

“透视”宇宙深空,新一代空间望远镜已将6颗潜在宜居行星带入天文学家视野

寻找太阳系外生命,人类踏上新的旅程



作为新一代空间望远镜,詹姆斯·韦伯望远镜(JWST)正在以超越以往任何年代的强大探测能力,协助人类探测宇宙深处。

自2022年1月在太空就位至今,韦伯望远镜至少已将6颗潜在宜居行星带入天文学家的视野,为从系外行星大气层中寻找生命踪迹带来了新的希望。如今,人类的宇宙探索正进入一个寻找太阳系外生命的全新阶段。

随着对系外行星探测的不断深入,最终我们也许能够回答那个困惑人类许久的古老问题:我们在宇宙中是孤独的吗?

——编者

■方陵生/编译

日前,詹姆斯·韦伯空间望远镜在木星和火星之间的小行星带中发现了一颗罕见的彗星,而且在其周围出现了水蒸气。这是人类首次在主要小行星带中探测到水蒸气。韦伯行星副项目科学家史蒂芬妮·米拉姆表示,这一发现可以帮助人类了解是否存在其他类似地球的行星。

这是韦伯望远镜升空一年多来的又一项重大发现。此前,基于它拍摄到的高清深空图像,科学家从一颗名为WASP 96b的系外行星大气层中探测到了水蒸气。这一探测结果首次证明,这台强大的望远镜能够从宇宙深处为我们传回许多之前无法确定的信息,包括太阳系以外行星大气层构成的精确细节。

这些发现预示着寻找外星生命的一个伟大时代的到来。它让天文学家意识到,人类已经拥有了更强大的宇宙深空探测能力,能够窥视到更遥远的外星天空。最终,我们将有机会从宇宙深处传来的微弱信号中发现地球之外可能有生命存在的信息。

尽管要找到外星生命并没有想象中那么容易,但天文学家已在计划下一步行动。他们筛选出最有可能有生命存在的系外行星,利用强大的韦伯望远镜观测这些系外行星的大气层。与此同时,他们也在重新思考如何寻找生命踪迹,并对找到地外生命的可能性和前景进行评估。德国海德堡马克斯·普朗克天文研究所的劳拉·克雷德伯格说:“我们正处于激动人心的新旅程的起点。”

外星大气层或以红蓝宝石为云

不同的原子和分子会吸收不同波长的光。通过光谱技术,天文学家可对系外行星大气的组分进行观测分析,从中了解许多信息。

2002年,探测系外行星大气层计划首次取得了成功。当时,美国加州理工学院的戴维·沙博诺和他的同事通过哈勃望远镜对名为HD290458b的巨大气态行星进行观测。这颗星球也被称为“奥西里斯”(埃及神话中的冥王)。哈勃望远镜看到,当行星经过恒星表面时,恒星光线在被钠吸收的波长上稍有变暗;当行星离开恒星表面时,这种影响就消失了——这意味着HD290458b的大气中有钠存在。

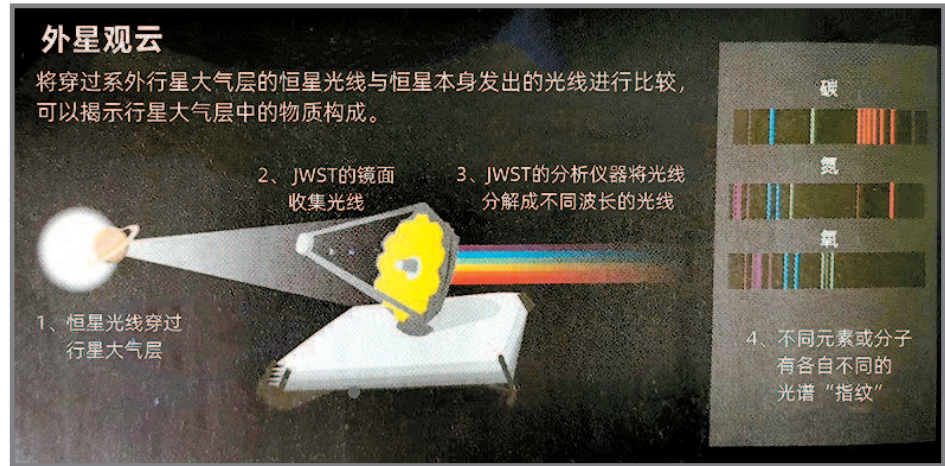
从那时起,天文学家对系外行星大气层进行了持续的探测和分析。最初的目标是那些阻挡了相当多恒星光线的行星,例如与恒星离得最近、体积又庞大的炽热气体星。经过多年探测,天文学家对组成这些系外行星大气层的元素和分子有了初步了解。

