

攀枝花地震台数字地震分析探讨*

王斌, 梁慧

(四川省地震局 攀枝花地震台, 四川 攀枝花 617061)

摘要: 结合地震波记录原理, 分析并讨论攀枝花台数字仪震相的一些物理特征, 并使用 MATLAB 对攀枝花、长春台的地震资料做简单滤波分析, 便于真实地反映地震波震相。参考川滇交界地区地质构造, 总结出攀枝花台对多次地震记录震相分析的经验规律, 为地震速报快速识别震相提供实用参考。

关键词: 攀枝花地震台; 数字地震仪; 震相识别; 地震速报

中图分类号: P315.73

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2013)02-0215-04

0 引言

数字地震分析由于记录方式和处理方式的变化, 使得识别震相特征有所变化。仿真和滤波是震相分析处理的有效辅助方法。结合攀枝花地震台所在地区的地质构造, 不断摸索解决四川攀枝花台实际震相分析问题。

1 记录方式的优点

数字地震记录具有频带范围宽、动态范围大的特点, 攀枝花台使用宽频带数字仪, 其频带宽度为 0.02 ~ 120 s, 利用波形分析软件可以仿真模拟短周期 DD-2 仪、中长周期 DK-1、SK 仪和 763 仪记录。仿真后短周期信号滤除了低频信号和干扰, 中长周期信号滤除了高频信号和干扰, 一般震相较为清晰, 便于处理。数字地震仪动态范围大, 记录了更多的信息, 也带有宽频干扰(刘瑞丰, 1999)。进一步分析需做仿真或滤波, 可充分显现各种震相。

2 模拟与数字仪器记录的视差

模拟地震仪记录地震的最大困难在于周期限制, 不能将宽频带的地震波更大限度地记录下来。攀枝花台以前配有短周期仪(DD-2)和中长周期仪(DK-1、SK、763)共4套仪器, 虽然可以记录全球地震, 但不能将宽频带震相完整地记录下来。

现使用速度型宽频带数字地震仪, 记录范围大大加宽。

对模拟记录图纸来说, 滚筒转速是固定的, 走纸距离与时间成正比。初至震相起始角与固定图面对比, 尖锐与否是固定的。角度 $0^\circ \sim 30^\circ$ 为平缓出射, 记为“E”; 角度 $60^\circ \sim 90^\circ$ 为尖锐出射, 记为“I”; 角度 $30^\circ \sim 60^\circ$ 不作标记。记录频带相对较窄且固定, 震相也在图纸上较干净, 叠加的成分不多。

对数字记录来说, 显示的时间框可以拉伸或压缩, 震相起始角与看到的不固定“图面”相对比, 尖锐与否是相对变化的。除了垂直出射的 90° 或水平出射的 0° 角以外, 起始角都有随显示“图面”时间框变小而趋“缓”的情况。实际上角度是不会变化的, 只是对比的时间线度不一样而已。但这样就会出现使用局部“图面”时与使用全局“图面”时所分析的震相起始角尖锐与否有差别, 从而形成视差。所以震相起始角尖锐与否对数字仪来说是一个较为相对的概念, 只有针对特定的“图面”时间线度才具有明确的意义。在实际的分析与速报中, 除了尖锐出射“I”型的初动震相, 一般都不再标出, 就可以避免争议。

3 数字地震仪震相的不同之处

仪器的频带差别造成了记录的表象差别, 同一震相以不同仪器记录, 相位可能会不同。

地震波有自身特点, 表现为连续的有规律的波形。与地震波初动周期相近的高频大地脉动周

* 收稿日期: 2012-03-30.

