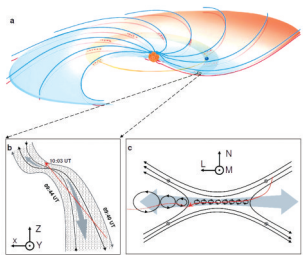


## 中国科大发现行星际太阳风中的湍动磁场重联

**本报讯** 中国科大地球和空间科学学院、深空探测实验室陆全明教授和王荣生教授研究团队,发现行星际太阳风中湍动磁场重联的直接证据,揭示了行星际太阳风中湍动磁场重联发生率和背景太阳风风速的关系,证实了湍动磁场重联可以有效加速和加热行星际等离子体。在此基础上,他们通过统计研究发现,行星际太阳风中湍动磁场重联是非常普遍的现象,突破了之前普遍认为的太阳风磁场重联是准稳态的看法。研究成果11月10日在线发表于《自然·天文》。

磁场重联是一种将磁自由能快速转化为等离子体动能和热能的基本物理过程。近来研究表明,磁场重联耗散区演化为湍动态时



行星际空间电流片示意图

(即湍动磁场重联),磁自由能可以被爆发式释放、转化为等离子体动能和热能。湍动磁场重联是太阳表面的爆发性能量释放事件和行星磁层内部全球尺度爆发性事件的主要驱动力。

太阳持续向行星际空间喷射高速等离子体,称之为太阳风。高速等离子体裹挟着磁力线充满整个日地空间环境,主导着太阳风和行星磁层之间的相互耦合。太阳表面爆发性能量释放事件、太阳风与行星磁层耦合和行星磁层内部磁层亚暴等多由湍动磁场重联导致。

磁层多尺度卫星(MMS)是一组由4颗卫星组成的卫星集群,在空间形成四面体结构,可以提供高达7.5毫秒的等离子体数据。2017年10月,调整之后的MMS卫星轨道的远地点达25个地球半径,致使MMS卫星可以在行星际太阳风中采集数据。基于重新校正的MMS卫星高精度、高时间分辨率数据,该团队首次发现行星际太阳

风中湍动磁场重联。湍动磁场重联扩散区内部,研究者发现大量电流丝和小尺度磁通量绳结构,使得扩散区呈湍动态。湍动磁场重联过程中,离子和电子被有效加热和加速。

研究团队进一步分析了2017年10月至2019年5月MMS卫星在行星际太阳风中采集的高时间分辨率数据,共发现76个湍动磁场重联事例。统计研究发现,太阳风中的湍动经常发生,其发生率会随背景太阳风风速的增大而快速增加,表明快速太阳风中湍动磁场重联可能扮演着重要角色。

王荣生教授是论文的第一和共同通讯作者,陆全明教授为论文的共同通讯作者。(王敏)

**本报讯** 11月9日,中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心郭昌教授研究团队实现了电化学催化不对称自由基型烯烃双官能团化、烯基化和烯丙基官能团化反应。相关成果分别发表于《科学进展》和《德国应用化学》。

有机电合成是一种利用电能驱动化学反应的绿色合成技术,通过反应物在电极上得失电子实现化学反应中的氧化还原转化,在过去几年迅速发展成为有机合成化学新的前沿领域。在有机电

## 在电化学催化不对称合成领域 中国科大取得新进展

合成反应中,立体化学的选择性控制一直是难点问题。

该研究团队开发了一种新型电化学催化烯烃不对称官能团化反应体系,通过Ni(II)金属络合物活化亲核试剂,在阳极氧化产生与手性催化剂结合的自由基中间体,实现了对烯烃的自由基加

成反应,加成产物在阳极进一步氧化形成碳正离子中间体,并通过可控路径得到不对称烯烃双官能团化产物(Path I)和烯基化产物(Path II)。

此外,该研究团队还开发了一种电化学催化的不对称烯丙基化反应。通过电化学阳极氧化生

成了亲电型 $\alpha$ -羰基自由基,与烯丙基锡/硅试剂发生反应,成功实现了不对称电化学烯丙基化反应。

两篇论文的第一作者分别是合肥微尺度物质科学国家研究中心博士研究生梁康以及张庆林。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心)

## 网络控制理论模拟大脑动态进程 为大脑控制能量提供生理解释

**本报讯** 11月9日,中国科大心理学系何晓松特任研究员等通过将单侧颞叶癫痫作为损伤模型,结合弥散加权成像和正电子发射断层扫描等多模态影像技术,揭示了单侧颞叶癫痫患者大脑中控制能量消耗异常与葡萄糖代谢异常的关联,为网络控制理论在心理学和脑科学研究中的应用提供了潜在的生理基础。研究成果日前发表在《科学进展》上。

作为重量占比仅2%的人体器官,大脑需要消耗超过人体日均能耗20%的能量以驱动其动态活动,

行使日常功能。那么,这种生物学形式的能量消耗,如葡萄糖代谢,是否与工程学意义上的“控制能量”存在联系?

