

## 现代物理学基础的思考之九:大爆炸理论的思考

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 (作者为中国科学院高能物理所研究员)

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

**摘要 (Abstract):** 本文章分析探讨了现代物理学的重要问题, 大爆炸理论, 供参考。

[李学生 (Li Xuesheng). 现代物理学基础的思考之九:大爆炸理论的思考. *Academ Arena* 2017;9(13s): 535-567]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 9. doi:10.7537/marsaaj0913s1709.

**关键词 (Keywords):** 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 大爆炸

### 目录

#### 第一章 大爆炸理论

- 1、经典力学框架下的宇宙观
- 2、宇宙背景辐射
- 3、哈勃定律的提出
- 4、大爆炸理论简介
- 5、大爆炸理论的实验根据
- 6、大爆炸理论的经典力学基础
- 7、大爆炸理论的广义相对论基础
- 8、大爆炸理论与现代物理学基本原理之间的矛盾
- 9、相对性原理和宇宙学原理的疑难
- 10、大爆炸理论与广义相对论的矛盾
- 11、大爆炸理论的天文学困难
- 12、局爆宇宙学及其实验证据
- 13、局爆宇宙学的困难
- 14、宇宙自然选择学说简介

#### 第二章 宇宙无限论

- 1、宇宙论中时间箭头的争论
- 2、量子力学与热力学中的随机性
- 3、光度佯谬及其解释
- 4、引力佯谬及其解决
- 5、宇宙无限论的实验基础
- 6、宇宙无限论的理论基础

#### 第一章 大爆炸理论

##### 1、经典力学框架下的宇宙观

遂古之初, 谁传道之? 上下未形, 何由考之? 圜则九重, 孰营度之? 翰维焉系? 天极焉加? 八柱何当? 东南何亏? 九天之际, 安放何属? 隅隈多有, 谁知其数? 天何所沓? 十二焉分? 日月安属? 列星安陈? ---屈原, 《天问》

物理学家弗里敦说过: “所有的物理学定律最终都是从宇宙中获取信息的, 从牛顿定律到量子力学的所有原理都可以用同一种方法推导出来。”

亚里士多德认为时间既是事物运动的尺度也是事物静止的尺度, 实质上已得出了时间是物质持续性的量度, 时间既不是运动, 又不能脱离运动, 它依赖于物质的运动而客观存在着。时间是无限制的, 即时间在量上是无限的, 又是无限可分的。宇宙既不生成, 也不可能消灭, 是单一的和永恒的, 它的整个时期既无开端也无终结, 在自身包含着无限的时间。【1】

16 世纪前, 人们只能凭肉眼看到六、七千颗星体。1539 年哥白尼提出日心说, 人类对宇宙的认识进了

一大步。波兰天文学家哥白尼（Nicholas Copernicus, 1473-1543）1536年写成《天体运行论》，1543年公开出版。认为太阳是宇宙中心，而地球只是一颗普通的行星，这样恒星的东升西落，行星的打圆圈的视运动都能解释了。他对宇宙分成若干天层；太阳静止于中心，挨着是水星天、金星天、带月亮的地球天、火星天、木星天、土星天和恒星天等。地球不是宇宙的中心而是围绕太阳运行的普通行星，其自身又以地轴为中心自转。哥白尼的日心说推翻了统治天文学 1000 多年的地心体系（即地球是宇宙中心的学说），引起了全世界的轩然大波，人们不得不重新审视自身在宇宙中所扮演的角色。在此之后，天文学上的发现不断地突破人们所建构的关于宇宙中心的知识体系，地球不是中心，太阳也并非就是，银河系也不是，随着爱因斯坦广义相对论的提出，人们才认识到宇宙根本没有中心。

17 世纪，天文望远镜问世、开普勒三定律和牛顿万有引力定律的建立，标志人类进入掌握行星层次天体运动规律的阶段，为进入工业社会奠定了必要的科学基础。开普勒在弟谷观察的资料基础上，于 1609 年发表了《新天文学》一书，叙述了行星运动的两条定律。第一条定律提出所有行星分别在大小不同的椭圆轨道上运行，太阳位于椭圆的一个焦点上。第二条定律指出每一颗行星的向径在相同时间里扫过的面积相等。后来又在《宇宙谐和论》中补充了第三定律，行星绕太阳公转的恒星周期平方和行星轨道半长径的立方成正比。为牛顿发现万有引力定律铺平了道路。牛顿从苹果落地事实启示联想到一个人站在山崖上，把一块石头轻轻地放开，石头会直落到地面，如果他用力把石头抛向远处，石头就会向前跑一段再成一个弧形落到地上。如果他用力更大，落下更远。若力足够大时，这就不再落到地面上，而围绕地球公转起来。地球没有引力，该石头就会朝着他抛出的方向照直飞去。引力就像一头拿在小孩手中，一头拴着小石头的绳子一样，从小孩手中牵引着小石头转圈。这样只要证明地球对月球的吸引力确实就是月球绕地球运行所需的向心力。经过十几年的努力，终于找到计算引力的公式，后来跟力学三定律一起发表于《自然哲学的数学原理》一书中。牛顿提出：物体的每个分子吸引其它分子，这个引力强度与其质量成正比和被吸引的分子之间的距离平方成反比。但牛顿无法解释星体为何一开始就作如此运动。因此，就把上帝作为第一推动者。天体为什么会按哥白尼体系运动，笛卡尔曾提出过以太旋涡理论。后来为康德与拉普拉斯吸收了牛顿引力理论构成旋涡星云演变说。1900 年美国的钱柏林提出星子说，认为有一颗恒星运行到太阳附近，在太阳的正面和背面掀起两股巨大的潮，从太阳喷出的物质逐渐汇合成围绕太阳的气盘，并逐渐凝聚成行星和卫星。1916 年英国金斯提出“潮汐说”，认为一恒星接近太阳，从太阳表面引出潮汐隆出物，这雪茄烟形长条逐渐脱离太阳并形成行星。杰弗里认为恒星与太阳相撞，撞出物形成行星系。1944 年苏联施密特认为太阳通过暗星云时俘获物质，形成绕太阳旋转的星云盘，逐渐形成行星和卫星。同年德国魏扎克认为绕太阳旋转的气体尘埃盘中出现规则排列的旋涡，在次级旋涡中形成行星。

稳恒态宇宙学认为宇宙在时间和空间上都是无限的。它主张宇宙从未有过开始，或者更确切地说，宇宙乃是处于连续的创造过程之中。当宇宙膨胀之时，总密度减少，但密度存在一个下限值，宇宙不会在密度低于此值的情况下存在。当宇宙接近这个下限值时，便会创造出更多的物质来使密度再度升高。因此当宇宙不断地膨胀时，新的物质便连续地在星体中创造出来以填补空隙。新形成的物质就是构成星系的氢。每个新星系团将随着宇宙的不断膨胀而逐渐衰老以致死亡，但又形成新的星系团。新星系形成，老星系死亡，但宇宙的总密度不变。并且总是存在有各种不同年龄的星系。因此，宇宙在任何时期检验都是一样的。尽管个别星系团有所变化，但总体图象是始终如一的。

牛顿在《自然哲学之数学原理》的“总释”里还写道：“六个行星在围绕太阳的同心圆上转动，转动方向相同，而且几乎在同一个平面上；鉴于慧星的行程沿着极为扁平的轨道跨越整个天空的所有部分，不能设想单纯力学原因就能导致如此多的规则运动：因为它们以这种运动轻易的穿越了各行星的轨道，而且速度极大；在远日点，它们运动最慢，滞留时间最长，相互距离也最远，因而相互吸引造成的干涉也最小。这个最动人的太阳、行星和慧星体系，只能来自一个全能全智的上帝的设计和统治。如果恒星都是其他类似体系的中心，那么这些体系也必定完全从属于上帝的统治”。牛顿的原文中仅有：“...我用重力解释了天体运行和海洋的潮汐，但我还不能指出重力自身的原因...”。中世纪文艺复兴以来，生气勃勃的新兴科学，以哥白尼为开端的日心说，向教会写了宣战书！以牛顿自己也表示：“我不知重力自身的原因...上帝设计一切和统治一切”这段话为终结，向教会高悬免战牌！牛顿的星体引力场理论清楚地给出了万有引力定律：在星体时空中，给出了物体由与星体间引力相互作用产生的运动规律。爱因斯坦广义相对论也是星体的引力场理论，核心是：星球告诉周围时-空如何弯曲；时空告诉其中的物体如何运动。由于后者考虑了时空参考系的相对性原理，从而比前者更符合天文观测的实际结果。这两个引力场理论，对质点在星体引力场中运动的几何轨迹，都给出了很好的描述，并且后者由于满足时空相对性原理而更准确些。

参考文献:

【1】《物理》第 31 卷第 2 期 117 页。

## 2、宇宙背景辐射(cosmic background radiation)

定义: 来自无明显分立源天区的各向同性电磁辐射。在不同波段, 辐射有不同的起源, 并可具有非宇宙学起源。

所属学科: 天文学(一级学科); 星系和宇宙(二级学科)

百科名片: 宇宙微波背景辐射(又称 3K 背景辐射)是一种充满整个宇宙的电磁辐射。特征和绝对温标 2.725K 的黑体辐射相同。频率属于微波范围。宇宙微波背景辐射产生于大爆炸后的三十万年。大爆炸宇宙学说认为, 当宇宙发生大爆炸时, 开始时宇宙的温度是极高的, 之后慢慢降温, 刚到现在约 150 亿年后大约还残留着 3K 左右的热辐射。

概念: 宇宙背景辐射是来自宇宙空间背景上的各向同性的微波辐射, 也称为微波背景辐射。二十世纪六十年代初, 美国科学家彭齐亚斯和 R.W. 威尔逊为了改进卫星通讯, 建立了高灵敏度的号角式接收天线系统。1964 年, 他们用它测量银晕气体射电强度。为了降低噪音, 他们甚至清除了天线上的鸟粪, 但依然有消除不掉的背景噪声。他们认为, 这些来自宇宙的波长为 7.35 厘米的微波噪声相当于 3.5K。1965 年, 他们又订正为 3K, 并将这一发现公诸于世, 为此获 1978 年诺贝尔物理学奖金。

特征: 微波背景辐射的最重要特征是具有黑体辐射谱, 在 0.3 厘米—75 厘米波段, 可以在地面上直接测到; 在大于 100 厘米的射电波段, 银河系本身的超高频辐射掩盖了来自河外空间的辐射, 因而不能直接测到; 在小于 0.3 厘米波段, 由于地球大气辐射的干扰, 要依靠气球、火箭或卫星等空间探测手段才能测到。从 0.054 厘米直到数十厘米波段内的测量表明, 背景辐射是温度近于 2.7K 的黑体辐射, 习惯称为 3K 背景辐射。黑体谱现象表明, 微波背景辐射是极大的时空范围内的事件。因为只有通过辐射与物质之间的相互作用, 才能形成黑体谱。由于现今宇宙空间的物质密度极低, 辐射与物质的相互作用极小, 所以, 我们今天观测到的黑体谱必定起源于很久以前。微波背景辐射应具有比遥远星系和射电源所能提供的更为古老的信息。微波背景辐射的另一特征是具有极高度的各向同性。这有两方面的含义: 首先是小尺度上的各向同性。在小到几十弧分的范围内, 辐射强度的起伏小于 0.2—0.3%; 其次是大尺度上的各向同性。沿天球各个不同方向, 辐射强度的涨落小于 0.3%。各向同性说明, 在各个不同方向上, 在各个相距非常遥远的天区之间, 应当存在过相互的联系。

起因: 1964 年, 美国贝尔电话实验室的两位工程师彭齐亚斯(Penzias, A. A.)和威尔逊(Wilson, R. W.)为了改进卫星通讯, 建立了高灵敏度的接收天线系统。他们安装了一架卫星通讯用的喇叭形天线。这架天线有很强的方向性, 即喇叭口对向天空中某方向时, 地面及空中其它方向电磁波干扰都很微小。为了检验这台天线的低噪声性能, 他们避开噪声源而将天线指向天空进行测量, 在波长 7.35 厘米处所作的测量已经表明, 无论天线指向什么天区, 总会接收到一定的微波噪声。这种噪声相当显著, 并且与方向无关。他们日复一日, 月复一月地进行测量, 结果都是一样。它既没有周日变化, 也没有季节变化。与地球的自转和公转运动也没有明显关系。起先, 他们怀疑这种噪声来自天线系统本身。1965 年初, 他们又对天线进行了彻底检查。他们拆卸了天线的喉部, 发现有个鸽子窝, 他们又把鸽子窝清除掉。虽然做了种种努力, 仍无法把噪声降下来。从而排除了这种噪声来自天线系统本身的可能性。就是说, 这种噪声应当是来自空间的一种辐射。这种辐射相当于绝对温度在 2.5—4.5K 之间的黑体辐射, 通常称之为 3K 宇宙微波背景辐射。由于天顶方向和地平方向的大气厚度明显不同, 彭齐亚斯和威尔逊测得的这种辐射与方向无关, 排除了地球大气层起源的可能性。由于银河系物质分布不均匀, 因而也排除了银河系起源的可能性。微波背景辐射只可能来自广阔的宇宙。更精确地说, 微波背景辐射是高度各向同性的温度约为 2.7K 的黑体辐射, 这是一种充满宇宙各处的均匀辐射。彭齐亚斯和威尔逊在进行这项重要工作时, 只是为了测试他们的天线的性能。作为工程师, 在完成这项工作后以《在 4080 兆赫上额外天线温度的测量》为标题在《天体物理杂志》上发表他们的结果, 意思是说, 他们在频率 4080 兆赫(即波长 7.35 厘米)处对天线噪声测得的有效温度比预期值高 2.5—4.5 度。1965 年他们又将其修正为 3K, 并将这一发现公布, 为此获得了 1978 年的诺贝尔物理学奖。宇宙微波背景辐射是无处不在的 3K 热(黑体)辐射, 因其峰值在微波区而得名。那问题就来了, 这个背景辐射只是一个 3K 的低温热辐射而已, 而我们周围可是有一层厚厚的大气, 温度在 300K 左右。根据黑体辐射公式, 大气的热辐射在微波区要比 3K 的背景辐射强得多, 我们怎么可能观测得到这个背景辐射呢? 哪里才是解释的关键呢? 因为地球大气的辐射 95% 以上的能量集中在 3~120 微米内, 只要测量远大于 120 微米波长的辐射, 可以认为不受大气辐射的影响。但波长大于 1 米, 会受到银河系高频辐射的影响。从那以后, 已经有许多人对微波背景辐射作了详细的研究, 在相当宽的波长范围内得到了支持黑体辐射谱的结果。也证明了高度各向同性。



1989年11月宇宙背景探索卫星(COBE)升空,获得了丰富的数据,证明实测的微波背景辐射谱非常精确地符合温度为 $2.726 \pm 0.010\text{K}$ 的黑体辐射谱,观测数据与黑体辐射理论曲线的符合情况极好,卫星同时证明,这种辐射具有高度各向同性。1965年初,彭齐斯和威尔逊与狄克小组进行了互访,最后共同确认这个相当于3K的宇宙背景辐射就是“原始火球”的残余辐射。这是对大爆炸理论的强有力支持,从此,大爆炸理论又获得了新生。这一发现终于被狄克、皮伯斯、劳尔和威金森等人作为宇宙大爆炸理论的证据。也就是说,宇宙大爆炸后约200亿年的今天,在宇宙间还残留着3K左右的辐射。

1948年,美国科学家阿尔弗(Ralph Alpher)和赫尔曼(Robert Herman)预言,宇宙大爆炸产生的残余辐射,由于宇宙的膨胀和冷却,如今它所具有的温度约为绝对零度以上5开,或者说5K(绝对零度等于摄氏零下273度,即 $-273^{\circ}\text{C}$ )。但是他们的预言并未引起人们的普遍重视。

发展:但是多年以后,即1965年,美国新泽西州贝尔实验室的两位无线电工程师阿尔诺·彭齐亚斯(Arno Penzias)和罗伯特·威尔逊(Robert Wilson)却十分意外地发现了这种宇宙辐射场,当时他们正在为跟踪一颗卫星而校准一具很灵敏的无线电天线。与此同时,在附近的普林斯顿大学,由罗伯特·迪克(Robert Dicke)领导的一个科学家小组已独立地重新发现了阿尔弗和赫尔曼早先作过的预言,并着手设计一台探测器以供搜索大爆炸的残留辐射。他们听说了贝尔实验室这台接收器中存在着无法阐明的噪声,并立即将它解释为源自大爆炸的残余辐射。它相当于在电磁波谱的微波部分波长为7.35厘米的某种无线电波信号;如果假设它是热辐射,那么它所具有的能量就相应于2.7K的温度--这与阿尔弗和赫尔曼富于灵感的估计非常接近。它被称为“宇宙微波背景辐射”。宇宙微波背景辐射的存在,给大爆炸理论以有力的支持。恩格斯说“只有证明了由辐射而散失到空间的能量可以汇聚起来并重新参与活动,才能彻底证明唯物论成立。”据2010年11月25日出版的《科技日报》记者常丽君报道,2010年11月23日美国物理学家组织网公布,在宇宙微波背景辐射中发现了一种圆环结构;科学家解释说,发现宇宙微波背景辐射中存在圆环结构并不是对大爆炸理论的否定,而是支持可能存在多次大爆炸。这是英国牛津大学物理学家罗杰·彭罗斯和亚美尼亚埃里温物理研究院的瓦赫·古萨德扬最近的发现。

### 3、哈勃定律的提出

1929年哈勃在《美国国家科学院会议文集》上发表了“河外星云的距離与视向速度之间的关系”,在该文中,哈勃根据有关旋涡星云距离的定量数据,提出著名的哈勃定律: $V=DH$ ,其中V就是星云的视向速度,D是星云的距離,H是哈勃常数。这是一个简明的线性关系,而且天文观测的数据又吻合得极好,很快大家都接受哈勃的想法。

科学是实证的,也不仅仅是实证的。我们说科学是实证的,是说科学发端于实验和观测,得到理论、预言,再通过实验和观测检验预言。科学不仅是实证的,因为一旦理论化,可以推出无限多个预言,我们不可能一一检验这些预言,我们只能相信逻辑和数学结构的一致性使得科学成为一个整体。但是,一旦某一天其中一个推论被实验否定,我们就要改进科学本身。宇宙学也如此,宇宙学是科学延伸的极致,因为宇宙学的建立依赖于对规律的极端信任。举一个重要的例子我们就明白为什么是这样:通常天文尺度非常大,我们不可能用寻常的方法测量天文距离。天文距离的测量一般是两种,一种是通过三角关系测量,即所谓的视差。当距离非常大时,我们要借助第二种方法,即找到一种被认为是亮度固定的天体,然后通过表面的亮度决定这个天体距离我们多远:就像一支具有固有亮度的蜡烛一样,我们可以通过眼中看到的亮度确定它离我们有多远,亮度越是微弱,距离我们越远。第二种测量距离的方法含有两个假定,第一是给定的天体有固定的亮度,第二是表面亮度与距离平方成反比。当距离很大时,后一个假定并不能通过寻常的方法检验。我们反过来将第二个假定变成定义,由这个方法定义出来的距离叫视距离。

#### 4、Big Bang Cosmology 的简介

20 世纪最重要的宇宙学理论有 5 个：1. 大爆炸模型理论；2. 恒稳态模型理论；3. 准恒稳态模型理论；4. 马赫原理模型理论；5. 大数定律模型理论。它们都必须与宇宙学观测实验数据尽可能符合，都必须符合所谓宇宙学原理：宇宙大尺度是均匀的各向同性的加速膨胀的；小尺度有结团（星系，星系团，超星系团等等）；量子宇宙是封闭的没有奇点的膨胀与收缩振荡的。目前，21 世纪主流科学认可的是大爆炸模型理论。实际上，宇宙大爆炸说真正的思想起源可以追溯到更远的时期。对于大爆炸学说的思想起源，霍金在《时间简史》中写道：当然，宇宙开端的问题在这之前很久就被讨论过。根据一些早先的宇宙论和犹太人 / 基督教 / 穆斯林传统，宇宙开端于有限的、并且不是非常远的过去的某一时刻。对这样一个开端，有一种议论是感到必须有“第一原因”来解释宇宙的存在。（见《时间简史》第 17 页）

现代宇宙系中最有影响的一种学说，又称 Big Bang Cosmology 宇宙学，与其他宇宙模型相比，它能说明较多的观测事实。它的主要观点是认为我们的宇宙曾有一段从热到冷的演化史。在这个时期里，宇宙体系并不是静止的，而是在不断地膨胀，使物质密度从密到稀地演化。这一从热到冷、从密到稀的过程如同一次规模巨大的爆发。

根据 Big Bang Cosmology 宇宙学的观点，Big Bang Cosmology 的整个过程是：在宇宙的早期，温度极高，在 100 亿度以上。物质密度也相当大，整个宇宙体系达到平衡。宇宙间只有中子、质子、电子、光子和中微子等一些基本粒子形态的物质。但是因为整个体系在不断膨胀，结果温度很快下降。当温度降到 10 亿度左右时，中子开始失去自由存在的条件，它要么发生衰变，要么与质子结合成重氢、氦等元素；化学元素就是从这一时期开始形成的。温度进一步下降到 100 万度后，早期形成化学元素的过程结束（见元素合成理论）。宇宙间的物质主要是质子、电子、光子和一些比较轻的原子核。当温度降到几千度时，辐射减退，宇宙间主要是气态物质，气体逐渐凝聚成气云，再进一步形成各种各样的恒星体系，成为我们今天看到的宇宙。“初始状态可能对于宇宙特征有过根本的影响，也许甚至影响到基本粒子和力的性质。”【1】美国物理学学会前会长和哲学学会前会长 Weeler 教授认为：我们的宇宙开始于所谓“普朗克量子”，而终止于“黑洞”——“大千世界源自量子比特”！

