

中国天眼：刻画宇宙的“样子”

——解读2022年度中国科学十大进展（二）

□ 张钧硕 王培 李葭

准确测量宇宙天体的射电辐射是理解天体辐射起源和机制的有效途径。被誉为“中国天眼”的500米口径球面射电望远镜FAST自正式运行以来，为我国射电天文发展提供了有力的观测支撑。2022年，中国科学院国家天文台主导的研究团队依托“中国天眼”FAST平台，在观测活跃重复暴探究快速射电暴（FRB）机制、中性氢谱线观测刻画河外河内星际气体两个方面取得了系列突破性进展。

发现首例持续活跃重复暴

FRB是在射电宇宙中最剧烈的爆发现象，其起源和辐射机制迄今还不清楚，是天文学领域重大的热点前沿之一。国家天文台李葭研究团队提出了原创的多科学目标同时巡天（CRAFTS）观测模式，记录满足FRB、脉冲星、中性氢等多种科学目标需求的观测数据，数倍提高了FAST的巡天效率。研究团队利用CRAFTS数据发现了首例持续活跃的快速射电暴FRB20190520B。该源色散值远高于宇宙学物质分布模型估算结果，表明该源非常年轻或处于非常极端的致密环境，这拓宽了对FRB起源和星周环境的理解前沿。

揭示快速射电暴邻近环境动态演化

由国家天文台、北京天体物理研究所研究员李柯伽领导的研究团队利用FAST对重复暴FRB20201124A开展了长期观测，得到了至今最大的FRB偏振样本集。研究团队首次观测到该源由爆发到突然熄灭的猝灭现象，并获得了其法拉第旋



FAST观测快速射电暴示意图，图中的信号曲线即为快速射电暴的真实脉冲轮廓。（国家天文台王培供图）

量（RM）复杂的动态演化，发现该源存在高度圆偏振及频率依赖的偏振振荡现象。这表明该源近域环境非常复杂且存在动态演化。研究团队排除了其起源于大质量恒星极端爆炸导致的超亮超新星，或伽马射线暴后形成年轻磁星的可能性，向着揭示FRB中心引擎机制迈出了重要一步。

提出统一解释重复暴偏振频率演化机制

FRB的偏振性质富含爆发的本征特性及环境信息。李葭研究团队针对多个活跃重复暴，组织FAST和国际协同观测，精确测量了

一批重复暴的偏振性质，发现不同重复暴的线偏振度存在随频率降低而降低的统一趋势。研究团队据此首次提出重复暴偏振频率演化的统一机制，并提出单一参数“RM弥散”定量描述。该机制支持重复暴可能处在复杂电离环境中，并且可以通过偏振观测推测可能的演化阶段，排除了基于辐射区磁层高度变化的脉冲星偏振内禀频率演化的其他模型，为最终确定FRB起源提供了关键观测证据。

利用中性氢谱线精细刻画河外河内星际气体

FAST不仅在FRB的动态宇宙学研究领

域大显身手，也在中性氢谱线观测领域为突破性发现提供观测基础。国家天文台研究员徐聪领导的国际团队利用FAST观测对斯蒂芬五重星系及周围天区的氢原子气体谱线进行了成像观测，在远离星系群中心的区域发现了目前最大的稀薄原子气体结构。现有的星系及气体演化理论很难解释星系周围为何仍存在这一未被电离的大尺度稀薄原子气体结构，这将推动对星系形成和演化中物理机制的理解进程。

磁场在星际介质演化和恒星形成中起着重要作用。李葭研究团队利用原创的中性氢谱线自吸收方法，通过FAST深度观测金牛座分子云前恒星球L1544，首次探测到中性氢谱线自吸收的高置信度塞曼效应，实现了原子辐射手段探测分子云磁场领域“从0到1”的突破。研究团队分析发现，星际介质从冷中性气体到前恒星球具有连贯性的磁场结构，与标准模型的预测明显不同。该发现将恒星形成的时间减少到百万年量级，对于理解恒星形成的天体物理过程至关重要。

FAST得天独厚的灵敏度优势，正助力中国射电天文学家由跟跑转向领跑，产生具有突破性影响的成果。将来，FAST有望在脉冲星搜寻和脉冲星物理、河内与河外中性氢星系、暂现源，以及地外文明探索等方面取得更多突破性进展，最终改变人类对宇宙的认识。

（第一作者系中国科学院国家天文台博士生，第二作者系中国科学院国家天文台副研究员，第三作者系中国科学院国家天文台研究员）

全新催化剂构筑“蓄水”膜反应器

突破！我国科学家首创二氧化碳一步变乙醇

□ 科普时报记者 史诗

5月16日，记者从江南大学获悉，我国科学家首次实现了二氧化碳一步近100%转化为乙醇。该校刘小浩教授团队提出了一种全新的催化剂设计策略，通过结构封装法，构筑双钨位点纳米“蓄水”膜反应器，实现二氧化碳在温和条件下连续流一步无副反应高效稳定制乙醇。相关研究成果5月10日在《美国化学会·催化》上发表。

