

固体地球物理世界资料中心 A

报告 SE—18



欧亚大陆 P 波的均匀震级系统

L. 克里斯托斯科夫

N. V. 康多尔斯卡娅

J. 瓦尼克

著

国家地震局地球物理研究所译

固体地球物理世界资料中心 A 报告 SE—18

欧亚大陆 P 波的均匀震级系统

L.	克里斯托斯科夫	保加利亚科学院地球物理研究所
N. V.	康多尔斯卡娅	苏联科学院地球物理研究所
J.	瓦尼克	捷克斯洛伐克科学院地球物理研究所

国家地球物理和日地关系资料中心
美国海洋大气局环境资料和情报服务部

1979 年 8 月

固体地球物理世界资料中心 A 出版
国家地震局地球物理研究所 译

固体地球物理世界资料中心A报告SE—18

欧亚大陆P波的均匀震级系统

L. 克里斯托斯科夫
N. V. 康多尔斯卡娅 著
J. 瓦尼克
国家地震局地球物理研究所译

编辑：国家地震局地球物理研究所
出版：《地震地磁观测与研究》
编辑部

(北京海淀区清华东路)

印刷：北京工业大学印刷厂
装订：

译 者 的 话

《欧亚大陆 P 波的均匀震级系统》是固体地球物理世界资料中心 A 1979 年编辑的系列出版物之一。该书简要地阐述了现今测定地震震级存在的问题；介绍了均匀震级系统原理和数据处理方法；通过实际数据的对比检验，给出欧亚大陆 P 波均匀震级系统的起算函数和台站校正。书中还给出大量图、表和参考文献，可供从事地震强度研究的同志们参考。

为了加强地震强度的定量研究， $IASPEI$ 专门建立了震级委员会；今年 5 月我国已召开了《震级学术讨论会》；并将震级研究列为重点科研项目；为了配合今年 11 月召开的 基础地震学研究工作会议，翻译出版了这本书，希望能对地震震级研究有所帮助。

参加本书翻译的同志有曲毅（第一、第二章）、叶家鑫，唐燕娟（第三章），冯晓明，丁伟国（第四章，结论），秦馨菱同志审校，曲克信、詹贤鋈同志编审。本书的出版得到了北京工业大学印刷厂和北京制版厂的大力协助，在此表示感谢。

由于时间紧迫和我们的水平所限，译校错误在所难免，不当之处，敬请读者指正。

一九八一年七月

世界资料中心简介

世界资料中心遵照国际科学协会理事会 (JCSU) 宣布的原则进行地球物理观测资料的国际交换。该中心是在 1957 年国际地球物理年委员会 (CSAGI) 作为国际地球物理年 (IGY) 计划中全球实施方案的一部分而设置的; 该计划要大量而广泛地收集国际地球物理年的观测资料, 并不定期地把这些资料迅速提供给那些感兴趣的科学家和学者们。世界资料中心 A (WDC-A) 设在美国, 世界资料中心 B (WDC-B) 设在苏联, 世界资料中心 C (WDC-C) 设在西欧、澳大利亚和日本。这个新的地球物理资料交换系统是卓有成效的, 并且鉴于资料的连续性, 国际科学协会理事会把世界资料中心的工作扩展到其它国际计划中去; 世界资料中心在 1960 年至 1967 年期间归国际地球物理委员会 (CIG) 主管, 而现在划归国际科学协会理事会世界资料中心专门小组管理。

通过世界资料中心继续执行国际地球物理资料交换的现行实施方案, 是 1973 年 12 月由国际科学协会理事会的世界资料中心专门小组发行的: 《世界资料中心国际资料手册》(合订本第三版) 上宣布的。此方案与国际科学协会资助下的地球物理年计划以及后来的其他国际计划的方案大体类似。

世界资料中心的作用与职责

世界资料中心收集下列学科的资料和出版物: 冰川学; 气象学; 海洋学; 火箭和人造卫星; 日地关系物理学 (太阳和行星际现象, 电离层现象, 耀斑的伴生事件, 地磁现象, 极光, 宇宙射线, 气辉); 固体地球物理学 (地震学, 海啸, 海洋地质学和地球物理学, 重力测量, 固体潮, 现代地壳运动, 地球自转, 磁测, 古地磁和考古地磁, 火山学, 地热学)。各科学团体在计划中, 通过国际科学协会和它的委员会作出交换资料的决定。在每个学科里, 专家们自己根据其研究工作的需要, 确定资料交换的性质和形式。因此世界资料中心所保存的不同学科的资料类型和数量是不同的。

