

北京地区 P_c3 地磁脉动的统计分析

杨 少 峰

(中国科学院地球物理研究所)

冯 秋 菊

(中国科学技术大学)

摘 要

根据北京地区怀柔脉动观测站的资料,分析了北京地区 P_c3 地磁脉动,对地磁场南北分量上 P_c3 的出现频次,出现周期,平均周期的日变化和平均振幅的日变化作了统计分析,并将所得的主要结论与国外的一些研究工作做了比较。

一、引 言

目前,地磁脉动的分类主要采用 1963 年和 1973 年 IAGA 两次会议上所讨论的地磁脉动分类标志法。根据这种按脉动形态分类的方法,可以将脉动分成两大类:一类是连续脉动,用 P_c 表示;另一类是不规则脉动,用 P_i 表示。连续脉动具有持续时间长的特性,一般从几十分钟到几个小时。它的波形较规则,常呈现较好的正弦波形,在谱分析的图中具有相当清楚的谱峰。不规则脉动的波形呈不规则状,常有衰减的波形,谱频带较宽,类

表 1 P_c 脉动分类表

符 号	周期范围(单位: s)
P_{c1}	0.2—5
P_{c2}	5—10
P_{c3}	10—45
P_{c4}	45—150
P_{c5}	150—600
P_{c6}	600—

表 2 P_i 脉动分类表

符 号	周期范围(单位: s)
P_{i1}	1—40
P_{i2}	40—150
P_{i3}	150—

似无规则噪音。它持续时间短,一般不超过十分钟。

P_c 脉动可以按振荡周期分成六类,见表 1。 P_i 脉动可以按振荡周期分成三类,见表 2。本文基本采用上述分类法进行统计分析。

二、基本统计方法

为了获得北京地区 P_c3 地磁脉动的基本特点,对科学院地球物理所四室在北京怀柔的脉动观测站(磁纬 $\Phi_m = 28.9^\circ$, 磁经 $L_m = 186.1^\circ$) 所记录的脉动光学记录资料进行统计分析。该站使用的是 81 型照象记录磁感应式地磁脉动观测系统^[1]。它对 P_c3 范围的地磁脉动灵敏度较高,平均约 $0.3\gamma/\text{mm}$ 。本文分析了地磁场南北分量上的 P_c3 出现频次,出现周期,平均周期的日变化和平均振幅的日变化,并介绍 1982 年 7 月和 10 月以及 1983 年 1 月和 4 月四个月的统计结果。

资料处理是采用手工分析制表的方法进行的。分析中参考了 Saito^[2], Jacobs 和 Sino^[3], Hirasawa^[4], Stuart 和 Usher^[5] 等人的统计方法,采用了如下一些标准:

(1) 用持续时间和脉动波形来区别 P_c 和 P_i 。凡是持续时间大于 10 分钟的地磁脉动都以 P_c 计,尽管有的波形可能不是很规则的正弦波形;而对于持续时间短于 10 分钟,并且波形上有明显的突起变化的脉动以 P_i 计,尽管可能有的波形似乎具有正弦波形。

(2) 要求记录图上脉动波形的最大双振幅大于 3mm,约等于 1.0γ ,即最大振幅小于 0.5γ 的 P_c3 脉动予以忽略。

(3) 选取每小时内平均周期范围在 5 秒到 80 秒的 P_c 脉动现象作为本文的可统计周期范围。

(4) 在一小时时间间隔内,取持续时间大于 30 分钟的 P_c3 脉动事件作为这个小时间间隔内的特征脉动。在脉动活动月表中把这个特征脉动填入这个小时间间隔内,以备统计使用。

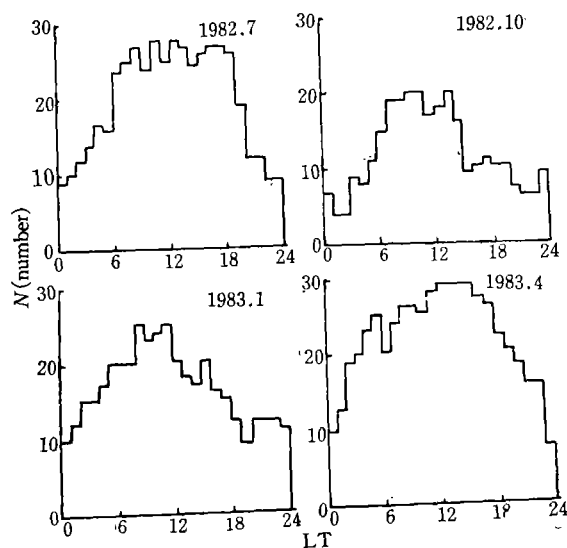
(5) 凡一小时内最大振幅大于 5γ 的 P_c 事件(即图上双振幅超过 30mm 者)都不在统计范围内,因为这些大振幅的 P_c3 事件往往和磁暴等情况有关。

