第21卷 第4期 空 间 科 学 学 报 Vol.21, No.4
2001 年 10月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Oct., 2001

行星际电场与 *Dst* 指数

张继春[1,2] 田剑华[2] 濮祖荫[1]
[1](北京大学地球物理系 100871)
[2](中国科学院空间科学与应用研究中心)

摘 要

利用 ACE 卫星的太阳风及行星际磁场观测数据和相应时期的 *Dst* 指数，分析了行星际电场和 *Dst* 指数的相关关系，讨论了行星际电场作为研究磁层和太阳风相互作用的良好参数的物理机制. 结果表明：行星际电场与 *Dst* 指数有很好的相关性，并且在强和中等地磁活动期间，存在显著的突变特征曲线；相对于 V 、 V^2B_z 、 VB^2 和 ε, 行星际电场的突变特征曲线更易识别；弱的扰动磁层背景状况和行星际磁场南向分量及电场晨昏分量的较大波动影响着磁暴的发展，使磁暴主相有多个发展阶段，从而增加磁暴的强度；对主相有多个发展阶段磁暴的研究有待进一步改善.

关键词 行星际电场—太阳风—磁暴

1 引言

深入研究各行星际参数如太阳风径向速度 V 、南北向磁场 B_z 、南向磁场 B_s 、VB_z 、VB_s 、 V^2B_z 、 V^2B_s 、 VB^2 及能量耦合参数 ($\varepsilon = VB^2l_0^2\sin^4(\theta/2)$)[1,2] 和地磁活动之间的关系有着重要的意义，不仅有助于了解磁暴的物理机制，而且对提高空间天气预报结果的准确性与合理性也是极为必要的. 许多行星际参数和 *AE* 指数及 *Dst* 指数等地磁活动指数之间的相关性已得到广泛的研究，大多认为 [3−6] 行星际电场晨昏分量 VB_s 与地磁活动指数的相关性优于单一行星际参数以及其他的组合行星际参数. Burton 等 [7] 研究了 VB_s 和 *Dst* 之间的函数关系，发现磁层对行星际电场有着半波整流的作用. Wu 等 [8] 利用 Elman 循环神经网络研究了太阳风和磁层的相互作用，发现 *VBz* 是很好的太阳风-磁层耦合函数. 刘绍亮等人 [9] 找到行星际晨昏电场的大小与磁暴的强弱的对应关系，小于 4.0 mV/m 时，只引起磁亚暴；大于 5.0 mV/m 时，磁亚暴和磁暴同时出现. Gonzalez 等人 [10] 进一步分析了行星际电场与强磁暴的相互关系，发现强磁暴 ($Dst < -100$ nT) 的行星际源是 B_s 事件：行星际电场晨昏分量 VB_s 大于 5.0 mV/m(相当于 B_s 约为 10 nT), 并且持续时间大于 3 h. 随后， Gonzalez 等 [11] 又对磁暴的研究进行了评述和总结，肯定了 B_s 事件与强磁暴之间的这种关系. 高玉芬等 [12] 却认为强磁暴与 B_s 事件并没有一一对应的关系，磁暴强弱还与磁层背景状况和 B_s 及 VB_s 的波动有关.

为了弄清磁暴的物理过程， Kamide 等 [13] 将所有磁暴按主相的发展阶段数归为两类：只有一个发展阶段和两个发展阶段. 后一类要同时满足下列条件： (1) 第一阶段 *Dst*

2000-05-18 收到原稿， 2001-05-16 收到修定稿

* 刘绍亮，李立文. 南向行星际磁场事件与磁暴关系的研究. 地球物理学报， 2001(已接收)

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

指数的恢复幅度不得大于此阶段下降幅度的 0.9 倍，(2) 两阶段 Dst 指数极小值之间的时间间隔要大于 3 h. 按照这一分类，Kamide 等 [13] 分析了 3 个太阳活动周的 1200 个磁暴，统计发现超过 50% 的磁暴的主相有两个发展阶段，并认为可能是两个时间相近的行星际磁场 (IMF) 南向分量先后到达磁层顶，触发相对较弱的两个磁暴连续爆发的结果.