期较小 ($0.04 \sim 0.1$ s), 幅度也较小。数字仪记录到的波形周期相对大地脉动周期较大, 幅度也较大, 使地震初动波形能够和大地脉动及其它不规则干扰区别开来 (闵大镒, 1993)。例如 2003 年 4 月 24 日 6 时陕西石泉 4.5 级影区地震 (攀枝花台记录震中距为 8.64° , 约 960 km) 就体现了两类地震仪记录震相的联系与区别。在 DD-2 仪上, 波形表现为近震, 可分出 PN、PG、SN、SG 震相。在 DK-1 仪上, 可分出 P、S 远震震相和影区地震面波震相 LG1、LG2。数字地震仪上的原始记录文件, 则明显记录到较小周期的近震震相、较大周期的远震震相和影区地震面波震相。分别仿真为 WWSSNP 和 SK, 体现出了近震、远震和影区地震面波震相 (图 1)。在这里 P 相当于 PN, S 相当于 SN, LG1 相当于 SG。短周期仪或中长周期仪单独工作时, 不会记录到如此丰富的波形。

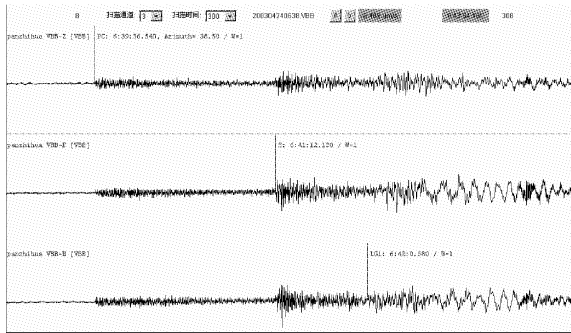


图 1 2003 年 4 月 24 日 6 时陕西石泉 4.5 级影区地震
Fig. 1 Shiquan $M_s 4.5$ earthquake in shadow zone at 6 am on Apr. 24, 2003 in Shaanxi

2011 年 3 月发生的缅甸系列地震也反映了类似情况, 对攀枝花台来说, 这些影区地震使用 WWSSNP 仿真分析可较好地分析震相, 但因为仿真把 S 波大周期的成份滤掉了, 计算出的 M_L 震级误差较大; 使用 SK 仿真分析才可以体现出较大周期震相携带的巨大能量, 计算出比较准确的 M_s 震级。

数字地震仪记录震相与频带相关, 经仿真后的波形记录按短周期、中长周期对近震、远震分别处理即可。影区地震可综合处理。

4 使用 MATLAB 做简单滤波分析

仿真可以解决不同频带的震相分析, 滤波可以进行震相本身的频带分析 (张志涌, 2003)。下

面使用 MATLAB 做简单高通和低通滤波分析。

以四川攀枝花地震台 200403211717. EVT 地震资料曲线做高通滤波。原始资料中由于地脉动使得记录叠加了一些高频成分。为了得到真实的地震近震波形, 设计了一高通滤波器 (设计程序略), 其频带宽度为 0.02 s。图 2 是高通滤波前和滤波后的图象。

以长春地震台 200308100239. EVT 地震资料曲线做低通滤波。原始资料中由于地脉动和干扰使得记录叠加了一些高频成分。为了得到真实的地震波形特别是面波的真实波形, 设计了一低通滤波器 (设计程序略), 其频带宽度为 1 s, 进行低通滤波器频率转换。图 3 是滤波前和滤波后的图象, 滤波效果明显。

