



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

2022
9
总323期

研究表明: 亚马逊沼泽碳库面临威胁

南极冰盖下的沉积物中发现大型地下水系统

湿地的碳汇减排能力再评估

亚太国家领导人呼吁实施从源头到海洋的系统管理

美国伊登维尔坝和桑福德坝溃坝调查报告



研究表明：亚马逊沼泽碳库面临威胁



| 秘鲁亚马逊低地的棕榈沼泽

研究认为, 亚马逊雨林最大的一片泥炭地正日益遭受土地利用方式改变带来的影响, 威胁着泥炭地下储存着的大量的碳。

二氧化碳排放

秘鲁亚马逊低地的泥炭沼泽分解产生的碳气体排放远超预估, 采取紧急保护措施刻不容缓。

科学家发现, 在2000年至2016年期间, 整个秘鲁亚马逊低地的森林砍伐面积虽小, 但却呈现不断扩大的趋势。其中采矿活动导致的二氧化碳排放量增加了11倍。

泥炭密度

这项发表在《自然地球科学》上的研究由爱丁

堡大学和圣安德鲁斯大学牵头,利用实地、卫星和土地覆盖数据估算了有害温室气体排放、第一次绘制出覆盖了秘鲁境内全部的亚马逊低地沼泽的地图,并创建了首个以数据为支撑的秘鲁热带泥炭地泥炭厚度模型。

珍贵的资源

秘鲁亚马逊低地的泥炭地面积为6万2714平方公里,大约相当于整个斯里兰卡的国土面积;其实际储碳量是之前估算的两倍,达到约54亿吨,几乎相当于秘鲁所有森林的碳汇之和,但其面积仅为森林面积的5%。作为自然资源的一种,这些泥炭地是何其宝贵不言自明。

威胁

热带泥炭地是世界上碳密度最高的生态系统之一,但农业扩张、基础设施建设和大规模采矿造成了泥炭地大片大片地消失。森林砍伐和排水系统阻碍了沼泽中关键有机物的储积,加速了泥炭的快速分解,造成大量二氧化碳和氧化亚氮排放到大气中。干涸的泥炭地也容易发生火灾,同样可以导致排放急剧增加。

