

# 太阳系搭车指南

太空中存在着神秘的通道，在这些通道里飞船可以不用燃料，缓慢地飞向遥远的外星。

文 | 甄晓晖  
插图 | 郝鹏飞

科幻迷热衷于看到类似《星际迷航：新生代》中飞船驾驶员查看星际线路图的场景。这样的场景确实可能会出现，因为连接不同星球的星际公路确实存在。

美国弗吉尼亚理工学院的谢恩·罗斯 (Shane Ross) 教授和他的研究生正致力于找出在木星卫星系统中的“引力走廊”。这些“走廊”由行星与卫星间复杂的引力相互影响而形成，它们对飞船的作用，类似地球上的洋流对船只的作用。假如能按罗斯教授的设想，绘出一张“引力走廊地图”，指导飞船搭上一趟太空洋流的顺风车，这无疑能够大大地节省星际旅行所需要的能源。

## 这里欢迎自由下落

科幻作家菲利普·迪克 (Philip K. Dick) 在小说里描绘了这样一副景象：莫里斯在漫长煎熬的一天工作之后，拖着疲倦的身躯返回地球。木卫三到地球的星际通道上尽是些满脸疲惫的商人，这趟旅程要花上个两小时。

只需要两小时就能往来木星和地球间的星际公路，可能还只是科幻作家笔下的想像。但对“星际通道”这个话题，谢恩·罗斯教授可是个权威，因为“引力走廊”就能充当这个角色。

罗斯教授不想把“引力走廊”的发现归结为具体某个人的功劳，“这个概念是应用数学家和太空工程师们在研究天体力学和三体问题的过程中逐渐形成的。”

他在回复《新知客》记者采访时介绍道。

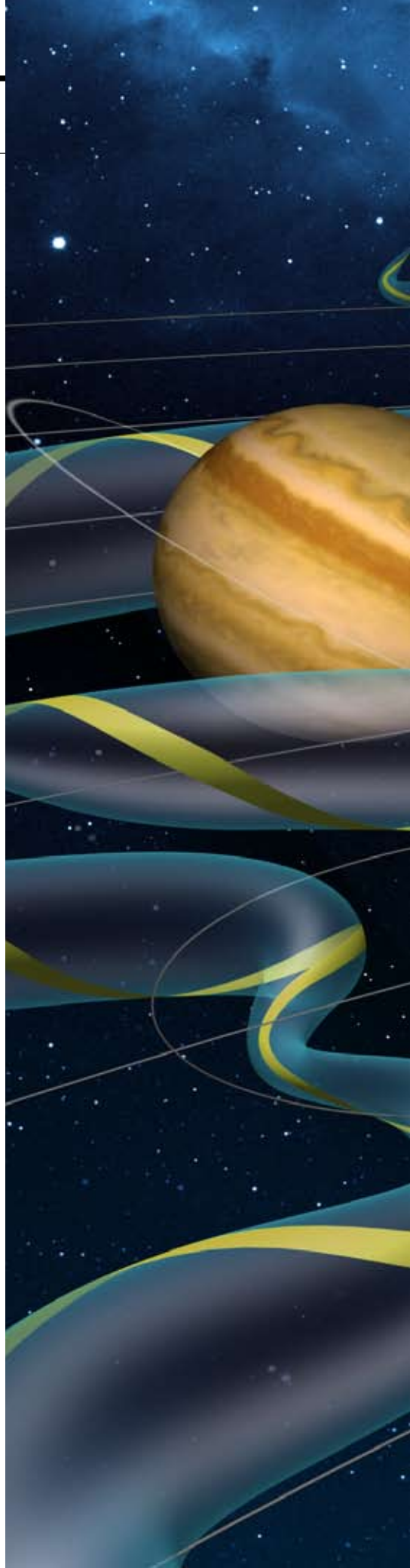
“引力走廊”这个概念，实际描绘了太阳系中天体间运动所耗费能源最少的通道，它们蜿蜒曲折，可以为飞行其中的物体提供较低的速度。

