



IUCN 基于自然的解决方案
全球标准使用指南

人工智能技术应用于
气候建模的前景

水利基础设施再定义，
重建更好未来



基于自然的解决方案的审核、设计和推广框架

IUCN 基于自然的解决方案全球标准使用指南



执行摘要

尽管当前全球正面临着重重危机，但人类社会也已显示可以通过共同努力解决重大的全球性威胁。上世纪 70 年代，全世界共同采取行动成功遏制并逆转了臭氧层损耗问题。若这一行动失败，臭氧层空洞目前将扩展至热带地区，并极大影响人类健康、生态系统服务以及生物多样性。扭转危机发展的轨迹需要现成、可靠且有效的解决方案。在这方面，基于自然的解决方案(NbS)为世界提供了可以有效应对包括气候变化、粮食安全、水安全、生态环境退化以及生物多样性丧失在内的多重可持续发展危机的机会。

在人类共同努力以及有益的实践经验指导之下，本标准力图具有指导性，其目的不仅是在设定下，我们已经具备了提供长久的解决方案的能力，设计与实施环节指导参与者，也意在持续性地提升来帮助我们以更加公平、公正和可持续的方式与干预措施的恢复力以帮助对未预见的情况做好准地球共生。IUCN 基于自然的解决方案全球标准汇编。它基于这样一个前提，即解决方案本身需要对集了 800 多位专家的意见与知识，促使自然成为人环境做出响应，而结果可能每次都不同。该标准提类的可靠伙伴，从而应对气候变化以及 21 世纪其供了能够处理和适应各种不同情况和背景的一致它重要的

挑战。方法,在不忽视任何人的情况下取得环境良好、社保护、可持续管理以及恢复自然能够带来实质 会公正和经济可行的结果。

性的社会效益。但产生效益的前提是在下述问题上 八条准则及 28 项指标可为以下工作提供支持:1) 达成共识:解决方案需要涵盖的内容;统一的设计和 评估方案在多大程度上符合 NbS 的标准,并以 “高度实施方法;更重要的是一套评估、适应和改进学习框 匹配”、“基本匹配”、“部分匹配”与 “不匹配”四种程架,使得干预措施更加有效。 度为衡量标准,确定可以采取哪些行动来加强项目的稳健性;2)能够有针对性地设计解决方案,遵守准 期和短期需求。强调在进行权衡时,所有受影响的则和指标,同时建立适应性管理机制,以在整个生命 利益相关方都要充分透明、披露信息和 达成共识。

周期内保持解决方案的相关性和稳健性; •准则 7 介绍了适应性管理的方法,通过学习该标准适用于广泛的用户群体,特别是自然保 和行动相辅相成,标准的使用者可以发展和改进护部门以外的群体。此标准附带易于访问及使用的 解决方案。

自我评估工具。对标准的修订和改进由国际标准委员 •准则 8 强调要将 NbS 纳入国家政策,促进其会进行监督的。与此同时,IUCN 将支持建立一个全 主流化,对 NbS 的长期可持续发展及延续性至关 球用户网络,用户可以共同学习并帮助该标准更新。 重要。可以通过与政策结合、纳入国家与国际承诺,

- 准则 1 强调明确解决方案将要应对的社会挑 以及分享经验教训、为其它解决方案提供案例等 方战的重要性。有时,方案可以扩展到多个优先目标。 法推动主流化。

该准则的目的是确保在改善人类福祉需求方面有 本标准是在全球努力控制与阻止新型冠状病深思熟虑 和针对性的设计。 毒(COVID-19)传播之际制定的。目前的注意力正

- 准则 2 从关键的空间因素进行考虑,也就是通 在转向病毒大流行后的经济复苏。在世界各国 领导常所说的景观方法来指导 NbS 的设计。 人考虑如何更好地重建家园之时,NbS 提供了独特

- 准则 3、4、5 分别对应可持续发展的三个关键 的机会,鼓励避免重蹈覆辙的前提下投资于 社会福方面:环境可持续性、社会公平和经济可行性。 祉和充满活力的经济。

- 准则 6 讨论了在大多数自然资源管理决策中对权衡进行引导和平衡的实际问题,包括协调长

1.引言

“基于自然的解决方案是保护、可持续管理和恢复自然的和被

改变的生态系统的行动，能有效和适应性地应对社会挑战，同时提供人类福祉和生物多样性效益。”

(IUCN,2016)

2020 年，人们已经越来越认识到自然对人类社 的机会。这使自然保护措施纳入到农业、基础设施建会的作用。然而，在 20 世纪的大部分时间里，虽然自 设、水利、健康、城市规划以及农村发展等其它部门然保护得到了关注，但依然被决策者置于国家和全 的工作主流之中成为可能。

