

高技术前沿

超重力技术:再造一个新时空

■杨晓薇 李芮

超重力从哪里来

超重力从哪里来?想要探究这一问题,首先需要理解什么是重力。

重力这一物理学概念,对大多数人来说并不陌生。早在古希腊时期,亚里士多德就曾对重力进行过思考,但人类对重力的深入认识,直至17世纪才逐渐清晰——为什么苹果会落向地面,而不是飞向天空?英国物理学家艾萨克·牛顿逐步揭开了重力与万有引力的奥秘。

众所周知,地球表面的任何物体都会受到重力作用。人们在地球上承受的常规重力称为常重力,而当物体处于加速度环境中所受的力,则称为超重力。

超重力作用于人体时,最直观的感受就如飞机起飞时,我们感到的那种压迫感。航天员乘坐火箭升空时所承受的超重力更为强烈,他们甚至可以伴随随胸闷、晕厥等症状。

在地球上研究超重力时,科学家们常通过高速旋转产生的离心力,来等效替代重力,以模拟不同的超重力环境。这也解释了为什么超重力离心模拟与实验装置需要高速旋转:转速越快,离心加速度越大;当离心加速度超过一定限度,便形成了超重力场。目前我们所启用的CHIEF1300装置,其实验舱内可产生高达常重力300倍的超重力场,是目前世界上容量最大的离心机主机。

那么,为什么要创设超重力环境开展实验呢?最根本的原因在于,超重力场能够实现空间尺度的压缩与时间进程的加速,即产生所谓的“缩尺效应”和“缩时效应”。俗语“一步千里”与“一眼万年”,即可用来形容这一现象。

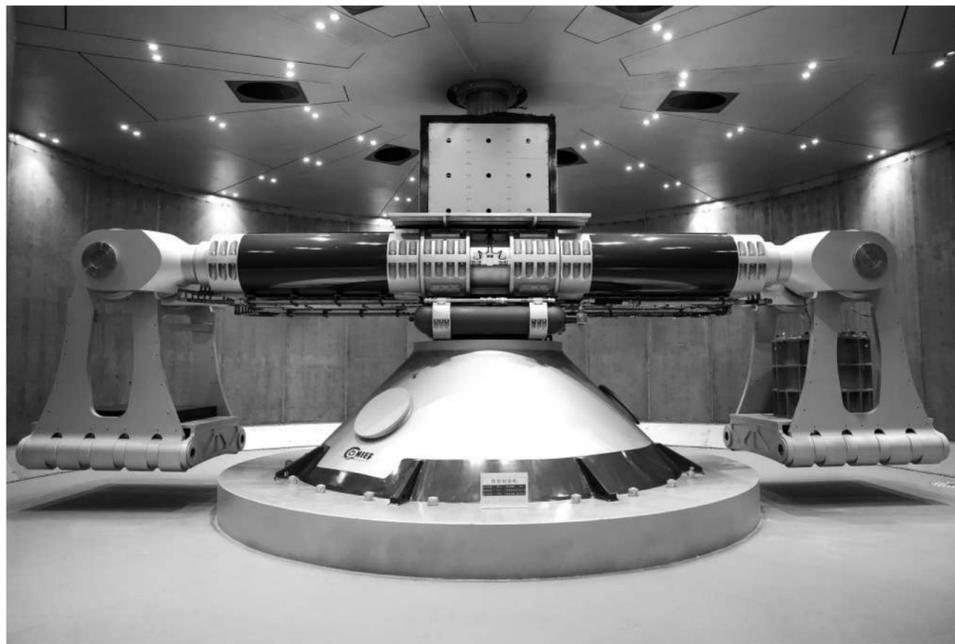
借助这种时空压缩效应,真实世界中的100米可在实验舱中缩小为1米,使得高山、海洋、建筑等庞然大物得以在舱内模拟;而真实世界中的100年也可缩短为实验舱中的3.65天,让污染物扩散、深海演变等长周期过程得以全程观测。显然,超重力场的缩尺与缩时效应,能高效、全面地辅助科学家研究大尺寸、长周期对象的运行规律。

应用场景和价值“超级加倍”

