



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
10
总302期

全球大规模取水井评估
发现显著干涸风险

过去30年中国内陆水
域的碳排放研究

曲流河“对点沙坝”的形
成不受地质情况影响

利用作物水分生产力
干预措施实现节水

加州引洪济旱
研究



全球大规模取水井评估发现 显著干涸风险



| 荒漠中的地下水井。即使是在最干旱的地区，地下水也有可能是维系生命的支柱。

水井一直以来是人类获取饮用水的主要途径。随着水泵的普及, 拎着水桶到从水井中取水的人数逐渐减少, 但地下水取水井至今仍为世界一半以上的人口提供饮用水, 支撑着40%以上的灌溉农业。然而, 我们脚下的这一重要资源却经常被忽视。

加利福尼亚大学圣塔芭芭拉分校研究人员撰写了一篇详尽全面的地下水取水井分析报告, 该报告涉及40个国家, 占全球地下水抽水量的一半。这项全面的调查研究对世界地下水资源的情况进行了详细说明, 并作为封面故事发表在《科学》期刊。

研究人员分析了世界各地数千万口地下水取水井的施工记录,发现许多取水井都面临着干涸的风险。更为准确的数据是,多达五分之一的取水井濒临干涸。这些地下水取水井多用于家庭用水或灌溉用水。

这项研究首次将地下水取水井和水位观测结合起来,立足于全球,展现了不同的地区视野。研究周期长达六年,相关研究人员需要从世界各地100多个格式和语言各异的数据库中挑选出数据。

第一步工作是收集约3900万个正在使用中的地下水取水井的信息,包括深度、用途、位置、建造日期等内容。研究人员没有使用算法或人工智能来处理这些数据,而是仔仔细细地进行了手动梳理,为的是了解所分析的每个数据库的局限性和细微差别。

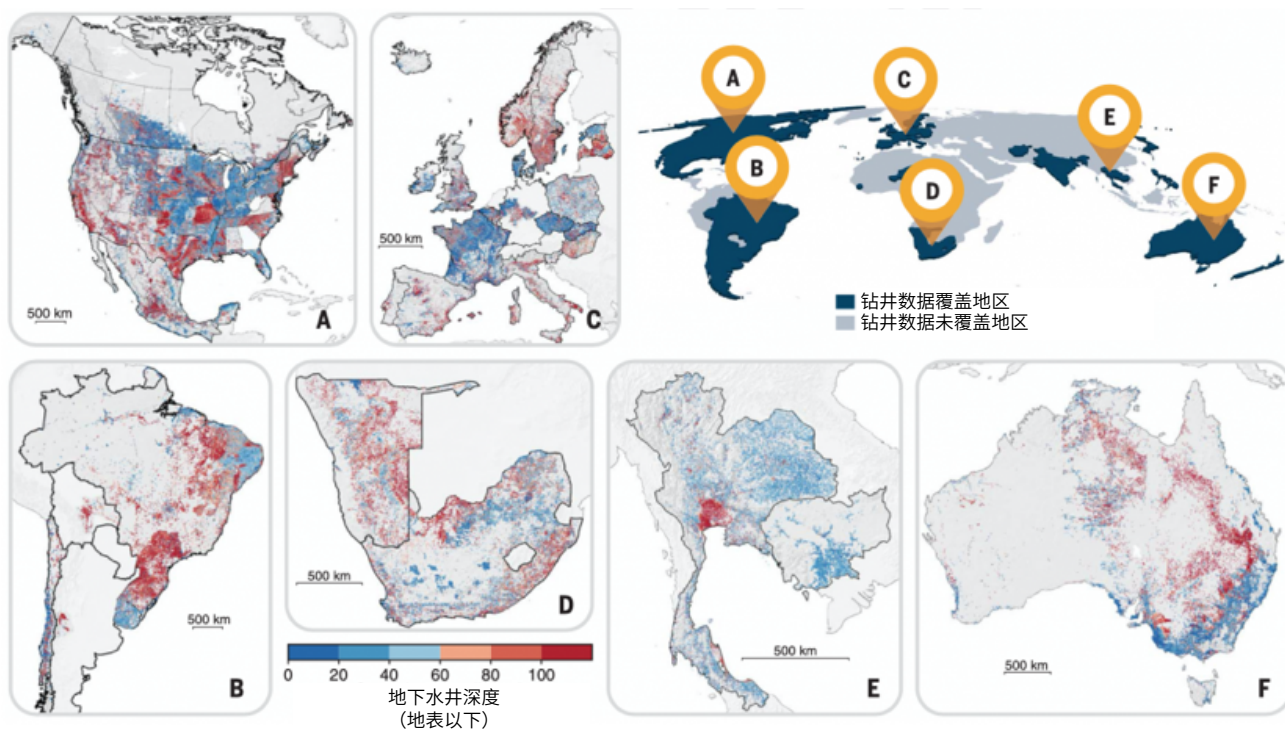
整理完数据后,研究人员将地方的水位深度与取水井深度进行了对比。他们发现,如果水位再下降几米,全球样本中6%~20%的取水井就有干涸的风险。他们试图根据1950年至2015年期间某一地区现有取水井的深度情况,找到新挖取水井的深度趋势。研究人员认为尽管新挖取水井往往比旧有取水井

