

中华人民共和国国家标准

GB 16916.1—2014
代替 GB 16916.1—2003

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1部分:一般规则

Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent
protection for household and similar uses (RCCB) —Part 1: General rules

(IEC 61008-1:2012, MOD)

2014-05-06 发布

2015-06-29 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
3.1 关于从带电部件流入大地电流的定义	3
3.2 关于剩余电流断路器激励的定义	3
3.3 关于剩余电流断路器动作和功能的定义	3
3.4 与激励量值和范围有关的定义	5
3.5 与影响量值和范围有关的定义	7
3.6 与接线端子有关的定义	8
3.7 操作条件	9
3.8 有关试验的定义	9
3.9 与绝缘配合有关的定义	9
4 分类	11
4.1 根据动作方式分	11
4.2 根据装置型式分	11
4.3 根据极数和电流回路数分	11
4.4 根据调节剩余动作电流的可能性分	11
4.5 根据冲击电压下防止误脱扣的性能分	11
4.6 根据有直流分量时的工作状况分	12
4.7 根据(出现剩余电流时)延时分	12
4.8 根据防止外部影响分	12
4.9 根据安装方式分	12
4.10 根据接线方式分	12
4.11 根据接线端子类型分	12
5 RCCB的特性	12
5.1 特性概要	12
5.2 额定量和其他特性	13
5.3 标准值和优选值	14
5.4 与短路保护装置的配合(SCPD)	17
6 标志和其他产品资料	18
7 使用和安装的标准工作条件	19
7.1 标准条件	19
7.2 安装条件	20
7.3 污染等级	20
8 结构和操作的要求	20
8.1 机械设计	20

8.2	电击保护	25
8.3	介电性能和隔离能力	25
8.4	温升	25
8.5	动作特性	26
8.6	机械和电气寿命	26
8.7	在短路电流下的性能	26
8.8	耐机械冲击和撞击性能	26
8.9	耐热性	26
8.10	耐异常发热及耐燃性	26
8.11	试验装置	27
8.12	动作功能与电源电压有关的 RCCB 的技术要求	27
8.13	主电路过电流时,RCCB 的工作情况	27
8.14	在冲击电压产生的浪涌电流作用下 RCCB 的性能	27
8.15	接地故障电流含有直流分量时,RCCB 的工作状况	27
8.16	可靠性	27
8.17	电磁兼容(EMC)	28
9	试验	28
9.1	概述	28
9.2	试验条件	29
9.3	标志的耐久性试验	29
9.4	螺钉、载流部件和连接的可靠性试验	29
9.5	连接外部铜导体的螺纹型接线端子的可靠性试验	30
9.6	验证电击保护	31
9.7	介电性能试验	32
9.8	温升试验	37
9.9	验证动作特性	38
9.10	验证机械和电气寿命	39
9.11	在短路情况下,验证 RCCB 的工作状况	40
9.12	验证耐机械振动和撞击	47
9.13	耐热试验	49
9.14	耐异常发热和耐燃试验	49
9.15	验证自由脱扣机构	50
9.16	验证试验装置在额定电压极限值时的动作性能	50
9.17	验证 4.1.2 分类的动作功能与电源电压有关的 RCCB 在电源电压故障时的工作状况	50
9.18	验证过电流情况下的不动作电流极限值	51
9.19	验证冲击电压产生的浪涌电流作用下 RCCB 的性能	52
9.20	空	53
9.21	验证剩余电流包含有直流分量时的正确动作	53
9.22	验证可靠性	54
9.23	验证电子元件抗老化性能	55
9.24	电磁兼容(EMC)	56
9.25	防锈试验	56
附录 A (规范性附录)	认证试验的试验程序和试品数量	77

附录 B (规范性附录)	确定电气间隙和爬电距离	82
附录 C (规范性附录)	短路试验中检测游离气体喷射的装置	87
附录 D (规范性附录)	常规试验	90
附录 E (资料性附录)	确定短路功率因数的方法	91
附录 F (资料性附录)	符号汇编	92
附录 G (资料性附录)	接线端子设计示例	93
附录 H (资料性附录)	ISO 和 AWG 铜导线对照	96
附录 I (资料性附录)	RCCB 的追随试验程序	97
附录 J (资料性附录)	短路试验的 SCPD	100
附录 K (规范性附录)	具有连接外部铜导线的无螺纹型接线端子的 RCCB 的特殊要求	102
附录 L (规范性附录)	带扁平快速连接端头的 RCCB 的特殊要求	109
附录 M (规范性附录)	具有连接外部未经处理铝导线的螺纹型接线端子和连接铜或铝导线的 铝制螺纹型接线端子 RCCB 的特殊要求	115
参考文献		124

前 言

本部分的全部技术内容为强制性。

GB 16916《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)》分为3个部分:

- 第1部分:一般规则;
- 第21部分:一般规则对动作功能与电源电压无关的RCCB的适用性;
- 第22部分:一般规则对动作功能与电源电压有关的RCCB的适用性。

本部分为GB 16916的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替GB 16916.1—2003《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1部分:一般规则》。

本部分与GB 16916.1—2003相比,主要变化如下:

- 第1章范围中,交流额定频率由50 Hz或60 Hz扩大为50 Hz、60 Hz或50/60 Hz,即增加了可同时适用于50 Hz和60 Hz的频率范围,同时在5.3.7的标准频率中增加了标准频率值50/60 Hz;
- 增加了3.9关于绝缘配合的定义;
- 修改了表1、表2,使A型RCCB的分断时间和不驱动时间的限值更明确;
- 增加了5.3.13额定冲击耐受电压(U_{imp})的标准值;
- 在第6章中,对额定频率的标志修改为:“额定频率;如果RCCB用于多个频率时(如50/60 Hz),应相应标志”;增加了可采用符号标明其适用于隔离;
- 8.1.1中,对具有多级整定值的RCCB的设定方式提出了明确的要求;
- 在8.1.2中,增加了RCCB在断开位置时应提供满足隔离功能所必须的隔离距离的要求,并提供一个或两个指示装置来指示主触头的装置;
- 修改了有关绝缘配合的8.1.3、9.7.7和9.20以及附录B的内容。增加隔离功能的要求和验证,表5中对额定工作电压为230/400 V、230 V和400 V的RCCB的断开触头之间的电气间隙由3 mm增大到4 mm;增加9.7.7验证冲击耐受电压(跨越电气间隙和跨越固体绝缘)和断开触头之间的泄漏电流;
- 修改了8.1.4.4有关载流部件材料的描述方式。原来载流部件直接指明了材料为铜等合金,现修改指明为金属,举例说明材料为铜等合金。并明确当使用铁合金或适当涂层的铁合金时,应通过防锈试验来检验是否符合防腐要求。因而,新增加了条款“9.25 防锈试验”;
- 对9.5.1进行了修改,规定对各种型式的导线,硬导线(单芯或绞合)和软导线,均要进行试验,并规定了与导线型式相应的试验导线的截面积范围;对表12也进行了修改,明确了不同截面积导线相应施加的拉力;
- 增加了9.7.7“验证冲击耐受电压(跨越电气间隙和跨越固体绝缘)和断开触头之间的泄漏电流”,包括用冲击耐受电压验证电气间隙、验证断开触头之间的泄漏电流(适用于隔离)和验证断开触头绝缘和基本绝缘耐冲击电压能力等试验项目的试验方法。将原来的9.20“验证绝缘耐冲击电压性能”也合并到本试验条款中,并对试验的电压值作了相应的调整;
- 修改了9.9.2.3a)突然出现剩余正弦交流电流时的试验方法。修改为先闭合开关 S_2 ,然后再闭合电源开关 S_1 的方法来测量分断时间。该试验方法测量的时间包括了对RCCB供电的时间,使测量的时间更为合理;

- 修改了 9.9.2.4 的 $5I_{\Delta n}$ 至 500 A 范围内剩余电流的试验程序,由原来选取:5 A,10 A,20 A,50 A,100 A 和 200 A 等 6 个剩余电流值进行试验,修改为在 5 A~200 A 的电流范围内任意选取二个剩余电流值和进行试验,简化了试验程序;
- 在 9.11 验证 RCCB 在短路条件下的工作状况中,对试验电路图及描述方式作了修改。将原来分别在单相电路、三相电路、三相四线电路中试验的 5 个短路试验图合并为一个短路试验图,并另外增加了一个适用于 IT 试验的试验电路图和阻抗 Z 的结构图;在 9.11.2.1 的一般试验条件中增加了 j)项:“示波图说明”,明确了如何确定外施电压、恢复电压和预期短路电流等,并增加了图 30“短路试验整定示波图示例”;
- 在 9.11.2.3 中,增加了验证 RCCB 在 IT 系统的适用性的短路试验;
- 修改 9.14 异常发热和耐燃试验,修改了样品数及禁止施加部位,试验在 3 个试样上进行,灼热丝不能直接施加到如下部位:端子、电弧室和电磁脱扣部分;
- 9.17 中明确了对 4.1.2.2 分类的产品验证多相供电要求的试验方法;
- 进一步明确了 9.21.1.4 验证剩余脉动直流电流叠加 0.006 A 平滑直流电流时的正确动作的试验方法;
- 取消了原附录 E“验证 RCCB 符合电磁兼容(EMC)技术要求的试验、补充试验程序和试样数量一览表”,将相关内容增加到新增的条款 9.24“电磁兼容”,及附录 A 的表 A.1、表 A.2 和表 A.3 新增的 EMC 试验程序 H、I 和 J 中,包括试验项目、试样数量和合格判定数量等,并增加了 T2.6“低于 150 kHz 频率范围内的共模传导骚扰”的试验项目等;
- 增加新的附录:带无螺纹端子的 RCCB 的特定要求,带扁平快速连接端头的 RCCB 的特定要求,具有连接外部未经处理铝导线的螺纹型接线端子和连接铜或铝导线的铝制螺纹型接线端子 RCCB 的特殊要求;
- 对附录按字母顺序重新编号。

本部分使用重新起草法修改采用国际电工委员会 IEC 61008-1:2012《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 1 部分:一般规则》。

本部分与 IEC 61008-1:2012 的主要差异如下:

- 本部分中对 $I_{\Delta n} \leq 0.03$ A 的动作功能与电源电压有关的并且电源电压故障时不能自动断开的 RCCB,保留了在 GB 16916.1—2003 中提出的在电源电压降到 50V 时还能动作的技术要求。因此在 4.1.2.2 的下面增加了注 2,试验方法按 9.9.5。
- IEC 61008-1:2012 的 9.7.7.5 第 5 段中,误写为:“在 9.9.2.3 的条件下,通以 $1.25I_{\Delta n}$,RCCB 应脱扣。…”,本部分更正为:“在 9.9.2.3a) 的条件下,通以 $1.25I_{\Delta n}$,RCCB 应脱扣。…”。9.19.2.3、9.22.1.3a)、9.22.1.5、9.22.2 和 9.23 均有类似情况,也作相应修改。
- 9.11.2.1 中“SCPD(见 3.4.8)”修改为“SCPD(见 3.4.10)”。“阻抗 L”修改为“阻抗 Z”。
- 表 A.1 中,“9.1.5 自由脱扣机构”修改为“9.15 自由脱扣机构”。
- 表 I.1 中(IEC 61008-1:2012 中为表 IE.1),“9.20 用冲击耐受电压验证电气间隙”修改为“9.7.7.2 用冲击耐受电压验证电气间隙”,并增加了说明:“依次对每极之间也要试验”。
- 本部分在附录 A 的表 A.3 中相比 IEC 61008-1:2012,在 E 试验程序中增加了一组 3 台最小 I_n 额定值和最大 $I_{\Delta n}$ 额定值的试样,而在 G 试验程序中取消了一组 3 台最小 I_n 额定值和最大 $I_{\Delta n}$ 额定值的试样。我们认为更合理,因为在短路试验中应分别用最大额定值 I_n 和最小额定值 I_n 试样进行试验,而可靠性试验只需对最大额定值试样进行试验就足够了。
- 对附录按字母顺序重新编号。

本部分规定了各种型式的 RCCB 的术语和定义、技术要求及试验。当用于特定型式的 RCCB 时,本部分应与 GB 16916.21—2008《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(TCCB) 第 21 部分:一般规则对动作功能与电源电压无关的 RCCB 的适用性》和 GB 16916.22—2008《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22部分:一般规则对动作功能与电源电压有关的RCCB的适用性》一起使用。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国低压电器标准化技术委员会(SAC/TC 189)归口。

本部分负责起草单位:上海电器科学研究院、上海电科电器科技有限公司。

本部分参加起草单位:浙江正泰电器股份有限公司、施耐德电气(中国)投资有限公司、上海良信电器股份有限公司、上海电器设备检测所、苏州电器科学研究院股份有限公司、上海诺雅克电气有限公司、浙江德力西电器股份有限公司、法泰电器(江苏)股份有限公司、三信国际电器上海有限公司、巨邦电气有限公司、华通机电股份有限公司、上海人民企业集团温州电器有限公司、罗格朗低压电器(无锡)有限公司、通领科技集团有限公司、余姚市嘉荣电子电器有限公司、浙江加西亚电子电器有限公司。

本部分主要起草人:周积刚、刘金琰、龚骏昌。

本部分参与起草人:王先锋、周磊、范建国、易颖、何秀明、严鹏斌、何乐如、赵鹤、苏郡林、波官勇、冯新民、金灵满、傅凯、叶祥发、钱加灿、吴满怀。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB 16916.1—1997、GB 16916.1—2003。

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1部分:一般规则

1 范围

GB 16916 的本部分规定了各种型式的 RCCB 的术语和定义、技术要求及试验。

本部分适用于交流额定频率 50 Hz, 60 Hz 或 50/60 Hz, 额定电压不超过 440 V, 额定电流不超过 125 A, 动作功能与电源电压无关或与电源电压有关的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(以下称为 RCCB)。

RCCB 用来对人进行间接接触保护, 这时设备的外露导电部件应接到一个合适的接地极上。它们也可对由于过电流保护装置不动作而持续存在的接地故障电流引起的火灾危险提供保护。

额定剩余动作电流不超过 30 mA 的 RCCB 也可作为其他电击保护措施失效时的补充保护措施。

本部分适用于能同时执行检测剩余电流, 将剩余电流值与剩余动作电流值相比较以及当剩余电流超过剩余动作电流值时断开被保护电路的装置。

注 1: RCCB 的技术要求符合 GB/Z 6829 一般要求, 主要给非专业人员使用, 不需要进行维修。RCCB 可以用来提交认证。

注 2: RCCB 的安装和使用规程在 GB 16895 中规定。

RCCB 预期用于污染等级 2 的环境中。

RCCB 适合于隔离用。

除了带不可开断中性线的 RCCB 以外, 符合本部分的 RCCB 适用于 IT 系统。

当电源侧容易发生过度的过电压时(例如电源通过架空线引入), 可采取特殊的保护措施(例如: 采用避雷器)(见 GB 16895.12)。

一般型 RCCB 耐误脱扣, 是指浪涌电压(由操作暂态过电压或雷电感应产生的)在设备中产生负载电流而没有发生闪络。

S 型 RCCB 即使在浪涌电压引起闪络并产生续流时也具有足够的耐误脱扣能力。

注 3: 安装在一般型 RCCB 后面并以共模方式连接的浪涌吸收器可能引起误脱扣。

注 4: 对防护等级高于 IP20 的 RCCB, 可能需要特殊的结构。

下列产品必须补充特殊的要求:

- 带过电流保护的剩余电流动作断路器(见 GB 16917.1);
- 装入家用及类似一般用途的插头、插座或器具连接器的 RCCB 或者专门与它们组合使用的 RCCB;
- 以及预期使用于 50 Hz 或 60 Hz 以外频率的 RCCB。

对装入插座的 RCCB 或专门与插座组装的 RCCB, 本部分的技术要求可以与 GB 2099.1 或产品所投放市场的国家的相关要求一起使用(适用时)。

注 5: 对装入插座的或专门与插座组装的 RCCB, 可以符合 GB 28527—2012 或符合本部分。

本部分的技术要求适用于正常环境条件(见 7.1)。对在严酷条件地区使用的 RCCB, 可补充必要的技术要求。

采用电池的 RCCB 不包括在本部分的范围内。

2 规范性引用文件

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

GB 2099.1 家用和类似用途插头插座 第1部分:通用要求(GB 2099.1—2008,IEC 60884-1:2006,MOD)

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db 交变湿热(12 h+12 h 循环)(IEC 60068-2-30:2005,IDT)

GB/T 2424.2 电工电子产品环境试验 湿热试验导则(GB/T 2424.2—2005,IEC 60068-3-4:2001,IDT)

GB 4208 外壳防护等级(IP代码)(GB 4208—2008,IEC 60529:2001,IDT)

GB 4343.1 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第1部分:发射(GB 4343.1—2009,IEC/CISPR 14-1:2005,IDT)

GB/T 5169.10 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(GB/T 5169.10—2006,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)

GB/T 5465.2 电气设备用图形符号 第2部分:图形符号(GB/T 5465.2—2008,IEC 60417 DB:2007,IDT)

GB 16895(所有部分) 建筑物电气装置[IEC 60364(all parts)]

GB 16917.1 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1部分:一般规则(GB 16917.1—2003,IEC 61009-1:1996,MOD)

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分:一般定义及试验要求(GB/T 16927.1—2011,IEC 60060-1:2006,MOD)

GB/T 16927.2 高电压试验技术 第2部分:测量系统(GB/T 16927.2—2013,IEC 60060-2:2010,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/T 16935.3—2005 低压系统内设备的绝缘配合 第3部分:利用涂层、罐封和模压进行防污保护(IEC 60664-3:2003,IDT)

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+A1:2004+A2:2005,IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

本部分中所用术语“电压”和“电流”均为有效值。

注:符号汇编见附录 F。

3.1 关于从带电部件流入大地电流的定义

3.1.1

接地故障电流 earth fault current

由于绝缘故障而流入大地的电流。

3.1.2

对地泄漏电流 earth leakage current

无绝缘故障,从设备的带电部件流入大地的电流。

3.1.3

脉动直流电流 pulsating direct current

在每一个额定工频周期内,用角度表示至少为 150° 的一段时间间隔内电流值为 0 或不超过直流 0.006A 的脉动波形电流。

3.1.4

电流滞后角 current delay angle

α

通过相位控制,使电流导通的起始时刻滞后的用角度表示的时间。

3.2 关于剩余电流断路器激励的定义

3.2.1

激励量 energizing quantity

单独或与其他这样的量一起施加到一个 RCCB 上,使它能在规定条件下完成其功能的电气激励量。

3.2.2

激励输入量 energizing input-quantity

在规定条件下施加时,使 RCCB 动作的激励量。

注:例如,这些条件可以包括某些辅助元件的激励。

3.2.3

剩余电流 residual current

I_{Δ}

流过 RCCB 主回路电流瞬时值的矢量和(用有效值表示)。

3.2.4

剩余动作电流 residual operating current

使 RCCB 在规定条件下动作的剩余电流值。

3.2.5

剩余不动作电流 residual non-operating current

在该电流或低于该电流时,RCCB 在规定条件下不动作的剩余电流值。

3.3 关于剩余电流断路器动作和功能的定义

3.3.1

剩余电流动作断路器 residual current operated circuit-breaker

在正常运行条件下能接通、承载和分断电流,以及在规定条件下当剩余电流达到规定值时能使触头断开的机械开关电器。

3.3.2

不带过电流保护的剩余电流动作断路器 **residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection; RCCB**

不能用来执行过载和/或短路保护功能的剩余电流动作断路器。

3.3.3

带过电流保护的剩余电流动作断路器 **residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection; RCBO**

能用来执行过载和/或短路保护功能的剩余电流动作断路器。

3.3.4

动作功能与电源电压无关的 RCCB **RCCB's functionally independent of line voltage**

其检测、判断和分断功能与电源电压无关的 RCCB。

3.3.5

动作功能与电源电压有关的 RCCB **RCCB's functionally dependent on line voltage**

其检测、判别和分断功能与电源电压有关的 RCCB。

注：显然，为了检测、判别和分断，RCCB 上要施加电源电压。

3.3.6

开关电器 **switching device**

用于接通或分断一个或几个电气回路电流的装置。

3.3.7

机械开关电器 **mechanical switching device**

用可分离的触头来闭合或断开一个或几个电气回路的开关电器。

3.3.8

自由脱扣 RCCB **trip-free RCCB**

闭合操作开始后，若进行（自动）断开操作时，即使保持闭合指令，其动触头能返回并保持在断开位置的 RCCB。

注：为保证正常分断可能被接通的电流，触头可能必须瞬时到达闭合位置。

3.3.9

RCCB 的分断时间 **break time of a RCCB**

从突然施加剩余动作电流瞬间起到所有极电弧熄灭瞬间为止所经过的时间间隔。

3.3.10

极限不驱动时间 **limiting non-actuating time**

对 RCCB 施加一个大于剩余不动作电流的剩余电流值而不使 RCCB 动作的最大延时时间。

3.3.11

延时型 RCCB **time-delay RCCB**

专门设计的对应于一个给定的剩余电流值，能达到一个预定的极限不驱动时间的 RCCB。

3.3.12

闭合位置 **closed position**

保证 RCCB 主电路预定的连续性的位置。

3.3.13

断开位置 **open position**

保证 RCCB 主电路的断开触头之间有预定的电气间隙的位置。

3.3.14

极 **pole**

仅与主电路的一个独立的导电路径相连的 RCCB 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并使各极一起动作的部件。

3.3.15

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。

3.3.16

(RCCB 的)主电路 **main circuit (of a RCCB)**

包括在电流通路里的 RCCB 的所有导电部分。

3.3.17

(RCCB 的)控制电路 **control circuit (of a RCCB)**

用于 RCCB 的闭合操作或断开操作或用于两者的电路(主电路的电流通路除外)。

注:本定义包括用于试验装置的电路。

3.3.18

(RCCB 的)辅助电路 **auxiliary circuit**

除了 RCCB 的主电路和控制电路以外的电路里所包括的 RCCB 的所有导电部件。

3.3.19

AC 型 RCCB **RCCB Type AC**

对突然施加或缓慢上升的剩余正弦交流电流能确保脱扣的 RCCB。

3.3.20

A 型 RCCB **RCCB Type A**

对突然施加的或缓慢上升的剩余正弦交流电流和剩余脉动直流电流能确保脱扣的 RCCB。

3.3.21

试验装置 **test device**

装在 RCCB 里的模拟 RCCB 在规定条件下动作的剩余电流条件的装置。

3.4 与激励量值和范围有关的定义

3.4.1

额定值 **rated value**

制造厂对 RCCB 的特定工作条件规定的量值。

3.4.2

主电路中不动作的过电流 **non-operating overcurrents in the main circuit**

不动作过电流极限值的定义见 3.4.2.1 和 3.4.2.2。

注:主电路出现过电流的情况下,由于检测装置本身的不对称,即使没有剩余电流,检测装置也可能发生动作。

3.4.2.1

具有两个电流回路的 RCCB 通以负载电流时的过电流极限值 **limiting value of overcurrent in case of a load through a RCCB with two current paths**

没有任何对框架或对地故障以及没有对地泄漏电流时,能够流过一个具有两个电流回路 RCCB 而不使其动作的过电流负载的最大值。

3.4.2.2

单相负载通过三极或四极 RCCB 时的过电流极限值 **limiting value of overcurrent in case of a single phase load through a three-pole or four-pole RCCB**

没有任何对框架或对地故障以及没有对地泄漏电流时,能够流过一个三极或四极 RCCB 而不使其动作的单相过电流负载最大值。

3.4.3

剩余短路耐受电流 residual short-circuit withstand current

在规定的条件下能够确保 RCCB 动作的剩余电流最大值,大于该值时,该装置可能遭受不可逆转的变化。

3.4.4

预期电流 prospective current

如果 RCCB 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作一个实际电流,例如:预期分断电流,预期峰值电流,预期剩余电流等。

3.4.5

(交流电路的)最大预期峰值电流 maximum prospective peak current (of an a.c. circuit)

当电流接通发生在可能导致最大值的瞬间的预期峰值电流。

注:对多相电路中的多极断路器,最大预期峰值电流仅指一极。

3.4.6

短路(接通和分断)能力 short-circuit (making and breaking) capacity

在规定条件下,用 RCCB 来接通,承载其断开时间和分断的有用有效值表示的预期电流的交流分量。

3.4.7

接通能力 making capacity

RCCB 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。

3.4.8

分断能力 breaking capacity

RCCB 在规定的使用和工作条件下以及在规定的电压下能够分断的预期电流的交流分量值。

3.4.9

剩余接通和分断能力 residual making and breaking capacity

在规定的使用和工作条件下,RCCB 能够接通、承载其断开时间以及能够分断的剩余预期电流的交流分量值。

3.4.10

限制短路电流 conditional short-circuit current

被一合适的串联的短路保护装置(以下简称 SCPD)保护的 RCCB 在规定的使用和工作条件下能够承受的预期电流的交流分量值。

3.4.11

限制剩余短路电流 conditional residual short-circuit current

被一合适的串联的 SCPD 保护的 RCCB 在规定的使用和工作条件下能够承受的剩余预期电流的交流分量值。

3.4.12

动作功能与电源电压有关的 RCCB 的电源电压极限值(U_1 和 U_2) limiting value (U_1 and U_2) of the line voltage for RCCB's functionally dependent on line voltage

3.4.12.1

U_1

电源电压下降时,动作功能与电源电压有关的 RCCB 仍能在规定条件下动作的最小电源电压值(见 9.17.1)。

3.4.12.2

 U_0

低于该电压时,动作功能与电源电压有关的 RCCB 在没有任何剩余电流情况下自动断开的最小电压值。

3.4.13

 I^2t (焦耳积分) I^2t Joule integral

电流的平方在给定的时间间隔(t_0, t_1)内的积分。

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

3.4.14

恢复电压 recovery voltage

分断电流后,在 RCCB 的一极接线端子之间出现的电压。

注 1: 此电压可以认为由两个连续的时间间隔组成,第一个时间间隔出现瞬态电压,接着的第二个时间间隔只出现工频恢复电压。

注 2: 本定义指单极 RCCB。对多极 RCCB,恢复电压是指 RCCB 电源端子之间的电压。

3.4.14.1

瞬态恢复电压 transient recovery voltage

在具有显著瞬态特征的时间内的恢复电压。

注: 根据电路和 RCCB 的特性,瞬态电压可以是振荡的,或非振荡的或两者兼有。此电压包括多相电路中中性点位移的电压。

3.4.14.2

工频恢复电压 power-frequency recovery voltage

在瞬态电压现象消失后的恢复电压。

3.5 与影响量值和范围有关的定义

3.5.1

影响量 influencing quantity

可能改变 RCCB 的规定动作的任何量。

3.5.2

影响量的基准值 reference value of an influencing quantity

与制造厂规定的特性有关的影响量值。

3.5.3

影响量的基准条件 reference conditions of influencing quantities

所有的影响量都是基准值。

3.5.4

影响量的范围 range of an influencing quantity

当其他影响量都是基准值时,可使 RCCB 在规定的条件下动作的一个影响量值的范围。

3.5.5

影响量的极限范围 extreme range of an influencing quantity

在这个影响量值范围内,RCCB 仅受到自发的可逆性的变化,但不必符合任何技术要求。

3.5.6

周围空气温度 ambient air temperature

在规定条件下确定的 RCCB 周围的空气的温度(对装在外壳里的 RCCB,指外壳外面的空气)。

3.6 与接线端子有关的定义

注：当 IEC 23F 分委员会有关接线端子的工作完成后，本定义可能要修改。

3.6.1

接线端子 terminal

接线端子是 RCCB 的可重复用于与外部电路进行电气连接的导电部件。

3.6.2

螺纹型接线端子 screw-type terminal

用于连接一个导线并且随后可拆卸这个导线，或用于两个或几个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。

3.6.3

柱式接线端子 pillar terminal

导线被插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。

注 1：其紧固压力可直接地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。

注 2：柱式接线端子的示例见附录 G 的图 G.1。

3.6.4

螺钉接线端子 screw terminal

导线紧固在螺钉头下面的螺纹型接线端子。其紧固压力可直接由螺钉头或通过一个过渡零件（如垫圈、夹板或防松装置）来施加。

注：螺钉接线端子的示例见附录 G 的图 G.2a)。

3.6.5

螺栓接线端子 stud terminal

导线紧固在螺母下的螺纹型接线端子。

注 1：其紧固压力可直接由一个适当形状的螺母来施加或通过一个过渡零件，例如垫圈、夹板或一个防松装置来施加。

注 2：螺栓接线端子的示例见附录 G 的图 G.2b)。

3.6.6

鞍形接线端子 saddle terminal

导线通过两个或几个螺钉或螺母紧固在鞍形板下的螺纹型接线端子。

注：鞍形接线端子的示例见附录 G 的图 G.3。

3.6.7

接线片式接线端子 lug terminal

用一个螺钉或螺母来紧固电缆接线片或母线的螺钉接线端子或螺栓接线端子。

3.6.8

无螺纹接线端子 screwless terminal

用于连接一个导线并且随后可拆卸这个导线，或用于两个或几个能拆卸的导线的相互连接的接线端子。其连接直接或间接地通过弹簧、楔形块、偏心轮或锥形轮等完成，除了剥去绝缘外，无须对导线进行特殊加工。

3.6.9

自攻螺钉 tapping screw

用变形抗力较高的材料制成的旋入变形抗力比螺钉低材料孔内的螺钉。

注：螺钉制成锥形螺纹，其端部螺纹的内径呈圆锥形。由螺钉作用产生的螺纹，只有在螺钉旋转足够圈数超出锥体部分的螺纹后才能可靠成形。

3.6.10

螺纹挤压成形的自攻螺钉 thread forming tapping screw

具有连续螺纹的自攻螺钉。

注 1: 其螺纹没有从孔内切削材料的功能。

注 2: 螺纹挤压成形的自攻螺钉的示例见图 1。

3.6.11

螺纹切削式自攻螺钉 thread cutting tapping screw

具有不连续螺纹的自攻螺钉。

注 1: 其螺纹具有从孔内切削材料的功能。

注 2: 螺纹切削自攻螺钉的示例见图 2。

3.7 操作条件

3.7.1

操作 operation

动触头从断开位置到闭合位置的转换或相反的转换。

注: 如果必须加以区分, 则电气含义上的操作(即接通和分断)称为开闭操作, 而机械含义上的操作(即闭合和断开)称为机械操作。

3.7.2

闭合操作 closing operation

RCCB 从断开位置转换到闭合位置的操作。

3.7.3

断开操作 opening operation

RCCB 从闭合位置转换到断开位置的操作。

3.7.4

操作循环 operating cycle

从一个位置转换到另一个位置再返回至起始位置的连续操作。

3.7.5

操作顺序 sequence of operations

具有规定时间间隔的规定的连续操作。

3.8 有关试验的定义

3.8.1

型式试验 type test

对按某一设计制造的一个或几个电器所进行的试验, 以表明该设计符合一定的技术要求。

3.8.2

常规试验 routine tests

对每个正在制造的和/或制造完毕的电器进行的试验, 以确定其是否符合某些标准。

3.9 与绝缘配合有关的定义

3.9.1

绝缘配合 insulation coordination

考虑了预期微观环境及影响应力, 电气设备绝缘特性的相互关系。

3.9.2

工作电压 working voltage

在额定电压下,在设备的任何特定绝缘两端可能产生的交流电压或直流电压的最高有效值。

注 1: 不考虑瞬时现象。

注 2: 开路和正常运行二种情况都要考虑。

3.9.3

过电压 overvoltage

峰值大于在正常运行下最大稳态电压的相应峰值的任何电压。

3.9.4

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。

3.9.5

过电压类别 overvoltage category

定义瞬态过电压条件的数字。

3.9.6

宏观环境 macro-environment

设备安装或使用的房间或其他场所的环境。

3.9.7

微观环境 micro-environment

对爬电距离尺寸确定有显著影响的紧靠绝缘的环境。

3.9.8

污染 pollution

任何能导致绝缘的介电强度或表面电阻率降低的外来的固体、液体或气体物质的增加。

3.9.9

污染等级 pollution degree

用数字表征微观环境受预期污染程度。

注: 由于通过诸如外壳或内部加热防止其吸湿或凝露的方法提供的保护,设备暴露于环境的污染等级可不同于设备所处宏观环境的污染等级。

3.9.10

隔离(隔离功能) isolation (isolating function)

出于安全的原因,通过使其与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。

3.9.11

隔离距离 isolating distance

满足对隔离用途规定的安全要求的断开触头之间的电气间隙。

3.9.12

电气间隙(见附录 B) clearance

两导电部件之间在空气中的最短距离。

注: 为了确定易触及部件间的电气间隙,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图 3 的标准试指触及的表面覆盖一层金属箔一样。

3.9.13

爬电距离(见附录 B) creepage distance

两导电部件之间沿固体绝缘材料表面的最短距离。

注: 为了确定易触及部件间的爬电距离,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图 3 的标准试指触及的表面覆盖一层金属箔一样。

4 分类

RCCB按如下方式分类。

4.1 根据动作方式分

注：按 GB 16895.4 的要求选择不同的型式。

4.1.1 动作功能与电源电压无关的 RCCB(见 3.3.4)

4.1.2 动作功能与电源电压有关的 RCCB(见 3.3.5)

4.1.2.1 电源电压故障时,有延时或没有延时自动断开(见 8.12)

- a) 当电源电压恢复时能自动重新闭合；
- b) 当电源电压恢复时不能自动重新闭合。

4.1.2.2 电源电压故障时不能自动断开

- a) 在电源电压故障时如出现危险情况(例如由于接地故障)能脱扣(技术要求正在考虑)；
- b) 在电源电压故障时如出现危险情况(例如由于接地故障)不能脱扣。

注 1: b)项 RCCB的选用按 GB 16895.4 中 531.2.2.2 的条件。

注 2: $I_{\Delta n} \leq 0.03$ A 的动作功能与电源电压有关且电源电压故障时不能自动断开的 RCCB,在电源电压故障时如出现接地故障电流应能脱扣,试验方法暂按 9.9.5。

4.2 根据装置型式分

- 固定装置和固定接线的 RCCB；
- 移动式装置以及用电缆连接的 RCCB(装置本身的电缆连接到电源上)。

4.3 根据极数和电流回路数分

- 单极两个电流回路的 RCCB；
- 二极 RCCB；
- 三极 RCCB；
- 三极 4 个电流回路 RCCB；
- 四极 RCCB。

注：单极两个电流回路的 RCCB 和三极 4 个电流回路 RCCB,因具有不可开断中性线,其使用在我国受到相关安装规程的制约。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。