为了回答这个问题,研究团队基于颞叶癫痫患者和健康人群对照的大脑结构连接网络,通过网络控制理论模拟了两种具有代表性的大脑动态进程,并估算了这些进程中大脑所需消耗的控制能量。

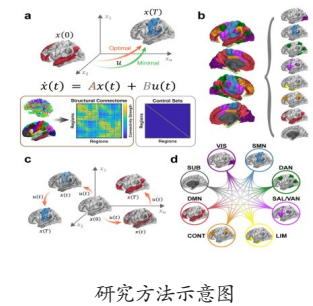
结果发现,患者在模拟边缘系统网络(癫痫发作和传播的核心区域)激活过程中所需消耗的控制能量显著高于健康对照组,并且这种

能效异常与患者致痫灶的偏侧化高度一致。在患侧海马、杏仁核等7个边缘系统脑区,患者大脑需要消耗更多的控制能量以维系预定的大脑动态进程。

通过正电子发射断层扫描技术,研究团队证实这些脑区的基线葡萄糖代谢水平与控制能量消耗水平呈负相关。

这意味着,想要达到同等激活水平,更低的代谢基线可能会带来更高的能量需求。

这次的研究首次为大脑“控制能量”提供了潜在的生理性解释,



研究方法示意图

也为网络控制理论在心理学和脑科学领域的进一步应用奠定基础。

中国科大心理学系何晓松特任研究员为本研究第一作者兼共通讯作者,中国科大为本研究第一单位,美国宾夕法尼亚大学的Dani S. Bassett教授为本文共通讯作者。

(吴长锋)

## 应《能源与燃烧进展》期刊邀请 我校发表建筑外立面火溢流的长文综述

**本报讯** 应能源和燃烧领域国际综述类期刊《能源与燃烧进展》邀请,中国科大火灾科学国家重点实验室胡隆华研究员课题组近期发表了长篇综述论文。该论文结合胡隆华研究员课题组十五年来在建筑外立面火溢流行为的研究成果和国际研究动态,总结、归纳了不同边界条件下建筑火溢流的动力学演化规律与理论,并对建筑外立面火溢流行为研究进行了未来展望。

建筑外立面火灾安全是国际火灾科学前沿与重要挑战,外立面开口火溢流,是火灾由室内向室外发展的重要转变,是火灾科学经典问题之一。

十五年来,胡隆华课题组聚焦建筑火溢流动力学机制与演化规律,针对火溢流基础理论上的三个关键科学问题:腔室火灾演化、开口火焰溢出临界、火溢流特征参数演化规律,开展了系统性研究;揭示了环境风、通风不足等条件下腔室

火灾的复杂燃烧、火焰扩展及温度非均匀性演化规律,提出了火焰间歇性溢出行为的“双判据”机制,揭示了火溢流的火焰高度、振荡频率、温度等特征参数演化规律,建立了双开口火溢流的火焰融合临界和火焰尺度模型,揭示了火溢流在侧墙、竖直(倾斜)墙面、上悬窗等限制条件下的演化行为,量化了高原低压和平原常压环境下的火溢流卷吸差异,建立了耦合环境气压的火溢流特征参数模型;建立了

环境风作用下火溢流形态尺度与温度分布模型,揭示火溢流在环境风作用下城市街谷内的大尺度涡旋输运特征。

针对腔室火灾及外立面火溢流,胡隆华课题组已在燃烧领域期刊《燃烧与火焰》和《能源与燃烧进展》发表论文22篇。火灾科学国家重点实验室博士后孙协鹏为论文第一作者,胡隆华研究员和唐飞特任研究员为论文共同通讯作者。《能源与燃烧进展》是能源与燃烧领域的国际著名期刊。自创刊至今近50年,以中国科研机构为通讯(或第一)单位在该刊物上发表论文数仅40余篇。(火灾科学国家重点实验室)

