

客从太阳系外来

卞毓麟

(上海科技教育出版社 200235)

一、泛星计划

夏威夷群岛的高山是地球上极少数特别有利于天文观测的处所之一。那里不仅天气晴朗的时间长,更有很好的大气视宁度(英语中称为 seeing)。地球大气的抖动从来就是天文观测的大敌,它使优质望远镜所成的星像变得模糊,得不到理想的观测结果。视宁度就是表征大气宁静程度的重要指标。

在夏威夷的毛伊岛上,有个哈利阿卡拉天文台(Haleakalā Observatory, 图 1), 又称哈利阿卡拉高山观测站, 隶属夏威夷大学天文研究所。其海拔超过 3000 米, 将地球大气对流层最低最稠密不洁的 1/3 甩在脚下, 视宁度极佳。那里有许多天文观测设施, 其中也包括“泛星计划”(Pan-STARRS)。此项计划的英语全名是 Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System, 中文直译当为“全景巡天望远镜与快速反应系统”。不过, 这个名称实在太长且不便记忆, 中国天文学名词审定委员会遂据英语缩略词音义兼顾地将其汉语名定为“泛星计划”。

“泛星计划”, 是一个正在进行的巡天计划。其

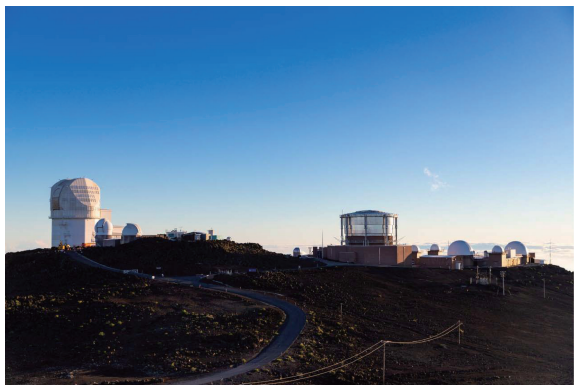


图1 哈利阿卡拉天文台, 坐落在夏威夷的毛伊岛上(图片来源: wiki)

目标是要建立一个在夏威夷地区能见的所有天区(约占整个天空的四分之三)中、视星等可暗到 24 等的天体数据库。该计划要建造若干口径 1.8 米的望远镜组成阵列, 加上一套计算机设备, 连续不断地巡天, 预期每个月可对上述天区中的天体巡测数次, 以精确地辨别天体的位置移动和亮度变化, 从而高效地发现彗星、小行星、变星等, 尤其是发现有可能撞击地球的近地小天体。

泛星计划建成的第一台望远镜“泛星 1 号”(简称 PS1) 于 2008 年 12 月启用, 已发现超过 5700 个新的小行星、彗星、变星和其他天体。目前“泛星 2 号”(简称 PS2) 也即将服役。

二、“雪茄”客造访太阳系

2017 年 11 月 20 日, 英国著名科学期刊《自然》发布了一则特别报道:

一个极其细长的暗红色星际小行星短暂造访。

文章作者是凯伦·米奇(Karen J. Meech)、罗伯特·沃利克(Robert Weryk)和他们的合作者。报道要点是, 天文学家新近发现一个近日小天体, 它在运动到离太阳只有 0.255 天文单位(约 3800 万千米)时仍未显现出彗星通常具有的特征。进一步分析该小天体的运行轨道, 发现它竟然来自太阳系以外!

发现者沃利克博士是夏威夷大学天文研究所的青年天文学家, 他参加该研究所的行星天文学家米奇有关泛星计划的一个研究课题。

2017 年 10 月 19 日夜, 沃利克在用 PS1 望远镜进行巡天观测时, 在鲸鱼座和双鱼座的边界附近发现了一个亮度仅 20 等的新天体, 根据以往的经验,

他以为这是一颗新出现的彗星。

接着,米奇、沃利克和他们的团队又进行更多的观测,初步推算出这个新天体的运行轨道。他们发现该轨道拉得极长:是一条偏心率高达1.2的双曲线,超过任何一颗已知的彗星。太阳系小天体的轨道可以分为三类:椭圆的、抛物线的和双曲线的。只有沿椭圆轨道运行的小天体,才能长期维持在太阳系内做周期性运动。这个新天体是沿着双曲线轨道前行,最终将一去而不复返。

