

# 小行星的卫星

胡中为

公布太阳系第十大行星的发现两星期后, 2005年8月11日的《自然》杂志又公布首次发现一颗小行星有两颗卫星或三重小行星的有趣消息。因为有的小行星可能游荡到地球附近, 潜在着撞击

地球的重大危害, 这就引起人们的普遍关注。

## 小行星的发现和命名

天文学家早就感到火星和木星的轨道间距太大, 开普勒推测此间距内应当有一颗未知的行星。1766年德国中学教师提丢斯得出, 行星的轨道半长径形成简单的数列, 1781年柏林天文台台长波得(J. E. Bode)加以宣传, 总结成经验规律:  $a_n = 0.39 + 2^{n-2} \times 0.4$  (天文单位), 水星  $n = -\infty$ , 金星  $n = 2$ , 地球  $n = 3$ , 火星  $n = 4$ , 木星  $n = 6$ , 土星  $n = 7$ , 因此称为提丢斯-波得定则。1871年赫歇耳发现天王星, 其轨道半长径(19.2天文单位)跟提丢斯-波得定则  $n = 8$  算出的结果(19.6天文单位)接近。于是, 激起寻找位于火星和木星之间、 $a_5 = 2.8$  (天文单位)的未知行星的热潮。1801年元旦之夜, 皮亚齐(G. Piazzi)无意中发现一颗天体, 其轨道半长径为2.77(天文单位), 命名为谷神星。但它太小(半径约500千米), 不是要搜寻的大行星, 于是就称作“小行星”。随后发现的小行星越来越多。

从1925年起, 新发现的小行星先给予临时编号, 即在发现年份后加两个拉丁字母(不用I), 第一个字母依次表示发现的半个月, 第二个字母依次表示此半个月发现的第几颗, 如果字母不够就再加上数字。在算出轨道后, 再经过观测验证, 才由国际天文学联合会给予正式的永久编号, 例如1998年2月下半月发现的第20颗小行星以1998DV表示, 永久编号为(27002), 并且后来还会给予专有(人物或地名)命名, 如(2045)北京、(2051)张钰。到2004年9月已发现的小行星已超过25万颗, 永久编号的已超过9万颗。大量小行星处于火星和木星的轨道之间的小行星主带, 而在绕太阳公转运动中可以接近地球、有潜在撞击地球危险的称为“近地小行星”, 也有很多小行星处于太阳系外部。

在小行星主带中, 最大的是(1)谷神星(直径为933千米), 直径大于100千米的约有200颗。除了几颗最大的小行星近于球形外, 大多小行星是形状不规则的。大多数小行星由于小而远, 一般望远镜很难分辨其表面细节, 仅(433)爱神星等几颗小行星有飞船探访过。

## 小行星有卫星吗

多数大行星有卫星绕转, 同时带着卫星绕太阳公转。那么, 小行星是否也有卫星呢? 多年来, 作了大量的实际观测搜寻和一些理论探讨, 结果表明某些小行星的确有卫星。

1978年6月7日, (532)大力神(Herculina)小行星掩(即从前面经过)一颗恒星的过程中, 不仅观测到因该小行星遮挡恒星造成恒星亮度减弱的主掩事件, 而且还意外地观测到二次掩事件——归因于其卫星掩星。从掩星记录推算出: 大力神小行星与其卫星的投影距离为977千米, 大力神小行星与其卫星的直径分别为243千米和45.6千米。此后, 又观测到大力神小行星的几个二次掩星事件, 推断它可能有多颗卫星。另外, 如果小行星的卫星绕转轨道面侧向我们, 小行星及其卫星就会发生周期性的相互遮掩现象, 它们的总亮度就周期性变化, 因此可以从亮度的周期变化观测资料推算出小行星的卫星, 例如, 从(171)奥菲丽亚(Ophelia)的亮度的周期变化资料得出其卫星的轨道周期为13小时, 奥菲丽亚和其卫星的直径分别为80千米和27千米, 它们的距离约100千米。最为有效的方法是用哈勃太空望远镜或有自适应光学的地面大望远镜拍摄到小行星及其卫星。雷达也可以探测近地小行星的卫星。尤其是飞船在较近离直接拍摄到小行星及其卫星。

伽利略飞船在飞往木星的旅途中, 于1993年8月近距离拍摄到(245)艾达( Ida)小行星及其卫星达克泰耳(Dactyl)。艾达形如山芋, 大小为 $56 \times 15$ 千米, 一半比另半的陨击坑多, 有沟槽, 还散布几十米的砾石和表土, 以及新的大陨击溅射的兰色沉积斑片, 陨击暴露的深处物质跟普通球粒陨石一样。卫星达克泰耳仅约5千米大。

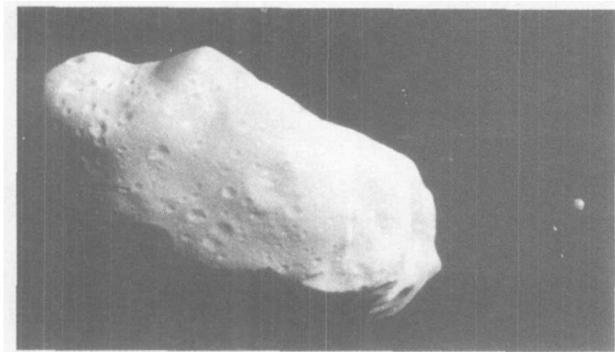


图1 伽利略飞船在1993年近距拍摄的2451da小行星及其卫星Dactyl(右)

