



水利水电国际资讯摘要

IWHR International Digest

中国水利水电科学研究院 主编：孟志敏 责编：孟圆 刘一帆

2021

总第9期
301

水资源研究揭示，区域水
荒会引发全球连锁反应

纳米颗粒传感器检测
饮用水中的砷含量

全球甲烷评估
执行摘要

非洲干旱——
看不见的河流



水资源研究揭示，区域水荒会引发全球连锁反应

人们往往认为水荒是干旱地区存在的问题。但美国康奈尔大学和塔夫茨大学最新开展的一项研究发现，水资源的区域性短缺会波及全球经济，而全球需求侧的变化也会对世界范围内的流域产生或积极或消极的连锁反应。

这项研究的课题为《在不断变化的世界中评估 有限的水资源可用量通常会对区域经济造成水短缺对经济的影响》，于 3 月 26 日发表在《自然通讯 消极影响。但该研究表明，如果一些地区相比其他 (Nature Communications)》上。研究以独特的 流域存在比较优势，能够实现虚拟水的净输出的方式探究了全球贸易与不同的区域气候政策以及 话，则会对区域经济产生积极影响。以委内瑞拉的应对水短缺风险的流域特定能力之间相互依存的 奥里诺科河流域为例，据研究人员称，该流域通常影响。该研究认为水短缺与全球多行业密切相关，供水稳定，在其他地区存在供水压力时，就会产生且其发展形势远比我们的传统认知要复杂得多。比较优势。

研究人员利用物理模型和经济模型模拟了 235 研究还发现，未来气候条件预测的微小差异会个主要流域可能存在的上千种气候情况，这种方法 使水短缺造成的经济影响表现出非常大的差异。人被称为情景发现，目的是更好地理解为什么水短缺 类活动与市场反应会剧烈放大水短缺的经济效应，是关乎全球的问题，以及区域水资源状况如何对全 但引发这种放大效应的条件却因流域的不同而展球的农业、能源、交通和制造业等行业产生影响。现出巨大差异。

研究发现，全球贸易动态和市场对区域性水 若某一流域能够通过调用备用水源来适应干旱短缺的适应性反应会对研究中涉及的各区域流域 旱或通过调节经济活动来限制用水量，则该流域产生或积极或消极的经济后果。 可被认为是具有经济稳健性。若某一流域无法实举例来说，在科罗拉多河下游流域，有限的地 现水源替代，且因长期的水短缺而导致持续的经下水可用量和高人口增长率引发了最为糟糕的经 济下滑，则该流域会被认为适应性能力的缺失已 “ 济后果。但在某些气候情景下，高人口增长率反而 触及经济临界点” 。

对经济发展有益。相比之下，印度河流域未来的经 比如，南亚印度河地区因农业和灌溉用水导济发展在很大程度上取决于全球的土地利用政策。 致地下水的消耗不可持续，因此造成的水源压力研究团队指出，各区域采取的能源转型的政 已濒近临界点。

策——土地管理方式、区域需水变化和适应性决策等
——决定了用水密集型经济活动的相对优势和劣势。

印度的卡弗里河为当地高强度的灌溉系统提供水源并用于水力发电。

由于地区性和全球性因素的共同作用，不同流 由于气候变化的影响，水短缺所导致的物理和域之间的临界触发条件也迥然各异。比如，在阿拉 经济后果对政策制定者们而言变得更加难以理解。伯 半岛，地下水可用量的不足和碳排定价较低为 因此，研究团队希望其研究成果能为类似的科学分关键诱因；而在科罗拉多河下游流域，其经济临界 析提供基础，并促使业界意识到增强数据收集对提点则主要由地下水可用量不足、农业生产力低下， 升建模和决策质量的重要性。

