展大数据国际研究中心	李慧香	首都师范大学
杜贞容	清华大学	李洁	西北师范大学
冯炼	南方科技大学	李景喜	自然资源部第一海洋研究所
付东杰	中国科学院地理科学与资源研究所	李俊生	可持续发展大数据国际研究中心
顾海峰	自然资源部第三海洋研究所	李利平	中国科学院空天信息创新研究院
郭雅琪	南京师范大学	李施华	中山大学
郭艳君	中国科学院地理科学与资源研究所	李晓松	可持续发展大数据国际研究中心
韩群力	中国科学院空天信息创新研究院	李新武	可持续发展大数据国际研究中心
韩艳	中国科学院动物研究所	李逸萌	重庆交通大学
何国金	中国科学院空天信息创新研究院	李卓	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所
何祺胜	河海大学	梁栋	可持续发展大数据国际研究中心
贺殊	可持续发展大数据国际研究中心	林聪田	中国科学院动物研究所
胡波	中国科学院大气物理研究所	刘林	北京计鹏信息咨询有限公司
胡仔园	中国科学院海洋研究所	刘博雅	中国科学院大气物理研究所
黄波	香港大学	刘洁	可持续发展大数据国际研究中心
黄春林	中国科学院西北生态环境资源研究院	刘良云	可持续发展大数据国际研究中心
黄金霞	中国科学院文献情报中心	刘赛森	中国科学院空天信息创新研究院
黄侃	复旦大学	刘少波	联合国教科文组织国际自然与文化遗产空间技术中心
黄磊	可持续发展大数据国际研究中心	刘文娜	中国地质大学（北京）
黄荣永	广西大学	刘细文	中国科学院文献情报中心
黄燕	国际小水电中心	刘钰	香港中文大学

刘 竹	清华大学	王莉莉	中国科学院大气物理研究所
卢 琦	中国林业科学院生态保护与修复研究所	王 萌	中国科学院空天信息创新研究院
卢善龙	可持续发展大数据国际研究中心	王鸣雷	中国科学院地理科学与资源研究所
骆 磊	可持续发展大数据国际研究中心	王少华	可持续发展大数据国际研究中心
蒙继华	可持续发展大数据国际研究中心	王胜蕾	可持续发展大数据国际研究中心
苗俊霞	兰州大学	王文卓	中国电力科学研究院有限公司
苗书琪	河海大学	王小川	南京师范大学
牛 铮	中国科学院空天信息创新研究院	王亚刚	甘肃自然能源研究所
潘建平	重庆交通大学	王 阳	国家气候中心
潘 云	首都师范大学	王一振	天津大学
彭代亮	可持续发展大数据国际研究中心	魏显虎	中国科学院空天信息创新研究院
皮雪晖	南方科技大学	魏馨蕊	国际小水电中心
齐 晨	重庆交通大学	温艳茹	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所
邱 爽	国家气候中心	邬明权	中国科学院空天信息创新研究院
任竞争	香港理工大学	吴炳方	中国科学院空天信息创新研究院
上官冬辉	中国科学院西北生态环境资源研究院	吴嘉平	浙江大学
尚丽萍	甘肃自然能源研究所	夏莉莉	中国科学院空天信息创新研究院
沈 通	可持续发展大数据国际研究中心	夏晓圣	中山大学
史文娇	中国科学院地理科学与资源研究所	肖惠娟	香港理工大学
宋 婧	世界资源研究所	谢力唯	清华大学中国新型城镇化研究院
宋晓谕	中国科学院西北生态环境资源研究院	谢一涵	可持续发展大数据国际研究中心
孙承君	自然资源部第一海洋研究所	徐卫华	中国科学院生态与环境研究中心
孙春蕾	农业农村部工程建设服务中心	徐 佑	中国科学院地理科学与资源研究所
孙 松	中国科学院海洋研究所	许振赐	香港大学
孙晓霞	中国科学院海洋研究所	闫冬梅	可持续发展大数据国际研究中心
孙中昶	可持续发展大数据国际研究中心	严皓冉	南方科技大学
覃海宁	中国科学院植物研究所	阎世杰	中国科学院空天信息创新研究院
覃笑飞	复旦大学	杨瑞霞	可持续发展大数据国际研究中心
唐 婧	新加坡国立大学	杨 啸	国家气候中心
藤依舒	北京师范大学	杨子玉	可持续发展大数据国际研究中心
田青青	中国水利水电科学研究院	叶展江	浙江大学
田亦陈	中国科学院空天信息创新研究院	殷志强	中国地质调查局自然资源综合调查指挥中心
田 雨	中国水利水电科学研究院	游欣妍	可持续发展大数据国际研究中心
汪承义	中国科学院空天信息创新研究院	于 强	国网智慧车联网技术有限公司
汪徐华	北京计鹏信息咨询有限公司	于仁成	中国科学院海洋研究所
汪祖家	中国科学院空天信息创新研究院	余强毅	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所
王 芳	中国能源研究会能效与投资评估专业委员会	俞 乐	清华大学
王福涛	中国科学院空天信息创新研究院	袁文平	中山大学
王卷乐	中国科学院地理科学与资源研究所	张 兵	中国科学院空天信息创新研究院
王力哲	中国地质大学（武汉）	张 冲	中国电力国际发展有限公司

张 翀	首都师范大学	郑超磊	中国科学院空天信息创新研究院
张 迪	自然资源部第一海洋研究所	郑新曼	中国科学院文献情报中心
张恺姣	澳门科技大学	周铭茹	河海大学
张天一	中国科学院大气物理研究所	周 琪	中国地质大学（武汉）
张晓美	中国科学院空天信息创新研究院	周 伟	中国地质大学（北京）
张 肖	可持续发展大数据国际研究中心	朱汉武	北京计鹏信息咨询有限公司
张 煜	中国科学院地理科学与资源研究所	邹亚荣	国家卫星海洋应用中心
赵立成	可持续发展大数据国际研究中心	左丽君	中国科学院空天信息创新研究院
赵婷婷	可持续发展大数据国际研究中心		

联系方式：

地址：北京市海淀区邓庄南路9号
邮编：100094
电话：+86 10 82177823
邮箱：secretariat@cbas.ac.cn
网址：<http://www.cbas.ac.cn>



扫描二维码查看完整报告