

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.06.09

引用格式: 薛皓,肖春蕾,郭艺璇.基于自然的解决方案对中国生态保护修复工作的启示[J].中国地质调查,2021,8(6):96-104.(Xue H,Xiao C L,Guo Y X.Nature-based Solutions implications for the ecological conservation and restoration in China[J].Geological Survey of China,2021,8(6):96-104.)

# 基于自然的解决方案对中国生态保护修复工作的启示

薛皓,肖春蕾,郭艺璇

(中国自然资源航空物探遥感中心,北京 100083)

**摘要:**基于自然的解决方案(Nature-based Solutions, NbS)指对生态系统加以保护和恢复,并对其进行可持续管理,从而造福人类的行动。目前国际社会普遍认可采用NbS对抗生态系统退化、全球气候变暖、生物多样性丧失等人类共同面对的挑战。针对NbS的研究和相关理论仍处于构建阶段,以世界自然保护联盟为代表的研究机构已经初步建立了NbS全球标准和使用指南。我国针对NbS的现有研究主要参考该国际标准,但尚未形成本土化的理论和标准体系,同时缺少基于该标准的相关实践工作。通过总结NbS的相关文献和成果,分析目前国际上NbS的发展现状及趋势,并以印度Banni草原生态系统修复作为典型案例,结合我国国情,提出了对中国在NbS生态系统恢复和保护工作上的7点建议,即:将NbS政策主流化、加强区域和国际合作、加强NbS资金投入、建立适应本土的NbS标准体系、开展多部门合作、重视试点实验以及加强自下而上的参与模式。期望可以为我国的NbS研究者及从业者提供更广泛的国际视角。

**关键词:**基于自然的解决方案;生态保护修复;生态系统;草原生态系统;生态文明

**中图分类号:** X171.4; Q14

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8706(2021)06-0096-09

## 0 引言

2021年6月5日,联合国秘书长安东尼奥·古特雷斯在世界环境日的演讲中提出,自然的退化已经影响了全球40%人口的福祉。如果人类不关心环境和生态系统,必将承担严重的后果,付出巨大的代价<sup>[1]</sup>。2020年,世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)发布了《全球生态系统分类指南2.0》<sup>[2]</sup>,报告指出目前世界上所有的生态系统都在不同程度地受到人类的影响,其中很多生态系统面临着严重崩溃的风险,将对物种栖息地、遗传多样性、生态系统服务、可持续发展和人类福祉带来恶劣影响。同年,世界自然基金会发布的《地球生命力报告2020》<sup>[3]</sup>也显示地球的生命力指数在过去40 a中下降了68%,物种生境指数显示自2000年以来适合物种栖息的生境面积呈现出显著减少的趋势。为停止并扭转当

前全球生态系统及其服务退化的局面,更好地应对气候危机、粮食安全、用水供应、生物多样性保护等挑战,联合国《生态系统恢复十年(2021—2030)》倡议<sup>[4]</sup>于2021年正式启动。该倡议提出需将大规模恢复退化的生态系统作为当前人类最紧迫的工作,并在2030年之前完成“波恩挑战”(到2030年恢复全球3.5亿hm<sup>2</sup>退化的生态系统和毁林景观)。倡议的相关文件将“生态系统恢复”定义为“有助于保护和恢复受损生态系统的一系列广泛做法”<sup>[5]</sup>。而针对生态系统保护修复,基于自然的解决方案(Nature-based Solution, NbS)是近年来国际社会积极推广传播、付诸实践并已获得突出成果的举措之一,已有大量全球实践项目证明了NbS的有效性和可行性。

本文从生态系统保护修复视角出发,解析了NbS的内涵,并借助印度Banni草原生态系统保护修复典型案例,加强国内对于NbS概念和工作内容的理解,同时提出国际主流NbS研究经验对中国生

收稿日期:2021-08-29;修订日期:2021-11-08。

基金项目:中国地质调查局“生态地质调查工程(编号:0703)”和“全国地球关键带遥感地质调查(编号:DD20190536)”项目联合资助。

第一作者简介:薛皓(1992—),女,助理工程师,主要从事生态保护修复、基于自然的解决方案研究。Email: xuehao@mail.cgs.gov.cn。

态保护修复工作的相关启示和建议。

## 1 NbS 的概念

### 1.1 NbS 概念的来源

为应对自然生态问题,传统方法主要采取工程技术手段进行人工强干预。然而,工程技术手段往往成本高,只注重短期单一目标,过程中相对弱化或忽略环境问题,甚至造成生态破坏。相反,一些解锁自然力量,受自然启发,利用自然做功原理解决生态环境难题,实现人与自然和谐相处的手段应运而生,即可以被理解为“基于自然的解决方案”。“向自然学习”理念由美国自然科学家 Benyus 提出,并在其著作《仿生学:受自然启发的新方法》<sup>[6]</sup>发表后开始受到国际社会的广泛关注。Benyus 认为自然既是人类模仿的对象,也是一种评判标准,同时还是人类的导师<sup>[6]</sup>。地球经过数亿年的演变,自然早已在时间尺度上评判了哪些手段应对生态问题是有效的、合适的以及可持续的。人类可以通过模仿自然或从自然中获取灵感,从而解决目前面临的一系列自然生态问题。人类已经进入到一个新时代,“模仿自然”是一种观察并重视自然的新范式,它不是基于人类如何从自然中获取,而是基于人类如何向自然学习<sup>[6]</sup>。Benyus 的理论可以被认为是 NbS 概念的雏形。

