

彗星与太阳系的年龄

最初发表于《创造杂志》第 11 卷第 3 期(1997 年 12 月)：264-273 页。

抽象的

本文探讨了彗星的存在作为近期创造论的论据。大多数创造论者对这一主题的论述已经过时。为了纠正这一现状，本文回顾了过去二十年来进化天文学家在彗星起源和演化方面所做的大量研究。虽然一度认为奥尔特云可以解释所有彗星，但计算机模拟已明确表明，短周期彗星不可能起源于奥尔特云，因此柯伊伯带理论被重新提出，用于解释短周期彗星的起源。本文讨论了柯伊伯带的所谓发现，并对奥尔特云理论的地位提出了质疑。结论是，彗星的存在仍然是太阳系近期创造论的有效论据。

介绍

彗星的存在长期以来一直被用来作为近期创世论的论据（迄今为止，斯卢舍尔的论述可能是最好的例证）。

¹⁾ 通常的论证如下。彗星的标准模型认为，所有观测到的物质都来自一个直径仅几公里的冰核。该模型强烈暗示彗星非常脆弱，每次近距离掠过太阳时都会损失大量物质。大多数彗星的轨道使其远离太阳。如果彗星的轨道距离太阳过远，它很容易被其他恒星的引

力捕获，从而脱离太阳系。这就限制了彗星轨道与太阳的最大距离。如果能够估算出这个最大距离，就可以利用开普勒第三行星运动定律推导出彗星可能拥有的最大轨道周期（约 1100 万年）。结合对彗星绕太阳运行周期的估算，我们可以估算出彗星的最大年龄。这个数字远小于目前公认的太阳系年龄 46 亿年。由于彗星的起源尚未**确定**，因此人们假定彗星是原始的。如果这一假设成立，那么太阳系的年龄必定小于彗星年龄的估计上限。

天文界长期以来一直认为这是一个问题。针对这个问题，人们提出了几种解决方案，其中最受欢迎且最成功的方案是已故荷兰天文学家扬·奥尔特提出的方案。² 奥尔特提出了太阳系早期形成的巨大球形彗核云。奥尔特云被认为距离太阳非常遥远，以至于彗核距离太阳太远而无法被观测到。多年来，人们对奥尔特云的半径估计值各不相同，甚至不同学者给出的估计值也存在差异。大部分彗核所在的内层云，其半径据信在 10,000 到 20,000 天文单位（AU）之间。一个天文单位是地球到太阳的平均距离，大约为 1.50×10^8 公里。外层奥尔特云的大小估计值也各不相同，其距离太阳的范围在 40,000 到 150,000 天文单位之间。在如此遥远的距离上，温度极低，彗核可以在一种类似“深冻”的环境中保存至今。其他恒星偶尔产生的引力效应（称为摄动）被认为会导致部分彗核坠向太阳，并继续绕

太阳运行直至耗尽，而这个过程远小于上文提到的 46 亿年。因此，该模型表明，今天观测到的所有彗星在其当前轨道上运行的时间仅占太阳系年龄的一小部分。

近创世论框架下的基本计算和论证是在近 25 年前完成的。此后多年，尽管这一论点被反复提及，但并未进行任何新的研究或更新。与此同时，天文学家对奥尔特云假说进行了改进，但近创世论者对此却视而不见。改进之处包括考虑过去周期性撞击导致的大规模物种灭绝，这一理论被称为阿尔瓦雷斯理论。³ 假设。此外，还有一种被称为柯伊伯带的相关理论，认为它是许多彗星的来源，尽管几乎没有神创论者承认这一点。因此，最近所谓的柯伊伯带发现也引发了人们的质疑。^{彗星 4} 让许多神创论者措手不及。本文将对这一主题进行新的评估，重新探讨彗星能告诉我们关于太阳系年龄的哪些信息。我们还将考察所谓的柯伊伯带存在的证据。

