ICS 13.260;91.140.50
K 09;Q 77

中华人民共和国国家标准

GB/T 16895.21—2020/IEC 60364-4-41:2017
代替 GB/T 16895.21—2011

低压电气装置
第 4-41 部分:安全防护　电击防护

Low-voltage electrical installations—Part 4-41:Protection for safety—Protection against electric shock

(IEC 60364-4-41:2017,IDT)

2020-12-14 发布　　2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　次

前言 …… Ⅰ
410　引言 …… Ⅲ
410.1　范围 …… 1
410.2　规范性引用文件 …… 1
410.3　通用要求 …… 1
411　保护措施:自动切断电源 …… 3
411.1　通则 …… 3
411.2　对基本防护的要求 …… 3
411.3　对故障防护的要求 …… 3
411.4　TN 系统 …… 4
411.5　TT 系统 …… 5
411.6　IT 系统 …… 6
411.7　功能特低电压(FELV) …… 8
412　防护措施:双重绝缘或加强绝缘 …… 8
412.1　通则 …… 8
412.2　对基本防护和故障防护的要求 …… 9
413　防护措施:电气分隔 …… 10
413.1　通则 …… 10
413.2　对基本防护的要求 …… 10
413.3　对故障防护的要求 …… 10
414　防护措施:采用 SELV 和 PELV 特低电压 …… 11
414.1　通则 …… 11
414.2　对基本防护和故障防护的要求 …… 11
414.3　SELV 和 PELV 的电源 …… 11
414.4　对 SELV 和 PELV 回路的要求 …… 12
415　附加防护 …… 13
415.1　附加保护:剩余电流保护器(RCD) …… 13
415.2　附加防护:辅助保护等电位联结 …… 13
附录 A(规范性附录)　基本防护规定 …… 14
附录 B(规范性附录)　阻挡物和置于伸臂范围之外的防护措施 …… 15
附录 C(规范性附录)　适用于由熟练技术人员或受过培训的人员操作或管理的电气装置的防护措施 …… 17
附录 D(规范性附录)　按 411.3.2 的要求采用自动切断电源不可行时可采用的防护规定 …… 19
参考文献 …… 20

前　言

GB/T 16895《低压电气装置》分为5个部分，每个部分又分为多个子部分：

——第1部分：基本原则、一般特性评估和定义；

——第4部分：安全防护；

——第5部分：电气设备的选择和安装；

——第6部分：检验；

——第7部分：特殊装置或场所的要求。

本部分为GB/T 16895的第4-41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/T 16895.21—2011《低压电气装置　第4-41部分：安全防护　电击防护》，与GB/T 16895.21—2011相比，主要技术变化如下：

——采用了GB/T 17045—2020的术语；

——修改了保护等电位联结范围(见411.3.1.2，2011年版的411.3.1.2)；

——修改了自动切断电源要求(见411.3.2，2011年版的411.3.2)；

——增加了家用照明回路设置RCD的要求(见411.3.4)；

——修改了IT系统故障防护措施(见411.6，2011年版的411.6)；

——修改了布线要求(见412.2.4，2011年版的412.2.4)；

——增加了附录D“按411.3.2的要求采用自动切断电源不可行时可采用的防护规定”。

本部分使用翻译法等同采用IEC 60364-4-41:2017《低压电气装置　第4-41部分：安全防护　电击防护》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 7251(所有部分)　低压成套开关设备和控制设备[IEC 61439(所有部分)]；

——GB/T 16499—2017　电工电子安全出版物的编写及基础安全出版物和多专业共用安全出版物的应用导则(IEC Guide 104:2010，NEQ)；

——GB/T 16895.3—2017　低压电气装置　第5-54部分：电气设备的选择和安装　接地配置和保护导体(IEC 60364-5-54:2011，IDT)；

——GB/T 16895.6—2014　低压电气装置　第5-52部分：电气设备的选择和安装　布线系统(IEC 60364-5-52:2009，IDT)；

——GB/T 16895.23—2012　低压电气装置　第6部分：检验(IEC 60364-6:2006，IDT)；

——GB/T 17045—2020　电击防护　装置和设备的通用部分(IEC 61140:2016，IDT)；

——GB/T 19212.7—2012　电源电压为1 100 V及以下的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全　第7部分：安全隔离变压器和内装安全隔离变压器的电源装置的特殊要求和试验(IEC 61558-2-6:2009，IDT)；

——GB/T 19215(所有部分)　电气安装用电缆槽管系统[IEC 61084(所有部分)]；

——GB/T 20041(所有部分)　电缆管理用导管系统[IEC 61386(所有部分)]。

本部分做了下列编辑性修改：

——纳入了国际标准更正单IEC 60364-4-41:2005+AMD1:2017 CSV/COR1:2018的内容；

——删除了附录E“各国的注解清单”。

本部分由全国建筑物电气装置标准化技术委员会(SAC/TC 205)提出并归口。

本部分起草单位：中机中电设计研究院有限公司、中国市政工程西北设计研究院有限公司、北京兴电国际工程管理有限公司、上海建筑设计研究院有限公司、中国电力工程有限公司、西门子(中国)有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、中国石油工程建设有限公司北京设计分公司、余姚市嘉荣电子电器有限公司。

本部分主要起草人：黄妙庆、黄宝生、钱中阳、陈彤、焦建雷、陈众励、胡建平、胡宏宇、唐颖、马坤、黄京俊、钱加灿、赵小磊、钱楚冰。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 16895.21—2004、GB/T 16895.21—2011。

410 引　言

GB/T 16895 的本部分涉及了对电气装置电击防护的要求。本部分是以 GB/T 17045—2020 为依据编制的人和家畜的基本电气安全标准。GB/T 17045—2020 是对电气装置和设备或两者间的协调配合规定通用的基本原则和要求的标准。

按 GB/T 17045—2020 的规定，电击防护的基本原则是在正常情况和在单一故障的情况下危险的带电部分是不可触及的，而可触及的可导电部分是不可以带危险电位的。

按 GB/T 17045—2020 中 4.2 的要求，在正常条件下采用基本防护规定，而在单一故障条件下采用故障防护规定。此外，电击防护也可采用加强的防护规定，这种规定在正常条件和单一故障条件下均能起到防护作用。

本部分为电击防护安全出版物汇编之一。

低压电气装置
第4-41部分:安全防护　电击防护

410.1　范围

GB/T 16895的本部分规定了电击防护的基本要求,包括对人体和家畜的基本防护(直接接触防护)和故障防护(间接接触防护)。此外,还按外界影响条件规定了对上述要求的应用和组合。

本部分还规定了特定情况下采用附加防护的要求。

410.2　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。

IEC 60364-5-52　低压电气装置　第5-52部分:电气设备的选择和安装　布线系统(Low-voltage electrical installations—Part 5-52:Selection and erection of electrical equipment—Wiring systems)

IEC 60364-5-54　低压电气装置　第5-54部分:电气设备的选择和安装　接地配置和保护导体(Low-voltage electrical installations—Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment—Earthing arrangements and protective conductors)

IEC 60364-6　低压电气装置　第6部分:检验(Low-voltage electrical installations—Part 6:Verification)

IEC 61084(所有部分)　电气安装用电缆槽管系统(Cable trunking and ducting systems for electrical installations)

IEC 61140　电击防护　装置和设备的通用部分(Protection against electric shock—Common aspects for installation and equipment)