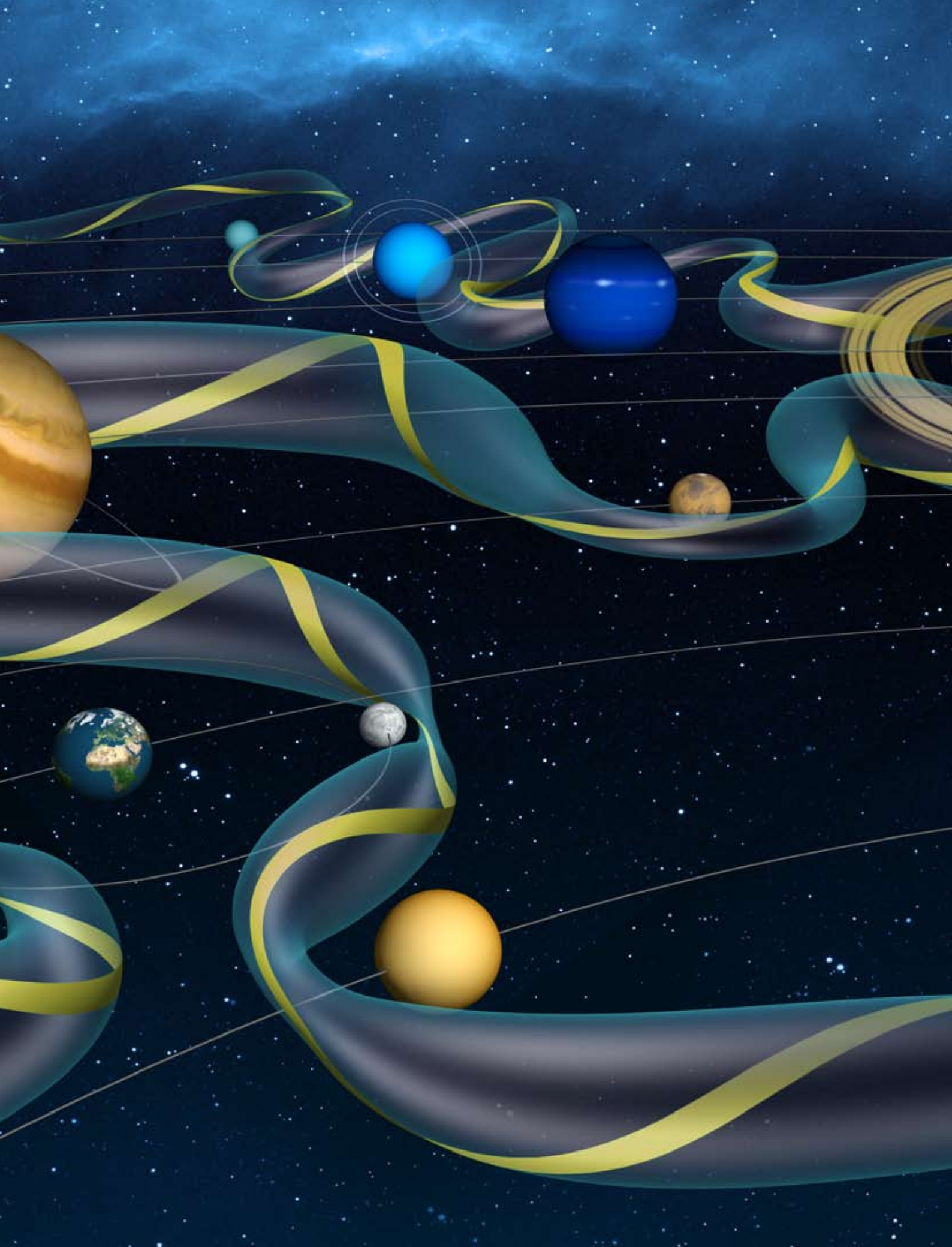
在“引力走廊”里，飞船实际上是不停地“往下掉”的。“它是太阳系里一种特别的‘自由落体’通道。”谢恩·罗斯教授解释说，“在地球上的近地面处，自由落体的路径都是指向地面的直线的集合（例如像从高处落下的石头）。但想像一下，我们要去离地球更远一点的地方扔一块石头，如果这个地方远得甚至离月球比离地球还近，对地球人来说，你会看到这块‘自由落体’的石头在往月亮上飞。如果刚好是一个很特殊的地方，这里地球和月球的引力恰好平衡，那么，你松手的时候，石头甚至会悬停在半空。”

他所说的这些点就是天文学中的“拉格朗日点” (Lagrange points)。法国数学家拉格朗日于1772年推导证明，在每个由两大天体构成的系统中有5个拉格朗日点。在这些拉格朗日点上，一个天体的引力会被另一个天体所平衡，但其中只有两个点是稳定的。

