

磁静日Z变幅的月相效应*

丁鉴海 黄雪香
(国家地震局分析预报中心)

摘要

根据我国三个地磁台10—24年的资料,发现磁静日Z变幅的月相效应明显存在,且有一定的规律性。其基本特征是半月周期性。月相效应的变幅可达2—8伽马左右,在研究Z变幅的变化时这是不可忽略的。

一、引言

变化磁场及其各种规律性的研究,在理论上和实际上都是很有意义的。对和月球与地球相对位置有关的太阴日变化(L)的研究,最早的是贾普曼^[1]。1913年他统计整理了(资料按太阴时刻进行排列)巴甫洛夫斯克、波拉、齐那维叶、明尼列和雅加达等地磁台七年的观测记录。随后加以球谐分析的结果,得出了一系列与太阳日变化不同的太阴日变化的规律性。这种变化的基本规律就是半日周期性。每一个太阴日里面,所有要素的变化曲线都具有两个最大值和两个最小值,同时这个最大值和最小值出现的时间在一个朔望月中是逐日不同的。不过一个朔望月的平均曲线则具有很规则的双波形态。太阴日变化因为太阳位置的关系而有季节性变化,但垂直强度太阴日变化 $L(Z)$ 的最大振幅只有1—2伽马,在研究Z变幅时是可以被忽略的。

贾普曼详细论述了 L 的半日周期以及在每个月相上的变化情况^[2],本文讨论的月相对磁静日Z变幅的影响主要是分析其半月周期的变化。所有资料不是按太阴时刻,而是按阴历日期排列整理,拟合出月相效应曲线,然后进行谐波分析。

目前,我国有十年以上正式出版资料的地磁台只有三个,使研究这一问题特别是空间分布特点受到一定限制。但这三个台站都有长年的资料,统计的数量是足够的,故仍可给出一总体概念,得出的月相效应是可靠的。

二、资料整理方法

利用上海佘山地磁台(东经 $121^{\circ}11'11''$,北纬 $31^{\circ}05'48''$)1950—1974年,北京白家疃地磁台(东经 $116^{\circ}10'30''$,北纬 $40^{\circ}02'22''$)1957—1974年,拉萨地磁台(东经 $91^{\circ}02'10''$,北纬 $29^{\circ}38'10''$)1957—1966年公开出版或将要出版的垂直分量日变幅资料,

* 1980年11月14日收到初稿,1982年5月收到修改稿。

按每月十个国际磁静日进行统计分析. 取十个而不是取五个国际磁静日, 主要是为了满足统计数量的要求.

朔望月就是相同的月相重现一次所经历的时间. 一个朔望月是 29 日 12 时 44 分 3 秒. 统计表格按朔望月排列, 把三个台站所有国际磁静日的垂直强度日变幅资料, 分别按阴历日期顺序填入表格内, 整理出初一到三十的各个日期的日变幅统计平均值. 例如, 用余山台的资料整理出表 1.

表 1

日期	初一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五
静日 数目	105	112	105	104	96	97	92	87	109	108	106	98	102	108	98
统计 平均值	30.5	30.0	30.5	30.8	31.4	28.8	28.4	28.9	29.0	27.6	27.6	30.0	30.0	30.2	

日期	十六	十七	十八	十九	二十	廿一	廿二	廿三	廿四	廿五	廿六	廿七	廿八	廿九	三十
静日 数目	93	95	93	88	99	80	105	102	90	115	105	110	104	96	103
统计 平均值	28.9	30.2	29.6	30.6	28.4	26.4	25.1	25.4	27.3	26.7	26.5	27.2	28.5	29.5	30.3

并用这三十个平均值拟合出随月相的变化曲线. 我们拟取名为磁静日 Z 变幅的月相效应. (以下简称为月相效应) 然后, 对不同台站、不同季节、不同时期的资料进行简单地对比分析.

由于静日变化, 甚至是很平静的日子, 都包含着地磁扰动的成份. 为了讨论磁扰对这种月相效应的影响. 又按每日最大 k 指数的大小, 把十个磁静日分为极静日 $k_{\max} \leq 2$ 和扰静日 $k_{\max} \geq 3$ (k_{\max} 一般为 3—4, 有时出现 5.) 两大类. 分别求出初一到三十各个日期的日变幅统计平均值, 做出平均的日变幅变化曲线, 分析静日中与月相效应无关的磁所能造成的误差.

三、结果与讨论

(一) 磁静日 Z 变幅的月相效应

把各台初一到三十日各个日期的日变幅统计平均值上计算机计算. 使用多项式拟合曲线. 拟合方程为:

$$\begin{aligned}
 Z_t = & Q_1 + Q_2 t + Q_3 \cos\left(\frac{\pi}{15} \times t\right) + Q_4 \sin\left(\frac{\pi}{15} \times t\right) \\
 & + Q_5 \cos\left(\frac{2\pi}{15} \times t\right) + Q_6 \sin\left(\frac{2\pi}{15} \times t\right) + Q_7 \cos\left(\frac{3\pi}{15} \times t\right) \\
 & + Q_8 \sin\left(\frac{3\pi}{15} \times t\right)
 \end{aligned}$$

式中 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_8$ 为待定系数.

