水利水电国际资讯摘要
IWHR International Digest

2023
10
总343期

中国水利水电科学研究院　主编: 孟志敏　责编: 孟 圆 刘一帆 李文洋

智慧用水决策指南

何为大气河?

干旱导致美国西部各州排放量增加并危及人类健康

水电对电网级储能的积极作用

从太空管理灌溉用水: 遥感技术大有作为

气候变化下的地下水经济

智慧用水决策指南

全球20亿人无法获得清洁水源，干旱日渐加剧，淡水生物多样性已减损80%。寻找更科学的用水决策迫在眉睫。但我们应该怎样做？以下改善水治理的行动指南供读者参考。

当今面临的全球挑战大多与水有关。无论是化解能源危机、应对气候变化、消除全球饥饿，还是让更多女孩获得求学机会，水在其中发挥的重要作用都不可忽视。遗憾的是，目前的水管理形式仍不足以帮助社会克服这些障碍，实现公平和可持续发展。这就需要运用新思维，采取新行动，各部门在使用、评价和管理水的方式上进行重大变革。

必须认识到，解决方案已经摆在面前，而提升水治理有助于有效应对多重全球性挑战。阐明此间关联并制定解决方案正是SIWI核心任务。当探讨如何在2030年前实现可持续发展目标或如何将全球气温上升控制在2摄氏度以内等议题时，改善水治理无疑是最好的出发点。

什么是水治理？

水治理是指影响水的使用和管理的政治、社会、经济和行政制度和决策。水治理本质上事关谁要取水、取用哪类水、何时取水以及如何取水

的问题。普及清洁水需要在水泵和管道等硬件设施上进行大量投资，但这还不够。硬件必须得到相应的软件、治理系统以及提供和维护必要条件的构筑物的支持。

日趋严重的水资源短缺和干净卫生厕所全球普及尚不过半都是有待解决的全球性挑战。通过改善水治理方式，可以解决日益频繁的水过少、过多或污染严重等问题。最终，水治理明确了水权分配、相关服务及权益等重要事项。

此外，人类评价和管理水的方式将对整个地球产生深远影响。相关研究阐释了人类活动和气候变化如何打破水循环的平衡，影响生计和生态系统。为了应对气候变化、生物多样性丧失和污染这三重全球性危机，国际社会必须达成共识，携手改变水的治理方式。

为什么水治理很重要?

高效水治理的重要性远超公众的普遍认知。关于如何评价、分配和使用水的决定会影响人们做出其他决策，例如，要种植哪类作物?修建多少水坝?城市的哪些地区有卫生服务?以及在世界上许多地区，人们(通常是妇女)要走多远才能取到水?

这些决定会因决策者的站位不同而异。许多水政策无效或产生无法预料的负面后果的一个重要原因是，没有征求一线人员的意见，也没有将这些人的参与纳入政策起草过程。决策者往往忽视了水管理通常受制于社会规范这一点，这些规范明确了男性和女性的不同角色，但通常对女性不利。如果不考虑这点，水政策将明确体现甚至加剧现有的性别不平等现象。

为了改善水治理，必须深刻理解现有的社会规范和权力结构，而后着手变革。水治理可以成为建设更加公正和更具韧性的社会的有力工具，帮助我们实现所有17项2030联合国可持续发展目标。普及清洁水和安全卫生设施是消除贫穷、不平等和健康问题的最有效手段之一。

主要面临哪些障碍?

高效水治理的最大障碍之一是意识不到位和能力缺乏。投资兴建水利基础设施的决策往往侧重于技术解决方案，但能力建设和制度强化也同样重要。斯德哥尔摩国际水研究院(SIWI)与广泛的利益相关方合作，以期弥合这一差距，加强公用事业和服务公司的能力，并帮助完善法规、政策和关税规定。治理机构必须透明和负责任，根除腐败和效率低下现象。

决策者必须能够获得关于淡水和整个水循环的新研究结果，包括它如何受到气候变化的影响。这对制定节水型气候减缓战略和建设更具复原力的社会至关重要。

如何改进水治理?

