



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 14598.27—202X/IEC 60255-27: 2023

代替 GB/T 14598.27—2017

## 量度继电器和保护装置 第 27 部分： 产品安全要求

Measuring relays and protection equipment-Part 27: Product safety requirements

(IEC 60255-27: 2023, IDT)

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 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 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	3
4 电击防护 .....	12
4.1 与危险带电部分接触的防护 .....	12
4.2 保护阻抗 .....	13
4.3 可接近部分 .....	13
4.4 接地和保护联结要求 .....	15
4.5 功能接地电路 .....	16
4.6 保护导体联结 .....	17
4.7 高泄漏电流 .....	17
4.8 固体绝缘 .....	17
4.9 电气间隙和爬电距离 .....	17
4.10 单一故障状态 .....	19
5 机械方面 .....	22
5.1 机械危险防护 .....	22
5.2 机械要求 .....	22
5.3 端子的机械安全 .....	22
6 可燃性及防火 .....	22
6.1 总则 .....	22
6.2 着火蔓延防护要求 .....	23
6.3 过热与着火的一般危险 .....	24
6.4 着火风险的最小化 .....	25
6.5 连接和熔断 .....	26
6.6 材料和元件的可燃性 .....	26
6.7 着火引燃源 .....	27
6.8 采用防火外壳的条件 .....	28
6.9 防火外壳和火焰遮栏 .....	28
6.10 单一故障状态下着火风险评估 .....	31
6.11 限能电路 .....	31
7 通用和基本的安全设计要求 .....	32
7.1 安全的气候条件 .....	32
7.2 电气连接 .....	32
7.3 元件 .....	33
7.4 与其它设备的连接 .....	33
7.5 高强度光源 .....	33

7.6	爆炸	33
8	标志、文件和包装	34
8.1	标志	34
8.2	文件	40
8.3	包装	42
9	型式试验和例行试验	42
9.1	总则	42
9.2	安全型式试验	44
9.3	例行试验	44
9.4	试验条件	44
9.5	确认程序	44
9.6	试验	45
附录 A (规范性)	绝缘分类要求和图例	55
附录 B (规范性)	额定冲击电压	61
附录 C (规范性)	确定电气间隙、爬电距离和耐受电压的指南	62
附录 D (资料性)	元件	73
附录 E (规范性)	外部接线端子	77
附录 F (资料性)	电池保护示例	79
附录 G (资料性)	风险评估	80
	参考文献	84

## 前 言

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

本文件是GB/T 14598《量度继电器和保护装置》的第27部分。GB/T 14598《量度继电器和保护装置》已经发布了以下部分：

- GB/T 14598.2 量度继电器和保护装置 第1部分：通用要求；
- GB/T 14598.3 电气继电器 第5部分：量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验；
- GB/T 14598.8 电气继电器 第20部分：保护系统；
- GB/T 14598.23 电气继电器 第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第3篇：地震试验；
- GB/T 14598.24 量度继电器和保护装置 第24部分：电力系统暂态数据交换（COMTRADE）通用格式；
- GB/T 14598.26 量度继电器和保护装置 第26部分：电磁兼容要求；
- GB/T 14598.27 量度继电器和保护装置 第27部分：产品安全要求；
- GB/T 14598.118 量度继电器和保护装置 第118部分：电力系统同步相量 测量；
- GB/T 14598.121 量度继电器和保护装置 第121部分：距离保护功能要求；
- GB/T 14598.127 量度继电器和保护装置 第127部分：过/欠电压保护功能要求；
- GB/T 14598.149 量度继电器和保护装置 第149部分：电热继电器功能要求；
- GB/T 14598.151 量度继电器和保护装置 第151部分：过/欠电流保护功能要求；
- GB/T 14598.181 量度继电器和保护装置 第181部分：频率保护功能要求；
- GB/T 14598.300 变压器保护装置通用技术要求；
- GB/T 14598.301 电力系统连续记录装置技术要求；
- GB/T 14598.302 弧光保护装置技术要求；
- GB/T 14598.303 数字式电动机综合保护装置通用技术条件。

