

## 现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员

[xiandaiwulixue@21cn.com](mailto:xiandaiwulixue@21cn.com), [1922538071@qq.com](mailto:1922538071@qq.com)

**摘要 (Abstract):** 物理学是科学的基本学科。本文章分析探讨了现代物理学的重要问题, 广义相对论, 供参考。

[李学生 (Li Xuesheng). 现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》. *Academ Arena* 2017;9(14s): 392-410]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 11. doi:10.7537/marsaaj0914s1711.

**关键词 (Keywords):** 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 量子力学; 广义相对论

(作者为中国科学院高能物理所研究员)

## 第八章 广义相对论困难的思考

## 1、弱相互作用与万有引力是互为反作用力的实验根据

现代物理学认为弱相互作用只适用于微观世界, 可是微观与宏观没有截然的界限, 这显然存在着不协调性。广义相对论认为万有引力时空用黎曼几何表述, 笔者认为弱相互作用空间应该利用罗氏几何表述, 这样才符合对称的绝对性与相对性原理。黑格尔说: “虚空, 所谓原子的另一补充原则, 实即是斥力自身, 不过被表像为各原子间存在着的虚无罢了。...象近代科学这样于斥力之外假设一个引力与之并列, ” 《小逻辑》第 215 页。斥力与引力的两种对立的分布规律与之并列, 斥力与引力是客观事物自在自为的矛盾, 斥力与引力相互作用是自然界万事万物千变万化的终极原因。力学就是物质绝对自身的矛盾。引力的分布规律: 引力产生实物结构 (原子、分子、天体), 引力产生上下密度差、产生上下压强差。斥力的分布规律: 斥力破坏实物结构 (产生虚空、真空、空隙), 斥力消灭密度差、消灭压强差。

万有引力与弱相互作用是互为反作用力, 是对称的绝对性的表现形式, 其变化规律不同, 是对称的相对性的表现形式, 进一步说明了对称的相对性与绝对性原理的正确性, 这样在宇宙中它们大体处于平衡之中, 应该近似满足欧式空间, 这样对于宇宙学原理认识就深刻了。

笔者认为, 既然中微子具有引力质量, 那么除了弱力外, 还有万有引力, 现代物理学中所指的引力可能是引力与弱相互作用的合力, 由于弱相互作用比引力减小的快, 这样可以解释上述问题。万有引力与斥力同时存在, 是对称的绝对性的表现形式, 它们的变化规律不同, 是对称的相对性的表现形式。

下面的一些现象说明了引力与弱相互作用是相互反作用力——

(1) 美国发射的 4 颗航天器在飞向太阳系行星方向飞行时所观察到的“来自背后太阳方向一个附加的力”!

(2) 美国发射的阿波罗登月飞船在飞到月充背后时, 地球上的观测站本应无线电中断, 却有 52 秒钟在月中天观测到了来自月亮背后飞船的信号, “为有史以来同类型最强的信号”。

(3) 阿波罗登月飞船 15 号和 17 号在飞引月亮背后与月亮与地球接收站成“三点一线”时, 地球接收站不但收到了来自月亮背后飞船发出的信号(没有被挡往), 而且收到了的是“有史以来同类型最强的信号”。“美国发射的 4 颗航天器在飞向太阳系行星方向飞行时所观察到的‘来自背后太阳方向一个附加的力’”。

(4) 与“美国 1972 年发射的‘先驱者’10 号和 1973 年发射的‘先驱者’11 号在飞向太阳系行星方向飞行时当时少走了 40 万 km 的原因所在(美航 72 约翰·安德森说: 先锋 10 号经历一种朝着太阳的神秘减速, 约 1 亿分之一的微力。有持久性, 并不断扩大, 如先锋距太阳距是日-地距的 80 倍, 比原定计划落后了 40 万 km, 相当于月地距离。1995 年与先锋 11 号联系, 它也经历着同样的减速。)”。

(5) 与“2002 年 9 月 12 日《参考消息》报导的英国新科学马库斯·乔恩称: 在太阳系最黑暗的边缘冥王星以外, 好象有股神秘力量作用于宇宙飞船。在 240 亿 km 之外的另一个方向, 另一个探测器也受到了相同的力量”。

(6) 与“2007 年 3 月 30 日《参考消息》报导的美国太空网 2007 年 3 月 27 日塔里克·马利克的文章 1972 年发射的“先驱者”10 号和 1973 年发射的“先驱者”11 号在目前(2007 年)都距离地球有数十亿英里, 而现在(2007

年)它们正在以 3 万英里的时速从相反方向向太阳系边界飞出去的状态下,目前(2007 年)其与太阳的距离和按目前(2007 年)常态未发现新理论情况下的牛顿引力定律计算的相比跟太阳接近了 24 万英里,而按目前常态未发现新理论情况下的牛顿引力定律,引力是随着距离增加而减弱的,从而产生出这种飞离太阳系的时候,所受到的不可解释的力量的回拉牵引的“先驱者号异常”。

(7)与“伽里略木星探测器和尤里西斯太阳探测器出现了受到来自太阳方向的额外的引力异常影响”等的定量的理论证明!

(8)为什么所有的航天飞行器在飞临地球、木星、火星、小行星带时,会获得意外的加速度,而飞离太阳系时做减速运动。【1】

(9)本报讯 记者王杰铭、丁柯报道:目前人们认为在宇宙中有四种力决定着原子结构,即磁力、重力、强作用力和弱作用力。但据美国物理学会 1 月 6 日出版的一期《物理通讯》报告说,一些物理学家在对 20 世纪早期的一些实验作新的分析研究之后,认为宇宙中还存在未被发现的第五种力——“超电荷力”。

新的研究认为,与伽利略的结论相反,在真空中从同样高度落下时,羽毛比金属币落得快。这是因为对物体超作用的不仅是重力,另外还有一种称作“超电荷”的力。它使不同结构的物体产生稍为不同的加速度。

这个新的研究是由以印第安那州普杜大学物理学教授阿弗雷姆·费赫巴赫博士为首的一个科学家小组完成的。费赫巴赫博士的小组重新分析研究了匈牙利科学家罗兰德·冯·埃特伏斯在 20 年中进行的实验数据,这些数据是 1922 年公布的。

埃特伏斯的实验包括把不同结构和质量的物体悬挂在一个扭力秤上。它的实验结果与伽利略在 17 世纪早期的观察基本相符。17 世纪末期,牛顿根据伽利略的实验提出了他的重力公式。1916 年,爱因斯坦发表他的相对论时,也根据埃特伏斯的实验认为,在一个统一的重力场里,所有物体以同样加速度下落。

但根据费赫巴赫的研究,即使在埃特伏斯的研究中也已记录了与伽利略的理论不符的结果。但他认为这些数字没有重大意义,所以被忽略了。在详细的研究了这些数据后费赫巴赫发现,在“原始实验”数据中一些不符合伽利略理论的数据已大到足以使人认为,除重力以外,还可能其它的力作用于物体。根据报告认为,“超电荷力”是重力的百分之一。这是已知的力中最弱的。它的作用距离为 600 英尺多一点。

科学家们认为这个新研究结果如果为以后的实验所证实,将对物理学和宇宙学的研究产生深远的影响。

**笔者注:**这里的“超电荷力”可能就是弱相互作用,当然需要进一步分析。宇宙正是在“平衡趋势”与逆“平衡趋势”的双重作用下,不断地进行着循环变化的过程。所以,她是永恒的、并且是美丽的。万有引力和弱相互作用是物质的同一属性。物体在一个环境里,它有一个趋势,就是本身的引力场强度要和环境的引力场强度相一致。如果把引力场定义为时空弯曲的曲率,那就可以说,物体本身所产生的时空曲率和环境的时空曲率相当才能使得物体保持原来的运动趋势不变。否则,就会改变原来的运动趋势以适应环境。这种适应,既可以是靠近的趋势,也可以远离的趋势,取决于曲率差的方向。科学家就是将人们实践中的自然现象连结起来,得出高一些层次的概念与规则,知识越丰富,站的层次越高,事实证明,以前人类认为是天生的、内禀的概念被一个个的突破,变为可掌握的,与其他现象有共生,同发展,相互转换的关系,人们也从中得益,走向自由。

美国伊利诺伊州巴达维亚市国家实验室的研究人员最近在美国《物理学回顾》上撰文指出,构建现代物理学的一些基本原理可能存在一些漏洞,这些基础原理需要修正。研究人员称,他们几年前开始进行一项实验,观察中微子束穿过粒子探测器的状态。结果发现,这种不带电荷、几乎没有质量的粒子大部分都“穿场而过”,但有一小部分中微子束却发生了偏移,轰击了粒子探测器的铁原子,并下起了一场“粒子雨”。在对数百万次的粒子碰撞分析后,科学家们发现,实验结果与按照现代物理学原理推测出来的结果相差 0.25%。科学家们称,根据现代物理学原理,仅仅在弱力的作用下,不应该有那么多的中微子发生了偏移。他们认为,如果实验没有大的误差的话,那么就表明现代物理学一些原理可能存在漏洞,必须由更先进、更准确的理论指导实践。引力以物体为主体,物体具有系统特征,将现象组成一个系统去进行研究物理学一开始就有牛顿范式和非牛顿范式之分。非牛顿范式的现象论物理学坚持把现象组成系统,去发现“那些始终不能被观察到的现象的实际秩序”,而“不追求自然界中这些现象的真正原因”(董光璧:《世界物理学史》)。爱因斯坦在总结回忆时说:“它象在爬山一样,越是往上爬,越是得到宽广的视野,并且越能显示出我们的出发点与其周围广大地域之间的出乎意外联系。”

#### 参考文献

【1】2007 年 3 月 30 日《参考消息》塔里克·马利克。

附录：新华网华盛顿 11 月 21 日专电 美国伊利诺伊州巴达维亚市费米国家实验室的研究人员最近在美国《物理学回顾》上撰文指出，构建现代物理学的一些基础原理可能存在一些漏洞，这些基础原理需要修正。

研究人员称，他们几年前开始进行一项实验，观测中微子束穿过粒子探测器的状态。结果发现，这种不带电荷、几乎没有质量的粒子大部分都“穿场而过”，但有一小部分却发生了偏移，轰击了粒子探测器的铁原子，并下起了一场“粒子雨”。在对数百万次的粒子碰撞分析后，科学家们发现，实验结果与按照现代物理学原理推测出来的结果相差 0.25%。科学家称，根据现代物理学原理，仅仅在弱力的作用下，不应该有那么多的中微子发生偏离。他们认为，如果实验没有大的误差的话，那么就表明现代物理学一些原理可能存在漏洞，必须由更先进、更准确的理论来指导实践。

弱力是物理学中与强力、电磁力以及引力并列的四种最基本的力之一。发生弱力作用的粒子质量非常小，约为 90 吉电子伏。(完)

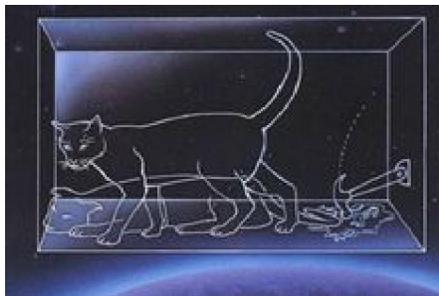
**笔者认为，这是弱相互作用与万有引力共同作用的结果。**

以色列约贝肯斯坦因引力黑洞陷阱（爱因斯坦并未认识到这点），试图以相对论结构内部的缺陷来否定相对论。这里所说的引力陷阱，是指吸引力条件下一个圆球，在双曲面表面作斜平面圆周运动时，产生逐渐收敛（缩小）偏心的椭圆形轨迹。这个现象正是广义相对论的产物，这是个玻色子现象，成为引力场的基础。反之，斥力条件下这个圆球，在双曲面表面作圆周运动时，产生逐渐发散（扩张）椭圆形轨迹。同理，这个圆球在椭圆形表面作圆周运动时，亦产生双曲面轨迹，这是个费米子现象。广义相对论仅仅只提到了引力椭圆空间，爱因斯坦本人也未对斥力双曲面空间和中性的圆作进一步描述。加上纯数学的复杂推导，让人一时不易掌握。倒是其他科学家在意它，利用广义相对论拓展为量子论中的能量方程，也就是说“斥力能加引力能加中性力能”组成的万能能量方程。标准模型，规范场等也还得依靠广义相对论的框框建立。上述物理现象还可用：黎曼-克莱因空间，特别是圆对数等都能很好地统一解释。“玻色子现象”与“费米子现象”两种场现象具有通过中性圆实现相对对称(加上相对两字可以处理 CP 不对称)、共生、互补、转化。它们都是大自然普适规律之一。争议促进了相对论拓展与完整，看来新相对论作为新型分析工具，以其在数学物理领域的普适性，使相对论又一次经受考验。

