

高信噪比恒星光谱工作热点

翟迪生 蒋世仰

(中国科学院北京天文台)

提 要

高信噪比、高分辨率恒星光谱学,在近十多年来取得飞速发展。本文试就高信噪比光谱学在恒星化学丰度测定和恒星物理结构的观测研究这两方面的进展作综合评述,并就我国2.16米望远镜在未来高信噪比恒星光谱工作中的前景作了展望。

一、引 言

恒星光谱的观测研究提供了有关恒星的最基本也是最大量的物理信息。但是,由于经典照相乳胶灵敏度和光谱响应区域的限制,许多重要的物理信息,被淹没在观测噪声之中,或被排除在可测谱域($0.3-0.65\mu$)之外而无法获取。自从1971年硅二极管阵光学特性的发现,及其在70年代中期于天文光谱观测中的应用以来,情况大为改观,恒星高信噪比 S/N 光谱学取得了长足的进展。

新的高灵敏度硅二极管阵光谱接收器件(Reticon, CCD),具有很高的量子效率、很宽的延伸到近红外的光谱响应、很宽的动态范围以及很高的线性响应特征。就其灵敏度而言,平均比经典照相乳胶高出30倍以上。以前用照相底片需几小时的曝光,现在只需几分钟即可,这意味着把望远镜的有效口径扩大5倍以上。经典照相底片光谱观测可达到的平均信噪比 $S/N \approx 35$,而现在用硅二极管阵,可以比较容易地取得 $S/N \geq 100$ 的高质量恒星光谱,这是一个很大的飞跃。同时,硅二极管阵光谱响应区域向红区的延伸($0.2-1.1\mu$),使以前人们一直想做而无法实现的对红巨星和矮星的高精度光谱观测研究成为可能。

我们把光谱信噪比 $S/N \geq 100$, 分辨率 $R \geq 2 \times 10^4$ 的观测研究,称之为高信噪比光谱学,而把 $S/N \geq 300$ 的,称为甚高信噪比光谱。近十多年来,高信噪比光谱学的兴起,主要沿着两个学科方向发展着:一是不同星族恒星化学组成丰度的观测研究;二是恒星物理结构和活动性的光谱观测研究。后者所取得的成果尤为引人注目。本文将综述有关研究的进展,展望我国2.16米望远镜有关高 S/N 工作的前景。

二、恒星化学丰度的观测研究

恒星化学丰度的测定,在历史上曾对核聚变理论、恒星的结构和演化,以及恒星大气模

型的研究起了重大的作用。但是, 丰度的测定在 60 年代和 70 年代里进展却很缓慢, 有关结果普遍存在着相互矛盾或明显的不可靠性, 其原因, 除去丰度计算所用的局部热动平衡模型 (LTE) 的不完备、模型参数如有效温度 T_e 、表面重力 g 的不确定性, 以及湍流等速度场对谱线强度可能的影响所引起的误差之外, 就发表的谱线等值宽度 W 的测量结果, 相差经常超过 50%。近代化学丰度的测定, 往往基于一些重要的弱谱线测量之上, 这一问题尤为突出。例如, 对于有重要宇宙学意义的很轻的微量元素 Li, Be 和 B 的丰度测定; 又例如对恒星晚期演化或银河系化学演化能提供重要信息的晚型巨星和矮星中同位素的观测等等。

近十多年来, 高 S/N 光谱学的进展, 大大改进了谱线等值宽度 W 的测定精度, 对于 $10 < W < 50 \text{ m}\text{\AA}$ 的测定精度, 可以达到 $\pm 3 \text{ m}\text{\AA}$, 相应丰度的计算, 如无其他误差源, 则可达到 $\pm 0.05 \text{ dex}$ 的精度^[1], 这大大刺激了对不同星群化学丰度的观测研究日益增长的热潮。以下诸星群以及有关问题, 可以说是当前成绩显著而令人颇感兴趣的:

