

中国地区地震P波和S波走时表的实用检验

阎志德 郭履灿 唐友梅

(国家地震局地球物理研究所)

摘 要

中国地区地震P波和S波走时表实测地震的效果如何?本文给出了一系列地震的实测结果,对比J—B表和其他走时表分析表明,建立在中国地区实际观测数据所独立算出的中国地区地震波走时表,更适合于实际情况,用以测定中国地区震中的参数具有较高的精确度。

一、引 言

地震学中的许多问题都直接或间接与地震走时表有关。精确测定震中位置和震源深度,正确分析震相都依赖于走时表,所以地震波走时表是分析解释地震图的基本工具之一,确定地球内部的速度分布,通过对某些地区或某观测剖面上的局部走时与平均走时的系统偏差,发现其局部特征和构造差异。因此,改进和制作走时表,是地震观测和地震预报工作所必需的。

在地震观测系统中,我国一直沿用杰弗瑞斯——布伦走时表^[1],在使用中不断发现在我国地区的不同震中距离上,存在着一定的偏差,在记录台站不多的情况下,尤其对于震源深度的测定不够准确。因此,编制中国地区的地震波走时表很有实际意义。于是,我们搜集了1952—1971年发生在我国境内及边境地区266次地震的观测资料,这些地震的震级为4.7~7.9级,震源深度均在地壳范围之内,按照统一的分析震相的鉴别标准,分析了这些地震的各种震相在国内外582个地震台站上的P波和S波到时,根据我国地区大爆炸观测及地壳结构的研究成果,提出了中国地区平均地壳速度模型,用迭代法校正震中和发震时刻,由深度校正把各种深度的走时折合为表面震源的走时,再采用立方样条函数平滑数据的方法,求得了中国地区地幔中P波和S波随深度的速度分布值,并算得震源深度从0公里到750公里共21种深度上,震中距离从0到104°之间P波和S波的走时表。在计算过程中,对于266次地震按平均的地壳速度模型进行走时的深度校正、台站标高校正和地球椭圆扁率校正,用迭代法求得表面震源的P波走时表,又按中国地区平均的地壳速度模型,该模型在经过震相检验的反复

修正之后,使得在剥壳之后在莫霍界面(相当于地球半径为6331.0公里的球面)上,距离为零的情况下,P波走时为零,进而采用海格劳兹——维歇尔特——贝特曼的方法进行速度反演而算得速度分布值和各种震源深度及震中距离上的P波走时;后来又对于震中距离 $7^{\circ}\sim 14^{\circ}$ 之间由于地壳平均速度模型的选取和减轻S波出现低速层的影响等问题作了进一步的计算,提出了中国地区地震P波和S波走时表^[2]。中国地区地震波走时表实测地震的效果如何,本文作了系列检验并给出结果。

二、判 据

1.我们采取在修定震中参数时P波残差的标准误差 σ 为判据。同其他条件一样,则 σ 的大小就和所使用走时表的好坏有直接关系。

计算P波残差的标准误差的公式是:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^{m'} \xi^2 / (m' - f)}$$

式中,当深度固定时, $f=3$;当修定深度时, $f=4$;如果以 m 为输入地震台数, m' 为按 2σ 舍去不良数据之后的实际台数, j 为修定震中参数的台站序号, $m' \leq m$ 。

2.我们又以每个地震计算P波残差的方差(FA),作为另一个判据,方差是质量检验的判别标准之一。因为有时舍去的台数不完全一样。

计算某个地震的方差公式是:

$$FA = \sum \xi^2 = (m' - f) \times \sigma^2$$

三、结 果

(一)我们先后选取了三批地震与J—B表同时进行修定震中参数的计算,以便比较两个表计算的标准误差。

1.系用参加计算P波走时表的266个地震进行统计,用J—B表算得的最后修定参数的P波残差的标准误差 σ ,有85%的地震比用中国表算得的 σ 偏大。即所谓“内符合”程度,中国走时表比J—B表的效果好。

2.对未参加计算走时表的49个地震统计,这些地震分别取自1971、1973、1974年中国地震台网观测报告的数据,其中有73%的地震中国表所算得的标准误差 σ 比J—B表算得的偏小。即所谓“外符合”程度,中国走时表比J—B表效果好。

