

# 暗物质与类星体分布

褚耀泉

(中国科学技术大学天体物理中心)

## 提 要

宇宙中的大部分物质是不可视的, 这些暗物质在宇宙大尺度结构的形成中起到重要的作用。本文首先讨论了暗物质存在和均匀分布的证据, 并指出宇宙中可能存在两种非重子的暗物质成份。在具有两种暗物质成份的宇宙中成团过程将不同于标准的绝热和等温两种成团图景。在具有两种成份的体系中成团过程的特征是: 假如  $\rho_1$  和  $\rho_2$  以及  $\lambda_{1J}$  和  $\lambda_{2J}$  分别为两种成份的密度和相应的 Jeans 长度, 当满足条件  $\rho_1 \ll \rho_2, \lambda_{1J} \ll \lambda_{2J}$  时, 无论初始扰动存在于成份 1 或成份 2 中, 尺度小于  $\lambda_{2J}$  的不均匀性总是在非主导成份中发展得比主导成份 2 中更大一些。从这种新的成团图景中我们可以解释在类星体分布中的下述特征:

- (1) 与星系分布相比较, 类星体的分布中在尺度 10—100 Mpc 上没有很强的不均匀性;
- (2) 红移  $Z > 2$  和  $Z < 2$  的类星体的分布不相同, 前者没有大尺度的结果, 而后者则有。

## 一、引 言

现代宇宙学研究中两个最活跃的领域是宇宙的极早期和宇宙大尺度结构的形成。前者试图说明我们的宇宙是如何生成的, 而后者则要解释为什么我们今天观测到的宇宙具有不同层次、丰富多采的结构, 显然这两个课题是密切相关的。从宇宙演化的时间系列来看, 前者涉及到宇宙的“远古时代”, 而后者则是宇宙的“近代史”。宇宙极早期演化的结果, 正是宇宙中物质大尺度结构形成的“初始条件”。

宇宙微波背景辐射的高度各向同性告诉我们, 在宇宙演化的早期, 物质分布基本上是均匀和各向同性的。而今天我们观测到的宇宙在各种尺度上都有成团分布的倾向: 如恒星、星系、星系团、超星系团……等等即是。宇宙中各种尺度的结构是如何形成的呢? 目前在宇宙学中有两种标准的成团图景: 即等温图景和绝热图景。

在等温图景中, 成团过程是由小到大, 即先形成小尺度的天体(例如: 星系前恒星, 星族 III 天体), 然后通过引力的作用逐级成团形成大尺度的天体(例如: 星系、星系团、超星系团……等)。这种理论的一个困难是难以说明巨洞的存在<sup>[1]</sup>。因为按照这种图景, 早期星系在大尺度上的分布或多或少是均匀的。而引力不稳定性过程不可能造成大体积范围的星系短缺区。

在绝热图景中, 成团过程是由大到小, 分裂式的。先形成质量约为  $10^{16}M_{\odot}$  的天体(超星系团

1984年8月31日收到。

1984年上海天体物理前沿讨论会上的报告。

尺度), 然后再分裂成星系及球状星团等较小尺度的天体。在这种理论中, 巨洞的形成是一个很自然的结果。它的另一个优点是可以解释近年来天文观测所揭示的超星系团的带状或片状结构。因为引力不稳定性的非线性理论预言: 大尺度天体的坍塌必定是各向异性的。而且, 近年来由于基本粒子方面研究成果而活跃起来的中微子宇宙学也进一步支持成团的绝热图景, 这是因为包含有静止质量为若干  $eV$  的中微子成份的成团优先尺度恰恰也是  $10^{15}M_{\odot}$  的数量级。

然而, 绝热图景也有其内在的困难, 即大尺度天体形成的时间太晚。Frenk 等人的计算表明,  $10^{15}M_{\odot}$  的天体只有当  $Z < 2$  时才有可能形成<sup>[2]</sup>。在分裂式的成团图景中, 这就意味着所有小尺度天体的红移都必须小于 2。这显然是与观测事实相矛盾的。

两种标准的成团图景都有与观测事实不一致的地方。这里我们将介绍一种新的成团图景, 即宇宙中至少存在两种暗物质成份的成团过程。近年来, 基本粒子理论应用到研究宇宙极早期的成果之一, 就是预言可能存在着许多类暗物质。正是这些不可视的物质将在大尺度结构的形成中成为十分活跃的主角。