参考文献：

【1】 史蒂芬·霍金。果壳里的宇宙 [M]。湖南：湖南科学技术出版社，2005.1。

#### 5、大爆炸理论的实验根据

Big Bang Cosmology 模型能统一地说明以下几个观测事实：

(1) Big Bang Cosmology 理论主张所有恒星都是在温度下降后产生的，因而任何天体的年龄都应比自温度下降至今天这一段时间为短，即应小于 200 亿年。各种天体年龄的测量证明了这一点。

(2) 在各种不同天体上，氦丰度相当大，而且大都是 30%。用恒星核反应机制不足以说明为什么有如此多的氦。而根据 Big Bang Cosmology 理论，早期温度很高，产生氦的效率也很高，则可以说明这一事实。

(3) 根据宇宙膨胀速度以及氦丰度等，可以具体计算宇宙每一历史时期的温度。Big Bang Cosmology 理论的创始人之一伽莫夫曾预言，今天的宇宙已经很冷，只有绝对温度几度。1964 年，美国贝尔实验室的工程师阿诺·彭齐亚斯(Penzias)和罗伯特·威尔逊(Wilson)在一次检测天线噪音性能的实验中偶然发现了太空中存在波长为 7.35cm 的微波辐射，并且是一个各向同性的讯号。这个信号既没有周日的变化也没有季节的变化。这个额外的辐射就是宇宙微波背景辐射，对应到约为 3K 的宇宙空间黑体辐射。彭齐亚斯和威尔逊也因发现了宇宙微波背景辐射而获得 1978 年的诺贝尔物理学奖。根据 1989 年 11 月升空的宇宙背景探测器 (COBE, Cosmic Background Explorer) 测量到的结果，宇宙微波背景辐射谱非常精确地符合温度为  $2.726 \pm 0.010K$  的黑体辐射谱。继 COBE 之后，比 COBE 角分辨率高近 70 倍的 WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe NASA) 的威尔金森微波各向异性探测器 (WMAP) 于 2001 年进入太空，对宇宙微波背景辐射进行更精确的观测，WMAP 测量到的结果显示宇宙微波背景辐射谱非常精确地符合温度为  $2.725 \pm 0.002K$  的黑体辐射谱，因此 WMAP 的功劳在于清晰地确认了 COBE 的成果。Big Bang Cosmology 理论认为宇宙最初的状态并不均匀，所以才有现在的宇宙和现在星系和星团的产生。科学家们在分析了宇宙中一个遥远的气体云在数十亿年前从一个类星体中吸收的光线后发现，其温度确实比现在的温度要高。澳门发现，背景温度约为 -263.89 摄氏度，比现在测量的 -273.89 摄氏度的宇宙温度要高。

早在 1912 年，施里弗(Slipher)就得到了“星云”的光谱，结果表明许多光谱都具有多普勒(Doppler)红移，这些“星云”在朝远离我们的方向运动。如果运用多普勒效应来解释，那么红移就是宇宙膨胀的反映。随后



人们知道，这些“星云”实际上是类似银河系一样的星系。1929年哈勃(Edwin Hubble)对河外星系的视向速度与距离的关系进行了研究。当时只有46个河外星系的视向速度可以利用，而其中仅有24个有推算出的距离，哈勃得出了视向速度与距离之间大致的线性正比关系。现代精确观测已证实这种线性正比关系  $v = H_0 \times d$ ，其中  $v$  为退行速度， $d$  为星系距离， $H_0$  为比例常数，称为哈勃常数。这就是著名的哈勃定律。哈勃定律揭示出宇宙是在不断膨胀的。这种膨胀是一种全空间的均匀膨胀。因此，在任何一点的观测者都会看到完全一样的膨胀，从任何一个星系来看，一切星系都以它为中心向四面散开，越远的星系间彼此散开的速度越大。当观测者或观测器面对星空时，他（或它）就位于  $R = \int_0^T C(t) dt$  的球心位置， $C(t)$  是星际空间的光速， $T$  就是他（或它）观测星空的时刻，以  $C(t) \Delta t$  为半径的球面处的景象是在  $T$  时刻前  $\Delta t$  时发出的光带来的景象映射， $T C(t)$  为半径的球面处的景象是在观测前  $T$  时刻（也就是  $0$  时刻）发出的光带来的景象映射，这些景象是在  $T$  时刻同时映射到他（或它）的观测点的。可见在他（或它）的面前展现的是一幅时间间隔为  $0$  到  $T$  的宇宙景象的历史画面。离他（或它）越近的是时间越接近其观测时刻的景象，离他（或它）越远的是时间越遥远时的景象。近期的景象信号越强又最接近，故细节观测得越清楚；遥远的信号传输的时间和距离越久远，信号就最弱，越难分辨其面目。所以，任何观测者在任何地点、任何时候面对星空时，他都感觉自己处于宇宙的中心，离它观测的时刻越久远，它看到的宇宙的范围就越宽广；离它观测的时刻越近，它看到的宇宙的范围就越窄小，他永远也看不到宇宙在他观测时刻的实时全景！从而，不同的观测者在任何地点、任何时候看到的宇宙景象，只有时间越久远的，才看得越一致；时间越近的，各人看到的差别就越大。就全景而言，各人的观察是不全相同的。一个人在平地上平视的视野不超过3公里，站在200米的高塔或山顶上，视野不超过30公里，这样的范围内他接受到的光信息时间差不足0.1毫秒，而通常人视觉的时间分辨率仅为10毫秒（如果一个人对距离一米处的图象能分辨1毫米的细节，那他对一公里外的物体，三米大小内的景象就无法辨明了，只有靠望远镜来提高空间分辨率）。从而，人们都以为在他视野中看到的一切都是瞬间发生的，都是他在观测的时刻发生的，是与他同时存在的事物。而以此经验去观测星空，他也以为离他多远的星体只是距离问题，没意识到时间上的差异。这也说明观测实际上已包含着光的性质（光速），如果光速是无穷大的，就没此问题；如果光速与声速一样，也只每秒数百米，那么信息传输的延迟现象就会非常明显了。我们也就不会先见闪电后闻雷声，或先见超音速飞机后听到飞机的轰鸣了。

(4) 在1998年，由美国加利福尼亚大学的劳伦斯伯克国家实验室的Saul Perlmutter教授和澳大利亚国立大学的Brain Schmidt所分别领导的两个小组通过对Ia型超新星爆炸的观测发现了我们宇宙的加速膨胀，他们指出那些遥远的星系正在加速地离开我们。【1】

有许多实验的结果已与Big Bang Cosmology的预言相符，比如早在1948年，科学家预言Big Bang Cosmology后散落的残余辐射因为宇宙的膨胀而冷却，如今它的温度应为绝对零度以上5度。而在1965年，美国两位无线电工程师意外地发现了无线电接收器中无法阐明原因的噪声，后来知道它就是宇宙微波背景辐射，它的温度是绝对温度以上2.7度，与1948年的预言差不多。两位工程师因此获得了诺贝尔物理学奖。拟用超导超级对撞机“模拟宇宙Big Bang Cosmology的space-time和物质状态”，为的是“验证”由相对论衍生出来的宇宙爆炸理论。

洛弗尔指出：“人们常认为Big Bang Cosmology理论中的单子是宇宙一致性假说产生的数学难题。”标准的Big Bang Cosmology宇宙模型有极好的数学对称性，一些物理学家认为这就是以数学方程解析Big Bang Cosmology初始零点时会出现单子的原因。为了修正这个理论，有人就在模型中引入了和观测到的宇宙类似的不规则性，希望这能使起始状态有足够的而不规则性而不至于一切都缩致一个点。然而霍金和埃利斯指出，根据他们计算，在已观测到的范围内，物质分布具有不均匀性的Big Bang Cosmology理论在起点处仍会有单子。为了回避整个关于宇宙起源的问题，一些科学家提出了所谓达到“无限脉动宇宙模型”，即宇宙不断膨胀，收缩至单子，再膨胀，再收缩至单子，永远进行下去。然而物理学家温伯格在《最初的三分钟》里指出，随着每一次连续脉动，宇宙必产生某种递进的变化，因此必须有个起点，而不是可以无限回归，物质世界一直存在着，仍然面对着宇宙起源问题。

奇点物质是能级无限大的物质。根据相对论理论的宇宙能量方程  $V+U=-K/2$ ，当物质半径  $R \rightarrow 0$  时，曲率  $K \rightarrow \infty$ ，能量  $V+U \rightarrow -\infty$ ，其中动能  $V \rightarrow 0$ ，势能  $U \rightarrow -\infty$ 。 $R \rightarrow 0$  时的物质状态就是没有质点（没有大小）的奇点。据英国《星期日泰晤士报》报道，霍金与其合作者、英国剑桥大学数学物理教授图罗克最新提出的“开放暴胀”理论认为，宇宙最初的模样像一个豌豆的物体，悬浮于一片没有时间的真空，“豌豆”状的宇宙存在的时间与“大爆炸”相隔一个极短瞬间。该理论认为，“豌豆”状的宇宙在“大爆炸”前的瞬间内经历了被称为“暴胀”的极其快速的膨胀过程。宇宙在大爆炸后不到1秒的时间里膨胀了大约  $10^{30}$  倍，大约和橘子一般大小，然后开始以较稳定的速率膨胀，直到现在，大约150亿年，成为目前的样子。另外，霍金和图

罗克还根据“开放暴胀”理论推断，宇宙最终将无限地膨胀下去，而不是像一些天文学家所认为的，膨胀到一定程度后会在引力作用下收缩。在这个过程中，物质“疙瘩”逐步形成了星系、恒星以及生命。这个模型暴胀期的长短是个关键。若稍短，物质为充分散开，原生宇宙就有重新坍缩为起点；若稍长，原生宇宙的物质则过于分散，形不成星系和恒星，自然也就不会出现生命和人类。1987年霍金进一步提出了“婴儿宇宙”模型，两个大宇宙通过一个细“管子”连接起来，这个细管子称为“虫洞”，大宇宙为母宇宙，可能存在着从母宇宙分岔出去的另一端是自由的虫洞，这样的管子成为子宇宙、婴儿宇宙。就是说除了我们生存的宇宙之外还可能存在着众多的由虫洞连接起来的其他宇宙。

1992年，萨莫林在前人基础上提出了宇宙自然选择学说。母宇宙是空间闭合的，犹如一个黑洞，该黑洞在生存了一段时间后坍缩为一个奇点，奇点又会反弹爆炸膨胀为新的下一代宇宙。这个学说的要点是，子宇宙中的物理常数较之母宇宙的物理常数会有小的、或强或弱的随机变异，新生的婴儿宇宙在再次坍缩成奇点前能膨胀到几倍普朗克长度大小，随机变异的物理常数有可能允许小小的暴胀，子宇宙可变的较大，当它足够大时，可分隔为两个或更多的不同区域，每个区域又坍缩为一个新的奇点，新奇点又触发下一代的子宇宙，如此时代相传，有的小宇宙重又坍缩，有的具有某些基本常数值值的宇宙能更有效的产生许多黑洞，从而较具有其他某些基本常数值值的宇宙留下更多的后代，借用生物进化论的术语，它们是被“自然选择”下来的，经“选择”作用，产生越来越多的黑洞，也就形成了更多的宇宙。如果宇宙确是由以前的宇宙世代经过这种“自然选择”而产生的话，那么应该预期我们生存在其中的宇宙会具有所观测到的样子并正好具有目前测知的基本常数值。这个学说的另一要点是关于恒星的存在。在许多情况下，恒星是黑洞的前身。在气体和尘埃云中，恒星仍在形成。在碳尘埃微粒表面进行着的化学反应使气体冷却并促使气云坍缩。但碳尘埃粒子是从那里来的呢？斯莫林指出，碳元素是由核聚变反应产生的这一情况只有在质子的质量稍大于中子的质量时才会发生，如果两者质量之差比氦核的结合能大的多，则质子和中子不可能粘在一起形成氦核。没有氦，聚变反应链在第一阶段便终止了，根本形不成更重的元素，从而使恒星将少得多，自然也不会有多少黑洞，因此在任何一个宇宙中，若其中质子与中子的质量相差较大，将只能产生很少的宇宙，也就没有什么“选择”的余地了。

下面是 science 上关于宇宙形状的近期报道：时空结构将宇宙微波背景（CMB）和宇宙的重要结构连在了一起。但是究竟时空结构是什么，而 CMB 的测量又能告诉我们什么呢？在爱因斯坦的广义相对论中，空间和时间被连接在一个有弹性的“簇拓扑空间”——一个数学对象中，这个拓扑空间的每个小片粗看象一个四维的橡胶片。光线沿拓扑空间的轮廓前进，这个轮廓被叫做测地线。在一个平坦的平面上，从一个远距离对象发出的平行光将保持和它们接近一个观测者时同样远近的分隔。但是在一个有正曲率的表面，如一个球，接近的光线将移动更远的间隔，使得远处的物体看起来比正常物体更大。在一个有负曲率的表面，如一个马鞍，平行光束将更紧密的结合在一起，使得物体看起来更小。因为弯曲的簇拓扑空间对光的扭曲不同于扁平的簇拓扑空间，所以弯曲的簇拓扑空间也应该产生不同类型的 CMB。用微波探测器（叫做 BOOMERANG）观察到的 1-degree-wide 波正好是理论预言的扁平宇宙所应该有的，对于这个结论大部分物理学家至少希望用微波各向异性探针的（MAPS）图象证实。一些研究者希望 MAP 将给出关于宇宙大小和形状的更多详细而精确的信息。“当我们看微波背景的时候，我们基本上留意到了球的表面，”普林斯顿大学的一个天体物理学家和 MAP 科学队的一个成员 David Spergel 解释道。如果宇宙是无限的，那么“最后散射的表面”将不能给出关于它的形状的线索。但是如果宇宙是有限的，那么时空和安置在时空当中的散射表面必需使它们自身向后弯。一个足够巨大的球将会把自己相交贯穿至少形成一个圆周，正如一个围绕着销子搭接起来的圆盘一样。实际上，Spergel 说，因为光能通过不止一个路径穿过弯曲的时空，所以天文学家将看到一个交叉点不是一次而是两次，与一对圆周在天空的不同部分描绘出冷点和热点的方式相同。在美国的 Spergel 组和在巴黎天文台由 Jean-Pierre Luminet 领导的组正在研制一些运算法则以搜索在 MAP 数据中的这种信号。其间，数学家 Jeff Weeks，一个纽约州的自由记者已经写了一个把一对圆周转化为宇宙模式的计算机运算法则。Weeks 说，对形象化最容易的是一个“曲面（toroidal）”宇宙比最后散射的表面小。他指出，在包围着一个圆环面的二维宇宙中，天文学家看起来将在假想出的空间的盒子的相对的两个壁上看到同样的点。相似的，在三维曲面（toroidal）宇宙中，天文学家将在相对的方向看到三对圆周。toroidality 仅是对扁平的有限宇宙来说 10 个不同 toroidality 之中最简单的一个。如果宇宙被证实是弯曲的——这一点在当前还不是事实——那么对 Weeks 的运算法则来说将会有无限多的可能性去尝试。“我们将开始尽可能快的关注任何可用的数据，”Weeks 说。如果宇宙合作，他们可以不用等太长时间，Spergel 说：“两年后，我们就能知道我们住在一个有限的宇宙中。” 注解：CMB 是从各个方向袭击地球的持续的电磁声波。这些遥远的声音是大爆炸之后的遗留辐射。CMB 也叫做宇宙背景辐射和微波宇宙背景



霍金和图罗克的新理论在科学界引起了不同的反应。“暴胀”理论权威之一、俄罗斯物理学家林德对霍金等的理论提出了批评。林德称，宇宙自始至终存在，试图发现一个起点和所谓的终点是没有意义的。而英国的一些著名天文学家则出言谨慎。他们指出，霍金的新理论完全是按照物理学定律纯理论推算的结果，它是否揭示了宇宙的本质还有待于实际观测的考验。据悉，美国将于两年后发射一颗卫星来测量宇宙大爆炸遗留的微波辐射，这很可能为霍金的理论提供检验。霍金曾经花了很长一段时间去研究宇宙大挤压(反演)，爱因斯坦的宇宙学公式曾预言也许有这么一个演化阶段存在。那是一个逆演着的时空过程，物理理论几乎全部翻了过来，得出的结论也太荒谬。最后，霍金也不得不放弃他的这个研究。

对于这个“宇宙学的黄金时代”，科学出版社出版的《10000个科学难题(物理学卷)》一书开篇，中科院理论物理研究所的李淼教授也把大爆炸之前宇宙是什么样子回答清楚了。李淼教授说，大爆炸之前宇宙是什么样子？现在流行的看法是，在物质产生之前，宇宙经过一个剧烈膨胀时期，叫暴涨时期。研究暴涨时期的“之前”有物理意义。因为，即使时间不复存在，我们可以问取代时间的概念是什么？近年来关于量子引力的研究结果建议我们用抽象的代数来取代几何概念，就是说，不但时间不复存在，就是空间也不复存在了。这种抽象概念无法用寻常的图像来解释，就像温度这个宏观概念，用到极端如越来越小的体系时，温度会不在适用，而更加正确的概念是分子原子的运动。不过，我们现在还不能肯定暴涨之前时间和空间肯定消失了，因为还存在一些其他理论。其次，一门学科成熟的标志是研究进入误差很小的量化阶段，2006年诺贝尔物理学奖授予20世纪90年代初的一项实验发现，授奖的一个重要原因是，这项发现再次证实了大爆炸理论，因为大爆炸理论预言了微波辐射的涨落。

按照爱因斯坦的论述(1919年)，理论有两大类。一类他称为“构建性理论”，气体动理论就是这类理论的一个范例。另一类他称为“原理性理论”，经典热力学和相对论是这类理论的范例。笔者认为，大爆炸理论应当为“构建性理论。”

附录:

1、“据美国《发现》杂志网站记者 Adam Frank 2001年6月25日报道，美国莱切斯特(Rochester)大学激光能量实验室(Laboratory for Laser Energetics)的天体物理学家们人工构造了一个宇宙诞生初期的环境，并将在这环境中尝试让一个新的宇宙诞生。”

“据该文报道，这个实验室足足有一个足球场那么大，内有几百吨重的玻璃、钢和塑料，这些材料被混合在一起形成世界上最大的激光源，称作 Omega 激光源。而且，为了验证这一激光源的强大威力，每隔一小时，这一强大的能量库就会通过一个超强的闪光灯发射出 15000 伏特的电流，同时产生 60 束分离的中子流，这些中子流呼啸着穿过 180 英尺长的玻璃架，到达一个灼灼闪光的分隔为两层的目标分隔实验室内。在一个巨大的蓝色球体的中心，60 束激光聚焦在空间上的一点，精确度是千分之一英寸。紧接着，所有巨大的能量都释放出来，在这一瞬间，科学家可以创造出只有在一个恒星内部才有的压力和温度。这时候，在只有针尖大小的一点上集中了 60000 亿瓦特的电流，这简直是不可思议的，比整个美国任何时候所需要的全部电流都要大。”

2、新华社电 日本名古屋大学日前公布，由该校研究生院专家参与的一个研究小组在银河系附近大小麦哲伦星云之间发现 7 个能演变为星系的分子云，为“星系仍在不断诞生”的观点提供了证据。研究人员利用位于智利的南天射电望远镜观察连接大小麦哲伦星云的氢原子气体带“麦哲伦桥”，并在其中距离地球约 20 万光年处发现了 7 个分子云。这 7 个分子云聚集在约 6000 光年的范围内。通过计算这些分子云的质量和运动速度，研究人员推测，20 亿至 30 亿年后这些分子云将演变为气体和超过 100 万个恒星，从而形成小型星系。大小麦哲伦星云是离银河系最近的星系，而之前发现的“星系种子”都距离地球 1000 万光年以上。参与研究的名古屋大学天体物理学专家福井康雄说，此次是科学家首次在距地球如此近的地方发现分子云，为星系仍在不断诞生的观点提供了证据。同时，这也为近距离、详细观察分子云提供了可能，有助于早日解开星系形成之谜。

3、新华网北京 2006 年 10 月 3 日电(记者颜亮)宇宙起源和命运的线索隐藏在它早期产生的微波背景辐射中。美国科学家约翰·马瑟和乔治·斯穆特凭借他们在宇宙微波背景辐射研究领域取得的成果，将宇宙学带入“精确研究”时代，并因此荣膺今年诺贝尔物理学奖。

目前科学界普遍接受的宇宙起源理论认为，宇宙诞生于距今约 137 亿年前的一次大爆炸。微波背景辐射作为大爆炸的“余烬”，均匀地分布于宇宙空间。测量宇宙中的微波背景辐射，可以“回望”宇宙的“婴儿时代”场景，并了解宇宙中恒星和星系的形成过程。



虽然人们在上世纪 60 年代就已知道微波背景辐射的存在，但针对这种大爆炸“余烬”的测量工作一开始都是在地面上展开，进展十分缓慢。大爆炸理论曾预测，微波背景辐射应该具有黑体辐射特性，但一直未能得到地面观测结果的确认。

借助 1989 年发射的 C O B E 卫星，马瑟和斯穆特领导的 1000 多人研究团队首次完成了对宇宙微波背景辐射的太空观测研究。他们对 C O B E 卫星测量结果进行分析计算后发现，宇宙微波背景辐射与黑体辐射非常吻合，从而为大爆炸理论提供了进一步支持。