更深,但这种趋势并不普遍。在他们调查的许多地区,目前使用中的取水井的深度并没有大幅增加。

在这之后,研究人员从大约110万口监测井中提取地下水位和条件的测量数据。这些记录不仅提供了地下水位的位置,还可以分析出地下水位在一年中的波动幅度。分析发现,地下水位的季节性变化一般在1米以内。

通过比较取水井深度趋势和附近监测井的测量数据,研究人员还能推断出现有的取水井还有多久会干涸。他们发现,许多地区的地下水位正在下降,但新挖取水井的深度并没有随着地下水位的下降而增加。由于许多地区的取水井深度并没有大幅增加,如果地下水位继续下降,那么新挖取水井至少和旧有取水井一样脆弱。在某些地方,地下水位已接近取水井底部。如果这些地方的地下水位继续下降,取水井就会干涸,人们将无法再从中获取水源

研究人员还引用了美国国家航空航天局(NASA)重力恢复和气候实验(GRACE)任务的相关数据:GRACE卫星负责在环地球运行时探测



地球引力场的微小差异,因而可以提供监测井数据较为有限的地区的地下水储量信息。

此前的地下水位监测数据仅能覆盖几十个国家,但有了GRACE提供的数据,研究人员就能探明全球水储量的变化。虽然分辨率很低,但这些数据证实了地下水位下降和深井建造之间的脱钩。

没有深钻取水井的原因很多,如钻井和运营成本非常高,地下水的质量也会随着深度的增加而下降。通常越靠近含水层,水的含盐量就越高。钻井的成本高昂,即使地下深处存在淡水,也不是每个人或家庭都负担得起挖井取水的费用,这就引发了人们对水井枯竭后造成的用水公平性问题的担忧。

研究人员希望进一步扩大数据集的覆盖范围,特别是纳入像中国、伊朗和巴基斯坦这样的国家。这三个国家是主要的地下水开采国。他们还计划在未来的研究中调查地下水位下降的程度,寻找关于地区间地下水位下降速度和下降趋势加快的信息。

在开展这项全球性研究之前,研究团队在《自然》期刊上发表了另一篇关于美国地下水资源的

文章。在这篇文章中揭示了由于抽水等原因,美国全国各地河流的水流入含水层的程度。两项研究结果不仅表明了取水井正濒临干涸,还揭示了地下水资源不断减少的总体情况。研究作者指出,虽然抽水可能对含水层有着最直接的影响,但人类活动同时也对地下水质量和水位造成了许多间接影响。工业活动、调水、甚至路面和径流都会影响地下水。气候变化产生的长期影响最值得关注,因为它改变了全世界降水和植物、土壤蒸散的分布和强度。

此项研究凸显了地下水资源和地下水管理对全球社会的重要性。所有数据共同表明,地下水位的下降威胁着世界各地许多地方的取水井。地下水的可持续性是一个涉及诸多考虑因素和权衡的复杂问题。决定行动方案不是易事,但像这样对大量数据集进行收集整理和分析是应对挑战的关键性第一步。根据这些数据,我们就能做出更加明智的管理决策,高效可持续地使用地下水。

本文摘译自:

