

ICS 27.120.99
F 81
备案号: 36001—2012

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20076—2012

代替 EJ/T 761—1993

核电厂地震仪表准则

Earthquake instrumentation criteria for nuclear power plants

2012 - 01 - 06 发布

2012 - 04 - 06 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 术语和定义 1

3 总体说明与要求 2

4 仪表特性 4

5 仪表站的设置 6

6 附件 7

7 其他仪表 7

8 检查和维护 7

参考文献 10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 EJ/T 761—1993《核电厂地震仪表准则》。与 EJ/T 761—1993 相比，除编辑性修改外，主要技术改变如下：

- 删除了术语“地震开关、峰值加速度计、反应谱记录计、不可达的仪表”及其定义（见 1993 年版的 2.5~2.7、2.13）；
- 增加了“I 类构筑物、安全壳基础、累积绝对速度、自由场、记录仪”等术语及其定义（见 2.2、2.6、2.7、2.8、2.10）；
- 将“仪表的位置和数量”的标题改为“总体说明及要求”；并使用当前的先进的分析和设计技术，对地震仪表类型、数据分析和仪表布置进行必要的增加和修改（见第 3 章，1993 年版的第 3 章）；
- 根据地震仪表选型，修改了无源仪表、峰值加速度仪和地震开关等内容（见第 4 章，1993 年版的第 4 章）；
- 增加了“附件”的内容（见第 6 章）；
- 将“维护”的标题改为“检查和维护”，同时根据地震仪表及设备的变化，对其内容以及描述格式进行修改（见第 8 章，1993 年版的第 7 章）；
- 删除附录 A 和附录 B。

本标准参考 ANSI/ANS-2.2-2002《核电厂地震仪表准则》编写。

本标准由能源行业核电标准技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国核电工程有限公司。

本标准主要起草人：陈日罡、杜德君。

EJ/T 761 于 1993 年 4 月首次发布，本次为第一次修订。

核电厂地震仪表准则

1 范围

本标准规定了安装在核电厂的地震仪表系统的最低要求。

本标准适用于陆上轻水堆核电厂用于监测的地震仪表系统,其他类型核设施的地震仪表系统也可参考执行。

本标准不适用于:

- a) 在达到预定地面加速度时,自动触发停闭核电厂的地震仪表系统;
- b) 地震仪表记录评估的程序和数据处理。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

加速度传感器 acceleration sensor

能够测量绝对加速度的仪表,它能产生传输给记录设备的信号。

2.2

I类构筑物 category I structure

核电厂中与核安全有关的重要构筑物,包括损坏后直接或间接造成事故的构筑物,此类构筑物采用运行基准地震和安全停堆地震进行抗震设计。

2.3

通道标定 channel calibration

对仪表、传感器或系统进行测试,必要时进行调整,使其能够在规定的量程和精度范围内工作。这种标定可能要求仪表从安装位置上拆下。

2.4

通道检查 channel check

对时程加速度仪的通道功能状态定性核实,这种检查就地进行,与通道功能试验可能相同。

2.5

通道功能试验 channel function test

一种不加调整的测试。向仪表、传感器或系统提供一个已知的输入量,证明它们能正确执行其功能。这种功能试验不一定要求仪表从安装位置上拆下。

2.6

安全壳基础 containment foundation

安全壳或者反应堆厂房的基础,如果邻近基础与安全壳基础是一体构造的,也应包括该基础。

2.7

累积绝对速度 cumulative absolute velocity (CAV)

强震动期间内绝对加速度的时间积分。此数值可以很好的表征地震时程的破坏潜力。

2.8

自由场 free-field

用于安装地震动传感器的地表区域，该地表区域的地震动仅为地表的震动，受地表设施、建筑和设备的影响很小。

2.9

仪表站 instrumentation station

可提供一种或多种规定功能的一个或多个仪表（如加速度传感器、记录仪和地震触发器）的集合，包括其支撑、基础、外壳和辅助设备。

2.10

记录仪 recorder

能记录一个或多个加速度传感器数据的仪表。

2.11

时程记录仪 time-history recorder

能同步记录来自加速度传感器数据与时间关系曲线的仪表。

2.12

地震触发器 seismic trigger (S/T)

当超过预置的加速度值时，能启动时程加速度仪的设备。

2.13

时程加速度仪 time-history accelerograph (T/A)