为收集观测资料而建立几个世界资料中心的目的是: 1. 当一个中心遭受毁灭性破坏时, 能确保资料不受损失。2. 为世界不同地区的工作人员提供地理位置和通讯联系的方便。每个世界资料中心的职责是: 1. 尽力收集所负责的领域学科内的全部资料。2. 安全保管已收到的资料。3. 正确的翻印和复制资料以达到规定的清晰和耐用标准。4. 向没有直接收到资料的其它世界资料中心中提供复制品。5. 为所主管的全部资料编制目录。将世界资料中心的资料供给科学团体使用。世界资料中心向国际科学协会理事会或其所属的协会或委员会无偿地尽其职责。

世界资料中心 A

世界资料中心 A, 是由它的协调办公室和分布在美国各地科学机构内的七个分中心组

成的，美国国家科学院通过地球物理研究委员会及其资料交换和资料中心委员会承担世界资料中心的全部责任。地球物理研究委员会（*GRB*）定期检查和研究世界资料中心 *A* 的活动及其效果。经过这些检查和研究之后，进一步调整世界资料中心 *A* 的一些分中心的地点，从而将会更有效地为科学团体服务。

世界资料中心 *A* 将所获得的资料通过各种途径供给科学团体使用：（1）编辑出版包括有实验数据和结果的报告，并且广为发送。（2）摘要型的资料卡片，缩微胶片和各种表格，供人们到分中心内使用，并借给科学家使用。（3）根据要求提供所需的报告和资料的复制品。

资料报告丛书

这是一个由固体地球物理世界资料中心出版发行的资料和情报的丛书。它将按不定期刊物的形式出版，这是一个人们都会广泛感兴趣的成套资料，以印刷形式来向人们提供的较好方法。从国际地球物理年（1957—1958）开始到今天的国际动力学计划期间，世界资料中心地球物理计划方面努力承担出版服务和资料交换的活动。固体地球物理世界资料中心 *A*，是由美国海洋大气局（*NOAA*）环境资料和情报服务部（*EDIS*）的国家地球物理和日地关系资料中心（*NGSDC*）资助的。

目 录

序 言

1. 均匀震级系统原理.....	(1)
2. 均匀震级系统的台站校正.....	(3)
3. 均匀震级系统的起算函数(Calibrating function).....	(26)
4. <i>HMS</i> 台网震级.....	(36)
结 论.....	(42)
参考文献.....	(43)
附录 1. 地震参数.....	(44)
附录 2. 附录1 中地震的 <i>HMS</i> 台网震级的 最后 值.....	(53)

插 图

插 图

1. <i>HMS</i> 参考台站 (reference station) 分布图.....	(3)
2. 标准误差分布区.....	(20)
3. 基本台网 (basic network) 的台站校正轮廓.....	(23)
4. 单位距间隔的算术平均值.....	(27)
5. 不同组合起算函数 σ_1^{pv} 的平滑.....	(28)
6. 各距离间隔的起算函数 σ_1^{pv} 的平滑.....	(28)
7. 起算函数 σ_1^{pv} 的一级近似值.....	(29)
8. 关于 <i>PV</i> 的三种近似值 比较.....	(30)
9. 关于 <i>PH</i> 的三种近似值 比较.....	(30)
10. 关于 <i>PVs</i> 的三种近似值 比较.....	(31)
11. 关于 <i>PV</i> 起算函数的第三近 似 值.....	(31)
12. 关于 <i>PVs</i> 起算函数的第三近 似 值.....	(32)
13. <i>HMS</i> 起算函数的 σ^{pv} 、 σ^{pv} 的比较.....	(33)
14. <i>HMS</i> 起算函数的 σ^{PH} 与 σ_0^{PH} 、 Q^{PH} 的比较.....	(33)
15. 标准误差 σ_F 与观测台数 <i>n</i> 的关系.....	(39)

