

地震地磁观测与研究

DIZHEN DICI GUANCE YU YANJIU

第 20 卷 第 6 期

目 次

春风吹皱一池水 秋后光辉半亩园——台站培训往事索记

张少泉..... (1)

张北-尚义地震序列的重新定位

杨智炯 陈运泰 张宏志..... (6)

青藏高原南缘中强地震震源机制的研究

郑秀芬 张春贺 姜 枚..... (10)

河南地磁短周期变化特征

姚同超 范国华 韩克礼..... (15)

全国地磁测量与地震预测研究

詹志佳 张洪利 赵从利 高金田 沈文志..... (22)

地震地磁前兆的物理判据再研究

王 璽文..... (29)

地磁方法在地震预报中的应用

林云芳 曹小军 续春荣 赵 明 李 琪..... (35)

地震及其前兆的观测研究与地震预测

郝建国..... (45)

中国数字地震台网(CDSN)的运行与数据质量控制

周公成 杨一飞 黎 明..... (51)

数字化地震观测及技术系统建设若干问题

宋臣田 姜 捷 赵仲和..... (54)

聚束扫描在上海地震台阵选址中的应用

佟玉霞 朱元清 刘 旭..... (60)

地震台阵的应用及最新进展

于海英..... (68)

世纪之交的北京遥测地震台网

王凤霞..... (74)

北祁连河西地区流动重力监测预报工作介绍

祝意青 梁伟锋 刘 练..... (80)

佛子岭地震台简介

方素贞 胡 诚 史升大..... (84)

763 地震仪增光报警系统

章见丰 邱国荣..... (86)

地震台站防雷措施 4 例

王长江 阎 熠 王世荣..... (88)

努力把兰州现象台震成观测,科研,预报三结合的台站

许健生 徐根福 李 建..... (91)

科学管理与技术进步是提高编目质量的关键——辽宁省地震编目工作回顾

张 萍..... (95)

紧密结合任务 真情服务台站——贺《地震地磁观测与研究》创刊 20 周年

刘成瑞..... (98)

历史的回顾——贺《地震地磁观测与研究》创刊 20 周年

陈培善..... (101)

1999 年总目录

..... (I)

本期责任编辑 李瑞芬 英文审校 边银菊 本专辑稿件收到日期:1999-03-31

SEISMOLOGICAL AND GEOMAGNETIC OBSERVATION AND RESEARCH

Vol 20 No 6

CONTENTS

Recalling the Bygones of Seismic-station training	Zhang Shaoquan (1)
Relocation of the Zhangbei-Shangyi Earthquake Sequence	Yang Zhixian, Chen Yuntai and Zhang Hongzhi (6)
The Study on the Mechanism of Strong-moderate Earthquakes Occurred at the Qinghai-Tibet Plateau Southern Margin	Zheng Xiufen, Zhang Chunhe and Jaing Mei (10)
The Characteristics of Geomagnetic Short Period Variations in Henan Region	Yao Tongqi, Fan Guohua and Han Keli (15)
Geomagnetic Survey and Earthquake Prediction Study in China	Zhan Zhijia, Zhao Congli, Zhang Hongli, Gao Jintian and Shen Wenzhi (22)
The Restudying of the Method of Examine the Geomagnetic Earthquake Precursor	Wang Tanwen (29)
Application of Geomagnetic Methods to Earthquake Prediction	Lin Yunfang, Zeng Xiaoping, Xu Chunrong, Zhao Ming and Li Qi (35)
Observation-Research of Earthquake and its Precursors and Earthquake Prediction	Hao Jianguo (45)
Operation and Data Quality Control of the China Digital Seismograph Network(CDSN)	Zhou Gongwei, Yang Yifei and Li Ming (51)
Discussions on Digital Seismic Observation and the Construction of it's Technical System	Song Chentian, Jiang Jie and Zhao Zhonghe (54)
The Application of Beamform Scan in Selecting Site of Shanghai Seismic Array	Tong Yuxia, Zhu Yuanqing and Liuxu (60)
The Application of New Headway of Seismic Array	Yu Haiying (68)
The Beijing Seismic Telemetry Network (BSTN) in the Turn of Century	Wang Fengxia (74)
Introduction of Monitoring and Predicting Work With Mobile Gravity in the North Qilian-Hexi Region	Zhu Yiqing, Liang Weifeng and Liu Lian (80)
Brief Introduction of Foziling Seismic Station	Fang Suzhen, Hu Cheng and Shi Shengda (84)
System of Adding Light and Alarm in 763 Seismic Apparatus	Zhang Jianfeng and Qiu Guorong (86)
Four Measures of Protecting Thunders	Wang Changjiang, Yan Yi and Wang Shirong (88)
Lanzhou Observatory Making Great Efforts to Trans-forming into Observing Researching and Earthquake Forecasting Three in One Combination Seismic Station	Xu Jiansheng, Xu Genfu and Lijian (91)
Scientific Management and Technological Advance is the Key to Raising Catalogue Quality	Zhang Ping (95)
Combining Tasks Closely, Serving Seismic Station Sincerely—for the 20th Birthday of 《Seismological and Geomagnetic Observation and Research》	Liu Chengrui (98)
Historical Review —for the 20th Birthday of 《Seismological and Geomagnetic Observation and Research》	Chen Peishan (101)
Contents 1999	(1)

春风吹皱一池水 秋后光辉半亩园

——台站培训往事索记

张少泉

(中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所)

台站是地震事业的根,因为它与地震波贴的最近,因为它把大地的营养,毫无保留的输送给它所支撑的事业。我们的地震事业之所以有今天,它的枝枝叶叶,它的每一粒果实,都有台站的一份贡献。我们做台站培训工作,就是在地震事业的根上,浇点水,施点肥。难道不是我们这些受益者,应尽的责任和义务吗!正缘于此,在《地震地磁观测与研究》创刊20周年之际,我想追索的,就是与台站培训有关的几个特定年代的几段往事。

