

周克昌、赵刚、王晨等 2013, 中国地震前兆台网观测技术系统整合, 中国地震 29(2) 270~275。

# 中国地震前兆台网观测技术系统整合

周克昌<sup>1)</sup> 赵刚<sup>2)</sup> 王晨<sup>3)</sup> 王方建<sup>4)</sup> 刘高川<sup>1)</sup>

1) 中国地震台网中心, 北京市西城区三里河南横街 5 号 100045

2) 中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085

3) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

4) 山东省地震局, 济南 250014

**摘要** 我国地震前兆台网先后经历了“模拟和人工”、“九五”数字化、“十五”网络化等 3 个阶段, 目前并行运转着“模拟和人工”、“九五”、“十五”等 3 套观测系统, 这增大了前兆台网运行维护工作的复杂性。2010 年起开始实施的前兆台网改造升级工作, 将“九五”、“模拟和人工”观测系统整体并入了“十五”系统。其主要工作内容包括台站接入改造、前兆专业软件升级和并网仪器历史数据的迁移等几个方面, 以实现前兆台网 3 套观测系统统一的运行监控、数据采集、存储、交换、管理和服务。本文系统分析了前兆台网观测系统的现状和存在的问题, 介绍了观测系统整合的主要工作内容、技术关键点、取得的成果和效益等。

**关键词:** 前兆台网 观测系统 整合

[文章编号] 1001-4683(2013)02-0270-06 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

自邢台地震以来, 经过 40 多年的不懈努力, 地震前兆台网建设、调整和优化, 在我国大陆地区建立了由近千个地震前兆台站、近 3000 套观测仪器的区域、学科、国家 3 级台网中心组成的地震前兆观测网络。其间先后经历了“模拟和人工”观测、“九五”数字化、“十五”网络化等 3 个阶段, 各阶段都建设了一批台站和相应的观测、技术系统, 均已积累了大量的观测数据, 为地震预测等科研工作提供了非常有价值的观测资料。但长期以来, 由于不同时期项目建设时的技术限制, 观测系统在通信协议、软件系统、数据库系统、数据格式、数据汇集和管理流程等各个方面均存在着较大的差异, 导致目前我国地震前兆台网并行运转着“模拟和人工”、“九五”、“十五”等 3 套观测系统, 增加了前兆台网运行维护工作的复杂性, 给数据用户带来了很大的不便。为便于前兆台网的日常运行维护, 提高前兆台网观测数据质量及工作效率, 自 2010 年起, 中国地震局实施将前兆观测系统并网的改造升级工作, 将“模拟和人工”、“九五”观测系统整体并入“十五”系统(以下简称“九五”系统接入改造), 实现前兆台网“模拟和人工”、“九五”数字、“十五”网络化等 3 套观测系统的统一运行监控、

[收稿日期] 2012-05-30; [修定日期] 2012-10-18。

[项目类别] 地震监测经常性专项“全国前兆台网‘九五’系统接入改造”。

[作者简介] 周克昌, 男, 1964 年生, 主要从事地震信息处理技术方面的工作。Email: kezhou@seis.ac.cn

数据采集、存储、交换、管理和服务,为地震预测等科研工作提供高效便捷的数据服务。

## 1 地震前兆观测系统现状分析

### 1.1 “模拟和人工”观测系统

“模拟和人工”观测系统是我国最早开展的地震前兆观测系统。模拟观测仪器以纸介质、感光胶片和模拟磁带等方式将连续观测信号记录下来。为便于数据的分析处理和共享,台站人员对模拟记录进行人工数字化处理,从模拟记录上读取日均值或整点值,并将这些数据录入计算机进行分析处理和共享。在互联网普及之前,采用电报和短波通信等方式,将模拟观测日均值或整点值数据报送到省(市、自治区)地震局及中国地震局有关直属单位,用于地震分析预测。目前,台站将模拟观测日均值或整点值数据文件通过 FTP 方式报送到区域台网中心,区域台网中心再通过 FTP 方式报送到国家地震前兆台网中心,入 SQL Server 数据库并提供给地震分析预测人员使用。由于涉及的环节多,且需要较多的人工干预,数据传递的时效性较差,且在录入环节容易出现错误。

### 1.2 “九五”数字化观测系统

“九五”期间,我国对前兆观测仪器进行了数字化改造,即仪器直接将观测信号数字化后以数据形式保存在仪器自带的内存中,台站或区域台网中心通过拨号电话连接到仪器的 RS232 串口上,从仪器中下载数据到计算机上,以文件形式保存,再通过 FTP 方式分别报送到区域台网中心或国家地震前兆台网中心,入 SQL Server 数据库并提供给地震分析预测人员使用。为此,中国地震局已专门制定了数据通信命令和数据格式的行业标准。

