

7540

1-6 281

赠阅

震前电磁波观测与实验研究文集

国家地震局科技监测司



地震出版社

震前电磁波观测与实验 研究文集

国家地震局科技监测司 编

地震出版社

1989

内 容 简 介

本文集汇集了33篇震前电磁波观测与研究的论著,对电磁波观测方法在地震预报中的应用问题作了比较全面系统的介绍。文集就震前电磁波观测方法与研究、观测技术与仪器、震前电磁波的理论基础和物理实验、震例分析等内容进行了论述,反映了当前我国震前电磁波观测研究工作的水平。本文集是一本应用电磁波观测预报地震的入门书。

本文集可供地震、地球物理和高等院校有关专业的师生参考,也可供电磁波传播工作者参考。

震前电磁波观测与实验

研究文集

国家地震局科技监测司编

主 编 毛桐恩 钱书清 刘小伟

责任编辑:俸苏华

地 震 出 版 社 出 版

北京复兴路63号

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

787×1092 1/16 12.75印张 323千字
1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷
印数0001—2800

ISBN 7 5028 0083 2 P·57

(485) 定价:5.40元

编 者 的 话

我国地震科技工作者于1966年河北省邢台7.2级地震时就曾注意到了震前的电磁辐射现象。在后来的地震科研实践过程中，特别是1976年我国唐山7.8级大震前，京津地区一些观测点观测到了较明显的电磁异常现象。

最近10年来，我国地震、电子、通信等部门在震前电磁辐射及传播异常方面进行了大量观测，取得了丰富的资料，并在观测方法和资料分析上取得一些经验和新的认识。在室内岩石破裂电磁辐射模拟实验及地震电磁波前兆机制等方面都取得了可喜的成果。

为总结我国多年来的观测研究成果，特别是一些好的震例资料，记载我国这一时期的工作现状，以便国内外的科技交流，国家地震局决定编辑“震前电磁波观测与实验研究文集”。毛桐恩、钱书清、刘小伟具体主持了本文集的编写工作。本文集汇集了33篇文章。观测研究结果表明，震前电磁波异常是客观存在的，物理基础是清楚的，是一种有希望的地震短临预报方法。

本文集在编写过程中得到了有关领导以及广大从事震前电磁波研究工作的专家和同志的大力支持和协助，在此表示衷心感谢！

编 者

前 言

大地震发生之前究竟能不能观测到电磁现象从而可用作地震前兆来预报地震，是值得认真进行研究的科学问题。不论国内国外都有报道：大地震发生前无线电收音机在一段时间内听不到广播，这就被视为另一种前兆，与动物反映、特殊气象变化、井水面升降等等同为宏观地震前兆现象。另外又据报道大地震发生的时刻在震中附近常出现闪光现象，称为地光，似乎都属于电磁现象的性质。唐山地震以前这些现象并没有被置于科学实验的基础上来，也没有把现象严格肯定和明确记载下来，这样就使这种宏观现象停留在直观感觉的水平上。

本书作者们抱着将这种现象从根本上弄清其成因和本质的目的，进行了大量的观测研究和实验研究。多年来他们在地震危险区和地震实验场建立了许多观测台站，观测到大地震前的异常电磁波信息，同时还做了大量的实验。野外的工业爆破实验和室内的压力实验都证实了岩石在破裂过程中发射电磁波。当然这样的探索性基础研究，必须长期坚持，经过实践理论多次反复，逐步积累成果以期最后有所突破。

顾功叙

目 录

中国震前电磁波观测研究进展	毛桐恩 (1)
电磁波前兆的观测与研究	钱书清等 (5)
地震电磁波前兆的观测研究	张德齐等 (15)
震源电磁波辐射观测研究	陈正海 (22)
直流低频仪表能反映震前电磁波异常信号	曹惠馨等 (31)
一种新型电磁波观测装置——深井垂直天线及其震前电磁波观测的初步结果	陈立德等 (36)
震前电磁辐射信息的观测研究	李开复等 (44)
地震电磁信息接收方法探讨	冯 竞等 (49)
几次地震前的电磁波异常特征	林 美等 (55)
震前电磁波信息观测研究	李彦堂等 (62)
地震前电磁波传播异常及辐射	徐祖哲 (66)
较为可信的几次地震电磁前兆	耿胜利 (72)
震前电磁波观测的几个问题	顾次宜 (77)
山东省震前电磁波观测试验	林榕光等 (82)
一种短临地震前兆——地球表面层锯齿形包络电磁场扰动	刘成宝 (89)
电磁波前兆信息实验	陈智勇 (96)
震前电磁场异常的观测与机理探讨	彭嘉湖等 (100)
震前电磁波观测方法的研究	毛浦森 (105)
与 CGY-1A 型磁传感器配套的 DJ-1 型记录仪的野外标定方法	耿胜利等 (109)
地震电磁辐射地面观测研究	中国电波传播研究所地震电磁效应研究组 (112)
电磁波信息前兆观测	唐锡托等 (120)
电磁波前兆信息的观测与分析	曹殿魁 (123)
地震电磁前兆研究	熊 皓 (125)
岩石破裂时产生电磁脉冲的观测与研究	钱书清等 (131)
地震电磁波发射的一种机制	郑联达 (138)
岩石破裂辐射电磁波实验研究与地震预报	李均之等 (147)
岩石破裂过程中电磁辐射的实验研究	徐为民等 (153)
单轴压力下岩石样品破裂时光发射的研究	王丽华等 (161)

