

团 体 标 准

T/CNS 56—2022

核电厂安全重要电气设备鉴定

Qualification of electrical equipment important to safety for nuclear power plants

2022 - 12 - 16 发布

2023 - 04 - 01 实施

中国核学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 设备鉴定原则	3
5 设备鉴定方法	4
6 鉴定大纲	5
7 鉴定文档	13
参考文献	14

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：核工业标准化研究所。

本文件主要起草人：焦丽玲、杜建、王嘉鋆、吴飞飞、王根生。

核电厂安全重要电气设备鉴定

1 范围

本文件规定了核电厂安全重要电气设备及其电气和机械接口部件鉴定的一般要求，包括鉴定原则、鉴定方法和鉴定程序，不包括质量保证、电子设备的选用、数字化系统设计和修改等其他方面。

本文件适用于核电厂安全重要电气设备初始鉴定、鉴定状态保持和鉴定寿命延长，也适用于设备变更后根据需要更新鉴定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 13625 核电厂安全系统电气设备抗震鉴定
- GB/T 29308 核电厂安全重要仪表和控制系统老化管理要求
- NB/T 20086 核电厂安全级电气设备老化评估、监测和缓解

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

显著老化机理 significant aging mechanism

在储存、正常和异常服役的环境条件下，使设备性能逐渐地明显劣化，以致在设计基准事件期间不能执行安全功能的老化机理。

3.2

老化处理 age conditioning

样本设备置于模拟的环境、运行和系统条件（不包括设计基准事故条件）下暴露一段时间，使设备性能降质达到允许进行设计基准事故模拟试验的状况。

3.3

运行工况 service condition

核电厂正常运行、异常运行或设计基准事件期间的的环境、荷载、动力源和信号条件的通称。

3.4

严酷环境 harsh environment

由设计基准事件导致的显著的环境的改变。

3.5

和缓环境 mild environment

严酷性不超过在电厂正常运行和预计运行事件期间的的环境。

3.6

设计寿命 design life

设备在一组规定的运行工况下，可以预计的性能满足要求的时间。

3.7

服役寿命 service life

设备从运行开始到退出运行的那段时间，在此期间设备能够承受设计运行工况。

3.8

鉴定寿命 qualified life

一个构筑物、系统或部件通过试验、分析和（或）运行经验已证明其能够在特定运行工况下，在验收标准范围内运行，同时保持在设计基准事故或地震条件下能够实施其安全功能的时间。

3.9

设备鉴定 equipment qualification

通过试验、分析或运行经验获得的证据，证明在规定的运行工况和环境条件下设备能按规定的准确度和性能要求起作用。

注：设备鉴定包括环境鉴定和地震鉴定两个方面。

3.10

鉴定裕量 qualification margin

实际运行工况与鉴定时的试验条件之间的差值。

3.11

设备接口 equipment interfaces

设备边界的安装和连接部件如接线盒、接头、垫圈、电缆、管道、密封件等。

3.12

鉴定状态 qualified condition

设计基准事件发生前的设备状态，已证明在规定的运行工况下满足设计要求。

注：鉴定状态由表征设备状态的特征量（状态指标）相关，这些状态指标在老化处理结束时获得。

3.13

状态指标 condition indicator

构筑物、系统或部件所具有的可被观察、测量或显示趋势的特征，可用于推断或直接表明该构筑物、系统或部件当前和未来在合格标准范围内运行的能力。

3.14

基于状态的鉴定 condition-based qualification

通过对设备、部件或材料的一个或多个状态指标的测量，表明鉴定设备在设计基准事件期间执行安全功能的能力。

3.15

鉴定试验 qualification tests

为确定设备在设计基准事件的环境条件下的功能特性，并证明该设备符合技术规格书要求所进行的试验。

注：设备鉴定在常规性能满足技术规格书要求的基础上进行核安全相关的功能性验证。

3.16

终止状态 end condition

在老化处理结束时的设备状态指标所表征的状态。

3.17

设计基准事件 design basis events;DBE

在电厂设计时采用的假想事件，以确立构筑物、系统或部件可接受的性能要求。

3.18

共因故障 common cause failure

由单一特定事件或情况导致两个和多个构筑物、系统或部件的故障。

3.19

设备相似性 equipment similarity

证明要鉴定设备与已鉴定设备之间的几何尺寸、运行和动态特性的等效。

3.20

严重事故 severe accident

严重性超过设计基准事故并造成堆芯明显恶化的事故工况。

3.21

安全重要设备 equipment important to safety

安全序列的组成部分和（或）其故障或误动作可能导致厂内人员或公众过量辐照暴露的设备。

注1：设备包括：

- a) 为防止预计运行事件发展为事故工况的那些构筑物、系统和部件；
- b) 用以减轻构筑物、系统或部件失效或故障后果的设备。

注2：按照不同的分类要求：

- a) 按照 GB/T 15474 要求, 安全重要设备可包括:
 - 1) 执行 A 类、B 类和 C 类功能的所有 I&C 设备;
 - 2) 在失去正常电源的情况下, 确保应急电源供给所需的所有电气设备;
 - 3) 在厂内电源完全丧失(如果选择作为缓解设计扩展工况)的情况下, 确保最终应急电源所需的所有电气设备。
- b) 按照 IEEE 和 1E 级分类的要求, 安全重要设备可包括:
 - 1) 和反应堆紧急停堆、安全壳隔离、反应堆堆芯冷却以及安全壳和反应堆热量排出有关的电气设备和系统;
 - 2) 和防止放射性物质大量释放到环境中所必需的电气设备。