本文结合磁暴主相多个发展阶段的思想，进一步深入定性分析行星际电场与 Dst 指数之间的相关性，找出地磁活动特别是强地磁活动期间行星际电场的典型特征，以奠定用行星际电场预报地磁活动的基础.

文中所用的资料选自 ACE 卫星测得的太阳风速度和 IMF 数据以及 OMNI 数据库的 Dst 指数，所有数据均为时均值. 自 1998 年 1 月 23 日起，ACE 卫星同时实时提供太阳风速度和 IMF 数据，使一天 24 小时都获得实时的数据成为可能. ACE 卫星位于太阳和地球的拉格朗日点 L_1 上，可以提前大约 1 h 对地磁扰动发出警报，从而，可能使地磁暴的预报达到新的高度 [14].

2 数据分析

本文中的行星际电场为 $\boldsymbol{E} = -\boldsymbol{V} \times \boldsymbol{B}$, 式中 $\boldsymbol{V}$ 和 $\boldsymbol{B}$ 分别为太阳风速度和行星际磁场. 这样，在 GSM 坐标系中，行星际电场 y 分量 $E_y = -VB_z \times 10^{-3}\,(\mathrm{mV/m})$, 式中 V 是由太阳指向地球的太阳风速度大小，单位为 km/s; B_z 是行星际磁场的 z 分量，单位为 nT, 数值为正 (负) 分别表示电场由晨 (昏) 侧指向昏 (晨) 侧.

根据 Dst 指数的最小值，将磁暴分为三类：强磁暴 ($Dst_{\min} < -100\,\mathrm{nT}$) 、中等磁暴 ($-100\,\mathrm{nT} \leqslant Dst_{\min} < -50\,\mathrm{nT}$) 和弱磁暴 ($-50\,\mathrm{nT} \leqslant Dst_{\min} < -30\,\mathrm{nT}$). 本文分析了 1998 年 2 月到 2000 年 4 月的 83 个磁暴，其中强磁暴 18 个，中等磁暴 65 个.

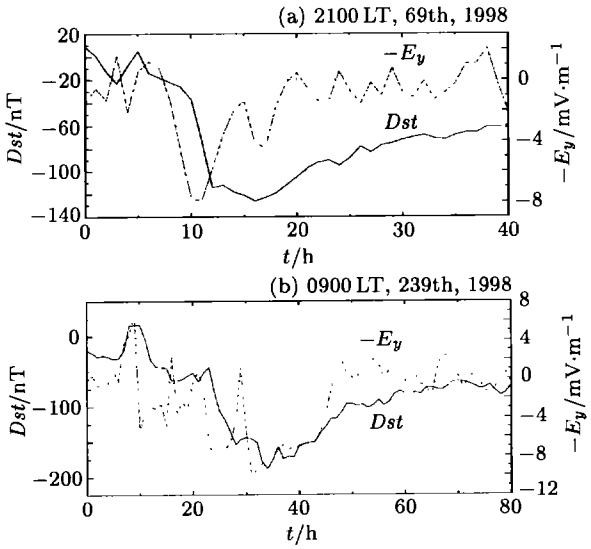


图 1 强地磁活动期间 E_y 和 Dst 指数的相关性

Fig.1 The relationship between Dst index and E_y during strong geomagnetic activities

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

如图 1(a) 所示的磁暴发生在 1998 年 3 月 10 日，按照 Kamide 等 [13] 的分类方法，主相有两个发展阶段，是两个磁暴连续爆发的结果，*Dst* 指数有两个极小值与它们相对应. *Dst* 指数第一次衰减到 $Dst_{\min 1} = -114\,\mathrm{nT}$, 接着第二个磁暴爆发，*Dst* 指数再次衰减至最小值 $Dst_{\min} = -126\,\mathrm{nT}$, 之后 *Dst* 指数逐渐增长，进入磁暴的恢复相. 由图 1(a) 可以看出：

