

关于广义相对论、宇宙学和大爆炸的误解

正如所有观点都会产生后果一样，错误的观点也可能造成非常糟糕甚至危险的后果。例如，如果我们的**辩护**依赖于一个很容易被驳倒的错误观念，那么这种辩护就值得怀疑。如果我们真诚地反对某个理论，但却基于错误观念，那么我们的论证就会大大削弱。即使我们态度真诚，这种论证也无异于一种稻草人攻击。

关于宇宙大爆炸、宇宙学和现代相对论，存在许多误解和误读。因此，本章将探讨一些关于这些主题的常见误解，以期有所帮助。

红移并非多普勒效应

在描述宇宙膨胀时，大多数研究都将宇宙膨胀引起的红移与多普勒效应进行比较。多普勒效应以**克里斯蒂安·多普勒**的名字命名，他于1842年发现了这一原理。这种现象存在于所有波中，例如汽车喇叭发出的声波。如果一辆迎面驶来的汽车鸣笛，相邻的声波会更加密集地聚集在一起，因此我们每秒接收到的声波数量会比汽车静止时更多。每秒更多的声波对应于频率的增加。由于我们的耳朵将频率感知为音调，因此频率的增加会导致我们听到的音调比静止汽车发出的声音更高。如果汽车远离我们，声波会被拉伸，从而导致我们接收到的频率降低，因此我们听到的音调也

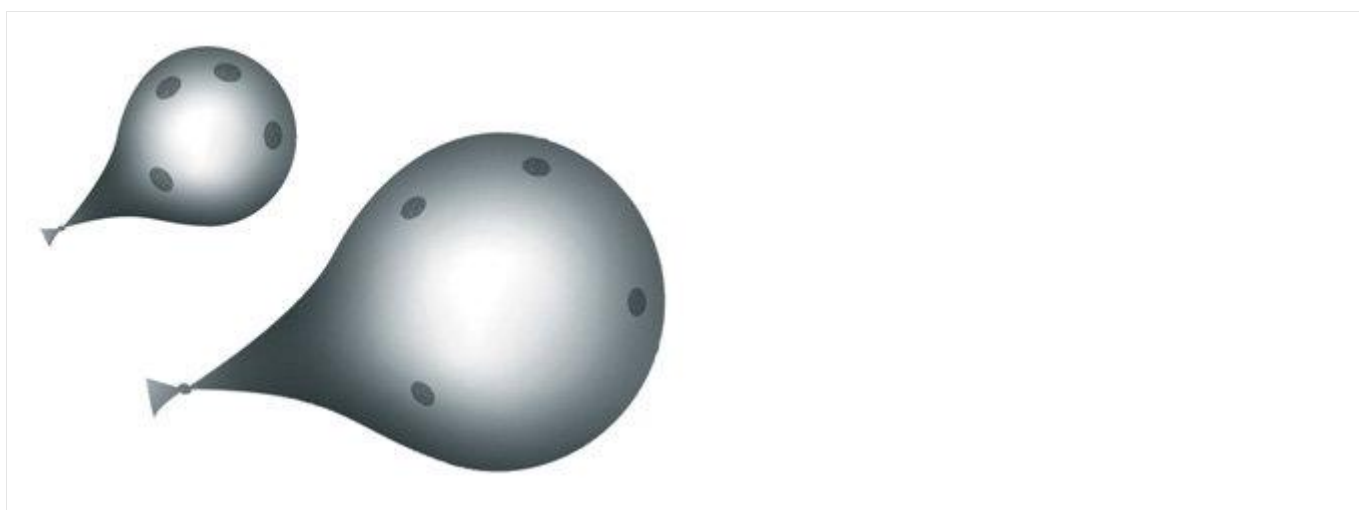
更低。如果汽车保持静止，而听者靠近或远离汽车，那么音调也会以类似的方式升高或降低。

恒星发出的光也会发生多普勒频移。如果我们靠近一颗恒星，或者恒星靠近我们，恒星发出的所有光都会向短波方向移动。光被感知为颜色，短波位于光谱的蓝色端。因此，我们说恒星的光发生了多普勒频移，偏向蓝色。另一方面，如果恒星远离我们，或者我们远离恒星，恒星的光会发生多普勒频移，偏向长波方向，我们说恒星的光发生了多普勒频移，偏向红色。无论是蓝移还是红移，恒星的整个光谱都会发生偏移。恒星的光谱包含暗吸收线（有关光谱线的形成，请参见[附录](#)）。由于多普勒效应，光谱线的波长会略微偏离其通常的波长。多普勒频移的量可以通过这些谱线的位移来测量，相对速度的大小可以使用称为多普勒公式的方程来计算。

恒星的多普勒运动是我们自身在宇宙空间中的运动与恒星自身运动的叠加。通过对数千颗恒星的多普勒运动进行细致分析，天文学家得以大致确定我们在宇宙空间中的运动。反过来，我们也能够测量单个恒星在宇宙空间中的运动。例如，我们知道太阳绕银河系中心运行时的速度接近 250 公里/秒。我们发现，恒星通常遵循两种截然不同的轨道之一绕银河系运行，而这两种轨道类型表现为不同的运行速度。这两类恒星之

间还存在其他一些细微的差别，这些差别构成了恒星族群分类的基础。

人们很容易将宇宙膨胀想象成物质在空间中彼此远离；因此，大多数相关书籍都用多普勒效应来解释宇宙膨胀的现象。但这非常不妥，因为这并非宇宙膨胀的真正原因。宇宙学家通常假设宇宙中的所有物质相对于空间都是静止的。真正膨胀的是空间本身。因此，随着空间的膨胀，宇宙中的物质也随之膨胀。所以，粒子实际上并没有彼此远离。相反，随着宇宙的膨胀，粒子之间的空间变得更大了。



图片由布莱恩·米勒提供

人们经常用气球作为二维的例子来解释宇宙的膨胀。人们常用气球来比喻宇宙膨胀的二维现象。如果用记号笔在气球上点上小点，随着气球膨胀，这些小点看起来会彼此远离。然而，这些小点会随着气球的膨胀而增大，这与宇宙中物体的运动方式截然不同。一个

更恰当的比喻是在气球上粘上亮片。亮片看起来会彼此远离，但实际上亮片本身并不会随着气球的膨胀而增大。请注意，亮片实际上并没有移动，它们只是随着气球的膨胀而看起来彼此远离。同样，星系相对于空间而言可能处于静止状态，但由于空间的膨胀，它们看起来会彼此远离。因此，由宇宙膨胀引起的红移并非多普勒频移。有时，这种由膨胀引起的感知运动被称为哈勃流。

