



中华人民共和国国家标准

GB/T 25838—2010

核电厂安全级电阻温度探测器的 质量鉴定

Qualification of safety class resistance temperature detectors for
nuclear power plants

2010-12-23 发布

2011-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术规格书 3

5 质量鉴定方法 4

6 鉴定试验大纲和鉴定试验程序 4

7 鉴定试验准备 5

8 基准试验 6

9 极限使用条件下的试验 9

10 评价设备性能随时间变化的试验 10

11 事故和事故后环境条件下的试验 13

12 试验程序综合及顺序表 16

13 鉴定试验记录和报告 16

附录 A (资料性附录) 可应用于电阻温度探测器的水平和垂直方向 OBE 和 SSE 的要求反应谱 18

附录 B (资料性附录) 典型的设计基准事故环境条件变化曲线 19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准是 GB/T 12727—2002《核电厂安全系统电气设备质量鉴定》的配套标准,为执行 GB/T 12727—2002《核电厂安全系统电气设备质量鉴定》的要求提供了具体化的实施条件。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会(SAC/TC 30)归口。

本标准起草单位:核工业标准化研究所、中科华核电技术研究院北京分院。

本标准主要起草人:崔贞北、邱建文、于宏伟、郑骈垚、耿文行。

核电厂安全级电阻温度探测器的 质量鉴定

1 范围

本标准规定了核电厂安全级电阻温度探测器质量鉴定所采用的试验项目、试验条件、试验方法和验收准则。

本标准适用于压水堆核电厂中安全级电阻温度探测器的质量鉴定。

本标准也可供其他类型核电厂安全级电阻温度探测器进行质量鉴定时参考。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2421.1—2008 电工电子产品环境试验 概述和指南

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12 h+12 h 循环)

GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)

GB/T 12727—2002 核电厂 安全系统电气设备 质量鉴定

GB/T 13625—1992 核电厂安全系统电气设备抗震鉴定

EJ 1039—1996 核电厂核岛机械设备无损检验规范

EJ/T 1197—2007 核电厂安全级电气设备质量鉴定试验方法与环境条件

JB/T 8622—1997 工业铂热电阻技术条件和分度表

IEC 60751:2008 工业铂电阻温度计和铂温度传感器(Industrial platinum thermometers and platinum temperature sensors)

IEC 62397:2007 核电站 仪器装置和控制系统 电阻温度探测器(Nuclear power plants—Instrumentation and control important to safety—Resistance temperature detectors)

3 术语和定义

GB/T 12727—2002 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

鉴定程序 qualification procedure

提供某类设备质量证明的程序。

3.2

条件试验 conditioning

把试验样品暴露在试验环境中,以确定这些条件对试验样品的影响。

3.3

预处理 pre-conditioning

为消除或部分消除试验样品以前经历的各种响应,在条件试验前对试验样品所做的处理。

3.4

恢复 recovery

在条件试验之后,最后检测之前,为使试验样品的性能稳定所做的处理。

3.5

感温元件 sensing resistor

铂热电阻中用来感受温度的电阻器。

3.6

保护管 protective tube

用来保护感温元件-内引线组件免受环境有害影响的管状物。

3.7

电阻温度探测器 resistance temperature detector (RTD)

通常由对铂电阻起保护作用的不锈钢圆柱形保护管制成的探测器,其中铂电阻的电阻值随温度而变化。探测器位于包含有被测流体的管道中,它可以直接置入流体中,或由套管进行保护。

[IEC 62397:2007,定义 3.5]

3.8

套管 thermowell

套管保护温度探测器,并使之可在带载荷的回路上进行拆卸。

3.9

探测器头 detector head

包含有感温元件的机械固定装置和电气连接装置的温度探测器上部部件。

3.10

影响量 influencing variable

通常指设备以外可能影响其运行的变量。

3.11

额定运行条件 nominal operating conditions

测量范围以及规定有运行特性的额定运行范围的总和。

3.12

极限使用条件 limit conditions of operation

影响量和功能特性超出其各自额定运行范围和测量范围的数值范围总和。在这些范围内设备可以运行,而当设备重新在额定运行条件下运行时,既不出现设备损坏,也不导致功能特性下降。

3.13

分度特性 calibration characteristics

由标准规定的铂热电阻的电阻-温度关系。

3.14

分度表 reference table

用表格形式表示的铂热电阻的分度特性。

3.15

允差 tolerance

铂热电阻实际的电阻-温度关系偏离分度表的允许范围。

3.16

热响应时间 thermal response time

在温度出现阶跃变化时铂热电阻的电阻值变化至相当于该阶跃变化的某个规定百分数所需的时间,通常以 τ 表示。

3.17

自热 self-heating

铂热电阻的激励功率造成感温元件加热。

3.18

置入深度 immersion depth

从保护管底部算起,铂热电阻处于被测温空间的长度。

3.19

K1 类设备 K1 category equipment

位于安全壳内,应在对应于核电机组正常、事故和(或)事故后运行工况的环境条件下以及地震荷载下保证其功能的设备。

3.20

K2 类设备 K2 category equipment

位于安全壳内,应在对应于正常运行工况的环境条件下以及地震荷载下保证其功能的设备。

3.21

K3 类设备 K3 category equipment

位于安全壳外,应在对应于正常运行工况的环境条件下以及地震荷载下保证其功能的设备。

4 技术规格书

本章阐述了技术规格书中应为设备鉴定说明的条款,包括设备标识、功能和性能要求、设备电源要求及设计环境条件,以及电源、环境条件变化对设备功能特性的影响。

安全级电阻温度探测器的技术规格书宜包括:

- a) 所属的分类;
- b) 分度表与分度号;
- c) 标称电阻;
- d) 温度测量范围及允差;
- e) 自热误差;
- f) 置入深度;
- g) 内连线电阻;
- h) 可互换性;
- i) 电气绝缘特性;
- j) 重复性;
- k) 抗震要求;
- l) 热响应时间;
- m) 额定电流范围,不损坏敏感元件时的最大允许电流;
- n) 材料:敏感元件、密封、套管;
- o) 结构、电气连接方式、机械连接方式;
- p) 使用环境条件。

技术规格书中还应说明:

- a) 适应于其设备的接地回路布线图;
- b) 探测器部件相互间的各个上紧力矩,以及在探测器固定设备上的上紧力矩;
- c) 应与探测器相连接的电缆的技术特性(如有必要);
- d) 套管的结构特性(如有必要)。

5 质量鉴定方法

设备质量鉴定可通过分析法、试验法(主要指型式试验)、运行经验法或组合法(分析、试验、运行经验的结合)获得的证据,以证明在规定的运行条件 and 环境条件下设备能满足其规定的准确度和性能要求。

本标准阐述了使用试验法对电阻温度探测器进行质量鉴定。

6 鉴定试验大纲和鉴定试验程序

6.1 鉴定试验大纲

应制定鉴定试验大纲,鉴定试验大纲是开展设备鉴定试验的纲领性文件。试验大纲应与设备技术规格书相协调,且详细说明应进行的各项试验和建立设备技术规格书与试验结果之间的联系,以使所提供的证据证明所采用的试验方法是合适的。鉴定试验大纲应包括:

- a) 待试验设备说明;
- b) 待试验样本设备的数量及其标识;
- c) 安装、连接和其他接口的要求;
- d) 老化模拟程序;
- e) 模拟的运行条件 and 环境条件;
- f) 需测定的环境变量、设备性能 and 验收准则;
- g) 对试验设备的要求,包括准确度;
- h) 鉴定试验期间允许的维修 and 更换;
- i) 性能限值 and 故障定义;
- j) 鉴定试验数据的文档要求;
- k) 设备技术规格书中不适用部分的说明;
- l) 鉴定试验项目的顺序;
- m) 以上没有涉及但在试验期间可能对设备有影响的特殊情况说明。

6.2 鉴定试验程序

应按照 GB/T 12727—2002 中 5.4.2 及 EJ/T 1197—2007 第 5 章、第 6 章 and 第 8 章中的有关规定,编制设备质量鉴定试验程序,以规定 and 说明鉴定试验的项目、试验条件、试验和测试方法、操作 and 测试步骤、以及验收准则等。

