



天文学家发现了“新的太阳系”

——飞马座 51 附近发现一颗行星

朱 晔 华 译

(《天文爱好者》编辑部 北京 100044)

如果天文学家们没有搞错,人们终于发现了围绕除太阳之外的恒星运转的行星.许多人从孩童时代起就期盼着这一发现.

许多世纪以来,其他恒星是否有行星系这个问题一直是天文学的未解之谜.世世代代的教科书都教育人们为什么不可能观测到那些围绕哪怕是最近的恒星运转的行星,因为行星太暗了,而又淹没在它们的恒星的强烈的光辉之中.

近些年来用间接方法探索大质量(大于木星质量)行星已经成为可能.例如,如果一个行星围绕一个恒星运转,则恒星就不能保持静止不动,两个天体将围绕它们的公共引力中心或重心运转.它们的轨道的大小和轨道速度与它们的质量成正比.一种发现行星的研究方法是观测恒星精确位置来直接发现恒星位置的“摇摆”变化.迄今为止,这类天体测量学的研究还没有取得预期的成果:第二种研究方法是发现由恒星趋向地球和远离地球的视向速度所引起的轻微摇摆运动.例如,木星的质量为太阳质量的千分之一,轨道速度为每秒 13000 米,因而太阳的对应运动(或叫反射运动)的速度为每秒 13 米.

大约有 5、6 个天文学研究小组建起高精度的专用摄谱仪,这些仪器能够测量小到每秒几十米甚至仅为每秒几米的恒星视向速度.这些仪器观测一颗恒星光谱中极其微小的由多普勒效应引起的频移.这种研究方法对质量较大的并在密近轨道上绕其恒星运转的行星有利,因为这样的行星将引起恒星快速的反射运动.

瑞士日内瓦天文台的 M·梅厄和研究生 D·奎洛兹正在实行着一个雄心勃勃的视向

速度研究计划.自 1994 年 4 月起他们已经观测了 142 颗选出的类太阳恒星.他们事先已知这些恒星是单星,因而其附近有可能藏匿着行星.利用法国上普罗旺斯天文台的 1.9 米望远镜上的摄谱仪,他们能够使速度分辨率达到每秒 12 米.这对于他们想要论证质量为几个木星质量的行星是足够了.

梅厄和奎洛兹取得了令人羡慕的成绩.1994 年 10 月初,他们宣告有一颗质量至少为木星质量一半的行星围绕飞马座 51 星(它是典型的 G2-3 型主序星)运转.飞马座 51 星的距离为 40 光年,其星等为 5.5 等,酷似太阳.像太阳一样,它也是一个缓慢自转的恒星,年龄几十亿年.行星公转周期惊人地短到 4.229 ± 0.001 天.该恒星的视向速度摆动的半幅长为 60 米/秒(峰值间幅为 120 米/秒),在长达一年多的时间里,公转周期保持稳定不变.

快速的轨道运动意味着行星必须在距离仅 7 百万千米(是水星与太阳距离的八分之一)处绕恒星公转.行星应当热到摄氏 1000℃ 以上.在该行星的天空中恒星视圆面可达 10 度,就像在臂长的距离处看一个网球般的视角.

梅厄 10 月 6 日在意大利佛罗伦萨冷星研讨会上发布了这个消息.其后,其他一些天文学家甚至使用更高分辨能力的仪器对飞马座 51 星进行了观测核验,其中美国旧金山大学的 G·马尔西和 P·巴特勒(柏克利,加里福尼亚大学)的视向速度研究工作可能是世界上最精确的,他们在利克天文台 3 米反射望远镜上的摄谱仪测量恒星视向速度的精度可达每秒 3 米.

出乎意料地是,马尔西和巴特勒最初竟将

飞马座 51 星排除在他们正在进行的研究计划之外,因为耶鲁大学的《亮星表》上将飞马座 51 星误定为一颗亚巨星. 在听说了瑞士天文学家们的发现之后,他们不失时机地充分利用了事先排定使用望远镜的 4 个夜晚(大约是飞马座 51 星的行星上的一整年)得到了 27 个高度精确的测量结果. 这些结果表明,恒星的确有摆动,摆动的半幅长为每秒 51 ± 2 米.