岩石样品破裂前后的介电常数变化.....	孙正江等 (168)
试论地震前兆性的电磁波异常.....	郑联达 (172)
地震孕震体的电磁辐射机理.....	冯 竞等 (177)
震前电磁辐射场的理论计算.....	熊 皓等 (182)
临震电磁辐射信号的准静电磁场场强的理论计算.....	张德齐等 (188)
地震电磁前兆的研究内容和方法.....	李 钧 (193)

中国震前电磁波观测研究进展

毛 桐 恩

(国家地震局科技监测司)

一、震前电磁波异常现象

近些年来,我国地震科技工作者发现了一种重要的临震征兆——电磁波异常现象(郭钦华,1982)。1966年河北邢台7.2级大地震,有人发现震前2—3分钟收音机突然受到强烈干扰。1969年渤海7.4级地震、广东阳江6.4级地震,1970年云南通海7.7级地震、1973年四川炉霍7.9级、1974年新疆玛曲7.1级地震、1976年云南龙陵7.4级地震等,都相继发现过这类现象。广东阳江地震前半小时,收音机出现杂音,震前3—5分钟收音中断,至震后才恢复正常。龙陵地震前,梁和县广播站有人看到地光的同时,接收到如同大雨之声的噪音干扰。

震前除了收音机外,某些机电设备也出现过一些奇异的干扰现象。例如,1970年1月29日9时至16时,广东激江管龙大队机电排灌站,正常使用的两台50千伏安三相交流变压器,突然发出“吼吼”的啸叫声。该站建立以来从没有过这种现象。结果,当晚22时19分,在激江附近发生了一次5级地震。

在具有大量发射和接收电磁波系统的工业发达的地区发生地震,震前所记录的电磁波异常现象就更为明显和多样。1976年7月28日唐山大地震前,记录的电磁波异常现象就相当丰富。如北京某工厂于7月27日正调试一批新装配的收音机,但怎样调节也收不到中央人民广播电台的短波讯号,而当时电台并未发生任何故障。但大地震之后,这批收音机又立即能收到短波讯号了。无独有偶,承德市也有几台超外差式收音机在同一时间发生了类似的情况。

北京某人有一台改装的半导体闹钟,在大震前9个小时突然自动停了。与此类似,武清县某人的一台半导体闹钟,平时走得很准,但在7月27日却出现了一个小时内快15分钟的怪现象,几经调整也不见效,震后便恢复正常。

承德市一台电传打字机于7月23日记录的数码完全杂乱无章,里面还混杂着各种符号和字母。大震之后这种怪现象便消失了。

唐山地区某雷达站的无线电收发机在震前几分钟突然收不到信号,震后才恢复了正常。北京附近某气象雷达,在唐山大地震前三天,即7月25日接收到一种奇异的扇形指状回波。

兴隆县某微波中继站于7月27日晚8时左右,收到的信号严重衰落,几乎达到中断的程度。

此外,有些射电望远镜、卫星地面站和超长波接收站,震前也曾接收到各式各样的异常信号。

震前电磁波异常现象也和其他前兆异常现象一样具有一定的重复性。例如,1970年1月

5日通海7.7级主震发生前,峨山县某人发现自己的“春雷”牌收音机音量突然变小的现象,震后很快又恢复正常。2月5日上午,他在福良收听时,这台收音机忽然又不响了,结果两三个小时后,附近发生了一次5.5级强余震,震后音量增大。3月17日17时,他的收音机音量再次突然减少,两小时后又发生了一次余震,震后音量又恢复正常。可见三次地震,同一台收音机重复了相同形式的异常现象。

上述诸如收音机收音异常,机电设备、电传机及甚低频接收机的异常,监测雷达、射电望远镜、卫星地面站和超长波接收站等各种装置接收到的震前电磁波异常现象已被我国专业和业余地震工作者所确认。并且我们已致力于此现象的监测、研究。

二、震前电磁波监测与研究

如上所述,我国地震科技工作者于1966年河北省邢台7.2级大地震前就曾发现震前存在电磁异常现象,并在后来十年期间的其他次地震前也发现存在地震与电磁波异常的某种相关现象。

近十多年来,这种现象越来越被国内外科技工作者所注目。我国和苏联是在这方面开展工作较早较多的国家,还有日本、美国也开展了这方面的研究。苏联1983年还曾报道使用人造地球卫星在孕震区上空观测到了电磁波异常。

