

# 北京地区 2005 年 Pc6 脉动统计特征 及其与 TID 的关系初探

王程功<sup>1,2</sup>, 杜爱民<sup>1</sup>, 洪明华<sup>1</sup>, 董爱英<sup>1</sup>, 魏 勇<sup>1,2</sup>, 赵旭东<sup>1,2</sup>, 王秋军<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京空间环境国家野外科学观测研究站, 北京 100029;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘 要** 对北京十三陵地磁台站 2005 年全年的地磁数据进行了统计分析, 总结了该地区 Pc6 脉动的周期分布和发生率等特征. 对 Pc6 脉动与 TID 的关系也做了一些尝试性探讨. 我们选择北京大学多普勒雷达观测到 TID 事件同十三陵台站观测到 Pc6 脉动进行比较研究. 在 2004 年 12 月 23 日至 2006 年 3 月 11 日这段时间内, 共有 42 个事件满足要求. 经过分析发现 TID 事件与 Pc6 脉动在波动频率和波形上有比较好的相关性, 讨论了 Pc6 脉动与 TID 可能的诱发源.

**关键词** Pc6 脉动, TID, 相关性

**中图分类号** P353

**文献标识码** A

**文章编号** 1004-2903(2008)03-0662-06

## Statistical characteristics of Pc 6 micropulsation in Beijing in 2005 and its relationship with TID events

WANG Cheng-Gong<sup>1,2</sup>, DU Ai-Ming<sup>1</sup>, HONG Ming-Hua<sup>1</sup>, DONG Ai-ying<sup>1</sup>,  
WEI Yong<sup>1,2</sup>, ZHAO Xu-Dong<sup>1,2</sup>, WANG Qiu-Jun<sup>1,2</sup>

(1. *Beijing Observatory for Space Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;* 2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

**Abstract** Through the statistical analysis of the geomagnetic data from BMT in 2005, we get the period and frequency characteristics of Pc6 micropulsation in the Beijing area. Furthermore, we make use of the Doppler data from Peking University in 2005 to make a comparative research between TID events and Pc6 micropulsation. There are 42 events that can satisfy the requirement during Dec. 23, 2004 to Mar. 11, 2006. After the data analysis, we can draw a fundamental conclusion that there are positive links between Pc6 micropulsation and TID events. So we suppose that there might be the same inspiring source for Pc6 micropulsation and TID events.

**Keywords** Pc6 micropulsation, TID, correlation

### 0 引 言

周期在 1 s 以上的等离子体波及其伴随的地磁扰动统称为 ULF 波, 或者地磁脉动. ULF 波是磁层中的磁流体波, 其中最重要的一种就是阿尔芬波. ULF 波的发生与磁层中各种等离子体过程密切相关. ULF 波的观测与研究是认识磁层物理性质和磁层扰动过程的重要途径和手段. 随着空间天气研究的迅猛发展, ULF 波越来越多的被用于探索太阳风

—磁层—电离层的能量耦合过程、磁层的位型结构、等离子体分布以及磁暴和磁层亚暴的物理机制. 高纬地区(极隙和极盖区)的 ULF 波的研究非常有益于理解能量从日侧及磁尾磁鞘传输进入磁层和电离层的过程, 而且有助于认识波传输的动力学过程<sup>[1]</sup>, 例如通量传输<sup>[2]</sup>事件或日侧极光瞬态事件<sup>[3]</sup>. 对长周期 ULF 波的研究工作, Pc5 脉动是一个典型的例子. Pc5 脉动周期在 2.5~10 min. Pc5 脉动的成因主要有 Kelvin-Helmholtz 不稳定性, 向日面瞬态重

