

研究简讯

北京天文台对 FFS 事件的观测研究

王 淑 兰      姬 慧 荣  
(中国科学院北京天文台 北京 100080)

摘 要

从观测手段和取得的资料两个方面,评价了两个太阳峰年中北京天文台所观测到的太阳射电爆发中毫秒级快速精细结构 (FFS) 的观测结果。估计了新的观测仪器在第 23 周峰年将取得的观测结果。也讨论了在观测研究中值得重视的一些问题。

关键词 太阳: 射电爆发 — 精细结构

分类号: P182.24

太阳射电爆发中毫秒级精细结构的观测研究具有重要的科学意义。中国科学院北京天文台在这一研究领域取得了一些有价值的成果。

1 观测成果概述

北京天文台在 80 年代初开始观测太阳射电爆发中毫秒级快速精细结构 (FFS), 第 21, 22 周太阳峰年在 2545MHz、2645MHz 和 2840MHz 三波段上共观测到 285 个快速事件。在第 21 周峰年中, 观

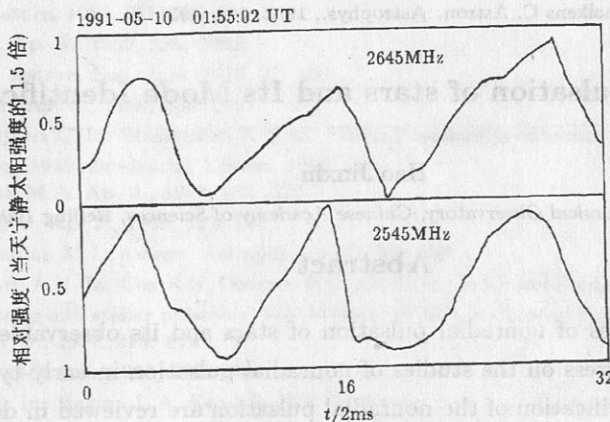


图 1 1991 年 5 月 10 日毫秒级精细结构的频漂特征

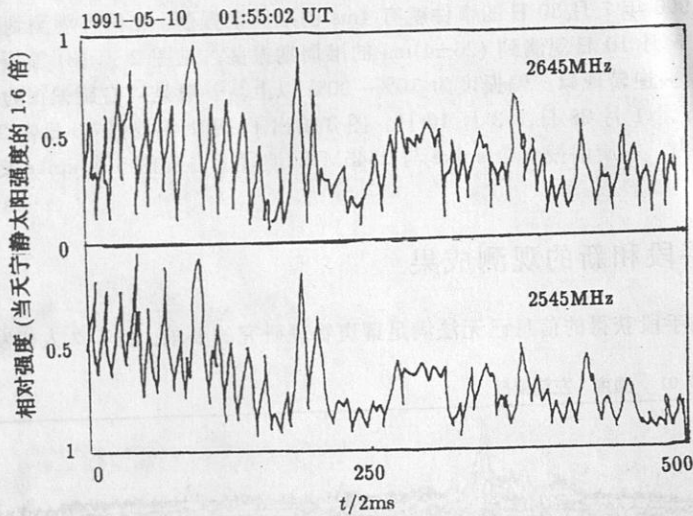


图 2 1991 年 5 月 10 日准周期振荡

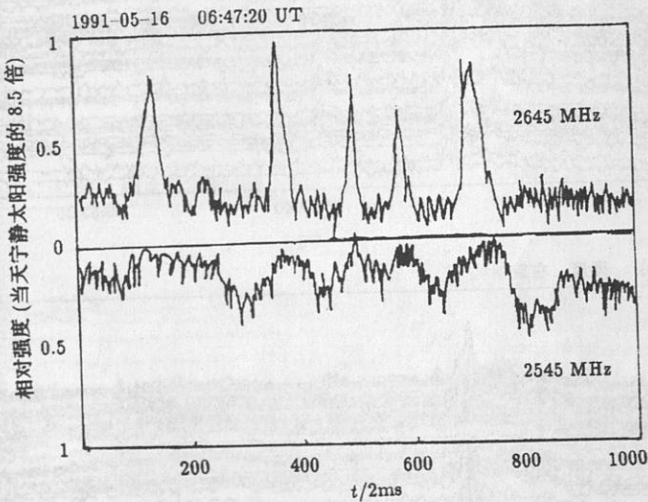


图 3 1991 年 5 月 16 日事件左右旋偏振的快速逆转

测到 205 个快速事件, 包括各种各样的形态特征, 既有离散孤立的尖峰脉冲, 又有密集的尖峰脉冲群, 还有在噪声背景上出现的小流量尖峰脉冲, 有时还存在负吸收现象。1981 年 5 月 16 日事件, 是我国首次观测到的一次太阳射电快速活动事件<sup>[1]</sup>。该次事件与 47GB 型微波大爆发、3B 级双带大耀斑以及 X 射线爆发等各个波段中所观测到的太阳活动密切相关。在这次活动事件中, 既有上述的尖峰特征, 还存在着“开关结构”, 并有准周期振荡的特征<sup>[2]</sup>。