能测量和永久记录加速度与时间关系的仪表。它由加速度传感器、时程记录仪、地震触发器等组成，它们可以组装在一起（以下称整装）或分体安装。根据它所记录的时程曲线，可以确定峰值加速度值，并计算出反应谱曲线。

2.14

三轴向 triaxial

能够在三个相互正交的元件（方向）上测量一个变量，其中一个元件（方向）是垂直的；用于描述一个或一组仪表的功能。

3 总体说明与要求

3.1 仪表描述

本条仅描述当前可用的仪表类型。

时程加速度仪是测量震动最重要的仪表。加速度仪由多个加速度传感器组成，可以将数据传送至远程中心记录仪，也可以记录数据用于将来的读取。

目前，时程加速度仪基于数字技术。相比于模拟仪表，它能够进行更加精确的数据采集，具有更高的可靠性，与计算机系统更直接的兼容性。该兼容性特性主要表现在快速数据处理方面，根据用户的设计可以在就地或其他指定地点实现数据处理。

3.2 数据分析

时程加速度仪数据包括如下信息：

- a) 震动的时程记录；
- b) 在一个反应谱下的振幅；
- c) 快速指示指定的加速度值是否被超过；

- d) 快速指示任一指定的谱加速度值是否被超过；
- e) 峰值加速度；
- f) 累积绝对速度。

3.3 数据信息

仪表安装位置的选择应确保仪表生成的数据与抗震设计中所采用的输入和输出震动位置直接关联。由安装在自由场和I类构筑物基础的仪表判定输入震动地面运动。由安装在布置有反应堆设备支撑物、反应堆管道支撑物、其他I类设备和管道支撑物的构筑物不同高度的仪表判定输出震动响应运动。

仪表安装位置应由核电厂设计者选择，确保获取足够的信息（图1提供安装位置指导）来满足本标准要求，以便与抗震设计中使用的计算震动反应相比较。

仪表的布置，安装和维护设计应遵守辐射防护的合理可行尽量低（ALARA）原则。

3.4 传感器位置要求

本标准仅对时程加速度仪的测点布置提出要求。测点的布置应提供下列位置的地震动记录，如图1所示：

- a) 自由场；
- b) 安全壳基础；
- c) 安全壳内一个构筑物的两个不同高度（例如安全壳内部的，由安全壳基础支撑的构筑物）；
- d) 与安全壳构筑物的地震动反应不同的、独立的、抗震I类构筑物基础；
- e) d) 中选择的独立抗震I类构筑物的一个高度。

