



获取知识, 开阔眼界
凭借知识的力量竞取成功



航空航天知识丛书
HANG KONG HANG TIAN ZHI SHI CONG SHU

踏上月球

王 冈 曹振国 主编

北京科学技术出版社
中国社会科学出版社

航空航天知识丛书

踏上月球

主编 王 冈 曹振国

北京科学技术出版社

中国 社 会 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

航空航天知识丛书/季羨林总主编. - 北京: 北京科学技术出版社, 1997.10 (科普卷)

ISBN 7-5304-1868-8

I. 航… II. 季… III. ①航空 - 基本知识 - 青少年读物
②航天 - 基本知识 - 青少年读物 IV. V-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 23747 号

航空航天知识丛书 (科普卷)

踏上月球

主编 王 冈 曹振国

北京科学技术出版社
中国 社会 出版 社 出版

北京英杰印刷有限公司 新华书店经销

850 × 1168 1/32 4.5 印张 94 千字

1998 年 8 月第 1 版 2005 年 1 月第 2 次印刷

印数: 1—10000 册

ISBN 7-5304-1868-8/Z·923

定价: 300.00 元 (全套 24 册) 单册定价: 12.50 元

目 录	
从地球上看月球	(1)
月球概况	(1)
人类对月球的认识	(4)
月儿有圆有缺	(7)
月亮是地球美丽的卫星	(11)
新月和满月	(11)
上弦和下弦	(13)
满月的光亮度	(13)
月亮上的“海”	(14)
月海之谜	(15)
月球上的环形山	(17)
月球山形成的原因	(17)
月球上的水和空气	(19)
月球上的温度变化	(19)
月球上的山的特点	(20)
月亮上的“天”	(21)
月亮离我们多远	(22)
月亮为什么不会掉下来	(24)
月球是从哪儿来的	(25)
美国与前苏联的登月竞赛	(27)
到达月球的第一号使者——前苏联“月球号”	(30)

美国“徘徊者”探测器抵达月球	(32)
前苏联探测器软着陆月面	(35)
美国探测器软着陆月面	(37)
绕月运行的人造地球“孙卫星”	(39)
前苏联第二代探测器	(42)
附：前苏联、美国探月计划结果	(47)
美国的得意之作——“阿波罗”载人登月	(55)
“阿波罗”计划	(55)
载人登月前的勘查工作	(58)
美国的第三代宇宙飞船	(61)
宏大的“阿波罗”装配工程	(70)
拉开载人登月的帷幕	(72)
“阿波罗”第一次环绕月球飞行	(73)
首次载人登月的“阿波罗 11 号”	(76)
第二次载人登月的“阿波罗 12 号”	(90)
“阿波罗 13 号”历险记	(91)
“阿波罗 14 号”登月考察月球丘陵地带	(94)
带自动月球车的“阿波罗 15 号”	(95)
战胜险阻登陆高地的“阿波罗 16 号”	(97)
最后一次登月的“阿波罗 17 号”	(99)
附：“阿波罗”宇宙飞船的飞行记录	(102)
前苏联的载人登月计划	(105)
登上月面的前苏联“月行者”	(105)
前苏联载人飞船登月的破灭	(106)
登月勘查的收获	(110)
月震的研究	(110)



月球岩石与月球起源	(114)
开发月球的前景	(117)
未来的登月构想	(119)
未开垦的处女地	(119)
丰富的矿产资源	(122)
探月仍须继续	(125)
建立月球基地的构思	(126)
日本月球基地的设想	(130)
未来的能源基地	(131)
月球资源的利用	(134)

目

录

从地球上看见月球

月球概况

踏上月球

1609年，意大利科学家伽利略制成了一架简单的望远镜，首先用它来观察月亮，迈出了人类用科学仪器观测天体的第一步。观察结果使伽利略大为惊奇，原来，月亮并不象人们想象的那样洁白无瑕，景色迷人。月亮上有明有暗，瘢痕累累，有些地方还凹凸得十分厉害。伽利略认为：那些明亮的部分不断改变颜色，一定是山脉；那些总是黑暗的部分，一定是海。他还给月面上这些暗的部分起了海洋的名称，比如“云海”、“湿海”、“雨海”、“冷海”、“风暴洋”等等。

三百多年来，人们继伽利略之后，不断地观测月亮，绘制了许多幅月面图，一张比一张精细。不过，人们在地球上看到的月亮，只是它朝着我们的那张“笑脸”，却始终看不到它的“后脑勺”。直到1959年10月7日，前苏联火箭“月球3号”第一次飞到月亮背面，把它的“后脑勺”照了相回来，这才使我们有可能认识月亮的全貌。原来，月亮的背面也同样荒凉坎坷，山地比正面更多一些。

月亮在太阳系的卫星中虽然不算最大的，但是跟它的主星——地球相比，月亮却是个大卫星。月亮的平均直径3475.8千米，大约相当于地球直径的1/4；它的表面积是3800

万平方千米,相当于地球面积的 $1/14$, 比我们亚洲的面积稍微小一点; 月亮的体积是 220 亿立方千米, 等于地球体积的 $1/49$; 月亮的质量是 7350 亿亿吨, 大约等于地球质量的 $1/81$; 月亮物质的密度是每立方厘米 3.34 克, 相当地球密度的 $3/5$ 。这样大比例的卫星, 在太阳系里是少有的, 月亮和地球简直象是一对行星。

月亮离开我们有多远呢? 从月亮到地球的平均距离是 384400 千米, 相当于地球半径的 60 倍, 约等于环绕地球赤道 10 圈的行程。

月亮绕地球旋转的轨道不是正圆, 而是椭圆形的, 所以离开我们有远有近: 最近的时候只有 363300 千米, 最远的距离是 405500 千米。如果我们注意观察, 可以看出月亮有时候显得大一些、亮一些, 离我们最近的时候要比最远的时候看起来大 12%, 亮 30%。

月亮表面的暗斑, 就是伽利略称之为“海”的部分。实际上, 月亮上根本没有水, “月海”有名无实, 发暗的部分是比周围低洼的广阔平原。最大的“月海”——风暴洋的面积 500 万平方千米, 比我国面积的一半还要大一些。“月海”共 22 个, 约占月亮总面积的 40%, 其余 60% 发亮的部分被称为“陆”。这里是高地和山脉, 峰峦重迭, 沟壑纵横。“陆”比“海”平均高出 1500 米。

月亮上的特产是环形山。环形山一般是圆形的, 四周山壁突出, 内坡比较陡峭, 外坡比较平缓, 样子很象火山口。有些环形山中心还耸立着一个孤立的山峰, 叫“中央峰”。环形山的山壁有高有低, 一般高度在 200 ~ 500 米之间。环形山的范围有大有小, 最大的环形山是月亮南部边缘的贝利环形山,

直径 295 千米，四周山壁高达 4250 米，简直是被高山包围的大平原，把我国的海南岛装进去还绰绰有余。有些环形山四周山壁不高，可是中间底部深陷。最深的是牛顿环形山，比外围的平原低 7 千米，比山壁低 8858 米；把地球上最高的珠穆朗玛峰装进去，可以看不见山尖。

月亮上的环形山很多，“陆”上有环形山，“海”里也有环形山，“陆”上的环形山比“海”里的多。用望远镜能够看清的直径在 1 千米以上的环形山，大约有 33000 多个，直径在 1 千米以下的只能算是坑穴了，多得不计其数。这些坑穴把月面弄得千疮百孔，瘢痕满目。

环形山是怎样形成的呢？有两种说法。一种说法认为是火山喷发的结果。火山喷发时岩浆喷涌出来，向四面八方流去，形成了环形山壁，火山口就是环形山中间的盆地。另一种说法认为行星际空间有许多游荡的石头——流星体，因为月亮没有大气保护，它们可以毫无阻拦地冲击月面，造成坑穴和环形壁。这两种说法都有道理，有待进一步探索研究。

月亮上的“海”徒有其名，可山却是名副其实。山脉不多，大多以地球上山脉的名字命名。月亮上的山同地球上的山相比毫不逊色，甚至更加险峻陡峭。最长的山脉长达 1000 千米。月球南极附近的莱布尼兹山脉，最高的山峰高达 9 千米，地球上的最高峰见了它也得“甘拜下风”。

除了“海”和山以外，月面上还有许多其他的结构：以环形山为中心向四面八方伸展的长而宽的条纹——“辐射纹”，像峡谷一样长长的裂缝——“月谷”，“海”的分支——“湾”，比“海”高而比“陆”低的区域——“沼”，范围比较小的“暗块”——“湖”，等等。

同地球一样，月亮上也有土壤，厚度从几厘米到几十米。人们原来以为月亮上的尘土很松软，可人类登上了月亮以后，留下的第一个脚印却只有几分之一厘米深。土壤里含有氧、硅、铁、硫、钴、铝、镁、钛等元素，没有发现与地球上不同的新元素。很有意思的是这些土壤里含有不少玻璃质的小珠，它们很可能是流星体撞击月面，产生高温高压，熔化了岩石，向周围飞溅形成的。

土壤下面是岩石，大多是由熔岩凝固而成的玄武岩。在地球上很普遍、含量很丰富的钠和钾，在月球上倒很少见，而在地球上相当稀有的锆、钪、铈和稀土元素，在月岩中含量却很高。月岩中含有很多的铁、铝和钛，将来可以开发这些矿藏，用来满足人类的需要。人们利用放射性纪年法，测得月面岩石的最高年龄是 47.2 亿年，与地球年龄差不多。很可能月亮和地球是在同一种环境条件下，同时诞生的。

月亮确实荒凉沉寂，但还不是一个完全僵死的天体。它内部的温度仍然相当高，月震、山崩、火山喷发等类似地质变动的自然现象也在发生。月亮还在活动着。

人类对月球的认识

人类向宇宙进军的第一个目标是我们的近邻——月亮。月亮是地球的卫星，顾名思义，它就象一名卫兵，环绕在地球的周围。月亮与地球可以说是形影不离，它的柔和的光亮，曾使天文学家和诗人们激动不已。古往今来，多少文人墨客赋诗著文，为月亮编织了层层奇妙的面纱。

自从伽利略以来，人们用望远镜可以看到月球上有许多

环形山,山与山之间有凹地,天文学家开始把它叫“海”,其实根本不是什么海,更没有水。月球上有大大小小数不清的坑,这是由宇宙中的流星击中月球所造成的。为什么月球这么“不幸”呢?说来还得怪月球自己,这是因为月球的引力很小,它“抓”不住空气,于是月球上的大气层很薄很薄。流星在闯入月球过程中不能烧毁,可以无遮无碍地、无情地砸到月球上,就留下了点点“伤痕”。月球是一个完全没有生命现象的世界,这一点科学家们是清楚的。我们探索月球的目的,并不想从月球上寻找生命,而是想把月球开辟成一个宇宙航行的基地,从这里向更远的宇宙探索。此外,由于在月球上更便于了解宇宙空间的知识,我们可以把更多的仪器放在那里,获得更多的宝贵资料。还有一点是,月球一直保持着原始的未开发状态,还是几千万甚至几亿年前的老模样,因此研究月球岩石和地质构造,对了解地球的生成及演变是很有帮助的,这就是人们一直对月球感兴趣的原因。

2000年前,人类就向往月球。16世纪意大利物理和天文学家伽利略(1564~1642)发明了望远镜,人类第一次通过望远镜观察到月球。这大大有助于人们认识月球。18世纪末,拍摄到的照片仍然是始终面向地球的月半球,分辨率为1千米左右;同时出版了月球图。至此,人类能看到月球的轮廓,但对月球结构、月面实际情况以及月球空间环境仍不清楚。

月球自转和绕地球运行是同步的,周期为27.32天;可见面中约1/3是阴暗色盆地。最初称它为“海”,实际上是盆地。月球赤道直径是3476千米,为地球直径的27.25%;它的体积为地球的2%,质量是地球的1%(地球密度为5.5克/厘米³,而月球密度则是3.3克/厘米³)。月球轨道呈椭圆形,

近地点 356330 千米，远地点 406610 千米。月球表面布满沉积的尘埃，既无空气，又无水。由于是一个真空环境，向日面和背日面温度差别极大。根据美国加利福尼亚州威尔逊天文台的纪录，月球赤道点中午温度是 101°C ，而子夜为 -152.7°C 。

在空间时代之前了解月球，只能依靠对电磁和粒子辐射的研究，利用望远镜观察，测量原始行星引起的太阳风，并寻找陨星落到地球上的碎块进行分析。在“阿波罗”宇宙飞船登月前，许多天文学家认为月球与地球有相同球粒陨星的组分。有的行星学者以为月球相当热。一段时间里，月球“热”和“冷”的学派争论不休，各执己见。

1893 年，格罗夫·卡尔·吉伯特（1843 ~ 1918）对月球表面提出了新的解释，支持月球寒冷学派。他用美国海军观测站的 0.67 米焦距望远镜观察了月球 18 个夜晚，并假定平坦的浅灰色月球表面是与巨大的物体面碰撞而成的。1961 年获得诺贝尔化学奖的哈罗德·克莱顿·尤里（1893 ~ 1981）这样解释他看到的月一地之间的差别：“地壳岩石大概是由于经过未完全熔化过程和长期的分裂而形成的。在月球上似乎未产生后期的分化。”美国史密森天体物理观测台台长弗雷德·惠普尔断定在月球上有许多火山活动证据，最大火山口是小行星或陨星碰撞的结果。天文学家和企业拉尔夫·鲍德温推测，大部分月面是由于强大物体碰撞、通过热和压力使岩石成形。1963 年英国天文学家帕特里克·穆尔指出，月球硬壳是灼热粘稠岩浆的固化；1966 年美国地质学家杰克·格林描述月球海是由玄武岩构成的，像地球上的火成岩。根据美国宇航员带回采的月岩分析，证实了美国耶基斯和麦克唐纳

天文台台长杰勒德·凯珀（1905～1973）1954年作出的结论：月球是由放射性热物质构成的。

在上述有关月球起源争论中形成了三个学派：凯珀主张月球的形成是与地球一样长久；尤里假定月球是因太阳阴影的某一个地方被捕获而形成，这是从动力学观点推测月球起源；乔治·达尔文（1854～1912）提出了第三种不同的说法。他介绍说，在聚变过程中，月球是由地球喷射出的物质中一个巨大滴分化而迅速旋转形成，那个巨大滴停留在近地球轨道上，以后，由于潮汐驱动分开成为月球。他的设想得到美国天文学家威廉·皮克林的支持。他还进一步认为太平洋盆地是巨大滴分化的遗迹。月一地分开论的一些支持者援引了月球密度（3.3 克/厘米³）低于地球平均密度（5.5 克/厘米³），相当于地壳和地幔部分密度的情况作证据。

前苏联对月球起源所持的观点，是根据月球演化物理学概念。该理论认为，在地球形成时小物体和重粒子聚集在地球周围，最后形成月球。关于地一月系的形成，前苏联倾向从日心轨道粒子开始，由一个小核心起，在质量上逐渐增大而形成月球；或者在绕地球质量中先形成几颗大卫星，每一个有月球现在质量的一半或 1/3，以后受潮汐的摩擦，使之接近轨道并引起碰撞结合。

月儿有圆有缺

月亮有时圆，有时缺，总是在有规律地变化着。人们天天看到这种变化，却不一定都知道它的原因。

早在 1800 多年以前，我国东汉时代的天文学家张衡就认

为，月亮本身不发光，它的光是太阳照耀反射出来的光。宋代学者沈括进一步指出，月亮的形状象弹丸，太阳照耀才发出光来：开始的时候，太阳在月亮的旁边，光从一侧照它，我们就看到“月如钩”；以后太阳渐渐离得远了，阳光斜照，月相也就慢慢地“满”起来。沈括还用一个半边涂了白粉的球做实验：从侧面看，涂粉的地方好像一个弯钩；从正面看，确是一个正圆。

月亮确实也是一个黑暗的天体，自己不会发光，是靠反射太阳光而发亮的，所以我们才能看见月亮。月亮是地球的卫星，它不停地绕着地球运行，同时，月亮又和地球一起，环绕着太阳转动，这样就造成了太阳、地球、月亮三者之间的相对位置不断发生变化，我们在地球上见到月亮就有圆有缺。月亮圆缺的各种形状，就叫做“月相”。

月亮公转时有 8 个不同位置。太阳光从右面照来。当月亮转到太阳和地球中间，太阳照亮月亮的背面，这时候，月亮和太阳一同从东方升起，又一同从西方落到地平线下，所以我们看不见它。月亮在这个位置是“新月”或者叫做“朔”。“朔”以后两三天，太阳光能够照亮它朝着地球那半球的边缘部分，我们可以在太阳落下去的西方天空，看见一钩弯弯的月牙儿，叫娥眉月。这就是“初三、四，月如眉”的来历。月亮逐渐转到与太阳和地球的连线成直角的位置，被我们看见的明亮部分不断增木，这时候就能看到半个明月，叫做“上弦”。半月一过，月亮一天比一天地圆起来，就到了“凸月”的阶段，难怪群众以“七洼八平九鼓肚”的说法来形容“上弦”前后几天的月相变化！等到月亮转到与太阳完全相对的一面，也就是地球在太阳和月亮中间，太阳光把月亮

对着地球的半面完全照亮的时候，每当夜幕降临，我们就看到圆圆的月亮，这叫做“满月”，或叫“望”。人们常说“八月十五月正圆”，不过严格来说，“满月”不一定在农历十五，也可能是农历十六，甚至农历十七。

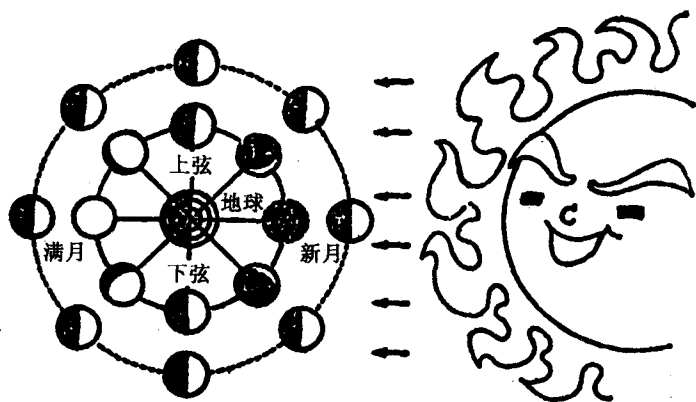


图1 月亮的月相变化

这以后，月亮被我们看得见的明亮部分逐渐变小，经过“凸月”，又变成了半亮半暗的半月，叫做“下弦”。这时候，月亮要到午夜才在东方出现，天亮以后，仍可以在天空看见它。再过几天，下弦月“瘦”得只剩下弯弯的镰刀似韵月牙，黎明时才开始出现，称为“残月”。又过几天，月亮终于完全看不见了，又倒到了“朔”，新月时期重新开始。

月亮完成这样一个周期变化，平均需要 29 天 12 时 44 分 3 秒。这样的时间间隔叫做“朔望月”，农历的一个月就是根据它来确定的。因为“朔望月”的天数不是整数，就取个约数 29.5 天，月大 30 天，月小 29 天。

月亮为什么有时起得早，有时起得晚呢？

如果月亮是静止不动的，那么由于地球的自转，我们每天都应该在相同的时间里看到月亮的东升西落。但是（月亮在绕着地球公转，而且公转的方向跟地球自转的方向相同——自西向东。这样，在地球自转了一周之后，月亮也已在它公转的轨道上前进了一段距离，地球必须再向前转过一点儿，追上月亮，我们才能看到它。所以，月亮升起的时间，总是要比前一天迟一点，平均每天要晚 50 分钟左右。

你仔细地观察过娥眉月吗？仔细看看就会发现：月亮除被照亮的月牙部分外，其余部分也不是全黑的，而是发着灰黄暗淡的光芒，好像月牙拥抱着微弱的“灰光”。人们把这种现象叫做“新月抱旧月”。

这是怎么回事呢？原来，不仅月亮能够反射太阳光照亮地球，而且地球也能反射太阳光照亮月亮，灰光就是地球把太阳光反射到月面，再由月面反射回地面。灰光的颜色还会发生变化：当地球上辽阔的海洋部分面向月亮的时候，灰光是浅蓝色的；而当地球上大陆部分朝着月亮的时候，灰光就变成淡黄色的了。

月亮绕地球公转，也有自转。前面说过，月亮始终用它那张“笑脸”望着我们，就是月亮自转的证明。因为月亮自转一周所需要的时间，正好同它绕地球公转一周所需要的时间相等。如果月亮不自转，或者自转周期与公转周期不同，那么我们就看到月球的全貌了。由于月亮沿轨道旋转时有点摇动，所以月亮表面有 41% 老向着地球，41% 老背着地球，18% 有时候看得见，有时候看不见。

月亮是地球美丽的卫星

我们的月亮是又大又美丽的卫星，她的直径约为 3476 千米，相当于地球直径的 $\frac{1}{4}$ 。和它的主星相比，这样大比例的卫星，在太阳系里是找不到的。

卫星当中最大的是木卫二，直径虽有 5100 千米，但是它的主星木星相比，仅仅是木星的 $\frac{1}{29}$ 。月亮对我们的地球来说，与其说是大卫星，勿宁说她是副行星。

从地球到月亮的平均距离大约为 384400 千米。要是把 30 个地球一个接一个地排列起来，才能勉强到达月球轨道。

月亮要用 27 天 7 小时 43 分 11 秒在她的轨道上绕地球旋转一周（公转），而月亮本身在这个时间里恰好也旋转一周（自转）。换句话说，月亮绕地球公转的时间和她自转的时间相等，因此月亮永远只有一面对着地球。在地球上的人们，不能看到月亮的背面。

由于月亮沿轨道旋转时有点儿摆，再加上从地球上观看月亮的人的范围分布很广，所以能看到月球表面的 59%。

新月和满月

月亮虽然发出皎洁的银光，但她本身并不发光，而是太阳光的反射。

由于月亮绕地球旋转，位置时刻在变化，反射光的部分就有时增加，有时减少。从地球上看来，月亮有时圆，有时缺。

月亮如果走到太阳和地球之间又是怎样一种情况呢？这

时太阳照着月亮的背面，月亮和太阳一同从东方升起，又一同沉落于西方的地平线下，因此在地球上就看不到月亮，这时人们管她叫新月，或称为“朔”。

从新月再稍微过一些时候，月亮就在太阳落下去的西方天空呈现出一条像线一样的影子。接着就变成月牙，又变成了半月。

这个时候的月亮，处在与太阳和地球连线成直角的方向，她在星空中的位置由原来新月时的位置东移了 90° 。

一过了半月，月亮就越来越圆。从新月算起，经过十四五天，就变成了满月。

满月要在地球处于太阳和月亮中间的时候才出现。月球的轨道对地球的轨道略有倾斜，太阳光可以不受阻挡地照着月球表面，所以从地球上能看到圆圆的月亮。

表 1 月球的主要数据

赤道半径 (千米)	质 量 (地球 = 1)	平均比重 (水 = 1)	距离地球 (千米)	公转周期 (天)	体 积 (地球 = 1)	光 度 (最大)
1.738	0.0123	3.35	384.400	27.322	0.0203	- 12.5

满月一过，月亮开始从西面残缺，渐渐地变“瘦”。如果把太阳和地球连成一条直线，而月亮恰好处在直角上的位置时，又变成了半月。这个时候的月亮直到午夜，才在东方天空出现。天亮以后，她仍停留在南方天空，到了中午才向西方沉落下去。

上弦和下弦

从新月变为半月时，和以上情况相反，月亮到午夜就在西方的天空沉落下去，这样的半月叫做上弦。过了满月以后的半月，叫做下弦。

过了下弦，月出的时间越来越晚，一般午夜过后才升起，这时黎明的东方，像弯弯的镰刀一样的月牙开始出现，天亮以后仍停留在天空，这种月亮叫做残月。一过了残月，月亮又慢慢“瘦”，这时就该迎接新月的来临了。

月亮经过 29 天 12 小时 44 分周而复始地从圆到缺、从缺到圆，古往今来，人们一直就把这个周期作为一个月，用来制定的历法，就是阻历或叫农历。

月亮盈亏的周期比它绕地球一周的时间长两天左右。这是因为月亮从新月开始转一周又回到原来位置的时候，太阳已经离开原来的位置而又向前走了一大步的缘故。就是说需要晚两天时间，才能追上太阳。不追上太阳，就不能成为新月。

满月的光亮度

满月发出的光从天文上说，可比作一盏挂在 5 米远处的 25 瓦电灯。乍一想来，满月的圆面正好是两个半月，那末半月发出的光理应是满月的一半。

实际的测量告诉我们，无论上弦还是下弦，半月发出的光度仅是满月的 $1/12$ 。这是因为，月亮照到地球上的光的强

弱不仅取决于它的面积大小，而且还与光传播的方向、角度有关。满月时，月亮与太阳、地球几乎是“面对面”的，光直来直去，而上下弦时，日、月、地三者之间构成了 90° 的角，地球在月亮的侧面。这样光要弱得多。加上月亮上山和“海”的反照率（反射阳光的本领）相差悬殊，它们在两半球分布并不对称。上弦月也比下弦月亮 $6\% \sim 7\%$ ，正是这两个原因，才出现了这种似乎令人想不通的奇怪现象。

月亮上的“海”

我们所看到的满月的月面并不全是一样，在月面上散布着相当多的暗淡部分，究竟是些什么呢？

以前人们想象它象地球上的海，于是就给它起了“海”的名字。例如：雨海、晴海、云海、静海、风暴洋、等等。此外还有梦沼、虹湾、露湾等。但这绝不是真正有水的海和湖，在月球上是一滴水也没有的。

风暴洋覆盖着月球的东北部，是最大的一个海。面积为320万平方千米，等于日本海的3倍以上。它的真面目却是一个干燥而宽广的月球平原。在它的西北有一个雨海，东西长1200千米，南北宽1100千米。在这个海的北面，有一个虹湾，虹湾附近是月面最美的地方。

晴海在雨海的西边，直径约为610千米，近似圆形。象这样的海，在月球背面较少，正面较多。

1959年9月，前苏联在历史上首次发射月球探测器，命中月球的表面。着陆地点是“澄海”以东接近“雨海”边界的地方，在月面中心以北约800千米。

另外，1964年7月，美国的月球探测器徘徊者“7号”也在风暴洋西南的“云海”着陆。

7号探测器落到“云海”的正中心。在它还没有到达月面以前，发回了4000多张传真照片，这些照片拍摄了月面的详细情况，这是在地球上无论用什么望远镜也拍不出来的。除了在空中拍摄的照片以外，在探查海面的真实情况上，也有很大的收获。

