

地震分析软件震相走时表文件结构研究^{*}

李万金

(云南省地震局 个旧地震台, 云南 个旧 661000)

摘要:通过对现有地震分析软件所配置的震相走时表文件的结构类型及优劣进行分析, 将震相走时表分为4种组合结构并分析其实用性。在IASPEI91震相走时表文件结构的基础上进行修改、补充和完善, 从而提出了一种安全性高、适用面广、灵活性强、能存储各种结构走时表的新型走时表文件结构。应用这种新型结构震相走时表, 地震分析软件可以灵活配置不同的走时表, 实现精细定位, 并为数字化测震台网快速利用测震资料编制和应用高精度的区域震相走时表创造了条件, 对于地球深部构造研究具有一定的促进意义。

关键词:震相走时表; 文件结构; 步长恒定; IASPEI91 走时表

中图分类号: P315-391

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2012)02-0288-07

0 引言

地震波从震源到达观测点所需的时间称为走时, 地震纵波和横波传播速度不同。一般而言, 震源深度越深、震中距越大, 走时也越长。传播时间的长短, 还受到所经之处的物质组成情况的影响, 准确地测出走时, 对研究地震有重要意义。震相走时表就是将不同震中距、不同震源深度发生的地震的各种震相波传播到达观测点的走时汇编成的二维表。在走时表中, 按照不同的震源深度和震中距的顺序, 给出了各种震相的走时数据, 其中走时以分、秒为单位; 震中距以千米或球面大圆弧的度数为单位; 震源深度以千米为单位。

在模拟测震时代, 为了便于测震分析人员人工查找, 一般将震相走时编辑成纸质的震相走时便查表, 如1980年5月国家地震局地球物理研究所编著的《震相走时便查表》、一些省份自主总结编辑的本区域近震走时表等。自20世纪90年代我国步入数字化地震观测, 用人工辅助地震分析软件实现地震分析定位以来, 软件自动查找的电子震相走时表逐步取代人工查找的纸质震相走时便查表。这显著地提高了地震定位的速度和精度, 大大减轻了测震人员的工作量。

20世纪80年代以前的地震定位可以说是“一表定全球”, 即全国不同地区的地震观测台站基本上都采用J-B表来完成近震、远震和极远震定位,

定位精度普遍不高, 尤其是近震定位误差或残差很大。20世纪末期, 随着对几十年来地震观测资料的深入研究、观测台站密度的增大和先进观测技术的引进使用, 地震工作者对地球(特别是浅部)结构的认识进一步深化, 提出了许多区域的地壳速度结构多层模型, 还编制出相应的区域近震走时表, 如中国平均地壳速度模型和中国地区地震走时表(国家地震局地球物理研究所, 1980)、甘青地壳模型和甘青地区近震走时表(张诚等, 1989)、华南地壳模型和华南近震走时表(范玉兰等, 1992)以及其他一些区域地壳模型(晏凤桐等, 1986; 赵珠, 张润生, 1987; 林显明, 虞争鸣, 1989; 赵珠, 曾融生, 1992; 庄真等, 1992; 景天永, 章纯, 1992; 张曼丽等, 1994), 国际上也倡导用IASPEI91走时表取代J-B走时表(和跃时, 孙文斌, 2005)。

目前, 我国又在研究编制新一代区域走时表, 如中国地震局地球物理研究所正在牵头研制首都圈震相走时表和川滇地区震相走时表, 地震定位由粗糙定位逐步向区域精细定位或精确定位(杨文东等, 2005)发展。地壳结构的认识深化(区域地震走时表的修订完善)和地震区域精细定位精度的提高是相辅相成、相互促进的。而地震分析定位软件是联系这两方面的桥梁和纽带, 因此软件中地震震相走时表文件配置的数量、质量和文件结构尤为关键, 它们直接决定着地震的定位精度。目前, 我国台站使用的多款地震分析软件

配置的震相走时表由于数量、质量和结构的限制使得软件定位在安全性、完整性、灵活性、开放兼容性等方面都存在明显不足,无法适应地震区域精细定位的需要,本文只对最关键的走时表文件结构进行研究。

1 目前地震分析软件配置的走时表文件结构的缺陷

本文以目前台站使用最广泛的两个地震分析软件 EDSP-IAS 和 MSDP 为例进行说明。

1.1 EDSP-IAS 软件

EDSP-IAS 软件配置了从 J-B 震相走时便查表中抽出的一些震相组合成 10 多个文本格式的走时表文件,该软件的缺点是:

