

2000年7月空间天气大事件 对地磁场的影响^{*}

王亘文

(中国地震局地球物理研究所 北京 100081)

摘 要

2000年7月空间大事件对地磁场产生了巨大影响, 7月15日至18日发生大磁暴($K=9$). 磁暴为急始型, 在我国地区初相期变幅有200—300 nT, 主相最大幅度有500—600 nT, 为多年来所罕见. 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 h, 地磁 H 分量达到最小值, 恢复相开始. 并且, 这次磁暴与太阳风也存在一定的对应关系.

关键词 空间天气大事件; 磁暴; 行星际磁场

1 引言

太阳活动对地球磁场的影响主要是引起磁暴. 对地磁场对太阳活动的响应模式的研究已有很长时间, 得到了大量的研究成果^[1]. 我们曾就1998年5月和1999年9月的空间天气大事件对地磁场的影响作了研究^{[2],[3]}. 2000年7月中旬太阳剧烈活动, 13日太阳冕洞发生CME, 14日1054 LT发现全景Halo CME, 14日中午后太阳粒子波(质子事件)仍强, 质子能量仍为18—65 MeV. 15日前向激波到达地球, 立即发生大磁暴. 本文主要是研究2000年7月空间天气大事件所引起的大磁暴, 并探讨太阳风、行星际磁场与此次大磁暴的关系.

2 大磁暴在我国地区的表现

目前, 在研究磁暴时一般习惯用 Dst 资料. 由于我国地磁台网记录的这次特大磁暴比较完整, 利用台站资料可以研究磁暴的时空分布, 因此, 我们在本文中采用台站资料来研究. 表1是我国34个基本地磁台站所记录的2000年7月15日151437 LT发生的大磁暴^[4]. 各台所记录的急始变幅和磁暴最大幅度也都列于表中. 这次大磁暴的这两项指标都达到空前之高, 初相期变幅有200—300 nT, 主相最大幅度有500—600 nT. 这次大磁暴的初相期变幅和主相最大幅度在我国地区的空间分布可参见图1与图2. 它们的分布

^{*} 国家自然科学基金项目(40374056), 国家杰出青年基金项目(49925412)共同资助

中国地震局地球物理研究所论著 04AC1001

中国科学院空间天气开放实验室

2003-04-03 收到原稿, 2003-11-08 收到修定稿

表 1 台站记录的 2000 年 7 月 15 日磁暴

Table 1 List of recording the July 15, 2000 storm by observatories

地磁台站	代号	地理经度 $\lambda/(^{\circ})$	地理纬度 $\phi/(^{\circ})$	海拔高度/m	急始变幅/nT	磁暴最大幅度/nT
满洲里	MZL	117.4	49.6	682	218	654
德 都	DED	126.1	48.6	258	182	533
乌鲁木齐	WMQ	87.7	43.8	970	163	491
长 春	CNH	125.2	44.0	203	198	527
喀 什	KSH	76.0	39.5	1 321	240	625
呼和浩特	HHH	111.6	40.8	1 169	140	466
北 京	BJI	116.2	40.0	69	193	519
嘉峪关	JYG	98.2	39.8	1 680	188	565
昌 黎	CHL	119.0	39.7	18	255	592
大 连	DLG	121.5	39.0	143	180	488
太 原	TAY	112.5	37.7	770	174	—
红 山	LYH	114.7	37.4	37	175	538
格尔木	GLM	94.9	36.4	2 802	192	459
泰 安	TAA	117.1	36.3	249	163	498
兰 州	LZH	103.8	36.1	1 560	187	530
郑 州	ZZH	113.6	34.6	200	197	577
天 水	TSY	105.9	34.6	1 160	190	502
乾 陵	QIX	108.2	34.6	893	208	569
蒙 城	MCH	116.5	33.4	54	181	510
南 京	NAJ	118.8	32.0	39	203	561
崇 明	COM	121.6	31.6	3	158	482
余 山	SSH	121.2	31.1	100	154	470
成 都	CDP	103.7	31.0	653	150	522
杭 州	HZC	120.1	30.2	50	192	523
武 汉	WHN	114.6	30.5	42	150	499
拉 萨	LSA	91.0	29.6	3 655	154	535
重 庆	COQ	106.6	29.4	266	171	511
西 昌	XIC	102.2	27.8	1 560	156	455
邵 阳	SYG	111.5	27.2	226	168	510
贵 阳	GYX	106.8	26.6	1 064	137	496
泉 州	QZH	118.6	24.9	10	145	508
通 海	THJ	102.7	24.0	1 820	177	563
邕 宁	YON	108.5	22.8	70	153	522
琼 中	QGZ	109.8	19.0	227	130	542