1966: 北京台网,随着中国大陆第四个地震活跃期的到来崛起而起。从此,华北大地稍有动静,中国高层领导和普通百姓,都不约而同地把目光集中到这间不大不小的地震值班室内。

1966年河北邢台地震后,中国大陆进入第四个地震活跃期。在周总理的亲自指挥下,在邮电部门职工和地球物理所科技人员的密切合作下,迅速将原分布在北京周围的零星台站联结成网。这是中国第一座地震实时遥测台网。

我有幸成为北京台网的一员,主要从事地震常规分析和大震速报工作。正是从这里开始,我的命运与台站和台站人员,结下了几十年的难解之缘。

北京台网铺开,先后捕捉到大大小小的地震不下百万次。其中,有1967年的河间地震,1969年的渤海地震,1970年的延庆地震,1975年的海城地震和令人心碎的1976年唐山大地震。通过对这些资料的分析和研究,获得华北大地的地下地震信息。同时,在这里我和我当年同样年轻的朋友得到了锻炼。

正是在这里,我体会到了值班员的甘苦。当大震警笛尖叫时,就是再老炼的同志,心也奈不住咚咚跳。紧张啊!我不会忘记,有个同志由于过度紧张,把位于台网北边的辽宁北票地震,测算到台网南边的河北老震区。虽然后来更正过来了,但他还是十分难过。没有入责备他。他却哭了!那个晚上,他没回家,他把那个地震反反复复做了好多遍。

1976年7月28日唐山地震时,不是我值班。我住家在香山科学院植物园。大地剧烈摇动,直觉告诉我,这是地震,一次强烈地震。“地震就是命令!”赶紧骑车到了三里河值班

室。当然,地震已报出去了。而且许多同志都先于我,早早到了。大家有的聚在一起,讨论 8 个台已限幅的图纸,有的忙着换记录纸,有的忙着分析一个接一个的余震。这是一个没有硝烟的特殊战场。在值班室的东墙上,有一条标语:“为毛主席站岗,为首都人民放哨”。那时,台网的同志和台站的同志,都把自己视为地震战士,并以做一名“准军事部队”的战士而自豪。以后我有机会到了全国不少台站,在他们的值班室里,也都贴上意思大致相同的激励自己的豪言壮语。现在的《地震》杂志,当时就叫《地震战线》,是全国刊登地震论文的有限几个专业刊物之一。在 1978 年的第 3 期上,有安昌强同志和我合写了一篇“偶台定位”的文章。利用偶台时差估计地震方位的思想,就是在北京遥测台网的速报实践中形成的。

1972: 一个大雪纷飞的夜晚。全国第一期地震培训班的大班长扛着一箩筐馒头,送到黑灯下火的宿舍。明天就要结业了,大家有说不完的话,道不完的情。

至今,我还保留着一张 27 年前的培训班黑白合影,上面有一行烫金字:“第一期全国地震学习班北京白家疃台”。照片上坐在二排正中间的是校长奚斌,两侧是教员:赵荣国,陆其鹄,陈运泰,琴朝智,王玉秀,陈光英等。那年我们都 30 来岁,年轻气旺。老陈开篇讲地震波理论,老陆、老琴讲仪器,老赵讲远震分析,老王讲核查,我讲近震分析,还有人讲宏观、讲管理等等。大概讲了三四个月。学员来自山南海北,一般也就二三十岁,彼此关系很融洽,跟老师的关系也很好。由于学员基础参差不齐,便邀请几位基础好的学员当辅导员。如耿洪同志就是其中的一位。因为他协助老师修改作业,特别细致,深受学员欢迎还受到表扬。从此我与耿洪结下了友谊,虽然他先后去了内蒙,江西,天津等处任职,直至今日,一直保持联系。

结业那天,确是很冷。正如李白诗云:燕山雪花大如席,片片吹落轩辕台。据说,轩辕台就在河北省怀来县的乔山上,它是燕山山脉上一个不起眼的山包包,却因李白的一句话而名扬天下。一连几天的大雪,已把白家疃台周围涂得一片银白。屋里没暖气,只得烧煤。最苦的是,雪下得太厚,把电线都压断了,食堂没电给火鼓风,馒头都蒸不熟,更没法炒菜了。怎么办?校长和班长一商量,只有请村里老乡帮忙,烧柴火蒸馒头。于是才有本段小标题,班长为大家扛馒头的那个镜头。

在炉光和烛光下,大家说着、唱着,也吃着、喝着。因为一别,又各奔东西,不知将何时再见面!西藏、新疆和内蒙等边远地区的学员,他们能歌善舞,酒量也大,常常借酒一樽,尽情一曲,喝着唱着,都落泪了。他们说,台与台之间,相隔万里,靠手摇电话联络,很不方便。平时也见不到多少人,闷得慌啊!而且,当时台上与外界几近封闭,只是寄资料时跑一趟邮局。有些人在台上一窝就是一辈子。

有一次,都快进 90 年代了,我出差顺便去一个台,那里很偏僻。有一个青年人,看上去很面熟。一问,才知是 1972 年第一期培训班的一位学员的儿子,是接班上来的。他们长得多么相象啊!可惜他父亲几年前已过世了。我不由得想起鲁迅笔下的闰土和他羞涩的儿子。我们有很多台站同志,就是这样默默无闻,一生一世,甚至两代人,都为地震事业献出青春。有的人一辈子也没离开过大山,没离开过台站。然而,他们用生命记录下的地震图,已在成千上万的地震工作者手中传递。

