

毛世榕, 苏梅艳, 蒋志峰. 桂林台影区地震震相特征分析与定位方法研究[J]. 华南地震, 2016, 36 (1): 59-68. [MAO Shirong, SU Meiyan, JIANG Zhifeng. A Research on Seismic Phase Characteristics and Positioning Method of Shadow Seismic at Guilin Seismic Station[J]. South china journal of seismology, 2016, 36(1): 59-68.]

## 桂林台影区地震震相特征分析与定位方法研究

毛世榕, 苏梅艳, 蒋志峰  
(桂林地震台, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 通过对 2011~2013 年的 34 个影区地震震例进行分析, 总结了桂林台影区地震各个震相特征, 并运用震相特征对影区地震进行分析定位, 有效提高了桂林台对影区地震进行定位分析的精度和效率, 对日后进行大震速报和日常分析具有借鉴意义。

**关键词:** 影区地震; 震相特征; 桂林地震台

中图分类号: P315.730.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2016) 01-0059-10

DOI: 10.13512/j.hndz.2016.01.009

## A Research on Seismic Phase Characteristics and Positioning Method of Shadow Seismic at Guilin Seismic Station

MAO Shirong, SU Meiyan, JIANG Zhifeng  
(Guilin Seismic Station, Guilin 541004, China)

**Abstract:** Based on analysis of the 34 earthquake cases in shadow zone from 2011 to 2013, this article summarized various seismic phase characteristics of the shadow seismic at Guilin seismic station, and did the positioning analysis for shadow seismic by seismic phase characteristics, which will effectively improve the precision and efficiency of positioning of the shadow seismic at Guilin station, and has the reference significance for earthquake quick report and daily analysis in the future.

**Keywords:** Shadow seismic; Seismic phase characteristics; Guilin Seismic station

收稿日期: 2015-03-16

基金项目: 桂林地震台影区地震震相分析及参数测定(编号 20140003)

作者简介: 毛世榕 (1984- ), 男, 助理工程师, 从事地震监测工作.

E-mail: 232529840@qq.com.

0 引言

由于上地幔低速层的存在,当P、S波射入低速层时,根据波的折射定律,地震波的方向将靠近法线,从而导致地震波传播方向向下偏移,最终导致地表难以记录到P、S波,形成P、S波的“影区”。文献 [1] 指出,影区的主要影响范围是10°~17°的浅源地震,特征是P、S波记录到的振幅不清晰或无记录。

桂林地震台作为I类基本台,承担了多年的大震速报任务,是非常重要的国家级地震台站。而中强以上地震频繁发生的四川、云南、西藏、台湾、缅甸等地恰好位于桂林台监测的影区范围内,导致桂林台记录到这些地区发生的中强地震的P、S震相波形不清晰,难以辨认,从而影响了地震速报的速度和定位的精度。因此,对影区地震震相

特征进行分析总结,为日后进行影区地震分析提供依据,将会有效提高影区地震定位的精度和效率,并且可以丰富地震观测报告的震相数据,具有重要意义。

1 资料选取

桂林地震台位于桂林市尧山风景区,距离市中心约9 km,基岩为泥盆系灰岩,地震计为CTS-1E 甚宽频带地震计。本文从2011年至2013年中国地震台网的地震目录中,选出与台站相距7°~16°、 $M\geq 4.5$ 级,波形记录清晰的34个地震事件,总结震相特征,并与我台实际记录到的地震事件进行对比分析,应用于对影区地震进行定位。表1为本文所选用的34个地震事件,图1为各地震事件的震中分布图。