注3: 1E级是一个功能性术语。只有当设备和系统满足定义中列出的功能时, 它们才被归类为1E级。在上述功能之外的任何系统或设备不属于为1E级的范畴。

4 设备鉴定原则

4.1 鉴定目的

设备鉴定主要目的是获得可信的证据用以证明安全重要电气设备能在选定的设计基准事件前、期间和之后执行其规定的安全功能而不会出现共因故障。安全重要电气设备及其接口应满足或超过设备技术规格书的要求。这种持续能力是通过一整套规则来保证, 这些规则至少包括设计控制、质量控制、设备鉴定、安装、维护、定期试验和监督等方面。尽管鉴定对这些活动的其他部分有影响, 但本文件主要关注的是鉴定。

在设计扩展工况下要求运行的所有设备, 应提供证据证明它们能够在选定的运行工况(包括设计扩展工况)下执行其要求的功能。

安装在和缓环境的设备, 在正常运行和预计运行事件期间的运行工况下执行安全功能要求, 包括EMC、环境老化、运行老化和抗震要求应在设计规格书或采购规格书中规定。

保证设备满足规定性能要求的维护或监督大纲, 宜补充供货商的建议和运行经验。

安装在和缓环境和没有显著老化机理, 并且在技术规格书和相关标准规定的限值内运行的设备, 不要求确定鉴定寿命。布置在和缓环境中设备的鉴定应提供证据证明设备满足或超过规定要求, 包括已认可的工业要求。安装在和缓环境有显著老化机理的设备应在地震模拟试验前进行老化处理。

4.2 鉴定寿命和鉴定状态

暴露由DBE导致的温度、压力、湿度、辐照、振动、化学喷淋和水淹等极端环境条件, 可使设备老化而诱发故障, 因此, 具有显著老化机理的安全重要电气设备, 应确定其鉴定寿命。确定鉴定寿命应考虑设备服役前和服役期间性能的降质。确定鉴定寿命的同时也就确立相应的鉴定状态, 该状态是一个性能降质了的状态, 应在后续DBE模拟试验进行证明设备能够执行安全重要功能的能力。

初始鉴定的鉴定寿命是通过样本设备预期老化降质到鉴定寿命终止时的状态来确定, 这个状态被后续DBE模拟试验证明该设备能够执行安全重要功能来确定。

现役设备的鉴定寿命可以通过不同的方法来调整和延长, 详见5.3。

4.3 鉴定要素

鉴定首选的方法是型式试验, 其他方法见5.2.2、5.2.3和5.2.4。

证明设备鉴定的基本要素应包括下列方面:

- a) 包含安全功能说明的设备技术规格书;
- b) 验收准则;
- c) 运行工况的说明, 包括设计基准事件及其持续时间;
- d) 鉴定计划;
- e) 鉴定实施程序;
- f) 鉴定结果文件。

4.4 鉴定文档

设备鉴定结果应形成文件，证明设备在鉴定寿命期内和适用的设计基准事件期间能够执行规定的安全功能。在鉴定寿命期内为维持鉴定状态所要求的所有活动也应形成文件，并归入鉴定文档。鉴定文档应由未参与鉴定的、胜任的人员审核。

5 设备鉴定方法

5.1 选择鉴定方法

电气设备应通过试验、分析或成文的运行经验三种基本方法进行鉴定，这些方法可单独使用或任意组合使用（通常设备鉴定包含这三种方法）。选择合适的鉴定方法应基于诸多因素，其中最主要的是在要求的条件下能获得成功鉴定的证据，其次是设备类型、几何尺寸和复杂性、设备功能、可运行性要求、费用和同类设备已有的鉴定资料。设备初始鉴定宜采用型式试验并结合其他方法。如果类似设备已经过鉴定，初始鉴定可采用类比法（相似性分析）。

5.2 初始鉴定

5.2.1 型式试验

对有代表性的样本设备连同其接口进行一系列试验，试验应模拟正常运行期间由显著老化机理产生的老化效应。设备鉴定应实施设备预期运行实际情况的功能试验（包括软件）。以及进行设计基准事件模拟试验。然后确立设备的试验配置（包括安装、定向、接口、导线管密封、预计的环境条件）。成功的型式试验应证明设备在鉴定寿命终止时，在设计基准事件之前、期间和之后要求的运行时间内能够执行预期的安全功能。

5.2.2 运行经验

当要求和缓环境鉴定时，从相同设计的某一设备在已知运行工况下成功运行获得的性能数据，可用于鉴定运行工况严酷程度相同或较低的其它同类设备。这些数据的可用性应依据足够的文档确立设备经受过的运行工况、设备性能和要鉴定设备与获得运行经验设备的相似性。当要求设计基准事件的鉴定时，基于运行经验的鉴定应包括证明在适用的设计基准事件期间要求的可运行性。

5.2.3 分析法

对于材料性能、设备额定值和环境耐受性等的试验数据分析可作为鉴定证据的补充。然而，没有试验数据和运行经验的支持，仅靠分析不可用于鉴定。

分析法鉴定要求对被鉴定设备进行合乎逻辑的评估或建立一个有效的数学模型。分析的依据通常包括自然物理定律、试验数据（包括状态测量数据和型式试验计划要获取的数据）和运行经验。

5.2.4 组合法

设备鉴定可由型式试验、运行经验和分析的组合完成。例如，当整个设备不可用型式试验时，部分试验可用分析法补充。

5.3 鉴定寿命再评估

5.3.1 一般要求

设备初始鉴定产生的鉴定寿命可能比预期服役寿命要短。例如，为了在可行的试验期限内得到较为实际的降质模拟，设备初始鉴定通常取一个适中的老化加速因子。这个适中的老化加速因子使得设备的鉴定状态未达到设备寿命终止状态。因而限制了设备的可用寿命。