## 2、薛定谔猫佯谬的重新认识

把一只猫放进一个不透明的盒子里，然后把这个盒子连接到一个包含一个放射性原子核和一个装有有毒气体的容器的实验装置。设想这个放射性原子核在一个小时内有 50% 的可能性发生衰变。如果发生衰变，它将会发射出一个粒子，而发射出的这个粒子将会触发这个实验装置，打开装有有毒气体的容器，从而杀死这只猫。根据量子力学，未进行观察时，这个原子核处于已衰变和未衰变的叠加态，但是，如果在一个小时后把盒子打开，实验者只能看到“衰变的原子核和死猫”或者“未衰变的原子核和活猫”两种情况。薛定谔在 1935 年发表了一篇论文，题为《量子力学的现状》，在论文的第 5 节，薛定谔描述了那个常被视为恶梦的猫实验：哥本哈根派说，没有测量之前，一个粒子的状态模糊不清，处于各种可能性的混合叠加。比如一个放射性原子，它何时衰变是完全概率性的。只要没有观察，它便处于衰变/不衰变的叠加状态中，只有确实地测量了，它才会随机的选择一种状态而出现。那么让我们把这个原子放在一个不透明的箱子中让它保持这种叠加状态。薛定谔想象了一种结构巧妙的精密装置，每当原子衰变而放出一个中子，它就激发一连串连锁反应，最终结果是打破箱子里的一个毒气瓶，而同时在箱子里的还有一只可怜的猫。事情很明显：如果原子衰变了，那么毒气瓶就被打破，猫就被毒死。要是原子没有衰变，那么猫就好好地活着。

这个理想实验的巧妙之处，在于通过“检测器—原子—毒气瓶”这条因果链，似乎将铀原子的“衰变—未衰变叠加态”与猫的“死—活叠加态”联系在一起，使量子力学的微观不确定性变为宏观不确定性；微观的混沌变为宏观的荒谬——猫要么死了，要么活着，两者必居其一，不可能同时既死又活！难怪英国著名科学家霍金听到薛定谔猫佯谬时说：“我去拿枪来把猫打死！”



笔者认为，原子衰变主要是弱相互作用，不是随机的，因此薛定谔猫佯谬根本不存在。因为对于宏观测量引力质量讲，对应于每一个确定的辐射，不存在几率问题。何祚庥认为：“引入波粒二象性或几率解释是各种佯谬出现的本质。”【1】

#### 参考文献

【1】《物理教学》2001年第6期2——7页 华东师范大学出版社。

### 3、“DI 海格立斯双星进动”问题和 $\beta$ 衰变的新解释

#### (1) “DI 海格立斯双星进动”问题

Einstein 广义相对论的缺陷之一在于：无法解释“DI 海格立斯双星进动”问题。与我们相距 2000 光年之遥的“DI 海格立斯双星”的引力场强度远大于太阳对水星的引力场强度，各种引力理论都将面临严峻考验，它的进动问题一直困扰着天文学界。美国的两位天文学家爱德华·吉南和弗兰克·马洛尼，根据 84 年观测到的 3000 多个轨道历史数据，分析该双星运行规律，计算出其累计进动值为 0.64 度。按照“广义相对论”的时空弯曲公式进行计算得到“进动值”为 2.34 度，这与实际观察值相差很大！

2003 年 4 月，科学家发现双脉冲星 PSRJ0737-3039A/B，它的引力场强度更大。双星进动实际观测值为： $A$  星  $\Delta\varphi_A = 75$  (度/年)， $B$  星  $\Delta\varphi_B = 71$  (度/年)。按照“广义相对论”得到“进动值”为 14.7 度。

笔者认为：只要考虑到弱相互作用是万有引力的反作用力，就可以定性地理理解进动值低于广义相对论的数值。

#### (2) $\beta$ 衰变

在一百多年前，物理学家们发现了原子核具有天然放射  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  射线的放射性，分别被称为三种不同的“核衰变”；其中的  $\beta$  衰变指的是“原子核”在衰变过程中，子核与母核相比电荷数会增加一个单位。“如果能量守恒还正确的话，那么放出电子的能量应当是一个确定值。但是……实验表明，放出的电子的能量是不确定的”。

当时许多著名科学家都投入了对这个问题的诠释工作，最后，由费米在 1934 年提出的  $\beta$  衰变理论被学界所接受。“这个理论认为， $\beta$  衰变是中子衰变成质子而放出电子和中微子： $n \rightarrow p + e^- + \nu$ ，……后来证明，质子也可以衰变成中子而产生正电子和中微子： $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ ，费米不仅提出了这种以基本粒子转化为基础的  $\beta$  衰变理论，同时他还证明这种转化根源于一种尚未理解的新的相互作用——弱相互作用”（董光璧：《世界物理学史》）。

中子比质子多两个电子质量，这是尽人皆知的常识；由  $p$  衰变成  $n$  本来就增加了两个电子的质量，又怎么还会放出“正电子和中微子”呢？“一切正、反粒子的共同特点：它们具有严格相等的质量和寿命，比如电子  $e^-$  和正电子  $e^+$  的质量都等于  $m = 0.511 \text{ MeV}/c^2$   $e^-$  是稳定的，即寿命为  $\infty$ ， $e^+$  也是一样”（倪光炯：《近代物理》）。

在“稳定”粒子表中明确写着：中子的平均寿命为  $(918 \pm 14)$  秒，而质子的平均寿命为  $(> 2 \times 10^{30})$  年。

1933 年贝尔提出：“ $\beta$  衰变过程首先是原子核放出  $\gamma$  射线而变成另一种原子核。然后  $\gamma$  射线产生正负电子对，而电子被原子核吸收而增加一个核电荷，残余的正电子作为射线被观测到。这种理论的缺点是允许中间过程能量不守恒”（董光璧：《世界物理学史》）。

笔者认为：只要考虑到弱相互作用是万有引力的反作用力，就可以定性地理理解  $\beta$  衰变的本质主要是弱相互作用的结果，在衰变过程中电荷守恒，中间过程表面看不守恒，实际是时空参与了变换。

### 4、“提丢斯——波得 (J.D. Titius - J.E. Bode) 法则”

1766 年，德国的一位中学教师提丢斯 (J.D. Titius) 发现行星与太阳的平均距离从里向外成倍地增加，符合某个倍增数列的规律，并且空出了一个位置。

当时的柏林天文台台长波得 (J.E. Bode) 将其归纳成一个经验公式即“提丢斯——波得 (J.D. Titius - J.E. Bode) 法则”。即数列的每一项乘以 0.3 再加上 0.4 就等于行星到太阳中心的距离（天文单位）。用公式表示为： $L = 0.3n + 0.4$  (1)， $L$ ——行星与太阳系中心距离（天文单位）， $n$ ——数列项。这一定则，虽然早已为国际天文学界所公认、但至今不明其物理意义。因为火星与木星之间出现了一个空缺，他们大胆推测，其间应该存在一个行星。

1800 年 1 月 1 日，意大利天文学家皮亚齐发现了一颗小行星——谷神星，距离为 2.77，与计算距离 2.8 几乎完全吻合。在此之后，人们又在这个区域发现了数千颗小行星，证明这个预测是正确的。1781 年英国伟大的天文学家威廉·赫歇尔发现了天王星，与太阳的距离为 19.267，与计算距离 19.6 相差不大。但是，之后发现的海王星距离为 30.1，与计算距离 38.8 相差较大。

	水星	金星	地球	火星	?	木星	土星
数 列 子 项	0	1	2	4	8	16	32
太阳行星距离	0.387	0.723	1	1.524	?	5.203	9.539
法则计算距离	0.4	0.7	1	1.6	2.8	5.2	10

附表:  $a_m$  和  $a_n$  的理论值与观测值的比较(天文单位)

	水星	金星	地球	火星	谷神星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
观测值	0.387	0.723	1.000	1.52	2.7	5.2	9.5	19.2	30.1	39.4
理论值	0.4	0.7	1.0	1.6	2.8	5.2	10	19.6	38.8	77.2
m	0	1	2	4	8	16	32	64	128	256
n	$-\infty$	2	3	4	5	6	7	8	9	10

20 世纪初期赴法勤工俭学的刘子华, 通过研究周易, 利用八卦推演, 得出太阳系存在第十颗行星(“木王星”)。他的博士论文: “八卦宇宙论与现代天文”【1】一书, 受到论文审查委员会的高度评价, 被认为: “在易经和八卦的各种变化中, 隐藏着一种非常发达的非常奥妙的科学”, “计算的大量数据是非常准确的”。当时的法国布尔日天文台台长说: 该“博士论文为指出中国古圣先哲的宇宙科学, 竟如此与我们在近 4 个世纪中若干代学者所费极大艰辛而得之甚难的一些结论相吻合”。由此, 1940 年, 刘子华被授与巴黎大学博士学位, 3 年后又获得法国国家博士学位。有人认为, 近年新发现的 2003UB313(比冥王星大)有可能是刘子华推测的“木王星”。最近国际天文联合会通过决议将冥王星不再属于太阳系的经典行星, 但仍将冥王星、谷神星和 2003UB313 均归属为矮行星。

#### 参考文献:

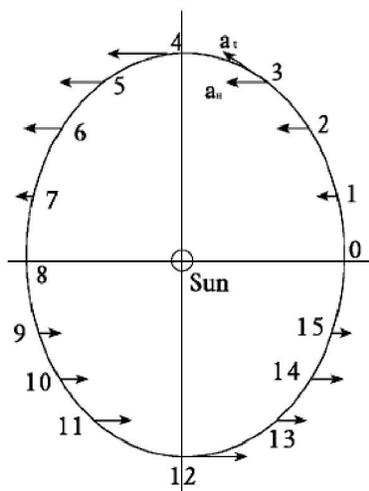
【1】刘子华, 八卦宇宙论与现代天文---一颗新行星的预测·日月的胎时地位。成都四川科学技术出版社, 1989 年 12 月, 1-82。

## 5、行星进动问题

1915 年爱因斯坦在《用广义相对论解释水星近日点运动》计算了水星近日点的剩余进动。(注 1: 郭亦玲, 沈慧君: 物理学史, 北京, 清华大学出版社, 1993. 229-231)。这等于说, 勒维利埃的 38 角秒是计算错了, 纽康经过重新计算的每百年快 43 角秒是正确的。这就使得广义相对论成了科学明珠。其实勒维利埃的 38 角秒也是正确的, 因为: 法国天文学家勒威耶的计算值是 38”。3/百年, 他是根据发生在 1677~1848 的 171 年间的 15 次水星凌日计算的, 其间还参考了近 400 次巴黎天文台的水星中天时刻。美国天文学家纽康的计算值是 43”。37/百年, 他是根据发生在 1861~1894 的 33 年间的 6 次水星凌日计算的。如何对待这两个不同的数据呢? 不同的观念的对待方法不同: 静态观念认为两者只能有一个是正确的, 由于纽康值符合广义相对论的计算值, 于是都认为 43”/百年是正确的, 而勒威耶的计算有误。其实勒威耶的计算是可靠的, 他依据 15 次水星凌日和近 400 次水星中天的观测资料, 这些天文事实, 是可靠的, 他的计算也不会出错, 因为海王星就是他“计算”出来的。那么, 纽康值错了吗? 他仅 6 次水星凌日来计算, 可靠吗? 可靠! 这两个不同的数字并不矛盾? 它说明在 1677~1848 的 171 年间水星近日点进动是 38 角秒/百年, 在 1861~1894 的 33 年间是 43”。37/百年。这说水星轨道是在不断演化的过程中。如恩克彗星的轨道也是在不断演化的过程中: 发现于 1786 年的恩克彗星, 柏林天文台台长恩克, 用了毕生精力, 不厌其烦地消除了摄动影响, 计算了它的轨道能量变化, 结果发现该彗星的公转周期在不断缩短, 轨道能量在不断减小: 每公转一周, 周期要缩短 3 小时。恩克死后, 后人继续他的研究, 发现周期缩短值并非固定不变的, 而是在不断减小: 由 3 小时变为 2 小时、再变为 1 小时。(《科学技术百科全书》6 天文学 北京科学出版社 1981 77)。在不同的年代恩克彗星的轨道处在不同的状态。地球轨道也是在不断演化的过程中: 在火星上有 3 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、“海盗”2 号着陆器以及“火星探路者”探测器上。由此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。在分析了大量的观测数据之后, 天文学家发现天文单位正在以每世纪 7 米的速度增