4.4 根据调节剩余动作电流的可能性分

- 只有一个额定剩余动作电流的 RCCB；
- 具有几个分级调整的剩余动作电流整定值的 RCCB。

4.5 根据冲击电压下防止误脱扣的性能分

- 正常耐误脱扣能力的 RCCB(表 1 和表 2 中的一般型,如适用)；
- 增强耐误脱扣能力的 RCCB(表 1 和表 2 中的 S 型,如适用)。

4.6 根据有直流分量时的工作状况分

- AC 型 RCCB;
- A 型 RCCB。

4.7 根据(出现剩余电流时)延时分

- 没有延时的 RCCB;一般用途型;
- 有延时的 RCCB;具有选择性的 S 型。

4.8 根据防止外部影响分

- 封闭型 RCCB(不需要一个适当的外壳);
- 非封闭型 RCCB(需配一个合适的外壳使用)。

4.9 根据安装方式分

- 表面安装式 RCCB;
- 嵌入式 RCCB;
- 面板式 RCCB,也称为配电板式。

注:这些型式均可安装在安装轨上。

4.10 根据接线方式分

- 电气连接与机械安装无关的 RCCB;
- 电气连接与机械安装有关的 RCCB。

注:例如:

- 插入式;
- 螺栓式;
- 螺钉式。

某些 RCCB 可能只在电源端采用插入式或螺栓式,而在负载端通常适用于接线。

4.11 根据接线端子类型分

- 具有连接外部铜导线的螺纹型接线端子的 RCCB;
- 具有连接外部铜导线的无螺纹型接线端子的 RCCB;
- 注 1:具有此种接线端子的 RCCB 的要求见附录 K。
- 具有连接外部铜导线的扁平快速连接接线端子的 RCCB;
- 注 2:具有此种接线端子的 RCCB 的要求见附录 L。
- 具有连接外部铝导线的螺纹型接线端子的 RCCB。

注 3:具有此种接线端子的 RCCB 的要求见附录 M。

5 RCCB 的特性

5.1 特性概要

用下列条款来规定 RCCB 的特性:

- 装置型式(见 4.2);
- 极数和电流回路数(见 4.3);

- 额定电流 I_n (见 5.2.2)；
 - 额定剩余动作电流 $I_{\Delta n}$ (见 5.2.3)；
 - 额定剩余不动作电流 $I_{\Delta n 0}$ (见 5.2.4)；
 - 额定电压 U_n (见 5.2.1)；
 - 额定频率 (见 5.2.5)；
 - 额定接通和分断能力 I_m (见 5.2.6)；
 - 额定剩余接通和分断能力 $I_{\Delta m}$ (见 5.2.7)；
 - 延时,如果适用时 (见 5.2.8)；
 - 剩余电流带有直流分量时的动作特性 (见 5.2.9)；
 - 防护等级 (见 GB 4208)；
 - 额定限制短路电流 I_{nc} (见 5.4.2)；
 - 额定限制剩余短路电流 $I_{\Delta c}$ (见 5.4.3)；
 - 安装方式 (见 4.9)；
 - 接线方式 (见 4.10)；
- 对动作功能与电源电压有关的 RCCB；
- 电源电压故障时 RCCB 的工作状况 (见 4.1.2)。

5.2 额定量和其他特性

5.2.1 额定电压(U_n)

5.2.1.1 额定工作电压(U_r)

RCCB 的额定工作电压(以下称为额定电压)是制造厂规定的与 RCCB 的性能有关的电压值。

注:同一台 RCCB 可规定几个额定电压及与之相应的额定短路能力。

5.2.1.2 额定绝缘电压(U_i)

RCCB 的额定绝缘电压是制造厂规定的与介电试验电压和爬电距离有关的电压值。

除非另有规定,额定绝缘电压是 RCCB 的最大额定电压值。在任何情况下,最大额定电压不应超过额定绝缘电压。

5.2.1.3 额定冲击耐受电压(U_{imp})

RCCB 的额定冲击耐受电压应等于或高于表 3 规定的冲击耐受电压的标准值。

5.2.2 额定电流(I_n)

制造厂规定的 RCCB 在规定的基准周围空气温度下能在不间断工作制下承载的电流。

5.2.3 额定剩余动作电流($I_{\Delta n}$)

制造厂对 RCCB 规定的剩余动作电流值(见 3.2.4),在该电流值时 RCCB 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 RCCB,用最大整定值标志额定剩余动作电流。

不允许 RCCB 整定值连续可调。

5.2.4 额定剩余不动作电流($I_{\Delta n 0}$)

制造厂对 RCCB 规定的剩余不动作电流值(见 3.2.5),在该电流值时 RCCB 在规定的条件下不动作。

5.2.5 额定频率

RCCB的额定频率是对RCCB规定的以及其他特性值与之相应的电源频率。

注：同一台RCCB可以规定几个频率。

5.2.6 额定接通和分断能力(I_m)

制造厂规定的RCCB在规定的条件下能够接通、承载和分断的预期电流(见3.4.4)的交流分量有效值。规定条件如9.11.2.2。

5.2.7 额定剩余接通和分断能力($I_{\Delta m}$)

制造厂规定的RCCB在规定的条件下能够接通、承载和分断的剩余预期电流(3.2.3和3.4.4)的交流分量有效值。

规定条件见9.11.2.3。

5.2.8 S型RCCB

符合表1和表2有关部分的延时型RCCB(见3.3.11)。

5.2.9 剩余电流带有直流分量时的动作特性

5.2.9.1 AC型RCCB

对突然施加或缓慢上升的剩余正弦交流电流确保脱扣的RCCB。

5.2.9.2 A型RCCB

对突然施加或缓慢上升的剩余正弦交流电流和剩余脉动直流电流确保脱扣的RCCB。

5.3 标准值和优选值

5.3.1 额定电压优选值(U_n)

额定电压优选值如表1a所示。

表 1a 额定电压优选值

RCCB	RCCB的供电电路	用于230 V或230/400 V或400 V系统的RCCB额定电压 V	用于120/240 V或240 V系统的RCCB额定电压 V
单极RCCB(带两个电流回路)	单相(相对中性线或相对接地的中间导线)	230	120
两极RCCB	单相(相对中性线或相对相或相对接地的中间导线)	230	120
	单相(相对相)	400	240
	单相(相对相,3线)		120/240
	三相(4线)(230/400 V系统相对中性线或230 V系统相对相)	230	

表 1a (续)

RCCB	RCCB 的供电电路	用于 230 V 或 230/400 V 或 400 V 系统的 RCCB 额定电压 V	用于 120/240 V 或 240 V 系统的 RCCB 额定电压 V
三极 RCCB(带 3 个或 4 个电流回路)	三相(3 线或 4 线)(400V 或 230/400V 或 240V 系统)	400	240
四极 RCCB	三相(4 线)(230/400V 系统)	400	

注 1: 在 GB/T 156 中, 电压值 230/400 V 已经标准化, 这些电压值将逐步取代 220/380 V 和 240/415 V 的电压值。
注 2: 本部分中, 凡涉及到 230 V 或 400 V 的地方, 可以分别被看作 220 V 或 240 V、380 V 或 415 V。
注 3: 本部分中, 凡涉及到 120 V 或 120/240 V 或 240 V 的地方, 可以分别被看作 100 V 或 100/200 V 或 200 V。
注 4: 本部分中, 凡涉及到 240 V 三相的地方, 可以被看作 100 V 或 120/208 V。

5.3.2 额定电流优选值(I_n)

额定电流的优选值为:

10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 A。

5.3.3 额定剩余动作电流标准值($I_{\Delta n}$)

额定剩余动作电流标准值为:

0,006, 0,01, 0,03, 0,1, 0,3, 0,5 A。

注: 在韩国和日本, 0,015 A、0,2 A 和 1 A 也认为是标准值。

5.3.4 额定剩余不动作电流的标准值($I_{\Delta no}$)

额定剩余不动作电流标准值是 $0,5I_{\Delta no}$ 。

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(见 3.1.4)。

5.3.5 多极 RCCB 通以多相平衡负载时的不动作过电流的标准最小值(见 3.4.2.1)

多极 RCCB 通以多相平衡负载时的不动作过电流的标准最小值为 $6I_n$ 。

5.3.6 三极或四极 RCCB 通以单相负载时的不动作过电流的标准最小值(见 3.4.2.2)

三极或四极 RCCB 通以单相负载时的不动作过电流的标准最小值为 $6I_n$ 。

5.3.7 额定频率标准值

额定频率标准值为 50 Hz、60 Hz 和 50/60 Hz。

如果采用其他的频率值, 则该额定频率应标在装置上, 且要在该频率下进行试验。

5.3.8 额定接通和分断能力的最小值(I_m)

额定接通和分断能力 I_m 的最小值为 $10I_n$ 或 500 A, 两者取较大值。

相应的功率因数如表 19 规定。

5.3.9 额定剩余接通和分断能力的最小值($I_{\Delta m}$)

额定剩余接通和分断能力 $I_{\Delta m}$ 的最小值为 $10I_n$ 或 500 A, 两者取较大值。

相应的功率因数如表 19 规定。

5.3.10 额定限制短路电流的标准值和优选值 (I_{sc})

5.3.10.1 10 000 A 及以下的值

10 000 A 及以下的额定限制短路电流 I_{sc} 的值为标准值,其值为:3 000,4 500,6 000,10 000 A。

相应的功率因数如表 19 规定。

注:在韩国,1 000 A,1 500 A,2 000 A,2 500 A,7 500 A,9 000 A 也认为是标准值。

5.3.10.2 大于 10 000 A 的值

大于 10 000 A~25 000 A 的值,优选值为 20 000 A。

相应的功率因数如表 19 规定。

本部分不考虑大于 25 000 A 的值。

5.3.11 额定限制剩余短路电流的标准值 (I_{sr})

5.3.11.1 10 000 A 及以下的值

10 000 A 及以下的额定限制剩余短路电流 I_{sr} 的值为标准值,其值为:3 000,4 500,6 000,10 000 A。

对装入插座的 RCCB 或与插座组合使用的 RCCB,500 A,1 000 A 以及 1 500 A 的值也是标准值。

相应的功率因数如表 19 规定。

5.3.11.2 大于 10 000 A 的值

对大于 10 000 A~25 000 A 的值,优选值为 20 000 A。

相应的功率因数如表 19 规定。

本部分不考虑大于 25 000 A 的值。

5.3.12 AC 型和 A 型 RCCB 的分断时间和不驱动时间的限值

5.3.12.1 AC 型和 A 型 RCCB 交流剩余电流(有效值)的分断时间和不驱动时间的限值

AC 型和 A 型 RCCB 交流剩余电流(有效值)的分断时间和不驱动时间的限值见表 1。

表 1 AC 型和 A 型 RCCB 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_{sn} A	$I_{\Delta n}$ A	AC 型和 A 型 RCCB 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 0.25 A ^a	5 A~ 200 A ^b	500 A	
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	
		>0.03	0.3	0.15	0.04		0.04	0.04	
S 型	≥25	>0.030	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 本试验仅在按 9.9.2.4 验证正确动作时进行。

5.3.12.2 A型 RCCB 半波剩余电流(有效值)的分断时间最大值

A型 RCCB 半波剩余电流(有效值)的分断时间最大值见表 2。

表 2 A型 RCCB 半波剩余电流(有效值)的分断时间最大值

型号	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	A型 RCCB 在半波脉动剩余电流(有效值)等于下列值时的分断时间最大值/s							
			$1.4I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$2.8I_{\Delta n}$	$4I_{\Delta n}$	$7I_{\Delta n}$	0.35 A	0.5 A	350 A
一般型	任何值	<0.03		0.3		0.15			0.04	0.04
		0.03	0.3		0.15			0.04		0.04
		>0.03	0.3		0.15		0.04			0.04
S型	≥ 25	>0.030	0.5		0.2		0.15			0.15

5.3.13 额定冲击耐受电压(U_{imp})的标准值

表 3 给出了额定冲击耐受电压标准值与装置标称电压的关系。

表 3 额定冲击耐受电压与装置标称电压的关系

额定冲击耐受电压 U_{imp} kV	装置的标称电压	
	三相系统 V	中点接地的单相系统 V
2.5 ^a		120/240 ^b
4 ^c	230/400, 250/440	120/240, 240 ^c
注 1: 检验绝缘的试验电压见表 16。 注 2: 检验断开触头之间隔离距离的试验电压见表 15。 ^a 在 2 000 m 海拔处验证断开触头之间的隔离距离分别采用 3 kV 和 5 kV 的值(见表 5 和表 15)。 ^b 在日本,电气装置采用的电压。 ^c 在北美国家,电气装置常采用的电压。		

5.4 与短路保护装置的配合(SCPD)

5.4.1 概述

根据 GB 16895 安装规程,RCCB 应用符合相应标准的断路器或熔断器来进行短路保护。

在 9.11.2.1 的一般条件下用 9.11.2.4 规定的试验验证 RCCB 和 SCPD 的配合,以验证 RCCB 在限制短路电流 I_m 及以下的短路电流和限制剩余短路电流 $I_{\Delta c}$ 及以下的短路电流有足够的保护。

5.4.2 额定限制短路电流(I_m)

制造厂规定的用一个 SCPD 保护的 RCCB 在规定的条件下能承受的预期电流有效值而无损害其功能的变化。

其规定条件见 9.11.2.4a)。

5.4.3 额定限制剩余短路电流($I_{\Delta c}$)


制造厂规定的用一个 SCPD 保护的 RCCB 在规定的条件下能承受的预期剩余电流值而无损害其

功能的变化。

其规定条件见 9.11.2.4c)。

6 标志和其他产品资料


每台 RCCB 应以耐久的方式标出下列全部或部分 (对小型产品) 数据:

- a) 制造厂名称或商标;
- b) 型号、目录号或系列号;
- c) 额定电压;
- d) 额定频率, 如果 RCCB 用于多个频率时 (如 50/60 Hz), 应相应标志;
- e) 额定电流;
- f) 额定剩余动作电流;
- g) 剩余动作电流整定值 (RCCB 具有几个剩余动作电流整定值时);
- h) 额定接通和分断能力;
- i) 防护等级 (如不是 IP20 时);
- j) 使用位置 (必要时);
- k) 额定剩余接通和分断能力 (如不同于额定接通和分断能力时);
- l) S 型 RCCB 标以符号  (方框中一个 S);
- m) 动作功能与电源电压有关的 RCCB 的标记 (适用时) (正在考虑);
- n) 试验装置的操作件, 用字母 T 表示;
- o) 接线图;
- p) 剩余电流带有直流分量时的动作特性;

——AC 型 RCCB 用符号  表示;

——A 型 RCCB 用符号  表示。

标志应位于 RCCB 本体上或铭牌上或标贴在 RCCB 的标牌上, 并应位于 RCCB 安装后容易识别的地方。

本部分的所有 RCCB 均能提供隔离功能, 所以在 RCCB 上可用符号  标明其适用于隔离。当附加符号时, 该标志可放在接线图里, 此时可与其他功能符号组合在一起。

注 1: 在澳大利亚, 断路器上的该标志是强制的, 但不要求在安装后可见。

当该符号单独使用时 (即不在接线图中), 则不允许与其他功能的符号组合在一起。

如果 RCCB 上标志的防护等级高于 GB 4208 的 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, 则应在制造厂的文件中规定。

如果对于小型 RCCB, 可利用的空间不足以标志上述所有数据, 则至少应标出 e)、f)、l)、n) 和 p) 项 (只适用 A 型) 的内容以及在安装后能看得见。a)、b)、c)、j)、k)、o) 和 p) 项 (只适用 AC 型) 的数据可标在 RCCB 的侧面或背面以及只要在安装前能看得见。o) 项内容可标在接电源线时必须打开的任何盖子的里面。其余没有标出的任何数据应在制造厂的样本中给出。

制造厂应规定 RCCB 能承受的焦耳积分 I^2t 值及峰值电流 I_p 的能力。如果没有规定, 则采用表 18 给定的最小值, 制造厂应在其样本中和随 RCCB 一起提供的说明书中给出一个或几个合适的 SCPD 供参考。

对于按 4.1.2.1 分类的以及在电源电压故障时带延时断开的 RCCB, 制造厂应规定该延时范围。

除了用按钮操作的 RCCB 以外, RCCB 的断开位置应标志符号“O”而闭合位置应标志符号“|” (一根短直线)。对该标志允许增加国家的符号。暂时仅允许使用国家符号, 这些标志在 RCBO 安装后应清晰可见。


对用两个按钮操作的 RCCB, 用作断开操作的按钮只能用红色和/或标志符号“O”。

红色不应用于 RCCB 的其他任何按钮。如果用一个按钮来闭合触头并且能明显加以区分, 则按钮的按下位置就足以指示闭合位置。

如果只用一个按钮来闭合和断开触头并且能明显加以区分, 则按钮保持在按下位置就足以指示闭合位置。反之, 如果按钮不保持在按下位置, 则应配备一个指示触头位置的装置。

如果必须区分电源端和负载端, 则它们应有明显的标记(例如在相应的接线端子附近用“电源”和“负载”表示或用表示电功率流向的箭头表示)。

专门用于连接中性线导体的接线端子应用字母 N 表示。

用于保护导体的接线端子(如果有的话), 应用符号  表示(GB/T 5465.2—5019a)。

注 2: 以前推荐的符号  (GB/T 5465.2—5017a) 应逐步用上述的优选符号(GB/T 5465.2—5019a)替代。

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 9.3 的试验来检验是否符合要求。

对于通用接线端子(硬性实心, 硬性绞合和软导线):

——无标志。

对于非通用接线端子:

——声明只能用于硬性实心导线的接线端子应标志字母“s”或“sol”;

——声明只能用于硬性(实心和绞合)导线的接线端子应标志字母“r”。

标志宜放置在 RCCB 上, 如果空间有限, 可以放在最小的包装上或技术资料中。

7 使用和安装的标准工作条件

7.1 标准条件

符合本部分的 RCCB 应能在表 4 所示的标准条件下工作。

表 4 使用的标准工作条件

影响量	使用的标准范围	基准值	试验允差 ¹
周围温度 ^a	-5℃~+40℃ ^b	20℃	±5℃
海拔	不超过 2 000 m		
相对湿度 40℃时最大值	50% ^c		
外磁场	任何方向不超过地磁场的 5 倍	地磁场	*
位置	按制造厂规定, 任何方向允差 2° ^d	按制造厂规定	任何方向 2°
频率	基准值±5% ^e	额定值	±2%
正弦波畸变	不超过 5%	0	5%

^a 日平均最高温度值为+35℃。

^b 经常出现恶劣气候条件的地方, 允许超出这个范围, 由制造厂和用户协商。

^c 在较低温度下允许有较高的相对湿度(例如 20℃时 90%)。

^d 当 RCCB 安装在强磁场附近时, 可能需要补充技术要求。

^e 在固定 RCCB 时, 不应有妨碍其功能的变形。

^f 除非在相应的试验中另有规定, 所给的允差适用。

^{*} 在贮存和运输过程中允许-20℃和+60℃的极端温度范围, 并应在设计 RCCB 时予以考虑。

7.2 安装条件

RCCB 应按制造厂的说明书安装。

7.3 污染等级

本部分的 RCCB 适用于污染等级为 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的导电性污染。

8 结构和操作的要求

8.1 机械设计

8.1.1 一般要求

RCCB 的设计和结构应使得它们在正常使用时是安全的,并且不对使用者或环境构成危险。

剩余电流的检测元件和脱扣元件应位于 RCCB 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 RCCB 的动作特性。

不用工具应不可能从一个整定值调整到另一个整定值。应不可能通过任何方式来抑制或使 RCCB 失去功能。

注:澳大利亚、德国、丹麦、意大利、英国和瑞士不允许多个整定值。

如果 RCCB 有几个剩余动作电流整定值,其额定值是指最高的整定值。

8.1.2 机械结构

多极 RCCB 的所有极的动触头机械上应这样联接,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。

四极 RCCB 的可开闭的中性极(见 3.3.15)不应比其他极(见 3.3.14)后闭合先断开。

采用任何合适的方式(如指示灯、示波器等),通过直观检查和手动试验来检验是否符合上述要求。

RCCB 应具有自由脱扣机构。

应可能用手闭合和断开 RCCB。对没有操作手柄的插入式 RCCB,不能认为 RCCB 能从基座上拔下就满足了这一技术要求。

RCCB 的结构应使动触头只能停留在闭合位置(见 3.3.12)或断开位置(见 3.3.13),即使操作件处于释放的中间位置也是如此。

RCCB 在断开位置(3.3.13)时应提供一个满足隔离功能(见 8.3)要求所必须的隔离距离。

用下列一个或两个方式指示主触头的位置:

——操作件的位置(优选的);

——独立的机械指示器。

如果用一个独立的机械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。

触头位置指示装置应该可靠。

通过检查和 9.15 的试验来检验是否符合要求。

RCCB 的设计应使得操作件、面板或盖子只能固定在正确的位置,以确保正确指示触头位置。

通过检查和 9.11 的试验来检验是否符合要求。

当制造厂提供或规定了把操作件锁定在断开位置的器件时,应只有在主触头处于断开位置时才可能把操作件锁定在断开位置。

注1:对特定的使用场合,允许把操作件锁定在闭合位置。

通过直观检查及参照制造厂的说明书来检验是否符合要求。

如果用操作件来指示触头的位置,当操作件释放时应自动地位于与动触头位置相对应的位置。在这种情况下,操作件应有两个明显区别的与触头位置相应的静止位置,但对自动断开,操作件可以有三个明显区别的位置。这时,必须手动使RCCB再扣后才能重新闭合RCCB。

对动作功能与电源电压有关的并且当电源电压故障后,再恢复时能自动重新闭合的RCCB[见4.1.2.1a)],在触头自动断开后操作件应保持在“ON”位置。当电源电压重新建立时,触头应自动地重新闭合,除非在此期间操作件已被置于“OFF”位置。

注2:对这种型式的RCCB,操作件不能用作指示闭合和断开位置的装置。

如果使用指示灯,当RCCB处于闭合位置时指示灯应点亮并应是明亮的颜色。指示灯不应是唯一的指示闭合位置的装置。

机构的动作应不受外壳或盖子位置的影响并与任何可移动部件无关。

由制造厂密封定位的盖子看作是不可移动的部件。

如果盖子被用作按钮的导向件,则应不可能从RCCB的外面将按钮取下。

操作件应可靠地固定在其轴上,且不用工具应不可能把它们拆下。

允许把操作件直接固定在盖子上,如果操作件是“上下运动”的,当RCCB按正常使用安装时,则向上运动应使触头闭合。

注3:目前,在某些国家里暂时还允许向下运动闭合触头。

通过直观检查和手动试验,对自由脱扣机构通过9.15的试验来检验是否符合上述要求。

8.1.3 电气间隙和爬电距离(见附录B)

电气间隙和爬电距离要求的最小值见表5,表5的值是基于RCCB设计成在污染等级为2的环境中使用的。

通过测量以及9.7.7.4.1和9.7.7.4.2的试验来检验是否符合表5第1项的要求。进行试验的样品不经过9.7.1所述的潮湿处理。

只要测量的电气间隙不小于GB/T 16935.1中均匀电场条件下所允许的最小值,第2和4项的电气间隙可以减小。

在这种情况下,经过9.7.1的潮湿处理后,第2和4项的符合性和9.7.2的b)、c)、d)和e)的配置按下列顺序检查:

——按9.7.2~9.7.6进行试验(适用时);

——按9.7.7.2进行试验,施加表16所示电压,按9.7.2中b)、c)、d)、e)的试验配置。

如果电气间隙的测量值没有减小,则9.7.7.2试验不适用。

表5第3项的符合性通过尺寸测量来检查是否合格。

注1:8.1.3中要求的所有测量应在试验程序A的1个试品上进行,而9.7.7.2的试验应在试验程序B的3个试品上进行。

与带电部件连接的、采用GB/T 16935.3—2005的2型涂层防污染保护的印刷电路板(PCB)不需要本验证。

根据GB/T 16935.1—2008的4.8.1,按绝缘材料相比电痕化指数(CTDI)将其分为材料组别。

注2:有关固体绝缘设计要求和相应测试的信息见GB/T 16935.1—2008的5.3和6.1.3。

注3:对于印制电路材料的电气间隙,GB/T 16935.1—2008表F.2的脚注3)适用:“印制电路材料可用表F.4中污染等级1的规定值,但其值应不小于0.04 mm”。对于印制电路材料的爬电距离,如采用满足GB/T 16935.3—2005要求和试验的涂层保护时,GB/T 16935.1—2008表F.4中距离适用。

注4:对于印制电路板,不超过2 mm的电气间隙和爬电距离的尺寸可以在某些条件下用GB/T 16935.5—2008来优化,只考虑湿度等级2(HL2)和3(HL3)的情况。

表 5 最小电气间隙和爬电距离

	最小电气间隙 mm			最小爬电距离 ^{a,1)} mm											
				组别 III a ^b (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d			组别 II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d			组别 I (600 V ≤ CTI) ^d					
	额定电压			工作电压 ^e											
	U _{mp}														
	2.5 kV	4 kV	4 kV	>25V ≤50V ^f	120V	250V	400V	>25V ≤50V ^f	120V	250V	400V	>25V ≤50V ^f	120V	250V	400V
部位	120/ 240V 120V	120/ 240V 240V	230/ 400V 230V 400V												
1. 当主触头处于断开位置时,分开的带电部件之间 ^g	2.0	4.0	4.0	1.2	2.0	4.0	4.0	0.9	2.0	4.0	4.0	0.6	2.0	4.0	4.0
2. 不同极的带电部件之间 ^g	1.5	3.0	3.0	1.2	1.5	3.0	4.0	0.9	1.5	3.0	3.0	0.6	1.5	3.0	3.0
3. 不同电源供电的电路之间,其中一个电源为 PELV 或 SELV ^h	3.0	6.0	8.0		3.0	6.0	8.0		3.0	6.0	8.0		3.0	6.0	8.0
				额定电压											
				120/240V			230/400V			120/240V			230/400V		
4. 带电部件与 ——操作件可触及的表面之间; ——安装 RCCB 时必须拆下的盖的固定螺钉或其他器件之间; ——RCCB 安装的平面之间 ⁱ ; ——固定 RCCB 的螺钉或其他器件之间 ^j ; ——金属盖或外壳之间 ^k ; ——其他可触及的金属部件之间; ——支承嵌入式 RCCB 的金属支架之间	1.5	3.0	3.0	1.5	4.0	1.5	3.0	1.5	3.0	1.5	3.0				
<p>注 1: 400 V 的值对 440 V 同样有效。</p> <p>注 2: 中性线回路的部件(如果有的话)也认为是带电部件。</p> <p>注 3: 注意在不同极性的 RCCB 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 RCCB 之间。如果电气间隙和爬电距离的要求不能对相邻 RCCB 的所有表面均满足,则应提供适当的信息,便于安装。</p> <p>^a 对辅助和控制触头,其值在有关标准中规定。</p> <p>^b 如果 RCCB 的带电部件与金属屏蔽层之间或与安装 RCCB 的平面之间的电气间隙和爬电距离不仅仅与 RCCB 的设计有关,使得 RCCB 安装在最不利条件时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。</p> <p>^c 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 9.6 的伸直的无关节的试指(见图 3)把金属箔推至各个角落和凹槽等地方。</p> <p>^d 见 GB/T 4207。</p> <p>^e 在确定相应于表列的工作电压的中间电压值的爬电距离时,允许采用插值法。在用插值法时,应采用线性插值法并将数值圆整到从表中所选值的相同位数。确定爬电距离见附录 B。</p> <p>^f 爬电距离不能小于相应的电气间隙。</p> <p>^g 包括辅助触头中 ELV 所有不同的电压。</p> <p>^h 对材料组别 III b(100 V ≤ CTI < 175 V),材料组别 III a 的值乘以 1.6 后适用。</p> <p>ⁱ 对工作电压为 25 V 及以下时,可参考 GB/T 16935.1。</p>															

8.1.4 螺钉、载流部件和连接

8.1.4.1 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 RCCB 使用的螺钉不应是螺纹切削式自攻螺钉。

注 1: 安装 RCCB 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 RCCB 基座的连接装置。

通过直观检查和 9.4 的试验来检验是否符合要求。

注 2: 9.8、9.11、9.12、9.13 和 9.22 的试验可认为对螺钉连接进行了检验。

8.1.4.2 安装过程中,安装 RCCB 时所用的与绝缘材料螺纹啮合的螺钉,应保证其正确导入螺孔或螺帽内。

通过直观检查和手动试验来检验是否符合要求。

注: 如果能防止螺钉倾斜导入,例如用内螺纹中的凹槽固定的零件或使用一个去除前端螺纹的螺钉进行导向,则就满足了有关螺钉正确导入的要求。

8.1.4.3 电气连接应这样设计,使得触头压力不是通过除了陶瓷、纯云母或其他性能相当的材料以外的绝缘材料来传递,除非在金属部件中具有足够的弹性以补偿绝缘材料任何可能的收缩或变形。

通过直观检查来检验是否符合要求。

注: 材料的适用性是就材料尺寸的稳定性来考虑的。

8.1.4.4 载流部件包括用作保护导体的部件(如果有的话)应由金属制成,在设备所能遇到的条件下,该金属具有预期使用所需的足够的机械强度、导电率和耐腐蚀性能。

合适的金属如下:

——铜;

——对于冷加工零件,为含铜量至少 58% 的合金。对于其他零件,为含铜量至少 50% 的合金;

——耐腐蚀性能不低于铜并且具有适当机械性能的其他金属或适当涂层的金属。

当使用铁合金或适当涂层的铁合金时,通过防锈试验(见 9.25)来检验是否符合防腐要求。

本条款的要求不适用于触头、磁路、加热元件、双金属片、分流器、电子装置的元件,也不适用于螺钉、螺母、垫圈、夹紧板、端子的类似部件以及试验回路的部件。

8.1.5 连接外部导体的接线端子

8.1.5.1 连接外部导体的接线端子应确保其连接的导体可长期保持必须的接触压力。

只要接线装置不用来连接电缆,允许专用于母排连接的接线装置。

该装置可以是插入式,也可以是螺栓接入式。

接线端子在预期的使用条件下,应是容易接近的。

通过直观检查,对螺纹型接线端子采用 9.5 的试验、对本部分包括的插入式或螺栓式 RCCB 采用特定试验、或根据相关的接线型式采用附录 K、附录 L 或附录 M 的试验来检验是否符合要求。

8.1.5.2 RCCB 应具有:

——允许连接表 6 所示的标称截面积的铜导体的接线端子。

注: 可能采用的接线端子的结构设计的示例见附录 G。

——或者附录 M 中规定的连接外部未经处理铝导线的螺纹型接线端子和连接铜或铝导线的铝制螺纹型接线端子。

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体来检验是否符合要求。

表 6 螺纹型接线端子可连接的铜导体的截面积

额定电流 ^a A		被夹紧的标称截面积范围 ^b mm ²	
大于	至	硬性(实心或多股绞合 ^c)导体	软导体
—	13	1~2,5	1~2,5
13	16	1~4	1~4
16	25	1,5~6	1,5~6
25	32	2,5~10	2,5~6
32	50	4~16	4~10
50	80	10~25	10~16
80	100	16~35	16~25
100	125	24~50	25~35

^a 对具有相同基本设计以及接线端子的设计和结构相同的一个系列 RCCB,其接线端子应按规定连接与最小额定电流相应的最小截面的铜导线,以及连接与最大额定电流相应的最大截面的铜导线,铜导线为实心和多股绞合导线(如适用)。

^b 对额定电流小于等于 50 A 的接线端子,要求其结构能夹紧实心导体和硬性多股绞合导体。但是对截面积 1 mm²~6 mm² 的导体,允许其结构只能夹紧实心导体。

^c 对于截面积 1,5 mm²~50 mm² 的导体,应采用硬性绞合导体,并应符合 GB/T 3956—2008 中有关单芯绞合导体的第 2 种导体的要求。

8.1.5.3 接线端子中用来紧固导体的部件不应用来固定其他任何元件,但是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 9.5 的试验来检验是否符合要求。

8.1.5.4 额定电流小于和等于 32A 的接线端子应允许连接未经特殊加工的导体。

通过直观检查来检验是否符合要求。

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

8.1.5.5 接线端子应具有足够的机械强度。

用于夹紧导体的螺钉或螺母应具有公制 ISO 螺纹或节距和机械强度相当的螺纹。

通过直观检查及 9.4 和 9.5.1 的试验来检验是否符合要求。

8.1.5.6 接线端子的设计应使得其在紧固导体时不会过度损坏导体。

通过直观检查和 9.5.2 的试验来检验是否符合要求。

8.1.5.7 接线端子的设计应使其能可靠地把导体紧固在金属表面之间。

通过直观检查及 9.4 和 9.5.1 的试验来检验是否符合要求。

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

本要求不适用于接线片式接线端子。

通过 9.5.3 的试验来检验是否符合要求。

8.1.5.9 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松动。

这些要求不是指接线端子的设计应使其转动或位移受阻,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。

只要符合下列要求,采用密封化合物或树脂被认为足以阻止接线端子松动:

——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,接线端子所达到的温升不会损害密封化合物或树脂的效果。

通过直观检查、测量和 9.4 的试验来检验是否符合要求。

8.1.5.10 连接保护导体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,并且不使用工具应不可能使紧固螺钉或螺母松动。

通过手动试验来检验是否符合要求。

一般来说,附录 G 所示图例的接线端子的结构都具有足够的弹性可符合本要求。对其他结构形式,可能必须采取特殊措施,例如,使用一个不大可能因疏忽而丢失的具有足够弹性的部件。

8.1.5.11 用于连接外部导体的接线端子的螺钉或螺母应与金属螺纹啮合,并且这些螺钉不应是自攻螺钉。

8.2 电击保护

RCCB 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。

注:术语“正常使用”指 RCCB 按制造厂的说明书安装。

如果部件能被标准试指(见 9.6)触及,则认为该部件是易触及的。

对除了插入式 RCCB 以外的 RCCB,当其按正常使用条件安装和接线后,易触及的外部零件,不包括固定盖和标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 RCCB 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。