(1) 晨昏分量 E_y 在 3 h 内大幅度增加，7 h 时，$E_y = 1.0\,\mathrm{mV/m}$; 10 h 时，$E_{y_{\max 1}} = 7.8\,\mathrm{mV/m}$, 此段与 *Dst* 指数的第一次衰减相对应. 1 h 后，E_y 继续增加到 $E_{y_{\max 2}} = 7.9\,\mathrm{mV/m}$, 不过这次的增长率要小得多，此段 E_y 的变化与 *Dst* 指数的第二次衰减相对应，*Dst* 指数的衰减率也很小.

(2) E_y 比 *Dst* 指数早 $\Delta t_1 = 2\,\mathrm{h}$ 达到各自的第一个极值.

(3) 在两个下降阶段，E_y 和 *Dst* 指数随时间的变化率分别是相当的.

(4) E_y 有很大的振荡，变化的平均时间尺度比 *Dst* 的要小.

(5) $E_y = -E_{y_{\max 1}}$ 时，*Dst* 指数只有 $Dst\,(E_{y_{\max 1}}) = -37\,\mathrm{nT}$, 还没有表现出是强磁暴主相阶段的迹象.

表 1　强地磁活动期间的 E_y 和 *Dst* 指数

年	天	时	n (次)	$Dst_{\min}$ (nT)	$Dst\,(E_{y_{\max 1}})$ (nT)	$E_{y_{\max 1}}$ (mV/m)	$E_{y_{\max}}$ (mV/m)	Δt_1 (h)	Δt_2 (h)	Δt_3 (h)
2000	098	0000	2	−321	−71	14.5	15.4	4	6	8
1998	268	0900	2	−233	−30	13.4	13.4	2	8	7
1998	124	0500	1	−216	−89	26.1	26.1	2	2	3
1998	239	0900	4	−188	−44	7.1	10.0	5	11	15
2000	043	1100	1	−169	−94	9.3	9.3	2	2	4
1998	218	1100	2	−165	−37	8.0	8.0	4	4	4
1999	265	2300	1	−164	−44	10.4	10.4	2	2	3
1998	312	0600	2	−148	−80	6.0	8.9	2	5	3
1998	313	1200	4	−148	−40	6.9	7.4	3	8	12
1998	292	1500	3	−139	−12	6.5	7.1	3	13	12
1999	049	1400	2	−134	−54	10.1	13.6	3	8	6
1998	317	1800	4	−133	−52	6.5	7.1	3	12	8
1998	069	2100	2	−126	−37	7.8	7.9	2	6	3
1999	013	2000	3	−113	−25	6.3	6.3	3	5	3
1998	177	0400	1	−111	−19	6.2	6.2	4	4	4
1998	080	1500	2	−109	−50	5.1	5.1	3	3	2
1999	107	0400	1	−105	−48	6.0	6.0	3	3	3
1998	048	2200	1	−103	−98	6.4	6.4	2	−1	4

上述特点并不是个别的，而是行星际电场在暴时的共同特征，当然，对于不同强度和不同时间的磁暴，各量的取值有所不同. 在图 1(b) 的磁暴主相发展过程中，四个时间相近的 IMF 南向分量先后到达磁层顶，触发磁层扰动，对应着 *Dst* 指数的四个极小值，按 Kamide 等 [13] 的分类方法，此磁暴主相有 4 个发展阶段. 表 1 列出了 18 个强磁暴的 *Dst*

