

天琴团队发表引力波天文学白皮书

本报讯 (通讯员/胡一鸣) 引力波是由剧烈天体物理过程所引发的时空涟漪。自 2015 年人类首次通过地面探测器开展直接探测以来,引力波天文学已迅速发展为探索宇宙的重要手段,极大地推动了我们对于宇宙极端和剧烈过程的理解。

作为我国主导的空间引力波探测任务,天琴计划旨在开展

毫赫兹引力波探测,预计将于约十年后发射。近日,中山大学天琴中心牵头撰写的天文学白皮书《Gravitational Wave Astronomy With TianQin》发表在国际综述期刊《Reports on Progress in Physics》。作为天琴计划的天文学白皮书,该文系统总结了当前毫赫兹引力波天文学的研究进展,并重点介绍了天琴对典型天体

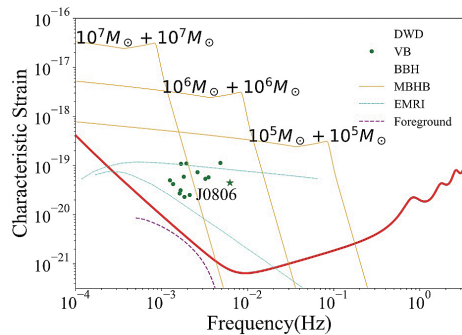
系统的观测前景,包括恒星级双致密星系统、大质量双黑洞系统、大质量比并合系统等。该白皮书为天琴计划制定科学目标、优化任务设计提供了坚实的基础,也标志着我国在空间引力波天文学领域的研究进入新阶段。

在恒星级双致密星方面,天琴将与 LISA、地面探测器协同工作,实现对双黑洞早期旋近阶段的观

测,从而帮助区分其形成路径,例如是源于双星系统孤立演化过程,还是在活动星系核或球状星团中由动力学俘获而形成。天琴还将大规模探测双白矮星系统,为理解银河系的恒星形成历史和致密 X 射线双星等特殊系统提供关键数据。

在大质量双黑洞方面,天琴的频率覆盖范围与 LISA 互补,天琴在十倍太阳质量的中等质量黑洞并合事件中更具优势。借助其地心轨道,天琴可实现数据的实时传输,在黑洞合并前向电磁望远镜发出预警,推动多信使天文学的发展。联合观测也将大幅提升源定位精度和信噪比,为理解黑洞增长机制提供前所未有的机会。

在大质量比旋近系统方面,天琴在探测由中等质量黑洞与恒星级黑洞所构成的大质量比系统方面具备独特优势。联合 LISA 的同时或连续探测将提升这些极端系统的参数测量精度,尤其是在天空定位方面,将有助于与电磁观测相结合揭示其环境性质。



横坐标表示频率,纵坐标表示引力波信号及噪声的强度。天琴引力波探测器可以探测到银河系内双白矮星、恒星级双黑洞等恒星级致密双星,也可以探测到大黑洞并合、极端质量比旋近等包含大质量天体的双星系统。

雷丹妮、王成新团队攻克锂金属电池界面失稳难题

本报讯 (通讯员/雷丹妮) 近日,中山大学材料科学与工程学院雷丹妮教授、王成新教授团队在锂金属电池领域取得重要进展,相关成果连续发表于《德国应用化学》和《国家科学评论》,为实现高安全性、长循环稳定性的锂金属电池体系提供了新的理论框架和实用化技术路径。

锂金属电池因能量密度高被视为下一代储能技术的核心,但其商业化长期受困于电极界面副反应加剧及锂枝晶生长失控等问题。研究团队基于在铝基纳米材料领域的深厚积累(Science, 2017, 355, 267)(图 1),创新性地利用乙醇铝(Al(EtO)3)纳米线的独特配位活性,设计出分子结构工程策略。通过 Al(EtO)3 与聚乙二醇二丙烯酸酯(poly-PEGDA)定向配位,成功构建出连续稳定的 Al(EtO)3-poly-PEGDA 界面结构,不仅形成锂离子迁移的快速通道,还将电解质的氧化稳定性提升至 5

