

地月系统中的开普勒常数在逐渐减小

王互

[Email:vortex.wh@hotmail.com](mailto:vortex.wh@hotmail.com)

摘要

科学家们对鹦鹉螺，珊瑚化石，地球自转，以及地月系统距离变化的研究，很可能是得出这么一个结论：以地球为中心天体的系统，它的开普勒常数正在逐渐减小

关键词：鹦鹉螺，地月距离，开普勒常数，涡流

1. 综述

在开普勒的著作《世界的和谐》中，开普勒给出了行星的运动规律，即开普勒第三定律。这个规律表明，以太阳为中心天体，行星轨道半径的立方和轨道周期的平方的比值是一个常数， $\frac{R^3}{T^2} = C$ 。通过万有引力公式，可以导出 $C = \frac{MG}{4\pi^2}$ ，于是，牛顿认为这个常数的大小只和中心天体的质量有关。在《牛顿万有引力公式其实就是开普勒第三定律》一文中，我们已经详细列出了证据，指认牛顿抄袭开普勒的第三定律，并毫无依据的胡乱给公式添加定义，MG 只是牛顿虚构一对字母，它们没有任何物理意义，MG 只是替代了开普勒第三定律（展开后的第三定律）中的 $4\pi^2 C$ ，所以用 $C = \frac{MG}{4\pi^2}$ 来解释开普勒常数的大小是非常错误的。

从 $F = G \frac{M \cdot m}{R^2}$ 变形出 $MG = 4\pi^2 C$ ，这个推导过程大家都会，步骤非常明了。

但为什么 $F=G\frac{M \cdot m}{R^2}$ 能变形出 $MG=4\pi^2C$? MG 的物理意义是怎么来的? 为了搞清楚

这些问题, 我们一起先来看看牛顿的万有引力公式是怎么来的。

表格 1	
开普勒第三定律就是牛顿万有引力公式	
步骤	推导过程
1	<p>把 $\frac{R^3}{T^2} = C$ 一步一步展开, 得公式 $m \cdot a = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$。在《牛顿万有引力公式其实就是开普勒第三定律》文中, 有详细的推展开和推导过程。 $m \cdot a = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$ 完完全全是 $\frac{R^3}{T^2} = C$ 变换过来的, $\frac{R^3}{T^2} = C$ 和 $m \cdot a = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$ 是两个一模一样的公式, $m \cdot a = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$ 仍然是开普勒第三定律, 它是开普勒第三定律的展开之后的形式。(R 为行星平均轨道半径, T 为轨道周期, C 为开普勒常数, m 是物体质量, V 是行星轨道的平均线速度, a 为向心加速度。)</p>
2	<p>$m \cdot a = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$ 这个公式等同于 $F = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$, 因为牛顿用字母 F 替代了 $m \cdot a$。(用 F 替代 $m \cdot a$, F 的含义还是 $m \cdot a$, 即质量乘以加速度。)</p>
3	<p>那么依据步骤 2 这个逻辑, $F = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$ 这个公式等同于 $F = G\frac{M \cdot m}{R^2}$, 因为牛顿用字母 MG 替代了 $4\pi^2C$。(用 MG 替代 $4\pi^2C$, MG 的含义还是 $4\pi^2C$, 即 $4\pi^2$ 乘以常数 C, 而不是牛顿认为的质量乘以常数, MG 这组字母没有任何物理意义。)</p>
4	<p>由上面两步推理, 很容易得出, $m \cdot a = \frac{4\pi^2C \cdot m}{R^2}$ 这个公式等同于</p>

	$F=G\frac{M \cdot m}{R^2}$ 。
5	既然 $\frac{R^3}{T^2}=C$ 等同于 $m \cdot a=\frac{4 \pi^2 C \cdot m}{R^2}$ ，所以 $\frac{R^3}{T^2}=C$ 等同于 $F=G\frac{M \cdot m}{R^2}$ 。开普勒第三定律和牛顿万有引力公式一模一样。

从表格中的推导过程我们可以看出，牛顿用字母 MG 去替代 $m \cdot a=\frac{4 \pi^2 C \cdot m}{R^2}$ 中的 $4 \pi^2 C$ （注意： $m \cdot a=\frac{4 \pi^2 C \cdot m}{R^2}$ 就是开普勒第三定律，它是开普勒公式的展开形式），那么 MG 的含义还是 $4 \pi^2$ 乘以 C，而不是牛顿虚构出来的“质量乘以常数”的物理意义。这就如用字母 F 去替代 $m \cdot a$ ，但 F 的含义还是质量乘以加速度。F 只是个用来替代的字母，我们可以用其他字母来替代 $m \cdot a$ 。比如我们用 SG 来替代 $m \cdot a$ ，即 $SG=m \cdot a$ ，此时 SG 虽是两个字母，但它的含义还是 $m \cdot a$ （质量乘以加速度）。我们千万不能像牛顿那样，给 SG 虚构一个物理意义，比如我们把 S 虚构成“位移”，把 G 规定成为一个带单位的常数，这样一来，等式两边的物理意义就相互矛盾了，左边是位移乘以常数，右边是质量乘以加速度。大家一看就知道这种虚构物理意义的行为很荒谬，但这就是牛顿抄袭开普勒第三定律并虚构物理意义的证据。

