第22卷 第1期 空 间 科 学 学 报 Vol.22, No.1
2002 年 1月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Jan., 2002

太阳微波爆发频谱事件*

刘玉英 傅其骏 宁宗军
(中国科学院国家天文台 北京 100012)

摘 要

国家天文台 1.0—2.0 GHz, 2.6—3.8 GHz 太阳射电频谱仪从 1994 年 1 月和 1996 年 9 月投入观测至 2000 年 4 月 10 日记录到太阳射电爆发分别为 297 个和 316 个. 取得了高质量的高时间分辨率、高频率分辨率的动态谱资料, 为研究耀斑各种尺度的时间及空间演化过程提供了丰富的信息. 1998 年 4 月 15 日的共同事件在时间和频率上显示了丰富的幅度和结构的变化.

关键词 频谱仪—太阳观测—频谱事件

1 引言

太阳射电频谱仪用来观测太阳大气不同高度上的太阳射电爆发现象. 太阳射电爆发时的辐射强度、偏振特性、时间演化及频率特征为研究耀斑物理过程提供了强有力的依据. 太阳射电爆发特别是微波爆发是高能粒子与日冕环境等离子体及日冕磁场作用过程的主要显示.

近年来瑞士 ETH 天文研究所的 Benz 小组及 Bern 大学的小组一起 [1] 发现了微波 Ⅲ 型爆发. 微波 Ⅲ 型爆发是高能电子流穿过太阳大气等离子体时激发产生的, 微波 Ⅲ 型爆发的发现为探测低层日冕耀斑源区物理状态提供了依据. 数 10 年太阳射电爆发动态谱的观测和研究向我们显示了光学观测无法涉及的不同高度上耀斑的动力学过程以及各种粒子、波相互作用的过程.

太阳微波 Ⅲ 型爆发最为显著的特征 —— 快速频漂, 可作为快速电子束流运动轨迹以及日冕磁场结构位形的证据. 而对于同时性的反向频漂结构, 其起始频率则可作为粒子在日冕中加速区位置 (至少一维位置, 如太阳大气层高度方向) 的指示器. 因此, 对 Ⅲ 型爆的快、慢频漂及结构特征等的观测研究, 不仅可对粒子束流的速度 (能量), 同时也可对背景等离子体参量, 如等离子体密度、温度以及磁场等作出诊断. 由于太阳微波快速活动的特有性质, 研究它的快速变化, 快慢速的频漂及全波段上频谱的演化过程是特别重要的. 本文介绍的 1998 年 4 月 15 日的事件显示了丰富的形态结构、时间结构和频率特征.

2 仪器

1.0—2.0 GHz 太阳射电频谱仪将直径 7 m 网状抛物面天线, 双圆极化馈源装在焦点

* 国家自然科学基金重大项目 (49990451), 国家自然科学基金项目 (19833050, 19773106) 共同资助
2001-03-02 收到原稿, 2001-08-10 收到修定稿

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

上. 接收系统频率分辨率为 20 MHz, 时间分辨率为 50 ms, 可测左右旋圆偏振分量, 偏振测量精度小于 10%. 模拟记录可对任意频率通道用 1 s 时间分辨率进行实时显示监测太阳变化.

2.6—3.8 GHz 太阳射电频谱仪将直径 3 m 抛物面天线, 双圆极化馈源 (与俄罗斯合作) 装在焦点上. 该频谱仪频率分辨率为 10 MHz, 有 120 个频率通道, 同时有 8 ms(对 1.2 GHz 全部频率覆盖), 2 ms(对 300 MHz 频率覆盖) 及 0.2 s 时间分辨率的资料记录. 并可测左右旋圆偏振分量, 偏振测量精度 $\leqslant$ 5%—10%, 模拟记录仪用 1 s 时间分辨率对太阳进行监测记录.

