

# 反射横波的震相分析

蒋维强

(广东省地震局)

**提要** 本文从实际的观测资料及理论计算给出了 $Si_1$ 、 $Si_2$ 的走时曲线。 $Si_1$ 是地表面和莫霍界面上各反射一次的横波； $Si_2$ 为地表面反射一次和莫霍界面反射二次的横波。文中分析了它们在地震图上出现的特点以及它们对实际分图工作的影响。

分析和利用地震图是地震学中一个极其重要的基本内容，图中记录到的地震波包含着有关的震源和传播介质的信息，利用各种震相的特性来求地震的基本参数，是测震学的主要任务之一。

在近震图上，我们可以清楚地看到在S波后面有明显的震相，它的振幅常常比S波的振幅大，震中距为65—260公里都有这一现象。当震中距为65—120公里时，在S波后面的震相是 $Si_1$ 波；当震中距为100—260公里时，在S波后面的震相是 $Si_2$ 波，它是莫霍界面和地表面之间的反射波<sup>[1]</sup>。本文讨论它们在地震图上出现的特点，用实际的地震资料及理论计算给出它们的走时曲线，并且分析它们对实际分图工作的影响。

## 一、反射波在地震图上出现的特点

地震波经地表面和莫霍界面来回反射形成许多震相。因为它们的出射角远大于S波的出射角，并且比S的传播路径离地表面较远，即衰减较小，使得它们的最大地动位移很大，常常比S波的最大地动位移大，特别是在莫霍界面上发生全反射时，效果更加明显。图1是出现在S波后面的反射波传播路径。

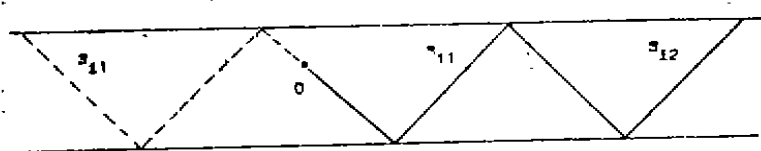


图1 反射横波的传播路径

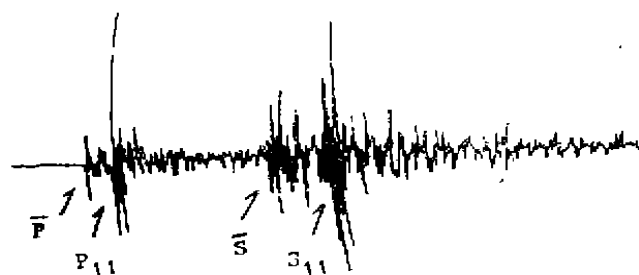
Fig. 1 propagation paths of reflected waves

莫霍界面上的反射波 $Si_1$ ，出现在震中距为65—120公里左右，一般在震中距为80公里左右最强，经常可以见到它的最大振幅远大于S波的最大振幅。 $Si_2$ 与S波的走时差大约为4—

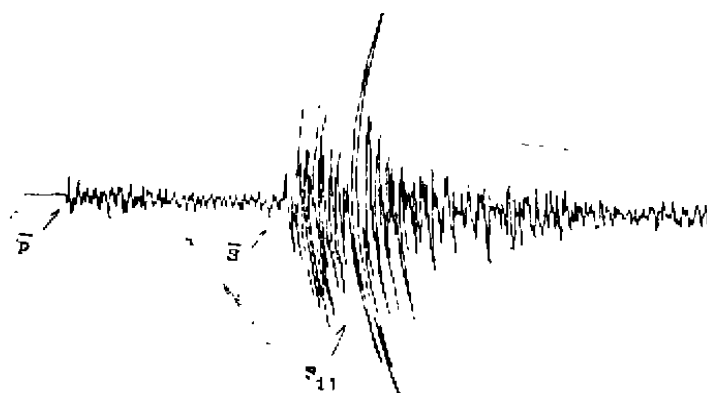
1.5秒，它的波速大于S波，广东地区为3.68公里/秒。图2(a)为一震例，是汕头台记录到1983年4月9日发生在南澎岛附近的地震。