$C=\frac{MG}{4 \pi^2}$ 中的 MG，它本来的含义就是 $4 \pi^2$ 乘以 C，把 $4 \pi^2 C$ 代回到 $C=\frac{MG}{4 \pi^2}$ 中去， $C=\frac{MG}{4 \pi^2}$ 这个等式立马变为 $C=C$ ，牛顿正是用 C 去解释 C 的大小和含义，这明显是非常错误的。所以“开普勒常数的大小和中心天体的质量有关”这个观点也是牛

顿虚构出来的，它绝对是不可靠的。

总之，无论从理论还是实际观测，都没有证据表明开普勒常数是固定不变的。

所以本文主要讨论的两个方面的问题，第一，以地球为中心天体的系统，它的开普勒常数是否在变化。第二，涡流系统和天体系统的类比。

2.1 涡流实验的总结

在“涡流和开普勒第三定律”一文中，我们通过实验，对涡流的轨道半径和轨道周期之间的关系做了分析和研究，从中得出了三个结论：

- 1, 涡流的轨道通常是椭圆轨道。
- 2, 对于同一段涡流，涡流轨道半径的立方和轨道周期的平方的比值是一个常数， $\frac{R^3}{T^2} = K$ 。这个常数的大小和涡流的大小有关。涡流越大，则 $\frac{R^3}{T^2}$ 的比值 K 越大。

- 3, 对第一段涡流样本的分析得出： $K=212$, 对第二段涡流样本的分析得出： $K=55$ ，两个涡流样本采样的时间间隔是 8.44 秒，两个常数相差将近 4 倍。单位时间内，第一个涡流样本的能量大，平均转速快，它的常数就大。单位时间内，第二个涡流样本的能量小，常数就小。但从整个 44 秒的涡流来看，这个常数是在逐渐减小的，当涡流最后恢复平静时，常数也就不存在了。总之，对于一个完整的水涡流，涡流从开始启动到最后恢复平静，随着时间的推移，涡流常数是在逐渐减小的。

2.2 涡流和地月系统的部分类比

把涡流系统的性质和天体系统的性质进行比较，第一条和第二条结论肯定是符合的，那么我们如何解释第三条结论呢？第三条结论告诉我们，涡流常数是在变化的，对于一个完整的水涡流，涡流从开始启动到最后恢复平静，随着时间的推移，涡流常数是在逐渐减小的。

但是，现有的理论告诉我们，在天体系统中，中心天体一定，那么这个中心天体所对应的开普勒常数 ($\frac{R^3}{T^2} = K$) 也就是一定的，开普勒常数不会随着时间的推移而变化，更不会逐渐较小。涡流系统和天体系统在这第三条上为什么会不同呢？开普勒常数一定是不变的吗？

3.1 科学家们研究地月系统的部分成果

让我们一起来看看我们最熟悉的地月系统，来分析以地球为中心天体的系统中，开普勒常数是不变化的呢？还是在逐渐较小的？

在1978年10月19号的一期自然杂志上，刊登了美国科学家，STEPHEN M. POMPEA 和 Peter G. K. Kahn 共同发表的一篇关于鹦鹉螺研究的论文，论文的题目是：

Nautiloid growth rhythms and dynamical evolution of the Earth-Moon system.

他们通过巧妙的研究发现，月球和地球的距离不是固定不变的，随着时间的推移，月球正在远离地球。

卡姆和普姆庇考察研究了现生种鹦鹉螺的九个个体、四十个气室，他们发现贝壳上的波状细线具有树木年轮的性能，每个气室之间，这种生长线的数目大体上

在三十条左右，与现代的一个朔望月（二十九点五天）完全相符。现代鹦鹉螺的波状线一天长一围，气室一月长一隔，这种特殊现象给了两位地理学家以极大的启发。他们又考察研究古代鹦鹉螺的化石共三十六例。其中新生代的二例，中生代的八例，古生代的二十六例。结果表明：古鹦鹉螺气室两隔板之间生长线的数目随着年代的上溯而减少，但是同时代的化石却是固定不变的。在新生代渐新世的壳上，是二十六线，中生代白垩纪末是二十二线，中生代侏罗纪是十八线，古生代石炭纪十五线，古生代奥陶纪九线。卡姆和普姆庇由此假设在奥陶纪末，月亮环地球一周只有九天。

