

# 谈谈搜寻类地行星

李 良

科学大师伽利略说过：“科学的真理不应该在古代圣人的蒙着灰尘的书上去找，真正的哲学是写在那本经常在我们眼前打开着的最伟大的书里面的，这本书就是宇宙，就是自然界本身，人们必须去读它。”

地球与其他天体最大的不同之处就在于：地球上有生命存在。地球生命是如何起源的？在地球之外，宇宙中还有别的适合生命存在的星球吗？地球人是宇宙中独一无二的吗？千百年来，这是人类苦苦探索的问题。经验告诉我们，寻找外星人的一项重要的基础工作是必须搜寻到适于生命居住的类地行星。

一般说来，质量越大的行星就越容易被发现。这些行星本身的运动会造成其宿主恒星围绕它们公共质心转动，而这一运动的速度越大在恒星光谱中造成的谱线移动也就越厉害。通过观测恒星视向速度中的这一多普勒效应，就能反推出行星的存在。

当行星正好运动到恒星和我们视线之间的时候（称为“凌星”），个头越大的恒星造成的恒星亮度降低也就越严重（图1）。例如，当一颗木星大小的行星从一颗类太阳恒星前方经过的时候，大约会遮挡恒星表面的1/100。这会造成恒星的亮度在几个小时内下降1/100，由此天文学家们可以在地面上观测到这一变化。

随着多普勒效应测量精度越来越高，天文学家现在已经可以测量出3.6 km/s的速度所引起的频移。这足以探测质量仅有地球几倍的行星。而它们凌星时所造成的恒星亮度降低很难从地面上观测到，除非宿主恒星本身就很小。受制于地球的大气，地面上的凌星观测精度始终有限，而且观测也受到时间的影响。因此最佳的行星凌星观测必须把望远镜送入太空。

2006年12月，欧洲空间局的科罗号系外行星探测器发射升空（图2），它可以探测到比地面观测极限还要小得多的太阳系外行星凌星事件。科罗是可以

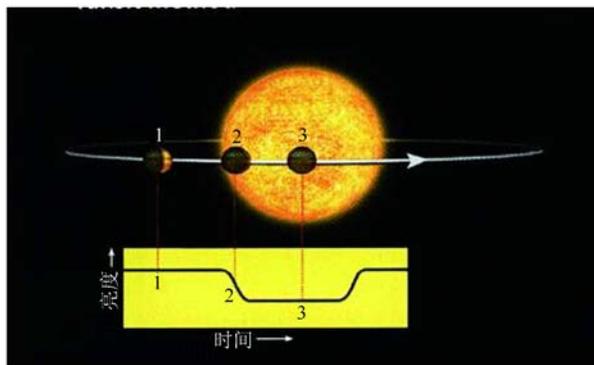


图1 探测太阳系外行星的凌星方法。如行星轨道正好位于观测者视线方向上，就会看到行星会经过恒星的前方。由于行星的遮挡，恒星的亮度会下降



图2 欧洲空间局的科罗号系外行星探测器

在5个月的时间里不间断地同时监测12000颗恒星的亮度变化。

2009年3月6日，美国首颗用于搜寻类地行星的开普勒空间望远镜在卡纳维拉尔角发射升空。至此，

在地球之外寻找外星人的天文学家有了崭新的工具来实现其目标。之所以命名为“开普勒”，是为了纪念17世纪的德国天文学家约翰内斯·开普勒（Johannes Kepler 图3），他在1609~1618年提出了“行星运动三定律”。耗资将近6亿美元的开普勒空间望远镜配备有太空光度计（有口径95 cm光学透镜），预计将花4年左右的时间，在绕行太阳的轨道上，检测银河系的天鹅座与天琴座区域观测类似于太阳的大约10万颗恒星系统。其主要目的是，搜寻位于宜居带中的系外行星，特别是寻找类地行星。谈到类地行星，目前一般认为是与地球相类似的行星；它们距离宿主恒星较近，体积和质量都较小，平均密度较大，表面温度较高，大小与地球差不多，也都是由岩石构成的。天文学家已在太阳系外发现了很多体积巨大的类地行星，一般称作超级类地行星；科学家推测这些行星拥有与地球相似的板块构造；它们结构大致相同：一个主要是铁的金属中心，外层则被硅酸盐地幔所包围；它们的表面一般都有峡谷、陨石坑、山和火山。

