

## 近邻宜居行星巡天计划观测策略发布

# 用原创性技术路线探寻“下一个地球”

◎本报记者 金凤

近邻宜居行星巡天计划(以下简称“CHES计划”)观测策略日前在国际期刊《天文学杂志》发表。这一观测策略由中国科学院紫金山天文台领衔的科研团队制定,该团队围绕CHES计划开展了先期研究。

CHES计划将发射1个搭载1.2米口径高精度空间天体测量望远镜的卫星——CHES卫星,通过空间微角秒级别的高精度天体测量方法,探测距太阳系约32光年的近邻类日恒星宜居带,并从中寻找“下一个地球”。

### 聚焦天文领域 未解之谜

自1995年发现首颗系外行星起,人类迄今已发现6000余颗系外行星。“2000年以来,国际上已启动并实施了多个项目,进行系外行星的空间探测。然而,目前尚未发现类日恒星周围宜居带内的类地行星。”中国科学院紫金山天文台行星科学与深空探测实验室主任、首席研究员季江徽告诉记者。

10月15日,中国科学院、国家航天局及中国载人航天工程办公室联合发布《国家空间科学中长期发展规划(2024—2050年)》,提出我国空间科学发展“三步走”战略。该规划将“宜居行星”主题列为我国有望取得突破的五大科学主题之一,并提出“探索太阳系天体和系外行星的宜居性,开展地外生命探寻”。

何为宜居行星?季江徽说,宜居带是恒星周围适宜生命存在的区域。在宜居带内,行星表面平均温度能维持液态水的稳定存在,同时恒星辐射与活动性不能太强,以免破坏行星大气。在太阳系,地球的轨道位于金星与火星之间,恰好处于太阳系宜居带。“宜居带类地行星被视为宇宙中的‘新大陆’,是人类探索生命信号的主要目标。这些行星有望成为理想的人类第二家园,即‘下一个地球’。”他说。

## 人类嗅觉时间分辨能力测定

科技日报(记者陆成宽)记者10月31日从中国科学院心理研究所获悉,基于该所自主研发的一款高时间分辨率嗅觉仪,科研人员发现,人类可以辨别间隔60毫秒释放的两种不同气味的顺序。这一速度比之前认为的快了近10倍。相关论文在线发表于国际期刊《自然—人类行为》。

人类的视觉、听觉对时间的分辨能力通常以毫秒为尺度来计算,相比之下,人们对自身嗅觉时间分辨能力的了解则十分有限。“这主要是因为人们很难精确控制不同气味释放的时间,也很难用高时间分辨率捕捉相应神经活动。这阻碍了对人类嗅觉速度和气味区分能力的准确评估。”论文通讯作者、中国科学院心理研究所研究员周雯告诉记者。

中国科学院心理研究所开发的高时间分辨率嗅觉仪,能在一次吸气中将不同气味依次递送至鼻腔,并对释放气味的的时间间隔进行高精度控制。“控制精度达

### 首个白矮星+超冷亚矮星系统发现

## “高龄”双星有“高冷的心”

◎本报记者 金凤

太阳附近的大多数恒星是由相同丰度的元素构成的。但有一类被称为亚矮星的特殊天体,其碳和铁等重元素的含量要少得多。这些亚矮星中温度最低的被称为超冷亚矮星,包括极小质量恒星与褐矮星。超冷亚矮星很难被研究刻画,它们不仅暗淡且会随着时间推移而冷却,其年龄也无法被直接测量。

不过,这一难题近日被攻克。科技日报记者日前从南京大学获悉,该校副教授张曾华领衔的国际研究团队最近发现了首个白矮星+超冷亚矮星双星系统——VVV1256-62AB,并将其年龄确定为约105亿年。该系统中的伴星VVV1256-62B也成为首个L型亚矮星年龄基准。相关论文近日发表于国际期刊《皇家天文学会月刊》。

### 双星高速“出逃”银河系

“VVV1256-62B最初被认定为超冷亚矮星,是因为它有很高的角速度。”论文通讯作者兼第一作者张曾华介绍, VVV1256-62B处于一个距离太阳250光年的宽距双星系统中,其主星是一颗冷白矮星 VVV1256-62A。这两颗星相距约1400个天文单位(1个天文单位接近1.5

