

# 大气河流概念开启环境新世界观

The concept of atmosphere rivers opens a new world view on our environment

■文、图 / 黄丽锦

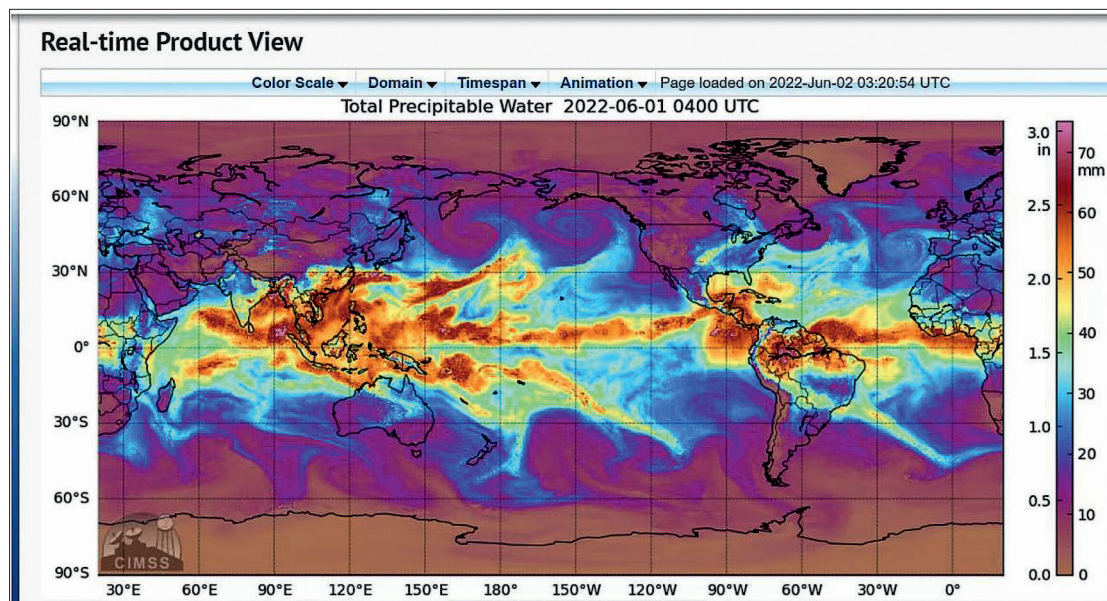


图1 实时呈现全球降水测量效果

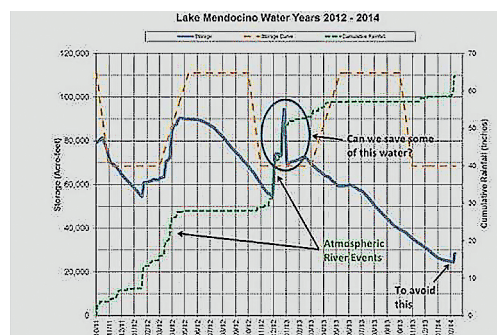


图2 2012-2014年美国门多西诺湖水情况

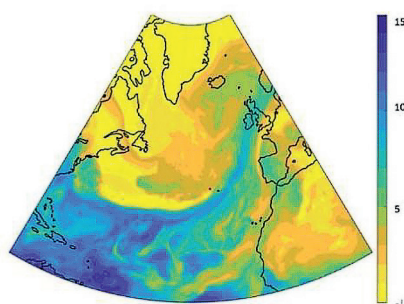


图3 这张地图记录了最早被认可的大气河流之一，因为它在2009年覆盖了不列颠群岛，突然倾倒了316毫米的降雨

陆地上的水向同一个地方聚集并移动，形成河流，天空中的水汽也有类似的情况，我们称之为大气河流。大气河流长有数千公里，宽有数百公里。它们流动很快，携带的水量比亚马孙河还要多。大气河流和雨弹是2022年气候变化的新语言。最新的技术组合将卫星扫描与从飞机上收集的大气样本连接起来，并在超级计算机中进行处理，在线实时呈现全球降水测量结果，如图1所示。

我们开始接受这样一个事实，即对整个河流域进行综合管理比仅仅管理某个部分要更科学。流域环境综合管理已成为保护农场和森林的必要条件，仅仅是为了控制河流，这也是十分重要的。1998年洪灾后，时任国务院总理朱镕基在清华大学进行分水岭示范，在体育场大小的水文实验设施中，水从模拟牧场和裸地的斜坡上流下来，良好的集水区对于阻止洪水的重要性是显而易见的，这次实验是启蒙和后续工作的里程碑，为了保护分水岭，国家改变了政策。

现在，新的科学揭示了天空中的大气河流现象。过去十年的数据显示，地理学上的流域就像一个漏斗，大气中的河流流入其中。在气流的运动中有着可识别的逻辑，而

不是像拉尼娜那样模糊和神秘的模式。现在科学技术可以为我们提供天空中含水量的图像,这给我们带来很大的益处。大气层中较小的河流给农场带来了所需的温和降雨,给沙漠带来了生命,而一条巨大的大气河流可以在漏斗的某处倾泻,造成灾难性的山洪暴发。