- (1) 特殊星族恒星化学丰度的测定及其对银河系早期化学和动力学演化的意义的研究;
- (2) 冷巨星(包括 AGB 星等), 星族 II 红巨星的光谱定量分析和丰度奇异性的研究;
- (3) F、G、K 矮星, 各种疏散星团恒星的同位素丰度、金属丰度的测定, 及其与恒星其他物理参数的定标关系的研究;
- (4) 球状星团恒星化学组成丰度的观测;
- (5) 麦哲伦云及邻近星系中恒星化学丰度的测定, 及其与银河系的对比等等。

此外, 像爆发中的恒星, 包括 SN1987A 的铁峰元素(Fe^{56} 、 Ni^{56} 、 Co^{56})等的观测, 相互作用双星子星的表面化学丰度及其与双星动力学演化的关系等, 都是比较活跃的研究课题。限于本文的篇幅, 而不能对此分别给予详细的讨论, 以下只对几个有重要意义和成果突出的方面作简单介绍:

1. 各种不同年龄、不同金属丰度星族的恒星中锂(Li)丰度的观测研究

很轻的元素, 如 D、H、He、Li、Be 和 B, 核聚变理论认为它们是大爆炸宇宙早期($t > 10^2 \text{ s}$, $T < 10^9 \text{ K}$)的产物。由于恒星在主序阶段, 内部核反应过程一般不影响表面化学元素丰度, 因此可望从这些轻元素丰度的观测, 提供早期宇宙的信息。除 H 和 He 之外, 同位素 D 很不稳定, 在银河系早期就可能被大量毁灭; Be 在许多星群(如星族恒星)中, 无可测谱线; 而 B 的可测谱线在紫外(BI 2496 \AA); 只有 Li^7 , Li^6 的共振双线在可见区 6707 \AA 附近, 有利于观测。但是, 也只有近代高分辨率、高信噪比光谱观测条件下, 同一恒星的不同观测者才取得比较相符的丰度测定结果。

Spite 等^[2]1982 年对星族恒星 Li 丰度的测定得出 $\log N(\text{Li}) = 2.0$, 并为后来的研究者所证实^[3,4]。近期 Rebolo 等, 对 37 个贫金属丰度($[\text{Fe}/\text{H}] \leq -0.6$)和特贫金属丰度($[\text{Fe}/\text{H}] < -1.4$)的场星矮星的高精度观测, 采用 La Palma 天文台 2.5 米望远镜, $R = 2 \times 10^4$, $S/N \geq 100$, 得到渐近 Li 丰度 $\log N(\text{Li}) = 2.2$ ^[5]。老的星族恒星和贫金属星, 被认为是银河系早期形成的恒星, 保留有原初宇宙痕迹, 因此, $\log N(\text{Li}) = 2$ 应被接受为近似原始宇宙丰度。但是, 对 Hyades 等年轻星团的恒星的观测, 得出渐近 Li 丰度 $\log N(\text{Li}) = 3.0$ ^[6,7], 由于它与星际介质和碳粒陨石中的 Li 丰度相近, 也有人认为 3.0 应代表原始宇宙丰度。这一争论有待观测和理论解释的深入探讨。目前, 需要进一步对不同年龄或相同、相近年龄的星团

恒星和不同星族的 F、G、K 矮星的 Li 丰度进行观测, 以建立 Li 丰度与恒星质量、化学成份以及年龄等的关系等等。

恒星 Li 丰度观测的另一个吸引人的课题是一些星群中某种反常 Li 丰度分布的观测和解释。例如 Boesgaard 等^[7,8] 观测到 Hyades 和其他年轻疏散星团中, 恒星的 Li 丰度分布存在着间断现象, 即光谱型在 F($T_e \sim 6700\text{K}$)附近的恒星, Li 丰度反常地减小(如图 2 所示); 又如红巨星中, 存在着 Li 丰度反常地高的富 Li 星^[9] 等等。它们的详细观测和研究, 对探讨恒星外层流体动力学模型和特殊核反应过程, 有着重要的意义^[10,11]。