<https://www.sciencedaily.com/releases/2021/04/210423130101.htm>

<https://www.news.ucsb.edu/2021/020248/gauging-groundwater>

过去30年中国内陆水域的碳排放研究

内陆水域是全球碳循环的重要组成,可运输和转化大量的自然和人为活动产生的碳。既往研究表明,内陆水域是大气中温室气体排放的主要来源,但这些排放却没有得到有效的限制。

二氧化碳(CO₂)是导致全球气候变化的主要温室气体,评估内陆水域的CO₂排放对于评估全球碳循环十分关键。尽管过去十年间的研究统计工作都集中在完善区域和全球范围内的排放通量估计层面,但科学界对内陆水域的区域CO₂排放对全球变化的响应机制仍不甚了解。近期的研究表明,由于没有将中国等关键区域的排放情况包括在内,此前的数据被低估了。

香港大学(HKU)地理系研究人员与来自澳大利亚、德国、瑞士、中国大陆和美国的合作伙伴一起,首次对中国过去三十年内溪流、河流、湖泊和水库的CO₂排放情况进行了量化研究,研究结果已发表在《自然通讯》上。研究人员比较了20世纪80年代和

21世纪前十年这两个时期的排放量,在此期间中国经历了前所未有的环境和社会经济变化。第一个时期(20世纪80年代)代表发生大规模人为活动干扰前,第二个时期(21世纪前十年)则代表大规模坝工建设和土地集约利用变化之后。

结合遥感技术,研究小组根据20世纪80年代在1,709个地点收集的历史水化学数据和近期在全中国1,064个地点的实地采样结果,分析了在此期间收集的近20万份水样,由此估算出中国内陆水域的CO₂排放通量。研究小组开创性地利用时空数据集来重建过去由快速环境和社会经济变化引起的环境扰动,并调查了这些扰动对中国内陆水域CO₂排放量的影响。

研究结果显示,过去三十年间,中国内陆水域的CO₂排放通量总体减少了29%,从20世纪80年代的13800±3100万吨碳/年减少到21世纪前十年的9800±1900万吨碳/年。(表1)

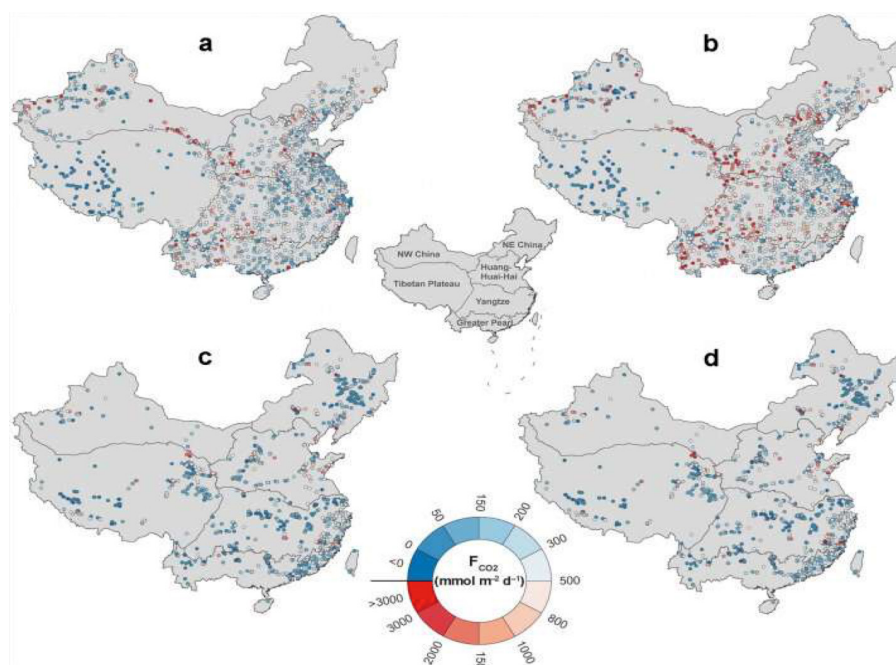


表 1： 中国内陆水域 CO₂ 排放量的空间变化。图中显示 20 世纪 80 年代的旱季 (a) 和雨季 (b)，以及 21 世纪前十年的旱季 (c) 和雨季 (d)。

溪流和河流是主要的排放源, 占总排放量的88%-93%。2010年, 中国溪流和河流的总CO₂排放通量已减少至8580±1940万吨碳/年, 与美国溪流和河流的综合排放通量9700万吨碳/年处于同一水平, 或为非洲河流排放通量估值(27000-37000万吨碳/年)的三分之一。

