

# 太阳活动与2001年昆仑山口西8.1级大震的相关性讨论

郭增建<sup>1,2</sup>, 韩延本<sup>1</sup>, 吴瑾冰<sup>2</sup>

(1. 中国科学院国家天文台, 北京 100012; 2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 2001年昆仑山口西8.1级大震发生在太阳活动第23周的峰年, 太阳大磁暴在近东西向断层面上会引起涡电流加热作用, 进而触发地震. 经统计, 中国和蒙古国境内8级大震中, 发震断层为东西或近东西向者多在太阳活动峰年段发震; 发震断层为南北或近南北向者则多在太阳活动谷年或附近发震. 7.5级以上地震也有类似结论.

关键词: 8级大震; 发震断层走向; 太阳活动; 涡电流

中图分类号: P183.5, P315.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2003)01-0008-04

## 0 前言

2001年11月14日昆仑山口西发生了 $M_S$  8.1大震, 这是自1951年西藏当雄8级大震以来在中国大陆地区发生的唯一一次特大地震. 根据宏观考察, 此次地震在地表形成了长达350 km的地震断裂带, 引起了地震界、地质界以及天文地球动力学界的普遍关注, 尤其对该地震的预报问题更是引起地震预报专家的关注. 本文拟通过太阳活动和发震断层走向的关系以及震源物理的某些观点, 来讨论这次大震的预报问题. 关于太阳活动与大震的关系, 美、日、苏和中国的学者都作过大量有价值的研究, 但还未结合发震断层走向来进行研究, 这一问题对地震预报的研究是有实际意义的.

## 1 昆仑山口西8.1级大震发震断层和太阳活动资料

根据文献[1]的考察研究, 2001年11月14日昆仑山口西8.1级大震的震源深度为20 km; 在地表形成的破裂带为近东西向; 断层错动以左旋走滑为主, 最大水平错距6 m, 兼有垂直错动. 破裂带长度是中国大陆地区有记载以来最长的, 基本上沿着近东西走向的地质断裂带展布.

根据美国国家海洋大气局公布的太阳地球物理资料(SGD), 第23太阳周的太阳黑子相对数月均值在2000年7月达到最大值(170.1)后, 似已进入下降段. 在下降的过程中, 黑子相对数月均值一般仍有一定的起伏, 但在2001年下半年起伏较大, 从8月的106.8突变为9月的150.7, 之后下降, 形成了该周的第二个峰. 1996年以来的黑子相对数月均值曲线表示于图1中,  $R$  是 Wolf 黑子相对数值.

另据兰州观象台的地磁资料, 2001年9月23日至11月24日磁暴频繁发生, 其中 $K=7$ 的磁暴有4次,  $K=8$ 的磁暴有2次. 有一次 $K=8$ 的磁暴发生在上述8.1级大震前8~9天. 根据地磁学的研究, 大磁暴时主要是水平向的强度变化特大. 由于中国境内磁偏角不大, 所以水平向磁场强度的变化主要表现为南北分量的变化. 该分量的变化有利于触发与之垂直的东西向断层上孕育到晚期的大地震, 对此我们将在下

节中讨论.

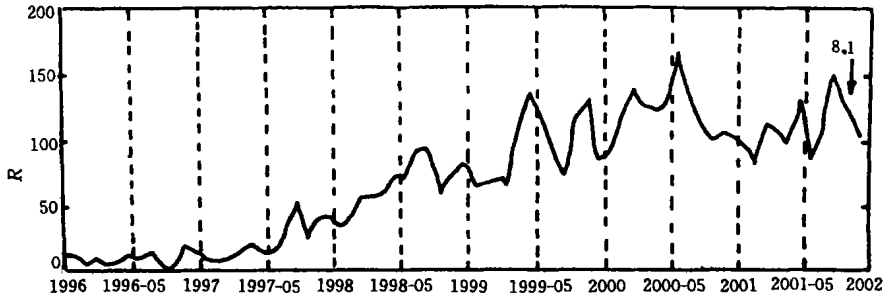


图 1 太阳活动第 23 周的双峰图

Fig. 1 Double peaks of the solar activity in the 23th circles.