球议程的边缘，甚至视其为发展的障碍。然而，越来 大多数生态系统能够在为不同受益者提供多越多的科学共识表明这种看法是错误的。“自然是 种效益的同时保护自然资源。这意味着生态系统人类生存和良好生活质量的基础”，如果不能认识 管理是应对社会挑战最有前景的途径，确保即使到这一事实，不仅会使社会陷入某种加剧生物多样 在“一切照旧”情景下，生物多样性也能在各个部性丧失的经济增长模式，还会错失有效利用自然解 门中发挥作用。

决气候变化、粮食安全和防灾减灾等重大社会挑战

1.1 从最初概念到全球方法的发展

从 20 世纪 90 年代开始发展的一些保护方法都 化，发展出了实施保护干预措施的两大理念:一是将是基于对生态系统有目的的管理，包括:森林景观 保护生物多样性的内在价值作为首要目标;二是将恢复、可持续土地管理、水资源综合管理、景观综合 保障社会作为首要目标，后者即目前所说的 NbS。两管理、海岸带综合管理、生态恢复以及 IUCN 可持续 种思路都遵循相同的保护规范和原则，有时在具体利用倡议。这些操作方法能够促进产生保护成效， 操作上有所重叠，但工作起始点通常是完全不同的。并为社会带来切实利益，具体包括增加就业、提高 此外，这种范式的转变也使人们认识到，即使没土地生产力、控制侵蚀和固碳等。在这些方法背后， 有使用 NbS 这个概念来描述这

些干预措施，许多国是来自坚实的研究基础以及实践团体的有力支持。家都有用利于社会的方式保护自然和管理自然资

无论是独立应用，还是与其它形式的解决方案 源的历史。虽然这些保护措施都是有用的，但单独 (例如技术及工程等)共同使用，自然保护方法(例如 使用可能不足以应对当前的挑战。长期以来，实践保护、恢复以及可持续管理等)的实施也能以人类福 界和研究界各自为政，尽管保护方法的原则、目标祉作为首要目标。随着对于保护工作的思考不断深 和应用相似，但往往在争夺相同的资源。



图 1:保护干预措施遵循保护规范和原则。一种侧重于保护其不可替代的价值的生物多样性。另一种致力于保障和维护社会，同时始终遵循这些保护规范和原则。后者即“基于自然的解决方案”。尽管存在一些重叠，但并非所有的保护干预措施都是基于自然的解决方案(©IUCN)

为了使人们更加关注保护行动在可持续利用 在这一转变中，人类积极主动地保护、管理或恢
自然满足人们需求方面的潜力，NbS 概念是作为 复生态系统，以应对一系列重大社会挑战，而不
20 世纪 80 年代的模式转变的一部分而提出的， 是作为自然的被动受益者(Cohen-Shacham

等, 2019)。NbS 理念承认保护生物多样性以及生态系统服务是人类健康等其他方面人类福祉的基础。在处理复杂系统时, NbS 超越了传统的用机械式方法来解决问题的方式(Rogers 等,2019), 以生态系统方法为基础, (CBD, 2004; Holling, 1973; Holling, 1978; Holling, 1986; WaltnerToews & Kay, 2005)该方法也是生物多样性公约的基础(Smith & Maltby, 2003)。

到了 2020 年, 保护团体以及其它相关部门发现自己正处于一场认可、推进以及谋求 NbS

NbS 是基于生态系统方法(如上文提到的概念)的伞状框架, 以应对重大社会挑战(Cohen-Shachametal, 2016)(见图 2)。IUCN 于 2009 年开始推广“NbS”一词, 后作为一个涵盖性术语提出, 以强调各种保护方法的共性, 包括前面

全球运动的中心。自 IUCN 提出 NbS 这一术语以来, 其势头在过去十年中越来越大, 且已被纳入政策、提案、经济计划、研究课题以及生物多样性和气候变化的国家战略中。随着接受程度以及投资的增加, 对定义 NbS 术语以及实施具有恢复力的、成本有效性的干预措施的需求已非常迫切。

这些方法与 NbS 应用密切相关, 作为具体的操作方法, 用于应对社会挑战的执行方案。在一项干预措施中, 可能还需要将不同的方法结合起来, 并寻求互补, 以提高效率和减少冗余。一项干预措施若要被视为 NbS, 就必须以综合方式应

1.2 以 NbS 作为应对社会挑战的总框架

提到的方法到的方法。NbS 伞状框架下的其它概念包括:自然解决方案(自然保护地在应对气候变化中的作用);基于生态系统的适应(EbA);基于生态系统的防灾减灾(Eco-DRR);绿色基础设施(在城市背景下促进经济增长和投资);自然基础设施(促进可持续的水资源综合管理);以及整体或再生景观管理。