### 1.2 NbS 概念的定义与特点

2008 年世界银行正式将“基于自然的解决方案”一词写入《生物多样性、气候变化和适应性:来自世界银行投资的 NbS》<sup>[7]</sup>,并强调未来重点投资领域将转向以自然系统提供生态服务、保护生物多样性以减缓气候变化、增强适应性为主的项目。2009 年,IUCN 在第十五次联合国气候变化框架公约的立场文件中积极推广 NbS,再一次推动了 NbS 概念的发展。IUCN 将 NbS 定义为“通过保护、可持续管理和修复自然或改善生态系统的行动,有效应对如气候变化、粮食和水安全以及自然灾害等社会挑战,同时提供人类福祉和生物多样性效益”<sup>[8]</sup>。IUCN 的定义强调所有 NbS 的核心问题都是管理和恢复生态系统,方法涵盖来自科学研究领域、实践或政策环境,聚焦生态系统服务并旨在应对社会挑战。相比之下,欧盟委员会对于 NbS 的定义更为宽泛,即“NbS 是以自然为灵感、为支撑的解决方案,旨在以资源高效、适应性强的方式应对各种社会挑

战,同时提供经济、社会和环境效益”<sup>[8]</sup>。欧盟委员会对 NbS 的定义中更强调 NbS 是将自然资源转化为发展绿色经济的新机遇,打破了经济发展与生态保护相互对立的传统固化思维,使二者可以共同发展<sup>[9]</sup>。欧盟也通过大量理论工具证明生态系统本身就是一项自然资本,通过保护、管理和恢复生态系统人类将从这些自然资本中获益。

不同机构组织对 NbS 概念的定义各有侧重,这反映了 NbS 的包容性和开放性,有助于不断吸纳创新方法和创新手段以应对未来新的挑战。同时,NbS 为解决社会挑战提供了一个综合视角,在促进资源从“密集型增长模式”向“更有效、包容和可持续增长模式”的转型中发挥关键作用。这种转型是在结构、思维模式和实践方面的根本性创新,需要来自不同利益相关方的共同设计和实施<sup>[10]</sup>。因此,NbS 可以有效促进全球不同区域、不同层级的部门决策者与各学科领域专家学者之间的积极对话。同时,NbS 考虑的是全人类与自然之间的辩证关系,关乎全球范围内每一个人类个体的切身利益,因此,在“自上而下”的治理模式下易于得到理解与支持,也利于开展多尺度“自下而上”的试验与实践。

## 2 国内外 NbS 发展现状

### 2.1 NbS 在政策制定中的主流化

国际社会近年来已经将 NbS 提上重要的国际对话和议程,且普遍认为 NbS 应用下的生态系统和生态系统服务在减少灾害和提高生态系统韧性方面发挥了关键作用。2021 年联合国秘书长古特雷斯在联合国环境署发表的综合报告《与自然和平相处》<sup>[11]</sup>的序言中指出由 NbS 驱动的人类社会将创造更多的就业机会、更清洁的基础设施以及更具韧性的未来。

欧盟委员会自 2015 年在其“地平线 2020”<sup>[12]</sup>科研框架下专门针对 NbS 和发展城市绿色基础设施设立了研究创新政策议程。在 2019 年的联合国气候行动峰会上,NbS 被列为应对气候变化的 9 大行动领域之一<sup>[13]</sup>,使 NbS 成为了全球落实《巴黎协定》的重要组成部分,这一举动也明确了自然在应对气候变化不利影响上发挥的作用,承认了自然对维护生态系统和保护生物多样性的重要性。缔约国通过高级别政策对话和向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交“国家自主贡献(Nationally Deter-

mined Contributions, NDCs) ”的形式进一步使 NbS 的作用在国际主流发展中得到发挥。据统计,超过 65% 的《巴黎协定》缔约方已经将 NbS 作为帮助其实现 NDCs 的手段之一; 103 个国家承诺将至少一种 NbS 举措应用于达成 NDCs 中的适应性部分; 27 个国家承诺将 NbS 应用于减缓气候变化的目标中<sup>[14]</sup>。2019 年至今, IUCN 联合包括各国政府、非政府组织、相关从业者、私人企业和金融机构等不同利益相关方构建了 NbS 全球标准。

新冠疫情的全球爆发和蔓延使各国政府意识到对自然的投资将在经济复苏中发挥重要作用<sup>[15]</sup>。2020 年, 德国的一项经济复苏投资计划中将 7 亿欧元用于支持森林保护和管理<sup>[16-17]</sup>。同年, 新西兰政府宣布了一项 11 亿新西兰元的自然投资计划, 旨在通过投资创造 11 000 个工作岗位, 恢复湿地和河岸, 清除外来入侵物种并改善公共土地上的旅游和休闲服务<sup>[18]</sup>。可以看出, 目前全球决策者和政策规划者对通过修复生态, 运用 NbS 达成“波恩挑战”、《巴黎协定》、联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会目标等全球目标表现出了强烈的政治意愿和决心。

