



中国环境与发展国际合作委员会
专项政策研究报告

基于自然的解决方案

2021

2021年9月

项目组成员

中外组长*:

刘世锦	国合会中方首席顾问，全国政协委员
魏仲加	国合会外方首席顾问，加拿大国际可持续发展研究院原院长

顾问:

拉夫乔伊	联合国基金会生物多样性和环境科学研究员
王金南	中国工程院院士，中国环境规划研究院院长
洛克	世界自然保护联盟世界保护区委员会爱知目标后工作组主席 卡斯缔尔加 国合会特邀顾问，全球未来粮食联盟高级顾问
坦西	大自然保护协会（美国）高级顾问

核心专家*:

韩佩东	国合会委员，儿童投资基金会首席执行官 国合会全球气候治理与中国贡献专题政策研究外方组长
温特	国合会委员，挪威海洋与极地中心主任 国合会全球海洋治理与生态文明专题政策研究外方组长
凯文	波士顿大学全球发展政策中心主任 国合会绿色“一带一路”与2030年可持续发展议程专题政策研究外方组长
巴布纳	国合会特邀顾问，自然资源保护协会总裁兼首席执行官 国合会全球绿色价值链专题政策研究外方组长

支持专家*

王毅	中国科学院科技战略咨询研究院副院长，研究员 国合会全球气候治理与中国贡献专题政策研究中方组长
马克平	国际自然保护联盟 (IUCN) 亚洲区会员委员会主席 国合会2020后全球生物多样性保护专题政策研究中方组长
怀特	世界可持续发展工商理事会生物多样性和《联合国生物多样性公约》第十五次缔约方大会大使
高翔	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心国际政策研究部主任，研究员
徐靖	中国环境科学研究院副研究员
邹长新	生态环境部南京环境科学研究所生态保护与修复研究中心主任，研究员
王彬彬	清华大学气候变化与可持续发展研究院项目主任，副研究员
李锴	大自然保护协会（美国）对外事务总监
奥云	绿色气候基金对外事务局局长

目 录

郭江汶	英国皇家国际事务研究所能源环境与资源项目高级研究员
甘佩尔	经合组织政策分析员
雷红鹏	儿童投资基金会气候变化项目主任 / 中国首席代表
潘宁顿	世界经济论坛循环经济与中​​国伙伴关系事务主任
亚 当	世界经济论坛热带雨林联盟执行主任
朱春全	世界经济论坛北京代表处热带雨林及生态文明项目 大中华区总负责人
张小全	大自然保护协会（美国）北京代表处（TNC 中国）首席科学家
李 楠	世界自然基金会（WWF）中国环境政策项目主任
任文伟	世界自然基金会（WWF）中国地表水项目总监
石 雷	国际竹藤中心副研究员
卡希尔	国际可持续发展研究院政策分析员
哈米尔	国际可持续发展研究院韧性项目高级主管
奎 多	联合国可持续发展解决方案网络执行主任
协调员：	
张妍哲	国际可持续发展研究院政策分析员 国合会秘书处国际支持办公室项目经理
费成博	国合会秘书处项目官员

*** 本项目组中外组长、成员以其个人身份参加研究工作**

引言	01
一、背景和定义	03
二、新兴部门、系统和地区	05
（一）可持续粮食系统	05
（二）陆地生态系统	06
（三）水资源管理	08
（四）可持续城市	09
（五）海洋	10
三、工具与案例	11
（一）地图与空间规划	11
（二）案例研究	11
1、沿海防洪	12
2、城市绿色基础设施	12
3、湿地	13
4、森林	14
四、衡量 Nbs 的成果与收益	16
（一）估算碳储量	16
（二）估算成本和效益	16
五、政策、途径和实践	19
附件1 基于自然的解决方案的价值评估(执行摘要).....	21
附件2 国合会基于自然的解决方案会议总结.....	24
参考文献	27

引言

2021年3月15日，习近平主席在中央财经委员会第九次会议的发言中强调要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局。他指出，应当“有效发挥森林、草原、湿地、海洋、土壤、冻土的固碳作用，提升生态系统碳汇增量”。

2021年1月，生态环境部发布了《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》（以下简称《指导意见》），强调通过系统治理实现“统筹、协同和加强气候和生态环境保护”的重要性。《指导意见》强调了基于自然的解决方案（Nature-based Solution，以下简称NbS）的重要性，并认为它是实现以下目标的工具：

减缓和适应气候变化，协同推进生物多样性保护、山水林田湖草系统治理等相关工作，增强适应气候变化能力，提升生态系统的质量和稳定性。…此外，基于城市的解决方案/城市绿色和蓝色基础设施也能为人体健康提供多重效益。

近年来，NbS得到国际社会、各国和地方政府，以及企业界越来越多的关注，应用范围涉及生态保护、减缓和适应气候变化、淡水管理、生态农业等各领域。NbS被公认为是“自然向好”和“碳中和”路径的重要支撑，也是联结昆明和格拉斯哥多边议程的手段。因此，在2020年第三季度，中国环境与发展国际合作委员会（以下简称国合会）建立了NbS专家组，以期识别未来工作中有前景和紧迫的领域。中方专家和国际专家分别举行了会议，并举行了两次中外联合会议（会议纪要见附件2）。

得益于会议交流和专家评审建议，本报告的结构如下：第一部分概述了一些重要概念、科学证据、挑战和研究趋势；第二部分列举了NbS在经济等部门的实例；第三部分提供了NbS的案例研究；第四部分分析了NbS的成效评估方法；第五部分列出了NbS在治理层面的例子。报告得出了以下结论：

（一）NbS应该成为国合会未来工作的一项议题，包括围绕NbS设立专题政策研究项目。这项工作应该与国合会正在开展的相关工作，如生物多样性保护、减缓和适应气候变化、水资源综合管理以及包括绿色“一带一路”、绿色供应链、绿色/生态保护金融等国际合作，相互协同。

（二）对国合会的其它建议包括：

- 1、明确推进NbS工作的关键部门、地区和目标，采用清晰、一致的NbS定义，定义中应包括适当的保障措施。2021年粮食系统峰会是国合会识别生态农业、再生农业和其他路径的机会；
- 2、识别NbS国际合作的机遇，包括南南合作和“一带一路”绿色投融资创新等；
- 3、搭建NbS案例数据库和平台，并明确案例筛选标准；
- 4、应用创新性NbS成效评估方法，如包容性财富指数；
- 5、识别实施NbS所需的政策与伙伴关系。

一、 背景和定义

在项目层面，NbS 已经存在了数十年。它被归入不同的类别，有不同的定义。例如采用基于生态系统的方法，帮助减缓和适应气候变化及减灾（经联合国《生物多样性公约》缔约方同意）；水资源综合管理（IWRM）相关项目；支持降低自然灾害风险的措施，以及农林业、可持续农业、城市绿色和蓝色基础设施、可持续生计等领域的支持性措施。

正如《指导意见》所强调，NbS 在与减缓气候变化有关的森林和其他生态系统保护方面发挥重要作用。1997 年，为支持《京都议定书》，启动了一个重要平台，即减少毁林和森林退化导致的温室气体排放（REDD），以促进项目融资、评估工具和方法开发。2008 年，在《联合国气候变化框架公约》第十四次缔约方大会（UNFCCC COP14）上，REDD 升级为 REDD+，以支持增加森林碳储量的措施。自 REDD+ 被纳入 2015 年《巴黎协定》以来，与碳汇相关的类似资金机制包括世界银行森林碳合作伙伴基金、非洲森林景观恢复倡议、波恩挑战和 REDD+ 交易框架等。

除了固碳功能之外，NbS 受到更多关注的一个关键假设是其可以带来多重、协同的自然资本和人力资本收益。这一点可以从 NbS 宽泛的定义中看出，例如基于生态系统的适应、自然气候解决方案、基于生态系统的减灾防灾、自然保水措施；气候适应相关的其他术语，气候自然解决方案、基于生物的碳捕获和储存、生物工程；气候减缓相关的其他术语，气候智慧农业、保护性农业、可持续生态恢复、可再生粮食系统、自然向好的粮食生产系统及可持续粮食体系相关的术语；以及自然工程、绿色基础设施及与绿色基础设施有关的术语。许多 NbS 定义与当前正在开展的生态系统服务保育、测量、监测和货币化等工作密切相关。例如，世界经济论坛（WEF）近期识别了促进自然向好的粮食、土地和海洋系统的行动，其中不少行动都与 NbS 的措施相关。

世界自然基金会（WWF）将 NbS 定义为：“有计划地进行生态系统保护、管理和 / 或恢复干预，提供可衡量的、正向的气候适应和 / 或减缓效益，以及人类发展和生物多样性保护协同效益，降低会损害自然长期效能的气候风险”。

联合国粮农组织（FAO）与大自然保护协会（TNC）在近期涉及 NbS 的工作（2021 年 1 月）中，引用了世界自然保护联盟（IUCN）2016 年的定义。该定义与 IUCN 最近发布的 NbS “黄金标准”是目前对 NbS 的常用定义：

为保护、可持续管理和恢复自然或经改造的生态系统而采取的行动，该行动能够有效并且因地制宜地应对社会挑战，同时为人类福祉和生物多样性带来效益。（IUCN，2020）

除此之外，一些政府机构也提出了各自的 NbS 定义。例如，欧盟将 NbS 定义为：

具有成本效益的、受自然启发和支持的解决方案，可同时提供环境、社会和经济收益，并有助于构建韧性。通过因地制宜、节约资源和系统性的干预措施，此种解决方案可将更多的、更多样化的自然和自然特征及过程引入城市、陆地景观和海洋景观。因此 NbS 必须有益于生物多样性并支持一系列生态系统服务功能的实现。

保护优先: IUCN 的定义确立了 NbS 的优先次序, 保护现有生态系统排在第一位。科学评估 (IPBES, 2019) 显示全球生态系统丧失正在不断恶化, 包括热带森林的加速破坏 (全球森林观察, 2020; FAO, 2020; Butler, 2020), 保护森林、栖息地和生态系统以及物种迫在眉睫。森林的破坏对气候具有双重、实质性的负面影响, 既导致碳汇的减少和固碳能力的退化, 还会因为土地清理焚烧森林和森林火灾增加带来温室气体净排放。由于在陆地生物多样性和固碳中的双重角色 (见表 2), 热带森林的破坏是全球生态和气候最紧迫的挑战之一。