彗星是什么？

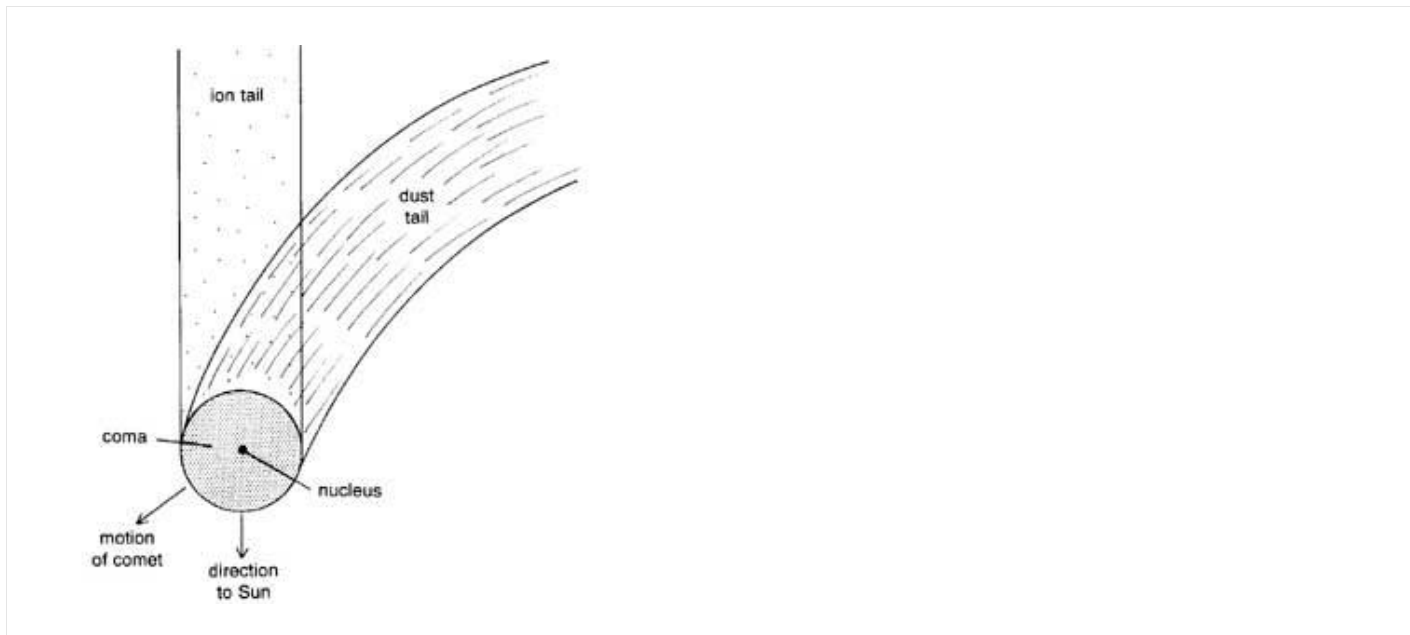


图 1: 彗星的结构。彗核直径为几公里，彗发宽度约为 10,000 至 100,000 公里。

“彗星”一词源于希腊语“*komhth comètè*”（长毛的），英语单词“梳子”（*comb*）也源于此。粗略地说，彗星看起来像一颗长着毛的星星。千百年来，彗星一直与灾难联系在一起。例如，1066 年黑斯廷斯战役期间哈雷彗星的出现，以及公元 70 年耶路撒冷的毁灭，都与灾难有关。彗星的确显得神秘莫测。尽管恒星、太阳、月亮和五颗肉眼可见的行星都遵循着规律且可预测的运动轨迹，彗星却会突然出现，以不规则的方式快速移动，然后突然消失，似乎从此杳无音讯。

直到三个世纪前牛顿力学被广泛接受，埃德蒙·哈雷才得以证明彗星确实遵循着围绕太阳的可预测轨道。哈雷计算了他或其他人观测到的大约二十几颗彗星的

轨道。其中，哈雷在 1682 年观测到的那颗彗星尤为引人注目。当他注意到这颗彗星的轨道与 1531 年和 1607 年观测到的类似彗星的轨道非常吻合时，他意识到这颗彗星的周期必定接近 76 年，也就是说，之前观测到的三颗彗星实际上是同一颗彗星在连续三次出现时被观测到的。自哈雷之后，这颗彗星又四次回归，最近一次是在 1986 年。当然，这就是以他的名字命名的著名彗星。

人们提出了几种彗星的模型，但几十年来，标准模型一直是冰质团块模型，或者弗雷德·惠普尔的“脏冰山”理论。⁵ “脏冰山”一词指的是彗核，彗核中的物质被剥离后会发光，使彗星可见。彗核被认为是一个直径数公里的冰块，其中混杂着细小的尘埃颗粒（图 1）。冰由各种冻结的物质组成，主要成分是水、二氧化碳、甲烷和氨。1997 年观测到的海尔-博普彗星的彗核直径约为 40 公里，是迄今为止观测到的最大彗核之一，因此它也被称为“大彗星”。相比之下，明亮的哈雷彗星的彗核大小约为它的四分之一。当彗星远离太阳时，其彗核温度足够低，冰可以保持冻结状态，因此彗核可以无限期地保持这种状态。当彗核接近太阳时，太阳辐射显著增强，使其升华，冰开始升华。1986 年，乔托号探测器近距离飞掠哈雷彗星的彗核，发现其表面如同煤炭般漆黑。这很可能是冰升华后留下的碳质尘埃形成的硬壳。在气候较冷的地区，冬季

停车场积雪堆积成山时，也会出现类似的现象。随着积雪融化或升华，尘土留在表面形成一层深色硬壳。这层深色涂层能更有效地吸收太阳光，从而加速冰的升华。彗星在首次接近太阳之前和期间，彗核颜色通常较浅，但深色硬壳的形成会使彗核在随后的几次接近中颜色加深。

当气体释放出来时，它会迅速膨胀形成一个直径可达数万公里的包络，称为彗发（再次参见图 1）。太阳辐射使气体电离，原子复合以及太阳光在脱落的尘埃颗粒上的反射，使彗发变得可见。彗发是彗星最亮的部分，赋予彗星毛茸茸的外观，但它非常稀薄，因为透过彗发观测到的恒星亮度并没有明显降低。彗星表面以下的升华会导致气体以喷流的形式爆炸性释放，这会导致彗发亮度发生显著变化。太阳风将电离气体推离太阳，形成一条几乎笔直的离子尾或气体尾（图 1）。太阳辐射将质量更大的尘埃颗粒向外推，形成一条更为优美的弧形尘埃尾。无论彗星是接近太阳还是远离太阳，两条尾都指向远离太阳的方向。

如前所述，彗星的亮度取决于彗发的亮度。彗发的亮度主要取决于彗核的大小和成分，以及它与太阳的距离。影响彗星亮度的另一个因素是它与地球的距离。通常，彗星在近日点附近最亮，近日点是彗星距离太阳最近的点。这就是为什么 1986 年哈雷彗星的出现让

公众感到失望的原因。当哈雷彗星接近近日点时，它位于太阳的另一侧，因此不可见。由于它相对于地球的运动，彗星逐渐从太阳背后出现。即使如此，它仍然距离地球很远，而且由于它的位置远低于地球轨道，因此在南半球观测效果最佳。等到它在北半球可见时，它的亮度已经进一步减弱了。在对这颗彗星近 2300 年的观测中，最近一次出现的情况是绝对最糟糕的。

