



中国质量认证中心认证技术规范

CQC1308-2017



智慧用电模块 技术规范

Technical Specification of Intelligent Power Unit

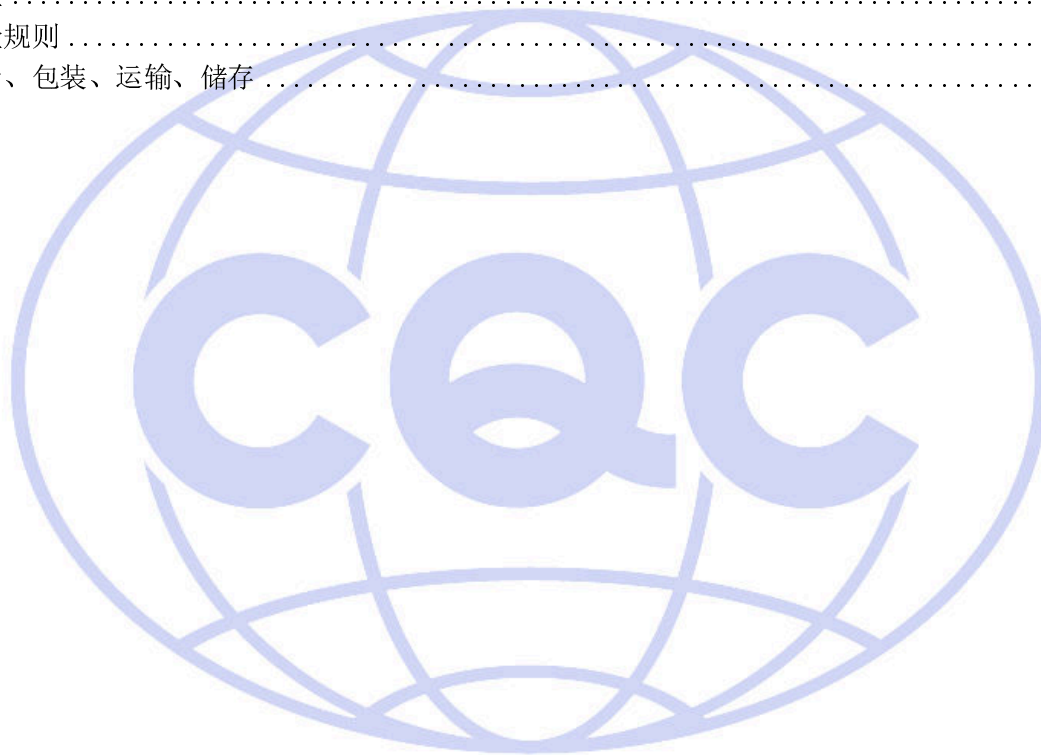
2017-03-06 发布

2017-03-06 实施

中国质量认证中心 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 使用的标准条件	7
5 分类	7
6 标志和其他产品信息	9
7 试验	17
8 试验规则	40
9 标示、包装、运输、储存	43



前 言

本规范的目的是对智慧用电模块规定必要的技术要求和试验程序。

本规范由中国质量认证中心提出，是智慧用电模块CQC标志认证的依据。

本技术规范规定了产品电气安全、EMC等方面的要求。本技术规范不涉及产品数字信息技术安全方面的要求，制造商应采取适宜的数据加密等措施以保障产品在使用过程中的信息安全并承担相应责任，并将相关信息安全措施明示在用户产品说明书中。

本技术规范由中国质量认证中心发布，版权归中国质量认证中心所有，任何组织及个人未经中国质量认证中心许可，不得以任何形式全部或部分使用。

主要起草单位：中国质量认证中心、上海电器设备检测所、浙江方圆电气设备检测有限公司、浙江省机电产品质量检测所、中检质技检验检测科学研究院有限公司、天津天传电控设备检测有限公司、杭州华泰电气技术有限公司、深圳市未来智能电气有限公司、杭州拓疆科技有限公司、深圳市坤铃泰科技有限公司

主要起草人：赵晓华、陈剑、徐虹、王国忠、易颖、黄芳、袁萍平、曾征、王鹏、曾卫民、叶文新、沈春根、陈各方、牟亚东、柴龙、高晶、高永乐、袁科锋、吴华、耿丽恺、樊恒江、潘立冬、胡广义、孙健、舒寅笛、蔡晓玮、安杜生、牛栋



智慧用电模块技术规范

1 范围

本技术规范定义了由一般人员操作的智慧用电模块（以下简称模块）的具体要求。此模块带有保护器件，适合于民用（家用）或在非专业人员可以进入的户内场地使用。智慧用电模块包括与电能分配相关的控制和/或信号器件。它们用于交流，其标称对地电压不超过 300V，输入总负载电流不超过 250A。

注：IT 系统的标称对地电压可作为本系统的标称电压。

在正常情况下，非专业人员可以接近这类设备，例如更换操作开关或更换熔芯。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过在本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的部分）或修订版均不适用于本规范。然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB 4943.1-2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求（IEC 60950-1:2005,MOD）

GB/T 27745-2011 低压电器通信规范

GB 18499-2008 家用和类似用途的剩余电流动作保护器(RCD)电磁兼容性(IEC 61543:1995, IDT)

GB 17625.1-2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流≤16A)(IEC 61000-3-2:2009 Ed.3.2, IDT)

GB 17799.3-2012 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射(IEC 61000-6-3:2011, IDT)

JB/T 12762-2015 自恢复式过欠压保护器

GB 16917.1—2014 家用和类似用途的带过电流保护的剩余电流动作断路器（RCBO）第一部分：一般规则（IEC 61009-1:2012, MOD）

GB 16916.1—2014 家用和类似用途的不带过电流保护的剩余电流动作断路器（RCCB）第一部分：一般规则（IEC 61009-1:2012, MOD）

GB 10963.1—2005 电气附件 家用及类似场所用过电流保护断路器 第1部分：用于交流的断路器(IEC 60898-1:2002, IDT)

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）

JB/T 10923-2010 电子式电能表用磁保持继电器

GB/T 31143-2014 电弧故障保护电器（AFDD）的一般要求（IEC 62606: 2013, MOD）

GB/T 16935.1-2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007, IDT)

GB 7251.1-2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则(IEC 61439-1:2011, IDT)

GB 18802.1-2011 低压电涌保护器（SPD） 第1部分：低压配电系统的电涌保护器性能要求和试验方法（IEC 61643-1: 2005, MOD）

GB/T 5169.10-2006 电工电子产品着火危险试验 第10部分：灼热丝/热丝基本试验方法 灼热丝装置和通用试验方法（IEC 60695-2-10: 2000, IDT）

GB/T 5169.11-2006 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法（IEC 60695-2-11: 2000, IDT）

IEC 60068-2-75 环境试验-第2部分：试验-试验Eh：锤击试验

GB/T 191-2008 包装储运图示标志(ISO 780-1997)

3 术语和定义

3.1 智慧用电模块 Intelligent Power Unit

一种集成式或分立元件组成的模块，能接通、承载和分断正常电路条件下的电流，在管理、控制电能的过程中，利用电力、电子和通信技术，对电能的使用采取智能化控制、调度、分配和保护，可以实现遥测、遥调、遥控、遥信中的部分或全部功能。

3.1.1 遥测 remote measurement

通过通信方式远程对模块进行参数测量。

3.1.2 遥调 remote adjustment

通过通信方式远程对模块进行参数调整。

3.1.3 遥控 remote control

通过通信方式远程对模块进行操作控制。

3.1.4 遥信 remote communication

通过通信方式远程对模块进行运行、故障等的记录、存储、打印输出等。

3.2 一般术语

3.2.1 AC 型模块 type AC unit

对模块突然施加或缓慢上升的剩余正弦电流能确保分闸的模块。

3.2.2 A 型模块 type A unit

对突然施加或缓慢上升的剩余正弦电流和剩余正弦交流电流和剩余脉动直流电流能确保分闸的模块。

3.2.3 延时型模块 time-delay intelligent electricity unit

对应于规定的剩余动作电流值能达到一个预定的极限不驱动时间的模块。

3.2.4 试验装置 test device

为了检查模块是否正常工作，模拟一个分闸信号使模块动作的装置。

3.2.5 过电流 over current

超过额定电流的任何电流。

3.2.6 过载电流 overload current

在电气上无损的电路中发生的过电流。

注：如果过载电流持续一足够长的时间也可能引起损害。

3.2.7 主电路 main circuit

用作闭合或断开电路里的模块的所有导电部件。

3.2.8 控制电路 control circuit

除主电路外，用于模块的闭合操作或断开操作的导电部件。

3.2.9 辅助电路 auxiliary circuit

除了模块的主电路和控制电路以外的电路里所包括的模块的所有导电部件。

3.2.10 过欠压保护 overvoltage or under voltage protective device

模块能自动检测线路电压，当线路中过电压或欠电压超过制造商规定值时能自动断开，当线路电压恢复正常时能自动闭合。

3.2.11 电涌保护器（SPD） surge protective device

用于限制瞬态过电压和泄放电涌电流的电器，它至少包含一非线性的元件。

3.2.12 8/20 冲击电流 8/20 current impulse

视在波前时间为 $8\mu\text{s}$ ，半峰值时间为 $20\mu\text{s}$ 的冲击电流。

注1：波前时间根据GB/T 16927.1的定义为 $1.67 \times (t_{90} - t_{30})$ ，其中 t_{90} 和 t_{30} 指波形上升沿中峰值的90%和10%的点。

注2：半峰值时间指视在点至下降沿中峰值的50%点之间的时间。视在点指波形的上升沿中经过峰值的10%和90%二点画的直线与 $I=0$ 直线的交点。

3.2.13 极 pole

仅与主电路的一个独立的导电路径相连的模块的部件，具有用来连接和断开主电路本身的触头，它不包括那些用来将各极固定在一起使各极一起动作的部件。

3.2.14 开闭中性极 switched neutral pole

只用来开闭中性线而不需有短路能力的极。

3.2.15 电弧或燃弧 arc or arcing

穿过绝缘介质的电气辉光放电现象，通常伴随着电极的局部挥发。

注：一个完整的正弦电流半波不视为燃弧半波。

3.2.16 电弧故障或燃弧故障 arc fault or arcing fault

导体之间或导体与地之间危险的非故意并联电弧或串联电弧。

3.2.17 电弧故障检测单元 arc fault detection unit, AFD unit

模块的一部分，确保检测和辨别危险的接地电弧故障、并联电弧故障和串联电弧故障的功能，并驱动断开装置动作断开电流。

3.2.18 接地电弧故障 earth arc fault

电流从带电导体流入大地的电弧故障。

注：在某些装置中（如TN装置），接地电弧电流可能与并联电弧电流值相近。

3.2.19 并联电弧故障 parallel arc fault

电弧电流流过带电导体之间并与负载并联的电弧故障。

3.2.20 串联电弧故障 series arc fault

电弧电流流过由模块保护的终端电路负载的电弧故障。

3.2.21 剩余电流(I_{Δ}) residual current(I_{Δ})

流过模块主回路电流瞬时值的矢量和(用有效值表示)。

3.2.22 剩余动作电流 residual operating current

使模块在规定条件下动作的剩余电流值。

3.2.23 剩余不动作电流 residual non-operating current

在该电流或低于该电流时, 模块在规定条件下不动作的剩余电流值。

3.2.24 额定剩余动作电流 ($I_{\Delta n}$) rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

制造商对模块规定的剩余动作电流值, 在该电流值时, 智慧电流模块应在规定的条件下动作。
对具有几个剩余动作电流整定值的模块, 用最大整定值标志额定剩余动作电流。

3.2.25 额定剩余不动作电流 ($I_{\Delta no}$) rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

制造商对模块规定的剩余不动作电流值, 在该电流值时, 模块在规定的条件下不动作。

3.2.26 接线端子 terminal

接线端子是模块的可重复用于与外部电路进行电气连接的导电部件。

3.2.27 螺纹型接线端子 screw-type terminal

用于连接一根导线并且随后可拆卸这根导线, 或用于两根或几根能拆卸的导线的相互连接的接线端子, 其连接直接地或间接地用各种螺钉或螺母来完成。

3.2.28 柱式接线端子 pillar terminal

导线出入一个孔内或型腔内, 靠螺钉的端部来压紧导线的螺纹型接线端子, 其紧固压力可直接由螺钉端部来施加或通过一个由螺钉端部施加压力的过渡元件来施加。

3.3 操作条件

3.3.1 闭合操作 closing operation

模块从断开位置转换到闭合位置的操作。

3.3.2 断开操作 opening operation

模块从闭合位置转换到断开位置的操作。

3.3.3 闭合位置 closed position

保证模块主电路预定的连续性的位置。

3.3.4 断开位置 open position

保证模块主电路的断开触头之间有预定的电气间隙的位置。

3.3.5 接通能力 making capacity

模块在规定的使用和工作条件下以及在规定的电压下能够接通的预期电流的交流分量值。

3.4 特性量

3.4.1 额定值 rated value

用来确定模块所设计和制造的工作条件的任何一种特性量的规定值。

3.4.2 额定电流 rated current

I_n

制造商规定的，在正常使用和工作条件下，模块在不间断工作制下能承载的电流。

3.4.3 额定限制短路电流 rated conditional short-circuit current

I_{nc}

制造商宣称的在规定条件下在短路保护电器（SCPD）全部动作时间内（断开时间）能够承受的预期短路电流值。

注：短路保护电器可以与模块是一体的，也可以是单独的。

3.4.4 预期电流 prospective current

如果模块和过电流保护装置(如果有的话)的每个主电流回路用一个阻抗可忽略不计的导体代替时，在电路中流过的电流。

注：预期电流同样可以看成是一个实际电流，例如：预期分断电流，预期峰值电流等。

3.4.5 额定工作电压 rated operation voltage

U_e

模块的额定工作电压（以下均称额定电压）是制造商规定的电压值，此值与模块的性能有关。

注：同一台模块可规定几个额定电压。

3.4.6 额定频率 rated frequency

f

模块的额定频率是为模块设计而规定的，且与其他特性相对应的工作频率。

3.5 电磁兼容 electromagnetic compatibility; EMC

3.5.1 端口 port

端口的示例见图1。

3.5.2 外壳端口 enclosure port

模块的实际边界，电磁场可通过这个边界辐射或侵害。

3.5.3 功能性接地端口 functional earth port

该端口不同于信号、控制或电源端口，它用于提供除了电气安全目的以外的接地。

3.5.4 信号端口 signal port

该端口有连接模块的导线或电缆用于传输数据的信息。

注：例如模拟量输入、输出和控制线；数据总线；通信网络等。

3.5.5 电源端口 power port

该端口有连接模块的导线或电缆，用于提供一个或组合在一起的多个模块运行时所需的主要电源。

3.6 绝缘配合

3.6.1 绝缘配合 co-ordination of insulation

电气设备的绝缘特性一方面与预期过电压和过电压保护装置的特性有关,另一方面与预期的微观环境和污染保护方式有关。

3.6.2 工作电压 working voltage

当模块施加额定电压时,在任何特定的绝缘上可能发生的直流电压或交流电压的最大有效值。

注:瞬态现象忽略不计。

注:考虑开路条件和正常工作条件两者。

3.6.3 工频耐受电压 power-frequency withstand voltage

在规定的试验条件下,不引起击穿的工频正弦电压有效值。

3.6.4 冲击耐受电压 impulse withstand voltage

在规定的条件下,不造成绝缘击穿,具有一定形状和极性的冲击电压最高峰值。

3.6.5 过电压类别 overvoltage category

根据限定(或控制)电路中(或在具有不同标称电压的电气系统中)产生的预期瞬态过电压和为限制过电压而采用的有关方法为基础而确定的分类。

3.6.6 污染 pollution

使绝缘的介电强度和表面电阻率下降的任何固体的、液体的或气体的外来物质的增加。

3.6.7 污染等级(环境条件的) pollution degree (of environmental conditions)

根据导电的或吸湿的尘埃,游离气体或盐类和相对湿度的大小及由于吸湿或凝露导致表面介电强度和/或电阻率下降事件发生的频度而对环境条件作出的分级。

注1:器件和元件的绝缘材料所处的污染等级可能不同于器件和元件所处的宏观环境的污染等级。因外壳或内部加热提供了防止吸湿或凝露的保护。

注2:本部分中的污染等级系指微观环境中的污染等级。

3.6.8 隔离(隔离功能) isolation (isolating function)

出于安全的原因,通过使其余所有电源分开的方法切断整个装置或其中一个独立部分的电源。

3.6.9 电气间隙 clearance

两个导电部件之间在空气中的最短距离。

注:为确定对易触及部件的电气间隙,绝缘外壳的已触及表面应视为导电的,好像该外壳的能被手或标准试指触及的表面覆盖一层金属箔一样。

3.6.10 爬电距离 creepage distance

两个导电部件之间沿绝缘材料表面的最短距离。

注:为确定对易触及部件的爬电距离,绝缘外壳的易触及表面应视为导电的,好像该外壳的能被手或标准试指的表面覆盖一层金属箔一样。

3.6.11 外壳防护等级 (IP 代码) degrees of protection provided by enclosure (IP code)

外壳提供的防止触及危险的部件、防止外界固定异物进入和/或防止水的进入壳内的防护程度。

3.6.12 均匀电场 homogeneous (uniform) field

电极之间的电压梯度基本恒定的电场 (一致电场), 例如两个球之间每一球的半径均大于二者之间的距离的电场。

3.7 与试验有关的定义

3.7.1 型式试验 type test

对按某一设计制造的一个或几个模块进行的试验, 以表明这一设计是否符合本技术规范。

3.7.2 常规试验 routine tests

对每个正在制造的或制造完毕的模块进行的试验, 以确定其是否符合本技术规范。

4 使用和安装的标准工作条件

符合本部分的模块应能在下列标准条件下使用。

4.1 周围空气温度范围

周围空气温度不超过+40℃, 且在24h一个周期的平均温度不超过+35℃。

周围空气温度下限为-5℃。

在周围空气温度高于+40℃ (尤其是热带国家) 或低于-5℃的条件下使用的模块应采用特殊设计或按制造商样本中提供的数据使用。

4.2 海拔高度

安装地点的海拔高度一般不超过2000m。

对于安装在更高海拔的模块, 必须考虑介电强度的降低和空气冷却效果的降低。预期在此条件下使用的模块应特殊设计或按制造商与用户间的协议使用。制造商样本中给出的资料可取代此项协议。

4.3 大气条件

空气是清洁的, 并且在最高温度为+40℃时, 空气的相对湿度不超过50%。

在较低温度下可允许较高的相对湿度, 例如在+20℃时, 相对湿度为90%。

对由于温度变化可能偶尔产生适度的凝露, 应注意采取适当的措施(例如排水孔)。

4.4 安装条件

模块应按制造商的说明书安装。

4.5 污染等级

本部分的模块适用于污染等级2的环境, 即一般情况下仅有非导电性的污染, 但可以预期偶尔由于凝露造成的短暂性的导电性污染。

5 分类

模块按如下方式分类

5.1 根据组成方式分

---集成式;

---分立式。

5.2 根据极数和电流回路数分

- 带一个过电流保护的单极模块；
- 带一个过电流保护极和不可开断中性线的单极模块（两个电流回路）；
- 带一个过电流保护极的二极模块；
- 带三个过电流保护极的三极模块；
- 带三个过电流保护极和不可开断中性线的三极模块（四个电流回路）；
- 带三个过电流保护极的四极模块；
- 带四个过电流保护极的四极模块。

注1：带一个过电流保护极和不可开断中性线的单极模块和带三个过电流保护极和不可开断中性线的三极模块，其使用在我国受到相应安装规程的制约。例如，GB 50096-2011《住宅设计规范》和JGJ 242-2011《住宅建筑电气设计规范》等标准规定，住宅的电源总开关装置应采用可同时断开相线和中性线的开关电器。

注2：不是过电流保护极可以是：

- 无保护极；
- 可开闭中性极。

5.3 根据剩余电流有无直流分量的工作状况分

- AC型模块；
- A型模块；

5.4 标准值和优选值

5.4.1 额定电压优选值(U_e)

