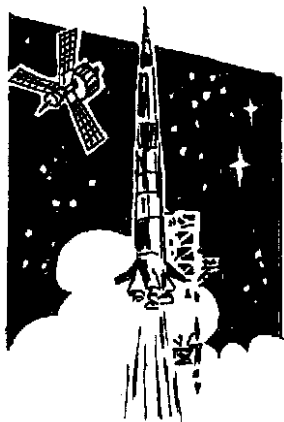


# 彗星追猎者——“罗塞塔”

李 芝 萍

(北京天文馆)



罗塞塔彗星探测计划是1993年11月欧洲空间局科学项目委员会批准的基础科学项目。原打算2003年

1月12~13日由阿丽亚娜-5火箭发射罗塞塔彗星探测器。8年后,也就是2012年春季,在小行星带外面与46P/Wirtanen彗星会合。因运载火箭出现故障,发射延期,错过了狭窄的发射窗口,与46P/Wirtanen失之交臂。调整后的彗星探测计划将目标转向另一颗彗星——67P/Churyumov-Gerasimenko。这颗彗星是1969年由Churyumov和Gerasimenko发现的,彗核直径估计有1.98千米,轨道周期6.57年,近日点距1.94亿千米,远日点距8.58亿千米,轨道偏心率0.632,轨道倾角 $7^{\circ}12'$ 。

罗塞塔彗星探测器计划于2004年2月26日从库鲁由阿丽亚娜-5G发射升空。当下面一级火箭熄火后,上面一级火箭与空间探测器一起在一个偏心的滑行轨道里逗留2个小时,在此期间,它们的姿态可以受到控制。在过近地点前,上级火箭进行延迟点火将“罗塞塔”推进到朝火星飞行的双曲线轨道。“罗塞塔”长途跋涉,追踪46P/Wirtanen彗星。在抵达这颗彗星后,探测器向彗星释放着陆器,获取彗核成分及结构等方面的第一手资料。探测器继续追踪观测彗星,直到2015年彗星过近日点。由于探测器与彗星的相对速度很小,可以随意对彗星表面进行勘察,绘制每一个凹陷、小山、陨击坑和巨砾;监测冻结的彗核在接近太阳时表面物质蒸发,形成尘埃和气体彗发的过程。为了保存能量和火箭燃料。在与彗星会合前,“罗塞塔”处于休眠状态。射电信号要花45分钟才能穿过探测器和项目控制之间的巨大悬隔,因此实时通讯是不可能的,不过“罗塞塔”有4台多功能计算机可以每天处理这些资料,负责姿态和轨道控制,纠正随时出现的问题。

“罗塞塔”是四十年来程控空间探测承担的最重要也最复杂的任务之一。在未来十多年来史诗般的旅行中,会留下一连串的里程碑:

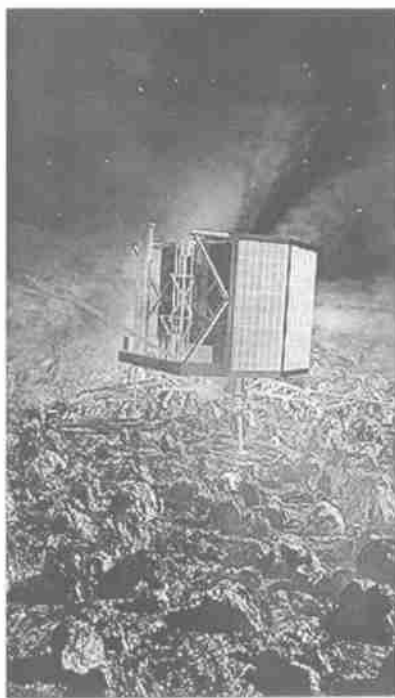
- ① 第一个绕彗核做轨道运动的太空飞行器。
- ② 第一个与一颗头朝内太阳系的彗星并肩飞行的太空飞行器。
- ③ 第一个在近距离调查一颗冻结的彗星在太阳的炙烤下形态如何转变的太空飞行器。
- ④ 第一次受控在彗核上着陆。
- ⑤ 第一次拍摄彗星表面图像,并第一次实地分析彗星的构成。
- ⑥ 第一次飞掠主带小行星Siwa。
- ⑦ 第一个用太阳能作为主要能源飞近木星轨道的太空飞行器。

彗星是46亿年前太阳系大行星形成后留下的物质构成的,由于它们处于极寒冷的太阳系边缘,始终保持着其形成初期的情况,为研究太阳系演化提供了理想的样本。此次科学家将竭尽全力通过“罗塞塔”获得的宝贵资料揭开彗星和太阳系演化的秘密。20世纪80年代欧洲空间局发射的“乔托”空间探测器和地基观测的结果证明彗星含有各种各样的冰以及复杂的有机分子——碳、氢、氧和氮等丰富的化合物。让人们感兴趣的是,这些都是构成核酸和氨基酸的元素,是我们所知生命不可或缺的基本组成部分。地球上最初生命的形成是否得益于彗星的撞击?彗星是否为地球上的海洋提供了水?1799年,人们曾在尼罗河口的罗塞塔城郊发现埃及古碑,为译解古埃及象形文字提供了钥匙;今天,科学家希望“罗塞塔”探测器能像当年那块古碑一样,为破解有史以来彗星带给人们的种种疑惑找到线索。

