



中华人民共和国核行业标准

FL 2190

EJ/T 531—2001

代替 EJ 531—90

核电厂安全级阀门 驱动装置的鉴定

Qualification of actuators for power-operated valve
assemblies with safety-related functions for nuclear power plants

2001—11—15 发布

2002—02—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布



060525000740

目 次

前言	III
IEEE 前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语	1
4 鉴定过程	3
4.1 鉴定	3
4.2 通用类驱动装置的鉴别	4
4.3 所选通用类驱动装置的鉴定试验	4
4.4 专用驱动装置的鉴定	7
4.5 文件编制	8
5 鉴定实例	9
5.1 范围	9
5.2 多次操作	9
5.3 单次操作	10
6 鉴定试验	11
6.1 可运行性基准试验	11
6.2 正常热老化试验	11
6.3 正常加压循环试验	12
6.4 正常辐照老化试验	12
6.5 振动老化试验	13
6.6 地震模拟试验	13
6.7 设计基准事件 (DBE) 辐照试验	14
6.8 设计基准事件 (DBE) 环境试验	14
图 1 BWR (III型安全壳) 干井和蒸汽管廊内的型式试验参数值 (实例 I)	16
图 2 BWR 安全壳内干井和蒸汽管廊外的型式试验参数值 (实例 II)	17
图 3 PWR 安全壳内 LOCA 环境型式试验参数值 (实例 III)	18
图 4 PWR 安全壳内 MSLB 环境型式试验参数值 (实例 IV)	19
图 5 BWR 和 PWR 安全壳外型式试验参数值 (实例 V)	20
图 6 地震鉴定的要求输入运动 (RIM)	21
图 7 地震鉴定的要求反应谱 (RRS)	22
附录 A (资料性附录) 选择有代表性的驱动装置进行型式试验的方法	23
附录 B (资料性附录) 典型的正常环境条件和设计基准事件环境条件	26
附录 C (资料性附录) 正常热老化基本原理	33
附录 D (资料性附录) 振动和地震试验方法的基本原理	34
附录 E (资料性附录) 性能验证试验	35

前 言

本标准是对 EJ 531—1990《核电厂安全级阀门驱动装置的鉴定》(以下简称原标准)的修订,原标准参照采用 IEEE Std 382—1985《IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power Operated Valve Assemblies with Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants》。

本标准修改采用 IEEE Std 382—1996 (IEEE Std 382—1985 的修订版),技术内容等同,编写格式稍做修改,将 IEEE Std 382 三部分的各章连续编号:IEEE Std 382—1996 引用了 IEEE Std 323—1983 (1990 年重新确认)、IEEE Std 344—1987 (1993 年重新确认)和 10 CFR Part 100,本标准引用等效采用上述两个 IEEE 标准的我国标准和相应标准:GB/T 12727—1991《核电厂安全系统电气物项质量鉴定》、GB/T 13625—1992《核电厂安全系统电气设备抗震鉴定》和 GB 6249—1986《核电厂环境辐射防护规定》,便于国内采用。

与原标准相比,此次修订包括:

- a) 增加了 15 条定义;
- b) 将图统一放到标准正文的后面;
- c) 删去了 6.2.3.2 的内容;
- d) 进行了大量的文字修改。

本标准与下列标准结合使用,将为核电厂安全级电气设备的质量鉴定提供指导:

GB/T 15473—1995 核电厂安全级静止式充电装置及逆变装置的质量鉴定

EJ/T 518—1998 核电厂安全级电动机控制中心质量鉴定

EJ/T 628—1999 核电厂安全级连续工作制电动机的质量鉴定

EJ/T 673—1992 核电厂保护系统敏感元件和传感器型式检验准则

EJ/T 674—1992 电缆贯穿档火封堵件鉴定试验

EJ/T 705—1992 核电厂安全级电缆及现场电缆连接的型式检验

EJ/T 706—1992 核用继电器抗震试验

EJ/T 970—1995 核电厂安全级保护继电器及辅助器件的质量鉴定

本标准自生效之日起,同时代替 EJ 531—1990。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位:核工业标准化研究所。

本标准主要起草人:张京长、牛祝年。

IEEE 前 言

(本前言不是 IEEE Std 382—1996《核电厂安全级阀门驱动装置的鉴定》的一部分)。

要求核电厂建造许可证或运行执照的申请人保证系统设备和结构适用于其运行条件，以便符合美国联邦法规 10 CFR 50 附录 B“质量保证准则”中“III设计控制”的规定。每一个申请人有责任保证本标准或所用的其他标准使用恰当，并且核电厂的综合性能可以接受。本标准的实施要求申请人有文件证据，能保证阀门驱动装置按其预定功能运行。

用于主要堆型的典型设计基准事件是通用型式试验所用的一组参数。如果具体应用的实际条件不同，用户有责任规定这些实际条件。

本标准提供的数据包括与现行工业设计有关的辐射类型和水平，地震水平，温度、压力和湿度水平，事件后期间的可操作性，喷淋开始和持续时间。今后的环境条件可能发生变化，所以用户对每一个应用场合应核实这些数据的适用性。

本标准的修订版本由 IEEE 动力工程协会的核动力工程委员会的 SC 2.3 工作组起草，1996 年 3 月 21 日由 IEEE 标准局批准。

核电厂安全级阀门驱动装置的鉴定

1 范围

本标准规定了核电厂安全级阀门驱动装置质量鉴定（以下简称鉴定）的方法和程序，规定了各类阀门驱动装置鉴定的最低要求和有关细则。

本标准适用于核电厂安全级阀门驱动装置的鉴定，也可用于驱动装置部件的鉴定。

2 规范性引用文件

下列规范性文件中的条文通过本标准的引用而成为本标准的条文。下列注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单或修订版均不适用于本标准，但提倡使用本标准的各方探讨使用其最新版本的可能性；下列不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 6249 核电厂环境辐射防护规定

GB/T 12727 核电厂安全系统电气物项质量鉴定 (eqv IEC 780:1984)

GB/T 13625 核电厂安全系统电气设备抗震鉴定 (eqv IEC 980:1989)

3 术语

本标准采用下列术语。

3.1

老化 aging

在一定时间内，工作条件、环境和系统条件对设备的影响，但不包括设计基准事件或模拟这些事件的过程的影响。

3.2

空气等效辐射剂量 air equivalent radiation dose

如果用空气替代样机所占的空间，且该空间的边界上有一恒定的、方向指向中心的辐射流，则在该空间的几何中心，每单位质量空气所吸收的能量称为空气等效辐射剂量。

3.3

分析 analysis

表明某一结论是在预先假设的前提下得到的一种推理过程。

3.4

可监查的资料 auditable data

以易于理解与查找的方式记录和整理成文件的技术资料，使得有可能根据这些资料单独验证其推理或结论。

注：资料包括产品编目资料、轮廓图、材料清单、工程技术规格书、性能技术规格书、安装和校准说明书与手册、维修手册、试验报告和分析等。

3.5

安全级 class 1E

是反应堆和核电厂电气设备和系统的一个安全级别。这些设备和系统是完成反应堆紧急停堆、安全壳隔离、堆芯冷却以及从安全壳和反应堆排出热量所必需的，或是防止放射性物质向环境大量排放所必需的。

3.6

安全壳 containment

包容反应堆及有关系统并在反应堆事故状态下，防止不可接受量的放射性物质向环境释放的构筑物。安全壳是包容放射性物质的最后一道屏障，它还可以防止外部飞射物、爆炸等对反应堆的影响。

3.7

设计基准事件 design basis events (DBE)

在设计中为确定构筑物和系统的性能要求而采用的、由核电厂安全分析确定的假想事件。

3.8

设计寿命 design life

在规定的工作条件下，设备具有满意工作特性的那段时间。

注：该时间可以规定为实际时间、运行时间、操作循环次数或其他适用的性能那段时间。

3.9

通用类驱动装置 generic actuator group

在某一尺寸范围内，具有相同设计原理、材料、制造工艺、极限应力、操作原理和设计裕度的一类或一组驱动装置。

3.10

安装寿命 installed life

从安装到拆除之间的那段时间，在此期间设备或部件能满足设计运行工况和系统的要求。

3.11

裕度 margin

运行工况和设备鉴定时采用的条件之间的差别。

3.12

原动力 motive power

使驱动装置工作所需要的电力、液动力、气动（空气、氮气等）力或机械能。

3.13

运行基准地震 operating basis earthquake (OBE)

在核电厂运行寿期内，对电厂厂址的影响能合理预计的地震。对于这种地震引起的地面运动，使核电厂继续运行且对公众的健康和安全没有过高风险所必需的那些设施要保持其设计功能。

3.14

鉴定寿命 qualified life

证明设备在设计基准事件发生之前在规定的运行工况下能满足设计要求的那段时间。

注：在鉴定寿命的末期，设备应具有假想设计基准事件和设计基准事件后所要求的安全功能。

3.15

比率组 ratio set

由一定范围内的数值表示的一组性能参数，这些数值的边界是通过所选择的实际性能参数的平均值加倍和减半来确定的。

3.16

要求输入运动 required input motion (RIM)

其加速度、速度和位移是以频率的函数表示的输入运动，正在试验的设备应经受这一输入运动并仍具有预定的功能。

3.17

要求反应谱 required response spectrum(RRS)

由用户或其代表给出作为验证试验技术条件一部分的要求反应谱，或人工产生以包括未来应用条件的反应谱。要求反应谱构成了设备满足的抗震要求。

3.18

反应谱 response spectrum

一组单自由度、具有不同阻尼的振子在同一基础激振下其最大响应（是振子自振频率的函数）的曲线。

3.19

安全停堆地震 safe shutdown earthquake(SSE)

产生最大地面运动的地震，设计时要求一些构筑物、系统和设备在这种地震条件下仍保持其功能并确保：

- a) 反应堆冷却剂压力边界的完整性；
- b) 关闭反应堆并使其处于安全停堆状态的能力；
- c) 对可能引起厂外照射水平相当于 GB 6249 允许限值事故，具有防止这类事故或缓解其后果的能力。

3.20

运行条件 service condition

作为正常运行要求、运行要求的极限（异常）、异常工况和核电厂设计基准事件的假想条件的结果，预期的环境、负载、动力源和信号等条件。

3.21

操作循环试验 test operating cycle

一个驱动装置在规定的负载条件下经过其所要求的操作，最后回到起始位置的动作试验。

3.22

试验反应谱 test response spectrum(TRS)

把试验台运动输入到驱动装置，用分析方法或谱分析设备得到的反应谱。

3.23

型式试验 type test

在一台或几台驱动装置样机上，为验证设计和制造工艺符合要求所进行的试验。

3.24

阀门驱动装置 valve actuator

用于控制双位阀和调节阀位置的电动、气动、液动或电液动等执行机构，包括在驱动装置技术规格书中规定的控制阀门动作、提供阀门位置信号的部件。

3.25

零周期加速度 zero period acceleration(ZPA)

在高频范围内反应谱保持不变的加速度，该加速度是导出反应谱随时间变化曲线的最大加速度。

4 鉴定过程

4.1 鉴定要求

4.1.1 概述

核电厂安全系统的设备应在规定的条件（包括假想的设计基准事件）下满意地工作。必须保证这

类设备在整个安装寿期内都能满足其性能要求。可以通过设计、鉴定、产品质量控制、安装、维修和监督试验的培训大纲来达到要求。本标准仅适用于上述大纲的鉴定部分。

大多数驱动装置根据通用类设计（系列产品）的要求进行设计和制造，这些驱动装置由相同的材料制成并采用相同的设计、制造方法，只是尺寸不同。通用类设计中的任一驱动装置都有很宽的使用范围。对每一通用类中可能有的每次设计变更都进行单独的鉴定是不切实际的，当确实有特殊订货要求时，应按专用要求进行鉴定。

专用要求的鉴定首先要验证每一驱动装置已通过了通用类的鉴定，然后在制造满足驱动装置技术规格书要求的前提下，进一步验证其达到所要求的特定功能。如果一个被鉴定的专用驱动装置没有按通用类驱动装置进行过鉴定，则应对该装置的样机进行鉴定试验。

本标准把驱动装置的鉴定过程分成三个步骤：

- a) 通用类驱动装置的鉴别；
- b) 所选通用类驱动装置的鉴定试验；
- c) 专用驱动装置的鉴定。

4.1.2 要求

鉴定采用的方法有型式试验、运行经验和分析。本标准要求：

- a) 通用类驱动装置的鉴定应采用型式试验，需要时用分析作为补充；
- b) 每种应用的专用鉴定应通过试验或根据通用类鉴定的数据分析、运行经验来完成，必要时进行附加试验。

型式试验的驱动装置样机是按制造厂质量管理体系和产品技术规格书制造的有代表性的装置，应经受模拟预期工作条件的环境和操作循环，以鉴定其安全有关功能。

应按本标准的要求提供文件资料。

4.2 通用类驱动装置的鉴别

4.2.1 鉴别方法

应规定和鉴别通用类驱动装置，从中选择进行型式试验的样机，应考虑有关设计、材料、制造工艺、极限应力、变形、偏差、工作原理和设计裕度等方面的细节，但不限于这些方面。

通用类驱动装置的设计应有下述共同特性：

- a) 同一类型（机电、气动、液动、机械力、电动或其任意组合）；
- b) 功能相同，结构相似，主要差别是总体尺寸、重量和参数额定值；
- c) 安装形式和驱动输出的方式相似；
- d) 功能附件的固定方法相似；
- e) 内部控制装置相似。

4.2.2 驱动装置型式试验样机的选择

由于阀门驱动装置的类型、尺寸和配置各不相同，要规定数量不变的驱动装置进行试验是不切实际的，要求对所有的装置都进行试验也是不切实际的。

只要某一通用类中一定数量的装置已经过型式试验并与该类其他装置进行了分析比较，则认为该类所有驱动装置都是合格的。经受型式试验的装置数量应根据对该类设备的物理参数和性能参数的差异评估来确定，例如推力、转矩、功率、速度、材料、压力、重量、尺寸、惯量和地震动方面的差异。