16.	HMS 台网的 NM^{PV} , NM^{PH} 和 NM^{PVs} 与 ISC 的 m_{PV} 的比较.....	(42)
-----	--	------

表

表

1.	HMS 参考台站.....	(4)
2.	基本台站校正值 S_{PV}^m 的三次近似.....	(9)
3.	基本台站校正值 S_{PH}^m 的三次近似.....	(13)
4.	基本台站校正值 S_{PVs}^m 的三次近似.....	(17)
5.	重要区域台站 (significant regional station) 的校正值 S_r^m	(20)
6.	基本台站网 (basic network of stations) 的台站校正值系统 S_{PV}^{km}	(21)
7.	基本台站网的台站校正值系统 S_{PH}^{km}	(22)
8.	基本台站网的台站校正值系统 S_{PVs}^{km}	(22)
9.	PV 的 HMS 基本台校正的最后系统.....	(23)
10.	PH 的 HMS 基本台校正的最后系统.....	(24)
11.	PVs 的 HMS 基本台校正的最后系统.....	(25)
12.	台站校正最后系统的重要区域效应.....	(26)
13.	PV 、 PH 和 PVs 最后的 HMS 起算函数.....	(34)
14.	HMS 台网震级逐次近似之间的平均差.....	(37)
15.	逐次近似的 PV 、 PH 和 PVs 的台网震级 NM 的平均标准误差 μ 和 δ	(38)
16.	单个台网震级 NM 的平均标准误差 δ 的“零”次第一次和最后的近似值.....	(38)
17.	在单个地震的台网震级测定中, HMS 参考台站参与的最小、最大和平均数.....	(39)
18.	估算台网震级的标准误差为 ± 0.05 时所需参考台站的最小数目.....	(40)
19.	台网震级和组合震级之间的平均震级差 (定义见公式 17 至 20).....	(41)
20.	当选择 $n_R = n/2$ 时 HMS 组合震级和常规组合震级的平均标准误差.....	(41)

序 言

自从里克特提出震级一词并以它为参数来按照强度对地震进行分类以来,已有40多年了,后来B. 古登堡和C. F. 里克特发展的统一震级标度(universal magnitude scale),其主要优点表现在:地震产生的地震波能量与地震震级有直接关系,并估算地震震级的方法简单。无疑,在全球地震活动性的真实描述和地震波动力学参数的研究中,地震震级已经起了决定性的作用。因此地震震级问题一直是地震研究的注意焦点。

为了把地震震级发展为具有明确物理含意的基础地震参数,科学家们尽管花费了很大力气,但严重的不一致始终是存在的。表现在用不同类型的地震波和用同一类地震波所测定的单台震级和平均震级,不同台网提供的震级和国际机构提供的震级间的不一致。

我们知道,引起这种不一致的部分原因是震源及其周围环境的物理过程还不能用一个简单的量(如震级)全部仔细表达出来。但我们相信,这种不一致的主要原因是来自测定震级所使用的方法的不一致和估算震级所使用的振幅观测值的不一致。而台站校正却又未被使用。

基于这种考虑,发展了一种测定震级的新方法(procedure),称为均匀震级系统(NMS),本文即报告其第一阶段的研究。

以下四个部分,给出用P波来建立欧亚大陆均匀震级系统的阶段总结,其方法细节见瓦尼克(Vanek)等人于1978年写的文章,该文章并评述了这方面的重要文章,这些文章促进了震级测定的发展和在国际地震业务中这种方法的使用。

1. 均匀震级系统的原理

由于下列几个因素的差异,两个地震台的振幅观测值(或 A/T 比值的观测值)通常是不能比较的:台站下面的岩石结构,广大地区的地质构造,仪器的类型和条件,仪器常数的测定方法和其它影响。如果使用多台振幅观测值来估计地震震级,我们必须把这些观测值均匀化。

均匀化最简单的方法需要适当测定台站校正,(古登堡 Gutenberg, 1945年;瓦尼克 Vanek, 1969年),地震波振幅的台站影响是由积分常数 S 表示的,它是震级方程中的改正项。

$$M = \log(A/T) + \sigma(\Delta) + S \quad (1)$$

式中 M 表示震级, A/T 是地震波群的地动振幅 A 和相应周期 T 之比的最大值, A 以微米

为单位, T 以秒为单位。 $\sigma(\Delta)$ 表示起算函数, 而 Δ 表示震中距离, 以度为单位。

经这样地定义之后, 台站校正值 S 是一个相对的量, 它与某个标准值或基本值有关。为了改进震级测定, 在大陆台站网中估计台站校正问题是特别重要的, (瓦尼克和康多尔斯卡娅 Kondorskaya, 1976 年)。显然, 在这种情况下, 台站校正不只依赖于台站地区台站本身的区域地质条件, 而且也依赖于地震的震源区和地震波的传播路径, 对全部地震台把这些影响都来研究一下是复杂和艰巨的。

