

铁道游：引力波的故事(古典篇)

发表于 2024 年 05 月 15 日 由 舟巷

广袤无际的宇宙中，星罗棋布着无数的星系，无数的恒星和围绕它们旋转的行星，卫星。什么力约束着这么众多的星星在自己固定的轨道上运行，井然有序而不乱套呢？答案是：引力。

许多人可能不知道，万有引力定理的发现者牛顿(Isaac Newton)有一个很不幸的童年。在他来到这个世界前的三个月，他父亲就去世了，母亲改嫁，于是就把他寄养在外祖母家。直到他十一岁时，继父去世，他才重新回到母亲身边。

少年时期的牛顿在中学资质平庸，并没有显示出他后来能够奠定现代科学基础的惊天潜力。迫于生活压力，母亲让他辍学，以帮持家务。由于他喜欢读书，喜欢思考的特点被他舅舅发现，所以他才得以重新回到学校继续他的学业，这位超级科学天才没有被湮灭在历史长河中。

也许正是在这被舅舅呵护下无忧无虑的乡村生活中，他才有闲情雅致仰望天空，并在被树上落下的苹果砸在鼻梁上时产生了万有引力的灵感。

1687年7月，牛顿在他的巨著《自然哲学的数学原理》里首次发表了万有引力定理。这一年，牛顿45岁，对一个科学家而言，已经是一个大器晚成的年龄。这本巨著还包含了被大家所熟知的三大物体运动定理。这四个运动定理是自然界物质运动的最基本规律，三个世纪多以来，一直指导着人类的科研，生产和生活，是现在初中学生的必修课程。

万有引力定理可以用下面的公式表达出来：

$$F = Gm_1m_2/r^2$$

在这公式中，G是引力常数，是一个自然界的普适常数，m1和m2则分别是两个物体或天体的质量，r是两个物体之间的距离。

牛顿万有引力定理的巨大成功在于我们用它可以精确地计算出地球绕太阳运转的轨道和推导出开普勒(Johannes Kepler)的三大行星运动定律。

开普勒当初的三大行星运动定律不是从理论推导出来的，而是纯粹实验观察的结果。他分析了丹麦天文学家布拉厄(Tycho Brahe)多年积累下来的天文观测数据后，先后于1609年和1618年发表了三大行星运动定律：

1. 行星运动轨迹是平面上的一个椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上；
2. 行星运动矢径单位时间里扫过的面积是一个常数；

3. 行星绕太阳运行一周时间的平方与长半径的三次方的比是一个常数。

开普勒第一定律揭示了行星运动的普遍几何形状，而第二定律其实就是可以用牛顿第二定律推导出来的动量矩(角动量)守恒定律。当然，在开普勒发现行星的运动规律的年代，牛顿第二定律还没有诞生，开普勒和其他科学家，甚至牛顿本人，都不知动量矩为何物。

开普勒第三行星运动定律涉及行星运动更精细的内涵，需要更多的时间来研究，总结，所以相对于第一和第二行星运动定律，开普勒在九年后，即1618年，才发表了第三行星运动定律。

开普勒开创了定量描述行星运动规律的先河。

现在，我们已经无法探究牛顿确定万有引力与距离的平方成反比律的真正动机，为了从理论上定量解释开普勒三大运动定律呢？还是事先确立了引力与距离的平方成反比律，然后才无意中从理论上推导出开普勒的运动定律？

不论如何，我们确实可以精确地用牛顿的万有引力公式推导出开普勒三大行星的运动定律，并且精确地计算出地球绕太阳的椭圆形轨道。

这无疑科学史上的巨大成就，而这一成就的背后仅仅是牛顿在乡下苹果落下砸到他鼻子时给他带来的灵感。

后来的天文学发展，把牛顿万有引力定律的辉煌推向到另一个高峰，天文学家们用它通过计算，发现了海王星。

故事是这样开始的。1738年11月15日在当时还是英国领地的德国北部城市的汉诺威，诞生一位音乐天赋极高的男孩，赫歇耳(Frederick William Herschel)。在那个年代，德国还没有诞生，汉诺威还是英国的领地。现在的汉诺威的皇家花园里，还完好地保留着当时英国公主的塑像，供游人参观。赫歇耳19岁时，从汉诺威移居英国，并在那里开启了他的音乐生涯。但由于对天文学的深深兴趣，他放弃本已前程坦荡辉煌的音乐事业，走上了一条业余观测天空星星之路。

1781年3月13日晚上，赫歇耳迎来了他人生的巅峰时刻。他用他亲手制作的天文望远镜发现了天王星。当时他并没有意识到他的发现的重大意义，只是简单地把他的发现定义为一颗彗星，并把自己的发现公之于众。

发现一颗彗星虽然没有发现一颗行星那么重要，但还是吸引了许多重量级的天文学家的关注，毕竟，它给他们增加了一个研究天体轨道的对象。英国皇家学会的天文学家马斯克林(Nevil Maskelyne)，瑞典天文学家莱克塞尔(Anders Johan Lexell)，以及法国力学大师拉普拉斯(Pierre Simon Laplace)都加入了探讨这颗新天体的行列之中。