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

指数达到最小值 $Dst_{\min}$ 的时间、主相发展的阶段数 n 、最小 Dst 指数 $Dst_{\min}$ 、 E_y 为 $E_{y\max 1}$ 时的 Dst 指数 $Dst(E_{y\max 1})$ 、 E_y 大幅度增加后的第一个极大值 $E_{y\max 1}$ 、 E_y 的最大值 $E_{y\max}$ 、 $E_{y\max 1}$ 超前对应的 Dst 指数极小值的时间 Δt_1 、 $E_{y\max 1}$ 超前 $Dst_{\min}$ 的时间 Δt_2 和 E_y 大于 5.0 mV/m 的最大持续时间 Δt_3. 对于这 18 个按强弱排列的强磁暴, 表中反映出如下的特征:

(1) $E_{y\max 1}$ 均在 5.0 mV/m 以上, 比磁静日的 E_y(1.5 mV/m 以下) 大得多, 而且还是在短时间内突变到如此大的值; 第 16 个磁暴的 Δt_3 为 2 h, 其他 17 个 (约 94%) 磁暴的 Δt_3 均在 3 h 以上.

(2) 除了最后一个磁暴外 ($Dst_{\min}$ 反而超前 $E_{y\max 1}$ 和 $E_{y\max}$ 1 h), Δt_1 和 Δt_2 都大于 0; Δt_1 取值集中在 2 h(6 个; 约占 39%) 、 3 h(7 个; 约占 39%) 、 4 h(3 个; 约占 17%) 和 5 h(1 个; 约占 5%); 一般来说, n 越大, Δt_2 也越大, 即 $E_{y\max 1}$ 超前 $Dst_{\min}$ 的时间越多.

(3) 7 个 (约 39%) 磁暴的 $Dst(E_{y\max 1})$ 在 (−100 nT, −50 nT) 范围内, 11 个 (约 61%)$Dst(E_{y\max 1}) \geqslant -50$ nT, 说明电场晨昏分量达到极大值 $E_{y\max 1}$ 时, Dst 指数还都没有达到强磁暴的水平, 再过至少 2 h, 有时甚至 10 h 以上, Dst 指数才衰减到最小值 $Dst_{\min}$.

(4) 18 个磁暴中总计有 6 个 (约 33%)n 为 1, 7 个 (约 39%)n 为 2, 2 个 (约 11%) n 为 3, 3 个 (约 17%)n 为 4. 大部分强磁暴主相有 1 到 2 个发展阶段; 磁暴强弱大致上由 $E_{y\max 1}$ 、 $E_{y\max}$ 和 n 共同决定, 在同样 n 的条件下, $E_{y\max 1}$ 或 $E_{y\max}$ 对磁暴的强弱起决定性的作用.

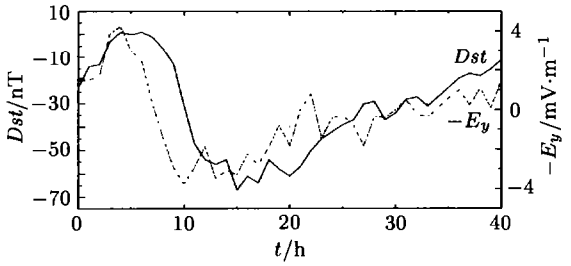


图 2 中等地磁活动期间 E_y 和 Dst 指数相关

Fig.2 The relationship between Dst index and E_y during moderate geomagnetic activities

