



宇宙大爆炸

什么是宇宙大爆炸？上帝是否利用宇宙大爆炸创造了宇宙？探索宇宙大爆炸理论的历史以及它所面临的科学难题。

时间、空间和引力：创造论者应该如何看待广义相对论？

我在之前的文章中讨论了[狭义相对论](#)。本文将探讨广义相对论。在之前的文章中，我提出了一个问题：什么在运动，什么在静止？从物理学的角度来看，物体是否运动通常并不重要，因为在惯性参考系中，物理学的表述是相同的。即使选择使用非惯性参考系，也可以轻松地从惯性参考系转换到非惯性参考系，或从非惯性参考系转换到惯性参考系。因此，就物理学而言，什么在运动，什么在静止并不重要。这就是为什么物理学家有时会提到地心说和日心说的等价性，因

为就物理学而言，两者都可以被视为有效，这取决于所选择的参考系。

马赫原理

然而，人们仍然普遍认为应该存在一个绝对静止的标准，我们可以用这个标准来描述一切运动。问题是，即便存在这样一个绝对静止的标准，我们又该如何识别它呢？我们或许感觉自己处于静止状态，但又如何确定自己真的处于静止状态呢？物理学家们长期以来一直在努力解决这个难题。大多数物理学家最终得出的答案更多地是哲学性的而非科学性的。但这又有什么问题呢？所有研究体系，例如哲学、数学和科学，都必须从若干公理、假设和定义出发。也就是说，所有科学，包括物理学，都以某些假设为起点，而这些假设实际上就是哲学上的预设。因此，运动与静止的本质更多地是哲学性的而非科学性的，这并不令人惊讶。

想象一桶水，用绳子系在桶的提手上悬挂起来。如果转动绳子，桶就会开始旋转。起初，水不会随着桶的旋转而转动，但最终，水中的粘滞力会使水与桶同步旋转。随着水开始旋转，你会注意到水面会形成一个凹陷，当水与桶完全同步旋转时，凹陷达到最大深度。这就像水知道自己在旋转一样。但是，水是如何知道自己在旋转的呢？再举一个例子。站在户外平坦的地

面上，双臂自然下垂。闭上眼睛，开始旋转。你会注意到你的手臂会向上抬起。事实上，你需要用力才能阻止手臂抬起。旋转速度越快，手臂抬得越高。你的手臂是如何知道自己要抬起的呢？就像水桶里的水一样，你的手臂似乎知道自己在旋转，但是，你的手臂又是如何知道自己在旋转的呢？

正如我在上一篇文章中解释的那样，我们会将旋转水桶中水的凹陷以及我们旋转时手臂的上扬归因于非惯性参考系中的离心力作用。但是，水或我们的手臂是如何知道我们在旋转，而不是宇宙其他部分在旋转的呢？同样，就物理学而言，这两种情况是等价的。无论我们是用牛顿运动定律（在惯性参考系中）来解释我们观察到的现象，还是用离心力（在非惯性参考系中）来解释，都必然有某种东西在旋转，但究竟是宇宙还是我们自身在旋转呢？就物理学而言，我们无法确定究竟是谁在旋转。（是的，你没看错！）

十九世纪后期，恩斯特·马赫深入探讨了这个问题，因此，他提出的解决方案被称为马赫原理。如果我们在一个晴朗的夜晚于田野中旋转，我们会看到星星朝相反的方向旋转。与此同时，站在我们旁边的人既看不到星星旋转，也看不到自己的手臂抬起。就好像星星代表了一个静止的（固定的）参考系，我们可以以此来判断自身是否处于运动状态。也就是说，我们可