对于插入式 RCCB,正常使用时易触及的外部部件,不包括固定盖的螺钉或其他器件,应是绝缘材料制成的。

金属的操作件应与带电部件绝缘,其导电部件,即外露的导电部件,除了联结几个极的绝缘的操作件的部件外,应覆盖有绝缘材料。

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 RCCB 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。

应在不触及带电部件的情况下,可以很方便地更换插入式 RCCB。

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 9.6 的试验检验是否符合要求。

8.3 介电性能和隔离能力

RCCB 应具有足够的介电性能而且应确保隔离。

RCCB 安装后正常进行的绝缘测量所产生的直流高压,不能损坏连接到主电路的控制电路。

通过 9.7 的试验检验是否符合要求。

8.4 温升

8.4.1 温升极限

在 9.8.2 规定的条件下,测量表 7 规定的 RCCB 各部件的温升不应超过该表规定的极限值。

RCCB 不应受到影响其功能和使用安全的损害。

表 7 温升值

部 件 ^{a,b}	温升/K
连接外部导体的接线端子 ^c	65
在手动操作 RCCB 过程中,易触及的外部部件,包括绝缘材料的操作件以及连接各极绝缘的操作件的金属部件	40
操作件的外部金属部件	25
其他外部部件,包括 RCCB 与安装平面直接接触的表面	60
<p>^a 对触头的温升值不作规定,因为大多数 RCCB 的结构如不变动部件或移动部件不能直接测量这些部件的温升,而这些变动往往会影响到试验的复验性。可靠性试验(见 9.22)被认为已间接地对触头在使用中过度发热的工作情况作了充分的考核。</p> <p>^b 除了表列部件外,其他部件的温升值不作规定,但不应引起相邻的绝缘材料部件损坏,也不能妨碍 RCCB 的操作。</p> <p>^c 对插入式 RCCB 是指安装 RCCB 的基座的接线端子。</p>	

8.4.2 周围空气温度

表 7 所示的温升极限值仅适用于周围空气温度保持在表 4 所列的极限范围内。

8.5 动作特性

RCCB 的动作特性应符合 9.9 和 9.21 的技术要求(适用时)。

8.6 机械和电气寿命

RCCB 应能进行足够的机械和电气操作次数。

通过 9.10 的试验来检验是否符合要求。

8.7 在短路电流下的性能

RCCB 应能进行规定的短路操作次数,在短路操作时不应危及操作者,也不应在带电导电部件之间或带电导电部件与地之间产生闪络。

通过 9.11 的试验来检验是否符合要求。

8.8 耐机械冲击和撞击性能

RCCB 应具有足够的机械性能,以使其能承受在安装和使用过程中所遭受的机械应力。

通过 9.12 的试验来检验是否符合要求。

8.9 耐热性

RCCB 应有足够的耐热性能。

通过 9.13 的试验来检验是否符合要求。

8.10 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,RCCB 用绝缘材料制成的外部零件应不容易点燃或蔓延火焰。其他用绝缘材料制成的零件的耐异常发热和耐燃性可认为通过本部分的其他试验已得到检验。

通过直观检查和 9.14 的试验来检验是否符合要求。

8.11 试验装置

RCCB 应具有一个试验装置模拟一个剩余电流通过检测装置以便定期地检验剩余电流装置的动作能力。

注：试验装置是用来检验脱扣功能，而不是根据额定剩余动作电流和分断时间来检验脱扣功能是否有效。

在额定电压下或电压范围的最大值(如果适用时)下，操作 RCCB 的试验装置产生的安匝数不应超过在 RCCB 的一极流过等于 $I_{\Delta n}$ 的剩余电流时产生的安匝数的 2.5 倍。

RCCB 具有几个剩余动作电流整定值(见 4.4)时，应采用 RCCB 设计的最低整定值。试验装置应符合 9.16 的试验。

操作试验装置时，设备的保护导体不应变成带电导体。RCCB 处于断开位置并按正常使用接线时，操作试验装置应不可能对负载侧的电路供电。

试验装置不应是专门用来进行断开操作的工具，因此不是用来进行断开操作的。

8.12 动作功能与电源电压有关的 RCCB 的技术要求

动作功能与电源电压有关的 RCCB 应在 0.85 倍~1.1 倍的额定电压之间的任何电源电压下正确动作。这种情况下，多级 RCCB 的所有电流回路应由电源的相线和中性线(如果有的话)供电。

在 9.9.2 规定的补充试验条件下通过 9.17 的试验来检验是否符合要求。根据其分类，RCCB 应符合表 8 规定的要求。

表 8 动作功能与电源电压有关的 RCCB 的技术要求

根据 4.1 RCCB 的分类		电源电压故障时的工作情况
电源电压故障时 自动断开的 RCCB(4.1.2.1)	无延时	根据 9.17.2 a) 规定的试验条件，无延时断开
	有延时	根据 9.17.2 b) 规定的试验条件，延时断开 在延时过程中，应按 9.17.3 验证正确动作
电源电压故障时，不自动断开的 RCCB(4.1.2.2)		不断开

8.13 主电路过电流时，RCCB 的工作情况

RCCB 在规定的过电流条件下不应动作。

通过 9.18 的试验检验是否符合要求。

8.14 在冲击电压产生的浪涌电流作用下 RCCB 的性能

RCCB 对通过设备的电容负载流过的对地浪涌电流和设备闪络而流过的对地浪涌电流均应有足够的耐受能力。S 型 RCCB 对设备闪络而流过的对地浪涌电流应具有足够的耐误脱扣能力。

通过 9.19 的试验来检验是否符合要求。

8.15 接地故障电流含有直流分量时，RCCB 的工作状况

RCCB 根据其分类在接地故障电流含有直流分量时应有良好的性能。

通过 9.21 的试验来检验是否符合要求。

8.16 可靠性

RCCB 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 9.22 和 9.23 的试验来检验是否符合要求。

8.17 电磁兼容(EMC)

即使在电磁干扰出现的情况下,RCCB 也应可靠运行并应符合相关的 EMC 要求。

通过 9.24 的试验来检验是否符合要求。

9 试验

9.1 概述

9.1.1 RCCB 的性能通过型式试验来验证

本部分所要求的型式试验列于表 9。

表 9 型式试验表

试 验	条 款
标志的耐久性	9.3
螺钉、载流部件和连接的可靠性	9.4
连接外部导体的接线端子的可靠性	9.5
电击保护	9.6
介电性能	9.7
温升	9.8
动作特性	9.9
机械和电气寿命	9.10
短路情况下 RCCB 的工作状况	9.11
耐机械振动和撞击性能	9.12
耐热性	9.13
耐异常发热和耐燃性	9.14
自由脱扣机构	9.15
在额定电压极限值下,操作试验装置	9.16
按 4.1.2.1 分类的 RCCB 在电源电压故障时的工作状况	9.17
在过电流时,不动作电流的极限值	9.18
在浪涌电流作用下,防止误脱扣的性能	9.19
接地故障电流含有直流分量时,RCCB 的工作状况	9.21
可靠性	9.22
电子元件的老化	9.23
电磁兼容试验	9.24
防锈试验	9.25

9.1.2 作为认证用时,型式试验按试验程序进行

注:术语“认证”指:

——或是制造厂的合格声明;

——或是第三方认证,例如由一个独立的认证机构认证。

试验程序及提交试验的样品数量在附录 A 中规定。

除非另有规定,每项型式试验(或型式试验程序)在清洁的和新的 RCCB 上进行,影响量为标称的

基准值(见表4)。

9.1.3 制造厂对每个 RCCB 进行的常规试验见附录 D

9.2 试验条件

除非另有规定。RCCB 按制造厂的说明书单独地安装在周围温度为 20℃~25℃ 之间的大气中并避免外界过度的加热或冷却。

设计成安装在单独外壳中的 RCCB 应在制造厂规定的最小的这样的外壳中进行试验。

注1:单独外壳是设计成只能容纳一个 RCCB 的外壳。

除非另有规定,RCCB 连接表 10 规定的适当的截面积 S 的电缆,并且固定在一块厚约 20 mm,涂有无光泽黑漆的胶合板上。安装方式应符合制造厂有关安装说明的要求。

表 10 对应于额定电流的试验铜导体

额定电流 I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 100$	$100 < I_n \leq 125$
S mm^2	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50

注2:对 AWG 铜导体见附录 H。

在没有规定误差时,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,试验在额定频率 $\pm 5\%$ 的条件下进行。

在试验过程中,不允许维修或拆卸试品。

对 9.8、9.9、9.10、9.22.2 和 9.23 试验,RCCB 应按下列要求接线:

- 连接导线用单芯聚氯乙烯铜电缆线;
- 连接导线应在大气中,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长度如下:
 - 截面积小于等于 10 mm^2 的导线为 1 m;
 - 截面积大于 10 mm^2 的导线为 2 m。

施加在接线端子螺钉上的拧紧扭矩为表 11 规定值的三分之二。

与有关人力操作的 RCCB,在进行 9.10 和 9.11 试验过程中,应采用 (0.1 ± 0.025) m/s 的操作速度。在试验装置的操作机构触及到被试 RCCB 操作件末端时并在该位置测量操作速度。对于旋转操作手柄,其角速率应基本上与上述条件相当,即被试 RCCB 操作件末端处的速度与上述速度相当。

9.3 标志的耐久性试验

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℃,干点约为 69℃,比重为 0.68 g/cm^3)的棉花擦 15 s 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。

9.4 螺钉、载流部件和连接的可靠性试验

通过直观检查,对 RCCB 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 8.1.4 的要求:

拧紧或拧松螺钉和螺母：

- 对与绝缘材料螺纹啮合的螺钉,10次；
- 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 11 所示的扭矩。

螺钉或螺母应采用一个平稳和连续的动作拧紧。

试验时,只采用具有表 6 规定的最大截面积的硬性导体。对实心导体或绞合导体采用最不利的一种。每次拧松螺钉或螺母时,要移动导体。

表 11 螺钉的螺纹直径和施加扭矩

螺纹标称直径 mm		扭矩 N·m		
大于	至	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,然后在另一个试品上用螺丝刀施加第 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。

在试验过程中,螺钉连接不应松动,并不应有妨碍 RCCB 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。

9.5 连接外部铜导体的螺纹型接线端子的可靠性试验

通过直观检查以及 9.4、9.5.1、9.5.2 和 9.5.3 的试验来检验是否符合 8.1.5 的要求。在进行 9.4 的试验时,接线端子连接一根表 6 规定的最大截面积的硬性铜导体(标称截面积大于 6 mm²时,采用硬性绞合导体;其他标称截面,采用实心导体)。

进行 9.5.1、9.5.2 和 9.5.3 的试验时,采用适当的螺丝刀或扳手。

9.5.1 接线端子连接表 6 规定的同样型式的最小和最大截面积的铜导线(实心导线、绞合导线或软导线)。

接线端子应适合所有型式的导线:硬导线(单芯或绞合)和软导线,除非制造厂另有规定。

应在新的接线端子上,采用下面规定的每种型式的最小和最大截面积的导线进行试验:

- 对于单芯导线,应采用截面积为 $1\text{ mm}^2\sim 6\text{ mm}^2$ 的导线进行试验,如适用;
- 对于绞合导线,应采用截面积为 $1.5\text{ mm}^2\sim 50\text{ mm}^2$ 的导线进行试验,如适用;
- 对于软导线,应采用截面积为 $1\text{ mm}^2\sim 35\text{ mm}^2$ 的导线进行试验,如适用。

注: AWG 的信息见附录 H。

导线插入到新的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松脱的位置。

然后用表 11 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 12 规定的拉力。

施加拉力时不能用冲击力,时间为 1 min,方向为导线位置的轴线方向。

如需要,不同截面积下相关拉力的试验值应清楚地标注在试验报告中。

在试验过程中,端子中导线应没有可觉察的移动。

表 12 拉力

插入至接线端子的导线截面积 S mm^2	1~4	>4~6	>6~10	>10~16	>16~50
拉力 N	50	60	80	90	100

9.5.2 接线端子连接表 6 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 11 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,也不能有妨碍接线端子继续使用的损坏,例如,螺钉断裂或螺钉头的槽、螺纹、垫圈或螺钉夹头损坏。

9.5.3 接线端子连接表 6 对绞合和/或软铜导线规定的最大截面积的导线。

表 13 空

在插入接线端子前,对导线的线丝适当整形。

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 11 相应栏目中规定值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逃脱至夹持装置的外面。

9.6 验证电击保护

本要求适用于 RCCB 按正常使用安装后暴露在操作者面前的那些部件。

RCCB 按正常使用安装(见 8.2 的注)并且连接 RCCB 可能连接的最小和最大截面的导线,用图 3 所示的标准试指对 RCCB 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° 。

标准试指施加到手指可能弯曲到的每一个位置上,用一个电气接触的指示器来显示其与带电部件的接触。

推荐采用一个灯泡作为接触指示,电压不低于 40 V,标准试指不应触及带电部件。

带有热塑性材料外壳或盖的 RCCB 进行下列补充试验,试验在 $35\text{ }^\circ\text{C}\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 的周围温度下进行,RCCB 也处于这个温度下。

用一个与标准试指同尺寸的无关节的直的试指顶端对 RCCB 施加 75 N 的力 1 min,对绝缘材料变形可能影响 RCCB 的安全性的所有地方施加试指,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。

非封闭式的 RCCB,具有不被外壳覆盖的部件,试验时应使用一块金属面板并按正常使用安装。

9.7 介电性能试验

9.7.1 耐潮湿性能

9.7.1.1 被试 RCCB 的预处理

不用工具就能拆卸的 RCCB 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。

9.7.1.2 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。

放置试品处的温度保持在 20℃~30℃之间的任何合适温度的 $T \pm 1$ ℃内。

试品在放入到潮湿箱前,预热到 T ℃和 $T + 4$ ℃的温度之间。

9.7.1.3 试验顺序

试品在潮湿箱中保持 48h。

注 1: 在潮湿箱中放置硫酸钠(Na_2SO_4)或硝酸钾(KNO_3)的饱和水溶液,并使其与箱内空气有一个足够大的接触面,就可获得 91%~95%之间的相对湿度。

注 2: 为了使箱内达到规定的条件,建议使用一个绝热的箱子并确保箱内空气不断循环。

9.7.1.4 试验后 RCCB 的状况

在潮湿处理后,试品应无本部分含义内的损坏,并能承受 9.7.2,9.7.3,9.7.4,9.7.6 和 9.7.7.2 的试验(适用时)。

9.7.2 主电路的绝缘电阻

把经过 9.7.1 规定的处理后的 RCCB 从潮湿箱中拿出。

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

- RCCB 处于断开位置,依次对每极的每对接线端子之间(当 RCCB 处在闭合位置时,这些接线端子电气上是连接在一起的);
 - RCCB 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;
 - RCCB 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;
 - 机构的金属部件与框架之间;
 - 为了进行这个测量项目,可特殊提供触及机构金属部件的通路;
 - 对具有绝缘材料内衬的金属外壳的 RCCB,框架与覆盖在绝缘材料衬垫,包括套管和类似装置内表面的金属箔之间;
- a)、b)和 c)项的测量在所有的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 RCCB 基座的表面，必要时覆盖金属箔；
- 把基座固定到支架上的螺钉和其他器件；
- 安装 RCCB 时必须拆下的盖的固定螺钉；
- 8.2 所指的操作件的金属部件。

如果 RCCB 具有连接保护导体的接线端子，则该接线端子应连接到框架上。

对 b)、c)、d) 和 e) 项的测量，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 M Ω ，对 a) 项和 b) 项的测量；
- 5 M Ω ，对其他项的测量。

9.7.3 主电路的介电强度

RCCB 通过 9.7.2 的试验后，在 9.7.2 所指定的部件之间施加规定的试验电压 1 min。试验时，电子元件（如果有的话）应断开。

试验电压应基本上为正弦波形，频率在 45 Hz~65 Hz 之间。

试验电压的电源应能输出至少为 0.2 A 的短路电流。

当输出电路的电流小于 100 mA 时，变压器的过电流脱扣装置不应动作。

试验电压值如下：

- 2 000 V，对 9.7.2 的 a) 至 d) 项；
- 2 500 V，对 9.7.2 的 e) 项；

试验开始时，施加的电压不大于规定值的一半，然后在 5 s 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。

9.7.4 辅助电路的绝缘电阻测量和介电强度

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) 项规定的条件下进行。

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 500 V 直流电压 1 min 后并在这个电压下测量绝缘电阻。

绝缘电阻应不小于 2 M Ω 。

c) 在 b) 项所列的部件之间，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 14 所规定。

表 14 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	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

试验开始时,试验电压不超过规定值的一半,然后在 5 s~20 s 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) 项要求时,如果 RCCB 的辅助电路不易触及,则该项试验应在制造厂专门准备试品上或按制造厂的说
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 RCCB 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。

9.7.5 检测互感器的二次回路

只要互感器的二次回路不与易触及的金属部件或保护导体或带电部件连接,则可不对其进行任何绝缘试验。

9.7.6 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,RCCB 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^{+5%} V;

注: 这值是暂定值。

——最大波纹系数: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^{+5%} 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 1 min。

经过这个试验后,RCCB 应能完满地进行 9.9.2.3 规定的试验。

9.7.7 验证冲击耐受电压(跨越电气间隙和跨越固体绝缘)和断开触头之间的泄漏电流

9.7.7.1 冲击耐受电压试验的一般试验程序

表 15 与 RCCB 的额定冲击耐受电压和试验地点的海拔高度有关的验证适用于隔离的试验电压

电气装置的标称电压 V	在相应海拔时的试验电压				
	$U_{1,2-50}$ a.c.峰值 kV				
	海平面 0 m	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
单相系统(中点接地)120/240 ^a	3.5	3.5	3.4	3.2	3.0
单相系统 120/240V,240 ^b	6.2	6.0	5.8	5.6	5.0
三相系统 230/400	6.2	6.0	5.8	5.6	5.0

^a 日本的电气装置。
^b 北美国家的电气装置。

冲击电压由一个冲击电压发生器产生,冲击电压发生器能产生正向和负向冲击电压,前沿时间为 1.2 μ s;至半值时间为 50 μ s(GB/T 16927.1)。允许误差如下:

- 峰值: $\pm 5\%$;
- 前沿时间: $\pm 30\%$;
- 至半值时间: $\pm 20\%$ 。

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

在对完整的 RCCB 进行冲击电压试验时,应考虑试验电压的减小或增大,要确保在被试 RCCB 的端子间施加所要求的试验电压值。

试验装置的冲击阻抗的标称值不应超过 500 Ω 。

注 1: 在 9.7.7.2 中,对完整的 RCCB 验证基本绝缘的电气间隙时,试验时需要极低阻抗的发生器。为此目的,如果试验前内部元器件没有断开,虚拟阻抗为 2 Ω 的混合波发生器是合适的。然而,在任何情况下,要求直接在电气间隙上测量准确的试验电压。

调节冲击电压波形时,把被试 RCCB 连接到冲击电压发生器上。为此,应采用合适的分压器以及电压传感器。建议在试验前断开浪涌保护器件。

注 2: 对于组装的浪涌抑制器不能断开的 RCCB,调整冲击电压波形时,RCCB 不与冲击电压发生器连接。

允许冲击电压波形有小的振荡,只要靠近冲击电压峰值处的振荡幅值小于峰值的 5%。

冲击电压前沿的前半部的振荡幅值允许达到峰值的 10%。

试验过程中不应发生击穿放电(火花、闪络或击穿)。

注 3: 推荐使用示波器观察冲击电压以检测击穿放电。

9.7.7.2 用冲击耐受电压验证电气间隙

如果表 5 中第 2 项和第 4 项以及 9.7.2 中 b)、c)、d) 和 e) 的配置的电气间隙小于所要求的长度,本试验适用。本试验紧接着 9.7.4 绝缘电阻测量后进行。

注: 本试验可代替电气间隙的测量。

RCCB 按正常使用接线并处在闭合位置进行试验。

冲击电压试验值应按表 3 规定的 RCCB 的额定冲击耐受电压从表 16 中选取。试验电压值应按表 16 根据试验地点的气压和/或海拔进行修正。

第一组试验,冲击电压施加在连接在一起的相线极和中性极(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 RCCB 中连接在一起的相线极与中性极(或电流回路)之间(适用时)。

第三组试验,冲击电压施加在 9.7.2 b)、c)、d)和 e)所述的、且上述前二组试验没包括的部位。

试验过程中,不应发生非故意的击穿放电。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。

表 16 验证冲击耐受电压的试验电压

额定冲击耐受电压 U_{imp} kV	在相应海拔时的试验电压				
	$U_{i,t=50}$ a.c.峰值 kV				
	海平面	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2.5	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5
4	4.9	4.8	4.7	4.4	4.0

9.7.7.3 验证断开触头之间的泄漏电流(适用于隔离)

RCCB 经过 9.11.2.2、9.11.2.3、9.11.2.4a)、9.11.2.4b)、9.11.2.4c)所适用的每个试验后,RCCB 处在断开位置,对每极施加 1.1 倍额定工作电压。

测量流过断开触头之间的泄漏电流并且不应超过 2 mA。

9.7.7.4 在正常条件下,验证断开触头的绝缘和基本绝缘耐冲击电压能力

9.7.7.4.1 概述

这些试验不预先进行 9.7.1 的潮湿处理。

注:如 8.1.3 所述,应在试验程序 B 的 3 个样品上并在 9.7.1 的试验前进行 9.7.7.4 的试验。

冲击电压试验值应按表 3 规定的 RCCB 预期使用的电气装置的额定电压从表 15 中选取。试验电压值应按表 15 和根据试验地点的气压和/或海拔进行修正。

9.7.7.4.2 RCCB 处于断开位置

RCCB 按正常使用安装在金属支架上进行下列试验。

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。

9.7.7.4.3 RCCB 处于闭合位置

RCCB 按正常使用接线,安装在金属支架上进行下列试验,RCCB 处于闭合位置。

跨接在基本绝缘的所有元器件必须断开。

注:如果必要,可由制造商另外准备样品。

第一组试验,冲击电压施加在连接在一起的相线极和中性极(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 RCCB 中连接在一起的相线极与中性极(或电流回路)之间。

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。

随后,对一新的样品按 9.7.7.5 进行试验。

9.7.7.5 验证跨接基本绝缘的元器件的性能

对一个新的 RCCB 试品进行试验,以检验跨接在基本绝缘的元器件不会降低与短时暂时过电压有关的安全性。

注 1: 试验后,必须确保跨接在基本绝缘的元器件(在基本绝缘冲击电压试验时被断开)不会降低 RCCB 在正常使用时基本绝缘的性能或安全性能。

试验电压频率为 50/60 Hz。按照 GB/T 16935.1,用于基本绝缘的试验电压的有效值是 $1\,200\text{ V} + U_0$ 。 U_0 是相与中性线之间的标称电压值。

注 2: 本试验仅在 RCCB 上进行,其跨接在基本绝缘的元器件在 9.7.7.4.3 的冲击电压试验中被断开。

注 3: 例如,额定电压 $U_0 = 250\text{ V}$ 的 RCCB,基本绝缘的交流试验电压值为 $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$,即试验电压有效值是 $1\,450\text{ V}$ 。

电压施加到下述部位之间,持续时间 5 s:

连接在一起的相线极和中性极(或电流回路)与连接到保护导体端子的金属支架之间。

目测检查 RCCB,跨接基本绝缘的元器件不应有可见的损坏。

注 4: 在将 RCCB 与电源连接之前允许更换熔丝。如果保护电涌抑制器的熔丝已熔断,也允许更换电涌抑制器。

然后,按制造厂说明书将 RCCB 与电源连接,在 9.9.2.3a) 的条件下,通以 $1.25I_{50}$,RCCB 应脱扣。仅对 RCCB 任意选取的一极进行试验,不测量分断时间。

本试验不适用于带不可开断中性线的 RCCB。

9.8 温升试验

9.8.1 周围空气温度

在试验周期的最后四分之一时间内,用至少两只温度计或热电偶对称地分布在 RCCB 的周围,高度约为 RCCB 高度的一半,距 RCCB 约 1 m 的地方测量周围空气温度。

温度计或热电偶应避免受对流和辐射热的影响。

注: 应注意避免由于温度突然变化产生的误差。

9.8.2 试验顺序

RCCB 的所有极同时通以等于 I_n 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 1 K 时,即可认为达到了稳态条件。

对四极 RCCB,先只对 3 个相线极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的极通以电流重复进行试验。

在这些试验过程中,温升不应超过表 7 规定的值。

9.8.3 测量部件的温度

表 7 提及的各部件的温度应用细线热电偶或等效的工具在最可接近最热点的位置上测量。

热电偶与被测部件的表面之间应保证有良好的热传导性。

9.8.4 部件的温升

部件的温升是该部件按 9.8.3 测量的温度与按 9.8.1 测量的周围空气温度之差。

9.9 验证动作特性

9.9.1 试验电路

RCCB 按正常使用安装。

试验电路应是电感可以忽略不计并与图 4 相对应。

测量剩余电流的仪表应能显示(或可以测定)真有效值。

注:测量仪表的信息可按 2009 年 CTL 年会的决定。例如剩余电流 30 mA 以下,测量剩余电流的仪表测量精度应为 $\pm 3.5\%$;剩余电流 30 mA 及以上,测量剩余电流的仪表测量精度应为 $\pm 5\%$ 。时间为 10 ms~200 ms 之间,测量时间的仪表精度为 $\pm 5\%$;时间为 200 ms~1 s 之间,测量时间的仪表精度为 10 ms。有关信息可从 CTL 相关网页上得到。

对于具有多个额定频率的 RCCB,试验应在最低和最高频率下进行。除了 9.9.3(在基准温度下带负载时,验证动作正确性)试验以外,那个试验中,仅在一个频率下验证。

9.9.2 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 RCCB 任意选取的一极分别进行 9.9.2.1、9.9.2.2、9.9.2.3(每项试验测量 5 次)和 9.9.2.4 的试验。

对具有几个剩余动作电流整定值的 RCCB,每一个整定值都进行试验。

9.9.2.1 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 RCCB 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 30 s 内达到 $I_{\Delta n}$ 值,每次试验时测量脱扣电流。

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

9.9.2.2 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 RCCB 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 RCCB 的型式,每次测量值都不应超过表 1 对 $I_{\Delta n}$ 规定的极限值。

9.9.2.3 突然出现剩余正弦交流电流时,验证动作的正确性

a) 所有型式

试验电路依次调节到表 1 规定的每个剩余电流值,试验开关 S_2 和 RCCB 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 RCCB 应脱扣。

对每个剩余动作电流值测量 5 次分断时间。

每次测量值都不应超过相应规定的极限值。

b) 对 S 型的补充试验

试验电路依次调节到表 1 规定的每个剩余电流值,试验开关 S_1 和 RCCB 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 $\pm 2\%$ 。

每次施加剩余电流至少应与前一次间隔 1 min 的时间。

每次试验时,RCCB均不应脱扣。

9.9.2.4 突然出现 $5I_{\Delta n}$ 和 500 A 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 5 A 和 200 A 之间的任意两个剩余电流值。

试验开关 S_1 和 RCCB 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。

对每个剩余电流值进行一次试验,试验时测量分断时间。

每次试验时 RCCB 应脱扣,分断时间不应超过表 1 规定的时间。

9.9.3 在基准温度下带负载时,验证动作正确性

RCCB 如正常使用一样通以额定电流负载以足够的时间,使其达到热稳定状态,然后重复 9.9.2.2 和 9.9.2.3 的试验。

对于 9.9.2.3 的试验,试验开关 S_1 和 RCCB 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。

实际上,当每小时温升变化不超过 1 K 时,即可认为达到了稳态条件。

RCCB 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。

9.9.4 在极限温度下试验

RCCB 依次在下列条件下,进行 9.9.2.3 规定的试验:

a) 周围温度: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$,空载;

b) 周围温度: $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$,RCCB 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 1 K 时,即可认为达到了稳态条件。

RCCB 具有几个剩余动作电流整定值时,对每个整定电流值进行试验。

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

9.9.5 对动作功能与电源电压有关的 RCCB 的特殊试验条件

对动作功能与电源电压有关的 RCCB,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。

对 $I_{\Delta n} \leq 0.03\text{ A}$ 的动作功能与电源电压有关且电源电压故障时不能自动断开的 RCCB,RCCB 处于闭合位置, S_2 断开,断开 S_1 切断电源电压,RCCB 不应断开。

接着,重新闭合 S_1 ,在电源端施加 50 V 电压(相对地电压),闭合 S_2 对 RCCB 的一极突然通以 $I_{\Delta n}$ 的剩余电流,RCCB 应能脱扣。

9.10 验证机械和电气寿命

9.10.1 一般试验条件

RCCB 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 和 0.9 之间。

RCCB 用表 10 所示尺寸的导线连接至电路。

9.10.2 试验顺序

对 $I_{\Delta n} > 0.010$ A 的 RCCB 应进行 2 000 次操作循环,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。

RCCB 应按正常使用条件操作。

断开操作应按下列要求进行:

- 开始 1 000 次操作循环用手动操作件进行断开操作;
- 接着 500 次操作循环用试验装置进行断开操作;
- 最后 500 次操作循环在一极通以 $I_{\Delta n}$ 的剩余动作电流进行断开操作。

对 $I_{\Delta n} \leq 0.010$ A 的 RCCB,其断开操作次数分别为: 500,750,750 次。

此外,RCCB 不接负载,用手动操作方式再进行下列试验:

- 对 $I_n \leq 25$ A 的 RCCB,2 000 次操作循环;
- 对 $I_n > 25$ A 的 RCCB,1 000 次操作循环。

操作频率为:

- 对 $I_n \leq 25$ A 的 RCCB,每分钟 4 次操作循环,接通时间为 1.5 s~2 s;
- 对 $I_n > 25$ A 的 RCCB,每分钟 2 次操作循环,接通时间为 1.5 s~2 s。

注:对具有几个剩余动作电流整定值的 RCCB,试验在最小的整定值下进行。

9.10.3 试验后 RCCB 的状况

在 9.10.2 的试验后,RCCB 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。

在 9.9.2.3a) 的试验条件下,RCCB 通以 $1.25I_{\Delta n}$ 的试验电流应脱扣,只进行一次试验,试验时不测量分断时间。

然后,RCCB 应能完满地承受 9.7.3 规定的介电强度试验,试验电压为 2 倍额定电压,但不得低于 900 V,试验时间为 1 min,试前不经过潮湿处理。

9.11 在短路情况下,验证 RCCB 的工作状况

9.11.1 短路试验表

在短路情况下,验证 RCCB 的工作状况的各种试验见表 17。

表 17 在短路情况下,验证 RCCB 的工作状况所进行的试验

验证项目	分条款
额定接通和分断能力 I_n	9.11.2.2
额定剩余接通和分断能力 $I_{\Delta n}$	9.11.2.3
额定限制短路电流 I_w 时的配合	9.11.2.4a)
额定接通和分断能力 I_n 时的配合	9.11.2.4b)
额定限制剩余短路电流 $I_{\Delta n}$ 时的配合	9.11.2.4c)

9.11.2 短路试验

9.11.2.1 一般试验条件

9.11.2 的条件适用于用来验证 RCCB 在短路条件下工作状况的任何试验。

注 1: 对具有几个整定值的 RCCB, 试验应在最小整定值下进行。

a) 试验电路

图 7、图 8 和图 9 分别给出了有关试验的电路图:

- 单极两回路的 RCCB;
- 两极 RCCB;
- 三极 RCCB;
- 三极四回路 RCCB;
- 四极 RCCB。

由电源 S 供电的电路包括阻抗 Z, SCPD (如果有的话) (见 3.4.10), 被试 RCCB (D) 以及附加阻抗 Z_1 和/或 Z_2 (如适用的话)。

试验电路中的电阻器和电抗器应可调节以满足规定的试验条件。

电抗器 L 应是更适宜的空芯电抗器。它们总是与电阻器 R 串联, 其电抗值由几个独立的电抗器串联得到, 当电抗器时间常数基本上相同时, 也允许它们并联连接。

因为具有较大空芯电抗器的试验电路的暂态恢复电压特性不能代表正常的运行状况, 所以任何一相的空芯电抗器应并联一个电阻器, 流过电阻器的电流约为流过电抗器电流的 0.6% (见图 9), 如果制造厂同意, 该电阻可省略。

如果采用铁芯电抗器, 则这些电抗器的铁芯损耗功率不能超过与空芯电抗器并联的电阻所吸收的损耗功率。

在每个试验电路中, 阻抗 Z 接在电源 S 和 RCCB 之间。

SCPD 或等值的阻抗 [见 9.11.2.2a) 和 9.11.2.3a)] 接在阻抗 Z 与 RCCB 之间。

附加的阻抗 Z_1 (如果使用的話) 应接在 RCCB 的负载侧。

对于 9.11.2.4a) 和 c) 项的试验, RCCB 的每极应连接一根长为 0.75m 的电缆, 其截面积按表 6 与额定电流相对应的最大截面积。

注 2: 推荐被试 RCCB 的电源端连接 0.5m 的电缆, 负载端连接 0.25m 电缆。

试验电路图应在试验报告中给出, 且应符合相关的图例。

试验电路中应有一个点并且只有一个点直接接地。该接地点可以是试验电路的短路连接点, 或者是电源的中性点或者其他任何合适的点, 接地方式应在试验报告中说明。

适当调节阻抗 Z_2 可以得到下列电流:

- $10I_{\Delta n}$ 的剩余电流, 以便使 RCCB 在表 1 规定的最小动作时间内动作;
- 额定剩余接通和分断电流 $I_{\Delta n}$;
- 额定限制剩余短路电流 $I_{\Delta r}$ 。

S_1 是辅助开关。

为验证 RCCB 能承受表 18 规定的 I^2t 和 I_p 的最小值, 必须进行试验。SCPD (如果有的话) 应调整并应采用银丝或熔断器 (如附录 J 所推荐的) 或任何其他装置。制造厂可规定试验时所用的 SCPD 的型号。