中等地磁活动水平下的 E_y 与 Dst 指数有类似的相关性, 同样存在明显的行星际电场突变特征曲线, 晨昏分量 E_y 短时间内大幅度增加, 只是 $E_{y\max 1}$ 和 $E_{y\max}$ 普遍要小些. 图 2 是一个中等磁暴的 E_y 和 Dst 指数随时间的变化关系. 这个磁暴发生在 1999 年 9 月 16 日, 主相阶段两个 Dst 指数极小值的时间间隔只有 2 h, 因此此磁暴的主相只有一个发展阶段. $E_{y\max 1}$ 和 $E_{y\max}$ 相同, 都为 3.8 mV/m, $Dst_{\min}$ 为 −67 nT, $E_{y\max 1}$ 或 $E_{y\max}$ 超前 $Dst_{\min}$5 h, 超前 Dst 指数第一个极小值 3 h. 统计发现, 65 个中等磁暴中只有 11 个 (约 17%) 的 $E_{y\max}$ 大于 5.0 mV/m, 但所有强磁暴的 $E_{y\max 1}$ 就已经一定会大于 5.0 mV/m 了; 在 11 个 $E_{y\max}$ 大于 5.0 mV/m 的中等磁暴中, 总计有 10 个的 Δt_3 小于 3 h. 由此看来, E_y 大于 5.0 mV/m 的持续时间 Δt_3 也是决定磁暴强弱的关键因素, 这与对 Bs 事件的研究结果 [10,12] 是一致的.

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

对本文所选取的资料做进一步的分析后可以看出，相对于参量 V 、VB^2 、ε 和 V^2B_z，行星际电场 E_y 与 *Dst* 指数的相关性最好. 图 3 可以比较清楚地说明这一现象. 磁暴还是 1998 年 3 月 10 日的强磁暴，数据量增加到 200 h，虚线表示 *Dst* 指数，单位为 nT. 为了方便地比较，V 、VB^2 和 ε 的刻度标记是颠倒的，同样地，E_y 和 V^2B_z 的符号仅表示其方向. 由图可以看出，V 、VB^2 、ε 、V^2B_z 和-E 都与 *Dst* 指数有一定的相关性，磁暴发生时，各参量与平静时段有明显不同的时变特性，幅度都有很大的增长，最大值和最大的跃变 (增大) 都超前于 *Dst* 指数. 但是，各参量与 *Dst* 指数相关的程度是不同的，V 和 VB^2 没有极短时间内的大幅度突变特征曲线，变化的时间尺度很长；能量耦合函数 ε 虽然有像 E_y 那样的突变特征曲线，但不止有一条大幅度的突变曲线，而是有几条幅度相当的突变曲线，与 *Dst* 指数时变曲线的对应性不明显；V^2B_z 时变曲线与 E_y 的极为相似，相关性皆优于 VB^2 和 ε，不过，在极短时间内的跃变幅度只有 E_y 的一半，突变特征曲线识别起来没有 E_y 的明显.

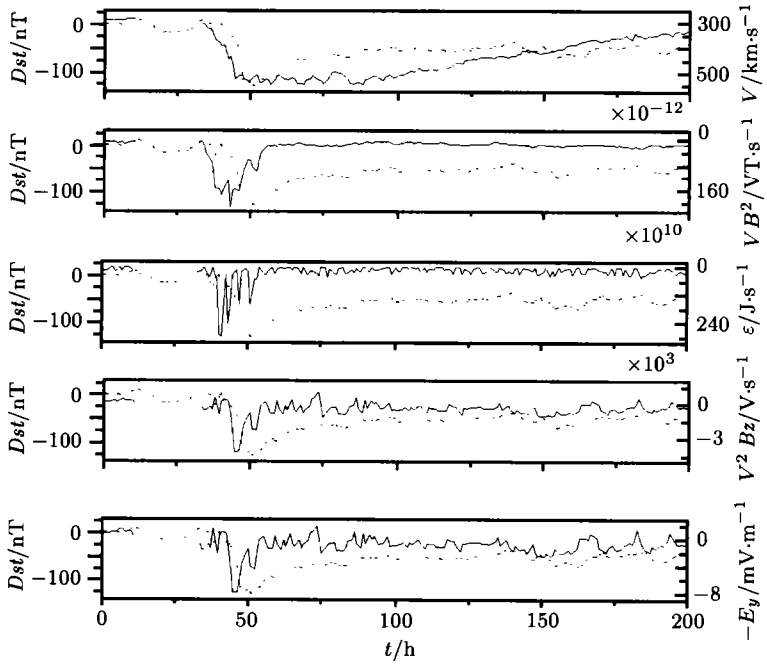


图 3　*Dst* 指数与 V 、VB^2 、ε 、V^2B_z 和 E_y 的相互关系
Fig.3　The correlations of *Dst* index with V, VB^2, ε, V^2B_z and E_y

