

月球,人类航天的“加速器”

袁跃胜 唐光善

(浙江省新昌中学 312500)

2003年10月15日,是一个永载中华民族和人类文明史册的日子。我国第一艘载人飞船“神舟”五号发射升空。在绕地球环行14周后,16日6时23分,我国自己培养的航天员杨利伟乘返回舱在内蒙古预定地区安全落地,我国首次载人航天飞行取得圆满成功。中国人第一次乘自行研制的宇宙飞船,实现了飞向太空的历史性跨越。这是我国航天事业和国防科技事业发展史上一座新的里程碑,开创了我国科学技术发展的新纪元。

辽阔无垠的宇宙令人神往。航天技术的发展极大地扩展了人类活动的新领域,带来了传统技术无法达到的经济和社会效益,同时它的发展也成为体现一个国家综合国力和当代科学发展水平的重要特征。“神舟”五号的发射成功让每一个中国人都感到无比骄傲和自豪,中学生们对中国航天事业也表现出了高度的关注和极大的热情,同学们恨不得立即学好本领报效祖国。几位同学还从一道竞赛题中获得灵感提出“让月球作为人类航天的加速器”,和航天专家们提出的“在使用化学火箭时利用行星重力场的重力辅助增加飞船的推进力”的观点不谋而合。这里将同学们的设计思想作一补充和整理,愿与大家共赏。

是这样一道竞赛题:远点在木星轨道而绕日运行的彗星,它的形成可看成是从无限远处落向太阳的天体经木星吸引而成为太阳的彗星,求其近日点离太阳的距离(设木星绕太阳公转的轨道为圆形轨道,其半径为 R ,彗星质量远小于木星质量)。解:设太阳的质量为 M ,木星质量为 m ,运行速度为 v ,由引力提供向心力,得:

$$GMm/R^2 = mv^2/R$$

$$v = \sqrt{GM/R}$$

如图1所示,质量为 m_1 的彗星从无穷远沿抛物线轨道落到木星轨道时的速率 v_1 可由能量守恒

定律求得:

$$m_1 v_1^2/2 - GMm_1/R = 0$$

$$v_1 = \sqrt{2GM/R}$$

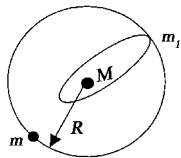


图1

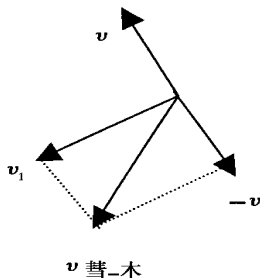


图2

如图2所示,以木星为参照物,彗星相对木星的速度为

$$v_{彗-木} = v_1 - v$$

得:

$$v_{彗-木} = \sqrt{3}v$$

已知木星质量 m 远大于彗星质量 m_1 ,彗星与木星相互作用后,木星速度大小可认为不变,彗星相对木星靠近时与相对木星远离时速率相等,因为彗星绕日运行的轨道在木星轨道处,所以相互作用后彗星在离开木星时相对太阳的速度方向应在木星轨道的切线上,相对于太阳的速率 v'_1 为:

$$v'_1 = v_{彗-木} - v = (\sqrt{3} - 1)v$$

设 x 为彗星的近日点或远日点距离,由开普勒天体运动第二定律和能量守恒定律得:

$$RV'_1 = xV_2 \quad R(\sqrt{3} - 1)v = xV_2$$

$$\frac{m_1 v_1'^2}{2} - \frac{GMm_1}{R} = \frac{m_1 v_2^2}{2} - \frac{GMm_1}{x}$$

得:

$$x_1 = R$$

$$x_2 = 0.37R$$

即彗星的近日点距离为 $0.37R$ 。

一天体进入另一中心天体的引力范围时所发生的相

一个斜向下的切向力的作用,所以我们根据发球运动员的球拍接触球的一刹那的运动方向,可以判断其旋转方向。发球运动员经常在球拍触球的前后,做出一些假动作来干扰对方做出正确判断,这一点

