

库尔勒5.8级地震前地震波特性的某些短期变化

王桂岭 敖雪明 杨成荣

(新疆维吾尔自治区地震局)

摘 要

本文对新疆1978年4月22日库尔勒5.8级地震前地震波的动力学特性和运动学特性的某些短期变化进行了初步研究。重点讨论了5.8级地震前通过孕震区的小地震的直达波振幅比、振动持续时间比以及波速比的短期异常变化,并且,结合震前短期地震活动异常图象作了对比分析。

实际观测结果表明,较大地震发生前,通过孕震区的小震的地震波特性可能出现一些较明显的短期异常变化,因而,对此进行研究无疑对于探讨地震孕育过程和地震的预报途径都是有意义的。

一、前 言

文献[1][2]指出,在较大地震孕育期间,孕震区内的地壳介质可能呈现一定的含裂隙状态,在含裂隙介质中,纵波和横波不仅要改变其传播速度,出现波速和波速比异常,而且,还要明显改变波形与振幅。本文对1978年4月22日库尔勒5.8级地震前地震波的振幅比、振动持续时间比和波速比的短期异常变化进行了初步探讨,同时,结合震前短期地震活动异常图象作了对比分析,试图寻求短期地震预报综合测震指标。

我们在文献[3]中,曾对这次地震前多台平均波速比的中、短期异常作了初步探讨,本文拟着重研究振幅比、振动持续时间比的短期异常变化以及它们和波速比异常、地震活动异常图象之间的相互关系。由于所讨论的库尔勒5.8级地震与1977年7月库车5.5级地震的时间相近,地点相邻,其中期异常存在时空叠加,不易划分,故本文暂不涉及中期趋势异常而仅限于讨论震前的短临异常变化。

*丁德轩同志参加了本文图件清绘工作。

二、初步结果

1. 振幅比 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 的短期异常变化

采用新疆区域地震台网资料和文献〔2〕的方法,选取5.8级主震周围7个近台记到的区域小震的 $\bar{S}$ 、 $\bar{P}$ 波垂直向位移最大振幅 $A_{\bar{S}}$ 、 $A_{\bar{P}}$,求得其比值 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 。具体台位由图1示出。所选用的7个地震台当中,水磨沟、庙儿沟、依矿为DD—1型地震仪记录,其余4个台均为65型地震仪记录。

由于振幅比依赖于震源机制、震中距以及台站方位等方面的因素。因此,我们用固定台站来对某些地震进行观测。此外,据许多人在不同地区的观测与研究结果表明,较大地震前,小震震源机制在孕震区内一般都有较好的一致性,因此,如果用固定台站和小震分布范围来进行研究,则可使震源机制、台站方位和震中距对振幅比的影响减小,从而可望得到与大震孕育过程有关的振幅比前兆信息。

分析过程中,选用地震的震级一般为1.5—3.0,振幅的量测误差不超过0.2—0.3毫米,用作分析的 $A_{\bar{S}}$ 、 $A_{\bar{P}}$ 要求大于1毫米。

仔细分析发现,5.8级地震前约9个月, $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 的平面分布在主震附近呈现一个低值区,其范围与震前的波速比异常区接近,说明两者平面分布的一致性。

据库尔勒台实际资料分析,适合观测到较大地震前直达波振幅比异常的震中距应大于80公里,与冯德益的理论研究结果〔4〕相符。为减小震中距的影响,因此在分析中一律选取震中距80公里至230公里的资料。

图2给出5.8级地震前后7个单台观测的 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 时间过程。由图可见,从77年10月到78年1月期间,区内无中强震发生,相应的 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 时间过程也比较稳定(至于77年8、9两月的较大波动可能与7月23日库车5.5级地震震后调整有关)。表1分别给出了7个台的振幅比均值 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 、均方差 σ 和 2σ 的值,并将 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 和 2σ 绘于图2上。显然,由于震源机制、台站方位、地震波射线路径长短及介质性质的差异,各个台的 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 及 2σ 相差较大。由图2可见,78年1月以前即 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 稳定变化阶段,各个台的 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 值均未超过 2σ 范围。可是,从78年1月26日即震前近3个月开始,7个台相继观测到明显超过本台 2σ 的突跳值(具体观测到 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 突跳值的台站、 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 突跳值及小震参数列于表1),因此,可以初步将 $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 观测值超过 $2\sigma + A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 视为震前短期异常的参考指标,按照此标准,5.8级地震前振幅比的短期突跳变化具有以下特征:

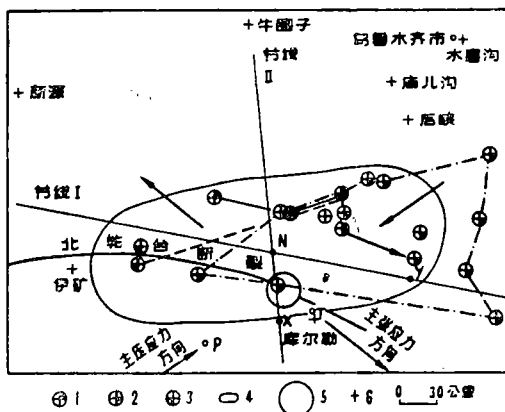


图1 库尔勒5.8级地震震中、台站位置、地震波参数($A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$, t_H/t_V , $V_{\bar{P}}/V_{\bar{S}}$)短期异常平面分布图

1. $A_{\bar{S}}/A_{\bar{P}}$ 2. t_H/t_V 3. $V_{\bar{P}}/V_{\bar{S}}$

4. $V_{\bar{P}}/V_{\bar{S}}$ 异常区 5. 台站位置 6. 震中

Fig.1 The map of distributions of epicentre of the Kuerle earthquake ($M=5.8$), location of seismic stations, and short term anomalies of parameters of seismic wave.

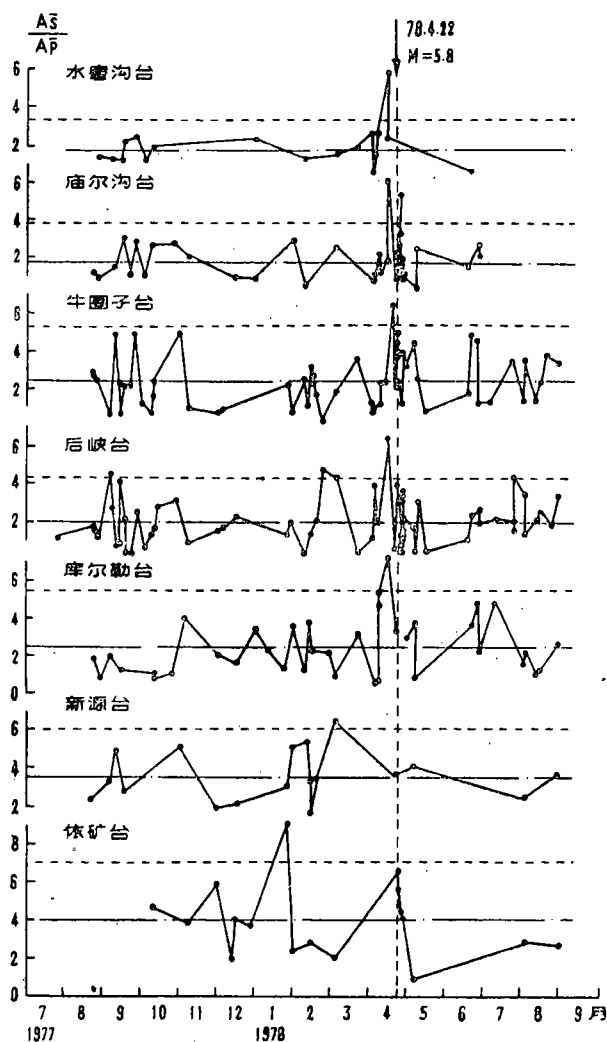


图2 库尔勒5.8级地震前单台 A_S/A_P 随时间变化过程曲线

Fig. 2 Curve of change with time of A_S/A_P of single station before the Kkuerle earthquake ($M=5.8$).

(1) 由图2和表1可见, 对于一个台, 除后峡台外, 多表现为单值突跳, 而后峡台则表现出3个突跳值, 但其突跳幅度最大的仍然只有4月14日05点1次地震。

(2) 从振幅比突跳出现的时间顺序来看, 1月26日首先在主震震中西面且位于异常区长轴方向的依矿台观测到, 然后3月4日在新源台观测到, 震前10天内先后在近震中的乌鲁木齐台网观测到。从总体趋势上具有先由西面远震中, 然后向东面主震震中推移的趋势。

(3) 震前8天即4月14日有两次小震, 4个台观测到 A_S/A_P 突跳, 4月20日在牛圈子台观测到, 即是说在震前10天内 A_S/A_P 突跳的时间和空间最为集中, 显示出较明显的临震信息。

