

58-63

天文环境因素对青海地震的影响

张晓东 张雅玲
(青海省地震局)

P 315.2

摘 要

本文较详细地讨论了地球自转、太阳黑子和月相对青海地震的影响,另外还讨论了地震发生的优势时间分布以及月近地台星与地震的关系,其结果表明,天文环境对青海地震的影响是不容忽视的,应该引起人们的注意。

主题词 天文环境;青海地震

引 言

地震是很复杂的自然现象,用单纯的线性或随机的模型和假定进行分析研究是不够的。目前,人们意识到地震是一种远离平衡态的突变现象,它是天地多层次系统相互作用和演化发展过程中的自然现象。在地震孕育过程中,当孕震系统发展到临界状态时,它对外界的涨落极为敏感,而这些外界的涨落的主要因素之一是天文环境因素的变化,包括地球自转、地球大气圈、岩石圈与更下部的地幔和地核的运动变化、月相的影响和太阳活动的影响,以及日、地、月相关作用的影响等。

三十年代李四光教授就注意到地球自转与构造体系的关系问题。后来一些学者对天文环境因素与地震的关系进行了较为深入的研究^[1-7]。青海地处青藏高原构造块体的北部边缘,地震活动有频次高、强度大、分布广的特点,这一地区的地震受何种天文因素的影响,其受天文环境因素影响的共性和个性特点等都是人们十分关心的。

地球自转的影响

地球自转速度的变化可用下式表示:

$$r_b = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$$

ω 是地球自转角速度, ω_0 是 ω 的平均值, r_b 为自转速度的相对变化。表 1 是日长周年的相对变化观测值和按震级 (M_L) 分档计算的逐月地震次数 (N)。表 1 表明青海省 7.0 级以上地震皆发生在地球自转减慢即日长相对增长的月份。分别取 $2.0 \leq M_L < 3.0$ 、 $3.0 \leq M_L < 4.0$ 、 $4.0 \leq M_L < 5.0$ 、 $5.0 \leq M_L < 6.0$ 地震进行统计,其结果表明这些地震基本不受地球自转速度快慢的影响,自然概率值同地震实发概率值相等。表 2 中的统计数据明显地反映了这一点。自转减慢段的自然概率是根据一年中自转减慢段共有 7 个月(1,2,3,4,5,11,12 月),其自然概率是 $7/12=58.3\%$ 来计算的,相应的自转加快段的自

1991 年 7 月收到本文初稿,同年 8 月决定采用。

然概率 $5/12=41.7\%$, 本世纪以来青海省 $M_L \geq 7.0$ 地震在自然减慢段中共发生了 8 次, 占 100%, $6.0 \leq M_L < 7.0$ 地震在自转减慢段发生了 29 次, 占 69.0%, 超过自然概率 10.7%, 其它震级段的地震在自转减慢段的概率皆在 58.3% 左右, 平均为 58.4%。因此, 在青海地区地球自转影响 6.0 级以上的地震, 7.0 级以上地震受影响更大, 而且是在自转减慢月发震。本文结果是统计了青海省本世纪以来有记录的地震, 应用的是青海省地震目录并用国家地震局地球物理研究所的全国台网观测报告以及陕、甘、宁、青四省区地震目录进行了校对。

表 1 不同震级地震频次按月的分布

月 N M _L	月											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	2	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
1	23	54	43	45	47	48	32	39	36	22	35	61
2	140	170	160	153	151	166	160	187	125	168	173	177
3	64	68	110	63	68	77	50	97	64	89	69	89
4	28	21	19	26	42	22	22	29	34	31	35	27
5	20	9	11	9	24	14	13	29	9	10	13	15
6	6	2	6	6	5	3	2	4	3	1	2	2
7	2	0	1	2	1	0	0	0	0	0	2	0
日长周期 相对变化 观测值	-22	-16	-30	-47	-36	10	63	84	57	3	-30	-34
7 级 2 月平均	1.0	1.0	0.5	1.5	1.5	0.5	0	0	0	0	1.0	1.0

表 2 地球自转速度季节性变化与不同震级地震的关系

地球自转速度		自转减慢		自转加快	
实际发生地震 次数和几率 震级 (M _L)	自然概率	58.3%	平均	41.7%	平均
		7.0	8 100%	84.5%	0 0
6.0	29 69.0%			13 31.0%	
5.0	101 57.4%			75 42.6%	
4.0	198 59.9%		58.4%	138 41.1%	41.6%
3.0	536 58.7%			377 41.3%	
2.0	1141 58.6%			806 41.4%	

