

滑坡会冲到哪儿？它能提前算准

“万物皆流体”让防灾避险再快一步

■本报见习记者 樊晓丽

今年的汛期来得更早、更猛。

据报道,5月下旬以来,重庆22条河流超过警戒水位,陕西部分地区地质灾害风险急剧攀升,湖南多地接连发生山体滑坡。而在贵州贵定,一次约10万立方米的山体垮塌,掩埋了6栋民房,造成4人遇难、5人失联。

一个极其现实的问题摆在面前:滑坡发生时,我们能否快速、精准地算出它会冲到哪儿,会不会堵住河流?下游的人该往哪儿撤离?

对此,中国科学院成都山地灾害与环境研究所(以下简称成都山地所)研究员吴永团队给出了一套全新的解决方案,核心思想出人意料地简单——把滑坡、水流甚至防浪桩,统统当成同一种“流体”来算。

告别“又慢又不准”的老办法

过去几十年,全球预测滑坡的模拟方法把滑坡体、河湖水体和防浪桩视为3种不同性质的物体,分别采用固体力学、流体力学和结构力学进行计算。这3套体系互不相通,如同在一台电脑上同时运行3套不同的操作系统,极占内存,常常卡顿。

“普通计算机要把滑坡、水流和防浪桩放在一起精确模拟,动辄数天。”吴永解释说,对于需要快速比选方案、紧急作出决策的防灾一线而言,这种效率根本无法满足需求。

目前,广泛用来模拟滑坡的Savage-Hutter模型(以下简称SH模型)虽然计算速度快,但常常无法实现精准模拟。

针对这一问题,团队详细分析SH模型存在的不足,通过引入一个全新的参数——固相因子,弥补了其在模拟不同流态灾害中的不足。

“相当于增加了一把可调节的‘物质黏度标尺’,让它既适用于‘干块块’,也适用于‘稀泥浆’。”吴永说。这项成果就是团队提出的增强型SH模型。

一把“标尺”打通壁垒

正是这把标尺,引发了滑坡涌浪及结构防治计算理论方法的跨越。

团队在研究中发现了一个显著的规律:调整标尺刻度,原本描述滑坡的方程竟能逐渐“变形”。于是他们大胆猜测:能否将滑坡体、河湖水体甚至防浪桩统统视为同一种“广义流体”,只用一套方程就模拟出滑坡的全过程?

起初质疑声不小,团队成员觉得“难以落地”。一次同行评审中,有学者直接表示:“防浪桩是固体,怎么能当作流体来算?”

吴永没有急着反驳。他带领团队用了近一年时间反复实验和推导。他们在实验室搭起小型水槽,模拟滑坡入水、涌浪拍击防浪桩的真实场景。

那把标尺派上了大用场:刻度越小,越像自由流动的水;刻度逐渐增大,物质就变得越来“黏稠”,甚至固态化——从缓慢变形的滑坡体到几乎不动的防浪桩。反复调整后,计算机模拟结果与物理实验精确吻合。

光有实验还不够。团队回到理论层面,一步步拆解方程,最终完成了数学自证。当标尺的刻度恰好为1时,这套复杂的新方程精准演化为学术界公认的经典公式——浅水方程。这意味着,新理论来自经典并容纳经典。

经过进一步验证,统一流体模型正式建成。它将滑坡、涌浪、消浪结构全部纳入同一套计算框架,实现了一键求解,整体计算效率比传统耦合模型提升了约5.8倍。

2026年初,这项成果发表于《水文学杂志》。审稿人评价:“该模型为灾害评估提供了一种有价值的模拟工具,并有助于减小滑坡诱发涌浪灾害的影响。”

精准锁定数十万方深山“暗礁”

实验室是“练兵场”,深山峡谷才是“试金石”。

四川省阿坝藏族羌族自治州壤塘县八格都寨位于青藏高原东缘高山峡谷,是典型的堵江型滑坡发育场地。2018年起,这里山体大面积变形,严重威胁5户24名群众生命安全,被当地认定为“危害最大、威胁最广”的隐患点。

受当地政府委托,团队针对这一真实滑坡变形体开展计算分析,科学给出了滑坡可能危害区域、堵江范围、堰塞湖水位等关键参数,支撑了当地政府超前整治,优化了防护方案。

令人意外的是,模型还成功识别出该区域存在一个数十万方的次级不稳定块体,并预测一旦该块体二次滑动入水,可能激起约1.3米高的涌浪。当地政府收到报告后勘察证实,模型对不稳定块体空间位置、体积范围的判断,与实测基本一致。

“得到这一消息后,我感到既踏实又揪心。”吴永回忆,“踏实的是,模型的灾害预判能力得到了实景验证。揪心的是,山里还有多少这样的隐患我们没发现?”

