

用昆明地震台数字资料探讨影区地震 S 波^{*}

李宗芬, 潘志宏

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 通过对中国数字地震台网昆明台多年资料的分析, 并对 2002 ~ 2006 年间昆明地震台速报过的震中位于“影区”内的地震与国家地震台网大震速报目录中发震时刻作了进一步的分析、比较与研究, 掌握了一些分析方法和规律, 总结了对影区地震 S 波到时的分析经验, 这对今后单台大震速报及地震日常分析具有借鉴意义。

关键词: 影区; S 波; 昆明地震台

中图分类号: P315.63

文献标志码: A

文章编号: 1000-0666(2008)01-0027-05

0 引言

众所周知, 就其地震波速而言, 地球可分为地壳、上下地幔和内外核等几个大构造单元 (张少泉, 1986)。其中, 壳幔界面、幔核界面、内外核界面和上下地幔之间的过渡层, 是十分明显的 (金桂芳, 1981)。地球是具有层次的构造, 但层次并不是线性分布, 而是存在着过渡层。地幔是莫霍面以下至地球外核界面之上的部分, 因其区间较大, 又可分为上、中、下三部分。对于上地幔现在看来其结构状态有明显的地区差异, 根据我国台网观测, 明显地存在着地幔低速层, 尤其是东部地区更为明显 (王凯等, 2002)。我国上地幔均存在 S 波低速层 (叶家鑫, 1980)。由于受上地幔低速层的影响, 地震波走时曲线出现间断 (金桂芳, 1981)。地幔低速层对体波 (P S) 的记录效应是由于振幅的迅速衰减而出现“影区” (赵其玲, 1981)。在影区中, P S 射线已穿透到地幔低速层中, 因受低速层的影响, P S 很弱, 故出现 P S 影区 (赵荣国, 1994)。震中距 $10^{\circ} \sim 17^{\circ}$ 间, 是浅源 (深度小于地壳厚度) 体波震相的影区, P 和 S 极弱或缺失 (李发科, 2002)。在观测记录上, 低速层的主要标志是“影区” (琴朝智, 2002)。由于地下低速层的存在, 对震中距在 $6^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 间的地震, 经常记不到 P S 等主要震相。这些都说明 P S 的影区的存在。凡是从事过震相分析的人都知道, 影区地震较难分析, 不像一般远震震相那样容易辨认。分辨“影区”地震, 关键

在于正确识别 S 波, 这样在地震速报时, 才能既快又准确地定出震中并计算出正确的震级。目前在准智能化数据分析中, 单台分析 S 波仍有它的重要作用。

在核幔界面的“影区”及震中距大于 105° 的影区地震, 因本文不涉及极远震问题, 所以暂不作讨论。

1 影区地震的 P S 波衰减情况

影区地震的 P S 波传播过程中, 震中距和振幅之间的关系如图 1 (金桂芳, 1981) 所示。

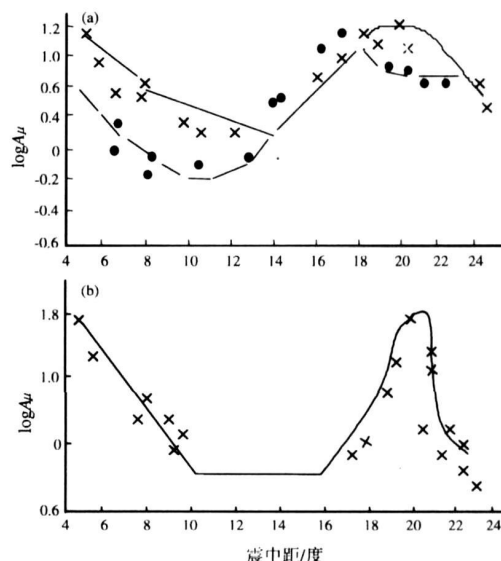


图 1 震中距和振幅之间的关系

(a) 纵波振幅衰减曲线; (b) 横波振幅衰减曲线

* 收稿日期: 2007-07-02

由图 1 可清楚看出, P 波的振幅从震中距 6° 开始迅速衰减, 至 15° 时达到极小值, 以后逐渐增大, 19° 后正常衰减; S 波的振幅, 是从震中距 8° 开始迅速衰减, 10° ~ 15° 达极小值, 19° 左右又达到极大值, 以后正常衰减。很明显, 在此区间 P 波记录微弱不清 (金桂芳, 1981)。