额定电压优选值为230V、400V。

5.4.2 额定电流优选值(I_n)

额定电流的优选值为：6A，10A，13A，16A，20A，25A，32A，40A，50A，63A，80A，100A，125A，160A，180A，200A，225A，250A。

5.4.3 额定频率标准值 (f)

额定频率标准值为：50Hz。

5.4.4 额定剩余动作电流优选值 ($I_{\Delta n}$)

额定剩余动作电流的优选值为：0.006A，0.01A，0.03A，0.1A，0.3A，0.5A。

5.4.5 额定剩余不动作电流优选值 ($I_{\Delta no}$)

额定剩余不动作电流的优选值为：0.5 $I_{\Delta n}$ 。

注：对剩余脉动直流电流，额定剩余不动作电流与电流滞后角 α 有关。

5.4.6 额定限制短路电流能力优选值 (I_{nc})

额定限制短路电流能力优选值为：4500A，6000A，10000A。

5.4.7 过电压动作整定值 (U_{vo})的优选值

过电压动作整定值的最大优选值为：275V。

注1：本标准规定的过电压值均指相对中性线的电压。

注2：如采用其他工作电压值时，也可规定额定工作电压的倍数表示。

5.4.8 额定过电压恢复值(U_{vor})

额定过电压恢复值为 $1.10U_e$ 。

5.4.9 过电压动作时间的优选值

过电压动作时间的优选值按表4选取。

5.4.10 欠电压动作整定值(U_{vu}) 的优选值

欠电压动作整定值的优选值为 $0.7U_e$ 。

注：本标准规定的欠电压值均指相对中性线的电压。

5.4.11 额定欠电压恢复值(U_{vur})

额定欠电压恢复值为 $0.85U_e$ 。

5.4.12 欠电压动作时间的优选值

欠电压动作时间的优选值为 $0.1s \sim 1s$ 。

5.4.13 过欠压故障恢复后自动闭合延时时间的优选值


自动闭合延时时间的优选值为： $20s \sim 60s$ 。


6 标志和其他产品信息

6.1 标志

应以耐久的方式标出下列内容：

- a) 制造商名称或商标；
- b) 型号、目录号或系列号；
- c) 额定电压；
- d) 额定电流；
- e) 额定频率；
- f) 额定剩余动作电流；
- g) 额定限制短路电流 I_{nc} ，用 kA 表示；
- h) 接线图，除非正确的接线方式是显而易见的；
- i) 防护等级(如果不是 IP20 时)；
- j) 额定冲击耐受电压 U_{imp} ；
- k) 剩余电流带有直流分量时的动作特性：


---AC型模块符号 ；

---A型模块用符号 ；

模块安装后，标志 b)、d)、f) 和 k) 项（只适用于 A 型）的内容应显而易见。对于小型模块，可利用的空间不足以标志上述其余数据，则 a)、c)、g) 项和 k) 项(只适用 AC 型)的数据可标在模块的侧面或背面以及只要在安装前能看得见。其余没有标出的任何数据应在制造商提供的文件中给出。

如果模块上标志的防护等级高于 IP20，则无论采用哪种安装方式均应符合这个要求。如果较高的防护等级仅是采用特定的安装方法和/或使用特定的附件（例如，端子盖板，外壳等）来达到的，则应在制造商的文件中规定。

专用于中性线的接线端子应用字母“N”标明。

用于保护导线的接线端子（如有的话）应用符号  标明。

标志应是不易擦掉及容易识别的，并且不应位于螺钉、垫圈或其他可移动部件上。

通过检查和7.3的试验来检验是否符合要求。

6.2 一般要求

模块的设计和结构应使其在正常使用条件下性能可靠，对操作者或周围环境无危险。

一般是采用规定的所有有关试验来检查是否符合要求。

如果进线端和出线端反接会影响产品性能，需明示电源侧和负载侧。

剩余电流的检测元件和分合闸机构应位于模块的进线端和出线端之间。除了专门用于变换剩余动作电流整定值的器具外，应不可能从外部来改变模块的动作特性。

应不可能通过任何方式来抑制或使模块失去功能。

如果模块有几个剩余动作电流整定值，其额定值是指最高的整定值。

模块应具有故障报警功能。当模块分闸操作时，如果模块的载流部件熔焊，模块应发出故障报警。

模块应用于智能配电箱时，智能配电箱应具有外部电源的断电分闸或报警功能和电源模块故障分闸或报警功能。

6.3 机构

多极模块的所有极的动触头机械上应这样联结，即除了可开闭的中性极(如果有的话)外，所有极无论是手动操作或自动操作基本上同时接通和同时分断，即使仅在一个保护极发生过载时也是如此。

应可用手动操作开闭模块。

模块预期使用在均匀电场环境，过电压类别为 II 类。

模块在断开位置应满足隔离功能所必须要求提供的一个隔离距离（至少为0.55mm），用下列一个或两个方式指示主触头的断开位置和闭合位置：

---操作件的位置；

---独立的指示器。

如果用一个独立的指示器来指示主触头的位置，对闭合位置（ON）指示器应显示红色，对断开位置（OFF），显示绿色（如果制造商有其他颜色设置，则应在产品说明书中明示给用户）。

触头位置指示装置应该可靠。

模块可以手动或远程操作实现负载的通电与断电操作，须具合分指示装置。任何情况下，指示装置应与实际的触头状态一致。如触头熔焊或粘连，即使进行了断电操作，指示装置应指示在合闸通电状态，不能给出错误的分闸断电指示。

通过 7.2 的试验来检验是否符合要求。

6.4 电气间隙和爬电距离(仅对外部部件)

电气间隙和爬电距离要求的最小值见表 1，表 1 的值是基于模块设计成在污染等级为 2 的环境中使用的。

根据 GB/T 16935.1-2008 中的相比漏电起痕指数（CTI），把绝缘材料分成材料组别。

表1 最小电气间隙和爬电距离

	最小电气间隙 mm		最小爬电距离 mm		
			组别 IIIa ^d (175V≤CTI<400V) ^c	组别 II (400V≤CTI<600V) ^c	组别 I (600V≤CTI) ^c
额定电压	工作电压				
U _{imp}					
	2.5kV	4kV			

部位	120/240V 120V	120/240V 230V 400V	250V	400V	250V	400V	250V	400V
1.不同极的带电部件之间	1.5	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0
2.带电部件与 ---操作件可触及的表面之间 ---安装模块时必须拆下的盖的固定螺钉或其他器件之间 ---模块安装的平面之间 ^a ---固定模块的螺钉或其他器件之间 ^a ---金属盖或外壳之间 ^a ---其他可触及的金属部件之间 ^b	1.5	3.0	4.0		3.0		3.0	
注1: 400V 的值对 440V 同样有效。 注2: 中性线回路的部件(如果有的话)也认为是带电部件。 注3: 注意在不同极性的模块的带电部件之间应有足够的电气间隙和爬电距离, 例如相互之间紧靠着安装的插入式模块之间。								
^a 如果模块的带电部件与金属屏蔽层之间或与安装模块的平面之间的电气间隙和爬电距离不仅仅与模块的设计有关, 使得模块安装在最不利条件电气间隙和爬电距离会减少, 则电气间隙和爬电距离值应加倍。 ^b 包括覆盖在按正常使用安装后易触及的绝缘材料表面的金属箔, 用伸直的无关节的试指(见图2)把金属箔推至各个角落和凹槽等地方。 ^c 见 GB/T 4207。 ^d 爬电距离不能小于相应的电气间隙。 对材料组别 IIIb ($100V \leq CTI < 175V$), 材料组别 IIIa 的值乘以 1.6 后适用。								

6.5 螺钉、载流部件和连接

无论电气连接或机械连接应能承受正常使用时产生的机械应力。

安装过程中, 安装模块使用的螺钉不应是螺纹切削式自攻螺钉。

注1: 安装模块使用的螺钉(或螺母)包括固定盖或盖板的螺钉, 但不包括用于螺纹导线管和固定断路器基座的连接装置。

通过直观检查和7.4的试验来检验是否符合要求。

注2: 可认为7.7、7.8、7.13、7.14和7.25的试验对螺纹连接进行了检验。

6.6 连接外部导线的接线端子

6.6.1 连接外部导线的接线端子应确保其连接的导线可长期保持必须的接触压力。

只要接线装置不是用来连接电缆, 允许该装置用来连接母排。

接线端子在预期的使用条件下, 应是容易触及的。

本试验仅适用于非预制导线。

通过直观检查，对螺纹型接线端子通过 7.5 的试验。

6.6.2 模块应具有允许连接如表 2 所示的标称截面积的铜导线的接线端子。

通过直观检查，测量以及依次连接一根规定的最小截面积和一根最大截面积的导线来检验是否符合要求。

表 2 螺纹型接线端子可连接的铜导线的截面积

额定电流 ^a A	被夹紧的标称截面积范围 ^a mm ²
13 及以下	1~2.5
>13~16(含 16)	1~4
>16~25(含 25)	1.5~6
>25~32(含 32)	2.5~10
>32~50(含 50)	4~16
>50~80(含 80)	10~25
>80~100(含 100)	16~35
>100~125(含 125)	25~50

^a 对额定电流小于等于 50A 的接线端子，要求其设计成能夹紧实心导线和硬性多股绞合导线，允许使用软导线。但是对截面积为 1mm²~6mm² 的导线，允许其结构仅用于夹紧实心导线。

6.6.3 接线端子中用于紧固导线的部件不应用作固定其它任何元件，尽管它们可用来使接线端子定位或防止其转动。

通过直观检查和 7.5 的试验来检验是否符合要求。

6.6.4 额定电流小于等于 32A 的接线端子应允许连接未经特殊加工的导线。

通过直观检查其是否符合要求。

注：术语“特殊加工”包括焊接导线的线丝，使用电缆接头，弯成小圆环等，但不包括导线插入接线端子前的重新整形或为增加软性导线头部强度而拧紧导线的措施。

6.6.5 接线端子应具有足够的机械强度。用于紧固导线的螺钉和螺母应具有 ISO 规定公制的螺纹或节距和机械强度相当的螺纹。

通过直观检查和 7.4 和 7.5.1 的试验来检验其是否符合要求。

6.6.6 接线端子的设计应使得其在紧固导线时不会过度损坏导线。

通过直观检查和 7.5.2 的试验来检验其是否符合要求。

6.6.7 接线端子的设计应使其能可靠的把导线紧固在金属表面之间。

通过直观检查和 7.4 和 7.5.1 的试验来检验其是否符合要求。

6.6.8 接线端子的设计或布置应使得硬性实心导线或绞合导线的线丝在拧紧紧固螺钉或螺母时不能滑出接线端子。

通过 7.5.3 的试验来检验其是否符合要求。

6.6.9 接线端子应这样固定或定位，使得接线端子在拧紧或拧松紧固螺钉或螺母时不会从断路器的固定处松动。

注1：这些要求不是指接线端子的设计应使得其转动或位移受阻，但对任何移动应充分地加以限制以免不符合本部分的要求。

注2：只要符合下列要求，可认为采用密封化合物或树脂足以防止接线端子松动：

- 在正常使用时，密封化合物或树脂不受到应力；
 - 在本部分规定的最不利条件下，接线端子所能达到的温度不会损害密封化合物或树脂的效果。
- 通过直观检查、测量和 7.4 的试验来检验其是否符合要求。

6.6.10 连接保护导线的接线端子的紧固螺钉或螺母应具有足够的可靠性以防止意外的松动。

通过手动试验来检查其是否符合要求。

6.6.11 柱式接线端子应允许完全插入并可可靠地夹紧导线。

把表 2 中对相应额定电流规定的最大截面积的实心导线完全插入接线端子，并施加表 3 中规定的扭矩完全紧固后，通过直观检查其是否符合要求。

表 3 螺钉的螺纹直径和施加的扭矩

螺纹标称直径 mm	扭矩 N·m		
	I	II	III
≤2.8	0.2	0.4	0.4
>2.8~≤3.0	0.25	0.5	0.5
>3.0~≤3.2	0.3	0.6	0.6
>3.2~≤3.6	0.4	0.8	0.8
>3.6~≤4.1	0.7	1.2	1.2
>4.1~≤4.7	0.8	1.8	1.8
>4.7~≤5.3	0.8	2.0	2.0
>5.3~≤6.0	1.2	2.5	3.0
>6.0~≤8.0	2.5	3.5	6.0
>8.0~≤10.0	—	4.0	10.0

第 I 栏适用于拧紧时螺钉不露出孔外的无头螺钉以及其他不能用刀口比螺钉直径宽的螺丝刀拧紧的螺钉；
 第 II 栏适用于用螺丝刀拧紧的其他螺钉；
 第 III 栏适用于用除了螺丝刀以外的其他工具来拧紧的螺钉或螺母。
 如果螺钉有一个可用螺丝刀拧紧的带槽六角头，而且第 II 栏和第 III 栏的数值又不一样，试验进行两次。第一次试验对六角头施加第 III 栏规定的扭矩，然后在另一个模块上用螺丝刀施加第 II 栏规定的扭矩。如果第 II 栏和第 III 栏数值相同，则仅用螺丝刀进行试验。

6.6.12 用于连接外部导线的接线端子的螺钉和螺母应与金属螺纹啮合，并且这些螺钉不应是自攻螺钉。

6.7 电击保护

模块的结构应使其在按正常使用安装和接线后，带电部件是不易触及的。

如果部件能被试指（见图 2）触及，则认为该部件是易触及的。

当模块按正常使用条件安装和接线后，易触及的外部零件，不包括固定盖和铭牌的螺钉或其他器件，应用绝缘材料制成或全部衬垫绝缘材料，除非带电部件位于一个绝缘材料的内壳里。

衬垫应以这样的方式固定，使得它们在安装模块的过程中不可能丢失。衬垫应具有足够的厚度和机

械强度并且在锐利的边缘处应提供足够的保护。

电缆或导线管的入口应是绝缘材料制成的或具有绝缘材料套管或类似装置,这些装置应可靠地固定并且有足够的机械强度。

金属的操作件应与带电部件绝缘,其外露的导电部件应覆盖有绝缘材料。本要求不适用于连接各级绝缘操作件的装置。机构的金属部件应是不易触及的。此外,它们应与易触及的金属部件绝缘,与支承嵌入式模块基座的金属支架绝缘,与把基座固定在支架上的螺钉或其他器件以及用作支架的金属板绝缘(如果有的话)。

应能不触及带电部件而方便地更换插入式模块。

就本条款而言,认为清漆和搪瓷不能提供足够的绝缘。

通过直观检查及 7.6 的试验来检验是否符合要求。

6.8 耐热性

模块的绝缘材料应有足够的耐热性能。

通过 7.8 试验来检验其是否符合要求。

6.9 耐异常发热及耐燃性

如果邻近的载流部件在故障或过载情况下达到一个很高的温度时,模块中用绝缘材料制成的外部零件应不容易点燃和蔓延火焰。

通过直观检查和 7.9 试验来检验其是否符合要求。

6.10 耐机械冲击和撞击

模块应具有足够的机械性能,以使其能承受安装和使用过程中遭受的机械应力。

通过 7.7 试验来检验其是否符合要求。

6.11 耐潮湿性能

模块应有耐潮湿性能。

通过 7.10 的试验来检验是否符合要求。

6.12 介电性能

模块应具有足够的介电性能。

通过 7.11 的试验来检验是否符合要求。

6.13 冲击耐受电压

模块应能具有冲击耐受电压 U_{imp} 至少 2.5kV。

通过 7.12 的试验来检验是否符合要求。

6.14 温升

在 7.13 规定的条件下,测量模块通最大额定电流,接线端子及各部件的温升不应超过规定的极限值。

模块不应受到影响其功能和使用安全的损害。

6.15 过载保护动作特性

模块必须具有过载保护功能,其过载保护动作特性应符合 7.15 的试验要求。

6.16 过温保护特性

具有过温保护功能的模块应符合 7.16 的试验要求。

6.17 8/20 μ s 浪涌电流下的性能

具有浪涌电流下的性能模块应符合 7.17 的试验要求。

6.18 电源电压波动的影响

模块应在额定电压 85%和 110%的条件下正常工作。

通过 7.18 的试验来检验是否符合要求。

6.19 漏电流（剩余电流）保护动作特性

模块在剩余电流或过电流条件下的动作特性应符合 7.19 的试验要求。

模块的动作特性应符合 7.19.1 的试验要求。

6.20 过欠压保护

6.20.1 在过电压条件下的动作特性

过电压动作时间和最小不驱动时间的限值见表 4。

表 4 过电压动作时间和最小不驱动时间的限值

	过电压动作时间和最小不驱动时间 s				
	U_{vo}				
	250 V ^a	275 V ^a	300 V	350 V	400 V
最大动作时间	不动作	15	3	0.75	0.20
最小不驱动时间 ^a		3	1	0.25	0.10

^a或按制造商规定值。

当电压降低至额定过电压恢复值 U_{vor} ($1.1U_e$) 时，模块应能自动闭合电路；

在承受 440V 过电压时模块应可靠动作，且不应遭受任何损坏；

在 $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度范围内施加过电压动作整定值时，均应能可靠动作；

在过电压动作后，当电源电压恢复到额定电压 U_e 时，模块在 20s~60s 时间内能自动复位。

通过 7.20.1 的试验来检验是否符合要求。

6.20.2 在欠电压条件下的动作特性

模块的欠电压动作范围：50V~160V；

当电压升高至额定欠电压恢复值 U_{vur} ($0.85U_e$) 时，模块应能自动闭合电路；

欠电压动作时间：0.1s~1s（或由制造商规定的动作时间）；

在 $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度范围内施加欠电压动作整定值时，均应能可靠动作；

在欠电压动作后，当电源电压恢复到 U_e 时，模块在 20s~60s 时间内能自动复位。

通过 7.20.2 的试验来检验是否符合要求。

6.21 过压或欠压条件下自动重合闸

自动重合闸功能应满足以下要求：

a) 在过电压动作后，当电源电压恢复到额定电压 U_e 时，模块在 20s~60s 时间内能自动复位。

b) 在欠电压动作后，当电源电压恢复到 U_e 时，模块在 20s~60s 时间内能自动复位。

模块在过电流动作或手动分闸后应不允许自动闭合。

通过 7.21 的试验来检验是否符合要求。

6.22 电弧故障保护

具有电弧故障保护的模块应确保检测下列故障：

- 接地电弧故障（见 6.22.1）；
- 并联电弧故障（见 6.22.2）；
- 串联电弧故障（见 6.22.3）。

6.22.1 接地电弧故障

模块在接地电弧故障时的动作应通过 7.23.3.3 来验证是否符合要求。

6.22.2 并联电弧故障

模块在并联电弧故障时的动作应符合表 14 所示的半波数。

6.22.3 串联电弧故障

模块在串联电弧故障电流时的动作应符合表 13 所示的分断时间。

6.23 机械和电气寿命

模块在额定电压条件下，应能承受 5000 次额定电流的电气操作，承受 5000 次的机械寿命试验。通过 7.24 的试验来检验是否符合要求。

6.24 限制短路电流

模块应能承受在 7.25 试验条件下，由短路电流引起的应力。

限制短路电流应至少 4.5kA。与其进行保护配合的 SCPD 优先选用小型断路器或塑料外壳式断路器，SCPD 的额定电流至少为模块的最大整定电流。

通过 7.25 的试验来检验是否符合要求。

6.25 可靠性

模块即使在长期运行后，考虑到其元件的老化，也应能可靠动作。

通过 7.26 的试验来检验是否符合要求。

6.26 缺相保护功能

对三相或四极的模块，应具有缺相保护功能。

通过 7.22 的试验来检验是否符合要求。

6.27 电磁兼容（EMC）

即使在电磁干扰出现的情况下，模块也应可靠运行并应符合相关的 EMC 要求。

通过 7.27 的试验来检验是否符合要求。

7 试验

7.1 试验条件

除非另有规定，模块应单独地垂直安装在周围温度为-5℃~40℃的大气中，并且应避免外界过度的加热或冷却。

除非另有规定，模块连接表 5 规定的适当的电缆，并且应安装在一块厚度约 20 毫米，涂有无光泽黑漆的层压板上，安装方法应符合制造商推荐的有关安装方式的任何要求。

在没有专门规定误差时，型式试验应在严酷程度不低于本部分规定的数值下进行。

除非另有规定，试验应在额定频率的 90%~110%和合适的电压下进行。

试验期间不允许对模块进行维修和拆卸。

对于 7.13、7.14、7.15、7.24 和 7.26 的试验，模块按下列要求接线：

连接导线采用符合 GB 5023 的单芯聚氯乙烯绝缘铜导线制成。

所有极同时通电进行试验。

连接导线应处在大气中，并且相互之间距离不小于接线端子之间的距离；

接线端子与接线端子之间的每根临时连接导线的最小长度为：

---截面面积不大于 10mm^2 的导线为 1m；

---截面面积大于 10mm^2 的导线为 2m。

施加在接线端子螺钉上的拧紧扭矩为表 3 规定值的三分之二。

表 5 与额定电流相应的试验铜导线的截面面积 (S)