## 二、宇宙中的暗物质

很久以来, 天文观测事实就暗示着宇宙中的绝大部分质量可能属于不可视物质。下面我们简略回顾一下暗物质存在的证据, 同时分析它在空间分布的特征。

### 1. 旋涡星系转动曲线的平性

众所周知, 星系的光度是按指数规律随半径下降的。如果星系中的物质仅是可视物质的话, 则根据开普勒定律, 旋涡星系中各部分的转动速度应与半径的平方根成反比。但是观测到的一批旋涡星系(例如 M 81)的转动曲线是随着半径增大而趋向水平。这表明星系的累积质量应随半径线性地增大, 由此可以直接推知, 星系中确实存在着不可视物质, 而且它们的分布比可视物质更为均匀些。

### 2. 质光比随着天体系统的尺度增大而增大

从单个星系到星系群、星系团等, 天体系统的质光比随着体系尺度的增大而增大<sup>[3]</sup>。例如 Abell 星系团比单个星系的质光比增大 50 倍。这意味着, 在星系团中只有很小一部分质量是由发光的单个星系提供的, 其余大部分质量则是以不可视物质的形式存在的, 而且不可视物质的不均匀性尺度要大于星系的尺度。

### 3. 矮球星系的质光比

最近, Lin 和 Faber<sup>[4]</sup> 根据矮球星系的资料指出, 宇宙间可能存在着几种不同成份的暗物质。他们发现了可能存在着比中微子质量更大、作用更弱的粒子的证据。他们注意到, 天龙等矮球星系的质光比要比球状星团的质光比约大一个数量级。这表明这些矮球星系必定具有很大质量的晕。再则, 由相空间的约束条件可知, 在如此小的星系中要存在如此重的晕, 则这种弱作用粒子(如果是费米子)的质量下限应为数百  $eV$ 。另一方面, 近年来蓬勃发展的大统一理论、超引力理论等一些新的物理理论已为这些预言中的粒子提供了一批候选者。例如引微子、光微子、胶微子、右手中微子……等等。目前对于大尺度物质分布的研究, 使我们可以得到有关暗物质的成份、丰度等方面许多知识。宇宙学的研究为基本粒子的研究提供了丰富的信息。

#### 4. 减速因子 $q_0$ 测定中的系统偏差

存在暗物质的另一个证据来自对于减速因子  $q_0$  测定中系统偏差的分析<sup>[5]</sup>。目前从观测上确定的  $q_0$  值差别十分大, 并且  $q_0$  值的偏差与所采用的方法有密切的关系。我们知道, 在暗物质为主的宇宙中, 一般来说, 质量参数  $\Omega \sim 1$ , 亦即  $q_0 \sim 0.5$ 。而用平均质量密度方法测得的  $q_0$  都系统地小于 0.5。这一系统偏差表明可能存在着相当均匀分布的暗物质。这是因为在平均质量密度方法中, 总是假定: 或者全部质量都集中于可视天体之中(即星系、星系团等), 或者所有物质的分布都正比于可视天体的分布。若有均匀分布的暗物质, 则平均质量密度方法给出的  $q_0$  值必然要比真实值偏低。

#### 5. 引力闪烁

在一个以暗物质为主的宇宙中, 暗物质的密度不均匀性主宰着宇宙中总物质密度分布的不均匀性。通过对于宇宙微波背景辐射的小角度各向异性的测定, 可以确定这种不均匀性的上限。这是因为, 宇宙中物质的非均匀性将引起一个统计性涨落的引力场, 它将引起宇宙背景辐射的闪烁效应(引力闪烁效应)<sup>[6]</sup>, 这种闪烁效应将引起空间不同方向上的辐射源的强度变化:

$$\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 = \frac{2}{3} Q d^3 \quad (1)$$

$$Q = 2 \bar{h}^2 \int_0^\infty \left[ \frac{1}{r^2} - \frac{d^2}{dr^2} M(r) - \frac{1}{r^3} - \frac{d}{dr} M(r) \right] dr$$

其中,  $d$  是空间不同方向之间的线距离, 而  $h$ ,  $M$  则由物质密度扰动的大小所决定。

计算表明, 观测上得到的背景辐射在小尺度上辐射强度的各向异性  $(\Delta I/I)$  与物质密度不均匀性的上限  $\delta$  之间满足关系式:

$$\delta \leq 3 \times 10^{-2} \Omega_0^{-1} \lambda_{10}^{-3/2} h^{3/2} (\Delta\theta)_1 (\Delta I/I) / 10^{-4} \quad (2)$$