电阻温度探测器的质量鉴定程序中应包括 6.2.1~6.2.4 四类试验内容。

6.2.1 基准试验

基准试验包括:

- 设备电气特性试验;
- 设备功能特性的测定试验。

基准试验的结果将作为与后续试验时设备性能进行比较的基准。

6.2.2 极限使用条件下的试验

设备在极限使用条件下的试验用于检验设备在影响量的额定范围内 and 限值下的功能特性,这些影响量包括:

- 环境条件,如温度、压力、湿度、辐照等;
- 每个设备特定的影响量、与其安装条件有关的影响量(如振动)或与其操作所需的电源特性有关的影响量(如电源电压或频率的影响、电磁干扰)。

对电阻温度探测器鉴定试验所考虑的影响量在下面的各项试验内容条款中分别表述。

6.2.3 评价设备性能随时间变化的试验

应按要求对设备老化,使其置于模拟预期安装寿期末的状态。应考虑的老化因素包括:

- 温度(循环或不循环的温度变化);
- 腐蚀;
- 长时间运行;
- 设备全寿期内可能经受的正常辐照的累积剂量;
- 机械振动。

6.2.4 事故和事故后环境条件下的试验

目的是验证设备在下列设计基准事故工况条件下的性能:

- 地震;
- 安全壳内事故期间可能出现的累积辐照剂量;
- 安全壳内事故热力条件(压力、温度)和化学条件;
- 安全壳内事故后热力条件(温度、饱和蒸汽压力)。

7 鉴定试验准备

7.1 电阻温度探测器分类

电阻温度探测器从结构上来划分,可以分成带套管和无套管的电阻温度探测器;从响应时间来划分,也可分成快响应和标准响应的电阻温度探测器。

7.2 试验样机的选择

鉴定所用的样本设备数量和类型是由样本设备所要代表核电厂中安装设备的应用范围来确定的。

对被鉴定的每一类电阻温度探测器,选择6个相同的电阻温度探测器作为试验样品(标号为S1~S6),对5个样品进行试验,第6个样品保留作为对照品,它也可以用于补充的研究试验。

7.3 试验用设备的准备

除了在每一项试验中需要准备为达到试验条件所需的试验设备或装置以及必要的测试设备外,还需要准备下述设备。

7.3.1 探测器的配套连接部件

在试验中,将使用两种类型的配套连接部件:

- a) 带连接线或连接电缆的插头。在正常环境条件下的试验中,使用带连接线或连接电缆的插头,连接线或连接电缆的长度根据试验的需要确定;
- b) 专用的配套连接组件。在有些特殊的试验中(如有些需要将探测器置入在液体中的试验、需要将探测器安放在封闭容器中的试验),使用专用的配套连接组件,它由密封插头、导线或电缆、保护软管等组成,应能够承受安全壳内事故环境条件。

7.3.2 试验安装支架

在机械振动试验和抗震试验中,应准备电阻温度探测器的安装支架,要求见 10.5 和 11.1。

7.3.3 试验电路

应准备有试验电路,在一般试验期间对探测器供以额定电流 $(1 \pm 0.2) \text{ mA}$,在过电流试验中,对探测器供以规定的最大允许电流。

8 基准试验

8.1 试验和测量时的大气条件

基准试验时以及在第 9 章~第 11 章试验中进行测量时的大气条件符合 GB/T 2421.1—2008 中 5.2 和 5.3 的规定。

8.1.1 测量和试验用正常大气条件

除非特别指明,正常大气条件为:

- 温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: $25\% \sim 75\%$;
- 大气压力: $(96 \pm 10) \text{ kPa}$ 。

在进行基准试验之前,所有被试验样品在正常大气条件下放置 24 h。如没有特殊说明,这些条件也是恢复和预处理的条件。

8.1.2 参考大气条件(仲裁测量和试验用标准大气条件)

某些试验应在下面所定义的具有正常容差的参考大气条件下进行:

- 环境温度: $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: $45\% \sim 55\%$;
- 大气压力: $(96 \pm 10) \text{ kPa} [(960 \pm 100) \text{ mbar}]$ 。

8.2 介电强度试验

试验在不通电的探测器样品上进行,不通电时间要足够长,以致可认为它处于冷态。

试验在正常大气条件下进行,但对 9.1 描述的试验除外。

被试验的电气线路是指电阻温度探测器样品的敏感元件电路,接地点为外壳以及用作机械固定的金属部件。

在被试验的电气线路与接地点之间,用额定频率 50 Hz、100 V 有效值的正弦波电压施加 1 min。

将试验电压同时施加到敏感元件电路的所有输出端上,或者加到连接件的端子上,或者加到连接电缆的端部。

在试验过程中不应出现起弧、击穿和放电现象。当漏电流大于或等于 3 mA 时,便认为有起弧现象。

8.3 绝缘电阻测量

基准试验时绝缘电阻测量在正常大气条件下进行,在 100 V 直流电压下保持 1 min 后测量探测器样品的绝缘电阻。

在试验过程中高温条件下进行测量时,在 100 V 直流电压下测量探测器样品的绝缘电阻。

测量时电压施加点与 8.2 相同。

不同条件下的绝缘电阻测量应达到下述要求：

- a) 在正常大气条件下，测得的绝缘电阻值应大于 100 MΩ；
- b) 在最高工作温度条件下，测得的绝缘电阻值应大于 10 MΩ；
- c) 在 10.4 和 11.2.1 规定的辐照试验后，绝缘电阻值应不小于 70 MΩ；
- d) 在 11.2.2 和 11.2.3 规定的事故和事故后环境条件试验后，绝缘电阻值应不小于 1 MΩ。

8.4 静态响应试验

该试验的目的是验证敏感元件的静态特性符合规定的要求。

根据不同的试验温度，将探测器样品分别放置到不同的恒温槽中或高温炉中，并加以局部搅动，使温度达到均匀。

对 0℃ 点进行试验时，在冰点槽中使用由水和研碎冰块的混合物制成的 0℃ 混合液，这种液体在大气下是饱和的，并加以搅动。其中的冰块用化学纯净水制成。

对包括 0℃ 和正常使用的可能最高值（例如 350℃）在内呈规则分布的 5 个温度点进行探测器样品的静态响应试验。

在上述 5 个温度下热平衡后记录探测器样品的输出信号以及标定传感器的输出信号（必要时）。这些记录点可以确定和校核探测器样品的电阻-温度曲线。

静态响应试验应符合下述要求：

- a) 在基准试验中以及极限使用条件下的试验后，各个温度点的测量误差应小于或等于表 1 规定的该等级电阻温度探测器的允差值（见 IEC 60751:2008 表 3 和 JB/T 8622—1997 表 3）；
- b) 在评价设备性能随时间变化的试验、抗地震试验（见 11.1）后，5 个温度点测量值对初始测量时测定曲线相比较的最大误差偏移应 ≤ ±1℃；
- c) 在事故辐照试验（见 11.2.1）、事故后热力条件试验（见 11.2.3）后，5 个温度点测量值对初始测量时测定曲线相比较的最大误差偏移应 ≤ ±5℃。

表 1 电阻温度探测器的允差分级

允差等级	温度有效范围 ℃		允差值 ^a ℃
	线绕电阻	薄膜电阻	
AA	−50~+250	0~+150	±(0.1+0.0017 t)
A	−100~+450	−30~+300	±(0.15+0.002 t)
B	−196~+600	−50~+500	±(0.3+0.005 t)
C	−196~+600	−50~+600	±(0.6+0.01 t)
^a t = 用℃表示不带符号的温度绝对值。			