(4) 由图2可以看出, 对于同一次地震, 不同方位台站的观测结果差异很大, 而对于

表1 库尔勒5.8级地震前单台振幅比的短期突跳变化

台名	$\left(\frac{\bar{A}_S}{\bar{A}_P}\right)$	均方差 σ	$2\sigma + \left(\frac{\bar{A}_S}{\bar{A}_P}\right)$	$\frac{\bar{A}_S}{\bar{A}_P}$ 突跳值	观测到 $\frac{\bar{A}_S}{\bar{A}_P}$ 突跳值的小震参数			
					0	φ	λ	M _s
依 矿	3.8	1.6	7.0	9.0	1978. 1. 26. 12 39 40	42°41'	85°12'	2.8
新 源	3.5	1.3	6.1	6.3	1978. 3. 4. 18 28 25	42°34'	85°57'	2.2
库 尔 勒	2.5	1.5	5.5	7.2	1978. 4. 14. 00 24 37	42°42'	86°26'	2.1
水 磨 沟	1.8	0.7	3.3	5.7	1978. 4. 14. 00 24 37	42°42'	86°26'	2.1
后 峡	1.9	1.2	4.3	6.3	1978. 4. 14. 05 28 55	42°27'	86°24'	1.6
庙 儿 沟	1.8	1.0	3.9	6.0	1978. 4. 14. 05 28 55	42°27'	86°24'	1.6
牛 圈 子	2.5	1.4	5.3	6.5	1978. 4. 20. 01 27 40	42°13'	87°09'	2.2

位置相距较近的后峡和庙儿沟台则观测结果较为接近。由此说明, $\bar{A}_S/\bar{A}_P$ 的平面分布具有明显方向性。此外, 位于异常区长轴方向的依矿台首先观测到 $\bar{A}_S/\bar{A}_P$ 突跳而且幅度最大, 这也说明 $\bar{A}_S/\bar{A}_P$ 具有优势分布方向。

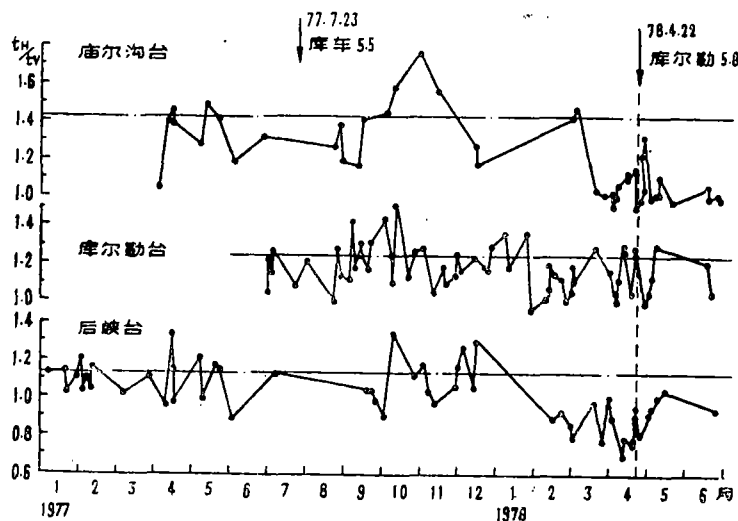
(5) 观测到 $\bar{A}_S/\bar{A}_P$ 突跳的 5 次小震震中也大致由西向东迁移 (图 1), 与各个台观测到 $\bar{A}_S/\bar{A}_P$ 突跳的总体趋势相吻合。

2. 振动持续时间比 t_H/t_V 的短期异常变化

地震图中, 从地震波记录的初至到结束称为振动持续时间。采用文献[5][6]的方法, 选取库尔勒 5.8 级地震周围的库尔勒、后峡、庙儿沟三个近台的地震记录, 分别量取三个分向记录的振动持续时间。为了减小震级、震中距、放大倍数的影响, 故不直接研究振动持续时间, 而是研究其比值 t_H/t_V (即水平分量的持续时间与垂直分量的持续时间之比)。所选用小震震级限定在 1.5 到 3.0, 震中距小于 230 公里。在限定的震级和震中距范围内, 震级和震中距对 t_H/t_V 无明显影响。所选用资料的仪器频率特性稳定、记录清晰、干扰水平不大而且稳定。一般情况下噪声幅度小于 0.5 毫米, 取 2 倍噪声幅度即 1 毫米作为量取尾波衰减结束的标准。