我们不应忘记他们和他们的子女，我们应尽可能给他们以帮助。

在这个培训班的开学典礼上，傅承义先生曾来看望过大家，还讲了话。他讲了很多，其中有一句话让我至今难忘。他说：“我是一个教书匠，一个值得自豪和欣慰的教书匠，因为我有许多学生，有许多学生的学生。”他指着我们几个从地球物理所来讲课的教员说，这是我的学生，又深情的对着培训班的学员说，你们就更是我的学生！学员笑了，他们报以发自内心的掌声。先生的眼角湿润了。傅先生德高望重，学术成就斐然。但他独独自喻为教书匠，足见他对教育的重视，对台站培训工作的重视。傅先生一席话对我影响很大。尽心尽力参加教学和培训工作，做一个好的教书匠，成了我的一大宿愿。

傅先生认为，教学工作和研究工作互相促进。事实正是这样，通过教学工作，有助于自己知识的整理和提高。1976年，我根据课堂教案，并归纳了北京台网的实践，出版了《近震分析》一书。赵荣国先生出版了在地震界影响很大的《中国地震典型记录图集》。1985年，安昌强和我受地球所派遣，在广东地震局配合林纪曾等同志给港澳天文台的技术人员办地震学习班，我们编写的“震相概述”讲稿，后在《地震地磁观测与研究》上连载。1998年，在多本培训班的讲义基础上，由杭州培训中心和地球所合作，我参与执笔，出版了与声像配套的《地震波分析与应用》教材。

1989～1991：几次极远震速报的“失准”，唤起人们对地震震相分析的关切，短短1年，办了3次班。象这种针对性很强的强化培训，十分引人关注！

中国大陆进入第五个地震活跃期。同时，中国的地震工作也进入以防震减灾为指导思想的新时期。地震速报本来是地震学的一项常规分析工作，但自从它上升为“地震应急”环节的首要工作后，由于它与地震救灾(国内)和地震救援(国外)密切相关，其重要性更加引人注意。因而，容不得半点“失误”或“失准”。有关大震速报和极远震震相识别的3次学习班，就是在这样背景下举办的。

我这里有3张照片：第1张在白家疃台，第2张在泰山台，第3张在黄金海岸台。熟悉的面孔不足一半，1972年的老友只有一二位，但在不熟悉的学员中，又多为似曾相识的青年人，一问才知是地震学校的毕业生。他们许多人的父母，就曾是地震战线的老战士。地震战线的新一代，已经挑大梁了！

这3次培训班，都要结合速报任务和评比工作展开，是分析预报中心七室薛峰主任负责筹备和运作的。为了不影响正常工作，采取先评比后培训的办法，把参加评比的同志留下来，就评比中的问题，结合图纸看震相，“就题发挥”，取得“立杆见影”的效果。

在这3次培训中，我也办过蠢事。其中有一次，是我让大家手工描地震图波形，美其名为“找感觉”。就象小学生描字帖那样，随着图上波形的起伏，让手随之而抖动和摆动，体会震相的到来和消失。我这种馊主意，浪费了不少透明纸，也害得不少人“秉烛夜战”，难有成效。

当然，这3次培训班在提高速报质量和震相识别水平上发挥了一定作用。然而就其初衷，要解决极远震的速报来说，成效并不显著。这是由于中国地震台网相对美洲的地震，即其极远震的射线张角太小(不足10度)，这种先天性的布局缺陷，是难以由后天性的震相识别来弥补的。

一个意外的收获是,通过3次学习班的学员,千里迢迢,带来已约定好的大地震图纸,又抢时间复印出来。而且,我们又组织了国内最优秀的地震图分析专家,对大约30多个地震的一千多张记录进行标注和整理。这些将成为历史遗迹的模拟记录和凝聚许多地震专家分析水平的评注,是难得的精品。我们相信今后会有更高水平的后来者。但我们也不无担忧地说,这些后来者很难能有象这些地震分析专家一样的毅力和执著。然而,这些记录图未能出版。

10年过去了。这些图纸,仍静静躺在我的办公桌上。去年我在中国减灾报发表的一篇文章“写在教案之外的话”中,呼吁过此事,尚无人理睬。当然,有时间,我还会一遍一遍地抹去落在图纸上的灰尘。但我感到深深的内疚:因为我曾是震相分析协调组的负责人和这项未能了结的工作的当事人。这些图纸还会沉睡多久,是否将永远这样沉睡下去,而消失于无声无息之中?只有历史知道。

1998~1999:这是本世纪末的最后2年。在燕郊,已近午夜。计算机实习机房窗棂上的灯光未熄,映射出忙碌的人群。像是一帧悬挂在夜空中的美丽剪影。

大家知道,作为地震系统跨世纪发展最重要的技术性标志,就是地震观测台网的全方位数字化。要上国家台网、区域台网、流动台网,要实现实时传输和快速响应,都是高科技范畴。高新技术谁能掌握?需要人才。人才从何而来?需要培训。

中国地震局的决策层明白,数字化的技术开发和人员培训必须同步进行。

1995年,在由原科技监测司主持编写的一套监测技术系列教材中,以地震波的观测和分析为内容的《地震观测技术》,含12章约80万字,列4大学科之首。在编写说明中,明确说出它的历史使命:将模拟技术与数字技术结合起来,完成“更新换代”的任务。

最近,由中国地震局人教司和监测司共同主持,由数据信息中心和兰州地震局合作拍摄的《地震监测技术系列音像教材》(28小时,由概述和地震、电磁、形变、地下流体4个学科共5部分组成)已通过专家复审,并将在各地发行。一个轰轰烈烈又扎扎实实的台站培训活动,将伴随新世纪的到来而逐渐展开。

燕郊地震学校计算机房透出的那扇不熄的灯光,是中国地震局第1期数字技术培训班的一堂实习课,由于计算机不足,只得排夜班。这个班自1998年9月15日至12月23日,累计99天。共有40个学员,来自25个台网,平均年龄40岁,他们都是台网的骨干。