### 1.3 “十五”网络化观测系统

“十五”期间实施的“中国数字地震观测网络项目”,安装了约 1200 套数字化、网络化的观测仪器,每套仪器都分配有一个 IP 地址,这些仪器通过 RJ45 网络接口直接连接到台站的计算机网络上。通过网络可远程从仪器下载数据和对仪器进行控制,如设置参数等。台站或区域台网中心通过网络从仪器中采集数据,直接入 Oracle 数据库并提供给地震分析预测人员使用。为实现对“十五”网络化仪器的远程管理,“中国数字地震观测网络项目”制定了网络化仪器的通信技术规程,规定每套“十五”仪器都须有一个内置的 ID 号,并规定了网络化仪器通信命令和数据格式等。

## 2 观测系统整合的主要工作内容

由上述分析可知,“模拟和人工”、“九五”数字、“十五”数字等 3 套观测系统在通信协议、软件系统、数据库系统、数据格式、数据汇集和管理流程等各个方面均存在着较大差异。因此,全国前兆台网观测系统整合的主要目标就是将“九五”仪器接入改造为网络化仪器并接入到“十五”系统中,以及通过软件方式将“模拟和人工”仪器接入到“十五”系统中,实现“九五”、“模拟和人工”仪器与“十五”网络化仪器的并网运行;同时对相关的软件系统、数据库系统、数据格式、数据汇集和管理流程等进行升级、完善和统一。主要包括以下 3 个方面的工作。

### 2.1 台站接入改造

台站接入改造包括台站“九五”期间建设的专业仪器设备接入改造和台站通讯改造。

对全国30个单位的105个台站进行了网络改造,其中新建台站网络84个,台站网络延伸21个。采用地震前兆协议转换器和地震前兆网络化数据采集器,改造了533套“九五”设备,其中接入改造466套“九五”设备,更新为“十五”前兆仪器的有66套“九五”设备。“模拟和人工”仪器通过软件方式接入数据管理系统近千套。改造后,全国的“九五”、“模拟和人工”仪器基本上全部接入“十五”系统。

## 2.2 前兆台网技术系统的完善升级

前兆台网技术系统的完善升级包括前兆台网专业软件系统和数据库系统的完善升级。专业软件系统包括前兆台网数据管理系统(以下简称数据管理系统)、前兆台网数据处理系统(以下简称数据处理系统)、前兆台网运行评价系统(以下简称运行评价系统)和前兆台网历史数据整理工具(以下简称历史数据整理工具)等。

前兆台网专业软件系统和数据库系统是“十五”“中国数字地震观测网络项目”针对项目中研制的前兆观测仪器产出的数据而研发的,其采样率以分钟和秒计。此次前兆台网技术系统完善升级主要是使各专业软件能兼容“九五”、模拟和人工观测系统,对接入改造后的仪器进行管理,以及对其产出的数据进行采集、汇集、存储、处理、管理、评价和服务。需要升级的节点包括:1个国家中心、5个学科中心、36个区域中心和222个台站节点,其中数据管理系统和数据处理系统部署到全部节点,其余软件系统部署在中心节点。

## 2.3 历史数据迁移

历史数据迁移主要包括将实施了接入改造的仪器产出的观测数据、预处理数据和产品数据等迁移至“十五”数据库,并完成对迁移数据的校核、比对与归档工作,实现前兆观测数据的统一管理。

本次历史数据迁移第1阶段全国共有31个区域中心对1021套仪器的前兆历史数据进行了迁移,数据量约170GB。共完成321个台站、809套仪器、4859个测项分量的前兆数据迁移工作,数据量约153GB。其中,“模拟和人工”仪器384套,752个测项分量,“九五”仪器425套,4107个测项分量。

# 3 观测系统整合中的技术关键点

## 3.1 台站网络的改造

台站网络改造主要包含新建台站信息节点和台站网络延伸等2个方面。

(1)对于没有网络连接的台站,在进行接入改造时,需进行网络改造,新建信息节点。网络改造时,根据对各台站的实地调查情况,因地制宜地采取了SDH光纤、CDMA/GPRS或3G无线通讯、ADSL等多种方式新建网络信息节点。其中,对于仪器数量多、数据流量需求大的综合观测台站,使用了2M的SDH专用线路作为台站局域网的出口,与省局网络中心连接。对于仪器数量不多、数据流量需求不大的台站,如单点无人值守台站,在具备ADSL线路或无线通讯条件时,使用了ADSL宽带、CDMA/GPRS或3G无线通讯。