根据上述标准,将每个月的资料制成脉动活动月表进行统计。

三、北京地区 P_c3 脉动的出现频次日变曲线

图 1 给出四个月的频次日变曲线。1982 年 7 月的出现总频次为 475 次。频次日变化曲线显得平宽,峰值范围从上午 6 点直到下午 19 点,说明 P_c3 是白天事件。出现频次的最大值为 28 次/小时,约占总数的 5.8%,分别发生在 10 点到 11 点和 13 点到 14 点,中午出现频次最高。

1982 年 10 月的出现总频次为 285 次。频次日变化的峰值明显,整个峰值分布在上午 6 点到下午 14 点,主要分布在上午和下午的前半部分。出现频次的最大值为 20 次/小时,约占总数的 7%,分别在 9 点到 11 点及 13 点到 14 点两个时段内,中午附近出现频次最高。

图 1 P_c3 脉动出现频次在每个月的日变曲线Fig. 1 The diurnal curve of P_c3 occurrence frequency in each month

1983 年 1 月的出现总频次为 402 次, 频次日变化峰值明显, 整个高峰分布在 4 点到 16 点, 出现频次主要分布在白天, 但下午较短些。出现频次的最大值达 25 次/小时, 约占总数的 6.2%, 分布在 8 点到 9 点及 11 点到 12 点两个时域内, 最大值偏向上午。

1983 年 4 月的出现总频次为 486 次, 频次的日变化曲线最平宽, 从上午 4 点到下午 20 点, 最大频次为 29 次/小时, 约占总数的 5.9%, 发生在 12 点到 17 点, 偏向下午。

四、北京地区 P_c3 脉动 出现频次的周期分布曲线

图 2 给出每个月内出现频次的周期分布曲线。

1982 年 7 月的频次峰值周期为 15 到 20 秒, 峰值突出, 最大值为 139 次, 占总频次的 29%。

1982 年 10 月的频次峰值周期为 15 到 20 秒, 峰值较低, 最大值为 73 次, 占总频次的 25.6%。

1983 年 1 月的频次有两个突起的峰值。主峰值周期在 20 秒到 25 秒, 最大值为 80 次, 占总频次的 20%, 次峰值周期在 30 秒到 35 秒, 最大值为 77 次, 占总频次的 19%。

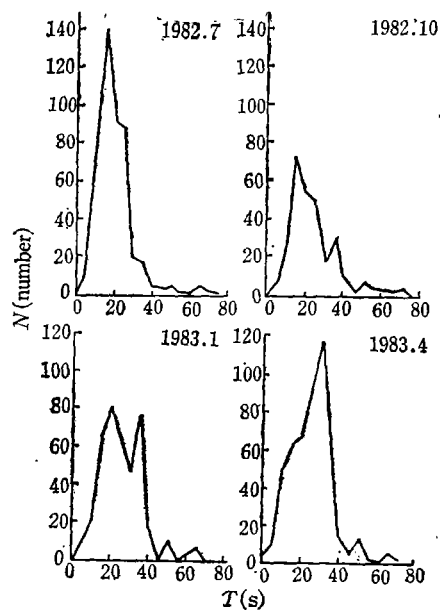


图 2 每个月频次在周期上的分布曲线

Fig. 2 The distribution of P_c3 occurrence frequency with period in each month

1983 年 4 月的频次峰值周期在 30 秒到 35 秒,峰值较突出,最大值为 115 次,占总频次的 23.7%.

五、平均周期的日变化

图 3 表示每个月平均周期的日变化曲线.