这个奇怪的小天体很暗,在星空背景上移动得很快。米奇和沃利克立即联系世界上威力最强大的一些望远镜参与观测。格林尼治时间10月25日一早,他们通过国际天文学联合会(IAU)小行星中心电子公告发布:发现了一颗新彗星,其临时编号为C/2017U1(PANSTARRS)。其中,字母C表明它是一颗长周期彗星——周期超过200年的彗星,2017是发现的公元年份,然后再加上一个标志它是在哪半个月内被发现的大写拉丁字母(A代表1月1日至15日,B代表1月16日至31日……直至Y代表12月16日至31日。其中不用字母I,以免与数字1相混淆),并用一个阿拉伯数字注明在这半个月内

的发现序号。因此,U1就表示10月下半月的第一宗发现。最后在括号中注明发现者或项目名,或最终确定的专有名词,为简洁计通常可省略。其实,发现者们此时已经认为,新天体很有可能是“星际彗星的第一个明晰案例”。

彗星沿着运动轨道越来越接近太阳时,因受热而逐渐挥发出越来越多的气体和尘埃。在太阳风和太阳光压的作用下,挥发物渐渐形成往背离太阳的方向伸展的巨大彗尾。一般说来,当远方的彗星来到木星轨道附近时,就开始渐渐长出彗尾。然而,10月25日当晚,欧洲南方天文台根据米奇和沃利克提供的信息,用甚大望远镜(图2)拍摄C/2017U1的照片,却发现它没有彗尾,也没有彗星活动的任何迹象。此时该天体距离太阳仅为1.36天文单位(约2亿千米),只比日地距离远了三分之一。由此足见它不是彗星,而是一个具有小行星特征的天体。

为此,“IAU小行星中心电子公告”当晚就作了更正:

在由VLT(甚大望远镜)得到的一个多重叠加图像上,这个目标似乎完全是恒星状的。为了与



图2 欧洲南方天文台的甚大望远镜(VLT)坐落在智利北部的帕拉纳尔山顶。它由4架口径同为8.2米的反射望远镜组成,它们既可分头独立使用,也可以联合起来工作——此时其聚光能力相当于一架口径16米的反射望远镜。图中还可以看到4架口径1.8米的辅助望远镜(图片来源: <https://www.eso.org/public/images/dsc4088/>)

IAU1995号关于彗星命名系统的决议相一致,该天体名称2017U1的前缀改为A/。

此处前缀“A”,是小行星(asteroid)的代号。A/2017U1便成了第一个曾经被命名为彗星的小行星。

其他大望远镜的观测同样支持上述结果。10月底,A/2017U1的亮度已下降到约23等;到了12月,就连最大的地面和空间望远镜都观测不到它了。从获得的观测数据可以推断,A/2017U1的轨道面与黄道面的交角很大,达 122.7° 。而且,早在2017年9月9日A/2017U1到达近日点时,轨道来了个急转弯。其时它同太阳的距离只有0.255天文单位,仅为水星到太阳距离的 $2/3$;其运行速度则达到最高:87.7千米/秒,超过已知的任何一个太阳系小天体。不仅如此,A/2017U1在轨道上的平均运动速度26.33千米/秒,也大大超过太阳系的其他小天体。

A/2017U1如此高的速度不可能来自太阳系,因为它的轨道面与黄道面的交角是如此之大,而且轨道偏心率又是如此之高,所以它在被观测到之前不可能与太阳系中的任何行星近距离交会而得以加速。即使太阳系内还有尚未发现的未知行星,那么也一定离太阳极远。由开普勒行星运动定律可知,其运行必定极其缓慢,更不可能助力A/2017U1使其运动加快到如此高的速度。

因此,A/2017U1只能来自太阳系外的恒星际空间,而且在进入太阳系之前就已经具备约26.5千米/秒的速度了。换句话说,它是一位以26.5千米/秒的高速闯入太阳系的不速之客!

天文学家动用一些最大的地面光学望远镜,尽可能详尽地观测分析A/2017U1的物理特性。结果显示,它的颜色暗红,亮度有明显的周期性起伏变化,具有典型的小行星特征。

小天体的形状和自转周期一般是通过对其光变曲线的分析和拟合来判断的。在10月25日至27日的3天中,A/2017U1的亮度约有10倍(2.5个星等)的大幅度范围,变化周期约7.3小时。一般认为,亮度的大范围变化主要起因于这个小天体的形状拉伸得很长,图3就是根据推断绘制的一幅艺术构想图。



图3 A/2017U1(即“奥陌陌”)的艺术构想图(图片来源:ESA)

由观测数据推断此小天体的详情是:

- 光变周期为7.3小时,意味着A/2017U1正以7.3小时的周期自转着。

- 亮度变化达10倍左右,意味着A/2017U1的长宽比约为10,即它是一个长度达横截面尺度之10倍的“雪茄”状物体。而且,A/2017U1必定是绕着短轴自转的,因为如果是绕着长轴自转——像纺纱锭那样转动,其亮度变化就不可能有10倍之巨了。这又进而意味着,A/2017U1在轨道上的前进运动似乎是一种“翻斤斗”式的翻滚!