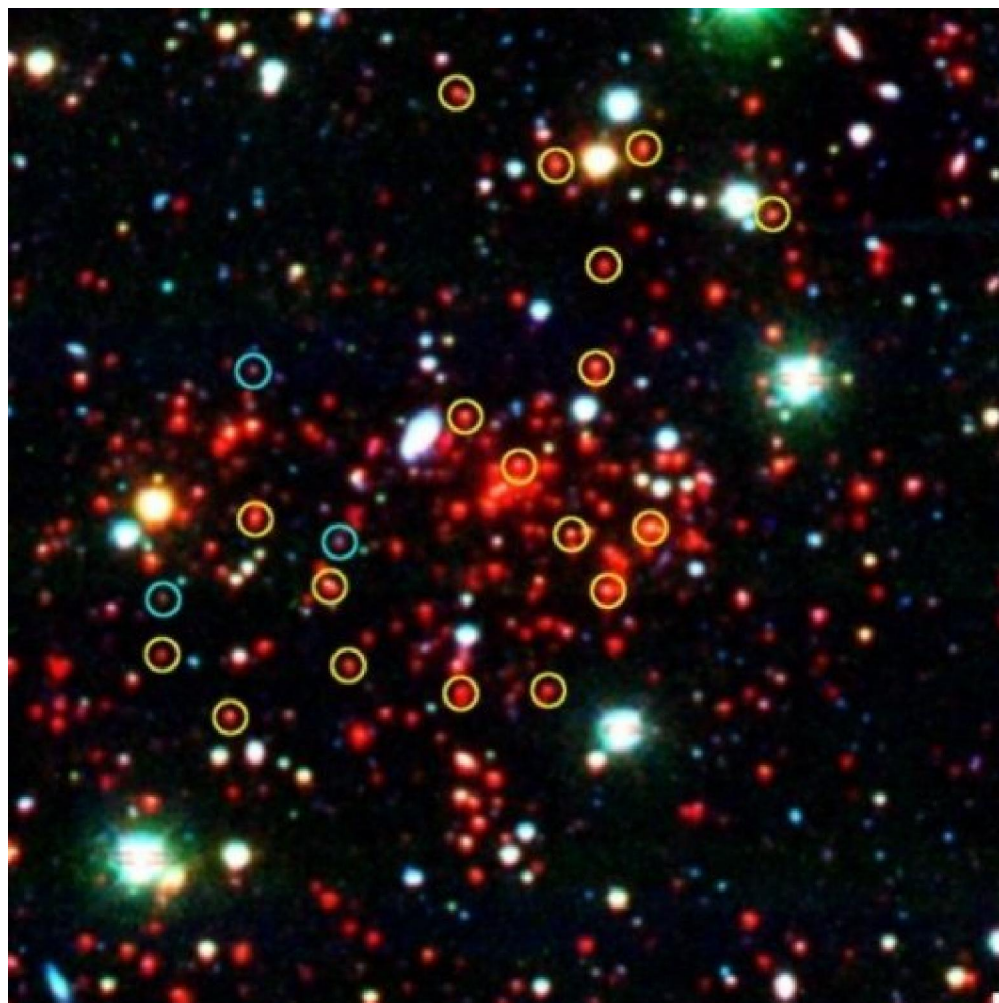
另外，马瑟和斯穆特等还借助 C O B E 卫星的测量发现，宇宙微波背景辐射在不同方向上温度有着极其微小的差异，也就是说存在所谓的各向异性。这种微小差异揭示了宇宙中的物质如何积聚成恒星和星系。诺贝尔奖评审委员会提供的材料介绍说，如果没有这样一种机制，那么今天的宇宙很可能完全不是现在这个样子，其中的物质也许像淤泥一样均匀分布。

马瑟和斯穆特等人实现了对微波背景辐射的精确测量，标志着宇宙学进入了“精确研究”时代。著名科学家霍金评论说，C O B E 项目的研究成果堪称 20 世纪最重要的科学成就。在 C O B E 项目的基础上，耗资 1.45 亿美元的美国“威尔金森微波各向异性探测器”2001 年进入太空，对宇宙微波背景辐射进行了更精确的观测。而欧洲“普朗克”卫星不久也将发射升空，继续提高研究的精确度。

参考文献:

【2】 王义超: 暗能量的幽灵。中国 <财经> 杂志, 总 176 期, 2007-01-08。

附录 1:70 亿光年外发现巨型星系团 质量为太阳 800 万亿倍



这张图像是由斯必泽红外空间望远镜和位于智利托洛洛山的泛美天文台 4 米口径望远镜获取的数据合成的。图中，老年星系成员被用黄色圈子圈出，而年轻成员则用蓝色圈子圈出。最近天文学家观测到一个距离地球达 70 亿光年的巨型星系团。这个庞然大物的质量大约为 800 万亿个太阳质量，包含数百个星系，这使其成为在如此遥远距离上发现过的质量最大的星系团。

尽管它的质量如此之大，但要不是注意到了它强大的引力对宇宙微波背景辐射效应造成的扭曲影响，科学家们还不会发现它。根据大爆炸理论，宇宙微波背景辐射(CMBR)是宇宙诞生时产生的辐射残余。大爆炸发生之后，离子和电子形成了宇宙中第一批原子，并辐射出光子，这些光子在接下来的 137 亿年中穿越广袤的物质宇宙，最终抵达地球上的望远镜而被人看到。当光子穿越大质量星系团时，由于 S-Z 效应的作用，它将受到影响，从而改变性质。大质量星系团中大量的高能电子与宇宙微波背景辐射的光子碰撞，将其一部分能量传递给后者并使其成为高能光子，这一过程也被称作“逆康普顿散射”。

利用这种效应，研究人员使用位于南极的南极望远镜(SPT)已经成功找到了几个隐藏的星系团。但这次新发现的这个其中质量最大的一个，它已经被命名为 SPT-CL J0546-5345。

因为这一大质量星系团极度遥远，因此我们现在所看到的是它在 70 亿年前的模样，那时候宇宙年龄只有现在的一半，而我们的太阳系还没有形成。但即便是这时，它的质量已经差不多和附近的后发座星系团相当，而这是我们已知密度最大的星系团之一。在那之后的漫长岁月中，天文学家估计其质量至少已经增长了 4 倍，这将使其成为宇宙中质量最大的星系团之一。关于这一星系团的研究细节将发表于《天体物理学快报》(*Astrophysical Journal Letters*)。

但是这一星系团也表现出不寻常的一面。其内部充满着已经看不到快速恒星孕育场面的星系，这表明这些星系都已经进入老年。这也说明这一星系团一定是在宇宙形成之后最初的 20 亿年内便开始成型的。所配的这张图像是由斯必泽红外空间望远镜和位于智利托洛洛山的泛美天文台 4 米口径望远镜获取的数据合成的。图中，老年星系成员被用黄色圈子圈出，而年轻成员则用蓝色圈子圈出。

对这样遥远距离上的大质量星系团的观测数据可以帮助研究人员进一步理解暗物质和暗能量是如何影响宇宙结构的形成的。

## 6、大爆炸理论的经典力学基础

事实上米恩在 1943 年就指出【1】，牛顿引力理论也能用来描述宇宙膨胀。除了不含宇宙常数项外，导出的动力学方程与弗里德曼宇宙学方程完全一样（曲率常数等价于积分常数）。运动方程中不含任何相对论修正因子，这个结果也告诉我们，罗伯逊—沃克度规描述的实际上仅是牛顿力学意义上的时空结构。建立在罗伯逊—沃克度规基础上的宇宙学理论在本质上是牛顿力学意义上的理论，它最多仅适用与宇宙膨胀速度大大小于光速情况下的宇宙过程。这也是在许多情况下，现有标准宇宙学理论能与实际天文观察相一致的原因。但它不适合于描述高速膨胀情况下的宇宙过程，对于宇宙膨胀速度较大的情况，比如位于宇宙学距离上的超新星红移问题，建立在罗伯逊—沃克度规基础上的推论是靠不住的。

参考文献：

【1】E. A. Milne, A Newtonian Expanding Universe, General Relativity and Gravitation, Volume 32, Number 9, Publisher: Springer Netherlands, September (2000).

## 7、大爆炸理论的广义相对论基础

2006 年 6 月 19 日，霍金在北京人民大会堂谈到：“为了解宇宙的起源，我们必须把广义相对论和量子理论相结合。最重要的问题是理解宇宙为什么是这样子，怎样变成这个样子？……宇宙起源于爆炸，时间终结于黑洞……”。研究广义相对论，就不能不提到著名的奇点定理。在 1965 年至 1970 年之间，彭罗斯和霍金证明了广义相对论的奇点定理，他们得出：在广义相对论中奇点是不可避免的，即只要爱因斯坦的广义相对论正确，并且因果性成立，那么任何有物质的时空，都至少存在一个奇点。【1】——【3】

爱因斯坦宇宙模型的提出

$$dl^2 = R^2 \{ dr^2 / (1-r^2) + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \}$$

$$\text{广义相对论: } 3\ddot{R} = -4\pi G(\rho + \frac{3P}{c^2})R$$

$$\dot{R}^2 + kc^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho R^2$$

( $k$ 只能取3个值:  $+1$ (有限)、 $0$ (平直)、 $-1$ (无限))

$\dot{R} = 0$ : 要求 $k$ 为正, 即 $k = +1$ , 宇宙有限

$\ddot{R} = 0$ : 因 $\rho$ 和 $P$ 均为正, 不可能有 $\rho = -\frac{3P}{c^2}$ ,  $\ddot{R}$ 不可能为 $0$ 。

广义相对论: 不可能有静止宇宙

1917年, 爱因斯坦发表《根据广义相对论对宇宙所做的考查》, 首次将广义相对论应用于宇宙学。现代宇宙学由此开始。为了得到一个静态宇宙模型, 他在引力场方程中加上了一个宇宙项, 得出  $R_{\mu\nu} - \lambda g_{\mu\nu} = -k(T_{\mu\nu} - 1/2 g_{\mu\nu} T)$ 。由此爱因斯坦得出一个静态的、有界、无边的宇宙模型。

1973年, 霍金和埃利斯出版了《时空的大尺度结构》一书, 这本书是霍金的一部代表作, 书中的部分内容是基于霍金的 Adams 奖的获奖论文。在这本书里, 霍金对奇点定理做了总结, 并在此基础上, 提出了关于宇宙的两个预言: 其一, 大质量星体的最终归宿是塌缩到事件视界背后的包含奇点的黑洞, 即宇宙中存在黑洞。其二, 我们的过去存在奇点, 它构成了宇宙的开端。【4】

由此可见, 奇点定理为黑洞和大爆炸宇宙学提供了理论依据。毫无疑问, 霍金对奇点定理的数学推导是正确的, 但问题的关键是如何在物理上解释这个定理。

自从奇点定理提出后, 一些广义相对论的研究人员认为: 既然爱因斯坦广义相对论是正确的, 根据奇点定理, 奇点将不可避免, 因此, 物理学应该接纳奇点, 接纳无穷大。这就是目前许多理论物理学家对奇点定理的理解。基于这种观点, 在过去的 40 多年里, 与奇点相关的一些领域, 例如黑洞和大爆炸宇宙理论得到了发展。在黑洞理论中, 黑洞中心是一个奇点, 在奇点处, 物质的压力无穷大, 物质的密度也是无穷大, 在黑洞的外面, 还存在一个无限红移面, 为了避免裸奇点的出现, 彭罗斯还提出了宇宙监督假说。大爆炸宇宙学打破了“物质不灭、时间永恒”的观念, 提出了宇宙有开端, 时间有起点的观点。

奇点定理实际上提出了一个问题, 物理上究竟允许不允许出现无穷大, 要回答这个问题, 历史上的经验值得借鉴, 在物理学的历史上, 只要物理理论中出现无穷大, 这个理论多半就是错误的, 或者是一件不可能发生的事情, 例如: 理想流体中会出现奇点, 这说明理想流体理论所描述的运动, 不是真实的流体运动, 真实的流体有粘性。

在黑体辐射公式中的紫外灾难, 表明 Rayleigh-Jeans 的公式有漏洞, 因而普朗克建立了量子理论。而以光速运动的物体将具有无穷大的质量, 让爱因斯坦提出了物体运动不可能达到光速。由此可见, 在物理学的其它分支, 物理理论中是不允许有无穷大的结果出现。只要物理理论中出现无穷大, 这个理论多半就是错误的。既然奇点定理得出在广义相对论中奇点是不可避免的, 那么, 对奇点定理实际上还存在另一种解释, 即在爱因斯坦的广义相对论中一定存在问题。找出广义相对论存在的问题, 找出奇点产生的根源, 对爱因斯坦理论进行修正, 这才是广义相对论研究的正确方向。

#### 参考文献

- 【1】Penrose, R., Phys. Rev. Lett., 1965, 14 p57.  
 【2】Hawking, S. W., Proc. Roy. Soc. Lond. 1967, A300, p187.  
 【3】Hawking, S. W., Penrose, R., Proc. Roy. Soc. Lond. 1970, A314, p529.  
 【4】Hawking S W, Ellis G F R. The large scale structure of space-time. Cambridge: Cambridge University Press, 1973.

#### 8、大爆炸理论与现代物理学基本原理之间的矛盾

现代物理学认为物质之间有四种相互作用, 可是大爆炸理论没有提及大爆炸是何种相互作用。能量守恒定律认为能量是不可创造, 质量守恒定律认为质量是不可创造, 电荷守恒定律认为电荷是不可创造, 大爆炸理论认为能量、物质(质量)、电荷、空间、时间已经被一个无限小的点爆炸创造, 并且是在四大皆空发生的, 如何理解这些关系? 大爆炸理论和动量守恒定律以及角动量守恒都是不相容的。

从辩证唯物主义的观点来看, 宇宙大爆炸理论显然是错误的, 因为能量守恒和质量守恒定律是宇宙中的最基本定律, 大爆炸只能使能量和质量改变形态, 其数量在爆炸前后应相等, 绝不可能从某个时刻开始无中



生有。

李新民先生提出了大爆炸理论的十个问题:1.炸出了时间的起点,产生了创世的哲学问题,支持了上帝创世的宗教学说。2.炸出了客观规律,客观规律的出现从创世那天才有,并且在不同的爆炸阶段表现不同。例如,任何物质都受大爆炸力的一个作用方向,那么任何物质都存在一个不同的惯性趋向,即物质的惯性各不同。3.炸出了绝对运动,物质粒子从静止被炸开,从静止开始运动,并且爆炸力驱动物质产生绝对运动。4.炸出了无穷大的能量,即提供爆炸力的能量是无穷大的。5.炸出了运动,和现有的科学理论发生冲突。即,运动不是绝对的和永恒的。6.炸出了宇宙是有限的,宇宙是从有限大小开始爆炸的。7.炸出了绝对空间。在以大爆炸为圆心的任一法线上,其物质运动矢量方向不同。8.炸出了真空空间。爆炸区域外是真空空间,宇宙正在向外面的真空空间膨胀。即空间分成两部分,宇宙内是充满物质和光子的空间,宇宙外是真空空间。9.宇宙暴涨,暴涨出了一个人择的宇宙。我们的宇宙是平坦的,膨胀的,有规律可循的。而其他宇宙是惊涛骇浪,坑坑洼洼,并且和我们相邻的宇宙,光信号无法传达,无法联系,不是各宇宙的光不一样,就是各宇宙之间有一堵无法穿越的墙。10.宇宙暴涨,暴涨出宇宙有第二次点火的意志和第二次能量来源。

设星系在 $\Delta t$ 内退离距离 $\Delta D=V\Delta t=H\Delta t$ ;依据哈勃关系式 $\Delta\lambda/\lambda=\Delta D/D$ , $\Delta\lambda$ 应随时间线性增加,即该定律成立的必要条件是红移谱线持续移动而不是红移。取 $H=3\times 10^{-2}\text{m/s}\cdot\text{光年}$ ,代入后可以得到: $\Delta\lambda/\lambda=\Delta D/D=H\Delta t=3\times 10^{-2}\text{m/s}\cdot\text{光年}\cdot\Delta t=10^{-10}/\text{年}\cdot\Delta t$ ,也就是说,任一星系的 $\Delta\lambda/\lambda$ 都将以每年 $10^{-10}$ 持续增加。60年代的观测精度( $\Delta\lambda/\lambda\sim 2.5\times 10^{-15}$ )已达这个数据的 $4\times 10^4$ 倍,要证明哈勃定律成立,就必须提供同一星系 $\Delta\lambda/\lambda$ 随时间线性增加的观测证据。近40年来,新理论与新技术的结合,相继发现了一些不调和的红移现象。海尔天文台的阿普80年代末就宣称:“我们已知有38个不调和红移天体与24个星系相关联。这个数字之大,不允许我们将它一笔勾销”。依据这些佐证,至少在某些情况下,关于红移跟膨胀关联是“唯一的”传统解释并不能成立。红移跟运动的关联确实并不具有唯一性:依据广义相对论,具有强引力场的静止物体发出的光,在引力势较高处观测也要红移。即光的频移有两种机制;通常的解释是:“引力不能定量解释星系的普遍红移,引力效应至少不占主导地位”,可以忽略不计。

60年代苏联专家利用穆斯堡尔效应在高度差 $H=22.5\text{m}$ 的条件下,“极其精密地测得 $^{57}\text{Fe}$ 的一条 $\gamma$ 谱线的紫移,波长相对变化仅有 $\Delta\lambda/\lambda\sim gH/C^2\sim 2.5\times 10^{-15}$ ,与理论预告值在误差范围内符合”。引力频移被精确地测量出来后,就不得不承认“引力是一种极其巨大的力量”。据此不难算出,在地球引力场中以光速通过22.5m,需时 $\Delta t_1=h/C=22.5\text{m}/(3\times 10^8\text{ms}^{-1})=7.5\times 10^{-8}\text{s}$ 。由哈勃关系 $\Delta\lambda/\lambda=\Delta D/D=H\Delta t=10^{-10}/\text{年}\cdot\Delta t$ ;当 $\Delta\lambda/\lambda\sim 2.5\times 10^{-15}$ 时, $\Delta t^2=2.5\times 10^{-15}\times 3.15\times 10^7\text{s}/10^{-10}=7.88\times 10^2\text{s}$ 。即在相对频移量相同的情况下,哈勃效应需要 $7.88\times 10^2\text{s}$ ,而引力效应则只需要 $7.5\times 10^{-8}\text{s}$ ;故可得引力效应/哈勃效应= $7.88\times 10^2\text{s}/(7.5\times 10^{-8}\text{s})=1.5\times 10^{10}$ 。面对这样的计算结果,由列梅特、伽莫夫等人依据哈勃定律发展而来的大爆炸-膨胀宇宙论,其基础已经彻底崩塌而无疑。哈勃的观测结果并没有错;但是这个结果只是“宇宙在膨胀”的充分条件,“宇宙在膨胀”的必要条件是红移谱线“持续移动”而不是“红移”。

## 9、相对性原理和宇宙学原理的疑难

在相对论体系中,一些基本原理之间的关系并不完全协调。相对性原理认为运动都是相对的,没有什么东西能够作为参考系来判断宇宙是处在什么状态之中,可是现代物理学从频率红移现象得出宇宙在膨胀,进一步发展为Big Bang Cosmology理论。

爱因斯坦说:“我们也不知道,究竟是不是只有在有重物质的附近,它的结构才同洛伦兹以太的结构不大相同,以及宇宙范围的空间几何究竟是不是近乎欧几里德的,但是我们根据相对论的引力方程却可以断言,只要宇宙中存在一个哪怕很小的正的物质平均密度,宇宙数量级的空间的性状就必定存在着对欧几里德几何的偏离。在这种情况下,宇宙在空间上必定是封闭的和大小有限的,其大小则取决于(物质的)平均密度。”但是,物理学家讲“就整个宇宙来说,空间的弯曲有多大呢?30多年来对此做了许多直接的测量和间接的测量,很遗憾没有一致的结果。几乎一半的结果支持宇宙空间是属于三角形三内角和大于 $180^\circ$ 的类型,而另一半则认为它是属于小于 $180^\circ$ 的类型。这种平分天下的现象使敏感的人意识到,真正的情况可能正是两方的平均,即三内角和等于 $180^\circ$ 度,宇宙空间不存在弯曲。的确,如果回到宇宙早期去考查,这种观点就更加令人信服了。因为,即使用现代相当分散的数据,也都表明早期宇宙的空间不存在弯曲。这一结论的精度高达 $10^{-60}$ ,这可能是目前已知的一种最精确的‘不存在’。”“现代宇宙学正在努力寻求证明:我们生活的宇宙,在大尺度上必定(或非常近于)是欧氏空间。”

在COBE和WMAP观察到的‘微波背景辐射温度谱’图中,明显存在有一个偶极矩。这个偶极矩被解释为是由于银河系中心的空间运动产生的多普勒效应。根据COBE的观测结果,给出的数据是:银河系中心的

空间运动的速度是 547 km/s, 运动的方向指向银经 266 度, 银纬 29 度。然而根据标准宇宙学模型中的哈勃定律, 银河系中心是不应当存在这个空间运动。由此可见宇宙学原理从银河系中心的这个空间运动的存在, 也是不能成立的。银河系中心的这个空间运动显然可以理解为是相对于牛顿的‘绝对惯性参考系’的运动。

关于用微波背景辐射定义的‘绝对惯性系’的物理意义, 俞允强教授在他的‘热大爆炸宇宙学’一书中有这样的论述: ‘考虑到宇宙介质和它占据的空间都在膨胀, 全局性的参考系是不存在的。因为参考系须由一群相对静止的物体组成。实际使用的参考系都只是局域的测量基准。上面讲的静止系也只是局域的。以观测到的背景辐射为各向同性作准则, 不同的地方有各自的静止系。它们之间是随着宇宙的膨胀而有相对运动。所以, 这样的静止系与牛顿的绝对空间很不一样’。

英国著名学者邦迪早在 1962 年《物理学和宇宙学》的演说中明确提出, 相对性原理要求惯性系之间没有优越的速度, 河外星系红移等却具有优越速度; 满足相对性原理的基本物理规律没有时间方向, 宇宙演化本身就给出时间方向“在宇宙学和通常的物理学之间, 看来存在着明显的冲突。”微波背景辐射发现后, 问题更加突出。1971 年, 爱氏的学生和追随者伯格曼在《宇宙学作为科学》一文中认为, “宇宙环境对于局部实验的影响导致相对性原理的等效破坏。”但是, 在相对论体系中分析宇宙效应的数据, 仍然要用以相对性原理和庞加莱不变性为依据的基本物理量和有关物理规律。这就出现问题: 在什么意义下可以利用闵氏时空和庞加莱不变性下的物理量和物理规律, 来分析有关宇宙效应的数据? 近似程度如何? 在相对论体系中二者如何协调?