1976年唐山7.8级地震前,北京、天津地区一些观测点观测到了较明显的电磁异常现象。我国震前电磁波的监测研究工作起步于这个时期,逐步围绕观测什么物理量、用什么样的仪器设备观测、选择什么样的地点观测、观测资料与地震三要素(时间、地点、震级)有什么内在联系等等,从野外现场观测、模拟实验及机理研究三个方面开展了工作。徐祖哲于1978年发表了第一篇文章“震前电磁波异常”(地震战线,1978,第6期)。据不完全统计,目前全国已约有电磁波前兆观测点五十多个,主要分布在我国的华北(包括京津唐地震预报实验场)、西南(包括云南滇西地震预报实验场)和华东地区。

为不断总结观测研究成果,国家地震局于1977年(在广东省广州市)、1981年(在云南省昆明市)、1986年(在河南省新乡市)召开了三次全国震前电磁波工作总结交流会议,专家们认为震前电磁波异常其物理基础是明确的。这三次会议为推动本项工作的开展起到了积极作用。开展这项观测研究的工作部门除国家地震局系统外,还有中国科学院、电子工业部、邮电部、国家教育委员会(高等院校)等系统,从事研究的人员约计有500多。

多年来,各系统的有关单位对推进这一工作做出了不懈的努力并取得了可喜的成果,所取得的震例资料在国际上是领先的。如1981—1985年间的河北隆尧5.8级地震(1981年11月9日)、山东菏泽5.9级地震(1983年11月7日)、南黄海6.2级地震(1984年5月21日)、云南孟连6.3级地震(1984年3月4日)、云南禄劝6.1级地震(1985年4月18日)等6级左右的中强地震,震前都记录到了清楚、显著的电磁波前兆信息。其出现时间往往与其他一些(诸如测震、地电、地磁、水位、水氧等)前兆的短临变化时间相吻合。另外,还取得了两次工业爆破(1980年150吨、1981年500吨TNT)、两次地下核爆炸作业中以及煤矿顶板塌陷中伴随岩石挤压破裂产生的电磁辐射及与弹性波对应的资料。

监测地震的观测点现场布设按以下几点原则:1.观测仪器安置在地震活动区和地震预报实验场内,少数测点设在地震活动相对稳定区,以便进行对比观测;2.观测点所处地质构造

部位,最好是“地震敏感点”,监测范围通常是200—300公里(个别测点确实也监测到数千公里外的电磁辐射),震级为大于4级的地震;3.台址环境要求天然干扰源和人为干扰源的强度小。

在观测技术方面目前已从单频观测发展为多频观测(主要在1000赫以下),从单一的地面观测发展为地下(坑道、井下)、地面同步观测,从动点的零星观测发展为定点连续观测,从单点观测逐步发展为初具规模的区域性台网观测。现在江苏、安徽、云南、河北、山西等省已布设了地区性观测台网。其中江苏省地震局在重点地震监测区已初步建立了由10个固定观测点组成的地区性观测网,并取得了四次中强地震震例资料。目前,江苏省等地震部门已将此项观测列为地震监测预报的正式手段,同其他前兆监测方法一样定期参加省、市级的地震趋势会商会。

接收电磁波的探头(传感器)采用埋地(包括深井垂直天线、埋地电极)天线、长鞭状天线、铁硅铝天线和专用磁棒环天线。我国于1982年后研制了电磁波前兆监测研究的专用磁探头(CGY-1A传感器,其灵敏度大于 $200\mu\text{V}/\text{nT}/\text{Hz}$)及三通道鞭状天线接收机和环天线电磁脉冲接收机、电磁波自动跟踪测向记录仪。对于记录设备目前多数采用现成的定型设备DD-1、DJ-1地震记录仪系统,因其低频响应特性较好,而且记录连续可见,长期工作可靠,所以作为终端设备是适合的。也有的测点其记录装置采用的是电子电位差计。不管哪种记录设备,其终端显示为电磁波信息的场强变化和电磁脉冲数目的变化,都是由笔式记录器记录在纸带上。

我国地域辽阔,地壳结构复杂,地震类型多样。由于测点所处构造部位的差异,因而对于某个地震而言,不同测点所接收到的震前电磁波信息的频谱不同,所记录波型特征、异常强度、异常持续时间等都不尽相同。多年来,我国积累了大量宝贵的观测数据,在观测方法和资料分析、识别提取有用信息、排除干扰等方面都取得了一些有意义的认识或者说是经验。观测表明,震前电磁波信息的特征一般为:1.频谱很宽;2.信息强度从几到几十毫伏/米;3.波型主要表现为脉冲、不规则振荡、噪音背景增加、不规则波列等;4.异常具有阵发性;5.地震发生时刻一般没记录到异常;6.异常具有一定的方向性;7.震级愈大,出现异常脉冲组次数越多,幅度愈大,持续时间愈长,一般异常在震前数十小时内出现。

事实说明,我国于地震之前观测到了电磁波异常。通过不断摸索总结其规律,并探索将其规律和认识用于地震预报,已取得了几个较为成功的震例。震前电磁波异常有可能成为一种有希望的短临预报方法。

