



冲出牛顿第三定律

文 / 邵卫东



学过高中物理的同学都知道：在牛顿力学的框架中，相互作用的两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。表达为： $F_1 = -F_2$ ， F_1 表示作用力， F_2 表示反作用力，“-”号表示两个力方向相反。这就是经典力学中的牛顿第三定律，该定律由艾萨克·牛顿在 1687 年于《自然哲学的数学原理》一书中提出。意思是说，物体之间的相互作用是通过力体现的，要改变一个物体的运动状态，必须有其它物体和它相互作用。并且指出力的作用是相互的，有作用必有反作用力。

1666 年初，牛顿创立了三大运动定律，这些定律为他发明微积分和发现地球引力创造了必不可少的条件，但他当时并未公布这些结果。此后，牛顿反复做单摆碰撞实验，巧妙地测出了碰撞前后的瞬时速度，对结果进行不断修正。1687 年，牛顿正式将第三定律作为“运动定律三”提了出来。

作为力学经典定律之一，牛顿第三定律是否会随着时间的改变而引起后人的质疑呢？

据美国“石英”财经网报道，美国航天局（NASA）研究人员已经在一种为飞船提供动力的新方式上取得进展，这可能最终令前往太阳系偏远地区的快速旅行成为可能。这项研究的发现完全违背了人类迄今对物理学的理解。确实，这一结果似乎与牛顿第三运动

定律相矛盾。

这一名为“电磁驱动引擎”(EmDrive)的推进系统是由英国工程师杰·肖耶在世纪之交构想出来的。据称该引擎可以通过在一个密闭容器内来回反射微波来制造推动力。根据经典物理学理论,这应该是不可能的,因为动量守恒定律说,朝着一个方向的动量必然会产生相等的反向动量。比如,一枚靠燃料驱动的火箭可以通过从尾部向外喷射推进剂来生成动能,从而向前进。(如果你试图在脚蹬冰鞋时抛出一个球,会有同样的效果。)但是,EmDrive 似乎是凭空生成了动能。

其实,牛顿运动定律是建立在绝对时空以及与此相适应的超距作用基础上的所谓超距作用,是指分离的物体间不需要任何介质,也不需要时间来传递它们之间的相互作用。也就是说相互作用以无穷大的速度传递。

除了上述基本观点以外,在牛顿的时代,人们了解的相互作用。如万有引力、磁石之间的磁力以及相互接触物体之间的作用力,都是沿着相互作用的物体的连线方向,而且相互作用的物体的运动速度都在常速范围内。

经典力学的第三定律真的会失效吗?也许确实有不适用的时候,牛顿也不一定全知道未来。19 世纪初,科学家发现了电与磁之间的联系,建立了电场、磁场的概念;除了静止电荷之间有沿着连线方向相互作用的库仑力外,发现运动电荷还要受到磁场力即洛伦兹力的作用;运动电荷又将激发磁场,因此两个运动电荷之间存在相互作用。在对电磁现象研究的基础上,麦克斯韦在 1855 ~ 1873 年间完成了对电磁现象及其规律的大综合、建立了系统的电磁理论,发现电磁作用是通过电磁场,以有限的速度来传递的,后来为电磁波的发现所证实。

物理学的深入发展,暴露出牛顿第三定律并不是对一切相互作用都是适用。如果说静止电荷之间的库仑相互作用是沿着二电荷的连线方向,静电作用可当作以“无穷大速度”传递的超距作用,因而牛顿第三定律仍适用的话,那么,对于运动电荷之间的相互作用,牛顿第三定律就不适用了。

实验证明:对于以电磁场为媒介传递的近距离作用,总存在着时间的推迟。对于存在推迟效应的相互作用,牛顿第三定律显然不适用。实际上,只有对于沿着二物连线方向的作用(称为有心力),并可以不计这种作用传递时间(即可看做直接的超距作用)的场合中,牛顿第三定律才有效。

肖耶得出的最初结果自然受到人们的极度怀疑——毕竟,他所声称发现的东西应该是不可能存在的。但是在 2010 年,中国研究人员发表报告说,他们成功通过 EmDrive 生成了推进力。2014 年, NASA 的一个名为“鹰工厂”的推进实验室也有同样发现。不过,这些试验都不是在真空中完成的,因此试验结果容易有错误,从而无法令人信服。

但是现在,“鹰工厂”的一位研究人员汇报说,该实验室已能够在真空中通过 EmDrive 生成推进力。这有力地证明了这项研究结论的正确,也说明有朝一日用这种引擎建造飞船是可能的。

如果这一点成真呢? EmDrive 从理论上讲将允许飞船加速到比现在高得多的速度,从而使空间缩短到足以进行行星间旅行的程度。比如,正如“鹰工厂”领衔研究人员哈罗德·怀特和肯特·约斯滕在 2014 年的一篇关于人类太空探索的论文中所写,配备 EmDrive、搭载核动力而不是喷气燃料的飞船可以用 75 天把乘客带到火星,或是用 9 个月把乘客带到土星的卫星“泰坦星”。目前的飞船则需要 9 个月才能抵达火星,需要 3 至 6 年才能抵达土星。

在牛顿力学体系中,与第三定律密切相关的动量守恒定律,却是一个普遍的自然规律。在有电磁相互作用参与的情况下,动量的概念应从实物的动量扩大到包含场的动量;从实物粒子的机械动量守恒扩大为全部粒子和场的总动量守恒,从而使动量守恒定律成为普适的守恒定律。