亿千米,即地球与太阳之间的平均距离),绕行周期约6万年,它们在星空以相同的速度和方向运动。

2019年,张曾华等人使用欧洲南方天文台的甚大望远镜(VLT)观测了VVV1256-62B的光学光谱和近红外光谱,并将其确认为L3型超冷亚矮星。

“由于VVV1256-62A在红外波段太暗,且位于背景星较多的银盘区域,因而很长时间没有被探测到。但幸运的是, VVV1256-62AB在光学波段都足够明亮,所以后来被欧洲航天局的盖亚空间天文台探测到了。”张曾华说。

通过分析盖亚空间天文台发布的数据,科研团队发现 VVV1256-62A和 VVV1256-62B这两颗星不仅保持着恒定的距离,而且以相同速度和方向移动,所以确认它们是个宽距双星系统。研究还发现,目前这两颗星正经过太阳附近区域,并以约406千米/秒的速度远离银河系中心。

“这对双星运动速度非常高,但还不足以逃离银河系。因此,我们能根据其当前位置、距离、角速度和径向速度来计算其在银河系中的轨道。”论文合著者、西班牙加泰罗尼亚理工大学研究人员罗伯托·拉迪说。该双星的银河系轨道沿着银盘分布且偏心率很大,每4亿年经过距离银河系中心3千光年的轨道。由于该双星的速度如此之快,它们在最远点时距离银

### 突破天体测量 关键技术

季江徽及团队长期开展系外行星探测以及地外生命探寻等研究,他介绍,CHES计划将采用原创性技术路线,利用基于空间微角秒级别的高精度天体测量和定位技术,普查太阳系近邻约100颗类日恒星,并从中探测宜居带类地行星或“超级地球”。同时,该计划还将详细普查宜居行星的数目、真实质量和三维轨道等信息。

“CHES计划采用的原创性技术路线,具体将由微像素星间距测量、低畸变大视场望远镜光学系统和高精度定姿控、高精度热控等技术来实现。”中国科学院国家空间科学中心副研究员李海涛说,微像素星间距测量技术将通过外插式激光干涉手段对探测器的像素特性进行标定,实现约10<sup>-6</sup>像素级别的星间距测量精度;低畸变大视场望远镜光学系统技术主要包括反射镜的研磨、镜头的微应力固定、系统结构稳定性设计、系统轻量化、系统装配及检测等具体技术;高精度定姿控、高精度热控技术则可以保证CHES卫星平台性能更稳定。

近年来,紫金山天文台联合中国科学院国家空间科学中心、光电技术研究所和微小卫星创新研究院,充分发挥中国科学院体制化建制化优势,已在上述关键技术领域取得重大突破。季江徽说,通过采用



太阳系外行星艺术构想图。视觉中国供图

原创性探测方法,CHES计划希望填补近邻类日恒星宜居带类地行星探测的空白。

### 开展目标恒星 仿真观测

针对CHES卫星发射后在日地拉格朗日L2点的运行情况,团队已开展目标恒星的仿真观测研究。为确保探测任务能有效捕捉到类日恒星宜居带内类地行星的信号,科研团队为每个目标恒星制定了详尽观测策略与优化方案,并对各目标恒星在探测任务周期内的观测时刻作了科学规划。

“团队综合考虑了载荷观测效率、卫星姿态稳定性及热控精度的高要求,选择在日地拉格朗日L2点的晕轨道上运行5年。”季江徽介绍,1.2米口径高精度空间天体测量望远镜设有主要观测和重复观测两种模式。主要观测模式将在垂直于黄道面的方向上依次进行循环观测,观测方向将在垂直于太阳和L2点连线的平面上绕连线旋转,承担大部分观测任务。重复观测模式则用于补足观测次数要求较

