

18年,他终于揭开气泡动力学的未解之谜

■本报记者 温才妃 通讯员 朱虹

广泛存在于自然界大大小小的气泡,看似寻常,却蕴含着巨大的奥秘和威力。

大尺度气泡能够产生巨型海啸,小尺度气泡可以将药物输送到靶向器官……变幻莫测的气泡运动受到成千上万种因素的影响,“精准探寻气泡的运动规律,从而控制气泡、利用气泡”是科学家百年来不懈的追求。

日前,我国开展的水下大尺度高压气泡试验取得成功,哈尔滨工程大学教授张阿漫创立的气泡统一方程作为本次试验的核心理论再次得到验证。

今年3月,气泡统一方程在《流体物理》发表并正式宣布问世。被业内称为“Zhang方程”的气泡统一方程,以简洁优美的数学公式揭开气泡动力学理论的未解之谜。

寻找气泡运动规律

“气泡神秘而变幻莫测,常常四两拨千斤,通过出人意料的方式,释放巨大的能量。”张阿漫心中的气泡有着无穷的力量。

早在1917年和1949年,诺贝尔物理学奖获得者瑞利和科学家普勒斯特等人先后建立并完善了不可压缩流体中单气泡脉动方程,但该方程仅预测了理想状态下的气泡运动规律。1956年,美国科学院院士凯勒等人在瑞利方程基础上推导了可压缩流体中单气泡脉动方程,这一方程更接近气泡的自然规律,因而得到广泛应用。

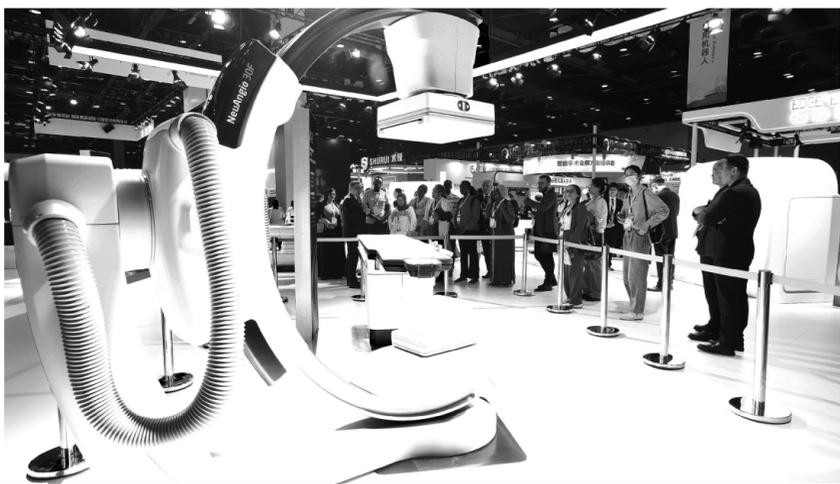
但18年前,张阿漫在研究水下大尺度气泡动力学行为时,发现经典气泡方程的理论预测结果与物理实验之间仍存在较大偏差。为了找到其中的原因,张阿漫直接住进了实验室。

“他每天凌晨1点睡,早上6点起,有了灵感在实验室一住就是半个多月,因而得了个‘张半月’的称号。”张阿漫的同事、哈尔滨工程大学教授郭君说。

正是这种坚持,让他迎来了曙光。2006年至2016年的10年间,张阿漫逐渐发现了前两个方程的局限性。

“气泡在水中不仅会原地脉动,还会受到边界、多气泡、重力、环境流场等物理因素的严重影响,发生可压缩性迁移运动。”张阿漫说,“要想更精确探寻气泡的运动规律,就要搞清楚气泡在可压缩性流场中的迁移效应,这是最大的难点。”

通过大量实验和计算分析,张阿漫终于探明了复杂条件下气泡系列运动机理与规律,并且有了建立气泡统一方程的初步构想。



中国国际医用仪器设备展览会 在京开幕

近日,第29届中国国际医用仪器设备展览会暨技术交流会在北京市国家会议中心开幕。

该展会设置了医学影像、放射治疗、医用机器人、智慧医疗、医学救援等专业技术展区,以及医学创新、食品营养与健康生活方式、未来医疗VB-Find等主题展区。

2023北京健康大会同期举办,此次会议以“迈向卫生健康高质量发展”为主题,旨在助力构建人类卫生健康共同体。

图为外国嘉宾正在参观了解东软医疗的先进CT影像设备。图片来源:视觉中国

南极海冰范围持续走低:是否进入新常态?