在理论上,相对于太阳的引力而言,每个小行星都有其一定的引力范围,在此范围内的物体受小行星的引力为主,而受太阳的引力是次要的,若该物体相对于小行星的速度小于小行星的逃逸速度,该物体就应当是绕小行星转动的卫星。若小行星的质量为  $M$ , 半径为  $R$ , 则其表面逃逸速度  $V_e = (2GM/R)^{1/2}$ ,  $G$  是万有引力常数。引力范围近似于半径  $R_g$  的球,  $R_g = (M/3M_\odot)^{1/3} a$ ,  $M_\odot$  是太阳质量,  $a$  是小行星的轨道半径。不难计算确信小行星的卫星轨道半径小于引力范围半径。

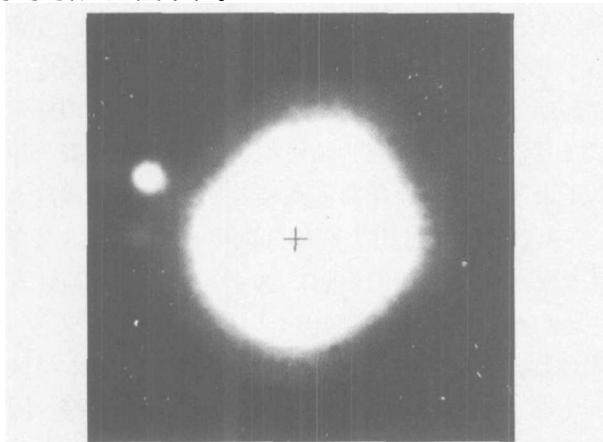


图2 2005年8月9日甚大望远镜拍摄的小行星(87) Sylvia及其两颗卫星罗缪勒斯(左上)和拉穆斯(左下)

到 2005 年 8 月 10 日, 总共发现 64 颗小行星至少有卫星, 其中有些还待进一步确定。估计大约 6% 小行星可能有卫星伴侣。有的卫星和小行星是大小相当的, 因而可称为“双小行星”。

首次发现一颗小行星确实带有两颗卫星

在 2005 年 8 月 11 日的《自然》杂志上, 马齐斯 (F. Marchis) 等人公布了首次发现一颗小行星带有两颗卫星。它就是 1866 年发现的主带小行星 (87) (Sylvia, 罗马神话的铸工之母)。在 2001 年就发现了它的第一颗卫星。今年 5 月用欧洲南方天文台的 8 18 卷 1 期(总 103 期)

米甚大望远镜拍摄到它还有第二颗卫星, 这两颗卫星以罗马神话铸工之母的两个铸工儿子罗缪勒斯 (Romulus) 和拉穆斯 (Ramus) 命名。拍摄的系列像显示这两颗卫星绕西尔维亚转动。

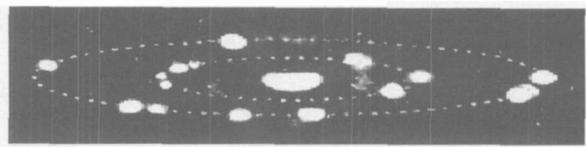


图3 拍摄的系列像显示两颗卫星绕(中央的)小行星西尔维亚转动(轨道由虚线表示)

从观测资料的分析研究得出: (87) 西尔维亚小行星是土豆形的, 长 380 千米、直径 280 千米, 自转周期为 5 小时 11 分钟。卫星罗缪勒斯约 18 千米大, 在到它平均距离 1360 千米轨道上每 87.6 小时转一圈。卫星拉穆斯约 7 千米大, 在到它平均距离 710 千米轨道上每 33 小时转一圈。这两颗卫星的轨道都是近于圆形的, 位于西尔维亚小行星的赤道面上, 顺向绕转(即跟西尔维亚小行星公转方向相同)。今后也可能发现西尔维亚小行星有更多的卫星。

小行星及其卫星系统是怎样形成的

利用准确的开普勒第三定律公式可以导出计算小行星质量的公式  $M = (a/a_s)^3 (P/P_s) 2 M_\odot$ , 式中  $a$  和  $P$  是小行星绕太阳的轨道半长径和周期,  $a_s$  和  $P_s$  是卫星绕小行星转动的轨道半长径和周期。马齐斯等人计算出小行星西尔维亚的质量和平均密度。它的