在第 22 周峰年中, 北台在对原有仪器改进的同时, 增加了能进行偏振、频谱观测的双点频观测系统, 1990—1993 年期间比较系统地搜索到 80 多次 FFS 事件, 与第 21 周太阳峰年相比, 显示出某些新的观测特征: (1) 频漂特征: 约有 20% 的快速事件存在频漂特征。频漂率一般从 700MHz/s ~ 40GHz/s, 比 Bens 在 3.1GHz 和 5.1GHz 上观测到的频漂率 200—1700MHz/s 高数倍到二十余倍。1991 年 5 月

10 日 FFS 事件为正向频漂, 其频漂率为  $40\text{GHz/s}$ , 见图 1。(2) 准周期振荡特征: 20% 以上的 FFS 存在着准周期振荡。1990 年 7 月 30 日的事件就有  $4\text{ms}$  的准周期振荡。比国外观测到的  $0.1\text{--}10\text{s}$  的周期小几十倍。1991 年 5 月 10 日观测到  $(26\pm 4)\text{ms}$  的准周期振荡, 见图 2。(3) 偏振逆转现象: 观测中的许多事件存在着偏振逆转现象。偏振度为  $10\%\text{--}90\%$  以上, 一般是以右旋偏振为主。明显的事件有: 1991 年 1 月 25 日, 1 月 28 日, 3 月 16 日。图 3 给出了 1991 年 5 月 16 日在  $2645\text{MHz}$  波段上  $06:47:20\text{UT}$  之后的  $2\text{s}$  内, 左旋偏振 6 个 spike 与  $2545\text{MHz}$  波段上右旋的 5 个 spike 交替出现 (偏振逆转)。