这看似微不足道的区别，但忽略这一微妙之处却可能导致严重的误解。例如，仙女座星系（M31）的光谱发生了蓝移。有人会问，如果宇宙正在膨胀，这怎么可能呢？事实上，几乎所有星系都在宇宙空间中运动，而不是像上面提到的简单观点认为的那样静止不动。这种运动的根源是什么？在大多数情况下，这很可能是由于局部引力造成的。星系倾向于聚集在一起形成星系团，每个星系团包含几十个到上千个星系不等。我们的银河系是本星系群的成员，本星系群由大约 30 个星系组成，恰好位于更大的室女座星系团附近。星系团的多个子星系团可以形成更大的结构，称为超星系团。

所有这些结构大概都是由引力维系在一起的，这意味着构成它们的各个天体都有自己的轨道。这些轨道运动会产生相对运动，而这种相对运动本质上就是多普

勒效应。因此，任何特定星系的光谱都会同时受到多普勒效应和哈勃流的影响而发生偏移。由于目前无法通过观测区分这两者，我们无法确定它们各自的作用量。M31 距离我们非常近，其哈勃流速度不会超过 50 公里/秒。它的引力运动远超这个速度，因此多普勒效应主导了 M31 的光谱偏移。M31 的多普勒运动方向恰好指向我们。还有一些其他星系也显示出蓝移现象，它们也都非常靠近我们。

哈勃流和多普勒运动的混合给哈勃常数的测量带来了难题。为了精确测量哈勃常数，我们必须选取哈勃流远大于多普勒运动的星系进行采样。多普勒运动应与距离无关，而哈勃流必须与距离成正比（这就是哈勃关系）。近邻星系的距离测量最为便捷，但它们的光谱偏移主要受多普勒运动的影响。较远星系的光谱偏移则主要受哈勃流的影响，但它们的距离更难精确测量。要区分这两种效应，我们需要做出一些假设并以特定的方式处理数据。近年来，关于哈勃常数数值的争议部分源于处理这一问题的不同方法。

少数蓝移星系对膨胀宇宙并无影响

如前所述，仙女座星系具有蓝移而非红移。这意味着该星系正朝着我们靠近，而非远离我们。有些人认为这对宇宙膨胀理论来说是个问题，因为他们认为在宇宙膨胀理论中，所有星系都应该具有红移。然而，由

于局部引力作用，附近星系的运动速度可以超过宇宙膨胀的速度。需要注意的是，这种情况仅适用于附近星系。如果发现遥远星系具有蓝移，那对宇宙膨胀理论来说才是真正的问题。

关于相关问题，我们银河系中大约一半的恒星具有红移现象，而另一半则具有蓝移现象。有些人认为，任何具有蓝移的天体都与宇宙膨胀有关。然而，宇宙膨胀在局部尺度上的影响极其微弱。例如，地球另一端的人并不会因为宇宙膨胀而离你更远。局部效应，主要是引力，足以抵消极其微弱的宇宙膨胀。在我们银河系中，引力是维系银河系的主要力量。我们在银河系恒星中观测到的蓝移和红移是由太阳和其他恒星绕银河系运行产生的多普勒频移造成的。因此，这对于宇宙膨胀来说并非问题。

通货膨胀并不与禁止超光速飞行相矛盾

如前所述，物理学家认为超光速是不可能的。由于质量随速度增加而增加，因此，一个有质量的粒子在光速运动时质量将是无限大的。所以，要将一个粒子加速到光速，需要无限的能量。由于我们无法获得无限的能量，因此没有任何物质粒子能够以光速运动，即使其速度可以任意接近光速。

由于物质运动速度受到限制，许多人认为暴胀宇宙学中超光速膨胀是不可能的。如果宇宙膨胀是由多普勒效应引起的，那么这确实会是个问题。然而，正如前文所述，哈勃流和多普勒效应是不同的。在暴胀期间，粒子的确会以远超光速的速度分离，但这种分离并非源于粒子在空间中的运动，而是由于粒子间空间的快速拉伸。这很好地说明了对概念的误解如何导致错误的结论。

星际消光与红移并不相同。

与其他旋涡星系一样，银河系的盘面也包含大量的尘埃。这些尘埃颗粒被称为尘埃粒，通常大小约为 0.1 微米。尘埃粒可能由多种物质构成，包括硅酸盐、碳、铁和冰。尘埃倾向于聚集，因此银河系盘面中存在一些几乎没有尘埃的区域，而另一些区域则尘埃含量极高。当星光穿过尘埃时，尘埃粒会散射光线。尘埃粒的大小决定了它们对短波长（蓝色）光的散射能力，而对长波长（红色）光的散射能力则相对较弱。香烟烟雾中的固体颗粒大小也与之相近，因此它们也能更有效地散射蓝光。这就是为什么香烟烟雾在强光照射下呈现蓝色的原因。地球大气层中的分子也以类似的方式优先散射阳光，从而形成了我们熟悉的蓝色天空。

光散射时，一部分光会从透射光中消失。红光也会被散射，但散射量远小于蓝光。因此，观测到的散射光

会显得更暗更红。这就是为什么日出日落时分的太阳看起来比高悬空中的太阳暗得多、红得多的原因。此时，太阳光以掠射角进入地球大气层，穿过的空气层比太阳高悬空中时要厚得多。空气层越厚，散射就越严重，使得太阳看起来更暗更红。星光也经历着类似的现象。来自更遥远恒星的光通常需要穿过比来自更近恒星的光更多的尘埃，因此更遥远的恒星看起来比正常情况下更暗更红。星光的这种红化现象称为星际消光，而星光的这种暗化现象称为星光消光。在计算天体距离时，必须对星光消光进行修正。

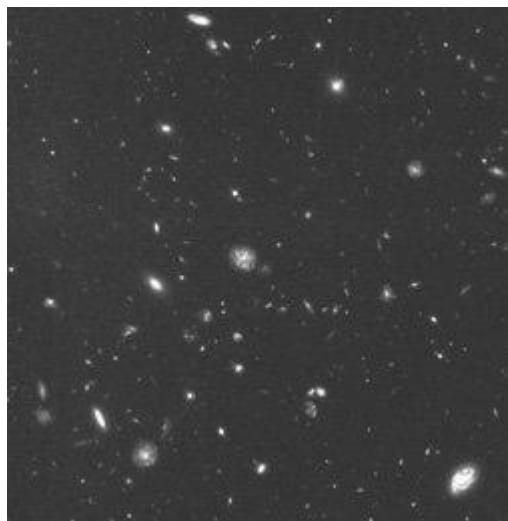
有些人会将星际消光和红移混淆。红移会使所有波长的光发生相同相对的变化。光谱的形状（通常非常接近黑体辐射）得以保持。所有谱线的相对位移量相同，这使得我们可以测量红移量。星际消光不会改变波长——所有谱线的位置保持不变。整个光谱的强度都会降低，并且由于光谱蓝端的降低幅度大于红端，因此光谱的形状会发生改变。

红移通常不会使星系呈现红色。

有些人认为红移会使星系看起来更红。但实际上，大多数星系的红移量非常小，颜色几乎没有变化。即使是红移量很大的星系，其颜色也不会发生太大改变。这是因为，虽然星系发出的可见光波长会向更长的波段移动，甚至进入人眼无法看到的红外线区域，但这