对于影区范围的大小, 各种文献有各自不同的说法, 差别很大, 归纳起来有以下几种: ① 6° ~ 25° 之间; ② 7° ~ 12° 之间; ③ 6° ~ 16° 之间; ④ 5° ~ 20° 之间 (吴培雅等, 2002)。邱国荣 (2002) 则认为震中距为 6° ~ 20° 为影区, 可见影区范围大小问题分歧很大。从昆明地震台的分析来看, 震中距为 5° ~ 20° 时较难分辨出 S 波到时。

2 昆明地震台记录影区地震的地理分布

每年我国的台湾、西藏、青海等地区, 以及邻国缅甸都有较多的地震发生, 尤其是台湾地区地震最多。昆明地震台工作人员在分析这些地震时感觉特别困难, 测定出的发震时刻及震中位置与国家地震台网中心发布的结果往往存在着较大的误差。其原因是因为这些地区正好位于距昆明台 5° ~ 20° 的影区范围内。由于这些地震一般是浅震, 震相少, 所以在确定 S 波时难度更大 (若震相多, 还可以用反推的方法先分析出其它震相, 然后再确定 S 波)。Lg 波也可以定出震中距, 赵荣国 (1988) 曾用 Lg 波作为辅助分析影区中的 S 震相。虽然已知它的传播速度 Lg_1 为 3.5 km/s, Lg_2 为 3.37 km/s, 但因 Lg 波的走时在走时表上一般不存在 (东南沿海例外), 所以在震速报时就显示不出它的作用了。因此, 我们也从未用此方法进行过大震速报。所以在震速报时, 要测定准确的发震时刻和震中位置, 首先要准确确定 S 波到时。

单台分析地震图时, 往往由于 S 波震相不清楚或分析不准而引起震中距的计算误差, 分析其它震相的精度也会受影响。P 波在影区范围内时, 它在短周期记录图上一般比较清晰, 不容易产生分析差错; 在长周期和超长周期记录图上, 要确定影区地震的 S 波实际上也是非常困难的。所以在震速报时, 中周期图上分析出 S 波是至关重要的。在 S 波的分析方法上, 不能根据平时分析地震图的经验, 把测震学中地震波的运动学和动力学特征明显的地方分析为 S 波。周来顺 (1994) 认为, 影区地震的 S 波, 一般是在通常认为的 S 波到时处, 提前一个

周期确定为 S 波到时。这个观点和我们的结论有部分相同之处。

3 分析方法

- (1) 将中国数字地震台网中昆明台的 SEED (Standard for the Exchange of Earthquake Data) 格式的连续数据进行转换, 转换成在 Wgsnplo 数据分析程序中所使用的格式, 获取所需的完整地震波形。
- (2) 将原始波形进行滤波。
- (3) 通过滤波, 获得仿短周期、仿中长周期、仿长周期和仿超长周期信号。
- (4) 将波形放大后在短周期垂直向上分析出可靠的 P 波到时。
- (5) 在中周期水平分向上确定 S 波到时。
- (6) 用 DMAS 软件计算出发震时刻及震中距。
- (7) 在相同或接近标准的发震时刻下, 可看出 S 波的特点。

4 实例分析

例 1. 台湾宜兰地震

发震时刻: 2003-06-09 01:52:52.8 震中位置: 25.1°N 122.4°E 震级: $M_s 5.0$ 震中距: 17.32°; 震源深度: 33 km

