

■ 数字地震观测技术丛书

# 地震前兆台网技术

——山东数字试验台网

★ 中国地震局监测预报司

地震出版社

## 《数字地震前兆观测技术》编委会

主 编：阴朝民

副主编：高荣胜 付子忠

成 员：赵家骝 孙亚强 吴书贵 宋彦云

余书明 刘升礼

## 《地震前兆台网技术—山东 数字试验台网》编写组

组 长：孙亚强

成 员：宋彦云 王方建 薛 革 任长明

李 波 魏 焕 李旭红 李 杰

张继红 邹钟毅

# 序

地震是一门以观测为基础的科学。以地震波为观测对象的地震仪器的发展,使人类通过对穿过地球内部地震波的研究,了解了地球的内部结构,对地震的认识取得了极大的提高。但是,我们对地震的认识仍然是很粗浅的,地震给人类带来了巨大的损害,实现地震预报是减轻地震灾害的重要途径,也是世界上的重大科学难题。

地震前兆观测技术系统是以获取地震孕育、发展、发生全过程中前兆异常信息的技术系统。对地震前兆信息的观测是地震预报和防震减灾工作的基础。地震前兆观测技术系统和由它组成的地震前兆台网是获取地震前兆信息的主要途径。探测真实、可靠、完整的地震前兆信息,并对这些信息加以处理和分析研究是实现强地震预报的最基础环节。通过观测系统获取的地震前兆数据,是人类对地震知识的积累,也是地震孕育、发展、发生机理研究的依据。

受各种条件的制约我国地震前兆观测技术,使用的仪器设备多为模拟和机械技术,观测精度较低,观测资料未能实现及时传递,获取的前兆信息量少,使以观测为基础的地震预报研究和实现地震短临预报的任务都面临着信息不足和信息质量不高的局面。

采用数字化技术,实现地震前兆观测由模拟记录向数字化记录的转变,为地震预报研究提供连续、可靠、稳定的观测数据,是提高地震预报水平和实现地震短临预报的基础工作,对实现我国防震减灾目标和推动我国社会经济可持续发展具有极其重要的意义。

“九五”期间科技部支持的国家科技攻关项目 96-913 “强地震中短期(一年尺度)预报技术研究”中的“中短期地震前兆仪器研制”课题在现有技术的基础上通过使用现代传感技术完成包括地形变信息监测、地震电磁信息监测、地震地下流体信息监测的多种前兆仪器研制,使用计算机技术、数据通信技术、现代测控技术、安全供电技术、避雷技术等,将前兆台站多个前兆仪器(传感器)连接组成一个观测系统,实现该系统在台站主控计算机管理下,完成数据自动采集、数据汇集、数据处理、数据报送服务等任务。并且在前兆台网中心控制下,实现前兆数据自动收集、数据库管理和前兆数据共享,使我国地震前兆观测技术实现了从模拟记录向数字化记录的飞跃。这个课题还取得了山东省政府的大力支持,在山东省建成了我国第一个数字化地震前兆台网,为数字化地震前兆观测技术在全国推广起到了示范作用。

《数字地震前兆观测技术丛书》系统总结了“九五”科技攻关的研究成果,也是我国 30 多年地震前兆观测技术的总结、提高。丛书分别详细论述了地形

变、电磁和地下流体各学科地震前兆观测仪器的观测原理、设计原则等大量技术内容，涉及前兆仪器近 20 种。丛书还对我国数字化前兆台网的设计思路、技术方案作了详细介绍。本丛书不仅可供地震前兆观测仪器研制人员研制新前兆仪器参考，而且台站观测人员、台站管理人员也能从中获取详实的技术资料。

相信本书的出版会推动我国地震前兆观测技术和数字化地震前兆台网的发展，对我国防震减灾事业作出应有的贡献。

中国地震局监测预报司

2001.4

# 前 言

地震前兆观测工作是地震预报和科研工作的重要基础，它通过对地球物理场和地壳介质变化特征的检测，为地震预报提供具有明确物理意义的各种前兆信息，因此它是整个防震减灾工作的一个必不可少的环节。

我国的地震前兆观测已有几十年的历史，逐步形成了以地壳形变、地下流体和地震电磁三大学科为骨架的观测体系，观测范围逐步扩大，观测密度和手段日益增加，观测技术也不断进步。目前，地震前兆观测已形成专业与群测相结合，定点与流动相结合，井下、地面与空间观测技术相结合的庞大观测体系。

随着全社会科学技术的飞速发展，地震前兆观测技术也发生着日新月异的变化。“九五”期间，通过将数字化观测技术和网络通信技术引入地震前兆观测，使其发生了革命性的飞跃，不仅前兆信息量呈量级增加，信息传递速度明显加快，而且从信息采集到使用全面实现自动化操作，从根本上改变了地震前兆观测工作的格局，减少了大量人力劳动，从技术上密切了监测与预报的关系，促进了分析预报工作的发展。山东省数字化地震前兆台网就是采用网络通信技术和“八五”、“九五”期间地震前兆观测技术最新研究成果所建立的我国第一个数字化地震前兆台网。该台网的建成，标志着我国的地震前兆观测已步入数字化、网络化的新时代。

