



# 水利水电国际资讯摘要

中国水利水电科学研究院主办

主编：孟志敏

责编：张 诚 孟 圆

4月专刊

2018年4月13日

## 联合国《2018年世界水资源开发报告》—— 基于自然的水资源解决方案 执行摘要



基于自然的解决方案受到自然的启发和支持，并利用或模仿自然过程以促进对水管的改进。一个基于自然的解决方案可包括保护或修复自然生态系统，和/或增强或建设经过改进的生态系统或人工生态系统中的自然过程。基于自然的解决方案可在微观（例如，旱厕）或宏观（例如，景观）规模上进行应用。

近年来基于自然的解决方案获得的关注显著增加。基于自然的解决方案被整合至广泛的政策进步（包括水资源、食品安全和农业、多样性、环境、减少灾害风险、城市住区和气候变化）的主流中，证明这样的方案备受关注。这一喜人的趋势表明了以认同共同目标的必要性和明确了相互支持的行动为中心的日益趋同的利益——《2030年可持续发展议程》中通过承认其各项目标和目的的相互依赖性对这一点做出了最佳说明。

扩大基于自然的解决方案的规模将成为实现《2030年可持续发展议程》的关键。按照因循守旧的方式我们将无法实现水安全的可持续。基于自然的解决方案顺应自然，而非与自然对抗，从而提供一种超越“寻常方式”的基本方法，逐步提高水资源管理中的社会、经济和水文效率。基于自然的解决方案在实现可持续粮食生产、改善人类居住区、提供供水和卫生设施服务以及减少与水有关的灾害风险等进步方面表现出巨大潜力。基于自然的解决方案还能够协助我们应对气候变化对水资源造成的影响。

基于自然的解决方案支持循环经济，而循环经济在本质上具有恢复性和再生性，并促进更高的资源生产力，旨在减少浪费并避免生成污染物，包括通过再利用和循环利用方式。基于自然的解决方案同样也支持绿色增长或绿色经济的概念。绿色增长或绿色经济促进对自然资源的可持续利用，并利用自然过程来提供经济支撑力。基于自然的解决方案在水资源领域的应用同样也能够产生社会、经济和环境协同效益（包括改善人类健康和生计、可持续的经济增长、体面的工作、生态系统恢复和维护以及保护和增强多样性）。部分协同效益可带来巨大价值，并支持青睐基于自然的解决方案投资决策。然而，尽管基于自然的解决方案的应用有着悠久的历史并不断积累丰富的经验，但仍有很多水资源政策和管理忽略了基于自然的解决方案这一选项——即使它们的效率显而易见且已得到证明。例如，尽管针对基于自然的解决方案投资迅速增加，但证据表明，其所占的投资比例仍远远低于水资源管理基础设施总投入的1%。

### **世界水资源：需水量、可利用水量、水质与极端事件**

全球需水量与人口增长、经济发展和消费结构变化等因素相关，以每年约1%的速度增长，且在未来二十年内将继续出现大幅增长。工业和居民需水量的增长速度将高于农业需水量，尽管农业作为一个整体仍然是最大的用水部门。日益增长的需水量主要来自发展中国家或新兴经济体。

目前，据估计全球约有36亿人（近一半全球人口）生活在每年至少有一个月处于缺水状态的地区，而到2050年这一数字可能会增加至48亿至57亿左右。

自20世纪90年代以来，非洲、亚洲和拉丁美洲几乎所有的河流中的水污染情况均出现恶化。预计在未来几十年内，水质恶化将进一步加剧，而这必将增加对人类健康、环境和可持续发展的威胁。在全球范围内，最为普遍的水质挑战为营养负荷。营养负荷因地区而异，但通常与病原体负荷有关。对水质造成影响的还有数百种化学品。据预计，污染物接触量增幅最大的为低收入和中低收入国家，主要原因在于这些国家的人口和经济增长涨幅较大以及缺乏污水管理系统。

水资源可利用量和水质的发展趋势与洪水和干旱风险的预测变化息息相关。据预计洪灾潜在受灾人数将从当前的12亿增至2050年的16亿左右（占全球人口近20%）。目前受到土地退化/荒漠化和干旱影响的人口数量预计为18亿人，这是对人口死亡率和社会经济影响（从人均国内生产总值（GDP）的角度来看）最为重大的“自然灾害”类型。