寻找出稳定的拉格朗日点并不代表万事大吉，谢恩·罗斯教授认为，拉格朗日点周围的真实景象非常复杂。有些自由落体路径靠近“拉格朗日点”，飞船可能

右图 - NASA科学家设想中的“太空引力走廊”模拟图





环绕着它们旋转，即使那里根本就不存在质量；有些理论上能够通向绕日轨道的路径，飞船却可能刚好在某个点突然停止前进，甚至自动折回。

“我们可以这样想像，每个物体都有一股能量来自太阳、所有的行星和卫星的潜在引力，这股能量，在缺乏外部动力例如火箭的情况下，决定了物体向什么地方运动。如果这股能量高于拉格朗日点所能平衡的能量，那么一个‘瓶颈’就被贯通了，这个物体就可以从拉格朗日点的一边‘散出’到另外一边。符合这种运动的路径集合就是引力走廊。”谢恩·罗斯教授这样解释引力走廊的动力来源。

#### 谁说这是高速公路？

罗斯没有条件像美国西部的拓荒者一样，亲自到行星周边去测量公路的走向。所以罗斯和他的同事只能在自己的手提电脑上，利用他们开发的计算编码，进行复杂的验算。

除了罗斯，全球还有许多研究者正在从事计算这些引力走廊的工作。这些计算大部分依赖牛顿的万有引力公式进行。因为潜在的自由落体轨道有无限多条，所以在计算的时候必须足够聪明，要不就永远得不出结果。

科学家使用的聪明方法就是运用动力系统理论的一部分——“混沌理论”。“这种方法要求我们首先计算重要的动态对象，像平衡点和周期轨道以及其他特殊轨道的集合。我们计算这些动态对象和所有接近或者远离它们的轨道的集合。”谢恩·罗斯教授说道。

这些计算方法对于一般人来说显然过于深奥，NASA喷射推进实验室的数学家罗闻宇(Martin Lo)干脆在2002年与同事们开发了一个软件，通过这个软件可以很快计算出宇宙飞船利用引力走廊的飞行路线。

NASA绘制“引力走廊”地图的热情可以理解，这关系到他们的钱袋。

在太阳系中，飞往地内行星（金星、水星）的飞行器由于受到太阳引力作用而



获得加速，最终速度远高于目标行星的轨道运行速度，所以飞行器需要进入环绕该内行星的轨道，就必须通过某种机制为飞行器减速；同样，前往地外行星（火星等）的飞行器必须通过某种机制来加速。

而现在，使用火箭助推是为飞行器加速的重要方法之一。但是火箭助推需要燃料，越多的燃料让飞船重量和体积变得越大，发射和续航成本也變得更高，看来不是个好方法。

“弹弓效应”(Slingshot)是现在构想比较成熟的一种太空飞行的加速方法，它的原理跟“引力走廊”类似，也是利用飞船与行星、卫星之间的万有引力，使围绕行星飞行的飞船与行星的卫星交换轨道能量，像弹弓一样把飞船抛向一个更大的运行轨道。

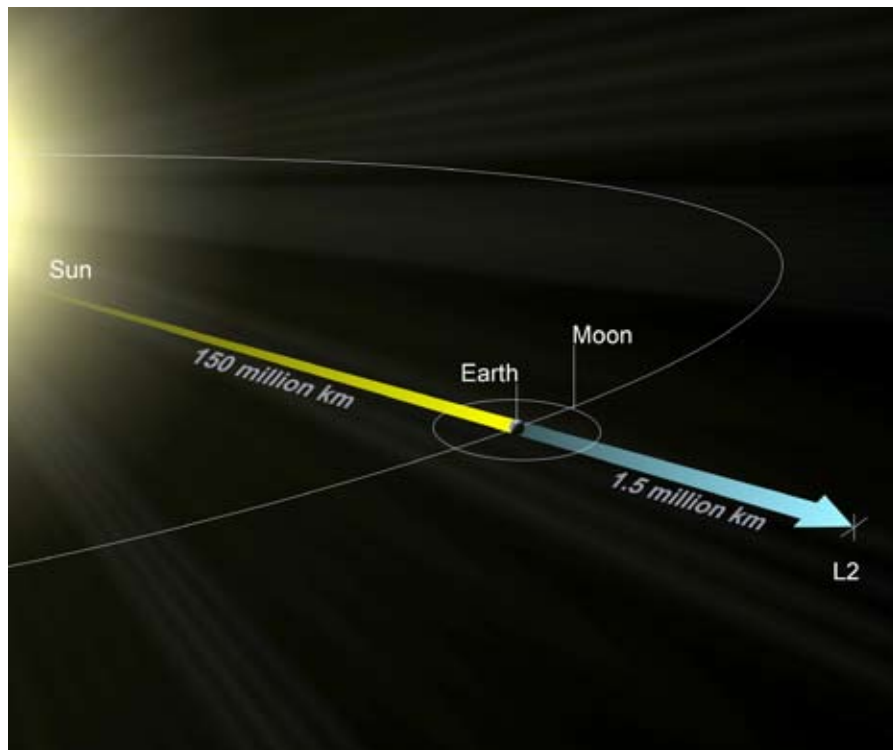
不过这种方法存在一定危险，如果计算错误，飞船就有可能沦为行星的卫星。而且，这种方法仍然存在加速和减速问题，需要消耗燃料。