(2)对已有信息网络但仪器距信息节点较远的台站,需将网络延伸到将进行接入改造的仪器上。考虑到防雷等要求,尽量采用SDH光缆进行网络延伸。对于距离特别远的观测点,综合考虑成本,主要采用无线的方式进行网络延伸。

### 3.2 仪器网络化功能的实现

“十五”期间的仪器是网络化仪器,但“九五”、“模拟和人工”仪器不具备网络通信功能,为使这些仪器能接入“十五”技术系统,进行了以下 2 个方面的改造:

(1) 仿照网络化仪器 ID 的格式,制定了“九五”、“模拟和人工”仪器的 ID 编制规则,为每套“九五”、“模拟和人工”仪器按规则编制了仪器 ID,在接入“十五”系统时以该仪器 ID 作为仪器的唯一标识。

(2) 除仪器 ID 外,各接入改造设备生产厂家按照网络化仪器通信技术规程要求,在接入改造设备硬件中实现了网络化接口、通信命令和数据格式等,这样,经接入改造后的仪器就基本等同于网络化仪器了。

### 3.3 仪器接入改造技术

仪器接入改造主要采用 3 种技术(赵刚等,2007):

(1) 更换数采。将“九五”或“模拟和人工”仪器原来的串口通讯数采或模拟记录数采更换为 IP 通讯数采,实现仪器的网络化接口,以便于连接到局域网中。

(2) 采用协议转换器。将“九五”或“模拟和人工”仪器以串口接入协议转换器,后者通过网络接口连接到局域网中,由协议转换器实现“九五”仪器通讯协议与“十五”仪器通讯协议之间的转换。具体有 2 种连接方式:①协议转换器直接连仪器,每个协议转换器的串口连接 1 套仪器。②协议转换器连接现场总线主侧的总线 RS232 口,1 个协议转换器串口可以同总线上的所有仪器设备通讯。该连接方式是在台站端“九五”前兆现场总线上添加 1 台协议服务器,其主要功能是,每天将台站所有“九五”前兆仪器的数据进行采集,并按其指定的数据转换公式将原始数据转换成前兆数据,然后按指定的“十五”仪器 ID 号、格式将“九五”前兆数据转换成“十五”格式数据输出。(3) 采用软件接入。对于以上 2 种方式都不适用的仪器,通过前兆数据管理系统的文件入库方式将观测数据导入“十五”数据库系统中。“模拟和人工”观测仪器采用这种方式接入。

### 3.4 前兆历史数据迁移中有关技术措施

观测系统整合后,原来保存在 SQL Server 数据库中的数据需迁移到“十五”Oracle 数据库中,以便历史数据能与新产出的数据衔接,保障数据的连续性。

除了需要研发相应的迁移工具软件外,前兆历史数据迁移过程中还涉及很多技术细节,如:

(1) “九五”系统中使用的台站代码、测项分量代码、采样率代码等,都与“十五”系统中使用的不同,需正确进行代码匹配。

(2) “九五”与“十五”系统中产出数据的量纲或单位不一致时,在迁移时需进行量纲或单位的转换。

(3) “九五”、“十五”数据库结构差异很大,在迁移数据时,需要针对不同学科、不同类型的数据进行分别处理,将数据存放到正确位置。

(4) 不同仪器产出数据的衔接问题。

(5) 历史数据中的纠错问题等。

此次前兆历史数据迁移是前兆台网历史上规模最大的一次数据迁移。鉴于前兆历史数据迁移工作量巨大,涉及的技术细节繁多,本文不再赘述,将另文阐述。

### 3.5 前兆技术系统升级时采取的技术措施

前兆技术系统升级包括前兆数据库升级和前兆专业软件升级,其中数据库的升级包括数据库结构的调整和部分产品数据的迁移。前兆数据库是整个前兆技术系统的核心,因此在升级前,为避免升级失败导致的系统瘫痪,所有节点都进行了数据库系统的冷备份,制定了应急措施,确保数据安全。

另外,由于新旧版本的数据管理系统不兼容,以及升级后数据库结构的变化导致数据处理系统、运行评价系统等软件的不兼容,升级部署需在尽可能短的时间内完成,以使前兆台网的日常工作不受影响。为此,制定了升级部署的详细技术方案,并采取了全国集中进行升级部署的方式,使升级部署工作在一天内顺利完成。

