

通海地磁 Z 分量拟合差及月距平 与云南强震危险性分析*

李树华, 赵小艳

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 对 1986 年以来的通海地磁相对观测 Z 分量月均值资料进行拟合及月距平分析发现, 云南地区 $M \geq 6.0$ 强震发生前, 通海地磁 Z 分量速率变化显著, 具有加速上升或加速下降的变化特征。2009 年 3 月至 2010 年 6 月出现加速上升 48.5 nT 异常变化, 持续时间达 15 个月, 由震例统计及指标显示, 未来 1 年或稍长时间, 云南地区存在发生 6 级左右甚至 7 级地震的危险。

关键词: 地磁 Z 分量; 拟合与月距平分析; 异常特征; 云南地区

中图分类号: P315.72

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2011)03-0262-04

0 引言

云南地区地处印度板块和欧亚板块碰撞带东侧, 新构造运动强烈, 活动断裂发育, 地震频繁发生。云南的地震活动从 1996 年丽江 7.0 级地震后至今已经历了 14 年平静期, 活跃期随时都可能开始, 目前云南 7 级地震危险性进一步增强, 应引起高度重视(皇甫岗等, 2000, 2002)。

云南地震的动力源主要来自于印缅板块向北北东的推挤作用, 当区域内某处的应力应变达到一定程度时, 就可能发生岩体变形, 破裂或沿已有断层粘滑错动, 从而产生地震。在此过程中, 该区域内也有可能出现与孕震伴生的各种物理效应, 如形变、电磁、重力、地下流体等的异常变化(张立等, 2008; 李永莉等, 2002)。

通海地磁台是中国地震局地磁观测 I 类台。1986 年正式投入观测以来, 通海台在历年全国观测资料评比中均取得较好的成绩, 地磁观测数据连续可靠, 为研究地磁与地震的关系提供了有利条件。前人用通海台的地磁资料做了不少的研究工作, 其中, 用地磁特征线法, 计算出通海地磁 H 、 Z 分量的地磁特征线斜率 K 和相关系数 C , 并与邻区地震的对应关系做了研究, 表明异常出现 2 个月内, 发生中强地震的概率可达 93.8%, 提取的地震磁异常对地震的短临跟踪有很好的应用前景(孙维怀, 2008; 李

树华, 石绍先, 2005; 丁鉴海, 1998)。

本文主要分析了云南通海地磁相对观测 Z 分量月均值拟合差及月距平分析的变化特征, 及其与云南地区 6 级以上地震的关系。目前云南第五活跃期可能一触即发, 笔者对通海地磁相对观测资料作深入分析, 希望能找出预测云南强震的方法, 力争用地磁资料捕获大震前的某些异常信息。

1 资料处理

选取 1986 ~ 2010 年通海地磁相对观测 Z 分量资料, 利用 GIS 地震预报分析系统, 首先选用线性拟合方法消除长期漂移变化, 再进行月距平分析处理来消除年变周期, 得到线性拟合差与月距平分析值(付虹, 刘丽芳, 2003; 张立, 唐彩, 2003; 李树华等, 2006)。

(1) 对 1986 年以来的通海地磁相对观测 Z 分量数据进行清理连接, 消除调仪器等造成的影响, 计算得到连续可靠的月均值曲线(图 1)。

(2) 利用通海地磁相对观测 Z 分量月均值资料, 进行线性拟合消除漂移, 即: 由 $Y = a + bx$ 得到线性拟合差曲线(图 2)。

(3) 由图 2 可看到, 通海地磁相对观测 Z 分量月均值曲线, 通过线性拟合后, 还存在年变周期, 为了能够更清楚地突出异常变化, 笔者利用

* 收稿日期: 2010-11-16.

基金项目: 云南省政府十项措施监测预报项目(jcyb-20080601-5, jcyb20080601-4)联合资助.