表 1 本文所选用的地震事件  
Table 1 The seismic events used in this paper

| 日期/年-月-日   | 时间/h:min:s | 纬度/°  | 经度/°   | 深度/km | <i>M</i> | 地名  | 震中距/° |
|------------|------------|-------|--------|-------|----------|-----|-------|
| 2013-02-19 | 14:17:43.4 | 31.21 | 105.20 | 20    | 4.9      | 四川  | 7.5   |
| 2011-10-31 | 21:58:15.0 | 32.60 | 105.30 | 6     | 5.2      | 四川  | 8.0   |
| 2013-04-20 | 01:20:11.2 | 30.17 | 102.99 | 19    | 4.8      | 四川  | 8.1   |
| 2013-11-28 | 08:23:53.7 | 25.40 | 100.58 | 10    | 4.7      | 云南  | 8.5   |
| 2012-06-24 | 07:59:33.5 | 27.71 | 100.69 | 11    | 5.7      | 云南  | 9.0   |
| 2013-03-03 | 05:41:15.8 | 25.93 | 99.72  | 9     | 5.5      | 云南  | 9.6   |
| 2013-06-02 | 05:43:01.0 | 23.87 | 120.99 | 5     | 6.7      | 台湾  | 9.7   |
| 2012-02-26 | 02:34:57.8 | 22.75 | 120.75 | 20    | 6.0      | 台湾  | 9.8   |
| 2013-10-31 | 12:02:06.0 | 23.51 | 121.44 | 11    | 6.8      | 台湾  | 10.2  |
| 2011-02-01 | 08:16:28.3 | 24.20 | 121.80 | 10    | 5.4      | 台湾  | 10.4  |
| 2013-07-21 | 23:45:56.5 | 34.54 | 104.21 | 15    | 6.7      | 甘肃  | 10.6  |
| 2011-03-24 | 13:55:12.3 | 20.70 | 99.85  | 20    | 7.6      | 缅甸  | 10.7  |
| 2012-12-08 | 14:26:55.2 | 25.68 | 122.33 | 281   | 4.7      | 台湾  | 10.8  |
| 2012-04-08 | 21:43:27.2 | 24.00 | 122.35 | 10    | 5.6      | 台湾  | 10.9  |
| 2013-01-18 | 12:42:50.1 | 30.95 | 99.40  | 15    | 5.5      | 四川  | 11.2  |
| 2011-03-10 | 04:58:12.4 | 24.65 | 97.95  | 10    | 5.9      | 缅甸  | 11.3  |
| 2012-09-12 | 09:37:28.6 | 24.95 | 123.24 | 20    | 5.1      | 琉球  | 11.7  |
| 2013-04-17 | 11:11:57.0 | 24.80 | 123.30 | 10    | 5.2      | 琉球  | 11.7  |
| 2013-09-06 | 11:33:53.4 | 20.19 | 122.31 | 180   | 6.4      | 菲律宾 | 12.1  |
| 2013-05-30 | 02:24:14.9 | 17.83 | 120.83 | 9     | 5.0      | 吕宋岛 | 12.2  |
| 2013-05-21 | 08:25:53.0 | 23.40 | 123.70 | 15    | 5.3      | 琉球  | 12.3  |
| 2012-07-22 | 02:11:09.2 | 24.98 | 96.48  | 8     | 5.0      | 缅甸  | 12.6  |
| 2012-06-16 | 22:18:46.4 | 15.62 | 119.63 | 28    | 6.0      | 吕宋岛 | 13.0  |
| 2012-11-11 | 18:19:41.0 | 23.10 | 95.96  | 14    | 5.9      | 缅甸  | 13.3  |
| 2012-08-08 | 07:10:58.5 | 25.75 | 125.30 | 130   | 5.0      | 琉球  | 13.5  |
| 2011-11-08 | 02:59:05.9 | 27.20 | 125.90 | 220   | 6.8      | 台湾  | 14.0  |
| 2011-02-04 | 13:53:44.5 | 24.60 | 94.70  | 89    | 6.1      | 印度  | 14.2  |
| 2012-05-11 | 10:18:09.1 | 37.75 | 102.00 | 16    | 4.9      | 甘肃  | 14.3  |

(转下表)

(接表 1)

| 日期/年-月-日   | 时间/h:min:s | 纬度/°  | 经度/°   | 深度/km | <i>M</i> | 地名  | 震中距/° |
|------------|------------|-------|--------|-------|----------|-----|-------|
| 2011-06-26 | 07:48:15.4 | 32.40 | 96.05  | 20    | 5.3      | 青海  | 14.4  |
| 2012-12-22 | 16:41:42.4 | 22.31 | 94.58  | 134   | 5.3      | 缅甸  | 14.7  |
| 2012-07-29 | 02:21:09.6 | 22.96 | 94.24  | 60    | 5.4      | 缅甸  | 14.8  |
| 2011-03-21 | 10:36:47.3 | 13.90 | 120.71 | 97    | 4.9      | 菲律宾 | 14.9  |
| 2013-04-11 | 03:47:01.8 | 19.05 | 95.50  | 27    | 5.4      | 缅甸  | 15.1  |
| 2013-04-20 | 23:21:27.5 | 35.18 | 124.55 | 10    | 5.0      | 黄海  | 15.7  |



图 1 34 个地震事件震中分布图  
Fig.1 The epicenters distribution map of the 34 seismic events

2 影区震相特征分析

2.1 P 波震相特征

由于波的散射作用，影区地震的 P 波仍然可以被记录到。我台记录到的影区地震的 P 波呈现以下特征：

- (1) 11°~13°范围是 P 波受影区影响最大的区域，该区域内地震的 P 波初动较弱，较难辨认，该区域主要包括四川、中缅交界地区、台湾-琉球地区等，而云南、甘肃、青海、菲律宾、黄海等地区的 P 波初动则相对清晰。
- (2) 震源深度越深，P 波受影区影响越小。当震源深度超过 80 km，P 波不受影区影响，初动清晰易辨。
- (3) 在影区范围内，P 波波速几乎不受震中距和震中所处区域影响，浅源地震 P 波波速为 7.3 ~ 7.9 km/s，均值为 7.7 km/s。随着震源加深，P 波波速会略微增加，当深度超过 200 km 后，P 波波