延长鉴定寿命的方法应有足够的文件证明是可信的。5.3.2~5.3.5提供的方法可用于评价和延长设备初始鉴定寿命。

5.3.2 保守性评估（方法1）

通过对初始鉴定假设的环境条件、故障准则和老化加速因子的保守性评估,如果确定实际环境条件的严酷程度比初始鉴定条件(不考虑鉴定裕量)要低,则鉴定寿命可适当调整。加速因子值应考虑老化持续时间、温度和辐照之间的综合效应、剂量率影响等要素。老化模型应验证适用。环境条件评价应恰当。

5.3.3 电厂老化过样本上型式试验(方法2)

在相同运行工况下安装额外的鉴定合格的设备或已在电厂老化过的设备,在设备在役鉴定寿命终止时拆除并继续进行老化处理和设计基准事件的功能性验证后,可确定额外的鉴定寿命。

5.3.4 型式试验法延长鉴定寿命(方法3)

在初始鉴定老化过的样本上继续老化处理或待鉴定设备在运行工况下服役过的新样本继续老化处理,然后经安全功能特性验证可确定额外的鉴定寿命。

5.3.5 更换部件(方法4)

鉴别出易老化(短寿命)部件,用相同的新部件更换来延长设备的鉴定寿命。应考虑给出更换部件的获取时间。如果设备运行工况下(包括事故条件)能被拆除,就不采用这种方法。

5.4 状态监测

用于设备鉴定的状态监测是监测设备一个或多个状态特征指标来确定设备是否保持在鉴定状态。状态指标及其劣化趋势是样本设备在鉴定试验的老化处理时确定的,或在另外的同类试样[同一型号、同样材料、同一个供应商、相同硬件和(或)软件等]进行相同的老化处理试验时确定的。

状态指标应是可测的、随时间单值变化、与被鉴定设备在DBE条件下的安全功能特性相关,并且整个鉴定寿期内具有一致的变化趋势。

状态指标依赖于技术可行性。状态指标不是都能在实践中确定,即使这些指标是有用的。

基于状态的鉴定是型式试验的辅助手段。

样本设备老化处理应逐步进行,并测量每一步的状态指标,特别是在老化处理结束时要确定寿命终止时的状态指标,以便与运行期间同一指标的观察值相比较。如果鉴定程序已完成,则老化处理可以在另一个试样上重复,并追加状态指标测量。这些状态指标的变化应表明设备状态的劣化,既与设备的功能特性直接有关,又与老化降质直接相关。测量值的变化幅度应足够大,以便区分老化程度以及相应的鉴定状态。状态指标应采用高准确度和高复现性的测量方法。如果型式试验期间已获取状态指标参数,则用户可选择常用的方法获得的鉴定寿命或者基于状态监测的结果。

当采用基于状态的鉴定时,设备鉴定状态可扩展到服役寿命的终止状态(考虑裕量)。基于状态鉴定的文档应包括试验方法、使用限制以及所使用的老化处理方法的完整说明。

注:核电厂安全重要电气设备状态监测方法,NB/T 20421(系列标准)作了详细说明。

6 鉴定大纲

6.1 一般要求

设备鉴定的基本要素见4.3,第6章规定了详细的要求。

6.2 设备规格书

6.2.1 一般要求

应提供鉴定设备的重要信息,这些信息应至少包含6.2.2~6.2.6中规定的项目以及验收准则的说明。

6.2.2 设备标识

标识文件应提供鉴定设备的技术说明,包括适用的性能和鉴定标准。这些说明应能识别设备及其内部设计,包括要求的性能。这些说明应足够详细,以便评价用于型式试验的设备与安装的设备完全相同。标识文件应包括图纸、材料和零部件清单、细则、说明书等。

6.2.3 接口

电气（密封件、垫圈、贯穿件）与机械设备之间的接口、电气设备之间或机械设备（例如，电机或阀门之间的机械耦合，或电气设备之间的连接件）之间的接口都应规定。

应规定设备边界的接口荷载（如设备固定件、支撑件、辅助部件、电气和机械连接件）。还应规定动力源和控制信号的输入和输出以及连接方式（如连接器、端子板）、设备运行所需的控制器、显示设备和其他内部或外部连接的辅助设备以及接口材料的相容性。

6.2.4 鉴定寿命目标

应说明鉴定寿命目标。

6.2.5 安全功能

应明确设备安全功能，包括要求的运行时间（执行功能持续时间和运行循环次数）。

与设备执行安全功能无关的部件，如果有文件证明其故障或误动作对该设备及其接口的安全功能没有负面影响，也不会误导操作人员，而且其故障不会导致其它安全重要电气设备故障，则在鉴定中可以不考虑。

应确定设备在电厂正常运行、异常、设计基准事件和事件后条件下要求的运行性能（如电压和频率波动范围、负荷、准确度、响应时间、稳定性、绝缘强度、绝缘电阻、电磁兼容性、输出力矩等）。如果设备技术规格书包括设计措施，也应进行说明。

6.2.6 服役工况

6.2.6.1 正常和异常运行工况

应确定设备运行工况，应包括正常运行工况及其预期持续时间、异常极限值及其预期持续时间。至少包括下列条件：

- a) 环境温度和压力；
- b) 相对湿度；
- c) 辐射环境；
- d) 地震和非地震性振动；
- e) 运行循环；
- f) 电负荷和信号（电压/电流和频率变量）；
- g) 冷凝、化学喷淋和淹没；
- h) 电磁干扰（EMI）、射频干扰（RFI）和电源浪涌。

