第21卷 第2期 空 间 科 学 学 报 Vol.21, No.2
2001 年 4 月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Apr., 2001

1998 年 5 月空间天气大事件的地磁场响应*

王 亶 文[1] 冯 学 尚[2]

[1](中国地震局地球物理研究所 北京 100081)

[2](中国科学院空间科学与应用研究中心)

摘 要

地磁场与 1998 年 5 月空间大事件相对应的是 5 月 1 日至 16 日发生的大磁暴 ($k = 8$). 磁暴主相开始的几个小时伴随有丰富的 Pc 型地磁脉动, 包括 Pc2, Pc3, Pc4 等. 在磁暴的恢复相, 甚至还有 Pc5 巨型脉动. 在行星际磁场 B_z 由北向转向南向时, 磁暴主相开始; 南向分量达到最大值后大约 2 小时, 地磁 H 分量达到最小值, 恢复相开始. 并且, 这次磁暴与太阳风电场也存在一定的对应关系.

关键词 空间天气—磁暴—地磁脉动—行星际磁场

对太阳活动及其地磁场的响应的研究是空间天气预报研究中的一个热门课题. 太阳活动对地球磁场的影响主要是引起磁暴, 在磁暴期间还会伴随有地磁脉动. 本文主要研究 1998 年 5 月空间天气大事件所引起的大磁暴, 以及磁暴期间所伴随的 Pc 型地磁脉动, 并探讨太阳风、行星际磁场与此次大磁暴的关系.

1 大磁暴所伴随的地磁脉动

观测表明, 地磁暴急始之后经常有周期在 Pc2—Pc5 范围内的地磁脉动. 这些脉动可能由于磁层大尺度的缩小或膨胀引起的 [1]. 1998 年 5 月初太阳活动大事件所引起的磁暴, 在中国地震局地球物理研究所出版的 "磁暴报告" 中, 1 日 21 时 56 分 (世界时) 开始的是一个小磁暴 (磁情指数 $k = 6$), 而在 3 日 17 时 43 分开始的才是一个大磁暴 (磁情指数 $k = 8$). 而从因特网上得到的由日本京都大学所提供的 Dst(暴时变化指数) 最终结果来看 (图 6), 还是算为一个大磁暴为好. 1 日大约 22 时至 2 日 3 时为急始型初相, 2 日 3 时至 4 日 6 时为主相. 我们统计了 5 月 1 日 0 时至 4 日 20 时的北京台的地磁水平分量 H 的取样间隔为 1 秒的数值化资料 (SMALL 资料), 发现在主相开始的 4 h 内有丰富的 Pc 型脉动伴随. 在 4 日 10 时有 Pc4, Pc5 脉动. 由于篇幅有限, 我们在此只列出滤波后的结果图 (图 1—3). 我们是对原始记录计算功率谱, 再选取适当的带通进行滤波. 在此,

* 95 重大国家自然科学基金项目 (49990453), 国家杰出青年基金项目 (49925412), 中国地震局地震科学联合基金 (99112) 共同资助

中国地震局地球物理研究所论著 01AC1006.

中国科学院空间天气学开放研究实验室

2000-12-25 收到原稿, 2001-03-07 收到修定稿

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

特别说明一下有关 Pc5 的情况. Pc5 是一种巨型脉动, 在以往的许多教科书中都认为这种脉动只在地磁高纬地区才能观测到. 其实, 早在 1973 年 Lilley 和 Bennett 在低纬就观测到 Pc5—Pc6, 1999 年也有印度学者分析研究了在印度观测到的 Pc5—Pc6[2]. 后者也是在磁暴期中的白天时间观测到 Pc5—Pc6. 我们在此提取的 Pc5 是地方时 18 时发生的, 是在恢复相的初期, 幅度也有 5 nT.