对一个或多个社会挑战。IUCN 目前定义了七项社会挑战——气候变化减缓和适应、防灾减灾、经济和社会发展、人类健康、粮食安全、水安全、生态环境退化与生物多样性丧失(见图 3)。如果应对的挑战是生态系统退化, 那么在设计解决方案时必须至少有一个其它的社会挑战, 以将 NbS 的项目行动与纯粹的保护行动区分开来。

这些社会挑战的解决方案正在以科学知识和 作为应对措施的价值。随着 NbS 概念的推广实
良好实践为基础，在实施中发展，能够证明 NbS 施，未来还会增加其它的社会挑战。



图 2:定义 NbS(©IUCN)



图 3:NbS 应对的主要社会挑战(©IUCN)

1.3 生物多样性危机背景下的 NbS

2019 年，生物多样性和生态系统服务政府间 统服务下降。生物多样性的急剧丧失削弱了生
态系科学政策平台(IPBES)发布的《生物多样性和生态 统至关重要的为人类福祉提供服务的能

力。由于高系统服务全球评估报告》(IPBES, 2019a)描绘了 强度土地利用, 无脊椎动物和土壤微生物目前的损一幅非常黯淡的图景, 全球有 100 万种动植物被列 失率正在破坏人类生存的基础。

为受威胁或灭绝物种, 过度开发和滥用造成生态系

自然对人类的贡献在人类的生存和生活方式上起着至关重要的作用, 但往往存在空间和时间上分布不均的问题(IPBES, 2019a)。IPBES 报告称, 负面影响是不成比例的, 尤其会影响到边缘化的原住民和农村社区, 因为他们直接依靠自然的效益来生存。IPBES 还强调, 气候变化是一个直接的驱动因素, 加剧了其他驱动因素对自然和人类福祉的影响(IPBES, 2019b), 正在成为未来几年生物多样性丧失的主要驱动因素, 对物种、栖息地和生态系统产生影响。

1.4 气候危机背景下的 NbS

同时带来生物多样性和人类福祉效益的解决方案, 才能被视为 NbS。因此, 每一种解决方案都必须维持或改善生物多样性, 没有保护生物多样性的相关行动就不是 NbS。有些追求短期利益的做法会损害自然系统为子孙后代提供服务的能力, 确保自然系统的完整性和稳定性不受这些做法破坏非常重要。因此, 保护生物多样性不仅是 NbS 的产出, 生物多样性的维护或增强也是认定解决方案为 NbS 的关键性要素(IUCN, 2016)。

另一方面, 政府间气候变化专门委员会(IPCC) 的影响。虽然影响将是针对具体区域的, 但总体而的《全球升温 1.5°C》报告提供了充足证据, 表明人言, 人类和自然可能会遭受更频繁和更强烈的负类活动造成的全球升温比工业化前水平高出约 面影响。IPCC 《气候变化与土地报告》称, 更加频 1.0°C(IPCC, 2018)。如果我们不实现《巴黎协定》 繁的极端天气事件和不断变化的降水格局已经影 设定的目标——全球平均气温较工业化前水平升高 响到陆地粮食安全(IPCC, 2019)。与此同时, IPCC 幅度控制在 2°C 之内, 全球升温很可能在 2030 年和 《气候变化中的海洋和冰冻圈的特别报告》 显示, 自 2052 年之间达到 1.5°C,使我们处在非常危险的状况 20 世纪中期以来, 冰冻圈的缩小对粮食和水安全产

(主要调查成果见专栏 1)。在人类面临灾难性的气候 生了显著的负面影响(IPCC, 2019)。面对气候变化, 临界点之际, 迫切需要采取创新的方法来完善自然 人与自然之间的关系显而易见。例如, 气候变

化加剧保护;并立即进行转型变革,减少碳排放,将全球升温控制在1.5°C以内(IPCC, 2018; Rockström 等, (IPCC, 2019)。同样,气候变化对沿海生态系统,如