似乎解决这个问题最有效的方法是: 在每个大陆地震台网中选择一组合用的参考台, 用来测定台网的平均震级。假定这些参考台都经过均匀化了, 我们可以消除仅仅由于部分参考台记录到的事件在台网的平均震级中的系统误差。则全部可用的参考台站震级的平均值, 经用适当的台站校正值进行改正之后, 就是台网震级的测定值。这个值应当不受包括了或未包括某个参考台的影响。

鉴于上述过程的考虑, 我们发展了一种测定地震震级的专用新程序, (克里斯托斯科夫 Christoskov 等著, 1974 年, 1977 ab , 1978 年, 瓦尼克等 1975 年)。在这个过程中, 确定震级不需要对随机分布的地震台站系统所报来的所有震级值求平均值, (这是国际地震中心 ISC 和国家台网现在所用的方法)。做为每个地震的特征参量, 震级是由所谓均匀震级系统 (HMS) 中选定的台站数据来测定的。

均匀震级系统地震台站, 称为“震级参考台站” (magnitude reference station), 它必须按照特殊标准, 从该地区的全部台站中选取, 最重要的选择标准是: 参考台站的地理分布足够均匀, 仪器标准化, 噪音小, 工作在时间上的稳定性, 有熟练的技术人员能实行初步数据处理, 和有通信通道能直接与资料中心联系。对一个大陆规模的均匀震级系统 30 个参考台站是必需的。

均匀震级系统参考台站测定的震级值, 由“台网震级” (NM) 表示, 台网震级是由经过适当的台站校正后的参考台站所给出震级的平均值。

为了测定台站的校正值可采用基本台的方法。其方法是从许多参考台中选一个台作为 HMS 的基本台。这个基本台一经选定, 台网震级的水平, 和定震级时应加上去的震级起算函数也都随之而决定了。

为了确定一系列的台站校正值, 使用一个基本台做标准似乎比用震级平均值更为准确, (瓦尼克 1969 年; 埃里克森 Ericsson, 1972 年), 后者取决于地震位置和确定台站校正值的观察之内部结构。而只用一个基本台站的系统能比较简单地与其它均匀台网的震级联系起来, 要建立这种联系只要把各台网的基本台站加以比较就行。由于实际原因, 要求基本台站应足够灵敏、稳定和能长期的工作。一个由参考台站组成的均匀系统建立起来之后, 基本台的重要性就减小了, 均匀系统的任何一个台站都可当做是一个基本台站来使用。

必须强调一个重要的前提: 由两个台站所测定的同一地震的震级之差是与震级之大小无关。则震级 $M_2 - M_1$ 之差就可以认为是台站 1 对台站 2 的台站校正值。

均匀震级系统 (HMS) 是根据不同参考台站的震级差进行台站校正。对于象一个大陆那么大的 HMS 系统, 由于个别地震至参考台站的震中距离可有很大差别。因此, 从各个参考台站估算的震级值取决于所使用起算函数 $\sigma(\Delta)$ 的形状, 由此可见, 台站校正值取决于

$\sigma(\Delta)$ 。反过来讲, 一个 *HMS* 系统所作的均匀震级系统观测可用于修正 $\sigma(\Delta)$, 其目的是为获得该地区的最佳起算函数。

建立均匀震级系统的过程, 同时是起算函数最佳化的过程, 一般可用下面的工作链说明。

$$\begin{aligned} \sigma_0(\Delta) &\rightarrow ({}_1M_{ik}) \rightarrow ({}_1S_i) \rightarrow ({}_1NM_k) \rightarrow \sigma_1(\Delta); \\ \sigma_1(\Delta) &\rightarrow ({}_2M_{ik}) \rightarrow ({}_2S_i) \rightarrow ({}_2NM_k) \rightarrow \sigma_2(\Delta); \\ \sigma_2(\Delta) &\rightarrow \text{等等} \dots \dots \end{aligned} \quad (2)$$