1965年2月，观察者8号探测器在“静海”着陆，拍摄了七千多张照片。根据这些照片，得知月面上的海，像堆积着软泥的深海海底一样，给人们以平滑的印象。当然，并不完全是一脉平川而是到处散布着小型坑洼。月面上的海，到底是怎样形成的呢？

月海之谜

取得历史性大发现的是在1967年9月。美国于9月8日，用火箭把“观察者5号”送上了天，10日在月面上平安着陆，地点是“静海”。

“观察者5号”装有 α 射线分析仪，用这种仪器探测了海面的岩石成分。探测的结果表明，其中含氧58%，含硅18%，和地球上的玄武岩大致相同。

总之，月球上的海是由火山喷出来的溶岩，流存到低处造成的。这一点终于弄明白了。

在一般火山喷出来的溶岩当中，有一种类似日本浅间山那样粘性很强的安山岩质。这种岩质一冷却，就变成了坚硬的岩石。然而有人认为月球上的海，也许是像夏威夷基拉韦

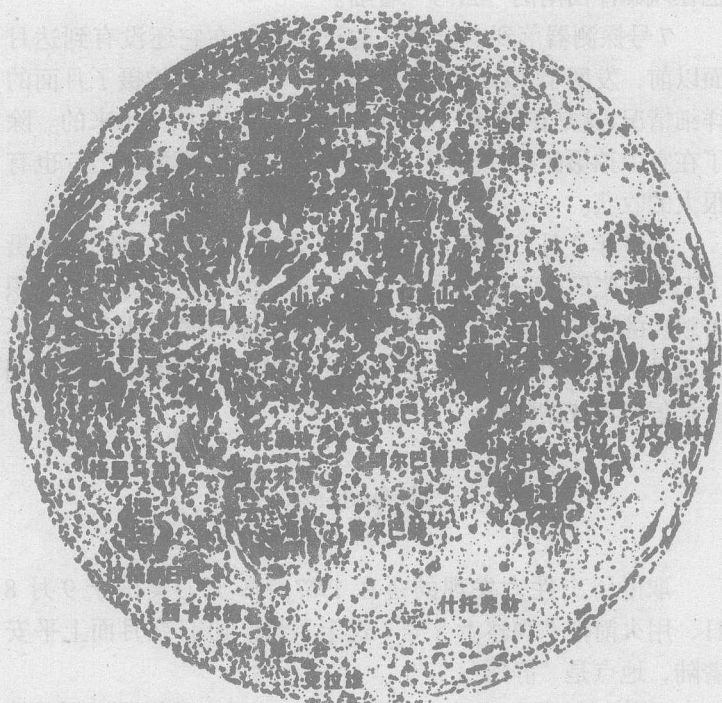


图2 月球表面地图（主要的海、山和山脉）

厄火山那样松散的玄武岩质，所以海的表面才现出松软平滑的现象。月球上的海是否堆积着很厚的尘埃呢？根据“观察者5号”的探测所得，月球上的海几乎没有尘埃灰沙，完全是坚硬的玄武岩。这样，宇宙飞船就可以安心地在“海”上



着陆了。

月球上的环形山

用望远镜观测月球，可以看到无数大小不等的圆形坑穴，布满在它的表面。这种圆坑四周隆起，叫作“环形山”。由于环形山太多，月球表面就成为一个坑坑洼洼的大麻子了。

最大的环形山在月球南极附近，叫作克拉维，直径有232千米。在月球东南方的西卡尔德，直径也有214千米。象这样大的环形山内，能装进去三个瑞士的国土而有余。此外还有直径为192千米的格里马第、直径在160千米以上的文德林和拉格朗日，等等。

从直径十千米到数十千米的环形山，在月面上是数不胜数的。以前用望远镜只能看到1~2千米直径的环形山，象这样大小的环形山，在月面上有5万多个。现在从美国的“观察者7号”和“观察者8号”拍下来的照片上看，直径数米到数十米的小环形山就更多了。这些小环形山无论是在“海中”还是在“陆上”到处皆是，的的确确把月球变成一个满脸麻子的世界了。

月球山形成的原因

关于月球的环形山，迄今有两种对立的说法。一种说法认为环形山是飞转于宇宙空间的陨石，撞在月面上造成的。

陨石有时也撞在地球上。但地球覆盖着十层很厚的大气，较小的陨石剧烈地和大气相撞就变成了流星，同时在刹那之

间陨石也就燃烧殆尽。然而现在美国的亚利桑那州，仍然有一个叫巴林格的陨石坑。

这个大圆坑的直径为 1280 米，深 180 米。在圆坑的周围发现了很多陨石碎片，有人认为这个大坑是很早以前，有一个大陨石飞来，它把大地撞成这个样子的。

表 2 月球的环形山

环形山的名称	直 径	环形山的名称	直 径
①克 拉 维	232 千米	⑪阿尔芬斯	115 千米
②贝 里	210 千米	⑫布兰卡纳斯	112 千米
③席 勒	180 千米	⑬塞 纳	112 千米
④马格努斯	164 千米	⑭莫列图斯	110 千米
⑤托 勒 玫	155 千米	⑮克拉普罗斯	108 千米
⑥朗戈蒙坦努斯	150 千米	⑯威廉一世	100 千米
⑦什托弗勒	145 千米	⑰阿尔扎赫	96 千米
⑧阿巴特纽斯	128 千米	⑱第 谷	90 千米
⑨华 尔 特	126 千米	⑲格劳贝格	87 千米
⑩普尔巴赫	120 千米	⑳阿里辛西斯	84 千米

月球上根本没有大气，陨石可以不受阻拦地以原来的形状径直猛烈地向月面冲来，因而就把月面撞成了许多坑穴，形成了大大小小的环形山。

与陨石说相对立的是火山说。主张火山说的人们认为，月面上的环形山是古时火山喷火造成的。可是像 200 千米、100 千米直径那样大的环形山，在地球上即使最大的阿苏山喷火口，直径也不过 20 千米，对比起来，月球上的喷火口大

得出奇。但是主张火山说的人们却说：“那是因为月球的引力小，仅仅是地球的 $1/6$ ，所以稍微一喷火，就喷开一个大洞，形成一个大环形山是可能的。”可是主张陨石说的学者们反驳说：“地球并不是到处有火山，只是在个别的火山地带才有一些，可是月面上的环形山到处皆是，又是怎么回事呢？”

月球上的水和空气

不论我们用多大力气向上抛东西，它总是会落回地面，这是因为地球的引力的关系。正因为如此，地球才能拉住厚厚的大气层。月球的质量较小，它表面上的引力只有地球的 $1/6$ ，所以在月面，只要物体的速度达到每秒 2.4 千米（比炮弹快上一倍）就可逃离月球而去。我们知道，气体分子都在高速运动，尤其在阳光的加热下，不少分子的热运动速度都超过了这个值。因此，即使月球原来有比金星还稠密的大气，经过几千、几万年也早逃光了。

水在月面上也会遇到同样的厄运。因为在真空中，水很快就会汽化挥发，加上在阳光的照耀下，月面上可达 127°C 的高温，所以即使原来月面上全部是汪洋大海，亦早已化为气体散发到宇宙空间了。

月球上的温度变化

我们地球上因为有大气层保暖，海洋调节，故昼夜的温差并不大。但是月球上没有大气也没有水，加上每次白天太阳连晒十多天，黑夜也长达近半个月，所以白天、黑夜的温

度差别十分大。据科学家们测定，在太阳垂直照射下的月面上（相当于赤道中午时）温度可达 127°C ，而只要太阳一没入地平线，温度计上的水银柱便迅速下降，到深夜竟可降至 -183°C ！一昼夜温差可达 310°C ！

有趣的是，即使在白天，月面上各地的温度也并不相同，有阳光照射的地方可以把人烤焦，而在巨石或山谷的阴影中，又会降到零下几十度，这是地球上不会遇到的神奇事情。

月球上的山的特点

据月球探险的宇航员说，最先映入他们眼帘的是数不清的环形山，它们重重迭迭，密密麻麻，星罗棋布。不过有些“环形山”在地球上并不能称之为山，因为它们的形状像火山口或陨石坑。一般月面环形山都有一个圆形的环带，它的内侧较陡峭，外侧的坡度很小，在一些大环形山中央的平坦部分，往往还有一个中心小山。

环形山的大小相差悬殊，最大的直径达 295 千米，位于月球的南极附近，最小的仅几厘米。至于环形山的起源，大多数人认为是落在月面上的陨星撞击的功劳，但也有少数人认为有一部分是火山爆发造成的原因。

当然，月球上也有一些真正的崇山峻岭，这种山脉（如阿平宁山）除了比地球上的山脉坡度更陡峭、山脊更尖利外，并没有更多的本质区别。

月亮上的“天”

居住在地球上的人类所看到的天空美丽动人，蓝天白云，阳光温暖；夜间，群星争辉、月光皎洁，即使是乌云翻滚、电闪雷鸣，也显得气势雄伟磅礴。

可是到月亮上，一切都改观了，虽然阳光更加明亮刺目，但在它的上空却有满天的星斗，无论白日黑夜，天空永远漆黑一团。因为没有大气，所以从无变幻莫测的美丽云彩，也不会有风风雨雨的万千气象。但在月亮上看日出，却另有一番奇景。因为没有大气散射光的干扰，所以在日出前几分钟，月球的“地平线”就被日冕淡淡的光照亮了。这对天文学家倒是一个很有刺激性的好消息。太阳刚从地平线露面，银白色的耀眼光芒就四周散射开来，上下一样通明，故登月的目击者说：这种景象“很难形容”，

地球上太阳东升西落，昼夜 24 小时，可是在月球上，太阳升起后要两个星期后才落下，因此星斗的移动也比地球上慢得多。不过，月面上的观测者看到的最楚楚动人的“天体”还是我们的地球。地球在月面（正面）的天空中的位置几乎是不变化的，但它却在不停地自转，而且更妙的是，它也有圆缺盈亏的位扣变化。在“满地”的时候，它把整个月面照得通亮，因为这时候，地球发出的光比满月强 80 倍。对于一个栖身在荒漠的月面上、满眼只有墨黑、雪白两种相反颜色的宇航员来说，挂在月球上空的地球简直就是一幅赏心悦目的名画，深蓝色的海洋中有着大块黄色或棕色的陆地，不时还有美丽的白云在上面飘荡，难怪那些宇航员都情不自

踏上月球

禁地大声赞美我们的地球是“漂浮在广阔宇宙空间中的最美丽的绿洲”。

月亮离我们多远

月亮，是人类飞出地球步入太空的第一个中途站，是人类在地球之外留下足迹的唯一星球。世界上没有一个民族不对月亮抱有浓厚的感情。我国历代诗人留下无数华美的诗篇，便是最好的佐证。

踏
上
月
球

人类首先测出绝对距离的那个天体正是月亮。这是很自然的，因为宇宙中再也没有离我们比月球更近的天体了。

可是，有什么办法让我们知道月亮的距离呢？用直尺、折尺或卷尺来量吗？那显然是行不通的。然而，早在两千多年前就有人想出了一个相当巧妙的办法。

在公元前3世纪初，萨摩斯岛上出生了一位伟大的天文观测家，名字叫阿里斯塔克（约公元前310年～前230年）。他同时又是一位天才的理论家，可惜他的著作大部分都失传了。但是，他的《关于日月距离及大小》一书一直流传到今天。书中首先提出可以测定日月到地球距离的比值的方法：在上弦时测定太阳和月亮之间的角距离。阿里斯塔克认为上下弦时日、月、地三者应构成一个直角三角形，月亮在直角顶点上。他根据观测量出上弦时日月在天空上相距 87° ，由此可以求出太阳比月亮远19倍。虽然这个结果比实际数值小20倍左右，但其原理简单明了，值得赞赏。这是两千多年前测定天体距离的第一次大胆尝试，对其结果的称颂也理应超过对它的责难。阿里斯塔克又想到，由于日全食时月亮恰好挡

满太阳,也就是说它们的视角径相等,因此太阳的线直径必定也正好就是月亮的19倍。他还观测月食时的地影,计算出地球的影宽,进而推算出月球的直径是地球的 $\frac{1}{3}$ (今天知道实际是0.27),因此,太阳的直径便是地球的6倍有余,而太阳的体积则是地球的200多倍。虽然这比实际情况(太阳比地球大130万倍)小了许多,但足以证明地球决不是宇宙中最大的天体。也许就是这个原因,使阿里斯塔克天才地提出太阳和恒星一样,都静止在远方,而地球则在绕轴自转,又围绕着太阳运行。他还认为恒星比地球绕太阳运行的轨道更加遥远。由于这些想法,他被指控为亵渎神灵,他的理论自然被人鄙视。然而,历史赋予他应有的地位,他远在哥白尼之前17个世纪就猜到日心系统的概况,因此恩格斯称他为“古代的哥白尼”。

他还想出一个巧妙的办法来测量地球与月亮的距离,不过,过了一个半世纪才由伊巴谷将它付诸实践。

古希腊所有伟大的天文学家中,伊巴谷(约公元前190年~约前120年)也许可以算是最伟大的了。他为方位天文学——也就是天体测量学奠定了稳固的基础。遗憾的是,后人对他的生平几乎一无所知,只知道他生于比锡尼亚的尼塞亚,在洛德岛工作过。他算出一年的长度是 $365\frac{1}{4}$ 天再减去 $\frac{1}{300}$ 日,这个数字与实际情况只相差6分钟。他编出几个世纪内日月运动的精密数字表,用来推算日月食。并编出一份包括一千多颗恒星的星表,列出这些恒星的位置和亮度。伊巴谷在天文学上做出了杰出的贡献,人们称他为“天文学之父”,而他确实是一位名副其实的知识巨人。他留下大量的观测资料,为后人的重大发现创造了条件。可惜,伊巴谷的

著作没有直接留下来，人们只是从托勒玫的著作中才了解到他的这些情况。

伊巴谷于公元前 150 年前后将阿里斯塔克提出的测量月亮距离的原理付诸实践。当时希腊人已经意识到，月食是由于地球处于太阳和月亮中间、从而地影投射到月亮上而造成的。阿里斯塔克提出，掠过月面的地影曲线弯曲的情况应该能显示出地球与月球的相对大小。根据这一点，运用简单的几何学原理便可以推算出月亮有多远——它和我们的距离是地球直径的多少倍。伊巴谷做了这一工作，算出月亮和地球的距离几乎恰好是地球直径的 30 倍。倘若采纳埃拉托塞尼的数字取地球直径为 12 700 千米，那么月地距离就是 38 万千米有余。今天，我们知道月球绕地球运行的轨道是个椭圆，因此月地距离时时都在变化。月亮离地球最远时为 405 500 千米，最近时则为 363 300 千米，由此可知月地之间的平均距离是 384 400 千米，伊巴谷的测量结果正好与此接近。

然而，尽管阿里斯塔克的方法十分巧妙，伊巴谷的观测技术又很高超，但是象他们那样做还是难以获得高度精确的结果。当近代天文学兴起之后，人们必然就会以更先进的方法来重新探讨“月亮离我们有多远”这个古老的问题。

月亮为什么不会掉下来

根据万有引力定律，地球和月亮之间也存在着巨大的吸引力。那么，月亮为什么不像苹果那样掉下来呢？这个道理并不复杂。如果用一根绳子拴着一块石头，然后甩着它旋转，只要转得快，石块就决不会掉下来。月亮绕地球的速度有 1

千米/秒,这就是使它能克服地球的引力而不下落的原因。如果月亮的速度不快,它就难免要落下来。同样,要是人们在甩石头的时候突然松手或绳子突然断裂,石块将沿切线方向飞走。地球与月亮之间的引力就象一根拉紧的绳子,如果引力突然消失,月亮就会像断了绳的石块沿着切线方向飞走。因此,地球和月球之间的引力,就像是一根无形的绳子将地、月拴在一起,使月亮绕地球运动。

月球是从哪儿来的

月球从何而来,这不仅使天文学家们苦思冥想,也常是一般人极想知道的问题。

1879年,提出“进化论”的达尔文之子,小达尔文从研究地质及潮汐出发,认为月球是在很久以前从太平洋那儿分裂出去的一大块物质,开始时它离地球很近,因潮汐作用使它慢慢离开。它指出,月球的质量很小,而且太平洋底也的确没有通常应有的大陆花岗岩。

第二种看法认为,月球原来是个小行星,后来才成了地球的“俘虏”。因为二者的平均密度很不一样,月球的轨道面也不与地球赤道面相重合。瑞典天文学家阿尔文甚至主张,月球与火星在同一区域内形成,年龄比地球更大,在它刚被地球抓住时,它还是逆行的(即以自东向西的顺时针方向绕地球转动),而且后来它把地球原来有的几个小卫星“吞”掉了,形成了今天月球上的“月瘤”。

还有一种“共同形成说”或“同源说”。认为地球和月球是由同一块原行星云形成的,因地球凝聚得早,所以中心是

铁、镍等重元素，而月球是后来的残余物质形成的，因而与地球的成分、密度不一样。

最近，更多的人倾向于第四种假设，即地球刚形成时的温度很高，那时它向周围挥发出不少可挥发物质，后来它们冷却凝聚为月球。当然，最后的结论还有待进一步地探索和研究。

美国与前苏联的登月竞赛

1959年新年第2天,前苏联发射了“月球1号”无人探测器。遗憾的是它没有完成命中月球的任务,只是与月球“擦肩而过”,成了一颗人造行星。9个月后,前苏联的“月球2号”探测器终于在发射后的第2天,即9月14日凌晨命中月球。这次探测发现,月球没有磁场。紧接着,以探测月球背面为目的的无人探测器“月球3号”于10月4日发射了。10月7日,“月球3号”的舷窗自动打开,两架自动摄影机开始工作,在距离月球6500~6800千米的高度,第一次拍摄了月球背面的照片。在40分钟的拍摄过程中,胶卷自动冲洗,然后用无线电波发射回地面。月球背面的照片以后又一次一次地被发送回地球,人们把月球背面的地点都命了名。当然都是些世界名人的名字,其中包括中国的孔夫子,数学家祖冲之,还有第一个使用火箭的中国人王富。

1966年1月31日,“月球9号”靠火箭的帮助,顺利在月球着陆,在登月的道路上又迈进了一步。这也不是一件容易的事,因为月球上没有空气,不能使用降落伞减低速度。这样,在月球上空83000多千米时,探测器的火箭就对准了月球中心,当下降到距月球表面75千米时,制动火箭开始点火,于是下降速度由每秒1600米降为几米。在降落的一刹那,下降的速度几乎达到零。象这样靠制动火箭降低速度平稳着陆叫“软着陆”。4分钟后,第一次月球—地球之间名符其实的“长途”无

线电通讯开始厂。电视自动装置也开始工作，发送回大量照片，照片中某些区段可以分辨出一二毫米的细微末节。

1970年，对月球的探测设备又有了新的进展。前苏联发射了“月球16号”，它在月球软着陆后，用自动钻头采集了100克月球岩石，以便研究将来在月球能否顺利降落。人们曾一度认为，月球到处是厚厚的火山灰，没有可以立脚的坚硬岩石，担心降落到月球上可能会陷到火山灰里去。这一年的11月7日，“月球17号”不仅实现了软着陆，而且把一辆2米多长、宽1.6米的自动八轮小车送到了月球上。小车上装有机舱室，工作的电源靠太阳能电池来供应。车上还有电视摄像机，由地面控制人员对它进行指挥。小车白天到处移动并工作，晚上“休息”，因为没有太阳能供电了。在长达11个月的工作期间，小车走了8万平方米的月球区域，摄下了2万多张月面照片，对25个不同的区域进行了土壤的化学成份分析。

几乎在同一段时间内，美国在登月前的准备工作中，也取得了迅速的进步。它先后发射了“徘徊者”9号探测器，“勘测者1~7号”，“月球轨道飞行器”1~5号。其中1966年5月30日发射的“勘测者1号”，于6月2日在月球登陆，自动摄像机发回了1.1万多幅电视图像。以后“勘测者3号”又在月球的一个火山口软着陆，它的1.8米长的自动臂拿着一把45厘米长的小铁锹，挖掘了月球土壤，随后进行了土壤分析。通过一系列的考察，科学家们对月球的地表情况有了比较一致的意见。他们认为：对于人类的行走来说，月面不是太柔软的，而对于着陆的飞船来说，也不是过于坚硬的。进行了这一系列活动之后，美国雄心勃勃提出了著名的“阿波罗计划”。

从空间时代的第二年开始，即从1958年8月开始至1976

年8月的18年中,前苏联和美国向月球发射了83个探测器。其中,前苏联47个(失败15次,成功32次),美国34个(失败7次,成功27次)。1959年10月4日,前苏联发射的“月球3号”(重614千克)首次拍摄了70%月球图片,但发回地球的数目不多;而美国发回的月球电视画面很多,如月球探测“轨道器2号”有184幅,“轨道器3号”有182幅,“轨道器4号”有163幅,“轨道器5号”有213幅,特别是“勘查者3号”有6315幅,“勘查者5号”有806幅,“勘查者6号”有3006幅。通过这么多的月球电视图片,完全能够揭开几千年来梦幻中的月球的真面目。月球是一个无空气和水的天体,当然也就无生命遗迹。月球受着太阳风和陨星的袭击,昼夜温度热冷两极化。据推测丹龄有46亿年,和地球年龄相同。

前苏联和美国为什么选择月球作为它们空间时代开始的角逐竞技场呢?首先因为月球是地球的卫星,离地球近(约39万千米)。两国都想用自己初期空间技术优势去力争探索月球的“第一”而显示其国威,因此具有浓厚的政治含义。其次,在科学意义上分析,直接观测月球,可以揭开几千年来梦寐以求的月球之谜,进而分析研究地一月系的起源,以至太阳系本身的形成。例如,前苏联和美国探月后竞相探索金星和火星。前苏联囿于空间技术水平所限,它的宇宙飞行器最远飞到火星,只涉及到太阳系内行星;美国70年代为了探测木星、土星、天王星、海王星和太阳系外行星,先后发射了“先驱者10号”和“先驱者11号”、“旅行者1号”和“旅行者2号”。其中,“先驱者10号”和“旅行者2号”已飞出太阳系,到另一个恒星空间旅行去了!

到达月球的第一号使者 ——前苏联“月球号”

1959年1月2日，前苏联发射“月球1号”，这是重361.3

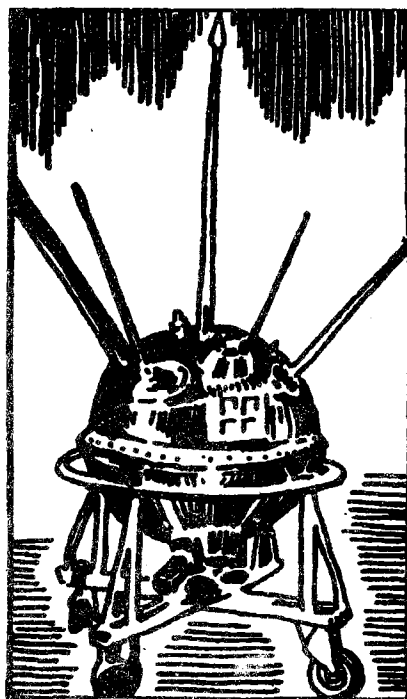
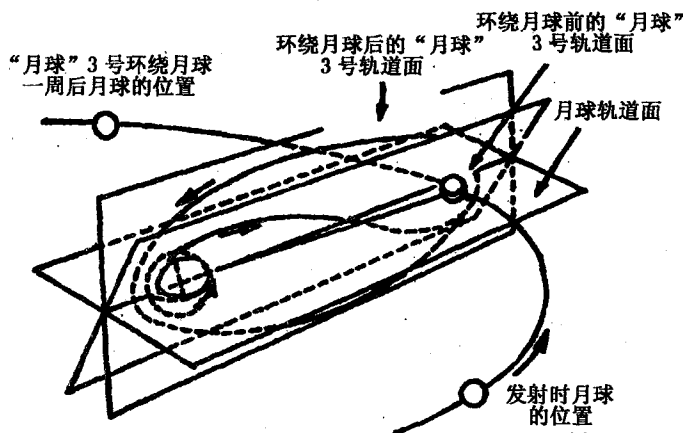


图3 前苏联的“月球”1号

千克的无人探测器。途中飞行顺利，但是没有命中月球，而从距离月球表面7500千米的地方通过，成为历史上第一颗

“人造行星”。

美国在那一年的3月3日从卡纳维拉尔角发射了“先锋4号”，它从距离月球表面59 000千米的地方通过。



踏上月球

图4 “月球”3号的飞行路径

1959年9月12日前苏联发射的“月球2号”在莫斯科时间9月14日上午零时2分24秒命中月球表面的“澄海”，只比预告的时间迟了1分24秒。这是到达月球的第一号使者，在历史上第一次实现了从地球到另一个天体的飞行。科学测定计划在到达月面前就已经完成。科学仪器舱里的无线电信装置在撞击月面的瞬间停止了工作。

接着在10月，前苏联成功地拍摄了月球背面的照片。重278公斤的“月球3号”在1959年10月4日发射，三天之后环绕到月球的背面，从7日下午6点30分开始拍摄了40分

钟的月球背面照片。胶卷在探测器里自动冲洗，并用无线电送回地面。

在接收到的照片里，画面比较清晰的是：用焦距 20 厘米的照相机拍摄的 4 张和用焦距 50 厘米的照相机拍摄的 5 张。

月球的自转周期和公转周期相同，所以月球总以相同的半面对地球，也就是说，从地球上看不到月球的背面。“月球 3 号”拍摄的照片使人类第一次看到了月球的背面。

前苏联整理综合了“月球 3 号”拍摄的照片，制作出世界上第一张月球背面的月理图。其中的一些环形山被命名叫齐奥尔科夫斯基、爱迪生、祖冲之、门得列耶夫等。

美国“徘徊者”探测器抵达月球

前苏联“月球 2 号”命中月面、“月球 3 号”拍到月球背面的照片以后不久，1959 年 12 月 12 日，美国确定了“徘徊者”计划。

这个计划的目的是要使无人探测器命中月面，同时在命中之前拍摄月面的特写镜头，并且把地震仪送往月面。

探测器的设计和制作由加利福尼亚工科大学的喷气推进研究所担任。重 305 千克的“徘徊者 1 号”在 1961 年夏季完成，8 月 23 日，用“宇宙神—阿吉纳 B”火箭发射，进入环绕地球的卫星轨道。按原计划，“徘徊者 1 号、2 号”是为调查探测器性能的，它们要运行在远地点 80 万千米、近地点 160 千米的扁长的椭圆轨道上，在远离地球的“深宇宙”试验电视摄像机、通信装置能否正常工作。但是由于第二级火箭发生故障，“徘徊者 1 号”只进入远地点 280 千米、近地点 174