长。这说明在不同的年代地球的轨道处在不同的状态。广义相对论是对称理论,它认为天体轨道是固定不变的,每百年 43 角秒就只能每百年 43 角秒,就不能是每百年 38 角秒。

天王星近日点进动的实测值却比广义相对论的计算值大 1565 倍,近日点进动就是椭圆长轴绕焦点(太阳)转动,于是椭圆上的每一个点都在进动,自 1781 到 1845 的 64 年间,天王星的位置偏离了理论位置 120 角秒/64 年,(文献都记载的是天王星偏离理论位置 2 角分),有人认为这一定是一个未知行星的摄动力使得天王星的运行产生了进动。于是勒威耶就以这 120 角秒为依据来计算未知行星的位置和质量等等。1846 年,果然在勒威耶计算的位置偏离 52 角分的地方发现了一个新的行星,这就是太阳系的第八大行星即海王星。但是它的质量只有勒威耶计算值的一半多一点(即实际质量只有 0.62 计算质量)。天文学家们按海王星的实际质量和位置代入摄动方程,求出海王星对天王星的摄动力只能使天王星在 1781 到 1845 的 64 年间获得 118 角秒的进动,还有 2 角秒的进动找不到力学原因<sup>[4]</sup>,可称之为反常进动(或简称为进动): $2 \text{角秒}/64(\text{年})=0.0313 \text{角秒}/\text{年}=3.13 \text{角秒}/\text{百年}$ 。按广义相对论的进动公式  $\omega = 24 \pi^3 a^2 / c^2 T^2 (1-e^2)$  (1),其中  $a$  是轨道长半轴,  $T$  是公转周期,  $e$  是轨道偏心率,  $\omega$  是天体每转一周的进动的弧度值,还应化为角秒。这样可以计算出:天王星近日点进动值是:  $0''.002/\text{百年}$ 。天王星近日点进动的实测值  $3.13 \text{角秒}/\text{百年}$  比广义相对论的计算值  $0''.002/\text{百年}$  大 1565 倍。



在爱因斯坦考虑太阳引力场时,曾把太阳的引力场看成一个球对称的引力场,但这只是一个近似,由于太阳 25 天自转一周,使其引力场并非完全成球对称分布,这种影响的结果相当于一个扁球场所产生的引力场,我们把这种效应称为自转引起的日扁率。1966 年,美国的迪克和格尔顿伯格观测的日扁率是  $5.0 \pm 0.7 \times 10^{-6}$ ,根据这个结果预计,在水星  $43''$  的进动效应中,将有 8% 即  $3''$  的贡献来自于日扁率效率,这也就是说,若将日扁率的实际观测计算在内,由广义相对论所计算出来的结果就会和实际观测结果有 3 弧秒的偏离,如再考虑介质阻尼,岁差常数误差等的影响,其误差可能达到 5 角秒 /百年左右。

水星进动是受弱相互作用的结果。在太阳系内,类地行星绕日运动的轨道半径变化均很小,轨道具有近圆性,加速度变化幅度较小,轨道上引力场场强基本不变化。加之类地行星体积较小,密度较大,所以,多数类地行星受弱相互作用的影响极弱,基本可以忽略不计。事实上,现有的天体力学结论正是在  $\gamma_0 = 0$ ,  $K = 1$ ,  $F = 0$  的基础上推得的。但是,类地行星中,水星的运动轨道最扁,离心率  $e$  最大,距日最近,又处在太阳的稀薄大气层内运动,引力场场强,最容易受到弱相互作用的明显影响,尤其在近日点附近运动时更是如此。由于太阳引力场场强会随太阳活动而变化,所以水星受到的弱相互作用也会随水星运动及太阳活动的变化而变化。这种变化着的、较大的弱相互作用削弱了太阳引力,使得水星公转周期变化,轨道半径伸缩。而轨道半径和绕日周期的变化,就可形成水星的进动。

## 6、太阳角动量的逃逸问题

在对太阳系角动量问题的研究中,人们发现:质量占太阳系质量 99.865% 的太阳,其角动量只占太阳系总角动量的 0.6% 以下,而只占太阳系总质量的 0.135% 的行星、小行星、卫星等,它们的角动量却占了太阳系总角动量的 99.4% 以上,这称为“太阳系的角动量分布异常”。1755 年,德国哲学家康德(Immanuel Kant)首先提出了太阳系起源的星云假说。他认为,太阳系是由原始星云按照万有引力定律演化而成。在这个原始

星云中，大小不等的固体微粒在万有引力的作用下相互接近，大微粒吸引小微粒形成较大的团块，团块又陆续把周围的微粒吸引过来，这样，团块越来越大，而“天体在吸引最强的地方开始形成”。引力最强的中心部分吸引的物质最多，先形成太阳。外面的微粒在太阳吸引下向其下落时，与其它微粒碰撞而改变方向，变成绕太阳作圆周运动；运动中的微粒又逐渐形成引力中心，最后凝聚成朝同一方向转动的行星。

41年后，法国著名的数学家和天文学家拉普拉斯（Pierre Simon Laplace）也独立提出了关于太阳系起源的星云假说。与康德的星云说不同之处在于，他认为太阳系是由炽热气体圆盘组的星云形成的。圆盘一旦形成，气体由于冷却马上收缩起来，因此自转加快，离心力也随之增大，于是星云变得十分扁平。在星云外缘，离心力超过引力的时候圆盘便定时地遗弃一些小型的环圈或蒸汽环带，这些形成物由于停止收缩也就脱离了主圆盘。每个独立的环圈通过自身形成一只小型的旋涡而聚合成为一颗行星；而这种气旋的旋转会再产生更小的气体环圈，由此又形成行星的卫星。圆盘的中心部分形成太阳。拉普拉斯举出土星环作为“土星大气的原始范围及其不断凝缩过程的现存证据”。

这一解释是符合太阳系的主要特征的。例如：（1）行星运行轨道都接近圆形（近圆性）。（2）行星运行轨道几乎位于同一轨道平面上（共面性），只有水星和冥王星的轨道有较大倾斜。（3）行星公转方向和太阳自转方向都是逆时针的。（4）除金星外行星自转方向和太阳自转方向也是逆时针的。

但星云假说有一个困难，这就是它无法说明太阳系的一个极为重要的特征，即行星和太阳之间的角动量分布极不均匀这一现象。太阳的质量虽然远远超过其体系的其余部分质量的总和，太阳占全系总质量的99.8%，然太阳的角动量居然只有全体系的2%。这一情况的物理含义是，太阳旋转极慢，但拥有全体系98%的角动量而体积却不大的诸行星，竟然在距离中心甚远的地方高速转动着。根据康德-拉普拉斯理论并结合自康德-拉普拉斯之后所获得的补充知识来计算一下太阳的自转周期，就能验证康德-拉普拉斯假说是否正确。天文学家不仅能估计气体云在收缩之前的体积，还可测出所观测星云中气体的自转速度。根据这个估计的体积，自转的观测速度和角动量守恒定律，康德-拉普拉斯理论计算出的太阳的自转周期应在1/2天左右，而实际的观测周期却是26天。理论与观测之间相差竟如此悬殊，是令人无法接受的。因此，太阳角动量一定有人们至今没有探测到的逃逸方式。

笔者认为太阳角动量的逃逸的原因是由于弱相互作用的结果。

## 7、太阳系主要特征演化成因

外太阳系以及更大的星系范围内表面上看引力也破坏了平方反比定律，现在观测到的恒星和星系的运动速度远比用邻近的全部物质施与的引力所能解释的快得多。任何天体都存在“反引力”。我们从天文观察可以看到：地球会喷发火山；恒星会喷发物质；星系核会喷射大量的物质，甚至喷出一个小星系的物质；超星系团的星系会从中心向边缘运动，最后演化为空心的大气泡。我们将比较熟悉的六大行星的有关物理量作了一些分析、比较，列表如下（有关数据取自【1】）

物理量	水星	金星	地球	火星	木星	土星
轨道运动平均速度 $v$	1.6076	1.176	1	0.81	0.4384	0.3236
质量 $m$	0.0558	0.8150	1	0.1074	317.893	95.147
自旋周期 $t$	58.81	243.675	1	1.03	0.41	0.43
磁矩 $p$	上限 $5 \times 10^{-5}$	上限 $5 \times 10^{-5}$	1	0.004	19000	550
$\left(\frac{mv^2}{t}\right)^2$	$6 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	1	0.0047	22206.31	536.89

从表中可知：
$$p \approx \left(\frac{mv^2}{t}\right)^2$$

附表：太阳系九大行星轨道半长径、公转恒星周期及各自的万有引力系数参照表

(本表前两项参数由北京天文台怀柔太阳观测基地提供)

行星	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
轨道半长径 R(米)	57.9 × 10 <sup>9</sup>	108.2 × 10 <sup>9</sup>	149.6 × 10 <sup>9</sup>	227.9 × 10 <sup>9</sup>	778.3 × 10 <sup>9</sup>	1427.0 × 10 <sup>9</sup>	2882.3 × 10 <sup>9</sup>	4523.9 × 10 <sup>9</sup>	5917.1 × 10 <sup>9</sup>
公转恒星周期 T(秒)	87.70 × 86400	224.70 × 86400	365.26 × 86400	686.98 × 86400	4332.71 × 86400	10759.5 × 86400	30685 × 86400	60190 × 86400	90800 × 86400
K=R <sup>3</sup> /T <sup>2</sup>	338 × 10 <sup>16</sup>	336 × 10 <sup>16</sup>	336 × 10 <sup>16</sup>	335 × 10 <sup>16</sup>	336 × 10 <sup>16</sup>	336 × 10 <sup>16</sup>	340 × 10 <sup>16</sup>	342 × 10 <sup>16</sup>	336 × 10 <sup>16</sup>
G= $\frac{4\pi^2 k}{M_{\text{太}}}$	6.663 × 10 <sup>-11</sup>	6.659 × 10 <sup>-11</sup>	6.659 × 10 <sup>-11</sup>	6.639 × 10 <sup>-11</sup>	6.659 × 10 <sup>-11</sup>	6.659 × 10 <sup>-11</sup>	6.738 × 10 <sup>-11</sup>	6.778 × 10 <sup>-11</sup>	6.659 × 10 <sup>-11</sup>

太阳质量  $M_s=1.99 \times 10^{30} \text{kg}$ , 地球质量  $M_E=5.98 \times 10^{24} \text{kg}$ , 引力常数  $G_0=6.6720 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$

例一：对于离地球 36000 公里的地球同步卫星，其万有引力系数为： $G = \frac{4\pi^2}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R^3}{T^2}$

$$= \frac{4 \times 3.14^2}{5.98 \times 10^{24}} \cdot \frac{[(36000+6370) \times 10^3]^3}{(1 \times 24 \times 60 \times 60)^2} = 6.7199464 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$$