为进行本试验, 在试验前先验证选择和调整 SCPD 的正确性 (I^2t 和 I_p), RCCB 用一个阻抗可忽略不计的临时连接代替。

在 45° 相位角处允许通过的能量 I^2t 和峰值电流 I_p 的最小值如表 18 规定。

未经制造厂同意, 这些值不应超过表 18 规定值的 1.1 倍。

表 18 I^2t 和 I_p 的最小值

I_w 和 I_{sc} A		I_w A								
		≤16	≤20	≤25	≤32	≤40	≤63	≤80	≤100	≤125
500	I_p/kA	0.45	0.47	0.5	0.57					
	I^2t/kA^2s	0.4	0.45	0.53	0.68					
1 000	I_p/kA	0.65	0.75	0.9	1.18					
	I^2t/kA^2s	0.5	0.9	1.5	2.7					
1 500	I_p/kA	1.02	1.1	1.25	1.5	1.9	2.1			
	I^2t/kA^2s	1	1.5	2.4	4.1	9.75	22			
3 000	I_p/kA	1.1	1.2	1.4	1.85	2.35	3.3	3.5	3.8	3.95
	I^2t/kA^2s	1.2	1.8	2.7	4.5	8.7	22.5	26	42	72.5
4 500	I_p/kA	1.15	1.3	1.5	2.05	2.7	3.9	4.3	4.8	5.6
	I^2t/kA^2s	1.45	2.1	3.1	5	9.7	28	31	45	82
6 000	I_p/kA	1.3	1.4	1.7	2.3	3	4.05	4.7	5.3	5.8
	I^2t/kA^2s	1.6	2.4	3.7	6	11.5	25	31	48	65
10 000	I_p/kA	1.45	1.8	2.2	2.6	3.4	4.3	5.1	6	6.4
	I^2t/kA^2s	1.9	2.7	4	6.5	12	24	31	48	60

注 3: 应制造厂要求,可采用较高的 I^2t 和 I_p 值。

对中间的短路试验电流值,应采用邻近的较高的短路电流。

如果制造厂对 RCCB 规定的值大于最小 I^2t 值和 I_p 值,则无需再验证最小 I^2t 值和 I_p 值,在这种情况下只需验证制造厂的规定值。

对于与断路器的配合,需进行这种组合的试验。

RCCB 在运行中通常接地的所有部件包括安装 RCCB 的金属支架或任何金属外壳[见 9.11.2.1f)]应接至电源中性点,或接至基本上无电感的至少允许通过 100 A 的预期故障电流的人为中性点。

该连接应包括一根直径为 0.1 mm,长度不小于 50 mm 的铜丝 F,用以检测故障电流。如果需要,还应包括一个电阻器 R_2 以限制预期故障电流值在 100 A 左右。

电压传感器接到:

- 对单极 RCCB,跨接到一极的接线端子之间;
- 对多极 RCCB,跨接到电源侧的接线端子之间。

除非试验报告中另有规定,测量电路的电阻至少应为每伏工频恢复电压 100 Ω 。

动作功能与电源电压有关的 RCCB 在电源端施加额定电压(或相应额定电压范围最小值的电压)。

对 4.1.2.1 的 RCCB,为了能进行分断操作,必须把短路接通装置 T 接在 RCCB 的负载侧或在此位置另外接入一个短路接通装置。

b) 试验量的允许误差

除非另有规定,所有有关验证额定接通和分断能力,以及 RCCB 与 SCPD 之间的正确配合的试验都应在制造厂按本部分表 4 规定的影响量和影响因素的值下进行。

如果试验报告中记录的量值在下列规定值的允许误差内,则认为试验是有效的:

- 电流: +5%;

- 频率：见 9.2；
- 功率因数： -0.95 ；
- 电压(包括恢复电压)： $\pm 5\%$ 。

c) 试验电路的功率因数

试验电路每相的功率因数应根据认可的方法来确定,并应在试验报告中说明。

附录 E 给出了两个确定功率因数的示例。

多相电路的功率因数为每相功率因数的平均值。

功率因数范围如表 19 所示。

d) 工频恢复电压

工频恢复电压值应等于被试 RCCB 额定电压的 105%。

注 4: 额定电压 105% 的值被认为包括了正常运行条件下系统电压变化的影响。制造厂同意时,可提高上限值。

在每次电弧熄灭后,工频恢复电压维持时间应不小于 0.1 s。

表 19 短路试验的功率因数

试验电流 I_c A	相应的功率因数范围
$I_c \leq 500$	0.95~1.00
$500 < I_c \leq 1\ 500$	0.93~0.98
$1\ 500 < I_c \leq 3\ 000$	0.85~0.90
$3\ 000 < I_c \leq 4\ 500$	0.75~0.80
$4\ 500 < I_c \leq 6\ 000$	0.65~0.70
$6\ 000 < I_c \leq 10\ 000$	0.45~0.50
$10\ 000 < I_c \leq 25\ 000$	0.20~0.25

e) 试验电路的调节

RCCB 和 SCPD(如果有的话)用临时连接线 G_1 代替,连接线的阻抗与试验电路的阻抗相比可忽略不计。

对于 9.11.2.4a) 的试验,RCCB 的负载端用阻抗可忽略不计的连接线 G_2 短路,调节阻抗 Z 以便在试验电压和规定的功率因数下获得等于额定限制短路电流的电流值;试验电路各极同时通电,用电流传感器记录电流波形。

此外,对 9.11.2.2、9.11.2.3、9.11.2.4b) 和 c) 项的试验,必要时,应使用附加的阻抗 Z_2 和/或 Z_1 以获得要求的试验电流值(分别为 I_m 、 $I_{\Delta m}$ 和 $I_{\Delta c}$)。

f) 被试 RCCB 的状况

RCCB 应按本条款 f)1) 的规定在大气中进行试验,除非其设计成只能用于制造厂规定的外壳中或只能用于单独的外壳中。在这种情况下,RCCB 应按本条款的 f)2) 进行试验,或经制造厂同意,按本条款的 f)1) 进行试验。

注 5: 单独的外壳是指设计成只能安装一个 RCCB 的外壳。

应尽可能地模拟正常使用操作 RCCB。

1) 在大气中试验

被试 RCCB 如附录 C 的图 C.1 所示的那样安装。

只有在断开操作(O)时,把附录 C 所规定的聚乙烯薄膜和绝缘材料挡板按图 C.1 所示的要求放置。

附录 C 所规定的栅格应这样放置,使得大部分发射出来的游离气体通过栅格,栅格应放

置在最不利的位置。

注6: 如果游离气体排气孔的位置不明显,或者没有排气孔,则应由制造厂提供适当的说明资料。

栅格电路(见图 C.3)应连接到图 7 和图 8 的试验电路图中所示的 B 点和 C 点。

电阻器 R' 电阻为 1.5 Ω , 铜丝 F' (见图 C.3) 长度为 50 mm, 对额定电压为 230 V 的 RCCB, 铜丝的直径为 0.12 mm, 对额定电压为 400 V 的 RCCB, 直径为 0.16 mm。

注7: 对其他电压数据正在考虑。

试验电流小于等于 1 500 A 时, 距离“a”应为 35 mm。

对较高的短路电流直至 I_m , 距离“a”可以增加和/或按制造厂的规定增加辅助挡板或绝缘装置。如果增加“a”, 应从 40, 45, 50, 55……mm 系列中选取并由制造厂规定。

2) 在外壳中试验

图 C.1 所示的栅格和绝缘材料挡板不用。

试验时应把 RCCB 放置在结构最不利的外壳中, 在最不利的条件下进行试验。

注8: 这意味着如果在放置栅格的方向通常安装其他 RCCB(或其他电器), 则它们应安装在该处。这些 RCCB(或其他电器)应按正常使用那样供电, 但是经过本条款 9.11.2.1f) 项规定的 F' 和 R' 并按图 7 和图 8 所示的合适的试验电路连接。

根据制造厂的说明, 可能必须用挡板或其他设施或足够的电气间隙以防止游离气体影响装置。只有在 O 操作时, 把附录 C 所述的聚乙烯薄膜按图 C.1 所示放置在距离操作件 10 mm 的地方。

g) 操作顺序

试验程序由一个操作顺序组成。

采用下列符号来说明操作顺序:

O 表示一次断开操作, RCCB 和 SCPD(如果有的话)处于闭合位置, 由接通开关 T 建立短路;

CO 表示接通开关 T 和 SCPD(如果有的话)处于闭合位置, RCCB 进行闭合操作以及紧接着自动断开操作(在有 SCPD 时, 见 9.11.2.4)

t 表示二次连续的短路操作之间的时间间隔, 该时间间隔应为 3min, 或者为重新闭合或更换 SCPD(如果有的话)可能需要的更长的时间。

h) 试验时 RCCB 的状况

在试验过程中, RCCB 不应危及操作者。

此外, 应没有持续燃弧, 极与极之间或极与外露导电部件之间不应有闪络, 熔断器 F 和熔断器 F' (适用时)不应熔断。

i) 试验后 RCCB 的状况

按 9.11.2.2, 9.11.2.3, 9.11.2.4a), 9.11.2.4b) 和 9.11.2.4c) 进行的每一项试验后, RCCB 不应有妨碍其继续使用的损坏现象, 且不经维修应能:

——按 9.7.7.3 测量断开触头之间的泄漏电流;

——在短路试验后 2 h~24 h 之间进行 9.7.3 的介电强度试验, 但试验电压等于其两倍额定电压, 时间为 1 min, 试前不进行潮湿处理;

——在额定电压下, 接通和分断其额定电流。

在上述试验过程中, 在按 9.7.2 中项 a) 规定的条件进行试验后, 应验证指示装置指示在断开位置, 而在按 9.7.2 中项 b) 规定的条件进行试验时, 指示装置应指示在闭合位置。

在 9.9.2.3a) 的试验条件下, RCCB 通以 $1.25I_{\Delta n}$ 的试验电流应能脱扣。仅在任意选取的一极进行一次试验, 试验时不测分断时间。

不采用附加的放大手段, 用正常的或矫正的视力进行观察, 聚乙烯薄膜应无可见的孔。

此外, 动作功能与电源电压有关的 RCCB 应能满足 9.17 的试验(适用时)。

j) 示波图说明

1) 确定外施电压和工频恢复电压

外施电压和工频恢复电压由被试断路器断开试验相应的示波图来确定,外施电压如图 30 所示估算。

应在所有极电弧熄灭后并且高频现象衰减后的第一个周期测量电源侧的电压。

2) 确定预期短路电流

预期电流的交流分量可看作等于整定波电流交流分量有效值(相应于图 30 中 A_2 值)。

如果适用时,预期短路电流应是各相预期电流的平均值。

9.11.2.2 验证额定接通和分断能力(I_m)

本试验主要是用来验证 RCCB 接通、承载一个规定时间和分断短路电流的能力,试验时由一个剩余电流引起 RCCB 动作。

a) 试验条件

RCCB 按 9.11.2.1 规定的一般试验条件在电路中进行试验,电路中不接 SCPD。

用 RCCB 及阻抗与 SCPD 近似的连接代替阻抗可忽略不计的连接 G_1 。

辅助开关 S_1 保持闭合。

b) 试验程序

经过开关 S_1 和电阻 Z_2 流过一个等于 $10I_{sm}$ 的剩余电流,进行下面的操作顺序:

CO-t-CO-t-CO

9.11.2.3 验证额定剩余接通和分断能力(I_{sm})及在 IT 系统的适用性

本试验是用来验证 RCCB 接通、承载一个规定时间和分断剩余短路电流的能力。

a) 试验条件

RCCB 按 9.11.2.1 规定的一般试验条件进行试验,电路中不接 SCPD,但是应这样连接,使得短路电流是一个剩余电流。

对于本试验,阻抗 Z_1 不用,电路处于断开状态。

不承载剩余短路电流的回路,其电源端与电源电压连接。

用 RCCB 及阻抗与 SCPD 近似的连接代替阻抗可忽略不计的连接 G_1 。

辅助开关 S_1 保持闭合。

依次对除可开闭的中性极(如果有的话)以外的每极进行试验。

b) 试验程序

进行下面的操作顺序:

O-t-CO-t-CO

分断操作时,接通开关 T 与电压波形同步,使接通起始点为 $45^\circ \pm 5^\circ$ 。对于不同的试品,应采用相同的极作为同步基准。

c) 验证 RCCB 在 IT 系统的适用性

本试验在新样品上进行。

——对于相线极,在 105% 的额定相间电压下;对于中性极,在 105% U_0 下(如果适用时);

——且按照 5.3.9, $10I_n$ 或 500 A,两者取较大值。

每极单独进行试验,试验电路按图 8 所示。

试验程序 O - t - CO。

带不可开断中性线的 RCCB 不进行此试验。

对于第 1 个被试极的 O 操作,接通开关 T 与电压波形同步,使试验电路在电压波形的 0° 处接通。

对接着的被试极的“O”操作(见 A.2),每次接通点相对与前次试验的电压波形上的接通点移位 30° ,公差为 $\pm 5^\circ$ 。

9.11.2.4 验证 RCCB 与 SCPD 之间的配合

这些试验是用来验证由 SCPD 保护的 RCCB 能够承受其额定限制短路电流(见 5.3.10)以下的所有短路电流而不发生损坏。

短路电流由 RCCB 和 SCPD 共同分断。

在试验过程中,或是 RCCB 和 SCPD 同时动作,或只有 SCPD 动作。如果只有 RCCB 断开,也认为该试验合格。

每次动作后应重新更换或重新闭合 SCPD(适用时)。

在 9.11.2.1 规定的一般条件下进行下列试验(也可见表 17):

——验证额定限制短路电流 I_{nc} 时,SCPD 保护 RCCB 的试验[见 9.11.2.4a)]。

试验时没有任何剩余电流。

——验证在对应于额定接通和分断能力 I_m 的短路电流时,SCPD 动作并保护 RCCB 的试验[见 9.11.2.4b)]。

试验时没有任何剩余电流。

——验证在相对地短路及电流达到额定限制剩余短路电流 $I_{\Delta v}$ 时,RCCB 能够承受相应应力的试验[见 9.11.2.4c)]。

分断操作时,接通开关 T 与电压波形同步,使一极的接通起始点为 $45^\circ \pm 5^\circ$ 。对于不同的试品,应采用相同的极作为同步基准。

a) 验证在额定限制短路电流(I_{nc})时的配合

1) 试验条件

用 RCCB 和 SCPD 代替阻抗可忽略不计的连接 G_1 。

辅助开关 S_1 保持断开;没有剩余电流。

2) 试验程序

进行下面的操作顺序:

O-t-CO

b) 验证在额定接通和分断能力(I_m)时的配合

1) 试验条件

用 RCCB 和 SCPD 代替阻抗可忽略不计的连接 G_1 。

辅助开关 S_1 保持断开;没有剩余电流。

2) 试验程序

进行下面的操作顺序:

O-t-CO-t-CO

c) 验证在额定限制剩余短路电流($I_{\Delta v}$)时的配合

1) 试验条件

RCCB 按 9.11.2.1 规定的一般试验条件进行试验,但应这样连接,使得短路电流是一个剩余电流。

试验仅在一个极上进行,该极不应是 RCCB 的可开闭中性极。

不承载剩余短路电流的电流回路,其电源端连接电源电压。

用 RCCB 和 SCPD 代替阻抗可忽略不计的连接 G_1 。

辅助开关 S_1 保持闭合。

2) 试验程序

进行下面的操作顺序：

(O-t-CO-t-CO)

9.12 验证耐机械振动和冲击

9.12.1 机械振动

9.12.1.1 试验装置

用图 14 所示的装置对 RCCB 进行机械振动试验。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,平台上再放一块木板 C,木板 C 能以两个垂直位置固定在距铰链不同的距离的地方。平台 B 的端部有一个金属止动板 D,它靠在一个弹性系数为 25 N/mm 的螺旋形弹簧上。

把 RCCB 固定在木板 C 上,使试品的水平轴线至平台 B 的距离为 180 mm,木板 C 按图所示,依次固定在使安装平面至铰链的距离为 200 mm 的地方。

在木板 C 的 RCCB 安装平面的反面,固定一个附加配重,使得作用在 D 上的静力为 25 N,以保证整个系统的惯量基本上不变。

9.12.1.2 试验程序

RCCB 处在闭合位置,但不接任何电源,将工作平台的自由端升高,然后从 40 mm 的高度落下 50 次,相邻二次落下的时间间隔应能使试品静止为准。

然后,把 RCCB 固定到 C 的反面,平台 B 再按上述要求落下 50 次。

在这试验后,把木板 C 绕着其垂直轴线转过 90°,如有必要,可将其重新定位,使 RCCB 的垂直对称轴线距铰链 200 mm。

然后如前所述,把 RCCB 固定在 C 的一面,将平台 B 落下 50 次,接着把 RCCB 固定在另一面再将平台落下 50 次。

在每次改变位置前,用手动操作方式断开和闭合 RCCB。

在试验过程中 RCCB 不应断开。

9.12.2 机械冲击

对所有型式的 RCCB,按正常使用条件(见 8.2 的注)安装,在正常使用中易遭受到机械冲击的外露部件用 9.12.2.1 的试验来验证是否符合要求。此外,对其他型式还要进行下列补充试验:

——对安装在安装轨上的 RCCB,进行 9.12.2.2 的试验;

——对插入式 RCCB,进行 9.12.2.3 的试验。

注:对规定完全封闭起来的 RCCB 可不进行本试验。

9.12.2.1 用图 15 至图 17 所示的冲击试验装置对试品进行冲击试验

冲击元件的头部有一个半径为 10 mm 的半球形面,由洛氏硬度为 HR100 的聚酰胺制成。冲击元件的质量为 $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ 并被刚性地固定在一根外径为 9 mm,壁厚为 0.5 mm 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。枢轴的轴线在冲击元件轴线上方 $1\ 000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 处。

确定冲击元件头部聚酰胺的洛氏硬度时,可采用下列条件:

——球的直径: $12.7\text{ mm} \pm 0.002\ 5\text{ mm}$;

——起始载荷: $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$;

——过负荷: $500\text{ N} \pm 2.5\text{ N}$ 。

注 1: 关于确定塑料洛氏硬度的补充说明见美国材料试验协会(ASTM)规范 D785-08。

试验装置应这样设计,使得钢管要保持水平位置,则必须在冲击元件的前面施加一个 1.9 N~2.0 N 的力。

平面安装式的 RCCB 应安装在一块 175 mm×175 mm, 厚为 8 mm 的胶合板上, 胶合板的上下两边固定在如图 17 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 kg±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。

嵌入式 RCCB 安装在一个如图 18 所示的试验装置上, 该装置固定在安装支架上。

配电板安装式 RCCB 安装在一个图 19 所示的试验装置上, 该装置固定在安装支架上。

插入式 RCCB 安装在其合适的插座上, 该插座固定在胶合板上或固定在图 18 或图 19 所示的试验装置上(适用时)。

轨道安装式 RCCB 应安装在其合适的安装轨上, 安装轨刚性地固定在安装支架上。

试验装置的设计是这样的:

——试品能在水平方向移动, 并能绕着一根与胶合板表面垂直的轴线转动;

——胶合板能绕一根垂直轴线转动。

RCCB 连同它的盖(如果有的话)按正常使用安装在胶合板上或合适的试验装置上(适用时), 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, 则打开其中两只。

在施加撞击前, 用表 11 规定值三分之二的力矩把固定基座、盖子及类似部件的螺钉拧紧。

撞击元件从 10 cm 的高度落到按正常使用安装时的 RCCB 外露表面。

撞击元件下落高度是摆释放时测量点的位置与撞击瞬间测量点位置之间的垂直距离。

测量点是撞击元件表面的标志点, 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, 所以测量点按上述规定选择。

每台 RCCB 承受 10 次撞击, 其中两次施加在操作手柄上, 其余几次应均匀地分布在试品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, 把试品绕一根垂直轴线尽可能地转过一个角度, 但不超过 60°, 在试品的每个侧面施加一次撞击, 而另外两次撞击施加在试品的侧面撞击点与操作件撞击点之间近似中间的地方。

然后, 把试品绕着其垂直于胶合板的轴线转过 90°以后, 用同样的方法对其施加余下的撞击。

如果试品有电缆进线孔或敲落孔, 试品的安装应使得撞击点的两根连线尽可能地与这些孔等距。

对操作件应施加两次撞击: 一次操作件处于闭合位置, 而另一次操作件应处于断开位置。

试验后, 试品应无本部分含义内的损坏, 尤其是碎裂后可触及带电部件或妨碍 RCCB 继续使用的盖、操作件、绝缘材料衬垫或隔板, 以及类似的部件均不应有这样的损坏。

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 8.1.3 规定值的小的压痕以及不会对防电击保护产生有害影响的小的碎片可忽略不计。

对设计成既可用螺钉固定又可用安装轨安装的 RCCB 进行试验时, 试验在两组 RCCB 上进行, 一组用螺钉固定而另一组安装在安装轨上。

9.12.2.2 设计成安装在安装轨上的 RCCB, 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, 但不接电缆也没有任何盖或盖板。

在 RCCB 的正面用一个平稳和连续的动作施加一个垂直向下的 50 N 力 1 min, 紧接着再施加一个垂直向上的 50 N 力 1 min(图 20)。

在试验过程中, RCCB 不应松动, 而且试验后, RCCB 不应有妨碍其继续使用的损坏。

9.12.2.3 插入式 RCCB

注: 补充试验正在考虑。

9.13 耐热试验

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

在试验过程中,试品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)不应流失到使带电部件外露的程度。

试验后以及试品冷却到接近室温后,试品按正常使用安装,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 5 N 的力施加标准试指也是如此。

在 9.9.2.3a) 的试验条件下,通以 $1.25I_{\Delta n}$ 的试验电流 RCCB 应脱扣,仅在任意选取的一极进行一次试验,试验时不测分断时间。

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。

9.13.2 RCCB 中把载流部件或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 18 所示的装置进行球压试验。把外壳内保护导体的接线端子保持在位置上必需的绝缘材料部件应按 9.13.3 规定试验外。

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

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

1 h 后,把球从试品上移开,然后把试品浸入冷水中使其在 10 s 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 2 mm。

9.13.3 RCCB 中不是把载流部件和保护电路部件保持在其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,均应按 9.13.2 进行球压试验,但试验在 $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或在 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度加上在 9.8 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:就 9.13.2 和 9.13.3 的试验而言,平面安装式 RCCB 的基座看作为外部部件。

对于陶瓷材料部件不进行 9.13.2 和 9.13.3 的试验。

如果 9.13.2 和 9.13.3 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 9.13.2 或 9.13.3 进行试验(适用时)。

9.14 耐异常发热和耐燃试验

在下列条件下,按 GB/T 5169.10 在完整的 RCCB 上进行灼热丝试验:

——对 RCCB 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 $960\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行试验;

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

注:就本试验而言,把平面安装式 RCCB 的基座看作为外部部件。

如果上述两组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。

对陶瓷材料部件不进行本试验。

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而蔓延火灾。

试验在 3 个试品上进行,每个样品的灼热丝施加点彼此不同。

灼热丝不能直接施加到端子区域或灭弧室或电磁脱扣器部分,在这些区域,灼热丝从绝缘材料外表面穿出,会接触到相对较大的金属部件或甚至接触陶瓷,这时灼热丝会迅速冷却,同时限制了与灼热丝

接触的绝缘材料数量。在这种情况下,由于这些部件对灼热丝的冷却并限制了进入被试绝缘材料的数量,使试验的严酷程度最小。

试验时,试品应处于其预期使用的最不利位置(被试表面处于垂直位置)。

如果绝缘材料的内部部件对试验有负面影响,允许从一个新的试品上移去绝缘材料的相关内部部件。然后在该新试品的同样位置重复进行灼热丝试验。

按制造厂的要求,作为一种替代方法,将被检查部件从整体产品上拆下并单独对其测试也是可以接受的(见 GB/T 5169.11—2006 第 4 章)。

如果符合下列要求,则可看作试品通过了灼热丝试验:

- 没有可见的火焰,也没有持续的辉光;
- 或者在灼热丝移开后,试品上的火焰和辉光在 30s 内自行熄灭。

此外,不应点燃薄纸或烧焦松木板。

9.15 验证自由脱扣机构

9.15.1 一般试验条件

RCCB 按正常使用安装和接线。

RCCB 在基本上无感的电路里进行试验,试验电路图见图 4。

9.15.2 试验程序

RCCB 闭合并把操作件保持在闭合位置,通过闭合开关 S_2 使电路中流过一个等于 $1.5I_{\Delta n}$ 的剩余电流,RCCB 应脱扣。

然后,在约 1 s 时间内把 RCCB 的操作件缓慢地移到电流开始导通的位置,这时操作件不再移动,RCCB 应脱扣。

两项试验各进行三次,每个与相线连接的极至少一次。

注 1: 如果 RCCB 有几个操作件,则对所有的操作件都要验证自由脱扣动作。

注 2: 对具有几个剩余动作电流整定值的 RCCB,对每个整定值都要进行试验。

9.16 验证试验装置在额定电压极限值时的动作性能

a) RCCB 施加 0.85 倍的额定电压,瞬时地操作试验装置 25 次,间隔 5 s,每次操作前重新闭合 RCCB。

b) 然后,在 1.1 倍额定电压下重复 a) 项试验。

c) 接着,重复 b) 项试验,但只试验一次,试验装置的操作件保持在闭合位置 30 s。

每次试验时,RCCB 应动作。试验后,RCCB 应无妨碍其继续使用的损坏。

为了验证在额定电压下操作试验装置产生的安匝数小于 $I_{\Delta n}$ 的剩余电流产生的安匝数的 2.5 倍,可根据试验装置电路的结构,测量试验装置电路的阻抗并计算试验电流。

对于这个验证的项目,如果必须拆开 RCCB,则应另外使用一个试品。

注: 验证试验装置的寿命可认为已包括在 9.10 的试验中。

9.17 验证 4.1.2 分类的动作功能与电源电压有关的 RCCB 在电源电压故障时的工作状况

9.17.1 确定 4.1.2.1 分类的 RCCB 电源电压的极限值(U_c)

在 RCCB 的电源侧接线端子上施加一个等于额定电压的电压,然后逐步降压使其在约 30s 内或在相对于延时断开足够长的时间(如果有的话)(见 8.12)内达到零,两者中取较长的时间,直至发生自动断开。

测量相应的电压。

测量 5 次。

所有的测量值应小于 0.85 倍额定电压(或者相应的额定电压范围最小值的 0.85 倍)。

在这些测量结束后,应该在本条款规定的条件及电源电压降低的情况下,通以一个等于 $I_{\Delta n}$ 的剩余电流来验证 RCCB 按表 1 要求动作,直到自动断开。施加电压刚大于最大的测量值。

然后,验证对小于最低测量值的任何电源电压值,应不可能用手动操作件闭合 RCCB。

9.17.2 验证 4.1.2.1 分类的 RCCB 电源电压故障时自动断开

RCCB 的电源侧施加额定电压(或者相应的额定电压范围内的电压值)并闭合 RCCB。

然后断开电源电压。

测量电源电压断开至主触头断开之间的时间间隔。

测量 5 次:

- a) 对不带延时断开的 RCCB:测量值不应超过 0.5 s;
- b) 对延时断开的 RCCB:最大值和最小值应在制造厂规定的范围内。

注:本部分不考虑验证 U_1 值(见 3.4.12.2)。

9.17.3 验证电源电压故障时延时断开的 4.1.2.1 分类的 RCCB 在有剩余电流时的正确动作

RCCB 按图 4 接线并在电源端施加额定电压(或者相应的额定电压范围内的任何电压值)。

然后,除一个相线极接通以外,用开关 S_1 断开所有其他相线极。

在制造厂规定的延时(见表 8)期间,对 RCCB 进行 9.9.2 的试验。每次试验前要求闭合并接着断开 S_1 。

注:9.9.2.1 的试验仅在延时大于 30 s 时间行。

9.17.4 验证带 3 个或 4 个电流回路的 RCCB 在只对中性线和一个相线接线端子供电情况下出现剩余电流时的正确动作

对 4.1.2 分类的带 3 个或 4 个电流回路的 RCCB(见 4.3),按 9.9.2.3 进行试验,但仅对中性线和一根相线极接线端子供电,接线方式按图 4。

依次对每个其他相线重复进行试验。

注:对没有中性极的三极断路器,试验时暂时可用一根相线代替中性线。

9.17.5 验证自动重新闭合的 RCCB 的重新闭合功能

正在考虑。

9.18 验证过电流情况下的不动作电流极限值

注:对具有几个整定值的 RCCB,试验在最低整定值下进行。

9.18.1 验证带两个电流回路的 RCCB 通以负载时的过电流的极限值

RCCB 按正常使用接线,连接一个实际上无感的等于 $6I_n$ 的负载。

用一个两极试验开关接通负载,然后过 1 s 后再断开。

该试验重复进行三次,两次闭合操作之间的时间间隔至少为 1 min。

RCCB 不应断开。

动作功能与电源电压有关的 RCCB 在电源侧施加额定电压(或者相应的额定电压范围内的任何电压值)。

9.18.2 验证三极或四极 RCCB 通以单相负载时过电流的极限值

RCCB 按图 22 接线。

调节电阻 R 使电路流过等于 $6I_n$ 的电流。

注：调节电流时，RCCB 可以用阻抗可忽略不计的连接代替。

把原来断开的试验开关 S_1 闭合，然后在 1 s 后重新断开。

对每一个可能组合的电流回路重复试验 3 次，相邻两次闭合操作之间的时间间隔至少为 1 min。

RCCB 不应断开。

动作功能与电源电压有关的 RCCB 在电源端施加额定电压（或者相应的额定电压范围内的任何电压值）。

9.19 验证冲击电压产生的浪涌电流作用下 RCCB 的性能

9.19.1 对所有 RCCB 的浪涌电流试验（0.5 μs/100 kHz 振铃波试验）

RCCB 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 23 所示的衰减的振荡电流波。RCCB 接线的试验电路图的示例见图 24。

对 RCCB 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 30 s。

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 RCCB 调节电流以满足下列要求：

- 峰值电流： $200 A^{+10\%}$
或： $25 A^{+10\%}$ （对 $I_{\Delta n} \leq 10$ mA 的 RCCB）
- 前沿时间： $0.5(1 \pm 30\%) \mu s$
- 后续振荡电流波形周期： $10(1 \pm 20\%) \mu s$
- 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，RCCB 不应脱扣。振铃波试验后，按 9.9.2.3 的要求验证 RCCB 的正确动作，仅在 $I_{\Delta n}$ 的下进行试验，试验时测量分断时间。

注：对带有电压保护或组装有过电压保护的 RCCB 的试验程序和相关的试验电路正在考虑。

9.19.2 验证在 3 000 A 浪涌电流下的性能（8/20 μs 浪涌电流试验）

9.19.2.1 试验条件

RCCB 用一个电流发生器进行试验，电流发生器能产生一个图 28 所示的 8/20 μs 衰减浪涌电流（GB/T 16927.2）。RCCB 接线的试验电路图的示例见图 29。对 RCCB 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 30 s。

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 RCCB 调节电流以满足下列要求：

- 峰值电流： $3\ 000 A^{+10\%}$ ；
- 前沿时间： $8(1 \pm 20\%) \mu s$ ；
- 至半值时间： $20(1 \pm 20\%) \mu s$ ；
- 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 RCCB 进行试验，反向电流（如果有的话）不能超过峰值的 30%。

9.19.2.2 对 S 型 RCCB 的试验结果

在试验过程中,RCCB 不应脱扣。

在浪涌电流试验后,按 9.9.2.3 的试验验证 RCCB 的正确动作,仅在 $I_{\Delta n}$ 下进行试验,试验时测量分断时间。

9.19.2.3 对一般型 RCCB 的试验结果

在试验过程中,RCCB 可以脱扣,在任何一次脱扣以后应重新闭合 RCCB。

在浪涌电流试验后,按 9.9.2.3a) 的试验验证 RCCB 的正确动作,仅在 $I_{\Delta n}$ 下进行试验,试验时测量分断时间。

9.20 空

9.21 验证剩余电流包含有直流分量时的正确动作

除了试验电路应是图 5 和图 6(适用时)所示的电路以外,9.9.1 和 9.9.5 的试验条件适用。

9.21.1 A 型 RCCB

具有多个额定频率的 RCCB,试验应在最低频率和最高频率下进行。

9.21.1.1 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 5 进行。

辅助开关 S_1 、 S_2 和 RCCB 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° 。RCCB 的每极应在每个电流滞后角以及辅助开关 S_3 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 $1.4I_{\Delta n}/30$ A/s(对 $I_{\Delta n} > 0.01$ A 的 RCCB)或 $2I_{\Delta n}/30$ A/s(对 $I_{\Delta n} \leq 0.01$ A 的 RCCB)。脱扣电流应按表 20 规定。

表 20 A 型 RCCB 的脱扣电流范围

滞后角 α	脱扣电流 A	
	下限	上限
0°	$0.35 I_{\Delta n}$	} $1.4 I_{\Delta n}$ 或 $2 I_{\Delta n}$ (分条款 5.3.12)
90°	$0.25 I_{\Delta n}$	
135°	$0.11 I_{\Delta n}$	

9.21.1.2 验证突然出现剩余脉动直流电流时的正确动作

RCCB 应按图 5 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 S_1 和 RCCB 处在闭合位置,用闭合开关 S_2 的方法突然接通剩余电流。

根据 RCCB 的型式,对表 2 规定的每个剩余电流值进行试验。

在电流滞后角 $\alpha = 0^\circ$,且在每个 I_{Δ} 值的电流下测量 2 次分断时间,第一次测量辅助开关 S_3 在位置 I,第二次测量时辅助开关 S_3 在位置 II。

测量值不应超过规定的极限值。

9.21.1.3 验证在基准温度下,带负载时正确动作

RCCB 的被试极和另外一个极通以额定电流负载重复 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 5 中没有标明。

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

RCCB 按图 6 用半波整流剩余电流(电流滞后角 $\alpha=0^\circ$)叠加 0.006 A 平滑直流电流进行试验。

依次对 RCCB 的每极在位置 I 和 II 时各试验 2 次。

半波电流 I_1 从零开始稳定地增加,电流上升速率为 $1.4I_{\Delta n}/30$ A/s(对 $I_{\Delta n}>0.01$ A 的 RCCB)或 $2I_{\Delta n}/30$ A/s(对 $I_{\Delta n}\leq 0.01$ A 的 RCCB)。RCCB 应分别在半波电流 I_1 不超过 $1.4I_{\Delta n}$ 或 $2I_{\Delta n}$ 前脱扣。

9.22 验证可靠性

用 9.22.1 和 9.22.2 的试验来检验是否符合要求。

注:对具有几个整定值的 RCCB,试验应在最低整定值下进行。

9.22.1 气候试验

本试验按 GB/T 2423.4 并考虑 GB/T 2424.2 进行。

9.22.1.1 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 。

9.22.1.2 严酷性

试验周期应符合下列条件:

- 上限温度: $55\ \text{℃}\pm 2\ \text{℃}$;
- 周期数: 28。

9.22.1.3 试验顺序

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

a) 初始验证

初始验证时,RCCB 按 9.9.2.3a)进行试验,但仅在 $I_{\Delta n}$ 时试验。

b) 试验条件

1) RCCB 按正常使用安装和接线,然后放入试验室。

RCCB 应处在闭合位置。

2) 稳定阶段(见图 25)。

RCCB 的温度应稳定在 $25\ \text{℃}\pm 3\ \text{℃}$;

- 1) 在把 RCCB 放入试验室前,先放在另外一个单独的试验室中稳定;
- 2) 或在放入 RCCB 后,把试验室的温度调节到 $25\ \text{℃}\pm 3\ \text{℃}$,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(见

表4)内。

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

3) 24 h周期的说明(见图26)。

i) 试验室的温度应逐渐地上升到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,RCCB上应产生凝露。

注:产生凝露的条件是指RCCB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试品上。

ii) 然后温度应基本上恒定在规定的上限温度 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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15 min相对湿度应在90%~100%之间外,其余时间的相对湿度应为 $93\%\pm 3\%$ 。

在最后15 min,RCCB上不应产生凝露。

iii) 然后,温度应在 $3\text{ h}\sim 6\text{ h}$ 内降到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。开始1.5 h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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在降温期间,除了最初15 min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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不小于95%直至24 h周期结束。

9.22.1.4 恢复

在试验周期结束时,RCCB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 $4\text{ h}\sim 6\text{ h}$,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,RCCB不应脱扣。

9.22.1.5 最后验证

在9.9.2.3 a)规定的试验条件下,RCCB通以 $1.25I_{\Delta n}$ 的试验电流应脱扣。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。

9.22.2 40 °C 温度试验

RCCB按正常使用安装在一块厚约20 mm,涂有无光泽黑漆的胶合板壁上。

RCCB每极的两侧连接一根长1 m,标称截面积如表10规定的单芯电缆,接线端子的螺钉或螺母用表11规定值三分之二的扭矩拧紧,把这一组件放入加热箱。

RCCB在任何合适电压下通以额定电流负载并在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行28周期试验,每个周期包括21 h通以电流和3 h不通电流。用一个辅助开关断开电流,RCCB不操作。

对四极RCCB,只对3个极通以负载电流。

在最后21 h通电周期结束时,用细线热电偶测定接线端子温升,这温升不应超过65 K。

在这个试验后,RCCB在加热箱内,不通电流,冷却到接近室温。

在9.9.2.3 a)规定的试验条件下,RCCB通以 $1.25I_{\Delta n}$ 的试验电流应脱扣。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。

9.23 验证电子元件抗老化性能

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

的 1.1 倍。

在上述试验后, RCCB 在加热箱内, 不通电流, 冷却至接近室温。电子部件应不损坏。

在 9.9.2.3 a) 规定的试验条件下, RCCB 通以 $1.25I_{\Delta n}$ 的试验电流应脱扣。仅对任意选取的一极进行一次试验, 试验时不测分断时间。

注: 本验证的试验电路示例见图 27。

9.24 电磁兼容(EMC)

按 GB 18499 进行下述电磁兼容试验。

注: 表 21 中的试验已包含在本部分的试验中, 不需要再重复进行。

表 21 适用于 EMC 的试验

GB 18499—2008 中表 4 和表 5 的相应条款	电磁现象	GB 16916.1 的试验
T1.3	电压幅值变化	9.9.5 和 9.17
T1.4	电压不平衡	9.9.5 和 9.17
T1.5	电源频率变化	9.2
T1.8	辐射磁场	9.11 和 9.18
T2.4	暂态振荡电流	9.19

GB 18499—2008 的表 4 和表 5 中规定的其他试验, 应按本部分附录 A 规定的试验程序 H、I 和 J 进行。

对包含有连续工作振荡器的 RCCB, 在上述试验程序前, 应先按 GB 4343.1 的要求进行发射试验。

9.25 防锈试验

把被试零件浸入冷的化学去油剂, 例如甲基氯仿或精炼汽油中浸 10 min, 除去全部油脂。然后再把这些零件放入温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10% 的氯化铵水溶液中浸 10 min。

不经干燥, 但甩干所有的水滴后, 把这些零件放进温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 含有饱和水汽的空气中的箱子中 10 min。

把零件放在温度为 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥 10 min 后, 其表面不应有锈蚀的迹象。

注 1: 锐利边缘上的锈迹以及任何可擦掉的黄色锈膜可忽略不计。

对于小弹簧和类似零件以及不易触及的易受到磨损的零件, 涂一层油脂可提供足够的防锈保护。只有在对油膜的有效性怀疑时, 才对这些零件进行此项试验, 在这情况下试验时, 试前不去除油脂。

注 2: 在使用试验规定的溶液时, 应采取适当的措施以防止吸入蒸汽。

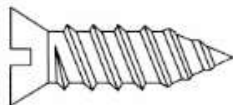


图 1 螺纹挤压成形自攻螺钉(3.6.10)

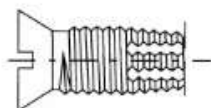
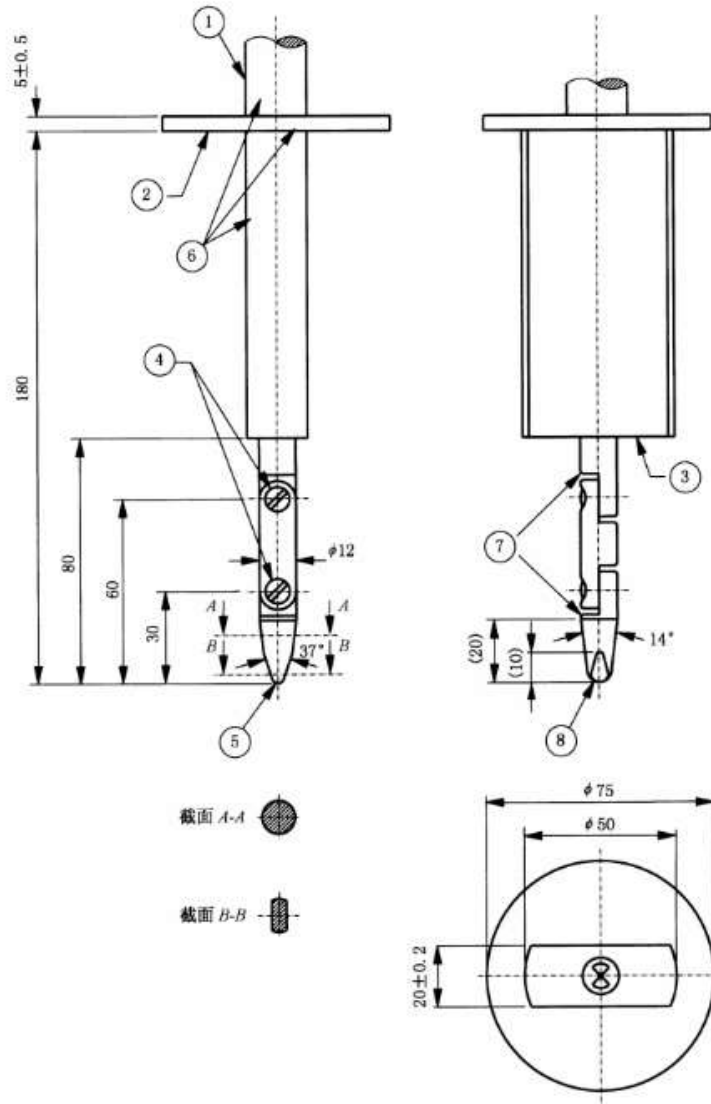


图 2 螺纹切削自攻螺钉(3.6.11)



说明:

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

材料:金属(除图上另有规定外)

线尺寸以 mm 表示。

未注公差尺寸其公差为:

角度: 0° / $-10'$

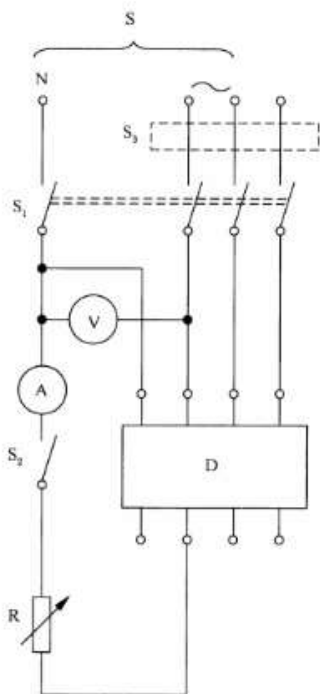
线尺寸:

小于等于 25 mm: 0 / -0.05 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: $+10^\circ$ / 0° 。

图 3 标准试指(9.6)



说明：

S —— 电源；

V —— 电压表；

A —— 电流表；

S₁ —— 多极开关；

S₂ —— 单极开关；

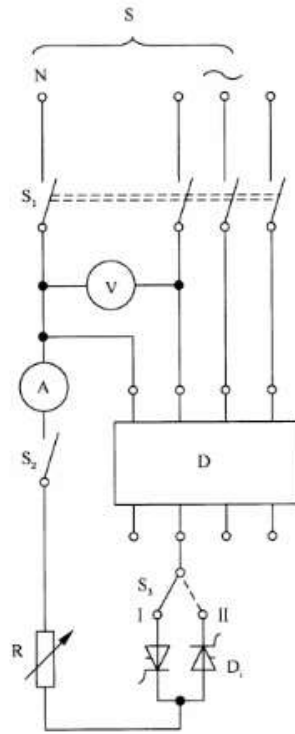
S₃ —— 操作除一个相线极以外的所有其他相线极的开关；

D —— 被试 RCCB；

R —— 可变电阻器。

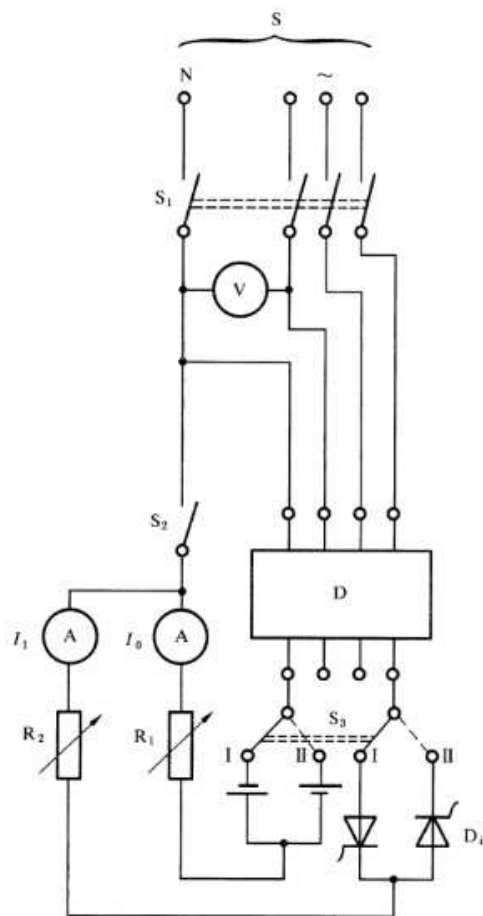
注：除 9.17.3 的试验外，S₁ 保持闭合。

图 4 验证动作特性(9.9)、自由脱扣机构(9.15)、动作功能与电源电压有关的 RCCB 在电源电压故障时工作状态(9.17.3 和 9.17.4)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 RCCB；
 - D₁ —— 可控硅；
 - R —— 可变电阻器；
 - S₁ —— 多极开关；
 - S₂ —— 单极开关；
 - S₃ —— 双向开关。

图 5 验证 RCCB 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 RCCB;
- D₁ —— 可控硅;
- R₁, R₂ —— 可变电阻器;
- S₁ —— 多极开关;
- S₂ —— 单极开关;
- S₃ —— 双向开关。

图 6 验证 RCCB 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 7、图 8 和图 9 的字母符号说明

N	— 中性线；
S	— 电源；
R	— 可变电阻器；
Z	— 每相用于调节额定限制短路电流的阻抗。电抗器应是更适宜的空心电抗器，且与电阻器串联连接以获得要求的功率因数；
Z_1	— 用于调节低于额定限制短路电流的可调阻抗；
Z_2	— 用于调节 I_{Δ} 的可调阻抗；
D	— 被试 RCCB；
框架	— 所有正常工作时接地的导电部件，包括 FE(如果有适用时)；
G_1	— 调节用临时连接；
G_2	— 额定限制短路电流试验的连接；
T	— 短路接通开关；
I_1 、 I_2 、 I_3	— 电流传感器。可以位于被试电器的电源侧或负载侧，但总在变压器的二次侧；
I_4	— 附加的剩余电流传感器(需要时)；
U ₁ 、U ₂ 、U ₃	— 电压传感器；
F	— 检测故障电流装置；
R_1	— 流过约 10 A 电流的电阻；
R_2	— 装置 F 的限流电阻；
r	— 流过电流约为 I 电流 0.6% 的电阻(见 9.11.2.1)；
S_1	— 辅助开关；
B 和 C	— 附录 C 所示栅格的连接点；
L	— 可调空心电感；
P	— 短路保护电器。

注 1：闭合开关 T 可以选择位于被试 RCCB 负载侧端子与电流传感器 I_1 、 I_2 和 I_3 之间(适用时)。

注 2：必要时，电压传感器 U₁、U₂ 和 U₃ 连接在相线与中性线之间。

注 3：可调阻抗 Z 可以位于供电电路的高压侧。

注 4：如制造厂同意， R_1 可以省略。

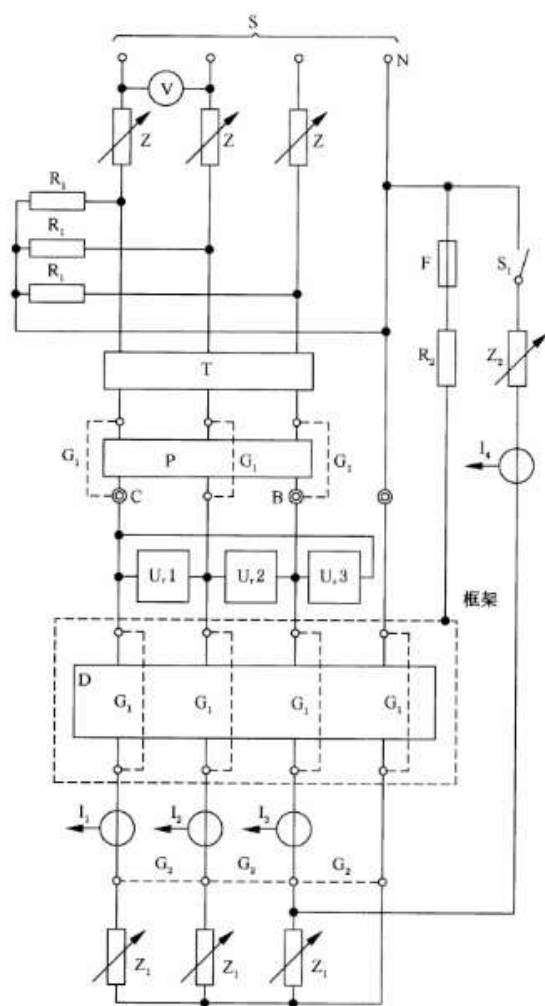


图 7 除了 9.11.2.3c) 以外的所有短路试验的典型电路图

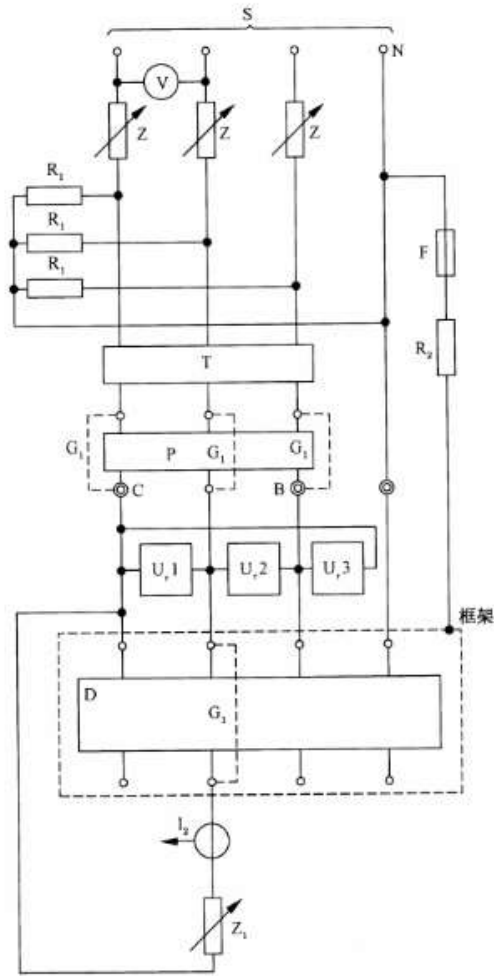


图 8 9.11.2.3c) 短路试验的典型电路图

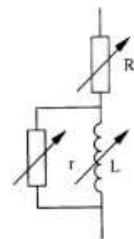


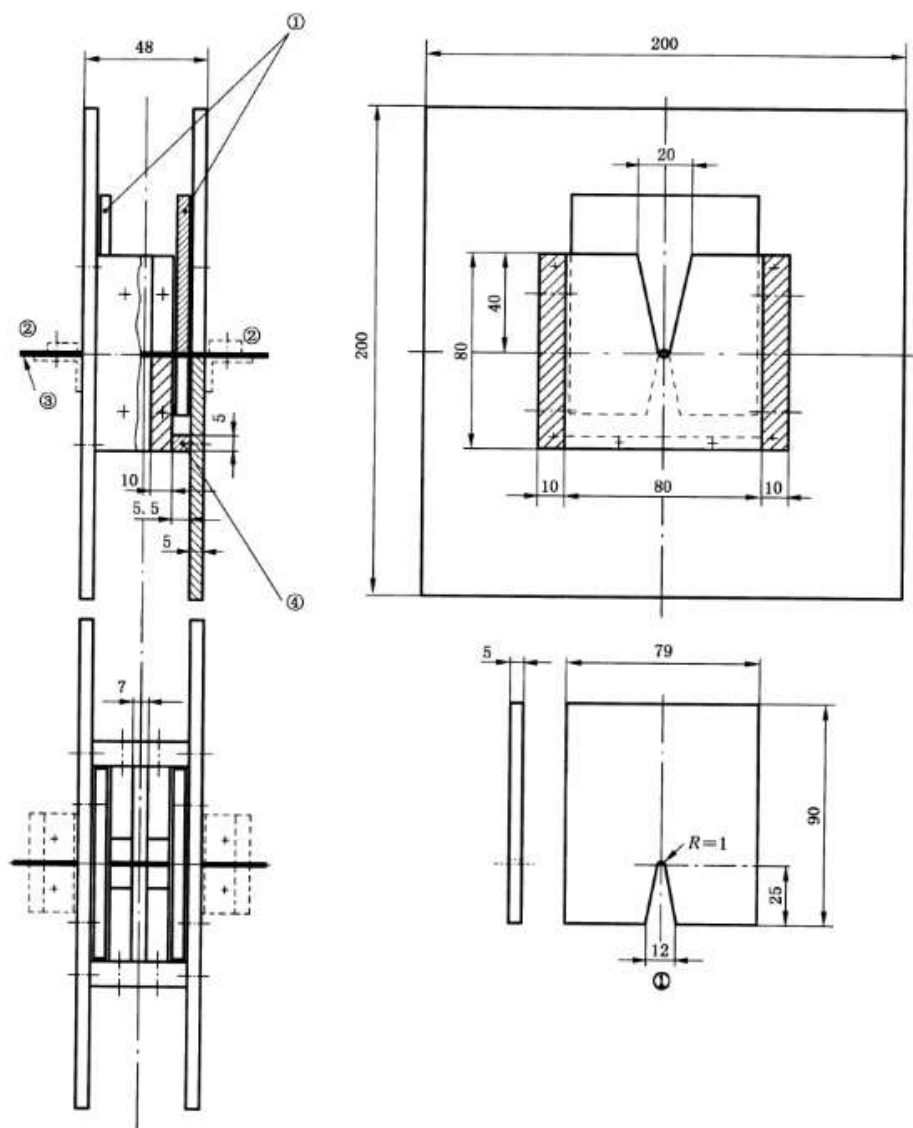
图 9 阻抗 Z 、 Z_1 和 Z_2 的接线图

图 10 空

图 11 空

图 12 空

单位为毫米

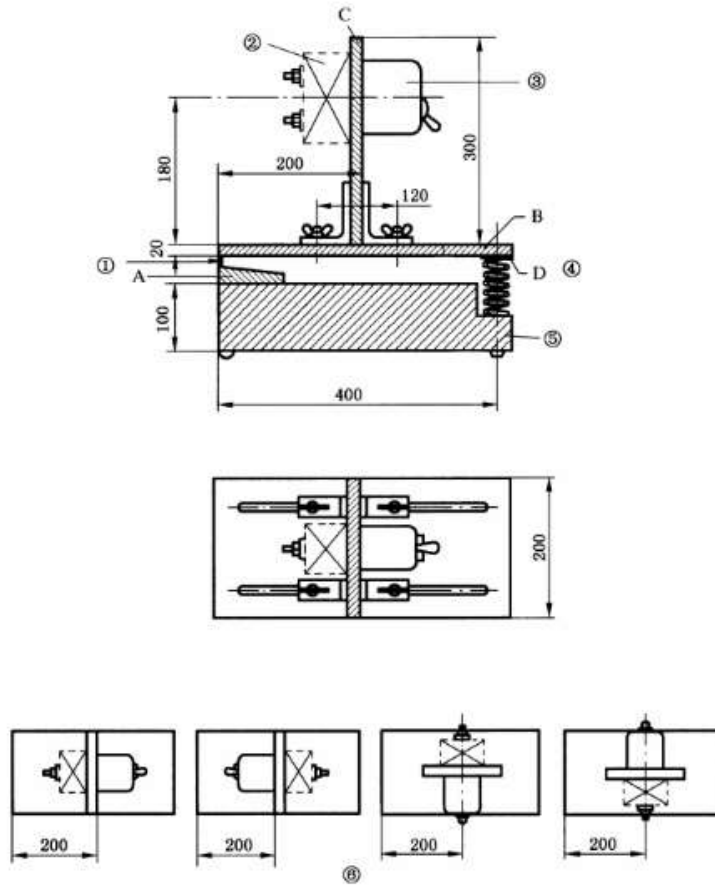


说明:

- ①——滑动板;
- ②——接线端;
- ③——银丝;
- ④——滑动板档块。

图 13 验证 RCCB 所能承受的最小 I^2t 和 I_0 值的试验装置[9.11.2.1a)]

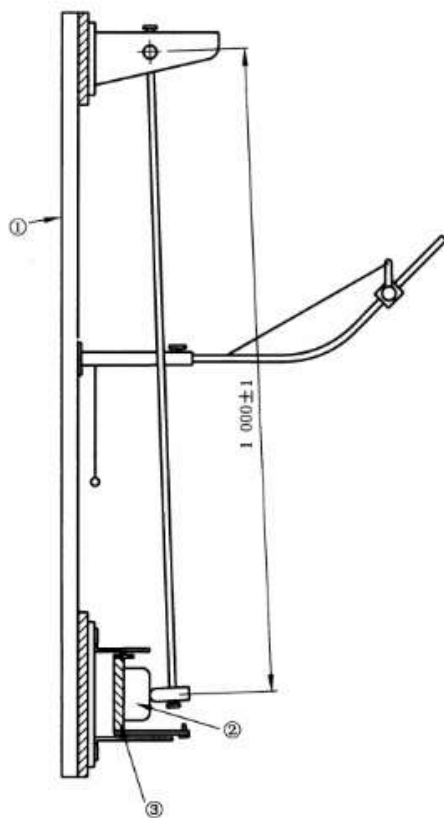
单位为毫米



说明：

- ①——铰链；
- ②——附加配重；
- ③——试品；
- ④——金属止动板；
- ⑤——混凝土基座；
- ⑥——试品依次试验的位置。

图 14 机械振动试验装置(9.12.1)

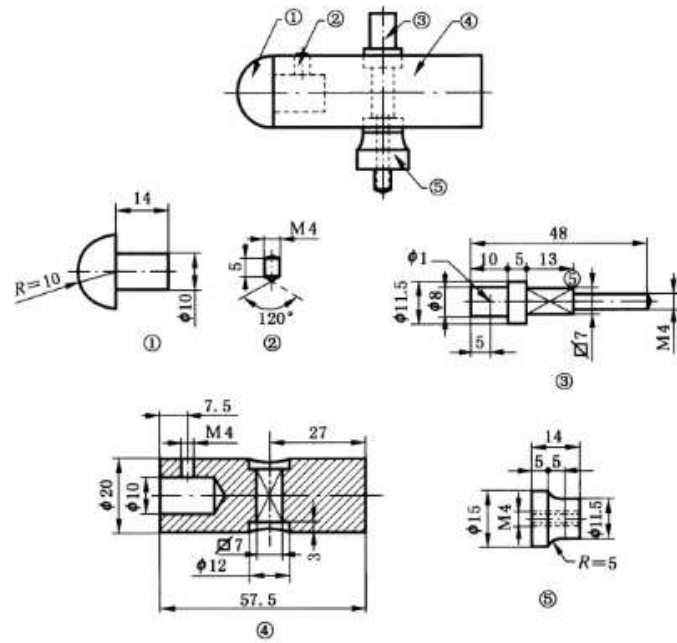


说明：

- ①——框架；
- ②——试品；
- ③——安装支架。

图 15 机械撞击试验装置(9.12.2.1)

单位为毫米

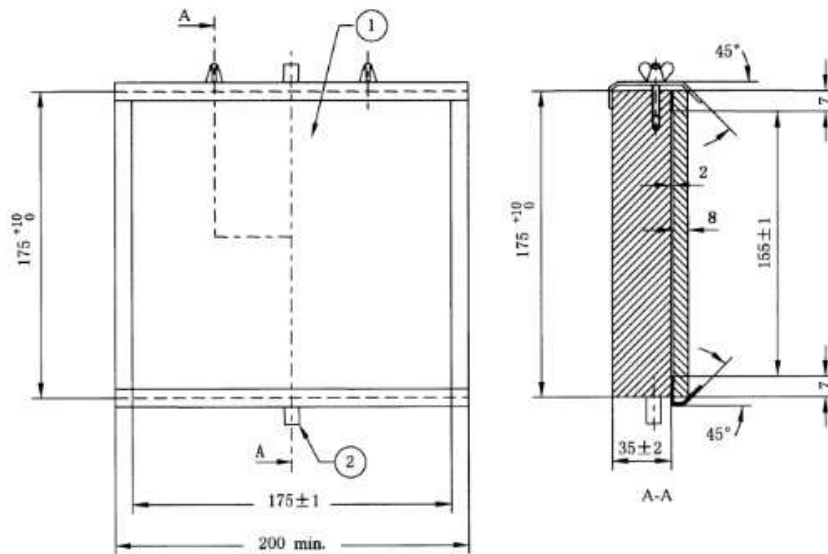


说明:

- ① — 聚酰胺;
- ②, ③, ④, ⑤ — 钢 Fe360。

图 16 摆动撞击试验装置的撞击元件(9.12.2.1)

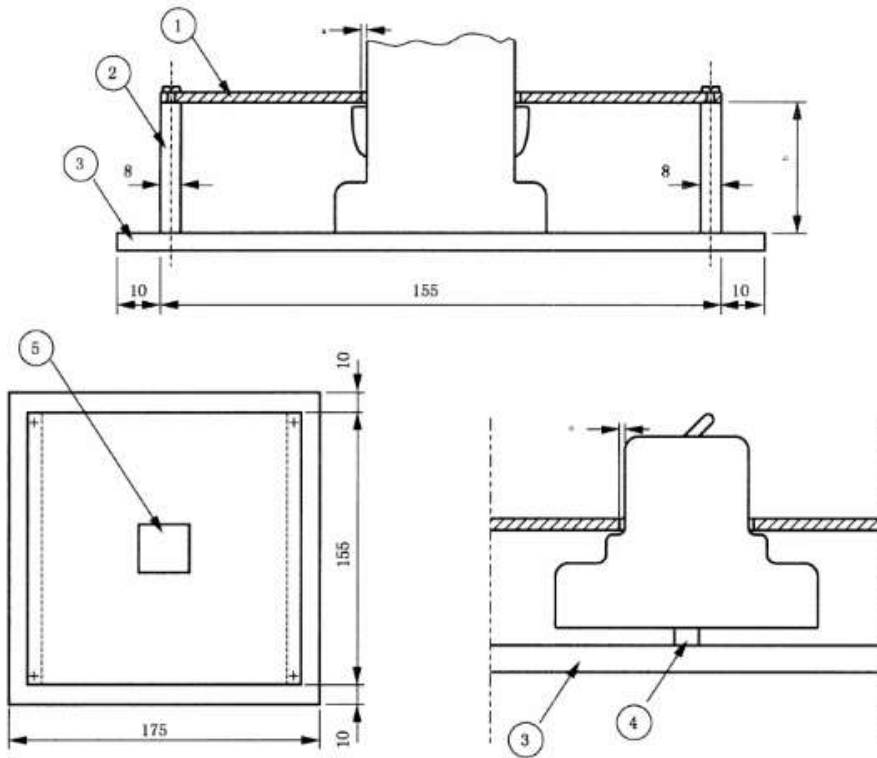
单位为毫米



说明:

- ① — 胶合板;
- ② — 枢轴。

图 17 机械撞击试验的试品安装支架(9.12.2.1)



说明：

①—厚度为 1 mm 的可更换的钢板；

②—厚度为 8 mm 的铝板；

③—安装板；

④—轨道式安装 RCCB 的安装轨；

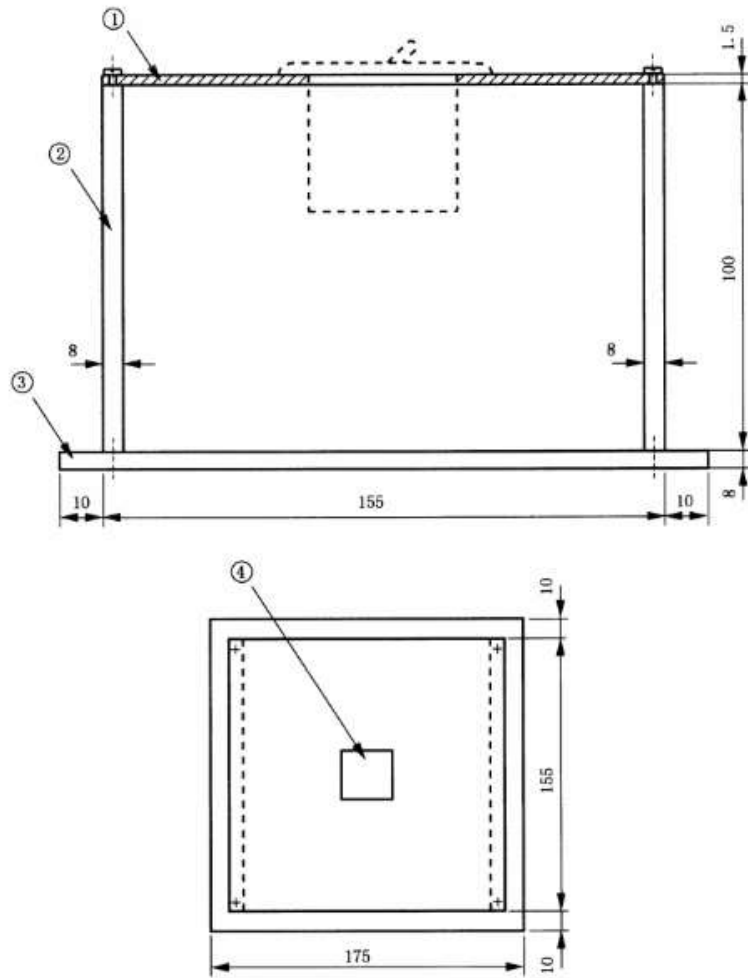
⑤—钢板上用于 RCCB 的开口；

^a 开口的边至 RCCB 的距离应为 1 mm~2 mm；

^b 铝板的高度应这样，使钢板靠在 RCCB 的支承面上，如果 RCCB 没有这样的支承面，则从用一个附加的盖板保护的带电部件至钢板下面的距离为 8 mm。

图 18 非封闭式 RCCB 机械撞击试验安装示例(9.12.2.1)

单位为毫米



说明：

①——厚度为 1.5 mm 的可更换的钢板；

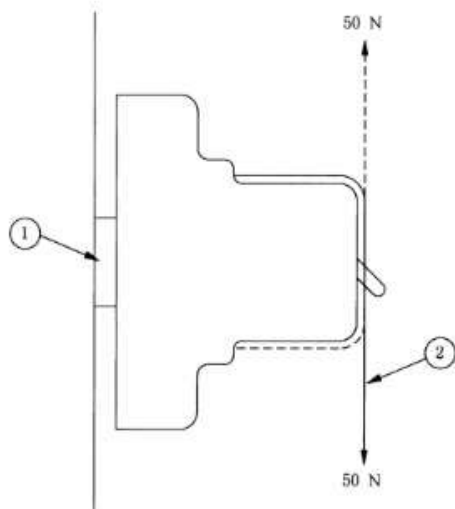
②——厚度为 8 mm 的铝板；

③——安装板；

④——钢板上用于 RCCB 的开口。

注：在特定情况下，尺寸可增大。

图 19 配电板安装式 RCCB 机械撞击试验安装示例(9.12.2.1)



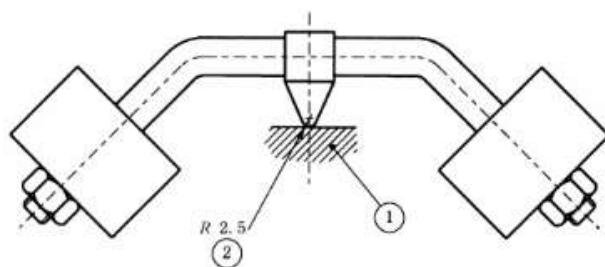
说明：

①——安装轨；

②——绳子。

图 20 轨道安装 RCCB 机械试验施加的力(9.12.2.2)