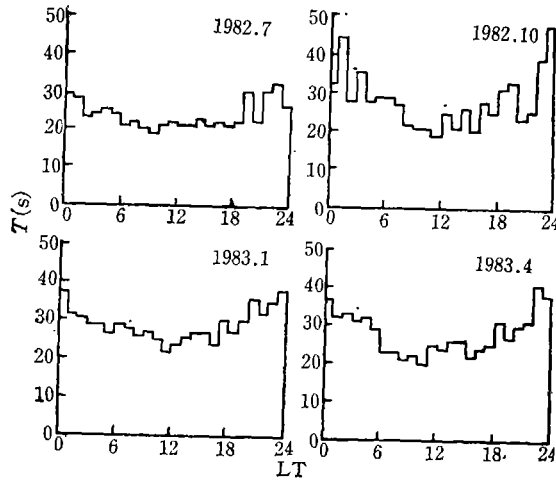


图 3 每个月平均周期的日变化曲线

Fig.3 The diurnal curve of average period in each month

在 1982 年 7 月,平均周期日变化呈 U 形,变化幅度最小,从 19 秒到 32.5 秒. 最低平均周期 19 秒出现在上午 9 点到 10 点. 日变化曲线相对中午的对称性最差.

在 1982 年 10 月,平均周期日变化呈 U 形,变化幅度最大,从 19 秒到 47.5 秒. 最低平均周期为 19 秒,出现在 11 点到 12 点. 日变化曲线相对中午的对称性明显.

在 1983 年 1 月,平均周期日变化呈 U 形,变化幅度较小,从 23 秒到 38 秒,但周期数值有所上升. 最低平均周期为 22.9 秒,出现在 11 点到 12 点. 日变化曲线相对中午有明显的对称性.

在 1983 年 4 月,平均周期日变化呈 U 形,变化幅度最大,从 20 秒到 41 秒. 最低平均周期为 20 秒,出现在 10 点到 11 点. 日变化曲线的对称性较差.

六、平均最大振幅的日变化分布

图 4 表示四个月份平均最大振幅的等值分布曲线.

在 1982 年 7 月平均最大振幅在 $0.5r$ 以上的 P_c3 脉动几乎出现在全天,周期范围在 10 秒到 40 秒. 平均最大振幅在 $0.7r$ 以上的 P_c3 脉动出现在 5 点到 20 点的时域,周期范围为 10 秒到 30 秒. 平均最大振幅在 $1.0r$ 以上的 P_c3 脉动,出现在 6 点到 19 点的时域,周期范围在 10 秒到 25 秒. 平均最大振幅在 $1.3r$ 以上的 P_c3 脉动,出现在 9 点到 16 点

的时区。最大值约 $1.4r$, 在上午和下午各有一个最大值区域, 时间范围在 10 点到 11 点和 15 点到 16 点, 周期范围在 15 秒到 20 秒。

在 1982 年 10 月平均最大振幅在 $0.5r$ 以上的 P_c3 脉动出现在 3 点到 22 点的时区, 时区范围有所收缩, 周期范围有所扩大, 从 10 秒到 45 秒。平均最大振幅在 $0.7r$ 以上的 P_c3 脉动, 出现在 5 点到 15 点的时区, 周期范围在 10 秒到 40 秒。平均最大振幅在 $1.0r$ 以上的 P_c3 脉动出现在 6 点到 10 点的时区, 周期范围在 10 秒到 20 秒和 25 秒到 40 秒的两个区域内。最大值约 $1.7r$, 时间范围在 7 点到 8 点, 周期范围在 10 秒到 15 秒。

在 1983 年 1 月平均最大振幅在 $0.5r$ 以上的 P_c3 脉动分布在全天之内, 2 点到 16 点的时区内周期范围较宽, 为 10 秒到 40 秒, 其余时区内较窄, 为 25 秒到 40 秒。平均最大振幅在 $0.7r$ 以上的 P_c3 脉动出现在 5 点到 17 点的时区, 周期范围是 15 秒到 40 秒。平均最大振幅在 $1.0r$ 以上的 P_c3 脉动出现在 7 点到 10 点和 13 点到 14 点两个时区内, 周期范围是 15 秒到 25 秒。振幅最大值约 $1.1r$, 时间范围在 8 点到 9 点, 周期范围在 20 秒到 25 秒。

