



听《中国科学报》

《中国科学报》官微

科学网 App

科学网官微

## “十五五”气象卫星应用“路线图”绘就

本报讯(记者高雅丽)近日,中国气象局印发《气象卫星应用能力提升工作方案(2026—2030年)》(以下简称《方案》),明确“十五五”期间我国气象卫星应用能力提升的“路线图”。

根据《方案》,到 2030 年,我国将建成覆盖地球系统的气象卫星遥感业务应用体系,地基与空基观测实现智慧协同,有力支撑气象防灾减灾和应对气候变化,卫星数据广泛赋能农业生态、能源、交通和新兴经济等领域,全面提升气象卫星应用综合效益与国际影响力。

气象卫星是我国重要的空间基础设施。当前,各行各业对高精度、全覆盖气象卫星数据的需求与日俱增。聚焦未来 5 年发展,《方案》明确 7 方面 21 项重点任务。其中,在筑牢观测与数据基础方面,将初步建成以风云气象卫星为主、商业卫星为辅的天基气象综合观测系统,推动地空天一体化布局,实现对大气圈、水圈、陆地表面、生态圈、冰冻圈等多圈层的实时监测。在支撑数值预报与人工智能应用方面,将推动风云气象卫星和商业卫星数据全面进入中国气象局下一代大气数值预报模式,加强卫星数据在地球系统人工智能预报模型中的深度应用,支撑台风预报、暴雨强对流识别、风能太阳能气象预报等专项模型能力提升。

支撑极端天气监测和气候变化风险评估,是未来 5 年气象卫星应用进一步显示了它对发育时间线的更新作用。团队从不同发育阶段的 65 个切片中提取神经数据,首次系统描绘了受精后第 4 周至第 8 周人脑的精细分子分区。更重要的是,他们发现神经元出现的时间可能早于既往认识。研究显示,抑制性神经元标志物在 CS12 至 CS13 阶段就已出现,而兴奋性神经元标志物在 CS19 阶段已被检测到。黄荷凤指出,这一发现“将改写教科书”。

团队同时关注到 *HMG2A2* 调控因子。研究显示,*HMG2A2* 在神经发育过程中呈现明显的时空特征,早期表达范围较广,而调节子活性较低;后期则在特定脑区和细胞群中表达,并显示出更强的调控活性。这些结果表明,以 *HMG2A2* 为核心的神经前体细胞分化调控网络,与智力障碍相关基因显著关联,为理解神经发育疾病的分子基础提供了新视角。

“这项成果体现了医院牵头、跨单位协同攻克原创科学问题的重要性。”复旦大学附属妇产科医院院长姜桦表示,其价值不仅在于揭示人类胚胎发育规律,更在于为出生缺陷、发育异常等临床问题寻找源头机制,并推动未来诊断、干预和治疗。

“从临床问题出发,再回到临床中去”正是黄荷凤长期坚持的科研路径。很多疾病的发生发展与生命早期发育异常密切相关,而宫内感染是不良围产结局、新生儿死亡、出生缺陷的重要诱因之一。基于此,黄荷凤团队系统分析了病原体入侵受体在全胚胎的时空分布特征,并阐明了胚胎早期感染易感性的分子机制。

光钟被认为是下一代时间标准的核心装备。它以特定原子或离子的量子跃迁信号为“钟摆”,工作频率比传统微波钟高出数倍,理论上能把时间切分得更细、测得更准。但长期以来,光钟体积较大,环境要求严苛,主要用于实验室科研场景。

围绕光钟小型化、模块化、国产化,精密测量院团队开展了十余年持续攻关,逐一研发激光稳频、离子囚禁、电子控制等核心部件,在缩小系统体积的同时保持高精度,使光钟系统频率不确定度保持在  $1E-17$  水平,天稳定度达  $3E-17$ 。此次应用试验中,光钟从武汉运抵北京。精密测量院团队与北京卫星导航中心研究人员联合开展长期守时试验。他们以光钟为“精准裁判员”,实时监控氢钟频率漂移与噪声,并通过算法反向修正频率偏差。

