

对稀土永磁材料,继 $\text{Na}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 发现之后,近几年又合成了具有优异内禀永磁特性的1:12,2:17及3:29稀土过渡金属化合物及其氮(碳)化物.这些发现促进了人们对新型稀土永磁材料的探索.这些化合物的结构可认为是 CaCu_5 结构的诱导结构(图4),组成可写为: $(\text{RT}_5)_n(\text{T}_2\text{T}_5)_m$, $m/(n+m)$ 即为 CaCu_5 结构中被哑铃对(T_2)替代的R的分数, $n:m=1:1, 3:2$ 和 $2:1$,分别对应1:12,3:29和2:17化合物.目前人们正致力于合成其他 n/m 值的新化合物,尤其是 $n/m < 1$ 的化合物,由于它含过渡金属多,可望具有更高的饱和磁化强度和 T_c .将 $\text{RT}_5\text{-T}_2\text{T}_5$ 作为赝二元系处理,建立该体系原子间相互作用的模型,通过计算机模拟(MC或MD)及热力学计算,确定可能存在中间相的 n/m 值及相互作用参数的范围,则可减少探索这类化合物的盲目性.相互作用参数的范围,限制了化合物的化学组成及合成条件,如2:17化合物在R-T二元系中稳定存在,1:12化合物则必须加入第三组元才能稳定,而3:29化合物不但需要加入第三组元,而且必须在1273K热处理后进行水淬才能得到,空气淬火则不能得到.这项工作具有重要的学

术意义和应用价值,是一项极为有趣、富有挑战性的研究课题.

总之,在充分利用已有实践经验、实验数据和实验手段的基础上,借助现代计算机和计算技术,用实验与理论计算相结合的方法,开展材料科学研究工作,常常具有事半功倍的效果,是现代材料科学研究的发展方向之一.

参 考 文 献

- [1] 梁敬魁,相图与相结构,科学出版社,(1993).
- [2] 饶光辉、乔芝郁、梁敬魁,中国科学(A辑),23(1993),31.
- [3] 梁敬魁、陈小龙、古元新,物理,24(1995),483.
- [4] R.E. Morris et al., *J. Solid. Stat. Chem.*, 111(1994), 52.
- [5] G. Bricogne, *Acta Cryst.*, A47(1991), 803.
- [6] C.J. Gilmore et al., *Acta Cryst.*, A47(1991), 830.
- [7] R. Shirley, *Method and applications in crystallographic computing*, ed. S. R. Hall & T. Ashida, Clarendon Press, Oxford, (1984), 411.
- [8] 陈念贻等,第七届全国相图会议论文集,上海,(1993),192.
- [9] Tang Weihua et al., *Phys. Rev. B*, 49(1994), 3864.

宇宙年龄问题*

邓 祖 淦

(中国科学技术大学研究生院,北京 100039)

摘 要 自适应光学技术的运用和空间望远镜修复的成功使人们可以观测到更遥远星系中的造父变星,并由此准确地定出这些星系离我们的距离.从这些距离可以推知哈勃常数 H_0 的值,从而估计出宇宙年龄.观测的初步结果表明,由此测得的宇宙年龄比由恒星的观测和理论得到的最老恒星年龄还低.这使得长期以来未获解决的宇宙年龄问题的矛盾变得更加尖锐.这一矛盾提示我们,在天体物理研究中,我们对一些非常重要的问题可能仍缺乏充分的了解.

关键词 星系距离,哈勃常数,宇宙年龄,宇宙学

Abstract The application of adaptive optics to astronomical observation and the

* 1996年2月27日收到初稿,1996年4月18日收到修改稿.

success in repairing the Hubble Space Telescope give us the possibility to observe Cepheids in much farther galaxies, and thus to determine their distances directly. From this we can deduce the value of Hubble's constant H_0 and thus the age of the universe. Preliminary results show that the age of the universe measured from Cepheids is substantially lower than that of the oldest stars predicted by stellar observations and theory. This conflict between the age measured by stellar observations and H_0 also tells us that we still do not have a thorough understanding of some of the most important problems in astrophysics.