## 2.2 NbS 国际平台与网络建设

国际上已针对 NbS 建立了大量研究平台, 旨在分享和交流 NbS 的相关信息。联合国 NbS 贡献平台<sup>[19]</sup>整合分享了各个国家和地区开展 NbS 具体工作的实践报告, 其中提交的 196 个项目报告中中国的实践项目占 51 个。欧盟 OPPLA 平台<sup>[20]</sup>则建立了一个关于 NbS 的知识储备库, 涉及有关自然资本、生态系统服务以及 NbS 的最新思路。此外, 欧盟“地平线 2020”框架下的“联结自然”项目<sup>[21]</sup>联合了全球 30 多个团体, 致力于研究在城市开展的大规模 NbS 项目并开发相关指导产品, 包括《联结自然框架指南》《NbS 企业指南》《管理指南》《金融与商业模式指南》《共同生产指南》《自反监测指南》以及《技术方案指南》。此外, 由都柏林三一学院统筹开发的“自然城市”<sup>[22]</sup>方法论为地方政府实施 NbS 提供了全链条指导服务。作为该项目的拓展, “智在城市”<sup>[23]</sup>平台旨在增强城市管理者对于 NbS 的了解, 证明绿色城市有益于居民和社区。目前该平台已为欧洲、南美和中国的城市提供应对城市挑战的 NbS 策略, 并收录了大量城市实践案例。此外, 众多国际顶级高校也成立了 NbS 专项研究小组, 例如牛津自然解决方案倡议致力于在研

究、教育和政策建议层面上加强对 NbS 潜力的理解, 以应对多种挑战并支持 NbS 在全球范围内的可持续实施。该倡议包含 NbS 政策平台<sup>[24]</sup>与佐证平台<sup>[25]</sup>, 其中政策平台展示了《巴黎协定》所有缔约国在气候承诺中做出的适应性计划, 强调了 NbS 在全球气候变化政策制定中的突出地位, 并与相应的佐证联系起来。该平台为《巴黎协定》的全球评估提供了一个参考, 且可以据此监测各国对 NbS 气候变化适应性的态度变化。佐证平台整理了全球与 NbS 相关的学术论文及相关项目的实施效果, 并可通过经验佐证和场景模型佐证 2 种方式检索全球的 NbS 研究论文。在经验佐证中可按照 26 种生态系统相对应的 21 项挑战进行检索, 且相关的 NbS 研究按照项目数量、实施国家、实施效果、是否达成生态系统保护修复目标等进行了详细分类和统计。场景模型佐证中以地图和图表的形式展示了这些统计结果, 为相关研究人员快速了解全球 NbS 的最新研究进展及对应的生态系统挑战提供了清晰的可视化参考。

## 2.3 中国的 NbS 实践

实际上, NbS 并不是一个全新的概念。中国的传统认知体系早已认识到生态系统在支持人类、生物多样性福祉方面可以发挥巨大作用。从中国古代“天人合一”“道法自然”的自然哲学观到全球重要农业文化遗产“桑基鱼塘”人工生态系统的构建, 再到如今国家大力倡导的“生态文明建设”思想, 反映出中国在历史发展道路上不断探索人与自然、生态与发展之间的辩证关系并持续付诸实践的过程, 其内涵与 NbS 的实质是高度契合的。

2019 年的联合国气候行动峰会上, 中国和新西兰共同牵头构建的《基于自然的气候解决方案政策主张》和《联合国气候行动峰会“基于自然的解决方案”倡议案例汇编》有力推动了 NbS 的实践, 并使 NbS 理念受到国内外各界的广泛关注。2020 年, 自然资源部、财政部和生态环境部联合印发的《山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)》<sup>[26]</sup>中明确: “遵循自然生态系统的整体性、系统性、动态性及其内在规律, 用基于自然的解决方案, 综合运用科学、法律、政策、经济和公众参与等手段, 统筹整合项目和资金, 采取工程、技术、生物等多种措施, 对山水林田湖草等各类自然生态要素进行保护和修复, 实现国土空间优化, 提高社会—经济—自然复合生态系统弹性。”2021 年 3 月, 由大自然保护协会主编

的《基于自然的解决方案: 研究与实践》一书在 NbS 推进生态文明主题研讨会上正式发布, 是我国 NbS 领域的首部中文书籍<sup>[27]</sup>。同年 6 月 23 日, 自然资源部与 IUCN 联合发布了《IUCN 基于自然的解决方案全球标准》及其使用指南的中文版<sup>[28]</sup>, 旨在为中文语境下的相关从业者和使用者提供更多的 NbS 支持与服务, 此举也标志着 NbS 在本土化推广进程中迈出了关键的一步。

目前我国对 NbS 的系统研究还处于起步阶段, 主要工作仍然是梳理和总结国外的研究和案例, 包括 NbS 的概念、实施方法、生态系统保护修复手段、具体案例研究等内容。国内目前也借用 NbS 概念在不同尺度上开展了生态系统保护修复工作, 如: 从 1978 年中国开始实施的“三北防护林”工程<sup>[29]</sup>, 至 2018 年已累计造林保存面积 3 014.3 万  $\text{hm}^2$ , 工程区森林覆盖率由 1977 年的 5.05% 增加到 13.57%<sup>[30]</sup>; 俞孔坚团队在景观尺度层面对我国众多河流湖泊、乡村农业等生态系统的修复等, 均被写入《NbS 中国实践典型案例》<sup>[31]</sup>。但基于 NbS 国际标准, 我国还缺少依照其标准框架体系实施的具体实践项目, 以及适应本土的实践操作指导和针对不同生态系统修复的全面系统性的技术方法与分享平台。