2009; Steffen 等, 2015)。海草场/床和海藻森林带来高风险,在这些生态系统

NbS 概念提供了一种综合方法,可以帮助各中,生境的丧失将导致人们赖以生存的物种和多样性实现重要的国际协议和目标,如联合国可持续发展目标的丧失以及生态系统功能的退化(IPCC, 2019)。发展目标(SDGs)、《巴黎协定》、爱知目标、波恩挑战人与自然之间的这种相互联系给 NbS 模式提供挑战和仙台防灾框架。2019 年联合国气候峰会认可 供了解决潜在社会挑战(如粮食安全)的机会,同意了 NbS,同时 IPCC 《全球升温 1.5°C》特别报告(有助于适应和减缓气候变化。IPCC2019 年的 Coninck 等, 2018)、IPCC 《气候变化与土地报告》 《气候变化和土地报告》强调了可持续的土地管理(IPCC, 2019)和 IPBES 《全球生物多样性评估报告》 理,包括生态系统保护,因为“有助于减少包括气 (IPBES, 2019a)也都强调了 NbS 具有应对全球重大 气候变化在内的多种压力对生态系统和社会的负面社会和生态挑战的潜力。随着气候紧急情况愈发严重影响”(IPCC, 2019)。基于生态系统的适应包括恢复,人和自然都将越来越容易受到极端天气和气候 复自然生态系统和加强生物多样性保护,它能够消除温室气体并有助于减缓和适应(IPCC, 2019)。 转型变化方面也发挥着关键作用。NbS 可以作为减缓为了将升温限制在 1.5°C 或远低于 2°C,人类社会需要减缓层级方法的一部分,该方法是一个涉及多步骤的要结合受自然启发、源于自然和基于自然的解决方案 决策框架,首先是避免影响,然后是尽量减少不可避免案,同时大幅减少化石燃料排放(图 4)。 免的影响,最后是在可行和必要的情况下进行生物多样性和所有其它物种赖以生存的生态系统 多样性补偿。正确应用减缓层级方法可以潜在地限制的健康正以前所未有的速度恶化,威胁着地球和 制开发项目对生物多样性的不利影响,并可能带来人类的健康。我们正在侵蚀全世界的经济、生计、 更多的生物多样性保护效益。然而,不恰当的粮食安全、健康和生活质量的根本基础。该报告还 应用,特别是在基本知识差距尚未解决的情况下 认识到,气候变化正在成为 2020 年后生物多样性丧失 施,以及不完备的企业、金融和监管政策,可能会破失的主要驱动因素之一。这就需要通过 NbS 同时分 坏现有的生物多样性管理方法。

析和应对生物多样性和气候变化危机, NbS 在实现



基于自然的解决方案



源于自然的解决方案



受自然启发的解决方案

©JohnGreene-Conservation

图 4:虽然基于自然的解决方案利用运作良好的生态系统的力量作为基础设施, 以提供自然服务, 造福社会和环境, 但源于自然和受自然启发的解决方案, 也是实现低碳和可持续未来所需要的, 但却各有不同。源于自然的解决方案包括风能、波浪能和太阳能, 所有这些能源都来自于自然界。通过源自自然的生产方法, 帮助满足低碳能源需求。虽然这些能源来自自然, 但它们并不直接基于生态系统的功能。受自然启发的解决方案包括创新设计和生产, 以生物过程为模型并受自然界启发的材料、结构和系统。例如, 仿生学是一种向自然学习和模仿自然的策略并解决挑战的做法, 这些设计的灵感来自于大自然—比如特制的粘性手套, 模仿壁虎爬墙的适应性。但并不是基于运作中的生态系统。

1.5 包容性危机背景下的

NbS

只有纳入不同的知识体系和受影响群体，包括原住民、地方社区、妇女和青年的参与，项目措施才能取得成功。遗憾的是，在保护行动的历史上，这种情况并不常见，导致包容性危机与生物多样性和气候危机并存。NbS，由于其跨部门协作和综合的应用方式，非常有助于将所有直接或间接有可能受到影响的利益相关方聚集起来。他们可能有着不同的知识体系和世界观，可能具备传统生态知识和原住民知识。例如，人们能够很好地适应极地地区主要得益于学习了本土知识，了解了景观变化以及物种健康和种群的趋势和格局(IPCC, 2019)。

在考虑 NbS 利益相关方的多样性时，不论性别、年龄或社会、经济或文化背景，确保参与过程的积极、包容和透明至关重要。NbS 的决策应当是透明和公平的，这样才能保障居民和文化。这对于实现 NbS 所能带来的潜在效益也至关重要。文化偏见和精英主义观点可能会使潜在贡献者在 NbS 使用过程中受到影响和边缘化。在利益相关方群体同样重要的情况下(例如农村和非农村)，文化偏见和精英主义可能导致忽视社会阶层

较低或受教育程度较低的社会成员的意见。这种情况可以通过建设性的讨论和协作得到缓解和改善，这些过程也是实施 NbS 的关键。

原住民和地方社区拥有和管理着地球上很大一部分生物多样性最丰富的地区，在保护土地、海洋和资源及其可持续利用方面发挥着至关重要的作用。他们与自然环境建立了牢固的经济、文化和精神关系，开发和长期保持着有助于保护生物多样性和可持续利用自然资源的传统管理做法和知识。例如，尊重自然资源的传统和可持续利用的原住民社区保护地可能是一种有利于传统知识和原住民社区生存的 NbS。同样，农村土地管理员，无论他们是否是本地人，都将比他们所管理的土地上的其他人有更深刻正确的理解。