IUCN 的定义进一步强调了在 NbS 中确保人类福祉的重要性。由于基于景观的 NbS 需要因地制宜的方案, 如避免薪柴采伐、农林管理、耕地养分管理、避免草地变化、改善水稻和豆类种植 (TNC, 2020) 或牲畜养殖, 坚持以人为本是 NbS 项目和政策成功的关键。最后, IUCN 强调生态系统恢复的重要性, 允许景观在免受干扰的情况下自然恢复 (Mingming Jia 等, 2018), 或是通过万亿棵树造林倡议等政策干预或类似的倡议来实现景观恢复。

保障措施: 虽然 NbS 可以带来多重效益, 但此类“双赢”的结果不会自发产生且来之不易。只关注单一产出, 如增加或扩大碳汇, NbS 项目可能会对生态系统带来不利影响。例如, 在大规模的造林或再造林项目中引入单一的非本地物种, 或许能够带来减碳的收益, 但会损害生态系统的完整性、威胁生物多样性并给当地社区带来损失 (IPBES, 2019)。同样, 支持气候适应的 NbS 项目, 如修复沿海红树林, 已证明对降低洪水风险和帮助当地社区有显著效益 (见第三部分案例)。然而, 如没有尽职调查、计划、咨询和保障措施, 红树林也可能会对上下游的淡水供应带来风险 (IUCN, 2018)。

IUCN《基于自然的解决方案全球标准》提出了有关 NbS 保障措施的原则和更高层次的指导。对保障措施的阐释可见于八项具体准则, 包括治理和社区一级的参与原则、NbS 透明度及举措的重要性, 以及量化的保障措施准则, 如确保所有 NbS 项目能够比“不伤害”原则走得更远, 实现持久的净正向收益 (IUCN, 2020)。

建议: 国合会应支持中国根据自身理论、实践、治理模式和国际合作, 提出与 IUCN 和其它国际定义相一致的 NbS 定义。

二、新兴部门、系统和地区

NbS 正在应用于不同经济部门 (如农业)、不同尺度 (如城市群内部和更大的流域)、不同生态系统 (如森林或草地)。本部分列举了一些 NbS 的应用实例。国合会未来的研究项目需提出联结关键部门、系统和地区的准则, 这些准则也将指导案例筛选。

(一) 可持续粮食系统

当前许多农业生产系统及农业相关政策是不可持续的。例如, 土地利用方式变化导致生态系统、栖息地和生物多样性的丧失, 淡水资源的短缺、非点源污染、供灌溉和农场使用的蓄水层的枯竭, 有机土壤退化和气候变化等。农业也越发容易受到与气候引发的极端事件的影响, 例如长期干旱、洪水、野生动植物和不断变化的虫媒。

欧盟委员会于 2020 年开展的一项评估指出, 集约农业生产中的土壤管理实践, 导致土壤有机物大量流失。因此, 欧洲大多数农业土壤很可能是“大气碳的净贡献者, 而非碳汇” (Wild, 2020)。农业也是温室气体的主要净来源之一, 尤其是二氧化碳、氧化亚氮和甲烷。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 最近指出, 农业、森林砍伐和其他土地利用变化带来的综合影响, 贡献了约三分之一的温室气体排放, 其中包括 40% 的甲烷排放 (IPCC, 2018)。欧盟委员会 2020 年的分析指出, 相比于林业 / 植树造林、城市碳封存或蓝色 NbS 项目 (包括保护和恢复海草床和盐沼), 可持续农业管理能带来更高的碳效益 (Wild, 2020)。

大量文献显示, 保护性 / 可持续农业实践, 包括低耕或免耕, 可以减少排放量, 增加土壤有机质含量, 继而提高碳储量 (AgEvidence)。景观的再野化也有助于恢复生态系统、增加生物多样性、支持减缓气候变化。具体而言, 可采用本地物种替代反刍牲畜以减少甲烷排放 (Sandom, 2020)。

由于不断加剧的全球自然危机和保护性资金的短缺, 减少和取消对环境有害的农业补贴的工作在经过数十年的努力后 (Nordstrom, 1999; OECD, 2002), 重获政治动力。2020 年发布的《为自然融资》报告建议, 政府每年在农业、林业和渔业补贴上花费约 5400 亿美元, 识别、减少、取消和改革有害补贴可弥合全球生物多样性保护的巨大资金缺口 (保尔森基金会, 2020 年)。近期其他改革农业补贴的工作包括法国开发署《自然投资小书》 (法国开发署, 2020), 以及国际货币基金组织在财政政策改革背景下开展的相关工作 (国际货币基金组织, 2020)。

在政策层面, 欧盟宣布了协调共同农业政策和“绿色新政”的措施, 包括“从农场到餐桌”计划及其他行动。中国的“光盘行动”倡议是一项旨在减少食品浪费的重要国家计划。FAO 估算, 全球每年有三分之一的食品被浪费, 水果和蔬菜的总体浪费率已上升至 45% (FAO“粮食损耗指数”)。

“联合国粮食系统峰会”将于 2021 年 9 月举行, 为通过 NbS 推动可持续粮食系统提供了重要机遇。该峰会也可帮助实现不同多边进程的协同, 例如联合国《生物多样性公约》与“可持续粮食系统”的协同。在该峰会的五条行动路线中, WWF 与其他机构共同牵头“行动路线三: 促进对自然有积极影响的生产”。

表1 联合国粮食系统峰会：行动路线三

<p>行动路线三旨在</p> <p>(a) 保护自然生态系统，免受粮食和饲料生产侵蚀；</p> <p>(b) 可持续地管理现有粮食生产系统，造福自然和人类；以及</p> <p>(c) 恢复和重建退化的生态系统和土壤功能，实现可持续的粮食生产（联合国粮食系统峰会）。</p>
--

建议：2021年联合国粮食系统峰会为推进与农业有关的NbS提供了机会。国会应召开非正式会议，识别通过NbS支持联合国粮食系统峰会的相关机遇。

(二) 陆地生态系统

科学预测表明，NbS可以以成本有效的方式，实现《巴黎协定》目标所需温室气体减排量的33%（IPBES, 2019；联合国《生物多样性公约》SABSTTA, 2019）至37%（Griscom等, 2017）。IPCC得出结论，NbS对实现碳中和“不可或缺”。

森林砍伐导致的温室气体排放约占全球总排放量的10%，是继化石能源排放之后的第二大单一排放源（UNFFP, 2018）。

表2 森林对固碳的双重作用

碳储存	碳固定
<p>碳库是指库中储存的碳的绝对量。这个库是除大气之外气候系统的一部分，它有能力储存、累积或释放碳。碳库的例子包括海洋、土壤和森林。</p>	<p>增加除大气外碳库的碳含量的过程即为碳固定。生物固碳方法包括直接从大气中移除二氧化碳。植物通过光合作用移除大气中的二氧化碳。</p>

来源：Wild, 2020；欧盟委员会

《科学》杂志2019年刊发了一篇被广泛引用的文章。文章指出，大规模持续植树造林“是我们可用来减缓气候变化的最有效解决方案之一”（Bastin, 2019）。例如，若目前所有的生产性森林完全发挥固碳作用，植树每年有望实现的碳汇量最多可达美国年排放量的20%（Domke, 2020）。

其他研究表明，让自然界不受干扰地进行自我恢复，可实现更大的固碳收益。因此，相比于造林和再造林，生态系统保护更加重要。对森林固碳率的实证研究（基于约13,000实地研究）显示，允许自然更新可能比造林更可取。《自然》杂志2020年的一篇文章指出，IPCC对现存森林的固碳潜力的估算，地上部分碳汇累积量可能被低估了32%，且不同生态区域之间存在显著差异；天然林的再生长力被高估了11%（Cook-Patton, 2020）。

下表提供了主要生态系统对全球碳储量估算的高限。以下估算是基于不同生态系统的地理范围和每公顷平均碳含量得出的，测算范围包括地上、地下和30厘米深度内的土壤有机碳。

表3 不同生态系统的碳储量估算

生态系统	典型碳密度 (吨碳/公顷)	估算的全球碳含量 (十亿吨碳)
红树林	502	7.3
海草	111	5.0
沼泽地	265	5.6
寒带森林	264	283
温带阔叶林	268	133
温带针叶林	272	66
热带干旱森林	166	14
热带湿润森林	252	295
寒带泥炭地	500	181
温带泥炭地	500	9.3
热带泥炭地	504	30
温带草原	77	39
热带草原	43	30
山地草原	104	27

资料来源：Goldstein等, 2020

下表展示了在不同的生态系统中进行碳封存所需的时间，再次印证了世界自然保护联盟等定义中提出的优先顺序。为实现气候效益，应优先保护和可持续管理，再寻求恢复和修复。

表4 不同生态系统碳封存所需时间

生态系统	固碳功能丧失后恢复所需的平均时间(年)
热带草原	19
温带草原	35
山地草原	205
热带潮湿森林	60
热带干旱森林	77
温带阔叶林	78
温带针叶林	78

寒温带针叶林	101
沼泽地	64
海草	93
红树林	153
寒温带 / 温带泥炭地	100 以上
热带泥炭地	200 以上

建议：国会应识别最佳的固碳核证体系，包括第三方审核、针对性的核算体系和其他保障措施。

(三) 水资源管理

保护和恢复景观中的生态过程会对水文地理产生重要影响。另有证据表明，与生态系统服务紧密耦合的 NbS 有助于提高水质。例如，使湿地有能力净化废水、改善养分管理以减少养分径流等非点源水污染（联合国及《世界水发展报告》，2018）。中国在利用 NbS 减少洪水风险方面处于世界领先地位，在约 30 个城市启动了“海绵城市”建设。