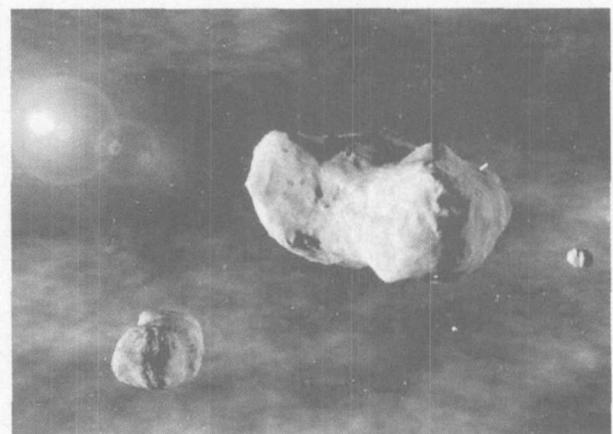


图4 小行星(87)西尔维亚(中)及其卫星罗缪勒斯(左下)和拉穆斯(右)的艺术画

平均密度仅 1.2 克/厘米<sup>3</sup>, 比一般岩石的密度小很多, 这说明它可能不是大的整块岩石体, 而是个冰和碎石的松散无序集合体, 可能有 60% 的空隙。从这样的结构, 他们提出这个小行星-卫星系统形成的看法: 很久以前, 有两颗小行星发生碰撞而破碎, 碎块再聚集而形成小行星西尔维亚; 两颗卫星可能是

# 质子的奇异海探究

王金果

刘晓<sub>由页</sub>

质子，通常被简单地理解为由3个夸克组成的客体。然而，根据量子色动力学(QCD)理论所预言的丰富的结构，说明这种简单理解是不全面的。胶子和夸克-反夸克对所形成的海的提出，意义重大，如据此可解释质子的总自旋。目前，几个科研机构正在研究夸克-胶子海对核子其他特性的影响，以期精确测定奇异夸克海中奇异夸克对质子的电荷分布及磁化强度的实际影响。目前，4个主要的实验合作组已经介入，他们的结果已初步勾画出奇异夸克在质子中的粘合图像。

奇异夸克对质子的这些特性的贡献最易测定，因为奇异夸克是夸克海的所有组分中最易于理解的组分。上夸克和下夸克因为其质量最轻，是夸克海中可能最容易出现的。但是，它们与价夸克有同样的量子数，因此，几乎难以区分他们彼此的贡献。奇异夸克的质量次轻，因而很可能是夸克-胶子海中的次要组分。

宇称破坏的电子散射为认识奇异夸克提供了一种大有希望的方法。这些实验研究了极化电子束与靶粒子的一些碰撞。特别地，他们测量了交换一个光子的电磁相互作用和包括一个 $Z^0$ 玻色子交换的中性弱相互作用。电子被极化，意味着它们的自旋或是沿着它们行进的方向(右手)或是沿着与之

相反的方向(左手)。这使得可以将这种电弱相互作用分为电磁力分量和弱力分量。

电磁力是呈宇称守恒或是镜像对称的，因而电子的手性对散射率没有影响。但是弱力是非镜像对称的，其宇称破坏。因此，左手和右手电子束在中性弱力作用下可以观察到不同数目的散射事例。通过对弱力和电磁力标志物对比，可以用实验来区分上夸克、下夸克和奇异夸克的贡献。

## 直面挑战

由于电磁力比弱力强得多，为了测量散射率的微小的差异或不对称，必须记录大量的散射事例，这是对实验提出的挑战。此外，必须留心把人为的不对称性误认为是因弱力作用而引起的真的不对称性的这种可能。例如，当电子束相对于靶的位置或角度改变时，极化束从右手的改为左手的，上述情况就会出现，反之亦然。对这些实验的特殊要求是，无论位置还是角度的改变都必须特别细微，位置的改变要小于几个纳米，角度的改变要小于几个毫微弧度。要确保如此的稳定性，要求实验者和加速器物理学家及其操作人员之间必须密切协作，并且严密监控电子束从源极经加速器进入实验通道的各项特性。

4个方案均采用宇称破坏的电子散射束研究奇异夸克对质子结构的影响。这4个实验分别是麻省

留下的碎块堆，后来被小行星西尔维亚俘获为卫星。同样的，其他的小行星-卫星系统也可能是这种方式形成的。

小行星-卫星系统也可能由另一种方式形成。有的小行星是哑铃的，如果又自转很快，那么就on能断裂为几块而形成新的小行星-卫星系统。

为什么在火星和木星轨道之间没有形成一颗大行星，而形成众多小行星呢？根据一些观测证据和理论研究，整个太阳系是由气体-尘埃的原始星云形成的。转动的原始星云在自引力作用下收缩，中心区物质聚集形成太阳，外面扁化为星云盘。星云盘中的不稳定性导致尘埃聚集为小的团块，聚集为“星子”，星子再逐渐聚集为行星。小行星是行星形

成过程的半成品。星云盘的温度分布决定了木星区发生冰物质凝聚，而小行星区的冰物质不凝聚，因为木星区的固态原料多，形成的初始星子就较大且生长快。这些星子之间的引力摄动使得部分大星子的轨道变为穿过小行星区，吸积而带走小行星区的物质及小星子。于是，小行星区的原料减少了，使得星子生长停顿在半成品状态，不能形成大行星，而仅残留下半成品的小行星。穿过小行星区的大星子也摄动那里的小行星而使它们的轨道变为多样化，更容易发生相互碰撞而碎裂成小的小行星。

(江苏南京大学天文系 210093)