无论是哪个利益相关方团体参与，都始终存在有关性别问题的内容，因此针对性别问题作出预案是可持续发展的先决条件。让妇女参与 NbS 有利于落实工作，因为自然保护与妇女权益不可分割。例如，环境退化加剧了对妇女的暴力行为，对 NbS 采取促进性别平等的方法，既有助于解决生物多样性危机，也有助于解决包容性危机。与此同时，大量研究表明，让妇女参与进来，会为自然资源管理带来她们独特的见解。性别平衡的领导层和妇女平等参与 NbS，会给自然带来更多的效益，从而给人类带来更多的效益。

在过去几年中，随着 NbS 的影响和知名度的提高，青年也在保护行动中发挥了明显的作用。儿童和青年在解决重大社会挑战方面可以做出切实的贡献，从而强调对代际公平的需求。如果干预措施对短期成本和效益影响较大，而不考虑长期成本、效益和权衡，则可能会降低恢复力；让青年参与干预措施，可以使他们了解和理解代际影响，从而产生长期影响，建立恢复力。特别是在

考虑应对气候变化的解决方案时，对保护、包容和赋予青年权力缺乏足够的重视，在 160 项国家自主贡献(NDCs)中，只有 8 项直接提到代际不公或有关后代的内容。将青年纳入支持 NbS 的全球行动既支持了这些项目的可持续性，也向青年科普了有关知识，这有利于开展气候适应和减缓的相关工作。

人工智能技术应用于气候建模的前景



考虑到相互关联领域和相互交织的影响因素众多，预测气候变化等未来情景是一项巨大挑战。而这一领域目前取得了重大进展：联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）近期发布的第六次评估报告中比以往更为详细地概述了目前我们掌握的各种温室气体排放情景未来可能造成的影响。

该报告一方面以越来越全面和详细的地球系统观测和测量结果为基础，评估过去几十年的全球变暖及其影响（如导致极端事件增加），另一方面又借助了最先进地球系统模型（ESM）的模拟结果。

经典地球系统建模及其重大进展

经典地球系统模型基于常用和不常用的物理定律，采用数学和数值计算方法，通过当前或过去地球系统模型是用于定量描述地球物理状态的 状态的相关信息预测系统未来的状态。最重要工具，而且，在用作气候模型的情况下，还可 随着研究深入，基础模型不断改进：纳入考量以预测人类活动将导致地球在未来发生何种变化。 的地球子系统和过程数量达到前所未有的水平，其德国波茨坦地球科学研究中心（GFZ）的一个国际 中包括云层影响等复杂的关键过程。这些模型不仅研究团队在《自然-机器智能》（Nature Machine Intelligence）上发表了 可以准确追踪自开始收集数据以来的全球平均气温发展趋势，还可以推导出气候变化的区域影响。

益普及的人工智能技术如何协助改进地球系统模

型预测，以及应用的局限性。该文章提出了一项关键建议：将这两种方法整合为一个自学习“神经地

局限性

球系统建模”方法。 复杂的地球系统模型需要庞大的计算资源支 **将地球视为一个系统——**

项挑战 持。即便是最先进的模型预测出来的结果仍有不确定性。比如极端事件的强度和发生频率

往往被低估。研究人员担心地球的某些子系统可能会发地球的发展是诸多复杂因素相互作用的结果，

生突变，即气候系统中所谓的“临界要素”。经典建包括地面上的动植物群、海洋及其中的生态系

统、极 模方法无法准确预测这些要素。此外，经典模型也地地区、大气、碳循环和其他生物地球化

学循环，以（尚）无法充分表现土地利用类型，或者水和养分及辐射过程。因此，研究人员将其称

为地球系统。 可用性关键过程。

机器学习方法进入视野

经典地球系统模型方法面临的挑战以及不断增加的地球观测数据为人工智能的应用创造了机会。人工智能技术包括神经网络、随机森林或支持向量机等机器学习方法。优势在于作为自学习系统，它们不需要事先掌握物理定律和关系，这些可能非常复杂，甚至尚未了解透彻，而是根据具体目标下的大量数据集，自行学习底层分类学。这一灵活而强大的概念几乎可以解决所有复杂问题。

例如，经过训练的神经网络可以识别并分类卫星图像中的模式，例如云结构、海洋涡旋或作物品质；或者基于之前的记录、模型和物理平衡方程预测天气。

尽管机器学习概念早在 20 世纪 90 年代初便可用于图像分析，人工智能技术在地球和气候科学领域的“寒武纪大暴发”却发生在短短五年的时间里。主要原因是测量和模型数据池快速膨胀，而且越来越多的机器学习库随时可用。人工

智能的结果是否可靠？

然而，这种自学习方法在何种程度上得到普遍应用甚至替代经典建模方法还尚无定论。因为机器学习仍有其自身缺陷：“目前气候科学领域的许多机器学习应用都是在简化环境中开展的概