考虑气候变化趋势的动态——在30°C时,如果湿度为100%,则每立方米大气中含有30公斤的水。在潮湿海洋上空,当温度为40°C时,每立方米大气可容纳50公斤的水,这意味着1.5°C的升温将导致每立方米大气中的水多了一块砖的重量。

在图1中,有一个链接指向全球大气河流的实时表示。正是从中央脊椎流出的细蓝色“舌头”构成了到达陆地的大气河流。美国西海岸受影响最大,也是对该现象进行深入研究的地方。在2个世纪的天气记录中,美国西海岸的特点是半干旱,但降雨变化无常。美国东半部的年降雨量变化仅为20%,而西半部的年降雨量变化则超过60%。现在人们已经认识到,西海岸降雨的一半原因是大气河流变化引起的。虽然大气河流“舌头”伸出是一种常规模式,但它们到达陆地的确切路径,直到最后10天左右都不可预测。

学科间开放的合作可以解决共同面临的问题。海洋学机构(斯克里普斯、NASA)、大坝运营商(美国陆军工程师)、公共和私人农业利益相关者组成了一个“预报信息水库运行小组”(Forecast-Informed Reservoir Operations, FIRO),他们可以结合10天的预测信息来管理水库水位。在2017年发生了一场重大溢洪道灾难后,这一挑战变得非常严峻。图2显示了美国加利福尼亚州门多西诺湖大坝2年的记录,累积降雨量用绿色虚线表示,注意大气河流的两个转向,蓝线表示大坝中的水位,中期的急剧峰值是释放水的危险信号,如果雨水过多将无法储存。当预报员看到未来没有大气河流现象发生,他们就不会放水,并将水储存起来以备干旱之需。

预测气候变化可以让我们有所准备,降低各种风险。加利福尼亚人已经了解到,天气和气候变化具有不确定性,当其变化不符合预测结果时,将受到科学

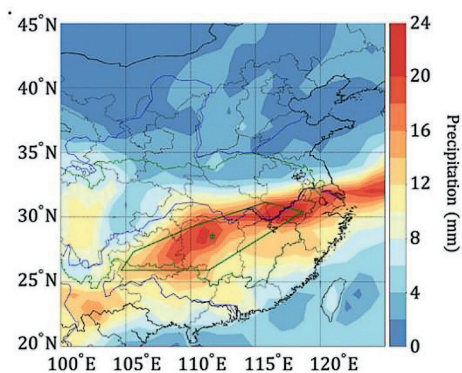


图4 对于长江流域,大气河流卷曲流起源于阿拉伯海和孟加拉湾,从中国海向西流动

否定者的嘲笑,但改进数据和对因素的认识有助于我们做出更明智的预测。巨额投资(包括配备特殊仪器的飞机,专用于综合方差运输IVT的卫星等)在美国西海岸是必要的,这里是富裕经济区,对洪水和干旱预防准备不足可能会造成数十亿美元的损失。

大气河流在其他大陆的发生率可能具有不同的特点。2009年英国发生了创纪录的洪水,一天内达316毫米的降水量,当时人们不了解这种现象的原理,将其视作罕见的事件(图3)。大气河流从热带加勒比地区延伸,将数十亿立方米的暖湿空气输送到不列颠群岛上空后冷凝产生降水。未来需要进一步的研究,还有负担飞机飞行的高昂费用,这样才能将蒸汽含量的横截面输入带有实验算法的超级计算机,以便能够在各大洲的各个目标位置做出有用的减灾响应。

中国确实是个特例。大气河流不像穿越太平洋并袭击美国西海岸那样明显。到达长江流域的大气河流路径复杂(图4)。它始于阿拉伯海,途经孟加拉湾、中国南海,最后回到中国东海岸,向西上盆地。研究人员可以逐渐提高对某个感兴趣领域特有的相关因素的认识,并微调预测。研究员陆荫茜(mengqian.lu@ust.hk)的报告中创建了一种新算法,该算法缩小了通往长江流域的各个大气河流的可能性。

2022年3月,一条大气河流袭击了澳大利亚东海岸。墨尔本一名监测大气河流的博士看到了它的到来,不敢相信它是真的。一名记者在郊区的洪水中采访居民,居民称这是“雨弹”。美国国家航空航天局看到了它的到来,他们在2022年3月20日至23日之间监测到了这一前所未有的气候变化事件。巧合的是,根据中国防疫政策,一位负责支持中国生态系统生产总值核算的国际专家壮歌德被调到澳大利亚,他与国家团队开会时说,“气候变化已经发生了。我正身处气候变化中。1954年我9岁的时候看到同学们在他们的屋顶上被洪水冲走。这次更糟,洪水涨高了2米。”

气候变了,大气河流是真实的,每立方米大气中额外含有一块砖重量的水。☞