NbS 对淡水管理的贡献包括：



资料来源：IUCN

海绵城市：NbS 一项重要的创新是中国的海绵城市。2014 年，中国启动了海绵城市战略，以减轻城市地区的城市用水风险。该战略的目标是确保市区能够吸收和再利用与台风、沿海洪水和其他事件有关的大部分雨水。由于不同城市的洪水风险暴露程度不同，取决于区位、水文和其他特征，海绵城市的目标和指标根据基于科学的目标进行了相应调整（Li, 2018）。包括北京、上海和深圳在内的约 30 个城市实施了多项试点举措，绿色 - 蓝色基础设施投资总计约 3000 亿美元，包括旨在降低洪水风险的城市湿地、雨水花园和人工池塘（作为集水区）和透水路面（世界银行 / OECD / UNEP, 2020）。中国还一直与 TNC 合作，通过建筑改造试点、开展绿色金融创新（例如发行环境影响债券），助力海绵城市建设。

建议：国会未来在流域相关工作中应关注 NbS，可考虑开展 NbS 相关的防洪灰色基础设施应用试点项目。初期工作还应包括开展项目层面的成本效益分析。

(四) 可持续城市

许多城市 NbS 案例都减少了与气候相关的危害，例如热岛效应、洪水或森林砍伐造成的滑坡风险。城市 NbS 包括增加植被覆盖、扩大或创造新的绿色空间、建造绿色屋顶或垂直花园，以及混合使用绿色和灰色的基础设施，如雨水池塘、生物通道或修复河岸带以恢复自然水文功能（Hobbie 和 Grimm, 2020）。欧盟的《城市自然地图集》对 1100 多个城市 NbS 项目的 12 种协同效益进行了分类，其中一些效益与可持续发展目标（SDGs）是相关的。

表 5 与可持续发展目标（SDG）相关的城市 NbS 效益

效益	可持续发展目标 (SDG)
气候适应、韧性和减缓	SDG 13
沿海修复力和海洋保护	SDG 14
经济增长与体面工作	SDG 8
环境质量，包括空气质量和废物管理	
绿地、生物多样性和栖息地	SDG 15
健康与福祉	SDG 3
包容与有效的治理	SDG 16
再生、土地利用和城市发展	
社会正义、凝聚力和公平	SDG 10
可持续生产与消费	SDG 12
水资源管理	SDG 6

资料来源：自然创新中心（Naturvation）

（五）海洋

海洋在减缓和适应气候变化中发挥着重要作用（WRI, 2021）。有证据表明，海洋底栖软沉积物生态系统提供了重要的栖息地，在调节生物地球化学循环、气候活性气体、海洋化学以及从海洋-大气系统中清除碳等方面发挥了重要作用。一个例子是，海洋巨型动物在促进垂直养分转移上发挥的作用，这是通过鲸类的深饲、表层排便和物理混合实现的；反之，这也可能会大规模影响碳封存（Solan, 2020）。

建议：在国合会的后续研究中，应识别一份全面的清单，列明 NbS 能够带来确定收益（包括农业、基础设施和资源开采）的经济部门、生态系统和地理区域。

三、工具与案例

（一）地图与空间规划

联合国《生物多样性公约》科学、技术和工艺咨询附属机构（SBSTTA, 2019）指出，综合空间规划对于统筹气候和生物多样性有着重要意义。土地利用贡献了全球二氧化碳排放量的 13%、甲烷排放量的 44%、氧化亚氮排放量的 81%。土地也是一个净排放源，主要驱动因素为森林砍伐，即便植树造林和再造林抵消了部分排放（IPCC, 2019）。

长期以来，保护区和保护地规划工具考虑了多种景观特征。相比之下，这些工具很少被用于碳汇规划之中。不过，随着中国成为全球领导者，这一情况正在发生变化：“生态红线”正在被用来划定兼具自然保护和碳汇收益的区域。联结生物多样性和碳封存的其它地图和景观级规划工具还包括：

- 自然地图提供有关陆地生物多样性、生物量碳密度、受威胁物种、人类对森林的影响等以及其它指标的测试数据。
- 生态系统服务与权衡综合评估（InVEST）工具识别了维持人力资本的生态系统服务的位置和估值。
- 联合国开发计划署的基本生命存储（ELS）区域地图提供有关生物多样性保护、并提供食物、水和碳存储服务的区域的地理空间信息。ELS 平台的两份试点地图（哥斯达黎加和乌干达）确定了可以协同推进联合国可持续发展目标、《联合国气候变化框架公约》和联合国《生物多样性公约》的地区。
- 其他案例包括：由 TNC 支持的、在美国中西部地区开展的农业和环境整合工作的“农业证据（AgEvidence data portal）数据门户”。

专家们建议，应将地图工具纳入国家自主贡献（NDCs）以及国家生物多样性战略和行动计划（NBSAPs），实现具体实施层面的协同（Khan 和 Schmidt-Traub, 2020）。

建议：国合会应考虑中国如何与国际伙伴有效分享大尺度空间规划和生态红线的经验，包括那些具有重要生物多样性、碳固定、人力资本和其他资源的国家和地区。2021 中非峰会、绿色“一带一路”、南南合作及其他平台均可提供分享这些经验的机会。

（二）案例研究

NbS 案例不计其数，已有很多可访问的在线门户平台分享 NbS 相关经验。例如联合国环境署基于自然的解决方案贡献平台，该平台列出了近 200 项倡议（其中约 40 项来自中国）；新西兰和中国合作为 2019 年联合国“气候行动峰会”编撰的《基于自然的解决方案案例汇编》；以及“城市自然地图集”“健康地球的全景式解决方案门户网站”“科学促进自然和人类伙伴关系”、美国陆军工程兵部队的“自然工程地图集”以及“生态形状”等。

城市自然地图集配合互动情景规划工具，可以评估单独的或多项 NbS 政策路径，以及预期的成果和预算（<https://www.urbannatureexplorer.com/#/ExploreSite>）。

以下是一些 NbS 的案例，筛选的初步原则是案例的主要目标（防洪、城市热岛、森林保护、水域管理等）。本研究的专家强调，案例筛选标准需要凸显多重、非线性生态系统关联，包括长时间范围内的协同效益（见附件 2）。

1. 沿海防洪

坦桑尼亚海岸保护项目：为了降低因为海平面上升、极端风暴增多以及平均海浪高度增加导致的沿海洪灾风险，坦桑尼亚在全球环境基金（GEF）支持下，建设了基于生态系统适应的沿海防洪系统设施，集合了灰色和绿色基础设施。沿海防洪工程包括 2400 米的海堤，恢复约 1000 公顷的红树林和 3000 平方米的珊瑚礁。此外，修建 2300 米的排水系统，以减少水生昆虫繁殖空间并降低公共卫生风险；在附近的森林中划定禁采区；通过钻井和其它收集设施增强雨水收集服务。该项目得到了当地社区和家庭的参与，旨在使 500,000 人受益（UNEP, 2019）。

荷兰瓦登地区三角洲防洪盐沼项目：荷兰尤其容易受到与气候有关的沿海洪水的影响，例如海平面上升、极端潮汐水平、极端高度海浪以及强风。该项目重点是利用绿色基础设施来维护和强化沿海防洪，包括通过稳定的沉积物补充增加堰洲岛、盐沼和潮间带。通过在约 9,000 公顷的土地上加强自然屏障，减少了海浪的影响，同时扩大了盐沼，为一些植物和鸟类提供宝贵的栖息地。项目还创造了新的绿色旅游空间，可以开展步行、观鸟、骑行、滩涂远足等活动。2016 年，项目还设立了一个讲解中心，开展沼泽功能的宣教（van Loon-Steensma, 2015）。

哥斯达黎加红树林修复项目：自上世纪 80 年代以来，哥斯达黎加已经丧失了约 25000 公顷的红树林，占该国红树林总面积的 40% 以上。这一趋势反映了严峻的全球形势：全球 30% 至 50% 的红树林遭到破坏，红树林已经成为全球最濒危的热带物种之一。随着红树林的消失，生长旺盛的蕨类植物（*Acrostichum aureum*）取而代之，高达 3 米，阻碍了红树林的重新生长。

这个 NbS 项目计划清除 2,000 公顷的入侵蕨类，让红树林重新生长。项目第一阶段已清除了 30 公顷的蕨类植物，并种植了 28,000 棵红树林树苗。项目带来的收益包括：促进当地就业；社区恢复红树林可获得 1,500 美元 / 公顷的收入，每年恢复面积可达 100 公顷；收获生长在红树林中的本地贻贝；以及红树林碳储存和沿海韧性提高相关的多重气候效益（Whitworth, 2020）。

2. 城市绿色基础设施

中国深圳海绵城市：2016 年，深圳成为中国海绵城市计划的早期试点城市，通过部署绿色基础设施来减少城市内涝风险。广泛应用的硬化路面和为了泄洪而修建的雨水管道，不仅限制了极端事件应对能力，还导致更多陆源污染通过暴雨径流进入海湾，加剧了深圳内涝的风险。截留雨水的绿色基础设施的例子包括绿色屋顶、用于集水的绿植区域、恢复城市森林和绿色空间、修建蓄水塘和城市湿地。这些都助于模拟自然对雨水的截留、过滤和缓释功能。深圳的绿色屋顶在缓解城市热岛效应方面也有切实的作用（Bao-Jie 等, 2019）。

肯尼亚塔拉河流域绿色基础设施：塔拉河供应内罗毕 80% 的饮用水，也是 70% 的水电和 645 平方

公里农田灌溉水的来源。数十年来，河床和山坡被改造成农田，加剧了土壤侵蚀和泥沙淤积，降低了流域水库的完整性，并增加了水处理成本。NbS 包括改善河流的河岸管理，建立山坡梯田，恢复退化的土地，包括在河流附近的农场增加草地。内罗毕市自来水和污水处理公司是该项目的合作伙伴，与当地的环保组织和其他组织合作，报告了作为水源地的收益，包括避免过滤和降低水处理的能源成本。这一为期十年、耗资 1000 万美元的项目估计将在 30 年内带来 2150 万美元的收益（《世界水发展报告》，2018）。