开普勒空间望远镜使用的观测方法是“凌星法”，以寻找类地行星和生命存在的迹象。尽管采用凌星探测之后的算法分析将可以识别出大部分的潜在目标，但仍然可能存在漏网之鱼。

目前，大部分的太阳系外行星是通过测量“视向速度”法发现的，这种方法很有可能发现靠近其恒星



图3 开普勒被誉为“天空立法者”，这幅油画展示开普勒手持行星运动轨道是椭圆，太阳位于其中的一个焦点上，背景悬挂着他的老师——杰出的天文观测大师第谷的画像

的大行星，而对和地球质量相仿的低质量行星并不敏感。用“凌星法”更适合发现像地球大小的星体。一般用3个参数描述行星凌星的特征，即凌星的重现周期、凌星的间隔以及恒星亮度的相对变化量。根据凌

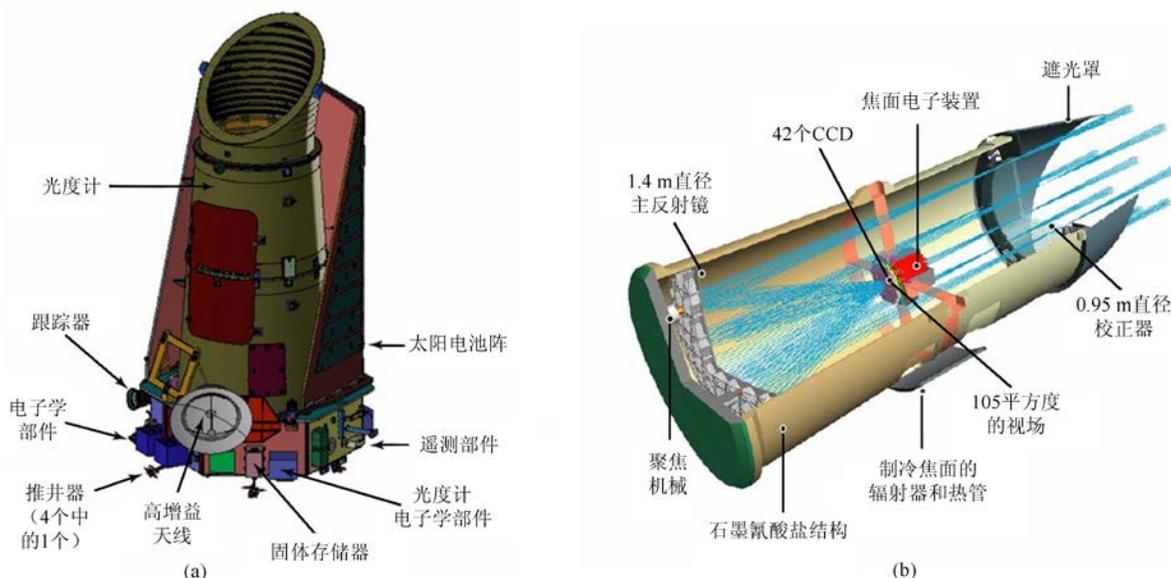


图4 (a) 开普勒空间望远镜结构示意图，(b) 望远镜上部的光度计构造示意图

星现象的周期性，能确定这颗恒星周围是否存在行星；根据行星凌星时亮度变化的大小能确定行星的大小；根据行星凌星的间隔能计算出行星的轨道以及估计行星的温度。

“开普勒”空间望远镜探测行星的主要原理是：当恒星系统中的行星运行到“开普勒”与恒星之间时，由于行星遮挡了一部分恒星发出的光，“开普勒”上的光度计接收到的恒星亮度会变弱，变化范围大约是 $5 \times 10^{-5} \sim 40 \times 10^{-5}$ ，持续大约2~16 h。地面科学家可以根据恒星亮度的这种周期性的微弱变化来推算出行星的大小和轨道周期等数据。“开普勒”可探测到的这种亮度微弱变化可以小到百万分之十左右。