通常认为, 这些不协调是对于两类不同的物理问题所引起的, 不是本质的冲突。就像其他物理理论一样, 往往可以用来研究具有不同对称性的物理系统。然而, 狭义相对论与宇宙学的关系却并非如此: 两者都是关于时空的理论, 宇宙学的基础广义相对论, 是以狭义相对论为基础建立起来的; 而相对性原理却又明显与宇宙学观测不相容。事实上一切实验和观测都是在我们的宇宙之中进行的, 如果找不到我们的宇宙所近似满足的宇宙学原理和相对性原理之间的关系, 在宇宙尺度上, 由相对论以及庞加莱不变性引申出来的观念和理论就会失去严格的基础。何况, 物理学的一个重要趋势, 是将宇宙尺度与微观尺度的物理联系起来, 由相同的物理规律来描述。这就必须解决相对性原理与宇宙学间的不协调。然而在相对论体系中却无法做到。

其实, 这种不协调甚至可以追溯到伽利略。在划时代名著《关于托勒玫和哥白尼两大世界体系的对话》(1632 年)中, 伽利略论述了在平静水面上静止或平稳匀速航行的大船中, 人们通过在船舱内的任何实验和观测, 都无法发现大船是在静止还是在航行。他以此来反驳托勒玫学派对于哥白尼学说的非难: 如果地球在绕着太阳转动, 为什么我们丝毫没有觉察? 这就是后来称之为伽利略相对性原理的著名论述。但是, 伽利略要求“把你和你的朋友关在大船甲板下的主舱里面”。换句话说, 实验者不能向外观望。显然, 如果向外观望, 就可以从大船与岸边的相对运动, 也可以通过天文观测, 来判断大船的运动状态。如果存在“以太漂移”, 即使在封闭的船舱内, 也能够判断大船的运动。以伽利略相对性原理为基础的牛顿体系包含着这些不协调: 牛顿体系无法建立自洽的宇宙图景, 无法解决这些不协调。

相对性原理要求存在惯性系, 与引力无关的物理规律在惯性系之间的 10 个(空时平移 4、推进 3、空间转动 3) 参数的彭加勒变换群  $ISO(3, 1)$  下保持不变。对于这些惯性系而言, 没有自身优越的速度、时间没有方向性等等。对于我们的实验室而言, 只要不管引力和宇宙学效应, 闵氏空时和彭加勒不变性就是相对论性物理学的理论和实验分析的框架。所有实验, 都与此符合得非常好。空时测量、同时性的定义以及一些基本的物理量的定义, 全都基于相对性原理和彭加勒不变性, 特别是其中的空时平移不变性。在力学中, 能量、动量和质量的定义和守恒, 以及质能公式都与空时平移不变性密切相关。在场论中, 相应的物理量和公式同样如此; 而且不同物理性质的场可以看作是彭加勒群的不可约表示, 这些表示以彭加勒群的两个卡希米算子的本征值来表征, 分别是质量平方和质量自旋的平方。第一个算子完全由平移群的生成元给出, 第二个算子依赖于平移群和齐次洛伦兹群的生成元, 它们共同构成彭加勒群的代数。然而, 一旦这些实验室要进行天文观测, 或者进行与宇宙背景有相互作用的实验, 而且恰恰就是要测量这些相互作用的效应, 那么, 这类实验室中的观测者就会发现: 河外星系红移表明具有优越速度、暗示宇宙在膨胀, 而宇宙膨胀给出了时间箭头; 微波背景辐射大体上可以代表宇宙背景空间的性质, 不过要扣除我们的实验室相对于微波背景辐射的“漂移”。对于这类与宇宙效应相关的实验和观测的结果的分析必定表明: 相对性原理对于这类效应不再成立; 时间反演和时间平移不变性不再存在; 适当扣除我们实验室的“漂移速度”, 并忽略原初扰动、在一定近似下, 宇宙背景空间是 3 维均匀各向同性的, 具有 6 个参数的变换群; 这样, 宇宙背景空时的度量是弗里德曼- 罗伯孙- 沃克度量, 它依赖于标度因子和一个标记三维宇宙空间为开放的伪球、平直的欧氏空间还是闭合的球的参数  $k = -1, 0, 1$ , 对应的对称性分别是转动群  $SO(3, 1)$  欧几里德群  $E(3)$  和转动群  $SO(4)$ ; 标度因子仅仅依赖于宇宙时和  $k$  的值, 其形式由宇宙中物质分布的能量动量张量通



过爱因斯坦场方程决定。在这样的背景空时里，由于存在优越速度和时间方向，相对性原理不再成立。这就是前面提到的邦迪和伯格曼等指出的疑难。但是，在相对论体系中分析这类宇观效应时，又不得不用到以相对性原理和彭加勒不变性为依据的基本物理量的定义和有关的物理规律。因此，这就出现了问题：局部实验室中的物理学和天文学家，在什么意义下可以利用闵氏空时和彭加勒不变性定义的物理量和物理规律，来分析从局部实验室得到的有关宇宙效应的数据和信息呢？在相对论体系中如何将二者协调起来呢？通常认为，这些不协调，仅仅是对于两类不同的物理问题所引起的，而非本质的冲突；就像其他物理理论一样，往往可以用来研究具有不同对称性的物理系统。然而，应该强调的是，狭义相对论与现代宇宙学的关系并不那么简单。首先，两者都是关于空时认识的理论，现代宇宙学的基础是广义相对论，广义相对论又是在狭义相对论的基础上建立起来的；然而，狭义相对论的一些极为重要的性质又明显与现代宇宙学的观测不相容。由于我们的一切实验和观测都是在我们这个宇宙之中进行的，如果找不到我们的宇宙所近似满足的宇宙学原理和相对性原理之间的关系，在宇观尺度上，狭义相对论以及彭加勒不变的理论，就失去了严格的观念基础。更重要的是，我们的宇宙是一个演化的系统，这是相对论物理学在上个世纪对于自然科学的一个极其重要的贡献；当今物理学的一个趋势恰恰正是将宇观尺度的物理与微观尺度的物理联系起来，由相同的物理规律来描述。这就必须解决上述狭义相对论与现代宇宙学之间的不协调。然而，在爱因斯坦相对论体系中却很难做到。

这种不协调却值得反思。反映基本自然规律的基本原理之间应该是相互协调的。因此应该存在排除这种不协调的空间、时间和宇宙理论。这样一来，宇宙学原理就应该成为作为相对性原理基础的惯性运动的保障或者起源；同时，就会在满足相对性原理的惯性系中“挑选”出一类相对“优越的”惯性系。于是消除这两个原理的不协调，有可能在给出惯性运动的宇宙学起源的同时，回到存在一类“优越的”惯性系。当然，这并不意味着回到牛顿，因为牛顿体系根本不能建立自洽的宇宙图景。

其实，在马赫对牛顿绝对空间的批判中就隐含着这一点。马赫认为，质点不是相对于绝对空间，而是相对于整个宇宙作惯性运动：“如果我们说，物体保持其在空间的方向和速度不改变，我们的这一断言只不过是相对于整个宇宙的简述。”“我们怎么能够确定这样的参照系？只能参照宇宙中的其他物体”（《力学史评》）这就隐含着要求：相对性原理与宇宙图景之间应该相互协调是否存在这种理论呢？

爱因斯坦提出宇宙是‘有限但没有边界’这个概念，把只在局部有限区域内成立的广义相对论引力理论应用到宇宙学的研究中去。从数学考虑出发，宇宙是可以‘有限但没有边界’，但是宇宙是‘有限但没有边界’这个概念并没有任何观测依据。于是有些学者根据爱因斯坦‘宇宙是有限但没有边界’这个概念提出：我们现在所处的宇宙只是个‘小宇宙’，在‘小宇宙’之外还存在有‘大宇宙’这个概念。在所谓‘大宇宙’中还存在有许多和我们所处的宇宙一样的其它‘小宇宙’。标准宇宙学模型只是描述我们所处的这个‘小宇宙’的理论模型。

后来的天文观测证明，宇宙并不是如爱因斯坦假设的那样‘有限但没有边界’。现代天文观测表明，即使根据标准宇宙学模型，许多理论物理学家也相信，宇宙物质的总密度应当等于 1，即宇宙应当是平坦的。平坦的宇宙应当是无限的。这样，广义相对论引力理论‘应用范围应当是局部有限区域’的要求便无法得到满足。如果承认宇宙是无限的，理论物理学家实际上是不留痕迹地把爱因斯坦所杜撰的密闭‘死亡电梯’变成无限的宇宙。这显然是不符合爱因斯坦当年杜撰密闭‘死亡电梯’时的初衷。

可是后来的天文学家和理论物理学家，在用广义相对论进行宇宙学研究时，只注意了如何对广义相对论引力方程从数学上进行求解，对在‘无限的宇宙’中应用只在局部有限区域成立的广义相对论引力理论是否合理似乎很少有学者加以考虑。人们把爱因斯坦在引进宇宙学原理后，从广义相对论引力方程简化得到的所谓宇宙学方程，认为是研究宇宙学不可动摇的基础。Friedmann 也只是去掉爱因斯坦后来又引进的宇宙学常数，从而得到了宇宙膨胀的数学解。如果在‘无限的宇宙’中应用只在局部有限区域成立的广义相对论引力理论是不合理的，显然这样得到的宇宙膨胀解也不可能是合理的。

实际上在宇宙的不同层次结构中，可以应用俞允强教授的有心力场假设对天体运动用广义相对论引力理论进行求解。这样做才符合广义相对论对适用范围只能是局部区域这个限制要求。把只在局部有限区域成立的广义相对论引力理论，加上宇宙学原理作为研究宇宙学的基本假设，实际上是偷偷地把只在一个局部的有限范围内成立的广义相对论引力理论的应用范围，扩大到整个无限的宇宙。

## 10、大爆炸理论与广义相对论的矛盾

《自然杂志》19卷4期的‘探索物理学难题的科学意义’的97个悬而未决的难题：62。奥伯特佯谬能否解决？

广义相对论认为一切参考系都等价，无法确定整个宇宙的运动状态，可是大爆炸理论却认为这个宇宙处于膨胀阶段，如何理解这一关系？宇宙学观测表明宇宙是膨胀着的，通过对微波背景辐射和宇宙大尺度结构



等的观测，宇宙的历史可以追溯到极早期发生的大爆炸。我们所知的基本物理，比如广义相对论和粒子物理标准模型，在那里都不适用。为理解宇宙起源，需要了解大爆炸时期的基本物理量，可是根据相对论时间不能倒流，如何了解大爆炸时期的基本物理量？

宇宙空间是有限的还是无限的，这是古今中外思想家科学家都极为关心极为感兴趣的一个问题。文献【1】表达了一种普遍共识：相对论宇宙学“认为宇宙有限，这是对 20 世纪以前宇宙观念的极大改观。”【1】

在相对论体系中，存在着一些带有根本性的困惑。例如在弯曲时空中如何测量质量、能量、角动量和自旋等物理量？事实上，在广义相对论中，这些物理量的测量和定义依赖于狭义相对论，特别是依赖于狭义相对论闵氏空时中的平移。然而在广义相对论的局部闵氏空时中却并不存在这种平移。当然，如果引力效应很弱，局部实验室可以在一定的近似下忽略引力近似具有闵氏空时的平移。但是一个局部实验室与宇宙尺度的现象有关的实验和观测，比如观测星系红移、测试与微波背景辐射的作用，那么局部实验室得到的有关数据，就必然与狭义相对性原理冲突。狭义相对论的平移力不再严格成立。哈恩说：“在宇宙大爆炸后应该有同等数量的物质和反物质。但是，今天只是物质主宰我们的地球，所以这可以解释当我们相互握手时，为何我们不会消灭对方。如果中微子产生自己的反粒子，这可能帮助我们了解更多关于上述不平衡现象。”关于这个不平衡现象，哈恩继续解释说：“这个实验要问的关键问题是：为何我们在宇宙的一个角落中存在，只有物质而没有反物质。宇宙学理论从超新星爆炸大红移推得宇宙加速膨胀这一结论，使用的弗里德曼方程中用了罗伯逊-沃克度规。已有人证明，该度规得出的是牛顿-伽利略速度相加规则，而不是狭义相对论的速度相加规则。英国物理学家米恩 1943 年甚至从牛顿力学理论导出弗里德曼方程。可见，弗里德曼方程并不适用于光速量级的高能超新星爆炸。因而，宇宙加速膨胀的结论存在疑问。

根据宇宙学原理，在宇宙任何处观测，都应得到同样的远方星系的退行规律——宇宙在膨胀。地球是非常普通的一颗行星，它可能正好处在而且一直处在宇宙爆炸的中心吗？显然不会。那么，与地球反向运动的恒星相对于地球的速度较大，在地球上观测这些恒星的谱线红移会非常明显，与地球同向运动的恒星相对于地球的速度较小，在地球上观测这些恒星的谱线红移会很弱；也就是说，在地球上观测宇宙中各恒星的谱线红移会有明显的方向性。然而事实并非如此，谱线红移没有方向性，在各个方向上都是等价的，它与恒星到地球的距离是成正比的。

如果宇宙本来就是无限的，则爆炸发生在空间的每一点。如果宇宙是有限的，则 Big Bang Cosmology 的宇宙范围比现在小得多。兰茨伯格提出，如果把宇宙的膨胀作为时间箭头，则宇宙的收缩就会使观察者有时间倒流的感觉，但如果宇宙、观察者本人和用来量度的尺都同时发生收缩，由于缺乏一个参照系，观察者就无法知道宇宙是否在收缩。美国物理研究所的唐·路博维希等科学家在新一期英国《自然》杂志上报告说，他们研究了距银河系中心仅 32 光年的射手座星云的光谱，结果发现氦的丰度比按照 Big Bang Cosmology 理论标准模型计算出的结果高出约 10 万倍。如果宇宙 Big Bang Cosmology 假说是正确的，那么宇宙中所有的星系必定在以某一个中心为起点向外膨胀，星系之间彼此互相分离。目前我们观测到近处的星系并没有相互分离的趋势，并且也没有证据表明近处的星系在以某一个中心为起点向外膨胀。倘若我们不是在宇宙的中心而是处于偏离宇宙中心的任一点处，因为在我们周围的星系都没有相互分离的趋势，也没有以某一个中心为起点向外膨胀，这样一来，倘若宇宙中任一点处的星系都没有相互分离的趋势，那么整个宇宙也不可能在膨胀，即宇宙 Big Bang Cosmology 假说是错误的。现代宇宙学认为，在宇观范围内，存在着“宇宙标准坐标系”，它是优越的空间坐标系，典型星系对于这个坐标系均匀和各向同性；可以测量地球相对这个坐标系的运动速度。1965 年，美国彭齐斯和威尔逊发现了 2.7K 宇宙背景辐射。后来进一步的研究证实，背景辐射严格地各向同性的情况只存在于一个惯性系中，在相对于这个惯性系运动的任何其它惯性系中显示出辐射温度的方向变化。可以认为，宇宙背景辐射是宇宙标准坐标系的最好的物质体现。测量从各个方向到达地球的背景辐射温度的微小偏离(其最大值指向狮子座  $\alpha$  星方向)，得到地球穿过这个“宇宙背景”的绝对运动速度大约为 400 公里/秒。

然而，如果要进行宇宙学观测或进行与宇宙背景有相互作用的实验，或恰恰要测量这些相互作用的效应，就会出现问題。河外星系红移表明，具有优越速度、暗示宇宙在膨胀；宇宙膨胀又给出时间箭头。微波背景辐射大体上可以代表宇宙背景空间的性质，不过要扣除实验室相对于微波背景辐射的“漂移”。对于这类实验和观测结果表明：适当扣除我们实验室的“漂移速度”、忽略原初扰动，在一定近似下，宇宙背景空间是均匀各向同性的、具有 6 个参数的变换群；宇宙背景时空的度量是弗里德曼-罗伯逊-沃克度量，依赖于标度因子和一个标记三维宇宙空间为开放的伪球面、欧氏空间还是闭合球面的参数  $A=0, 1$ ，对应的对称性分别是转动群  $SO(3, 1)$ ，欧几里得群  $E(3)$ 和转动群  $SO(4)$ ；标度因子仅依赖于宇宙时和  $k$ ，其形式由宇宙中物质分布的能动张量通过爱氏场方程决定。在这种背景时空里，由于存在优越速度和时间方向，相对性原理

不再成立；按照庞加莱群的不可约表示对于物质场的区分和有关物理量的定义失去严格的意义。

Roger Penrose 证明，如果宇宙中物质施加的引力总是表现为吸引，并且宇宙中存在着足够的物质，那么这些物质的引力效应就使人们不可能无限地沿着时间往回追踪所有的光线。某些（也可能是所有的）光线必定会达到一个终点——“奇点”，即光线在其轨迹的尽头达到了 space-time 的边缘。如果我们把宇宙的整个历史——所有的空间和所有的时间——想象成伸展在我们面前的一张硕大无比的纸，那么我们就有可能在某些特殊的地方发现一种密度和温度无限大的“奇点”。【2】根据奇点定理，在具有合理物质源的广义相对论的经典理论中，引力坍缩情形中的空间——时间奇性是不可避免的。利用时间方向的反演可以得到相应的初始的空间——时间奇性是不可避免的。物质与 space-time 在初始奇点创生，在终极奇点消灭，这两种奇点也许存在一个准确的时间对称。如果 Euclid 空间——时间延伸到无限的虚时间，或者在一个虚时间的奇点处开始，就有了和经典理论中指定宇宙初态的问题，但是我们提不出任何特别的原因，认为它应当以这种而不是那种方式开始。在经典广义相对论中，因为所有已知的科学定律在 Big Bang Cosmology 奇点处失效，人们不能预言宇宙是如何开始的。引力似乎存在不同于粗粒化产生的内禀引力熵的出现，宇宙可以从一个非常光滑和有序的状态开始。霍金说：“广义相对论导致了自身的失效：它预言它不能预言宇宙。”

另一方面，Einstein 认为：自然界的真实定律不可能是线性的，也不可能从这种线性定律推导出来。Maxwell 方程组表现的几何定理就是：“边界的边界是不存在的。”

现代物理学认为宇宙始终以接近于（其实相等）区分收缩和永远膨胀模型的临界膨胀率的速率膨胀，说明宇宙无始无终。物理学在时间的大门口（Big Bang Cosmology、大坍缩）走到了尽头；但另一方面，尽管有那么多表面上的变化，物理学在人们心目中始终走它的永恒之路。在物理学的描述中，“时间”不是一个原始范畴，在使用时间已临近“时间的大门口”这一观念是错误的。广义相对论和粒子物理标准模型在那里都不适用。为理解宇宙起源，需要了解大爆炸时期的基本物理。首先，大爆炸是广义相对论结合某些物态假设和宇宙学原理下的解，怎么可以接受这种奇性解而反过来否定其基本前提的？因为如果这种极端情况下广义相对论和粒子模型失效，那这个解就更不可信的了。第二、大爆炸只是动力学方程的解，什么背景辐射、大尺度结构、核合成、氦丰度等根本与这个奇点无任何必然联系，因为所有这些结果都可由任何初期小而热的宇宙模型平行地解释。这些怎么就成了对大爆炸理论的验证呢？第三、物态方程对具体宇宙模型具有决定性影响，但宇宙中物质形态几乎是无限的丰富，而我们关于物质形态的知识是很有限的，怎么可以根据一个作了无限简化的并且被观察否定了的正能量条件，来否定广义相对论呢？正确的思维方式应是一个未被实验明确证否的基本原理是不可随便怀疑和修改的，怀疑一个基本原理的必要条件是要么明确与试验冲突，要么几条基本原理之间有逻辑矛盾。像对待大爆炸、黑洞之类的反常解，首先想到的应是怀疑辅助假设的有效性，而不是急急忙忙地否定基本原理。

惠勒教授通过他的质朴性原理总结道：“爱因斯坦广义相对论的成功，为当代科学开辟了另一个概念：从一个基本的方程将可推知一切。然而，这个概念也碰到了困难，因为它假设，物理学的方程是被刻在一块坚硬的花岗岩上的，它是万古不变的。实际上，方程本身也是由大爆炸形成的。不仅粒子和场本身来自大爆炸，就连物理定律也来自大爆炸。大爆炸这一建造过程完全是随机的。就像遗传变异和热力学第二定律一样，并没有一块预先刻定的物理定律的花岗岩。”

下面的分析来自于网络；现在，假设真空中一个不旋转，不带电荷，体积有限，球型对称且密度均衡的理想试验物体，以及两位虚拟的观测者，进行一次坐标转换的试验。第一位观测者相对试验物体是静止的，没有任何其它参照系，也没有其它引力场的影响。假设观测者的存在与否不对试验物体产生任何影响。测量结果使观测者得到了物体的质量、体积、不旋转、不带电荷等属性。他还计算了物体表面及周围因物体惯性质量而存在的引力场的情况。他要是懂得广义相对论，就可以得到物体表面及周围时空曲率的表达式。他也可以用质能方程  $E=MC^2$  来计算物体的总能量。但因为没有任何参照系，他不知道物体的运动状况。他得到这些情况后就离开了。第一个观测者离开之后，一个外力作用于物体之上，段时间之后，外力撤销。这时，第二个观测者出现了。同样假设这位观测者的存在与否不对试验物体产生任何影响，他相对于物体是静止的，也没有任何的参照系，没有其它引力场的存在。第二位观测者对物体进行同样的测量。他得到一组数据，质量，体积，不带电荷，不旋转等等，他也计算物体表面及四周引力场的情况，也知道时空弯曲的情况。

根据能量守恒原理，因为有外力的作用，因此试验物体的总能量肯定发生了变化，设为  $\Delta E$ 。因此，物体的惯性质量也会改变， $\Delta E=\Delta MC^2$ 。又根据广义相对论，物体的惯性质量使时空弯曲，现在惯性质量变了，物体表面及四周的时空曲率也必然改变。这些改变均相对于第一位感测者得到的数据而言。在外力发生作用时，这些数据就改变了。设惯性质量与时空曲率的关系式为： $g=MR^2$ ，与地球引力加速度的表达式一样。如果用微分几何方程式  $ds^2=\sum g_{ik}dx^i dx^k$  来表达，则  $g_{ik}$  为一个张量，在球型对称的时空弯曲中，同一球面的