南非开普敦“大开普敦水基金”：开普敦在 2018 年出现供水危机后，通过咨询、建模等步骤，拟定了一项新的商业计划，为该市上游流域集水区提供 2500 万美元的修复资金。通过保护上游集水区的自然系统，该项目预计将在 30 年内供应 1000 亿升淡水，其中一半供水能力将在 5 年内实现。研究表明，集水区恢复的成本仅为其它备选方案的十分之一，比包括灰色基础设施解决方案在内的其它供水增量解决方案的成本效益要高得多（Panorama）。

英国谢菲尔德市“灰变绿”项目：该项目第一阶段，一条老旧的多余混凝土公路被替换为 1.2 公里长的城市绿地，绿地种植野花、树木和灌木，修了小路并安放长椅。除了为当地居民提供绿色空间（和艺术装置）以外，这条绿带还创建了自然的雨水花园，发挥了城市排水系统的作用，从而降低了洪水风险。该项目在 2016 年获得多个奖项，其中包括埃里克 - 休斯改善可持续性杰出贡献奖。

美国纽约市绿色基础设施规划：该市利用灰色和绿色基础设施来截留城市暴雨径流，例如利用生物水槽和绿色屋顶在多雨的天气里采集 90% 的富余水量，同时增强了生物多样性，降低了城市日间的空气温度。该市的一个大型会议中心搭建了面积为 2.7 公顷的绿色屋顶，可截留半数以上的暴雨降水，从而减少了暴雨径流污染和洪水（《世界水发展报告》，2018）。

美国中西部上游地区利用城市林木减少极端高温：增加城市树木覆盖率有助于调节极端高温。威斯康星州麦迪逊市的一个试点项目沿道路和十字路口种植树木，测量全天平均热度的变化，并对昼夜温度进行对比。结果显示，空气温度随着树木覆盖率的增加而降低：平均树木覆盖率增加一倍时，10 公里范围内的日间平均温度降低 0.7°C，30 公里范围内的日间平均温度降低 1.3°C（Ziter 等, 2019）。

3. 湿地

加拿大阿尔伯塔省弓河和南萨斯喀彻温河的湿地保育和修复项目：自 2013 年极端洪水灾害后，人们对 NbS 减少洪水危害的关注集中在保护现有湿地和恢复其他湿地。该地区已经失去了超过 60% 的自然湿地，这些湿地被抽干用于耕种、放牧或建设。项目分析、建模和咨询得出的结论是，投资于湿地恢复比新建额外的灰色基础设施更具成本效益。NbS 预计节省了 2.57 亿美元——在农村地区，每公顷可避免洪灾损失 10,000 美元，而在靠近卡尔加里市中心的地方，节省的费用翻了一番。

白俄罗斯泥炭地修复项目：白俄罗斯在欧洲泥炭地恢复工作中处于领先地位。在过去十年中，估计有 50,000 公顷的退化泥炭地得到了恢复，主要位于欧洲仅存的原始森林之一 Białowieża 森林。这片森林是联合国教科文组织世界遗产、重要的鸟类和生物多样性地区，栖息着大约 250 种鸟类（国际鸟类生活组织, 2016）。政府宣布计划到 2030 年，实现对 29% 泥炭地的保护。其收益包括增加碳汇能力、改善水质和加强生物多样性保护（牛津大学, 2020）。

中国长江流域通过江湖连通管理洪水：1998年洪水之后，世界自然基金会（WWF）开始在流域层面思考长江的保护，特别是在湿地保护、江湖连通、生态调度、流域综合管理政策倡导等方面持续发力，希望与政府、企业、公众一起，重塑长江作为一条“生命之河”的活力。从2002年开始，WWF帮助中国政府制定江湖连通计划，通过NbS推行经济可行的洪水管理。到2010年，长江流域已有30多个湖泊，约2000平方公里实现了季节性江湖连通，加上鄱阳湖与洞庭湖两个自然通江湖泊，已经有近6000平方公里的湖泊连通长江，新增防洪能力15亿平方米。其中，洞庭湖和鄱阳湖湿地的洪水储蓄能力与耗资450亿美元的三峡大坝相当。与此同时，39种受威胁物种的种群数量增加，3000万人口获得更加清洁的用水。

香港米埔内后海湾拉姆萨尔湿地生态养殖管理：米埔内后海湾拉姆萨尔湿地位于珠江口的内后海湾，由潮滩、红树林、沼泽、传统虾塘（基围虾）和鱼塘组成，每年为八万多只水鸟提供越冬和过境的栖息地。根据记录，该地区出现过400多种鸟类，包括24种依赖湿地的全球濒危鸟类。它们的生存取决于这片湿地的质量。米埔的养殖作业提供了一个很好的案例，说明半人工栖息地如何在适当的管理下支持高生物多样性。在20世纪50年代，米埔的沿海红树林大部分已被改造为潮汐养殖池塘，池塘中还保留着一些红树林，为虾、牡蛎和鱼类提供营养。各个池塘在轮流排水后，吸引水鸟捕食剩余的小鱼或无脊椎动物。目前，大多数虾塘被管理作为候鸟的栖息和觅食地（Wikramanayake等，2020）；另外，米埔也尝试创新管理方式，在淡水湿地放牧水牛，发现比人工管理方法更有效创造栖息地吸引水鸟（WWF-HK，2012）。除观鸟和环境教育活动参与者外，拉姆萨尔湿地内的人类活动受到严格限制，而在自然保护区旁边的商业鱼塘，场主们也参与实施与湿地保护相适应的生态养殖方法。因此，这片管理良好的湿地区域能支持重要的碳汇和生物多样性热点。

4. 森林

中国的坡地退耕计划（或称“退耕还林计划”）是世界上最大的植树项目之一。该计划始于二十多年前，覆盖25个省，涉及人口约1.24亿。通过直接支付或粮食供应来支持农民退耕，已将约2800万公顷的陡坡耕地变为森林和草原。该计划的多重目标是扭转森林砍伐和土地退化趋势、应对气候变化、保护生物多样性和减贫。2016年的一项分析表明，在土壤侵蚀下降的情况下，如果森林覆盖率增加10%，碳储量就能得到提升。同时，栽种混合树种、取代单一树种的工作也取得进展，带来了更大的生物多样性效益（Hua等，2016）。

加蓬森林保护项目：2019年，加蓬和挪威商定了一项为期10年、1.5亿美元的协议。根据该协议，现有森林维持原状可以获得支付，通过这种方式来资助生境保护，避免森林砍伐，维持重要的森林碳汇，同时避免因森林砍伐和土地退化导致的温室气体排放。该协议通过中部非洲森林倡议（CAFI）进行协调。该协议支持加蓬正在开展的工作，包括加蓬自2000年以来建立了13个国家公园，其中一个为教科文组织的自然遗产地，并支持公园以外的可持续森林管理。通过这些措施，加蓬的大片森林保持完好，60%受威胁的非洲森林大象就生活在这里。挪威-加蓬森林协议被视为西非地区和中非森林在减缓气候变化方面的典范协议（CAFI，2019）。

美国北部大平原的牧场系统和生存力规划网络：该项目由世界银行主导，为蒙大拿州、内布拉斯加州和南达科他州的牧场主提供支持，以改善超过100万公顷土地上的牲畜放牧。其收益包括提升草场质量、增加固碳能力和加强生态系统保护。对牧场主的支持包括个人知识共享、培训、资金支持以及用于衡量保护和气候成效的监测工具。该地区有1,595种植物、300种鸟类、95种哺乳动物、28种爬行动物和许多重要的传粉者。该项目于2020年启动，项目合作伙伴包括支持可持续采购的麦当劳、沃尔玛基金会、嘉吉和世界自然基金会。

危地马拉农-林-牧综合管理项目：危地马拉采取了雄心勃勃的行动，将基于生态系统的适应措施作为核心纳入其国家发展计划（K'atun 2032计划）。该国持续推进治理体系创新，包括通过扶持性立法、开展社区层面的协商，以及融资，并制定了项目升级路线图。如今，该国是中美洲气候适应项目最多的国家。该项目支持从集约化的单一作物生产转向广泛的间作，将玉米、马铃薯等主要作物的种植，与豆类、蔬菜等次要作物种植以及牧羊融合在一起。在过去十年间，作物总产量显著增加，社区积极参与森林保护和农林实践，提升了社区抵御气候相关灾害的韧性，如作物歉收、疾病和虫害等（国际气候倡议组织/IPAGE）。

秘鲁北攸攸斯保护地山区生态系统修复。平均气温的变化加上冰雹等极端天气事件会对牲畜和农业生计产生不利影响。该项目包括恢复水渠和水库，提高淡水供应的安全性；保护草原，提高牧民的生活水平，并增强对干旱和霜冻的抵御能力；加强对本地物种骆马（vicuña）——当地用于生产动物纤维——的保护；以及扩大自然草原上的社区牲畜管理。该项目的收益包括：增加草场的碳储量；单位公顷的畜牧承载力增加6倍；减少对牧场、湿地和高山生态系统的总体压力；改善生物多样性指标；加强地方治理和参与（UNDP等，2016）。

建议：国合会应制定分享国际案例的标准，包括：（a）以量化方式展示气候适应、气候减缓和自然保护成效的案例；（b）提供如何设计和实施保障措施的相关信息，以及（c）就成本和效益开展量化分析。为支持南南合作，国合会应汇编具有高价值的生态系统、碳汇和人力资本估值的主要国家的数据、地图等信息。最后，国合会应建立并更新在线案例库。

四、 衡量 NbS 的成果和收益

衡量和量化 NbS 的效益是一项复杂的工作。不同项目使用不同的基线、规模和时间框架。一种估算 NbS 相关成本和收益的方法，是将 NbS 与可比的基于工程的方法，如灰色基础设施项目进行比较。前文一些案例就采用了这种比较成本的方法。然而，从 NbS 本身来讲，要衡量其能够实现的成效，这项工作仍然充满挑战。

（一）估算碳储量

25年来，土地利用、土地利用变化和林业(LULUCF)的碳汇计算方法得到了详细的阐述和改进。《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》为国家层面和项目层面的温室气体核算（包括 LULUCF 清单的核算）提供了良好实践。《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南 2019 修订版》对温室气体清单核算方法进行了标准化，包括更新后的关于农业、林业等土地利用方式（AFOLU）清单核算方法（第4卷）。