如果我们从 n 个参考台站 ($i=1, 2, \dots, n$) 获得 N 个地震 ($K=1, 2, \dots, N$) 的振幅 A 和周期 T 的观测值, 从而取得一组 $\log\left(\frac{A}{T}\right)_{ik}$ 值, 并对某一类型的地震波给出零级起算函数 $\sigma_0(\Delta)$ 的近似值, 我们就可以计算震级 ${}_1M_{ik}$ 并用以估算台站校正 ${}_1S_i$ 近似值。对观测到的 $\log(A/T)_{ik}$ 加上这种改正之后就可以计算出台网震级 ${}_1NM_k$, 在此基础上可决定一套 ${}_1\sigma_{ik}(\Delta_{ik})$ 值。使用这些数值, 可用适当的方法求出起算函数 $\sigma_1(\Delta)$ 的一次近似值。为了获得最佳台站校正和起算函数, 全部过程要反复多次。

这个报告的主要目的是研究这个程序, 把它用于一个实际的均匀震级系统中去, 并说明它对类似的在物理上有意义的震级之测定中的重要意义。

2. 欧亚大陆均匀震级系统的台站校正

为了在欧亚大陆建立均匀震级系统, 我们挑选32个地震台做为震级参考台站。参考台站的细节见表1, 它们的地理分布如图1所示。

对以下类型的波建立均匀震级系统: 由 *C* 类宽频带地震仪记录之体波 *PH*、*PV*、*SH*、*SV* 和面波 *LH* 与 *LV* 以及由 *A* 类短周期地震仪记录的 *PVs* (仪器类别见威尔莫 *Willmore* 和卡尼克 *Karnik*, 1970 年)。本报告中的第一节叙述了 *PV*、*PH* 和 *PVs* 均匀震级系统的建立, 各台站的宽频带垂直向基尔诺斯式和短周期地震仪的频应曲线, 及其在此时间内使用的仪器常数, 瓦尼克等人在 1978 年已有总结。同时获得 32 个参考台站的 *PV*、*PH* 和 *PVs* 的观测结果是不可能的。用于 *PV* 均匀震级系统中的有 29 个参考台站; 用于 *PH* 的有 27 个台站; 用于 *PVs* 的有 23 个台站 (详见表 1)。

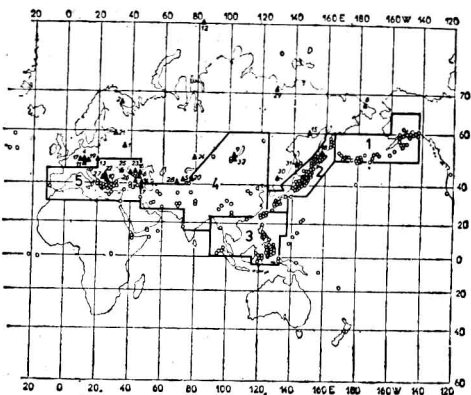


图1 ▲表示 *HMS* 参考台站, ○表示地震震中, 字码 1—5 为地理分区, 台站编号详见表 1。

表1 HMS 参 考 台 站

编号	代号	台 名	纬度	经度	高 度	台	基	仪	器	HMS
1	OBN	Obninsk	55.2N	36.6E	130	石灰岩		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
2	APA	Apatity	67.6N	33.4E	182	元古代辉长辉绿岩		SK, SKD		PV
3	BKR	Bakuriani	41.7N	43.5E	1830	玄武岩		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
4	CLL	Collnberg	51.3N	13.0E	230	奥陶纪硬砾石		SSJ-1, VSSJ-2		PV, PH, PVs
5	FRU	Frunze	42.8N	74.6E	830	砾石		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
6	GRO	Groznyj	43.3N	45.7E	124	垆坨		SK		PV, PH
7	GRS	Goris	39.5N	46.3E	1399	冲积层		SK		PV, PH
8	ILT	Iultin	67.8N	178.8E	245	粘板岩		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
9	IRK	Irkutsk	52.2N	104.3E	467	侏罗砂岩上之砾石		SK		PV, PH
10	KDZ	Kurdzhali	41.6N	25.4E	329	板岩		SKM-3		PVs
11	KHC	Kasperské Hory	49.1N	13.6E	700	片麻岩		SKM-3		PVs
12	KHE	Kheis	80.6N	58.1E	8	永久性冻砾石		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
13	KRA	Krakow	50.0N	19.9E	223	侏罗灰岩		SD-1, SKM-3		PV, SVs
14	KRV	Kirovabad	40.7N	46.3E	527	结晶岩石		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
15	MAG	Magadan	59.6N	150.8E	78	砾石		SK		PV, PH
16	MAK	Makhachkala	43.0N	47.5E	45	沉积物		SK		PV, PH
17	MOX	Moxa	50.7N	11.6E	454	粘板岩		SSJ-1, SKM-3		PV, PH, PVs
18	PET	Petropavlovsk	53.0N	158.7E	68	安山岩		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
19	PRU	Pruhonic	50.0N	14.5E	302	奥陶纪硬砂岩		SK, SVS-4		PV, PH, PVs
20	PRZ	Przhevalsk	42.5N	78.4E	1984	砾石		SK, SKM-3		PV, PH, PVs
21	PUL	Pulkovo	59.8N	30.3E	65	粘土		SK, VEGIK		PV, PH, PVs
22	PVL	Pavlikeni	43.2N	25.2E	187	泥灰岩		SKM-3		PVs

