

引用格式: 徐卫华, 马祖琛, KÖCK Günter, 等. 世界生物圈保护区网络可持续发展的实践经验与成效. 中国科学院院刊, 2025, 40(9): 1546-1557, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250801001.
Xu W H, Ma Z C, Köck G, et al. Practical experience and achievements in sustainable development of world network of biosphere reserves. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2025, 40(9): 1546-1557, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250801001. (in Chinese)

世界生物圈保护区网络 可持续发展的实践经验与成效

徐卫华^{1,2*} 马祖琛¹ KÖCK Günter³ 程文露³ 欧阳志云¹

1 中国科学院生态环境研究中心 区域与城市生态全国重点实验室 北京 100085

2 中国科学院大学 资源与环境学院 北京 100049

3 奥地利科学院跨学科山地研究所 因斯布鲁克 6020

摘要 作为联合国教科文组织“人与生物圈计划”的核心实施载体,世界生物圈保护区网络在协调生态保护与区域可持续发展方面具有不可替代的战略价值。文章基于《2015—2025年人与生物圈计划战略》提出的4项战略目标,通过系统分析全球典型保护区的创新实践,揭示了生物圈保护区可持续发展的关键路径与实施成效。研究表明:(1)通过生物多样性动态监测体系构建、栖息地系统性修复及遗传资源保护网络建设等科学保护措施,显著提升了生物多样性保护成效;(2)创新性发展可持续农林牧渔业、生态旅游产业链开发及生态产品品牌化建设等模式,实现了生态保护与社区发展的协同共进;(3)依托科研合作平台共建、多层次教育体系完善及专业化人才培养机制,持续强化了保护区的科学管理能力;(4)通过湿地生态系统修复、碳汇功能提升及气候灾害预警体系建设等适应性策略,有效增强了应对气候变化的韧性。基于研究发现,建议未来进一步优化全球保护网络、强化科技支撑能力、创新管理机制、深化社区参与,为构建人与自然生命共同体提供实践范式。

关键词 世界生物圈保护区网络, 可持续发展, 生物多样性保护, 气候变化适应, 社区参与

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20250801001

CSTR 32128.14.CASbulletin.20250801001

随着全球生态环境退化、气候变化加剧和生物多样性丧失态势持续推进,可持续发展已成为国际社会

的核心议题。联合国教科文组织于1971年启动“人与生物圈计划”(MAB),该计划以世界生物圈保护区网

*通信作者

资助项目: 中国人与生物圈国家委员会2023年度战略咨询项目

修改稿收到日期: 2025年9月8日

网络(WNBR)为核心载体,着力构建全球性保护区网络体系,统筹实现生物多样性保护、可持续发展和科学研究三大功能,通过科学管理实现生态保护与经济社会发展的平衡。《世界生物圈保护区网络法规框架》明确将保护区划分为“核心区-缓冲区-过渡区”3个不同功能区,通过核心区严格保护、缓冲区可持续利用、过渡区开展经济社会活动的差异化的管控模式,实现保护与发展的平衡^①。生物圈保护区既是生态保护的实验基地,更是探索人与自然和谐共生的示范载体。

2016年通过的《2015—2025年人与生物圈计划战略》提出4项战略目标:保护生物多样性、促进经济社会可持续发展、推动科学教育及能力建设、应对气候变化^②。该战略着重强化保护区治理能力建设,推动社区参与和利益共享,促进生态旅游和绿色发展转型,为全球生物圈保护区发展提供战略框架,并为可持续发展实践提供了政策依据。

本文基于前述4项战略目标,系统梳理全球世界生物圈保护区网络典型实践案例,据此凝练可持续发展领域实践经验与实施成效,分析当前发展面临的核心挑战,提出保护区优化管理策略,以期制定生物圈保护区未来发展战略、推进可持续发展目标(SDGs),为“昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架”等国际履约实践提供科学依据与决策支撑。

1 世界生物圈保护区网络可持续发展目标

1.1 世界生物圈保护区网络

“人与生物圈计划”主要通过世界生物圈保护区网络(WNBR)协调生态保护与可持续发展关系^②。截至2025年,全球已建立759处世界生物圈保护区,

覆盖136个国家,形成陆海空立体保护体系^①。其中,我国有34个保护区入选,包括长白山、武夷山、卧龙等代表性区域。

该计划实施三大特色机制:①推行“核心区-缓冲区-过渡区”三区管理模式,统筹濒危物种栖息地保护与社区绿色发展;②构建全球科学协同平台,整合逾2500家科研机构开展跨学科研究,推动科学知识向政策实践转化;③创新社区参与共建机制,通过生态补偿、自然教育等项目引导原住民参与保护区建设,持续提升区域经济发展水平。

1.2 《2015—2025年人与生物圈计划战略》确立的4项战略目标

(1) **保护生物多样性**。该目标旨在提升生物多样性保护成效,恢复增强生态系统服务功能,促进自然资源可持续利用;强调通过保护区示范引领,推动落实全球生物多样性战略及其爱知生物多样性目标,以及全球公约和其他多边环境协定,协同实现相关的可持续发展目标。

(2) **促进经济社会可持续发展**。该目标旨在推动构建与生物圈和谐共生的可持续经济社会体系,重点探索可持续社会经济范式的示范建设路径,促进绿色发展转型、提升保护区原住居民生计水平。

(3) **推动科学教育及能力建设**。该目标旨在促进生物多样性科学研究、可持续发展教育及能力建设,重点构建全球科学家与利益相关方协作网络,通过研究计划制定、培训体系建设和能力提升活动,强化保护区参与式决策管理机制。

(4) **应对气候变化**。该目标旨在支持气候变化减缓与适应及全球环境变化应对行动,重点建立气候变化影响监测评估体系,增强气候变化适应能力,创新

① UNESCO. What are biosphere reserves? (2022-09-26)[2025-09-04]. <https://www.unesco.org/en/mab/wnbr/about>.

