

文章编号: 0253-3782(2003)05-0535-06

中国地震台网数字化改造的进展^{*}

刘瑞丰¹⁾ 吴忠良^{1,4)} 阴朝民²⁾ 陈运泰¹⁾ 庄灿涛³⁾

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

2) 中国北京 100036 中国地震局

3) 中国北京 100036 中国地震局分析预报中心

4) 中国北京 100039 中国科学院研究生院地球系统科学中心

摘要 介绍了“九五”期间(1996~2000 年)中国地震台网数字化改造的进展和首都圈数字地震台网(1999~2001 年)的建设情况,重点介绍了国家数字地震台网、区域数字地震台网和流动数字地震台网的台站分布、仪器配备和主要任务。

关键词 数字地震台网 宽频带 地震监测

中图分类号: P315.78 **文献标识码**: A

引言

从 20 世纪 70 年代开始,随着微电子和计算机技术的发展,在地震观测系统中出现了数字地震仪.数字地震记录具有记录频带宽、分辨率高、动态范围大,并且便于计算机进行资料处理等特点,因而从数字地震仪诞生的那天起就具有强大的生命力.世界各国相继建立了高质量的数字化地震台站、数字化台网和数字化台阵(陈运泰等,2000).

我国从 20 世纪 80 年代开始建设数字地震台网,中美合作的中国数字地震台网(CD-SN)是我国第一个国家级的数字地震台网.该台网于 1983 年规划设计,1986 年投入实际运行.1993~2001 年,中美双方对 CDSN 进行了二期改造,使台网的硬件、软件系统符合美国地震学联合研究协会(IRIS)在全球建立的数字地震台网(GSN)的技术规范.目前,CDSN 是 GSN 的一个重要组成部分(周公威等,1995,1997).

从 1996 年开始,在中央和地方政府的大力支持下,中国地震局进行了“中国数字地震监测系统”建设.根据台站均匀分布的原则,同时又要保证对于一些重点地区的加密观测,该监测系统分为国家数字地震台网、区域遥测数字地震台网和流动数字地震台网 3 个层次(庄灿涛等,1995,2003).

1 国家数字地震台网

国家数字地震台网是一个覆盖全国的地震监测台网,台站布局采用均匀分布的原则,台站间距为 500 km 左右.国家数字地震台网由 48 个国家数字地震台站(包括 2002 年 4 月新建的狮泉河地震台站)、一个国家数字地震台网中心和一个分中心组成(阴朝民,2001).

^{*} 中国地震局地球物理研究所论著 03AC1029.

2003-02-19 收到初稿,2003-05-19 收到修改稿,2003-06-01 决定采用.

1.1 国家数字地震台站

48 个国家数字地震台站包括：全部采用我国自行生产的地震仪器的 37 个台站，改造由中美合作建设的 11 个台站，台站分布如图 1 所示. 其中：成都、格尔木、高台、广州、黑河、呼和浩特、和田、沈阳、泰安和武汉 10 个台站使用我国生产的 JCZ-1 甚宽频带地震仪；安西、宾县、昌都、长春、长沙、大连、桂林、贵阳、合肥、红山、花土沟、喀什、洛阳、那曲、南京、南昌、攀枝花、泉州、深圳、太原、腾冲、乌什、温州、锡林浩特、西沙、银川和狮泉河 27 个台站使用我国生产的 CTS-1 宽频带地震仪；北京、恩施、海拉尔、昆明、拉萨、兰州、牡丹江、琼中、余山、乌鲁木齐和西安 11 个 CDSN 台站使用 STS-1 甚宽频带地震仪、STS-2 宽频带地震仪、GS-13 短周期地震仪和 FBA-23 加速度地震仪. 所有台站数据字长均为 24 位，记录的波形数据通过卫星实时传输到国家数字地震台网中心.