在 1983 年 4 月平均最大振幅在 $0.5r$ 以上的 P_c3 脉动分布在全天之内, 在 6 点到 22 点的时区内, 周期范围为 10 秒到 45 秒, 其余时区内周期范围较窄, 约 20 秒到 40 秒。平均最大振幅在 $0.7r$ 以上的 P_c3 脉动分布在 2 点到 20 点的时区, 周期范围在 10 秒到 40 秒。平均最大振幅在 $1.0r$ 以上的 P_c3 脉动分布在 4 点到 18 点的时区, 周期范围在 10 秒到 35 秒。平均最大振幅在 $1.3r$ 以上的 P_c3 脉动分布在 6 点到 17 点的时区, 周期范围在 10 秒到 25 秒。振幅最大值约 $2.0r$, 出现在 8 点到 9 点的时区内, 周期范围在 10 秒到 15 秒。

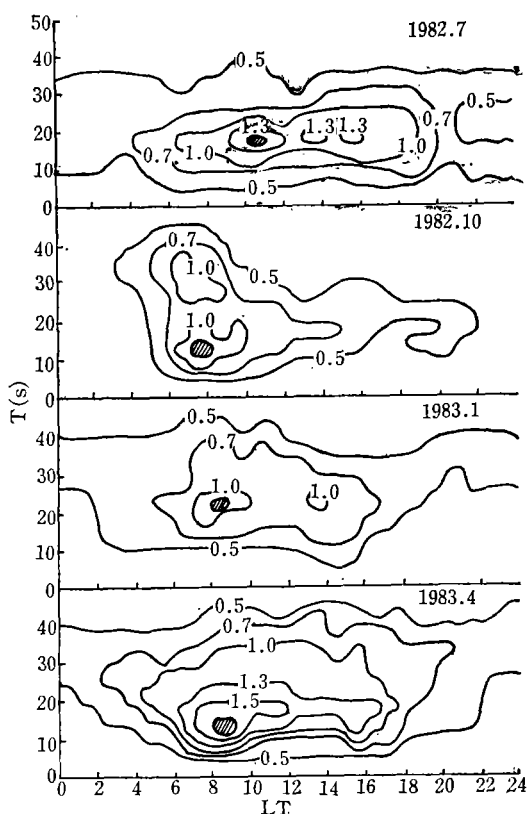


图 4 每月平均最大振幅的等值分布曲线

Fig. 4 The isoline of average maximal amplitude in each month

七、北京地区 P_c3 脉动的基本特点及理论解释

把北京地区 P_c3 脉动的统计分析结果和国外有关结论作些比较。并初步作些理论解释。

(1) P_c3 脉动出现频次的最大值一般出现在中午前后, 说明它是个白天事件。Jacobs

和 Sinno 所统计的 P_c3 出现频次也是在中午附近有一个最大值。

(2) 北京地区 P_c3 脉动在秋冬两季频次日变化的峰值明显,但峰值较低,春夏两季频次日变化的峰值比较高,春季最高。一般峰值在中午附近,春季偏到下午。Saito 指出, P_c3 脉动出现频次的最大值是在春秋月份,而北京地区则是以春季为最多。可见不同地区还是有些差异的。

(3) 北京地区 P_c3 脉动出现频次的周期分布曲线一般是在 15 秒到 20 秒范围内有峰值,冬季分裂为两个峰值,主峰范围从 20 秒到 25 秒,春季峰值在 30 秒到 35 秒。Hirasawa 在 Memanbetsu ($\phi_m = 33.9^\circ$, $L_m = 208.1^\circ$) 的结论是, P_c3 脉动出现频次的周期峰值集中在 15 秒到 20 秒。结果基本一致。

(4) 北京地区 P_c3 脉动的平均周期日变化呈正 U 型,春秋变化幅度较大,夏冬变化幅度较小,日变化的最低点一般在 11 点到 12 点,对称性比较好,在春季稍向上午偏移。

目前对 P_c3 脉动的周期日变化有两种观测结果。一种认为周期日变化呈倒 U 形,如 Kato 和 Saito^[7], Duncan^[8]; 另一种认为周期变化呈正 U 形,如 Christoffel 和 Linford^[9], Staurt 和 Usher。从我们的观测结果来看,北京地区 P_c3 脉动属于后一种情况。

