

用扭摆观测月食的结果

张平华 吴永生 刘易成 秦荣先 王国宗

(中国科学院物理研究所)

1979年12月24日收到

提 要

本文论述了观测引力异常现象的重要性及扭摆对考察引力异常的效用。我们用了一台精度大为提高的扭摆对1979年9月6日北京的月全食进行了观测,观测到显著的异常现象,与Saxl所观测到的现象相似。并提出了改进观测的方法。

一、前 言

引力异常现象已有不少文献报道;主要是指在日食期间观察到的不能用已知的引力理论来解释的现象。用力学的仪器对日食的观测原来是为了检验引力的屏蔽效应理论^[1]。但是,为此所用的最合理和最灵敏的仪器——重力仪;都没有观测到有意义的变化^[2];而在其他仪器上,例如:倾斜仪^[3]、扭摆^[4]、锥摆^[5]等却发现比较大的反应。这些效应用通常的引力理论是解释不了的,统称为引力异常现象。

引力已经有了很完善的普遍理论——广义相对论。但其实验检验作得非常稀少。这是由于它的效应几乎都微弱得无法进行实验。这就使得引力场的很多性质得不到检验,一些新的矛盾无从暴露,使人类对引力相互作用的认识得不到进一步的深入和丰富。

随着近代科学技术的发展,检验引力场性质的实验已有所进展。引力波探测是这类实验的很重要方面;引力反平方律的检验现在也已开展起来了^[6];还提出了若干关于引力场高阶效应——后牛顿效应的实验设想^[7]。引力异常现象的观测是企图揭露引力场的新的性质,它并非理论所预言,它也应该是探讨引力场性质的一个重要方面。

要揭露引力场的性质,首先必须变革引力场。例如使引力场发生“波动”来研究引力场的性质(引力波)。现在大多数还无法用人工进行这种有可测效应的变革(例如还无法用人工产生引力波等)。这种变革只好依靠庞大的天体了。现在进行的引力波探测实验,就是利用超新星爆炸等天体事件产生引力波,然后用精密的测量手段去探测它。

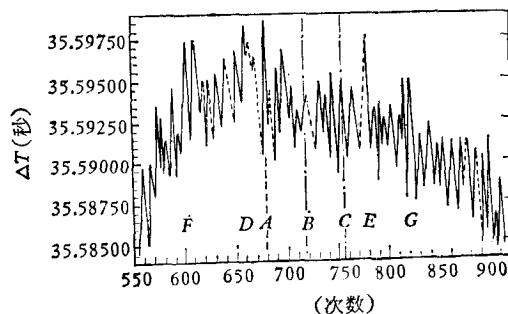


图1 Saxl在1960年3月13日哈佛月食的观测曲线图
月食时数据作正弦波动式下降,方差约为5毫秒。

引力异常现象也是源于庞大天体的变化(日食、月食);如果认为它是庞大天体对引力场引起的某种未知的变革而带来的效应,则抓住这个信息,进行研究,也许可以揭露引力场的矛盾,这是利用日食和月食来观测引力异常的意义。

现在主要的问题是必须把这种引力异常现象确认下来。因为这类现象并不都是表现得很明确,甚至不能重复。这也许和挑选的仪器的类型和作观测的机会不多(日食不是经常能碰上的)有关。如能把这种异常现象确定下来,多次重复,以致找出其规律性,再由这些规律探讨可能的解释和理论,则就可以成为揭露引力场性质的有效手段。

如果月食也有引力异常现象发生,则由于利用月食作观测的机会比日食多,对引力异常现象的观测将是个有利条件。鉴于引力异常现象显然已经不是引力屏蔽的效果,就不一定是在日食时才有的现象,月食时也可能有这类现象。Saxl 在用扭摆作其他实验时,曾发现过月食期间有引力异常现象^[8],如图 1。

二、观测结果

为此,在 1979 年 9 月 6 日北京发生月全食时,我们用了一台与 Saxl 的结构基本相同但精度有较大提高的扭摆^[9]进行与 Saxl 类似的观测。观测到了显著的异常现象。