② UNESCO. The Democratic Republic of Congo situates the Lima Action Plan in a countrywide context and adopts a 2016-2025 National Action Plan. (2023-04-20) [2025-09-04]. <https://www.unesco.org/en/articles/democratic-republic-congo-situates-lima-action-plan-countrywide-context-and-adopts-2016-2025>.

减排增汇路径，提升生态系统固碳能力。

2 生物圈保护区可持续发展的实践经验与成效

基于联合国教科文组织“人与生物圈计划”战略框架，本文系统总结全球生物圈保护区在4项战略目标维度的创新实践与示范成果。

2.1 保护生物多样性

生物多样性是生态系统服务供给的基础，也是实现区域可持续发展的关键。生物圈保护区在推动生物多样性监测、生态系统保护与恢复、保护遗传多样性等方面开展了大量的探索与实践。

(1) 综合运用多元调查监测手段，摸清保护区本底。生物圈保护区采用“传统+智能”的方式，调查和监测生物多样性现状及其变化趋势。① 传统的编目调查。美国大烟山生物圈保护区自1998年开始的物种普查计划，现已识别出超过2万种物种^[2]，该计划成为全球最大的生物编目项目之一。全球其他生物圈保护区也普遍采用此方法进行基础调查，建立野生动植物名录。② 基于大数据和人工智能等的调查。许多生物圈保护区建立了“天空地一体化”的智慧调查与监测系统（表1）。例如，中国武夷山和车八岭等世界生物

圈保护区与科研机构合作，以智能监测野生动植物为核心，构建了网格化调查与监测体系；通过红外相机、高清视频和声纹监测等手段，不仅了解物种种类，还掌握了它们的分布范围等信息。③ 长期生态研究站点观测。通过该方法，可以了解生态系统和关键物种的变化趋势。例如，美国大烟山生物圈保护区通过长期生态研究站点监测关键物种的种群动态，并分析栖息地变化趋势。中国鼎湖山生物圈保护区则通过长期定位研究，分析生态系统及碳汇功能的变化趋势。

(2) 开展生态保护修复，提升栖息地质量。开展生态保护修复是生物圈保护区的重点任务之一。通过规范人类活动并采取针对性的修复措施，生物圈保护区促进了野生动植物及其栖息地的恢复。针对拖网捕捞导致的海洋栖息地退化问题，罗马尼亚多瑙河三角洲生物圈保护区在拖网活动频繁的区域设立了“生物恢复多边形”，实行完全禁渔或限制捕捞^[3]，帮助底栖群落恢复。此外，该保护区通过流域管理和减少人为营养输入，改善水质，间接促进底栖贻贝种群和深海贻贝床的恢复，从而推动底栖生态系统和海洋生物多样性的保护。在中国卧龙生物圈保护区，对试验区内高密度的日本落叶松人工纯林进行了疏伐，并补种了

表1 生物圈保护区调查野生动物的新技术

Table 1 New technologies for wildlife investigation in biosphere reserves

技术手段	应用范围
红外相机监测	通过热感应触发拍摄，广泛应用于生物圈保护区野生动物研究，可全天无干扰记录动物活动，适用于追踪大中型陆生野生动物行为及种群评估
高清摄像机监测	通过高分辨率成像和长焦镜头，可远距离清晰记录鸟类活动；结合鸟类识别软件，调查监测鸟类种类、数量及栖息地利用；该技术减少了人为干扰，数据可实时回传
声纹监测	通过记录和分析动物的独特发声特征（如频率、节奏、声纹图谱等）实现物种识别与行为追踪；该技术可全天无干扰监测，尤其适用于夜间活动或隐蔽物种（如鸟类、蛙类等）
高清遥感	通过卫星搭载的多光谱传感器和红外设备，实现对野生动物栖息地的大范围、高精度监测，其空间分辨率可达亚米级，能清晰捕捉动物活动轨迹、种群分布及栖息地变化
无人机监测	通过搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备，突破地形限制，实现对野生动物种群的高效普查与实时监测，可自动识别动物种类并分析行为模式

槭树和桦木等本土树种，以提高大熊猫等野生动物的栖息地质量，增强栖息地连通性。近年来，生物圈保护区的生态修复逐渐从单一要素恢复转向整体恢复，如中国南麂列岛生物圈保护区推行“山水林田湖草沙”一体化保护与修复。同时，基于自然的解决方案也在逐步推广，拉丁美洲和加勒比地区的生物圈保护区通过此类方案促进红树林的恢复。