截面面积 (S) mm^2	额定电流值 I_n A
1	$I_n \leq 6$
1.5	$6 < I_n \leq 13$
2.5	$13 < I_n \leq 20$
4	$20 < I_n \leq 25$
6	$25 < I_n \leq 32$
10	$32 < I_n \leq 50$
16	$50 < I_n \leq 63$
25	$63 < I_n \leq 80$
35	$80 < I_n \leq 100$
50	$100 < I_n \leq 150$
70	$150 < I_n \leq 175$
95	$175 < I_n \leq 225$
120	$225 < I_n \leq 250$

7.2 验证隔离功能

7.2.1 分别用手动或远程控制模块的合闸信号与分闸信号，指示装置显示应正确。

7.2.2 用外力固定载流件的动静触头（模拟触头熔焊粘连），给出分闸信号后，指示装置仍显示在合闸状态。

7.2.3 在分闸位置，载流部件动静触头的电气间隙不应小于 0.55mm。

7.3 标志的耐久性

用手拿一块浸透水的棉花擦标志 15s，接着再用一块浸透脂族己烷溶剂(芳香剂的容积含量最大为 0.1%，贝壳松脂丁醇值为 29，初沸点约为 65°C ，干点约为 69°C ，比重约为 $0.68\text{g}/\text{cm}^3$)的棉花擦 15s 进行试验。

对用压印、模压或蚀刻方式制造的标志不进行本试验。

在本试验后，标志应容易识别。

在本部分的所有试验完成后，标志仍应保持容易识别。

标志应不可能轻易地移动，并没有翘曲现象。

7.4 螺钉、载流部件和连接的可靠性

通过直观检查，对模块安装和接线时使用的螺钉和螺母还要通过下列试验来检验是否符合 6.5 的要求：

拧紧和拧松螺钉及螺母：

- 对与绝缘材料螺纹啮合的螺钉，10次
- 对所有其他情况，5次。

与绝缘材料螺纹啮合的螺钉或螺母，每次试验时应完全旋出然后再重新旋入。

试验时应采用合适的螺丝刀或扳手施加表 3 所示的扭矩。

不应用猛拧力拧紧螺钉和螺母。

每次拧松螺钉或螺母时，要移动导线。

试验后连接导线不应松动，也不应损害其电气功能。

在试验过程中，螺钉连接件不应松动，并不应有妨碍模块继续使用的损坏，例如，螺钉断裂或螺钉头的槽、螺纹、垫圈或螺钉夹头损坏等。

此外，外壳和盖也不应损坏。

7.5 连接外部导线的螺纹型接线端子的可靠性

用下列方法检验是否符合 6.6 的要求：

---通过直观检查和 7.4 的试验来检验，在进行 7.4 的试验时，接线端子连接一根表 2 规定的最大截面积的硬性铜导线(标称截面积大于 6mm^2 时，采用硬性绞合导线；对其他标称截面，采用实心导线)。

---通过 7.5.1、7.5.2 和 7.5.3 试验来检验，进行这些试验时，应采用合适的螺丝刀或扳手施加表 3 规定的扭矩。

7.5.1 接线端子分别连接表 2 规定的最小和最大截面积的铜导线。实心导线或绞合导线中采用较为不利的一种。

导线插入到接线端子中至规定的最短距离。如果没有规定距离，则插入至刚好从另一边露出为止，并且处于最容易使导线的线丝松脱的位置。

然后用表 3 相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧紧固螺钉。

接着对每根导线施加表 6 规定的拉力，单位为 N，施加拉力时不能用冲击力，时间为 1min，方向为导线的轴向方向。

表 6 拉力

接线端子能容纳的导线截面积 mm^2	≤ 4	≤ 6	≤ 10	≤ 16	≤ 50
拉力 N	50	60	80	90	100

注：仅适用于接线端子为非预制导线的结构。

在试验过程中，接线端子中导线应没有可觉察的移动。

7.5.2 接线端子分别连接表 2 规定的最小和最大截面积的铜导线。实心导线或绞合导线中采用较为不利的一种，用表 3 相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧接线端子螺钉。然后拧松接线端子螺钉并对导线可能受到接线端子影响的部分进行检查。

导线应没有过度的损坏或被切断的线丝。

注：如果导线有深的压痕或锐利的压痕，则认为是过度的损坏。

在试验过程中，接线端子不应松动，也不能有妨碍其继续使用的损坏，例如，螺钉断裂或螺钉头的槽、螺纹、垫圈或螺钉夹头损坏。

7.5.3 接线端子连接具有表 7 所示结构的硬性绞合铜导线

表 7 导线尺寸

被夹紧的标称截面积范围	绞合导线
-------------	------

mm ²	根数	线丝直径 mm
1~2.5 *	7	0.67
1~4 *	7	0.85
1.5~6 *	7	1.04
2.5~10	7	1.35
4~16	7	1.70
10~25	7	2.14
16~35	19	1.53
25~50	19	1.83

* 如果接线端子只用来夹紧实心导线，则不进行本试验。

在导线插入接线端子之前，对导线的线丝进行适当的整形。

导线插入至接线端子底部或刚好从接线端子另一边露出为止，并处于最容易使导线的线丝松脱的位置。然后用表 3 相应栏目中规定值的三分之二的扭矩拧紧紧固螺钉或螺母。

试验后，应没有任何导线的线丝松脱至夹持装置的外面。

7.6 电击保护

模块按正常使用安装并且连接表 2 规定的最小和最大截面积导线，用图 2 所示的标准试指进行试验。标准试指应设计成使每个关节部分只能相对于试指轴线在同一个方向转动 90°。

试指施加到人手指可能弯曲到的每个位置上，用一个电气接触的指示器来显示其与带电部件接触。推荐采用一个灯泡作为接触指示，电压不应低于 40V。

带有热塑性材料外壳或盖的模块进行下列补充试验，试验在 35℃±2℃ 的周围温度下进行，模块也处于这个温度下。

用一个与标准试指相同尺寸的无关节的直的试指的顶端对模块施加 75N 的力 1min，对绝缘材料变形可能影响模块安全的所有部位施加试指，但对敲落孔不进行试验。

在试验过程中，外壳或盖不应变形到带电部件能被无关节试指触及的程度。

对具有不用外壳覆盖的部件的非封闭式模块用一块金属面板进行试验，并按正常使用条件安装。

7.7 机械应力

7.7.1 机械冲击

7.7.1.1 试验装置

用图 3 所示的装置对模块进行机械冲击试验。

把一块木质基座 A 固定在混凝土基座上，用铰链把一个木平台 B 连接在基座 A 上。这平台上放一块木板 C，木板 C 能固定在两个垂直位置并离铰链不同距离的地方。

平台 B 的端部有一个金属止动板 D，它靠在一个弹性常数 c 为 25N/mm 的螺旋形弹簧上。

把模块固定在垂直板上，使模块的水平轴线至平台 B 的距离为 180mm，垂直板按图所示，依次固定在使安装平面至铰链的距离为 200mm 的地方。

在木板 C 上安装模块平面的反面，固定一个附加的配重，使得作用在金属止动板上的静力为 25N，以保证整个系统的惯量基本上不变。

7.7.1.2 试验程序

模块处在闭合位置，但不接任何电源，把工作平台的自由端升高，然后从 40mm 的高度落下 50 次，相邻二次落下的时间间隔应能使模块静止。

然后，把模块固定到垂直板 C 的反面，平台再按上述要求落下 50 次。

在这试验后，把垂直板绕着其垂直轴线转过 90°，如有必要，可将其重新定位，使模块的垂直对

称轴线离铰链 200mm。

然后如前所述,把模块固定在垂直板的一面,将平台落下 50 次,接着把模块固定在另一面再将平台落下 50 次。

在每次变换位置前,用手动操作断开和闭合模块。

在试验过程中模块不应断开。

7.7.2 耐机械应力和撞击

对所有型式的模块,按正常使用安装,在正常使用中可能遭受到机械撞击的外露部件,用 7.7.2.1 的试验来校核是否符合要求。此外,还要进行下列规定的试验来检验:

对预期安装在安装轨上的模块,进行 7.7.2.2 的试验。

7.7.2.1 用图4至图7所示的撞击试验装置对模块进行撞击试验

撞击元件的头部有一个半径为 10mm 的半球形面,由洛氏硬度为 HR100 的聚酰胺制成。

撞击元件的质量为 (150 ± 1) g 并被刚性地固定在一根外径为 9mm,壁厚为 0.5mm 的钢管下端,钢管的上端用枢轴固定,使其只能在一个垂直平面内摆动。

枢轴的轴线在撞击元件轴线上方 (1000 ± 1) mm 处。

确定撞击元件头部聚酰胺的洛氏硬度时,采用下列条件:

---球的直径: (12.7 ± 0.0025) mm;

---起始载荷: (100 ± 2) N;

---过负荷: (500 ± 2.5) N。

注 1: 关于确定塑料洛氏硬度的补充说明见 ISO 2039/2。

试验装置应这样设计,使得要保持钢管在水平位置,必须在撞击元件的前面施加一个 1.9 N~2.0 N 的力。

平面安装式的模块安装在一块 175mm×175mm,厚为 8mm 的层压板上,层压板的上下两边固定在如图 5 所示的作为安装支架一部分的刚性托架上。

安装支架的质量应为 (10 ± 1) kg,并应用枢轴安装在一个刚性框架上,框架固定在实心墙上。

配电板安装式模块安装在一个图 7 所示的试验装置上,该装置固定在图 6 所示的安装支架上。

螺钉固定的模块用螺钉固定。

轨道安装式模块安装在其相应的轨道上。

对可用螺钉固定又可轨道安装的断路器,试验时应用螺钉固定。

试验装置的设计是这样的:

---模块能在水平方向移动,并能绕着一根垂直于层压板表面的轴线转动;

---层压板能绕一根垂直轴线转动。

模块连同它的盖(如果有的话)按正常使用安装在层压板上或合适的试验装置上,使撞击点位于通过摆的枢轴轴线的垂直平面上。

把不是敲落孔的电缆进线孔打开,如果它们是敲落孔,则打开其中二只。

在施加撞击前,用表 3 规定值三分之二的扭矩把基座、盖子和类似部件的固定螺钉拧紧。撞击元件从 10cm 的高度落到按正常使用安装时断路器外露的表面上。

撞击元件下落的高度是摆释放时测量点的位置与撞击瞬间该点位置之间的垂直距离。

测量点是撞击元件表面的一点,该点是通过摆的钢管的轴线与撞击元件轴线的交点并垂直于该两轴线构成的平面的直线与撞击元件表面的交点。

注 2: 从理论上讲,撞击元件的重心应为测量点。但由于确定重心较困难,所以校测量点按上述规定选择。

每个模块承受 10 次撞击,其中两次施加在操作件上,其余几次应均匀地分布在模块易遭受撞击的部件上。

对敲落孔的部位或任何透明材料覆盖的孔不进行撞击。

通常,把模块绕一根垂直轴线尽可能地转过一个角度,但不超过 60° ,在模块的每个侧面施加一次撞击,而另外两次撞击施加在模块的侧面撞击点和操作件撞击点之间近似中间的位置。

然后,把模块绕着垂直于层压板的轴线转过 90° 以后,用同样的方法对其施加余下的撞击。如果模块有电缆进线孔或敲落孔,模块的安装应使得撞击点的两根连线尽可能与这些孔等距。对操作件应施加两次撞击:一次操作件处于闭合位置而另一次操作件处于断开位置。

试验后,模块应无本部分含义内的损坏,尤其是碎裂后易触及带电部件或妨碍断路器继续使用的盖、操作件、绝缘材料衬垫或隔板以及类似的部件不应有这样的损坏。

如果有疑问时,可验证在不损坏外壳和盖这些外部零件或它们的衬垫的情况下,可以拆卸和更换这些部件。

注3:外观损坏,不导致爬电距离或电气间隙减少到小于规定值的小的压痕以及不会对电击保护产生有害影响的小的碎片可忽略不计。

7.7.2.2 用于安装在安装轨上的模块按正常使用安装在一根刚性地固定在垂直刚性墙的安装轨上,但是不接电缆也没有任何盖或盖板。

用于平面安装的插入式模块与其插入式连接合适的装置成套安装,但是不接电缆也没有任何盖板。在模块的正面施加一个垂直向下的 50N 的力 1min ,施加时不用冲击力,紧接着再施加一个垂直向上的 50N 的力 1min (图8)。

在试验过程中,模块不应松动,而且试验后,模块不应有妨碍其继续使用的损坏。

7.8 耐热

7.8.1 把模块的可拆卸的盖子(如果有的话)拿掉,放在温度为 $(100\pm 2)^\circ\text{C}$ 的加热箱中保持 1h ;可拆卸的盖子(如果有的话)放在温度为 $(70\pm 2)^\circ\text{C}$ 的加热箱中保持 1h 。

在试验过程中,模块不应有任何妨碍其继续使用的变化,密封化合物(如果有的话)不应流到使带电部件外露的程度。

试验后以及模块冷却到接近室温后,模块按正常使用安装,在正常情况下不能触及的带电部件应不能触及,即使用一个不超过 5N 的力施加标准试指也是如此。

在试验后,标志仍应清晰可见。

只要在本部分的含义内安全性不受影响,密封化合物的变色,起泡或轻微的位移可忽略不计。

7.8.2 除了把外壳内的保护导线的接线端子保持在位置上所必需的绝缘材料部件(适用时)应按 7.8.3 规定试验外,断路器中把载流部件和保护电路部件保持在其位置上所必需的,由绝缘材料制成的外部部件用图 10 所示的装置进行球压试验。

被试部件放置在一个钢制支架上,使其合适的面处于水平位置,用一个 20N 的力把一个直径为 5mm 的钢球压在此表面上。

试验在一个温度为 $(125\pm 2)^\circ\text{C}$ 的加热箱中进行。

1h 后,把球从模块上移开,然后把模块浸入冷水中使其在 10s 内冷却至接近室温。

测量由钢球产生的压痕的直径,测量值不应超过 2mm 。

7.8.3 模块中不是把载流部件和保护电路部件保持在位置上必需的由绝缘材料制成的外部部件,即使与上述部件相接触,也按 7.8.2 进行球压试验,但试验在 $(70\pm 2)^\circ\text{C}$ 或在 $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ 的温度加上在 7.13 试验中对有关部件测定的最高温升下进行试验,两者中取较高的温度。

注1:就 7.8.2 和 7.8.3 的试验而言,平面安装式模块的基座看作外部部件。

注2:对陶瓷材料部件不进行 7.8.2 和 7.8.3 的试验。

注3:如果 7.8.2 和 7.8.3 所述的两个或几个绝缘材料部件是用同一种绝缘材料制成,则仅对一个这样的部件按 7.8.2 和 7.8.3 进行试验(适用时)。

7.9 耐异常发热和耐燃

在下列条件下,按 GB/T 5169.10-2006 中的第 4 章至第 10 章进行灼热丝试验:

---对模块中把载流部件和保护电路部件保持在其位置上必需的,用绝缘材料制成的外部部件,在 $(960 \pm 15)^\circ\text{C}$ 的温度下进行试验;

---对所有其它由绝缘材料制成的外部部件,在 $(650 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的温度下进行试验。

注 1:进行灼热丝试验是为了确保电加热的试验丝在规定条件下不会引起绝缘部件着火,或确保在规定的条件下可能被加热试验丝引燃的绝缘材料部件在一个有限的时间内燃烧,而不会由于火焰或燃烧的部件或从试验部件上落下的微粒蔓延火灾。

注 2:就本试验而言,把平面安装式断路器的基座看作为外部部件。

注 3:对陶瓷材料部件不进行本试验。

注 4:如果几个绝缘部件由同一种材料制成,则仅对一个这样的部件按相应的灼热丝试验温度进行试验。

本试验在一台模块上进行。

在有疑问时,再用另外二个模块重复进行试验。

试验时,施加灼热丝一次。

试验时,模块应放置在其预期使用的最不利位置(被试表面处于垂直位置)。

考虑到加热元件或灼热元件可能与模块接触的预期使用条件,灼热丝顶端应施加到模块的规定表面上。

如果符合下列要求,可看作模块通过灼热丝试验:

---没有可见的火焰,也没有持续的辉光;

---在灼热丝移开后,模块上的火焰和辉光在 30s 内自行熄灭。

此外,不应点燃薄纸或烧焦松木板。

7.10 耐潮湿性能

7.10.1 预处理

不用工具就能拆卸的模块的部件拆下并和主要部件一起进行潮湿处理,在潮湿处理过程中,弹簧盖保持打开。

进线孔(如果有的话)全部打开,如果有敲落孔,则打开其中一只。

7.10.2 试验条件

潮湿处理在空气相对湿度保持在 91%~95%之间的潮湿箱中进行。

放置模块处的温度保持在 20°C ~ 30°C 之间的任何合适温度的 $T^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 内。

模块在放入潮湿箱前,预热到 $T^\circ\text{C}$ 和 $T^\circ\text{C}+4^\circ\text{C}$ 的温度之间。

7.10.3 试验顺序

模块在潮湿箱中保持 48h。

7.10.4 试验后的状况

在潮湿处理后,模块应无本部分含义内的损坏,并能承受 7.10.5、7.11.1、7.11.3、7.11.4 的试验(适用时)。

7.10.5 主电路的绝缘电阻

把经过潮湿处理后的模块从潮湿箱中拿出。试验时,电子元件(如果有的话)应断开。

在潮湿处理后,经过 30min~60min 的时间间隔,施加约 500V 的直流电压 5s 后,并在该电压下一次测量下列部位的绝缘电阻:

-
- a) 模块处于断开位置依次对每极的每对接线端子（当模块处在闭合位置时，这些接线端子电气上是连接在一起的）；
 - b) 模块处于闭合位置，依次对每极与连接在一起的其他极之间，连接在电流回路之间的电子元件，试验时应断开；
 - c) 模块处于闭合位置，所有极连接在一起与框架，包括覆盖在绝缘材料内壳（如果有的话）外表面的金属箔之间；

以上测量在所有辅助电路连接到框架以后进行。

术语“框架”包括：

- 所有易触及的金属部件和按正常使用安装后易触及的绝缘材料表面覆盖的金属箔；
- 安装模块基座的表面，必要说覆盖金属箔；
- 把基座固定到 架上的螺钉和其他器件；
- 安装模块时必须拆下的盖的固定螺钉；
- 操作件的金属部件。