3 观测

1998 年 4 月太阳活动经历了由低到高水平的演化过程, 黑子相对数目平均值为 53.3, 全月共观测到 2 个 X 级和 4 个 M 级 X 射线耀斑和若干个 C 级 X 射线耀斑, 并有质子事件发生. 北京天文台单频 2.84 GHz 射电望远镜测得这个月太阳射电辐射流量月均值为 108 sfu. 出现在活动区 AR8203 中的 1998 年 4 月 15 日 C8.8/SN 事件是一个太阳高能事件, 它开始于 0737 UT, 极大为 0746 UT, 在 0754 UT 结束. 2.84 GHz 波段观测到的微波爆发开始于 0739 UT, 极大为 0745 UT, 0843 UT 结束. 爆发的峰值流量虽然仅有 18.4 sfu, 但却是一个 45 C 复杂型爆发. 1.0—2.0 GHz 和 2.6—3.8 GHz 频谱仪同时在 0740 UT—0814 UT 间记录到这个爆发事件. 爆发的各种参数显示在表 1 中.

表 1 爆发的各种参数

Hα 耀斑						
台站	开始时间 (UT)	极大时间 (UT)	结束时间 (UT)	级别	活动区 NOAA	活动区 位置
GOES	0737.0	0746.0	0754.0	C8.8/SN	8203	N29 W15

太阳射电爆发							
频率 (GHz)	开始时间 (UT)	极大时间 (UT)	结束时间 (UT)	峰值流量密度 (sfu)	型别	频率 (MHz) Lower	频率 (MHz) Upper
2.84	0739.0	0745.0	0843.0	18.4	45C		
1.0—2.0	0740.0		0816.0		Ⅲ	1200	2000
2.6—3.8	0747.0		0814.0		Ⅲ	2600	3800

太阳射电频谱事件						
台站	开始时间 (UT)	结束时间 (UT)	频谱类型	级别	频率 (MHz) Lower	频率 (MHz) Upper
ONDR	0741.2	0754.1	DCIM GG	2	800X	2000X*
POTS	0744.5	0821.2	III GG	3	40X	300
ONDR	0758.3	0815.1	DCIM GG	2	2000X	4395X*

* X—— 超出仪器范围.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4　频谱事件

北京天文台 1.0—2.0 GHz, 2.6—3.8 GHz 太阳射电频谱仪在 1998 年 4 月 15 日 0740.0—0816.0 UT 获得的太阳射电爆发频谱事件显示了丰富的精细结构形态，如微波 Ⅲ 型爆发对群 [2]，微波 M 型爆发 [3]，微波 U 型爆发 [4] 等，并存在着丰富的快速活动现象. 这将对了解太阳耀斑过程能量的快速释放，高能粒子的加速过程，耀斑源区物理参数及环境磁场的演化等有重要意义. 爆发的结果显示在表 2 中. 图 1 显示了不同时间的频谱特性.