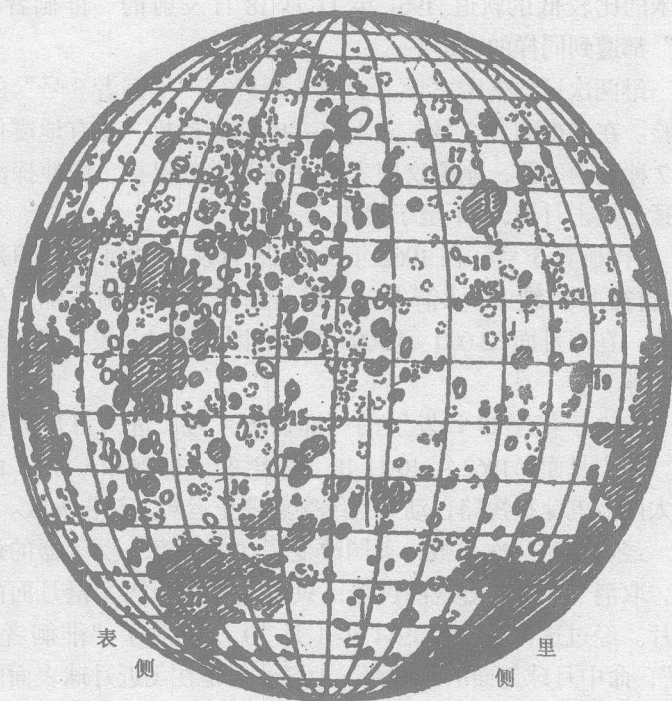


图5 前苏联世界上第一张月背图

1. 莫斯科海 2. 宇宙航行者湾 3. 南海 4. 齐奥尔科夫斯基 5. 罗蒙诺索夫
6. 约里奥—居里 7. 苏维埃山脉 8. 梦海 (以上是照片发表的时候命名的)
9. 布鲁诺 10. 麦克斯韦 11. 爱迪生 12. 波波夫 13. 赫兹
14. 罗马切夫斯基 15. 巴斯德 16. 居里夫人 17. 库尔察托夫 18. 加维洛夫
19. 威尼迈内茨 20. 儒勒·凡尔纳 (以上是1960年3月追加的);
21. 洪保德海 22. 危海 23. 界海 24. 浪海 25. 史密斯海 26. 丰富海
27. 澳大利亚海

千米的比较低的轨道。1961年11月18日发射的“徘徊者2号”都遭到同样的命运。

继两次试验失败之后，美国立刻进行“徘徊者3号”的试验。在“徘徊者3号”上不仅有电视摄象机，还有地震仪等7种观测仪器，地震仪用木材和油等充分保护，即使探测器猛烈撞击月面，也不至于损坏。

“徘徊者3号”在1962年1月26日从卡纳维拉尔角用“宇宙神-阿吉纳B”火箭发射。但是由于火箭控制系统发生故障，在离月面32 000~48 000千米的区域飞过，没有能够到达月球。

1962年4月23日发射的“徘徊者4号”进入月球的背面，命中月面。1962年10月18日发射的“徘徊者5号”，由于太阳能电池板短路，动力系统突然停止运转，又告失败。

经历了这几次失败，美国改变了“徘徊者”探测器的设计，取消了地震仪等观测仪器，只用电视摄象机拍摄月面的照片。经过这种改造，1964年1月30日发射了“徘徊者6号”，命中月球正面的“静海”地区，但是在飞近月球表面的时候电视摄象机坏了，没有能够拍回照片。

1964年7月28日发射的“徘徊者7号”第一次获得成功，它命中预定的着陆地点——“云海”，在撞击以前的17分钟里，它的6架电视摄象机拍摄了4308张月面的逼近照片，这是历史上第一批月面特写镜头，它显示了小到直径1米左右的坑穴和几块直径不到30厘米的岩石，这些是在地球上用望远镜所无法看到的。

1965年2月17日发射了“徘徊者8号”，它命中“静海”，在飞行的最后23分钟里，拍摄到7137张“静海”附近的近景

照片。同年3月24日发射的“徘徊者9号”坠落在“云海”附近的火山区。在击中月球以前19分钟里,拍摄了5814张月面近景照片,并且传送回地球。这些照片所反映的月面形态,比在地球上用天文望远镜所拍摄的最好照片要清晰2000倍。

美国对取得这个成果十分高兴,把“徘徊者7号”的命中地点重新命名,叫做“人知海”。

参加这个计划的有5万人,全部费用是26000万美元。每个“徘徊者”的造价,包括火箭的发射,是2800万美元。

前苏联探测器软着陆月面

前苏联1963年发射的“月球3号”开始硬着陆月面。“月球4号”飞到离月球8500千米地方向太阳轨道飞去;1965年,“月球5号”、“月球6号”、“月球7号”、“月球8号”统统失败;1966年,“月球9号”(1583千克)第一次成功软降落在北纬7°8'和西经64°33'的月面上,着陆器重100千克,工作了4天,发回几幅中分辨率360度的电视全景图和辐射资料,最后因电源耗尽而停止工作。同年12月,“月球13号”(1590千克)软着陆在北纬18°5'和西经62°3'月面上,四块防护仪器板打开后,释放出两个折叠的带有土壤化验器的机械臂,借助这些装置测定了月面土壤的密度和坚实度。

前苏联通过软着陆器实地勘察月面土壤性质后,1966年3月发射了“月球10号”(1600千克)。它是第一次成为绕月飞行的人造卫星(245千克),寿命短促,只有56天,但测量了月球空间辐射和微陨星环境,还向地球播放了“国际歌”。“月球11号”和“月球10号”有相同的有效载荷;“月球12

号”及“月球 14 号”装有照相机，只发回了几张月面图片。1965 年 7 月发射的“探测器 3 号”虽靠近月球飞向太阳轨道，但拍摄了“月球 3 号”看不到的远侧部分，发回 28 幅图片，其中 23 幅是月面图像。

美国的“徘徊者”是撞击月面的，瞬间间它的全部仪器就毁坏了。前苏联打算使探测器在月面软着陆，以便拍摄月面的风景照片。前苏联的第一个尝试是 1963 年 4 月 2 日发射的“月球”4 号，但是，从距离月面 8500 千米的地方飞过，没有命中。

在这以后大约两年的时间里，前苏联没有发射月球探测器。也许在这个期间前苏联在为软着陆改进仪器。

1965 年 5 月 9 日，前苏联发射“月球 5 号”。这次没有象先前的 4 号那样，正式发表是以软着陆作为目标，但是，飞行的目的是软着陆，这是显然的。“月球 5 号”比预定的时间提早 5 分钟到达月面，撞击在“云海”。软着陆失败。

接着“月球 6 号”从距离月面 16 万千米的地方飞过，“月球 7 号”撞击在“风暴洋”，“月球 8 号”到达“风暴洋”，但是刚刚到达，通信就断绝了。

第一次获得成功的是 1966 年 1 月 31 日发射的“月球 9 号”。这个探测器经过 79 小时的飞行之后，在“风暴洋”的“马利乌斯”、“拉伊纳”环形山的西方软着陆，用电视摄像机拍摄月面的风景照片，并且送回地面。

“月球 9 号”重 1.583 吨。它的软着陆过程是这样：在着陆前 48 秒（距月面 75 千米），火箭逆喷射减速。在探测器本体撞击月面以前，重 100 千克的着陆体和本体分离。这个着陆体装在自动充气的气球里。这个气球可以缓和着陆时候的

冲击。着陆以后,保护伞打开,象大朵花的形状。

“月球”9号送回的照片也被英国焦德班克射电天文台收到,并抢在前苏联之前发表,不过由于把水平方向的扩大率当成正确率的 $1/5$,所以照片是歪曲的、不正确的。世界的新闻报纸都立刻发表了这些不正确的照片。前苏联的正确照片迟一天发表。在这些照片上小到2厘米的石子都可以看得清清楚楚。

“月球9号”也计量了月球的辐射能。根据它的测定结果,月面的辐射线量是地球上普通场所的100倍左右。宇航员即使在月面逗留几天,这些辐射线量也不至于使宇航员受到特别的伤害。

后来,1966年12月21日发射的“月球”13号也在月面软着陆,它把金属棒插入月面,测定月面的强度。

美国探测器软着陆月面

美国比前苏联晚4个月,也完成了月面的软着陆。美国研制的“勘测者”是三只脚的探测器,发射的时候重大约1吨,降落在月面的时候重270千克。同前苏联的“月球9号”和“月球13号”一样,它也是使用逆喷射减速,但是在快到达月面的时候,它并没有使着陆体和母体分离,而是整个探测器在月面软着陆。

“勘测者1号”1966年5月30日发射,经过63.6小时的飞行以后,在“风暴洋”软着陆,向地球送回11150张月面风景照片。

“勘测者”系列到1968年1月1日共发射了7艘,其中2

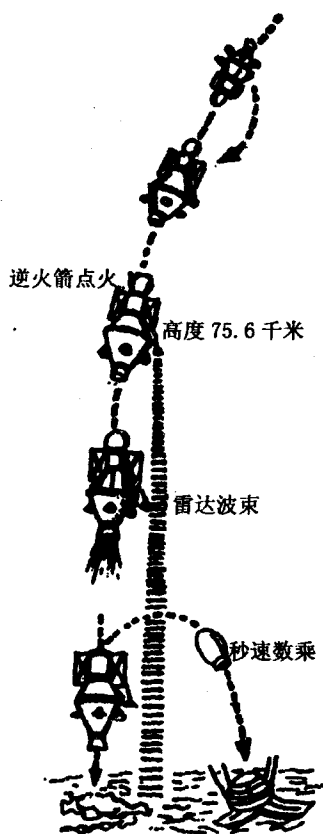


图6 “月球”9号的着陆方法

艘（2号和4号）失败。其余的5艘分别拍摄下月面的照片。用小型铁锹在月面挖沟，用辐射线分析法调查月面的土壤，

用三色滤光器拍摄彩色照片，取得了月面上物理、化学的观测成果。1号、3号、5号、6号在月面上“海”的部分着陆，7号在“山”的部分着陆，这样可以对月面上“海”同“山”进行比较性研究，所获得的数据和照片比前苏联的“月球9号”、“月球13号”还要优越。

绕月运行的人造地球“孙卫星”

月球是地球的卫星，而围绕月球的人造天体，有的人把它叫做孙卫星。

继“月球9号”月面软着陆成功以后，前苏联的“月球10号”成为历史上第一颗孙卫星。

“月球10号”在1966年3月31日发射，4月3日以每秒2.5千米的速度接近月球，并从月球附近飞过，这时逆推进火箭点火，速度减到每秒1.25千米，于是进入孙卫星轨道。它的轨道要素如下：远月点大约1000千米，近月点大约360千米，轨道倾角 $71^{\circ}54'$ ，周期大约是3小时。

“月球10号”包括逆推进火箭，重1.6吨，进入孙卫星轨道之后，火箭部分分离，探测器本身只重240千克。在这个探测器里装有宇宙尘测器、辐射线计、磁力计、红外线计等科学仪器，但是没有电视摄象机。这个探测器使用的是化学电池，所以电池的电力一用完，电波的寿命也就终止了。

4月17日发表早期观测的结果，大略有：第一，月面的辐射线和地球上的花岗岩放出的辐射线很相似。如果扣除宇宙线的影响，月面辐射线的强度和地面玄武岩放出的辐射线相似。第二，在环绕月球飞行的5小时16分里共遇到53个

宇宙尘粒，得知月球附近的宇宙尘粒的密度比行星际空间宇宙尘粒密度约大 1000 倍。第三，在月球周围存在着微弱的均匀的规则磁场。

以后前苏联又把“月球 11 号”、12 号、14 号送入孙卫星轨道，用来拍摄月面照片，调查月球引力场以及月球和地球的引力关系。

美国在前苏联发射“月球 10 号”以后的 4 个月也发射了孙卫星。美国的孙卫星叫“月球轨道环行器”，它是由宇航局的兰利研究中心负责研制的。这是具有 4 块太阳能电池板的探测器，发射的时候重 390 千克。在月球附近逆推进火箭点火，修正轨道。推进剂用完以后，探测器重 270 千克。

在这个探测器里装有广角镜和望远镜的照相机，把月面景色拍摄到底片上，底片可以在探测器里自动显象，并且传送回地面。

“月球轨道环行器 1 号”在 1966 年 8 月 10 日发射，飞行 92.1 小时以后，8 月 14 日进入孙卫星轨道。初期的轨道要素是：远月点 1865 千米，近月点 188 千米，轨道倾角 12.2° ，周期 3 小时 37 分。8 月 21 日近月点降到 56 千米，继而 8 月 25 日继续降到 40 千米。这样做的目的是要拍摄月面的细节照片。环行器 1 号共拍摄了月面照片 215 张，此外还有 2 张从月球附近看地球的照片。根据地球上的指令，10 月 29 日，探测器上的火箭点火，使探测器撞击在月面上。这是为了避免跟以后的轨道环行器的信息相混淆而采取的措施。

以后“月球轨道环行器”每隔 3 个月发射一次，一直发射到 5 号，拍摄了 99% 月面的照片。这些照片为制作精密的月理图和“阿波罗”登月选择着陆地点提供了充分的依据。此

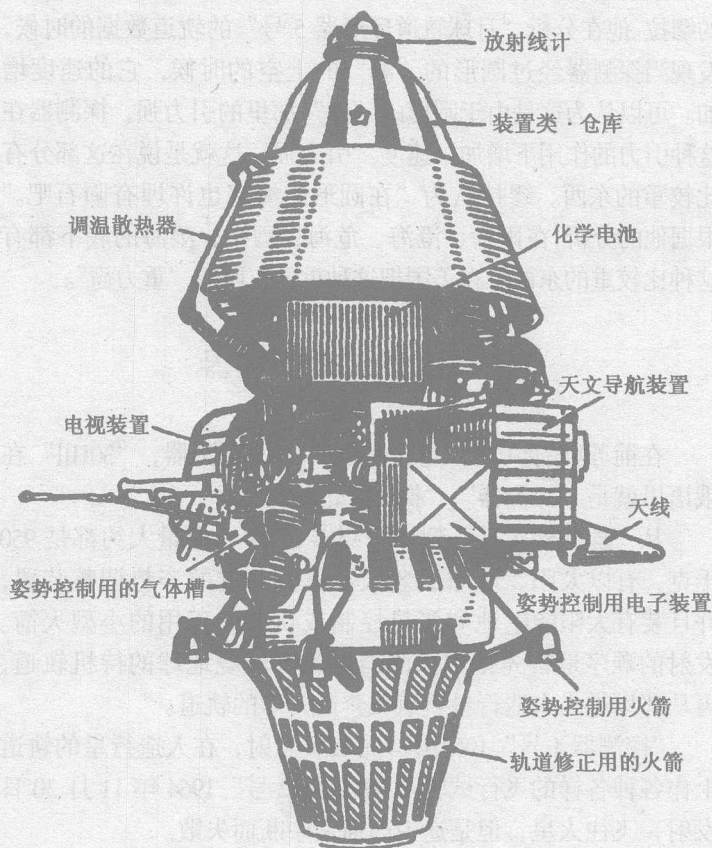


图7 “月球”12号的结构

外,在环绕月球飞行的过程中,由于月球引力的不均匀性,轨道发生偏离,由此而获得月球内部结构的新知识。

发现这个问题的是加利福尼亚工科大学喷气推进研究所的缪拉。他在分析“月球轨道环形器5号”的轨道数据的时候，发现当探测器经过圆形的“海”的上空的时候，它的速度增加。可以认为这是由于圆形的“海”那里的引力强，探测器在这种引力的作用下增加了速度。引力强，这就是说在这部分有比较重的东西。缪拉认为“在圆形的海底也许埋有陨石吧。”根据他的分析，在雨海、澄海、危海、酒海、湿海的底下都有这种比较重的东西。在美国把这种重的东西叫“重力瘤”。

前苏联第二代探测器

在前苏联有以“30HII”命名的无人探测器，“30HII”在俄语里就是“探测器”、“探针”的意思。

从“探测器1号”到“探测器3号”，重量大约都是950千克，有以太阳、地球或老人星作为基准的姿势调整装置，并且装有太阳能电池和姿势控制或轨道修正用的小型火箭。发射的顺序是首先把“探测器”送入环绕地球的待机轨道，再从那里进入人造行星轨道或奔赴月球的轨道。

“探测器1号”1964年4月2日发射，在人造行星的轨道上作各种各样的飞行试验。“探测器2号”1964年11月30日发射，飞往火星，但是途中因通信中断而失败。

接着“探测器3号”在1965年7月18日发射，7月20日通过月球附近，从距离月面9960千米到11570千米的地方拍摄月球背面的照片，一共拍摄25张，底片在探测器里自动显象，并且传送回地面。

1959年9月发射的“月球3号”只拍摄了月球背面的

2/3,还有 1/3 没有拍到。这次由于“探测器 3 号”的工作,月背地区就几乎全部拍摄下来了,仅仅还遗留有 150 万平方千米的区域没有拍摄。

“探测器 3 号”识别了 3500 个地形,前苏联把其中的 155 个给予命名,发表在 1966 年 9 月、10 月的《天文学杂志》上。但是这是前苏联单独命名的,国际天文学会不予承认。这个学会的月面命名委员会要求各国提出候选人名单,1970 年在英国的布赖顿召开的学会全会上,对 500 多个地方的命名作了正式决定。其中包括美苏两国的宇航员、德国结核菌的发现者科赫、英国气体定律发现者波义耳等。

对前苏联来说,到“探测器 3 号”为止,可以说都是第一代的行星际探测器。从“探测器 4 号”以后可以说是第二代的探测器,3 号和 4 号之间大约有两年七个月的准备时间。从 4 号以后,探测器的重量和结构都是保密的,不过可以推测,是带有太阳能电池的、极大型的探测器。

“探测器 4 号”在 1968 年 3 月 2 日发射。按原设想,它应该环绕月球飞行,再返回地球。但是看来是失败了,因为前苏联没有公布它的飞行结果。

1968 年 9 月 15 日发射的“探测器 5 号”在历史上第一次完成环绕月球后再返回地球的飞行。9 月 18 日“探测器”接近月球到 1950 千米的地方,并且转到月球的背面。9 月 21 日“探测器”以每秒 11.2 千米的速度再入大气层,然后降落伞打开,溅落在印度洋上。探测器里装有植物的种子。

接着两个月以后,11 月 10 日,“探测器 6 号”发射,11 月 14 日飞行到距离月球 2420 千米的地方,并且转到月球的背面。1 月 17 日返回地球大气层,降落在前苏联境内。

前苏联打算进一步发展这种回收技术，以便实现月面岩石的无人采集。1969年7月13日发射的“月球15号”恐怕就担负有这样的任务。7月17日“月球15号”进入环绕月球的剥孙卫星轨道，21日降落在月面的“危海”上。美国“阿波罗11号”人类登月的第一次尝试也是在这个时候，但“月球15号”的发射还比“阿波罗11号”早3天。当时也有人议论说，前苏联的无人探测器也许要抢在美国的前头从月面取回岩石。看来后来这个任务没有实现。不过，“月球15号”确实是第二代的月球探测器。

1970年9月12日发射的“月球16号”很成功地实现了月面岩石的无人采集。这个探测器重1.88吨，9月17日进入环绕月球的孙卫星轨道，9月20日在月面的“丰富海”软着陆，使用钻头采集岩石大约100克。21日根据地面指令，“月球16号”飞离月面，24日在前苏联境内杰兹卡兹干东南80千米的地方软着陆。比起载人飞行，月面岩石的无人采集只需要花1/10的费用。

两个月以后，1970年11月10日，前苏联又发射了“月球”17号。17日“月球17号”在“雨海”软着陆，把装载在着陆体里的自动“月行车1号”放到月面上，这是历史上第一个月行车，它有8个轮子，车轮直径51厘米，车体长2.218米，宽1.6米，重756千克，车台上装有长半径2.15米的机械室。机械室盖子的内侧装有太阳能电池。白天这个盖子打开，太阳能电池工作产生电力，晚上为了保温，盖子关上。月行车上还有电视摄像机，地面上的操纵人员可以一边看它的画面，一面发出指令，运转车子。为了抵御月夜的寒冷，机械室里有“同位素热源”装置。“月行车1号”只在白天移动，夜间就进入

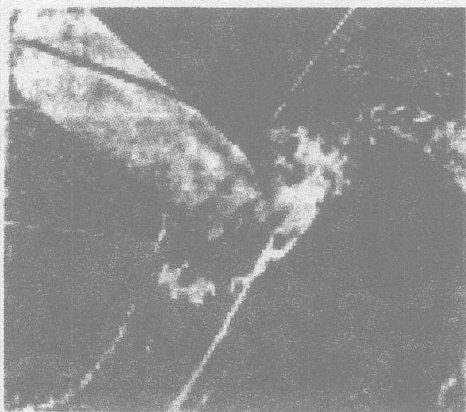


图8 降落在前苏联境内的“月球”16号回收舱

踏上月球

“冬眠”状态。它一直工作到1971年10月4日，按原计划工作的寿命只有3个月，而实际上却活动了11个月。在这期间“月行车”1号运行了1540米，调查了80000平方米的月面区域，拍摄了200张全景照片和20000多张月面照片，又在500个地区作了月面地层的物理、机械性质的研究，在25个区域作了月面土壤的化学成分的分析。当“同位素热源”装置里的同位素消耗完的时候，机械室的温度就下降，月行车的寿命也就结束。

“月球17号”成功以后，前苏联在1971年9月2日又发射了“月球18号”。“月球18号”进入月球轨道，环绕月球54圈以后，9月21日逆推进火箭点火，降落在“丰富海”（北纬 $3^{\circ}34'$ 、东经 $56^{\circ}30'$ ），但是着陆以后无线电通信中断。塔斯社说：“着陆地点从具有科学考察价值的高地中选择，观测结果显示在这样困难的地方着陆，是不走运的。”可以认为这就是说软着陆失败。这个“月球”18号里是否装有月行车，

不太清楚。

接着，前苏联在 1971 年 9 月 28 日发射了“月球 19 号”。这次前苏联发表这样的消息：探测器第一次从月球人造卫星的轨道对月球周围的环境进行科学调查。探测器 10 月 3 日进入月球卫星轨道，对月球进行观测。

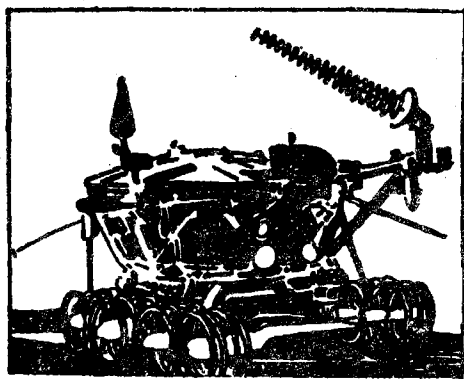


图9 前苏联的“月行车1号”

“月球 20 号”在 1972 年 2 月 14 日发射，2 月 21 日在“丰富海”东北端的山岳地带软着陆。着陆地点是北纬 $3^{\circ}34'$ 、东经 $56^{\circ}30'$ ，和失败的“月球 18 号”的着陆地点相同。“月球 20 号”自动采集月面岩石，2 月 23 日飞离月面，2 月 25 日降落在前苏联境内杰兹卡兹干西北大约 40 千米的地方。这是前苏联第二次采集到月面标本。

“月球 21 号”在 1973 年 1 月 8 日发射，1 月 16 日在“澄海”东端的李蒙涅尔环形山软着陆，放下“月行车 2 号”。这辆“月行车”重 840 千克，比 1 号重，装有经过改进的观测仪器。

前苏联 1974 年还发射了“月球 22 号”和“月球 23 号”，1976 年又发射了“月球 24 号”。

附：前苏联、美国探月计划结果

表 3 “徘徊者”计划的结果（美国）

号	发射日期	重量（千克）	目的	结果
1	1961.8.23	306.0	卫星轨道的性能试验	没能进入预定轨道，但是性能试验差不多成功
2	1961.11.18	306.0	卫星轨道的性能试验	绕地两天以后坠毁，试验差不多成功
3	1962.1.26	330.0	月面摄影和月震仪硬着陆	距离月球 36800 千米处通过，成为人造行星。失败
4	1962.4.23	331.0	月面摄影和月震仪硬着陆	轨道修正失败，着陆点不明（月球背面？）
5	1962.10.18	342.5	月面摄影和月震仪硬着陆	从距离月球 720 千米处经过。失败。也未拍到照片
6	1964.1.30	364.5	月面的电视摄影	2 月 2 日撞击在静海区，摄影失败

续表

号	发射日期	重量 (千克)	目的	结果
7	1964.7.28	365.8	月面的电视摄影	7月31日撞击在云海。拍回4316幅电视图像
8	1965.2.17	366.9	月面的电视摄影	2月20日撞击在静海区,送回7500幅电视图像
9	1965.3.24	366.9	月面的电视摄影	3月24日撞击在阿耳芬斯环形山,送回5814幅电视图像。美国硬着陆飞行试验结束

表4 “勘测者”计划的结果 (美国)

号	发射日期	到月面日期	到达地点	结果
1	1966.5.30	1966.6.2	风暴洋 (2.45° S, 43.21° W)	发回11150幅电视图像
2	1966.9.20	1966.9.22	风暴洋 (5.50° N, 12° W)	姿势控制用火箭发生故障,撞在月面上。失败
3	1967.4.17	1967.4.19	风暴洋 (2.94° S, 23.34° W)	发回约6300幅彩色电视图像,并用小型铁锹挖月面土壤

