

研究简报

乾县和西安台地倾斜固体潮分析及 其构造解释的研究^{*}

张 惠 玲

(中国西安 710068 陕西省地震局)

主题词 地倾斜固体潮 乾县台 西安台

1 台站基本情况

乾县台位于西安西 80 km 的石灰岩山上, 座落在北东东向断裂下盘, 南侧是东西向渭河盆地。洞深 60 m, 年温差小于 0.2°C, 使用仪器为石英摆倾斜仪, NS 和 EW 向格值都为 0.001"~0.002"/mm。1982 年 7 月正式投入观测, 观测质量多次获得全国评比第一名。西安台北距西安市约 30 km, 山洞位于秦岭花岗岩山体内, 洞深 17 m, 年温差小于 1°C, 两分向格值也在 0.001"~0.002"/mm 之间, 1982 年投入正式观测。二台站的地理位置见图 1。

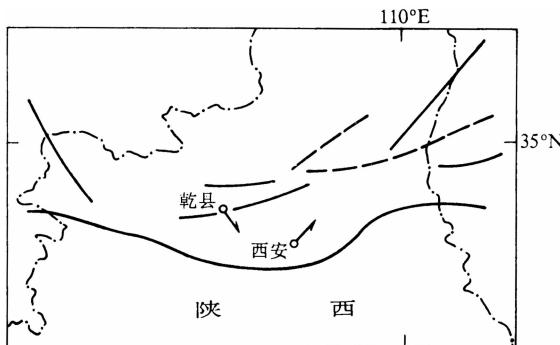


图 1 陕西省乾县台和西安台的地理位置图

2 潮汐观测结果

潮汐计算, 乾县台使用 1983~1994 年共 12 年的观测资料, 西安台使用 1990~1995 年连续记录 5 年的观测资料。为保证计算精度, 先用平滑检验程序进行粗检, 消除随机错数, 然后用 Nakai 拟合检验程序对 48 小时记录进行质检, 以区别出质量不好的时段在调和解算时舍弃。

图 2 示出乾县台 1983~1994 年逐月潮汐波因子 O_1 , K_1 和 M_2 波的变化。由图可见, 3 个波在 12 年的变化是稳定的, 全部围绕在均

值附近变化, 无趋势性倾向, 说明结果是可靠的。个别值超出二倍均方值误差, 属偶然因素引起, 在以后计算长序列调和解时舍去。3 个波中只有 K_1 波有年周期变化, 这是和 K_1 波可能受热弹性形变的影响相一致的。 K_1 波乾县台只有 EW 向有年变化, 幅度约 0.6 左右。西安台 NS 向和 EW 向都有年变化, 但位相相反, 幅度为 0.6~1.0, 可能和该台的温差较大有关。二台潮汐波因子的多年月平均值见表 1。由表 1 可见, 乾县台的 O_1 波和 K_1 波较西安台大, 而 M_2 波较小。二台 O_1 波的方差都最小, 只有千分之几, M_2 波