## 2 从震源物理观点讨论昆仑山口西 8.1 级大震的发生

在临近大震发生前,震源断层面上有预位移发生.根据美国 C. Scholz 等人的实验<sup>[2]</sup>,这个预位移的幅度是随后大错动幅度的 2%~50%,由此我们得到不同震级地震的预位移幅度  $S$  为

$$S = 0.02 \sim 0.05 \times 10^{0.52M-1.25} \quad (1)$$

式中  $S$  以 cm 为单位;  $M$  为震级.震级愈大,预位移愈大,震源断层面上产生的摩擦热  $Q$  也愈大.即

$$Q = \frac{1}{J} F \cdot S \quad (2)$$

式中  $J$  为热功当量,  $F$  为断面上的摩擦力,  $S$  为预位移幅度.由于地壳岩石导热很差,所以我们可认为这种摩擦热主要用于提高断层面上介质的温度.从电学角度来考虑,在大地震发生前,震源断层面上有预位移产生摩擦热.由于断层盘为花岗岩,其造岩矿物为离子键晶格,故结构可视为离子晶体.这种晶体因摩擦热而温度升高时,其导电性提高.在未产生预位移前包括震源断层面在内的大范围空间介质的导电率是一种背景状态;当孕震断层面上预位移发热而导电性提高时,就相当于在背景状态上出现了一个高导片.此片在磁暴时通过它的磁通量有剧烈变化,遂在高导片中产生了涡电流.涡电流的强度  $I$  为

$$I = -\frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

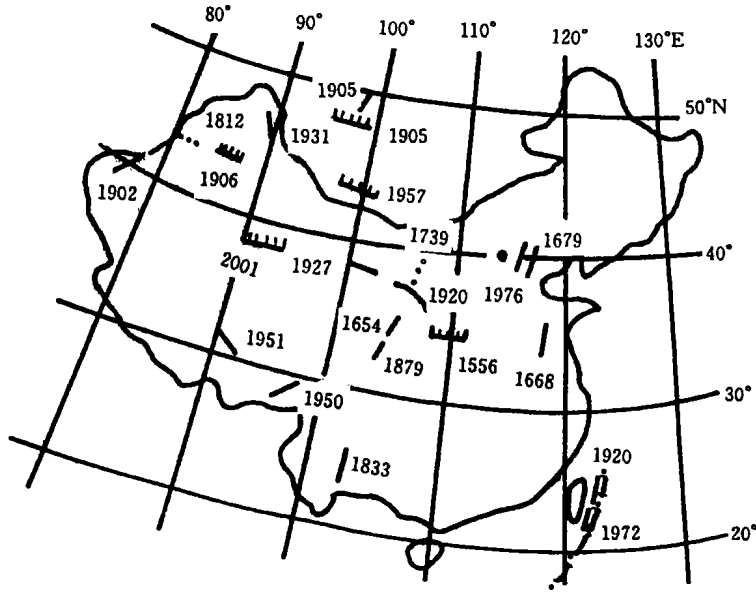
式中  $R$  为电阻,  $\Phi$  为通过导电片中的磁通量.这个涡电流产生的热量  $h$  为

$$h \propto I^2 \quad (4)$$

由此可知如临震前遇上大磁暴,则该磁暴在震源断层面上有加热作用,从而降低断层面上岩石的耐剪强度或降低静摩擦极限,这是有利于大震发生的.前节已述,磁暴时主要是南北向水平分量磁场强度变化较大,因而对东西向孕震断层在震前由预位移形成的导电片产生较大的磁通量变化,进而使感应的涡电流强,产生的热量也大.所以有利于触发东西向孕震断层上的大地震.另外,由于地震震级  $M$  越大时,其预位移幅度  $S$  越大,其预位移产生的热量越大,因之导电片的导电性相对也就越高,这样磁暴时的涡电流产生的热也相对较高,这就使东西和近东西向孕震断层上震级越大的地震越与太阳活动的峰值段关系密切.至于其他走向的孕震断层,因其导电片与磁暴时南北水平分量磁场强度变化有一夹角,所以其涡电流生热作用相对小,即使它对大震发生有触发作用,可能滞后时间稍长一些,不一定正好在太阳活动峰年段发震.这就是我们对东西向或近东西向断层孕育到晚期的 8 级大震易于在太阳活动峰年被触发的物理机制解释.虽然触发的量级关系由于地壳内实测资料缺乏,还未得出数据,但 8 级大震孕育到晚期,震源区已处于非线性阶段,微小外因的触发作用会被放大,就可能触发大震.