这次办班,因为我参与了课程设计,并承担了《数字地震分析基础》的讲授,因而有机会与老师和学员广泛接触。无论是教还是学,都非常认真。有一个来自边陲的学员,在他完成的作业簿里,夹上一页题为《列车》的小诗,其中写道:

我们有幸/在这跨世纪的时刻/登上这辆/通向新世纪的数字化列车/
我们带着培训班的“收获”/又肩负着老师和朋友们的“重托”/
就要回去了/就要回到/我们的台站/我们的家乡/我们的岗哨/我们的星座/
我们要回去的地方/的确小得在地图上找也找不着/但只要地震波通过/
我们就会象天上的星星/落在地球上/一个个抖擞精神/发光闪烁/
我们要回去的地方/的确是无人知晓的山窝窝/但我们决不会忘记/
作为一个地震战士的天职/和向人民作出的庄严承诺/

用美好的青春年华/用高新科技的成果/顶天立地撑起一个大写的人字/
为人类、为祖国、为防震减灾事业/谱写出一曲曲新世纪的胜利凯歌!

在此,我们都已感受到青年人那颗滚烫的心。在我行将收笔结束这篇稿件时,得知6月初又将在燕郊举办第2期数字化地震培训班。我祝愿有更多的台站青年人,能和这首小诗的作者一起,尽快搭上地震数字化的时代列车,去迎接新世纪!

从1966年到1999年,转眼30余年的往事,如潮似海,一起涌上大脑的屏幕:大震警报,鹅雪飘飞,键盘声响,波形急驰,不眠之夜,滚血诗篇,灯下师生,三尺讲台,等等。渐渐地,慢慢地,在浮现往事的背景上,似乎滚动出这样一些字幕:“深深扎根于大地的树木,是不会枯萎的。”“紧紧依靠青年人的事业,是不会倒退的。”

我有一位老友,常叹“岁月不饶人”。其实,嫁接、插接或以任何方式成活的,都是原来生命的延续。何苦自扰呢?有诗云:

莫怪岁月催人老,天玄地黄不烦恼。

古树萌枝也孱弱,不比大道白杨好!

青年人就是根,台站工作就是根。让我们为他们服务吧,在根上多浇点水,多施点肥,他们会回报我们以无限的青春!

Recalling the bygones of seismic-station-training

Zhang Shaoquan

(Institute of Geophysics, China Seismological Bureau, Beijing 100081, China)

张北-尚义地震序列的重新定位*

杨智娴 陈运泰 张宏志

(中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所)

摘要 应用相对定位方法,对张北-尚义地震序列的主震和 $M_L \geq 3.0$ 余震重新精确定位。得出:张北-尚义地震序列的主震位置为北纬 41.15° ,东经 114.46° ,位于宏观震中的北东方向约 4 km 处,震源深度 15 km。余震震源分布在北东约 20° 的近乎垂直的平面内及其附近。张北-尚义地震序列的重新精确定位的结果,清楚地表明了这次地震的发展构造是南-北向至南南西-北北东向的具有较小的逆冲分量的右旋断层活动。

关键词 张北-尚义地震;地震重新定位;发震构造;震源过程

引言

1998年1月10日11时53分在北京西北约180 km的河北省张北县和尚义县交界地区发生了1次 $M_L=6.2$ 的地震。这次地震是华北地区自1976年唐山 $M_s=7.8$ 大地震以来的第3次6级以上地震。此前的两次6级地震是1976年11月发生在天津宁河西和1977年5月发生在汉沽的两次地震。他们在时间(间隔22年)和空间(距离360 km)上都距此次事件较远。因此,1998年张北地震是华北地区近年的重要地震事件。为了探讨张北-尚义地震的发震构造和震源过程,作者采用相对定位方法,对张北-尚义地震序列的主震和截至1999年3月31日的全部 $M_L \geq 3.0$ 余震重新进行了精确定位。

1 张北-尚义地震概况

中国地震局地球物理研究所北京地震遥测台网测定了这次地震的震源参数(郑秀芬等,1998)(表1)。

表1 张北-尚义 $M_L=6.2$ 地震的震源参数

日期 年-月-日	发震时间(北京时间) 时-分-秒	震中位置		震源深度 /km	震级 M_L
		纬度/ $^\circ$ N	经度/ $^\circ$ E		
1998-1-10	11-53-39.0	41.08	114.24	10	6.2

* 本课题系国家重点基础研究发展规划(973)“大陆强震机理与预测”项目资助课题。子课题编号: G1998040702
中国地震局地球物理研究所论著编号 99AC2073

利用矩张量反演的方法,许多作者得到了张北地震的震源机制解(表 2 第 1 至 5 行)。这些作者的结果尽管有些差别,但都表明节面 I 走向 NW 至 NNW,倾向 NE 至 NEE;节面 II 走向近 S 至 SSW,倾向近 W 至 NWW。利用 P 波初动资料,高阿甲(1999)得到的震源机制解(表 2 第 6 行)的节面 I 走向 305°,倾角 48°,与其他作者的结果相近;节面 II 走向 48°,倾角 75°,与其他作者的结果差别较大。

表 2 不同作者得出的张北-尚义 $M_L=6.2$ 地震的震源机制解 (°)

作者	节面 I			节面 II			P 轴		B 轴		T 轴		说明
	走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	方位	倾角	方位	倾角	方位	倾角	
哈佛大学	324	61	55	200	44	136	79	9	343	30	184	58	长周期体波和面波
东京大学地震研究所	328	57	61	194	43	127	78	8	345	24	185	65	长周期体波和面波
马淑田(1998)	337	60	65	200	39	126	85	11	350	22	201	65	地幔波(20 个台波形数据)
成 瑾(1998)	313	28	47	180	70	110	255	23	352	19	119	60	宽频带全波资料(5 个台波形数据)
刘瑞丰(1999)	296	44	27	186	71	131	247	16	351	38	139	47	长周期体波(7 个台波形数据)
高阿甲(1999)	305	48	-160	48	75	-44	276	41	63	44	171	17	P 波初动资料