通用类驱动装置和专用驱动装置之间的关系见 4.4.3。

附录 A（资料性附录）给出了选择驱动装置试验样机的方法。

4.3 所选通用类驱动装置的鉴定试验

4.3.1 型式试验参数值

通用类驱动装置鉴定中要使用的参数值应采用 4.3.1.1 和 4.3.1.2 规定的任一种参数值。

4.3.1.1 标准试验参数来源

第5章给出了标准鉴定实例,6.8中所用的试验参数值也在第5章中列出。这些参数值包括了GB/T 12727中规定的环境裕度。第5章中参数值是根据附录B(资料性附录)中给出的综合工作条件得到的(IEEE Std 382—1996编写过程中收集的核行业数据汇总)。6.2热老化参数值则是以附录C(资料性附录)中所述的基本原理为依据,6.5和6.6振动试验和地震模拟参数值是以附录D(资料性附录)中所述的基本原理为依据。

4.3.1.2 其他试验参数来源

可以提出与第5章中不同的试验参数(应以可对比的方式提出)。对工作条件应采用GB/T 12727要求的鉴定裕度以便得到参数值。

4.3.2 型式试验计划

应按本标准的要求制订型式试验计划,该计划至少包括4.3.2.1~4.3.2.14内容。

4.3.2.1 与本标准有关的参考资料。

4.3.2.2 鉴别被试验的驱动装置。包括制造厂、产品样本、每一驱动装置的零部件明细表和图纸。

4.3.2.3 动力源的范围和质量要求(如电压波纹)以及控制信号要求,包括工作介质的质量(如空气的清洁度),这些要求对保证驱动装置具有正确的功能是十分重要的。

4.3.2.4 固定、连接、方位和接口要求,电缆和导管插入点(包括压力密封方式)的要求,需要时还包括安装要求。

4.3.2.5 与安装寿命维修大纲有关的在型式试验期间进行的维修。

4.3.2.6 被试验的驱动装置和附件在正常或额定条件下的性能要求,这些要求包括被鉴定的驱动装置的输出特性和所有要鉴定的能力,例如,预计要验证电动装置的限值开关或气动装置电磁阀的功能就应在清单中列出。

4.3.2.7 鉴定寿命的目标。

4.3.2.8 要验证的安全功能。

4.3.2.9 可接受的性能限值。

4.3.2.10 构成试验失败的条件。

4.3.2.11 负载的模拟方法。

4.3.2.12 试验程序。

4.3.2.13 环境试验参数表(见第5章)。这些参数随时间的变化由第5章的图或表给出;环境试验参数表应指出要测量和记录的变量、测量频度和每次测量准确度。这些参数可以划分为:

a) 热力环境:温度、压力、相对湿度;

b) 液体喷射或喷淋环境:注入试验箱的液体流速、持续喷射或喷淋的方式、温度、化学成分和pH值;

c) 地震和非地震振动环境:振动频率、振幅或加速度特性;

d) 辐照环境:辐射类型、能谱、照射量率和累积剂量;

e) 动力源:电源的频率、电压和电流以及液动和气动装置的流体类型、质量、压力和流速;

f) 电特性:电气元件的绝缘电阻;

g) 机械特性:从接收信号到停止运行的转矩、推力、定位、时间与负载分布以及驱动装置的流体渗漏量;

h) 辅助功能测量:功能测量证实与驱动装置一起使用的设备的能力,但对驱动装置本身的运行不是必需的。测量应证实辅助设备在额定负载下的能力并提供试验计划所要求的准确度(例如,位置指示装置)。

4.3.2.14 任何特殊要求或条件,如试验期间可能影响驱动装置性能的蒸汽与空气混合气体的工作条

件。

4.3.3 型式试验程序

4.3.3.1 试验样机

选择产品中有代表性的驱动装置作为试验样机并提供能按第 6 章要求进行试验的方法。按要求提供电动、气动和液动等原动力的连接机构，整个试验期间应采用相同驱动装置样机并按型式试验计划的要求定向。

4.3.3.2 试验次序和要求

若情况合适，型式试验应按下列次序进行：

- a) 可运行性基准试验（见 6.1）；
- b) 正常热老化试验（见 6.2）；
- c) 正常加压循环试验（6.3）；
- d) 正常辐照老化试验（6.4）；
- e) 振动老化试验（见 6.5）；
- f) 地震模拟试验（见 6.6）；
- g) 设计基准事件（DBE）辐照试验（见 6.7，可与 d）结合进行）；
- h) 设计基准事件（DBE）环境试验（见 6.8）；
- i) 再按步骤 a) 进行可运行性试验。

4.3.4 检查

4.3.4.1 检查试验样机

应在试验前和按 4.3.2 的试验计划完成鉴定试验后对试验样机进行检查。

4.3.4.2 试验前检查

应按照驱动装置制造厂提出的试验计划进行下述项目的试验前检查：

- a) 控制装置的调整；
- b) 紧固件的固紧；
- c) 驱动系统的启动；
- d) 试验设备校准。

4.3.4.3 试验期间检查

为评价试验样机，可以在鉴定试验期间进行检查，包括可运行性试验的检查。

除了完成不同试验所需要的调整变更外，不允许进行任何变更、调整或维修，在试验计划中规定不要求重新鉴定的那些变更、调整和维修除外。应在鉴定报告中对这些维修或调整给以充分的说明并加以评价。

4.3.4.4 试验后检查

试验后应将试验样机解体检查，同时记录驱动装置各部件的状况。

4.3.5 验收准则

如果驱动装置已完成了 4.3.2 所述的型式试验计划所要求的功能，则该驱动装置通过了型式试验。

4.3.6 通用类驱动装置的设计修改

对鉴定合格的通用类驱动装置，作任何设计修改都需再鉴定。在这种情况下再鉴定可以通过分析、试验或两者相结合的方法来完成。驱动装置制造厂负责对修改引起的各种可能的综合影响的分析来确定鉴定的方式，如果能证明修改对通用类鉴定的影响可以忽略不计，就不必作进一步的型式试验。应把分析或试验报告附到原来的通用类鉴定报告中，作为鉴定报告的一部分。

可能需要通过型式试验重新鉴定的设计修改实例：

- a) 对鉴定寿命可能有影响的结构材料的变更，如密封装置、润滑剂的变更；

- b) 影响挠度或强度的结构材料的变更;
- c) 加工工艺或技术条件的变更;
- d) 机械应力和电应力的变更;
- e) 影响部件性能的驱动装置设计的变更。

注: 用户的阀门驱动装置的技术规格书所要求的控制或显示用的部件或附件, 不管是否与安全有关都应在本标准
的专用鉴定过程中进行评价。

4.4 专用驱动装置的鉴定

4.4.1 概述

完成专用驱动装置鉴定的必要步骤如下:

- a) 验证阀门驱动装置属于已鉴定合格的通用类驱动装置;
- b) 评价专用驱动装置的技术规格书, 验证通用类驱动装置鉴定试验的环境条件是否包括了专用的工作条件和裕度, 对型式试验未作地震鉴定的通用类中的驱动装置, 应对关键部分进行地震应力分析;
- c) 如果专用驱动装置不是规定的通用类驱动装置, 则应按 4.3 所述方法在专用运行条件下进行型式试验鉴定。

注: 性能验证试验在附录 E (资料性附录) 中介绍, 但不作为鉴定的内容。

4.4.2 阀门驱动装置的技术规格书

阀门驱动装置的技术规格书是提供给制造厂的文件, 至少应包括:

- a) 按本标准鉴定的驱动装置的技术条件;
- b) 确认安全有关功能和工作条件, 包括正常环境和设计基准事件的环境;
- c) 电压、电流和频率的范围; 气动或液动压力、驱动流体类型 (已由驱动装置制造厂规定的除外)、清洁度 (如固体污染量) 和要提供的过滤设施;
- d) 在正常、异常和事故环境下, 在上述动力源范围的极值条件下驱动装置的性能要求。提出的要求至少包括输出转矩或推力、双向速度、操作循环次数、设计寿命和失去驱动力时的位置;
- e) 在核电厂现场的安装要求, 如固定方法、相对于重力的安装方向、设备配置和安装空间;
- f) 要求制造厂提供驱动装置安装寿命内的下述资料: 润滑剂和液压流体的预防性维修计划、磨损或环境劣化部件的替换计划以及过滤器的检查要求。应说明维修可达性的任何限制;
- g) 对安装在驱动装置上或驱动装置外部的控制、显示装置或其他部件和附件的要求以及任何特殊要求, 例如对不同的安全通道中使用的冗余部件之间所需的机械或电气隔离。与安全有关的物项应说明标识和性能要求。

4.4.3 与通用类驱动装置的比较

应在试验鉴定过的一种通用类驱动装置和专用驱动装置之间进行分析比较, 这种比较应包括 4.4.3.1~4.4.3.4 的内容。

4.4.3.1 专用驱动装置设计尺寸比例与试验过的装置相似, 对任何与应力有关的尺寸差异, 应证明专用驱动装置尺寸是偏保守的, 在应力方面是更合理的。

如果比较不能证实这一点, 可以通过计算证明结构材料的应力是在许用应力限值之内或按 4.3 的要求进行鉴定试验。

4.4.3.2 在驱动装置的驱动部件中, 因堵转推力或转矩而升高的应力是在材料的许用应力限值之内。

4.4.3.3 专用驱动装置中静负载和动负载的断面应力、轴承和驱动部件之间的接触应力、流体/气体压力和其他设计负载以及与强度有关的参数都与试验过的驱动装置的参数相似。任何差别都应加以说明, 证明是保守的且有利于专用驱动装置。

4.4.3.4 应指出专用驱动装置和试验过的驱动装置之间在下述各方面的相似性:

- a) 工作原理;
- b) 功能相同, 结构相似, 主要差别是总体尺寸、重量和参数额定值;
- c) 材料、制造工艺、粗糙度和公差;
- d) 运行特性, 包括时间和负载;
- e) 辅助部件;
- f) 鉴定参数;
- g) 设计裕度;
- h) 安装要求;
- i) 动力源。

允许使用与鉴定中所用的不同的功能部件来替换, 只要这类零件或部件对于相应的使用条件已分别鉴定过。例如, 电动装置上的力矩开关和气动装置的电磁控制阀。应使用型式试验鉴定替换部件, 并进行分析以说明在专用驱动装置中使用替换部件是合适的。

允许不同材料的替换, 只要材料试验和分析证明代用材料(例如螺栓材料和填料)满足相应的使用条件。应使用材料的试验结果确定在相应使用条件下的材料特性, 应进行分析以验证其特性满足专用驱动装置的使用要求。

4.4.4 与技术规格书的关系

应把专用驱动装置的性能和用户技术规格书中所要求的性能进行比较, 以确定专用驱动装置符合用户的要求。

4.5 文件编制

4.5.1 概述

鉴定文件主要是用于证明每一驱动装置对于其预期的用途进行过鉴定。4.5.2 和 4.5.3 所述的文件资料组成了鉴定试验的文件。应通过技术要求、试验报告和分析结果三者的关系说明鉴定的具体过程。

4.5.2 通用类驱动装置鉴定的文件

通用类驱动装置鉴定的文件应包括下述定量信息:

- a) 鉴别通用类驱动装置的依据;
- b) 选择型式试验样机的依据;
- c) 对已选作试验用样机的型式试验计划;
- d) 用于试验驱动装置的型式试验顺序;
- e) 试验装置、仪器和仪器校准记录;
- f) 对驱动装置样机进行型式试验说明书之外的任何调整、拆卸或变更的正当理由;
- g) 试验结果和支持性数据;
- h) 替代部件或材料的鉴定数据;
- i) 支持鉴定所需要的摘要、结论和建议;
- j) 负责通用类驱动装置鉴定的人员签名和签署日期。

应以可监查的形式整理和保存这些文件资料。

4.5.3 专用驱动装置鉴定的文件

专用驱动装置鉴定的文件应证明该驱动装置技术规格书中提出的条件, 这些条件使相应于运行和环境要求选择和提出驱动装置的设计、额定值和性能成为可能, 进而能使制造厂以可监查的形式证明已满足了专用的技术条件。

专用驱动装置鉴定的文件应包括:

- a) 标识被鉴定设备，包括装配图和材料清单；
- b) 证明专用驱动装置是已鉴定合格的通用类驱动装置；
- c) 说明按运行条件和所要求的阀门特性选择专用驱动装置所采用的方法，证明符合该装置技术规格书的要求；
- d) 定期维修要求和部件更换计划；
- e) 其他的技术资料，如安装、校准、维修和操作手册；
- f) 替代部件或材料的鉴定数据。

所有文件都应有鉴定负责人的签名和签署日期。

5 鉴定实例

5.1 范围

本章给出了不同水平的鉴定实例和每一实例的环境试验参数，它们只是现有核电厂的一些典型实例工业数据，使用者的职责是确保鉴定试验参数符合自己电厂的使用条件并有一定的裕度。

本章所述是核电厂安全有关设备在通常位置处的几种标准鉴定试验实例及其环境参数。

5.2 多次操作

5.2.1 实例 I ——设置在沸水堆电厂 III 型安全壳的干井和蒸汽管廊内的驱动装置的鉴定试验，在设计基准事件（DBE）发生后的规定时间内按指令运行。

图 1 给出了实例 I 中鉴定驱动装置的鉴定参数值和时间的关系。正常使用老化试验要求见表 1，DBE 辐照试验数据为 $10 \times 10^4 \text{Gy}$ 。

表 1 实例 I 的试验项目及要求

试验项目	试验要求
带负载操作次数 调节阀 双位阀	全行程操作 2000 次，20%行程操作 100000 次 2000 次
正常辐照老化试验	$45 \times 10^4 \text{Gy}$ (40a)
正常热老化试验	见 6.2
正常加压循环试验	15 次外加压，每次加到 448kPa，持续 3min