### 3 NbS 框架下的生态系统方法

#### 3.1 NbS 理念基于生态系统方法

NbS 的理念是以生态系统方法的科学和实践为基础发展而来。生态系统方法即“综合管理土地、水和生物资源, 公平促进其保护与可持续利用的战略”<sup>[28]</sup>, 主要运用方式有 3 种: ①作为生态系统管理或基于生态系统管理的替代方案; ②作为一种公平的综合性资源管理方法; ③作为侧重于理解和重视生态系统服务的术语。生态系统方法主要面向生态保护界, 为其提供了一个针对自然更具战略性的概念框架。NbS 对生态系统方法进行了补充, 其框架更具操作性和指导性, 更具备直接解决各种全球社会挑战的能力。此外, NbS 使生物多样性保护和可持续管理走出保护领域, 围绕并面向更加广泛的领域和新社群, 如与人道主义、城市、农业和健康相关的领域。

IUCN 的 NbS 可以被理解为一种伞式概念, 概念下包含 5 类方法: ①生态系统恢复方法; ②针对生态系统特定问题的方法; ③基础设施的有关方

法; ④基于生态系统管理的方法; ⑤生态系统保护方法。表 1 简要说明了 5 类方法的主要内容以及对应的实践示例。

表 1 NbS 概念下 5 类方法的内容及示例

Tab. 1 Five methods and examples under the NbS concept

方法	内容	示例
生态系统恢复方法	根据生态学原理恢复生态系统的完整性和功能性, 或以生态工程促进资源循环利用	森林景观恢复, 人工湿地进行废水处理和循环
针对生态系统特定问题的方法	有针对性地增强生态系统, 从而减缓气候变化, 改善社区对气候变化的适应能力, 降低自然灾害风险	红树林保护降低海啸破坏力, 减轻海啸灾难
基础设施的有关方法	采用建设绿色基础设施或自然基础设施等措施, 保护和恢复和增强具备基础设施功能的生态系统和生态系统服务	自然基础设施和绿色基础设施方法
基于生态系统管理的方法	综合规划和治理整个生态系统, 不限于局部地区和生态学层面, 综合经济学、社会学和政策研究。通常应用于学术研究和政策制定	综合海岸区域管理和综合水资源管理
生态系统保护方法	以设立自然保护区的形式保护重要生态系统	建立国家公园体系

基于以上 5 类方法, NbS 应用到具体的生态保护恢复实践工作当中又可以包含多种形式<sup>[8]</sup>, 例如: ①恢复并可持续地管理湿地和河流, 维持或提高鱼类种群, 保障渔民生计, 降低洪水风险, 并提供娱乐和旅游效益; ②保护森林以保障粮食和能源安全, 提高地方收入, 增强对气候变化的适应并减缓生物多样性丧失; ③恢复旱地以加强水安全, 提高当地生活水平和应对气候变化影响的能力; ④在城市中发展基础设施, 如打造绿色墙面、屋顶花园、行道树、植草沟或雨水湿地等, 以此提高空气质量, 净化雨水, 减少城市洪涝径流和污染, 提高居民生活质量; ⑤利用天然海岸线基础设施, 如天然沙洲、红树林和牡蛎礁, 保护海岸线和沿海居民免受海岸洪水威胁, 同时减少海平面上升所带来的影响。

#### 3.2 NbS 标准及参数衡量干预措施

IUCN 提出 5 个参数即: 生态复杂性、长期稳定性、生态组织规模、直接社会效益以及适应性管理<sup>[8]</sup>, 指导以上干预措施的实施。其中生态复杂性参数面向在不同生态尺度上维持或促进生态复杂性的干预措施; 长期稳定性参数面向能够持续多年的干预措施; 生态组织规模参数可以在一定程度上帮助协调“上游和下游”关系、从属关系和利

益,以及应对全球社会挑战的 NbS; 直接社会效益参数面向能够创造大量直接社会效益的举措; 适应性管理则是确保所有 NbS 措施实施的重要参数。IUCN 持续测试以上 5 个参数,从而不断完善可用于评估任何 NbS 干预措施的框架和标准。目前发布的《IUCN 基于自然的解决方案全球标准》吸取全球 800 多位专家的意见,耗时 2 a 编写完成,最终形成由 8 大准则、28 项指标组成的全球框架标准。表 2 概述了 8 项准则的指导内容<sup>[28]</sup>。

**表 2 IUCN 基于自然的解决方案全球标准 8 项准则**  
**Tab.2 Eight principles of global standard for NbS of IUCN**

准则	内容概述
准则 1	明确 NbS 要应对的社会挑战,如气候变化、防灾减灾、生态系统退化、生物多样性丧失等
准则 2	根据问题的尺度进行规划,主要指景观地理尺度,干预措施一般在场地尺度实施
准则 3	确定环境基线,用于了解当前环境状况,保障环境可持续性
准则 4	确定社会基线,用于了解当前社会公平性状况,保障社会公平性
准则 5	确定经济基线,用于了解当前经济状况,保障经济可行性
准则 6	对短期和长期收益作出权衡和取舍,建立透明、公平和包容的实施和评估过程
准则 7	对适应性管理需求作出响应
准则 8	提倡将概念和行动纳入政策或监管框架,并将其与国家目标或国际承诺联系起来

《IUCN 基于自然的解决方案全球标准》及《IUCN 基于自然的解决方案全球标准使用指南》为使用者提供了一个简单且具有操作性、指导性的实践工具,可用于设计、规模化并审核 NbS 的具体应用,强化本地实践,解决并纠正实践过程中的不足,最终解决一个或多个社会挑战,从而达到保障人类福祉和生物多样性“双目标”效益。该标准具备有效性、可持续性和适应性的特点,通过采用该标准并系统部署 NbS,可以做到充分考虑设计和实施质量,跟踪记录 NbS 实施结果并将其与全球目标和研究相结合。