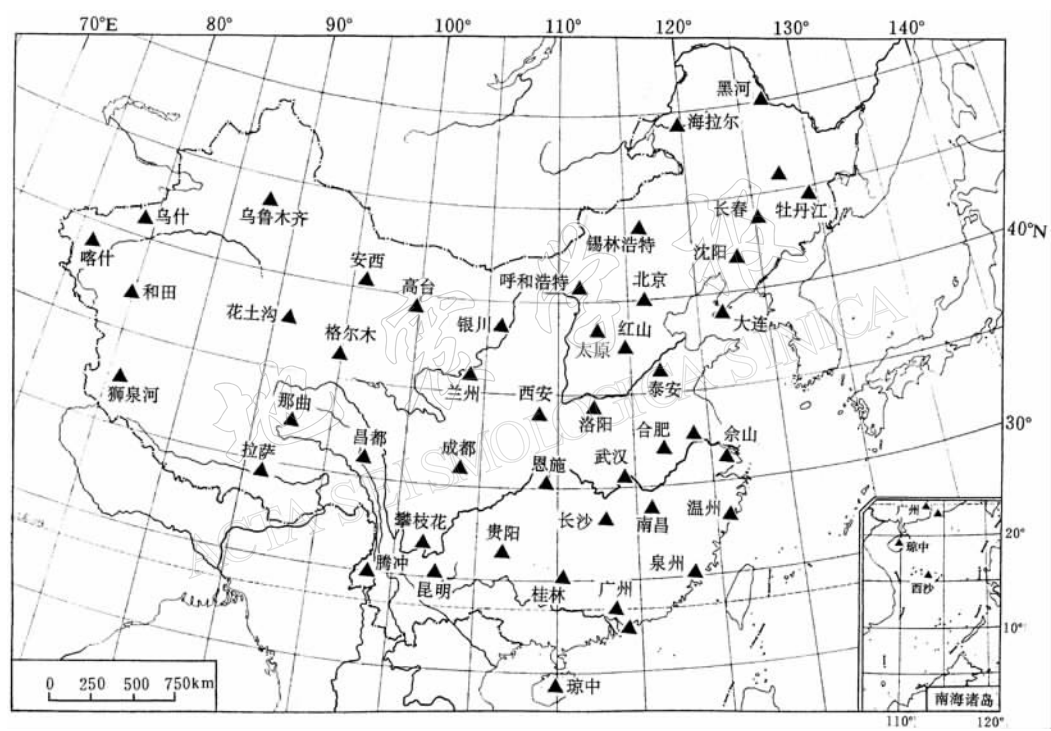


图 1 国家数字地震台站分布图

JCZ-1 甚宽频带地震仪在 360 s~20 Hz 频带内采用速度平坦型设计，采样率为 50 sps；在 360~3 000 s 频带内采用加速度平坦型设计，采样率为 1 sps. 该仪器的动态范围是 140 dB. CTS-1 宽频带地震仪采用速度平坦型设计，频带宽度为 120 s~20 Hz，采样率为 50 sps，动态范围是 140 dB(庄灿涛等，1995，2003). STS-1 甚宽频带地震仪采用速度平坦型设计，频带宽度为 360 s~8.5 Hz，动态范围是 140 dB. STS-2 宽频带地震仪采用速度平坦型设计，频带宽度为 120 s~40 Hz，动态范围是 140 dB. GS-13 短周期地震仪的频带宽度为 1 s~30 Hz，动态范围是 140 dB.

国家数字地震台网的主要任务是：快速测定国内 $M_s \geq 4.5$ 地震、边境地区 $M_s \geq 6.0$ 地震和国外 $M_s \geq 7.0$ 地震的震源参数；监测中国境内 $M_s \geq 3.5$ 地震和国外 $M_s \geq 5.0$ 地