数字化地震前兆台网与传统的模拟观测和人工读数方式相比，发生了根本变化。其技术进步主要表现在以下几方面：其一，前兆信息的采集实现了自动化，一方面使采集密度大幅度增加，极大地丰富了信息量，另一方面避免了在观测过程中的人为因素干扰；其二，前兆信息传送实现网络化，不但提高了传递速率，而且解决了传递过程中产生差错的问题；其三，前兆信息的处理计算机化，不仅使资料处理更加易于规范，而且减轻了人工劳动；其四，前兆信息的存储运用数据库管理，使大信息量的储存成为可能，也使资料的使用更加方便，使广大预报人员从资料收集的繁重劳动中彻底解放出来，得以全身心地投入到观测资料的分析研究上。因此说数字化前兆观测从根本上改变了前兆观测系统的面貌。

《地震前兆台网技术——山东省数字试验台网》一书是根据中国地震局监测预报司的安排部署，为使《中短期前兆仪器研制》(96-913-02)课题的技术成果能尽快推广应用而组织编写的，是96-913-02课题技术成果系列丛书之一。该书从山东省数字化地震前兆台网的建设、运行、管理、使用几个方面进行了全面介绍，并就台网运行中前兆信息的采集、传送、处理、存储到应用的各个环节作了细述。对于全国各省、市的前兆台网建设有一定的借鉴作用。

参加该书编写的主要有台网建设、运行、分析预报和台站观测人员。主要执笔人员如下：

第一章 孙亚强

第二章 孙亚强（第一节、第十一节），李旭红（第二节、第七节），薛革（第三节、第八至十节），李波（第四至六节）

第三章 王方建

第四章 孙亚强（第一节、第六节），任长明（第二至四节），李波（第五节）

第五章 魏焕（第一至三节、第五至七节），邹钟毅（第四节）

第六章 李杰（第一、二节、第五节），耿杰（第三节），张继红（第四节）

第七章 王方建

第八章 薛革（第一、二节），李旭红（第三节），李波（第四、五节）

第九章 孙亚强

孙亚强负责全书的统编，李旭红、李波负责全书的编排，李波负责部分图件的制作。

在该书的编写过程中，得到了监测预报司和 96-913-02 项目有关专题专家们的大力支持和帮助，在此一并表示诚致谢意！

由于该书编写时间紧迫，加之编者水平有限，在编写过程中难免出现错误和不足，敬请广大读者和有关专家斧正。

编写组

# 目 录

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| 第一章 概述.....             | ( 1 )   |
| 第一节 立项依据.....           | ( 1 )   |
| 第二节 技术设计.....           | ( 3 )   |
| 第三节 工程实施.....           | ( 4 )   |
| 第二章 数字化地震前兆台站.....      | ( 9 )   |
| 第一节 泰安基准地震台.....        | ( 9 )   |
| 第二节 烟台地震台.....          | ( 19 )  |
| 第三节 聊城地震水化试验站.....      | ( 25 )  |
| 第四节 马陵山地震台.....         | ( 33 )  |
| 第五节 安丘地震台.....          | ( 42 )  |
| 第六节 菏泽地震台.....          | ( 48 )  |
| 第七节 长清地震台.....          | ( 52 )  |
| 第八节 枣庄地震台.....          | ( 56 )  |
| 第九节 昌邑地震台.....          | ( 59 )  |
| 第十节 东营地震台.....          | ( 62 )  |
| 第十一节 数字化前兆台站的完善与发展..... | ( 68 )  |
| 第三章 地震前兆台网中心.....       | ( 71 )  |
| 第一节 前兆台网中心的组成.....      | ( 71 )  |
| 第二节 前兆台网中心的技术实现.....    | ( 73 )  |
| 第三节 山东前兆台网中心的运行.....    | ( 80 )  |
| 第四章 数字化前兆台站建设.....      | ( 82 )  |
| 第一节 观测环境条件改造.....       | ( 82 )  |
| 第二节 交流供电系统改造.....       | ( 85 )  |
| 第三节 接地装置的设计与实施.....     | ( 92 )  |
| 第四节 通信系统改造.....         | ( 99 )  |
| 第五节 观测外线路改造.....        | ( 100 ) |
| 第六节 仪器设备安装.....         | ( 102 ) |
| 第五章 数字化前兆台网资料处理.....    | ( 107 ) |
| 第一节 数字台网中心资料处理.....     | ( 107 ) |
| 第二节 台网中心管理.....         | ( 109 ) |