## 2 先进的观测手段和新的观测成果

目前单频段的观测手段获得的信息已无法满足耀斑物理研究的要求。前不久人们发现在微波爆发

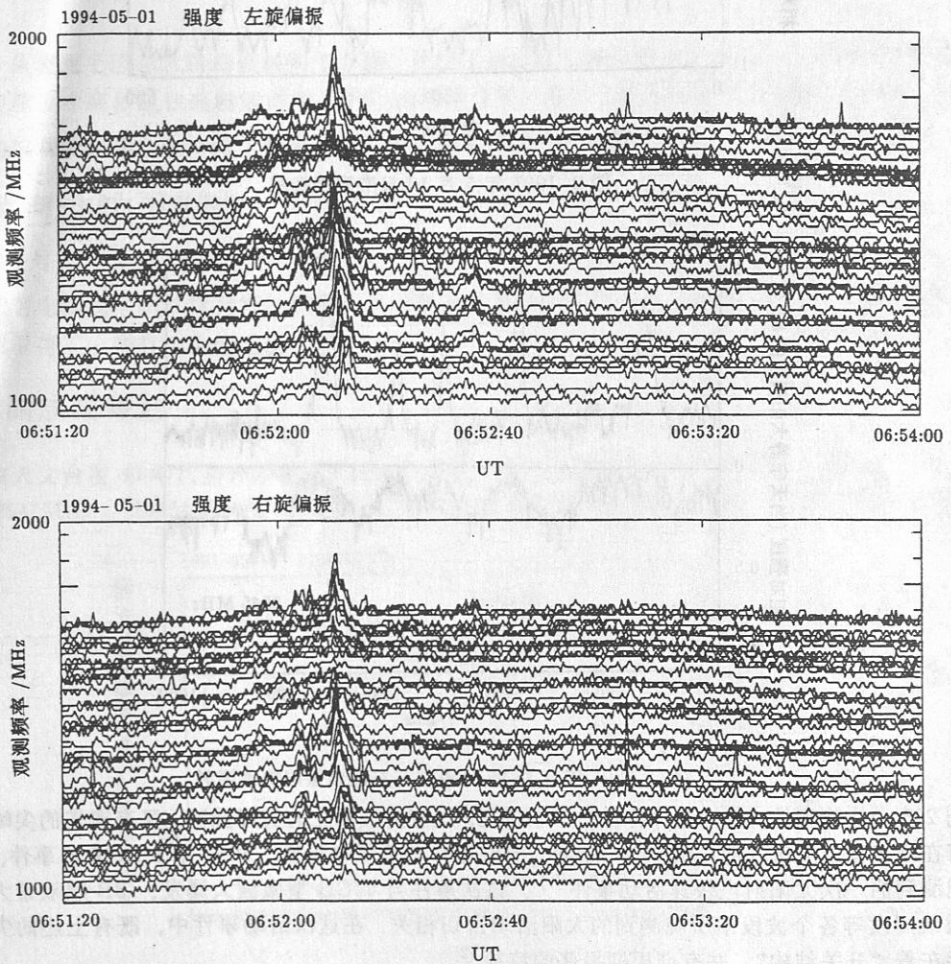


图 4 在  $1\text{--}2\text{GHz}$  波段上观测到的左右旋爆发事件

精细结构中在其频率率大部分为正向的微波 III 型爆、微波 spike 辐射、高次谐波辐射等现象, 使观测向高频端的快速动态频谱观测扩展。北台研制的  $1\text{--}2\text{GHz}$ ,  $2.6\text{--}3.8\text{GHz}$  太阳射电快速动态频谱仪, 是国内第一台用于观测太阳射电精细结构的仪器。借助这一观测手段, 可以研究耀斑物理过程, 尤其是

在研究太阳耀斑中射电快速变化这一领域具有十分重要的科学价值。

由于这台仪器的时间分辨率、灵敏度都很高, 所观测的精细结构的时间尺度有许多在 100ms 以下, 而它们的结构都清晰可见, 优于 Benz 所得到的 spike 的时间特征大于 100ms 的结果<sup>[3]</sup>。通过数据处理软件, 可得到观测结果的两维图形(包括灰度图、表面图), 从而显示出太阳射电爆发的带宽、时间尺度、结构以及 II、III 型爆发的频漂特性等, 虽然目前太阳正处于宁静时期, 没有出现大爆发, 但试观测仍然取得令人满意的观测结果。1994 年 1 月 5 日在 06:51:20UT 时, 在 1—2GHz 波段上观测到一个小爆发。1996 年 11 月 25 日在 2.6—3.8GHz 上在 05:10:37UT 时又观测到一个爆发, (见图 4、图 5)。