研究人员认为, 此种碳排放的减少出乎意料, 主因是包括大规模的拦河建造水库和植树造林计划等在内的一系列环境变化。将自由流动的河流截断建设水库, 其展现的物理化学性质类似于湖泊, 导致了CO₂排放的大幅减少。

在此期间, 河流和溪流的总表面积减少了8.1%-10.4%, 而湖泊和水库的总表面积则增加了13.1%。总体而言, 与20世纪80年代相比, 21世纪前十年中国内陆水域的总表面积增加了约8600平方公里(约6%)。

研究人员解释, 自20世纪80年代以来, 经济的快速增长导致对能源和粮食生产的需求激增, 中

国掀起了水坝建设热潮。在这期间, 中国建成了约1.5万座新水库, 蓄水量增加了一倍多。因此, 这期间的湖泊和水库面积的扩张抵消了同时期溪流表面积的减少。

从空间维度上看, 青藏高原是唯一一个溪流/河流、湖泊和水库排放都有所增加的地区, 河流与湖泊的CO₂通量分别增加了18%和81%。这表明, 由于该地区冰川、冰雪和永久冻土融化以及降水增加, 河流网络扩大, 水流增加。青藏高原的溪流表面积在旱季和雨季分别增加了8.5%和2.5%。相比之下, 其他所有地区的河流CO₂排放量大幅降低, 降幅从31%到56%不等。

研究人员表示, 由于内陆水域排放的CO₂损失并未计入当前中国陆地景观的碳测算, 因此忽视内陆水域的碳排放可能会导致森林等生态系统的陆地碳汇被大大高估。

该研究表明, 内陆水域排放通量有可能让中国在20世纪80年代的陆地碳汇规模减少了24%-59%。

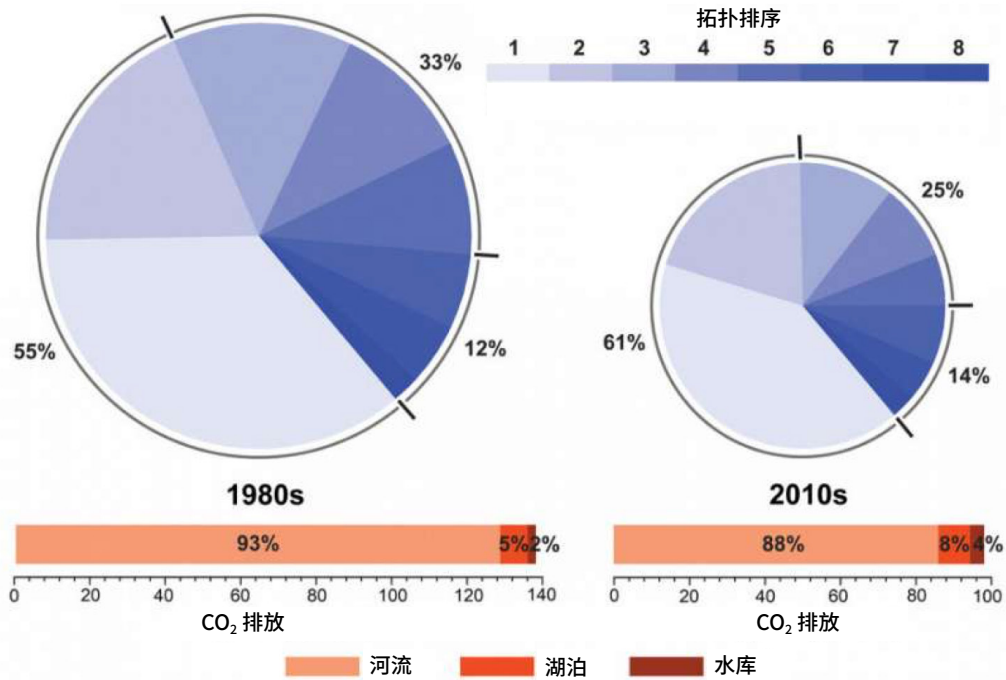


表 2: 20 世纪 80 年代和 21 世纪前十年中国内陆水域 CO₂ 排放量对比。

由于中国自20世纪80年代初开始实施全国性的生态恢复计划, 21世纪前十年, 中国各地的陆地生态系统得到了极大的修复。即便如此, 同时期中国内陆水域的CO₂排放量表明, 21世纪前十年中国陆地生态系统的整体碳汇能力可能会被抵消了17%-21%。