6.2.6.2 设计基准事件工况

应确定电厂设计考虑的假设的设计基准事件工况，包括高能管道破裂、LOCA事故、主蒸汽管道破裂和（或）地震事件以及这些事件发生期间和之后设备要执行的安全功能。此外，还应确定在每一类适用的设计基准事件工况下（包括设计基准事件后）鉴定设备运行性能和运行持续时间的要求。

6.2.6.3 设计扩展工况

某些用于电厂超设计基准事故（如全厂断电、极端自然灾害和严重事故）条件的设备需要鉴定，对于这些设备，电厂特定事故条件可用于该部件的特定鉴定需求。设计基准和设计扩展工况宜依据区域事件、通用国际经验或其他研究结果进行定期评价。

考虑到这些新情况，应关注以下内容：

- a) 在电厂设计中，应确定为限制超设计基准事故后果对于设备的影响；
- b) 证明现行鉴定大纲是否覆盖了设计扩展工况，如果没有，则鉴定大纲应变更环境条件。

6.2.6.4 电磁环境条件

安全重要设备安装处的电磁环境条件应在编制型式试验大纲前被确定。设备规格书宜包含由电厂设计者所考虑的电磁干扰和射频干扰（EMI/RFI）详细规定。验证电磁（EM）环境条件的严酷程度低

于设备技术规格书规定的条件应是鉴定活动的组成部分。在鉴定期间更换设备或部件应特别注意电磁环境的限制。

6.3 鉴定计划

6.3.1 一般要求

应详细说明，证明设备能够执行规定的安全功能所要求的各项试验、检查、试验期间的测量、性能评价和要求的分析（当要求时）。

6.3.2 老化

安全级设备执行安全功能的能力可能受到环境条件和运行工况随时间变化的影响，鉴定计划应具体识别各类老化效应，并评估它们的显著性。识别老化效应可从运行经验、试验、分析、在役监视、状态监测和维护活动等方面获得。

老化因素应包括：

- a) 热（温度和温度变化）；
- b) 潮湿（湿度水平、冷凝、淹没和腐蚀环境）；
- c) 辐射（设备在预期受到辐照的累计剂量）；
- d) 机械的（如电动阀或电磁阀的开关循环、预计运行事件引起的冲击、机械振动）；
- e) 电气的（如电负载及其随时间（包括瞬态）的变化，例如脉冲电压；设备在预期运行寿期期间的的使用状况，如运行寿命和电气循环期间的跳闸次数）。

6.3.3 显著老化机理

应从设备的设计、功能、材料和特定环境条件等方面的分析来识别潜在的显著老化机理。显著老化机理包括氧化、磨损、腐蚀和材料性能劣化等。

如果确定设备具有显著老化机理，那么鉴定计划应包含这些老化处理，样本设备应在设计基准事件模拟试验前对这些显著老化机理进行老化处理。没有显著老化机理的设备，可不要求老化处理。

6.3.4 鉴定寿命目标

确定鉴定寿命目标应基于一组特定的运行工况。如果已安装设备投入运行前已显著老化，则应考虑设备服役前的状态，鉴定寿命可由样本设备在老化处理期间按照鉴定寿命目标相同时间进行老化处理来证明。

确定鉴定寿命目标可用确定设备寿命终止状态的状态指标来替代，这个终止状态的状态指标与设备实施安全功能能力相关。这种情况，含裕量的状态指标作为鉴定状态判定基准，并且在役设备达到寿命终止状态的时间可能比老化处理确定的鉴定寿命要长或要短。

6.3.5 运行工况裕量

考虑到性能验证过程中合理的不确定度和商用产品的正常偏差以及试验和测量仪器的误差，为了证明设备在严酷的运行工况下具有满意的性能，运行工况应含有裕量。如果设备规格书没有给出鉴定裕量，鉴定计划应确定合适的鉴定裕度。

在试验中，提高试验参数的严酷程度、增加试验次数或延长试验持续时间（但不必同时采用这些方法）均是增加鉴定裕度可接受的方法。如果规定的运行工况已包括了要求的裕度，就不必增加额外的裕度。

如果鉴定裕量是采用提高试验条件严酷程度，则运行工况裕量仅加在设计基准事件模拟试验条件上，而不加在老化处理上。如果没有特定要求，鉴定裕量见表1。

表1 推荐的最小试验裕量

参数	裕量	内容
温度	+8 °C	峰值温度
压力	+10 %	表压 ^a
剂量	+10 %	事故累积剂量
电压	±10 %	电源电压——设备设计限值
	±5 %	线频率——额定值
设备运行时间	+10 %	从设计基准事件发生后要求设备运行时间
地震载荷	+10 %	设备安装处的要求加速度
^a 温度和压力的裕量应考虑饱和蒸汽的依赖程度。		

鉴定裕度取正或负，取决于对试验是否增加严酷性。例如：对环境温度，提高试验温度能增加试验的严酷性；对设备供电电压，宜选择可增加试验严酷性的较高值或较低值；基于某些因素，如产品设计控制、样本设备尺寸和试验测量准确度，取较小值可能较为合适。

只要有合理的证明，其他裕度值也是可接受的。

6.3.6 老化期间的维护

鉴定计划应表明在老化处理期间要定期维修或更换的部件。

维修可以延缓设备老化(如在维修活动期间维护和更换部件)。当设备安装寿期内预防性维修对保持设备鉴定状态是重要的,则鉴定计划应包含预防性维修计划。

6.3.7 验收准则

鉴定计划应明确执行规定安全功能的相关性能指标和其他准则。

6.4 鉴定大纲的实施

6.4.1 型式试验

6.4.1.1 一般要求

应证明安全重要设备的性能满足或超过安全功能要求。型式试验条件应满足或超过规定的运行工况。如果规定的运行工况不含有裕量，则DBE模拟试验条件应含运行工况裕量(见6.4.1.7)。