■ 效存德 杨佼

7月中旬,南极海冰范围出现45年来冬季最低值,较1981年至2010年气候态平均值低260万平方公里。这是南极海冰范围自2016年以来连续7年持续走低、不断探底的最新纪录。

自1979年卫星观测以来,南极海冰范围变化并不明显,甚至略呈上升趋势,且具有很大的年际变率。2021年发布的联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一工作组报告评估了南极海冰范围变化:根据历史上曾经出现的年代际走低趋势,我们谨慎地认为这一波低值仍在自然变率范围内,可能还属于年代际振荡。

IPCC报告发布已逾数年,南极海冰范围持续走低且幅度如此之大,也在全球变暖背景之下,因而引起更多关注。

相对于北冰洋周围被大陆“锁定”,南半球海冰北界是个开放系统,决定了南极海冰范围变化受到复杂过程的影响,但目前的数值模式在南极表现不佳,很难重现观测事实。

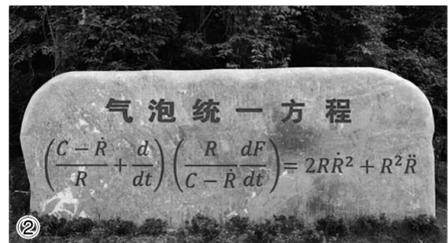
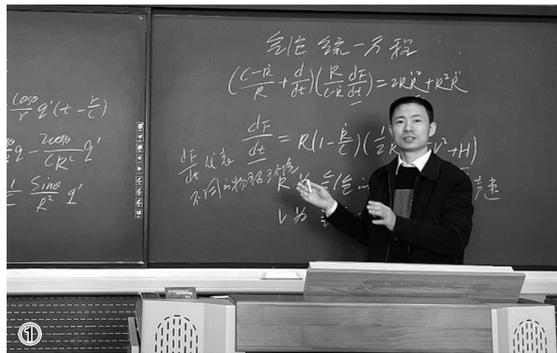
另外,南极海冰范围未来走势一直是大家关心的问题。IPCC预估在中高排放情景下,南极海冰范围在21世纪中后期将明显走低,但过去7年就已出现异常,实属意料

① 张阿漫在上上课。

② 雕刻着气泡统一方程的石头摆放在某试验场的醒目位置。

③ 水下大型特种试验设施以气泡统一方程为核心理论指导建设。

受访者供图



构建自己的气泡动力学方程

声致发光是气泡的经典现象,即气泡在生长期慢慢爬坡,不断吸收能量,抵达顶峰的瞬间,释放巨大能量并绽放绚丽光芒。这一厚积薄发的过程是张阿漫最为喜欢的物理现象。

张阿漫希望通过数学公式解释气泡运动的物理现象,将影响气泡运动的所有复杂物理因素统一到一个方程中。但这是一个遥不可及的目标,几十年里该领域的科学家都为之努力,却未曾有突破性进展。

起初,张阿漫也如其他人一样,在前人的方程上不断做着修复,以期最接近气泡的真实表达,但结果总是事与愿违。于是,他有了大胆的想法——开辟新思路,开创属于自己的气泡动力学方程!

另辟蹊径的第一步异常艰难。“要在理论上同时考虑气泡脉动、迁移和流场可压缩性,需要用到波动方程移动奇点的基本解,然而在已发表的文献中找不到答案。”张阿漫请教了国内外很多知名数学家、力学科学家,仍然没有得到解决。“没有基本解就相当于盖房没有砖、开门没有钥匙。”张阿漫作了一个大胆的决定,“既然找不到答案,我们就构造一个”。

在执行这项艰难任务的过程中,张阿漫总是随身携带笔记本,一有好的想法就记录下来,几年下来,笔记超过15万字,推导公式的演算纸摞起来有半米多高。他始终坚持一个信念,虽然影响气泡动力学的因素不计其数,但气泡统一方程一定是简洁的数学形式,这是揭示自然规律的高级表达。

2020年,张阿漫与团队成员在讨论近边界气泡运动时,突然冒出一个原创的想法:“移动点源的基本解,是否可用无穷多个固定点源的基本解叠加得到?”