些光会被原本不可见的紫外线辐射所替代，而这些紫外线辐射则被红移到了可见光谱范围内。因此，星系的光谱形状与没有红移时大致相同，颜色也基本保持不变。

当星系发生极大的红移时，其颜色会发生改变，变得比正常情况下更红，但这种细微的颜色变化肉眼无法察觉。这种颜色变化可以通过比较星系在两种不同波长（例如蓝光和黄光）下的亮度来确定。通过对许多邻近星系的研究，我们对典型星系的颜色有了大致的了解。利用这种方法可以确定，红移极高的星系颜色系统性地偏红。



哈勃深空场

这种方法可以有效地用于估算红移。拍摄照片是对光能的高效利用，而光谱分析则效率很低。造成这种差

异的原因在于，光谱分析需要将光分散或扩散。大型望远镜的观测时间非常宝贵，因此我们不希望浪费时间测量每个星系的红移。相反，在搜寻遥远星系时，我们希望选择那些可能具有较大红移的星系进行光谱分析。测量它们的颜色可以帮助我们识别出值得进一步研究的候选星系。有时，一些接近探测极限的星系也会被拍摄下来，例如哈勃深空场中的星系。这些星系非常暗淡，无法测量其光谱，但天文学家可以根据它们的颜色估算红移量。由于天文学家预期遥远星系的颜色比近邻星系更蓝，因此需要进行校正。这是因为天文学家假设来自遥远距离的光起源于星系形成初期。年轻的星系应该以蓝光为主，因为天文学家认为，大质量的蓝色恒星主导了第一代恒星的形成。

现代相对论并没有否定绝对参考系的概念。

这或许是现代相对论中最容易被误解的方面。牛顿在构建他的定律时，假定存在某种绝对静止的标准，所有运动都可以以此为基准进行测量。这最终促成了以太——构成空间的物质——概念的形成。麦克斯韦在19世纪60年代发展起来的电磁理论表明，光是以太中的一种波。1887年的迈克尔逊-莫雷实验试图测量地球绕太阳公转时在以太中的运动。迈克尔逊-莫雷实验的结果为零，表明地球相对于以太（或者说空间）没有运动。然而，随着地球绕太阳公转，恒星光谱中

多普勒频移的年度变化强烈表明地球确实在运动。这种矛盾如何解释，在近二十年的时间里一直是个谜。

阿尔伯特·爱因斯坦在 1905 年发表的狭义相对论论文中提出了对这个问题的另一种解释。爱因斯坦假设物理定律和光速与速度无关。也就是说，无论速度如何，物理定律和光速都保持不变。经典物理学认为，虽然物理定律不随速度改变，但观测到的光速应该是速度与光速的矢量和。因此，如果我们朝着光束移动并测量其速度，那么测得的光速应该是 $c + v$ ，其中 c 是我们静止时的光速， v 是我们的速度。另一方面，如果我们沿着光束传播的方向运动，那么我们预期测得的光速应该是 $c - v$ 。迈克尔逊-莫雷实验表明，无论哪种情况，答案都是 c 。爱因斯坦将这一事实视为理所当然。

爱因斯坦基于这一新颖甚至可以说是反直觉的假设推导出了其含义。他证明，随着物体速度的增加，其质量增加，长度减小，并且在运动物体的参考系中，时间相对于静止参考系会变慢。这些效应随后都得到了大量实验的证实，这些实验大多与高速运动的基本粒子有关。例如，不稳定的基本粒子在高速运动时会迅速衰变，但其寿命却更长。另一个例子是粒子加速器中粒子质量的增加。质量的增加限制了回旋加速器所能达到的最高速度。

狭义相对论的早期成功被誉为以太理论的终结。当时许多科学家声称绝对空间的概念已不再成立。甚至爱因斯坦早期的一段引文也表明他持有这种观点。在发表狭义相对论论文十年后，爱因斯坦发表了广义相对论，该理论探讨了加速参考系，并提出了新的引力理论。狭义相对论仅考虑了匀速运动的参考系，因此必须发展出一种新的理论来处理速度变化的参考系。他的理论的一个推论是，匀速运动的参考系与引力场无法区分。这最终促成了引力理论的新方法，正如[第一章](#)所述。

早期对以太或绝对参考系概念的否定导致了双生子佯谬的产生，而这一概念也经常被误解。假设有一对同卵双胞胎兄弟。大约 20 岁时，其中一个以接近光速的速度前往附近的一个恒星系统，而另一个则留在地球上。40 年后，宇航员返回地球。留在地球上的兄弟已经 60 岁，开始显露老态，但由于时间膨胀效应，宇航员只经历了几个月的衰老，看起来和离开地球时几乎一模一样。宇航员的飞行速度远高于留在地球上的兄弟，因此时间流逝得更慢。

当考虑宇航员的参考系时，悖论就出现了。如果所有参考系都相同（正如相对论所声称的那样），那么从宇航员的参考系来看，移动的是他在地球上的兄弟，而不是宇航员自己。这意味着在地球上的双胞胎兄弟

经历的时间应该比宇航员少。换句话说，每个双胞胎都可以声称是对方移动的，因此自己经历了时间膨胀。由于两个双胞胎不可能都经历时间膨胀，一些人认为双胞胎悖论否定了相对论。

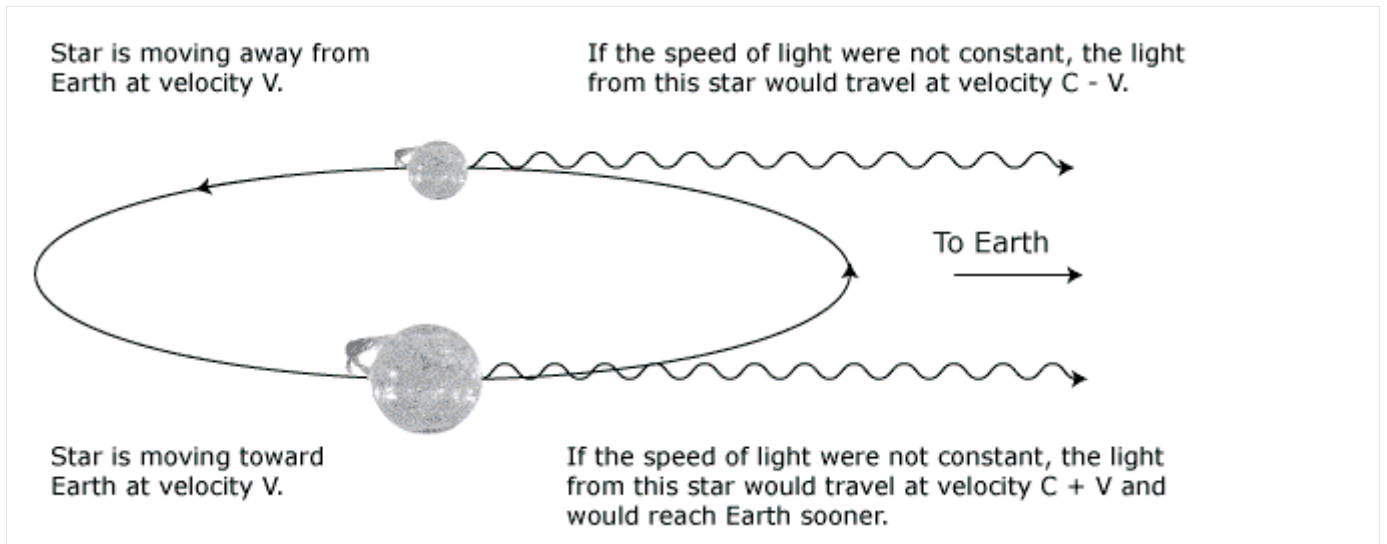
如果我们只有狭义相对论，那么双生子佯谬或许会是一个严重的问题。然而，我们拥有广义相对论，它能够解释加速参考系。宇航员兄弟必须经历四次不同的加速。第一次加速是为了达到高速。第二次加速是为了到达目的地后减速。第三次和第四次加速则发生在返回地球的旅程中，以及减速到达地球的过程中。与此同时，地球上的兄弟并没有经历任何与此问题相关的加速。我们如何测量加速度呢？加速度可以相对于宇宙物质的总和来测量。当物体加速时，我们可以观察到相对于遥远的大质量天体（例如恒星和星系）的速度发生了变化。地球上的兄弟无法观察到这种加速度效应，而他的宇航员兄弟却可以。因此，我们可以明确地确定是哪个兄弟在运动，双生子佯谬也就迎刃而解了。