2. 冷巨星化学丰度及奇异性的观测

H-R 图的右上方红巨星区域, 是当前高 S/N 光谱学丰度观测研究的很重要的星群分布区。恒星演化离开主序, 到达薄壳氢燃烧阶段以后, 表面化学丰度发生明显的变化。早在 50 年代, 人们在红巨星中发现放射性同位素钨(Tc^{99}), 以及各种化学丰度奇异星群如 Ba 星、S 星、Li 星等的存在, 激发起对红巨星的丰度测定的热望。但是, 由于这些星的光谱中谱线太拥挤, 光谱能量分布峰区在红区和近红外光谱区, 因此, 定量的分析, 只对目视星等很亮的为数很少的恒星有过一些工作。近十多年来, 情况有了突出的进展, 高精度丰度观测揭示出, 红巨星中存在着比我们所能预料的还要更多类型的特殊星, 即化学组成奇异星。表 1 是由 Pilachowski 概括列出的丰度奇异星分类^[12]。

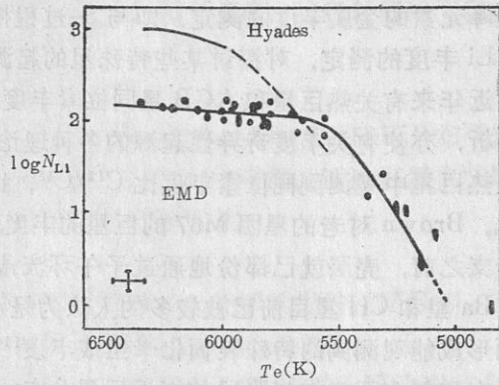


图 1 星族恒星、贫金属星 Li 的丰度渐近分布

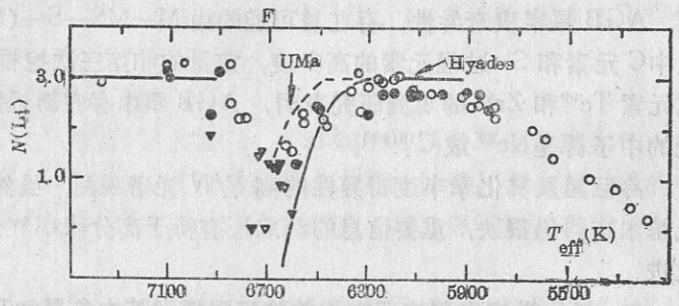


图 2 Hyades 和 UMA 星团 Li 丰度渐近分布及“Li 间隙”

表 1 各种化学丰度奇异的红巨星

热巨星	AGB 星	Post-AGB 星
Ba II 星	M 星	贫氢 C 星
早型 C 星	MS 星	R CrB 星
CH 巨星	S 星	RV Tau 星
CH 亚巨星	N 星	ω Vir 星
弱 G 波段星	SC 星	SRd 变星
富 Li 星	J 星(即 CS 星)	

目前对红巨星化学丰度的观测研究,主要集中在两方面,一是 C、N、O 的同位素丰度的测定,二是重于铁峰元素的金属丰度的测定,即与 S-过程相联系的中子俘获的核聚变元素丰度测定。此外, Li 丰度的测定,对探讨某些特殊星的起源亦为重要。Pilachowski 的表 1 和表 2,分别总结了近年来有关热巨星和 AGB 星同位素丰度和金属丰度的测定结果。红巨星化学丰度的定量分析,亦使有关丰度奇异性起源的各种理论机制与观测的对比成为可能。

在一些热巨星中观测到同位素丰度比 C^{12}/C^{13} , 比标准的第一次对流挖掘(dredge-up)理论结果偏低。Brown 对老的星团 M67 的巨星的丰度观测研究^[13], 预示在主序阶段或第一次红巨星上升支之前,壳层就已部份地通过子午环流或湍流扩散而经受与内部具有核反应物质层的混和。Ba 星和 CH 星目前已被较多的人认为是双星物质交流,造成深层核反应产物的裸露,从而形成能观测到的特殊表面化学组成丰度^[14]。