#### 4 印度古吉拉特邦 Banni 草原生态系统保护修复案例

作为以单一市政工程为基础的灰色设施工程的替代方案,NbS 已有大量显示度高、可信度强的全球实践案例,且数量仍在不断增加,其效果相比工程方案具有成本低、协同效益高、使生态系统更具韧性且保持更持久等优势<sup>[14]</sup>。印度将 NbS 概念及手段运用到 Banni 草原生态系统保护和恢复工作中,这项工作对于理解 NbS 概念,开展草原生态系统保护和恢复工作,并将经验运用到更广泛的生态保护修复工作中具有重要的指导价值。

##### 4.1 Banni 草原生态系统的背景与问题

印度境内约有 24% 的国土被草原生态系统覆盖,为当地特有的动植物提供栖息地。如图 1 所示,



图 1 Banni 草原区位图

Fig.1 Schematic diagram of the location of Banni grassland

Banni 草原位于印度西部沿海地区古吉拉特邦卡奇县境内,占地面积约为 2 618 km<sup>2</sup>,是印度最大的天然干旱草原,以丰富的野生动植物和生物多样性而闻名。Banni 草原孕育了众多食草、食肉动物,如印度瞪羚、印度狼、印度狐狸等,观测记录鸟类约有 262 种<sup>[32]</sup>;同时,Banni 草原还是游牧民族维持生计的根基,游牧民族依靠放牧本地特有品种的 Banni 水牛和唐古拉牛为生。然而,Banni 草原近几十年来一直面临入侵物种的严重威胁,不再适宜本地游牧牧民及牲畜生活<sup>[33]</sup>。为提供周围农用地用水,草原河流被改道,筑坝则导致海水入侵,草原盐度升高,政府为解决高盐度问题,引入外来树种牧豆树作为先锋树种改良土壤盐度。然而,牧豆树的引入在短时间内杀死了本地其他草种,迅速占领了大面积草原,导致大面积生态退化。此外,道路建设、草原改为耕地、过渡放牧等其他人为活动都加剧了 Banni 草原生态系统的人为压力。

#### 4.2 NbS 下的草原生态系统保护工作

1990 年,本地非政府组织古吉拉特邦沙漠生态研究所在 Banni 草原正式启动了草原生态系统恢复项目,在与当地村民以及各利益相关方共同讨论下制定了 Banni 草原恢复计划,目的是提高草原生产力与草种多样性,改善草原生态系统服务。项目以 2 个村落试点的形式展开,主要采取了 7 项恢复手段:

(1) 圈定恢复区,禁止任何形式的放牧活动。其中一个保护区沿保护区周边挖掘宽 1.2 m、深 1 m 的沟槽,外围再加设铁丝网围栏;另一个保护区仅采取沟槽保护法,周边挖出宽 2 m、深 1.5 m 的沟槽,并用挖出的泥土堆出 1.5 m 高的泥土挡墙。

(2) 移除牧豆树和其他杂草,保护牧草生长空间,并将其他影响牧草生长的杂草分布控制在保护区总面积的 4% 以内。

(3) 播撒补种草种帮助改良退化草地。补播首先选择适合 Banni 草原干旱气候和土壤条件的乡土牧草草种,并对它们的生长情况进行跟踪记录,为未来 Banni 草原全范围修复提供参考。同时该举措也为当地种子银行的建设提供支持,以丰富修复区内牧草的密度和多样性。

(4) 选择有机肥料耕种。恢复区内以 2 t/hm<sup>2</sup> 的密度播撒农家肥(牛粪),结果显示不仅土地养分状况提高,土壤透水性、结构等物理属性均有改善。此外,牛粪与土壤的化学结合也在一定程度上降低了土壤盐度。

(5) 引入豆科植物。草豆混种模式不仅可以提高牧草的营养和口感,相比非豆科植物,豆科植物在成熟期品质更好且更富含蛋白质,饲料价值更高,当豆科植物死亡并腐烂时,分解并释放储存的氮为其他草本、禾本植物提供了土壤氮源。

(6) 土壤改良对比实验。在对照试验田分别进行深耕翻耕提高土壤渗透性、追加有机肥料提高土壤肥力、挖掘不同坡度的排水渠对比地块盐渗量对于草种多样性和生产力的影响以及坡面方向产生的风向变量对以上因变量的影响等实验措施。

(7) 综合改良措施。在另一处 200 hm<sup>2</sup> 的保护区内,将地块划分为 30 m 宽的条带,在每个条带上进行翻耕播种并施加农家肥。保留极少数牧豆树,其余均连根拔除。对保留的牧豆树进行修枝处理,用作耕地防风树<sup>[34]</sup>。

#### 4.3 生态修复效果与评价

Banni 草原生态系统恢复项目取得了良好的恢复效果。保护区外围采取的 2 种防护措施有效阻挡了牛群和其他放牧活动,防止草原在恢复过程中遭到外界活动的破坏<sup>[14]</sup>;保护区内草地覆盖、生长状况、草种多样性的情况均好于非保护区,且未经翻耕的地块上草地覆盖恢复效果好于经过翻耕的地块。同时,恢复项目也筛选出适合不同区域恢复的最佳本土草种以及种植坡度。实验地块的成功带动了本地村民自发投入恢复非保护区范围内的小型地块。2012 年,Banni 景观研究和监视平台 RAMBLE<sup>[35]</sup> 正式上线,旨在研究生态系统和社会系统耦合关系,全面协调跨学科研究对完善促进 Banni 草原生态系统恢复的方法。

