

探索宇宙,亚毫米波不应成为“盲点”

■本报记者 陈彬

几年前,在某次国际天文学会议上,一位国外天文学家的发言给中国科学院紫金山天文台(以下简称紫金山天文台)研究员李婧留下了深刻印象。

“那位学者说,在我们理解宇宙的过程中,一些突破性重大发现往往源自新仪器,它为我们打开一扇窗,拓展人类的认知边界。”李婧说,“所以,天文学发展离不开先进的科学仪器和强大的观测设施。”

说起这段往事时,李婧正在香山科学会议第 795 次学术讨论会的现场。会议召开地是青海省德令哈市,就在距离会场百公里外的怀头他拉镇雪山牧场,我国首台全自主研制的雪山牧场 15 米亚毫米波望远镜(XSMT)项目正在紧张的建设中。会议主题便和这台指向苍穹的新设施及其背后的亚毫米波/太赫兹天文观测密切相关。

特殊性质,特殊难题

如果不是特别严谨的学术表达,亚毫米波和太赫兹是可以画“约等于号”的。

“亚毫米波指波长在 0.1 毫米至 1 毫米的电磁波,是波长的表达;太赫兹则指频率在 0.1 太赫兹至 10 太赫兹的电磁波,是频率的表达。”接受《中国科学报》采访时,中国科学院院士、紫金山天文台学术委员会主任史生才介绍说,这两个波段几乎重叠,后者只比前者稍宽,包含了部分毫米波和远红外。之所以将两者区分开,是因为“亚毫米波传统上多用于天文学研究,但相关探测技术拓展应用时更喜欢用太赫兹”。

在天文观测领域,亚毫米波属于高频射电;在低频射电领域,我国已经或正在建设多台天文望远镜,其中包括著名的“中国天眼(FAST)”;如果将亚毫米波的频率提高,则会进入光学红外观测领域。在此领域,我国也已运行或建设了多台天文望远镜。

那么,我国有几台亚毫米波天文望远镜?“正在建设的只有 XSMT。除此之外,目前没有一台是可常规运行的。”史生才直言。事实上,即便在全球范围内,亚毫米波天文望远镜的数量也少于其他波段的望远镜,这是由该波段电磁波的特殊性质决定的。

上海师范大学数理学院教授束城钢介绍,相比于其他波段的电磁波,地球大气对亚毫米波段电磁波的吸收特别强烈,这使得宇宙空间中的此类信号很难穿透大气层到达地面。这给地面望远镜的建设和观测带来了两个挑战。

一是在哪儿建。亚毫米波天文望远镜对选址的要求极为苛刻,必须同时具备海拔高、温度

低和大气干燥等特征。根据卫星数据分析,全球范围内满足所有要求的优良台址只有南北极、智利北部的阿塔卡马高原,以及我国的青藏高原地区。

二是如何接收信号。即便在上述台址,能穿透大气到达地面的亚毫米波信号也非常微弱,需要更灵敏的接收和探测手段,目前主要借助超导探测技术。该技术虽然很灵敏,但一定程度上提高了望远镜的建设门槛。

得天独厚的优势

既然亚毫米波天文望远镜如此难建,我们为什么还要建呢?

如果将天文望远镜比作观察宇宙的“眼睛”,那么缺失的亚毫米波段天文望远镜无疑是一个“盲点”。这个“盲点”的存在对我们究竟有怎样的影响,XSMT 科学团队有切身体会。

2019 年和 2021 年,借助多个国家亚毫米波天文望远镜的联合观测,人类历史上首次成功拍摄到两张黑洞照片,该事件成为国际天文学界的一大盛事。由于我国没有一台此类望远镜,我们在观测设施上缺席了。

西湖大学理学院教授施勇告诉《中国科学报》,在天文观测领域,不同波段望远镜的观测内容和科学目标并不相同,不同波段下的宇宙图景也不一样。这意味着亚毫米波段的观测缺失,是不可能被其他波段的天文观测弥补或替代的。

更重要的是,亚毫米波虽然极易被大气吸收,但在宇宙中的穿透力非常强,这意味着人类可以借此看到宇宙更远、更深的过去和更冷、更暗的地方。“借助亚毫米波探测,我们甚至有希望窥知宇宙的第一代星系。”施勇说,亚毫米波堪称人类观测最遥远宇宙的最有利手段之一。

