

---

**A theoretical basis for the formation of a large scale structure in the universe**

Xiangyuan Chen

Guangxi University of science and technology

Email: 3317359190@qq.com

---

**Abstract**

A large number of astronomical observations show that our universe seems to show a "foam net" structure. Almost all galaxies are distributed in the narrow "fiber band", and in the middle of them are huge holes, which can be seen clearly in the 2 degree field of the galaxy red shift tour. With the discovery of a series of unbelievable cosmic large scale structures, such as the "the Great Wall" and "cosmic super void", the theory of the existing cosmic evolution theory is hard to be explained unless the dark matter theory is introduced. This paper is based on the theory of general relativity and the big explosion expansion theory of the universe, through the astronomical view. The test results introduce a hypothesis, trying to theoretically explain the formation of the large scale structure of the universe.

**Keywords**

The big bang theory; general relativity; large scale structure of the universe; cosmic cavity; dark matter; galaxies; galaxy clusters

**Subject Areas** Math & Physics

---

**形成宇宙大尺度结构的一种理论基础**

陈相远

广西科技大学

Email: 3317359190@qq.com

收稿日期：2018年4月14日；发布日期：2018年4月16日

---

**摘要**

大量的天文观测结果显示，我们的宇宙似乎显示一种“泡沫网状”结构。几乎所有的星系都分布在狭窄的“纤维带”上，而在它们的中间则是巨大的空洞，这种网络泡沫结构在2度视场星系红移巡天可以清楚的看见。随着宇宙“史隆长城”、“宇宙超级空洞”等一系列不可思议的宇宙大尺度结构被发现，除非引入暗物质理论，否则根据现有宇宙演化理论模型已经难以进行合理解释，本文基于广义相对论、宇宙大爆炸膨胀理论，通过天文观测结果引入一个假设，尝试从理论上对宇宙大尺度结构的形成进行一种理论解释。

**关键词**

宇宙大爆炸理论；广义相对论；宇宙大尺度结构；宇宙空洞；暗物质；星系；星系团

---

我们先来看下面的情形，如下图：

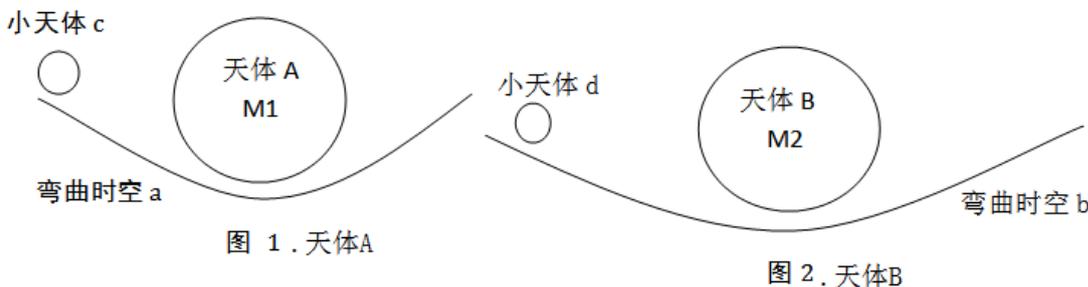


图 1 . 天体A

图 2 . 天体B

如图 1 所示:假设宇宙中有一个天体 A, 质量为  $M_1$ , 天体 A 附近有一个小天体 c 围绕它运行, 和天体 A 中心距离为  $R_a$ , 小天体 c 受到天体 A 的引力为  $F_1$ 。

如图 2: 假设宇宙中另一处又有一个天体 B, 质量为  $M_2$ , 天体 B 附近有一个小天体 d 围绕它运行, 和天体 B 中心距离为  $R_b$ , 小天体 d 受到天体 B 的引力为  $F_2$ 。