莫霍界面和地表面上各反射一次的波 $Si_1$ ，出现在震中距为100—160公里左右，震相明

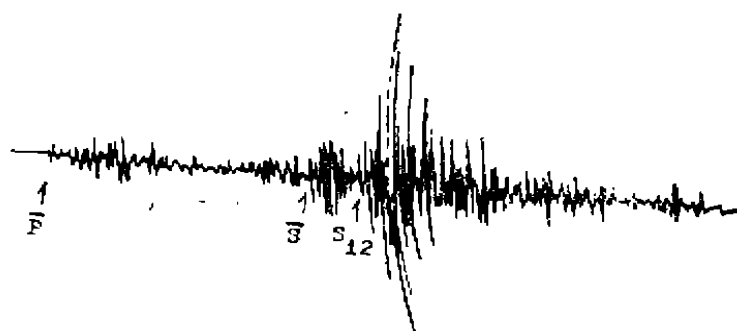
显，一般在震中距为130公里左右最强，可以经常见到它的最大振幅远大于S的最大振幅，但 $S_{11}$ 的最大振幅远大于 $\bar{S}$ 波这种现象不及 $S_{11}$ 波那样常见。虽然在理论上 $S_{11}$ 在地表面反射时，不会有能量损失<sup>〔1〕〔2〕</sup>，但在实际上是有部分能量损失；另外在实际的分层介质中，它要比 $S_{11}$ 多经过几次分界面，每次产生的反射波和转换都会损失部分能量，这些可能是 $S_{11}$



(a)  $S_{11}$ ,  $\Delta=80\text{Km}$



(b)  $S_{11}$ ,  $\Delta=132\text{Km}$



(c)  $S_{12}$ ,  $\Delta=204\text{Km}$

图2 反射波 $S_{11}$ 、 $S_{11}$ 和 $S_{12}$ 的记录图

Fig. 2 The observed seismograms of reflected waves  $S_{11}$ ,  $S_{11}$  and  $S_{12}$

波最大振幅减小的原因。 $S_{11}$ 的波速基本上与 $S_{11}$ 一样,它与 $\bar{S}$ 波的走时差为5—2.2秒左右。图2(b)为 $S_{11}$ 波的一个震例,是丰顺台记录到1983年10月2日发生在南澎岛附近的地震。

地表面反射一次和莫霍界面反射二次的波 $S_{12}$ ,它出现的范围大约在震中距为150—250公里之间,震相明显,也可以见到它的最大振幅远大于 $\bar{S}$ 波的最大振幅,但也不及 $S_{11}$ 波那样常见。与 $S_{11}$ 同样的原因, $S_{12}$ 比 $S_{11}$ 多经过二次界面反射和通过许多分界面,所产生的反射波和转换波会损失些能量,它与 $\bar{S}$ 波的走时差为7—2.5秒左右,其波速也基本上与 $S_{11}$ 一样。图2(c)为一震例,是龙岩台记录到1983年4月9日发生在南澎岛附近的地震。

## 二、反射波的走时曲线

本文取图3所示的粤东闽南地区的地壳模型,计算反射波 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 的理论走时曲线。由于这一带的地震的震源深度多为10公里左右,所以取震源深度 $h=10$ 公里,图4中的实线是理论计算结果。为了便于对比,把 $\bar{S}$ 和 $S_{11}$ 的走时曲线也绘在图中,它们来自华南走时表。

另一方面,我们收集了粤东闽南地区50个地震,震级 $M_s=1.8-3.0$ ,近一百个 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 数据;为了尽可能在所有的震中距上都有数据,又取用了15个震源深度为10公里左右的新丰