所用扭摆是一根金属悬丝,下面挂一个重质量的玻璃圆盘(悬点在圆心上)。转动摆盘使它偏离平衡位置(约 60 度),然后释放,摆动一周后再吸住,测量摆动一周中的一段时间。这段时间以后简称为 ΔT 。吸住时间约 27 秒,然后再释放作第二次记录。 ΔT 为摆来回通过某一固定转角的时间。在这里约等于作一次摆动周期的 $2/3$,约为 34.77 秒。

扭摆完成于四月份,此后陆续地作了多次实验。所记录到的 ΔT (由 20 次测量平均而得)日变化都不超过 1.5 毫秒。数据的方差一般在 0.2 毫秒。

月食观测是从月食前两天即 9 月 4 日开始的,延续到 9 月 11 日告一段落。接着在食后的下弦、朔、望这三段时间,各连续采集了三昼夜的 ΔT 数据。月食当天的数据示于图 2 中。月食前后两天的数据示于图 3 中;其中 4 日那段用虚线标出的上升数据,只能看作

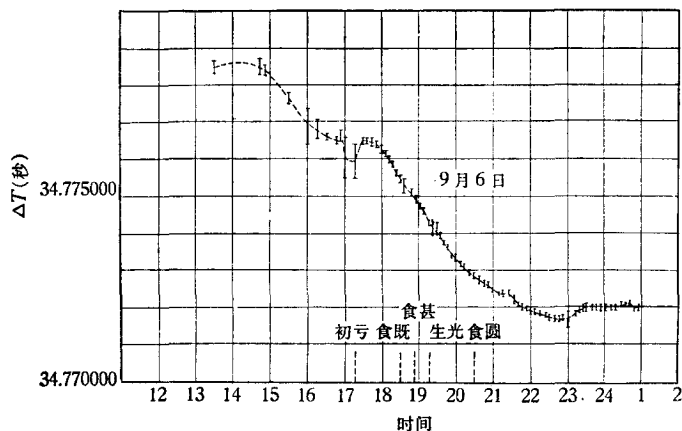


图 2 1979 年 9 月 6 日北京月食当天的观测曲线图
方差一般小于 0.2 毫秒,每一点是 5 个数据的平均(少数几个是 10 个)

摆的 ΔT 有所上升,但其绝对值不能作为标准,因为当时误以为仪器出了毛病,对仪器作了调整,后来证明仪器没有毛病。8 日以后,以及食后下弦、朔、望的数据,因为数据稳定不变,故均未画出。

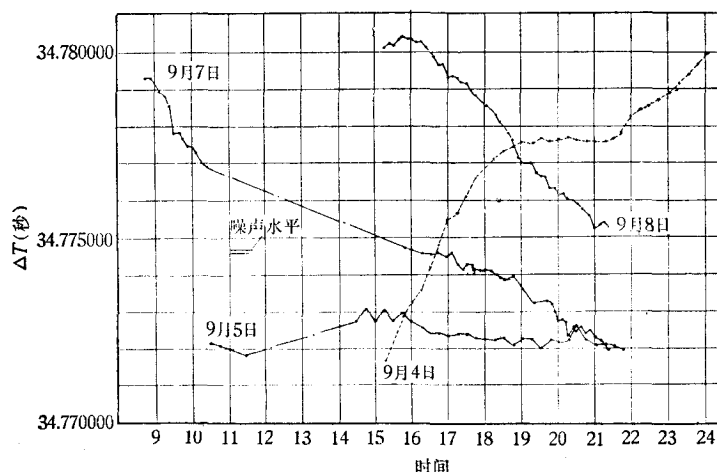


图3 月食前后两天的观测曲线图

这以后(9月9, 10, 11号三天)数据平稳不变 平稳值 $\Delta T \sim 34.777$ 秒(未画出图来)。

由图2可见月食期间(初亏到复圆)约两个多小时,摆的 ΔT 连续下降了三个多毫秒。还可见到食后数据还在下降,最后有些回升。由图3可见月食的影响连续了约五天多。在这些天里摆的 ΔT 多半是下降的,有一天是上升。变化的斜率也各不相同。但都比平时大得多。