乙醇，俗称酒精，既是重要的基础化学品，又与人们的日常生活息息相关，可用于制造饮料、消毒剂、车用燃料。同时，乙醇还可以转化为乙烯和下游高价值化工产品。在乙醇制备方面，工业上一般采用粮食发酵法和煤基乙醇技术。粮食发酵法制备乙醇不可避免出

现“与人争粮”的局面，煤基乙醇工艺路线复杂，且制造乙醇过程中产生大量的二氧化碳。

“利用二氧化碳作为碳源一步直接合成更高价值的乙醇，不仅可以避免消耗粮食和煤炭资源，还能降低二氧化碳排放。这一技术难题的解决将为二氧化碳大规模高值利用提供巨大机遇。”论文通讯作者刘小浩告诉科普时报记者。

近年来，科学家已开发多种途径将二氧化碳转化为乙醇，比如光催化、电催化，以及间歇釜热催化。相较于上述技术途径，在连续流固定床反应器中，由于便捷的物质流和能量流管理，更容易实现工业应用。刘小浩进一步解释说，但目前的技术无法实现可控精准定向生成乙

醇，易产生大量低价值的副产物。

此次，研究人员创新性地采用“结构封装法”精准构筑“双钨催化位点”纳米“蓄水”膜反应器，合成的催化剂结构类似于一个胶囊，胶囊内部封装了二氧化碳载体分散的双钨催化剂。胶囊的壳层具有高选择性，疏水修饰后保证内部生成的水富集而产物乙醇可以溢出，其中的水环境可以稳定双钨活性位点。在温和条件下，即约30个大气压240摄氏度，该催化剂能够实现二氧化碳近100%选择性高效定向转化为乙醇。

刘小浩介绍说，以往研究中采用的各种热催化转化催化剂，特别是在连续流反应器中，无法实现有效增碳合成单一高碳产物，主要是无法实现中间物种

的定向转化和碳链增长的精确可控。“本次研究基于我们团队在前期对钨—二氧化碳体系在二氧化碳加氢反应中的研究，包括氧空位、活性中心构型、反应装置类型等，构筑的‘双钨活性位点’具有独特的几何和电子结构，其邻近的钨位点和富电子特性有利于促进中间物种—钨—钨键解离和随后的碳—碳偶联，从而实现二氧化碳加氢定向生成单一高价值产物乙醇。”

刘小浩表示，催化剂合成工艺和催化反应路线简单，有大规模工业化应用前景。“我们未来将继续推进催化剂在实际应用过程的工业化放大，以及碳捕集和绿氢生产耦合，实现二氧化碳资源的高价值利用。”

我国实现全球风暴潮和海啸实时监测

科普时报记者 吴琼 在全国防灾减灾日当天，全球风暴潮、海啸监测预警系统在国家海洋环境预报中心正式投入业务化运行，标志着我国海洋预报实现了“全球监测、全球预报、全球服务”。

风暴潮、海啸灾害是威胁人类安全的海洋灾害。西北太平洋沿岸、大西洋沿岸、北印度洋沿岸，以及大洋洲沿岸均遭受过严重的风暴潮灾害袭击，而海啸灾害仅21世纪以来已造成全球超过25万人死亡失踪。我国大宗商品运输90%依赖海运，随着“一带一路”倡议、全球发展倡议相关战略深入推进，企业走出去步伐不断加大，海外投资项目不断增加，开展全球海洋环境安全保障能力已刻不容缓。

国家海洋预报中心自主研发的基于六边形非结构网格的高分辨率风暴潮数值预报系统，在全球近岸区域的网格分辨率为3000米左右。国家海洋环境预报中心还自主研发了全球风暴潮监测系统，可实时获取全球65个沿海国家300多个站点的潮位观测信息，实现了对全球风暴潮的实时监测。

全球风暴潮监测预警系统自开发完成以来，针对2020“安攀”、2022“南玛都”等多次风暴潮过程发布了预报产品。在预报“安攀”风暴潮时，国家海洋环境预报中心提前48小时预报最大风暴潮将达到5米，而印度气象局的报告说“安攀”最大风暴潮为4.6米，预报与实测吻合较好。

