

国家地震局震害防御司



地震工作手册

地质出版社

地震工作手册

国家地震局震害防御司

时振渠 张少泉 赵荣国 吴开统 编著
陆其鹤 张毅政 卓钰如

地震出版社

1992

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

地震工作者需要比较广博的地震、地球物理以及减轻地震灾害的知识。在进行日常工作中,特别是在野外及处理紧急震情时,他们需要一本简明的工作手册,以供随时查阅。本手册就是为满足此需要组织编写的。书中汇集了确定地震波震相、地震参数(时间、地点、震级)、震源机制解的方法和公式,进行地震区划、工程地震、宏观调查的方法和常用资料,还汇集了地震仪器、地震观测和有关的地球和地球物理方面的知识。本书可供地震台站观测、地震分析处理、宏观调查、工程地震等多方面地震工作者使用。

地震工作手册

国家地震局震害防御司

责任编辑:姚家榴

责任校对:李 珧

地震出版社出版

民族学院南路9号

中国科学技术情报研究所印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 20.75印张 498千字

1990年4月第一版 1992年5月第二次印刷

印数 1101—4100

ISBN 7-5028-0317-3/P·199

(706) 定价: 15.00 元

序

地震学是一门发展中的学科。上世纪末至本世纪初，在人类开始用仪器观测地震时，所注意的是地震发生地点和发生时间这样一类运动学方面的问题。其中一个重要成就就是建立地震波走时表，这是地震学发展史中不可缺少的组成部分。以后，又有人提出震源深度问题，发现有些地震发生在几百公里的深部。这是作为地震定位工作的延伸。同时，作为地震时空强三要素之一的强度，过去是用地震所造成的地面破坏和影响来衡量地震大小的；由于地震仪器和地震波理论的发展，人们才开始建立地震震级概念。目前，地震波理论和地震观测仪器已成为研究震源物理过程和研究地球内部结构的重要工具。

关于地震预报问题，过去虽然有人提出过，但在我国直到邢台地震发生之后，才真正大规模地开展起来。可以说，中国地震预报思路之广、观测方法之多、参加人员之众，堪为世界之冠。经过一段时间考验之后，选留下一些较有希望的方法继续进行试验，其中包括测震学方法。为实现“以震报震”，对测震技术提出了更多更高的要求，如定位(震中位置和深度)、震级、波速(走时)以及其它介质参数如 Q 值等。

地震学及地震预报问题，只有经过较长时间艰苦探索才能解决。解决这个问题的关键是了解地震本质，而了解地震物理本质，要靠仪器的长期观测。地震学数据不同于其他学科数据，一旦缺失，则不可再得，是无法弥补的。因此要求观测人员能忠于职守，“风雨无阻”，以获得准确、可靠、连续的记录。目前，我国地震学界已涌现出许多默默无闻却二三十年如一日的台站工作者。他们为地震学发展所做的贡献是巨大的，理应受到、并且已

经受到人们的尊敬和称赞。

台站人员的责任是很大的,在技术上的要求是高的,不仅要懂仪器,还要懂分析。有时,还要求台站人员有应付意外情况的能力。例如,遇上了大震,交流电停止,备用交流电也因故不能开动,电子计算机也就无法工作,这时就应能因陋就简,在蜡烛或煤油灯下,用铅笔记录或熏烟记录,用交切尺把震中定出来,及时速报上级。总之,数字化、宽频带、大动态仪器的新技术要掌握,手工操作等传统技术也不可废弃。

地震研究的目的是减轻地震灾害。为此,要搞地震预报,还要搞地震防御,例如地震区划、工程地震、宏观调查等。对于台站人员(包括观测人员和管理人员)来说,也应知道或者参与一部分有关工作。

总之,作为一名地震工作者需要比较广博的地震、地球物理以及其他方面的地学知识。但每项知识的获取,不可能都靠自己去查书。不仅费时间,也不现实。最好能把有关材料汇集在一起,供人随时查阅。在此,我推荐时振梁和张少泉等同志组织和撰写的这本《地震工作手册》。这本手册不仅为台站人员学习提供方便,而且对从事地震工作和关心地震工作的同志,也是一本很有用的参考书籍。

我对自己能为此书写序,感到非常荣幸,同时借此向此书的撰写者以及从事地震工作的广大同仁和朋友们表示问候,并预祝此书的问世,将会促进我国地震观测、分析和研究事业的健康发展!