续表 1:

23	PYA	Pyatigorsk	44.0N	43.1E	544	泥灰岩、粘土	SK, SKM-3	PV, PH, PVs
24	SEM	Semipalatinsk	50.4N	80.3E	209	砂质粘土	SK, SKM-3	PV, PH, PVs
25	SIM	Simferopol	45.0N	34.1E	275	石灰岩	SK	PV, PH
26	SOC	Sochi	43.6N	39.7E	155	粘板岩	SK, SKM-3	PV, PH, PVs
27	SOF	Sofia	42.7N	23.3E	546	沉积物	SKD	PV, PH
28	TAS	Tashkent	41.3N	69.3E	470	黄土	SK	PV, PH
29	TIK	Tiksi	71.6N	128.9E	25	永久冻土	SK, SKM-3	PV, PH, PVs
30	VLA	Vladivostok	43.1N	131.9E	74	石英斑岩	SK, SKM-3	PV, PH, PVs
31	YSS	Yuzhno-Sakhalinsk	47.0N	142.7E	100	风化板岩	SK, SKD, SKM-3	PV, PH, PVs
32	ZAK	Zakamensk	50.4N	103.3E	1200	元古代花岗岩及 花岗岩长岩	SKD, SKM-3	PV, PH, PVs

从1966到1970年的地震中,选取了286个,震中距在 20° 和 100° 之间的浅源地震,以确定台站校正系统和使起算函数最佳化。从欧亚大陆的观测条件来看震中分布尚具有代表性。为研究不可避免的地区效应,将地震分为如下6个地区, ($r=1, \dots, 6$): 1. 阿拉斯加(44个地震), 2. 日本(93个地震), 3. 菲律宾(47个地震), 4. 亚洲(35个地震), 5. 地中海(35个地震), 6. 其它地区(33个地震), 附录1给出了国际地震中心(ISC)的地震参数, 地区1—6的分布示意图表示在图1中, 这些地区同国际地震中心确定的地震地区对应如下: 1=1, 42; 2=19, 20; 3=21, 22, 23, 46; 4=26, 27, 28, 29, 41, 47; 5=30, 31, 32。

为便于数据的初步选择和保证在每个参考台上的正确测量,使用了选择程序 *SELECT*。此 *SELECT* 程序的流程图(具有两个子程序 *DELTA* 和 *INTPOL*)已在1978年瓦尼克等人的文章中给出。该程序提供了 *P* 波、*S* 波和 *L* 波到时,并对每个台站和每个地震在国际地震中心数据的基础上计算了 $\log(A/T)$ 。

在相应初动后的20秒之内测量了 *PV*、*PH* 和 *PVs* 的振幅和相应周期,测定 $(A/T)_{\max}$ 之比的方法,对获得可以比较的震级值显然是重要的,根据记录的复杂性将波形分为三类。与 *PV* 和 *PVs* 的三种类型相应的被选波形可在1978年瓦尼克等人发表的文章中看到,本课题所利用的数据有: *PV* 的观测总数为4778, *PH* 为3746和 *PVs* 为3526。