如果模块具有保护导体的接线端子,则该接线端子应连接到框架上。

对 b)和 c)的测量,金属箔应这样覆盖,使得封填用的化合物（如果有的话）也受到有效的试验。

绝缘电阻应不小于：

- $2\text{M}\Omega$ ，对 a)和 b)的测量；
- $5\text{M}\Omega$ ，对 c)的测量。

7.11 介电强度和泄漏电流

7.11.1 主电路的介电强度

模块通过主电路的绝缘电阻试验后，在 7.10.5 所指定的部件之间施加规定的试验电压 1min。试验时，电子元件（如果有的话）应断开。

试验电压应基本为正弦波形，频率在 45Hz~65Hz 之间。

试验电压的电源应能输出至少 0.2A 的短路电流。

当输出电路的电流小于 100mA 时，变压器的过电流分闸装置不应动作。

试验电压值：2000V。

试验开始时，施加的电压不大于规定值的一半，然后在 5s 内把电压升至全值。

试验过程中，不能发生闪络或击穿。

无电压降的辉光放电可忽略不计。

7.11.2 断开触头之间的泄漏电流

模块处在断开位置，施加 1.1 倍的额定工作电压，测量断开触头之间的泄漏电流，不应超过 0.5mA。经过 7.15、7.24、7.25 试验后，施加 1.1 倍的额定工作电压，测量断开触头之间的泄漏电流，不应超过 2mA。

7.11.3 辅助电路的绝缘电阻和介电强度(如有)

- a) 辅助电路的绝缘电阻测量和介电强度试验紧接着主电路的绝缘电阻测量和介电强度试验在下面 b)和 c)规定的条件下进行。

如果正常运行时,使用了与主电路连接的电子元件，在试验过程中，试验的临时接线应这样连接，使得电子元件的输入端与输出端之间没有电压。

- b) 在下列部位测量绝缘电阻：

- 辅助电路相互连接在一起与框架之间；
- 正常工作时，可能与其他部件隔离的辅助电路的每一个部件与所有连接在一起的其他部件之

间。在施加 500V 直流电压 1min 后并在这个电压下测量绝缘电阻。
绝缘电阻应不小于 2MΩ。

- c) 在 b)所列的部件之间,施加额定频率,基本上为正弦波的电压 1 min。
施加电压值如表 8 所规定。

表 8 辅助电路的试验电压

辅助电路的额定电压 (a.c.或 d.c.) V		试验电压 V
大于	至	
0	30	600
30	50	1000
50	110	1500
110	250	2000
250	500	2500

试验开始时, 试验电压不超过规定值的一半,然后在 5s~20s 内升至全值。
在试验过程中, 应无闪络和击穿现象。

注 1: 没有电压降的放电可忽略不计。

注 2: 验证 b)要求时, 如果模块的辅助电路不易触及, 则该项试验应在制造厂专门准备模块上或按制造商的说明书进行。

注 3: 辅助电路不包括动作功能与电源电压有关的模块的控制电路。

注 4: 除了检测互感器的二次回路和连接到主电路的控制电路以外, 其他控制电路应与辅助电路同样进行试验。

7.11.4 连接到主电路的控制电路承受绝缘测量产生直流高压的能力

进行试验时, 模块固定在一个金属支架上, 并使其处于闭合位置,所有控制电路按使用时连接。
所使用的直流电压电源应具有下列特性:

---开路电压: 600_0^{+25} V;

---最大纹波系数: 5%;

这里:

$$\text{纹波系数} = \frac{\text{最大值} - \text{平均值}}{\text{平均值}} \times 100\%$$

---短路电流: 12_0^{+2} mA。

依次在每一极与一起连接至框架的其他极之间施加该试验电压 1min。

试后, 模块合分 2 次, 工作正常。模块如有漏电保护功能, 突加 $I \Delta n$, 模块应在规定时间内动作。

7.12 冲击耐受电压试验

冲击电压由一个冲击电压发生器产生,冲击电压发生器产生正向和负荷冲击电压,前沿时间为 1.2us;
至半值时间为 50 μs (GB/T 16927.1), 允许误差如下:

---峰值: ±5%

---前沿时间: ±30%

---至半值时间: ±20%

每次试验, 施加 5 次正极性冲击和 5 次负极性冲击, 同一极性相邻冲击之间的时间间隔至少为 1s,
相反极性冲击之间的时间间隔至少为 10s。

试验不预先进行潮湿处理; 试验电压按表 9 进行。

表 9 与额定冲击耐受电压和试验地点的海拔有关的试验电压

额定冲击耐受电压 U_{imp} kV	在相应海拔时的试验电压				
	$U_{1.2/50}$ 的峰值 kV				
	海平面	200m	500m	1000m	2000m
2.5	2.95	2.8	2.8	2.7	2.5
4.0	4.8	4.8	4.7	4.4	4.0

a) 模块处于断开位置

模块按正常使用安装在金属支架上进线下列试验。

冲击电压施加在连接在一起的电源端子和连接在一起的负载端子之间，触头在断开位置。试验过程中，不应发生击穿放电。

b) 模块处于闭合位置

模块按正常使用接线，安装在金属支架上进线下列试验，模块处于闭合位置。

第一组试验，冲击电压施加在连接在一起的相线级和中性级（或电流回路）与和保护导体端子连接的金属支架之间。

第二组试验，冲击电压施加在模块中连接在一起的相线级和中性级（或电流回路）之间（适用时）。

试验过程中，不应发生击穿放电。然而，如果仅发生一次这样的击穿，可增加施加 10 次冲击电压，其极性和接线方式与发生击穿放电时的极性和接线方式相同。

不应再发生击穿放电。

7.13 温升

7.13.1 周围空气温度

在试验周期的最后 1/4 时间内，用至少两只温度计或热电偶对称地分布在模块的周围，高度约为模块高度的一半，距离模块约 1m 的地方测量周围空气温度。

温度计或热电偶应免受对流和热辐射的影响。

注：应注意避免由于温度突然变化产生的误差。

7.13.2 试验顺序

模块的所有极同时通以等于额定电流的电流，通电时间应足以使温升达到稳态值，实际上，当每小时温升变化不超过 1K 时，即可认为达到了稳态条件。

对四极产品，先只对三个相线通以规定的电流进行试验。然后，对连接中性线的极和与中性线相邻通以电流重复进行试验。

接线端子温升限值：60K；绝缘外壳和操作件限值：40K。

7.14 电子元件的老化

模块的电子元件，应能承受以下条件下的老化测试。

模块通以额定电流负载，在 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的周围温度下放置 168h，电子部件上的电压应为额定电压的 1.1 倍。

在上述试验后，模块在加热箱内，不通电流，冷却至接近室温。电子部件应不损坏。

试后，模块合分 2 次，工作正常。模块如有漏电保护功能，突加 $I_{\Delta n}$ ，模块应在规定时间内动作。

7.15 过载保护动作特性试验

在常温下，试验在最大和/或最小整定电流值下进行。

动作特性见表 10

表 10 过载保护动作特性

试验	试验电流	起始状态	分闸或不分闸时间极限	预期结果	备注
a	1.05Ir	冷态	$t \leq 1h$ (Ir \leq 63A) $t \leq 2h$ (Ir $>$ 63A)	不分闸	
b	1.3Ir	紧接着试验	$t < 1h$ (Ir \leq 63A) $t < 2h$ (Ir $>$ 63A)	分闸	电流在 5s 内稳定的升到指定值
c	企业指定值	冷态	在声明的动作允差内	分闸	
d	5Ir (Ir \leq 32A) 4Ir (Ir $>$ 32A)	冷态	$t \leq 0.1s$	不分闸	通过闭合辅助开关接通电流
e	10Ir (Ir \leq 32A) 7Ir (Ir $>$ 32A)	冷态	$t < 0.1s$	分闸	通过闭合辅助开关接通电流

注 1: Ir 为整定电流值。
注 2: 对 e)项试验在额定电压(相对中性线)下进行试验,功率因数在 0.95 和 1 之间。操作程序为 O-t-CO-t-C0-t-C0。间隔时间 t 不小于 3min。

7.16 过温保护试验

本试验仅适用于具有过温保护功能的模块。

要求过温保护的動作温度可调,可调范围、测温点和動作时间由制造商规定。

应进行以下试验:

- 将動作温度设定为设定范围的最小值,通过通电或其他方法,使温度测量位置的温度比设定值低 5K,模块不应動作,使温度测量位置的温度比设定值高 5K,模块应動作,動作时间应在制造商规定的 90%~110%范围内。
- 将動作温度设定为设定范围的最大值,通过通电或其他方法,使温度测量位置的温度比设定值低 5K,模块不应動作,使温度测量位置的温度比设定值高 5K,模块应動作,動作时间应在制造商规定的 90%~110%范围内。

7.17 在 10kA 浪涌电流下的性能

7.17.1 试验条件

模块用一个电流发生器进行试验,电流发生器能产生一个图 30 所示的 8/20 μ s 衰减浪涌电流。模块接线的试验电路图的示例见图 31。

对模块任选的一极施加 5 次浪涌电流,每施加两次变换浪涌电流的极性,连续两次施加浪涌电流之间的时间间隔约 60s。

用一个适当的装置测量浪涌电流,并用另外一个相同型式、相同 I_n 和相同 $I_{\Delta n}$ 的模块调节电流以满足下列要求:

- 峰值电流: $I_{sn}^{+10\%}$;
- 前沿时间: $8 \mu s \pm 20\%$;
- 至半值时间: $20 \mu s \pm 20\%$;
- 反向电流峰值: 小于峰值的 30%。

电流应调节到渐近曲线的电流形状。对其他相同型式、相同 I_n 和相同 $I_{\Delta n}$ 的模块进行试验,反向电流(如果有的话)不能超过峰值的 30%。

7.17.2 试验结果

在试验过程中,模块应没有击穿或闪络现象,不应发生机械损坏。

7.18 电源性能试验

7.18.1 电源电压波动影响试验

当所有接线正确无误后，分别通以额定电压 85%和 110%的条件下，各合分操作 5 次，所有用电模块的动作应符合要求，各元件的动作应可靠。

7.18.2 验证外部电源的断电分闸功能

具有外部电源的断电分闸功能的模块应进行以下试验。

将模块按正常使用的方式接好外部电源，外部电源电压为额定电压，使模块的主回路接通，然后将外部电源切除，模块的主回路应断开。

7.18.3 验证电源模块故障分闸功能

具有外部电源模块故障分闸功能的模块应进行试验。

将模块按正常使用的方式接好外部电源，外部电源电压为额定电压，使模块的主回路接通，然后将电源模块给其他部分供电的辅助回路断开，模块的主回路应断开。

7.19 剩余电流动作保护

在剩余电流条件下，验证动作特性。

7.19.1 试验电路

模块按正常使用安装。试验电路应是电感可以忽略不计并与图 10 相对应。

测量剩余电流的仪表应能正确地显示(或可以测定)真有效值。

7.19.2 在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的基准温度下，不带负载时，用剩余正弦交流电流进行试验

仅对模块任意选取的一极分别进行 7.19.1.2a)、7.19.1.2b)、7.19.1.2c) (每项试验测量 5 次) 和 7.19.1.2d) 的试验。

对具有几个剩余动作电流整定值的模块，每一个整定值都进行试验。

a) 剩余电流稳定增加时，验证动作正确性

试验开关 S_1 , S_2 以及模块处于闭合位置，剩余电流从不大于 $0.2I_{\Delta n}$ 开始稳定地增加，设法在 30s 内达到 $I_{\Delta n}$ 值，每次试验时测量分闸电流。

5 次测量值均应在 $I_{\Delta n0}$ 和 $I_{\Delta n}$ 之间。

b) 闭合剩余电流时，验证动作的正确性

试验电路调节到额定剩余动作电流值 $I_{\Delta n}$ ，试验开关 S_1 和 S_2 处于闭合位置，然后用模块来闭合电路，以便尽可能地模拟使用状况。测量 5 次分断时间，根据模块的型式，每次测量值都不应超过表 2 对 $I_{\Delta n}$ 规定的极限值。

c) 突然出现剩余电流时，验证动作的正确性

1) 所有型式

试验电路依次调节到表 11 规定的每个剩余电流值，试验开关 S_2 和模块处于闭合位置，然后闭合试验开关 S_1 使电路中突然产生剩余电流。

每次试验时模块应分闸。

对每个剩余动作电流值测量 5 次分断时间。

每次测量值都不超过相应规定的极限值

2) 对 S 型的补充试验

试验电路依次调节到表 11 规定的每个剩余电流值，试验开关 S_1 和模块处于闭合位置，然后闭合试验开关 S_2 使电路中突然产生剩余电流，试验开关 S_2 的闭合时间为相应于剩余电

流的最小不驱动时间，允许误差为 $\pm 5\%$ 。

每次施加剩余电流至少应与前一次间隔 1min 的时间。

每次试验时，模块均不应分闸。

d) 突然出现 $5I_{\Delta n}$ 和 500A 之间的剩余电流值时，验证动作的正确性

试验电路随机调节到 5A 和 200A 之间的任意两个剩余电流值和 500A。

试验开关 S_1 和模块处于闭合位置，闭合试验开关 S_2 使电路中突然产生剩余电流。

每次试验时模块应分闸，分断时间不应超过表 8 规定的时间。

对每个剩余电流值仅在任选的一极进行一次试验。

表 11 AC 型和 A 型模块交流剩余电流（有效值）的分断时间和不驱动时间的限值

型号	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	AC型和A型模块在交流剩余电流(有效值)等于下列值时的分断时间和不驱动时间限值						
			s						
			$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$ 或 $0.25A^a$	5A, 200A, 500A ^b	$I_{\Delta t}^c$	
一般型	任何值	<0.03	0.3	0.15		0.04	0.04	0.04	最大分断时间
		>0.03	0.3	0.15	0.04		0.04	0.04	
S型	≥ 25	>0.03	0.5	0.2	0.15		0.15	0.15	最大分断时间
			0.13	0.06	0.05		0.04	0.04	最小不驱动时间

^a 本试验的值由制造商规定。

^b 试验仅在验证正确动作时进行，但任何情况下对大于过电流瞬时分闸范围下限的电流值不进行试验。

7.19.3 在基准温度下带负载时，验证动作正确性。

模块如正常使用一样通以额定电流负载以足够的时间，使模块达到热稳定状态，然后重复 7.19.1.2b) 和 7.19.1.2c) 的试验。

实际上，当每小时温升变化不超过 1K 时，即可认为达到了热稳定状态。

模块具有几个剩余动作电流整定值时，应对每个整定值进行试验。

7.19.4 在极限温度下试验

模块依次在下列条件下，进行 7.19.1.2c) 规定的试验：

a) 周围温度：-5℃，空载；

b) 周围温度：+40℃，模块先在任何合适电压下通以额定电流负载，直至达到热稳定状态。

实际上，当每小时温升变化不超过 1K 时，即可认为达到了热稳定状态。

模块具有几个剩余动作电流整定值时，应对每个整定电流值进行试验。

预热可在降低的电压下进行，但辅助电路应与其正常工作电压连接(尤其是对与电源电压有关的元件)。

7.19.5 对动作功能与电源电压有关的模块的特殊试验条件

对动作功能与电源电压有关的模块，每次试验应在相应的接线端子上施加 1.1 倍和 0.85 倍额定电源电压进行试验。

7.19.6 验证冲击电压产生的浪涌电流作用下模块的性能

7.19.6.1 对所有模块的浪涌电流试验 (0.5 μs/100kHz 振铃波试验)

模块用一个浪涌电流发生器进行试验,浪涌电流发生器能产生一个图 28 所示的衰减的振荡电流波。模块接线的试验电路图的示例见图 29。

对模块任选的一极施加 10 次浪涌电流,每施加两次变换浪涌电流的极性,连续两次施加浪涌电流之间的时间间隔约 30s。

用一个适当的装置测量浪涌电流,并用另外一个相同型式、相同 I_n 和相同 $I_{\Delta n}$ 的模块调节电流以满足下列要求:

---峰值电流: $200A \pm 10\%$;

或: $25A \pm 10\%$ (对 $I_{\Delta n} \leq 10mA$ 的模块);

---前沿时间: $0.5\mu s \pm 30\%$;

---后续振荡电流波形周期: $10\mu s \pm 20\%$;

---相邻反向波形的峰值: 约为前一个波形峰值的 60%。

在试验过程中,模块不应分闸。振铃波试验后,按 GB 16917 中 9.9.1.2 c) 的要求验证模块的正确动作,仅在 $I_{\Delta n}$ 下进行试验,试验时测量分断时间。

7.19.6.2 验证在 3000A 浪涌电流下的性能 (8/20 μs 浪涌电流试验)

7.19.6.2.1 试验条件

模块用一个电流发生器进行试验,电流发生器能产生一个图 30 所示的 8/20 μs 衰减浪涌电流。模块接线的试验电路图的示例见图 31。

对模块任选的一极施加 10 次浪涌电流,每施加两次变换浪涌电流的极性,连续两次施加浪涌电流之间的时间间隔约 30s。

用一个适当的装置测量浪涌电流,并用另外一个相同型式、相同 I_n 和相同 $I_{\Delta n}$ 的模块调节电流以满足下列要求:

---峰值电流: $3000A \pm 10\%$;

---前沿时间: $8\mu s \pm 20\%$;

---至半值时间: $20\mu s \pm 20\%$;

---反向电流峰值: 小于峰值的 30%。

电流应调节到渐近曲线的电流形状。对其他相同型式、相同 I_n 和相同 $I_{\Delta n}$ 的模块进行试验,反向电流(如果有的话)不能超过峰值的 30%。

7.19.6.2.2 对 S 型模块的试验结果

在试验过程中,模块不应分闸。

在浪涌电流试验后,突加 $I_{\Delta n}$,模块应在规定时间内动作。

7.19.6.2.3 对一般型模块的试验结果

在试验过程中,模块可以分闸,在任何一次分闸以后应重新闭合模块。

在浪涌电流试验后,突加 $I_{\Delta n}$,模块应在规定时间内动作。

7.19.7 验证 A 型模块剩余电流包含直流分量时的正确动作

除了试验电路应是图 26 和图 27(适用时)所示的电路以外,GB 16917.1 中 9.9.1.1 和 9.9.1.5 的试验条件适用。

7.19.7.1 验证剩余脉动直流电流连续上升时的正确动作

试验应按图 26 进行。

辅助开关 S_1 , S_2 和模块应闭合,相应的可控硅应这样控制,使电流滞后角 α 分别为 0° , 90° 和

135°。模块的每极应在每个电流滞后角以及辅助开关 S₃ 在位置 I 和位置 II 各试验二次。每次试验时，电流应从零开始稳定地增加，电流上升速率为 1.4I_{Δn}/30 A/s(对 I_{Δn}>0.01A 的模块)或 2I_{Δn}/30 A/s(对 I_{Δn}≤0.01A 的模块)。分闸电流应按表 12 规定。

表 12 A 型模块的分闸电流范围

滞后角α	分闸电流 A	
	下限	上限
0°	0.35 I _{Δn}	} 1.4 I _{Δn} 或2I _{Δn} (分条款5.3.8)
90°	0.25 I _{Δn}	
135°	0.11 I _{Δn}	

7.19.7.2 验证突然出现剩余脉动直流电流时的正确动作

模块应按图 27 进行试验。

试验电路依次调节到下面规定的电流值，辅助开关 S₁ 和模块处在闭合位置，用闭合开关 S₂ 的方法突然接通剩余电流。

根据模块的型式，对表 3 规定的每个剩余电流值进行试验。

在电流滞后角 α=0°，且在每个 I_Δ 值的电流下测量二次分断时间，第一次测量辅助开关 S₃ 在位置 I，第二次测量时辅助开关 S₃ 在位置 II。

测量值不应超过规定的极限值。

7.19.7.3 验证在基准温度下，带负载时正确动作

模块的被试极和另外一个极通以额定电流负载重复 GB 16917.1 中 9.21.1.1 的试验，额定电流负载在试验前不久接通。

注：额定电流负载在图 26 中没有标明。

7.19.7.4 验证剩余脉动直流电流叠加 0.006A 平滑直流电流时的正确动作

模块按图 27 用半波整流剩余电流(电流滞后角 α=0°)叠加 0.006A 平滑直流电流进行试验。

依次对模块的每极在位置 I 和 II 时各试验二次。

半波电流 I₁ 从零开始稳定地增加，电流上升速率为 1.4I_{Δn}/30A/s(对 I_{Δn}>0.01A 的模块)或 2I_{Δn}/30 A/s(对 I_{Δn}≤0.01A 的 RCBO)。模块应分别在半波电流 I₁ 不超过 1.4I_{Δn} 或 2I_{Δn} 前分闸。