* 1996-01-23 收到初稿, 1996-06-04 收到修改稿, 1996-06-06 决定采用。

次之，约1%~3%， K_1 波较大，约4%~6%。可见，3个波的观测精度都很高。

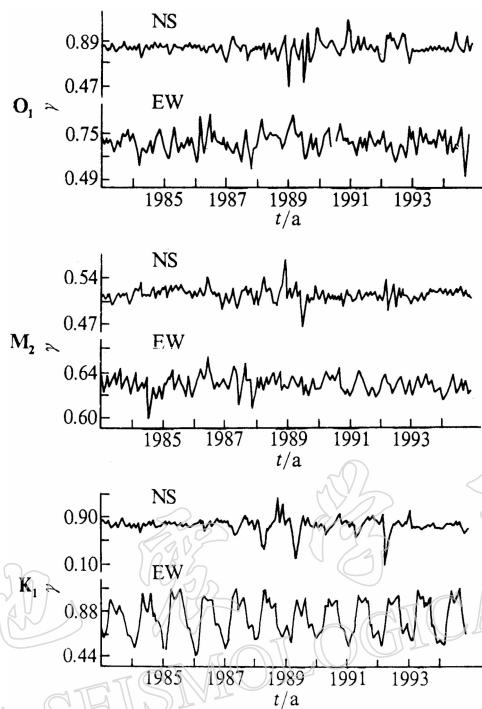


图2 乾县台逐月潮汐因子

表1 各种计算结果对比

	分量	波名	月均值	均方差	年均值	长系列	平均值	极差
乾 县 台	NS	O_1	0.839 0	0.001 5	0.835 4	0.831 9	0.835 4	1.1%
		K_1	0.781 0	0.039 0	0.774 7	0.773 4	0.776 4	1.0%
	EW	M_2	0.517 8	0.010 2	0.516 8	0.516 8	0.517 1	0.2%
		O_1	0.713 0	0.000 8	0.711 0	0.710 7	0.711 6	0.3%
	NS	K_1	0.822 3	0.037 5	0.815 0	0.814 4	0.817 2	1.0%
		M_2	0.629 2	0.008 5	0.627 9	0.627 8	0.628 3	0.2%
西 安 台	NS	O_1	0.579 7	0.004 5	0.569 8	0.568 1	0.572 5	2.0%
		K_1	0.663 5	0.064 5	0.565 1	0.566 1	0.598 2	16.4%
	EW	M_2	0.734 5	0.029 0	0.730 6	0.730 9	0.732 0	0.5%
		O_1	0.719 2	0.007 9	0.728 5	0.724 5	0.724 1	1.2%
	NS	K_1	0.760 3	0.051 9	0.756 5	0.755 3	0.757 4	0.7%
		M_2	0.739 2	0.027 5	0.737 5	0.736 4	0.737 7	0.4%
模型Ⅱ理论值			$O_1 = 0.686$		$M_2 = 0.685$		$O_1/M_2 = 1.001$	

逐年和全序列(又称长系列)的调和解算结果也列于表1。由表可见，月、年和长系列调和解算的 O_1 、 K_1 和 M_2 潮汐因子平均值都很接近，乾县台极差最大，只有1.1%；最小为0.2%。西安台除NS向 K_1 外，极差都小于2.0%。

3 非潮汐曲线动态特征分析

将固体潮观测曲线扣除固体潮影响, 其剩余曲线称为非潮汐曲线或漂移曲线, 其中包含了地倾斜变化等非潮汐信息。为了突出地面倾斜运动的短周期变化, 消除气象因素等干扰, 进一步进行了去倾和消除年变化, 最后的曲线我们称之为非潮汐残差曲线。

按年度对逐月月漂值用最小二乘法拟合, 得逐年月漂移量 K , 年变振幅 A 和年变初始位相 B , 如表 2 所示。由表 2 可见, 乾县台 NS 向为负漂, 且绝对值有减小趋势, 由 1984 年的 $65.15''$ 下降到 1994 年的 $24.75''$; EW 向 1989 年由负漂变成正漂。西安台月漂移两分向基本都为正值, 绝对值 NS 向有增大趋势, EW 向有减小趋势。二台相比, 西安台月漂移量和年变振幅都较乾县台大。为比较乾县台和西安台漂移的合成矢量方向, 对二者共同计算的时段(1990~1994 年)的月漂移值进行总体拟合, 求得的乾县台年漂移总量为 NS 向 $-0.25''$, EW 向 $0.19''$, 二者的合成矢量方向为 $S37^\circ E$; 西安台为 NS 向 $0.37''$, EW 向 $0.44''$, 二者合成矢量方向为 $N43^\circ E$ 。二台的合成矢量共同指向渭河盆地, 与台站所处断层盘继承性的上升相一致(如图 1 箭头所示)。

表 2 月漂移量和年变参数

	NS 分量			EW 分量		
	K	A	$B/(\text{°})$	K	A	$B/(\text{°})$
乾 县	1983	-122.70	73.9	5.9	-115.71	103.5
	1984	-65.15	25.4	337.9	-38.05	65.2
	1985	-49.47	31.5	289.4	-2.50	96.9
	1986	-49.13	59.1	266.2	-19.08	117.2
	1987	-28.65	23.8	253.5	-30.04	101.8
	1988	-24.30	37.1	278.3	-4.42	94.5
西 安 台	1989	-44.22	30.7	277.4	9.47	110.4
	1990	-34.06	22.2	262.6	25.82	87.6
	1991	-27.58	22.4	281.7	3.16	74.8
	1992	-21.94	24.4	207.0	11.15	105.6
	1993	3.44	72.7	226.6	16.68	119.2
	1994	-24.75	67.8	182.0	21.23	102.4
西 安 台	1990	8.00	456.0	275.3	57.33	265.6
	1991	9.53	516.4	269.8	57.36	74.4
	1992	50.38	397.6	273.9	22.00	208.5
	1993	47.47	448.1	264.6	16.92	138.6
	1994	-22.12	455.9	264.8	26.79	220.3
						104.3

乾县台和西安台非潮汐残差曲线见图 3。如图所示, 乾县台 NS 向和 EW 向残差曲线的变化形态相同, 总的趋势是 80 年代前几年和 90 年代前几年残差值高, 1988 年前后由趋势性下降转为趋势性上升, 1992 年前后上升速率增大。西安台两分向的残差变化呈反向变化, 在 1992 年初 NS 向由下降变为上升, EW 向由上升变为下降, 1993 和 1994 年还有次一级小转向变化。