V 以上。同时,锂负极表面原位生成的铝基固态电解质膜兼具良好的机械强度和离子导电性,显著抑制锂枝晶生长。基于该技术的锂金属电池在 4.5 V 电压下展现出优异的循环性能。相关成果于 2025 年 5 月 2 日发表于《德国应用化学》。

为了进一步提升锂金属电池的能量密度和安全性,团队利用分子结构工程策略,构建三元复合电解液添加剂体系:通过 Al(EtO)3 与氟代碳酸乙烯酯和乙氧基五氟环三磷腈分子的协同配位,在电极表面原位聚合形成均匀的



固态电解质界面,同步缓解三元正极晶格应力并抑制负极枝晶,提升了锂金属电池在 4.7 V 电压下的循环稳定性和安全性。该突破性进展发表于 2025 年 5 月 10 日《国家科学评论》。

目前,研究团队正在构建多元协同添加剂数据库及专利池。筛选降本增效配方,推动该技术体系在锂离子电池、固态电池等领域的产业化应用。雷丹妮教授表示:“分子结构工程策略已通过系统性验证,下一步将通过深度产学研合作,加速实现从实验室到市场的跨越。”

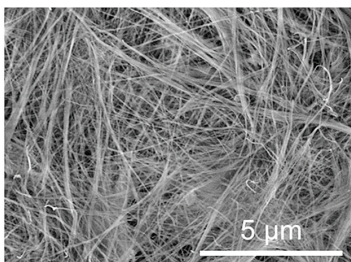


图 1 批量制备的 Al(EtO)3 纳米线的光学照片和扫描电子显微镜图。

戴芸团队实验经济学新成果：财务报告监管如何影响市场效率？

本报讯 (通讯员/戴芸) 近日,岭南学院戴芸团队通过实验经济学方法创新性地揭示了财务报告监管影响市场效率的内在机制,相关成果发表在在国际管理学顶级期刊《Management Science》上。

研究团队设计精巧的模拟金融市场实验,通过设置无监管、30%紧限制、50%松限制和审计可能性四种情境,系统考

察了不同监管方式的效果。研究发现:无监管环境下,低盈利企业会通过盈余管理模仿高盈利企业,导致市场信息失真;而适度监管(30%紧限制)能促使高盈利企业通过合理夸大盈利传递真实信号,同时抑制低盈利企业的盈余管理行为。引入审计可能性则最能有效提升报告真实性,使市场价格更准确反映企业价值。

研究还发现,30%紧限制虽改善信息质量,但因信号成本过高反而降低市场净收益;而审计可能性不仅能提升信息质量,还能增加市场总体利润。这一重要发现为监管机构平衡信息披露质量、市场效率和企业成本提供了关键参考。该研究创新性地融合了实验公司金融和实验资产定价研究方法,实现了方法论上的重要突破。

师超凡团队揭示 1.7 亿年昆虫与地质环境变化的动态互作机制

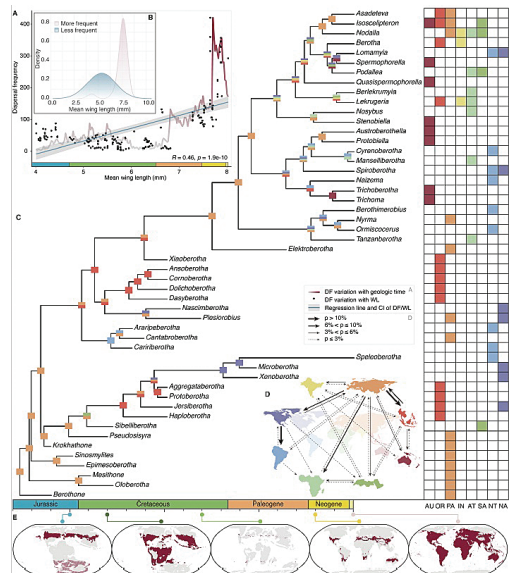
本报讯 (通讯员/李舒敏、师超凡) 近日,地球科学与工程学院师超凡教授课题组在美国科学院院刊 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) 上以本周亮点论文发表了化石昆虫时空多样性演化的最新研究成果。地球科学与工程学院硕士生欧浩泓、杨景涛和王洪龙为共同第一作者。

