第 46 卷 第 4 期　　天 文 学 报　　Vol.46 No.4
2005 年 10 月　　ACTA ASTRONOMICA SINICA　　Oct., 2005

伴随 CME 的微波爆发的特征*

邵承文 [1,2,3]　汪 敏 [1]　谢瑞祥 [1]

(1 中国科学院国家天文台 / 云南天文台 昆明 650011)
(2 中国科学院研究生院 北京 100039)
(3 安徽工程科技学院 芜湖 241000)

摘要　分析了与日冕物质抛射 (CME) 有关的太阳微波爆发 (SMB) 的特征，包括持续时间、峰值流量、爆发类型、谱指数等. 选取了从 1999 年 11 月至 2003 年 9 月的 136 个事件，包括 60 个部分晕状 CME (120° < 宽度 <360°) / 晕状 CME (宽度 =360°) 和 76 个正常 CME (20° < 宽度 <120°)/ 窄 CME (0° < 宽度 <20°).

研究发现：(1) 与正常 CME / 窄 CME 有关的微波爆发持续时间较短，与部分晕状 / 晕状 CME 有关的微波爆发持续时间有长有短；(2) 与慢 CME 有关的微波爆发持续时间较短，与快 CME 有关的微波爆发持续时间可长可短；(3) 与正常 / 窄 CME 有关的微波爆发峰值辐射流量比较小，与部分晕状 / 晕状 CME 有关的微波爆发峰值辐射流量有大有小；(4) 与慢 CME 有关的微波爆发峰值辐射流量较小，与快 CME 有关的微波爆发峰值辐射流量可长可短；(5) 与正常 / 窄 CME 有关的微波爆发绝大多数为简单 (simple) 型，与晕状 CME 有关的微波爆发绝大多数为复杂 (C) / 大爆发 (GB) 型；(6) 与 CME 有关的事件在频率 $f > f_{\max}$ ($f_{\max}$ 是峰值频率) 的高频部分都比较平坦. 统计结果表明，当 CME / 耀斑发生时，太阳微波波段会有明显的信号，太阳微波爆发可以为 CME / 耀斑的研究提供信息. CME / 耀斑和太阳微波爆发之间具有内在的物理联系.

关键词　太阳：射电辐射，太阳：日冕物质抛射，太阳：太阳微波爆发
中图分类号：P 111;　**文献标识码**：A

1 引言

日冕物质抛射 (Coronal Mass Ejections, 简写 CME) 是尺度最大、最壮观的太阳活动现象. 它们是日冕扰动引起的大范围的磁场和等离子体物质从日冕抛向行星际空间的太阳活动现象. 每一事件可以抛出 10^{14}—10^{16} 克的物质，对太阳风产生重大影响；它可以产生行星际激波和引起最大的地磁暴. CME 的最直接影响是日地物理领域，也是空间天气学的重要内容. CME 等太阳活动可以危害宇航员的安全，造成导航系统的失灵，破坏卫星部件，CME 等太阳活动还可以对地面电力系统有巨大的破坏. 自从 1993 年 Gosling 发表了 “太阳耀斑神话 ” 以来 [1], 很多人认为 CME 在空间天气中占有很重要的地位. 因此，对 CME 的研究具有很重大的现实意义.

2004-10-22 收到原稿，2005-05-23 收到修改稿
* 国家自然科学基金 (19833050 、19973016 、10473020 、10333030) 、中国科学院 2003 年度 “西部之光 ” 人才培养计划和 973 项目 (G2000078403) 资助

对 CME 的研究已经进行了几十年，但对它的物理机制和源区情况很不清楚， CME 的早期和初发阶段也没有得到很好的研究. 由于不能够对其源区进行直接观测，这就使得所有研究基本是从 CME 和太阳表面活动的相关性为基础的.