比较有规律, 幅度随纬度变高而变大, 西部地区也较大, 这也许是受极区电流的扰动场(Dp) 的某些影响所致^[5]. Dp 主要包括 Dp1 型电流体系和 Dp2 型电流体系所产生的扰动场. 其中, Dp1 型主要是极区西向电急流, Dp2 型是太阳风的压力变化和电场 $-\mathbf{v} \times \mathbf{B}$

所引起的磁层内的大规模对流. 该电流的焦点有时正处于我国的西北, 使我国西北的变幅有所增加.

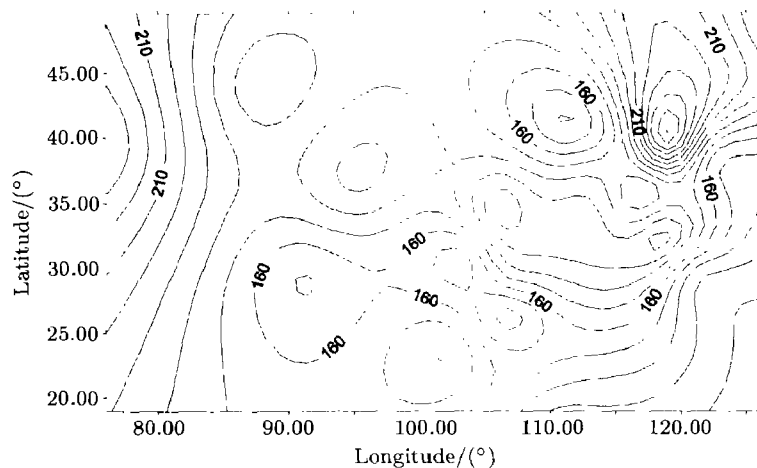


图 1 大磁暴初相变幅在我国地区的分布

Fig.1 The sudden commencement amplitudes in China region

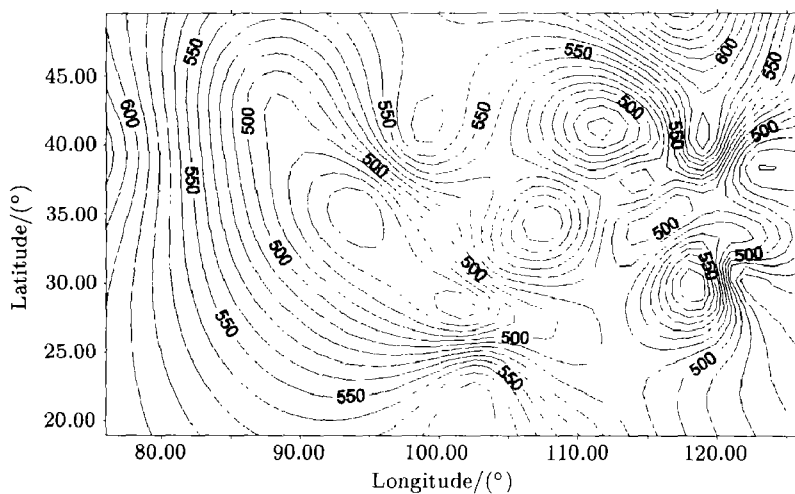


图 2 大磁暴最大幅度在我国地区的分布

Fig.2 The maximum amplitudes in China region

我们还采用北京台的磁场水平分量 H 的时均值来研究. 图 3 是 15 日 151437 LT 发生的 $K = 9$ 的大磁暴的全貌图, 磁暴结束时间也许是 18 日 0800 LT 或 0900 LT, 而不是“磁暴报告”中所说的 16 日结束. 从图 3 看出, 与 1999 年 9 月 22 日磁暴一样, 这个磁暴的主相结束得非常快, 而恢复相的时间格外长^[3]. 与 1998 年 5 月的大磁暴不相同, 主相没有两个发展阶段^[2]. Kamide 等^[6] 分析了 3 个太阳活动周的 120 个磁暴, 统计发现超过 50% 的磁暴主相有两个发展阶段^[5]. 我们的 3 次研究结果也许证明了这一点. 在此需要

说明, 由于我们采用的是时均值, 时均值平滑掉一些快速变化, 从图 3 上看到的变幅没有台站记录的变幅大 (表 1).

