

# 超新星“吹泡泡”解开星系湍流之谜

■本报记者 陈彬 崔雪芹

人们常用“星海”形容星空的浩瀚，事实上宇宙与海洋的确有很多相似之处。其中一点便是遍布宇宙空间的星际气体和尘埃一直在不断翻涌、涡旋、扰动，如同海洋中永不停歇的湍流。这种现象被称为星系内的“湍流”。

然而，海水湍流的动力来自于不同区域间的冷热差，那么星系湍流的动力来源又是什么呢？

“星际湍流是星系内气体的无规则杂乱运动，这种运动会不断耗散能量。”清华大学天文系教授李菂在接受《中国科学报》采访时表示，根据天文模拟，即便存在强磁场加持，星系气体湍流也会在千万年内因能量损失而停止。然而，星系演化时长动辄数十亿年，湍流却始终存在，这意味着必然有某种持续不断的能量补给机制。但这种机制究竟是什么，人们至今没有弄清楚。

9月17日，李菂团队牵头完成的一项成果在线发表于《自然-天文学》。该研究有望通过对宇宙另一个与海洋类似的现象——超泡的研究，解开星系“湍流”的动力机制之谜。

## 本不相干的研究

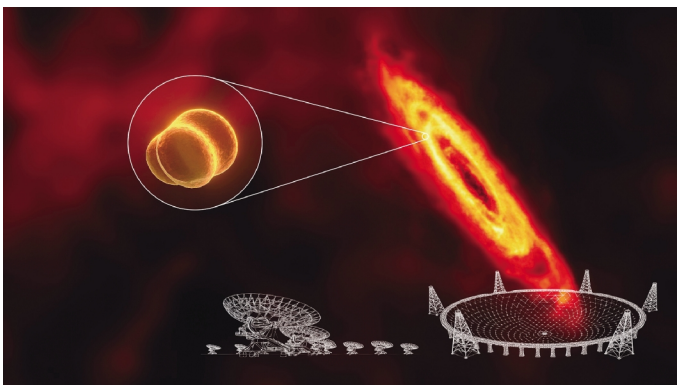
就像大海一样，宇宙也是有“泡泡”的。

1979年，美国天文学家卡尔·海尔斯在银河系中性氢巡天的图像中辨认出了数十个壳层结构。这些壳层就像一个由星际气体和尘埃组成的巨大“泡泡”，每个“泡泡”的直径都有数百甚至上千光年，其中一些还在膨胀。

“这表明，这些星际气体曾被注入了巨大能量，这些能量最终被证实来自超新星爆发。”李菂说。

超新星爆发是大质量恒星在生命末期，由于内部核聚变能量减弱无力支撑外部物质的巨大引力，外层物质急剧向核心坍缩，引发剧烈爆炸。李菂表示，这种爆发能在数千万年中推动周围气体形成巨大的空洞与膨胀壳层，即所谓“超泡”。

目前，人类对于超泡的研究已经持续了半个世纪。而在超泡现象被发现之前，湍流思想就已被引入星际空间。长期以来，这两项研究相互独立，并无太



仙女座星系中原子氢气的分布图。  
清华大学供图

多交集。这种情况一直持续到上世纪末，人们开始探索湍流的能量补给机制，而能够“炸”出超泡的超新星爆发，成为了主要“嫌疑对象”。

“超新星爆发无疑能提供巨大能量，但能量大并不等于能长期维持气体的运动。”李菂告诉记者，过去的研究大多依靠恒星形成率，间接推算出超新星释放的总能量，再假设一个能量转化比例。但这种方式很难衡量有多少能量真正传递给星际气体。望远镜也无法连续追踪数千年的演化全过程，想要直接检验，就需要从当下观测到的气体结构中同时获取“实际输入动能”“能量持续作用时长”这两组关键信息。

超泡研究恰好能同时提供这两组信息。

“超泡的壳层就是受到恒星活动推动的星际气体，其尺度、膨胀速度和环境密度都能用于估算实际传入气体的动能，结合膨胀时间，便可求得长期平均的输入速率。”论文第一作者、清华大学天文系博士后孟繁一表示。