鉴于中国气候多样、地貌与全球系统相仿, 且涵盖了全球大部分植被类型, 研究人员认为, 如果不考虑内陆水域的CO₂排放量可能会导致在评估陆地生态系统在全球碳平衡中的作用时产生严重误差。此外, 研究结果对全球碳排放评估也具有重

要作用。中国内陆水域的排放通量约占全球估计的5%-7%, 这意味着最终结果比之前的全球估值多出约1亿吨碳。

这项研究首次采用了综合方法评估水域CO₂排放量随时间的变化情况。研究人员认为对陆地和水生系统的直接管理可能会对内陆水域的碳排放量产生重大影响。只有准确评估因管理实践而导致的CO₂排放量变化及其对水资源的影响, 才能充分理解如何将水域碳损失与陆地生态系统挂钩。

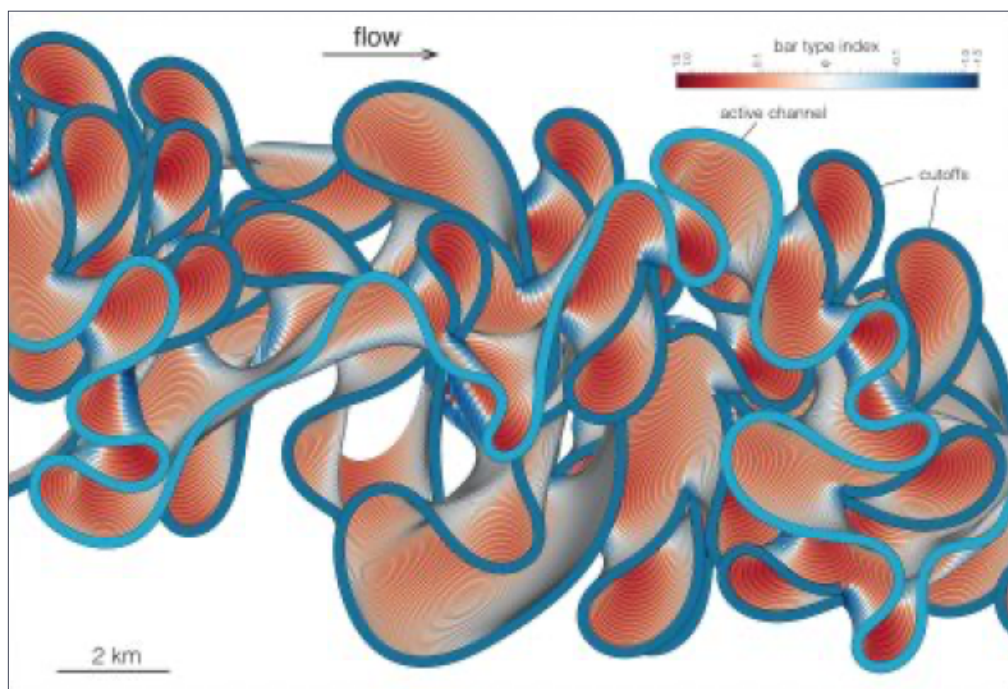
区域	二十世纪八十年代			二十一世纪第一个十年		
	河流	湖泊	水库	河流	湖泊	水库
	(Tg C yr ⁻¹)	(Tg C yr ⁻¹)	(Tg C yr ⁻¹)	(Tg C yr ⁻¹)	(Tg C yr ⁻¹)	(Tg C yr ⁻¹)
大珠江流域	23.8 (12.7)	0.2 (0.1)	0.3 (0.1)	12.2 (4.6)	0.1 (0.1)	0.8 (0.5)
长江	46.0 (24.4)	2.1 (1.1)	0.7 (0.3)	29.9 (15.3)	1.1 (0.4)	1.0 (0.3)
黄淮海	15.7 (8.0)	0.9 (0.2)	0.5 (0.1)	9.2 (3.8)	0.8 (0.4)	0.8 (0.4)
东北	16.0 (5.4)	1.3 (0.2)	0.5 (0.1)	11.0 (6.1)	1.4 (0.3)	0.6 (0.2)
西北	11.2 (8.5)	0.7 (0.2)	0.1 (0.02)	4.9 (2.3)	1.2 (0.5)	0.4 (0.1)
青藏高原	15.8 (7.4)	2.1 (1.0)	0.03 (0.01)	18.6 (7.9)	3.8 (1.1)	0.07 (0.02)
小计	128.6 (31.3)	7.3 (1.5)	2.1 (0.3)	85.8 (19.4)	8.4 (1.4)	3.7 (0.7)
总计	138 (31)			98(19)		

