

Technical Guideline for Construction of
Earthquake Early Warning System

地震预警系统建设 技术指南

■ 李小军 主编

地震出版社

地震预警系统建设技术指南

Technical Guideline for Construction of
Earthquake Early Warning System

李小军 主编

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地震预警系统建设技术指南/李小军主编. —北京:

地震出版社, 2014. 9

ISBN 978-7-5028-4457-8

I. ①地… II. ①李… III. ①地震灾害—预警系统—建设—指南 IV. P315.75-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 189830 号

地震版 XM2964

地震预警系统建设技术指南

李小军 主编

责任编辑: 王 伟

责任校对: 孔景宽

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

发行部: 68423031 68467993

门市部: 68467991

总编室: 68462709 68423029

专业图书事业部: 68721991 68467982

<http://www.dzpress.com.cn>

E-mail: 68721991@sina.com

邮编: 100081

传真: 88421706

传真: 68467991

传真: 68455221

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京金康利印刷有限公司

版 (印) 次: 2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月第一次印刷

开本: 889 × 1194 1/32

字数: 57 千字

印张: 2.125

印数: 001 ~ 800

书号: ISBN 978-7-5028-4457-8/P (5147)

定价: 20.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

前 言

建立地震预警系统的构想最早由美国的 Cooper 于 1868 年提出,以提高旧金山的城市防御能力,但因当时技术条件的制约没能实现。100 年之后的 1972 年,日本人 Hakuno M 和 Takahashi H 等基于类似的理念构建了一个地震预警系统,随之地震预警的理论和方法研究得以起步并不断深入,同时,示范性和推广应用的 earthquake 预警系统建设逐步开展。

日本是世界上最早正式启用地震预警系统的国家,1988 年开始在东京都、青函海底隧道、东海道新干线、山阳新干线等陆续布设了紧急地震检测和预警系统,2000 年开始建设国家地震预警系统并于 2004 年开始运行。1991 年墨西哥市建立了世界上第一个向公众发布地震警报的地震预警系统。2006 年开始,美国启动了旨在建设加州综合地震台网(CISN)地震预警系统的方法研究和应用测试,2009 年开始本系统的建设实施,2012 年开始运行并为少量研究者提供实时地震预警信息。我国台湾于 2001 年基于气象部门观测网络建立了地震预警系统,对相关城市进行地震预警。

我国的地震预警系统的建设工作起步虽然较晚,但发展迅速。20 世纪 90 年代就开始了地震预警的相关研究,1997 年铁道部立项就京沪高速铁路地震预警系统建设进行技术研究,之后高速铁路地震预警系统建设进入了可行性研究阶段。2005 年中国地震局开始着手国家层面上的地震预警系统建设的规划。2008 年汶川地震后,我国地震预警系统的建设和相关方法及技术的研究得到大力推进。针对高速铁路工程的地震预警系统的建设发展较为迅速,已建成和投入运行的有京沪、哈大、京石武等高速铁

路的地震预警系统。同时针对城市和公众的地震预警系统建设有所突破，中国地震局已建成并运行福建和首都圈两个地震预警试验系统，成都高新减灾研究所已建成和运行多个局域性的地震预警试验系统，国家层面的两个区域地震预警系统即首都圈和兰州地区地震预警示范系统已完成建设并即将投入运行。

国际上已建设了一批地震预警系统，系统运行良好并在强地震中发挥了应有的作用，减灾效果明显。我国的城市和重大工程地震预警系统建设也在迅速推广，但目前国内外尚没有针对地震预警系统建设和运行的技术规程与规范。为此，在公益性行业科研专项“地震紧急处置关键技术及在快速轨道交通工程中应用”和国家科技支撑计划项目“地震预警与烈度速报系统的研究与示范应用”研究工作的基础上，结合“国家地震社会服务工程”项目中地震预警示范系统的建设工作，编写了本技术指南，试图以此引导和规范我国地震预警系统的建设和试运行工作，规范和统一工作内容、技术方法、技术要求及成果表达形式等。

本技术指南共分 13 章，另有 16 个附录。主要内容包括编制目的，范围，规范性引用文件，术语和定义，预警强震动台站建设，预警强震动台站设备，预警强震动台站的安装、调试与建台报告，预警中心，预警基础数据库，数据分析处理，建设档案，系统试运行和系统测试等。