本文件代替GB/T 14598.27—2017《量度继电器和保护装置 第27部分：产品安全要求》，与GB/T 14598.27—2017相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了相互矛盾的描述；
- b) 明确了范围，并补充声明，标准的所有条款都是必需的，而不仅仅是型式试验；
- c) 术语、定义和文件要求与GB/T 14598.2一致；
- d) 与IEC 61010-1一致，例如HLV定义；
- e) 阐明了防护等级；
- f) 增加了机械和环境试验要求的介质和脉冲试验；
- g) 更新绝缘电阻要求，以符合其他产品安全标准；
- h) 取消抽样测试；
- i) 增加了短时极限热过载；
- j) 增加了对机械应力的抵抗力；
- k) 增加了低功率电压和电流互感器端口；
- l) 更新了附录C表格，以符合基础标准；
- m) 增加了附录D压敏电阻和无线电发射器；

n) 增加了风险评估附录 G。

本文件等同采用 IEC 60255-27: 2023 《量度继电器和保护装置 第27部分:产品安全要求》。  
请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会 (SAC/TC154) 归口。

本文件主要起草单位: XXX。

本文件主要起草人: XXX。

本文件所代替标准的历次发布情况为:

——1997年首次发布为 GB 16836—1997, 2003年第一次修订;

——2008年第二次修订为 GB 14598.27—2008; 2017年第三次修订为 GB/T 14598.27—2017

——本次为第四次修订。

# 量度继电器和保护装置 第27部分：产品安全要求

## 1 范围

本文件规定了额定交流电压最高为1 000 V，或额定直流电压最高为1 500 V的量度继电器和保护装置的产品安全要求。在此限值之上的设备由IEC 60664-1确定其电气间隙、爬电距离和耐受试验电压。

本文件规定了基本的安全要求，将因着火、电击产生的危险或对用户和财产的损害降至最小。本文件仅规定产品的安全要求，不涉及设备的功能特性。

本文件涵盖了设备在机柜、机架和面板中安装和使用的所有方式。本文件也适用于与量度继电器和保护装置一起使用和试验的辅助器件，例如分流器、串联电阻、互感器、辅助控制面板、显示器等。

与量度继电器和保护装置联合使用的辅助设备，例如网络交换机，可能需要符合附加的安全要求。

本文件不对单一设备、电路和元器件的实现进行规定。

本文件适用于至少在下列环境条件下设备的安全设计：

- 户内使用；
- 海拔高度不超过2 000 m（与GB/T 14598.2一致）；
- 额定工作环境温度范围（与GB/T 14598.2一致）；
- 最大外部相对湿度（与GB/T 14598.2一致）；
- 辅助激励量变化（与GB/T 14598.2一致）；
- 适用的电源过电压类别；
- 适用的预期环境污染等级（大多数情况下为2级污染）。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）（IEC 60529:1989/AMD2:2013，IDT）

IEC 60085 电气绝缘 耐热性和表示方法（Electrical insulation – Thermal evaluation and designation）

注：GB/T 11021—2014 电气绝缘 耐热性和表示方法（IEC 60085:2007，IDT）

IEC 60127-1 小型熔断器 第1部分：小型熔断器定义和小型熔断体通用要求（Miniature fuses – Part 1: Definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-links）

注：GB 9364.1—1997 小型熔断器 第1部分：小型熔断器定义和小型熔断体通用要求（IEC 127-1:1988，MOD）

IEC 60255-1 量度继电器和保护装置 第1部分：通用要求（Measuring relays and protection equipment – Part 1: Common requirements）

注：GB/T 14598.2—2011 量度继电器和保护装置 第1部分：通用要求（IEC 60255-1:2009，IDT）

IEC 60255-26 量度继电器和保护装置 第26部分：电磁兼容要求（Measuring relays and protection equipment – Part 26: Electromagnetic compatibility requirements）