5.2.2 实例 II ——设置在沸水堆电厂安全壳内（干井和蒸汽管廊外）的驱动装置的鉴定试验，在设计基准事件（DBE）发生后的规定时间内按指令运行。

图 2 给出了在实例 II 中鉴定驱动装置的鉴定参数值和时间的关系。正常使用老化试验要求见表 2，DBE 辐照试验数据为 $20 \times 10^4 \text{Gy}$ 。

表 2 实例 II 的试验项目及要求

试验项目	试验要求
带负载操作次数 调节阀 双位阀	全行程操作 2000 次，20%行程操作 100000 次 2000 次
正常辐照老化试验	$5 \times 10^4 \text{Gy}$ (40a)
正常热老化试验	见 6.2
正常加压循环试验	15 次外加压，每次加到 448kPa，持续 3min

5.2.3 实例 III ——设置在压水堆电厂安全壳内的驱动装置的鉴定试验，在失水事故（LOCA）发生后的规定时间内按指令运行。

图 3 给出了在实例 III 中鉴定驱动装置的鉴定参数值和时间的关系。正常使用老化试验要求见表 3, DBE 辐照试验数据为 $1.2 \times 10^6 \text{Gy}$ 。

表 3 实例 III 和实例 IV 的试验项目及要求

试验项目	试验要求
带负载操作次数 调节阀 双位阀	全行程操作 2000 次, 20%行程操作 100000 次 2000 次
正常辐照老化试验	$70 \times 10^4 \text{Gy}$ (40a)
正常热老化试验	见 6.2
正常加压循环试验	15 次外加压, 每次加到 448kPa, 持续 3min

5.2.4 实例 IV——设置在压水堆电厂安全壳内的驱动装置的鉴定试验, 在主蒸汽管破裂 (MSLB) 事件发生后的规定时间内按指令运行。

图 4 给出了在实例 IV 中鉴定驱动装置的鉴定参数值和时间的关系。正常使用老化试验要求见表 3, DBE 辐照试验数据为 $30 \times 10^4 \text{Gy}$ 。

5.2.5 实例 V——设置在压水堆和沸水堆电厂安全壳外经受蒸汽影响的驱动装置的鉴定试验, 在设计基准事件 (DBE) 发生后的规定时间内按指令运行。

图 5 给出了在实例 V 中鉴定驱动装置的鉴定参数值和时间的关系。正常使用老化试验要求见表 4, DBE 辐照试验数据为零。

表 4 实例 V 的试验项目及要求

试验项目	试验要求
带负载操作次数 调节阀 双位阀	全行程操作 2000 次, 20%行程操作 100000 次 2000 次
正常辐照老化试验	$2 \times 10^4 \text{Gy}$ (40a)
正常热老化试验	见 6.2
正常加压循环试验	没有外加压试验

5.2.6 实例 VI——设置在压水堆和沸水堆电厂安全壳外不经受蒸汽影响的驱动装置的鉴定试验, 在设计基准事件 (DBE) 发生后的规定时间内按指令运行。不要求设计基准事件 (DBE) 辐照或蒸汽和 (或) 温度模拟试验。正常使用的老化鉴定试验可通过以往的使用经验或分析来完成。

按实例 III 鉴定合格的驱动装置则认为满足实例 I 和实例 II 的要求; 实例 I、实例 II 或实例 III 鉴定合格的驱动装置则认为满足实例 V 和实例 VI 的要求; 除了设计基准事件 (DBE) 辐照水平外, 按实例 IV 鉴定合格的驱动装置则认为满足实例 I、实例 II 和实例 III 的鉴定要求, 按实例 V 鉴定合格的驱动装置则认为已满足实例 VI 的要求。

注: 上述的鉴定实例适用于在设计基准事件 (DBE) 发生后 30d 内要求运行的驱动装置; 如果特殊的使用条件, 需要在设计基准事件 (DBE) 发生 30d 以后仍需运行, 则特定的鉴定程序应能外推通用鉴定试验的结果或进行必要的附加试验。

5.3 单次操作

如果预期的鉴定目标是驱动装置的安全有关功能, 仅涉及一个方向操作一次或保持位置不动, 则在设计基准事件 (DBE) 环境模拟期间允许采用下述方法, 这也适用于 5.2 中六种鉴定实例的任意一种。

在峰值温度下首次间歇时, 驱动装置处于最严酷的运行条件下, 在主要方向上使驱动装置运行 (对

气动装置可在开始间歇时，对电动、液动装置可在达到热平衡以后)。

6 鉴定试验

6.1 可运行性基准试验

6.1.1 范围

可运行性基准试验建立了驱动装置的参考性能数据，以用于与鉴定试验大纲其他阶段的性能进行比较。

6.1.2 试验装置的要求

6.1.2.1 按制造厂推荐的方法把电动、液动或气动源连接器与驱动装置相连接。

6.1.2.2 确保有可调的动力源，以便能提供最大、额定和最小的输入条件。

6.1.2.3 应提供足够的仪器，以记录驱动装置的性能参数。

6.1.3 试验

操作驱动装置并至少要记录下列数据。

6.1.3.1 对电动、气动或液压驱动装置，要记录：

- a) 在输入额定动力源（如电压）时每一方向的空载速度；
- b) 在模拟负载下每一方向的操作时间；
- c) 在输入规定的最低动力源（如电压）下的输出转矩或推力特性；
- d) 确认转矩、限位和辅助开关动作的正确性。

6.1.3.2 对气动、电—液动和液动驱动装置（如气缸、活塞、旋转叶片和双向动作隔膜或弹力回复器），要记录：

- a) 空载和额定输出速度；
- b) 在模拟负载下每一方向操作的时间；
- c) 在规定的最小气动或液压下的输出推力和转矩特性；
- d) 在规定的最大气动或液压下每一方向上的最大推力或转矩能力；
- e) 在规定的最大输入压力下活塞、隔膜和叶片密封的泄漏率。

6.1.3.3 对整体阀—电磁型驱动装置，要记录：

- a) 在规定的最大工作压力损失下的关阀电压；
- b) 在规定的最大压差和零压力下的开阀电压；
- c) 在额定电压下规定的最小工作压力（本数据只在这一试验时记录一次，以后的试验不重复记录）；
- d) 在额定压力下的内泄漏；
- e) 在 1.5 倍额定压力下的外泄漏；
- f) 试验流体及其品质特性；
- g) 专用要求（如响应时间、工作循环和流速）。

6.2 正常热老化试验

6.2.1 范围

热老化模拟试验是证明在加速热老化环境作用下和作用以后被试验驱动装置的可运行性，加速热老化模拟环境相当于设备安装寿命期间预期的正常热老化环境。

6.2.2 试验装置的要求

6.2.2.1 按试验计划把驱动装置安装在有电缆接口和密封装置的试验室内。

6.2.2.2 按制造厂推荐的方法连接电动、液动或气动源。

6.2.3 试验

加热驱动装置到 138℃ 并保持该温度来进行正常热老化模拟, 保持时间从表 5 中选定。

表 5 不同合格寿命的加速老化时间

40℃时要求的合格寿命, a	138℃时的加速老化时间, h
10	100
20	150
40	300

本表适用于环境温度是 40℃ 的正常使用条件, 其他环境温度可参考附录 C (资料性附录) 的规定计算加速热老化的温度和时间。

6.2.4 偏差

表 5 是在 138℃ 和 0.8eV 活化能的条件下从附录 C (资料性附录) 给出的值取整得到的加速老化时间, 10a 所对应的 74h 取整为 100h。如果 0.8eV 对被鉴定的驱动装置的材料还不够保守, 则需用更低的值。

只要根据附录 C (资料性附录) 中的阿仑尼乌斯(Arrhenius)方程(公式 C2)组合试验温度和试验时间, 则允许试验温度有偏差。另外, 应提供文件证明所选择的活化能(Φ)、试验温度和时间是保守的。

6.3 正常加压循环试验

6.3.1 范围

正常加压循环试验证明在受到正常工作期间预期的一系列加压循环作用和作用之后被试验驱动装置的运行能力。

6.3.2 试验装置的要求

6.3.2.1 按制造厂推荐的方法把电动、液动或气动源连接器与驱动装置相连接。

6.3.2.2 按预定的用途或根据加压循环确定的最关键方位决定驱动装置的方位。应在鉴定报告中说明选择最关键方位的合理性。

6.3.3 试验

6.3.3.1 对安全壳内使用的驱动装置的鉴定, 应对其外部加压 15 次。每次加到 448kPa 并至少保持 3min。

6.3.3.2 对安全壳外使用的驱动装置的鉴定, 不要求加压循环试验。

6.4 正常辐照老化试验

6.4.1 范围

辐照老化试验证明被试验驱动装置在正常辐照老化后的可运行性。

6.4.2 试验装置的要求

6.4.2.1 按试验计划把驱动装置安装在有电缆和密封接口的试验室内。

6.4.2.2 按制造厂推荐的方法连接电动、液动或气动源。

6.4.3 试验

6.4.3.1 在负载条件下完成操作循环的 50%。

6.4.3.2 把驱动装置置于 γ 辐射源中模拟其安装寿命内预期的正常本底累积剂量(见表 1~表 4)。

6.4.3.3 测量辐照前、后驱动装置的性能特性。在辐照期间应对辐照时预计呈现瞬态特性的部件进行监测。

6.4.3.4 把空气等效剂量作为规定的辐射剂量, 并且所进行的照射应使空气等效体积的任何部分接

受的剂量不小于规定的最小值（这可能使最靠近辐射源的部分超剂量）。

6.4.3.5 在负载条件下完成剩下的操作循环。

6.5 振动老化试验

6.5.1 范围

振动老化试验提供的振动环境代表核电厂正常情况下的振动，包括系统运行瞬变过程和其他的动态振动环境。本试验的目的是使驱动装置在设计基准事件（DBE）试验之前经历适当的振动老化。振动老化试验本身不是鉴定试验，也不是任何特定电厂的环境试验。

6.5.2 试验装置的要求

6.5.2.1 把驱动装置安装到振动台夹紧装置上，安装方法与其在阀门上的安装方法一样。

6.5.2.2 按制造厂推荐的方法把电动、液动或气动源连接器与驱动装置相连接。

6.5.2.3 确保产生振动的方法、振动频率和加速度的测量方法是合适的。

6.5.3 试验

6.5.3.1 使驱动装置经受 0.75g 的加速度，或经受低频时两倍振幅不超过 0.64mm 的相应加速度（频率扫描以每分钟两倍频程的速率从 5Hz 到 100Hz 再到 5Hz），从而实现对其施加的正弦运动。沿每一正交轴施加 90min 的振动，在模拟负载下每 15min 对驱动装置进行一次开—关操作；负载条件下在 20%~80%行程间连续操作调节阀驱动装置。上述方法的原理见附录 D（资料性附录）。

6.5.3.2 利用设置在驱动装置安装面附近的试验夹紧装置上的加速度仪监测和控制输入到驱动装置的振动。

6.5.3.3 试验前、后，在负载条件下操作驱动装置，用足够的监测设备验证可运行性。应将检测仪器安装到驱动装置及附件上，以便能充分地探测出故障。

6.6 地震模拟试验

6.6.1 范围

地震模拟试验是证明被试验驱动装置在模拟地震期间和之后的可运行性，模拟地震的方法是使驱动装置经受相当于五次运行基准地震（OBE）的振动、然后再经受相当于安全停堆地震（SSE）的作用。

6.6.2 试验装置的要求

6.6.2.1 把驱动装置安装到振动台夹紧装置上，安装方法与其在阀门上的安装方法一样，其方位应使驱动装置的最关键方向与激振轴的一个轴在一条直线上。鉴定报告应说明选择最关键方向的合理性，也应说明选择与重力有关的试验方向的合理性。

6.6.2.2 按制造厂推荐的方法把电动、液动或气动源连接器与驱动装置相连接。

6.6.2.3 利用设置在驱动装置安装面附近的试验夹具上的加速度仪监测和控制输入到驱动装置的振动。

6.6.2.4 要有足够的监测设备验证驱动装置功能的可行性，以便为共振研究提供数据。应将检测仪器安装到驱动装置及其附件上，以便能充分地探测出故障。

6.6.3 试验

6.6.3.1 因为阀门驱动装置可以采用管道连接或刚性安装方式，所以建议进行单频率和多频率试验。

6.6.3.2 对采用管道连接和刚性安装的驱动装置的鉴定，应模拟运行基准地震（OBE）动，模拟的方法是使驱动装置在每一正交轴方向都受到两次正弦扫波的作用，其大小为图 6 所示的要求输入运动（RIM）值的 2/3。每次扫波以每分钟不超过一个倍频程的速率从 2Hz 到 35Hz 再到 2Hz。在阀门驱动装置开启时完成一次扫波，在关闭时再完成一次扫波。每一轴向的运行基准地震（OBE）扫波后接着进行该轴向安全停堆地震（SSE）试验（见 6.6.3.3 和 6.6.3.4）。如果试验台和夹紧装置对试验结果

没有不良影响,运行基准地震(OBE)扫波也可以为共振研究提供数据。

6.6.3.3 对管道连接的驱动装置进行安全停堆地震(SSE)鉴定采用单频率试验,使驱动装置承受图6所示的一系列单频正弦拍波试验,间隔1/3倍频程(试验方法见GB/T 13625)。每一种频率的激励是一连串的正弦拍波,每一拍波在要求的持续时间内要有12~15次正弦振动。应调整后续拍波的相位,以便叠加上附加运动的各种影响。每一试验频率下,峰值加速度是图6所示的要求输入运动(RIM)值。每次试验的持续时间至少为15s。如果操作循环持续时间大于15s,只要按要求在振动期间在规定的振动水平下进行开启和关闭操作,则循环操作的某一段时间允许振动中断。开启和关闭循环时间少于5s的驱动装置试验时,在试验期间每一频率下至少循环两次。在负载条件下以20%的行程操作调节阀驱动装置。以同一频率和加速度在三个正交坐标轴的每一轴分别地或双轴地施加振动,在双轴施加振动的情况下,要在两个方向的每一方向完成同相和异相两种试验。双轴试验见6.6.3.4(如果需要,可以用在每一频率下持续15s的单频正弦驻波试验来代替正弦拍波试验)。