Key words distance of galaxy, Hubble constant, age of the universe, cosmology

1 宇宙的年龄

人类为了生存和发展总是不断地努力了解自己的生存环境,并且随着人类文明的发展把这种了解推向更深、更广.宇宙是我们人类生存的最大环境,因此,人类自有文明以来就向往着更多地了解宇宙.但是,由于科学技术发展的限制,在本世纪 20 年代以前,对宇宙的认识还更多地局限于想象.当时,人们普遍认为,宇宙和宇宙中的天体从其产生的一天起就是这个样子,宇宙在时间和空间上都是无限的,无演化的.这样的一幅宇宙图像自然不会提出宇宙年龄问题.

然而,自本世纪 20 年代以后,一系列观测事实都表明,我们是处在一个膨胀着的宇宙中,它在早期是一个高温、高密的原初火球.它膨胀、冷却而形成今天我们看到的这个样子.这一宇宙演化图像就是现今被人们普遍接受的大爆炸宇宙学模型.

下面介绍大爆炸宇宙学的最重要的观测证据.

1.1 星系间普遍的相互退行

本世纪初,人们在研究漩涡星云的光谱时就已发现,大多数漩涡星云光谱中的谱线存在不同程度的红移,即较实验室内相应谱线的波长为长.虽然人们知道这种谱线的移动表明星云相对我们运动,而红移则表明星云运动方向是沿离我们而去的方向.但是,在当时人们并不知道这些星云到我们的距离,更不知道它们是远在银河系外的天体,因而无法去探究这种

谱线红移的深刻含义.

1924 年,美国天文学家哈勃(E. P. Hubble)用当时新建成的世界上最大的望远镜首次在仙女座星云中发现了造父变星.这是一种当时已熟知的一种变星,其光变周期与光度间存在密切关系.哈勃从观测这些造父变星的光变周期推知其光度,比较由此得出的光度与从观测中测出的这些星的亮度就可以确定它们到我们的距离.哈勃的观测发现,仙女座大星云原来是一个远在银河系之外的星系.

此后,哈勃对一系列星系进行了类似的距离测定.1929 年,他对既测定了距离又观测了红移的星系进行了分析.他发现,由红移确定的星系相对于我们的退行速度 v 和星系距我们的距离 D 成正比,即 $v = H_0 D$.这一关系式在今天被称为哈勃定律,而式中的比例常数 H_0 则被叫做哈勃常数.

哈勃定律从观测上对膨胀宇宙模型给以强有力的支持.请读者设想一分布着物质的空间在均匀膨胀时,其中任何一点将会看到周围的点都是离它而退行的,并且距它愈远的点退行速度愈高.这正是哈勃定律所表述的.哈勃常数给我们今天宇宙膨胀速度的信息.不难看出,它的量纲是 $[T]^{-1}$.天文学上通常用 $\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ 作 H_0 的单位¹⁾.

1.2 宇宙微波背景辐射的存在

如果宇宙早期的确处在非常高的温度和密

1) 在河外天文测量中,通常以 Mpc(兆秒差距)作为距离单位. $1\text{km}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Mpc}^{-1} \approx 1.0228 \times 10^{-12}1/\text{年}$ 或 $3.2409 \times 10^{-20}\text{s}^{-1}$.

度的状态,那时宇宙中的物质只能以等离子体和辐射场的形式存在.由于辐射场与等离子体相互作用很强,因此光子传播的自由程很短.这时的宇宙将是辐射场与等离子体处于平衡的对电磁波不透明的宇宙.随着膨胀,宇宙中物质的温度和密度下降.当温度和密度下降到一定程度时,电子和离子将会复合为中性原子.中性原子与电磁辐射作用很弱,因此宇宙变得对电磁波透明,并且在继后的演化中,电磁波与物质原子间相互影响可以忽略.这样,复合时存在于宇宙中的热辐射电磁波在复合后将不受影响地在膨胀宇宙中传播.到今天,这种热辐射场将变成一种弥漫于整个宇宙的微波背景辐射.1965年,贝耳实验室的彭塞斯和威尔逊首先探测到这种微波背景辐射.从那以后的观测表明,今天,微波背景辐射是温度约为2.74K的热辐射场,在空间是高度各向同性的.

