

科技新闻

·前沿动态·

35.6 T全超导用户磁体将提升
极端条件实验能力

2026年1月27日,依托中国科学院物理研究所建设的国家重大科技基础设施——综合极端条件实验装置取得新的技术进展。由中国科学院电工研究所与物理研究所联合研制的全超导用户磁体,实现中心磁场强度35.6 T,可用孔径为35 mm,超过美国国家强磁场实验室此前报道的32.0 T水平,刷新了全超导用户磁体的磁场强度纪录。

该全超导磁体源于国家“十二五”重大科技基础设施项目。综合极端条件实验装置已于2025年2月通过验收,此次实验结果是在原有全超导磁体系统基础上,通过结构与参数优化实现的性能提升。

强磁场超导磁体是在极低温条件下,利用超导材料零电阻特性产生高磁场的装备,具有磁场稳定性高、均匀性好和能耗低等

特点,是极端条件物理、凝聚态物理和量子材料研究的重要实验平台,同时在科学仪器、高端医疗设备、能源与交通技术等领域具有应用潜力。

强磁场超导磁体的工程实现涉及电磁设计、低温技术、超导材料和精密制造等多个环节,对磁场强度、稳定性、均匀度、有效口径及长期运行可靠性均提出较高要求。现有高温超导材料在临界电流密度、力学性能各向异性、屏蔽电流效应及尺寸一致性等方面仍存在限制,增加了磁体设计与工程实现的复杂度。

围绕上述问题,中国科学院电工研究所团队在强磁场用户超导磁体设计与建造方面开展了系统研究,形成了高场高温超导磁体的电磁精细设计方法,并在多线圈轴向预紧、屏蔽电流调控等方面提出了相应技术方案。中国科学院物理研究所团队则在高温超导磁体运行状态监测、极低温高磁场测量,以及磁体系统与低温系统、用户实验系统的集成方面开展了技术攻关,支撑了全超导用户磁体的稳定运行与性能验证。

该结果为在更高磁场条件下开展极端物性研究提供了新的实验条件,也为后续高场超导磁体的工程化研究积累了技术数据和运行经验。

(综合:中国科学院
电工研究所官网、
光明网)



在位于怀柔综合极端条件实验装置的极低温强磁场量子振荡实验站内,实验人员讨论全超导用户磁体的运行情况

(图片来源:新华社)

远古病毒“遗产”助力人类胚胎
跨越发育关卡

在辅助生殖过程中,部分胚胎会在植入子宫前停止发育,其中尤以8细胞阶段的发育阻滞最为常见。这一阶段恰逢胚胎从依赖母源指令转向自主启动基因表达的关键窗口,被称为合子基因组激活(zygote genome activation, ZGA)。为何一些胚胎无法顺利跨过这一关,一直是生殖医学和发育生物学关注的核心问题。

浙江大学基础医学院、医学院附属妇产科医院梁洪青,联合同济大学及浙江大学爱丁堡大学联合学院的研究团队发现,人类基因组中源自远古病毒的遗留序列,在这一关键节点发挥着意想不到的作用。研究表明,这类被称为内源逆转录病毒(endogenous retrovirus, ERV)的“基因化石”,可通过合成特殊的嵌合核糖核酸(Ribonucleic Acid, RNA),帮助早期胚胎完成ZGA,从而避免发育停滞。2026年1月22日,相关研究成果发表于《Science》。

人类基因组中,真正编码蛋白的序列只占很小比例,其余大量区域长期被视为“非编码”或“冗余”。其中,逆转座子序列占比超过40%,而ERV正是这一类序列的重要分支。它们来源于远古时期病毒对人类祖先的感染,虽然早已失去复制和感染能力,却在进化过程中被“保留”并逐渐融入基因调控网络。

研究团队以合子基因组阶段特异性高表达的ERV为切入点,对正常发育胚胎与8细胞期发育

阻滞胚胎进行对比分析。结果发现,在发育受阻的胚胎中,ERV家族中的 $MLT2A1$ 亚家族表达显著下降,暗示其可能与胚胎能否顺利完成ZGA密切相关。

进一步分析显示, $MLT2A1$ 并非以单一基因的方式发挥作用。其核心序列相对固定,却能够与下游的蛋白编码基因、非编码RNA片段,甚至其他逆转座子序列发生融合,形成大量嵌合转录本。研究人员在人类8细胞期胚胎和干细胞中鉴定出数百种不同的嵌合RNA,其长度多在500~1000个碱基之间,主要通过剪接事件形成。这种“模块化拼接”的方式,显著拓展了RNA序列的多样性,也为胚胎在短时间内快速建立复杂的基因调控网络提供了可能。