其中  $(\Delta\theta)_1$  是以度为单位的背景辐射分辨率, 而  $\lambda_{10} = \lambda / 10 \text{ Mpc}$  为以 10 Mpc 为单位的物质不均匀性的尺度。目前的观测结果表明, 微波背景辐射的小角度各向异性小于  $10^{-4}$ , 由此可推知, 暗物质在空间的分布是比较均匀的, 其不均匀性的幅度远小于可视物质的非均匀性。

上述的观测事实, 可以归结为:

- i, 宇宙中的物质主要都是不可视物质;
- ii, 暗物质的分布是比较均匀的;

iii, 从宇宙的氦丰度可以推断, 这些暗物质多半不是重子, 可能是某种类型的微子(INO)。并且宇宙中可能存在着多种成份的暗物质, 即除了质量不为零的中微子外, 还可能存在着比中微子作用更弱、质量更大的粒子。

### 三、两种暗成份宇宙中的成团过程

暗物质既然是宇宙中的主导成份, 可视物质则是非主导成份。我们需要寻找一种机制来说明暗物质在大尺度上分布是比较均匀的, 而可视天体则具有强的不均匀性, 并且小尺度天体可以形成在大尺度结构形成之前。这两个方面可以归结为一个问题: 即宇宙中非主导成份在小尺度上的成团能否比主导成份更强并且进行得更早?

我们的研究工作表明, 在一个具有两种暗成份的宇宙中, 成团的过程将不同于标准的等温图景和绝热图景。一般地说, 若一个自引力体系中含有两种成份, 它们的密度和 Jeans 长度分别满足

$$\rho_1 \ll \rho_2, \quad \lambda_{1J} \ll \lambda_{2J} \quad (3)$$

则发展之后的非均匀性, 总是在非主导成份 1 中具有较大的  $l < \lambda_{2J}$  的非均匀性, 而主导成份 2 中相应的非均匀性较小。这个结果与扰动的初始条件无关, 即无论初始扰动原来是在成份 1 中或在成份 2 中, 结果是一样的。

### 1. 两成份体系中的成团过程

作为理论基础, 我们首先讨论了一个包含两种成份的自引力体系中非均匀性发展的线性理论。令  $\rho_1^{(0)}$ ,  $v_1$  及  $\rho_2^{(0)}$ ,  $v_2$  分别表示在基态成份 1 及 2 中的质量密度及弥散速度。两成份之间只通过引力相互作用。

在两成份体系中, Jeans 长度  $\lambda$  是由下式决定<sup>[7]</sup>

$$\frac{1}{\lambda_J^2} = \frac{1}{\lambda_{1J}^2} + \frac{1}{\lambda_{2J}^2} \quad (4)$$

其中  $\lambda_{1J} = (v_1^2 \pi / G \rho_1^{(0)})^{1/2}$ ,  $\lambda_{2J} = (v_2^2 \pi / G \rho_2^{(0)})^{1/2}$  分别是成份 1 及 2 中的 Jeans 长度。由此可见两成份体系中引力成团并非完全决定于主导成份。当  $\rho_1^{(0)} \ll \rho_2^{(0)}$ ,  $\lambda_{1J} \ll \lambda_{2J}$  时, 则  $\lambda_J \approx \lambda_{1J}$ , 整个体系的 Jeans 长度是由非主导成份所决定。因此在两成份体系中, 尺度小于主导成份的扰动 ( $l < \lambda_{2J}$ ) 还是可以增长的。

更详细地说, 在两种成份体系中, 若满足条件 (3), 则对于  $l \sim \lambda_{1J}$  的扰动, 在成份 1 及 2 中的衰减时标 ( $t_d^1 \sim l/v_1$ ,  $t_d^2 \sim l/v_2$ ) 和增长时标 ( $t_g^1 \sim (4\pi G \rho_1^{(0)})^{-1/2}$ ,  $t_g^2 \sim (4\pi G \rho_2^{(0)})^{-1/2}$ ) 分别满足关系式

$$t_g^1 < t_d^1, \quad t_g^1, t_g^2 > t_d^2 \quad (5)$$

因此, 扰动在成份 1 中引起增长响应, 而在成份 2 中是衰减的, 即  $l \sim \lambda_{1J}$  的非均匀性在非主导成份中形成, 而不能在主导成份中发展。