续表

号	发射日期	到月面日期	到达地点	结果
4	1967.7.14	1967.7.16	中央湾 (0.4°N , 1.3°W)	软着陆前电波中断。失败
0	1967.9.8	1967.9.10	静海 (1.47°N , 22.25°E)	用 α 射线计分析月面土壤, 发回 18000 幅电视图像
6	1967.11.7	1967.11.9	中央湾 (0.47°N , 1.48°W)	土壤分析和月面电视摄影
7	1968.1.7	1968.1.10	第谷环形山的北边 (40.89°S , 11.44°W)	山区的摄影有 21000 幅以上

踏上月球

表 5 前苏联“探测器”系列

号	发射日期	重量 (千克)	主要情况
1	1964.4.2	约 950	飞往金星的探测器。性能实验。完成了长期行星际飞行的宇宙技术工作
2	1964.11.30	约 950	火星探测器。中途电波中断, 失败
3	1965.7.18	约 950	7月 20 日在距离月球 11570 ~ 9960 千米处飞过, 拍摄了“月球 3 号”站没拍过的月背照片
4	1968.3.2	—	绕月飞行试验, 失败

续表

号	发射日期	重量 (千克)	主要情况
5	1968.9.15	—	首次绕月飞行成功, 9月18日绕月球飞行, 21日降落在印度洋
6	1968.11.10	—	11月14日绕月飞行, 飞行器进入地球大气层以后又离开, 并在弹道轨道上继续飞行到前苏联境内, 17日软着陆
7	1969.8.8	—	绕月飞行成功。8月14日返回前苏联
8	1970.10.20	—	绕月飞行成功。10月27日降落在印度洋

表6 前苏联“月球”探测器

号	发射日期	重量 (千克)	主要情况
1	1959.1.2	361.3	1月4日飞过了距离月球 5000 ~ 6000 千米处, 成为第一颗人造行星
2	1959.9.12	390.2	9月14日到达月球的澄海西部地区 (北纬 30°, 经度 0°), 是历史上第一次到月球的探测器

续表

号	发射日期	重量 (千克)	主要情况
3	1959.10.4	278.5	10月7日拍摄了历史上第一张月球背面的照片。次年4月20日返回地球大气层
4	1963.4.2	1422	4月6日飞过距离月球表面8500千米处, 软着陆未成功
5	1965.5.9	1476	5月12日到达月球的云海地区, 实现了软着陆
6	1965.6.8	1442	软着陆试验失败, 飞过月球去
7	1965.10.4	1506	10月8日到达月球风暴洋地区, 完成了软着陆系统的工作
8	1965.12.3	1552	到达月球风暴洋地区 (北纬 $9^{\circ}8'$, 西经 $63^{\circ}18'$), 着陆后电波中断, 软着陆失败
9	1966.1.31	1583	2月3日在风暴洋软着陆 (北纬 $7^{\circ}8'$, 西经 $64^{\circ}22'$), 用电视发回月球表面照片
10	1966.3.31	1600	第一个月球卫星 (孙卫星)。轨道近月点大约350千米, 远月点大约1000千米。旋转周期大约3小时, 和月球赤道交角是 72° 。孙卫星重245千克

踏上月球



续表

号	发射日期	重量 (千克)	主要情况
11	1966.8.24	1640	8月28日成为孙卫星
12	1966.10.22	—	10月28日成为孙卫星。进行了月球的电视摄影
13	1966.12.21	—	12月24日在风暴洋地区软着陆 (北纬 18°52', 西经 62°03'), 作了全景电视摄影
14	1968.4.7	—	4月10日成为孙卫星。
15	1969.7.13	—	7月17日成为孙卫星。7月21日转移到降落轨道, 并到达月球危海地区, 但是软着陆失败
16	1970.9.12	1880	9月17日成为孙卫星。9月20日在月球奉富海软着陆 (南纬 0°41', 东经 56°18')。9月24日返回前苏联, 取回月球土壤样品大约 100 克。第一次从月球上取回样品
17	1970.11.10	—	11月17日在雨海软着陆 (北纬 38°17', 西经 35°)。第一次使用“月行车”1号 (重 756 千克)。1971年10月4日“月行车”结束了考察项目

续表

号	发射日期	重量 (千克)	主要情况
18	1971.9.2	—	预定 9 月 11 日在丰富海软着陆没有成功。到达月面的时候电波中断。着陆点在北纬 $3^{\circ}34'$ ，东经 $56^{\circ}30'$
19	1971.9.28	—	10 月 3 日成为孙卫星
20	1972.2.14	—	2 月 21 日在丰富海东北山区软着陆 (北纬 $3^{\circ}32'$ ，东经 $56^{\circ}33'$)。在月面钻孔深大约 30 厘米，取回样品重 50 克。25 日返回前苏联
21	1973.1.8	—	1 月 16 日在澄海东部着陆，地点在北纬 $25^{\circ}51'$ ，东经 $30^{\circ}27'$ 。应用“月行车”2 号，在月面作多种科学实验
22	1974.5.29	—	6 月 2 日成为孙卫星。进行了月球的电视摄影
23	1974.10.28	—	11 月 6 日在危海南部软着陆，由于取土装置失灵，没有完成自动取土工作
24	1976.8.9	—	8 月 14 日成为孙卫星。8 月 18 日在危海上软着陆，地点在北纬 $12^{\circ}45'$ ，东经 $62^{\circ}12'$ 。在月面进行深钻探，取回样品重 170 克

踏上月球

表 7 月球轨道飞行 2S (美国)

号	发射日期	成为孙卫星 的日期 年 月 日	撞击月面 的日期	探测结果
1	1966.8.10	1966.8.14	1966.10.29	拍摄了 215 张月面照片,并在月球附近拍了两张地球照片
2	1966.11.6	1966.11.10	1967.10.11	拍摄哥白尼环形山等月面照片 205 张
3	1967.2.4	1967.2.8	1967.10.9	拍摄了 211 张月面照片。但是因转送图像的发动机坏了,只送回 182 张
4	1967.5.4	1967.5.8	1967.10.6	拍摄了 163 张月面照片。覆盖了月面的 99%
5	1967.8.1	1967.8.5	1968.1.31	拍摄了 2133 张月面照片。覆盖了月面的 99%

美国的得意之作 ——“阿波罗”载人登月

“阿波罗”计划

50年代末及60年代初，前苏联连续获得三个“第一”：第一颗人造卫星上天，第一个月球探测器硬着陆月面，第一位宇航员加加林遨游太空一圈返回地球。尽管美国也获得两个“第一”（1960年4月第一颗气象卫星“泰罗斯”入轨，1962年7月第一颗有源通信卫星作试验性通信），但与前苏联对比之下，显然在刚起步的空间技术上落后于前苏联。因此，美国上下深深感到这是一个严重的政治问题。1961年4月22日加加林上天之后，美国就提出了赶超前苏联的口号，下定决心要显示一下美国的科学技术水平和国力。肯尼迪总统和约翰副总统召开科学顾问与专家会议，讨论“在俄国空间科学技术走在前面的情况下获得胜利的可能性”，并让与会专家们在1961年4月29日以前回答登月的可能性问题。

专家中只有布劳恩按时撰写了一份“载人绕月飞行与登月”的报告。1961年5月5日，宇航员艾伦·谢泼德乘“水星”号宇宙飞船成功进行了亚轨道飞行，证明美国具备摆脱空间困境的能力。1961年5月25日，美国政府完全采纳布劳

恩的设想，庄重地向世界宣告：8年后让美国人登上月球！这就是美国“阿波罗”登月计划的出台经过。美国政府除任命布劳恩为科学顾问外，还把这一重大空间计划交给他负责。在肯尼迪空间飞行中心入口处竖立着一尊肯尼迪总统半身铜像，下面镌刻着：“我相信，国家用10年时间即能达此目的！把人送上月球，并让他安全返回地球。”宇航局于1967年7月19日用加大推力的“德尔他”火箭把一颗“探险者35号”卫星（109千克）射入月球轨道，近月点804千米，远月点7400千米，倾角 147° ，旨在测量月球空间辐射，证明月球空间几乎完全无磁场、无辐射带或无电离层迹象。

前苏联成功地进行人类第一次宇宙飞行以后仅仅一个月，美国就决意要把人送到月球上去。

1961年5月25日，美国宣布：要在60年代结束以前把人送到月球，并且平安地返回地面。

人类登月旅行的计划第一次被明确提出来是1960年7月29日的事情。在制造商代表云集的会议上，美国宇航局发表了名叫“阿波罗”的新计划，提出了“‘水星’飞船以后，将以人类的登月作为奋斗目标”的新设想。

“阿波罗”是希腊神话中“太阳神”的名字。“太神阳”掌管诗歌、音乐和医学，和月亮女神阿尔特米斯是双胞胎，所以取这个名字作为登月旅行计划的名称。但是究竟用什么办法把人送到月球上去呢？这在当时还没有决定下来。

宇航局讨论了三种办法。一是使用超大型火箭，径直飞往月球，直接着陆；二是把宇宙飞船分做两部分，分别发射

到环绕地球的卫星轨道上，由宇航员把它们组装起来，奔往月球；三是飞船从环绕月球的轨道上发出渡船，使它在月面上软着陆，这就象大轮船在海洋中由小艇去靠岸跟码头联系一样。1962年7月11日，美国宇航局决定采用第三种办法——“渡船方式”，因为从时间、经费、实现的可能性等方面看，这个方式是最有希望的。

飞行的方式一经决定，相应地，火箭的大小、发射场的规模、宇宙船的形式等也就决定下来了。美国开始向着1969年年底这个带有限期的目标行动。从这时开始，仅仅有六年多的时间了。

作为发射用的火箭，研制了“土星5号”。这种火箭，直径是10米，高度包括“阿波罗”飞船是110米。

第一级火箭用煤油和液态氧作推进剂，火箭的燃料槽大约可以分别容下三台大型卡车，里面装有相当于4000桶容量的煤油（每桶容量200升），这些煤油用在大型喷气客机DC8上，可以在上海和旧金山之间往返六次多，但是用在这个火箭上只够燃烧2分半钟。

第二级、第三级火箭使用比煤油更有效率的液态氢作为燃料。火箭的总重量大约是2700吨，第一级火箭的推力大约是33320千牛，第二级推力大约是4410千牛，第三级推力大约是980千牛。

“土星5号”火箭在1967年完成试制，当年的11月9日进行发射，取得成功。

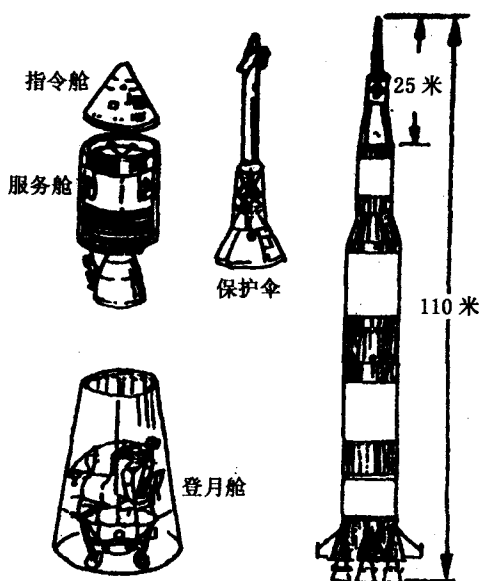


图 10 “阿波罗”飞船（左）和“土星”5号火箭（右）

载人登月前的勘查工作

虽然在初期探月时向月球空间发射了一些探测器和着陆器，发回大量图片及资料，但还缺乏这样的资料：应在何处着陆？怎样选择着陆点？着陆地点月面地质结构如何？为此目的，美国航宇局在人未登月前首先采用两种方法勘查月面：一是发射7个“勘查者”飞行器；二是发射月球轨道器，通过绕月飞行拍照和实地收集资料，科学家们才能提出登月具

体步骤。

美航宇局 1966 年 5 月 30 日用“宇宙神-半人马座”火箭发射的“勘查者 1 号”(995 千克)成功地软着陆月球,在月面停留 6 周,其中两周在月面的夜间停止工作,总共向地球发回 11237 幅图片,几乎都是高分辨率和采用滤光器的彩色照片。“勘查者 2 号”因登月的三台微调发动机中一台未能发动而失败。1967 年 4 月 17 日,“勘查者 3 号”(1035 千克)在月面白夭拍照,向地球发回预着陆点及其周围地形的约 6300 幅图片,使用飞行器携带的铲斗挖掘土壤,深度 18 厘米。通过观测和读数显示,月面土壤类似地球的湿海滩沙,这就足以保证人及其着陆器降落。“勘查者 4 号”飞向月球途中逃之夭夭。1967 年 9 月 8 日发射的“勘查者 5 号”(1005 千克)软着陆,进行了 α 辐射实验,采用放射性同位素照射土壤,首次测量月球土壤组分。1967 年 11 月 7 日,“勘查者 6 号”(1008 千克)软着陆后,发回 18006 幅电视画面,并作了第一次土壤化学分析。1986 年 1 月 7 日离开地球飞奔月球的“勘查者 7 号”,与前几个取样飞行有所不同,它是专为在赤道降落地点勘测而设计的,它落在月球南部高地内蒂科火山口外面,发回 21000 幅图片。“勘查者 7 号”实地调查了“阿波罗”飞船登月点和具有代表性的月面,证明勘查的一些地区有足够的支撑硬度,可以保证载人“阿波罗”飞船的月球舱降落。照片还表明月面有少量的碎石,可能妨碍载人着陆,这些情况对“阿波罗”飞船降落极为重要。

载人“阿波罗”飞船登月的最后准备阶段,是从月球赤

道上空对一个实际地点详细查看。载人“阿波罗”飞船可能降落范围约为 41500 平方千米，为此，美航宇局准备了 5 个月球轨道器。月球轨道器研制任务同“勘查者”飞行器任务同时进行，相互补充。

月球轨道器在飞向月球途中用自己的推进系统前进，中途修正，进入月球轨道后开始绕月飞行。最初轨道是近月点 200 千米，远月点 1850 千米。飞行几天后，在准备照相时再降低至近月点约 50 千米，以获取良好图片。每一个月球轨道器带有 80 米胶卷，可拍 210 幅照片。拍摄后，经轨道器的化学处理系统使胶片显象，每隔 40 分钟向地球发回一次图片。

1966 年 8 月，用“宇宙神-阿吉纳”火箭发射了第一个“月球轨道器 1 号”（385 千克），飞入月球轨道的参数是：近月点 40 千米，远月点 1865 千米，倾角 12° 。由于轨道器高分辨率照相机出了问题，只有中分辨率照相机工作正常，共完成 70% 的高空照相。1966 年 11 月 6 日发射的“月球轨道器 2 号”（390 千克），近月点 40 千米，远月点 1845 千米，倾角 11° ，向地球发回 184 幅电视画面，画面中有 13 个备选的“阿波罗”飞船着陆点。1967 年 2 月 5 日，“月球轨道器 3 号”（385 千克）进入月球空间后轨道参数是：近月点 40 千米，远月点 1845 千米，倾角 21° 。在轨道器上的胶卷推动电机失灵后，还向地球发回 184 幅图片，其中有 10 幅可以确定载人“阿波罗”飞船着陆点，加上“勘查者 1 号”给出的一个地点，就基本完成了载人“阿波罗”飞船登月活动最初的勘测目标。1967 年 5 月 4 日“月球轨道器 4 号”（390 千克）和

1967年8月“月球轨道器5号”(390千克)相继飞进月球极区轨道,拍摄了月球两极地区照片。前轨道器胶片模糊,也发回163幅图片;后轨道器向地球传输213幅图片。这两个最后月球轨道器拍的图片覆盖了99%的月面。

美国的第三代宇宙飞船

“阿波罗”计划的宇宙飞船是继“水星”、“双子座”两飞船以后美国研制的第三代宇宙飞船。它由指令舱、服务舱和登月舱三部分组成,在发射的时候还在指令舱上安装紧急脱险用的火箭。

踏上月球

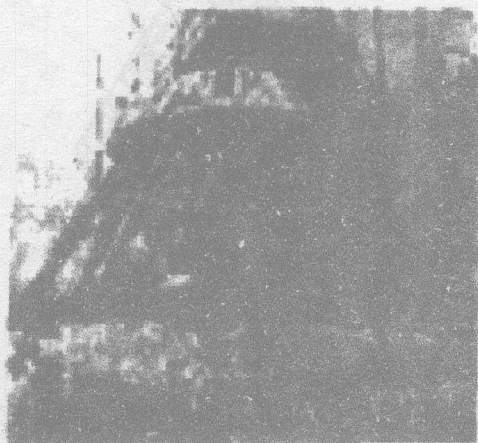


图11 “阿波罗”飞船的指令舱

指令舱是三名字航员在飞行期间居住的地方,备有宇宙飞船全部的操纵、制导等指令装置。登月旅行结束以后,在

飞船的各部分中，返回地球的，只有指令舱。

指令舱是圆锥形的，高 3.23 米，底面直径是 3.1 米，大约有一辆旅行汽车大小。发射的重量，包括三名宇航员的体重，大约是 5.9 吨。在飞行当中要消费掉姿势控制用的火箭的燃料，返回地球的时候要丢掉辅助降落伞，所以着陆的时候，指令舱的重量就只有 5.3 吨了。

指令舱被分隔成前部机械室、乘员室和后部机械室三部分。圆锥形的尖端部分是前部机械室，在那里装有返回地球时候使用的降落伞。

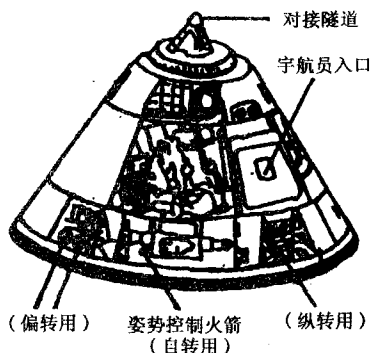


图 12 指令舱的结构

乘员室是三名宇航员居住的地方，兼作食堂、作业室、寝室、厕所和操纵室用。乘员室里有三个座席，它制作得象沙发长椅那样舒适。宇宙飞船进入轨道以后，中央座席可以放下，这样两名宇航员就可以同时立在仪器盘前。右边和左边的座席下有寝台，寝台上备有睡袋，可供两名宇航员睡眠。

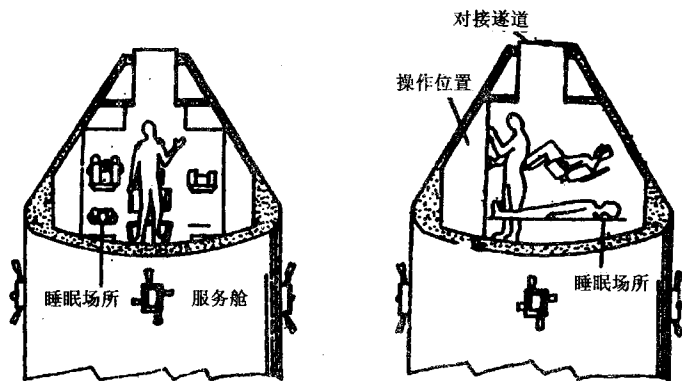


图 13 指令舱的内部（左图是正面看的情况）

乘员室的体积是 10 立方米，里面装有各类仪器和工具，宇航员可以自由利用的空间是 6 立方米，平均每人可用的空间是 2 立方米左右。

后部机械室在圆锥形船体的底部，室里装有姿势控制用的火箭燃料和氧化剂，以及为了把它们送出去而设的加压用的氦气箱、冰槽等。

在指令舱里有两扇观察窗，两扇会接窗，一扇舱口窗。观察窗是两扇边窗，设在靠椅的旁边，供宇航员摄影和观察用。会接窗在左右靠椅的末端，指令舱驾驶员可以从这两扇窗子往外望，来操纵、控制设备把指令舱和登月舱会合并衔接起来。

指令舱外壳有内外两层，象热水瓶那样，外层是由几层

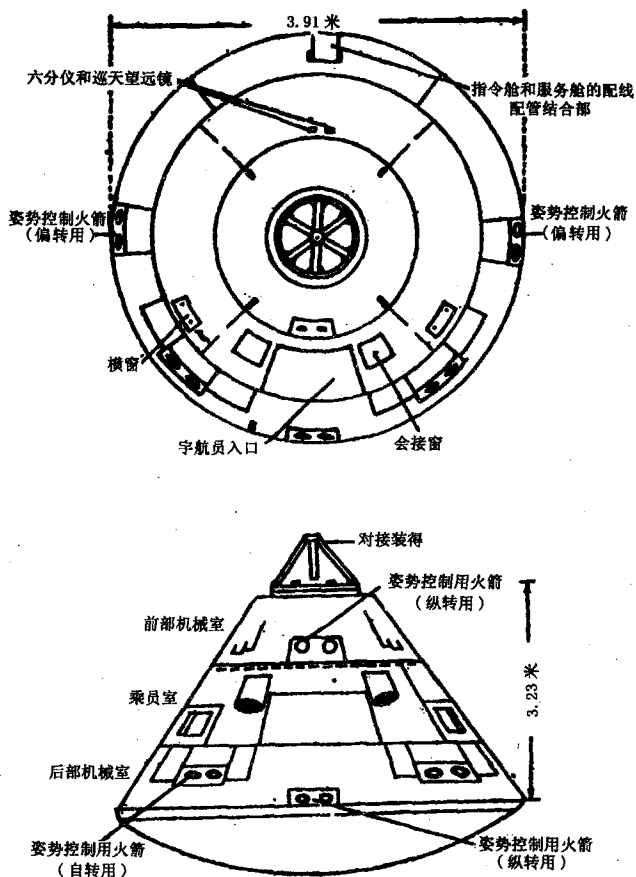


图 14 指令舱的外观
上, 俯视图; 下, 正视图

铜合金和不锈钢板做成，内层是由几层钛合金板和铝合金板做成的舱壁，内外层之间有蜂窝状的隔热层。内层是密封的，使乘员室里的氧气不会漏出来。

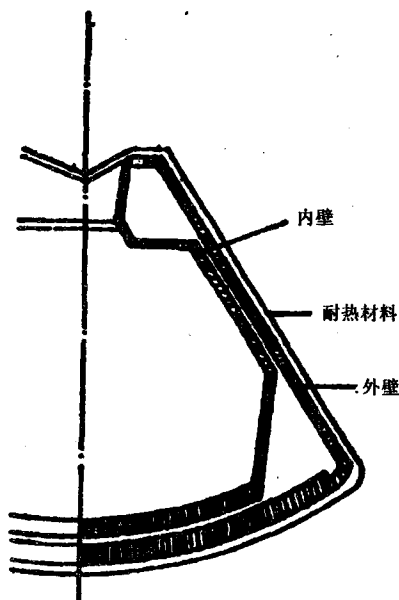


图 15 指令舱的双重壁结构

指令舱外壳上有厚厚的一层合成树脂的耐热材料。耐热材料的厚度，在底面部分大约是 7 厘米，而在侧壁和舱头部分是 2 厘米，它的重量大约 1.4 吨。

服务舱附在指令舱的下端，呈圆筒形，直径 3.9 米，高 7.37 米。在舱的下端装有在真空中可以产生 91.14 千牛推力的火箭发动机。在飞行途中修正飞船轨道，在到达月球附近的时候逆喷射、减速，进入环绕月球轨道，或在脱离环绕月

球轨道、返回地球的时候，都要使用这个火箭。

在服务舱的外壁，带有4个十字型的姿势控制火箭。

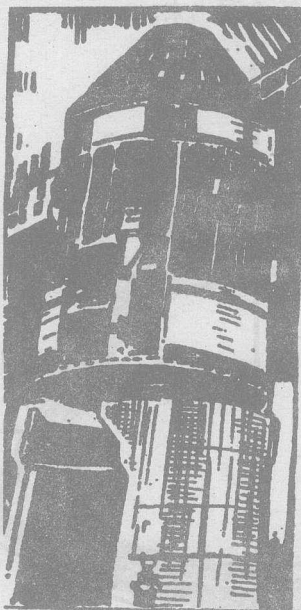


图 16 “阿波罗”飞船的服务舱（上部圆锥部分是指令舱）

舱里装有供这些火箭使用的燃料和氧化剂、燃料电池和宇航员呼吸用的氧气等。在没有装入这些东西以前，舱重 5.2 吨，装入以后舱重 25 吨。

服务舱和指令舱的各种装置是按可以飞行 14 天的要求设计的，食粮和氧气也按照可以供 14 天使用的份量装入。

登月舱在火箭发射的时候是放在服务舱下面、第三节火箭顶部的金属罩里的。飞船进入奔月轨道以后，指令舱和服

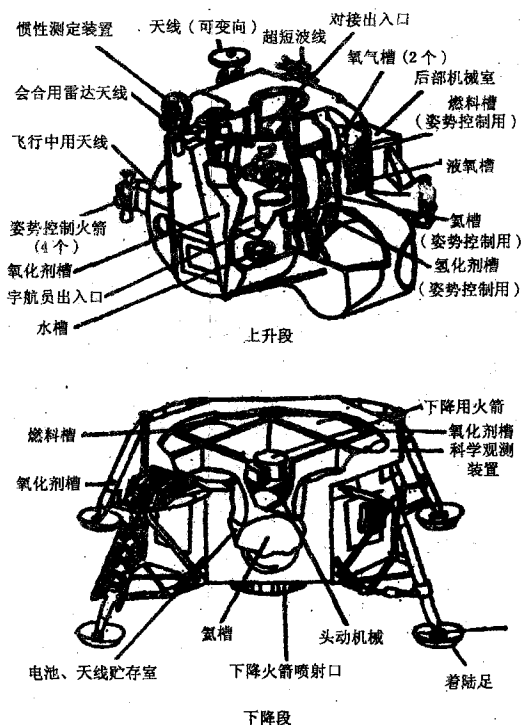


图 17 登月舱的上升段和下降段

务舱（合起来叫做母船）跟第三级火箭的顶部分离，旋转180°，指令舱的圆锥顶部对准登月舱，并且跟它对接。

指令舱和登月舱之间有直径80厘米的“隧道”，通过这条“隧道”，宇航员可以在指令舱和登月舱之间通行。

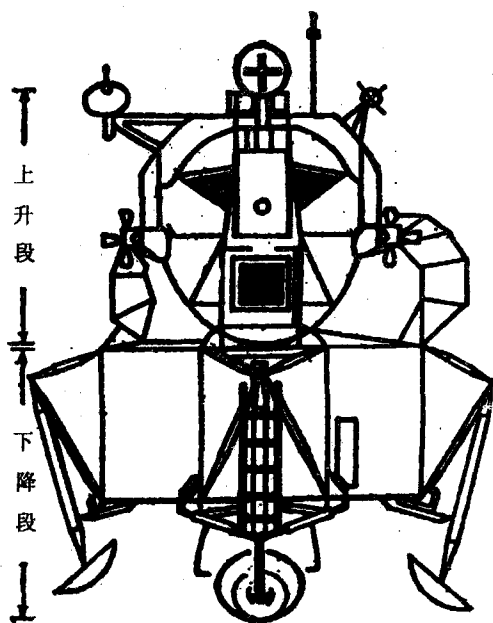


图 18 登月舱整体图

上升段：高 3.76 米，直径 4.30 米，重 2.2 吨，

下降段：高 3.23 米，直径（台的部分）4.3 米，重 1.9 吨

登月舱由下降段和上升段两部分组成，总高度 6.99 米，4 支底脚延伸时候的直径是 9.45 米，如果包括火箭的燃料，重量是 14.7 吨，除掉以后的重量是 4.1 吨。