成都山地所研究员何思明评价说,该模型最大的突破是在同一套流体理论框架下,打通了“滑坡启动-滑动入水-堰塞蓄水-二次涌浪-防治”的全链条模拟通路,兼顾计算效率和模拟精度。“它让我们跨出单纯用于学术推演的圈层,真正逼近防灾决策的核心需求。”

让撤离比滑坡“再快一步”

一套模型的价值最终要看一线用不用得上、好不好用。

在效率方面,普通计算机利用该模型完成百万立方米级滑坡-涌浪-防护全过程的高精度模拟仅需数小时,而传统方法往往需要数天甚至数周。这意味着,工程团队可以在几天内完成数十种防护方案的比选。

在结论实用性方面,大量数值模拟给出了量化的工程建议:将防浪桩布置在滑坡入

水一侧的岸边效果最好,涌浪最大波高削减率达64.7%,且能有效控制首浪,将其从1.9米降至0.67米;而布置在对岸或水体中央时,削减率分别仅为31.2%和42.5%。

“位置错了,效果差一半。对于一座大型水电站的防浪工程而言,这可能是几千万元至上亿元的投资差别。”团队骨干王英鹏说。

目前,基于该成果提出的“入水侧岸边水下桩群”方案,已在西部某大型水电工程库区启动现场试验。

中铁二院工程集团有限责任公司高级工程师沈均正是该方案的运用者。他告诉记者,以往,涌浪评估主要依托经验公式和少量物理模型实验。经验公式局限于规整河谷,模拟天然的复杂地形时,结果往往出现较大偏差。而物理模型实验周期长,动辄数月且成本极高。因此,他们只能筛选少数几种防浪桩的布局方案进行对比。

“现在,我们几天内就能批量完成不同桩位、桩径、桩距的涌浪削减验算,设计周期大幅压缩。”沈均说,这一模型建模无需繁琐设置,工程师上手门槛也低。

不过,他坦言,针对极端天气状况、复杂异型河道条件,目前还没有明确的参数适配;部分深山峡谷中,针对特殊岩体还缺乏实测的标定数据。

当前,我国已进入主汛期,极端强降雨多发频发,由此引发的地质灾害的风险持续升高。统一流体模型要在实战中发挥更大效用,仍需攻克野外陡崖、沟槽等不规则边界条件限制,以及高寒地区冻融循环对岩土参数影响等难题。

“如果进一步开发轻量化、可视化的计算软件,嵌入灾害管理平台,让我们无需专业编程基础就能独立开展滑坡风险快速测算,那就更好了。”西藏交通勘察设计院有限公司一线技术人员武旺明满怀期待地说。

“这正是我们下一步努力的方向。”吴永回应。他希望,他们的努力能让每一次撤离都比滑坡“再快一步”。

发现·进展

北京大学等

发现复合驱动型骤旱激增原因

本报讯(记者朱汉斌)北京大学朴世龙院士团队与华南理工大学唐洪武院士团队合作,构建了一套基于可解释人工智能的复合诊断体系。研究发现,由人为强迫主导的复合驱动型骤旱(以下简称骤旱)激增,是近几十年来全球骤旱频次显著增加的重要原因。相关成果近日发表于《科学进展》。

团队利用1951至2022年多源再分析数据及CMIP6地球系统模式,构建了一套融合深度学习、可解释人工智能和降维聚类分析的骤旱驱动机制复合诊断体系,系统剖析了全球骤旱频次变化的主导机制。

研究发现,全球骤旱的主导机制已发生重大转变:过去以单一降水亏缺驱动型骤旱为主;而近10年来,由高温、植被蒸腾增强和降水减少共同驱动的复合驱动型骤旱迅速增加,并已占据主导地位,直接导致全球骤旱频次激增。值得注意的是,复合驱动型骤旱具有发展更快、持续时间更长、强度更高等特点。