表 6 碳预算的定义

碳预算：碳库之间或某特定碳循环环路（例如大气-生物圈）内的碳交换平衡。

以上为“碳预算”在国家温室气体清单中的通用定义。该术语可能在不同语境中有其他特定含义。（IPCC，2019年）

IPCC 于 2019 年发布的《指南》向推动温室气体清单方法的“标准化”迈出了重要的一步。与此同时，方法学方面的挑战依然存在。例如，许多温室气体清单是根据有限的实地样本所作的统计推断，而任何推断都可能在微观层面对准确性造成挑战。比如，在不同的景观和生态系统中，清单并不能准确评估碳通量（如野火导致的碳库年度变化）。由于人们对私营部门碳汇日益增长的兴趣，出现了很多第三方碳汇认证机构，包括 VCS，碳信托，气候、社区和生物多样性联盟等。

基于 IPCC 在 2016 年发布的《指南》，加州空气资源委员发布的 2018 年温室气体清单技术更新是温室气体清单方法在州层面上一个非常有效的应用，包括使用地图、通过大气环流方法来核算从土地和木制品碳库流入/流出大气的碳通量（包括进口产品）、使用土地火灾数据，以及通过遥感手段加强实地监测，提供碳储量变化的最新估值。

基于 IPCC《指南》中涉及 LULUCF 碳固定内容开发的国家一级的温室气体排放清单系统和工具有：TNC、WRI 和美国气候联盟下的各团体共同发布的“自然地与耕地(NWL)”，以及美国环境保护署的“国家清单和预测工具”。“自然地与耕地”排放清单的范围包括森林、湿地、草地和灌木、耕地和牧场、湿地和城市地区，强调了不同生物质生态系统之间碳汇和碳储量的特征差异。该清单还进一步区分了湿地的碳属性，具体包括潮汐湿地恢复、泥炭地恢复、避免海草床损失和海草床恢复。

（二）估算成本和效益

对于全球 NbS 效益有很多估算。据估计，珊瑚礁提供的沿海防洪保护的全球价值约为 2700 亿美元（Beck，2018）。对 52 个沿海防洪减灾和风暴潮保护 NbS 项目的评估显示，与“灰色基础设施”及其相关的工程解决方案相比，这些 NbS 项目的成本效益平均高出 2 至 5 倍（GIZ 和 UNEP，2020）。世界

经济论坛 2020 报告认为，通过投资“自然向好”经济，在 2030 年前，每年产生的额外商业收入和节约的成本将达到 10 万亿美元，并将增加 3.95 亿个就业机会。

这样的全球总量估计有助于了解 NbS 相关投资回报的量级。类似的，项目层面分析也显示，NbS 投资与灰色/工程解决方案相比，资本投入和运行成本更低，多年投资回报率更高。例如，绿色屋顶、绿色空间和“树冠城市”项目显示，局地温度降低了 0.5-7°C，减排成本则控制在 10-100 美元/吨二氧化碳当量（Bowler，2010）。反过来，通过减少在极端高温下的暴露，可以降低公共健康危害并减少空调和工业制冷的能源需求（Naumann，2011；欧盟委员会，2012）。

由于设计良好的 NbS 项目可同时提供多种效益，因此生态系统服务估值的技术也可用于量化 NbS 的产出。NbS 能够带来的生态系统服务包括：降低与气候相关的洪水、增加碳储存和封存、改善水管理和排水、加强生态保护，以及人力和社会资本收益（Keniger，2013）。已开展的估算工作显示，城市森林的价值为 1500 美元/公顷（Brander，2011），沿海生态系统的绿色旅游和休闲价值为 4700 美元/公顷（Ghermandi，2013），绿色屋顶的价值可为 290 美元/平方米和 700 美元/平方米（Bianchini，2012）。

生态系统估值领域一项长期存在的挑战是将对本地行动“自下而上”的评估与“自上而下”或高度集成的观测联系起来。2021 年 2 月发布的《生物多样性经济学：达斯古普塔报告》做出了一项重要贡献，即建立了支持宏观和微观评估的、稳健的估值方法框架。基于过去几十年的工作和更健全的数据及新方法，达斯古普塔在包容性财富（基于自然资本、人力资本、社会资本和生产资本）估算方面的研究，对世界银行目前的工作（UNEP，2018）以及近期联合国环境生态核算系统有所裨益。

然而，集成或大规模项目层面的收益估算仍是一项关键挑战。例如，最近一项研究显示，全球湿地在防洪方面的贡献是 7000 美元/公顷/年，在提供淡水方面的贡献是 3400 美元/公顷/年，在水质服务方面的贡献是 5800 美元/公顷/年（Brander，2013）。综合来看，全球湿地的服务价值为 265 亿美元/年。然而，考虑到加总局地服务价值的不确定性，这项研究警告说，这一全球估值的误差高达 202 亿美元/年。高达 80% 的边际误差凸显了生态系统服务价值估算长期面临的挑战，包括 NbS 的成效评估。

GEF 于 2020 年对 NbS 项目开展评估，关键结论也强调了 NbS 成效评估面临的挑战，并呼吁：

（需要）更关注干预措施的成本和效益，全面评估社会和自然的各种成效；（需要）巩固与监测和评估相关的证据基础，让投资者（无论是公共还是私人）对……投资回报更有信心。（GEF 科技咨询小组，2020）

量身定做的评估方法：附件一探讨了包容性或综合性财富如何适用于 NbS 测量。标准化的经济测量工具，如 IUCN 全球 NbS 标准中推荐的成本效益分析、成本有效性分析，以及经济影响分析在全面评估 NbS 综合价值方面存在缺陷和局限。由于这些标准化的经济框架不能很好地为 NbS 服务，因此需要一种更全面的方法。无论是达斯古普塔报告还是更新后的联合国环境经济核算体系，都可以用来衡量自然资本对国民整体财富的贡献。同时，需要更多地从国家或整个经济体系的视角，开展项目层面 NbS 的包容性财富评估，特别是评估对生态系统，以及从人力和社会资本角度对家庭、农民、林业工作者的长期影响。

建议：国会应在更宽泛的包容性财富框架下，基于更全面的生态或自然资本核算，为微观或项目层面的 NbS 成效评估提供新的方法。

五、 政策、途径和实践

中国及其他向碳中和目标前进的国家面临的一项重要挑战是，如何从单个 NbS 项目转向以兼顾生态和公平的方法对 NbS 进行大规模推广。下文将对可能的方法做进一步阐述。

绿色金融：2020 年，国家层面和公司层面包括 1500 家领先公司的气候雄心得到极大提振，中国于 2020 年 9 月做出的碳中和承诺是其中最重要的承诺。例如，达能、微软、梅赛德斯-奔驰、马士基、耐克和星巴克等公司加入“零碳转型”倡议（2020 年中启动）。该倡议得到美国环保协会（EDF）的支持，旨在分享脱碳的经验。《联合国气候变化框架公约》的“奔向零碳”倡议，涵盖了超过 2000 家公司、127 家全球大型投资机构和超过 500 所大学，旨在于 2050 年或更早实现净零排放。

受到不断增加的脱碳压力，私营市场需要扩大对碳汇的投资以实现减排目标。例如，扩大自愿性碳市场工作组 2021 年第一份报告预计，NbS 相关的碳汇投资未来可能增加到 500 至 1000 亿美元的规模。相比之下，用于森林保护的 28 亿美元总投资（粮食和土地利用联盟，2019）中，仅有 1590 万美元来自自愿性碳市场。森林相关碳汇投资规模预计会增大，引发越来越多关于森林碳汇生态完整性的讨论。

在可预见的私营部门扩张融资过程中，至关重要的是保证项目设计的完整性和透明度、采用可比的核算系统，并采取相应的保障措施确保为当地社区、农民、林业从业者和其他部门提供收益的同时，保护和提高生态系统完整性。已有的融资模式，包括水基金模式和保护信托基金为撬动更多资金提供了现成的治理模板。

一个利用现有资金机制的机会是保护储备计划。这一计划旨在停止重要生态用地上的农业生产活动，恢复原生树木、草地和灌木以保护水质，减少土壤侵蚀和增加栖息地。通过这项自愿性计划，美国农业部向土地所有者提供了约 20 亿美元，十万多平方公里的土地在 10 至 15 年的合同期限内退出农业生产。总体成果包括：在该项目划定的保护地上，径流中的氮和磷含量减少了 80-90% 以上，增加了对表土的保护，减少侵蚀，并保护了 2000 万公顷土地。

另外一个利用现有治理模式撬动 NbS 资金的例子是中国支持森林、草地和湿地保护的生态补偿。2014 年发布的《环境保护法》提出，“国家加大对生态保护地区的财政转移支付力度。有关地方人民政府应当落实生态保护补偿资金，确保其用于生态保护补偿。国家指导受益地区和生态保护地区人民政府通过协商或者按照市场规则进行生态保护补偿”（亚洲开发银行，2016 年）。2018 年 2 月发布的《关于建立健全长江经济带生态补偿和长效保护机制的指导意见》等法律和实践进一步阐释了生态补偿制度下的财政转移支付。2019 年，国家发改委宣布将以森林和河流为重点领域，在 50 多个县推进国家层面的生态补偿计划试点。

长江流域：长江经济带是一个涉及多个辖区的大规模区域。虽然本报告绝大多数的案例都涉及某个行政辖区的项目，但是生态系统往往是跨区域的。采用流域视角来试点和推广 NbS 为协调不同的解决方案提供了机会。鉴于长江和黄河流域在“十四五”规划中的重要性，NbS 项目可以拓展现有的可持续生态修复，水稻、小麦及其他作物相关的再生农业、以及水力资源保护试点项目。例如，在 TNC 可持续

水电中心的支持下，将 NbS 淡水项目与潜在的水资源综合管理措施相结合，包括关注兼顾地表水和地下水问题的 NbS，以及将生态系统恢复与有机土壤碳汇修复结合起来的 NbS。