超重力场压缩时空的特性叠加高压、低温等极端条件,有利于推进多领域的科研成果产出。

在防灾减灾领域,超重力场可用于模拟海洋及陆地重大自然灾害,通过分析模拟结果来制定有效的防灾减灾措施。

针对海洋灾害,典型的研究方式是在实验室中模拟海啸。通过按比例缩小波浪高度并增大重力,可使模型中的



超重力离心模拟与实验装置核心装备(简称CHIEF1300)。

新华社发

海啸冲击力与真实情况一致,从而观测分析海啸的危害过程,为沿海城市的海岸防护结构设计提供更科学的依据。

针对地质灾害,超重力场可模拟特殊地层变形、泥石流和山体滑坡等灾害现象。例如,在研究软土、冻土等特殊地层的长期变形问题时,可利用离心机通过提高重力来模拟地层应力场的演化过程,基于演化规律指导工程建筑设计,减少误差、保障民生。

在能源开发领域,超重力技术同样具有重要应用价值。

以可燃冰开采为例。可燃冰主要分布于深海,是天然气与水在高压低温条件下形成的类冰结晶物质。开采过程中,一旦原有的高压低温环境被破坏,可燃冰会迅速分解,甚至可能引发海底沉降、滑坡等地质灾害,开采难度极大。

如今,科学家已在实验室中复刻千米深海的低温高压环境,直观研究可燃冰在开采过程中的分解规律,推动开采方案朝着更安全、更有效的方向发展。

据《浙江日报》报道,某科研团队曾利用100倍重力加速度模拟2000米深海水压及可燃冰储层的力学场,仅用1小时就还原了现场416天的开采演变过程,并以此不断优化采集方法。可以预见,CHIEF1300装置的投入使用,将为探索可燃冰安全开采新途径提供更加有力的支撑。

除能源领域外,超重力场在材料科学方面也具有广泛研究价值。例如,有材料科学团队在超重力环境下成功制

备出高强度的铜铝合金,以及强度与塑性兼备的铜镍锡合金等性能优异的材料。这类材料的出现,有望解决高铁面临的高强导电材料、高强弹性轴承材料等关键零部件性能不足的难题。

我们看到,超重力技术打破时空限制,使传统条件下难以实现的“大尺寸、长周期”研究成为可能,通过模拟深海、深地、深空等人类难以抵达的极端环境,为科技发展注入了“超级加倍”的强劲动力。

超越当下,路在何方

超重力技术的核心目标,是超越或模拟我们熟悉的重力环境,以窥探物质在极端条件下的奥秘。

如果了解了科学家建成超重力场要解决的问题,就能深刻感受到,想要稳定驾驭这种力量,到底有多难。

首先,在地球上创造出一个稳定可控的超重力场本身,就是一场与物理力量的较量。想象一下,让一台巨型离心机的转臂末端产生相当于地球重力几百倍甚至上千倍的加速度,其旋转速度引发的风压可能比17级台风还要猛烈。科学家们克服重重困难,让这样一个“咆哮的巨兽”长期稳定运行。

同时,在极端物理条件下,多场极端的物理条件被同时压缩叠加在一个装置中,这对实验装置的材料、密封和测量技术都提出了近乎残酷的要求。

实现超重力的征途上,遍布从理

论到实践的层层险峰,实验装置的每一次加速轰鸣,都是人类勇敢发起的一次冲锋。

当前,全球面临资源短缺、环境压力加剧、极端环境探测等多重挑战。超重力技术凭借其“压缩时空”与“模拟极端环境”的独特优势,正迎来新的发展机遇。

从国家与地区战略需求来看,超重力技术未来有助于深海、深地等极端环境下,提高现有材料性能。比如,通过模拟极端海洋环境,可以优化舰艇结构与性能;借助模拟航空航天条件,能够提升装备的抗过载能力;等等。

从资源循环利用的角度看,超重力技术通过集成传感器与实时调控,提升运行稳定性,可用于废气、废水处理,助力碳减排与资源循环利用,开发高效低成本的污染治理设备,满足日益严格的环保要求。

从技术融合角度看,超重力技术不仅能作为独立单元发挥作用,还能与人工智能等其他技术协同耦合,显著提升模拟实验的精准度,推动技术突破与多领域交叉研究,形成创新合力。例如,超重力技术与微波、等离子体、超声波等技术结合,可产生协同效应,突破单一技术局限。