鉴于哈雷彗星彗核的体积以及近期观测到的质量损失，显然这颗彗星无法绕太阳运行多次。从历史数据中很难确定哈雷彗星在过去 2300 年间亮度是否有所下降，但预计它在之前的几次观测中亮度会略高一些。这种现象并非个例。其他一些周期较短的彗星也曾被观测到亮度显著下降。一些曾经产生明显彗发的彗星如今活动已十分微弱。事实上，一些小行星的颜色和轨道表明，它们可能是已死亡彗星燃烧殆尽后的残骸。哈雷彗星的亮度下降速度是所有彗星中最慢的之一，这可能是因为它彗核异常巨大，而且即使以近期形成的彗星的标准来看，它也可能相当年轻。另一方面，彗星在最初一两次绕太阳运行时，亮度也可能令人失望。回想一下，彗核最初被认为是浅色的，但随着尘埃在其表面积聚，颜色会逐渐变深。由于深色物体比浅色物体更能吸收辐射，因此较暗的彗核应该会受到更多热量，从而导致更多的升华和彗发形成。这表明，新彗星在第一次飞掠太阳时可能无法达到其最大亮度，

而可能在第二次或第三次飞掠太阳时达到最大亮度。1996年可见的百武彗星（Comet Hyakutake）彗核很小，但亮度却很高。这使得一些人认为它是一颗年轻的彗星，正处于第二次或第三次飞掠太阳的途中。1973年和1974年可见的卡胡特克彗星（Comet Kohoutek）亮度并未如预期般增加，这表明它可能是一颗正处于首次近日点的彗星。

单个彗星的寿命显然非常有限，但彗星整体而言是否如此呢？哈雷彗星以及其他一些彗星，可能在其目前的轨道上运行至今不过数千年。行星的轨道近乎圆形，而彗星的轨道则呈椭圆形。这使得它们会与大多数行星的轨道相交，并最终极有可能与一颗或多颗行星近距离擦肩而过。这种近距离擦肩而过可能会引发引力相互作用（称为摄动），从而改变彗星的轨道。木星尤其如此，因为它的质量比其他所有行星的总和还要大。摄动会导致彗星轨道发生巨大变化。舒梅克-列维彗星就是一个很好的例子，它于1994年夏季撞击了木星。这次撞击是由大约两年前该彗星与木星的一次近距离擦肩而过造成的，那次擦肩而过使彗星进入了一个截然不同且注定毁灭的轨道。

人们认为，像哈雷彗星这样的周期彗星曾经运行着一个更大、更椭圆的轨道。与木星（以及在较小程度上与其他行星）的偶然相遇，改变了它们的轨道，使其

变成了现在的样子。如果真是如此，哈雷彗星可能在其目前的轨道上运行了仅仅 3000 年。除了轨道变小之外，彗星与其他天体相互作用，导致其完全飞出太阳系的概率几乎相等，而导致其像舒梅克-列维彗星那样被撞击而彻底摧毁的概率则很小。看来所有短周期彗星的轨道都十分混乱，也就是说，它们的轨道极其不稳定，并且会经历相对快速且剧烈的变化。

彗星轨道

周期彗星显然需要不断补充，否则它们会在数千年内耗尽。每年都会发现一些新的彗星（近年来每年大约有二十几颗）。这些彗星大多比较暗淡，但偶尔也会发现一些更亮的彗星。最近发现的两颗明亮的彗星分别是 1996 年的百武彗星和 1997 年的海尔-博普彗星。这两颗彗星是近 20 年来观测到的最亮的彗星，其中海尔-博普彗星被认为是“大彗星”。

像所有绕地天体一样，彗星的轨道也是椭圆形的。椭圆是一种圆锥曲线，它有两个焦点，并且椭圆上任意一点到两个焦点的距离之和为常数。椭圆的最长直径称为长轴，最短直径称为短轴。椭圆的大小由长轴的长度决定。椭圆的形状多种多样，从圆形到非常扁平的椭圆都有，扁平椭圆的短轴远小于长轴。椭圆扁平程度的度量称为偏心率，定义为两个焦点之间的距离与长轴之比。圆的偏心率为零，而椭圆的偏心率可以

小于等于 1。偏心率为 1 和大于 1 的圆锥曲线分别是抛物线和双曲线。物体可以沿着抛物线或双曲线轨道运行，但由于这两种图形都不是闭合的，任何具有这种轨道的物体都会经过太阳一次，然后永远不会返回，因此不会成为太阳系的永久成员。

行星轨道通常接近圆形，而彗星轨道则往往呈椭圆形。新发现的彗星经常被观测到轨道偏心率为 1，这表面上似乎表明它们只是太阳系的访客。然而，偏心率的测量精度只能达到大约四位有效数字，因此，实际偏心率很可能略小于 1，而与 1 的偏差被观测误差所掩盖。这意味着所有彗星都是太阳系成员，但那些最大、最椭圆的轨道在观测上与抛物线几乎无法区分。沿着这些轨道运行的彗星的周期将长达数千年，甚至数百万年。

人们已经计算出了 600 多颗彗星的轨道，从中可以了解到关于彗星性质和起源的几个重要线索。首先，虽然观测到一些彗星离开太阳时轨道呈双曲线状，但尚未发现任何彗星在接近太阳时轨道呈双曲线状。这有力地表明所有彗星都是太阳系的永久成员。如果彗星起源于星际空间，我们预期许多彗星在接近太阳时会以双曲线轨道运行。那些离开太阳时轨道呈双曲线状的彗星，是在与一颗或多颗行星发生相互作用后形成的，这代表了彗星消失机制之一。

第二个线索是彗星大致可以分为两类：周期小于 200 年的短周期彗星和周期大于 200 年的长周期彗星。已知短周期彗星约有 100 颗，长周期彗星超过 500 颗。这种划分并非随意而为，因为这两类彗星的典型轨道截然不同。大多数短周期彗星的轨道方向与行星绕太阳公转的方向相同，即顺行轨道。长周期彗星中约有一半的轨道是顺行轨道，而另一半则是逆行轨道。大多数短周期彗星的轨道倾角也很小，这意味着它们的轨道平面相对于行星轨道平面的倾斜角度很小。长周期彗星的轨道倾角则几乎不受限制。哈雷彗星就是一个显著的例外。虽然哈雷彗星的周期不足 200 年，但它的轨道倾角很大，而且是逆行的。这可能表明，哈雷彗星最初是一颗长周期彗星，近期经历了一次强烈的摄动，使其轨道周期转变为短得多的周期。必须强调的是，尽管两组彗星的轨道截然不同，但它们的物理性质（例如成分）却完全相同。这表明所有彗星都拥有共同的起源。