## 着陆器和它所承担的任务

“罗塞塔”重100千克的着陆器是迄今拟在彗核表面软着陆的第一个空间探测器,它是德国宇航空间研究所领导下的一个国际合作项目,加盟这一项目的有欧空局、法国空间研究中心和澳大利亚、芬兰、法国、匈牙利、爱尔兰、意大利和英国的研究所。

盒子状的着陆器在到达彗星前位于轨道器的一侧。当轨道器与彗星成一线时,地面站指令着陆器自弹射,离开主飞行器,并展开它的三条腿。着陆后,这些腿能转动,提升或倾斜、直立,使得着陆器可



这张画家的模拟图显示带有仪器设备及太阳能电池板的“罗塞塔”登陆车以支架固定在月球表面

以在着陆位置的不同地点进行取样。

降落后一只标枪似的东西将着陆器固定在彗核上，以防它在彗星极弱的重力下逃逸。由于使用的是太阳能电池组，一次科学考察仅能持续 65 个小时，然后

关闭着陆器，待电池

组充电后开始新一轮的考察。目前还无法预期轨道器能工作多长时间，不过至少也要工作几个月。

着陆器由底版、仪器平台和一个多边形的三明治似的结构构成，所有这些都是由碳纤维制作的。有些仪器和子系统位于太阳能电池覆盖的一个发动机罩的正下方。天线通过轨道器将彗核表面资料传送到地球。

着陆器上的 9 台仪器用于测量彗星表面和表面下的物质的元素、分子和同位素成分，以及彗核性质，譬如近表面强度、密度、结构、多孔性和热性质等。结构测量包括单粒子的显微镜研究。

着陆器还带有一个取样、钻孔和分类装置 (SD2)，能搜集到彗核表面下 20 厘米的样本并将其存放在不同的烤箱，或放在显微镜下进行检验。

“罗塞塔”的 APXS 实验的目的是探测着陆位置的化学成分和彗星接近太阳期间的潜在变化。获得的资料将用于描绘彗星的表面，确定尘埃的化学成分，并将尘埃与已知的陨星进行比较。这些结果将与着陆器和轨道器所做的其他测量一起构成彗星现阶段一个比较完整的图像，并得出彗星演化和起源的结论。

6 架完全相同的照相机用于拍摄表面的全景照片。摄谱仪则用于研究从表面搜集的样本的成分、

结构和反照率。

彗星取样和构成实验是“罗塞塔”着陆器上所做的两个演化气体分析之一。另一项分析主要是测量轻元素的同位素比，而前者是专门探测和鉴定复杂有机分子的。

考虑到彗星中的易挥发物质，实地分析非常重要，着陆器正好有这样的功能，它就像从地球带到彗核的一个实验室。由于这个“实验室”的设备的质量和功率耗损要很小，而效率、分辨率、灵敏度和可靠性则要非常高，装配后十多年才被使用，而且彗核的工作环境会比较严酷，因此彗星取样和构成实验面临严峻的挑战。

PTOLEMY 是一种新概念的空间测试手段的第一个实例，它的发明解决了实地测量太阳系天体同位素的难题。这种概念称为“MODULUS”，采取从确定的稳定的同位素成分中测定和了解轻元素的方式。MODULUS 的命名是为了纪念罗塞塔碑的最初译者托马斯·扬 (Thomas Yong)。

使用 MODULUS 的目的是通过测定诸如氢、碳、氮和氧等轻元素的性质、分布和稳定的同位素成分来了解它们的地质化学。PTOLEMY 是由卢瑟福阿普顿实验室研制开发的，PT 重 4.5 千克，只有鞋盒大小，用气相层析\质谱分析技术调查彗核表面和表面下的情况。

多用途的表面和表面下的科学传感器用于了解随着彗星自转并接近太阳时近表面的物质的性质和分层情况、表面能量平衡随时间和深度的变化、表面质量平衡随时间的变化，为轨道器的热测绘提供表面的真实情况，并支持轨道器上的其他仪器。

着陆器的成像系统将在下降时拍摄 67P/Churyumov-Gerasimenko 彗星着陆位置周围环境的第一组特写镜头。着陆后拍摄高分辨率图像，对表面构造和矿物学展开调查。

着陆器的磁强计和等离子体检测器所做的是一个多传感器实验。磁场是由一个磁流计测量的，一个有集成法拉第筒的静电分析仪测量离子和电子。局域压力是由 Pirani 和 Penning 传感器测量的。因为是在彗核表面上测量，这种特殊的数字化磁强计要求重量轻耗能小。

取样、钻孔和分类 (SD2) 子系统将对从彗星表面下预定深度采集的样本进行显微镜和高新技术分析。然后将样本传送到不同的仪器站：频谱仪、体检验塞，高温和中等温度的烤箱和垃圾站。