例二：1970 年 4 月 26 日中国第一颗人造地球卫星重量 173 公斤，卫星运动轨道距地球最近点 439 公里，最远点 2384 公里，轨道平面和地球赤道平面夹角 68.5°，绕地球一周 114 分钟。其万有引力系数为： $G = \frac{4\pi^2}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R^3}{T^2}$

$$= \frac{4 \times 3.14^2}{5.98 \times 10^{24}} \cdot \frac{\{[(439+2384)/2+6370] \times 10^3\}^3}{(114 \times 60)^2} = 6.6419527 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$$

例三：1971 年 3 月 3 日发射成功的中国科学实验人造地球卫星，卫星重量 221 公斤，近地点 266 公里，远地点 1826 公里，绕地一周 106 分钟。其万有引力系数为：

$$G = \frac{4\pi^2}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R^3}{T^2} = \frac{4 \times 3.14^2}{5.98 \times 10^{24}} \cdot \frac{\{[(266+1826)/2+6370] \times 10^3\}^3}{(106 \times 60)^2} = 6.6498674 \times 10^{-11} \text{m}^3 \cdot \text{S}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$$

计算结果表明：随着人造地球卫星轨道的降低，人造地球卫星与地球相互作用的万有引力系数的实际值一般都略小于正常的理论值。一般而言，人造地球卫星离地球表面越近，万有引力系数越小，越偏离正常值，因此在对人造地球卫星与地球之间的引力（确切地说应该是向心力）进行计算时，就必然会造成按牛顿万有引力理论算出的理论值大于实际值。

#### 参考文献

【1】. 萨根，新太阳系，张钰哲译，上海科学技术出版社。

#### 8、行星自转速度的现状

(A) 地球自转长期减慢成因，目前的理论认为是潮汐作用。但是潮汐理论又很难解释：在类地行星中，地球自转又是最快的。(B) 内六大行星的自转速度（行星日长），六大行星（水星，金星，地球，火星，木星和土星）自转现状看，自转速度与轨道半径没什么关系。由于它们的密度不一样，自转速度没有比较的标准。将行星的密度转换成统一值，计算行星的自转速度及行星日长（详见表 1）。

从表 1 得六大行星的日长在考虑密度因素后有：离太阳近的行星，行星的日长就长，相对自转速度就慢；离太阳远的行星，相对自转速度就快。

#### 9、月亮远离地球现象

近年来，世界各国的一些科学家和科技工作者经过深入观测研究，发现月球正逐渐离我们远去，并且将越来越暗。

美国和法国的科学家利用 1969 年美国宇航员登月时放置在月球上的镜子进行测量的结果表明，28 年来地球与月球的距离增加了一米多，美法两国科学家是利用精确的时间测量法来测量月地之间距离变化的，这种方法使激光脉冲投射到镜面上然后又反射回地面上的探测器，一个来回约为 2.5 秒钟，不断测量来回所用时间的变化，就可得知月地距离的变化。多次测量表明，地球与月球之间的距离由于地球表面上潮汐的磨擦作用每年增加将近 4 厘米。

科学家认为,在月球引力的作用下地球产生潮汐,这种潮汐运动中的一部分能量就分散到地球的海洋里,由于这种能量的失去——月球系统的运动就受到影响,这就是月球逐渐远离地球的原因。

美国两位地理学家通过对鹦鹉螺化石的研究,也发现月球确实正在远离地球。这两个科学家观察了现存的几种鹦鹉螺化石的研究,发现其贝壳上的波状螺纹具有树木年轮一样性能,螺纹分许多隔,虽宽窄不同,但每隔上细小波状生长线在 30 条左右,与现代农历一个月的天数完全相同。观察发现,鹦鹉螺的波状生长线每天长一条,每月长一隔。这种特殊生长现象使两位科学家得到极大启发,他们又观察了古鹦鹉螺化石,惊奇地发现,古鹦鹉螺的每隔生长线数随着化石年代的上溯而逐渐减少。而相同地质年代的螺壳生长线却是固定不变的。研究显示,现代鹦鹉螺的贝壳上,生长线是 30 条,新生代渐新世的螺壳上,生长线是 26 条,中生代白垩纪是 22 条,侏罗纪是 18 条,古生代石炭纪是 15 条,奥陶纪是 9 条,由此推断,在距今 4.2 亿年前的古生代奥陶纪时,月亮绕地球一周只有 9 天。两位地理学家又根据万有引力定律等物理学原理,计算了那时月亮和地球之间的距离,得到结果是,在 4 亿多年前,月球与地球之间的距离仅为现在的 43%。

科学家们还对近 3000 年来有记录的蚀月蚀现象进行了计算研究,结果与上述推理完全吻合,证明月亮正在逐渐远去。

表 1 行星的自转速度及行星日长

行星	水星	金星	地球	火星	木星	土星
轨道半径(A)	0.39	0.72	1.0	1.52	5.2	9.54
密度(g/cm <sup>3</sup> )	5.4	5.3	5.5	3.9	1.3	0.7
自转周期	58.8d	243d	23.93h	24.92h	9.92h	10.6h
( $\rho = \rho$ ) 自转周期	58.44d	235.17d	23.93h	19.6h	3.87h	2.66h
公转周期	88d	224.7d	365.26d	687d	11.96yr	29.46yr
行星日长	175.85d	116.74d	23.99h	24.657h	9.921h	10.68h
( $\rho = \rho$ ) 行星日长	173.98d	112.82d	23.995h	19.735h	3.843h	2.7h

## 10、卡西米尔效应(Casimir effect)

在 1948 年,荷兰物理学家亨德里克·卡西米尔(Hendrik Casimir, 1909-2000)提出一项检测这种能量存在的方案。从理论上解释,真空能量以粒子形态出现,并不断以微小的规模形成与消失。在正常情况中。真空中充满着几乎各种波长粒子,但卡西米尔指出,假如使两个不带电的金属薄盘紧紧靠在一起,较长的波长就被排除出去。接着,金属盘外的其他波就会产生一种往往使其相互聚拢的力,金属盘越靠近,两者之间吸引力就越强,这种现象就是所谓的卡西米尔效应。1996 年,物理学家首次对它进行测定,实际测量结果和理论计算结果十分吻合卡西米尔效应(Casimir effect)就是在真空中两片平行的平坦金属板之间的吸引压力。这种压力是由平板之间空间中的虚粒子(virtual particle)的数目比正常数目减小造成的。这一理论的特别之处是,“卡西米尔力”通常情况下只会导致物体间的“相互吸引”,而并非“相互排斥”。

**笔者认为:根据万有引力与弱相互作用是互为反作用力的观点,当距离缩小到一定程度,这种效应就不存在了。**

带电体静电能相互作用能与自能的有关理论也可以推广至引力场,可以进一步探讨自能与引力能之间的关系。例如一个半径为  $R$ 、引力质量为  $m$  的均匀球体引力自能为  $W_{自} = 3Gm^2/5R$ , 令  $W_{自} = mc^2$ , 得  $m/R = 5c^2/3G, R = 3Gm/5c^2$ , 根据此可得电子的半径约为  $4.04646 \times 10^{-60}m$ , 而电子的经典半径约为  $2.8 \times 10^{-15}m$ , 说明电子并未达到最大密度或者说存在与万有引力相反的作用力, 因为宇宙中物体的最大密度  $\rho = m/V = 3m/(4\pi R^3) = 125c^6/(36\pi G^3m^2)$ , 所以随着引力质量的增加, 密度将逐渐减小, 与经典观念差异很大, 因此物体之间应存在反引力, 它就是 Einstein 所提到的宇宙常数。

## 11、太阳光谱线“红移”理论推导错误

爱因斯坦在世时,人们称有 3 大实验支持广义相对论:太阳光谱线“红移”、恒星光线的偏折和水星的“附加进动”。但实际上,太阳光谱线“红移”的观测值并不支持相对论,恒星光线的偏折的观测值与相

对论的理论值相差 25%。故只能说 3 大实验中只有一个半支持相对论。

太阳光谱线“红移”的实际观测结果为  $\Delta v/v_0 = -2.12 \times 10^{-6}$

相对论指出,在强引力中时钟要走得慢些,因此从巨大质量的星体表面发射到地球上的光的谱线,会向光谱的红端移动,在众多相对论文献中称,光线在太阳表面和到达地球时,其频率变化理论值为  $\Delta v/v_0 = -GM/Rc^2 = -2.12 \times 10^{-6}$ ..... (1)

虽然不能用实验直接证明相对论关于在引力场中时钟运转快慢的正确与否,这不仅是因为太阳温度太高无法测量太阳上某原子能级跃迁的光波频率,更主要是因为引力场影响光的频率的同时也影响测量频率的仪器,使得在同一坐标系中不同地点的引力势不同虽然会导致各处的频率不同,但直接测量的结果却是处处频率相同。

1919 年 5 月,两组科学观测队分别进行第一次实际观测到,恒星光线擦过太阳边缘到达地球的“总偏角”为  $1.98'' \pm 0.30$  和  $1.61'' \pm 0.12$ 。在各次日蚀中,至今已对 400 多颗恒星作了这种测量,观测数据的范围是从  $1.57''$  到  $2.37''$ ,平均值是  $2.2''$ 【1】。平均值  $2.2''$  比相对论的理论值  $1.75''$  大 25%,如此大的误差在科学中是不允许的。

但是相对论推导(1)式的过程犯有严重错误:爱因斯坦在《相对论的意义》一书第五版中,是用度规的时间分量(钟慢效应)得到(1)式的,度规的空间分量(尺缩效应)对光波频率的影响并没有被考虑,而光子的速度并不满足  $v \ll c$  的条件,为什么忽略尺缩效应,爱因斯坦没有作解释。但是,他在推导恒星光线偏折的过程中,却同时考虑了“钟慢效应”和“尺缩效应”,这说明爱因斯坦在处理类似的物理问题时使用了“双重标准”,这在科学中是禁止的!

也许是为了“解决”以上矛盾,以温伯格为代表的科学家们多用等效原理来推导(1)式,推导中以光波传播在引力场中频率不变化为前提条件(这当然是错误的,因其违反能量转化与守恒定律),而更为明显的错误是,温伯格在推导过程中采用了双重的时间标准:在光子的发射和接收的量子跃迁过程中用的是固有时  $\tau$  决定的频率;在光的传播过程中用的是世界时  $t$  决定的频率。在发射——传播——接收的整个过程中更改了频率的定义,这在逻辑上是错误的!更违反了广义相对论中与坐标选取无关的可观察量必须由固有时  $\tau$  构成的原则。(1)式显然不是严格的相对论的预言。【2】

如果按相对论的严格解法得出的结论是对的,这意味着有 3 大物理定律需要同时修改:一是普朗克量子关系式  $E=h\nu$ ,二是质能关系  $E=mc^2$ ,三是功能关系式  $\Delta E=W=\int Fdr$  (其本质是能量转化与守恒定律),而这种修改是不可能的。

## 参考文献

【1】胡宁.广义相对论和引力场理论.科学出版社,2000.45

【2】陈绍光.谁引爆了宇宙.2004.136-139.