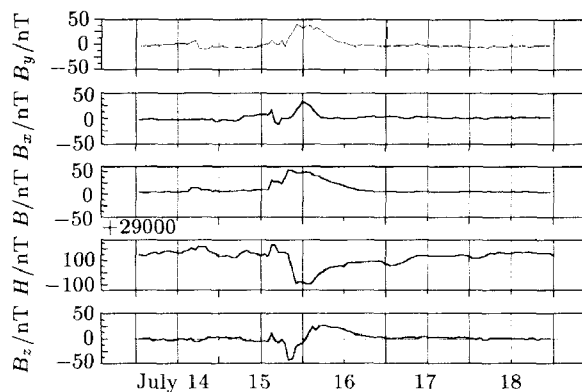


图 3 2000 年 7 月 15 日大磁暴和 IMF

Fig.3 Geomagnetic storm on July 15, 2000 and IMF

3 行星际磁场南向分量与磁暴

我们从 Internet 上下载 ACE 卫星的有关资料来做分析研究. 在 2000 年 7 月大事件期间的行星际磁场 (IMF) 的有关分量中, 要数南北分量 B_z 与磁暴的关系最为明显. 太阳风能量向磁层的传输机制就是 IMF 与地球磁场的重联. 当 IMF 指南向时这种重联就会发生. B_s (南向分量), 就是 $B_z < 0$, 其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 . 14 日多次反向, 对应着磁场分量 H 的波动, 15 日 15 时起, B_z 由北向南再次转向, 这与磁暴的初相开始时间几乎一致. 15 日 2000 LT 南向分量 B_s 达最低值 -42.818 nT , 2 h 后, H 也达最低值, 即主相结束. 在磁暴的恢复相有两次下降变化, IMF 的 B_s 没有再转向. 可见 IMF 南向事件只与磁暴的起始和主相有关.

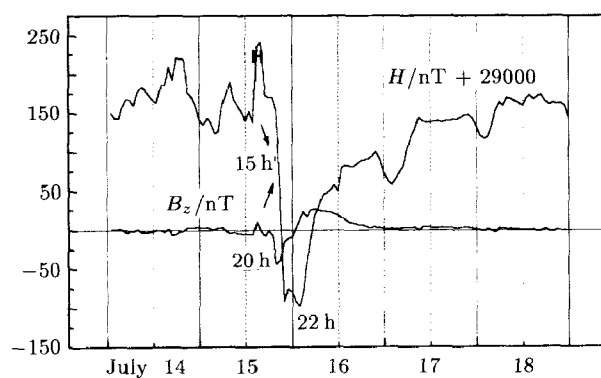


图 4 IMF 南向分量 B_s 和 H

Fig.4 The south component of IMF B_s and H

4 太阳风各参数

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 、离子溶度 D 、温度 T 曲线. 这次空间天气大事件期间太阳风变化极大, 以至卫星记录大大出格, 无法对太阳风的各参数的与北京台的 H 分量进行对比分析.

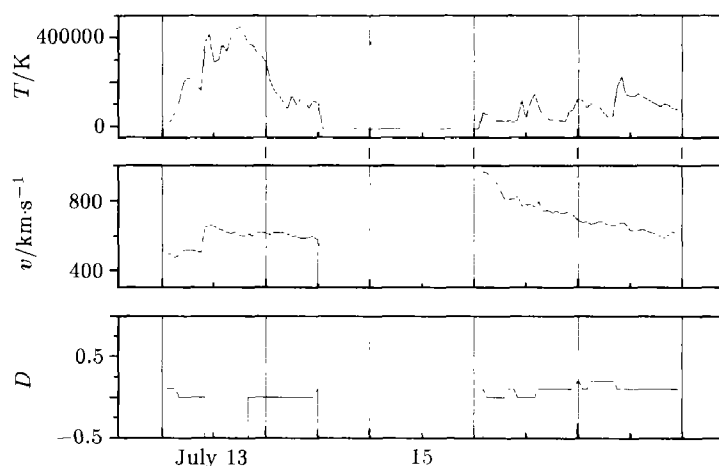


图 5 太阳风参数

Fig.5 The parameters of solar wind

5 问题讨论

本文主要是研究地磁场对 2000 年 7 月空间天气大事件的响应. 地磁场的最大响应就是发生一个强磁暴, 与一般的磁暴相比, 这个磁暴的主相结束得非常快 (见图 4). 另外, 恢复相的时间非常长. 这与 1999 年 9 月的磁暴有相似之处.