为了简单起见便于后面论述这里我们假设天体都处于理想情况下。根据牛顿万有引力公式, 我们最后可以分别得到小天体 c、d 的运行线速度:

$$V_c = \frac{GM_1}{R_a^2} \quad V_d = \frac{GM_2}{R_b^2} \quad \text{①}$$

我们再假设有一个观测者, 它通过多普勒效应等观测技术, 发现了小天体 c、小天体 d 的运行速率相差很大, 即符合  $V_c > V_d$ , 并且小天体 c、d 分别距离天体 A、B 的距离大致一样, 即大致符合  $R_a = R_b$ , 观测者通过上面的公式①进行理论估算认为最后可以得到:

$$V_c > V_d \Rightarrow M_1 > M_2$$

即他认为天体 A 质量一定大于天体 B 质量。

但是通过最后观测他发现天体 A、B 可见物质质量却大致一样, 即大致符合  $M_1 = M_2$ , 结果和理论估算得到的  $M_1 > M_2$  相矛盾, 于是他们认为天体 A 中必定包含有看不见的物质质量  $M_3$ , 使得  $M_1 + M_3 > M_2$ , 这就是所谓的“缺失的质量”现象, 人们把这种缺失的看不见的物质叫做暗物质。实际的情况中, 暗物质最初不是基于这样的情形提出的, 这里只是为了后面便于论述, 但是都是基于“缺失的质量”这样一种现象。

暗物质的寻找直到现在还没有令人满意的结果。相反在寻找的过程中我们却发现了很多暗物质理论不能合理解释的现象。比如最近一项发表在 2018 年 3 月 28 日出版的《自然》杂志上的研究称, 耶鲁大学天文学家彼得·范多克姆及其同事发现了一个巨大古老的星系, 那里的恒星数量相对较少, 存在的即是所见的。这个星系的恒星在没有明显暗物质影响的情况下进行运动, 也就是说这个星系基本不含暗物质。按先前的暗物质理论模型, 每个星系都应该存在暗物质, 因为暗物质是星系最终形成的粘合剂, 这个发现相当于发现了一个没有骨架的人。类似这样的和暗物质理论模型不相协调的发现还有很多, 不过通过继续对暗物质理论模型进行修改还不能完全否定它的存在。

根据爱因斯坦的广义相对论，引力只不过是时空弯曲的结果。广义相对论至今已经经过了很多实际验证，特别是近些年发现的引力波。所以在这里我们暂且认为它是非常正确的理论。因为广义相对论对引力的描述更接近引力本质，所以在上面的例子中，我们引入广义相对论的引力描述：

- 1、天体 A 造成的时空弯曲程度为 a
- 2、天体 B 造成的时空弯曲程度为 b

在一开始的例子中，观测者发现  $V_c > V_d$ ,  $M_1 = M_2$ , 那么：

- 1、天体 A 存在额外质量的暗物质作用。
- 2、天体 A 造成的时空弯曲程度 a 比天体 B 造成的时空弯曲程度 b 大。

这两种情况在表观的作用效果上我们是无法进行区别的，也就是说在实际的观测中它们是一样的效果。实际的情况中暗物质的寻找已经经历了 100 多年，但是依然没有满意结果，甚至还发现了很多和暗物质理论相矛盾的现象。所以，在前面的例子中，如果我们不引入暗物质，那么我们是可以得到这样的结论的：