彗星的最大公转周期是多少？附近恒星的引力限制了彗星轨道的大小。如果彗星的远日点（距离太阳最远的点）是其到最近恒星距离的很大一部分，那么它就有很大概率脱离太阳的引力。我们不妨取一个较为宽松的远日点距离，即 100,000 天文单位（AU），这超过了到最近恒星距离的三分之一。那么彗星的半长轴

将为 50,000 天文单位。半长轴和公转周期之间的关系由开普勒第三行星运动定律给出：

$$a^3 = p^2$$

其中 a 为半长轴，单位为天文单位 (AU)。

p 为周期，单位为年。

半长轴为 50,000 天文单位的彗星，其公转周期为 1.12×10^7 年。如果一颗彗星以这样的轨道运行了 46 亿年，它将绕太阳运行超过 400 次。经过如此多次近日点过境后，彗核中很可能已经没有挥发性物质残留。需要注意的是，50,000 天文单位是一个非常宽松的上限值，因此大多数彗星的公转周期会远不止于此。对于稳定轨道而言，更实际的半长轴上限值估计为 25,000 天文单位，由此得出的公转周期为 3.95×10^6 年，这意味着在 46 亿年内，彗星将绕太阳运行近 1200 次。

虽然大多数神创论者的著作都将彗星的消亡机制归结为彗核中挥发性物质的蒸发，但至少还有两种其他的消亡机制为人所知。其中一种是由于行星间的近距离相互作用而被抛出太阳系，另一种则是与行星碰撞。尽管直接碰撞被认为是彗星相对罕见的命运，但一些近期研究表明，抛射可能比解体起着更重要的作用。

看来，如果彗星是原始的，那么它们应该不会留下任何痕迹。

什么是奥尔特云？

那么，进化论者提出了彗星的起源呢？多年来，人们提出了几种可能的起源，但大多已被摒弃。例如，近两个世纪前，拉普拉斯提出彗星可能是星际彗星，它们偶尔会掠过内太阳系附近，从而变得可见，其中一些会被捕获。人们可能会预期，至少会有一些彗星沿着双曲线路径接近近日点。正如前文所述，事实并非如此，这也是该模型被广泛放弃的主要原因。显然，这一难题是可以解释的，至少能让如今少数的拥护者感到满意（例如，参见维特科夫斯基的著作）⁶。彗星的另一种可能来源是行星及其卫星的火山喷发（Vsekhsvyatskij）⁷。这个观点的一个明显问题是，彗星似乎具有相同的成分，而它们所谓的母体却并非如此。另一个问题是，被抛射的物体很难按照观测到的轨道运行。今天，范·弗兰德恩^{8号}是彗星起源于火星和木星轨道之间行星解体的假说的拥护者。这个假说本身存在一些问题，并未被很多人接受。

如今绝大多数天文学家都认同奥尔特的假说，他认为在远离太阳的地方存在一个巨大的彗核库，是新彗星的来源（图 2）。这一提议并非像许多人认为的那样是凭空臆测，而是基于对当时已知的长周期彗星轨道

半长轴的仔细研究。 $1/a_0$ 的直方图^{显示}，在 $1/a_0$ 接近于零处存在一个聚集区。奥尔特推断，这种远距离的聚集代表了彗星的原始分布，而近距离的较小数量则代表了引力扰动的结果。

有人可能会批评奥尔特直方图，认为以 $1/a_0$ 为纵坐标作图^{相当于}以距离为横坐标作图，因此随着 $1/a_0$ 趋近于零，图中包含的空间体积会越来越大。但这无关紧要，因为图中绘制的是总能量的频率。由于唯一涉及的保守力是引力，而引力与距离的倒数成负比，因此这才是正确的作图方式。另一方面，有人可能会批评这种方法，指出能量较低的轨道更容易通过之前讨论过的机制损失能量。原因有二。首先，轨道周期较短的彗星会更频繁地造访内太阳系，导致近日点附近挥发性物质的损失更加频繁。其次，由于轨道周期较短的彗星经过行星所在区域的次数更多，且速度比周期较长的彗星更慢，因此会受到主要行星的摄动，从而增加被抛射的可能性。因此，低能量彗星似乎比高能量彗星更容易被选为损失目标。如果这是正确的，那么任何能量分布最终都会形成观测到的直方图。

基于演化假说，太阳系被认为是在大约 46 亿年前由一大团气体云坍缩形成的。大部分物质被认为落到中心形成了太阳，而剩余部分则扁平化成一个圆盘，行星最终由此形成。行星形成的第一步是物质聚合成被称

为星子的小块。这些星子逐渐吸积，直到其中一些足够大，能够依靠引力聚集在一起，并开始吸引其他星子。其中较大的星子最终演化成行星，剩余的物质则形成了卫星和小行星。靠近原太阳的区域温度较高，因此较轻的元素会被蒸发并从内太阳系移除，而较冷的外太阳系区域则会保留一些挥发性物质。这可以解释为什么内行星主要由岩石构成（缺乏较轻的元素），而外行星则主要由较轻的元素构成。这也说明彗星起源于远离太阳的地方，因为它们主要由较轻的元素组成。