### 生态系统退化

生态系统退化是导致水资源管理挑战日益严峻的主要原因。尽管全球约30%的土地仍然被森林覆盖，但至少有三分之二的林地处于退化状态。全球大部分土壤资源（尤其是农田）均处于一般、差或极差的状态，而当前面临的前景是这一情况将持续恶化，通过较高的蒸发率和较低的土壤蓄水量以及随着土壤侵蚀增加而增加的地表径流对水循环造成严重的消极影响。自1900年以来，全球约64%至71%的天然湿地面积因人类活动而消失殆尽。所有这些变化均对局部及全球规模的水文情态产生了重大的消极影响。

有证据表明，在历史进程中，这些生态系统的变化推动了多个古代文明的消亡。而目前存在的一个相关的问题是，我们是否能够避免重蹈覆辙。这一问题的答案至少在一定程度上取决于我们与自然对抗转换至顺应自然的能力——例如通过更好地应用基于自然的解决方案。

### 生态系统在水文循环中发挥的作用

景观中的生态过程影响水质和水在生态系统中移动的方式，成土过程、土壤侵蚀以及泥沙输移和沉积——这些因素均对水文学产生重大影响。尽管在谈及土地覆盖和水文学时，森林往往受到最多关注，但草地和耕地也在其中发挥着重要作用。土壤对于控制水的移动、贮存和转化而言至关重要。多样性在基于自然的解决方案中发挥着功能性作用，对生态系统过程和功能提供支撑，从而支持其提供生态系统服务。

生态系统对从局部到大陆规模的降水再循环存在重要影响。植被可能更适合被视为水资源的“回收者”，而非水资源的“消费者”。

在全球范围内，高达40%的陆地降雨来自上风带植物的蒸腾作用和其他陆面蒸发作用，这一降雨来源为部分地区提供了大部分的降雨量。因此，某一地方的土地利用决策可能对距离遥远地区的水资源、人类、经济和环境造成重大影响——表明了将水域（而非“降水域”）作为管理基础的局限性。

绿色（水）基础设施采用自然或半自然系统（例如基于自然的解决方案），提供具有与常规灰色（建造/实物）水基础设施等效或相似效益的水资源管理选项。在某些情况下，基于自然的方法可提供主要或唯一的可行解决方案（例如，对景观进行恢复以抗击土地退化和荒漠化），然而出于不同目的，仅有灰色解决方案（例如，通过管道和水龙头向家庭供水）能够发挥作用。在大多数情况下，我们可以且应当同时结合绿色和灰色基础设施。在基于自然的解决方案部署的最佳案例中，基于自然的解决方案提高了灰色基础设施的性能。而当前状况为全球范围内灰色基础设施的老化、不当或不足为基于自然的解决方案提供了机会，基于自然的解决方案能够作为整合生态系统服务视角、增强水资源规划和管理中的恢复力和生计考量的创新解决方案。

基于自然的解决方案的一个关键特征在于其倾向于同时交付多个生态系统服务——即使所开展的干预工作仅仅针对其中一个生态系统服务。因此，基于自然的解决方案通常提供多种与水有关的效益，并往往能够协助我们同时应对水量、水质和风险问题。基于自然的解决方案的另一个关键优势是它们为构建整体系统恢复力做出贡献的方式。

### **基于自然的解决方案用于管理水资源可利用量**

基于自然的解决方案主要通过管理降水、湿度和蓄水量，渗透和输水来应对供水问题，从而改善能够满足人类需求的水资源的位置、时间和水量。淤泥淤积、可用径流的减少、环境问题和限制，以及在许多发达国家中，最具成本效益和可行性最高的场址均已得到开发利用这一事实，导致修建更多水库的这一选项日益受限。在许多情况中，与传统的灰色基础设施（如水坝）相比，采用对生态系统更为有利的蓄水形式（如天然湿地）、改善土壤湿度和更高效率的地下水补给可能更具可持续性和成本效益。