综合月食期间数天的数据(图2及图3)可看出这几天摆的 ΔT 都发生了平时所观测不到的变化(平时的日变化不超过1.5毫秒),而后又趋于日变化小于1.5毫秒的稳定值。由于月食期间所观测的数据只是下午到晚上(对应于月食发生的时间)的数据,未作昼夜不停的连续观测;而且所观测到的数据变化,也多不是平稳的变化,而是有些不稳定;所以只能说月食期间,摆的 ΔT 有反常的变化,还不能说这种异常现象有什么规律性。

与 Saxl 的结果作比较(比较图1和图2),可见月食期间数据变化很相似,都在下降;下降的斜率也很相近。我们在食前观测的时间不够长,未能看到他们图1中的上升现象。我们数据的方差很小,小于0.2毫秒。但是数据下降得很平稳,没有他们观察到的快速波动现象。

实验都是在地下室作的,温度变化小于 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。月食中几天观测到的 ΔT 的变化,平时未曾观察到。从理论上说这种平时没有的变化,不大可能由于环境噪声干扰,或环境、仪器引起的某种慢漂所造成的。并且我们已作了一些排除实验,如升温($\Delta t \sim 0.9^\circ$)、使悬挂扭摆的支架倾斜(约 0.05°)、大幅度变动市电电源电压、变动湿度等,对数据都没有多大影响。

三、结 语

观测引力异常,我们认为扭摆是很合适的一种仪器。因为它是动力学式的仪器、精度

高、不确定的因素较少、而且改进的余地还比较多。如果能对扭摆的运动作连续的记录；或者如果扭摆的运动可由不多的参数来描述，连续记录的时间段数与这些参数的数目相等，则可确定月食是对那一个参数发生影响；从而有助于探明影响扭摆运动的物理因素。也可以使扭摆摆动两次后再吸住，因为现在所记录的只是摆动一次所记下来的一段时间，这种记录信息量是很不够的。如果作两次摆动，则可以记下向左和向右各来回摆一次（均从平衡点算起）的两段时间，其和就是摆动一周的时间。如果向左摆的时间变小，向右摆的时间变大，或相反，则表明或者是扭摆受到了一个恒力矩，或者由于某种原因使扭摆的零点发生变动（不是夹具的松动）。此外如果两次摆动振幅的衰减量有所变大，则说明扭摆受到一种阻尼力矩。这种方法也可以用于研究 Saxl 用电扭摆在平时所观察到的引力异常现象^[8]，以探明异常的物理因素是什么。

参 考 文 献

- [1] G. Majorana, *Phil. Mag.*, **39**(1920), 488.
- [2] Slichter, Caputo, Hager, *Jour. of Geo. Res.*, **70**(6) (1965), 1541.
- [3] И. И. Кагальникова, *Бюл. Всес. астрон. гео. общес.*, **31** (38) (1962), 15; 王榴泉等, 科学通报, **23** (1978), 477.
- [4] E. J. Saxl, M. Allen., *Phys. Rev. D*, **3**(4) (1971), 823.
- [5] M. F. C. Allais, *Aerospace Eng.*, Sept. Oct., (1959), 46.
- [6] H. Hirakawa, *Proceed. of the 2nd Marcel Grossmann Meeting*, July (1979), Trieste.
- [7] V. B. Braginsky, C. M. Caves, K. S. Thorne, *Phys. Rev. D*, **15**(8) (1977), 2047.
- [8] E. J. Saxl, *Nature*, **203**(4941) (1964), 136.
- [9] 吴永生等, 物理, **9** (1980), 232.

RESULTS OF USING A TORQUE PENDULUM TO OBSERVE THE LUNAR ESCLIPSE

ZHANG PING-HUA, WU YONG-SHENG, LIU YI-CHENG,
QIN RONG-XIAN, WANG GUO-ZONG
(*Institute of Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

We discussed here the importance of the gravitational anomaly observation and suggested that the use of torque pendulum for the lunar eclipse observation would be a possible effective method to survey the gravitational anomaly.

We used a torque pendulum which has a great improvement in precision to observe the lunar eclipse on 6 Sept. 1979 in Peking and had observed an obvious anomaly. The result was similar to that of Saxl's observation.

We also suggested a method to improve the observation.