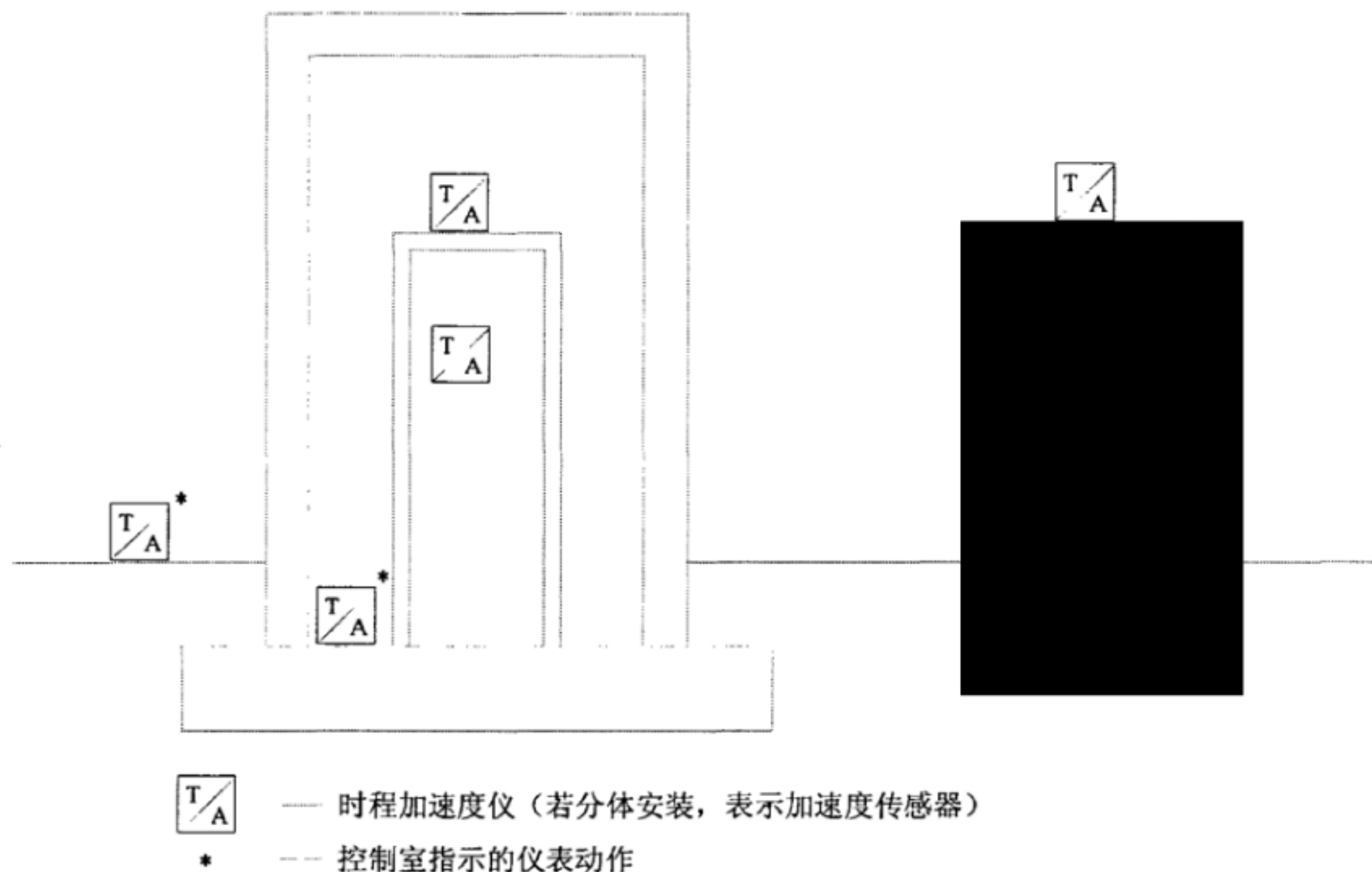


图1 时程加速度仪的布置

3.5 多单元机组厂址的仪表

对于多机组厂址，如果在一台机组上已经根据本标准规定安装了地震仪表，根据核电厂抗震分析结果，其他机组基本上具有同样的地震反应时，则其他机组不要求再设置地震仪表。但在控制室分开设置的情况下，每个控制室或单元控制盘应分别设置5.5规定的远距离指示。

3.6 仪表的相互连接性

在同一建筑物中的不同高度时程加速度仪可以不互相连接。

3.7 数据评估的时间性

时程加速度仪记录的数据应在4 h内处理。

4 仪表特性

4.1 总则

4.1.1 精度

应按照5.6规定的精度要求设计仪表。

4.1.2 电源

传感器和记录仪电源应提供足够容量，在不低于通道检查试验时间间隔内的任何时候，都能够检测和记录25 min的震动。可通过配置电池的方式实现这一要求。电池在不需重新充电的情况下，应提供系统运行25 min所需的容量。该电池的充电器与不间断电源或线性电源连接。在不间断电源或线性电源不可用时，可通过控制室报警或每隔24 h检查的就地报警指示电池充电器断电；另外，如果使用更大容量的电池，可以增大报警时间间隔。

4.1.3 在线试验

地震仪表设计应包括在线试验方案。在电厂正常运行期间，这些仪表应能够进行定期通道检查。同时仪表可以进行就地功能试验。建议使用具备“远程”在线通道检查能力的仪表。一些仪表可能安装在不可达的位置，其设计应允许进行非经常性的在线试验。