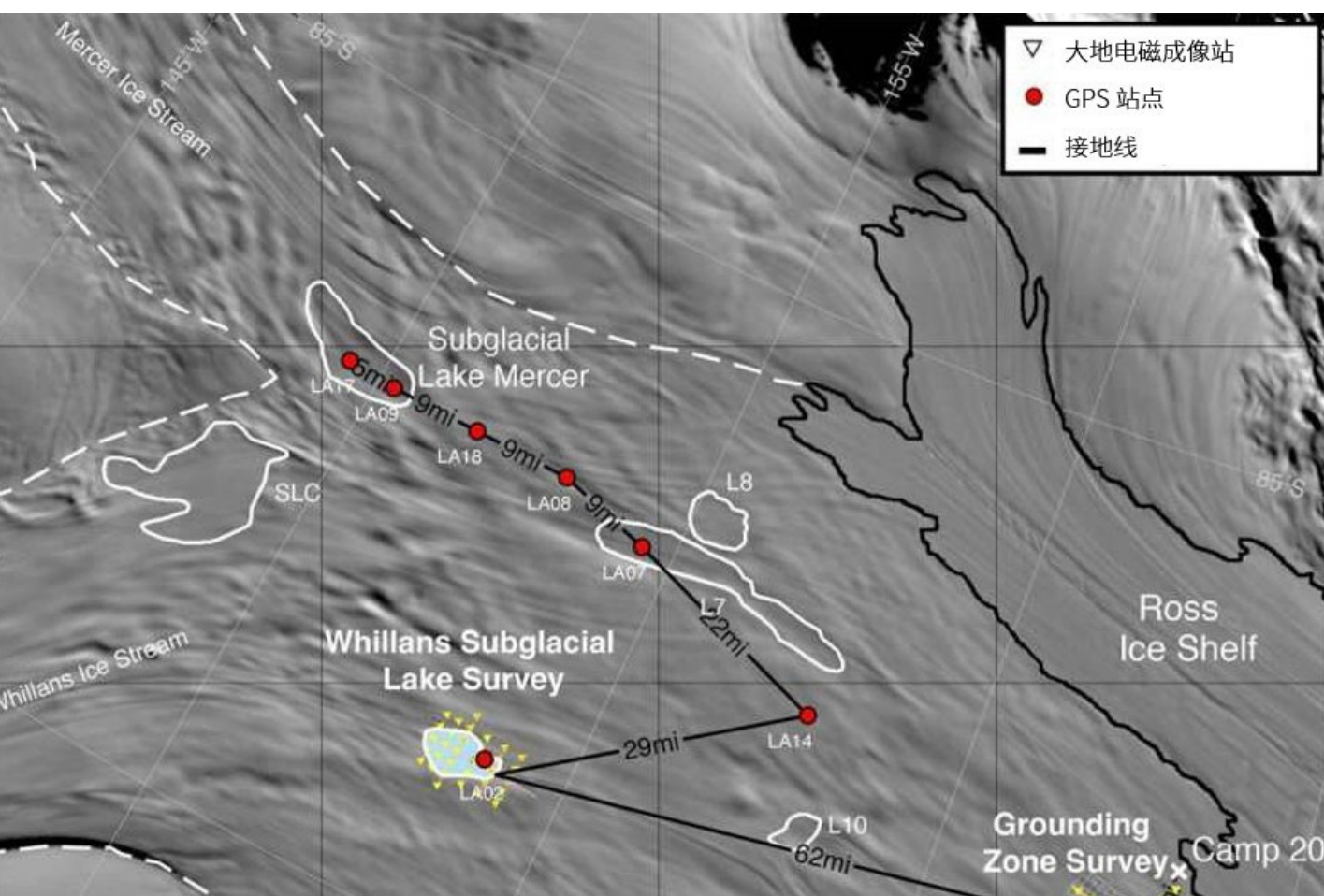
立法

在认识到以上威胁后,秘鲁首次以立法的形式明确要求保护泥炭地,以减缓气候变化。对泥炭地分布进行持续测绘,并对其碳储积量进一步调查研究将为立法的有效实施提供支撑。

该研究主要参与人员表示,以前就知道在秘鲁分布着大量泥炭地,但过去只有少部分地区的地面数据,并没有认识到泥炭地的面积是如此之广。而有了高分辨率的测绘图,可直接用于支持环境保护和减缓气候变化相关的政策和行动的制定,例如《巴黎协定》所要求的国家自主贡献(NDC)等,从而助力遏制环境的进一步退化、减少二氧化碳排放。

研究团队表示,泥炭地越来越多地被视为一种碳汇热点地区、是地球碳循环的关键一环。储存了地球上一半的土壤碳的泥炭地,很容易受到人类活动的影响。了解地球上泥炭地的分布,才能更好地保护它,进而为缓解气候变化做出贡献。

南极冰盖下的沉积物中发现大型地下水系统



惠兰斯湖冰流上的勘探点。研究人员在两个常规区域（黄色标记）内搭设了多个电磁成像站，研究工作同时也在更大的区域内开展（图中红点所示）。

科学家认为，液态水是了解冰川行为的关键。冰盖的底部裹挟着碎石沙砾，而融水可以起到给底部润滑的作用，加快冰盖向海洋移动。近年来，研究人员在南极冰盖下发现了数百个相互连通的液态水湖泊和溪流，并用成像技术发现了冰盖下深厚的沉积盆地，据此推测这其中可能包含多个巨大的水库。在此之前，科学界尚未证实冰盖下的

沉积物中是否存在大量液态水，也没有研究过这些液态水与上覆冰盖的相互作用。

近期，一个研究团队首次绘制出位于南极洲西部冰盖下深厚沉积层中，一个巨型、流通着的地下水系统。研究人员称，这类地下水系统可能在南极洲普遍存在，对南极洲面对气候变化如何做出反应，甚至如何加剧气候变化产生了未知的影响。该