#### 4.4 对我国草原生态系统保护修复的启示

我国草原面积大、分布广,草原资源在各省份均有分布,草原生态系统是山水林田湖草生命共同体的重要组成部分。目前我国草原生态系统十分脆弱,保护与利用矛盾突出,工作底子薄,基础差且修复保护工作投入严重不足。Banni 草原生态系统保护与恢复过程历时长,且涉及到对草原的物理保护、耕地养分的管理、加强牲畜管理、使用最佳放牧强度、改善饲料、保护性耕作、种植豆类牧草等手段均被认为是 NbS 下对农业与草原的有效恢复和管理方法<sup>[36]</sup>,同时可以在减缓气候变化中发挥不同程度的作用,且其他附带收益包括改善空气、水、土壤以及生物多样性<sup>[37]</sup>。针对我国本土草原生态系统现状,识别筛选具有相似突出问题的草原生态系统,可

因地制宜地借鉴以上措施应用于保护修复工作中。

## 5 对我国生态保护修复工作的建议

随着 NbS 在我国逐渐推广,各行各业也开始形成对 NbS 的理解与认知。决策者及从业人员需要对项目内容进行严格谨慎地甄别,谨防 NbS 概念被套用、滥用。为避免出现以上情况,本文针对我国 NbS 在生态保护修复中的应用提出以下几点建议。

(1)政策主流化,概念普及化。我国近年来已将 NbS 概念写入有关生态文明建设的顶层规划工作指导中,如《山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)》<sup>[26]</sup>,但相关概念尚未完全传达到基层。地方政府和相关管理部门对于 NbS 概念及生态资本价值还相对陌生。决策者、执行者以及不同利益相关方需要在 NbS 概念和生态保护恢复及其含义所包括的内容层面上达成一致。同时,将 NbS 概念及工作内容明确写入国家政策及政府工作中长期工作计划,并纳入实际项目的考量和审核评估中,健全相应法律效力,可以有效推进 NbS 主流化和相应工作的开展。

(2)加强区域和国际合作,积极融入国际交流平台。我国应以国家、地方政府、团体和个人等多种形式参与到 NbS 的国际对话交流中。在密切追踪国际 NbS 发展的同时,积极展示中国在不同尺度上实施 NbS 的先进理念、案例实践、项目进展、创新技术方法等。作为联合国 NbS 全球行动的牵头国家之一,在国际高级别对话中分享和交流有助于加速实现全球目标。同时,在应对全球共同挑战时提高国家的国际影响力和表率引领作用。

(3)加强 NbS 项目资金投入。NbS 是一条综合路径,除利用技术解决生态问题,还涉及社会、经济和财政效益。但目前自然的大部分生态效益未被赋予市场价值,因此资金来源以财政为主,没有形成多元化的资金投入机制。因此,政府及公共部门需要在财政上制定更可行的方案,如出台更加积极的政策、激励措施等,鼓励社会、企业和私营部门把自然作为全球经济的发展核心,科学地管理自然并保持其价值。同时,国家及地方政府需将自然和 NbS 纳入公共采购政策和基础设施发展准则,如推动绿色融资,为自然发展提供资金支持。

(4)建立 NbS 标准体系。目前国内还缺少适合本土的 NbS 的技术标准、评估标准和管理体系。这使切实开展 NbS 工作缺少系统性和指导性。基于实际情况,我国应参考国际权威组织编写的有关

标准与行动指南,因地制宜地构建适用于本土的 NbS 框架下的评价标准和技术规范,详尽量化生态保护修复的目标和科学评估指标。同时,政府应当完善相关的规划、监测和管理体系,为在大尺度下实施 NbS 提供保障基础。

(5)多部门合作与跨学科合作。目前我国对生态环境的保护仍停留在针对单一要素问题的治理上,如大气、水、土壤污染等<sup>[38]</sup>,尚未将生态各要素看作一个系统考虑。通常将生物环境与物理化学环境割裂讨论,相关职能分散在各主管部门,缺少横向沟通。而 NbS 面对的问题和挑战更加综合和复杂,如增强气候适应性、保护生态多样性以及提高生态系统服务等,涉及众多学科领域和相关部门。因此,基于 NbS 和我国行政框架的特征,需要从宏观层面建立针对 NbS 研究与实施的统筹协调部门,明确当前社会最紧要问题,制定具体可实施的目标,这样才可以统一安排和管理,多职能部门以及研究领域自上而下地共同协作,保障 NbS 实施的高效与稳定。

(6)重视生态系统保护和修复的试点实验。生态系统保护和修复工作通常需要人为主动干预以达到最佳效果,但在开展大范围人为干预前需要先开展适度范围内的试点实验,对比不同因子对于生态环境的影响和不确定性,有条件还可以开展建模模拟和预测。试点与模拟可筛选出相对有效的保护和工作方法,减少出现破坏或副作用的风险,同时将风险控制相对小的范围内。