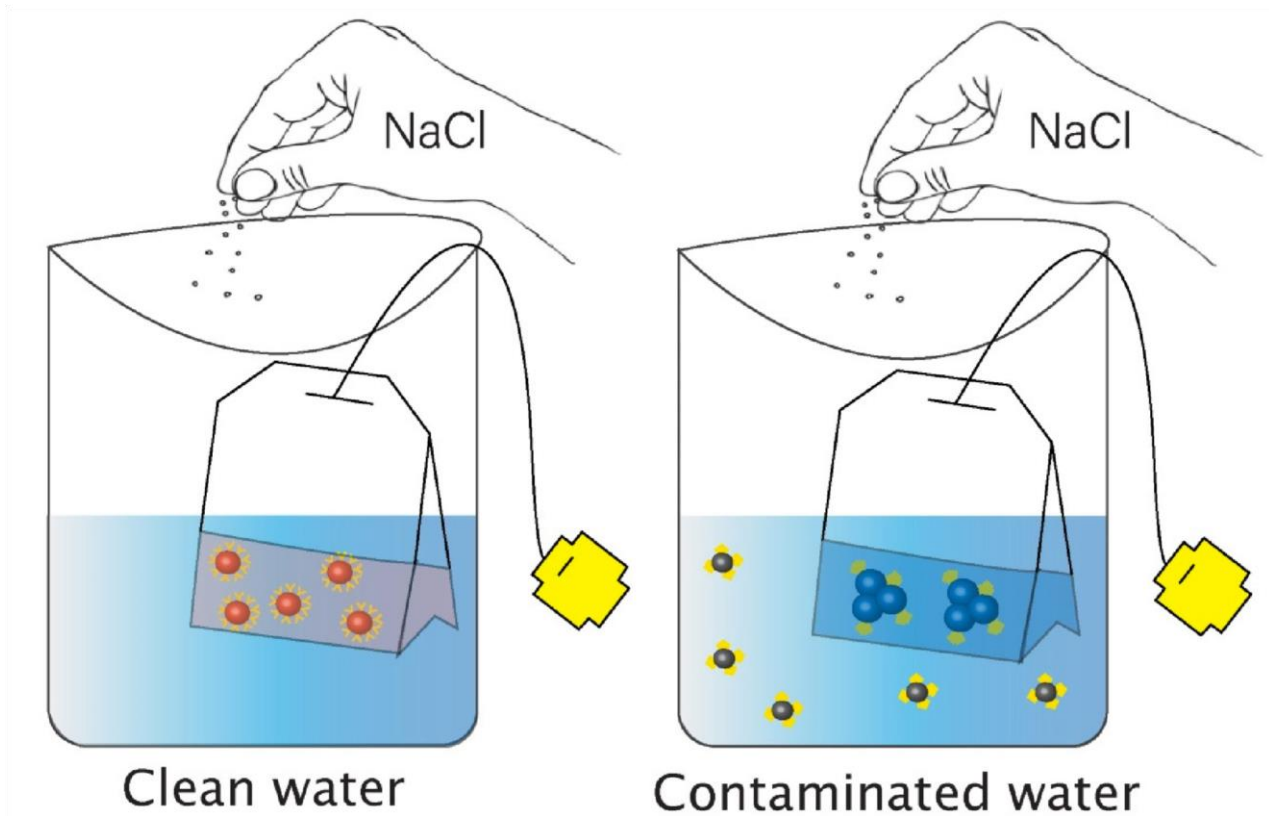


以及来自美国本土和欧洲的强劲经济需求所导致。该研究由西北太平洋国家实验室（Pacific 研究团队强调，在水短缺对经济影响的分析当中， Northwest National Laboratory) 的全球变化科罗拉多河下游流域的经济后果不确定性很高且 联合研究所 (Joint Global Change Research Institute) 的研究人员共同撰写，由美国能源部科学国家之间以及全球性人类社会条件的差异，加之 办公室提供支持。

气候变化强度的影响会剧烈放大流域内经济发展的不确定性。

本文摘译自:https://www.sciencedaily.com/releases/2021/03/210326122732.htm?mc_cid=4de4a836ed&mc_eid=dadfe31ace

纳米颗粒传感器 检测饮用水中的砷含量



在干净的水（左）中，金纳米颗粒处于分散状态，呈红色；在水中加入盐后，仍然处于分散状态。而在砷污染的水（右）中，加盐会导致纳米颗粒聚集并变为蓝色。

全球约有 7.85 亿人无法获得安全、洁净的饮用水；50 多个国家约 1.4 亿人接触过被砷污染的水，砷中毒是全球最显著的公共健康问题之一。砷广泛存在于半导体、药品、木材防腐剂、杀虫剂和鸡饲料等，达拉斯分校博士研究生穆罕默德·阿巴斯和巴基斯并会渗入地下水中。长期接触砷可导致肾癌、肝癌、坦 LUMS 大学的同事致力于设计一种低成本

尽管存在上述严重的健康隐患，但目前测试水中的砷含量需要使用昂贵的实验室仪器，不适用于现场检测，也不适合发展中国家使用。德克萨斯大学

本的、可肺癌和皮肤癌，也会引起皮肤病和高血压性心脏病 以检测饮用水中砷含量的传感器来弥补这一不足。等健康问题。因此，世界卫生组织和美国环境保护署 阿巴斯表示，“我们的目的是为当地技术人员开发一建议饮用水中砷的含量不超过 10 微克/升。

种灵敏度高、针对性强、稳健、可靠、价格实惠、方便 为了测试这一检测方法，研究小组对含有不携带易于使用的传感器。” 同浓度砷的金纳米颗粒溶液进行了紫外-可见光这种传感器主要基于金纳米颗粒 (AuNPs)。金 谱分析。随着砷含量的增加，可以看到明显的颜色纳米颗粒在吸收可见光后会根据其颗粒的大小、形 变化，纳米颗粒从红色变为蓝色。添加砷前后的金状和表面化学改变颜色，因此非常适合传感应用。 纳米颗粒的扫描电子显微镜图像证实了引起颜色在制作传感器时，阿巴斯和同事们金纳米颗粒 变化的聚集机制。