震后现场考察得出的极震区是一接近于正方形的菱形区域,其长对角线走向为北东 45°,长约 19 km,短对角线走向为北西 45°,长约 16 km(郗家全, 1998)。依据现场破坏程

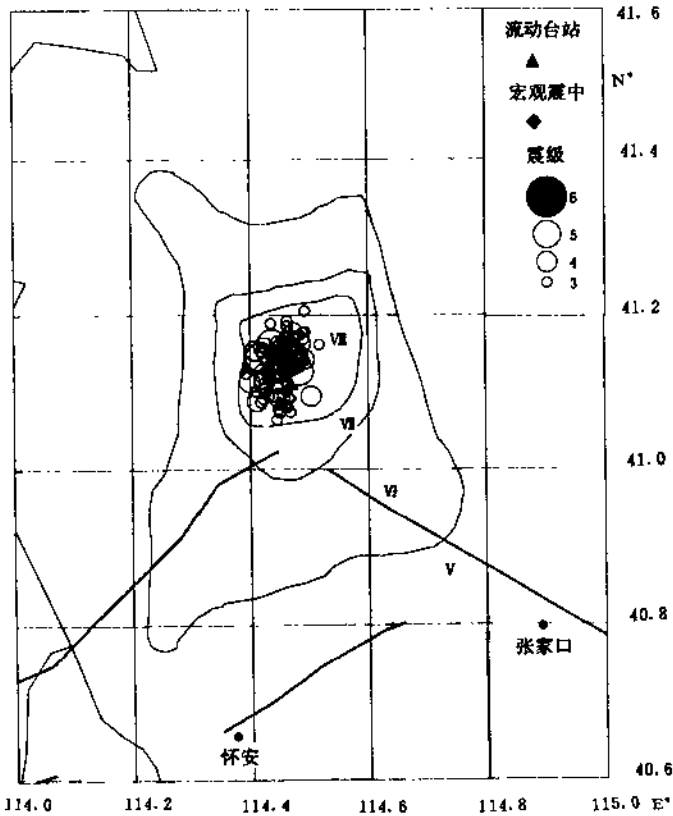


图 1 张北-尚义 $M_L=6.2$ 地震及其 $M_L\geq 3.0$ 余震震中分布

度确定的主震宏观震中位置为东经 $114^{\circ}26'$, 北纬 $41^{\circ}07'$ (如图 1 中的灰色菱形所示), 在上述仪器测定的微观震中以东约 11 km 处 (徐锡伟等, 1998; 鄢家全, 1998)。

主震后接着发生了大量余震, 截至 1999 年 3 月底为止, 中国地震局地球物理研究所北京地震遥测台网共计记录到 $M_L \geq 3.0$ 余震 89 次。北京地震遥测台网初步测定的结果表明, 这些余震震中分布在南北向和东西向均大约 25 km 的范围内, 与烈度为 VII 的区域大体重合, 但余震震中的分布没有明显的优势展布方向。

震前的野外地质考察, 未发现有活动断裂延展到本次地震的极震区内 (图 1 中的粗实线表示活动断裂); 但卫星影像则显示出在 NW $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 和 NE 45° 存在隐伏断裂。震后的野外考察发现, 在 VII 度区 (极震区) 和 VII 度区内出现了大量 NNW 向和 NNE 向的同震地裂缝。单凭这些共轭的地裂缝资料, 很难对发震断层和孕震构造的推测加以验证 (徐锡伟等, 1998)。

因此, 迄今所有的资料尚不能提供有力的证据解释和阐明张北-尚义地震的发震构造。

2 张北-尚义地震序列的重新定位结果

为了深入研究张北-尚义地震的发震构造和震源过程, 作者采用相对定位方法 (例如 Fitch, 1975), 对张北地震序列的主震和截至 1999 年 3 月底的全部 $M_L \geq 3.0$ 余震重新进行了精确定位。以中国地震局地球物理研究所在主震发生后在极震区布设的大河, 金狮潭和南沟 3 个地震台组成的流动台网 (在图 1 中以灰色三角形表示) 的观测数据, 修定了发生于流动地震台网内的地震的震源参数。以这些地震为参考事件, 作为对这次序列事件重新定位的基础。我们对主震和 $M_L \geq 3.0$ 的余震重新定位 (杨智娴等, 1999)。重新定位后的结果 (图 1) 表明, 张北-尚义地震序列的主震位置为北纬 41.15° , 东经 114.46° (图 1 中的灰色大圆圈), 位于宏观震中的北东方向约 4 km 处, 震源深度为 15 km。余震震中呈现十分清晰地沿 NE 20° 方向线性展布的图像, 长约 15 km, 宽约 6 km; 震源则分布在走向 NE 20° , 近乎垂直的平面内及其附近, 深度在 0~20 km 间。重新精确定位后的张北-尚义地震序列的空间分布清楚地表明了这次地震的发震构造是哈佛大学、东京大学地震研究所、马淑田 (1998)、成瑾 (1999) 和刘瑞丰等 (1999) 所得出的走向 $180^{\circ} \sim 200^{\circ}$, 倾角 $39^{\circ} \sim 71^{\circ}$, 滑动角 $110^{\circ} \sim 136^{\circ}$ 的具有较小的逆冲分量的右旋断层活动 (杨智娴等, 1999)。

3 结论

应用相对定位方法, 对张北-尚义地震序列的主震和 $M_L \geq 3.0$ 余震重新定位。重新精确定位后的张北-尚义地震序列主震位置为北纬 41.15° , 东经 114.46° , 位于宏观震中的北东方向约 4 km 处, 震源深度 15 km。余震震中分布在北东约 20° 近乎垂直的平面内及其附近, 表明这次张北-尚义地震的发震构造是南—北向至南南西—北北东向的具有较小的逆冲分量的右旋断层活动。

