



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

2020
8
总281期

美国地质勘探局开发
新一代水文观测系统

探究气候变化对水力
发电的影响

五大湖水位达到历史
最高位, 风险难测



美国地质调查局开发新一代水文观测系统



随着水科学取得重大进步,技术和计算能力实现新突破,美国地质调查局开发了新一代水观测系统(NGWOS)。NGWOS优化了成本和时效性,可为更多地区提供水质和水量的实时数据。

NGWOS整合置于水中、地面和空中的固定和可移动监测设施,包括创新型网络摄像头和新型地基和天基传感器。投入使用后,NGWOS将提供有关河道流量、蒸散、积雪、土壤湿度、水质、地下水/地表水关系、流速分布、泥沙输送和用水的高时空分辨率数据。NGWOS的设计充分考虑了美国地质调查局

合作伙伴和利益相关者的需求,因此其生成的数据和信息将能够帮助更准确地预测水资源短缺事件,对与水有关的灾害迅速做出反应。

NGWOS在特拉华河流域进行了试点工作,探索NGWOS在对国家具有重要性、复杂的州际河流体系中进行应用的前景。

2019年11月,美国地质调查局将科罗拉多河上游流域数据纳入了NGWOS监测库中。这很可能帮助NGWOS改进预测以融雪水为主的水系中地区水事件的准确度。

NGWOS的特点



使用搭载在无人机上的探地雷达系统（图中白色设备）测绘河流水深。

- 最先进的测量技术
- 在选定地点安装的密集传感器阵列
- 更广泛的时空覆盖率
- 新技术测试与实施
- 更高的运行效率
- 现代化的及时数据存储和传送

NGWOS数据支持先进的建模工具, 提供及时准确的洪水和干旱预报, 推动完善应急和水管理决策支持系统, 解决以下难题:

- 洪水和干旱的近期和长期风险如何?哪些因素会导致风险变化?
- 季节性积雪中存储的水量有多少?季节性积雪变化如何影响供水?
- 是否已进入干旱初期?干旱恢复工作需要多长时间?
- 通过蒸散损失的水量有多少?
- 如今水质如何?水质在干旱/降水期间如何变化?
- 地下水贡献了多少河道流量, 或者河道流量贡献了多少地下水?

新兴和创新技术



使用搭载在无人机上的探地雷达系统（图中白色设备）测绘河流水深。

美国地质调查局目前正在推广使用大规模粒子图像测速技术(LSPIV), 这是一种使用视频分析技术的创新方法, 用来测量河道流量。

NGWOS旨在促进监测技术和方法的创新与发展, 降低数据成本并提高数据获取速度。监测的创新也有望提供更高时空频率下更丰富的数据类型。研究人员将在NGWOS示范流域中的干流和小溪流上确定新测试站点。它们将对新兴和创新监测技术进行严谨、透明和可重现的测试。相关技术包括用于地表水遥感测速的雷达和图像测速仪, 用于测量水深以改善流量估算的搭载在无人机上的探地雷达, 用于持续监测水质和悬浮泥沙的新型传感器等。这些创新技术的应用和效益不局限于NGWOS示范流域, 还将纳入美国地质调查局监控网络的常规运行中。

NGWOS设计策略

2019年, 美国地质调查局负责运营并维护全美范围内的实时、连续监测网络, 该网络包括8200多个流量观测站, 2100个水质监测站, 1700个地下水位监测井和1000个雨量站。美国地质调查局水文学家每年都会实施数万次离散测量。每年收到的数

据获取请求超过6.7亿次。但是, 尽管当前的国家河道流量网络能够提供关键位置的数据, 但仅覆盖了全美不到1%的河流和溪流。这一采样密度虽有助于提供当前和过去水况的相关信息, 但不足以预测大规模流域的气候、地表水、地下水和土壤水分之间的相互作用。