测量相对于遥远大质量物体的加速度的能力被称为马赫原理。马赫原理也适用于匀速运动。虽然单个遥远的大质量物体可能具有自身的运动，但宇宙中所有物质的总和相对于空间被认为是静止的。因此，宇宙中所有物质的总和代表了一个优选静止标准。20 世纪初

一些理论家声称，现代相对论要求不存在优选静止标准，也就是说，所有非加速参考系都同样有效。这种观点已成为一种普遍的流行观点。然而，这与现代相对论的基础——马赫原理——直接冲突。因此，与早期的论断和公众的认知相反，现代相对论确实告诉我们存在一个绝对静止标准。这个静止标准是相对于所有遥远物体的总和静止的参考系。请记住，广义相对论认为空间是一种实体。有人可能会认为，广义相对论所理解的空间可以等同于以太，尽管并非以最初设想的形式。

人们对光速恒定性存在误解

狭义相对论和广义相对论的基础之一是光速是一个常数，无论光源或观察者的运动速度如何。正如前文所述，这与人们的预期大相径庭。遗憾的是，许多人误解了这一原理。当光进入介质（例如玻璃）时，其速度会降低。对许多人来说，这似乎违背了光速恒定的原理。然而，光速恒定指的是相对于光源和观察者的运动而言的测量速度。光速在真空中达到最大值，所有介质中的光速都小于真空中的光速。在介质中，无论光源和观察者的运动如何，光速恒定的原理仍然成立。



图片由布莱恩·米勒提供

几年前，科学家测量了光在一种名为玻色-爱因斯坦凝聚态的特殊物质中的速度，结果仅为 17 米/秒。这个速度慢得惊人，许多人认为这必然违反了光速恒定定律，但事实并非如此。有人质疑，这是否意味着光在某些介质中的传播速度可以超过真空中的光速。理论上并非如此，迄今为止对所有介质中光速的测量结果也证实了这一点。

近年来的一些实验表明，在某些情况下，光速可能超过了 30 万公里/秒的理论最大值。这些实验及其解释引发了很大的争议。目前存在一些无需超光速即可解释这一现象的理论。在物理学界完全理解这一理论之前，我们无法就此问题展开进一步讨论。

接受广义相对论并不等同于接受道德相对主义

²⁰世纪初爱因斯坦相对论发表后不久，道德相对主义者便抓住这一理论，将其作为自身哲学的支撑。他们兜

售这样一种观点：所有道德和标准都是相对的，因此不存在绝对的标准。道德相对主义者不断散播一种谬论，即爱因斯坦的相对论证明了不存在绝对标准，只有相对标准。正如前文所述，这种说法显然是错误的。爱因斯坦本人并不喜欢“相对论”这个名称，而是将他的理论称为“不变性理论”。事实上，即使是狭义相对论也至少假定存在一个绝对标准，即光速。广义相对论的一个关键基础是马赫原理，该原理指出存在一个绝对的空间标准，所有运动都可以用来衡量它。

还有一个问题：关于物质世界的理论如何能成为道德体系的基础？这是一个从未被论证过的巨大逻辑飞跃。道德相对主义者对爱因斯坦相对论的曲解理应受到反对。不幸的是，许多基督徒放任这种谬误继续存在，甚至在不知不觉中也参与其中，他们基于类似的哲学论点反对相对论。

宇宙大爆炸并非爆炸

“大爆炸”这个名称其实并不恰当。正如前文所述，弗雷德·霍伊尔爵士无意中创造了这个名称，而他创造这个名称的本意是带有嘲讽意味的。不幸的是，对许多人来说，这个名称让人联想到爆炸。例如，一些批评者会问：“究竟是什么爆炸了？”此外，许多科普读物也把大爆炸描述得如同爆炸一般。爆炸往往是灾难性的事件，会导致混乱和无序，因此人们常常会

问，爆炸怎么可能产生我们所看到的宇宙秩序呢？然而，大爆炸和爆炸之间唯一的相似之处在于宇宙的突然出现以及由此导致的物质和能量的膨胀。真正的爆炸会产生多普勒运动，但正如前文所述，宇宙膨胀与多普勒运动截然不同。

一段时间以来，大爆炸模型并非仅仅是爆炸，因此对于大爆炸理论的批评者来说，正确阐述该模型至关重要，以免被指责使用稻草人谬误。宇宙被认为起源于高温、高密度但高度均匀的状态。均匀性显然与爆炸难以相符——爆炸在其初始阶段就应该引入不均匀性。通过膨胀，宇宙的密度和温度会逐渐降低到目前的水平。迄今为止，宇宙中所有介质的光速测量值在大部分膨胀过程中都保持了均匀性。如今的宇宙并非均匀，那么宇宙是如何形成不均匀性的呢？这对于当今的大爆炸模型来说是一个难题，我们将在下一章对此进行更深入的[探讨](#)。

宇宙并没有膨胀成任何物体。

对宇宙膨胀理论的一个常见质疑是：“宇宙究竟膨胀到什么方向去了？”简单的答案是，宇宙并没有膨胀到任何方向。这种误解可能源于人们常用的气球膨胀比喻，正如本章前面讨论的那样。随着气球膨胀，气球上的点会彼此远离。这个二维比喻很好地展示了三维宇宙中的物体如何在不实际移动的情况下彼此远离。