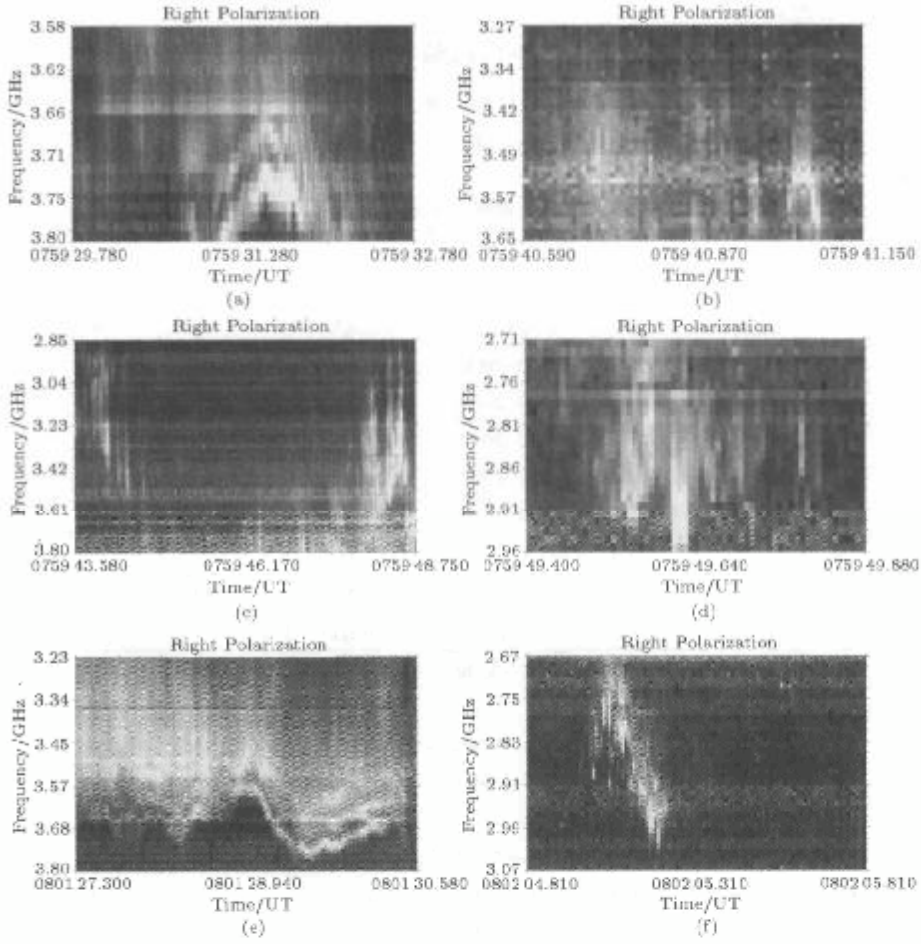


图 1　1998 年 4 月 15 日 2.6—3.8 GHz 频段频谱事件

(a) 表 2 中的 1, (b) 表 2 中的 3, (c) 表 2 中的 4, (d) 表 2 中的 5, (e) 表 2 中的 7, (f) 表 2 中的 9

Fig.1　Solar radio events on April 15, 1998 at 2.6—3.8 GHz

(a) 1 of in table 2, (b) 3 of in table 2, (c) 4 of in table 2,

(d) 5 of in table 2, (e) 7 of in table 2, (f) 9 of in table 2

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5 结论

下面我们对表 2 中 2.6—3.8 GHz 波段的某些太阳射电频谱事件的观测特征总结如下.

(1) 表中第 1 个事件是微波 Ⅲ 型爆发的一种形态为 M 型的爆发 (如图 1(a) 所示). 这个爆发由两个 U 型爆发组成, 显示了爆发源的连续往返运动. 这个爆发的带宽为 220 MHz, 持续时间 3s. 从图 1(a) 中看这个爆发可分为上下两个 M 型暴, 上面一个 M 型爆发的持续时间为 520 ms 和 260 ms, 下面一个 M 型爆发的持续时间为 512 ms 和 164 ms, 从中可以看出第 2 个 U 型爆发的持续时间比第一个短. 因爆发只有右旋没有左旋, 故偏振度较高达 −90%. 频率漂移为

	高频向低频	低频向高频	高频向低频	低频向高频
上面:	−0.30 GHz/s	0.34 GHz/s	−0.47 GHz/s	0.80 GHz/s
下面:	−0.25 GHz/s	0.30 GHz/s	−0.40 GHz/s	0.80 GHz/s