IEC 61386(所有部分)　电缆管理用导管系统(Conduit systems for electrical installations)

IEC 61439(所有部分)　低压成套开关设备和控制设备(Low-voltage switchgear and controlgear assemblies)

IEC 61558-2-6　电力变压器、电源装置和类似产品的安全　第2-6部分:一般用途安全隔离变压器的特殊要求(Safety of power transformers, power supply units and similar—Part 2-6:Particular requirements for safety isolating transformers for general use)

IEC 62477-1　电力电子变换器系统和设备的安全要求　第1部分:通则(Safety requirements for power electronic converter systems and equipment—Part 1:General)

IEC Guide 104　安全出版物的编写及基础安全出版物和多专业共用安全出版物的应用导则(The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications)

410.3　通用要求

410.3.1　除另有注明外,本部分中的电压系指如下电压:

——交流电压方均根值(r.m.s.);

——无纹波直流电压。

按习惯的定义，无纹波是指纹波电压方均根值不超过直流分量的10%。

410.3.2 防护措施应包括：

——基本防护规定和独立的故障防护规定的适当组合；或

——兼有基本防护和故障防护的加强防护规定。

附加防护是指在某种外界影响条件下和在某种特殊场所（参见IEC 60364系列标准中相应的第7部分）内防护措施的组成部分。

注1：对于特殊用途的防护措施，可不遵循本条所表达的理念（见410.3.5和410.3.6）。

注2：加强绝缘即是加强防护措施的一例。

410.3.3 电气装置的每个部分应按外界影响条件分别采用一种或多种防护措施。

通常可用下列防护措施：

——自动切断电源（见第411章）；

——双重或加强绝缘（见第412章）；

——向单台用电设备供电的电气分隔（见第413章）；

——特低电压[安全特低电压（SELV）和保护特低电压（PELV）]（见第414章）。

在设备的选择及安装中，应考虑到在装置中应用上述防护措施。

特殊装置见410.3.4～410.3.9。

注：在电气装置中最常用的保护措施是自动切断电源。

410.3.4 对于特殊的装置或场所，应采用IEC 60364中第7部分规定的特殊防护措施。

410.3.5 附录B中规定的防护措施，即采用阻挡物和置于伸臂范围之外的防护措施，应只用于下列人员才可接近的装置：

——熟练技术人员或受过培训的人员；或

——在熟练技术人员或受过培训的人员的监督下的人员。

410.3.6 附录C中所规定的防护措施是：

——非导电场所；

——不接地的局部等电位联结；

——向多台用电设备供电的电气分隔。

以上防护措施只有在熟练技术人员或受过培训人员的操作或管理下的电气装置才能使用，以杜绝未经许可的变动。

410.3.7 当不能满足对防护措施的某些要求时，应采用附加防护规定以获得所要求同等程度的安全效果。

注：此规定的应用举例见411.7。

410.3.8 应用于同一装置、装置的部分或设备内部的不同的防护措施不应相互影响，以致一项防护措施失效而危害另一项防护措施。

410.3.9 下列部分可不采用故障防护规定：

——附设在建筑物上，且位于伸臂范围之外的架空线绝缘子的金属支架；

——架空线钢筋混凝土电杆内触及不到的钢筋；

——尺寸很小（约小于50 mm×50 mm），或因其部位不可能被人抓住或不会与人体部位有大面积的接触，并且与保护导体连接困难或不可靠的外露可导电部分；

注：上述例子有螺栓、铆钉、铭牌和电缆夹子。

——符合第412章要求的敷设线路的金属管或用于保护设备的金属外壳。

411 保护措施:自动切断电源

411.1 通则

采用自动切断电源作为保护措施时要求:

——带电部分采用符合附录 A 要求的基本绝缘、遮栏或外护物作为基本防护;和

——采用符合 411.3～411.6 要求的保护等电位联结并且在故障情况下自动切断电源作为故障保护。

注 1:采用此保护措施时,也可使用Ⅱ类设备。

当有具体规定时,可采用符合 415.1 要求的额定剩余动作电流不超过 30 mA 的剩余电流保护器(RCD)作附加保护措施。

注 2:剩余电流监测器(RCM)不是保护电器,但是可用于监测电气装置的剩余电流。当剩余电流超过预定值时,RCM 就发出音响信号或音响信号和可视信号。

411.2 对基本防护的要求

所有电气设备应采用符合附录 A(条件合适时符合附录 B)所述的基本防护规定之一。

411.3 对故障防护的要求

411.3.1 保护接地和保护等电位联结

411.3.1.1 保护接地

按照 411.4～411.6 所述的各种系统接地型式的具体条件,外露可导电部分应与保护导体连接。

可同时触及的外露可导电部分应单独地、成组地或共同地连接到同一个接地系统。

保护接地的导体应符合 IEC 60364-5-54 的规定。

每一回路应具有连接至相关的接地端子的保护导体。

411.3.1.2 保护等电位联结

进入每个建筑物内且容易引入危险电位差的非电气装置的金属部分,应采用保护等电位联结导体连接至总接地端子。这些引入的金属部分可包括:

——为建筑物提供服务的管道,例如气、水、区域供热系统等;

——外界可导电结构件;

——钢筋混凝土结构上可触及的钢筋。

从建筑物外引入的上述可导电部分,应足够靠近入户处进行等电位联结。

在进入建筑物的入口处装有绝缘段的金属管不需要进行保护等电位联结。

注:与总接地端子的其他连接,详见 IEC 60364-5-54:2011 的 542.4.1。

411.3.2 在故障情况下的自动切断电源

411.3.2.1 当回路或设备的线导体和外露可导电部分或保护导体之间发生阻抗可忽略不计的故障时,保护电器应在 411.3.2.2、411.3.2.3 或 411.3.2.4 要求的切断时间内自动切断该回路或设备的线导体。

该电器应至少适用于隔离线导体。

注:对于 IT 系统在第一次发生故障(见 411.6.1)时,不需要自动切断电源。对于在不同带电导体发生第二次故障时的自动切断电源的要求,详见 411.6.3.2 的规定。

411.3.2.2 对于不超过如下额定电流的终端回路,其最长的切断电源的时间应符合表 41.1 的规定:

——装 1 个或多个插座的回路为 63 A;和

——只供电给固定连接用电设备的回路为 32 A。

表 41.1 最长的切断电源时间

系统	50 V<U_0≤120 V s		120 V<U_0≤230 V s		230 V<U_0≤400 V s		U_0>400 V s	
电压	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.	a.c.	d.c.
TN	0.8	[a]	0.4	1	0.2	0.4	0.1	0.1
TT	0.3	[a]	0.2	0.4	0.07	0.2	0.04	0.1
当 TT 系统内采用过电流保护电器切断电源，且其保护等电位联结连接到电气装置内的所有外界可导电部分时，该 TT 系统可以采用表中 TN 系统最长的切断电源时间。 U_0：交流或直流线对地的标称电压。								
注：采用剩余电流保护器 (RCD)切断电源的时间要求见 411.4.4、411.5.3 的注 4 和 411.6.4 的 b)注 4。								
[a] 切断电源可能是为了电击防护之外的原因。								