7.20 过欠压保护

7.20.1 在过电压条件下，验证动作特性

7.20.1.1 试验条件

模块按正常使用条件安装和接线，在图 11 的试验电路中进行试验。

7.20.1.2 试验方法

7.20.1.2.1 在基准温度 (20±5℃) 环境下，验证过电压特性

7.20.1.2.1.1 验证过电压动作值

模块在图 11 的试验电路中进行试验。

试验方法：分别调节 TA1 和 TA2，使 T1 输出 U_e，T2 调节到增加的电压值，例如：突加试验电压为 275V，则 T1 输出为 U_e (230V)，T2 输出为 45V。试验时先闭合 K1 和 K3，对模块施加 U_e，模块应合闸，然后闭合 K2，使试验电压不间断地增加到 275V，测量动作时间。

按同样的方法，对表4规定的每个过电压动作值进行试验，其动作时间应符合表4的规定。每个过电压动作值重复试验3次。在每一次操作之后，电压恢复至 U_e 。

依次对每个其他相线重复进行试验。

对于同时具有手动复位和自动复位两种功能的模块，还应进行补充试验：先分别调节TA1和TA2，使T1输出 U_e （230V），T2输出45V。接着将转换装置设定在手动复位档，闭合K1和K3，对模块施加 U_e ，模块应合闸，然后闭合K2，使试验电压不间断地增加到275V，模块应动作，然后再将K2断开，对模块恢复施加 U_e ，保持60s，模块不应自动复位（合闸）。试验1次。

每次操作后，指示装置应显示触头的断开位置。

7.20.1.2.1.2 验证过电压不动作值

模块在图11的试验电路中进行试验。

试验方法按7.21.1.2.1.1。

模块处于合闸位置，且在 U_e 下工作时，突然将该工作电压不间断地增加至表4规定的过电压不动作值（250V），保持60s，模块不应动作。重复试验3次。在每一次操作之后，电压恢复至 U_e 。

依次对每个其他相线重复进行试验。

7.20.1.2.1.3 验证过电压条件下最小不驱动时间

模块在图12的试验电路中进行试验。

试验方法按7.20.1.2.1.1。

模块处于合闸位置，且在 U_e 下工作时，突然将该工作电压不间断地增加至表4规定的每个过电压动作值 U_{vo} ，从 U_e 增加至 U_{vo} 的时间段对应于相关的最小不驱动时间（允许误差为 $\pm 5\%$ ），然后将电压恢复至 U_e ，保持60s，模块不应动作。重复试验3次。在每一次操作之后，电压恢复至 U_e 。

依次对每个其他相线重复进行试验。

7.20.1.2.1.4 验证承受 440V 过电压动作值

模块在图11的试验电路中进行试验。

试验方法按7.20.1.2.1.1。

模块处于闭合位置，且在 U_e 下工作时，突然将该工作电压不间断地增加至440V的电压值，模块应动作，不测动作时间。重复试验3次。在每一次操作之后，电压恢复至 U_e 。

试后按 7.20.1.2.1.1复测275V时动作特性，试验1次，应符合表4规定。

依次对每个其他相线重复进行试验。

7.20.1.2.2 在-5℃~+40℃环境下，验证过电压特性

7.20.1.2.2.1 在-5℃环境和空载条件下，验证过电压特性

在图11的试验电路中进行试验。

将模块置于-5℃环境下，不接负载重复7.20.1.2.1.1、7.20.1.2.1.2、7.20.1.2.1.3的试验。

7.20.1.2.2.2 在+40℃环境和负载条件下，验证过电压特性

模块如正常使用一样，在+40℃环境下，通以额定电流负载以足够的时间，使其达到热稳定状态，然后断开额定电流负载，在尽快的时间内，重复7.20.1.2.1.1、7.20.1.2.1.2、7.20.1.2.1.3的试验。

实际上，当每小时温升变化不超过1K时，即可认为达到了稳态条件。

7.20.1.2.2.3 验证当电源电压恢复到额定电压 U_e 时，模块在规定时间内能自动复位合闸

模块在图11的试验电路中进行试验。

试验方法按7.20.1.2.1.1。

模块处于闭合位置，调节自耦变压器TA1和TA2，将T1输出为 $1.1U_e$ （253V），T2输出22V。试验时先闭合K1、K2和K3，对模块施加 U_{vo} （275V），模块应分闸，然后断开K2，使试验电压不间断地降低到 $1.1U_e$ （253V），模块在20~60s时间内能自动复位（合闸）。试验重复测量3次。

7.20.2 在欠电压条件下，验证动作特性

7.20.2.1 试验条件

模块按正常使用条件安装和接线，在图1的试验电路中进行试验。

7.20.2.2 试验方法

7.20.2.2.1 在基准温度（ $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ）环境下，验证欠电压特性

7.20.2.2.1.1 验证欠电压动作值

模块在图11的试验电路中进行试验。

试验方法：先闭合K1、K3，调节调压器TA1，施加 U_e ，使模块处于合闸状态，然后再调节调压器TA1，缓慢降低电压，直至模块动作，测量动作时的电压值。重复试验3次，其动作值均应符合JB/T 12762 8.5.2 a)的规定。在每一次操作之后，电压恢复至 U_e 。

然后再分别调节TA1和TA2，使T1输出为50V，T2输出为180V。试验时先闭合K1、K2和K3，对模块施加 U_e ，模块应合闸，然后将K2断开，使试验电压不间断地下降到50V，模块应动作，重复试验3次，其动作时间值均应符合JB/T 12762中8.5.2 c)的要求。在每一次操作之后，电压恢复至 U_e 。

依次对每个其他相线重复进行试验。

对于同时具有手动复位和自动复位两种功能的模块，还应进行补充试验：先分别调节TA1和TA2，使T1输出为160V，T2输出为70V。接着将转换装置设定在手动复位档，闭合K1、K2和K3，对模块施加 U_e ，模块应合闸，然后断开K2，使试验电压不间断地下降到160V，模块应动作，然后再将K2闭合，对模块恢复施加 U_e ，保持60s，模块不应自动复位（合闸）。试验1次。

每次操作后，指示装置应显示触头的断开位置。

7.20.2.2.1.2 验证欠电压不动作值

模块在图11的试验电路中进行试验。

试验方法按7.20.2.2.1.1。

模块处于合闸位置，且在 U_e 下工作时，然后再调节调压器TA1，缓慢降低电压至180V，维持60s，模块不应动作，试验重复测量3次。在每一次操作之后，电压恢复至 U_e 。

依次对每个其他相线重复进行试验。

7.20.2.2.2 在 $-5^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ 环境下，验证欠电压特性

7.20.2.2.2.1 在 -5°C 环境和空载条件下，验证欠电压特性

在图12的试验电路中进行试验。

将模块置于 -5°C 环境下，不接负载重复7.20.2.2.1.1、7.20.2.2.1.2的试验。

7.20.2.2.2.2 在 $+40^\circ\text{C}$ 环境和负载条件下，验证欠电压特性

模块如正常使用一样，在 $+40^\circ\text{C}$ 环境下，通以额定电流负载以足够的时间，使其达到热稳定状态，然后断开额定电流负载，在最快的时间内，重复7.20.2.2.1.1、7.20.2.2.1.2的试验。

实际上，当每小时温升变化不超过1K时，即可认为达到了稳态条件。

7.20.2.2.3 验证当电源电压恢复到额定电压 U_e 时，模块在规定时间内能自动复位

在图12的试验电路中进行试验。

试验方法按7.21.2.2.1.1。

模块处于闭合位置，调节自耦变压器TA1和TA2，将T1输出为 $0.7U_e$ （160V），T2输出35.5V。试验时先闭合K1和K3，同时断开K2，对模块施加 $0.7U_e$ （160V），模块应分闸，然后闭合K2，使试验电压不间断地提高到 $0.85U_e$ （195.5V），模块应在20s~60s时间内能自动复位（合闸）。试验重复测量3次。

7.21 自动重合闸

通过检查和7.20的试验来检验是否符合要求。并增加以下内容：

---短路动作后防自动闭合验证；

---过载动作后防自动闭合验证；

---手动分闸后防自动闭合验证。

7.21.1 短路动作后防自动闭合验证

在额定电压 U_e 下，对模块的任一极施加瞬时分闸电流的上限值，模块分闸后，在 U_e 下，在2倍的过压和欠压自动恢复时间内，模块不应自动闭合。

7.21.2 过载动作后防自动闭合验证

在额定电压 U_e 下，对模块的任一极施加 $2.55I_n$ 过载分闸电流，模块分闸后，在 U_e 下，在2倍的过压和欠压自动恢复时间内，模块不应自动闭合。

7.21.3 手动分闸后防自动闭合验证

在 U_e 下，对模块进行手动分闸，在 U_e 下，在2倍的过压和欠压自动恢复时间内，模块不应自动闭合。

7.22 缺相保护功能

本试验仅适用于三极或四极的模块。

试验一，将模块按正常使用的方式接好外部电源，外部电源电压为额定电压，使模块的主回路处于合闸位置，然后分别将外部电源的A、B、C相切除，模块的主回路都应断开，断开时间在制造商规定的时间内。

试验二，将模块按正常使用的方式接好外部电源，模块主回路处于分闸位置，外部电源电压为额定电压，分别将外部电源的A、B、C相切除，然后给模块合闸信号，模块不应合闸。

7.23 电弧故障保护

7.23.1 概述

具有电弧故障保护功能的模块应进行此项试验。

模块按正常使用安装。

试验电路应是电感可以忽略不计。

对于7.24.2.2~7.24.2.5的试验，每次测量后替换电缆试品。可采用示波器测量分断时间。

7.23.2 串联电弧故障试验

7.23.2.1 概述

模块样品应在表13对试验的电弧电流规定的时间内断开电弧故障。模块应在其额定电流及以下电流进行试验。

7.23.2.2~7.23.2.5的试验应按图12将电缆试品（按7.23.2.6准备）和模块串联进行。

试验应在模块的额定电压下进行。

在每个电弧电流等级下测量分断时间且值不应超过表13的规定。

表 13 额定电压为 230V 的模块分断时间极限值

试验电弧电流 ^a (有效值)	3A	6A	13A	20A	40A	63A
最大分断时间	1s	0.5s	0.25s	0.15s	0.12s	0.12s

a 试验电弧电流是试验电路中发生燃弧前的预期电流。

注：小电弧电流可能由相对地绝缘故障或串联电弧产生。

当施加到模块上的试验电流不是表13中规定的值时，允许的分断时间应根据实际试验电流上下分断时间的值采用线性内插法来确定。

7.23.2.2 验证电路中突然出现串联电弧故障时的正确动作

试验开关S₁、S₂、S₃、S₄和模块处于闭合位置且试验电流到达稳定，通过阻性负载将试验电弧电流从最低电弧电流值调到模块的额定电流，然后打开试验开关S₂。

试验开关S₄突然打开插入与负载串联的准备好的电缆试品并同时施加额定电压。测量3次分断时间，不超过表13规定的时间限值。

7.23.2.3 验证接入带串联电弧故障负载的正确动作

试验开关S₃和S₄处于打开位置，试验开关S₁、S₂和模块处于闭合位置，通过阻性负载将试验电弧电流调到表13的最小电弧电流值，然后打开试验开关S₂。

试验开关S₃突然闭合，对带串联电弧故障的负载供电。

测量3次分断时间，测量值不应超过表13规定的限值。

然后在模块的额定电流下重复试验。

7.23.2.4 验证闭合串联电弧故障时的正确动作

试验开关S₁、S₂、S₃和模块处于闭合位置，通过阻性负载将试验电弧电流调到表13的最小电弧电流值，然后打开试验开关S₁、打开试验开关S₂。

试验开关S₁和S₄处于打开位置，试验开关S₁突然闭合，对模块和带串联电弧故障负载供电。

测量3次分断时间，测量值不应超过表13规定的限值。

然后在模块的额定电流下重复试验。

7.23.2.5 极限温度下的试验

模块依次在下列条件下，进行7.23.2.2规定的试验：

周围温度：-5℃，仅在表13电流最小值和0.85倍的额定电压下进行；

周围温度：+40℃，模块先在任何合适电压下通以额定电流负载，直至达到热稳定状态。仅在模块的额定电流和1.1倍的额定电压下进行试验。达到稳态之后，进行分闸试验。

7.23.2.6 电缆试品的准备

将两根截面积为1.5mm²（或AWG16）的导线紧密地捆绑在一起(如用胶带或者类似物品)，按如下准备（见图14）：

本试验应使用平行导线的电缆。可采用下列电缆之一来测试模块，因为它们提供类似的结果。

在得不到这些电缆的情况下，应对所用的电缆进行评估。

---按GB/T 5023中IEC41分类的软PVC电缆，符合GB/T 5023.1-2008的附录A的双导线，适合本试验。

---电缆试品也可以由两根单独的按GB/T 5023中IEC02分类的PVC软导线来准备，用PVC绝缘带将其绑在一起。

---带双导线的SPT2和H05VVf的电缆尤为适合本试验。用单股软导线H05V自制的电缆，用PVC绝缘带将其绑在一起，也可以用于本试验。

模块的材料和形状应适合于在导线之间形成足够的碳化通道，并在施加电压时能产生电弧。

电缆试品截成最小长度为200mm，且应在电缆试品两端25mm处将其分成单股导线。

从电缆一端将两根导线间的绝缘层切开50mm，切割深度应能露出导线而没有切断任何线丝。绝缘切口用黑色的PVC电气绝缘带包裹两层，然后再在外面用玻璃纤维带包裹两层。

在电缆上绝缘切口的另一端将导线的绝缘剥开约12mm，以连接试验电路。

然后应对电缆试品预处理以在两根导线之间的绝缘上产生碳化导电通道：

- a) 电缆试品与一个能提供 30mA 短路电流和至少 7kV 开路电压的电路相连。电路通电约 10s，或者至停止冒烟。
- b) 电缆试品与一个能提供 300mA 短路电流的电路相连，电压至少 2kV 或足以使电流流过。电路通电约 1min，或者至停止冒烟。

如果与路径串联的一个 100W/230V 的白炽灯在 230V 时开始发光，则认为已形成了碳化路径。应设计试验电路，以便在高压设定周期，电流不流过被试电器。

7.23.2.7 电弧发生器

电弧发生器由一个固定电极和一个移动电极构成，如图14所示。

注：a 值不是很重要，可以约为 $17\text{mm} \pm 7.5\text{mm}$ 。

一个电极为直径 $6\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 的碳-石墨棒，另一个电极为铜棒。一个或两个电极的燃弧端可制成尖端，如图14所示。

可能应清洁和削尖电极，以使电弧条件具有重复性。

当接入电路中时，两个电极分开至一个合适的距离应在电极间产生稳定的燃弧。

如使用电弧发生器，则模块应在分断时间不超过表13规定时间限值的2.5倍内断开电弧故障。

7.23.3 并联电弧故障试验

7.23.3.1 验证限流并联电弧时的正确动作

当0.5s内电弧半波数量符合表14的要求时，模块应能断开电弧故障。为此目的，认为电弧半波是指10ms（额定频率50Hz）和8.3ms（额定频率60Hz）期间产生的所有电流波形。在此期间可能某段时间但不是所有时间都有电流流过。

每段电流流过之前和之后，可能有段时间没电流或有很小的电流。幅值不超过预期电流5%的电流或电流持续不超过半波时间5%的电流可认为是很小的电流。该电流可能持续半波的一部分，也可能持续几个半波。一个完整正弦半波电流不可视为一个电弧半波。

在故障电流为75A和100A 的情况下进行试验，试验按图15进行。

电缆试品按7.23.2.6中同样的方法进行准备。

试验开关S₁、S₂、S₃和S₄处在闭合位置，通过电路中的线路阻抗Z将试验电流调到75A。然后打开试验开关S₂、S₃和S₄，模块和试验开关S₁闭合，突然闭合S₃。

模块应按表14的规定断开。

通过电路中的线路阻抗Z将试验电流调到100A重复试验。模块应按表14的规定断开。

如果燃弧半波在0.5s内符合表14规定的数量，模块应断开电弧故障。0.5s时间是从第一个电弧半波开始计时的。

如果燃弧少于表14规定的半波数且模块没有分闸，则用新的电缆试品重复进行试验。

表 14 额定电压为 230V 的模块在 0.5s 内允许的最大半波数

试验电弧电流 ^a (有效值)	75A	100A	150A	200A	300A	500A
N ^b	12	10	8	8	8	8

^a 试验电弧电流是试验电路中发生燃弧前的预期电流。
^b N 是额定频率下的半波数。

7.23.3.2 验证切割电缆并联电弧试验时的正确动作

试验按图16进行。

用于切割电缆试验的试验装置T应如图17所示，或采用等效的装置。

对于230V的模块，钢制刀片厚度应为3mm，外形尺寸约为32mm×140mm。如需要，可替换刀片。如果所有相关方同意，刀片可以磨尖。刀片应固定在杠杆臂上以保持一定的切割角来达到效果。采用图18所示的试验装置或等效的装置，应确定刀片的位置，使得与第一根导线产生可靠接触，同时与第二根导线产生电弧接触。

被试电缆样品应为常用的两根导线并紧密地扎在一起（如用胶带），其截面积按表15的规定。样品最大长度应为1.2m，且应按图17所示置于刀片下面。

注：SPT2 和 H05VVF 的电缆尤为适合本试验。

试验应在模块的额定电压和表14的预期电弧电流下进行。通过阻抗Z调整试验电弧电流且试验开关S₁、S₂、S₃和S₄处在闭合位置。模块应在每个电流等级下使用三个样品进行试验。每个电缆试品应仅用于一次试验。

杠杆臂上的切割边（与电缆样品接触的刀片边缘长度）可以是沿着刀片切割边缘长度的任何位置。试验开关S₁和S₃处在闭合位置且应对杠杆臂缓慢稳定施加一个垂直作用力，以使刀片切割被试导线的绝缘。刀片应与第一根导线产生实际接触，同时与第二根导线产生点接触。

如果燃弧半波在0.5s内符合表14规定的数量，模块应断开电弧故障。如果燃弧少于表14中规定的半波数且模块没有分闸，则用新的电缆试品重新进行试验。

表 15 对应于额定电流的试验铜导体

额定电流I _n A	I _n ≤6	6<I _n ≤13	13<I _n ≤20	20<I _n ≤25	25<I _n ≤32	32<I _n ≤50	50<I _n ≤63
S mm ²	1	1.5	2.5	4	6	10	16

7.23.3.3 验证接地电弧故障时的正确动作

在5A和75A下进行7.23.3.1的试验，但以产生接地电弧故障的方式。

试验电路见图18。

按照表13中5A和表14中的75A，模块应断开。如果电弧故障在0.5s内符合表14规定的半波数，模块应断开电弧故障。如果燃弧少于表14中规定的半波数且模块没有分闸，则用新的电缆试品重新进行试验。0.5s时间是从第一个电弧半波开始计时的。

7.23.4.1 概述

应在不同的抑制配置下检查模块的正确动作。这些屏蔽试验按7.23.2.2的试验方法进行。电弧发生器或碳化电缆试品都可用来产生电弧故障,按制造商的声明。

7.23.4.2 抑制性负载屏蔽试验

第一组试验在不带抑制性负载的情况下进行。模块和电弧发生器或电缆试品按图19接入电路，电流由一个阻性负载来调节，然后断开S₁。

试验电压应是模块的额定电压，每个模块在最小电流下测试三次分断时间。额定电压为230V的模块电流为3A。

第二组试验在施加抑制性负载的情况下进行。采用相同的阻性负载来调节。模块、阻性负载（如适用）和电弧故障试验装置接入图20所示的每种电路配置。

模块应在下述每一种屏蔽负载下进行试验：

起动和运行一个带通用电动机的真空吸尘器，其满载额定电压230V下额定电流为5~7A；

1个电子式开关电源(或多个电源)在额定电压230V下总负载电流至少为3A，最小总谐波畸变(THD)为100%，单独3次谐波最小畸变率为75%，5次谐波最小畸变率为50%，7次谐波最小畸变为25%。电源(或多个电源)应接通；