归因分析表明,这一转变主要由人为强迫增强所致。这意味着,人类活动不仅改变了气候系统,还通过影响植被生长强化了陆地水循环过程,从而放大了干旱风险。研究还指出,上述变化已显著超出自然气候变率的范围。自2017年前后起,欧亚大陆、亚马孙和非洲等多个区域已出现清晰的人为驱动信号,标志着全球骤旱进入“人为主导阶段”。

从影响看,过去20年间,全球受骤旱影响的人口从约1亿人激增至6.5亿人;同时,陆地生态系统生产力显著下降,碳汇能力遭到削弱。这表明,骤旱不仅是巨大的气候风险,还可能反作用于全球碳循环,形成潜在的气候正反馈效应。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/sciadv.aea8452>

燕山大学

首次在原子尺度揭示金属铁氧化机制

本报讯(记者陈彬)近日,燕山大学黄建宇教授、田永君院士团队利用原位环境扫描/透射电子显微镜技术,首次在原子尺度上实时观测到金属铁在氧化环境中的氧化过程,揭示了铁氧化过程中关键相变路径及原子迁移机制。相关成果近日在线发表于《美国化学会志》。

由于氧化过程发生在纳米尺度甚至原子尺度,其动态演化机制长期难以直接观测,铁氧化过程中氧化物如何形成、相变如何发生、金属原子如何迁移等关键问题一直存在争议。

团队利用先进原位电子显微技术,首次直接捕获了铁氧化从初始阶段到稳定氧化层形成的完整演化过程。研究发现,金属铁氧化首先起始于表面氧吸附过程,并形成初始氧化亚铁氧化层。当氧化亚铁层达到临界厚度后,氧化亚铁到四氧化三铁的相变并非发生在气-固表面,而是在氧化亚铁/铁界面处启动。

进一步研究表明,该界面相变驱动了铁原子持续向表面扩散,使不断增长的四氧化三铁氧化层表面持续形成并保持氧化亚铁层,最终形成氧化亚铁/四氧化三铁/铁三层结构。

这一发现突破了传统观点中“氧化态沿气-固方向逐渐升高”的认识,即氧化铁/四氧化三铁/氧化亚铁/铁结构模型,揭示了铁氧化过程中由界面驱动的反常相变机制,为深入理解金属铁氧化的原子起源和相变演化过程提供了关键实验依据。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1021/jacs.4c05309>

近12亿人患精神障碍？它传递的不是恐慌，而是提醒

■朱廷劭

今年5月21日,《柳叶刀》刊载了一份基于“全球疾病、伤害与危险因素负担研究”的报告。报告显示,2023年,全球有近12亿人患有精神障碍——这是该报告给出的核心数字。它表明,全球每7人就有1人正受到某种精神障碍的困扰。

近12亿人患有精神障碍,这一数字究竟意味着什么?

最受关注的转折:失能人群“低龄化”

从1990年到2023年,全球精神障碍患者人数增长了95.5%。更值得注意的是趋势的一致性,报告统计了12种精神障碍,患者人数无一例外全部增加。这意味着,精神障碍的增长并非个别病种的偶发现象,而是一种覆盖面极广的整体性上升。报告指出,精神障碍正逐渐成为患者失能的主要原因之一。

在所有精神障碍中,增幅最大的是焦虑与抑郁。与1990年相比,二者分别增长了158%和131%。在精神医学领域,焦虑与抑郁被称为“常见精神障碍”,突出特点是对社会环境高度敏感。经济压力、就业竞争、城市生活中的个体疏离,乃至社交媒体上无休止的比较,都可能成为诱因。

2023年这一数据恰好覆盖了新冠疫情大流行的全过程——隔离、丧亲、收入中断以及对前景的普遍担忧,都是真实而强烈的心理应激源。因此,焦虑与抑郁的高速增长提醒我们,它们并非“矫情”或“想得太多”,而是与时代处境紧密相连、可被理解也可干预的健康问题。不只总数令人警觉,报告中最具警示意

义的是研究者首次发现,15至19岁的青少年已成为因精神障碍而失能的主要人群。报告第一作者、澳大利亚昆士兰大学公共卫生学院副教授达米安·圣毛罗指出,过去因精神障碍失能的人群以中年患者为主,如今重心已明显前移至青少年群体。