411.3.2.3 在 TN 系统内配电回路和 411.3.2.2 规定之外的回路，其切断电源的时间不可超过 5 s。

411.3.2.4 在 TT 系统内配电回路和 411.3.2.2 规定之外的回路，其切断电源的时间不可超过 1 s。

411.3.2.5 当采用过电流保护器按照 411.3.2 的规定切断电源不可行或采用剩余电流保护器(RCD)不适当时，详见附录 D 的防护规定。

然而，切断电源可能是为了电击防护之外的原因。

411.3.2.6 如果自动切断电源的时间不能满足 411.3.2.1 规定的 411.3.2.2、411.3.2.3 或 411.3.2.4 的要求，应按 415.2 的规定采取辅助保护等电位联结措施。

411.3.3 对插座和户外移动式设备的供电要求

额定剩余动作电流不超过 30 mA 的剩余电流保护器(RCD)作为附加保护应用于：

——额定电流不超过 32 A 供一般人员使用并用于普通用途的交流插座，和；

——额定电流不超过 32 A 的户外交流移动式设备。

本条不适用于当在发生第一次故障时，故障电流不超过 15 m A 的 IT 系统。

注：直流系统的附加保护在考虑中。

411.3.4 在 TN 和 TT 系统中用于灯具回路的附加要求

对于单独住户的房屋向灯具供电的交流终端回路，应提供额定剩余动作电流不超过 30 mA 的剩余电流保护器。

411.4 TN 系统

411.4.1 在 TN 系统中，电气装置的接地是否完好，取决于 PEN 或 PE 导体对地的可靠有效连接。如果电气装置的接地是设置在公用电源系统或其他电源系统中，则该供电系统的工作人员应承担电气装置外部条件有关的电气责任。

注：上述条件举例如下：

——PEN 导体要多点接地，并最大限度地减少 PEN 导体断裂引起的危险；

——$\frac{R_B}{R_E} \leqslant \frac{50}{U_0 - 50}$。

式中：

R_B ——所有并联接地极的接地电阻，单位为欧姆(Ω)；

R_E ——当线导体通过不连接到保护导体的外界可导电部分可能发生接地故障时的对地最小接触电阻，单位为欧姆(Ω)；

U_0 ——对地标称交流电压方均根值，单位为伏特(V)。

411.4.2 供电系统的中性点或中间点应接地。如果该系统没有中性点或中间点或其中性点或中间点未能接触到，则应将一个线导体接地。

电气装置的外露可导电部分应通过保护导体接至电气装置的总接地端子，该总接地端子应连接至供电系统的接地点。

如果存在有其他有效的接地连接点，宜尽可能地将保护导体也连接至那些接地点上。附加接地点宜均匀分布，它可在发生接地故障时使保护导体的电位尽量接近地电位。

考虑到 PEN 导体多点接地引起的中性导体电流的分流，保护导体(PE 和 PEN)宜在进入任何建筑物处接地。

411.4.3 如能够满足 IEC 60364-5-54 中 543.4 的要求，固定安装的电气装置可用一根导体兼作保护导体和中性导体(即 PEN 导体)。在 PEN 导体中不应插入任何开关或隔离器件。

411.4.4 保护电器(见 411.4.5)的特性以及回路的阻抗应满足公式(1)：

$$Z_S \times I_a \leqslant U_0 \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

Z_S ——故障回路的阻抗，单位为欧姆(Ω)，它包括下列部分的阻抗：

- 电源；
- 至故障点的线导体；和
- 故障点和电源之间的保护导体。

I_a ——在 411.3.2.2 或 411.3.2.3 规定的时间内能使切断电器自动动作的电流，单位为安培(A)。采用剩余电流保护器时，其动作电流是按照 411.3.2.2 或 411.3.2.3 规定的时间内切断电源的剩余动作电流。

U_0 ——交流或直流线对地的标称电压，单位为伏特(V)。

注：TN 系统的剩余故障电流显著大于 $5I_{\Delta n}$。因此安装要符合 IEC 61008-1、IEC 61009-1 或 IEC 62423 的要求，包括选择性和延时型的剩余电流保护器，其切断时间满足表 41.1 的要求。采用符合 IEC 60947-2 要求的剩余电流保护的断路器(CBR)和可以与断路器组合使用的剩余电流监测模块(MRCD)的情况下，延时的整定要满足表 41.1 的要求。

411.4.5 下列保护电器可用作 TN 系统的故障防护(间接接触防护)：

——过电流保护器；

——剩余电流保护器(RCD)。

注 1：采用 RCD 作为故障防护时，还宜采用符合 IEC 60364-4-43 要求的过电流保护电器来保护该回路。

剩余电流保护器不应用于 TN-C 系统内。

注 2：如 RCD 之间需要具有保护选择性，参见 IEC 60364-5-53:2001 的 535.3。

411.5 TT 系统

411.5.1 由同一个保护电器保护的所有外露可导电部分，都应通过保护导体连接至这些可导电部分共用的接地极上。多个保护电器串联使用时，每个保护电器所保护的所有外露可导电部分，都要分别符合这一要求。

供电系统的中性点或中间点应接地。如果中性点或中间点都不存在或无法接近，则应将某根线导体接地。

411.5.2 在 TT 系统中通常应采用 RCD 作故障防护。当故障回路的阻抗 Z_S 值足够小(见 411.5.4)，且确保其值可靠又能保持稳定，也可选用过电流保护电器作故障防护。

注 1：采用 RCD 作为故障防护时，还宜采用符合 IEC 60364-4-43 要求的过电流保护电器来保护该回路。

注 2：本部分不涉及故障电压动作型保护器的应用。

411.5.3 采用剩余电流保护器作为故障防护时，应满足下列条件：

1） 切断电源的时间符合 411.3.2.2 或 411.3.2.4 的要求；和

2） $R_A \times I_{\Delta n} \leqslant 50$ V。

式中：

R_A ——接地极和外露可导电部分的保护导体的电阻之和，单位为欧姆(Ω)；

$I_{\Delta n}$ ——RCD 的额定剩余动作电流，单位为毫安(mA)。

注 1：如果故障点阻抗并非可忽略不计，仍可实现故障防护。

注 2：如 RCD 之间需具有保护动作的选择性，参见 IEC 60364-5-53:2001 中的 535.3。

注 3：如果 R_A 未知，可用 Z_S 代替。

注 4：满足表 41.1 规定的切断电源时间要求的预期剩余故障电流，显著大于 RCD 的额定剩余动作电流 $I_{\Delta n}$(通常为 $5I_{\Delta n}$)。

411.5.4 采用过电流保护电器时，应满足公式(2)：

$$Z_S \times I_a \leqslant U_0 \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

Z_S ——故障回路的阻抗，单位为欧姆(Ω)，它包括下列部分的阻抗：

- 电源；
- 至故障点的线导体；
- 外露可导电部分的保护导体；
- 接地导体；
- 电气装置的接地极；和
- 电源的接地极。

I_a ——在 411.3.2.2 或 411.3.2.4 规定的时间内能使切断电器自动动作的电流，单位为安培(A)。

U_0 ——交流或直流线对地标称电压，单位为伏特(V)。

411.6 IT 系统

411.6.1 在 IT 系统中，带电部分应对地绝缘或通过一足够大的阻抗接地。接地点可在系统的中性点或中间点，也可在人工中性点。如果在系统频率下人工中性点的阻抗足够大，后者可直接接地。如果没有中性点或中间点，可将一线导体通过一个大阻抗接地。