## 科研简讯

○中国科大郭光灿院士团队李传锋、黄运锋、陈耕等人与瑞士学者合作,构造了一种新的真多体纠缠态检验方法,可以在不对测量设备做任何假设的前提下检验多体系统的真纠缠性质。这是国际上首个可以检验任意多体系统真纠缠性质的实验工作,相关研究成果发表于《物理评论快报》。

○中国科大俞书宏院士团队研制了一种新型柔性Janus螺旋结构的纳米线组装体光热器件,研

究成果发表于《先进材料》。这种器件的结构可在不耗费额外能量的同时,以一种柔性结构最大限度地捕获和耗散热量,为实现普适性和高性能热电器件设计提供了一种新的途径。

○中国科大化学与材料科学学院、中科院软物质化学重点实验室刘世勇教授课题组在《自然·化

学》上发表论文。该工作报道了精准编码两性亲性高分子的合成和在质谱测序、数码胶束构建以及复杂生物体系中无标记定量中的研究。

○中国科大微电子学院龙世兵教授团队与复旦大学芯片与系统先进技术研究院刘琦教授团队合作,利用深紫外光电突触结合忆阻器的构架实现了基于储备池计算的指纹识别系统,相关成果在线发表于《自然·通讯》。

○中国科大梁海伟教授课题组发展了一种小分子辅助的浸渍

我校实现「云端+高性能计算」服务国家油气战略

**本报讯** 中国科大工程科学学院渗流实验室通过在页岩气压裂现场安装高精度井场数据采集设备实时采集数据,由边缘计算实时处理数据,在云端进行海量数据特征提取并发送至中国科大完成力学计算,最终发回井场供现场操作人员及时决策,这是一个十分依赖基础研究积累和多学科交叉有机结合整体。

工业中众多工程问题需要实时分析和及时决策,人工智能大有可为。例如,页岩油气大规模体积压裂,不仅产生大量的实时数据,还需结合大量历史数据及材料性质数据等才能正确分析做出决策。由于涉及大规模科学计算,以往都需要很长时间(如国内油气分布式光纤数据发往国外分析合同日期2个月)才能给出分析结果,无法实现及时决策。

油气技术服务类似医院,不同病例需要不同诊断手段。油气开发涉及不同岩石类型、地质环境及开采工艺等,需要固体、流体、爆炸及热力学不同方程进行匹配。近40年来,研究团队围绕油气开采中的力学开展基础研究,完成不同种类岩石及烃类实验近万次,构建岩石及流体属性数据库;研究力学建模及求解方法,形成了源代码量达260万行的力学方程解析及数值解两大算法类库,其中解析解算法类库包含偏微分方程解析解9万多种。

页岩油气开发的大规模体积压裂需要动用大型压裂设备,通过注入大量液体和特制砂粒实施人工造缝,单井压裂服务成本达3000多万元。由于压裂产层位于地下数千米,无法了解地下压裂状况,难以在压裂期间科学决策,导致不同油气井产量差异大,同时万方水千吨砂的压裂规模是否合理等系列难题无法回答,压裂效果评价成为制约油气高效经济开采的核心技术之一。

压裂施工基础就是力学,研究团队紧盯力学基础研究,并与化学、信息及计算机科学交叉,矢志不渝攻坚克难将算法集成到平台,先后在新疆CO<sub>2</sub>埋存与驱油、中国石化试油等现场进行平台测试和完善。

2021年在浙江油田支持与指导下,团队将“云端+高性能计算”应用于页岩气压裂实时监测与评价,该系统除了具备国外“井筒听诊”功能外,还可以获取人造裂缝形态、流体流动特征参数以及后期开采制度优化,目前已在浙江油田完成12口页岩气井的监测评价任务,浙江油田负责人高度评价该技术的落地应用,“这项技术在深层页岩气开发中创新实践,首次试验取得了重大应用成功”。

我国有四大油公司,仅中国石油每年有2万多口井需要压裂,2022年5月中国石油总部部署压后评价研究,会后分管部门领导召集相关油田单位及研究机构,专题听取研究团队的汇报。截至目前,渗流实验室与相关单位线上技术交流30多次,已在大庆及长庆两大油田完成试验应用,2023年将推广实施,而川渝页岩气区块也有56口井招标。

下一步将在“云端+高性能计算”平台上增加中科大化学学院“荧光量子示踪分析”,并根据油田需要,挂接合肥微尺度物质科学国家研究中心与中国科大地球空间学院合作的“分布式光纤分析”,组成油气板块分析体系。未来平台将扩展到交通、水利及电力等行业,如特大型桥梁及城市高架安全实时监测评价。

(工程科学学院)