总体来看,凭借高效、节能、环保等优势,超重力技术正在多个领域展现出重要价值,推动产业升级与技术创新。

展望未来,超重力技术的潜在价值或将进一步释放,有望成为现代工业和科学研究中不可或缺的关键技术之一,持续赋能行业进步与科学发展。

科学家手稿

深夜的清华园,一个铅罐顺着绳子从二楼窗户缓缓垂下,罐中闪烁着幽幽的蓝光。楼下,一个草筐接住铅罐,铅罐被迅速藏入草筐,消失在暮色中。

1937年秋,清华大学工友阎裕昌偷偷进入被日军监视的清华园,迅速从地下室取出一个铅罐,在工友的帮助下,将这个铅罐带回家。

这个毫不起眼的铅罐里,装着50毫克镭——这是当时中国仅有的核物理研究材料。1933年,清华大学物理系教授叶企孙从法国居里实验室购得该材料。

回到家,阎裕昌将铅罐塞进一个破旧的瓦罐,用碎砖和泥土仔细掩盖。一个月后,在举办清华大学同学会的天津英租界台阶前,出现了这样一个让人心酸的场景:一个衣衫褴褛、手持木棍、提着破瓦罐的乞丐,请求面见叶企孙先生。

当乞丐摘下草帽,叶企孙瞬间热泪盈眶——来人正是历经艰险、徒步从北平一路乞讨而来的阎裕昌。而在他拼死护送的瓦罐里,50毫克镭毫发无损。

在清华园中,阎裕昌的名字并不出名,他只是清华物理系的一名普通校工。1896年,阎裕昌出生于北京郊区的一个贫苦家庭,小小年纪便为生计而奔波。后来经人介绍,阎裕昌到清华大学前身——清华学校当工友。阎裕昌勤奋好学,被叶企孙教授破格提升为清华学校科学馆实验员,负责保管仪器设备,并在课堂中协助演示实验操作。

想要做好实验,首先要理解课本中的理论知识。毫无物理学基础的阎裕昌,常常利用工作之余刻苦自学。为做好实验,他还在纸板上手绘刻度,自制了各种教具。清华学校档案馆里,至今珍藏着阎裕昌学习物理专业知识时,记录的笔记和教具。

1937年,震惊中外的“七七”事变爆发,日军占领清华园。为保护这50毫克镭,阎裕昌设法避开敌人监视,一路扮作乞丐,偷偷将镭运出。

镭,这个由居里夫妇发现的元素,曾以其神秘的放射性点燃了全世界的科学热情。然而,镭产生巨大威力的另一面,是它的辐射和危害。

阎裕昌并非不知道接触它的危险,但在国家大义面前,他选择将生死置之度外。他冒死保护的这50毫克镭,后来成为西南联大核物理专业师生的重要实验工具。邓稼先、钱三强等科学元勋,都曾在西南联大接触过基于该镭源的实验教学与研究,积累了早期核物理实践经验。可以说,阎裕昌守护的这50毫克镭,是中国核物理研究的火种。

自此以后,阎裕昌的生命紧紧围绕

抱紧怀里的五十毫克镭

■梁铎 姚克

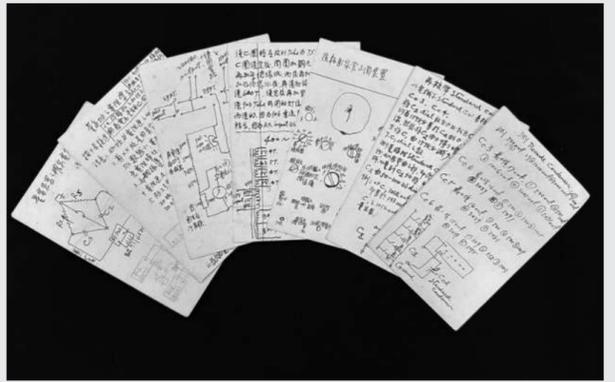
着国家大义,1938年,他与中共地下党员取得联系,改名门本中,奔赴冀中抗日根据地,投身抗战救国的时代洪流。

在冀中军区技术研究社担任军工技术人员期间,阎裕昌开展烈性炸药研发工作,发明了夹子雷、踏雷等多种地雷,让日军防不胜防;设计安全雷管制造法,将雷管外壳由铜改为铝,节约战时紧缺的铜资源……

1942年5月1日,日军对冀中地区发动“五一”大扫荡。阎裕昌在掩护设备转移时,为保护战友和设备不幸被捕。面对日军的严刑拷打,他坚贞不屈,最终壮烈牺牲,年仅46岁。

阎裕昌的一生,没有留下多少传奇,但后来的人们却不难从他的事迹中感受到一位爱国知识分子热忱的报国之心。他本是一名普通的校工,却凭自己的勤奋好学,成为后人口中备受尊敬的“阎先生”;他是宝贵的军工技术人才,成为冀中抗日根据地山洞里、地道中的“门技师”,在日军残酷的大扫荡下将忠诚融进抗战救国的热土……