在发生带电导体对外露可导电部分或对地的单一故障时由于故障电流小，如能满足 411.6.2 规定的条件，则按 411.3.2 的要求自动切断电源是不必要的。但应采取防护规定避免同时出现两个故障，以避免发生人体同时接触不同电位的外露可导电部分而产生有害的病理生理效应的危险。

注：为了减小过电压或衰减电压振荡，可能需要通过阻抗或人工中性点接地，这种接地的特性宜与装置的具体要求相适应。

411.6.2 外露可导电部分应单独地、成组地或共同地接地。

应满足公式(3)：

在交流系统，下列条件应满足接触电压的限制：

$$R_A \times I_d \leqslant 50 \text{ V} \quad \cdots\cdots(3)$$

式中：

R_A ——外露可导电部分的接地极和保护导体的电阻之和，单位为欧姆(Ω)；

I_d ——发生第一次接地故障时，在线导体和外露可导电部分之间的阻抗可忽略不计的情况下的故障电流，单位为安培(A)；I_d 值考虑了泄漏电流和电气装置的总接地阻抗。

注：在直流系统不考虑接触电压限制，是由于 I_d 值小到可忽略。

411.6.3 IT 系统可以采用下列监视器和保护电器：

——绝缘监视器(IMD)；

——剩余电流监视器(RCM)；

——绝缘故障定位系统(IFLS)；

——过电流保护器；

——剩余电流保护器(RCD)。

注 1：如果采用 RCD 作保护，在发生第一次故障时，由于容性泄漏电流的原因不能排除 RCD 的误动作。

注 2：由不同线导体供电两台不同的Ⅰ类用电设备发生故障的情况下，只有每台用电设备是由单独的 RCD 保护时，两个故障回路才有可能保护动作。采用过电流保护器也是适合的。

411.6.3.1 当第 1 次发生故障时 IT 系统设计为不切断电源，则第 1 次发生故障时应采取下列监视措施之一：

——绝缘监视器(IMD)可能配合采用绝缘故障定位系统(IFLS)，或；

——剩余电流监视器(RCM)，只要剩余电流足够大可以被检测到。

注：RCM 不能监视对称的绝缘故障。

监视器应发出音响和/或可视信号一直持续到故障被消除为止。通过继电器接点输出、电子开关输出或通信协议发出信号。

音响和/或可视报警系统应安排在合适的地方，以便值班负责人员监视。

如果同时发出了音响信号和可视信号，可解除音响信号。

宜在尽可能短的时间内消除第一次故障。

此外，符合 IEC 61557-9 要求的绝缘故障定位系统(IFLS)可监视带电部分到外露可导电部分或其他参考点的第一次故障。

411.6.4 发生第一次故障后在不同带电导体又发生第二次故障时，自动切断电源的条件应符合如下要求：

a) 当所有外露可导电部分通过保护导体连接到同一接地系统时，其自动切断电源条件与 TN 系统的情况相似，即应满足公式(4)和公式(5)：

如果交流系统的中性导体和直流系统的中间导体不配出时：

$$2I_a \times Z_S \leqslant U \qquad \cdots\cdots(4)$$

或如果配出中性导体或中间导体时：

$$2I_a \times Z_S' \leqslant U_0 \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中：

U_0 ——线导体与中性导体(或中间导体)之间的标称交流电压或直流电压，单位为伏特(V)；

U ——线导体之间的标称交流电压或直流电压，单位为伏特(V)；

Z_S ——包括线导体和保护导体在内的故障回路的阻抗，单位为欧姆(Ω)；

Z_S'——包括中性导体和保护导体在内的故障回路的阻抗，单位为欧姆(Ω)；

I_a ——按 411.3.2.2 中对 TN 系统规定的时间内或按 411.3.2.3 规定的时间内，使保护电器动作的电流，单位为安培(A)。

注 1：411.3.2.2 的表 41.1 中对 TN 系统规定的时间也适用于配出或不配出中性导体或中间导体的 IT 系统。

注 2：公式(4)和公式(5)中的系数 2 考虑了同时发生两个故障，且两个故障可能发生在不同的回路内的情况。

注 3：宜考虑最严重情况下的故障回路阻抗值，例如当一个故障发生在电源的线导体上，同时另一个故障发生在回路中用电设备的中性导体上时的故障回路阻抗值。

b) 当外露可导电部分成组地或单独地接地时，应满足公式(6)：

$$R_A \times I_a \leqslant 50\ \text{V} \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：

R_A ——外露可导电部分的接地极和保护导体的电阻之和，单位为欧姆(Ω)；

I_a ——按 411.3.2.2 的表 41.1 中用于 TT 系统或 411.3.2.4 规定的时间内，能使切断电器自动

动作的电流，单位为安培(A)。

注4：当采用剩余电流保护器(RCD)来满足b)项要求时，为按表41.1的规定满足TT系统切断电源的时间要求，可能要求预期的剩余电流显著大于装用的RCD的额定剩余动作电流 $I_{\Delta n}$(通常为 $5I_{\Delta n}$)。

411.7 功能特低电压(FELV)

411.7.1 通则

由于功能上的原因使用了标称电压不超过交流50 V或直流120 V，但不能满足第414章中有关SELV或PELV的所有要求，而且也不需要采用SELV或PELV时，应采用411.7.2和411.7.3所述的附加措施，以保证基本防护和故障防护。这种组合的保护规定称为FELV。

注：例如回路中含有对较高电压的回路不具备充分绝缘的设备(例如变压器、继电器、遥控开关，接触器)时，这种情况是可能遇到的。

411.7.2 对基本防护的要求

基本防护应由以下措施之一来实现：

——采用符合附录A的A.1中适应电源一次回路标称电压的基本绝缘；

——装设符合附录A的A.2的遮栏或外护物。

411.7.3 对故障防护的要求

当一次回路采用411.3～411.6规定的自动切断电源的保护措施时，应将FELV回路中的设备外露可导电部分与电源一次回路的保护导体连接。

411.7.4 电源

FELV系统的电源应是绕组之间至少采用简单分隔的变压器，或是符合414.3要求的电源。

注：如果FELV系统经一设备由较高电压的系统供电，但该设备在较高电压和FELV系统之间不具备至少为简单分隔的条件(例如自耦变压器、电位器、半导体器件等设备)，则其输出回路只能视为输入回路的延伸，而且FELV回路宜由装设在输入回路上的保护措施予以保护。

411.7.5 插头和插座

FELV系统的插头和插座应符合下列要求：

——插头不应插入其他电压系统的插座；

——插座不应被其他电压系统的插头插入；

——插座应具有保护导体的接点。

412 防护措施：双重绝缘或加强绝缘

412.1 通则

412.1.1 双重绝缘或加强绝缘用作防护措施时，应满足如下要求：

——基本防护由基本绝缘来实现，故障防护由附加绝缘来实现；或

——基本防护和故障防护两者都由在带电部分和可触及部分之间的加强绝缘来实现。

注：本措施用以防止电气设备的可触及部分因基本绝缘故障而出现危险电压。

除IEC 60364系列标准第7部分规定的一些限制外，采用双重绝缘或加强绝缘的防护措施适用于所有场合。

412.1.2 当只采用双重绝缘或加强绝缘防护措施时(即整个装置或回路全部由具有双重绝缘或加强绝缘的设备组成的)，应核实该装置或回路是处在有效的监管下，不可能因其被改动而降低防护措施的有

