

遭企业老总集体“吐槽”！ 江门中微子实验要求有多严

■本报记者 倪思洁

1月18日，星期日。来自全国各地的83家企业“老总”会聚广东江门的打石山，参加江门中微子实验工程总结会。

“我们都要崩溃了！我讲到那个事，就绷不住。”接受《中国科学报》采访时，江苏汤臣新材料科技有限公司（以下简称汤臣科技）董事长汤月生拿起纸巾，擦了擦脸上的泪。

当着江门中微子实验首席科学家王贻芳、总工程师马骝妍等人的面，工程总结会开成了一场“诉苦大会”。

此时，他们脚下，我国新一代大型中微子实验装置——江门中微子实验已建成运行。它的核心探测器主支撑结构是一个直径41.1米的不锈钢网壳，里面装着直径35.4米的巨型有机玻璃球，球里装着让中微子现身的2万吨液体闪烁体，有机玻璃球则泡在4万吨超纯水中。探测器里还有2万只20英寸光电倍增管，2.5万只3英寸光电倍增管……

这个超级工程里有许多世界之“最”——世界最大的有机玻璃球、世界最透明的液体闪烁体、世界最高效率的光电倍增管。每个“最”都诞生于科学家、企业家与极端技术指标的极限拉扯。

“项目指标很‘变态’”

“几乎到了‘变态’的程度。”谈起江门中微子实验项目对有机玻璃的低本底要求时，汤月生忍不住摇了摇头。

汤臣科技负责有机玻璃球体的研发、制造与安装。物理学家要求每一块



高能所工作人员检查有机玻璃球上的裂纹。

刘悦湘 / 摄

有机玻璃板材都要洗得“一尘不染”，因为灰尘中的氦会对中微子探测产生干扰。

中国科学院高能物理研究所（以下简称高能所）专门派科学家常驻工厂，全程监督263块板材的清洗工作。“他们检测的不是板材表面，而是洗下来的水。”汤月生说。达标后，物理学家还要求工厂给每一块板材贴保护膜，“到现场安装之前，还要再擦洗一遍”。

最让汤月生刻骨铭心的，是巨型有机玻璃球的安装。“球是从上面向下安

装的，越下面应力越大，就会有裂纹出来。哪怕一个小地方，我们都要反复修补二三十次。那段时间真的崩溃了，有时候晚上都睡不着觉。”说着，汤月生的眼圈又红了。

这种“崩溃”是很多企业“老总”的共同感受。

“我们搞工程的人，觉得这个项目的指标很‘变态’。”浙江东南网架股份有限公司（以下简称东南网架）副总经理严永忠说。

作为巨型不锈钢网壳的安装企

业，他们面对的指标是“直径41.1米的不锈钢网壳，整体安装精度3毫米，螺栓孔的间隙必须控制在1毫米内”。在以往惯用厘米为精度单位的工程领域，这无疑是巨大的挑战。

为了确保企业达到技术指标，王贻芳经常带队到企业检查生产进度和质量。“研讨会来来回回地开，每年大会起码有四五次，小会更是多得不得了，让人很崩溃。”严永忠感慨。

有时，一通电话就能让这种崩溃的感觉蔓延全身。北方夜视科技（南京）研究院有限公司（以下简称北方夜视）总经理孙建宁苦笑着说：“有一天早上上班，我的心情还是比较快乐的。王贻芳院士一个电话打过来，严厉要求我们针对遇到的光电倍增管性能问题，迅速提交报告。电话打完后，我一整天都提不起劲。”

无形的创新联合体

在总结会现场，叫苦不迭的“老总”还有另一个共同感受——每当崩溃感抵达顶点，就会迅速变成截然相反的情绪。“崩溃之后，总会出现让人很振奋的事。”孙建宁说。

这种“过山车”式的情绪转变，与江门中微子实验项目的“创新联合体”有关。这是一个无形的组织，由高能所联合国内外数十家顶尖科研院所、企业组成。

一旦遇到重大技术瓶颈，“创新联合体”便会迅速转化为“攻关共同体”。

（下转第2版）

工业和信息化部拟制定 标准规范数字人身份标识

据新华社电 工业和信息化部日前发布通知，将公开征求《元宇宙 分类与标识 数字人身份标识要求》强制性国家标准制修订计划项目意见。本次拟制定的标准将规定数字人身份标识的标识体系及注册、管理、标识要求。