此外,观测数据点能绘成一完美的正弦曲线,这意味着行星的轨道是一圆周. 正如天文学家们所知道的,如果行星是真实的,它必然是如此. 引潮效应应当使一个大质量行星轨道变圆,该行星距离恒星这样近,潮汐效应所引起的能量损失倾向于使椭圆轨道成为圆轨道.

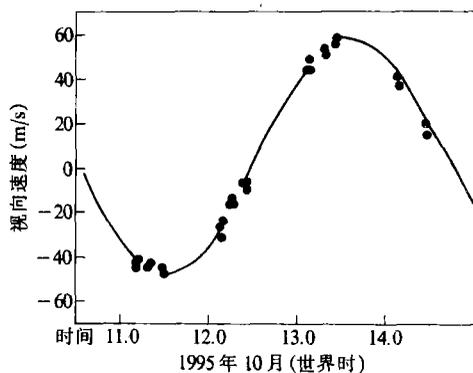


图 1 飞马座 51 的反射运动

至少还有两个天文学研究小组也肯定地证实了恒星的正弦速度曲线. 但是,这些微小的视向速度变化真的是存在一个沿轨道运转的行星的象征吗? 有没有别的因素会造成这些变化呢?

起初,梅厄和奎洛兹根本就没被这些视向速度变化所激动,他们曾经假设有某些与存在一颗行星不同的原因在起作用. 因为从宣布几个近距的红矮星其 1940 到 1970 年的位置有摆动的消息开始,已有许多不成熟的行星被撤消“发现”或昙花一现,而能够经受得住详细推敲的唯一的太阳系外的行星是近年发现的三颗围绕脉冲星 PSR1257+12 运转的行星. 该脉冲星

位于室女座中,距离为 1600 光年.

然而,随着斗转星移,天文学家们积累了更多的新信息. 例如在太阳型恒星中,没有周期近于 4 天的脉动. 太阳的基本振荡周期是 5 分钟,甚至那种太阳震动学家们正在研究的最长的脉动周期也只有几小时长.

在一年多时间飞马座 51 星的周期保持着像钟表走时一样恒定,这不像是恒星内在的变化. 既不可能是恒星的脉动,也不可能是其他效应(如磁场活动或恒星黑子对光谱谱线的调制),能呈现出如此完美的正弦波形.

最后,在 10 月底,日内瓦天文台天文学家们宣布已经在欧南台实行了对飞马座 51 星亮度精测监视,观测能够排除任何有关 4.2 天周期的大于 0.002 等亮度变化. 不考虑任何其他效应,因速度为每秒 50 米和周期为 4 天的恒星表面的膨胀和收缩而产生的亮度变化大约为这个量的 10 倍.

观测数据也表明,在飞马座 51 星系统中没有交食的迹象,因为假定行星轨道平面与我们视线至少为 5° 的条件下,一颗木星大小的行星当它经由飞马座 51 星的前面穿过时,将使飞马座 51 的亮度下降 0.01 等.

飞马座 51 星行星系的轨道和我们的视线间的交角还是未知数,交角的大小决定着行星的质量的大小. 目前广泛引用行星质量为 0.5 个木星质量. 这个值仅适用于行星轨道侧向我们视线在 20° 的范围以内. 如果轨道指向不是近于垂直我们的视线,那么我们从地球看到的视向速度仅仅是恒星实际的反射运动的很小的分量,因而行星的质量可能要大很多,如果我们从行星系的两极方向观测(这种可能性极小),则运转的天体甚至可能是颗褐矮星,一种其质量比木星质量大数十倍的衰老恒星.

幸运的是还有些线索供我们参考,飞马座 51 星的光谱线因每秒 2 千米的多普勒频移而变宽,这种频移是由于恒星绕轴自转产生的. 因为我们可能未朝向恒星的赤道,因此这只能是恒星真正自转速度的某些分量.

