

宇宙飞船访三星

——1979年太空探测的新成就

NEW DISCOVERIES BY FLY-BY SATELLITES IN 1979

方北乔

自1969年美国宇航员登上月球以来，人类的足迹虽没有再越出过地球引力场。但宇宙飞船却接二连三、愈飞愈远，到了1979年，空间探测工作又达到了一个新的高潮。

1979年初，美国的金星先锋号（Pioneer Venns）与苏联金星号（Venera）先后把大批观测结果传递回来。三月五日美国的航行者1号（Voyager 1）经过了18个月的飞行，行程达六亿八千万公里，到达太阳系最大的行星——木星附近，拍摄了一万多张照片，完成了一系列实验，然后借木星的引力，正转向

土星飞去。7月9日航行者2号（Voyager 2），经历了22.5个月，九亿三千万公里路程，到达木星，补充航行1号之观测，然后用同样方式奔向土星，预计它们将于今年11月和明年8月分别到达土星。然而，1974年经过木星的先锋11号（Pioneer 11），经过了五年的飞行终于抵到土星周围。通过土星光环折向土星最大的卫星——土卫1（Titan），接着将飞出太阳系，进入独自围绕银河系中心的轨道。

关于这些探测的结果，另散的报导很多，本文集其精华，综合评述，报导如下：

金星探秘

金星是离地球最近的行星，但是它的表面终年被厚厚的云雾掩盖，给人一种异常的神秘感觉。1961年以来美国、苏联对金星作了多次探测，并放出一些探测器（probe）降落在金星表面上，但人类对金星的了解还是非常局限，很多知识还是依赖地球上的雷达和各式光谱的观测。我们知道金星拥有一个厚度极高的二氧化碳大气层，温度高达摄氏 500° ，有一个类似地球的固体表面，逆向自转，转速极低，金星的一天相当于这儿的243天等等。美国的金星飞船包括金星先锋1号与一个空间运载火箭，四个登陆金星的探测器；苏联的金星飞船包括金星11号、12号，二个登陆探测器。去年初对金星的观测，使我们眼界大开，遮在金星表面的神秘帘幕终于逐渐揭开了。

金星的大气层96.6%是二氧化碳，3.2%是氮，其他有水、氧、氩。大气层比地球厚多了，固体表面的

气压是地球的91倍，大气层大致可分为三层，65公里以上称平流层（Stratosphere），65至31公里的中层称云层。当探测器坠落金星表面时，发现在这云层中一共有四个云气集中带，以50公里处的第三云带密度最高。云层由硫酸液滴与硫粒子组成。31公里以下大气异常清晰，不含杂质，如果抗温抗压不成问题，我们身穿宇宙服，白天站在金星表面，至少可以看清100米以外，清晰度如地球的阴天一般。唯一不同的就是不停的闪电雷鸣。在金星北极着陆的探测器用红外线观测，发现在北极区大气层有一个极洞（Polar hole），约1100公里宽，气流往下走，云层稀薄。另一个有趣的发现就是在紫外线观测下，金星云层的运行呈一个大型Y字，Y字的柄大致与赤道平行。Y字形运行速度甚高，五天的时间可以周转一圈，速度远超过金星自转。但Y形有时会消失数周，又再重新