6.6.3.4 对刚性安装的驱动装置进行安全停堆地震(SSE)鉴定,使驱动装置受到双轴向多频振动试验,在对每一轴向进行分析时,多频振动产生的试验反应谱(TRS)应包括图7中给出的要求反应谱(RRS)(试验方法见GB/T 13625)。用一个水平轴与垂直轴方向的振动组合进行试验;然后,再用正交的另一水平轴与垂直轴的组合重复进行试验。推荐采用双轴独立的多频振动(无相位耦合)。如果采用相位耦合振动,则试验应进行四次,即在相隔90°的四个水平方向的每一个方向上进行一次,每次试验在相位上同垂直轴进行组合,每次试验的持续时间至少30s。如果操作循环持续时间大于30s,只要按要求在振动期间在规定的振动水平下进行开启和关闭,则循环的某一段时间允许振动中断。在负载条件下以20%的行程操作调节阀驱动装置。为了与图7的要求反应谱(RRS)相比较,试验结果可以5%阻尼的试验反应谱(TRS)表示;还应根据两种附加的阻尼值(如1%和3%)的试验反应谱(TRS)表示试验结果。上述方法的基本原理见附录D(资料性附录)。

6.7 设计基准事件(DBE)辐照试验

6.7.1 范围

DBE辐照试验证明被试验驱动装置在DBE辐照后的可运行性,允许本试验与6.4所述的试验结合起来进行。

6.7.2 试验装置的要求

6.7.2.1 按试验计划把驱动装置安装在有电缆和密封接口的试验室内。

6.7.2.2 按制造厂推荐的方法连接电动、液动或气动源。

6.7.3 试验

6.7.3.1 把驱动装置置于 γ 辐照下,模拟该驱动装置预期在DBE期间及其之后一直到不再需要完成安全有关功能为止这段时间内所承受的剂量(见5.2.1~5.2.5中的DBE辐照数据)。

6.7.3.2 辐照前、后应测量驱动装置的性能特性。对部件在辐照时呈现瞬态特性的驱动装置,在辐照期间应进行监测。

6.7.3.3 把空气等效剂量作为规定的辐射剂量,所进行的照射应使得空气等效体积的任何部分接受的剂量不少于规定的最小值(这可能使最靠近辐射源的部分超剂量)。

6.8 设计基准事件(DBE)环境试验

6.8.1 范围

DBE环境试验证明被试验驱动装置在DBE温度、压力、湿度条件下的可运行性,或喷淋环境下的可运行性。

6.8.2 试验装置的要求

6.8.2.1 按试验计划把驱动装置安装在有电缆、密封和专用管路等接口装置的试验室内。

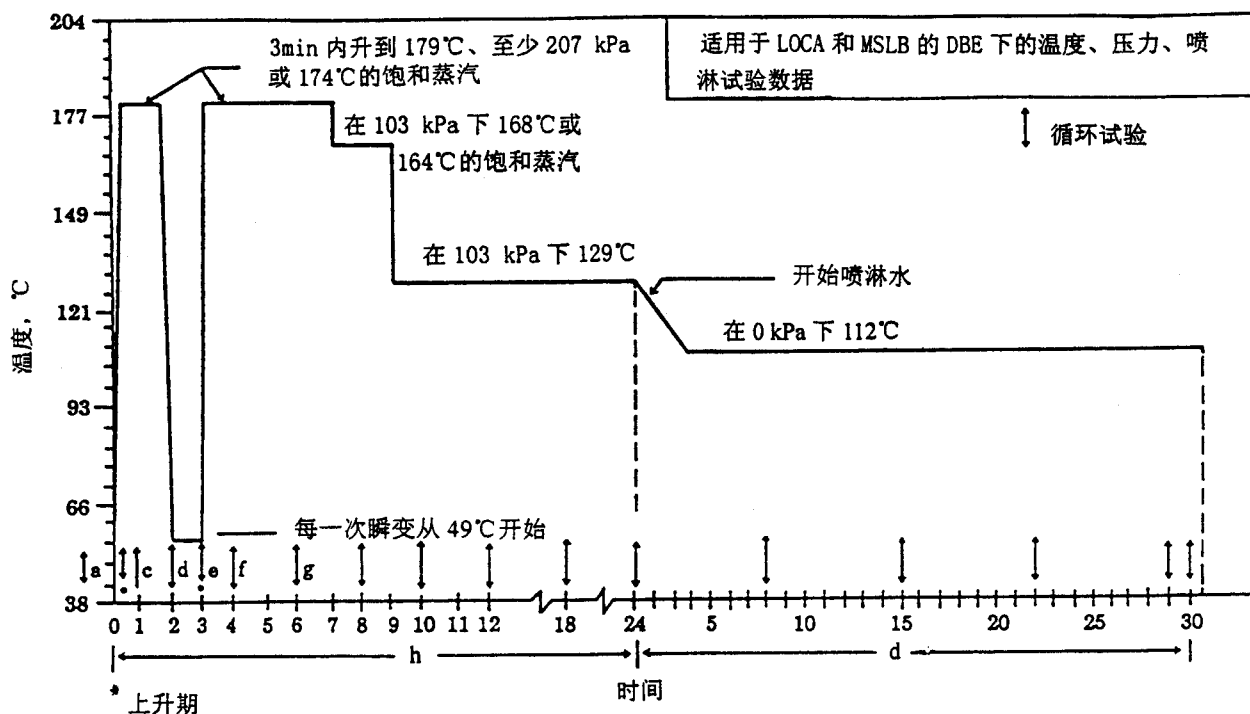
6.8.2.2 在受到温度和（或）压力瞬变过程作用之前，在实验室内建立 DBE 之前存在的正常环境条件，并操作驱动装置以提供 DBE 模拟的基准数据。

6.8.3 试验

6.8.3.1 在额定负载条件下操作驱动装置，完成全部操作循环试验。

6.8.3.2 如果被鉴定的驱动装置用于要求多次操作的场所，则试验参数根据所要求的鉴定水平而不同。对不同鉴定水平的描述见第 5 章。

6.8.3.3 如果被鉴定的驱动装置用于只要求在一个方向操作一次或保持位置不动作的场所，则驱动装置应在第一次瞬变的峰值条件下在关键方向上操作（只要求在一个方向、操作一次），或不动（要求保持位置），在 DBE 环境模拟期间不要求其他操作。



注 1: 试验数据减裕度得到实际鉴定水平。

注 2: 降温变化应在进行下一次循环试验前完成。

注 3: 在模拟 DBE 期间, 温度在 121°C 以上全是蒸汽环境, 温度低于 100°C 时相对湿度应大于或等于 95%。

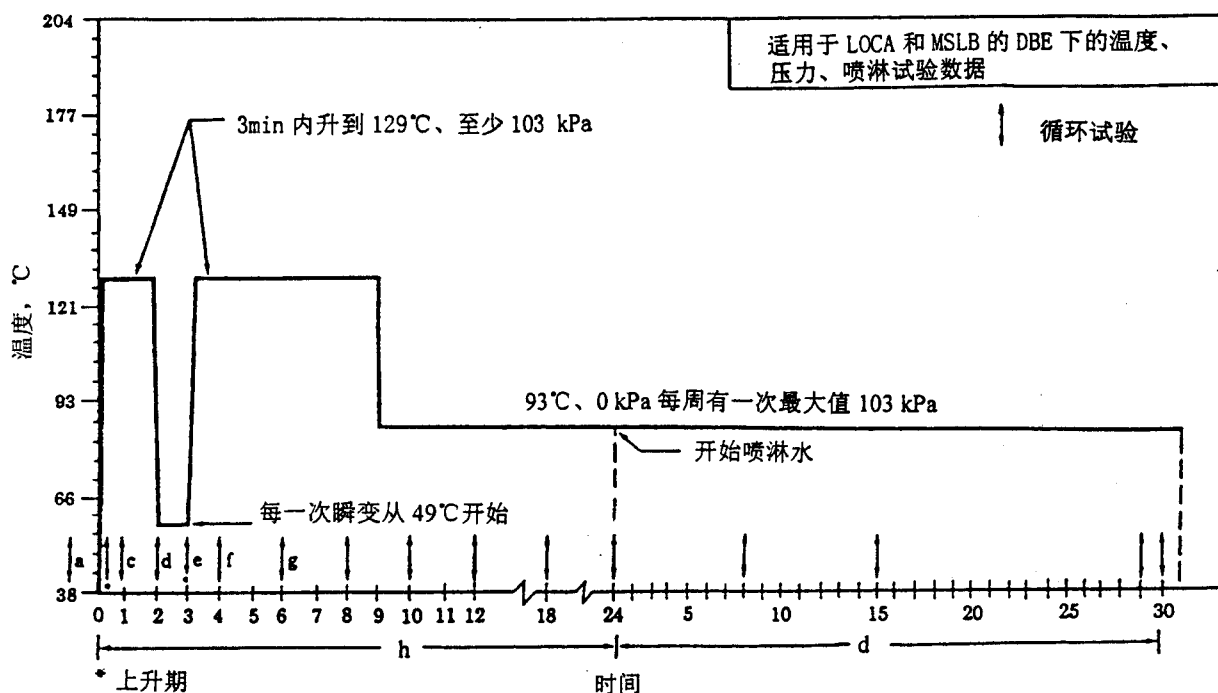
注 4: 喷淋时间不少于 6h, 喷淋到驱动装置水平截面上的喷淋量为 1.22L/min·m²。

注 5: 在模拟负载下对驱动装置样机进行一次完整的循环(开—关驱动装置)或在指定时间内进行 10 次 20%行程的循环(调节阀驱动装置)。除了循环 c 和循环 f 是在最小输入功率下完成、循环 g 是在最大输入功率下完成外, 其他的循环都是在额定输入功率下完成。

注 6: I 型和 II 型安全壳的温度和压力更高。

注 7: 参数值并不能包括核电厂的所有情况, 用户应验证其是否满足要求。

图 1 BWR (III 型安全壳) 干井和蒸汽管廊内的型式试验参数值 (实例 I)



注 1: 试验数据减裕度得到实际鉴定水平。

注 2: 降温变化应在进行下一次循环试验前完成。

注 3: 在模拟 DBE 期间, 温度在 121°C 以上全是蒸汽环境, 温度低于 100°C 时相对湿度应大于或等于 95%。

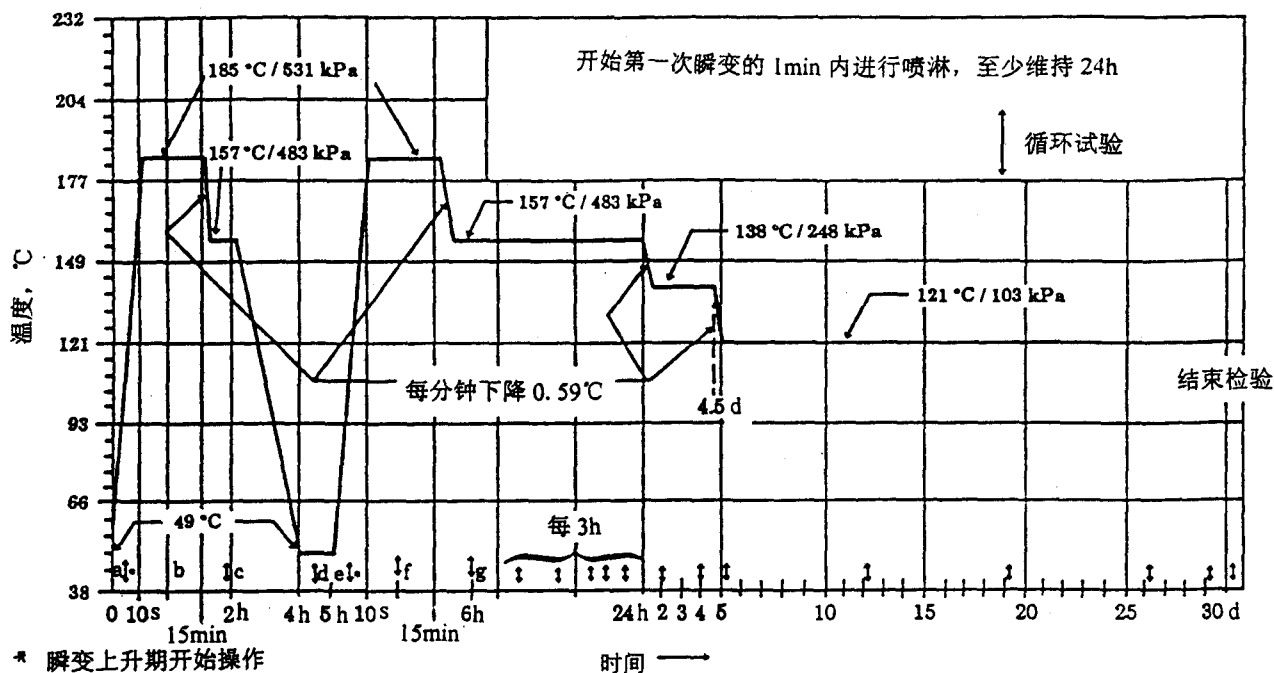
注 4: 喷淋时间不少于 6h, 喷淋到驱动装置水平截面上的喷淋量为 1.22L/min·m²。

注 5: 在模拟负载下对驱动装置样机进行一次完整的循环(开—关驱动装置)或在指定时间内进行 10 次 20%行程的循环(调节阀驱动装置)。除了循环 c 和循环 f 是在最小输入功率下完成、循环 g 是在最大输入功率下完成外, 其他的循环都是在额定输入功率下完成。

注 6: I 型和 II 型安全壳的温度和压力更高。

注 7: 参数值并不能包括核电厂的所有情况, 用户应验证其是否满足要求。

图 2 BWR 安全壳内干井和蒸汽管廊外的型式试验参数值(实例 II)