念验证研究。还须结合实际运行进一步研究确认这些应用是否可靠。

另一个决定性问题：人工智能与黑匣子类似，输入和输出是已知的，但获取知识的过程是未知的。这就导致在验证结果物理一致性存在问题，即

本文摘译自：<https://phys.org/news/2021-09->

[opportunities-limits-ai-climate.html](https://phys.org/news/2021-09-opportunities-limits-ai-climate.html)

便结果看起来似乎是可信的。在机器学习领域，可解读性和可解释性是一个重要的亟待解决问题，对于提升方法的透明度和信任度至关重要。尤其考虑到在气候研究等领域，研究的结果将作为政策决策的重要依据。

整合地球系统模型和 AI 技术新模式在

该研究中，该团队提出了第三种方法，即将上述两种方法融合为一个“神经地球系统建模”方法。如此一来便可扬长避短，最大程度避免前两种方法的局限性。目前研究人员已在这一领域开展了初步探索。这意味着，机器学习的应用不再仅仅局限于纯粹的数据分析，而是用于接管或加

速经典地球系统模型框架中的特定流程步骤。这样一来便可以释放算力，帮助模型进一步完善。

未来，新兴的交互界面将实现两种方法间的动态信息交换，使它们相互改进补充。这是对基于经典系统过程的地球和气候研究的深度扩展，促进“神经地球系统建模”发展为一个迅速崛起的新兴研究分支。神经地球系统建模的核心是一个混合系统，可以测试、纠正和改进物理一致

性，进而更准确地预测地球物理和气候相关过程。

目前，研究团队得出的结论是，人工智能和混合方法仍然存在较高风险和诸多缺陷，而且尽管当前呼声较高，人工智能仅凭其本身是否能够解决地球和气候研究领域的未解决问题还尚未可知。然而，无论如何，这是一条值得探索的路径。为实现这一目标，气候和地球研究领域与人工智能专家之间须密切合作，这一点至关重要。

水利基础设施再定义，重建更好未来



以团结起来，吹响战斗号角，携手推动疫后复苏：利用能源、创新和投资“重建更好未来”。

这个目标将各领域凝聚在一起，为水资源管理的前景注入希望，而其承诺的美好未来则将深刻影响最高级别的疫情响应措施。“重建更好未来”助力各国制定激励计划，例如欧盟的“下一代欧盟”复苏基金或英国的转型计划，呼吁实现气候

中和。美国总统拜登在竞选期间提出“重建更好未来”的口号，并以此为基础推出了一个“美国就业计划”。七国集团（G7）“重建更好世界”计划则提出了一项面向中等收入国家的战略举措。而经济合作与发展组织（OECD）近期发布的报告和世

界银行框架部门也迎来了新机遇。国际水协会 (IWA) **水资源领** 均使用“重建更好未来”来推进

“绿色、有韧性和包容性发展” (GRID)。

何、由谁以及在何处“重建更好未来 (Build Back Better, BBB) ”。国体系内被赋予丰富内涵。这个短语最初是在应对

2004 年印度洋海啸期间提出的。2015 年 6 月,

“重建与其重新回到以往有待完善的“常态”运行状 更好未来”凭借《仙台减少灾害风险框架》的出台成态,水利部门可以抓住新冠肺炎疫情危机带来的机 为全球热词,2021 年,联合国在防治荒漠化和干旱报会,摒弃过去,大胆设定变革愿景,改变对生命至关 告中再次提及这一短语,也让它再度获得广泛关注。

重要的水资源管理方式。但是,这类雄心勃勃的目标很少有机会转化为为实现这一愿景,须制定更具包容性的框架, 实际行动。这就需要先大致勾画出落地实施方案的坚决不让任何一个人掉队。透明治理、适应性创新、雏形,而后集中力量,重拳出击。对于水资源领域来劳动力赋权,以及采取“无悔”措施* (*no-regrets 讲,如要开展必要的“重建”工作,连接智力和财力 measures,指无论自然灾害或气候变化发生与否,资源的纽带必然是“水利基础设施”。

从经济、社会或环境角度都值得推行、不会后悔的

措施——译者注)对于增强地方抵御全球冲击的韧性十分关键。这一愿景不应仅局限于新冠病毒。新

超越实体基础设施

冠肺炎疫情暴发之前,全球已然面临与日俱增的 基于以上观点,首先想到的便是实体基础设施威胁:日益频繁而极端的干旱和洪水,人口快速增 施——这一术语最早出现在 19 世纪末期,即将“infra”长,经济差异以及设施疏于维护,每况愈下。这些 (下面)与“structure”(建筑物)结合起来,用以描威胁交织重叠,导致风险更加复杂。因此各城市可 述具有自然垄断性的有形支撑系统。在水和卫生设