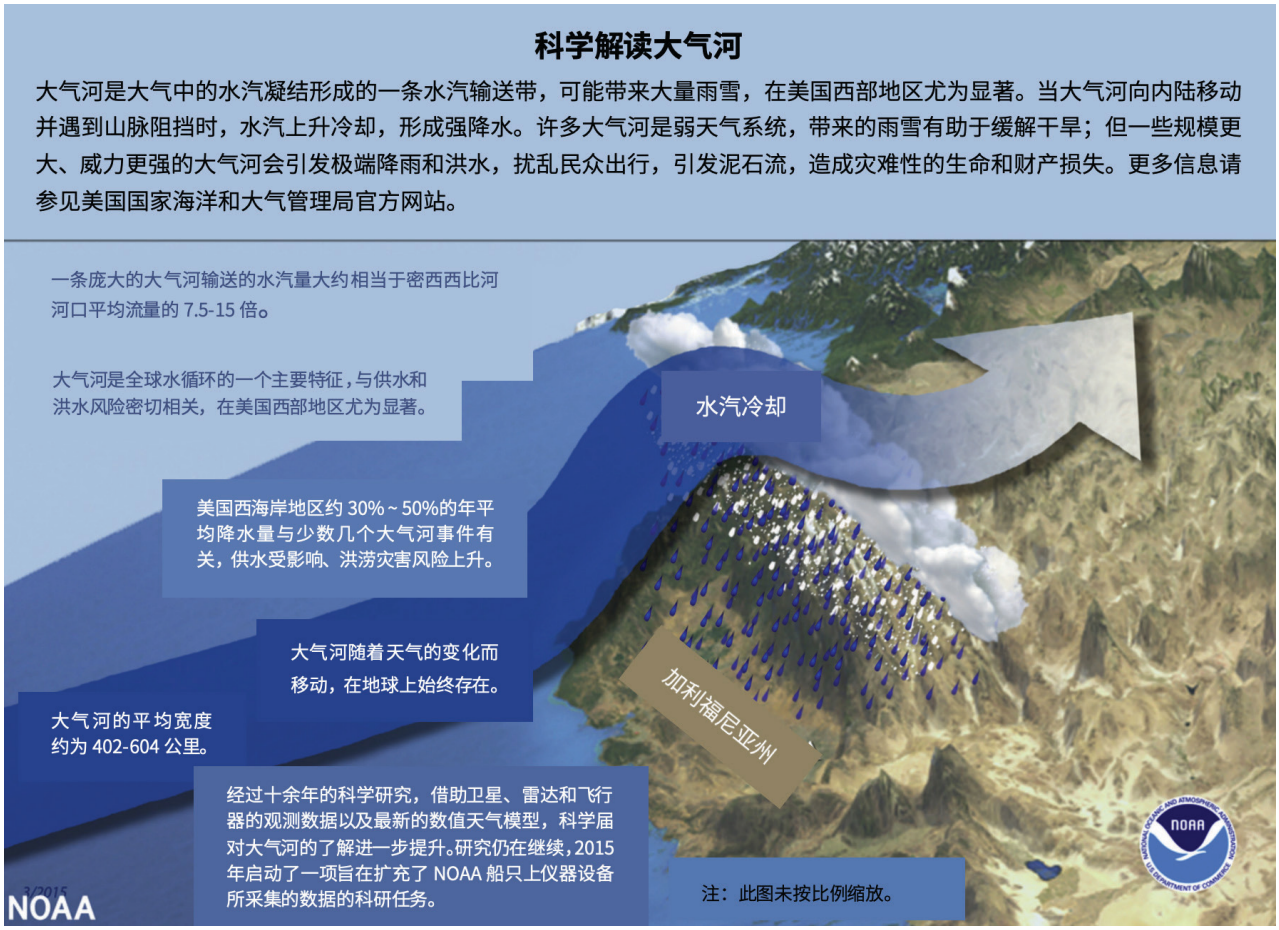
需要囊括水循环所有部门和各个环节的系统方法来解决水问题，促进环境、社区和经济效益的平衡。水治理相关决策必须具有包容性和参与性，并以学术研究和当地知识经验为基础。这是确保反映各种不同观点的唯一途径，包括未来数代人的考量和从自然视角得出的观点。

与几年前相比，我们现在对陆地、淡水、沿海和海洋生态系统之间复杂的相互关系有了更好、更科学的理解。显而易见，局地行动往往会对上游或下游产生意想不到的后果，例如，农场的肥料会导致湖泊富营养化，红树林被毁会增加城市洪水的风险等等。但目前的治理体系很少能够同目的相契合。

为了解决这种分散和无效水治理问题，SIWI提倡采用综合方法，如水资源综合管理(IWRM)、景观法和源头到海洋管理等。SIWI提供许多不同类型的实践培训和具体工具，以及关于水治理法律和监管方面的政策建议。

本文摘译自：斯德哥尔摩国际水研究院官网

何为大气河?