在拥有自主技术建设的全球海啸监测预警系统后，国家海洋预报中心已具备定量响应全球海啸的预警能力。该系统通过融合自然资源部自建宽频地震台、中国地震局部分沿海地震台站，以及全球其他国家共享的实时数据，建立了全球海底强震实时监测和速报系统；海底强震震源基本参数分析确定平均监测延迟小于4分钟；针对海底强震过程，可利用海啸情景数据库和自主海啸数值模型，对海啸到时和波幅进行快速预报，可在一分钟之内完成定量海啸预警分析，并判断全球重点城市岸段的海啸危险性。利用中国沿海验潮站和全球共享的浮标和水位站，预警中心可在震后30—40分钟确认和监测海啸事件的影响。这些海啸预警标准业务流程可由值班员操作自主研发的智能海啸信息处理系统完成。

全球风暴潮、海啸监测预警系统，相对传统超级计算机计算方式，完成同等规模计算耗电将节省90%，真正实现高效低碳、智能化和高集成度，可实现自动运行、一键发布。

丁肇中：自然科学研究“要多数服从少数”

（上接第1版）

丁肇中透露，未来，阿尔法磁谱仪还将升级。约8平方米的硅探测器，将搭载龙飞船抵达国际空间站，拟于2027年完成，届时接收度将提高到300%。这项工作由中科院高能所王建春研究员主持并联合山东高技术研究院许伟教授团队承担。

“宇宙是最广阔的实验室，而我们对宇宙的认识是有限的。阿尔法磁谱仪所有的观测结果都与现有的宇宙线理论不符，带来了宇宙的新认识。阿尔法磁谱仪将不断扩展，颠覆我们对宇宙的认识。”丁肇中很高兴看到这样的结果。

永远忠于实验

不可否认的是，过去400年间，人类对物质基本结构的了解，大都来自实验物理。“实验是自然科学的基础，理论如果没有实验的证明，是没有意义的。当实验推翻了理论后，才可能创建新的理论，理论不可能推翻实验。”丁肇中坚信。

对于科研，丁肇中说，自己大部分的实验都受到了很多人的反对，一是因为实验没有物理意义，二是实验极其困难，不可能成功。在他眼里，实验因为从来没有做过，所以才有意思。

事实上，他领衔的每个实验，都创新了实验仪器，使实验最终得以成功。而实验结果，也改变了人们对宇宙的认知。“在自然科学研究领域，要多数服从少数，只有极少数人把大多数人的观念推翻以后，才能向前走。”丁肇中直言不讳。

可穿戴设备为便捷医疗带来曙光

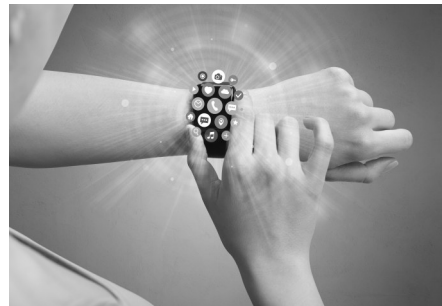
□ 莫尊理 吕文博

近日，新思界产业研究中心发布的《2023—2028年中国可穿戴医疗设备行业市场深度调研及发展前景预测报告》显示，可穿戴医疗设备在发现潜在健康风险，预防疾病发生，调控、干预、治疗疾病等方面具有重要作用，市场规模正在扩大。

日常生活中，医院每天接诊人数较多，这不仅影响医院的诊疗效率，增加管理负担，同时也潜在增加传播疾病的风险。在信息科技的帮助下，近些年可穿戴设备开始应用，患者在足不出户的情况下同医生进行远程交流，对一些基础性疾病进行诊断。

智能可穿戴设备可以监测人体的多项生理指标，如血压、血糖、心率等，具有实用便捷、交互性好等优点。在互联网远程治疗模式基础上，可穿戴设备已在医疗健康领域展现出巨大潜力，可通过长时间收集生理健康数据，为医生提供可靠的临床诊断，让在家监测健康成为可能，尤其在预警重大疾病方面扮演的角色越来越重要，未来将进一步成为医生的得力助手。

可穿戴设备，指结合多种传感器、通信技术、多媒体技术，对人体常见的穿戴设备，如手表、眼镜、鞋子等进行智能化配置之后的电子设备，实现对人



带有应用程序图标的智能手表 视觉中国供图

体相关数据的感知、收集、分析处理以及储存。由于结合了互联网技术，可穿戴设备可对人体的健康状况进行实时、准确、快速的远程监测和管理。人体不同部位的可穿戴设备，可将人体相关数据信号收集起来，并利用5G通信、Wi-Fi等方式将其传输到人们常用的通讯设备上，实现健康监测。

可穿戴设备实现数据监测的核心是传感器。这种传感器可分为光电传感可穿戴设备、生物化学传感可穿戴设备等类型。

在光电传感可穿戴设备研究方面，华为公司于2021年发布了公司首款用于

血压监测的可穿戴设备，并通过药监局二类医疗器械注册认证。这款产品采用创新的血压测量技术，具有动态血压监测、日间高压提醒、血压昼夜节律等功能，可帮助患者主动管理血压健康。

