

* 成果与应用 *

13.7 米毫米波射电望远镜

韩 溥 徐之材*

(紫金山天文台 南京 210008)

关键词 分子天文学,射电望远镜

在离青海省海西州州府德令哈市以东 35 公里的青新公路北侧,一只硕大的白色圆堡,在深蓝色天空的衬托和灿烂阳光的映照下,分外引人注目。它是我国目前口径最大的射电望远镜——安装于紫金山天文台青海观测站的 13.7 米毫米波射电望远镜。青海观测站位于青藏高原柴达木盆地的东北边缘,海拔 3 200 米,大气干燥,年平均大气含水量仅 4 毫米,云量少,晴夜多,大气透明度高。作为一个优良的毫米波和亚毫米波天文观测站站址,正日益受到国内外天文同行的重视。

19 世纪开始的近代天体物理学在很大程度上依赖于分光技术或光谱分析技术的发展,大部分天体物理数据来源于对由原子过程产生的恒星光谱的观测,人们关于天体的知识几乎全部是从中性和电离原子的辐射获得。本世纪 70 年代开始,由于毫米波技术的发展,以美国国立射电天文台 11 米毫米波望远镜为代表的毫米波望远镜,发现了一批星际分子的发射和吸收谱线。天文学开始从分子层次上研究星际物质和恒星拱星包层的物理、化学性质,研究恒星和星际物质的相互作用,以及恒星的形成与演化问题,形成了天文学的一个新的分支——分子天文学,天体物理的研究进入了一个新的纪元。

13.7 米毫米波射电望远镜是中国科学院根据我国天文学发展规划,为在我国发展分子天文学而兴建。它主要由三大部分组成:封闭在天线罩内的毫米波天线本体和它的伺服控制系统;低噪音毫米波接收系统;计算机系统。望远镜的天线为口径 13.7 米具有地平式座架的经典卡塞格林式天线,具有很高的反射面精度。天线主面由 72 块面板组成,单块面板精度约 60 微米,满面精度约 0.13 毫米。望远镜的天线采用了双电机驱动消隙技术,电流、速度、位置三重反馈和先进的伺服算法实现数字式位置闭环,采用分辨率为 0.3 角秒的 22 位感应同步器作为天线轴位置传感器,高精度 GPS 时间系统和天线轴系误差的计算机自动修正技术,望远镜在计算机的控制下具有很高的跟踪和指向精度(分别为 4 角秒和 10 角秒)。天线罩在毫米波段具有很低的损耗,它屏蔽了风和阳光照射对天线面形和指向的不利影响。望远镜的毫米波接收系统由准光学馈电系统、致冷低噪音前端、锁相本振系统、中频系统以及连续谱和多种谱线后端组

* 两位作者均为紫金山天文台研究员
收稿日期:1997 年 9 月 24 日

成。由椭球镜和平面镜组成的准光学馈电系统,将会聚于天线卡焦的信号馈入密闭于杜瓦内的波纹喇叭,实现了信号的低插损传输,同时实现了波束调制和望远镜校准信号的馈入。低噪声接收机前端由致冷温度为 15K 的肖特基混频器和 FET 第一中频放大器组成,在 110—115 京赫接收机的噪音温度在 250°—350K 左右。由毫米波固态振荡源、频率综合器和锁相电路等组成的锁相本振系统,采用了偏压压控 3 毫米直接锁定的技术,并采用智能辅助电路实现最佳工作状态的自动调整,具有优良的锁定质量。接收机的中频系统实现信号放大和频率的准确变换。接收机系统除具有总功率和开关功率连续谱后端外,配有多种谱线后端,特别是为了满足观测者对不同谱线分辨率的课题的要求,配备了通道带宽分别为 12 千赫、40 千赫和 170 千赫的 1024 通道性能稳定、品质优良的声光频谱仪。望远镜的计算机系统由数字多路器、控制计算机和数据处理计算机组成。控制计算机承担望远镜天线和接收机的监控,实现观测过程的自动化,进行观测数据的采集和记录。另一台与控制计算机连线的数据处理器安装了专用数据处理软件包,实现观测资料的现场处理。13.7 米毫米波望远镜结合了多种高新技术,如精密仪器制造,精密测量,伺服控制,毫米波低噪声接收,准光学馈电,毫米波锁相,瞬时测频,计算机控制与信号处理等,具有国际同类仪器先进水平。多年来,项目组的科技人员克服我国毫米波技术基础比较薄弱,国外禁运,研制经费有限,实验室与望远镜现场距离遥远等诸多困难,攻克一系列的技术难关,胜利完成了望远镜的研制任务。望远镜的主要技术指标与国外同类设备相当,各项功能齐全,能满足天文观测要求。在望远镜研制过程中取得的一系列技术成果,对我国发展相关技术具有重要的意义。这些技术成果的推广应用亦取得明显的社会效益和一定的经济效益。

13.7 米望远镜除可以用来进行太阳、行星和一些较强的射电源的连续谱观测外,主要用于对星际物质和恒星拱星包层,分子云和恒星形成区等的分子谱线观测。13.7 米望远镜自 1990 年投入工作以来,在 22 京赫开展了系统的水脉泽源的时变观测和新水脉泽源的搜寻工作。至 1994 年初,该望远镜发现的新水脉泽源近 100 个(自 1969 年首次发现水脉泽源至今,在北天已知的水脉泽源约 700 个)。望远镜的 3 毫米系统投入工作后,在不长的时间里已取得一批分子云,红外源,晚型恒星,HH 天体,行星状星云的彗星等新的 CO 分子谱线资料。13.7 米望远镜的建成和运转,为我国天文学的发展填补了一个至关重要的空白,实现了我国天文学发展战略的一个阶段性目标,为我国天文学家在当今异常活跃的分子天文学这一天体物理前沿领域的研究提供了有力的实测手段。

围绕 13.7 米望远镜的建设,我国天文台和大学的天文学家紧密合作,一支实力较强致力于分子天文学观测和研究的队伍已经形成,他们利用 13.7 米望远镜已经和正在做出一系列有显示度的工作。在中国科学院领导的支持下,通过国际合作,用于 13.7 米望远镜的、灵敏度更高的新一代毫米波超导(SIS)接收机已在实验室基本准备就绪。在中科院与主管部门的关心和支持下,相信 13.7 米望远镜将会有很好的科学前景,为我国天文学在分子天文学研究领域参与国际合作与竞争做出新的贡献。