表 3: 二十世纪八十年代至二十一世纪头十年中国内陆水域二氧化碳排放量。

本文摘译自:

<https://phys.org/news/2021-04-emissions-chinese-inland-years.html>

曲流河“对点沙坝”的形成不受地质情况影响



曲流河河道岸边经常会出现新月形的沙洲。这些沙洲往往在河流弯道的内侧,河岸环绕沙洲,形成“点沙坝(point bars)”沉积。而当这些沙洲出现在向相反方向弯曲的外侧沿岸时,就会形成“对点”沙坝(count-point bars)。地质学家常认为这是一种异常现象:表明有耐侵蚀的岩石或类似物体在干扰河流正常的沉积方式。

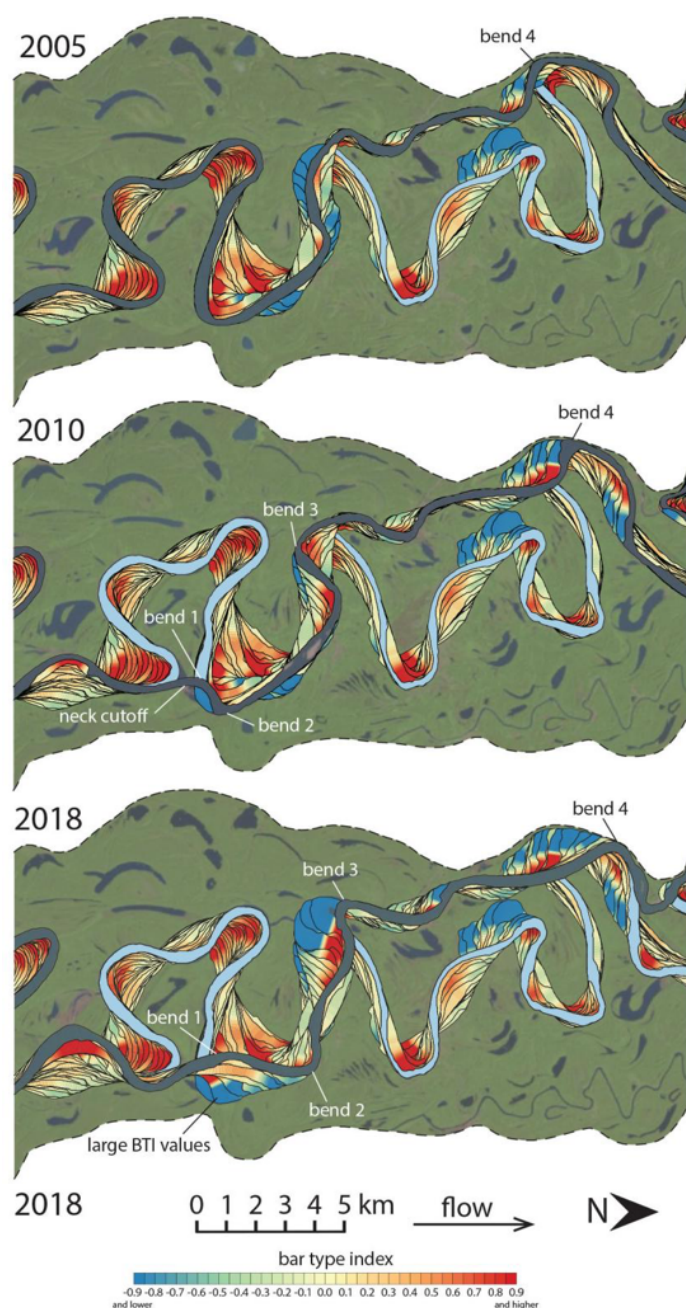
计算机生成的在蜿蜒河道中形成的沉积物图像。浅蓝色代表河流水流。深蓝色代表因河流弯曲而被切断的旧有水流区域。流动路径沿线的纹状区域代表点沙坝(红色)和对点沙坝(蓝色)沉积。