除科学上的重要性外,我国发展亚毫米波天文观测也具有得天独厚的优势——青藏高原是全球少数几个适合亚毫米波观测的地区,雪山牧场候选台址更以独特的气候环境,成为亚毫米波观测的理想位置。

同时,亚毫米波信号接收有赖于超导探测技术,而史生才和李婧所在的团队专注亚毫米波高灵敏度超导探测技术已有几十年时间,并在为国内外多台毫米波/亚毫米波天文望远镜提供技术支持方面作出了贡献。“可以自豪地说,我国这方面的技术处于世界先进甚至领先水平。”史生才说。

“XSMT 是最关键的”

2022 年 2 月,紫金山天文台自主部署立项

了 XSMT 项目。今年 9 月 20 日,该项目正式启动工程建设。“我们计划 2027 年至 2028 年建成并投入试观测。届时,它将成为我国首台全自主研制且具有国际先进水平的亚毫米波天文望远镜。”李婧说。

雪山牧场海拔超过 4800 米,低温、低湿的特点很适合亚毫米波天文观测,但也给项目实施带来了很大困难,加之风雪、太阳辐射、昼夜温差等自然因素干扰,工程建设难度可想而知。不过,这些并不是最棘手的难题。

“很多建设的困难我们可以克服,但有些问题单凭项目团队很难解决。”李婧坦言,目前他们面临的最大难题在于基础保障与支撑建设。由于望远镜的选址区域是无人区,路、电、网等基础设施都需要从零开始,而要完成这些工作,地方政府的帮助和支持必不可少。

“在建望远镜这件事上,当地政府已经帮了我们很多。”李婧坦言,对团队来说,目前遇到的诸多困难也是难得的“锻炼机会”。

“史院士经常说‘XSMT 是最关键的’,因为我们在建设和后期运行这台望远镜的过程中,所有的经验和教训都将成为未来建设更大亚毫米波天文望远镜的宝贵财富。”李婧说。

对此,参与此次会议的中国科学院院士、中国科学院南京天文光学技术研究所研究员崔向群表示,XSMT 并不应成为我国相关建设的“终点”,而应是一个重要且值得期待的“起点”。

她告诉《中国科学报》,XSMT 一旦建成并投入使用,后续有两个建设方向,一是建设更大的 50 米级口径单天线亚毫米波望远镜,二是建设干涉阵。至于最终选择哪条路,目前还在论证中。

与会学者更倾向于前者,50 米级亚毫米波天文望远镜一旦建成,“绝对是国际领先的亚毫米波观测设施。打个不太准确的比方,那相当于亚毫米波段的 FAST”。李婧说。

此外,亚毫米波技术的拓展应用同样值得期待。比如,2024 年 10 月,紫金山天文台团队牵头利用一台 50 厘米口径亚毫米波天文望远镜,成功实现了 1.2 公里距离太赫兹频段的高清视频实时无线传输。这是国际上首次将亚毫米波天文望远镜系统应用于太赫兹通信领域,验证了开展星地大容量通信的巨大潜力。

“相对于传统通信方式,太赫兹通信拥有更大的带宽。该技术一旦成熟,相当于将一条 2 车道的公路扩展到 6 车道甚至 8 车道,对通信技术未来发展的意义不言而喻。”史生才表示,此外,相关技术还可以应用于医学成像、量子计算等领域。

“我们现在只是站到了亚毫米波技术和太赫兹技术应用的‘门槛’上。未来,这个‘门槛’我们是一定要迈过去的。”史生才说。

科学家在嫦娥六号月壤中发现“天外信使”

本报讯(记者朱汉斌)我国科学家在嫦娥六号月壤样品中成功识别出来自 CI 型碳质球粒陨石的撞击残留物。这一发现为行星科学研究开辟了新方向。10 月 21 日,相关研究成果发表于美国《国家科学院刊》。

“这些碎片是 CI 型碳质球粒陨石母体撞击月球表面,在经历熔融后快速冷却结晶形成的产物。”论文作者、中国科学院广州地球化学研究所副研究员王锦团表示,随着研究的推进,我们对月球乃至整个太阳系的认知将更加全面深入。

陨石被誉为“太阳系的信使”,是研究行星形成和演化历史的重要对象。但由于地球大气层和地质活动的影响,绝大多数陨石难以完好保存,尤其是 CI 型碳质球粒陨石,在地球陨石记录中占比不足 1%。而月球因缺乏大气和地质活动,成为保存陨石撞击痕迹的“天然档案馆”。