三、模拟实验与机理探讨

我国几次大震前发现有电磁辐射现象,这种信号干扰了正常的无线电电磁波的传播,同时还发现有声、光效应。那么其“源”在哪里,这个“源”是否就是震源,产生机制如何,电磁波的传播途径怎样等等。对于这些问题,国家地震局地球物理研究所、北京工业大学、安徽省地震局、北京工业学院、北京大学、北京市第三十一中学等单位从野外爆破实验和室内模拟实验等方面进行了研究。钱书清等(1980, 1981, 1983, 1984)从野外观测到大块岩石在破裂过程中发射的电磁波;李钧之等(1982, 1984)、徐为民等(1983)的室内实验研究结果表明岩石受力发生破裂时辐射电磁波,并发光及产生声波。这些实验成果有力地证明了地震前出现的电磁场扰动和电磁辐射现象的物理背景是清楚的。对于电磁波辐射的频段、强

度与岩石种类的关系,机电转换率大小等问题,郑联达(1984)的实验研究有新的进展。实验材料为石英岩、花岗岩、水晶等,实验装置一般没加屏蔽。实验得出:上述离子晶体的材料在迅速破碎时,均能辐射电磁波,频率一般在1—500千赫之间;水晶辐射的强度最大,石英岩次之,花岗岩最小;辐射强度随破裂面积加大而增强,有的材料破裂时能发光,但不辐射电磁波,有的材料既不发光又不辐射电磁波,说明岩石破裂时辐射电磁波的强度与岩石成分有关。据此,提出震前电磁波辐射的机制可能为:震前电磁波是岩层(主要是石英岩和花岗岩)突然破裂和断层两侧岩石剧烈摩擦时所辐射出来的。波源就是震源部位岩层中所含的石英晶体因破碎而形成的高速荷电离子或电偶极子群。电偶极子群的产生和消失,表现为电磁波的辐射,离子晶体破裂的新生表面上价电子能态瞬变过程表现为发光。

冯竞等认为,地震是由地幔物质的热对流将能量输送到地壳下表面曲率大的地区后,以储存应力势能的形式孕育成的;同时由地幔物质的等离子态性质可知,在这里也累积有电荷。这好像静电加速器对一个大的球形电容器充电一样。当电场强度达到足以击穿地壳高电阻层时,就会在曲率大的地方发生尖端放电。强大的击穿电流透过地壳时,使这里的高电阻层介质强度受到破坏,这就可能触发放射应力势能(根据笔者对大地电磁测深研究结果表明,震源深度似乎与地壳波导层的深度相当)。按电磁学效应可知,在释放应力能量之前,将有一定强度的地震前兆电磁波产生。这些电磁波的高频部分将被地壳低电阻层吸收和反射。而大部分低频波却可以直接透射出地壳。它们的反射部分,在高电阻层中以导波形式传递到较远的地方,并在基岩露头或断层处逸出地壳表层,进入大气空间。

综上所述,地震前的电磁扰动现象与机电现象有关,可能是压电效应、热电效应、电动效应、岩石摩擦和岩石破裂产生电磁辐射。因此,把与地震孕育有关的电磁扰动做为短临地震预报前兆是有意义的。

四、问题与展望

综上所述,我国震前电磁波观测研究工作已取得了某些进展,但目前仍处于探索阶段,某些工作成果也只是初步的,还存在不少问题。野外观测中注意到对于同一地震,不同观测点震前所接收到的信息在时间上不同步,即使震中距相等的测点上记录到的信息强弱程度也不同,甚至差别很大。还曾观测到震中距大的测点上记录到的信息明显,而震中距小的测点上记录到的信息较弱。同一观测点对于震级相等、震中距相同的不同地震其接收的信息特征也是不同的等等。

由于震前电磁波异常变化与地震关系的不唯一性、各局部地区电磁波前兆变化的复杂性、不同地震前电磁波异常的差异性,所以距离实现地震预报这一目标还相差很远。因而要在已有工作成果的基础上组织联合攻关。首先要改进提高现有观测系统,统一仪器、统一时间服务系统、统一标定,使之进一步标准化、规范化,提高观测仪器的分辨率和抗干扰能力;努力抑制和排除干扰,千方百计地从强干扰背景中提取弱的震前电磁波信息;对现有观测点进一步调整,使之布局更趋于合理;系统地总结探索震前电磁波异常的特征(其中包括异常形态、强度、优势频段等)与地震震级、发震时刻、发震地点及孕震区地壳电性构造特征之间的关系;继续深入开展震源电磁波发射机理和传播途径的探讨。

初步的观测研究实践似乎已经表明,震前电磁波异常是一种可能有希望的短临预报手段,预计其前景是光明的。

电磁波前兆的观测与研究

钱书清 曹惠馨 张以勤 吕 智

(国家地震局地球物理研究所)

