

# 超重力场如何演绎“一眼万年”

本报记者 实瀚洋

## 院士讲科普

**网友:**近期看到新闻,位于浙江杭州的大国重器又有好消息——超重力离心模拟与实验装置正式启用了部分核心设备。我想知道这个装置是用来做什么的?“解锁”了什么黑科技?

**编辑:**超重力是指在比地球重力加速度大得多的环境下物质所受到的力。超重力离心模拟与实验装置可以带来“时空压缩”的“超能力”,帮助科学家进行以往不可能的实验。本期“院士讲科普”,我们请超重力离心模拟与实验装置首席科学家、中国科学院院士、浙江大学教授陈云敏讲解这一装置如何演绎“一眼万年”。

在浙江杭州城西科创大走廊,一座白顶红墙的建筑格外显眼,这里有国家重大科技基础设施——超重力离心模拟与实验装置(CHIEF)。前不久,装置部分核心设备正式启用。这套由我国自主研发的大科学装置,能够模拟超过地球重力千百倍的“超重力场”,在科研上实现“时空压缩”。

## 为探索物质运动规律提供极端实验条件

科学家通常将地球表面的重力加速度称为常重力,比常重力小的称为微重力,而大于它的就是超重力。

生活中,人们有时也会感受到超重力的存在。“比如坐过山车时面部的拉扯感,飞机爬升时的压迫感,这些都是。”陈云敏说,对超重力的科学研究,可以帮助我们突破现有的认知边界。

陈云敏介绍,超重力离心模拟与实验装置的核心设备CHIEF1300如同一个巨人抡动双臂,带动末端的吊篮高速飞旋,创造出强大的超重力场。而超重力离心机通过高速旋转产生的离心力,模拟出百倍乃至千倍于地球重力的“人造重力场”。得益于极端重力条件下产生的诸多效应,研究人员能够探寻地质演化、行星形成等物质运动规律。而基于超重力环境的实验装置,也是重大工程防灾减灾、深地深海资源开发、地下空间利用、新材料研制、地质过程研究等领域重要的科研利器。

这台启用不久的CHIEF1300模型制备机,容量为1300g·t(重力加速度·吨),居世界前沿。CHIEF1300模型制备机与它的“兄弟姐妹”——建设中的CHIEF1900重载超重力离心机和CHIEF1500高速超重力离心机,共同构成了装置的主机阵容。未来,在3万多平方米的实验大厅,3台离心机将沿南北轴线排列,各控制室和机载试验装备仓分居左右。当6.4米长的转臂开始旋转,CHIEF1300的吊篮内最高可产生300倍于地球重力的环境,为科学家探索物质运动规律提供极端实验条件。

## 交叉学科共同发力,让CHIEF建设更“博学”

超高速运转、更长的机械臂、更加极端的运行工况……CHIEF实现的多个“最”,体现了研发背后的不易。

攻坚团队中,包括浙江大学来自建工、控制、软件、能源、环境、材料等多学科背景

的科学家与工程师,交叉学科共同发力,让CHIEF的复杂系统更“博学”。

比如,超重力离心机在高速旋转时会产生大量热量,使离心机主机环境迅速升温。为保证离心机和机载装置的安全,团队设计了一套真空温控系统,通过抽真空、通风冷却等不同组合,带走离心机高速旋转产生的热量,确保离心机在高转速下安全平稳运行。

“我们希望通过离心加速度和负载的调控,构建从瞬态到万年时间尺度、从原子级到千米级空间尺度、从常温常压到高温高压等多相介质物质运动的实验环境。”陈云敏说。

建设过程中,技术挑战无处不在。其中,主机室基坑工程长99米、宽27米,最深处达38.3米,创造了浙江省公共建筑基坑的最深纪录。

“从百米级基坑的支护安全,到超长离心机主轴的精密制造,每个环节都要求我们探索、创新。”CHIEF总工程师、浙江大学求是特聘教授凌道盛说,项目组实施全过程监控和实时反馈,对基坑支护结构进行全方位、多角度监控,确保工程安全推进。