农业将需要通过提高资源利用效率来满足粮食需求的预期增长，同时减少其外部水足迹，而水是这一需求的核心。获得认可的解决方案的基石是粮食生产的“可持续生态集约化”，通过改善土壤和植被管理，增强农业景观中的生态系统服务。“保护性农业”整合了旨在最大限度上减少土体扰动，保持土壤覆盖和规范作物轮作的实践方式，是可持续生产集约化的最佳范例。恢复或保护生态系统服务的农业系统可实现与集约、高投入农业系统相同的生产力，但其外部效应显著降低。尽管基于自然的解决方案在灌溉方面实现了显著的收益，但提高生产力的主要机会位于雨养农业系统之中。雨养农业系统构成了当前的大部分产量和小农经济（因此提供了最大的生计和减贫效益）。雨养农



业系统在全球范围内能够实现的理论收益超过全球需水量的预计增长,从而可减少竞争性利用之间的冲突。

鉴于全球大部分人口均居住在城市中,将基于自然的解决方案应用于解决城市住区水资源可利用量问题也具有非常重要的意义。包括绿色建筑在内的城市绿色基础设施成为一种新兴现象,并致力于设立崇尚基于自然的解决方案的新基准和技术标准。商业和工业也日益推动基于自然的解决方案,在引人瞩目的商业案例的驱动下,为实现运营目的而提高水安全。

### 从自然中寻找水质管理的思路

水源水保护可降低城市供水商的水处理成本,并有助于改善农村社区的安全饮用水供应。若管理得当,森林、湿地和草地,以及土壤和作物在通过减少沉积物负荷、捕获和保留污染物以及回收养分来调节水质方面发挥着重要作用。当水受到污染时,人工修建的生态系统和自然生态系统均可帮助改善水质。来自农业的非点源(扩散性)污染(尤其是营养物污染)仍然是一个全球性(包括发达国家)关键问题。基于自然的解决方案可对生态系统服务进行修复,让土壤能够改善养分管理,从而降低肥料需求量,减少养分径流和/或向地下水中的渗透,因此营养物污染也是基于自然的解决方案最为适用的问题之一。

城市绿色基础设施在城市径流污染物管理和削减中的应用日益广泛。城市绿色基础设施的示例包括绿色植物墙、屋顶花园和由植被覆盖的渗滤池或排水池,为污水治理提供支持,并削减雨水径流。也可在城市环境中利用湿地,减轻雨水径流和污水污染带来的影响。天然湿地和人工修建的湿地均可对一系列新兴污染物(包括某些药物)进行生物降解或固定,且其绩效往往优于灰色解决方案。甚至对于某些化学品而言,天然湿地和人工修建的湿地可能是唯一的解决方案。

基于自然的解决方案的执行方式受到诸多限制。例如,针对工业污水治理的基于自然的解决方案选项取决于污染物类型和负荷。许多受污染的水源可能需要继续采用灰色-基础设施解决方案。然而,基于自然的解决方案(尤其是用于工业污水治理的人工修建湿地)的工业应用正在不断扩展。

### 基于自然的解决方案用于与水相关的风险管理

与水相关的风险与灾难(例如与因气候变化而日益增加的水资源时间变率相关的洪灾和旱灾)在全球范围内造成巨大且日益增长的人类和经济损失。据估算,全球约30%的人口居住在洪水或干旱事件多发的地区和区域,生态系统退化是导致与水相关的风险和极端事件增加的主要原因,并且削减了全力发挥基于自然的解决方案的潜力的能力。绿色基础设施可以发挥显著的风险削减功能。结合采用绿色和灰色基础设施方法可节省成本,并大大提高整体风险削减效果。

将基于自然的解决方案用于洪水管理可包括通过管理渗透和坡面漫流来保持水分，进而涵盖系统组件之间的水文连通性以及水在系统中的输送，从而提供蓄水空间（例如通过泛洪平原）。“与洪水共处”的概念包括一系列协助“防治洪水”的结构性和非结构性方法，可促进相关基于自然的解决方案的应用，以便削减洪水损失，最重要的是削减洪水风险。干旱并非如人们往往所描述的那样仅仅发生在干燥地区，其也可能在通常并不缺水的地区构成灾难风险。用于抗旱减灾的基于自然的解决方案组合在本质上与用于解决水资源可利用量问题的基于自然的解决方案组合相同，并旨在提高景观（包括土壤和地下水）的蓄水能力，以缓冲水资源极度匮乏的时段。降雨的季节性变化为景观蓄水创造了机会，在干旱时期为生态系统和人们提供水源。天然蓄水（尤其是含水层中的地下水）用于减少灾害风险的潜力远未得到充分挖掘。针对流域和区域规模的蓄水规划应当考虑结合地表和地下蓄水方案（及其组合），以便在面临不断增加的水资源变化时实现最佳环境和经济效果。