国家法律和法规：在治理层面，可通过国家法律和法规来支持 NbS。秘鲁是最早就 NbS 立法的国家之一；其法规包括了保护饮用水源地的绿色基础设施投资条款，并详细阐述了补偿或赔偿制度的原则。加利福尼亚州也出台了一项行政令，为支持 NbS 设立了一系列指导原则。

对很多国家而言，NbS 仍是一个相对较新的概念，因此并无相关法律法规。不过，一些国家已经开始尝试将 NbS 融入到法律体系中，例如美国和中国。在另一些国家，非政府组织、检察官和法官已经尝试将 NbS 的原则带入法庭案件中。

建议：1) 国合会应强调将 NbS 融入中国气候和生物多样性战略的重要性；强调增强中国立法框架的重要性，包括将 NbS 纳入新环评法，为生态保护红线建立一个强有力的法律框架，并加强预防性公益诉讼。

2) 国合会应继续助力降低海外投资和贸易对自然的的风险，强调实施交通灯系统以及“一带一路”项目绿色投资原则的重要性。

附件 1 基于自然的解决方案的价值评估（执行摘要）

2020 年，IUCN 发布了 NbS 的全球标准 (IUCN, 2020 年)，其中包括基于自然的解决方案 (NbS) 的“核查、设计和推广”的八项准则。第四项准则规定 NbS 应该是“经济上可行的”，这种可行性应该通过比较实施 NbS 的成本和效益与传统解决方案的成本和效益来评估。原则上来说，这种比较对于在 NbS 和传统解决方案之间进行选择是有效的。然而，在实践中这种方法存在缺陷，其中许多缺点源自于标准成本效益分析框架中的偏差。这些偏差尤其会对基于自然的解决方案的评估会带来问题。

成本效益分析 (CBA) 源于人们天生会比较短期成本和效益的能力。在日常生活中，我们大多数人都非常善于评估各种不同方案的成本和效益。这种简单的成本效益分析，主要是非正式的，甚至是无意识的，适合于决策后果较小的情况。然而，并不是所有的决策都是如此。我们当中的许多人都需要做出后果远远超出个人范围的决定。因此，一门正式的决策学科应运而生，它所采用的框架具有结构严谨的方法和数据要求。不足为奇的是，鉴于成本和效益的比较对人类来说是本能，正规化决策的核心框架正是围绕着这种方法发展起来的。

正规化的成本效益分析主要是在 20 世纪中期的西方国家兴起。当时，以国内生产总值 (GDP) 为衡量标准的经济持续增长是政府和企业无可置疑的准则。这也是各国统计机构以新颁布的国民账户体系为指导，迅速扩大和完善经济统计数据收集的时期。增长原则与日益强大的描述市场经济的数据相结合，变成了一股强大的力量。那些将成本效益分析发展成为一门学科的人纷纷将其概念、方法和数据集中在市场经济上。不属于市场经济的成本和效益——包括与环境有关的成本和效益——都被认为是次要的。显然，这种市场偏见在通过成本效益分析进行评估时对 NbS 不利。

成本效益分析最纯粹的形式要求以货币形式对成本和效益进行比较。任何尚未货币化的成本或效益都必须转化为货币，以便进行分析。当然，并不可能总是这样。有些成本或效益最好（或只能）用“自然”单位表示；例如，建造医院的效益最好用拯救的生命数量，而不是这些生命的所谓“经济价值”来表示。出于这个原因，纯粹成本效益分析的变体已经发展起来，允许用自然单位记录效益。成本效果分析 (CEA) ——是 IUCN 为 NbS 推荐的评估框架——这就是一种变体。在成本效果分析中，成本以货币表示，但效益仍以自然单位表示。两个项目之间的选择取决于哪一个项目能以最低的成本带来效益。

在成本效果分析基础上，比较 NbS 和传统的解决方案，会在出现一些其他问题。首先，可能很难找到与传统解决方案具有相同效益的 NbS。当效益不同时，如何对项目进行比较？例如，扩大一片红树林，可以保护 200 公顷土地、一所学校和 100 户人家不受洪水侵袭，与通过建造人工防波堤保护 150 公顷土地、80 户人家和一所医院相比，是好还是坏？这个问题没有显而易见的答案。效益的时间也会带来问题，防波堤可以相对快速地建造，并立即开始提供全面保护。红树林需要时间生长，在完全生长之前只能提供有限的保护。今天的效益如何和未来的效益相比较？

成本效果分析在成本方面也存在挑战。首先，如前所述，并非所有的成本都可以很容易地以货币形式表示。另一个问题是，在公司和政府的资产负债表中，对 NbS 有关的预测成本与传统解决方案的成本

处理不对称。没有一份资产负债表承认红树林是资产，而每一份资产负债表都承认人工防波堤是资产。因此，一个政府如果选择扩大红树林来防洪，就必须放弃在其资产负债表中增加一项资产，这可能是它不愿意做的。政府以及评估其信用价值的债券评级机构喜欢将资产负债表上的资产看作是公共支出“用在某处”的证据。由于这种过于狭隘的资产定义，人工防波堤比红树林具有明显的优势。

由于上述原因，成本效果分析往往不会在 NbS 和传统解决方案之间选择时提供明确的指导。当 NbS 以政策形式而不是项目的形式提出时，情况更是如此。项目可能有合理、明确的成本和效益，但政策并非总是如此。政策的实施可能几乎没有任何成本，但却对社会和经济产生重大影响。因此，另一个框架——经济影响分析（EIA）已经用于支持政策方面的决策。在这一框架中，复杂的数据密集型模型被用来衡量政策结果（例如，电动车补贴政策引起的汽车方面支出变化），将其转化为对 GDP 和其它核心宏观经济变量的影响。然后根据其经济影响的大小来评判政策。

出于许多同样的原因，成本效益分析和成本效果分析在应用于 NbS 时存在问题，经济影响分析也是如此。经济影响分析中使用的模型侧重于市场影响，而事实是，许多 NbS 的市场影响有限。保护森林的固碳功能对刺激经济几乎没有帮助（事实上，它可能会扼杀经济活动），因此经济影响分析不太可能建议采纳 NbS，而非传统的解决方案。

总体上，不能指望规范化的决策框架能很好地服务于 NbS 评估。这些框架过于以市场为中心，是根据传统解决方案所提供的成本和效益而制定的，难以适用于非传统解决方案。

过去二十年来，出现过对一个对评估 NbS 非常有利的、衡量经济进步的替代框架。该框架的中心论点——被称为“综合性”或“包容性”财富——是可持续性取决于财富的代代相传。然而，与传统的财富概念不同的是，综合财富的定义——正如其名称所示的那样——不仅仅包括建筑物、机械、股票和债券。综合财富在整个财富范畴中增加了自然资本（生态系统和自然资源）、人力资本（技能和知识）和社会资本（信任和规范）。

在许多见解中，综合财富为经济评估提供了一种新的思维方式。剑桥大学经济学家达斯古普塔爵士（Sir Partha Dasgupta）最近对题为《生物多样性经济学》的框架进行了详尽的介绍，他概述了为什么综合财富事实上是决定项目选择的恰当基础。更具体地说，达斯古普塔爵士展示了一个国家（或一个公司）的综合财富组合规模的变化是比较投资方案的标准。例如，在利用红树林和人工防波堤之间做选择，就变成了评估两者对生产资本、人力资本和自然资本存量贡献的问题。在其它条件相同的情况下，对财富贡献最大的项目才是应该实施的项目。

综合财富作为评估经济可行性的框架，有很多值得推荐的地方。如果综合财富被常规地用于这一目的，标准评估方法的许多缺点就不复存在了。重要的是，由于综合财富明确认可自然是资本的一种形式，因此，资产负债表上 NbS 和传统解决方案的不对称处理将消失。标准方法对市场的过度关注也将得到解决，因为综合财富是围绕着“会计”价格而不是市场价格作为估值基础的概念建立的。会计价格被定义为反映商品或服务的社会价值而非私人价值的价格。对成本和收益时间的担忧也将消失，因为衡量综合财富变化所需的资产价值是当期的衡量标准。

当然，任何框架都不是完美无缺的，综合财富作为一个相对较新的研究领域，也并非没有挑战。值得注意的是，它所要求的会计价格是无法被观测到的。它们有时可能会被市场价格所代表，但特别是在自然资本的情况下，市场往往严重扭曲了其社会均衡。有一些方法可以模拟会计价格，但这些方法可能很复杂，需要大量数据，且存在争议。

标准经济评估框架不能很好地服务于 NbS。正如达斯古普塔等人所说，综合财富为评估经济可行性提供了更好的基础。有鉴于此，推广 NbS 的研究人员和机构应该积极努力参与完善和应用综合财富的思路。朝这一方向迈出的一步是修改 IUCN 全球准则中的第四项，要求以综合财富而不是成本效益分析作为评估经济可行性的基础。除此以外，支持对会计价格等方面的研究将是有帮助的。最后，也许最重要的是，必须说服各国政府开始编制和使用综合财富的措施来推动决策。只要各国政府仍然执着于 GDP 的增长，标准评价框架仍将是它们的主要分析工具，NbS 在决策中仍将处于不利地位。

详见基于自然的解决方案的价值评估（报告全文）

附件 2 国合会基于自然的解决方案会议总结 2021 年 4 月 6 日

开幕致辞

刘世锦教授，国合会中方首席顾问，首先发言回顾了中国最近的政策进展。他指出利用 NbS 开展气候行动受到越来越多的关注，加强 NbS 也将为解决中国当前面临的许多其他挑战提供协同效应，如生物多样性、生态恢复、污染防治和经济增长。他强调中国顺应自然的法则并指出应将传统智慧应用到 NbS 研究、实践和传播当中。他还强调增进共识、介绍国际经验和识别国内案例的重要性。

魏仲加，国合会外方首席顾问，表达了对所有参会者对本项研究工作贡献的感谢，这些努力将识别出未来工作的优先事项和中国的有效解决方案。他列出了开展工作的四个主要方面以引导讨论：1) 识别 NbS 的科学基础；2) 展示和组织案例研究；3) 衡量成本和收益；4) 政策路径，聚焦可推广性、可融资性和私营部门的参与。