### 3 历史资料统计

中国历史上曾发生过多次 8 级或 8 级以上大震, 在相邻的蒙古国也曾发生过若干次 8 级以上大震. 它们基本上是符合上述论点的. 例如, 华北 1668 年、1679 年和 1976 年(美国定为 8 级)所发生的 8 级或 8 级以上大震的发震断层都是北北东走向, 相应的这些年份均不是太阳活动峰年; 在台湾地区, 1920 年和 1972 年都发生过 8 级大震, 其发震断层为南北向, 而这两个年份也不是太阳活动峰年; 在中国西南地区, 1833 年 9 月、1950 年和 1951 年都发生过 8 级或 8 级以上大震, 其发震断层不是东西向或近东西向, 相应的这些年份也不在太阳活动峰年段. 另一方面, 在西北地区, 1556 年、1906 年和 1927 年 3 次大震发震断层为东西向或近东西向, 这些年份均为太阳活动峰年. 至于 1920 年 8.5 级大震其发震断层是弧形, 西段近东西向, 东段为北西向和北北西向, 它不发生于太阳活动峰年段, 与我们文中的观点并不矛盾. 在蒙古国, 1905 年 7 月 9 日、23 日和 1957 年曾发生了 3 次 8 级以上大震, 它们中的两次发震断层为近东西向, 也均在太阳活动峰年发震. 太阳活动不同相位与发震断层走向的关系见图 2. 在图 2 中, 对蒙德尔极小期中发生的地震当作不相应于太阳活动峰年段发生的大震. 对 1556 年大震, 早期的黑子数资料不确切, 但据研究 1558  $\pm$  1 年可能为峰年, 黑子数年均值约为 160<sup>[3]</sup>, 且史料中 1556 年有“日中有黑子, 大如鸡子”的记载, 故我们将其列为峰年段发震. 它的发震断层为近东西向. 看出, 东西或近东西走向断层多在太阳活动峰年发震.



(锯齿线为东西或近东西向断层发震, 且与太阳活动峰年一致; 黑线条为近南北向或北东、北西向的断层发震, 且不在太阳活动峰年. 点线为例外的大震)

图 2 中国大陆和蒙古国 8 级大震发震断层走向与太阳峰谷年关系

Fig. 2 Relation between the seismogenic fault strikes of great earthquakes ( $M_s \geq 8.0$ ) in China and Mongolia and peak year or valley year of the solar activities.

另外, 我们也对照了日本和土耳其 8 级或 8 级以上大震断层走向与太阳活动峰年的关系, 得出了大致相同的结论. 在日本, 发震断层走向明确的 8 级或 8 级以上大震有 1854 年、1891 年、1944 年和 1946 年 4 次大震, 其发震断层走向均不在东西向或近东西向, 它们也均不在太阳活动峰年. 在土耳其, 发生过两次 8 级大震, 一次为 1939 年, 发震断层走向为北西向, 当年不是太阳活动峰年; 1999 年的 8 级大震发震断层走向为东西向, 它与太阳活动峰年相对应. 根据我们的统计, 对于 7.5 级以上大震上述关系亦大致成立. 例如华北 1830 年磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级大震发震断层为东西向, 它是在太阳活动峰年发震. 又如在云南东部, 1733 年小江 7.7 级大震发震断层为南北向, 它发生于太阳活动谷年, 而 1970 年通海 7.7 级大震发震断层近东西向, 它