|            |                            |              |
|------------|----------------------------|--------------|
| 第三节        | 软件功能及其他配置简介·····           | (109)        |
| 第四节        | 台站数据服务·····                | (111)        |
| 第五节        | 模拟观测数据入库·····              | (113)        |
| 第六节        | 数据处理实例·····                | (113)        |
| 第七节        | 运行情况·····                  | (119)        |
| <b>第六章</b> | <b>数字化地震前兆资料的分析应用·····</b> | <b>(121)</b> |
| 第一节        | 概述·····                    | (121)        |
| 第二节        | 地形变学科数字化资料的分析应用·····       | (123)        |
| 第三节        | 地下流体数字化资料的分析应用·····        | (141)        |
| 第四节        | 电磁学科数字化资料的分析应用·····        | (163)        |
| 第五节        | 数字化资料与模拟资料应用的对比分析·····     | (171)        |
| <b>第七章</b> | <b>地震前兆数据的共享·····</b>      | <b>(173)</b> |
| 第一节        | 概述·····                    | (173)        |
| 第二节        | 数据共享和复制基本原理·····           | (173)        |
| 第三节        | 数据库复制技术在前兆数据共享中的应用·····    | (177)        |
| <b>第八章</b> | <b>数字化前兆台网的管理·····</b>     | <b>(193)</b> |
| 第一节        | 数字化运行模式的特点·····            | (193)        |
| 第二节        | 观测运行模式的调整与改进·····          | (196)        |
| 第三节        | 管理体系的调整·····               | (197)        |
| 第四节        | 观测资料质量管理·····              | (202)        |
| 第五节        | 人员配备与培训·····               | (205)        |
| <b>第九章</b> | <b>数字化地震前兆台网的展望·····</b>   | <b>(209)</b> |
| 第一节        | 前兆传感技术·····                | (209)        |
| 第二节        | 信息传送技术·····                | (210)        |
| 第三节        | 数字化前兆资料的使用·····            | (211)        |
| 第四节        | 技术保障体系·····                | (212)        |

# 第一章 概 述

地震前兆观测的数字化、网络化是“九五”期间我国地震监测技术的一次飞跃。山东省数字化地震前兆台网是中国地震局为了加快前兆观测技术在全国的推进步伐，依据中短期前兆仪器研制课题（96-913-02）的进程，决定建设的一个试验台网。该项工程由中国地震局和山东省人民政府共同投资，于1998年2月开始兴建，1999年6月建成并投入考核运行，1999年11月通过中国地震局的测试和验收，现已投入正式运行。整个台网共包括一个前兆台网中心、12个台站、21个测项、42套仪器，其中18种测项38套仪器直接进入前兆网络运行，包括形变仪器7种14套，地下流体学科7种17套，电磁学科4种7套。整个台网呈网型结构，形成一个完整的监测系统并已正式投入到日常监测预报工作中（图1-1）。

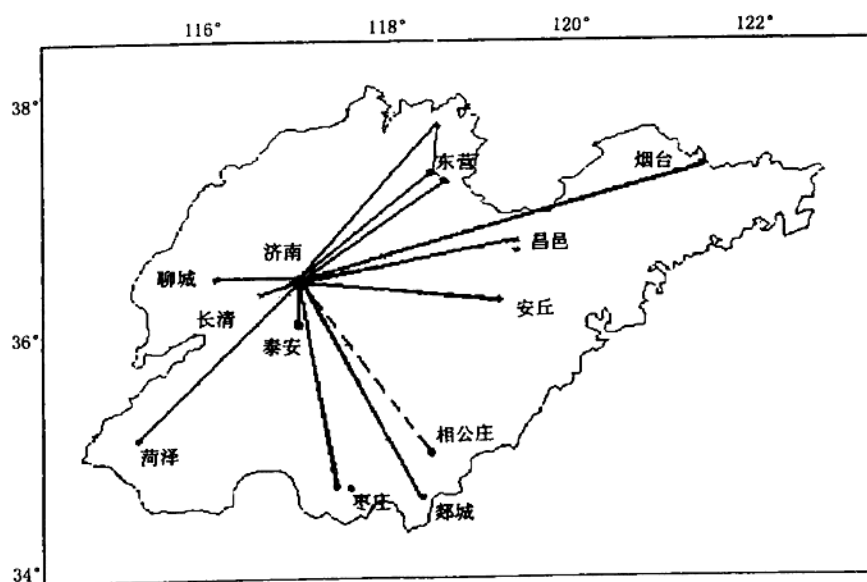


图 1-1 山东省数字化地震前兆台网

## 第一节 立项依据

建立山东省数字化地震前兆台网是基于山东省面临严峻的地震形势而提出来的。

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一，又是世界上地震灾害最为严重的国家。山东省是中国大陆重要的地震活动区之一，地震活动分布范围广、强度大、震源浅、灾害严重。我省17个市（地）中，有13个市（地）曾发生过5级以上的破坏性地震，其余4个市（地）行政区内虽未发生5级以上地震，但受到其附近地区或沿海地震的严重影响。据历史