处于氢壳和氦壳双壳燃烧阶段的渐近巨星分支的 AGB 星的化学丰度测定,由于受近期麦哲伦云中大量碳星发现和研究的促进^[15],目前已是一个很热门的高 S/N 丰度观测研究领域。AGB 星丰度奇异性,存在着可能的由 M—MS—S—(SC)—C 的演化序列^[12]; MS 和 S 星中 C 元素和 S-过程元素的高丰度,定量的和第三次挖掘理论计算相符^[16]。有关 S-过程重元素 Te⁹⁹和 Zr⁹³的观测研究表明,AGB 星中存在新近发生的俘获中子的核聚变反应,可能的中子源是 Ne²² 或 C¹³^[17]。

冷巨星及其化学丰度奇异性的高 S/N 光谱观测,虽然近期取得突出的进展,但总的来说基本资料仍很缺,重要信息的获取还有待于高分辨率红外摄谱仪的发展及有关冷星模型的改进。

3. 与化学丰度测定紧密相关的恒星模型基本参量如 Te 和 g 的测定

过去十年中这方面取得很大的改进^[1]。由于高分辨率、高信噪比的光谱分析,已可以通过 H α 谱线来测定太阳型恒星的表面有效温度 Te,精度达到 $\pm 30K$; 用巴尔麦谱线测定 O、B 型星的重力 g,误差可 $< 0.15dex$; 通过强压力致宽线翼,测定晚型星的 g,其 log g 的精度可达到 $\pm 0.05dex$ 。这些基本参数精度的提高,不但对用于计算丰度的大气模型很重要,对恒星的结构与演化的研究也十分必要。

三、恒星大气物理的高 S/N 观测

在这一方面,对高分辨率、高信噪比光谱学的冲击特别突出,许多革新性的变革已形成,主要的研究热点包括:

恒星高精度视向速度的观测;

非径向振动;

米粒结构;

恒星光球、色球活动区结构;

表面化学丰度的不均匀性;

活动区磁场,等等。

恒星某些强吸收线或发射线轮廓的特征,包含着许多谱线形成区的物理信息,历来为人

们所重视, 但是, 只有在高分辨率、高信噪比观测条件下, 定量的模型计算才有了可能。

具有复杂谱线轮廓变化的恒星, 过去又称为谱线轮廓变星, 这种轮廓的变化大致可分为两类:

(1) 纯几何与光度因素的效应

例如, 恒星表面黑子、亮斑造成谱线轮廓发生的畸变; 又如表面磁场分布引起某些电离元素表面分布不均, 也会引起这些电离元素谱线轮廓的畸变等等。通过恒星自转调制, 进而造成畸变部份随时间自谱线的紫端向红端的周期性漂移变化。

(2) 表面和大气速度场的不均匀性效应

例如, 恒星的非径向振动, 光球底部大的米粒结构, 物质的抛射, 星风等, 亦会导致谱线轮廓的畸变, 并由速度场本身的变化和恒星自转调制而随时间变化。

不同的恒星, 因不同的物理条件, 上述畸变因素强弱不等, 或对不同的谱线的影响不等, 而有可能采用单一的物理模型重现实际观测到的某类恒星的谱线轮廓畸变。近年来, Doppler 成像技术的发展, 成为研究恒星谱线轮廓畸变的有力工具^[18,19,20]。以下简单叙述一下高信噪比光谱轮廓研究中几个重要领域的研究进展情况:

1. 晚型星类太阳活动及其大气结构的研究

(1) 光球黑子的 Doppler 成像 一般用 FeI 6431 Å、CaI 8439 Å 两条不受地球大气吸收特征影响的谱线的观测进行分析, 可以得到表面光球黑子的分布图。如果与测光扰动波的恒星光变曲线作同时观测, 联合分析可得出黑子区中心经度、纬度, 等效黑子活动区面积和平均温度等重要参数。