效性。

所以，此防护措施不应用于带有接地触头插座的任何回路。

412.2 对基本防护和故障防护的要求

412.2.1 电气设备

当完整的电气装置或电气装置的一部分采用双重绝缘或加强绝缘的防护措施时，所使用的电气设备应符合下列之一的要求：

——412.2.1.1；

——412.2.1.2 和 412.2.2；

——412.2.1.3 和 412.2.2。

412.2.1.1 电气设备应是下列类型的，其型式试验和标志应符合相关的标准：

——具有双重绝缘或加强绝缘的电气设备（Ⅱ类设备）；

——在相关的产品标准中标明它等效于Ⅱ类电气设备，例如全绝缘的成套电气设备[见 IEC 61439（所有部分）]。

注：参见 IEC 60417-5172:2003-02 类设备用符号⧈标识。

412.2.1.2 对只具有基本绝缘的设备，在电气装置的安装过程中应增设附加绝缘，使其具有 412.2.1.1 的设备相同的安全等级，并符合 412.2.2.1～412.2.2.3 的绝缘外护物要求。

在外护物内外的明显易见处宜以符号⧇标识。参见 IEC 60417-5019:2006-08 和 IEC 80416-3:2002 第 7 章。

412.2.1.3 对于带电部分未加绝缘的电气设备，如果由于设备结构上的原因不便于采用双重绝缘，在电气安装过程中应增设加强绝缘，使其具有与 412.2.1.1 所述设备相同的安全等级，并符合 412.2.2.2 和 412.2.2.3 的要求。

注：在外护物的明显易见处宜以符号⧇标识。参见 IEC 60417-5019:2006-08 和 IEC 80416-3:2002 的第 7 章。

412.2.2 外护物（外壳）

412.2.2.1 对于准备好投入工作的电气设备，如果其带电部分只用基本绝缘与所有可导电部分相隔开，则该设备应置于保护等级至少为 IP××B 或 IP2×的绝缘外护物内。

412.2.2.2 绝缘外护物应符合下列要求：

——绝缘外护物不应被可引入电位的可导电部分穿通；及

——绝缘外护物不应含有用绝缘材料制作的螺栓或其他固定部件，因这种物件在安装和维护时需要或易被拆卸。如果它被金属的螺栓或其他安装部件替代将可能降低外护物的绝缘功能。

当有机械连接件一定要穿过绝缘外护物时（例如有操作外护物内器件的操作手柄），则宜使此连接件的设置不致降低故障时的电击防护功能。

412.2.2.3 当绝缘外护物有不用工具或钥匙能打开的盖或门时，盖或门打开时能触及的所有可导电部分应设在防护等级不低于 IP××B 或 IP2×的绝缘遮栏后面，以防止人员无意识地触及该可导电部分。该绝缘遮栏应只能用工具才能挪动。

412.2.2.4 绝缘外护物内的可导电部分不应连接保护导体。但是，对于需要穿过该外护物的用于其他电气设备的保护导体（其电源回路也穿过该外护物），则应予以通过。在外护物内，这种保护导体及其端子应当作带电导体加以绝缘，其端子应按 PE 端子予以标识。

绝缘外护物内的导电部件不应连接保护导体，但是，也可以规定将一定要通过外护物的保护导体连接起来，以便用于供电回路也穿过外护物的其他电气设备。

除设备技术说明书中另有规定外，外露可导电部分和中间部分不应连接保护导体。

412.2.2.5 在按这种保护方式设置外护物后不应对设备的工作产生不利的影响。

412.2.3 安装

412.2.3.1 按 412.2.1 的规定进行设备安装(将设备固定住,将导体连接等)时,不应降低设备说明书规定的设备本身具有的保护功能。

412.2.3.2 除按 412.1.2 执行的情况外,Ⅱ类设备的电源回路内应配置回路保护导体,该导体应敷设到线路的每一点和每个附件以便进行连接。

注:此要求考虑了用户使用Ⅰ类设备取代Ⅱ类设备的可能性。

412.2.4 布线系统

412.2.4.1 满足下列条件并符合 IEC 60364-5-52 安装的布线系统可认为满足 412.2 的要求:

a) 导体绝缘的额定电压不小于系统的标称电压,并至少为 300 V～500 V,还应封闭在电气绝缘特性符合 IEC 61084(所有部分)的槽管或符合 IEC 61386(所有部分)的导管内,或;

b) 电缆足以承受电、热、机械和环境应力并具有与采用双重绝缘同等的保护可靠性。

注:这些布线系统不用 IEC 60417-5172:2003-02 的符号 或 IEC 60417-5019:2006-08 的符号和 IEC 80416-3:2002 第 7 章的符号 来标识。

413 防护措施:电气分隔

413.1 通则

413.1.1 电气分隔是一种防护措施,在此措施中:

——基本防护是按附录 A 的规定在带电部分上复以基本绝缘或安装遮栏或外护物;

——故障防护是将被分隔回路与其他回路或与地之间做简单分隔。

413.1.2 此种防护措施只能用于由满足简单分隔要求的不接地的电源供电给一台用电设备的情况,但 413.1.3 允许的例外情况除外。

注:采用这一防护措施时,特别重要的是基本绝缘是否满足产品标准的要求。

413.1.3 当由一个简单分隔的不接地的电源供电给多台用电设备时,应满足附录 C 中 C.3 的要求。

413.2 对基本防护的要求

所有用电设备应满足附录 A 中的一项基本防护规定的要求,或满足第 412 章中双重绝缘和加强绝缘的防护措施的要求。

413.3 对故障防护的要求

413.3.1 应按 413.3.2～413.3.6 的要求确保实现电气分隔的保护作用。

413.3.2 被分隔回路的电源应至少是一个简单分隔的电源,被分隔回路的电压不应超过 500 V。

413.3.3 在被分隔回路带电部分的任一点上不应与其他回路的带电部分、地以及保护导体相连接。

为确保电气上的分隔,不同回路之间应具有基本绝缘。

413.3.4 被分隔回路内的软电缆和护套电线,其可能遭受机械损伤的线段应全部是明露可见的。

413.3.5 宜将被分隔回路与其他回路分开敷设。如果在同一线路通道内敷设,被分隔回路宜采用无金属外皮的多芯电缆、穿绝缘套管、绝缘线槽或绝缘槽盒的绝缘电线,这时应满足以下要求:

——被分隔回路的额定电压不低于其他回路中最高的标称电压;

——每个回路具有过电流保护。

413.3.6 被分隔回路的可导电部分不应与地或其他回路保护导体及外露可导电部分连接。

注：如果被分隔回路的外露可导电部分易于被有意或无意地与其他回路的外露可导电部分接触，则电击防护不再仅靠电气分隔来实现，还要依靠其他回路的外露可导电部分的防护规定来实现。

414 防护措施：采用 SELV 和 PELV 特低电压

414.1 通则

414.1.1 特低电压作为防护措施包含有如下两种不同的特低电压系统：

——SELV；

——PELV。

这一防护措施要求：

——限制 SELV 或 PELV 系统的电压，使其不超过电压区段Ⅰ的上限值，即交流 50 V 或直流 120 V(见 IEC 61140)；

——在 SELV 或 PELV 系统与非 SELV 和 PELV 回路的所有其他回路之间作保护分隔，在 SELV 或 PELV 系统与其他 SELV 或 PELV 系统之间设置基本绝缘；和