分别点绘三个台记录的 t_H/t_V 平面分布发现, 震前几个月, 在主震震中附近约 100 公里范围内呈现一个 t_H/t_V 低值集中区, 而且, 在其外围 ($\phi 41^\circ-43^\circ N$, $\lambda 83^\circ-88^\circ E$) 较大范围内还有低值显示。

图 3 给出 5.8 级地震前后三个台的 t_H/t_V 随时间变化过程。由图可见, 其变化可大致分为如下几个阶段: 1978 年 2 月以前, t_H/t_V 值围绕基值随机波动, 2 月初即震前近 3 个月, 3 个台的 t_H/t_V 值相继出现趋势性下降, 明显低于基值, 持续到震后一段时间。1977 年 7 月库车 5.5 级地震前, t_H/t_V 的时间过程也略有低值异常显示, 但可能由于台站与主震震中相距较远 (约 300 公里), 故所显示的低值异常远不如 5.8 级地震之前清楚。

图3 库尔勒5.8级地震前 t_H/t_V 随时间变化过程曲线Fig. 3 Curve of change with time of t_H/t_V before the Kuerle earthquake ($M=5.8$).

由图3可见,三个台观测到 t_H/t_V 异常的时间和幅度是有差异的,与主震相距30多公里的库尔勒台的放大倍数为4.5万倍,该台 t_H/t_V 出现异常的时间最早(1978年2月初),但异常幅度最小(还不到0.2),而且异常形态也不如另外两个台典型。庙儿沟与后峡台位置接近,则台站与主震之间的距离对 t_H/t_V 产生的影响可以不计,它们与主震相距约170公里,庙儿沟台放大倍数7万倍,后峡台放大倍数2万倍,而前者的 t_H/t_V 异常幅度为0.4,后者为0.3。以上说明, t_H/t_V 异常出现的早晚以及是否清楚可能与台站和主震之间的距离有关,而且异常幅度的大小可能与仪器放大倍数有关。因此,为获取明显的 t_H/t_V 前兆信息,除了满足前述资料、方法等条件外,还须选择较高放大倍数的仪器和距离适中的台站进行观测,初步认为这个适中的距离应大于40公里,而最佳距离有可能是170公里左右。

3. 多台平均波速比 V_P/V_S 的短期回返

1979年我们曾对库尔勒5.8级地震前多台平均波速比的异常变化作了初步探讨[3],其主要结果是:在两年中期低值异常的背景上,震前68天即2月14日 V_P/V_S 回返,4月22日主震发生。

4. 为了进行综合对比分析,分别计算出庙儿沟、后峡的 A_S/A_P 双台平均值以及庙儿沟、后峡、库尔勒的 t_H/t_V 三台平均值,并将多台平均波速比和区域3级以上地震序列以及滑动b值同时绘于图4中。由图4可见,它们的变化趋势基本一致,各有异常显示。自库车到库尔勒地区,1977年7月库车5.5级地震之后一个多月时间内,3级以上地震在主震附近较为活动,此后转入相对平静,约4个月时间内无一次3级以上地震发生,与此相应在平面上形成一个小范围的地震活动空段。1977年12月中、下旬,地震活动又再度增强,在所述地震活动空段内发生3级以上地震4次。伴随着地震活动由相对平静转入相对活动以及地震活动空段被充填、短期地震活动异常图象的出现,1978年1月26日首先在依矿台观测到单台振幅比突跳,2月份 V_P/V_S 和b值回返、 t_H/t_V 突降、 A_S/A_P 突跳相继出现,以上变化在时间上具有一定

同步性,看来这不是偶然的,可能与5.8级地震的孕育过程有关。分析三个参数短期异常的平面分布还发现,虽然它们的分布范围各不相同,但值得注意的是,在 $\lambda 85^{\circ}50' - 86^{\circ}30'E$ 这个小区段内,三者的异常区域是基本重合的(如图1所示),同时这个区域与前述地震活动空段大致吻合,5.8级地震发生在这个区域的南缘。此外,由图1还可看出,观测到 A_s/A_p 突跳和 V_p/V_s 回返的小震震中都是由西向东迁移的。