一、引言

我国地震工作者在1966年邢台6.8级、7.2级地震前发现电磁波异常,这一现象已被人们关注。1975年海城地震,1976年唐山、松潘等大地震前观察到地电突跳、抖动,微波通讯出现大幅度衰减,电磁波传播异常,电视机信号突然中断,收音机收到杂音,电离层有扰动等电磁场异常现象。我们对这些现象进行了调研,并收集到1976年11月15日宁河6.9级地震前北京地区用埋地电极接收,用自动记录仪(电子电位差计)记录的观测资料(见图1—图4)。由于各观测点所用的记录仪型号、走纸速度、电极种类、电极埋藏深度、排列方位、地质条

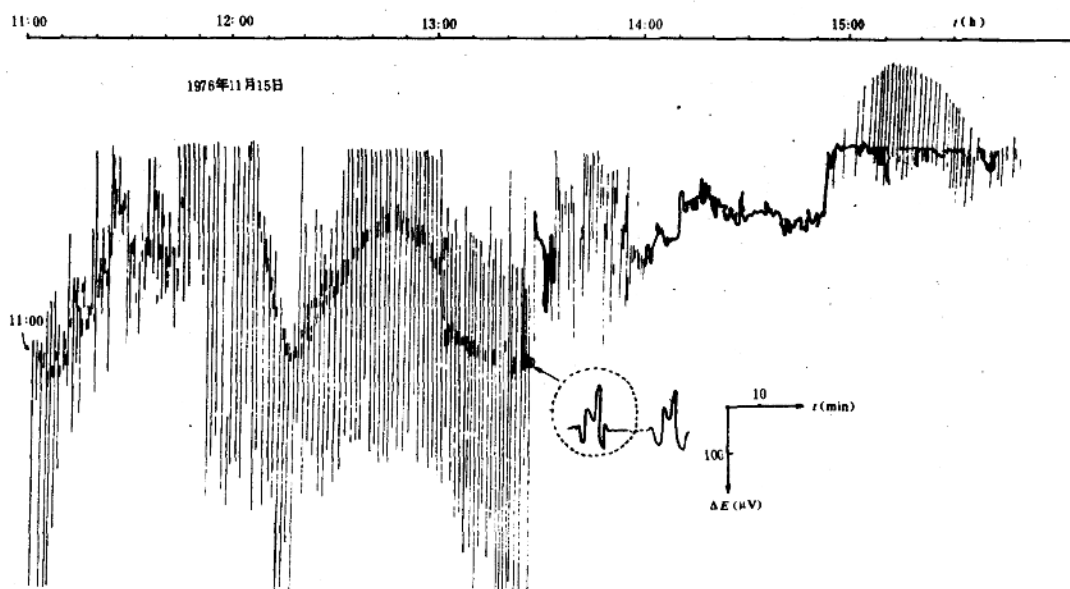