近年来，我国数字人产业发展迅速，数字人已广泛用于表演主持、电商直播、品牌营销、客户服务、教育培训等领域。然而，由于缺乏有效的数字人身份标识管理机制，不法分子通过盗用或仿冒他人数字人形象，制作、发布和传播违法不良信息，诋毁和贬损他人名誉；部分数字人缺少内容过滤机制和安全护栏，生成与事实不符的内容。

本次拟制定的标准可以实现问题数字人信息的快速追溯，有利于行业监管；可以精准定位违法违规责任主体，降低欺诈风险；可以建立统一的数字人身份标识认证体系，推动产业向规范化、集群化、精细化发展。

基于此标准，境内所有用于商业和传播用途的数字人将实现“一人一码”。这将有助于减少和防范数字人相关安全风险，推动数字人产业健康有序发展，维护数字人企业合法权益，营造风清气正的网络环境。

据悉，我国数字人相关企业已超114万家。有测算显示，2025年我国数字人产业规模突破400亿元，带动周边产业规模超6000亿元。（周圆）

“溶解压卡效应”为下一代 绿色制冷技术开辟全新路径

本报讯（记者张楠 通讯员刘言）近日，中国科学院金属研究所研究员李昂团队与合作者首次发现了“溶解压卡效应”，有望同时攻克制冷领域的三大核心难题——低碳排放、大制冷量和高换热效率，为下一代绿色制冷技术开辟了全新路径。近日，相关成果发表于《自然》。

研究团队在实验中发现，硫酸铵水溶液在压力变化下表现出惊人的热效应：加压时，盐析出并放热；卸压后，盐迅速溶解并强力吸热。室温下溶液温度可在20秒内骤降近30℃，在高温环境下降温幅度更大，远超已知固态相变材料性能。科研人员将这一现象命名为“溶解压卡效应”。

该效应的突破性在于将制冷工质与换热介质合二为一：利用溶液

本身的流动性实现高效传热，同时通过溶解 / 析出过程提供巨大冷量，从而一举打破长期困扰制冷领域的低碳 - 大冷量 - 高换热不可能三角关系。

基于此效应，团队设计出一套高效的四步循环系统：加压升温一向环境散热一卸压降温一输送冷量，单次循环即可实现每克溶液吸收67焦耳热量，理论效率达77%，展现出优异的工程应用潜力。

该研究不仅提供了一种全新的制冷原理，更为发展高效、环保的下一代制冷技术奠定了关键科学基础，在大型数据中心热管理方面潜力巨大。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-10013-1>



1月22日，由中船武汉船机自主设计建造的两座新一代TYPE3 PRO型自升式海上作业支持平台，从青岛西海岸新区鸣笛启航，发往中东波斯湾海域。

该型平台集作业高效、绿色环保与网络安全等先进性于一身，整体设计达到国际先进水平，将为海上油田作业提供高效稳定的支持。

图片来源：视觉中国

胚胎发育“卡壳”？“远古病毒化石”在作祟

■本报记者 崔雪芹 通讯员 吴雅兰

在辅助生殖过程中，许多胚胎在植入子宫前就停止了发育，尤其是8细胞阶段的发育阻滞现象，成为生殖医学领域长期面临的难题。如今，破解这一难题有了关键线索。

浙江大学基础医学院 / 浙江大学医学院附属妇产科医院（以下简称浙大妇院）研究员梁洪青、浙大妇院主任医师张丹，联合中国科学院院士、同济大学教授高绍荣，浙江大学爱丁堡大学联合学院长聘副教授刘婉璐团队，首次揭示了人类基因组里的“远古病毒化石”（内源性逆转录病毒，ERV）通过合成特殊的“嵌合RNA”，帮助人类早期胚胎顺利跨越合子基因组激活（ZGA）关键发育节点。该研究不仅深化了对生命起始的理解，也为改善辅助生殖技术提供了新思路。1月23日，相关成果发表于《科学》。

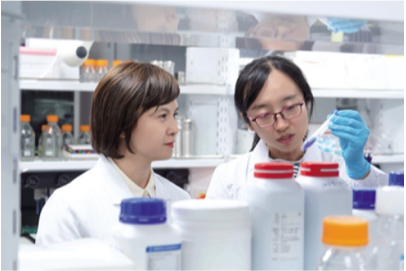
胚胎为何过不了这个坎

“医生，为什么我的胚胎总是刚开始发育就停了？”在浙大妇院生殖内分泌科诊室里，张丹经常听到这样的疑问。

张丹和团队成员每年要接待数千个不孕家庭，其中一些患者会遇到早期胚胎发育阻滞的问题，即体外受精形成的胚胎在发育到受精后第3天（8细胞阶段）时突然“卡壳”，既不继续分裂，也无法发育为囊胚，最终失去移植价值。这是困扰生殖医学领域多年的难题，也是无数不孕家庭的痛点。