- 第三,由上述可知,A/2017U1的物质结构必须是致密的,因为如果是类似彗星物质那样的松散结构,它一定早已在多少万年的自转中“散了架”。据此进一步估算,A/2017U1内部物质的密度应该与太阳系小行星的水平(密度不低于 $1\sim 2$ 克/厘米³)相当,因而其组成物质很可能是岩质的或者富含金属的,冰的含量必定很少。

- 若用三轴长度比为8:1:1的旋转椭球体作为A/2017U1的模型,并认为其表面反照率接近于太阳系小行星的平均反照率(约0.06~0.08),则可估算出A/2017U1长约285米,横截面尺度约35米×35米。另一些模型的估算略有不同,结果为约400米×40米×40米。在太阳系的小行星中,人们还是第一次见到如此“瘦长”的成员呢!

- 未见此天体的彗星活动性,可推断其表面的可挥发物质已丧失殆尽,有如我们太阳系的岩质小行星或熄灭的彗星一般。A/2017U1的表面呈暗红色,与太阳系小行星不一样,这应该是由于它被母

恒星系统驱逐之后,又受到恒星际空间中宇宙线辐射的长年轰击,从而形成了一层厚厚的暗红色外壳。

三、来去匆匆奥陌陌

国际天文学联合会高度认可上述分析和结论,在2017年11月6日发出了第三份“国际天文学联合会(IAU)小行星中心电子公告”,决定将 A/2017U1 再度更名为星际小天体 1I/2017U1:

由于这个小天体的独特性,使我们不得不赋予它一个正式的名称。

最近,IAU的秘书长、F分部主席、小天体命名工作组和小行星中心的共同主席通过电子邮件交流讨论了这一小天体的命名问题,并且已经提出解决此问题的一个方案。将引入一个新的命名系列:“星际小天体(interstellar object)”,用“I-编号序数”来表示,其编号方式与彗星编号系统相似,并由IAU主管的小行星中心(MPC)统一分配。

这个小天体被定名为星际小天体 1I/2017U1,其前缀中的字母“I”是星际小天体(Interstellar Object)的代号,最前面的序号“1”表示是第1例。当然,1I/2017U1 还要有一个正式的专有名称。发现者们用发现此天体的所在地夏威夷的土著语称它为‘Oumuamua,其含义是“第一位来自远方的使者”。奇特的是名称前面有一个类似左单引号的标记(‘)——这是一个发音记号,表示其后的字母发喉塞音。

‘Oumuamua 这个名字起得巧妙而贴切,几乎立即就被IAU批准,并在11月6日的第三份电子公告中与编号名 1I/2017U1 同时公布。

11月14日,IAU发表了第17045号《通告》,在更大的范围确认对 1I/2017U1(‘Oumuamua)的命名,引起全世界科学家和公众的关注。中文媒体也迅速出现许多相关报道,但一时没有正式的中文译名,各种报道多以“星际小行星”“外星来客”“远方信使”等相称。

中国天文学名词审定委员会随即热烈讨论

‘Oumuamua 的汉语定名,最终宣布以“奥陌陌”作为其正式汉语名。这个名称一方面保留了‘Oumuamua 原名及其发音的文化特色,另一方面中文的“奥”字具有莫测之意,“陌”字也有远方来客的含义。不几天,“奥陌陌”这一汉语名也传遍了全世界。

那么,“奥陌陌”这个不速之客究竟来自何方,又去向哪里呢?

“奥陌陌”是从黄道面之上进入太阳系的,太阳的引力使它加快到最大速度 87.7 千米/秒。穿越黄道面后,它来了一个急转弯向上,9月9日到达近日点。此后,它开始了离开太阳系的航程,航向与其进入太阳系时的方向偏离约 66°。

10月14日,奥陌陌在地球轨道的下方穿过,其时距离地球最近,只有 0.1616 天文单位(约 2400 万千米),约为月地距离的 62 倍。10月16日奥陌陌回到黄道面的上方,11月1日在火星轨道上方越过。此后在 2018 年 5 月越过木星轨道,2019 年 1 月越过土星轨道,2022 年越过海王星轨道。奥陌陌在飞越地球轨道时,速度已降至 49.7 千米/秒,但这仍高于地球轨道处的太阳系逃逸速度(42.1 千米/秒),因此它最终还是要飞离太阳系(图 4)。

