

ICS 27.120.10

F60

备案号: 41458—2013

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20227—2013

核电厂安全级成套开关设备鉴定

**Qualification of switchgear assemblies for class 1E applications in nuclear power
plants**

2013 - 06 - 08 发布

2013 - 10 - 01 实施

国家能源局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 5

4 使用条件 6

 4.1 正常使用条件 6

 4.2 特殊使用条件 7

 4.3 设计基准事件 (DBEs) 8

5 性能要求 8

6 裕度 8

 6.1 裕度证明 8

 6.2 老化 8

 6.3 地震 8

 6.4 特殊使用条件下的裕度 9

7 鉴定程序 9

 7.1 总则 9

 7.2 成套设备鉴定 9

 7.3 元件鉴定 9

 7.4 成套设备的试验 10

 7.5 现场修改 11

 7.6 关键元件的替换 11

8 文件 11

附录 A (资料性附录) 本标准与 IEEE C37.82—1987 相比的结构变化情况 12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准参考 IEEE Std C37.82:1987 《核电厂 1E 级成套开关设备鉴定》编写。

本标准与 IEEE Std C37.82:1987 相比，在结构上有较多调整，附录 A 列出了本标准与 IEEE Std C37.82:1987 的章条编号变化对照一览表。

本标准与 IEEE Std C37.82:1987 的技术差异及其原因如下：

- 将原文中的“1E级 (Class 1E)”改为“安全级”，以与其他标准统一；
- 在“2 规范性引用文件”和正文中，将相关国际标准改为适用的国内标准，删除了部分不适用的参考文件；
- 在正文中将单位统一为国际单位制；
- 根据国内标准规范要求，修改了4.1中环境温度、频率等参数；
- 根据国内标准规范要求，对示例进行了修改。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：上海核工程研究设计院。

本标准主要起草人：方文治、孙志强、朱立群。

核电厂安全级成套开关设备鉴定

1 范围

本标准规定了安装在核电厂反应堆安全壳外的户内安全级成套开关设备鉴定的基本要求和方法。本标准适用于低压金属封闭开关设备、高压金属封闭开关设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 1984—2003 高压交流断路器（IEC 62271—100：2001，MOD）

GB 3906—2006 3.6kV～40.5kV交流金属封闭开关设备和控制设备（IEC 62271—200：2003，MOD）

GB 7251.1—2005 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：型式试验和部分型式试验 成套设备（IEC 60439—1：1999，IDT）

GB 7251.2—2006 低压成套开关设备和控制设备 第2部分：对母线干线系统（母线槽）的特殊要求（IEC 60439—2：2000，IDT）

GB/T 10233—2005 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法

GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求（IEC 62271—1：2007，MOD）

GB/T 11026.1—2003 电气绝缘材料 耐热性 第一部分：老化程序和试验结果的评定（IEC 60216-1：2001，IDT）

GB/T 12727—2002 核电厂安全系统电气设备质量鉴定（IEC 60780：1998，MOD）

GB/T 13625—1992 核电厂安全系统电气设备抗震鉴定（IEC 60980：1988，EQV）

GB 14048.1—2006 低压开关设备和控制设备 第1部分：总则（IEC 60947—1：2001，MOD）

GB 14048.2—2008 低压开关设备和控制设备 第2部分：断路器（IEC 60947—2：2006，IDT）

GB 14048.3—2008 低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器（IEC 60947—3：2005，IDT）

GB 14048.4—2010 低压开关设备和控制设备 第4—1部分：接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器（含电动机保护器）（IEC 60947—4—1：2009，MOD）

GB 14048.5—2008 低压开关设备和控制设备 第5—1部分：控制电路电器和开关件 机电式控制电路电器（IEC 60947—5—1：2003，MOD）

GB 14048.6—2008 低压开关设备和控制设备 第4—2部分：接触器和电动机起动器 交流半导体电动机控制器和起动器（含软起动器）（IEC 60947—4—2：2002，IDT）

