



# 宇宙的未来

罗自林

(四川省永川市泸州街 29 号 632160)

## 一、大爆炸宇宙

关于宇宙起源的理论,目前比较有说服力的是大爆炸理论.该理论认为:宇宙创生于大约 200 亿年前一次大爆炸.爆发前的“原始火球”,其温度极高( $>10^{32}\text{K}$ ),质量密度大得惊人(估计其线度只有几公里,有人还推算出只有质子那么大一点).火球内完全没有规律,完全处于奇异状态.

爆炸伊始,在巨大的热压力下,火球内的“尘埃”(暂名,因为那时还没有元素)便以巨大的速度分奔而去,这时的温度急剧下降.过程十分短暂而骤烈,由于湍流的缘故,形成一些大的中心和小的次中心,在引力的作用下,大中心由于有足够的引力能转化为热能而形成恒星,小中心由于没有足够的引力能转化成热能而形成行星.这便是目前我们观测到的几乎所有的星系星系团都呈旋涡状的原因.

目前宇宙仍在继续膨胀,恒星,星系以及超星系团间仍在彼此远离.这种膨胀可用往气球里打气来形象地说明.

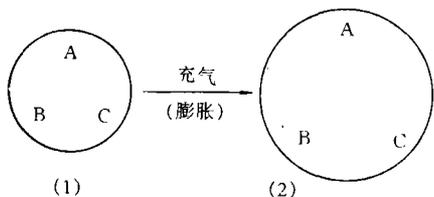


图 1

(1) 状态 A、B、C 三点的距离均为  $d_1$ , (2) 状态 A、B、C 三点的距离均为  $d_2$ , 显然  $d_2 > d_1$ , A、B、C 三点彼此奔离,是无中心地膨胀.

说宇宙创生于大爆炸且目前仍在膨胀这不仅仅是理论上的推导,不少观测资料都证明该理论的正确性.

## 1. 大爆炸的回声——宇宙微波背景辐射的发现

1965 年,美国贝尔实验室的彭齐亚斯和威尔逊在使用一种七米长的喇叭形天线系统研究星系的同步辐射时,测量到一种“过剩天线噪音”,这种噪音均匀地来自空间的各个方向,不随时间变化,十分稳定.经过测定,这种噪音是绝对温度 3K 的微波段辐射,称之为“3K 微波背景辐射”.

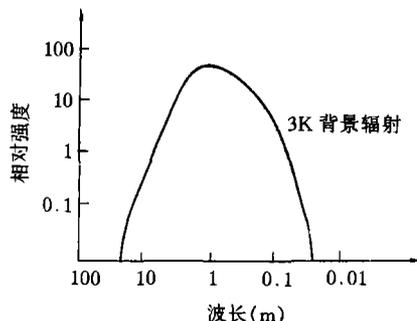


图 2

普林斯顿大学物理学家皮伯尔斯曾认为:如果宇宙起源于大爆炸,那就需要有大量的辐射来阻止所有密集在一起的粒子聚变成重元素,从而留下足够的氢和氦以形成我们今天宇宙中的恒星和星系.随着宇宙的膨胀,辐射渐冷却下来,但仍以较弱的形式弥漫于宇宙.这种辐射今天应该是可以观测到的,只要辐射温度在开氏温标几度就可以.

皮伯尔斯的预言被 3K 微波背景辐射所证实.这种背景辐射是宇宙大爆炸的回声.称之为近代物理学最伟大的发现之一(彭齐亚斯和威尔逊因此发现而双双获诺贝尔物理学奖).

这种发现不仅为大爆炸提供了有力的证

据,还证实了现在的宇宙仍在继续膨胀.

## 2. 红移现象、哈勃定律

由多普勒效应我们知道:如果光源在运动,它发出的光达观测者时其频率——光的颜色会有所变化.光源向着我们运动,发出的光向高频移动,称之为“兰移”;光源背离我们运动,其发出的光向低频移动,称之为“红移”.

美国天文学家埃德温·哈勃(1889—1953)通过威尔逊天文台巨大的望远镜观测到,除了离我们最近的星系外,所有星系的光谱都呈现“红移”现象,表明星系都在远离我们而去,即宇宙仍在继续膨胀.哈勃还研究了星系离我们而去的“退行速度”,他在1929年宣布:红移表征的退行速度与星系离我们的距离 $r$ 成正比 $v=H_0r$ , $H_0$ 是哈勃常数,这就是著名的哈勃定律(哈勃由此而获诺贝尔奖).

哈勃定律告诉我们,离我们越远的星系,其退行速度越大.哈勃进一步推算出 $H_0$ 为百万光年每秒15公里,由哈勃定律计算出宇宙的年龄为200亿年,这与在其他情况下的结果是一致的.

## 二、宇宙演化的两种模型

宇宙仍在膨胀,关于宇宙今后将如何演化下去却有着各种说法,归纳起来主要有两种有关宇宙前景的理论.

一种理论认为宇宙将永远膨胀下去,称之为开放性宇宙模型.

另一种理论则认为宇宙膨胀到一定时候会停止膨胀,并开始收缩,最终塌成原始火球状态,称之为封闭性宇宙模型.

按相对论,时空与物质紧密相关,不是物质在时空中膨胀,而是我们生活的物质时空在膨胀,由于引力的缘故,物质时空是弯曲的.

宇宙的未来,决定于物质时空的曲率 $k$ ,由爱因斯坦方程得 $k=0, 1, -1$ .

$k=-1$ ,永远膨胀,无限无界,双曲线型,属于开放性宇宙模型.

$k=0$ ,临界型,永远膨胀,无限无界,平面型,属于开放性宇宙模型.

$k=1$ ,膨胀后要收缩,无限有界、球面型,

为封闭性宇宙模型.