秦馨菱

1983年8月

编写说明

当前,我国地震事业获得迅速发展,从事台站监测、宏观考察、地震分析、仪器研制和工程烈度判定的人员,迫切需要一本地震工作手册,用以全面提高业务素质,并备以查询和应用。基于这种客观需要,我们编写了这本手册。

早在1984年,国家地震局科技监测司委托国家地震局地球物理所筹划此事,由时振梁、赵荣国、吴开统、陆其鹄负责编写,并拟定了《地震工作手册》的详细章节提要,分寄到一些省市地震部门和地震台站有关同志广泛征求意见。在此基础上,对手册章节提要内容作了局部调整和增删。随后,约请了国家地震局地球物理所、分析预报中心和工程力学所的几位同志,分章撰写各章节的有关内容,并于1986年底写出初稿。鉴于手册内容广泛,编排交错,于同年年底,又邀请张少泉和李裕彻同志分别承担全书统编和审订工作。1987年基本定稿。

本手册由八章和一个附录组成。为便于读者查询检索,一般以章、节、目和亚目四级列出题目,组织全书内容。由于地震学科是一个正在发展和不断完善的探索性学科,各章所涉及的内容差异较大,在表述方式上有不尽一致之处。各章主要执笔人为:赵荣国(第一、二、三章),吴开统和卓钰如(第四章),时振梁和张敏政(第五、六、七章),陆其鹄(第八章),附录资料由各章提供,张少泉负责整理。此外,吕培苓、王玉秀等同志参加了部分内容的编写。

在本手册编写过程中,得到国家地震局和有关研究所专家、领导的支持与指导。陈章立、葛治洲、徐宗和、杨懋源和卢寿德等同志仔细审阅了全书,并提出具体修改意见;闵子群、刘光勋、鄢家全、金严、董长利等同志提供了部分素材或提出宝贵意见,在此一并致以谢意。

应说明一下，本手册引用文献或资料较多，限于篇幅，不便一一列出文献或资料来源，请读者见谅。在这里，我们给出有代表性的参考书目，需要追索资料来源的读者，可以从书目的文献清单中得到线索。

最后，恳请专家、同行和读者对本手册提出宝贵意见。

目 录

第一章 地震波与地震震相	(1)
第一节 体 波	(1)
一、一般特征	(1)
二、波速和波速比	(2)
三、折射定律、射线参数和本多夫定律	(3)
四、体波能量比值与入射角的关系图解	(3)
五、体波位函数的反射和折射系数	(7)
第二节 近震震相	(9)
一、 $\bar{P}$ 、 $\bar{S}$ 和波速表	(9)
二、 P_n 、 S_n 和波速表	(10)
三、 P^* 、 S^* 和波速表	(11)
四、 P_{11} 和 S_{11}	(12)
五、 P_0	(12)
六、 P_s 和 S_s	(13)
七、 P'_g 和 S'_g	(13)
八、近震射线示意图	(13)
九、 $PSPMP$ 和 $PPSMS$	(14)
十、 SP'	(14)
第三节 远震震相	(15)
一、远震震相名称	(15)
二、震相时距图	(18)
三、远震震相射线图解	(19)
1. 地幔折射波及其地表反射波震相	(19)
2. 地表反射转换波震相	(19)