直到2017年,天文学家才领略到了光谱学在探测分析太阳系外行星中的真正强大力量。

系外行星WASP-121b是一颗巨大的气态行星,被称为“炽热版木星”,离地球约850光年,比木星大1.81倍。当时,英国埃克塞特大学的托马斯·米卡尔-埃文斯和他的同事通过哈勃望远镜和红外线条皮策太空望远镜对这颗行星进行观测分析。他们发现,其大气层中有水蒸气——这是首次在系外行星中发现水蒸气。

天文学家没有止步于此。在观测了WASP-121b的完整轨道运行之后(运行一圈约31个小时),研究团队发现了一些不同寻常的迹象。

在WASP-121b行星上,面对恒星处于白昼的一面极为炽热,足以将水分子分解成氢、氧和羟基分子。而当横扫整个星球的巨大热浪将它们吹往背对恒星、处于黑夜的



韦伯空间望远镜获取“光谱指纹”示意图。



表面样子的构画。(图源:视觉中国)
▲艺术家对系外行星TRAPPIST-1f

韦伯空间望远镜探测太空艺术示意图。
(图源:NASA官网)

另一面时,那里的极端低温则将氢、氧和羟基分子重新合成为水。这成为另一个恒星系中存在天气现象的首个证据。

如今在德国马普天文研究所工作的米卡尔·埃文斯表示,天文学家现在可通过观察水分子在白昼半球和黑夜半球的光谱特征变化,跟踪了解行星上的天气现象。鉴于WASP-121b行星正面和背面的温差如此之大,研究团队推测,一些简单的矿物质,如刚玉(氧化铝),在星球炽热的一面会蒸发气化,而在寒冷的一面则会凝结成云状物的一团。氧化铝是红宝石和蓝宝石的基本成分,这意味着WASP-121b行星上的云层可能由红宝石和蓝宝石粉尘构成。

目前,利用光谱分析法探测分析外星天空的技术还存在一定局限。克雷德伯格表示,虽然有哈勃、斯皮策等太空望远镜,以及其他地面望远镜的帮助,但天文学家对外星大气层的了解还只是冰山一角。

“光谱指纹”中 探寻生命存在的线索

韦伯望远镜可以给我们提供前所未有的帮助,它主要在三个方面超过了其前辈。首先是它在太空中的位置,这台远离地球轨道150万千米的空间望远镜可将探测器更精确地对准观测目标,以增强对微弱信号的探测。

其次,韦伯望远镜的镜面直径达6.5米,远超哈勃望远镜直径2.4米的镜面,因此可以收集更多光线,从而揭示更多信号微弱的细节。

第三,红外光谱观测能力是它的最大优势,因为一些分子很容易与这些红外波长的光产生相互作用。“如果想要观测分子对光线的吸收,红外线是最佳光谱区域。”美国马里兰大学的德雷克·戴明说。韦伯望远镜的镜面直径比之前的红外望远镜(如斯皮策望远镜)大7.5倍以上。

所有这些都意味着,韦伯望远镜为天文学家探测系外行星大气层提供了强大助力。天文家首次获得了描述系外行星天气真实细节的图片资料,这些信息将成为寻找外星生命迹象的最佳途径。

天文学家一直在寻找像地球这样有大气层覆盖的较小岩石星球,而且行星围绕恒星运行的轨道最好位于比较适宜生命生存的宜居带内,且温度条件适宜、行星表面有液态水的存在。但质量较小的岩石行星往往缺乏足够的引力,只能留住相对稀薄的大气层。

这些严苛条件极大缩小和限制了可能有生命存在的候选星球的范围。“在宜居带内,并且在韦伯望远镜能够探测到的范围内,这样的星球不会超过10个。”克雷德伯格说。

还有很多更为复杂的因素导致寻找地外生命难度增加。例如,恒星中数量较多的红

矮星,其大小相对较小,温度相对较低,宜居带就会离恒星很近,因此红矮星恒星系统中的行星比较难以留住大气层。

一个典型例子是TRAPPIST-1。这是一颗距离地球约40光年的超冷红矮星,其表面温度不到太阳的一半,因此宜居带离恒星很近。该恒星系中已知有7颗岩石行星,尽管有三四颗正好在宜居带内,但不能确保它们有大气层存在——它们可能都只是裸露于太空中的岩石星球。

这颗红矮星如今非常冷,但它在刚形成时的情形却正好相反:一团团星际气体在自身引力作用下收缩,在收缩过程中猛烈释放出大量高能量辐射能。较小恒星的引力较弱,收缩时间较长,释放能量狂潮的时间要比较大体积的恒星更长。在这么长的时段内,其释放的巨大能量足以将附近正在形成的行星上的大气层轰飞。

