

特大地震的宇宙环境分析*

杜品仁

(国家地震局地质研究所)

摘 要

本文分析了特大地震与宇宙环境的关系。统计结果表明,中国大陆及其邻区特大地震($M \geq 8$)与地球绕太阳公转明显相关,且多发生在地球自转速度变快时;中国大陆的特大地震与太阳黑子活动、九大行星会合和哈雷彗星回归有一定关系;中国大陆西部及其邻区的特大地震的发生存在明显的18.6年周期。

关键词:特大地震;宇宙环境;太阳活动

一、引言

天文因素与地震活动之间的相关性已得到了越来越多的人的承认和重视^[1]。当把地球或孕震系统作为开放系统时,天文因素与地震之间的关系就是系统与环境的关系。由于特大地震在地震研究中占有特别重要的地位,分析它与宇宙环境的关系,对揭示其发生条件和发展规律,对探讨宇宙环境因素与地震关系的机制,都有重要意义。

二、方法

1. 地震样本和研究区

本文主要分析中国大陆特大地震与宇宙环境的关系。由于中国西部地区和其邻区在构造上有密切关系,也分析了邻区的特大地震活动特征。

在研究中还把中国大陆及其邻区分为三个亚区,即107°E以东地区(A区);107°E以西,35°N以北地区(B区);107°E以西,35°N以南地区(C区),分别研究这三个区域内特大地震的活动特征。

中国大陆的特大地震资料取自《中国地震简目》^[1],西部邻区的特大地震资料取自文献^[2],所分析的全部样本列于表1中。

2. 地震位相的确定

对有明显周期或准周期的天文因素,依据发震时间和周期长度确定地震在相应周期中的位相值($0^\circ - 359.9^\circ$)。这样的天文因素有恒星月(用月球的平黄经 s 表示)、回归年(用太阳的平黄经 h 表示)、朔望月($s-h$)、月球的升交点运动周期(用月球升交点黄经的负值 N 表示)、月球的近地点运动周期(用月球的近地点黄经 p 表示)、太阳黑子周期($S1$)、磁周

* 地震科学联合基金资助(91081)