$g_{ik}$  在数值上是相同的, 方向不同, 因此, 可以用  $g=M/R^2$  来简化计算。在上面的实验中,  $g$  的变化量为  $\Delta g = \Delta M/R^2 = \Delta E/R^2 C^2$ ,  $R$  为物体表面的球面半径,  $\Delta g$  为物体表面时空曲率变化量。现在的问题是: 物体受外力作用时, 到底先改变了物体的惯性质量, 从而改变时空曲率, 还是先改变时空曲率再改变了物体的惯性质量? 我们并不能确定, 惯性质量与时空弯曲之间是否是因果关系, 我们所知道的只是能量的变化。因此, 可以这样认为, 物质和它周围的时空, 根本就是不可以分割开来的。抛开时空去讨论物质的物理规律或抛开物质去讨论时空的几何性质都是片面的。因为我们不知道, 是时空曲率的改变从而改变了物质的惯性度量, 还是物质的惯性质量改变导致了时空度量的改变。把这个问题与能量关联到一起, 就成了这样的问题: 是弯曲的时空改变曲率抵消了能量的变化, 还是物体惯性质量的改变抵消了能量的改变? 我们无从区分。于是, 根据等效的原则, 得出这样的结论: 弯曲的时空蕴含能量。曲率的变化会吸收或释放能量, 并通过与之紧密相连的物质表现出来。将时空弯曲直接与能量联系起来, 物质成为这一关联的载体, 或者叫表现形式。(想起弹簧没有?) 时空和能量成了宇宙的主角。这样好像不太习惯, 但仔细想, 一切物理现象均在时空中发生, 均涉及能量的变化, 如果抛开时空来研究物理规律, 是不全面的, 只有将时空变化放到物理现象中一起来研究, 才更合理。把上面的结论反过来, 将得到一个更重要的结果: 如果平直的时空产生扰动, 从而有时空曲率的变化, 就会有能量的产生, 而代表能量的物质, 或者说能量的载体, 物质就会产生。也就是说, 能量和物质会从平直时空的扰动中, 凭空产生, 而总体上, 能量依旧保持平衡。那么, 现今的宇宙完全可以从平直时空的扰动开始, 慢慢演化成现在的样子。时空和物质的存在是自洽的, 不存在大爆炸这样一个奇怪的起始点。

霍金在《时间简史》中提出下列观点意义深刻: “携带力的粒子按照其携带力的强度以及与其相互作用的粒子可以分为四种。必须强调指出, 将力划分为四种是人为的; 它仅仅是为了便于建立部分理论, 而并不别具深意。大部分理论家希望最终找到一个统一理论, 该理论将四种力解释为一个单独的力的不同方面。确实, 许多人认为这是当代物理学的首要目标”, “如果找到了完整理论, 就找到了上帝的精神”, “广义相对论只是一个不完整的理论, 它不能告诉我们宇宙是如何开始的”, “在弗利德曼模型中, 所有星系都是直接互相离开, 过去某一时刻它们必须在同一处。然而, 在实际宇宙中, 星系不仅仅是直接相互离开, 它们从来没在一处过, 只不过是靠近而已。也许, 现在膨胀着的宇宙不是大爆炸奇点引起的结果, 而是从早期的收缩而来的。” 中国著名科学家朱洪元教授早在 1963 年就说: “爱因斯坦的后半生就是一个例子, 他提出了广义相对论以后就是一切科学, 无论是自然科学或是心理学。其目的就是把我们的经验组织起来, 成为逻辑的系统……。这种思想指导下, 根据脱离实际的逻辑推理和数学演算, 得出了宇宙有限的结论, 甚至还算出了宇宙半径……”

#### 参考文献:

- 【1】吴翔等。文明之源——物理学[M]。上海:上海科学技术出版社, 2001, 222。  
 【2】何香涛, 乔戈, “霍伊尔和他的稳恒态宇宙”, 《自然辩证法研究》, Vol. 9, No. 1, 1993。(He Xiangtao, Qiao Ge, “Sir Fred Hoyle and His Theory of Steady State Universe”, Studies in Dialectics of Nature, Vol. 9, No. 1, 1993)。

#### 附录 1: 爱因斯坦曾支持定态宇宙理论

一份被科学家忽视数十年的手稿显示, 阿尔伯特·爱因斯坦曾经涉足一个宇宙大爆炸替代理论, 他提出宇宙在稳定和无限地扩大。这份手稿写于 1931 年, 手稿内容不难让人们联想起英国天体物理学家 Fred Hoyle 在近 20 年后支持的稳恒态理论。不过当时爱因斯坦很快就放弃了自己的观点, 但手稿显示他仍对宇宙是在一次爆炸中形成的观点犹豫不决。

上世纪 20 年代, 大爆炸理论获得了观测数据的支持, 当时美国天文学家 Edwin Hubble 等人发现, 遥远星系正在不断远离, 并且宇宙本身也在膨胀。这似乎暗示着, 在过去, 宇宙是一锅非常稠密炙热的“原始肉汤”。

但是, 自上世纪 40 年代后期以来, Hoyle 认为宇宙可能在永恒地扩展, 并且保持着恒定的密度。而宇宙通过不断增加新物质来保持这一发展状态。之后, 粒子将合并形成星系和恒星, 而它们将以合适的速率发展, 逐渐占据宇宙膨胀制造出的额外空间。Hoyle 的宇宙是无限的, 因此它的大小并没有随着其膨胀而改变, 它始终处于一个“稳定状态”。

最新公开的手稿显示, 爱因斯坦在更早时也描述了一个基本相同的理论。“如果密度保持不断, 新粒子必须不断形成。”他写道。该手稿被认为是爱因斯坦于 1931 年在美国加州旅行时写下的, 部分原因是它被写在美国的便条纸上。



该手稿被收藏在耶路撒冷爱因斯坦档案馆中，人们能够在该馆网站上自由浏览，但是它一直被错误地归纳为爱因斯坦另一篇论文的初稿。爱尔兰沃特福德理工学院物理学家 Cormac O’Raifeartaigh 表示，当意识到这份手稿讲述的内容是什么时，自己几乎从椅子上跌下来。他和同事在 arXiv 预印本服务器上公开了他们的发现，以及爱因斯坦德文原稿的英文译本，同时，他们将论文刊登于《欧洲物理学期刊》上。

“该发现证实，Hoyle 并不是一个怪人。”研究合作者、英国剑桥大学科学历史学家 Simon Mitton 说。Mitton 曾撰写《Fred Hoyle: 科学人生》。无论如何，爱因斯坦曾考虑过稳态宇宙模型是不争的事实，而这将为 Hoyle 有关这一问题的辩论增加筹码。“如果 Hoyle 知道，他肯定会用它来重击对手。”O’Raifeartaigh 说。

尽管 Hoyle 的模型最终通过天文观测被排除，但它至少有数学上的一致性，通过调整爱因斯坦广义相对论方程式，提供了物质自发形成的可能机制。爱因斯坦未公开的手稿表明，首先他相信此类机制能衍生于自己的原始理论。但 O’Raifeartaigh 研究小组表示，那时爱因斯坦可能意识到自己的运算出现了错误。当他改正后，他大概觉得这个想法不可靠，于是丢到了一边。

普林斯顿大学宇宙学家 James Peebles 表示，这个手稿可能是“一个始于新点子带来的兴奋的草稿，但作者意识到被自己欺骗后，就立刻放弃了”。而且似乎没有记录显示爱因斯坦曾经再次提到过这些运算。

但实际上，爱因斯坦推算了稳定状态概念，以表明自己对大爆炸理论的一贯抵制。即便其他理论物理学家证实大爆炸是广义相对论的自然结果，爱因斯坦也觉得它“糟糕透了”。O’Raifeartaigh 及同事指出，在天文学家发现宇宙膨胀证据后，爱因斯坦放弃了对静止宇宙的偏袒，而一个稳态宇宙将是下一个最好的选择。

附录 2：2014 年 9 月 29 日，来自新华网的一条新闻“**不存在黑洞 大爆炸理论也是错的 已经数学验证**”中表示，一位北卡罗来纳大学的科学家证明了黑洞不可能存在。

来自科研出版社英文期刊《Journal of Modern Physics》（现代物理）2014 年 9 月刊的一篇研究论文报道：中国学者罗平安教授，通过建立的引力子相互作用的二个物体静态万有引力物理模型，发现了当前主流物理理论和实验中，普遍忽略的一些无穷小量，在研究宇宙空间时，居然对宇宙的稳定性产生了不可思议的影响。在考虑了这些无穷小量后，推导出的万有引力理论，发现：原来限制宇宙空间不可能无限大的奇点，居然消失了，人类再也不必为宇宙大爆炸而担心了。（阅读点击原文）

“**不存在黑洞 大爆炸理论也是错的 已经数学验证**”属于数学方法方面的验证，“**当前引力理论及实验所忽略的无穷小量对宇宙稳定性的影响**”则从最基础的物理模型出发证明，牛顿、爱因斯坦理论在宇宙论上遇到的奇点不存在，也就是说大爆炸理论是错误的，所谓的暗物质、暗能量也没有必要存在，两篇文章是不同侧面的相互补充。

如果这两篇的研究成果是对的，那么困扰人类很久的“宇宙大爆炸”魔咒将不复存在，人类再也不必为宇宙大爆炸而担心了。

## 11、大爆炸理论的天文学困难

大爆炸之前是什么？大爆炸理论认为大爆炸之前没有时间，这样的问题不存在。有两种候选的统一理论：一是所谓“一切事物的理论”——超弦理论；另一是不大为人所知的“环量子论”，据此，大爆炸是大反弹。被称为“物理学诗人探险家”的惠勒（John A. Wheeler）博士则根据他对量子论和信息论的理解，提出了关于大爆炸的“观察者起源说”。

——摘自奥弗比（Dennis Overbye）的文章

过去多少年人们一直都在谈论宇宙膨胀的减速并引入宇宙学基本参量  $q_0$ ——减速参量——来描述这种减速（十年前的教科书和文献告诉我们，宇宙的膨胀是在不断减速的，具体如何减速，也就是  $q_0$  到底是多少呢？“观测表明”， $q_0$  可能接近  $1/2!$ ）。但 1998 年底以来的高红移超新星观测等结果使人们惊奇地发现， $q_0$  居然为负值！即宇宙是在加速膨胀！同时不为零的宇宙学常数的引入改变了人们对宇宙的认识。发现宇宙加速膨胀的“超新星宇宙学项目”的首篇论文利用最先发现的 7 颗高红移，得出的结论可是 Einstein-de Sitter 宇宙耶！即  $q_0=1/2$  的减速膨胀的宇宙！Perlmutter et al. 1995, ApJL, 440, L41。这不禁让我想起了爱因斯坦的那句名言：“Subtle is the Lord”, “上帝是微妙的，但并不是不怀好意的”。)

又例如，1994—95 年引起天文界轰动的焦点——宇宙比古老恒星还年轻的“宇宙年龄佯谬”（有当时中央电视台新闻联播的报道为证），在现在看来，则迎刃而解。

大爆炸宇宙学的六大难题——

1. 宇宙学原理问题：如果宇宙起源于大爆炸，那么宇宙的边缘部分的星体密度应该比靠中心的部分更为稀疏，可为什么我们测量到的宇宙在大尺度下是如此均匀？天文学家猜测河外星系的分布有可能是均匀的，但目前没有令人信服的观测证据。天文观测表明，目前已发现上万个星系团，距离远达 70 亿光年。至

少有 85% 的星系是各种星系群或星系团的成员。星系团形成更大的结构，称为超星系团。超星系团的存在表明宇宙内的星系分布是不均匀的。

2. 宇宙学红移问题：哈勃定律中的速度—距离关系是建立在观测的红移—视星等关系及一些理论假设前提上的。哈勃参数最初被定为约 500 km/s/Mpc，现在公认的数值在 50—75 之间。这个事实就是其准确度很差的明显证据。关于河外星系退离的速度从来没有用其他方法直接测量过，所以星系光谱线红移的多普勒效应的解释依然是一种猜测。

3. 大爆炸宇宙极早期的问题：大爆炸宇宙学认为，大约在 150 亿年以前的某一时刻，宇宙是个高密度的原始粒子。这个原始粒子的尺度比一个纳米还要小，可是它集中了可见宇宙的全部质量（上万亿个银河系的质量），而在原始粒子以外，则是一无所有的虚空。在大爆炸之前，既没有时间，也没有空间。这种简单的大爆炸模型，显然是远远偏离了人类有文明史以来的物理学和逻辑学的基本原理，包括物质和能量不能无中生有。能量守恒定律认为能量是不可创造，质量守恒定律认为质量是不可创造，大爆炸理论认为能量、物质（质量）、空间、时间已经被一个无限小的点爆炸创造，并且是在四大皆空发生的。如果宇宙存在一个开端，那么这个开端便是时间坐标轴的原点，如何确定这个坐标原点呢？那我们不得不采用绝对时间概念，但是，如果采用绝对时空观念，那样由相对论等高等物理理论推导而来的大爆炸理论岂不成了废纸一张？对于宇宙的历史，相对论者在写论文的时候都采用了绝对时空观，如大爆炸后的最初一秒钟，大爆炸后的两万年……这些可是相对时空观念不允许的。对于宇宙的年龄，人们没有必要通过研究某个古老陨石所携带的某种放射性同位素的半衰期来测定它。由广义相对论，我们可以得知，每个星体由于其速度及引力场的不同，会导致时间的快慢程度不同，也许有个星球上的智慧生物认为宇宙的存在只有 15 亿年，也许另一个星球上的生物认为宇宙已有 1500 亿年了。因此，我们永远也不知道宇宙的年龄。今天，我们人类认为宇宙有 150 亿岁了（这个时间一直在修改当中），可是早在 46 亿年前，地球还没形成！那时，引力场和物质的运动速度都跟现在完全不一样，因此，我们现在没人能够理解当时的那种时间概念。所以，在大爆炸理论中，时间是整个理论的误点之一，因为它与自己的理论基础的不能融洽结合。每个星体由于其速度及引力场的不同，会导致时间的快慢程度不同。适合智慧生物的行星，其质量最大相差四个数量级（见《近代物理学》P536，王正行编著），就是按牛顿观，这样大的差异引起的重力加速度的差异大约不到 22 倍，其摆钟走时差别约 4.5 倍，原子钟由于振荡频率减小计时也变慢。同样材质制作的量尺，在大质量行星上因原子、分子的间隙减小会变得短些，就象人平卧时身长会比站立时长些一样。

4、视界疑难。视界是因果联系的区域，由于受到有效传播时间的限制，在早期宇宙中，不同的视界之间不能以热信号或光信号等相互联络，因此，它无法说明目前宇宙的普遍性的因果联系。比如，在全天空，宇宙背景辐射的温度，直到  $10^5$  分之一的程度都是均匀的，这是目前宇宙存在着普遍性因果联系的有力证据。

5、平直性疑难。宇宙的平直性与宇宙学密度相关，目前的宇宙学密度约为 1，即我们的宇宙是平直的，这要求早期的宇宙学密度要更精确地等于 1，因为，如果早期的宇宙学密度的值与 1 有些偏离，那么，这一偏离就将急剧增长，而破坏宇宙的平直性。但是，初始宇宙物质密度非常大，半径又相当小，按照广义相对论，其曲率应该很大，怎么会是平直的呢？

6、磁单极疑难。根据有关理论，宇宙大爆炸后，随着能量的逐步降低，会发生对称性的“自发破缺”，在不同视界的相交处将会产生磁单极。因为磁单极的质量很大，它的质量密度将是重子质量密度的  $10^{14}$  倍。这是一个灾难性的预言，因为，既然磁单极这么多，它早就应该被发现了，但实际上却至今没有发现一个！

2004 年 2 月，美国和法国天文学家先后报告发现了距离地球最遥远的星系。美国天文学家宣布发现的那个星系距离地球 130 亿光年，大约形成于宇宙大爆炸后 7.5 亿年。法国发现的星系距离地球 132 亿光年大约形成于大爆炸后 4.6 亿年左右，是迄今发现的宇宙中形成时间最早的一个星系。Abell 1835 星系群处在地球和该星系之间。当地球上的观测点与该星系和 Abell 1835 三者形成一条直线时，Abell 1835 的质量将该星系的光线折射并放大到其本身亮度的 25 至 100 倍，天文学家才能看到这个星系。法国天文学家将该星系命名为 Abell 1835 IR1916。

类似的这种发现与相对论的光速是宇宙最高运动速度有所冲突。按照目前为大多数人所接受的宇宙大爆炸起源理论，我们目前所处的宇宙来源于大约 140—150 亿年前的一个“奇点”的爆炸。美国和法国科学家发现的星系距我们都在 130 亿光年之外，也就是说，这些星系在大爆炸约 10—20 亿年后就已经在现在的位置上了。迄今为止，科学家观察到的宇宙都是各向同性，没有任何迹象显示任何星系是位于宇宙的一侧边缘，因而在地球与 Abell 1835 IR1916 星系相对的另一侧也应该有距离在 130 多亿光年甚至更远的星系。也就是说，在大爆炸发生后 10—20 亿年左右，宇宙中竟然产生了相距超过 260 亿光年的星系！

2004 年 1 月 5 日，在美国天文学会的一次国际会议上，美国乔治亚州立大学的一个天文学家小组宣布

首次捕获到从蚀星 SS433 发出的光线。观察到 SS433 天体所发光线既有红移又有蓝移。人们发现，同一类星体有不相同的红移谱线，这明显与速度红移理论相矛盾，因为同一个类星体不可能以几种不同速度远离我们而去。另外，有些类星体的红移量相当大，用哈勃红移理论解释，这些类星体应处在极遥远的地方，且有几乎趋近光速的退行速度。这说明星系红移是不能完全用多普勒效应来解释，必然还有另外因素影响波长的红移，但到目前为止，还没有人提出可令人信服的物理机制对星系红移现象作出圆满说明，星系红移现象已向整个物理学提出严峻的挑战。

虽然 Big Bang Cosmology 宇宙模型可以解释众多的观测现象，却存在许多疑难，如视界疑难、准平坦性疑难、结构起源疑难、宇宙常数疑难等。因此人们在宇宙甚早期引入暴胀 (inflation) 阶段——宇宙以指数形式快速膨胀，暴胀模型可以解决上述一些疑难，但宇宙常数问题依然存在。1998 年以前，物理学家和天文学家一般都认为宇宙学常数等于 0 或很小可忽略，而且粒子物理学家认为，宇宙学常数可以看作宇宙真空能量密度的一种量度。但最近几年来，天文学家用各种观测方法和手段，例如超新星、宇宙微波背景和引力透镜等遥远天体的观测、宇宙物质密度的测量和真空能量密度的测量，获得了比较精确的数据表明宇宙学常数不仅存在，而且其能量密度与物质成分在同一量级，还稍大一点。宇宙学常数  $\Lambda$  导致的能量——动量张量的能量密度  $\rho_\Lambda = \Lambda / (8\pi G)$  和压强  $p_\Lambda = -\rho_\Lambda$ 。由于压强与能量密度正好大小相同而符号相反，因此宇宙学常数在 Einstein 场方程中起一个“反引力”的效果。现在一般引进有效宇宙学常数  $\Lambda_{\text{eff}} = 8\pi G \rho_\Lambda + \Lambda_0$ ， $\Lambda_0$  是裸的宇宙学常数。根据大爆炸宇宙学说，星系、星系团等超大尺度结构应该是早期等离子体的不均匀性增长演化而成，而这种早期等离子体的不均匀性，应该在微波背景辐射的小角度 ( $1'' \sim 1^\circ$ ) 各向异性上有所反映，而宇宙整体的不均匀性应表现在微波背景大角度上的各向异性。多年来，不少观测宇宙学家和天文学家都在致力于探测这种各向异性，迄今为止，还没有得到所期望的结果。道尔哥夫和泽尔多维奇称这一尚未解决的问题为“现代宇宙学中的一朵乌云”。

2004 年 5 月 22 日，英国的《新科学家》杂志发表了 34 位科学家和工程师签名的《致科学界的公开信》上网后，又很快获得了 185 位科学家的网络签名)，对大爆炸理论进行了口诛笔伐。他们尖锐地指出：“更重要的是，大爆炸理论从来没有任何量化的预言得到过实际观察的验证。该理论捍卫者们所宣称的成功，统统归功于它擅长在事后迎合实际观察的结果：它不断地在增补可调整的参数，就象托勒玫的地心说总是需要借助本轮和均轮来自圆其说一样。”【1】

在深入研究宇宙的起源之后，对于眼前的世界，诺贝尔奖金得主温伯格这样写道：“很难理解这只不过是一个充满敌意的宇宙中的一小部分，更无法想象到现在的宇宙是从一个难以言传的陌生的早期状态演化而来，而又面临着无限冰冷的，或是炽热难耐的末日。宇宙越可理解，也就越索然无味。”

#### 参考文献：

【1】全志钢，大爆炸或许从未发生过，新发现，2006 年 6 月，P40。

#### 附录 1：

宇宙微波背景辐射图片，圆环说明宇宙在大爆炸前发生过事情。

新理论“共形周期宇宙论”认为黑洞将最终吞噬宇宙中的所有物质。根据他理论，彭罗斯表示。吞噬宇宙中所有物质之后，留下来的就只有能量，触发下一次大爆炸进而开启一个新永世。彭罗斯在接受英国广播公司采访时说：认为的变化中，会看到一次指数性膨胀，但并不是发生在永世——用这个术语描述从我大爆炸到遥远的未来这段时期。认为这个永世只是一系列类似时期中的一个，以往永世的遥远未来不知何故成为开启我这个永世的大爆炸。

英国和亚美尼亚科学家表示，北京时间 11 月 30 日消息。发现了能证明宇宙在大爆炸前就已存在证据。绝大科学家认为宇宙是大爆炸后产生的但在宇宙微波背景辐射(CMB 中发现的同心圆——大爆炸后效应——可能证明大爆炸前有事件发生。