在美国西海岸地区有关强降水和洪水的新闻报道中，有时会提到“大气层河流”（简称“大气河”）这一现象。这种自然产生的气流可能带来强降雨和山雪，给当地造成严重影响，但同时也会有效补给区域供水。美国西海岸各州约30% - 50%的年平均降水量与少数几个大气河事件有关。

根据美国国家海洋和大气管理局（NOAA）的观测数据，大气河是大气中相对狭长的区域，就像横亘在天空中的河流一样，将大部分水汽输送到热带以外的地区。

大气河的形态和规模多样，规模和威力差异巨大，平均每条大气河携带的水汽量大致同密西西比河河口的平均流量相当，超强大气河输送的水汽量则可达平均流量的15倍之多。

大气河登陆后，会以降雨或降雪的形式释放水汽。大多数大气河都是弱天气系统，带来的降雨或降雪量给当地供水提供了关键的补给。而水汽量极为丰沛、风力超强的大气河若在易发洪水的流域停留，通常会给当地带来极端降雨和洪水。这些事件可能扰乱交通，引发泥石流，造成灾难性的生命和财产损失。将夏威夷附近热带地区的水汽带到美国西海岸的“菠萝快车”就是一条著名的的超强大气河。

本文摘译自：美国国家海洋和大气管理局（NOAA）官方网站

干旱导致美国西部各州排放量增加并危及人类健康

胡佛大坝全景 / 图源：盖蒂图片社

斯坦福大学的研究发现，在过去20年里，因受干旱影响，美国西部11州的水力发电难以为继，转而使用化石燃料发电，不仅导致碳排放量增加、还额外付出了高达数百亿美元的成本。

在美国西部，干旱导致河流和水库水位大幅下降，水力发电无以为继。数以百计以煤、石油或天然气为燃料的发电厂再次隆隆启动。而高温进一步推高了以空调制冷为主的能源需求，让西部用电情况雪上加霜。

斯坦福大学今年7月发表在《美国国家科学院院刊》的一项新研究成果剖析了干旱所造成的一些“隐性”后果，包括碳排放显著上升、甲烷泄漏、空气污染，以及因空气质量恶化引发的死亡人数上升。研究预测，对水力发电依赖度较高的美国西部州而言，在未来的干旱年份，干旱导致的能源供给变化所产生的排放量可能占电力行业温室气体排放总量的40%。

该项研究基于广为接受的碳和甲烷排放成本估值、监管机构计算人类寿命的统计数值，以及对石油和天然气生产、加工和运输过程中甲烷泄漏量的目前最合理的估值（每耗气单位2.3%）计算损失。

结果表明，在过去20年里，这些影响给西部11州增加了约数百亿美元的社会和经济成本。以加利福尼亚州为例，2012-2016年间干旱导致的化石燃料发电增加造成了逾50亿美元的损失，是从经济的水力发电转向高成本的化石燃料发电所产生直接经济成本的2.5倍。据估测，2001-2021年间，美国西部各州因干旱而使用化石燃料发电造成的健康和经济损失总额达200亿美元，其中碳排放成本占损失的最大份额，为140亿美元；与空气污染有关的死亡损失为51亿美元；甲烷泄漏损失近10亿美元。

研究认为，温室气体排放、空气污染和对人类健康的影响是气候变化尚未被计算在内的成本，且代价高昂。研究还表明，气候变化使美国西部地区发生的干旱更加频繁和严重，如果不考虑上述容易为人忽视的成本，全球变暖产生的社会和经济成，以及为应对全球变暖而投资的价值将被普遍低估。