**收稿日期** 2007-11-10; **修回日期** 2008-01-20.

**基金项目** 本项目得到国家自然科学基金(40674080)以及国家 973 项目(2006CB806305)资助.

**作者简介** 王程功, 男, 1981 年 12 月生, 中国科学院地质与地球物理研究所硕士研究生. (E-mail: wangchg@mail. igcas. ac. cn)

联以及太阳风动压的阶跃性变化等<sup>[4]</sup>. 场线共振也是高纬地区 Pc5 脉动产生的重要原因之一. 场线共振理论提出压缩表面波可以与带有本征频率的磁力线耦合,引起 Alfvén 模式振荡<sup>[5~6]</sup>. 漂移反弹共振机制也可能是 Pc5 地磁脉动激发机制,在环电流内边缘的 O<sup>+</sup> 和 H<sup>+</sup> 共振是一种可能的激发情形<sup>[7]</sup>. O<sup>+</sup> 和 H<sup>+</sup> 共振的频率直接影响 Pc5 的频率. 最近的研究还发现 Pc5 的活动与行星际北向磁场的周期相关<sup>[8]</sup>. 我们研究发现 Pc6 脉动也是一个很常见的物理现象,其周期一般在 10 分钟以上. 目前,对 Pc6 脉动的研究还不多,本文我们研究了一些 Pc6 脉动的基本特性. 在研究 Pc6 脉动的过程中我们发现中尺度 TID 与 Pc6 脉动近乎同时发生,并且周期相近,于是我们探讨了两者之间可能有潜在的联系.

## 1 数据分析

### 1.1 Pc6 脉动周期及发生率初探

这里所用的地磁数据来自中国科学院地质与地球物理所北京十三陵地磁台站(地理坐标:40.3°N, 116.2°E)的地磁三分量数据(X, Y, Z 分量),分辨率为 1 min.

对于地磁数据,我们把其 X, Y, Z 把三分量分别减去当月 5 个平静日的相应的平均值,这样就去掉了地磁场的日变化. 然后再用原始数据三分量的矢量叠加值减去去掉日变化的磁场三分量的矢量叠加值,得到了总变化磁场强度. 再对总变化磁场强度做平滑处理,去掉周期在 10 min 以下的小扰动<sup>[6,9,10]</sup>. 根据 Pc6 脉动的周期大于 600 s 这一判断,我们找出 2005 年全年的 Pc6 脉动事件,其在每个月的发生率如图 1 所示.

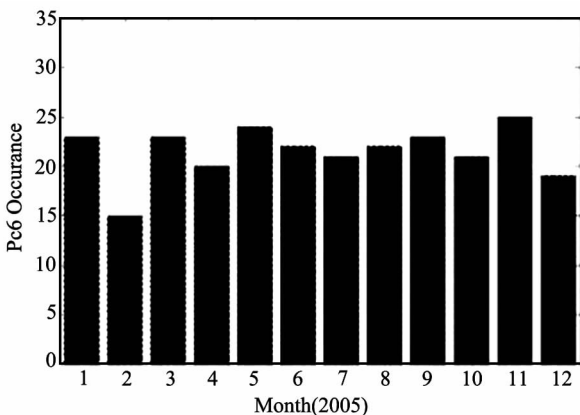


图 1 2005 年全年 Pc 6 事件的发生次数统计结果

Fig. 1 Statistical result of the occurrence of Pc6 in 2005

由图 1,在 2005 年全年 365 d 中,总共 268 个 Pc6 脉动发生,Pc6 脉动的发生概率约为 73.4%,这说明 Pc6 脉动的发生概率还是比较大的. 这可能是因为太阳风中的 Alfvén 波是产生 Pc6 脉动的主要原因. 太阳风中的 Alfvén 波很常见,至少 50% 的时候都有<sup>[11]</sup>. 太阳风中的 Alfvén 波与弓激波相互作用在磁鞘产生压缩脉冲,继而激发周期在 20~40 min 的地磁脉动<sup>[12]</sup>. 在 2005 年全年 Pc6 脉动发生的率每个月基本区别不大,5,11 两个月发生 Pc6 脉动的率比其他月份大,2,12 两个月发生 Pc6 脉动的率比其他月份小. 6 月到 10 月发生 Pc6 脉动的率基本相同,相差在 ±3 个事件内. 春季(3~5 月)发生 Pc6 脉动的次数是 67 次,夏季(6~8 月)发生 Pc6 脉动的次数是 65 次,秋季(9~11 月)发生 Pc6 脉动的次数是 70 次,冬季(12~2 月)发生 Pc6 脉动的次数是 56 次,Pc6 事件的发生率没有明显的季节变化.

为了研究 Pc6 脉动的周期分布,我们对 2005 年全年 Pc6 脉动做快速傅立叶变换,根据频谱图中主峰所对应的频率换算出其相应的周期,结果如图 2 所示.

