

国博因 (Boeing) 公司科学研究实验室的三个地球物理学工作者最近用改进了的高灵敏度激光干涉仪完成了有关这个课题的初步实验。这种仪器能探测小于百万分之一厘米 (或约 100 埃) 的地壳运动。

为取得这种性能, 伐利 (V. Vali)、克罗格斯特 (R. S. Krogstad) 和莫斯 (R. W. Moss) 采用了恒密度的管子, 以保持一定长度的光程。这不仅使仪器的灵敏度远比标准地球应变仪和使用空气光路的装置高得多, 同时也供给了稳定得多的条件, 去连续监视地震沿其发生的断层区域。

前两年, 该研究小组在加利福尼亚一个废弃的矿井中进行了长期应变测量, 并正计划在华盛顿州卡斯凯德 (Cascade) 山上一个被遗弃了的铁路隧道中安装测量臂近于  $\frac{3}{8}$  哩长的新仪器。他们将得到华盛顿大学的地球物理学工作者的帮助。

他们断言, 他们的装置有许多其他方法所不及的优点。该种装置较轻, 易于安装, 受温度和湿度变化的影响也较小。它能对付较大的地面, 并将在几个方向上同时监视应变。激光干涉仪可用来监视全长 20,000 哩的太平洋断层带。

原载 *New Scientist*, 1966, 31, №509, 374 (周碧秀译)

## 用激光消毒食物

加利福尼亚大学的奇切斯特 (C. O. Chichester) 从美国公共健康服务部领到一笔 75,000 美元的辅助金, 研究用激光束破坏食物中的细菌的方法。据说, 可以相信, 激光辐射能杀死细菌, 而不会影响易受破坏的维生素。

原载 *Laser Letter*, 1966, 3, №4, 7 (颜绍知译)

## 用地面的激光束推动星际飞船

G. Marx

众所周知, 星际飞行是一件极其困难的事情<sup>[1]</sup>。一般都认为, 除了技术上的困难以外, 能量和动量守恒定律也阻止人们在其生命期中访问其他的星球系统<sup>[1]</sup>。本文旨在表明, 这不一定是这种情况。要在宇宙飞行员的生命期中, 到达最近的星球, 就须具有相对论速度。设飞船的静止质量为  $M$ , 飞行速度为  $c\beta$ , 则动量  $K$  等于:

$$K = Mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right)$$

其中,  $c$  为光速。飞船欲达到相对论速度, 就需要推进能量  $W$ , 这大大超过在可以预见到的将来, 技术上可能实现的最佳估值。其原因在于, 在相对论范围内, 火箭推动的机械效率很

低<sup>[2]</sup>。火箭只能由靠它排出去的气体的反作用力来加速。推进剂所释放的大部分能量由质量微小的排出气体微粒以不可避免的反冲运动的形式消耗掉。这是直接由能量和动量守恒得到的结果。欲防止能量的消耗,看来只能将反冲动量传给地球。因为地球质量很大,它获得的反冲能量可以忽略,这正象汽车在结实的马路上奔跑的情况一样。假设这个原理可能实现,让我们考虑下面的一个系统:正在起飞的飞船由地面上看来,具有一个有效的横截面  $f$ , 并作为能向后反射光的完全反射体。由地面光源发出的一束具有恒定强度  $I$  的光束被飞船反射。设飞船的飞行速度为  $c\beta$ , 则反射光强度  $I'$  的结果小于  $I$ 。在  $dt$  时间内飞船获得的动量为  $c^{-1}f(I+I')dt$ , 能量为  $f(I-I')dt$ , 并且飞船由速度  $c\beta$  加速到  $c(\beta+d\beta)$ 。

表示动量和能量守恒的方程为:

$$\frac{If}{c^2} cdt + \frac{Mv}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{M(v+dv)}{\sqrt{1-(\beta+d\beta)^2}} - \frac{I'f}{c^2} cdt$$

$$Ifdt + \frac{Mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{Mc^2}{\sqrt{1-(\beta+d\beta)^2}} + I'f dt$$

这也可以改写成运动的微分方程:

$$I+I' = \frac{Mc^2}{f} \frac{d}{dt} \left( \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \right)$$

$$I-I' = \frac{Mc^2}{f} \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \right)$$

这两个方程相加和相减得:

$$I = \frac{Mc^2}{2f} \frac{d}{dt} \left( \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \right) \quad (1)$$

$$I' = -\frac{Mc^2}{2f} \frac{d}{dt} \left( \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} \right) \quad (2)$$

如果入射强度  $I$  不随时间改变, 则求积分, 最后的速度为:

$$\frac{v}{c} = \beta = \frac{(1+2\tau)^2 - 1}{(1+2\tau)^2 + 1} \quad (\text{如果 } \tau=0, \text{ 则 } \beta=0) \quad (3)$$

式中,  $\tau$  为在时间  $t$  内所用的辐射能量与飞船的静止能量之比:

$$\tau = \frac{If t}{Mc^2} \equiv \frac{W}{Mc^2}$$

将方程 (3) 代回方程 (2), 就求得“瞬时机械效率”为:

$$\eta_m = \frac{dK}{dW} = \frac{I-I'}{I} = 1 - (1+2\tau)^{-2}$$

如果  $\tau \rightarrow \infty$ , 即, 如果  $v \rightarrow c$ , 则瞬时机械效率增长到百分之百; 在这种极端相对论的极限下, 落到反射镜上的能量几乎全部转化为飞船的动能。