牵一发而动全身

气候带来的影响和损失往往跨越地域边界。由于各地区的能源系统相互关联，一个地区所遭受的气候冲击可能对看似毫不相干的地理区域造成严重影响。例如，美国西北各州传统上是州外输电大户，若水电无法满足电力缺口，就会启动化石燃料发电厂来供电，加州和西南地区的街区也会因此受到牵连。

研究人员认为，此研究虽然聚焦美国西部地区，但对世界上许多依赖水电但干旱风险日渐增加的地区具有重要意义。气候变化使得这些国家/地区都面临着更大的干旱风险。在那些倾向于用高排放燃煤电厂取代停运水电站的地区，空气质量恶化和温室气体排放对经济和健康的损害将比美国西部各州还要高，因为后者往往会转向天然气发电。

加快转向可再生能源

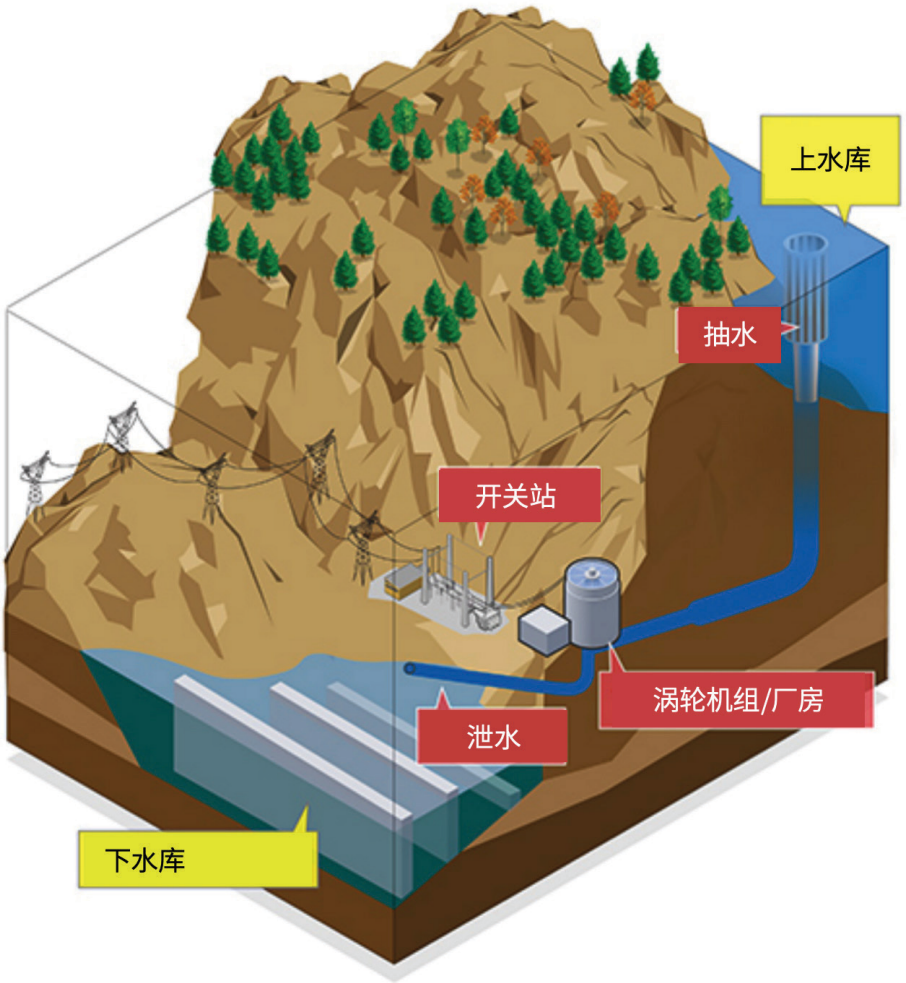
在华盛顿、加利福尼亚和俄勒冈等严重依赖水力发电的州，即使有更多的太阳能、风能和电池储能并网，在未来的干旱年份，干旱导致的能源供给变化所产生的温室气体排放量可能占电力温室气体排放总量的40%。研究表明，日益频繁的干旱将使电力部门更难实现全面脱碳，而依赖水力发电的西部各州需要采取额外行动实现净零排放目标。