(3) 创新技术，推动遗传多样性保护。遗传多样性是生物多样性的重要组成部分，也是生物圈保护区的保护目标之一。新技术的应用显著提升了遗传多样性的保护效果。赫雷斯-苏雷斯跨境生物圈保护区位于葡萄牙北部和西班牙西北部，欧洲赤松（*Pinus sylvestris*）是该区域的原生树种。通过分子标记技术分析不同海拔欧洲赤松种群的遗传变异^③，发现高海拔种群拥有更多与抗旱相关的基因^[4]，显示出较强的适应气候变化能力。这些高适应性种群的种子在采集后，储存在葡萄牙国家农业与生物多样性种子银行^[5]，并将其移植到葡萄牙中部的退化林地，其树苗的存活率显著提高。这一举措不仅为葡萄牙的植树造林提供了新的选择，还有效保护了遗传多样性。

2.2 促进经济社会可持续发展

在缓冲区和过渡区开展可持续的经济社会活动，既是对区域资源的合理利用，也是增强区域韧性和社区创新力的重要举措。生物圈保护区在可持续农牧业、生态旅游、法律法规与品牌建设等方面取得较大成效，推动经济社会可持续发展。

(1) 发展可持续农林牧渔业，促进保护与开发协同。**① 良好的生产方式是区域经济可持续发展的基础。**在保障区域生态安全的前提下，对保护区过渡区自然资源进行科学适度利用，对保障保护区社区居民生计权益具有重要作用。**② 生物圈保护区采取可持续种植养殖措施，有效降低资源消耗。**巴西塞拉多生物

圈保护区通过推行免耕少耕、轮作轮牧等方式减少土壤肥力损耗，并应用灌溉施肥新技术发展循环农业，显著提高资源利用效率^[7,8]。印度孙德尔本斯生物圈保护区开展可持续捕捞实践，严格限制拖网、刺网等破坏性渔具使用，推广生态友好型捕捞工具，最大程度降低对红树林生态系统、副渔获物和幼鱼的损害^[9]；实施季节性禁渔制度（如每年4—6月鱼类繁殖期禁渔），有效保护产卵种群，以确保渔业资源的可持续利用。该保护区还创新性地红树林边缘发展遮目鱼和蟹类养殖，构建鱼类-红树林综合养殖系统，在提升社区生计水平的同时，显著减轻了养殖活动对生态环境的负面影响。**③ 生物圈保护区还注重挖掘并创新利用传统知识，使其焕发新的生机与价值。**传统知识是区域人民智慧的结晶，对其进行创造性转化与创新性发展至关重要。奥地利格罗斯沃尔瑟塔尔生物圈保护区通过“草药倡议”，发掘其特色草药山茶（Bergtee）的价值；通过组织开展草药知识讲座，传授将草药原料加工成身体护理产品及草药茶、草药糖浆、野生草药盐等日用品的技艺，为传统技艺提供了新的传播与应用途径^[10]。百慕大生物圈保护区将区域内丰富的森林木材资源与精湛的木材加工技艺相结合，应用于传统与现代建筑领域^[11]；通过发展和推广本土生态木材加工产业链，既延长了产业链条、提升了产品附加值，也有效传承了传统手工业。

案例：巴西塞拉多生物圈保护区可持续农牧业措施。巴西塞拉多生物圈保护区主要植被类型为热带稀树草原，该保护区采取多重措施减少农业发展造成的生态影响，通过免耕/少耕来减少土壤侵蚀，保持土壤水分和有机质；对大豆、玉米、棉花等作物进行轮作，减少土壤养分耗竭^[9,10]；同时，种植绿肥（如豆科植物），防止土壤退化，提高肥力；对牧场进行轮牧，防止过度放牧，促进草地修复。此外，该保护区还利

③ EUFORGEN. *Pinus sylvestris*. [2025-09-04]. <https://www.euforgen.org/species/pinus-sylvestris#9829>.

用卫星遥感、无人机等技术优化施肥、灌溉方式,减少资源浪费^④;采用滴灌和雨水收集系统,减少对塞拉多脆弱水资源的压力^[7]。在区域内形成作物-畜牧-林业(大豆/玉米种植-养牛-本地树种)的集成系统^[8],提高土地利用效率。

(2) 发展生态旅游与康养产业,推动绿色经济发展。生物圈保护区充分发挥其生态游憩功能,探索“旅游+运动”“旅游+文化”“旅游+康养”等多元化模式,有效带动区域绿色产业发展。奥地利维也纳森林生物圈保护区将山地自行车和徒步运动作为核心生态娱乐项目,管理局对骑行路线和推荐徒步路线进行了系统规划与设计^[12],在维护生物多样性及森林生态系统健康的同时,统筹兼顾科学、可持续的休闲娱乐开发,满足周边城市居民的游憩需求。德国施瓦本汝拉生物圈保护区通过开发生态旅游项目(如徒步旅行、自然观察和文化体验活动等),展示地质、生态与文化的内在联系,显著提升了公众的环境保护意识^[13]。波兰东喀尔巴阡生物圈保护区规范开展徒步、野生动物观察和文化体验活动^[14],推广环保交通工具,有效避免了游客自行游览时可能造成的植被破坏^⑤。葡萄牙境内的保护区通过绘制生态系统服务地图评估不同区域的适宜产业,着力打造多功能土地景观,并依托当地资源优势发展水疗、康养等特色旅游项目^⑥。中国高黎贡山生物圈保护区充分发挥其丰富的鸟类资源优势,精心打造“鸟类天堂”观鸟旅游项目,配备专业“鸟导”服务,在保障游客优质休闲体验的同时,也对游客行为起到了良好的规范引导作用^[15]。