目 录

1 编制目的	1
2 范围	1
3 规范性引用文件	1
4 术语和定义	2
5 预警强震动台站建设	3
6 预警强震动台站设备	7
7 预警强震动台站的安装、调试与建台报告	10
8 预警中心	11
9 预警基础数据库	12
10 数据分析处理	13
11 建设档案	14
12 系统试运行	14
13 系统测试	16
附录 5A (规范性附录) 台址环境振动测试的仪器、 观测方法及数据分析处理	18
附录 5B (规范性附录) 台址场地钻探与测试要求	20
附录 5C (规范性附录) 砖混结构观测室设计和 室内布局	21
附录 5D (规范性附录) 玻璃钢罩观测室外观及室内 布置设计	23
附录 5E (规范性附录) 摆墩设计示意图	25
附录 7A (规范性附录) 地震预警台站建台报告 格式和要求	28
附录 10A (规范性附录) 未校正加速度记录数据	30

附录 10B（规范性附录）	校正加速度记录数据	35
附录 10C（规范性附录）	校正速度记录数据	39
附录 10D（规范性附录）	校正位移记录数据	43
附录 10E（规范性附录）	反应谱数据	47
附录 10F（规范性附录）	傅里叶振幅谱数据	50
附录 12A（资料性附录）	预警台站现场检查表	53
附录 12B（资料性附录）	预警台站远程检查表	54
附录 12C（资料性附录）	预警中心试运行日志格式	55
附录 12D（资料性附录）	预警系统试运行报告格式	56
本技术指南用词说明		57

1 编制目的

目前国内外还没有编制和颁布地震预警系统建设和试运行的相关技术规程、规范和标准，为引导和规范国家、地方、企业和社会力量投资建设地震预警系统，规范系统建设和试运行的工作内容、技术方法、技术要求及成果表达形式，结合国内外地震预警系统建设经验和强震动台网建设相关技术规范要求编制本技术指南。本技术指南的应用还将为地震预警示范系统建设技术规范 and 标准的编制奠定基础。

2 范围

本技术指南提出了地震预警系统建设和试运行过程中强震动台站、系统中心、基础数据库的建设，记录数据、预警信息、建设档案的管理，系统软件、系统功能、仪器设备的技术指标，以及系统测试与试运行的内容等相关要求。

3 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本技术指南的引用而成为本技术指南的条款。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本技术指南，然而，鼓励根据本技术指南达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本技术指南。