(1) 定位功能还处于“一表定全球”的局面,走时表以 J-B 表为主,只提供了基本定位震相的走时表而无后续震相走时表,因此在标注后续震相时,完全靠人工查找纸质震相走时便查表。

(2) 走时表文件数量多,不方便管理,且软件对走时表文件中的数据格式要求严格,编程时要加容错代码,因此增加编程工作量。

(3) 软件没有给使用人员提供配置使用其他走时表的功能。

1.2 MSDP 软件

MSDP 软件配置了二进制文件格式的 IASPEI91 走时表,还配置了中国区域地震走时表、华南区域近震走时表、J-B 近震走时表文件等近 10 个文本格式的走时表文件。与 EDSP-IAS 软件相比,MSDP 软件增加了地震走时表配置菜单功能,采用了先进的 IASPEI91 走时表来取代 J-B 走时表,增加了多个区域走时表,有了区域精细定位功能。但其缺点是:

(1) 虽然 IASPEI 二进制结构的走时表不存在安全问题,且读取效率高,但其余多个走时表也采用了文本文件格式,编程接口不统一,不利于扩展。

(2) 虽然 IASPEI91 走时表文件采用二进制存储,大大改进了以上各种缺点;但其结构存在的缺点为:头段信息不健全,只能存取震中距间隔和深度间隔固定的走时表(图 1a),且不论近震、远震的各种震相都采用相同尺寸的表格存储,近震的震源深度分辨率和震中距分辨率低且存储空

间浪费严重。

基于以上分析,为了提高震相走时表文件的安全性、灵活性、开放兼容性以及统一地震分析软件与走时表文件的接口,有必要在 IASPEI91 走时表结构的基础上修改完善,制定一种性能优越的走时表文件结构。

2 电子走时表文件

纸质的震相走时便查表一般以一个震源深度值作为页表单位,横向表头为各种震相名,纵向表头为震中距序列;而电子震相走时表一般以一个震相名为页单位,横向表头为一行震源深度,纵向表头为一列震中距。根据电子走时表各列的深度间隔、各行震中距间隔是否恒定,可以组合成 4 种类型(图 1)。

为了方便使用,实际应用的走时表都是在各个震相有限的走时观测数据的基础上通过大量线性插值得到的。为了讨论各种类型走时表的物理意义及实用价值,笔者先作一个理想的假设:走时表中每个震相不同震中距、不同震源深度交叉点上的到时值都是测震仪器实际观测到的。

2.1 震源深度步长和震中距步长都恒定

通过初始值、步长、行号和列号,就可算出每个交叉点的走时值所对应的震源深度和震中距值。每行的物理意义:距离观测台站一个固定震中距的圆周地区内会发生一系列从浅到深的各个级别深度的地震;每列的物理意义:一个地震发生后,在不同档次的震中距圆周位置上都有一台测震仪器在记录。

这种类型走时表的典型代表是 IASPEI91 走时表和一些近震走时表,IASPEI91 走时表的震源深度步长恒定为 10 km,震中距步长恒定为 2° (表 1)。

2.2 震源深度步长不恒定而震中距步长恒定

通过震源深度初始值、步长和列号,可计算出每个交叉点的走时所对应的震源深度值,但震中距值不能计算得出,只能根据行号和列号在保存震中距值的二维数组中查询。每行的物理意义:距离观测台站一个固定震中距的圆周地区内发生的各次地震的震源深度是随机的;每列的物理意义:一个地震发生后,在不同档次的震中距圆周位置上都有一台测震仪器在记录。