知道了月球的环绕周期，就能通过开普勒第三定律求出地月之间的距离。结果表明，四亿年前的月亮和地球之间的距离只有现在距离的百分之四十三。他们进一步计算得出，69.5百万年前的地月距离是现在的0.840，这表明，月球轨道半长轴的年平均衰退是94.5 cm，即月亮离开地球的平均速度为每年94.5cm。这个结论是通过开普勒第三定律求出来的，所用的地月系统的开普勒常数不管是在69.5百万年前，还是在当今，都是一样的。为什么如此使用？因为当今物理认为开普勒常数是不会随时间变化的。

一直以来，人们认为“对于同一个中心天体，它的开普勒常数是不会随时间而变化的”，这个结论一直被用着，从未或者很少被怀疑过，支持这一结论的依据是一些纯理论和数学的推倒，这个结论并未被任何的观测数据所验证。为了搞清楚开普勒常数的问题，我们先罗列一些不同时期，科学家们的一些关于地月系统

的重要研究成果，并进行比对分析。一共有五条。

1, STEPHEN M. POMPEA 和 Peter G. K. Kahn 两位科学家通过研究鹦鹉螺而计算得出，69.5 百万年前的地月距离是现在的 0.840，这表明，月球轨道半长轴的平均衰退是 94.5 cm, 即月亮离开地球的平均速度为每年 94.5cm。

2, 人们通过对日蚀的观察，据三千年间有纪录可查的计算结果，月亮离开地球的平均速度为每年5.8cm。

3, 通过激光测距等技术，科学家们发现，月球正在以每年 3.78cm 的速度远离地球。

4, 珊瑚也有“年轮”。科学家发现，现在的珊瑚每年长有 365 条轮线，而 4 亿年前的珊瑚化石上，每年长有 400 条年轮线。这说明，四亿年前，地球每年是 400 天，那时，地球每自转一周的时间为 21.5 小时，比现在要快 2.5 小时。

5, 自 1971 年底首次增加闰秒以来，“协调世界时”已经调整了 25 个闰秒.事实上从 1958 年“原子时”诞生至今 50 多年，两个计时系统之间已累计差达 33 秒以上，也就是说 50 多年以来地球自转慢了半分钟多些。这是从原子钟角度来分析地球自转在减慢。

3.2 对五个方面研究成果的分析探讨（对开普勒常数变化的研究）

第一条中月亮离开地球的平均速度为每年 94.5cm，第二条中月亮离开地球的平均速度为每年 5.8cm，两者为何相差这么多，科学家们现在还没有答案。第三条中，月球正在以每年 3.78cm 的速度远离地球，是通过精确的激光测距技术得

出的结果，应该是相当准确的，为何又和前两条的结果有出入。真相只有一个，到底是什么造成了如此的不同。

我们先找出这三条中，可靠性最高的数据，第一条中，通过鹦鹉螺推算出的月球环绕周期(朔望月)应该是很可靠的，69.5 百万年前，一个朔望月是 21.034201 天。第三条中，激光测距得出月球正在以每年 3.78cm 的速度远离地球，这个数据也是可靠的。

那么是不是有这种可能，从 69.5 百万年前到现在，月球都是以每年 3.78cm 左右的速度远离地球，这样我们就能得出 69.5 百万年前地球和月球的距离，计算得出这个距离为 381772900 米。通过鹦鹉螺的研究，发现 69.5 百万年前，月球的公转周期是 21.034201 天。于是我们得出在 69.5 百万年前，以地球为中心的开普勒常数的大小， $C = \frac{R^3}{T^2}$ ， $C = 16.941505 \times 10^{12} \text{ (m}^3/\text{s}^2)$ 。而我们现在测量出来的以地球为中心的开普勒常数是： $C = 10.250019 \times 10^{12} \text{ (m}^3/\text{s}^2)$ 。所以 69.5 百万年前地月系统的开普勒常数 ($\frac{R^3}{T^2} = C$) 要比现在的开普勒常数大很多。(通过对珊瑚化石的研究，科学家发现在 4 亿年前，地球每自转一周的时间为 21.5 小时。以此推理，在 69.5 百万年前，地球的自转周期为 23.565625 小时。从而得出 69.5 百万年前，以地球为中心的开普勒常数是： $C = 17.474339 \times 10^{12} \text{ (m}^3/\text{s}^2)$ 。)

用同样的方法，三千年前（三千年间有纪录可查的日蚀观测数据）的开普勒常数也要大于现在的开普勒常数，只要我们假设在过去的时间里，月球都是以

每年 3.78cm 左右的速度远离地球。通过计算得出 3000 年前地月系统的开普勒常数 $C=10.252877 \times 10^{12} \text{ (m}^3/\text{s}^2)$ 。