3　讨论与结论

在太阳风和磁层的相互作用过程中，磁层充当了低通滤波器的角色并伴随有延时 [4]. *Dst* 指数的变化主要来源于太阳风的扰动 [15]. 南向 IMF 在磁层顶和地球磁场发生磁重联，行星际电场 E_y 侵入磁层，磁层内出现大尺度晨昏方向的对流电场 $E_m = \xi E_y$，其中 ξ 为重联率，一般约为 20%[16]. 在 E_m 的驱动下，进入磁层的太阳风等离子体沿着磁尾高纬

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

区背日方向运动，在北 (南) 半球向下 (上) 逐渐漂移到等离子体片中，然后向着向日方向回流，部分等离子体通过磁层顶逃逸出磁层，部分等离子体注入环电流区，绕地球运动. 在此期间，沿极盖扩散到磁层的电离层等离子体也在对流电场 $E_{\rm m}$ 作用下做相同的漂移运动，只是背日运动的纬度较低，注入到等离子体片的位置离地球较近. 来自太阳风和电离层的等离子体在漂移过程中受到加热加速，注入环电流区后使环电流幅值增大，形成磁暴主相 [17]. 整个漂移过程耗时 1—2 h, 而太阳风从日地空间拉格朗日点 L_1 传播到地球磁层的行进时间是 0.5—1 h, 这和 Dst 指数对行星际电场 E_y 的响应时间 (Δt_1) 基本上一致.

IMF 南向分量 $B_{\rm s}$ 的存在是对地磁活动起主要作用的因素，也是产生磁暴的前提条件；太阳风速度的变化影响着磁层对流电场 $E_{\rm m}$, 从而影响环电流的形成快慢与强度，从而调制 Dst 指数. 所以， Dst 指数取决于 IMF 南向分量 $B_{\rm s}$ 与太阳风速度的联合作用，IMF 南向分量 $B_{\rm s}$ 和太阳风速度又体现于行星际电场的时变曲线，统一表现为行星际电场 E_y.

特别是在太阳活动高年，绝大部分强磁暴和部分中等磁暴起源于日冕物质抛射事件 (CMEs). 在 CMEs 经过 ACE 时，飞船测量到的 IMF 南向分量和太阳风速度的时变特性表现为二者在短时间内同时有大的增长，因而行星际电场 E_y 则应存在相应的突变特征曲线. 由于 $E_{\rm m}$ 和 E_y 具有大致相似的时变特征，因而 Dst 指数也应具有和 E_y 相关的时变特征曲线；对于有相同发展阶段的磁暴主相来说， E_y 数值越高，则 $E_{\rm m}$ 越大，它对磁尾强能 (energetic) 离子的加速和注入作用越显著，从而导致环电流离子的总能量越高，磁暴越强.

在行星际组合参数中， E_y 的突变特征曲线最易识别. 能量耦合参数 ε 可以理解为太阳风 -磁层发电机的功率， Dst 指数有相关性. 但是，由于表达式中未区别行星际磁场的南向分量和北向分量 [3], 导致 ε 与 Dst 指数之间的相关性相对于 E_y 与 Dst 而言要弱. 作为太阳风能流密度的 VB^2, 与 Dst 指数的相关性差也有同样的原因.