参考文献

- 成瑾, 陈培善, 白彤霞. 1998. 利用北京区域数字地震台网的宽频带全波资料确定张北地震及部分余震的震源机制. 见: 中国地震学会第七次学术大会论文摘要集. 北京: 地震出版社, 17
- 高阿甲. 1999. 1998 年华北地区地震震源机制解. 地震地磁观测与研究, 20(1A): 75~81

- 刘瑞丰, 陈运泰, 周公威等. 1999. 地震矩张量反演在地震快速反应中的应用. 地震学报, 21(2): 115~122
- 马淑田, 陈会忠, 王松, 赵薇, 罗建明. 1998. 1998年1月10日河北省张北-尚义 M_s 6.2 地震震源机制的初步研究. 地球物理学报, 41(5): 724~728
- 徐锡伟, 冉永康, 周本刚等. 1998. 张北-尚义地震的地震构造环境与宏观破坏特征. 地震地质, 20(2): 134~144
- 郇家全. 1998. 张北-尚义 6.2 级地震的思考. 城市防震减灾, 1(1): 16~21
- 杨智娴, 陈运泰, 张宏志. 1999. 张北-尚义地震的重新定位及其发震构造. 地震学报(待刊)
- 郑秀芬, 丁晗, 张宏志等. 1998. 张北-尚义地震序列的空间分布, 构造活动性初探. 地震地磁观测与研究, 19(6): 24~27
- Fitch T J, 1975. Compressional velocity in source regions of deep earthquakes: an application of the master event technique. Earth Planet Sci Lett 26: 156~166

Relocation of the Zhangbei-Shangyi Earthquake Sequence

Yang Zhixian, Chen Yuntai and Zhang Hongzhi

(Institute of Geophysics, China Sismological Bureau, Beijing 100081, China)

Abstract

On January 10, 1998, an earthquake with magnitude $M_L=6.2$ occurred in Zhangbei-Shangyi area, about 180 km to the NW of Beijing. This earthquake caused severe damage in the epicentral area. To understand the seismogenic structure of this earthquake, a relative relocation technique is used to relocate the hypocentral locations of the main shock and the aftershocks with magnitude $M_L \geq 3.0$. The relocation results obtained indicate that the epicenter of the main shock is: 41.15°N , 114.46°E , which is about 4 km apart from the macro-epicenter of this event. The focal depth of main shock is about 15 km. The hypocenters of the Zhangbei-Shangyi earthquake sequence distribute in a nearly vertical plane striking $\text{NE } 20^\circ$ and its vicinity. The spatial distribution of the Zhangbei-Shangyi earthquake sequence revealed by relocation results clearly exhibits that the seismogenic structure of this event is a nearly vertical S—N to SSW—NNE strike fault which is a mainly right-lateral strike-slip faulting with minor reverse component.

Key words: Zhangbei-Shangyi earthquake, relocation, seismogenic structure, focal process

青藏高原南缘中强地震震源机制的研究

郑秀芬¹⁾ 张春贺²⁾ 姜 枝²⁾

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

2) 中国北京 100037 中国地质科学院地质研究所

摘要 利用全球数字化地震台网(GSN)长周期数字地震波形资料,对发生在喜马拉雅碰撞带的 3 次中强地震事件,根据广义射线理论,就其震源物理过程进行了反演。结果表明,印度洋板块向欧亚板块内部的俯冲作用过程仍在继续进行。

关键词 青藏高原;地震矩张量反演;喜马拉雅碰撞带;俯冲作用

引言

青藏高原的隆升,是典型的大陆--大陆碰撞过程,这种过程至今仍在继续进行,研究其机制对于我们了解、认识全球大陆的形成演化过程和对环境资源的控制作用都具有非常重要的意义。

典型地震的震源物理过程及其时间、空间分布特征,能为我们提供活动构造的最根本信息。这首先在于,我们基本上可以认为地震活动的动力学机制与活动构造是直接相关的;其次,地震活动所提供的反映构造活动过程的深度约束,是其他方法难以获取的。关于这些,在进行全球远场大尺度构造研究方面已得到了证实(Chen et al, 1996)。

随着包括中国数字地震台网(CDSN)在内的全球数字地震台网(GSN)运行的日益完善及其波形资料获取的更加便利,以“现在是历史作用的结果”作为我们工作的前提,对发生在青藏高原南缘喜马拉雅碰撞带的 3 次中强地震事件重新进行了反演测定。

1 方法概述及其反演结果

利用全球地震台网(GSN)的长周期 P 波资料,根据广义射线理论(Helmberger, 1983),通过波形拟合和反演确定地震矩张量的方法(姚振兴等, 1991; 姚振兴等, 1994),对发生在喜马拉雅碰撞带尼泊尔境内和印度境内的 3 次中强地震事件进行了地震矩张量反演,选用事件的地震参数如表 1 所示。

表 1 选用事件的地震参数

事件	时间	纬度/N°	经度/E°	深度/km	震级
1	1980 07 29 T 15 : 58 : 40.8	29.60	81.09	19.0	6.6
2	1991 10-19 T 21 : 23 : 14.3	30.78	78.77	10.0	7.0
3	1997-01-05 T 08 : 47 : 25.0	29.93	80.45	18.0	5.6

采用下半球等面积投影的矩张量源解的节面图如图 1, 2, 3 所示, 图左侧为反映反演约束程度的实际 P 波波形记录与理论合成图的对比, 每组波列的上部波形为记录波形, 下部波形为理论合成图, 每组波列左上方的大写英文字符和下部的数字分别代表记录到该事件的 GSN 台站及其相对于事件的震中距和方位角;最下部的长度标尺及数字分别表示参加反演事件的记录波形长度与理论合成波形长度(单位为秒), 及该事件的发震时刻和地理坐标;节面图中“—”号表示膨胀,“+”号表示压缩。所获得的 3 个事件的地震矩张量解如表 2 所示。