3.取1976年在我国和林格尔、龙陵—潞西、唐山、松潘平武、盐源等地发生的13次地震,用两个表进行对比计算,其中有84%的地震中国表算得的 σ 比J—B表算得的 σ 偏小。

(二)两个表计算的P波残差的方差比较

1.1976年13次中国地震的方差计算,其中70%的地震中国表算得的方差比J—B表算得的偏小。

2.随机选取1976年4月份发生在欧亚板块不远的8次国外地震,方差计算其中75%的地震中国表算得的方差比J—B表算得的偏小。

我们具体列出两种P波走时表实测地震计算结果对比，从表 1 可以看出，用中国走时表比J—B表计算震中参数的结果好。中国表除算得P波残差的标准误差偏小外，算得的发震时刻和震中经纬度、震源深度均比J—B表更为接近于区域台网所测定的结果和实地测量的结果。

表 1 中国地区地震P波走时表与J—B表测定震中参数的对比

地震时间 年 月 日	测定方式	发震时刻 (北京时间) 时 分 秒 (UT ₁)	震 中 经 纬 度		震源深度σ标准误差		备 注
			北纬度分秒	东经度分秒	(公里)	(秒)	
1962 8 19 (广东河源)	区域台网中国表	04 18 52.8	23 43	114 38 48	5		用85个台
	J—B表	04 18 52.3	23 46	114 36	7	0.66	
		04 18 51.7	23 51	114 36	-11	2.18	
1966 2 5 (云南东川)	区域台网中国表	23 12 29.9	26 12 54	103 07 24	5		用209个台
	J—B表	23 12 29.4	26 08	103 10	7	1.16	
		23 12 30.6	26 06	103 12	19	1.36	
1971 5 21 (四川渡口)	实地测量中国表	10 58 32.5	26 38 4.8	101 45 7.2	-1.4		用31个台 大 爆 破
	J—B表	10 58 32.8	26 35 6	101 42 7.2	0	1.40	
		10 58 32.8	26 35 42	101 41 35	0	1.63	

四、与其他走时表的对比

J—B表公布于1940年，是杰弗瑞斯——布伦拟用全球平均地壳模型制定的，对于P波走时主要根据欧洲和日本台网对欧洲和美洲和日本地震的观测资料。不同地区的走时差别是明显的。J—B走时表在远震走时表部分至今仍然被大多数国家采用。1968年美国发表了一组P波走时表^[3]，也作为一个全球性的平均走时表为很多人所参考。1971年Randall发表了一组全球平均的S波走时表^[4]，他是沿用1968年美国P波走时表的地壳厚度模型和制作P波走时表所使用的278个地震的S波数据而算成的。因此，我们把中国表除前所述与J—B表进行了一系列的对比外，也取上述两套全球平均的走时表求差值，以兹对比。

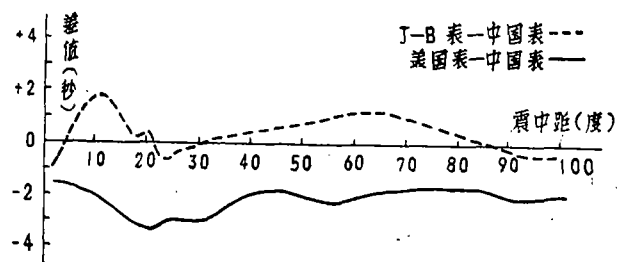


图 1 表面震源P波J—B表、1968年美国表减去中国P 波走时表的差值曲线图

图 1 为表面震源P波J—B表、1968年美国表减去中国P波走时表的差值曲线，由图上看

出, 中国表比J—B表相差一般在 -1.0 至 $+1.7$ 秒之内, 比1968年美国P波表则系统偏大 $2 \sim 3$ 秒。

图2为表面震源S波J—B表、1971年Randall表减去中国S波走时表差值曲线, 总的趋势是中国表比J—B表偏大 $2 \sim 3$ 秒, 而Randall表在 $15^\circ - 22^\circ$ 之间比J—B表的S波走时偏大 $5 \sim 10$ 秒, 中国表大体上介于二者之间。