开普勒空间望远镜的测控由美国科罗拉多大学巨石城分校的大气与太空物理学实验室负责。他们将制造“开普勒”主要部件——口径约1 m的主镜和众多感光微芯片以及望远镜飞行系统（图4）的贝尔公司通力合作。因为行星凌星现象通常只持续几小时至十几小时，所以必须至少几小时测量一次恒星的亮度，并把测量到的光积累进行统计。当“开普勒”开始寻找行星时，它每30天转动一次，使高增益天线指向地球，将所获数据传给美国航空航天局的深空监测网。“开普勒”每90天进行90°的转动，以保持太阳能电池阵指向太阳，焦平面辐射器指向深空。所观测到的数据传送到科罗拉多大学巨石城分校大气与太空物理学实验室，此传输工作有时会持续36~48个小时。接着，大气与太空物理学实验室把这些数据传送到美国巴尔的摩的太空望远镜科学院。最后，再由美国航空航天局的阿姆斯研究中心进行数据的科学分析。

与欧洲的“科罗”号系外行星探测卫星相比，开普勒空间望远镜可以在3年半的时间里不间断地观测同一片天区。而“科罗”卫星由于是围绕地球转动的，因此地球会遮挡住它的视线；同时为了避免阳光对观测的影响，因此“科罗”对同一片天区的最长连续观测时间只有5个月。同时“开普勒”也比“科罗”灵敏得多，其光度计主镜直径是“科罗”的3.5倍，因此它能看到大小只有地球一半，和火星差不多大的行星。

开普勒-10b是第一个由开普勒空间望远镜观察

到并被确认的类地行星。其半径大约是地球的1.4倍，围绕它的母星运转周期不足一天。超精准测量确定这颗星球的质量是地球的4.6倍，在密度上类似于铁质哑铃。考虑到它的构成且极为贴近母星，一些科学家认为开普勒-10b更像一颗超级水星。

谈到适宜于生命存在的系外行星，这里我们简略说几句，至少在许多方面要类似于我们的地球，首先是合适的行星质量，由此可以提供其足够合适的引力，从而保证拢住其大气层，进而才能保证星球地表温度；还有极重要的一条，就是地球的化学组成。最关键的还是行星要有足够的液态水，这是生命化学反应必备的一个要素；除了足够的液态水，当然还有适合植物生长的土壤、行星大气圈、重力场、磁场等也是生命生存的必要条件，因为它们可以阻挡或过滤掉许多来自恒星的有害辐射。生命存在的条件还特别要求行星距恒星的距离必须恰到好处。研究者们认为，地球如果距离太阳再远出150万km（日地平均距离的1%），地球上的水就会完全冻结；假若再靠近太阳750万km（日地平均距离的5%），由于高温，生命同样也不可能存在。

近年研究还表明，地球生命需要巨行星。根据计算机模拟太阳系研究，由于引力作用，木星和土星能够将一部分彗星“驱逐”到远离地球的深空。在太阳系演化的早期，太阳的引力使得许多彗星轰击地球等行星，在模拟中，大彗星撞击地球的次数提高了约1000倍，即每10万年就会由此发生一次大规模生物灭绝。在这样一个充满危险的世界里，高级生命不可能有进化的时间，也就是说，生命在环境突变（天体撞击行星）导致灭绝之前得不到充分的发展。幸好有巨行星木星和土星的（保护性）存在，否则人们早就不会长久生活在地球上了。

目前科学家研究认为，在一些具有行星围绕的恒星周围，可能存在这样一个空间区域——称为生物“可居住带”或宇宙宜居带，即处于那个区域中的行星上温度条件适于生命的发生和发展；行星上的环境温度，取决于单位时间内落到其单位面积上来自恒星的辐射量。因此，对年龄不同的恒星来说，这种（生物）“宇宙宜居带”的尺度是不相同的。从恒星观测得知，

某颗恒星的光度越高，即它的光谱型越“早”，其“宇宙宜居带”的尺度就越大。谈到“宇宙宜居带”的确切定义，应当说至今科学上仍没有定论，但近年来有关这方面的科学探讨文章已有很多。

美国国家航空航天局 2012 年 9 月 1 日宣布，开普勒空间望远镜发现了另外一个太阳系，其中心区域有一对相互围绕运行的双星——开普勒-47（图 5），该双星距离地球有 4900 光年，其中一颗恒星与太阳大小相似，不过亮度仅是太阳的 84%。另一颗只有太阳的三分之一那么大，亮度不及太阳的 1%。观测发现，有两颗行星在围绕这对恒星运行，其中一颗处在适合生命体生存繁衍的可居住区域内，也就是说该星球上可能存在液态水，适合生物生存。从地球位置去观察该行星系，那两个相互环绕的恒星每隔 7 天半就会形成一次“凌日”现象。围绕其公转的两颗行星分别是位于内侧的开普勒-47b 和外侧的开普勒-47c。