### **基于自然的解决方案用于增强水安全：效益翻倍**

基于自然的解决方案可通过在提高水资源可利用量和改善水质的同时降低与水相关的风险和增加额外的社会、经济和环境协同效益来提高整体水安全。基于自然的解决方案能够实现跨部门的双赢成果。例如，农业基本自然解决方案能够提高可持续农业生产力和盈利能力，同时也可提高系统范围的整体收益（例如提高水资源可利用量和减少下游污染物），因此日益成为主流解决方案。在维持快速发展的城市供水和削减相关风险的多重挑战背景下，水域恢复和保护的重要性日益突显。城市绿色基础设施可以在水资源可利用量、水质和防洪抗旱减灾方面实现积极成果。在水和卫生设施方面，用于污水治理的人工修建湿地可作为一个具有成本效益的基于自然的解决方案，为包括灌溉在内的多种非饮用用途提供水质充足的用水，并带来额外效益（包括能源生产）。

### **挑战与限制**

在扩大各部门、全球、区域特定或基于特定位置的基于自然的解决方案，保证其能够发挥全部和重大潜力时通常会面临一定的挑战。由于在各成员国针对公共政策、建筑规范和管理条例的当前法律文书中，灰色基础设施解决方案继续占据主导地位，因此目前仍然存在不利于基于自然的解决方案的协同做法。在土木工程、基于市场的经济工具、服务供应商的专业知识以及政策制定者和公众的思想中也存在这一主导情况。这些因素和其他因素共同导致人们往往认为基于自然的解决方案的效率不及人工修建的（灰色）系统，或基于自然的解决方案的风险更高。

基于自然的解决方案往往需要多个机构和利益相关者之间开展合作，然而这一点往往难以实现。当前的制度安排并未将与基于自然的解决方案开展合作考虑在内。从社区到地区的规划者和国家政

策制定者的各个层级中均缺乏对基于自然的解决方案能够切实提供的效益的意识、沟通和相关知识。同时，由于缺乏对如何对绿色和灰色基础设施进行大规模整合的理解，以及缺乏实施针对水资源的基于自然的解决方案的能力，情况可能更为复杂。目前仍然存在针对自然或绿色基础设施功能以及生态系统服务实际意义的谣言和/或不确定性。

有时我们也并不完全清楚构成一个基于自然的解决方案的要素为何。我们缺乏技术指导、工具和方法来确定基于自然的解决方案和灰色-基础设施方案的正确组成。与灰色基础设施相比，我们对于自然生态系统的水文功能（例如湿地和泛滥平原）的了解甚少。因此，在政策评估以及自然资源和发展规划和管理中基于自然的解决方案更加受到忽视。而针对基于自然的解决方案的研究和开发不足，尤其是缺乏对当前基本自然的解决方案经验的公正和稳健评估（特别是在水文绩效方面）以及与灰色解决方案的对比效益分析或结合效益分析在一定程度上让这一情况变得更为复杂。

生态系统能够实现的效益往往有限，我们需要更好地对其进行识别。例如，“临界点”（超越临界点后，生态系统将变得不可逆转）的理论发展比较完善，但却鲜少得到量化。因此，我们有必要认识生态系统的有限承载能力，并确定任何附加应力（例如污染物和有毒物质的增加）将对生态系统造成不可逆转损害的阈值。

生态系统对水文影响的高度变异度（取决于生态系统的类型或子类型、地理位置和条件、气候和管理）警告我们避免提出针对基于自然的解决方案的一般性假设。例如，根据林木类型、密度、位置、大小和树龄的不同，林木可增加或减少地下水补给量。自然系统是动态系统，它们的作用和影响随着时间的推移而发生变化。