单位为毫米

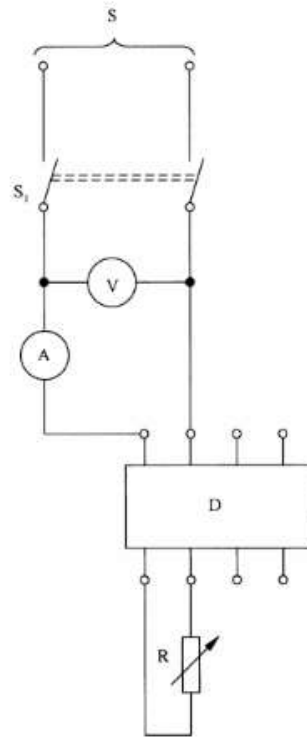


说明：

①——试品；

②——球形。

图 21 球压试验装置(9.13.2)



说明：

S —— 电源；

S₁ —— 二极开关；

V —— 电压表；

A —— 电流表；

D —— 被试 RCCB；

R —— 可调电阻。

图 22 验证三极或四极 RCCB 通以单相负载时过电流极限值的试验电路(9.18.2)

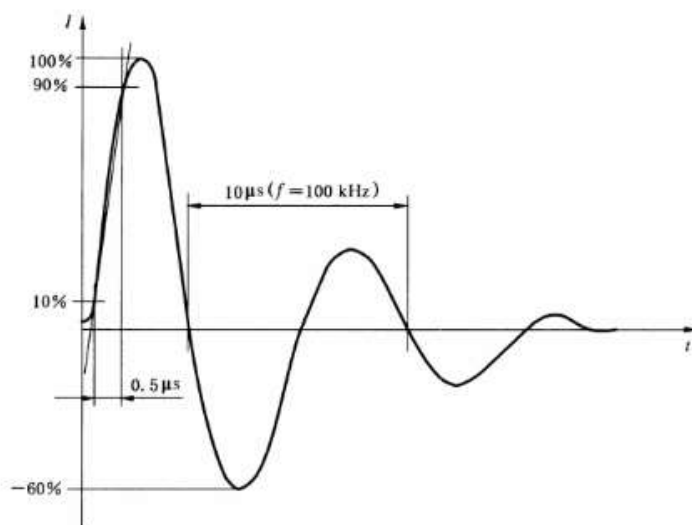
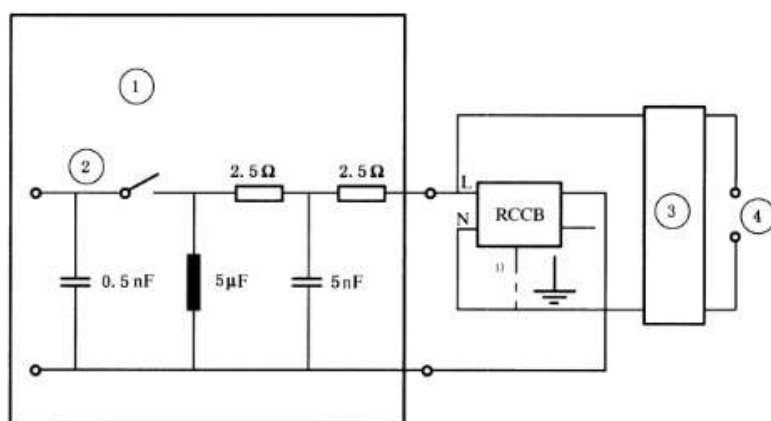


图 23 0.5μs/100kHz 振铃波形电流



说明:

①——0.5 μs/100 kHz 振铃波发生器;

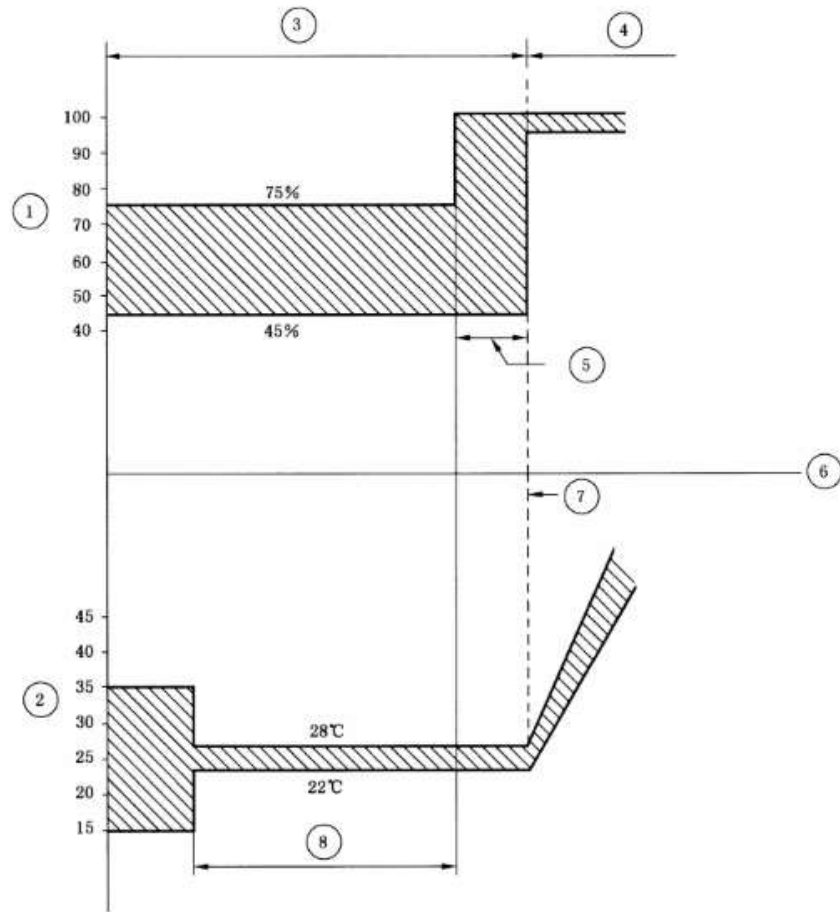
②——触发开关;

③——滤波器;

④——电源;

¹⁾ 如果 RCCB 有接地端子,应接到中性线端子上(如果有的话);如果 RCCB 上有这样标志或没有标志,则应接到任何相线端子上。

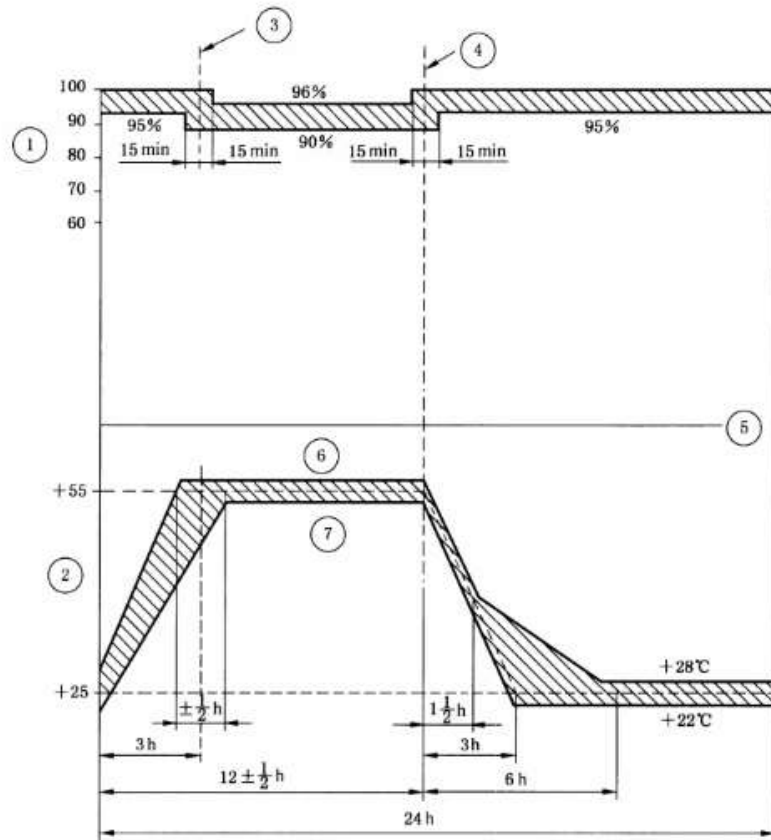
图 24 RCCB 振铃波试验电路



说明:

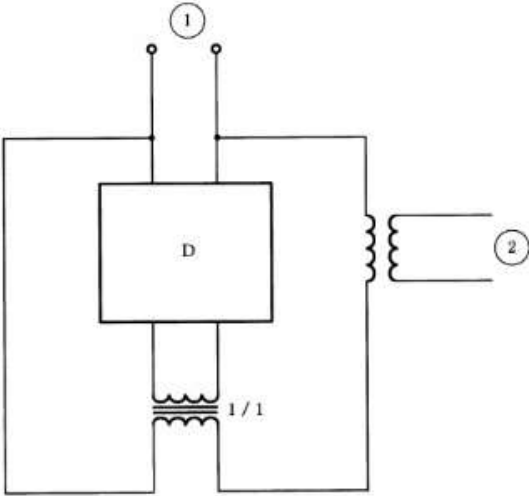
- ①——相对湿度(%)；
- ②——周围温度(°C)；
- ③——稳定阶段；
- ④——第一个周期；
- ⑤——相对湿度达到95%~100%所需的时间(不超过1h)；
- ⑥——时间；
- ⑦——第一个周期开始；
- ⑧——试品达到稳定温度所需的时间。

图 25 可靠性试验的稳定阶段(9.22.1.3)



- 说明:
- ①——相对湿度(%)；
 - ②——周围温度(℃)；
 - ③——温度上升结束；
 - ④——温度下降开始；
 - ⑤——时间；
 - ⑥——上限温度+57℃；
 - ⑦——下限温度+53℃。

图 26 可靠性试验周期(9.22.1.3)



说明：
①— $1.1 U_n$ 的电源；
②—电流源。

图 27 验证电子元件老化试验电路示例(9.23)

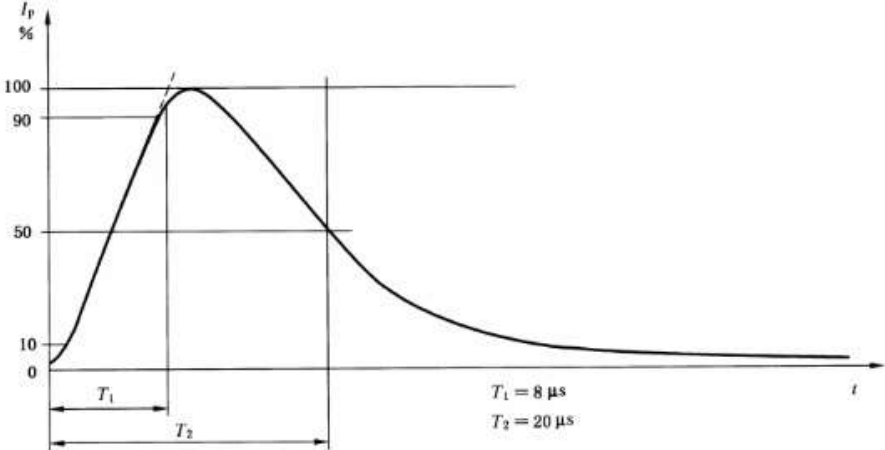
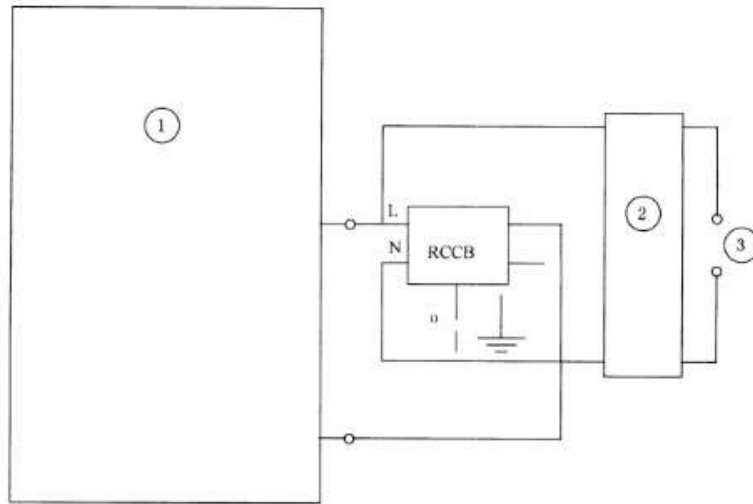


图 28 8/20 μs 浪涌电流脉冲



说明：

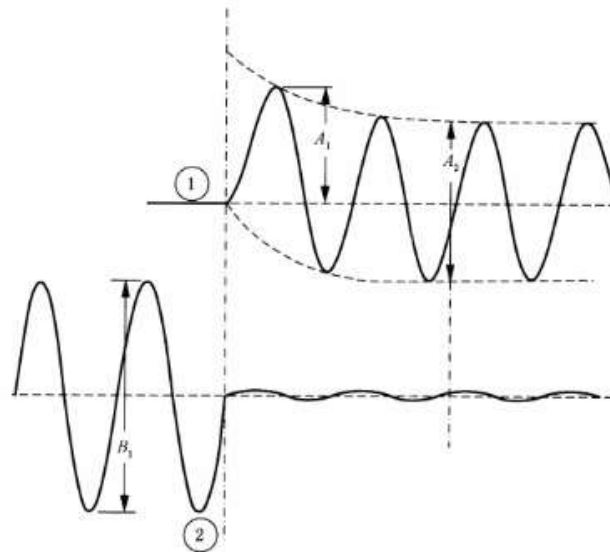
①——8/20 μs 冲击电流发生器；

②——滤波器；

③——电源。

¹⁾ 如果 RCCB 有接地端子，应接到中性线端子上(如果有的话)；如果 RCCB 上有这样标志或没有标志，则应接到任何相线端子上。

图 29 RCCB 浪涌电流试验电路



说明：

①——电流；

②——电压。

图 30 短路试验整定示波图示例[9.11.2.1 j)]

附 录 A
(规范性附录)

认证试验的试验程序和试品数量

术语“认证”是指制造厂的合格声明,或是第三方认证,例如由一个独立的试验站认证。

A.1 试验程序

试验按表 A.1 进行,每一个程序的试验按规定的次序执行。

表 A.1 试验程序

试验程序	条款	试验(或检查)项目
A ₁	6	标志
	8.1.1	一般要求
	8.1.2	机械结构
	9.3	标志的耐久性
	8.1.3	电气间隙和爬电距离(仅对外部部件)
	9.15	自由脱扣机构
	9.4	螺钉、载流部件和连接的可靠性
	9.5	连接外部导线的接线端子的可靠性
	9.6	电击保护
	9.13	耐热性
	8.1.3	电气间隙和爬电距离(内部部件)
A ₂	9.14	耐异常发热和耐燃性
B	9.7.7.4	在正常条件下,验证断开触头绝缘和基本绝缘耐冲击电压能力
	9.7.7.5*	验证跨接基本绝缘的元器件的性能
	9.7.1	耐潮湿性能
	9.7.2	主电路的绝缘电阻
	9.7.3	主电路的介电强度
	9.7.4	辅助电路的绝缘电阻和介电强度
	9.7.7.2	用冲击耐受电压验证电气间隙
	9.7.5	检测互感器的二次回路
	9.7.6	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
	9.8	温升
	9.22.2	在 40 ℃ 时的可靠性
9.23	电子元件的老化	
C	9.10	机械和电气寿命

表 A.1 (续)

试验程序	条款	试验(或检查)项目
D	D ₀	9.9 剩余电流条件下的动作特性
	D ₁	9.17 电源电压故障时的工作状况
		9.19 浪涌电流时的误脱扣性能
		9.21 直流分量
9.11.2.3a)b) 在 $I_{\Delta n}$ 时的性能		
D ₂	9.16 试验装置	
	9.12 耐机械振动和撞击性能	
	9.18 过电流情况下的不动作电流	
	9.11.2.3c) 验证 RCCB 在 IT 系统的适用性	
E	9.11.2.4a) 在 I_m 时的配合	
	9.11.2.2 在 I_m 时的性能	
F	9.11.2.4b) 在 I_m 时的配合	
	9.11.2.4c) 在 $I_{\Delta n}$ 时的配合	
G	9.22.1 可靠性(气候试验)	
H ^a	GB 18499—2008 表 4 -T1.1 谐波, 谐间波	
	GB 18499—2008 表 4 -T1.2 信号电压	
	GB 18499—2008 表 5 -T2.3 ms 和 μ s 级的单向传导脉冲	
I	GB 18499—2008 表 5 -T2.1 传导正弦波电流或电压	
	GB 18499—2008 表 5 -T2.5 辐射电磁场	
	GB 18499—2008 表 5 -T2.2 快速瞬变(脉冲群)共模	
J	GB 18499—2008 表 5-T2.6 低于 150 kHz 频率范围内的共模传导骚扰	
	GB 18499—2008 表 6 -T3.1 静电放电	
^a 本试验可在分开的样品上进行。 ^b 对包含有连续工作振荡器的 PRCD, 在上述试验程序前, 应先按 GB 4343.1 的要求进行发射试验。		

A.2 提交全部试验程序的试品数量

如果只有一个电流额定值和一个剩余动作电流额定值的一种型式 RCCB 提交试验, 提交不同试验序列的试品数量如表 A.2 所示, 表中还列出了最低性能合格判别标准。

如果按表 A.2 第二栏提交的所有试品都通过试验, 则满足了符合本部分的要求。如果只有第三栏中最少的试品数量通过试验, 则应对第四栏所示的增加的试品进行试验, 并且所有的试品都应完满地完成试验程序。

对只有一个额定电流, 但有一个以上剩余动作电流的 RCCB, 每一个试验程序应分别用二组试品进行试验: 一组调节到最大剩余动作电流; 另一组调节到最小剩余动作电流。

表 A.2 全部试验程序的试品数量

试验程序	试品数量	应通过试验的最少试品数量 ^{a,b}	重复试验的最多试品数量 ^c
A ₁	1	1	—
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C	3	2	3
D	3	2 ^d	3
D ₂	3	2 ^d	3
E	3	2 ^d	3
F	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

^a 总共最多可重复试验 3 个试验程序。
^b 假定没有通过试验的试品是由于工艺或装配的缺陷造成没有满足技术要求,而不是由于设计的原因。
^c 在重复试验时,所有的试验结果必须合格。
^d 所有试品均应符合 9.9.2、9.9.3 和 9.11.2.3 的要求(如果适用时),此外,在 9.11.2.2、9.11.2.4a)、9.11.2.4b) 或 9.11.2.4c) 项试验时,任何试品均不应发生持续燃弧或极间闪络或极与框架之间闪络。
^e 如制造厂要求时,同一组试品可经受一个以上的这些试验程序。

A.3 基本设计结构相同的一个系列 RCCB 同时提交试验时,简化试验程序的试品数量

A.3.1 基本设计结构相同的一个系列 RCCB 或对这样一个系列的 RCCB 增加的试品提交认证时,试验的试品数量可按表 A.3 和表 A.4 减少。

注:就本附录而言,术语“相同的基本设计结构”包括了具有整个额定电流(I_n)系列,整个额定剩余动作电流($I_{\Delta n}$)系列,而不同极数的一个系列的 RCCB。

如果符合下列所有要求,可以认为 RCCB 具有相同的基本设计结构:

- 1) 具有相同的基本设计,在同一系列中,与电压有关的型式和与电压无关的型式不能同时存在;
 - 2) 除了下面 c) 和 d) 许可的不同外,剩余电流动作装置具有相同的脱扣机构和相同的继电器或螺线管;
 - 3) 除了下面 a) 所列举的不同外,内部载流部件的材料、涂层和尺寸相同;
 - 4) 接线端子有类似的结构[见下面 b)];
 - 5) 触头尺寸、材料、结构和连接方式相同;
 - 6) 手动操作机构,材料和机械性能相同;
 - 7) 模塑材料和绝缘材料相同;
 - 8) 灭弧装置的灭弧方法、材料和结构相同;
 - 9) 除了下面 c) 允许的不同外,对于一个给定特性的型式,剩余电流检测装置的基本设计是相同的;
 - 10) 除了下面 d) 允许的不同外,剩余电流脱扣装置的基本设计相同;
 - 11) 除了下面 e) 允许的不同外,试验装置的基本设计相同。
- 只要 RCCB 在所有的其他方面均符合上面列举的要求,则下面的不同是允许的:

- a) 内部载流连接的截面积和环形连接的长度；
- b) 接线端子的尺寸；
- c) 绕组的匝数和截面积以及差动互感器铁心的尺寸和材料；
- d) 继电器的灵敏度和/或有关的电子电路(如有的话)；
- e) 为符合 9.16 的试验,产生最大安匝数必需的试验装置的电阻值。该电路可以连接在相与相之间或连接在相与中性线之间。

A.3.2 对根据动作方式(4.1)、含有直流分量时工作状态(4.6)以及根据时间延时(4.7)具有相同分类,但额定电流和额定剩余动作电流不同的 RCCB,试验的试品数量可按表 A.3 减少。

表 A.3 简化试验程序的试品数量

试验程序	按极数的试品数量 ^{a,c}		
	二极 ^{b,c}	三极 ^{b,c}	四极 ^b
A ₁	1 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	1 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	1 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
A ₂	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
B	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
C	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
D ₀ +D ₁	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
D ₀	1 所有其他 $I_{\Delta n}$ 额定值		
D ₂	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
E	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 3 最小 I_n 额定值 最大 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 3 最小 I_n 额定值 最大 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 3 ^f 最小 I_n 额定值 最大 $I_{\Delta n}$ 额定值
F	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 3 最小 I_n 额定值 最大 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 3 最小 I_n 额定值 最大 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 3 最小 I_n 额定值 最大 $I_{\Delta n}$ 额定值
G	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	3 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
H	3 ^b 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 任选的相同 I_n 额定值		

表 A.3 (续)

试验程序	按极数的试品数量 ^{a,c}		
	二极 ^{b,c}	三极 ^b	四极 ^b
I	3 ^b 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 任选的相同 I_n 额定值		
J	3 ^b 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值 任选的相同 I_n 额定值		
^a 如果根据 A.2 的最低性能合格判别标准须重复进行试验时,对有关试验用一组新的试品。重复试验时,所有的试验结果必须合格。 ^b 如果只有三极或四极 RCCB 进行试验,这栏也适用于极数最少的一组试品。 ^c 也适用于带不可开断的中性线的单极 RCCB。 ^d 空。 ^e 也适用于带不可开断中性线的三极 RCCB。 ^f 当四极 RCCB 已经试验时,这栏可省略。 ^g 如果只有一个 $I_{\Delta n}$ 值提交试验,最小 $I_{\Delta n}$ 额定值和最大 $I_{\Delta n}$ 额定值用 $I_{\Delta n}$ 代替。 ^h 只限电流回路数最多的试品。 ⁱ 如果提交了三极四回路 RCCB 和四极 RCCB 试品,只对四极 RCCB 进行试验,除非是试验程序 B 的 9.8 试验,要对两种试品进行试验。			

A.3.3 对 A.3.1 所述基本设计结构相同并按 A.3.2 试验的,但按 4.7 延时型式不同的分系列的 RCCB 接着进行试验时。补充试验的样品数和程序可按表 A.3 选取,但程序 A、B 可以省略。

A.3.4 对 A.3.1 所述基本设计结构相同并按 A.3.2 试验的,但按直流分量工作状态(按 4.6 的 AC 型或 A 型)分类不同的分系列 RCCB 接着进行试验时。补充试验的试品数量和程序可按表 A.4 减少。

表 A.4 按 4.6 分类不同 RCCB 的试验程序

试验程序	按极数的试品数量 ^a		
	二极 ^{b,c}	三极 ^b	四极 ^d
$D_0 + D_1$	1 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	1 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值	1 最大 I_n 额定值 最小 $I_{\Delta n}$ 额定值
D_0	1 所有其他 $I_{\Delta n}$ 额定值 最大 I_n 额定值		
^a 如果根据 A.2 的最少合格性能判断依据须重复进行试验时,对相关试验用一组新的试品。重复试验时,所有的试验结果必须合格。 ^b 如果只有三极或四极 RCCB 进行试验,这栏也适用于极数最少的一组试品。 ^c 也适用于带不可开断的中性线的单极 RCCB。 ^d 也适用于带不可开断中性线的三极 RCCB。 ^e 当四极 RCCB 已经试验时,这栏可省略。			

附录 B
(规范性附录)
确定电气间隙和爬电距离

B.1 概述

在确定电气间隙及爬电距离时,建议考虑以下几点。

B.2 爬电距离的方向和位置

如有必要,制造商应指出设备或部件的预期使用的方向,以使得爬电距离不受设计之外的污染物累积的不利影响。

B.3 使用几种材料的爬电距离

若爬电距离中的一段的尺寸设定为可承受全部电压,或全部的爬电距离的尺寸是根据 CTI 最低的材料确定的,则爬电距离可分为几个由不同材质组成的分段,和/或具有不同的污染等级。

B.4 被浮动性导电部件分割的爬电距离

爬电距离可分为几个部分,分别由具备相同 CTI 的绝缘材料制成,可包括浮动性导体或被浮动性导体分割。前提是在浮动性部件不存在情况下,跨过各个单独部分的距离的总长大于等于所要求的爬电距离。

爬电距离的各个单独部分最短距离 X 在 GB/T 16935.1—2008 中 6.2 给出(见图 B.1 中示例 1)。

B.5 测量爬电距离和电气间隙

在按 GB/T 16935.1—2008 确定爬电距离时,对污染等级 2,以下示例中规定的尺寸 X 最小值为 1.0 mm。

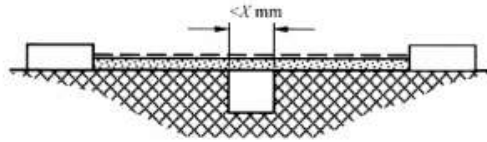
若关联的电气间隙小于 3 mm,则尺寸 X 可降低至该电气间隙的 1/3。

测量电气间隙及爬电距离的方法如图 B.1 所示。图中的情形中不区分缺口和凹槽,也不区分绝缘类型。

做以下假设:

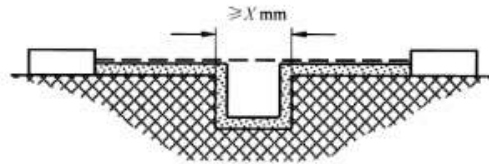
- 假定任意凹处均被一个绝缘链桥接,绝缘链的长度与规定宽度 X 相等,且处于最不利的位置(见示例 3);
- 跨过凹槽的距离大于等于规定的宽度 X 时,爬电距离的测量应沿着凹槽的轮廓(见示例 2);
- 彼此间相对位置可变的部件之间的爬电距离和电气间隙的测量是在当上述部件处于其最不理想位置时进行的。

示例 1:



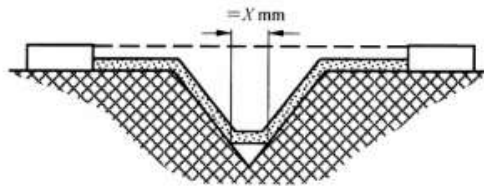
条件:所考虑的路径包括宽度小于 $X \text{ mm}$ 而深度为任意的平行边或收敛形边的槽。
规则:爬电距离和电气间隙如图所示,直接跨过槽测量。

示例 2:



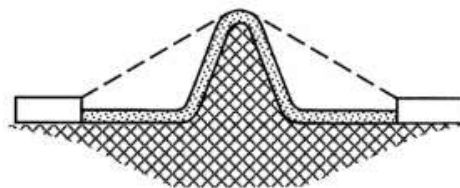
条件:所考虑的路径包括任意深度而宽度等于或大于 $X \text{ mm}$ 的平行边的槽。
规则:电气间隙是“虚线”距离,爬电距离沿着槽的轮廓。

示例 3:



条件:所考虑的路径包括一个宽度大于 $X \text{ mm}$ 的 V 形槽。
规则:电气间隙是“虚线”距离,爬电路径沿着槽的轮廓但被 $X \text{ mm}$ 接线把槽底“短路”。

示例 4:

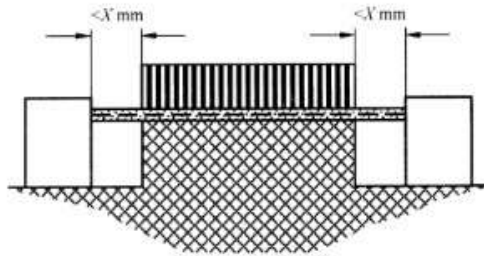


条件:所考虑的路径包括一条筋。
规则:电气间隙是通过筋顶的最短直接空气途径。爬电距离沿着筋的轮廓。

----- 电气间隙;
----- 爬电距离。

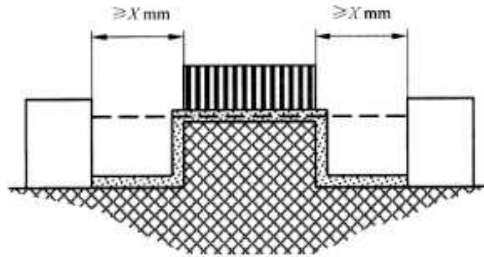
图 B.1 测量电气间隙和爬电距离的方法举例

示例 5:



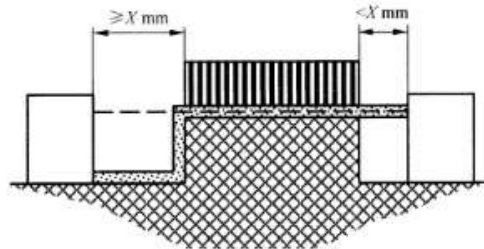
条件:所考虑的路径包括一未黏合的接缝以及周边的宽度小于 $X \text{ mm}$ 的槽。
 规则:爬电距离和电气间隙的路径是所示的“虚线”距离。

示例 6:



条件:所考虑的路径包括一未黏合的接缝以及周边的宽度等于或大于 $X \text{ mm}$ 的槽。
 规则:电气间隙为“虚线”距离,爬电距离沿着槽的轮廓。

示例 7:

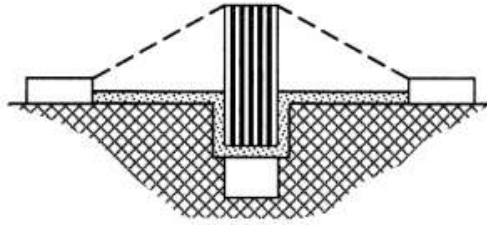


条件:所考虑的路径包括一未黏合的接缝以及一边的宽度小于 $X \text{ mm}$,另一边的宽度等于或大于 $X \text{ mm}$ 的槽。
 规则:电气间隙和爬电路径如图所示。

—— 电气间隙;
 爬电距离。

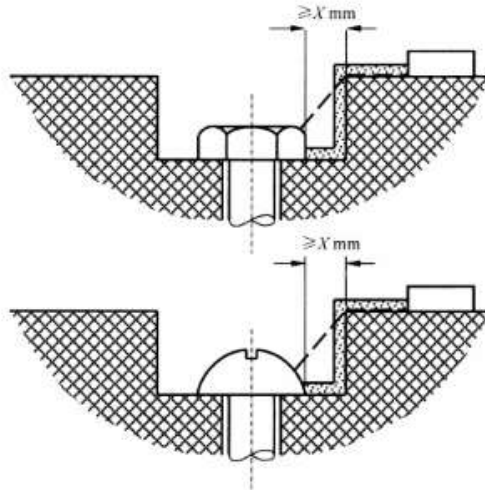
图 B.1 (续)

示例 8:



条件:穿过未黏合的接缝的爬电距离小于跨过隔栏的爬电距离。
 规则:电气间隙是通过隔栏顶的最短直接空气路径。

示例 9:

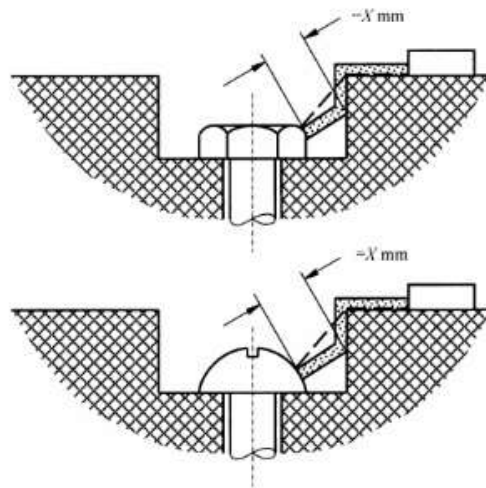


螺钉头与凹壁之间的间隙足够宽加以考虑。

----- 电气间隙;
 爬电距离。

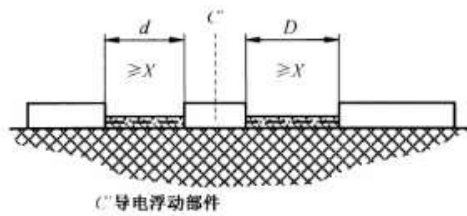
图 B.1 (续)

示例 10:



螺钉头与凹壁之间的间隙过分窄小而不被考虑。
当距离等于 X mm 时,测量从螺钉至壁的爬电距离。

示例 11:



电气间隙是距离 $d + D$ 。
爬电距离也是 $d + D$ 。

—— 电气间隙;
▨ 爬电距离。

图 B.1 (续)

附录 C

(规范性附录)

短路试验中检测游离气体喷射的装置

被试装置按图 C.1 所示并按制造厂的说明进行安装,图 C.1 可要求适应 RCCB 的特定结构。

当需要时(即在“O”操作时),把一片厚 (0.05 ± 0.01) mm,每边尺寸至少比 RCCB 前面的外形尺寸大 50 mm,但不小于 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 的透明聚乙烯薄膜固定并适当地绷紧在一个框架上,框架放置在距下列部位 10 mm 的地方:

- 对没有操作件凹槽的 RCCB,离操作件的最高凸出部位;
- 或对有操作件凹槽的 RCCB,离操作件凹槽的边缘。

聚乙烯薄膜应有下列物理性能:

在 $23 \text{ }^\circ\text{C}$ 时的密度: $(0.92 \pm 0.05) \text{ g/cm}^3$;

熔点: $110 \text{ }^\circ\text{C} \sim 120 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