第一节：科学、定义和保障措施

Thomas Lovejoy 先生，联合国基金会生物多样性和环境科学高级顾问，通过回顾在两次 CO₂ 浓度高于今天的历史时期中生物和地球过程如何降低 CO₂ 浓度，分享了 NbS 与生物和物理系统关系的全景。他指出来自被破坏的陆地生态系统的大气 CO₂ 一定程度上与陆地生态系统中存在的 CO₂ 相当，这反映了气候变化的大气后果，以及保护的机遇（Woodwell Climate: Soil Carbon Debt）。最后，他强调了生态系统保护在固碳和生态系统方面的双重收益（达斯古普塔报告）。

李琳女士，WWF 国际政策及倡导全球总监，建议将 NbS 定位为应对气候变化和社会挑战的优先解决方案。她强调协调空间规划中不同土层的重要性，并指出固碳作为最大的生态系统服务之一，在目前的生态红线和区划中并未得到考虑。她还分享了一些见解：1) NbS 是将自然和生物多样性主流化的一个机遇；2) 为 NbS 融资不仅需要新的资金也要消除有害的补贴并使资金流向与保护目标相一致；3) 中国已经在自然资源资产核算领域开展了试验性的工作。她建议建立工作组探索 NbS 和其他专题政策报告之间的协同。

张小全博士，TNC 中国项目首席科学家，指出制定一个统一的 NbS 定义非常有挑战。他建议聚焦深化和理解 NbS 的关键特征和科学基础。他分享了识别路径、分类和内涵方面的见解。张博士指出提升关于 NbS 的意识的必要性，并对泛化和误用这一概念来“漂绿”发出警告。他总结认为 NbS 是在自然的启发下恢复、保护和模拟自然。

第二节：案例研究的可比指标

Laszlo Pinter 先生，国际可持续发展研究院高级顾问，中欧环境科学与政策部主任、教授，分享了“Naturvation”的进展，Naturvation 是一项欧盟项目，旨在理解 NbS 在城市背景下的潜力。该项目发现作为一个新的范式，NbS 提供了标准化的语言和术语，并绘制了城市自然地图集。该项目认为 NbS 是多项目可持续发展目标的解决方案，并且有潜力做出更多的贡献，包括绿色复苏。他列举了识别应对社会挑战的综合商业案例的挑战，以及工具的重要性（例如 Nature Navigator 和 Urban Nature Explorer）。

朱春全博士，WEF（北京）热带雨林联盟中国负责人，指出指标应该基于自然资产和生态系统服务对经济和社会的贡献和服务于经济和社会的生态系统服务。他强调了三条底线，包括：1) 保护自然和生态资产并使其增加价值；2) 有助于提升人类福祉的、持久的生态系统服务；以及 3) 对生态资产或生态系统的自恢复和韧性不造成伤害。他指出关于 NbS 的分析应该：1) 在优先的时间区间和空间尺度下进行，并考虑不同生态系统服务的相互抵消和/或附加效应；2) 在开放和公平分配资源的基础之上；3) 在与工程手段的短期/中期/长期影响课可比较的适当的空间和时间尺度下进行。

石雷先生，国际竹藤中心副研究员，指出需要尊重生态系统的非线性特征及其复杂性，不遵循自然系统的内在规律将导致系统性崩溃（生态圈 2 号）。关于指标，他建议考虑 NbS 的多重产出，在不同尺度下遵循不同的规则，将项目评估限定在特定的时空之内，并加强对本地物种、社区、文化、政策以及后续项目的考量。他强调，NbS 本身就涉及多部门、多空间、多利益相关方，这需要就项目设计和实施进行更全面思考。

第三节：测量、成本效益分析和案例

Robert Smith 先生，Midsummer Analytics 董事，环境核算和统计前总监，指出主流的分析框架，如成本收益分析（CBA）、成本有效性分析（CEA）和经济影响分析（EIA）并不适用于 NbS，主要原因是：过度的市场导向、专门针对传统解决方案，以及难以应用于 NbS。他建议探索新的替代方案，如达斯古普塔报告提出的“包容性财富”模式，该模式测量的是对国家财富的贡献而非对 GDP 的贡献，以收入和就业为基础来评估投资选择，作为评估 NbS 经济变量的框架。

任文伟先生，世界自然基金会（中国）地表水项目总监，指出世界自然基金会关于长江保护的很多经验可以被算作是 NbS。他分享了世界自然基金会开展的两个案例研究：1) 自 2002 年，重建 60+ 河流和湖泊的季节性联通，提升了自然水域的韧性并产生了多重收益（如濒危物种恢复、获取更多干净的饮用水、防洪能力提升）；2) 荷兰莱茵河河口地区的一个可融资、可复制的 NbS 案例。湿地恢复产生的生态系统服务被政府购买，并通过公私合营机制福利房开发来兑现。任博士补充指出在长江经济带已经识别出了两个潜在的、可融资的 NbS 案例。

第四节：政策路径

龙迪先生，欧洲克莱恩斯环保协会中国办公室首席代表，指出了全球范围内 NbS 法规的不足，这是由于立法者很难把握 NbS 概念的复杂性并将这些多重效益实质化。他分享了两个优秀的案例：加利福尼亚州的一项行政命令（扩大基于自然的解决方案），以及生态环境部的《指导意见》（2021）。他建议将 NbS 纳入中国的司法系统、政策框架和空间规划当中，优先长江保护、气候适应和防灾减灾。他还建议将聚焦供应链管理作为第一项立法举措，并且优先降低“一带一路”项目的风险，应对有害补贴。

李玉娥教授，中国农科院，简要介绍了中国在长江流域加强可持续绿色农业、草地生态补偿和重点区域渔业禁令相关的政策。她指出将利用碳固定作为减缓气候变化的解决方案在中国受到越来越多的关注。李教授还分享了联合国粮食系统峰会的最新进展：1) 识别出“促进对自然有积极影响的生产”的 3 项手段（即保护生态系统、可持续管理，以及复原和恢复）；2) 通过问卷和提案识别了 22 项

NbS，并将在峰会之前进一步缩减这一清单。

仇涪博士，生态环境部南京环境科学研究所生态保护和恢复研究中心分享了中国“生态红线”相关政策，这一政策与2017年首次提出，并在2019年进行了完善。他强调生态红线不仅覆盖了具有巨大生态重要性和脆弱性的地区，也覆盖了目前上无法识别但具有生态价值潜力的地区。他指出生态红线有三条底线：1) 禁止随意更改用途；2) 只增不减；3) 禁止保护核心区的人类活动，并严格禁止红线内区域内的开发和生产性建设活动。

Bob Tansey 先生，大自然保护协会高级顾问，他分享了 NbS 在农业补贴改革和减少非点源污染中的贡献：再生农业、城市环境市场以及用于生态补偿的水基金。他补充道，这三项 NbS 举措共同推进，可以显著减少非点源污染，同时产生与《长江保护法》目标一致的附加收益。

第五节：下一步工作建议

王毅教授，国合会气候专题政策研究项目组组长，第十三届全国人大常委，中国科学院科技战略咨询研究院副院长，他指出为 NbS 在中国找到精准和有效的定位至关重要，NbS 是问题导向和目标导向的。他还列出了关于未来工作的一些优先事项：1) 开展成本和收益的定量研究；2) 加强各个部委之间的协调；3) 加强国际合作；4) 识别可比的传统项目案例；以及 5) 提高《生物多样性公约》COP15 对 NbS 的接受程度。

总结

刘世锦教授，国合会中方首席顾问，指出中国过去的很多倡议都可以算作 NbS。他提出在中国进一步推动 NbS 实践应遵循以人为本的原则。回应参会者的发言，刘教授提出了未来工作的三项优先事项：1) 探索在中国背景下“包容性财富”核算的应用；2) 加强对 NbS 的认识以指导有意识的行动；3) 在中国省级和部门十四五专项规划中纳入 NbS 优良实践。

魏仲加先生，国合会外方首席顾问，他感谢所有参会者分享的见解并欢迎他们继续提供支持。他提出了两项下一步工作建议：1) 搭建国际和中国案例（例如海绵城市）的门户网站；2) 识别未来合作的 2-3 个专题（例如可持续农业、COP15 和 COP26 的协同）。

参考文献

- Asia Development Bank, 2016, Toward a National Eco-Compensation Regulation for the People's Republic of China. November 2016
- Bao-Jie He et al, July 2019, Co-Benefits Approach: Opportunities for Implementing Sponge City and Urban Heat Island Mitigation, Volume 86, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718308111?via%3Dihub>
- Bastin, Jean-Francois et al, 2019, The Global Tree Restoration Potential, Science, 5 July, 2019, Vol. 365, Issue 6448, pps 76-79
- Batini, Nicoletta, 2019, Reaping What we Sow, International Monetary Fund Finance and Development, December 2019, Volume 56, No. 4, <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/12/farming-food-and-climate-change-batini.htm>
- Beck, Michael et al, 2018, The Global Protection savings provided by coral reefs, Nature Communications, 9, article 2186
- Bianchini, F. and K. Hewage, 2012, How 'green' are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials, Building and Environment, February 2012, 48(1)
- Bowler, Diane, Buyung-Ali Knight and Teri. M Knight, 2019, Urban Greening to Cool Towns and Cities: A systematic review of the empirical evidence, September 2010, Landscape and Urban Planning, 97(3), pp 147-155
- Butler, Rhett. A, December 2020, "How the pandemic impacted rainforests: the year in review," Mongabay, 28 December 2020
- Brander, Luke and Mark Koetse, 2011, The Value of Urban Open Space: Meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results, Journal of Environmental Management, 92(10).
- Carbon 180: The New Carbon Economy Consortium, 2019, Building the New Carbon Economy: An Innovation Plan, <https://carbon180.org/newcarboneyconomy>
- Central African Forest Initiative, September 2019, Gabon: First in Africa to receive payments for preserved rainforests, <https://www.cafi.org/content/cafi/en/home/all-news/gabon--first-in-africa-to-receiving-payments-for-preserved-rainf.html>
- Cleary, David, Framing a CBD Approach to Agriculture, The Nature Conservancy,
- Cook-Patton, Susan et al, September 2020, Mapping Carbon Accumulation Potential from global

natural forest regrowth, *Nature*, 585, 545-550, <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2686-x>