外涂上了一层二氢硫辛酸。涂层起到稳定纳米颗 传感器的砷检测上限为肉眼情况下 50 微克/升 (粒的作用，纳米颗粒在水中为分散状态，颜色为酒 十亿分之五十)，使用紫外-可见光谱分析时则为 3 毫红色。在水中加入盐等电解质后，金纳米颗粒不会 克/升。这种灵敏度低于原子荧光光谱分析、原子吸受到影响，仍为分散状态、红色。 收光谱分析、质谱分析等现有的高科技检测手段，然而，如果水中含有砷，砷会与二氢硫辛酸结 后者可检测到万亿分之一的砷，但成本高昂、不便合，后者将无法起到保护金纳米颗粒表面的作用。携带，并且需要经过培训的人员来操作。

在这种情况下，加盐会导致金纳米颗粒聚集、变色。阿巴斯表示，“比色法价格实惠且便于携带。虽阿巴斯现为。研究者表示，金纳米颗粒的聚集程度 然目前检测限度比较低，但可以改进。”

与砷的含量成正比，后者决定了颜色变化的强度。 研究小组还研究了一系列其他金属污染物的潜在干扰，发现除汞以外，没有任何金属会产生强烈干扰。即便是汞，也仅仅是对吸收光谱有轻微影响。研究团队认为，这表明该种传感器具有针对性强的优点，不会受饮用水中存在的其他元素干扰。

未来可进一步设计用于检测砷的微流体装置。



金纳米颗粒溶液接触砷后变色。

本文摘译自:[https://physicsworld.com/a/nanoparticle-sensors-](https://physicsworld.com/a/nanoparticle-sensors-detect-arsenic-in-drinking-water/)

[detect-arsenic-in-drinking-water/](https://physicsworld.com/a/nanoparticle-sensors-detect-arsenic-in-drinking-water/)

全球甲烷评估执行摘要



CLIMATE &
CLEAN AIR
COALITION
TO REDUCE SHORT-LIVED
CLIMATE POLLUTANTS



减少人类活动导致的甲烷排放是减缓变 到本世纪 40 年代，将减缓全球变暖近 0.3°C，同暖最具成本效益的战略之一，同时也为气温 时作为补充手段，帮助完善长期气候变化缓解升高控制在 1.5°C 以内做出贡献。在现有的针 工作。此外，甲烷的减少还将避免每年近 25.5 对甲烷的措施，以及助力优先发展目标的其 万人过早死亡、77.5 万人因哮喘就医、因极端他措施作用下，到 2030 年，可将人类活动导致 高温而损失 730 亿小时工时以及 2,600 万吨作的甲烷排放量减少 45%，即每年减少 1.8 亿吨。物减产（图 ES1）。