由此，超泡与湍流的研究线索便被联系起来。

## 高度吻合的数据

要打通超泡和湍流研究，合适的观测对象与观测设备缺一不可。

在观测对象上，距离地球约250万光年的仙女座星系成为最优选择。作为距离银河系最近的大型旋涡星系，它既能够分辨千光年尺度的巨型气体结构，又能让人类完整俯瞰整个星系盘，摆脱了身处银河

系内部的“不识庐山真面目”的观测困境。

即便如此，要捕捉这些结构也不容易。特别是那些演化到晚期的超泡，经过千万年膨胀，与周围空间的对比度已大幅降低。观测既需要极高灵敏度的天文望远镜捕捉弥散的大尺度气体，又需要设备分辨壳层的精细空间结构。

这一观测要求难以通过单台望远镜的独立观测来实现。研究团队将中国天眼（FAST）对大尺度弥散气体的灵敏测量，与美国卡尔·央斯基大阵列（JVLA）对精细结构的分辨能力结合起来，并将两组观测数据进行有机融合。由此，他们得到了人类针对大型旋涡星系最为完备的中性氢气体全景数据集。

“中性氢可以简单理解为原子氢，在数千到数万光年的尺度下，它是宇宙物质的绝对主体。”孟繁一说。

在这些数据的基础上，团队依托气体壳层形态、膨胀运动学特征，最终在距离地球约250万光年的仙女座星系找到了118个中性氢超泡，其中最古老的超泡膨胀时间已达约4000万年，恰好对应了星团内部成批超新星持续爆发的理论时间上限。“这也说明本次采样覆盖了超泡从诞生到消散的完整生命周期。”孟繁一说。

有了这些研究对象，研究团队利用超泡的尺度、膨胀速度、环境密度等参数，计算出过去数千万年间，超新星通过超泡向星际介质输入的平均动能功率；再剥离星系旋转、热运动等干扰因素，独立计算出星系不同位置湍流的能量耗散速率。

对比结果令人振奋：超泡带来的能量输入不仅和湍流耗散的数值大体相

当，两者到星系中心距离变化的趋势也高度吻合。

“这意味着，仅仅依靠星团中大量超新星爆发形成的超泡，便足以抵消仙女座星系中性氢湍流的能量消耗。”李菂表示。这一结论长期停留在人们的猜测或间接估算层面，此次发现提供了直接的定量观测支持。

需要指出的是，此次发现并不代表超新星爆发是湍流动力的唯一来源。事实上，包括星系引力搅动等在内的其他机制也可以贡献部分能量，但从观测数据来看，即便存在其他能量渠道，其贡献也不会占据主导地位。

## 宇宙尺度的图景

受访中，李菂向记者描绘了这样一幅演化图景：大质量恒星死亡发生超新星爆发，吹出跨越数百上千光年的超泡，向星际介质注入能量，维持星系尺度湍流；湍流又会挤压、搅动气体，一方面促成气体聚集催生新一代恒星，另一方面打散云团，抑制恒星形成，从而调控星系内部恒星诞生的快慢节奏。

“恒星塑造了超泡，超泡的运动又使恒星对星系的长期影响能够被检验到。”李菂表示，该研究为理解恒星反馈如何影响星系演化提供了依据，并有助于进一步确定超新星反馈的作用，及其如何影响后续的恒星形成。

“值得一提的是，太阳系本就处在一个被称为‘本地泡’的巨型气泡内，学界推测它同样来自远古多次超新星爆发。”李菂表示，读懂仙女座超泡对湍流的影响，还能帮助我们间接理解银河系的环境演化，了解塑造太阳系周边环境环境的远古事件。

“天体物理中的湍流研究，很多时候局限于现有的描述性分析。我们希望借助大尺度星系观测，直面湍流能量注入与传递等底层的物理问题。”李菂说。宇宙总是会给灵敏的望远镜带来超出预想的发现，而一次次的观测与求证，正在帮助人类一步步揭开恒星与星系之间环环相扣的演化故事。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41550-026-02981-9>