长达半年的数据显示,光钟运行率达 93.6%。经光钟驱动后,氢钟频率月稳定度从  $3E-15$  提升至  $4E-17$ ,改善近两个数量级;构建的“光时标”独立运行半年,与协调世界时(UTC)的偏差仅 600 皮秒,月稳定度达到 UTC 自身  $1E-16$  极限水平。

相关专家介绍,高精度守时广泛应用于卫星导航、通信网络、金融交易、地下资源勘探和基础物理研究等领域。团队表示,下一步将继续优化技术方案,瞄准  $1E-18$  精度目标,推动可移动光钟向更小、更稳、更准发展。

## 照亮生命早期“黑箱”

### 全球首个人类胚胎早期器官发生阶段时空转录全景图出炉

■本报见习记者 江庆龄

这是一项“全球科学家与临床医生翘首以盼的杰作”。

近日,由中国科学院院士黄荷凤牵头,复旦大学、浙江大学、上海交通大学等多家单位研究人员联合攻关,绘制出全球首个人类胚胎早期器官发生阶段时空转录全景图。它如同一张高精度导航图,为理解早期胚胎器官发生、先天性疾病起源,优化早孕监测等提供了关键分子坐标。相关研究发表于《自然》。

审稿人评价,自此,人类对早期器官发生的认知,从零散的切片观察迈入整体、动态、分子化的全景解析新阶段。

#### 合力解码生命早期“黑箱”

人类胚胎发育复杂,并且难以连续观察。

受精后的前 8 周被称为胚胎期,是胚胎从受精卵到初具人形的阶段。20 世纪早期,美国卡内基科学研究所的科学家将该阶段进一步划分为 23 个卡内基分期,即 CS1-CS23。其中,受精后第 4 周至第 8 周,即 CS12 至 CS23,对应的是原肠运动后、器官形成的关键期。其间,身体的基本“施工图”快速铺展,心脏开始分区,大脑逐步复杂化,眼睛、耳朵、肝脏等结构陆续出现。同时,该阶段的发育异常与先天性心脏病、神经发育障碍及多种疾病的易感性密切相关。

然而,由于该阶段难以在体外培养获得完整胚胎,也无法通过影像学手段获取类似胎儿发育的精准数据,因此被黄荷凤喻为“黑箱”,成为人类发育研究中的“认知盲区”。

作为一名妇产科医生,黄荷凤深知,许多临床问题的答案可能就藏在这个“黑箱”中。

2020 年,深圳华大生命科学研究

院(以下简称华大研究院)自主研发了空间转录组技术(Stereo-seq),凭借纳米级分辨率与厘米级全景视野的优势,在小鼠胚胎发育研究中展现出巨大潜力,可用于绘制高精度的胚胎发育时空图谱。

黄荷凤了解到相关进展后,敏锐意识到,空间转录组技术或许可用于描绘人类胚胎早期发育图谱,而其生物学意义远不止增加数据,器官发生的动态全景式描绘,疾病的发育解码及发现潜在的干预靶点都与此相关。不久后,黄荷凤团队和华大研究院团队在复旦大学附属妇产科医院开展专项研讨,双方就此达成合作共识,一项持续 5 年多的研究由此启动。

在项目推进过程中,挑战接踵而至。人类胚胎样本极其珍贵,不仅需要严格遵循伦理规范,还需保证样本完整、完好,品质稳定可靠,同时覆盖多个发育阶段。样本获得后,还需迅速完成冷冻、切片、测序、数据分析和多轮验证。此外,国际上相关研究竞争激烈,审稿过程异常严格。

“审稿人一共有 7 位,仅回答第一轮审稿意见,我们就写了 100 多页。”黄荷凤回忆。

在此过程中,团队之间的高效合作显得十分重要。黄荷凤团队和华大研究院在发挥各自优势的同时相互学习,快速了解彼此学科体系的语言。除了每周一次的线上讨论,遇到关键问题,双方团队还会线下沟通。

最终,团队通过整合高分辨 Stereo-seq 与单核 RNA 测序(snRNA-seq)技术,系统分析了 13 枚覆盖 CS12 至 CS23 阶段的人类胚胎,并结合 77 张矢状切片,解析出 50 个器官或解剖区域及 198 个分子定义的亚结构。