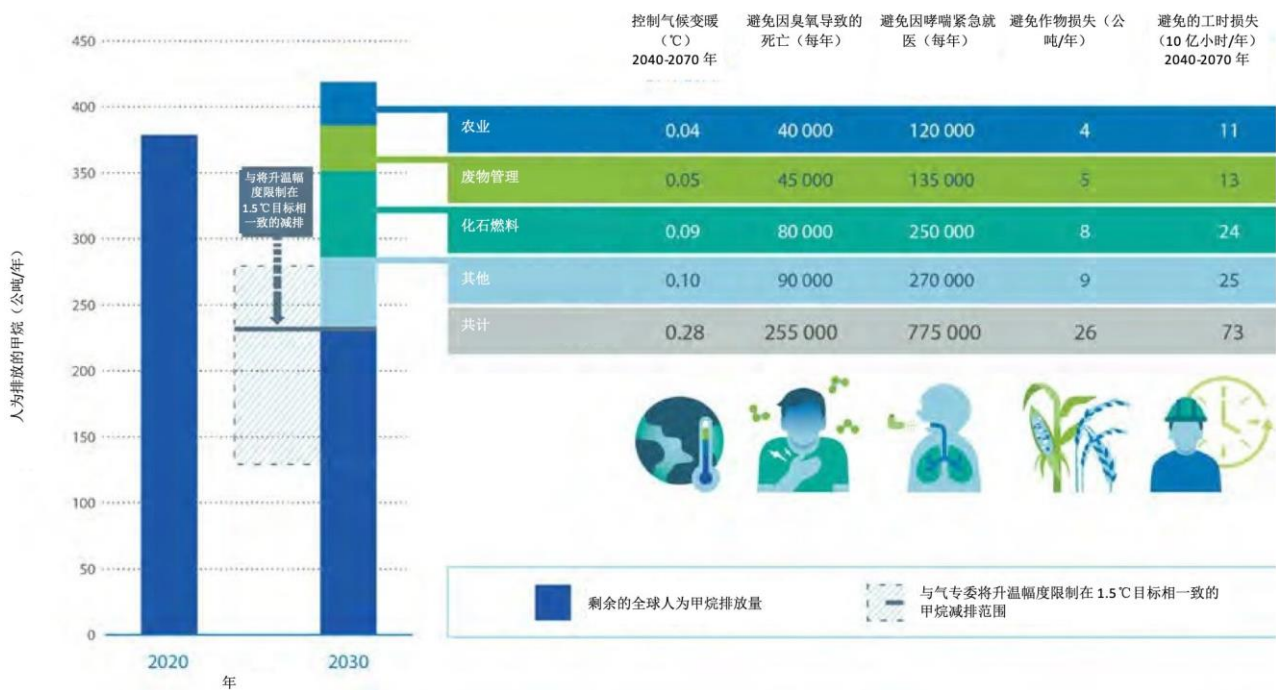


图 ES1：目前和预计的人为甲烷排放量和 2030 年确定的行业减排潜力，以及与行业一级甲烷减排相关的若干益处。控制气候变暖于 40 年代开始，其余为从 2030 年开始年度数值。

本次评估利用五种最先进的全球模式的气候模型并得出研究结论。以此评估甲烷减排对地球气候系统和地表臭氧浓度变化的。得出的结果有助于高效评估甲烷排放的影响、减排战略对气候和地面臭

氧形成的影响，以及对空气质量、公共卫生、农业和其他发展带来的惠益。评估结果也可通过网络决策支持工具获得，用户可输入不同的甲烷减排目标，计算在国家层面带来的多重效益。

机遇

全球甲烷排放量的一半以上来自三种途径：化石燃料（占人为排放量的 35%）、废物管理（20%）和农业（40%）。在化石燃料方面，石油和天然气的开采、加工和分销占甲烷排放量的 23%，煤炭开采占排放量的 12%。在废物管理方面，垃圾填埋场和废水约占全球人为排放量的 20%。在农业方面，牲畜粪便和肠道

发酵所致排放量约占全球人为排放量的 32%，水稻种植占排放量的 8%。

到 2030 年，采取现有的措施可将这三大类的减排量约 180 公吨/年，即最高减少 45%。要实现《联合国气候变化框架公约》（《气候公约》）种将全球升温幅度控制在 1.5℃以内这一目标，减少甲烷排放至关重要。根据政府间气候变化专门委员会（气专委）分析的情景，到 2030 年，全球甲烷排放量须削减 40%至 45%，才能以最低成本路径在本世纪实现将全

球升温幅度控制在 1.5°C 内的目标，并且大幅减少包括二氧化碳和短期气候污染物在内的所有气候相关因素。

- ✦ **现有的针对性措施可在 2030 年将甲烷排放量减少 30%，即减少约 120 公吨/年。**这些技术中有近一半可用于化石燃料排放途径，因为在排放点和生产/输电线路沿线减少甲烷相对容易。废物管理和农业方面也有针对性的解决方案。然而，仅靠目前的针对性解决方案不足以在 2030 年前实现**超过 50%的措施的成本为负，也就是说这些措施通过节省资金可以迅速获得回报。**综合所有低成本减排的潜力，石油和天然气行业占 60%至 80%，煤炭占 55%至 98%，废物管理行业约占 30%至 60%。在减排措施成本为负方面，石油和天然气行业的潜力最大，捕获的甲烷不仅增加了收入，还避免了将其释放到大气中污染环境。
- ✦ **不同行业的减排潜力因国家和地区而异。**在欧洲和印度，减排潜力最大的是废物管理行业；中国则是煤炭生产行业，其次是牲畜管理行业；非洲减排潜力最大的是牲畜管理行业，其次是石油和天然气行业；亚太地区（不包括中国和印度），潜力最大的是煤炭和废物管理；中东、北美和俄罗斯/苏联是石油和天然气；拉丁美洲则是牲畜管理。绝大部分的潜力释放都可以以低成本实现，每吨甲烷减排的成本不到

600 美元，特别是在大多数地区的废物管理、煤炭以及北美的石油和天然气分行业。

- ✦ **2030 年到 2050 年，所有措施的减排潜力有望提升，特别是化石燃料和废物管理行业。**

- 仅靠更广泛的脱碳策略无法实现将升温幅度限制在 1.5°C 所需的甲烷减排水平。在这一战略
- 甲烷导致了地面臭氧的形成，这是一种危险的空气污染物。人为甲烷排放造成的臭氧每年导