在飞马座 51 星的光谱中缺少明亮的钙谱

线,意味着它有轻度表面活动(甚至小于太阳的表面活动),这是一种缓慢自转的恒星的标志。这就是说,飞马座 51 星并不比我们实际看到的每秒 2 千米的自转速度快很多,这也意味着我们的视线朝向恒星赤道方向不远(巧合的是,太阳以类似的速率自转)。天文理论曾经假定,行星是在它们的恒星的赤道平面附近形成的,就像我们太阳系的情况那样。总之,新行星的最小质量为 0.5 木星质量这一结果可能很接近于实际值。

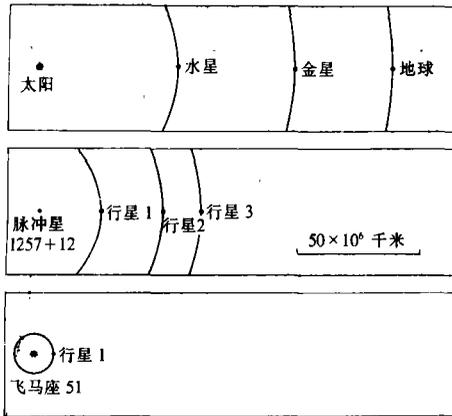


图 2 几个行星系的比较

- 上图: 水星 (0.387 天文单位, 0.055 地球质量)
金星 (0.723 天文单位, 0.815 地球质量)
地球 (1.000 天文单位, 1.000 地球质量)
- 中图: 行星 1 (0.19 天文单位, >0.015 地球质量)
行星 2 (0.36 天文单位, >3.4 地球质量)
行星 3 (0.47 天文单位, >2.8 地球质量)
- 下图: 行星 1 (0.05 天文单位, >150 地球质量)
- 1 天文单位为 149597870 千米, 地球质量为 5.97×10^{24} 千克

然而,在距恒星不过 7 百万千米处存在一个巨行星这一事实将使现代的行星演化理论陷于混乱之中。天体演化理论学家们曾经假定,当微小的固体天体在原行星盘中俘获另一颗其他小天体时,它们将合生在一起,如果它们成长为足够大的,它们也能够吸引气体,成为像木星

那样的巨行星。P·波登海默(加利福尼亚大学圣克鲁兹分校)怀疑距一颗年轻的、热的、具有太阳质量的主序星这样近的距离处,小天体是否能够合并成一个固体的行星核。

新发现的行星会不会按双星形成方式形成,即在坍缩后形成飞马座 51 星的气体星云中凝缩而成。该行星能否是在远处形成后因受到其他大质量天体的碰撞而被抛进来或者以某种方法旋转进来?它会不会开始时质量很大后被剥蚀或蒸发呢?天体演化理论学家们突然发现,这些问题都要考虑。美国哈佛—史密松天体物理中心的 R·诺耶斯曾提出一种构想,“行星”开始形成时可能有恒星级物质质量,以后把它大部分质量再倾注到飞马座 51 星上,不过,诺耶斯本人也指出,飞马座 51 星的极为正常的物态否定了任何这类模式。

该行星现在的物态更使人迷惑不解。它不应是一个“巨大的铁质的星球残骸”,这种天体是马尔西紧跟着梅厄的设想宣布后提出的,梅厄曾设想该行星是一个像水星那样的无气体的直径为地球 5 倍的巨大星球。与他们不同,卡耐基研究所的 G·怀特利耳则认为,即使行星与飞马座 51 星异常地接近,它也能保留住大量木星型的大气,但是,在恒星演化早期的金牛座 T 型星阶段(这时期,飞马座 51 星发光能力要强 100 倍,向外吹出大量恒星风)行星怎样来保持大气呢?理论家们变得踌躇不前了。

最近,关于发现其他的可能行星和质量更大的褐矮星的消息像冲开闸门的水流一样纷至沓来。从事长期的耐心的研究工作的天文学家正被迫把那些令人兴奋激动但还是不全面的,不足以令人信服地发现仓促地发表出来。我们应密切注意今后的事态发展。正如马尔西所说的那样:“行星发现是连六年级小学生都能理解和感到兴奋的事”。希望不论是业余天文爱好者还是专业天文工作者都能有机会和你的近邻好友共享这种极为重要的发现。

(译自美《Sky & Telescope》Jan., 1996)