表1 中国大陆及邻区特大地震目录及其各位相值

序号	时间*	北纬	东经	M	参考地名	亚区	s	h	s-h	N'	P	S1	S2	H	J
1	1303年9月17日	36.3	111.7	8	山西洪洞赵城	A	250.2	171.8	78.4	87.9	190.8	—	—	9.0	357.8
2	1411年9月29日	29.7	90.2	8	西藏当雄	C	337.0	184.4	152.6	17.3	266.8	—	—	153.1	215.0
3	1556年1月23日	34.5	109.7	8	陕西华县	A	91.7	299.8	151.9	280.6	19.3	110.3	235.2	115.8	143.5
4	1604年12月29日	25.0	119.5	8	福建泉州海外	A	21.1	276.3	104.9	155.1	210.5	195.0	277.5	347.0	240.7
5	1654年7月21日	34.3	105.5	8	甘肃天水南	C	207.6	117.5	90.1	33.6	67.0	346.7	353.3	224.9	339.2
6	1668年7月25日	34.8	118.5	$8\frac{1}{2}$	山东郯城	A	322.8	121.9	200.9	304.6	277.2	51.4	205.7	292.2	7.1
7	1679年9月2日	40.0	117.0	8	河北三河平谷间	A	120.8	159.3	321.5	159.3	9.0	5.6	2.8	345.5	29.5
8	1739年1月3日	38.8	106.5	8	宁夏平罗银川间	B	205.1	281.7	283.5	227.0	263.5	188.8	274.4	265.1	148.8
9	1812年3月8日	43.7	83.5	8	新疆尼勒克东	B	291.2	346.1	305.1	202.4	1.2	49.3	24.6	248.9	295.9
10	1833年8月26日	28.3	85.5	8	西藏聂拉木	C	282.4	153.2	129.2	257.5	154.5	348.9	354.4	349.6	339.1
11	1833年9月6日	25.0	103.0	8	云南嵩明杨林	C	66.2	164.0	262.3	250.1	155.7	350.2	355.1	349.8	339.1
12	1879年6月30日	33.2	104.7	8	甘肃武都南	C	236.8	98.5	138.3	64.3	220.1	21.5	10.8	211.0	91.9
13	1902年8月22日	39.9	76.2	$8\frac{1}{4}$	新疆阿图什北	B	7.6	149.5	218.1	151.8	81.7	32.0	16.0	323.0	152.0
14	1920年12月16日	36.7	104.9	8.5	宁夏海原	B	335.9	264.8	71.0	146.2	107.1	280.9	320.4	50.6	199.5
15	1927年5月22日	37.7	102.2	8	甘肃古浪	B	319.8	59.6	260.2	270.5	8.8	142.2	71.1	81.2	216.2
16	1931年8月10日	47.1	89.8	8	新疆富蕴东南	B	103.9	138.4	325.5	352.1	180.4	287.0	143.5	101.2	227.1
17	1950年8月15日	28.4	96.7	8.6	西藏察隅墨脱间	C	170.1	143.4	26.7	359.9	234.1	260.3	130.2	191.5	276.4
18	1951年11月18日	31.1	91.4	8	西藏当雄西北	C	108.7	236.6	232.1	24.2	285.3	292.7	146.4	197.5	297.7
19	1889年7月11日	43.2	78.7	8.3	哈萨克希利克	B	276.3	109.0	167.3	258.2	268.1	357.7	178.9	259.5	117.9
20	1897年6月12日	26.0	91.0	8.7	印度	C	229.5	80.1	149.5	51.4	230.4	259.3	309.6	297.8	138.5
21	1905年4月4日	33.0	76.0	8	克什米尔	C	3.1	11.7	351.4	202.5	188.2	120.8	60.4	335.6	158.7
22	1905年7月9日	49.0	99.0	$8\frac{1}{4}$	蒙古	B	192.8	106.7	86.2	207.6	198.9	129.8	64.9	336.9	159.4
23	1905年7月23日	49.0	98.0	$8\frac{1}{4}$	蒙古	B	13.5	120.2	253.3	208.3	200.4	131.1	65.5	337.1	159.5
24	1907年10月21日	38.0	69.0	8	塔吉克杜尚别	B	19.1	208.5	170.6	251.7	291.8	202.0	101.0	347.9	165.4
25	1911年1月3日	43.5	77.5	8.4	哈萨克阿拉木图	B	325.9	282.5	43.4	313.7	62.2	289.4	144.7	3.4	173.7
26	1912年5月23日	21.0	97.0	8	缅甸	C	141.6	60.3	81.3	340.5	118.5	327.1	163.6	10.0	177.3
27	1934年1月15日	26.5	86.5	8.3	尼泊尔—印度	C	290.8	294.1	356.7	39.2	279.4	12.1	186.1	112.7	233.4
28	1957年12月4日	45.2	99.2	8.3	蒙古	B	38.9	252.7	146.2	141.1	171.3	180.7	270.4	226.2	295.4

*统一用世界时表示

(S2)、哈雷彗星回归周期(H)和九大行星会合周期(J)。

对无明显周期性的地球自转变化和较难确定周期起止时间的太阳活动世纪周期与特大地震的关系,也作了初步分析,但未作统计检验。

3. 统计检验方法

本文采用了两种方法,对地震在某一周期中的位相 θ ($i=1, \dots, n$, n 为研究区内样本总数)是否有群集性或周期性进行统计检验。首先用Schuster检验法^[3],检验样本相对合成位相 φ 的周期性。概率 P_R 越小,表示周期性越明显。然后再用以均匀分布为零假设的 χ^2 检