4.1.4 可靠性

在仪表安装之前，应通过原型试验、环境试验、已有试验结果分析或这些方法的组合，论证仪表运行的可靠性。设计的仪表应精确检测和记录传感器安装处地震引起的震动。

4.1.5 维修

仪表维修程序应与5.6和第8章的要求一致。建议对供货商的推荐方法进行评估并将其适当结合到程序中。

4.1.6 频率范围

4.2~4.5给出了仪表和记录仪的典型频率范围。对于某些情况，选择较高或较低的频率可能更合适，这应根据被测支撑结构和设备的振动特性和仪表功能来确定。

4.2 加速度传感器

注：除非其他指标被证明更为适合，仪表特性规定见4.2.1~4.2.5。

4.2.1 动态范围

1000:1（零到峰值），例如：0.001g~1.0g。

4.2.2 频率范围

0.02 Hz~50.0 Hz，通过对记录的加速度图采用计算技术，可以达到该频率范围。

4.2.3 阻尼

阻尼为临界阻尼的55%~70%，并与速度成正比。

4.2.4 伪共振

在规定的频段之内，例如0.02 Hz~50.0 Hz，无伪共振。

4.2.5 横轴灵敏度

垂直于传感器灵敏轴方向的加速度分量灵敏度不超过0.03g/g。

4.3 时程记录仪

4.3.1 记录介质

时程记录仪应具备存档能力。所有的地震记录宜在电厂整个寿期内保存。信息应以数字化形式保存在计算机存储器、磁带或磁盘上。如果记录存储在计算机存储器中，应在记录处理阶段将其转移到永久介质上，防止意外丢失。

4.3.2 记录速度

每个设备的采样速率不少于每秒200个样本。

4.3.3 频带宽度

频带宽度不小于50 Hz。

4.3.4 计时

地震发生时的数据应能够精确区分主震和震前、震后。

4.3.5 动态范围

记录仪的动态范围至少是1000:1（零到峰值），同时记录仪应能够记录1.0g。

4.4 地震触发器

4.4.1 启动水平

地震触发器设定的启动范围为0.005g~0.02g。

4.4.2 频率范围

地震触发器的频率范围为1 Hz~10 Hz。

4.4.3 输出

地震触发器的输出应与被触发设备相匹配。

4.4.4 结合性

地震触发器可以整装在时程加速度仪中，也可以与时程加速度仪分开安装（见5.2）。

4.5 时程加速度仪

4.5.1 加速度传感器

加速度传感器的特性见4.2。

4.5.2 时程记录仪

时程记录仪的特性见4.3。

4.5.3 地震触发器

地震触发器的特性见4.4。

4.5.4 记录顺序

时程加速度仪应能够在所有运行模式下连续运行，包括在电厂停闭期间，能够记录地震触发器触发前3s的震动。地震超过地震触发器阈值期间，时程加速度仪应连续工作，在最后一次地震触发信号之后，至少还要运行5s。时程加速度仪至少能够记录25 min。

4.5.5 通道功能试验

时程加速度仪应能在安装位置上进行通道功能试验，试验结果作为永久性记录的一部分。

5 仪表站的设置

5.1 可达性

在核电厂满功率运行期间，仪表站应该是可达的，以便进行必要的维护。对传感器位于不可达区域的仪表站，宜提供必要措施以便在可达区域进行数据记录和一定的维护工作，同时该仪表宜能够提供外部远程报警以指示传感器启动。在发生地震时，记录自由场地震动的仪表站应可以立即到达。

5.2 设计和安装

仪表站传感器的设计和安装应保证刚性连接。时程加速度仪（包括加速度传感器、时程记录仪、地震触发器）的各部件可以整装在一起，也可以分体安装。

仪表及其连接部分的安装宜按照供货商的建议进行。

5.3 定向

仪表站内三轴向仪表应定向放置，使仪表一个水平轴平行于地震分析中假设的主水平轴，同一仪表站其他仪表的轴向应平行于三轴向仪表相对应的轴向。

5.4 启动

5.4.1 一般要求

垂直和水平方向的输入地震动都能够使每一个时程加速度仪启动。应该防止误触发。如果多个时程加速度仪是互联的，则一个地震触发器可以同时触发这些时程加速度仪。在这种情况下，地震触发器应与最靠近自由场地面标高的时程加速度仪安装在一起。

5.4.2 启动水平

时程加速度仪的地震触发阈值设定为不超过 $0.02g$ （地面加速度）。

5.5 远距离指示

自由场或任何基础上的地震触发器一旦启动，则应激活所有控制室内的远距离指示。

5.6 精度

仪表在设计温度、湿度、压力、振动和辐射的环境条件下，应确保最终数据（包括数据处理）总误差不超过满量程的 $+5\%$ ，在 $0.01g$ 处的误差线性变化到不超过满量程的 $+1.5\%$ 。