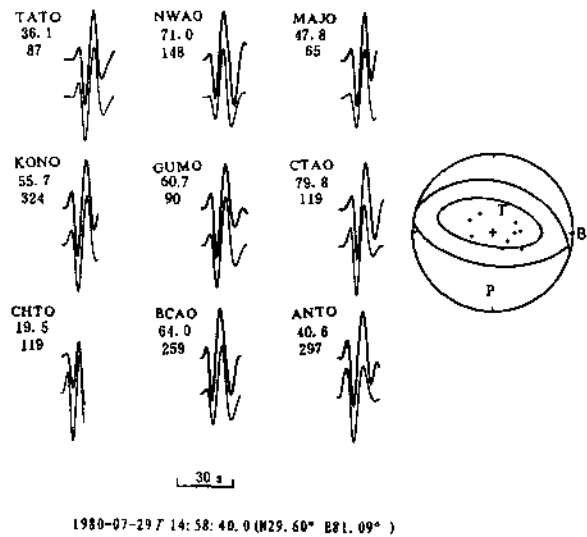


图 1 事件 1 的震源机制解

表 2 选用事件的震源参数

事件	主应力轴						最佳双力偶						
	T 轴		B 轴		P 轴		节面 I			节面 II			地震矩 $\times 10^{19}$ Nm
	φ_1	δ_T	φ_2	δ_B	φ_3	δ_P	θ	δ	λ	θ	δ	λ	
1	345	79	100	5	191	10	286	35	98	97	55	84	57.0
2	338	49	99	25	205	31	345	27	158	95	80	65	108.2
3	337	57	243	3	151	33	231	13	78	64	78	93	0.7

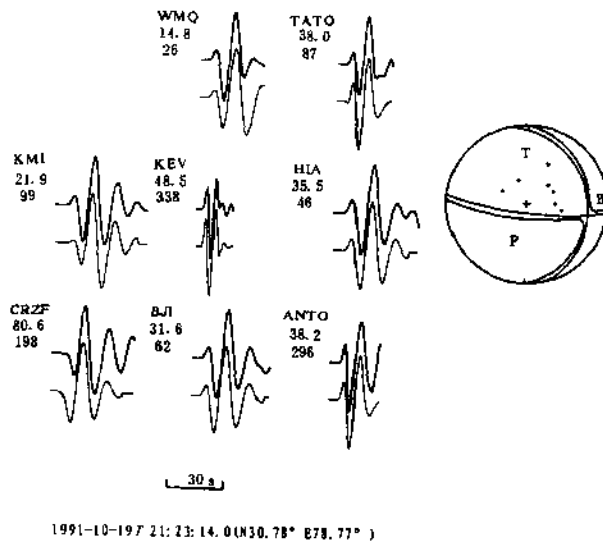


图 2 事件 2 的震源机制解

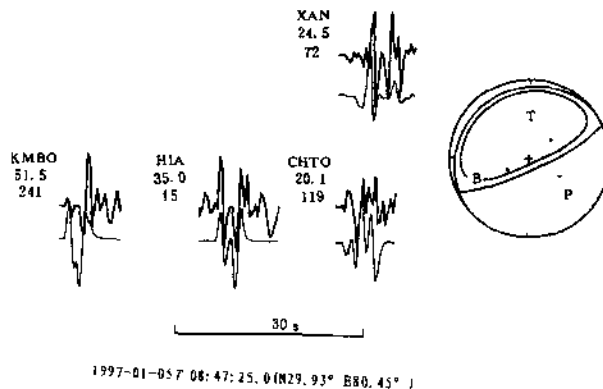


图 3 事件 3 的震源机制解

2 讨论与结论

就东亚构造格局和青藏高原形成演化较为基本的认识是(Monlar et al, 1973), 大约 40 Ma 年前印度洋板块与欧亚板块发生了碰撞, 喜马拉雅山系的出现是这一北东向碰撞汇聚的产物, 印度洋板块在这里俯冲入欧亚板块内部。在喜马拉雅碰撞带所发生的浅源低角度俯冲型地震, 是欧亚板块与印度洋板块前端之间相互作用的直接结果。

我们得出的结论与其它研究成果(Fitch, 1970; Monlar et al, 1973; Chandra, 1978; Monlar et al, 1983; 郑斯华等, 1992; Chen et al, 1996; 赵文津等, 1996)都反映出, 喜马拉雅碰撞带所发生的中强地震事件具有北东向主压应力方向和俯冲断层面倾角小于 35°

的特征。这表明来自于地震活动性和震源物理过程所反映的高原南部的现今动力学过程信息与高原隆升的基本模式是相符的。这也是对印度洋板块俯冲入欧亚板块内部的最直接验证, 如图 4。详尽的动力学和运动学过程还有待进一步深入研究。

在此需要特别说明的是, 我们所得到的上述结果, 并不在于单纯验证青藏高原南部研究已取得的结论, 如果说所得到的结论是对我们工作思路的证实或许更合适一些。我们的根本出发点在于充分利用现

有数据资料, 从系统研究中强地震的地震活动性和震源物理过程出发, 由高原南缘作起, 到高原内部直至北部, 在总体上较为全面、客观地认识青藏高原的动力学机制。

本项工作得到了中国科学院地球物理研究所姚振兴研究员和中国地震局地球物理研究所刘瑞丰博士的指导帮助, 在此表示感谢!