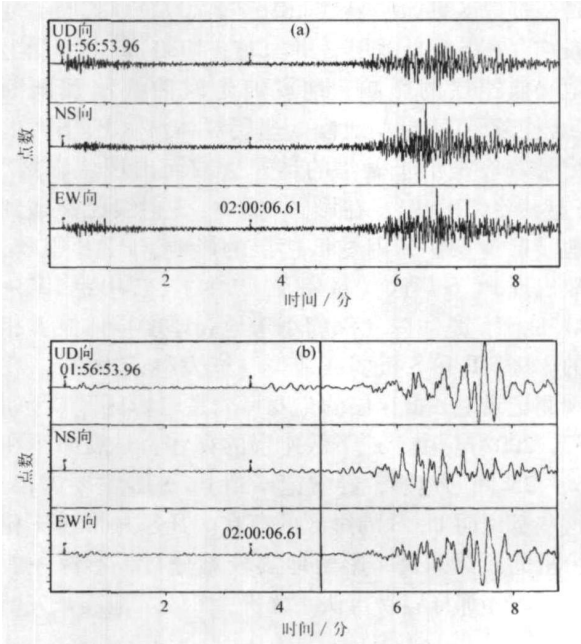


图 2 台湾宜兰地震在短周期 (a) 和中长周期 (b) 仿真后的波形图

分析出 R S波后，由 DMAS软件自动计算出地震基本参数：OrGin Time=2003.06.09 01:52:54.789 Depth=33 km Distance=17.32°（以下几个图例做法相同）。分析得到的 S波到时才与用标准的发震时刻确定的 S波到时接近，从图 2 可以看出，这里 S波到时并不清楚，振幅很微弱，几乎分析不出 S波到时，只能从运动学方面看出地震波的周期稍有变化。

例 2. 台湾花莲以东海中地震
发震时刻：2005-09-06 01:16:00.0 震中位置：24.1°N 122.1°E 震级：M5.8 震中距：17.92°
分析出 R S波后，由 DMAS软件自动计算出地震基本参数：OrGin Time=2005.09.06 01:16:01.252 Depth=33 km Distance=17.92°。从图 3 看出，S波并不清楚，它出现在振幅明显变大之前，运动学中周期稍变大之处，这里 S波到时和由标准的发震时刻确定的 S波到时很接近。

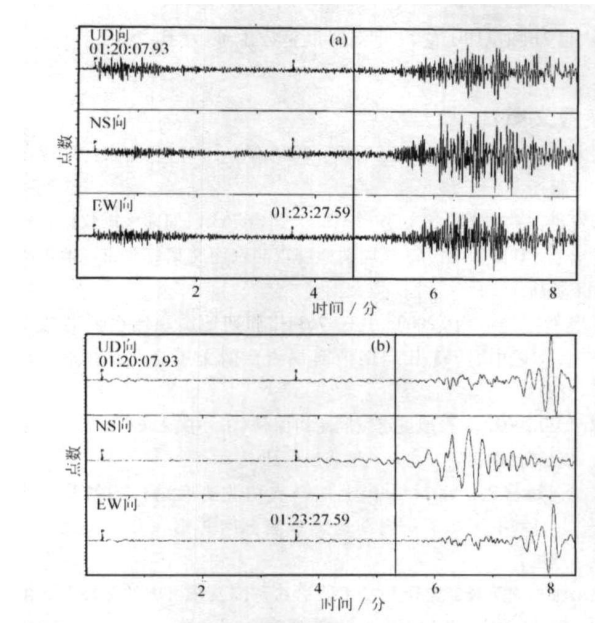


图 3 台湾花莲以东海中地震在短周期 (a) 和 中长周期 (b) 仿真后的波形图

例 3. 西藏班戈地震
发震时刻：2003-01-16 22:15:33.5 震中位置：32.8°N 90.2°E 震级：M5.0 震中距：13.44°
分析出 R S波后，由 DMAS软件自动计算出地震基本参数：OrGin Time=2003.01.16 22:15:33.991 Depth=33 km Distance=13.44°。从图 4 看出，S波到时基本看不清楚，按平常的分析法，震相 S可能会在 22:21:31 处，图中正确的 S波应在 22:21:11 处。S波到时位置比在大震幅起点的