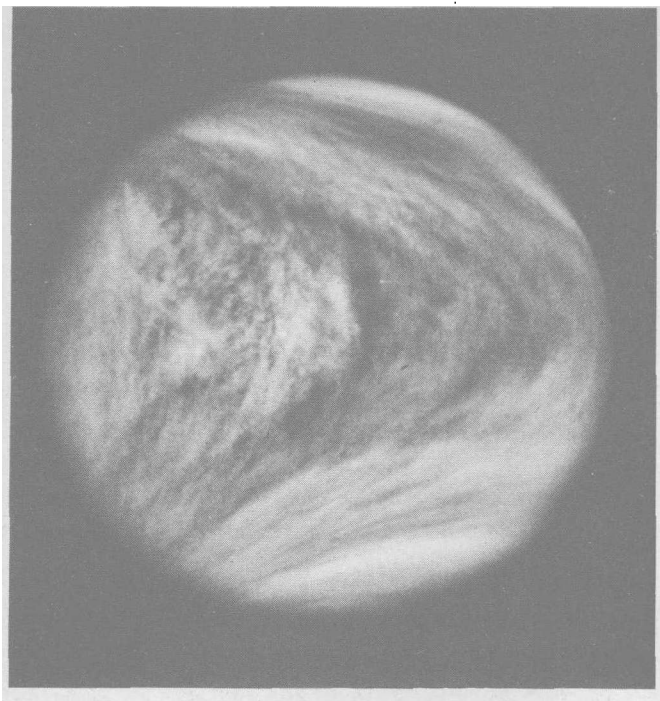


图1 金星的丫状气流。

1979年2月19日，先锋一号围绕金星转动时，紫外线摄影

组合出现（见附图1）。

云层下面金星的真面目是大家最感兴趣的课题。自1961来，美国和苏联一共发射了23次太空船去观测金星，结果都不很满意，唯一的两张地面照片是1975年苏联金星9号与10号所摄。地面看来有石块、泥土，并无奇特之处。这一次美苏都没有公布照片。但是美国的金星先锋1号（绕金星转动的人造卫星）作了比较详细的雷达观测，配合波多黎哥的大型射电望远镜的观测，发现金星表面有高山深谷，地形复杂。一块被命名麦克斯韦（Maxwell）的高地，高出地面10多公里，有一条东西走向的深沟，深达7公里，长1400公里，比起火星上的大峡谷——火星峡则有过之而无不及。又看到直径400—800公里的陨星坑，令人不解

的是这些陨星坑固然很大但深度只有500—700米。看来金星的地理学也不是一门好念的学科了。

最令科学家感到兴奋的是这次太空船上各种仪器对金星大气组成的测定。这些测定对大气成因理论是一项重要的考验。目前行星大气成因的理论有三。原气说（primary atmosphere hypothesis），外源说（external source hypothesis），与粒子吸积说（grain accretion hypothesis）。原气说是指行星形成后，让引力吸取太阳星云的气体或太阳风的粒子构成今日之大气层。外源说认为类地行星（terrestrial planets，包括水、金、火、地球）的内部是由已经挥发（volatile）的物质形成的，然后再吸收外来富有含挥发性气体的物质构成表面，渐渐放出气体，形成大气。粒子吸积说认为，行星是由粒子与行星子（planetesimal）吸积而成，而挥发气体则在粒子或行星子形成时就渗入其中，在行星形成后，逐渐将挥发气体放出而成大气。这次金星先锋号发现金星稀有气体与氦，碳丰富量（abundance）的比例与太阳中的数量相差太远，加上地球、火星的数字都与太阳中的数量不附，原气说就很难成立了。外源说如果能成立的话，各个类地行星的稀有气体，如非放射性的氦，应该差不多。但金星的非放射性氦几乎是地球的200倍，而地球又是火星的200倍，这一来，外源说也难成立了。剩下只有粒子吸积说了，粒子吸积说最强的论点是非放射性氦与放射性氦之比要小。因为非放射性氦是行星形成时遗留下的，而放射性氦是由磷—40蜕化然后再挥发而成。如果大气主要是由事后挥发而成的，放射性的氦一定要占很大的比重。对地球来说这个比例（非放射性氦：放射性氦）是1:300，火星是1:2500，但是这次金星探测结果的比例则是1:1，大出人们意料之外。虽然这结果对粒子吸积说是一个打击，但还不是致命打击。调整金星形成时的压力与挥发出气率是能凑出这个比例的，但其结果就很勉强了。所以粒子吸积学说也有修改的必要。

木星的全豹与一斑

对木星之探测一共有四次。1973年12月4日美先锋10号太空船略过木星，一年后先锋11号在12月2日到达木星，折向土星。去年航行1号于3月5日到达本星云层上空28万公里，接着航行2号于7月9日通过木星云层上空65万公里。两个太空船风尘仆仆，不远亿万里而来，在接近木星煞那之间（80小时），争分夺秒地摄影、观测、实验，从容不迫的把数据用无线电送回地球，然后再施施然往土星飞去。因为仪器的进步，传递速度的增加，去年观测结果就超过了先锋10号与11号昔日的光辉了。