到18毫秒,相当于普通液晶显示屏一帧的时长。”周雯介绍。

科研人员招募229名受试者参与此次嗅觉实验。“我们请这些受试者嗅闻按不同顺序释放的气味,并将这些气味分子释放的相对时间间隔控制在20—400毫秒,以测量受试者的嗅觉时间敏感性。”周雯说,科研人员还请受试者对气味混合物与单独气味的成分相似性进行了评分。

研究结果表明,当两种气味分子释放

### 为超冷亚矮星“画像”

两颗星的关系和运动轨迹得到确认后,它们的“身份”成为团队的另一个关注点。“我们通常假设超冷亚矮星的年龄在80亿年至140亿年,与银河系晕中的其他恒星年龄相仿。但这一假设从未得到观测证实。”张曾华说。 VVV1256-62AB的发现,为科研人员提供了通过白矮星估算超冷亚矮星年龄的机会。

“两颗星如果构成一个双星系统,通常被认为是同时诞生的。白矮星的年龄相对容易确定,我们建模后计算出 VVV1256-62A的年龄约为105亿年。”张曾华说,这意味着 VVV1256-62B的年龄也约为105亿年。

“VVV1256-62B提供了首个亚太阳金属丰度L型矮星的年龄基准,也成为刻画其他超冷亚矮星和校准大气模型的重要参考。”论文合著者、美国加州大学圣迭戈分校教授亚当·布尔加瑟说。

主流观点认为,宇宙的年龄大约是138亿年,105亿年的 VVV1256-62AB可以算得上“高龄”。这对“高龄”双星,还有“高冷的心”。研究团队利用双子座南天望远镜观测到了 VVV1256-62A 的光学光谱。

多或分布密集的恒星,观测方向会根据需要进行调整。

在主要观测模式下,望远镜的观测范围将随着地球绕太阳的公转而变化。为避免阳光直射对观测的影响,当观测方向与太阳方向的夹角小于60度时,将不再重复观测。因此,每年每颗目标恒星的观测时间约占全年的2/3。

季江徽介绍,在5年的任务周期内,望远镜的观测区域每年均将有所调整,从而确保目标恒星在每年观测的时刻不同,以便充分观测视差及行星轨道,进而提高对宜居带类地行星信号的探测能力。

研究人员还模拟了目标恒星 HD 88230 周围宜居带存在一颗类地行星的情形,并进行了仿真观测与数据拟合。结果验证了该观测策略能探测到信号。研究人员还成功反演出其轨道参数。

季江徽说,在5年的任务周期内,CHES卫星将累计有29220小时可用于科学观测,其中25120小时专用于CHES计划的近邻外宜居行星探测,占总观测时间的86%;其余4100小时则用于拓展科学目标的研究,例如X射线双星与恒星级黑洞的质量测量等,这将有助于深入理解黑洞的形成及其他前沿科学问题。

的间隔仅为60毫秒时,受试者即可分辨出气味序列的异同。当两种气味成分的释放间隔时间延长到100—200毫秒时,受试者会感觉混合物闻起来更像先释放的气味成分。“这表明,在对气味混合物的感知中,先释放的气味成分对于气味整体性的知觉更加重要。”论文第一作者、周雯团队博士后毋愚力说。

一位审稿人评价:“这项研究为人类嗅觉的高时间分辨率提供了有力证据,表明嗅觉的时间分辨率甚至可以媲美视觉。”

周雯说,这项研究发现人类的嗅觉感知比以往认为的要快得多,加深了人们对气味感知背后时间维度的理解,为设计电子鼻和嗅觉虚拟现实设备提供了灵感。

### 石鲷鱼类保护有了新依据

科技日报(记者宋迎迎)11月4日,记者从中国科学院海洋研究所获悉,该所研究员李军团队在深水岩礁生境鱼类类群的适生区变迁研究方面取得新进展。研究揭示气候变化将对深水岩礁生境石鲷鱼类物种适生区分布产生影响,为全球气候变化下海洋生物多样性保护提供了科学依据。相关研究论文近日发表于国际期刊《环境研究》。