(7)加强自下而上的公众参与模式。一些生态系统与本地社区及居民的生活息息相关,生态保护修复工作也关系到居民的切身利益。当前,我国大型生态保护修复工作以及补偿机制都由政府主导,往往开展行动迅速,但常常因自上而下的模式使工作难以落实到位并产生不必要的冲突。因此,生态保护与修复工作应充分采用自下而上的模式,工作开展前应充分深入当地,向利益相关方阐明 NbS 工作内容和意义,并使本地居民承担相应工作,以此形成政府、企业、居民之间积极良好的互动,避免不必要的误会与矛盾。

## 6 结论

基于自然的解决方案具有巨大的潜力,可在保护和修复生态的基础上同时创造环境、社会和经济的协同效益。目前我国在依托 NbS 国际标准开展全流程实践工作上还相对空白,缺少适应本土的理

论框架和标准技术指导。未来我国 NbS 在生态保护修复工作中的发展和收益很大程度上将取决于国家政策框架支持的 NbS 资本。我国亟需将 NbS 纳入政策规划,并将理念深根于实际项目负责部门,使 NbS 成为开展生态保护修复工作的“潜意识”和“应激反应”。此外,针对生态保护修复项目成果的效益应建立完善的评估体系,对产生的服务和收益进行有效核算,使生态保护修复成果成为国家资产重要的一部分,为世界 NbS 的研究发展贡献中国力量。

### 参考文献 (References):

- [1] UN Environment Programme. World Environment Day boosts growing global movement to restore damaged ecosystems [EB/OL]. [2021-06-07]. <http://www.unep.org/news-and-stories/press-release/world-environment-day-boosts-growing-global-movement-restore-damaged#>.
- [2] Keith D A, Ferrer Paris J R, Nicholson E, et al. IUCN Global Ecosystem Typology 2.0 [R]. Gland: IUCN, 2020.
- [3] World Wildlife Fund. Living Planet Report 2020: Bending the Curve of Biodiversity Loss [R]. Gland: WWF, 2020.
- [4] UN. Decade on resotation [EB/OL]. [2021-04-19]. <https://www.decadeonrestoration.org/>.
- [5] 联合国林业委员会. COFO/2020/Inf. 7 在“联合国生态系统恢复十年”(2021—2030年)背景下,关于生产性生态系统“生态系统恢复”的立场文件[Z]. 2020.  
UN Forestry Commission. Position paper on *Ecosystem Restoration* of productive ecosystems in the context of the UN Decade on Ecosystem Restoration (2021-2030) [Z]. 2020.
- [6] Benyus J M. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature [M]. 2nd ed. Raleigh: HarperCollins, 2002.
- [7] The World Bank. Biodiversity, Climate Change, and Adaptation: Nature-based Solutions from the World Bank Portfolio [R]. Washington: The World Bank, 2008.
- [8] Cohen-Shacham E, Janzen C, Maginnis S, et al. Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges [M]. Gland: IUCN, 2016.
- [9] 陈梦芸, 林广思. 基于自然的解决方案: 利用自然应对可持续发展挑战的综合途径[J]. 中国园林, 2019, 35(3): 81-85.  
Chen M Y, Lin G S. Nature-based Solutions: A comprehensive approach of using nature to meet the challenges of sustainable development [J]. Chinese Landscape Architecture, 2019, 35(3): 81-85.
- [10] Faivre N, Fritz M, Freitas T, et al. Nature-based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges [J]. Environmental Research, 2017, 159: 209-518.
- [11] United Nations Environment Programme. Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies [EB/OL]. [2021-06-10]. <https://www.unep.org/gan/resources/report/making-peace-nature-scientific-blueprint-tackle-climate-biodiversity-and-pollution>.
- [12] European Commission. What is horizon 2020? [EB/OL]. [2021-06-10]. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>.
- [13] UN Envivomen Programme. Climate action summit 2019 [EB/OL]. [2021-06-12]. <https://www.unep.org/events/summit/climate-action-summit-2019>.
- [14] Dhyani S, Gupta A K, Karki M. Nature-based Solutions for Resilient Ecosystems and Societies [M]. Singapore: Springer, 2020.
- [15] Cook J, Taylor R. Nature is an economic winner for COVID-19 Recovery [EB/OL]. [2021-05-10]. <https://www.wri.org/insights/nature-economic-winner-covid-19-recovery>.
- [16] Wehrmann B, Wettengel J. Germany gives energy transition mild push with economic stimulus programme [EB/OL]. [2021-05-10]. <https://www.cleanenergywire.org/news/germany-gives-energy-transition-some-extra-boost-economic-stimulus-programme>.
- [17] Crouzeilles R, Curran M, Ferreira M S, et al. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success [J]. Nature Communications, 2016, 7(1): 11666.
- [18] Office of the Minister of Conservation. \$ 1.1 billion investment to create 11,000 environment jobs in our regions [EB/OL]. [2021-05-10]. <https://www.doc.govt.nz/news/media-releases/2020-media-releases/investment-to-create-11000-environment-jobs-in-our-regions/>.
- [19] UN Environment Programme. NBS contributions platform [EB/OL]. [2021-06-10]. <https://www.unep.org/nbs-contributions-platform>.
- [20] EU OPPLA. Oppla is the EU repository of nature-based solutions [EB/OL]. [2021-06-21]. <https://oppla.eu/about>.
- [21] EU Commission. Connecting nature [EB/OL]. [2021-06-12]. <https://connectingnature.eu/>.
- [22] Trinity Collage Dublin. UrbanByNature [EB/OL]. [2021-05-21]. <https://connectingnature.eu/urbanbynature>.
- [23] EU Commission. About the project [EB/OL]. [2021-06-12]. <https://us.lxcat.net/home/>.
- [24] University of Oxford. Nature-based solutions policy platform [EB/OL]. [2021-05-20]. <https://www.nbspolicyplatform.org/>.
- [25] University of Oxford. Nature-based solutions evidence platform [EB/OL]. [2021-05-21]. <https://www.naturebasedsolutionsevidence.info/>.
- [26] 中华人民共和国自然资源部.《山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)》印发推动山水林田湖草一体化保护和修复 [EB/OL]. [2021-05-09]. [http://www.gov.cn/xinwen/2020-09/11/content\\_5542550.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-09/11/content_5542550.htm).  
Ministry of Natural Resources of People's Republic of China. Guidelines for ecological protection and restoration of mountains, rivers, forests, fields, lakes and grasses (for trial implementation) issued to promote integrated protection and restoration of mountains, rivers, forests, fields, lakes and grasses [EB/OL]. [2021-05-09]. <http://www.gov.cn/xinwen/2020-09/11/>