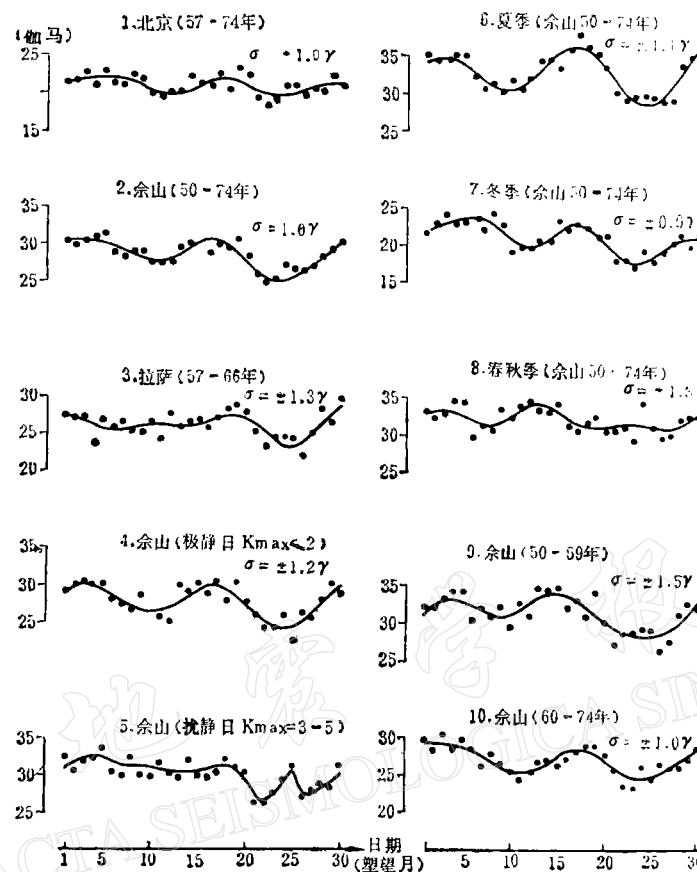


图 1 磁静日 Z 日变幅的月相效应曲线

拟合出的各台月相效应曲线及均方差见图。在一个朔望月内各台日变幅随月相的变化是有起伏的, 起伏的程度不等, 上半月较弱, 下半月较强, 有一定规律性。垂直强度日变幅的变化在一个朔望月内有两个极大值和极小值。根据 57—74 年的天文年历资料统计, 朔发生在初一, 上弦发生在初七至初九(个别发生在初十), 望发生在十五至十七, 下弦发生在廿二至廿四日, 表 2 中列出的主极大, 主极小和次极大、次极小值的时间基本和望、下弦和朔、上弦的时间相吻合。统计分析表明曲线的变幅差大于三倍的均方误差(σ)(个别曲线大于二倍均方误差)。因此, 可看出月相效应明显存在。

在空间分布方面, 由于按纬度排列的台站记录资料的限制, 我们仅能从余山、拉萨、白家疃地磁台月相效应曲线中粗略地看一下空间分布特征。比余山台纬度高的白家疃台做出的月相效应的幅度偏小, 而基本同纬度的余山台和拉萨台最大变幅差相近。为了检查这种曲线变化形态与某种影响因素的关系, 计算了各台曲线之间的相关系数。三个台站的月相效应曲线相关系数分别为 $r_{1,2} = 0.83$, $r_{1,3} = 0.59$, $r_{2,3} = 0.59$, 自由度 $30-2=28$, 查置信水平为 5% 时相关系数理论值 $r_{0.05} = 0.361$ 。看来, 这三条曲线的相关是显著的。月相的影响可能是控制日变幅随纬度变化因地而异的一个因素, 这在一定程度上说明受同一场源的作用。但由于这三个台站基本上还属中纬度的台站, 还必须研究高纬度和低纬度的台站资料, 才能搞清楚月相影响的空间分布规律。

表 2

台站名	项目	主极大	主极小	次极大	次极小
	日期	十六	廿三	初三	十一
	幅值	30.5γ	25.1γ	30.5γ	27.8γ
余山台	全年平均	5.4γ		2.7γ	
	极静日平均	5.9γ		3.4γ	
	夏季	7.7γ		4.5γ	
	冬季	6.2γ		2.9γ	
	春秋季	3.4γ		1.9γ	
拉萨台	日期	十九	廿五	初一	初六
	幅值	27.5γ	23.4γ	27.2γ	25.3γ
	变幅差	4.06γ		1.9γ	
白家瞳台	日期	十七	廿三	初六	十二
	幅值	22.0γ	19.6γ	22.0γ	20.0γ
	变幅差	2.4γ		2.0γ	

按贾普曼 (Chapman) 和巴特尔斯 (Bartels)^[3] 所述, 考虑地磁场的季节性变化时 12 个月应分成冬季: 1、2、11、12 月; 春秋季: 3、4、9、10 月; 夏季: 5、6、7、8 月. 图 1 中 6、7、8 是余山台不同季节的变化曲线. 夏季变化幅度大, 最大变幅差为 7.7 伽马. 冬季居中, 春秋季变化幅度最小. 因此, 月相效应也和太阴日半日周变化一样因太阳位置的关系而有季节变化.