5.7 防护

为了防止运行设备、非抗震设计建筑物和设备或其他设施的意外撞击，应提供防护措施。

6 附件

地震仪表记录处理所需的标定标准、计算机软件、记录分析仪等附件，应在现场或其他合适的地方准备妥当，一旦需要进行记录处理，能够在 4 h 之内完成。

7 其他仪表

本标准规定的内容是对地震仪表的最低要求，可以采用新的仪表替代本标准规定位置上的那些仪表，但核电厂的设计者应证明这种新的仪表仍然能满足本标准的要求。

8 检查和维护

8.1 一般要求

8.1.1

8.1.2 概述

为了保证仪表能按规定要求工作，应制定检查和维护程序。根据仪表说明书或合适的图纸，应预先计划和执行检查和维护工作。电厂启动之前，应制定检查和维护程序，包括技术、试验和管理，并编制成文件。除了在计划的维护期间，仪表在电厂的运行和停闭期间应工作。

8.1.3 技术规程

在程序中应对每台仪表的正常检查和维护活动进行详细说明。在编制试验和维护程序过程中，应考虑并适当采纳供货商的建议。

8.1.4 试验规程

应进行定期的通道检查、功能试验和标定，实施周期见8.2。这些试验为评价仪表状态、实施检查和维护程序的效果提供数据。

8.1.5 管理规程

检查、维护、修理、更换和修改工作的管理规程至少应包括：

- a) 维修人员资格审查和批准的方法；
- b) 在电厂寿期内，应对每台地震仪表的维修记录建档保存；记录内容应包括最后一次使用日期、当前的运行状态和标定记录、后续工作建议和完成此项工作人员资格。

在初始安装和每次使用自由场时程加速度仪后，应使用标准输入信号或适当的时程数据计算一个反应谱和累积绝对速度。

8.2 计划表

8.2.1 一般要求

在检查和维护计划中，应规定检查时间和按寿期规定的物项更换时间。应充分地考虑每种类型设备的特性和运行寿期。

8.2.2 具体的检查和维护任务

每月执行一次通道检查；运行期间，每6个月进行一次通道功能试验；每18个月或换料周期（按照周期短的执行）进行一次通道标定。

启用后的最初3个月中，应每2周进行一次通道检查；故障通常发生在初始运行数小时内。初始运行3个月后，再连续进行三次检查均合格，才能转为每月检查一次。

仪表应进行目视检查，确认实体是否损坏。可达仪表应每月检查一次。不能每月检查的仪表应在电厂运行允许的条件下进行目视检查，但其频度不必多于每月一次。

8.3 试验内容要求

8.3.1 概述

地震监测仪表检查和维护要求应满足8.2的要求。个别仪表不一定满足8.3.2~8.3.4中列出的所有要求。地震仪表供货商应在每个产品说明书中具体说明如何进行通道检查、通道功能试验和通道标定。如果某些试验程序和数据要求与8.3.2~8.3.4中列出的不同，但满足或超过本标准要求，则仍可采用。8.1.3的试验程序应规定应用于每台仪表的试验数据。

8.3.2 通道检查

通道检查包括：

- a) 传感器和记录仪的功能性；
- b) 输出信号的连续性；
- c) 本底噪声水平；
- d) 触点的功能性和报警；
- e) 电源电压；
- f) 电池电压、外观和寿命。

8.3.3 通道功能试验

通道功能试验包括：

- a) 所有通道检查;
- b) 额定幅值灵敏度;
- c) 传感器自振频率;
- d) 传感器阻尼;
- e) 传感器和记录系统的频率响应。

8.3.4 通道标定

通道标定包括:

- a) 进行所有通道功能试验;
- b) 确定每个传感器幅值灵敏度;
- c) 确认触发器和报警设定值;
- d) 确定传感器和记录仪动态范围。

参 考 文 献

- [1] ANSI/ANS-2.10-2003 Criteria for the Handling and Initial Evaluation of Records from Nuclear Power Plant Seismic Instrumentation.
 - [2] NRC Regulatory Guide 1.29 Seismic Design Classification.
 - [3] NRC Regulatory Guide 8.8 Information Relevant to Ensuring That Occupation Radiation Exposures at Nuclear Power Stations Will Be As Low As Is Reasonably Achievable.
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂地震仪表准则

NB/T 20076—2012

*

原子能出版社出版
核工业标准化研究所发行
北京海淀区骚子营 1 号院
邮政编码：100091

电话：010-62863505

总装备部军标出版发行部印刷车间印刷

版权专有 不得翻印

*

2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷
印数 1—200