距平法消除年变周期（图3）。

$$\Delta Y_{ij} = x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

(1)

其中：*j* 为年周期序号；*i* 为取样月序号。

2 异常判定及应震效能

通过线性拟合与距平分析，得到通海地磁Z分量线性拟合差与月距平值曲线的变化动态；以加速上升或加速下降17 nT并持续时间3个月以上为异常判定值，即可得到异常统计及映震效果统计表（表1，2）。

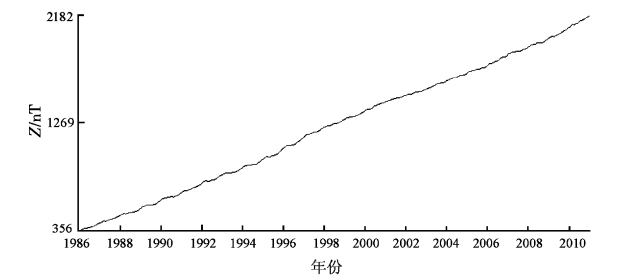


图1 通海地磁Z分量月均值曲线
Fig.1 Monthly mean of geomagnetic Z-component at Tonghai station

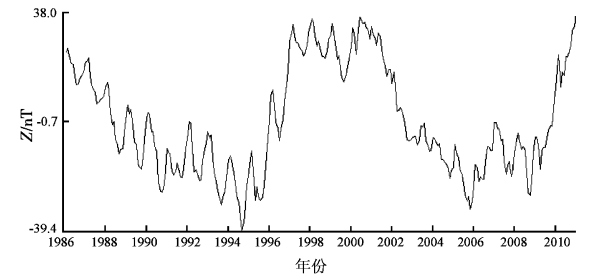


图2 通海地磁Z分量月均值最佳线性拟合差值曲线
Fig.2 Optimum linear fitting residual of monthly mean of geomagnetic Z-component at Tonghai station

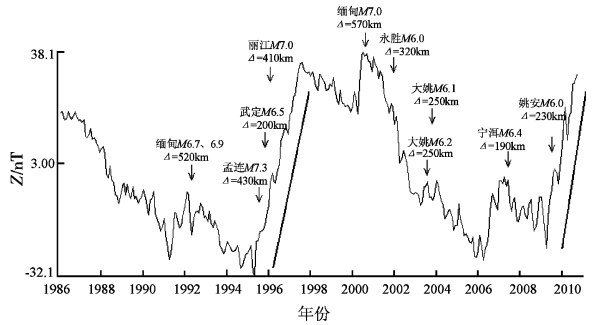


图3 通海地磁Z分量拟合差与月距平值曲线
Fig.3 Linear fitting residual and monthly mean geomagnetic Z-component at Tonghai station

表1 通海地磁Z分量拟合差与月距平值异常映震统计表						
Tab.1 Reflecting earthquake statistic of fitting residual and monthly mean of geomagnetic Z-component at Tonghai station						
序号	异常起止时间 /年-月~年-月	异常持续 时间	异常幅度 /nT	对应地震	震中距 Δ/km	备注
1	1991-03~1992-02	10个月	上升19.5	1992-04-23 缅甸6.7、6.9	520	
2	1995-04~1997-07	2年零3个月	上升67.1	1995-07-12 孟连7.3	430	异常过程中震发震
				1995-10-24 武定6.5	200	异常结束3个月发震
				1996-02-03 丽江7.0	410	
3	2000-03~2000-06	3个月	上升17.7	2000-06-08 缅甸7.0	570	异常结束当月发震
4	2001-05~2003-03	1年零10个月	下降40.1	2001-10-27 永胜6.0	320	
				2003-07-12 大姚6.2	250	异常结束1~4个月发震
				2003-10-16 大姚6.1	250	
5	2006-03~2006-12	9个月	上升28.2	2007-06-03 宁洱6.4	190	异常结束6个月发震
6	2009-03~2009-07	4个月	上升21.8	2009-07-09 姚安6.0	230	异常结束当月发震
7	2009-10~2010-06	9个月	上升40.29	?		