论文共同通讯作者、基因组多维解析技术国家重点实验室研究员徐讯介绍:“研究使用的 Stereo-seq 可以理解

为一台超广角显微镜。它的分辨率达 500 纳米,可以观察细胞等精细结构,又有足够大的视野,可以覆盖完整组织,并记录分子层面的动态变化。”

基于这项工作,心脏分区、脑区细化,以及肝、肺、肾、骨骼、脊髓、肌肉等器官的建立过程,首次被置于统一的时空坐标系中。基因表达的强弱和位置变化也被记录下来,就像一部配有分子字幕的生命早期电影,系统回答了“哪些细胞在何时何地、受何基因驱动”的核心科学问题。

#### 改写教科书的发现

团队并未满足于画出导航图,而是进一步结合具体案例,展现科学价值和实用性。

他们首先瞄准心脏和大脑。心脏是胚胎期最早建立并执行生物学功能的器官之一,关系到生命最初的节律。而大脑则是人体最复杂的器官之一,其早期分区、神经元产生和调控网络建立,至今仍存在很多谜题。一个关乎最早跳动,一个关乎复杂分化,二者正好能够体现这张导航图的解析能力。

在心脏部分,团队提取了所有含有心脏组织的切片数据,并进一步注释出 26 个心脏亚结构。

“过去很多心脏相关研究往往关注某一个点,我们的目标则是动态分析心脏发育过程中心房和心室的差异基因,进而挖掘一些关键基因。”黄荷凤表示,“幸运的是,我们在样本切片中精准捕捉到了窦房结组织。”

团队发现,*RORA* 和 *KIAA1324L* 这两个此前在心脏中功能未知的基因,在窦房结发育中发挥了关键调控作用,并在模式动物斑马鱼和小鼠中进行了验证。

如果说心脏研究展示了图谱对精细结构的定位能力,那么大脑研究则

进一步显示了它对发育时间线的更新作用。

团队从不同发育阶段的 65 个切片中提取神经数据,首次系统描绘了受精后第 4 周至第 8 周人脑的精细分子分区。

更重要的是,他们发现神经元出现的时间可能早于既往认识。研究显示,抑制性神经元标志物在 CS12 至 CS13 阶段就已出现,而兴奋性神经元标志物在 CS19 阶段已被检测到。黄荷凤指出,这一发现“将改写教科书”。

团队同时关注到 *HMG2A2* 调控因子。研究显示,*HMG2A2* 在神经发育过程中呈现明显的时空特征,早期表达范围较广,而调节子活性较低;后期则在特定脑区和细胞群中表达,并显示出更强的调控活性。这些结果表明,以 *HMG2A2* 为核心的神经前体细胞分化调控网络,与智力障碍相关基因显著关联,为理解神经发育疾病的分子基础提供了新视角。

#### 从生命源头寻找临床答案

“这项成果体现了医院牵头、跨单位协同攻克原创科学问题的重要性。”复旦大学附属妇产科医院院长姜桦表示,其价值不仅在于揭示人类胚胎发育规律,更在于为出生缺陷、发育异常等临床问题寻找源头机制,并推动未来诊断、干预和治疗。

“从临床问题出发,再回到临床中去”正是黄荷凤长期坚持的科研路径。

很多疾病的发生发展与生命早期发育异常密切相关,而宫内感染是不良围产结局、新生儿死亡、出生缺陷的重要诱因之一。基于此,黄荷凤团队系统分析了病原体入侵受体在全胚胎的时空分布特征,并阐明了胚胎早期感染易感性的分子机制。

(下转第 2 版)

## 乔旦:让国产润滑材料闪耀太空

■本报记者 叶满山

2024 年的一个冬夜,中国兰州兰州化学物理研究所(以下简称兰州化物所)的实验室灯火通明,乔旦盯着精密测试仪器上跳动的数据,眉头微蹙。这是国产导弹发动机主轴系统润滑材料研制的第 37 次迭代测试,在每分钟数万转高速运转、接触压力高达多个吉帕的极端耦合条件下,润滑脂的寿命与达标要求仍存在一定差距。