图1 北京大学岛亭观测站资料

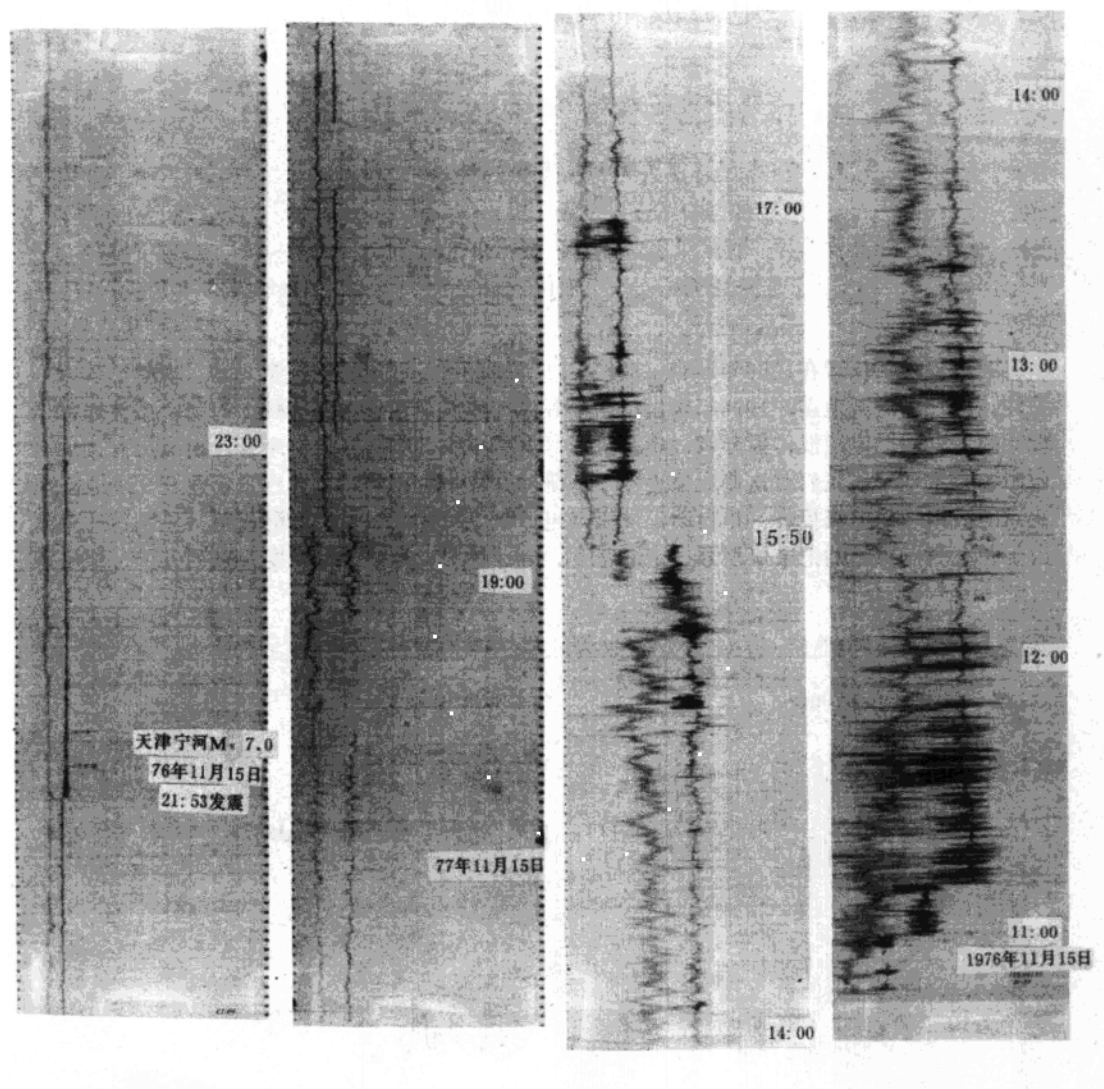


图2 邮电科学院观测站资料

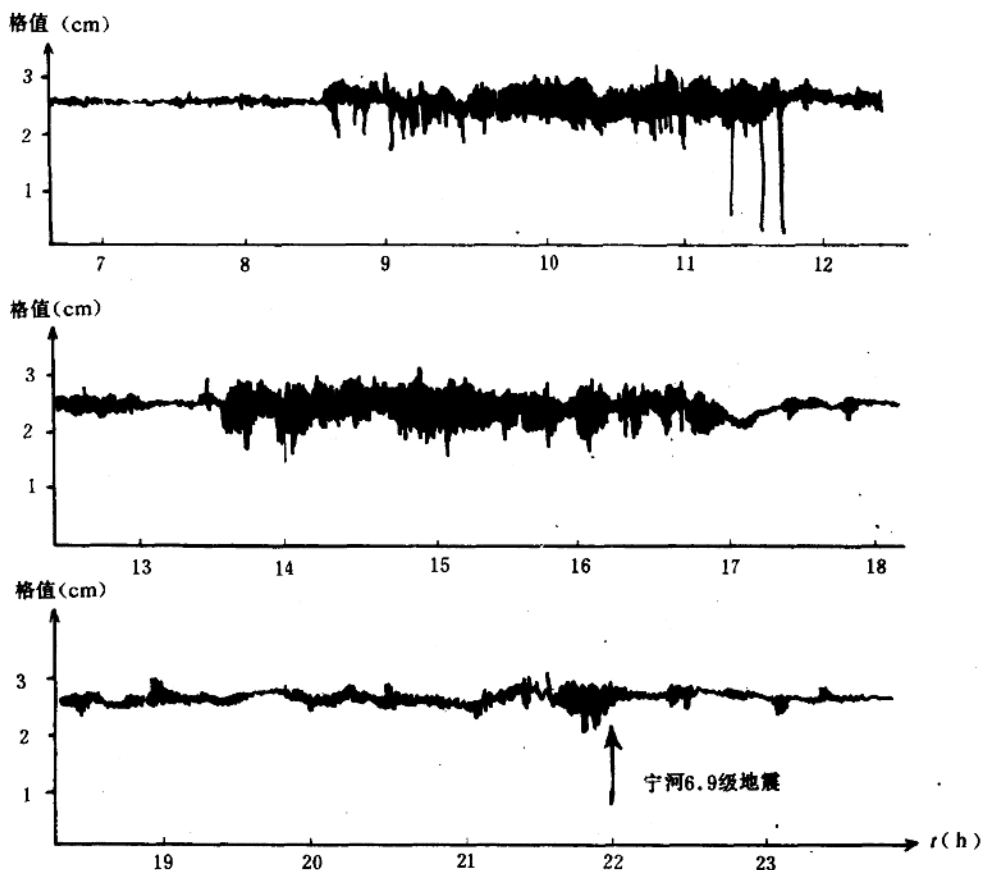


图3 原二机部二院(北京)观测站资料

件不完全相同,故记录的波型状态、幅度大小、信号到达的时间不完全相同,但却有共同之点:(1)这四个观测点收到的信号都出现在宁河6.9级大震前,信号的最大幅度都在15日11点左右出现,信号的终止时间都在15日17点左右,震后几天未出现这类波形;(2)从记录图上看信号的频率为1—10赫。