以假设空间相对于星星是静止的。那么，星星真的静止吗？单个的星星都在运动，所以即使是星星相对于这个假设的静止标准也是运动的。然而，我们可以对所有星星的运动进行平均，从而建立一个静止标准。马赫假设宇宙物质的平均运动为零，因此相对于空间是静止的。正是这个基于宇宙物质定义的参考标准决定了哪些物体在运动。因此，当我们旋转时，由于马赫对静止标准的定义所施加的离心力，我们手臂中的物质会向上上升，因为旋转时我们处于一个非惯性参考系中。马赫原理的一种表述是“局部物理定律由宇宙的大尺度结构决定”。更通俗的说法是“外部的质量影响着我们这里的惯性”。值得注意的是，马赫并没有证明他的原理。相反，他将其视为公理（理所当然或不言自明）和哲学假设，而非推导出的理论。正如我之前所说，所有研究体系都需要从一系列假设、原则、公理和定义开始。马赫原理只是这些初始原则之一。正确理解马赫原理，就能确定宇宙的静止标准。

双生子悖论的解决

正确理解马赫原理，就能发现它确立了宇宙静止的标准。

马赫原理在爱因斯坦发展广义相对论的过程中发挥了关键作用。虽然马赫原理与广义相对论的联系更为明显，但它在狭义相对论中也扮演着更为微妙的角色。

因此，在现代相对论的两个版本——狭义相对论和广义相对论——中，爱因斯坦都假定宇宙存在一个绝对静止的标准。这与一种常见的误解相悖，即现代相对论假定的恰恰相反，不存在绝对静止的标准。许多对现代相对论的批评都建立在这种误解之上。对现代相对论最常见的反对意见之一是所谓的双生子佯谬，它源于对现代相对论的错误理解。

什么是双生子佯谬？根据狭义相对论，高速运动的物体相对于速度较慢的物体而言，时间会发生膨胀。双生子佯谬设想一对同卵双胞胎，其中一人以接近光速的速度前往一颗距离地球约 20 光年的恒星，另一人则留在地球上。到达恒星后，宇航员返回地球。对于留在地球上的双胞胎来说，往返旅程耗时超过 40 年。但对于宇航员而言，由于时间膨胀效应，这段旅程仅用了不到一年的时间。宇航员返回地球后发现，留在地球上的双胞胎已经衰老了 40 多年，而留在地球上的双胞胎却惊讶地发现他的兄弟几乎没有衰老。如果所有运动都是相对的，为什么不能反过来呢？从宇航员的参考系来看，是留在地球上的双胞胎发生了运动，而不是宇航员自身发生了运动。那么，为什么不是地球上的双胞胎兄弟衰老得很少，而宇航员却衰老了 40 多年呢？

当然，双生子佯谬背后的推理缺陷在于，它错误地假设现代相对论认为所有运动都是相对的。根据马赫原理，我们知道宇航员相对于宇宙质量的加速度是原来的四倍。首先，宇航员加速到接近光速，前往遥远的恒星。其次，宇航员接近恒星后，必须减速才能造访恒星。第三，宇航员必须加速才能返回地球。第四，宇航员在接近地球的过程中必须减速才能着陆。与此同时，根据马赫原理，他在地球上的孪生兄弟并没有经历任何加速度。因此，究竟哪个孪生兄弟在运动，哪个保持静止，这一点毫无争议。只要正确理解现代相对论，这个佯谬就迎刃而解了。

“所有运动都是相对的”这种错误观念是如何产生的？或许源于一个多世纪以来，现代相对论被提出后，一些不恰当的报道和错误的科普讨论导致了这种误解。又或许，这要归咎于一个世纪前那些道德相对主义的拥护者——他们试图用科学来为其世界观辩护——他们挪用了现代相对论的语言来为其道德上危险的教义辩护。“所有运动都是相对的”这句话准确地描述了伽利略相对论，而非现代相对论。正如我在之前的文章中所讨论的，狭义相对论假定存在一个绝对标准：光速。此外，广义相对论很大程度上依赖于马赫原理所假定的空间绝对标准。

广义相对论

马赫原理虽然影响了爱因斯坦发展广义相对论，但这并没有触及广义相对论的核心。[我在之前的文章中讨论过等效原理](#)。为什么引力质量和惯性质量相等？正如我在之前的文章中所说，等效原理蕴含着强烈的设计意味。但等效原理还有哪些其他含义呢？力等于惯性质量的情况仅限于我们在非惯性参考系中引入的虚构力（例如，旋转参考系中的离心力）。引力加速度是否也是一种虚构力呢？如果是这样，那就意味着当我们感受到引力加速度时，我们实际上处于某种非惯性参考系中。（注：物理学家使用“虚构”力一词时，并非指虚构的或不存在的力——这些力在非惯性系中具有真实、可测量的影响。）