在磁暴期间, 我国地磁台网都有可靠记录. 我们研究了这次大磁暴的急始幅度和磁暴最大变幅在我国地区的空间分布. 二者都是随纬度的升高而增加, 至于我国西北地区二者也较大, 有可能是极区 Dp 型电流影响所至. 与用 Dst 资料研究相比, 用我国的台站记录研究, 有利于认识我国所处的中低纬地区的响应特征, 较能符合我国的实际.

我们也探讨了 IMF 分量与这次大磁暴的关系. IMF 的南向分量 B_s 、行星际电场 vB_z 与这次大磁暴有明显的关系. IMF B_s 驱动的晨昏对流电场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. 我们对 2000 年 7 月、1998 年 5 月和 1999 年 9 月的大磁暴的研究结果表明了这一点. 磁暴主相在时间上有 2h 的滞后, 这与文献 [7] 中的有关结果是一致的. 当然, 我们用的是 IMF 与 H 的时均值资料, 无法精确判断磁暴各相的起始时间.

致谢 中国地震局地磁学科中心提供研究所用资料.

参 考 文 献

- [1] Tu Chuanyi. Heliospherical Physics (Interplanetary and Magnetosphere) (Part 2). Beijing: Science Press, 1988. 179—190. in Chinese (涂传治. 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] Wang Tanwen, Feng Xueshang. The geomagnetic response of May 1998 event. *Chin. J. Space Sci.*, 2001, **21**(2):159—164. in Chinese (王喜文, 冯学尚. 1998 年 5 月空间天气大事件的地磁场响应. 空间科学学报, 2001, **21**(2):159—164)
- [3] Wang Tanwen. The geomagnetic response of Sept. 1999 event. *Seismolog. Geomag. Obs. Res.*, 2001, **22**(6):13—17. in Chinese (王喜文. 地磁场对 1999 年 9 月空间天气大事件的响应. 地震地磁观测与研究, 2001, **22**(6):13—17)
- [4] Institute of Geophysics, China Seismological Bureau. Report of Magnetic Storms. 2000, **22**(3). in Chinese (中国地震地球物理研究所编. 磁暴报告. 2000, **22**(3))
- [5] Wang Tanwen. Analysis for the space difference of the magnetic storm in China on July 12—15 1991. *Seismolog. Geomag. Obs. Res.*, 1997, **18**(1):38—41. in Chinese (王喜文. 对 1991 年 7 月 12—15 日磁暴在我国境内差异的分析. 地震地磁观测与研究, 1997, **18**(1):38—41)
- [6] Kamide Y *et al.* Two-step development of geomagnetic storms. *J. Geophys. Res.*, 1998, **103**(A4):6 917—1 921
- [7] Tsurutani B T *et al.* The interplanetary causes of magnetic storms: A reviewm. In: Magnetic Storms. Geophysical Monograph 98, 77—89

THE GEOMAGNETIC RESPONSE OF JULY 2000 EVENT

WANG Tanwen

(Institute of Geophysics, China Seismological Bureau, Beijing 100081)

Abstract

The geomagnetic field responds to the July 2000 space event much. A great storm (magnetic index $K = 9$) occurred from July 15 to July 18. There is a sudden commencement with amplitudes about 200—300 nT in China region. The maximum amplitudes during the main phase in China region are about 500—600 nT. That is infrequent for a few years. The B_z component of IMF is turning to southward when the main phase of the storm begins, and after the southward component ($B_z < 0$) decrease to the minimum, two hours later the storm recovery phase begins. The paper shows that there are some relationship between the solar wind and the storm.

Key words Space weather event, Geomagnetic storm, Interplanetary Magnetic Field (IMF)