在下降段装有登月舱向月面降落减速使用的逆喷射火箭，并且备有火箭的燃料、氧化剂槽、水和氧气槽，还有调

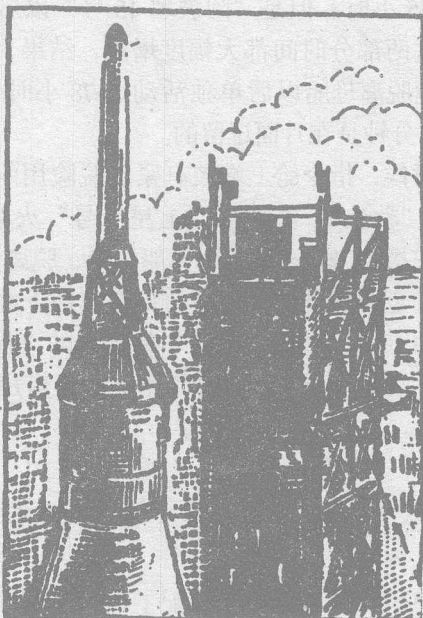


图 19 紧急脱险用火箭

查月面的科学仪器。下降段在上升段飞离月面的时候又起发射架的作用。

在上升段有乘员室，两名宇航员可以利用的空间是 4.5 立方米，室里设有座席，宇航员是站着操作的。室里充满了 $1/3$ 个大气压的纯氧气，气温调节在 24°C 。

从“阿波罗 11 号”到“阿波罗 14 号”，登月舱里氧气、水、电池等的份量都是按登月舱离开母船以后可以活动 48 小时来设计的。扣除下降的时间和上升段飞离月面和母船对接的时间，乘坐登月舱的两名宇航员实际可以在月面逗留的时

间最多只有 35 小时。但是“阿波罗 15 号”以后，由于设计上的改进，这两部分时间都大幅度增加，结果，“阿波罗 15 号”的登月舱脱离母船以后单独活动了 78 小时 50 分钟，其中 66 小时 55 分钟是在月面逗留的。

发射的时候，指令舱上端装有紧急脱险用的火箭，也叫“逃逸塔”或“救生塔”。如果“土星 5 号”火箭发生故障，救生塔可以按指令启动，把整个飞船拉走，脱离“土星 5 号”火箭，送到安全的高空。救生塔的长度包括下端的燃料库和保护外壳共约 10 米，重 3.6 吨，本体部分的直径是 66 厘米，保护外壳的下端部分的直径是 1.2 米。救生塔用的火箭使用固体推进剂。

宏大的“阿波罗”装配工程

世界上恐怕再也没有什么装配工程可以与“阿波罗”飞船的装配相比了。“土星 5 号”火箭和“阿波罗 11 号”飞船有 7000 万个元件，这件工程不仅元件多，而且要求是极为精细的。元件可靠性按规定要达到 99.9999%，也就是说在 100 万次动作中，只允许有一次失灵，它的工作元件往往要持续安全运行 1 亿 ~ 10 亿小时。如果它的可靠性只有 99.9%，那么在飞行中，可能有 7000 多个机件出现故障。后面我们就会看到，一个小小的元件是怎样造成了大事故的。

装配飞船的工作在美国的东南海岸的卡纳维拉尔角进行。这里是美国的宇航中心——肯尼迪宇航中心。说来有趣，这个巨大的发射场竟是美国的一个自然保护区，四周种有几万亩桔树，是一个风景秀丽的地方。在这儿矗立着一座巨大

的建筑物，高 160 多米，正面宽 210 米，纵深 150 多米，有时白云似乎在它上面飘动，这就是飞船的装配大楼。为了建筑这座世界上体积最大的建筑物，美国花费了 1.09 亿美元。工程技术人员在这里把所有的元件、零部件装在一个高达 150 米的流动发射架上，对飞船进行竖直装配。装配完毕后，火箭和飞船随着流动发射架一起运到发射场地。这可是一件非常困难的工作，因为它们实在是太重了，连发射架一起，总共有 8000 多吨重，这么重的家伙还要竖直运输，可怎么办呢？工程师们设计了两辆世界上最大的平板车来移动它们。这种平板车每辆长 40 多米，近 40 米宽，有一层楼那么高，车上安装着 18 台强大的发动机作动力，每辆车造价高达 500 万美元。好家伙，这么重的庞然大物还不把地面压个大坑吗？为了解决这个问题，专门修了近 2.5 千米、足有 2 米多厚的水泥路。平板车在水泥路上以每秒 40 厘米左右的速度，也就相当于人步行的速度吧，慢吞吞地把这个家伙拉到发射场。到了发射场后，“阿波罗”就被固定到水泥发射台上，然后把流动发射架拉走。发射台下还有“地道”，目的是在火箭点火时，从这里排出高温火焰，以免烧坏火箭和发射场。发射之前，有一个勤务塔，伸开双臂抱住飞船，支撑着电缆和导管，对火箭供电、测试和灌注推进剂。在发射场几百米外，有地下发射控制中心，这就是火箭发射的现场指挥部。而整个飞行期间的地面控制中心，则远在 1400 多千米外的休斯敦。

为了这次登月活动，美国付出了巨大的代价，到“阿波罗”11 发射为止，已付出 50 亿美元的开支。这可能使我们吃惊，但是，历史不仅是金钱，还包括了更重要的东西。当后代人站在新的起点上，回过头来读这一段历史的时候，他们

会由衷地赞赏这一代人的勇气，这笔花费就会被人忘掉了。

拉开载人登月的帷幕

把三位宇航员乘坐的 45 吨重“阿波罗”宇宙飞船一举送上距离地球约 39 万千米的月球上，并不是一件轻而易举的事，需要强大推力的运载火箭。美国从 1962 年 5 月起，让布劳恩工作组设计运载“阿波罗”飞船用的火箭，这就是闻名世界的大推力“土星 5 号”火箭。经过 5 年紧张研制工作，终于在 1967 年 11 月 9 日用三级“土星 5 号”运载火箭载着“阿波罗 4 号”（重 20408 千克）从肯尼迪空间中心腾空而起，从而使空间时代火箭发展达到登峰造极的程度。“土星 5 号”第一级装有 5 台发动机，每台推力 6664 千牛，总推力 33320 千牛，等于 3000 辆小型汽车力量的总和。由此可见，火箭发出的威力是无比强大的。火箭高 110 米，相当于 36 层楼房高度，最大直径 10 米，重 2820 吨，它能把重 126 吨的大型空间站送入近地轨道（前苏联 1987 年 7 月才把它的巨型“能源”号火箭首次试射成功，该火箭也只能将 100 吨重的空间站推到近地空间），能把 27 吨重的宇宙飞船射入火星轨道（当时布劳恩已设计出载人“火星”宇宙飞船）。美国用“土星 5 号”发射了 17 艘“阿波罗”宇宙飞船及一个重 76 吨的天空实验室，无一次因火箭故障而失败。“土星 5 号”在发射时威力俨如地震时的地动山摇，曾把距离肯尼迪空间中心发射台 48 千米远的哥伦比亚广播公司电视塔震塌。它发出的轰鸣声与 1883 年印尼松达峡的火山爆发声音相似。第一级发动机产生的空气冲击波，连 1770 千米外的纽约帕里萨得塞的拉

蒙特多尔蒂地质观测站的仪器都能探测出来。

“阿波罗 1 号”至“阿波罗 5 号”宇宙飞船的任务是完成准备飞行工作。1968 年 4 月 4 日，不载人的“阿波罗 6 号”进入地球轨道；同年 10 月 11~22 日，“阿波罗 7 号”载着三名宇航员绕地飞行 163 圈，历时 26 小时 9 分，验证了“阿波罗”飞船载人的能力；同年 12 月 21~27 日，“阿波罗 8 号”载着三名字航员第一次飞到距月球 112 千米的高度，巡视月面及其着陆点周围环境，并从近月轨道上拍回了地球电视图片，之后返回地球，溅落在太平洋夏威夷附近海面上；1969 年 3 月 3~13 日，三名字航员乘“阿波罗 9 号”第一次绕地球飞行，试验“阿波罗”的指令舱和服务舱，评价月球舱，是一次地球轨道的登月预演；同年 5 月 18~26 日，“阿波罗 10 号”带着三名字航员飞到离月面 15 千米的上空，进行会合、对接、分离，以及返回地球飞行。1969 年 7 月 16 日，美国向全世界宣布：1969 年 7 月 20 日，载着三名字航员的“阿波罗 11 号”（指令长尼尔·阿姆斯特朗，月球舱驾驶员埃德温·奥尔德林，指令舱驾驶员迈克尔·柯林斯）将进行首次登月活动。

“阿波罗”第一次环绕月球飞行

“土星 5 号”火箭发射场建设在佛罗里达州卡纳维拉尔角（一度改称肯尼迪角，1973 年又恢复原名）附近的梅里特岛。那里占地大约 385 平方千米，1962 年夏天开始在那里建设宇宙中心。建筑和设施分工场地区和发射地区两部分。在工场地区以中央本部为主，有“阿波罗”飞船的组装和检查工场，

折叠降落伞并进行实验的大楼，机械类检查工场，振动实验工场。此外还有宇航员的居住设施以及邮局、消防署、医院、加油站、直升飞机场等，全部共有 50 多个建筑物。



图 20 “阿波罗 9 号”里的宇航员从指令舱出来
在发射地区有垂直组装机（把“土星 5 号”火箭垂直地立起组装）、发射控制中心、发射台等。

这个中心完成后，最初的“土星 5 号”火箭是在 1967 年 11 月 9 日发射的，接着又发射了不载人的 2 号机，1968 年 12 月 21 日发射了 3 号机，载着三名字航员，飞往环绕月球的轨道。

这三名字航员是博尔曼、洛弗尔和安德斯。宇宙飞船就是“阿波罗 8 号”，登月舱当时还没有完成，所以只使用指令

舱和服务舱。

关于这次飞行，英国焦德班克射电天文台的一个科学家事先认为：“这完全是愚蠢的行为，三名宇航员也许永远不能返回地面。”对于这次飞行的安全性持有这种疑问的人很多，但是美国仍然决定把这艘宇宙飞船送到月球附近。

这次飞行极为顺利，发射以后 55 小时 39 分钟，“阿波罗 8 号”到达距离月球 62 000 千米的地方，进入月球引力范围。逆喷射也获得成功，宇宙飞船在发射以后 69 小时 12 分钟进入环绕月球轨道。

三名宇航员通过电视向地球转播月面情况。洛弗尔报告说：“月球几乎是灰色的。可以看到烧石膏或浓灰色的砂石。环形山的所有棱角都被去掉，变成圆的。朗格林诺斯是非常大的环形山，在中心有圆锥形的山。环形山的内壁呈阶梯状，从上到下有六七十个阶梯，……”

“阿波罗 8 号”在环绕月球第三圈以后修正了自己的轨道，近月点 111.2 千米，远月点 114.8 千米，后来又接近到距离月球 100 千米的地方。

环绕月球 10 圈以后，“阿波罗 8 号”服务舱的主发动机发动，飞船进入归还地球的轨道，接近地球。

宇航员安德斯说：“这是幻想的旅行。而且完全是用帆船旅行的人所感受的心情。旅行结束，返回母港和返回家乡的那种幸福感完全交织在一起。”

“阿波罗 8 号”结束了 146 小时 59 分钟的飞行，1968 年 12 月 27 日平安地在中部太平洋的预定海域溅落。

接着 1969 年 3 月 3 日发射了“阿波罗 9 号”。这次飞行的目的是在环绕地球的卫星轨道上测试刚刚完成的登月舱。

参加飞行的三名宇航员是麦克迪维特、斯科特和施韦卡特。飞船进入轨道以后，麦克迪维特、施韦卡特从指令舱移入登月舱。登月舱在6小时20分钟的时间里离开指令舱，作单独飞行，并作了姿势控制火箭和下降用火箭的喷射试验。这时，斯科特穿上月面用的宇宙服，进行宇宙游泳，确认宇宙服的性能。随后，开动登月舱上升用的火箭，飞近母船并和它对接。

首次载人登月的“阿波罗11号”

美国，佛罗里达州，肯尼迪宇航中心。

1996年7月16日。拂晓前，三名宇航员正在酣睡。在飞行前的这一段时间里，他们受到了严密的警戒，倒不是怕人暗算，而是为了防止意外事故和传染上疾病，任何可能传染给他们疾病的人都不准接触。为了准备这次飞行，他们已经付出了巨大的努力，离开地球前，可得让他们美美地睡上一觉。

灰白色的天幕下，39号A发射台上，矗立着一柄刺向苍天的利箭——高达110米的“土星五号”和“阿波罗11号”宇宙飞船。冯·布劳恩带领一大群科学家、工程师连夜进行着起飞的最后一次检查，一切都非常令人满意。

美国东部时间4点整，三名宇航员被叫醒，医生最后一次为他们作了身体检查。用过早餐后，别人帮他们穿上厚厚的宇宙服，乘专车来到了发射场地。透过头盔，人们可以看到他们在微笑。宇航员通过升降机被提升到98米的高度，依次进入到“阿波罗”11的指令舱中。

地面勤务塔迅速地向火箭灌注液体推进剂。发射前的倒

计数告诉人们，距离火箭发射还有多少时间：“3 小时……2 小时 10 分……1 小时 30 分……”，地面指挥中心不停地报着数。在最后 1 小时里，要求报出每秒数。每个人都清楚地知道，哪一秒应该干什么事，到哪一秒结束。

宇航员爬进指令舱后，半躺半坐地固定在座位上。此刻，在飞船几千米范围内，只有宇航员和少数一些地面勤务人员。这最后的时刻是非常危险的，火箭里填充了 5000 万升高效的燃料，任何一点火焰都可能导致不可想象的事故。为了预防万一，还设计了一条逃生之路，宇航员可以通过一条长长的管子进入火箭下边的一个深洞里。但是，实际上是几乎没有时间到达那个深洞的。

倒计时在不停地数着，“44 分……40 分 10 秒……40 分”。通往“阿波罗”11 的入口已经锁上，宇航员与世隔绝了。

在发射场外的海边，100 多万人早已从帐篷中出来了。他们是从世界和美国各地专程来看“阿波罗”11 发射的，这里还有 3000 多名记者。当太阳升起时，他们点起无数炉火做起早饭来，炉火、炊烟、彩霞、人群、青山、绿树，构成了一幅绚丽的风景画。

与此同时，远在 1400 多千米之外的休斯敦控制中心，几百人的眼睛盯着仪表。通过电视屏幕，他们可以及时发现飞船里任何一点错误或事故的迹象。这些复杂的控制工作由 5 台大型计算机来进行，它们随时存储有关宇航中的数据资料，并立即进行处理，发出纠正毛病的指令。这些控制人员头脑敏锐，技术熟练，可以对付任何棘手的问题。宇航员对他们是十分信赖的。

指令舱里，三名宇航员为起飞前的准备而紧张地忙碌着。

“一切良好，准备起飞！”随着宇航员这简单的报告，地面也立即回报，“一切顺利，准备起飞！”指令长阿姆斯特朗对此极为高兴，他立即答复说：“非常感谢，我们知道这将是一次满有把握的飞行！”

发射场上，阳光灿烂，盛夏的阳光照在大地上，人们完全忘了这一切。100 多万人屏住气，静静地等待着起飞的一刹那，而世界各地几亿人在电视机前也在全神贯注地等待着。

起飞前 10 秒。水倾注进环绕“阿波罗”的深井里，一旦发生爆炸，这些水将把火焰控制在一个封闭的圈子里。

起飞前 8 秒。“土星五号”火箭的第一级火箭的 5 台发动机点火，炽热的火焰立即从火箭中喷射出来。这火焰是那么亮以至人的眼睛无法忍受，这火焰是那么亮，它使周围的世界都变暗了。尖利的轰鸣伴随着蒸腾而起的烟雾迸发出来，轰鸣声一声接一声，震耳欲聋，令人心颤……

最后 2 秒。

发动机的声音越来越大，传到几千米之外，这时每秒要燃烧 4000 多千克的燃料。

9 点 32 分整。

飞船的最后一个控制开关打开，一个瞬息之间的暂停之后，近 3000 吨的“阿波罗 11 号”宇宙飞船，慢慢地升入天空。当它飞到大西洋上空时，成百万人的眼睛也跟着转了过去。人们欢呼着、跳跃着，庆贺发射成功。海岸边的儿童用大写字母在沙滩上写下“好运气”这几个字，表达他们的良好祝愿。也许宇航员在对地球说“再见”时能看到这个贺词吧！

起飞时间一到，就由倒计时变为正计数了。起飞 2 分 30

秒后，“阿波罗”11号以每秒3.13千米的速度向上爬升。飞船继续加速爬升，当飞船飞到距地球64千米的高空时，“土星”五号的第一级火箭“弹尽粮绝”，告别飞船坠落了。几分钟后，当第二级火箭把飞船送入到160千米的高空时，它自己也坠落了。当第三级火箭点火后，飞船很快就接近了人造卫星的环绕速度，随之进入了地球轨道。这时发动机暂时熄火待命。

“真棒！”阿姆斯特朗向地面控制中心说，显然他们对这次远航的良好开端格外高兴。到了这个时候，宇航员可以取下头盔舒服一下了。在脱离地球轨道前，有大量工作等着他们，“阿波罗”的每一部份都得仔细检查，在这一过程中，地面中心和宇航员之间频繁传递着消息和各项指令。

3小时后，“阿波罗11号”彻底检查完毕。“一切正常！”对此，宇航员和地面控制中心都表示满意。这样，地面控制中心同意“阿波罗11号”改变方向，脱离地球轨道，开始向月球进发。当然，此时他们不能正对着月球飞，因为月球是不停地转动着的，飞船飞到月球要3天。如果现在就对准月球，那么3天后就不知要落到哪里了。因此，宇航员所选择的方向必须是3天以后月球所在的位置，这也就是他们要降落的方位。随着地面的指令，第三级火箭又一次点火，飞船转动着脱离了地球轨道，随后升到一个新的高度。这时飞船已接近第二宇宙速度，地球引力已经对它无能为力了。带着人类的希望，宇航员沿着一条准确的路线，向月球飞去。

5小时后，宇航员把耗尽燃料的第三级火箭和登月舱蒙皮一起甩到宇宙空间。在此之前，母舱（指令舱与服务舱合在一起的称呼）与第三级火箭分离，并转体180°，准备与登

月舱对接。我们知道，发射飞船的时候，指令舱是位于最上面的，因为这是最安全的位置，它上面还有救生火箭，一旦出事可以靠它把指令舱带走。可是登月的时候，就得把登月舱放在前面了，以便宇航员通过指令舱与登月舱之间的通道进入登月舱。完成了掉头对接工作之后，宇航员颇有兴味地观赏着漆黑的宇宙空间，甚至还有闲暇为登月舱和母舱分别起了名字，前者叫“鹰”，后者叫“哥伦比亚”。你们还记得，凡尔纳的那部小说中，那个大炮弹的名字也叫“哥伦比亚”。

宇航生活是严格按照预先规定的时间表进行的。有时为了稍稍调整一下航向，他们就把“哥伦比亚”的发动机开动起来。为了使飞船的各个部份都均匀地承受太阳的“关怀”，有时还得人为地控制飞船，慢慢地向前滚动着飞行。地球上的电视屏幕可以看到这一切，然而人们最感兴趣的还是宇航员在舱内的活动。

宇航员在舷窗口凭窗远望，饶有兴致地描述着下面的景色。整个南美洲一目了然。绿色的不列颠岛尽收眼底，褐色的非洲沙漠映衬着深蓝的大海，那明亮的一条显然是正在升起的太阳光带。宇航员还可以清楚地看到雨云的形成，于是他们告诉休斯敦，一场倾盆大雨就要降临，请快做好准备。

看得出宇航员很喜欢失重状态，特别愿意在舱内飘浮。为了让“家乡”的观众也分享这种乐趣，他们常常表演他们“自编自演”的失重“舞蹈”。柯林斯是这样描述飞船内的生活的，“我们的确有一个幸福的家，这儿为我们三个人提供了许多‘房间’，我们可以在任何一个地方，找到一个最喜欢的角落坐下、躺下。如果你飘浮累了的话，就可以在某一个角落休息一下，而这似乎更象个‘家’，”在飞船里，宇航员就



是这样“到处为家。”

电视上展现了宇航员就餐的情形。这时候宇航员吃的还是“管子食品”。吃的时候用喷水枪把水打入管子或小袋里，当水与食物挤到均匀混合时，就可以进餐了。散的食物必须装进袋里，以保持舱内的清洁。电视还显示出宇航员睡觉的情形，他们看来睡眠状态良好，常常一睡就是七八个小时，地面控制中心的仪器显示出他们的心脏功能正常。三个人谁也没有忧虑，他们有许多工作要做，照顾仪器，听地面的指令，收地面来的新闻消息，忙得他们简直没时间忧虑了。

发射后的第三天中午 12 点，飞船进入了月球的引力范围之内。良机不可错过，趁飞船还没有进入月球轨道之前，宇航员们又一次饱览了遥远的天边的地球风光：地球不过是蓝色天空中一颗明亮的小球而已，它那奇妙的光使宇航员感到惊异。“地球光”比我们站在地球上看到的月光亮多了，因此，宇航员完全可以借“地球光”作一切准备。然而，此物呈现在宇航员面前的月球却是硕大无比的，“如此妙不可言的月球景色，真值得花钱来一趟”，宇航员们赞叹地说。

准备进入月球轨道的时候，宇航员必须重新穿上宇宙服（飞行途中他们可以穿比较舒服的宇航服）。电视摄像机又开始工作，向地球上的观众播映宇航员们的工作情况。为了保持绕月球飞行的正确姿态，飞船上的发动机向前方喷出气体，同时还可以减速。当“阿波罗”飞船绕到月球背面的时候，无线电联络中断了。这是一段令人焦急的时候，因为在这期间，地面控制中心无法对飞船进行指挥，只好凭宇航员自己的技术和知识了。

转入月球背面之后，宇航员改变了飞船的航向。在休斯

敦地面中心里，呈现着死一般地寂静。半个多小时内，没有人知道这次危险的行动是否会成功。这半小时对地球上的人们来说，真可以说是“度时如年”了，这个时候，他们不是用分，而是用秒在计算着、等待着。35分钟后，休斯敦地面中心终于按时听到了阿姆斯特朗响亮而清晰的声音：“正确，好！”“阿波罗”飞船顺利进入了月球的等待轨道。休斯敦仔细地听着他们的报告，随后命令他们准备登月。

登月之前，还要使“哥伦比亚”与“鹰”分离。指令长阿姆斯特朗和登月舱“鹰”的驾驶员奥尔德林通过通道爬进了登月舱“鹰”中，并随手锁上了舱门。以后“哥伦比亚”就要由柯林斯单独控制了。三个人用5个小时的时间再一次详细检查了每一部设备和仪器。当飞船再一次飞到月球背面的时候，又一个宇航动作即将完成，“鹰”与“哥伦比亚”就要一分为二。当飞船从月球那边绕过来时，柯林斯操纵分离手柄，两舱分离成功。无线电话传来阿姆斯特朗兴奋的声音：“‘鹰’展开翅膀了！”

“鹰”处在向月球降落的斜线上，而“哥伦比亚”则在等待轨道上继续飞行，等待着“鹰”登月后返回。

摆在两位宇航员面前还有两种选择，他们必须迅速作出反应。或者按计划实现月球着陆，或者由于航线不象原来探测的那么理想，不适于登陆，仍然可以返回“哥伦比亚”。但是，“鹰”的两名驾驶员不赞成那种半途而废的作法，还没有前进，怎么就想着后退？他们毫不犹豫选择了前者。阿姆斯特朗和奥尔德林又仔细检查了“鹰”的每一部份之后，果断地按下了降落电钮。下降火箭向着月面方向排气，以减小降落速度，两名宇航员全神贯注地注视着仪表。休斯敦方向也



仔细地看电视并通过计算机，向他们报告技术数据，下达指令。

“高度 14000 米……10000 米……3000 米……1000 米……”月球与地球之间频繁交换着消息。休斯敦命令：“开始登月！”。“鹰”按照指令做好登月前的一切准备。忽然，阿姆斯特朗看到月面大地上到处是巨大的岩石，这对那长着娇嫩“皮肤”的“鹰”来说，可不是个好的降落地点。于是，阿姆斯特朗做了一些调整，以避免这些岩石。然而下降到距地面 150 米处上空时，他意识到处在危险之中了，原来他们飞进一个巨石环抱的环形山口中。这时仪器已不能帮助他们找到合适的着陆地点了，只有靠飞行员的良好技术，“鹰”才能飞到平坦的地方。

宇航员看到不远处有一块平坦的地方，于是他们把速度降低到每秒 2 米……0.7 米……0.15 米……高度由 22 米……5 米……9 米……然而到了这个地步，宇航员还是不能确定，是否可以安全下降。如果下降角度不对，登月舱一只脚折断，那么他们就不能从月球起飞，后果就不堪设想了。

令人心焦的几秒钟过后，“绿灯亮了！”一声响亮的报告打破了休斯敦地面中心的寂静，当“鹰”的四只长脚稳稳地接触到月球地面的时候，阿姆斯特朗向地球发出了这样的报告。接着他又继续报告说：“‘鹰’已着陆”。远在几十万千米外的地球上，听众们如释重负地长嘘了一口气。

1969 年 7 月 21 日 16 时 17 分，登月的梦幻终于成了现实。这是几代人努力的结果，这是人类征服宇宙的胜利。空间技术的先驱者们地下有知，也会由衷地感谢这一代人的。