GB/T 14048.7—2006 低压开关设备和控制设备 第7—1部分：辅助器件 铜导体的接线端子排（IEC 60947—7—1：2002，MOD）

GB/T 14048.8—2006 低压开关设备和控制设备 第7—2部分：辅助器件 铜导体的保护导体接线端子排（IEC 60947—1：2002，MOD）

GB/T 14048.10—2008 低压开关设备和控制设备 第5—2部分：控制电路电器和开关元件 接近开关（IEC 60947—1：2004，IDT）

NB/T 20040—2011 核电厂安全级电气设备抗震鉴定试验规则

NB/T 20063—2012 核电厂仪表和控制术语

3 术语和定义

GB/T 12727—2002和NB/T 20063—2012中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 12727—2002和NB/T 20063—2012中的一些术语和定义。

3.1

元件 component

成套开关设备中具有特定功能的基本部件（例如：断路器、互感器、保护继电器、控制开关、套管、母线等）。

3.2

维护周期 maintenance interval

设备不需要维护或调整却依然具有满意性能的时间段。此时间段可以用实际时间、设备运行时间、运行次数来表示。

3.3

裕度 margin

规定的核电厂最严酷运行条件和环境条件，与设备鉴定全过程所采用的条件之差。

3.4

老化 aging

在设计范围内的运行工况下，元件或设备的物理、化学或电气特性随时间所发生的变化，这种变化可能导致其重要功能特性劣化。

注：改写GB/T 12727—2002，定义3.1。

3.5

运行经验 operating experience

在与被鉴定的特定设备的鉴定条件相当的条件下，可核实的运行数据的积累。

[GB/T 12727—2002，定义3.12]

3.6

使用条件 service conditions

在正常运行工况、预期的极端异常运行工况、以及在核电厂假设的设计基准事件条件下，成套开关装置所处的周边环境条件，包括温度、湿度、电压等级、电力负荷和信号状态等。

3.7

设计基准事件 design basis event (DBE)

在设计中应用的假想事件，以便确定构筑物、系统和设备的可接受的性能要求。

[NB/T 20063—2012，定义2.6]

3.8

型式试验 type test

对代表产品的一个或多个物项进行的符合性试验。

[NB/T 20063—2012, 定义7.1.10]

3.9

设备鉴定 equipment qualification

通过分析、型式试验或运行经验获得的证据,证明在规定的运行条件和环境条件下设备能按规定的准确度和性能要求起作用。

[NB/T 20063—2012, 定义6.1.11]

3.10

安装寿命 installed life

设备或元件从安装到拆除的那段时间,在此期间,设备或元件能承受设计运行条件。

注:在定期更换某些元件的情况下,设备可能有40a的安装寿命,所以元件的安装寿命可能小于40a)

[GB/T 12727—2002, 定义3.10]

3.11

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。

[NB/T 20063—2012, 定义6.1.8]

3.12

接口 interface

安全级设备和其它设备或装置之间的连接部件(例如:接线盒、接头、端子排等)。

4 使用条件

4.1 正常使用条件

4.1.1 总则

核电厂内安全级成套开关设备所处的可预期的正常工作条件见4.1.2~4.1.12,这些推荐的使用条件取值仅用于普通的鉴定程序中,并不表示能以此为依据降低设备的性能。

4.1.2 环境温度

环境温度不应超过40℃,年平均温度30℃,而且在24h内其平均温度不超过35℃。环境温度的下限为-5℃。

4.1.3 相对湿度

相对湿度范围为10%~90%。

4.1.4 海拔

低压金属封闭开关设备的安装场地海拔不超过2000 m，高压金属封闭开关设备的安装场地海拔不超过1000 m。

注：在海拔高于1000 m处使用的电子设备，有必要考虑介电强度降低和空气冷却效果减弱的影响，建议按照制造商与用户之间的协议进行设计和使用。

4.1.5 主电路电压

设备应根据特定需求来确定电压等级。安全级成套开关设备通常不应暴露在雷电浪涌冲击环境中，但在某些情况下操作过电压会达到相电压峰值的2倍。

4.1.6 频率

交流设备的额定频率为50 Hz。

4.1.7 控制电压

应由特定需求来确定控制电压等级。例如：低压断路器控制电压等级应满足GB 14048.2—2008的要求。

4.1.8 控制电流

应由特定需求来确定最大的控制电流，断路器的辅助触点和其他元件应能承载、分断辅助回路的最大控制电流。

4.1.9 持续电流

应由特定需求来确定开关设备的平均负荷，平均负荷决定了开关设备元件的鉴定寿命。考虑到核电厂安全级电力系统的负载率和有效的电力配置，多数情况下平均负荷电流低于设备的额定持续电流。