兴奋的张阿漫和团队成员基于这个想法进行讨论,他们继续闯关——用无穷多个固定点源的基本解解析出气泡移动的过程,先后构造了移动点源和偶极子源的基本解,经过反复验证证实了其满足波动方程。

张阿漫终于可以带领团队去推导可压缩流场中既考虑径向脉动又考虑迁移的气泡方程,大步向峰顶挺进。

“我们早就养成了和张阿漫教授一样的作息,早8点到实验室,晚11点下班。有人在黑板上推导公式,有人在计算机上做计算

分析,有人跑到江西试验场做物理实验,这种高强度工作整整持续了两年。”张阿漫团队核心成员说。

当大家以为即将登顶时,一次核算发现,一个没有被重视的步骤出现瑕疵,导致后面的推导需要全部推翻重来。

“星光不问赶路人,时光不负有心人。”张阿漫不断给团队成员打气。研究气泡多年的他们,和气泡一样蕴含着无穷的生命力。他们很快便调整好状态进入各自的角色,推演出一个简洁、优美、对称的方程,又经过不同源、不同尺度和不同环境下的上百次气泡实验,证实了该方程的精确性和优越性。

“张阿漫的这一方程摆脱了传统方程的限制,是气泡理论上的重大突破,在海洋、机械、医学和生命科学等诸多领域均具有重要的理论和应用价值。”武汉大学教授李斌表示。

气泡动力学多位权威专家对该方程作出评价,中国科学院力学所研究员王一伟表示,“这一理论可为深化气泡机理研究提供重要的新思路和新工具。”

有了向深海进军的底气

在我国南海某海域,以气泡统一方程为核心理论指导的深海勘探试验正在进行。由张阿漫团队自主研发的高压气枪在物探船的牵引下,呈现出经过方程精准计算过的阵列。

“3.2.1!”随着口令下达,巨大的爆炸声激起雪白的浪花,高压气枪阵列向海底精准发出压力波,通过对回弹反射波的分析,研究人员可以测算出海底是否有可燃冰、石油等珍贵海洋资源。

“高压气枪阵列对于深远海勘探,好比猎人手中的猎枪。长期以来,我国一直进口高压气枪,不仅价格昂贵,品质也不是最先进的,且核心技术受发达国家封锁。”张阿漫介绍,高压气枪阵列的基本原理本质上就是气泡群的脉动和迁移,有了气泡统一方程,我们不仅可以自主研发多方面性能优于国外产品的高压气枪,原来技术人员很难获得的最理想气枪阵列,也可以通过反演算法精准计算获得。

张阿漫介绍,哈尔滨工程大学目前正在设计研发超深海勘探的新型低频大容量高压气枪,“低频气枪意味着可以探测更深更远,获得高精度的反射波信号,在南海下面再找出一个‘南海’”。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1126/science.adi3416>

发现·进展

南方医科大学皮肤病医院等

首次用机器学习技术 协助开展神经梅毒诊断

本报讯(记者朱汉斌)近日,南方医科大学皮肤病医院性病科联合中山大学、首都医科大学、厦门大学、美国华盛顿大学、荷兰乌得勒支大学,首次应用机器学习技术协助开展神经梅毒诊断。相关研究在线发表于《柳叶刀-发现科学》。

神经梅毒在临床中经常面临诊断困难的问题,因此准确识别神经梅毒,不仅有助于向高风险患者提供预防和治疗措施,还可使低风险患者减少不必要的腰椎穿刺和经济负担。为此,研究人员采用机器学习技术开发和验证了6种简化诊断模型,这些模型基于全球四大洲6项神经梅毒指南,并采用来自中国和美国的4个医学中心的真实临床数据,具有出色的神经梅毒识别能力。