在观测上，人们发现 CME 常与其他的太阳活动密切相关. 由于 SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) 卫星携带的广角分光日冕仪 LASCO (Large Angle Spectroscopic Coronagraph) 的 C2 不能对 CME 的源区进行直接观测 [2]，只能观测到两个太阳半径 ($2R_\odot$) 以上的日冕. 人们常以这种相关性为基础，通过分析相应的太阳活动来研究 CME 的源区，试图得出其形成的物理机制. 例如太阳耀斑、日珥和某种射电爆发经常与 CME 密切相关 [3−5]. CME 和米波、十米和百米波 (DH) 射电爆发的关系也已由许多作者研究过 [6,7]. 但是， CME 和太阳微波爆发 (Solar Microwave Bursts, 简写 SMB) 的关系却很少有人研究. 文 [8] 研究了在相近时间内出现的 CME 和 SMB 的关系，发现持续时间越长，相关的可能性越大；辐射流量越大，相关的可能性越大； CME 速度越大，相关的可能性越大； CME 的角宽越大，相关的可能性越大. 戴煜等人 [9,10] 的研究发现：强的 CME 和行星际 II 型暴有很好的相关. 文 [11,12] 发现：在一个活动区，可以有很多 CME 产生.

通常耀斑磁重联发生在太阳的低日冕，来自耀斑区的 SMB 可以提供磁重联和 CME/ 耀斑事件的发生、发展有关的一些信息.

本文的目的是想研究当 CME 发生时，与 CME/ 耀斑有关的 SMB 的特征，包括持续时间、峰值辐射流量、爆发类型、峰值流量谱的谱指数等.

2 资料来源和选取

2.1 资料来源

我们使用了 SOHO/LASCO 的资料和太阳地球物理资料 (SGD).

自从 SOHO 发射后， LASCO/C1/C2/C3 可以对太阳进行 24 小时的连续观测，其观测范围包括 3 个互相重叠的同心圆视场： C1 ($1.1R_\odot - 3R_\odot$), C2 ($2R_\odot - 6R_\odot$), C3 ($4R_\odot - 30R_\odot$); 由于 C1 在观测了 6 个月后停止了工作， CME 的资料主要来自 C2 和 C3 的观测. Sei Yashiro 等对 CME 目录进行了不断的更新 [13], 每个 CME 资料包括 C2 观测的时间、抛射的位置角、CME 的速度、CME 的角宽及高度 - 时间曲线. LASCO 组保证了 CME 目录的误差在 10% 以内. 我们参照了 EIT 资料 [14], EIT 通常在 195Å (1.5 MK) 以 10—20 分钟的时间分辨率进行观测， CME 的前端通常可以在 EIT 上看到，比如日冕昏暗 (Coronal Dimming), EIT 波等.

SGD 提供了大量的微波爆发记录，包括开始时刻、峰值时刻、持续时间、峰值辐射流量和爆发类型. 观测频率包括 2695 MHz 、2840 MHz 、4995 MHz 、8800 MHz 和 15400 MHz 等. 用日本野边山射电偏振计 (Nobeyama Radio Polarimeters, 简写 NoRP) 的资料计算谱指数 [15].

2.2 事件选取的标准

由于 SMB 和 X 射线耀斑在时间上和空间上有很强的相关 [16,17], 如果认为 CME 和

耀斑相关，那么伴随耀斑的 SMB 就与 CME 相关. 在研究 CME 和耀斑相关时，我们同时考虑时间和空间上的相关.

2.2.1 CME 和耀斑活动的时间相关

根据高度 - 时间曲线推算出 CME 的日面出发时间 $T(R_\odot)$, 如果耀斑活动的时间发生在 $T(R_\odot) \pm 30$ 分钟内，就算 CME 和耀斑时间相关 [18,19]. 根据高度 - 时间曲线推算出 CME 的日面出发时间 $T(R_\odot)$ 有如下合理性：由于 SOHO/LASCO 的 C2 只能看到两个太阳半径 ($2R_\odot$) 以上的日冕. 因此我们只能根据高度 - 时间曲线，设想固定的速度，推算出 CME 的日面出发时间 $T(R_\odot)$. 一方面，由于 CME 在初期是加速的，因此 CME 的实际出发时间会更早. 另一方面，我们推算到 $1R_\odot$ 又是非常粗糙的，因为 CME 出发往往有一定的高度，将会使 CME 的实际出发时间向后推. 这两个因素有相反的倾向，它将会使线性推算接近真实 [5].

一般来说，耀斑可以发生在 CME 日面出发时间 $T(R_\odot)$ 附近的几十分钟内，与 CME 相关的耀斑持续时间有长有短. 耀斑的持续时间越长，相关的概率就越大 [4].