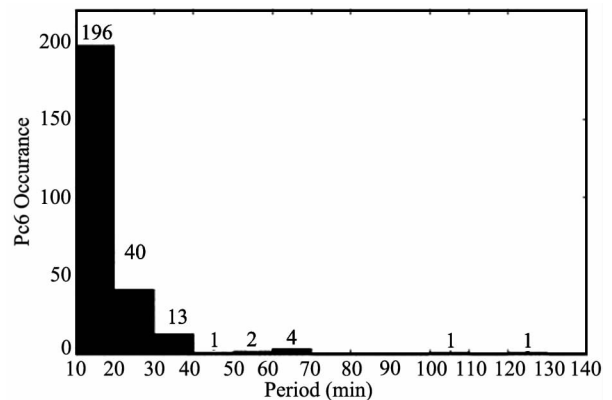


图 2 2005 年全年 Pc 6 事件周期分布结果

Fig. 2 Distribution of Pc6's period in 2005

由图 2,在这 268 个脉动事件中,绝大多数的 Pc6 脉动的周期都在 10~40 min 的范围内,约占全部 Pc6 脉动的 96.5%. 其中周期在 10~20 min 的 Pc6 脉动约占全部 Pc 6 事件的 75.97%. 这说明 Pc6 脉动的周期紧邻 Pc5 脉动的周期,长周期(周期大于 40 min)的 Pc6 脉动只有 9 个,占总数的 3.35%. 周期大于 1 个小时的 Pc6 脉动只有 6 个,占总数的 2.23%.

### 1.2 TID 与 Pc6 脉动之间的关系与联系初探

中尺度 TID 的周期一般在 10 min 到 1 h, Pc6

脉动的周期一般在 10 min 到几个小时,两者的周期在同一范围内,在 2004 年 12 月到 2006 年 3 月期间观测到的 56 个 TID 事件中,同时发生 TID 和 Pc6 事件数为 42 次,为了探究 TID 与 Pc6 脉动之间可能的关系与联系,我们利用北京大学的 Doppler 雷达 2004 年 12 月到 2006 年 3 月的数据,来研究这期间 TID 与 Pc6 脉动同时发生的 42 个事件,对两者做对比研究.

北京大学 Doppler 雷达工作电磁波频率为 10MHz,发射点在陕西蒲城(35°N, 110°E),接收点为北京(40°N, 116°E)<sup>[13]</sup>. 地磁数据仍采用北京中国科学院地质与地球物理所北京十三陵地磁台站 1 min 分辨率 X, Y, Z 三分量数值,地磁数据分析方法同上.

我们对 Pc6 做快速傅立叶变化,对 Doppler 雷达观测值先做数值化处理,然后低通滤波后做频谱分析,研究两者在周期上和波形上的关系.

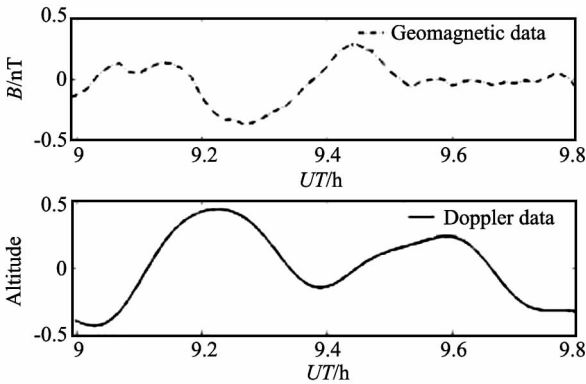


图 3 Pc6 脉动与 TID 频谱分析结果比较  
Fig. 3 Spectrum comparison of Pc6 micropulsation and TID

图 3 是 2006 年 2 月 16 号发生的 TID 与 Pc6 脉动事件. 图 3 中上图为 Pc6 脉动的曲线,下图为低通滤波后的 Doppler 雷达数据,即 TID 事件. 在低通滤波过程中,我们滤掉了周期小于 8 min 的成分. 由图 3, 我们可以看出 Pc6 与 TID 波形相似且周期相近,但是相位上有差别. 我们的统计研究表明这种相位上的差别是不规则的,这可能是中性风场对电离层的作用造成的.

为了研究 Pc6 脉动与 TID 的频率特征,我们对 2006 年 2 月 16 日事件做谱分析,如图 4 所示.

图 4 可以得到 Pc6 脉动的主峰周期为 21.33 min, TID 的主峰周期是 25 min. Pc6 脉动的小峰周

期为 9.14 min, TID 的小峰周期是 10.04 min, 两者频谱特征相似. 因此, 我们进一步对这一特征做了统计分析.