另外, 我们统计了自转加快和减慢年中青海地震的活动特点, 表 3 的统计结果表明, 小于 6.0 级的地震基本上符合发震的自然概率, 而 $6.0 \leq M_L \leq 6.9$ 的地震大大偏离了自然概率, 自转加快年的发震概率大于自转加快年的自然概率 $0.67-0.44=0.23$, 自转减慢年的发震概率小于自转减慢年的自然概率 $0.56-0.33=0.23$, 即青海地区 $M_L=6.0-6.9$ 的地震在自转加快年比自转减慢年容易发震。这同傅征祥等的讨论是一致的。但是青海地区 7 级以上地震皆发生在自转减慢年(截止到 1986 年统计, 共 5 次 7 级以上地震, 应用

《中国强地震简目》), 发震概率 100% (表 3)。

表 3 不同震级地震与地球自转年变化的关系

震级 (M_L)	自转加快时几率	自转减慢时几率
4.0—4.9	0.50	0.50
5.0—5.9	0.50	0.50
6.0—6.9	0.67	0.33
7.0—7.9	0.00	1.00
自然概率	0.44	0.56

综上所述我们得到以下几点结论: 1. 青海省 M_L 6.0—6.9 地震多发生在地球自转加快年中自转减慢的月份; 2. 青海省 7 级以上地震皆发生在地球自转减慢年中自转减慢的月份; 3. 小于 6.0 级的地震受地球自转的影响不甚明显; 4. 对于地震预报来讲, 1、2 两种情况就显得相当复杂, 但在地球自转加快年中报 6.0—6.9 级地震, 在地球自转减慢年报 7.0 级以上地震(当然要结合地震前兆异常)是可行的。

月相的影响

本文统计了青海 $M_s \geq 6.0$ 地震(截止到 1976 年)按农历分布的日频次(图 1(a)), 图中表明地震发生的高潮时段在农历十八至下月初五这一段。而这一段正好是月亮和太阳在地球一侧的时候。其原因我们认为, 当月亮和太阳位于地球一侧时, 太阳的引潮力和月亮的引潮力方向一致, 总引潮力增强, 对于触发地震较有利。青海省 $M_s \geq 6.0$ 地震在望月附近(初六至十七)发生的地震相对来说大大减少, 这一时段正是太阳和月亮分别位于地球两侧的时候, 太阳引潮力同月亮引潮力相消, 调制和触发地震的能力较弱。为了进一步说明上述的论点, 我们进行如下说明: 农历初六至十七的 $M_s \geq 6.0$ 地震次数占总次数的 21%, 农历十八至下月初五的 $M_s \geq 6.0$ 地震次数占总次数的 79%, 两者之比为 1:3.8, 而发震自然概率之比为(初六至十七为 12 天, 十八至下月初五为 18 天)1:1.5, 可见远远超过了自然概率。据此可以认为当孕震系数演化到临界状态时, 除月亮的潮汐应力外, 太阳这一远小于月亮的潮汐应力也起很大的作用, 这同混沌的、非线性理论中的

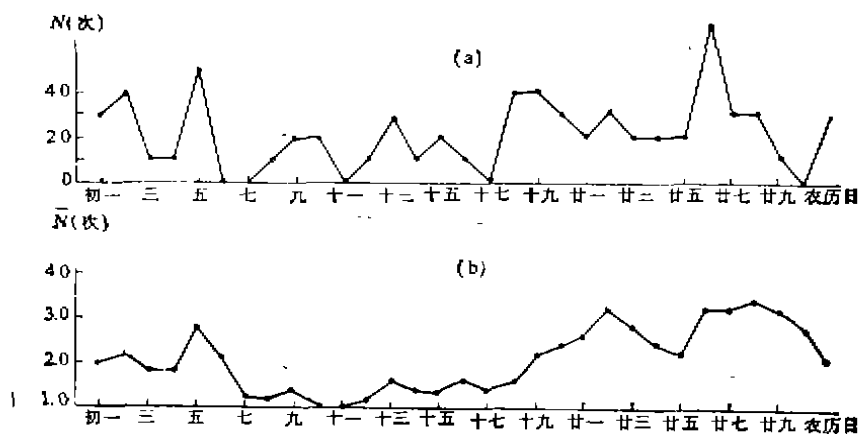


图 1 (a) 按农历分布的地震日频次曲线 (b) 按农历分布的地震日频次 5 日滑动曲线

涨落在临界状态时放大的原理是一致的。

另外, 考虑到地球不是理想弹性体, 受到应力的作用后, 当应力解除后总有一段弛豫时间, 我们进行了 5 日滑动平均(图 1(b)), 上述特点从图中更能明显地显示出来。