8.5 单点静态响应试验

该试验的目的是在鉴定试验过程中需要时快速核查敏感元件电路的完整性，以便发现各种异常情况，如电路断开，电路完全或部分短路。

试验时，将探测器样品置入水沸点槽或冰点槽中，稳定 30 min，然后在 1 mA 电流下测量敏感元件的电阻值，并按 8.3 的规定测量绝缘电阻。

单点静态响应试验应符合下述要求：

- a) 通过敏感元件电阻值的测量,表明敏感元件电路完整性正常;
- b) 在基准试验、极限使用条件下的试验中或试验后,单个温度点的测量误差应小于或等于表 1 中给出的最大允许偏差;
- c) 在评价设备性能随时间变化的试验后,单个温度点测量值对初始测量时测定值相比较的最大误差偏移应 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$;
- d) 在事故后热力条件试验(见 11.2.3)后,单个温度点测量值对初始测量时测定值相比较的最大误差偏移应 $\leq \pm 5^\circ\text{C}$;
- e) 测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求。

8.6 有限的静态响应试验

在鉴定试验过程中的某些试验期间尤其是当探测器处于恒温箱中或位于机械台架上时,不可能进行 8.4 静态响应试验或 8.5 单点静态响应试验,为此在所处的环境温度下进行有限的静态响应试验。

记录试验期间探测器样品的输出信号,并记录各种异常情况,尤其是开路,长久或间断的短路。

使用标定温度计记录环境温度。

试验过程中定期地按 8.3 的规定测量探测器样品的绝缘电阻。

有限的静态响应试验应符合下述要求:

- a) 探测器样品的输出信号不应包含有任何异常,表明敏感元件电路完整性正常;
- b) 在评价设备性能随时间变化的试验中(见 10.3)以及抗震试验中和试验后(见 11.1),试验结果应正常;
- c) 在事故和事故后热力条件下的试验中(见 11.2.2, 11.2.3),试验结果应正常;
- d) 测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求。

8.7 响应时间试验

该试验的目的是使被测介质温度成阶跃变化时确定每一个探测器样品输出信号变化至 50% 所对应的响应时间(τ_{50}),以便验证探测器样品符合规定设备类别的要求,并应记录温度阶跃变化时探测器输出信号变化至 10% 和 90% 的响应时间(τ_{10} , τ_{90})作为信息。

在有些场合,使用温度阶跃变化时输出信号达到 63.2% 的响应时间。

试验方法和要求可按照 IEC 62397:2007 中 4.7.4 的规定进行。

确定响应时间的典型试验条件是将 20°C 时的探测器快速插入温度为 $(75 \pm 2.5)^\circ\text{C}$ 、流速为 $(1 \pm 0.15)\text{m/s}$ 的水中。另外的方法是将传感器在空气中加热,然后将其插入到室温、流速为 1m/s 的水中。

试验中应测量和记录下述信号:

- a) 测量位于流体介质中探测器样品附近的快响应热电偶输出信号,作为流体温度变化信号;
- b) 记录探测器样品输出信号,并利用记录曲线,得出输出信号变化至 10%、50% 和 90% 时的响应时间。

应进行 3 次测量,取 3 次测量的平均值作为响应时间指示值,其中任一次的测量值不应与平均值相差超过 $\pm 10\%$ 。

响应时间试验应符合下述要求:

- a) 基准试验测量时的响应时间应符合制造商对各个类型电阻温度探测器规定的数值;
- b) 在评价设备性能随时间变化的试验后、事故和事故后环境条件下试验之后,测量的响应时间偏离应不超过初始测量时响应时间的 $\pm 20\%$ 。

8.8 焊缝的液体渗透探伤试验

该试验的目的是检验探测器密封的焊接处(探测器头部/延伸管焊缝)和安装套管表面是否存在可

能的缺陷。为此,对探测器保护管表面上的焊缝和安装套管表面进行液体渗透检验。

从事液体渗透检验工作的人员,必须持有国家有关主管部门颁发的液体渗透检验有效资格证书。渗透检验所使用的材料和步骤应经过产品试样的评定,才能用于产品检验。

试验方法和条件参照 EJ/T 1039—1996 第 13 章的有关规定执行。

液体渗透检验是一种非破坏性的试验,本试验推荐采用着色渗透检验方法。

着色渗透检验结果应达到下述要求:

- a) 探测器保护管表面上的探测器头部/延伸管焊缝没有显现线性显示(裂纹);
- b) 探测器安装套管表面:
 - 1) 不出现尺寸大于 1 mm 的显示;
 - 2) 不出现线性显示或直径大于 3 mm 的圆形显示;
 - 3) 同一直线上不出现 3 个或 3 个以上、边缘相距小于 3 mm 的显示。
- c) 底部即测量端(最敏感区域)不出现显示。

9 极限使用条件下的试验

9.1 流体温度的影响试验

该试验的目的是当其中浸入有探测器样品的流体的温度变化时,用来研究温度对探测器样品电气特性的影响。

把探测器样品依次置入到 8.4 规定温度下的恒温槽或恒温炉中,对 8.4 规定的呈规则分布的 5 个温度点进行试验。

在 8.4 规定的 5 个温度下分别稳定 30 min 以后,对探测器样品进行下述测量:

——按 8.2 的规定进行介电强度试验,试验结果应符合 8.2 中规定的要求;

——按 8.3 的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求。

9.2 水压试验

该试验适用于安装在带压力冷却水中的探测器。

试验的目的是:

——在流体(待测其温度的流体)的规定试验压力下,检验探测器样品的机械性能以及固定装置的密封性;

——在压力变化和保持的过程中,检验探测器样品的电气特性。

在正常大气条件的环境温度下,将探测器样品以密封方式安装在其中产生有压力的容器中,试验使用的流体是水。

试验分成三个阶段:

- a) 第 1 阶段:至少在 30 s 以内使压力从正常压力升高到试验压力;
- b) 第 2 阶段:在试验压力平台下保持 1 h;
- c) 第 3 阶段:至少在 30 s 以内使压力从试验压力下降到正常压力。

试验压力规定为设计压力的 1.5 倍。例如,对使用在反应堆冷却剂系统中的探测器,试验压力一般为 25.8 MPa;对使用在余热排出系统中的探测器,试验压力一般为 7.1 MPa。

试验过程中对探测器样品进行下述测量和检查:

- a) 在第 1 阶段和第 3 阶段中,按 8.6 的规定进行有限的静态响应试验,试验结果应正常;
- b) 在第 2 阶段中:

- 1) 在压力平台开始后 20 min,按 8.3 的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求;

2) 通过记录容器中压力的变化,容器中压力不应发生变化,表明探测器样品密封性符合要求;

3) 在第2阶段末期,按8.6的规定进行有限的静态响应试验,试验结果应正常。

试验结束后在正常大气条件下对探测器样品进行下述测量:

——按8.3的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合8.3中规定的要求;

——按8.4的规定进行静态响应试验,试验结果应符合8.4中规定的要求。

9.3 自然试验

该试验的目的是当探测器本身电阻消耗的功率等于制造商预定的最大值时,检验探测器的准确度。

把探测器样品置入到8.4中使用的冰点槽中。

使探测器电阻中电流达到额定电流范围的上限值(或称为保持要求准确度时的最大电流值)。

在温度保持30 min后测量探测器样品的电阻值,测量结果应符合8.4中规定的要求。

9.4 过电流试验

该试验用来检验探测器的坚固性。

在正常大气条件下进行试验,使探测器样品通过规定的最大允许电流(能够承受而不损坏敏感元件的电流值),持续15 min。

试验结束后,按8.5的规定对探测器样品进行单点静态响应试验,试验结果应符合8.5中规定的要求。

9.5 密封性试验

该试验适用于探测器头部,包括有探测器的连接插头和连接电缆,即探测器配置有专用的配套连接组件(见7.3.1)。

在正常大气条件下进行试验,在探测器样品头部连接好连接插头和连接电缆。

将探测器样品置入在相对压力为0.5 MPa、5%氯化钠溶液中,试验的持续时间为1 h。

试验期间探测器样品不通电。

试验完后断开连接插头,立即按8.3的规定测量探测器样品的绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合8.3中规定的要求。