装置在航行1号与2号上的主要观测仪器有11项之多。其目的是在观测木星的大气层、大红斑、卫星、磁层。这些观测计划几乎全部顺利完成，成果真是琳

琅满目。

先谈木星本身吧。木星是太阳系最大的行星，除了核心外是一个不折不扣的流体星球，外围是一层薄薄的大气，内面是液体氢与氦。氢与氦是其主要成份，比例约9:1，木星之转动可用其他方式测出，一天相当于9小时55分29.7秒，是太阳系旋转最快的行星。令人最感兴趣的是一条条的横斑马纹与一个大红斑。这些横纹是木星云运转的形象，白的称带（zone），黑的称带纹（belt）。云是由氨晶体粒子所组成。大红斑则是一个永久的大旋风，已经在木星表面上至少有三百年了，别小看这一斑，它横直径有三个地球那样大！

航行太空船发现带或带纹中的云层变幻万千，不

仅形态变，而且颜色亦变，唯一守恒的是它绕木星而转的速度，这个速度可比木星转速小多了，而且快慢和方向视其与赤道距离而定。从地球上所测与航行1号所测的结果大致吻合，近赤道区域快，两边慢，而且方向犬牙交错（见图2）。航行1、2号观测肯定这种东西走向的大气流是木星空气循环的主要推动力。

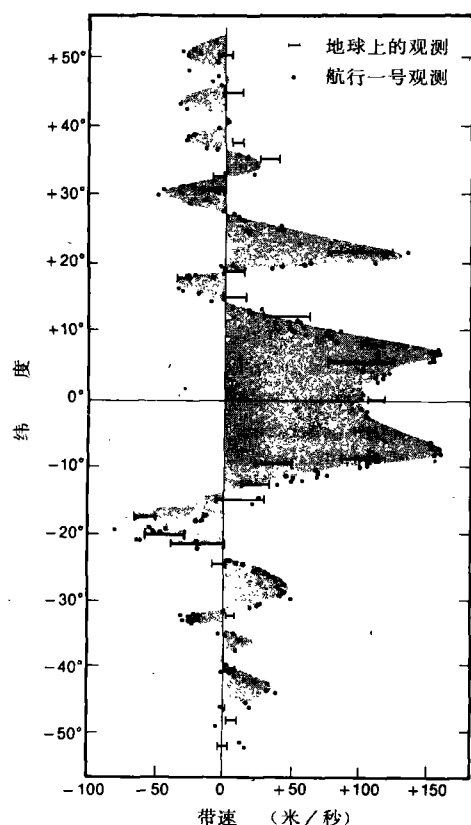


图2 木星气流观测图。

赤道气流是由西往东，流速达150米/秒，气流速度往西行也不少，形成犬牙交错状。

这一个结果显然取代了以往公认的：上下对流为主要推动力的学说。

大红斑之谜，仍未揭开。但大红斑的结构和旋转，在太空船的观测之下可以说是一览无遗了，它的旋转与台风方向相反（anticyclone），旋转周期是6天，温度较周围略低。同大红斑相似的有三个小白斑，也是反台风方向旋转，还有小小白斑，及其他暂时性的形体（木星与大红斑的照片，请看封三图3与图4）大红斑与三个小白斑显然是属于一类的，但其成因与持久性，一直是太空物理上的难题。航行1号与2号仍没有带回解决的线索。我们只有把希望寄托在1985年绕木星而转的加里略人造卫星与大气探测船了。

木星的磁场是所有行星中最强的，约3-14高斯（地球平均0.3高斯）。磁力线与地球相似，同属于偶极（dipole），但南北极方向与地球正好相反，磁轴与地轴成 10.8° 交角，磁轴并不通过木星中央，而在木星中央外十分之一半径处。航行1号与2号最特殊的发现是：