2.2.2 CME 和耀斑活动的空间相关

对于角宽小于 180° 的 CME, 如果耀斑的位置在 CME 的角宽范围内或附近，也就是，耀斑的位置在 CPA±width/2±15° 内，即认为 CME 和耀斑活动的空间相关 [3,19]. 这里的 CPA(central position angle) 是中心位置角，定义为 CME 在天空平面里两个边缘方位角的中值. Width 是 CME 的角宽，定义为 CME 在天空平面里两个边缘方位角的差 [20], 方位角和 CPA 都是由太阳北极往东 (逆时针方向) 计量的.

对于大于 180° 的 CME, 可用 EIT 来判断 CME 的源区位置. 即对于一个 CME, 寻找日面上相应的耀斑等太阳活动 [18]. 在本文中，我们依据 Gareth Lawrence 等给出的晕状 CME 相关事件的结果 [21].

如果 CME 和耀斑在时间、空间上同时满足上面两个标准，即认为 CME 和耀斑相关. 也就认为伴随耀斑的 SMB 和 CME 相关.

3 射电特征分析

我们根据上面的标准, 寻找了 136 个事件, 包括 60 个部分晕状 CME (角宽为 120° 至 360°)/ 晕状 CME (角宽为 360°) 和 76 个正常 CME (角宽为 20° 至 120°)/ 窄 CME (角宽为 0° 至 20°) [20,22].

本文分析了 (1)SMB 持续时间和 CME 的角宽的关系； (2) SMB 持续时间和 CME 速度的关系； (3) SMB 峰值流量和 CME 的角宽的关系； (4) SMB 峰值流量和 CME 的速度的关系，结果在图 1— 图 4 中给出. 在图 1— 图 4 中，我们主要在 4 个频率上研究 SMB 和 CME 的关系. 图 1— 图 4 中已经标出 4 个频率, 分别是 2840 MHz 、4995 MHz 、8800 MHz 、 15400 MHz.

我们还分析了伴随正常 / 窄 CME 的 SMB 的爆发类型以及伴随晕状 CME 的 SMB 的爆发类型. 在本文中，我们也研究了峰值流量谱的谱指数.