地方提前了 20 s 所以，在这种情况下，一般是很难准确分析 S波的。此地震 S波是出现在南北向中周期略变大的地方。

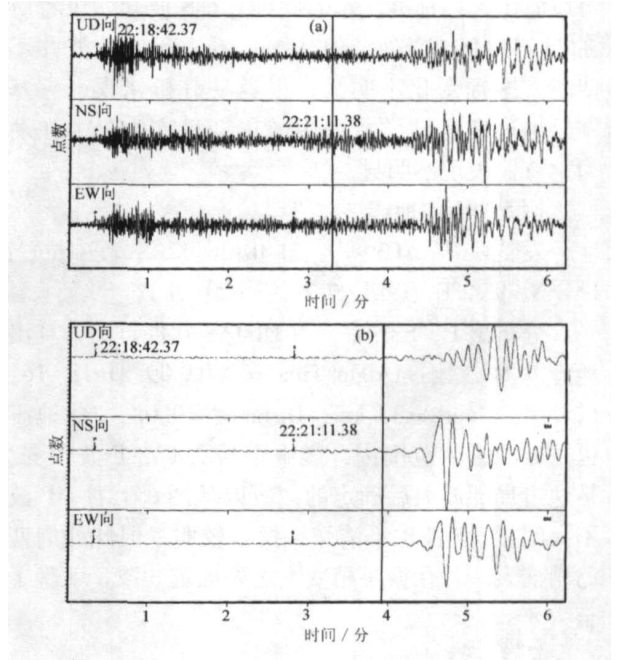


图 4 西藏班戈地震在短周期 (a) 和 中长周期 (b) 仿真后的波形图

例 4. 青海格尔木地震
发震时刻：2006-03-29 23:38:49.4 震中位置：35.5°N 95.4°E 震级：M5.2 震中距：12.42°

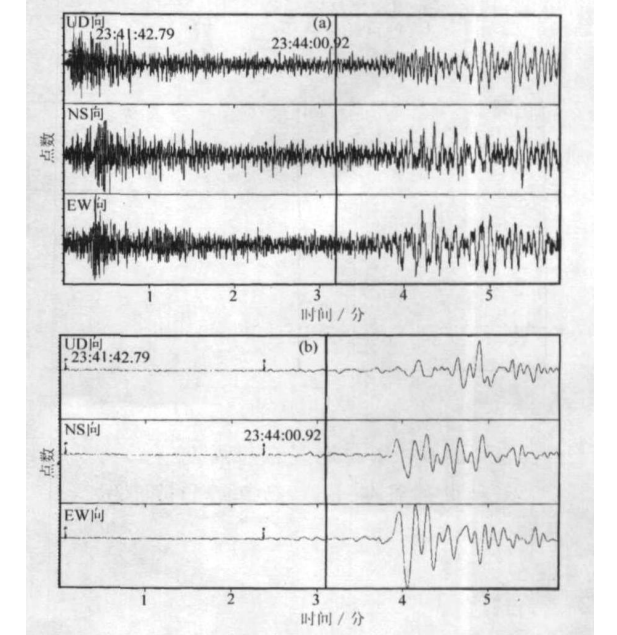


图 5 青海格尔木地震在短周期 (a) 和 中长周期 (b) 仿真后的波形图

分析出 P S波后, 由 DMAS软件自动计算出地震基本参数: OrGin Time= 2006. 03. 29 23: 38: 48. 273, DePth=33 km, Distance=12. 42°. 从图 5 可以看出, 按标准发震时间推算, S波起始位置应在 23: 44: 00. 92处, 但从图上看, 此处 S波并不清楚, 振幅变化不明显, 很容易分析错误, 它基本是出现在运动学特征中的周期稍变大处, 在动力学方面表现不明显。

例 5. 缅甸地震
发震时刻: 2003-09-21 18: 16: 12. 2 震中位置: 19. 8°N 95. 2°E 震级: 7. 2 震中距: 9. 1°。

分析出 P S波后, 由 DMAS软件自动计算出地震基本参数: OrGin Time= 2003. 09. 21 18: 16: 12. 110, DePth=33 km, Distance=9. 08°。此地震也是处在影区范围内, 震中距为 9. 1°, P波较弱, 是通过局部放大后确定的, 所以从图 6 上看, P波不太明显, S波也不清楚, 振幅较弱, 但此处周期已稍变大。若在振幅稍变大之处确定 S波, 就晚了至少 8 s。