气球中的橡胶被拉伸，这与空间被拉伸的方式非常相似。

不幸的是，这种类比并不成立，因为气球显然会膨胀到相邻的空间。换句话说，气球的体积增加是以牺牲周围空间的体积为代价的。宇宙并没有膨胀到任何物体中；它只是在不断增大。当然，有人可能会声称，在我们的宇宙之外存在着额外的维度现实，空间正在向其中膨胀。然而，就我们而言，这种说法并不具有物理现实性。因此，额外的维度现实无法进行科学研究。任何对此类问题的探讨充其量只能算作一种哲学探讨。宇宙必然会膨胀到某种物体中的说法，几乎不能算是宇宙学上的缺陷。

宇宙大爆炸并非始于空间或时间上的某个单一点。

人们普遍存在一种误解，认为宇宙大爆炸虽然发生在过去某个有限的时间点，但空间和时间却是永恒的。也就是说，空间和时间一直存在，而宇宙大爆炸只是发生在某个特定的时间和空间位置。大多数人想象宇宙大爆炸时，首先会想到在大爆炸发生之前，宇宙在很长一段时间内都是空无一物的。他们还会设想，如果我们身处那永恒的空无一物的宇宙中，我们可以想象宇宙的三个维度都是相交于一点的数轴。我们可以把这个点视为三维笛卡尔坐标系的原点。当我们长时间观察这个极其乏味、空旷的宇宙时，什么也没发生。

直到某个时刻，宇宙大爆炸突然出现在坐标系的原点。宇宙中所有的物质和能量，从一个极热、高密度的点开始，爆炸性地膨胀，最终充满整个宇宙，并在数十亿年后形成了我们今天所看到的宇宙。

虽然这是人们对宇宙大爆炸的普遍理解，但这完全是错误的。首先，根据宇宙大爆炸理论，它并非物质和能量在时空中的爆炸，而是空间和时间本身的爆炸。不仅物质和能量在大爆炸时产生，空间和时间也同时产生。在大爆炸之前，既没有空间，也没有时间。有时人们会质疑大爆炸理论，问：“大爆炸之前这里是什么？”这是一个不恰当的问题，因为“这里”在当时并不存在。同样，“当时”在当时也并不存在。这或许看起来自相矛盾或荒谬，但请仔细思考空间和时间始于大爆炸所带来的后果。“这里”的概念需要空间的存在。如果空间不存在，“这里”也就不可能存在。“当时”和“之前”这两个词都依赖于时间的存在。如果时间不存在，那么“那时”和“之前”的概念就毫无意义。因此，“宇宙大爆炸之前”这个说法本身也是毫无意义的。

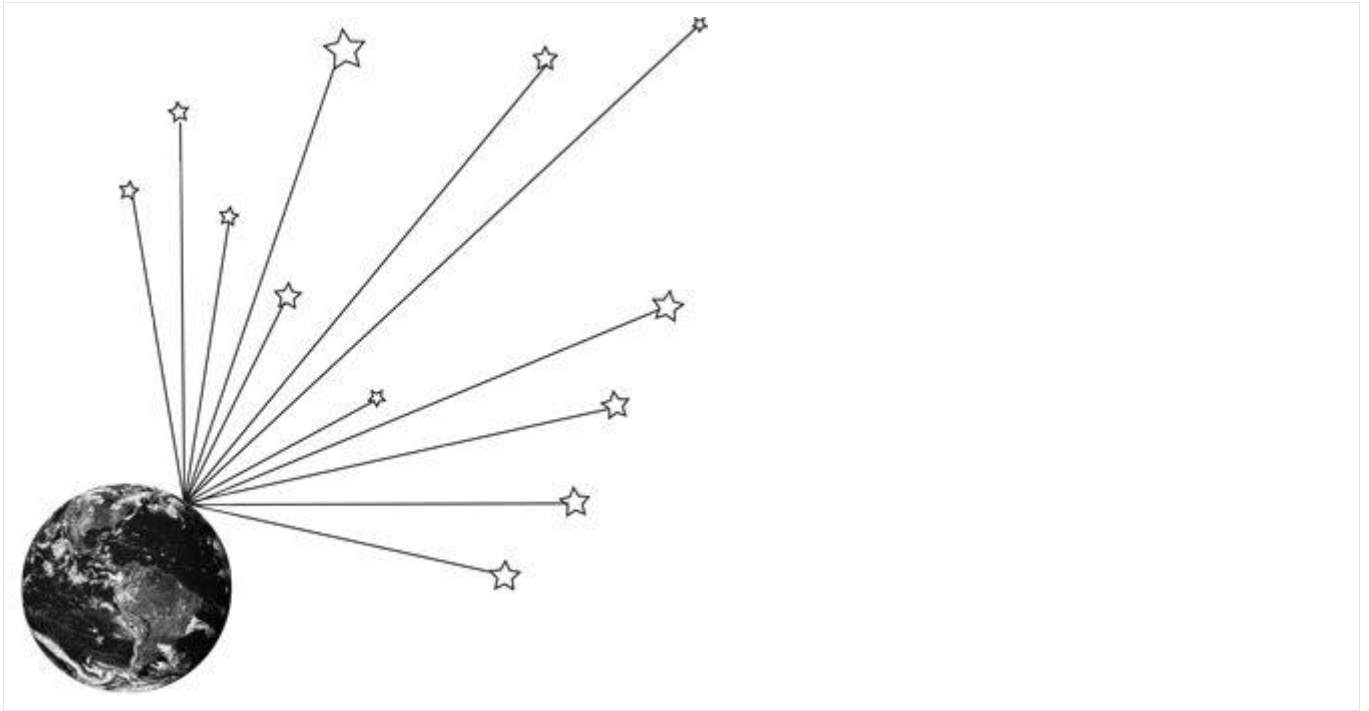
我们的思维模式与因果关系和事件顺序紧密相连，以至于很难理解这句话的含义。这在普通人看来或许不合逻辑，但这正是目前人们对宇宙大爆炸的理解。遗憾的是，许多理解宇宙大爆炸理论的人却未能意识到

宇宙大爆炸之前不存在时间这一假设的后果。我们将在另一节中探讨这个问题。

宇宙起源于大爆炸的一个结果是，大爆炸并非发生在宇宙的某个点或某个位置，然后扩散到其他地方。相反，大爆炸发生在宇宙的每个角落。不同之处在于，当时的宇宙要小得多。因此，认为大爆炸发生在某个点或位置，然后扩散到宇宙其他区域的想法是不正确的。我们也不能问大爆炸究竟发生在何处，因为它发生在宇宙的每个角落。