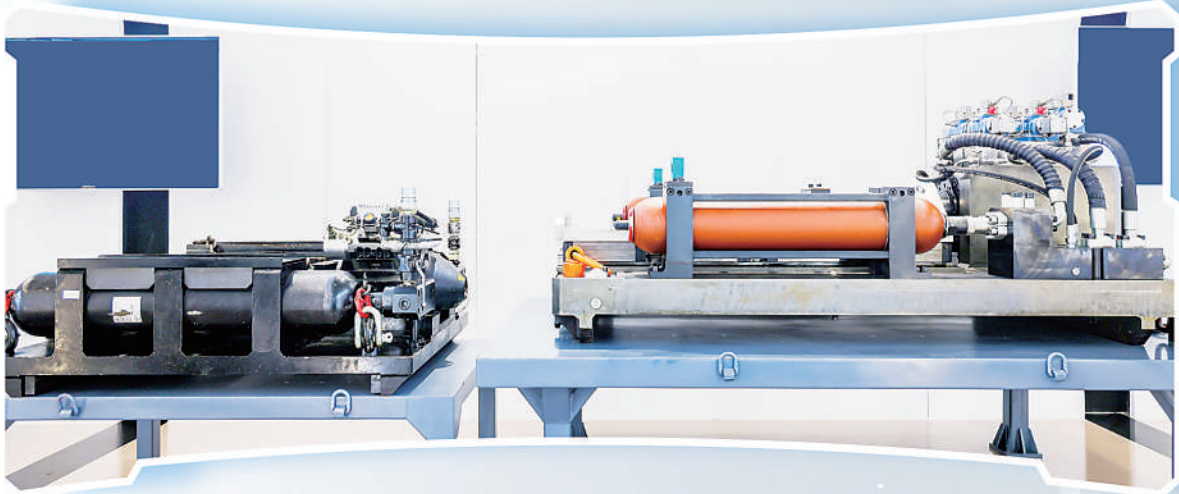
动力基础“扛得住”,离心机“稳得住”,机载装置在实验舱“住得安”,为CHIEF开展更复杂的动态实验打下基础。

## “超能力”为科研带来更多可能

沿着实验舱通道深入,6座实验舱内18台机载装置各司其职。“其实日常生活中,我们用的洗衣机就能产生很大的离心力;医学实验里的离心机设备,离心加速度更大。但它们都有一个缺点:能负荷的东西少,抗不



◀CHIEF1300模型制备机。



▲超重力单向振动台。

平衡能力差。”陈云敏说,“因此我们主要研究的就是如何在更大的离心加速度上提升它所能承担的重量。”

这18台装置中,有6台为国际首创,12台技术指标达国际领先水平。这种在高速运转的离心机上开展动态变化、多因素作用的实验,陈云敏形容为“让孙悟空在离心机里翻筋斗”。

陈云敏指着其中的深海高压温控实验装置说:“这套装置的重要使命,是攻克天然气水合物(可燃冰)安全开采的世界性难题。它能在实验舱内精确复刻千米深海的低温高压环境,让我们直观地研究水合物在开采过程中的相变、分解规律,从而为安全、高效地利用这种未来能源提供关键科学依据。”

实验装置各显神通——“造波造啸”装置着力破解巨浪与海啸对近岸工程的冲击机理;超重力振动台可模拟9度烈度地震下百米级

场地的灾变规律;500公里/小时高速铁路路基效应装置可为我国下一代高速铁路路基设计提供验证平台;超重力定向凝固熔铸炉在超重力与1600摄氏度高温的协同作用下,致力于锻造出性能卓越的新一代合金材料……

超重力场“时空压缩”的神奇能力如何实现?陈云敏解释,“如果在超重力离心机上搭载土体污染物迁移实验装置,就可以模拟污染物在地下大尺度、长历时的运移。如果在现实中研究污染物的迁移,需要几千年,但在超重力场中模拟实验,可能只需要一天的时间,真可谓‘山中方一日,世上已千年’。”

这种“时空压缩”效应让科学家能够在实验室里完成以往不可能的实验。眼下,具有“超能力”的科研矩阵正不断扩容。容量更大的两台离心机正在加紧安装建设中。陈云敏说,期待CHIEF为中国乃至全球的科技创新提供强大支撑。