(2) 色球谱斑 Doppler 成像 通常用 Mg II K2975 Å 谱线的紫外卫星观测结果进行高 S/N 光谱轮廓多普勒成像。由于恒星紫外光球背景很弱, 即便采用中等 S/N, 也可得到满意的结果^[21]。

如加上冕区 X 射线强度的位相依赖关系的观测, 可以取得恒星大气活动区结构的三维分析图, 这是非常热门的研究课题。

2. Ap 星表面化学丰度不均性的观测研究

Ap 星具有周期变化的大范围磁场, 因而引起某些电离元素表面分布不均, 以及相应元素谱线轮廓的畸变。图 3 是对 Ap 星 ε UMa 的元素 Cr II 4824 Å 谱线轮廓的高分辨率 ($R \approx 5 \times 10^4$), 高信噪比 ($S/N = 300 \sim 500$) 观测结果和表面 Cr II 分布 Doppler 分析图^[22]。ε UMa 是一颗自转周期为 $P = 5.09$ 天的 AOpCr 星。其他一些 Ap 星中, 也可以用比较突出的电离元素谱线, 如 Si II 6347 Å 等进行同样的分析。Ap 星表面化学元素分布不均匀图像, 实质上是一个表面磁场几何图, 对研究 Ap 星磁场分布以及它在大气层中的作用很有意义。

3. 早型 O、B 型星非径向振动的高 S/N 光谱观测研究

β Cep 型星, Bn 星, Be 星, δ Sct 星以及 Ap 星等恒星的光谱轮廓的变化性早先已被发现。近代众多的观测事实证明, 它们主要是局部速度场的不均匀和变化性所引起的。近来, 对 β Cep 型和 Be 型早型 O、B 星的高 S/N 光谱非径向振动的分析研究最为活耀。

(1) 多重周期分析 非径向振动所引起的恒星光度的变化较弱, 实测表明, 通过光谱谱线轮廓的变化来进行可能存在的非径向振动的多重周期分析更为有利^[23,24]。

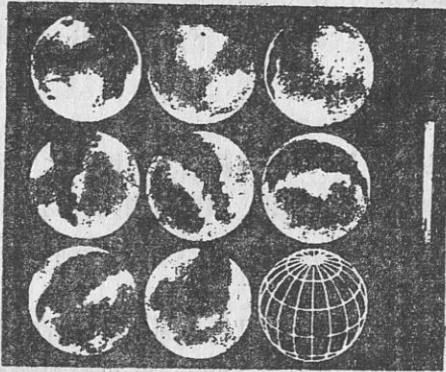
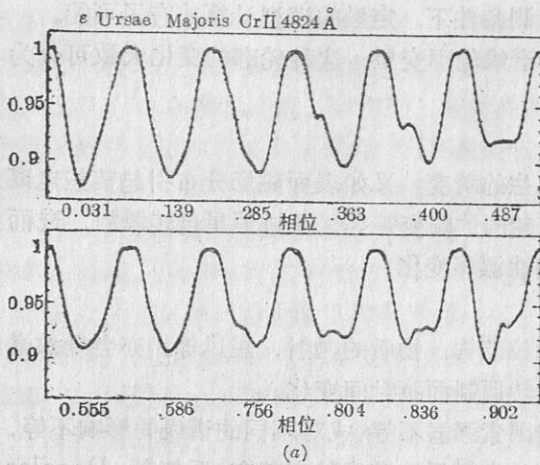


图 3 Ap 星 ϵ UMa 表面电离元素 Cr II 分布的 Doppler 成像。上图(3a)是不同相位 Cr II 观测谱线轮廓和理论结果拟合情况。下图(3b)为 Cr II 谱线轮廓 Doppler 分析成像