Costanza, R., 2020, Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness and sustainably, *Ecosystem Services*, 43(101096)

Domk, Grant. M, September 2020, Tree Planting has the Potential to increase carbon sequestration capacity of forests in the U.S., *Proceedings of the US National Academy of Sciences*, <https://www.pnas.org/content/117/40/24649>

EcoShape, <https://www.ecoshape.org/en/stories/todd-bridges>)

El Fassi, Marai et al, October 2020, People-Natured Alliances: Enabling Ecosystem-Based Adaptation in Guatemala, International Climate Initiative, https://globalsoilweek.org/wp-content/uploads/2020/10/201014_Climate-SDG_GTABE_Roadmap_Guatemala_03.pdf

Escalante, Donovan et al, 2018, Approaches to Assess the additionality of climate investments: finding from the evaluation of the Climate Public Private Partnership Programme, Climate Policy Initiative, May 2018, https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2018/03/Approaches-to-assess-the-additionality-of-climate-investments--_Findings-from-the-evaluation-of-the-Climite-Public-Private-Partnership-Programme-CP3-2.pdf

European Commission, May 2012, The Multifunctionality of Green Infrastructure, https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf

Food and Agriculture Organization, Food Loss Index, <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1231/en/>

Food and Land-Use Coalition, 2019, Growing Better: Ten Critical Transitions to Transform Food and Land Use, <https://www.foodandlandusecoalition.org/global-report/>

Franklin, Janet et al, editors, March 2020, Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions, The Royal Society, <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2019.0121>

Ghermandi, Andrea and Paulo Nunes, 2013, A Global Map of Coastal Recreation Values, *Ecological Economics*, Vol. 86, February 2013.

Global Environment Facility, December 2020, Nature-Based Solutions and the GEF: A STAP Advisory Document, <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2019/12/farming-food-and-climate-change-batini.htm> https://stapgef.org/sites/default/files/publications/Nature-based%20Solutions%20and%20the%20GEF-FINAL_web_0.pdf

Global Partnership on Forest and Landscape Restoration, <http://www.forestlandscaperestoration.org/our-approach-landscape-approach.html>).

Goldstein, Allie et al, 2020, Protecting Irrecoverable Carbon in Earth's Ecosystems, *Nature Climate Change*, www.nature.com/natureclimatechange

Griscom, Bronson W., *Natural Climate Solutions*, PNAS, October 31, 2017, 114(44), 11645-11650

Hua, F. et al, Opportunities for Biodiversity Gains under the world's largest reforestation programme, *Nature Communications*, 7, 12717, <https://www.nature.com/articles/ncomms12717>

Hobbie, SE and NB Grimm, 2020, Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 375(1794):20190124. DOI 10.1098/rstb.2019.0124.

Houghton, R.A and Alexander Nassikas, 2017, Global Biochemical Cycles: Global and Regional fluxes from land use and land cover change 1850-2015, *Global Land Use Change and Carbon/Climate Dynamics*, [https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)1944-9224](https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)1944-9224). GLOBALLAND1,

International Climate Initiative, 2020, Scaling Up Ecosystem Based Adaptation in Guatemala, https://www.international-climate-initiative.com/en/news/article/scaling_up_ecosystem_based_adaptation_in_guatemala

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019, The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services, ipbes.net

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp. (<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm>)

IPCC, 2019: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (<https://www.ipcc.ch/srcl/>)

IUCN, Global Standard for Nature Based Solutions, <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-En.p>

Kabisch, N., N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann, D. Haase, S. Knapp, H. Korn, J. Stadler, K. Zaunberger, and A. Bonn. 2016. Nature-based solutions to climate change

mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* 21(2):39.

<http://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss2/art39/>

Kapos, Valerie et al, 2017, THE ROLE OF THE NATURAL ENVIRONMENT IN ADAPTATION BACKGROUND PAPER FOR THE GLOBAL COMMISSION ON ADAPTATION, UNEP WCMC.

Keniger, Lucy et al, 2013, What are the Benefits of Interacting with Nature?, *International Journal of Environmental Resources and Public Health*, 10(3)

Khan, Micheline and Guido Schmidt-Traub, September 2020, Use of spatial information in national climate strategies An analysis of Nationally Determined Contributions(NDCs) and Long-Term Low-Emission Development Strategies (LT-LEDS), Sustainable Development Solutions Network, [rpn-cdn.multiscreensite.com/be6d1d56/files/uploaded/Use%20of%20spatial%20information%20in%20national%20climate%20strategies_v1.4.pdf](http://cdn.multiscreensite.com/be6d1d56/files/uploaded/Use%20of%20spatial%20information%20in%20national%20climate%20strategies_v1.4.pdf)

Li, Zhengzhao et al, 2018, Objectives and Indexes for the Implementation of Sponge Cities: Changzhou City, Research Gate, https://www.researchgate.net/publication/325075489_Objectives_and_Indexes_for_Implementation_of_Sponge_Cities-A_Case_Study_of_Changzhou_City_China

McKinsey and World Economic Forum, 2021, Why Investing in Nature is key to climate mitigation, January 2021, <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/why-investing-in-nature-is-key-to-climate-mitigation>

Mingming, Jia et al, 2018, Monitoring loss and recovery of mangrove forests during 42 years: The achievements of mangrove conservation in China, *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, Vol. 73, December 2018, pp. 535-545, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243418305804?via%3Dihub>

Narayan, S., Beck, M. W., Wilson, P., Thomas, C. J., Guerrero, A., Shepard, C. et al. 2017. "The Value of Coastal Wetlands for Flood Damage Reduction in the Northeastern USA". *Scientific Reports* 7: 9463.

Nauman, Sandra and Matt Rayment, 2011, Design, Implementation and Cost of Green Infrastructure Projects, *Ecologic*,

OECD, 2002, OECD Workshop of Environmentally Harmful Subsidies, <https://www.oecd.org/site/agrehs/35217152.pdf>

Paulson Institute, 2020, Financing Nature: Closing the Global Biodiversity Financing Gap, Paul Institute, The Nature Conservancy, Cornell Atkinson Center for Sustainability, https://www.paulsoninstitute.org/wp-content/uploads/2020/10/Updated-10.23.20-FINANCING-NATURE_Exec-Summary_Final-with-endorsements_101420.pdf

[paulsoninstitute.org/wp-content/uploads/2020/10/Updated-10.23.20-FINANCING-NATURE_Exec-Summary_Final-with-endorsements_101420.pdf](https://www.paulsoninstitute.org/wp-content/uploads/2020/10/Updated-10.23.20-FINANCING-NATURE_Exec-Summary_Final-with-endorsements_101420.pdf)

Sandom, Christopher J., et al, 2020, Trophic rewilding presents regionally specific opportunities for mitigating climate change, The Royal Society Publishing,

Short, C., Clarke, L., Carnelli, F., Uttley, C., and Smith, B. 2018. "Capturing the multiple benefits associated with nature-based solutions: Lessons from a natural flood management project in the Cotswolds, UK." *Land Degradation & Development*, 30(3): 241-252. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.3205>)

Smolders S, João Teles M, Leroy A, Maximova T, Meire P, Temmerman S. (2020) Modeling Storm Surge Attenuation by an Integrated Nature-Based and Engineered Flood Defense System in the Scheldt Estuary (Belgium). *Journal of Marine Science and Engineering* 8(1):art27. DOI <https://doi.org/10.3390/jmse8010027>

Solan, Martin et., 2020, Benthic-based contributions to climate change mitigation and adaptation, The Royal Society, <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0107>

Task Force on Scaling Voluntary Carbon Markets, 2021, https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Summary.pdf

The Nature Conservancy, October 2020, Regenerative Food Systems: Accelerating the Pivot to a Regenerative Food Economy,

UN CBD SBSTTA 2019, <https://www.cbd.int/doc/recommendations/sbstta-23/sbstta-23-rec-02-en.pdf>

UNDP, UNEP and IUCN, 2016, Making the Case for Ecosystem-based Adaptation: The Global Mountain EBA Programme in Nepal, Peru and Uganda, (<https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/poverty-reduction/making-the-case-for-ecosystem-based-adaptation.html>)

UNEP, 2019, Compendium of Contributions: Nature Based Solutions, https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29988/Compendium_NbS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UNEP, 2021, Adaptation Gap Report 2020, <https://www.unenvironment.org/resources/adaptation-gap-report-2020>

UN World Food Programme, April 2020, Risk of Hunger Pandemic, <https://www.wfp.org/stories/risk-hunger-pandemic-coronavirus-set-almost-double-acute-hunger-end-2020>

UN World Water Development Report: Nature-based solutions for water, UN Water, 19 March 2018, <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/>

US National Academies of Science report, “Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration,”

Van Loon-Steensma, J.M. Salt marshes to adapt the flood defences along the Dutch Wadden Sea coast. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 20, 929–948 (2015). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-015-9640-5#c>

Whitworth, Andrew, July 24, 2020, Mangrove Forest Restoration Boosts Costa Rica Communities, *Mangabay*, <https://news.mongabay.com/2020/07/mangrove-forest-restoration-boosts-costa-rica-communities-commentary/>

Wild, Tom, Tiago Freitas and Sofie Vandewoestijne, eds, *Nature-Based Solutions: State of the Art in EU-funded projects*, European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, 2020

Willet, Walter, et al, 2019, Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems, *The Lancet Commissions: Volume 393*, [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(18\)31788-4/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)31788-4/fulltext)

World Bank, *Financing Climate Futures: Financing a Resilient Urban Future*, Joint publication World Bank/OECD/UNEP, <http://documents1.worldbank.org/curated/en/370831544454490426/pdf/132822-WP-PUBLIC-8-12-2018-3-26-37-FRUFFinalDec.pdf>

Ziter, Carly D. et al, March 25, 2019, Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer, *PNAS* April 9, 2019 116 (15) 7575-7580; first published March 25, 2019; <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>