而对于  $l \sim \lambda_{2J}$  的扰动, 则满足条件:

$$t_g^2 < t_d^2, \quad t_d^1 > t_g^1 \gg t_d^2 \quad (6)$$

只有这种尺度的扰动, 才能在主导成份中增长。

我们曾具体讨论过两种成份体系中非均匀性发展的数值事例<sup>[8]</sup>。例如, 我们计算过一个两成份膨胀宇宙中扰动的增长和衰减情况, 其中非主导成份用流体来描述, 主导成份则用无碰撞气体来描述。这时, 描述扰动发展的方程为:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \delta_{1k}}{ds^2} + R \left( \frac{\rho_1^{(0)}}{\rho_2^{(0)}} \right) \left( \frac{\lambda_{1J}^2 k^2}{R^2} - 1 \right) \delta_{1k} &= R \delta_{2k} \\ \delta_{2k}(s) - \int_0^s R(s') \Phi[k(s-s')] (s-s') \delta_{2k}(s') ds' \\ &= \int_0^s R(s') \Phi[k(s-s')] (s-s') \left[ \frac{\rho_1^{(0)}}{\rho_2^{(0)}} \right] \delta_{1k}(s') ds' \\ &+ \Phi(ks), \quad \delta_{2k}(0) \end{aligned} \quad (7)$$

其中  $R$  为宇宙尺度因子,  $s$  为牛顿宇宙学中的“共形”时间 ( $ds = dt/R^2$ ), 函数  $\Phi$  由主导成份 2 的基态的速度分布函数决定。

我们用发展矩阵  $D_{ij}(k, t)$  来描述线性范围内扰动的增长或衰减, 其定义为:

$$\begin{pmatrix} \delta_{1k}(t) \\ \delta_{2k}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{11}(k, t) & D_{12}(k, t) \\ D_{21}(k, t) & D_{22}(k, t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_{1k}(0) \\ \delta_{2k}(0) \end{pmatrix} \quad (8)$$

其中  $\delta_{ik} = (\delta\rho/\rho)_{ik}$  是成分  $i$  中尺度为  $l = 2\pi/k$  的非均匀性的幅度。

$D_{ij}$  的数值结果如图 1 和图 2 所示。由图可见, 在初期,  $k > 1$ , 即  $l < \lambda_{2J}$  的扰动, 只在成份 1 中增长, 而在成份 2 中是衰减的。发展之后的非均匀性的幅度总满足下列关系:

$$\begin{aligned} \text{对于 } k > 1, \quad & \delta_{1k}(t) > \delta_{2k}(t) \\ \text{对于 } k \lesssim 1, \quad & \delta_{1k}(t) \sim \delta_{2k}(t) \end{aligned} \quad (9)$$

由此可见, 在两成份宇宙中, 非主导成份中的小尺度结构, 的确可以比主导成份中相应的结构形成得更强也更早。

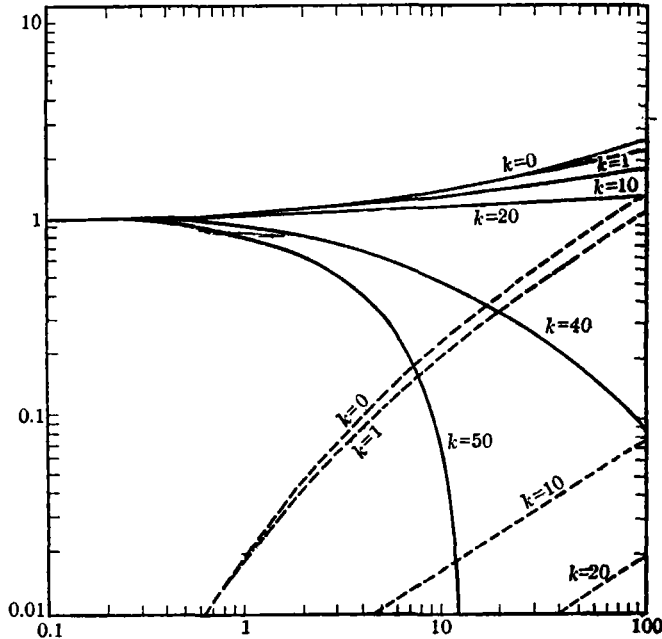


图 1 发展矩阵  $D_{11}(k, t)$  (实线) 和  $D_{21}(k, t)$  (虚线) 表示在初始条件  $\delta_{1k}(0) = 1, \delta_{2k}(0) = 0$  的情况下  $\delta_{1k}(t)$  和  $\delta_{2k}(t)$  的变化