宇宙并非大多数人所认为的那样开始于 137 亿年前，这一引发争议的发现认为。而是周期存在从一个永世进入另一个永世。备受尊敬的科学家——牛津大学教授罗杰·彭罗斯和亚美尼亚埃里温国立大学教授瓦赫·古扎德亚将这一发现刊登在 arXiv.org 网站上。

现在温度已降至零下 270 摄氏度左右。绝大多数科学家认为宇宙是大约 137 亿年前大爆炸后诞生的恒星和星系在宇宙形成后大约 3 亿年出现。太阳诞生于大约 50 亿年前。地球上第一次出现生命则是大约 37 亿年前。宇宙微波背景辐射可追溯到大爆炸后 30 万年。

美国宇航局威尔金森微波各向异性探测器在宇宙微波背景辐射中发现的证据显示，但彭罗斯和古扎德亚认为。辐射中存在印记年代逾越大爆炸。两位科学家表示他已经发现了 12 个同心圆例子，其中一些有 5 个

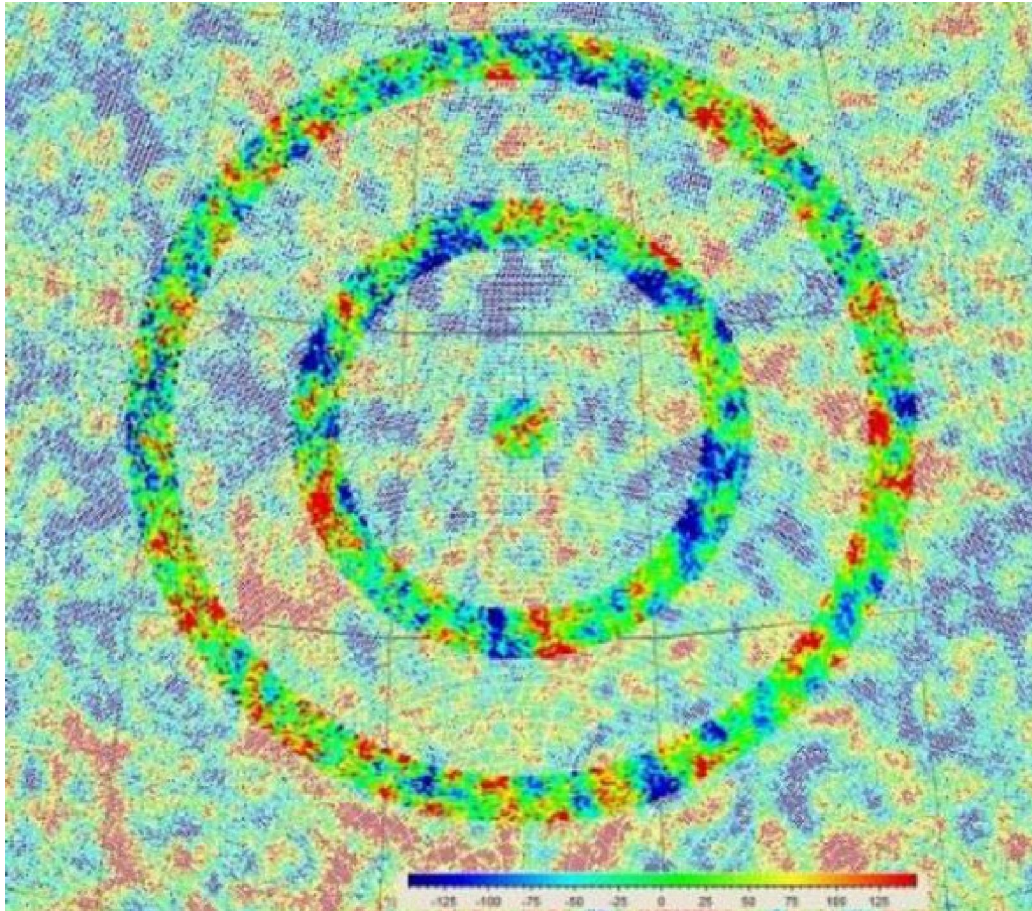


圆环,说明一些天体在其历史上发生了5次大规模事件。圆环出现在星系团周围,星系团背景辐射中的变化水平似乎较低,显得有些怪异。

将继续膨胀下去,这项研究发现似乎否定了得到广泛支持的有关宇宙起源的膨胀理论”这一理论认为宇宙开始于大爆炸。直至未来达到某一个点才停止膨胀。彭罗斯和古扎德亚认为,同心圆是上一次大爆炸前的上一个永世中特大质量黑洞碰撞发生的极度强烈的引力辐射波的印记。指出,这意味着宇宙周期受控于大爆炸和特大质量黑洞碰撞。



附录 2: 科学家发现宇宙在大爆炸前就存在



附录 3：美数学家认为宇宙可能“有始无终”



宇宙大爆炸想象图



中国科技网讯 据英国《每日邮报》近日报道，美国两位数学家表示，他们经过分析发现，现有的科学界广泛流行的与“永恒”宇宙有关的三个观点都是错误的：无论是否是“宇宙大爆炸”，宇宙确实拥有一个“起点”，但宇宙没有终点。最新研究发表在麻省理工学院的《技术评论》杂志上。“大爆炸”这一术语的创造者、天文学家兼物理学家弗雷德里克·霍利持有一种观念：那就是，宇宙无始无终，可能会永远存在下去。但现在，塔夫茨大学的两位数学家宣称，他们已经“证明”：宇宙的未来可能是永恒的，但过去并不是。宇宙可能没有终点，但宇宙确实拥有一个起点。奥黛丽·米萨尼和亚历山大·维兰金表示：“宇宙学领域的一个基本问题是：宇宙存在着一个起点还是一直就存在。彭若斯与霍金的奇点定理解决了这个问题，该理论认为，最初的奇点不可避免。”宇宙在不断膨胀，这也符合“原始奇点”理论——一个密度无限大的对象发生爆炸，导致“宇宙大爆炸”。从地球上可以观测到这一点，而且，宇宙也因此不可能自大爆炸开始就只是“安静地呆着”。然而，有三个理论使宇宙不需要一个“起点”就能不断膨胀。米萨尼和维兰金表示：“目前，科学界存在着三种被广泛接受的与宇宙命运有关的观点：始终在膨胀的宇宙膨胀、循环宇宙以及在膨胀之前作为一个静态种子而始终存在的‘突然出现’的宇宙，这三个观点都认为宇宙不需要一个起点。”这两位科学家从数学上对这三种观点进行了分析，结果发现，宇宙不是一直就存在的，宇宙存在着一个起点，不管这个起点是否是“大爆炸”。米萨尼和维兰金说：“我们的分析结果显示，宇宙不可能一直就永恒地存在，宇宙一定存在着一个起点。”

#### 附录 4：德科学家宣称：宇宙并非在膨胀

科技日报讯 据英国《自然》杂志网站 7 月 16 日报道，近百年来，标准宇宙学理论认为：宇宙源于一次大爆炸而且正在不断膨胀，这似乎已成了一个根深蒂固、颠扑不破的“真理”，但现在，一名德国科学家却提出了一种完全不同的解释，他认为，宇宙根本不是在膨胀，粒子质量的不断增加或可解释为一些距离地球遥远的星系似乎离地球越来越远。

德国海德堡大学的理论物理学家克里斯托弗·维特里克在 arXiv 上撰文指出，他已经构建出了一种完全不同的宇宙学框架，在这套框架内，宇宙并非在膨胀，而且，万事万物的质量一直在增加。这一理论或许有助于科学家们理解一些有争议的问题——比如宇宙大爆炸中出现的“奇点”等。

天文学家们通过分析物体的原子释放或吸收的光来测量物体是在远离还是接近地球，这些光会以独特的颜色或频率出现。当物体远离地球时，这些频率会移向光谱上的红色（低频）。上世纪 20 年代，包括埃德温·哈勃在内的很多科学家发现，大多数星系都展现出了这样一种红移，而且，星系距离地球越远，红移越大，据此，他们认为宇宙一定在不断膨胀。

但正如维特里克所说的那样，原子释放出的这种独特的光也被组成原子的基本粒子尤其是电子的质量所控制。如果某一原子的质量增加，那么，其释放出的光子的能量也会变得更高。因为能量越高，频率越大，因此，释放和吸收频率将前移到光谱中蓝色的部分。相反，如果粒子变得越来越轻，频率将变成红移。

因为光速是有限的，当我们看着遥远的星系时，在时间上，我们是在朝后看。如果所有的质量一直在增加，那么，古老星系的颜色将看起来是红移而非目前的频率，红移数量也将同它们与地球之间的距离成正比。因此，红移将使星系似乎离人们越来越远，即使它们并非如此。维特里克认为，在名为暴胀的短期之内，宇宙仍然在快速膨胀，但在暴胀之前，宇宙大爆炸不再包含有一个宇宙密度无限大的“奇点”时刻。现在的宇宙将是静止的，甚至开始收缩。

这一想法听起来似乎合情合理，但它也有一个大问题：它无法被检验。地球上万事万物的质量最终都是相对于国际千克容器这一千克标准得出的数值。如果包括国际千克容器在内的万事万物的质量一直在随着时间的流逝而增加，那么，我们就找不到检验办法了。而对维特里克来说，缺乏实验测试并非大事，新模型的主要优势在于摒弃了困扰物理学界的宇宙大爆炸奇点。

尽管该文还没有经过同行评议，但有些《自然》杂志的评审专家认为，这一想法值得深究。英国圣安德鲁斯大学的天文学家赵洪生（音译）表示：“我认为探究另一种解释是一件趣事。维特里克的解释似乎很严谨，值得推敲。”

也有科学家表示，最新解释或许可以帮助天文学家们避免落入单一思维的窠臼。英国爱丁堡大学的宇宙学家阿琼·贝雷拉表示：“现在，天文学家们在追寻一个以暴胀和大爆炸为中心的标准模型。在一切盖棺论定前，看看是否还存在另外一种解释至关重要。”（刘霞）《科技日报》（2013-07-18 一版）。

## 12、局爆宇宙学及其实验证据

### (1) 局爆宇宙学的主要观点

一些理论物理学家把宇宙起源和量子理论中真空的量子起伏联系起来。为了调和量子理论和宇宙大爆炸



理论中的宇宙起源问题，1980年代初，出现了“暴胀”理论，它的基本假设是：最初的宇宙开始于一个直径只有  $10^{-35}$  米的小起点，在大统一对称破缺时期，宇宙经历了一次难以想象的剧烈膨胀，它使一个视界的体积就暴胀成了我们所能探测到的整个宇宙。

因为我们的宇宙是由一个视界暴胀起来的，视界疑难自然不再存在；磁单极子也成了个别现象，至今没有发现就不足为奇；在暴胀中，宇宙的曲率半径增加了大约为  $10^{43}$  的因子，所以，无论初始宇宙如何弯曲，暴胀后，它都将是平直的。

局爆宇宙学认为宇宙是无限的，在时间和空间上没有起点。宇宙中每一个局部的空间区域每时每刻都在运动和变化。宇宙中每一个恒星和星系都有从生长到死亡的演化过程，它们是整个宇宙演化的组成部分。

## (2) 局爆宇宙学的观察证据

1. 宇宙学红移的非多普勒效应解释：局爆宇宙学认为星系之间的宇宙空间不是一无所有的虚空。如果远方河外星系发出的光子与物理真空（或者与暗物质）有一种超微弱的相互作用并损失能量，那么宇宙学红移也是可以得到解释的。我们在电磁波方程中引入一项阻尼项，这样在方程的解中，会有一项电磁波频率减少项的出现，从而推导出了哈勃定律。

2. 轻物质丰度：天文学家通过对河外星系的观测，发现物质主要成分是氢原子和氦原子，氢原子大约占 75%，氦原子占 25%。局爆宇宙学借鉴大爆炸宇宙学的模型，认为在宇宙的局部性爆炸时，也有极高温度和极高物质密度的过程，也有个核合成时期，同样可以解释轻原子的物质丰度。

3. 局爆宇宙学认为，3K 微波辐射是宇宙中的局部性爆炸的产物。与大爆炸宇宙学不同，局爆宇宙学认为 3K 微波背景辐射不是由宇宙一次性大爆炸遗留下的产物，而是宇宙各地的局部性随机爆炸遗留下的产物。近年来发现的 3K 微波背景辐射中大约万分之一的起伏，正是宇宙中的局部性爆炸的证明。

### 4. 伽玛射线爆以及超新星爆发

伽玛射线爆( $\gamma$ 爆)是一种短暂的高能爆发现象，平均每天会观察到 1-2 次的爆发，爆发持续的时间约在 0.01 秒至 1000 秒之间。关于  $\gamma$  爆的起源目前正在研究之中。一种模型认为，当两个巨型致密天体（例如中子星和黑洞）发生碰撞时，会导致伽玛射线爆的发生。它既是致密天体的死亡，也促进了新恒星的形成。

美国加利福尼亚大学研究人员利用新方法观测到一次距今 110 亿年的超新星爆发。这是迄今发现的年代最久远的超新星爆发事件。

局爆宇宙学认为，伽玛射线爆以及超新星爆发是宇宙中的局部性爆炸的直接观察证据。用局爆宇宙学说明宇宙中星体从生长到死亡的演化过程，比假设中的宇宙大爆炸学说要现实得多，也合理得多。

### 5. 大爆炸初期的宇宙模型

● 大爆炸宇宙学的研究越来越追溯到更早期的宇宙，特别是 20 世纪 80 年代以来，根据大统一理论发展起来的暴涨宇宙学，开始研究宇宙年龄约为  $10^{-36}$  秒或更早期的情况。1980 年到 1981 年，美国科学家艾伦·格斯等人把基本粒子统一理论已解决的“真空相变”，现象应用于宇宙。他们解释说，在刚刚诞生的宇宙中，发生了使宇宙性质完全改变的“相变”。相变前的旧宇宙比新 生宇宙具有更大的真空能，这种真空能转变为排斥力，使空间急骤膨胀。宇宙是从没有时间、空间、物质和能量的“虚无”状态，通过量子力学所说的“隧道效应”产生的。爱因斯坦的“宇宙”常数项迄今仍是个谜；量子宇宙学的发展，有些问题仍待解决。

$$\left(-\frac{\hbar^2 \nabla^2}{2m_{\text{惯}}} - G \frac{m_{\text{引}} M}{r}\right) \psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi$$

当宇宙年龄小于  $10^{-36}$  秒时，宇宙间不仅没有星球，没有化学元素，甚至连任何基本粒子也没有，有的只是时间、空间和物理的真空。继续追溯这种非常单纯、非常对称的状态，便会得出时空创生于无(当然也就是说宇宙创生于无)的结论。其实，空间和时间的非永恒性，在相对论和量子论中已有强烈的暗示。按照相对论，要精确地测量时间，就必须精确地知道测量者的运动轨迹。然而，量子论中的测不准原理告诉我们，不可能精确地了解任何一个物体在时间中的运动轨迹，从而也就原则上否认了精确测定时间的可能性。这个精度的限制是  $l_p \sim (\hbar G/c^3)^{1/2} \sim 10^{-33}$  厘米， $t_p \sim (\hbar G/c^3)^{1/2} \sim 10^{-43}$  秒，其中  $\hbar$  是普朗克常数， $G$  是万有引力常数， $c$  是光速。 $l_p$  和  $t_p$  分别叫做普朗克长度和普朗克时间。它们的意义是：我们无法造出一种“尺”和“钟”，用来测定小于  $l_p$  的长度和小于  $t_p$  的时间。一个量在原则上不能测量，就不会有物理意义。这表明，在小于  $l_p$  和  $t_p$  的范围内，空间、时间概念就失效了。

1983 年以来，霍金就致力于发展一种宇宙的自足理论。1984 年初，他和他的合作者得到了第一个完整的宇宙自足解。该理论的第一个要点是建立非时间的理论，这种新的“时”空，实际上是一种欧几里得空间，其中不再含有时间坐标。该理论的第二个要点是给出上述欧氏空间的创生幅度，即宇宙创生于无的幅度。霍金只就简单的情况作了计算，还不能看作是真实宇宙的解，而不过是玩具式的模型而已，但它无疑向人们提

出了一个值得深思的问题：我们关于时空和宇宙的传统观念是否一贯正确？这当然是向现代物理学和哲学的挑战。

第一：Ia 超新星的观测结果显示的是该星的光度距离和它红移值，虽说测量了这样的不少星系的距离和红移值，而且显得越远红移越大或速度越大，但测到的不是同一地点在不同时间的红移值，而是不同地点在不同时刻的红移值，所以得不出同一点的质元以前的远离速度小于以后的速度的结论，也就是说宇宙是否加速膨胀不能直接测量，它依赖宇宙模型。

第二，尽管把测到的距离和红移值代入有宇宙常数的爱因斯坦方程后，拟合出的减速因子是正的，但含宇宙常数的爱氏方程并没任何太阳系的检验，其本身是否正确就成问题，由它导出的减速因子更靠不住，因此说宇宙加速膨胀已成定论或已被验证是不妥的。

第三，把测量的距离和红移代入不带宇宙常数的爱氏方程拟合后发现宇宙密度为负的或为零，这显然是荒谬的，说明即便是得到太阳系内检验的方程尚存在有错误，得不到检验的方程更不能说正确。

### 13、局爆宇宙学的困难

暴胀理论完全是一个‘事后的理论’，完全是为了掩盖标准宇宙学模型中存在的问题而杜撰出来的理论，它并没有严格的理论根据。没有人知道宇宙为什么会突然出现暴胀，又为什么会在仅仅经历大约‘ $10^{-33}$ 秒’这样一个极短后就嘎然而止。因此暴胀理论是一个非常不靠谱的理论，许多学者之所以相信暴胀这个理论，完全是因为如果没有暴胀理论，标准宇宙学模型就要彻底崩溃，暴胀理论的奠基人之一、美国普林斯顿大学物理学家保罗·斯坦因哈特（Paul Steinhardt）自己后来也成为成了暴胀最主要的批评人之一。

即使在认可暴胀理论的宇宙学家中，有些人对最初的宇宙起始于一个直径只有  $10^{-35}$  米的小起点这个说法也有点心虚。例如国家天文台陈学雷研究员在科学网（[sciencenet.cn](http://www.sciencenet.cn)）上发表过一篇博文：‘无限时空——谈谈宇宙学的科普和一些常见的误解（8）——大爆炸理论与稳恒态理论’，在这篇博文中陈学雷研究员就提到：‘宇宙大爆炸是根据观测到的宇宙膨胀的事实，向过去追溯推出的结论，那么追溯上去到大爆炸那一刻，宇宙究竟是什么样子呢？勒梅特认为，最早的时候所有的物质都凝聚成一个超级原子，这个原子是不稳定的，衰变时发生大爆炸，分裂成我们今天所知道的物质，这只是他的一个猜想，还不是一个完整的科学理论’；……‘现在说到大爆炸理论一般只是指宇宙早期经历过高温高密阶段，而并不是指宇宙一定从一个奇点产生’。

所谓的暴胀是个怎样的图景呢？那是在远不到 1 秒的时间里，一个原子大小的东西，一下子变成了比银河系还要大的庞然大物。这是一个更无法解答的大疑难。另外，这样的暴胀速度将是光速的  $10^{30}$  倍以上，这是在根本上与相对论过不去。有人说：宇宙的膨胀是时空的膨胀，这不同于物质的膨胀，因此可以超光速。在广义相对论中，时空与物质密不可分，所谓的“四维时空连续体”是一种特殊的物质。

暴胀理论预言宇宙学密度为 1，而重子物质的产生速度远远跟不上时空的暴胀速度，因此，重子物质的密度远小于 1，于是，宇宙的主要成分应该是人们还未认识到过的非重子物质——暗物质。宇宙中的大部分物质竟是我们从未认识到的，它们究竟是何物，又成了一个大疑难。

暴胀后的宇宙应该持续减速膨胀，然而用现代宇宙学的理论来分析天文观察数据，却发现：宇宙还在加速膨胀！这一异常，又触发了宇宙学家们的想象空间，他们认为：宇宙空间存在着比暗物质更大量的“暗能量”。

**笔者在前面已经分析暗能量与暗物质并不存在，只是弱相互作用的表现形式。**

据 2010 年 11 月 25 日出版的《科技日报》记者常丽君报道，2010 年 11 月 23 日美国物理学家组织网公布，在宇宙微波背景辐射中发现了一种圆环结构；科学家解释说，发现宇宙微波背景辐射中存在圆环结构并不是对大爆炸理论的否定，而是支持可能存在多次大爆炸。这是英国牛津大学物理学家罗杰·彭罗斯和亚美尼亚埃里温物理研究院的瓦赫·古萨德扬最近的发现。

### 14、宇宙自然选择学说简介

为什么宇宙会是我们观测到的这副样子？为什么它具有目前已测知的那些基本常数？80 年代初，在宇宙创生大爆炸框架下发展了目前最流行的暴胀宇宙模型：宇宙在大爆炸后不到 1 秒的时间里膨胀了大约  $10^{30}$  倍，大约和橘子一般大小，然后开始以较稳定的膨胀速率，直到现在，大约 150 亿年，成为目前的样子。在这个过程中，物质“疙瘩”逐步形成了星系、恒星以及生命。这个模型暴胀期的长短是个关键。若稍短，物质为充分散开，原生宇宙就有重新坍缩为起点；若稍长，原生宇宙的物质则过于分散，形不成星系和恒星，自然也就不会出现生命和人类。因此出现了暴胀为何如此精确的问题，按照现行的物理学基本定律，大爆炸产生的宇宙其“自然尺寸”应该只有亚原子大小，即普克朗长度  $10^{-35}$  量级，而这样的宇宙是短

命的。前苏联科学家林德提出“自我增殖的宇宙”概念——“最有可能的是，我们正在研究的宇宙是由早期的若干宇宙所形成的。”

1987年霍金进一步提出了“婴儿宇宙”模型，两个大宇宙通过一个细“管子”连接起来，这个细管子称为“虫洞”，大宇宙为母宇宙，可能存在着从母宇宙分岔出去的另一端是自由的虫洞，这样的管子成为子宇宙、婴儿宇宙。就是说除了我们生存的宇宙之外还可能存在着众多的由虫洞连接起来的其他宇宙。