10 评价设备性能随时间变化的试验

10.1 热老化试验

该试验的目的是模拟热(环境)老化对探测器的影响。

对于K1类电阻温度探测器,热老化试验的时间 τ 和温度 θ 按照下面的规定执行:

——基准值:950 h和135℃;

——对于任何不同于135℃的试验温度 θ ,试验时间 τ 应按式(1)计算:

$$\tau = 950 \times 2^{[(135-\theta)/10]} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

τ ——放置探测器样品的试验箱内温度保持恒定的时间,单位为小时(h),不少于100 h;

θ ——试验温度,单位为摄氏度(℃)。

试验中将探测器样品放置到温度为 $\theta=135^\circ\text{C}$ 的恒温箱中,持续时间 $\tau=950\text{ h}$;或者将探测器样品放置到温度为 $\theta=125^\circ\text{C}$ 的恒温箱中,持续时间 $\tau=1\,900\text{ h}$ 。

对于K2类、K3电阻温度探测器,热老化试验按照EJ/T 1197—2007中5.4.2.1说明的阿伦纽斯

定律进行。

试验期间探测器样品不通电。

试验结束后,在正常大气条件下对探测器样品进行下述测量和检查:

- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求;
- 按 8.5 的规定进行单点静态响应试验,试验结果应符合 8.5 中规定的要求;
- 按 8.7 的规定进行响应时间试验,试验结果应符合 8.7 中规定的要求。

10.2 交变湿热试验

将探测器样品放置在高低温湿热试验箱中,按照 GB/T 2423.4—2008 第 4 章和第 5 章中规定的条件和方法进行交变湿热试验(循环湿热试验),采用的条件是:

- 高温温度:55℃;
- 相对湿度:95%;
- 试验循环次数:2 次,每次(12+12)h。

试验期间探测器样品不通电。

试验结束后,在正常大气条件下,经辅助干燥恢复 2 h 后,对探测器样品进行下述测量:

- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求;
- 按 8.5 的规定进行单点静态响应试验,试验结果应符合 8.5 中规定的要求。

10.3 长期运行试验

该试验用来验证被测温度的大幅度变化对探测器功能特性的影响。

使其中浸入有探测器样品的流体的温度呈现由下面定义的齿槽形曲线变化:

- 周期值至少等于探测器信号达 90% 时响应时间(见 8.7)的 10 倍;
- 低温平台等于 $(23 \pm 20)^\circ\text{C}$;
- 高温平台等于 $(T_h \pm 20)^\circ\text{C}$;
- 齿槽形曲线的上升时间和下降时间小于周期值的 1/10;
- 循环次数:500;
- 占空比:50%。

高温平台 T_h 按照探测器测量范围上限而定。例如,在测量范围为 $(0 \sim 350)^\circ\text{C}$ 、 $(0 \sim 400)^\circ\text{C}$ 时,取 $T_h = 300^\circ\text{C}$;在测量范围为 $(0 \sim 200)^\circ\text{C}$ 时,可取 $T_h = 180^\circ\text{C}$ 。

在试验期间,在每一个平台的试验开始、中间和结束时,按 8.6 的规定对探测器样品进行有限的静态响应试验,试验结果应正常。

试验结束后,在正常大气条件下,对探测器样品进行下述测量和检查:

- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求;
- 按 8.4 的规定进行静态响应试验,试验结果应符合 8.4 中规定的要求;
- 按 8.7 的规定进行响应时间试验,试验结果应符合 8.7 中规定的要求。

10.4 反应堆正常运行期间的辐照老化试验

该试验可累积表示反应堆正常运行期间安全壳内辐射环境对探测器组件的累积效应。

将探测器样品放在一个辐照试验容器或一个辐照试验空间中,以每小时 3 倍容积的最低速率更新容器内的空气,使容器内环境温度保持在 $(70 \pm 3)^\circ\text{C}$,在此温度环境与样品之间达到热平衡后开始辐照试验。

试验期间探测器样品不通电。

试验条件为:

- 温度： $(70 \pm 3)^\circ\text{C}$ ；
- 探测器样品处的剂量率一般可采用： $(1 \pm 0.5)\text{kGy/h}$ ；
- 标准累积剂量一般应达到： $(250 \pm 37.5)\text{kGy}$ ；
- 试验的最小期限为 250 h。

试验结束后将探测器样品在正常大气条件下保持足够长的时间，使之达到热平衡，然后对探测器样品进行下述测量和检查：

- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻，测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求；
- 按 8.5 的规定进行单点静态响应试验，试验结果应符合 8.5 中规定的要求；
- 按 8.7 的规定进行响应时间试验，试验结果应符合 8.7 中规定的要求。

10.5 机械振动试验

10.5.1 探测器样品和试验支架的安装

10.5.1.1 探测器样品在试验支架上的安装

应为机械振动试验专门设计一个试验支架，该支架上根据不同类型探测器样品的安装要求设置相应的安装凸台或安装底座。该支架上支撑面和螺纹的加工应与实际安装探测器的凸台相同。

10.5.1.2 试验支架在振动台上的安装

在试验支架底部的安装板上应开有安装孔，以便试验前用螺栓和螺母将试验支架固定在振动台上。

10.5.2 试验方法和条件

机械振动的试验方法和条件可参考 GB/T 2423.10—2008 第 5 章和第 8 章中的有关规定。

预先要确认所用的振动装置(振动台和试验台架)不具有频率在 500 Hz 与 2 000 Hz 之间、水平大于 2 倍激励值的共振频率。

试验包括有按三个规定轴的每一个轴向对被试验的探测器样品相继进行下列三个阶段试验，试验中探测器样品不通电。

10.5.2.1 共振频率探查试验

采用连续正弦波信号在三个规定轴线方向的每一个方向对振动试验台进行激励，按照每分钟 1 倍频程的对数速率进行频率扫描，扫描频率范围为 10 Hz~2 000 Hz，测出每个轴向放大倍数大于 2 的共振频率。在有些情况下，为了能准确地确定被试验设备的共振频率可能要降低扫描速度。

振动按下述特性来规定：

- a) 在交越频率以下，位移不变；
- b) 在交越频率以上，加速度不变。

振动条件通常应按第 2 阶段频率扫描耐久性试验相同的条件在一个扫描循环上进行。为了使采用的振动条件能更好地确定响应特性，实际可采用下述条件：

- a) 位移幅值(峰值)：0.015 mm；
- b) 加速度幅值(峰值)：0.2 g。

10.5.2.2 用频率扫描进行的耐久性试验

频率扫描范围：从 10 Hz~2 000 Hz。

振动条件一般可采用：

- 位移幅值(峰值)：0.15 mm；

——加速度幅值(峰值):20 m/s²(2 g)。

注:对无套管的快响应探测器,加速度幅值采用5 g。

频率扫描的耐久性持续时间一般可采用:

——总的持续时间:7.5 h;

——对三个规定方向之每一方向的持续时间:2.5 h。

10.5.2.3 在固定频率点的耐久性试验

对10.5.2.1中发现的每一个共振频率进行试验。如果没有发现共振频率,则对固定频率100 Hz进行试验。振幅和加速度与第2阶段具有相同值。

对每一共振频率点的耐久性持续时间一般可采用:

——总的持续时间:30 min;

——对三个规定方向之每一方向的持续时间:10 min。

10.5.3 测量和检查

试验结束并经恢复后,对探测器样品进行下述测量和检查:

——按8.3的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合8.3中规定的要求;

——按8.4的规定进行静态响应试验,试验结果应符合8.4中规定的要求。

11 事故和事故后环境条件下的试验

11.1 抗震试验

抗震试验用来验证探测器样品在运行基准地震(OBE,即S1)和安全停堆地震(SSE,即S2)期间和试验之后在规定的试验条件下完成其安全功能的能力。在抗地震试验期间,探测器样品经受的地震运动应保守地模拟地震在探测器安装点感应的运动。