这种类型走时表的典型代表就是 J-B 表和中国

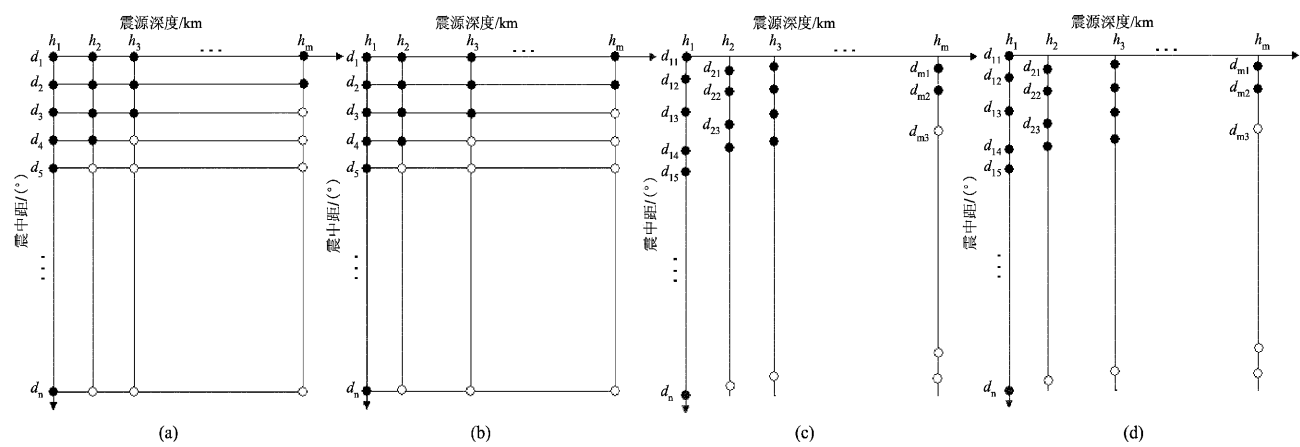


图 1 电子震相走时表的 4 种结构类型

(a) 震源深度步长和震中距步长都恒定型走时表；(b) 震源深度步长不恒定而震中距步长恒定型走时表；
(c) 震源深度步长恒定而震中距步长不恒定型走时表；(d) 震源深度步长和震中距步长都不恒定型走时表

Fig. 1 4 types structures of electronic phase travel time table

(a) Travel-time table that the two steps length of focal depth and epicentral distance are constant; (b) Travel-time table that the step length of focal depth is unconstant but the step length of epicentral distance is constant; (c) Travel-time table that the step length of focal depth is constant but the step length of epicentral distance is unconstant; (d) Travel-time table that the two steps length of focal depth and epicentral distance are unconstant

地区地震走时表，J-B 表的震源深度步长在 15 ~ 794 km 之间非等间距变化，而震中距步长恒定为 0.2°（表 2）。

2.3 震源深度步长恒定而震中距步长不恒定

通过震中距初始值、步长和行号，可计算出每个交叉点的走时值所对应的震中距值；但震源深度值不能计算得出，只能通过列号在保存震源深度值的一维数组中查询。每行的物理意义：此区域发生的地震的震源深度差值是恒定的；每列的物理意义：一个地震发生后，不同地方的测震仪器的震中距差值是随机的。

这种类型走时表的典型代表就是华南地区走时表，其震源深度从 0 ~ 30 km 以 5 km 为步长分成 7 档，而震中距步长是不恒定的（表 3）。

2.4 震源深度步长和震中距步长都不恒定

震中距值和震源深度值都不能计算得出，只能根据行号在保存震中距值的二维数组查询，以及根据列号在保存震源深度值的一维数组中查询震源深度值。每行的物理意义：此区域发生地震的震源深度是随机的；每列的物理意义：地震的震中到不同地方的测震仪器的震中距也是随机的（表 4）。

由于地震的震源深度和测震仪器到震中的震中距是随机的，显然只有类型 4 才能满足这一理想

的假设条件，实用价值最高。其实，类型 4 与其他 3 种类型特别是类型 1 并非完全对立，在一定条件下是可以相互转换的。在类型 4 样本点足够多，类型 1 的震中距步长和震源深度步长尽量小的情况下，类型 4 的走时表可以转化成类型 1 走时表。

类型 4 走时表在模拟测震时代应用难度很大，而在数字化测震时代则不存在此问题。因此，笔者认为在实际测震工作中，特别是区域测震工作中，类型 4 走时表应用价值最高，震源深度的最大间隔应该在 1 km 以下，震中距最大间隔应小于 0.5°。

表 1 IASPEI91 走时表的震源深度和震中距变化
Tab. 1 Focal depth and epicenter distance variation diagram of IASPEI91 seismological table

震中距 /(°)	震源深度/km（步长为 10 km）							
	10	20	30	40	50	...	670	680
行号	1	0	0	0	0		0	0
	2	2	2	2	2		2	2
	3	4	4	4	4		4	4
	4	6	6	6	6		6	6
	5	8	8	8	8	...	8	8
	6	10	10	10	10		10	10
	⋮							
		(步长为 2°)						
	91	180	180	180	180		180	180