注 1: 试验数据减裕度得到实际鉴定水平。

注 2: 降温变化应在进行下一次循环试验前完成。

注 3: 在模拟 DBE 期间, 温度在 121 °C 以上全是蒸汽环境, 温度低于 100 °C 时相对湿度应大于或等于 95%。

注 4: 化学喷淋液有: 重量百分比为 1.5% 的硼酸与氢氧化钠溶液, 室温下 pH 值为 10.5; 6.2×10^{-3} (6200ppm) 硼 (以 H_3BO_3 形式)、 $5 \times 10^{-5} \sim 10^{-4}$ (50ppm~100ppm) 磷酸胍钠溶液, pH 值 4~10; 重量百分比为 1.146% 的硼酸和 0.17% 的氢氧化钠水溶液。

注 5: 在每次瞬变的最初 12min 要求过热蒸汽的环境条件, 随之开始喷淋, 以后是饱和蒸汽; 喷淋应在第一次瞬变结束时中止, 一直到第二次瞬变开始 12min 后再喷淋, 如果要保持过热蒸汽环境, 则相应调整温度和压力。

注 6: PWR 试验时不推荐单一的化学喷淋液, 用户自己应确保所选的溶液适于鉴定。

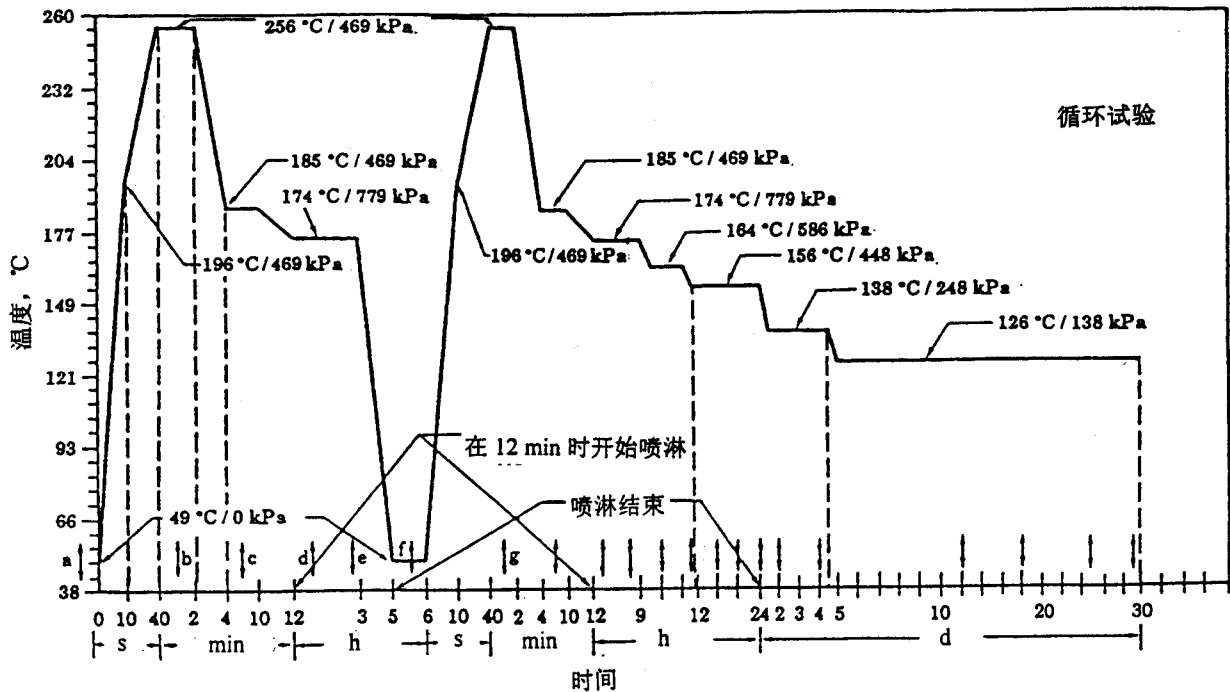
注 7: 使用平均能量大于或等于 1.0MeV 的 γ 源。对安装寿命低于 40a 的驱动装置作鉴定, 如果证明是合适的, 则正常使用条件的辐照可以成比例地下降。

注 8: 化学喷淋量约 28.5L/min · m² (驱动装置水平截面上)。

注 9: 在模拟负载下对驱动装置样机进行一次完整的循环 (开—关驱动装置) 或在指定时间内进行 10 次 20% 行程的循环 (调节阀驱动装置)。除了循环 c 和循环 f 是在最小输入功率下完成、循环 g 是在最大输入功率下完成外, 其他循环都是在额定输入功率下完成。

注 10: 参数值不包括核电厂所有的情况, 用户应验证其是否满足要求。

图 3 PWR 安全壳内 LOCA 环境型式试验参数值 (实例 III)



注 1: 试验数据减裕度得到实际鉴定水平。

注 2: 降温变化应在进行下一次循环试验前完成。

注 3: 在模拟 DBE 期间, 温度在 121°C 以上全是蒸汽环境, 温度低于 100°C 时相对湿度应大于或等于 95%。

注 4: 化学喷淋液有: 重量百分比为 1.5% 的硼酸与氢氧化钠溶液, 室温下 pH 值为 10.5; 6.2×10^{-3} (6200ppm) 硼 (以 H_3BO_3 形式)、 $5 \times 10^{-5} \sim 10^{-4}$ (50ppm~100ppm) 磷酸胍钠溶液, pH 值 4~10; 重量百分比为 1.146% 的硼酸和 0.17% 的氢氧化钠水溶液。

注 5: 在每次瞬变的最初 12min 要求过热蒸汽的环境条件, 随之开始喷淋, 以后是饱和蒸汽; 喷淋应在第一次瞬变结束时中止, 一直到第二次瞬变开始 12min 后再喷淋, 如果要保持过热蒸汽环境, 则相应调整温度和压力。

注 6: PWR 试验时不推荐单一的化学喷淋液, 用户自己应确保所选的溶液适于鉴定。

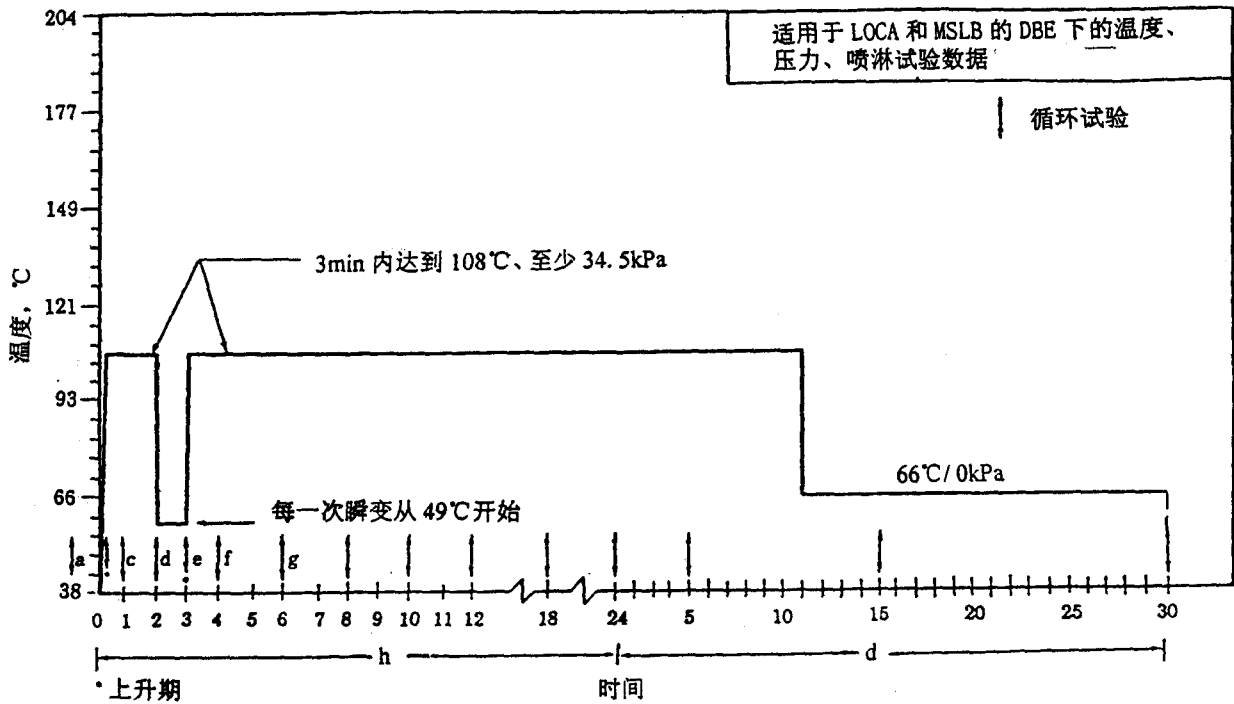
注 7: 使用平均能量大于或等于 1.0MeV 的 γ 源。对安装寿命低于 40a 的驱动装置作鉴定, 如果证明是合适的, 则正常使用条件的辐照可以成比例地下降。

注 8: 化学喷淋量约 28.5L/min·m² (驱动装置水平截面上)。

注 9: 在模拟负载下对驱动装置样机进行一次完整的循环 (开—关驱动装置) 或在指定时间内进行 10 次 20% 行程的循环 (调节阀驱动装置)。除了循环 c 和循环 f 是在最小输入功率下完成、循环 g 是在最大输入功率下完成外, 其他的循环都是在额定输入功率下完成。

注 10: 参数值不包括核电厂所有的情况, 用户应验证其是否满足要求。

图 4 PWR 安全壳内 MSLB 环境型式试验参数值 (实例 IV)

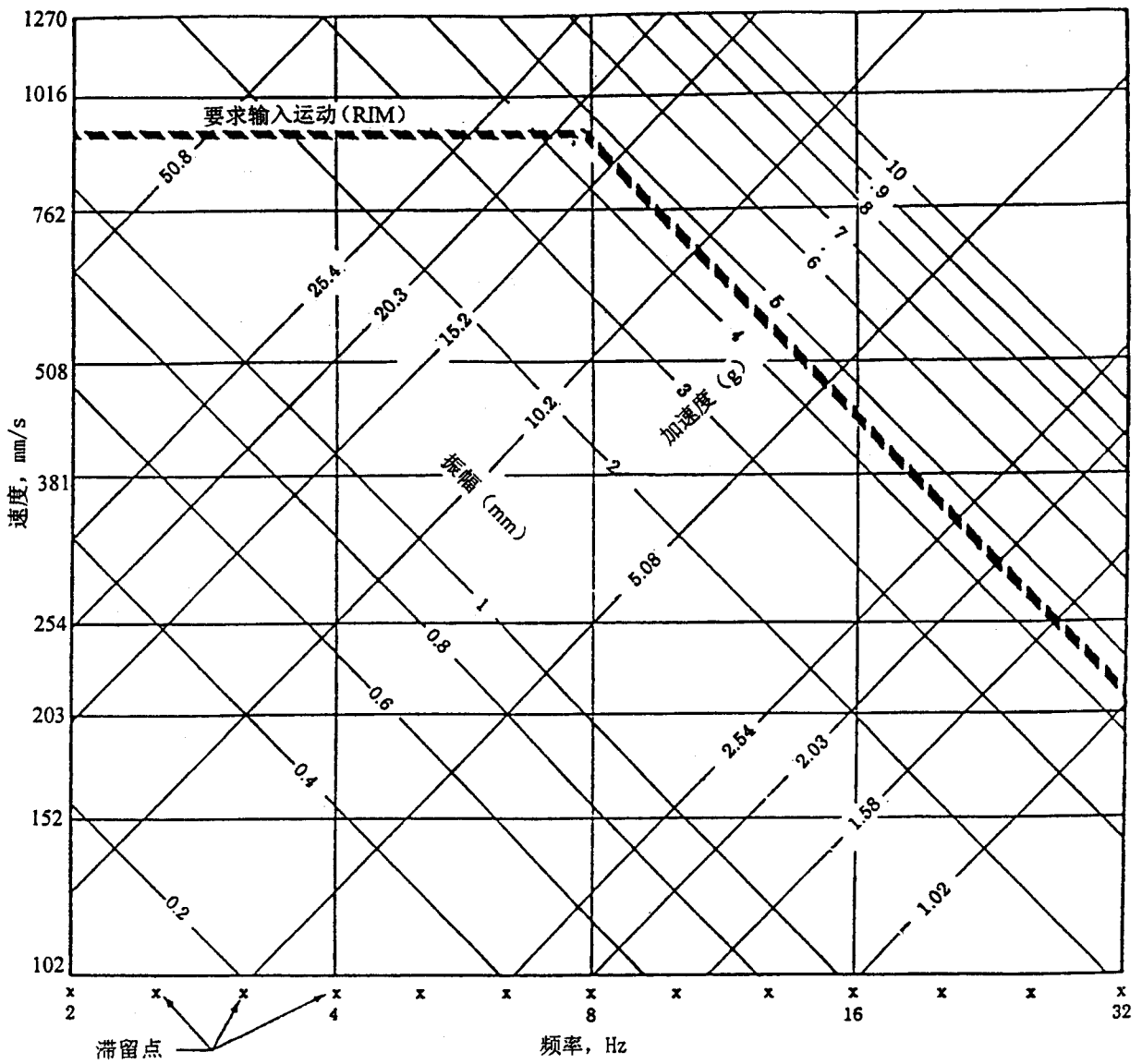


注 1: 试验数据减裕度得到实际鉴定水平。

注 2: 在模拟负载下对驱动装置样机进行一次完整的循环(开—关驱动装置)或在指定时间内进行 10 次 20%行程的循环(调节阀驱动装置)。除了循环 c 和循环 f 是在最小输入功率下完成、循环 g 是在最大输入功率下完成外,其他循环都是在额定输入功率下完成。