乔旦小心翼翼地取出样品,轻声对团队成员说:“再仔细测一次微观结构,问题或许藏在咱们没想到的细节里。”团队的人都知道,这位来自山东的女研究员看似“执拗”,实则有着一股不服输的韧劲。正是这份韧劲,让她扎根西部十余年,在摩擦化学与空间润滑领域默默耕耘,破解了一个又一个“卡脖子”难题,用一项项硬突破为我国航空航天、高端装备事业筑牢润滑基石,收获了“中国科学院三八红旗手”的殊荣。“这份荣誉是认可,更是沉甸甸的责任。”乔旦坦言,“看到其他获奖前辈的工作,既自豪又倍感压力,往后更要做好榜样,扛起这份责任。”

#### 初心向科研

上世纪 80 年代末,乔旦出生于山东定陶一个普通农村家庭。父亲是一名乡村医生,年轻时被迫中断高中学业,这份遗憾让他对知识格外渴求。“每年高考放榜,父亲都会默默跑到学校门口看榜单,久久不愿离开。”乔旦回忆说,“他总跟我们说‘知识改变命运’,再难也要供我们读书。”

2005 年,乔旦考入曲阜师范大学化学专业。收到录取通知书那天,父亲激动又自豪,亲手为乔旦打点行囊,还写下一封家书。“信里的两句话我记了一辈子。”乔旦说,“一是‘上大学不是终点,要继续深造’,二是‘出门在外,照顾好自己的’。”

本科期间,在学长、学姐的引领下,乔旦了解到兰州化物所拥有国内顶尖的摩擦学与润滑材料研究平台,不少成果“可以上天”。2009 年,她奔赴西北,跟随导师马大鹏研究员攻读硕士、博士学位。

初到兰州,“风沙大、饮食辣”,乔旦有些不适应。当她走进实验室,看到从未见过的大科学装置与高端仪器时,所有不适都被兴奋取代。“这里的设备比本科学校先进太多,能做自己想做的实验,太幸运了!”

第一次参观实验室,乔旦便暗下决心,要尽快确立课题,用好平台,做出真正有价值的成果。读研期间,她首次参加全国摩擦学大会,带着新型磷酸类离子液体添加剂的制备及摩擦学性能研究的初步成果登台作报告。“跟同行比差距太大了,他们的工作做得特别深入。”

这次经历让乔旦深受触动,也激发了斗志。如今,这一研究体系仍在延续,在水基体系中实现超滑成为团队的核心研究方向。

2014 年,乔旦博士毕业后选择留所工作。从学生到研究员的身份转变让她面临全新挑战。“以前是导师定题我解题,现在要自己找真问题、啃‘硬骨头’,还有项目申报、团队建设和研究生培养工作。”乔旦表示,“但压力也是动力,能在国家急需的领域做事,再难也值得。”

#### 硬核护航天

“女性科研工作者有天然优势——细致、敏锐、坚韧,能捕捉到别人忽略的细节。”乔旦说,“一是‘上天’的航天任务也让她在科研攻关中屡屡破局。

支撑结构。”然而液态润滑剂内部结构表征难度极大,乔旦带领团队反复摸索才找到合适的表征手段,证实了微观网络结构的存在。“这个发现为新型润滑材料设计提供了关键理论依据。”

2012 年,乔旦参与国产大飞机润滑测试,百余项指标全是额外任务。“白天要做自己的课题,只能利用晚上和周末加班干。”乔旦说。其中,“润滑脂相似黏度”课题组从未测试过,设备、方法、数据处理全是空白,“导师大概说了下原理,剩下的全靠靠自己啃”。

乔旦从零学起,仅用一周就完全掌握了相关知识,还把技术传授给团队成员。这次历练让她系统掌握了润滑脂全性能测试方法。“这对后续的工程化研制太关键了,能快速判断材料缺陷和改进方向。”

在“一项重要飞行器润滑剂攻关任务中,乔旦面临低温、高承载双重技术瓶颈。”项目没立项、没专项经费,但这是大国重器急需的,再难也要拿下。”乔旦 20 次奔赴现场,而实验室内迭代次数更是远超 20 次。“我们每次觉得性能提升了,到现场验证却发现是差一点,只能一遍遍优化配方、调整工艺。”乔旦说,“支撑我走下去的,是解决问题后的成就感,这种感觉无可替代。”