- 速为 7.9~8.1 km/s，均值为 8.0 km/s。
- (4) 在短周期仿真上，四川、云南方向地震的 P 波周期较小，主要在 0.9~1.0 s，其它地区的 P 波周期主要在 1.1 s 左右，可作为区分四川、云南方向地震的一个重要特征。
  - (5) P 波持续 3~5 个波数，在影区内，震中距和震源深度对 P 波周期和持续长度均没有明显影响。
- 在分析影区地震时，由于 P 波初动微弱，因此需要根据 P 波周期特点，在短周期仿真记录上，找到周期在 0.9~1.2 s、持续 3 个周期以上的波形，从而确定 P 波位置。图 2 是 2013 年 5 月 30 日菲律宾吕宋岛 5.0 级地震的波形。该地震震中距为 12.2°，受影区影响 P 波初动振幅较弱，因此利用 P 波周期特点找到初动位置，该地震 P 波周期为 1.1s，持续 3 个波数。
- 2.2 PP 波震相特征
- PP 波是 P 波在地表的一次反射波，是远震中

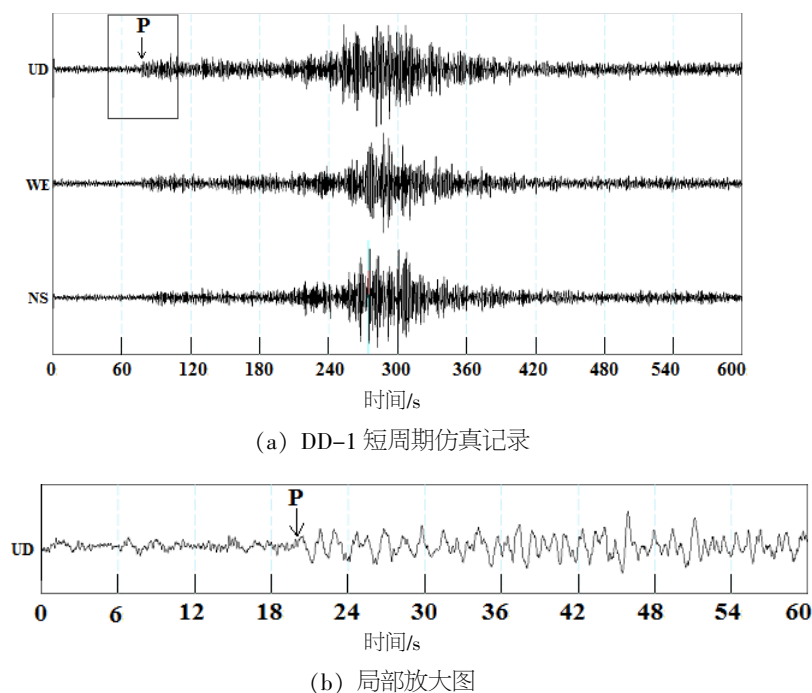


图 2 菲律宾吕宋岛地震波形

Fig.2 The waveform of the Luzon earthquake

常见的震相。在我台记录到的影区地震中 PP 波具有以下特征：

(1) 震中距大于  $10.5^\circ$ ，震源深度小于 30 km 的影区地震可以观测到 PP 波，如果震中距小于  $10.5^\circ$  或震源大于 30 km，PP 波将被 P 波或者 sP 波淹没，我台记录到 PP 波的最小震中距为  $10.6^\circ$

(2) PP 波是 P 波的反射波，其周期与中长周期 P 波的周期相近，在 2~4 s，我台记录到的 PP 波平均波速为 7.3 km/s。

(3) PP 波在水平向上有明显波形，其振幅小于垂直向振幅。

(4) PP 波初动弱，随后振幅快速增大，持续 1~3 个波数。

(5) 由于影区地震震中距小于  $40^\circ$ ，因此 PP 波初动方向并不一定与 P 波初动方向相反。

PP 波的辨别主要依靠在确定 P 波、震中距和震源深度后，根据走时表查找 PP 波走时，再依靠波形的周期和振幅特征进行精确定位。需要注意的是，由于浅源地震的 PP 波与 sP 波很接近，因此在分析 PP 波时，需要注意与 sP 波在周期上的区别。图 3 是 2013 年 7 月 21 日甘肃省 6.7 级地震波形，震中距为  $10.6^\circ$ ，震源深度 15 km。从图中可以看出 PP 波的周期与 P 波相同为 2.0 s，而由于震源浅，因此 sP 波与 PP 波出现位置较接近，利用两个波形的震相特征可以有效区分。

## 2.3 S 波震相特征

S 波与 P 波受影区影响相似，并且同样由于波的散射作用，可以收到微弱的 S 波。我台记录的影区地震 S 波具有以下特征：

(1) S 波受影区影响主要在  $10^\circ\sim 14^\circ$ ，在该区域内 S 波振幅微弱无法辨识。

(2) 震源深度越深 S 波受影区影响越小，当震源深度超过 80 km 时，S 波震相清晰易辨。

(3) 浅源影区地震 S 波波速为 4.1~4.4 km/s，均值为 4.3 km/s，震源深度加深，S 波波速略微提升，深度超过 200 km 后，波速为 4.5 km/s。

由于影区对 S 波影响较大，且在  $10^\circ\sim 14^\circ$  难以辨识，因此 S 波并不适合作为地震定位的主要震相，在进行分析时通常是根据震中距查走时表来确定粗略的参考位置。