比较余山台 1950—1959 年和 1966—1974 年的月相效应, 可以发现 50 年代比 60 年代以后的变化幅度大. 由此可见, 月相效应还可能有一个长期变化.

由以上粗略分析可以看出, 月相效应有与太阴日半日周的变化规律相似的时空分布规律.

(二) 磁扰对月相效应曲线的影响

比较图 1 中 2、4 曲线, 看出用极静日和静日做出的月相效应曲线有很好的一致性, 两曲线变幅差相差值均在 1 伽马以内, 相关系数 $r_{2,4} = 0.93$. 再比较图 1 中 4、5 曲线, 用扰静日做出的日变幅随月相的变化曲线, 不能很好地反映月相效应. 磁扰可能使某些日期的日变幅统计平均值增大 (或减小), 尤其使廿四和廿五日的数值增大, 影响月相效应幅度. 用极静日比用十个静日做出的月相效应的幅度大 0.5—1 伽马 (见图 1 中 2、4 曲线和表 2).

由以上分析可得出, 用极静日资料做出的日变幅随月相的变化曲线能很好反映月相效应. 如果统计资料不够也可以用十个磁静日的资料, 做出的结果基本一致, 误差不超过 1 伽马. 说明静日中与月相效应无关的磁扰变化, 因为资料足够多被平均去掉了.

(三) 对月相效应曲线进行谐波分析

月相效应曲线最主要的谐波成份是半月波, 其次是全月波 (表 3). 从表 3 中可看出

表 3

月相效应 曲 线		余 山 (夏季)	余 山 (冬季)	余 山 (春秋季)	余 山 (50—59)	余 山 (50—74)
全 振 幅	半月波 (γ)	6.4	3.1	3.1	3.5	3.5
	全月波 (γ)	1.6	1.5	5.8	2.2	3.5
月相效应 曲 线		余 山 (60—74)	北 京 (57—74)		拉 萨 (57—66)	
全振幅	半月波 (γ)	3.5	1.6		1.4	
	全月波 (γ)	2.2	1.0		1.9	

有五条曲线做出的半月波都比全月波振幅强。如对余山台夏季月相影响半月波全振幅为6.4 伽马, 全月波振幅只有1.6 伽马, 由此可看出, 月相效应曲线具有半月周期性。和太阴日的基本规律是半日周期性一样, 都说明了月球的影响。

不同月相表示了月地和日地两直线交角的变化。交角的不同影响到高空大气的电离作用, 影响到产生 S_g 的电流体系。电离层不断受到月球引力影响的潮汐起伏可能是日变幅产生月相效应的主要原因。此外, 靠近海洋的台站还受海洋潮汐运动产生的电流体系的影响^[4], 这可能是余山台比基本同纬度的拉萨台月相效应更明显的原因。为了说明周期性半月变化的形成, 涉及到电离层潮汐场源的问题, 探讨场源问题不是本文叙述的主题, 但是半月波的潮汐的影响作用是相当明显的。

从以上分析看出, 月相效应确实存在, 基本特征是半月周期性。在一个朔望月里面, 变化曲线有两个极大值和两个极小值。月相效应也和太阴日半日周变化一样具有季节变化和纬度变化。在夏季余山台Z变幅的月相效应最大振幅可达6—8 伽马。在讨论Z变幅变化时, 这是不可忽略的。在研究变化磁场中属于无扰变化的一类周期性变化时, 月相效应造成的半月周期性变化也应予以考虑。

参 考 文 献

- [1] S. Chapman, The lunar diurnal magnetic variation and its change, With lunar distance, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **215**, 161, 1915.
- [2] S. Chapman, 地磁学概要(中译本), 陈志强译, 地质出版社, 1958.
- [3] S. Chapman, J. Bartels, *Geomagnetism*, Oxford at clarendon Press, 1940.
- [4] 陈伯筋, 沿海台站间地磁日变形态相位差的半月周期变化, 地球物理学报, **25**, 1, 45—47, 1982.

LUNAR PHASE-EFFECT ON AMPLITUDE VARIATION OF Z COMPONENT ON MAGNETICALLY QUIET DAYS

丁 鉴 海 黄 雪 翔

(*Analysis and Prediction Center, State Seismological Bureau*)

Abstract

Based on the observational data of three geomagnetic observatories during 10 to 24 years in China, it has been revealed that lunar phaseeffect on Z amplitude variation on magnetically quiet days exists with certain regularity. The basic feature is the half-month periodicity. The amplitude of the lunar phase-effect may reach 2—8 γ in value. It should not be neglected in studying the amplitude variation of Z component.

地 震 学 报
ACTA SEISMOLOGICA SINICA