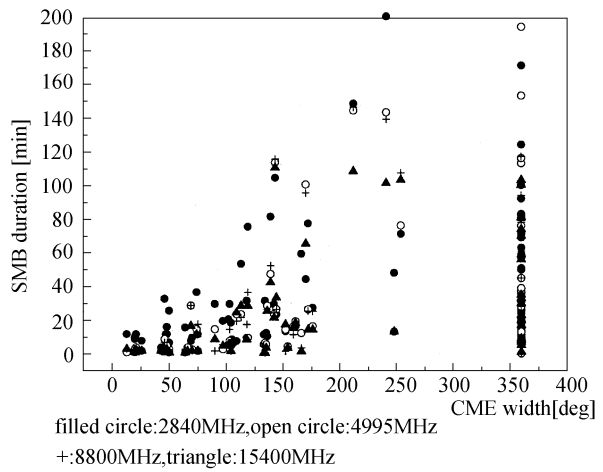

图 1　SMB 的持续时间和 CME 的角宽 (width) 的关系

Fig. 1　The relationship between SMB duration and CME width

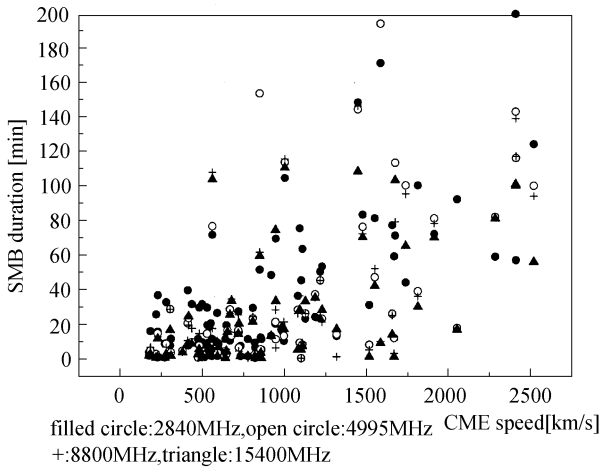

图 2　SMB 的持续时间和 CME 的速度的关系

Fig. 2　The relationship between SMB duration and CME speed

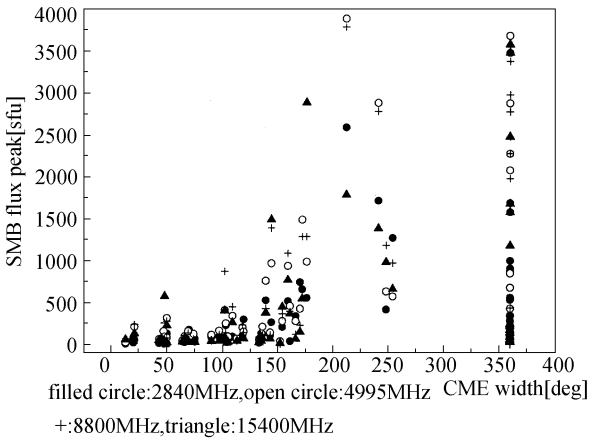

图 3 SMB 的峰值流量和 CME 的角宽 (width) 的关系

Fig. 3 The relationship between SMB peak flux and CME width

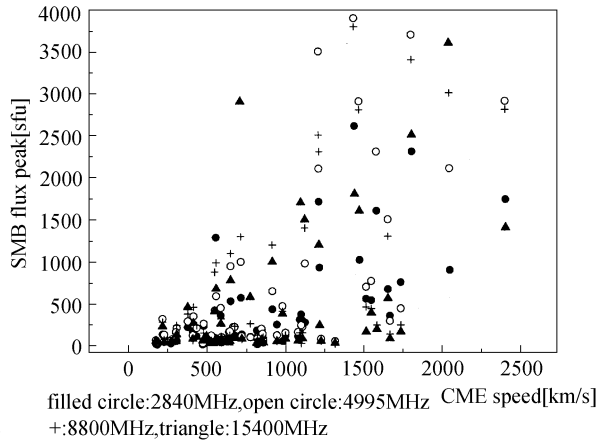

图 4 SMB 的峰值流量和 CME 的速度的关系

Fig. 4 The relationship between SMB peak flux and CME speed

3.1 SMB 的持续时间与 CME 角宽的关系

由图 1 可见, 绝大部分点均集中在其中一条对角线以下, 具体来讲, 与正常 / 窄 CME 有关的 SMB 持续时间在 50 分钟以下. 与部分晕状 CME/ 晕状 CME 有关的 SMB 持续时间在几分钟到 200 分钟之间，即短持续时间可为几分钟，长持续时间可为 100 多分钟. 可以发现，与正常 / 窄 CME 相关的 SMB 持续时间是比较短的. 与部分晕状 CME/ 晕状 CME 相关的 SMB 持续时间有长也有短.

3.2 SMB 的持续时间与 CME 速度的关系

由图 2 可见，当 CME 的速度比较慢时 (慢于 900 km/s), SMB 的持续时间会短些, 一般在几分钟到 50 分钟左右. 当 CME 的速度快于 900 km/s 的时， SMB 的持续时间一般在几分钟到 100 多分钟.

3.3 SMB 的峰值流量与 CME 角宽的关系

由图 3 可见，与正常 / 窄 CME 有关的 SMB 峰值辐射流量一般在几个到 100 个太阳流量单位之间. 与部分晕状 CME 有关的 SMB 的峰值辐射流量一般在几个到几百个太阳流量单位. 与晕状 CME 有关的 SMB 峰值辐射流量一般在几个到几千个太阳流量单位, 甚至上万个太阳流量单位.

3.4 SMB 的峰值流量与 CME 速度的关系

由图 4 可见，当 CME 的速度比较小的时候 (慢于 1000 km/s), SMB 峰值辐射流量比较小，一般在几个到几百个太阳流量单位. 当 CME 的速度比较快 (快于 1000 km/s) 的时候， SMB 的峰值辐射流量有大有小，一般在几个到几千个太阳流量单位.