“一开始，我们以为是编码基因出了问题。”张丹说。人类基因组里有两万多个编码基因，就像“生产蛋白质的说明书”。之前的研究大多认为，若这些基因发生突变，可能导致胚胎发育异常。令人困惑的是，许多发育阻滞的胚胎，通过外显子组测序、家族遗传分析等检查，并未发现编码基因有何异常——染色体正常、已知的与早期胚胎发育相关的基因突变也未出现，可胚胎就是“活不下去”。

“我们无法解释这一现象。这种‘无解’的状态，对医生和患者而言，都是一种煎熬。”张丹说。这也让研究团队陷入思考：难道基因组里还有未知因素在影响胚胎发育？



张丹（左）和梁洪青讨论实验。
浙江大学供图

与长期研究干细胞和转录调控的梁洪青团队的学术交流，带来了新视角。“基因组里非编码区还有超过40%的‘暗物质’——逆转座子序列，其中ERV是一个重要的分支。”梁洪青说，ERV是远古病毒感染人类祖先留下的“基因化石”，虽然大多失去了感染能力，但可能在进化中被“驯化”，能够参与生命活动。

与此同时，研究人员观察到，在人类体外受精胚胎的8细胞“瓶颈期”，胚胎想要继续发育，需要一股“洪荒之力”——成功启动自身的基因表达程序，即ZGA，才能从依赖卵子储存的母源物质，切换到激活自身基因组。ZGA如同生命启动的“总开关”，一旦失败，胚胎发育便会受阻于此。

“我们推测，问题的答案可能隐藏于占据基因组绝大部分的功能未知的‘非编码区’。”张丹解释道。

临床的迫切需求与基础研究的探索在此交汇。研究团队决定从合子基因组阶段特异性高表达的ERV入手，对比正常胚胎和发育阻滞胚胎的差异。结果令人惊喜：在发育阻滞的8细胞胚胎中，ERV家族里的MLT2A1亚家族，表达量比正常胚胎显著下调。“这似乎是一个关键线索——MLT2A1的‘缺席’，可能正是胚胎‘卡壳’的原因。”梁洪青说，由此，研究团队锁定了下一个目标——探索MLT2A1如何影响胚胎发育。

解锁胚胎启动的密码

要弄清MLT2A1的作用，首先得看

清它在胚胎里“做什么”。但传统的测序技术就像把RNA剪成碎片再拼接，很难完整捕捉MLT2A1的真实形态。团队采用了纳米孔长读长测序技术——相当于给RNA拍“全身照”，能完整读出它的序列且不遗漏细节。

该技术的应用带来了第一个重大发现：MLT2A1在ZGA阶段并非孤立表达，而是主动与下游各种不同基因组序列“手拉手”融合，形成一系列结构特殊的“嵌合RNA”。

“这彻底颠覆了我们的认知。”论文共同第一作者、在浙大妇院进行博士后研究的向阳泉感叹。研究人员在人类8细胞期胚胎和干细胞中鉴定出几百种不同的嵌合转录本，这些嵌合RNA平均长度在500-1000碱基之间，绝大多数通过剪接事件连接而成。这意味着MLT2A1通过这种广泛的嵌合模式，极大拓展了RNA序列的复杂性和多样性。那么，这些嵌合RNA如何具体行使功能？研究团队揭示了第二个关键机制：MLT2A1 RNA主要富集在细胞核内。它们利用嵌合特性，能够精准靶向并和基因组中大量与ZGA相关的位点结合。

更关键的是，MLT2A1 RNA并非“单打独斗”。它通过保守的序列区域，招募了一个重要的核内蛋白“帮手”——HNRNP。两者形成的复合物，又能进一步招募负责基因转录的“核心机器”——RNA聚合酶II。

团队成员打了一个比方：MLT2A1嵌合RNA凭借“嵌合体”带来的多样性，精准定位到“施工现场”，即基因组上需要被激活的ZGA基因位点，然后利用其保守部分，“招募”HNRNP蛋白“项目经理”和RNA聚合酶II“施工队”，从而高效启动这些关键基因的转录。这就像搭建了一座直接激活基因的“立交桥”。