当我们处于非惯性参考系中时，通常会有一些线索表明我们身处非惯性参考系。例如，在旋转参考系中，我们会注意到宇宙似乎围绕着我们旋转。当我们乘坐沿直线加速的交通工具时，例如正在起飞的飞机，我们会看到宇宙似乎在朝相反的方向加速。这再次体现了马赫原理。那么，在重力作用下我们是否也能看到这种现象呢？答案是肯定的，任何乘坐过游乐园高空坠落（通常超过 100 英尺）体验自由落体的人都能证明这一点。对乘客来说，感觉就像地面（以及宇宙的其他部分）都在向上飞速上升（幸好，刹车会启动以防止与地面碰撞）。这同样体现了马赫原理。但是，

自由落体与前两个例子有所不同。在自由落体中，牛顿运动定律无需引入任何虚构的力即可发挥作用。因此，令人惊讶的是，自由落体实际上被认为是一个*惯性参考系*——这是广义相对论背后的一个关键见解。也就是说，等效原理的本质是：在引力作用下，自由落体是唯一一个加速运动的惯性参考系的例子。

正是关于等效原理的这些思考促使爱因斯坦提出了广义相对论。为了将引力视为一种虚构的力，爱因斯坦引入了时间作为空间的第四维度。这听起来或许有些奇怪，但我们经常用时间来表达距离。例如，如果有人问芝加哥距离辛辛那提有多远，他可能会回答：“大约四个小时。” 要理解这样的答案，就必须假设从一个城市到另一个城市的平均速度，通常是开车。当时间作为空间的第四维度时，速度的假定标准是光速。将光速（ c ）乘以时间（ t ），得到 ct ，其单位与空间的其他三个维度（通常用 x 、 y 和 z 表示）相同。这样看来，时间与其他空间维度并没有太大的区别。在代数中，我们经常使用有序数对（ x ， y ）来表示二维笛卡尔坐标系中的位置。类似地，我们可以用四个坐标（ x ， y ， z ， ct ）来描述四维时空中物体的位置。然而，空间和时间这三个通常的空间维度之间存在着根本区别。在通常的空间维度中，我们可以向前移动、向后移动或保持静止。但

在时间维度中，我们无法保持静止或向后移动——我们必须沿着时间的正方向不断向前移动。

如何绘制这四个维度？这并不容易，因为我们只能感知三个空间维度。图表通常简化为两个维度：一个空间维度和一个时间维度，通常标记为（ x ， ct ）。虽然我们可能难以想象超过三个维度，但在数学上，我们可以将熟悉的二维和三维情况推广到描述任意数量的维度。例如，在统计力学中，物理学家经常使用四维、五维甚至六维。这些维度通常被称为*自由度*。

爱因斯坦描述了物体在四维时空流形中的运动。即使是我们感知为静止或看似空间中不动的物体，实际上仍在时间中向前运动。无论我们感知到物体是静止的还是运动的，在时空中，物体都沿着所谓的*测地线*运动。简单来说，测地线是两点之间的最短距离。欧几里得几何（你可能在高中学过）是平坦的，因此欧几里得空间中的测地线是直线。但几何可以是弯曲的，这种非欧几何已被充分理解。爱因斯坦提出，质量的存在会使时空弯曲，从而导致测地线弯曲。我们感知到的引力加速度，正是物体沿着时空中弯曲的测地线的运动。这是现代物理学中最重要的概念转变之一。

在广义相对论中，引力被认为是一种虚构的力，是时空弯曲的结果，而非一种真正作用于远距离的力。这

使得一些物理学家将引力称为涌现力。那么，引力究竟是如牛顿理论所描述的那样是一种力，还是如广义相对论所描述的那样不是一种力呢？我将在稍后讨论这个问题。与此同时，这种看待引力的不同方式是否有证据支持呢？答案是肯定的。

