

从寒到暖,热木星为何“搬家”过“雪线”

■本报记者 沈春蕾

1995 年,瑞士天文学家米歇尔·马约尔和迪迪埃·奎洛兹发现了首颗热木星飞马座 51b,这不仅是天文学领域里程碑式的进展,还开启了系外行星研究新篇章。

近日,南京大学教授谢基伟、中山大学副教授陈迪昌与国内外科科研人员合作,基于我国郭守敬望远镜(LAMOST)和欧洲盖亚空间望远镜(Gaia)等的观测数据,发现热木星出现率随年龄呈现出分段衰减的规律。相关研究成果近日发表于《自然-天文学》。

论文通讯作者谢基伟告诉《中国科学报》,这是“行星的空间分布和年龄演化”系列研究计划的重要突破。该计划旨在建立行星系统的“时空演化图谱”,揭示驱动各种行星族群形成和演化的内在机制及其与银河系形成演化的深层关联。

目前,该计划依托 LAMOST 等样本数据,构建了包含数千颗系外行星的时空数据库,开展了各种族群行星系统的普查和统计研究,并在揭示热木星和极短周期行星的演化规律方面取得了重要研究成果。

令人震惊的发现

行星的探测与研究可以从太阳系的八大行星说起。

太阳系内部分布着 4 颗较小的类地行星,距离太阳由近及远依次为水星、金星、地球和火星。太阳系外部则分布着 4 颗体积更大的行星,距离太阳由近及远依次为木星、土星、天王星、海王星。

为什么太阳系会呈现出这种“内小外大”的构型呢?谢基伟解释道,这跟太阳系的“雪线”相关。在经典的行星形成理论中,“雪线”是太阳系中天体形成的一条重要分界线,大概在火星和木星之间,即小行星带区域。

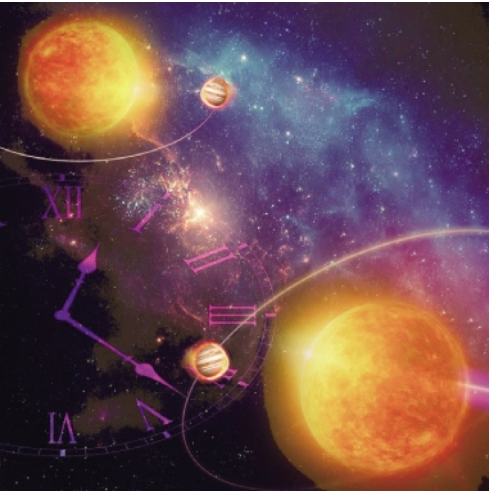
该理论认为,在“雪线”之外,水汽会凝结成冰,使固体物质的含量显著增加,从而能够更快形成足够大的固体核心,并进一步吸积大量气体,形成巨行星,而在“雪线”之内,固体物质则较少,难以形成巨行星。

1995 年,两位科学家发现一颗巨行星——飞马座 51b,这是在类太阳恒星飞马座 51 周围首次发现行星,向经典的行星形成理论发起了挑战。

这是一个令人震惊的发现,揭示了一类全新的系外行星族群——热木星。两位发现者也因此获得 2019 年诺贝尔物理学奖。

谢基伟介绍,热木星的大小与太阳系中的木星相近,但距离宿主恒星极近,通常不到地球与太阳距离的 1/10,因此表面温度高达上千摄氏度,被形象地称为“热木星”。

过去 30 年来,天文学家已发现数百颗热木



热木星两个族群的轨道构型示意图。受访者供图

星,并进行了大量研究,但它们的形成机制与演化依然是一个既令人困惑又极具吸引力的谜题。

过往研究的缺陷

目前的主流理论认为,热木星最早形成于距离中心恒星较远的“雪线”以外,然后通过某种机制迁移到当前离主星很近的位置。

至于如何迁移,天文学家曾提出多种机制。一种是盘迁移模型,在行星与原行星盘的相互作用下,在数百万年内向内迁移。一种是散射迁移模型,原行星盘消散后,行星之间的轨道发生近距离交会,有的行星被向内散射,形成热木星。“这个过程比盘迁移更迟、更慢,但绝大部分可以在 1 亿年内完成。”谢基伟说。

还有一种是“长期混沌”机制,因为多颗行星在相互引力长期作用下的演化是“混沌”的,一些行星会在轨道近星点附近被恒星引起的潮汐效应“俘获”,从而形成热木星。“该过程往往需要经历数千万年至数十亿年。”谢基伟补充道。