从科学、成本和运维的角度来看, 收集所有大规模流域和含水层的空间密度数据是没有必要或不可行的。一种更实用的方法是在一部分能够代表全美大范围区域的中等规模流域(10,000-20,000平方英里)和含水层中搭建密集的监控网络。随后可以将这些密集监测流域中获取的数据与现有监测网络的数据结合起来, 构建先进模型, 减少其不确定性, 进而填补区域和国家水质评估和预测中的数据和知识缺口。在2019年, NGWOS包括了至少10个密集监测的中等规模流域, 这些流域的选择采纳了美国地质勘测局利益相关者的意见, 代表了全美范围内的广泛环境、水文和景观设置。全美共划分为18个水资源区域, 而美国地质调查局将在各个区域中选定至少一个流域。

水数据管理和获得



美国地质调查局位于新泽西州特伦顿的特拉华河河道流量观测站点。

美国地质调查局对用于水数据管理和获取的信息系统进行了改造升级和现代化, 使其作为NGWOS的一部分能够适应新数据和传感器网络的需求, 与来自多个机构和部门的水数据集成, 提示观测数据的不确定性, 并能够直接为模型馈送数据和分析产品。目前正在对数据遥测系统进行更新, 以实现双向通信和更频繁的互联网数据传输。

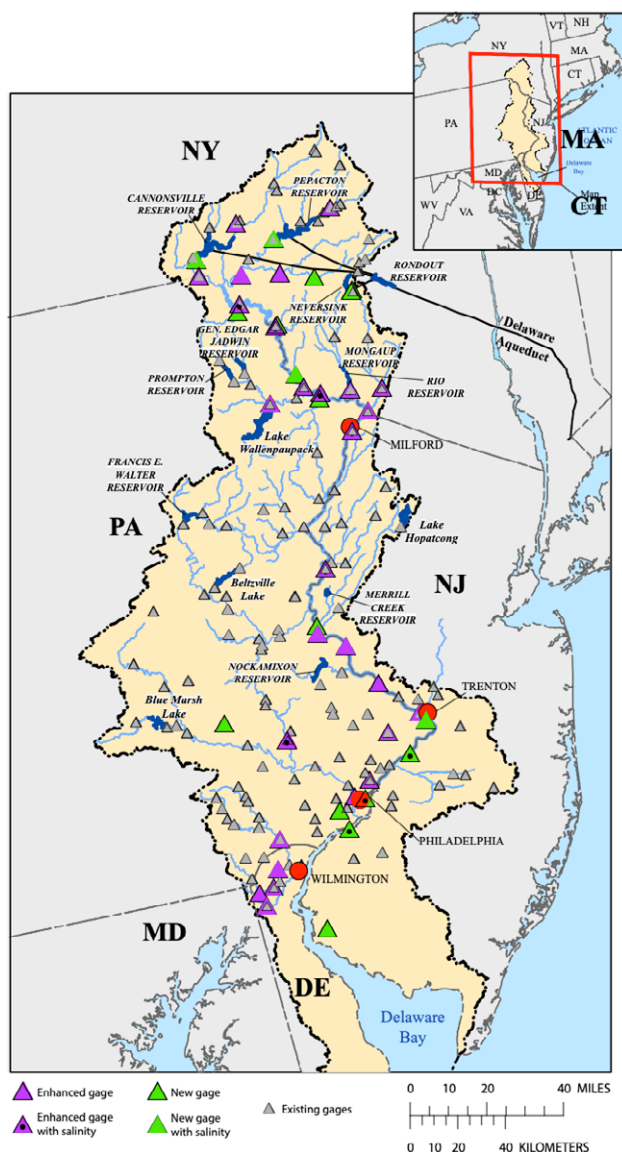
NGWOS的下一步工作

- 在特拉华河流域试点项目中继续开展设备部署和测试工作
- 开展针对上科罗拉多河流域NGWOS的网络设计和分析工作
- 鼓励利益相关者参与流域3的筛选过程
- 筹划NGWOS的遥感、数据传递组件
- 继续下一代技术的研发至运行工作

(NGWOS)——特拉华河流域试点

特拉华河历史悠久, 生态多样性丰富, 为该地区超过1500万居民提供水源, 对区域经济至关重要。在特拉华河流域开展NGWOS试点项目, 旨在开发一个集成水文观测系统, 支持这一重要且复杂的州际河流上实施创新和先进的水文预测和决策支持系统。