广义相对论的证据

广义相对论的第一个证据是水星轨道近日点的进动。

广义相对论的第一个证据是水星近日点的进动。到了十九世纪，天文学家已经推导出了牛顿万有引力定律的细节。例如，在一般情况下，行星绕太阳的轨道是椭圆形的，而不是圆形的。因此，每颗行星的轨道都有一个近日点，即距离太阳最近的点。单独考虑每颗行星绕太阳的运动，可以很好地拟合观测到的行星运动，但仍然存在一些细微的偏差。我们可以用行星之间相互施加的微小摄动（即微小的引力作用）来解释这些偏差。当只考虑两个质量（太阳和一颗行星）时，用牛顿万有引力定律很容易求解轨道运动。我们称之为二体问题。然而，当我们考虑额外的质量（例如所有八颗行星，而不仅仅是一颗行星）时，这个问题就变得难以处理了。这就是所谓的 n 体问题，它无法用简洁的封闭形式求解。因此，天文学家使用一系列近似方法，逐步收敛到精确解。

在牛顿提出万有引力定律后的一个世纪内，天文学家利用摄动理论精确地描述了行星的运动。1781 年，威廉·赫歇尔意外发现了天王星，并迅速计算出了它的轨道。经过 60 年的观测，天文学家发现天王星的运行轨道与计算出的轨道并不一致。观测到的天王星位置与预测位置之间的偏差并不大，但已知行星的摄动无法解释这种差异。难道牛顿的万有引力理论最终是错误的吗？大多数天文学家认为并非如此。为了解决这个问题，两位独立工作的天文学家考虑了天王星之外可能存在第八颗行星，它对天王星的运行产生了摄动。基于这颗行星与太阳的假定距离，两位天文学家各自独立地预测了这颗假想的第八颗行星的位置。对预测位置的搜索证实了这颗行星的存在。天文学家最终将这颗行星命名为海王星。这一成功的预测有力地证实了牛顿的万有引力理论。

二十年后，天文学家注意到水星轨道上也存在类似的无法解释的偏差。就水星而言，这种偏差体现在水星近日点[位置](#)的进动上——水星轨道的近日点会随着时间推移缓慢地绕太阳旋转（移动）。这被称为[近日点进动](#)。观测到的水星近日点进动量为每世纪 574 角秒。牛顿力学中的摄动理论只能解释每世纪 541 角秒的进动量，剩余的 43 角秒无法解释。受海王星发现的鼓舞，天文学家认为可能存在一颗比水星更靠近太阳的小型

未知行星，它正在扰动水星的轨道。天文学家将这颗假想的行星命名为火神星（Vulcan）。天文学家根据水星近日点进动的量来预测火神星的位置，但寻找火神星的努力却一无所获。当爱因斯坦发表他的广义相对论时，他证明他的新引力理论可以解释水星近日点进动每世纪额外增加的 43 角秒——当他的理论提供了缺失的答案时，人们欣喜若狂，仿佛找到了答案。这是广义相对论的第一个直接证据。

一个好的理论必须能够解释已知的现象，例如此前无法解释的观测到的水星近日点进动。但一个好的理论同样重要的是能够预测新的现象。爱因斯坦运用他的广义相对论证明，在日全食期间，靠近太阳的恒星光线会向太阳弯曲，距离太阳最近的光束弯曲程度最大。这种弯曲会导致观测到的恒星位置看起来比它们的实际位置更远离太阳。为了验证这一预测，需要拍摄两张恒星照片，一张在日全食期间拍摄，另一张在日全食前后数月的夜晚拍摄。通过精确测量两张照片中恒星的位置，可以得出观测到的偏转量。天文学家在 1918 年 6 月 8 日的日全食期间尝试了这项实验，但由于阴天而未能成功。1919 年 5 月 29 日，天文学家在日全食期间再次尝试观测。第二次观测时天空晴朗，结果与广义相对论的预测相符。这是对广义相对论预测的首次检验。值得注意的是，牛顿引力也预测了星光在

