



视觉中国供图

# 一年蒸发掉3570个西湖 青藏高原湖泊蒸发量是这样算出来的

本报记者 陆成宽

蒸发是全球地表能量平衡的关键环节,又是水量平衡的重要组成部分。据了解,全球有超过60%的降水会以蒸发的形式返回到大气中。

近日,我国研究人员发展了一种新的湖泊蒸发量估算方法,估算出青藏高原湖泊蒸发总量为每年517亿吨,相当于3570个杭州西湖的水量。

此外,研究还发现,湖泊冬季冰面升华水量大约占湖泊年蒸发量的12.3%—23.5%,是湖泊水量平衡研究重要的组成部分。青藏高原南部湖泊的非结冰期长度和湖泊蒸发量都显著高于北部湖泊。

那么,研究人员究竟为什么要研究青藏高原的湖泊蒸发?他们又是如何计算出湖泊蒸发量的?这种方法适用于世界其他湖泊蒸发测量吗?为此,科技日报记者采访了相关专家。

## 蒸发量与周边生态及气候密切相关

据了解,青藏高原平均海拔近4000米,不仅拥有除南北极地区之外最大的冰川储量外,也拥有地球上海拔最高、数量最大的内陆湖泊群。青藏高原地区的湖泊面积近5万平方公里,占中国湖泊总面积的一半以上。

“它是亚洲许多大江大河的发源地,包括长江、黄河、澜沧江、雅鲁藏布江、印度河、锡尔河等,都是青藏高原孕育而生的河流。这些河流的水资源养育着亚洲数十亿人口,因此青藏高原就被称为‘亚洲水塔’。”中国科学院青藏高原研究所研究员马耀明告诉科技日报记者。

丰富的水资源不断从这里流出,哺育着青藏高原及其下游区域的森林、草地、农田等,也为下游地区的鱼类、鸟类、动物提供了适宜的栖息环境,更是人类生产生活的重要保障。

“更重要的是,青藏高原地区与周边地区的水分交换过程,不仅会通过季风系统将印度洋和西太平洋的大量水汽带到高原地区,还可以通过大江大

河和西风作用将水和水汽从高原向中国东部地区进行输送,影响中国东部地区的降雨过程。”马耀明说。此外,除了青藏高原与周边区域的水分交换,青藏高原巨大的动力和热力作用,还会通过天气相互作用过程影响周边地区的气候变化。

作为青藏高原的重要组成部分,这里的湖泊对气候波动极为敏感,可以看作揭示全球气候变化与区域响应的重要信息载体。湖泊蒸发作为以内流湖为主的青藏高原湖泊水量的输出项,与降水量等都是湖泊水量平衡计算方程中的重要分量,准确测量湖泊蒸发量是研究湖泊水量和能量平衡的关键。近年来,不少研究人员通过各种方法对青藏高原湖泊蒸发进行了估算。

此前,中国科学院青藏高原研究所等单位的研究人员分别进行了亚洲水塔冰川、积雪、径流、湖泊、降雨、陆地蒸散发等水资源储量的评估工作,以便获得对亚洲水塔水资源储量的初步认识。

## 不同测量方法结论差异明显

事实上,在研究青藏高原湖泊水循环过程中,以往对高海拔湖泊的湖—气相互作用观测较少。同一湖泊采用不同研究方法得到的湖泊蒸发量具有明显差异,且湖泊蒸发量空间分布及蒸

发总量至今没有得到确切的数据。

“计算湖泊蒸发量的方法很多,比如基于仪器观测的方法、基于能量平衡的方法、基于水量平衡的方法以及模型模拟的方法等。”中国科学

院青藏高原研究所王宾宾博士说。

基于仪器观测的方法,主要利用了蒸发皿和涡动相关仪等设备,需要前往湖泊区域架设观测仪器并花费大量的人力物力。然而,“由于青藏高原严酷的自然环境条件和交通不便等因素,短期内对大范围的湖泊蒸发直接进行观测并不现实。”王宾宾说,同时由于蒸发皿水体大小、气象和环境背景条件与真实湖泊存在着显著差异,导致这种观测方式往往具有很大的局限性。

与此同时,基于水量平衡的方法、能量平衡的方法以及模型模拟的方法需要大量的观测资料。“以水量平衡为例,我们需要准确知道湖泊区域的降雨量、湖泊地表入流量和地表出流量、湖泊地下入流量和地下出流量等,而这些观测都难以准确获得,并且已有的观测也会存在一定的误差。”王宾宾说。