2018年, 美国地质调查局在特拉华河流域启动了NGWOS试点工作。试点工作涉及的基础设施占全面实施NGWOS所需的监测基础设施的15%, 用于测试、验证和推动水情预测并为水管理决策提供信息支持。2018年试点工作的重点是新建流量观测站以弥合关键数据缺口、水监测网络现代化、增加水温 and 电导率监测以及美国地质调查局数据管理和获取的现代化等初步工作。2019年, 美国地质调查局投入了更多资源促进在特拉华河流域充分进行水量、水质和用水的综合监测。



新建流量观测站填补关键数据缺口

2018年,特拉华河流域新建约17座流量观测站,解决关键监测缺口,完善对上游源头和支流流量的量化工作,并追踪干流盐水锋面(salt front)。这些新建流量观测站包含NGWOS通信平台和实时水温监测功能。选定站点都装有网络摄像头。

增强水监测网络

针对现有28个站点的监测基础设施现代化升级工作涉及增强双向通信,实现对监测设备的远程操控、排除故障、蜂窝和卫星冗余,确保关键流量期间的数据传输,提高态势感知能力。在选定地点安装的网络摄像头和插入式水质传感器功能可以在洪水、干旱或与水质相关的事件期间提供更多信息支持。

通过监测完善渔业和水情预测

实时温度和电导率监测将多方利益相关者提供及时信息,优化干流盐水锋面跟踪,为娱乐休闲活动和渔业管理提供水质状况信息。水温对水体化学组成、水生物代谢和渔业整体健康有重要影响。电导率信息可用于改善流域模型和预测,并增进对地表水和地下水关系的了解。美国地质调查局在约36个站点增加实时水温监测功能以及在近10个站点增加电导率监测功能。

本文摘译自:

https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/usgs-next-generation-water-observing-system-ngwos?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

探究气候变化对水力发电的影响



国际应用系统分析研究所(IIASA)和中国的研究人员合作开展了一项新研究,探究了全球变暖程度对水力发电潜力的影响。研究发现,与全球平均温度增长 2°C 的情景相比,将温度增长控制在 1.5°C 的情景下,水力发电产能更高。研究成果发表在《水资源研究》(Water Resources Research)期刊上。

在可持续的、碳强度较低的假设情境中,水电作为一种重要的清洁可再生能源,在全球能源供应结构中将会发挥日益重要的作用。实际上,在过去三十

年里,水力发电量已经翻了一番;预计到2050年,水力发电量还会在当前的水平上再翻一番。然而,全球变暖令全球水资源供应压力日趋紧张,水力发电也面临不小挑战。考虑到全球人口增长和社会经济发展导致能源需求持续增加,这一挑战亟待解决。

该研究采用了水文和技术经济耦合模型框架,以确定在全球温度升高 1.5°C 和 2°C 情景下的水电站最佳选址,同时,该研究还将总水电潜力、能耗量和多项经济因素纳入考量范围。研究团队认为,确定

全球变暖的不同程度的影响已成为水资源研究领域的热门课题,但关于全球变暖的不同程度对水电潜力的影响的研究仍然相对较少。

研究人员以苏门答腊岛(印度尼西亚西部巽他群岛之一)为对象来探究两种全球变暖不同程度下的水力发电潜力。苏门答腊岛易受到全球变暖导致的海平面上升的影响,同时该岛的环境条件使其成为开发和利用水力资源的理想地点,这也是选择其作为研究对象的原因。研究人员还使用国际应用系统分析研究所的BeWhere模型对水电厂的最优选址进行了建模和可视化,并讨论选定水电厂的水力发电量以及因使用水力发电代替化石燃料而减少的碳排放量。

结果表明,与历史水平相比,在全球升温幅度控制在1.5°C和2°C的情况下,苏门答腊岛的水力发电量都会有所增加。假设2100年后气候稳定且不会超出预定气候目标,在全球温度升高1.5°C的情景下,水力发电量与电力需求量之比要高于2°C的情景。这是由于在后者情景下,降水量有所减少,印度尼

西亚东南部的径流量降幅最大。气温1.5°C情景下的二氧化碳减排量高于2°C情景。通过权衡建立保护区与水力发电厂扩建的利弊,研究结果还阐明了温室气体相关目标与生态系统保护相关目标之间的两难关系。