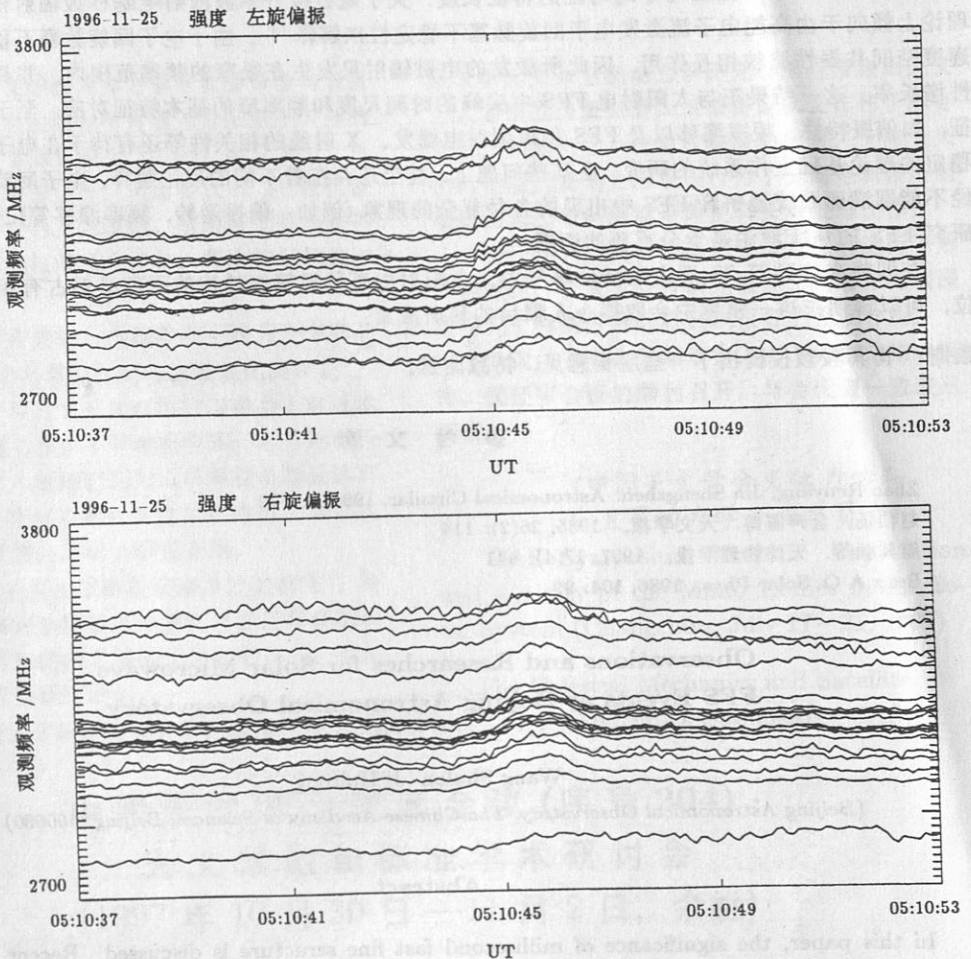


图 5 在 2.7—3.8GHz 波段上观测到的左右旋爆发事件

在观测研究中的另一个重要工作是资料的认证工作。由于太阳射电高时间分辨率记录系统的时间常数很小, 它对瞬时干扰信号十分敏感。为提高信号的可靠性, 在研制过程中, 采取了各种措施以提高记录系统的抑制干扰能力。可通过对所记录到的快速活动事件的射电流量进行谱分析, 得到相应的功率谱, 作为对时域信号的射电流量的总功率分配的描述, 这种谱特征对同一活动区的同一活动源应是一致的<sup>[2]</sup>。而干扰的时域和频域与快速活动应有明显的差别。以往的资料分析表明, 快速活动事件与

白光耀斑、太阳射电爆发、硬 X 射线爆发有很好的对应关系。它与太阳活动区的黑子磁场的型别和磁场的强度都有密切关系。

### 3 加强对 FFS 事件的理论研究

FFS 事件提供了极为丰富的信息量。首先它反映了太阳射电爆发中随时间的演化过程具有某种精细结构,从而可以加深对耀斑基本物理过程(例如能量释放、粒子加速、辐射机制)的理解。Benz 就曾指出, FFS 辐射可能反映了耀斑释能过程<sup>[4]</sup>。其次,时间过程的精细结构必然与某一层次的空间尺度相对应,由于 FFS 尖峰事件从理论上取决于源区的电子回旋频率和背景磁场强度。因此,尖峰源的尺度实际上反映了日冕磁场不均匀性的特征长度。关于毫秒级分米波段射电毫秒级辐射机制,目前从理论上倾向于由高能电子流激发电子回旋脉塞不稳定性来解释<sup>[4]</sup>。由于电子回旋脉塞不稳定性是一种速度空间共振性波粒相互作用,因此所激发的电磁辐射只发生在很窄的频率范围内,并具有很高的线性增长率。这一结果正与太阳射电 FFS 中尖峰的时间尺度和频率窄的基本特征对应。至于其它一些特征,如偏振特性,频率漂移以及 FFS 和 III 型射电爆发、X 射线的相关性等还有待于在电子回旋脉塞不稳定的理论基础作系统的研究。在某些问题上,甚至还存在着不同的理论解释。电子回旋不稳定性已经不能圆满而系统地解释 FFS 中出现的各种复杂的现象(例如,偏振逆转,频率漂移等)。因此,建立研究 FFS 的系统理论是十分重要的课题。

在即将来临的第 23 周太阳活动峰年中,太阳射电毫秒级精细结构的研究必然占有相当重要的地位,可以预期在这一领域中会取得令人瞩目的科研成果。

致谢 傅其骏教授提出了一些宝贵意见,特致谢意。

#### 参 考 文 献

- 1 Zhao Renyang, Jin Shengzhen. *Astronomical Circular*, 1981, 9: 172
- 2 赵仁扬,金声震等. *天文学报*, 1985, 26(2): 114
- 3 傅其骏等. *天体物理学报*, 1997, 17(4): 441
- 4 Benz A O. *Solar Phys.*, 1986, 104: 99

#### Observations and Researches for Solar Microwave FFS Events at Beijing Astronomical Observatory

Wang Shulan Ji Huirong

(Beijing Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

#### Abstract

In this paper, the significance of millisecond fast fine structure is discussed. Recent progress of FFS studies on both observational and theoretical aspects are reviewed. Some problems which may be important in the further observational and theoretical researches are suggested.

key words Sun: radio bursts—fine structure