表 2 太阳射电辐射频谱观测事件

1.0—2.0 GHz 太阳射电辐射频谱事件						
No.	开始时间 (UT)	结束时间 (UT)	频率范围 (MHz)	频率漂移 (GHz/s)	类型	偏振度 (%)
1	073605	074604	1200–2000	+2.3	Ⅲ	–
2	074605	075604	1300–2000	+0.28	Ⅲ	24
3	075605	080604	1300–2000	−0.34 +0.23	Ⅲ	38
4	080605	081604	1300–2000	+0.14	Ⅲ	43
5	074144	074217	1500–2000	0.21 −0.19	Ⅲ 型爆发对	–
2.6—3.8 GHz 太阳射电辐射频谱事件						
No.	开始时间 (UT)	结束时间 (UT)	频率范围 (MHz)	频率漂移 (GHz/s)	类型	偏振度 (%)
1	075929	075932	3580—3800	−0.46 +0.33 −0.31 +0.42	M	−90
2	075933	075938	3090—3790	0.01	DCIM	>80
3	075940	075941	3270—3650	0.44	U	>80
4	075943	075948	2850—3800	0.005	Spike	>80
5	075949	075949	2710—2960	6.0	窄带 Ⅲ	>50
6	075953	075954	3240—3660	−7.08 +7.08	U	>80
7	080127	080130	3250—3800	+0.16 −0.26	DCIM	−90
8	080132	080137	2720—3530	1.43	DCIM	>80
9	080204	080205	2600—3070	+1.54	U	>80

(2) 表中第 3 个事件如图 1(b) 所示, 在 075940—075941 之间有一个持续时间只有 42 ms 的微 U 型爆发 [5].

(3) 表中第 4 个爆发如图 1(c) 所示, 显示了微波爆发的精细结构, 有频率漂移但很快, 几乎不能分辨.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(4) 表中第 5 个爆发如图 1(d) 所示，带宽只有 250 MHz, 频率漂移为 6.0 GHz/s, 是一个窄带 Ⅲ 型爆发 (< 500 MHz).

(5) 表中第 7 个为微波 Ⅲ 型爆发，如图 1(e) 所示. 从形态上看低频端是一个微波 Ⅲ 爆发, 高频端由上下两个斑马纹型爆发组成, 从图中也可看出整个爆发的带宽为 550 MHz, 斑马纹型爆发的频率漂移为

	高频向低频	低频向高频	高频向低频
上面:	−0.28 GHz/s	0.36 GHz/s	−0.17 GHz/s
下面:	−0.18 GHz/s	0.36 GHz/s	−0.13 GHz/s

(6) 表中第 9 个为微波 U 型爆发，如图 1(f) 所示. 它的持续时间是 360 ms, 频宽 330 MHz, U 型爆顶部频率为 2.70 GHz, 上升段根部频率为 2.93 GHz, 下降段根部频率为 3.02 GHz, 根部频率宽度为 90 MHz. 下降臂频率漂移为 +1.54 GHz/s, 偏振度大于 80%.

参 考 文 献

[1] Stahil M, Benz A. Microwave emission of solar electrons beams. *Astron. Astrophys.*, 1987, **175**:271—276

[2] 刘玉英, 傅其骏. 太阳微波爆发动态频谱仪. 空间科学学报, 1999, **19**(4):342—348

[3] 宁宗军, 傅其骏, 陆全康. 太阳微波 M 型爆发. 天体物理学报, 2000, **20**(2): 203—208

[4] Fu Qijun *et al.* A broadband solar radio spectrometer and fine structure in microwave bursts. Solar Physics with Radio Observations, Proc. Nobeyama Symp. 1998, NRO Report No.479. 433—437

[5] Fu Qijun *et al.* A broadband solar radio spectrometer and radio dynamic spectrogram with high temporal and spectral resolution. *Astrophys. Rep.*, 2000, **36**:1—8

MICROWAVE SOLAR RADIO EVENTS

LIU Yuying　　FU Qijun　　NING Zongjun

(*National Astronomical Observatories, The Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100012)

Abstract

The two solar radio spectrometers on the bands of 1.0—2.0 GHz and 2.6—3.8 GHz respectively have put into operation at National Astronomical Observatory of China (NAOC) from January 1994 and September 1996. There have been 297 and 316 solar radio events recorded up to April 10, 2000 by these two spectrometers. High sensitivity as well as high frequency and time resolution is characterized by these records. They provide a rich and valuable information for studying the evolution process of solar flare with the various time periods. A typical solar radio event of them on April 15, 1998 shows a variety of the morphological features and fine structures on this frequency range.

Key words　Spectrometers, Observation, Solar radio events

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com