行星的引力扰动应该已经将太阳系行星所在区域的大部分残余星子移除。移除的主要机制是抛射和碰撞。事实上，在太阳系大多数小型天体表面观测到的众多陨石坑被认为是这些碰撞的结果。小行星带主要由位于稳定轨道上的小型天体（星子）组成，这些轨道受木星控制。木星之所以拥有如此强大的影响力，是因为它的质量超过了其他所有行星的总和。在小行星带距离太阳的距离上，温度足以去除大部分较轻的元素。实际上，任何轨道比小行星带更靠近太阳的残余星子往往具有岩石成分，而距离更远的星子则倾向于具有较轻的元素成分。

埃弗哈特对奥尔特云的现代观点做了很好的总结。⁹ 和魏斯曼，¹⁰ ，此处简要描述如下。奥尔特云中彗核的

远日点不会超过 50,000 天文单位（相当于到最近恒星距离的五分之一），否则彗核很可能被太阳吞噬。近日点距离太阳不会小于 30 天文单位。这将使近日点位于海王星轨道之外，从而超出行星区域，免受大型摄动的影响。处于这种轨道上的彗核应该很少发生能量耗散，因此彗星系统应该能够存在数亿年。虽然奥尔特最初认为恒星摄动是改变彗核轨道的主要因素，但现在人们认识到星际气体云也会产生影响。¹¹ 和银河潮汐^{其中 12 颗}天体也是主要贡献者。事实上，现在看来，20,000 天文单位以外的经典奥尔特云在过去 46 亿年中并不稳定。也就是说，扰动力应该早已使该云消散。因此，目前假设存在内外两层奥尔特云。当外层经典奥尔特云逐渐耗尽时，内层云中的天体会通过逐渐抬升到外层云中而得到补充。

轨道天体的总能量是动能和引力势能之和。所有束缚轨道的总能量均为负值，但上述典型轨道的总能量非常接近于零。根据埃弗哈特的理论，恒星在远日点附近的摄动通常会导致能量损失。由于远日点距离不受影响，而引力势能又取决于距离，因此引力势能保持不变。总能量的减少表现为动能的减少，从而导致远日点速度降低。速度的降低导致近日点距离减小，这可能使彗核进入行星轨道区域。如果近日点距离大于 5 天文单位，则太阳能量耗散很小。这类天体很少被发现，因为它们不会产生明显的彗发。

虽然这类天体受到的太阳能量耗散可以忽略不计，但对于近日点距离在 5 到 30 天文单位之间的彗星而言，行星摄动却相当显著。大约一半的摄动会导致彗星能量增加，最终脱离太阳系。另一半则会损失能量。能量损失发生在近日点附近，可以近似地看作是每圈轨道上一次能量损失。摄动不会显著改变彗星与太阳的瞬时距离，因此引力势能保持不变。所以，任何能量损失都必然来自动能。由于近日点距离保持不变，总能量的减少会降低远日点距离，从而也缩短轨道周期。走这条路径的彗星会进入不稳定轨道区域，并遭受多次摄动。海尔-博普彗星就属于这类彗星，因为它最近一次以约 4200 年的周期进入行星区域，但离开时的周期约为 2600 年。在这些不稳定的轨道上，进一步的相互作用有很多可能性，包括重返奥尔特云。

鲜为人知的是，奥尔特彗星云最初是为了解释长周期彗星而提出的，尽管许多人认为它也能解释短周期彗星。奥尔特本人似乎认为，短周期彗星的最佳解释是曾经运行在火星和木星之间的行星被扰动形成的。这种古老的观点已被广泛摒弃，但仍有一些支持者（例如范·弗兰德恩）。问题在于这两种彗星的轨道存在显著差异。许多人认为引力扰动可以将长周期彗星转化为短周期彗星，但最近的计算表明这种可能性不大。

¹³ Tremaine 等人^{实验 14}表明，对倾角随机分布的彗核集合进行摄动，倾角保持不变，也就是说，倾角的随机

分布仍然保持随机性。事实上，顺行、低倾角轨道更容易受到摄动的影响，因为这些轨道使得彗星与行星之间的相互作用时间更长。由于短周期彗星具有低倾角的顺行轨道，因此除了奥尔特云之外，必然存在其他短周期彗星的来源。

[编者注：请参阅福克纳博士的最新报告 [《奥尔特彗星的更多问题》](#)。]