(3) 强化品牌建设,提升生态产品附加值。生物

圈保护区积极推进区域优势产品的统一化、规范化生产与加工,突出产品的地域特色与生态价值,通过打造专属品牌提升产品附加值。瑞士恩特勒布赫保护区成功创立“真正的恩特勒布赫”(Echt Entlebuch)品牌^[16],为区域内生产的牛奶、肉类、水果浆果、谷物、蔬菜香草制品及木制品等提供严格的质量认证并加贴品牌标识,通过标识向消费者保证原料获取与加工全程均在恩特勒布赫完成。西班牙生物圈保护区网络的55处保护区共同创建了“西班牙生物圈保护区品牌”(Reservas de la Biosfera Españolas RBBE)^⑦,通过系统的品牌化建设和媒体营销,有效促进了区域手工艺品和天然产品的销售,为旅游产品和服务提供品牌信誉背书,大力推广可持续旅游理念。奥地利格罗斯沃尔瑟塔尔生物圈保护区创立本地优质奶酪品牌Walserstol^[17],并在附近设立加工厂,实现牛奶产品的精深加工,从而增强了本地高山牧场奶酪产品的市场竞争力,延长了产业链条,创造了更高的附加值。通过持续的品牌建设,保护区产品的质量和信誉获得了广泛的市场认可,为区域经济发展提供新动能,也为当地社区提供了更多就业机会,有力提升了生物圈保护区影响力。

(4) 强化法律法规与金融创新,提升可持续发展保障能力。① 生物圈保护区通过建立健全法律法规体系,明确资源开发利用的权限、责任与监管机制,对开发者与使用者的行为进行有效规范与监督,为资源可持续利用提供坚实的法律保障。奥地利维也纳森林生物圈保护区制定并颁布《维也纳森林正确游憩行为

④ Embrapa. Research and innovation for Brazilian agriculture. [2025-09-04]. <https://www.embrapa.br/en/international>.

⑤ Poland State Forests. The heart of the Carpathians in good hands!. (2018-05-14)[2025-09-04]. <https://www.lasy.gov.pl/en/information/news/the-heart-of-the-carpathians-in-good-hands>.

⑥ Portuguese Biodiversity and Conservation Institute. Protected Area Management Plans—POAP. [2025-09-04]. <https://www.icnf.pt/conservacao/ordenamentogestao/planosdeordenamentodeareasprotegidas>. (in Portuguese)

⑦ RERB. Website of the Spanish Network of Biosphere Reserves. [2025-09-04]. <http://rerb.oapn.es/marca-reservas-de-la-biosfera-espanolas>. (in Spanish)

指南》，清晰界定不同功能分区的资源使用规则^⑧，以法规形式确保自然资源得到保护性开发。阿根廷波苏埃洛斯湖生物圈保护区编制《骆马保护和可持续利用手册》，并推动出台《骆马法》^⑨，显著提高了骆马养殖及衍生产业管理的科学性、规范性与法律保障水平。

② 通过创新金融工具赋能保护区绿色发展。金融业作为现代经济体系的核心组成部分，在资源配置、风险管理，以及推动经济增长和社会发展方面发挥着关键作用。意大利托斯卡纳-艾米利亚阿彭尼山脉生物圈保护区创新引入“可持续信用”金融工具，将自然资源产生的环境效益（如森林固碳）量化并转化为可交易的信用额度，吸引外部资金流入。该保护区对森林区域的可持续经营行动进行科学量化与赋值，将二氧化碳吸收量作为主要指标核算出总信用点^⑩，最终出售给致力于可持续发展和参与ESG（环境-社会-治理）评级的企业，用于抵消其工业生产的碳排放超标额度。这一机制有效激励了保护区内的企业、农场和社区采用生态友好型生产方式，普及可持续发展理念。巴西塞拉多保护区则积极探索利用绿色债券等金融工具进行融资^⑪，筹措专项资金用于支持当地土地的可持续管理和农业集约化生产实践。

2.3 推动科学教育及能力建设

科学教育及能力建设是提升保护区人才培养质量与科学管理水平的关键举措。作为天然的科研教育基地，生物圈保护区在推动科学研究、数据共享和自然教育方面发挥着不可替代的作用，为区域可持续发展

提供了坚实的智力支撑和技术保障。

（1）提供良好的学习与科研场地，强化可持续发展智力支撑。生物圈保护区作为典型生态系统和人与自然和谐共处的示范区域，其科研价值与教育功能日益凸显。波罗的海地区生物圈保护区网络实施的“学习场所共同体”项目，通过整合丹麦、爱沙尼亚、芬兰、德国、波兰和瑞典六国政府与科研机构资源，聚焦海域可持续发展议题开展协同攻关，有效促进了区域知识共享与技术创新。中国鼎湖山生物圈保护区与中国科学院共建的森林生态系统定位观测研究站，作为中国生态系统研究网络（CERN）的核心台站，不仅为科学家野外考察提供重要平台，更对生态系统“非平衡理论框架”作出了关键性贡献。卧龙生物圈保护区通过与科研机构及高校的深度合作，围绕大熊猫栖息地保护等议题产出学术论文逾千篇，已成为具有国际影响力的科研示范基地。

案例：波罗的海地区生物圈保护区网络开展的“自然支持”（Supported by Nature）项目。波罗的海地区生物圈保护区网络联合Nature开展“自然支持”项目，并获得欧洲区域发展基金450万欧元的资金支持。该网络所包含的波罗的海六国成员（丹麦、爱沙尼亚、芬兰、德国、波兰和瑞典）针对波罗的海作为欧洲东北部重要交通枢纽所面临的文化交融、海域污染、生态破坏等可持续发展议题，与地方当局、教育科研机构开展合作，积极探索“基于自然的解决方案”^⑫。在区域内建立国家统计局学习基地

⑧ BR Wienerwald. Homepage of the Wienerwald BR. [2025-03-03]. <https://www.bpw.at/>.