表 2 J-B 走时表的震源深度和震中距变化

Tab. 2 Focal depth and epicenter distance variation
of J-B travel-time table

震中距 /(°)	震源深度/km						
	0	33	96	223	...	730	794
1	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
2	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2
3	0.4	0.4	0.4	0.4		0.4	0.4
4	0.6	0.6	0.6	0.6		0.6	0.6
5	0.8	0.8	0.8	0.8	...	0.8	0.8
6	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0
⋮	(步长为 0.2°) ⋮						
901	180.0	180.0	180.0	180.0		180.0	180.0

表 3 华南走时表的震源深度和震中距变化

Tab. 3 Focal depth and epicenter distance variation
of travel-time table in South China

震中距 /(°)	震源深度/km (步长为 5 km)				
	0.0	5.0	10.0	...	30.0
1	0.000 000 00	0.000 000 00	0.000 000 00		0.719 457 28
2	0.008 093 89	0.015 288 47	0.017 986 43		0.727 551 18
3	0.016 187 79	0.029 677 61	0.035 972 86		0.735 645 07
4	0.024 281 68	0.044 966 08	0.053 959 30		0.743 738 97
5	0.032 375 58	0.060 254 55	0.071 945 73		0.751 832 86
6	0.040 469 47	0.074 643 69	0.089 932 16		0.759 926 76
7	0.049 462 69	0.089 932 16	0.098 925 38	...	0.768 919 97
8	0.057 556 58	0.097 126 73	0.107 918 59		0.777 013 87
9	0.065 650 48	0.105 220 63	0.116 911 81		0.785 107 76
10	0.073 744 37	0.112 415 20	0.125 905 02		0.793 201 66
11	0.081 838 27	0.119 609 77	0.134 898 24		0.801 295 55
12	0.089 932 16	0.127 703 67	0.143 891 46		0.809 389 45
⋮			⋮		

表 4 类型 4 走时表的震源深度和震中距变化

Tab. 4 Focal depth and epicenter distance variation
of type 4 travel-time table

震中距 /(°)	震源深度/km (步长不恒定)	
	...	
1		...
2		震
3		中
4	⋮	距
5		步
6		长
⋮		不
		恒
		定

3 走时表的使用方式

走时表主要有下列 3 种使用方式：

(1) 根据给定的深度、测定震中距的两震相走时差，如 $t(S_g - P_g)$ 、 $t(S - P)$ 、 $t(S - Pdif)$ $t(PP - PKP)$ 等来查找震中距；

(2) 根据给定的震中距、测定深度的震相的走时差，如 $t(sP - P)$ 、 $t(sPKP - PKP)$ 等来查找震源深度；

(3) 根据给定的震中距、震源深度来查找某一震相的走时或两个震相之间的走时差。

如果震中距或震源深度有固定的步长时，通过计算得出要查找的震中距或震源深度在震相走时表中所在的位置，否则只能通过查询比较得出。

4 IASPEI91 走时表格式及特点

1987 年，国际地震学与地球内部物理协会 (IASPEI) 考虑到 J-B 表的局限性，利用地球的径向均匀模型，完成一个新的走时表，来取代以往的 J-B 表，这就是目前国际上流行的 IASPEI91 走时表。

美国阿尔布开克地震实验室提供的 IASPEI91 走时表是二进制文件。其存储格式分为头段信息和各种震相走时数据两部分，具体格式如下：

(1) 头段信息：首先是由 5 个 4 字节数据分别表示震相数量、震中距数量、震源深度数量、震中距步长、震源深度步长，其值分别为 86、90、68、2 和 10，其含义是表中有 86 个震相，180°震中距平均划分成 90 档（若 0°档计算在内为 91 档），震源深度平均划分成 68 档，震中距按以 2°为步长单位递增，震源深度按 10 km 为步长单位递增，最大震源深度为 680 km；其后是 86 个震相名称，每个震相名占 10 个字节，共 860 个字节。头段信息总共包含 880 个字节。

(2) 数据格式：每个震相有 6 188 组数据（91 行×68 列），每组数据占 4 字节，共 24 752 字节，不足数据用 -1 代替。对于同一个震相，在每一个震中距下，横向（即每行）按震源深度步长 10 km 为单位，用 68 组数据表示全部深度内的震相走时；纵向（即每列）上一个震中距加震中距步长 2°为实际震中距。依次类推，每个震相分配（91 行×68 列）的二维表数据区，以各震源深度和各震中