测定欧亚大陆均匀震级系统的台站校正使用了基本台站的方法,经仔细地分析了 *HMS* 各参考台的震级值稳定性和相对水平之后,将 *OBN* (见表1)选为震级系统基本台站。以下参量就是为了改进测定台站校正而引入的。参考台 *m* 对基本台的台站校正 S_j^m 叫做“基本台站校正”并定义为:

$$S_j^m = n^{-1} \sum_1^n (M_{j,i}^O - M_{j,i}^m) \quad (3)$$

式中 j =波类形, M =震级, O =基本台, n =观测台数。对任意一对基本台 k 和 m 的台站校正 S_j^{km} 由相对台站校正来表示,并由以下公式给出:

$$S_j^{km} = n^{-1} \sum_i^n (M_{j,i}^k - M_{j,i}^m) \quad (4)$$

从 k 和 m 台的震级差由方程(4)所直接得的值,不仅可以求相对台站校正,而且还可以使用下面的方程式把各台站之间的所有可能差别联系起来。

$$S_j^{km} = \sum_i P_i S_j^{ki} / \sum_i P_i \quad (5)$$

式中 $S_j^{ki} = S_j^{ki} - S_j^{mi}, \quad i \neq m$

这里, i, k 和 m =基本台, P_i =台站校正 s_j^{ki} 的权(weights)考虑到相对台站校正 s_j^{km} , 基本台校正可用下式求得,

$$S_j^m = \sum_i p_i s_i^{o_i m} / \sum_i p_i \quad (6)$$

式中

$$S_j^{o_i m} = S_j^{o_i} - S_j^{m_i}, \quad i \neq m$$

这里, o = 基本台, m = 均匀震级系统参考台站中的一个, i = 所有其它台站, 并且 p_i = 台站校正 $S_j^{o_i m}$ 的权。用这种方法求出的台站校正, 必须加到由有关的参考台计算所得之震级值上, 这样就把参考台的震级归化到基本台的震级系统中去了。基本台的台站校正按定义应为零 ($S_j^o = 0$)。

当检验台站校正的正确性或代表性时, 发现对一些台的组合来说, 偏差的频率分布是不对称的, 并和偏差的正态分布是不相同的, (瓦尼克和康多尔斯卡娅, 1974 年; 克里斯托斯科夫等, 1974 年; 瓦尼克等, 1975 年)。这个现象很可能是由于震源地区的影响所引起的。所以区域基本地震台的校正 S_{rj}^m 和区域相对台站校正 S_{ri}^{km} 均应引入。在测定校正时只考虑了区域 r 中的地震。

在测定台站校正时使用了两种计算程序 (STCOR 和 SIMCOR) 它们之差别在于数据输入和输出的形式不同。用瓦尼克等人 1962 年给出的起算函数求出未加校正震级 $MM_{j,i}^m$, 作为 STCOR 程序的输入数据。这个程序不仅使我们获得了用方程 (4) 求得的全部地震的相对台站校正 S_j^{km} , 而且获得了区域 r 中的地震的区域校正 S_{rj}^{km} 和全部地震里除去 r 区域内地震之后的地震的 S_{-rj}^{km} 。同时计算了单台标准误差 μ , 均值 δ , 偏差的频率分布图, 超出量系数和非对称系数, 并作了频谱分布的正常度校核。数据是经过滤波以消除大的和随机的误差, (STCOR 程序的流程图和 COR A 基本子程序, 已由瓦尼克等人在 1978 年给出), STCOR 程序用于计算 PV 和 PVs 台站校正的第一近似值。

为了计算台站校正的逐震接近值, 发展了一个 SIMCOR 修订程序, 给 SIMCOR 输入的数据是 $\log(A/T)_{j,i}^m$ 和 Δ_i 。用上起算函数的适当近似值就可以按照下列公式算得震级 $M_{j,i}^m$ 。

$$M_{j,i}^m = \log(A/T)_{j,i}^m + \sigma(\Delta_i) \quad (7)$$

在本程序中有几个统计参数未做计算, 输出数据包括相对台站校正, 各类地区的校正, 它们的标准误差和一些分析结果所必需的辅助量。数据的滤波消除了大的误差, 而随机误差则予以保留, (SIMCOR 程序的流程图见瓦尼克等人的著作, 1968 年), SIMCOR 程序比 STCOR 程序灵活而且快, 全部计算由一个具有 190K bites 存贮器的 ICL 4-50 计算机完成。

用三次近似计算对 HMS 的台站校正系统做了计算。用比较 S_j^{km} , S_{rj}^{km} 和 S_{-rj}^{km} 以及下列判据研究了单个参考台站可能有的区域特性。

$$|S_{rj}^{km} - S_j^{km}| > 0.1 \quad \text{并 } \delta \leq \pm 0.05 \quad (8)$$