天体 A 造成的时空弯曲程度 a 比天体 B 造成的时空弯曲程度 b 大。

因为天体 A、B 处于宇宙中不同空间区域，并且在实际的情况中，这种现象是普遍的，所以基于这样的情形，我们最后提升为一个假设：

① 同一个质量物体，在不同空间中造成的时空弯曲程度不一定相同。

也就是说，同一个质量为 M 的物体，在不同空间上造成的时空弯曲程度不一定相同，这个假设是基于广义相对论时空弯曲思想，为了方便理解，我们再引入这样一个例子：

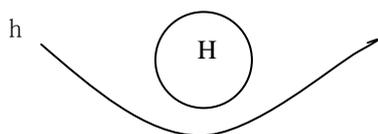


图 3. 小球橡皮膜 h

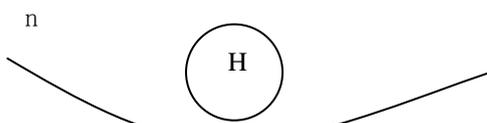


图 4. 小球橡皮膜 n

如上图 3，有一个小球 H，h 是一张橡皮膜，橡皮膜二维表面就相当于我们的四维时空，我们把小球 H 放橡皮膜 h 上，橡皮膜 h 就会因为小球 H 而产生一个凹陷，相当于四维时空弯曲；我们把小球 H 放到另一张橡皮膜 n 上，只要橡皮膜 h 和橡皮膜 n 弹性系数不一样，我们就会看到图 4 那样小球造成的橡皮膜凹陷程度没有图 3 这么大，这就相当于在不同的空间中同一个质量物体造成的时空弯曲程度不相同。

现在的问题就在于，为什么橡皮膜 h 和橡皮膜 n 弹性系数不一样？在真实物理世界中就是同一个质量物体，为什么在不同空间中会导致不一样的时空弯曲程度？在后面的论述中我们将看到，在表观作用效果上，这样的假设结果只是相当于一个变量参数，就是说只需要在爱因斯坦的场方程中再引入这样一个变量参数，无需对现有理论做其它任何修改，就可以和实际的观测结果很好吻合。而实际的物理本质解释这里无法给出合理的论述，但是本质上应该和时空本身的性质有关，毕竟我们对时空性质的认识还只是知之甚少。

前面的假设①是基于实际的“缺失的质量”现象观测结果引入的，科学假设除了要能够对已知现象进行合理解释之外，还应该要能够进行一定的推论，以进行科学验证，基于这样的科学严谨性，我们继续进行论述。

根据宇宙大爆炸膨胀理论，宇宙是由一个致密炽热的奇点于 137 亿年前一次大爆炸后膨胀形成，宇宙大爆炸膨胀理论目前为止已经经过了科学验证。这里我们暂且认为它是正确的理论。我们看下面的例子：



图 5. 时空点

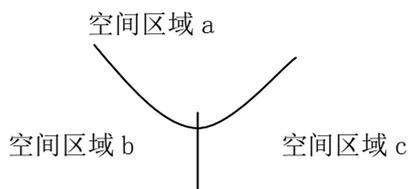


图 6. 形成的不同空间区域

在宇宙开始形成时空，如图 5 假设有三个彼此相邻的时空点，距离趋于 0，这里的时空点是指宇宙从奇点大爆炸后，形成时空时的不同时空点，根据前面的假设①，因为这样的不同空间区域从宇宙形成时空开始就跟着形成了，随着大爆炸宇宙空间极速膨胀，我们很容易想到最后会形成类似图 6 三个相邻不同空间区域，因为宇宙形成时空时有无数个这样的不同时空点，根据前面的假设①，随着空间的膨胀，那么最后会形成无数个不同空间区域，并且在三维空间中这样的不同空间区域呈泡沫状结构分布。所以基于假设①和宇宙大爆炸膨胀理论，最后得到的宇宙三维空间，这样的不同空间区域是以泡沫状结构分布的。

为了便于以后的论述我们把这种基于假设①的不同空间区域叫做**假想空间区域**。同一个质量物体在这样的不同假想空间区域造成的时空弯曲程度不一样，在表观效果上，在弱引力场下近似表现为牛顿万有引力定律公式：

$$F = G \frac{M1 \times M2}{r^2}$$

因为这样的不同假想空间区域中质量 M1、M2、距离 r 在假设①中是一样的，所以，这样的不同假想空间区域中，在表观效果上，近似情况下的万有引力常数 G 值不是一个常数，而表现为变量。