1) 《中国地震简目》汇编组,《中国地震简目》,1988。

验,对有较小 P_R 的周期进一步确定其置信水平。 χ^2 检验反映了将一个周期分成 k 个相等间隔后样本在各间隔内的分布情况。自由度 $v=k-1$ 。

三、结果

1. 特大地震活动与太阳黄经的关系

统计结果(表 2)表明,对中国大陆的特大地震而言,在所分析的诸天文因素中,仅太阳黄经的 P_R 小于 0.10,呈现出明显周期性。

表 2 中国大陆及邻区特大地震各位相的统计结果

环境因素	中国大陆(n=18)		B 亚区(n=12)		C 亚区(n=11)		中国大陆及邻区(n=28)	
	P_R	φ	P_R	φ	P_R	φ	P_R	φ
月亮黄经(s)	0.803	320.3	0.133	337.3	0.672	232.3	0.407	325.0
太阳黄经(h)	0.073	166.6	0.692	175.1	0.172	128.8	0.143	155.2
月相(s-h)	0.762	180.1	0.749	226.3	0.446	106.5	0.506	137.5
18.6 年周期(N)	0.933	295.1	0.037	221.7	0.085	10.0	0.676	261.7
8.85 年周期(p)	0.730	226.9	0.847	198.5	0.082	210.7	0.165	217.5
太阳黑子周期(S1) *	0.257	350.5	0.788	181.3	0.034	333.5	0.286	349.6
磁周(S2) *	0.298	354.9	0.430	70.2	0.608	41.6	0.416	27.4
哈雷彗星回归(H)	0.756	308.4						
九大行星会合(J)	0.432	271.0						

* 未计入表 1 中的 1、2 号地震

中国大陆特大地震活动存在与太阳黄经变化相一致的周期,即存在回归年周期,表明发震月份存在一定的集中性(图 1)。由表 1 可见,中国大陆的 18 次特大地震,有 11 次是发生在 7、8、9 三个月内。经检验, $\chi=13.55$,超过 $v=3, \alpha=0.01$ 情况下的限值 11.35,置信水平为 99%。

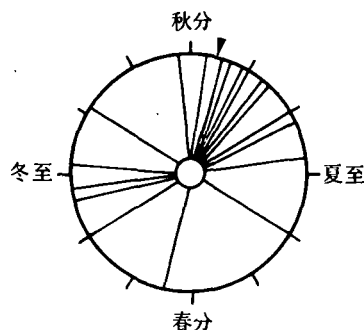


图 1 中国大陆特大地震的太阳黄经分布(箭头为合成位相)

Fig. 1 Distribution of solar ecliptic longitudes for great earthquakes in Chinese mainland

中国大陆及邻区的 28 次特大地震,也有 14 次是在 7—9 月发生的, χ^2 检验值为 9.714,超过置信水平为 95% 时的限值 7.815 ($v=3$)。这一现象可能是特大地震的发生与地球绕太阳公转有一定关系。

2. 特大地震活动与月球运动的关系

与月球运动有关的环境因素有月球的黄经 s 、朔望月 ($s-h$)、月球的交点运动 (N') 和近地点运动 (P)。由表 2 可见, B 区和 C 区的特大地震的发生都和 18.6 年的月球交点运动周期明显相关。用 Schuster 检验法得到这两个亚区的 N' 位相(图 2)的 P_R 分别为 0.037 和 0.085,远比

其它位相的 P_R 小。将 18.6 年周期分为两个半周期进行统计,地震的这种周期性更明显,即 B 区的 12 次特大地震中,有 11 次发生在 $N' = 230^\circ \pm 90^\circ$ 所对应的时间内,仅 16 号地震例外, $\chi^2 = 8.333$; C 区的 11 次特大地震中有 10 次发生在 $N' = 340^\circ \pm 90^\circ$ 所对应的时间内,仅 21 号地震例外, $\chi^2 = 7.360$ 。上述 χ^2 检验值均超过置信水平为 99% 的限值 6.635 ($\nu=1$)。

此外, C 区的特大地震活动还存在明显的 8.85 年的月球近地点运动周期 ($P_R = 0.082$),除 5 号地震外,其余均发生在 $P = 340^\circ \pm 90^\circ$ 所对应的时间内 ($\chi^2 = 7.360$)。