人体组织的特点是柔软、可拉伸、呈曲线状，并具有独特的机械性能，柔性可穿戴生物化学传感器具有很大的应用潜力。柔性衬底是可穿戴生物化学传感器的最主要组成部分之一，各种可拉伸结构电极和纳米材料电极，已广泛应用于电化学传感领域，其中可拉伸工作电极有贵金属、半导体、导电聚合物，以及碳基纳米材料。在应变条件下，这种可拉伸电极具有良好的拉伸性能，通过旋涂、真空过滤，在弹性体聚合物和硅橡胶上制备纳米材料并逐层组装，被广泛应用于可穿戴传感领域。

美国加州大学圣地亚哥分校的工程师，开发了一种柔软而有弹性的皮肤贴片，可将其戴在脖子上，连续跟踪血压和心率，同时测量佩戴者的葡萄糖、乳酸、酒精含量。该贴片是适应皮肤的柔性聚合物薄片，配备了一个电压传感器和两个化学传感器。此外，汗液中葡萄糖的水平与血液中的血糖浓度存在相关性，利用可穿戴传感器实时监测汗液中的葡萄糖水平，即可反映患者的健康情况。

5月10日出版的《科学进展》披露：一项新的建模研究表明，2019—2020年澳大利亚发生的灾难性森林大火，导致数千英里外的海洋降温，最终将热带太平洋推向罕见的3年低温拉尼娜现象，直到最近才消散。

这项研究还强调了在季节性气候预测和长期气候预测中进行实际野火排放模拟监测的重要性。有气候学家指出，自1950年以来，另外3次有记录的拉尼娜现象中的一次，与1974—1975年澳大利亚发生的一次大规模森林大火同时发生，这或许不是巧合。火灾和其他事件可能会对气候产生非常强烈的影响，而我们对此并不完全了解。

联合国2022年发布的一份报告指出，由于气候变化和土地利用的变化，到本世纪末，发生灾难性火灾的可能性会增加57%。了解这些地区性事件的全球影响变得越发重要。至少在某些情况下，野火可能是一个非常重要的可预测性来源。

就我所知，这并不是科学家第一次提出这样的观点。早在十多年前，2012年的融冰事件（格陵兰冰盖的创纪录融化）发生之后，就有科学家在探讨某些非主流的气候模型来捕捉。它非常符合混沌理论所表达的特点，即微小的变化，像大气中气流路径或者云量的变化，都可以造成巨大的后果。

那年，宾夕法尼亚州立大学地球系统科学中心主任迈克尔·曼安提出，必须弄清楚我们的模型里面还缺什么。是否有一些我们尚不明白的物理原理，或者我们没有考虑在内的活动因素，比如冰雪表面的烟灰。而美国气候学家贾森·博克斯根据其“冰川学统一理论”所研究的结果，认为烟灰和生物造成冰层表面暗化是一个被忽视的重要因素。

当时，对格陵兰冰盖异常着迷的博克斯正在格陵兰的康克鲁斯瓦格镇上散步，遇到了许多来与冰盖告别、做“灾难旅游”的中年人。他判断格陵兰岛的冰川突然快速融化，可能与冰雪变黑有关，而使冰雪变黑的烟灰也许来自美国西部和加拿大北部的森林大火，或是来自冰川表面上生长的深色藻类和细菌。与洁净的雪相比，黑色的雪可以吸收更多的热量，从而使冰川融化得更快。博克斯的观点，已经得到了一定程度的证实。比照澳大利亚野火引发罕见拉尼娜“三连”这一事件，不是可以看到某种相似性？

又再聊几句题外话。专攻科学史的哈佛大学教授娜奥米·奥雷斯基，最近在《科学美国人》杂志上撰文讲到：气候变化使得滑坡变得愈发常见。实际上，滑坡正是气候变化造成连锁反应的一个很好的例子：干旱导致森林火灾，森林火灾摧毁植被，使土壤无法在山坡上固结。当雨水最终来临，这种稳定性就会造成滑坡。但干旱并不是滑坡的唯一原因。在亚洲各地，融雪和融冰使河流涨水，进而切割山坡，使之更易塌陷。

就此奥雷斯基提出了一个问题：为什么科学家没有对滑坡这一威胁多加注意？她自问自答做了一些分析：虽然滑坡的基本原理很简单，但深入研究却很难，另外也受制于相互隔离的科研环境。还谈到，科学家喜欢研究他们觉得有趣的题目，滑坡在这一点上似乎有所欠缺。许多研究者将自己的工作看成一部侦探小说，其中的“趣味”就是要弄清一种隐秘机制。在奥雷斯基眼中，“我们脚下滑动的大地”是有待解决的紧迫问题，却被科学忽视，研究者似乎也不上心，是为遗憾。

那么，相形之下的野火呢？



科学随想