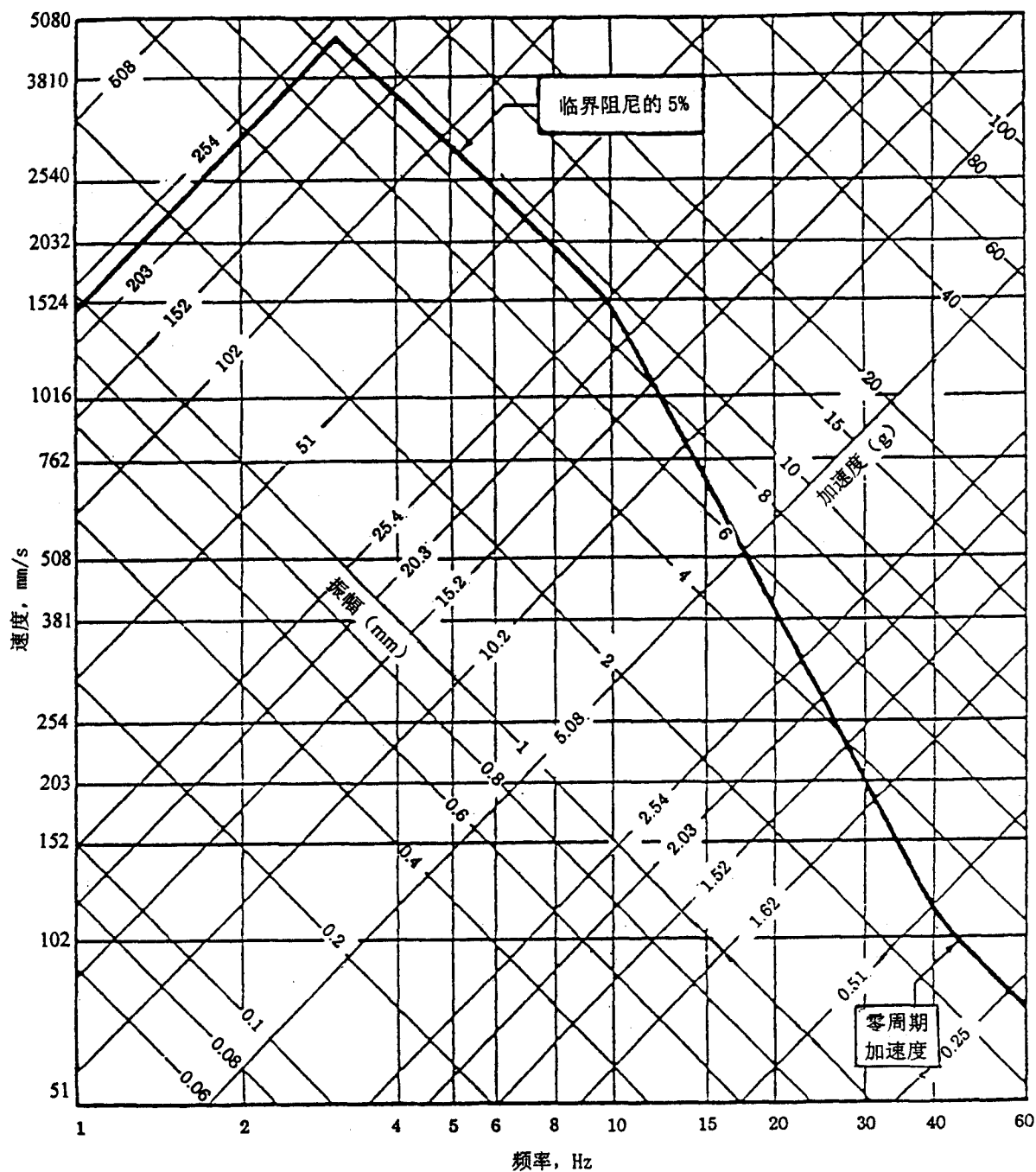
注 3: 参数值并不包括核电厂的所有情况,用户应验证其是否满足要求。

图 5 BWR 和 PWR 安全壳外型式试验参数值(实例 V)



注：参数值不包括核电厂的所有情况，用户应验证其是否满足要求。

图 6 地震鉴定的要求输入运动 (RIM)



注：参数值不包括核电厂的所有情况，用户应验证其是否满足要求。

图 7 地震鉴定的要求反应谱 (RRS)

附录 A

(资料性附录)

选择有代表性的驱动装置进行型式试验的方法

A.1 引言

选择符合 4.2.2 要求的试验用驱动装置的有效方法是本标准起草工作组的一致意见。该方法根据现有的外推概念,以偏离平均值 50%~100%来确定外推限值,据此得到一种通用类驱动装置需要进行型式试验的有代表性且合理的数量。

选择一通用类驱动装置型式试验样机的步骤如下:

- a) 确认这些驱动装置是一种通用类的驱动装置;
- b) 选择重要的技术设计参数(考虑到完整性,至少选四个);
- c) 把该类中每一驱动装置的重要参数值列表(见表 A.1);
- d) 计算一个参数在整个使用范围(最小值到最大值)内的平均值;
- e) 加倍和减半该参数的平均值,这就形成了在该参数外推限值内的一个比率组的边界;
- f) 通过选择该参数不同的实际值,并重复步骤 d)和 e)得到不同的比率组,比率组的数量按需要确定,使所有被试验驱动装置的该项参数值至少包括在一个比率组内;
- g) 对表内的其余参数(至少还有三个),重复步骤 d)~f);
- h) 把每一参数的比率组和组内的驱动装置样机列表,每一比率组内的任一驱动装置样机都适合进行型式试验;
- i) 把符合要求的驱动装置样机列表,选择试验样机以便能代表每一参数的每一比率组。

A.2 实例

气缸类驱动装置都具有同样的材料、设计应力、压力额定值和制造工艺。

A.2.1 确认该类驱动装置和选择重要的参数(A.1中 a)和 b)项)。

A.2.2 通用类驱动装置样机 A~X,见表 A.1。

A.2.3 为了在通用类内比较和选择要试验的驱动装置数,所选择的参数是:

- a) 气缸内径, mm;
- b) 行程, mm;
- c) 重量, kg;
- d) 重心离安装表面的距离, mm。

A.2.4 把参数值制成 A.1 中 c)项的表格,见表 A.1。

A.2.5 确定比率组(A.1中的 d)~g)项)。

A.2.5.1 气缸内径

气缸内径的范围: 152.4mm~508mm; 平均值为 330.2mm, A1 比率组的范围是 165.1mm~660.4mm;

气缸内径为 152.4mm, A2 比率组的范围是 76.2mm~304.8mm。

A.2.5.2 行程

行程的范围: 12.7mm~508mm, 平均值为 261.6mm, B1 比率组的范围是 132.1mm~523.2mm;

行程的范围: 12.7mm~127mm, 平均值为 71.1mm, B2 比率组的范围是 35.6mm~142.2mm;

行程为 12.7mm, B3 比率组的范围是 6.4mm~25.4mm。

A.2.5.3 重量

重量的范围：47.6 kg ~816.5kg；平均值为 432.3kg，C1 比率组的范围是 215.9kg~864.6kg；

重量的范围：47.6kg~172.3kg；平均值为 110.2kg，C2 比率组的范围是 55.3kg~220.4kg；

重量的范围：47.6kg~54.4kg；平均值为 51.3kg，C3 比率组的范围是 25.9kg~102.5kg。

A. 2. 5. 4 重心距

重心距的范围：58.4mm~406.4mm；平均值为 233.7mm，D1 比率组的范围是 116.8mm~467.4mm；

重心距的范围：58.4mm~114.3mm；平均值为 86.4mm，D2 比率组的范围是 43.2mm~172.7mm。

表 A. 1 重要参数值

样机	气缸内径, mm	行程, mm	重量, kg	重心距, mm
A	152.4	12.7	47.6	58.4
B	152.4	76	54.4	83.8
C	152.4	152	61.2	121.9
D	203.2	12.7	72.6	73.7
E	203.2	102	81.6	111.8
F	203.2	203	90.7	162.6
G	254	12.7	95.3	83.8
H	254	127	113.4	139.7
I	254	254	131.5	203.2
J	305	12.7	145.2	99.1
K	305	152	172.3	167.6
L	305	305	199.6	243.8
M	356	12.7	220.0	114.3
N	356	178	260.8	195.5
O	356	356	301.6	284.5
P	406	12.7	344.7	129.5
Q	406	203	399.2	223.5
R	406	406	453.6	325.1
S	457	12.7	521.6	149.9
T	457	229	589.7	251.5
U	457	457	657.7	391.2
V	508	12.7	635.0	160.0
W	508	254	725.8	281.9
X	508	508	816.5	406.4

A. 2. 6 把这些比率组列表，确定符合条件的样机 (A. 1 中 h) 项)，见表 A. 2。

A. 2. 7 把符合条件的样机列表，选择试验样机 (A. 1 中 i) 项)，见表 A. 3。

所选择的试验样机应代表每一参数的每一比率组。例如，选择 A、H 和 T 三个样机进行试验是合适的，但不能选择两个。

表 A.2 确认样机

参 数	比 率 组	推 荐 的 样 机
气缸内径, mm	A1:165.1~660.4 A2:76.2~304.8	DEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ ABCDEFGHIJKLM A2 比率组中的所有样机和 A1 比率组中的 M 到 X 都符合被推选条件
行程, mm	B1:132.1~523.2 B2:35.6~142.2 B3:6.4~25.4	CFIKLNOQRTUWX BEH ADGJMPSV 每一比率组中的样机都符合被推选条件
重量, kg	C1:215.9~864.6 C2:55.3~220.4 C3:25.9~102.5	MNOPQRSTUVWXYZ CDEFGHIJKLM ABCDEFG C3 比率组中的所有样机、C2 比率组中的 HIJKL 和 C1 比率组中的全部样机都符合被推选的条件。
重心距, mm	D1:116.8~467.4 D2:43.2~172.7	CFHIKLNOPQRSTUVWXYZ ABCDEFGHIJKMPV D2 比率组中的 A~H、J、M 和 D2 比率组的 I~X 是符合被推选条件的样机

表 A.3 选择试验样机

参 数	比 率 组	每一比率组中的合格样机
气缸内径	A1	-----MNOPQRSTUVWXYZ
	A2	ABCDEFGHIJKLM-----
行程	B1	---C-----I-KL-NO-QR-TU-WX
	B2	-B--E--H-----
	B3	-----
重量	C1	A--D--G--J--M--P--S--V--
	C2	-----MNOPQRSTUVWXYZ
	C3	-----HIJKL-----
重心距	D1	ABCDEFGHIG-----
	D2	-----I-KL-NOPQRSTUVWXYZ ABCDEFGHIJ--M-----

附录 B

(资料性附录)

典型的正常环境条件 and 设计基准事件环境条件

B.1 概述

本附录讨论了在压水堆核电厂 (PWR) 或沸水堆核电厂 (BWR) 核供汽系统 (NSSS) 中阀门驱动装置可能遭受的环境条件, 本附录所述的环境条件有两种情况:

- a) 核电厂正常运行时 (包括各种安全系统的试验和较小的地震) 的环境条件;
- b) 设计基准事件 (DBE) 期间的环境条件。

电厂与电厂、电厂内不同场所、不同系统, 依据所采用的设备, 其环境条件明显不同。图 B.1、图 B.2 和图 B.3 给出了核电厂设计者规定的核电厂运行的试验环境条件。这些图中的资料是根据工业界供应商和工程师准备的技术规格书绘制的。

由于 PWR 和 BWR 的 LOCA 事故的差异, 喷淋液的成分不同, 喷淋和试验压力持续时间不同, 所以不考虑把这两种情况下的 LOCA 事件合并成一种事故。

大型 BWR 所用的安全壳系统一般是抑压式安全壳, 这种安全壳系统由两种构筑物组成, 设置反应堆容器和相连管道的干井和局部充水的抑压室; 大直径的管系把干井与抑压室连结起来并在水面以下进入抑压室。因此, 干井内来自反应堆或相连管系的任一泄漏蒸汽或水 (将闪蒸成蒸汽) 将流过抑压室, 抑压室内的水将使该通路的部分蒸汽凝结并抑制压力到不需要再抑压的范围。在 BWR 核电厂中已使用的这种安全壳具体情况不同, LOCA 事件可能存在的环境条件与安全壳的配置有关。本附录所述的环境条件是以最近设计的大多数 BWR 核电厂所采用的配置为依据, 这种配置称 III 型安全壳, 干井在抑压室内, 抑压室称为安全壳。

大多数 PWR 核电厂采用的安全壳系统是单层的, 通常为圆柱形的钢和钢筋混凝土或预应力混凝土结构。安全壳内有辐射屏蔽墙和辅助隔板, 但它们是不耐压的; 少数 PWR 核电厂采用抑压式设计, 但是用小冰块层吸收蒸汽能量, 而不是用水池。

B.2 正常工作条件

预计一个核电厂要运行近 40 年, 而且要经受得住所发生的设计基准事件, 因此, 希望安装在核电厂的设备在不遭受严酷的 DBE 环境条件下能在更长的时间内满足其功能要求; 由于 DBE 随时可能发生, 并且在正常运行条件 (严酷程度较低) 下长期工作可能使材料的物理性能和电特性有显著下降, 所以需要严格模拟鉴定大纲中的正常运行环境条件。有关老化试验的进一步说明见附录 C (资料性附录)。

B.2.1 温度、压力和湿度环境

B.2.1.1 PWR 和 BWR 核电厂安全壳外 (燃料厂房、辅助厂房) 的温度、湿度和压力见表 B.1。

B.2.1.2 PWR 核电厂安全壳内的温度、湿度和压力见表 B.2。

B.2.1.3 BWR 核电厂安全壳内和干井内的温度、湿度和压力见表 B.3。

表 B.1 PWR 和 BWR 核电厂安全壳外的温度、湿度和压力

PWR 和 BWR 核电厂	平均值	最大值	最小值
温度, °C	41	57	4
相对湿度, %	55	95	20
压力, kPa	0	0	0

表 B.2 PWR 核电厂安全壳内的温度、湿度和压力

PWR 核电厂	平均值	最大值	最小值
温度, °C	44	66	4
相对湿度, %	80	100	10
压力, kPa	0	414 ^a	0
a 当安全壳进行泄漏试验时, 设置在安全壳内的阀门驱动装置在电厂寿命期内将经受 15 次增压循环, 试验中安全壳内空气压力增加到 414kPa 额定值 (各个电厂不同)			