⑨ Ministry of Environment and Sustainable Development. Honorable Congress of the Argentine Nation. (1988-08-31)[2025-03-03]. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-23582-20483/texto>. (in Spanish)

⑩ Canossa. Canossa confirms its commitment to sustainability. (2023-03-15)[2025-04-19]. <https://canossa.com/canossa-confirms-its-commitment-to-sustainability/>.

⑪ Soy. The Chain: Green Bond Aims to Curb Deforestation in the Cerrado. (2019-07-04)[2025-09-04]. <https://chainreactionresearch.com/the-chain-green-bond-aims-to-curb-deforestation-in-the-cerrado/>.

⑫ EU. Supported by Nature - nature based solution learning sites for a sustainable Baltic Sea. [2025-04-19]. <https://interreg-baltic.eu/project/supported-by-nature/>.

并开展相应的实践活动,将与多功能湿地、沿海水域生境和水道恢复相关的利益相关者,如市政技术人员、科研高校学生和非营利组织等囊括其中^⑬;同时,吸引更多学术机构和研究团队的在地实践,将波罗的海作为可持续治理和海洋知识的学习场所,促进针对该区域环境改善和海洋资源管理的知识产出,为保护波罗的海这一宝贵文化和生活空间提供解决方案。

(2) 搭建数据共享平台,提升科学管理效能。生物圈保护区高度重视知识管理体系建设,通过数字化手段促进数据资源的整合与共享。奥地利萨尔茨堡-伦高和卡恩特诺克贝格生物圈保护区创新实施的“科学链接”(Science Link)项目,构建了综合性文献数据库 NockoThek^[18],系统收录与保护区相关的研究论文、年度报告等学术成果。该平台通过发布管理重点问题清单,为多学科研究提供定向支持,既促进了学科交叉融合,又为保护区管理决策提供了科学依据。这种知识共享机制显著提升了保护区的科研转化能力和管理精细化水平。

(3) 完善自然教育体系,培育生态文化认同。生物圈保护区网络着力构建分层分类的自然教育体系,通过特色化、体验式的教育活动传播可持续发展理念。奥地利萨尔茨堡-伦高和卡恩特诺克贝格生物圈保护区创新设计“阿尔卑斯牧场”体验、植物皂工坊等成人教育项目,同时开发青少年专属课程和“初级护林员”培训计划。其每年举办的“地理生物多样性日”活动^[19],通过组织公众参与科学考察,有效促进了科研成果转化和环保意识提升。中华人民共和国人

与生物圈国家委员会定期开展的管理能力培训,2014年以来共培训1 000多人次,涵盖野生动物监测、植物分类、生态产品价值实现等重点领域,为保护区管理队伍的专业化建设提供了系统支持^[15]。这些教育实践不仅丰富了保护区的社会服务功能,更推动了生态价值观的广泛传播和深入践行。

2.4 应对气候变化

生态系统是地球气候系统的重要组成部分,不仅为人类提供生存资源,更在适应和减缓气候变化方面发挥关键作用。为应对全球气候变化挑战,生物圈保护区网络实施了一系列重要举措,包括湿地修复、植树造林、监测预警等工程。

(1) 实施湿地修复工程,强化湿地碳汇功能与气候韧性。生物圈保护区通过修复退化湿地生态系统,增强区域气候韧性,服务于全球气候变化减缓目标。具体措施包括:恢复退化盐碱地和高原湿地以调蓄水资源;保护与恢复红树林、泥炭地以增强碳储存能力等。德国施普雷瓦尔德生物圈保护区鼓励采用有机农业等传统低排放实践,减少化肥施用与机械燃料消耗,有效保护泥炭地碳汇^⑭。瑞典克里斯蒂安斯塔德生物圈保护区通过适应性协同管理修复湿地景观,增强了对洪水和干旱的缓冲能力^[20]。英格兰马恩岛生物圈保护区实施泥炭地恢复计划,成功修复因过度开采而退化的泥炭地,改善了区域鸟类栖息环境,并强化了泥炭地的区域气候调节功能^⑮。美国弗吉尼亚海岸生物圈保护区通过人工移植耐盐碱植物修复退化盐沼,防止海岸线退缩,并监控海草床分布以确保其

^⑬ Website of Biosphere for Baltic. International collaboration for a sustainable Baltic Sea. [2025-05-08]. <https://biosfarprogrammet.se/projekt/biosphere-for-baltic/>.

^⑭ Biosphere Reserve Spreewald. Landwirtschaft. [2025-05-08]. <https://www.spreewald-biosphaerenreservat.de/unser-auftrag/regionalentwicklung/landwirtschaft>. (in German)

^⑮ IUCN UK Peatland Programme. A collection of three Natural England reports marks a step change for English peatlands. (2025-04-03)[2025-05-08]. <https://www.spreewald-biosphaerenreservat.de/unser-auftrag/regionalentwicklung/landwirtschaft/>.