每日发震时间的分布规律

图 2 为青海省 $M_s \geq 5.5$ 的地震在每日 24 小时的分布图, 发震几率高的时辰为 3, 5, 6, 7, 13, 15, 17 和 21 时, 共 8 个小时, 占全天的 33%, 但发生地震的次数占全天的 59%。对于 $M_s \geq 6.0$ 地震, 发震概率高的时辰为 3, 5, 15, 17 和 21 点, 共 5 个小时, 占全天的 21%, 但发震次数占 50%。因此在每天中, 发震的时辰具有优势分布。

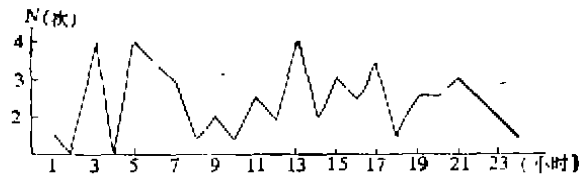


图 2 各时辰地震频次分布

太阳黑子活动的影响

太阳黑子活动是太阳活动的主要标志。太阳黑子活动主要有 11 年和 22 年的周期, 这两个周期在许多地区的地震活动性中都有反映。青海及邻近地区的 12 次大震, 除 1920 年的海原 8.5 级大震外, 其余 11 次皆发生在太阳黑子活动的最高年或最低年以及前后一年内(图 3), 图中太阳黑子相对数即沃尔夫黑子数 $R = k(10g + f)$, 其中 g 为日面上观测到的黑子群数目, f 为观测到的单个黑子的总数, k 为换算因子。发震几率为 $11/12 = 0.92$ 。发震的自然概率可由图 3 中太阳黑子活动最高年和最低年以及前后一年的总年数为 48 年, 统计总年数 88 年, 自然概率为 $48/88 = 0.55$ 。而青海省内几次 7.0 级以上大震皆发生在太阳黑子活动最高年和最低年以及前后一年内(图 4), 1990 年 4 月 26 日青海共和 7.0 级地震也发生在黑子活动的最高年或其前后一年内, 这样在此范围内发震 ($M_s \geq 7.0$) 几率为 1.0, 见下面的统计结果(表 4)。表 4 中 m 代表黑子活动一个周期中最低年, M 代表黑子活动一个周期中最高年。从图 4 可以看出, 青海省 $M_s \geq 5.0$ 地震在 1978 年至 1985 年中的历年频次曲线同太阳黑子活动有一定的正相关关系, 后面几年有待进一步检验。

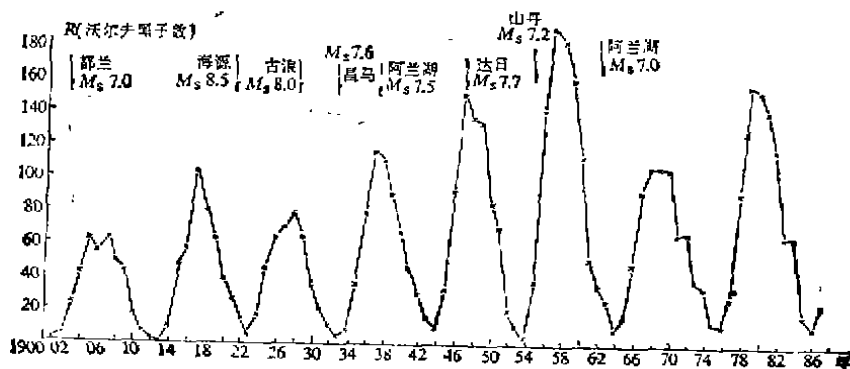


图 3 太阳黑子相对数 (R) 年均值曲线

表 4 青海省 $M_s \geq 7.0$ 级地震与太阳黑子活动关系表

发震时间	纬度	经度	地 点	震级 (M_s)	黑子活动程度(年)
1902.11.4	36°00'	96°00'	都 兰	7.0	m+1
1937.1.7	35°30'	97°36'	阿兰湖	7.5	M
1947.3.27	33°18'	99°30'	达 日	7.7	M
1963.4.19	35°42'	97°00'	阿兰湖	7.0	m-1
1990.4.26	36°07'	100°08'	共 和	7.0	M或M-1