谢恩·罗斯教授认为，飞船利用引力走廊可以做得更好。飞船进入引力走廊后就像进入了“引力特区”，不需要过多考虑速度问题，它可以用相对慢的速度造访行星和卫星，而不需担心被这些天体的引力场所捕获。当然，更主要的是，由于引力走廊基本上不产生加速和减速问题，它不需要消耗燃料。

在NASA的罗闻宇那里，他的软件已经给大众展现了一个星际公路网络存在的可能。不仅如此，他还给我们指出了进入这个星际公路网的换车道——太阳和地球之间的两个拉格朗日点，在这两个点之间



左图 - 在地月间的拉格朗日点设置太空站，可以成为未来太空旅游的一大景点。  
下图 - 图中L2位置即为最简单的“三体系统”（太阳-地球-月球）中的拉格朗日点之一。它的位置在当地球与太阳间直接距离为1.5亿公里时，日地延长线外150万公里的地方。



的“晕环轨道”（Halo orbits）实际上是连接整个太阳系的动力通道网络的入口。

但是这个免费的星际交通网也并非完美。“主要的问题在于运用引力走廊从一个地方到另外一个地方需要消耗很长的时间，记得我说过它提供缓慢的相遇速度。本质上，我们让引力和惯性来完成所有的工作，因此我们可以节省下燃料，代价则是需要许多的时间。”

谢恩·罗斯教授说道，“穿行在自然连接地球和太阳的引力走廊需要花费上百甚至上千年的飞行时间。即使我们借助一些推进力可以把这个时间缩减到几十年，但这对于一次载人任务来说还是太多。”

目前只有一项美国太空任务曾利用这种方式，即“起源”号飞船任务。“起源”号于2004年发射，任务是捕获太阳风

粒子并将其带回地球。沿引力通道飞行让许这个探测器所携带的燃料减少了10倍。

### 飘浮的月球旅馆

虽然作为太空洋流，引力走廊所提供的动力速度十分有限，但不用悲观。如今地球上行驶最快的轮船依靠的也并非是海洋洋流提供的速度，随着人类飞船推进技术的发展，如等离子火箭等的应用，引力走廊总有成为“星际高速公路”的一天。

在真正使用它之前，科学家更多的工作集中在不断增进对它的了解上。他们现在可以计算出每个三体系统（飞船、它所在的太阳和行星）的引力走廊。在一个行星和它围绕的太阳组成的这个结构里，只受这两个天体影响而产生的引力走廊是固定的。

但是随着更多的天体被纳入考虑范围，情况也随之变得更复杂，因此计算绘制太阳系的引力走廊地图是件非常复杂的任务，寻找地球与火星间一条免费引力管道可能需要数千年时间。

谢恩·罗斯教授认为，以人类目前的科技能力，利用引力走廊让飞船在卫星间飞行将特别有用，“利用地球和月亮间的引力走廊，有可能在可预料的未来就成为现实。”

罗闻宇早在2002年就提出，人类可在地月之间的拉格朗日点位置设置太空站，让大家前往旅游，飞一趟不过3~5天。谢恩·罗斯教授觉得这是个好主意，而且在拉格朗日点设置太空站，不仅可以当作观光的旅馆，还可以作为未来飞往月球或更远地方的交通枢纽。■