## 12、地球光谱线“蓝移”理论推导错误

1959 年,在哈佛大学,庞德等人首次在地面上直接验证了引力频移。利用  $^{57}\text{Fe}$  在塔顶发射  $\gamma$  射线,在塔底接收。塔高  $H$  为  $22.6\text{m}$ 。实际观测发现光频率变大,为  $\Delta v/v_0 = 2.46 \times 10^{-15}$

庞德称光谱线“蓝移”的相对论理论值为  $\Delta v/v_0 = gH/c^2 = 2.46 \times 10^{-15}$ ..... (1)

从而理论与实际观测结果一致。但庞德在实验报告中使用了一个错误的洛伦兹吸收线形状公式:  $C = (\Gamma/2)2/[(\Delta v)^2 + (\Gamma/2)^2]$ ,正确的公式是:  $C = \Gamma^2/[(\Delta v)^2 + \Gamma^2]$

若改用正确的公式,相对论的理论值为  $\Delta v/v_0 = 2gH/c^2 = 5.92 \times 10^{-15}$ 【1】,这与实际观测结果不一致。

1965 年诺贝尔物理学奖获得者费曼在其所著的《费曼讲物理-相对论》中,用了三种方法推导(1)式,其中第一种方法用的是广义相对论中的等效原理进行推导。推导过程中出现两个明显错误【2】:

第一、认为在加速向上飞行的飞船中,由于飞船加速导致第二次闪光的速度增大,从而第二次闪光从 A 到达 B 的时间,比第一次闪光从 A 到达 B 的时间要短一些。这明显违反了光速不变原理。

第二、书中写明“ $v$  是发射源与接收器之间的相对速度”,“发射源与接收器在任意瞬间都以相等的速度运动”,这表明  $v=0$ ,从而  $\omega = \omega_0$  (表明时钟运转的快慢与其所处的引力场强弱无关),但书中又自相矛盾地认为相对速度为  $v=gH/c$  (这是飞船速度的增量),从而得到  $\omega = \omega_0 [1+(v/c)]/[1-(v/c)]^{1/2} \approx gH/c^2$  的正确结论。

费曼书中的第二、第三种推导方法是正确的,但用的是能量守恒定律、普朗克量子关系式  $E=h\omega$ ,以及质能关系式  $E=mc^2$ ,与广义相对论无关。

## 参考文献

【1】陈绍光。谁引爆了宇宙。2004.156

【2】费曼。费曼讲物理-相对论。周国荣译。湖南科学技术出版社，2004.141-147

## 13、最新关于天文学报到的难以解释的几个天文现象

## (一) 土星光环问题

据俄罗斯媒体报道，土星光环最早由伽利略在 1610 年发现。而土星最细的 F 环直到 1979 年才被天文学家们观测到。美国的“航海者-1”号探测器于 1980 年拍摄到了首批有关 F 环的详细照片。科学家们通过这些照片发现，F 环的结构极不均匀——有些部位凝结到了一起，有些部位又非常纤细，而还有一些部位则显得极不平整。现在，“卡西尼”号探测器又传回了有关土星 F 环细节的最新照片。最近，一个由法国巴黎大学 Sebastien Charnoz 教授领导的研究小组在对现存的有关 F 环的整体和局部照片进行研究后得出了一个令人吃惊的结论。今年 11 月 25 日出版的《科学》杂志刊登了他们对土星 F 环的最新研究论文。Sebastien Charnoz 等人认为，F 环有着非常特殊的螺旋形结构，其边缘部分——最初曾被认为是许多互不相连的片段——事实上也构成了一个包含有三条细环的完整螺旋形结构。科学家们还指出，这一螺旋形结构的参数目前仍在快速变化之中。例如，通过比较“卡西尼”号从 2004 年 11 月至 2005 年 5 月传回的数据，专家们发现构成该螺旋结构的三条细环的间距正在变小。种种证据表明，这一密闭螺旋体的各边缘地带将会逐渐相交并最终演化为一环结构更为均匀的新光环。除此之外，有部分科学家认为，土星的两颗卫星——“普罗米休斯”和“潘多拉”——会起到 F 环保护者的作用：可防止 F 环中的物质飞散到周围的太空中。但 Sebastien Charnoz 教授等人却认为，这两颗卫星距离 F 环过近，用不了多久，它们就将成为 F 环的破坏者。他们还猜测，F 环可能曾遭到过某一不明天体的撞击：可能正是这次撞击造就了不久前新发现的一颗土星卫星——S/2004 S6。毫无疑问，Sebastien Charnoz 等人发表的论文必将在天文学界引发激烈的讨论，同时还会促进科学家们对土星 F 环进行更为深入的研究。

## (二) 天文学家发现巨无霸恒星 亮度是太阳 320 倍

(2010-07-23 08:33 出处：腾讯网作者：叶孤城)

[导读]日前，天文学家最新研究发现迄今宇宙中最重的恒星，这颗被命名为“R136a1”的恒星质量是太阳 320 倍。

据美国太空网站报道，日前，天文学家最新研究发现迄今宇宙中最重的恒星，这颗被命名为“R136a1”的恒星质量是太阳 320 倍，是之前观测到最重恒星质量的两倍。同时，这颗巨无霸恒星的亮度是太阳的 1000 万倍，目前受强烈的宇宙风侵蚀，其质量逐渐减少。



天文学家最新研究发现迄今宇宙中最重的恒星，这颗被命名为“R136a1”的恒星质量是太阳 320 倍

这颗巨无霸级恒星的发现可帮助天文学家更好地理解超大质量恒星的特性，以及揭开它们诞生之前为什么会具有超级质量。英国设菲尔德大学天体物理学教授保罗·克劳瑟(Paul Crowther)领导这支欧洲研究小组，他们发现 R136a1 恒星位于两个年轻恒星簇之间，这两个恒星簇分别是 NGC 3603 和 RMC 136a。研究小组使用欧洲南方天文台甚大望远镜和哈勃望远镜的观测数据进行了深入研究。

R136a1 恒星诞生时质量是太阳的 320 倍，亮度是太阳的 10000 万倍

NGC 3603 恒星簇距离太阳 22000 光年，它被天文学家称为“恒星诞生工厂”，大量的恒星形成于扩展的气体 and 灰尘云。RMC 136a 恒星簇是一个年轻的恒星簇，其内部有大量的年轻超大质量炽热恒星，位于狼蛛星云之中，狼蛛星云位于大麦哲伦星系，这个星系距离地球 165000 光年。包括 R136a1 恒星在内，天文学家此次发现几颗温度超过 39700 摄氏度的恒星，它们的温度至少是太阳的 7 倍。同时，这些恒星的质量是太阳的数十倍，亮度是太阳的数百万倍。研究人员通过计算机模型对比这些观测数据，他们研究发现这些恒星在

诞生之初质量是太阳的 150 多倍。事实上，R136a1 恒星位于 R136 恒星簇，它是迄今发现最大质量的恒星。当前它的质量是太阳的 265 倍，估计在诞生时其质量是太阳的 320 倍。同时，R136 恒星也是迄今发现最明亮的恒星，它的亮度是太阳的 1000 万倍。

#### 超大、肥胖的婴儿恒星

研究人员称，从这些恒星诞生之后，这些超大质量恒星的质量便逐渐溢出，比如遭受强烈宇宙风侵蚀，最终减少这些恒星的质量。克劳瑟说：“不像人类，这些恒星诞生时质量非常大，但随着时间的推移，它们的质量越来越少。这颗寿命大约 100 万年步入‘中年’的恒星，其质量已损耗了五分之一，这些损耗质量相当于太阳的 50 倍。”

如果将 R136a1 恒星存在于太阳系，那么这颗恒星释放的强烈放射线将更有效地对地球进行杀菌。英国基尔大学的拉斐尔-赫希(Raphael Hirschi)是该研究小组成员之一，他说：“这颗恒星位于太阳系，地球公转的时间将缩短至 3 周，同时地球将遭受非常强烈的紫外线辐射，使地球上很难生存生命。”

#### 发现更多超大质量恒星

在 NGC 3603 恒星簇，天文学家能够直接观测到两颗超大质量双子恒星，该双子星的每颗恒星诞生之初质量是太阳的 150 多倍。

超大质量恒星非常罕见，仅形成于浓密和恒星簇。研究人员通过高分辨率的甚大望远镜的红外仪器进行了观测。在这项研究中，研究人员评估了两个恒星簇中质量最大的恒星，以及超大质量恒星的数目。

德国波茨坦市天体物理学协会的奥利维-施努尔(Olivier Schnurr)是研究小组成员之一，他说：“其中质量最小的恒星都是木星质量的 80 倍，我们的这项最新研究证实超大质量恒星的上限是之前的两倍，大约是太阳质量的 320 倍。”

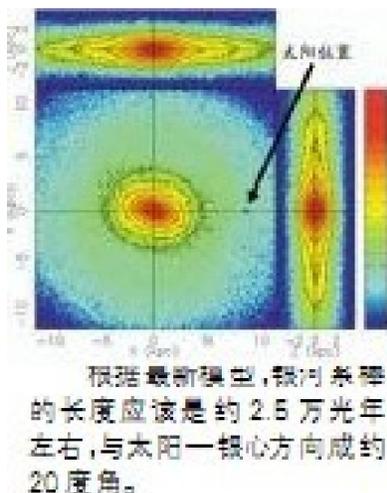
#### 神秘的“巨无霸恒星”

目前，天文学家仍致力于研究这些超大质量恒星的形成，由于它们较短的生命和遭受强烈的侵蚀，使得对于它们的形成过程研究变得非常复杂。克劳瑟说：“它们可能是诞生之初就质量非常大，或者之后较小的恒星进行了合并。”

质量是太阳 8-150 倍的恒星，将以超新星爆炸形式结束其短暂的生命，其残留物质以中子星或者黑洞形式存在。当它们以超新星爆炸结束生命时，不太可能残留太多的物质。

克劳瑟说：“R136a1 恒星将保留多个超大质量恒星的纪录头衔，它是迄今发现质量最大和亮度最高的恒星，估计在短时间内我们很难再发现超越它的‘巨无霸恒星’。”

#### (三) 银河系核球最新成果挑战现有星系形成理论



本报讯 中国科学院上海天文台研究员沈俊太在银河系及其核球结构的研究工作上取得了新的进展。这项与美国加州大学洛杉矶分校及得克萨斯大学奥斯汀分校的天文学家合作的研究结果，以通讯快报的形式发表在最新出版的国际学术期刊《天体物理杂志》(ApJL)上。

银河系是一个巨大的旋涡星系，通常认为它是由星系盘、中心核球以及暗物质晕组成。现有的星系形成理论一般认为旋涡星系中心的核球是在星系碰撞与并和过程中形成的。沈俊太利用最新银河系核球视向速度

巡天计划 (Bulge Radial Velocity Assay, BRAVA) 的观测结果, 结合高精度多体模拟来研究银河系的动力学结构, 证实了银河系的盒状核球其实是侧面看到的银河系的棒。并且发现我们所在的银河系几乎是由一个纯星系盘演化而来, 并不包含一个显著的由星系并和形成的经典核球。这一结果与目前宇宙学模拟预言的结果相悖。

目前的星系形成理论认为, 像银河系这样大质量的棒旋星系的形成, 必须经过若干次星系并和的过程, 而星系并和不可避免地会在星系中心形成显著的经典核球。而本研究结果表明银河系是一个大质量的纯星系盘, 所以现有的宇宙学模型必须在星系尺度上有大的改进, 即必须解决如何形成众多类似银河系的大质量纯星系盘 (giant pure-disk galaxies)。这是目前研究星系形成和演化的一个尚未解决的重要难题。

这项研究结果在 2010 年哈佛大学举行的 Sackler 银河系研究会议上被著名天体物理专家 Simon White 教授重点讲述, 已引起国际同行的关注。(黄辛)

## 14、彗尾成因论

### 段灿光

彗星是宇宙中的奇观, 它的壮丽给人类留下了深刻印象, 作为太阳系的成员之一, 人们对它的了解比行星少得多, 但它是我们解开引力之谜的一把钥匙。美国天文学家柯依伯认为海王星外存在彗星带, 现在知道是一个小行星带, 另一个小行星带存在于木星和火星间, 这二者都是彗星的发源地。彗星是太阳系中最不为人知的天体, 自身温度极低, 并处在低温的宇宙空间。天文学家认为太阳系诞生 46 亿年来, 彗星几乎始终保持着形成初期的状况, 甚至地球生命的一些原始分子, 据认为都来自彗星。