▼超重力离心模拟与实验装置外观。

图片均为浙江大学提供



# “煤电+熔盐”储能项目在安徽投产 煤电机组,有了超级“储热宝”

本报记者 徐靖

## 图探一线

清晨,在国家能源集团安徽公司宿州电厂,熔盐储能项目工作人员紧盯负荷曲线,控制机组在稳定发电的同时,将富余的能量“存起来”。大屏上显示的实时数据不断刷新,一股股高温蒸汽悄然流入巨型储罐。用电高峰期,被“存起来”的热能又会及时释放,替代机组为附近的工业园区提供稳定热能。

这是由国家能源集团新能源技术研究院自主研发、国家能源集团安徽公司宿州电厂建设的“煤电+熔盐”储能项目。该项目打破了传统煤电“以热定电”限制,让煤电机组解锁灵活调峰“超能力”。

“随着新能源占比不断提高,电力系统调峰压力持续加大,煤电成为非常重要的灵活

性调峰电源。煤电机组往往还承担着为工厂供热的任务,这就导致了一个痛点——想灵活调峰就得减供热,想保供热就没法深度参与电网调节。”国家能源集团新能源技术研究院储能技术研究中心负责人金翼说。

破解两难的关键,正是此次投产的巨型“储热宝”——熔盐储热装置。

金翼介绍,熔融态液体盐具有高沸点、低黏度、低蒸汽压力和高体积热的优势。熔盐储热装置依托熔盐的这种特性,可储存3600吉焦热量。其工作机制围绕“闲时储热、忙时供热”展开:在电网电力富余或机组处于低负荷“闲眠”状态时,装置会通过机组抽汽蓄热,将热量传递至高温熔盐罐中进行储存,提前把“热能”储备起来;当电网需求升级,需要煤电机组深度参与调峰、专注调整发电量时,熔盐储热装置便会释放储存的热量,承接原本由机组承担的供热任务。



国家能源集团安徽公司宿州电厂熔盐储能项目现场。

张振华摄

从技术构想变为现实,离不开多项关键核心技术的突破。“整个项目从理论研究到系统落地,几乎没有同等规模的成熟经验可借鉴,我们自主研发攻克了从储热设计到控制的全链条技术。”国家能源集团新能源技术研究院储能技术研究中心储热专业总工程师丁

涛说。

“项目投运后,每年可提升新能源消纳能力1.28亿度,可增加供热能力220万吨,较原有最大供热能力提高73%,可满足当地40多家企业的用热需求。”国家能源集团安徽公司宿州电厂熔盐储能项目主管廖世伟说。

## 图唠『科』

如果我们把一台望远镜架在江苏南京紫金山上,就可以观察山中树木在春天渐渐变绿;如果把望远镜架到空中,清晰度放大1万倍,就能看到全球森林随着光阴流逝如何被“染绿”;如果再借助一台特殊的“太空望远镜”,从太空中看向地球,就能捕捉到肉眼无法看清的细节——森林自身发出的微弱荧光。

森林也会发光吗?没错。植物在白天进行光合作用时会发出荧光,叫作叶绿素荧光。不过这种光太微弱,只有太阳光强度的1%,被强烈的“背景光”掩盖,肉眼难以看到。

我们所借助的“太空望远镜”,就是遥感卫星。这些卫星绕地球运动,搭载着高分辨率光谱仪,这是由光栅等组成的分光系统。太阳光其实是由多种不同波长的色光组成。透过普通望远镜,我们只能看到红黄蓝三原色,但特殊望远镜的分光系统就像筛子,可以根据波长的细微差异,将太阳光“梳理”出几十万种颜色。科学家发现,这些不同颜色之间夹杂着许多细细的“黑线”。这些“黑线”是太阳光被大气层吸收后留下的“空白地带”,给我们观察微弱的叶绿素荧光留下了“窗口”。当我们借助特殊望远镜观察,会发现原本应该是“黑线”的位置,出现了淡淡的偏红色荧光。这些微弱的荧光是植物进行光合作用的指征,它们的强弱反映出光合作用的大小。掌握了这一秘密武器,科学家就可以进一步分析由哪些因素决定了光合作用的大小——这项研究日益重要。