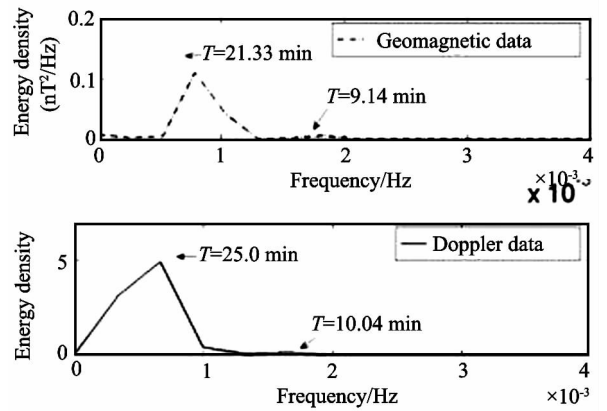


图 4 对 2004 年 12 月至 2006 年 3 月间 TID 与 Pc6 脉动的周期分布  
Fig. 4 The distribution of Pc6 and TID's periods from Dec, 2004 to Mar, 2006

随后的谱分析统计研究结果发现,在 TID 与 Pc6 脉动同时发生的 42 个事件中,主峰周期相近的事件占大多数,如图 5 所示.

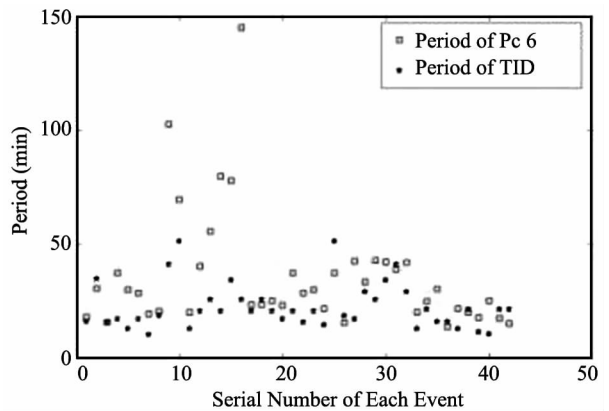


图 5 Pc6 与 TID 波形比较  
Fig. 5 Comparison of Pc6 and TID

图 5 中红色的方块代表每个 Pc6 脉动对应的主峰周期,黑色的星号代表同时发生的 TID 波动的主峰周期. 从图中可以看出大多数 TID 与 Pc6 脉动的主峰周期在 10~50 min 之间. 有些红色的方点与黑色的星点在周期上,甚至重合. 大多数红色的方点与对应的星点不重合,但周期相差在 ±20% 以内(误差计算用 TID 与 Pc6 脉动主峰周期之差除以 Pc6 脉

动主峰周期所得),这说明此时 Pc6 脉动的主峰周期与同一时段的 TID 事件的主峰周期相近.这说明大多数 TID 事件主峰周期与 Pc6 脉动主峰周期是基本相近的.

然而,仅仅周期上的近似并不能说明两者一定有联系. Pc6 脉动与磁层活动相关,而 TID 是电离层高度的活动,两者没有直接的联系.那么是否有可能是空间中某种扰动激发了这两种波动呢?为此,我们考察当 TID 与 Pc6 脉动同时发生时地磁活动的情况.

图 6 给出事件的发生率随  $K_p$  指数的变化.

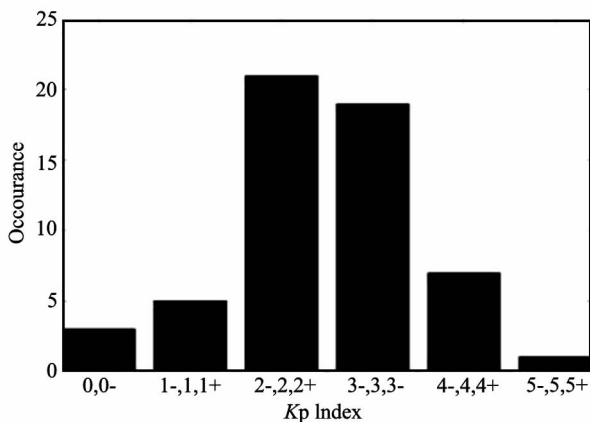


图 6 2004 年 12 月至 2006 年 3 月 TID 与 Pc6 脉动发生率随  $K_p$  指数的变化

Fig. 6 Variations of occurrence rates of TID and Pc6 with  $K_p$  index from Dec. 2004 to Mar. 2006

由图 6 可知,在 TID 与 Pc6 同时发生的日子,有 86% 的情况下  $K_p$  指数大于 1+,也就是中纬度地磁活动属于比较强的范围.特别是指数在 2~3 之间的事件占到所有事件的 68%,这说明在 TID 与 Pc6 同时发生的日子,中纬度地磁活动比较强烈.