他们发现，这颗新天体既没有彗星常有的长长的尾巴，其轨道也近乎圆形，与彗星的近似抛物线的轨道完全不同。与此同时，赫歇耳重新测定了这颗新天体的直径为54700公里，大约为地球直径的4倍。这么巨大的并且轨道近乎圆形的天体，不可能是彗星，只能是一颗行星。

这就是太阳系的第七颗行星，天王星。

赫歇耳的发现被英国天文学界引为骄傲，赫歇耳本人也为此获得了巨大的荣誉。

天文学家接下来的任务就是精确计算或测定天王星在太阳系中的运行轨道。经过两年的艰苦工作，拉普拉斯和他的同事梅尚(Pierre Méchain)率先计算出了天王星的椭圆轨道。当他们带着艰苦劳作后的轻松心情，同时怀揣着即将

来临的理论计算与观测结果的完美结合给他们带来的内心激动，把天文望远镜指向天空时，天王星却没有出现在预测的天空位置上。他们那时的失望之大是可想而知的了。

他们要问，精确完美的理论计算为什么没有能够精确地确定天王星的运行轨道呢？既然计算过程没有错误，那一定是一些物理因素在计算过程中被他们忽略了。

接下来的几十年里，众多的天文学家们考虑过用更多的观测数据来修正天王星的轨道，也曾经把太阳系中最大的行星，木星和土星，对天王星轨道的影响加入到计算中。他们甚至猜测过天空有某种阻力改变了天王星的轨道，也假设过彗星撞击过天王星，强制它改变了轨道。

他们把这些假设和可能的因素代入计算过程后修正的轨道仍然和新的观测数据有着难以接受的误差。

他们甚至怀疑过牛顿万有引力定律的正确性。但如果他们修改万有引力定律，地球和其他行星的轨道可以被这个定律精确计算出来又做何解释？

余下来的可能性只有一个，那就是在太阳系的外层中还存在一个不为人知的大行星。这个未知行星的引力，影响到天王星的运行轨道。

但要通过计算来寻找一颗质量和运行轨道参数都是未知的新行星的难度之大是可想而知的。高难度的计算工作呼唤着数学高手的出现。

1819年，在英国的一座乡村，诞生了一个数学神童，亚当斯(John Couch Adams)。当他只有16岁时，就通过计算预测过家乡的一场日全食，让家乡的父老乡亲刮目相看。

在他大学毕业后，就深深地被破解天王星出轨之谜和预测新行星的诱惑所吸引，探索天空也就成了他一生的追求。首先，他检验了前人的计算结果并作出修正，采用新的轨道假设确立了新行星存在的可能性。他通过当时的剑桥天文台台长查利斯 (James Challis) 向格林威治天文台台长艾里(George Biddell Airy)索要到许多的观测数据，开始了搜寻新行星的计算。

1845年9月，他艰辛的计算结出了硕果，成功地预测出新行星的质量和椭圆轨道。

但由于多次阴差阳错，有意或无意的误会，查利斯和艾里并没有按亚当斯的预测在自己的天文台开动搜寻新行星的探测行动，发现新行星的巨大荣誉就这样与英国天文界擦肩而过。

在与亚当斯同一时期的法国诺曼底，生活着另外一位数学高手，勒维耶(Urbain Le Verrier)。他比亚当斯仅年长8岁。和亚当斯一样，他有着杰出的数学才能，精于计算各种星星的运行轨道。在他与亚当斯在追寻新行星的过程中撞出巨人的火花之前，就彼此在计算彗星轨道上有过三次不期而遇。与亚当斯一样，他也痴迷于探求新行星的研究，于是踏上了用纸和笔搜寻新行星的艰难之旅。

他通过繁复的计算，对比了新行星可能出现的各个空域，终于筛选出计算的天王星轨道与观测的轨道数据最接近的空域。在此基础上，他预测出新行星在1847年1月1日出现的位置。

他与亚当斯预测的结果非常接近。这是他与亚当斯的第四次不期而遇。而在此时，他们彼此之间并不知道对方的工作。

与亚当斯不同，勒维耶发表了自己的计算结果，立刻引起了许多关注。毕竟此时此刻，天王星出轨之谜和对新行星的探究已经困惑了天文学界达半个世纪之久。

但欧洲各国的天文台还是没有就此启动探测这颗新行星的工作。也许是用计算发现新行星这样的壮举在人类历史上还从未发生过，从而太过于耸人听闻，太难以置信了吧。四处碰壁的勒维耶想到一个只有过一次通信但却从未谋面的德国天文学家伽勒(Johann Gottfried Galle)，并向他寻求帮助。这时的伽勒是柏林天文台台长的助理。

在征得台长的同意后，在助手达雷斯特(Heinrich Louis d'Arrest)帮助下，伽勒在一个秋高气爽，万里无云的夜晚，开始了探测新行星的工作。他们一直高强度地搜寻着，终于在凌晨发现一颗与勒维耶预测位置相差不到一度的暗淡天体。