1946年,晋察冀军区追授阎裕昌“革命烈士”称号。阎裕昌的故事,远不止一个“舍生护镭”的片段,它描绘了一个出身平凡的中国人,如何凭借勤奋与智慧抓住了机遇,在科学的殿堂里找到了自己的位置;更描绘了当民族危亡之际,一个掌握了知识的学者,如何毫不犹豫地将其毕生所学乃至宝贵的生命,全部奉献给脚下的这片土地。



阎裕昌的笔记。

资料图片

从新财年预算看美军人工智能体系化布局

■武雨婷

根据美国国防部公布的预算,美国高级研究计划局(DARPA)2026财年规划20余项人工智能重点项目,预算3.87亿美元,覆盖硬件、算法到应用全领域,布局更趋体系化、更贴近实战。

2026年美军人工智能布局主要聚焦7大方向:大型生成式模型、高可信度人工智能、智能体协同系统、下一代指挥控制与通信、跨域态势感知、人工智能赋能网络安全、专用智能计算芯片。

这些项目设置贯穿从基础研究到实战验证的全链条。基础理论层,布局数学推理框架与机器学习理论创新,瞄准可解释性、逻辑推理等瓶颈;关键技术层,重点投入战术自主智能体、人工智能博弈及软件安全自动化,提升复杂对抗环境可靠性。

预算亦表明,美军人工智能战略已悄然发生转变。从发展模式看,美军人工智能已从“单点突破”转向“开放系统”,构建

涵盖基础理论、核心算法、数据工程、场景验证的研发应用体系,形成集算力基础设施、模型治理标准、能力适配工具、嵌入式作战系统于一体的军事生态,并特设软件代码转换工具研发项目,提升关键系统软件的开发维护效率;从功能定位上看,美军对军事智能的定位已从“战术工具”提升为“战略决策伙伴”,意图通过高可信度人工智能、认知推理等项目,赋予系统情境理解、因果判断与战略推演能力,打造战役级“决策增强系统”。

总体上来看,美军已将人工智能由“探索性技术”转化为联合全域作战能力生成的“关键驱动力”,正在加快构建自主可控、可集成、可扩展的军事人工智能生态体系。

他山之石

平面变立体——

3D影像如何“欺骗”你的大脑

■文兆阳 李圣阳

了偏振是光的一种固有特性。这种技术,后来被命名为“偏振技术”。

当我们戴上3D眼镜,凝视银幕的瞬间,其实正在经历一场精密的光学分拣。普通光波原本像一群无序的波浪,向四面八方随意振动;而偏振技术就像一位严苛的指挥官,为它们设置了特制的“光栅”,只允许特定振动状态的光波通过。

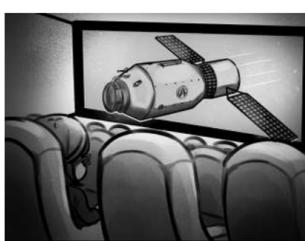
在影院里,放映机同时投射出两组画面:一组给左眼,一组给右眼。它们穿过放映机的偏振滤光镜后,就变成了两队振动状态截然不同的“偏振光”。而观众鼻梁上的3D眼镜,左右镜片就像两位尽职的检票员,各自只放行属于自己那一侧的光线。当大脑接收到这两幅存在细微视觉差的图像,

便瞬间完成融合与解码,从而构建出鲜活的立体世界。

事实上,偏振技术不仅是让电影“活”起来的魔术师,也是开启诸多军事前沿科技大门的钥匙。

——战场环境感知领域。偏振成像如战场的“透视眼”,能穿透烟尘与薄雾,揭示地形细节与伪装目标。沙尘暴中,它能清晰辨别坦克轮廓,为指挥系统提供超越传统光学侦察的态势图层,辅助精准决策。

——模拟作战领域。通过模拟器,偏振技术能高保真还原战场的复杂光影环境,精确模拟海训中晨曦的刺眼眩光与水面的剧烈反光,让受训者提前适应极端光学条件,锤炼实战应变能力。



黄钰涵绘

趣闻·新知

如今,3D电影已广泛普及到人们的生活中。置身电影院,戴上3D眼镜,屏幕中的人物仿佛冲破画面束缚,“活生生”地向观众眼前扑来……这种让观众有身临其境之感的“沉浸式体验”,利用的是人类视觉的双眼视差:只需让左右眼分别看到角度稍有差异的两幅图像,大脑就会自动将其“缝合”成一个立体的世界。

1808年,科学家马吕斯在一次偶然的实验中发现,当光通过冰洲石晶体时,射出的光似乎拥有了“方向性”——他将这种新性质命名为“偏振”,并证实