石鲷鱼类在全球范围内主要有三大适生区,分别位于印度洋与太平洋的交汇处、南非海域及莫桑比克海峡、南美洲西海岸。李军团队以生活在深度20米及以下区域的恋礁性石鲷鱼类为研究对象,运用物种分布模型和生态位评估模型,对7种石鲷鱼类在末次冰期、当前以及未来预测情境下的适生区分布进行深入分析,并探讨了其分布质心(即物种分布区的几何中心)的迁移变化。团队还综合分析了不同二氧化碳排放情景下,全球气候变化对石鲷鱼类适生区分布可能产生的影响。

“研究发现,与末次冰期相比,当前环境条件下南非海域及莫桑比克海峡呈狭域分布的岬石鲷、罗氏石鲷和皮氏石鲷适生区发生了显著收缩,收缩比例高达5.7%—39.9%。”中国科学院海洋研究所副研究员肖永双介绍。

研究进一步发现,在未来不同二氧化碳排放情景下,全球范围内呈广域分布的条石鲷、斑石鲷、眼带石鲷适生区波动较小,且其分布质心转移距离短,并未发生显著极向迁移,这表明深水底栖鱼类对全球气候变化的耐受性更强。

此外,生态位叠加评估结果显示,位于南非海域及莫桑比克海峡的岬石鲷与罗氏石鲷生态位重叠度高达71.5%,生态位重叠面积约为12.8万平方千米,这表明狭域间生态竞争激烈。研究还发现,在全球呈广域分布的条石鲷、斑石鲷适生区,与其他石鲷鱼类适生区分布的重叠率高达86.43%,且条石鲷与斑石鲷在印太区域存在强烈的种间生态位竞争,生态位重叠面积约为312万平方千米。通过研究这些鱼类生态位叠加情况,能更好地了解它们之间的竞争关系,从而有利于制定保护这些鱼类和海洋生态环境的策略。

张曾华说:“超冷亚矮星很稀有,光度低、温度低,所以很难被观测发现和研究。 VVV1256-62AB的发现对刻画超冷亚矮星以及研究贫金属超冷大气非常有帮助。”

## 新知

### 新型超网建模揭示复杂系统秘密

科技日报(记者都芾)11月5日,记者从北京雁栖湖应用数学研究院获悉,该院院长丘成桐与该院研究员邵荣领、吴杰等研究人员基于GLMY同源性理论提出了一个统计力学框架,为揭示复杂系统高阶相互作用提供了新视角。相关论文日前发表于《美国国家科学院院刊》。

高阶相互作用是复杂系统的核心元素,但现有网络模型主要关注成对相互作用,尚未开发出通用模型来捕捉高阶交互(HOI)。该研究将进化博弈论和行为生态学整合到一个统一的统计力学框架中,建立新型超网模型。超网的构建使研究人员能够区分节点间的交互作用如何主动调节第三个节点,以及每个节点状态的变化如何被动地反过来影响其他节点之间的交互。主动HOI和被动HOI的同时存在和相互作用,共同驱动着复杂系统在多个时间和空间尺度上的动态演化。

该研究使用代数拓扑中新开发的GLMY同源性理论,从节点、链接和超链接的角度剖析超网的拓扑结构。统计力学和GLMY同源性理论的结合提供了一种通用工具,可用于揭示物理和生物场景中复杂系统的隐藏模式。

研究人员利用新模型重建了6种微生物群落的超网,并通过应用GLMY同源性理论剖析超网的拓扑结构。他们发现,在塑造群落的行为特征和动态变化过程中,成对的相互作用和HOI各自发挥着不同作用。

研究人员还通过3种细菌物种的一系列体外单培养、共培养和三培养实验,验证了超网模型的统计力学意义。这种超网模型能更精确揭示群落行为背后物种间相互作用的拓扑结构和功能。

邵荣领介绍,本研究建立的超网能解析随机、非线性、不确定的自然现象,发现相关现象背后的真实规律,从而解析多种社会现象、自然现象的内在规律。同时,该超网还可作为人工智能的一种底层框架,为人工智能发展提供数学基础。