与将升温幅度限制在 1.5°C 相一致的减排目标。为实现这一目标，必须采取更多有效措施，将甲烷排放量再减 15%，即减少约 60 公吨/年。现未来 30 年所需甲烷减排目标的 30% 左右。需要实施专门针对甲烷的重点战略，以实现充分甲烷减排。与此同时，在不依赖于大规模部署未经验证的碳清除技术的情况下，天然气基础设施的大

- 目前的针对性措施可帮助减少甲烷排量的约 60%，即减少约 75 公吨/年，减排成本低，其中规模使用与 1.5°C 的目标不符。

¹²行换算，相当于每吨二氧化碳当量约为 21 美元。<http://shindellgroup.rc.duke.edu/apps/methane/>。每减少一吨甲烷不到 600 美元，如果使用气专委《第五次评估报告》的 100 年全球升温潜能值为 28（不包括碳循环反馈）进

中，进行结构性变革，支持向零碳社会转型，只能实

致全球约 50 万人过早死亡，并且会抑制作物生长、导致作物减产、损害生态系统和作物健康。

采取行动的必要性

- 甲烷是一种短期气候污染物，在大气中的存留时间约为十年。同时也是一种超级温室气体，在大气变暖方面带来的影响比二氧化碳强数十倍。自工业化以前，甲烷在大气中的浓度增加了一倍多，在影响工业时代的气候变化方面，仅次于二氧化碳。
- 甲烷在大气中的浓度增速比 20 世纪 80 年代以来的任何时候都要快。如不辅以其他政策措施，甲烷排放量预计到 2040 年还将继续增加。目前的浓度远远高于气专委 2013 年评估中使用的升温 2°C 情景下的水平。如果不在 2030 年前将甲烷排放量减少 40% 至 45%，《巴黎协定》设定的将升温幅度限制在 1.5°C 以内的目标就无法在理想的成本下实现。

- **人类活动导致的排放的增加主要来自三个行业：化石燃料、农业和废物管理。**
- **由于甲烷在大气中存在时间较短，这意味着现在采取行动可以迅速降低甲烷在大气中的浓度，对控制气候作用力和臭氧污染也有益。**甲烷在大气中的浓度降低对减缓变暖速度有立竿见影的效果，这使甲烷减排成为未来几十遏制变暖的最佳途径之一。这样做也能起到限制危险的气候反馈回路的作用，通过减少地面臭氧，实现重要的健康和经济惠益。
- **评估发现，每减少百万吨（公吨）甲烷：_可**
在全球防止每年约 1430 人因臭氧导致过早死亡。其中，740 人免死于呼吸系统疾病，690 人免死于心血管疾病。每减少百万吨甲烷排放量，每年还可以避免约 4 000 起与哮喘相关的事故和急诊以及 90 起住院治疗。

_可减少每年因臭氧暴露造成的 14.5 万吨小麦、大豆、玉米和大米等作物产量损失。
相当于每减少百万吨甲烷，全球每年可增加 5.5 万吨小麦、1.7 万吨大豆、4.2 万吨玉米和 3.1 万吨水稻的产量。

_可避免全球范围内由于极端高温造成每年约 4 亿小时的工时损失，合约 18 万年³。受高温影响，这些行业的就业情况存在性别差异，因而对不同国家男女的影响也有所不同。

- **在全球范围内，对所有市场和非市场产生影响，所带来的货币化收益是约为 4300 美元（每减少⁴ 一吨甲烷）。**考虑到这些效益，近 85%针对性措施的效益大于净成本。光是 1.5°C 目标下的甲烷减排战略，每年可减少因过早死亡造成的约 4 500 亿美元损失。
- **除了可以量化的惠益外，甲烷减排措施还能助力实现多项可持续发展目标，包括气候行动（可持续发展目标 13）、零饥饿（可持续发展目标 2）、良好健康与福祉（可持续发展目标 3）。**此外，这些措施还可降低私营行业的成本，提高效率，创造就业机会，并激励技术创新。