而模型模拟的方法也需要准确地知道湖泊的深度、透明度等参数,并且需要大量的气象资料作为驱动数据,而模型的湖泊过程参数化方案更需要大量的实际观测资料进行验证。传统的基于能量平衡的方法,需要通过湖泊温度链观测获得湖泊热量存储量,但青藏高原具有

温度链观测的湖泊目前较少,不足以支撑此类计算方式。

“因此,我们基于非结冰期湖泊热量存储量从整体来看接近于零的合理假设,借助于卫星遥感资料和气象再分析资料,对湖泊蒸发量进行了估算。”王宾宾说。相比而言,这种估算方法结合青藏高原湖泊冬季结冰且多为内流湖的区域特点,也具备可操作性。卫星遥感资料的引入可以使研究方法获得区域扩展,而气象再分析资料经过青藏高原观测研究平台资料的验证具有更为可靠的精度保证。

“因为青藏高原的湖泊大概有5万平方公里,按照每年蒸发量平均计算,每年的平均蒸发深度为900—1000毫米。”王宾宾说,这属于一个正常的蒸发量,蒸发的水汽到空气中还会形成雨雪降落到地面,这是一个自然水循环的过程。另外,在当前气候变暖的背景下,青藏高原水循环过程是在加快的。

新估算方法基于卫星遥感资料得到了青藏高原75个大型湖泊的湖泊蒸发量、冰水候特征及其蒸发水资源量,这些数据对于未来准确估算湖泊的水储量及其变化有重要意义。

## 新测量方法并非适用于所有湖泊

那么这种方法是否适用其他湖泊蒸发量测量呢?

对此,王宾宾表示,这一新的湖泊蒸发量估算方法考虑到了青藏高原湖泊的具体特性,例如这里大多数为内流湖,通常具有时间长短不一的结冰期等。如果想用这种新方法对世界上其他地区的湖泊年均蒸发量进行估算,通常也需要对具体湖泊的特性进行具体分析以便应用。

但是,对于一些湖泊来说,这种估算方法可能并不适用,比如湖泊具有水量巨大的人流和出流,这些入流和出流通常伴随着大量的能量交换,使得湖泊水体热量存储项可忽略的重要假设难以成立。

“必须要明确的一点是,因为青藏高原湖泊

面积相对于陆地面积来说比较小,因此湖泊蒸发量相对于陆地蒸发量来说是比较小的。所以从整个青藏高原地区来看,湖泊蒸发量对于气候环境的影响不会太大。”王宾宾在谈及湖泊蒸发量对于气候环境研究的意义时强调。

但是在一些具体的湖泊流域,湖泊蒸发量对当地气候环境的影响就比较大。王宾宾举例说,纳木错流域由于湖泊的存在,在纳木错下风向区域就存在着湖泊效应,导致纳木错下风向区域的降雨和降雪相对于其上风向区域更高。

“青藏高原到底有多少水?青藏高原的水资源在气候变暖背景下会出现怎样的变化趋势?对于这些问题,我们一直都在重点关注。”王宾宾说。

# 洪水来了,为啥要给它编号?

本报记者 唐婷

入汛以来,黄河、太湖、长江先后发生编号洪水,水利部多次启动水旱灾害防御应急响应。

可能很多人会注意到“编号洪水”这个较为陌生的词,那到底什么是编号洪水?在什么情况下需要启动水旱灾害应急响应?带着这些问题,科技日报记者采访了业内专家。

## 有助于提高防范风险意识

在水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心副主任杨昆看来,对洪水进行编号向社会发布,有一个很重要的作用在于提醒大家,哪些江河目前正处于洪水过程中,以提高公众防范洪水风险的意识。

“对于防汛部门来说,出现编号洪水,就意味着江河的关键站点水位达到警戒水位或其他特定值,堤防有发生险情的可能,需要加强巡查检查,

做好洪水防御相关工作。”杨昆说。

如何对洪水进行编号?具体而言,洪水编号由江河(湖泊)名称、发生洪水年份和洪水序号三部分顺序组成。例如,7月2日,三峡水库10时入库流量达到50000立方米每秒,此次洪水是长江2020年第一次达到编号标准的洪水,于是被编号为“长江2020年第1号洪水”。

## 视具体情况有不同编号标准

针对近年来各流域洪水情势发生的变化,2019年4月,水利部发布了修订后的《全国主要江河洪水编号规定》(以下简称《规定》)。

“依据《规定》,全国大江大河大湖以及跨省独流入海的主要江河水位(流量)达到的警戒水位(流量),以及在无该指标的情况下出现2—5年一遇洪水量级或影响当地防洪安全的水位(流量),均可定义为洪水编号标准。”杨昆指出。