研究团队对嫦娥六号月壤样品展开系统深入的岩相学分析以及微痕 Si 微量元素和三氧同

位素组成研究,成功识别出 CI 型碳质球粒陨石的撞击残留物。据介绍,CI 型陨石的母体小行星主要分布在外太阳系,具有富水与有机质等挥发性成分特征。进一步统计表明,此类陨石在月球表面的比例远高于地球,说明碳质陨石对地月系统的撞击贡献可能被严重低估。

“我们提出,此前在月球样品中检测到的具有正氧同位素特征的水,很可能来自这类陨石的撞击贡献。”论文通讯作者、中国科学院广州地球化学研究所研究员徐义刚对《中国科学报》表示,此次研究不仅表明小行星带物质可以向内太阳系迁移,还对解释月球表面水的来源具有重要启示意义。

该研究不仅刷新了对内太阳系物质迁移机制的认识,也为月球水来源和演化研究提供了新方向。这项成果建立了一套识别地外样品中陨石物质的方法,为后续相关研究提供了技术支持。

相关论文信息:
<http://doi.org/10.1073/pnas.2501614122>



CI 型陨石穿越太阳系想象图。
受访者供图
图片由 AI 生成

电压门控阴离子通道首次实现从头设计

本报讯(记者孟凌霄)近日,西湖大学遗传物质表达与重构全国重点实验室研究员卢培龙团队联合西湖大学讲席教授李波、研究员黄晶等团队,首次实现了电压门控阴离子通道的精确从头设计。相关研究成果发表于《细胞》。

离子通道在神经传导、肌肉收缩和细胞信号转导等关键生物学过程中发挥重要作用,但从头设计电压门控阴离子通道面临多重挑战。该研究在世界上首次实现了电压门控阴离子通道的精确从头设计,让这个人工通道不像天然离子通道一样“能开、能关、能筛选”,而且

“能调控”。与此同时,研究人员还首次在国际上完成了人工设计跨膜蛋白质的体内实验,在小鼠模型上验证了这个人工通道对小鼠神经元活动的调控,实现了蛋白质设计领域的一次重大突破。

该成果不仅表明科学家已具备从头设计具有“动态开关”功能的跨膜蛋白的能力,也证明此类人工蛋白可在活体动物中发挥生理作用,标志着人工智能驱动的生物分子设计向实际应用迈出了关键一步。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2025.09.023>

在 5 亿年化石中寻找动物骨骼起源的答案

■本报见习记者 李媛

当西北大学地质学系博士生胡亚洲在显微镜下看到骨头化石上大量黏土矿物形成的多边形结构时,内心不禁一阵激动。他小心翼翼地将仅 300 微米、相当于一根头发丝直径的珍贵标本保存起来。

过去 7 年,胡亚洲所在的西北大学教授张志飞团队,对产自我国华北板块寒武纪不同环境、不同类型的 3.5 万多枚化石开展了系统分析,终于在猴山组发现了这一保存原始有机质框架的关键标本。近日,该团队联合国内外科研团队,证实这一关键标本是动物最早由上皮组织控制骨骼生长的证据,刷新了人类对早期动物演化的认知。相关成果发表于《地质学》。

现代科技揭秘“骨骼起源”

目前,已知最早的动物矿化骨骼记录来源于约 5.6 亿至 5.2 亿年前的寒武纪大爆发时期,地球动物很可能在此时获得了各种矿化能力。传统观点认为,动物骨骼的出现很可能与捕食者与被捕食者之间的“军备竞赛”有关,也就是人们常说的“防御天敌”——在攻防之间演化出攻击用的利爪与牙齿,也形成了防御用的厚重壳体。但具体机制还不清晰。

“不仅最早矿化骨骼为何出现尚未解决,该时期动物如何控制骨骼形成也一直是古生物界的难题。”论文作者胡亚洲指出。

尽管寒武纪大爆发期间涌现出大量带骨骼的生物,但由于早期小壳化石大多仅保存外部形态,其微观结构信息,尤其是控制骨骼形成的有机构造极难保存,相关研究长期处于空白。基于这一现状,团队展开了系统性探索,从多样环境中寻找可能残存的有机结构。

当胡亚洲在显微镜下看到特殊的多边结构后,团队立即对微小的开腔骨骨片进行了系统分析。开腔骨是长相奇特的生物,形态类似于细长的仙人球,在寒武纪末期绝灭。研究人员运用扫描电镜、显微 CT、聚焦离子束-扫描电镜联用及透射电镜能谱等多种先进技术,发现骨片表面存在大量黏土矿物保存的多边形结构,形如蜂巢,包裹整个骨片。

