

对承德地倾斜台潮波因子 r 值的分析

王川华 杜锡武 任丽君

(河北省地震局)

摘 要

本文从台址、工作条件、观测精度等方面对承德地倾斜台的观测资料作了较深入的分析,肯定了该台资料的稳定性和可靠性,从而认为1984年9月初—1985年2月初出现的 r 因子“U”型异常变化及随后发生的地倾斜的变化不是仪器因素或环境条件干扰的结果,对它的成因作了一些推测性的模拟解释,认为可能是台站近区断层的一次无震蠕滑事件。

潮汐因子 r 值是表征地球弹性状态的一个物理量。研究 r 因子的变化可以利用它的中误差 M_r 来衡量一个台站的观测精度;还可以利用已达到一类观测精度的资料探索 r 因子的变化与地震孕育过程的关系。

倾斜仪所记录到的潮汐波是由各种周期波叠加而成。半日波(M_2 波)的振幅受纬度和温度潮波(日周期波)影响较小,因此,研究 r 因子以研究 M_2 波为宜〔1〕。在我国范围内,潮波NS向比EW向幅度小,且NS向易受热形变的影响,NS向 r 因子的精度也比EW向低〔1〕。因此,本文仅研究承德台EW向潮汐 M_2 波 r 因子的变化。

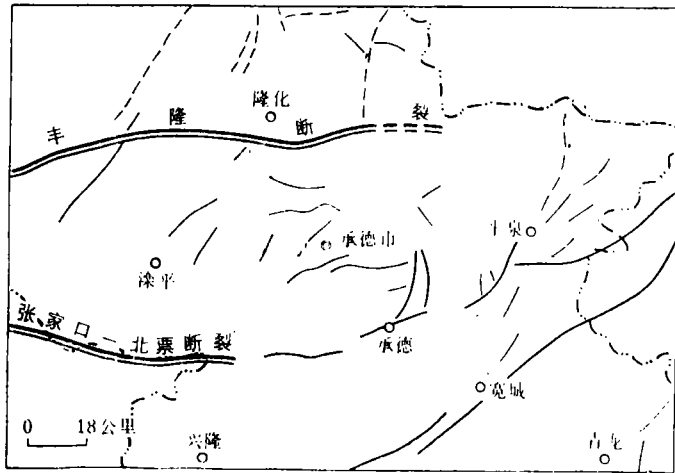


图1 承德地倾斜台的位置及构造图

承德地倾斜台位于 $\lambda E 117^{\circ}.915$, $\varphi_N 41^{\circ}.015$, 该台与周围构造相对位置见图1。该台使用金属水平摆倾斜仪,安置在混凝土仪器墩上。山洞进深62米,复盖厚22米,并有植被(草和小松树),岩性为完整片麻岩。山洞年温差为 $0.1^{\circ}C$,环境干扰小,1980年开始观测,观测资料受降雨、温度及地下水的影响不明显,工作条件良好。