4.1.10 短路电流

应由特定需求来确定最大的短路电流。

4.1.11 机械操作

机械操作次数是确定成套开关设备鉴定寿命的基础。通常使用不超过两个维护周期内的累积机械操作次数作为断路器机械操作次数的标准。

4.1.12 机械接口载荷

由进线电缆、套管、连接件、或设备（如变压器）引起的机械载荷通常均需支撑或隔离，以免安全级成套开关设备的结构受到明显的机械载荷。

4.2 特殊使用条件

当安全级成套开关设备所处的使用条件不在正常范围内，应该定义特殊使用条件，且需在此条件下对成套开关装置进行鉴定。如果无法在特殊使用条件下进行设备的鉴定，则必须改善设备的使用条件。

4.3 设计基准事件(DBEs)

4.3.1 地震

地震是安全级成套开关设备鉴定中最常见的设计基准事件。由于地震烈度和核电厂厂址、建筑结构有关，所以应对安全级成套开关设备施加特定的反应谱来反映地震载荷。设备的抗震鉴定要求应遵循 GB/T 13625—1992 和 NB/T 20040—2011 的规定。

4.3.2 其他设计基准事件

对于其他设计基准事件或特殊要求，应详细定义安全级成套开关设备的具体工况。

5 性能要求

在预期鉴定寿命内，安全级成套开关设备在地震等设计基准事件期间和之后均应能执行安全有关功能。常用的性能要求如下，必要时应规定补充技术条件：

- a) 主回路的导体应能承受额定运行电压和瞬时过电压；
- b) 断路器和设备应能关合、承载、开断指定应用的负荷电流；
- c) 断路器和设备应能关合、承载、开断指定应用的短路电流；
- d) 断路器应仅能通过命令操作来开断、关合主回路和二次回路；
- e) 保护、控制、辅助和仪表设备均应能实现规定范围内的安全有关功能。

6 裕度

6.1 裕度证明

在设备鉴定中考虑裕度的目的是为了说明批量生产的设备存在的正常偏差和满足规定性能要求的适量误差。在鉴定中应包括裕度证明，按照现行工业标准进行的开关设备试验规定了正常使用条件（见第4章）下的裕度。例如：

- a) 电压，以工频电压试验为例说明电压裕度。例如：在 12 kV 开关设备型式试验中工频电压试验的试验电压为持续 1 min 的 42 kV 有效值（设备外绝缘在干燥环境下），而设备正常运行时最大的预期操作过电压时间不超过 0.1 s 且小于 2 倍相电压（16 kV 峰值）；
- b) 持续电流，裕度为实际平均负荷电流和由型式试验验证的额定电流等级间的差值；
- c) 短路电流，裕度为瞬时、短时电流试验与设备正常运行情况下的短路电流的差值。例如：3 s（150 个周波）的短时电流试验，对比设备正常运行时持续 5~10 个周波的短路电流；
- d) 控制电压，裕度为产品试验控制电压上下限的控制电压和额定控制电压的差值。

6.2 老化

对元件鉴定中的老化评估不设裕度。

6.3 地震

GB/T 13625—1992 和 NB/T 20040—2011 中规定的抗震鉴定方法已提供足够的裕度。

6.4 特殊使用条件下的裕度

特殊使用条件下的鉴定程序亦应包括裕度证明。

7 鉴定程序

7.1 总则

在鉴定程序中应提供适当的文档，以确保设备布置和元件补充时的灵活性。安全级成套开关设备的鉴定程序见7.2~7.6，同时GB/T 12727—2002中规定的其他鉴定方法也适用。