记载,在山东省及临近海域曾发生5级以上地震70次,其中:7~7.9级地震6次、8级以上地震1次(震源深度一般小于25km);发生破坏性地震58次,造成了惨重的人员伤亡和经济损失。1668年郯城8级巨震,波及整个中国东部及朝鲜半岛,极震区地面建筑物绝大部分被摧毁,夺去5万人的生命;1937年菏泽7.0级地震,造成2万人伤亡,并导致严重的社会动荡。建国后,1969年渤海7.4级地震、1983年菏泽5.9级地震对山东也造成了不同程度的人员伤亡和经济损失,引起大范围社会不安。

1990年以来,苏鲁交界至南黄海一带一直被列为国家重点监视区,继1992年、1994年南黄海发生两次5.3级地震后,1995年又在苍山发生5.2级地震,显示了我省内陆及沿海未来十年内发生6级地震的危险性增强。1996年国务院办公厅2号文件,又将潍坊至烟台地区和冀、鲁、豫交界地区列为国家地震重点监视防御区;济南、青岛市列为国家地震重点监视防御城市;近年以来,鉴于环渤海地区异常增多,中等地震活动增强,山东省胶东半岛及渤海海域被连续5年列为地震重点危险区,因此无论从长远还是从近期看,山东省面临的地震形势都是十分严峻的。

#### **建立山东省数字化地震前兆台网是山东经济发展的要求。**

山东省是我国十个沿海省市之一,西接大陆,东濒黄海和渤海,面积15.67万平方公里,约占全国土地面积的1.6%;人口总数8900万,约占全国总数的7.4%。平均人口密度高达每平方公里700人,为全国平均人口密度的4.6倍;境内拥有大中型水库167座,大型电厂24个,特大桥梁28座,大中型港口7处,以及大型石油、煤炭、化工、钢铁基地。改革开放以来,山东省国民经济和各项社会事业取得了令人瞩目的成绩,生产力水平跨上了一个新台阶。综合经济实力显著增强,1999年全省生产总值达7662.3亿元,比上年增长10.1%。随着全省经济迅速发展,人口不断集聚,城市都市化和城镇城市化,高、精、尖技术设备增加,地震灾害损失呈同步增长趋势,地震灾害的威胁愈加严重,尤其在大中城市、东部沿海人口稠密、经济发达地区一旦发生破坏性地震,造成的灾害损失可能更为严重。

#### **建设山东数字化地震前兆台网是中国地震前兆台站(网)技术改造项目的要求。**

为了加快我国地震监测系统数字化技术改造步伐,中国地震局在“九五”期间专门设立了地震前兆台站(网)技术改造项目。由于我国的数字化前兆台站(网)观测技术起步较晚,要尽快赶上国际上数字化观测技术的步伐,保持我国在监测预报领域的领先地位,只能是边研制、边设计、边施工。该项工程在全国范围内全面实施之前,尚有一些基本的技术问题需要解决。

(1) 各类前兆仪器在试研究研制完成后,必须要有一个试验过程,才可能向全国推广,以便解决传感器适应台站各种观测环境和观测条件的一系列问题。

(2) 网络系统的通信链路也要在一个实际的实验网络上运作后才能推广。尤其前兆仪器的传感器复杂多样,它们采集信息的方式不同,采样率、信号输出、数据结构、参数配置等等也各不相同,在实际运作过程中,各种传感器与数据传送系统的衔接、磨合也存在一个复杂的过程。在尚未根本解决这些基本技术问题之前,就在全中国范围内实施,显然是盲目的。

(3) 实现数字化、网络化观测以后,地震前兆观测的工作方式发生了质的改变。在全国推广实施前,通过实验场摸索出一套技术管理模式,才有可能随着改造工程在全国的实施,使其能尽快纳入到监测预报的正常序列中。

(4) 我国的地震预报和科研与地震监测技术同步发展,是建立在当前模拟观测技术基础

上的，已积累了 30 多年经验。数字化观测技术的实现，是对模拟观测技术的继承和发展，而不是全面否定。在数字化观测技术取代模拟观测的过程中，与模拟观测资料的衔接是必须的，只有这样才能使地震预报和科研工作平稳过渡和发展。数字与模拟观测资料的对比分析，需要在实验场内进行。两种观测资料在使用上真正衔接起来，才有可能在全国范围内推广应用。

基于以上种种原因，中国地震局领导在与山东省政府领导反复磋商后，决定首先在山东省建立实验台网，以解决前兆台网在推广应用中的一系列技术问题。

## 第二节 技术设计

山东省这次前兆台站改造工程的实施原则是以现有前兆台站为基础，以仪器设备的更新为主，用现代化、数字化的仪器设备更换落后的模拟记录及人工读数方式的仪器设备，并在现有的观测环境条件下，通过观测环境的适当改造，尽可能地实现前兆观测的综合化，在此基础上实现观测技术网络化。