“水下减震器”功能^⑩。西班牙多尼亚纳生物圈保护区拆除人工堤坝以恢复潮汐通道，促进盐沼自然扩张^⑪。荷兰瓦登海生物圈保护区采取人工补沙与植被固沙措施，动态维持沙丘高度以抵御风暴潮^⑫。巴西大西洋沿岸生物圈保护区禁止沙滩采砂，保护天然沙丘系统^⑬，使其能随海平面上升自然向陆迁移，形成弹性缓冲带。

(2) 强化植树造林举措，提升生态系统碳汇能力。生物圈保护区内的陆域及沿海森林在洪水调蓄、碳固定和海岸防护中发挥了重要作用。西班牙拉科鲁尼亚海滨和曼德奥之地生物圈保护区应用农林复合系统原理^⑭，沿农田边界种植灌木和乔木，在农田中保留或种植树木（如橡树、栗树等），形成遮荫防风屏障，减少风暴对作物损害，改善微气候并增强碳汇能力。越南芹苴红树林生物圈保护区实施大规模红树林重新造林计划^⑮，构建以红树林为核心的生态系统，兼具重要碳汇与海岸防护功能，其经验已推广至面临相似挑战的泰国和印度。印度孙德尔本斯生物圈保护区大规模种植耐盐红树物种（如红茄苳、白骨壤等），减缓潮汐侵蚀；组建社区巡逻队防止非法砍伐，保障红树林自然再生，通过红树林恢复增强海岸韧性，有效

减轻风暴潮对恒河三角洲及近海社区的侵害^⑯。

(3) 提升气候监测与灾害预警能力，降低灾害风险。提升区域气候预报、生态监测与灾害预警能力，是最大程度降低人类生产生活损失、防止生态环境恶化的关键手段；积极应对气候变化挑战，有助于全面提升区域生态韧性社区生计韧性。例如，西班牙拉科鲁尼亚海滨和曼德奥之地生物圈保护区建立了针对暴雨、干旱、风暴潮等极端气候事件的预警系统^⑰。德国施普雷瓦尔德生物圈保护区利用卫星遥感和地面传感器网络，对水位变化与湿地退化状况进行实时监测^⑱。澳大利亚大堡礁生物圈保护区构建了珊瑚白化预警系统，及时指导保护行动^⑲。

3 世界生物圈保护区网络可持续发展的建议

“人与生物圈计划”通过“生态-经济-社会”三维协同机制，在应对全球生态危机方面成效显著。然而，面对日益加剧的气候变化、生物多样性锐减等挑战，世界生物圈保护区的管理仍存在诸多亟待解决的问题。现就未来发展提出4点建议。

(1) 严格落实国际公约，优化全球保护网络布局。作为落实SDGs的示范区域，世界生物圈保护区须积

^⑩ Virginia Marine Resource Commission. Tidal Wetland Guidelines. (2021-05-26)[2025-05-08]. https://mrc.virginia.gov/Regulations/Final-Wetlands-Guidelines-Update_05-26-2021.pdf.

^⑪ Technical Office of Doñana. The environmental restoration project of the ‘Los Mimbres’ farm receives a favorable report from the Doñana Participation Council. (2025-02-26)[2025-05-08]. <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/febrero/el-proyecto-de-restauracion-ambiental-de-la-finca--los-mimbres.html>. (in German)

^⑫ European Commission LIFE public database. Agroforestry systems for climate change adaptation of Mediterranean agricultural and forest areas. [2025-05-08]. <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE20-CA-ES-001682/agroforestry-systems-for-climate-change-adaptation-of-mediterranean-agricultural-and-forest-areas#>.

^⑬ MONRE. Decision approving the Can Gio Mangrove Forest Planting Plan for the period 2015-2025. (2025-06-16)[2025-07-09]. <https://vbpl.vn/namdinh/Pages/vbpq-van-ban-goc.aspx?ItemID=178328>. (in Vietnamese)

^⑭ European Commission LIFE public database. Agroforestry systems for climate change adaptation of Mediterranean agricultural and forest areas. [2025-05-08]. <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE20-CCA-ES-001682/agroforestry-systems-for-climate-change-adaptation-of-mediterranean-agricultural-and-forest-areas#>.

^⑮ Great Barrier Reef Marine Park Authority. An early warning system for coral bleaching on the Great Barrier Reef. [2025-07-09]. <https://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/retrieve/9294f9fc-cfdc-428a-9308-13b6222c22ad/An-early-warning-system-for-coral-bleaching-on-the-Great-Barrier-Reef.pdf>.

极履行新的国际公约和多边环境协议，特别是“昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架”中关于生物多样性保护的核心目标与指标。针对当前保护区多依赖自下而上申报、顶层设计不足、空间布局不尽合理、保护成效有待提升等问题，**建议：**强化顶层设计，优化全球生物圈保护区空间布局，确保不同生态地理区和国家均设立保护区，并优先扩展海洋区域与生物多样性热点地区的保护区比例。深化国际合作，将生物圈保护区建设成为落实SDGs及生物多样性保护相关国际承诺的典范。