奥尔伯斯悖论与现代宇宙学无关

1826年，H. W. M. 奥伯提出了一个与当时宇宙论截然相反的观点。假设宇宙是永恒无限的，并且恒星均匀地分布其中。在这样的宇宙中，我们向各个方向的视线最终都会被恒星表面遮挡。恒星的亮度与距离的平方成反比，但在这个模型中，可见恒星的数目却与距离的平方成正比。这两个因素正好相互抵消，因此，天空在任何方向上都应该像一颗恒星（例如我们的太阳）一样明亮。所以，天空应该极其明亮，像太阳一样耀眼。然而，这种预期与我们观测到的夜空黑暗形成了鲜明的对比。这就是所谓的奥伯悖论，尽管显然在奥伯之前一个世纪，埃德蒙·哈雷等人就已经讨论过这个问题。



图片由布莱恩·米勒提供。

奥伯斯悖论指出，我们向各个方向看到的景象最终都会被恒星表面阻挡。

一些神创论者利用奥伯斯悖论来反驳大爆炸理论以及其他进化论或无神论宇宙论。然而，这种反驳究竟有多大意义呢？让我们来考察一下导致奥伯斯悖论的假设以及一些针对该悖论提出的解决方案。第一个假设是宇宙是无限的。一些试图解决这一悖论的方案声称广义相对论不允许宇宙无限存在，但这并不正确。爱因斯坦方程的解既可以存在有限解，也可以存在无限解，尽管许多人更倾向于有限解。第二个假设是恒星在宇宙中均匀分布。这显然在任何局部尺度上都不成立，因为恒星排列在星系中，而星系往往会聚集形成星系团和超星系团。然而，在大尺度上，这种聚集

现象似乎并不那么重要。例如，我们认为我们周围的物质是由许多被称为原子的团块组成的，但在大多数情况下，我们可以假设物体是由连续分布的质量构成的。同样地，宇宙在宏观尺度上可能显得连续。第三个假设是宇宙是永恒的。在大爆炸模型中，宇宙的年龄是有限的，这似乎是解决大爆炸模型内奥伯斯悖论的最佳途径。在详细阐述这一点之前，让我们先讨论一下其他一些已被提出的、但存在缺陷的奥伯斯悖论解决方案。

在我们的银河系以及许多其他星系中，存在着大量的星际尘埃。这些尘埃会吸收遥远恒星的光芒。在银河系平面上，这种遮蔽作用非常严重，以至于我们完全无法观测到遥远的恒星。一种解释是，星际尘埃吸收了如此多的星光，以至于夜空一片漆黑。然而，这种解释的问题在于，尘埃在吸收光线的同时也会升温。在红外光谱范围内，我们可以观测到由尘埃高温产生的辐射。随着时间的推移，尘埃的温度会不断升高，最终亮度应该会接近恒星。因此，在一个永恒的宇宙中，这种解释并不能解决问题。

另一种解释是，红移将辐射能量从可见光波段转移到红外波段，从而导致可见光强度降低。我曾在天文课上学到过这种说法。但问题在于，红移也会将原本位于紫外波段的能量转移到可见光波段。因此，当能量

从可见光波段移出时，其他能量会填补空缺。所以，这种解释也无法解释夜空为何如此黑暗。

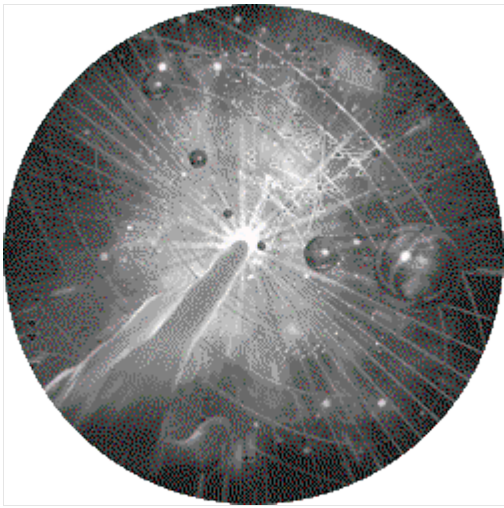
如前所述，解决奥伯斯悖论的关键在于检验宇宙永恒的假设。在奥伯斯悖论被发现之时，科学家们长期以来一直认为宇宙是永恒的。20^{世纪}，大爆炸理论的被广泛接受，使大多数科学家相信宇宙有一个开端，因此其年龄是有限的。假设宇宙的年龄为 150 亿年，那么我们就无法接收到来自 150 亿光年以外任何天体的光。这就像我们位于一个半径为 150 亿光年的球形有限宇宙的中心。就光量而言，宇宙是有限的还是无限的并不重要，因为我们无法看到 150 亿光年以外的天体——这是一个很大但有限的距离。鉴于可观测宇宙是有限的，我们的视野并非被各个方向的恒星表面所阻挡。在大多数方向上，我们都能看到所有恒星之外的天体。因此，在大爆炸宇宙模型中，奥伯斯悖论并不存在。奥伯斯悖论如今唯一的意义在于永恒宇宙的背景下，而这种观点至今仍只有少数拥护者支持。

宇宙大爆炸并不能证明上帝的存在

正如引言中所述，从古希腊时期到 20^{世纪}，许多科学家都认为宇宙是永恒的。大爆炸理论的一个结果是，它使大多数科学家相信宇宙有一个开端。天文学家罗伯特·贾斯特罗（Robert Jastrow）在 1978 年出版的一本书中指出，这是历史上主流科学与《圣经》首次

在宇宙的有限年龄问题上达成一致。尽管贾斯特罗本人是不可知论者，但他仍然对现代科学在这个问题上勉强与《圣经》达成共识感到着迷。许多当代基督教护教士的观点更进一步，他们认为大爆炸模型与《圣经》的创世记述完全吻合，而且大爆炸还表明上帝的存在。本文不会全面讨论大爆炸模型是否与《圣经》相符，我们将在下一章进行探讨。本文将探讨用大爆炸来论证上帝存在的合理性。

用宇宙大爆炸理论论证上帝存在的依据是因果律。因果律意味着任何事件（结果）的发生都有其原因。假设 A 是直接导致事件 B 的原因或主体，那么逻辑上我们可以说 A 导致 B。A 是原因，B 是结果。所有结果反过来又会成为新结果的原因，如此循环往复。在任何时刻，都存在无数相互平行、相互交织的因果链。反之，每个结果也必然有其原因。逻辑学家和哲学家早已认识到，在遥远的过去可能存在一个“无因之因”。也就是说，存在一个并非先前原因的结果的原因，所有后续的因果关系都源于此。



当然，许多人会将无因之因认定为上帝。然而，在一个永恒的宇宙中，无因之因的存在是没有必要的，因为因果关系早已贯穿所有时间。这种对无因之因的回避或许正是永恒宇宙在西方思想中吸引人的原因。正如一些基督教护教士所指出的，大爆炸理论认为宇宙有一个开端，因此无限的因果关系链不再成立。贾斯特罗会同意这一点，但他会对无因之因的身份持有不同意见。基督徒无疑会将无因之因认定为**圣经**中的上帝。而贾斯特罗则坚持认为，大爆炸 就是无因之因。