3. 特大地震活动与地球自转速度变化的关系

依据 1820 年以来地球自转速度 ($\Delta\omega/\omega_0$) 年均值资料⁽¹⁾,逐一求发震当年与前一年 $\Delta\omega/\omega_0$ 的差值,以此来判定地震是在自转加快时还是减慢时发生的。考查发现,表 1 所列的 1820 年以来中国大

陆的 9 次特大地震,有 8 次是在地球自转加快时发生的。仅 1879 年甘肃武都地震发生在地球自转减慢年份。中国大陆及邻区 1820 年以来的 19 次特大地震,除序号为 12、20 和 28 的 3 次地震外,其余 16 次地震也都在地球自转加快年份发生。

中国大陆特大地震的发生也与地球自转的季节性变化明显相关。特大地震多发的 7—9 月,正是地球自转速度比全年平均速度大的时段,也是地球自转季节性变化曲线发生大转折的时段(图 3)。

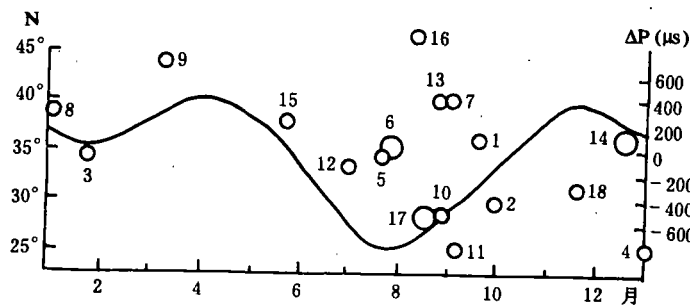


图 3 地球自转季节变化与中国大陆特大地震的关系
Fig. 3 Relationship between the seasonal variation of Earth's rotation and great earthquakes in Chinese mainland

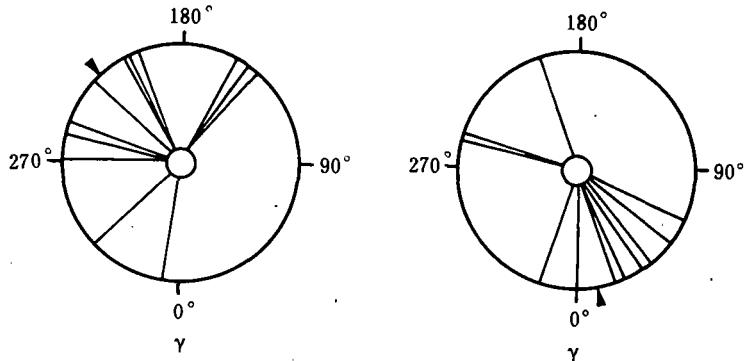


图 2 B 区和 C 区特大地震 18.6 年位相的分布
(箭号为合成位相, r 为春分点)

Fig. 2 Distribution of 18.6 yr. phase for great earthquakes in B and C sub-regions

4. 特大地震与太阳活动的关系

系

表 2 的结果表明, C 区的特大地震呈现明显的太阳黑子活动 11 年周期 ($P_R = 0.034$),除不能准确确定其 S1 位相的 2 号地震外,其余 10 次地震的 S1 位相有 9 次集中在 $340^\circ \pm 90^\circ$ 的半个太阳周内, $\chi^2 = 6.40$,超过置信水平为 98% 的限值 5.412 ($\nu=1$)。C 区

特大地震相对集中的时段是太阳黑子活动的谷年前后。

仔细考查中国大陆特大地震的磁周位相 S2(表 1), 还可发现 103°E 以东和以西地区的特大地震各有明显的太阳黑子活动的 22 年周期。 103°E 以东地区共有特大地震 10 次, 9 次的 S2 位相在 $285^{\circ}\pm 90^{\circ}$ 的半个磁周范围内。 103°E 至 107°E 间的地区为中国南北地震带展布地区。可以说中国大陆东部和南北地震带地区特大地震主要发生在太阳黑子活动周的单周。 103°E 以西地区, 8 次特大地震的 S2 位相全部集中在 $80^{\circ}\pm 90^{\circ}$ 的范围内, 可以认为是全部发生在太阳黑子活动周的双周。