把地区 r 看成特殊地区。

在判据 (8) 的基础上分析了地区基本台和相对台站校正的整个系统之后, 发现有些台站在所考虑的所有地区之内校正是类似的。也发现另一些台站对一个或几个地区具有差异很大的基本台站校正, PV , PH 和 PVs 的三个近似值在表 2, 3, 4 中给出。其中包括了基本台改正值的平均值 S^m 和区域值 S_r^m 。平均值对各个地区的适用性用符号 S^m 标在适当的地方。表中空白的地方, 意即数据太少或是没有观测数据, 致使该地区及该参考台无数据可以使用。(一般震中距小于 20°)。外面加括号的 S^m 值表示观测到了微弱地区效应。然而不能满足判别式 (8)。注明这种现象仅表示有这么一种可能的趋势而对测定基本台站校正并无重要性。

运用瓦尼克等人 1962 年给出的起算函数 $\sigma_0(\Delta)$ 获得了台站校正 PV , PH 和 PVs 的第一近似值, 第二和第三近似值均基于: 由 (2) 导出起算函数的进一步的近似值 σ_1 和 σ_2 ; 均匀震级系统的台网震级要使用 $NETMAG$ 程序 (见第 4 部分)。由于台站校正的第二和第三近似值在数值和标准误差方面, 差别很细小, 作到第三近似值就停下来了。

因此第三近似值的标准误差就是由我们的一套 PV , PH 和 PVs 观测值所求得的基本台站校正 S_j^m 的一种精确度标志。排除了三种不正常的巨大误差之后, 我们得到了 PV , PH 和 PVs 的平均标准误差值 $\delta_{PV} = \pm 0.038$, $\delta_{PH} = \pm 0.032$, $\delta_{PVs} = \pm 0.043$ 。可以看出 PVs 比 PV 的误差稍高一些。然而, 必须考虑到上述的标准误差, 在很大程度上取决于 HMS 基本台的数据, 而不一定是全部观测的特征。

对全部台站组合的相对台站校正的第三近似值标准误差 δ , 做为观测数 n 的函数 (见图 2) 的分析, 证实了不管观测数目如何, PVs 的标准误差实际上比 PV 高。一般讲, 对中周期 PV 的 A/T 观测的精确性比短周期 PVs 的精确性高。后者分析也允许对判别式的第二部分有一个更精确的表示方式, 如能指定观测数目的最小值和基本台站校正和地区台站校正之标准误差的最大值, 则判别式 (8) 可以做为区域性推断的一种显著性检验 (significance test) 如果满足下面的辅助条件则 S^m 和 S_r^m 的数值被认为是有意义的。

表 2 三 次 近 似 的 基 本 台 站 校 正 值 S_{pv}^m

台站代号	S^m	S_1^m	S_2^m	S_3^m	S_4^m	S_5^m	S_6^m
<i>OBN</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>APA</i>	-0.09 ± 0.026	(s^m)	s^m	s^m	—	s^m	—
	-0.10 ± 0.025	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m
	-0.10 ± 0.025	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m
<i>BKR</i>	-0.04 ± 0.029	s^m	s^m	s^m	—	—	—
	-0.04 ± 0.030	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m
	-0.05 ± 0.031	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	(s^m)
<i>CLL</i>	$+0.21 \pm 0.050$	s^m	s^m	s^m	—	—	—
	$+0.18 \pm 0.050$	s^m	s^m	s^m	s^m	—	s^m
	$+0.16 \pm 0.050$	(s^m)	(s^m)	s^m	s^m	—	(s^m)
<i>FRU</i>	$+0.04 \pm 0.032$	-0.13 ± 0.046	s^m	s^m	—	s^m	—
	$+0.05 \pm 0.034$	-0.14 ± 0.048	s^m	s^m	s^m	s^m	$+0.20 \pm 0.039$
	$+0.05 \pm 0.035$	-0.14 ± 0.049	s^m	s^m	s^m	s^m	$+0.19 \pm 0.044$
<i>GRO</i>	-0.01 ± 0.031	s^m	s^m	s^m	—	—	—
	-0.02 ± 0.031	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	$+0.24 \pm 0.088$
	-0.03 ± 0.032	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	$+0.23 \pm 0.086$
<i>GRS</i>	$+0.13 \pm 0.032$	s^m	s^m	(s^m)	—	—	—
	$+0.11 \pm 0.032$	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	$+0.41 \pm 0.077$
	$+0.10 \pm 0.031$	s^m	s^m	s^m	s^m	s^m	$+0.42 \pm 0.077$