表 B.3 BWR 核电厂安全壳内和干井内的温度、湿度和压力

BWR 核电厂	安全壳			干井		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
温度, °C	32	49	4	57	82	82
相对湿度, %	45	90	20	45	90	20
压力, kPa	0	344 ^a	0	0	344 ^a	0
a 当安全壳进行泄漏试验时, 设置在安全壳内的阀门驱动装置在电厂寿命期内将经受 15 次增压循环, 试验中安全壳内空气压力增加到 414kPa 额定值 (各个电厂不同)						

B.2.2 辐照环境

B.2.2.1 安全壳外

如果阀门驱动装置不靠近辐射源, 则辐射剂量基本为零; 在某些情况下 (如管道输送放射性流体) γ 剂量率可能高达 0.15Gy/h (这可能导致累积剂量超过电厂寿命期内 5×10^4 Gy 的限值)。

B.2.2.2 安全壳内

PWR 和 BWR 核电厂安全壳内的设备在电厂正常运行期间可能受到辐射作用; 照射量率各处不相同, 一般情况下 γ 剂量率在 1×10^{-3} Gy/h~1Gy/h 范围, 中子注量率在 $(1 \sim 2 \times 10^5)$ n/cm²·s 范围。在大多数阀门驱动装置的安装区域, γ 剂量率一般是 1Gy/h, 而中子照射可以忽略不计。

B.2.3 地震环境和非地震环境

由于其他设备的运行、机械以及管道中流体流动的作用, 阀门驱动装置不论是安装在安全壳内或在安全壳外都会受到来自电厂构筑物和管道系统的小幅度振动, 其振幅和频谱特性与阀门驱动装置在电厂中的位置以及管道系统的刚度和驱动装置的固定方式有很大关系。

此外, 电厂在运行寿命期内可能经受一次或多次地震, 在这些地震振幅小于运行基准地震 (在这种地震下电厂可能发生某些故障) 限值的情况下, 电厂设计成仍能继续正常运行。

B.3 设计基准事件

B.3.1 温度、压力、化学喷淋和湿度环境

B.3.1.1 安全壳外

如果有压蒸汽管道或水管道破裂, 则安全壳外的阀门驱动装置可能受到温度为 100°C、压力为 0kPa~14kPa 的蒸汽团的作用。在事故持续时间内 (见图 B.4), 环境温度也可能升高到 66°C, 同时湿度也很高。

B.3.2 安全壳内

对 BWR 核电厂的抑压式安全壳, 有四个随时间变化的关键环境参数 (见图 B.1、图 B.2、图 B.3 和图 B.5):

- 安全壳压力;
- 安全壳温度;
- 干井压力;
- 干井温度。

没有使这些参数的最大值同时出现的单一假设事故，因此，对这种安全壳的设计没有考虑这种单一设计基准事故。

安全壳最大压力和温度是在一次 LOCA 事故后反应堆排气阶段抑压池和安全壳长期加热的过渡过程中出现的，因为长时间过渡过程对反应堆排气速率是不敏感的，所以安全壳内的温度和压力环境并不取决于一次系统破裂的裂口尺寸。

干井压力的最大值出现在 LOCA 事故排气阶段的初期，该值与反应堆冷却剂系统的能量释放率和进入干井的流体速率有关。一次冷却剂系统中最大管道是主蒸汽管道（直径 711mm），该管道瞬时断裂是干井的设计基准事故。最严酷的干井温度条件是由于反应堆水位以上一次系统出现了小裂口使反应堆蒸汽向干井排放而引起的；这种排放使干井中出现高温、过热蒸汽，对干井中的压力变化影响不大（压力增加小于 69kPa。）

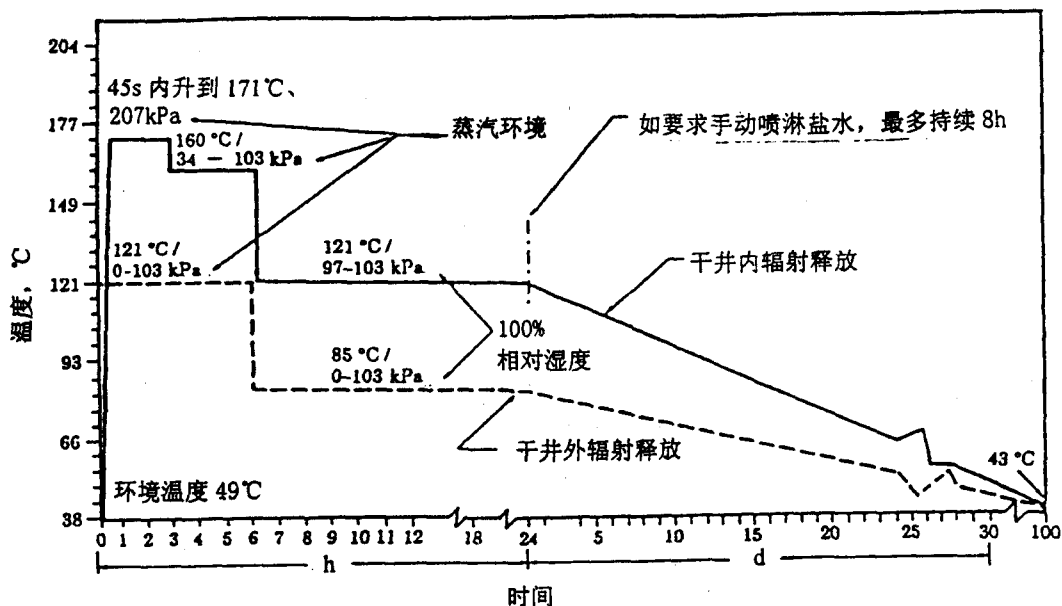
在 PWR 核电厂，温度和压力的最大值同样不是由同一假设事故造成的；一次冷却剂系统管道破裂造成最高压力，而蒸汽管道破裂导致温度达到最大值。

在大多数 PWR 核电厂，含有硼酸和氢氧化钠的化学溶液是从悬挂式喷头喷淋到整个安全壳。一开始微滴的平均尺寸是 1mm，喷淋速度（密度）一般是 4.07L/min·m²（水平面上）。

硼含量通常是 6.3×10^{-3} （6300ppm），pH 值在 8~10 之间。在一些 PWR 核电厂，喷淋中也含有少量的硫代硫酸钠。在 LOCA 发生后约 40s 开始喷淋，持续约一星期。第一小时，喷淋液取自一贮存容器，温度大约 37.8℃；其余时间，循环使用该溶液（与泄漏的反应堆冷却剂在一起）。在一些 BWR 核电厂，除盐水被喷淋到安全壳的抑压室，除盐水的水质要求见表 B.4。