3. P_d 、 S_d 和 P_r 、 S_r	(19)
4. S_r	(20)
5. 外核面反射波震相	(21)
6. 外核面衍射波和内核面反射波	(21)
7. 地核穿透波震相	(22)
8. 地核多次穿透波震相	(23)
9. $P'dP'$	(24)
10. $PqKP$ ($P4KP$ 和 $P7KP$)	(24)
11. $PKHKP$ ($PKLKP$)	(26)
12. 地球内部的纵波射线和波前图	(27)
13. 不同震中距的射线透射深度和相应纵波速度表	(27)
四、月震记录图	(29)
第四节 走时公式和射线示意图	(30)
一、与地壳结构有关的走时	(30)
1. 震源在花岗岩层内的走时	(30)
2. 震源在玄武岩层内的走时	(31)
3. P_n 和 S_n 的临界距离 Δ_c	(32)
4. 震源在 M 界面以下的走时	(33)
5. 震中附近反射波与原生波走时差	(34)
二、远震走时	(35)
1. 近似计算远震 P 和 S 走时	(35)
2. P 和 S 的各种派生波走时	(35)
3. 震中附近反射波走时	(36)
4. 地核穿透波的经验走时	(37)
5. $PKHKP$ 经验走时	(38)
第五节 震相特征	(39)
一、震中距 0° 至 1.5°	(39)
二、震中距 1.5° 至 10°	(39)
三、震中距 8° 至 15°	(39)

四、震中距 16° 至 23°	(40)
五、震中距 24° 至 43°	(40)
六、震中距 16° 至 43°	(40)
七、震中距 44° 至 83°	(40)
八、震中距 84° 至 103°	(40)
九、震中距 105° 至 128°	(41)
十、震中距 129° 至 141°	(41)
十一、震中距 142° 至 160°	(41)
十二、震中距 160° 至 180°	(41)
第六节 瑞利面波.....	(41)
一、瑞利波的一般性质.....	(41)
二、瑞利波周期方程.....	(42)
三、瑞利波固体层频散曲线.....	(43)
四、实测瑞利波频散曲线汇总图.....	(47)
第七节 洛夫面波.....	(48)
一、洛夫波一般性质.....	(48)
二、洛夫波周期方程和理论频散表.....	(48)
三、洛夫波频散曲线图.....	(50)
四、实测洛夫波频散曲线汇总图.....	(50)
第八节 地幔面波.....	(53)
一、地幔洛夫波.....	(54)
二、地幔瑞利波.....	(54)
三、地幔面波射线图、走时图和典型记录图.....	(54)
四、地球自由震荡.....	(56)
第九节 高阶面波.....	(59)
一、 L_g 和 R_g	(59)
二、 L_i	(59)
三、 π_g	(59)
四、 M_2	(62)

五、 P_s 和 S_s	(63)
六、 PL 、 SL 和 T 波	(63)
七、 L_1 、 L_{g1} 、 L_{g2} 、 R_g 、 P_s 、 S_s 波速和周 期表	(66)
第十节 人工地震波	(68)
一、人工爆破的波形判定	(68)
二、核爆炸的波形判定	(73)
第二章 震级测定	(76)
第一节 近震震级	(77)
一、 M_L (里)	(77)
二、 M_L (李)	(79)
三、 M_{L1} 、 M_{L2}	(80)
四、 M_{L3}	(81)
五、 m_b 、 M_L 、 m_{Lg}	(81)
六、 $M_{\tau n}$	(84)
七、 M_D (或 M_r)	(84)
八、地震能级 K 及其算图	(91)
第二节 体波震级	(92)
一、 m_b (古-里)	(92)
二、 P_z 震相的 m_b 震级方便计算表	(97)
三、 m_b (IASPEI) ..	(98)
四、 $m(PKIKP)$	(100)
五、 m (中国)	(101)
六、 m (HMS)	(101)
七、 m (苏联远东)	(109)
八、 m (谱震级)	(110)
第三节 面波震级	(115)
一、 $M(G, T=20s)$	(115)
二、 M_s (IASPEI)	(116)