在飞离太阳系时,奥陌陌的视位置大致在飞马座方向,速度则逐渐减慢到 26.3 千米/秒,与其进入太阳系前的速度相同。约 2 万年以后,它将最终脱离太阳系。

奥陌陌来得突然,去得匆匆。天文学家还没能细细端详,它就踪影全无了。

人们在理论上早有推测,有可能存在星际小行星,但是从未眼见为实。正是奥陌陌,留下了那些蛛丝马迹,为人类开启了一扇探测星际小行星的太空之窗!

四、又一位星际来客

奥陌陌留下的问题远多于已知的答案。人们深深期盼下一位太阳系外来客早日光临。

非常幸运,奥陌陌离去不足两年,2019 年 8 月 30 日凌晨破晓前,克里米亚有一位名叫格纳迪·鲍

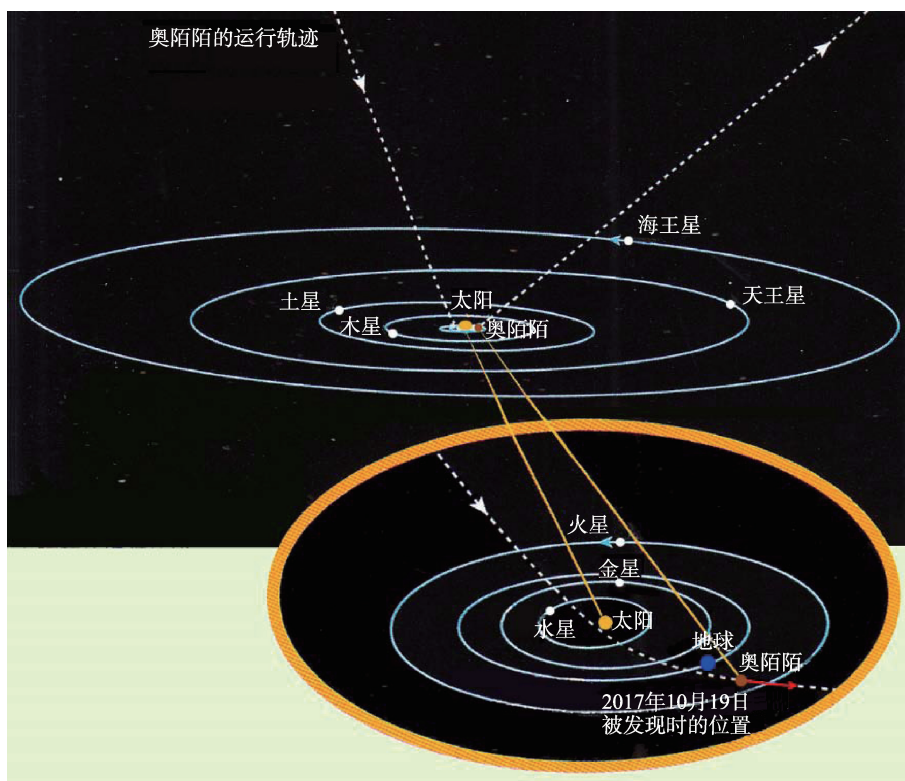


图4 奥陌陌的运行轨迹。其中红色实线部分有实际观测数据,虚线部分为外推计算所得

里索夫(Gennady Borisov)的业余天文学家就用他自制的望远镜发现了后来经确认的第二个太阳系外来客。

没有人知道这位客人的老家究竟何在,也没人知道它在浩渺的星际空间漂泊了多久,但它很快就成了天文学家关注的焦点。先前的奥陌陌看起来像是一块岩石,这第二位太阳系外来客则更像是一颗彗星。尽管它来源奇特,外观和行为却都与太阳系中的普通彗星很相似,国际天文学联合会起初将它命名为C/2019Q4。哈勃空间望远镜拍摄了它的图像,清楚地展示出彗核周围蓬松的尘埃(图5)。

世界各地的大型天文望远镜纷纷追踪,天文学家根据这个天体的运动轨道,断定它必来自太阳系外。美国天体力学家卢克·多恩斯(Luke Dones)充满激情地说道:“我的整个职业生涯基本上就是一直在等待这样的事件,最后竟然成为现实,这实在令人兴奋不已。”