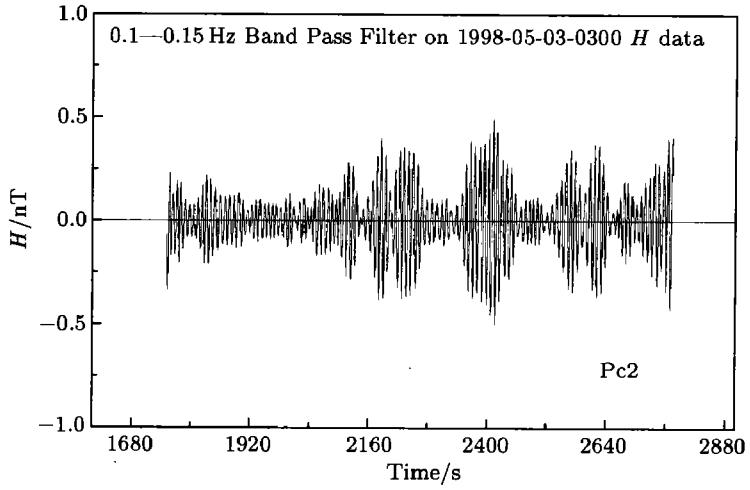


图 1 Pc2 型地磁脉动

Fig.1 Geomagnetic pulsation Pc2

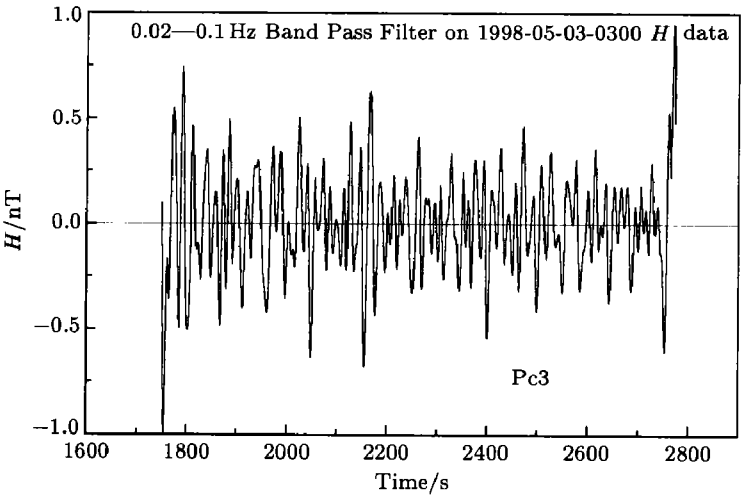


图 2 Pc3 型地磁脉动

Fig.2 Geomagnetic pulsation Pc3

2 行星际磁场南向分量与磁暴

我们从因特网上下载 ACE 卫星的有关资料来做分析研究. 1998 年 5 月大事件期间的行星际磁场 (IMF) 的有关分量中, 南北分量 B_z 与磁暴的关系最为明显. 太阳风能量

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

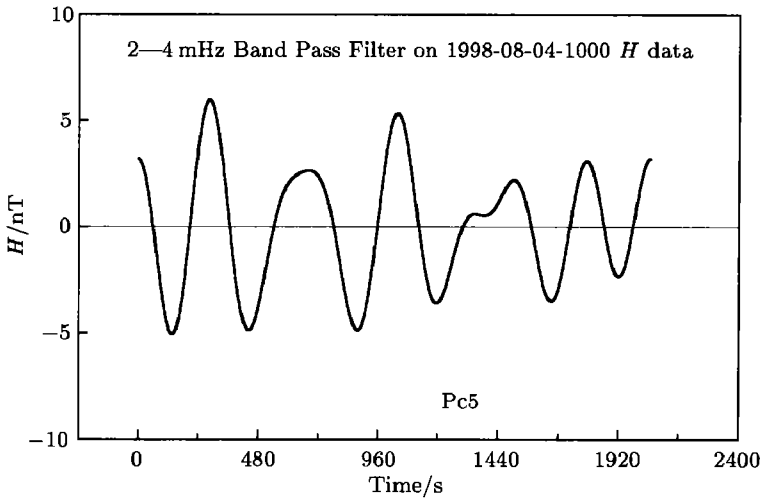


图 3　Pc5 型地磁脉动

Fig.3　Geomagnetic pulsation Pc5

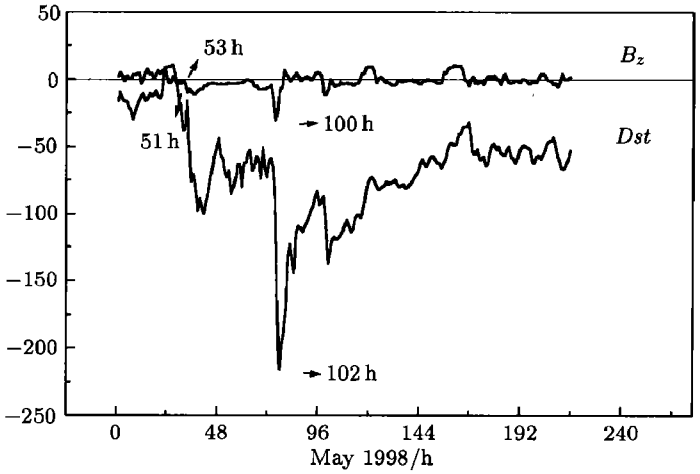


图 4　IMF 南向分量 B_s 与 Dst

Fig.4　The south component of IMF, B_s, and Dst

向磁层的传输机制是 IMF 与地球磁场的重联, 当 IMF 指向南时这种重联就会发生. 在背日面等离子体片发生的磁重联使那里的等离子体加速加热, 在 IMF B_s 驱动的晨昏对流电场作用下向地球方向运动注入到环电流区, 形成暴时环电流而产生磁暴. 不论环电流形成是由于太阳风直接驱动的对流电场还是亚暴的感应电场, IMF B_s 的条件都是最重要的条件 [3]. B_s(南向分量), 就是 $B_z < 0$, 与磁暴的曲线综合为图 4. 在图 4 中, B_z 在零线以下的部分就是 B_s. 5 月 2 日 5 时起, B_z 由北向南转向, 这与磁暴的主相开始时间几乎一致. 4 日 4 时 B_s 达最低值, 2 h 后, Dst 也达最低值.