团队通过与现生贝壳对比,发现这些多边形网状结构与软体动物珠母贝棱柱层间的有机质框架在大小、形态和显微结构上高度相似。“因此我们推断,开腔骨骨片的多边形结构应与软体动物的有机质框架同源,均受表皮细胞调控形成,并发育有细胞间的棱柱状构造,其矿化骨骼也在这些多边形有机框架中形成。”张志飞介绍。

张志飞进一步解释,结合软体动物有机质框架的形成过程及形成机制,团队认为开腔骨内部腔隙实为由表皮细胞包围形成的真体腔。这意味着,早在 5 亿年前,开腔骨已具备现代真后生

动物通过上皮组织控制外部骨骼矿化的能力。

现代动物系统学认为,上皮组织、结缔组织、肌肉组织与神经组织这四大组织的出现,是真后生动物的典型特征。此次在寒武纪开腔骨化石中发现与上皮组织相关的多边形网状结构,表明该类疑难化石属于真后生动物。

此前,专家认为,开腔骨可能与海绵动物存在一定的相似性,具有亲缘关系。而研究发现,寒武纪开腔骨类与以中胶层造骨细胞形成矿化骨针、无任何组织分化的海绵类侧生动物完全不同,因此完全否定了开腔骨类化石属于或者与海绵动物亲缘关系很近的传统观点。

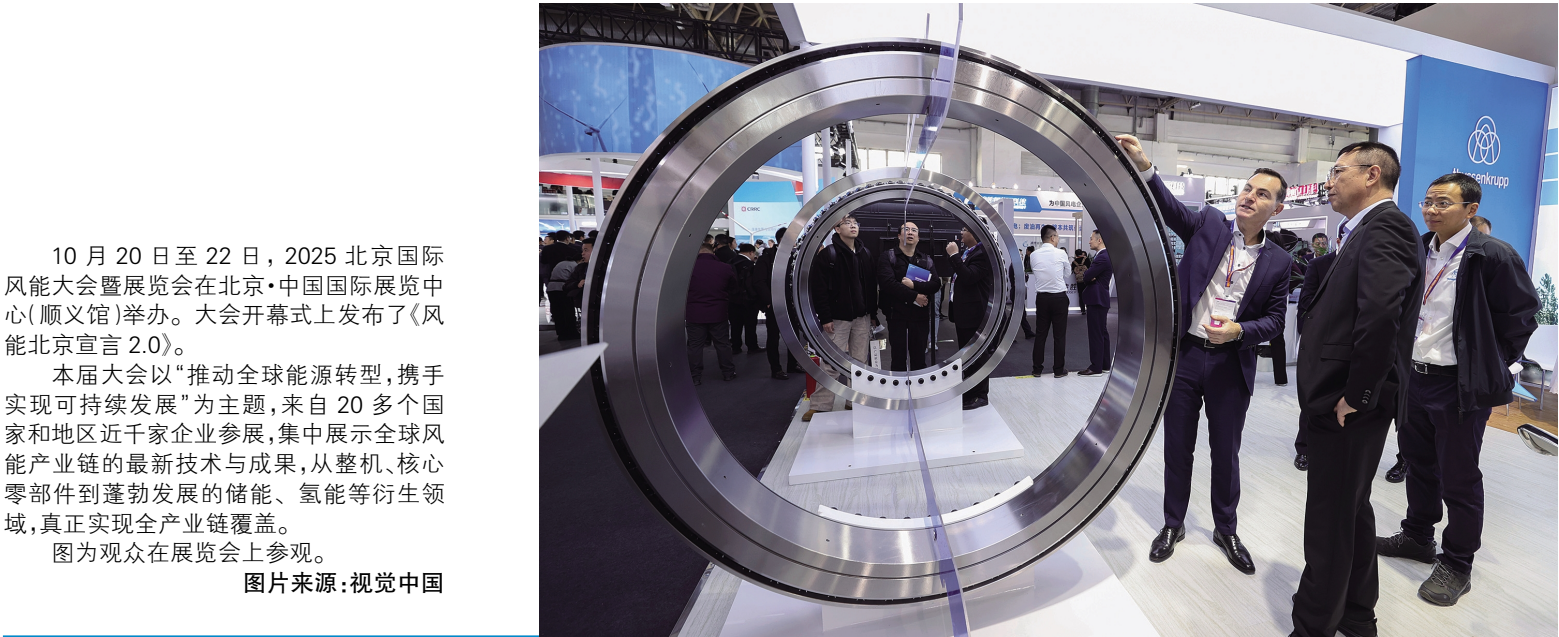
审稿人评价称,该研究最大亮点在于将现代生物矿化原理应用于早期壳体化石,通过多学科交叉方法揭示了寒武纪大爆发期间动物矿化结构的复杂性,在寒武纪首次发现了与矿化结构相关的上皮组织。这表明,即便在寒武纪早期,一些形态原始的疑难动物也已具备形成复杂矿化骨骼的能力。