## 2. 两种暗成份宇宙中成团过程新图景

如果宇宙中的暗物质具有两种以上成份, 则静止质量不为零的中微子将仍是宇宙中的主导成份。因为比中微子作用更弱的粒子, 其退耦的时间更早, 这样, 尽管这种弱相互作用粒子的质量大于中微子的静止质量, 但它们的数密度则远远小于中微子, 因此它的质量密度却仍可能远远小于中微子的质量密度, 它只是一种非主导成份。

重的弱相互作用粒子成份的 Jeans 波长比中微子成份的要小, 例如,  $m = 1 \text{ keV}$  的无相互作用粒子的 Jeans 质量约为  $10^{12} M_{\odot}$  [9]。它的 Jeans 长度如图 3 所示。由图可见, 在复合时期之前两种

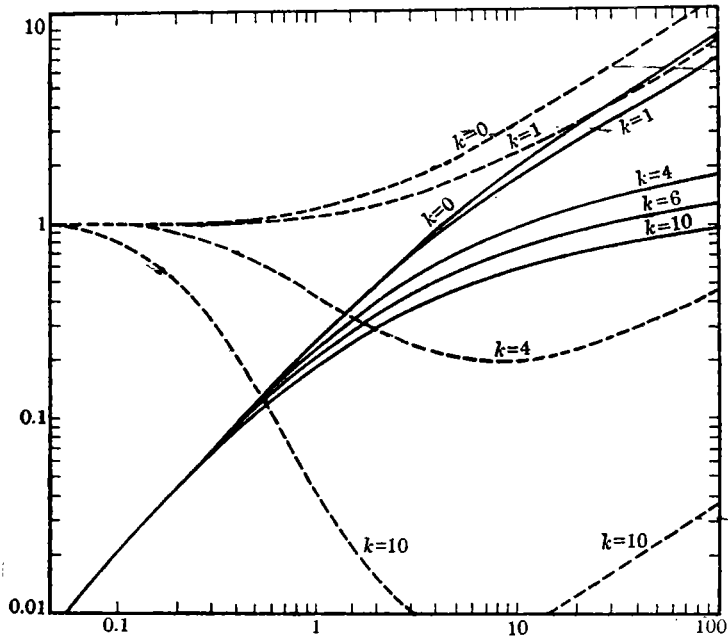


图 2 发展矩阵  $D_{22}(k, t)$  (虚线) 和  $D_{12}(k, t)$  (实线) 表示在初始条件  $\delta_{2k}(0) = 1$  和  $\delta_{1k}(0) = 0$  的情况下,  $\delta_{2k}(t)$  和  $\delta_{1k}(t)$  的变化

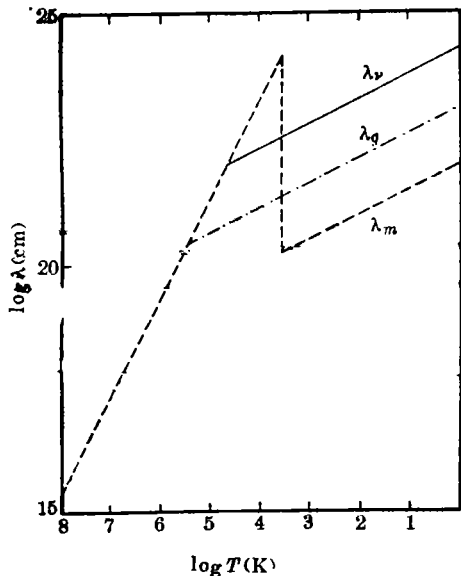


图 3 不同成份的 Jeans 波长

暗成份之间也满足关系式 (3)。这样, 相应于  $10^{12} M_{\odot}$  的密度扰动在复合之前就可以在非主导成份的暗物质中增长。这意味着, 在复合时期就存在小尺度的扰动。

在复合时期之后, 由于中微子仍是宇宙中的主导成份, 所以尺度  $\lambda_{\nu}$  的结构形成图景仍与中微子宇宙学的结果一样。因此这种图景仍然保留着中微子宇宙学的主要优点, 即可以较好地说明星系分布中由超星系团及巨洞所构成的 100 Mpc 的非均匀性, 同时中微子与重子之间及两种暗成份之间仍然满足关系式 (3)。因此, 在我们的模型中, 在复合之前形成的小尺度扰动, 在复合以后仍可在重子成份和非主导暗成份中继续增长。所以在双暗成份宇宙的成团新图景中, 十分自然地说明了小尺度天体可能在超星系团之前形成, 这就克服了中微子宇宙中存在  $Z > 2$  天体的矛盾。同时也可以说明暗物质中主导成份在超星系团尺度以下的分布是较均匀的。