关于基于自然的解决方案的一个常常被夸大的假设是，基于自然的解决方案具有“成本效益”，而这一点应当在评估过程（包括对协同效益进行考虑）中予以确定。虽然部分小规模、基于自然的解决方案的应用可能实现低成本或零成本，但部分应用（特别是大规模应用）可能需要大量的投资支持。例如，生态系统修复的成本可以从几百到几百万美元/公顷不等。针对基于自然的解决方案实地部署的场地特定知识必不可少，但往往有所欠缺。目前基于自然的解决方案已经吸引了更多的关注，若不想浪费这一新动力，基于自然的解决方案的实践者需要大幅增加相关知识，支持决策制定并避免夸大基于自然的解决方案的实际效果。

### 杠杆融资

基于自然的解决方案并不一定需要额外的财务资源，但往往涉及对现有资金的重定向和更有效的利用。生态系统服务能够提供系统范围解决方案，让投资随着时间推移更具可持续性和成本效益，这一潜力日益得到认可，针对绿色基础设施的投资得到积极动员。针对基于自然的解决方案投资回

报的评估工作通常不会考虑这些积极的外部因素，正如针对灰色基础设施的投资评估工作往往不会考虑所有负面环境和社会外部因素一样。针对环境服务方案的费用为上游社区、农民和私人土地所有者提供货币和非货币刺激，以保护、恢复和保育自然生态系统，并采取可持续农业实践和其他土地利用实践。这些行动通过水量调度、防洪、侵蚀和沉积物控制等形式为下游用户带来效益，从而确保持续的高质量供水，并协助削减水处理和设备维护成本。

新兴的“绿色债券”市场表现出动员基于自然解决方案融资的巨大潜力，并且显著表明，在根据严格的标准化投资业绩标准进行评估时，基于自然的解决方案可以实现优异的成果。私营部门也可以得到进一步的激励和指导，以推进其运营领域中的基于自然的解决方案。构建内部专业知识和对基于自然的解决方案的效力的意识将有助于实现这一点。

转变农业政策是对进一步采纳基于自然的解决方案进行融资的重要途径。农业政策转变必须克服一项事实，即绝大多数农业补贴和针对农业研发领域的大部分公共资金和几乎所有私营部门投资均支持传统农业的集约化，而这则增加了水资源的不安全性。将农业生产的可持续生态集约化概念主流化，实质上涉及基于自然的解决方案（例如，改善土壤和景观管理技术）的部署，不仅是实现食品安全的一个公认途径，而且也是针对水资源的基于自然的解决方案融资的重大进展。

评估基于自然的解决方案的协同效益（通过更为全面的成本效益分析）是实现高效投资和挖掘多部门财务资源的一个关键步骤。在对投资方案进行评估时，需要对所有效益进行考虑，而非仅仅考虑狭隘的水文结果因素。这一评估工作需要详细的系统方法的支持，但有证据表明，这一评估工作将促进决策制定和整体系统性能的显著改善。

### **创建一个有利的监管与法律环境**

当前针对水管理的绝大部分监管和法律环境均基于灰色-基础设施方法而开发。因此，将基于自然的解决方案进行改造，使其适应这一法律框架往往是一项具有挑战性的工作。然而，与其期待监管体制出现重大变化，通过现有框架更高效地推动基于自然的解决方案反而能够实现更多效益。在目前尚未设立授权立法的地区，明确基于自然的解决方案能够在不同层面支持规划方法的领域和方式可能是这一流程中颇有助益的第一步。

促进基于自然的解决方案在地方层级实施的国家立法尤为关键。少数（但越来越多的）国家采用了在国家层级促进基于自然的解决方案的立法框架。例如，秘鲁采用了一个国家法律框架来监管和监控绿色基础设施投资。区域框架也可以促进变化。例如，欧盟通过协调农业、水资源和环境立法和政策，大大增加了基于自然的解决方案的部署机会。



在全球层级上，基于自然的解决方案为成员国提供了一种回应和使用各种多边环境协定（尤其是《生物多样性公约》、《联合国气候变化框架公约》、《拉姆萨尔公约》（湿地公约）、《联合国仙台减灾框架》、食品安全协议框架和《巴黎协定》），同时应对经济和社会必要性的工具。《2030年可持续发展议程》及其可持续发展目标是促进基于自然的解决方案的一个总体框架。

