



迅速发展的中国射电天文学

南仁东

(中国科学院北京天文台, 北京 100080)

物理学告诉我们, 光和广播、电视讯号有相同的属性, 都是以光速传播的电磁波, 其差异只在于波长, 或者说频率。天体的辐射与活动现象覆盖由低频电磁波至高频 γ 射线的整个电磁波谱。在现代天文学出现之前, 千百年来人类是通过波谱中波长由 4000 至 7000 埃 (1 埃为 100 亿分之一米) 狭窄的一段可见光窗口去观察宇宙的。

1933 年贝尔实验室的卡尔·央斯基在 20.5 兆赫频率意外地发现了来自我们银河系中心人马座的电波发射, 射电天文学由此诞生。在过去的 60 年中, 这门新兴的现代科学显示出其强大的生命力。例如, 20 世纪 60 年代天文学的“四大发现”——类星体、星际分子、3K 宇宙背景微波辐射以及脉冲星都奠基于射电天文学。

从 50 年代开始, 经几代天文学家的努力, 射电天文学在我国也得到长足进展, 中国射电天文学家在众多研究方向上已经或者正在跻身于世界先进水平。这里就我国现有的三大射电天文设备有关问题, 向读者作一简略介绍。

1. 北京天文台密云米波综合孔径射电望远镜

孔径衍射的天文望远镜的分辨能力随口径增大和波长缩短而提高。射电的波长是可见光的几百万倍或更长, 若想获得与光学观测相当的分辨率, 需要把射电望远镜的大抛物面作成几百公里乃至地球那么大, 这当然不可能。射电天文学家经过多年努力, 终于找到了不增大望远镜口径而提高分辨率的方法——射电干涉测量。北京天文台 1982 年建成的密云米波综合孔径射电望远镜就是一个由 28 面 9 米口径抛物面天线组成的干涉仪阵。这些天线按精心设计由东向西排列在 1 公里的基线上(封面), 随地球自转所“综合”出的孔径覆盖相当于直径 1 公里的反射面。空间角分辨率为 3.8 分, 12 小时积分观测灵敏度为 50 毫央斯基, 也就是说它从严重污染的电波环境中可以检测出的天体辐射电磁能远远小于一粒尘埃飘落下来的动能。

这一望远镜的高灵敏度、高分辨率以及 $10^\circ \times 10^\circ$ 的大视场, 使它成为射电源巡天星表、低亮度扩展射电源、巨射电星系以及星系团的有力观测手段。使用这架望远镜进行的 232 兆赫射电源巡天计划由 1986 年开始, 目前观测部分已完成。第一批成果已在国际一流学术刊物 A. Ap. Suppl. Ser. 上发表, 引起国际同

行的关注。巡天过程中所发现的一批新射电源为人们了解河外射电星系、宇宙早期演化提供新的信息。除此之外, 在其他一些研究方向, 例如超新星遗迹、脉冲星、行星际介质闪烁现象以及电离层传播效应等方面都取得了丰富成果。

2. 上海天文台佘山甚长基线站

象密云综合孔径那样的干涉仪系统, 各天线之间的电连接由于工程的限制不可能无限延长, 基线长超过几十公里后, 难以补偿大的延迟, 无法克服干涉相位的不确定性。1967 年加拿大科学家第一次彻底切除了干涉仪天线之间任何实际的物理联系, 完成了甚长基线干涉(VLBI) 实验。参加 VLBI 观测的两面天线可以是近在咫尺, 也可以是隔洲跨洋。两面天线观测时指向天空同一点, 接收机调谐在同一频率上, 来于同一天体的射电信号在独立的时间、频率标准控制下, 按严格约定的格式形成数据流并记录在磁带上, 然后在相关中心作非实时的处理。由于现代计算机与电子技术的发展, 它已进入成熟的实用阶段, 可用于 VLBI 观测的望远镜达 30 余面, 遍布全球, 组成了欧洲网、美国网及全球网。VLBI 的分辨率比其他所有天文观测手段高至少 3 个数量级, 它是对远宇宙天体作精细结构研究的唯一工具。

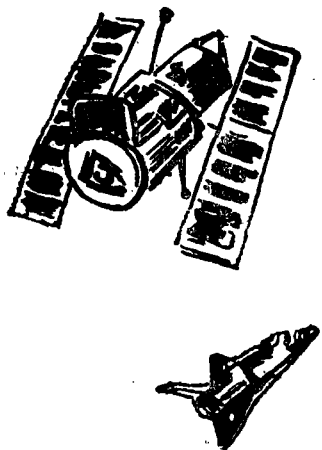
封三(下)为上海佘山站 25 米 VLBI 天线。它筹建于 80 年代初, 至今已与 10 个国家 30 个站进行了近百次联测。我国天文学家利用这些联测资料开展了天体物理、天体测量和地球动力学诸方面的课题研究。首次检测到上海地区每年 1 至 2 厘米速度向东的板块移动, 为我国测地、地震、板块运动、地球自转等基础性研究及其应用开辟了一个新途径。上海 VLBI 的进展提高了我国射电天文的显示度, 成为欧洲网的固定联测伙伴。我国第二个 VLBI 台站已于 1993 年在乌鲁木齐建成并投入使用, 由于它填补了中亚的地域空缺, 受到国际射电天文界的广泛关注。