按照这种图景, 可以预言应当存在两类尺度小于超星系团的可视天体, 一类是由超星系团大尺度结构的形成而导致的, 另一类则与大尺度结构的形成没有密切联系。第一类天体的分布应当具有明显的大尺度非均匀性, 而第二类天体的分布不应具有大尺度的结构。

## 四、类星体的空间分布

根据上节的分析, 如果超星系团约在  $Z \approx 2$  时形成, 则  $Z > 2$  的天体与  $Z < 2$  的天体在大尺度分布上应有明显的区别。迄今为止已知的  $Z > 2$  的天体只有类星体, 所以我们可以预期:

- i, 类星体的分布应不同于星系的分布, 没有强的 10—100 Mpc 的非均匀性;
- ii,  $Z > 2$  的类星体的分布应不同于  $Z < 2$  的类星体, 前者没有大尺度成团, 而后者则有。

下面我们将讨论对这些预言的验证。

### 1. $Z > 2$ 和 $Z < 2$ 类星体空间分布的差别

我们选用 Savage-Bolton 所列举的南天两个  $5^\circ \times 5^\circ$  天区巡天所得的类星体资料<sup>[10]</sup>进行三维成团分析。在这一样品中, 包括用两种方法证认的类星体: 物端棱镜技术便于寻找  $Z > 1.8$  的类星体, 而 UV 和 B 双色法则对小红移类星体比较敏感。所以, 这一样品的红移铺展较大, 便于做  $Z > 2$  与  $Z < 2$  的分类对比研究。

我们采用最近邻间距检验<sup>[11]</sup>(Nearest Neighbor Test 简称 NNT) 方法来分析类星体的三维分布。NNT 方法是依次计算每一个类星体与它的最邻近类星体之间的距离。随后把样品的最近邻间隔的平均值  $\langle D_{\langle} \rangle$  与随机均匀分布的样品的平均最近邻间距  $D_{\langle}^*$  进行比较。若样品中存在着成团结构, 则  $\langle D_{\langle} \rangle$  必定会小于  $D_{\langle}^*$ 。随机均匀分布的模拟样品是利用 Monte Carlo 方法产生的。由计算机在每个子集相应天区的赤经、赤纬和红移范围中产生随机分布的数值作为一个模拟样品。为了消除随机样品中的起伏对统计结果的影响, 对每个子集产生十组随机模拟样品, 把它们的最近邻间距值进行平均作为进行比较的基础。

图 4 和图 5 绘出了两个天区中最近邻间距的分布, 其中阴影分布表示用 Monte Carlo 方法得到的结果, 实线分布表示用类星体数据得到的实际结果。从图中可以清楚地看到, 对于  $Z < 2$  类星体, 观测所得分布在  $\langle D_{\langle} \rangle \approx 50-100$  Mpc 范围上明显地偏离随机分布。这表示,  $Z < 2$  类星体的分布中存在着尺度约为 100 Mpc 的非均匀性。对于  $Z > 2$  样品, 观测所得分布与随机分布没有明显差别, 即它们没有可辨别的非均匀性。

按照这一观点, 对以前关于类星体空间成团分布的结果进行比较是很有意义的。对 Savage-Bolton 样品曾进行过类似的 NNT 分析<sup>[11]</sup>, 由于没有进行  $Z > 2$  和  $Z < 2$  的分类, 所得的结论是一个天区类星体有成团倾向, 而另一天区则没有可辨别的成团。类星体在两个天区的表现是不一致的。现在做了  $Z > 2$  及