——在特低电压系统和地之间设置基本绝缘，这一要求仅限于 SELV。

414.1.2 按第 414 章规定采用的 SELV 和 PELV 是可用于所有情况的防护措施。

注：在 IEC 60364 系列标准第 7 部分中，在某些情况下将特低电压的上限值规定为比交流 50 V 或直流 120 V 更低的值。

414.2 对基本防护和故障防护的要求

在下列情况下可认为已实现了基本防护和故障防护的要求：

——系统的标称电压不超过电压区段Ⅰ的上限值；

——特低电压系统的电源是符合 414.3 规定的电源中的一种；

——满足 414.4 规定的要求。

注 1：如果特低电压系统经一电气设备向比特低电压高的电压的系统供电，两系统间虽至少实现了简单分隔，但不能满足 414.3 规定的 SELV 和 PELV 对电源的要求，这时可按 FELV 的要求来实施，见 411.7。

注 2：由半导体变换器产生的特低电压回路的直流电压(参见 IEC 60146-2)，在变换器内需由一交流电压回路来给整流堆供电。由于物理方面的原因，此交流电压虽高于直流电压，但这一内部交流回路不能视为本条文意义上的较高电压回路，而在内部交流回路和外部较高电压交流回路之间则要求设置保护分隔。

注 3：在内有蓄电池的直流系统内，视蓄电池类型的不同，蓄电池的充电电压和浮充电电压大于其标称电压。这一情况的出现并不要求在本条规定之外再增加保护措施。蓄电池的充电电压最大不宜超过交流 75 V 或直流 150 V，可按 IEC 61201:1992 中表 1 的数据视环境条件而定。

414.3 SELV 和 PELV 的电源

下列电源可用于 SELV 和 PELV 系统：

414.3.1 符合 IEC 61558-2-6 要求的安全隔离变压器。

414.3.2 安全等级等同于符合 414.3.1 规定的安全隔离变压器的电流源(例如绕组具有等同隔离功能的电动发电机组)。

414.3.3 电化学电源(例如蓄电池)或其他独立于较高电压回路的电源(例如内燃机发电机组)。

414.3.4 某些符合相应标准的电子器件采取了措施以确保即使其内部发生故障，其输出端子上的电压也不可能超过 414.1.1 规定的电压值。允许在这种器件的出线端子上出现较高电压，但需确保当人体触及带电部分或当带电部分与外露可导电部分间发生故障时，出线端子上的电压能立即下降至 414.1.1 规定的值或更低值。

注 1：这种器件的例子有绝缘测试设备和绝缘监测器。

注 2：当在电源的出线端子上出现较高电压，如果用内阻至少为 3 000 Ω 的电压表测得出线端子上的电压符合

414.1.1 规定的限值内，则可认为该电源仍符合本条的要求。

414.3.5 低压供电的移动式电源，例如安全隔离变压器或电动发电机组，其绝缘应按双重或加强绝缘的要求来选用或安装(见第 412 章)。

414.4 对 SELV 和 PELV 回路的要求

414.4.1 SELV 和 PELV 回路应具有：

——带电部分与其他 SELV 或 PELV 回路间的基本绝缘；和

——与非 SELV 或 PELV 的其他回路带电部分间的保护分隔，这时可采用双重或加强绝缘，或基本绝缘加上按其中最高电压设置的保护屏蔽。

SELV 回路的带电部分与地间应具有基本绝缘。

PELV 回路和(或)由 PELV 回路供电的设备的外露可导电部分可以接地。

注 1：诸如继电器、接触器、辅助开关之类的电气设备的带电部分和较高电压回路之间或和 FELV 回路之间特别需要采取分隔措施。

注 2：PELV 回路的接地可以与地的连接或可与电源本身接地的保护导体的连接而实现。

414.4.2 SELV 和 PELV 回路布线系统与至少具有基本绝缘的其他回路的带电部分间的保护分隔可见下列方式之一来实现：

——SELV 和 PELV 的回路导体除具有基本绝缘外还应具有绝缘护套，或应将它置于绝缘的外护物内；

——SELV 和 PELV 的回路导体应用接地的金属护套或接地的金属屏蔽物与电压高于电压区段Ⅰ的回路导体隔开；

——SELV 和 PELV 的回路导体可与高于电压区段Ⅰ的回路导体共处于一多芯电缆或导体组内，但 SELV 或 PELV 导体应按其中最高的电压加以绝缘；

——其他回路的布线系统应符合 412.2.4.1 的规定；

——将 SELV 和 PELV 回路与其他回路拉开距离。

414.4.3 SELV 和 PELV 系统内的插头和插座应符合下列要求：

——插头应不能插入其他电压系统的插座内；

——插座应不能被其他电压系统的插头插入；

——SELV 系统的插头和插座不应具有保护导体的接点。

414.4.4 SELV 回路内的外露可导电部分不应与地、保护导体以及其他回路的外露可导电部分作电气连接。

注：如果 SELV 回路的外露可导电部分易于被有意或无意地与其他回路的外露可导电部分接触，则电击防护不再仅依靠 SELV 来实现，还要依靠其他回路外露可导电部分的防护规定来实现。

414.4.5 如果 SELV 和 PELV 回路的标称电压超过交流 25 V 或直流 60 V，或电气设备被液体浸没，这时应采用下列的一种基本防护：

——符合附录 A 中 A.1 要求的绝缘；

——符合附录 A 中 A.2 要求的遮栏或外护物。

在正常的干燥环境内不必为下列特低电压回路设置基本防护：

——标称电压不超过交流 25 V 或直流 60 V 的 SELV 回路；

——标称电压不超过交流 25 V 或直流 60 V 的 PELV 回路，其外露可导电部分和(或)带电部分通过保护导体与总接地端子相连通。

在所有情况下，如果标称电压不超过交流 12 V 或直流 30 V，SELV 或 PELV 系统不要求设置基本防护。

415 附加防护

注：在某些受外界影响的某些情况下和某些特殊场所内，可另外规定保护措施作为附加防护（参见 IEC 60364 系列标准中第 7 部分）。

415.1 附加保护：剩余电流保护器（RCD）

415.1.1 在交流系统内装设额定剩余动作电流不大于 30 mA 的 RCD，用以在基本防护失效和/或故障防护失效或用电不慎时的附加保护措施。

415.1.2 不能将 RCD 的装设作为唯一的保护措施，也不能由于他的装设的而取消采用 411～414 规定的其中一种保护措施。

415.2 附加防护：辅助保护等电位联结

注 1：辅助保护等电位联结被视为故障防护的附加防护。

注 2：实施辅助保护等电位联结后，为了其他原因诸如对火灾以及电气设备内热效应等的防护，发生故障时仍需切断电源。

注 3：辅助保护等电位联结可涵盖电气装置的全部或一部分，或涵盖一台电气设备或一个场所。

注 4：由于特殊场所的特殊要求（见 IEC 60364 系列标准中第 7 部分）或由于其他原因可能需要对辅助等电位联结规定附加的要求。

415.2.1 辅助保护等电位联结应包括可同时触及的固定式电气设备的外露可导电部分和外界可导电部分，如果切实可行也包括钢筋混凝土结构内的主筋。辅助等电位联结系统应与所有电气设备以及插座的保护导体相连接。