微波背景辐射的存在为我们的宇宙在早期的确曾处于非常高的温度和密度状态提供了最直接和可靠的证据.

1.3 轻元素同位素的丰度

人们在对各类天体的观测研究中发现,宇宙中重子物质的绝大多数是轻元素同位素,如H, He⁴...等.恒星演化的研究进一步证实了这一点.恒星释放出的巨大能量正是来自轻元素的核聚变反应.重元素只是在恒星演化过程中才产生的.从宇宙早期曾处于极高的温度和密度的状态以及我们今天所了解的关于核物理和粒子物理的规律,科学家们不仅能自然地解释为什么宇宙中的重子物质最初都是轻元素的同位素,而且还可以得出宇宙中各种轻元素的原初丰度.所得结果与观测一致.轻元素同位素丰度理论上的成功不仅支持了大爆炸宇宙学,同时也说明了今天人类关于物理规律的了解是普遍正确的.

大爆炸宇宙学模型是建立在科学的理论和观测基础上的.它告诉我们,我们是生存于一个演化着的宇宙之中.演化着的事物自然会有演化的时标.演化着的宇宙的自然时标就是它的年龄.我们所指的宇宙年龄就是宇宙从原

初火球到今天所经历的时间.

2 宇宙年龄的测定

人们在本世纪的数十年中,发展了各种各样的方法来估计宇宙年龄.尽管测定宇宙年龄的方法有各种各样,但我们基本上可以将其归纳为两类,现分别介绍如下:

2.1 测定宇宙学参数 H_0

最直接确定宇宙学年龄的方法是测定宇宙学参数,特别是哈勃常数 H_0 .从哈勃定律 $v = H_0 D$ 可以看到,如果宇宙膨胀速率不变,则宇宙中任意两点从无限接近(大爆炸开始时刻)到今天相距 D 所需要的时间是 $D/v = 1/H_0$,即正好是哈勃常数 H_0 的倒数.如果宇宙中不存在任何物质,情况就是如此.

但是,我们知道宇宙中的确存在有物质.我们所看到的众多星系、恒星甚至我们人类自身正是由这些物质形成的.除此之外,观测证据还表明,宇宙中还很可能存在大量与通常物质不同的所谓“暗物质”.在宇宙膨胀过程中,物质间的引力会阻止宇宙的膨胀,从而使宇宙膨胀减速.在宇宙学中,人们是用另一个宇宙学参数 q_0 来表示这种减速. q_0 被称为宇宙减速参数.显然, q_0 与宇宙中物质的平均密度有关.尽管人们作了不少努力, q_0 值仍未准确测定.一般相信 q_0 值在0至1之间.当 H_0 给定时,对不同 q_0 值所得到的宇宙年龄不同. $q_0 = 0$ 时,宇宙年龄 $t = 1/H_0$; $q_0 = 1/2$ 时, t 约为 $0.67 (1/H_0)$; 而 $q_0 = 1$ 时, t 约为 $0.57 (1/H_0)$. 可以看到,无论如何, H_0 是与宇宙年龄密切有关的确定宇宙时标的量.准确地测定 H_0 对于确定宇宙年龄和加深我们对宇宙演化的了解都是至关重要的.

粗看起来, H_0 的测定似乎并不困难.只要我们测定星系的红移就可定出其退行速度 v , 如果再测得星系的距离 D 就可以计算出 H_0 了.然而,问题并不如此简单,其复杂性来自多方面.

首先,微波背景辐射的观测表明,早期宇宙

中物质的分布是高度均匀的。但是,今天我们周围物质在宇宙中的分布却是很不均匀的。正是物质的这种分布的不均匀才会形成星系、恒星以致我们的地球和人类。在宇宙的这种从均匀到不均匀的演化中,星系所在的局域物质分布的不均匀将对星系产生引力,使之相对于均匀膨胀的偏离。这种偏离宇宙整体膨胀的运动叫做星系的本动。当我们观测星系谱线的红移时,观测得到的星系红移并非仅由星系随宇宙膨胀的退行产生,还包括了星系本动的影响。这种影响对邻近的星系更大,这是因为它们随宇宙膨胀的退行速度(称为哈勃速度) v 更小。