研究的研究对象是宽96公里的惠兰斯湖冰流,是汇入罗斯冰架的六条冰流之一。罗斯冰架是世界上最大的冰架,面积与加拿大育空地区相近。此前的研究已经证实,罗斯冰架下方存在一个冰下湖泊和一个面积广阔的沉积盆地。研究人员通过浅层钻探,采集了沉积盆地上层约30厘米深的样本,在其中发现了液态水和活跃的微生物群落。但还未探明更深的沉积物中存在的物质。这项研究近期发表在了《科学》期刊上。

在过去几十年里,科学家们曾尝试在南极冰盖上空使用雷达等仪器来绘制冰下特征地图。这一过程中的确发现了夹在冰盖与基岩之间的沉积盆地。但是,航空地球物理学技术的局限意味着只能揭示这些地理特征的粗略轮廓,无法确定含水量等具体数据。2019年对南极洲麦克马多干河谷开展的一项研究是个例外,当时研究人员使用直升机机载仪器探测到了约350米厚的冰层下方长达数百米的

冰川下地下水。但南极洲大部分已知沉积物盆地和冰盖要比上述冰层深得多、厚得多,超出了机载仪器的测量范围。研究人员还在一些地方开展了钻探作业,穿过冰盖勘探沉积物,但勘探深度仅数米。因此,目前的冰盖行为模型仅涵盖冰盖内部或冰下数米内的水文数据。

2018年底,一组物理学家和登山人员搭乘一架美国空军LC-130滑雪飞机抵达惠兰斯湖。他们此行的任务是使用直接安装在地面的地球物理勘探仪器绘制更精确的冰下沉积物地图,探明其特性,勘探工作持续了6个星期。

研究团队采用了大地电磁成像技术,测量高空大气层中产生的自然电磁能量如何穿透大地。冰、沉积物、淡水、咸水和基岩都能传导电磁能量,但传导力不同;通过测量传导差异,研究人员可以绘制出包含不同元素的地图,这一原理类似于磁共振成像。研究团队将仪器在雪坑中放置一天左右,然后



研究人员正在安装地球物理勘探仪器,测量南极洲西部惠兰斯湖冰流下方的地下水。

挖出装置,转移至在下一个安装地点,最终获取了近50个位置的读数。研究团队还重新分析了由另一个研究团队收集的天然地震波数据,确认基岩、沉积物和冰的分布。



研究人员正在安装地球物理勘探仪器,测量南极洲西部惠兰斯湖冰流下方的地下水。

研究分析表明,冰盖底部与基岩之间的沉积物厚度因位置而异,从500米到近2000米不等。研究人员证实,深藏的沉积物中充满了液态水。据估算,如果将所有液态水抽取出来,将形成一个220至820米高的水柱——至少是冰盖内部和底部浅层水文系统容量的10倍,甚至更高。

咸水的电磁能量传导性能高于淡水,因此研究人员也发现,沉积盆地中越往深处的水盐度越高。这是解释得通的,因为这些沉积物可能是很久以前在海洋环境中形成的。海水可能是在5000至7000年前的温暖时期淹没如今被称作惠兰斯湖的区域,咸水进入沉积盆地,使其达到饱和状态。而当冰架再度前移,由上方压力和冰盖底部摩擦产生的淡水融水被挤压进入上层沉积物。这些淡水可能仍在继续向下流动,与咸水混合。

研究人员称,淡水缓慢流入沉积盆地可以防止液态水在冰盖底部积聚,有助于减缓冰盖向前滑动的速度。其他研究人员测得的冰流“接地线”(陆地冰流与漂浮冰架的交汇点)数据表明,“接地线”海水的盐度略低于普通海水。这表明淡水从沉积盆地进入海洋,这为更多融水提供空间,维持系统稳定。