3.5 伴随 CME 的微波爆发的类型

表 1 是与正常 / 窄 CME 有关的 SMB 的爆发类型的个数. 表 2 是与晕状 CME 有关的 SMB 的爆发类型的个数. 由表 1 可见，与正常 / 窄 CME 有关的 SMB, 绝大多数为简单爆发 (simple burst). 由表 2 可见，与晕状 CME 有关的 SMB, 绝大多数为复杂爆发 (complex bursts) (C) / 大爆发 (GB). 从文 [8] 中的图 3 也可以发现与晕状 CME 有关的 SMB, 绝大多数是复杂爆发.

表 1 与正常 / 窄 CME 有关的 SMB, 在各个频段的上的爆发类型个数

Table 1 The burst type of SMB associated with narrow/normal CME

frequency	total number	simple burst	complex burst	great burst	other
2840 MHz	64	46	8	0	10
4995 MHz	42	37	4	0	1
8800 MHz	43	37	3	1	2
15400 MHz	34	29	4	0	1

表 2 与晕状 CME 有关的 SMB, 在各个频段的上的爆发类型个数

Table 2 The burst type of SMB associated with Full Halo CME

frequency	total number	simple burst	complex burst	great burst	other
2840 MHz	25	6	6	11	2
4995 MHz	26	5	16	3	2
8800 MHz	26	4	14	3	5
15400 MHz	25	4	14	3	4

3.6 峰值流量谱的谱指数

利用日本野边山射电偏振计 (NoRP) 观测到的 XDR 资料，求得了 21 个事件的频谱指数，具体见表 3 和表 4.

表 3 与正常 / 窄 CME 有关事件的频谱指数

Table 3 The spectral index of SMB associated with normal CME/narrow CME

yyyymmdd	hhmm	peak frequency($f_{\max}$)	spectral index	spectral shape
20010513	0301 UT	9.4 GHz	−1.09	U
20010716	0317 UT	9.4 GHz	−0.53	W
20010828	0200 UT	9.4 GHz	−1.38	U
20020826	2347 UT	9.4 GHz	−0.048	U
20030318	0559 UT	9.4 GHz	−0.27	U
20030426	0055 UT			U*

表 4 与部分晕状 CME/ 晕状 CME 有关事件的频谱指数

Table 4 The spectral index of SMB associated with Partial Halo CME/Halo CME

yyyymmdd	hhmm	peak frequency($f_{\max}$)	spectral index	spectral shape
20000212	0405 UT	3.75 GHz	−0.48	U
20000725	0247 UT	17 GHz	−2.2	U
20000916	0415 UT	9.4 GHz	−1.12	U
20001124	0459 UT			U*
20001125	0111 UT	3.75 GHz	−1.2	U
20010410	0532 UT	9.4 GHz	−0.54	U
20011019	0106 UT	9.4 GHz	−1.3	U
20011226	0505 UT	9.4 GHz	−1.28	U
20020421	0115 UT	9.4 GHz	−2.96	U
20020723	0030 UT			U*
20021110	0311 UT	3.75 GHz	−0.89	U
20030423	0101 UT	9.4 GHz	−0.71	U
20030602	0015 UT	9.4 GHz	−0.75	U
20030615	2344 UT	9.4 GHz	−0.72	U
20030617	2253 UT	9.4 GHz	−0.57	U

在表 3 和表 4 中， U* 表示：在这个事件中，随频率增加，峰值流量继续增加. 所以，没有计算谱指数和峰值频率 ($f_{\max}$). 在表 3 中， 2001 年 7 月 16 日的事件是一个 W 形的谱形，即再次出现了一个峰值频率.

由表 3 和表 4 可见，绝大多数事件的谱指数在 0—1.5 之间. 因此可以说，与 CME 有关的事件，在频率 $f > f_{\max}$ 的高频部分都比较平坦，这与文 [23] 的研究是一致. 与此同时，我们还发现有些事件在高频部分仍然无下降，而随频率增加，流量继续增加.

4 结论与讨论

CME 不是一个孤立的太阳活动现象， CME 经常与其他太阳活动 (耀斑、爆发日珥、日冕昏暗、某种射电爆发等) 紧密相连. 对 CME 与其他太阳活动相关性的研究，有助于从多波段来理解太阳活动，进一步了解太阳爆发时的源区磁场及能量释放，更有助于揭示 CME 与太阳爆发的物理联系.

