

作者: 周济林 孙义燧 来源: [科学时报](#) 发布时间: 2009-1-16 2:46:0

小字号

中字号

大字号

周济林、孙义燧：太阳系外行星，掀起你的盖头来

寻找地球以外适合人类生存的环境一直是人类的梦想。然而直到20世纪末，随着探测技术的提高，人类才逐步揭开了太阳系外行星（以下简称系外行星）的庐山真面目。1995年，瑞士日内瓦系外行星探测小组的Mayor和Queloz在太阳型恒星（飞马座51）附近发现了第一颗木星质量量级的行星，并很快被加州大学的Marcy和Butler所证实。这个重大发现揭开了人类搜索系外行星的序幕。通过多普勒视向速度、凌星（行星在恒星视面经过）等多种探测技术，迄今已发现334颗系外行星，其中有35个行星系统具有一颗以上行星。

随着系外行星的大量发现，系外行星的探测和理论研究已成为国际天文学的热点领域之一。最近几年的国际大型空间计划，如法国国家太空研究中心(CNES)在2006年底发射、用于恒星和系外行星探测的COROT探测器，美国NASA预计在2015年后发射、用于探测类似于地球的行星（类地行星）和生命的空间干涉仪SIM以及仍在研究中的类地行星探测计划TPF；欧洲空间局预计于2011年发射、旨在描绘银河系最大和最精确星图的GAIA探测器等，都把探索系外行星系统作为其全部或重要的科学目标之一。这些空间计划的实施，配合地面观测计划，直接推动了人们对天文学中行星系统形成与演化以及地球外生命的研究，同时也有助于在恒星形成、生命起源等相关领域的研究。

近年主要系外行星探测方法

系外行星探测方法主要有多普勒视向速度、凌星、微引力透镜、天体测量、直接成像等。

其中，多普勒视向速度法是目前探索系外行星最有效的方法。用它探测到的行星在已探测行星中占绝大多数，包括飞马座51行星系统。该方法的原理是利用多普勒效应探测主星围绕行星系统质心作摆动的视向速度。借助于一些辅助技术（如使用气体吸收源或同步定标技术等），该方法探测恒星视向速度可达到几米/秒的精度。但由于不能确定行星轨道平面与观测者视线方向的夹角，该方法只能得到行星最小质量。近1~2年来，多普勒视向速度方法在探测系外行星方面，主要用于探测地球量级的行星和主序后恒星系统。其中，通过一些综合技术，进一步提高精度以探测更小质量行星是该方法的主要趋势。

另一个发展非常快的方法是凌星方法，由于行星经过恒星视面阻挡星光，凌星方法通过测量恒星光度变化来发现行星的存在。利用它目前已发现54颗行星，COROT行星探测器就是利用凌星原理，该探测器已发现了5颗系外行星。

根据广义相对论效应，远处背景恒星光经过目标恒星光线会有一个引力聚焦，称为引力透镜现象。如果目标恒星伴有行星，在被增强的光度曲线上会叠加上一个小的峰。微引力透镜方法就是利用该原理探测行星，其特点是适合中等距离轨道的行星，探测对象多数离太阳系很远。世界上正在实施许多微引力透镜系外行星探测计划，已有8颗系外行星通过该方法被探测到。

对系外行星直接成像无疑是行星探测最激动人心的一幕。然而，由于行星光度与主星相比非常小且角距离很小，直接成像难度很大。但直接成像适合于寻找外轨道(>5倍地球到太阳的平均距离，AU)的行星，因此与前述几种方法具有互补性。近年来，通过Hubble空间望远镜，结合地面观测，已有14颗行星体被直接成像，其中至少有3颗行星体的质量大于13个木星质量，可能是褐矮星。

2008系外行星重要探测结果

在2008年，国际系外行星探测取得的重要探测结果有：

2月14日：利用微引力透镜方法，Gaudi等探测到距离太阳系约1500秒差距（1秒差距约为3.26光年或206265 AU）的恒星OGLE-06-109L系统的两颗行星，质量分别为0.71个和0.27个木星质量，分别位于2.3AU和4.6AU处，其构型有些类似太阳系的木星与土星。

6月2日：利用微引力透镜方法，Bennett等探测到目前除脉冲星系统外质量最小的系外行星MOA-2007-BLG-192Lb，质量为3.3个地球质量，其主星质量只有0.06个太阳质量。