对于额定电压为230V的模块，使用最大起动电流峰值为额定电压230V下65A±10%的电容器起动的电动机(空压机型)带载(压缩机在气缸无气压条件下操作)起动和运行。电容器功率为2.2kW；

对于额定电压230V的模块，用一个包含滤波线圈的600瓦电子灯光调节器(可控硅型)控制600瓦钨丝灯负载。灯光调节器分别调整到充分接通及能使灯亮的最小接通状态，并分别在导通角为60°、90°、120°时点亮灯；

注：若没有钨丝灯负载，可由相同功率的阻性负载代替。

2个40W荧光灯外加一个5A的阻性负载；

由电子变压器供电的12V的卤素灯，总功率300W，外加5A的阻性负载；

电动手持工具，如600W以上的电钻。

图19中的电弧故障试验装置可以是7.23.2.7中定义的电弧发生器，也可以是7.23.2.6中描述的碳化电缆试品。

当采用碳化电缆试品时，模块应在表13规定的时间内断开电路；当采用电弧发生器时，模块应在2.5倍表13规定的时间内断开电路。

当采用图20中的A、C电路配置时，电路中电弧发生之前，如果测量出屏蔽负载电流低于3A时，不要求进行本试验。

试验电压应是模块的额定电压，每个模块在每种负载布置下进行3次试验。

采用电弧发生器进行第一组和第二组试验时，电极应先互相接触，电路闭合。然后电极再通过横向调节慢慢分开，至到产生电弧。

7.23.4.3 EMI 滤波器屏蔽测试

模块应按图20所示的试验电路配置B接入。对于额定电压230V的模块，负载调整电流为3A进行电弧试验。

当采用碳化电缆试品时，模块应在表13规定的时间内断开电弧故障；当采用电弧发生器时，模块应在2.5倍表13规定时间内断开电弧故障。

注：7.23.2.6提到的各种类型的电缆适合本屏蔽试验。

应安装2个0.22μF的EMI滤波器。一个滤波器应安装在两个长15m、2.5mm²的阻性负载的一端。每个滤波器应位于大约长2.0m、1.5mm²的导线末端。燃弧位置应如图21所示。

图23所示的EMI滤波器应安装在长15m、2.5mm²的电缆末端。该滤波器应位于长2m、1.5mm²的软线末端。模块以及燃弧位置应如图22所示。

7.23.4.4 带线路阻抗的屏蔽试验

模块应按照预期使用条件接入支路中，在每一种线路阻抗条件下，模块应按表13规定的分断时间动作。

支路由长30m、2.5mm²的铠装电缆(包括钢制套管内2根导线)组成。额定电压为230V的模块与3A负载之间产生串联电弧，如图24所示。

7.24 机械和电气寿命

7.24.1 一般试验条件

模块固定在一个金属支架上。

在额定工作电压下，用串联连接在负载端的电阻器和电抗器调节到额定电流进行试验。

如果使用空芯电抗器,每个电抗器应并联连接一个电阻器,流过电阻器的电流约为流过电抗器电流的 0.6%。

如果使用铁芯电抗器,则这些电抗器的功耗不应明显地影响恢复电压。

电流应基本上为正弦波,功率因数应在 0.85~0.90 之间。

模块用表 5 所示尺寸的导线连接至电路。

7.24.2 试验顺序

模块进行 5000 次带负载操作循环。每个操作循环包括一次闭合操作以及接着的一次断开操作。模块应按正常使用条件操作。

此外,模块还应进行 5000 次不带负载操作循环。

操作频率为:每分钟四次操作循环,接通时间为 1.5s~2s

注:对具有几个剩余动作电流整定值的模块,试验在最小整定值下进行。

7.24.3 试验后模块的状况

在以上试验后,模块不应有下列现象:

- 过度磨损;
- 外壳损坏至能被标准试指触及带电部件;
- 电气或机械连接松动;
- 密封化合物(如果有的话)渗漏。

然后,突加 $I_{\Delta n}$,模块应分闸。所有模块应能完成的承受介电强度试验,试验电压为 900V,试验时间为 1min,试前不经过潮湿处理。

试后,用电模块工作正常,各保护性能未缺失,触头未熔焊粘连。

7.25 验证额定限制短路电流

这个试验是用来验证由 SCPD 保护的模块能够承受其额定限制短路电流而不发生损坏。SCPD 的规格型号由制作厂规定,优先采用小型断路器或塑壳断路器。

试验电压值为 1.05 倍额定电压,试验预期电流为制造商规定的额定限制短路电流(至少 4.5kA),功率因数见表 16。试验电压和预期短路电流的偏差在 0%~+5%之内。

表 16 试验回路的功率因数

试验电流 kA	相应的功率因数范围
$3 < I_{nc} \leq 4.5$	0.75~0.80
$4.5 < I_{nc} \leq 6$	0.65~0.70
$6 < I_{nc} \leq 10$	0.45~0.50
$10 < I_{nc} \leq 25$	0.20~0.25

试验程序为: O-t-CO, 间隔时间 t 至少 3min。

然后,突加 $I_{\Delta n}$,模块应分闸。所有模块应能完成的承受介电强度试验,试验电压为 900V,试验时间为 1min,试前不经过潮湿处理。

试后,用电模块工作正常,各保护性能未缺失,触头未熔焊粘连。

7.26 验证可靠性

用气候试验来检验是否符合要求。

注:对具有几个整定值的模块,试验应在最低整定值下进行。

本试验按 GB/T 2423.4 并考虑 GB/T 2424.2 进行。

7.26.1 试验室

试验室的结构应如 GB/T 2423.4-2008 的第 4 章所述。冷凝水应不断地从室内排出，并且在被净化以前不再使用。只能采用蒸馏水来维持室内湿度。

蒸馏水在进入试验室前，电阻率应不小于 $500 \Omega \text{ m}$ ，pH 值为 7.0 ± 0.2 。在试验过程中和试验后，电阻率应不小于 $100 \Omega \text{ m}$ 并且 pH 值应保持在 7.0 ± 1.0 。

7.26.2 严酷性

试验周期应符合下列条件：

---上限温度： $55^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ；

---周期数：28。

7.26.3 试验顺序

试验顺序应 GB/T 2423.4-2008 的第 4 章和 GB/T 2424.2。

a) 初始验证

初始验证时，模块通以 $I_{\Delta n}$ 的漏电电流，模块应分闸。

b) 试验条件

1) 模块按正常使用安装和接线，然后放入试验室。

模块应处在闭合位置。

2) 稳定阶段(见 GB 16916.1 图 25)

模块的温度应稳定在 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ：

i) 在把模块放入试验室前，先放在另外一个单独的试验室中稳定；

ii) 或在放入模块后，把试验室的温度调节到 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ，并把温度保持在这个值下直至达到温度稳定。

在用上述任一方法稳定温度期间，相对湿度应在试验标准大气条件规定的极限范围内。

在最后 1h，模块在试验室内，在 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 的周围温度下，相对湿度应增加到不小于 95%。

3) 24h 周期的说明(见 GB 16916.1 图 26)

i) 试验室的温度应逐渐地上升到 GB 16916.1 中 9.22.1.2 规定的合适的上限温度。

上限温度应在 $3\text{h} \pm 30\text{min}$ 的时间内达到，温度上升速率应在图 26 阴影面积规定的范围内。

在这期间，相对湿度不应小于 95%。在这期间，模块上应产生凝露。

注：产生凝露的条件是指模块的表面温度低于大气的露点。这意味着，如果热时间常数较小时，则相对湿度必须大于 95%。应注意冷凝水滴不能落到模块上。

ii) 然后温度应基本上恒定在规定的上限温度 $\pm 2^\circ\text{C}$ 的极限范围内，至从试验周期开始的 $12\text{h} \pm 30\text{min}$ 。

在此期间，除了最初和最后的 15min 相对湿度应在 90% 至 100% 之间外，其余时间的相对湿度应为 $93\% \pm 3\%$ 。

在最后 15min，模块上不应产生凝露。

iii) 然后，温度应在 3h 至 6h 内降到 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 。开始 1h30min 的降温速率应是这样的，如果保持图 26 所示的速率，则温度将在 $3\text{h} \pm 15\text{min}$ 内达到 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 。

在降温期间，除了最初 15min 相对湿度应不小于 90% 外，其余时间的相对湿度应不小于 95%。

iv) 接着，温度保持在 $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ，相对湿度不小于 95% 直至 24h 周期结束。

7.26.4 恢复

在试验周期结束时，模块不应从试验室中取出。

打开试验室门，并停止调节温度和湿度。

然后经过 4h 至 6h，使得重新建立环境条件(温度和湿度)后进行最后测量。

在 28 个试验周期中，模块不应分闸。

7.26.5 最后验证

在规定的试验条件下，模块通以 $I_{\Delta n}$ 的试验电流应分闸。仅在任意选取的一极进行一次试验，试验时不测量分断时间。

7.27 EMC 试验

EMC 试验试验项目见表 17。

表 17 EMC 试验项目

程序G	GB 18499表4 -T1.1	谐波，谐间波
	GB 18499表4 -T1.2	信号电压
	GB 18499表5 -T2.3	ms和μs级的单向传导脉冲
	GB 18499表5 -T2.1	传导正弦波电流或电压
	GB 18499表5 -T2.5	辐射电磁场
	GB 18499表5 -T2.2	快速瞬变（脉冲群）
	GB 18499表5 - T2.6	低于150 kHz频率范围内的共模传导骚扰
	GB 18499表6 -T3.1	静电放电

8 试验规则

8.1 试验分类

模块的试验包括：

- 型式试验；
- 出厂试验。

8.2 型式试验

8.2.1 试验适用范围

型式试验是用来验证模块是否符合本技术规范的要求。

有以下情况之一时，一般应进行型式试验：

- a) 试制样品刚完成时；
- b) 因改变设计、工艺而影响产品性能时；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 当出厂试验结果与以前的型式试验结果发生较大偏差时。

8.2.2 试验项目及样品数量

型式试验项目及样品数量见表25。

表 25 智能用电模块型式试验项目及样品数量

试验程序	条款	试验(或检查)项目	样品数量
A	6.1	标志	1台（最大 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值）
	6.2	一般要求	
	6.3	机构	
	7.2	验证隔离功能	

		7.3 6.4 7.4 7.5 7.6 7.8 7.9 7.7	标志的耐久性 电气间隙和爬电距离(仅对外部部件) 螺钉、载流部件和连接的可靠性 连接外部导线的螺纹型接线端子的可靠性 电击保护 耐热 耐异常发热和耐燃 机械应力	
	B	7.10 7.11 7.12 7.13 7.14	耐潮湿性能 介电强度和泄漏电流 冲击耐受电压试验 温升 电子元件的老化	1台(最大 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值)
	C	7.24	机械和电气寿命	1台(最大 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值)
D	D ₀	7.15 7.16 7.17 7.18 7.19 7.20 7.21 7.22 7.23	过载保护动作特性试验 过温保护试验 在10kA浪涌电流下的性能 电源性能试验 剩余电流动作保护 过欠压保护 自动重合闸 缺相保护功能 电弧故障保护	1台(最大 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值)
	D ₁	7.15	过载保护动作特性试验	如 I_n 不是连续可调 各1台(其它 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值)
	D ₂	7.19	剩余电流动作保护	如 $I_{\Delta n}$ 不是连续可调 各1台(其它 $I_{\Delta n}$ 额定值、 I_n 最大)
	E	7.25	验证额定限制短路电流	1台(最大 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值) 适用时: 1台(最小 I_n 额定值、最大 $I_{\Delta n}$ 额定值)
	F	7.26	验证可靠性	1台(最大 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值)
	G	7.27	EMC试验	1台(最大 I_n 额定值、最小 $I_{\Delta n}$ 额定值)
<p>样品总数:</p> <p>7台(最大I_n额定值、最小$I_{\Delta n}$额定值);</p> <p>如I_n不是连续可调时, 还需提供: 各1台(其它I_n额定值、最小$I_{\Delta n}$额定值);</p> <p>如$I_{\Delta n}$不是连续可调时, 还需提供: 各1台(其它$I_{\Delta n}$额定值、I_n最大);</p> <p>如适用, 还需提供: 1台(最小I_n额定值、最大$I_{\Delta n}$额定值)。</p>				

8.2.3 试验合格判定

型式试验时，所有项目全部符合本技术规范的要求，则判定型式试验合格。

8.3 出厂试验

8.3.1 试验适用范围

出厂试验适用于制造商质检部门或订货商对生产产品进行试验，是用来检查工艺和材料是否合格的试验。出厂试验应在每台产品上进行。

8.3.2 试验项目

出厂试验包括：

a) 漏电流保护试验

对模块通以一个剩余电流，在电流小于或等于 $0.5I_{\Delta n}$ ，模块不应分闸，但在 $I_{\Delta n}$ 时模块应在规定时间（见表11）内分闸。

对每个模块至少应施加5次试验电流，而对每极至少施加2次试验电流。

b) 过流保护试验

从冷态开始，对模块通以表10的C项电流，模块应在规定的时间内分闸。

c) 介电强度试验

在下列部位施加频率为50Hz，基本上为正弦波的1500V电压，历时1s：

1) 在断开位置，模块闭合时电气上连接在一起的接线端子之间。

2) 在断开位置，依次在各极的进线端之间或依次在各极的出线端之间。如有电子元件，应事先断开。

试验时，不应发生闪络和击穿。

d) 过电压保护试验

1) 对模块施加250V电压，不应分闸。每极试验1次。

2) 对模块施加275V电压，应分闸。每极试验1次。

e) 欠电压保护试验

1) 对模块施加180V电压，不应分闸。每极试验1次。

2) 在闭合位置，对模块施加160V电压，应分闸。每极试验1次。

9 标志、包装、运输、储存

9.1 标志

9.1.1 本体标志

产品本体上的标志应符合 6.1 要求。

9.1.2 箱体标志

包装箱体上应印制或（或注明）：制造商名或商标、产品名称及型号，必要时还应标志出厂编号，其中外包装箱体上还须标明防护标志、重量等，储运标志应符合 GB/T 191-2008 的有关规定。

9.2 包装

产品应有内包装和外包装两层防护。产品包装应保证产品在运输、贮存的过程中不受机械损伤，并有防潮、防尘措施。

9.3 运输

经过包装后的产品可以用任何交通工具运输，但是禁止抛掷。

9.4 储存

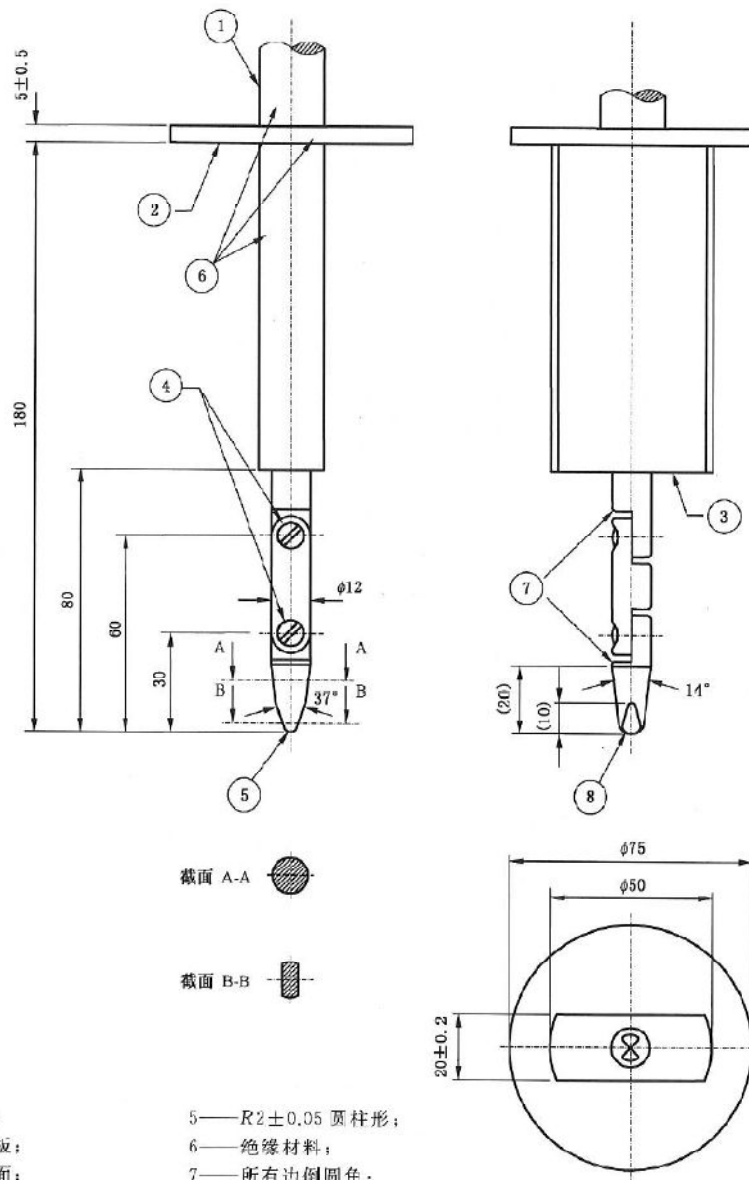
经过包装后的产品应储存在空气流通、干燥、周围介质温度在-5℃至+40℃之间，无淋雨或暴晒且无腐蚀性气体的仓库中。

附录：图例



图1.端口的示例





- 说明:
- | | |
|----------|------------------------|
| 1——手柄; | 5—— $R2 \pm 0.05$ 圆柱形; |
| 2——防护板; | 6——绝缘材料; |
| 3——止动面; | 7——所有边倒圆角; |
| 4——铰链关节; | 8—— $R4 \pm 0.05$ 球形。 |

材料:金属(除图上另有规定外)。

未注公差尺寸其公差为:

角度: $\begin{matrix} 0 \\ -10' \end{matrix}$

线尺寸:

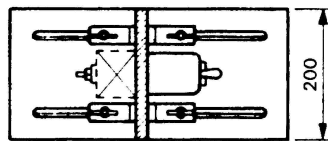
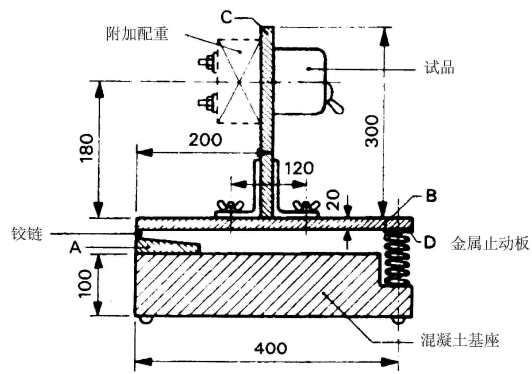
小于或等于 25 mm: $\begin{matrix} 0 \\ -0.05 \end{matrix}$ mm;

大于 25 mm: ± 0.2 mm。

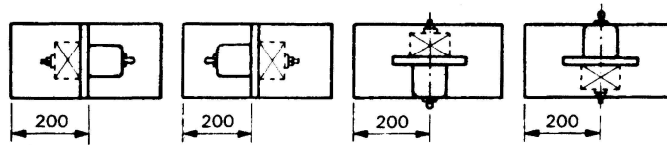
两个关节能在同一平面及同一方向转过 90° 角度,允许误差: $\begin{matrix} +10^\circ \\ 0^\circ \end{matrix}$ 。