表 2 通海地磁 Z 拟合差与月距平值映震效能百分比

Tab. 2 Reflecting earthquake ability percentage of fitting residual and monthly mean of geomagnetic Z – component at Tonghai station

地震组	异常组	异常对应地震组	有震无异常	对应率	漏报率	概括率
10	7	6	3	86%	30%	60%

3 异常特征分析

由通海地磁 Z 分量拟合差与月距平值曲线(图 3) 可看到, 通海地磁 Z 分量变化可分 4 个阶段:

(1) 1986 ~ 1995 年为下降段。在此过程中 1991 年 3 月 ~ 1992 年 1 月, 出现反向加速上升 19.5 nT 异常变化, 持续时间 10 个月, 异常结束 3 个月后, 1992 年 4 月 23 日发生缅甸 6.7, 6.9 级地震。

(2) 1995 年 4 月到 1997 年 7 月为上升阶段。在这一阶段出现了大幅加速上升 67.1 nT 的异常变化, 持续时间为 2 年零 3 个月, 异常持续时间长, 上升幅度和速率非常显著, 该时段云南地震活动处于第四活跃期, 大地震频繁发生, 即: 1995 年 7 月 12 日孟连 7.3 级、1995 年 10 月 24 日武定 6.5 级、1996 年 2 月 3 日丽江 7.0 级地震。1997 年 7 月 ~ 2000 年 3 月曲线恢复为下降形态, 2000 年 3 ~ 6 月再次出现反向上升 17.7 nT 异常变化, 2000 年 6 月 8 日发生缅甸 7.0 级地震。

(3) 2000 年 12 月到 2006 年 3 月处于又一下降阶段。2001 年 4 月 ~ 2003 年 3 月大幅加速下降 40.1 nT, 下降过程中, 2001 年 10 月 27 日永胜发生 6.0 级地震, 2003 年 3 月出现转折, 4 个月后的 7 月 12 日发生大姚 6.2 级地震, 2003 年 10 月大姚发生 6.1 级地震, 震后恢复下降趋势。

(4) 2006 年 3 月后进入又一个上升阶段。2006 年 3 ~ 12 月加速上升 28.2 nT, 2007 年 6 月 3 日发生宁洱 6.4 级地震震后速率恢复, 持续高值。2009 年 3 月 ~ 2010 年 6 月再次出现大幅加速上升异常变化, 在此过程中 2009 年 7 月 9 日姚安发生 6.0 级地震, 震后异常变化没有恢复, 加速上升变化持续至今。从 2009 年 3 月进入加速上升阶段的速率看, 与 1995 年至 1997 年的大幅加速上升异常变化类似。目前, 云南地震活动即将进入第 5 活跃期, 笔者认为未来 1 年或更长时间, 云南存在发生

6 级甚至 7 级地震的危险。

(5) 由以上分析可以看出, 曲线变化形态存在 10 年左右的大周期变化, 这可能与太阳活动及地磁场本身的变化有关。本文主要观注的是, 在这个周期中曲线的加速、转折、幅度及持续时间的异常变化。云南强震活动将进入第五活跃期, 目前观测曲线出现的加速上升变化, 与云南强震活动第四活跃期的曲线加速上升异常类似。若将曲线再进行斜率分析, 消除大周期的影响, 就会发现目前异常尤为显著(图 4)。

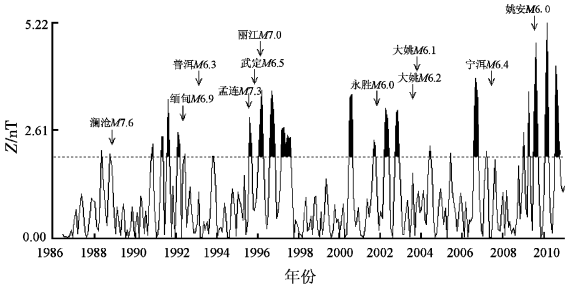


图 4 通海地磁 Z 分量距平与斜率分析曲线
Fig. 4 Analysis curve between the slope and monthly mean of geomagnetic Z – component at Tonghai station