$Z < 2$  的分类, 在两个天区的结论就完全一致了。把全部类星体放在一起进行统计, 就把  $Z > 2$

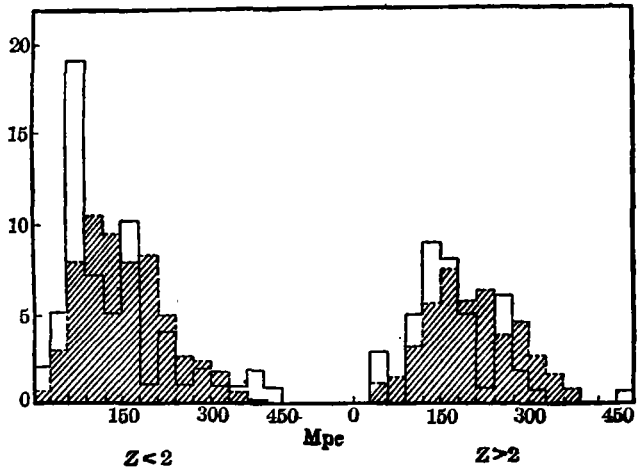


图 4 ( $02^h, -50^\circ$ ) 天区类星体的 NNT 分布

及  $Z < 2$  两者之间的差别都冲淡了。

Osmer<sup>[12]</sup> 和 Webster<sup>[13]</sup> 讨论过另外一个小天区类星体巡天样品——CTIO 样品，他们得到的

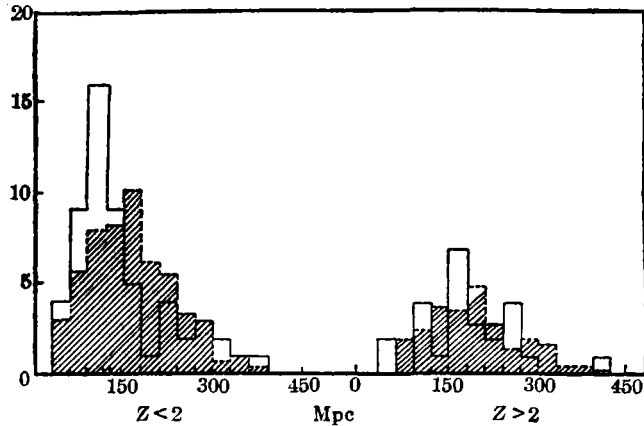


图 5 (22<sup>h</sup>, -18°) 天区类星体的 NNT 分布

结论都是类星体的三维分布中没有成团倾向。仔细考查 CITO 样品可以看到，由于这是以无缝光谱技术为基础选择类星体的，其中大部分样品的  $Z > 2$ ，因此，按以上分析，的确不应当有成团现象。而 Shanks<sup>[14]</sup> 等人分析了利用 UV 和 B 双色巡天获得的一个较完整的南天类星体样品，发现这些类星体具有与星系相似的空间成团特性。因为利用双色法寻得的类星体绝大部分是低红移类星体，即  $Z < 2$  的类星体。它们的成团倾向恰恰是我们理论模型所预言的。

顺便指出一点，讨论任何类星体空间分布的统计结果时，必须考虑到类星体样品完整性对统计结果的影响。但类星体样品的统计完整性至今仍是观测上一个非常棘手的难题。例如近几年来分析表明，Savage-Bolton 样品中可能遗失了相当一部分小红移类星体。然而，Shanks 等人的结果恰恰弥补了这一不足。而且如上所述，对不同类星体样品的分析得到了相互一致的结论，使我们有充分理由相信，理论模型所预言的  $Z > 2$  和  $Z < 2$  类星体空间分布的差异是确实存在的。

## 2. 类星体发射线红移分布中的周期性

对 Hewitt 及 Burbidge 的类星体总表<sup>[15]</sup> 进行的红移分布的谱分析<sup>[16]</sup>，结果证实类星体的发射线红移分布中可能有周期成份，尺度为数百 Mpc，但周期成份的幅度非常小，只是迭加在均匀成份上的小扰动。当然，Hewitt-Burbidge 星表是不完整的，而且选择效应也能造成人为的非均匀性。这些因素的后果给上述分析带来不确定性。但是，这些因素的后果大都是带来额外的非均匀性，而不会抹平明显的非均匀性。

## 3. 射电双源空间取向的相关性

Binggeli 曾经发现，星系团的取向之间存在着明显的相关性<sup>[17]</sup>；星系团的主轴倾向于最近邻星系团，如果一星系团与其最邻近星系团之间的距离小于 35 Mpc，则该星系团主轴与两星系团连线之间的夹角都小于 45°。而距离大于 35 Mpc 的星系团之间，不存在这种相关性。所以，取向相关也是大尺度非均匀性的一种表现。

我们对射电双源进行过类似的分析<sup>[18]</sup>，发现射电双源的取向也与近邻射电源的位置有一些相关，其尺度大约也是数十 Mpc，但其明显程度远低于星系团的。当然，射电双源并不都是类星体，但由于我们只选取双源角距小于 1.5 的样品，故其中有相当多的类星体。