“总机械效率”可定义为飞船的动能(由静止开始)与射到飞船上的光束的辐射能之比:

$$\eta_t = \frac{K}{W} = \frac{1}{1 + (2\tau)^{-1}}$$

总效率由很低的数值(适用于非相对论运动)开始, 当飞船达到相对论速度时上升到百分之百。由此可以看出, 只要“脚踏实地”, 星际空间飞行主要的困难都会消失。如果地上发射体所发射的光束能够精确地投射到飞船的反射镜上, 则飞船几乎能被加速到光速。

欲在技术上实现此一目的, 聚焦就必须理想。发射自然光的所有光源因为有小波包发散, 都不能用。只有激光的相干辐射提供了这种可能性。设激光光束的发散角为:

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{\lambda}{\rho}$$

式中,  $\lambda$  为波长,  $\rho$  为激光相干辐射表面的半径, 由此可以估计最大工作范围为(单位是光年):

$$r = 0.1 a \rho \varepsilon$$

式中,  $a$  和  $\rho$  分别为反射镜和激光器表面的半径, 单位都是千米, 而  $\varepsilon = hc/\lambda$  为光量子的能量, 单位是千电子伏,  $h$  为普朗克常数。由此可以看出, 要求的技术条件是很苛刻的。0.1 光年的工作距离, 就要求发射硬 X 射线的相干辐射表面为 1 千平方米, 并且要求飞船带一块有效横截面面积为几千平方米的 X 射线反射镜。

实际上, 这种推进系统没有理想的反射镜也能工作。如果反射镜由黑色表面代替, 并且如果吸收的光能各向同性地发射到飞船参考系统的空间中, 则瞬时机械效率为:

$$\eta_m = \frac{dK}{dW} = \beta \frac{1 + \beta}{1 + \beta^2}$$

并且有:

$$\lim_{\beta \rightarrow 1} \eta_m = 1$$

虽然如此, 要想在最近几十年内实现这些技术条件, 看来实际上是做不到的。(而要研制具有百分之九十机械效率的光子火箭甚至还更加困难)。

地球上的激光推进只可能在很远的将来实现。它可能解决加速的问题, 而不能解决飞向指定目标时的减速问题。但是, 如果与居住在其他星球上的有理性生物已实现无线电联系, 则由激光站加速的载人宇宙飞船将从地球起飞。在刚刚离开地球后就将加速到  $0.99c$ , 然后以这个速度在星空飞行。在到达星球时飞船速度将降低到零。返回原处时发生同样的情况。

还没有一个星球被外层空间意想不到的来客以这种形式侵入，这也许可以说明为什么至今在地球上还没有发现这种入侵的真实形迹。

### 参 考 文 献

- [1] 关于这一问题的概要,可参考 Shepherd, L. A., *Realities of Space Travel* (London, Putnam, 1957); Hoerner, S. V., *Science*, **137**, 18 (1962); and Pierce, J. R., *Proc. Inst. Radio Eng.*, **47**, 1053 (1959), 该书还有更多的参考文献。
- [2] Marx, G., *Astronaut. Acta*, **19**, 131 (1963).

原载 *Nature*, 1966, **211**, № 5044, 22~23 (王明常译, 王海龙校)

## 日本制成防撞激光雷达

东京大学的工业科学研究所日本制成了第一个激光雷达。这一雷达可作为预防高速火车和飞机发生碰撞事故和报警系统的基础。雷达站的有效作用距离为 9.6 公里,光束的宽度小于 1 毫弧度。所用的红宝石激光器,在重复脉冲频率为 1 赫时,输出功率为 20 兆瓦。

原载 *Electronics*, 1966, **39**, №7, 237, 转译自 *Электроника*, 1966, №7, 65, (周稳观译)

## 用白光重现多色全光图

现在,以普通白光(日光或闪光灯)照明全光图就能看见三维多色像。以前,全光图仅能以一束或几束激光照明才能看见。

贝耳电话实验室电子管和光学装置部的林(L. H. Lin)和彭宁顿(K. S. Pennington)与密西根大学的史特罗克(G. W. Stroke)和拉比里(A. E. Labeyrie)改进了通常用来作全光图的光学装置。虽然拍摄全光图还是需要激光,但现在即使用白光筛选全光照相底板乳剂上形成的干涉图,并选择给予肉眼以感觉的深度、形状和颜色信息,也可以看见全光图。

多色全光图是把两束或几束颜色不同的激光合成一个单光束的方法进行的。此光束又再次分为照明目标的目标光束和直接照在照相底板上的参考光束。参考光束与目标光束形成的干涉图样记录在底板的乳剂上。以原来的激光照到全光图上来重现图象。

照相底板的乳剂比光的波长厚得多。当使参考光束和目标光束被在乳剂上互相干涉以制作全光图时,便形成许多干涉表面。以前作全光图所使用的两光束间的夹角为 30~50 度。将光波的振幅和方向记录在全光图上,但是,干涉表面的间隔使之仅形成有限数目的表面。

(下转封 2)