接近太阳时会发生弯曲。然而，牛顿引力和广义相对论预测的弯曲量并不相同。因此，观测弯曲量是检验两种相互竞争的理论孰优孰劣的绝佳方法。结果与广义相对论的预测相符，而非牛顿引力。

这就引出了一个很好的问题：牛顿引力和广义相对论是相互竞争的理论吗？其实不然。在大多数情况下，牛顿引力和广义相对论的预测是一致的。只有在非常极端的情况下，两种理论的预测才会出现差异，即便如此，差异通常也很小。无论是水星轨道的进动，还是日全食期间星光的偏转，这种极端情况都发生在靠近太阳巨大质量的区域。对于其他行星的轨道，两种引力理论预测之间的差异远小于我们的测量能力。因此，牛顿引力足以解释和预测行星的轨道。大多数现实世界的情况都处于科学家所说的“*牛顿极限*”之内，在这个极限下，牛顿引力能够精确地描述我们所观察到的现象。事实上，在广义相对论框架内很容易证明，在牛顿极限下，广义相对论会收敛于牛顿引力。³ 因此，牛顿引力是广义相对论框架下的一个特例。牛顿引力的数学推导比广义相对论的数学推导要简单得多，所以物理学家和天文学家只有在牛顿引力失效时才会使用广义相对论。也就是说，我们使用牛顿理论的频率远高于使用广义相对论的频率。

自 1919 年以来，广义相对论的预言已被多次验证。例如，自 1919 年以来，人们反复测量日全食期间经过太阳附近的星光弯曲程度，每次测量的精度都在不断提高。许多广义相对论的验证在新闻报道中鲜有提及，但其中一项却因其获得了广泛的媒体报道而格外引人注目。1971 年，物理学家们将原子钟分别搭载在商业航班上，沿相反方向环绕地球飞行。当比较这些原子钟的读数时，它们的时间差与广义相对论的预言相符。凭借一个多世纪以来众多成功的验证，广义相对论已成为科学史上验证最为彻底的理论之一。

重力是一种力吗？

在牛顿力学中，引力是一种力。然而，在广义相对论中，引力并非一种力；充其量，引力是一种虚构的力。这是否意味着两者之间存在矛盾？在回答这个问题之前，让我们先来了解一下现代物理学的另一支柱——量子力学。正如我在之前的文章中所解释的，在量子力学中，存在四种基本力：引力、弱核力、电磁力和强核力。根据量子力学，这些基本力是由被称为规范玻色子的特殊粒子传递的。例如，光子就是传递电磁力的规范玻色子。当两个粒子通过电磁力相互作用时，它们会彼此交换光子。这种光子交换使得其中一个粒子能够感知另一个粒子的位置（即，使每个粒子都能“感知”到另一个粒子的存在）。W 玻色子和 Z 玻色

子传递弱核力，而胶子传递强核力。所有这些规范玻色子都已被探测到。根据量子力学，引力是由引力子传递的，但引力子至今尚未被探测到。物理学家们确信引力子的存在，但目前为止，还没有一个完全公认的量子引力理论。引力子目前仍处于假想阶段，一些人甚至怀疑它们是否真的能够被探测到（因为它们的相互作用极其微弱）。物理学家们希望有一天，所有四种基本力都能被统一到一个*万物理论*（TOE）中。然而，基本力统一的主要障碍之一是广义相对论和量子力学之间的不兼容性。任何解决方案都必须解决引力究竟是一种真实存在的力，还是完全不同的其他现象这一问题。

这不足为奇。在物理学中，我们必须接受看似矛盾的结论。例如，19 世纪初，大量证据表明光具有波动性。但到了 19 世纪末，物理学家又发现大量证据表明光也具有粒子性。在经典物理学中，这构成了一个矛盾，表明经典物理学必然存在问题。不久之后，物理学家发现我们通常认为的粒子，例如电子，也具有波动性。这一认识促使物理学家在一个世纪前放弃了经典物理学，转而采用量子力学，至少对于像电子这样极其微小的系统而言是如此。那么对于大型系统呢？随着我们考虑的系统越来越大，量子力学的特征会逐渐趋近于经典力学的性质。尼尔斯·玻尔称之为*对应原理*。