³ 高温对劳动力的影响在很大程度上取决于甲烷排放量多少的变化以背景温度，因此此处用于获得每百万吨影响的线性比

⁴ 例仅为近似值。货币价值以美元为单位。甲烷排放每减少一吨产生的价值约为 4400 美元。

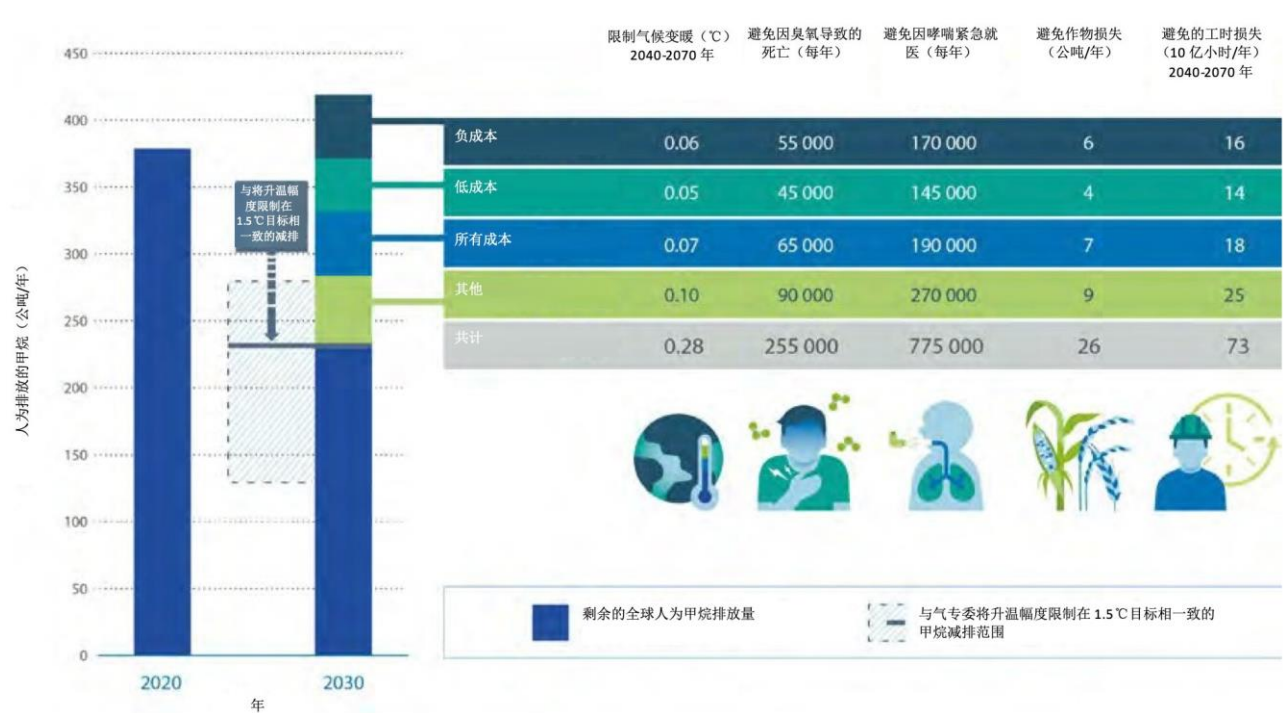


图 ES2：当前和预计的人为甲烷排放量，以及 2030 年针对性控制措施确定的减排潜力及其成本（低成本指成本大于零且低于 2018 年每吨甲烷减排成本 600 美元），以及一整套其他措施，如能效和燃料转换，加上行为转变，如减少食物浪费、饮食调整和能源需求管理等这些都与将最高升温幅度限制在 1.5°C 的长远目标保持一致。实施全成本措施的成本高于 2018 年的每吨甲烷减排成本 600 美元。遏制气候变暖自 2040 年产生影响，其他影响为年度数值，从 2030 年开始。

如何采取行动

扭转甲烷的排放趋势是 2030 年实现多种惠益的必要条件，如迅速采取针对性措施，减少化石燃料和废物管理行业的甲烷排放量，这其中大多数措施的成本为负或较低。为了与升温幅度控制在 1.5°C 的目标相一致，所有行业，特别是农业行业，需要针对性措施和补充措施双管齐下。许多潜在的政策战略可以促进措施的落实，如设定排放价格或减排目标。但实施这些措施同样面临阻

碍，包括解决资金短缺问题、提高认识和改进教育、改变生产方式、制定新的政策和法规以及改变消费和消费者行为等。这就需要增强大众政治意愿以及私营行业的共同参与和行动。

具体措施见下：

- 石油、天然气和煤炭：化石燃料行业最有可能在 2030 年前实现目标减排。目前的针对性措施可以将石油和天然气行业的排放量每年减少 29 至 57 公吨，将煤炭行业的排放量每年减少

12 至 25 公吨。石油和天然气行业中 80%的措施和煤炭行业中高达 98%的措施都可以以负成本或低成本实施。

- **废物管理：**现有的针对性措施可以在 2030 年前将废物管理行业每年的甲烷排放量减少 29 至 36 公吨。改善固体废物的处理和处置可以释放巨大潜力。在废物管理行业，约有 60% 的针对性措施的成本为负或者成本较低。
- **农业：**到 2030 年，现有的针对性措施可以将农业行业的每年甲烷的排放量减少约 30 公吨。水稻种植的甲烷排放量每年可以减少 6 至 9 公吨。牲畜方面的目标减排潜力参差不齐，每年为 4 至 42 公吨不等。根据目前的分析结果，平均成本估算各不相同。鉴于通过采取技术措施解决农业行业甲烷排放的潜力有限，涉及行为改变和创新政策方面的措施对于限制农业甲烷排放尤为重要。减少食物浪费和损失，改进牲畜管理，以及健康饮食（素食或肉类和奶制品含量较低的饮食）这三种行为方式都可以在未来几十年内将甲烷排放量减少 65 至 80 公吨每年。
- **其他辅助措施，**虽不以甲烷为主要目标，但依然可以间接的减少甲烷排放。这些措施将在未来几十年在甲烷减排方面贡献力量。相关的实例包括脱碳措施——如向可再生能源过渡和提