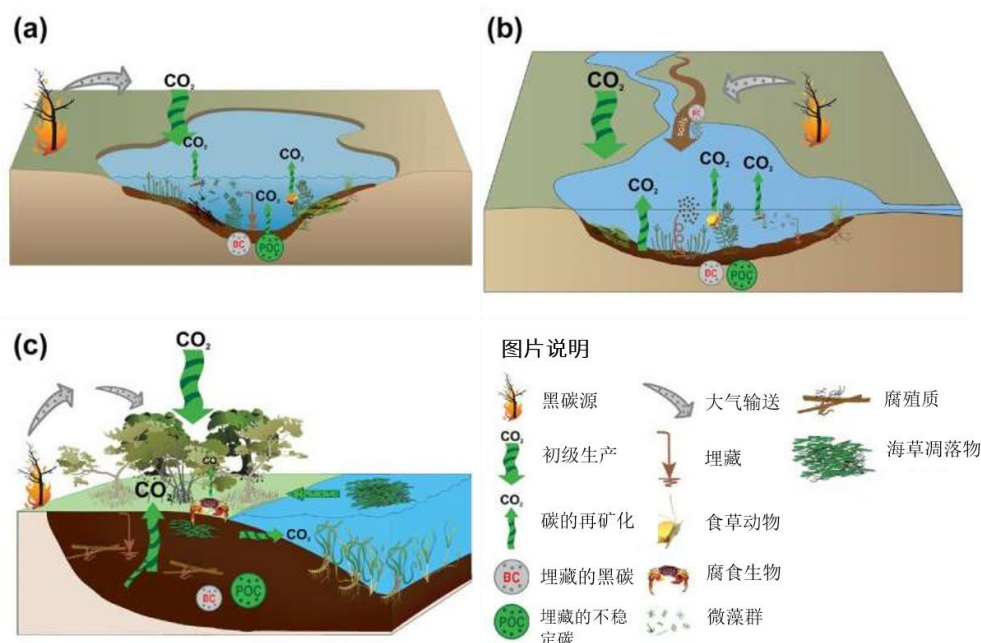
然而,研究人员称,气候变暖很可能导致冰盖变薄,那么水流方向或许会逆转。随着上方压力减轻,地下水可能上涌至冰盖底部,起到润滑作用,加快冰盖滑动速度。在惠兰斯湖冰流的作用下,冰盖每天向海洋移动近1米——这个速度对于冰川来说是非常快的。此外,深层地下水在上涌的过程中会携带基岩产生的地热能,加速冰盖底部融化,进一步加速冰盖滑动。但是目前尚不清楚这种现象是否将会发生,以及将产生何种程度的影响。

研究人员称,在浅层沉积物中发现的微生物也带来另一种启示。这一盆地以及其他更深的盆地中都可能存在大量微生物;如果地下水上涌,可能会带出这些微生物所利用的溶解碳,而地下水横向流动可能将部分碳排入海洋。随着南极冰川融化导致全球海平面上升,南极洲将意外成为一个此前从未想到的碳源。

南极洲广阔的沉积盆地大部分都位于当前海平面以下,夹在基岩上方的陆地冰和濒临大陆边缘的漂浮海洋冰架之间。研究人员认为这些沉积盆地是在海平面较高的温暖时期在海床上形成的。随着气候变暖、冰架后退,海水可能重新侵入沉积盆地,导致冰川入海,最终造成全球海平面上升。这将成为一大威胁。

证实深层地下水活动的存在改变了科学界此前对冰流行为的认知,将推动完善冰川下水流模型。

湿地的碳汇减排能力再评估



a案例一的概念模型:经过一年沉积作用的未成熟半水生湿地池塘,没有物质输入和输出,但受到黑碳的大气沉积影响;**b案例二的概念模型:**经过一年沉积作用的未成熟水生湿地,存在河流和大气物质输入和输出。**c案例三的概念模型:**一个成熟潮间带红树林,经超过100年的沉积作用,存在大气输入和来自邻近海草生态系统的少量沉积。树冠层下,柱状沉积物深层和浅层的纵向方向,以及潮汐交替时期的横向方向,都出现二氧化碳净损失。资料来源:《湿地》(2022)。DOI: 10.1007/s13157-022-01539-5