表格 2				
以地球为中心天体的开普勒常数在逐渐减小				
时间	月球公转周期 (单位: 天)	地月平均距离 (单位: 米)	以地球为中心 天体的开普勒 常数 ($\frac{R^3}{T^2} = C$) (单位: m^3/s^2)	地球自转周期 (单位: 小时)
当今	27.321661	384400000	10.250019×10^{12}	23.934
3000 年前	27.321642	384399886.6	10.252877×10^{12}	23.934
69.5 百万年前	21.034201	381772900	16.941505×10^{12}	23.934
69.5 百万年前	21.034201	381772900	17.474339×10^{12}	23.565625

通过对珊瑚化石的研究,科学家发现在 4 亿年前,地球每自转一周的时间为 21.5 小时。

以此推理,在 69.5 百万年前,地球的自转周期为 23.565625 小时。从而得出 69.5 百万年前,以地球为中心的开普勒常数是: $C=17.474339 \times 10^{12} \text{ (m}^3/\text{s}^2)$ 。所以有两组 69.5 百万年前的数据,如果对珊瑚化石的研究是准确的话,那么 69.5 百万年前,以地球为中心天体的开普勒常数就是 $17.474339 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{s}^2$ 。

把地月系统和整个 44 秒的水涡流实验进行类比,我们会发现两者是非常的相

似。水涡流中，涡流轨道半径的立方和轨道周期的平方的比值是一个常数， $\frac{R^3}{T^2} = K$ 。

这个涡流常数随着时间的推移，是在逐渐减小的。天空中，以地球为中心天体的地月系统的开普勒常数也可能是在逐渐变小的，鸚鵡螺和地月距离的研究给了我们一些启发和依据，但真正要肯定“开普勒常数是在逐渐减小的”这个推测，我们还需要更多确切和严密的证据。

再来看看第四和第五条，这两条同时说明了一个问题，随着时间的推移，地球的自转是在逐渐变慢的。

44 秒的水涡流，其总体转速是在逐渐变慢的。地月系统中，地球的自转也在逐渐的变慢，水涡流又一次和地球系统惊人的相似。

对于人类来说 100 年，200 年是如此的漫长，但对于地球来说，几千年也只是一瞬间，所以我们不能单纯的用人类的思维和眼界去看待地球的一生。我们很难用短短的几十年的观察记录，去衡量地月系统的开普勒常数，这样得出的结果往往认为开普勒常数是不变化的，其实不是不变化，而是这种变化太小了，以短时间的观测很难确定地月系统开普勒常数的微小变化，这种微小得变化很容易被认为是误差而被忽略。倒是如今日新月异的激光测距技术和越来越精确的计时手段，让人们观测开普勒常数的变化成为可能。

当然如果时间跨度足够长，比如几千年，几万年等等，我们就能明显的看出以地球为中心天体的地月系统，它的开普勒常数是在明显变化的，并且是在逐渐减小的。可惜，以如今人们所掌握的信息，很难知道，在同一个历史时刻，“月球

和地球的距离”，以及“月球环绕地球的周期”这两个数据，这给人们更好的认识“开普勒常数”增添了困难。

4. 天体系统和涡流系统所拥有的共同特征

表格 3		
类别	轨道	常数
涡流	涡流的轨道通常是椭圆轨道	对于同一段涡流，涡流轨道半径的立方和轨道周期的平方的比值是一个常数， $\frac{R^3}{T^2} = C$ 。这个常数的大小和涡流的大小有关。涡流越大，则 $\frac{R^3}{T^2}$ 的比值 C 越大。
天体系统	天体系统中，恒星，行星，卫星，彗星等等的轨道都是椭圆轨道；有部分彗星的轨道是双曲线或者抛物线轨道，终生只能接近太阳一次，而一旦离去，就会永不复返，称为非周期彗星，这类彗星或许原本就不是太阳系成员，它们只是来自太阳系之外的过客，无意中闯进了太阳系，而后又义无反顾地回到茫茫的宇宙深处，它们很有可能也围绕某些中心天体旋转，只是这个中心天体是太阳。	太阳系中，行星轨道半径的立方和轨道周期的平方的比值是一个常数， $\frac{R^3}{T^2} = C$ 。这个常数的大小只和中心天体的质量有关，中心天体的质量越大，则 $\frac{R^3}{T^2}$ 的比值 C 越大。（注意，其实现有科学对天体质量的估算都是错误的，原因是，牛顿的万有引力公式抄袭了开普勒第三定律，并错误的给万有引力公式添加了人为的定义，卡文迪许扭秤实验同样是个有许多漏洞的不可靠实