我们做了各种实验(详见本文集曹惠馨等文章)证明这组信号不是干扰信号,也不是仪表噪声,可能是1976年11月15日宁河6.9级地震前电磁波信息。

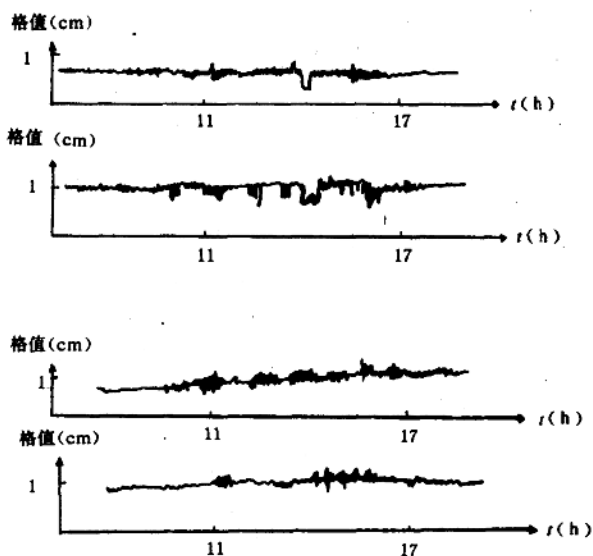


图4 北京通县观测站资料

二、观测系统的研究

为了探讨震前电磁波异常与地震的关系，我们从1977年7月起先后在北京地区建立了三个观测点：北京三里河、北京农机大学、北京白家疃台。观测系统见图5。此观测系统分接

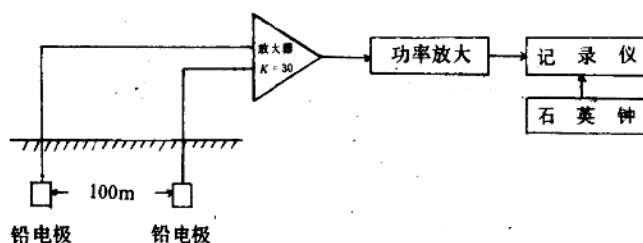


图5 宽频带电磁波异常观测系统图

收、放大、记录三部分。全系统的频率响应分两大部分：（1）0—10赫为线性放大；（2）10赫—1兆赫为整流放大。由实验证明，本系统不但能接收地下的低频电场信号，而且也能接收空中和地表层中传播的中频电磁波信息。

此观测系统在较大的地震前（距离观测点200公里内，大于4.0级地震）会出现一串串的方脉冲（图6）。

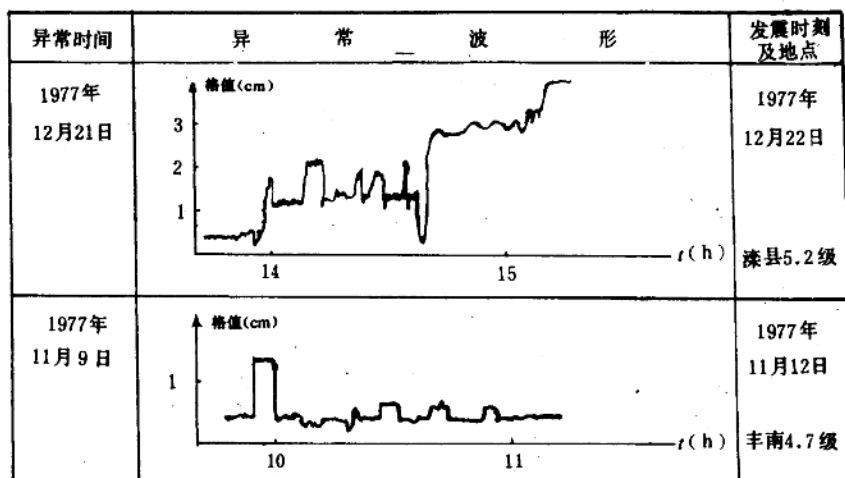


图6 宽频带观测的两个震例

上述宽频带观测系统对震前电磁波前兆有反映，但观测资料只能做定性的估计，不能给出定量的数据，如波形的频谱特征，异常的磁场和电场的强度。为了进一步研究这一前兆的

特点,必须改进观测系统。为此,我们花了两年的时间调研,参考了国内外的资料,根据我国现实的条件,筹建了新的观测系统。对观测系统的要求:(1)观测物理量明确(磁场,电场);(2)有定量的标定或校正装置;(3)使用和管理方便。

我们在1985年5月建立了震前电磁波前兆多频段观测系统,观测台站分别在北京白家疃台和北戴河台。观测系统详见表1。观测系统的特点:(1)多频段同步观测(5个频段);(2)地面地下进行同步观测($f = 1.65$ 兆赫);(3)观测仪器能标定或校正;(4)观测资料能提供定量的计算。