塔斯马尼亚大学(UTAS)、中国科学院南京地理与湖泊研究所(NIGLAS)和马来西亚沙巴大学(UMS)的研究人员共同提出,目前在减排领域关于温室气体排放和测算的认知与真实数据存在差异。该研究发表在《湿地》上。

测算埋藏有机碳通过柱状沉积物的向下储积并不是衡量固碳能力的准确方法,因为它与开放系统内生态系统净生产(NEP)的固碳不尽相同。

内陆和沿海湿地沉积物的有机碳储积,一直被认为是衡量不同气候尺度的长期和平均固碳率

的便捷方法。然而,湿地会接收产水区和邻近水体的有机物输入。这些有机物可能不稳定,容易被消耗或分解,且对于没有消耗或分解的碳循环来讲属于外来迁移物。

因此,我们要了解的不是沉积物记录中的有机物埋藏总量,而是除去消耗的不稳定有机物输入、再除去大多为黑碳和高热碳的外来迁移输入之后的湿地植被固碳速率。

为了做出准确评估,研究人员完善了一个常规分解模型来追算原始输入率,再预测全部有机源埋藏100年后的剩余量。基于这个模型,研究人员发现红树林和海草生态系统的碳储积量平均为各自固碳率的33.5和7.2倍。该研究还表明,与无遮盖或多稳态相关的固碳量并没有涵盖进自愿性或强制性碳市场,仅包含湿地有机物存量的损益率很有可能影响数据的准确性。照此算法,结果会低估湿地系统的减排能力。事实上,将湿地作为减排手段时,也应考虑到修复后的生态系统在沉积物储存方面的增益。

本文摘译自: <https://english.cas.cn/>



亚太国家领导人呼吁实施 从源头到海洋的系统管理

第四届亚太水峰会于4月23日至24日在日本熊本市举行。峰会宣言呼吁各方实施从源头到海洋的系统管理,加强跨部门协作,在后疫情时期建设具有韧性的社会。

亚太水峰会是水领域的一项重要活动,会议期间,亚太地区各国元首,高级别政策制定者和决策者齐聚一堂,探讨和解决与实现可持续发展目标所涉及的水议题。

峰会通过了《熊本宣言》,明确了各国将纳入国家政策的承诺。《熊本宣言》强调了实施从源头到海洋管理方法的必要性:

“水问题与粮食安全和能源安全密切相关。我们将全面、充分地考虑水的价值;采用从源头到海洋的方法,以冰川为起点实施更有效的水资源管理,更好地对水资源管理与减少灾害风险、改善环境和提高用水效率综合施策,最终实现可持续发展。”

2017年第三届亚太水峰会上通过的宣言就已经强调了淡水、海岸和海洋之间唇齿相依的关系,但本次峰会首次明确提到了从源头到海洋的管理——认为陆地也是其中的重要一环。除了在峰会宣言中提及从源头到海洋管理之外,峰会主席、日本前首相森喜朗在总结发言中也重申了实施从源头到海洋管理的必要性,并进一步概述了宣言落地的路径。他强调:

“在各层级提高政策一致性,制定相关法律和其他政策框架,充分考虑从源头到海洋和水资源综合管理(IWRM)方法,以恢复和维系健康良好的水循环。框架覆盖范围不应仅限于淡水,还应包括冰川等固态水、含水层、海洋和岛屿。”

峰会的案例展示和实施路线文件进一步介绍了从源头到海洋管理模式,内容包括从源头到海洋管理行动平台“从源头到海洋管理基础”项目中的“武贾-图邦河流域案例研究”。

亚太地区亟需这一高级别承诺,这将是成功实施从源头到海洋方法的必要前提。许多亚太国家面临着严重的塑料污染、农田径流污染和未经处理的污水排放等问题。世界上污染最严重的十条河流中有九条位于亚太地区。亚太地区人口稠密,居住着全球60%的人口,且这一地区普遍存在生物多样性丧失和三角洲下沉问题。

除了呼吁实施从源头到海洋管理之外,峰会还明确强调了跨部门协同合作和建立高效多利益攸关方伙伴关系的重要意义。这一观念的转变,其背后体现出全球日益认识到实施综合环境和资源管理对实现可持续发展目标的必要性。