随着水位逐步升高,河流、湖泊堤防可能发生险情,需加强防守的水位被称为警戒水位。

以长江洪水编号为例,《规定》明确编号范围为长江干流寸滩至大通江段。当长江洪水满足下列条件之一时,需进行洪水编号:上游寸滩水文站流量或三峡水库入库流量达到50000立方米每秒;中游莲花塘水文站水位达到警戒水位(32.50米,冻结吴淞高程)或汉口水文站水位达到警戒水位(27.30米,冻结吴淞高程);下游九江水文站水位达到警戒水位(20.00米,冻结吴淞高程)或大通水文站水位达到警戒水位(14.40米,冻结吴淞高程)。

一旦长江出现复式洪水,当洪水再次达到编号标准且时间间隔达到48小时,需另行编号。复

式洪水主要指较为罕见的洪水“叠加”现象,多由上游降雨间隔较短导致,如1998年汛期,长江上游先后出现8次洪峰并与中下游洪水遭遇,形成了全流域型大洪水。

## 应急响应分级有助快速决断

根据水旱灾害发生的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素,水利部水旱灾害防御应急响应从低到高分四级,Ⅳ级、Ⅲ级、Ⅱ级和Ⅰ级。

“按照工作规程,每一级水旱灾害防御应急响应都有相应的启动条件和程序,以及响应行动。”杨昆介绍,以目前所处的Ⅲ级应急响应为例,启动条件包括一个流域发生中洪水、多个流域发生小洪水、大江大河发生超警洪水、大江大河干流堤防出现重大险情、大中型水库出现严重险情或小型水库发生垮坝等。

启动Ⅲ级应急响应后,水利部会向相关流域、地区发出通知,通报启动响应情况,对防御工作作出安排;加强会商研判,加密水情监测和滚动预报;派出工作组和专家组赴防一线指导;根据汛情、险情及地方需求等,提请应急管理部做好抗洪抢险及险情处置等工作。同时,水利部门各有关单位进入应急值守状态,按照职责分工做好各项工作。

在杨昆看来,启动水旱灾害防御应急响应,主要是通知相关部门进入应急状态,做好相应的监测预报预警、水工程调度、山洪灾害防御、堤防巡查和抢险技术支撑等防御工作。对公众而言,要及时关注相关预警信息发布,尽量避开危险区域,必要时服从避险转移指挥,做好个人安全防护。



近日,安徽省歙县遭遇特大洪涝灾害,县城多处洪水“上路”,严重积水,道路受阻。

新华社发(潘成摄)

## 新知

### 气球注满水

### 可变身高性能发电机材料

科技日报讯(洪恒飞 柯溢能 记者江耘)灌了水的气球,有很好的弹性和可拉伸特性,构成气球的气球材料则具有优良摩擦电特性——在科研人员眼中,注水的气球成了制作发电机的好材料。

近日,浙江大学海洋学院海洋电子与智能系统研究所纳米能源研究团队,利用气球制成了可用于收集波浪能的多倍频高性能摩擦纳米发电机。研究成果已发表于国际著名期刊《先进能源材料》。

据了解,由浙江大学徐志伟教授领衔的研究团队制备的这一多倍频高性能摩擦纳米发电机,由一个方形盒和一个水气球两部分构成:方形盒内壁上覆盖一层导电铜箔,导电铜箔表面粘一层尼龙薄膜,将导线放入注有氯化钠水溶液的气球,再将制作好的水气球放到方形盒中,这台发电机即可投入使用。

“根据摩擦起电原理,当气球和尼龙薄膜相互碰撞摩擦时,两种薄膜的表面会带上等量的异种电荷。当两种薄膜做接触—分离运动时,气球中的氯化钠溶液和导电铜箔就会感应出等量异种电荷,这时连接两个电极的电路中就会产生交变电流。”项目执行人夏克泉解释说。

据介绍,由于水气球具有一定的弹性和可拉伸性,因此即便受到低频的外力作用,也会和尼龙薄膜不断碰撞摩擦,并在表面不断积累电荷直到达到饱和,进而产生多倍频的输出电流。根据实验测试,在1.5赫兹的工作频率下,这款发电机短路电流的瞬时峰值可以达到147微安,开路电压的瞬时峰值可以达到1221伏。