2017 年,国产空间润滑脂遭遇堵转难题,国外严密封锁技术,团队两三年攻坚未果。“我想,不行就从头开始,再找找没注意到的细节。”乔旦重启研究,终于发现了被忽略的关键添加剂。“这种球状颗粒添加剂像‘微型滚珠’,在轴承运转中持续剪切,能防止聚四氟乙烯承压结块,同时还具有防腐、高承载的综合性能。”经过无数次配比调试,团队找到了“黄金比例”,最终产品承载性能比进口同类产品高 8 倍,成功实现国产化替代。

如今,这款润滑脂已成功应用于我



2026 沈阳机器人大会 6 月 1 日在辽宁沈阳举行。本届大会聚焦具身智能、人形仿生、人机协同等前沿赛道。机器人大会的前沿科技首发展区分为工业智造、人形与服务机器人、特种作业与巡检、前沿技术与创新生态四大板块。26 家企业的 97 件展品集中亮相,覆盖工业协作、人形仿生、四足行走、智能巡检以及脑机接口等前沿技术领域。图为小朋友在机器人大会展区参观。图片来源:视觉中国

## 八部门联合发文做强海洋保健食品产业

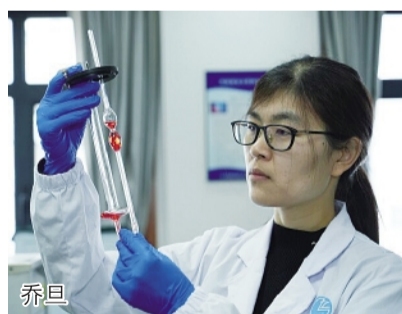
据新华社电 市场监管总局、国家药监局、自然资源部等八部门近日联合印发关于加快海洋药物和功能制品高质量发展的指导意见,将海洋保健食品、海洋药物、海洋生物材料等作为重点突破领域,推动海洋产业高质量发展。

海洋保健食品产业是海洋产业的重要组成部分。海洋保健食品主要包括多不饱和脂肪酸类、多糖类及蛋白质与肽类三大品类,是满足群众抗氧化、免疫调节、脑健康维护等多元化健康需求的重要载体。

根据指导意见,市场监管总局在严格保健食品注册备案监管、保障产品质量安全基础上,聚焦抗氧化、改

善记忆、缓解体力疲劳等市场需求旺盛的保健功能,支持科研机构、行业企业依托现代生物技术推动海洋保健食品产业提质升级,加快推进海洋保健食品新原料、新功能开发应用,重点支持新功能海洋保健食品研制,更好满足人民群众健康需求。

我国近海生物资源丰富,海藻酸盐年产量约 5 万吨,占全球 80%;甲壳素及壳聚糖年产量 3.5 万吨,占全球 80% 以上。远洋与深海资源开发能力持续提升,深海微生物资源实现产业化利用,为海洋保健食品提供了稳定、低成本、可持续的优质原料保障,“资源—原料—产品”完整自主可控链条。(戴小河)



受访者供图

国七号实验卫星,并通过载人登月推进系统、对接机构,行进系统地面试验,覆盖商业航天等十余家应用单位。“我们把核心技术牢牢掌握在自己手里,就是我们科研人的底气。”乔旦自豪地说。近年来,她的团队还在空间长寿寿命亿转环超导润滑脂方向取得重要突破,研究成果将应用于新一代空间飞行器。

“我们始终坚持以基础研究与工程应用深度融合,将论文写在祖国大地上,把技术用在国家重器上。”乔旦说。

#### 温情度人生

作为兄弟姐妹中唯一远在省外的人,乔旦并非没有动过“回老家”的念头。其他单位的高薪邀约,都让她犹豫过。“她说,‘但兰州化物所的顶尖平台、前辈的精神传承,还有用户的认可,让我走不了,也不想走。’”

乔旦坦言,最珍贵的动力来自用户的反馈。“当听到‘你们材料解决了大问题’,所有辛苦都值了。”(下转第 2 版)