施领域,基础设施系指围绕泵机和管道、水坝和 如今,这种传统思维方式已不再适用。年久失修、疏于维护、技术停滞、需求暴涨造成的破

坏,以及全球变暖造成的不稳定影响都给基础设施

造成重大损失。可以预见，各个城市（不论规模）和国家（包括富裕和发展中国家）的基础设施状况每况愈下，难以满足当下的需求。运输系统成本增加，破旧劳损，拥堵严重，事故风险升高。在气候变化和新冠病毒的双重夹击下，地方基础设施岌岌可危。

美国土木工程师学会（ASCE）发布的 2021 年基础设施工作报告中清晰阐明了现有系统当前面临的挑战。该报告评估了 350 万公里的管道，发现每天通过输水管道泄漏的饮水量达到 230 亿升。美国土木工程师学会将管道基础设施评级为 C-。美国 16,000 座污水处理厂的评级为 D+，91,000 座水坝和 250 万个雨水处理设施的评级为 D。

乍一看，这些问题似乎都可归咎于经费不足。但是，实际问题比单纯的资金短缺问题更加深刻、广泛。为了寻求“绿色、有韧性和包容性发展”（GRID）解决方案，必须采取更全面的交互式方法。“重建”也不仅仅局限于有形资本投资，而应重新定义更广泛的“水利基础设施”，将人力资源、数字化以及天然的水利基础设施统筹考虑。

人力水利基础设施

所谓“人力基础设施”，指的不是钢筋、混凝土或雨水渠，而是能保障水利设施安全有效运行的，有血有肉的水利工作者。

遗憾的是，我们的人力水利基础设施在悄无声息中日渐式微。未来十年里，许多公用事业部门预计将有一半员工退休，迎来“银发族海啸”，后续是否、如何以及由谁来接替他们的工作成为未知。

国际水协会（IWA）在其首份全球综合报告《可避免的危机（An Avoidable Crisis）》中揭示了这一全球人力资源风险。该报告探究了 15 个发展中国家的水、环境卫生与个人卫生（WASH）人力资源缺口，并指出：“目前掌握专门技能的水利工作者和专家数量之少，根本不足以支撑实现普遍享有安全用水和卫生设施这一目标。”

集结下一代水利专业人员是解决这一问题的最直接方法，由此凸显出教育和培训对于扩充人力基础设施的基础性作用。教育和培训方式包括提供在线课程、科学研究、出版物、技术演示报告或开展专家研讨会等。国际水协会通过培养大批青年专家（YWP）进一步“重建”机构力量。青年水资源专家则希望在国际水协会队伍中寻找良师益友。这种点对点培训模式益处良多，可激励相互学习。

其中一项好处是促进和保障性别平等。水资源曾经是男性主导的领域，但现在我们看到，在填补水利人力资源缺口的青年水专家中，女性与男性数量相当，甚至更多。原因何在？因为缺水问题越来越严重，女性往往承担更多责任，更加珍惜水资源，并且在供水系统崩溃时受到的影响最严重。经过教育和培训，女性将成为增强水利基础设施的中坚力量。

水利教育和培训还不断与更广泛的学科知识结合。尽管仍然以工程学、化学、生态学等

“硬”科学为主，水务部门开始聘用更多拥有法律、经济学、行为科学和通信背景的工作人员。这与其说是一种选择，不如说是必要之举。面对日益增加的复杂性，水利部门需要有效结合“左脑”分析思维与“右脑”语言处理。

员工积极互动交流为创新想法的产生提供机会。COVID-19大流行有力地证明了全球合作的绝对必要性，而全球合作的最佳方式是采用更分散的、参与式、协作性和共享的“开放创新”方法。开放创新与传统的各自保密、孤军作战思维截然不同，采纳了世界银行绿色、有韧性和包容性发展展望中提及的“包容性”趋势。在人力水利基础设施方面，开放创新并未将终端用户视为被动接受者，而是平等积极的合作伙伴。开放创

新摒弃了少数专家拥有绝对权威性这一理念；相反，只有通过更广泛的协作性投入，才可实现“重建更好未来”这一共同愿景。开放创新的范例包括国际水协会的水智慧城市倡议。该倡议在全球视角下制定了17条高级别城市韧性准则。随后鼓励当地社区开展合作，携手制定具有针对性的、自下而上的解决方案。

开放式协作确保青年专家与导师相互学习，相互促进。经验丰富的导师重视青年专家在应用更新、更快和更具创新性工具方面展现的专业技能。最有价值的技术能够在降低风险或成本的前提下做更多事、扩大影响范围并实现更好的效果。下面将介绍包容性重构的另一个方面：1和0构成的虚拟世界。

数字水利基础设施

水利部门不可避免地涉及水资源的输送和管理，从目前的趋势来看，水利系统的未来将越来越数字化。三年前，国际水协会就呼吁大力发展数字水务的兴起，强调如“联网传感器、在线算法、用户友好的分析方法和手持显示器”等技术构建了分析诊断的“软性”内神经系统，拉近了家庭、企业等用水户与水之间的关系。