研究人员认为这项研究可能在很大程度上有助于为制定气温升高1.5°C和2°C情景下的能源安全决策奠定基础,成为各类后续研究的重要依据,例如探究森林保护与水电开发之间的权衡关系,帮助各国实现《巴黎协定》框架下的国家自主贡献等。

水电对气候的影响差异巨大

根据有关数据,水力发电目前占全球可再生能源发电量的三分之二,全球计划或在建的水力发电设施多达数千座。水利发电设施的大量增加在一定程度上源于水电被视为化石燃料的一种环保替代技术。人们通常认为水电厂的温室气体排放量与风力发电设施相近。但是,大多数关于水电设施对气候





影响的研究都忽略了某些因素,例如为了修建水电厂水库而淹没自然地貌所造成的二氧化碳排放量变化,以及甲烷排放过量而导致的短期温度升高。

研究人员分析了104个国家的1,473个水力发电设施的二氧化碳和甲烷排放对气候的影响,并估算了水库蓄水造成的排放量增加。研究团队发现,水力发电设施的平均排放量远高于核能、太阳能和风能设施,其对气候的影响也更为严重,但仍优于煤炭和天然气等设施。但也有个别水力发电设施对气候

的影响要比燃煤和燃气电厂更为严重。由于甲烷排放会加剧全球变暖,使用水力发电代替化石燃料发电带来的短期气候效益要远远低于其长期效益。

分析还表明,排放量因地区而异:据估算,西欧新水电设施对气候的影响几乎为零,但西非水电设施对气候的影响则会一直高于燃煤和天然气厂。研究人员认为在设计和建造新水力发电厂时应充分考虑这些因素。

本文摘译自:

<https://phys.org/news/2020-05-exploring-impacts-climate-hydropower-production.html>

<https://phys.org/news/2019-11-climate-impact-hydropower-varies-widely.html>

五大湖水位达到历史最高位，风险难测

沿湖地区人民生活面临新风险：洪水和极高的不确定性



相较于海洋风暴，密歇根湖上的风暴强度受不同的大气因素和水流模式影响。

苏必利尔湖附近的一条小道是密歇根州奇韦诺湾印第安社区(KBIC)通往该州其他地区的唯一道路。强降雨来袭时，路上随处可见滚落的岩石和树木，堵塞进出交通。因此在夏季，驾车出行的人们不得不绕行30分钟才能驶出社区；而在冬季，整个行程甚至要花费两个多小时。最终，施工人员用与类似耕犁的机器对道路进行了清理，恢复了该地区的出入通道。

奇韦诺湾印第安人社区位于苏必利尔湖南部，管理着苏必利尔湖近19英里的湖岸线。苏必利尔湖是当地发展旅游业、渔业以及提供饮用水的保障。湖水充盈对于奇韦诺湾印第安人社区来说是好事，但若湖水泛滥，则可能对居民生计构成危险。

2018年父亲节当天，该社区遭遇强降雨，降雨量在短短3个小时内便达到约18厘米，洪水形势危急。暴雨过后，当地湖滩受到排泄物污染，导致有害

大肠杆菌爆发。密歇根州卫生部门关闭了密歇根上游的多个游泳场,却并未向奇韦诺湾印第安人部落提供湖滩检测。奇韦诺湾印第安人社区的水资源专家Stephanie Cree发起了湖滩监测项目,每周对湖滩的细菌水平进行检查,并迅速关闭了两处湖滩。据Cree所知,这是奇韦诺湾现代历史上第一次关闭湖滩。考虑到该地区风险日益增加,这很可能不会是唯一的一次。

