## 中国的近邻宜居行星巡天计划：我们的近邻

人类在宇宙中是唯一的吗？这个直接冲击灵魂的问题自从提出，就一直困扰着人类，特别是那些无时不关注着宇宙和太空的天文学家们。不久前，在第六届世界著名的星乐论坛（STARMUSVI）上，我与老朋友、曾因发现和确认第一颗系外行星于2019年获得诺贝尔物理学奖的瑞士天文学家米歇尔·马约尔（Michel Mayor），谈起了这个问题。

　　我们回顾了人类目前已经取得的成果——由美国2009年发射的开普勒计划，已发现了数千颗系外行星，其中有很多还被由马约尔领导的课题组的地面望远镜所确认。但是，在这些系外行星中，还没有一颗是真正和我们地球相似的类地行星。我们认为，在回答“人类是否唯一”的问题上，还有一个很重要的问题亟待解决：我们没有对太阳系附近的那些恒星进行过普查。这也是我们最需要回答的问题：我们有没有近邻？

　　那为什么不先寻找一下太阳系附近那些恒星呢？这就不得不解释下现在用到的探测系外行星的几种方法。

　　在太空望远镜开始这项工作之前，人类是用地面望远镜来寻找系外行星的，也就是马约尔教授牵头开始的探索性工作。这种方法称为“视向速度法”。简单来说，就是用地面望远镜凝视一个恒星，测量其光谱的多普勒频移变化。如果这个光谱出现周期性的频率变化，就表明这个恒星受到了它附近行星的引力扰动，其变化周期就正好是这颗行星围绕其公转的周期，比如数天、数十天等。这种方法最适合测量行星轨道面（恒星周围行星系统的黄道面）正好在地球到那个恒星的视线方向上的行星。因为只有这样，其多普勒频移才出现最大值，才能被我们观测到。当然，在发现这个多普勒频率变化周期之前，我们并不知道哪个恒星的行星轨道面正好在这个方向上，所以马约尔教授他们在发现第一个系外行星之前，曾观测过很多个恒星，并多次改进光谱测量的精度，终于在1995年发现了第一个围绕类似太阳的恒星公转的系外行星（51 Pegasi b），并于2019年获得诺贝尔物理学奖。

　　另一个发现系外行星的方法更为直接——观测行星经过恒星前面时对光通量的遮挡，称为“凌星法”。由于凌星引起的恒星光度的变化非常微弱，在地面上观测又会受到大气湍流的影响，无法实现精确的观测，必须发射太空望远镜。为此，美国国家航空宇航局（NASA）于2009年发射了第一个用于此目的太空望远镜开普勒（Kepler）计划。至2018年任务终止，该计划共发现了6000多颗候选系外行星，其中3000多颗已经得到了确认。然而，最大的问题是这些行星距离我们都很远很远，100光年以内的少之又少；与地球类似的岩石类行星少之又少；宿主恒星与太阳相似、同时行星又与地球相似，还是我们近邻的行星根本没有。

　　这与“凌星法”必须要求行星轨道面与我们看到它们的视线接近平行，并发生凌星现象有关。因为在我们太阳系的附近，能够满足这个条件的恒星太少了。

　　那到底有没有更好的办法来发现系外行星呢？有，这就是天体测量法。由我国科学家提出的近邻宜居行星巡天计划（Closeby Habitable Exoplanet Survey,CHES）采用的就是这个方法。这一计划属于中国科学院先导专项背景型号，目前已经突破了关键技术研发。

　　一颗恒星，受到其周围行星的扰动，位置一定会发生周期性变化，这个变化发生在由行星与恒星运动定义的一个二维平面内，即那个行星轨道面内。从太阳系看过去，无论该行星轨道面是在哪个方向上，其扰动都会被我们看到——如果行星轨道面正好在我们视线方向上，我们看到的将是一个一维的运动；如果行星轨道面恰好面向我们视线方向，我们看到的将是一个二维的运动。因此，这种探测方法通常不会漏掉任何行星系统。

　　问题是，我们能看到这个微小的变化吗？天体测量就是要解决这个问题。

　　第一步，我们要在被观测恒星的视线方向周围找到几颗参考星。之所以管它们叫“参考星”，并不是因为它们不动（因为所有恒星可能都有行星系统，因此其位置也都会被扰动），而是因为它们比被观测的目标恒星离我们更远。也就是说，它们的微小位置变化，不影响对被观测恒星的位置的测量。

　　第二步，我们用各种技术来解决精确测量的问题。首先，对被观测的这几颗恒星（包括近邻的目标恒星和远处的参考星）进行定位。这些恒星的光斑，每一个落在望远镜成像半导体器件上后，通常都要覆盖数十个分辨单元。那么，恒星的位置如何确定呢？是简单的选择最中间的一个吗？不是。最好的办法是通过软件来计算光斑的中心在哪里，称为“质心定位（Centroiding）”。目前，在地面实验室真空条件下，精确度已经达到了十万分之一的分辨单元。这就能够满足用测量目标恒星与参考星之间距离变化，来发现目标恒星周围行星的要求了。其次，望远镜需要具有非常高的机械和温度稳定性。这个通过航天工程中已经成熟的温控技术、材料选择和结构设计是可以达到的，并经过了地面试验的验证。再次，为了更好地实现温度的稳定控制，望远镜需要发射到日地系统的拉格朗日L2点，并朝背向太阳的方向观测。

　　CHES计划能够取得什么探测结果呢？首先，它会对距离太阳系100光年以内的大约100颗与太阳相似的恒星进行普查。因为任何一颗目标恒星的行星系统中的所有行星（无论其行星轨道面的方向如何）的质量、公转周期，都会体现在对恒星的位置扰动上，所以这个计划是对近邻恒星的行星系统的全面普查。其次，通过3-5年的观测数据积累，可以发现宜居带内的类地行星。因为CHES计划所选择的目标恒星都是太阳类型的，因此宜居带内行星的公转周期都应该与地球类似，大约在1年左右。积累3年以上的数据，就会覆盖宜居带内几乎所有的类地行星。

　　可见，CHES计划正是要回答“人类是否孤独”、特别是回答“我们的近邻在哪里”问题所必须的。

　　回到我和马约尔教授的谈话，他迫切地希望人类在寻找类地行星方面尽快获得突破。在谈论了几个正在论证的相关计划之后，他在我耳边小声说，希望中国的CHES计划能够尽快立项实施，因为这是他最为看好的一个。

　　我更加期盼的是，如果CHES计划发现了也许只距离地球十几个光年的、真正意义上的类地行星，也就是通常所说的地球的兄弟后，我们该如何对它开展进一步的探测，甚至通过无线电信号与那里可能存在的智慧生命进行点对点的沟通？