高能效。还可以采取各种实施杠杆。例如，排放定价可能是一项行之有效的政策，可激励大幅减少甲烷排放，并促成甲烷减排措施的广泛采用。例如，提高全球甲烷排放税，如果按最低每吨 800 美元左右，到 2050 年甲烷最高排放幅度可达 75%。

- **一些行业对排放的认识不足和缺乏监测，限制了技术减排创新和战略决策的潜力，因而无法有效减少甲烷排放。**虽然现在已掌握充分信息支撑行动，但要在实现 1.5°C 目标所需的力度和时间框架内解决排放问题，需要进一步了解甲烷排放水平和来源。应继续开展并持续加强合作，得出公开透明和可独立核实的排放数据和减排分析结果。这种合作努力将使各国政府和其他利益攸关方能够制定甲烷排放管理政策和法规并加以评估、核实减排报告，及时跟踪减排情况。
- **促进区域和全球协调，进一步完善甲烷减排治理，将有助于实现 2030 年减排目标。**虽然地方和国家法律法规以及志愿项目越来越多地述及甲烷减排问题，但设定具体甲烷减排目标的国际政治协定却很少。气候与清洁空气联盟领导全球工作，推动建立领导层的治理改善的决心，并加强有关甲烷减排的国家行动、政策、规划和法规。

综合方法

须在本十年内采取措施，减少甲烷排放。鉴于甲烷排放造成的广泛影响，这一问题的解决也会给社会、经济和环境带来多方面的益处，远超过采取的成本。基于当前的措施成本较低加之甲烷在大气中的持续时间较短，这也意味着 2030 年实现气候和清洁空气的显著改善指日可待。设立涉及减少甲烷排放的目标和绩效指标时需统筹考虑甲烷对气候、空气质量、公共健康、农业生产和生态系统健康造成的多重影响。评估方法应征得广泛认可并保持公开透明。在缓解气候变暖气候和改善空气质量方面提倡采取综合方法，考量甲烷减排带来的惠益。为了将升温幅度控制在 1.5°C 以内，实施专门针对甲烷排放的重点战略十分必要，同时也要注意

减少包括二氧化碳和短期气候污染物在内的所有其他气候污染物。



针对性措施	
	上游和下游泄漏检测和维修

	排出气体的回收和利用： 从油井中收集伴生气；排污收集；用蒸汽回收装置和油井柱塞回收和利用排出气体；安装照明弹。
	完善对石油和天然气生产过程中突发的易挥发性气体排放的控制： 定期检查和维修，利用仪器设备检测由于操作不当造成泄漏和排放；用电气或空气系统代替加高压气泵和控制器；用电动机取代气动装置和汽油或柴油发动机；及早更换版本低的设备；更换压缩机密封件或杆；盖住未使用的油井。
	煤矿瓦斯气体管理： 开采前脱气、进行通风瓦斯的回收和氧化；淹没废弃的煤矿。
废物管理	固体废物管理： （住宅环境）通过回收、再利用，实现源分离；不填埋有机废物；通过能量回收或收集和燃烧填埋气体进行处理；（工业环境）通过能量回收进行回用或处理；不填埋有机废物。
	废水处理： （住宅环境）升级二级/三级厌氧处理，回收利用沼气；建立废水处理厂；（工业环境）升级完善两个处理阶段，即先厌氧处理，回收沼气，后进行耗氧处理。
农业行业	改善动物健康和饲养： 通过更换和补充饲料，减少牛、羊和其他反刍动物的肠道发酵；选择性育种，提高生产力和动物健康/繁殖能力
	牲畜粪便管理： 在沼气池中处理；减少肥料储存时间；改善肥料储存覆盖；改进房舍系统和草垫；粪肥酸化。
	稻田： 改善湿地稻的水资源管理或交替灌水/排水；直接湿播种；添加磷石膏和硫酸盐抑制甲烷生成；稻草堆肥；使用其他杂交物种。
	农作物残留物： 限制焚烧农作物残留物。
其他措施	
（石油、天然气化石燃料行业和煤炭）	可再生能源发电： 采用激励措施推广使用风力、太阳能和水力发电。
	改进能效和能源需求管理： （住宅环境）采用激励措施提高家用电器、建筑、照明、供暖和制冷的能效，鼓励安装屋顶太阳能装置；（工业环境）行业引入更具挑战性的能效标准；提高消费者对清洁能源的认识。
废物管理	减少消费者浪费现象，改进废物分离和回收流程，实现可持续消费。
农业行业	减少食物浪费和损失： 完善和扩大食物冷链；开展消费者教育活动；建立未售出或多余食物的捐赠机制。
	选择健康饮食： 当反刍动物产品的摄入量高于指导标准时，减少摄入量。