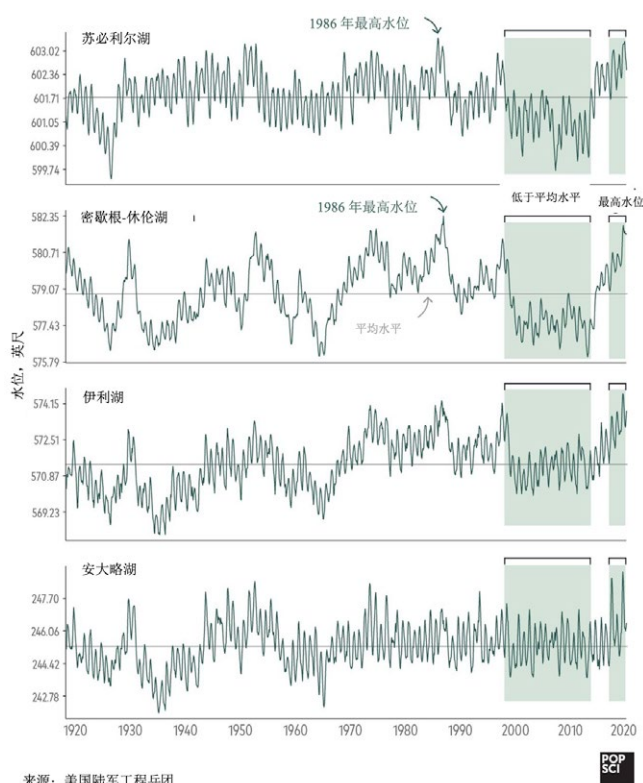
在北美五大湖共计8434公里的湖岸线上,各个部落、城市、旅居者和野生动植物管理员都在努力应对毁灭性洪水和湖岸线侵蚀问题。这与美国沿海地区面临的情况不同,在沿海地区,不断上升的海平面一直不断侵蚀内陆。而五大湖的水位随季节波动——尽管在过去四十年里,其最高和最低水位均突破了历史记录。专家认为,气候变化是一部分原因,但是由于水的复杂性,我们很难将人为因素与其他环境因素区分开来。这制约了密歇根等州有效应对水位的极端情况。

要了解五大湖的水位涨落情况,需要追溯至1860年,当时美国陆军工程兵团开始对水位进行月度测量并纪录平均水位。这些测量结果表明,五大湖水位始终保持在正常水位上下1.8米的范围内。但水位峰值的出现模式值得更深入的关注。

自2014年9月以来,这一世界最大的淡水湖群已屡次打破其大部分的历史记录。2019年6月和7月,苏必利尔湖、安大略湖、伊利湖和“第六大湖”圣克莱尔湖的水位都打破了百年以来的最高纪录。2020年4月,在迎来一个雨雪异常丰沛的冬季之后,密歇根湖和休伦湖的水位高出月平均水位91厘米,创下历史新高。

来自威斯康星大学的工程师Chin Wu与美国陆军工程兵团和美国国家海洋与大气管理局合作对该系统的模式进行了研究。研究者认为,部分模式是五大湖形成过程中固有的循环模式。春季的强降雨和融雪径流通常会导致流域水位上升。随着夏季温度升高,水分子在一定程度上膨胀,该流域的水位会在仲夏期间持续上升,之后在秋季因冷空气加

速湖水表面蒸发而下降。和海平面的持续上升大不相同,五大湖的情况非常复杂。



在过去数十年里,美国陆军工程兵团一直在对湖泊水位进行测量,并记录其月平均值,明确水位异常情况。(密歇根湖和休伦湖是相互连通的,因此被视为一个整体)

美国国家海洋与大气管理局国家气象服务预报办公室人员称,近期一连串的破纪录高水位与2013、2014和2015年的极端湖冰覆盖率直接相关。如蒸发和降水等一些相互作用的大气过程维持着五大湖系统的平衡,一旦其中一种过程出现异常,湖水位就会快速上升。2014年极地涡旋期间发生的情况正是如此,当时该地区湖面冻结,蒸发量急剧减少。几个月后,在春季强降雨来临之际,冰层融化,涌进湖泊。

也有可能发生相反的情况:降水量减少和湖冰覆盖率低可以加速蒸发,导致水位降至最低点。实际上,在近期创下一系列历史新高之前,北美五大湖的

水位长期低于平均水平,持续时间为有记录以来最长。2013年春季,休伦湖和密歇根湖水位在连续15年下降后降至最低点,威胁了航运和水电等行业。

变化莫测的气象事件更是助长了高水位的灾害风险。北美五大湖湖面随时可能发生气象海啸,持续时间可能为数分钟至两个小时不等。1954年,一场气象海啸袭击了芝加哥湖岸线,掀起惊涛骇浪,导致7人丧生。