到底哪种机制在热木星的形成中起主导作用?不同机制各自贡献了多少比例?这些关键问题仍是当前研究的难点。

在热木星形成后的长期轨道演化中,由于热木星距离宿主恒星近,会受到持续的潮汐耗散作用而向恒星不断靠近。经过足够长的时间,一些热木星甚至可能进入恒星大气,被瓦解吞噬。因此,热木星为研究恒星潮汐相互作用等提供了理想的“天然实验室”。

前人的研究往往通过对单个热木星的长期监测,以及热木星群体性质的统计分析,探索其潮汐演化过程。谢基伟指出:“这些研究

不仅缺乏具有代表性的大样本观测结果,并且预期可观测的处在轨道衰减的热木星数量与观测不符。”

先慢后快的衰减

热木星的出现率随时间的演化规律,成为揭示其形成机制和潮汐演化的关键突破口。

2023 年,谢基伟带领团队利用 74 颗热木星的观测样本数据,首次发现并证实热木星的出现率随恒星年龄增长而下降。这一发现解释了 1999 年哈勃空间望远镜为何在球状星团中未探测到热木星。

“这些球状星团中的恒星年龄普遍超过百亿年,即便曾存在热木星,也早被恒星潮汐力撕裂吞噬。”谢基伟说。

最新的研究在 2023 年成果的基础上,实现了从定性到定量、从揭示观测规律到约束理论模型的两方面深化。研究团队首先利用 LAMOST 和 Gaia 的观测数据,分析了 123 颗热木星的出现率随恒星年龄的演化规律。结果显示,热木星的出现率不是简单均匀地随年龄下降,而是呈现出明显的分段衰减特征。

谢基伟指出,热木星的出现率随恒星年龄增大的下降在前期较缓,后期速度显著加快,拐点大约在恒星年龄 20 亿年。

为什么会出现这样的情况?研究揭示,这一分段衰减规律源于热木星由“早到族”和“晚到族”两类族群共同构成。约 60%的热木星是“早到族”,它们在恒星形成后数千万年内迁移至恒星附近;约 40%的热木星是“晚到族”,它们在恒星形成后数千万年至数十亿年间逐步迁移至恒星附近。“两类族群共同塑造了热木星整体出现率的演化特征呈现出先慢后快的分段衰减模式。”谢基伟说。

研究还发现,“晚到族”更倾向于出现在富金属恒星的多行星系统中,其行星公转轨道与恒星自转轨道存在明显倾角。谢基伟解释,恒星中的金属元素主要来自上一代恒星爆炸后的残余物质,因此金属丰度高的恒星通常形成较晚,也比较年轻。“晚到族”的特征与“长期混沌”机制的理论预期一致。

团队表示,该研究不仅优化了迁移模型,还为预测恒星周围热木星的存在提供了理论依据,有助于推测太阳进入红巨星阶段后,水星、金星与地球的潜在命运。未来,研究将进一步拓展至其他行星族群的形成与起源分析,构建系外行星多类型形成演化的统一图景,从而为解答“地球与太阳系在宇宙中是否特殊”这一命题提供科学依据。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41550-025-02693-6>



arXiv 将不再接收计算机科学领域综述



本报讯 据《自然》报道,预印本平台 arXiv 日前宣布,不再接收计算机科学领域的综述和评论,除非是已被期刊或会议接收且完成同行评审的论文。

arXiv 管理层表示,采取这一举措是由于低质量论文激增,其中许多疑似使用生成式人工智能工具撰写。

“我认为这是一个明智之举。”美国非营利组织 openRxiv 首席科学与战略官 Richard Sever 表

示。该组织运营着生物医学预印本服务器 bioRxiv 和 medRxiv。Sever 补充说,这两个平台从一开始就制定了“不接收叙述性综述”的政策。

提交到 arXiv 的预印本需要通过自动化工具检查。arXiv 执行主任、美国康奈尔大学计算机科学家 Ramin Zabih 表示,在稿件上线公布之前,约有 20%的提交内容会被标记出来,交由审核人员检查。

arXiv 科学主任、美国宾夕法尼亚州立大学帕克分校天体物理学家 Steinn Sigurthsson 说,一年前,只有 2%至 3%的投稿最终被审核人员拒绝。但在过去一年中,这一数字已上升至 10%。

arXiv 计算机科学部门主席、美国俄勒冈州立大学计算机科学家 Thomas Dietterich 表示,被标记或拒稿的计算机科学综述和评论的

数量并不是特别多,但却耗费了审核人员大量时间检查。

“我们看到的是,许多综述仅仅是带注释的参考文献列表,缺乏分析或路线规划。”Dietterich 补充说,这些引用常包含与主题完全不相关的论文内容,“我们怀疑可能存在可以购买此类引用的市场,因为被引用的论文遍布整个学术领域”。

arXiv 项目主管 Stephanie Orphan 表示,聊天机器人如今已足够成熟,其生成的综述论文可以逃避简单的剽窃检查,“这些工具变得越来越聪明了”。

Zabih 表示,现在衡量 arXiv 新政策的影响、确定其是否会减少审核人员的工作量为时尚早,这可能只是一系列变革中的第一步。“我们正在考虑采取更多此类措施。”(李木子)