本文摘译自: <https://siwi.org/latest/asia-pacific-leaders-call-for-source-to-sea-management/>

美国伊登维尔坝和桑福德坝溃坝调查报告

2022年5月,在美国密歇根州伊登维尔(Edenville)和桑福德(Sanford)大坝溃坝事故两周年之际,事故独立调查组发布了《伊登维尔坝和桑福德坝溃坝调查报告》,称本次溃坝是可预见、可预防的,

事故的工程原因是过高的库水位引起了坝体静态液化失稳,管理原因是大坝所有者未落实监管要求,且私营性质导致大坝发电收入不足时,无人承担升级改造溢洪道的费用。



伊登维尔坝和桑福德坝溃坝后情况

工程简介

伊登维尔坝和桑福德坝位于Tittabawassee河上,均建成于20世纪20年代,伊登维尔坝处于桑福德坝上游约18.5千米的位置。伊登维尔坝在建成后一直作为发电设施运营,直到2018年被美国联邦能源管理委员会(FERC)吊销许可证。工程包含四段土坝、两座溢洪道和一个发电站,总长度约1820米。伊登维尔坝所蓄积的水库被称为Wixom湖,在正常库水位下,湖面面积约为918公顷。密歇根30号公路将Wixom湖一分为二,东侧蓄水来自Tittabawassee河,西侧蓄水来自Tobacco河。据调查,在事故发生的前几十年里,伊登维尔工程中的两座溢洪道均不能正常使用。桑福德坝由三段土坝、一座自溃式非常溢洪道、一座闸门溢洪道和一个发电站组成。桑福德湖的湖面面积约为627公

顷,海拔约为192.3米。桑福德工程的左坝体从坝肩位置延伸到发电站,长度约为49米,最大高度约为10.4米。电站厂房和闸门溢洪道为组合结构,溢洪道包含六个弧形闸门,闸门底坎高程约为海拔189.7米,比正常湖面低2.6米。电站包含三台立轴发电机组,总容量为3.6兆瓦。中坝体从闸门溢洪道位置向自溃式非常溢洪道延伸,总长度约为91米,最大高度约为10.4米。右堤坝从自溃式非常溢洪道延伸到右坝肩,长度约为216米,最大高度约为11米。



密歇根州中部的大坝分布



伊登维尔坝卫星照片



桑福德坝卫星照片

事故概况

5月16日, 由Boyce Hydro公司运营的包括伊登维尔坝和桑福德坝在内的四座大坝的库水位均略低于正常库水位, 但已预计到未来几天会出现大量降雨。

5月17日午夜, 伊登维尔坝的库水位约为海拔205.86米, 比正常库水位低0.12米。5月18日5:00

, 库水位开始上升。至7:00, 管理人员开始打开伊登维尔坝的6扇溢洪道闸门, 但直至15:30才打开完毕, 且均为部分开启。至13:00, 库水位达到正常库水位(海拔205.98米)。5月19日1:00, 库水位达到历史最高水位(海拔206.75米)。19日全天库水位仍持续上涨。至17:35, 溃坝事故发生。据调查组



伊登维尔坝溃坝时刻和溃坝后 28s 的情况

估计,事故发生时库水位在海拔207.57米至海拔207.72米之间。随后,伊登维尔坝溃决产生的洪水经由Tittabawassee河流入桑福德水库,虽然桑福德大坝的6扇泄洪闸门已经开启(均为部分开启),且库水位于5月19日19:19达到自溃式非常溢洪道的顶部(海拔193.49米),库水开始从溢洪道漫出,但泄洪闸门与自溃式非常溢洪道的泄量仍不足以泄出暴涨的洪水,库水位仍在继续上升。至19:46,桑福德坝的水位达到海拔194.1米,接近于坝顶位置,且水位还在持续上升,继而便发生了漫顶溃坝事故,右坝体中很大一部分被冲垮,洪水迅速大量地下泄,淹没了下游地区。(以上时间均为当地时间)



桑福德坝被淹没后的情况(当地时间2020年5月19日20:11)