美国宇航局今年 1 月 12 日 (北京时间 1 月 13 日 2 时 47 分), 发射的“深度撞击”号探测器就是专门用来探测彗星的, 它的目标是“坦普尔一号”彗星的彗核。“深度撞击”项目从 2000 年初开始实施, 主要参与机构是美国航空航天局喷气推进实验室、美国马里兰大学和鲍尔航天技术公司。探测器重 650 千克, 大小和一辆中型面包车差不多, 由轨道器和撞击舱组成。轨道器用无线电与地球和撞击舱保持联络。撞击舱重约 370 千克, 有茶几大, 主要由铜和铝制成, 是一个边长约 99 厘米的立方体, 地面控制中心的工作人员将引导这个探测器飞行约 22 小时并逐渐接近彗星。7 月 4 日, 它将以约 3.6 万公里的时速撞入彗星体内, 而“深度撞击”号探测器将在距彗星约 496 公里处飞过, 这时, 飞船上携带的高清晰度照相机将拍下彗星内部的结构, 各种科学仪器还会研究被撞飞的彗核碎片等物质。同时, “哈勃”和“钱德拉”等太空望远镜也跟踪整个撞击过程。美国马里兰大学的天文学家赫恩教授认为, 撞击可能有 5 种结果: 一是按预定推算, 在彗核上形成一个足球场大小的“弹坑”; 二是如果彗核是由固态的冰物质构成, 撞击后会形成一个普通房间大小的“弹坑”; 三是若彗核由一些与泡沫岩类似的坚硬岩石组成, 则碰撞只能把彗核物质进一步挤压紧密。四是假如彗核是由高密度的粉末状物质组成, 撞击舱有可能会“穿星而过”; 五是彗星在撞击后被冲碎瓦解。

宇宙中一切天体, 包括恒星系与银河系, 都是按照空间重力场要求从内到外, 从重到轻排列的。用整体性认识来看行星序列, 我们会发现一个有趣的规律: 各行星按空间密度有序排列, 前后相差都在 0.5 左右。理论值为: 水星 5.4 (稀薄大气计入)、金星 4.9 (大气计入)、地球 4.4 (大气圈计算为 1000 公里厚)、火星 3.9 (稀薄大气计入)、谷神星 3.15 (谷神星是类地固体岩石类行星和类木液体冰雪类行星间的小行星的代表, 为冰石混合体, 是固体向液体的过渡。二类行星, 每一类总密度差为 1.5, 两类之间也是 1.5, 所以谷神星居中)、木星 2.4、土星 1.9 (木、土的测算都过轻了)、天王星 1.4、海王星 0.9 (旧值天王星接近, 海王星过重)。以冥王星为代表的柯伊伯带小行星由氢冰或氨冰构成, 没有岩体结构, 密度为 0.4。这一规律大可推广于银河系, 小则适用于各行星。

彗星是太阳系内绕日运动的小质量天体, 运动轨道跟大行星和小行星明显不一样。离心率大、轨道扁是其最重要的特点。彗星的近日距和远日距相差十分悬殊, 在太阳引力作用下加速度变化幅度很大。一颗彗星, 尤其是轨道离心率大于 0.9 的掠日彗星, 在绕日运动过程中可观测到, 当彗星加速靠近太阳、彗日距离小于某一值时, 彗尾由无到有, 由短逐渐变长, 愈近太阳彗尾愈长。彗星过近日点彗尾最长。过近日点后, 彗星逐渐远离太阳, 形态变化和接近时的情形基本相反, 即彗尾逐渐缩短, 最后消失。彗星周期性地绕日公转, 引起彗星形态、彗尾长短的同步变化。且彗星轨道愈扁、近日距愈小, 彗尾长短变化愈明显。

由于彗尾形成和尾长变化无法用古典力学解释, 于是许多研究者认为, 彗尾是受由太阳吹出来的大气——太阳风作用产生的, 这就是至今仍流行的太阳风学说。根据这一理论推算, I 型彗尾太阳风斥力超过太阳引力约 18~100 倍, II 型彗尾斥力是引力的 0.5~2.2 倍, III 型尾为 0.1~0.3 倍。虽然太阳风学说可以说明彗尾的形成, 但无法解释逆彗尾的存在, 更无法解释气体分子离开彗核的速度、在彗头附近外部比彗尾内部快的现象。另一方面, 如果彗尾真是由太阳风吹出来的, 对于近日距小于 0.5 个天文单位的彗星, 尤其是掠日彗星, 很难想象这类庞大而又极轻的天体, 竟然没被太阳风吹得远离太阳, 反而稳定地处在由太阳引力决

定的轨道上运动。更何况在近日点附近，掠日彗星有很长一段路径通过太阳大气、就象跟太阳并肩而行一样。如果有强大的太阳风斥力存在，两者能如此靠近吗？总之，太阳风学说只能阐述部分彗尾现象，说明不了全部观测事实。显然这一学说只包含了部分合理成分，但不是成熟理论，更非科学真理。它与观测事实的矛盾说明，这一学说必须修改或放弃。本文就是在彻底抛弃这一学说、假设行星际空间没有太阳风辐射压力的基础上进行论证的。

(一) 基本假设及相关说明

假设一：彗星沿椭圆轨道绕日运动，遵守行星运动定律。彗核的运动代表整个彗星的运动，太阳相对彗星轨道的空间位置固定不变。彗星运动由太阳引力和弱相互作用决定，忽略太阳风压力、太阳辐射压力和其他天体摄动力的影响。

假设二：跟彗核相比，彗尾的质量很小，加之彗星运动过程中总质量的波动亦很小。故假设彗星的全部质量集中于核上，并不会随彗星的运动而变化，即彗星质量为定值且集中于核上。

假设三：承认彗核的“脏雪球”模型，即彗核是由容易升华和凝华的物质跟一定比例的、在行星际空间中不会升华的级配铁质或石质碎块、颗粒以及宇宙尘埃混合冷冻而成的类球状固体。当彗星加速接近太阳时，“脏雪球”吸收热量，表面“雪”不断升华形成气固混合体，并按密度从大到小的顺序，从里到外成层包围着彗核，这就是彗发。随着彗星体积膨胀，当彗发半径增大到一定值时，在弱相互作用作用下，最外层等离子体首先摆脱彗核引力约束成为独立绕日沿椭圆轨道运动的质点。质点脱离彗核的条件是太阳对它们的吸引力大于或等于彗核的吸引力。根据万有引力定律，这一条件可写成如下逻辑式

$$r \leq \sqrt{R^2 M / m} \dots\dots\dots (1)$$

中 M 和 m 分别是太阳和彗星的质量，r，和 R 分别是质点到日心和到彗核中心的距离。(1)，式说明彗发半径愈大，初生彗尾的彗日距（以下把，初生彗尾的彗日距叫生尾距，用字母 r<sub>s</sub> 表示，对，应的彗发半径叫生尾半径，用字母 R<sub>s</sub> 表示）愈大。相反，彗星质量愈大，彗发半径愈小，生尾距 r<sub>s</sub> 愈小。彗发内不同密度的气体处在不同半径的层位上。随着彗日距离缩短，这些气体从外到里依次脱离彗核补充彗尾。在彗星减速离日远去时，彗发不断收缩，彗尾物质逐渐回到彗核表面上混合冷却凝华。假设四：如图 1 示，在彗尾（也叫正常尾）的末端，距日最远处取单元 A。令 A 的密度 γ<sub>1</sub> 等于引力场密度 γ<sub>0</sub> 的 n 倍，即 γ<sub>1</sub>=nγ<sub>0</sub>。n 值大小跟彗星的物质组成、轨道要素及彗尾类型等因素有关，可根据观测数据确定。在彗星运动过程中，假设单元 A 的体积、密度、物质成分、物理化学性质不变。γ 从 A 到彗核表面物质密度连续递增。愈近彗核密度愈大，愈远离彗核密度愈小。当单元 A 和彗核之间的距离增大时，彗核表面气压下降，物质不断升华补充彗发和彗尾。相反，当 A 和彗核之间的距离减小时，彗尾和彗发气体则不断在彗核表面上凝华。彗核表面物质升华和凝华可能受到两个因素影响，一是彗星吸收太阳能的多寡，二是彗核周围气压变化。同理，在逆彗尾（也叫异常尾）顶端靠太阳最近处取单元 B。令 B 的密度 γ<sub>2</sub> 等于彗核密度 γ 的 N 倍，即

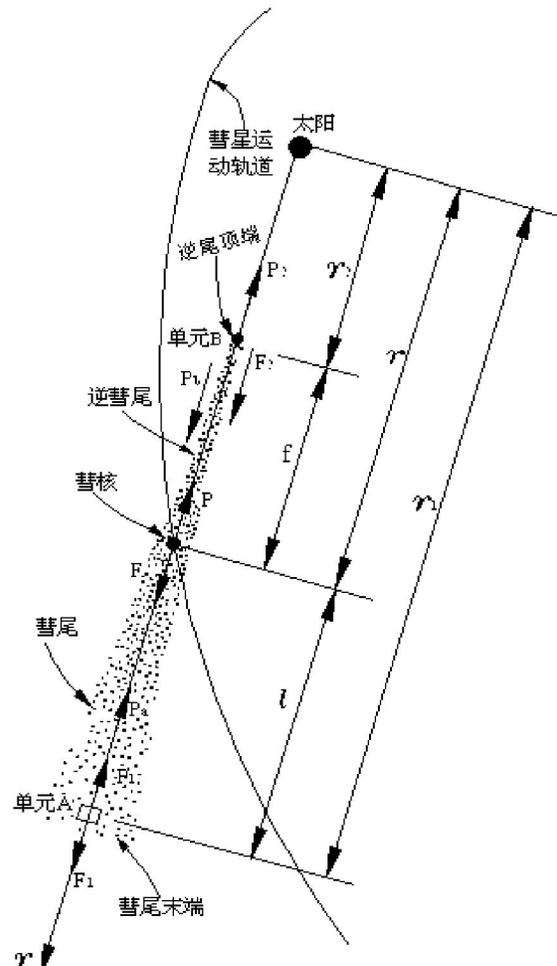


图1: 彗星形态、运动轨道及受力

$\gamma_2 = N\gamma$ 。彗星上单元 B 的物质密度最大，很可能是由铁质，甚至密度更大的物质碎块组成。在彗星运动过程中，同样假设单元 B 的体积、密度、物质成分、物理化学性质不变。从 B 到彗核表面物质密度连续递减，愈近彗核密度愈小，愈近太阳密度愈大。

假设五：如图 1、图 2 示，假设单元 A 和单元 B 在摆脱彗核引力约束后，成为独立绕日运动的小天体，在太阳引力和弱相互作用共同作用下，它们同彗核一起以日心作为一个共用焦点，沿不同的椭圆轨道运动。彗核、单元 A 和单元 B 三者的轨道，除离心率和近日距不同外，其余轨道根数相同，即轨道倾角，远日距，升交点黄经，运动周期和过近日点的时间均相同。图 1 中的  $r$ 、 $r_1$ 、 $r_2$  和图 2 中的实线、虚线、点线分别代表彗核、单元 A、单元 B 绕日运动的极经和轨迹。在 LHTDI 段弧线上，即远日轨道段上，彗核逆尾的轨道重合，即彗星没有逆尾；在 HTD 段弧线上，彗核彗尾的轨道重合，

即彗星没有彗尾；在其余轨道段上，彗尾长度为  $l = r_1 - r$ ，逆尾长度为  $f = r - r_2$ ；在近日点彗尾和逆尾皆最长，分别用  $l_{max}$  和  $f_{max}$  表示。