表 B.4 除盐水的水质要求

电导率	5 μ S/cm
氯化物	0.5×10^{-6} (25℃时)
硅	10^{-6}
pH	中性



注：I型和II型安全壳的压力和温度更高。

图 B.1 BWR III型安全壳内 DBE 参数——参考工作条件

B.3.3 辐照环境

图 B.1、图 B.2、图 B.3 和 B.5 给出了安全壳内可能发生的 γ 剂量率和累积剂量，但认为累积剂量值是很保守的，是进一步研究的课题。

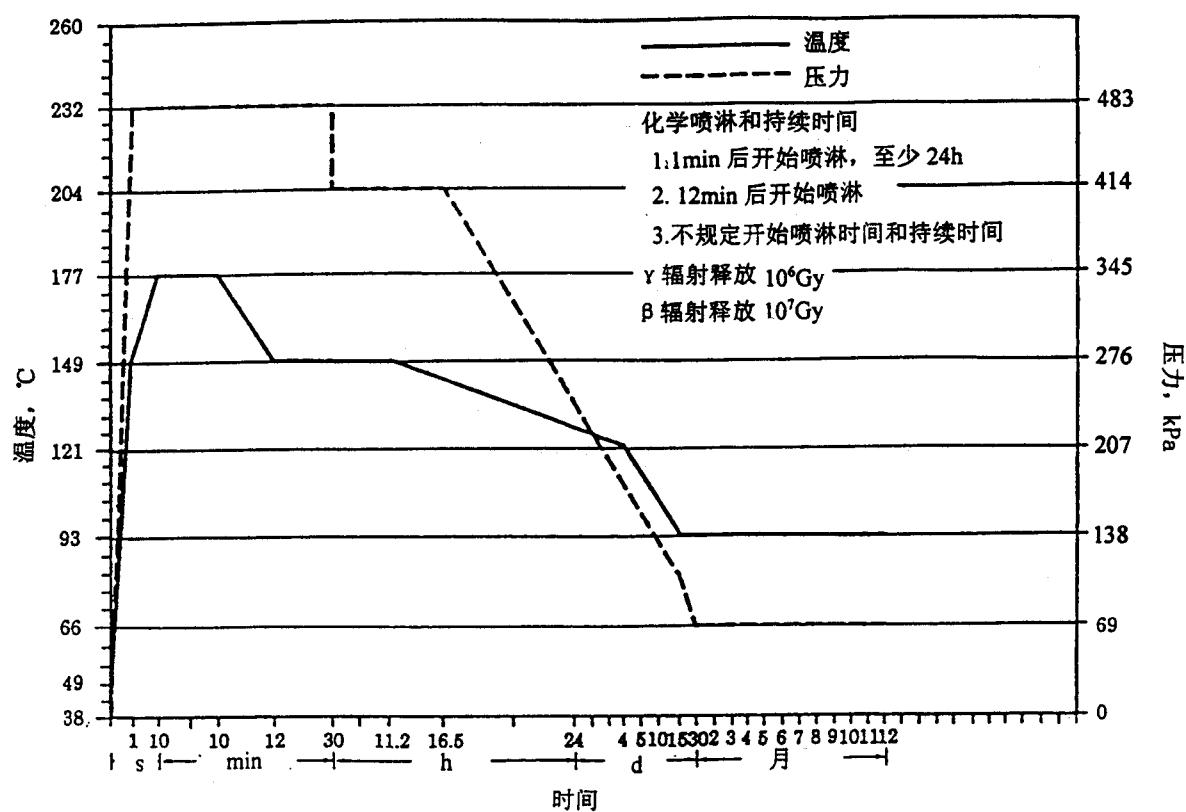


图 B.2 PWR 安全壳内环境参数——参考工作条件

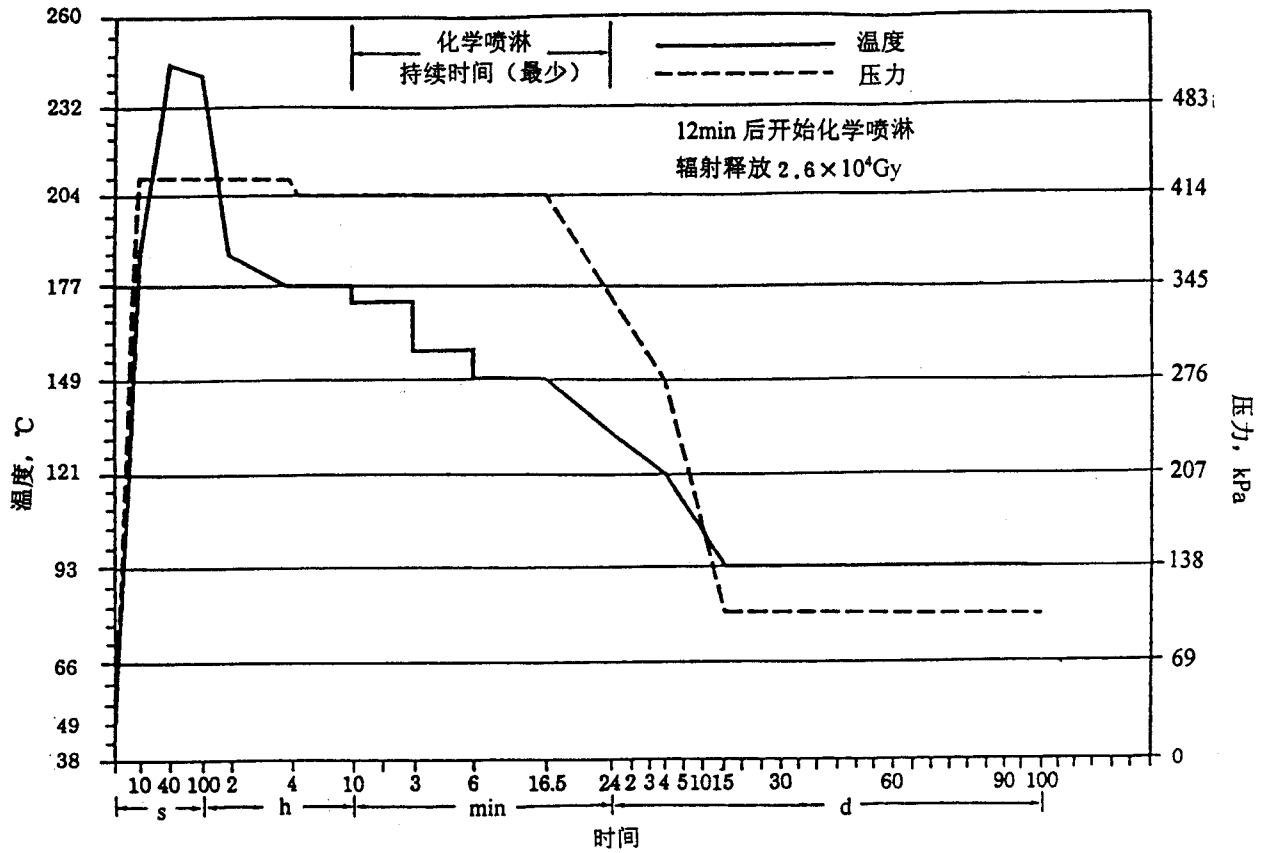


图 B.3 PWR 安全壳内 MSLB 环境参数——参考工作条件

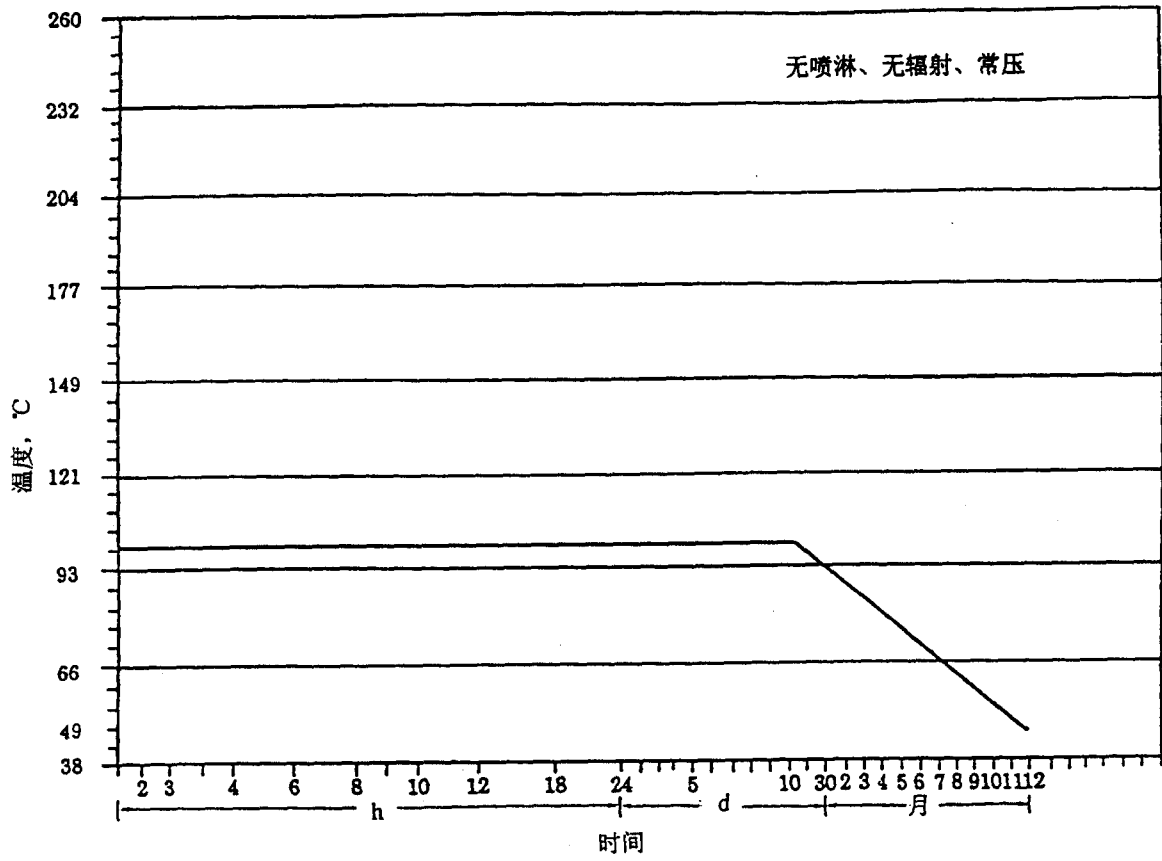
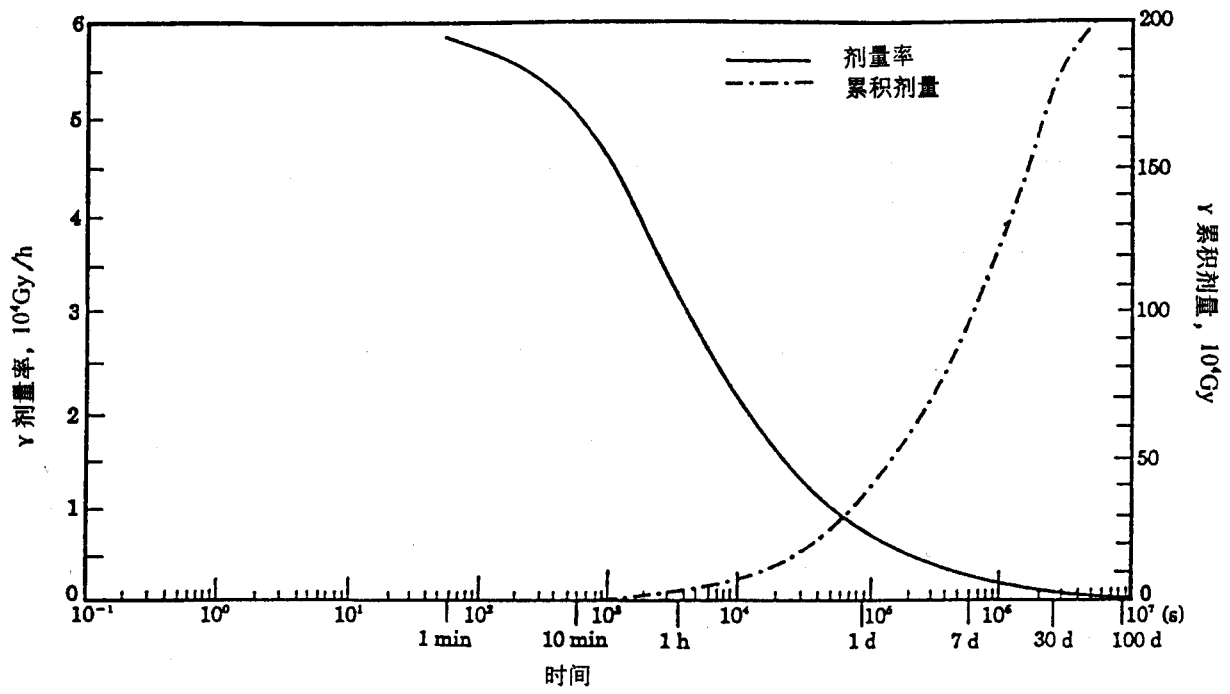


图 B.4 BWR 和 PWR 安全壳外管道破裂参数——参考工作条件

图 B.5 BWR 或 PWR 安全壳内 γ 剂量率和累积剂量

附录 C
(资料性附录)
正常热老化基本原理

如果热老化仅与遵循阿仑尼乌斯 (Arrhenius) 定律的温度反应有关, 则该定律可用作加速热老化的基础, 其数学表达式为:

$$\frac{dq}{dt} = A \cdot e^{-\Phi/kT} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

$\frac{dq}{dt}$ ——反应速率;

k ——玻尔兹曼常数, $0.817 \times 10^{-4} \text{eV/K}$;

q ——参加反应的材料量;

A ——由实验确定的常数;

T ——绝对温度, K;

Φ ——反应活化能, eV。

如果假设 Φ 与温度无关, 公式 (C.1) 对时间积分得到:

$$\frac{t_1}{t_2} = e^{[\Phi(1/T_1 - 1/T_2)/k]} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中 t_2 是在温度 T_2 时与在较低温度 T_1 和较长的时间 t_1 情况下产生相同反应量所需要的时间, 例如, 我们选正常使用时驱动装置材料的温度 T_1 为 40°C , 要求的合格寿命 t_1 为 40a (350000h); 加速热老化温度 T_2 为 138°C , 那么, 对不同的 Φ 值, 利用公式 (C.2) 可得到不同的 t_2 值, 见表 C.1。

表 C.1 不同反应活化能的加速老化时间

反应活化能 (Φ), eV	138℃时的加速老化时间 (t_2), h
0.5	4218
0.8	297
1.0	51
1.2	8.7

这些数字说明, 当不知道这些值是否都适用于驱动装置的材料和部件时, 对加速老化而言选择小的 Φ 值是保守的方法。如果 $\Phi=0.8\text{eV}$ 是足够保守的, 那么对不同的合格寿命, 根据公式 (C.2) 得出 138°C 时的加速老化时间见表 C.2。

表 C.2 不同合格寿命的加速老化时间

40℃时的合格寿命 (t_1), a	138℃时的加速老化时间 (t_2), h
10	74
20	149
40	297

上述计算中使用 138°C 作为加速老化的温度, 因为这是大多数驱动装置的材料和部件能经受得住、在正常使用中不会造成性能劣化的最高温度。本附录的使用者应验证这一老化温度对其应用的适宜性。

附录 D

(资料性附录)

振动试验和地震试验的基本原理

D.1 振动老化

振动老化试验提供了一个振动环境以模拟核电厂在正常运行时产生的振动。本试验使尚未经受设计基准事件 (DBE) 试验的驱动装置先受到一个随机的但是合理的振动老化。本试验不是鉴定试验也不是任何具体电厂的环境试验。一般认为, 频率范围 5Hz~100Hz 时, 0.75g 的加速度水平是保守的; 例如, 对振动远大于陆上核电厂的船用设施, 在 0.27g 加速度下试验频率为 5Hz~35Hz。

D.2 地震老化

阀门驱动装置要经受各种地震环境, 这与驱动装置的安装情况有关。驱动装置可能是刚性安装的, 并经受频率范围从 1Hz~35Hz 的多频率振动。驱动装置更可能安装在管道系统中, 并经受管系动态响应引起的振动。地震老化试验的目的是要确定一种试验方法以判定驱动装置经受一种或两种振动的能力。

管系的输入运动一般是频率范围宽的随机振动, 管系的动态特性将在管系共振频率下增大振动并抑制其他的频率。最大的响应出现在起支配作用的管系频率上, 而且每次出现都有足够大的振幅。驱动装置将经受一系列振幅变化、持续时间较长的正弦拍波作用, 例如每一拍波有 15~20 次振动。起支配作用的频率可能是 5Hz~35Hz 范围内的任何频率。

符合上述模拟准则的最佳试验方法是进行几种频率的正弦拍波试验或持续时间较短或进行正弦驻波试验。最小和最大的试验振幅不应超过管系设计者在其设计中的预期值。

应证明大多数驱动装置在地震期间的可运行性。正弦扫波方法是不实际的, 因为用频率连续变化的振动说明可运行性是不明确的。由于振动和可运行性难以同时进行, 所以单一正弦拍波或时间上不连续的正弦拍波也不可行, 然而, 用连续的正弦拍波产生连续的振动, 即使振幅不同, 在此期间也可以验证可运行性。循环次数少的驱动装置试验时至少循环两次才能较好地确保其可运行性。

为了获得所有的共振频率和临界频率, 应在 2Hz~33Hz 范围内以 1/3 倍频程间隔施加正弦拍波。试验振幅应相当于管系设计者对高地震区规定的水平, 该振幅与方向无关, 因而推荐采用单轴振动, 该轴向相当于驱动装置的最主要方向。如果该驱动装置以不同的取向安装, 则需要在一个以上的方向进行试验。

一般要求在安全停堆地震之前要完成五次运行基准地震 (OBE) 试验, 这是通过完成两次正弦扫波来满足的, 两次正弦扫波提供了相当于五次运行基准地震 (OBE) 的动态效应。

在驱动装置刚性安装并经历根据要求反应谱 (RRS) 对构筑物规定的多频率环境时, 有两种方法证明鉴定合格。一种方法是证明任一正弦拍波或正弦驻波试验的试验反应谱 (TRS) 包络了整个要求反应谱。推荐另一种更为广泛应用的方法是证明多频试验中的试验反应谱包络了要求反应谱。

因为阀门驱动装置可能是管道连接或是刚性安装, 建议进行单频和多频两种试验。

选择图 6 和图 7 的试验水平能满足大多数核电厂的要求。

一些使用者需要共振试验数据, 制造厂可以进行共振测试得到这些数据; 共振测试应分别在三个正交轴的每一轴向进行。另外, 可以用装在驱动装置上的仪器, 在两次运行基准地震 (OBE) 正弦扫波试验时确认共振频率。

附录 E
(资料性附录)
性能验证试验

如果规定要进行运行性能验证试验(见 4.4.1),则使用者应提出性能验证试验要求,制造厂应制定试验程序并经使用者同意。本附录给出不同类型的驱动装置在试验期间应记录的性能数据。

按列出的要求记录性能验证试验的结果,记录应包括被试验驱动装置的可靠标识:驱动装置牌号、序列编号、安全有关功能、定位和阀门标号。应记录验证试验期间得到的全部运行性能数据。

E.1 电动、气动或液动驱动装置

试验期间至少应测量和记录下列运行性能数据:

- a) 空载条件下额定动力源时每个方向的输出速度;
- b) 在规定的最低动力源下的输出转矩或推力特性;
- c) 在底座方向由旁路限制控制装置产生的静止转矩或推力,即在规定的最大动力源下或最大气压或液压下使转子制动的输入力矩;
- d) 确认转矩、限位和辅助开关动作的正确性。

E.2 气动、电—液动和液动装置(气缸、活塞、旋转叶片和双向动作隔膜或弹力回复器)

试验期间至少应测量和记录下列运行性能数据:

- a) 空载和额定负载下的输出速度;
- b) 在最低气压或液压下的输出推力和转矩特性;
- c) 在最大气压或液压下每个方向上的最大推力和转矩能力;
- d) 在最大压差下活塞、隔膜和旋片密封的泄漏率。

E.3 整体阀—电磁驱动装置

试验期间至少应测量和记录下列运行性能数据:

- a) 在最大工作压力损失下的关阀电压;
- b) 在最大工作压差和零压力下的开阀电压;
- c) 额定电压下的最小工作压力;
- d) 额定压力下的内泄漏;
- e) 1.5 倍额定压力下的外泄漏;
- f) 试验流体及其品质特性;
- g) 专用要求,如响应时间、工作循环和流量。