如果 A 导致 B，那么 B 必然发生在 A 之后，因为任何结果都不可能先于其原因。同样，结果及其原因能否同时发生也值得怀疑。基督教护教士的论点是，如果 B 是宇宙大爆炸，那么唯一可能的起因 A 就是上帝，因为没有任何物质事物能够先于宇宙大爆炸。但这暴露出他们对宇宙大爆炸模型或因果关系，或两者兼而有之的根本理解不足。史密斯 (Smith) **在其对宇宙**

大爆炸方程的讨论中也指出了这一点。这些方程关联了宇宙的物理属性（空间和时间）。很明显，这些方程暗示（或者说要求？）时间在宇宙大爆炸之前并不存在。正如本章前面章节所述，提出“宇宙大爆炸之前是什么？”这样的问题毫无意义。时间始于宇宙大爆炸，宇宙大爆炸是时间中的第一个事件。因此，宇宙大爆炸没有先例。如果宇宙大爆炸之前时间并不存在，那么任何将时间原理（例如因果律）外推至时间开始之后的做法都是不合理的。因此，诉诸因果律来论证上帝的存在是完全不合逻辑的。当然，这并不意味着上帝不存在。这仅仅意味着，如果宇宙大爆炸理论成立，那么诉诸因果律并不能证明上帝的存在。

护教者通常试图用几种不同的方法来回避这个难题。一种方法是提出存在某种超越我们宇宙维度的因果律原理，而我们受时间限制的因果律原理只是其中的一部分。这是一种诉诸于无法证实的假设原理的做法，很难构成有效的证明。另一种方法是论证因果同时存在。如果时间始于宇宙大爆炸，那么永恒的上帝必然与宇宙的诞生同时存在，因此可以被证明是宇宙的起因。这好比一个柔软的垫子被重物（比如保龄球）压住。重物会使垫子下陷，但我们能说下陷是重物造成的，还是重物和下陷同时发生呢？物理学清楚地告诉我们，确实是重物导致了枕头的下陷。这似乎就解决了因（重物）和果（下陷）的问题。然而，有些人会

反驳说，这在有限的情况下或许成立，但如果重量和枕头永恒存在，这种说法是否也成立呢？这个问题无论用物理学还是逻辑都无法给出确切的答案。然而，提出这样的问题与我们正在论证的内容严重矛盾。基于大爆炸理论的护教论证的核心在于宇宙有一个开端。那么，既然宇宙并非永恒，又怎能援引永恒的情况来支持上帝存在的论证呢？

总之，用大爆炸理论来证明上帝的存在需要用到因果律。然而，原因必须先于结果。如果宇宙（通过大爆炸产生）是结果，那么它的原因——上帝——在时间上就必须先于大爆炸。对大爆炸模型的正确理解是，时间始于大爆炸。大爆炸没有先例。因此，在宇宙之初就用因果律论证来推论时间边界是不合理的。这并非否定上帝的存在——它仅仅意味着我们无法用这种论证得出关于上帝存在的任何结论。

正如前一章所述，当前宇宙学的大量研究旨在解释宇宙的起源，使其与我们观测到的宇宙物理定律相符。既然宇宙有开端，就必然存在某种无因之因。有神论者会认为这种无因之因是上帝。然而，无神论者或不可知论者同样可以认为宇宙大爆炸就是这种无因之因。两种结论似乎都成立。无神论者或不可知论者可能会声称自己的立场更有说服力，因为有神论者试图引入两个无因之因：宇宙大爆炸和神。

如今一些接受大爆炸理论的基督教护教士声称，大爆炸理论使许多宇宙学领域的专家意识到必然存在一位造物主，从而归信了圣经中的上帝。这种说法充其量是误导性的，因为虽然可能有一些宇宙学家和在宇宙学领域颇具权威的学者因研究而皈依基督，但绝大多数人并没有。我们之前讨论过，罗伯特·贾斯特罗（《上帝与天文学家》的作者）虽然对《创世记》和大爆炸理论中某些据称共同的要素印象深刻，但他仍然是一位不可知论者。在一次采访中，有人问艾伦·古思，如果宇宙能够从虚无中诞生（通过他的膨胀模型），这对我们人类意味着什么？古思回答说：“我认为这动摇了我们存在的意义在于某种宇宙目的的信念。但这并不意味着我们的生命毫无意义。而是意味着我们必须自己赋予生命意义。”这与圣经的世界观显然不符。

或者想想畅销书《最初的三分钟》的作者史蒂文·温伯格的话：“自从人们开始系统地思考世界以来，一种普遍的印象是宇宙的存在部分是为了服务于人类的利益。我不认为这是真的……努力理解宇宙是极少数能将人类生活从闹剧中提升出来，并赋予其悲剧之美的事情之一。”这也与圣经基督教，甚至任何形式的人格化上帝都背道而驰。马丁·里斯在他通俗易懂的著作《宇宙起源之前》中没有提及上帝，但他也无需提及，因为他提出的“多元宇宙”理论，即我们生活

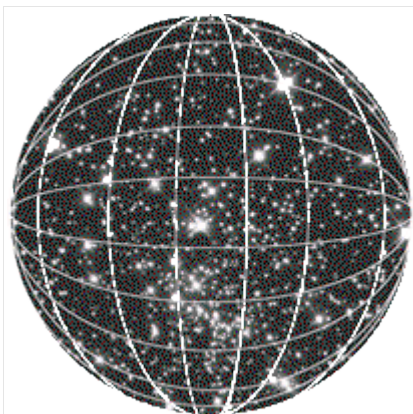
在一个包含无限多个宇宙的巨大宇宙中，试图解释我们以及我们这个看似不可能存在的大爆炸宇宙是如何存在的。显然，在里斯看来，没有必要存在一位造物主。

或许有些基督教护教士感到困惑，因为一些宇宙学研究和作家甚至在一些科普作品中使用“上帝”一词。例如，保罗·戴维斯甚至将“上帝”的名字放在了他两本探讨宇宙学问题的著作的标题中（《上帝与新物理学》和《上帝的心智》）。斯蒂芬·霍金在他的畅销书《时间简史》中也频繁使用“上帝”一词。然而，任何仔细阅读这两位先生著作的人都会很快发现，他们使用“上帝”指的并非任何与圣经中的上帝有任何相似之处的事物。相反，他们用“上帝”来指代一种非人格化的秩序（通过自然法则）强加于宇宙之上。大多数研究者承认他们并不了解这种秩序是如何产生的，因此它确实具有某种神秘的特质，但他们怀疑自然法则可能存在于物质而非空间之中。几乎所有人都希望，随着研究的深入，这个谜团最终也能被解开。简而言之，大多数现代宇宙学家并没有通过科学转向真正的、活着的上帝，反而从事着一项明显的无神论事业。