时间接近的多个南向 $B_{\rm s}$ 依次到达磁层顶，会形成多次磁重联，造成强能离子多次注入环电流，导致主相的多个发展阶段，使得磁暴强度更大， Dst 指数衰减得更厉害. 磁暴物理机制研究过程中，主相多个发展阶段的思想有着重要意义，可以解释弱磁层扰动的背景和 $B_{\rm s}$ 及 $VB_{\rm s}$ 剧烈的波动对磁暴强弱的影响 [13,9]. 弱磁层扰动的背景可以认为是在磁暴出现前已经存在较弱的磁暴或磁亚暴，对应着磁暴主相的第一个发展阶段，从而，相对于平静的磁层背景而言，增加了磁暴主相发展的阶段数； $B_{\rm s}$ 及 $VB_{\rm s}$ 剧烈波动造成磁层内做大尺度对流运动的强能离子数量及总能量的增加，使它们更易被捕获而形成对称的环电流，从而增加它们注入环电流的次数，最终导致磁暴主相发展阶段数的增加和 Dst 指数最小值的减小. 总而言之，弱磁层扰动的背景和 $B_{\rm s}$ 及 $VB_{\rm s}$ 剧烈的波动都可以认为是影响了磁暴的发展，从而使磁暴形成更多主相发展阶段，增加磁暴强度.

Kamide 等 [13] 对磁暴主相发展阶段的研究似乎有待改进. 首先，从表 1 可以看出，主相发展阶段在两个以上的强磁暴占所有强磁暴的 28%, 重视对它们的研究有着重大意义；其次，鉴于磁暴成因的复杂性，定量地按照与主相两个发展阶段相对应的两个磁暴的恢复程度和时间间隔对磁暴进行分类，并不利于磁暴物理机制的研究和强度的预报. 例如，图 1(a) 中的磁暴并不是两个时间相近的 IMF 南向分量触发的结果，但也可以认为主相有两个发展阶段. 相对于图 1(a) 而言，图 2 中的行星际条件更易使磁暴主相形成两个发展阶

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

段, 但是根据 Kamide 等 [13] 的分类方法, 由于两个 *Dst* 指数极小值之间的时间间隔仅有 2 h, 所以只能认为磁暴主相只有一个发展阶段.

有些神经网络可以提取一组数据中的重要特征或某种内在规律性 (如分布特征或按某种特征聚类). 行星际电场的突变特征曲线可以比较容易地被这些神经网络识别, 进而达到预报磁暴强度和时间的目的. 但是, 在个别情况下, 太阳风自拉格朗日点 L_1 传播至地球磁层顶处时, IMF 方向有较大变化, 并且 *Dst* 指数还与磁层内部的物理过程有关系, 从而导致预报不准确, 这些问题尚有待进一步研究和克服.

根据上面的分析和讨论, 本文有如下结论:

(1) 强和中等地磁活动期间, 行星际电场都存在显著的突变特征曲线. 在强磁暴开始发生时, 电场晨昏分量在极短的时间内达到至少 5.0 mV/m 的峰值, 此时 *Dst* 指数还没有达到强磁暴的水平; 至少 2 h 后, *Dst* 指数才衰减到最小值; 在仅仅 17% 的 65 个中等磁暴中, 电场晨昏分量会增加到 5.0 mV/m, 但在几乎所有的中等磁暴中, 其持续时间都小于 3 h.

(2) 相对于 V 、 B_z 、 V^2B_z 、 VB^2 和 ε, 行星际电场存在着更易识别的突变特征曲线.

(3) 弱的磁层背景状况和行星际磁场南向分量及行星际电场晨昏分量的较大波动影响着磁暴的发展, 使磁暴主相有多个发展阶段, 从而增加磁暴的强度.

(4) Kamide 等 [13] 对磁暴主相多个发展阶段的研究有待进一步改善.