遥远天体距离的测定更是天文学家长期为之奋斗的困难问题。目前,已发展出各种不同的方法对天体距离进行测量。对不远的恒星可用视差法准确地测定其距离。更远的距离可用前面提到过的造父变星光变周期与光度关系进行测量。通过近一个世纪的努力,我们对造父变星的了解和分析已经大大进步,从而使这种距离测定方法成为一种既可靠而又准确的方法。利用造父变星光变周期与光度的关系,可以测定银河系外星系的距离。但是,这种方法也受到一定的限制。对远处星系,一方面,造父变星会变得很暗,从而难以观测,另一方面,由于望远镜难以分辨开这些星系中单个的星,因而也难以对其中的造父变星进行测量。

近年来,人们又发展了一系列对更遥远星系距离测定的方法。例如,漩涡星系的光度与旋转速度之间的相关(Tully-Fisher关系);椭圆星系光度与中心速度弥散的相关(Faber-Jackson关系); I_a 型超新星的绝对星等和行星状星云的光度出数等。这些关系都可以用以测定更遥远星系的距离。但是,这些关系都需要定标以确定其中的参数。有的关系依赖于理论模型,而有的关系准确度只有15%左右(如Tully-Fisher关系与Faber-Jackson关系)。这些关系的定标依赖于用造父变星对更多星系距离的准确测定。

总的说来,天文学中距离的测定就是这样,从最近距离上的准确测量方法去定标在较远一

些距离上成立的关系,再用这种定标后的方法去定标更远距离上可用于距离测定的方法……。以此类推就形成天文距离测量阶梯。

90年代以前,由于技术上的限制,人们只能对距离小于约7Mpc的星系中的造父变星进行观测和测量。这些星系都在银河系附近。它们的本动速度很难确定和消去。此外,用这些星系的距离去对Tully-Fisher关系等定标,也难以给出理想的精度。

距银河系最近的星系团是室女座星系团。它与银河系相距十几Mpc。从微波背景辐射的测定可以确定出室女团相对银河系运动的速度,从而改正本动观测红移的影响。室女团又距我们足够远,因此哈勃速度比较大。这样室女团是用以测定哈勃常数 H_0 的理想观测对象。

只是到了最近几年,观测室女团内星系中的造父变星才成为可能。这主要归功于哈勃空间望远镜的发射和修复以及自适应光学技术的发展和运用。后者是一种电磁波前改正技术,利用它可以改正大气湍动对电磁波的影响,从而提高望远镜的分辨率。这使得我们可以观测和分辨更遥远星系中单个恒星,并对其中发现的造父变星进行准确测量,以可靠地定出星系的距离。修复后的哈勃空间望远镜达到其原有设计指标。在地球大气外进行观测的空间望远镜几乎完全避免了大气湍动对望远镜分辨率的影响。它可以分辨出更遥远星系中的造父变星,并对其测量。

2.2 恒星年龄和同位素年龄测定

另一类方法不是直接测定 H_0 并由此去估计宇宙的年龄。它们是去测定宇宙中某类天体的年龄或某种寿命很长的同位素产生至今的时间。显然,这类方法都只能得出宇宙年龄的下限。不可能想象会先有恒星或某些宇宙中的物质而后产生宇宙。

恒星是我们今天了解得最清楚的天体。本世纪初,丹麦天文学家赫兹普龙(E. Hertzsprung)和美国天文学家罗素(H. N. Russell)在研究恒星光度和温度分布时发现,恒星按光度和谱型的分布存在明显的规律性。直到

30年代末,人们随着粒子物理和核物理的发展才一步一步地了解恒星的结构和演化,并逐步了解今天称为赫-罗图的恒星在光度、光谱型图上的分布中表现出的规律.

图1是由北京天文台60/90cm斯密特望远镜加上2048×2048CCD系统所获得的疏散星团M67中恒星的赫-罗图.图中自左上方到右下方那条恒星密集分布的带称为主序带,带中的恒星被称为主序星.恒星一经形成,其内部氢聚变形成氦从而提供其能源时,它就处于主序星阶段.具体的每个恒星处于该带中什么位置,取决于它的质量.右下方是质量小的主序星.愈往左上方是质量愈大的主序星.当恒星内部氢燃烧过程告一段落而开始氦燃烧时,恒星在赫-罗图上开始离开主序带朝右演化向红巨星.质量愈大的恒星演化愈快,它们也愈早偏离主序带.