特大地震与平均为 83 ± 30 年的太阳黑子活动世纪周期⁽⁴⁾也有一定关系。如本世纪以来中国大陆及邻区的 14 次特大地震, 有一半是发生在太阳活动世纪周的峰前谷值年代(1900—1909)和峰值年代(1950—1959)。由图 4 可见, 在有名的太阳黑子活动水平甚低的蒙德极小期(1645—1715)内, 在中国曾发生 3 次特大地震。其它如 1411 年的西藏当地地震、1812 年的新疆尼勒克地震, 也都发生在太阳活动世纪周的谷值年代附近。

5. 特大地震活动与哈雷彗星和九星会聚的关系

哈雷彗星的回归周期平均约 76 年; 九大行星的会合周期平均约 178 年。分析地震的发生是否与这两种周期相关, 要求样本的记录时间至少为所分析周期长度的 2—3 倍。由于中国西部及邻区地震记录时间较短, 我们只能分析中国大陆特大地震与这两种周期的关系。

表 2 的统计结果并未显示中国大陆特大地震的发生与这

两种周期相关。考虑到 Schuster 检验法可能无法识别更复杂的相关图象, 本文从另一角度进行分析。

特大地震在哈雷彗星回归周期中的位相 H(表 1)是以哈雷彗星的回归时间⁽¹⁾为 0° 确定的。将每一回归周期分为 6 等分, 并取哈雷彗星回归前后的时间为 $H=0^{\circ}\pm 30^{\circ}$ 所对应的的时间, 在此时间内, 中国大陆的特大地震有 5 次, 是平均次数的 1.67 倍, 表明哈雷彗星接近地球的前后 6.34 年内, 发生特大地震的可能性增加了。但是, 根据 χ^2 检验, 这种增加并不显著。

按上述方法, 分析中国大陆特大地震在九大行星会合周期内的位相 J(表 1), 发现 J 值在 $0^{\circ}\pm 30^{\circ}$ 范围内的特大地震有 6 次, 比平均频次增加了一倍, 表明九大行星的会合运动与中国大陆特大地震的发生也有一定关系。但是, χ^2 检验值为 6.66, 置信水平仅为 70% ($\alpha=5$)。

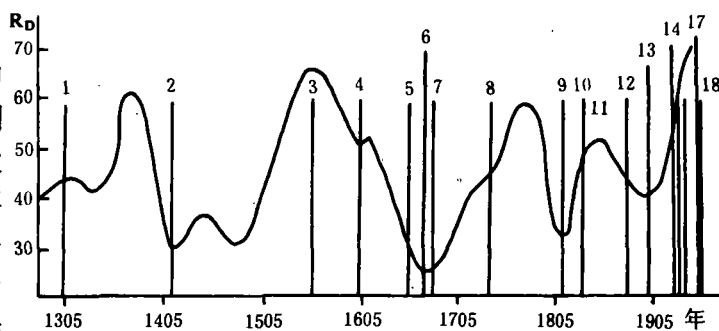


图 4 太阳黑子相对数年代均滑值 R_d 与中国大陆特大地震

Fig. 4 Smoothing mean values of decadal relative sunspot numbers and great earthquakes in Chinese mainland

四、结论和讨论

根据本文的上述分析,可归纳出以下几点结论:

(1)中国大陆特大地震的发生与地球绕太阳公转明显相关,7—9月特大地震很集中。

(2)所研究的大多数特大地震发生在地球自转加速时段。

(3)中国大陆东部和南北地震带上的特大地震大都在太阳黑子活动周的单周内发生,其余地区的特大地震全部发生在双周;中国大陆特大地震还有在太阳黑子活动世纪周峰、谷年代呈多发的趋势。