3　太阳风各参数与 Dst

太阳风的有关资料也来自 ACE 卫星观测资料. 图 5 所表示的是太阳风速度 v 、离

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

子密度 D、温度 T、氦离子与氢离子的比值 He^{++}/H^{+} 和 Dst 的对应曲线. 这次空间天气大事件期间 Dst 与太阳风各参数的对应关系不太明显, 例如, v 是在 3 日 1 时突然升高的, D 也是在 3 日 1 时突升的, T 是在 3 日 3 时突然升高的, 而比值 He^{++}/H^{+} 是在 5 日 16 时升高的. 不过, 太阳风电场 vB_z 与 Dst 就有某些关系了 (图 6). vB_z 在磁暴急始型初相前有突然变化, 磁暴主相开始时间 (2 日 3 时) 与 vB_z 的下降时间一样, vB_z 达到最低点 2 h 后 Dst 达到最低点 (磁暴主相结束). 这里的结果与高玉芬等的研究结果一致[3].

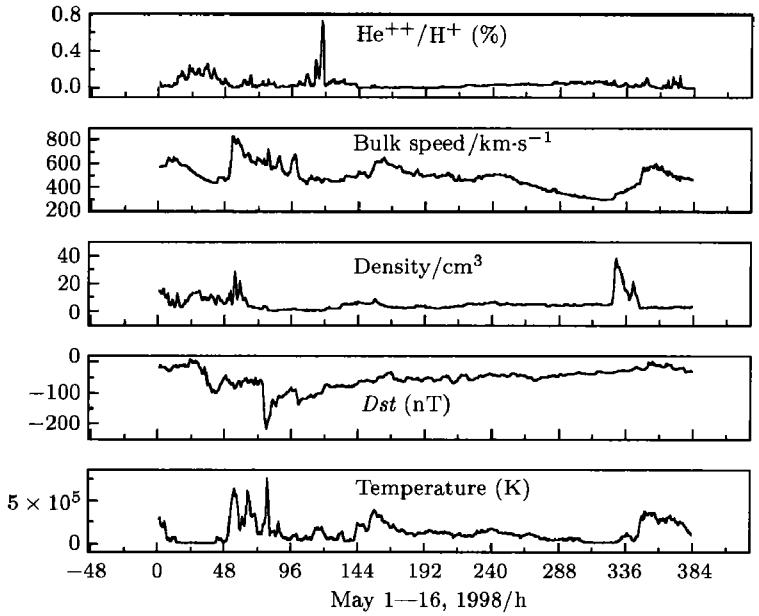


图 5 太阳风参数与 Dst 指数

Fig.5 The paramenters of solar wind and Dst

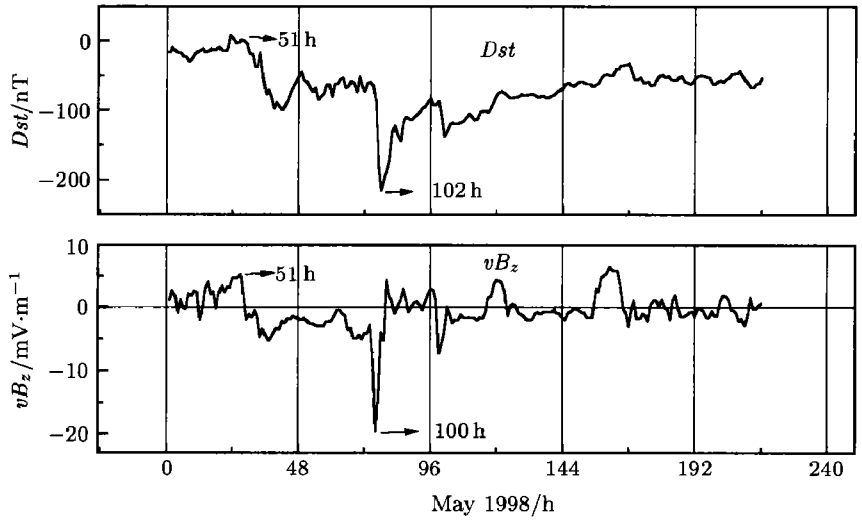


图 6 太阳风电场 vB_z 与 Dst

Fig.6 The electric field of solar wind, vB_z, and Dst

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

4　问题讨论

我们主要是研究地磁场对 1998 年 5 月空间天气大事件的响应. 地磁场的最大响应为发生一个 $k = 8$ 的强磁暴, 与一般的磁暴相比, 这个磁暴的主相比较特殊, 似分为两个, 并且结束的非常快 (图 4). 另外, 恢复相的时间格外长.