德克萨斯大学奥斯汀分校牵头进行的一项研究表明,对点沙坝的形成并不像通常认为的那样异常。事实上,这些沙坝是河道弯曲过程中一种再

正常不过的现象。就算不存在抗侵蚀的基质,也能形成对点沙坝。这项研究于3月12日发表在《美国地质学会会刊》。

研究结果表明,对点沙坝以及与之相关的独特地质和生态条件比此前认为的更常见。这一认识有助于地质科学家在河流过去的沉积地质构造中寻找对点沙坝,更好地了解这些沙坝是如何影响碳氢化合物和水流的运动的。

河流是动态的。曲流河在蜿蜒蛇行中,既会逐渐开辟出新的路径,也会恢复旧有的河道。在理想情境下的计算机模拟以及自然界中,研究人员都观察到了这种现象。研究参照比对了玻利维亚马莫雷河(该河改道频繁)一处河段的卫星图片,显示了1986-2018年这32年间马莫雷河的变化情况。



上图是马莫雷河(Mamore)的卫星图像。不同颜色代表了不同的流动路径、点沙坝(红色)沉积、对点沙坝(蓝色)沉积的变化。在2005-2010年期间,马莫雷河(深蓝色)发生了曲流颈切断(neck cutoff)(浅蓝色)。流动路径的变化导致高度弯曲的小河弯(河弯1和2)的形成。随着河流向下游流动,河弯2后方形成了对位点沙坝。

在模型中和在实际情况下,马莫雷河都出现了点沙坝。研究人员发现,这种现象与高曲率的短弯道——河流路径中的小尖峰——直接相关。研究发现这些尖峰通常是在河道突然改变时形成的,比如因曲流切断而形成新的牛轭湖时,或者在与旧有的牛轭湖重新连接后。但急转弯道也在向下游移动,这就为沉积物在弯道周围积聚、形成对点沙坝创造了条件。

研究表明,这种情况在马莫雷河中多次发生。比如,2010年,当一处牛轭湖与该河的下游部分重新连接后,形成了一个急转弯道(即图像中的河弯2)。截至2018年,这一弯道已向下游方向移动了约2,414米,沿途形成了多个对点沙坝。

地质科学家和工程师们已经知道,可以使用局部和上游的曲率值来说明河流的长期变化(在河流绕一个小圈流动的地方,曲率较高)。在这项研究中,研究人员采用这些曲率值的公式来确定特定位置形成对点沙坝的可能性。

从表面上看,点沙坝和对点沙坝看起来非常相似,而且经常相互融合。但对点沙坝属于独特的构造:

与点沙坝相比,对点沙坝的沉积物更细粒、地形更低,因此更容易被洪水淹没,成为湖泊。这些特点在河流沿岸形成了独特的生态位。对点沙坝的地理意义同样重要,保存在地下的古老对点沙坝沉积影响着水、石油和天然气等流体的运动。

科学家认为明确了弯曲河道很容易形成对点沙坝这一点,并借助公式预测其形成位置是一项重大进步。这项研究由德克萨斯大学奥斯汀分校经济地质局定量碎屑岩实验室(Quantitative Clastics Laboratory)的研究联盟资助。

本文摘译自:

<https://www.jsu.utexas.edu/news/2021/03/meandering-rivers-create-counter-point-bars-no-matter-underlying-geology/>

粮农组织发布新水资源报告: 利用作物水生产力干预措施实现节水

5月联合国粮食及农业组织(FAO)最新发布了一份水资源报告“利用作物水分生产力干预措施实现节水的指南”,提出了如何对作物水分生产力进行干预,从而实现农业“真正”节水的实用指导意见。

该报告指出了真正节水和表面节水的区别。表面节水是指只减少了取水量,但没有考虑用水量的变化。而真正节水是指减少用水量和不可回收的回流(径流或渗流)。该指南文件强调了田间和流域范围内实际节水中存在的矛盾,所节约的水不会像人们普遍认为的那样转化成其他用水者的可用水量。