11.1.1 探测器样品和试验支架的安装

11.1.1.1 探测器样品在试验支架上的安装

应将被试验的各个探测器样品按照现场相同的方式进行安装,或者安装在具有等效动态特性的结构件上。并应当考虑到外部连接件(电气、机械等)的影响。

应为抗震试验专门设计一个试验支架,该支架上根据不同类型探测器样品的安装要求,设置相应的安装凸台或安装底座。该支架上支撑面和螺纹的加工应与实际安装探测器的凸台相同,固定件的紧固力矩应模拟实际安装条件。

11.1.1.2 试验支架在地震试验台上的安装

试验支架应采用刚性部件,它在地震试验台上的安装方式应能模拟探测器在现场的实际安装。

应按照探测器安装凸台或安装底座的现场安装方式,设计试验支架的底部结构,并结合地震试验台台面的固定方式来确定试验支架在地震试验台上的安装和固定,同时应考虑到探测器样品外部连接件的影响。

11.1.2 试验方法和条件

有关抗震试验的方法见GB/T 13625—1992第7章的规定,试验包括有对被试验探测器样品相继进行的下列三个阶段试验:

- 共振频率探查试验；
- 运行基准地震(OBE 或 S1)试验；
- 安全停堆地震(SSE 或 S2)试验。

11.1.2.1 共振频率探查试验

采用连续正弦波信号或白噪声随机波信号在三个规定轴线方向的每一个方向对地震试验台进行激励,扫描频率范围为 1 Hz~50 Hz~1 Hz,扫描速率为 1 倍频程/1min,按加速度水平 0.2 g 进行频率扫描循环。

测出每个轴向放大倍数大于 2 的共振频率以及发现被试验样品不正常运行时的频率。

11.1.2.2 运行基准地震(OBE 或 S1)试验

在双轴地震试验台上在 OX-OZ 轴上进行 5 次 OBE 试验,再在 OY-OZ 轴上进行 5 次 OBE 试验,或在三向地震试验台上进行 5 次 OBE 试验。

试验时,按照核电厂用户给出的 OBE 反应谱作为 OBE 要求反应谱(RRS),阻尼比一般取 5%。运行基准地震试验时使用的 OBE 试验反应谱(TRS)应包络要求反应谱(RRS)。附录 A 提供了一种可应用于电阻温度探测器的参考反应谱。

对人工时程曲线的特性要求是:

- a) 信号总的持续时间:30 s;
- b) 强信号区段的最小持续时间:10 s。

11.1.2.3 安全停堆地震(SSE 或 S2)试验

在双轴地震试验台上在 OX-OZ 轴上进行 1 次 SSE 试验,在 OY-OZ 轴上进行 1 次 SSE 试验,或在三向地震试验台上进行 1 次 SSE 试验。

试验时,按照核电厂用户给出的 SSE 反应谱作为 SSE 要求反应谱(RRS),阻尼比取 5%。安全停堆地震试验时使用的 SSE 试验反应谱(TRS)应包络要求反应谱(RRS)。附录 A 提供了一种可应用于电阻温度探测器的参考反应谱。

对人工时程曲线的特性要求与 11.1.2.2 相同。

安全停堆地震(SSE)要求反应谱应根据反应堆厂房内探测器安装点所在标高位置水平和垂直方向的 SSE 反应谱再加上适当的余量来确定,阻尼比一般取 5%。

运行基准地震(OBE)要求反应谱的幅值通常取为安全停堆地震(SSE)要求反应谱幅值的一半,阻尼比一般取 5%。

11.1.3 测量和检查

在共振频率探查试验后对探测器样品进行下述测量和检查:

- 外观检查,应无螺栓和螺母松动、裂缝等现象;
- 按 8.6 的规定对探测器样品进行有限的静态响应试验,试验结果应正常。

在运行基准地震试验、安全停堆地震试验期间进行下述测量和检查:

- 记录 OBE、SSE 试验时地震试验台的加速度时程,由此分别得到 OBE 试验反应谱、SSE 试验反应谱,应分别包络 OBE 要求反应谱、SSE 要求反应谱;
- 按 8.6 的规定对探测器样品进行有限的静态响应试验,试验结果应正常。

在运行基准地震试验后对探测器样品进行下述测量和检查:

- 外观检查,应无螺栓和螺母松动、裂缝等现象;
- 按 8.6 的规定对探测器样品进行有限的静态响应试验,试验结果应正常。

在安全停堆地震试验后对探测器样品进行下述测量和检查：

- 外观检查，应无螺栓和螺母松动、裂缝等现象；
- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻，测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求；
- 按 8.4 的规定进行静态响应试验，试验结果应符合 8.4 中规定的要求；
- 按 8.7 的规定进行响应时间试验，试验结果应符合 8.7 中规定的要求；
- 对探测器样品电阻进行射线照相(X 射线)：对着探测器样品电阻进行 1 次拍摄，再使探测器样品旋转 90°后进行第 2 次拍摄。

对探测器样品进行的射线照相(X 射线)结果分析正常，应表明在抗地震试验后套管内敏感元件位置与试验前相比未发生明显变化。

11.2 安全壳内事故和事故后条件下试验

11.2.1 安全壳内事故辐照试验

本试验可表示安全壳内事故环境对探测器组件的辐射累积效应，该试验可在反应堆正常运行期间辐照老化试验以后直接进行。

将探测器样品放在一个辐照试验容器或一个辐照试验空间中，以每小时 3 倍容积的最低速度更新容器或空间内的空气，使容器或空间内的环境温度保持在 $(70 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，在此温度环境与样品之间达到热平衡后开始辐照。

试验条件为：

- 温度： $(70 \pm 3)^\circ\text{C}$ ；
- 探测器样品处的剂量率一般可采用： $(1 \pm 0.5)\text{kGy/h}$ ；
- 标准累积剂量一般应达到： $(600 \pm 90)\text{kGy}$ 。

试验结束后将探测器样品在正常大气条件下保持足够长的时间，使之达到热平衡，然后对探测器样品进行下述测量和检查：

- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻，测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求；
- 按 8.4 的规定进行静态响应试验，试验结果应符合 8.4 中规定的要求；
- 按 8.7 的规定进行响应时间试验，试验结果应符合 8.7 中规定的要求。

11.2.2 安全壳内事故热力条件和化学条件下的试验

本试验可验证被试验设备(探测器样品)在经受了上述各项试验之后，仍能在模拟安全壳内事故的温度和压力组合条件下完成其规定的功能。

将探测器样品放在安全壳事故环境模拟试验装置的试验容器中，通过配套的专用连接部件(见 7.3.1)将探测器样品连接到试验容器外部，以便在试验过程中进行必要的测试。

在进行安全壳事故环境模拟试验之前，使试验容器中建立正常环境条件，对探测器样品进行有限的静态响应试验和测量其绝缘电阻，以提供事故环境模拟试验的基准数据并确认探测器样品的正常状态。

开始试验时，使安全壳事故环境模拟试验装置投入运行，使试验容器内建立典型的设计基准事故环境条件，对探测器样品进行安全壳内事故热力条件和化学条件试验。

典型的设计基准事故环境条件是根据压水堆核电厂设计基准事故工况时安全壳内温度和压力对时间的变化曲线再加上一定的裕量得到的。附录 B 提供了一种典型的设计基准事故环境条件变化曲线，可应用于对电阻温度探测器进行安全壳内事故热力条件和化学条件试验，试验对应于图 B.1 中曲线的阶段 0 至阶段 6。

试验过程中应使探测器样品通电运行并对之进行必要的测量和检查。

在试验期间对探测器样品进行下述测量和检查：

- 按 8.6 的规定进行有限的静态响应试验,试验结果应正常;
- 在阶段 3、阶段 6 中,按 8.3 的规定测量绝缘电阻(不设规定要求)。

11.2.3 安全壳内事故后热力条件下的试验

本试验同 11.2.2 的试验一样,将探测器样品放在安全壳事故环境模拟试验装置的试验容器中,并应当在 11.2.2 的试验之后接着进行。

附录 B 提供了一种典型的设计基准事故后环境条件变化曲线,可应用于对电阻温度探测器进行安全壳内事故后热力条件试验,试验对应于图 B.1 中曲线的阶段 7。

在试验期间对探测器样品进行下述测量和检查:

- 按 8.6 的规定进行有限的静态响应试验,试验结果应正常;
- 在阶段 7 中,按 8.3 的规定测量绝缘电阻(不设规定要求)。

试验完成后经 1 h 恢复之后对探测器样品进行下述测量和检查:

- 按 8.5 的规定进行单点静态响应试验,试验结果应符合 8.5 中规定的要求;
- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻(不设规定要求,作为研究用);
- 按 8.2 的规定进行介电强度试验(不设规定要求,作为研究用)。

试验完成后经 1 周恢复之后对探测器样品进行下述测量和检查:

- 按 8.4 的规定进行静态响应试验,试验结果应符合 8.4 中规定的要求;
- 按 8.3 的规定测量绝缘电阻,测量的绝缘电阻值应符合 8.3 中规定的要求;
- 按 8.2 的规定进行介电强度试验,试验结果应符合 8.2 中规定的要求;
- 按 8.7 的规定进行响应时间试验,试验结果应符合 8.7 中规定的要求;
- 对探测器样品电阻进行射线照相(X 射线),要求同 11.1.3。

12 试验程序综合及顺序表

将第 8 章~第 11 章的各项试验按鉴定试验时的顺序综合在表 2 中。

表中列出了对不同的试验样品 S1~S5 所应进行的鉴定试验项目。

表中还列出了对电阻温度探测器进行 K1、K2、K3 类鉴定时所应分别进行的试验项目。

13 鉴定试验记录和报告

鉴定试验记录至少应包括:

- a) 被试样本设备的型号、标识码和编号;
- b) 试验者签字和试验日期;
- c) 所用试验装置、设备和仪器的名称、型号和编号;
- d) 试验条件的详细数据或记录曲线;
- e) 试验结果记录或记录表格;
- f) 试验期间所发生的被试样本设备或试验设备任何故障的记录;
- g) 试验期间所发生的异常情况。

鉴定试验报告至少应包括:

- a) 被试样本设备的详细说明;
- b) 引用的标准、导则、规范或鉴定试验计划(大纲)的编号和名称;
- c) 进行鉴定试验的组织机构的名称;
- d) 所用试验装置、设备的说明;

- e) 所用测试仪器的名称、型号和编号；
- f) 安装、连接和其他接口设备或部件的说明；
- g) 实际试验项目、条件的说明和分析；
- h) 重要试验结果数据及准确度分析；
- i) 试验期间所发生的被试样本设备或试验设备的重要故障分析；
- j) 不符合项的说明及处理；
- k) 试验结果分析、结论和改进意见；
- l) 编写、审核、批准签名和日期。

表 2 试验程序综合及顺序表

试验类别	试验项目	对应章条	样品 ^a					鉴定类别		
			S1	S2	S3	S4	S5	K1	K2	K3 ^b
基准试验	介电强度试验	8.2	×	×	×			×	×	×
	绝缘电阻测量	8.3	×	×	×			×	×	×
	静态响应试验	8.4	×	×	×	×	×	×	×	×
	温度影响试验 ^c	9.1	×	×	×			×	×	×
	响应时间试验	8.7	×	×	×			×	×	×
	焊接探伤试验	8.8	×	×	×			×	×	×
极限使用条件下的试验	水压试验	9.2	×	×				×	×	×
	自加热试验	9.3		×	×			×	×	×
	过电流试验	9.4				×	×	×	×	×
	密封性试验	9.5	×		×			×	×	×
评价设备性能随时间变化的试验	热老化试验	10.1	×	×	×			×	×	×
	交变湿热试验	10.2	×	×	×			×	×	×
	长期运行试验	10.3	×	×	×			×	×	×
	反应堆正常运行期间的辐照老化试验	10.4	×	×	×			×	×	
	机械振动试验	10.5	×	×	×			×	×	×
事故和事故后环境条件下试验	地震试验	11.1	×	×	×			×	×	×
	安全壳内事故辐照试验	11.2.1	×	×	×			×		
	安全壳内事故热力条件和化学条件下的试验	11.2.2	×	×	×			×		
	安全壳内事故后热力条件下的试验	11.2.3	×	×	×			×		

^a 样品 S6 应保留作为对照品。

^b 其中 K3ad 类设备还需按照其所经受的恶化(ad)环境[如蒸汽和(或)辐射环境]进行环境条件鉴定。

^c 为使试验实际进行,在此阶段进行该项试验。

附录 A
(资料性附录)

可应用于电阻温度探测器的水平和垂直方向 OBE 和 SSE 的要求反应谱

可应用于电阻温度探测器的水平和垂直方向 OBE 和 SSE 的要求反应谱见图 A.1。
可应用于电阻温度探测器的水平和垂直方向 OBE 和 SSE 的要求反应谱数据表见表 A.1。

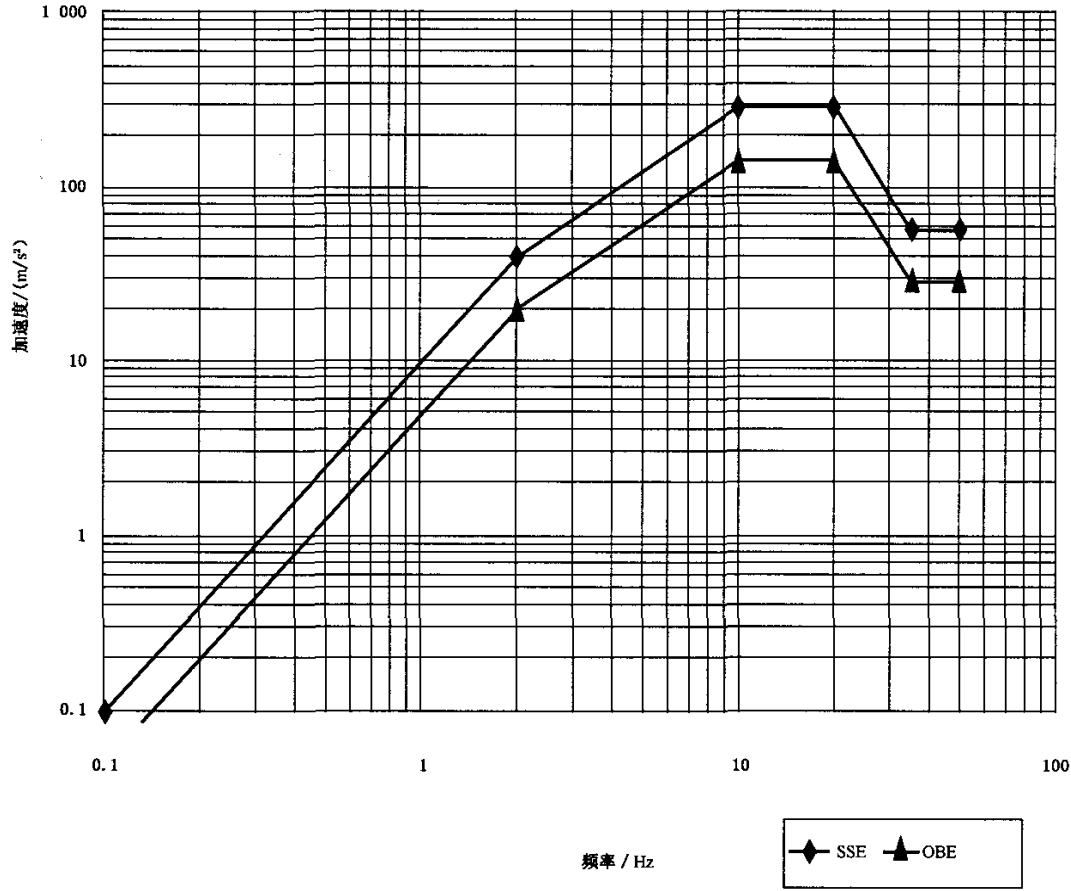


图 A.1 可应用于电阻温度探测器的水平和垂直方向 OBE 和 SSE 的要求反应谱(阻尼 5%)