一、处理数据的方法

用维尼迪科夫调和分析方法计算潮汐导纳 r 值和相位滞后及其相应的中误差。我们

参考地震研究所陈光齐编制的“计算M2波潮汐导纳的简便方法之一程序”(N=15)。¹⁾

为分析观测资料的精度，我们还计算了承德台的固体潮畸变中误差。计算公式为：

$$y_i = r * y_{Ti} + D_i + V_i \quad i = 0, 1, 2, \dots, 23 \quad (1)$$

式中： y_i 固体潮汐观测整点值

y_{Ti} 固体潮汐理论值

D_i 低通滤波值

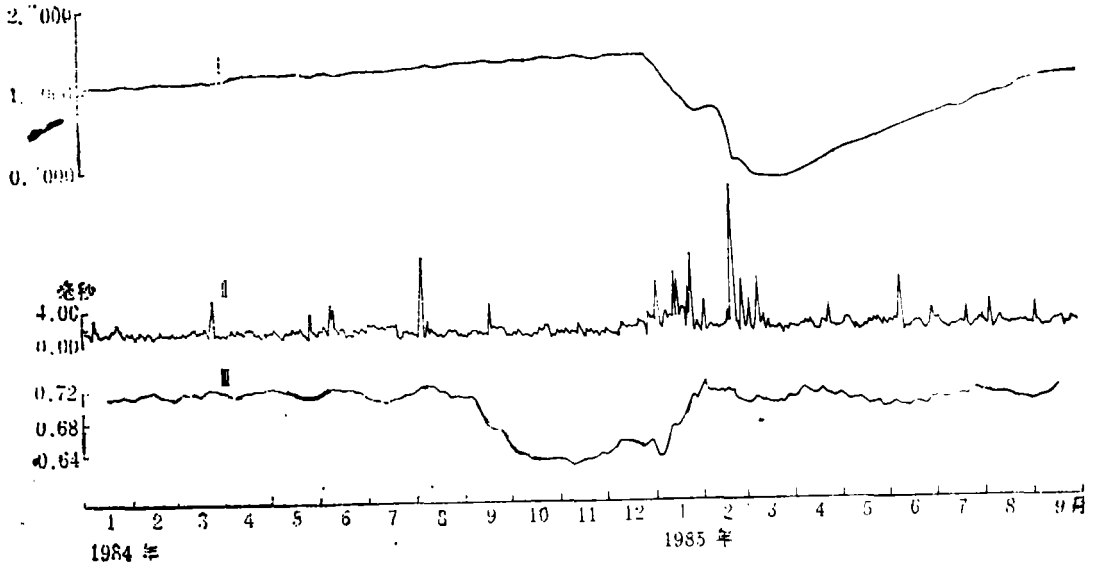


图2a 承德台地倾斜观测结果

I 地倾斜日均值曲线

II 残差中误差曲线

III 固体潮汐r因子曲线

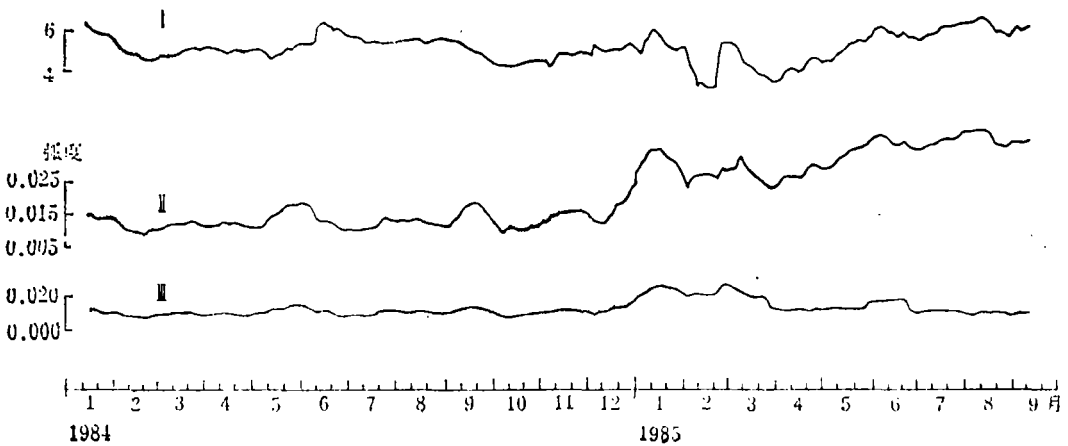


图2b 承德地倾斜台计算处理结果

I 固体潮汐相位滞后 $\Delta\varphi$ 曲线

II 固体潮汐相位滞后中误差 $M\Delta\varphi$ 曲线

III 固体潮汐r因子中误差 Mr 曲线

1) 武汉地震研究所一室编(定点形变连续观测资料处理程序Xpc-1501软件)

V_j 观测噪声

r 用维氏调和分析方法计算的当月潮汐因子。

由(1)式得:

$$V_i = y_j - r * y_{rj} - D_i$$

$$M = \sqrt{[vv] / 23}$$

计算结果见图2a、b、承德台地倾斜观测及计算处理结果。

二、对计算结果的分析

计算结果表明承德台 r 因子变化是稳定的,其中误差基本达到一类观测精度水平。值得注意的是1984年9月初—1985年2月初 r 值出现了一个为期五个月、变幅为 r 正常值的11.1%的“U”型异常变化。

1、承德倾斜仪摆杆方位定向问题

对于相位滞后的差异,摆杆方位角影响的可能性是主要的原因^[3]。该台潮汐相位滞后的变化为 $\Delta\varphi_{\max} = 6^{\circ}.85$, $\Delta\varphi_{\min} = 2^{\circ}.05$, $3^{\circ} > \Delta\varphi > 6^{\circ}$ 的频数仅占总数的11.1%。具体数字统计于表1。

表1

项 目 \ 变 幅	$\Delta\varphi > 6^{\circ}$	$5^{\circ} < \Delta\varphi < 6^{\circ}$	$4^{\circ} < \Delta\varphi < 5^{\circ}$	$3^{\circ} < \Delta\varphi < 4^{\circ}$	$\Delta\varphi < 3^{\circ}$	合 计
频 数	23	114	106	48	14	305
频 率	7.5	37.4	34.8	15.7	4.6	100