(2) 强化科技支撑能力，提升生态保护修复水平。

针对全球生物圈保护区普遍存在的本底不清、科技支撑薄弱（尤其在发展中国家），以及生物多样性调查监测与生态修复水平偏低等问题，**建议：**构建基于新技术的生物圈保护区大科学计划，整体提升保护科技支撑与应用能力；构建或优化覆盖“天空地一体化”调查监测网络，融合环境DNA（eDNA）与遥感技术，推动人工智能与生态学交叉创新，提升物种识别与生态系统分类精度，全面摸清生物多样性家底；构建全球生物圈保护区监测网络与预警体系，动态监测生物多样性变化趋势并预测未来风险；运用新技术手段，加强对保护区核心区的严格监管与常态化巡护，强化生态修复项目全过程监管，切实提升工程质量和生态效益。

(3) 创新保护区管理机制，全面提升管理效能。

针对生物圈保护区能力建设面临的资金短缺、专业人才不足、跨部门协调困难、数据平台薄弱等瓶颈，**建议：**构建保护区与高校、科研机构或非政府组织的战略联盟，搭建开放共享的数据平台；开发系统性专业培训课程，提升从业人员技能水平。在政府层面，成立跨部门协调委员会，统筹土地用途管理，保障政策一致性；加强国际技术交流，促进先进保护技术的引进、消化与本土化应用。在资金保障方面，创新融资模式，积极探索绿色债券、生态补偿等多元化资金

来源渠道，积极申请国际专项基金支持生态修复项目，切实提升生物圈保护的可持续资金保障能力。

(4) 深度激活社区参与，促进保护与发展双赢。

针对当前生物圈保护区存在的本土文化挖掘不足、社区参与程度不高、品牌建设滞后、绿色发展能力薄弱等问题，**建议：**着力构建生物圈保护区自主品牌体系，推行生态产品认证制度，推动保护区产品与服务走向体系化、品牌化，显著提升生态产品价值转化能力；探索自然生态与本地文化遗产特别是非物质文化遗产相结合的生态产品开发路径，增强盈利能力；建立健全社区共管机制，赋予原住民实质性决策参与权，确保其通过参与保护获得合理收益；完善保护与发展协同的政策协调机制，寻求最佳平衡点；深化国际合作，积极分享最佳实践，共同应对全球生态挑战。

参考文献

- 1 先义杰, 房强, 刘宁, 等. 面向第五届世界生物圈保护区大会: 中国的机遇及行动建议. 中国科学院院刊, 2025, 40(6): 1113-1123.
Xian Y J, Fang Q, Liu N, et al. Towards 5th World Congress of Biosphere Reserves: Opportunities and recommended actions for China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2025, 40(6): 1113-1123. (in Chinese)
- 2 Baird R E, Watson C E, Woolfolk S. Microfungi from bark of healthy and damaged American beech, Fraser Fir, and Eastern Hemlock trees during an all taxa biodiversity inventory in forests of the Great Smoky Mountains National Park. Southeastern Naturalist, 2007, 6: 67-82.
- 3 Nenciu M, Niță V, ATeacăet al. An assessment of potential beam trawling impact on north-western Black Sea Benthic habitats aiming at a sustainable fisheries management. Water, 2023, 15(12): 22-41.
- 4 Lina F, Vanclay J K, Glencross K, et al. Understanding 48 years of changes in tree diversity, dynamics and species responses since logging disturbance in a subtropical rainforest. Forest Ecology and Management, 2017, 393:

- 29-39.
- 5 Guirado E, Ramos-López D, A DMaldonado et al. Modeling carbon dioxide for show cave conservation. *Journal for Nature Conservation*, 2019, 49: 76-84.
 - 6 Forte C T, Galon L, Beutler A N, et al. Soil management systems and their effect on the weed seed bank. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2018, 53(4): 435-442.
 - 7 Haddad F, Blicharska M, Westerberg V, et al. Valuing, Restoring and Managing “Presumed Drylands”: Cerrado, Miombo – Mopane Woodlands and the Qinghai – Tibetan Plateau. Rome: FAO, 2022.
 - 8 Albuquerque L, Ferreira I, Balbino L, et al. Integrating between Ecological Restoration and Livestock (IREP) and Integrated crop-livestock-forestry systems (ICLF) in Cerrado of Federal District State, Brazil. Study Case 5. [2025-05-19]. https://www.researchgate.net/publication/328518228_Integrating_between_Ecological_Restoration_and_Livestock_IREP_and_Integrated_crop-livestock-forestry_systems_ICLF_in_Cerrado_of_Federal_District_State_Brazil_Study_Case_5.
 - 9 Department of Animal Husbandry, Dairying and Fisheries, Government of India. Order and guideline of Government of India for fishing operation in Indian Exclusive Economic Zone. (2017-08-03) [2025-05-19]. https://www.icsf.net/wp-content/uploads/2021/02/200_guidelines_for_fishing_operations_in_eez.pdf.
 - 10 Köck G. Vielfalt genießen. Die österreichischen Biosphärenparks als Modellregionen für regionalen Genuss. *Geografien des Essens*, 2019, 234: 139-181.
Köck G. Enjoy Diversity. Austrian biosphere parks as model regions for regional culinary delights. *Geographies of Food*, 2019, 234: 139-181. (in German)
 - 11 Department of Environment & Natural Resources, Government of Bermuda. Sustainable forestry management limited-inliquadation. (2020-07-20) [2023-05-19]. <https://www.gov.bm/theofficialgazette/notices/ln02572020>.
 - 12 Köck G, Brenner H. Appropriate behaviour in the forests of Wienerwald Biosphere Reserve. *Journal on Protected Mountain Areas Research*, 2015, 7(2): 78-82.
 - 13 Swabian Alb Biosphere Reserve. Periodic Review Report of the Swabian Alb Biosphere Reserve (2009-2018). Reutlingen: Swabian Alb Biosphere Reserve, 2019.
 - 14 The Carpathian Convention. The Convention on the protection and sustainable development of the Carpathians. (2022-10-08)[2025-09-04]. <http://www.carpathianconvention.org/convention/framework-convention/>.
 - 15 王丁, 刘宁, 陈向军, 等. 推动人与自然和谐共处和可持续发展: 人与生物圈计划在中国. *中国科学院院刊*, 2021, 36(4): 448-455.
Wang D, Liu N, Chen X J, et al. To harmonize relationship between human and nature and achieve sustainable development: UNESCO's Man the and Biosphere Programme in China. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(4): 448-455. (in Chinese)
 - 16 Knaus F, Bonnelame L K, Siegrist D. The economic impact of Labeled regional products: The experience of the UNESCO Biosphere Reserve Entlebuch. *Mountain Research and Development*, 2017, 37(1): 121-130.
 - 17 Rumpold P A, Klenovec C. Bergkäse aus dem Biosphärenpark Großes Walsertal – ein berglandwirtschaftliches Regionalprodukt in Perzeption und Praxis. *Geografien des Essens*, 2019, 34(2), 209-231.
Rumpold P A, Klenovec C. Mountain cheese from the Great Walser Valley Biosphere Park A regional mountain farming product in perception and practice. *Geographies of Food* 2019, 34(2): 209-231. (in German)
 - 18 Egner H, Falkner J, Jungmeier M, et al. Institutionalizing cooperation between biosphere reserves and universities—The example of Science Linknockberge. *Journal on Protected Mountain Areas Research*, 2017, 9(2): 77-80.
 - 19 Köck G, Kranjc D, Lazaar I, et al. From a research vision to a state-of-the-art research strategy: UNESCO experts' meeting in the Karst and River Reka Basin Biosphere Reserve. *Journal on Protected Mountain Areas Research*, 2020, 12(2): 58-63.
 - 20 Schultz L, Folke C, Olsson P. Enhancing ecosystem management through social-ecological inventories: Lessons from Kristianstads Vattenrike, Sweden. *Environmental Conservation*, 2007, 34(2): 140-152.
 - 21 Wang Z B, Lodder Q J, Van der Spek A J F, et al. Developing

- a long-term management strategy to prepare the Dutch coast for the future, editorial of the VSI future Dutch coast. *Ocean & Coastal Management*, 2023, 237: 106541.
- 22 Brazil Planalto Presidência. Law No. 12651. Brazilian Forest Code. Brasilia: Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
- Presidential Palace Brazil. Law No. 12651. Brazilian Forest Code. Brasilia: Federal University of Uberlândia, 2012. (in Portuguese)
- 23 van Hespen R, Hu Z, Borsje B, et al. Mangrove forests as a nature-based solution for coastal flood protection: Biophysical and ecological considerations. *Water Science and Engineering*, 2023, 16(1): 1-13.

Practical experience and achievements in sustainable development of world network of biosphere reserves

XU Weihua^{1,2*} MA Zuchen¹ KÖCK Günter³ CHEN Wenlu¹ OUYANG Zhiyun¹

(1 State Key Laboratory of Regional and Urban Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;

2 College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3 Institute for Interdisciplinary Mountain Research, Austrian Academy of Sciences, Innrain 25, 6020 Innsbruck, Austria)

Abstract As the core of the UNESCO “Man and the Biosphere Programme” (MAB), the World Network of Biosphere Reserves holds irreplaceable strategic value in harmonizing ecological conservation with regional sustainable development. Based on the four strategic objectives outlined in the Strategy for the Man and the Biosphere Programme (2015–2025), this study systematically analyzes the innovative practices across representative global reserves, revealing critical pathways and implementation outcomes for the sustainable development of biosphere reserves. The research demonstrates that the scientific conservation measures—including the establishment of biodiversity monitoring systems, systematic habitat restoration, and the development of genetic resource conservation networks—have significantly enhanced biodiversity conservation effectiveness. Innovative development models including sustainable agriculture, forestry, animal husbandry, and fisheries; the development of full eco-tourism industry chains; and the branding of ecological products, have achieved synergistic progress between ecological protection and community development. Strengthened scientific management capacity has been continuously reinforced through collaborative scientific research platforms, the improvement of multi-level education systems, and specialized personnel training mechanisms. Adaptive strategies, including wetland ecosystem restoration, enhancement of carbon sequestration functions, and the construction of climate disaster early warning systems, have effectively bolstered resilience to climate change. Based on the findings, it is proposed to optimize the global conservation network, strengthen scientific and technological support capabilities, innovate management mechanisms, and deepen community engagement. These proposals aim to provide practical paradigms for building a community of all life on Earth.

Keywords World Network of Biosphere Reserves (WNBR), sustainable development, biodiversity conservation, climate change adaptation, community engagement

徐卫华 中国科学院生态环境研究中心研究员, 国家公园研究院副院长。主要从事生物多样性保护、国家公园与自然保护地等方面的研究。E-mail: xuweihua@rcees.ac.cn

XU Weihua Professor of Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences (CAS), Deputy Director of the Institute of National Park. His research fields cover biodiversity conservation, national parks and protected areas, etc. E-mail: xuweihua@rcees.ac.cn

■责任编辑: 岳凌生

*Corresponding author