尺寸以 mm 表示

图2 标准试指

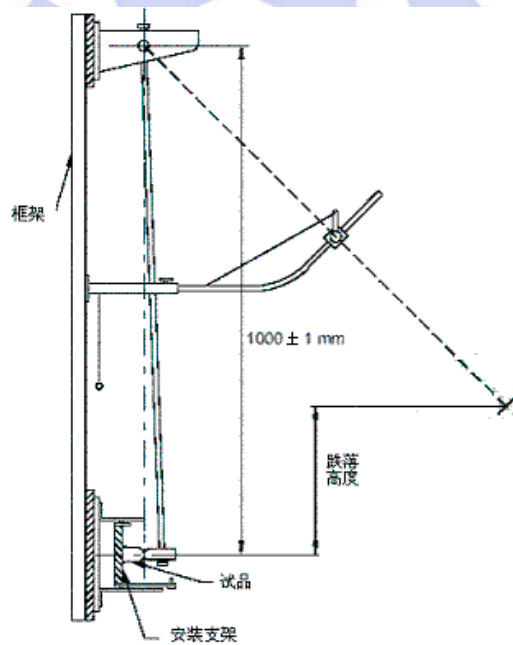


试品依次的试验位置



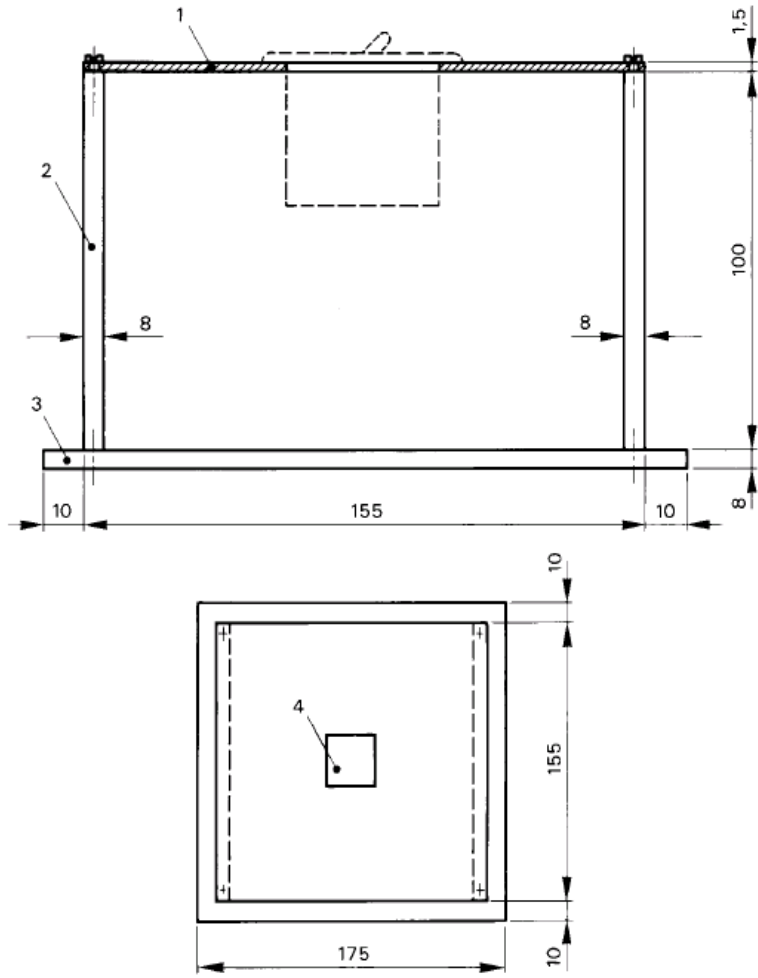
尺寸以 mm 表示

图3 机械冲击试验装置



尺寸以 mm 表示

图4 机械撞击试验装置



尺寸以 mm 表示

说明：

- 1 厚度为1.5 mm 的可更换的钢板；
- 2 厚度为8 mm 的铝板；
- 3 安装板；
- 4 钢板上用于模块的开口。

注：在特定情况下，尺寸可放大。

图7 配电板式模块撞击试验安装示例

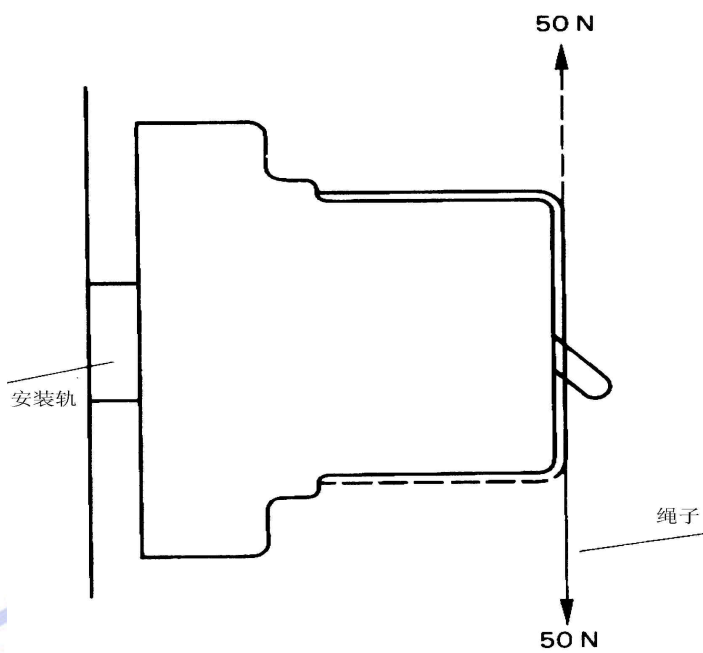


图8 导轨安装模块机械试验施加的力

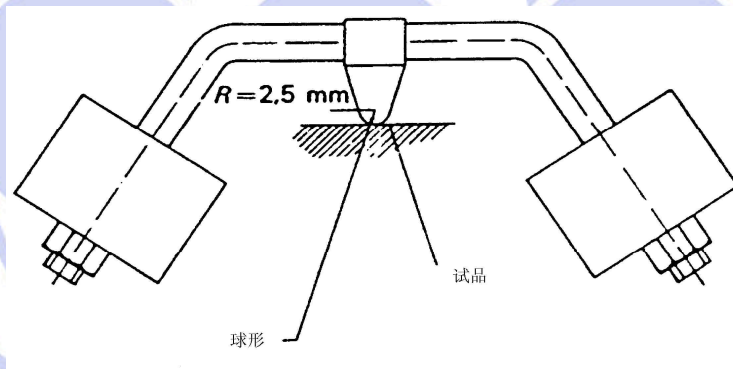
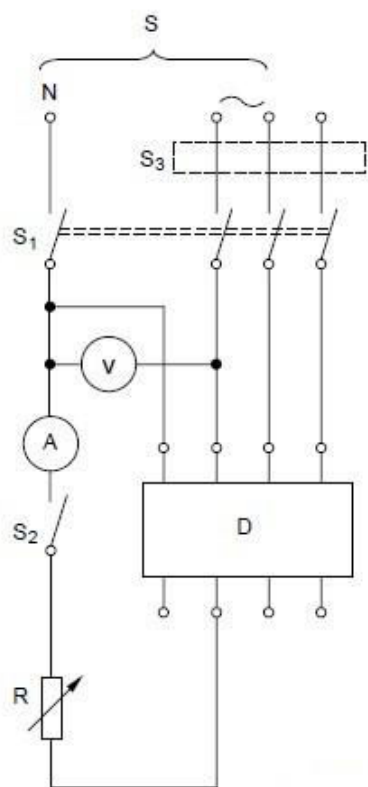


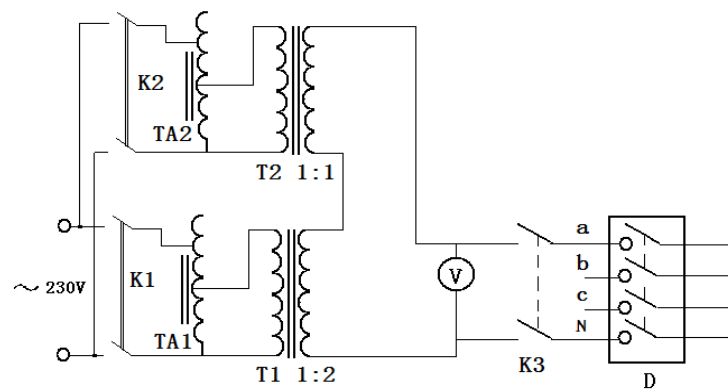
图9 球压试验装置



说明:

- S 电源
- V 电压表
- A 电流表
- S₁ 多极开关
- S₂ 单极开关
- S₃ 操作除一个相线极以外的所有其它相线极的开关
- D 被试模块
- R 可变电阻器

图10 验证动作特性的试验电路



说明：TA——自耦变压器；
 T——变压器；
 D——模块。

图11 过欠压动作特性试验电路

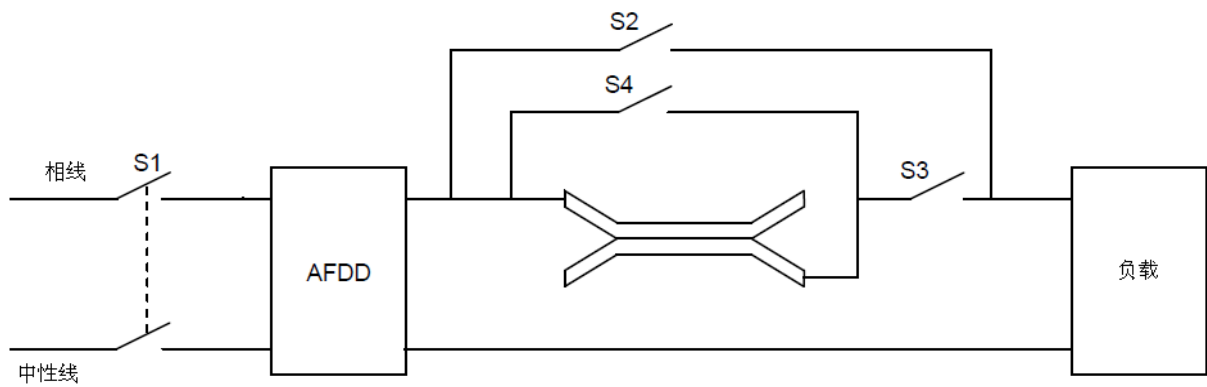


图12 串联电弧故障试验电路

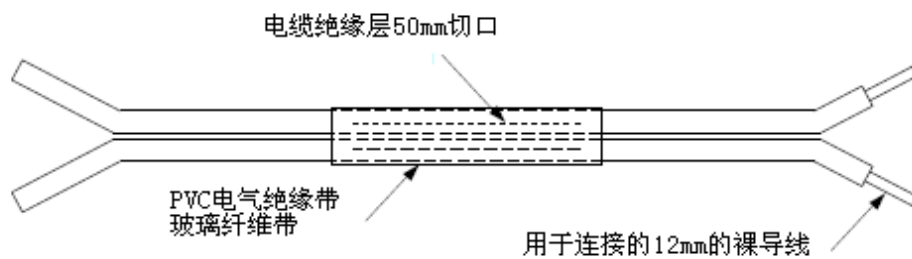


图13 电缆试品的准备

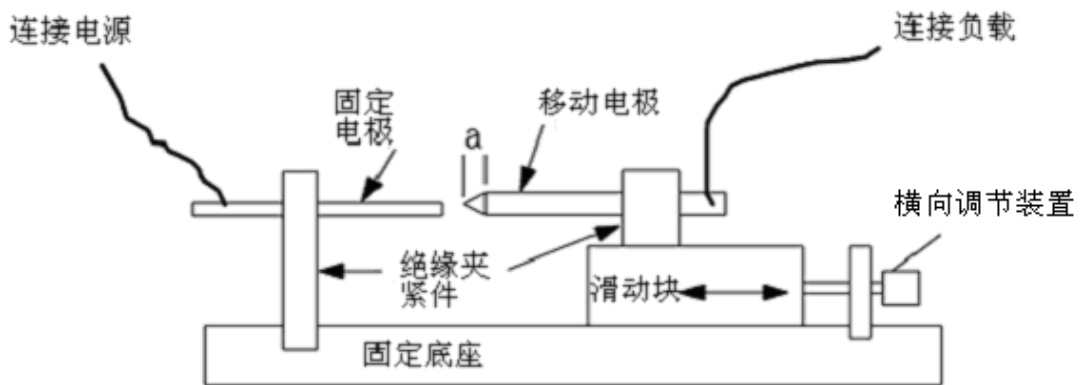


图14 电弧发生器

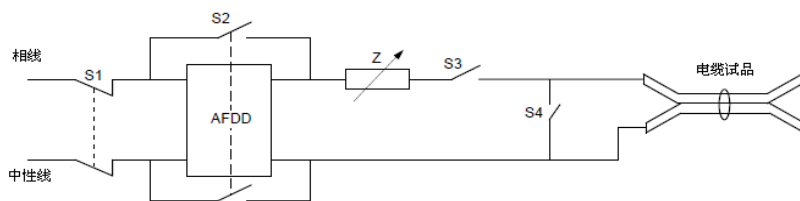


图15 并联电弧故障试验电路

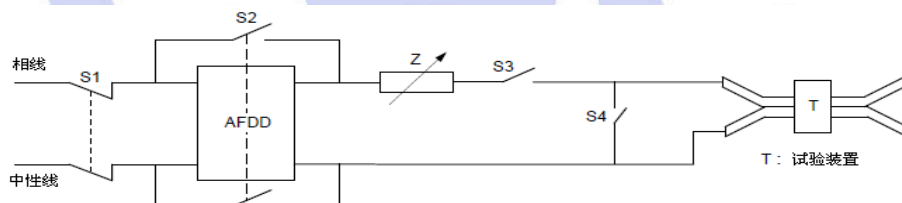


图16 并联电弧电缆切割试验的试验电路

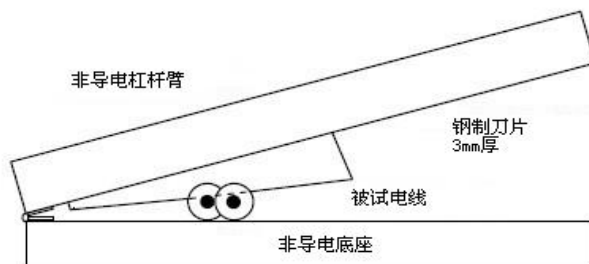


图17 切割电缆试验装置

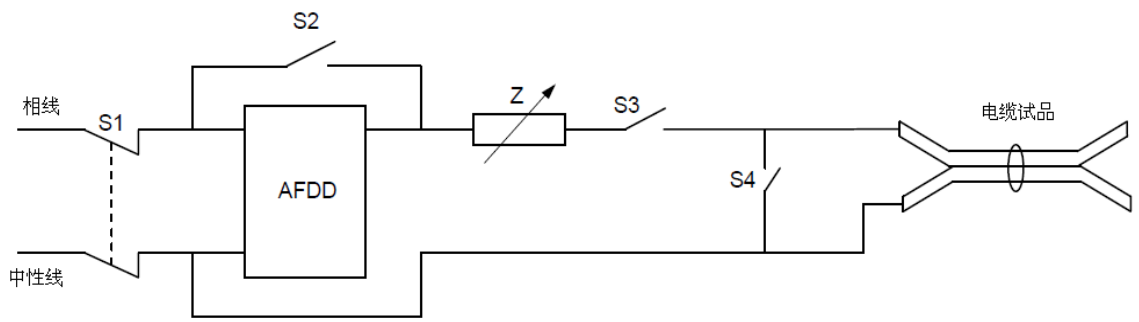


图18 验证对地并联电弧故障时正确动作的试验

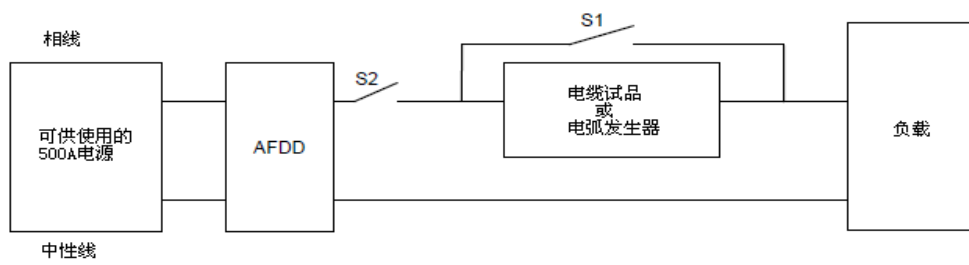
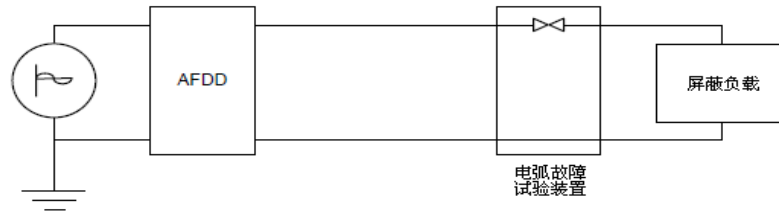


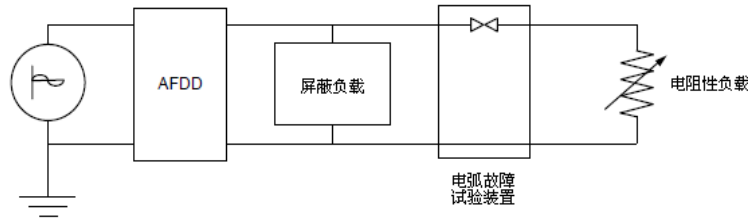
图19 屏蔽试验电路（抑制性和干扰性负载）



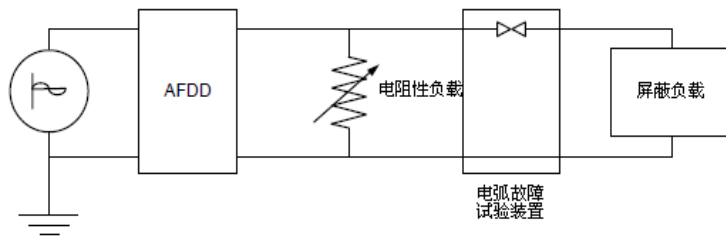
试验电路配置 A



试验电路配置 B



试验电路配置 C



试验电路配置 D

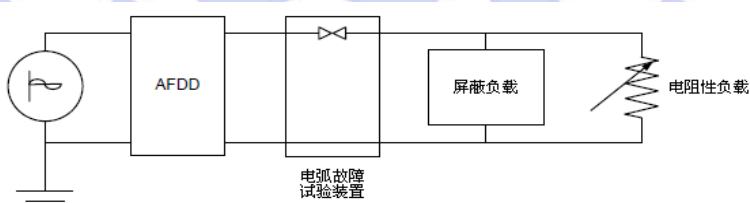


图20 屏蔽试验的试验配置

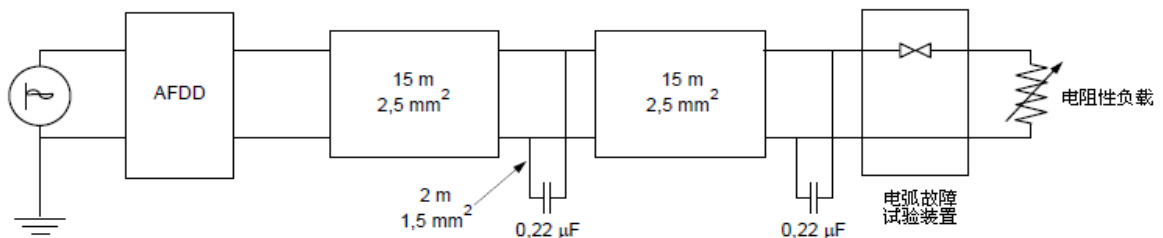


图21 屏蔽试验的EMI滤波器#1试验

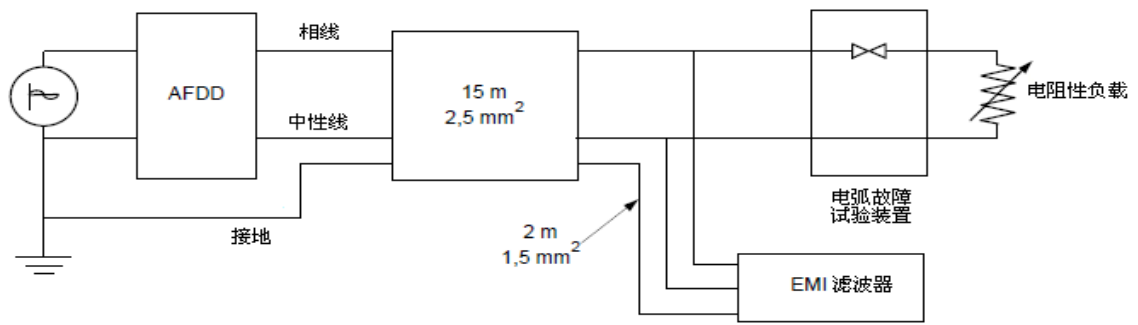
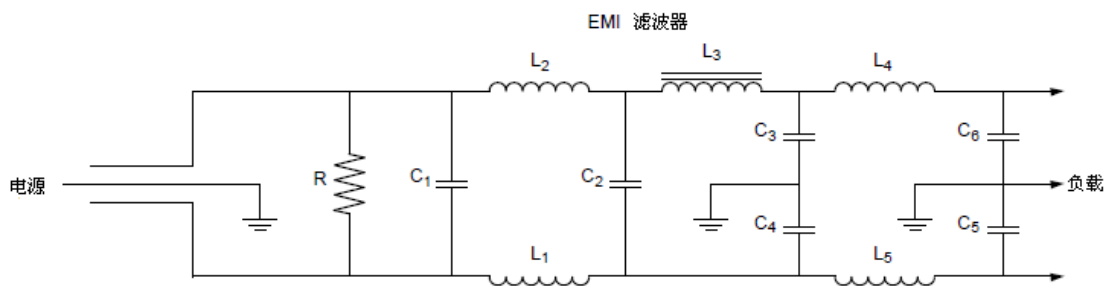