在休斯敦控制中心，在世界各地，数不清的笑脸注视着电视屏幕。当“鹰”收到休斯敦的贺电后，阿姆斯特朗以特有的方式答谢说：“有两个人在月球上！”此刻啊，两个人代表了整个人类！但是，绕月球飞行的柯林斯则补充说：“别忘了，还有一个人在指令舱里！”

坐在“鹰”里的两名字航员转动头盔，向舷窗外望去。没有月亮女神，没有青山秀水，呈现在他们面前的是一个凹凸不平的灰色世界，到处是巨大的坑穴和大块岩石。要看的東西太多了，但是不能为此耽误时间了，工作程序不允许这样。宇航员开始就餐，这是人类到达月球的第一顿饭，饭是很简单的。按照原定的计划，就餐后宇航员应该睡一觉，以解除长途旅行的疲劳。但是，两位宇航员急于亲眼见一见另一个世界，他们要求提前行动。休斯敦审慎地答应了他们的要求。两名字航员穿上了舱外宇宙服，虽然衣服很重，但是这点份量在月球上算不了什么。

经过周密的准备，登月6小时后，“鹰”的门打开了，阿姆斯特朗到了舱门口，站到了舷梯的最高一层上，自动摄影机开始工作。电视屏幕上很快出现了这样的画面：一个“衣服”臃肿的人笨手笨脚地侧身爬下阶梯，在黑漆漆的大地上，人象一个灰色的影子。当他爬到梯底时，传来了一个清晰的声音，“‘鹰’的脚插进月球灰里约二三英寸（1英寸=2.54厘米），月球灰象是细微的砂粒”，接着他又说：“我走出登月舱了！”这是阿姆斯特朗。随着话音，阿姆斯特朗抬起左脚，第一次接触到月球的土地。

历史上可曾有过什么人，他迈出的一步，受到几亿人如此关注的吗？阿姆斯特朗以哲学家的语言说道：“对于一个人

来说，这是一小步，可是对于全人类来说，这却是一次飞跃”。

阿姆斯特朗迈开双腿，小心翼翼地前进了，随着这一步的迈出，一些科学家的担忧可以解除了。原来认为，月面布满了厚厚的火山灰层，可是他并没有深陷在月球灰尘中，四处走动并不困难。尽管在“鹰”的暗影下比较黑，他还是可以清楚地看到周围的一切。休斯敦控制中心里的医生们注意观察着他的行动，看不出这位宇航员有任何病态的反应。

环视了一下四周的情况之后，阿姆斯特朗开始用摄影机拍照，他打算把更多的照片带回地球。可是，休斯敦的控制人员有些着急了，不得不再催促他赶快收集月球岩石标本。各国的科学家希望得到一些月球岩石标本来研究，而这要取决于宇航员们的行动。因此，他们担心阿姆斯特朗一旦发生意外，被迫离开月球的话，匆忙之间可能把收集月球岩石的事情置之脑后。但是，阿姆斯特朗有充分的时间干这件事，他采集了一块岩石，谨慎地把它放在特制的口袋里。

阿姆斯特朗走下舷梯后 18 分钟，“鹰”号的驾驶员奥尔德林也踏上了月球的大地。他的第一句话是“太好了，太好了！”也许这简单的句子最能表达此时此地此人的心情了。当这两位宇航员开始走的时候，感到难以保持平衡，像喝醉酒的人一样，头重脚轻。后来他们逐渐就习惯了，学会了在月面上象电影慢镜头那样飘浮地行走。他们的下一个行动是把一块金属牌竖立在月球大地上。站立在这块牌子前面，他们俩默念着上面的一行字：

“公元 1969 年 7 月，来自行星地球上的人类，首次登上月球，我们为全人类的和平而来”。

拜访月球的每一分、每一秒都是很紧张的。随后他们仔细地检查了“鹰”，看它是否在着陆中受到损坏，结果是“鹰”丝毫没被损坏。

为了进行科学实验，他们从“鹰”里搬出了一些仪器，主要有“地震仪”、“激光反射器”。正是通过这些仪器，在“阿波罗”11返回地球后，科学家能得到月球上的重要资料。

两位宇航员在月球上共活动了两个半小时。在这期间，指令长负责收集岩石，奥尔德林用摄影机拍摄月球景色。在最后的几分钟里，他们紧张地工作，把在月球上采集的每样东西都塞到背上的袋子里，然后奥尔德林拖着袋子爬回“鹰”里。为了减轻起飞的重量，他们抛弃了一些曾经在月球上使用过的宝贵的仪器。做完这一切之后，两名宇航员显得疲惫不堪了。爬回“鹰”号后，他们按照规定的程序，吃了第二顿饭后才开始睡觉。唉，地方太小了，两位宇航员只好委屈一下了，指令长坐到发动机盖上，而驾驶员奥尔德林躺到了地板上。

两名地球使者在异乡的土地上进入了梦境，与此同时，世界上最孤独的人柯林斯，依然驾驶着“哥伦比亚”在月球轨道上飞行着。

在月球上起飞是这次航行中最令人焦急的时刻之一。“鹰”起飞的动力只有一台小功率的发动机，一旦发动机出了毛病，哪怕是一个锁片松动，一个销子有点缺陷，都可能导致起飞失败。如果那样，两名宇航员则哭天天不应，叫地地不灵。

怎么起飞呢？“鹰”的下半段实际上就是一个小型发射台，上半段的火箭发动机点火起飞，把“鹰”推上天。随着休斯敦的起飞指令，宇航员向活动了22小时的月球告别。阿

姆斯特朗又开始倒计时，“5……3……1……0”“起飞！”发动机点火，“鹰”开始升入高空。上升段的火箭寿命只有7分钟，它必须在燃料耗尽前把“鹰”送入月球轨道。科学家们的辛勤劳动没有白费，“鹰”在顺利上升，越升越高。不到7分钟，休斯敦收到了阿姆斯特朗的报告：“‘鹰’已平安进入轨道”，地面立即回答：“全世界为你们骄傲！”

“鹰”飞行了19000千米后，逐渐追上了母舱“哥伦比亚”号。不久，“哥伦比亚”和“鹰”一起消失在月球的后面，并逐渐向一起靠拢。当它们再次出现时，人们看到，“哥伦比亚”和“鹰”是并排前进的。柯林斯聚精会神地操纵着“哥伦比亚”，慢慢地向“鹰”靠近，再靠近，“哥伦比亚”和“鹰”稳稳地对接到一起了。三位宇航员那悬着的心还未来得及放下，飞船忽然无规则地旋转起来，越转越快，尽管宇航员奋力操纵，飞船仍然以逐渐增大的速度旋转着。为了重新控制飞船，宇航员点燃了服务舱里的几枚制动火箭。这样，才使飞船稳定下来，开始有了控制地旋转。这匹“野马”的缰绳，终于又操纵在驭手们手中了。

“阿波罗11”稳定下来后，“哥伦比亚”和“鹰”之间的通道打开了。在回到母舱之前，宇航员必须抖掉身上的任何一点月球灰尘。整理环境卫生和个人卫生，把设备和身上打扫干净，谁知道月球上有没有危险的疾病，月球灰尘会不会带来疾病呢？这一切进行完毕之后，两个宇航员迫不及待地爬回母舱。柯林斯以“地球人”的资格迎接了这两位，“地球特使”。看到了这熟悉的“家”之后，阿姆斯特朗感慨地说：“找个地方坐一下可真舒服啊！”而柯林斯在故友重逢后则由衷地说：“有了伙伴可真叫人高兴啊！”至此，三个亲密的伙

伴又在一起了。

现在，已经不需要“鹰”了，它已经圆满完成了自己的任务。宇航员使“鹰”与母舱分离，把它孤零零地甩到绕月球轨道上，这一来，它真的成为一只自由飞翔的“鹰”了。

“阿波罗”踏上了返回地球的归途，轻装后的飞船又一次点火发动。宇航员这时可以放松一下，休息休息，吃顿饭，聊聊天，以驱除旅途的疲劳。返航途中，宇航员按计划睡了十个小时。一觉醒来，他们又开始了那有规律的生活：工作、吃饭、向地面报告、休息。他们当然也不会忘记向制造这艘飞船的人们致谢，对这次圆满的飞行，他们极为满意。的确，任何一点毛病都可以毁灭他们，一个有缺陷的、微不足道的元件都会导致“阿波罗”整个登月计划的失败。

飞行 60 小时后，“阿波罗 11 号”接近地球，他们甩掉了服务舱而乘指令舱重返地球。发射“阿波罗 11 号”时，连火箭在内近 3000 吨，而返回时只有 5 吨多的指令舱。宇航员调整飞船的姿势，使指令舱那锥形的底部迎着大气层，沿着一条准确的路线向太平洋减速下降。再入速度和角度是经过精心设计和准确计算的。在整个发射计划中，飞船的回收也是至关重要的一段时间。进入大气层后，“阿波罗 11 号”与休斯敦控制中心的无线电联系中断，“阿波罗 11 号”也在电视屏幕上消失了。地球上无法对飞船进行任何有效的指挥，他们只能在心中暗暗祝愿着一切顺利。

在飞船返航的同时，地球上正为他们的溅落进行着周密的梅上营救准备工作。9000 人分乘 9 条船和 50 多架飞机，准备从海上进行打捞和救生。一艘特大的美国“大黄蜂号”航空母舰在太平洋海域巡弋，等待着飞船的溅落。

当太阳在太平洋上空升起的时候，海面上出现了一个明亮的火球，“阿波罗 11 号”驾着一片火返回了。这是飞船与空气摩擦造成的。过了一会儿，指令舱的前端打开，弹出了三个巨大的降落伞，空气顿时鼓满降落伞，拽住了急剧下降的飞船。7 月 24 日中午 12 时 50 分 30 秒，“阿波罗 11 号”经过近 100 万千米的长途跋涉，比预定时间晚十秒钟，慢慢地落到海面上。

“大黄蜂”号立即赶到溅落地点，从舰上起飞的两架直升飞机把潜水员投入海中。潜水员在指令舱下拴好绳索，拉下了降落伞收拾利索。“阿波罗”浮上来后，一名潜水员打开舱门，递给三名宇航员每人一套防菌衣，这是避免疾病从月球带回地球的第一个措施，而第一个接触到宇航员的人也必须淋浴干净。一切进行完毕后，三名宇航员乘直升飞机到了航空母舰上。一下飞机，他们就被医生带到一个防菌隔离车中，防止任何人接触他们，这是防菌的第二个措施。还真够严格的，连总统尼克松也不能例外，只能隔着玻璃窗发表欢迎词。第三个措施是，在以后的半个月中，对他们继续隔离，直到确实证明他们没有把未知的细菌带回地球，这才允许他们回家与亲人们团聚。

人类第一次登月旅行，经过了 195 个小时的空间飞行，付出了 3.5 亿美元的代价，第一次不仅使用仪器，而且用人类的手、脚、眼睛等器官，实地考察了月球。这一行动，作为人类开发宇宙的光辉一页载入了史册。

第二次载人登月的“阿波罗 12 号”

“阿波罗 11 号”登月后仅仅四个月，美国宇航局的“阿波罗 12 号”，载着指令长查尔兹·康拉德，指令舱驾驶员理查德·戈登，登月舱驾驶员阿朗·比恩，于 1969 年 11 月 14 日从肯尼迪空间中心起飞，再次出访“月宫”。

飞船在雷鸣般巨响中徐徐升起，首先进入环绕地球的轨道，然后奔向“静海”的对面，月球的最低地——“风暴洋”。

“阿波罗 12 号”与“阿波罗 11 号”相比，它所走的道路没有因循守旧，而是开辟了一条新航线，“阿波罗 11 号”采用的是所谓自由归还轨道。飞船一旦进入这种轨道，转到月球背面，就可以返回地球附近。而“阿波罗 12 号”采用的是所谓混合轨道。这种轨道不仅是一条捷径，而且从一开始就进入低高度的月球轨道，它不像“阿波罗 11 号”那样有返回地球的危险，同时，采用这条飞行路线既可以节省火箭的燃料，又可以更准确地着陆。因此以后访问月球的“阿波罗”，都采用了这种混合轨道。

18 日上午 1 时 32 分 46 秒，“阿波罗 12 号”飞到月球背面，1 时 51 分 18 秒服务舱的主火箭喷射，进入近月点 116 千米，远月点 313 千米的轨道，旋转 3 周之后，将轨道修正为远月点 123 千米，近月点 100 千米的轨道。随后由于受月球特殊重力区的影响，轨道成了高度为 110 千米的圆形。

19 日上午 1 时 54 分 29 秒，登月舱在“风暴洋”的南纬 2.99 度，西经 23.4 度登陆。这个地点距离 1967 年 4 月 19 日

在月面软着陆的无人探测器“勘测者3号”只有180米。成功地进行了“精确定位着陆”。

康拉德和比恩来到月球，曾两次四下活动，他们取下“勘测者3号”的电视摄像机，采集月面岩石，并装置了包括磁力计、离子检测器、月球大气检测器、太阳风分光计、尘埃检测器以及月震仪共6种仪器，价值2500万美元的核动力科学实验站，其观测结果由中央站收集并传送给地球。自“阿波罗12号”以后，每次登月考察都建立了核动力实验站。因此月球上这种实验站共有5座。

“阿波罗12号”完成了预定的任务，24日下午4时58分，宇航员乘着指令舱降落在南太平洋萨摩亚群岛以东大约750千米的海面上。

“阿波罗13号”历险记

“阿波罗13号”是1970年4月11日启程的。它的主人是指令长詹姆斯·洛弗尔，指令舱驾驶员约翰·斯威加特，登月舱驾驶员弗莱德·海斯。预定的着陆点是直径为80千米的弗拉·摩洛环形山北侧高地。计划在那里获取山岳地带的样品。用“土星5号”火箭的第三级残骸轰击月面，从而造成比登月舱上升段轰击月面大10倍的人工月震。此外，还要用电动钻头在“月宫”挖一个3米深船洞穴。

出乎意料的是，13日下午10时7分，飞船飞到距离地球328000千米、距离月宫60000千米的地方时，服务舱的氧气箱突然砰的一声发生了爆炸。于是，洛弗尔指令长立刻向休斯敦地面控制中心发出紧急报告：“喂，休斯敦，危险纳事态

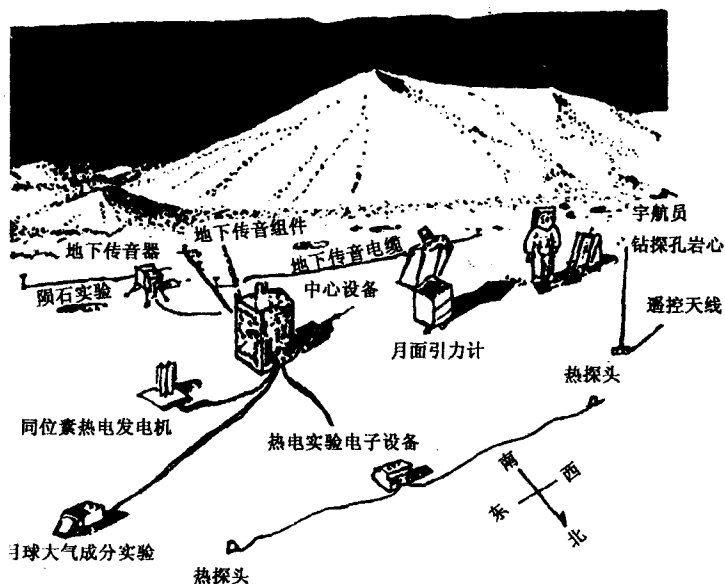


图 21 核动力实验站分布图

发生!”控制中心顿时陷入极度紧张之中。

飞船的三组燃料电池，其中有两组立刻报废，另一组的电压也在下降。2号氧气箱爆炸 50 秒后，1号氧气箱也开始逸出氧气。14 日上午零时 20 分，飞船开始异常旋转，姿态失去控制，至此，“阿波罗”13 号已经别无选择，只有变探险的飞行为死里逃生的航程了。14 日上午 1 时 13 分，宇航局当机立断，决定放弃登月。

这时飞船的“病态”是：服务舱的氧气和电力供应中断了，指令舱中的电力和氧气也即将耗尽。现在只能依靠登月舱的发动机、电源和水飞回地球了。登月舱有六个银锌氧化



物蓄电池和 19 千克的氧气。舱内没有座位，而且只有两个人的空间，因此，洛弗尔和海斯乘坐登月舱，而斯威加特留在指令舱中，继续与地面联系。

“阿波罗 13 号”绕到月球背面时，尽管宇航员不失时机地启动了登月舱下降用的火箭，但还是在长达四分半钟之后，飞船才逸出了混合轨道，进入自由归还轨道。

这时飞船还没有脱离危险，它还必须闯过最后一道难关，再入地球大气层。4 月 17 日上午零时 15 分，发生爆炸的服务舱与飞船分离了，这时，只有这时，宇航员才看到了服务舱损坏的悲惨景况，它的一边完全炸光。洛弗尔和海斯稍事目睹之后，就爬回指令舱，并抛弃了他们的救命“恩人”——登月舱。

踏上月球



图 22 溅落在太平洋的“阿波罗 13 号”指令舱

17 日上午 1 时 7 分，指令舱终于在克服了最后的困难之后，溅落在太平洋萨摩亚群岛东南的海平面上，洛弗尔等三名英雄宇航员总算死里逃生了。

“阿波罗 14 号”登月考察月球丘陵地带

鉴于“阿波罗 13 号”悲惨的遭遇，“阿波罗 14 号”的发射延期三个多月。宇航局拨款 1500 万美元，对指令—服务舱系统进行改进，以便严格防止类似事件再度重演。在实施了许多改进措施之后，1971 年 1 月 31 日“阿波罗 14 号”载着指令长阿朗·谢波德，指令舱驾驶员斯丘亚特·罗塞，登月舱驾驶员埃德迦·米切尔，从佛罗里达州的肯尼迪空间中心又出访月球了。

这次出访的地点，最初是定在“静海”的利特罗环形山，后来改为“阿波罗 13 号”飞船的预定登陆点弗拉·摩洛高地以北大约 50 千米的丘陵地带。这次出访的主要目的，是从月球陆地获取最古老的岩石样品。

“阿波罗 14 号”经过几天安全飞行，于 2 月 4 日上午 3 时 1 分来到了月球背面，它初期的绕月轨道是远月点 315 千米，近月点 105 千米的椭圆，前面介绍过的“阿波罗 11 号”、“阿波罗 12 号”，就是从这种初期轨道改正为高 110 千米的圆形轨道，然后才在月球着陆的。而“阿波罗 14 号”则是把这种初期轨道进一步变为远月点 107 千米，近月点 17.7 千米的低轨道，从这种轨道上实现了最终的着陆。这种着陆法更进一步提高了着陆位置的精确度。2 月 5 日上午 4 时 18 分，登月舱降落在弗拉·摩洛高地的南纬 3 度 29 分，西经 17 度 30 分的地方，比预定目标只差 100 米。

飞船着陆时，太阳已经很低了，宇航员登上月球拖出了长长的影子，他们不顾长途跋涉的疲劳，很快完成了月面样品的紧急采集，接着从登月舱放下折叠式的铝制手推车，这是两轮式手推车，重9千克，载重量大约55千克，诸如月球手工具工作台，彩色电视摄象机、岩土样品袋、备用胶卷等，都可以放在车子上。在这以前，月球样品的采集，科学仪器的搬运，全靠宇航员来完成。从“阿波罗14号”开始，宇航员得心应手的运输工具——“月球车”登场了。

宇航员们在月球上按照事先计划的出访项目，一一得到了兑现，并用火药成功地做了人造月震的试验。

2月9日下午5时5分，“阿波罗14号”返回故里，宣告四访月球的圆满成功。

带自动月球车的“阿波罗15号”

载着指令长代比德·斯科特，指令舱驾驶员阿尔弗莱德·沃登，登月舱驾驶员詹姆斯·欧文的“阿波罗15号”，于1971年7月26日上午9时34分五访月球而去。

这次出访的目的地在“雨海”东南，高度为4000米的亚平宁山脉和深360米、宽800米的哈利德峡谷之间。它之所以选择这样一个山脉绵延，沟壑满布的险要地带为降落点，是为了扩大前几次的考察成果，进而探知月球峡谷地带的奥秘。为了圆满地完成这次艰难的考察任务，科学家们为宇航员特别研制了“万能”的月球车——“遨游1号”。

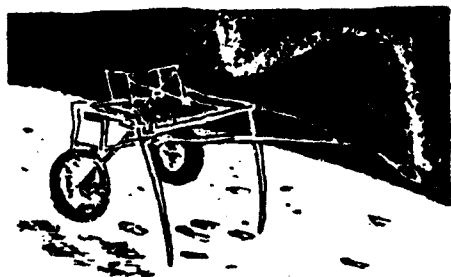


图 23 月球手推车示意图

“遨游 1 号”不愧为精心设计的佳作，它能经得住月球上严酷环境的考验。这是一辆长约 3 米、宽约 1.8 米、重为 209 千克的小型车子，它以两个 36 伏的银锌蓄电池为动力，每小时可以跑 16 千米，最远可以跑到 91.2 千米的距离。它像越野车一样，四个前后轮子都受动力驱动，而且前后左右都可以转动自如，开动起来轻巧灵便。它可以越过高 25 厘米的障碍物、宽 50 厘米的沟壑，还能够登上倾斜度为 25° 的斜坡。

“遨游 1 号”曾三度奔驰在月球上，总计行程达 28 千米，是“阿波罗 14 号”手推车行程的 8.5 倍；采集到月球样品 77.4 千克，是“阿波罗 14 号”所采月球样品的 1.8 倍。可见，这次考察即使到此收场，也已经是硕果累累了。但它没以此为满足，而是又来了个锦上添花！为了测量有关月球辐射、太阳风、月球重力和磁场等数据，8 月 4 日下午 2 时 14 分，“阿波罗 15 号”特别向月球发射了一颗重 36 千克，高 78 厘米，直径 36 厘米的六面体形小卫星，这颗小卫星可以绕月

球运转一年，并把测量结果传送给地面站。

“阿波罗 15 号”的“分身法”大获成功，自然博得了人们的喝彩。

8 月 5 日上午 9 时 31 分，当飞船飞回到距离地球 32 万千米的地方，指令舱驾驶员沃登走出飞船，在宇宙太空飘飘荡荡、悠悠乎乎，“漫步”了 20 分钟。人们把这种精彩的表演称为“宇宙游泳”。尤其使人拍案叫绝的是，沃登不仅作了“宇宙游泳”，他还成功地从服务舱的仓库里取回了胶卷，这是在母船环绕月球飞行时，拍摄的月面照片，底片总计长达 2.5 千米。

“阿波罗 15 号”进展顺利，屡建功勋，它在告别我们地球 12 天之后，于 8 月 7 日下午 4 时 46 分满载归来，在夏威夷以北大约 530 千米的海面上，高兴地等待着打捞呢！

战胜险阻登陆高地的“阿波罗 16 号”

为了尽快认识月球的全貌，探讨尚待揭穿的哑谜，美国宇航局以凯伊里高地为目标，在 1972 年 4 月 16 日下午 1 时 54 分，又发射了“阿波罗 16 号”。

“阿波罗 16 号”与“阿波罗 15 号”相比，真是“不幸儿”，它在飞行中遇到了重重困难，它甚至还是“带病”出征的呢！

在发射前就发现“土星 5 号”火箭仪器舱的备用陀螺仪失灵，这当然是令人不安的。真是祸不单行，在飞行中登月

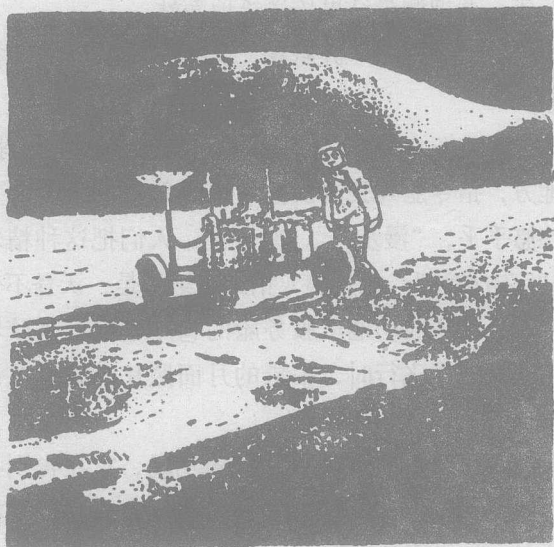


图 24 在哈利德峡谷的宇航员与月球车

舱薄铝外壳的耐热漆不幸脱落了，于是它从一个舱孔里冒出了褐色碎片流，地面指挥人员认为这可能是装氧、氢或水的箱子漏了，因此，“阿波罗 13 号”不幸的阴影又在人们的脑海中浮现了。更使人提心吊胆的是，在登月舱脱离指令舱向月球着陆前 25 分钟，指令舱备用的导航系统发生毛病，这个毛病将直接影响登月舱从月球起飞后，再与指令舱准确的会合。因此，休斯敦指挥中心甚至想中止登月。令人庆幸的是，这重重障碍均被排除，并于 4 月 20 日下午 10 时 23 分，平安地降落在预定的着陆地——凯伊里高地。这个时间尽管比预定的时间晚了 6 个小时，但这个胜利更加令人钦佩！

“阿波罗”16号也在月球上设立了核动力科学实验站。这样，在测量月震方面，它与“阿波罗12号”、“阿波罗14号”、“阿波罗15号”分别在“风暴洋”、弗拉·摩洛高地和哈利德峡谷安设的月震计，组成了有效的四点观测网。在测量磁场方面则形成了凯伊里高地、哈利德峡谷以及“风暴洋”为基地的三角观测网。

“阿波罗16号”还取得了令人意想不到的收获，它破天荒第一次从几亿年以来都照不到太阳光的地带，采集了宝贵的土壤和岩石样品。因此，我们要对出访月球的指令长约翰·扬，指令舱驾驶员托马斯·马丁利和登月舱驾驶员查尔逊·杜克表示特别的祝贺！

在返回大地的旅途中，“阿波罗16号”继“阿波罗15号”之后，又向月球发射了一颗小卫星。马丁利也在飞船之外作了精彩的“宇宙游泳”表演，重复了沃登所作的事情。

屡遭灾难，然而战功显赫的“阿波罗16号”，在出征11天之后，于4月27日下午3时44分凯旋归来，溅落在夏威夷南方2780千米的海面上，结束了这次惊心动魄的月球旅行。

最后一次登月的“阿波罗17号”

史无前例的阿波罗登月考察计划，是以“阿波罗11号”为开端，以“阿波罗17号”为终结的。如前所述，“阿波罗11号”早已旗开得胜而闻名于世，而“阿波罗17号”所建立

的业绩,则更显辉煌。何以见得?有史实为证。

1972年12月7日上午0时32分,“阿波罗17号”从肯尼迪空间中心第39A发射台正式起飞了。“阿波罗11号”也是从这里起飞首先作登月记录的,不过“阿波罗11号”是在早晨起飞,而“阿波罗17号”正值人们酣睡的午夜时分。因此有72个20千瓦的强烈氙灯包围在发射台周围,使得“土星5号”火箭的雄姿,格外引人入胜,使得这次月球飞行更加隆重。

随着轰隆巨响,“阿波罗17号”徐徐上升,直径150米,长670米的火焰柱腾空而起,映红了天,也映红了地,凡是在800千米范围内的人们,都可以欣赏这壮丽的景色!