		验，得出了虚伪的万有引力常数 G, 另文详细讨论)
--	--	---------------------------

表格 2		
类别	常数的变化	公转周期和公转线速度
涡流	<p>对第一段涡流样本的分析得出：C=212, 对第二段涡流样本的分析得出：C=55，两个涡流样本采样的时间间隔是 8.44 秒，两个常数相差将近 4 倍。单位时间内，第一个涡流样本的能量大，平均转速快，它的常数就大。单位时间内，第二个涡流样本的能量小，常数就小。但从整个 44 秒的涡流来看，这个常数是在逐渐减小的，当涡流最后恢复平静时，常数也就不存在了。总之，对于一个完整的水涡流，涡流从开始启动到最后恢复平静，随着时间的推移，涡流常数是在逐渐减小的。</p>	<p>水涡流轨道线速度：越靠近涡流中心，水的流速（线速度）越大，越往涡流外圈速度越慢，轨道线速度从中心到涡流外围依次递减；</p> <p>水涡流的公转周期：越靠近涡流中心，水流的公转周期越短，离涡流中心越远，水流的公转周期越长。</p> <p>（同样适用于大气涡流，如台风）</p>
天体系统	<p>天空中，以地球为中心天体的地月系统的开普勒常数也可能是在逐渐变小的，鸚鵡螺和地月距离等等的研究给了我们一些启发和依据。69.5 百万年前，以地球为中心天体的开普勒常数是 $17.474339 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{s}^2$。而我们如</p>	<p>行星平均公转线速度：太阳系中，越靠近太阳的行星，公转线速度越大，越往太阳系外围，行星的公转线速度越慢。以太阳为中心，往外围延伸，行星的平均公转线速度依次递减。</p> <p>行星平均公转线速度：水星>金星></p>

	<p>今测量出来的以地球为中心的开普勒常数是：$C=10.250019 \times 10^{12}$ (m^3/s^2)。地月系统的开普勒常数，很可能也在逐渐减小。(以上数据还需要更为严格的论证，仅供参考。)</p>	<p>地球>火星>木星>土星>天王星>海王星</p> <p>行星公转周期：越靠近太阳的行星，公转周期越短，离太阳越远的行星，其公转周期越长。</p> <p>行星公转周期：水星<金星<地球<火星<木星<土星<天王星<海王星</p>
--	---	--

表格 3		
类别	公转和自转	同步自转
<p>涡流</p>	<p>在自然界的湍流中，大涡流周围总是伴随着许多小涡流，这些小涡流围绕着大涡流公转，并且在通常和多数情况下（也有少数例外的情况），大涡流的自转方向和小涡流的自转方向是相同的。</p>	<p>水涡流系统中，同步自转的情况很多，涡流实验中的核桃，就属于同步自转。</p>
<p>天体系统</p>	<p>太阳系中，各大行星围绕太阳公转，除了金星和天王星外，其他行星的自转方向都和太阳的自转方向相同。</p>	<p>太阳系，大多数行星的天然卫星都同步自转。</p>

表格 4		
类别	进动	涡流的物质密度分布
涡流	涡流都存在进动问题	在水涡流中洒满有颜色的粉末，我们会发现，靠近涡流中心的地方粉末的密度最大，越往涡流的边缘，粉末的密度越小，这说明，从涡流中心到涡流边缘，粉末（物质）的密度是在逐渐减小的。
天体系统	在天体系统中，带自转的天体也都存在进动问题。（所有天体都在自转）	<p>地球内部密度分布：所有天体中，我们最熟悉地球，地球内部存在两个间断面，这两个间断面把地球内部分成三个主要的同心层，地壳、地幔和地核。越靠近地核（即地球中心），物质的密度越大，所以“地核的平均密度” > “地幔的平均密度” > “地壳的平均密度”。</p> <p>地球表面的空气密度分布：越靠近地面，空气密度越大，随着高度的增加，空气密度逐渐减小。</p> <p>总结：从地核到地球的大气层，物质的平均密度是在依次减小的，这总特殊的密度分层结构完全符合涡流的特征。</p> <p>（其实地球的中心很可能是空心的，或者说地球中心的密度要比地球其他部分的密度要小。这要牵扯到万有引力和卡文迪许，另文再讨论）</p>

我们对涡流系统的了解越多，越是发现它和天体系统之间的紧密联系，涡流现象在自然界中处处存在，它很可能就是我们进一步了解这个世界本身，所需要的一把珍贵的钥匙。

5. 其他科学家的研究

5.1 月球围绕地球的轨道正在越来越偏离圆形。

天文学家在 1687 年牛顿公布了他的引力定律之后便了解了月球围绕地球的运动。如果需要以非常高的精度来描述月球运动的话，科学家们则还会使用广义相对论。毕竟这是目前最好的引力理论。不过这里面似乎还少了些什么。