参考文献

- 姚振兴, 郑天愉, 曹柏如等. 1991. 用 P 波波形资料测定中强地震震源过程的方法. 地球物理学进展, 6 (4): 6~36
- 姚振兴, 郑天愉, 温联星. 1994. 用 P 波波形资料反演中强地震地震矩张量的方法. 地球物理学报, 37 (1): 36~44
- 赵文津, K D 纳尔逊, 车敬凯, L 布朗等. 1996. 喜马拉雅地区深反射地震—揭示印度大陆北缘岩石圈的复杂结构. 地球学报, 17(2): 138~152
- 郑斯华, 铃木次郎. 1992. 青藏高原及其周围地区地震的地震矩张量及震源参数的尺度关系. 地震学报, 14(4): 423~434
- Chandra U, 1978. Seismicity, earthquake mechanisms and tectonics along the Himalayan mountain range and vicinity. Phys. Earth Planet. Inter, 16, 109~131
- Chen W P, Kao H, 1996. Seismotectonics of Asia: some recent progress. The Tectonic Evolution of Asia, Cambridge University Press, New York, USA
- Fitch T J, 1970. Earthquake mechanisms in the Himalaya, Burmese, and Andnman regions and continental tectonics in central Asia. J Geophys. Res, 75, 2699~2709
- Helmberger D V, 1983. Theory and application of synthetic seismograms, in Earthquakes: Observation, Theory and Interpretation. LXXXV Corso Soc. Italiana di Fisica-Bologna-Italy.
- Monlar P, Chen W P, 1983. Focal depth and fault plane solutions of earthquakes under the Tibetan

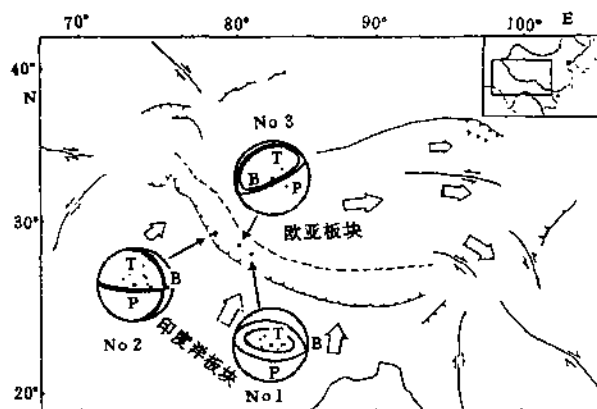


图 4 印度洋板块与欧亚板块在喜马拉雅地区的碰撞模型
(底图引自地震监测, 1996)

Plateau. J Geophys. Res., 88, B2, 1189~1190

Monlar P, Fitch T and Wu F T, 1973. Fault plane solutions of shallow earthquakes and contemporary tectonics in Asia. Earth Planet. Sci. Lett., 19, 101~112

Monlar P, Tapponnier P, 1975. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. Science, 189, 419~426

The study on the mechanism of strong-moderate earthquakes occurred at the Qinghai-Tibet Plateau southern margin

Zheng Xiufen¹⁾, Zhang Chunhe²⁾ and Jiang Mei²⁾

1) *Institute of Geophysics, China Seismological Bureau, Beijing 100081, China*

2) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*

Abstract

Using long-period wave form data from GSN, according to the general ray theory, we presented the inversion results of three strong-moderate earthquakes occurred at the Himalayan convergence zone. The study shows that the underthrusting process between the Indian plate and the Eurasian plate is still continuing.

Key words: the Qinghai-Tibet Plateau, moment tensor inversion, the Himalayan convergence zone, underthrusting

河南地磁短周期变化特征

姚同起 范国华 韩克礼

(中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所)

摘要 为了研究河南地区地磁短周期变化的特征,1996年10月至11月在该地区布设了近似南北向的两条临时测线。东测线由河南信阳至汤阴,西测线由河南西峡至山西曲沃。在测线上进行了地磁短周期变化三分量的同步观测。在3 min至2 h周期范围内统计计算了各测点各周期成分的地磁垂直转换函数及水平转换函数。通过地磁转换函数的分析,给出了该地区地磁短周期变化空间,周期分布概况。西峡至曲沃测线,除曲沃外垂直分量没有出现反向。在灵宝和陕县测点垂直变化最大;在灵宝以北地区有较大的北向水平分量变化。信阳至汤阴测线,在郑州,辉县局部地区有较大的垂直分量反向变化。

关键词 地磁垂直转换函数;地磁水平转换函数;地磁变化椭圆

引言

地磁变化场是地磁学研究中的重要组成部分。为了研究陕西和河南地区地磁短周期变化的特征,1996年10月至11月在该地区布设了近似南北向的三条临时测线:陕西测线一条,河南测线二条。在测线上进行了地磁短周期变化三分量的同步观测。陕西地区地磁短周期变化的特征在范国华等(1998)文章中已经描述。本文主要根据河南二条测线的同步观测结果,给出河南地区地磁短周期变化的特征。河南测线由西测线和东测线测线组成。西测线由西峡(X3),五里川(WL),卢氏(LS),灵宝(LB),陕县(SX),张店(ZD),夏县(XX),曲沃(QW)8个测点组成。东测线由信阳(XY),驻马店(ZM),许昌(XC),郑州(ZZ),辉县(HX),汤阴(TY)8个测点组成(见图5)。通过地磁垂直转换函数及水平转换函数的方法,分析沿二条测线的地磁短周期变化的基本特点,作为地磁变化场研究和应用以及高精度地磁数据处理方法研究的基础。

地磁垂直转换函数的基本公式为

$$\Delta Z(f) = A(f)\Delta X(f) + B(f)\Delta Y(f)$$

水平转换函数的基本公式为

$$\Delta X^*(f) = C(f)\Delta X_r(f) + D(f)\Delta Y_r(f)$$

$$\Delta Y^*(f) = E(f)\Delta X_r(f) + F(f)\Delta Y_r(f)$$