表 A.1 可应用于电阻温度探测器的水平和垂直方向 OBE 和 SSE 的要求反应谱数据表

	$F < 2 \text{ Hz}$	2 Hz	10 Hz	20 Hz	35 Hz	$F > 35 \text{ Hz}$
SSE	恒定位移 0.253 3 m	40 m/s ²	300 m/s ²	300 m/s ²	60 m/s ²	60 m/s ²
OBE	恒定位移 0.126 6 m	20 m/s ²	150 m/s ²	150 m/s ²	30 m/s ²	30 m/s ²

附录 B

(资料性附录)

典型的设计基准事故环境条件变化曲线

B.1 引言

本附录提供了一种典型的设计基准事故环境条件变化曲线,可应用于对电阻温度探测器进行安全壳内事故热力条件和化学条件试验以及安全壳内事故后热力条件试验。

B.2 典型的安全壳内温度和压力对时间的变化曲线

B.2.1 概述

使安全壳事故环境模拟试验装置的试验容器内产生如图 B.1 所示的温度和压力对时间的变化曲线,该曲线划分为阶段 0 至阶段 8,用以代表设计基准事故时安全壳内典型的温度和压力对时间的变化曲线。

B.2.1.1 阶段 0

对应于安装结束和试验容器关闭时的正常大气条件。

B.2.1.2 阶段 1 和阶段 2

对应于通过升温对被试验设备作预处理,然后使容器内温度稳定在 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力保持在正常大气条件的容差范围内。阶段 2 温度稳定的持续时间大于或等于 24 h。

B.2.1.3 阶段 3

对被试验设备实施第一个热力冲击,试验容器内的温度和压力按照图 B.2 中的曲线变化。在小于 30 s 内露点温度达到 $156\text{ }^{\circ}\text{C}$,绝对压力达到 0.56 MPa,阶段 3 的持续时间为 12 min,从上述条件达到的时刻开始起算。

B.2.1.4 阶段 4 和阶段 5

使试验容器与大气连通得到自然冷却,试验容器内温度下降并稳定在 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力保持在正常大气条件的容差范围内,阶段 5 温度稳定的持续时间大于或等于 24 h。

B.2.1.5 阶段 6

对被试验设备实施第二个热力冲击,试验容器内的温度和压力按照图 B.3 中的曲线变化。在小于 30 s 内露点温度达到 $156\text{ }^{\circ}\text{C}$,绝对压力达到 0.56 MPa,阶段 6 的持续时间为 96 h,从上述条件达到的时刻开始起算。

在蒸汽分压上叠加空气分压得到规定的总压力,空气是最早在 $t=120\text{ s}$ 最晚在 30 min 时注入的。

从阶段 6 开始 $t=200\text{ s}$ 时将化学溶液喷雾到被试验设备上,直至阶段 6 结束。这种溶液的初始成分如下:

——硼酸的重量含量:1.5%;

- 氢氧化钠的重量含量:0.6%;
- 20℃时的pH值:9.25。

喷淋流量为每平方米面积 $1.02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, 面积是指投影到水平面上的容器可用面积。

B.2.1.6 阶段7

试验容器中的温度为 $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$, 绝对压力 $(0.2 \pm 0.05) \text{ MPa}$, 对应的相对湿度大于80%, 阶段7持续时间为10 d。

对于不同于100℃的试验温度, 试验持续时间根据式(B.1)计算:

$$\tau = 240 \times 2^{[(100-\theta)/10]} \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

- τ ——试验持续时间, 单位为小时(h), 最小值为100 h;
- θ ——试验温度, 单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

B.2.1.7 阶段8

对应于返回正常大气条件, 这是通过将容器与大气连通由自然冷却来达到的。

B.2.2 对于阶段3或阶段6的故障分析处理

当有故障影响到阶段3或6的实施并使温度和压力低于规定的曲线时, 则按下述进行故障分析:

- a) 对于在阶段3或阶段6前12 min内发生的故障, 可按情况在阶段2或阶段5重新开始试验;
- b) 对于在阶段6的12 min后发生的故障:
 - 1) 如果在规定的最小温度曲线与试验实际曲线之间的面积(等效于温度—时间的积 $\Delta\theta \times t$) 小于 $20^\circ\text{C} \times \text{min}$, 而且这两条曲线之间的最大温度差值 $\Delta\theta$ 小于 10°C , 则试验继续, 并在阶段6结束时在温度为 $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下使试验延长相当于故障的持续时间(t);
 - 2) 在与1)相反的情况下, 则在阶段6中在对应于故障出现时刻重作试验;
 - 3) 如果在规定的最小压力曲线与试验实际曲线之间的面积(等效于压力—时间的积 $\Delta P \times t$) 小于 $0.2 \text{ MPa} \cdot \text{min}$, 而且这两条曲线之间的最大压力差值 ΔP 小于 0.1 MPa , 则试验继续进行;
 - 4) 在与3)相反的情况下, 则在阶段6中在对应故障出现时刻重作试验;
 - 5) 当压力和温度参数两者同时低于规定的最小曲线时, 则可将两者作为独立的故障进行分析, 不必对上面的规定施加任何附加限制。