SMB 通常起源于低层日冕，在太阳耀斑的脉冲相会时有快速的能量释放及高能电子的产生，由于活动区的磁重联会加热 / 加速电子，这种热等离子体或高能电子与磁场的相互作用，可引起微波爆发辐射. 在对 SMB 的研究中，可以获得能量释放、粒子加速和磁场等信息. 因此 SMB 可以提供 CME/ 耀斑事件的初发阶段及早期信息. 张捷等 [24] 研究了 4 个 CME/ 耀斑事件，发现 CME 的加速阶段和相关耀斑的上升相符合得很好，并在软 X 射线耀斑极大时终止，这表明 CME 和耀斑之间有内在的物理联系. 而 SMB 是来自耀斑区加速的高能电子. 所以，可以从 SMB 来研究 CME/ 耀斑事件的初发阶段，寻找 SMB 和 CME/ 耀斑事件的物理联系.

文 [8] 分析了 SMB 和 CME 相关的可能性，它只是寻找在 CME 的时间窗口内出现的 SMB. 本文先寻找 CME 和耀斑的相关 (依据时间和空间上的同时相关) , 然后寻找相关耀斑的 SMB, 这样就提高了事件相关的可靠程度. 本文还着重研究了与 CME/ 耀斑有关的 SMB 的特征及其谱指数，得到的结论是：

(1) 与窄 / 正常 CME 相关的 SMB 持续时间一般比较短；与部分晕状 CME/ 晕状 CME 相关的 SMB 持续时间可长可短，长的可达 100 多分钟，短的可为几分钟或 1 分钟.

(2) 与窄 / 正常 CME 相关的 SMB 的辐射流量比较小；与部分晕状 CME/ 晕状 CME 相关的 SMB 峰值辐射流量可大可小，从几个 / 几十个太阳流量单位到几千个太阳流量单位.

(3) 与窄 / 正常 CME 有关的 SMB 绝大多数为简单爆发；与晕状 CME 有关的 SMB 绝大多数为 C/GB 型. 在文 [8] 的图 3 中，也可以发现与晕状 CME 有关的 SMB, 绝大多数是复杂爆发.

(4) 与 CME/ 耀斑事件有关的 SMB 的峰值流量密度频谱的高频部分比较平坦，谱指数在 0—1.5 之间.

(5) 与慢 CME 相关的 SMB 的持续时间稍短一些，一般在几分钟到 50 分钟左右；与快 CME 相关的 SMB 的持续时间一般在几分钟到 100 多分钟.

(6) 与慢 CME 相关的 SMB 峰值辐射流量比较小，一般在几个到几百个太阳流量单位；与快 CME 相关的 SMB 的峰值辐射流量有大有小，一般在几个到几千个太阳流量单位.

根据本文的统计结果，与正常 / 窄 CME 有关的 SMB 的持续时间比较短，长持续时

间 / 短持续时间的 SMB 都可能与晕状 CME/ 部分晕状 CME 相关，也许这反应了不同的磁场结构、不同的磁场能量储备在太阳爆发中所起的作用.

文 [25] 研究了一个晕状 CME 仅与很弱的太阳活动相关. 本文的结果也发现：与晕状 CME/ 部分晕状 CME 相关的 SMB 可以是峰值流量较小的，持续时间较短的，也可以是简单型爆发.

根据 Svestka 的冕暴 (coronal storm) 理论 [26], 由于 SMB 是来自耀斑区加速的高能电子，对于大耀斑一般会有很强的 SMB 产生. 所以快速的 CME 伴随很强的 SMB. 这样的事件很可能是磁力线在很强的磁场区打开的，自然也就有更多的能量抛出. 而慢速的 CME 伴随微弱的 SMB, 这样的事件很有可能是磁力线在很弱的磁场区打开的结果.

为什么这些快速的 CME 、晕状 CME/ 部分晕状 CME 会与很弱的太阳活动相关，这是冕暴理论无法解释的，有待于进一步研究.

致谢 作者非常感谢国家天文台、紫金山天文台、云南天文台、南京大学的老师和同学及 S.Yashiro 等的指导和帮助. 也感谢审稿人很好地修改建议和编辑老师的大量工作. 还要感谢 LASCO 组和 NoRP 组.