3. 紫金山天文台青海德令哈毫米波望远镜

在青海省德令哈市东部海拔 3000 米的戈壁荒野上有一个巨大的“高尔夫球”(封三(下)), 实际上它是一架非常精密的 13.7 米直径毫米波望远镜的保护罩。毫米与亚毫米波设备需要先进的天线与接收机技术, 由于大气吸收, 毫米波台址通常选在干燥的沙漠与高山上, 因此, 毫米波望远镜的制造与运行都非常昂

哈勃常数战和宇宙命运

何 常



宇宙在
炽热的大爆
炸中创生。
后来,所有
星系(包括
银河系)互
相飞离而
去,这就是

所谓宇宙膨胀。进入 20 世纪以来,宇宙学家发现了这样的膨胀,检测了大爆炸当初所引起的微波背景辐射,推证了宇宙间化学元素的由来,描绘出星系的大尺度结构及其运动,等等。尽管有着种种进步,但有些基本问题却至今悬而未决。比如,巨大规模的膨胀是什么时候开始的?宇宙会永无休止地膨胀下去吗?或者,引力最终会制止膨胀,使宇宙坍缩到原来的样子吗?

研究表明,宇宙的年龄、演变和结局取决于它的膨胀速度。几十年来,宇宙学家应用各种先进技术来测算宇宙的大小以不断改进对宇宙膨胀率的估算,借以寻求这些基本问题的解答。这种努力包括两个方面:测定星系的运动速度;测定地球到星系的距离。目前,测量星系速度的技术已经很好地建立起来了,但是估算到星系的距离却非常困难。最近几十年,几个独立的天文学家小组研究了测量星系距离(以至宇宙大小)的较好方法,提出了有关宇宙膨胀率的全新估算。

宇宙膨胀率的精确测量,不仅从本质上决定着宇宙年龄和它的最终结局,而且制约着宇宙理论和星系形成的模型;并对星系中不发光物质的数量、星系团的大小等基本量的测量有着重要影响。而精确的距离测量则是计算天体亮度、质量和大小的必由之路。因此,

膨胀率的测定和宇宙距离的标定又关系着河外星系天文学的整个领域。

哈勃常数的发现和 20 年哈勃战

大约在 60 年前,天文学家就着手测量宇宙的膨胀率。1929 年,杰出的天文学家哈勃发现,几乎所有的星系都以极大的速度飞离地球而去。他得出一个著名的观察结果:星系退离速度与地球到星系的距离成比例。这是宇宙学史上首次提出证据,证明整个宇宙在膨胀中。

哈勃测定了宇宙膨胀率,这个量随后被定名为哈勃常数,表述为:星系的退离速度除以距离·哈勃最初估算的值是每秒每兆秒差距 500 公里(1 兆秒差距是光传播 3.26 兆年的距离)。1953 年哈勃去世,他的学生桑德奇继承了他那描绘宇宙膨胀图的事业。桑德奇等人在更大范围内作了更为精确的测量,最后把哈勃提出的常数值作了大幅度的修正,把它降到 50 到 100 km/g/Mpc 之间。这表明宇宙的规模比最早的测量要大很多。这样,在 50 兆秒差距处的星系以每秒 5000 公里的速度飞离地球,而在 500 兆秒差距处的星系则以每秒 50000 公里的速度飞离!

近二十年来,哈勃常数的各次新估算继续落在这个范围之内,但是越来越多地接近于高低两个极值,中间值日趋减少。桑德奇和他的长期合作者塔曼论证的值是 50km/s/Mpc ,而德克萨斯大学的瓦科列尔则主张 100km/s/Mpc 。这样,争论展开了,并出现了一种于事无补的局面:科学家们可以在两个极值之间随意地选取哈勃常数。

随后,又有几组数据指向一个高膨胀率,这意味着宇宙是比较年轻的,年龄大约只有 100 亿年。但是开

贵,这也就是为什么它作为最后一个天文观测空白窗口,直到 80 年代初才开始得到较快的发展。

毫米波段处于远红外与厘米波射电之间,在几乎所有类型的天体观测研究中都占有举足轻重的地位。毫米波最重要的研究目标是银河系内外的分子谱线,年轻星与晚期星的环境介质等与恒星演化有关的领域。经多年艰难的探索,德令哈 13.7 米镜已进入成熟使用阶段,1993 年为世界上已发现的 500 个水脉泽源又增加了 50 个,另外还有 30 个待进一步确认。时变监测工作也取得可喜进展。毫米波的研究成功填补了国内空白,缩短我们射电天文技术与世界先进水平的

差距,对我国国民经济和国防建设也具有重要意义和潜在的经济效益。1993 年东亚国家天文台选址组在德令哈测得的 220 京赫天顶大气透过率为 85%,相当大气水分为 3 毫米,说明此地是一个理想的毫米波台址,展示了它良好的发展前景。

为提高我国射电天文在国际上的竞争力,为更好地发挥现有设备在科学研究、学术交流、国际合作与培养人材中的作用,中国科学院于 1990 年以这三大设备为主体组建了射电天文联合实验室。与此同时,我国下一代大型射电望远镜也正在酝酿与筹划,以迎接 21 世纪射电天文学发展的挑战。