学习贯彻党的二十届四中全会精神 中央宣讲团在中国工程院宣讲

据新华社电 学习贯彻党的二十届四中全会精神中央宣讲团 11 月 10 日在中国工程院宣讲,中央宣讲团成员、中国工程院院长、党组书记李晓红作宣讲报告。

报告会上,李晓红围绕准确把握“十五五”时期的重要地位,深刻领会“十五五”时期经济社会发展的指导方针和主要目标,全面理解“十五五”时期经济社会发展的战略任务和重大举措等方面,对全会精神作了全面宣讲和系统阐释。

他在宣讲中表示,要把学习贯彻全会精神同学习领会习近平新时代中国特色社会主义思想贯通起来,始终在思想上政治上行动上同

以习近平同志为核心的党中央保持高度一致。强化国家战略科技力量作用,发挥国家高端科技智库职能,聚焦国家战略需求,引领工程科技创新,支撑国家重大科技决策。广大院士要发挥科技领军作用,解决重大工程技术难题,实现重点领域关键核心技术快速突破;要将论文写在祖国大地上,推动科技创新和产业创新深度融合,不断催生新质生产力,为奋力开创中国式现代化建设新局面作出新的更大贡献。

日前,李晓红前往内蒙古自治区乌兰察布市,到乌兰察布华为云数据中心、三峡乌兰察布源网荷储技术研发试验基地调研,并与一线工作人员交流互动。(刘桢 侯维轶)

学习贯彻党的二十届四中全会精神

研究揭示

细菌“表面捕获”稳定性新机制

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学教授袁军华、张榕京研究组发现,鞭毛着生位置是决定推进型细菌“表面捕获”稳定性的关键因素,并揭示了鞭毛钩(连接鞭毛丝与细胞体的柔性接头)弯曲方向的差异如何影响细菌的表面驻留行为。相关研究成果日前发表于美国《国家科学院院刊》。

细菌在自然环境中频繁遇到固体表面,如管道内壁、医疗植入物或土壤颗粒等。当它们游动靠近这些物体的表面时,往往会被“捕获”,在表面附近长时间盘旋运动。这一“表面捕获”现象对细菌的生态适应,尤其是生物膜的形成至关重要。以往研究大多以大肠杆菌为模型,认为这种现象主要由流体力学相互作用引起。然而,这些基于大肠杆菌建立的简化模型,虽然理论上适用于所有“推进式”,即由尾部鞭毛推动前进的细菌,却无法解释为何其他形态相似的极性单鞭毛菌在表面停留的时间比大肠杆菌短得多,这表明现有物理模型中存在被忽略的关键因素。

研究组首先排除了潜在因素之一——鞭毛数量的影响。他们发现,即使只有一根鞭毛,大肠杆菌也能被表面稳定捕获。随后,研究组将焦点转向了不同菌株的另一显著差异——鞭毛的着生位置。他们通过基因编辑技术,构建

了一种鞭毛着生位置不再局限于细胞极端的铜绿假单胞菌突变株。令人惊奇的是,当鞭毛生长在细胞侧面时比鞭毛在极端时,细菌在表面停留的时间长了数十倍以上,其表面捕获行为变得与大肠杆菌非常相似。

为探究该现象背后的物理机制,研究组通过高时空分辨的荧光成像技术,直接观测了细菌在表面附近的姿态角变化,揭示了鞭毛钩弯曲力矩的关键作用。他们发现,当细菌“头朝下”撞向表面时,鞭毛钩会因受力而弯曲。对于鞭毛在极端的细菌,弯曲的鞭毛钩产生的力矩帮助细胞体调整姿态,使其更容易通过热涨落从表面逃逸。而对于鞭毛在侧面的细菌,鞭毛钩的弯曲方向与极端鞭毛相反,其产生的力矩会抑制细胞体的姿态调整,使其稳定地被困在表面,难以逃脱。研究组的理论计算也定量证实了这一机制。