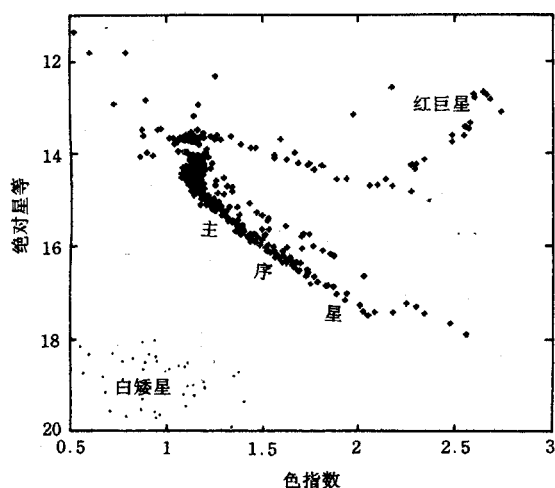


图1 由北京天文台60/90cm斯密特望远镜加上2048×2048CCD系统所获得的疏散星团M67的赫-罗图¹⁾

建立在已知物理规律上的现代恒星理论已完全能给出恒星演化的序列和时标.下面我们观测一批同时形成并有相同初始化学丰度的恒星.开始时,这些质量各异的恒星都处在主序星带上.由于质量较大的恒星演化更快,最靠左上方的恒星将最早偏离主序带.随着时间的推移,开始偏离主序带的星的位置逐渐移向右

下方.这样,我们将各种年龄的恒星在赫-罗图上分布的理论曲线与观测分布比较,可由最佳符合的理论分布得出这批恒星的年龄.

为了用上述方法确定恒星年龄,我们需要找出一批恒星,它们是同时产生并且有相同的初始化学组成.天文学家在银河系和一些邻近星系中发现了一些由大量恒星组成的系统.这些系统被称为星团.一种由数十万颗恒星组成并且具有高度对称形态的星团被称作球状星团.另一种星团其形态更不规则,所含恒星数目也少得多,被称为疏散星团.球状星团中所含主序恒星都是低质量恒星,年龄老,且有理由相信星团中的星是同时形成的.因而星团(特别是球状星团)就成为我们测定恒星年龄的最好样本.图1中给出的是一个疏散星团M67的赫-罗图.它的年龄约为50亿年.

3 宇宙年龄矛盾

迄今为止,人们对球状星团年龄测定所得到的最老的球状星团中恒星年龄约为180亿年.即使更保守一些的估计,普遍认为不会低于130亿年.如前所述,这应当是宇宙年龄的下限.从今天被普遍接受的宇宙模型估计,宇宙至少应比恒星年龄高出约20亿年,即不应低于150亿年.

另一方面,对 H_0 值的测定却长期存在着争论.一些人主张 H_0 有较低的值, $H_0 \approx 50 \pm 10 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$,而另一些则认为 H_0 有较高的值,即 $H_0 \approx 80 \pm 10 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.他们均有观测事实作为依据,因此一直争执不下.在自适应光学应用于天文观测和哈勃空间望远镜被修

1) 星等是用来表示天体相对亮度的数值.两个亮度分别为

I_1 及 I_2 的天体的星等差 $m_2 - m_1 = -2.5 \log \frac{I_2}{I_1}$.星等尺度的零点由规定某颗星的星等值来确定.显然,越亮的星其星等值越小.为了比较天体的发光强度,天文学家采用绝对星等.绝对星等 M 的定义是,将天体假定放置于10pc(约32.6光年)处时,我们会得到视星等值.同样 M 值愈大的天体发光强度愈低.

复后,天文学家立即开始了对室女团星系的观测,特别是对被认为是室女团中心区域星系进行观测,以期更准确地定出 H_0 的值.