表 5 IASPEI91 走时表内部结构

Tab. 5 Internal structure of the IASPEI91 travel-time table file

头段信息	震相数量: 86	PcP 走时	深度 1	深度 2	深度 3	...	深度 68
	震中距数量: 90	初始震中距	511. 28	508. 56	507. 83	...	434. 35
	震源深度数量: 68	步长 1 震中距	511. 47	509. 75	508. 03	...	434. 55
	震中距步长: 2	步长 2 震中距	512. 05	510. 33	508. 60		435. 10
	震源深度步长: 10						
数据区	86 种震相名称	⋮					
	No. 1 24 752	步长 49 震中距	817. 88	816. 21	814. 53	...	- 1. 00
	No. 2 24 752	⋮					
	⋮						
	No. 86 24 752	步长 90 震中距	- 1. 00	- 1. 00	- 1. 00	...	- 1. 00

距为坐标对应的点上没有震相到时的，用 - 1 表示。如此算来，86 个震相需要 $86 \times 24\ 752 = 2\ 128\ 672$ 字节空间。

这样编排的存储格式，优点有二：一是结构清晰，每个震相占用的空间大小长度固定，都用固定方法存储。二是便于计算机处理，因其长度固定，可以利用计算机的随机文件读取方式来查数，定位准确，速度快。

缺点是：头段信息不完整，没有显性给出震中距初始值和震源深度初始值；只能存储上述分析的 4 种走时表结构类型中最理想的类型 1 走时表，带有很大的局限性；无论近震震相或远震震相都统一以 2°为震中距步长、10 km 为震源深度步长，这样编排对近震震相而言一方面浪费空间，另一方面震中距、震源深度分辨率太低，非常不利于区域地震精细定位。