三、 M_s (白家瞳)	(117)
四、 ΔM_s (中国 12 个台)	(118)
五、 M_{RZ} (中国)	(120)
六、 $M_s(Q=300)$	(120)
七、 M_s (苏联, 1957)	(121)
八、 M_s 的其他公式	(122)
第四节 各种震级标度及其能量的相关公式一览表	(123)
第五节 地震矩与其它震级标度	(132)
一、地震矩 M_0	(133)
二、 M_0 与其它震级标度关系	(133)
三、其它震级标度	(135)
1. 矩震级 M_w	(135)
2. M_R	(136)
3. M_t (海啸波震级)	(136)
四、 M_0 、 M_w 、 M_{100} 、 M_t 与 M_s 对比表	(136)
第三章 震源定位	(142)
第一节 近震定位	(143)
一、石川法	(143)
二、和达法	(144)
三、高桥法	(147)
四、外心方位角法	(149)
五、虚拟法(假定发震时刻)定位	(150)
六、等时量板法	(153)
七、圆周法及其量板	(154)
八、双曲线法	(156)
九、引中线法	(157)
十、渐近线法及其量板	(159)
第二节 近震深度测定	(161)
一、 $\bar{S}-\bar{P}$ 作图法	(161)

二、 P_H - $\bar{P}$ 作图法	(102)
三、 $\bar{P}$ - P_n , $\bar{S}$ - $\bar{P}$ 列线图法	(104)
四、 sP_n - P 到时差求震源深度表	(105)
五、用出射角 e 估算震源深度 h	(105)
第三节 远震单台定位	(106)
一、球面三角法	(106)
二、吴尔夫网球极平面投影法	(108)
三、吴尔夫网子午面投影法	(171)
第四节 远震台网定位	(173)
一、直接交切定位	(173)
二、球极平面投影法	(174)
三、波阵面法	(177)
四、吴尔夫网多台方位交切法	(179)
五、吴尔夫网交切定位	(180)
六、震中轨迹法	(181)
七、震源轨迹法	(182)
第五节 远震深度测定	(183)
一、利用震中附近反射波	(183)
二、利用单台震源深度曲线簇	(184)
1. 标尺法	(184)
2. 网状图法	(184)
3. pP - P 曲线图法	(186)
4. sP - P 曲线图法	(186)
三、组合震相到时差作图法	(187)
1. 特列斯科夫法	(187)
2. S - P 和 SsP - P 曲线图法	(187)
3. S - P 与 SsP - P 曲线图法	(189)
四、其它估定深度方法	(189)
第六节 发震时刻测定	(191)

一、利用和达直线法作图求发震时刻	(191)
二、利用萨瓦林斯基直线交汇图求发震时刻	(191)
三、利用远震记录求发震时刻	(192)
第七节 计算机定位(近震)	(193)
一、波速 V 未知的初定位方法	(193)
二、波速 V 已知的初定位方法	(197)
三、近震与地方震定位程序BLOC88	(200)
第四章 震源参数与地震活动性参数	(205)
第一节 震源机制的测定	(205)
一、震源模型	(205)
二、震源机制参数图解	(207)
三、测定震源机制参数的 P 波初动方法	(208)
四、解析计算 P 波初动解	(217)
五、单台小震综合断层面解	(219)
六、零矢量法	(220)
七、地震矩张量法	(220)
八、由震源机制解推测地震断层面错动类型	(222)
第二节 震源物理参数的测定	(223)
一、地震矩	(223)
1. 用宏观方法求 M_0	(223)
2. 用地震波谱求 M_0	(223)
3. 用尾波求 M_0	(231)
4. 由经验公式求 M_0	(233)
二、震源尺度 a	(234)
1. 用体波功率谱的拐角频率求 a	(234)
2. 采用较大地震的体波或面波的频谱求破裂长度	(234)
3. 在时间域中由初动半周期求 a	(235)
4. 经验公式求 a	(236)
三、应力降 $\Delta\sigma$	(237)