柯伊伯带

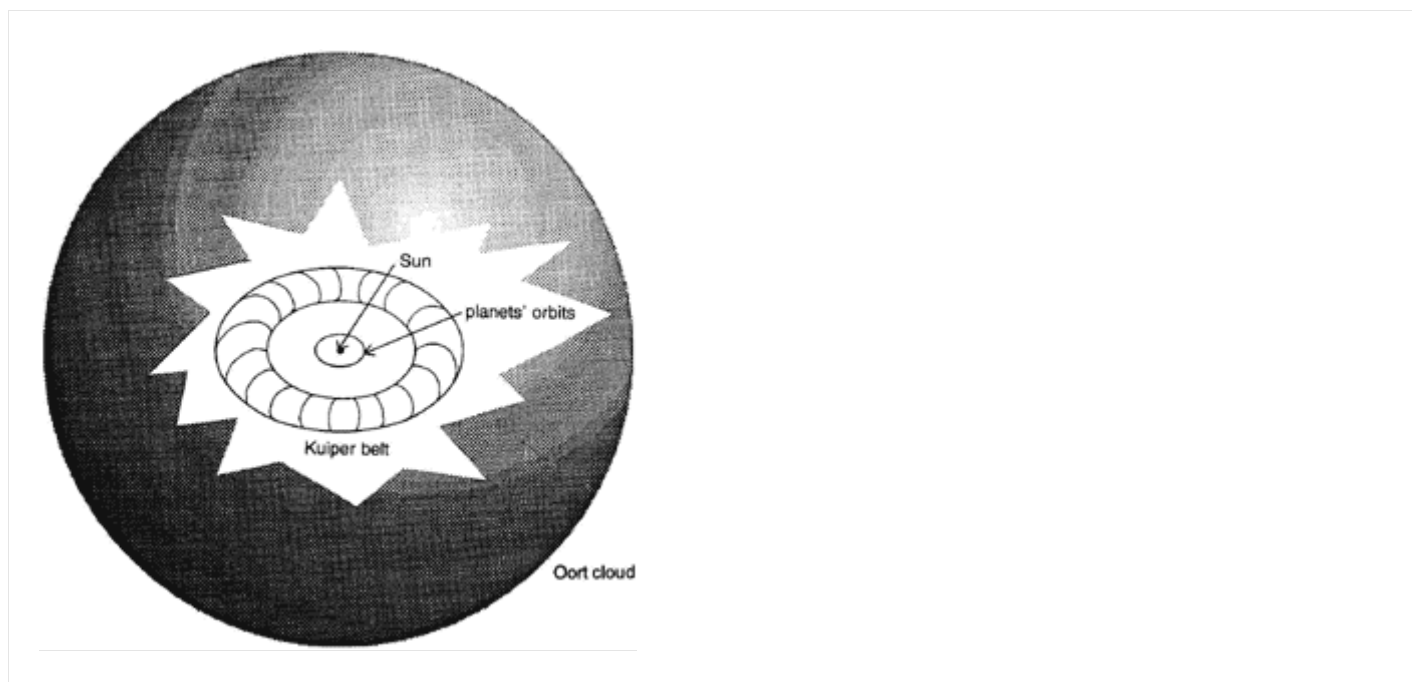


图 2：太阳和行星位于一个扁平的圆盘上；假想的柯伊伯带呈甜甜圈状，以太阳为中心；假想的奥尔特云则是一个厚厚的云壳，也以太阳为中心。[返回“什么是奥尔特云？”](#)

在海王星轨道之外，木星的摄动对行星形成的影响微乎其微，而木星和土星轨道附近的星子则会被抛射出

去。正是基于这种认识，柯伊伯带才得以成立。¹⁹⁵¹年，有人提出太阳系并非在海王星和冥王星轨道之外就戛然而止。由于在这些轨道之外没有发现行星，因此那里的物质必定是以星子的形式存在的。一些人将这些遥远的星子重新命名为“彗星子”，因为它们很可能就是彗核。¹⁶ 在行星之外数十天文单位的范围内，任何星子都拥有相对稳定的顺行轨道，轨道倾角较小，成分与主要行星相似。这些天体上微小扰动的逐渐累积会导致远日点增加，或者最终落入内太阳系。后一种结果会产生具有短周期彗星特性的天体。由于其分布扁平，这片区域被称为柯伊伯带（再次参见图 2）。

多年来，柯伊伯带在很大程度上被人们忽视，人们更关注奥尔特云。人们认为奥尔特云可以解释长周期彗星和短周期彗星的来源，因此柯伊伯带被认为没有必要存在，或许只是奥尔特云的内侧部分。然而，20 世纪 80 年代的计算机模拟表明，奥尔特云无法产生足够的具有所需低轨道倾角的短周期彗星。问题在于，长周期彗星转化为短周期彗星的过程效率太低，无法在彗星解体或被驱逐出太阳系之前产生足够数量的彗星。在过去的 15 年中，柯伊伯带作为短周期彗星的来源被重新提出，尽管这一点并未引起大多数神创论者的注意。

柯伊伯带的重新出现促使人们对围绕该带运行的天体展开了集中搜索。最近宣布发现了柯伊伯带。第 17 号报告

引起了广泛关注，尽管有些人也理所当然地担心这些观察结果是否真实。¹⁸ 小行星带中的任何彗核都会非常暗淡，但或许可以用哈勃太空望远镜（HST）的 CCD（电荷耦合器件）相机拍摄到最亮的彗核。由于任何彗核都非常暗淡，因此需要非常长的曝光时间。曝光时间足够长，以至于任何被拍摄的彗核的轨道运动都会拖影。这种拖影会使图像模糊，使其看起来更暗。长期以来，使用地面望远镜搜寻小行星时也遇到过同样的问题。解决方法是计算目标天体在搜索位置的轨道运动，并以相同的速度移动望远镜进行补偿。任何绕轨道运行的目标天体都会显示为点，而恒星则会出现拖影。在哈勃太空望远镜的观测中，拍摄了 34 张天空一小部分区域的 CCD 图像。选择拍摄区域的原因有两个：一是位于黄道带上，避开了太阳系内的大部分其他天体；二是恒星和星系数量极少，便于分析。每张照片的拍摄时长约为十分钟，总曝光时间约为五小时，拍摄周期为三十小时。

哈勃太空望远镜拍摄的 34 张曝光照片揭示了 50 多个处于系统探测极限的暗淡点状天体，这些天体被认为是柯伊伯带候选天体。一个主要问题是，成像系统会受到随机信号（称为噪声）的影响，这些噪声会模拟这些暗淡的点状天体，因此仅凭单张图像无法确定任

何特定光点的真实性。为了评估噪声水平，研究人员将哈勃太空望远镜向相反方向移动，并进行了一系列曝光。这样，恒星图像像之前一样被模糊处理，但彗核图像的模糊程度是恒星的两倍，因此无法被探测到。此时观测到的任何点状天体都必然是噪声，因此它们的数量被用作噪声水平。这个数字略多于候选天体数量的一半，由此得出结论：两者之间的差值（大约 24 个）就是已发现的彗核数量。