## 4. 类星体吸收线红移分布的非均匀性

类星体光谱中的 Ly- $\alpha$  等吸收线，可能标志着星系际云的位置，因此，从吸收线红移分布，可以知道星系际云的成团性质。我们分析了 Hewitt 和 Burbidge 星表中全部吸收线红移值的分布和 Sargent 六个类星体光谱中吸收线红移的一个完整样品，发现在大尺度上这些吸收线的分布并



不是均匀的,存在着数百 Mpc 的非均匀性<sup>[19]</sup>,但与均匀成份相比,非均匀成份的幅度也是很小的。

总之,对于类星体空间分布的分析支持这样一种观点:超星系团或巨洞是在大约  $Z \sim 2$  的时代形成的,在超星系团形成之前,就已有类星体形成了,因而,它们的分布十分不同于由超星系团分裂而形成的天体的分布。

(特约编辑 宋国玄)

(责任编辑 谢应纯)

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Doroshkevich, A. G., Shadarin, S. F., & Zeldovich, Ya. B., *Comments Ap.*, 9 (1982), 265.
- [ 2 ] Frenk, C. S., White, S. D. & Davis, M., *Ap. J.*, 271 (1983), 417.
- [ 3 ] Ostriker, J. P., Peebles, P. J. E. and Yahil, A., *Ap. J. Let.*, 193 (1974), 65.
- [ 4 ] Lin, D. N. C., & Faber, S. M., *Ap. J.*, 266 (1983), L 21.
- [ 5 ] 方励之, 江涛等, *QJRAS*, 23 (1982), 363.
- [ 6 ] 方励之, 中国科学, A 辑 11 (1982), 1006.
- [ 7 ] 方励之, 刘永镇, *Nuovo Cimento Lett.*, 32 (1981), 129.
- [ 8 ] 方励之, 向守平, 天体物理学报, 4 (1984), 313.  
方励之, 向守平, 李淑娴, 中国科学, A 辑 9 (1984), 832.  
方励之, 向守平, 天体物理学报 (即将发表).
- [ 9 ] Blumenthal, G. R., Pagels, H. & Primack, J. R., *Nature*, 299 (1982), 37.
- [ 10 ] Savage, A. & Bolton, J. G., *MNRAS.*, 188 (1979), 599.
- [ 11 ] 褚耀泉, 朱杏芬, *Ap. J.*, 267 (1983), 4.
- [ 12 ] Osmer, P. S., *Ap. J.*, 247 (1981), 761.
- [ 13 ] Webster, A., *MNRAS.*, 199 (1982), 683.
- [ 14 ] Shanks, T., Feng, R., et al., *MNRAS.*, 203 (1983), 181.
- [ 15 ] Hewitt, A. & Burbidge, G., *Ap. J. Suppl.*, 43 (1980), No. 1.
- [ 16 ] 方励之, 褚耀泉, 刘永镇, 曹盛林, *A. Ap.*, 106 (1982), 287.
- [ 17 ] Binggeli, B., *A. Ap.*, 107 (1982), 338.
- [ 18 ] 方励之, 褚耀泉, 朱杏芬, *A. Ap.*, (in press).
- [ 19 ] 方励之, 褚耀泉, *Ap. J.*, (in press).

## Dark Matter and the Distribution of QSOs

Chu Yaoquan

(Center For Astrophysics, University of Science and Technology of China)

### Abstract

Most of the matter in the universe is invisible. Such invisible dark matter plays an important role in the formation of large scale structure of the universe. The evidences for the existence and uniform distribution of dark matter are discussed here at first. The paper also points out that there may exist two non-baryonic dark matter components. The clustering scenario in a universe with two kinds of dark matter is different from both isothermal and adiabatic scenarios. The clustering feature in a two-component system is as follows: if the densities  $\rho_1$  and  $\rho_2$ , and the Jeans lengths  $\lambda_{1J}$  and  $\lambda_{2J}$  of the two components satisfy the relations of  $\rho_1 \ll \rho_2$ ,  $\lambda_{1J} \ll \lambda_{2J}$ , the developed inhomogeneities on scales less than  $\lambda_{2J}$  in the non-dominant component 1 are always larger than those in the dominant component 2, whether initial perturbation is to be in 1 or in 2. From the new scenario we can explain the following properties of quasar distribution: 1, The distribution of quasars is different from that of galaxies in lacking strong inhomogeneity on the scale of 10—100 Mpc. 2, The distribution of quasars with  $Z > 2$  and that with  $Z < 2$  are different from each other — larger scale structure being seen in the latter but not in the former.