- content\_5542550.htm.
- [27] 大自然保护协会. 基于自然的解决方案: 研究与实践[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2021.  
The Nature Conservancy. Nature – based Solutions: Research and Practice [M]. Beijing: China Environment Publishing Group, 2021.
- [28] 国际自然保护联盟, 中华人民共和国自然资源部. IUCN 基于自然的解决方案全球标准[R]. 北京: IUCN, 中华人民共和国自然资源部, 2021.  
International Union for conservation of Nature and Natural Resources, Ministry of Natural Resources of People’s Republic of China. Guidance for Using the IUCN Global Standard for Nature – based Solutions [R]. Beijing: IUCN, Ministry of Natural Resources of People’s Republic of China, 2021.
- [29] China Dialogue. Can China’s afforestation knowledge green the world? [EB/OL]. [2021 – 05 – 14]. <https://chinadiologue.net/en/climate/11480-can-china-s-afforestation-knowledge-green-the-world/>.
- [30] 王胜男. 中国人工林, 世界第一! [EB/OL]. [2021 – 05 – 21]. [http://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/201812/t20181229\\_2384177.html](http://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/201812/t20181229_2384177.html).  
Wang S N. China plantation, number one in the world [EB/OL]. [2021 – 05 – 21]. [http://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/201812/t20181229\\_2384177.html](http://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/201812/t20181229_2384177.html).
- [31] 国际自然保护联盟, 中华人民共和国自然资源部. 基于自然的解决方案中国实践典型案例[R]. 北京: IUCN, 中华人民共和国自然资源部, 2021.  
International Union for conservation of Nature and Natural Resources, Ministry of Natural Resources of People’s Republic of China. NBS China good practices and case study [R]. Beijing: IUCN, Ministry of Natural Resources of People’s Republic of China, 2021.
- [32] Koladiya M H, Gajera N B, Mahato A K R, et al. Birds of Banni Grassland, Gujarat Institute of Desert Ecology [R]. Gujarat: The Ravi Sankaran Foundation, 2016.
- [33] Gujarat Institute of Desert Ecology. GRASSLAND [EB/OL]. [2021 – 06 – 06]. <http://gujaratdesertecology.com/grassland/>.
- [34] Gujarat Ecology Commission. Ecorestoration of Banni Grassland First Annual Technical Report [R]. Vadodara: Gujarat Ecology Commission, 1998.
- [35] RAMBLE. Introduction [EB/OL]. [2021 – 05 – 16]. <https://bannigrassland.org/>.
- [36] FAO. Challenges and Opportunities for Carbon Sequestration in Grassland Systems [R]. Rome: FAO, 2010.
- [37] Naoya F, Fabiola M, Radhika M. Helping Nature Help Us [R]. Gland: IUCN, 2016.
- [38] 王金. 全面推动生态文明建设取得新进步[N]. 人民日报, 2021 – 05 – 26(14).  
Wang J. Comprehensively promote the construction and make progress of ecological civilization [N]. 2021 – 05 – 26(14).

## Nature – based Solutions implications for the ecological conservation and restoration in China

XUE Hao, XIAO Chunlei, GUO Yixuan

(China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Nature – based Solutions (NbS) are actions to protect, restore and manage ecosystems, and keep sustainable management of ecosystems, which would benefit humans. NbS are widely accepted by the international community as effective approaches to combat human challenges including ecosystem degradation, global warming as well as biodiversity loss. At present, the relevant theories of NbS in the world are still under construction. The organizations represented by the IUCN have initially established the global standards and guidelines of NbS. The NbS researches in China mainly refer to the global standards, and have not formed a local theory or standard system yet. Besides, the practical work under the standards was also in absence. In this paper based on the literature review of NbS, the authors summarized the development status and tendency of NbS, and investigated the typical case of Banni grassland ecosystem restoration in India. Combined with the national conditions, seven recommendations on NbS for China were proposed, that is mainstreaming the NbS policy, strengthening regional and international cooperation, strengthening the investment of NbS funds, establishing local NbS standards and guidelines, cooperating among departments, emphasizing pilot experiment, and strengthening the bottom – up participation mode. Finally, the authors expect that this paper would provide an international perspective for Chinese researchers and practitioners on NbS.

**Keywords:** Nature – based Solutions; ecological protection and restoration; ecosystem; grassland ecosystem; ecological civilization