## 2.4 SS 波震相特征

SS 波是 S 波在地表进行一次反射后形成的波，由于其能量大的特点，常用于地幔结构研究。我台记录的影区地震 SS 波具有以下特征：

(1) 我台观测到 SS 波的最小震中距为  $9^\circ$ ，小于  $9^\circ$  的地震由于 SS 波距离 S 波近，被淹没在 S 波之中。

(2) SS 波周期与 S 波相近，是中长周期 P 波周期两倍左右，其周期随震中距增加而增大，随震

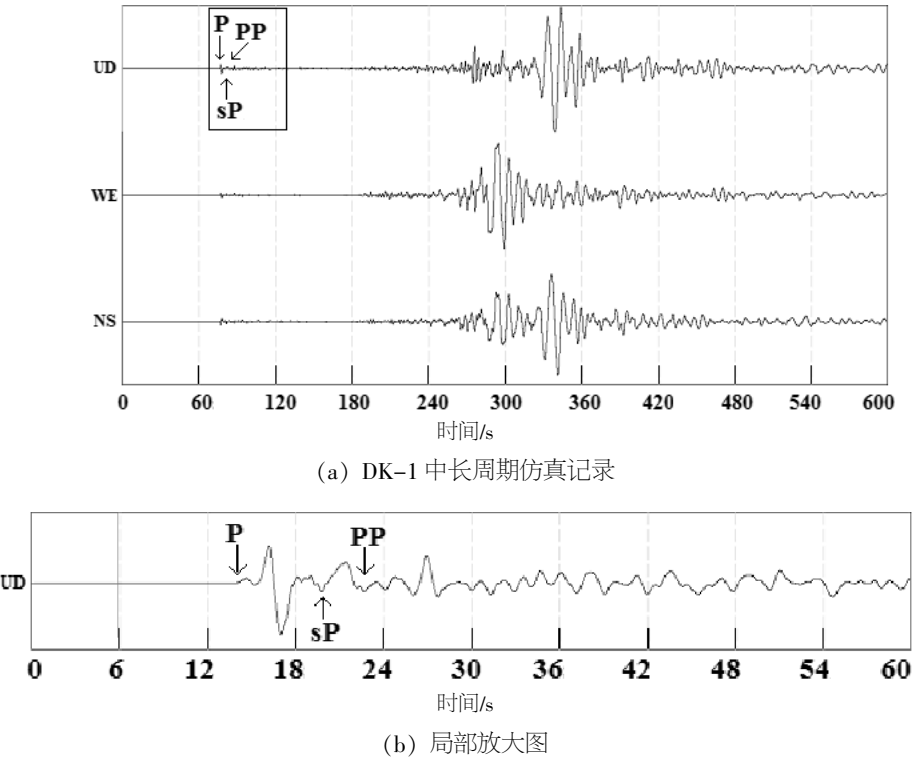


图 3 甘肃地震波形

Fig.3 The waveform of the Gansu earthquake

源深度加深而减小，我台观测到的周期在 7~12 s。

(3) 在影区范围中，当震源深度超过 100 km 后，SS 波距离 S 波过近而被淹没。

(4) SS 波不受影区影响，有明显的振幅，特别是菲律宾地区地震的 SS 波震相比其它地区震相更为清晰。

(5) SS 波初动弱，1~2 个波后振幅增大明显，平均波速为 4.1 km/s。

SS 波由于其不受影区影响的特点，可用来替代 S 波进行地震定位。但是由于影区地震 S 波微弱，SS 波容易被错分为 S 波，使得震中距增加 2° 左右，造成偏差，因此在分析 SS 波时需要注意。图 4 是 2012 年 6 月 16 日菲律宾 6.0 级地震波形，震中距 13.0°，震源深度 28 km。该地震受影区影响，S 波无法辨别，但是 SS 波却比较清晰，可用于地震定位。

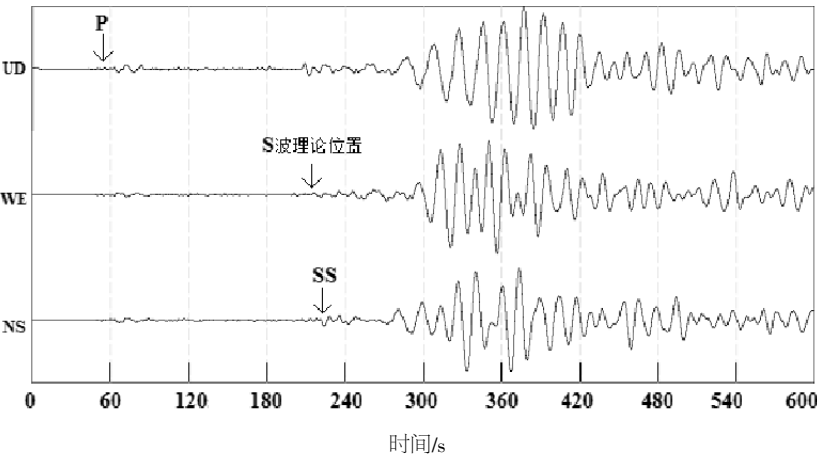


图 4 菲律宾地震波形

Fig.4 The waveform of Philippines earthquake

## 2.5 M2 波震相特征

M2 波是大陆架结构地壳内地震特有的波形, 我台记录到的 M2 波震相特征如下:

- (1) 只有台湾地区的浅源地震可以记录到 M2 波形。
- (2) M2 波平均波速为 4.0 km/s, 周期为 5~10 s, 持续 4~8 个波数。
- (3) M2 波波形呈现两种形状, 一部分波顶呈现圆滑的纺锤形, 另一部分则是尖齿形。
- (4) M2 波的记录主要在垂直向, 水平向记录

较弱, 且相位滞后。

M2 波形由于振幅大、周期长, 具有易于分辨的震相, 因此在对台湾地区影区地震进行分析时, 可以替代 S 波进行定位分析。需要注意的是, 对于  $9^{\circ}\sim 10^{\circ}$  的台湾地震, 并非所有地震都能分出 S 波, 容易将 M2 误分为 S, 造成定位误差, 所以分析时需要参考其他震相。图 5 是 2013 年 10 月 31 日台湾 6.8 级地震波形, 震中距  $10.2^{\circ}$ , S 波受影区影响无法辨别, 但是可以依靠 M2 波和 SS 波进行定位。

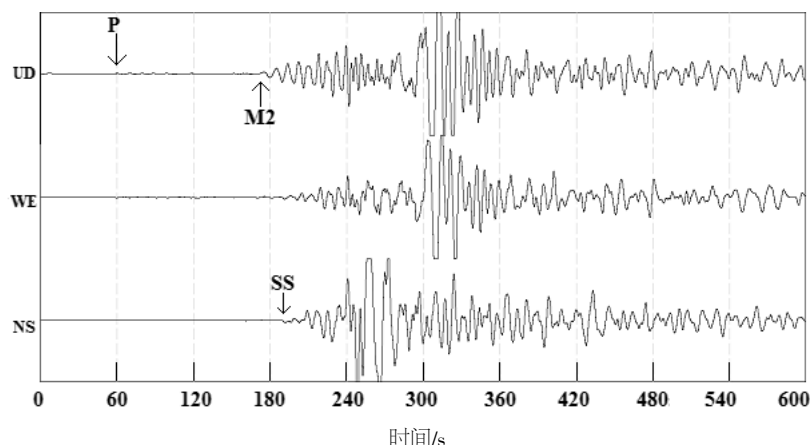


图 5 台湾地震波形

Fig.5 The waveform of Taiwan earthquake

## 2.6 sP 波震相特征

sP 波是上行(出射角在  $\pm 45^{\circ}$  范围内) S 波在震中附近地表的转换波, 由于该波到时随震源深度变化明显, 是用来计算震源深度的重要震相。我台记录的 sP 波震相具有以下特征:

- (1) sP 波周期与 S 波和 SS 波周期相近, 约为中长周期 P 波的两倍左右, 周期随震中距增加而增大, 随震源深度加深而减小, 我台观测到的周期在 5~10 s。
- (2) sP 波在垂直向上振幅比水平向振幅强, 但是浅源地震 sP 波会与 PP 波部分重叠, 因此部分地震水平向上 sP 波记录比较明显。
- (3) 浅源地震 sP 波持续时间较短, 通常只有 1~2 个波数, 随着震源深度增加, 波数增多, 当震源深度超过 100 km 后, sP 波的持续波数为 3~4 个。
- (4) 不同方向或地区记录到的 sP 波特征无明显区别。

由于我台对影区地震未能记录到 pP、PcP、ScP、PcS、ScS 等用于测定震源深度的震相, 因此

计算影区地震深度主要依靠 sP 波进行。图 6 是 2012 年 8 月 8 日琉球群岛 5.0 级地震波形, 震中距  $13.5^{\circ}$ , 深度 130 km。该地震的 sP 波的水平向记录较垂直向清晰。

## 2.7 Li 波震相特征

Li 波是 LQ 波在玄武岩层的导波, 是一种常见的短周期面波。我台记录到的 Li 波震相具有以下特征:

- (1) Li 波是 SH 型波, 起始振幅明显, 水平向记录的振幅大于垂直向。
- (2) 我台记录的 Li 波平均波速为 3.9 km/s, 持续 2~4 个波数, 记录的最深深度为 60 km。
- (3) 由于我台不同方向地区的地形差异较大, 导致各方向 Li 波周期有较大不同, 西北方向四川、云南、青海等地区 Li 波周期较小, 在 5~7 s; 正西方向缅甸地区的 Li 波周期较大, 在 10~11 s; 正东方向台湾、琉球等地区 Li 波的周期为 6~9 s, 波形通常接在 M2 震相后方, 会受到 M2 震相尾波干扰; 东南方向菲律宾地区为海洋形地壳, 短周期