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB/T 50269 地基动力特性测试规范

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

GB/T 18207.1 防震减灾术语 第1部分：基本术语

DB/T 17 — 2006 强震动台站建设规范

DB/T 13 — 2000 地震计接口

DB/T 10 — 2001 数字强震动加速度仪

DA/T 28 — 2002 国家重大建设项目文件归档要求与档案整理规范

GSGC — 03 中国数字强震动台网技术规程

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术指南。

4.1

地震预警 earthquake early warning

利用实时地震监测台网，在破坏性地震波到达前发出警报，以减少地震损失。

4.2

地震预警强震动台站 earthquake early warning station

用于地震预警的强震动观测台站。

4.3

地震预警台网 earthquake early warning network

为地震预警而专门设计布设的地震观测台网。

4.4

地震预警中心 earthquake early warning center

地震预警台网的系统监控与信息管理中心。

4.5

地震预警系统 earthquake early warning system

为地震预警而专门设计建设的地震观测与信息处理系统，由地震预警台网和地震预警中心组成。

4.6

地震预警震级 earthquake early warning magnitude

根据地震预警台网的实时地震观测数据快速估计的震级，其值会随地震信息的积累而更新。

4.7

地震预警时间 earthquake early warning time

地震预警信息收到时刻与破坏性地震波到达时刻之差。

5 预警强震动台站建设

5.1 选址

5.1.1 应考虑地震地质环境，宜布设在活动断层附近及预警目标周边。

5.1.2 应避免城乡发展规划对强震动观测的不利影响。

5.1.3 应选择自由场地，宜避开回填土、河滩场地，及陡坎和高大建筑物附近。

5.1.4 宜置于基岩或硬土地地上。

5.1.5 应避开各种强干扰源，场地的最大背景振动加速度噪声均方根值应小于 $0.0001 g_n$ 。

5.1.6 应具有电力、通讯、交通和安全保障条件。

5.2 场地勘测

5.2.1 环境振动测试

应进行台址场地环境振动测试，确定地震动噪声水平和卓越周期。测试仪器、方法及数据分析处理要求见附录 5A。

5.2.2 工程地质条件钻探与测试

当台址位于土层场地上时，应进行场地工程地质条件勘测，包括钻孔、土层剪切波速测试和土动力参数试验等，应编制土层分布柱状图和剪切波速分布图。勘测要求见附录 5B。

5.3 观测室

5.3.1 基本要求

5.3.1.1 宜选用砖混结构或玻璃钢罩形式。

5.3.1.2 应具有较高的抗震能力。砖混结构观测室应进行抗震设计，设计要求见 GB 50011《建筑抗震设计规范》中对乙类建筑的规定；玻璃钢罩应与基础锚固。

5.3.1.3 应防火、防盗、排水、通风，应满足设备运行环境要求。

5.3.1.4 室内仪器配电线路和照明配电线路应互相隔离。

5.3.1.5 室内通讯、配电线路应在房屋建设与装修时统一标准设计，应采取穿管暗线施工。

5.3.2 观测室设计

5.3.2.1 砖混结构观测室

应进行专门设计，观测室平面尺寸和室内布局设计要求见附录 5C。

5.3.2.2 玻璃钢罩观测室

应采用专门设计的玻璃钢罩，外观及室内布置见附录 5D。

5.4 摆墩

摆墩制作应符合下列规定：

- 1) 摆墩顶面的四边宜与地理东、南、西、北方位一致。
- 2) 应避免摆墩与任何建筑物刚性相连。
- 3) 设计要求见附录 5E。

5.5 通讯

5.5.1 基本要求

- 5.5.1.1 上传速率应 ≥ 19200 bps。
- 5.5.1.2 波形数据传输连续率应 $> 95\%$ 。
- 5.5.1.3 误码率应 $\leq 10^{-6}$ 。
- 5.5.1.4 延时应 ≤ 1000 ms。
- 5.5.1.5 应具有 20 s 数据缓存及重传能力。
- 5.5.1.6 宜采用有线通讯方式。

5.5.2 有线通讯

宜采用 SDH 光纤模式。

5.5.3 无线通讯

宜采用 3G 及以上系统。

5.6 供电与避雷

5.6.1 供电

- 5.6.1.1 应采用交流供电或太阳能供电方式。应满足以下要求：

- 1) 应安装配电箱和电源插座, 配电线路应避免环状架设。
- 2) 电气装置接地措施应按照 GB 50169《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》的规定。

5.6.1.2 交流供电设施应满足以下要求:

- 1) 应安装独立的配电箱, 配电器材应选用安全优质产品。
- 2) 室内配电线路应采用阻燃管穿线安装。砖混结构观测室插座埋墙暗装, 玻璃钢罩观测室插座可明装, 应防潮、绝缘。
- 3) 应配置持续供电不少于 5 天的蓄电池容量, 交流转直流供电宜采用交直流隔离的供电设备。

5.6.1.3 太阳能供电:

应按当地有史料记载以来最长连续阴雨天数, 配置太阳能板功率和电池容量。

5.6.2 避雷

5.6.2.1 建筑物避雷

砖混结构观测室宜按 GB 50057《建筑物防雷设计规范》中规定的第三类防雷建筑物要求进行避雷设计。

5.6.2.2 配电线路避雷

避雷输入端应采用两级及以上避雷措施, 避雷接地电阻应小于 $10\ \Omega$ 。

强雷区配电电缆入室前 15 m 应埋地, 宜采用铠装电缆或金属套管屏蔽。

5.6.2.3 通讯线路避雷

通讯线路(包括数据传输专线、网络线路、GPS 天线馈线、无线设备馈线)上应安装信号避雷器, 避雷接地电阻应小于 $10\ \Omega$ 。

6 预警强震动台站设备

6.1 强震动加速度计

6.1.1 应满足表 6.1 所列的技术指标要求。

表 6.1 强震动加速度计主要技术指标

序号	项目	技术指标
1	类型	三分量力平衡式加速度计
2	测量范围	$\pm 2.0 g_n$
3	灵敏度	$\pm 1.25 V/g_n$
4	动态范围	$\geq 120 \text{ dB}$
5	满量程输出	$\pm 2.5 \text{ V}$; 单端或差分输出
6	线性度	$\leq 1\%$
7	频率响应	DC ~ 80 Hz 平坦, 线性相移或最小相移
8	横向灵敏度比	$\leq 1\%$
9	静态耗电 (三分量)	$\leq 0.3 \text{ W}$
10	噪声均方根值	$< 10^{-6} g_n$
11	零位漂移 ($-20^\circ\text{C} \sim 65^\circ\text{C}$)	$< 500 \mu g_n/^\circ\text{C}$
12	运行环境温度	$-20^\circ\text{C} \sim 65^\circ\text{C}$
13	运行相对湿度 (RH)	0 ~ 90%