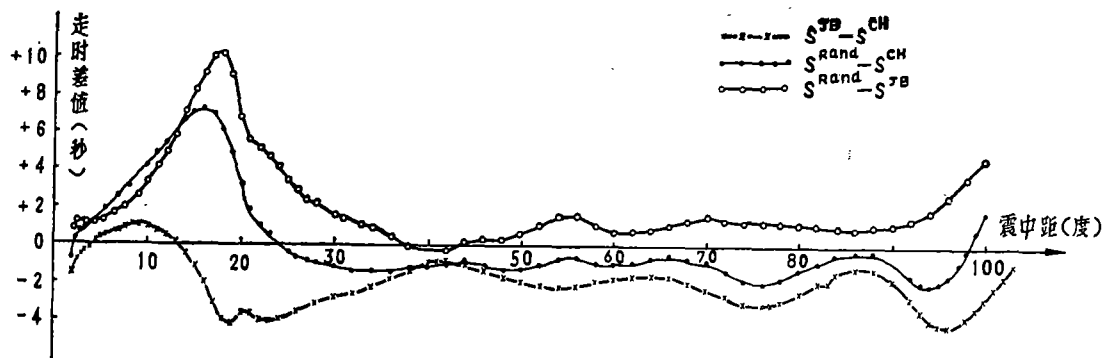


图2 表面震源S波J—B表、1971年Randall表
减去中国S波走时表差值曲线图

从过去多次修定震中参数的结果表明, 用美国P波表计算震中参数的效果, 在中国地区的地震比用J—B表计算的效果更差。我们分析1968年美国P波走时表编表所用的278次地震大部分位于太平洋周围地区, 而该地区的地壳厚度只有10公里左右, 但他们采用的全球平均模型的地壳厚度又是40公里, 二者是不匹配的。

1978年印度人发表了印度地区地震P波和S波走时表^{[5][6]}, 其震中距离也是算到 100° , 看来当前要改进J—B表的趋势是分地区计算远震走时表, 在选择该地区的地壳速度模型和进行走时的深度校正后, 就可望更加符合当地的实际情况, 这是逐渐为近年来各国的工作经验所表明了^[7]。

五、结 束 语

根据我国地区大爆炸观测及地壳结构的研究成果, 给出中国地区平均地壳速度模型; 选用发生在我国境内及边境地区266次地震的观测资料; 采用立方样条函数平滑数据的方法, 算得的中国地区地震P波和S波走时表, 独立于国外任何一种走时表。经过实用检验表明, 比J—B表及国外其他走时表更适合于中国地区地震观测的实际情况, 替代J—B表用来测定中国地区震中的参数, 能够提高测量的精确度。

(本文1980年12月31日收到)

参 考 文 献

- [1] Jeffreys, Sir Harold and K.E. Bullen (1940). Seismological Tables, Brit Assn. Gray—Milne Trust, 及1970年重印版。

- [2] 郭履灿、唐友梅、阎志德、王志刚等，中国地区地震P波和S波走时表，地震学报，1981年第2期（待发表）。
- [3] E. Herrin, Introduction to "1968 Seismological Tables for P Phases", Bull. Seism. Soc. Am, Vol. 58, 1193—1241, 1968.
- [4] Randall, M. J., A revised travel time for S, Geophys. J., R. Astr. Soc., Vol. 22, 229—234, 1971.
- [5] Agrawal, R. C., Travel times of P from deep—focus Indian earthquakes, phys. Earth planet. Int. Vol. 17, 232—248, 1978.
- [6] Agrawal, R. C., S times from deep-focus Indian earthquakes, Geophys. J. R. astr. Soc. Vol. 54, 461—473, 1978.
- [7] Enayatollah, M. A., Travel times of P—waves for the Swedish—Finnish Seismograph Network, (Pur. & Appl. Geophys. Vol. 94, 101—135, 1972.

THE PRACTICAL TEST OF P AND S TRAVEL TIME TABLES FROM EARTHQUAKES IN THE CHINESE REGION

Yan Zhi-de, Guo Lu-can, Tang You-mei

(Institute of Geophysics, State Seismological Bureau)

Abstract

A set of P and S travel time tables from Chinese earthquakes was independently constructed in 1979. As for the effects of the new tables in practical experiments, this paper describes some tests on a number of earthquakes. Compared these tables with Jeffreys-Bullen tables and others, the practical experiences have shown that the new tables are relatively accurate and more applicable in the Chinese region in determining focal parameters than J-B tables.