1. 凯利斯-博罗克公 式	(238)
2. 诺波夫(Knopoff)公式	(238)
3. 安艺公式	(238)
4. 奥尼尔公式	(238)
5. 安艺公式	(238)
6. 陈培善公式	(238)
7. 经验公式	(239)
四、错距 $\bar{D}$	(239)
1. 凯利斯-博罗克公式(圆盘位错)	(239)
2. 诺波夫公式(走滑断层)	(239)
3. 安艺公式(倾滑断层)	(239)
第三节 介质 Q 值测量	(240)
一、在频率域中求 Q 的简单原理及方法	(240)
1. 频率比法	(241)
2. 距离比法	(241)
3. 波型比法	(242)
二、用小地震初动半周期 T , 求 Q 值	(242)
三、用尾波求 Q 值的方法	(243)
1. f_p-t 法	(244)
2. 尾波形状法	(246)
3. 由衰减系数 ν 估计 Q	(249)
第四节 地震活动性参数	(251)
一、 $M-T$ 图	(251)
二、 b 值	(254)
1. 最小二乘法	(255)
2. 最大似然法	(256)
三、衰减系数 P	(258)
四、 h 值	(259)
五、应变释放曲线	(261)

六、空间变化	(263)
第五节 地震预测方法	(265)
一、利用地震类型进行地震趋势估计	(265)
二、利用 b 值方法进行强余震的预报	(267)
三、用波速比变化进行地震预测	(269)
四、用活动度 a 值进行地震预测	(272)
五、用地震能量释放等值图和地震频度等值图进行 预测	(274)
六、用极值理论进行地震中期预报	(276)
第五章 地震宏观调查和历史地震考证	(282)
第一节 地震烈度表	(282)
一、“新的中国地震烈度表”(1957)	(282)
二、中国地震烈度表(1980)	(285)
三、历史地震烈度和震级表	(287)
四、房屋震害的统计方法	(289)
五、MSK 烈度表	(291)
六、修订的麦加利烈度表(MM, 1956)	(294)
七、罗西-佛瑞尔烈度表(简称R-F表)	(295)
八、日本七阶烈度表(J. M. A, 1949)	(296)
九、几种烈度表的对比	(296)
十、海啸烈度	(297)
第二节 地震宏观调查方法	(298)
一、地震宏观调查内容	(298)
二、地震宏观调查方法	(299)
第三节 地震调查表	(300)
一、地震通讯调查表(适用于有感地震)	(301)
二、地震通讯调查表(适用于轻破坏地震)	(302)
三、地震调查表(适用于北方地区轻、中破坏区)	(304)
四、地震宏观调查表(适用于考察队员)	(305)

五、地震调查表(适用于大地震)·····	(306)
六、美国地震通讯调查表·····	(309)
第四节 宏观地震参数的经验关系·····	(312)
一、地震烈度衰减·····	(312)
二、震中烈度和震级关系·····	(316)
三、用宏观资料求震源深度·····	(317)
第五节 历史地震考证·····	(320)
一、历史地震资料考证·····	(320)
二、历史年代总表·····	(320)
三、明、清中西历转换表·····	(320)
四、干支纪年顺序·····	(322)
五、干支日换算和时辰记时·····	(323)
六、历史地震使用的历法·····	(324)
第六章 地震区划 ·····	(325)
第一节 地震区划分类·····	(325)
一、地震区划的演变·····	(325)
二、地震区划的分类·····	(327)
第二节 地震活动性和地震影响场分析·····	(328)
一、地震活动统计量和图·····	(328)
1. 震中分布图·····	(328)
2. 深断裂分布图·····	(328)
3. $N-t$ 图·····	(328)
4. $M-t$ 图·····	(328)
5. $E-t$ 图·····	(328)
6. $\sqrt{E}-t$ 图·····	(331)
7. $\Sigma(t)-t$ 图·····	(331)
8. $\log N-M$ 图·····	(332)
9. 地震活动度·····	(332)
二、地震活动的时空特征·····	(332)