由表1可见,承德台倾斜潮波相位滞后的变化差异并不大。说明其仪器摆杆方位定向基本正确,这与1984年用陀螺经纬仪检测结果相一致。

2、仪器工作状况

就仪器而言,格值变化如图3,1984年以来变幅仅 $3'' \times 10^{-3}$ 。可见仪器格值是稳定的。

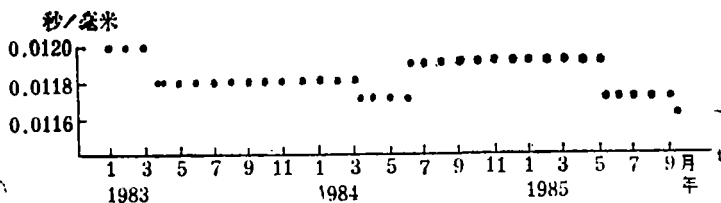


图3 承德台格值曲线图

潮汐畸变中误差 M 的变化(图2a),除局部突变(均属调周期、调平衡、动光源灯等人为因素的干扰及震扰等)外,其余变化均在0.6—3.0毫秒内波动,潮汐畸变也不

大。至于1985年1月至2月M变化较大，突变也多，其原因一方面是因为1月r值处于恢复阶段，r值变化大导致了潮汐畸变；另一方面，1月至2月倾斜仪记录到地壳形变速率大，调周期和调平衡次数较多。

r因子中误差Mr变化情况列于表2（凡被处理的资料全部参加统计）。

表 2

项 目	Mr变幅			合 计
	<0.010	0.011—0.020	>0.020	
频 数	217	69	19	305
频 率	71.2	22.6	6.2	100

表中可见Mr变化在≤0.020范围波动的频数占全体总数的93.8%，由文献（1），可知承德台观测资料的精度达到了一类标准（Mr≤0.020）。

除异常段外，r因子的变化也是小的。将计算资料分为异常段前后（异常段除外）、两部分进行统计（因为异常前、后r值变化的稳定性水平不一致）列于表3和表4。以直方图4表示，用X²检验，参数的极大似然估计值为： $\hat{\sigma}_1^2 = 2.30 \times 10^{-5}$ ， $\hat{\mu}_1 = 0.719$ ，

表 3 1984年1月1日—1984年9月8日

项 目	r变幅						合 计
	0.706~0.709	0.710~0.713	0.714~0.717	0.718~0.721	0.722~0.725	0.726~0.729	
频 数	3	14	30	34	27	11	119
频 率	2.5	11.8	25.2	28.6	22.7	9.2	100

表 4 1985年1月22日—1985年9月30日

项 目	r变幅								合 计
	0.693 } 0.696	0.697 } 0.700	0.701 } 0.704	0.705 } 0.708	0.709 } 0.712	0.713 } 0.716	0.717 } 0.720	>0.720	
频 数	13	14	23	22	23	11	9	3	118
频 率	11.0	11.9	19.5	18.7	19.5	9.3	7.6	2.5	100

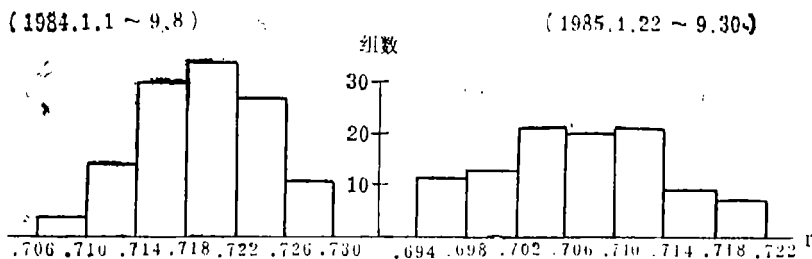


图 4 承德台固体潮r因子频数直方图

$\hat{\sigma}_2^2 = 5.65 \times 10^{-5}$ $\hat{\mu}_2 = 0.707$ ，在置信水平 $\alpha = 0.005$ 下它们分别服从 $N(\hat{\mu}_1, \hat{\sigma}_1^2)$ ，

$N(\hat{\mu}_2, \hat{\sigma}_2^2)$ 正态分布。我们认为当应变积累在地球弹性极限范围内时，同一地区 r 值的波动大小主要和观测质量有关，其变化规律应符合正态分布。