生物地理格局的形成与演变是生物与环境间多因素长期相互作用的结果:既包含生理限制、扩散能力与适应性演化等生物内在因素,也涉及板块运动、全球气候变化和地貌演化等外部驱动力。昆虫是最早具备飞行能力的生物,具有卓越的扩散和适应优势,是研究生物适应性演化和历史生物地理变迁的理想对象。

师超凡教授团队综合应用生态位模拟、系统发育分析、计算流体力学与历史生物地理重建等跨学科的理论与方法,揭示了脉

翅目鳞蛉科(Berothidae)昆虫的适应性演化、扩散历史及其与地质环境变化的动态互作机制:鳞蛉通过生态位变化和飞行能力优化的双重策略,在 1.7 亿年间成功实现了对地球环境变迁的响应和地理分布格局的演变,展现了一个古老昆虫类群在地球上长期生存的智慧。

该研究探索了生物的支系演化、生态位变化、功能形态适应与气候变化之间的复杂作用,既是理解生物演化模式与过程的关键,也为预测物种对未来环境变化的响应提供依据。



鳞蛉历史生物地理分析

潘刘彬团队在原行星盘形成机制研究领域取得重要进展

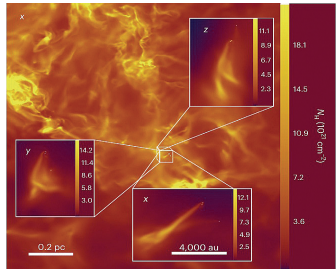
本报讯 (通讯员/潘刘彬) 近日,物理与天文学院潘刘彬教授课题组在原行星盘形成研究领域取得重要进展,相关成果发表于《Nature Astronomy》。潘刘彬教授担任共同第一作者和唯一通讯作者。

研究团队挑战了原行星盘孤立形成与演化的传统观点,通过分析星际超音速湍流提供的角动量,成功预言原行星盘尺寸以及角动量与前主序星质量的关系。此前,原行星盘理论模型主要关注盘内物理过程,忽略了外部环境的影响。传统理论假设其形成结束于原恒星塌缩并从此孤立演化,这导致许多观测结果难以解释,且与相关理论和数值研究结果相抵触。

本研究提出了新的形成方案:前主序星原行星盘主要通过 Bondi-Hoyle 吸积周边气体形成,该吸积过程可提供充足的气体质量与角动量。研究的一项核心理论成果是对超音速星际湍流中角动量的统计分析发现了角动量的两个不同贡献及其对尺度的不同依赖关系。其中,第一个贡献来源于超音速湍流中强烈密度涨落造成的吸积区域几何中心和质量中心的偏差;这一贡献在 Bondi-Hoyle 吸积捕

捉的角动量中占主导,而此前的研究并未认识到。

“基于这一贡献的理论计算,本研究预言了原行星盘尺寸,解释了行星盘角动量与恒星质量的关系,并与观测数据相符。论文同时展示了数值模拟中发现的 Bondi-Hoyle 吸积的证据。”潘刘彬团队介绍,“研究中提出的方案与近期的观测结果和大尺度数值模拟结果相互佐证,若进一步被观测证实,将改写现有理论模型,为解决现有模型中的难题提供新的途径。”



图注:模拟中的大小为 1.2 pc 的子区域中的氢柱密度。图中心的一引力束缚的主序星三星系统(尺寸大小约 1000AU 的小长方体区域)。插图用小长方体区域在三个方向的投影,可以清晰看到 Bondi-Hoyle 吸积的尾巴。随着恒星轨道运动,Bondi-Hoyle 吸积的尾巴不断交织扭曲。