# 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于分类推进高校改革的意见》

据新华社电 近日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于分类推进高校改革的意见》(以下简称《意见》)，对分类推进高校改革作出系统部署。

《意见》指出，分类推进高校改革，要坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的教育方针，坚持社会主义办学方向，加强党对教育工作的全面领导，坚持稳中求进工作总基调，全面把握教育的政治属性、人民属性、战略属性，顺应高等教育普及化阶段发展特征和学龄人口变化趋势，围绕国家战略需求协同育人，以统筹规划为先导、以分类改革为动力、以科学评价为牵引，构建自强卓越的高等教育体系，加快建设教育强国。

《意见》指出，要优化分类布局结构。科学构建高校分类发展体系，区分综合性、特色化基本方向，确立高校分类框架，根据隶属关系建立多元适配的高校分类模式；统筹中央部门所属高校和地方高校协同发展；统筹高等教育资源布局；统筹完善人才培养结构；统筹用好国际国内资源。

《意见》指出，要激发分类发展动能。打造服务国家重大战略支撑力

量，发挥好“双一流”建设对研究型大学改革的牵引作用；建强服务区域经济社会发展基础力量，实施优质特色应用型本科院校和学科专业建设工程，优化实施高水平高等职业学校和专业建设计划；夯实服务行业创新发展支撑力量，发挥行业特色高校传统优势，强化服务实体经济能力；构建高等教育融合发展新形态，探索国家拔尖创新人才培养新模式。

《意见》指出，要健全分类发展机制。完善高校科学设置机制，强化国家顶层设计、宏观指导；建立高校分类管理机制，推动形成与高校分类发展相适应的高等教育治理体系和治理方式；构建高校分类评价机制，构建多赛道、多主体的评价体系；健全资源配置激励机制；强化人才供需适配机制，完善以国家战略需求为牵引的学科专业设置调整机制和人才培养模式。

《意见》强调，要加强组织实施，把党的领导贯彻到分类推进高校改革全过程各方面，全面加强高校党的建设，坚持和完善党委领导下的校长负责制，切实增强基层党组织的政治功能和组织功能，稳妥推进改革，合理引导预期，营造良好氛围。

# 2026 世界公众科学素质促进大会在京开幕

本报讯（记者高雅丽 见习记者樊晓雨）9月20日，2026世界公众科学素质促进大会在京开幕。大会以“面向智能社会的科学素质：机遇、挑战与变革”为主题，共有32个国家的500余名海内外嘉宾围绕智能社会背景下公众科学素质的内涵拓展与培养路径展开交流。

开幕式上，世界公众科学素质组织正式亮相。世界公众科学素质组织今年6月在北京注册成立，目前已汇集五大洲21个国家的32家创始单位成员。

主旨报告环节由世界公众科学素质组织理事长、中国科学院院士武向平主持。世界工程组织联合会主席陈成川指出，智能社会的出现重新定义了公众科学素质的内涵与范围，工程素质是21世纪科学素养不可或缺维度，有助于公众批判性评估技术创新、负责任地参与可持续发展和基础设施决策，并积极参与塑造智能系统伦理框架。中国人民大学高瓴人工智能学院吴玉章讲席教授曾毅从科学本质与社会发展双重维度剖析人工智能演进逻辑，比较人工智能模型与人类智慧的异同，探讨人工智能近期与长远风险及其全球治理路径。世

界科技工作者联合会主席埃利斯·莫林斯指出，只有让公众充分了解技术进步的潜力与风险，才能促使决策者严格监管并降低新知识带来的风险。应对人类最紧迫的挑战需要国际协作，而提升公众科学素质应当成为这一全球合作的首要任务。

高端对话交流围绕“智能社会下公众需要具备哪些科学素质”及“多元主体如何合力培养科学素质”展开问答式探讨。与会嘉宾认为，人工智能正重塑社会，公众科学素质的内涵随之拓展，不仅包括对科学知识技能的掌握，更涵盖对智能技术的认知、与人工智能协同的能力，以及批判思维与伦理判断。培养这些素质，需要教育、科技、文化、媒体和国际组织等多元主体形成合力。