该研究是一项涉及面广、有大量来自真实世界样本的临床数据研究。在不降低神经梅毒诊断识别能力的前提下,研究人员建立的机器学习模型可将复杂的神经梅毒诊疗项目缩减为3项,从而降低医疗成本和临床诊疗难度。根据全球不同国家/地区指南的特点,该研究提供了相应国家/地区的机器学习模型,有利于研究成果的全球推广和应用,更好为患者服务。此外,该研究还提供免费在线预测网页,临床医生只需简单输入即可迅速获得神经梅毒诊断预测结果,让研究成果更容易应用于临床诊疗,更好为医务人员服务。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1016/j.eclim.2023.102080>

复旦大学附属肿瘤医院

局部晚期甲状腺癌 手术评估有了科学依据

本报讯(记者张双虎)日前,复旦大学附属肿瘤医院头颈外科主任王宇团队联合该院放射诊断科主任顾雅佳团队,针对局部晚期甲状腺癌可切除性建立了专门评分系统,为此类手术评估提供了科学依据。近日,相关研究在线发表于《欧洲放射学》。

局部晚期甲状腺癌是晚期甲状腺癌的一类,主要指肿瘤呈侵袭性状态,侵犯颈部重要器官或组织,如气管、食道、喉、颈部大血管等。对局部晚期甲状腺癌患者来说,外科手术是获得良好治疗效果的首选。然而部分局部晚期甲状腺癌难以通过直接手术实现完整切除,临床急需客观的评估系统作为参考,以指导局部晚期甲状腺癌患者的科学治疗决策。

该研究基于多中心队列,通过评估CT影像中肿瘤侵犯情况,分别建立了12分和14分的评估体系,并将12分的评估体系优化为最终的评分系统。研究团队通过对不同医疗机构临床数据的比较分析,验证了该评分系统的有效性。

据了解,评分系统的数值越接近1,预测真实性越高。数据显示,该评估体系的总体预测可切除性指标AUC为0.882,在初治患者及术后复发患者中,AUC分别为0.826及0.976,均具有较好的预测作用。进一步数据分析提示,该评分的总准确率为78.9%至89.4%。

根据评分结果,可将1分至12分的局部晚期甲状腺癌分为3组,其中1分至4分患者的总体切除率为83.33%,切除率较高,这类患者以直接手术切除为主;9分至12分患者的总体切除率为6.45%,肿瘤残留率高,这类患者以系统治疗为主;5分至8分患者的总体切除率为62.5%,这类患者处于临界可切除状态。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1007/s00330-023-09799-3>

西安电子科技大学

肥胖潜在成因研究 取得新进展

本报讯(见习记者严涛)西安电子科技大学大学生命科学技术学院CBI脑影像研究中心教授张毅团队使用基于体素的形态学测量分析和基于种子点的全脑静息态功能连接分析方法,定量刻画了肥胖相关的脑核区域灰质体积与功能连接的差异,揭示了减重手术改变脑核功能结构连接进而介导肥胖患者负面情绪的相关机制。相关研究论文在线发表于《生物精神病学》。

对于肥胖的潜在成因,以往研究忽视了长期负面情绪的影响。当前研究则重点关注以缰核作为枢纽性重要节点的功能结构连接变化,以及这一因素对于肥胖的影响。研究采用肥胖与正常体重对照组横向对比,以及减重手术于术前术后纵向对比的对照实验范式,通过功能和结构磁共振成像数据以及临床行为学数据,评估肥胖相关的、减重手术诱导的缰核灰质体积和功能连接的异常变化。

研究发现,肥胖组缰核灰质体积显著小于正常体重对照组,而减重术后一年缰核灰质体积显著增加,且达到了与正常对照组无显著差异的水平。此外,躯体感觉与运动处理脑区间功能连接强度在减重术后显著减弱。并且缰核相关功能连接与术后降低的体质指数BMI、食物成瘾、情绪性进食、饥饿水平显著相关。

研究表明,减重手术改善了肥胖相关的脑核功能结构紊乱。此外,术后负面情绪相关不健康饮食行为的改善机制,可能与增强的饥饿/饱腹相关能量感知能力、非饥饿状态下摄食厌恶敏感性,以及与摄食调节相关能量稳态和享乐系统之间的功能再平衡有关,推动实现术后长期饮食行为的改善和有效减重。

上述研究有助于完善肥胖潜在成因理论,为肥胖和负面情绪双向关联提供神经影像学理论支持,也为后续优化重点人群减重、实现负面情绪的早期识别与干预提供理论依据。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2023.07.009>