指令长海军上校尤金·塞尔南,曾参加过“双子座9号”、“阿波罗10号”的飞行。指令舱驾驶员海军中校罗纳德·伊文斯,是1966年开始宇航生涯的。特别应该指出的是,在参加整个阿波罗登月计划的宇航员中,“阿波罗17号”登月舱驾驶员哈利森·施密特,是独一无二的科学家,这就是说,在人们向往的月宫上,已经有了科学家的足迹!

“阿波罗17号”的指令舱,被命名为“阿美利加”,登月舱被命名为“挑战者”。12月11日下午3时54分52秒,载着塞尔南和施密特的“挑战者”,在距离“静海”大约700千米的北纬20度9分41秒,东经30度45分26秒的陶拉斯·利特罗地区着陆了。

这里是高山环绕的复杂地带,举目观看,千姿百态的岩

石，竞相林立，大大小小的环形山，密密麻麻。这样优美动人的景致，如果出现在我们地球上，那定然会被作为名胜而千古流传。难怪刚一着陆，施密特就情不自禁地向休斯敦指挥中心大声呼叫：“看到这样的岩石，简直不敢相信，这是我一生最重要的时刻。”施密特还兴致勃勃地说，这里真是“地质学家的乐园”。

“阿波罗 17 号”在各个方面都取得了优异成绩，请看：它在月球上逗留了 74 小时 59 分 44 秒；考察时间长达 23 小时零 5 分钟，活动距离累计是 36.1 千米；采集到科学家们渴望的月球样品 115 千克。凡此种种，在阿波罗登月的一系列考察中，创造了最高纪录。

阿波罗登月计划到“17 号”为止告一段落，宇航员们意味深长地在被遗弃在月球的登月舱下降段上，清晰地刻写了这样的纪念文字：“在这里人类结束了第一次月面考察，时间是 1972 年 12 月。”如果你有机会亲临月球，可以到那里一游呀！

当“阿波罗 17 号”告别地球 21 天 13 小时 51 分钟而重返故乡之后，整个阿波罗计划宣告全部胜利结束了。阿波罗登月考察的成功，使我们对月球的认识有了长足的进展，而且为我们考察月震、探索月球的起源、以及实地开发月球资源等，都提供了难得的第一手材料。可以毫不夸大地说，阿波罗计划是人类飞行史上一座伟大的里程碑。



图 25 在巨大的月岩下进行考察的施密特

附：“阿波罗”宇宙飞船的飞行记录

表 8 “阿波罗”宇宙飞船的飞行记录

号	飞行日	宇航员	飞行时间	登月地点	备注
7	1968.10.11 ~ 22	希拉艾 艾西尔 坎宁安	260 时 09 分		首次载人地球轨道飞行，作有推力的轨道变换试验
8	1968.12.21 ~ 27	博尔曼 洛弗尔 安德斯	146 时 59 分		首次载人月球轨道飞行，绕月球 10 圈，最近月距离达 100 千米

续表

号	飞行日	宇航员	飞行时间	登月地点	备注
9	1969.3.3 ~ 13	麦克迪维特 斯科特 施韦卡特	241 时 53 分		绕地球 161 圈，在地轨道上进行登月舱试验。舱会首次进行外合活动，会
10	1969.5.18 ~ 26	斯塔福德 约翰·杨 塞尔南	192 时 03 分		绕月飞行 61.6 小时，登月舱下降到距月面 14.3 千米，拍摄 11 号着陆位置，在舱 8 小时以后会接
11	1969.7.16 ~ 24	阿姆斯特朗 柯林斯 奥尔德林	195 时 19 分	“静海” 西南角 东经 23°26' 北 纬 0°41'	人类初次登月。在月面停留 21 小时 36 分 20 秒。带回岩石、土壤样品 22 千克
12	1969.11.14 ~ 23	康拉德 戈登 比恩	244 时 36 分	风暴洋 西经 23° 25' 南纬 3°02'	在月面停留 31 小时 32 分，两次进入月面活动。带回岩石 32.7 千克
13	1970.4.11 ~ 17	洛弗尔 海斯 斯威加特	142 时 54 分		飞行 56 小时以后液氧箱终止月爆炸，绕登月以后返回

踏上月球

续表

号	飞行日	宇航员	飞行时间	登月地点	备注
14	1971.1.31 ~ 2.9	谢泼德 罗塞 米切尔	216 时 2 分	弗拉·摩 洛地区 西经 17° 29' 南 纬 3°40'	在月面停留 时间 33 小时 30 分钟, 两 次舱外活动, 带回岩石 42.75 千克
15	1971.7.26 ~ 8.7	斯科特 沃登 欧文	295 时 12 分	亚平宁 山哈德 谷西经 3° 39' 北纬 26°6'	使用月球车, 月面三次探 测共 18 小时 37 分钟 6 秒, 在月面停留 时间是 66 时 55 分。带回 77 千克的石 岩样品
16	1972.4.16 ~ 27	约翰·杨 马丁利 杜克	265 时 51 分	笛卡儿 高地东 经 16°南 纬 10°	三次使用月 球车, 合计 探测 20 小 时 15 分钟, 在月面停留 时间是 71 小 时 3 分钟。带 回 95.5 千克 的岩石样品
17	1972.12.7 ~ 19	塞尔南 伊文思 施密特 (地质学家)	301 时 52 分	陶拉斯 ·利·特 罗山脉东 经 30°45' 北 纬 20°10'	三次使用月 球车, 合计 探测 22 小 时 5 分钟, 在 月面停留时 间是 74 小时 59 分钟。带 回 115 千克的 岩石样品



前苏联的载人登月计划

登上月面的前苏联“月行者”

前苏联在载人登月竞技中处于落后，其原因是尚未研制出像美国那样强大的运载火箭。前苏联当时拥有的“质子”火箭，也只能把 5.6 吨的探测器送到月球。在载人宇宙飞船登月技术方面，与后来居上的美国差距甚大。1970 年 10 月，前苏联用“质子”火箭发射了“月球 13 号”（即“月行者 1 号”的有效载荷），在雷日恩海作了一次软着陆。“月行者 1 号”有 8 个轮子，重 5.6 吨，月面上有效载荷是 1836 千克。在 10 个月内，靠地面遥控发送指令共行走 10.5 米。白天靠暴露在外面的两组太阳能电池供电，晚上用核加热器加温，以保持内部温度。“月行者 1 号”周期地使用两侧电视摄像机拍摄所在地周围 360 度全景图片；以 X 射线光度计测量不同停留点月面的土壤化学成分；用法国提供的 14 个组件构成的激光反射器，精确地测量了地一月距离，精度为 0.4 米。1973 年 1 月发射的“月球 21 号”（即“月行者 2 号”）降落在蒙尼尔火山口 55 千米直径内。这是一个古老的火山口，其底部下沉，以后被火山岩湮没，只留下暴露的边缘部分，该地方具有海和高地特征。“月行者 2 号”亦是地球遥控操作其动作，最初行走方向是朝南穿过火山口底到迁移层区，随后向东至

“阿波罗15号”宇航员勘查过的哈得利里尔长断层。“月行者2号”在4个月寿命里行走3.7万米。前苏联用“月行者”代替了它梦幻的人类登月活动。

前苏联载人飞船登月的破灭

60年代里,美国全力以赴执行它的“阿波罗”载人登月计划,发出了一个接一个的捷报。前苏联口口声声说:人登月不是前苏联所求,实际上并非如此。叛逃的前苏联记者列昂尼德·弗拉基米罗夫1971年在英国《泰晤士报》曾撰文写道:“前苏联人很久以前就知道自己不能制造一枚登月用的火箭。1968~1970年用‘质子’火箭发射了四个不载人空间舱绕月飞行并返回地球,后来前苏联称它为探测器,其实完全是改进的‘东方’型载人宇宙飞船。该飞船有轨道舱、防热屏、无线电通信系统以及温控系统,轨道舱至少能载一名或两名字航员到月球并返回地球。”前苏联亦声称要作载人月球旅行,打算不惜任何代价保持它的空间优势形象。据说,1967年10月革命50周年之际,前苏联想进行一次载人月球飞行,但因故未能实现。同年3~4月试图作两次绕月飞行,均以失败告终,后来才改为发射探测器。1967年,宇航员弗拉基米尔·科马罗夫对西方记者说:“我可以说,前苏联在人登月竞赛中不会被美国打败。”另一位宇航员基托夫写道:“我梦想绕月飞行……宇航员将有一个仔细观察月球的好机会。”宇航员阿列克谢·列昂诺夫说:“在最近的将来,人会旅游月

球。如果我幸运的话，将指派我先登月。”1968年，美国“阿波罗11号”登月飞船宇航员柯林斯在巴黎航空展览会上邂逅一位前苏联宇航员时，两人谈论起各自国家未来的飞行任务。前苏联宇航员说：“我期望不久能进行一次绕月飞行。”赫鲁晓夫也提到前苏联登月计划。他在回忆录中向故去的科罗廖夫表示敬意时写道：“我很抱歉，当他在世之年未能把人送上月球。他死得太早了！”1968年6~10月，前苏联连续发射“探测器5号”和“探测器6号”，前者绕月飞行6天，返回地球，溅落在印度洋海面上；后者也绕月飞行，迅速返回地球，降落在前苏联中亚细亚回收区。这些空间活动表明前苏联在进行不载人飞向月球的预演，因为探测器本身就是为宇航员驾驶而设计的，如“探测器5号”有指令舱（轨道舱），“探测器6号”回收的降落伞和指令舱与“探测器5号”相同。据西方观察前苏联空间活动专家查尔斯·维克指出，探测器作了发射逃逸系统试验，无疑是应用于载人宇宙飞船。

到1968年底，前苏联感到难以登上月球，未批准准备登月的一位宇航员起飞。一年后，这位宇航员作腹膜炎手术时死亡，前苏联还为他举行了简短的小规模葬礼，他被埋在距赫鲁晓夫墓地不远的地方。

尽管前苏联为月球探测器系列投入了大量的财力、人力和物力，但最后也未把人送上月球。1972年，美国尼克松政府终止登月活动，政府又取消了空军拟定研制“载人轨道实验”的计划，批准了研制航天飞机的计划。可是，有迹象表明前苏联仍在继续它的载人月球飞行，例如它正在研制超级

助推器。美航宇局局长詹姆斯·韦布 60 年代末在国会讨论空间预算的听证会上曾提到前苏联巨型火箭，推测其高 120 米，比“土星 5 号”大，可采用较少燃料，并已制造出比美国略小的月球舱。1976 年，美国中央情报局首先证实前苏联有三枚巨型火箭：第一枚于 1969 年 6 月起飞前爆炸，死亡很多人；另两枚于 1969 年 6 月和 1972 年 11 月起飞不久就爆炸了。当时，前苏联研制的火箭一无军用，二又不发射空间站，唯一的用途就是把载人宇宙飞船送上月球。

1989 年，前苏联第一次让美国代表参观了在莫斯科航空研究所展出的登月舱和指令舱，它曾计划在 1967 年提前美国两年先登月，但因为缺乏重型运载火箭而成为泡影。

若从科学价值来看，美国“阿波罗”载人登月比前苏联“月行者”自动化飞行获得更多有价值的科学资料。“阿波罗”月球舱的两名宇航员可以实地勘查月面，有选择地收集月岩和土壤，安放长寿命科学试验和观测仪器，如地震仪测量月面地震。有的仪器到 1989 年 7 月还向地球发送数据，并向月球释放观测月空小卫星。因此，一次“阿波罗”登月实践和取得的成果相当于 12 次以上的前苏联自动化探测器飞行。每次自动化飞行耗资是一次载人飞行的 1/4，所以前苏联整个探月费用几倍于载人飞行，更何况前苏联的探测器取样返回有一半是失败了。美苏取回的月岩总量是 385:1。尽管如此，前苏联“月行者”仍不失为儿童最喜欢的玩具。在“月行者”飞行一年后，莫斯科儿童玩具店仍在出售“月行者”玩具。1973 年后，前苏联放弃了自动化探测器取样飞行。

人类要全面了解月球，对探月过程中出现的许多问题做出回答，以及开发和利用月球资源，还有待 21 世纪重上月球探索。

登月勘察的收获

根据美国科学家们对六次登月取回的月岩及土壤的详细分析和研究,推测月球的年龄约有 45 亿年,与地球年龄相等。实地勘察结果证明,月球是一个无生命的天体,没有空气和水;昼夜温差极大:白天 130°C , 晚间 -150°C ; 环境极为恶劣。对月岩地质分析表明,月球内部地层结构与地球雷同;月壳很薄,有月幔和月心;地质成分属于铁硫化物。月岩虽与地球有同样的化学元素,但性质有所不同。例如,月岩平均比地球含有更多的钙、铝和钛;月球高熔点元素(铪和锆)比地球多,而低熔点元素(钾与钠)极少。

有限地震资料表明月向地球一面的月壳厚度为 60~65 千米,三倍于地壳平均厚度;月背面厚度是 150 千米。月壳下幔延伸到 1000 千米深,再向下就是月心。月球以太阳云的高温而形成,无挥发元素,故没有蒸气存在。

月震的研究

在我们地球上,大大小小的地震时有发生,许多人曾深受其害,甚至失去生命。人们不禁会问,为什么会发生地震?地震是地球的“特产”吗?

在这里我们可以简要地回答，地震不是地球的“特产”。在月球上也有地震，由于它是发生在月球上，所以我们叫它“月震”。不过月震和地震可大不相同呢！

出于探索月震的奥秘，从“阿波罗 11 号”起，先后在月球的不同地区，设置了六座月震仪。这种仪器十分灵敏，即使人类所能感觉到的最小地震的百万分之一的微小震动，它也能如实地记录下来，通过通信系统送回地球。

月震仪在月球一经出现，就立刻大显身手，1969 年 7 月 22 日，即“阿波罗 11 号”登月的第二天，月震仪首战告捷，准确无误地送回了地球。这次月震的起因不明，将它拿来与地震比较却奇妙得很！同年 9 月，在西班牙马德里国标测地协会和国际地球物理协会共同主办的讨论会上，月震仪的设计者、美国哥伦比亚大学拉蒙特·德哈优地质研究所的列伊萨姆，作了月震的特别讲演。他说：“在月震记录里没有纵波和横波的部分，表面波也不能被明显地区分开来。”他的报告使在坐的科学家们无不惊叹失色。人所共知，地震发生时，人们首先感觉到的是纵波，随后袭来的是横波，最后出现的是表面波。而月震竟然没有这种区别，这当然是人们无法理解的。这该怎么解释呢？同年 10 月列伊萨姆自己解释说：“目前月震仪记录到的几乎全是登月舱内部仪器的振动，而不是月震。”在这里我顺便指出，宇航员在月球活动的振动，全都被月震仪记录下来，并送回了地球，因为“阿波罗 11 号”的月震仪距离登月舱只有 17 米。

“阿波罗 12 号”的月震仪设置在距离登月舱 30 米的地

方。它也记录到了奇妙的震动，这种震动起初非常微小，随后振幅徐徐增大，最后又以难以想像的速度，极为缓慢地衰减下去。平均起来，这样的震动一天可以记录到四次。整个振动持续的时间从几分钟到1小时，参差不齐，和地球的地震情景迥然不同。地球的振动通常是几十分之一秒，最长的充其量也不过一两分钟。最不可思议的是，正如列伊萨姆指出的那样，月球上的这些振动，不能明显地区分出纵、横波和表面波。为了和下面要讲的真正的月球月震相区别，我们将以上介绍的这种莫名其妙的振动叫做L型。

颇为有趣的是，通过“人造月震”也可以得到L型振动。如前所述，登月舱由上升段和下降段组成，上升段在月球活动结束之后，载着登月人员回归母船，而一旦完成任务，上升段将重新被扔回月球，这样就造成了所谓“人造月震”。

“阿波罗12号”的人造月震发生在距离月震仪76千米的地方。月震仪的记录表明，这次振动从发生到增大，直至消失，持续了一个多小时，和L型振动毫无区别。

据此，可以确信，L型振动不是月球内部引起的。经过进一步实验和分析，得出的结论是，大多数L型振动，是由来自宇宙太空的微小陨石的降落而造成的。1972年5月，在“阿波罗11号”月震仪附近曾经陨落了一块直径3米的陨石，造成了明显的月震。

这是不是说月球就没有起于内部的振动呢？月震仪清楚地告诉我们，否。但是，即使这种振动——真正的月震，也和地球上的地震具有全然不同的特点。

首先，月震的一大特征是，规模小、频度低、震源深。在大约三年的观测期间，最大的月震也只不过 2.5 级左右。这种地震在地球上发生，可以说是家常便饭，屡见不鲜，但在月球上却是罕见。“阿波罗 14 号”、“阿波罗 16 号”一个月记录到 170 次真正的月震，而“阿波罗 12 号”、“阿波罗 15 号”才只记录了 60 次。

在这些振动中，可以决定震源的有 9 次。令人惊讶的是，月震的震源深度都在 600 至 1000 千米之间。而在震动部分发生在几十千米的地壳中，深于 100 千米的地震很是少见，最深的震源也在 700 千米以内。这就是说，地震是发生在地球的表层，而月震则往往发生在月球的“五脏六腑之中”。

其次，经过详细研究，发现月球内部至少有 40 个反复发生月震的地方——月震巢。而且即使这种名符其实的月震，也不能明显地将纵横波、表面波区分开来。同时振动的的时间，也是长得惊人，持续一个小时以上的，不足为奇。

月震为什么有这些独特之处呢？有些科学家认为，这是因为在月球表面，月震波被严重地散射了。科学试验证实了这一结论，在散射激烈时，纵波、横波和表面波，确实是混淆在一起难以区分的。

但是，有地震常识的读者可能又会问，散射大，衰减就严重，因而传播的距离就不可能太远，但月震的情况却恰恰相反，它可以传播到 1000 千米以上的距离，这又该作何解释呢？

科学家们以月球岩石的实验为依据，作了这样的解释，

说这是因为月球岩石在高真空环境中对震动波的吸收率很低的缘故。众所周知，月球几乎完全是真空的，所以在构成月球表面层的岩石空隙里，也是高度真空的。在这种环境中，月震波是可以传得很远的。

综上所述，月球也并非平静的“世外桃源”，在那里也和我们的地球上一样，时有震动发生，这就是说，震动决不是我们地球的“特产”。但是起震的原因又是什么呢？要弄清楚这个问题，大概和回答地震的起因一样，还需要继续探索和研究吧！

月球岩石与月球起源

关于月球的起源，长期以来众说纷云，概括起来大致可以分为三大类，即捕获说、分裂说和同源说。

捕获说认为，月球和地球是在不同的地方，由化学成分不同的物质形成的，后来月球被地球捕获，遂成了地球的卫星。

分裂说则认为，起初地球和月球是作为一个天体而形成的，后来在某一个时期，月球被分裂了出去，而且成了地球的一颗卫星。

同源说认为，太阳以及周围环绕它运行的九大行星，是同一块由气体和宇宙尘埃组成的大圆盘所形成的。圆盘的中心形成了太阳，圆盘的其他部分形成了行星，而地球和月球

相距很近，是同时形成的“兄弟”。

那么，月球考察支持哪一种学说，抑或又有新的发现？这正是下面要谈的中心问题。

从“阿波罗 11 号”到“阿波罗 17 号”，宇航员们不辞辛苦地从月球总计带回了岩石土壤样品 386.9 千克，并将一些来自神秘星球上的珍品，分配给全世界各国的科学家们去从各个角度加以分析研究。

科学家们用当代最精密的仪器，经过反复实验，严格测算，一致认为，月球的岩石至少由下面四种化学物质或矿物质组成。



图 26 月岩标本

- (1) 月海的玄武岩；
- (2) 构成高地的斜长岩等；
- (3) 克里普玄武岩。这是一种含有大量钾、稀土元素和

磷的岩石；

(4) 氧化铝含量丰富的克里普岩石。

其中，月海玄武岩是指阿波罗“阿波罗 11 号”、“阿波罗 12 号”所带回的发黑的岩石。这种岩石反射光的本领比较差，所以我们在地球上遥望月球，这些平坦区域，即所谓“海”的地带，显得格外暗淡无光。

与此相对照，斜长岩是发白的岩石，它们分布于月球的高地区域，所以在地球上观赏月球美景，它的高地区域格外明亮。

分析、测定表明，月球岩石中含有一定的放射性物质，科学家们根据放射性物质的含量，计算出构成高地岩石的年龄是 38~40 亿年；构成月海岩石的年龄是 31.6~37 亿年。这就是说，月球的高地是古老的，而月海则是“后起之秀”。

第三、四类岩石与地球岩石相比，显然有不少独特之点。

第一，在月球上完全没有含水矿物。这说明月球岩石是在完全缺少水的情况下生成的，而且后来表面也没有水。

第二，挥发性元素少，不挥发性元素多。这个事实意味着，月球是在相当高温的环境下形成的。这是考察月球的一大发现。这一发现使许多科学家认为，地球应该是首先问世，后来在地球附近空间这个高温环境下，陨石和气体迅速凝聚，并且在极短的时间内诞生了地球的卫星——月球。

当然这一结论是否正确，还有待于深入探讨。

开发月球的前景

开发月球资源，移居月球，早在古代，人们就产生了这种幻想。但是月球考察给多数人泼了冷水。因为要把条件严酷的月球，改造得和地球上一般，几乎是不可能的，当然把月球作为进一步探索太空和开发宇宙的基地来建设，却是实际的。为此，科学家们做了大量准备工作。

首先，科学家们对带回的岩石和土壤样品进行了全面的分析，结果证明，月球上似乎不存在地球上所没有的新元素，然而月球物质终究有些特别。正如上节讲到的，因为月球曾经受过高温的“洗礼”，所以挥发性较高的元素早已大量散失了。同时，化学家们又惊奇地发现，月球标本中含量最多的居然是氧，它和别的原子一起与化合物（主要是硅酸盐）结合，竟占了全部重量的 40%！其次是硅，占 20%。铝、钛、铁等总共占 15%。月球从最初形成时就缺少水，因此那里普遍存在的应该是金属态的铁（地球上则是氧化铁或硫化铁）。此外，月岩标本告诉人们，稀有金属也比地球上丰富。因此目前正在研究建立的空间太阳能发电站和空间居留地等，都对怎样使用月球资源，作了大胆设想。

人所共知，由于月球重力只有地球重力的 $\frac{1}{6}$ ，在那里发射飞船不仅能大大节约燃料，还可以简化运载火箭，因此，可以把月球建设成一个较为理想的宇航基地。

另外，把月球作为探索宇宙、观测星辰的科学站是无与

伦比的。由于月球上没有大气，来自宇宙的各种信息，都可以不受干扰地被接收到，所以在那里可以对天体作全波段观测，可见，月球是天文学家们施展抱负的理想“天国”。

最后，月球上的各种稀有金属和铁、钛、铝等，被开发和提炼，这无论对建造空间居留地或补充地球上的需要，都是极为宝贵的。至于建筑上用的玻璃和纤维材料（硅化物），更是取之不尽，用之不竭。

凡此种种，举不胜举。正因为这样，世界各国都十分重视月球的开发和利用，因此 1979 年的联合国大会，曾通过并签定了一项关于“人类和平开发月球”的条约。可见，在人类进入到科学技术高度发达的空间时代的今天，开发月球已经是理想中的事了！



航空航天知识丛书

踏上月球

未来的登月构想

回想起 26 年前，美国航天员登上月球的消息一传出，全世界都为之惊叹，着实轰动了一阵子。然而，在兴奋之余，也有人持否定态度。有的说，花了近 300 亿美元，10 多年时间，耗费了这样大的人力与物力，结果只背回了一堆石头、泥土，真是得不偿失。也有人说，登上月球从科学探索角度是有意义，但从经济效益去分析恐怕几乎等于零。

事情果真如此吗？纵观科学技术发展史，每当一项伟大的发明或科学发现问世时，往往只有少数人能理解，并看出它的真实意义，而多数人则要经过长时间和更多的实践方能接受。本世纪中叶航天技术的发展就是一个很好的例子，在陆续发射了数十个月球探测器，对月球及其环境进行了比较系统的探测。特别是“阿波罗”登月和月球计划，从月球带回近 400 千克的标本后，人们才开始从科学的角度了解、认识月球。

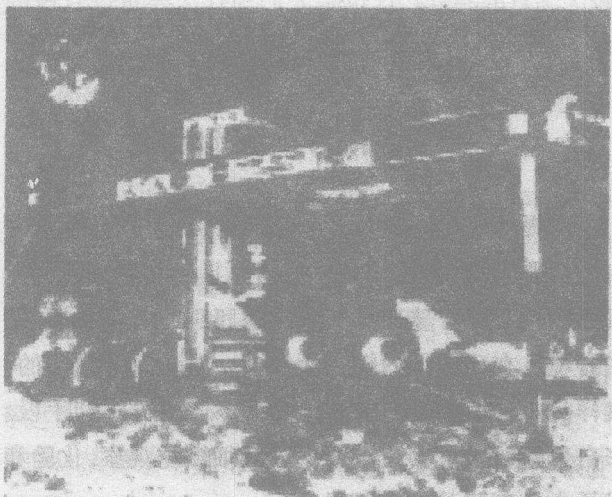
未开垦的处女地

月球是地球唯一的天然卫星。从地球上望月球，它看上去与太阳大小差不多，造成这种错觉是距离的奇怪安排。月球的直径是 3476 千米，而太阳的直径是 139.2 万千米，也就