6月16日：利用视向速度方法，又有5颗几个地球质量大小的行星被探测到，其中Mayor等发现恒星HD40307系统同时具有3颗行星，大小只有4.2个、6.9个和9.2个地球质量，分别位于周期为4.3天、9.6天和20.5天的轨道上。对该行星系统的动力学研究表明，这3颗行星很可能是类似地球的具有固态表面的行星。

11月13日：有两个行星系统的4颗行星被直接成像，其中Kalas等发现恒星Fomalhaut系统在115AU轨道上的一颗行星，质量小于3个木星质量，该行星曾在2005年被发现该系统外围物质盘时被预言；Marios等发现恒星HR 8799周围的3颗巨行星，质量在5~13个木星质量范围，分别在距此恒星24AU、38AU和68AU的轨道上，在其外围也观测到物质盘。该行星系统的形成可能是由于引力不稳定机制，这两个系统主星的寿命大约为1亿年。通过这两个行星系统的直接成像，显示了类似太阳系外围有物质盘的共同特性。

12月10日：Swain等对恒星HD 189733的一颗行星进行光谱分析，发现该行星大气中存在水、一氧化碳、二氧化碳和甲烷。一般认为，水和碳化合物是形成生命不可缺少的物质。该发现对地外生命的研究有重要的意义。

根据目前观测到的系外行星的统计表明，有6%以上的恒星具有类似木星的气态巨行星，而具有较小质量的类地行星则概率更高。此外，恒星大气中除氢、氦以外的其他元素含量较高的恒星拥有行星的概率较高。最近对不同质量（或光谱型）恒星的观测表明，行星拥有率与宿主恒星质量成正相关。

行星系统形成理论研究不断深入

随着系外行星探测的开展，行星系统形成的理论研究也在不断深入。行星系统形成理论的研究早在18世纪就已经开始，以Laplace等为代表人物，但限于当时的观测手段，研究对象只是太阳系。根据现代行星形成理论，行星是从恒星形成初期的原恒星盘中孕育而生的。

围绕气态巨行星是如何在该盘中形成的这一问题，有两大不同的机制，分别是引力不稳定机制和中心核吸积机制。

引力不稳定机制认为，在质量较大的原恒星盘中，引力相互作用可以超过大气压强，从而在原恒星盘内很快形成气态巨行星。但由于引力不稳定机制要求的气体盘比较大，一般认为核吸积机制是行星形成的主要模型。

根据经典的核吸积模型，行星形成是一个长期的动力学过程，主要通过恒星盘中重元素物质凝集、相互碰撞和合并，形成行星胚胎；约10个地球质量以上的胚胎显著吸收恒星盘中的气体形成类似木星的气态巨行星，小的胚胎形成类地行星。

上述机制的主要困难在于通过碰撞形成行星胚胎的时间非常长，在远距离轨道上形成时间会超过盘的平均寿命，不利于后期气态巨行星的形成。同时，根据气体盘与行星胚胎相互作用的近似估计，地球质量大小的行星胚胎在气体盘的作用下会向内发生快速迁移，这也使得在中等距离轨道上通过行星胚胎形成气态行星非常困难。另外，目前观测到的多数系外行星在椭圆轨道上，凌星观测表明系外气态巨行星的平均密度有一个量级左右的差异。气态行星不同结构及其轨道偏心率的起源也是目前行星形成和动力学理论所需要解决的重要问题。此外，行星盘角动量转移机制、球粒陨星结构的形成等问题还没有得到很好解释。

近年来，国际上行星系统形成与演化理论研究在上述部分问题上取得了一些重要进展，其中之一就是在行星胚胎I型迁移的停留机制。法国CE-Saclay研究所Messet等通过流体数值模拟发现，原恒星盘

面密度的一个50%的突起可以使得I型迁移得以停止。美国加州大学林潮与合作者提出，在原恒星盘雪线（温度170K）或气体物质升华处（温度~1000K），气体黏滞系数的不同可导致气体面密度产生所需峰值，从而减缓直至停止I型迁移。他与南京大学周济林等合作，利用该原理解释了2008年观测到的恒星HD40307在近星轨道上的几个地球质量大小的行星。日本东京技术研究所的Ida与林潮合作，在一系列工作中，利用蒙特卡罗方法模拟的行星形成与演化，在I型迁移的速度比线性估计小一个量级左右的前提下，得到与观测基本相符、气态巨行星的周期与质量理论分布。