震; 为科学研究提供数据服务; 参加国际资料交换。

1.2 国家数字地震台网中心

国家数字地震台网中心是我国数字地震观测数据的收集、分析处理和提供各种服务的中心。在结构上采取网络式结构, 由地震数据收集和台网管理、地震速报和应急处理、原始波形和地震事件存储、地震数据的常规分析处理、数据的管理和服务 5 个数据处理系统组成。在地域上采取分布式结构, 由设在国家防震减灾大楼的测震中心和设在中国地震局地球物理研究所的分中心组成。两部分通过高速数据通讯链路相连, 既有明确的分工, 又可以随时访问对方的数据, 形成一个有机的整体(阴朝民, 2001)。

国家数字地震台网中心编辑出版以下 3 种地震观测报告(刘瑞丰, 2001):

1) 《中国数字地震台网观测报告》, 月刊, 刊登 76 个台站的震相数据(包括 48 个国家数字地震台站和 28 个有人值守区域数字地震台站)。

2) 《中国地震台站观测报告》, 月刊, 刊登参与国际资料交换的 24 个台站的震相数据, 与国际地震中心(ISC)、美国地震信息中心(NEIC)等单位进行国际资料交换。

3) 《中国地震台网地震目录与震源机制解》, 年刊, 刊登全年地震目录、美国哈佛大学的震源机制解和中国地震局地球物理研究所震源机制解。

为保证震级测定的连续性, 我们把宽频带的数字地震资料仿真成标准的模拟记录, 然后利用仿真以后的记录进行近震震级 M_L 、面波震级 M_s 、体波震级 M_b 的测定(刘瑞丰等, 1996, 1997)。国家数字地震台网的地震事件波形数据、地震目录、震相数据、震源机制解等数据, 可以通过因特网查询和下载(刘瑞丰, 2001)。其网址为: <http://www.csndmc.ac.cn> 和 <http://www.ccdsn.seis.ac.cn/home/index.html>。

2 区域数字地震台网

区域数字地震台网是以省、自治区、直辖市为主的地震台网。根据数据传输方式和任务的不同, 区域数字地震台网分为有人值守区域数字地震台站和区域遥测数字地震台网(阴朝民, 2001)。

2.1 有人值守区域数字地震台站

有人值守区域数字地震台站作为国家数字地震台网的补充, 以获得完整的地震波形记录为主, 共有 28 个台站, 观测数据通过邮寄光盘的方式传输到国家数字地震台网分中心。这些台站是巴塘、巴里坤、赤峰、丹江、都兰、洱源、富蕴、个旧、鹤岗、惶源、吉首、克拉玛依、库尔勒、临纷、灵山、连云港、蒙城、密山、汕头、通化、天水、五大连池、乌兰浩特、乌加河、温泉、新安江、延边和张家口, 台站分布如图 2 所示。所使用的仪器是中国生产的 FBS-3 宽频带地震仪, 该仪器采用速度平坦型设计, 频带宽度为 20 s~20 Hz, 采样率为 50 sps, 动态范围为 90 dB, 数据字长为 16 位。

2.2 区域遥测数字地震台网

为了提高一些重点地区的监测能力, 在中央和各省、自治区、直辖市的共同支持下, 到 2000 年底建立了北京、上海、辽宁、昆明、成都、兰州、江苏、天津、大同、太原、浙江、呼和浩特、乌鲁木齐、山东、合肥、海南、邯郸、广东、西安、福建等 20 个区域遥测数字地震台网(阴朝民, 2001)。