是说，太阳的直径是月球的 400 倍。但地球到太阳的距离是 14 960 万千米，地球到月球的距离却只有 38.44 万千米。令人难以置信的是，月球到地球的距离约是地球到太阳距离的 $1/400$ 。所以，从地球上望去，月球和太阳大小差不多，这样在发生日食时，月球准确无误地与太阳重合。

月球的形成与演化，一直是人类极其关注的一个问题。关于月球的起源学说，可谓众说纷纭，一种叫做“捕获说”，认为月球原来是太空中的一个小天体，后来被地球引力捕获，变成了地球的卫行；另一种叫做“分裂说”，认为月球原来是地球的一部分，后来由于某种原因从地球上分裂出去一大块物质，而形成了绕地球飞行的卫星；还有一种叫做“同源说”，即在太阳系形成当初，地球和月球也同时形成，或许是构成地球的剩余的物质聚集在一起而形成了月球。“阿波罗”登月之后取回的样品，经同位素分析表明，月尘是月球上最古老的物质，其年龄与地球相同，即 44 ~ 46 亿年。月海盆地是在 39 亿年前形成的，月海玄武岩的年龄大约为 31 ~ 39 亿年。雨海盆地中的月坑早在 39 亿年前就已出现了，雨海南缘的哥白尼坑形成于 8.5 亿年前。大量分析数据表明，陨石中的碳、硫、氯、钾、硅、铜、锆、锡、铅和铀的同位素组成与月球、地球近于一致。看来它们有共同的祖先，从而基本否定了“捕获说”。另外，月球的密度比地球小得多，轨道面与地球赤道面相倾斜，这些又使“分裂说”理论产生很多矛盾。因此，人们倾向于支持“同源说”。

尽管人们对月球已经做了大量的观测和月样分析，但是



踏上月球

图 27 未来人们在月球表面就地取材进行生产活动

有许多基本问题仍是模糊不清，一年一度的世界性月球科学讨论会还在争论不休。这些问题包括：月球的成因；月球的早期演化史；月球的内部构造、物理性质与化学组成；月球岩成因；月球与地球及其他行星形成、演化的共性与特性；月坑成因类型与辐射线的形成机制；矿产形成与分布特性。所有这些都是月球科学研究中亟待解决的一些问题。但是有些不可否认的事实，在月球上没有水和大气的风化，没有生物的影响，在那里存在的历史痕迹仍难以磨灭，几十亿年前形成的景象现在依然如故，因此说月球表面保存有远古事件的记录一点也不过分。它是掌握解答太阳系历史的一把万能钥匙。只有通过大量的探索和重返月球的野外实地考察，才能

获得较为满意的答复。这也是人们为什么要重返月球的重要意义之一。

丰富的矿产资源

人类提出重返月球的另一个重要意义,是为解决人类面临的日益恶化的生存环境、矿产资源日趋枯竭及能源短缺,人类试图通过重返月球来获得新能源和矿产,以此摆脱人类未来的窘境。在已进行的探月活动中,对从月面取回的岩石和土壤样品,各种学科的科学家用不同的方法和手段,对这些来自异球的稀世珍宝进行了极其细微的观察、化验和分析,揭示了大量有关月球的奥秘。

对月球岩石的样品进行分析,发现月球上的岩石主要有三种类型。第一种是富含铁或钛的月海玄武岩。暗色的月海玄武岩主要由单斜辉石、基性斜长石和钛铁矿组成,有时含橄榄石和磷灰石,或微量硫铁和金属铁等物相。登月已取回的岩石中共发现 20 多种玄武岩的类型。根据氧化钛的含量可将月海玄武岩分为高钛、低钛和极低钛。这些玄武岩特点是富钛富铁,无含水矿物,氧逸度低,无三价铁出现,具有多样的细粒至粗粒结构。第二种是斜长岩,富含钾、稀土和磷的岩类等。斜长岩由 95% 的斜长石及少量低钙辉石组成,主要分布在月球高地。第三种是由大小为 0.1~1 毫米的岩屑颗粒组成的角砾岩,是撞击作用的产物。角砾岩可分为破碎状斜长岩、部分熔融的角砾岩、复矿碎屑角砾岩和深变质的喷

出岩。

用光谱分析鉴别出月岩中含有地壳里的全部元素和 60 种左右的矿物，其中有 6 种矿物是地球上所没有的。难熔元素约占月球质量的 65%，富铁及难熔元素的残余液体凝结组成 250 千米厚的月球外壳。在月球土壤中，氧占 40%，它是推进剂和受控生态环境生命保障系统的供氧源；硅占 20%，是制作太阳能电池阵的原材料。其他元素的比例是，铅 6% ~ 8%、镁 3% ~ 7%、铁 5% ~ 11.3%、钙 8% ~ 10.3%、钛 5% ~ 6%，钠、钾、锰含量占千分之几，锆、钡、钍、铈含量为万分之几。科学家们把月球土壤样品加热到 2000℃，发现有惰性气体从月壤中逸出，其中有氦、氩、氖、氙等放射性粒子。月球上还富含地球上少有的能源氦 3，它是核聚变反应堆的理想燃料。从月球岩石标本上还发现有一层很薄的无锈铁薄膜。起初科学家们推测，假如让这种铁处在地球条件下，定会立即氧化锈蚀，然而，经过试验的结果，这种铁不会被氧化，是通常所说的“纯铁”。纯铁对人类非常有用。据估计，在发达国家里，每年因金属腐蚀损失大约占国民经济收入的 1/10。如果能在月球上生产纯铁，运回地球上使用，不仅填补了一项空白，而且会获得很大的经济效益，无疑是对人类的一大贡献。开采月球的天然矿藏是十分有吸引力的，在月球基地上将材料加工成最终产品，供空间和地面使用，预计是一项高效益的产业，其前景非常诱人。

探月最高潮莫过于 1969 年把第一批美国人送上月球的“阿波罗登月计划”，但这只是探月的开端，至于如何利用月

球资源,有待继续进行。为此,联合国外层空间委员会经过几年争论不休后终于在 1981 年签署了月球条约。条约规定,月球归全世界人类共有,它的资源也是属于各国的。

为什么科学家们对这个一无水、二无空气、高高地挂在天上的月亮会发生如此大的兴趣呢?科学家们分析了宇航员带回地球的月岩,证明月球上有许多矿物材料。诸如,二氧化钛(“阿波罗 11”带回的月岩含有 7.6%,而“阿波罗 16 号”取回的月岩是 0.6%);氧化镁(“阿波罗 11 号”取的月岩有 8.2%,“阿波罗 16 号”为 6.7%);氧化铁(“阿波罗 11 号”带回的月岩有 15.9%;“阿波罗 16 号”取样是 15.2%);三氧化二铅(“阿波罗 11 号”带回的月岩有 13.6%,而“阿波罗 16 号”取样含有 26.5%);二氧化硅(“阿波罗 11 号”取的月岩含 41.9%;“阿波罗 16 号”采月岩石占 45.1%)。此外,月球蕴藏着丰富的钛和铁。“阿波罗 16 号”从月球一高地取回的月岩,金属稀少,但铝颇多。地质学家认为月球的氧化铁和地球一样,是最普通的氧化物,是硅石砂和玻璃元素。然而,随着月球高温,硅石已变为高活性物。化学家在月岩中化验出硅酸盐,并研究了用月岩提炼金属方法。

1975 年,美国宇航局和美国工程教育学会联合召开了一次空间居住研讨会,会上两位大学教授介绍了从月岩中提炼铝和钛的方法。冶炼过程完全封闭,只需要岩石和能源就能不断地工作。只要采用极简单设备,月面的玄武岩就能制成似玻璃纤维状物体,可作结构材料。英国月球专家戴维·谢

泼德博士指出，月球尘埃轻而易举可变为混凝土。若从地球运去 10% 的环氧树脂，利用 90% 的月球尘埃，那么，只用一把铁锹就足矣！这些工作将由机器人来完成。

美国前总统里根在 1984 年 1 月 25 日的国情咨文中提出美宇航局研制永久空间站计划以后，该局局长贝格斯 3 月 22 日声称：“到 2010 年，美国可能在月球上建立居民点；进入 21 世纪后，美国将利用空间站开发月球资源，甚至有可能在火星上建立一个机器人工作站。”他又说：“这不是梦幻，美国有航天飞机和 1997 年完成的实用空间站。”早在 1903 年俄国空间先驱者齐奥尔科夫斯基曾说过：“今天的不可能将成为明天的可能。”

探月仍须继续

自从 1972 年美国结束探月活动之后，未再向月球发射探测器，美宇航局有人提议应继续未竟之业，认为花去庞大资金只有 6 艘“阿波罗”飞船在 6 个月面着陆点取样，尚未深入细探，也未立足于月球，实属得不偿失。建议应对月球做进一步的探索飞行。1984 年，美宇航局就合作向月球发射卫星一事与欧洲空间局进行了协商，一致同意搞一次欧美联合探月飞行。日本于 1990 年也向月球发射了它的第一个月球探测器，继前苏联和美国之后成为第三个探月国家。

建立月球基地的构思

美国在结束“阿波罗”登月飞行后，想建立第一个月球基地。设想把有降落支架的运货舱和配备雷达的着陆器送上月球。用此着陆器也能作载人飞行，每一次着陆器飞行可载6名宇航员。只要有运货舱和着陆器，就能在月球上建立基地。月球基地居住试验不超过12人，在预制的掩蔽房内住3~6个月。

美国通用动力和康维公司的一个小组认为，目前航天飞机只有24.5吨载重能力，返回飞行载荷限定在14.5吨，因此航天飞机不能使用。倘若能带15吨燃料，就有可能在空间建立一个临时供燃站，从站上给飞往月球的着陆器加燃，不需要运货舱返回地球。遗憾的是，航天飞机运货舱内无燃料储藏空间，特别是低密度燃料的氢。因此，康维公司工作组建议，用航天飞机结构的特殊压舱物箱内装上水，运到轨道上的加工厂，把水电解为氢和氧，储存起来，供着陆器飞行加燃用。该公司工作组推测，依此方法，有44%的航天飞机可供利用。轨道加燃费用比在月球上生产燃料便宜。

美宇航局也注意到从月岩中提取氧的方法。研究表明，在运货舱内建起的一个小型化学加工厂，利用月球阳光能源，每天可生产约100千克的液氧。高温下，月岩与甲烷起反应，产生一氧化碳和氢。在另外设想中，用低温反应堆，一氧化碳与氢反应，还原为甲烷和水，然后，使水电解为氢和氧，

把氧储存起来，而氢再循环进入系统。

1984年10月30日，美宇航局和国立科学院以“21世纪月球基地和空间活动”为题联合召开了座谈会，与会者有300名科学家、工程师以及宇航员。在会上，就重新进行月球探索和开发月球资源广开言路，各抒己见，漫谈2005年在月球上建立一个美国人居住的月球基地。按1984年货币值计算，该基地的建立约需资金500~900亿美元，要用25年时间才能完成。这比用11年登上月球还多14年。白宫和航宇局支持并重视这次专家座谈会，期望专家们为美国重返月球提供需要的科学技术资料。航宇局局长贝格斯在座谈会上首先发言：“我深信今后25年内美国人将能回到月球上去，建立一个永久基地。它将成为开发含氧月岩工厂，并成为飞向太阳系内其他行星和天体的跳板，如火星及近地球小行星。”他又说：“空间站将是飞向月球的中途站。”总统科学顾问基沃斯讲：“空间站将是建立月球基地的一个中间转运站。月球基地是一个大胆设想，振奋人心的目标之一。”曾乘“阿波罗-17”宇宙飞船在月面逗留三天的宇航员哈里森·施米特参议员提出21世纪空间活动目标，请政府考虑从月球起飞的一次火星载人旅行。

美国科学家和政府官员相信美国会正式拟定重上月球探索计划。戈达德飞行中心地质学家保罗·洛温谈到，在对月球尚未掌握第一手科学资料时可进行国际合作。他设想由4~6名宇航员乘装备齐全的月行车，横渡月面上的英布伍姆盆地，用3~6个月时间行程4000千米。宇航员踏上月球后，

可一路上勘查地质，设立营地，采集岩石，加以分析；他们将带有高分辨照相机及高灵敏度遥感器；用能钻几百米深的钻探机取样。这就可以获得广泛月面地质结构。另外，还有3名宇航员乘波音公司造的“月球漫游车”做短期月球观光旅游。为实现建立月球基地的设想，首先耗资520亿美元做月球基地侦探，寻找建月球基地点。

座谈会上，科学家们为月球基地建设和利用提出了一些构思，如建立月球天文台。因为地球受其大气和人为无线电波干扰，严重影响光学、远紫外、伽马射线、射电和微波的观测。他们认为月面是几个天文学领域最理想的地方，诸如射电天文学、微波天文学、红外和亚毫米天文学、光学天文学以及宇宙射线观测等。在近地轨道上运行的天文学卫星，包括1990年4月入轨的空间望远镜，因观测仪器的不稳定性，干扰一些掩星和干涉仪的测量，但月球挡住来自地球的射频放射，不受干扰。此外，月球上可建立大型观测阵，以超高分辨率和高灵敏度探测微弱光源。在月球真空环境里能有效地使用天文观测仪器。假若在月面上安放25米光学望远镜，能提供超过空间望远镜100倍的观测面积，分辨率高10倍。总之，月面天文台比天文学卫星和地球天文台具有不可比拟的优越性。

约翰逊空间中心一位专家提出要建立月球基地，首先应解决封闭生命保障系统，这样才能使人长时间停留在月面上，因为月球是极热和极冷（白天 120°C ，夜间 -120°C ）的空间环境。他谈到月球生保系统采用超临界水氧化技术。在氧化

时,有机物和氧气能游离混合,可使生保系统在月球站设计上予以简化。还有几位科学家提议在月球开辟农场,利用月球含有许多种矿物质的土壤,在加压圆顶罩内种植作物,但需要加氮。几位工程师赞成用 SP-100 空间核反应堆作为月球基地电站;有的工程师还谈及利用月面上钛铁矿热还原生产氧,可提供氧气。至于如何建造月球基地,专家们讨论了用月球土壤和水混合,或与其他液体混合构成基地结构混凝土。加利福尼亚设计院的卡里里提出一种新的“岩浆结构”,用聚焦日光熔化月球土壤,生产一种可雕成装置的柔韧材料。会上,专家们也讨论了用“月球灰质粘土结构成形法”。

尽管在座谈会上,科学家们踊跃发表各自对建立月球基地的意见,但若变为现实则需惊人的经费。月球除恶劣的环境外,还有其他不利因素,譬如火箭火焰污染、处处坑洼、易扬起月球尘埃等,这些都会降低天文台观测仪器的灵敏度。月面是由电位能、等离子体以及电场包围的环境。因土壤粒子是带静电的,也可增加月面尘埃积累。为克服这些不利因素,尚需备有控制污染物和监视系统。随着电子人工智能机器人的迅速发展,只要美国肯花这笔巨款,在 21 世纪初有可能实现在月球上建立基地。但目前,月球基地仍是科学家们脑海里一幅梦幻图画。

美国前总统布什在 1989 年 7 月 20 日纪念美国第一个人登上月球 20 周年大会上提出建立一个永久月球基地,指示国家研究委员会对重返月球和 2019 年把美国人送上火星的计划进行研究。美航宇局在布什发出指示后就开始制定力争

2001年重上月球计划。据初步估计,建立月球基地耗资高达1000亿美元,到2025年利用这个基地费用将达2080亿美元。截至1990年8月底,美国外债积累达6000亿美元,到90年代末期可能突破1万亿美元大关。在债台高筑情况下,恐怕布什重返月球计划的划可望不可及。

日本月球基地的设想

日本在21世纪初,想在月球上建立有10位日本人生活的基地,以进行科学研究和资源勘察。从2013年起,日本可用3年时间建成可供10人居住的月球基地。基地中心部由三个直径4米、长15米圆柱体形装置组成居住舱。它的总居住面积约为100平方米。如果除去只有地球六分之一的重力外,在基地内可以舒适地生活。需要的能源由功率100瓦的月球原子炉和太阳电池供应。

在进行月球科学研究和资源勘察时,宇航员用推土机型月行车在月面工作。考虑月球上宇航员健康状况,月球绕地球一圈28天,宇航员需要从地球轮换。月球升降飞船在月球轨道上飞行,与来自地球的宇宙飞船对接。月球升降飞船、居住舱以及月球基地设备总重至少为240吨,用运载火箭分19次运到月面上组装。

建立月球基地后,宇航员们不需从地球运去建筑材料,而现场取材。原料混凝土采用月岩内含有的石灰石,用液氧和液氢造的水与月面沙混合而成。建筑是积木式房屋,由边

长3.5米、高5.6米的六角柱混凝土组装成巢式结构基地。用的混凝土要防护来自空间强烈的辐射线。日本川崎重工业公司在真空失重环境下，作了搅拌混凝土实验。在地面真空环境里试验强度不变的组件是成功的。

月球基地不可能很快建造起来。在建基地之前需要用无人探测器先行作深入调查。日本拟90年代末发射一颗绕月极轨道卫星，先用遥感勘察整个月面，进而发射“钻探机”着陆月面作地质钻探，以了解月面上地质结构，获取详缜资料。到2000年，日本计划发射月球探查机器人，让机器人在月面上行走，选定月球基地最适当地点。如果能按计划进行，21世纪用改进型的H-2可能发射第一艘载着日本人的宇宙飞船着陆月球。为此目的，还须专门研制新的宇宙飞行器，往返空间站与月球之间，因此将来把国际自由空间站作为中途转运站。日本建立月球基地需要国际合作，日本在建立未来月球基地时将提供高性能的智能机器人。

未来的能源基地

能源是人类生存、发展面临的最严重的问题之一。未来解决能源不足的出路有二条：一是利用太阳能，二是利用核能。月球取样标本化验和分析表明，氦-3的发现，给月球研究和探测工作注入了新的兴奋剂，尤其受到了能源专家的重视。但是，月球氦-3的形成和分布特征、贮量和应用，仍是月球科学研究中亟待解决的问题，只有通过大量的探测和重

返月球野外实地考察，才能获得较为满意的回答。

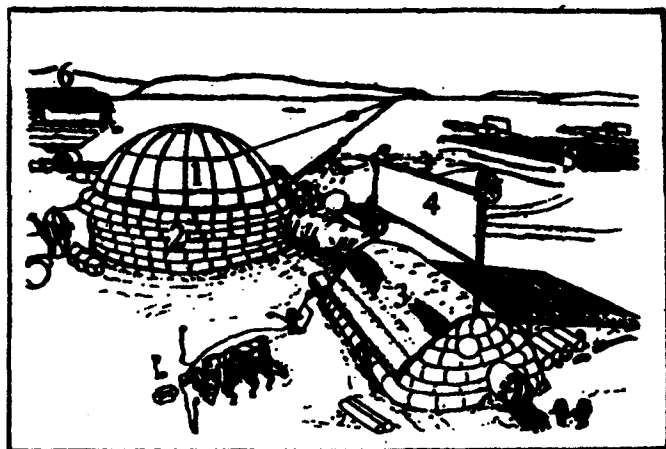


图 28 未来月球基地示意图

1. 记久性居住区 2. 防止宇宙射线的保护装置 3. 仪器供给舱 4. 排除多余能量的散热器 5. 太阳能系统 6. 为制氧提供能量的装置

月球的表面土壤，由岩石碎屑、粉末，角砾岩，玻璃珠组成，结构松散且相当软。月海区的土壤一般厚4~5米，高地的土壤较厚，但也不过10米左右。月球土壤的粒度变化范围很宽，大的几厘米，小的只有1毫米或数十微米，这些细土一般称为月尘。月球土壤中大部分是细小的角砾岩及玻璃珠，约占70%左右，小颗粒状玄武岩及辉长岩约占13%。惰性气体在月球玄武岩的高地角砾岩中含量极低，大气中就更低，几乎为零。然而，月壤和角砾岩中亲气元素则相当丰富。

这是由于太阳风的注入。(太阳风实际上是太阳不断向外喷射出稳定的粒子流)1965年“维那”3号火箭对太阳风的化学组成进行了直接测定,结果表明,太阳风粒子主要由氢离子组成,其次是氦离子。由于外来物体对月球表面撞击,使月壤物质混合,在深达数十米范围内存在这些亲气元素。太阳离子注入物体暴露表面的深度,通常小于0.2微米。因此,这些元素在月壤最细颗粒中含量最高,大部分注入气体的粒子堆积粘合成月壤角砾或粘聚在玻璃珠的内部。

研究表明,月壤中氦的含量为 $1 \times 10^{-7} \sim 63 \times 10^{-7}$,氦-3的含量为 $0.4 \times 10^{-10} \sim 15 \times 10^{-10}$ 。氦大部分集中在小于50微米的富含钛铁矿的月壤中,估计整个月球可提供715 000吨氦-3。人们之所以对氦-3感兴趣,是因为氦-3是未来核聚变燃料的最佳选择。在地球上,天然气矿床中已知的氦-3资源只能维持一个500兆瓦规模发电厂数月的用量,而月壤中氦-3所能产生的电能,相当于1985年美国发电量的4万倍。考虑到月壤的开采、排气、同位素分离和运回地球的成本,氦-3能源偿还比估计可达250。这个偿还比和铀235生产核燃料(偿还比约20)及地球上煤矿开采(偿还比约16)相比,是相当有利的。此外,从月壤中提取1吨氦-3,还可以得到约6300吨的氢、70吨的氮和1600吨碳,这些副产品对维持月球永久基地来说,也是必需的。

此外,还可在月球上建立核能源基地,将电能传输到静止轨道上的中继卫星,再传送到位于地球的接收站,然后再分配到各个地区,供用户使用。仅月球氦-3资源的开发利用

这一点,就不难理解重返月球的深远意义。

月球资源的利用

人们根据月岩样品及大量有关资料的研究与分析,确定了月球优先生产的产品原则,主要是充分利用月球资源,为扩建月球基地而生产必需的原材料,重点是制氧、金属冶炼、建筑材料的制备等。为了实现这一目的,人们已对月球上的加工厂的生产工艺流程及制备方法进行了多方面的详细研究。

科学家很早就开始了月球表面土壤提取氧的方法研究。他们利用“阿波罗”飞船取回的月球沙土进行实验,在 1000°C 的高温下,将月沙中的钛铁矿和氢接触生成水,再将水通过电解提取氧。研究表明,提取1吨氧,约需70吨的月球表土。考虑到在月球上生产的特殊情况,建议在月球基地建设的同时,应考虑配备一套小型的化学处理设备,利用太阳能作动力,每天大约可制备出100千克的液氧。具体流程是:利用月球岩石在高温下与甲烷发生反应,生成一氧化碳和氢。在温度较低的第二个反应器中,一氧化碳再与更多的氢发生反应,还原成甲烷和水;然后使水冷凝,再电解成氧和氢,把氧储存起来供使用,而氢则送入系统中再循环使用。据预测,月球制氧设备,最初是为给月面上的航天员提供氧气之用,但他们需要的氧气并不多,一个12人规模的基地,每月也只需要350千克氧气。而一套制氧设备连续工作后,可生产出相

当数量的氧气。因此，在月球基地建设时，应同时建造一个永久性的液氧库，以便供给航天器作为低温推进剂燃料使用。

十分有意义的是，在制氧过程中，经过化学处理后得到的“矿渣”，却都成了上等的副产品。这是因为它含有丰富的游离硅和可供冶炼的金属氧化物，只要采用适当的工业方法便可继续冶炼，炼制出工业上极有使用价值的金属钛。科学家们提出的制钛工艺流程是：将“矿渣”通过机械粉碎、磁选，提取出钛氧化物，在 1273°C 高温下加氢处理，生成氧化钛，再以硫酸置换出其中的铁，接着和碳混合，在 700°C 的温度下通入氯气，经过化学反应后生成四氯化钛，然后在 2000°C 高温下加热，投入镁以便脱氯，最终得到熔融态的钛。

铝的制造方法更为新颖，月面上的铝是由称之为斜长石的复杂结构所组成。科学家经过反复试验与研究，提出了一套炼铝的新工艺。具体做法是：将月岩粉碎，在 1700°C 下加热熔化，然后在水中冷却至 100°C ，制成多质的球，再经粉碎，在其中加入 100°C 的硫酸，即可浸出铝。用离心分离法和过滤法除去硅化物后，再将它 900°C 的温度下进行热解反应，得到氧化铝和硫酸钠的混化物。随后洗去硫酸钠并进行干燥，再与碳混合加热的同时，加入氯气与之进行反应，生成了氯化铝，经过电解，获得最终产品——纯铝。

建筑业离不开玻璃，因此在月面上生产玻璃显得尤为重要。通常的玻璃由 $71\% \sim 73\%$ 的氧化硅， $12\% \sim 14\%$ 的硫酸钢， $12\% \sim 14\%$ 的氧化钙组成。月球土壤中含有 $40\% \sim 50\%$ 的氧化硅，在月面上制造玻璃是以氧化硅为主。其精制方法

较为简单，在月球土壤中根据需要加入各种微量添加物，用硫酸溶解出一些无用的成分之后，在 $1500 \sim 1700^{\circ}\text{C}$ 的温度下熔化，然后经过压延冷却，即可制成月球玻璃。

现在月球资源开发利用从研究阶段进入试生产阶段。试生产阶段规模不大，需要进一步扩大再生产，使月球生产活动逐步走向批量生产的轨道。从上所述，我们可以理解建立月球基地的经济意义。

责任编辑 吴建 李可亮
封面设计 宋双成



航空航天知识丛书

HANG KONG HANG TIAN ZHI SHI CONG SHU

导弹
人造卫星原理
衣食住行在太空
太阳系中的旅行
运载火箭
中国火箭与卫星
航天史话
空间站
民航与民用飞机
天之骄子——宇航员
中外军用飞机(上)
中外军用飞机(下)
直升机
航空史话
应用卫星大观(上)
应用卫星大观(下)
航空模型的原理与制作(上)
航空模型的原理与制作(下)
踏上月球
水上飞机
航空趣话
飞行的科学
航天飞机
你能当飞行员吗

HK QIUFU ZHI SHI CONG SHU
FANGCHENG ZHI SHI CONG SHU

ISBN 7-5304-1868-8



9 787530 418680 >

ISBN 7-5304-1868-8/Z · 923
定价: 300.00元 (全套24册)