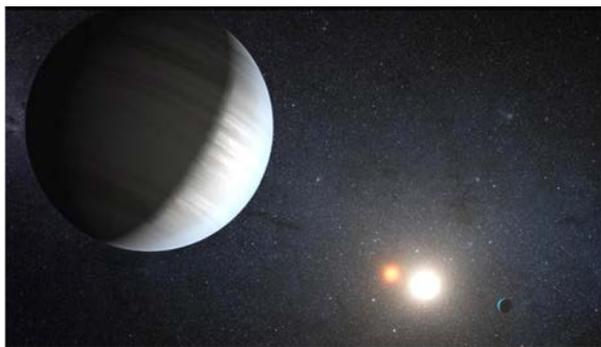


图 5 双星开普勒-47 的行星系图解之一

尽管开普勒-47b 的半径是地球的 3 倍，不过它仍是已知最小的凌日环联星运转行星。它围绕在这对恒星公转一圈的时间不到 50 天。虽然无法从地球上直接观测到该星球的表面，不过据科学家推测，那上面应该是一个闷热的世界，因为在过热的环境中，甲烷得到破坏，这种情况可能使该星球上出现浓厚的霾雾。开普勒-47c 围绕恒星运行一圈需要 303 天。这一颗行星位于可居住区内，也就是说该星球上可能存在液态水，也可能存在适合生物生存的条件。开普勒-47c 可能比海王星稍大，周围被水蒸气覆盖。科学家告诉人们，与太阳系不同的是，很多恒星只是多恒星系统中的一部分，两个或两个以上的恒星相围绕运行的情况并不新鲜。问题是它们是否有行星或行星系，开普

勒空间望远镜的这一发现表明，双星体系也支持两颗及以上的行星存在，同时展示了行星系多样性的特点。

如前面所介绍过的，开普勒望远镜主要是通过观测系外行星经过它们自身母恒星时是否会产生亮度的下降，从这种“凌星”来确定这些系外行星的存在。开普勒望远镜一般需要监测到三次这样的“凌星”才能确定一颗行星候选者。开普勒空间望远镜自 2009 年 3 月发射以来已经发现了 2700 多颗“潜在的”系外行星，其中已经证实有 122 颗属于系外行星，但目前还没有确认它们属于类地行星的足够证据。

据美国宇航局于 2013 年 4 月 18 日在《科学》杂志上公布，开普勒空间望远镜发现了两个新的行星系，其中包括两颗和地球环境十分相似的行星，并处于所谓的“宇宙宜居带”之内。已发现恒星开普勒-62（距离地球有 1200 光年）有五颗行星，分别是：62b、62c、62d、62e 和 62f。其中开普勒-62e 和 62f 的环境和地球最为相似。

开普勒-62e 每 122 天绕恒星一周，是美国太空总局开普勒天文望远镜自 2009 年开始进行探测类地行星任务以来发现的第一颗类地行星。开普勒-62e 行星体积比地球大 60%。后期发现的开普勒-62f 的轨道周期为 267 天，由未经检测的岩石组成，只比地球大 40%，是在宜居带内发现的和地球大小最为接近的外星球。这次发现让科学家们在寻找和地球一样的家园的道路上又前进了一步。看来，证实上述行星系是否和地球一样适合人类居住只是时间的问题。完成这项任务将要求更新、功能更强大的仪器。

### 结语

迄今为止，并不是所有的科学家都同意生命在太阳系以外其他行星系统里存在。例如，美国有一位生物学家在 2000 年接受《时代》杂志记者采访时说过这样的话：“这种生命产生发生的几率非常非常小，不管宇宙中有多少百万的行星。”还有一位古生物学家与另一位天文学家联名在《罕见的地球》（2000 年出版）中声称，尽管微生物这样的简单生命可能在其他星球存在，复杂生命形态却非常罕见。高温、强烈的辐射和彗星或者小行星的碰撞经常会（下转 52 页）