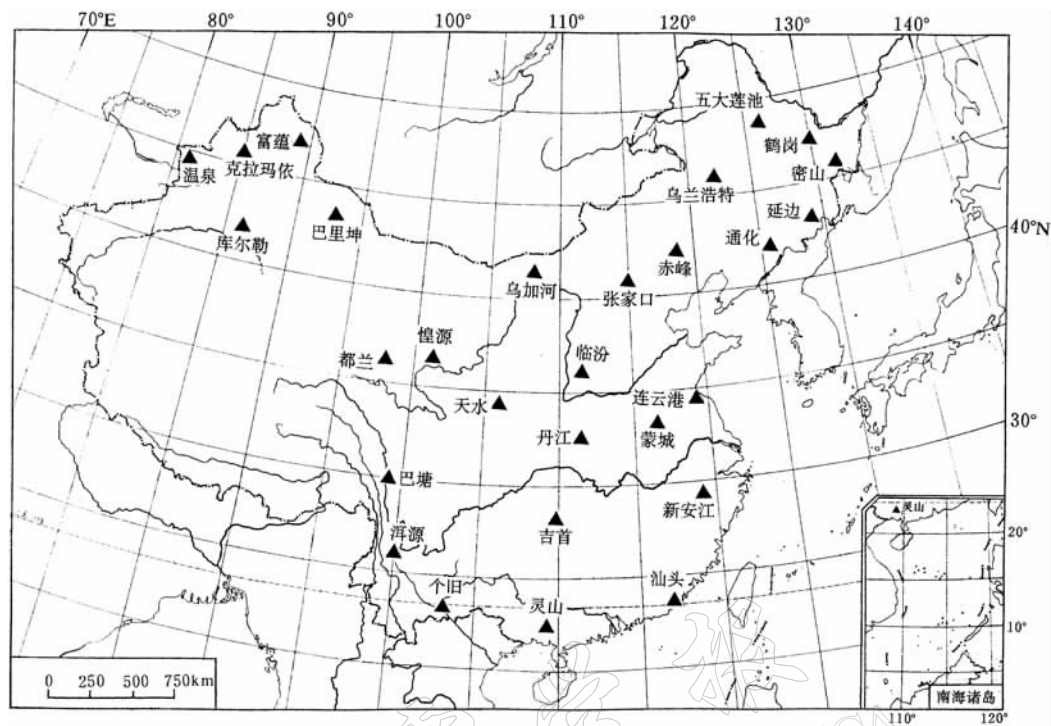


图 2 有人值守区域数字地震台站分布图

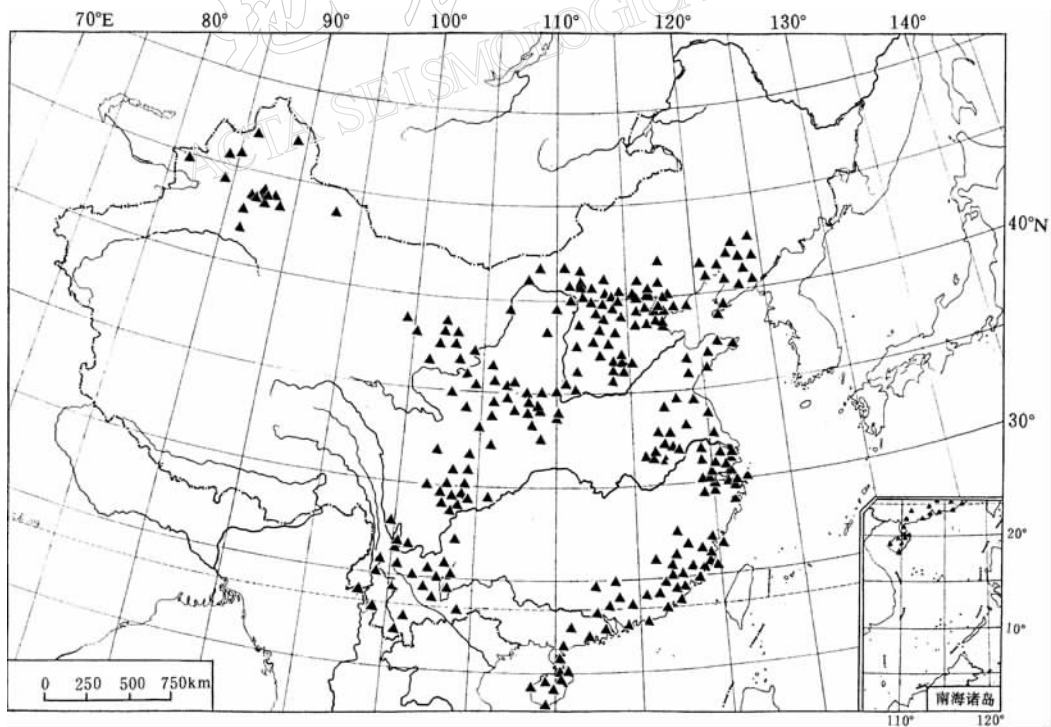


图 3 区域遥测数字地震台站分布图

区域遥测数字地震台网主要分布在南北地震带、华北地震带、新疆北部地震带以及东南沿海等人口稠密地区和地震多发地区，台站之间的距离小于 100 km，台站分布如图 3 所示。大多数台站安装中国研制生产的 FBS-3 宽频带地震仪，部分台站安装中国研制生产的 FSS-3 短周期地震仪。FSS-3 短周期地震仪采用速度平坦型设计，频带宽度是 1s~20 Hz，采样率为 50 sps，动态范围为 90~120 dB，数据字长为 16 位。

区域遥测数字地震台网的主要任务是快速测定网内 $M_L \geq 2.5$ 地震、国内 $M_s \geq 6.0$ 地震、国外 $M_s \geq 7.0$ 地震参数，并且能够监测网内 $M_L \geq 1.5$ 地震；在各省地震局的组织下编辑台网观测报告，为地震预报、科学研究提供资料服务。