(三) 彗尾受力分析

参见图 1，跟彗核相比，彗尾和逆尾的质量极小，它们对彗核的吸引力非常弱，忽略不计。此外，彗核还受到两个力作用。一个是太阳引力  $P$ ，方向指向日心，大小由万有引力定律确定。另一个是弱相互作用  $F$ ，方向跟太阳引力方向相反，大小由弱相互作用计算式确定。彗核因体积小，密度比单元 A 大 20 个数量级以上，跟太阳引力相比，彗核受到的弱相互作用  $F$  非常非常微弱，完全可以忽略。以致彗核运动规律由太阳引力决定，由天体力学理论知，运动轨迹为圆锥曲线。为简单起见，本文只讨论运动轨迹为椭圆曲线的情况，根据已知条件，彗核运动的极坐标方程为

$$r = \frac{d(1-e^2)}{1+e\cos\theta} \dots\dots\dots (2)$$

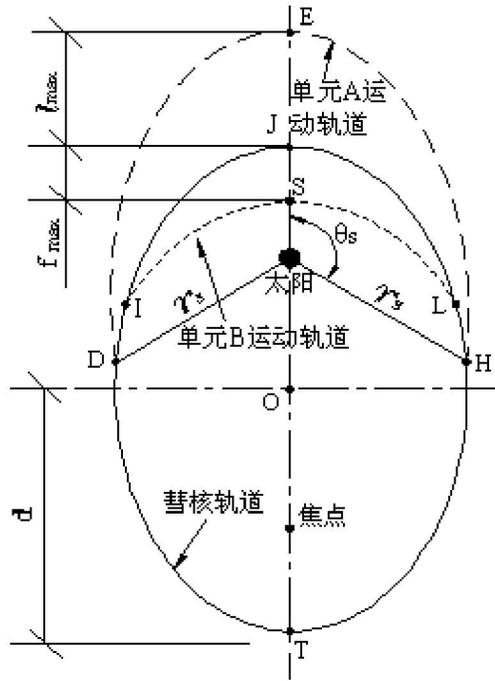


图2：彗核、彗尾、逆尾的运动轨道

以日心为极坐标原点，(2) 式中  $r$  和  $\theta$  分别是彗核运动的极径和极角， $d$  和  $e$  分别是轨道的长半径和离心率。

单元 A 共受到三个力作用，太阳引力  $P_1$ 、彗核引力  $P_a$  和弱相互作用  $F_1$ ，各力的方向见图 1。太阳引力  $P_1$  指向日心，弱相互作用  $F_1$  与太阳引力方向相反。 $P_1$  和  $F_1$  都属铊力，在铊力场中， $P_1$  为引力， $F_1$  为斥力。单元 A 密度非常微小（可能跟太空背景场的密度相差不多），受弱相互作用  $F_1$  的作用十分明显，正是  $F_1$  力使单元 A 脱离彗发成为彗尾的。 $P_a$  是彗核对单元 A 的吸引力，方向与  $P_1$  基本共线同向。彗尾生成前，彗日距大，彗星半径小，引力  $P_a$  比太阳引力  $P_1$  大，最外层的等离子体受彗核控制呈球状包裹着彗星。当彗星运动靠近太阳达到生尾距  $r_s$ 、彗发半径增大到生尾半径  $R_s$ 、引力比  $P_a/P_1$  等于 1 时，彗星最外层等离子体在弱相互作用的作用下移向彗核背日面形成彗尾。彗尾出现后，彗日距愈来愈短，单元 A 距彗核愈来愈远，引力比  $P_a/P_1$  很快减小。当尾长  $l$  达到 200 公里以上时，引力比  $P_a/P_1$  已小于 1%， $P_a$  对单元 A 的作用已可以忽略。随着彗日距进一步缩短， $P_a$  趋于零。彗尾出现后，分析单元 A 的受力，通常彗核引力  $P_a$  完全可以忽略。于是，单元 A 只受到两个共线反方向力的作用，一个是太阳引力  $P_1$ ，另一个是弱相互作用  $F_1$ 。这两个力同属铊力，由天体力学原理知，单元 A 绕日运动的轨迹仍是圆锥曲线。且从图 2 可看出，因单元 A 的轨道离心率  $e_1$  小于彗核的离心率  $e$ ，所以，运动轨迹必定也是椭圆，而不可能是其它线形。设其轨道的极经、极角、长半径、离心率、运动周期、加速度分别是  $r_1$ 、 $\theta_1$ 、 $d_1$ 、 $e_1$ 、 $T_1$ 、 $a_1$ 。取  $\theta_1 = \theta$ ， $T_1 = T$  ( $\theta$  和  $T$  分别是彗核运

动轨道的极角和周期)，则单元 A 的运动方程可写成：

$$\underline{r}_1 = \frac{p_1}{1 + e_1 \cos \theta_+} \quad \dots \quad (3)$$

$$\underline{a}_1 = \frac{4C_1^2}{p_1 r_1^2} \quad \dots \quad (4)$$

$$p_1 = d_1(1 - e_1^2) \quad \dots \quad (5)$$

$$C_1 = \frac{\pi d_1^2 (1 - e_1^2)^{1/2}}{T} \quad \dots \quad (6)$$

另外，根据牛顿第二定律，单元 A 还可建立如下关系式

$$P_1 - F_1 = m_1 a_1$$

$$\text{将 } P_1 = \frac{GMm_1}{r_1^2}; F_1 = k\gamma_0 V_1 a_1 \text{ 和 } \gamma_1 = \frac{m_1}{V_1} = n\gamma_0 \text{ 代入整理后得}$$

$$\underline{a}_1 = \frac{GM}{r_1^2} - \left( \frac{n}{n+k} \right) \underline{a}_1 \quad \dots \quad (7)$$

(7) 式中 G 为万有引力常数，k 为弱相互作用常数， $m_1$ 、 $V_1$  和  $\gamma_1$  分别是单元 A 的质量、体积和密度，其余符号意义同前。将 (5)、(6)、(7) 式代入 (4) 式整理后得

$$d_1^3 = \left( \frac{n}{n+k} \right) \cdot \frac{GMT^2}{4\pi^2} = q^3 \cdot \frac{GMT^2}{4\pi^2} \quad \dots \quad (8)$$

$$(8) \text{ 式中 } q = [n / (n+k)]^{1/3} = d_1 (4\pi^2 / GMT^2)^{1/3} \quad \dots \quad (9)$$

$$\text{由 (9) 式得 } k = (1/q^3 - 1)n \quad \dots \quad (10)$$

$$\text{由天体力学公式还可推得 } d_1 = qd \quad \dots \quad (11)$$

这里把 q 叫做轨道长半径胀缩系数。因 q 大小跟 n 和 k 有关，k 是常数，所以，q 值只随 n 的变化而变化。对于同种类型彗尾的彗星，可能 n 值相差不大，胀缩系数近似相等。

#### (四) 彗尾成因及哈雷彗星尾长计算

##### 4.1、彗尾成因

彗星是一种小质量、密度极不均匀的天体。彗星加速运动时，不同部位质量相等的单元受到的太阳引力相同（实际上存在着微小差别，因各单元距日心的距离不同）。但由于各单元体积和密度不同，受到的弱相互作用不同。彗发是气体、甚至是等离子体，密度低体积大，受到的弱相互作用大；彗核是固体，密度高体积小，受到的弱相互作用很弱。这样，彗核和彗发单元体因受力不同获得的加速度不同，运动速度也不同，以致相对运动。彗核加速度大，靠日近。彗发加速度小，离日远，运动到彗核的背日面集中，形成彗核周围气体的非对称分布。随着彗星靠近太阳，彗核吸收太阳辐射，表面物质不断升华，彗发膨胀。当彗发半径大于生尾半径  $R_s$  后，外层气体（或等离子体）受到的太阳引力大于彗核引力时，在弱相互作用推动下，形成彗尾。此后，彗星靠太阳愈近，彗发愈大，更多、密度更大的气体受弱相互作用和太阳引力的作用依次离开彗发补充彗尾，使彗尾伸长。天文观测表明，在彗尾内，远核部分物质密度低，近核部分物质密度高，这就是说，在彗星绕日运动过程中，彗尾出现后，无论彗发还是彗尾内部的气体，甚至等离子体，因存在密度差而相对运动。在彗星加速运动阶段，相对运动将彗尾越拉越长，彗星过近日点加速度最大，弱相互作用最强，彗尾最长。相反，在彗星减速运动阶段，彗尾逐渐缩短。彗星周期性地绕日运动，彗尾周期性地生消、长短变化，就象弹簧受到按正弦规律变化的拉力作用一样，拉力递增时，弹簧逐渐伸长，拉力递减时，弹簧逐渐缩短。这就是彗尾形成并有

长短变化的物理机制。总之，受到弱相互作用作用，彗星形态变化的规律是：彗星在距日超过生尾距  $r_s$  以外的轨道段上运动时，无论加速还是减速，因距日远，太阳辐射强度低，引力弱，加速度小，弱相互作用很弱，彗发小或没有彗发，彗核周围气体或等离子体主要受彗核引力约束，无法形成彗尾，整个彗星好似一个绒毛球。彗星在距日小于生尾距  $r_s$  以内的轨道段上运动时，距日近，太阳辐射强，引力强，加速度大，弱相互作用强，彗发大，彗核周围气体或等离子体主要受太阳引力和弱相互作用约束，气体和等离子体从彗核

向日侧向背日侧运动形成彗尾，并引起彗尾彗发多种多样的形态变化。彗星如是加速运动，受弱相互作用作用，彗尾由无到有，由短变长，过近日点的尾巴最长，彗体非常庞大而明亮。过近日点后彗星减速运动，弱相互作用逐渐减弱，彗尾、彗发形态变化跟接近太阳时的情景大致相反，即彗发膨胀，彗尾变短，最后消失，部分物质回到彗核上凝华，彗核体积增大。

#### 4.2、哈雷彗星尾长计算

计算步骤：参见图 1、图 2。第一步，选一颗具有 I 型彗尾、已知生尾距  $r_s$ 、最大尾长  $l_{\max}$  和公转周期  $T$  的彗星，由 (2) 式求得生尾角  $\theta_s$ ；第二步，建立并求解二元一次方程组，求  $d_1$  和  $e_1$ 。由等式  $r_1(\theta_s) = r_s$  得一个方程，另一个方程由等式  $(r_1 - r)|_{\theta=0^\circ} = l_{\max}$  得到；第三步，由 (9) 式计算长半径胀缩系数  $q$ ；第四步，建立尾长变化方程  $l = r_1 - r$ 。

I 型尾生尾距  $r_s$  估算：观测表明，I 型尾彗星通常在距日约 4 个天文单位时出现彗发。如果地面望远镜对彗星的分辨率是 0.01 角秒，4 个天文单位远处 0.01 角秒大约 30 公里宽，对应的彗星半径约 15 公里。如取  $R_s = 15\text{km}$ ，彗星质量  $m = 10^{18}$  克，太阳质量  $M = 2 \times 10^{33}$  克，代入 (1) 式得  $r_s \leq 4.484\text{AU}$  (天文单位)。即彗尾出现在地面观测到彗发之前稍远的距离处，这跟观测值是接近的。

为确定哈雷彗星的尾长，采用 1910 年回归时的观测数据， $e = 0.967$ ， $d = 17.94\text{AU}$ ， $l_{\max} \approx 2$  亿公里， $T = 76 \times 365.25636 \times 24 \times 60^2$  秒。取生尾距  $r_s = 4.484\text{AU}$ ， $1\text{AU} = 1.496 \times 10^{11}$  米，引力常数  $G = 6.672 \times 10^{-11}$ ，太阳质量  $M = 1.989 \times 10^{30}\text{kg}$ 。计算过程如下

将  $r_s = 4.484\text{AU}$  代入 (2) 式得， $\theta_s \approx 139^\circ 57'$

$$\theta = 0^\circ \text{ 时, } l_{\max} = r_1 - r = d_1(1 - e_1) - d(1 - e) = \frac{2}{1.496} = 1.3369$$

$$\text{代入相关数据计算得 } d_1 \approx \frac{1.929}{1 - e_1} \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{将 } \theta_s = 139^\circ 57' \text{ 代入 (3) 式得 } \frac{d_1(1 - e_1^2)}{1 + e_1 \cos 139^\circ 57'} = 4.484 \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{联解 (12)、(13) 式得 } e_1 \approx 0.4766, d_1 \approx 3.6852\text{AU}$$

$$\text{把已知数据代入 (9) 式得 } q = 0.2054$$

$$\text{由 (10) 式得 } k = 114.4011$$

$$\text{最后有 } l = r_1 - r = \frac{2.8481}{1 + 0.4766 \cos \theta} - \frac{1.1645}{1 + 0.967 \cos \theta} \dots\dots\dots (14)$$