(2) 非径向振动的速度场 对不同自转相位上观测到的谱线轮廓, 通过与不同模式和级别的非径向振动模型自转 Doppler 效应的对比分析, 可以研究恒星表面速度场分布。但其结果对于表面光度特征的 Doppler 成像来说, 会有较大的不确定性。振动模式的选择显得很重要, 需要已知物理信息的约束, 有关分析技术尚在发展之中^[25]。O、B 型早型星, 以 Be 星为例, 非径向振动与物质的抛射有关, 也会带来有关速度场定量分析的困难, 对不同层次的速度场的观测分析, 谱线的选择亦很重要。

4. 晚型星磁场的测定

晚型星磁场的测定, 是近年来高 S/N 光谱工作的一个重要的生长点。晚型星磁场测定的困难主要是局部磁场活动区的偶极性, 使一般磁场对分裂谱线的偏振效应减弱, 而只能通过它的 Zeeman 致宽效应来测定, 所以, 虽然早在 40 多年前人们就已观测到 Ap 星 78 Vir 的磁场, 但直到 1980 年, 才通过 Zeeman 致宽效应的光谱高 S/N 观测, 得到第一个晚型星 ζ Boo A (G8 V) 的光球局部磁场的可信的测定结果^[26]。鉴于晚型星磁场测定对恒星活动研究的重要性及有关的观

测和分析模型的改进, 正在为许多研究者倾心追求之中。有关进展的总结和评述, 可参考文献^[27], ^[28]。

除去以上几个主要的有关恒星结构和大气物理的高 S/N 光谱工作分支领域外, 对恒星米粒结构的研究, 亦引起人们的重视。一方面由于许多高精度的谱线分析工作, 需要考虑光球米粒结构的效应, 例如小标度的光球运动, 可以引起谱线的致宽; 又例如米粒中上升和下降流体的光度不等, 可以造成谱线的不对称性或中心波长的位移, 在精度高于 $1\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ 的高精度视向速度观测中, 则必需作米粒效应的改正等等。另一方面, 恒星米粒结构的研究还与恒星对流、湍流等参数有关。但对米粒结构的观测研究, 要求光谱有很高的信噪比 ($S/N \geq 500$), 目前, 只能对非常亮的恒星做过一些工作, 无疑, 它将是甚大望远镜 VLT 的重要选题。

四、我国 2.16 米望远镜高 S/N 光谱工作展望

1. 2.16 米望远镜高 S/N 光谱工作的星等范围

不同的研究课题,需要不同的光谱信噪比,加之所需时间分辨率,限制了不同口径望远镜的工作星等范围。表2综合了目前有关的高 S/N 光谱工作要求和不同口径望远镜星等的限制。我国2.16米望远镜,如在经典照像底片光谱工作条件下,高 S/N 工作只能做到5等星,比1米望远镜增加1个多星等,但是,在采用高灵敏度光谱接收器件条件下,工作星等范围将有很大的扩展。1992年即将投入使用的由蒋世仰教授设计的光纤引导的CCD阶梯光栅Coudé摄谱仪,据设计指标,在 $S/N > 100$, $R = 10^5$ 的情况下,利用2.16米望远镜,3小时的曝光,最佳可达到极限星等15等^[29]。表2是根据目前国际上采用先进的硅二极管阵,对不同高 S/N 光谱实际工作总结出的。由表2可知,我国2.16米望远镜,在许多高 S/N 光谱学前沿课题中,可以观测到9—10等的恒星,这是一个非常重要的星等范围,有大量的工作可做。

2. 2.16米望远镜在目前高 S/N 光谱工作中的可竞争性

2.16米望远镜是中等口径望远镜,从口径上讲排列于国际上单面大口径望远镜第30多位,但是,一个重要的事实是,大口径望远镜总是被当前天体物理中最热门的星系研究所优先占有其观测时间。曾一度认为用2米级望远镜可观测的星系样品现已很少,因而这种望远镜有被星系工作所遗忘的倾向。但由于高灵敏光谱接收器件的广泛使用,2米级望远镜在当前恒星工作中的地位得到了加强。当前国际上有两个高 S/N 光谱联合观测计划:一是以美国Linsky为首的SYNOPSIS计划^[30],它拟组织一批2—2.5米望远镜,设计一批正交色