### “AI+扩散动力学”研究取得进展

科技日报(记者罗云鹏 通讯员阙思逸 向碧霞)11月4日,记者从哈尔滨工业大学(深圳)获悉,该校计算机科学与技术学院教授张永兵团队与清华大学自动化系教授李向阳团队合作,在“AI+扩散动力学”领域取得重要研究进展,为AI助力人类进一步深入理解异常扩散与复杂动力学行为迈出开创性一步。相关论文日前发表于国际期刊《自然·计算科学》。

“AI+扩散动力学”是一个跨学科研究领域,将AI技术与扩散动力学理论相结合,旨在利用AI的强大计算和分析能力来深入理解和模拟复杂系统中的扩散现象。“AI+扩散动力学”在环境保护、疾病传播控制、交通与城市规划等多个领域都有广泛应用前景。

然而,在将深度学习应用于异常扩散的识别与表征过程中,如果观测轨迹缺失了训练扩散模型所需的关键特征,将难以准确识别观测现象,可能引发误识别的风险。这一潜在的错误识别问题,成为阻碍深度学习应用在扩散动力学实际研究中应用的重要因素。

为此,研究团队针对现实场景中的复杂未知扩散动力学行为,首次提出可靠识别异常扩散的深度学习框架。这个框架就像一副更清晰的眼镜,让AI能更准确地“看”到并理解那些复杂的扩散行为。研究团队还借助人工智能驱动的科学计算改变现有扩散评估模式,探讨了深度学习从经验观察中分析和未知扩散模式的可能性。

记者了解到,《自然·计算科学》期刊邀请美国科罗拉多州立大学学者对这一成果进行解读与评述。他们认为,该成果加强了人们对异常扩散的理解,同时为使用深度学习方法进行分布外检测、促进新理论发展注入了新动力。

### 石鲷鱼类保护有了新依据

科技日报(记者宋迎迎)11月4日,记者从中国科学院海洋研究所获悉,该所研究员李军团队在深水岩礁生境鱼类类群的适生区变迁研究方面取得新进展。研究揭示气候变化将对深水岩礁生境石鲷鱼类物种适生区分布产生影响,为全球气候变化下海洋生物多样性保护提供了科学依据。相关研究论文近日发表于国际期刊《环境研究》。

石鲷鱼类在全球范围内主要有三大适生区,分别位于印度洋与太平洋的交汇处、南非海域及莫桑比克海峡、南美洲西海岸。李军团队以生活在深度20米及以下区域的恋礁性石鲷鱼类为研究对象,运用物种分布模型和生态位评估模型,对7种石鲷鱼类在末次冰期、当前以及未来预测情境下的适生区分布进行深入分析,并探讨了其分布质心(即物种分布区的几何中心)的迁移变化。团队还综合分析了不同二氧化碳排放情景下,全球气候变化对石鲷鱼类适生区分布可能产生的影响。

“研究发现,与末次冰期相比,当前环境条件下南非海域及莫桑比克海峡呈狭域分布的岬石鲷、罗氏石鲷和皮氏石鲷适生区发生了显著收缩,收缩比例高达5.7%—39.9%。”中国科学院海洋研究所副研究员肖永双介绍。

研究进一步发现,在未来不同二氧化碳排放情景下,全球范围内呈广域分布的条石鲷、斑石鲷、眼带石鲷适生区波动较小,且其分布质心转移距离短,并未发生显著极向迁移,这表明深水底栖鱼类对全球气候变化的耐受性更强。

此外,生态位叠加评估结果显示,位于南非海域及莫桑比克海峡的岬石鲷与罗氏石鲷生态位重叠度高达71.5%,生态位重叠面积约为12.8万平方千米,这表明狭域间生态竞争激烈。研究还发现,在全球呈广域分布的条石鲷、斑石鲷适生区,与其他石鲷鱼类适生区分布的重叠率高达86.43%,且条石鲷与斑石鲷在印太区域存在强烈的种间生态位竞争,生态位重叠面积约为312万平方千米。通过研究这些鱼类生态位叠加情况,能更好地了解它们之间的竞争关系,从而有利于制定保护这些鱼类和海洋生态环境的策略。



海洋深水鱼类岩礁生境生态系统构想图。肖永双制图