科研路上的持续探索

对人类而言,该研究最大的启发在于人类骨骼不是一个孤立、完美的“成品”,而是一个演化了数亿年、充满智慧的动态系统。“我们继承的不仅是一副骨架,更是一套深植于我们 DNA 的古老生存与适应策略。”胡亚洲告诉《中国科学报》。

科研攻关的道路充满挑战,团队的研究历程也不例外,他们面临的困难首先是寻找合适的化石标本。“团队投入 7 年时间,系统筛选和分析了 3.5 万余枚化石,最终成功找到了这批保存有原始有机质框架的珍贵标本。”胡亚洲说。

(下转第 2 版)



首批 9 所大学 7 所说“不”,特朗普政府“通牒”遭拒



本报讯 美国总统特朗普本月早些时候致函美国 9 所高校,要求它们签署一项协议,使其招生、招聘和研究工作与特朗普政府的优先事项保持一致,否则就有可能面临失去联邦研究资金的风险。

10 月 20 日是特朗普政府要求这 9 所大学对协议作出反馈的截止日期。据《自然》报道,9 所大学中已有 7 所明确表示拒绝签署该协议,分别是麻省理工学院、布朗大学、南加州大学、宾夕法尼亚大学、弗吉尼亚大学、达特茅斯学

院和亚利桑那大学。

除此之外,范德堡大学校长在公开信中未明确拒绝该协议,但强调必须维护该大学的原则和独立性。只有得克萨斯大学奥斯汀分校曾表示“欢迎与政府合作的新机会”,但尚未明确是否会签署该协议。

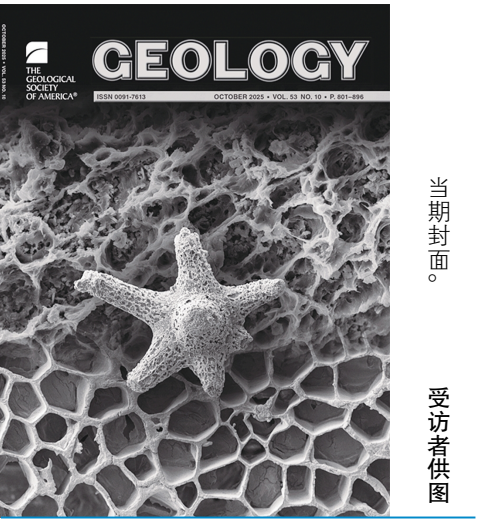
协议条款包括要求大学在招聘员工和录取学生时不得考虑种族、性别等因素;将国际本科生入学率限制在 15%以下;要求申请学生参加美国大学入学考试或类似学术能力考试等。特朗普曾在社交媒体平台上发帖,非正式地将该协议的范围扩大到所有美国大学。

许多科学家一直呼吁所在机构拒绝这一协议。达特茅斯学院的 Caitlin Hicks Pries 说:“为获得短期研究资金而放弃身为科学家的权利是不

值得的。我们希望研究获得资助,但应基于研究理念和科学质量。”

协议规定,大学员工不得就社会或政治事件发表言论或采取行动。得克萨斯大学奥斯汀分校的 Alexander Wild 表示,此类规定将严重阻碍他的科普工作。“难道我在新闻中谈论蚊虫问题、指出气候变化可能导致某种物种增多,就会因此丢掉工作?”他质疑道。

许多科学家担忧此举将影响他们的研究。包括麻省理工学院在内的部分机构以学术自由的重要性为由,回应了研究人员的担忧。麻省理工学院校长 Sally Kornbluth 在公开声明中写道:“我们认为,美国在科学和创新领域的领导地位,依赖于独立思考 and 追求卓越的开放竞争。因此,恕难支持该协议。”(文乐乐)



当期封面。

受访者供图