克雷德伯格对这种情况非常了解。于是,他利用韦伯望远镜对TRAPPIST-1行星系进行了探测,观察它们在轨道上运行时行星表面和背面有什么不同,通过了解行星白昼与黑夜的温差情况,确定是否有大气层存在。若有大气层存在,白昼与黑夜的温度通常不会相差很大,但如果没有大气层,就无法留住热量,白天与黑夜就会有明显的温差。

一旦确定有大气层的存在,天文学家就可利用光谱分析法来寻找生命存在的线索。根据我们对地球生命的了解,生命存在的最佳线索是寻找氧和甲烷的“光谱指纹”。

所有生命有机体都需要呼吸,吸入某种气体或物质能量,呼出废气。动物吸入的能量气体是氧气,呼出的废气是二氧化碳,而植物正好相反,吸入二氧化碳,呼出氧气。动物在消化食物的新陈代谢过程中,还会产生其他废气,如甲烷。所有这些气体都会行星大气层中积累起来,产生一些可探测的特征。

氧气是地球生命不可或缺的生存条件,地球上最早的微生物通过光合作用获取能量,并产生作为废弃气体排出的氧气,就像如今的植物一样。如果在系外行星上发现有氧气和甲烷共存,可能是生命存在的最好证据。地球上氧气和甲烷这两种气体同时出现在大气中,就是地球生物过程产生的结果。如果没有生物过程持续不断地补充,最终这些气体就会通过化学反应在大气层中消失。

突破常规寻找更佳生命标志物

TRAPPIST-1e行星为天文学家探测地外生命提供了绝佳的机会。“如果我们真的非常幸运,而这颗行星上的大气层构成也正如我们的预想和期待,再加上有韦伯这样如此完美强大的探测利器,我们可以不断收集大量信息,剔除无用信息。”克雷德伯格说,首先要确定的是大气层中是否存在云以及恒星光的影响,然后才是寻找和识别生物标志物。

“如果我们能找到意料之外的生物标志物,那将会是真正令人高兴的事情。我们想象中的岩石星球都像地球一样,是一个有着坚硬固体表面的星球,外加一层薄薄的大气层,但事实上系外行星或许并不是这个样子。”戴明说。

例如,戴明很想看看,类似海王星的系外行星上会有些什么。这些行星的直径大约是地球的五倍,主要由冰状物质组成。空间望远镜已在不少恒星周围发现了许多类似海王星的行星。有趣的是,这些行星有些已经迁移到离各自恒星足够近的地方,以至于这些星球表面都被海洋覆盖。这样,从星球表面看,已有了适宜生命生存的条件。这些类似于海王星的巨大系外行星拥有更厚的大气层、更高的温度,也更方便韦伯望远镜对它们进行探测。

对于寻找生物标志物的工作,新一代研究人员有了越来越多突破常规的新想法。例如,美国科罗拉多大学博尔德分校研究员贾

斯汀·王提出寻找聚羟基烷酯(PHAs)分子,聚羟基脂肪酸是微生物细胞(特别是细菌细胞中)大量存在的一种高分子聚酯,也被称为“生态塑料”。它无论出现在哪里,似乎都会显示出一些明显的特征。

“我发现很多微生物都会用到PHA,这也是这些微生物能够在极端恶劣环境中生存的原因。”贾斯汀·王认为,极端环境是大多数其他生命无法生存的,所以生态塑料分子正是人们要寻找的在极端环境中可能存在的分子。

他觉得,这类寻找工作可在火星等星球上进行,机器人可以在那里收集尘土样本进行分析处理。虽然他不能肯定PHAs是否会在行星大气层中积累起来形成可探测的标志物,但这一想法无疑增加了找到生物标志物的几率。也许一直以来,我们关于生物标志物的定义以及寻找的范围都过于狭窄了。

目前最具潜力的宜居行星

科学家通过探测系外行星大气层来寻找宜居星球,以下是目前发现的最有希望的宜居行星。

LHS 1140b

2017年由惠普尔天文台发现。这是一个密度比地球大6.48倍的超级地球,半径是地球的1.64倍。对其大气层探测结果表明,它的表面温度与地球可能非常相似。

TRAPPIST-1d

2016年和2017年宣布的消息称,TRAPPIST-1恒星有7颗行星绕轨道运行,其中至少有3颗可能位于这颗超冷红矮星的宜居带内。TRAPPIST-1d的半径是地球的0.78倍,质量是地球的0.3倍。

TRAPPIST-1e

TRAPPIST-1e的物理特征与地球非常相似,其半径是地球的0.91倍,质量是地球的0.77倍。如果这颗行星像地球一样拥有薄薄的一层大气层,表面温度可能与我们的地球非常相似。