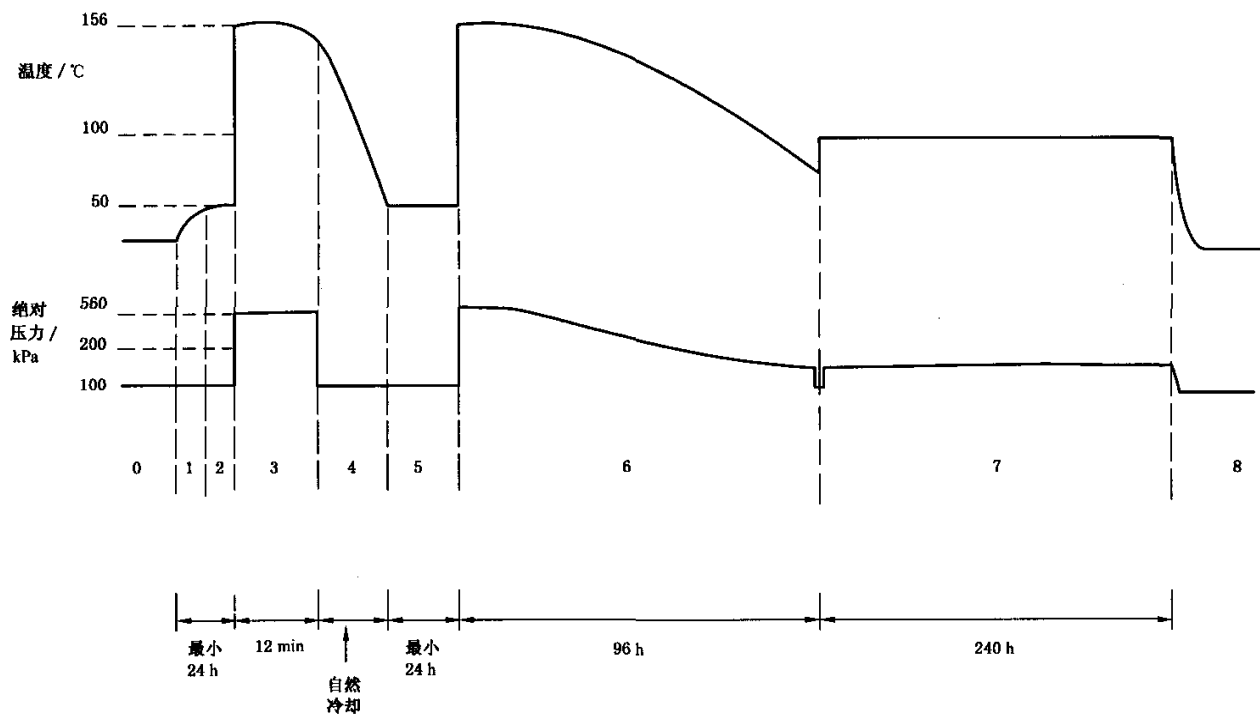


图 B.1 安全壳内事故热力条件下的性能试验——各阶段时试验条件曲线图

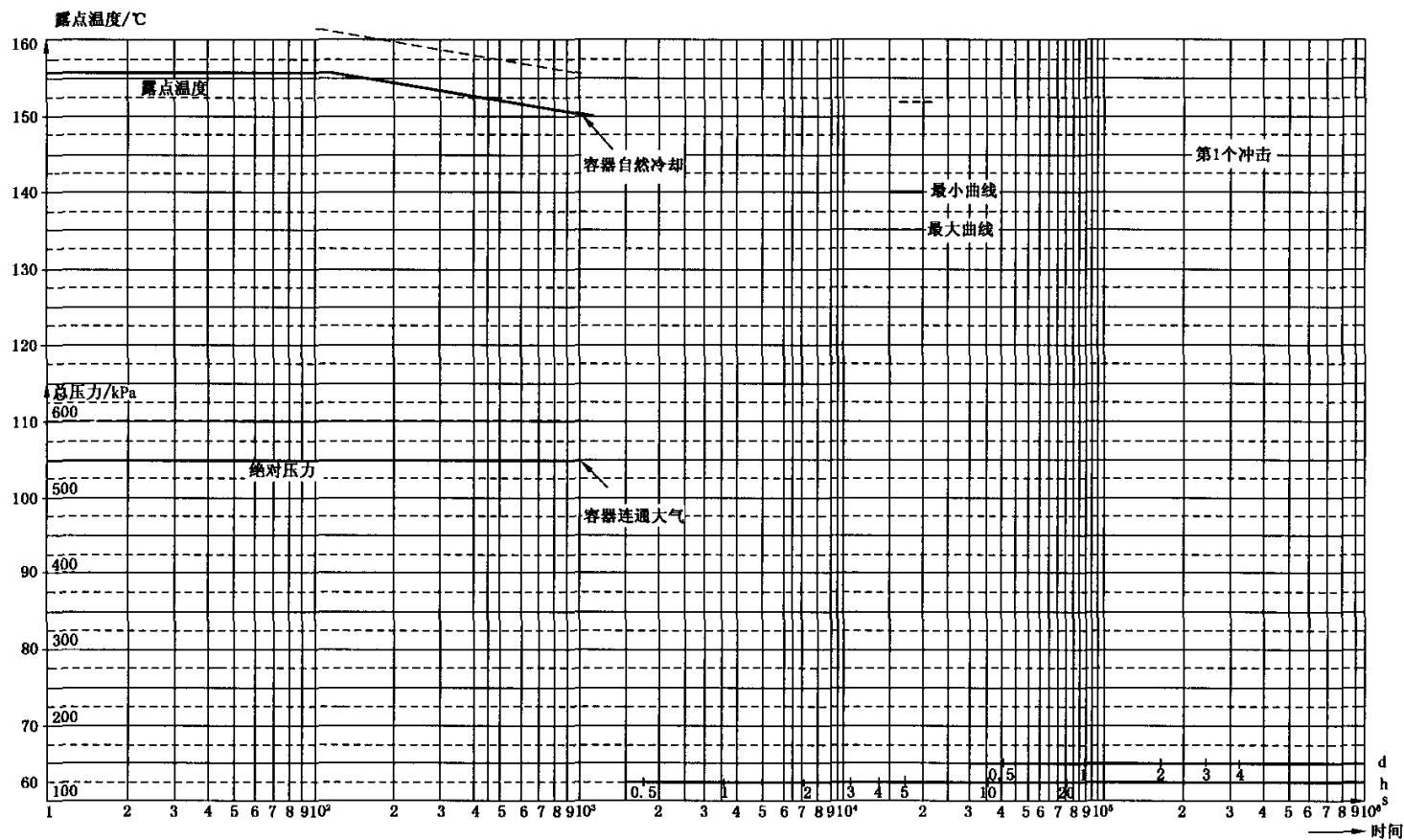


图 B.2 安全壳内事故热力条件和化学条件下的性能试验——第 3 阶段时露点温度和压力变化曲线

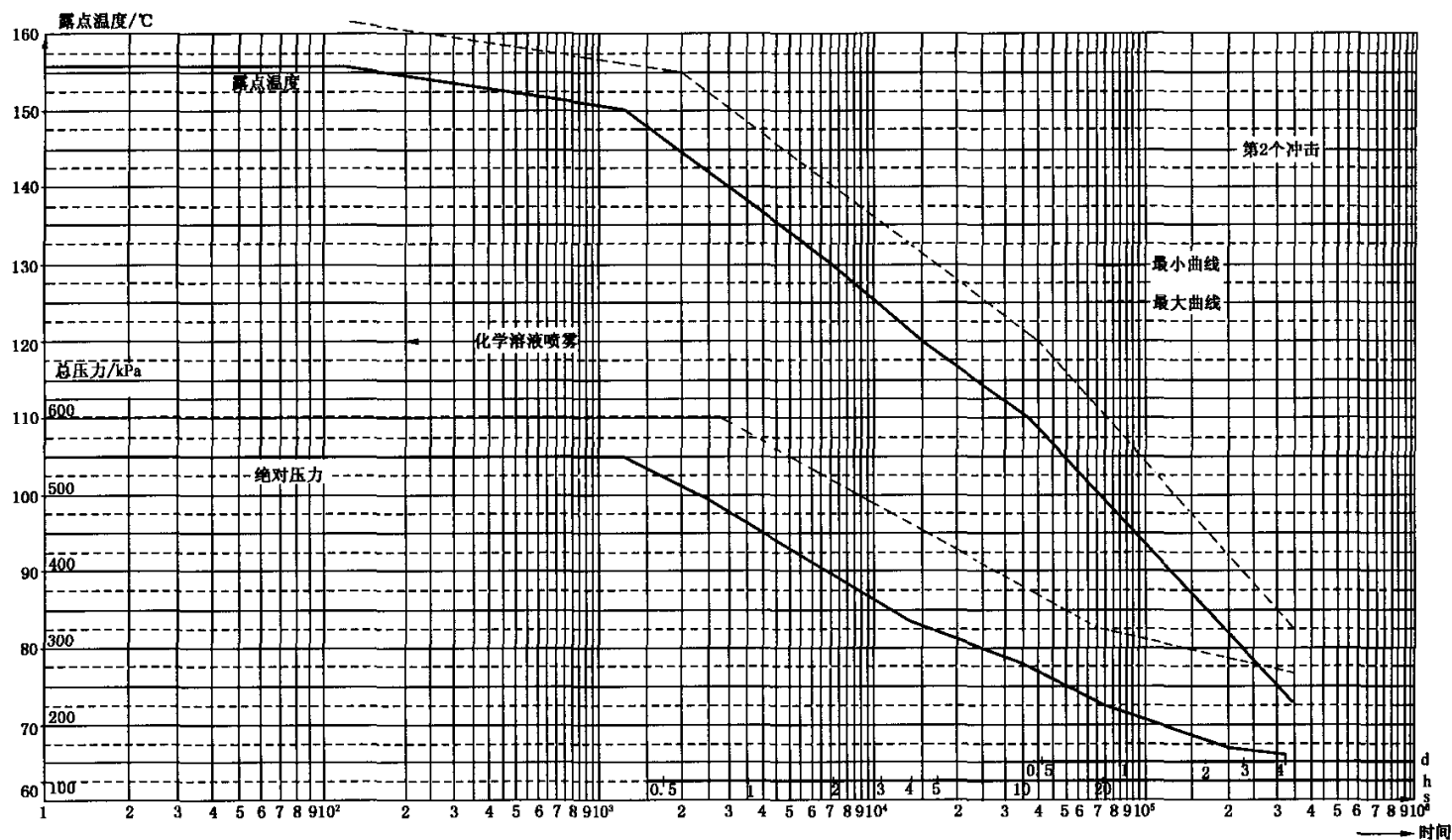


图 B.3 安全壳内事故热力条件和化学条件下的性能试验——第 6 阶段时露点温度和压力变化