## 4 小结

通过上述工作,主要取得了以下成果:

(1) 实现了“九五”、“模拟和人工”观测系统的整合,进一步规范了前兆台网运行管理和数据流程。

实现了绝大部分“九五”系统、“模拟和人工”观测系统的接入改造。对全国 105 个有“九五”仪器但不具备网络条件的台站进行网络改造,实现台站的网络连接;对全国 532 台套“九五”仪器、489 套“模拟和人工”观测系统与“十五”系统进行了整合,实现了这些观测系统与“十五”观测系统的统一的数据采集、汇集、存储、处理、交换、监控、管理和服务等功能。理顺了整个前兆台网的数据流程,显著提升了前兆数据汇集的时效性,简化了系统运行管理程序,为前兆台网的长期稳定运行和整体效能的发挥提供了有利条件。

(2) 完成了前兆历史数据的整合,有效提高了数据管理和共享服务能力。

完成了绝大部分在运行的“九五”系统、“模拟和人工”观测系统历史数据的迁移,解决了长期存在的前兆数据管理多系统、多格式问题,整合了前兆数据系统,有效提高了前兆数据管理和共享服务能力。

(3) 进一步完善了前兆台网技术系统,有效保障了前兆台网稳定运行。

对前兆台网技术系统进行了完善和全面升级,解决了“模拟和人工”观测系统的接入、产品数据的同步等,增强了各专业软件系统的功能,实现了各专业软件与业务需求的紧密结合,提升了各软件系统的性能,为前兆台网稳定运行提供了技术保障。

但是,前兆台网观测技术系统整合非一日之功,在上述第 1 阶段工作基础上,还需在今后的工作中加强以下几个方面:

(1) 进一步加强前兆数据平台建设。通过本项目的实施,已经实现了在运行的“九五”、“模拟和人工”观测数据与“十五”系统的整合,有效提高了前兆数据管理和共享服务能力。但是,建设前兆台网大数据平台非一日之功,还应加强已停测仪器的历史数据的整合,各级中心之间数据的比对和校核。应进一步规范前兆台网数据流程,系统规划前兆资料数据库,建立更完善的前兆台网数据管理和服 务制度,实现前兆台网网站、区域中心、国家中心和学科中心数据平台的整体协调统一。

(2) 采取针对性措施,研究解决个别特殊设备的接入改造。通过本项目的实施,全国大部分的“九五”、“模拟和人工”观测仪器已实现了接入“十五”系统,但尚有个别非标准设备

没有接入,例如测绳、皮尺、水温表、水温温度计、量杯等相对原始的观测用具,以及一些与前兆台网技术相距甚远的观测设备。这些观测用具和非标准设备虽然数量不多,但增加了台网运行管理和数据汇集管理的复杂性,需要在技术上和管理上采取针对性措施,研究解决这些个别特殊设备的接入改造,将它们纳入前兆台网统一的运行管理平台。

(3) 严格按标准规范进行台网建设。严格按标准规范进行台网建设,在台网建设中要注意技术系统的衔接,为台网运行打下坚实基础。建立监测仪器设备质量检测、入网审批制度,加强仪器设备入网监管,确保入网仪器设备按统一的技术标准运行。

## 参考文献

赵刚、何案华、秦久刚等 2007,“九五”数字化地震前兆台站整体接入因特网的研究,地震地磁观测与研究,28(1),103~108。

# Upgrade and integration of the Precursor Observation Network of China

Zhou Kechang<sup>1)</sup> Zhao Gang<sup>2)</sup> Wang Chen<sup>3)</sup> Wang Fangjian<sup>4)</sup> Liu Gaochuan<sup>1)</sup>

1) China Earthquake Networks Center, CEA, Beijing 100045, China

2) Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China

3) Institute of Geophysics, CEA, Beijing 100081, China

4) Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250014, China

**Abstract** The Precursor Observation Network of China has experienced three main stages: analogue observation stage, ninth “Five Year Plan” digital stage and tenth “Five Year Plan” network stage. Each stage has a different observation system, and this increases the complexity of the running of the Precursor Observation Network. From 2010, CEA decided to integrate these different observation systems. The main content of this integration includes instrument and computer network transforming in stations, software upgrading, and migration of historical precursor observation data into the current database system in order to reach a uniform platform of data collection, storage, exchange, management and service. This paper analyses the status and main problems of the Precursor Observation Network before integration and introduces the main content and technical key points of integration and the results achieved.

**Key words:** Precursor Networks Observation System Integration