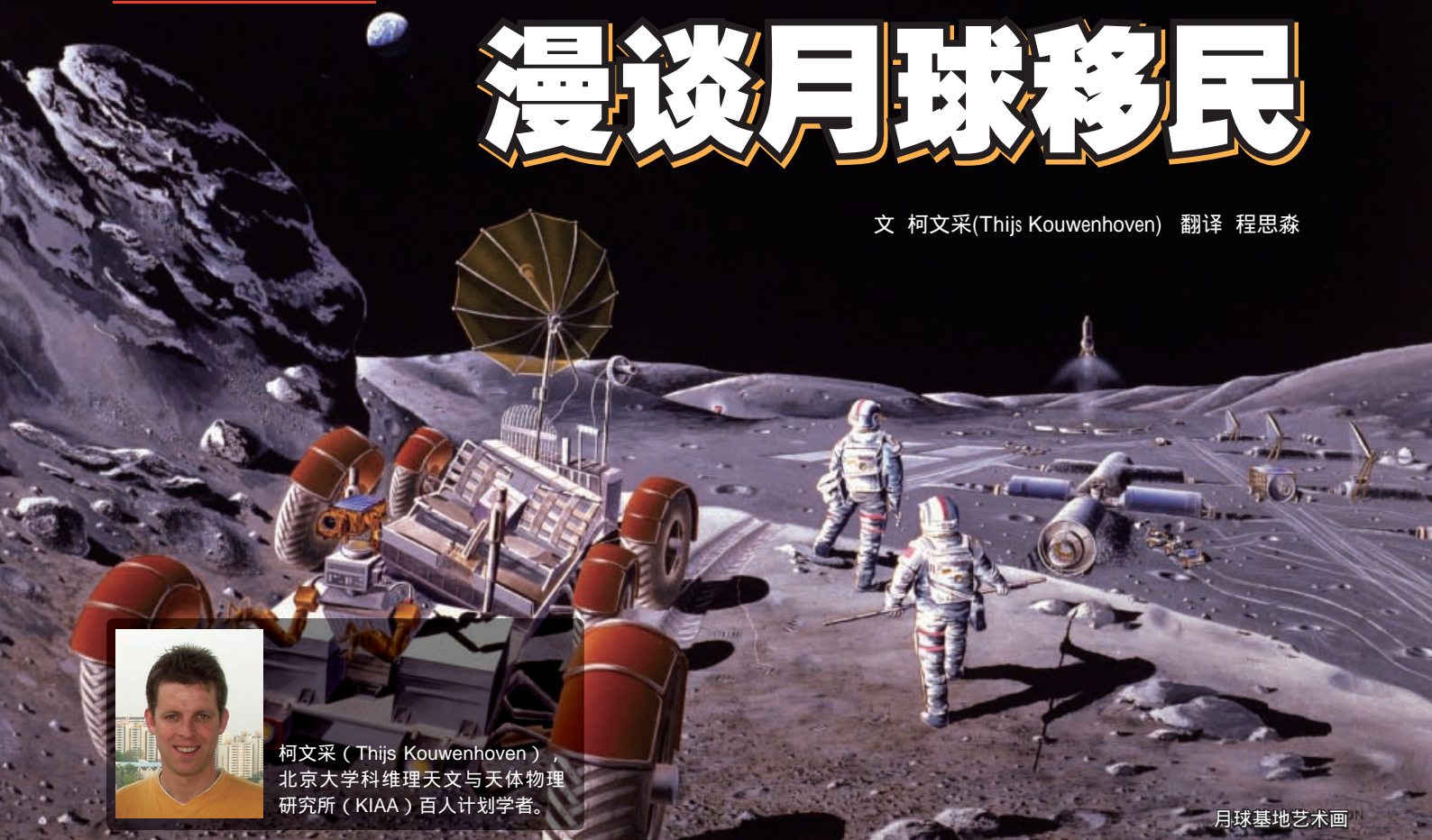


# 漫谈月球移民

文 柯文采(Thijs Kouwenhoven) 翻译 程思淼



月球基地艺术画



柯文采 (Thijs Kouwenhoven)，  
北京大学科维理天文与天体物理  
研究所 (KIAA) 百人计划学者。

## 移居月球之梦

拜访宇宙中的其他天体是人类长久以来的梦想，人们甚至希望能到月球、火星或者其他行星上面去居住。这个梦想在多大程度上是现实的？我们现在距离真正的星际殖

民还有多远？这样做对我们有什么好处？离开我们的家园另辟栖息地，又有哪些危险？目前，俄罗斯、美国、中国、欧洲、日本和印度都有能力把探测器送到月球上；其中美国还完成

了载人登月的壮举，12名宇航员在月球表面留下了他们的足迹。不过，现在在美国和欧洲的宇航预算都在大幅缩水，中国将有机会成为第一个在月球上建立永久工作站的国家。

## 太空生活

上个世纪人们提出过许多移民太空的计划，大多是先在低轨地球轨道上建造一个可供居住的太空舱，然后逐渐向更远的轨道扩张，比如到月球或者其他行星上。前苏联建造了“和平”号空间站 (MIR)，这使人类第一次能够在