带电粒子并不集中在南北极，而是在赤道面上，形成一个圆环形（torus），而木卫1（Io）正座落在此圆环之中。另外木卫1与木星之间有一个管状联接道，其中充斥着电子、离子。观测结果，在此带电管道中，电流有5百万安培，电压有四十万伏特，产生的电功率是地球上所有发电率的20倍。木星的磁层（magnetosphere）大小，随太阳风的压力而变化极大。航行1号在70个木星半径之外就发现了磁场。

航行1号与2号最精采的表演是对木星5个主要卫星的观测。木卫与想像相反，丝毫不单调。4个大的加里略卫星，面貌性格迥异。值得一个个介绍一下。（请看封三图5）

木卫1，又名艾俄（Io），远看就像一只熟透了的烂橘子，上面又是火山，又冒烟，热闹极了。体积与月球相同，是四个大卫星中离木星最近的，发现冒烟并发的火山就有7处之多。岩浆喷出高达250公里。木卫1表面有含氢、钠、磷、硫的盐。一般温度 -138°C ，火山地带温度高达 20°C 。火山爆发是由于木卫1内部太热，内部太热的原因是木星造成木卫1内部潮汐运动的一升一降磨擦而产生。这个升降可以到达100米之高（地球潮汐高约一米）。

木卫2又叫欧罗巴（Europe），是四个大卫星中最小的，比月亮略小。表面上有很多地方布满了纵横交错的裂纹，这些裂纹可能是由表面相对或相反移动造成，虽然有裂纹但木卫2的表面却非常之平坦，最高点也不过50米高。表面是由冰造成，温度约 -150°C 。

木卫3，又名甘理梅迪（Ganymede），是木星最大的卫星，比水星还大，表面上也是冰层，但有陨星坑与地表对移造出的纹路，虽然大小与木卫4相同，但比重较高，可能卫星内部仍有小型活动，使表面有相对移动，造成表面断层。

木卫4，又名加里斯多（Callisto），表面充满了陨星坑，每一个角度，四面八方，完全相同，表面层是由冰石所造成。看来，内部活动长期停止，所以表面几亿年来毫无改变。

木卫5是一颗最近木星的小卫星，由潮汐作用形成了椭圆形。长径265公里，短径140公里，绕木星旋转时长径大致对着木星。

令人惊讶的是航行1号发现木星有光环，光环的外沿距木星中央128万公里。木星现在正式加入了土星、天王星的光环俱乐部了。（木星光环请看图6。）

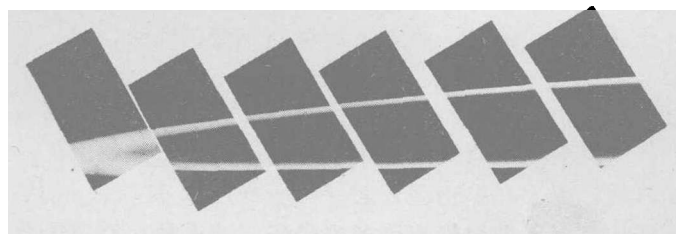


图6 木星的光环。航行二号经过木星时一连串的摄影记录，光环距木星中央128万公里。

先锋11号在1974年12月2日经过木星后，借木星之引力，经五年光景，旅行了30亿公里，终于来到在望远镜中最美丽的天体——土星附近。9月1日它通过了光环到达离土星94,200公里的近拱点（peria-pasis），给太空工作者带来可贵的资料。

土星因离地球较远，很多特徵都不能用望远镜观测得到。先锋11号主要的任务是：土星有无很强的磁场与辐射带？到底光环是什么东西组成的？性质如何？土卫1是怎样一个卫星？

先锋11号发现土星磁场很弱，比想像的要弱多了，只有0.22高斯，但是它的偶极磁轴与土星的自转轴重合，这是太阳系各行星中唯一的。带电粒子全被光环与卫星带走，所以先锋11号经过光环时，发现带电粒子大量减少。先锋11号又发现等离子并不沿着磁力线上下运动，而是被磁场的转动牵制着，等离子中心在离土星180,000公里与360,000公里之间为何集中在那儿？科学家仍无理想的答案。