1992年，萨莫林在前人基础上提出了宇宙自然选择学说。母宇宙是空间闭合的，犹如一个黑洞，该黑洞在生存了一段时间后坍缩为一个奇点，奇点又会反弹爆炸膨胀为新的下一代宇宙。这个学说的要点是，子宇宙中的物理常数较之母宇宙的物理常数会有小的、或强或弱的随机变异，新生的婴儿宇宙在再次坍缩成奇点前能膨胀到几倍普朗克长度大小，随机变异的物理常数有可能允许小小的暴胀，子宇宙可变的较大，当它足够大时，可分隔为两个或更多的不同区域，每个区域又坍缩为一个新的奇点，新奇点又触发下一代的子宇宙，如此时代相传，有的小宇宙重又坍缩，有的具有某些基本常数值宇宙能更有效的产生许多黑洞，从而较具有其他某些基本常数值宇宙留下更多的后代，借用生物进化论的术语，它们是被“自然选择”下来的，经“选择”作用，产生越来越多的黑洞，也就形成了更多的宇宙。正如有的学者指出的：“西方文化无论怎样发展，都不可能改变自己的《圣经》血统，东方文化无论再怎么现代化，都不可能脱离自己的《易经》血缘”。

如果宇宙确是由以前的宇宙世代经过这种“自然选择”而产生的话，那么应该预期我们生存在其中的宇宙会具有所观测到的样子并正好具有目前测知的基本常数值。这个学说的另一要点是关于恒星的存在。在许多情况下，恒星是黑洞的前身。在气体和尘埃云中，恒星仍在形成。在碳尘埃微粒表面进行着的化学反应使气体冷却并促使气云坍缩。但碳尘埃粒子是从那里来的呢？萨莫林指出碳元素是由核聚变反应产生的这一情况只有在质子的质量稍大于中子的质量时才会发生，如果两者质量之差比氦核的结合能大的多，则质子和中子不可能粘在一起形成氦核，没有氦，聚变反应链在第一阶段便终止了，根本形不成更重的元素，从而使恒星将少得多，自然也不会有多少黑洞，因此在任何一个宇宙中，若其中质子与中子的质量相差较大，将只能产生很少的宇宙，也就没有什么“选择”的余地了。

## 第二章 宇宙无限论

### 1、宇宙论中时间箭头的争论

一种观点认为，宇宙学时间箭头是由相对论时间对称场方程加初始条件产生的，宇宙空间的膨胀使得电磁扩散波相对于电磁收缩波占了上风，即滞后波远多于超前波，这就形成了电磁学时间箭头，从热力学时间箭头派生出信息论和生物学的时间箭头。在涉及到熵的增加时，多数物理学家认为，初始火球在刚开始时实际上是处于热平衡，但是那个时刻的宇宙非常微小。火球所代表的是那一微小尺度的宇宙所能允许的最大熵的状态，但是这种允许的熵和在今天宇宙尺度下能允许的熵相比较是微不足道的。随着宇宙膨胀，可允许的最大熵随着宇宙尺度增加，但是宇宙中的实际的熵远远落在允许的最大值后面。由于实际的熵总是拼命去追赶允许的最大值，所以产生了第二定律。

彭罗斯认为，这不可能是对热力学第二定律的正确解释。如果真是如此，在一个最终塌缩到大挤压的空间闭合的宇宙模型中，该论证在时间的颠倒方向上最终又能适用。适合于膨胀宇宙极早期并给予了低熵的同一限制应该又能适用于收缩宇宙的最后阶段。“时间开端”处的熵限制给出了热力学第二定律。如果把同一低熵的限制应用于时间的终结处，则我们应该在那里发现和热力学第二定律的严重冲突。彭罗斯指出，我们有充分的理由怀疑在塌缩的宇宙中会有这种熵的反转。其中最有力的原因是黑洞相当于一个塌缩宇宙的微观模型；如果宇宙塌缩时熵要反转，那么在一个黑洞附近必须能观察到第二定律的严重违反。然而，黑洞热力学与量子效应的研究都使人相信第二定律强有力地支配着黑洞。(1)热力学第二定律是宏观规律，对少量分子组成的微观系统是不适用的。(2)热力学第二定律适用于“绝热系统”或“孤立系统”，对于生命体(开放系统)是不适用的。早在1851年开尔文在叙述热力学第二定律时，就曾特别指明动物体并不像一架热机一样工作，热力学第二定律只适用于无生命物质。(3)热力学第二定律是建筑在有限的空间和时间所观察到的现象上，不能被外推应用于整个宇宙。“热寂说”的荒谬，在于把无限的、开放的宇宙当做热力学中所说的“孤立系统”。热力学中的“孤立系统”与无所不包、完全没有外界存在的整个宇宙是根本不同的。事实上，科学后来的发展已经提供了许多事实，证明宇宙演变的过程不遵守热力学第二定律。正如恩格斯在《自然辩证法》中指出了“热寂说”的谬误。他根据物质运动不灭的原理，深刻地指出：“放射到太空中去的热一定有可能通过某种途径——指明这一途径，将是以后自然科学的课题——转变为另一运动形式，在这种运动形式中，它能重新集结和活动起来。”

霍金认为宇宙起源于一个光滑和有序的状态，这是一个非常特殊而又自然的初始边界条件。彭罗斯认为，宇宙的初始奇点与终极奇点是不对称的，初始奇点（大爆炸）的魏尔曲率必须为零，而终结奇性的魏尔曲率



会发散，在一个开放宇宙中所产生的黑洞也具有发散的魏尔张量。在彭罗斯看来，初始奇点是非常特殊的，为了产生一个和我们生活其中的相类似的宇宙，造物主必须瞄准可能宇宙的相空间中的不可思议的小体积——在所考虑的情况下大约为总体积的  $1/10^{10}$  (123)。彭罗斯已经把宇宙的开端归结为奇迹。从普赖斯提出的超时间观点看，宇宙的熵增过程的确应当象彭罗斯那样理解为为什么宇宙开端的熵那么低，而宇宙开端熵很低的问题又等价于我们是否能够重新形成低熵的未来。

彭罗斯的想法看来已经给出了时间箭头的正确条件。还有一个问题没有解决：为什么不从大塌缩开始向大爆炸走呢？这就是根据超时间观点提出的问题。彭罗斯用粗粒化方法计算熵，这里面包含着主观主义的各种问题。他承认不同的粗粒化会给出不同的结果，但他认为这在实际上不会造成很大差别，因为在开始和结束时刻所涉及的这两个熵值是由“天壤之别”的。实际上，对于熵的计算，我们不一定采用统计力学中的粗粒化方法，直接根据热量变化和温度的关系就可以计算，按照彭罗斯的设想，我们需要搞清引力熵的性质如何。

霍金指出，魏尔曲率假设在给出宇宙学时间的两端具有不同的边界条件这一点上有合理之处。但是，他同时又提出批评：1. 它不是 CPT 不变的；2. 魏尔张量不能一度准确为零；也不能解释小起伏。霍金认为，宇宙早期的魏尔张量接近为零，同时允许有小的涨落，这可以从无边界条件中推出；宇宙演化晚期的魏尔曲率发散，与量子宇宙论的场方程（一般是惠勒——德维特方程）具有两个复数解有关。其中的一个解就是半个欧氏四维球和洛氏德西特解的一个小部分相连接；另一个可能解释以同样的半欧氏四维球连接到一个洛氏解上，该洛氏解膨胀到非常大的半径，然后再收缩到给定边界上的小半径。这两个解对应着宇宙论时间的两端：在第一个仅具有很短的洛氏时期的解的情形，三度规  $h_{ij}$  的微扰衰减得很厉害，相当于魏尔张量接近零并有微小涨落的情形；在第二个解中，宇宙膨胀又收缩，微扰可以非常大并不显著衰减，宇宙演化的末期会非常无规而且混沌，魏尔张量极其巨大。这意味着用魏尔曲率假设表述的宇宙论时间箭头可以从无边界条件推出。

彭罗斯同意霍金说的，魏尔曲率假设需要用一个更基本的理论来解释。但是，他又指出，无边界假设只是宇宙初始态结构的好的候选者，但是我们需要某种非常不同的东西解释终结态的魏尔张量发散。而且，一个解释奇性结构的理论必然违反 T, PT, CT 以及 CPT, 才能产生某些具有魏尔曲率假设性质的东西。他同时指出，霍金的无边界假设并不能排除白洞的存在；霍金提到的量子宇宙论场方程的复数解分别对应着：

(A) 宇宙大爆炸（度规微扰一开始衰减得厉害，后来增大），相当于热力学不稳定态；(B) 黑洞奇性和宇宙大挤压（魏尔张量已经发散，同时度规的微扰衰减消失），相当于热力学稳定态，确定热力学时间箭头意味着如何从 (A) 过渡到 (B) 【1】。

受激态原子的自发辐射是一个不可逆过程，而且是热力学不可逆过程的微观机制。按照 DLP 测量理论，量子测量的实质在于处于热力学或统计力学亚稳态的测量仪器与微观粒子发生量子作用，驱动亚稳态向稳态不可逆地演化。量子测量的确包含电子穿越气泡室形成微水滴，光子被墙壁或底片吸收的不可逆过程，但在负测量结果的理想实验中，波包塌缩的不可逆过程很难求助于热力学过程。一般说来，量子测量的不可逆因素深深地卷入到了热力学中。但是，即使测量仪器没有不可逆的记录过程，在负结果测量中发生的量子纯态向混合态的转变，也是典型的微观不可逆过程。

实际上，包括彭罗斯和霍金在内的多数物理学家误以为薛定谔方程是时间对称的，从而认为存在可逆性问题，从两个方面澄清问题。首先是，薛定谔方程只有在势能  $U$  是保守势时，才可以写成定态形式，并有关系  $\psi^*(-t)=\psi(t)$ ，这时候量子过程的正向过程和时间反演过程的几率一样，从而过程对时间反演不变。只有在这个条件下，我们才可以认为薛定谔方程时间反演不变，是可逆的。但在一般情况下，比如在一个处于非平衡态的孤立系统中， $U$  与粒子的动量有关；对于处于非定态的系统，如原子的自发辐射过程，就有  $\psi^*(-t)\neq\psi(t)$ ，这时正向过程与反演过程的概率不相等，过程是不可逆的，薛定谔方程就不能对时间反演不变。薛定谔方程不能提供相互作用能  $U$  的具体形式，目前在量子力学中  $U$  的形式实际上是按经典力学方式确定的。这也适用于霍金和彭罗斯关于量子引力和时间箭头的讨论，霍金忽视引力势能可能会影响量子过程的可逆性；彭罗斯在涉及这个问题时没有彻底澄清引力势对量子过程的影响最后是如何通向宏观不可逆性的，魏尔曲率假设的本质就是引力势在过去和未来两个时间方向的不对称性。另外， $U$  在作为非保守势时，它未必是引力势，比如电磁场产生的洛伦兹力就是非保守势；而引力势也可能是保守势，所以彭罗斯把不可逆过程归结为量子引力的内在时间不对称性，也是可疑的。实际上，广义相对论中的魏尔曲率与电磁场的洛伦兹力是类似的，因为在弱场线性近似下，魏尔曲率对应于牛顿万有引力场的狭义相对论效应——引力磁场效应，具有非保守力的特点，这种非保守力在广义相对论的非线性结构中更为显著。所以，彭罗斯认为宇宙论时间箭头与魏尔曲率假设有关，实质上把握了广义相对论的内在非线性和非保守力机制导致的不可逆效应。广义相对论具

有产生非线性耗散结构的不可逆机制的引力不平衡条件，如果与热力学结合，热力学的时间箭头就与宇宙论时间箭头的引力不平衡条件联系起来。这个问题最后需要合理的量子引力论建立后才能彻底解决。

我们在分析了量子论中 U 过程的不可逆性以后，认为在 CPT 对称的前提下，只要薛定谔方程中的外势是非保守势，U 过程在时间的两个方向就会给出不同的概率幅，从而导致 R 过程的不可逆性。霍金误以为 CPT 对称自然导致量子过程特别是量子引力过程具有时间反演对称性，量子测量的不可逆性来自与热力学、黑洞和宇宙事件视界有关的信息不完备性，就像玻恩所说的“不可逆性是把无知引入物理学基本定律的结果”；而实际上在不同的引力场中，特别是不同大小的黑洞附近，物质或辐射被吸收或发射的概率不相等。但是，引力场中物质或辐射被吸收或发射的概率不相等，以及量子测量中 R 过程的不可逆性，并不象彭罗斯设想的那样要求微观物理定律（特别是彭罗斯设想中的未来的正确的量子引力论 CQG）破坏 CPT 对称，只要求某种非保守势导致量子过程在时间两个方向的演化概率不同。进一步的分析可以发现，非保守势导致的量子过程的演化概率不同，是与非保守势在时间两端的稳定性分布不同有关。概率与信息不完备性有关，但是无论是概率的差异还是信息的不完备程度，都有客观的原因；只有在与人的干预有关的过程中，主观性作为一种特殊的条件差异导致概率和信息的差异。

在涉及到宇宙学时间箭头时，广义相对论中黑洞与白洞的不对称性也是一个重要问题。彭罗斯认为，黑洞对应于热力学稳定态，白洞对应于热力学不稳定态，而且不可能存在；霍金则认为，一旦考虑量子效应，黑洞和白洞的区分是模糊的，特别是微观黑洞和微观白洞完全等价。戴维斯指出，在涉及到黑洞霍金辐射时，我们发现黑洞蒸发的早期阶段是缓慢的，最后阶段是爆发式的；就平均而论，形成黑洞的早期塌缩并不是这样的。所以，每一个塌缩和蒸发过程也存在微观不可逆过程，黑洞和白洞在时间反演的意义上也不是等同的。理由如下：如果我们给出额外的假设，白洞奇点也将从黑洞蒸发过程的时间倒转过程中形成，那么喷发物质的随机性将产生一个形成黑洞的随机扰动的逆过程。只有当白洞象黑洞一样以相同的几率形成时，广义相对论的时间对称性才会得到保留。如果一个蒸发的黑洞总是等价于它的时间反转过程（即白洞），它的行为必定在生存的开端和结尾是一样的。戴维斯认为广义相对论内在地具有时间不对称性，这与彭罗斯的立场接近；但是与彭罗斯不同的是，他否定宇宙终结奇点类似于黑洞奇点。

## 2、量子力学与热力学中的随机性

戴维斯指出，在宇宙学情况下，初始奇点的随机性（即“分子混沌”）导致宇宙的时间不可逆性，混沌粒子运动是大爆炸过程中光滑宇宙流体的一个特点。如果宇宙重新收缩，终极奇点态是混沌的或随机的而不是高度有序的（块状的），这与安置在一个假想的霍金盒子中的黑洞的情形相反，在那里奇点的随机形成和随即消失带来的是时间的对称性，这种黑洞奇点的随机性是内在随机的。在宇宙学的情况下，终极奇点被赋予由宇宙动力学支配的奇点，所以塌缩到视界内的宇宙不是黑洞。但是，宇宙终极奇点如何不同于黑洞奇点，以及宇宙是否真的象戴维斯所期望的那样振荡不息，这是一个没有澄清的问题。我们认为，只有搞清各种势在决定量子波函数演化过程中如何影响从过去向未来演化的提供波  $\psi(t)$  和从未来像过去倒转演化的确认波  $\psi^*(t)$  的几率幅；特别是在各种奇点附近，由魏尔曲率决定的引力势如何影响量子波在时间两个方向上的演化几率，才能解决宇宙演化的最后结局。

引力论与量子论相统一的理论还遥遥无期，宇宙论和量子论的时间之矢已然浮现，但远未被澄清。但是，对热力学第二定律的理解却在进一步深化，这特别归功于以普里高津为首的布鲁塞尔学派的工作。普里高津提出的耗散结构论对热力学第二定律提出了新的理解：（1）热力学第二定律并不是在经典动力学基础之上的宏观近似，而是动力学的基本原理，可以从它开始建立动力学的更一般的形式体系；（2）热力学第二定律并不意味着热力学系统的单向退化，它也是进化的原动力，熵最大状态只是演化的终态，而在演化过程中，不可逆性导致自组织的出现。在远离平衡态的非线性体系中，通过耗散机制可以导致类似生命现象的复杂结构出现。走向复杂化的进化过程在一定范围内与热力学不可逆过程一致。

普里高津指出，不可逆理论的构建方式有：（1）存在着不可逆理论，它们出于描述观察到的宏观不可逆性的明显目的而被构建出来，如热力学，扩散理论等等。（2）通过引入隐含不可逆性的几率假定，从可逆的动力学方程中推导出不可逆性的理论。例如，在处理具有大数目的系统时，人们抛弃了动力学观点，而把碰撞事件或一系统状态的改变看作是马尔代夫类型的随机过程，即在某种瞬间发生的事件只依赖于那个瞬间的状态而根本不依赖于过去的历史。于是，粒子碰撞造成的不稳定性动力学关联在微观状态被打破，抹去了粒子过去运动的信息。分子运动论和统计力学就是这样构建出来的。（3）还有一些理论，它们基于时间反演不变的理论，但通过引入初始条件或通过  $t$  的拉普拉斯变换，从而成为不可逆理论，宇宙学的时间箭头就是这样引入的。



普里高津认为, 几率分布允许我们在动力学描述的框架内把相空间复杂的微观结构包括进去。因此, 它包含附加的信息, 此种信息在个体轨道的层次上不存在。因为对于具有对初始条件敏感性的不稳定系统, 个体轨道变得不可计算, 只能给出多种运动形式的几率分布。于是, 在分布函数  $\rho$  的层次上, 我们得到一个新的动力学描述, 它允许我们预言包含特征时间尺度的系统的未来演化, 这在个体轨道层次上是不可能的。个体层次与统计层次间的等价性被打存了。而对于稳定体系, “个体”层次 (对应于单个轨道) 和“统计”层次 (对应于系统) 是等价的。在不可积动力学体系中, 个体的某一轨道可以对应于不同的系统分布  $\rho$ , 而同一系统分布  $\rho$  可以对应不同的个体轨道, 过去和未来的不对称性在系统层面上涌现出来, 它意味着时间反演的初始系统分布是低几率的。普里高津认为宏观的时间方向是一种突现现象, 同时又主张寻求微观不可逆过程的理论描述。

概率随机性被引入物理学, 第一次是热力学, 第二次是量子力学。然而, 这两次引入却被认为具有非常不同的含义。在热力学中, 随机性被认为是主观引入的, 而在量子力学中, 随机性被认为是客观的, 具有不可还原的终极意义。将热力学第二定律作为一个基本的事实, 意味着微观层次的随机性也应该是客观而非主观的, 终极的非表面的。普里高津坚决反对熵和概率的主观主义解释, 因为主观解释就意味着化学亲和力, 热传导, 粘滞性等等这一切与不可逆的熵产生相联系的性质都和观测者有关。还不止于此, 起源于不可逆性的组织现象在生物学中起作用的程度, 使我们不能再把它们认为是由于我们的无知而产生的简单幻觉。普里高津反问道: “我们自身——活生生的能够观察和操作的生物——只是由我们的不完善的感觉所产生的虚构之物吗? 生与死之间的区别难道也仅仅是幻觉吗?”【1】

普里高津指出, 为了能把热力学第二定律当作动力学的一个基本假定, 人们显然要求存在一种适当的“机制”, 以便打破一般动力学描述的时间反演不变性。但是, 并非所有形式的对时间反演不变性的破坏能表达第二定律的内容。例如, 人们相信, 引起 K 介子衰变的超弱相互作用是违反时间反演不变性的, 但他并不导致第二定律, 因为仍然能把它纳入哈密顿模式或么正的动力学系统中去。

普里高津认为对称破缺机制必须是这样的, 它使得用一个群描述的么正演化成为用一个半群描述的非么正演化, 人们可以把一个李雅普诺夫函数或与之等价的 H 定理和这个半群联系起来。假如由于这个某种原因, 在动力学描述中并不允许一切态或初始条件都能在物理上实现, 而只允许态的一个有限制的集合能在物理上得到实现, 而这些态在某个适当的意义上是时间非对称的, 那么一种普遍和内在对称破缺就可能出现。

守恒动力系统中相空间的流就像“不可压缩的流体”, 换句话说在相空间中“测度”守恒, 动力学可借助于作用在分布函数上的么正算符来表示, 时间箭头没有出现。对于充分不稳定的动力学系统, 存在着非定域的描述; 这类系统的特点是对初始条件的高度敏感性, 从而导致运动的不稳定性。对这样的系统, 原则上相空间的轨道描述要由相空间的几率分布函数所代替, 正像在量子力学中, 粒子的轨道描述原则上不再适用, 而要代之以几率波函数描述一样。而分布函数并不能约化为轨道, 就像波函数不能约化为经典轨道一样。

由于放弃了轨道描述, 量子力学不得不引入算符运算, 这是为了解释与经典的连续性变化完全不同的量子分立变化。对于运动不稳定的系统, 由于放弃经典轨道描述, 使用算符十分自然, 这时把动力学描述和概率描述联系起来的一个自然的途径是通过一种适当的变换  $\Lambda$ , 它的时间反演形式是  $\Lambda'$ 。热力学第二定律表述为一个选择性原理: 它断言存在着对称破缺变换  $\Lambda$  和  $\Lambda'$ , 它们导致了相应于两个时间方向有区别的熵增半群  $W_t$  和  $W_{t'}$ , 而且存在着一个靠动力学来繁衍传递的选择性原理, 据此仅有一个对称破缺变换可致物理真实的状态, 并因而给出物理上可观察到的变化, 这相当于“禁止盲目回测原理”。