前兆台网的布局与管理采用了两级星形网的拓扑结构，由省局前兆台网中心以点名拨号方式对 12 个前兆台站进行管理、控制，向其收集数据，并提供对台站数据采集器有关参数的配置与管理。12 个前兆台站组成了我省前兆台网的一级星形网。还有些综合台站分布着多种观测手段，从而构成二级星形网。前兆网络中心建设是在 Windows NT Server 平台上，使用 MS SQL Server 6.5 建立山东省前兆数据库，实现前兆数据的自动入库、查询，并通过 HUB 与省局计算机网络中心相连，从而与中国地震局通信网络及国际互联网络连接，实现数据的共享与交换。根据我省前兆台站布局的实际情况，前兆网络中心建设采用了 96-913-02 项目总体设计组提供的方案之三（图 1-2），数据服务器选用了 IBM330。各前兆台站依据其前兆手段的不同分布，分别采用了基本连接、单纯主台和无人值守子台模式，全部通过专用电话与省局前兆台网中心连接。

前兆台站的改造情况比较复杂，20 余种前兆仪器对观测环境的要求各不相同，每个台站又各有其不同的观测条件，在对台址的考察工作中必须力求详尽。为此我们组织了专门技

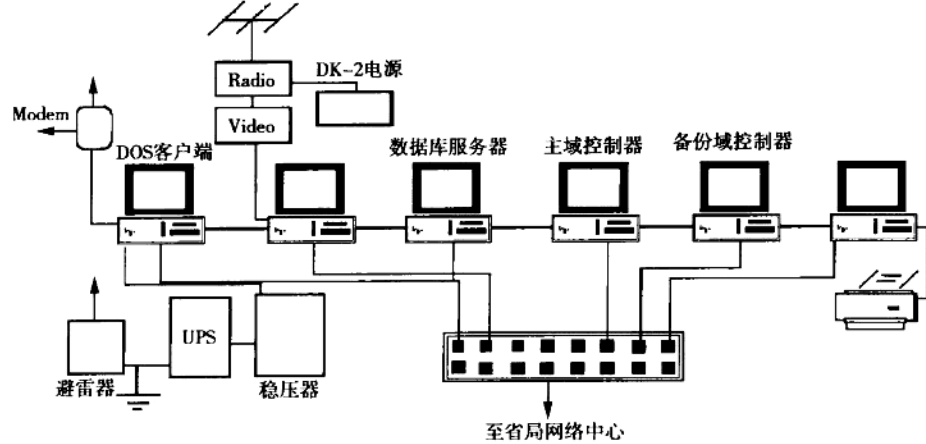


图 1-2 网络中心示意图

术班子,深入到各有关台站,对观测环境进行了详细的勘测。在此基础上,和有关专家组进行磋商,对一些情况比较复杂的台站,特邀请有关专家组亲临现场讨论实施方案。如聊城水化站的观测用井是一口深 2 337.72m 的高温 (52℃) 高压 (105kPa) 自流井,原进行水氡、水汞等水化学日常观测。如果进行水物理和水化学的综合观测,难度很大,其一,水位探头无法安装,若装副井,则会影响水化学观测;其二,由于井压太高,水温探头根本放不下去。为此我们请地下流体学科组的车用太教授一行 6 人,专门到聊城台实地考察,最后决定将水位探头改测井口压力,将水温探头安装在与该井相距 70m 的深井摆钻孔内,使该台的改造方案得以全面确定。在对所有台站的改造内容进行可行性研讨的基础上,我们制定了详细的《工程技术实施方案》,为工程的实施奠定了基础。该方案于 1997 年 11 月 20 日通过中国地震局组织的专家组论证。

### 第三节 工程实施

#### 3.1 实施过程

##### 3.1.1 前兆台网中心建设

前兆台网中心是在原无线短波通讯室基础上改造的,机房地面采用防静电地板。前兆台网中心工作台是根据所选机器类型与生产厂家订做的,从而使前兆台网中心在布局上美观、大方,工作方便、舒适(图 1-3)。前兆台网中心供电电源采用仪器、照明、空调分开供电,从而避免其互相干扰。备用电源采用 3kVA UPS,保证了系统能连续运转。



图 1-3 山东省数字化地震前兆台网中心

台网中心采用两台 IBM300GL 作主域控制器和备份域控制器, IBM330 PC Server 为数据库服务器,其他微机作客户机,采用 IBM300GL 和联想机器等,硬件设备如下:

主域控制器: IBM300GL, 64M 内存, 2.5G 硬盘, PII300;

备份域控制器: IBM300GL, 32M 内存, 2.5G 硬盘, PII300;

数据库服务器：IBM PC Server，330，64M 内存，12G 硬盘；  
数据汇集客户机：IBM300GL，32M 内存，8.0G 硬盘，PII300；  
无线通讯客户机：IBM300GL，32M 内存，0.5G 硬盘；  
前兆台网中心通讯控制单元通讯控制卡；  
HP6L AR-3240 打印机，12 口智能集线器，3kVA UPS 不间断电源。

前兆台网中心于 1998 年元月完成环境改造和硬件设备安装，3 月完成软件系统的安装和系统联调，开始从泰安、聊城两个台站收取数据，8 月实现了对全省数字化前兆台站的数据采集、处理和管理功能，开始为预报人员提供数字化前兆数据服务。