6.4.1.2 试验计划

试验计划应说明要求的试验和下列方面：

- a) 试验样本的描述、数量和选择样本的依据，包括被鉴定设备的一些重要信息，如制造商、型号、硬件和（或）软件（可编程部件）版本号，以及确定样本唯一性的序列号；
- b) 要证明的设备安全功能和鉴定寿命目标；
- c) 安装、连接和其它接口要求；
- d) 试验顺序和选定顺序的证明；
- e) 老化处理程序，如果有要求还包括老化处理期间的状态监测；
- f) 规定的运行工况和裕量或试验严酷程度；
- g) 要测量的性能和环境条件，包括测量准确度；
- h) 详细的运行工况和测量顺序，包括监测要求；
- i) 验收准则（基于电厂应用确定设备最终验收准则）；
- j) 老化处理期间部件的维护和更换（如果有要求）；
- k) 试验期间的变更控制措施；
- l) 要求的文件；

m) 质量保证要求。

6.4.1.3 模拟试验曲线

用户应提供足够的环境资料,以便生成要鉴定设备设计基准事件环境鉴定试验曲线,该试验曲线可以是单一事件或包络多个设计基准事件,模拟试验包络曲线应包含运行工况裕度。

6.4.1.4 安装

样本设备的安装和连接(包括机械和电气)应模拟设备现场预期的安装方式和安装位置。任何安装限制,如方位,应在试验报告中说明。如果不能按照模拟实际使用时的安装方式和位置,那么应通过分析和证明采用其他的安装方式对设备性能不产生影响。

6.4.1.5 连接

样本设备的连接(包括机械和电气)应模拟实际使用的连接方式。如果通过分析和论证不能证明样本设备不同于要求的安装方式对设备性能不受影响,则不可采用其他连接方式。

6.4.1.6 试验期间的监测

试验期间,试验条件和功能特性都应监测,包括环境条件、电气特性、流体特性、机械特性、辐照剂量和辅助设备的特性(如为安全级设备提供输入信号的开关和反馈元件)。应配置精确度和分辨率高的测量仪表以便鉴别出被测参量发生有意义的微小变化。如果适用,监测参量包括环境、电气、流体、机械特性、辐射特性和任何辅助特性,如对其它安全重要设备提供输入的开关和反馈元件的特性。检测装置应按相关规定经过检定并在检定有效期内。测量时间间隔的选择应能获得每个参量随时间的变化规律。

型式试验期间进行的测量应证明安全功能的可接受性,并跟踪试验大纲期间设备性能和劣化趋势。

6.4.1.7 试验曲线裕度

表1中鉴定裕度适用于设计基准事件的鉴定条件而不适用于老化处理。如果有足够的证明,其他裕度值也可接受。

6.4.1.8 试验顺序

型式试验各阶段的试验应按顺序进行,试验顺序的配置应使得试样在鉴定寿期内(即设计基准事件之前)处在性能降质最严重的状态。除了不对设备老化或设计基准事件试验产生影响的试验(如极值运行工况下的性能试验、EMC试验),各阶段试验应在同一个试样上进行。

可编程设备的鉴定试验应使用代表实际运行的配置(包括软件和自诊断工具)进行,该设备经受规定的环境条件。可编程设备完成安全功能所必需的或其故障将影响安全功能设施的所有部分宜在试验期间实施操作。具有代表性配置的基于计算机系统应经受型式试验的鉴定。优选对整个计算机的设备进行试验。当整体试验不可行时,各部分的试验应包含环境应力和运行应力的综合效应,以及仪控系统对极限环境条件和运行工况的动态响应。

样本设备应代表相同的设计、使用材料和制造工艺的安装设备。产品线的一致性应通过国家认可的质量保证大纲来保持。应遵循以下步骤:

- a) 对样本设备进行符合性检查,并确认没有损坏;符合性检查包括代表性、物理状态(如外观、机械部件、电气触点、轴承、润滑、绝缘状态、引线等)、设备标识文件等;
- b) 在正常条件下进行规定的功能试验;
- c) 对样本设备应进行设备规格书规定的极值运行工况下的性能试验(不包括设计基准事件和设计基准事件后的条件),这些试验包括电源波动试验(电压和频率)、环境条件(温度、压力、湿度)和电磁兼容性(EMI/RFI)试验,如果这些试验数据可从同类设备或类似设备的其它试验中(如设计验证试验)获得,则这些试验可以不做;
- d) EMI/RFI 抗扰试验和浪涌电压试验可在单独试验样本上进行。NB/T 20030 提供试验指导。
- e) 当要求时,样本设备应老化处理,以模拟其鉴定寿命终止时的功能能力。在老化处理,应在每个老化试验前测量试样的功能特性,确认满意的性能。如果运行期间需要采用状态监测确定设备的鉴定状态,则应在老化处理期间测定老化降质趋势和老化处理结束时的状态指标。样本设

备应经受包括机械振动在内的所有显著老化机理的老化处理。如果鉴定仅仅是为了确定鉴定寿命,则正常运行时的辐照老化和事故辐照老化可以结合进行,并提供老化处理结束时状态单值变化的分界点;然而,如果想要实施状态监测,需要在正常辐照老化处理结束时测量寿期末状态的状态指标;