MLT2A1的调控机制还体现出高度的协同性与稳定性。团队发现，散布在基因组各处的数千个MLT2A1拷贝并非“各自为政”，而是形成了一个相互促进、相互激活的“互助网络”。当研究人员敲低单个高表达的MLT2A1拷贝时，不仅该拷贝自身表达下降，其他多

个MLT2A1拷贝的表达也受到牵连，导致整个亚家族的表达水平进一步降低。反之，过表达MLT2A1嵌合RNA，则能提升整体家族的活性。

为了验证这一机制，团队使用了临床废弃的三原核胚胎进行实验：人为降低MLT2A1的表达时，胚胎果然发生了阻滞；而补充体外合成的MLT2A1嵌合RNA后，胚胎的ZGA程序又能重新启动。“这证明MLT2A1不是‘旁观者’，而是胚胎发育的‘关键开关’。”梁洪青说。

打开生殖健康新视野

从门诊中碰到早期胚胎发育阻滞的病例，到临床与基础研究团队互相启发擦出创新火花，在张丹和梁洪青看来，这就像一个侦探破案的过程，而这项融合了基础和临床的研究，也具有多重意义。

首先，它深化了人们对生命起始的理解。研究首次令人信服地揭示了曾被忽视的基因组“暗物质”ERV在人类生命最初的塑造过程中，扮演了积极主动且至关重要的角色，为发育生物学提供了全新认知视角。“这项研究让我们看到了生命设计的精妙与深邃。”梁洪青感慨。

其次，它为改善辅助生殖技术提供了全新的科学思路和潜在的未来路径。一方面，MLT2A1的表达水平有望成为一种新型生物标志物，用于评估体外受精胚胎的发育潜能。张丹表示：“未来，如果能通过对MLT2A1等分子的检测，更早、更精准地预测胚胎活力，将有助于我们筛选出最优质的胚胎进行移植，从而提高试管婴儿的成功率。”

另一方面，这项研究为理解并干预因ZGA失败导致的胚胎发育阻滞奠定了一定的理论基础。“它为我们指明了新的探索方向——除了编码基因，非编码区域，尤其是逆转座子的调控至关重要。”张丹补充说，“这提示我们，未来或许可以通过优化体外培养体系模拟更接近体内的环境，以更好支持胚胎自身基因组的激活程序，帮助更多胚胎顺利发育。”

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/science.adv5257>

荷兰牛体内首次发现 禽流感病毒抗体



本报讯 近日，荷兰发现一头奶牛似乎感染了H5N1型禽流感病毒。这是这种高致病性禽流感病毒已传播至美国以外牛群的首个报道。

据《科学》报道，荷兰是欧洲最大的鸡蛋出口国，目前正经历近年来最严重的H5N1型禽流感疫情。该国政府数据显示，自2025年10月以来，已有30多家农场出现疫情，超过150万只鸡、火鸡和鸭子被扑杀以阻止病毒传播。此外，还有许多野生鸟类也相继死亡。

2025年12月，荷兰弗里斯兰省一家奶牛场的猫被确认感染H5N1型禽流感病毒并死亡。后续，荷兰兽医部门采集了该农场奶牛的血样和奶样，结果从其中一头奶牛的奶样中检测出H5N1型禽流感病毒抗体，但所有样本均未检测出病毒本身，目前也没有迹象表明禽流感已蔓延至荷兰其他奶牛场。

荷兰农业大臣指出，这头奶牛上个月患上了乳腺炎和呼吸道疾病，因此它的奶未被加工。此外，该农场的牛奶都经过巴氏杀菌处理，可以灭活病毒，这意味着病毒进入饮用奶的可能性极小。目前尚不清楚病毒是如何传入农场的，也不清楚猫和奶牛是如何被感染的。

荷兰伊拉斯姆斯医学中心的流行病学专家Marion Koopmans对荷兰政府的监测网络表示认可，“要为动物卫生部门的警觉性点赞”。她指出，早在美国奶牛2024年暴发H5N1型禽流感疫情时，荷兰就对本国的奶牛进行了大规模筛查，但未发现病毒。

据悉，感染H5N1型禽流感病毒的奶牛通常会发烧、产奶量减少、奶水变色，不过大多数奶牛最终会康复。荷兰这家奶牛场近期没有人员出现类似流感的症状。在美国奶牛场，曾有人感染H5N1型禽流感病毒，主要症状为传染性结膜炎。研究人员担心这种禽流感病毒在牛群中的传播，会使其有更多机会适应哺乳动物，从而可能对人类健康构成严重威胁。（徐锐）