如前所述，另一项使用地面仪器的研究未能证实哈勃太空望远镜观测的结果，因此一个团队将很快尝试重复观测。¹⁹ 此类基于统计的论证另一个令人不安的方面是，没有人能够明确地将单个图像识别为彗核。这几乎就好比一位天文学家指出天空中六个类似星星的物体，并宣布他非常有把握（比如 95%）认为其中至少有一个是行星，但他却无法确定哪个才是真正的行星。大多数人会觉得这种说法荒谬至极，但随着高功率统计方法在天文学中的应用，这种情况却越来越常见。这不禁让人想起 1992 年关于宇宙背景辐射波动的报道。²⁰ 该研究的研究人员承认，他们无法在地图上指出任何特定位置并说“这就是其中一次波动”，但他们确信这些波动是真实存在的。这就是科学的现状吗？

有人可能会反驳说，在健康科学领域，这类统计数据经常被使用。例如，过去 30 年的统计研究已经证实，吸烟与某些肺部疾病（如癌症和肺气肿）之间存在明确的联系。烟草业则回应说，在任何具体的肺部疾病病例中，都无法证明吸烟一定是导致该疾病的原因。这确实如此，因为不吸烟者有时也会患上这些疾病，所以吸烟者患病的可能性与是否吸烟无关。

但将彗核的发现比作彗星核的发现并不恰当。这里所声称的是探测，而非关联。如果要进行类比，更恰当的做法是质疑疾病的诊断。也就是说，医生必须承认他无法明确识别出单个肺部疾病病例，但如果样本量足够大，他就可以比较有把握地断言他正在检查一定数量的病变肺部。当然，这并非此处所声称的，因为 X 光、CT 扫描、活检，以及最终的尸检，几乎可以百分之百准确地识别出所有疾病。

或许时间会揭示柯伊伯带彗核的发现是否属实，但目前人们已从不同的角度着手研究这个问题。1977 年，一颗大型小行星（最终被命名为喀戎）被发现运行在土星和天王星轨道之间。此前，人们从未发现过木星轨道以外的小行星，尽管考虑到内太阳系已发现数千颗小行星，人们本应预料到会有这类天体存在。后来，人们确定喀戎的颜色和光谱与彗星相似。1988 年，人们观测到喀戎周围存在微弱的彗发，这进一步表明它

可能是一颗非常大的彗核。受此启发，一些天文学家开始在土星以外的距离上寻找其他小行星或彗核。自1990年以来，人们已经发现了三十多个天体，其中一些位于海王星轨道之外，而且还有更多天体正在被发现（Luu 和 Jewitt 对此有很好的综述）。⁽²¹⁾ 其中两位研究人员参与了这项研究）。必须强调的是，这些天体是真实存在的，而且其中大多数天体的轨道都已经计算出来。这与之前对所谓柯伊伯带发现的研究截然不同，在之前的研究中，没有明确识别出任何天体，因此也无法计算它们的轨道。

自哈勃太空望远镜（HST）研究以来，海王星轨道之外的这些真实天体越来越多地被称为柯伊伯带天体。这种名称上的细微变化不应掩盖几个潜在问题。首先，柯伊伯带是否延伸至外行星轨道尚存疑问。这些天体的轨道在必要的时间尺度上是否稳定？它们是否能产生短周期彗星的特性？其次，人们假设此次发现的大型天体表明必然存在许多其他小型天体。这一假设似乎合理，因为陨石坑和小行星带的统计数据显示，天体数量随尺寸减小呈指数级增长。必须记住，这只是一个假设，只要我们认识到这一点，就没有理由质疑它。第三个问题是这些天体的巨大尺寸——它们比观测到的最大彗核大十倍以上。这意味着它们的体积和质量是彗核的1000倍以上。难以想象如此巨大的彗核会形成亮度极高、体积庞大的彗星。如果这样的彗核

很常见，为什么我们从未观测到这些彗星的近日点靠近太阳呢？

这种推理引发了人们对冥王星地位的重新评估。冥王星在 1930 年被誉为第九大行星的发现，并被认为是海王星轨道扰动的来源，但如今它的分类却受到了质疑。即使在 1930 年，冥王星的体积似乎也太小，不足以解释所谓的扰动。近 20 年前，冥王星卫星卡戎的发现，以及 20 世纪 80 年代两颗天体相互掩食的现象，使得人们能够非常精确地测量冥王星及其卫星的大小和质量。由此得到的密度与冰质成分中混杂的岩石物质相符，与彗星的成分相同。目前有人试图将冥王星及其卫星重新归类为超大型小行星，或者，考虑到它们的轨道和成分，将其归类为柯伊伯带成员。

奥尔特云与柯伊伯带的相互作用

现在已经明确，短周期彗星并非由长周期彗星演化而来，因此这两类彗星的来源不同。最初，人们提出柯伊伯带理论来解释短周期彗星的存在，而奥尔特云理论则用来解释长周期彗星的起源。虽然这两类彗星的轨道截然不同，但它们的成分似乎并无差异。有人可能会认为所有彗星都形成于远离太阳的地方，因此成分相似，但考虑到远离太阳的物质密度极低，彗星子是如何在如此遥远的距离上形成的，这仍然是一个问题。近期的动力学研究表明，所有彗星都可能形成于

柯伊伯带，并且在柯伊伯带（星子密度足够高）和奥尔特云之间发生了迁移或演化。

这一演变过程已在其他地方进行过综述。^{22 第 23 页} 将对此进行总结。此前已概述了太阳系的演化过程。在行星区域，星子能够聚合形成行星和卫星。在行星区域之外，星子未能聚合，这可能是由于该区域的密度较低。与其他所有星子一样，它们的分布向黄道方向逐渐趋于扁平，形成环状。由于远离太阳，这些星子保留了其挥发性成分。简而言之，这些未聚合的星子具有彗核的成分，而它们的轨道分布类似于柯伊伯带。因此，柯伊伯带代表了彗星的原始群体。现在已知其他恒星在相似或更远的距离上也拥有物质盘（例如织女星和绘架座 β 星）。

行星的逐渐摄动可能以两种方式改变柯伊伯带天体。一种方式是能量降低，导致近日点下降到行星区域，从而加速行星摄动。这些彗星通常具有顺行轨道，远日点位于柯伊伯带，因此周期小于 200 年。换句话说，这些就是柯伊伯带最初提出的短周期彗星。