首都圈地区(包括北京市、天津市及河北省)是中国防震减灾重点示范区。为了加强对首都圈地区的地震监测和应急快速反应能力，在中央和北京市、天津市和河北省政府的支持下，从 1999~2001 年，建设了实时传输的首都圈数字地震台网。该台网由 107 个台站组成，台站之间的距离约 50 km，台站分布如图 4 所示。在中国地震局分析预报中心、中国地震局地球物理研究所、北京市地震局、天津市地震局和河北省地震局的共同管理下，该台网承担首都圈及其临近地区的地震监测和地震应急快速反应任务。其主要任务是对北京地区的监测能力达到 $M_L \geq 1.5$ ，首都圈地区达到 $M_L \geq 2.0$ ，华北地区达到 $M_L \geq 3.5$ ；在 10 分钟内速报北京地区 $M_L \geq 3.0$ 、首都圈地区 $M_L \geq 3.5$ 、华北地区 $M_L \geq 4.0$ 的地震参数。

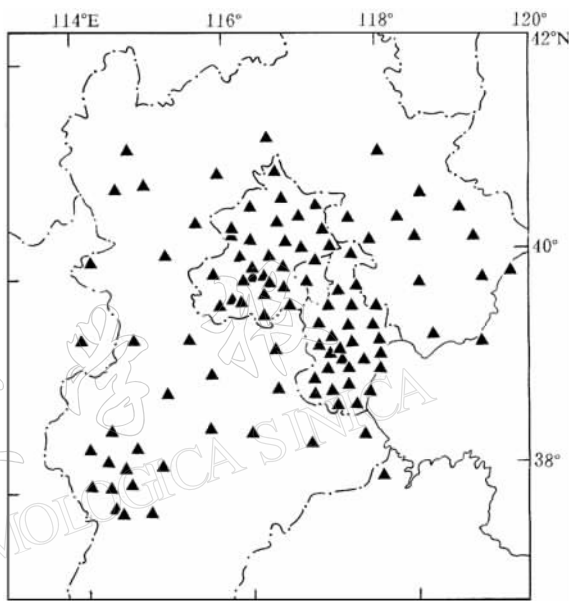


图 4 首都圈台网台站分布图

目前，21 个区域遥测数字地震台网共有 353 个子台，其中井下地震计 53 个(分布在首都圈数字地震台网)，地面地震计 300 个。北京、天津、河北、广东遥测数字地震台网子台的数据字长均为 24 位，其余台网子台的数据字长为 16 位(阴朝民，2001)。