因为当电力需求激增时，电力公司通常会借助化石燃料发电来暂时增加电力供应。在未来的几十年里，即使可再生能源和储能在满足美国西部总体平均电力需求中的占比有所提高，预计化石燃料发电厂仍将是满足这些边际需求的主要能源来源。

研究人员认为，必须进一步增加可再生能源发电并提高储能效率，才能避免化石燃料的再度大规模使用。归根结底，为了遏制未来的变暖趋势和随之而来的干旱风险，必须减少温室气体排放。

本文摘译自：斯坦福大学官方网站新闻栏目

水电对电网级储能的积极作用



胡佛大坝全景 / 图源：盖蒂图片社

近日，美国能源部国家可再生能源实验室（NREL）发表题为《美国纯抽水蓄能电站的生命周期评估》文章，分析认为在充分考虑材料和施工影响的情况下，纯抽水蓄能电站是对全球变暖影响最小的储能系统，也是温室气体排放量最小的发电技术。

该文章发表在了《环境科学与技术》期刊上，以全新视角将纯抽水蓄能电力系统与其他电网级蓄能技术作了比较，纯抽水蓄能电力系统通常依靠两个水库之间的水流来发电和储能，不与外部水体连接。

储能技术是目前决定可再生能源发电终端使用的关键因素，增加储能能力有助于提高电网对可再生能源的消纳能力。由于风能和太阳能等可再生能源发电具有间歇性和不稳定性，因此存在多余的电力无法使用，即弃电的风险。储能系统则有助于平衡供需，有助于可再生电力的终端利用。

抽水蓄能作为一项成熟的技术脱颖而出，但对抽水蓄能所产生的温室气体排放却有待进一步探究。NREL的研究人员分析了不同储能技术的“全球增温潜势”（Global Warming Potential，GWP），该项研究为美国新建纯抽水蓄能电站的全生命周期评估和GWP测算提供了参考。

NREL将纯抽水蓄能水电与其他四种储能技术——压缩空气储能（CAES）、公用事业规模锂离子电池（LIB）、公用事业规模铅酸（PbAc）电池和钒氧化还原液流电池（VRFB）——作了比较。其中，抽水蓄能与压缩空气储能属于长期储能系统，电池系统则用于短期储能。

研究人员之一丹尼尔·英曼（Daniel Inman）表示，并不是所有的储能技术都能实现相同的效果。压缩空气储能也可以实现电网级储能，并满足电网的惯性和韧性要求。但与其相比，抽水蓄能的温室气体排放量仅为其四分之一。

研究人员根据美国35个拟建电站选址的39个初步设计进行了建模。假设纯抽水蓄能电站的平均储能容量为835兆瓦，预计每年平均输送2060吉瓦时的储存能量，在基础情景中还假设能源构成为百分百的可再生能源。计算了将1千瓦时的储存电力输送到最近的电网变电站连接点所产生的全球升温潜势（GWP）的值。根据测算结果，纯抽水蓄能的GWP约为58~502克二氧化碳/千瓦时（g/kWh）。按功能单位计算，抽水蓄能水电的GWP最低，其余依次为公用事业规模锂离子电池、钒氧化还原液流电池、压缩空气储能和公用事业规模铅酸电池。研究还发现，有些因素可对某一技术的GWP产生重大影响。例如，与绿地上建造抽水蓄能电站相比，棕地开发可减少20%的GWP。

本文摘译自：美国国家可再生能源实验室（NREL）官网

从太空管理灌溉用水：遥感技术大有作为

水在粮食生产中的关键作用毋庸置疑。但在人口增长和气候变化的影响下，水资源正变得越来越稀缺。现今，农业灌溉占到全球取水量的70%，考虑到水对农业的重要性，亟需进一步改善农业用水。