本次大会还设置了“未来科学教育”“公众科学传播”“没有围墙的大学校”“构建科普新生态”等专题论坛，以及2026科普中国智库论坛暨第三十二届科普理论研讨会、科学素质赋能全球共同体圆桌论坛、国际科技馆能力建设工作坊、科普资源荟、科学之夜、科学文化工作坊等系列活动。

# 第十七届创新发展论坛在广州举行

本报讯（记者朱汉斌）9月20日，2026学术文化节暨第十七届创新发展论坛在广州华南理工大学举行。本届论坛以“学术与科研场景下的AI”为主题，围绕人工智能(AI)在学术诚信检测中的应用、科研智能体的使用以及AI赋能创新实践等议题展开交流。论坛上，AiScholar艾思科蓝AI学术诚信检测平台正式发布。

华南理工大学党委副书记、副校长李卫青，中国科学报社党委副书记王维佐，广东省科协三级调研员冯娟，华南理工大学党委宣传部部长夏正林，华南理工大学电力学院教授朱继忠，广东省艾思信息化学术交流研究院理事长刘国兴，华南师范大学学报(自然科学版)编审谭春林等，以及来自高校、科技期刊和科研团队的代表和华南理工大学师生200余人参加了活动。

李卫青在致辞中表示，AI驱动的科研范式变革正在深刻重塑科学研究格局，成为贯通教育、科技、人才发展的关键变量。高校应主动推动智能技术与教育教学全要素融合、全过程贯通和全场景覆盖，更好服务学生全面发展、教师教学提质增效和学校治理能力提升。华南理工大学已启动“AI驱动科研教学系列培训研讨活动”，系统推进AI在科研与教学中的普及应用。

王维佐指出，AI为科研带来新机遇，也提出了如何用好工具、做实研究、守牢学术规范的新课题。他期待技术应用扎根真实的科研问题，创新探索始终与学术诚信同行，并通过科学交流连接更多学科、走近更多公众。他表示，中国科学报社将继续发挥科技媒体的桥梁作用，关注科研一线的创新实践，倾听青年科技工作者的声音，使有价值的探索得到交流与传播。

刘国兴表示，随着AI深入文献检索、数据分析和论文写作等科研环节，科研诚信治理需要从单点判断转向覆盖成果发表前后的全周期治理。艾思科蓝发布的AI学术诚信检测平台从作者、正文文本、图片和参考文献4个维度识别风险，并向研究者、高校图书馆、出版机构和科研管理部门提供投稿前自查、稿件初筛和成果跟踪等服务。

谭春林表示，可以采用各类AI智能体工具辅助科研流程，但研究者必须作为主导者，对AI输出内容逐一审核校验。他的报告围绕智能体在科研与学术出版领域的价值与风险展开，肯定智能体对科研事务性工作的赋能效果，认为其可助力科研效率提升与科学知识可视化，同时着重关注数据安全、模型幻觉、学术诚信等现实挑战。

AI赋能创新成果汇报环节，中国科学报社科学传播中心副主任郑晨曦分享了“微象——助力早期科研成果进入真实世界”；华南理工大学设计学院2026级学生张弛介绍了“班级信息平台——设计竞赛与学术信息可视化看板”；华南理工大学计算机科学与工程学院田田、章予涵展示了“F1-note”华工大学生个人知识管理系统”，呈现了AI工具在具体场景实践中的应用探索。

论坛现场，艾思科蓝发起学术诚信护航行动“清源计划”，拟面向全国高校图书馆、科研院所和学术期刊编辑部公益开放参考文献风险检测能力。首期计划联合100家学术诚信标杆机构单位，总计支持30万篇次参考文献检测。

本届论坛由华南理工大学、中国科学报社、科学出版社、广东省艾思信息化学术交流研究院共同主办，科学网、艾思科蓝承办。

# 合肥先进光源直线加速器实现电子束出束

本报讯（记者王敏）9月20日，合肥先进光源(HALF)国家重大科技基础设施迎来关键工程节点:2.2GeV（千兆电子伏特）直线加速器启动在线调试，并成功实现稳定出束，电子束实现全程贯通。这标志着项目建设迈出了关键性、跨越性的一步。