回顾过去十年间的极端高水位和低水位情况,似乎无法准确预测未来潮汐形势。最佳选择是深入挖掘数据,并预测各个湖泊各种可能出现的情况。目前,来自美国国家海洋与大气管理局和加拿大水文局的研究人员正在通过遍布五大湖的水位测量站(美国共有53个)跟踪水位的变化,哪怕是极为细微的变化。搭载传感器的设备使科学家们能够密切关注流域的流入和流出量。这项任务无疑是个挑战,因为仅密歇根湖和休伦湖每分钟的径流量和降水量便可填满139个奥林匹克游泳池。

虽然通过这些数据得出准确的相关性有些困难,但可以据此了解气候变化是否会影响北美五大湖生态系统。目前已有研究将气候变化与地区不断变化的降水量联系起来。自1951年以来,该地区的年降水和降雪总量已飙升13.6%,截至去年

10月,北美五大湖已连续五年突破历史最大降水量。这一态势在未来数十年里仍会持续。令人更为忧虑的是,与北极地区一样,北美五大湖地区冻土大量消融。美国国家海洋与大气管理局近期发布的地图显示,1973年至2017年,五大湖流域的湖冰覆盖总面积减少了69%——而这一趋势可能与夏季水温升高有关。湖冰覆盖面积减少意味着冲击陆面的海浪加剧,使芝加哥湖滩和沿岸村庄受到侵蚀。2020年一月,密歇根州巴特克里的一间乡间小屋在悬崖处掀翻,被浪冲塌,这场悲剧可能预示着湖滨生活的新常态。

总而言之,这条美国最长的淡水湖岸线的情况已经不同以往。密歇根州的部分湖岸线目前正在以每年一英尺的平均速度侵蚀陆地,该州已花费数百万美元来修复遭到破坏的野营地、沙丘和湖滩。

密歇根州的官员们正在监测在侵蚀高风险地区开展的开发项目,不过这一监测项目目前仅覆盖该州10%的湖岸线。还有居民尝试使用岩石或钢板加筑防波堤来防御上涨涌浪,挽救地处湖滨的房屋。房地产机构称,根据所用材料和房产规模的不同,这些防波堤的成本可能高达15万美元。在危险极高的地区,人们甚至将房屋搬至离湖较远的位置。



发生在2018年父亲节当天的洪水与强降雨天气有关,强降雨导致苏必利尔湖及其位于密歇根湖上游支流河水溢出。



今年 2 月，苏必利尔湖的湖冰覆盖率不到 7%，而去年同一时期的覆盖率为 37%

除了贵的离谱的价格之外，防波堤和其他防波设施还可能通过撞击改变波浪方向，而这会加速侵蚀，抵消防波效益。湖水会裹挟浅滩中的泥沙，而这些防波设施会搅动湖水，进而侵蚀重要的沿湖生境。考虑到这一点，研究人员目前正在寻求“软”方案解决问题，并非简单地将社区与五大湖隔离开，而是采用天然材料，如植物、岩石和牡蛎等建成的“生物海岸线”。这种“软”方案并不新奇：全球各地的原住民社区都有利用植物抵抗侵蚀的传统，而华盛顿、北卡罗来纳州、纽约和阿拉巴马州的多座城市已经开始使用非刚性缓冲带。

目前科研人员还不能准确预测北美五大湖的趋势。它们可能像过去一个世纪一样时涨时落，在一定程度上不受全球变暖和区域性寒潮的影响。从

短期来看，美国陆军工程兵团预计整个北美五大湖地区在未来六个月内水位将突破历史新高，或维持在略低于最高水位。

尽管陆军工程兵团的模型能够在一定程度上为相关社区提供一些预测，但未来形势并非像模型曲线一样是一成不变的。为了切实了解地方水位的情况，人们须充分认识到北美五大湖的复杂性。



本文摘译自：

<https://www.popsoci.com/story/environment/great-lakes-water-rise/>

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