根据该报告提出的概念和指导意见,决策者可以制定可持续的干预措施,改善水资源系统的管理,从而实现真正节水。



加州引洪济旱研究



位于加利福尼亚州夫勒斯诺市附近的特拉诺瓦农场（Terranova Ranch）从一条满溢的防洪渠中调水，以灌溉葡萄园并增加地下水补给。

在大多数人看来,洪水不是一件幸事。但斯坦福大学牵头开展的一项新研究表明,洪水有助于改进加利福尼亚州日益枯竭的地下水系统。这项研究发表在《科学进展》(Science Advances)期刊上,研究开发了在气候变化背景下计算未来洪水量的框架,并确定了加利福尼亚州适合进行老化水利基础设施投资升级、从而增加地下水补给的地区。由于加利福尼亚州经常要应对强烈的暴风雨和干旱事件,蓄洪不仅能降低洪水风险,还可以增加水储量、缓解干旱。

研究人员认为这项研究首次全面评估了气候变化背景下,加利福尼亚州洪水补给地下水的潜力。无论是中央山谷平原的河流泛滥,还是沿海低地的高潮暴风雨、南部沙漠的山洪暴发,或是频发的城市积水,都说明加利福尼亚州是一个易发洪水

的地区。另外,干旱经常引起人们对供水的担忧:地下水的减少会使土地下沉,饮用水受到污染,地表水供应减少。地下水储量的不断减少还削弱了气候韧性——在干旱时期,加州高达60%的水都来源于地下水,85%的加州居民或多或少都依赖于地下水资源。

水银行

气候变化加剧了这些极端事件的严重程度和发生频率,提高补给率有助于加州维持地下水平衡。“水银行”或含水层补给管理措施是指利用含水层、取水井等地下水基础设施来强化水库、供水管网等地表水基础设施,增加灌入地下水盆地的洪水储量。

与传统的水库大坝相比,水银行这种新的地表水管理策略具备多重优势,包括降低洪水风险和改善生态系统服务等。虽然地下水盆地可为水储存提供

了巨大空间,但确定最需要补给的地区、评估所需的基础设施和可用水量是关键所在,尤其是在全球变暖和气候多变的情况下。

研究人员设计了一个用来估计加州未来的洪水可用性的研究框架。利用水文和气候模拟以及统计工具开发了一个混合计算机模型,计算到2090年,在不同气候变化情景下,可用于补给的洪水量。此外还确定了应优先进行基础设施投资的地区,以充分挖掘洪水潜力,增加补给。

未来的洪水趋势

研究团队发现,未来加州在雨季缩短、气温升高的大背景下,将迎来降雨量增多和融雪时间提前,进而遭遇更为严重的洪水。萨克拉门托河和北部海岸,以及内华达山脉北部和中部地区的洪水量增幅尤其显著。洪水事件可能会使目前的水利基础设施,如水库和输水管道超负荷运行。然而,如果该地区修建其他洪水分流基础设施,如运河或管网,就能最大限度地发挥补给潜力,将更多的洪水资源转移到干旱的南加州地区。

预测发现,南加州未来变化不大,甚至在某些情况下干旱还会加剧。这种日益扩大的旱涝差距对该

地区而言无疑是雪上加霜,目前该地区的地下水消耗和补给需求比北部地区更大。这种水量与需求的不匹配对补给工作(即把加州北部地区大量的水调往有需求的南部地区)构成了严峻挑战。

研究人员还发现,圣华金河谷这一世界上最高产的农业地区之一的补给潜力可极大地恢复已枯竭的地下含水层。该地区位于内华达山脉的山脚下,需要蓄纳更多的地下和地表水才能最大限度地发挥补给潜力。水资源管理部门将需要在当地实施更多水资源输送项目并重新开放水库。

研究人员指出,虽然气候影响是最主要的影响因素,但在规划过程中还须考虑基础设施承载能力、政策限制、财政和环境问题等其他因素。

这项研究框架具有适应性和扩展性,适用于世界各地干旱、洪水和枯竭地下水含水层的管理。在全球范围内,仅1%的地下水补给来自含水层补给管理。这一方法可用于帮助包括中国华北平原、印度恒河上游等其他地区在内的枯竭的含水层维持地下水位。

本文摘译自:

<https://waterinthewest.stanford.edu/news-events/news-insights/using-floodwaters-weather-droughts>



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@iwahr.com