415.2.2 同时触及的外露可导电部分和外界可导电部分之间的电阻 R 应满足公式(7)和公式(8)要求：

在交流系统内：

$$R \leqslant \frac{50\ \text{V}}{I_a} \qquad \cdots\cdots(7)$$

在直流系统内：

$$R \leqslant \frac{120\ \text{V}}{I_a} \qquad \cdots\cdots(8)$$

式中：

I_a——为保护电器的动作电流，单位为安培（A）：

- 对于剩余电流保护器（RCD）为 $I_{\Delta n}$；
- 对于过电流保护电器为 5 s 内动作的电流。

附 录 A
（规范性附录）
基本防护规定

注：基本防护的防护规定用以在正常情况下实现防护，它被用作防护措施的组成部分。

A.1 带电部分的基本绝缘

注：这一绝缘用以防止与带电部分的接触。

带电部分应完全用绝缘覆盖，这一绝缘只有被破坏才能除去。

就电气设备而言，其绝缘应符合该设备的有关标准。

A.2 遮栏或外护物（外壳）

注：遮栏或外护物用以防止与带电部分的接触。

A.2.1 带电部分应置于防护等级至少为 IP××B 或 IP2×的外护物之内或遮栏之后。但下述情况除外：更换诸如灯头或熔断器等设备部件时出现的大开孔，或设备要求需要有大的开孔以实现其正常功能，这时应满足下列要求：

——采取适当措施防止人员或家畜意外接触带电导体；及

——应确保提醒人们穿过开孔就可能触及的带电部分，不宜有意地与它接触；

——只要能满足设备正常发挥功能和更换部件的要求，开孔应足够小。

A.2.2 易于触及的遮栏或外护物的水平顶面的防护等级应至少为 IP××D 或 IP4X。

A.2.3 遮栏和外护物应牢固地固定在其位置上，并应具有足够的稳定性和耐久性，在已知正常工作条件和外界环境影响下能保持所要求的防护等级以及与带电部分间的适当的分隔。

A.2.4 在满足下列条件之一的情况下，才可能移动遮栏或打开外护物或挪动外护物的部件：

——使用钥匙或工具；

——切断遮栏或外护物所防护的带电部分的电源，在遮栏或外护物恢复原位或重新关闭以后才能合闸通电；

——设有能防止触及带电部分的防护等级至少为 IP××B 或 IP2×的中间遮栏，这一中间遮栏只能使用钥匙或工具才能挪动。

A.2.5 如果在遮栏后或外护物内有切断电源后仍残存有危险电荷的电气设备（例如电容器等），则在此电气设备前应设置一警示危险的标牌。为消除电火花或为延迟继电器动作等用途的小容量电容器等，不应认为是具有这种危险的电气器件。

注：如果切断电源 5 s 内电气设备上残存的静电电荷电压降至直流 120 V 以下，则躯体与电气设备不经心的触及不致引发电击危险。

附 录 B
（规范性附录）
阻挡物和置于伸臂范围之外的防护措施

B.1 应用条件

阻挡物和置于伸臂范围之外的防护措施只能提供基本防护。他们适用于由熟练技术人员或受过培训的人员操作或管理的，具有或不具有故障防护的电气装置。

当用本附录的基本防护的规定作为部分防护措施时，其监督条件见410.3.5。

B.2 阻挡物

注：阻挡物用以防止人体无意地触及带电部分，但不能防止故意绕过阻挡物有意地触及带电部分。

B.2.1 阻挡物应能防止下列行为：

——人体不慎接近带电部分；

——正常工作中操作通电设备时，人体不慎接触带电部分。

B.2.2 阻挡物可不用钥匙或工具即可挪动，但应能防止它被无意地挪动。

B.3 置于伸臂范围之外

注：置于伸臂范围之外的防护措施，只能用于防止无意地触及带电部分。

B.3.1 可同时触及的不同电位的部分不应在伸臂的范围之内。

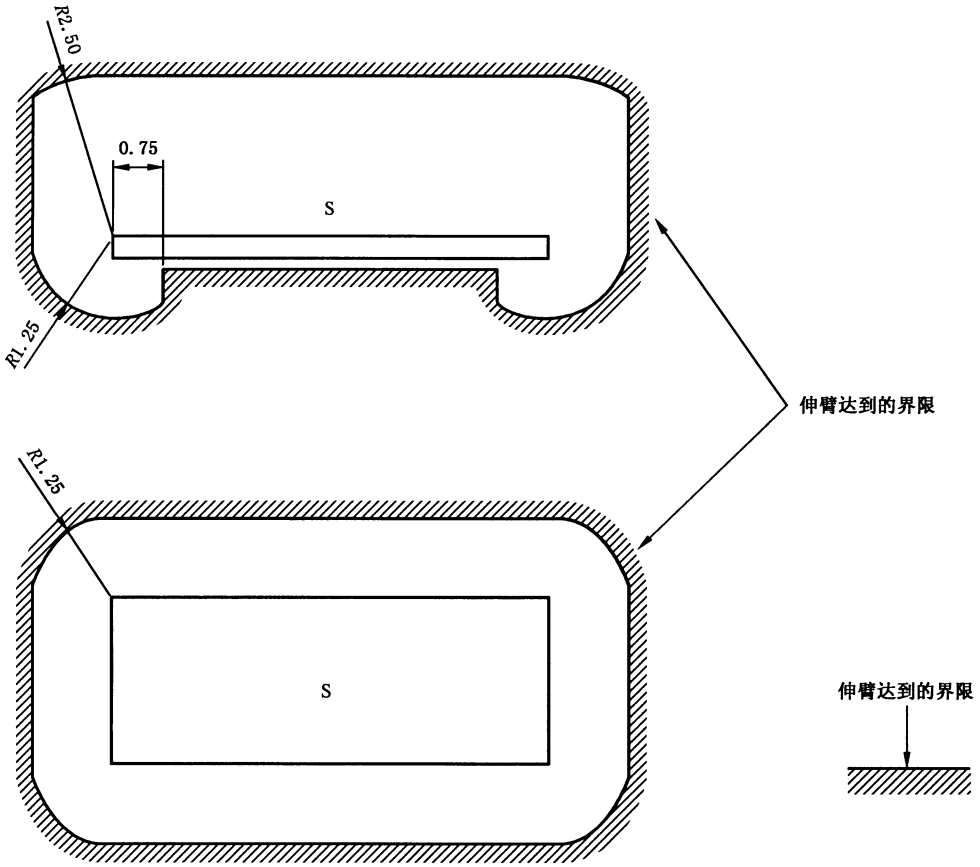
注：如果两个部分相距不大于2.5 m，则可认为它们是可同时触及的（见图B.1）。

B.3.2 如果通常有人的位置在水平方向被一个低于IP××B或IP2×防护等级的阻挡物（例如栏杆、网栅）所阻挡，伸臂范围应从阻挡物算起。在头的上方，伸臂范围应是从地面算起的2.5 m，在这一2.5 m的范围内，无论中间有无低于IP××B防护等级的阻挡物，这一2.5 m的要求不变。