我们回到前面的例子。

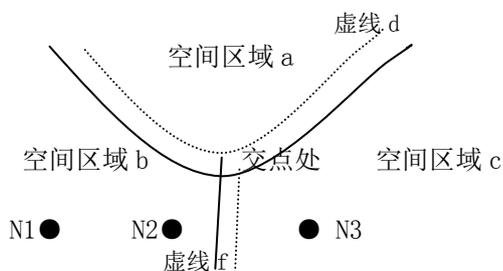


图 7. 形成的不同空间区域

在前面的例子中，如图 7，形成的三个不同空间区域 a、b、c 中，一开始宇宙物质分布均匀，我们假设在空间区域 b 边缘中有两个质量分别为 M1、M2 的粒子 N1、N2，空间区域 c 边缘中有一个质量为 M3 的粒子 N3。为了便于论述，我们用表观效果上近似的牛顿万有引力公式对粒子 N2 进行简单分析如下：

$$1. N2 \text{ 受 } N1 \text{ 引力为 } F1 = G_1 \frac{M1 \times M2}{r_1^2}$$

$$2. N2 \text{ 受 } N3 \text{ 引力为 } F2 = G_2 \frac{M3 \times M2}{r_2^2}$$

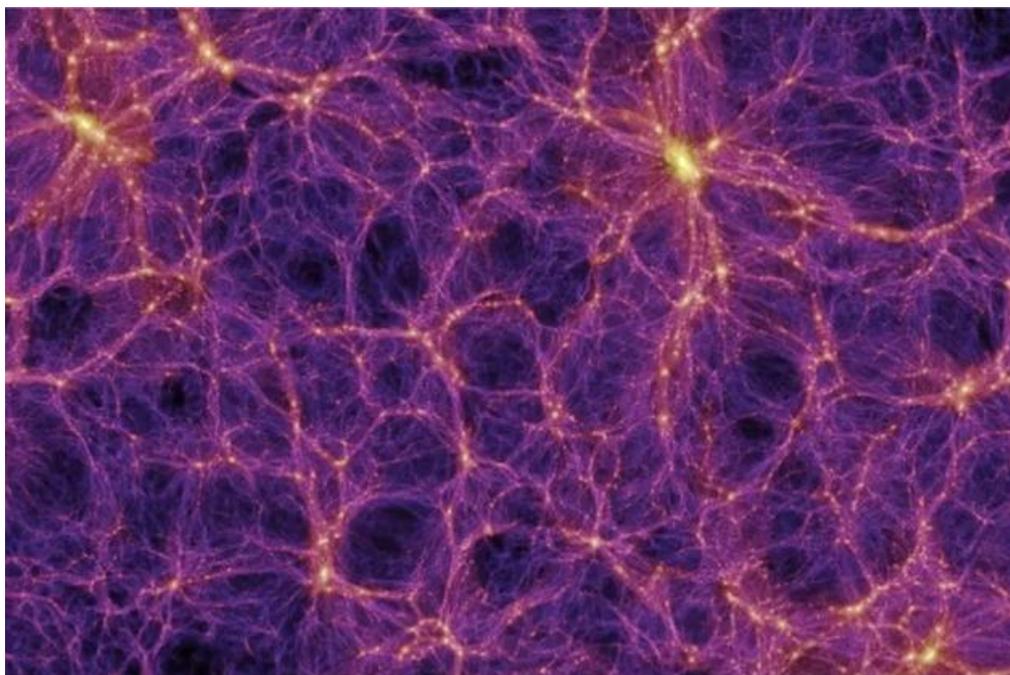
因为根据前面的论述，空间区域 b、c 引力常数  $G_1$ 、 $G_2$  不一样，所以即使早期宇宙各粒子密度分布均匀，也会形成引力差，并且在空间区域 b、c 相邻附近，引力差最明显，我们假设空间区域 b 引力常数  $G_1$  小于空间区域 c 引力常数  $G_2$ ，那么最终粒子 N2 会被 N3 吸引到空间区域 c 边缘进行聚集，一样的情况，最后物质都聚集在了不同空间区域边缘附近，假设同一个质量物体在空间区域 a、b、c 中造成的时空弯曲程度为  $a > c > b$ ，随着宇宙空间膨胀，最后物质都在如图 7 虚线附近进行聚集，并最终在那里形成星系、星系群等。