- f) 如果要求抗震鉴定,样本设备应按照 GB/T 13625 经受电厂设计给出的假想地震条件模拟地震试验;
注:不假设地震事件导致LOCA事故的发生。而上面说明的试验顺序是基于保守鉴定,而不是电厂预期事件的顺序。
- g) 样本设备应经受设计基准事故和事件后要求设备可运行的模拟试验,验证其要求的安全功能;事故辐照可以与辐照老化结合。试验期间应检测安全功能特性。应注意事故不同阶段安全功能特性要求可能不同;
- h) 整个试验结束后应检查试验样本,所有检查结果应记录。

6.4.1.9 老化处理

6.4.1.9.1 一般要求

应评估与型式试验相关的设备老化效应,以确定老化对设备可运行性是否有重要影响。老化类型至少包括湿热老化、辐照老化、磨损和振动老化。老化效应评估应鉴别出潜在显著老化机理,这些老化机理与设计基准事件要求的设备性能有关。当识别出显著老化机理,应在型式试验中进行老化处理。

6.4.1.9.2 自然老化

采用自然老化的样本设备,可以免去显著老化机理的识别和加速老化处理,用作型式试验的自然老化样本设备应符合下列条件:

- a) 设备在运行、荷载和环境条件至少严于预期运行工况下已经过运行,并有足够的文件记载;
- b) 可获得设备运行、维护和更换部件的详细记录。

对安装设备在和缓环境中使用,当自然老化条件与规定运行工况不一致时,为了证明试样的鉴定寿命,自然老化可用分析或进一步老化处理,或两者结合进行补充。

6.4.1.9.3 加速老化

加速老化应在样本设备上精确地复现由于显著老化机理设备在整个鉴定寿命目标内的老化降质。这个模拟老化(如热,辐照,磨损和振动)应力的过程应在量值和速率上比预期服役要严酷。但不应使得样本设备引起正常服役时没有的老化机理。

加速老化处理应使得样本设备性能劣化到设备鉴定寿命目标终止时的状态,以便能够进行后续的设计基准事件模拟试验。为了达到严酷的劣化状态,老化处理顺序宜考虑每种老化机理逐一试验、组合试验或综合试验。当设备运行期间需要应用基于状态鉴定时,宜在老化处理前、处理期间和处理结束后进行设备状态指标测量,以便获得状态指标随时间的单调变化趋势。

型式试验期间,阿伦纽斯定律用于加速热老化温度-时间的效应是可接受的。热老化考虑在正常运行期间最高温度下的持续时间应依据适用的规则,该规则说明设备部件热老化过程。选择模型、确定老化参数以及实施热老化试验应在试验计划说明并证明是合适的。当选择热老化试验参数时,应考虑并确定使用材料和加速效应的限制。加速老化温度超过限值将引起设备物理特性和化学特性的变化。

对于辐照老化,在设备限值内选取加速剂量率来提高辐照老化效应是可接受的方法。在合理的成本和时间容许的情况下,建议辐照老化剂量率尽可能低。关于状态监测和老化评价的信息应满足GB/T 29308、NB/T 20086的要求。辐照老化应在所有具有显著辐照老化机理的设备或部件上进行。半导体和有机材料宜考虑辐照剂量率和加热的敏感性。可编程设备对辐照的敏感性,通常避免在安全壳内使用。

物理尺寸特大的设备,如果部件装配适当代表设备实际的服役状态,则允许将辐照敏感部件从设备中拆下并单独进行老化处理,这应经过采购方的认可,并说明较好地考虑了部件的接口和使用条件(如自热)。

当确定辐照老化的累计剂量和剂量率或热老化温度时,宜考虑氧化作用和气体扩散的影响。对辐照老化,通常采用总辐照剂量高于设备预期服役寿期内的累计剂量,以便获得考虑上述要素的裕度。

准确的加速老化取决于对影响设备的各种因素的详细了解和对各种影响量之间综合作用的详细了解,并且还需要对所有特定情况下占主导地位的老化过程的正确评价。这就意味着加速老化试验方法的选择可能是困难的,并且如果试图进行急剧的加速老化就有可能导致明显的错误。过高估算鉴定寿命或鉴定条件的风险是由于气体扩散限制了采用超过材料耐受温度或剂量率的氧化效应。因此,在鉴定条件中的累计剂量、鉴定寿命目标和裕度,需要依据材料特性,通过保守地选择和估算来调整过高估计的鉴定寿命和鉴定条件。

在高剂量率和高温下限制气体扩散可能影响设备内部氧化作用。确定鉴定寿命和鉴定试验条件时宜考虑。

加速老化应考虑各种老化机理的综合作用。采用各种老化环境条件同时起作用的加速老化可以获得综合的老化效果,采用这种方法应采取措施证明加速老化试验比较符合设备实际运行工况下的老化。但这种方法难以实现。顺序老化试验是对设备各种显著老化机理逐一进行老化试验,也是可接受的加速老化方法,但试验顺序应选择能获得最大的老化效果。

安全重要设备应对预期的可能具有机械老化部件和电气老化部件进行运行循环老化模拟。运行循环老化应在抗震试验前完成。除非另有说明,腐蚀老化试验在预期的电负荷下进行。应确定由于腐蚀老化而降低抗震性能的设备 and 部件及其更换的时间间隔,并在鉴定文件中说明。

在正常和异常使用期间的非地震振动可能导致设备和部件明显降质,应在抗震试验前进行老化处理。这些振动包括设备自振、管道、泵和电机引起的振动以及其他振动(如流体流动载荷)。