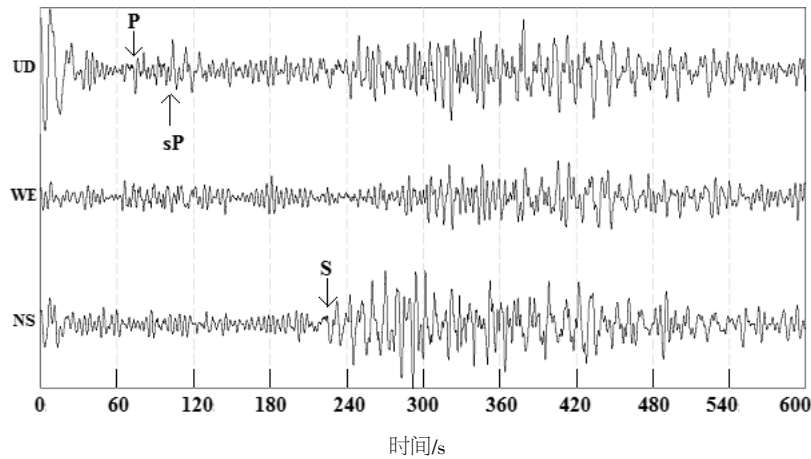


图 6 琉球群岛地震波形

Fig.6 The waveform of Ryukyu earthquake

面波无法通过，无 Li 波记录。

Li 波是我台常见的短周期面波，由于其速度快于其他面波，Li 波总是以面波首波出现，容易辨别。

2.8 Lg 波震相特征

Lg 波可分为 Lg1 和 Lg2，是复杂的地壳导波，不光包含了 LQ 波在花岗岩中的导波，还包含了 S 波多次反射后形成的波列以及 SV 和 P 波的散射波。我台记录的 Lg 波震相具有以下特征：

- (1) Lg 波在三分向上都有清晰的初动和波列记录，其水平向记录到的振幅大于垂直向的振幅，Lg2 波振幅大于 Lg1 波。
- (2) Lg 波初动尖锐，多数呈脉冲状，容易辨别。
- (3) Lg1 波平均波速为 3.6 km/s，Lg2 波平均波速为 3.4 km/s，最深记录深度和 Li 波相同为 60

km。

(4) 由于我台各方向的地壳结构不同，记录到的 Lg 波波形差异也较大，西北方向四川、云南、青海等地区 Lg 波周期较小，在 4 s 左右，持续 1~2 个波数；正西方向缅甸地区的 Lg 波周期较大，通常在 6~8 s，持续 3~4 个波数；正东方向台湾、琉球地区 Lg 波周期为 5~7 s，持续 3~4 个波数；东南方向菲律宾地区由于是海洋地壳，无法记录到 Lg 波。

Lg 波与 Li 波相同，都是我台记录到的影区地震中常见的短周期面波，由于其速度慢于 Li 波，在波形图上处于 Li 波之后，LQ 波之前。图 7 是 2012 年 7 月 29 日缅甸 5.4 级地震，震中距 14.8°，震源深度 60 km，图中 Li 波和 Lg 波均清晰易辨。在分析 Li 波和 Lg 波时需要注意台湾地区地震，该区域地震的 M2 波形常常叠加在 Li 波和 Lg1 波上，对这两个波形的辨别造成一定干扰。

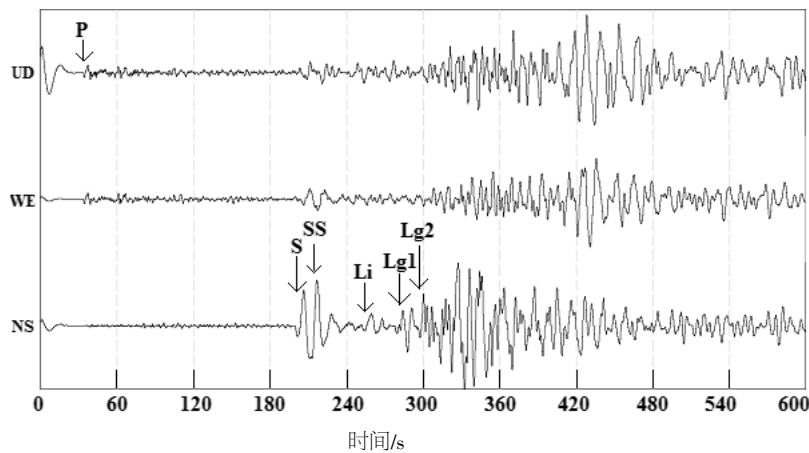


图 7 缅甸地震波形

Fig.7 The waveform of Myanmar earthquake

## 2.9 Rg 波震相特征

Rg 波是大陆地区 LR 波的短周期基阶波。我台记录的 Rg 波震相具有以下特征:

(1) Rg 波在垂直向上的振幅大于水平向振幅, 初动振幅明显, 多呈现脉冲形。

(2) Rg 波平均波速为 3.0 km/s, 记录的最深深度为 27 km。

(3) Rg 波周期随震中距增加而增加在 6~13 s, 持续 2~5 个波数, 呈现反频散。

(4) 我台记录到的不同方向的 Rg 波无明显差异, 东南方向菲律宾地区由于属于海洋型地壳, 无 Rg 波记录。

由于 Rg 波的出现条件与震源深度密切相关, 因此可以说只要有 Rg 波, 则震源深度小于 30 km, 可以用于初算浅源地震的深度。

## 3 实例分析

利用上文总结出的影区地震震相特征, 进行震相识别, 再结合不同震相的速度, 对影区地震进行定位, 将有效提高定位的精度。利用波数和

到时差计算震中距的公式为:

$$\Delta = V_p \left( \frac{T_x - T_p}{\mu - 1} \right) \quad (1)$$

式(1)中  $X$  是用来进行震中距计算的震相,  $V_p$  是 P 波平均波速,  $T_p$  是 P 波到时,  $T_x$  是所选用震相的到时,  $\mu$  是 P 波平均波速与所选用震相平均波速的比值。