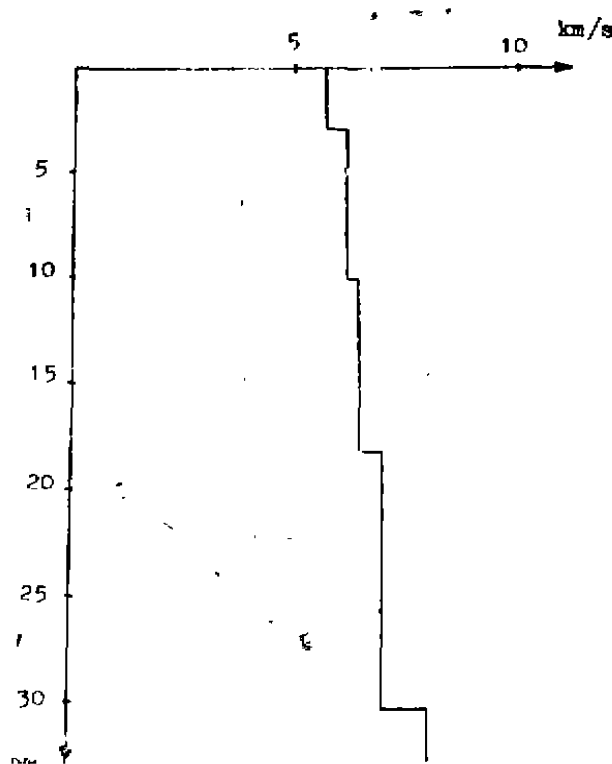


图3 地壳模型

Fig. 3 The crustal model

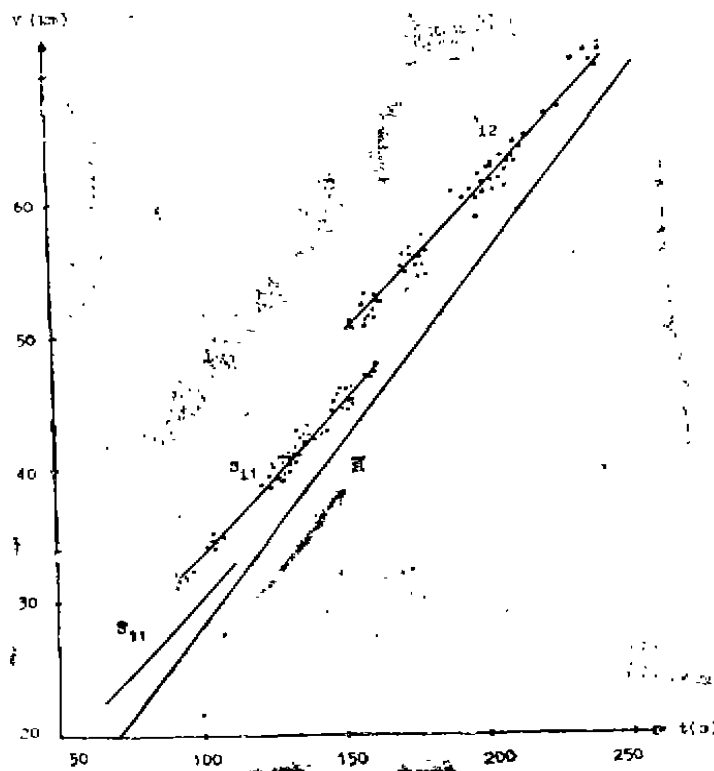


图4 S波的走时曲线  
Fig. 4 The time graphs of S waves

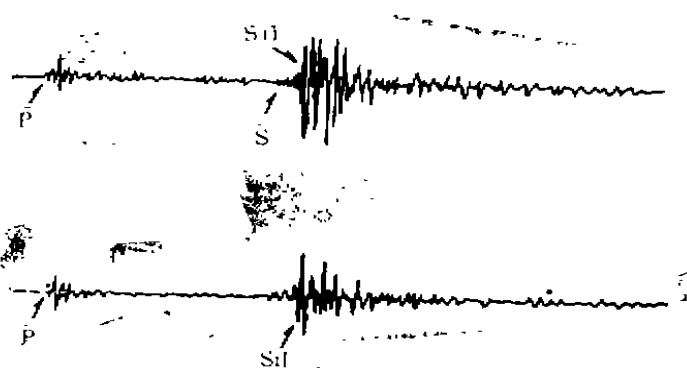


图5 广州台记录的两个水平向,  $\Delta=143$ 公里。  
Fig. 5 The seismogram of two horizontal components recorded in Guangzhou.  $\Delta=145$ km.