在老化处理期间,宜按照正常运行工况通电和定期检查。如果设备不连续通电,应说明通电引起的热量已考虑到并有足够的措施限制。

6.4.1.10 事故条件下的试验

事故条件下的试验应在老化过的试验样本上进行。试验曲线应包络所有设计基准事件(LOCA、高能管道破裂和主蒸汽管道破裂事故)或包络某一特定事件。设计扩展条件下的鉴定可以要求一个替代的事故鉴定曲线。

事故条件下的模拟试验应在同一样本设备上按照下列顺序进行:

- a) 作为 DBE 考虑的内部或外部事件(如地震、飞机撞击);
- b) 事故辐照试验(除非辐照老化时已做过);
- c) DBE 热力模拟试验,通过注入饱和和加压蒸汽和化学喷淋进行;
- d) DBE 后条件下(温度、压力、湿度、化学喷淋液、水淹和持续时间)的试验。

在DBE和DBE后的试验期间,设备应按正常运行时通电和检测,以证明设备执行其规定安全功能的能力。此外,还应规定化学试验条件(包括反应堆冷却剂和安全壳喷淋液)。

DBE模拟试验不要求同一DBE温度的双峰试验曲线。双峰试验曲线代替单峰试验曲线仅仅增加DBE试验的严格性。如果DBE试验环境条件包含试验曲线裕度的双峰试验曲线包络了所以运行工况,则采用双峰试验曲线是可接受的。

6.4.1.11 验收准则

设备鉴定应证明在规定的运行工况(正常、异常和事故条件)下能满意地执行其规定的安全功能。符合验收准则的设备成功鉴定是基于鉴定大纲所定规的测量和检查。试验和分析结果应以可核查的方式引成文件。

任何不符合验收准则的缺陷都应分析,以便确定有关鉴定结果的影响、补充测量、对设备作必要的修改或使用设备的限制。

6.4.1.12 检查

为保证试验样本在运输和搬运过程没有损坏并验证符合设备技术规格书,应在鉴定试验开始前和整个试验过程进行检查。当需要时应拆开检查,并采取相应的措施。鉴定文件中应说明设备各部分的物理状态。应记录电气绝缘、机械部件、轴承、润滑剂、电气触点、连接线、传动机构、连杆机构及其他有关部件的状态。

6.4.2 运行经验

6.4.2.1 一般要求

成文的运行经验可用于设备的部分鉴定或设备的全部鉴定。成功运行设备用于鉴定相同或相似的其他新设备，其记载的运行工况应严于新设备预期的运行工况。如果运行经验数据没有包络整个鉴定寿命目标和设计基准事件，则要求对获得运行经验的设备作相应的补充试验。应确定获得运行经验的设备与被鉴定的新设备的相似性。设备运行经验确立的运行工况应包络预期的设计基准事件和鉴定裕量，其偏差应评估并说明是可接受的。运行经验文档应包含设备鉴定要求的功能特性和运行工况的测量或评定结果、试验记录和故障分析、运行期间出现的各种故障和变化趋势、定期试验和检查、定期维修和检查记录（包括调整，修改和标定）以及设备实际安装方式和安装配置。

6.4.2.2 运行记录

用于确立设备鉴定可核查的运行记录应包括：

- a) 证明获得运行经验的设备与待鉴定设备同类或有偏差，但这些偏差导致设备执行安全功能能力的降低是可接受的；
- b) 获得运行经验设备运行工况的记录，这些条件至少严于待鉴定设备执行安全功能所要求的鉴定条件。

6.4.2.3 运行经验鉴定

只有在鉴定文件中包含可核查资料，证明设备在运行工况至少严于规定运行工况加上适当裕量，且满意地执行其安全功能的情况下，运行经验才可作为鉴定的主要依据。从执行非安全功能设备中获得的运行经验数据，如果证明是适用的，也可作为运行经验用于鉴定。确定鉴定寿命应评估其在设计基准事件发生前，正常和异常运行工况下的运行时间（如果要模拟设计基准事件，可按型式试验的要求试验）。确定要鉴定设备的鉴定寿命，应基于与要鉴定设备运行工况相关的运行记录。

6.4.3 分析法鉴定

分析方法可用来补充鉴定证明。分析技术应用对多数类型设备鉴定是有限的，并且通常在综合性鉴定大纲需要对试验数据或运行经验作补充分析。分析技术的应用应经过验证。

外推和内插是一种分析技术，可用来扩展试验数据进行设备鉴定。外推或内插运行工况要求分析所建立的物理原理，证明在特定运行工况下成功实施的鉴定可用于不同运行工况的鉴定。

设备相似性分析是证明被鉴定设备与已鉴定设备之间的等效性。设备鉴定是通过提供这些等效性证据和相似设备时型式试验的全部适用的结果来证明。相似设备应由同一机构在认可的质保大纲监管下设计和制造。当存在重大偏差时不可能由分析证明相似性。

确定设备相似性应至少满足下列要求。

- a) 结构材料、设计、制造过程和功能（机械的和电气的）应相同或等效。任何可鉴别的差异都应表明不会对设备执行安全功能有不利影响，也不产生新的机理使设备失效。
- b) 不同尺寸的设备，只要基本配置和各部分的比例系数保持一致。相似性分析还应考虑不同表面积的热效应、溶剂、按比例缩小的部件以及不同质量、重心和模态响应的地震效应等诸多因素；
- c) 设备的形状应相同或相似（在尺寸受限制时），并且任何可鉴别的差异都对所有运行工况（包括事故条件）下执行安全功能没有不利影响。
- d) 要鉴定设备的运行工况和运行工况（正常、异常和事故）的严酷程度应等同或低于已鉴定设备。
- e) 设备安装和连接方式，如固定、接口、密封、连接（机械和电气），应相同，如果存在差异应提供不影响执行安全功能的证明。
- f) 已鉴定设备的老化机理应包络要鉴定的设备。
- g) 安全重要功能应相同（如带载运行或不带载运行）。