3 流动数字地震台网

流动数字地震台网主要用于地震现场的临时观测或为某一科研项目开展的野外观测。从观测方式上，流动数字地震台网分为组网实时传输方式和以单台为独立单元的观测方式。从观测技术上讲，两种观测方式的仪器配置是一样的，都与区域数字遥测地震台网使用同样的仪器，只是仪器结构因适用野外观测环境而有所不同。

3.1 地震应急流动数字地震台网(组网方式)

中国地震局分析预报中心、中国地震局地球物理研究所和四川省地震局各装备由一个台网中心和 8 个子台组成的流动数字地震台网。新疆、云南、辽宁、广东和甘肃省地震局各装备 5 个流动观测子台和一套笔记本电脑回放系统，主要用于地震现场加密观测以及震

情跟踪研究.

3.2 地球深部探测流动数字地震台网(单台方式)

中国地震局地质研究所装备 30 套、中国地震局地球物理研究所装备 20 套流动地震仪,主要用于科学研究.

4 结语

通过“九五”期间“中国数字地震监测系统”建设项目和首都圈数字地震台网的建设,我国的地震监测系统得到了较大的发展,并在防震减灾和科学研究中发挥了重要作用.随着社会经济的不断发展和科学研究的不断深入,对地震监测系统提出了更高的要求,在中央和地方政府的支持下,中国地震监测系统在“十五”期间必将得到迅速的发展.

本文编写过程中得到周公威研究员和刘希玲高级工程师的指导和支持,在此表示感谢.

参 考 文 献

- 陈运泰, 吴忠良, 王培德, 等. 2000. 数字地震学[M]. 北京: 地震出版社, 6~20
- 刘瑞丰, 党京平, 陈培善. 1996. 利用速度型数字地震仪记录测定面波震级[J]. 地震地磁观测与研究, 17(3): 17~21
- 刘瑞丰, 陈培善, 党京平, 等. 1997. 宽频带数字地震记录仿真的应用[J]. 地震地磁观测与研究, 18(3): 7~12
- 刘瑞丰. 2001. 国家数字地震台网分中心的数据管理和服务[J]. 国际地震动态, (1): 37~42
- 阴朝民. 2001. 防震减灾技术系统的建设与发展[J]. 地震地磁观测与研究, 22(6): 1~12
- 周公威, 赖德伦, 姚立平. 1995. 中国数字地震台网(CDSN)及其二期技术改造[A]. 见: 陈运泰主编. 地球与空间科学观测技术进展(庆贺秦馨菱院士八十寿辰)[M]. 北京: 地震出版社, 68~73
- 周公威, 陈运泰, 吴忠良. 1997. 中国数字地震台网的数据在中国地震学中的应用[J]. 地震地磁观测与研究, 18(5): 68~79
- 庄灿涛, 薛兵, 杨大克, 等. 1995. 中国的数字化地震观测技术[A]. 见: 陈运泰主编. 地球与空间科学观测技术进展(庆贺秦馨菱院士八十寿辰)[M]. 北京: 地震出版社, 51~67
- 庄灿涛, 阴朝民, 吴忠良主编. 2003. 数字地震观测技术[M]. 北京: 地震出版社, 1~15

DEVELOPMENT OF CHINA DIGITAL SEISMOLOGICAL OBSERVATIONAL SYSTEMS

Liu Ruifeng¹⁾ Wu Zhongliang^{1,4)} Yin Chaomin²⁾
Chen Yuntai¹⁾ Zhuang Cantao³⁾

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

2) China Seismological Bureau, Beijing 100036, China

3) Center for Analysis and Prediction, China Seismological Bureau, Beijing 100036, China

4) Center for Earth System Science, The Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract: Development of China Digital Seismological Observational Systems during 1996~2000 and the Capital Circle Area Seismograph Network during 1999~2001 are reviewed, and the station distributions, instruments used, main tasks of National Digital Seismograph Network, Regional Digital Seismograph Network and Portable Digital Seismograph Network are introduced.

Key words: digital seismograph network; broadband; seismic monitoring