注：伸臂范围的距离是从不持握物件（例如工具或梯子）的空手算起。

B.3.3 在人手通常持握大或长的物件的场所，应计及这些物件的尺寸，在此情况下B.3.1和B.3.2所要求的距离应予以加大。

单位为米



说明：

S——人体站立的地面。

图 B.1　伸臂范围

附 录 C
（规范性附录）
适用于由熟练技术人员或受过培训的人员操作或管理的电气装置的防护措施

注：当将本附录的故障防护（间接接触防护）的规定用作部分防护措施时，其管理人员的资质条件见 410.3.6。

C.1 非导电场所

注：当带电部分的基本绝缘失效时，此种防护措施用于防止躯体同时触及可能带不同电位的部分。

C.1.1 所有电气设备应符合附录 A 中关于基本防护规定中的一项规定。

C.1.2 外露可导电部分的布置应做到在正常环境下人体不会同时触及以下部分：

——两个外露可导电部分；或

——一个外露可导电部分和一个外界可导电部分。

当带电部分的基本绝缘失效时，上述部分可能呈现不同电位。

C.1.3 在非导电场所内不应有保护导体。

C.1.4 如果非导电场所内有绝缘的地板和墙，且按照如下的一种或多种方式进行处理，就可认为满足 C.1.2 的要求：

a) 拉开外露可导电部分和外界可导电部分之间以及不同外露可导电部分之间的距离。

两部分之间的距离不小于 2.5 m 就已足够；如在伸臂范围以外，这一距离可缩短到 1.25 m。

b) 在外露可导电部分和外界可导电部分之间插入有效的阻挡物。

如果将越过它的距离加大到 a)所述的距离，阻挡物即足够有效。阻挡物不应与地或外露可导电部分相连接，并应尽量用绝缘材料制作。

c) 在外界可导电部分上覆盖绝缘。

在外界可导电部分上覆盖的绝缘应具有足够的机械强度，并应能承受至少 2 000 V 的试验电压。正常使用情况下泄漏电流不应超过 1 mA。

C.1.5 在 IEC 60364-6 规定的条件下，在绝缘地板和墙上任意一点测得的电阻不应小于下列值：

——装置标称电压不超过 500 V 时为 50 kΩ；或

——标称电压超过 500 V 时为 100 kΩ。

注：如果任何一点的电阻小于上述规定值，对防电击而言，就认为地板和墙是外界可导电部分。

C.1.6 对非导电场所规定的防护措施应是永久性的。不应存在使这些措施失效的可能性。即使在非导电场所内使用移动式或携带式设备时也应确保此保护措施有效。

注 1：需注意出现一种危险：在不具备有效管理的电气装置内，交付使用后引进一些可导电部分（例如引进了移动式或携带式的Ⅰ类电气设备或金属水管之类的外界可导电部分），从而使 C.1.6 规定的保护措施失效。

注 2：确保地板和墙的绝缘性能不受潮气的影响。

C.1.7 应确保外界可导电部分不自场所外将电位引入非导电场所内。

C.2 不接地的局部等电位联结的防护

注：不接地的局部等电位联结的防护用以防止出现危险的接触电压。

C.2.1 所有电气设备都应符合附录 A 中基本防护（直接接触防护）的一项规定。

C.2.2 等电位联结导体应将所有可同时触及的外露可导电部分和外界可导电部分互相连通。

C.2.3 局部等电位联结不应直接与地做电气连接，也不应经外露可导电或外界可导电部分与地做电气

连接。

注：当不能满足此要求时，可采用自动切断电源的保护措施（见第 411 章）。

C.2.4 应采取措施保证进入等电位联结场所的人员不会接触到危险的电位差，特别是进入内有与不接地的等电位联结系统相连接且与地绝缘的导电地板的场所。

C.3 供电给多台用电设备时的电气分隔

注：对某一回路作电气分隔是为了防止接触因回路绝缘损坏而带电的外露可导电部分而产生的电击电流。

C.3.1 所有的电气设备都应符合附录 A 中基本防护的一项规定。

C.3.2 当供电给多台设备时，电气分隔保护应符合除 413.1.2 外的第 413 章的全部要求，并应符合下面的要求。

C.3.3 应采取措施防止被分隔回路受损伤和绝缘失效。

C.3.4 被分隔回路的外露可导电部分应用绝缘的不接地的等电位联结导体互相连通。这些联结导体不得与其他回路的保护导体及外露可导电部分或外界可导电部分相连接。

C.3.5 分隔回路内的插座应具有保护导体的接点，它应与 C.3.4 所述的等电位联结系统相连接。

C.3.6 除给具有双重绝缘或加强绝缘的设备供电的情况外，所有软电缆内应含有一保护导体，它被利用作 C.3.4 所述的不接地的等电位联结导体。

C.3.7 如果两台电气设备的外露可导电部分上分别出现不同相（极）导体的绝缘故障，应确保由一过电流保护电器在表 41.1 规定的时间内切断电源。

C.3.8 以 V 计的被分隔回路的标称电压和以 m 计的回路长度的乘积不宜超过 100 000，且回路的总长度不宜超过 500 m。

附 录 D
（规范性附录）
按411.3.2的要求采用自动切断电源不可行时可采用的防护规定

D.1 在以下情况自动切断电源是不可行：

——安装了限制短路电流的电子设备，或；

——采用的保护电器不能满足要求的切断时间时，下列规定均适用。

D.2 对于采用标称电压 U_0 大于交流 50 V 或直流 120 V 电力电子变换器的电气装置，当采用自动切断电源不可行的情况下，在带电导体与保护导体或对地之间发生故障时，其电源的输出电压按 411.3.2.2、411.3.2.3 或 411.3.2.4 规定的时间应适当地降至交流 50 V 或直流 120 V 及以下（见 IEC 62477-1）。

制造商应为电力电子转换器提供适当的方法，用于装置初检和定期检验。

D.3 除了符合 D.1 的条件之外，如果不能按 411.3.2.2、411.3.2.3 或 411.3.2.4 要求的时间自动切断电源，则应按 415.2 的要求采用辅助保护等电位联结，并且要求同时接触的可导电部分之间的电压不应超过交流 50 V 或直流 120 V。

参 考 文 献

[1] IEC 60146-2 Semiconductor convertors—Part 2:Self-commutated semiconductor converters including direct d.c.converters

[2] IEC 60364-4-43 Electrical installations of buildings—Part 4-43:Protection for safety—Protection against overcurrent

[3] IEC 60364-5-53:2001 Electrical installations of buildings—Part 5-53:Selection and erection of electrical equipment—Isolation,switching and control

[4] IEC 60364-7(all parts) Electrical installations of buildings—Part 7:Requirements for special installations or locations

[5] IEC 60417 Graphical symbols for use on equipment (available at http://www.graphical-symbols.info/equipment)

[6] IEC 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

[7] IEC 60664(all parts) Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

[8] IEC 60947-2 Low-voltage switchgear and controlgear—Part 2:Circuit-breakers

[9] IEC 61008-1 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs)—Part 1:General rules

[10] IEC 61009-1 Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)—Part 1:General rules

[11] IEC 61201:1992 Extra-low voltage (ELV)—Limit values

[12] IEC 61557-8 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c.—Equipment for testing,measuring or monitoring of protective measures—Part 8:Insulation monitoring devices for IT systems

[13] IEC 61557-9 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c.—Equipment for testing,measuring or monitoring of protective measures—Part 9:Equipment for insulation fault location in IT systems

[14] IEC 61558-2-4 Safety of transformers,reactors,power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V—Part 2-4:Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers

[15] IEC 62020 Electrical accessories—Residual current monitors for household and similar uses(RCMs)

[16] IEC 62423 Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses

[17] IEC 80416-3 Basic principles for graphical symbols for use on equipment—Part 3:Guidelines for the application of graphical symbols