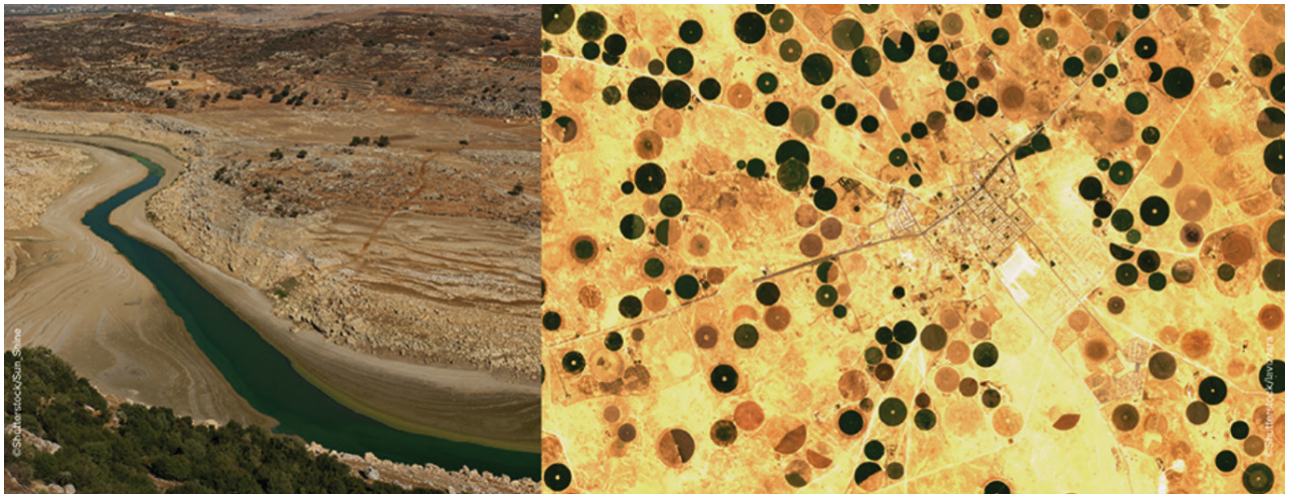
近期，联合国粮农组织与世界银行联合发布了一份新的投资简报，题为《从太空控制灌溉：遥感技术用于农业用水管理》，着眼于利用遥感技术来评估和监测农业水分生产率，重点关注缺水环境。报告专门探讨了粮农组织开发的创新水资源管理工具WaPOR的使用情况，该工具通过开放存取遥感衍生数据的门户网站来监测水分生产率。

据粮农组织土地与水资源司官员利维亚·佩瑟（Livia Peiser）介绍，WaPOR可以利用近实时卫星数据帮助各国监测水分生产率，查明水分生产率差距并提出缩小差距的方案。WaPOR能够计算或帮助估算实际用水量、灌溉用水和经济灌溉水分生产率（EIWP）等关键变量，具有高空间分辨率且适用于每个农作季节。

该简报的作者提出，将开放数据库WaPOR与经济数据相结合可帮助缺水地区优化决策和投资方案，实现更可持续的农业用水管理。

成本更优的替代方案

该简报的作者之一、粮农组织经济学家路易斯·迪亚斯·佩雷拉（Luis Dias Pereira）表示，EIWP是决策中的一个重要指标。EIWP给每一滴水的使用赋予价值，提供了能够比较各农田复杂多作物种植系统情况的指标。来自实地考察或水文气象站观测的数据依然非常宝贵，是遥感技术无法完全取代的，但前者的成本依然高昂。利用遥感技术可以减少实地采集数据的频率，从而大幅降低成本。类似WaPOR所采用的遥感技术就是一种可以估算实际EIWP的高性价比工具。



案例研究:黎巴嫩贝卡谷地

农业产出对黎巴嫩经济至关重要,其长期可持续性取决于良好的水资源管理。研究选取的黎巴嫩贝卡谷地是黎巴嫩的粮仓。

采用五步法计算了2014/15至2018/19年间该谷地三个省份灌溉小麦和马铃薯作物的EIWP。利用WaPOR可以识别出表现最好和表现不佳的农场,也可以评估EIWP是否与灌溉量密切相关,或者天气、土壤条件和农作方法等因素是否也发挥重要作用。这有助于决策者考虑地域和规模因素,具体制定适合每种作物的策略。

简报提到,只有对作物系统进行全面考量,才能设计出最有效的干预措施。例如,贝卡谷地的研究数据表明,早季马铃薯的利润是小麦的10倍,EIWP也比小麦高得多。研究结果表明,虽然马铃薯不能取代小麦,但对作物和耕作制度的选择比调整某种作物当前农作方法产生的影响要大得多。