(1) 2011 年 2 月 1 日台湾 5.4 级地震。地震发震时刻: 08:16:28.3, 震中位于北纬 24.2°, 东经 121.8°, 震级 5.4 级, 震中距 10.4°, 震源深度 10 km。图 8 是本地震的波形图, 该地震震中位于受影区影响较大的区域, 从地震波形图中无法分辨出 S 波和 SS 波, 因此可以利用 M2 等 5 个短周期面波震相进行定位。

各震相的到时差分别为 sP-P:6.6 s, M2-P:130.3 s, Li-P:132.9 s, Lg1-P:186.8 s, Lg2-P:204.2 s, Rg-P:238.5 s, 带入公式(1)算得震中距结果为 M2: 10.6°, Li: 9.9°, Lg1: 10.3°, Lg2: 11.1°, Rg: 10.6°, 平均震中距为 10.5°, 再用 sP 计算震源深度为 15 km, 与中国地震台网中心给出的最终结果对比震中距误差为 0.1°, 震源深度误差

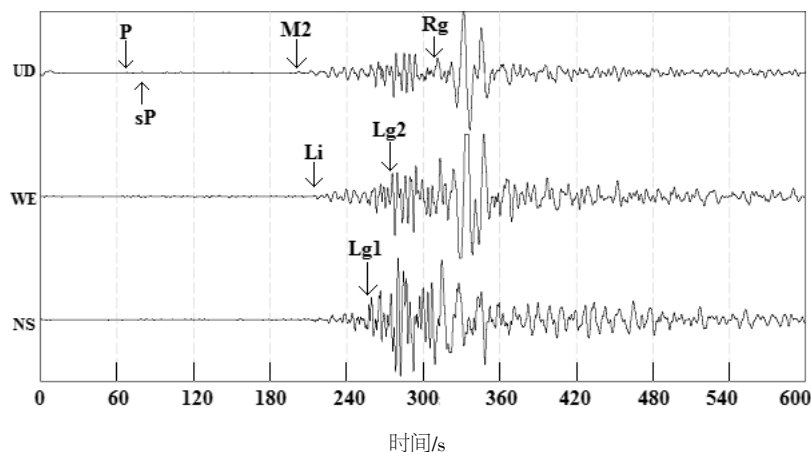


图 8 台湾地震波形

Fig.8 The waveform of Taiwan earthquake

为 5 km。

(2) 2013 年 1 月 18 日四川 5.5 级地震。地震发震时刻: 12:42:50.1, 震中位于北纬 31.0°, 东经 99.4°, 震级 5.5 级, 震中距 11.2°, 震源深度 15 km。图 9 是本地震的波形图, 该地震震中位于受影区影响较大的区域, 地震波形图 S 波振幅微弱, 初动难以辨别, 因此可以利用 SS 等 5 个震相进行定位。

各震相的到时差分别为 sP-P:6.7 s, SS-P:

136.4 s, Li-P:170.8 s, Lg1-P:198.6 s, Lg2-P:216.4 s, Rg-P:229.2 s, 带入公式 (1) 算得震中距结果为 SS:10.8°, Li:12.2°, Lg1:12.1°, Lg2:11.9°, Rg:10.1°, 平均震中距为 11.4°, 再用 sP 计算震源深度为 17 km, 与中国地震台网中心给出的最终结果对比震中距误差为 0.2°, 震源深度误差为 2 km。

(3) 2012 年 10 月 7 日菲律宾吕宋岛 5.1 级地震。地震发震时刻: 03:14:22.4, 震中位于北纬 18.7°, 东经 121.0°, 震级 5.1 级, 震中距 11.3°, 震源深度 10 km。



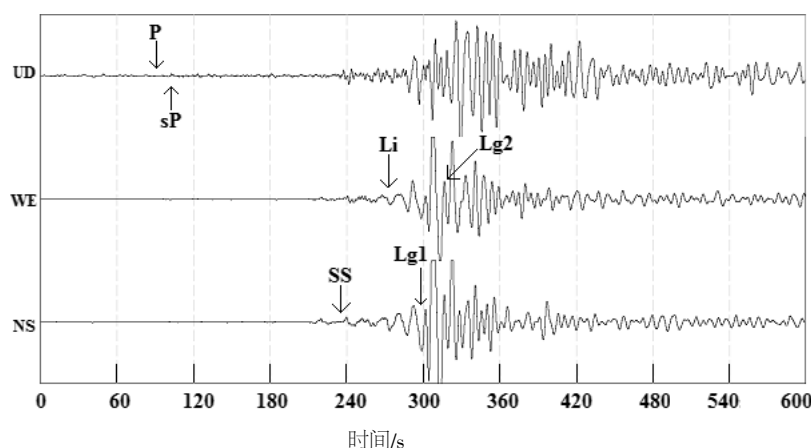


图9 四川地震波形

Fig.9 The waveform of Sichuan earthquake

震源深度 22 km。图 10 是本地震的波形图, 该地震受影区影响, 无 S 波记录, 并且由于震中地区属于海洋型地壳, 使得短周期面波无法通过, 因此只能用 SS 波进行地震定位。