于是,如同奥陌陌的命名一般,国际天文学联

合会重新将这个天体命名为2I/Borisov。前缀中的字母“I”仍是星际小天体的代号,序号2则表明它是第2例,Borisov则是发现者的名字。2I/Borisov的汉语名定为“2I/鲍里索夫”或“鲍里索夫星际彗星”,亦常简称“鲍里索夫彗星”。

关于鲍里索夫彗星,最不平凡的一件事就是:它看起来竟然是那么地平凡,与我们太阳系内的彗星如此相似,表面覆盖着富含碳的尘埃,略呈淡红色,物质组成成分也很像太阳系的彗星。天文学家大致估算出其彗核的大小:尺度可能介于0.8~3.2千米之间,更简略地说就是2千米光景。

奥陌陌的发现者之一凯伦·米奇认为,虽然我们对鲍里索夫彗星的路径已经有充分的了解,足以确认它来自星际空间,但它在太空中的确切路径依然存在不确定性。人们看到的是“大量但非常不准确的数据”,“这并不是因为大家都很马虎,而是要测量模糊天体的确切中心位置确实相当困难。”

鲍里索夫彗星受到太阳光加热时,从其表面飞

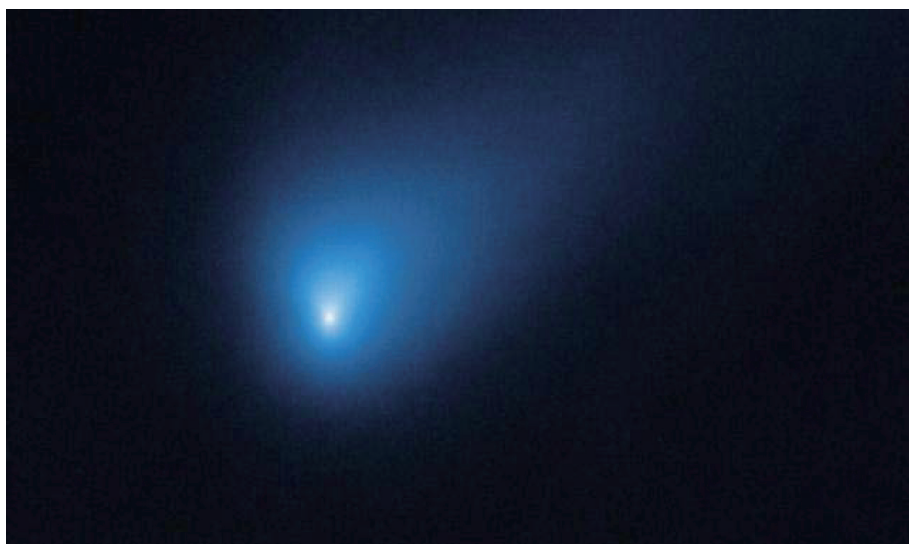


图5 哈勃空间望远镜拍摄的鲍里索夫星际彗星图像

出的尘埃和气体如同火箭喷射气体一样,会使彗星的运动轨道略为改变。要想在计算中纳入这些非引力因素,可不是一件容易的事情。因此,天文学家马克·布伊(Marc Buie)叹息道:“我非常、非常怀疑我们现在就有能力知道它的起源之地。”

鲍里索夫彗星在2019年12月经过近日点,2020年它一直在夜空中。科学家们提出不少计划,用世上最大的天文望远镜进行观测。然而,这一次不可能再像1985年发送“乔托号”飞船探测哈雷彗核那样派遣“敢死队”前往鲍里索夫彗星了。因为目前还没有足够强大的火箭,可以将宇宙飞船发送到鲍里索夫彗星那里去。

天文学家预期,正在智利兴建的大口径全天巡视望远镜(简称LSST)将能探测到更多的星际来客。它或许还能更迅速地探测到正在接近我们的星际天体,从而争取到更多的观测时间,甚至让人们有机会派遣探测器实地造访。欧洲空间局已于2019年6月宣布,拟在2028年发射“彗星拦截器”(Comet Interceptor),它将停靠在地球外待命,以备飞掠而来的太阳系新彗星,乃至又一颗新的星际彗星随时光临。

注:本文是由《追星传奇——从大地形状到“中国天眼”》一书第四篇第六章改写而成。《追星传奇》是《追星——关于天文、历史、艺术与宗教的传奇》的升级版。在秉承《追星》原有特色的基础上,全书内容更新逾半,更充分地反映了近年来天文学的新进展,尤其是多视角地展示了21世纪以来我国天文学领域的诸多重要成就。



《追星传奇》,卞毓麟著,上海科学普及出版社
2021年6月出版,定价68.00元