1994年,皮尔斯(M. J. Pierce)等人报道了第一个观测结果^[1]. 它们用夏威夷CFHT望远镜上的高分辨照像机观测到室女团星系NGC4571中的造父变星,并对得到的三个造父变星进行测量,得到NGC4571的距离为 $14.9 \pm 1.2 \text{Mpc}$. 他们认为该星系处于室女团中心,并由此推得哈勃常数 $H_0 = 87 \pm 7 \text{kms}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$.

紧接着,在1994年10月,弗里曼(W. L. Freedman)等人^[2]报告了他们用哈勃空间望远

镜对室女团星系M100的观测结果. 他们对M100中的12颗造父变星进行了测量,得到M100的距离为 $17.1 \pm 1.8 \text{Mpc}$. 如果认为M100处在室女团中心,则可推出哈勃常数 $H_0 = 80 \pm 17 \text{kms}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$.

上述两个结果均倾向于高 H_0 值. 特别是后者利用了空间望远镜进行观测,因而有更高的分辨率,能更好地分辨开造父变星与星系中其他恒星,从而得出更可靠的结果. 在弗里曼等人的观测中,测量的造父变星也更多. 这一切都保证了对M100距离测量的可靠性. 图2给出了弗里曼等人测量的12颗造父变星中两

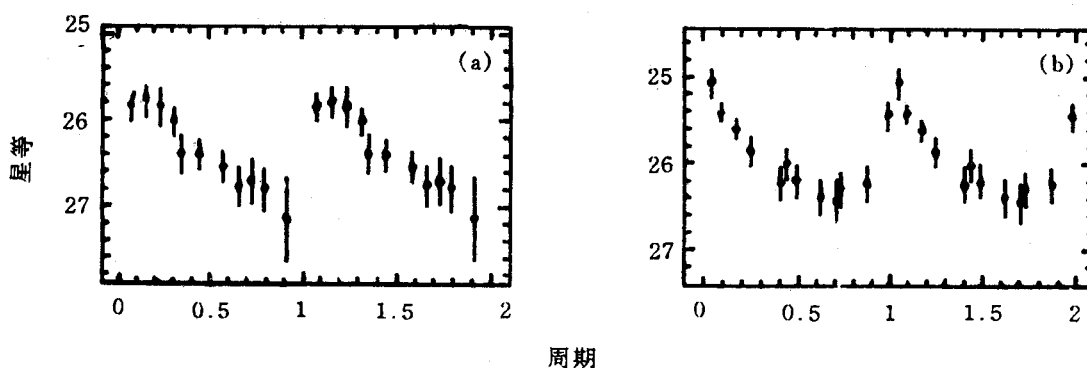


图2 M100中造父变星光变曲线两例
(a) 29.5天; (b) 26.2天
(纵坐标为星等,横坐标已归算为各自的光变周期)

颗的光变曲线.

由于宇宙年龄正比于 $1/H_0$, 高 H_0 值相应于更小的宇宙年龄. 以 $H_0 = 80 \text{kms}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$ 为例, 如按最流行的宇宙模型, 取 $q_0 = 0.5$, 则宇宙年龄约为80亿年, 比保守估计的最老的恒星年龄至少年轻50亿年. 即使取 $q_0 = 0$ (这显然是不可能的), 宇宙年龄仍然低于最老恒星的年龄. 一个年轻的宇宙中竟然存在着比它更老的恒星, 当然是不合理的. 图3中用图解来表述这种情况. 图中的纵坐标是哈勃常数 H_0 . 两条水平的点线表示目前公认的 H_0 可能的取值范围. 横坐标是 q_0 值, 一般可接受的范围是0.1—1.0. 图中的三条曲线分别对应于宇宙年龄为120亿, 140亿和160亿年. 如前所述, 从恒星年龄的测定所推出的宇宙年龄应大于

140—160亿年. 这和从M100观测所推得的 $H_0 = 80 \pm 17$ 是互不相容的.