所示的龙岩台记录到1984年12月16日发生在南澎岛附近的地震为 $S_{12}$ 的例子,震中距为204公里。很易把 $\bar{S}$ 误认为 $S_n$ ,把 $S_{12}$ 误认为 $\bar{S}$ ,由表1列出各种分图结果的对比。在表1中正确识别震相一栏的震级计算按文献〔1〕提出的用 $\bar{S}$ 波最大地动位移来计算,在综合结果一栏中

江地震。以走时 $t'$ 为纵坐标,震中距 $\Delta$ 为横坐标,把这些数据点在图4上。可见,理论计算结果和实际的观测资料基本符合。有部份数据偏离较大,甚至偏离2秒多,可能是下面二方面原因造成的:

(1) 所用的数据都没有作震源深度校正;

(2) 由于S波群中的波振幅较大,不易准确测定 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 的走时。

### 三、正确识别 $S_i$ 震相,提高分图质量

随着震中距的增大,地震波的震相也逐步增多。当震中距为 $100 < \Delta < 250$ 公里时,在广东地区出现了反射波 $S_{11}$ 和 $S_{12}$ ,长期以来人们没有重视它们,没有把它们与 $\bar{S}$ 区分开。值得注意的是,随着震中距的增大, $\bar{S}$ 波的传播途径使得它衰减较快,而且出射角较小,所以我们记录到的 $\bar{S}$ 波振幅较小;相反, $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 波衰减较慢,出射角较 $\bar{S}$ 大得多,常常出现 $S_i$ 波的最大振幅比 $\bar{S}$ 波大得多的现象,以致错把 $S_i$ 波认为 $\bar{S}$ 波,影响我们的分图质量。例如图五所示的广州台记录到1988年5月3日的新丰江地震,就把 $S_{11}$ 误认为 $\bar{S}$ 。表1列出了由此造成的影响以及与正确结果的对比。以图二(c)

的震中距由震中位置和台站位置计算出来。

表 1

Table 1

发震地点	台名	发震时刻	主 判	S—P	震中距	发震时刻	震级 $M_L$
新丰江	广州	1988. 5. 3 23—17—50.6	正确识别震相	16.4"	142.5Km	23—17—50.4	2.6
			识别震相有误	17.8"	154.3Km	23—17—48.5	3.0
			综合结果		143.6Km	23—17—50.6	2.7
南澎岛	龙 岩	1984. 12. 16 09—07—44.5	正确识别震相	23.5"	203.6Km	09—07—43.6	3.5
			识别震相有误	27.4"	237.5Km	09—07—37.8	4.0
			综合结果		237.0Km	09—07—44.5	3.5

通过表一的两个震例结果对比, 我们可以看到, 由于没有正确识别 $S_1$ 震相, 影响了发震时刻的测定、震中位置的测定 (由于震中距和S—P测得不准)。同时, 正确识别 $S_1$ 震相, 了解某些台站震级测定结果偏高的原因, 对于提高震级测定精度是有帮助的。

### 参 考 文 献

- 〔1〕 蒋维强, 用S波最大地动位移测定近震震级, 《华南地震》, 第一期, 1987.
- 〔2〕 徐果明等, 地震学原理, 科学出版社, 1982.

## THE ANALYSIS OF REFLECTED WAVES

Jiang weiqiang

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] By means of theoretical calculation and according to the observation data, the travel-time curves of the reflected waves  $S_{11}$  and  $S_{12}$  are Presented in this paper.  $S_{11}$  is a kind of transverse wave refected once from the surface of the earth and Moho surface.  $S_{12}$  is another kind of transverse wave reflected once from the surface of the earth and twice from Moho surface. The features of  $S_{11}$  and  $S_{12}$  in the seismograms and their practical applications are analysed here.