太空中长期居住。“和平”号空间站在太空中运行了15年，它著名的后继者是现仍在约400千米高度轨道上正常运行的国际空间站 (ISS)。今天，尽管我们的技术完全能够建造一个永久的空间站并维持它的运作，但开销仍然是巨大的。而且，

迄今我们建造的所有空间站都还不能自我维持，它们需要不断地从地球补充食物、水、氧气等补给。一个真正的永久栖息地，无论在太空中还是在月球或者其他行星上，都应当能够自我补给，不需要从地球运送资源才行。

## 最初的月球军事基地计划

在冷战期间美国军方提出了最早的一批比较现实的建立月球基地的计划。“地平线计划（Project Horizon）”是美国陆军在1959年提出的，力图在1967年之前在月球上建起军事基地。这项计划包括派遣数名“月球士兵”在机械师的协助下登陆月球，并建立永久的月球基地。按照计划，到1967年，该基地将配备全套的核动力火箭以及完善的抵御苏联可能在月球上发起攻击的防御装备，并正式开始服役。当然，这项计划在当时的条件下看来根本不可能实现，因此很快就被取消了。另一项计划称为“登月计划（Lunex Project）”，由美国空军在1958年提出，希望能在1967年由美国空军登陆月球，并随后由21名空军士兵建立一座月球基地。这个计划看来同样无法实现，后来为著名的阿波罗计划所取代。阿波罗计划的目标是在1969年送一位宇航员到月球上进行简短的拜访。那时候前苏联也有类似的计划。后来，随着苏联解体，冷战结束，两国对太空探险的预算都急剧减少，这方面的发展也因此停滞了。但近年来，很多国家新开始雄心勃勃地进行空间活动，其中就包括世界上人口最多的两个国家：中国和印度。



地落（此时卫星在月球南极附近，因此地面明暗差别较大）（日本月亮女神探测器拍摄）

## 没有大气

月球上没有大气，因此如果没有保护性的压力环境，任何生物都不可能在月球上生存。没有大气还造就了极端的温度：月面的温度在白天轻易就能达到120摄氏度，而夜晚则可以降到-120摄氏度。我们要想在月球上建造任何居所，都必须完全密封、温控良好、并且充进与地球大气成分比例相似的氧气和氮气。因此，这些我们身居其中的住所，要么建在月球表面并建成像温室那样的结构，要么就要建成地下的结构。

尽管住在月面上我们能够看到太阳、地球和星空交相辉映的绝美景致，但这其实并不是一个好办法。由于月球上没有大气，流星体都会以全速撞击月面（速度达到每秒数十千米）。在这个速度下，哪怕很小的一粒尘埃也能造成巨大的破坏。另外，月球上没有大气也没有磁场，因此就没有任何屏障保护我们免受来自太阳和宇宙各处的危险射线了。现在住在国际空间站中的宇航员虽然也暴露在宇宙线的辐射下，但由于空间站还在地球磁场中运行，这些辐射相对还算温和、安全；而月球上的宇航员则不同了，他们受到的辐射量要大得多。因此在月球上，最安全的住所大概就要算“地下室”了。

## 生命支持：水、氧气和能量

没有恰当的保护，我们没法在月球上生存，同样，月球上也没有我们必需的氧气和液态水。确实，月球是个非常干燥的地方，看上去不可能有水——不过在2009年，印度发射的月船1号（Chandrayaan-1）飞船在月球表面却发现了水冰，随后，NASA的月球陨坑观测与遥感卫星（LCROSS）项目也有类似的发现。尽管月球上水

的总量大概也就相当于地球上一片沙漠的量，但这一发现对未来人类可能的月球计划却非常重要。这些在月球表面就能够有效获取的水资源可以满足人和动植物的生活需要，另外，通过电解水得到的氢气和氧气也可以作为火箭的燃料。一般认为，月面上的水冰源于彗星的撞击（彗星是个“脏雪球”），因此在撞击坑（环形山）