该研究不仅解决了长期以来理论模型与实验观测之间的矛盾,也为深入了解微生物生态、生物膜形成的初始阶段以及细菌感染过程提供了见解。此外,该研究为设计仿生微纳机器人和微生物介导的活性药物递送系统提供了新思路。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1073/pnas.2506380122>

构建国家高速数据网 筑牢网络强国根基

■刘韵洁

作为与“陆、海、空、天”并列的“第五空间”,网络是国家发展的“数字血管”,更是国家的“神经系统”,发挥着传递信息的重要作用。建设网络强国,是我国实现高水平科技自立自强的必答题,也是把牢数字经济经济发展主动权的核心抓手。党的二十届四中全会提出要“加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国”,进一步指明了我国建设网络强国的紧迫性。

近年来,我国在未来网络领域提前布局、持续攻关,取得了一定的成果,但挑战仍存。面向“十五五”,我们要继续夯实优势、破解难题,让网络技术成为强国发展的硬支撑。

着眼未来,为网络强国建设搭起“四梁八柱”

我国网络强国建设近年来成效显著,在基础设施、技术创新、数字经济、数据治理、网络安全五大核心领域实现全方位突破,已构建起全球领先、自主可控的数字发展体系。我国的 5G 与宽带网络规模领跑全球,工业互联网实现规模化发展,数字产业化与产业数字化不断跃升,数据交易市场方兴未艾,数据安全性与基础设施持续完善,网络安全与治理也已步入正轨。

可以说,我国互联网技术产业经过几十年的演进变革,已经走出了一条自主可控的发展之路。这既为数字经济高质量发展筑牢了根基,也为国家实现高水平科技自立自强、参与全球数字治理及保障网络空间安全提供了坚实支撑。

然而,传统互联网因其“尽力而为”的架构造成“堵、贵、笨”的问题,面对实体经济发展,特别是人工智能(AI)产业的快速崛起对网络提出的新要求,打造“确定性、可定制、高智能”的新型网络基础设施刻不容缓。

着眼于未来的“未来网络”,要为数字经济修一条高质量的“数字高速公路”和“信息高铁”,这是我国构建自主可控产业生态的关键抓手。目前,以紫金山实验室等为代表的科研团队 20 年来深耕未来网络技术,目前已取得多项可喜成果,为网络强国搭起了“四梁八柱”。

一是“数字骨架”的构建。未来网络科研团队在创建“服务定制网络(SCN)”架构、攻克确定性网络等关键技术的基础上,建设了未来网络试验设施(CENI),近期已投入使用,覆盖国内 40 个核心城市和 60 个边缘节点,被列入“十四五”时期国家战略科技力量,为 AI、数字经济铺就

“高速主干道”。二是为网络装上“大脑”。未来网络团队攻克“光电融合确定性网络技术”,已经在 400 多个城市 1100 多个节点的运营商大规模骨干网上稳定运行 6 年多,可管控超 10 万台设备,达到国际领先水平;自主研发卫星操作系统,支撑我国卫星互联网重大工程,助力空天地网络实现“握手”。

三是“以网算算”赋能 AI 发展。未来网络团队攻克“光电融合确定性网络技术”,实现了单波 400G 带宽,超 2000 公里无电中继长距无损传输,目前已覆盖 9 座城市并投入运营;此外基于 CENI 的算力网一体化调度平台系统,可实现大规模广域分布式协同训练(可达单数据中心效率 98%),以及广泛的推理、微调行业应用。

近年来,美国相继推出 ESnet6、ESnet7、JADC2、JWCC 等战略,与我国 CENI 技术路径基本一致,验证了我未来网络技术方向和路径的正确性。为进一步抢抓机遇,把牢“第五空间”进阶之匙,掌握数字经济发展主动权,我们需持续攻关,面向 AI 与实体经济发展打造更具生命力、更加先进的服务生成网络(SGN)架构和技术体系。

建成“国家高速数据网”,把牢 AI 时代发展主动权

2025 年 1 月,国家发展改革委、国家数据局、工业和信息化部联合印发《国家数据基础设施建设指引》,提出加快建设高速数据传输网,到 2029 年基本建成国家数据基础设施主体结构,实现全国大中型城市基本覆盖。这为我国面向“十五五”建设 AI 基础设施,发展数字经济指引了明确方向。

根据中国移动和华为等机构研究测试结果,协同训练大模型和达到推理 TTFT 性能指标,均要求网络丢包率小于百万分之一。因此,只有建设高带宽、高质量、高效率、低成本、低能耗、易使用的高速数据网基础设施,解决算力、数据、用户之间的“孤岛”问题,才能更好满足 AI 发展需要,推动 AI 赋能千行百业,形成良好的 AI 发展生态。(下转第 2 版)

