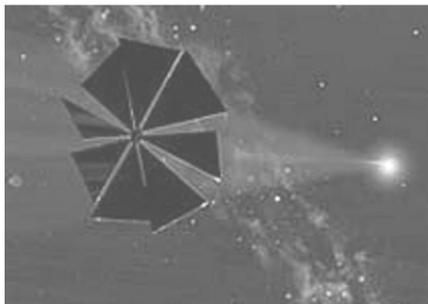


# 光压与光压推进

郑好望 肖胜利 梁红军

2005年6月21日,美、俄科学家向太空发射了人类历史上第一艘太阳帆飞船——“宇宙一号”(由于搭载的火箭引擎故障,在发射后不久失踪)。这艘耗资400万美元、总重量为50千克的飞船,由8片各15米长的超薄三角形聚酯薄膜帆板组成,呈风车状,总面积达600多平方米,帆板表面上涂满了反射物质;它利用光压推进,无须携带任何燃料,只要有阳光存在,它就能获得动力加速飞行。



太阳帆想象图

## 光子与光压

光子是静止质量为零的中性粒子,是光和电磁波能量、动量的携带者,其能量  $E = h\nu$ 、动量  $p = h/\lambda = h\nu/c$  ( $h$  为普朗克常数,  $\nu$  为光的频率,  $\lambda$  为光的波长)。真空中,每个光子都以光速  $c = 3 \times 10^8$  米·秒<sup>-1</sup>运动。光子撞击物体表面时,会给物体一定冲量,使物体受到冲力。由动量定理可知,若每秒有  $N$  个光子垂直撞击在完全吸收其冲量的物体上,则物体获得的动量增量(即受到的压力)为  $Nh\nu/c$ ;若光子垂直撞击并被完全反弹回去,则变为  $2Nh\nu/c$ 。

光对被照射物体的压力称为光压。早在1748年,L. 欧拉就指出光压的存在,这被后来的英国物理学家麦克斯韦首先用电磁场理论推证出来,并算出晴天的太阳对1平方米黑体(能够完全吸收入射电磁波的理想物体)表面的压力为  $4.7 \times 10^{-6}$  牛顿。1899年苏联物理学家列别捷夫用实验证实了光压的存在,并和美国物理学家尼科斯、赫耳分别用精密实验测定了光压的大小,其值与理论相符。目前,光压动力已被用于行星探测船的姿态修正和控制(如“航海家四号”以光压力矩控制姿态)。利用光压作为主要推动力最简单、最典型的应用就是太阳帆。

## 太阳帆

太阳帆是一种靠太阳光压作为控制力和推动力的新型航天器,其原理类似于普通帆船,只不过产生动力的不是自然风而是太阳光。当太阳光照射帆面时,帆面将反射出光子,光子也会对太阳帆产生反作用力,推动零重力的太阳帆前行。太阳帆面积越大,

获得的推力也越大;飞船质量越小,所获得的加速度就越大。

早在1921年,俄国航天事业的先驱康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基和同事弗里德里希·灿德尔就提出了“用照射到很薄的巨大反射镜上的阳光所产生的推力获得宇宙速度”的设想,这是今天建造太阳帆的理论基础。上世纪90

年代,一种超轻材料的研制成功使发射太阳帆飞船成为可能。

太阳帆飞船的优点是不需花费任何燃料成本,也没有发动机,可携带更多科学仪器和货物;缺点是推力太低导致加速过慢,同时远离太阳的地方光压会过低(此时可用人工主动照射来获得推力,可采用聚光照射或主动发射能量光束两种方法)。在距太阳1个天文单位的距离上(约相当于地月质心到太阳的距离)太阳光压约为  $9 \times 10^{-6}$  牛顿·米<sup>-2</sup>,根据牛顿第二定律可算出太阳帆将会以  $(0.03 \sim 1.00) \times 10^{-3}$  米·秒<sup>-2</sup>的加速度缓慢运动,具体数值与太阳帆的重量面积比有关。由于太阳光压能持续不断地作用于飞船,故可逐渐将飞船推进到极高的速度。例如若飞船从静止开始以  $0.5 \times 10^{-3}$  米·秒<sup>-2</sup>的加速度飞行,100天后时速将达1.6万千米,如果持续飞行3年,时速会提升到16万千米,相当于宇宙探测先驱“旅行者号”探测器时速的3倍。在美国宇航局先进概念研究所专门从事太阳帆研究的朱布伦博士认为,如果设计合理,太阳帆的最高速度可达光速的2%,即6000千米/秒。果真如此,星际航行将成为可能。

## 太阳帆与星际旅行

太阳帆目前已成为广受青睐的宇航技术。俄罗斯、日本先后做过几次类似尝试;美国也在研究太阳帆飞船,并为选择太阳帆的制造材料做了大量测试。美国宇航局预计2010年太阳帆飞船将历经15年以上的航程,飞行37亿千米直到太阳系边缘,或是携带仪器探测遥远的冥王星。我们相信,在不远的将来,人类将有可能借助太阳帆遨游太空。

(陕西西安通信学院数理教研室 710106)