回顾过去，水资源短缺、水质下降和洪水风险始终是城市水利基础设施面临的巨大威胁。而之后的 COVID-19 大流行更进一步加剧了风险和成本。面对这些压力，数字水务因其独特而重要的价值而受到重视，各地的数字化政策纷纷出台。

远端员工使用 Zoom 居家办公，现场工作人员保持社交距离，所有远程工作者都感受到了比以往更大的个人责任。由平板电脑、智能手机等构成的数字化办公网使得员工可以更高频率地交换实时信息，因而构成了一个更具凝聚力和更有韧性的群体，管理并监测着实体水资源和废水。

值得注意的是，在水务数字化转型方面，新兴经济体展现出了最广阔的发展前景。这是为什么？因为这些国家不受庞大沉没成本的桎梏，也没有根深蒂固的依赖人力或物理系统的习惯。事实上，对于许多追求充足供水和卫生设施的人来说，他们需要的并不是通过“重建”来改善水利基础设施，而是直接从头开始“建造更好的”离网、分布式、本地数字化系统。

这种灵活方法益处良多，包括提高水资源的可负担性。在过去数十年里，多边贷款机构和援助机构一直投资于成本高昂的“实体”基础设施，而现在它们也开始支持成本较低的数字化水务系统。泛美开发银行对智能水基础设施技术进行了评估——

数字化先进计量基础设施 (AMI)、地理信息系统 (GIS)、客户关系管理系统(CRM)、管理信息系统 (MIS) 和独立计量区域 (DMA) 等组成的综合工具组——并提倡在拉丁美洲和加勒比地区尽快普及智能水基础设施技术。尽管如此，珍贵的劳动力和高性价比的数字技术都不是免费的。有限的预算将我们指引至最后

一个需要重新定义的领域，即天然水利基础设施。

天然水利基础设施

即便宏伟壮观如罗马渡槽，也只是在模仿天然水系统复杂的过滤、运输和处理能力。几个世纪以来，工程师一直试图“驯服”自然，并企图将秩序强加于自然之上。他们总是将“建筑”和“非建筑”环境视为对立的两面。现在是时候融合两者，打造一个共生环境了。

这一任务更加困难，因为大部分人对水的认识几乎止步于水龙头里的自来水。不过疫情封锁政策也带来一点慰藉——不用去办公室之后，人们有更多机会接触大自然，更专注地欣赏大自然。更多人亲身观察到了山间林地如何截获和保持雨水，更多人追寻城市周边供水的小河和溪流的足迹，更多人对吸收径流和减轻洪水的泛滥平原心存感激，更多人理解了湿地如何过滤水质，还有更多人认识到

含水层如何储水、如何避免水体受到地表污染物的影响、以及如何同时防止蒸发损失。

我们意识到原来水循环才是最原始的循环经济。水循环的年经济价值达到数万亿美元，为我们提供拯救生命、创造生命的服务，却分文不取。在公用事业公司会计体系的影响下，我们曾误以为健康的水生生态系统没有价值。这是错误的想法。只有吸纳并整合天然水利基础设施所包含的山川河流、生生不息的景观和生物动态性因素后，城市才能找到一条迈向强韧性的必由道路。

在过去几十年里，纽约投入了近 20 亿美元保护位于山区的天然河源，这些水源能够提供安全的未过滤自来水。人造过滤设备的成本是它的五倍。一旦城市水务专家认识到天然基础设施的价值，便能在更多城市看到这种转变。从中国昆山到肯尼亚内罗毕到葡萄牙波尔图，多座城市已将国际水协会的《流域城市行动议程 (Agenda of Basin-Connected Cities)》付诸实践。

在探索投资天然水利基础设施的必要性（或挑战）方面，拉丁美洲是当之无愧的佼佼者。从厄瓜多尔基多开始，到玻利维亚、秘鲁、再到墨西哥，水利基金明确将城市水费与山地森林景观保护挂钩。此外，多座城市加大了对透水人行道

或天然生态湿地的投资，以减缓水流并过滤流经“海绵城市”的水质。

重建更好的水务部门

决策从来都不是一件容易的事。COVID-19 大流行导致风险更加复杂。全球“重建更好未来”势头强劲，为缩小基础设施缺口和解决系统性缺陷提供了一个机会之窗。为了充分利用这一机会，我们必须迅速采取行动，从不同角度清晰思考最佳做法。



本文摘译自:

<https://www.thesourcemagazine.org/redefining-water-infrastructure-to-build-back-better/>

欢迎关注中国水科院微信公众号地址：
北京市海淀区复兴路甲一号本刊联系方式：
中国水科院国际合作处联系邮箱：
dic@iwhr.com
2021 年 12 月 6 日