宇宙不一定有中心。

大多数人学习的几何学是欧几里得几何。之所以称之为欧几里得几何，是因为它的基本公设是由欧几里得在两千多年前提出的。二维欧几里得几何有时被称为平面几何，因为这两个维度位于一个平面内。我们也可以称平面几何为“平坦的”，因为平面是平坦的，意味着它没有曲率。在平面上，平行线不相交。假设在一个平面上，有一条直线和一个不在该直线上的点。那么，只有一条直线可以经过该点，并且平行于第一条直线。这是欧几里得五条公设中的第五条。这种推理可以应用于第三个维度，从而得到立体欧几里得几何。立体欧几里得几何也是一种平坦的几何。

大多数人认为宇宙是平坦的，但事实真是如此吗？什么是非平坦的，或者说非欧几里得几何？让我们回到欧几里得第五公设。如果这条公设不成立，那么就有两种可能性。一种可能性是不存在平行线。另一种可能性是存在多条经过同一点且平行于其他直线的直线。虽然这两种可能性听起来很奇怪，但它们都是真实存在的，并且都有实际应用。不存在平行线的情况出现在球面上。显然，球面不是平坦的，所以你应该开始明白平面几何和曲面几何之间的区别了。



图片由布莱恩·米勒提供

许多人认为宇宙必然有一个中心。如果宇宙是平坦且有限的，那么它必然有一个中心；但如果宇宙是无限的，它就不会有中心。然而，还有其他一些几何形状可能并不需要中心。最容易想到的例子是一个有限但自身弯曲的宇宙。这样的宇宙没有边界或边缘，但人们可以沿着一个方向无限地行进。地球表面就是一个二维的类似例子。从局部来看，地球表面是平坦的，因为它的曲率半径非常大。人们可以沿着一个方向永远行进，但这当然意味着要无数次地经过起点。地球表面，或者更确切地说，任何球体的表面，有中心吗？请注意，我问的不是球体本身是否有中心，而是球体的表面是否有中心。从几何学的角度来看，答案当然是否定的。同样地，如果三维（空间）是有限的且自身封闭，那么就不存在我们可以称之为中心的特殊点。实际上，我们对空间的本质了解不足，无法断言宇宙是否存在中心，尽管想象一个没有中心的空间要容易得多。

宇宙射线爆炸不可能是由尘埃或星光引起的。

正如第一章所述，宇宙微波背景辐射（CBR）是大爆炸模型的一个令人印象深刻的预测。宇宙微波背景辐射是真实存在的，因此我们不能否认它的存在。所以，如果有人想要取代大爆炸模型，就必须对宇宙微波背景辐射给出一个可信的解释。目前已经提出了一些替代解释。近期的创造论者和稳态理论的支持者都提出，宇宙微波背景辐射是由尘埃造成的。宇宙中含有大量的尘埃，尘埃是微小的固体颗粒。尘埃颗粒可能由多种物质构成，例如硅酸盐、冰和铁。当暴露在星光下时，尘埃颗粒会吸收能量并经历温度升高。任何温度高于绝对零度的物体（也就是说所有物体）都会辐射能量。如果一个物体的温度为 3K，那么它的辐射曲线将呈现黑体辐射的特征，在微波波段有一个峰值，这与宇宙微波背景辐射非常相似。因此，均匀分布且温度均匀为 3K 的尘埃就能产生宇宙微波背景辐射。

然而，这种解释存在几个问题。首先，尘埃的分布并不均匀。在银河系中，尘埃分布在非常靠近银河系平面的位置，即使在银河系平面内，尘埃也呈团块状分布。在其他旋涡星系中，我们看到尘埃的分布与银河系类似。鉴于尘埃分布不均匀，尘埃的热辐射应该非常不均匀，这与非常均匀的宇宙微波背景辐射（CBR）截然不同。第二个问题是，所有尘埃云的温度都远高

于宇宙微波背景辐射。事实上，天文学家已经观测到大量星际尘埃辐射，但其黑体温度更接近 100K，而非 3K。在远红外光谱区域，由于尘埃辐射，银河系平面显得非常明亮。有人可能会反驳说，宇宙微波背景辐射是来自遥远源尘埃辐射的集合，因此发生了红移，导致观测到的温度远低于其辐射温度。这个问题在于，星系聚集程度很高，我们应该能在宇宙微波背景辐射中观测到由大型星系团引起的局部高温区域。如前所述，宇宙微波背景辐射的平滑度已经超出了标准宇宙学的解释范围，而这个方案与观测数据的拟合度甚至更差。

有时人们会提出类似的论点，认为宇宙微波背景辐射（CBR）的来源是高度红移的星光。其理由是，无数星系中众多恒星在遥远距离上的光线混合在一起，看起来均匀一致，并且红移程度极大，以至于其辐射相当于 3K 黑体辐射。反对尘埃是 CBR 来源的第二个论点也适用于此。尽管人们假设宇宙中可见物质在任何层面上都是均匀的，但没有任何证据表明这一点。即使在遥远的某个层面上存在均匀性，人们也会预期一些前景超星系团会产生足够的过量辐射，从而在 CBR 中形成明显的热点。然而，我们并没有观测到这种情况。

宇宙常数并非人为调整的因素

有时，宇宙常数 Λ 被称作“修正因子”。这源于对 Λ 物理意义的误解，以及对 Λ 使用历史的无知。历史是这样的：爱因斯坦在广义相对论方程的解中引入 Λ ，是为了构建一个静态宇宙模型。后来我们发现宇宙正在膨胀， Λ 一度被弃用，但最近又被重新引入，以解决标准模型的一些潜在问题。批评者常常嘲笑非零 Λ 的可能性，认为它会起到某种反引力的作用，尽管没有任何实验证据表明它的存在。

如果仅此而已，引入 Λ 确实显得武断。然而，爱因斯坦引入 Λ 是完全合理的。待解的方程是微分方程，这是一门在许多科学领域都有广泛应用的学科。任何微分方程的解都包含一个积分常数。该常数的值取决于对解施加的条件。这些条件被称为边界条件；或者，如果该常数由问题开始时某些量的值决定，则称为初始条件。积分常数通常为零，但并非总是如此。宇宙常数就是这样一个量。许多人认为 Λ 应该为零，但它也可能不为零。它的值由宇宙的边界条件决定，但我们并不知道这些边界条件是什么。每个积分常数都具有某种物理意义，这可以从问题的性质中显而易见。 Λ 的意义在于它是一个排斥项。因此，爱因斯坦解决了最一般的情况（ Λ 非零），然后根据他认为的宇宙边界条件设定了 Λ 的值。这样做是恰当且合理的，尽管它显然不是正确的边界值。

检查你的理解

1. 星系的红移是由多普勒效应引起的吗？
2. 在不断膨胀的宇宙中，星系会发生蓝移吗？
3. 什么是双生子悖论？它如何解决？
4. 如果物体的运动速度不能超过光速，那么宇宙膨胀如何能使宇宙中的物体以超过光速的速度分离呢？
5. 红移星系看起来是红色的吗？
6. 光速是常数，这意味着什么？
7. 为什么“大爆炸”作为标准宇宙学模型的名称并不合适？
8. 宇宙大爆炸之前这里是什么？

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。