20 世纪 70 年代美国的宇航员和苏联的探月着陆器分别把激光反射镜送上了月球表面。天文学家们使用这些反射镜来跟踪月球的位置，其精度可以达到大约 1 厘米，或者千亿分之二量级。在分析了 38 年的由激光测月得到的高精度地月距离数据以后，美国喷气推进实验室的詹姆斯·威廉姆斯（James Williams）发现，月球围绕地球的轨道正在越来越偏离圆形。2006 年威廉姆斯报告说，月球近地点和远地点之间的距离差正在以意料之外的每年 6 毫米的速度增长。

5.2 天文单位在增长（地球在远离太阳）

2004 年美国宇航局喷气推进实验室的迈尔斯·斯坦迪什（E. Myles Standish）发现，太阳系的距离尺度——天文单位（AU）——似乎在变大，因此这也等效为太阳的引力在变大。

天文单位——太阳和地球间的平均距离——被认为是一个天文常数。科学家使

用雷达测距技术来测量地球和行星之间的距离，进而得出天文单位的数值。天文学家测得的天文单位已经具有了 11 位有效数字，使得它成为了被测量得最精准的天文常数。

使用激光我们可以确定月球到地球的距离，但是由于行星距离我们太远了，因此要使用雷达。激光测月的精度已经达到了大约 1 厘米的水平，而雷达测距的精度则大约为 1-10 米。在火星上有三个和飞机上所使用的非常相似的无线电应答器。这些应答器分别装载在“海盗”1 号着陆器（1976 年 7 月 20 日-1982 年 11 月 13 日）、“海盗”2 号着陆器（1976 年 9 月 3 日-1980 年 4 月 11 日）以及“火星探路者”探测器（1997 年 7 月 4 日-1997 年 10 月 7 日）上。

位于美国加州、澳大利亚和西班牙的美国宇航局深空探测网可以测量着陆器和地球之间的距离。但是应答器和月亮上激光反射镜不同，它并不是被动型的装置，需要探测器供给能源。

1976 年-1997 年积累下来的火星着陆器数据为探测行星轨道运动提供了宝贵的资料。

俄罗斯圣彼得堡应用天文研究所的乔治·科兰金斯基（Georgij Krasinsky）和维克多·布隆伯格（Victor Brumberg）使用这些数据以及由同一研究所的艾莲娜·佩特耶娃（Elena Pitjeva）提供的其他位置数据来分析了大约 204,000 个观测数据。2004 年科兰金斯基和布隆伯格发现，天文单位正在以每世纪 15 米的速度增长。

2005 年佩特耶娃公布了对从 1913 年到 2003 年间 317,000 次观测更为详细的分析结果。她的分析是在广义相对论框架下进行的，这也是对广义相对论在引力系统中最好的检验之一。