由于 TID 与 Pc6 都与极区地磁活动有一定的关系,我们又考察当 TID 与 Pc6 事件同时发生时 AE 指数的情况,用以探究极区地磁活动对 TID 与 Pc6 事件的影响,统计结果如图 7 所示.

由图 7 可知,TID 与 Pc6 同时发生率,有 83% 的情况下 AE 指数是大于 400 的,AE 指数大部分处在 400~800 之间,占到了总数的 76%.也就是说当 TID 与 Pc6 脉动同时被观测到的时候,极区地磁活动处在一个比较强的范围内,更值得注意的是有 AE 指数大于 600 的占 56%,这说明在 TID 与 Pc6 同时发生的日子,极区的地磁活动是相当的强烈

的.极光电急流的活跃使得变化磁场发生比较大的变化.

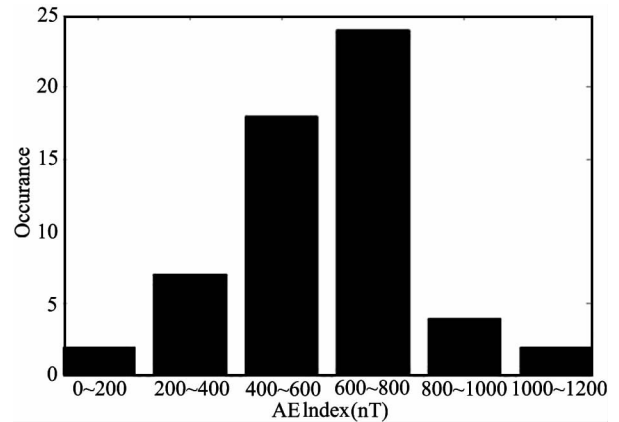


图 7 2004 年 12 月至 2006 年 3 月 TID 与 Pc6 脉动发生率随 AE 指数的变化

Fig. 7 Variations of occurrence rates of TID and Pc6 with AE index from Dec. 2004 to Mar. 2006

### 3 总结与讨论

本文对 Pc6 脉动的统计研究表明 Pc6 脉动是经常发生的物理现象,其周期主要分布于 10~30 min 之间,发生率与季节无关,只是在冬季的发生次数比其他季节略少. Pc6 与 TID 同时发生,并且波形特征相似,两者均与地磁活动有较好的相关性.

TID 的激发与传播特性一直以来都是电离层及高层大气领域研究的热点课题.大量的观测证据表明,大尺度 TID 与极区磁层亚暴的活动有关,<sup>[14~18]</sup>因为极区磁层亚暴的活动较强的时候会有大量的等离子体和太阳风能量进入地球磁层,磁层的扰动会引起电离层电子浓度的变化,从而产生大尺度 TID,我们研究发现中尺度 TID 也与极区磁层亚暴的活动有关.从理论上讲,Richmond 和 Matsushita<sup>[19]</sup>对极光带中由安培力和焦耳加热引起的重力波进行了理论模拟,Roble 等人<sup>[20]</sup>就极光带中仅由焦耳加热引起的重力波进行了模拟,他们都认为极区电集流引起的洛伦兹力、焦耳加热以及极区粒子沉降是大,中尺度 TID 的激发源,大,中尺度 TID 在极区被激发后,沿着水平方向由极区向赤道方向传播,把能量从高纬带到了低纬,在整个大气环流中起了重要作用.由于 Pc6 脉动与 TID 事件同时发生期间 AE 指数很大,极区地磁活动强烈,我们推测 TID 与 Pc6 很可能与极区的扰动有关.

Prikryl 等<sup>[21]</sup>在 2005 年提出太阳风中的

Alfven 波是电离层对流脉冲和大气重力波的源. 当行星际磁场  $B_z$  分量南向时, 太阳风中的 Alfven 波通过脉冲磁层重联对调制日侧太阳风-磁层耦合特别有效, 这产生了电离层脉冲流<sup>[22]</sup>, 而这正是用地面高频散射雷达观测到的中尺度 TID 的源. 另一方面, 太阳风中的 Alfven 波与弓激波作用也可以产生地磁脉动<sup>[12]</sup>. 结合我们分析 TID 事件与 Pc6 脉动同时发生的例子, 我们推测太阳风中的 Alfven 波也可能 TID 与 Pc6 脉动共同的激发源.