表2 不同研究课题对 S/N 、 R 的要求和不同口径望远镜星等限制

课题	S/N	$R = \lambda/\Delta\lambda$	波段	星等限制		
				2米	3—4米	VLT
米粒结构、对流	500	$> 10^5$	目视		少数很亮的星	需要
湍流	> 300	2×10^5	目视	$< 5\text{mag}$	$< 6\text{mag}$	需要
同位素丰度	300	10^5	0.4—1.1 μ	7—8	< 9	12—13mag
O、B星非径向振动	300	$3-6 \times 10^4$	目视	≤ 6	< 7	
自转高精度测定	300	10^5	目视	$< 4-5$	< 6	9—10
CS、质量损失	300	5×10^4	0.4—1.1 μ	< 8	< 9	
磁场	2—300	10^5	目视, 红外	$< 9-10$	< 11	
大多数元素丰度	200	5×10^4	0.4—1.1 μ	10—11	11—12	14—15
Doppler成像	200	$5-8 \times 10^4$	0.4—1.1 μ	< 10	< 11	
冷巨星	100	5×10^4	红外, 目视	< 11	< 12	

表3 SYNOPSIS计划选题

课题	$R = \lambda/\Delta\lambda \times 10^4$	S/N	露光限制	V	波长区域
对流	20	> 300	无	5mag	目视
星震	5—7	100	1分钟	< 9	≥ 1000 条目视区谱线
O、B星NRP	3—6	300	15分钟	≤ 6	目视
磁场	10	200	无	< 10	目视、红外
Doppler成像	5—8	200	1小时	< 10	0.4—1.1 μ
PMS星	2—6	100	5分钟	< 15	"
耀星	0.25—10	≥ 50	秒级	< 12	"
CS、质量损失	5	300	15分钟	< 8	"
双星	2—5	100	30分钟	< 10	"
冷巨星	5	100	无	≤ 12	红外、目视

散阶梯光栅摄谱仪,对一批提议中的课题(见表3),进行联合观测或巡天。但由于经费问题,该计划自1987年提出后,进展不大。另一个是法国学者 Catala 和 Foing 等发起的 MUSICOS 计划,该计划已有十多个国家参加,包括我国北京天文台的 2.16 米望远镜^[31]。每次联合观测计划由相应会议研究确定。1989 年 12 月的一次联合观测包括: Be 星 48 Per——可能的非径向振动; RS CVn 型双星 HR 1099——耀发和 Doppler 成像; PMS 星 AB Aur——星风高速流观测。参加观测的望远镜口径从 ESO 的 1.4m 镜、法国的 1.52m,到夏威夷的 3.6 m 镜。我国的 2.16m 镜发挥了重要作用,取得了 HR1099 光学耀发的主事件的高 S/N 光谱和其他高质量光谱资料。由上述两个联合观测计划,可看到,我国 2.16 米镜在当前高 S/N 恒星光谱前沿工作使用的望远镜口径上,并不算小,完全可以做出有竞争性的研究成果。

3. 发挥我国 2.16 米望远镜在地理经度位置上的重要性

当前许多高 S/N 光谱轮廓变化观测工作,需要一定的长时间基线的追踪观测,才能取得有效的分析结果。我国兴隆 2.16 米镜位置,处于北半球经度上重要的望远镜地理位置分布的空缺区,已受到国际同行的重视,并且已使 MUSICOS 的 1989 年联合观测结果,成为世界上第一次无时间序列上间断的联合观测。