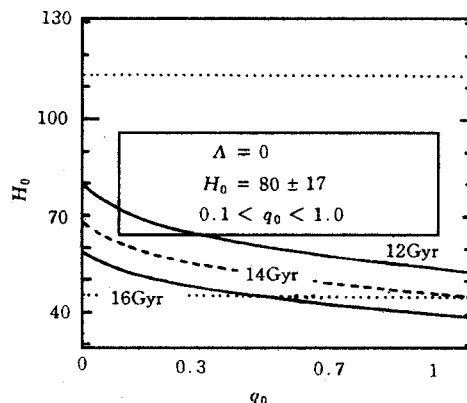


图3 宇宙学常数 $\Lambda = 0$ 时, 宇宙年龄与哈勃常数 H_0 及减速参数 q_0 的关系

导致宇宙年龄矛盾的原因出于何处呢? 人们正在进行各种各样的猜测和探索. 究竟 NGC4571 或 M100 是否真处在室女团中心呢? 如果它们并不处在室女团中心而是更靠近银河系, 则推得的 H_0 值将比目前得出的更小. 是否不同星系中由于演化上的区别而使其中的造父变星的金属丰度会有所不同, 这种不同会影响到造父变星光变周期与光度间的关系; 是否可能我们对恒星演化的了解并不如想象的那样清楚, 因而在确定恒星年龄时并不准确. 另一方面, 问题也可能出在宇宙学方面. 可能我们会处在一个真空能量不为零的宇宙中. 这时宇宙学参数还必须加上一个被称为宇宙学常数的量 Λ , 它的存在可以使给定的 H_0 所相应的宇宙年龄变长. 还有一种可能是我们的宇宙的确是低密度的, 因而 q_0 较小. 也许宇宙是小 q_0 并且 Λ 也不为零. 室女团虽然距我们已较远, 但有可能在这样的距离甚至更大一些距离上, 宇宙局域不均匀性仍然有相当强的影响. 如果银河系正好是处在局域密度较低的区域, 则从它附近观测到的 H_0 值可能会比宇宙整体膨胀的 H_0 值更大^[3].

前不久, 坦威尔 (N. R. Tanvir) 等人^[4], 报

告了他们用哈勃空间望远镜对 M96 中造父变星的观测结果. 这一观测推得的哈勃常数 $H_0 = 69 \pm 8 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. 对不同星系观测得到 H_0 值的差异也许说明我们周围的星系, 甚至室女团中的星系都有复杂的运动. 只有更好地了解室女团内星系的运动后, 我们才能更清楚地分析观测数据和更准确地定出 H_0 . 按现在的计划, 在二、三年内, 我们可以取得多达 20 个室女团星系用造父变星定出的距离. 那时, 我们也许会对宇宙年龄有更清楚一些的了解.

宇宙年龄矛盾受到较大关注的另一个原因是, 这一冲突正好出现在人们自以为最了解、理论上最清楚的两个天体物理领域之间. 这两个领域就是恒星物理和宇宙学. 无论最终导致哪一领域认识上的改变, 都势必是相当重要的进展.

参 考 文 献

- [1] M. J. Pierce et al., *Nature*, **371**(1994), 385.
- [2] W. L. Freedman et al., *Nature*, **371**(1994), 757.
- [3] X. P. Wu et al., *Astrophys. J.* **448**(1995), L65.
- [4] N. R. Tanvir et al., *Nature*, **377**(1995), 27.

宇宙轻元素丰度研究的新进展*

陈 时

(中国科学院理论物理研究所, 北京 100080)

摘 要 介绍了宇宙轻元素丰度的标准大爆炸核合成 (SBBN) 模型、理论和观测状况, 特别是 1994 年的最新进展: 已有三位有效数的 ^4He 丰度原初值 Y_p 与由银河系观测推得的 $\text{D} + ^3\text{He}$ 丰度原初值 y_{23p} 间出现矛盾可能性, 使 SBBN 模型面临考验; 高红移吸收云中氦丰度测量的有关结果与原有 y_{23p} 显著矛盾, 而与 Y_p 偏小的趋向相洽, 这可能对银河系化学演化模型提出质疑. 因此, 河外 H II 区中氦丰度和高红移吸收云中氦丰度的测量及 D 和 ^3He 丰度化学演化的研究值得重视.

关键词 早期宇宙, 元素丰度, 核合成

40 年代末, 为了解释宇宙中氦丰度大得难以用恒星内的核合成来说明的事实, Gamow 提

* 国家自然科学基金资助项目.

1995 年 10 月 11 日收到.