参　考　文　献

[1] Perreault P, Akasofu S -I. A study of geomagnetic storms. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 1978, **54**:547—573

[2] Akasofu S -I. Energy coupling between the solar wind and the magnetosphere. *Space Sci. Rev.*, 1981, **28**:121—190

[3] Baker D N *et al.* A high time resolution study of interplanetary parameter correlations with AE. *Geophys. Res. Lett.*, 1981, **8**(2):179—182

[4] Clauer C R *et al.* Solar wind control of auroral zone geomagnetic activity. *Geophys. Res. Lett.*, 1981, **8**(8):915—918

[5] Meloni A, Wolfe A, Lanzerottti L J. On the relationships between interplanetary quantities and the global auroral electrojet index. *J. Geophys. Res.*, 1982, **87**(A1):119—127

[6] 马振国, 刘振兴. 磁层亚暴与磁层暴 (Ⅱ): 太阳风参数对 *Dst* 的影响机制研究. 地球物理学报, 1999, **42**(增刊):7—12

[7] Burton R K *et al.* The terrestrial magnetosphere: a half-wave rectifier of the interplanetary electric field. *Science*, 1975, **189**:717—718

[8] Wu J G, Lundstedt H. Neural network modeling of solar wind-magnetosphere interaction. *J. Geophys. Res.*, 1997, **102**(A7):14 457—14 466

[9] Chen M W, Lyons L R. Simulations of phase space distributions of storm time proton ring current. *J. Geophys. Res.*, 1994,**99**(A4):5745—5759

[10] Gonzalez W E, Tsurutani B T. Criteria of interplanetary parameters causing intense magnetic storms (*Dst*< −100 nT). *Planet. Space Sci.*, 1987, **35**:1101—1109

[11] Gonzalez W E *et al.* What is a geomagnetic storm? *J. Geophys. Res.*, 1994, **99**(A4):5771—5792

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

[13] Kamide Y *et al.* Two-step development of geomagnetic storms. *J. Geophys. Res.*, 1998, **103**(A4):1917—1921

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

[14] Lundstedt H. AI Techniques in geomagnetic storm forecasting. Magnetic Storms, USA: AGU, 1997. 243—252
[15] McPherron R L. The Role of Substorms in the Generation of Magnetic Storms. Magnetic Storms, USA: AGU, 1997. 131—148
[16] Cravens T E. Physics of Solar System Plasmas. Cambridge, 1997. 350—357
[17] Kamide Y *et al.* Magnetic Storms: Current Understanding and Outstanding Questions. Magnetic Storms, USA: AGU, 1997. 1—20
[18] 濮祖荫, 刘振兴, 谢伦. 磁层物理学. 空间物理学进展 (刘振兴主编). 北京: 科学出版社, 2001

CORRELATIONS OF *Dst* INDEX WITH THE INTERPLANETARY ELECTRIC FIELD

ZHANG Jichun[1,2] TIAN Jianhua[2] PU Zuyin[1]

[1](*Department of Geophysics, Peking University, Beijing* 100871)

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

Abstract

Correlations of the *Dst* index with various interplanetary parameters are studied by using the solar wind and interplanetary magnetic field data from the ACE spacecraft. Among all parameters investigated, E_y, the down-dusk component of the interplanetary electric field is found to be best correlated with the *Dst* index. During strong and moderate geomagnetic storms, it is seen that 2 to 3 hours before the storm main phase starts, E_y suddenly begins to increase and that the increase of E_y is almost "synchronous" with the decrease of the *Dst*, with a time a head about 2 to 3 hours. Such an "abruptly changing characteristic curve" of E_y is much easier to be identified than those corresponding curves of V 、 V^2B_z 、 VB^2 and ε. Weak disturbances in the magnetospheric background field, fluctuations of both the IMF *Bz* and the interplanetary E_y all strongly influence the development of storms, causing multiple-step main phase decrease and enhancement of the storm intensity. The physical mechanism responsible for the close correlation of *Dst* with the interplanetary electric field is discussed. A viewpoint that the present study of multiple-step main phase storms needs to be improved is proposed.

Key words Interplanetary electric field, Solar wind, Magnetic storm

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