在磁暴期间, 具体地说, 是在急始型初相一结束、主相开始的前 4 h 中伴随有丰富的 Pc 型地磁脉动. 我们也研究了 1999 年 9 月的另一个大磁暴的资料, 结论也如此. 在恢复相的初期, 还有 Pc5 巨型脉动. 在此只分析了北京台的资料, 因为 1998 年其他台的资料还没产出. 故无法得到多些的结果. 我们统计分析了 1998 年 5 月空间大事件期间的地磁脉动, 所有 Pc 型脉动几乎都发生在白天 (4 日 10 时的 Pc5 发生在地方时 18 时).

我们也探讨了一些 IMF 、太阳风与大磁暴的关系. IMF 的南向分量 B_s 、太阳风的电场 vB_z 与这次大磁暴有些明显的关系. 后者在时间上有 2 h 的滞后, 这与一些研究的有关结果是一致的 [4]. 当然, 我们用的是 IMF 、太阳风与 Dst 的时均值的资料, 没法精确判断磁暴各相的起始时间. 另外, 定 Dst 的误差也比较大, 网上发布的中间结果与最终结果有时会有较大差距, 同时, 统计 Dst 时也无法取得分布均匀的低纬的足够多的台站资料, 在推算到磁赤道处的值时也有一定的误差.

致谢　感谢高玉芬研究员与作者的有益讨论, 并感谢高玉芬、韩德胜为我们提供中美合作的 SMALL 项目的北京台的资料.

参　考　文　献

[1] 涂传诒等. 日地空间物理学 (行星际与磁层)(下). 北京: 科学出版社, 1988. 179—190

[2] Pathan B M *et al.* Equatorial enhancement of Pc5—6 magnetic storm time geomagnetic pulsations. *Earth Plannets Space,* 1999, **51**:959—964

[3] 高玉芬等. 行星际南向磁场事件与强磁暴. 空间科学学报, 2000, **20**(2):136—143

[4] Tsurutani B T *et al.* The Interplanetary causes of magnetic storms: a review. Magnetic Storms, Geophysical Monograph. 1998. 77—89

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

THE GEOMAGNETIC RESPONSE OF MAY 1998 EVENT

WANG Tanwen[1] FENG Xueshang[2]

[1](*Institute of Geophysics, China Seismological Bureau, Beijing* 100081)

[2](*Center for Space Science and Applied Research, The Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

During the May 1998 great event time, there was a strong storm. This storm commenced on about 2200 UT of May 1. The initial phase was from 2200 of May 1 to 0300 of May 2, with a sudden commencement. The main phase was from 0300 of May 2 to 0600 of May 4. The recovery phase lasted quite a few days.

Observations show that there are Pc2—Pc5 geomagnetic pulsations after sudden commencement of initial phase, and these pulsations, perhaps are due to the large scale lessening or expanding of the magnetosphere. The Beijing Obs. 1 Hz Data of horizontal component H during this storm on 1—5 May 1998 are analysed. It is found that there are a lot of Pc2—Pc3 pulsations on the first 4 hours in the main phase. The power spectrum firstly, then use the band pass filter are calculated. There are some Pc5 in the recovery phase, although in China latitudes are low: L =1—2. There are some Pc5—Pc6 in the storm day time in the India. In Beijing, the Pc5 magnitude is about 5 nT. It is at 18 hourLT. The band of frequencies of Pc2 pulsation is 0.1—0.15 Hz, the band of Pc3 is 0.02—0.1 Hz, and the band of Pc5 is 2.0—4.0 mHz.

The storm recovery phase begins when the IMF turns less southward, with delays of about 2 hours. As Fig.2 shows, the B_z component of IMF is turning to southward when the main phase of the storm begins, and the southward IMFs ($B_z < 0$) decrease to the minimum on 0400 of May 4, two hours later the storm recovery phase begins. The solar wind electrical field vB_z is also calculated, where v is the SW speed, the B_z is the north-south component of IMF. Some results: vB_z change suddenly when the initial phase is beginning; the main phase of the storm begins at 0300 of May 2, vB_z is decreasing; the recovery phase begins when vB_z turns to the minimum, with delays of about 2 hours are got.

Key words Space weather, Geomagnetic storm, Geomagnetic pulsation, IMF

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