事故原因

深入研判调查报告,可以看出此次溃坝事故是由技术和管理等多方面因素造成的。技术方面的原因,主要包括以下几个方面:1. 伊登维尔坝建于20世纪20年代,其建造与设计方案存在较大出入,坝体在建造时所采用的材质非常松散,这是坝体静态液化失稳的直接物理因素。同时,部分坝体部位的建造也不满足当前的稳定要求。2. 伊登维尔坝受到美国联邦能源管理委员会的监管后,对存在稳定问题和渗流问题的部位进行了安全分析,但未能全面评估坝体的稳定性,没有发现坝体溃决位置所存在的结构缺陷。调查组认为,如果通过检查提前发现了这个缺陷位置,就可以通过斜坡支撑等方式进行修复,避免事故的发生。3. 在泄洪过程中,考虑到操作人员的安全问题以及进一步开启闸门可能会对设备造成的损坏,伊登维尔坝的6扇溢洪道闸门均只做到部分开启。调查组认为,闸门的开度限制了溢洪道的流量,如果伊登维尔坝的闸门能完全开启,最大库水位会比事故发生时下降约0.3米。4. 2020年5月降雨的时空特征导致流域出现异常径流量同样是导致溃坝事故发生的一个重要原因。在事故发生前,大部分降雨出现在流域的北部和东部地区,这增加了Wixom湖流入的水量。并且,几乎所有的降雨都集中在连续的18个小

时内,降雨强度达到平均每小时5.59毫米,这导致径流量集中在一个相对较短的时间内。调查组通过分析发现,正是由于5月份总降雨量中相对较高的比例(约35%)转化为径流,导致了Wixom湖的流入创下记录。管理方面的原因则主要包括:1. 伊登维尔坝流域出现异常大径流和湖水位上升本是可以预见的,却未得到大坝管理者的足够重视。在事故之前,该流域内出现过由于径流异常导致大坝溃坝的事例。大坝监管机构美国联邦能源管理委员会和密歇根州环境、五大湖和能源部(EGLE)关于大坝在校核洪水位下不会漫坝的监管要求多年来一直未得到落实,大坝的管理人员也没有仔细考虑可能出现的洪水及相应的对策。2. 种种原因造成大坝安全的资金保障不足。伊登维尔大坝的两座溢洪道不能正常使用的问题已存在几十年之久,但因发电收入不足,大坝的私营业主一直拒绝进行补强加固。调查组指出,如果在溃坝之前,将伊登维尔坝转化为公有制或建立了某种公私合作关系,便会有足够的资金来支持溢洪道的升级,有效地提升泄洪能力,大概率会避免此次溃坝事故的发生。即使在目前,如果不抓紧对未溃决坝段进行加固修复以提高其稳定性,则在未来的大洪水中仍然很可能再次出现事故。

经验教训

此次溃坝事故为我们进行大坝安全管理提供了一些经验和教训。一、当坝体或者坝基中存在饱和或者松散的砂土、粉质砂土等非塑性砂土时,应当重点考虑对静态液化失稳这一潜在破坏模式的预防。二、对大坝进行安全检查时,要对地质、防洪能力、结构状态、渗流情况、施工质量、泄洪闸门和启闭设备、监测系统、运行维护、隐患治理等方面进行全面检查,并对检查结果进行认真负责地研判。三、在大坝日常管理中,要高度重视泄洪闸门的

维护,在汛期到来前,尤其应确保闸门处于完全“健康”的待命状态。四、面对近年来全球范围内多发、频发的极端天气,要特别重视洪水预报和防范,提升预判、预警、预防能力。五、在应急管理中,大坝运行管理单位应加强与上下游的协调联动,并为各种暴雨和洪水等突发事件制定相应的应急预案。六、应高度重视大坝安全,确保资金投入,切实保障大坝隐患及时排查、及时治理,不断推进新技术新装备在大坝运行管理中的实践运用。

本文转自“大坝安全监察中心”微信公众号5月31日文章《美国伊登维尔坝和桑福德坝溃坝调查报告:事故本可预防》



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
2022年6月11日