Shiokawa 等<sup>[23]</sup>在 2002 提出夜间的中尺度 TID 不是由重力波直接激发的而是与极化电场有着很大的关系. 南北向和垂直方向上的离子漂移能够引起东西向的电场分量, DMSP 观测到的离子漂移变化表明电场结构与气辉影象中的中尺度 TID 有很相近的联系. 模型计算出的电场扰动量与 DMSP 观测值相同, 而且能够解释气辉影象中的强度变化. 因此, 由于离子漂移产生的极化电场激发中尺度 TID 的同时极化电场还改变了电离层电场和电流, 电流的变化也能引起地磁场变化, 即 Pc6 脉动.

TID 与 Pc6 脉动是两个在空间不同高度的物理现象, 我们的工作有助于建立两者之间的联系, 本文的仅仅初步探讨了两者之间的可能联系, 但由于 Pc6 脉动的成因比较多, 影响其的因素也很多<sup>[24]</sup>, Pc6 与 TID 的具体关系与联系还需要进一步的考察. 在以后的工作中, 我们还将对两者的关系与成因做更深入的研究, 为今后更好的探讨 Pc6 脉动与 TID 的关系做准备, 从而有可能通过对电离层的研究来间接研究磁层中的一些波动现象, 比如说 Pc6 脉动等. 还可以通过对电离层的研究间接研究或修正磁层中的一些变化规律, 从而用于导航等目的<sup>[25]</sup>. 还可以通过研究电离层的扰动间接研究磁层的扰动, 从而辅助地震预报<sup>[26,27]</sup>.

**致 谢** 感谢北京十三陵地磁台提供了地磁资料, 北京大学肖佐老师提供了 Doppler 雷达数据和发生 TID 的具体时间. 朱岗昆老师、徐文耀老师和丁峰老师也给了很好的建议, 在此表示诚挚的谢意.

## 参 考 文 献 (References):

[1] Glassmerier K H. ULF Pulsations, Handbook of Atmospheric Electrodynamics [M]. 2000, 2:463~502.  
 [2] Olson. ULF signatures of the polar cusp[J]. J. Geophys. Res., 1986,91, 10055.  
 [3] Sandholt P E, Geland A E. Auroral and magnetic variations in the polar cusp and cleft-signatures of magnetopause boundary-

layer dynamics[J]. Astrophys. Space Sci, 1988,144:171~199.  
 [4] Dunlop I S, Menk F W, Hansen H J, et al. A multistations study of long period geomagnetic pulsations at cusp and boundary layers latitudes[J]. J. Atmos. Terr. Phys,1994, 56:667~679.  
 [5] North-south asymmetry of the amplitude of high-latitude Pc 3~5 pulsations: Observations at conjugate stations Yuki Obana, Akimasa Yoshikawa[J]. John V. Olson, Ray J. Morris, Brian J. Fraser, and Kiyohumi Yumoto J. Geophys. Res., 2005,110:10217~10231.  
 [6] 杜爱民, 徐文耀. 地磁脉动 Pc5 在 2000 年 7 月 15 日~16 日磁暴期间的特征[J]. 地球物理学报, 2003, 46(3): 322~327.  
 Du A M. Xu W Y. Characteristics of Pc5 ulf wave during the magnetic storm on July 15~16, 2000[J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese), 2003,46(3):322~327.  
 [7] Chisham G, I R Mann. A Pc5 Ulf wave with large azimuthally wave number observed within the morning sector plasmasphere by Sub-Auroral Magnetometer Net work[J]. J. Geophys. Res., 1999, 104:14717~14725  
 [8] Baker G J, Donovan E F, Jackel B J. A comprehensive survey of auroral latitude Pc5 pulsation characteristics[J]. J. Geophys. Res., 2003, 108 (A10), 1384, doi: 10.1029/2002JA009801.  
 [9] 杨少峰, 杜爱民, 陈宝生. 南极中山站 Pc3 地磁脉动特征[J]. 地球物理学报, 1997, 40(3):311~316.  
 Yang S F, Du A M, Chen B S. The characteristics of Pc3 pulsations at Zhongshan station of antarctica[J]. Chinese J. Geophys. (in Chinese), 1997, 40(3):311~316.  
 [10] 杨少峰. 低纬 Pc3 脉动空间传播特性的研究[J]. 地球物理学进展, 1998, 13(2):86~98.  
 [11] Belcher J W, Davis L J. Large-amplitude Alfven waves in the interplanetary medium[J]. J. Geophys. Res., 1971, 76: 3534~3563.  
 [12] Yan M, Lee L C. Interaction of interplanetary shocks and rotational discontinuities with the Earth's bow shock[J]. J. Geophys. Res., 1996, 101:4835~4848.  
 [13] 肖佐, 刘凯军, 张东和. 典型电离层多普勒记录及其讨论[J]. 空间科学学报, 2002, 22(4):321~329.  
 Xiao Z, Liu K J, Zhang D H. some typical records of ionospheric doppler shift and their significance in the study of ionospheric morphology[J]. Chinese Journal of Space Science, 2002,22(4):321~329.  
 [14] Thome G. Long-period waves generated in the polar ionosphere during the onset of magnetic storms[J]. J. Geophys. Res., 1968,73:6319.  
 [15] Potter W C, Kayser D C, Mauersberger K. Direct measurements of neutral wave characteristics in the thermosphere[J]. J. Geophys. Res., 1976,81, 5002.  
 [16] Reber C A, Hedin A E, Pelz D T, Potter W E, Brace L H. Phase and amplitude relationships of wave structure observed in the lower thermosphere[J]. J. Geophys. Res., 1975,80,