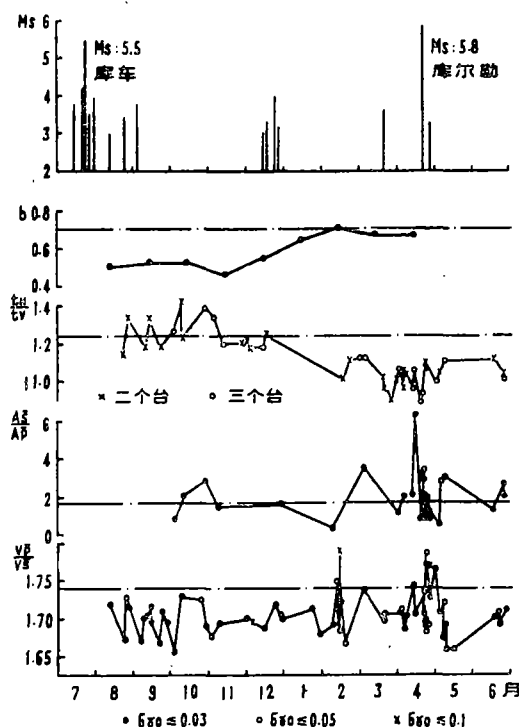


图4 库尔勒5.8级地震前 $\frac{A_s}{A_p}$ 、 $\frac{t_H}{t_v}$ 、 $\frac{V_p}{V_s}$ 多台平均值、b值、Ms综合时间过程曲线

Fig. 4 Time process of average value of $\frac{A_s}{A_p}$, $\frac{t_H}{t_v}$, $\frac{V_p}{V_s}$, b value and small earthquakes before the Kuerle earthquake ($M=5.8$).

三、讨 论

初步结果表明,5.8级地震前三个参数的短期异常是明显的,对此继续进行深入研究,可望得到强震孕育的前兆信息,并且可能在短期地震预报中发挥作用。例如,当某一时段相继观测到波速比回返、振动持续时间比突降和振幅比突跳,则可作出短期发震的时间估计;三个参数短期异常在平面上最集中的区域可作为未来大震的地点;单台振幅比突跳集中出现的时间有可能成为10天之内发震的临震信息。根据波速比异常时间预估未来大震震级,在国内外和本区均取得一些经验公式,但振幅比能否预报震级尚待进一步研究。

虽然振幅比明显依赖于震源机制、台站方位等因素,但是,如图1所示,5.8级地震之前,相对于震源机制不同方位的7个台站均相继观测到振幅比突跳,这一现象是不能只用震

源机制的影响可以解释的，这可能是与震源孕育过程有关的短期前兆信息。

以上结果是初步的，尚须补充更多资料和震例并在实践中进行验证。限于笔者水平，错误难免，敬请批评指正。

（本文1982年2月26日收到初稿，1983年4月10日收到修改稿）

参 考 文 献

- 〔1〕李清河、冯德益，孕震介质中地震波振幅特性的某些理论与实际研究，西北地震学报，Vol. 4，№1，1982.
- 〔2〕冯德益、顾瑾平、李清河，含裂隙介质中地震波传播的振幅异常，地震学报，（待发表）.
- 〔3〕王桂岭、吴秀莲、敖雪明，新疆一些中强震前后的波速比异常，西北地震学报，Vol. 1，№2，1979.
- 〔4〕冯德益，近地震S、P波振幅比异常与地震预报，地球物理学报，Vol. 17，№3，1974.
- 〔5〕黄德瑜、孙士宏，唐山地震前地震波振动持续时间比 T_H/T_V 的变化，地震科学研究，№2，1981.
- 〔6〕K.M.米尔佐也夫等，探索强震前兆变化的时空规律，地震前兆探索，地震出版社，1980.

CERTAIN SHORT TERM ANOMALOUS VARIATIONS OF THE CHARACTERISTICS OF SEISMIC WAVES BEFORE THE KUERLE EARTHQUAKE ($M=5.8$)

Wang Guiling Ao Xueming Yang Chengrong
(*The Seismological Bureau of the Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, China*)

Abstract

In this paper, we make a preliminary analysis of certain short-term anomalous variations of the kinematics and dynamics of seismic wave before the Xinjiang Kuerle earthquake ($M=5.8$, April 22, 1958).

Using the amplitude ratio of $\bar{s}$ and $\bar{p}$ waves, duration ratio, anomalies of the seismic velocity in the anomalous regions microearthquakes are discussed.

The results from the observational data show that there are clear anomalous variations of the characteristics of seismic wave before the strong earthquake. Therefore, to study of characteristics of seismic wave may be helpful for understanding the physical process of source and prediction of the strong earthquake.