7.2 成套设备鉴定

成套开关设备的鉴定应由一整套针对设备整体和元件的缜密的计算分析和试验组成。鉴定流程应包括如下内容，但无需按下列顺序进行：

- a) 确定成套开关设备的使用条件（见第4章）；
- b) 确定成套开关设备安全有关的性能要求（见第5章）；
- c) 识别设备的关键元件及其性能要求，关键元件的性能会影响成套开关设备安全有关功能；
- d) 确定关键元件的使用条件。例如，环境温度（见4.1.2）和持续电流（见4.1.10）是采用热效应诱发失效原理来计算元件鉴定寿命的基本条件；
- e) 基于使用条件、试验数据和运行经验来识别关键元件可能的失效模式；
- f) 通过评估如下的接口关系，识别出可能损害安全有关功能的失效模式：
 - 1) 在安全级元件之间；
 - 2) 在安全级和非安全级元件之间；
 - 3) 在成套开关设备和外部系统、结构之间。
- g) 归档文件以证明设备在预期鉴定寿命内关键元件有能力满足其性能要求。这些文件应包括基于设备设计与应用进行评价，并据此来确定是否需要在设计基准事件试验前进行加速模拟老化的说明（见7.3）；
- h) 被鉴定的成套开关设备样机应按照工业标准进行试验（见7.4）；
- i) 建立能确保成套开关设备达到预期鉴定寿命的必要的检验和维护程序。如果成套开关设备的鉴定寿命小于安装寿命，则应在维护程序中加入元件替换等补救措施。元件替换见7.6；
- j) 如果对已通过鉴定的开关设备元件进行设计修改，应核查修改过的设计，并进行必要的计算分析和试验，升版相关的记录文件。

7.3 元件鉴定

7.3.1 基本方法

元件鉴定的目的是预测关键元件的鉴定寿命，取决于功能要求的元件鉴定方法如下：

- a) 根据功能要求对元件材料的试验数据进行分析；
- b) 提供历史运行经验数据，分析元件运行时的使用条件适用性；
- c) 遵循现有工业标准或特定的必要试验程序，对元件进行功能试验；
- d) 根据功能试验要求对元件进行环境条件或操作的预处理，随后再进行功能试验；
- e) 方法a)~d)的组合。

7.3.2 老化

7.3.2.1 总则

每个元件的鉴定都应考虑老化失效机理的影响，至少应评估工作循环、时间-温度、辐照这三种最可能的老化失效机理，以确定可能限制设备执行安全相关功能能力的老化失效机理。如果在包括设计基准事件在内的使用条件下，能证明这些或其他老化失效机理都不会影响设备功能，那么应在鉴定文件中包含相关的描述。

7.3.2.2 工作循环

根据相关工业标准的型式试验要求，对元件（例如断路器、继电器等）应进行工作循环能力的评估。

7.3.2.3 时间-温度效应

应按如下方法对正常使用条件〔见7.2中d)项〕下非金属材料的热老化特性进行评估：

- a) 识别出元件中的非金属材料；
- b) 热老化特性评估应基于阿伦纽斯（Arrhenius）曲线（见 GB/T 11026.1—2003）或其他被认可的行业标准中获得的数据。如果能获取非金属材料的阿伦纽斯时间-温度数据，那么可以在热老化特性评估中使用这些数据。获取这些相关数据的判定准则应与元件的设计要求（例如：介电强度、挠曲强度等）相匹配。如果能证明其他数据对材料老化的时间-温度估算是充分的，那么也可以使用这些数据；
- c) 应确定期望时间内预期工况下的材料热老化程度，在分析热老化程度时，应考虑由负荷电流试验运行状态下材料的预期温度的影响；
- d) 通过分析或试验，对设备在热老化后的性能与其正常情况下和设计基准事件下的功能要求相比较。为确保在设计基准事件进行中和之后元件能够正常运行，元件材料应有足够的设计性能裕度，并有相关文件来证明这种裕度。

7.3.2.4 辐照

考虑到非金属材料受到热老化和辐照剂量老化的影响，应按如下方法对元件或整个系统的辐照老化效应进行评估：

- a) 识别出元件中的非金属材料；
- b) 通过查阅文献资料获取元件材料在辐照老化效应方面的损坏阈值的信息；
- c) 如果辐照和热老化效应的损坏阈值高于设备所承受的实际辐照剂量，那么可忽略热老化和辐照老化的协同效应影响；
- d) 如果没有数据来支持材料的辐照老化效应，就应通过辐照试验来确定这些效应；
- e) 通过分析或试验，对设备在热老化后的性能与其正常情况下和设计基准事件下的功能要求相比较。为确保在设计基准事件进行中或之后元件能够正常运行，元件材料应有足够的设计性能裕度，并有相关文件来证明这种裕度。