这类似于牛顿极限，即从最适合用广义相对论描述的系统过渡到最适合用牛顿引力描述的系统。我们对光的理解也存在类似的趋同现象。在长波长范围内，光的波动性占主导地位；而在短波长范围内，光的粒子性则占主导地位。尽管这两种方法相互矛盾，物理学家们还是勉强接受了光的波粒二象性。那么，是否存在解决这一难题的办法呢？或许我们对光的理解并不完整——我们所知的只是尚未被发现的更普遍的光理论的一个特例。

我怀疑，关于引力是否是一种真实存在的力的答案，会类似于对应原理和牛顿极限。但我们真的需要对这类问题给出完全的结论吗？想想我们对热的理解。几个世纪前，物理学家认为热是一种流体，从过剩区域（高温）流向不足区域（低温）。物理学家给这种流体起了个名字：*热质*。尽管我们现在知道热质理论是错误的，但经典热力学的许多内容仍然将热视为一种流体。我们现在明白，热是由于构成物质的粒子运动而产生的动能。统计力学是热力学的一个分支，它就是这样看待热的。热力学第二定律的常见表述将热视为一种流体，但统计力学对热力学第二定律的解释是将热视为粒子的动能（集体运动）。为什么对热有两种截然不同的看法？这是因为它们适用于不同的尺度。热的“流体”观点是一种宏观模型，而热的动力学观

点则是一种*微观模型*。虽然我们认为热的动力学理论是正确的，但在实际应用中，它往往更加困难和复杂。因此，在考虑宏观情况时，即使从技术上讲它并非完全正确，应用较早的模型仍然很有用。

物理学家常常从多个角度看待问题。力学就是一个很好的例子。我们可以用力和加速度来解决问题，但这些量都涉及矢量，必须同时考虑矢量的大小和方向。这可能会变得很复杂。另一方面，我们通常可以用能量约束更轻松地解决同样的问题。由于能量是标量，只有大小，这种方法通常可以简化数学计算。这两种不同的视角——基于力的和基于能量的——最终都得到了相同的解决方案——这并非缺陷。力学中的一些问题完全无法用基于力的方法解决，但可以用基于能量的方法有效地处理。物理学家能够自如地用不同的方式看待物理问题。然而，非物理学家似乎希望用单一的方法来解决所有问题。当物理理论（例如现代相对论）的批评者抓住他们认为的矛盾之处不放时，很可能是因为这些批评者并不理解这些理论。

结论

*最重要的是，我们的试金石是圣经的权威。
只要思想不与圣经的教导相悖，我们就可以
自由地接受这些思想。*

长期以来，许多神创论者反对狭义相对论和广义相对论。他们拒绝现代相对论的原因可能有很多。一些神创论者认为现代相对论的信条与圣经相悖。另一些神创论者则认为现代相对论支持道德相对主义——事实并非如此。首先，现代相对论坚持一些绝对真理，例如通过马赫原理确定的静止标准，以及光速在惯性参考系中的不变性。还有一些神创论者可能对时空的非绝对性感到不安。但如果这正是上帝设计宇宙运行的方式呢？我越思考牛顿第三运动定律，就越感到困惑，不禁想知道世界为何如此运行。还有一些神创论者可能对主流科学抱有过度怀疑的态度，认为如果许多科学家在创世的起源和年龄上犯了错误，那么他们在更多方面也必然犯错。这相当于人身攻击——假定如果某人在某一方面犯了错，那么他在其他方面也必然犯错。相反，我们的论证必须建立在正确的推理、逻辑和证据之上。而最重要的是，我们评判的标准是圣经的权威。如果某种观点不与圣经的教导相悖，那么我们就可以自由地接受它。现代相对论是科学史上经过最严格检验的理论之一。我鼓励创造论者理解并接受它。

许多神创论者对现代相对论缺乏正确理解，这仍然是一个问题。我希望我撰写的两篇关于相对论的文章能

够帮助神创论者更好地理解这一理论，并欣赏现代物理学中最引人入胜、也最荣耀上帝的理论之一。

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。