这就是那颗新行星，后来天文学界把它命名为海王星。柏林这所当时并不起眼的水文台摘取了首先观测到海王星的桂冠，令其他著名天文台追悔莫及。

天文学家通过牛顿万有引力定律，用纸和笔发现了海王星后，世界各国的天文学界掀起了通过计算去发现新行星的热潮。毕竟，再次用纸和笔去重复发现海王星的壮举，对于每个立志从事天文研究的科学家，都是一个不可抵挡的巨大诱惑。

美国天文学家罗威尔(Percival Lowell)就是投身这股热潮中的一员。可惜他的计算结果在他生前并没有引起学界的重视。所幸的是，他投资建立的罗威尔天文台没有忘记它的创建者的遗愿，仍然孜孜不倦地在他预测的空域里探寻那颗新行星。

一位只有中学学历，出生农家的青年汤博(Clyde Tombaugh)接替了这项工作。经过长时间在罗威尔所预测的空域搜寻无果后，汤博决定扩大探测空域。他坚持不懈的努力终于在1929年2月18日有了回报。这一天，他观察到了一颗较暗的移动星体。这就是我们现在熟悉的冥王星。

随后的观察给天文学家们带来了与期望值完全不同的结果。首先，冥王星的运行轨道不在其他八大行星所处的平面上，而是与之有17.1度的倾角，它的椭圆率也相当高，其近地点离太阳的距离甚至比海王星还近。

另外，冥王星的真实质量也与预先估计有较大的出入，不是地球的6.6倍，而是只有地球的21%。总之，冥王星的发现是在天文学家追寻新行星愿望过程中的一系列错误的叠加下而绽放出来的一朵美丽鲜花。

在二十世纪的下半叶，探测星空的技术有了长足的进步，天文学家在冥王星轨道附近其他空域又发现了许多轨道与质量相近的天体。如果冥王星是太阳系的行星，那么这些新发现的天体是否也应该计入行星之列呢？

于是，在2006年8月24日举行的国际天文联会上，天文学家们以绝对多数同意罢免了冥王星的行星资格，把它降级为矮行星。

随之而来的结果是，海王星成了第一个，也是最后一个通过计算发现的行星。

至此，大家不要以为牛顿万有引力的故事就此结束了。而实际上，它给人类带来了新的困惑，于是，新的引力故事又开始了。

牛顿是怎样推导出万有引力定理，为什么引力和两个物体之间的距离的平方成反比，我们无从知道。我们只能猜测，牛顿是在当时已有的天文观测数据和经验的基础上产生的天才灵光一现，因为在此之前，根本就没有任何其他

基本理论和公式可以用来推导万有引力公式。

首先，既然牛顿万有引力理论是在观测和经验的基础上总结出来的，那么它天生就伴随着一个缺陷。牛顿既不能给出产生引力的原因，更不能解释为什么两个相距遥远的物体没有接触却会互相作用。牛顿同时代或者稍晚的科学家，如欧拉(Leonhard Euler)，包括牛顿自己，都拒绝承认两个物体之间的真空超距作用。瑞士科学家勒萨捷(Georges-Louis Le Sage)曾经建立一套理论来解释引力产生的物理原因，但没有被物理学界所接受。

再者，现在人们普遍认为引力是一种波，在真空中以光速传播。但既然引力是波，它为什么不能用麦克斯韦方程来计算呢？它的频率，波长为何值？牛顿万有引力定律完全没有能力回答这些问题。

那个通过计算发现海王星的天文学家勒维耶本想再接再厉，继续在水星附近空域发现新的行星，却意外地于1859年9月捕捉到了水星近日点进动现象。何为水星近日点进动？就是水星的椭圆轨道的近日点，即椭圆轨道的短轴上的点，在太阳系中不是一个固定点，而是随着水星每转一圈，它向前移动一个不可忽视的角度，也即水星的整个椭圆轨道在天空中缓缓向前飘移。

牛顿的万有引力定律长期以来一直不能够解释这个困惑天文学家长达数十年的水星近日点进动现象。天文学家把太阳系其他行星引力的影响考虑进去，修正过水星的轨道进动，但还是与观察值有较大的误差。他们也曾经假设过水星轨道附近有其他的行星或天体在游荡，干扰了水星的运动轨道，但却始终没有观察到这样的天体的存在。

究竟什么原因导致水星近日点进动呢？所有的可能性都尝试过了，天文学家都没有求得这些问题的解答，所以，修正牛顿万有引力的时刻到来了。

(待续)

作者投稿

 [参加论坛上关于本文的讨论](#)

此条目发表在 [作者投稿](#), [华夏快递](#), [历史回顾](#), [科普知识](#), [谈天说地](#) 分类目录，贴了 [HXKD](#)、[作者投稿](#) 标签。将[固定链接](#)加入收藏夹。

本文短链接为 <http://hx.cnd.org/?p=233919>

CND刊物和论坛

自豪地采用 *WordPress*。

网站问题请访问<http://self-support.hxwk.org/>.

Use of CND web sites is subject to [CND's Terms of Use and Discussion and Submission Guidelines](#).