植被的光合作用直接决定了陆地生态系统对大气中二氧化碳的吸收能力。科学研究发现,全球森林正在经历物种多样性丧失,树种越来越少,结构也越来越单一。物种多样性的变化是否会影响生态系统光合作用的能力?长期以来,相关研究难以跨越时空局限,缺乏对大尺度自然生态系统的直接观测证据。

我们借助“太空望远镜”及先进的卫星遥感探测技术,结合全球科学家在过去20年积累的海量数据,打通了观测壁垒,还利用人工智能机器学习等,深入挖掘分析海量数据。研究发现树种多样性是全球森林光合作用的重要决定因子,其作用强度仅次于温度——树种越丰富的森林,光合作用能力越强。这也是科学家首次在全球尺度明确揭示:树种多样性是促进森林光合作用的关键因子。

为什么树种多样性能促进森林光合作用呢?我们进一步研究发现,生物多样性通过两大路径增强光合作用。首先,向“上”看,生物多样性丰富了森林冠层的复杂性,不同季节生长的植物,错开了需要光照的时间,高矮不同的树种,也错开了树冠需要光照的空间,确保更多叶片能参与光合作用。其次,向“下”看,生物多样性可以让树木在泥土中充分吸收不同层次的营养,有利于提高叶片氮含量,改善叶片的生理特性,从而增强光合作用的能力——换句话说,森林生物多样性提升光合作用能力,主要依靠让它们长得高、活得好。

在修复和改善生态时,我们可以模仿天然生态系统,种植混交林。在我国南方地区提升森林的生物多样性,对形成碳汇、减碳减排放压力有着显著的效果;而在寒冷的东北,可以有针对性地培养耐寒树种,加强维护和管理,让更多树种在黑土地上存活下来。

(作者为南京大学国际地球系统科学研究所副所长、教授,本报记者姚青雪采访整理)

## 我科学家揭示二叠纪末森林崩溃引发环境剧变

**本报昆明电** (记者杨文明)近日,我国科学家领衔的研究团队在《美国科学院院刊》发表最新研究成果,揭示了二叠纪末期的生物大灭绝事件并非短期、全球同步出现,而是分阶段、分区域出现森林崩溃现象,并逐步引发全球性生物灭绝。

二叠纪末生物大灭绝事件发生在2.5亿年前。云南大学科研人员牵头研究团队首次在二叠纪—三叠纪过渡期非海相地层中应用黄铁矿多硫同位素分析技术,对贵州清江沟剖面展开综合分析。研究发现,二叠纪末期生物大灭绝期间华夏植物群出现突然崩溃,对碳—硫循环产生强烈扰动。而对比南半球高纬度地区的澳大利亚悉尼盆地,发现该区域出现过类似现象,但与华夏植物群出现突然崩溃的时间相差近60万年。这表明,二叠纪末的环境危机呈阶段性、区域性爆发的特点,陆地生态系统并非遭受均一的瞬时全球性冲击,而是随着区域生态系统相继崩溃,影响逐步叠加放大而成。

## 研究显示规律睡眠可降低儿童肥胖风险

**据新华社新加坡电** (记者舒畅)新加坡一项新研究显示,儿童若每天规律睡眠不少于9小时,其肥胖风险较睡眠不足的同龄人更低,这一关联在男童中更为明显。

新加坡科技研究局等机构研究人员在国际学术期刊《肥胖》上发表论文,分析了638名平均年龄为10.2岁的儿童,结果显示每天规律睡眠不少于9小时的男童,肥胖风险比睡眠不足的同龄对照者低51%。那些规律地达到推荐睡眠时长的男童,身体各部位脂肪含量均明显较低,血液中与慢性炎症及心脏病风险相关的炎症标志物水平也较低。

该研究在女童中也观察到类似情况,但关联性相对较弱,这表明睡眠对脂肪储存的影响可能会因生理差异而不同。

研究人员表示,许多学龄儿童平日睡眠不足,往往寄望于通过周末补觉弥补,但这种做法不能有效降低肥胖风险。只有在工作日与周末都保持充足睡眠,才会对改善儿童健康有明显效果。

『太空望远镜』,打开看森林的新视野

张永光