是初学者特别要注意的。

下旋球的道理明白了,读者可用同样的方法对上旋球进行分析。

相互作用过程,因两者质量相差巨大,可认为中心天体是惯性系,运行天体相对中心天体的机械能保持不变。但在不同位置离开天体时相对于别的天体来说,运行天体的动能就有很大的变化。联想到地球上发射航天器,就可以利用月球给航天器加速、减速。这在物理学中称为“弹弓”效应。

一、加速原因

比如向火星发射一个火箭探测器,不是直奔火星而是先朝着月球发射。从地球发射火箭,进入月球的引力范围,在相互作用的过程中,相对于探测器来说月球这个中心天体可视为惯性系,探测器相对月球的机械能保持不变。但探测器在不同位置飞出月球时相对于地球来说,它的动能就有很大的变化。设质量为 m 的月球绕地球(地球质量为 M) 运行的速率为 v , 轨道半径为 R , 由地球对月球引力提供月球所需的向心力,可得:

$$GMm/R^2 = mv^2/R \quad v = \sqrt{GM/R}$$

设质量为 m_1 的火箭逆着月球运行方向进入月球引力范围时的速率 v_1 , 方向如图 3 所示, 以月球为参照物, 探测器相对月球的速度为:

$$v_{\text{探-月}} = v + v_1$$

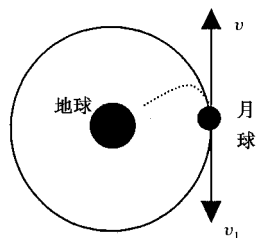


图 3

探测器在月球上空绕月运动,使其速度与月球运行速度同向时离开月球,如图 4 所示。探测器相对月球靠近时与相对月球远离时速率相等,探测器在离开月球时相对地球的速度方向在月球轨道的切线上,与月球运行速度同向,其速率为:

$$V_{\text{探-地}} = v_{\text{探-月}} + v_{\text{月-地}} = 2v + v_1$$

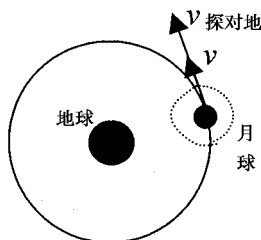


图 4

经计算可知, v 约为 1000m/s , 若探测器以 $v_1=2000\text{m/s}$ 的速度到达月球上空, 经上述过程加速后能达到 4000m/s 。相对地球的动能达到原来的 4 倍, 从而达到节省燃料及快速到达火星的目的。

同理, 回收探测器时, 也可以利用月球来对探测器减速。将待回收的探测器斜向飞入月球引力场区, 待与月球运动反向时飞出月球引力场区; 就如本文开始的例题情形可使探测器减速而容易到地球上着陆。

二、探测器的运行轨道

根据上面的分析, 可将发射探测器的运行轨道设计如图 5 所示:

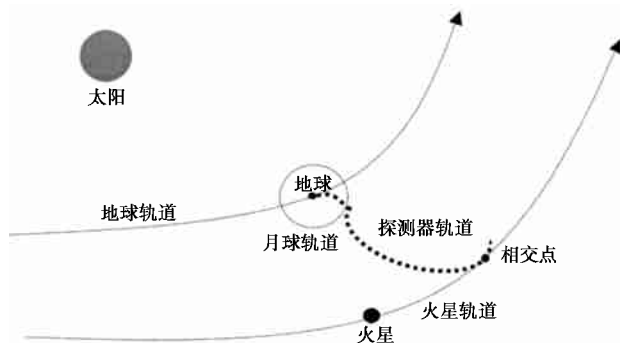


图 5

调整探测器地面的发射速度和时间, 使得探测器离开月球后的椭圆轨道恰能与火星公转轨道相交且火星刚好到达这个相交点, 这样探测器就能到达火星。

三、月球做“加速器”的优势

从上面分析可知利用月球给地球上发射的航天器加速, 主要有两项优势:

1. 可以降低发射或回收难度;
2. 因地球有大气层, 火箭发射速度越大, 与大气摩擦越剧烈, 对运载材料的要求越高, 月球做“加速器”可以减少火箭的发射速度, 降低发射难度为人类向更远旅行奠定基础。(哥伦比亚号航天飞机就是在返回大气层因高温而毁)

同理离地球较近的其他天体也可作为航天器的“加速器”。