5 改进型的二进制走时表文件结构

由图 2 所示，改进型的二进制走时表的存储格式分为文件头信息和至少一个震相表区，每个震相表区又分别包含头段信息和各种震相走时数据两部分。

5.1 文件头信息：

1 个 10 字节的震相文件标志字符串，设为：PHATABLE；

1 个 20 字节的走时表类型注释字符串，根据实际情况可设为：J-B、IASPEI91、SouthChina 等

1 个 4 字节长整型数据，用于表示震相表总数。

5.2 震相表区（至少有一个震相）

以图 2 中的表 1 为例进行说明。

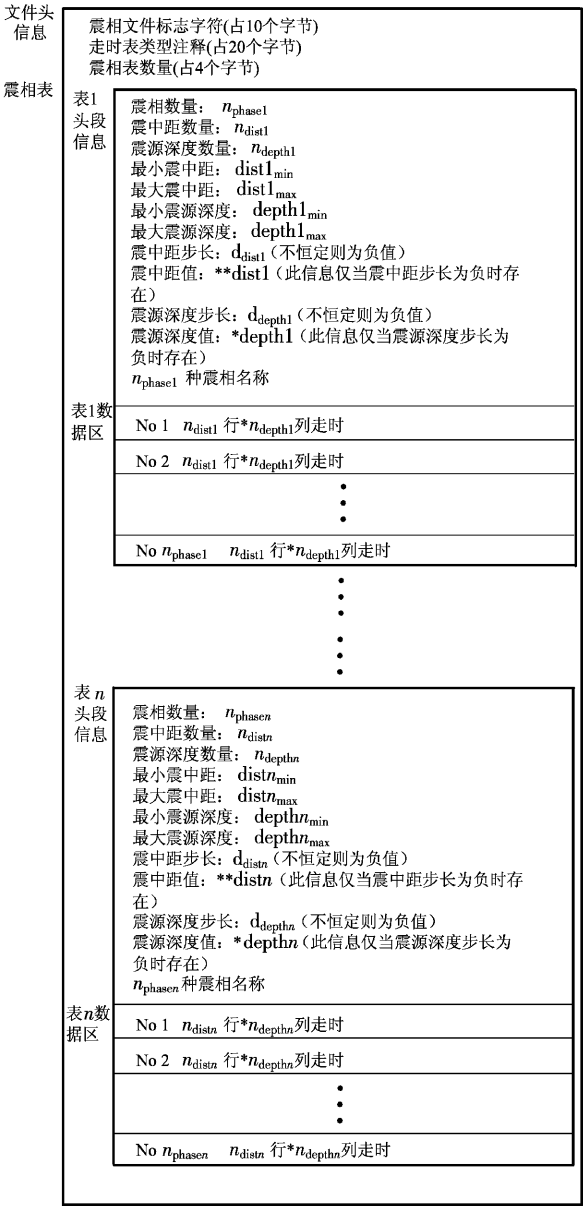


图 2 改进型二进制走时表文件结构

Fig. 2 Structure of the improved binary travel-time table file

(1) 头段信息

首先是3个4字节长整型数据,分别表示震相数量、震中距数量、震源深度数量;

其后是5个4字节浮点型数据,说明震相表范围,分别表示最小震中距、最大震中距、最小震源深度、最大震源深度、震中距步长(若步长不恒定,则设为负值);

其后,若震中距步长不恒定,则按各震源深度依次给出各列震中距值,数量不足的在列尾部用-1补足。占 $(n_{\text{distl}} \times n_{\text{depthl}})$ 个4字节浮点数;若震中距步长恒定,则无此信息;

其后是1个4字节浮点型数据,说明震源深度步长(若步长不恒定,则设为负值);

其后,若震源深度步长不恒定,则给出这行震源深度值。占 n_{depthl} 个4字节浮点数;若震源深度步长恒定,则无此信息;

头段信息最后是 n_{phase1} 个震相名称,每个震相名占10个字节。

(2) 数据格式

每个震相有 $(n_{\text{distl}} \times n_{\text{depthl}})$ 组数据,每组数据占4字节,不足数据用-1代替。对于同一个震相,在每一个震中距下,横向(即每行)用 n_{depthl} 组数据表示全部深度内的震相走时;纵向(即每列)有 n_{distl} 组数据表示震中距。依次类推,每个震相分配一个 $(n_{\text{distl}} \times n_{\text{depthl}})$ 列的二维表数据区,在各震源深度和各震中距为坐标对应的点上没有震相到时,用-1表示。该数据格式有如下的优点:

① 震相表头段信息健全。

② 可以存储所有上述4种类型结构的走时表,大大拓展了地震分析软件可以使用的走时表范围。

③ 实现“一文多表”功能,结构层次清晰,针对近震、远震、极远震可以个性化编制走时表,近震的震中距和震源深度分辨率要尽量小、震源深度和震中距范围可以最小,远震、极远震的分辨率可以稍大,这样既能兼顾区域地震精细定位,也能兼顾远震、极远震定位,最大限度地节约了存储空间。

④ 震相走时表安全性得到完全保障。

⑤ 同一系列的震相走时表可统一编制在一个文件中。如可将J-B近震走时表和远震、极远震走时表统一编制在一个文件中。这样有利于文件的管理。

⑥ 统一了软件走时表的查询读取编程接口。

6 应用

依据新型的二进制表文件结构,可以对IASPEI91走时表和J-B走时表传统走时表文件格式进行改造。如将原来的IASPEI91.bin走时表文件中统一的一张表划分成两张表——近震走时表和远震、极远震走时表,并存储在一个文件中。近震走时表的震源深度步长和震中距深度步长要减小,震源深度范围和震中距范围要缩小,这样就提高了近震的区域定位精度。也可以将原来独立的J-B近震走时表文件和J-B远震极远震表文件,合并成一个包含两个表的文件,同时远震极远震走时表震中距的步长可由 0.2° 提高到 1° 甚至 2° ,这样就有效地降低存储空间,改进了文件管理。

编程读取走时表数据的关键是:始终用一个长整型变量指针来保存文件中某一个走时表的数据区开始处的绝对位置。每次查找读取一组数据后都把文件指针返回到此位置,下次读取时再跳动指针,这样指针位置就不会错乱,从而保证快速读数查找操作。

这种新型走时表文件格式已经在个旧地震台自主研发的单台全球地震快速分析软件中得到成功应用。待目前正在编制的新一代区域走时表首都圈震相走时表和川滇地区震相走时表公布后,将其存储成此种格式配置到地震分析软件中,即可以以最快的速度进行地震定位。如果在只有简单的区域地壳模型而没有编制区域近震走时表的地区,地震分析软件可以根据区域地壳模型和近震波的走时方程直接计算各种近震震相的走时来完成近震定位(孟晓春,2005)。