从功能角度看,这一机制为理解ZGA提供了新的视角:早期胚胎并非完全依赖传统意义上的“基因开关”,而是借助进化遗留下来的病毒序列,快速生成一批具有调控潜力的RNA分子,从而完成从母源控制向自主发育的过渡。

研究团队表示,若未来能够将 $MLT2A1$ 等关键ERV相关分子作为检测指标,有望在胚胎移植前更早、更精准地评估其发育潜力,为辅助生殖中优质胚胎的筛选提供新的分子依据,从而提高试管婴儿的成功率。

(综合:《Science》、浙江大学官网、中国新闻网)

在接近晶格极限的尺度上操控电学单元

在信息器件不断向高密度、小

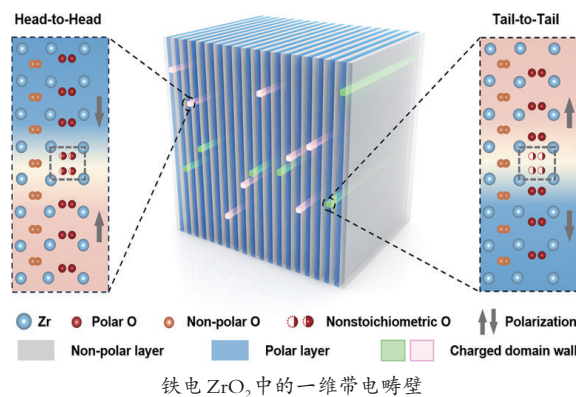
尺度演进的过程中,如何在极限尺寸结构中承载和操控电学功能,已成为材料科学与信息技术交叉领域的重要前沿。中国科学院物理研究所金奎娟、葛琛、张庆华等团队在铁电材料研究中取得突

破性进展,首次在萤石结构氧化锆薄膜中观测到一维带电畴壁,并实现了对产生、移动和擦除的人工操控。2026年1月22日,相关研究成果发表于《Science》。

铁电材料是一类具有自发极化特性的晶体,其内部可看作由大量微小的“电学指南针”组成——正负电荷在晶格中发生微小位移,形成稳定的极化方向。在外加电场作用下,这些极化方向可以翻转,使铁电材料成为信息存储、传感以及类脑计算的重要候选材料。极化方向一致的区域被称为“铁电畴”,不同铁电畴之间的分界面即为畴壁。

长期以来,人们普遍认为畴壁是二维平面结构,类似魔方中不同颜色方块之间的界面。这一认知几乎成为铁电物理中的“常识”。然而,该研究发现,在具有特殊层状晶体特征的萤石类铁电材料中,铁电极化被限制在分离的极性层内,使得原本应呈二维展开的畴壁,被进一步“压缩”到一维线状结构。

为验证这一设想,研究团队利用激光沉积等方法制备出自支撑的萤石结构氧化锆薄膜,并借助高分辨电子显微镜对其进行原子尺



铁电 ZrO_2 中的一维带电畴壁

(图片来源:《Science》)

度表征。实验结果清晰地捕捉到了一维带电畴壁的存在,其厚度和宽度仅为埃米级——相当于头发直径的数10万分之一,已接近晶格尺度的极限。

进一步研究表明,这类一维畴壁之所以能够稳定存在,与畴壁处氧离子或氧空位的局域富集密切相关。这些带电缺陷如同“电荷补偿的胶水”,中和了畴壁处由于极化突变产生的强电场,使一维带电结构得以在晶体中长期稳定。同时,研究人员还通过电子辐照在局部区域产生可控电场,实现了一维畴壁的写入、驱动与擦除,展示了其良好的可操作性。

在基础科学层面,该工作打破了“三维晶体中畴壁必然是二维结构”的传统认知,揭示了萤石铁电体中极化翻转与氧离子迁移之间的内在耦合机制。在应用层面,尺寸达到埃级的一维畴壁单元,预期可将信息存储密度推向新的极限;通过半个晶胞尺度内操控畴壁的生成与运动,有望实现面向模拟计算的新型铁电器件,为极限密度人工智能硬件提供新的物理基础。

(综合:《Science》、中国科学院物理研究所官网、中国科技网)