我国系外行星探测概况

我国系外行星的探测大约在2003年开始，主要由国家天文台赵刚课题组利用兴隆口径2.16米望远镜，与日本冈山天文台采用多普勒视向速度方法开展联合探测，搜索亚巨星行星系统。该课题组在2008年发现了在恒星11Comae附近19.4个木星质量的褐矮星，2009年初在恒星HD173416系统中又发现一颗2.7个木星质量的行星。由于国际上对亚巨星行星系统探测不多，仅仅发现20多颗行星和褐矮星，他们的观测结果对亚巨星行星系统的研究十分有意义。此外，近年来云南天文台的研究人员与英国同行合作，利用该台1米望远镜开展了对系外行星的凌星观测。

我国在系外行星系统的形成与动力学研究开展于2002年，研究力量主要集中在南京大学和中科院紫金山天文台。南京大学天文系近年来取得了一些成果，并引起国际上的关注，包括提出了形成几个地球质量大小的类地行星的两种机制，即类木行星形成之后的迁移引起星子（形成行星胚胎前的小体积物质）碰撞并合形成类地行星，或者盘的消失过程中长期共振激发行星胚胎碰撞并合形成类地行星。该机制解释了2005年观测到的、恒星GJ876系统在近星轨道上的7.5个地球质量行星的存在，并预言此类行星的广泛存在性，被后来的观测所证实。该工作是与美国加州大学等单位合作的，被国外学者在两篇Science上发表的论文所引用，并被认为是此类行星形成的6种机制中的2种。而且，利用数值和分析方法研究了具有相同质量的行星系统演化中随机性的产生规律，发现行星轨道偏心率增加遵循扩散方程，分析得到的行星轨道偏心率满足瑞利分布，与观测相符合，表明行星间交汇可能是行星轨道偏心率的重要起源。此外，在气态巨行星形成、行星在原恒星盘作用下的轨道迁移、双星系统中行星形成等方面也取得了一些进展。同时，课题组通过多年积累，建立了对N体、流体数值模拟方法，为今后进一步系统地开展该领域的研究打下了坚实的基础。

无论是在观测还是在理论研究上，我国在系外行星领域起步都比国外晚了10年以上。经过近年来的努力，理论研究工作已基本处于国际前沿，但队伍偏小，受设备和条件限制，在探测方面与国际存在差距。今后，我国在此领域的发展，首先应该加强观测设备方面的建设，同时充分利用我国现有的观测设备，包括以口径1~2米的望远镜开展视向速度、凌星等多手段探测。目前，正在开展的系外行星探测计划有：中国科学技术大学、云南天文台、南京大学与美国佛罗里达大学合作的，利用云南天文台丽江观测站2.4米望远镜进行多目标视向速度法系外行星探测的LiJET计划，以及酝酿中的利用国家天文台新建的大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜（LAMOST）探测等。其次，需要加强我国在系外行星观测与理论方面的队伍，尤其要注意培养可以主持较大科学工程的领军人物，形成我国在国际上有影响的观测与理论研究项目。行星科学与空间科学、地球科学等众多学科有密切联系，而我国目前系外行星探测和研究还仅局限在几个天文单位的少数几个课题组，这对我国在该领域做出有国际影响的工作是十分不利的，因此要加强多学科合作以形成一支强有力的研究队伍。再次，加强国际合作，其中一个很重要的方面是积极参与到国际一些大型观测计划中去，充分利用国际合作项目的资源，加强我国研究骨干队伍的建设和水平的提高，带动我国全面开展系外行星系统的观测和理论研究，以期在不久的将来作出有国际影响和我国特色的重要成果。

（周济林系南京大学天文学系教授；孙义燧系中国科学院院士、南京大学天文学系教授）

《科学时报》（2009-1-16 A1 要闻）

发E-mail给:



相关新闻

科学家首次在双恒星系统附近观察到行星
美研制出可精确测量行星大小的相机
人类首次观测到太阳系外行星绕恒星运动踪迹
《自然》：63光年外一颗热木星确认存在水蒸汽
哈勃发现太阳系外一行星有二氧化碳
研究首次发现围绕快速旋转炽热恒星的行星
专家提议建小行星撞地球防御系统
罕见行星星云内部双星爆炸再现 星云理论受挑战

一周新闻排行

近十年论文发表前20名国家排名出炉
路甬祥：科研人员评价体系将淡化论文与奖励数量
多国科学家联名致信《科学》质疑08诺贝尔奖
2008年度楚天学者和设岗学科名单公布
科学时报：国际合作论文凸显“华人现象”
2008年度国家科技奖励大会在京召开
中国一流大学排行榜出炉 首引网络影响力指标
北大女硕士论文被指造假 称导师性骚扰不成报复