简报作者指出,选择高EIWP参数的作物或耕作方法也意味着用水量会提高。与小麦相比,在贝卡谷地种植马铃薯需要的平均灌溉用水更多。如果要保持用水量稳定,需要控制和减少灌溉面积,或者限制取水量,才能向高水分生产率系统转型。而遥感技术可以用于监测这些变化。

对作物系统进行全面、准确的分析是引入和监测有效政策的关键,遥感技术可以在其中发挥重要作用。简报的作者之一、粮农组织地理空间和数据分析师安德里·拉乔纳里松(Andry Rajaoberison)表示,在平均EIWP参数更高的变化以及水政策对某地区整体灌溉用水量的影响等问题上,这类分析可以提供确凿的结果。利用WaPOR的数据进行作物全系统分析有望引领变革。

多种用途

简报作者认为,在贝卡谷地开展的分析也适用于其他缺水系统,并有助于在数据匮乏的情况下进行水分生产率评估。

WaPOR可用于制定与灌溉面积和种植模式管理有关的政策,也可用于制定更传统的灌溉用水管理政策,如确定和监测用水配额的实施情况。此外,还可用于确定水的价值和水价的调查。通过WaPOR获得的数据能够为农业能源价格相关讨论提供有用的信息。

世界银行水专家爱德华多·博尔戈梅奥(Edoardo Borgomeo)表示,WaPOR不仅有助于制定科学合理的水管理政策和、做出知情的投资决策,还能用于实时监测这些政策和投资的结果,功能强大。

本文摘译自:联合国粮农组织官方网站新闻栏目

气候变化下的地下水经济

极端天气事件和气候变化的双重冲击进一步凸显了确保对地下水实施有效监管、保护和综合资源管理的重要性。为此，世界银行集团召集各方举行了访谈会议“气候变化下的地下水经济”，重点探讨如何将地下水管理纳入不同制度框架下，作为政府长期规划的一部分，并强调自上而下的治理政策应与当地社区采用的自下而上的方法相结合。

世界银行集团发布的《隐形的国民财富》(The hidden wealth of nations)旗舰报告，旨在引导社会增进对地下水的重要价值、因对其管理不善造成的损失以及地下水的利用开发潜力的理解。访谈会议与该份报告观点一致，强调了跨部门学科协同合作，共同致力于缓解气候冲击的重要性；开发新的全球数据集并持续完善现有数据集，增进对不同类型含水层及其潜在风险的了解；帮助决策者明确应如何规划和管理地下水，促进可持续发展、减贫和粮食安全。

我们必须努力守护这一宝贵资源，并将政策立场转化为行动。

——Aude-Sophie Rodella，世界银行集团首席经济学家

全球有近25亿人依赖地下水维持生活和生计，决策者和国家财政框架须认真对待这一宝贵资源。世界银行集团指出，地下水是人类最重要的淡水资源，因此针对地下水的有效管理需要高级别的政治动员与跨部门行动相结合。此外，还须扩大地下水管理的覆盖范围，将青年、妇女和女孩

包含进来，尤其是在需要外出取水以供家用的农村地区，地下水安全问题更是增加了取水者的负担。

加强体制传承、建立地下水联盟和伙伴关系也是地下水管理的关键。世界银行集团明确了与地下水过度开采和扩大有效机制以加强地下水保护和监测技术有关的主要挑战。与会专家也分享了约旦、印度和印度尼西亚的案例研究，强调教育和能力建设须发挥中坚力量，确保成功实施战略和发展规划；向公众宣传保护地下水资源和规范地下水抽取和质量以造福社会、经济和环境的重要性。

在世界各地，不同地区对地下水的依赖和使用情况差异很大。地下水曾被视为一种地方性资源，但无节制和不受监控的地下水开采日益表明，在区域乃至全球层面解决地下水问题和开发创新解决方案至关重要。高级别优先事项应考虑多方面的问题，包括提高认识、保护地下水质量、减少过度开采和实现水源多样化，从而管理需求，不让任何人掉队。

青年报告人是一群积极热情、能力出众的变革者，他们拥有不同的背景，年龄在35岁以下，而且都对水这一议题特别感兴趣。青年报告人参加了世界水周的所有会议，甄选和发布世界水周期间出现的跨领域和面向未来的知识。

本文摘译自：世界水周官网

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
2023 年 10 月 17 日