3.1.2 台站观测环境、观测条件技术改造

中国地震局对该项工程技术方案论证审批以后，根据工程的进度安排和《实施方案》的具体要求，相继在各台站开始了环境改造工程。工程改造主要有以下几方面的内容：

- (1) 观测环境、观测条件的改造，主要包括新建、装修仪器房、观测室；改造仪器墩；新打和清洗应变井孔；地下流体学科的井口改造。
- (2) 辅助工程建设，主要有电磁学科的外观测线路的布设与改造；水化学观测的脱气装置、冷凝装置的设计与制作；通信专用线路架设；铠装地埋供电专用线路布设；避雷地网的设计与布设；现场总线的布设等（见表 1-1）。

表 1-1 各台站改造情况简表

| 台站名称 | 环境改造内容                                                                                                                             | 仪器安装情况                                                                                                                                                                                            |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 泰安台  | 1. 观测室改造<br>房顶翻修<br>室内外装修<br>安装空调<br>2. 磁房改造<br>3. 供电及避雷系统改造<br>4. 形变观测环境改造<br>水管、伸缩仪仪器墩改造<br>体应变钻孔、洗井<br>5. 专用通信线路布设<br>6. 现场总线布设 | 1. DSQ 型短基线水管倾斜仪<br>2. SS-Y 型伸缩仪<br>3. TJ-2C 型体积式钻孔应变仪<br>4. VS 型垂直摆倾斜仪<br>5. GSS-2 型光扫描仪<br>6. 数字石英水平摆倾斜仪<br>7. YRY-2 型压容式应变仪<br>8. GM-3 型磁通门磁力仪<br>9. FHD-1 型分量核旋仪<br>10. DI 仪<br>11. DQS-1 型机柜 |
| 聊城台  | 1. 井口改造<br>2. 脱气装置制作及输气系统建设<br>3. 观测室改造<br>4. 冷凝装置改造<br>5. 供电系统及避雷装置建设<br>6. 测水压代替测水位的相应改造<br>7. 地热探头及信号线路的埋设<br>8. 室外环境改造         | 1. LN-3 型水位仪<br>2. SZW-1A 型地热仪<br>3. SD-3A 型测氧仪<br>4. DFG-B 型测汞仪<br>5. GWK-201 型测氮仪<br>6. GWK-202 型测氢仪<br>7. 测 CO <sub>2</sub> 仪<br>8. DQS-1 型机柜                                                  |
| 烟台台  | 1. 打应力孔<br>2. 避雷地线埋设<br>3. 供电线路布设<br>4. 现场总线布设                                                                                     | 1. DSQ 型短基线水管倾斜仪<br>2. SS-Y 型伸缩仪<br>3. TJ-2B 型体应变仪<br>4. DQS-1 型和 DQS-3 型机柜                                                                                                                       |
| 安丘台  | 1. 建 MD 仪斜交断层观测室<br>2. 征地，建观测楼<br>3. 供电系统改造<br>4. 避雷系统改造<br>5. 大地电场仪、电磁波仪外观测线路和观测电极、磁极布设                                           | 1. MD 仪（水平、垂直）<br>2. 改造体应变仪<br>3. 更换短水准测量仪<br>4. ZD-9A 型地电场观测仪<br>5. 电磁波观测仪<br>6. DQS-1 型机柜                                                                                                       |

(续表)

| 台站名称            | 环境改造内容                                                                                               | 仪器安装情况                                                                                                                                 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 郯城台             | 1. 地电外观测线路改造<br>2. 形变观测坑道改造, 建隔离门等<br>3. 地磁观测仪器墩面改造、建新磁房<br>4. 前兆室、地电观测室装修<br>5. 前兆室屏蔽网<br>6. 电源避雷地网 | 1. DSQ 型短基线水管倾斜仪<br>2. SS-Y 型伸缩仪<br>3. GM-3 型磁通门磁力仪<br>4. FHD-1 型分量核旋仪<br>5. ZD-8B 型地电阻率仪<br>6. DQS-2 型和 DQS-3 型机柜                     |
| 长清台             | 1. 洗应变观测井孔<br>2. 井口防护处理<br>3. 仪器房翻新<br>4. 供电系统改造<br>5. 避雷地网布设                                        | 1. TJ-2C 型体应变仪<br>2. DQS-1 型机柜                                                                                                         |
| 菏泽台             | 1. 外线路改造<br>2. 观测室改造<br>3. 供电系统改造<br>4. 避雷系统改造                                                       | 1. ZD-8B 型地电阻率仪<br>2. DQS-2 型机柜                                                                                                        |
| 枣庄台<br>(鲁 15 井) | 1. 供电系统改造<br>2. 避雷系统改造<br>3. 观测室改造                                                                   | 1. SZW-1A 型地热仪<br>2. DQS-4 型机柜                                                                                                         |
| 昌邑台<br>(鲁 02 井) | 1. 电源由架空线改为铠装地埋电缆<br>2. 避雷地网布设<br>3. 对观测室门窗进行防盗处理<br>4. 疏通观测井管, 解决井孔堵塞问题<br>5. 地面以上井管的防冻保护           | 1. LN-3 型水位仪<br>2. SZW-1A 型地热仪<br>3. DQS-4 型机柜                                                                                         |
| 东营台<br>(含地宫井子台) | 1. 井口改造<br>2. 脱气装置改造<br>3. 地宫子台及孤岛子台改造<br>4. 供电及避雷系统改造<br>5. 现场总线布设                                  | 1. LN-3 型、GPR-1 型水位仪<br>2. SZW-1A 地热仪 3 台<br>3. SD-3A 测氦仪<br>4. DFG-B 型测汞仪<br>5. GWK-201 型测氮仪<br>6. DQS-1 型机柜<br>7. DQS-4 型机柜 2 套 (子台) |