(5) 北京地区 P_c3 脉动的最大振幅一般出现在上午 7 点到 9 点,春秋两季平均振幅较大,夏冬两季平均振幅较小。Hutton^[10] 认为 P_c3 脉动振幅最大值的时间在各地很不一致,可能取决于地区所在的地理位置。

P_c3 脉动的周期性表明,在产生它们的机制中必然包括共振放大。对于沿着磁力线传播的阿尔芬波,周期近似为

$$T = 2 \int_s \frac{ds}{V_A}. \quad (1)$$

式中 V_A 是阿尔芬速度,

$$V_A = B(4\pi\rho)^{-\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

方程(1)的积分是沿已知磁力线在共轭电离层之间进行^[11]。Dungey^[12], Obaysh 和 Jacobs^[13] 证明,磁力线振荡周期落在 P_c2 到 P_c5 脉动的范围内。根据磁流体共振理论,北京地区 P_c3 脉动是连接北京地区的白天一侧闭合磁力线共振的结果。观测表明, P_c3 脉动的平均周期日变化曲线相对中午有明显的对称性,这说明 P_c3 脉动是磁力线共振的结果。因为在地球向阳一侧,闭合磁力线的分布大致是以中午-子夜子午圈对称分布的,所以使平均周期有较好的对称性。

现代脉动理论认为 P_c3 是太阳风控制的^[14]。太阳风和磁层相互作用,在磁鞘中激发磁流波。一部分磁流体波通过磁层顶进入磁层,当磁力线的振荡周期和波源的周期重合时,就会在这个区域内激发阿尔文波,从而形成 P_c 脉动。在不同季节里太阳风和地球赤道面的相对位置改变,这就是 P_c 脉动季节变化的主要原因。

本文是在朱岗崑教授的指导下进行的,在此表示衷心感谢。作者还要感谢徐文耀博士和张景秀同志对整个研究工作的有益建议,且向提供资料的北京怀柔脉动观测站的同志表示谢意。

参 考 文 献

- [1] 朱岗崑, 孙炜, 张景秀和张川平, 地球物理学报, 第 25 卷, 第 405 页, 1982.
- [2] Saito, T., *The Science Reports of the Tohoku University*, Fifth Series, Vol. 14, p. 82, 1962.
- [3] Jacobs, J. A. and K. Sinno, *J. Geophys. Res.*, Vol. 65, p. 107, 1960.
- [4] Hirasawa, T., *Report of Ionosphere and Space Research*, Vol. 23, p. 281, 1969.
- [5] Stuart, W. F. and M. J. Usher, *Geophys. J.*, Vol. 11, p. 71, 1966.
- [6] Saito, T., *J. Geomag. Geoele.*, Vol. 16, p. 115, 1964.
- [7] Kato, Y. and T. Saito, *J. Geomag. Geoele.*, Vol. 10, p. 221, 1959.
- [8] Duncan, R. A., *J. Geophys. Res.*, Vol. 66, p. 2087, 1961.
- [9] Christoffel, D. A. and J. G. Linford, *J. Geophys. Res.*, Vol. 71, p. 891, 1966.
- [10] Hutton, K., *Nature*, Vol. 186, p. 955, 1960.
- [11] Nishida, A., *Geomagnetic Diagnosis of the Magnetosphere*, Spring-Verlag, New York Inc, p. 229, 1978.
- [12] Dungey, J. W., *The Pennsylvania State Univ. Sci. Rep.*, Vol. 69, p. 229, 1954.
- [13] Obayshi, T. and J. A. Jacobs, *Geophys. J.*, Vol. 1, p. 53, 1958.
- [14] Saito, T., K. Yumoto, K. Takahashi, T. Tamura and T. Sakurai, *Magnetospheric Study 1979*, Japanese IMS Committee, p. 155, 1979.

The Statistical Analysis of Pc3 Geomagnetic Micropulsation in Beijing

Yang Shao-feng

(Institute of Geophysics, Academia Sinica)

Feng Qiu-ju

(University of Science and Technology of China)

Abstract

The data of Pc3 pulsations of the north component of the geomagnetic field from Huirou Micropulsation Observatory in Beijing have been statistically analysed, including their occurrence frequency, pulsation period corresponding to the maximum occurrence, the diurnal variation of both average period and average period and average amplitude. A comparison of our main conclusions with some of other's work are also made.