这一转折与精神病学的一项基本规律相互印证——精神障碍在很大程度上是一种“起病于青少年期”的疾病。流行病学研究反复证实,约半数精神障碍在14岁前已经起病,3/4在24岁前出现首发症状。青春期正是负责情绪调节与冲动控制的前额叶皮层尚未发育成熟、情绪波动却最为剧烈的阶段,叠加学业竞争、睡眠不足、自我认同的探索,以及一个持续在线、易诱发社会比较的数字环境,今天的青少年正承受着更高强度的心理负荷。

这也意味着,青少年心理健康应成为家庭、学校与社会共同关注的优先事项。

为何精神障碍成为致残主因

许多人会疑惑:精神障碍极少直接致死,为何会被列为全球致残的主要原因之一?

衡量一种疾病的负担通常有两个维度:一是因疾病过早死亡损失的生命年,二是因带病生存、功能受损(即“失能”)损失的健康生命年。精神障碍的特点恰恰是死亡率不高、失能率极高。它通常不夺走生命,却长期侵蚀一个人工作、学习与维系关系的能力。

更关键的是,精神障碍往往起病早、病程长。一名在十六七岁陷入抑郁的青少年,可能要带着这份困扰走过此后数十年。失能并非

一次性事件,而是被分摊到漫长病程中持续累加——这正是其影响格外深远之处,也是它成为致残负担主要来源的根本原因。

面对如此庞大的患者群体,圣毛罗坦言研究人员感到“震惊”,并指出这一情况由多种因素共同造成,难以一厘清。从专业角度看,笔者认为这种增长主要是三方面因素的叠加。

其一是真实的风险上升。社会压力与公共卫生事件等因素,确实推高了抑郁、焦虑等障碍的发生。

其二是识别能力的提升。过去很多患者不愿就诊,被笼统归因为“性格内向”“一时想不开”。如今诊断标准更清晰、病耻感逐步消解,筛查更为普及,社会对精神障碍的接受程度逐渐提升,越来越多原本“隐形”的患者被识别和统计出来,但同时也需要警惕精神障碍的范畴被扩大化。

其三是人口因素。全球人口的增长与老龄化也会推高患者的绝对数量。基数增加带来的精神障碍患者增加是一种正常表现,无需过度解读。

圣毛罗强调,应对这一全球性挑战需要各国协力,共同降低相关风险。面对精神障碍患者人数迅猛增加,尤其是抑郁、焦虑患者增长显著这一现象,我们需要清醒地认识到,抑郁和焦虑作为症状表现,更多是负面情绪,而非临床疾病。

我们能做些什么

我们需要认识到,精神障碍是一个极为宽广的谱系,从一过性抑郁、焦虑情绪到重症精神

疾病皆涵盖其中。因此,近12亿人中,绝大多数可归为负面情绪或轻度至中度的精神障碍,是可预防、可干预,并且是可缓解的。若一概将其等同于难以治愈的精神疾病,就属于过度反应,会引起社会恐慌,从而影响社会稳定。

青少年是精神障碍的高发人群,但也是最具可塑性的人群,因此对负面情绪及轻中度精神障碍的早识别、早干预的收益最可观。高时效性的心理干预能够显著降低青少年未来罹患精神障碍的风险,将关口前移远比病情加重后再行补救治疗更有效。

在全球范围内,受困于病耻感与资源的可及性,多数精神障碍患者从未获得正规专业的治疗。利用人工智能技术,在保护隐私的前提下,为寻求心理帮助的人群提供个性化、全天候的心理服务,从而提高心理服务的可及性和普惠性,实现对精神障碍的早识别和早干预,是当今亟待解决的重要问题。

偶尔出现情绪低落、紧张、睡眠欠佳,虽然属于常态,但仍需要认真对待,尤其当这个人是你的亲朋好友时。这就需要我们始终绷紧一根弦,关心身边人的情绪变化,这有助于他们社会支持系统的构建。如果发现有任何异动,就需要寻求专业机构的帮助,不能以简单的“想开些就好”为托词。

总之,近12亿是一个庞大到令人震惊的数字。但它真正传递的不是恐慌,而是一份提醒。精神障碍已是这个时代必须被严肃对待的公共卫生议题。对每个具体的人而言,读懂这份报告,应从学会正视自己及他人的心理开始。

(作者系中国科学院心理研究所研究员)