附近建立月球移民地是非常合适的。在月球表面还有大量的铁氧化物，分解它们得到的氧气可供宇航员呼吸之用。实验室检测表明，月面的土壤相当肥沃，因此我们可以在上面种植作物。这些土壤也可用于建筑。最后，由于月球没有大气，太阳的辐射非常强烈，太阳能板在白天将提供高效的能量产出。



月球正面



月球背面（苏联飞船拍摄）

## 月球的正面和背面

从地球上我们永远只能看到月球的一面，这是因为月球绕地球公转的周期和它相对星空自转一圈的时间完全相同。因此，除了24位乘宇宙飞船在月球轨道上飞行过的宇航员外，谁也没有直接看到过月球的背面。由于月球本身会挡住它背面的信号，如果我们的基地需要与地球进行通讯，那么就只能建在月球的正面，或者至少在月面的边缘地区。

不过正是因为能够完全屏蔽地球上发出的信号，对于天文学来说，月球的背面却有着得天独厚的优势。在这里，天文学家可以进行非常精确的天文观测（尤其是射电观测）。因此，第一座大型自动天文台很有可能就会建在月球的背面。

## 月球？为什么不是火星？

事实上，相比月球，火星还是相对更“适宜”居住的。火星的质量比月球要大，因此在它的表面有一层稀薄的大气。在火星的表面之下也有大量的水。与月球上约700个小时的一昼夜不同，在火星上的一天与地球差不多，大约在25个小时。因此在火星上种植作物和利用太阳能都要容易得多，可供居住的地方也远比月球上要好找。

但是，月球的优势却更为重要。首先是距离。现在，到月球旅行只需大约3天就可以了，比到火星的至少半年要少得多。这使得月球旅行更加安全，而且也许更重要的是，这使旅行开销上百倍地减少。如遇紧急情况，不长的旅途保证月球基地能在短时间内得到支援，工作人员在需要的时候也能够及时下撤。

无线电信号以光速传播，每秒大约能走30万千米。这就是说，地球发出信号，月球接收并回复，地球收到回复，这整个过程只需要不到3秒钟的时间。对于火星来说，情况就不妙了。当火星和地球距离最近（这时两者在太阳的同一侧）时，这个过程需要大约8分钟；而如果火星和地球分居太阳两侧，信号的延迟最多能达到40分钟。

从天文研究的角度看，在月球上建站也远胜过火星。月球上没有大气层，这就为建造大型天文台提供了绝好的台址。目前，中国已经提出一项计划，最近就将在月球上建造一架小型的自动控制望远镜。这将成为在月球上建造的第一台望远镜。事实上，月球的引力比地球和火星都要小得多，因此人们能够在那里建造非常大的观测设备。

## 低引力下的生活

月球表面的引力大约是地球表面的六分之一，这对人们有利也有弊。由于引力小，从月球向太空发射火箭比从地球上发射要容易得多。如果我们建立了永久的月球基地，并且上面的生产能够顺利进行，月球就可以成为宇宙飞船的后勤站。火箭的燃料（氢气和氧）可以从月球表面获得，它们也可用于发电。

但通过对宇航员进行的医学研究我们知道，低引力环境对人体也有一定的伤害，主要是造成肌肉萎缩和骨骼萎缩。尽管在月球上并不是完全失重（这跟在绕地球轨道飞行的宇宙飞船中不同），但目前还不清楚人体是否能够长期适应这种低引力的环境。

## 长日不尽，长夜绵绵

月球上的“一天”（一昼夜，即一次日出到下一次日出）比地球上的29天还要长一点。这意味着月球上的居民将经历大约350个小时的白天，然后接着350个小时的黑夜。这除了会影响人类的心理以外，对供给食物的月球种植业也会带来巨大的麻烦。虽然植物生长需要阳光，但在月球上，它们只能由人工日光照射，因为自然条件下强烈而持续的日照足以使大多数作物枯萎死亡。而到了晚上，太阳能板将因缺乏阳光而不能工作。这时候能量供应就成了整个月球基地的大问题，必须找到另一种能源——一个小型的核电站也许能满足基本需要。

## 月球经济

在月球上建立宜居的栖息地是非常昂贵的，现在还不知道有没有国家愿意为此一掷千金。不过随着技术愈发先进和便宜，以及大型商业公司的加入，据称在未来50~100年内月球投资就将获得收益。在月球上建立基地，既可能是出于科研原因，也可能是为了国家声望、军事目的或者经济利益。月球经济最主要的驱动力或许就是其上丰富的资源。这些资源大多在地球上也有，但它们可以用于在月球上的建设；当我们建造大型空间项目时，从月球上携带原料也比从地球上要容易得多。