变换算符  $\Lambda$  可以确定的系统既是“本征随机的”, 又是“本征不可逆的”。只有当动力学运动具有高度不稳定性或对初始条件敏感时, 这种对称破缺  $\Lambda$  才有可能存在。不稳定动力学系统有着重要的性质: 即在每一相点处都有两个 (比整个相空间的维数低的) 流形, 一个随着  $t$  的增加在动力学作用下逐渐收缩, 另一个随着  $t$  逐渐扩张。收缩流形的运动在某种意义上象是一个单个的单元移向未来, 它的所有点都趋向于同样的命运; 但是但我们越来越远地回顾过去, 它们则有着发散的历史状况。扩张的流形则相反: 在其上的点有着发散开的将来行为; 而当我们的目光折回到越来越遥远的过去, 就找到了逐渐收敛的历史。

正是这种时间非对称客体的存在, 使人们能够去构造对称破缺变换  $\Lambda$  (或  $\Lambda'$ ), 方法是给扩张流形和收缩流形赋予非等价的作用。事实上可以证明, 选择  $\Lambda$  (它给出  $t \geq 0$  时的熵增加变化) 作为物理上可实现的对称破缺, 这意味着把集中到收缩流形上的奇异分布函数排除在物理上可产生的态的集合之外。另一方面, 如果对称破缺是通过  $\Lambda'$  发生的, 那么必须把与扩张流形相联系的态看作是物理上不可实现的态。热力学第二定律的真正含义是不可逆过程的时间反演所需要的初始边界条件在自然界中被严格禁止, 既不会在自然界中发现, 也不会由我们制备出来, 因此我们能将被允许的态与一个概率测度联系起来, 并通过非么正变换把决定论动力学导向概率过程。与动力学态相关的状态信息也是通过对称破缺变换  $\Lambda$  引入的, 所以对于某一



个态和对于时间或速度反演相对应的态，其值是不一样的。如果用这个观点理解彭罗斯的魏尔曲率假设，就是指从宇宙大塌缩或黑洞的终极奇点出发向宇宙初始大爆炸的初始奇点演化是一个被自然界禁止的过程。未来的物理学需要理解宇宙大爆炸的条件是如何形成的，以及黑洞是否真的几乎永久地存在下去。

普里高津在这种更广泛形式的动力学即算符运算中，发现可以存在一个时间算符，它与动力学刘维算符是共轭的，从而显示了热力学（时间算符）与动力学（刘维算符）的互补关系。这个算符所表征的是系统的内禀性质，相当于生物的“年龄”，而不是外部的标度时间，但时间算符的本征值与外部时间相对应我们发现，普里高津的微观不可逆过程，实际上是把不存在形成超前波的初始边界条件这一规则推广到了相空间中初始边界条件的选择中去。当然，在有限的范围内，形成一个向里收缩的超前波是可能的，但在它们的边界之外，是没有超前波的；同样，局部的可逆过程和反过程是有的，但是在总体的意义上，不可逆过程不可能从根本上逆转，特别是在开放体系中，即使过程本身“复原”，环境中的不可逆变化仍然存在。另外，普里高津构造的各种算符只适用于不稳定系统，造成了可逆过程与不可逆过程的二元论。实际上，无论是可逆过程还是不可逆过程，只要有相互作用，必定是时间箭头一致的。如果我们考虑到量子波函数中的相位因子或其他隐变量，就会发现所谓的“可逆过程”，很可能是忽视了相位因子等隐变量的粗粒化结果。比如，在量子统计中，如果考虑相位因子的变化，粒子的全同性就消失了。所有过程在绝对的意义上都是不可逆的，只有在忽视某些内外隐变量变化的粗粒化时，可逆过程就以近似的和理想化的形式出现了。而在热力学时间箭头的早期讨论中，这个问题被倒过来了，似乎可以从理想化的可逆过程通过粗粒化的统计过程，推导出不可逆性，实际情况很可能是可逆过程不过是不可逆过程的粗粒化结果。彭罗斯所说的U演化到R演化的转变最后也需要一个类似普里高津所说的从么正演化群过渡为非么正演化半群的处理。

参考文献：

【1】[比]伊·普里高津 [法]伊·斯唐热：《从混沌到有序》，p304，曾庆宏 沈小峰 译，上海译文出版社，1987年8月第1版。

### 3、光度佯谬问题及其解释

古希腊的亚里士多德就是一位宇宙有限论者，无限的空间和时间带来了许多佯谬，首先一个佯谬是所谓光度佯谬，德国天文学家奥尔勃斯在1826年提出了这样一个天文学命题。他假设：宇宙无限；宇宙中充满物质，星数无限；恒星的密度不变，平均光度也不变；星光照度与距离平方成反比。则会导致：黑夜和白天一样亮。这就是著名的勃斯佯谬问题。他的证明如下： $E = \int_0^{\infty} 2\pi K \rho dr = 2\pi K \rho \int_0^{\infty} dr = \infty$ 。这里的 $\rho$ 为恒星数密度，E为亮度。勃斯佯谬不在于恒星分布是否均匀，也不在于星空中有无吸收光的物质，而是定域积分的必然结果。星空背景是黑的，是宇宙还在膨胀的必然结果，即宇宙时空是不定域的，边界在向外不断扩展。一旦，宇宙不再膨胀，甚至收缩，它就是定域的，宇宙时空内光就会形成驻波，那时星空背景不仅会是亮的，还会是闪烁的。

这一佯谬其实是人们没有考虑到光能可以被核外电子吸收，把电磁能量储存起来或者转化为引力质量的能量，光度佯谬就不会发生。除此之外刘原生先生认为：奥尔伯斯佯谬的数学表达，是对无限空间的发光体的积分。它的初始条件和推导基于以下宇宙学的观点：A、宇宙中恒星(发光体)的分布是均匀的。不过，在1823年我们还不知道有星系的概念。现代天文学告诉我们：恒星的分布是成团的。B、宇宙中恒星之间应该没有遮光物质。现代宇宙学认为：遮光物质的存在并不会影响光线的传播。但是，就是在这些最基本、最简单的问题上，由于古老观念在作祟，使我们屡犯固执的错误。上世纪三十年代，天文学家在探讨银河系时，就是因为忽略了遮光物质，使我们把太阳系当成了银河系的中心。现在，21厘米波基本给出银河系的图像，如果没有遮光物质，我们看银河系中心，那里应该是个大火球。C、宇宙中恒星的光线，无论传播多远都不会改变其性质。这个问题我们放到后面去讨论。以上三点是奥尔伯斯佯谬成立的必要条件，缺一不可。但是现在可以看出：其中任何一条都不可能完全确立。所以奥尔伯斯佯谬在揭示宇宙是有限的实际意义不大。

即使天体之间有吸光物质，这个矛盾也仍然存在。有些人从天体非均匀分布，天体寿命有限的效应或演化效应来解释；也有人通过假设引力常数随距离的增加而减少到零来解释，笔者认为运用上面的理论很容易说明，现代物理学中所指的引力是引力与弱相互作用的合力。

### 4、“引力佯谬”及其解决

1894年，德国的诺曼（C·G·Neumann，1832~1925）与西里格（H·von·Seeliger，1849~1924）就提出，宇宙中存在无限多颗恒星，每一颗星球都受到四周恒星无限大的引力，当四周的引力作用于某颗星体时，该星体必然被撕得四分五裂。如果“万有引力”定律在宇宙各处都起作用，那

么宇宙中不可能存在一颗颗独立的星球，或者说，每一颗恒星都会获得无限大的引力加速度。1894年德国的另一位天文学家西利格尔指出：如果星球无限多而且均匀分布，那么宇宙中任一有限区域的物质(质量有限)将被区域外的物质(质量总和为无限大)所吸引，有限区域内的物质无法依靠自身的引力收缩成星体；然而实际情况并不是这样。这就是所谓的“引力佯谬”。

“引力佯谬”还可引申出“密度佯谬”，即那片密度较小天区的物质会被四周大密度区的天体吸走，而留下一片密度趋于0的“真空”天区。而原先宇宙密度较大的天区会出现一个质量超大的星球，并把周围天区的星球全部吸归己有，成为一个质量与密度无穷大的天体。如果考虑到万有引力与弱相互作用是反作用力，则佯谬便不复存在。

**笔者认为在宇宙中除了考虑万有引力外，还应当考虑它的反作用力，应当重新进行分析。**

## 5、宇宙无限论的实验基础

摘自《自然杂志》19卷4期的‘探索物理学难题的科学意义’的97个悬而未决的难题：94.宇宙会一直膨胀下去吗？95.宇宙大爆炸的量子起源是什么？96.大爆炸之前可能存在什么？97.我们的宇宙是否有兄弟姐妹？

**Einstein:** 球面宇宙是有限的，又是无界的。注：“球面宇宙”的球面，即其对外的界面，硬说其无界，硬称此体积有限大的东西为宇宙，这就是Einstein宇宙理论的立足点。

**Einstein:** 如果宇宙无限大，宇宙物质密度必为0，如果宇宙物质密度不为0，宇宙必然是有限的【1】。注：宇宙有多大，只与不动的立方厘米量有关，与物质毫无关系，与密度毫无关系。

谭天荣：只有对于“有限宇宙”，才能给出一个物质密度【2】。

简明不列颠百科全书：Einstein对宇宙认识的贡献是无与匹敌的。

中国大百科全书：Einstein以科学论据推论宇宙有限无界：这是宇宙观一次革命，它为宇宙膨胀理论和宇宙大爆炸宇宙学奠定了基础。

德西特：宇宙象一个正在长大的气泡，不断膨胀。

勒梅特：反推时间可知，所有星系所有物质被挤进宇宙蛋，一场大爆炸把它炸开，几十亿年后，留下现在的膨胀宇宙【3】。

注：任何膨胀体，都只能是在无限大空间中的一个空间区膨胀着的一细物，都只能是在无限多个上级配件中膨胀着的一个下级配件。

丁肇中：科学家相信，宇宙从爆炸来，爆炸以前，没有时间和空间。

注：任何爆炸，都只能是结构性配件的下级配件，在一定的运动持续过程或时间，在一定的空间区高速离散的现象。

伊壁鸠鲁：宇宙过去和现在一样，将来也永远如此：它的空间无限大，它的有形体无限多。

霍金在《时间简史》中也说过：“我认为大爆炸有着明显的宗教意蕴。”宇宙学是建立在观测事实的基础上，它必须对观测事实进行数学处理，建立理论模型；理论模型必须给出可供观测的预言。例如，宇宙能否作为一系统并被进行整体研究，在宇宙学中并不是显而易见的：(1)宇宙必须表现出可观测的大尺度统一特征；(2)宇宙各部分之间必须存在物理上的联系机制(不能是抽象的“普遍联系”)；(3)在地球这个局部所发现的自然规律可以适当外推到整个宇宙。大尺度红移现象的发现为第一点提供了观测证据，引力理论的发展(广义相对论)为第二点提供了物理理论根据，第三点虽然无法得到证据，但对这个问题(也是一切自然科学甚至一切科学面临的问题)，科学家都持一种经验主义的谨慎的态度。正是这三点都有一种科学上能容忍的答案，现代宇宙学才敢于把宇宙作为一个整体(Universe as a whole)来进行科学的研究。

薛定谔认为：“一个只有剔除了一个人格化因素才能得到的宇宙模型不会为人格化的上帝所造。由此我们可知，科学家们并不是从经验事实出发否定了上帝的存在，或限制了上帝的作用，而是他们采取的方法一开始就排除了上帝。”

世界上许多著名的物理学家评论了宇宙背景辐射发现的物理意义。伯格曼认为，在宇宙尺度上，相对性原理被破坏了；宇宙背景辐射只在一个独一无二的参考系中各向同性，在这个意义上，那个参考系代表“静止”。韦斯科夫认为，无论如何，观察到的2.7K辐射决定了一个各向同性的绝对坐标系；迈克尔逊和莫雷的梦想变成了现实，即找到了我们太阳系的绝对运动，不过不是相对于以太，而是相对于光子气。斯塔普认为，2.7K背景辐射定义了一个优越的参考系，利用它可以决定事件发生的绝对顺序。哈肯也认为，狭义相对论否定了特殊参考系的存在，但是宇宙背景辐射却成了一个绝对参考系。罗森甚至认为，宇宙学的最新发现要求回到绝对空间的观念。胡宁认为，在迈克尔逊实验的零结果和以太模型之间没有出现任何矛盾；在某种意义上，上述400公里/秒的速度可以看作是迈克尔逊所要测量的地球相对以太运动的速度，他认为，宇宙背

景辐射的各向同性分布所决定的坐标系，可以看作是真空的静止坐标系；相对性原理的适用范围应有一定的限度。在 1979 年美国普林斯顿纪念 Einstein 诞生一百周年大会的报告中，狄拉克也对此作了评述。他说：“这样就有一个优惠的观察者，对他来说，微波辐射是对称的。可以说，这个优惠的观察者在某种绝对的意义上是静止的，也许他就对以太静止。这恰恰与 Einstein 的观点相矛盾。”“在某种意义上说，洛伦兹是正确的而 Einstein 是错误的，因为 Einstein 说过的一切，就是根源于当时的物理学不可能显示出绝对零速度。”

哥白尼的宇宙边界是太阳系，随着人们观测水平不断地提高，视界在不断地扩大。实际上，望远镜可以越造越大，视野越伸越远，总可以观察到以前没有观察到的空间，自然而然地形成无限无边的宇宙概念。自伽利略和牛顿之后，人们普遍接受了时空的无限性。特别有了空间坐标系以后，可以很直观地把宇宙的体积看成是无限的，无论沿宇宙空间中任何一点的任何方向看过去，都不能找到它的边界，宇宙空间是欧几里德几何中的三维的无边和无限的空间。无限、无边的观点之所以被普遍承认，除了天文观测事实以外，若承认宇宙是有边界的，或有限无边的，都会有会碰到这样一个无法解答的问题：界限的外面又是什么？无限、无边的宇宙观和牛顿的无限的时空相吻合。牛顿力学为无限、无边的宇宙观点提供了依据。因为按万有引力的规律，一个有边界的宇宙将不能保持稳定，在边界上的星球将处于特殊位置，星际间的万有引力将它拉向中心。于是，一个无限无边的宇宙模型又从牛顿力学找到了根据。

在观测中，宇宙是高度均匀的。物质的物理性质和分布都是均匀的。无限数目的星在体上以均匀的密度分布在宇宙空间中，无论哪个天体，哪处时空和哪个方向都不居于特殊地位，它说明宇宙的结构是如此一致，我们有可能以一种极为简单的方式建立全宇宙的模式。

相对论甚至不能对径向多普勒效应做出合理的解释。多普勒现象是：光源远离观察者时光谱红移，迎向时则蓝移。相对速度愈大频移愈甚。频率红移应当是观察者测得的现象，根据 space-time 平权理论，距离的增加相当于时间的延缓，因此频率减小。因此红移量与距离成正比，光源越远，它远离我们的速度也越快，即  $V=H \times R$ ，哈勃的发现验证了这个问题。类星体是射电天文学观测的结果。它的特点是红移特别巨大。根据哈普定理：红移越大，相对地球退行的速度也越大，离地球也就越遥远。这样，类星体就被解释成一个远离地球、且相对地球高速退行的天体，从而引发了远距离与大能量的矛盾。李晓卿：“一定能揭示红移现象所蕴含着极为丰富的物理内容，使我们认识达到一次飞跃。”天文学报 1976.2。何香涛，沈小峰：“红移争论”是近代天体物理学中最热门的讨论课题之一。《自然辩证法通讯》1983.1

微波背景辐射的温度朝不同方向看如此一致，说明 space-time 的本质是场，它是零点振动的表现形式，应当重新分析这些实验。热的本质如果归结为量子的碰撞（宏观上或微观上），那么就可以理解微波背景辐射的温度。热辐射的本质其实是由于电磁质量能级的变化而辐射 electromagnetic field，温度的本质应该解释为 electric field 与引力场的强度，可以运用实验证明这个观点。物体在碰撞过程中能量的损失的过程应当是机械能——电磁能——内能——电磁能之间的相互转化，由中子组成的物体之间的碰撞不会发生这一过程。传导与辐射本质上是一样的。空间增大时，时间缩短，容易理解 Minkowski 方程  $s^2=(ct)^2-(x^2+y^2+z^2)$ ，也进一步验证了广义相对论的正确。

#### 参考文献：

- 【1】 Einstein。狭义与广义相对论线说。上海科学技术出版，1964.90；96。
- 【2】 谭天荣。哥本哈根迷误。陕西科学技术出版社，1988.134。
- 【3】 阿西摩夫。古今科技名人辞典。北京：科学出版社，1988.331；385。

## 6、宇宙无限论的理论基础

时空的无限性和人类的有限性的矛盾，是人类认识宇宙的最大的问题，是一个不易逾越的难题。人类生活在无限宇宙中极为细小的一个角落，若把地球看着宇宙的一粒尘埃，那么生活在地球表面的人类活动空间有多么的渺小不言而喻。人类生活在无限宇宙无始无终时间长河中的一个极短的瞬间，而每个个体的生存时间就更短了；人类的个体是认识宇宙的主体，除了艰难的维持生存的劳作外，可供认识宇宙的时间就寥寥无几了！人类生存的时空局限，规定了人类的有限性，限制了人类对无限宇宙的认识活动，使人类不能直接接触和观察一些必须了解研究的客观对象，造成众多人类直接观察无法达到的死角，给人类的认识带来了一些盲区 and 空白。人类不能直接看到遥远星系和空间的真实情况，也看不到地球表面深处正在发生什么；看不到人类史以前的宇宙状况，前人可能并不准确的记载和见解在学习或传授之中，对于宇宙的未来人类处在预测和猜想状况里。如果不是人类群体的协作和继承，在这样的条件下人类是无法达到今天这样的对宇宙认识的水平。

如果宇宙是在膨胀，宇宙常数就不该有。但是直到目前为止，也还没有一个人能找出一个理论上的论据



来证明这一项不该有。这一困难，即“宇宙常数问题”，是今日物理学中最深刻的未被解决的问题之一（**笔者注：按照前面的观点宇宙常数的实质是引力的反作用力——弱相互作用的表现形式**）。1998年以前，物理学家和天文学家一般都认为宇宙学常数等于0或很小可忽略，而且粒子物理学家认为，宇宙学常数可以看作宇宙真空能量密度的一种量度。但近几年来，越来越多的观测证据表明，宇宙正处于加速膨胀的阶段，一个正的宇宙学常数对所观测到的数据有最好的拟和结果，几乎所有的宇宙学家都相信宇宙学常数的存在，并期待在宇宙学上有更多的观测效应。如果宇宙在膨胀，宇宙不存在中心，距离观察者越远膨胀速度越大的原因为何，Big Bang Cosmology的起点在何处？按照Big Bang Cosmology理论，地球与太阳之间的距离应当越来越大，太阳的辐射频率应当越来越小。在宇宙的Big Bang Cosmology过程中，温度和密度随着时间的流逝而下降。在Big Bang Cosmology早期，温度太高，原子和分子均无法存在，自然力的强度随环境温度的变化而变化，现代物理学认为分子的平均动能 $E=1.5kT$ ，那么温度的实质是何？

根据引力场的space-time本质的观点，能量是物质与space-time的相互作用，如果认为引力质量具有正的能量，那么必须认为引力场具有负能量，自然界不存在负引力质量的物体，物理学家预言宇宙中存在负引力质量，但是没有发现由负引力质量形成的物质原因在于此。引力定律确保了宇宙中所有质量之间的（负的）引力位能，必定永远和每个质量 $m$ 相关联的（正的）能量 $mc^2$ 的总和大小相等、符号相反。因此总的结果准确的等于0。现代物理学认为物质的引力场的质量是静止质量的 $10^{-37}$ 倍，原因在于它只是计算的其space-time量子形式。整个宇宙的电磁质量之和为0，物理学中的反物质是电磁质量不同，引力质量相同。现代天文学测得宇宙的扩张速度正在加快，像有一股普遍的推动力持续将space-time结构向外推，原因在于正负引力质量间相互排斥，不至于把宇宙卷曲到无限小的尺度，所以宇宙不存在起源问题。

因为整个宇宙的正引力质量为无穷大，空间和时间可能会共同形成一个在尺度上有限而没有任何边界或边缘的面，所以绝对空间弯曲为一个半径为无穷大的封闭的球形空间，而封闭的球形空间对光线有一种独特的聚焦作用，使得物体向远处运动时在一定距离上越来越大。人们可以说：“宇宙的边界条件是它没有边界。”宇宙是完全自足的，而不被任何外在于它的东西所影响，它既不能被创生，也不能被消灭，它就是存在。因此宇宙不存在起源问题，宇宙应当是时间上无始无终、空间上无边无缘，造物主无所事事的宇宙，这也符合唯物辩证法的基本观点——space-time在本质上是无限的【1】。

关于大爆炸理论，它可以是宇宙存在过程中的一个环节，而决不可能是宇宙的起源。如果说是起源也只能说是某个阶段的起源，宇宙是不存在一个绝对开始的那种“起源”的。

稳态宇宙学提出以后，曾得到了几方面的支持，其一是大爆炸宇宙学难以解释的星系产生问题，在这里可以顺理成章地得到说明。因为只要在稳态宇宙方程中，物质的产生和宇宙的膨胀不是正好地得到补偿，就可能出现稳恒态附近的起伏解，解中恰好呈现了物质分布的局域不均匀性。在稳态宇宙学中，不出现高温、高密度的初态，避开了难以摆脱的“奇点”困扰。像一切其它宇宙模型一样，稳态宇宙模型也有一些先天不利的因素。它引出了一个物质不断创生的假设，这是现今物理学无法解释与理解的。此外，近年来的一些观测结果也给它增加了诸多不利的因素，例如对河外射电源计数结果与它的预言数不一致。更重要的是3K宇宙微波背景辐射的发现表明，宇宙的早期确实呈高热状态，稳态宇宙学对3K的解释却是牵强和不自然的。此外，它还不能对现今宇宙中氦元素的形成与丰度做出解释。**笔者认为宇宙学宇宙学是一门最深奥的科学，地球人认识宇宙，只能逐步深化，永无止境。**

参考文献:

【1】 [英] 约翰·D. 巴罗 著 卞毓麟 译。《宇宙的起源》 上海科学技术出版社 1996年6月。

5/4/2017