6.4.4 修改

在鉴定期间或鉴定结束后，设备或鉴定基准的更改应进行评估，以确定是否需要做补充鉴定。设备的变更包括设计、材料、制造工艺、间隙、润滑剂或安装条件等方面的修改。设备的任何修改应在单独文件上追索到有关鉴定情况可接受性的证明。鉴定基准的修改包括设备安全功能、验收标准、电气性能、机械强度、运行工况或电厂延寿等方面。任何设计修改应考虑对系统、硬件和软件按现行核安全标准进行验证和确认以及考虑设备的安全分级。

如果评价结果不要求补充鉴定，则评价结论及相关信息应归档。如果评价结果要求补充鉴定，则应证明修改过的设备鉴定合格并形成文件。适用的证据（如补充试验结果、分析）应加到初始鉴定文档中。

7 鉴定文档

7.1 一般要求

鉴定文档应在设备整个鉴定寿期或安装寿期内保存或在将要使用的储存地保存。

鉴定文档应有足够的鉴定文件证明设备满足规定的功能和性能要求，并为确定鉴定寿命和定期试验、维修和状态检测的时间间隔提供依据。证明鉴定的资料应适合使用，并按可核查的格式编制。

对数字设备应详细说明试验情况，以便获得涵盖功能特性（例如准确度、响应时间等）和电气性能的足够证据。

7.2 文档基本要求

安全重要设备鉴定文档应包括下列内容。

- a) 说明待鉴定设备，包括制造商、型号、硬件和（或）软件（可编程部件）版本号，以及确定样本唯一性的序列号。
- b) 说明安全重要功能和执行功能的持续时间。
- c) 说明安装相关要求，如固定、方位、接口和密封等。
- d) 正常环境条件的说明，包括预计运行事件引起的环境条件，例如温度、压力、相对湿度、辐照、EMI/RFI、电源浪涌环境和运行周期以及与鉴定设备相关的设计基准事件。
- e) 显著老化机理评估和确定老化机理的方法。
- f) 说明地震试验结果。
- g) 说明设备阶段条件和基准。
- h) 说明维护鉴定要求的定期监督、维修活动、定期试验或维护鉴定要求的更换部件的时序。
- i) 摘要和结论，包含限制和警告、鉴定寿命、定期试验和维修间隔等。
- j) 证明修改不影响鉴定结果有效性。
- k) 说明老化处理试验结果（如果有显著老化机理）。
- l) 当要求试验：
 - 1) 说明采用的鉴定方法；
 - 2) 说明试验样本设备；
 - 3) 说明试验结果和验收准则；
 - 4) 说明试验顺序和选择顺序保守性的证明；
 - 5) 样本设备代表被鉴定设备的证明；
 - 6) 试验异常和鉴定有效性的评价；
 - 7) 正常和异常环境试验（包括预计运行事件或和缓环境）符合性证明。

7.3 和缓环境鉴定文档

安全重要设备的和缓环境鉴定文件，除通用文档要求的项目外，还应包含供应商建议的维修和监督大纲。

7.4 严酷环境鉴定文档

安全重要设备的严酷环境鉴定文件，除通用文档要求的项目外，还应包含下列项目：

- a) 说明试验配置（如试验容器内的连接器置于事故环境中）；
- b) 说明鉴定寿命和基准；
- c) 说明辐照试验类别、剂量率和累计剂量；
- d) 说明 DBE 工况和设计扩展条件试验，包括温度和压力随时间的变化曲线、相对湿度、化学喷淋、水喷射、电负荷、机械负荷、电压和频率、水淹；
- e) 说明用于试验的峰值温度和压力、辐照剂量、电源电压、运行时间和地震水平及其裕度；
- f) 证明鉴定寿命延长（如果有）。

参 考 文 献

- [1] GB/T 15473—2011 核电厂安全级静止式充电装置及逆变装置的质量鉴定
 - [1] NB/T 20030—2010 压水堆核电厂设备管道惯用颜色和管理标识方法
 - [2] NB/T 20064—2012 核电厂安全重要仪表和控制电磁兼容试验要求
 - [3] NB/T 20074—2012 核电厂安全级电动机控制中心质量鉴定
 - [4] NB/T 20080—2012 核电厂安全级蓄电池质量鉴定
 - [5] NB/T 20093—2012 核电厂安全级阀门驱动装置的鉴定
 - [6] NB/T 20208—2013 核电厂安全级配电盘鉴定
 - [7] NB/T 20213—2013 核电厂安全级电缆及现场接头鉴定规程
 - [8] NB/T 20225—2013 核电厂安全级电气连接件鉴定
 - [9] NB/T 20226—2013 核电厂安全级变压器鉴定
 - [10] NB/T 20227—2013 核电厂安全级金属包封的动力开关装置抗震鉴定
 - [11] NB/T 20228—2013 核电厂安全重要仪表和控制系统敏感元件和传感器型式检验
 - [12] NB/T 20229—2013 核电厂安全重要仪表和控制系统电气模块型式试验
 - [13] NB/T 20265—2014 核电厂继电器抗震试验
 - [14] NB/T 20290—2014 核电厂安全级连续工作制电动机的鉴定
 - [15] NB/T 20351—2015 核电厂安全级保护继电器及辅助器件的鉴定
 - [16] NB/T 20421 核电厂安全重要电缆状态监测方法
-