佩特耶娃的这一结果将太阳系的距离尺度——天文单位——确定到了 1 米的精度。在这一精度下，1967 年到 2003 年的位置资料显示天文单位正在随着时间变大。

佩特耶娃和斯坦迪什的最新测量显示天文单位正在以每世纪 7 米的速度增长。但是天文单位应该是保持不变的！

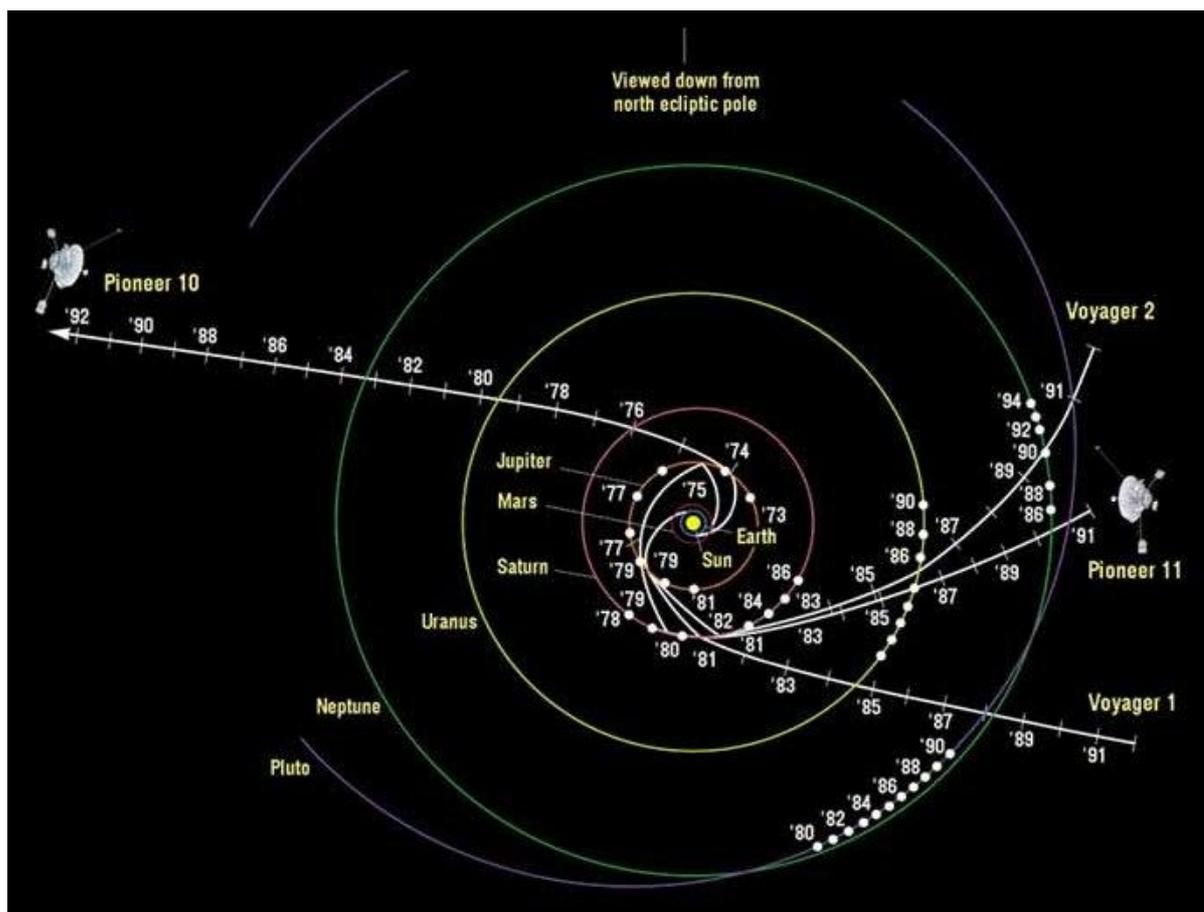
5.3 “先驱者”号异常

奇怪的引力现象并不仅仅局限在太阳系的自然天体上。正在从两个相反方向离开太阳系的“先驱者”10 号和 11 号也存在着异常，它们所在位置与理论预言的也对不上。

“先驱者”10 号发射于 1972 年 3 月 2 日。1973 年 12 月 4 日飞过木星，并借助木星的引力来飞出太阳系。现在“先驱者”10 号已经越过了所有的大行星，距离太阳 96 个天文单位，并且正在以每年 2.5 个天文单位的速度向太阳系外进发。以目前的速度，它会在 2 百万年内到达毕宿五（金牛 α ）附近。

“先驱者”11 号发射于 1973 年 4 月 6 日。当它在 1974 年 12 月 2 日飞临木星的时候，木星的引力把它推入了会和土星相会的轨道。1979 年 9 月 1 日“先驱者”11 号抵达土星，然后又借助土星的引力它最终踏上了远赴太阳系之外的征程。

和“先驱者”10号相比，“先驱者”11号到太阳的距离要更近一些，距离太阳大约75个天文单位。同时它的速度也要稍慢一些，每年朝天鹰座方向前进2.4个天文单位。在大约4百万年之后它会从天鹰λ附近穿过。



[图片说明]：“先驱者”10号和11号的运动轨迹。版权：NASA。

深空探测网在它们飞得太远而无法通讯之前会一直跟踪这两个探测器。在20世纪90年代末，美国拉斯阿拉默斯国家实验室的迈克尔·马丁·尼托（Michael Martin Nieto）、美国喷气推进实验室的约翰·安德森（John Anderson）、斯拉瓦·托拉谢夫（Slava Turyshev）和尤尼斯·劳（Eunice Lau）以及美国航天公

司的菲利普·莱恩 (Philip Laing) 和安东尼·刘 (Anthony Liu) 分析了“先驱者”10 号为期 11 年和“先驱者”11 号为期 4 年的深空探测网观测资料。

跟踪数据显示, 1998 年“先驱者”10 号的位置比根据牛顿和爱因斯坦的引力理论预期的近了 58,000 千米。当该研究小组在 1998 年公布这一结果的时候, 他们提出这一偏差可能是由于某种未知的作用在探测器上的力或者是观测数据中存在系统误差所造成的。但是 10 年过去了, 至今还没有人能对此给出一个令人满意的解答。

“先驱者”11 号的情况也差不多。从 4 年的跟踪数据来看, 它的距离比预期的要近了大约 6,000 千米。这就好像有某种力作用在这个两个探测器上, 使得它们在以恒定的速率减速。