直线加速器是HALF核心组成部分之一，承担着为储存环产生和加速高品质注入束流的重要任务，其束流品质、稳定性与可靠性直接影响后续储存环及终端光束实验性能。HALF直线加速器全长约192米，电子束在直线加速器中产生并加速至2.2GeV设计能量后，经输运线偏转，最终注入储存环。

据悉，HALF是基于衍射极限储存环技术的第四代低能量区2.2 GeV同步辐射装置，产生的软X射线的亮度和相干性比第三代同步光源均有百倍以上提升，将在空间、时间、能量等维度开发出具有更高精度和灵敏度的新实验方法，是研究粒子微观行为、轻质元素结构、材料电子态/化学态/自旋态变化的重要研究平台。

截至目前，HALF整体工程稳步推进。直线加速器出束后，项目将全面进入电子束向储存环注入调试的关键攻坚阶段。后续工程团队将推进电子束向储存环注入调试，逐步实现装置全线贯通、稳定运行，全力保障合肥先进光源顺利出光。装置建成后，HALF将与我国现有光源形成能区互补，服务前沿研究领域，为我国提升原始创新能力、推动产业技术升级提供世界级支撑平台。



9月20日，为期4天的2026世界制造业大会在安徽合肥开幕。本次大会以“智造世界·创造美好”为主题，聚焦智能网联新能源汽车、新一代信息技术、人工智能等新兴产业，以及量子科技、具身智能、生物制造等未来产业，吸引了众多观众参观。

图为观众在体验模拟驾驶舱。  
图片来源：视觉中国

# 欧洲推动太空独立，减少对美国依赖



本报讯“我们在地球上的安全越来越取决于太空安全，欧洲必须共同行动，大规模投资，将我们的市场转化为竞争优势。”欧盟委员会主席 Ursula von der Leyen 近日在法国巴黎举行的首届国际空间峰会上表示。

据《自然》报道，欧洲正积极发展自主太空能力，包括卫星发射和载人航天，以期减少对美国的依赖。

目前，欧洲依靠美国国家航空航天局(NASA)以及太空探索技术公司(SpaceX)等太空公司，将一部分宇航员和卫星送入太空。欧洲的商业太空活动一直落后于美国。去年，全球对航

天企业的投资达135亿美元，其中欧洲公司获得的投资只占12%，而美国企业占68%。

据媒体报道，美国白宫被曝曾劝阻SpaceX和蓝色起源等美国航天公司参加首届国际空间峰会。欧洲通信卫星公司前首席执行官Eva Berncke表示，美国大公司在最后一刻取消参会，给欧洲敲响了“警钟”。与此同时，美国机构在一些合作上放缓了脚步。例如，近日，NASA表示将不再为欧洲空间局(ESA)的金星探测任务“Envision”提供仪器。该任务定于2031年发射。

为此，ESA、欧盟、欧洲各国政府和私营企业正试图让欧洲在太空领域获得比以往更大的自主权。

然而欧洲要变得更加独立，需要提升的关键点之一是发射能力。欧洲在南美洲拥有法属圭亚那太空中心，

火箭可以从那里发射，但该地区不具备像美国那样发达的私营火箭工业。

9月5日，德国航天初创企业伊萨尔航空安岛航天港发射升空。这是首枚从欧洲本土发射的商业火箭。此外，多家欧洲太空公司在开发可重复使用的火箭和重型运载火箭。这对于更频繁地将卫星送入太空至关重要。

英国杜伦大学的空间政治研究员Bledyn Bowen表示，欧洲的航天发射产业再怎么发展也不太可能与美国匹敌，但可以确保研发出自己的火箭，“在太空拥有足够的键基础设施”。

当前，欧盟还在开发一个与“星链”对标的卫星星座IRIS2。该星座由348颗卫星组成，将于2029年开始发射。它将为欧洲民众、企业、应急响应和军方提供不依赖SpaceX的太空互联网。(徐锐)