第二种可能性是能量增加，这将使近日点维持在柯伊伯带区域，但远日点将出现在距离太阳数万天文单位的地方。由此产生的轨道将具有非常大的偏心率。这些轨道上的彗核大部分时间都会在远日点附近运行。这将极大地增强恒星摄动和银河系潮汐对轨道的影响。

这些摄动将变得更加随机，从而导致彗星轨道的随机化。这将导致更高的倾角，许多轨道呈现逆行方向。这种分布与奥尔特云的假定特性相符。因此，在这个模型中，许多柯伊伯带天体演化成奥尔特云，而进一步的摄动将产生长周期彗星。当然，如果这个模型是正确的，那么最终将找到彗星为何仍然存在于古老的太阳系中的解释。但我们必须记住，我们以前也听说过类似的解释。例如，就在二十年前，人们普遍认为奥尔特云可以解释所有彗星的形成，但后来的研究表明，它无法产生足够数量的短周期彗星。柯伊伯带天体演化成奥尔特云的理论是近期的研究成果，需要进一步研究才能验证其有效性。

结论

自早期神创论者关于彗星及其对太阳系年龄的启示的论述以来，进化论者已经开展了大量研究。许多神创论者要么忽视了这些进展，要么对此一无所知。这些进展包括柯伊伯带、彗星轨道演化的模拟以及柯伊伯带的所谓发现。本文回顾了许多新的进展，并提出了一些结论和建议。

首先，随着更多彗星损耗机制的发现，如今更加显而易见的是，如果太阳系的年龄在亿亿年左右，那么彗星不可能自太阳系诞生之初就一直处于目前的轨道上。为了在古老的太阳系年龄框架下解释彗星的存在，人

们开展了大量关于彗星轨道动力学的理论研究。虽然奥尔特云的基本概念得以保留，但这一理论已被进一步完善和扩展。

其次，必须强调的是，奥尔特云尚未被观测到，而且在未来一段时间内也不太可能被观测到。请看萨根和德鲁扬的这段引文：

每年都有许多科学论文探讨奥尔特云的特性、起源和演化。然而，至今还没有有一丝一毫的直接观测证据证明它的存在。²⁴

这就引出了一个关于奥尔特云科学地位的重要问题。无法直接观测的事物，即使是像亚原子现象那样间接观测，能否被归类为科学？尽管奥尔特云常被称作一种理论，但考虑到理论的通常定义以及观测的不可能性，奥尔特云还能被称为理论吗？事实上，鉴于这一想法能否被验证都值得怀疑，我们甚至需要质疑奥尔特云是否算得上一个假设。

第三，虽然奥尔特云可能无法观测到，但柯伊伯带似乎可以观测到。尽管哈勃太空望远镜最初宣布发现典型的柯伊伯带小型天体后，由于未能重复观测结果而受到质疑，但对木星行星外侧的大型内带天体进行的系统性搜索显然已经成功。这些天体是目前唯一对以彗星存在作为年轻太阳系论据构成严重威胁的天体。

它们的轨道和推断的成分与彗核的认定相符，但它们巨大的体积对这一观点构成了挑战。令人遗憾的是，神创论者一直对这些进展毫不知情，希望这篇综述能够有助于改善这种情况，并鼓励其他人继续关注这一领域的研究进展。

第四，即便柯伊伯带的存在得到证实，它也能解释短周期彗星的形成机制，但对于长周期彗星而言，无法验证的奥尔特云仍然是必要的。前文提到的柯伊伯带彗核演化成奥尔特云天体的理论计算带有一定的推测性。创造论者应该继续关注这些研究，检验其假设和方法的合理性。如果柯伊伯带确实存在，并且这些模拟能够正确执行，那么奥尔特云的存在就更具说服力了。

当然，进行我们自己的模拟和计算才是检验这些模型正确性的唯一可靠方法。关于彗星的神创论著作中，鲜有定量分析，也鲜有原创研究，大多依赖于（通常是陈旧的）非神创论天文学家的引述。斯蒂尔曼关于短周期彗星寿命的论文是个例外。²⁵ 这是神创论者应该在该领域开展的一项很好的工作的例子。

进化天文学家花费大量时间构建各种理论来解释 46 亿年前太阳系中彗星的存在。尽管他们付出了诸多努力并取得了显著进展，但仍存在许多疑问和难题。目前，柯伊伯带和奥尔特云是否存在仍然存疑，而它们

在一个古老的太阳系中是必然存在的。因此，彗星仍然是太阳系近期形成的有力论据。强烈建议创造论者继续关注彗星起源研究的最新进展。

读完这篇文章，你心里是否有一些触动？有没有一些新的想法，或者值得你认真思考的问题？或许，你也开始重新思考自己的信仰和人生的方向。

如果你愿意，现在就可以向上帝祷告，打开心门，成为祂的儿女。祷告不需要华丽的言辞，只要一颗真诚的心。你可以这样祷告：

天父上帝，

今天我来到你面前，愿意立定心志，宣告我相信耶稣基督是我的救主，是我生命的主。我愿意离开过去那些不讨你喜悦的生活方式，求你赦免我的过犯。靠着你的恩典，帮助我学习顺服你、爱人如己，活出你所赐的新生命。求圣灵每天引导我、扶持我，使我一生荣耀你的名。奉主耶稣基督的名祷告，阿们。

如果你已经做了这个祷告，愿你知道，你并不孤单。信仰的道路需要陪伴和成长。鼓励你在自己居住的地方，寻找一间合适的教会，与弟兄姐妹一同聚会、学习和成长。

如果你有任何疑问，或在信仰上需要帮助，欢迎随时写信与我们联系。我们愿意倾听，也愿意与你一同前行。