需要时,如图 C.1 所示在电弧喷出口和聚乙烯薄膜之间放置一块至少厚 2 mm 的绝缘材料隔板以免从电弧喷出口喷出的热的粒子损坏聚乙烯薄膜。

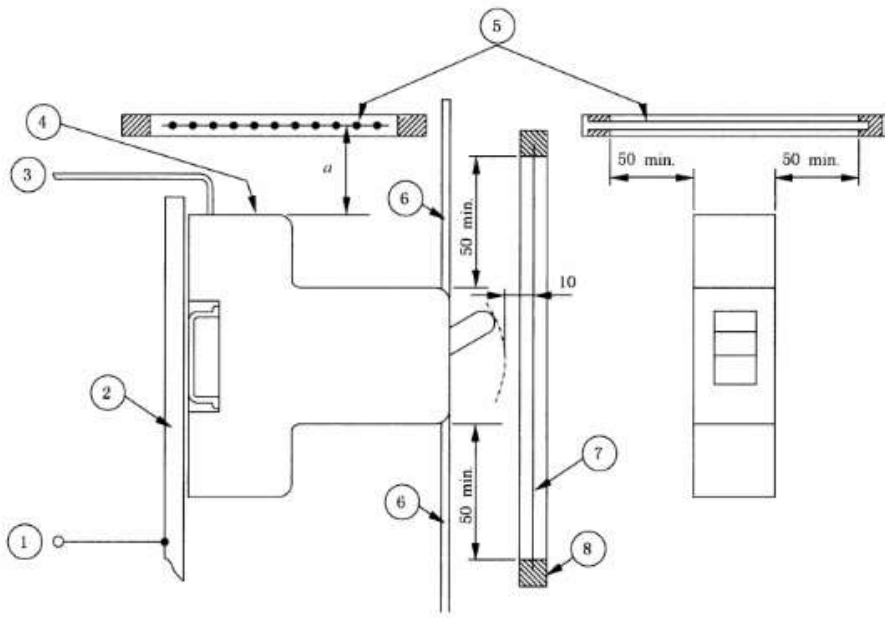
需要时,在距离 RCCB 的每个电弧喷出口这边为“a”mm 的地方放置一个如图 C.2 所示的栅格。

栅格电路(见图 C.3)应连接到点 B 和点 C(见图 7 或图 8,如适用)。

栅格电路的参数如下:

电阻 R' : 1.5Ω ;

铜丝 F' : 长度 50 mm,直径如 9.11.2.1 所要求的值。

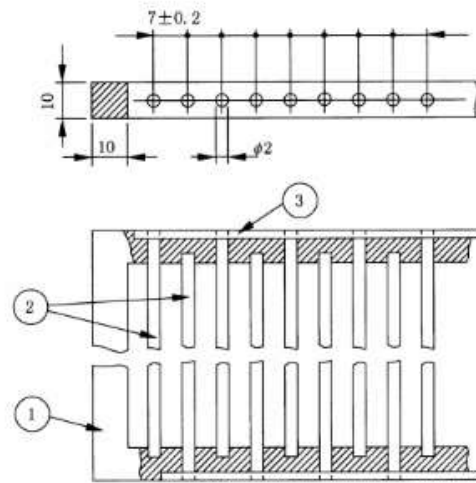


说明：

- ①——接熔丝 F；
- ②——金属板；
- ③——电缆；
- ④——电弧喷出口；
- ⑤——栅格；
- ⑥——隔板；
- ⑦——聚乙烯薄膜；
- ⑧——框架。

图 C.1 试验装置

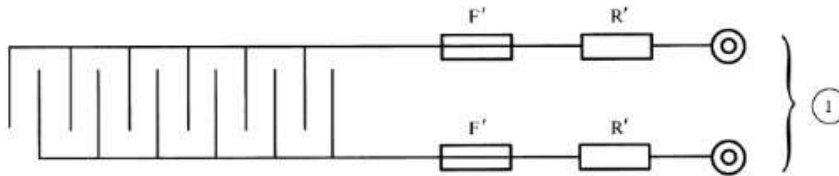
单位为毫米



说明:

- ①——绝缘材料框架;
- ②——铜线;
- ③——铜丝之间的内部连接。

图 C.2 栅格



说明:

- ①——连接到 B 和 C 点(见图 7 或图 8, 适用时)。

图 C.3 栅格电路

附录 D
(规范性附录)
常规试验

D.1 概述

本部分所规定的试验的目的是用来从安全性方面揭示材料或制造方面不合格的缺陷。

一般来说,根据制造厂的经验,为确保每个 RCCB 符合经受本部分试验的试品,必须做更多的试验。

D.2 脱扣试验

依次对 RCCB 的每极通以一个剩余电流,在电流小于或等于 $0.5I_{\Delta n}$ 时,RCCB 不应脱扣,但在 $I_{\Delta n}$ 时,RCCB 应在规定时间(见表 1)内脱扣。

对每个 RCCB 至少应施加 5 次试验电流,而对每极至少应施加 2 次试验电流。

D.3 介电强度试验

在下列部位,施加频率为 50 Hz/60 Hz,基本上为正弦波的 1 500 V 电压 1 s:

- a) RCCB 在断开位置,RCCB 闭合时电气上连接在一起的接线端子之间;
- b) 对没有电子元件的 RCCB,RCCB 在闭合位置,依次在每极和其他连接在一起的极之间;
- c) 对带有电子元件的 RCCB,RCCB 在断开位置,取决于电子元件的位置,依次在各极的进线端之间或依次在各极的出线端之间。

不应发生闪络和击穿。

D.4 试验装置的性能

RCCB 处在闭合位置并连接到合适电压的电源上,操作试验装置时,RCCB 应断开。

当试验装置可在几个额定电压值下操作时,试验应在最低额定电压值下进行。

附录 E
(资料性附录)
确定短路功率因数的方法

目前尚无精确确定短路功率因数的统一方法,本附录给出两个可适用的方法的例子。

方法 I:根据直流分量确定

相角 φ 可根据短路瞬间和触头分开瞬间之间非对称电流波形的直流分量曲线来确定,方法如下:
直流分量的公式

$$i_d = i_{d0} \times e^{-Rt/L}$$

式中:

- i_d ——在 t 时刻的直流分量值;
- i_{d0} ——时间起始时刻的直流分量值;
- L/R ——电路的时间常数,以 s 为单位;
- t ——从起始时刻开始算起的时间,以 s 为单位;
- e ——自然对数的底。

时间常数 L/R 能从上述公式算出,方法如下:

- a) 测量短路时刻的 i_{d0} 值和和触头分开前另一个时刻 t 的 i_d 值;
- b) 用 i_d 除以 i_{d0} 得出 $e^{-Rt/L}$ 值;
- c) 根据 e^{-x} 值的表确定相应于比值 i_d/i_{d0} 的 $-x$ 值;
- d) x 值表示 Rt/L ,由此可求出 L/R 。

确定相角 φ 公式

$$\varphi = \arctan \omega L/R$$

式中 ω 是实际频率的 2π 倍。

当用电流互感器测量电流时,不应采用本方法。

方法 II:用辅助发电机确定

当使用一台与试验发电机同轴的辅助发电机时,首先在示波图上比较辅助发电机和试验发电机的相电压,然后比较辅助发电机的相电压与试验发电机的电流。

一方面根据辅助发电机电压和试验发电机电压的相角差,另一方面根据辅助发电机电压和试验发电机电流之间的相角差得出试验发电机电压和电流之间的相角,由此能确定功率因数。

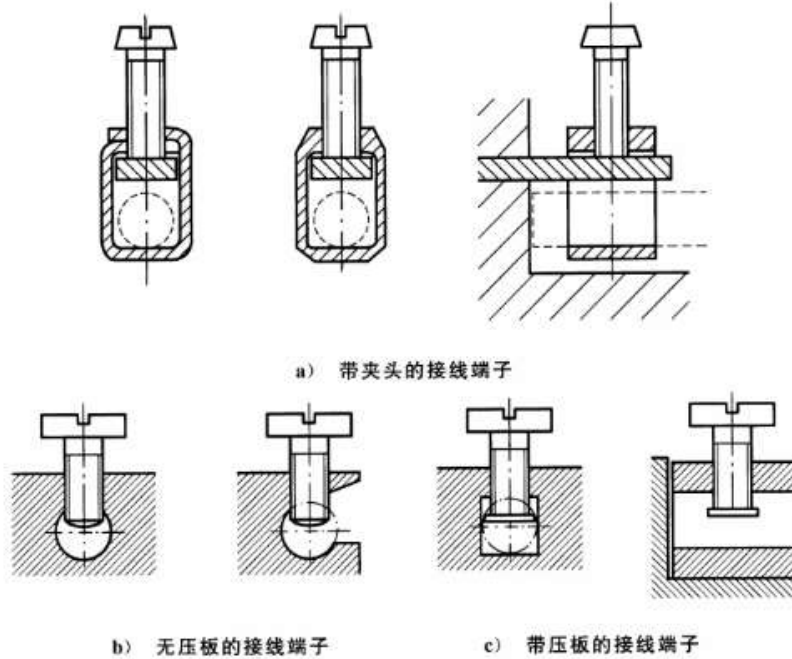
附录 F
(资料性附录)
符号汇编

额定电流	I_n
剩余电流	I_{Δ}
额定剩余动作电流	$I_{\Delta n}$
额定剩余不动作电流	$I_{\Delta no}$
额定电压	U_n
额定工作电压	U_e
额定绝缘电压	U_i
额定接通和分断能力	I_m
额定剩余接通和分断能力	$I_{\Delta m}$
额定限制短路电流	I_{nc}
额定限制剩余短路电流	$I_{\Delta c}$
动作功能与电源电压有关的 RCCB 仍能动作的电源电压极限值	U_x
在低于该电压值时,动作功能与电源电压有关的 RCCB 自动断开的电源电压极限值	U_y

附录 G
 (资料性附录)
 接线端子设计示例

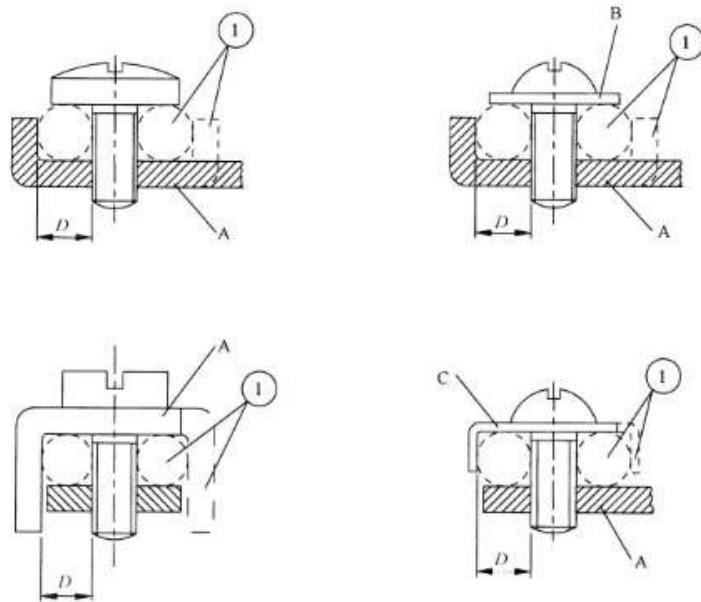
在本附录中给出一些接线端子的设计示例。

容纳导线的部位应有适合于实心硬性导线的直径以及容纳硬性多股绞合导线的截面积(8.1.5)。



注：带有螺纹孔的接线端子部件和导线被螺钉夹紧的接线端子部件可以是二个分开的部件，例如带有夹头的接线端子。

图 G.1 柱式接线端子示例



a) 螺钉接线端子

不需要垫圈或夹紧板螺钉

需要垫圈或夹紧板螺钉



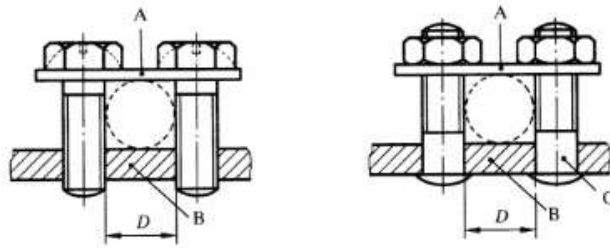
b) 螺栓接线端子

说明:

- ①——可选的;
- A——固定部件;
- B——垫圈或夹紧板;
- C——防松装置;
- D——导线空间;
- E——螺栓。

只要夹紧导线所必需的压力不是通过绝缘材料传递,使导线定位的部件可以由绝缘材料制成。

图 G.2 螺钉接线端子和螺栓接线端子示例



说明:

A——鞍形板;

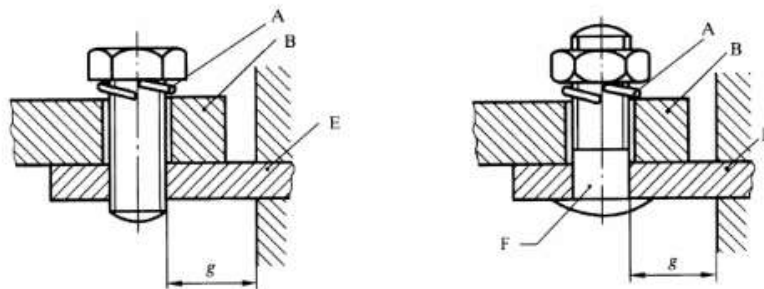
B——固定部件;

C——螺栓;

D——导线空间。

注:鞍形板的两面可以是不同的形状,通过翻转鞍形板以适应截面积大小不同的导线。接线端子可以有两个以上的夹紧螺钉或螺栓。

图 G.3 鞍形接线端子示例



说明:

A——锁紧装置;

B——电缆接线片或母排;

E——固定部件;

F——螺栓。

注:对这种型式的接线端子,应提供一个弹簧垫圈或等效的锁紧装置,夹紧部位的表面应是光滑的。对某些型式的电器,允许使用的接线片式接线端子比要求的尺寸小。

图 G.4 接线片式接线端子示例

附 录 H
(资料性附录)
ISO 和 AWG 铜导线对照

ISO 尺寸 mm ²	AWG	
	尺寸号码	截面积 mm ²
1.0	18	0.82
1.5	16	1.3
2.5	14	2.1
4.0	12	3.3
6.0	10	5.3
10.0	8	8.4
16.0	6	13.3
25.0	3	26.7
35.0	2	33.6
50.0	0	53.5

一般采用 ISO 尺寸。

如应制造厂要求,则可采用 AWG 尺寸。

附录 I
(资料性附录)
RCCB 的追随试验程序

I.1 概述

为了保证产品稳定的质量水平,制造厂必须制定对制造过程的追随检查程序。

本附录提出了制造 RCCB 时使用的追随程序示例。

本附录可作为制造厂旨在保持要求的产品质量水平的特定程序及组织的导则,尤其是,可采用供货方及制造方追随的任何条款,以保证与制造产品的剩余电流装置的安全性有关的质量。

I.2 追随试验程序

追随试验程序包括两组试验。

I.2.1 季度追随试验程序

见表 I.1 试验程序 Q。

I.2.2 年度追随试验程序

见表 I.1 试验程序 Y1~Y3。

注:年度追随试验可由季度追随试验程序组成。

表 I.1 追随检查试验程序

试验程序	条款或分条款	试验	说明
Q	9.16	试验装置	仅验证 b) 和 c) 项,除了验证试验装置的安匝数外 依次对每极之间也要试验
	9.9.2.1	剩余电流动作特性	
	9.9.2.3 9.7.7.2	剩余电流动作特性 用冲击耐受电压验证电气间隙	
Y1	9.9.4	剩余电流动作特性	
	9.7	介电性能试验	
	9.10	机械和电气寿命	
Y2	9.22.1	可靠性(耐气候试验)	
Y3	9.23	老化试验	

I.2.3 抽样程序**I.2.3.1 季度试验程序**

对季度试验程序采用下列检查水平:

- 正常检查;
- 加强检查。

第一次追随检查采用正常检查水平。

取决于试验的结果,接下来的检查采用正常检查或加强检查,或停止生产。

从一种检查水平转换到另一种检查水平应采用下列的判别标准:

——保持正常检查水平:

正常检查时,如果6个试品全部通过试验程序(见表1.2,程序Q),则保持正常水平。如果5个试品通过试验,下次检查仅在前次试验间隔一个月后进行,试品数量和试验程序与前次试验相同。

——正常检查水平→加强检查水平:

正常检查时,如果只有4个试品通过试验程序,则进入加强检查水平。

——正常检查水平→停止生产:

正常检查时,如果少于4个试品通过试验程序,则在质量改进以前应停止生产。

——加强检查水平→正常检查水平:

加强检查时,如至少有12个试品通过试验(见表1.2),则应进入正常检查水平。

——保持加强检查水平:

加强检查时,只有10或11个试品通过试验程序,则保持加强检查水平,并且下次检查在前次检查后的一个月进行,试品数量和试验程序相同。

——加强检查水平→停止生产:

如果连续4次检查保持在加强检查水平,或少于10个试品通过试验程序,则在质量改进以前应停止生产。

——重新开始生产:

在合适的并经确认的改进工作后,可以重新恢复生产。应在加强检查水平条件下恢复生产。

1.2.3.2 年度试验程序

对年度试验程序采用下列检查水平:

——正常检查;

——加强检查。

第一次追随检查采用正常检查水平。

取决于试验的结果,接下来的检查采用正常检查或加强检查。

从一种检查水平转换到另一种检查水平应采用下列的判别标准:

——保持正常检查水平:

正常检查时,如果所有试品全部通过试验程序,则保持正常水平。如果2个试品通过试验程序Y1,并且试验程序Y2和Y3没有失败,则下次检查在前次检查的3个月后进行,试品数量和试验程序相同。

——正常检查水平→加强检查水平:

正常检查时,如果出现下面任一情况,则应进入加强检查水平:

- 只有一个试品通过试验程序Y1;
- 或试验程序Y2或Y3中任一程序出现一次失败。

下一次检查应在前次试验后的3个月内进行,出现失败的试验程序采用加强检查水平,其他试验程序采用正常检查水平。

——正常检查水平→停止生产:

正常检查时,如果没有试品通过试验程序Y1,或在试验程序Y2或Y3中出现多于一次失败,则在质量改进以前应停止生产。

——加强检查水平→正常检查水平:

加强检查时,如果符合下面条件,则应进入正常检查水平:

- 至少 5 个试品通过试验程序 Y1;和
- 试验程序 Y2 或 Y3 中没有出现失败。

——保持加强检查水平:

加强检查时,如果只有 4 个试品通过试验程序 Y1,并且试验程序 Y2 和 Y3 没有失败,保持加强检查水平,下次检查应在前次试验的 3 个月后进行,试品数量和试验程序相同。

——加强检查水平→停止生产:

如果连续 4 次检查保持在加强检查水平,或在一次年度检查中出现下列一种失败,则在质量改进以前应停止生产。

- 少于 4 个试品通过试验程序 Y1;
- 试验程序 Y2 或 Y3 中出现多于一次失败。

——重新开始生产:

在合适的并经确认的改进工作后,可以重新恢复生产。应在加强检查水平条件下恢复生产。

1.2.4 被试的试品数量

不同检查水平的试品数量见表 I.2。

表 I.2 被试的试品数量

检查程序	正常检查试品数量	加强检查试品数量
Q	6	13
Y1、Y2、Y3	每个程序 3	每个程序 6

基本设计结构相同的一个系列 RCCB 只需要对一组试品进行试验,而不考虑其额定值。

对追随试验程序来讲,如果 RCCB 属于 4.1 规定的同一种分类并符合下列要求,则认为基本设计结构相同:

——剩余电流动作装置除了下面的不同外,具有相同的脱扣机构及相同的继电器或螺线管:

- 绕组的匝数和截面积;
- 差动互感器铁心的尺寸和材料;
- 额定剩余电流;及

——电子部件(如果有的话)具有相同的设计并使用同样的元件,除了为达到不同的 $I_{\Delta n}$ 而发生的变化以外。

附录 J
(资料性附录)
短路试验的 SCPD

J.1 引言

为验证 RCCB 能承受表 17 规定的 I^2t 和 I_p 的最小值,必须进行短路试验。应使用熔断器或采用图 13 所示试验装置的银丝或使用任何其他能产生要求的 I^2t 和 I_p 值的装置进行短路试验。

J.2 银丝

为验证 RCCB 能承受的 I^2t 和 I_p 的最小值,并获得重复的试验结果,SCPD (如果有的话)可以是采用图 13 所示的试验装置的银丝。

银丝的含银量至少为 99.9%,其直径按额定电流 I_n 、短路电流 I_m 和 I_{sc} 确定,如表 J.1 所示。

表 J.1 对应于额定电流与短路电流的银丝直径

I_m 和 I_{sc}	I_n/A								
	≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63	≤ 80	≤ 100	≤ 125
A	银丝直径 ^a mm								
500	0.30	0.35	0.35	0.35					
1 000	0.30	0.35	0.40	0.50					
1 500	0.35	0.40	0.45	0.50	0.65	0.85			
3 000	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	0.95	1.05	1.15
4 500	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.80	0.90	1.05	1.15
6 000	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.75	0.90	0.95	1.00
10 000	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.85	0.90	0.95

^a 银丝直径基本上是根据峰值电流(I_p)来考虑的(见表 18)。

银丝应插入到图 13 所示的试验装置的适当的位置,并且要水平地插入和绷紧。每次试验后,应更换银丝。

J.3 熔断器

为验证 RCCB 能承受的 I^2t 和 I_p 的最小值,并获得重复的试验结果,SCPD (如果有的话)可以是相应的熔断器。

熔断器的额定值不能比 RCCB 的额定值小,可以使用较高额定值的熔断器以便获得表 18 规定的 I^2t 和 I_p 的值。

增加并联的熔断器能达到中间的值。

J.4 其他装置

只要符合表 18 规定的值,可以使用其他装置。

附录 K
(规范性附录)

具有连接外部铜导线的无螺纹型接线端子的 RCCB 的特殊要求

K.1 适用范围

本附录适用于第 1 章范围内的具有无螺纹接线端子的 RCCB,无螺纹接线端子的电流不超过 20 A,主要用于连接截面积至 4 mm² 的未经加工(见 K.3.6)的铜导线。

注 1: 在奥地利、捷克、德国、丹麦、荷兰、挪威和瑞士等国家,使用无螺纹接线端子的电流上限是 16 A。

在本附录中,无螺纹接线端子称为接线端子,而铜导线称为导线。

注 2: 本附录的编号按照标准正文的编号,因此编号不必连续。任何没有明确提及的内容,不经修改适用。

K.2 规范性引用文件

第 2 章适用。

K.3 术语和定义

作为第 3 章的补充,下列定义适用:

K.3.1

夹紧装置 clamping units

导线的机械夹紧和电气连接所必需的接线端子部件,包括为保证正确的接触压力所必需的部件。

K.3.2

无螺纹型接线端子 screwless-type terminal

导线的连接和随后的拆卸直接或间接地通过弹簧、楔形块或类似器件来实现的接线端子。

注: 示例见图 K.2。

K.3.3

通用接线端子 universal terminal

用于连接和拆卸所有型式导线(硬导线和软导线)的接线端子。

注: 在下列国家只允许通用接线端子: 奥地利、比利时、中国、丹麦、德国、西班牙、法国、意大利、葡萄牙、瑞典和瑞士。

K.3.4

非通用接线端子 non-universal terminal

仅用于连接和拆卸某种导线[例如,仅用于硬实心导线或仅用于硬(实心或绞合)导线]的接线端子。

K.3.5

推入接线式接线端子 push-wire terminal

非通用接线端子,其连接通过推入硬性(实心或绞合)导线来实现。

K.3.6

非经加工导线 unprepared conductor

导线切断并在插入至接线端子的一定长度上剥去绝缘。

注 1: 为插入接线端子而整形或为加强端部而拧线丝的导线认为是非经加工导线。

注2：术语“非经加工导线”指导线未经导线线丝的焊接，使用电缆接头、弯成小圆环等加工处理，但包括导线插入接线端子前的重新整形或为增加软导线端部强度而拧紧导线。

K.4 分类

第4章适用。

K.5 RCCB的特性

第5章适用。

K.6 标志和其他产品信息

除了第6章以外，下列要求适用：

通用接线端子：

——无标志。

非通用接线端子：

——声明用于硬实心导线的接线端子应标志字母“sol”；

——声明用于硬(实心或绞合)导线的接线端子应标志字母“r”；

——声明用于软导线的接线端子应标志字母“f”。

标志应位于RCCB上，或如果可用的空间不够，可位于最小的包装单元上或在技术资料中标明。

在RCCB上应有合适的标志指示导线插入接线端子前应剥去的绝缘长度。

制造厂也应在其技术文件中提供关于可夹紧的最多导线数量的资料。

K.7 使用和安装的标准工作条件

第7章适用。

K.8 结构和操作的要求

第8章适用，但有以下修正。

在8.1.5中，只有8.1.5.1、8.1.5.2、8.1.5.3、8.1.5.6和8.1.5.7适用。

通过直观检查和用本附录中K.9.1和K.9.2的试验代替9.4和9.5来检验是否符合要求。

此外，以下要求适用：

K.8.1 导线的连接或拆卸

导线的连接或拆卸应采用下列方法来原因完成：

——采用一般用途的工具或与接线端子构成整体的合适的装置来打开接线端子并帮助导线的插入或拔出(例如，对通用接线端子)；

或，对硬导线：

——采用简单的插入的方法。拆卸导线时，应除了拉导线外还必须对导线有一个操作(例如对推入接线式端子)。

通用接线端子应能连接硬性(实心或绞合)和软性的未经加工处理的导线。

非通用接线端子应能连接制造厂声明的型式的导线。
通过直观检查和 K.9.1 和 K.9.2 的试验来检验是否符合要求。

K.8.2 可连接导线的尺寸

可连接导线的尺寸如表 K.1 所示。
连接这些导线的的能力应通过直观检查和 K.9.1 和 K.9.2 的试验来检验。

表 K.1 可连接的导线

可连接的导线及其理论直径									
公制					AWG				
硬导线			软导线		硬导线			软导线	
	实心导线	绞合导线				实心导线 ^a	B级绞合导线 ^a		I, K, M级绞合导线 ^b
mm ²	Φ/mm	Φ/mm	mm ²	Φ/mm	线规	Φ/mm	Φ/mm	线规	Φ/mm
1.0	1.2	1.4	1.0	1.5	18	1.02	1.16	18	1.28
1.5	1.5	1.7	1.5	1.8	16	1.29	1.46	16	1.60
2.5	1.9	2.2	2.5	2.3	14	1.63	1.84	14	2.08
4.0	2.4	2.7	4.0	2.9	12	2.05	2.32	12	2.70

注：最大硬导线和软导线的直径依据 GB/T 3956—2008，对 AWG 导线，依据 ASTM B 172-71 和 ICEA 出版物 S-19-81, S-66-524 和 S-68-516。

^a 标称直径+5%。
^b 对 I, K, M 三级中任何一级，最大直径+5%。

K.8.3 可连接的截面积

被夹紧的标称截面积如表 K.2 的规定。

表 K.2 无螺纹型接线端子可连接的铜导线的截面积

额定电流 A	被夹紧的标称截面积 mm ²
≤13	1~2.5
>13~20	1.5~4

通过直观检查和 K.9.1 和 K.9.2 的试验来检验是否符合要求。

K.8.4 导线的插入和拆卸

导线的插入和拆卸应按制造厂的说明书来操作。
通过直观检查来检验是否符合要求。

K.8.5 接线端子设计和结构

接线端子的设计和结构应符合下列要求：
——单独地夹紧每根导线；

——在连接或拆卸的过程中,能同时或分别地连接或拆卸导线;

——避免不适当地插入导线。

应可以可靠地夹紧规定的最大值以下的任何数量的导线。

通过直观检查和 K.9.1 和 K.9.2 的试验来检验是否符合要求。

K.8.6 抗老化

接线端子应能抗老化。

通过 K.9.3 的试验来检验是否符合要求。

K.9 试验

第 9 章适用,但用下列试验替代 9.4 和 9.5:

K.9.1 无螺纹接线端子的可靠性试验

K.9.1.1 无螺纹系统的可靠性

用符合表 K.2 的额定截面积的铜导线对新的试品各极的 3 个接线端子进行试验。导线的型式应按 K.8.1。

用最小直径的导线连接并随后拆卸 5 次,接着再用最大直径的导线试验 5 次。

除了第 5 次以外,每次试验应使用新的导线。第 5 次试验时把第 4 次插入使用过的导线在同样的位置夹紧。在插入接线端子前,应把硬绞合导线的股线重新整形,并把软导线的线丝拧紧以增加端部强度。

对每次插入,应该把导线尽可能地推入到接线端子中,或把导线这样插入使得其显而易见具有适当的连接。

在每次插入后,插入的导线绕着其轴线在夹紧区域的水平面转过 90° ,接着把导线拆卸。

在这些试验后,接线端子不应损坏至影响其继续使用。

K.9.1.2 连接的可靠性试验

新试品各极的 3 个接线端子连接符合表 K.2 的型式和额定截面积的新铜导线。

导线的型式应按 K.8.1。

在插入接线端子前,硬绞合导线和软导线的股线应重新整形,并应把软导线的线丝拧紧以增加端部强度。

如果是通用接线端子,应不过度用力就可以把导线连接到接线端子中。如果是推入接线式接线端子,用手施加必要的力。

把导线尽可能地推入到接线端子中,或把导线这样插入使得其显而易见具有适当的连接。

在试验后,应没有导线的线丝脱落至接线端子外面。

K.9.2 连接外部导线的接线端子的可靠性试验:机械强度

拉出试验时,新试品各极的 3 个接线端子连接符合表 K.2 的型式及最小截面积和最大截面积的新铜导线。

在插入接线端子前,硬绞合导线和软导线的股线应重新整形,并应把软导线的线丝拧紧以增加端部强度。

然后,对每根导线施加表 K.3 规定值的拉力。施加拉力时不能用冲击力,时间为 1 min,方向为导

线的轴线方向。

表 K.3 拉力

截面积 mm ²	拉力 N
1.0	35
1.5	40
2.5	50
4.0	60

在试验过程中,导线不应滑出接线端子。

K.9.3 循环试验

用符合表 10 截面积的新的铜导线进行试验。

试验在新的试品(单极试品)上进行,试品的数量按接线端子的型式规定如下:

- 用于硬(实心或绞合)导线和软导线的通用接线端子:每种导线 3 个试品(总共 6 个试品);
- 专门用于实心导线的非通用接线端子:3 个试品;
- 用于硬(实心或绞合)导线的非通用接线端子:每种导线 3 个试品(6 个试品);

注:如果是硬导线,宜使用实心导线(如果所在国家没有实心导线,可使用绞合导线)。

- 专门用于软导线的非通用接线端子:3 个试品。

如图 K.1 规定那样,把具有表 10 规定截面积的导线按正常使用串联连接到 3 个试品中的每个试品。

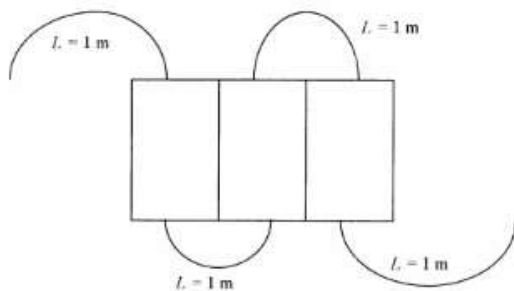


图 K.1 试品连接

试品上应有一个孔(或等效的措施)以便测量接线端子上的电压降。

整个试验装置,包括导线,放置在一个初始温度保持在 (20 ± 2) °C 的加热箱中。

为了在下列所有的电压降测量完成以前避免试验装置的任何移动,建议各极固定在一个公共支架上。

除了在冷却期间以外,对电路通以相应于 RCCB 额定电流的试验电流。

然后,试品承受 192 个温度循环,每个循环约 1 h,具体要求如下:

在约 20 min 的时间内使箱内温度升高到 40 °C,温度保持在该温度值 ± 5 °C 的范围内约 10 min。

然后,把试品在约 20 min 内冷却到约 30 °C 的温度,允许采用强迫冷却。试品保持在该温度约 10 min。如果为测量电压降需要时,允许再降低至 (20 ± 2) °C 的温度。

在第 192 个循环结束时,在每个接线端子上通以标称电流测量的最大电压降不应超过下列两个值

中的较小值:

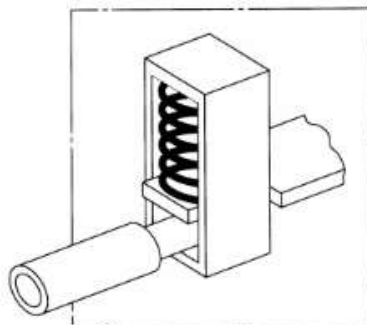
- 22.5 mV;
- 或第 24 个循环后测量值的 1.5 倍。

应尽可能地在接近接线端子的接触部位进行测量。

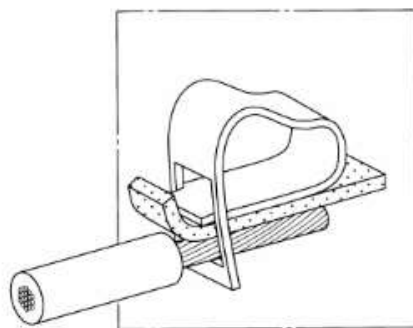
如果测量点不能位于接近接触点的部位,则应从测得的电压降中减去理想测量点和实际测量点之间部分导线内的电压降。

加热箱的温度必须在至少离试品 50 mm 的距离处测量。

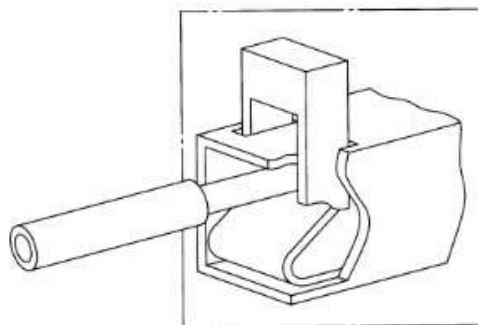
试验后,不采用附加的放大手段,通过正常的或校正的视力用肉眼检查,应没有明显的影响继续使用的变化,例如裂缝、变形或类似的变化。