表1 观测系统的特性

序号	观测频段	观测仪器	观测物理量	观测灵敏度	当地干扰场	天线种类	天线方位	资料形式	备注
1	0.1--10 Hz	CGY 1A 磁感应传感器	磁场	10nT		磁棒天线	东西、南北放在2m深坑内	连续可见	
2	15 kHz	RR 7 干扰场强仪	磁场或电场	1dB (10V)	16dB	2m鞭状天线或框形天线	垂直地面	连续可见	
3	1.65 MHz	RR 2 干扰场强仪	电场或磁场	1dB (10V)	22dB	2m鞭状天线	垂直地面	连续可见	一台放在山上 一台放在山洞
4	0.5--5 kHz	地震电磁脉冲探测仪	电场	0.5mV/m		2m鞭状天线	垂直地面	连续可见	磁带
5	120--160 kHz	地震电磁脉冲探测仪	电场	0.5mV/m		2m鞭状天线	垂直地面	连续可见	
6	10--150 kHz	RR 7 干扰场强仪	电场或磁场	1dB		2m鞭状天线和框形天线	垂直地面	每2天人工读数1次	
7	150--1600 kHz	RR 2 干扰场强仪	电场或磁场	1dB		2m鞭状天线和框形天线	垂直地面	每2天人工读数1次	

三、观测资料的初步分析

1. 干扰背景的识别

产生电磁波的干扰源很多,有天电干扰和人工干扰源:(1)雷电干扰。波形的特点是脉

冲型，脉冲与雷电同时出现。低频、高频的观测仪都能接收到；（2）日光灯的开与关能产生单个脉冲干扰，低频无反映，高频有反映；（3）电火花干扰，形状像一间断张弛脉冲，高低频都有；（4）铁器的移动产生的干扰，低频0.1—10赫为最敏感；（5）高频观测段受电台开关机的干扰；（6）磁扰磁爆对本观测系统无响应。各种干扰波形特征见图7。

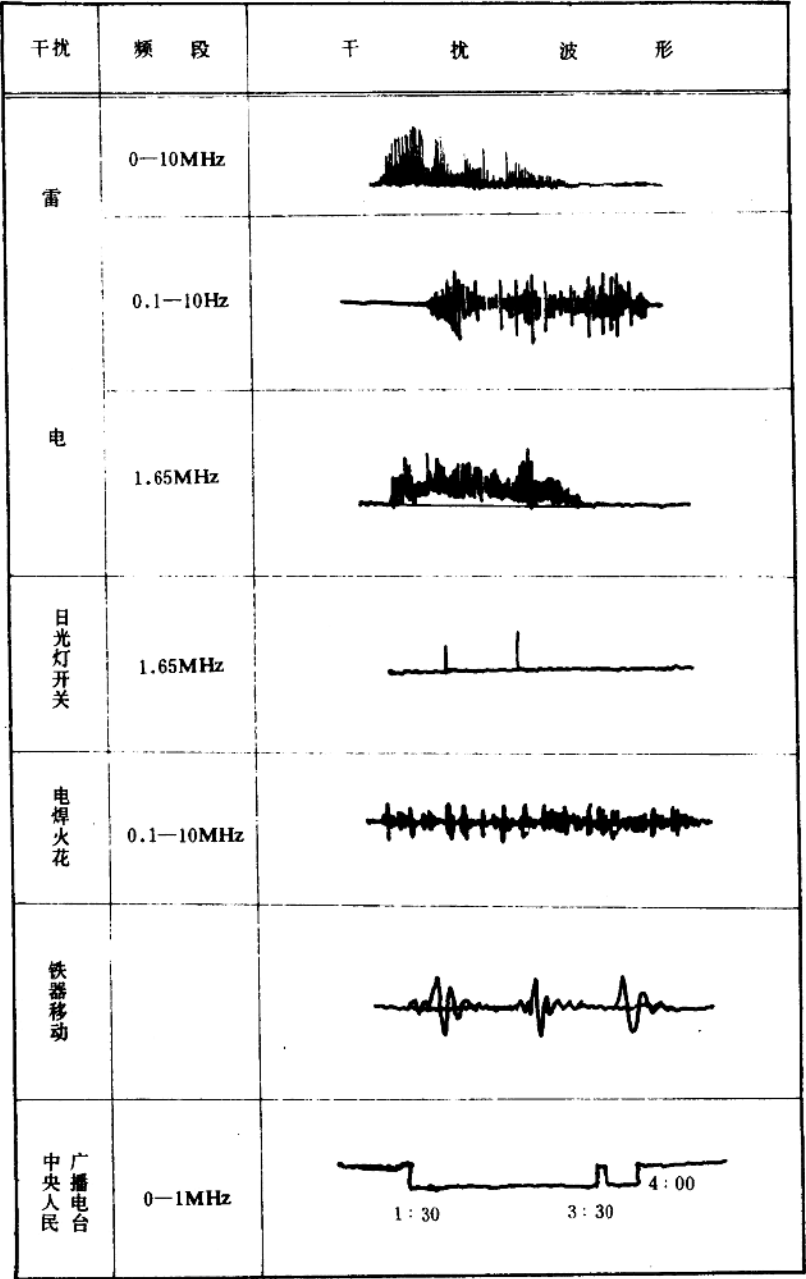


图7 干扰波形的识别图