各震相的到时差分别为  $sP-P: 8.4\text{ s}$ ,  $SS-P:$

$139.7\text{ s}$ , 带入公式(1)算得震中距结果为  $11.1^\circ$ , 再用  $sP$  计算震源深度为 22 km, 与中国地震台网中心给出的最终结果对比震中距误差为  $0.2^\circ$ , 震源深度误差为 0 km。虽然利用单一震相进行定位存在一定误差, 但是也可以实现对东南方向菲律宾地

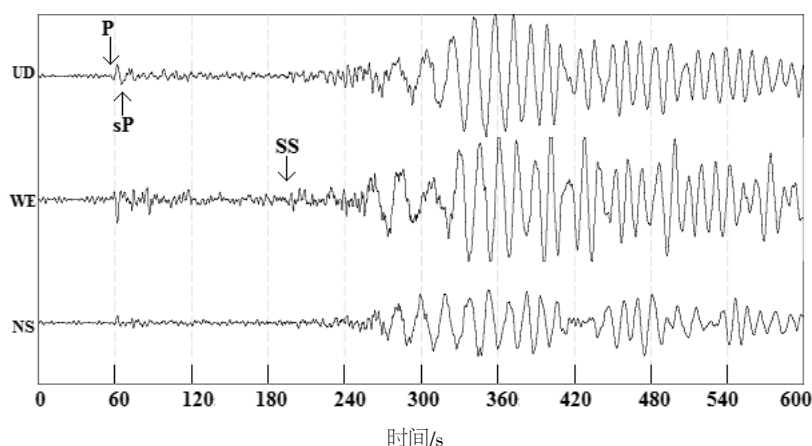


图10 吕宋岛地震波形

Fig.10 The waveform of Luzon earthquake

区的影区地震进行定位。

## 4 结语

综合以上分析, 本文得出以下结论:

(1) 我台记录到的影区地震按照震相先后顺序可以记录到 P、sP、PP、S、SS、M2、Li、Lg1、Lg2、Rg 等震相, 对东部台站常见的  $\pi g$  波未有记录。

(2) 我台不同方向地层结构不同, 导致记录到的短周期面波特征差异较大, 西北方向的 Li、

Lg 等短周期面波的周期较小, 持续波数少; 正西方向缅甸地区 Li、Lg 波周期较大, 持续波数较多; 正东方向 Li、Lg 波的周期和持续波数介于西北方向和正西方向缅甸地之间。这些特征的差异, 可以用于初步确定震中区域。

(3) 东南方向菲律宾地区属于海洋型地壳, 无短周期面波记录, 因此在进行影区地震定位时只能使用 SS 波一个震相, 存在一定程度误差。

(4) 我台未记录到影区地震的核面反射波, 因此在进行震源深度计算时只能利用 sP 波进行, 对未记录到 sP 波的地震只能根据记录到短周期面

波的类型进行估算。

(5) 运用单一的后续震相与 P 波进行定位误差较大, 因此结合多震相进行定位, 可以有效降低定位误差。

(6) 每个台站地层结构、地震计、基岩各有不同, 因此我台总结出的震相特征和其它台站对应震相的特征会存在差异, 因此需要不断总结, 相互交流。

本文只讨论了  $10^{\circ}\sim 17^{\circ}$  影区地震的震相特征和地震定位, 由于震例缺乏, 对于  $105^{\circ}\sim 128^{\circ}$  的地核影区未进行深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 李发科, 尹志文, 沈文荣. 兰州台 763 长周期地震仪记录特征[C]//中国 763 长周期地震观测台网文集. 北京: 地震出版社, 2002.
- [2] 中国地震局监测预报司. 地震学与地震观测[M]. 北京: 地震出版社, 2007.
- [3] 赵荣国. 论远震分析[J]. 地震地磁观测与研究, 1994, 15 (1): 211.
- [4] 朱战斌, 田鑫. S 波影区地震精确定位的研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28 (6): 6-10.
- [5] 刘晓锋, 钟敏, 郅红魁, 等. 河南洛阳地震台影区地震震相特征[J]. 山西地震, 2012, 151 (3): 17-20.
- [6] 李宗芬, 潘志宏. 用昆明地震台数字资料探讨影区地震 S 波[J]. 山西地震, 2008, 31 (1): 27-31.
- [7] 陈继锋. 兰州台网记录的青藏高原影区地震的分析和研究[D]. 北京: 中国地震局兰州地震研究所, 2009.
- [8] 郭 斌, 王 斌, 张月辉. 下扬子地区与西太平洋俯冲带地震相关性研究及动力学背景探讨[J]. 华南地震, 2013, 33 (4): 97-105