4 讨论和结论

4.1 潮汐因子反映的地壳横向不均匀性特征

根据理论研究和实例分析, 同一台站不同分量观测的倾斜固体潮汐因子可能受地质构造和深大断裂等横向介质不均匀性影响, 使实测结果与理论值出现偏离; 反过来, 我们也可以用实际观测值与理论模型计算结果的差异去推测地下介质横向不均匀性变化。表 1 最后一栏列出了按照莫洛金斯基地核模型 II

计算的 O_1 波和 M_2 波的理论值以及 O_1 波对 M_2 波潮汐因子的比值。对比乾县台和西安台的实际观测和理论值发现，二者 NS 向都与理论值有较大差别。NS 向乾县台 O_1 波比理论值大 21%，西安台小 17%，乾县台 M_2 波比理论值小 25%，西安台大 15%；而 EW 向二台两个波的观测值与理论值差异都小于 10%。同时 O_1/M_2 乾县台 NS 向观测值比理论值大 0.6，而 EW 向仅大 0.1；西安台 NS 向观测值比理论值小 0.2，而 EW 向几乎相等。如前所述，乾县台工作状态是良好的，陕西又远离海洋，因此 O_1 和 M_2 波 NS 向观测值显著与理论值不同，显然不是由仪器问题和海潮影响所引起的，而是地壳构造横向不均匀性的反映。

局部地质环境的影响还可以从潮汐因子周日波和半日波的比值差异来研究。 O_1 波与 K_1 波平均值与 M_2 波差，乾县台 NS 向为 0.29，EW 向为 0.14；西安台 NS 向为 -0.15，EW 向为 0.00。可见，乾县台和西安台地区有强烈的南北向地壳不均匀性。

众多的地质资料和地球物理资料说明陕西中部存在显著的南北向不均匀性。乾县台和西安台所在的渭河盆地总体走向为东西向，深大渭河断裂从中通过，深部地幔高隆，深度只有 30 几公里，而南北两侧的秦岭地槽和鄂尔多斯地台下的地幔则深于 40 km。另据地磁垂直分量测量资料，乾县和西安的地磁短周期变化反向，反映其间存在有东西向高电导率异常带（杜兴信，麻水歧，1987）。这些证据都支持地倾斜潮汐因子分析揭示的横向不均匀变化。

4.2 非潮汐曲线反映的地壳运动变化

多年的零漂曲线和非潮汐残差曲线表现出两个共同特征，即在 1988 和 1992 年前后发生的明显方向和速率的变化。如前所述，乾县台非潮汐曲线月漂值在 1988~1989 年间 EW 向由负漂变为正漂，残差曲线在 1988 年前后由下降变为上升；西安台残差曲线在 1992 年 NS 和 EW 由相互靠拢到离散，此后短周期变化增多。与此相应，乾县台残差曲线在 1992 年前后上升速率增大。这两个转折时间正是中国大陆区域应力场和陕西局部应力场发生变化的时候。许多学者认为，1988 年澜沧 7.6 级地震标志着中国大陆地震活动进入一个新的活跃期，说明此时发生了大的区域应力场变化。因此，乾县和西安台地倾斜变化的一个可能解释是，1988 年的转向是区域应力场变化的一种反映。至于乾县台和西安台 1992 年的变化，我们认为可能与陕西及其邻区的局部应力场变化有关。在 1992 年前，年频次存在一个以两年为周期的稳定变化，1992 年后周期消失，年频次居高不下。此期间陕西地震活动水平显著增高，发生十几次 $M_L \geq 3$ 地震。与此同时，陕西双王井水位等一批前兆也在 1992 年发生显著转折，由趋势性下降变为上升或由趋势性上升转为下降。

唐九安高级工程师在计算中给予了大力帮助，杜兴信研究员对本文提出许多有益建议，在此一并表示衷心感谢。

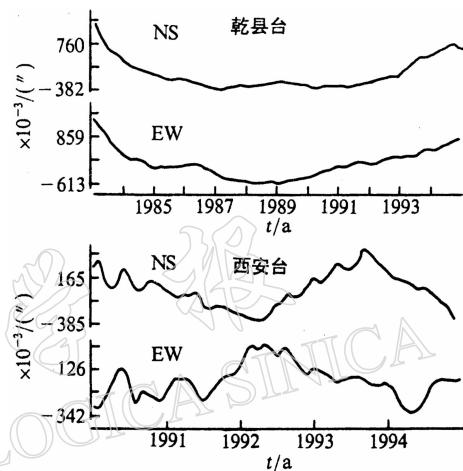


图 3 非潮汐残差曲线

(a) 乾县台；(b) 西安台

参 考 文 献

- 杜兴信，麻水歧，1987. 陕西地区地磁异常。地球物理学报，30(1): 52~60
唐九安，常千军，张幼敏，等，1995. 甘肃省东部地区的潮汐测量结果及其地球动力学意义。地震，(3): 252~259