青海地区的地震活动特别是大震受太阳黑子的影响程度很大。统计青海省 6 级以上

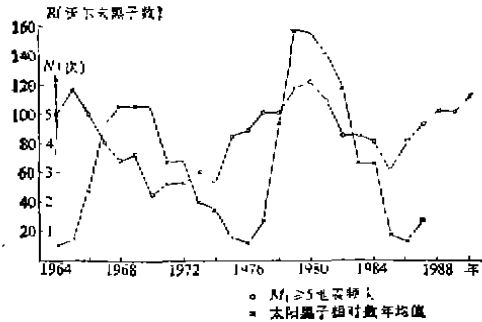


图 4 太阳黑子活动与青海 5 级以上地震关系曲线

地震有 75% 发生在黑子活动的减弱时段,有 25% 发生在黑子活动增强时段,超过减弱时段的自然概率 0.63, 低于增强时段的自然概率 0.37。而全省 5 级以上地震有 80% 发生在黑子活动的减弱时段,有 20% 发生在黑子活动的增强时段。另外,祁连山地震带有 97% 的 5 级以上地震发生在黑子活动的减弱时期,3% 的地震发生在黑子活动的增强时期;唐古拉山地震带 5 级以上地震有 85% 发生在黑子活动的减弱时期,15% 发生在黑子活动的增强时期。因此,青海省 5 级或 6 级以上地震受太阳黑子的影响是可以肯定的。

月近地合星与地震的关系

月近地合星“毕”、“箕”年份,地核大幅度偏移地心;当月球接近会合特征星“轸”、“壁”年份时,地核相对稳定在中心位置(即赤道线上)。应用这一关系计算了青藏高原和全国部分省的 6 级以上地震的分布特征(表 5),应用的是《中国强地震简目》。青藏高原 7 级以上地震 89% 发生在“毕”、“箕”年,而其发震的自然概率为 50%。另外,台湾省的统计结

表 5 月近地合星与地震关系对照表

地区 震级 (M_s)	年份			
	毕 年	轸 年	箕 年	壁 年
青海 ≥ 6.0	10	3	10	11
青海 ≥ 7.0	4	0	0	1
西藏 ≥ 6.5	7	3	16	6
西藏 ≥ 7.0	2	0	8	2
台湾 ≥ 7.0	13	5	12	8
青海、西藏 ≥ 7.0	6	0	8	3
四川 ≥ 6.0	8	14	4	8
四川 ≥ 7.0	2	4	1	0
云南 ≥ 7.0	0	3	4	1
新疆 ≥ 7.0	3	4	3	2
四川、云南 ≥ 7.0	2	7	5	1

果也十分明显(表5)。

从上面的统计可以看出,7级以上地震在青藏高原和台湾省多发生在“毕”、“箕”年份,这些年份正好是地核大幅度偏移地心的时候,有些省的地震受月近地合星的影响不甚明显,如新疆、四川、云南等。

小 结

本文着重讨论了一些天文环境因素对青海地震的影响,从结果来看,这种影响是明显的。前人的研究表明,天文环境的影响有地区性差异,我们的目的就是讨论青海地区的地震,特别是中强或中强以上地震受天文环境的影响,这样才能对青海地区的地震有一个较全面的认识。

参 考 文 献

- [1] 刘德富、黎令仪,太阳活动影响地震的证据,地震科学研究,1,1982.
- [2] 马秀芳,用模式识别方法研究我国地震与太阳活动、地球自转的关系,地震科学研究,4,1984.
- [3] 傅征祥,浅源强震和地球自转速率变化,地震科学研究,3,1981.
- [4] 任振球,河北大地震与朔望关系的剖析,科学通报,10,1982.
- [5] Palumbo A., Lunar and solar tidal components in the occurrence of earthquake in Italy, *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 84, 1, 1986.
- [6] 徐道一等,1985年乌恰7.4级大地震和太阳黑子周期,科学通报,33,2,1988.
- [7] 杜品仁、徐道一,天文地震学引论,地震出版社,12,1989.

EFFECT OF ASTRONOMICAL ENVIRONMENT FACTORS ON EARTHQUAKES IN QINGHAI PROVINCE

Zhang Xiaodong Zhang Yaling
(Seismological Bureau of Qinghai Province)

Abstract

This paper discussed in detail the effect of the earth rotation, sunspot and phase of the moon on earthquakes in Qinghai Province, and also discussed the dominant time distribution of earthquake occurrence as well as the relation between the moon near the earth and earthquakes. The research results show that the effect of the astronomical environment on earthquakes in Qinghai Province should not be ignored, to which the attention should be paid.

Descriptors Astronomical environment, Qinghai earthquake