TRAPPIST-1f

TRAPPIST-1f的质量约为地球的0.68倍,半径与地球相当,正好位于恒星宜居带的外缘内,需要适度的温室效应才能将其表面温度提高到类似于地球的水平。

K2-18b

2015年,美国宇航局的开普勒太空望远镜发现位于母恒星宜居带内的K2-18b的大气层中含有水蒸气。这颗星星的质量是地球的8倍,半径是地球的2.6倍,它要么是一个“超级地球”岩石星,要么是一个气态的“迷你海王星”。

LP791-18c

LP791-18c是另一个超级地球/迷你海王星,由美国宇航局的凌日系外行星勘测卫星(TESS)于2019年发现。它的半径是地球的2.3倍,质量是地球的5.95倍,位置靠近恒星宜居带内缘。

(图源:视觉中国)

超大年轻星系 挑战宇宙模型

早期宇宙中的许多星系似乎比预期质量要大得多。日前,天文学家利用詹姆斯·韦伯空间望远镜(JWST)发现了质量为太阳系1000亿倍的超大星系,这些星系的形成速度可能比宇宙模型显示的要快得多。

澳大利亚斯温伯恩理工大学大学的伊沃·拉贝和他的团队利用预测天体移动及规律的红移现象,测量了地球到六个大质量星系的距离。他们发现,这些星系都在300亿光年以外,这意味着它们的形成时间在大爆炸后的约7亿年内。

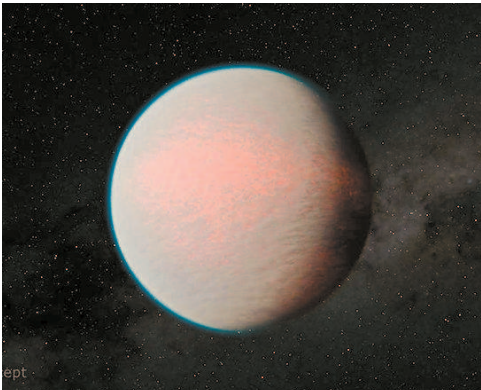
美国耶鲁大学的皮耶特·冯·多库姆是该研究团队的一员,他说:“我猜测这样的星系在宇宙早期不会存在。”这是因为这些星系的质量至少是太阳系质量的100亿倍,其中一个星系的质量达到1000亿倍太阳系质量。根据星系演化模型,年轻星系的质量相对较低,一开始恒星数量也不多。随着时间的推移,这些年轻星系中的恒星数量会逐渐增多,直到演变发展得更像银河系。

多库姆认为,一种可能的情况是,星系中心部分的形成时间比我们想象的要早得多,而星系其他部分则在其周围形成,“我们的关注重点是这些年轻星系开始时的快速形成速度。”

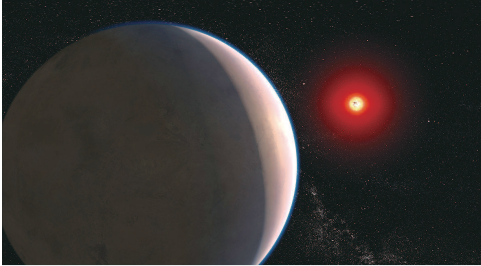
这种“快车道”星系的形成,或者说星系核的形成,其背后的确切机制还有待观察。“如果所有这些都经得起深究,那么我们将不得不重新思考星系形成的早期历史。”英国伦敦大学学院的宇宙学家安德鲁·波岑说道。

此外,韦伯望远镜还发现了其他几个星系,它们的形成似乎都早于预期,但这些都还需要进一步证实。如果这些发现得到证实,那么人类一直以来对宇宙的总体认识就可能存在问题。

有人提出,在那个时候,宇宙中实际上没有足够的气体来形成如这项研究所表明的如此多的大质量星系,这确实有点匪夷所思。“如果新发现的庞大年轻星系中包含的恒星比目前我们所知宇宙中所有恒星还要多,这可能是一个值得重新思考的问题。”拉贝说。



GJ 1214b艺术概念图。韦伯望远镜的观测发现,这颗“迷你海王星”可能拥有炎热的大气层,这是银河系中很常见的一种行星。
(图源:NASA官网)



系外行星GJ 486b是一颗岩石星,它围绕一颗距离地球只有26光年的室女座红矮星运行。借助韦伯望远镜,天文学家通过观察它从母恒星经过的光谱变化,检测到了水蒸气的迹象。虽然这些可能是行星存在大气的证据,但這些水蒸气也可能来自恒星。
(图源:NASA官网)