- 4576.
- [17] Spencer N W, Theis R F, Wharton L E, Carignan G R. Local vertical motions and kinetic temperature from AE-C as evidence for aurora-induced gravity waves[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1976,3:313.
- [18] Spencer N W, Wharton L E, Carignan G R, Maurer J C. Thermospheric zonal winds, vertical motions and temperature as measured from Dynamics Explorer[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1982,9:953.
- [19] Richmond A D, Matsushita, Tarpley J D. On the production mechanism of electric currents and fields in the ionosphere[J]. *J. Geophys. Res.*, 1976,31:547~555.
- [20] Roble R G, Richmond A D, Oliver W L, Happer R M. Ionospheric effects of the gravity wave launched by the September 18, 1974 sudden commencement[J]. *J. Geophys. Res.*, 1978,83:999~1009.
- [21] Prikryl P, Muldrew D B, Sofko G J, Ruohoniemi J M. Solar wind Alfvén waves: a source of pulsed ionospheric convection and atmospheric gravity waves[J]. *Annales Geophysicae*, 2005,23: 401~417.
- [22] Prikryl P, Provan G, McWilliams K A, Yeoman T K. Ionospheric cusp flows pulsed by solar wind Alfvén waves[J]. *Ann. Geophys.*, 2002, 20:161~174.
- [23] Shiokawa K, Otsuka Y, Ihara C, *et al.* Ground and satellite observations of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbance at midaltitude[J]. *J. Geophys. Res.*, 2002,108: 2011~2023.
- [24] 朱岗崑. 关于 2003 年 10~11 月日地关系重大事件研究综述[J]. *地球物理学进展*, 2007,22(1):8~23.
- Tschu K K. Review on violent Sun-Earth connection events of October-November 2003[J]. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 2007,22(1):8~23.
- [25] 徐文耀, 国连杰. 空间电磁环境研究在军事上的应用[J]. *地球物理学进展*, 2007,22(2):335~344.
- Xu W Y, Guo L J. Study of space electromagnetic environment and its application on military affairs[J]. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 2007,22(2):335~344.
- [26] 赵国泽, 陈小斌, 蔡军涛. 电磁卫星和地震预测[J]. *地球物理学进展*, 2007,22(3):667~673.
- Zhao G Z, Chen X B, Cai J T. Electromagnetic observation by satellite and earthquake prediction[J]. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 2007,22(3):667~673.
- [27] 肖骑彬, 赵国泽, 詹 艳, 陈小斌, 等. 地震电磁卫星交变电磁场的数据处理[J]. *地球物理学进展*, 2007,22(3):674~678.
- Xiao Q B, Zhao G Z, Zhan Y, Chen X B, *et al.* Data processing of alternating electromagnetic field recorded by seismic electromagnetic satellite[J]. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 2007,22(3):674~678.