6.1.2 应具备自振频率和阻尼信号输出功能。

6.1.3 应给出输出极性、安装方式、安装角度范围及极限加速度和最大冲击加速度。

6.1.4 接口应符合 DB/T 13 — 2000 《地震计接口》中 5.4 条的要求。

6.2 强震动记录器

6.2.1 应包括数据采集单元、触发单元、存贮单元、计时单元、通讯单元及控制单元等。

6.2.2 应满足表 6.2 所列的技术指标要求。

表 6.2 强震动记录器的主要技术指标

序号	项目	技术指标
1	通道数	不少于 3 个
2	A/D 转换器	不低于 24 位
3	满量程输入	$\pm 2.5\text{ V}$ （标称值）或 $\pm 5.0\text{ V}$ ， $\pm 10.0\text{ V}$ （选用）
4	分辨力	不低于 18 位
5	采样率	应至少有 2 档，程控，高档采样率不低于 200 sps
6	噪声	$< 8\text{ }\mu\text{V}$
7	动态范围	不低于 108 dB
8	频率响应	DC ~ 80 Hz 平坦，线性相移或最小相移
9	道间延迟	无
10	零点漂移	$< 100\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
11	数据流	以太网、串口数据流输出，实时波形数据包输出间隔小于 0.5 s
12	供电	直流 12 V，功耗小于 3 W（等待记录状态）
13	运行环境温度	$-20^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$
14	运行相对湿度（RH）	0 ~ 90%

6.2.3 数据采集单元低通滤波器应具备线性相移和最小相移的 FIR 数字滤波器。下降 3 dB 的频率点应不小于采样率的 40%，在大于采样率 50% 的频段应至少衰减 90 dB。

6.2.4 触发单元的要求见 DB/T 10 — 2001 《数字强震动加速度仪》中 5.2 条。

6.2.5 存储单元容量应不小于 1 GB。宜采用非易失 CMOS 静态存储芯片或固态盘等固态存储介质。

6.2.6 计时单元应满足以下要求：

- 1) 提供准确的绝对时间。
- 2) 采用协调世界时 (UTC)，并具有设置时区功能。
- 3) 采用全球定位系统确定校时信号和定位数据。

6.2.7 通讯单元应满足以下要求：

- 1) 具有本地通讯和远程通讯的能力。
- 2) 配置 RS-232 (XMODEM、YMODEM 或 ZMODEM 协议) 和 RJ45 (TCP/IP) 通讯接口。
- 3) 通讯速率不小于 19200 bps。

6.2.8 控制单元的要求见 DB/T 10 — 2001 《数字强震动加速度仪》中 5.6 条。

6.3 强震动加速度仪检测

6.3.1 包括加速度计检测、记录器检测和记录仪一致性检验。

6.3.2 加速度计检测：

应对加速度计的灵敏度、线性度、测量范围、满量程输出、噪声、动态范围、幅频特性、相频特性、横向灵敏度比、静态耗电 (三分量)、零位漂移等参数进行测试检验，测试要求见 DB/T 10 — 2001 《数字强震动加速度仪》中 4.3 条。

6.3.3 记录器检测：

应对记录器的噪声、动态范围、分辨力、幅频响应、带通滤波器、守时精度、校时精度、功耗和零点漂移等参数进行测试检

验，测试要求见 DB/T 10 — 2001 《数字强震动加速度仪》中 5.1.2、5.1.3、5.1.4、5.1.5、5.2.1、5.4.5、5.4.6 条。

6.3.4 记录仪一致性检验：

6.3.4.1 在同一预警系统中采用多种型号强震动加速度记录仪的情况下，应对不同型号仪器抽样进行一致性检验。

6.3.4.2 应采用振动台法（动态法），将被测强震动加速度记录仪（加速度计）同时固定在同一振动台台面上，选择 3 条幅值不等的强震动记录作为振动台输入地震动，最大峰值加速度宜不小于 $0.5 g$ 。被测强震动加速度仪的记录峰值加速度与所有记录峰值加速度平均值的相对误差应 $\leq 5\%$ ，在 $0.04 s \leq T \leq 10 s$ 周期范围内的加速度反应谱（阻尼比 5% ）与所有记录加速度反应谱平均值的相对误差应 $\leq 2\%$ 。

7 预警强震动台站的安装、调试与建台报告

7.1 安装调试内容

包括加速度计、记录器、GPS 天线、通讯设备、供电设备、避雷设备及其他辅助设备的安装和调试。

7.2 安装要求

7.2.1 应严格按照仪器使用说明书中的安装要求和步骤进行。

7.2.2 强震动加速度计或内置加速度计的强震动记录仪应调平，将两个水平向分量分别对准南北方向和东西方向（误差应小于 1° ），并锚固在仪器墩上。

7.2.3 所有仪器和辅助设备应稳固放置。

7.2.4 所有连接应牢固可靠。

7.2.5 GPS 天线应能同时接收到 4 颗以上卫星信号。

7.2.6 强震动记录仪应接地。