7 结论

开展地震活动地区地壳结构的精细研究需要大量真实的震相走时资料,可以通过下面3个要素获取高质量的区域震相走时表资料:①测震台站、台网日常要保证测震仪器授时准确、仪器工作性能正常、降低环境干扰;②地震发生后要立即在震源区布设流动观测地震台站(网),这是修正主震震源深度的有效方法(张晁军等,2010)。③要不断提高台站的分布密度。这样既能有效保证震

相到时读数的准确,又能获得大量的样本。每次近震都有一个震源深度,把监测到此地震的多个台站的震中距按从小到大排列,取同一震相的走时,就可构成一列走时,编排进走时表中;长此以往,数据点由稀疏到密集,就能编制一个精度较高的类型4的区域走时表。在地震样本数量少的情况下通过线性化处理来编制成形式规范的其他3种类型的走时表,必将增大误差。这种情况下,建议不转换。在样本数量丰富时,再归档转换,就可编制出分辨率小、精度较高的、能精细表征地壳深部结构的区域震相走时表。笔者认为,台站或台网地震分析软件,增加自主更新编制本台站或台网的走时表(尤其是区域震相走时表)功能也是未来一个有重要价值的研究课题。

参考文献:

- 范玉兰,林纪曾,胡瑞贺,等.1992. 华南地区近震走时表的研制[J]. 华南地震,10(2):3-18.
- 国家地震局地球物理研究所.1980. 震相走时便查表[M]. 北京:地震出版社.
- 和跃时,孙文斌.2005. IASPEI 实用震相走时表及计算方法[J]. 地震地磁观测与研究,26(3):81-86.
- 景天水,章纯.1992. 华东走时表定位稳定性的检验[J]. 地震地磁观测与研究,13(5):8-12.
- 林显明,虞争鸣.1989. 中国东南沿海地区近震走时表[J]. 地震地磁观测与研究,10(5):21-25.
- 孟晓春.2005. 地震信息分析技术[M]. 北京:地震出版社.
- 晏凤桐,雷素华,王兴辉.1986. 滇西试验场区的地壳结构与走时表[J]. 地震研究,9(3):95-108.
- 杨文东,金星,李山有,等.2005. 地震定位研究及应用综述[J]. 地震工程与工程地震,25(1):14-20.
- 张晔军,张晓东,苗春兰,等.2010. 近震震源深度测定精度的理论误差分析[J]. 中国地震,26(2):28-35.
- 张诚,高世奎,邵世勤.1989. 甘青区域地震波走时表[J]. 西北地震学报,11(1):13-17.
- 张曼丽,张美仙,蔡秉珍,等.1994. 山西地区分区近震走时表的编制与检验[J]. 内陆地震,8(2):109-117.
- 赵珠,曾融生.1992. 西藏高原地壳上地幔P波和S波速度结构[J]. 地震学报,14(S1):57-63.
- 赵珠,张润生.1987. 四川地区地震波分区走时表的编制[J]. 四川地震,(3):33-39.
- 庄真,傅竹武,吕梓龄,等.1992. 青藏高原及临近地区地壳与上地幔剪切波三维速度结构[J]. 地球物理学报,35(6):30-45.

Research on File Structure of Seismic Phase Travel Time Tables of Seismic Analysis Software Configuration

LI Wan-jin

(Gejiu Seismic Station, Earthquake Administration of Yunnan Province, Gejiu 661000, Yunnan, China)

Abstract

First of all, we analyzed file structure types of the seismic phase travel time tables of the existing seismic analysis software configuration and its advantages and disadvantages. In addition, we divided the phase travel time table into 4 kinds of composite structure and analyze its practicality. Thirdly, on the basis of modifying, supplementing and perfecting the structure of the IASPEI91 seismological table, we put forward a improved file structure of travel time table which is high safety, wide adaptation and strong flexibility, and can store travel time tables of different structures. Finally, by the application of the improved file structure of phase travel time table, seismic analysis software could be configured with different travel time table and realized the precise locating of the earthquakes. It created condition for the digital seismic network to use seismographic record for complication and apply regional seismological tables of high precision, have a certain meaning of studying the deep structure of earth.

Key words: seismic phase travel time tables; file structure; constant step; IASPEI91 seismological tables