综上所述,我国 2.16 米望远镜在今后十年内将大有可为,高 S/N 光谱研究工作应做好规划,使其成为对我国天体物理学的一股新的冲击力。

参 考 文 献

- [1] Nissen, P. E., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 613. (1988).
- [2] Spite, F. and Spite, M., *Astron. Astrophys.*, 115 (1982), 357.
- [3] Spite, M., Maillard, J.-P. and Spite, F., *Astron. Astrophys.*, 141 (1984), 56.
- [4] Hobbs, L. M. and Duncan, D. K., *Ap. J.*, 317 (1987), 796.
- [5] Rebolo, R., Molaro, P. and Beckman, J. E., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 507, (1988).
- [6] Boesgaard, A. M., *Pub. Astron. Soc. Pac.*, 97 (1985), 784.
- [7] Boesgaard, A. M. and Tripicco, M. J., *Ap. J.*, 303 (1986), 724.
- [8] Boesgaard, A. M., Budge, K. G. and Burck, E. E., preprint. (1987).
- [9] Lambert, D. L. and Sawyer, S. R., *Ap. J.*, 283 (1984), 192.
- [10] Vauclair, S., in *Atmospheric Diagnostics of Stellar Evolution: Chemical Peculiarity, Mass Loss, and Explosion*, ed. by K. Nomoto, p. 13, (1988).
- [11] Boesgaard, A. M. and Steigman, G., *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 23 (1985), 319.
- [12] Pilachowski, C. A., in *Atmospheric Diagnostics of Stellar Evolution: Chemical Peculiarity, Mass Loss, and Explosion*, ed. by K. Nomoto, p. 17, (1988).
- [13] Brown, J. A., *Ap. J.*, 317 (1987), 701.
- [14] Harris, M. J., Lambert, D. L. and Smith, V. V., *Ap. J.*, 292 (1985), 620.
- [15] Wood, P. R., in *Atmospheric Diagnostics of Stellar Evolution: Chemical Peculiarity, Mass Loss, and Explosion*, ed. by K. Nomoto, p. 31, (1988).
- [16] Smith, V. V. and Lambert, D. L., *Ap. J.*, 311 (1986), 843.
- [17] Hollowell, D. and Iben, I., Jr., in *Atmospheric Diagnostics of Stellar Evolution: Chemical Peculiarity, Mass Loss, and Explosion*, ed. by K. Nomoto, p. 38, (1988).
- [18] Vogt, S. S. and Penrod, G. D., in *Activity in Red-dwarf Stars*, ed. by M. Rodon and P. Byrne, p. 379, (1983).
- [19] Vogt, S. S. and Penrod, G. D., *Pub. Astron. Soc. Pac.*, 95 (1983), 565.
- [20] Vogt, S. S., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 253, (1988).

- [21] Neff, J. E., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 223, (1988).
- [22] Hatzes, A. P., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 199, (1988).
- [23] Baade, D., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 193, (1988).
- [24] Baade, D., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 217, (1988).
- [25] Baade, D., in *Physics of Be Stars*, ed. by A. Stettebak and T. P. Snow, p. 361, (1987).
- [26] Robinson, R. D., *Ap. J.*, 239 (1980), 961.
- [27] 翟迪生, *天文学进展*, 8 (1990), 189.
- [28] Saar, S. H., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel Strobel and M. Spite, p. 295, (1988).
- [29] Jiang, S. Y., in *The Impact of Very High S/N Spectroscopy on Stellar Physics*, ed. by G. Cayrel de Strobel and M. Spite, p. 15, (1988).
- [30] Linsky, J. L., in *Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun*, ed. by J. L. Linsky and R. E. Stencel, p. 483, (1987).
- [31] Catala, C. and Foing, B. H., *Proceeding of the MUSICOS Meeting in 1989*, in press.

(责任编辑 林一梅)

Growing Interests in the High S/N Spectroscopy of Stellar Physics

Zhai Disheng Jiang Shiyang

(Beijing Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

Great developments have been made in the field of high S/N spectroscopy of stellar physics in recent 10 years. This paper is intended to give a short review on the important advances of observational approach to better understanding of chemical abundance and physical structure of stars by high S/N spectroscopy. In the last section we desire to give prospects to the future research work of Chinese 2.16m telescope with fiber-feeding echelle Coudé spectrograph.