(14) 式就是所求的结果

#### 4.3、轨道根数同彗尾长短变化的关系

彗星轨道要素，只有近日距和离心率两个影响彗尾长度变化。彗尾是弱相互作用作用的产物，弱相互作用跟彗星运动加速度有关，凡是影响加速度的轨道要素都会引起尾长变化。近日距影响彗星的最大加速度，离心率影响加速度的变化幅度。近日距越小，彗星的最大加速度越大，最大尾长越长。近日距越大，最大加速度越小，最大尾长越短。近日距超过生尾距的彗星，不可能出现彗尾。离心率跟尾长的关系是，离心率愈大，轨道愈扁，近日距和远日距之差越大，彗星运动中加速度的变化幅度愈大，尾长变幅愈大；相反，离心率愈小，轨道愈圆，近日距和远日距之差越小，彗星运动中加速度的变化幅度愈小，尾长变化愈小。如是近日距大，绕日作圆周运动的彗星，要吗没有尾巴，要吗只有几乎不伸缩的超短尾，显得暗而不活动，地球上很难见其尾，最多能见彗发，这类彗星与小行星很难区分。例如，运行在火星和木星轨道之间的 1942VII，除有点云雾状彗发外，没有彗尾，和小行星难以区别。而运行在木星和土星轨道之间的 1925II，不但没有彗尾，甚至彗发也很不发育，简直和恒星差不多。在彗星中只有一族，不但近日距最短，轨道离心率也最大，这就是掠日彗星。他们在运动中加速度的变化幅度十分惊人，最大加速度跟日面的重力加速度相差无几，作用在彗星外层气体上的弱相互作用很大。只有他们才是尾巴最长、尾长变化最大、近日时最活动和最明亮的大彗星。

### (五) 逆彗尾的受力及成因

见图 1, 单元 B 在逆尾顶端, 为彗星密度最高的部位。密度一般应在  $7 \sim 20 \text{ 克 cm}^3$ , 比彗核密度大  $7 \sim 20$  倍。图中  $P_2$  和  $P_6$  分别是太阳和彗核对单元 B 的吸引力,  $F$  和  $F_2$  分别是彗核和单元 B 受到的弱相互作用。单元 B 的密度大, 受到的弱相互作用弱,  $F_2$  可忽略不计。在彗星加速运动过程中, 正常尾出现后, 彗核表面“雪”加速升华, 将冻在“雪”中的固体离散颗粒解冻, 富集在彗核表面上, 成为太阳和彗核引力共同作用下的质点。当彗星距日较近, 彗核对这些颗粒的吸引力等于或小于太阳引力时, 在弱相互作用作用下, 彗核同这些颗粒相对运动。彗核密度较小, 受到的弱相互作用较大, 落在颗粒物后面, 距日较远; 颗粒物密度较大, 受到的弱相互作用较小, 移动到彗核前面, 距日较近, 成为逆彗尾。彗尾生尾半径为彗发半径, 逆尾生尾半径为固体彗核半径。逆尾生尾半径比彗尾小, 生尾距较正常尾短很多。逆尾出现后, 随着彗星靠近太阳, 彗核受到的弱相互作用越来越强, 彗核对单元 B 的引力越来越弱, 而太阳对单元 B 的引力却越来越强, 使逆尾快速伸长。彗星过近日点的逆尾最长。彗星减速运动阶段, 逆尾逐渐缩短, 最后消失。

如用 1986 年宇宙飞船“乔托”对哈雷彗星探测的彗核半径估算逆尾生尾距, 可取生尾半径  $R_s = 5 \text{ km}$ 、 $M \approx 2 \times 10^{23} \text{ 克}$ 、 $m \approx 10^{18} \text{ 克}$ , 由 (1) 式得  $r_s \leq \sqrt{R_s^2 M / m} \approx 2.24 \times 10^8 \text{ km} \approx 1.495 \text{ AU}$ 。可见, 形成逆尾的彗星必须具备两个条件: 一是近日距小于 1.5 个天文单位, 二是彗核的升凝华循环层内含有密度大于彗核平均密度的颗粒物。通常, 近日距大于 1.5 个天文单位, 或者彗核升凝华循环层内没有高密度颗粒物的彗星, 无论运动轨道如何有利, 都不可能产生逆尾。具有逆尾的彗星, 逆尾随运动变化的规律跟正常尾变化规律相似。但是, 由于逆尾与彗核密度之差远小于彗核与正常尾密度之差, 加上逆尾存在时间短, 所以, 在正常情况下, 逆尾应比正常尾短很多、细很多。逆尾内部, 颗粒物密度从顶端到彗核递减, 愈近彗核密度愈小, 愈近顶端密度愈大。只有那些轨道离心率大, 近日距小的彗星, 才有可能在近日点附近形成逆尾。如果掠日彗星核中含有逆尾物质, 肯定是形成逆尾最有利的一类。但逆尾在近日时, 完全可能鱼贯而入撞击日面, 被太阳所“食”, 引起太阳活动。

### (六) 存在问题及深入研究的说明

通过上面分析可知, 关于彗尾形态变化, 仍待深入研究。就普遍规律而言, 彗尾形态变化除跟彗星运动轨道要素有关外, 至少还受到两个因素影响。一是彗核的物质组成, 二是行星际空间的性质。第一个问题是显而易见的, 含“雪”比例高、轨道有利的彗星, 产生 I 型尾的可能性大。相比较 II 型尾的彗星含“雪”比例较小, III 型尾含“雪”最少。根本无“雪”的天体, 即使轨道有利, 也不可能是彗星, 只能是小行星。第二个因素实质上是彗星与空间的物理和化学作用。这方面的认识几乎是空白, 缺乏观测资料, 更谈不上理论。目前, 首先应确定两者的物质交换和互补是否存在的问题。彗星在近日轨道段上运动, 这种关系似乎是明显的, 主要以彗星补给空间为主。但彗星在远日轨道段上运动, 这种关系就不清楚了, 不排除空间为彗星补充物质的可能。如是这样, 彗星的形成、演化将变得十分复杂。

关于彗尾长度计算和彗星近日物质丢失问题, 除产生机制外, 前面的阐述是不够全面和深入的。文中对彗尾成因的定性分析是基本可靠的, 但对彗尾长度变化的定量分析不一定可靠, 甚至可能包含着错误。如严格论证, 质点 A 或质点 B, 只要离开彗核后, 绕日轨道与彗核不同, 运动周期也绝对不相等, 把它们看作相等显然是不合理的。另外, 彗尾长度和彗星物质消耗均受到多种因素影响, 由于缺乏观测资料验证, 无法深入讨论。初步分析认为, 彗尾长度计算, 可能用功能原理更为合理。由轨道极径差计算尾长, 受到生尾距、彗星质量、空间性质和彗尾单元密度等多种因素影响。目前这些因素缺乏可靠的观测证据, 无论用什么方法求尾长, 误差都可能较大。彗星物质丢失是彗尾(含逆尾)运动不同步(指同一时刻他们的极角不同)引起的。逆尾因靠太阳近而超前(相对于彗核运动方向)彗核运动, 正常尾因离太阳远而滞后彗核运动, 这也是彗尾弯曲的原因。严格讲, 凡离开彗发的物质就很难返回到彗星上了。彗尾是彗星加速运动产生的, 在减速运动阶段, 逆尾质点先回到轨道周围, 正常尾质点后回到轨道周围, 这种不同步使质点同彗核之间的距离越拉越大。脱离彗核后, 这些质点各自沿独立的轨道绕日运动, 距太阳较远时, “隐身”于茫茫宇宙之中。当地球穿过彗尾物逸散区时, 就会发生流星雨或陨石雨。彗星再次归来时, 它遗下的隐物质是否会再成为彗尾的一部分? 现在尚不知道。长周期彗星, 隐物质再回到彗核周围的可能性很小。这就是说, 长周期彗星每绕日一周就会损失一部分物质, 如果运动中没有足够的物质源补充, 必定是短命的。遗骸可能演变为流星、陨石、陨铁或小行星。只有离核不远的质点, 受彗核引力控制, 在弱相互作用减小时, 才可能逐渐回到彗核上凝华。

自然界既是普遍联系着的全部客观事物的总和, 又是辩证统一的综合体系。事物之间的链接和相互依赖, 决定了解释它的学说或理论都必须经受已知的全部客观存在的检验, 决定了科学理论的完美和统一。彗尾成因的弱相互作用理论, 基本合理解释了彗星的全部观测事实, 纠正了太阳风学说的偏差, 验证了弱相互作用的存在。但弱相互作用学说能否最后成立? 仍有待于从自然科学的各个方面进行验证。而对彗星这种特殊天

体的深入研究，不但需要提高观测技术，增加探测数据，更需要引力场理论、空间理论的进一步突破。

### 作者 (Author):

李学生 (Li Xuesheng), 男, 山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员、北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员, 中国科学院高能物理所研究员。2002 年撰写的论文《数学归纳法的拓广》在《济南教育学院学报》上发表, 2004 年 8 月撰写的理论物理学论文《引力质量与电磁质量之间的关系新探》在北京相对论研究联谊会第三届年会上发表, 得到了与会专家的初步认可; 2005 年 12 月至今我撰写的论文《现代理论物理学的九个问题》、《真空不空》、《以太的发展史》在《香港新科技杂志》上发表。2007 年在《格物》上发表论文《暗物质、暗能量和宇宙常数问题》; 2007 年 12 月在《新科技》(香港)杂志上发表论文《以太的发展史》; 2002 年在《山东师范大学学报(自然科学版)》教学科研上发表《在物理教学中注意培养科学美的观念》; 多篇有关文章在学术争鸣杂志 (Academia Arena, <http://www.sciencepub.net/academia>)上发表。 [xiandaiwulixue@21cn.com](mailto:xiandaiwulixue@21cn.com), [1922538071@qq.com](mailto:1922538071@qq.com)。

### 主要深入理解阅读的部分文献:

1. [日] 浅野四郎 浅野诚一 著 师华译。《狭义相对论的新图示法——space-time 圆图法——》高等教育出版社 1992 年版。
2. 《介质浮力存在的普遍性》 段灿光著 本文集。
3. 《没有太阳辐射, 大气将静止吗?》 段灿光著 本文集。
4. 《以太浮力论》 段灿光著 本文集。
5. 《再论以太浮力 —— 关于万有引力变化的讨论》 段灿光著 本文集。
6. Baidu. <http://www.baidu.com>. 2016.
7. Google. <http://www.google.com>. 2016.
8. H.C. 瓦尼安, R. 鲁菲尼, 引力与时空, 科学出版社, 北京, 2006, pp150-153.
9. Ma H, Cheng S. Nature of Life. Life Science Journal 2005;2(1):7 - 15.
10. Ma H. The Nature of Time and Space. Nature and science 2003;1(1):1-11. Nature and science 2007;5(1):81-96.
11. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. 2015.
12. Wikipedia. The free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org>. 2015.
13. 狄拉克。《现代物理学参考资料》第 3 集[C]。科学出版社, 1978.38。
14. 王存臻、严春友 著。《宇宙全息统一论》山东人民出版社 1995 年版。
15. 《彗星漫谈》 徐登里编著 32K、P107 1975 年 7 月科学出版社。
16. 《数学在天文学中的运用》 刘步林编著 32K、P316 1979 年 9 月科学出版社。
17. 《中国大百科全书·天文学》 主编: 张钰哲 1980 年 12 月中国大百科全书出版社。
18. 《哈雷彗星今昔》 张钰哲著 32K、P97 1982 年 3 月知识出版社。
19. 《天体力学浅谈》 [苏]尤·阿·里五波夫著, 李五行、陈晓中译 32K、P201 1984 年 11 月科学普及出版社。
20. 《地学基本数据手册》 主编: 张家诚, 副主编: 李文范 16K、P1377 1986 年 3 月海洋出版社。
21. 《彗星十讲》 胡中为、徐登里编著 32K、P158 1986 年 4 月科学出版社。
22. 《中国百科年鉴·1986》 1986 年 10 月中国大百科全书出版社。
23. 《简明天文学词典》 叶叔华主编 32K、P880 1986 年 12 月上海辞书出版社。
24. 《中国百科年鉴·1987》 1987 年 12 月中国大百科全书出版社。
25. 《哈雷彗星及彗星-地球关系》 天地生综合研究论文集 胡中为、阎林山 16K、P471. 1989 年 11 月中国科学技术出版社。
26. 1995 年 6 月 21 日 《中国青年报》。
27. 1997 年 12 月 19 日 《中国科学报》。
28. Einstein 著, 方在庆、韩文博、何维国 译。《Einstein 晚年文集》 海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。

5/4/2017