4 认识与讨论

(1) 对通海地磁 Z 分量作拟合差及距平分析, 可以发现主要异常特征为: ① 在下降的背景上出现反向上升或转折, 存在发生 6 级地震的危险; ② 当曲线大幅度加速上升或大幅度加速下降, 变化幅度大于 17 nT, 并且持续时间大于 3 个月时, 可能预示发生 6 ~ 7 级地震的危险; ③ 2009 年 3 月至 2010 年 6 月出现大幅度加速上升, 异常幅度和持续时间已超指标, 预示云南强震活跃期即将到来, 应警惕发生 6 ~ 7 级地震的危险。

(2) 在统计时段内, 云南及周边地区发生 6 级以上地震 10 组, 曲线出现加速变化异常有 7 组,

对应地震 6 组，漏报 4 组，对应率 86%，可见曲线变化与云南及周边地区 6 级以上地震有较好对应。

(3) 在今后的工作中，应加强对该曲线的跟踪分析，关注曲线的变化情况，警惕云南发生 6 ~ 7 级地震的危险，并收集其它地磁台的数据作对比分析，配合云南地震活动及其它前兆学科的异常变化，力争对云南强震活跃期的判断及大震的预报有所贡献。

参考文献：

丁鉴海,1998. 地磁预报地震方法探索[R]. 北京:地震出版社.
付虹,刘丽芳.2003. 云南地区中短期前兆场异常与强震关系研究[J]. 地震研究,26(增刊):95-100.

皇甫岗,石绍先,苏有锦.2000. 20 世纪云南地震活研究[J]. 地震研究,23(1):1-10.
皇甫岗.2002. 对云南地区强震活动规律的认识[J]. 地震研究,25(增刊 B):1-5.
李树华,石绍先.2005. 磁暴 K 指数与云南地区中强震相关性统计分析[J]. 地震研究,28(3):236-238.
李树华,张立,王世芹,等.2006. 2005 年云南会泽、文山市级地震短临预报及再认识[J]. 地震研究,29(3):225-229.
李永莉,蔡静观,刘丽芳,等.2002. 云南地区中强震前的短临前震[J]. 地震研究,25(增刊 B):40-47.
孙维怀.2008. 通海地磁台地磁特征线与邻近地区地震的对应关系研究[J]. 地震地磁观测与研究,29(6):6-16.
张立,唐彩.2003. 宁蒗 6.2 级姚安 6.5 级和永胜 6.0 级地震前地下流体的短期变化[J]. 地震研究,26(增刊):149-156.
张立,赵洪声,刘耀炜.2008. 云南地区水位动态图像的前兆异常特征[J]. 地震,28(2):123-130.

Strong Earthquake Risk Analysis in Yunnan Based on Fitting Residual and Monthly Mean of Geomagnetic Z-component in Tonghai

LI Shu-hua, ZHAO Xiao-yan

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Through fitting and monthly-anomaly analysis of the monthly mean value of the relative geomagnetic Z-component at Thonghai station since 1986, we find an evident variation of velocity of Z-component—accelerated rise or fall before the $M \geq 6.0$ earthquakes in Yunnan. From March 2009 to June 2010, the velocity of Z-component acceleratedly rose for 48.5nT and the duration lasted for 15 months. According to the statistics of earthquake cases in Yunnan and the earthquake-prediction indexes, we conclude that there exists a risk of earthquake with $M6.0$ or even $M7.0$ in one year or some time longer.

Key words: geomagnetic Z-component; fitting and monthly-anomaly analysis; precursory characteristic; Yunnan region