相应于太阳活动为峰年段。

## 4 讨论

如所周知, 大震预报必须是综合预报方能有效. 对于 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级大震来说, 在震前我们已有所觉察. 例如在文献 [4] 中, 我们曾指出陕甘宁地区历史上 8 级和 8 级以上大震的平均周期是 74 年, 2001 年就是这个平均周期的时间点, 预计有 8 级大震发生的可能性. 另外在文献 [5] 中又指出, 中国 40 度、35 度、30 度和 23.5 度纬圈有发生 8 级和 8 级以上大震的天文地球动力学条件. 在陕甘宁地区以 35 度纬圈通过的地壳活动区最广, 但对于在 35 度纬线上哪个地段, 震前我们并未具体划分出来. 如果参照太阳活动峰年段东西或近东西走向断层易于发震, 则我们就可选择青藏高原上 35 度纬圈通过地带内东西向或近东西向断层发育的地段作为 8 级大震可能发生的地段. 由图 1 可知太阳活动第 23 周的峰值是 2000 年 7 月, 这个时间已过了; 到 2001 年 9 月份又上升, 成为第二个高峰, 此峰值过后不久, 昆仑山口西 8.1 级大震就在东西走向的断层上发生了. 按文献 [1] 的考察研究, 宏观震中的纬度为 35.8 度, 它与 35 度纬圈很接近. 另如前所述, 昆仑山口西 8.1 级大震前 8~9 天发生了  $K=8$  的大磁暴. 按照大磁暴后的倍九天日期中国境内有气温增高和气压降低的韵律, 而这种气压降低对走滑型震源和逆断层型震源是有触发作用的, 因之  $K=8$  的大磁暴发生后, 就要进一步注意后面第 9 天, 第 18 天和第 27 天发生大震的可能. 这是磁暴与低气压联合触发大震的结果.

以上就是从太阳活动结合发震断层走向和震源物理观点对 2001 年昆仑山口西 8.1 级大震预报所作的讨论. 由于大震预报是国际难题, 我们的上述讨论仅作为预报大震的参考.

### [参考文献]

- [1] 陈文彬, 徐锡伟, 张志坚, 等. 2001 年 11 月 14 日青新交界  $M_s$  8.1 地震地表断裂带的初步调查 [J]. 西北地震学报, 2001, 23(4): 313—317.
- [2] Scholz C, Holnar P, Johnson J. Detailed studies of frictional sliding of granite and implication for the earthquake mechanism [J]. JGR, 32: 6392—6406.
- [3] 张家诚. 地学基本数据手册 [M]. 北京: 海洋出版社, 1986. 1279.
- [4] 郭增建, 吴瑾冰. 海原大震的历史意义及大震减灾对策 [J]. 国际地震动态, 2000, (12): 1—4.
- [5] 郭增建, 韩延本, 吴瑾冰. 中国 8 级大震地点预测问题讨论 [A]. 见: 中国地球物理学会编. 中国地球物理学会年刊 [C]. 昆明: 云南科技出版社 2001. 220.

## DISCUSSION ON RELATIONSHIP BETWEEN SOLAR ACTIVITY AND WEST TO KUNLUN MOUNTAIN PASS $M_s$ 8.1 EARTHQUAKE IN 2001

GUO Zeng-jian<sup>1, 2</sup>, HAN Yan-ben<sup>1</sup>, WU Jin-bing<sup>2</sup>

(1. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China;

2. Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The great west to Kunlun Mountain Pass  $M_s$  8.1 earthquake in 2001 occurred in peak term year of solar activity. The magnetic storms can induce eddy current heating on the fault plane of EW or near EW strike seismogenic faults, and trigger off earthquakes in the peak term years of solar activity. Based on statistics, among the  $M_s \geq 8.0$  great earthquakes in China and Mongolia, most events which occurred on the fault with strike of EW or near EW are in the peak term of solar activity; but for others which occurred on the fault with strike of NS or near NS are predominately in the valley term of solar activity. The similar result is also obtained for  $M_s \geq 7.5$  earthquakes.

**Key words:** Great ( $M_s \geq 8.0$ ) earthquake; Strike of seismogenic fault; Solar activity; Eddy current