光环是土星最突出的标志，自从惠更斯发现光环后，地面的观测把光环分成A、B、C、D和E五道。A、B、C三道都非常显著，D和E两道则很不显著。先锋11号十分清晰地看到了A、B、C光环，但却不见D、E光环。然而在A环外3500公里处发现F光环。A与F的分界被命名为先锋环缝（Pioneer Division）。（先锋11号接近土星时的照片请看封三图7。）

先锋11号到达土星时，经历了两个考验。首先，它要顺利通过光环不遭损伤。第二，它要把观测结果，

经过离太阳只有几度的直线传递到地球来。这两个考验都成功地通过了。大家都兴奋地等待它把土卫1的观测传递回来。因为土卫1又名泰坦（Titan），是太阳系最大的卫星，而且拥有浓厚的大气层，但通讯问题发生了，大多数的记录，都混起来了，甚至很多根本就丧失了。又因为美国太空总署忘记通知苏联：他们与先锋11号的通讯频率，结果被苏联人造卫星无意干扰。因为这样我们对土卫1的观测，可以说是失败了。照片上只看到一个充满气体的球形。

虽然先锋11号，并没有什么惊世骇俗的发现，但是它为航行1号和航行2号做出了准备工作。后二者的仪器远胜先锋11号。例如，每秒的传讯率就比先锋11号（每秒1024次）高十几倍，航行1号将于1980年11月12日到达土星，航行2号将于1981年8月25日到达土星。然后，将借土星引力，继续往外飞行，预计1986年1月25日可到天王星附近。再借天王星之引力，于1989年8月29日访问海王星，这都是后话了。但是，全世界的太空科学工作者以及对此有兴趣的人们，无不拭目以待这些日子的来临。

本文取材：

- (1) 科学杂志 (Science) 1979年6月1日、7月6号
- (2) 天空与望远镜 (Sky & Telescope) 1979年2月3月4月、7月、9月、11月号
- (3) 科学新闻 (Science News) 1979年6月9日、7月21日、10月6日
- (4) 美国空间总署1979年发表的新闻稿件与照片。

• 上接60页 •

10Gev/A。其他如宇宙线和感光乳剂里面重离子的作用，可以研究能量达 10^3 Gev/A 的重离子的碰撞实验。

2. 理论 重离子的理论十分繁复。还没有一个理论十分完美和令人满意。几个十分活跃的研究所如德国 Heidelberg、Munich 和 Berlin、法国 Orsay、英国 Oxford、美国 Berkeley、Oak Ridge、Brookhaven 等。研究的课题也不一而足，如深度非弹性、近弹性、核聚变和裂变、高度自旋态等，甚至于 TDHF (Time dependent Hartree-Fock) 的计算。可以说，到现在为止，还没有一个令人满意的重离子理论。

展 望

以上我们概括地介绍了重离子物理研究的情况。归纳起来，在核物理方面：(1) 低能如 $E \approx V_c \sim 3V_c$ 轻的重离子散射尚有许多值得研究的课题。对离子分子态，复合核等问题，没有完全了解。实验方面还需要改进准确度、分析力、符合测量以及推广到后向。

这类实验只要有 10~20 MV 的 Tandem 就可以进行。虽然这类的实验并不容易，却可以获得许多新的了解。这些研究对星球进化演变过程也十分重要的。(2) 中能重离子的散射，需要系统地作符合测量的实验。这方面的实验可以引导理论去找出核子统计过程的机构。在应用上来说，需要低能的重离子如 10~1000keV 的范围。新方法的引进也许可以导致原子、固态及等离子态物理方面有新的发现。由于重离子物理还相当年青，许多核物理实验室的方向都着重于重离子实验。四十几年来，用质子、中子和电子等同核子的反应，核物理已获得相当大的进展。有人却用刻薄的话来形容重离子说：“重离子散射可以学到什么呢？还不如拿两个大雪球互相轰击来得清楚而简便”。过去十年内我们已经从重离子实验及理论的研究这一门几乎是全新的学科中获得了许多宝贵的知识。其结果已提供了对这刻薄话的最好答覆。相信若能进一步提高实验精密度我们将可以对自然界的奥秘作更深一层的了解。更何况重离子的应用方面目前还没有开始呢！