(4)哈雷彗星回归及九大行星会合前后中国大陆特大地震频次增加。

(5)中国西部及邻区的特大地震的发生与地球章动的18.6年周期有明显相关关系。

由于地球和孕震系统均是开放系统,因而上述结果暗示了宇宙环境对特大地震的发生可能有一定影响。

宇宙环境对地震发生的影响,显然属于非线性过程,即输出和输入不成正比。而且,在这种过程中,微小的扰动可能会对系统产生巨大的影响。因而对这种现象不能从经典物理学角度给出合理的解释。

宇宙环境与地震发生之间的关系,大都表现为天地周期现象明显的一一对应的关系。地震的发生存在周期性或准周期性,是地震现象属混沌现象的反映。本文所研究的上述现象,既不服从因果决定性机制,又不能同随机划等号,而是确定性的随机现象,因此也属于混沌现象。

宇宙环境与地震发生之间的关系非常复杂。对这类现象的研究目前仍处在统计分析阶段。如何从非线性复杂巨系统角度认识并描述这类现象,还需进行探索。

(本文1992年6月29日收到)

参考文献

- [1]杜品仁、徐道一,天文地震学引论,地震出版社,1989.
- [2]R. A. 甘斯, J. B. 纳尔逊,公元前2000年—公元1979年全球重大地震目录,卢振恒、冯浩等译,地震出版社,1988.
- [3]杜品仁、李起彤,长江下游地区地震的日月周期性,地震地质, Vol. 14, No. 2, 1992.
- [4]林元章、张建中,太阳活动长期变化规律的初步探讨,北京天文台台刊, No. 6, 1975.
- [5]陈顺等,分形与混沌在地球科学中的应用, 123—145, 学术期刊出版社, 1975.

(下转80页)

值为 1.18, 高于关中东部地区 (0.87), 表明石泉水库蓄水后的地震频度—震级关系与水库地震特点相一致。

(本文 1991 年 11 月 1 日收到)

参考文献

- (1) 苏刚等, 陕西地区几次 4 级地震的特殊现象和启示, 西北地震学报, Vol. 7, 增刊, 1985.
- (2) 国家地震局广州地震大队, 中国大地构造概要, 地震出版社, 1977.
- (3) 陈希圣, 冯家山水库地震, 西北地震学报, Vol. 5, No. 4, 1983.
- (4) 李永善, 构造应力引起地下水位变化的主要特征, 西北地震学报, Vol. 1, 1No. 1, 1979.
- (5) H. K. 古普塔, B. K. 拉斯托吉, 水坝与地震, 王卓凯等译, 地震出版社, 1980.

STUDY ON CAUSE OF FORMATION OF THE SHIQUAN EARTHQUAKE (Ms4.7)

Chen Xisheng

(Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an)

Abstract

This paper analyses the geological conditions, seismicity, trend of groundwater, source mechanism of Shiquan reservoir area, and considers that the Shiquan Ms4.7 earthquake occurred on Feb. 11, 1978 of the south of Shaanxi province, is induced by reserving water in the Shiquan reservoir.

Key words: Shiquan Reservoir, Induced earthquake, Earthquake cause

(上接 41 页)

ANALYSIS FOR COSMOLOGICAL ENVIRONMENTS OF GREAT EARTHQUAKES

Du Pinren

(Institute of Geology, SSB, Beijing, China)

Abstract

This paper deals with the relationship between great earthquakes and cosmic environment. The statistical results show that the great earthquakes ($M \geq 8$) in Chinese continent and its adjacent regions relate evidently to the revolution of the earth and mostly occur at the intervals when the earth rotation speed gets faster; the events in Chinese mainland have some correlations with sunspot activity, conjunction of the nine planets and return of Halley's Comet; ones in West China and its adjacent regions display significant 18.6 yr. periodicity. These correlations suggest that the development and occurrence of great earthquakes are probably influenced by the cosmological environment conditions.