### 增进跨部门合作

与灰色-基础设施方法相比，基于自然的解决方案（特别是其在景观规模上应用）可能需要更高水平的跨部门和机构合作。但是，这一合作要求也提供了一个将这些团体置于共同方法或议程下的机会。

在许多国家中，政治生态依然呈现高度碎片化。在经济、环境和社会议程中更好地协调政策是一项基本要求。基于自然的解决方案能够实现除水文成果之外的多种效益，而且往往是重要的协同效益，因此其不仅仅是这一政策协调的受益者，而且也是实现这一政策协调的一种手段。来自最高政策层级的明确授权能够大幅加快基于自然的解决方案的应用，并促进跨部门合作的改进。

### 优化知识库

改善基于自然的解决方案的知识库（包括在某些情况下应用更严格的科学知识）是一项基本的总体要求。确凿的证据能够协助我们让决策者确信基于自然的解决方案的可行性。例如，一个经常被提出的问题在于，基于自然的解决方案需要很长时间才能实现其影响，这意味着灰色基础设施的效率更为迅速。然而证据表明，事实并非如此，基于自然的解决方案的效益交付时间表可以与灰色-基础设施解决方案的收益相媲美。



## 基于自然的解决方案用于水管理对实现《2030年可持续发展议程》的潜在贡献

基于自然的解决方案在支持可持续发展目标6（与水相关的目标）中的大多数目标方面具有巨大潜力。这一贡献能够转为对其他与水安全相关的可持续发展目标的令人瞩目的积极直接影响，这些领域包括通过水安全支撑可持续农业（可持续发展目标2，尤其是目标2.4）、健康生活（可持续发展目标3）、建造有抵御灾害能力的（与水相关的）基础设施（可持续发展目标9）、可持续城市住区（可持续发展目标11）以及减少灾害风险（可持续发展目标11以及与气候变化相关的可持续发展目标13）。

基于自然的解决方案的协同效益对于与生态系统/环境相关的可持续发展目标具有特别重要的意义，包括减少沿海地区和海洋的土地利用压力（可持续发展目标14）和保护生态系统和多样性（可持续发展目标15）。在实现可持续发展目标方面，基于自然的解决方案的协同效益能够实现高收益的领域包括农业；能源；包容和可持续经济增长；实现充分和生产性就业，确保人人有体面工作；建设包容、安全、有风险抵御能力和可持续的城市及人类住区；确保可持续的消费和生产模式；以及应对气候变化及其影响。

### 勇往直前

在维持和提高水资源可利用量和水质量的同时减少与水相关的风险是一项关键的当代水资源管理挑战，而增加基于自然的解决方案的部署对于应对这一挑战而言至关重要。如果我们没有加快对基于自然的解决方案的应用，水安全将持续下降，并且可能快速下降。基于自然的解决方案提供了一种超越照常方式的重要方式。然而，增加基于自然的解决方案部署的必要性和机会仍然未引起足够重视。

世界水资源开发报告一直致力于支持水资源管理方式的转型变革。对生态系统在水管理中的所发挥作用的不足加强了对转型变革的需求，而增加基于自然的解决方案的应用为实现这一目标提供了一种方式。这种转型变革不可再仅仅局限于理想层面——我们需要快速加速这一转变，更重要的是将其转化为全面运转的政策，并在现场层级采取改进行动。目标需要在最大限度上削减成本和风险，并在最大程度上提高系统回报和稳健性，同时提供最佳的“适合使用”性能。政策所扮演的角色应该是保证我们能够在这些方面做出正确的现场层级决策。我们已经在这一过程中开了一个好头（在一定程度上是一个迟来的开头），但我们仍然还有很长的路要走。

### 结语

人类通过人类世来规划其发展路线，并尽力避免重蹈过去的悲剧，应用基于自然的解决方案不仅仅是提高水管理成果和实现水安全的必要途径，同时也是保证交付对于可持续发展的各方面而言至关重要的协同效益的关键途径。尽管基于自然的解决方案并非万能之策，但它们将在为所有人建设更美好、明亮、安全而公平的未来方面发挥重要作用。