参 考 文 献

1 Gosling J T. J Geophys Res, 1993, 98 (A11): 18937-18950
2 Brueckner G E, Howard R A, Koomen M J, et al. Solar Phys, 1995, 162: 357-402
3 Harrison R A. A&A, 1986, 162: 283-291
4 Harrison R A. A&A, 1995, 304: 585-594
5 Gopalswamy N, Shimojo M, Lu W, et al. ApJ, 2003, 586: 562-578
6 Gopalswamy N, Yashiro S, Kaiser M L, et al. J Geophys Res, 2001, 106 (A12): 29219-29230
7 ClaBen H T, Aurass H. A&A, 2002, 384: 1098-1106
8 Dougherty B L, Zirin Harold, Hsu Kathryn. ApJ, 2002, 577: 457-463
9 Dai yu, Zong wei-guo, Tang Yu-hua. ChA&A, 2002, 26(2): 183
10 Dai yu, Zong wei-guo, Tang Yu-hua. AcASn, 42(4), 375 (戴煜，宗位国，唐玉华. 天文学报， 42(4), 375)
11 Xia Zhi-guo, Wang Min, Zhang Ba-rong, et al. ChA&A, 2002, 26: 164
12 Xia Zhi-guo, Wang Min, Zhang Bai-rong, et al. AcASn, 2001, 42(4): 357 (夏志国，汪敏，张柏荣. 天文学报， 2001, 42(4): 357)
13 http://cdaw.gsfc.nasa.gov/cme_list
14 Delaboudiniere J P, Artzner G E, Brunaud J, et al. Solar Phys, 1995, 162: 291
15 http://solar.nro.nao.ac.jp/norp/xdr/
16 Marsh K A, Hurford G J. Annu Rev A&A, 1982, 20: 497
17 Dulk G A. Annu Rev A&A, 1985, 23: 169
18 Zhou Guiping, Wang Jingxiu, Cao Zhuoliang. A&A, 2003, 397: 1057
19 Zhang M, Golub L, DeLuca E, et al. ApJ, 2002, 574: L97
20 Yashiro S, Gopalswamy N, Michalek G, et al. J Geophys Res, 2004, 109(A7), 7105
21 http://lasco-www.nrl.navy.mil/halocme.html
22 Gopalswamy N, Lara A, Yashiro S, et al. In: Solar variability as an input to the Earth's environment. International Solar Cycle Studies (ISCS), Ed: A Wilson. ESA SP-535, Noordwijk: ESA Publications Division, 2003, 403
23 傅其骏. 成都太阳射电会议， 2004
24 Zhang J, Dere K P, Howard R A, et al. ApJ, 2001, 559: 452

25 Webb D F, Cliver E W, Gopalswamy N, et al. Geophysical Research Letters, 1998, 25: 2469
26 Svestka Z. Space Science Reviews, 2001, 95: 135

The features of CME-associated microwave bursts

SHAO Cheng-wen[1,2,3] WANG Min[1] XIE Rui-xiang[1]
(1 *National Astronomical Observatories/ Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, Kunming* 650011)
(2 *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100039)
(3 *Anhui University of Technology and Science, Wuhu, China* 24100)

Abstract The relationship of solar microwave bursts(SMBs) associated with CMEs is analysed. The features of SMBs are regarded including, we included lasting time, maximum flux, burst type, and spectral index. We choose 136 events, which are from November 1999 to September 2003 and include 60 partial halo / full halo CMEs and 76 narrow / normal CMEs. We find that: 1) The lasting times of SMBs associated with normal / narrow CMEs are usually short, but they cover a larger range when associated with partial halo / full halo CMEs. 2) The lasting times of SMBs associated with slow CMEs are usually short, but they cover a lager range when associated with fast CMEs. 3) The maximum fluxes of SMBs associated with normal / narrow CMEs or slow CMEs are small, but they cover a lager range when associated with partial halo/full halo CMEs or fast CMEs. 4) Most of SMBs associated with normal/narrow CMEs are S type, while most of them are C/GB type when associated with full halo CMEs. 5) The spectra of most of the CME-associated events are flat at higher frequencies. The statistical results show that an intrinsically physical relationship exists between CME/flare and SMB. SMB may provide some information on early life of CME/flare.

Key words Sun: radio radiation, Sun: coronal mass ejections, Sun: solar microwave bursts