### 3.1.3 仪器的安装调试

前兆仪器的安装工作是以仪器研制专家为主, 省局业务管理人员、分析预报人员和台站观测人员等共同参加完成的。大部分仪器的安装任务是从 1998 年 3 月到 8 月的半年时间内完成的, 时间紧、头绪多、任务重, 在这段时间里项目组人员大部分时间是穿梭于台站之间、奔波在安装现场。尤其在集中安装的 6、7、8 月份, 天气炎热, 专家们好多都光着脊梁, 依然是大汗淋漓。在山洞内安装形变仪器的专家组为了赶时间, 常常进山洞时带着干粮, 一干就是一整天, 有时夜里还要加班干。在这么短的时间内, 能使这么多的仪器安装到位, 是仪器研制专家、项目实施人员和台站工作人员协作奋战、共同努力的结果。

### 3.1.4 通信网络架设、联调

在前兆仪器安装的同时, 于 1998 年 6 月底, 开始了台站的公共数采、数传设备的全面安装。该项任务主要是由地壳应力所的专家组与项目实施组的网络技术人员, 公共供电、避雷技术人员, 台站人员一起完成的。由于需要将所有前兆仪器通过数据采集器或现场总线连接起来, 并通过专用通信线路与前兆台网中心连通, 实现数据的自动传递, 因此与各前兆仪器间的衔接、磨合、调试是一项非常复杂的任务。在连通后经过 1 个月的运行, 针对新出现的问题, 又进行了第二次系统调整, 到了 8 月份, 一个初具规模的前兆网络系统就已经运行起来。

## 3.2 实施结果

(1) 依据 96-913-02 项目总体设计方案, 建成了一个初具规模, 投入实际运行的数字化地震前兆台网, 已有三个学科 18 种 38 套仪器进入网络运行。另有 3 种 4 台仪器 (短水准仪两台, DI 仪一台, 电磁波仪一台), 因其观测方式的特殊性, 无法直接入网运行。

(2) 和我局计算机网络实现无缝连接, 并通过计算机网络实现了 SQL Server 数据库的远程复制功能, 为资料信息的交换与共享乃至建立全国范围内的分步式前兆数据库奠定了基础。

(3) 按照 96-913-02 项目的设计方案, 建起了前兆数据库。

(4) 依据分析预报工作的实际需求, 增加了台站将预处理的资料以 FTP 方式传送到前兆台网中心的功能。

(5) 已实现与 EIS2000 地震前兆信息处理软件系统的无缝连接, 分析预报人员每天可以通过局域网微机直接从 SQL Server 数据库中提取前兆数据。这一功能的实现使前兆观测系统从信息的采集传送到分析处理, 全面实现了数字化、网络化, 将分析预报工作的自动化水平推进了一大步。

## 3.3 几点体会

### 3.3.1 中国地震局和省政府的大力支持与关注是顺利完成该项工程的基本保证

该项工程从讨论立项一直到考核验收, 都得到了省政府和中国地震局的大力支持和极大的关注。不仅保证各项建设经费都及时足额到位, 工程实施期间, 中国地震局局长陈章立、副局长葛治洲、汤泉、岳明生, 副省长吴爱英、陈抗甫都亲临检查指导, 监测预报司、规划财务司的领导和有关管理人员, 更是多次专程来山东, 并组织科技委专家组、各学科技术协调组和分析预报中心专家组来山东从各个方面对前兆台网进行分析评价。台网建设的每一步都包含着各级领导和专家的关心。

### 3.3.2 山东省地震局党组高度重视

该项工程从总体技术方案, 到工程实施方案; 从项目组的组成, 到实施过程中的各重要环节; 从重要设备的选型订购, 到各项经费的配套到位; 局党组都要进行认真的研究, 在整个项目实施过程中, 仅该项工程的论证会、专题会就开了十多次。正是因为这样, 才确保了工程建设健康、有序、快速的进行。

### 3.3.3 制定一个详尽的“工程技术实施方案”

“实施方案”是指导整个项目建设的大纲。方案的好坏事关整个项目的实施结果, 为此每个项目组的同志都深入到有关台站, 就改造的每一个细节进行实地勘测。按照项目的总体技术要求做出施工方案后, 还要请专家组就方案的技术要求、可行性、可操作性进行全面论证, 根据专家组提出的意见进行修改, 然后付诸实施。在项目的整个实施过程中, 按照实施方案进行, 就不会出现大的偏差。