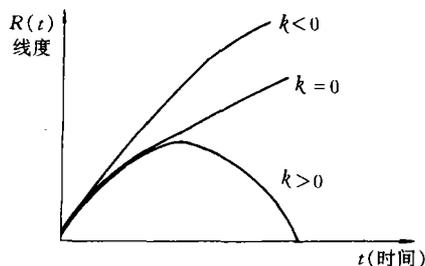


图 3

究竟宇宙演化的前景是开放性的还是封闭性的呢?这要由宇宙的质量密度来决定.

## 三、宇宙的质量密度

宇宙的曲率决定于宇宙的质量密度 $\rho$ ,我们目前能比较精确推算出宇宙的临界质量密度 $\rho_0=4.5 \times 10^{-30}$ (克/厘米<sup>3</sup>).假若 $\rho < \rho_0$ ,宇宙为开放型;假若 $\rho > \rho_0$ ,宇宙为封闭型.

### 1. 质量短缺

质量密度 $\rho$ 可以测出,但其结果并非是宇宙真正的质量密度,原因是用光度方法测出的只是发光物质的质量.

1933年,瑞士天文学家兹威基测量了后发星系团的质量.他首先采用光度的方法(星系的光度与其质量有一定关系,由光度测量可推知星系质量),然后采用动力学的方法(星系的平均速度是整个星系团决定的,通过星系团运动速度的测量可推知星系团总的质量).兹威基发现,两种方法测出的质量差别很大,动力学测出的质量比光度测出的质量约大400倍, $m_{动} \approx 400m_{光}$ ,差异之大令人吃惊,我们把这种差异称之为“质量短缺”.

“质量短缺”的问题并未引起科学界的重视.当时人们认为只是兹威基的一种大胆推测,直到70年代初,科学界还普遍认为“质量短缺”是根本不存在的,差异是由其他因素造成的.

直到1978年,情况才开始发生变化.当时的一些射电天文学家准备系统地测量旋涡星系的转动曲线,即测量距星系中心不同距离上的物体的转动速度.他们意外地发现:在星系的发光区之外,星系的运动并不遵从开普勒定律.按开普勒定律,远离中心的星体,其转动速度越

小(如太阳系便是这样),可旋涡星系上,星系的转动速度却与距离无关,几乎为一常数,对这种反常现象的解释只能是在星系团周围存在着大量不发光的暗物质。

1983年,英国天文学家霍金斯发现:在距银河系中心20万光年距离的R15星,其视向速度高达465公里/秒.要产生这样大的速度,银河系的总质量至少要比现知道的质量大10倍,表明银河系及其周围存在大量的暗物质。

由于这些无可争议的事实,科学家才相信“质量短缺”是存在的,兹威基推测暗物质的存在是正确的。

## 2. 暗物质家族

暗物质都是些什么呢?寻找暗物质成了科学界普遍关注的问题,离兹威基提出暗物质差不多半个世纪以后,1980年,粒子物理学家宣称:“中微子”的静止质量可能不为零,而且有的还测出“电子中微子”的静止质量为几十电子伏特.这为我们寻找暗物质带来了无限光明的前景.我们知道,大多数中微子只有很弱的电磁作用,而不参与电磁作用,因而不是不发光或发很弱的光,它们应是暗物质。

在天体演化过程中,很多核反应都会产生中微子,数量极大,初步估计宇宙中的中微子的数量是其他基本粒子的10万亿( $10^{13}$ )倍,尽管

暗物质家族

粒子	自旋	可能的静止质量 $eV/c^2$	数密度上限 ( $cm^{-3}$ )
引力微子	3/2	$10^3$	1
中微子	1/2	10	$10^2$
光微子	1/2	$10^3$	1
胶微子	1/2	/	/
W微子	1/2	/	/
Z微子	1/2	/	/
起中微子	0	$10^{11}$	$10^{-8}$

非常轻,但总质量是相当大的,几乎占宇宙质量的90%以上。

另外,在“星系核”周围有许多“引力微子”也是不发光的,尽管数量只有中微子的1/10,但其质量是中微子的10倍。

寻找暗物质的途径大致有两个.一个是高能物理,1983年粒子物理学完成了一项重要的实验,发现了弱作用的 $W^+$ 、 $W^-$ 和 $Z^0$ 粒子,这项研究是欧洲核子研究中心完成的.另一途径是天体物理,方法是由大质量去探测小质量粒子,由发光物质探测暗物质.在银河系中,在20—60万光年范围内,有6,7个矮星系,这些矮星系处在银河系的引力中,故其质量不可能太小,否则银河系的潮汐力就会把它们毁掉,而矮星系的光度却是很低的,其中的发光物质一定不多,大部分是暗物质,这些暗物质的质量是很大的。

星系、星系团、超星系团与不发光物质是直接相关的.诚然,发光体中有很多重子,但因数量少,总的质量很小,不可能由它们提供足够的引力使之聚成星体.若有大量的暗物质存在,情况就有所不同了,由于微子总质量10倍于重子总质量,其引力比重子大几十倍,足以使这些物质聚集在一起形成星体。

## 四、封闭性宇宙

综上所述,由于宇宙中大量存在着暗物质,因而宇宙的质量密度应大于其临界质量密度,即: $\rho > \rho_0$ ,目前宇宙虽然仍在膨胀,但在引力作用下,膨胀的速度会逐渐减小,到一定时候将会停止膨胀并开始收缩,最后重新成为原始火球.当然进行得很缓慢,用人类的眼光看来此过程是相当漫长的。

宇宙在收缩成原始火球后,十分不稳定,很快会自行爆发(时间短,过程十分短、十分激烈),产生另一代宇宙.目前世界上不少人持这种观点,这种理论的前题是“封闭性宇宙”。