表面电、地震和声监测实验电子板和组件的集成是由德国宇航空间中心科隆空间模拟研究所研制的。它有助于科学家了解彗星,太阳系,包括地球是如何诞生和演化的。

### 轨道器和它所做的实验

着陆器成功着陆后,轨道器环绕彗核飞行,掠过它麻点的表面,监测这个正在苏醒中的天体的气息和尘埃爆发的情况。当彗星和轨道器一同向内太阳系挺进时,科学家会从德国达姆施塔特欧洲空间控制中心的计算机屏幕上看到彗核冻结表面在阳光照射下蒸发,抛射出气体和尘埃构成的羽状物。

罗塞塔轨道器上携带了 11 种仪器:

彗星二次离子质量分析器用于研究彗星的化学成分,譬如: 固态彗星粒子中的关键分子的元素和同位素成分; 粒子的化学状态; 单粒子之间化学和同位素成分的变化; 和哈雷彗星的观测结果比较不同彗星成分的变异性; 固态彗星粒子的有机和无机分子成分。由此获得的资料将有助于确定彗星乃至太阳系的起源和演化模型的边界条件; 比较固态粒子的成分与彗星中性的和电离的大气的元素和同位素; 探讨彗星物质中的无机物和矿物构成的缔合与地球生物出现前有机分子形成的关系。

测量来自彗核和被太阳辐射压反射的尘埃粒子的数量、质量、动量和速度分布。

分析彗发和彗尾中的气体并测量彗星的水、一氧化碳的产生率, 提供彗核表面成分的信息。

微成像尘埃分析系统研究小行星和彗星周围的环境, 提供粒子密度、大小、体积和形状等信息。

由一架广角照相机和一架窄角照相机获得飞掠彗核和小行星的高分辨率图像。通过这些图像可以确定彗核体积、形状、体密度和表面性质。

离子和中性分析频谱仪主要测量目标是彗星大气和电离层的元素、同位素和分子成分, 以及气体和离子的温度和体速度、彗星大气和电离层里的气体离子的均匀和不均匀作用。

在测定彗星大气和电离层成分的同时, 测定彗核的分子、元素、同位素成分以及化学和形态特征; 确定满是尘埃的彗星大气和电离层形成的过程; 调查彗星起源, 彗星和星际物质之间的关系乃至太阳系的起源, 以及彗星和小行星之间的关系。

通过空间探测器射电信号的位移测量彗核的质量、密度和重力; 计算彗星的轨道; 研究内彗发。测

量小行星 Siwa 的质量; 在从地球上看到飞船在太阳后面穿过时研究日冕。

可见和红外热成像频谱仪给出彗核表面的固态性质和温度, 以及彗星气体、彗发的物理状态, 有助于确定最佳的着陆位置。

轨道器搭载的微波仪器将测量所造访的小行星、67P/ Churyumov-Gerasimenko 的表面温度, 因此科学家能够估计这些天体表面的热和电的性质。此外, 它的频谱仪部分能测量彗星气体彗发中所含的水、一氧化碳、氨和甲醇。这些测量会使科学家及时了解随着彗星与太阳距离的不断缩短, 彗星的气态彗发是如何升华的。这些资料与轨道器和彗星着陆器上的其他仪器所获得的资料会给科学家提供有关彗星是如何形成的, 它们是由什么构成的, 以及它们随着时间会有什么变化的重要线索。

## 科苑快讯

美将建造两个大型引力波记录站

美国科学家计划建造记录强大引力波的两个大型观测站, 这项计划由加利福尼亚理工学院和马萨诸塞理工学院共同实施。

众所周知, 曾被爱因斯坦预言存在的引力波应该是由巨大太空灾变而产生的时空连续统一体, 巨大太空灾变是指超新星爆发、黑洞形成或近距离恒星作用等。但是迄今为止一直没有能成功发现引力波踪迹, 为了记录引力波踪迹建造的 LIGO 观测站将由两个直径超过 1 米像“L”字母形式放置的空心圆柱体组成。两圆柱体内将保持超真空状态, 它们的长度达到整整 4000 米。每个圆柱体内部将安放激光干涉仪: 一边放有激光光源和激光自动记录仪, 另一边是用导线悬挂带有反射镜面的重物。通过强大引力波引起的时空变形或畸变会使激光光源与反射器之间的距离发生变化, 因为两圆柱体彼此垂直放置, 所以其中一个激光光源与反射器之间的距离会增大, 而另一个激光光源与反射器之间的距离会减小。预计这些变化将比较小, 总共只有几个厘米, 因此为了提高观测精确度, 真空圆柱体安装在专门的设备上, 这设备可以消除地壳振动。

为了达到更高的观测精确度, 这两个引力波记录站应建造在彼此相距很远的地方, 其中一个记录站建造在华盛顿州, 而另一个建造在路易斯安那州。

(周道其译自俄《计算机在线》2003/ 12/ 6)