综上所述，承德地倾斜台观测资料是可靠的，前面提及的“U”型异常是存在和可信的。

3、“U”型异常为非震异常

从参考文献〔4〕提供的两个实例：1983年11月7日菏泽5.9级地震前（震中距约200KM）泰安台EW分量 r 值相对正常值有1.7%的系统偏离，持续4个月，震后即恢复。另一个例子是苏联拉蒂尼娜提供的离台站20KM的一次中强震震前，由于断层带弹性特征的改变，导致M2波振幅减小6%。可见震前 r 值发生变化的事实是有的。文献〔4〕指出，地震前可能观测到的 r 值变化幅度按 $R^{-5/2}$ （ R 为震中距）衰减。由此，承德台记录到的 r 值偏离正常值的11%的变化，反算结果为：离该台大约70KM处有相当6级地震应力积累的背景。可是“U”型异常早在2月初就基本恢复，稳定在比原 r 正常值小1%的水平上，直至今日并未发生与其对应的地震。由此可见，该异常为非地震异常。

这个异常变化的成因是什么呢？下面根据有关岩石实验结果及参考文献提供的资料给予粗略的模拟解释。

岩石一般并不是严格地服从虎克定律，在外荷作用下，增大外荷过程中，岩石内部将陆续出现不可逆的塑性变形，而且这种变形随外力的增加而增加，因此，岩石的变形模量和泊松比都不是常数〔5〕

滕井阳一郎根据30个震例归纳出一条应变积累阶段性特征曲线（图5）。将承德台 r 因子异常变化分成几个阶段与此曲线相对应。见示意图6。

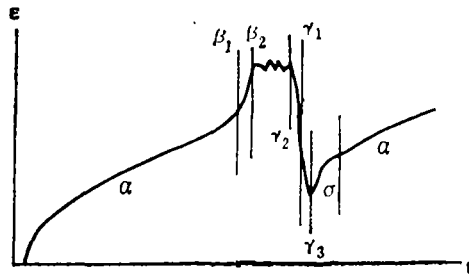


图5 应变积累阶段特征图

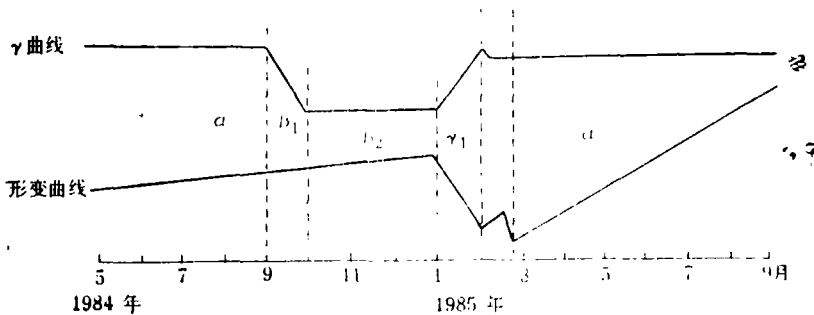


图6 r因子异常变化阶段特征示意图

该台1984年9月初以前为 α 阶段，应变积累缓慢且均匀，地壳受力状态在其弹性极限范围内，地壳弹性系数不变，故 r 值变化稳定。

1984年9月初—1984年10月中为 β_1 阶段，应变积累加速，导致断裂带弹性特征改变， r 值系统地偏离正常值11%。

1984年10月中至1985年1月初为 β_2 阶段，应变速度缓和在新的应力积累状态下， r 值变化也相对稳定。

1985年1月初至1985年2月初为 r_1 阶段，当应力积累继续增加，即达到克服断层粘滞力状态，产生了断层蠕滑，同时倾斜仪也记录到了地面向W倾斜的变化。由于断层的蠕滑，应变能被释放，介质的应力积累状态回到了弹性极限以内， r 值随之恢复。因为地壳是个非完全弹性体， r 值不可能完全恢复到原来水平。恢复后的 r 值比初始正常值小1%。

1985年2月初至1985年9月为新的 α 阶段， r 值在新的正常值上下波动。

上述是我们对承德地倾斜台 r 因子异常变化所作的模拟解释，如果有更多的资料作为旁证，问题就更为清楚。将这个确实存在的异常变化的成因搞清楚，对区别真假地震异常很有益。

(1986年1月20日收到初稿)

参 考 文 献

- [1] 李平等，我国几类地倾斜台站测定 r 值精度及其分析，地壳形变与地震，2，1982。
- [2] 李旭东，倾斜固体潮因子 r 值外精度初析，形变台站通讯，1，1985。
- [3] 李平、李旭东等，摆杆定向对测定倾斜潮波振幅和相位的影响，地壳形变与地震，1，1984。
- [4] 吴翼麟，倾斜固体潮振幅因子 r 值动态变化的物理意义，地壳形变与地震，2，1985。
- [5] 北京地质学院工程地质教研室编，土质学，中国工业出版社，1962。
- [6] 中国科学院地球物理研究所第三研究室实验组，单轴压力下岩石破裂的初步研究，地球物理学报，19，4，1976。