值得一提的是,这一多倍频高性能摩擦纳米发电机可收集任意方向的机械能,在海洋能收集方面具有广阔前景。相同条件下,它在一个工作周期内的总转移电荷是传统摩擦纳米发电机的28倍。

### 虽然没有翅膀没有四肢

### 但金花蛇有自己的“飞行”秘籍

张二七

金花蛇是已知唯一会“飞行”的蛇类,这种“飞蛇”能够在树木间滑翔。近期,来自美国的科研团队成功开发出一种可连续的三维数学模型,并以此揭示出金花蛇“飞行”的两个关键因素。相关研究成果发表在《自然·物理学》杂志上。

说它们“会飞”其实并不太准确,金花蛇只是拥有短距离滑翔的能力。比如,有的金花蛇会在高处的树冠间弹跳穿梭,从一根树枝滑翔到几米外的另一根树枝上。当它在半空中摆动身体时,看起来就像是在飞行一样。

### “飞蛇”竟是空气动力学高手

作为一种没有四肢的动物,这种蛇的“飞行”能力的确令人震惊。它们是如何在树冠间穿梭,而不会失去平衡并跌落在地的呢?2002年,弗吉尼亚理工学院的杰克·索查在《自然》杂志发表了一篇关于这种蛇“飞行”能力的文章,将这种蛇及其卓越的滑翔技巧带入了人们的视野。

在这项研究中,索查发现,准备“起飞”时,金花蛇会先爬到树枝的顶端,把自己挂成“J”形,然后像个弹簧一样收缩身体,准备发射。起跳后,为了“飞”得尽可能远,它会把身体变得扁平,宽度几乎可达正常状态的两倍。从横截面看,它的身体腹部向上弯曲,变成了一个横放的“C”字状。索查当时认为,这种飞盘一样的形状可以让身体下方的气压更高,从而使空气更好地“托起”蛇的身体。

2010年,索查和研究团队专门搭建了一座8米多高的高塔,并在上面装了树枝,来模拟树冠。他们发现,从这些塔上跃下,金花蛇最远能滑翔24米。他们让蛇反复跳下,并用4台照相机捕捉蛇在滑翔过程中的动作。

通过这些图像,研究者3D打印出一个滑翔中的扁平的金花蛇模型,并放到水缸里,通过水流研究其流体动力学特征。同时,他们还联系了华盛顿大学的航空工程师,在电脑中对蛇模型进行空气动力学模拟。最终,他们发现在金花蛇的滑翔过程中,空气的“吸力”似乎起到了重要的作用:当金花蛇的身体变得扁平后,蛇身上方形成了小小的涡流,这里的低气压把蛇“吸”了起来。

### 扭动或有助于保持平衡

但金花蛇的滑翔能力还存在着一个谜团:它们在滑翔时为何要摆动身体呢?

在最近发表于《自然·物理学》的这项研究里,研究者采用了天堂金花蛇作为研究对象,并且在蛇背部安放了一系列红外反射标记。这样,就能通过动作捕捉技术,复原蛇在滑翔时身体的所有动作。

研究团队选择了一个副院作为试验场,并设置了一棵“人造树”,这棵树的树枝是橡皮,上面粘有假的叶子和藤蔓——这里就是蛇滑翔的起点。在随后的9天里,研究者不断让蛇从这棵树上跳下,并用一套由24台摄像机组成的动作捕捉系统,实时记录蛇身上标记物的位置。

借助这些数据,研究者终于获得了一个“解剖学意义上准确的”金花蛇三维模型。他们结合惯性和空气动力学的影响,在电脑上分别模拟金花蛇在有无摆动时的滑翔能力。他们发现,在不摆动时,金花蛇也能滑翔很远一段距离,但是在滑翔过程中极易发生翻滚或坠毁。当添加了摆动的动作后,金花蛇模型则可以稳定滑翔很长一段距离。

然而,伦敦大学学院的吉姆·安德伍德在另一篇文章中认为,不能简单粗暴地认为金花蛇的摆动只是为了滑翔的稳定性,并彻底排除这种摆动只是它们正常运动习惯的可能性,“这两种观点可能都是正确的”。

尽管未能完美回答最初的问题,这项研究仍然对相关蛇形机器人的改进设计提供了很大帮助。研究者在论文中提到,这项研究可以为以飞蛇为灵感的蛇形机器人的设计,提供空中摆动的运动模板和理论基础,同时也能帮助简化现有的类似机器人。

(据《环球科学》)