### 3.3.4 组建一个得力的项目实施组

局党组在项目实施组的组建上, 是经过认真研究的。因为一个项目组虽然人不多, 但既要有组织者, 又要有实施者; 既要有硬件人员, 还要有软件人员; 既要有前兆人员, 还要有公共技术人员, 缺一不可。为此局党组从各部门抽调一批精干的年轻技术力量, 组建了强有力的技术班子。在整个实施过程中, 工程建设各方面的协调都很得力, 不仅保证了整个项目的顺利进展, 而且也培养了一批年轻的科技骨干。

### 3.3.5 项目实施组与各仪器研制组有机配合

每一台仪器安装到位都需要实施环境改造、仪器安装、调试以及和公共数采、数传的联调等多个环节，而每一个环节都需要项目实施组和每一个子专题组，有时甚至同时多个子专题组的共同协商、密切配合，在这么短的时间内，要完成涉及面这么广的前兆台网建设工程量，如果没有相互间的默契，简直不可想象。

### 3.3.6 全局上下通力合作

山东省地震局党组在 1998 年初就把前兆台网建设确定为全局的一项重要任务，要求全局上下紧密配合，确保任务完成。在实施过程中，首先是局机关各处室、各部门间通力协作，在财力、人力、物力上给予保障；其次是在实施过程中台站人员的协作。工程改造的大部分内容都在台站，为此台站人员付出了艰辛的劳动，他们一方面要协助项目实施组进行观测环境改造，另一方面要协助仪器安装人员研制仪器，同时还要在安装过程中认真学习新仪器的工作原理、操作方法等一系列的技术问题。全局上下左右的紧密配合是顺利完成该项工程建设的一个重要方面。

## 第二章 数字化地震前兆台站

山东的地震前兆台站是依据全省的构造格架和 30 年来震情形势的需求逐步建设发展起来的,大都建设在 20 世纪 70 年代,其突出的特点就是仪器陈旧、房屋破旧、观测方式落后,而且依据当前的震情形势要求,其分布也有待调整。“九五”期间地震前兆观测的数字化改造,其一是观测仪器设备和观测技术的更新换代;其二是观测环境条件的较大规模改造;其三是依据震情形势的新要求和各学科观测技术的特点对全省前兆台网进行的一次大范围的调整。由于各学科前兆观测仪器对观测环境条件要求的严格性和各前兆台站观测环境的复杂多样性,因此每一个前兆台站的技术改造都有其不同的特点。

### 第一节 泰安基准地震台

#### 1.1 环境条件

泰安基准地震台位于驰名中外的泰山南麓,红门风景区内,环境幽静,景色秀丽,该台由中国科学院地球物理研究所始建于 1967 年 2 月,是 1966 年邢台地震后为监测华北地震活动而专门增设的首批地震台站,为建国后山东省境内第一个地震台;该台以地震和地壳应力应变观测为主,另有地磁观测。

泰安台坐落在太古代泰山群(Art)花岗片麻岩体之上,在大地构造单元上属于华北断块区的鲁西块隆。泰山群岩体约形成于 25 亿年前,是我国最古老的岩体(古陆核)之一,为结晶基底;台站周围各地质时代地层发育较为齐全,有的被确定为我国标准地层,台址岩体完整致密均匀,地脉动水平低,波导性良好,测量信噪比高,可靠性好,多种观测数据居于国际先进水平。

为确保观测不受温度等气象因素干扰影响,根据地壳形变及测震等仪器的特点和环境要求,于 1972 年设计施工了地震及地形变观测专用山洞。山洞总面积为  $346\text{m}^2$ ,总进深 130m,其中主洞进深 76m,入口设计成直立螺旋形,高差 33m,避免了洞室内的空气流动对仪器观测造成的影响(图 2-1)。

依据测震、石英摆倾斜仪、水管倾斜仪等特殊要求,分别施工了互不干扰、相互独立的仪器洞室,洞室覆盖厚在 29m 以上。近 30 年来,洞室年最大温差小于  $0.06^{\circ}\text{C}$ ,日最大温差小于  $0.004^{\circ}\text{C}$ ,洞室内相对湿度小于 90%,其热稳定性居全国地震系统之首。地应力观测是在花岗片麻岩的岩体上钻的两个井孔,分别安装了 TJ-2C 型体应变仪和 YRY-2 型压容式应变仪,孔径均为 150mm;体应变仪孔深 73.65m,压容仪孔深 28.57m,体应变仪成孔于 1975 年 7 月 17 日,压容仪成孔于 1984 年 9 月 4 日。地磁观测有绝对观测、相对观测、磁偏角观测三个仪器房,建筑面积分别为 47, 110,  $66\text{m}^2$ ,分别于 1974 年和 1985 年按照国家基本地震台的标准建造。近几年来,随着城市建设的发展,对地磁观测的干扰背景有所增强。