滤波分析更进一步加深了对数字仪频带宽度的认识, 对不同周期的地震波形需要采用不同的频带尺度进行分析, 以真实地反映地震波震相。

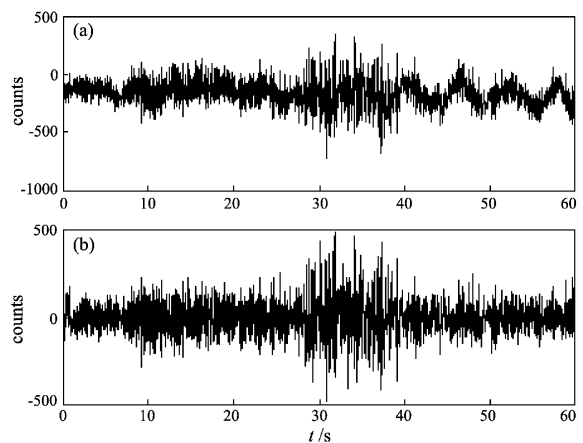


图 2 高通滤波前和滤波后的图象
Fig. 2 The image before and after the high-pass filter

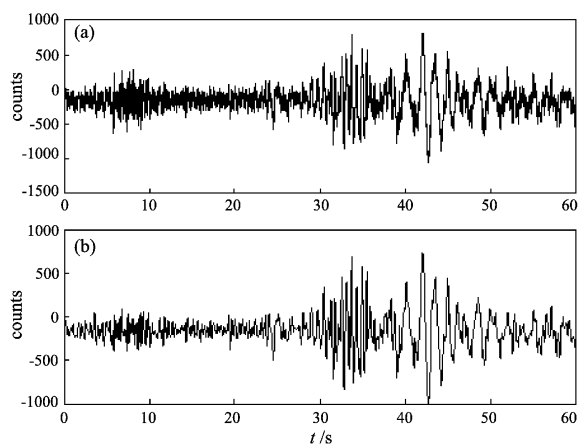


图 3 低通滤波前和滤波后的图象
Fig. 3 The image before and after low-pass filter

5 攀枝花台震相特征

攀枝花地震台海拔高度 1 160 m, 摆房基岩为完整构造的石英闪长岩, 岩基条件较好。攀枝花地震台处于青藏高原、云贵高原和横断山脉之间的川滇菱形块体南部, 与四川盆地盆周山区构造上有较大差异, 所在地区断裂较多, 造成地震波传播的震相有所不同。

5.1 震相分析经验规律

(1) 由于所在地区断裂较多, 造成地震波被分散以致速度下降, 使得后续震相相对理论值延时, 由此计算出的发震时刻与台网发布时间相比, 一般略为超前(苏国君, 1997)。

(2) 攀枝花台近震记录中较少记录到明显的莫霍界面反射波 P11、S11, PG 和 SG 一般明显。在有 PN 和 PG 时, PB (即 P*) 和 SN 在近震中普遍存在, 有时比 PG 更明显, 需要分析。当 PN 不清晰时, 可以用 PB 和 PG 反推 PN。一般会形成 PN、PB、PG; SN、SG 的震相系列。由于构造差异, 整个四川盆地及盆周山区和川西北地区的近震, PN 衰减较大, 不大清晰。而云贵高原的近震记录中, PN 和 PG 发育清晰, SN 不清晰, SG 较为清晰。

(3) 在震中距 $6^{\circ} \sim 16^{\circ}$ 乃至 20° 的影区地震记录中, 则有横波性质的 LG1、LG2 短周期面波, 水平向明显, 常常叠加在勒夫波的前半部分, 周期一般为 $2 \sim 12$ s。西藏、印度、中南半岛和印度洋地震在我台的记录中经常出现清晰的 LG1、LG2 波, 使得影区地震的 S 波有时需要用 LG1、LG2 波进行反推, 这在速报中相当重要。虽然不要求分析 LG1、LG2 波, 但如果识别出来, 对其他后续震相的分析就比较容易。

(4) 在勘察加半岛和日本海地震中记录到典型的海洋型特征地震波, 面波发育, 正频散显著, 初至 P 波起始尖锐。

(5) 台湾和新疆 5.5 级以下地震, 记录到的 P 波和 S 波都较为模糊, 面波也受上地幔的地壳明显差异影响而发育较差。菲律宾地震的 P 波周期则较大, 甚至于比 S 波周期大。蒙古地震面波衰减较大, 可能为深源地震。但不会出现较小周期成分叠加, 这也是我台区分深震的依据之一。

(6) 攀枝花台 SKS 震相在 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 起始尖锐, 出现在 S 波之后, 而从 84° 以后出现在 S 波之前。

(7) 极远震 PKIKP 和 PKP 的出射角、周期都较大, 较好辨认。攀枝花台可以清楚地记录到震中距为 125° 左右的墨西哥和中美洲 7.0 级以上地震外核界面上的衍射波 Pdif。