采用间接压力的
无螺纹型接线端子



采用直接压力的
无螺纹型接线端子



采用驱动元件的
无螺纹型接线端子

图 K.2 无螺纹型接线端子示例

K.10 参考文件

- [1] IEC 60228 Conductors of insulated cables
- [2] IEC 60998-1 Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes—Part 1: General requirements
- [3] IEC 60998-2-2 Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes—Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units
- [4] IEC 60999 (all parts), Connecting devices—Electrical copper conductors—Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units
- [5] ASTM B172-01a Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Bunch-Stranded Members, for Electrical Conductors
- [6] ICEA S-19-81/NEMA WC3 Rubber-Insulated Wire and Cable
- [7] ICEA S-66-524/NEMA WC7 Cross-Linked-Thermosetting-Polyethylene Insulated Wire and Cable
- [8] ICEA S-68-516/NEMA WC8 Ethylene-Propylene-Rubber Insulated Wire and Cable

附 录 L
(规范性附录)

带扁平快速连接端头的 RCCB 的特殊要求

L.1 适用范围

本附录适用于第 1 章范围内的具有扁平快速连接端头的 RCCB,该端头由标称宽度 6.3 mm 和厚度 0.8 mm 的插入式连接片及与其配套的插套连接器组成,用于按制造厂的说明连接电气铜导线,额定电流小于等于 16 A。

注 1: 在比利时、法国、意大利、西班牙、葡萄牙和美国等国家,允许使用额定电流 20 A 及以下的带扁平快速连接端头的 RCCB。

可连接的电气铜导线为截面积 4 mm² 及以下的软导线,或截面积 2.5 mm² 及以下的硬导线(AWG 线规等于或大于 12)。

本附录专门适用于插入式连接片作为装置整体部分的 RCCB。

注 2: 本附录的编号按照标准正文的编号,因此编号不必连续。任何没有明确提及的内容,不经修改适用。

L.2 规范性引用文件

作为第 2 章的补充,下列规范性引用文件适用:

GB 17196 连接器件 连接铜导线用的扁形快速连接端头 安全要求(GB 17196—1997, idt IEC 61210:1993)

L.3 术语和定义

作为第 3 章的补充,下列定义适用:

L.3.1

扁平快速连接端头 flat quick-connect termination

由插入式连接片和插套连接器组成的电气连接,用工具或不用工具能把插套连接器推入和拔出。

L.3.2

插入式连接片 male tab

快速连接端头的一部分,能接纳插套连接器。

L.3.3

插套连接器 female nonnector

快速连接端头的一部分,用来推入到插入式连接片中。

L.3.4

定位扣 detent

在插入式连接片上与插套连接器上凸起部分啮合的凹痕(凹陷)或孔,作为配合部分的锁扣。

L.4 分类

第 4 章适用。

L.5 RCCB 的特性

第 5 章适用。

L.6 标志

整个第 6 章适用,在 k)项的后面增加下列内容:

下面 GB 17196 有关插套连接器的信息和采用的导线型式应在制造厂的说明书中规定。

- l) 制造厂的名称或商标;
- m) 型号;
- n) 关于导线截面积及绝缘插套连接器色码的信息(见下面表 L.1);
- o) 只能使用镀银或镀锡的铜合金。

表 L.1 关于插套连接器色码与导线截面积关系的信息表

导线截面积 mm ²	插套连接器的色码
1	红
1.5	红或蓝
2.5	蓝或黄
4	黄

L.7 使用和安装的标准工作条件

第 7 章适用。

L.8 结构和操作的要求

第 8 章适用,但下列内容除外:

用下面条款替代 8.1.3:

L.8.1 电气间隙和爬电距离(见附录 B)

插套连接器连接至 RCCB 的插入式连接片时,分条款 8.1.3 适用。

用下面条款替代 8.1.5:

L.8.2 连接外部导线的接线端子

L.8.2.1 插入式连接片和插套连接器应由对预期使用有足够机械强度、导电性和耐腐蚀性的金属制成。

注:镀银或镀锡的铜合金是合适的解决方案的例子。

L.8.2.2 插入式连接片的标称宽度为 6.3 mm,厚度为 0.8 mm,适用于额定电流为 16 A 及以下。

注 1:在比利时、法国、意大利、葡萄牙、西班牙和美国等国家,允许使用的额定电流为 20 A 及以下。

插入式连接片的尺寸应符合表 L.3 及图 L.2、图 L.3、图 L.4 和图 L.5 规定的尺寸,其中 A、B、C、D、

E,F,J,M,N 和 Q 的尺寸是强制性尺寸。

可组装的插套连接器的尺寸如图 L.6 和表 L.4 所示。

注 2: 只要规定的尺寸不受影响和试验要求能符合, 各种部件的形状可以与图中给出的形状不一致, 例如波纹状连接片、折叠式连接片等。

通过直观检查和测量来检验是否符合要求。

L.8.2.3 插入式连接片应可靠地保持

通过 L.9.1 的机械过载试验来检验是否符合要求。

L.9 试验

第 9 章适用, 但作下列修改:

用下面条款替代 9.5:

L.9.1 机械过载力

在 RCCB 的 10 个接线端子上进行试验, RCCB 按正常使用安装和接线。

在与断路器组成整体的插入式接线片上逐渐施加一个表 L.2 规定的轴向推力, 接着再逐渐施加一个表 L.2 规定的轴向拉力, 仅用合适的试验装置试验一次。

表 L.2 过载试验力

推力 N	拉力 N
96	88

接线片或与接线片组装成一体的断路器不应发生可能影响其继续使用的损坏。

对 9.8.3 增加:

细线热电偶应这样放置, 使其不影响接触区域或连接区域。热电偶放置的例子如图 L.1 所示。

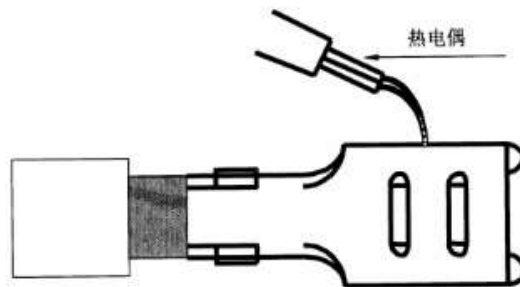


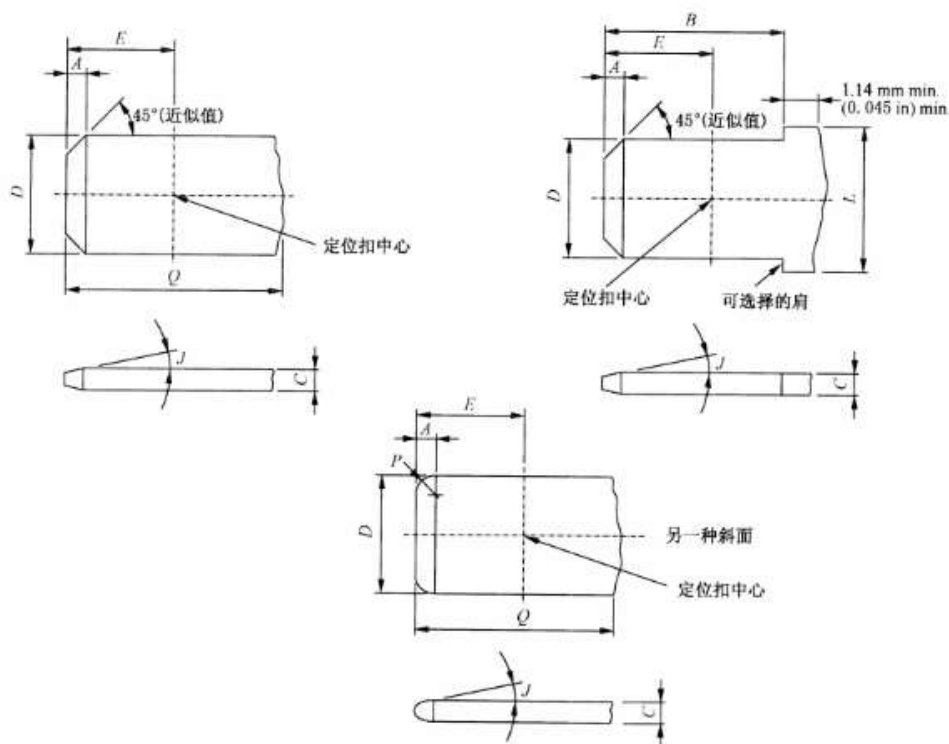
图 L.1 测量温升的热电偶放置位置示例

表 L.3 接线片尺寸

单位为毫米

标称尺寸		A	B min.	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min.
6.3×0.8	凹痕	1.0		0.84	6.40	4.1	2.0	12°	2.5	2.0	1.8	
		0.7	7.8	0.77	6.20	3.6	1.6	8°	2.2	1.8	0.7	8.9
	孔	1.0		0.84	6.40	4.7	2.0	12°			1.8	
		0.5	7.8	0.77	6.20	4.3	1.6	8°			0.7	8.9

注 1: 尺寸 A 至 Q, 参考图 L.2 至图 L.5。
注 2: 在一栏目中有两个值时, 是给出了最大尺寸和最小尺寸。



注 1: 如果在所示的边界内, 45°的斜角 A 不需要是直线。

注 2: 尺寸 L 没有规定, 可以在应用时变化(例如固定时)。

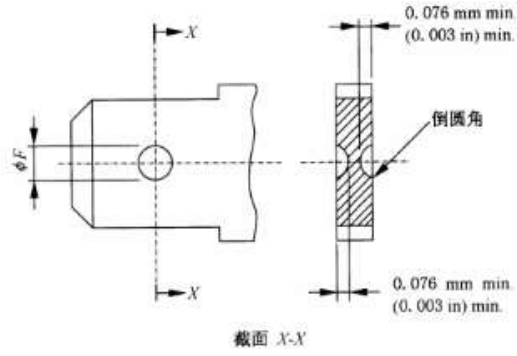
注 3: 连接片的尺寸 C 可由几层材料组成, 只要制成的连接片在各方面均符合本部分的要求。允许连接片的纵向边缘呈圆弧形。

注 4: 除了所示的有关尺寸以外, 本草图不用来约束设计。

注 5: 插入式连接片的厚度 C 在超过 Q 或超过 $B + 1.14 \text{ mm} (0.043 \text{ in})$ 的部分可以改变。

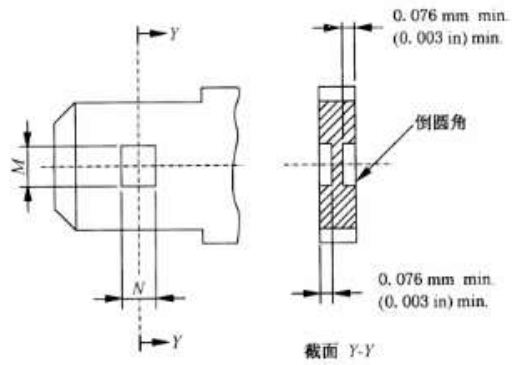
注 6: 连接片的所有部分应平直并无毛刺或突起, 除了定位扣周围并距离定位扣 $1.3 \text{ mm} (0.051 \text{ in})$ 的界线限定的区域内每边可以有 $0.025 \text{ mm} (0.001 \text{ in})$ 高的凸台。

图 L.2 插入式连接片的尺寸



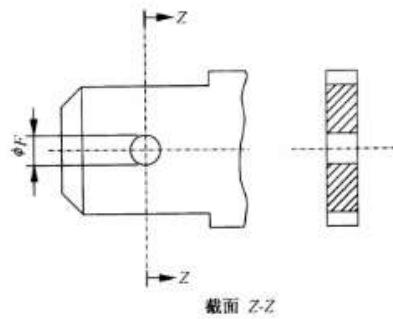
定位扣应位于连接片中心线 0.076 mm(0.003 in) 范围内。

图 L.3 圆形凹痕定位扣的尺寸(见图 L.2)



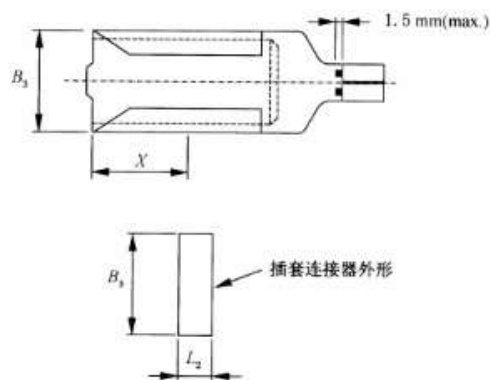
定位扣应位于连接片中心线 0.13 mm(0.005 in) 范围内。

图 L.4 矩形凹痕定位扣的尺寸(见图 L.2)



定位扣应位于连接片中心线 0.076 mm(0.003 in) 范围内。

图 L.5 孔定位扣的尺寸(见图 L.2)



尺寸 B_3 和 L_2 是强制性的。

注 1: 为了确定插套连接器与 B_3 和 L_2 不同的尺寸, 必需参考连接片的尺寸, 以确保在最不利的条件下连接片和插套连接器的插合(以及定位, 如果有定位扣时)是正确的。

注 2: 如果具有定位扣, 尺寸 X 由制造厂确定, 以便满足性能条款的技术要求。

注 3: 插套连接器应这样设计, 使得电线过度插入到卷边区域是可见的或受到定位件限止, 以避免导线与完全插入的连接片之间的干涉。

注 4: 除了所示的有关尺寸以外, 本草图不用来约束设计。

图 L.6 插套连接器的尺寸

表 L.4 插套连接器的尺寸

连接片尺寸 mm	插套连接器的尺寸 mm	
	B_3 (最大)	L_2 (最大)
6.3×0.8	7.8	3.5

L.10 参考文件

- [1] IEC 61210 Connecting devices—Flat quick connect terminations for electrical copper conductors—Safety requirements

附录 M (规范性附录)

具有连接外部未经处理铝导线的螺纹型接线端子 和连接铜或铝导线的铝制螺纹型接线端子 RCCB 的特殊要求

M.1 适用范围

本附录适用于本部分范围内的具有连接未经处理铝导线的螺纹型接线端子或连接铜或铝导线的铝制螺纹型接线端子的 RCCB。用于连接未经处理铝导线的螺纹型接线端子由铜制成,或由至少含有 58% 铜合金(冷加工)或至少含有 50% 铜合金(其他方式加工)制成,或由耐腐蚀性能不低于铜并具有适当机械性能的其他金属或适当的涂层的金属制成。

本附录中镀铜和镀镍的铝导线均看作是铝导线。

注 1: 在奥地利、澳大利亚和德国,不允许使用连接铜导线的铝制螺纹型接线端子。

——在奥地利、瑞士和德国,不允许使用仅连接铝导线的接线端子。

——在西班牙,家用和类似场所(例如,办公室、商店等)的终端电路中不允许使用铝导线。

——在丹麦,铝导线的最小截面积是 16 mm²。

注 2: 本附录的编号按照标准正文的编号,因此编号不必连续。任何没有明确提及的内容,不经修改适用。

M.2 规范性引用文件

第 2 章适用,增加下述:

IEC 61545:1996 连接装置 在任何材料制成的夹紧件中连接铝导线以及在铝基夹紧件中连接铜导线的连接装置(Connecting devices—Devices for the connection of aluminium conductors in clamping units of any material and copper conductors in aluminium bodied clamping units)

M.3 术语和定义

作为第 3 章的补充,下列定义适用本附录:

M.3.1

经处理的导线 treated conductor

导线的接触部位,其股线外层的氧化层被擦除,和/或加化合物以改善连接能力和/或防腐能力。

M.3.2

未经处理/未加工导线 untreated/unprepared conductor

为插入端子而被剪断并剥去绝缘的导线。

注:为插入接线端子而整形的导线,或为增加导线端部强度而将股线拧紧的导线,均视为未经处理的导线。

M.3.3

均衡器 equalizer

在试验回路中使用的,用来确保绞合导线等位点和均衡绞合导线电流密度,而不会对导线的温度产生有害影响的装置。

M.3.4

基准导线 reference conductor

在被试接线端子单元中使用的并连接在同一串联电路中的同样型号和尺寸连续长度导线,该导

线用来确定基准温度,如果需要时也用来确定基准电阻。

M.3.5

稳定性因数 *stability factor*

S_T

电流循环试验过程中,接线端子单元温度稳定性的度量。

M.4 分类

第 4 章适用。

M.5 RCCB 的特性

第 5 章适用。

M.6 标志和其他产品信息

除第 6 章以外,下列要求适用:

表 M.1 规定的接线端子标志应在 RCCB 接线端子附近标明。

其他有关导线数量、螺钉扭矩(如果与表 11 不同)和截面积等信息应在 RCBO 上标明。

表 M.1 接线端子标志

可接受的导线型式	标志
仅接受铜导线	无
仅接受铝导线	Al
铜导线和铝导线	Al/Cu

制造厂应在其产品目录上说明,对于夹紧铝导线,紧固扭矩应以合适的方法施加。

M.7 使用和安装的标准工作条件

第 7 章适用。

M.8 结构和操作的要求

第 8 章适用,除以下内容:

在 8.1.5.2 最后,增加以下内容:

对于铝导线的连接,RCCB 应具有允许连接表 M.2 规定的标称截面积导线的螺纹型接线端子。

用于铝导线连接的端子和用以铜或铝导线连接的铝制端子应具有足以耐受 9.4 试验的机械强度,试验导线按表 11 规定的扭矩或制造厂规定的扭矩(该扭矩不应低于表 11 规定的扭矩)拧紧。

表 M.2 螺纹型接线端子可连接的铝导线截面积

额定电流 ^a A	夹紧的标称截面积范围 ^b mm ²
≤13	1~4
<13~≤16	1~6
<16~≤25	1.5~10
<25~≤32	2.5~16
<32~≤50	4~25
<50~≤80	10~35
<80~≤100	16~50
<100~≤125	25~70

^a 对额定电流小于等于 50 A 的接线端子,要求其设计成夹紧实心导线和硬绞合线;允许使用软导线。但是对截面积为 1 mm²~10 mm² 的导线,允许其结构仅用于夹紧实心导线。

^b 表 6 的最大导线尺寸,按照 IEC 61545:1996 的表 D.2 增加。

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。

8.1.5.4 用下列内容代替:

接线端子应可以连接未经特殊加工的导线。

通过直观检查和 M.9 试验来检验是否符合要求。

M.9 试验

经以下修改/补充,第 9 章适用:

对于受接线端子材料和能与其连接的导线的型式影响的试验,表 M.3 的试验条件适用。

此外,M.9.2 试验在与 RCCB 分离的接线端子上进行。

表 M.3 根据导线和接线端子材料的试验列表

端子材料	按 8.1.4.4 的材料 ^a		
	Al	Al ^b	
导线的材料(表 M.1)	Al 使用表 M.2 和表 M.5	Cu 使用表 6 和表 10	Al 使用表 M.2 和表 M.5
9.4 螺钉可靠性	使用表 M.2、表 M.5 和表 11	使用表 6、表 10 和表 11	使用表 M.2、表 M.5 和表 11
9.5.1 拉出试验 ^b	使用表 M.2、表 M.5 和表 11	使用表 6、表 10 和表 11	使用表 M.2、表 M.5 和表 11
9.5.2 导线的损坏	使用表 M.2、表 M.5 和表 11	使用表 6、表 10 和表 11	使用表 M.2、表 M.5 和表 11
9.5.3 导线的插入	使用表 M.4	使用表 5	使用表 M.4
9.8 温升	使用表 M.5	使用表 10	使用表 M.5
9.22 验证可靠性	使用表 M.5	使用表 10	使用表 M.5
M.9.2 循环试验	使用表 11	使用表 11	使用表 11

^a 采用附录 A 规定试验程序 A 和 B 以及试品数量。对于能连接 Al 或 Cu 导线的 RCCB,试验程序和样品数目要加倍(一套用于 Cu 导线,一套用于 Al 导线)。

^b 对于 9.5.1 拉出试验,70 mm² 导线的拉力值正在考虑中。

表 M.4 可连接导线及其理论直径

公制					AWG				
硬线			软线 (仅适用于铜)		硬线			软线 (仅适用于铜)	
S	实心	绞合	S			实心 ^a	B类绞合 ^a		I,K,M 类 ^b 绞合
mm ²	Φ/mm	Φ/mm	mm ²	Φ/mm	线规	Φ/mm	Φ/mm	线规	Φ/mm
1.0	1.2	1.4	1.0	1.5	18	1.07	1.23	18	1.28
1.5	1.5	1.7	1.5	1.8	16	1.35	1.55	16	1.50
2.5	1.9	2.2	2.5	2.3 ^c	14	1.71	1.95	14	2.08
4.0	2.4	2.7	4.0	2.9 ^c	12	2.15	2.45	12	2.70
6.0	2.9	3.3	4.0	2.9 ^c	10	2.72	3.09		
10.0	3.7	4.2	6.0	3.9	8	3.43	3.89	10	3.36
16.0	4.6	5.3	10.0	5.1	6	4.32	4.91	8	4.32
25.0		6.6	16.0	6.3	4	5.45	6.18	6	5.73
35.0		7.9	25.0	7.8	2	6.87	7.78	4	7.25
					1	7.72	8.85		
50.0		9.1	35	9.2	0	8.51	9.64		12.08
70.0		12.0	50	12	00	9.266	10.64		

注：最大硬线和软线的直径基于 IEC 60228:2004 的表 1；对于 AWG 导线，基于 ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516。

^a 标称直径 +5%。

^b 对于 I,K,M 类中的任一种，最大直径 +5%。

^c 按照 IEC 60228，仅指 5 类软线的尺寸。

M.9.1 试验条件

除所连接的 Al 导线从表 M.5 选取外，条款 9.1 适用。

表 M.5 与额定电流相应的试验铝导线的截面积(S)

S mm ²	I _n A
1.5	I _n ≤ 6
2.5	6 < I _n ≤ 13
4	13 < I _n ≤ 20
6	20 < I _n ≤ 25
10	25 < I _n ≤ 32
16	32 < I _n ≤ 50
25	50 < I _n ≤ 63
35	63 < I _n ≤ 80
50	80 < I _n ≤ 100
70	100 < I _n ≤ 125

M.9.2 电流循环试验

M.9.2.1 概述

本试验通过在加速循环条件下,比较导线与基准导线的温度性能,验证螺纹型接线端子的稳定性。本试验在单独的接线端子上进行。

M.9.2.2 试验准备

试验在 4 组试品上进行,每组试品由一对接线端子组成,其装配方式应代表端子在 RCCB 中的使用状况(见图 M.2 至图 M.6 的示例)。从产品中拆下的螺纹型接线端子应固定在与产品上时具有相同截面积、形状、金属和涂层的导电部件上。螺纹型接线端子应以其在产品上同样的方式(位置、扭矩等)固定在导电部件上。如果有一个试品在试验中出现故障,则应在另外 4 组试品上进行试验,并不允许再出现故障。

M.9.2.3 试验布置

试品总的布置应如图 M.1 所示。

对试品使用的扭矩应为制造厂规定的扭矩值的 90%,如制造厂未规定,则从表 11 中选取。

试验采用按表 M.5 选取的导线。试验导线从插入螺纹型接线端子的点至均衡器(见 M.3.3)的长度应如表 M.6 所示。

表 M.6 试验导线长度

导线截面积 mm ²	导线尺码 AWG	最小导线长度 mm
$S \leq 10.0$	≤ 8	200
$16.0 \leq S \leq 25.0$	6~3	300
$35.0 \leq S \leq 70.0$	2~00	460

试验导线与具有相同截面积的基准导线串联。

基准导线的长度至少应近似为试验导线长度的 2 倍。

试验导线和基准导线的每个未连接至螺纹型端子试品的自由端应焊接或铜焊至与导线材料相同,并且截面积不大于表 M.7 规定值的一小段均衡器。导线的所有股线均应焊接或铜焊,与均衡器形成电气连接。

如果制造厂认可,并具有相同的性能,无需焊接的工具加压型端头可以用作均衡器。

表 M.7 均衡器和汇流排尺寸

试验电流范围 A	最大截面积 mm ²	
	Al	Cu
0~50	45	45
51~125	105	85
126~225	185	155

试验导线和基准导线间的间距应至少为 150 mm。

应采用非导电的支架支撑均衡器或汇流排,把试品水平或垂直地悬挂在大气中,以避免螺纹型接线

端子承受拉力负载。隔热屏障应安装在导线的中间,其宽度应超出螺纹型接线端子 $25\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$,长度应超出 $150\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ (见图 M.1)。如果试品间的间距至少为 450 mm ,则不需要隔热屏障。试品的位置应与地板、墙壁或天花板的距离至少为 600 mm 。

试品应放置在基本上无震动和无气流的环境中,周围温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。一旦试验开始,只要不超过极限范围,最大允许的变化是 $\pm 1\text{ K}$ 。

M.9.2.4 温度测量

采用截面积不超过 0.07 mm^2 (近似为 30 AWG)的线丝的热电偶测量温度。

对于螺纹型接线端子,热电偶应放置在螺纹型端子的导线入口端,靠近接触面处。

对于基准导线,热电偶应放置在导线两端的中间,并位于其绝缘层下。

热电偶的安置不应损害螺纹型接线端子或基准导线。

注 1: 如果性能不受影响并且制造厂认可,钻小孔并随后栓住热电偶是一个可行方法。

周围环境温度应采用 2 个热电偶以这样的方式测量,以便在测试回路的临近部位获得平均和稳定的读数,而不受外部过度的影响。热电偶应放置在一个与试品交叉的水平面上,与试品的最小距离为 600 mm 。

注 2: 达到稳定测量的一个令人满意方法,例如,将热电偶放置在尺寸约为 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$,厚度在 $6\text{ mm} \sim 10\text{ mm}$ 之间的无镀层的钢板上。

M.9.2.5 试验方法和合格判别标准

注 1: 性能的评估是基于螺纹式接线端子的温升极限和试验过程中温度变化。

试验回路应经受 500 个 1 h 通电流和 1 h 断电流的循环,开始时,电流为等于表 M.8 规定的试验电流的 1.12 倍的交流电流。前 24 个循环,在接近每个通电流期间结束时,应接着调整电流以便将基准导线的温度升至 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在第 25 个循环,应最后一次调整试验电流,并应记录稳定温度作为第一次测量。对余下的试验,试验电流不应再调整。

每个工作日至少应记录一个循环的温度,以及在大约 25,50,75,100,125,175,225,275,350,425 和 500 个循环后应记录温度。

应在通电流期间的最后 5 min 测量温度。如果试验样品组的尺寸或数据读取系统的速度不能使得所有的测量在 5 min 内完成,通电流的时间应延长至为完成测量所必须的时间。

在前 25 个循环以后,断电流的时间可以减少到比所有接线端子组件在断电流期间冷却到环境温度 T_0 和 $T_0 + 5\text{ K}$ 之间的温度所需的时间长 5 min 的时间。如果制造厂认可,可采用强迫通风冷却以减少断电流时间。这种情况下,强迫通风冷却应用于整个试验回路,由于强迫通风导致的温度不应低于周围空气温度。

每 11 个测量温度的稳定性因数 S_i 用 11 个温度偏差 d 分别减去平均温度偏差 D 确定。

11 个单独温度测量的温度偏差 d 值由螺纹型接线端子的温度减去相关的基准导线的温度得到。

注 2: 如果螺纹型接线端子的温度高于基准导线的温度, d 值为正;如果低于基准导线的温度, d 值为负。

对于每个螺纹型接线端子:

——温升不应超过 110 K ;

——稳定性因数 S_i 不应超过 $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

对于一个螺纹型接线端子的计算示例见表 M.9。

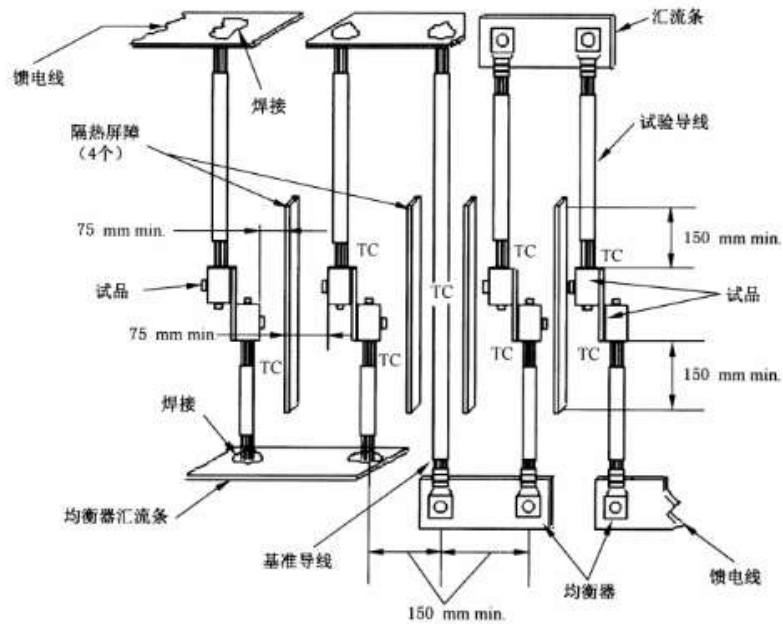
表 M.8 与额定电流相应的试验电流

公制			AEG		
额定电流 A	Al 导线尺寸 mm ²	试验电流 A	额定电流 A	Al 导线线规 N ^o	试验电流 A
$0 \leq I_n \leq 15$	2.5	26	$0 \leq I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 20$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	63
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

表 M.9 确定平均温度偏差 D 的计算示例

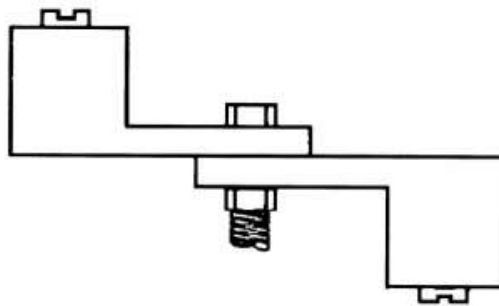
温度测量	循环次数	温度		温度偏差 $d = a - b$ K	稳定因数 $S_t = d - D$ K
		螺纹型接线端子 a ℃	基准导线 b ℃		
1	25	79	78	1	0.18
2	50	80	77	3	2.18
3	75	78	78	0	-0.82
4	100	76	77	-1	-1.82
5	125	77	77	0	-0.82
6	175	78	77	1	0.18
7	225	79	76	3	2.18
8	275	78	76	2	1.18
9	350	77	78	-1	-1.82
10	425	77	79	-2	-2.82
11	500	81	78	3	2.18

$$\text{平均温度偏差 } D = \frac{\sum d}{\text{测量次数}} = \frac{9}{11} = 0.82$$



说明：
TC——热电偶。

图 M.1 试验的总体布置



注：导电部件可以是螺栓固定、锡焊或熔焊。

图 M.2

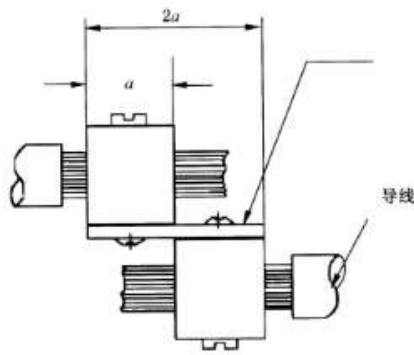


图 M.3

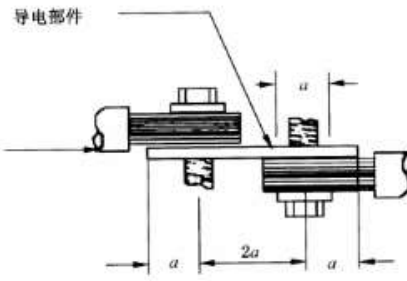


图 M.4

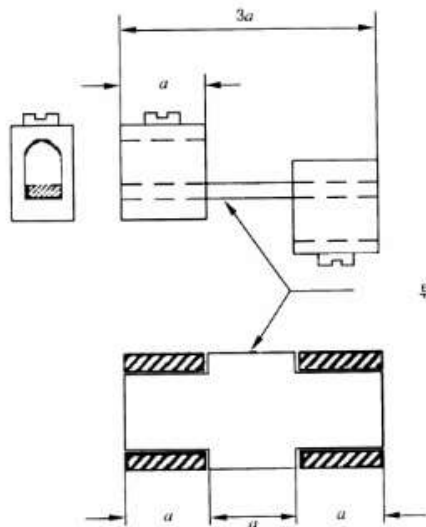


图 M.5

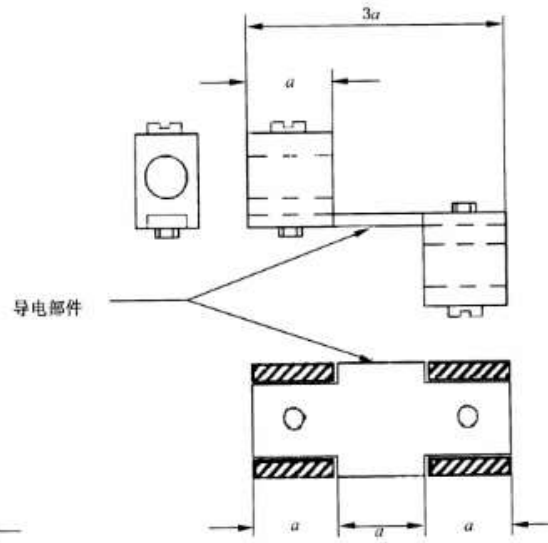


图 M.6

参 考 文 献

- [1] GB/T 156—2007 标准电压(IEC 60038-2002,MOD)
 - [2] GB/T 3956—2008 电缆的导体(IEC 60228:2004,IDT)
 - [3] GB/T 4207—2012 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法(IEC 60112:2009,IDT)
 - [4] GB/T 16935.5—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第5部分:不超过2 mm的电气间隙和爬电的确定方法(IEC 60664-5:2007,IDT)
 - [5] GB 28527—2012 家用和类似用途的带或不带过电流保护的插座式剩余电流电器(SRCD)(IEC 62640:2011,MOD)
 - [6] IEC 60050-441:1984 International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses
 - [7] IEC 60050-604:1987 International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity—Operation Amendment 1 (1998)
 - [8] IEC 60060-2 High-voltage test techniques—Part 2: Measuring systems
 - [9] IEC 60269-1:2006 Low-voltage fuses—Part 1: General requirements
 - [10] IEC 60664-5 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm
 - [11] IEC 60695-2-11:2000 Fire hazard testing—Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods—Glow-wire flammability test method for end-products
 - [12] IEC/TR 60755:2008 General requirements for residual current operated protective devices
 - [13] IEC 60947-1:2007 Low-voltage switchgear and controlgear—Part 1: General rules
 - [14] IEC 62640 Residual current devices with or without overcurrent protection for socket-outlets for household and similar uses
 - [15] ASTM D785-08 Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials
-