图22 屏蔽试验的EMI滤波器#2试验



说明:

- $L1 = L2 = 6\text{mH} \pm 10\%$
- $L3 = 0.037\text{mH} \pm 10\%$
- $L4 = L5 = 1.5\text{mH} \pm 10\%$
- $C1 = 100\text{nF} \pm 10\%, 240\text{V}$
- $C2 = 0.33\mu\text{F} \pm 10\%$
- $C3 = C4 = C5 = C6 = 0.002\mu\text{F} \pm 10\%$
- $R = 330\text{K} \pm 10\%$

图23 EMI滤波器的描述

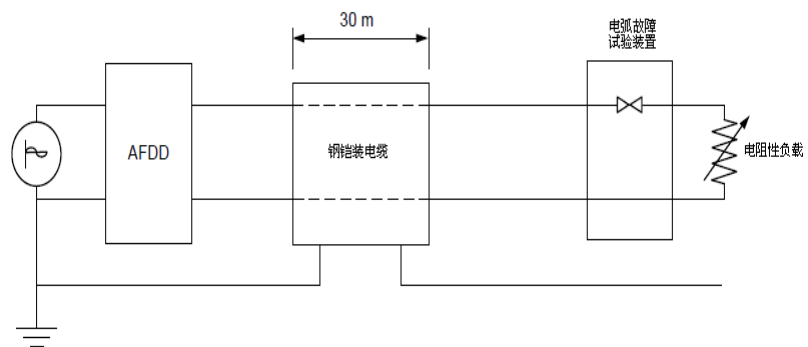
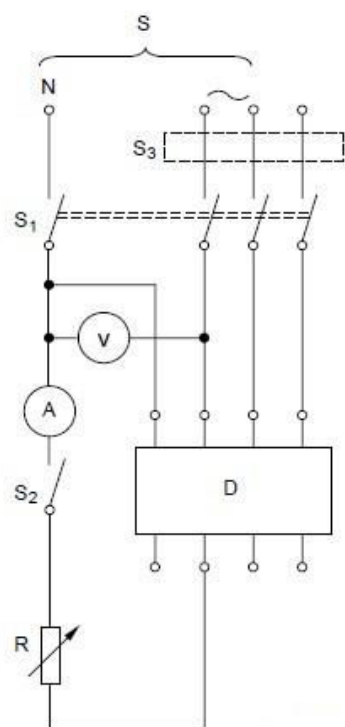


图24 线路阻抗屏蔽试验的试验电路

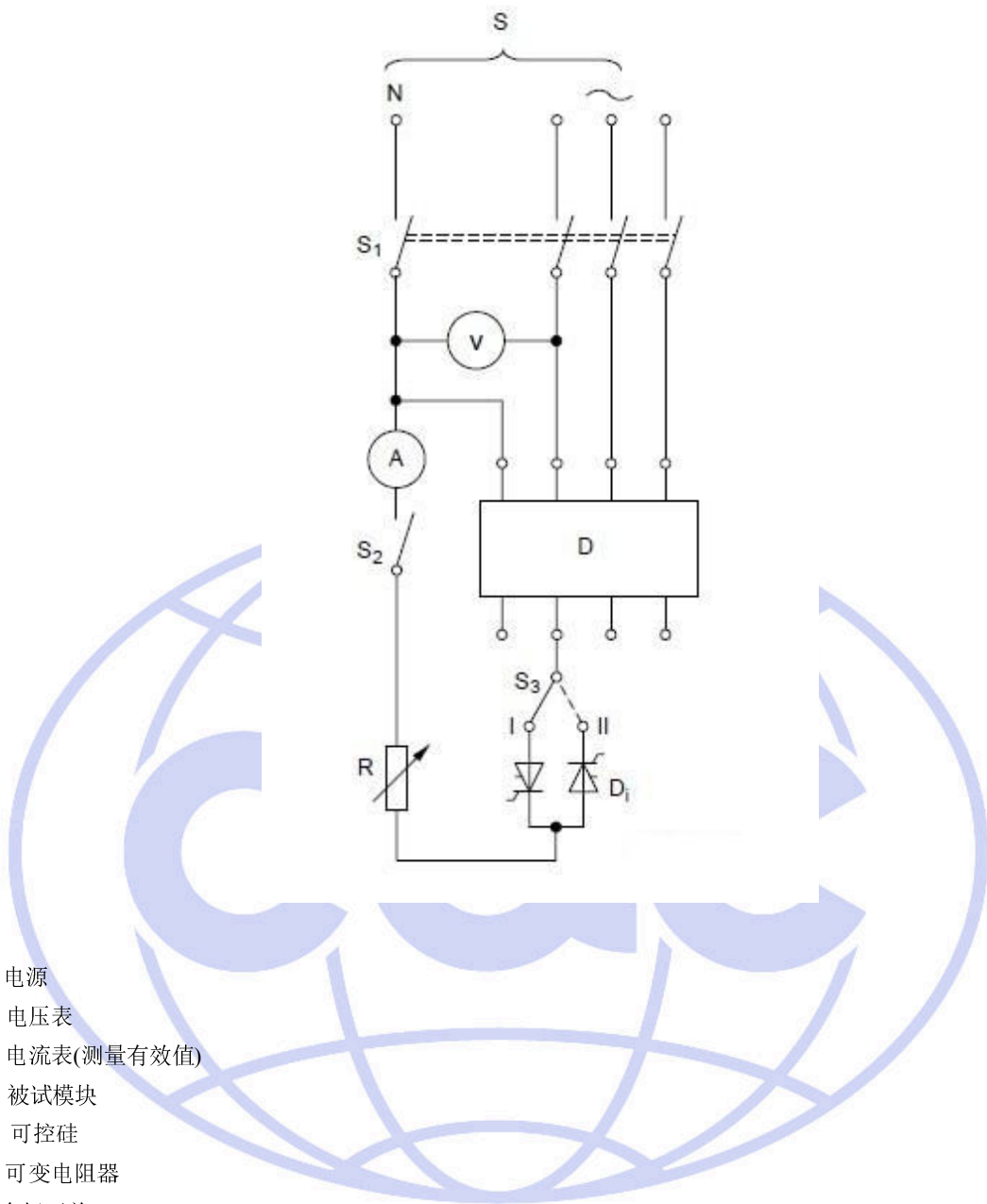


说明:

- S 电源
- V 电压表
- A 电流表
- S₁ 多极开关
- S₂ 单极开关
- S₃ 操作除一个相线极以外的所有其它相线极的开关
- D 被试模块
- R 可变电阻器

除7.20.1.7.3的试验外，S₃保持闭合

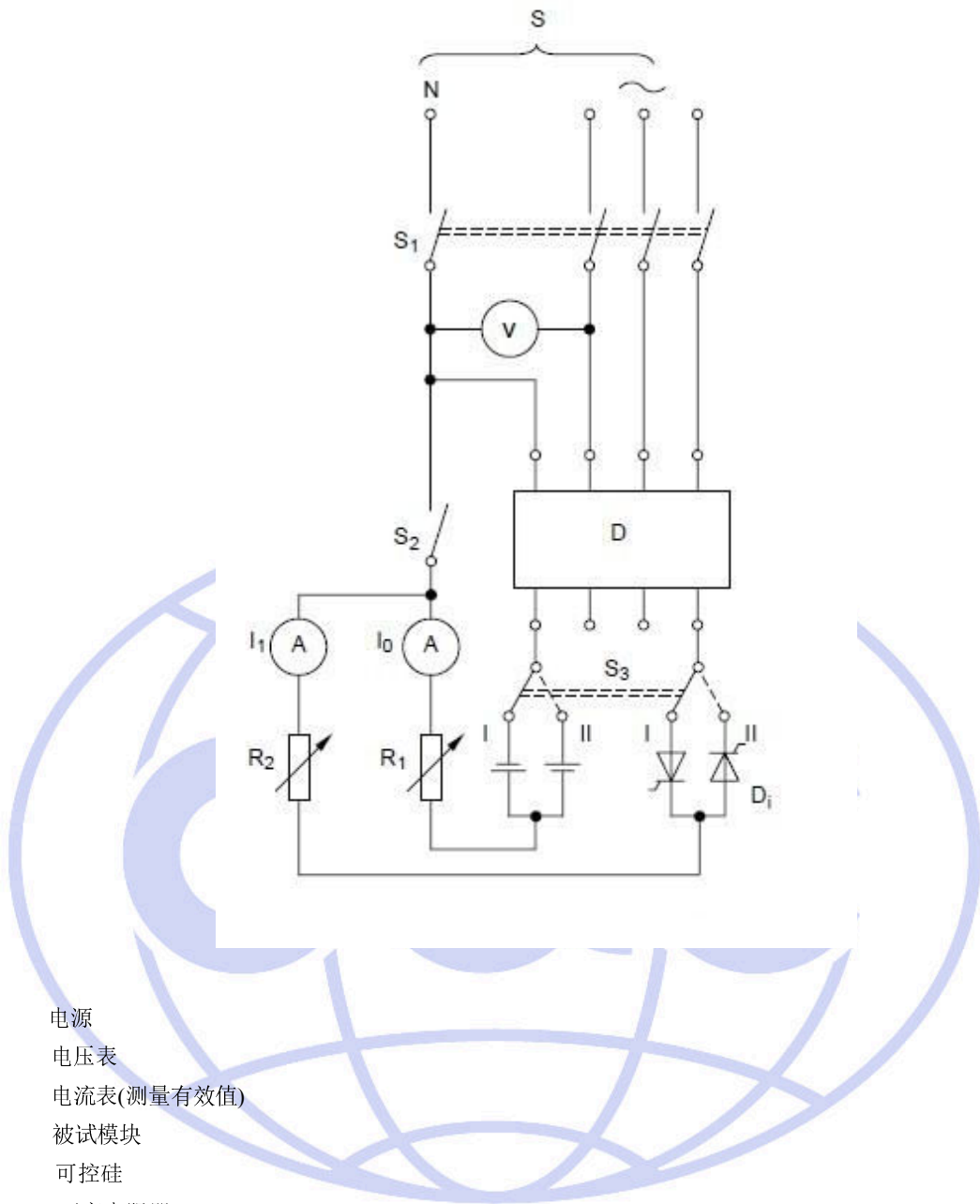
图25 验证动作特性、自由脱扣机构、动作功能与电源电压有关的模块在电源、电压故障时工作状况的试验电路



说明:

- S 电源
- V 电压表
- A 电流表(测量有效值)
- D 被试模块
- D_i 可控硅
- R 可变电阻器
- S_1 多极开关
- S_2 单极开关
- S_3 双向开关

图26 验证模块在剩余脉动直流电流时正确动作的试验电路



说明:

- S 电源
- V 电压表
- A 电流表(测量有效值)
- D 被试模块
- D_i 可控硅
- R_1, R_2 可变电阻器
- S_1 多极开关
- S_2 单极开关
- S_3 双向开关

图27 验证模块在剩余脉动直流叠加0.006A平滑直流电流时正确动作的试验电路

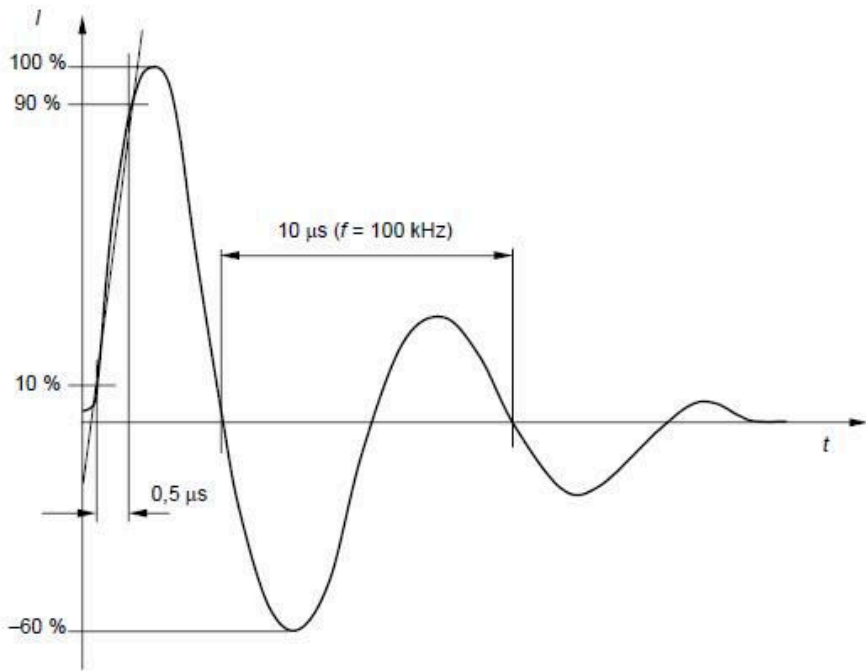
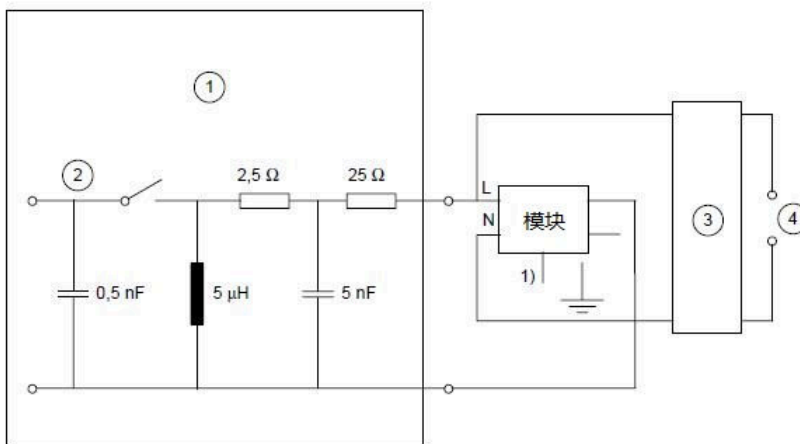


图28 0.5μs/100kHz 振铃波形电流



说明：

- 1 0.5μs/100kHz振铃波发生器
- 2 触发开关
- 3 滤波器
- 4 电源

如果模块有接地端子，应接到中性线端子上(如果有的话)；如果模块上有这样标志或没有标志，则应接到任何相线端子上。

图29 模块振铃波试验电路

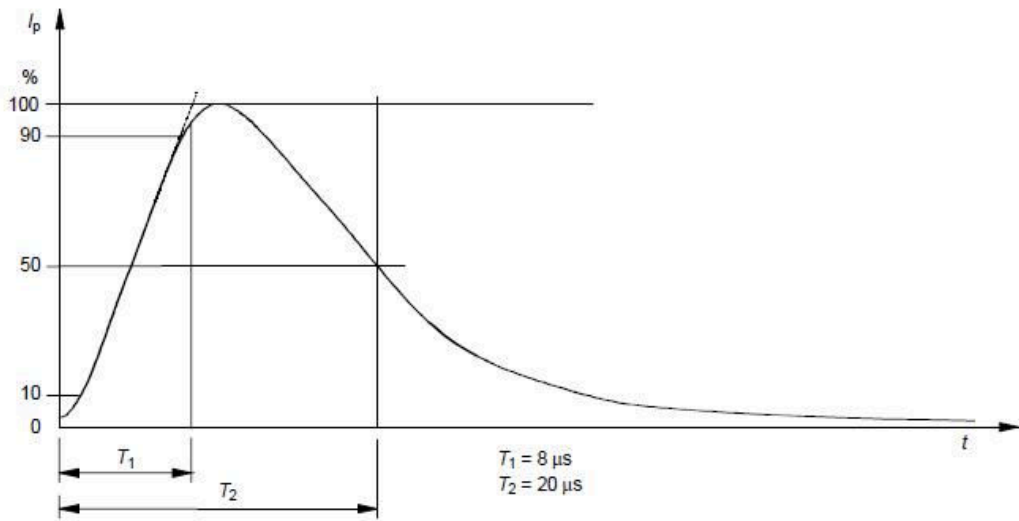
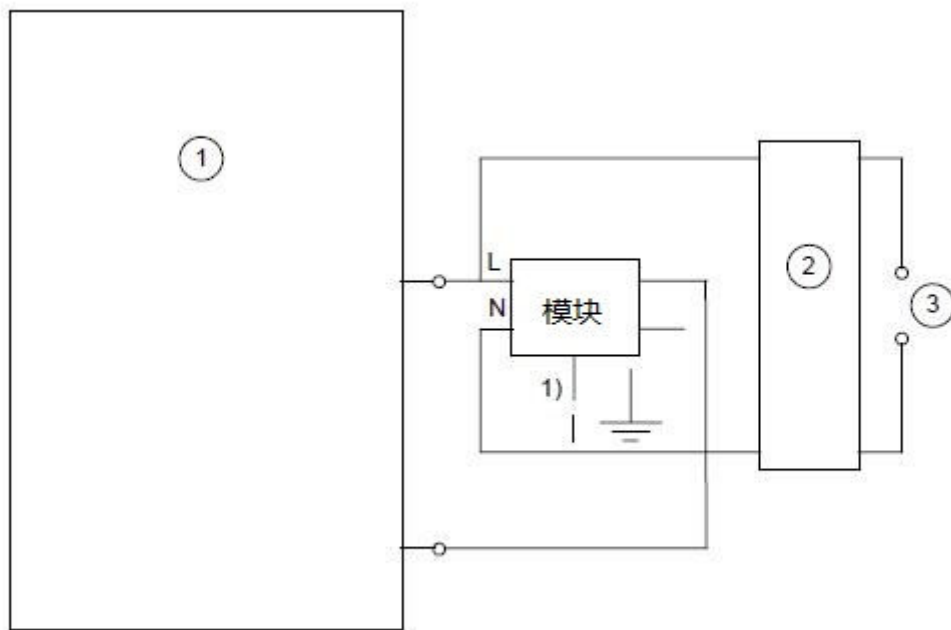


图30 8/20 μs 浪涌电流脉冲



说明:

- 1 8/20 μs 冲击电流发生器
- 2 滤波器
- 3 电源

如果模块有接地端子, 应接到中性线端子上(如果有的话); 如果模块上有这样标志或没有标志, 则应接到任何相线端子上。

图31 模块浪涌电流试验电路