5.2 应用与检验

(1) 精确分析初至波震相到时

数字仪可将震相在幅度上任意放大缩小, 在时限上拉伸压缩, 可较好地量取到时和初动方向。

(2) 更好地分析续至震相和更多的计算震级

模拟仪对一些震级较小的远震, 往往很难分析续至震相。数字仪只要能量取初至波震相和面波, 基本上都能分析到续至震相, 从而更多地计算震级。介于近震和远震之间的影区地震可分别计算出 M_L 和 M_b 、 M_B 、 M_s 震级。

(3) 发现“新”震相

数字仪记录频带宽, 仿真分析后, 量取震相更为容易。有些震相由于受记录频带限制被掩盖了, 在数字仪上则成为了“新”震相, 其实正是地球内部结构的真实反映。

2003 年 5 月 4 日 21 时智利附近 6.3 级地震, 我台记录为极远震型, 可清楚分析 PKP: 21 - 28 - 36.9、PP: 21 - 32 - 28.7, SKKS、SS 等震相。特别是在 SKKS 和 SS 之间出现了一个清晰的无名震相 I: 21 - 41 - 05.3, 震相走时表上无对应震相。该震相出射方向与 SKKS 震相相反且出射角较尖锐, 周期较大, 具有横波性质, 估计为穿透地核的又经过反射的横波(图 4)。有些震相在走时表上查不到, 但它具有明显的周期及相位变化, 可能是一种震相, 或许会对我们地球介质的认识有帮助。

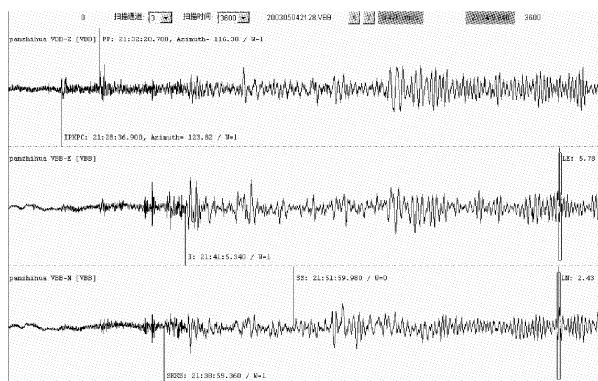


图 4 2003 年 5 月 4 日智利 6.3 级地震记录

Fig. 4 Seismic recordings of Chile M6.3 earthquake on May. 4, 2003

6 结论

从以上所述来看,应用仿真和滤波等震相分析处理方法作为辅助手段,结合台站所在地区的构造,可以较全面地分析数字震相,认清地方震、近震、一般远震、极远震及浅、中深源地震的特征及区别,为地震速报提供参考。

参考文献:

- 刘瑞丰. 1999. 数字地震资料分析基础知识[M]. 北京:中国地震局数字地震仪教材.
- 闵大镒. 1993. 信号与线性系统分析[M]. 成都:电子科技大学出版社.
- 苏国君. 1997. 四川地震台站典型震相图集[M]. 成都:成都地图出版社.
- 张志涌. 2003. 精通 MATLAB6. 5 版[M]. 北京:北京航空航天大学出版社.

Analysis and Discuss on Characteristics of Digital Seismic Recording by Panzhihua Seismic Station

WANG Bin, LIANG Hui

(Panzhihua Seismic Station, Earthquake Administration of Sichuan Province, Panzhihua 617061, Sichuan, China)

Abstract

Combining the recording principle of seismic waves, we analyzed and discussed the physical characteristic of seismic phases recorded by digital seismograph at Panzhihua Seismic Station. Then we analyzed the simply filtering results of seismic data recorded by Panzhihua and Changchun stations to identify the real seismic phase by MATLAB. Reference for the geological structure in Sichuan-Yunnan area, we summarized the experience and regularity of analyzing the digital seismic phases recorded by Panzhihua Seismic Station, which could provide practical reference for rapid seismic phases identification in earthquake rapid report.

Key words: Panzhihua Seismic Station; digital seismograph; Seismic phase identification; earthquake rapid report