月球表层中含有丰富的氦-3，这是一种安全、清洁的新型核动力能源物质。氦-3在地球上是非常少的，它比黄金要贵上150倍。氦-3也许会是月球的第一种出口产品。月球还可以作为空间站的后勤基地。最后，月球表面微弱的引力使我们有机会制造一些在地球上造不出来的材料，如强度很大，质量却很小的“泡沫金属”。

除了上面提到的几项经济利益以外，月球现在还不能直接提供什么。但在遥远的未来，月球将作为人类向火星或者更远的空间进军时的中继和补给站。

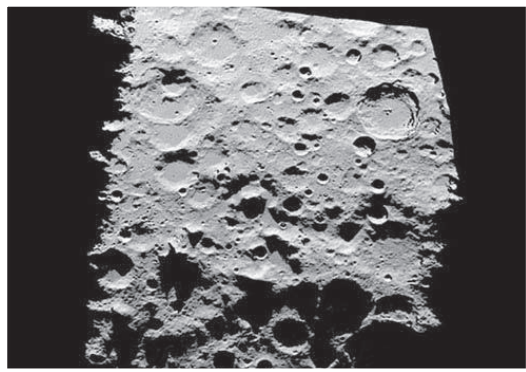
最后，旅游业或许也能够为月球经济尽一点力。在今天，如果您愿意花费数十亿美元购买一张船票，您就能够到国际空间站上游览一番。一旦月球基地建设完成，花上几亿美元大概就可以到月亮上去度假了！

## 法律问题

在月球上居住除了会有一些技术上的困难以外，政治问题也会随之出现。当一个国家建立月球基地的时候，它也就宣布了对基地及其周围地区的领土主权。也就是说，未经允许，其他国家的公民将不能够进入这片领地。但一个国家能够宣布月球上多少领土的主权？第一个建立月球基地的国家能够宣布整个月球都是属于它的吗？插上一面国旗就能决定领地的所有权吗？

这些重大的问题在月球移民的初期也许体现得并不明显，但是一旦在月球的地下发现了一些资源，很多国家将会宣布对这一片地区具有主权，这甚至可能造成国家间的暴力对峙局面。这使我们不禁想起所谓的“殖民时代”，也就是欧洲国家互相争夺美洲、非洲和亚洲的殖民地的时期，这种争夺引起了大量的地区性战争，并且最终引发了第一次世界大战。

联合国力图通过使各国签订《月球协议》来解决这个问题。该协议认定月球及其资源是属于全人类的，而不单独属于任何一个国家、公司或个人。但令人遗憾的是，所有正在进行空间活动的国家都拒绝在这份协议上签字。现在似乎还找不到合适的解决办法，看来在这个问题上人类还是难逃野蛮的“丛林法则”：第一个在月球上建成永久性基地的国家大概会宣布对大量领地和自然资源的所有权。



月球南极区域的环形山（日本月亮女神探测器拍摄）

## 在哪里建立月球城市？

和在地球上一样，对于月球基地的选址，有些地方比其他地方更合适。能够获取足够的自然资源（水、氧气、地下矿产）和便捷的通讯是需要考虑的重要问题。

月球的北极和南极地区大概是最具吸引力的。只要在山顶上就总是能与地球进行通讯，同样，在这些地方，阳光的照射几乎也是不间断的。在月面两极地区，还有一些很深的撞击坑，那是太阳永远照不到的地方，因此可能储藏着大量的水冰。由于日光不会照进来使它们升华，这些水冰也许已经在环形山里保存了上百万年。目前看来，这是最早可以利用的水源。

## 发展中的技术，发展中的计划

在我出生之前很久，12位宇航员就已经登上了月球。那时候的人们也许认为到2013年的时候月球栖息地早就已经建成了，但事实却并非如此。他们的飞船用了当时最先进的技术，但阿波罗飞船上计算机系统的计算能力其实还不如现在放在我办公桌上的便携计算器；那时候的超级计算机运算速度还没有现在的手机快。现在几乎所有的非洲国家都能够获得比美国在1969年掌握的更先进而又更便宜的技术。随着技术的发展，飞向月球比以前容易、安全、也便宜得多了，但没有国家再热衷于此。苏联的解体和冷战的结束标志着人类太空大探险（当然也包括探月）时代的结束，此后再没有人登上过月球。不过，世界毕竟也在不断变化。新技术越来越便宜，对大多数国家来说已经可以接受了，而世界局势风云变幻，各国对自然资源的争夺日趋激烈。我觉得有足够的理由相信，在未来的几十年之内，人们将再次掀起一场探测甚至登陆月球的热潮。现在，中国已经迈出了重要的一步。也许在2050年，中国就将建造第一座真正的月球基地……■

（责任编辑 李鉴）