而在三个不同空间区域交点处，这里表现出来的引力差相对来说是最明显并且吸引聚集的物质是最多的，所以这里附近最后会形成超星系团。随着物质都被吸引到不同空间区域边缘附近进行聚集和宇宙持续的空间膨胀，最后空间 a、b、c 大部分空间都会形成几乎无物质密度的宇宙空洞，理论上空洞大小为空间区域  $b > c > a$ ，这里只是一个简单例子，实际情况中，在三维空间上 b 相邻的空间区域，如果同一个质量物体造成的时空弯曲程度都比它大，那么类似这种空间 b 区域最后可能会形成宇宙超级空洞，如果足够大，理论上甚至还可以形成比现在已经发现的宇宙超级空洞更大的超级空洞。

对于不同空间区域，其中间形成的空洞不一定是几乎无物质分布的，因为那里也有可能形成引力差，所以理论上那里也可能会形成星系等，不过可以料想那里物质密度是极低的。

基于上面的简单模型，不同空间区域边缘附近则是物质分布最为密集的地方。在宇宙实际情况中，基于这样的简单模型理论上还可以形成目前已经发现的史隆长城等宇宙物质分布结构。这种结构的形成在现有的宇宙理论模型中还不能进行合理解释，因为这种结构不是引力束缚结构，就是说它不是靠引力作用进行束缚形成的。

以下就是现实情况中形成的宇宙大尺度泡沫结构：



在上面的例子中，如果我们人类所处的空间区域为  $c$ ，因为同一个质量物体在空间区域  $a$ 、 $b$ 、 $c$  中造成的时空弯曲程度为  $a > c > b$ ，所以在空间区域  $b$ 、 $c$  相邻边缘附近会出现“缺失的质量”现象，相反的在  $a$ 、 $c$  空间区域相邻边缘附近会出现“多出来的质量”现象，但是在实际情况中，如果也是  $c > a$ ，那么  $a$ 、 $c$  空间区域相邻边缘附近也是“缺失的质量”现象而不是“多出来的质量”现象，所以我们所处的宇宙空洞周围边缘附近不一定存在“多出来的质量”现象，这里只是说明一个问题，如果前面的假设①是正确的，那么实际的宇宙中必定存在“多出来的质量”现象，除非我们处于宇宙中最特殊的空间区域，但是概率上这种情况几乎不可能。

所以，只要在实际的宇宙中观测到“多出来的质量”现象，那么前面提出的假设①就可以是正确的。因为暗物质理论只能解释“缺失的质量”。这个推论可以作为实际情况中对前面假设①进行验证的一个标准。

以上就是基于假设①，广义相对论、宇宙大爆炸膨胀理论得到的宇宙演化图景，基于这样的假设构想模型，它可以对宇宙大尺度结构的形成进行很好的解释，并且对于“缺失的质量”现象也可以进行一些解释。

因为随着宇宙空间膨胀这样的不同空间区域是不存在绝对界限的，所以最后形成的空间区域相对来说可能也不一定处处完全相同，就是说同一个质量物体在同一个这样的空间区域中，造成的时空弯曲程度可能也不一定处处完全相同，会存在一定微小差别，并且这种微小差别会随着时空尺度变大而明显，随着空间膨胀而呈规律性分布。在这里这种复杂的细节情况暂且先不作讨论。我们可以肯定的是，基于这样的构想以上提到的“多出来质量”现象理论上肯定会存在，它可以作为验证的方向。

所以最后就让我们先抛开种种质疑与复杂的细节讨论，在实际的天文观测中寻找这样一种“多出来的质量”现象才是首要的举措。

**参考文献**

- [1]李永宁, 何宝鹏《广义相对论导论》, 1991. 8.
- [2]爱因斯坦《相对论》, 2011. 3.
- [3]向守平, 冯珑珑《宇宙大尺度结构的形成》, 2012. 7.