不幸的是, 同样正在飞离太阳系的“旅行者”号探测器无法用来检验这一观测到的“先驱者”号异常。原因就在于“旅行者”号探测器会不断地喷射气体来保持自身的平衡。而这一做法就使得它们无法被用来精确地探测太阳系中的引力。检验这一异常的最佳机会是于 2006 年 1 月 19 日发射的冥王星探测器“新视野”号。它于 2007 年 2 月 28 日飞过了木星, 目前它和“先驱者”号一样正通过自身的旋转来保持稳定, 以等待 2015 年 7 月最终到达冥王星。然而, 与“先驱者”号不同的是, “新视野”号不是被设计来精确跟踪它的轨道的。也许在 2010 年或者 2011 年通过“新视野”上有限的跟踪系统能告诉我们一些有关“先驱者”号异常的线索。

5.4 金星的自转在变慢

在上世纪 90 年代, 美国宇航局 (NASA) 的麦哲伦探测器测量出 1 个金星日, 行星完成一次自转所需的时间长度, 相当于 243.0185 个地球日。

然而由金星快车, 从 2006 年开始围绕这颗被云团笼罩的行星运转, 进行的新的测量显示, 当前的自转周期大约又慢了 6.5 分钟, 研究人员在 2 月份出版的 *Icarus* 上报告了这一研究成果。

References

- Anderson, J.D., Laing, P.A., Lau, E.L., Liu, A.S., Nieto, M.M., & Turyshev, S.G. 1998, *Phys. Rev. Lett.*, 81, 2858
- Anderson, J.D., Laing, P.A., Lau, E.L., Liu, A.S., Nieto, M.M., & Turyshev, S.G. 2002, *Phys. Rev. D*, 65, 082004
- Anderson, J.D., Campbell, J.K., & Nieto, M.M. 2007, *New Astron.*, 12, 383
- Anderson, J.D., Campbell, J.K., Ekelund, J.E., Ellis, J., & Jordan, J.F. 2008, *Phys. Rev. Lett.*, 100, 091102
- Antreasian, P.G. & Guinn, J.R. 1998, AIAA/AAS Paper No. 98{4287
(<http://www2.aiaa.org/citations/mp-search.cfm>)
- Danby, J.M.A. 1988, *Fundamentals of Celestial Mechanics* (Richmond: Willmann-Bell), sec. 8.2
- Dunham, D.W., Farquhar, R.W., & McAdams, J.V. 2005 *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1065, 254
- Flandro, G.A. 1966, *Astronaut. Acta*, 12, 329
- Kliore, A.J., Anderson, J.D., Armstrong, J.W. & ten others 2004 *Space Science Reviews*, 115, 1
- Krasinsky, G.A. & Brumberg, V.A. 2004 *Celest. Mech. Dynam. Astron.*, 90, 3
- Lawson, C.J. & Hanson, R.J. 1974 *Solving Least Squares Problems* (Englewood Clis: Prentice-Hall)
- Livingston, W.C. 1999, in *Allen's Astrophysical Quantities*, Fourth Edition ed. A. N. Cox, (New

- York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag), Chap. 14
- Morley, T. & Budnik, F. 2006, 19th Int. Symp. on Space Flight Dynamics, Paper No. ISTS 2006-d-52
- Moyer, T.D. 2003, Formulation for Observed and Computed Values of Deep Space Network Data Types for Navigation (Print ISBN: 9780471445357, Online ISBN: 9780471728474: John Wiley & Sons), chap. 2
- Nieto, M.M. & Anderson, J.D. 2007 *Contemp. Phys.*, 48, 41
- Pitjeva, E.V. 2007 in Proceedings of the "Journées Systemes de Reference Spatio-temporels 2007" (Observatoire de Paris), p. 65.
- Pitjeva, E.V. 2009 This Proceedings
- Pitjeva, E.V. 2009 JOURNEES-2008 Astrometry, Geodynamics and Astronomical Reference Systems ed. M. Soel & N. Capitaine (Dresden, in press)
- Pitjeva, E.V. & Standish, E.M. 2009, *Celest. Mech. Dynam. Astron.*, 103, 365
- Russell, C.T. 1992, *The Galileo Mission* (Dordrecht, Boston, London: Kluwer)
- Tapley, B.D., Bettadpur, S., Watkins, M. & Reigber, C. 2004 *Geophys. Res. Lett.*, 31, L09607
- Wiesel, W.E. 1989, *Spaceflight Dynamics* (New York: McGraw-Hill), sec. 11.5
- Williams, J.G. & Boggs, D.H. 2009 in Proceedings of 16th International Workshop on Laser Ranging ed. S. Schillak, (Space Research Centre, Polish Academy of Sciences