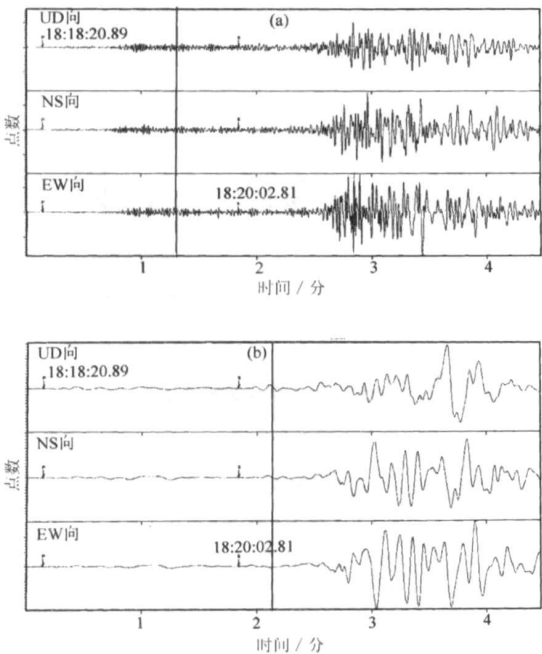


图 6 缅甸地震在短周期 (a)

和中长周期 (b) 仿真后的波形图

5 结论

影区地震的 S波, 并非出现在我们看到的水平

分向上动力学变化较为明显的地方。在 S波可能出现的范围内, 整个波群或波列振幅不大, S波就在这段波群或波列里, 即运动学特征中周期开始变大但变化不是很明显之处, 在影区范围内的地震, 振幅变化明显的地方一定不能误分析为 S波。由于地震波射线传播的路径十分复杂, 每个地震波的传播路径各不相同、地慢结构的局部异常以及资料的限制, 可能有的影区地震的 S波的波形特征, 我们目前还未遇到。在分析这类地震时, 需要认真观察整个地震的波形图, 先找出在可能出现 S波的波群 (或波列) 区间, 然后要在其振幅明显变化之前, 仔细寻找周期开始变大 (也可能会有几个小周期叠加在其中, 小周期叠加在大周期上的这一特征, 在模拟记录图上一般都无法看到) 的起点, 将其确定为 S波到时的位置, 只有这样才能正确分析出影区地震的 S波, 从而测定出正确的震中和其它参数。对于震级较大的地震, 周期变大的地方较为明显, 则相对容易正确分析 S波。

参考文献:

国家台网大震速报目录 (2002-2006 年) [M]. 北京: 地震出版社.
李发科, 尹志文, 沈文荣. 2002 兰州台 763 长周期地震仪记录特征 [Q]. 中国 763 长周期地震观测台网文集. 北京: 地震出版社.
琴朝智, 刘燕南. 2002 我国 763 长周期地震观测台网的建设 [Q]. 中国 763 长周期地震观测台网文集. 北京: 地震出版社.
邱国荣. 2002 单台地震定位问题初探 [Q]. 中国 763 长周期地震观测台网文集. 北京: 地震出版社.
王凯, 姚振兴. 2002 中国上地幔剪切波速度结构的初步研究 [Q]. 中国 763 长周期地震观测台网文集. 北京: 地震出版社.
吴培雅, 施玉芳, 史升大. 2002 影区范围及影区内的 P波和 S波 [Q]. 中国 763 长周期地震观测台网文集. 北京: 地震出版社.
叶家鑫. 2002 长周期 763 式地震仪的记录特征 [Q]. 中国 763 长周期地震观测台网文集. 北京: 地震出版社.
张少泉. 1986 地球物理学概论 [M]. 北京: 地震出版社.
赵荣国. 1988 中国地震台网观测报告中 L₈分析问题 [J]. 地震地磁观测与研究, 9 (2): 1.
赵荣国. 1994 论远震分析 [J]. 地震地磁观测与研究, 15 (1): 21.
周来顺. 1994 北京台网震相分析与大震速报 [J]. 地震地磁观测与研究, 15 (4): 67.
金桂芳. 1981 震相解释处理与研究应用 [Z]. 北京: 中国地震局地球物理研究所.

Exploration of S-wave in Shadow Zone by Digital Data Recorded in Kunming Seismic Station

LIZong-fen, PAN Zhihong

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, China)

Abstract

Through analyses to the data recorded in Kunming seismic station of the CDSN for many years, the origin times of the Kunming seismic station located in the shadow zone in the catalogue fast reported to the CDSN are been further analyzed, compared and studied. Some analyzing methods and laws have been mastered, the analyzing experience to the S-wave in the shadow zone is summarized, which would play reference role for the fast report of large earthquake by single station and routine analyses.

Key words: Shadow zone; S-wave; Kunming seismic station