表 SDM1：到 2030 年将甲烷减少 45% 的可用措施

非洲干旱——看不见的河流

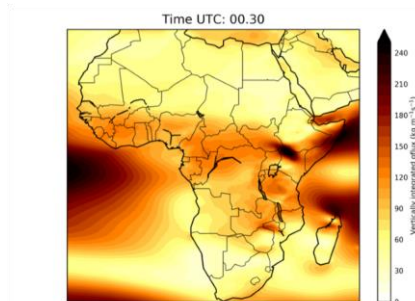
非洲对温室气体增加的贡献不大，但温室气体引起的升温将对整个非洲大陆产生深远的影响。干旱和洪水发生的频率和强度存在着不确定性，这尤其令人担忧。比如，近日发生在非洲东部和南部的严重干旱给人们敲响了警钟：在未来，粮食和能源生产系统以及安全供水面临的压力与日俱增。

对于未来可能发生的变化，我们掌握的信息越可靠，就能越早着手进行有效的规划和适应。然而，在非洲，有关气候变化的信息很难获取。气候预测模型往往无法在非洲奏效——或者说，模型的预测与观察到的当日降雨量和降雨分布情况不一致。人们对这一区域气候的认知也多有不足。

发表在《地球物理通讯》的一项新研究填补了这一关键的知识缺口：水汽在非洲大陆上是如何移动？研究人员还探讨了气候模型能否掌握水汽输送的主要路线。水汽是形成降雨的必要条件，从海洋输送到地面这一过程必不可少。

研究发现，水汽的输送是在一条条“看不见的河流”中进行，它们集中在非洲东部和南部一些主要河

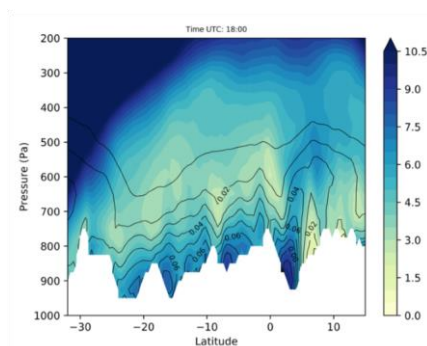
图 1：横穿东非高原的大气层中的水汽（等高线）和风



（阴影部分）的横截面。该图表明水汽通过河谷在低层大气中输送的方式且水汽输送在夜间最为强烈。

气流自东向西移动，将来自印度洋的水汽输送到非洲东部，最终到达刚果盆地雨林——地球上最潮湿的地方之一。水汽离开东非时，这条“看不见的河流”带走了大气层中的水分，使肯尼亚、坦桑尼亚、莫桑比克等一些东非国家的降雨量减少。当水汽输送特别强烈时，东非许多地区都会出现干旱情况：可以说水汽的输送是非洲干旱的主要原因。

图 2：该图体现了非洲上空昼夜水汽输送情况。水汽在夜间沿着与河谷相对应的路线从印度洋向内陆地区的刚果盆地移动。



谷的地面以上 500 米处。这些气流的总输水量是刚果河的五倍。

水汽的输送是导致干旱的重要因素，因此了解气候模型对这些看不见的河流的模拟效果十分必要。令人欣慰的是，研究发现，最先进的模型在捕捉大气气流方面表现良好。可能是因为这些模型能够准确描绘非洲河谷和山脉的复杂细节。

但大多数模型——包括政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 报告中的一些模型——都无法详细地描绘山脉和模拟正确的河流结构。这就导致模型难以

捕捉到区域性的干旱情况。在使用这些模型来预测未来变化时应慎之又慎。

尽管“看不见的河流”非常重要，研究人员能得到的观察数据却很有限：这方面的许多知识都来源于不断改进但仍有欠缺的模型模拟。在未来的工作中，研究人员将对这些看不见的河流进行详细测量，了解它们未来的变化趋势。希望能帮助政策制定者为应对不确定的未来做好准备。

本文摘译自:[https://reachwater.org.uk/the-invisible-](https://reachwater.org.uk/the-invisible-rivers-implicated-in-african-drought/)

[rivers-implicated-in-african-drought/](https://reachwater.org.uk/the-invisible-rivers-implicated-in-african-drought/)



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@jwhr.com