7.4 成套设备的试验

成套开关设备鉴定时应进行如下试验（不需要在同一设备上进行所有试验）：

- a) 应按照如下标准对成套设备整体或组件进行产品型式试验：
 - 1) 高压开关设备和控制设备：GB 1984—2003、GB 1985—2004、GB 3906—2006 和 GB/T 11022—2011；
 - 2) 低压开关设备和控制设备：GB/T 7251.1—2005、GB/T 7251.2—2006、GB/T 10233—2005、GB 14048.1—2006、GB 14048.2—2008、GB 14048.3—2008、GB 14048.4—2010、GB 14048.5—2008、GB 14048.6—2008、GB/T 14048.7—2006、GB/T 14048.8—2006 和 GB/T 14048.10—2008。
- b) 应采用 GB/T 13625—1992 和 NB/T 20040—2011 中描述的方法进行抗震试验。

注：如果有足够充分的数据，通过恰当的分析可以对成套开关设备内的独立元件（如继电器）进行独立的抗震试验和鉴定。

7.5 现场修改

如果需要对安全级成套开关设备进行现场修改，为确保设备能保持满意的运行性能，应按照7.2和7.3的要求对相关的修改进行分析和必要的型式试验。此外应按照第8章的要求来准备和维护修改的文件，作为安全级成套开关设备的原始文件的补充。

7.6 关键元件的替换

关键元件的替换需遵循如下原则：

- a) 如果必须替换关键元件，应尽可能保证替换元件和旧的元件完全一致，并在文件中证明合适的替换元件是可以获取到的；
- b) 如果必须替换关键元件，且无法获得完全一致的替换元件时，使用代替元件应该视作现场修改，应按照7.5的要求来补充文件。

8 文件

鉴定文件应包括能证明安全级成套开关设备符合应用要求，且满足鉴定规范书中规定的性能要求的记录文件。鉴定中所用的数据应适合使用并按可审查的格式编制。

鉴定文件应满足GB/T 12727—2002第6章中的文件要求，并包括如下信息：

- a) 被鉴定设备的说明；
- b) 安全有关的性能要求列表；
- c) 包括设计基准事件在内的使用条件；
- d) 关键元件的识别，以及判断的基础；
- e) 每个元件的设计鉴定寿命和数据的汇总；
- f) 成套开关设备整体的鉴定试验报告的汇总；
- g) 成套开关设备整体的分析报告和预期鉴定寿命；
- h) 在鉴定中使用的鉴定方法的概述；
- i) 用于支持鉴定结论的可审查的参考资料或其他文件；
- j) 满足鉴定要求的维护、试验、替换的推荐方法；
- k) 批准签字和日期。

附 录 A
(资料性附录)

本标准与 IEEE C37.82—1987 相比的结构变化情况

本标准与IEEE C37.82—1987相比，章条编号发生了变化，具体对照情况见表A.1。

表A.1 本标准与 IEEE C37.82—1987 的章条编号对照情况

| 本标准章条编号 | 对应 IEEE C37.82—1987 的章条编号 |
|---------|---------------------------|
| 2 | 3 |
| 3 | 2 |
| 4.1.1 | 悬置段 |
| 4.1.2 | 4.1.1 |
| 4.1.3 | 4.1.2 |
| 4.1.4 | 4.1.3 |
| 4.1.5 | 4.1.4 |
| 4.1.6 | 4.1.5 |
| 4.1.7 | 4.1.6 |
| 4.1.8 | 4.1.7 |
| 4.1.9 | 4.1.8 |
| 4.1.10 | 4.1.9 |
| 4.1.11 | 4.1.10 |
| 4.1.12 | 4.1.11 |
| 4.1.13 | 4.1.12 |
| 7.1 | 悬置段 |
| 7.2 | 7.1 |
| 7.3 | 7.2 |
| 7.3.1 | 悬置段 |
| 7.3.2.1 | 7.2.1 |
| 7.3.2.2 | 7.2.1.1 |
| 7.3.2.3 | 7.2.1.2 |
| 7.3.2.4 | 7.2.1.3 |
| 7.4 | 7.3 |
| 7.5 | 7.4 |
| 7.6 | 7.5 |

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂安全级成套开关设备鉴定
NB/T 20227—2013

*

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
机械工业信息研究院印制部印刷
版权专有 侵权必究

*

2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷
印数 1—200