注：GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第26部分：电磁兼容要求（IEC 60255-26:2013，IDT）

IEC 60352-1 无焊连接 第1部分: 无焊绕接 一般要求、试验方法和使用指南 (Solderless connections - Part 1: Wrapped connections - General requirements, test methods and practical guidance; Corrigendum 1)

IEC 60352-2 无焊连接 第2部分: 无焊压接连接 一般要求、试验方法和使用指南 (Solderless connections - Part 2: Crimped connections - General requirements, test methods and practical guidance)

IEC 60417 设备上用的图形符号 (Graphical symbols for use on equipment) 网址: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 60664-1:2020 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分: 原理、要求和试验 (Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests)

IEC 60664-3 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 (Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution)

注: GB/T 16935.3—2016 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)

IEC TS 60695-2-20 着火危险试验 第2-20部分: 基于灼热/热丝的试验方法 热丝引燃试验装置一致性试验方法和指南 (Fire hazard testing - Part 2-20: Glowing/hot-wire based test methods - Hot-wire coil test method - Apparatus, test method and guidance)

IEC 60695-11-10 着火危险试验 第11-10部分: 试验火焰 50W水平与垂直火焰试验方法 (Fire hazard testing - Part 11-10: Test flames - 50 W horizontal and vertical flame test methods)

注: GB/T 5169.16—2017 电工电子产品着火危险试验 第16部分: 试验火焰 50W水平与垂直火焰试验方法 (IEC 60695-11-10:2013, IDT)

IEC 60825-1 激光产品的安全 第1部分: 设备分类和要求 (Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements)

注: GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分: 设备分类和要求 (IEC 60825-1:2007, IDT)

IEC 60990:2016 接触电流和保护导体电流的测量方法 (Methods of measurement of touch current and protective conductor current)

IEC 61010-1:2010 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分: 通用要求 (Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use - Part 1: General requirements)

IEC 61010-1:2010/AMD1:2016

IEC 61032 外壳对人体和设备的防护 检验用试具 (Protection of persons and equipment by enclosures - Probes for verification)

注: GB/T 16842—2016 外壳对人体和设备的防护 检验用试具 (IEC 61032:1997, IDT)

IEC 61051-2:2021 电子设备用压敏电阻器第2部分: 浪涌抑制压敏电阻器分规范 (Varistors for use in electronic equipment - Part 2: Sectional specification for surge suppression varistors)

IEC 61180 低压设备的高电压试验技术 - 定义、试验和程序要求、试验设备 (High-voltage test techniques for low-voltage equipment - Definitions, test and procedure requirements, test equipment)

IEC 61869-6 互感器第6部分: 低功率互感器的附加一般要求 (Instrument transformers - Part 6: Additional general requirements for low-power instrument transformers)

注: GB/T 20840.6—2017 互感器第6部分: 低功率互感器的附加一般要求 (IEC 61869-6:2013, MOD)

IEC 61869-10 互感器第10部分:低功率无源电流互感器的附加要求 (Additional requirements for low-power passive current transformers)

IEC 61869-11 互感器第11部分:低功率无源电压互感器的附加要求 (Additional requirements for low-power passive voltage transformers)

IEC 62151 与电信网络电气连接的设备安全 (Safety of equipment electrically connected to a telecommunication network)

注: GB 38189—2019 与电信网络电气连接的设备安全 (IEC 62151:2000, IDT)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

国际标准化组织 (ISO) 和国际电工委员会 (IEC) 用于标准化的术语数据库可通过以下地址查询:

国际电工委员会 (IEC) 电子媒介: <https://www.electropedia.org/>

国际标准化组织 (ISO) 在线浏览平台: <https://www.iso.org/obp>

#### 3.1

**可接近的导电部分** **accessible conductive part**

正常使用时能够触及的电气设备导电部分。

#### 3.2

**可接近部分** **accessible part**

正常使用时能够用IEC 61010-1:2010中第6.2条款和IEC 61010-1:2016修订版中的标准刚性试验指或铰接式试验指触及的部分。

注: 用于接入外部可连接电路的电路视为可接近的导电部分, 例如有线网络端口。

#### 3.3

**相邻电路** **adjacent circuits**

**独立电路** **independent circuits**

通过适用的绝缘与所考虑的电路隔离的电路。

#### 3.4

**环境温度** **ambient temperature**

**大气环境温度** **ambient air temperature**

由规定条件确定的整个设备周围空气的温度。

注1: 对于安装在外壳内部的设备, 环境温度为外壳外部的空气温度。

注2: 环境温度在任何相邻设备间距的一半、距离设备壳体不超过300 mm的设备高度的中点处测量, 并防止来自设备的直接热辐射。

[来源: IEC 60050-441:1984, 441-11-13, 有修改——增加“环境温度”术语。在定义和备注1中“开关装置或熔断器”已经由“设备”替代, 并增加了备注2]

#### 3.5

**遮栏** **barrier**

**电气防护遮栏** **electrically protective barrier**

对来自任何经常靠近方向上的直接接触提供防护的部件，且以牢靠的方式固定到位，只能用工具拆除。

[来源：IEC 60050-826:2004, 826-12-23, 有修改——增加“遮栏”术语，在定义的最后，增加“且以牢靠的方式固定到位，只能用工具拆除”]

### 3.6

#### **基本绝缘 basic insulation**

为危险带电部分提供基本防护的绝缘。

注：本概念不适用于专用于功能性目的的绝缘。

[来源：IEC 60050-826:2004, 826-12-14, 在定义中，“which provides”已被替换为“to provide”，并且注释已被移除。]

### 3.7

#### **基本防护 basic protection**

正常情况下的电击防护。

[来源：IEC 60050-195:2021, 195-06-1]

### 3.8

#### **边界面 bounding surface**

设备壳体的外表面。

### 3.9

#### **机柜 cabinet**

用于容纳电气和（或）电子设备的独立和自支撑式外壳。

注：机柜通常配有可拆卸或不可拆卸的门和（或）侧板。

[来源：IEC 60050-581: 2008, 581-25-02]

### 3.10

#### **电气间隙 clearance**

两导电部分之间或一个导电部分与无论是否导电的设备外部的边界面之间，在空气中测量的最短距离。

### 3.11

#### **相比电痕化指数 comparative tracking index; CTI**

在规定的试验条件下，材料不出现电痕化和持续火焰所能够耐受的最高电压(单位为伏特)的数值。

[来源：IEC 60050-212:2010, 212-11-59]

### 3.12

#### **爬电距离 creepage distance**

两导电部分之间或一个导电部分与设备的边界面（可接近部分）之间，沿着固体绝缘材料表面测量的最短距离。

[来源：IEC 60050-151:2001, 151-15-50, 有修改——增加短语“或一个导电部分与设备的边界面（可接近部分）之间，沿着固体绝缘材料表面测量”]

## 3.13

**直接接触** direct contact

人与带电部分的电气接触。

[来源: IEC 60050-826:2004, 826-12-03, 有修改——单词“或动物”已省略]

## 3.14

**双重绝缘** double insulation

由基本绝缘和附加绝缘两者组成的绝缘。

注: 基本绝缘和附加绝缘是独立的, 分别为基本电击防护设计。

[来源: IEC 60050-195:2021, 195-06-08, 有修改——增加备注]

## 3.15

**机壳(外壳)** enclosure

为预期的应用提供适当的防护类型和等级的外壳。

注: 机壳能提供对着火蔓延的防护(见第7章)。

[来源: IEC 60050-151:2001, 151-13-08, 有修改——增加备注]

## 3.16

**特低电压** extra low voltage; ELV

不超过可接受的预期接触电压最大值的电压, 该预期接触电压在指定的外部影响条件下可以持续维持。

注: 就本文件而言, 在4.3.3.2中规定了ELV值。

[来源: IEC 60050-195:2021, 195-05-24, 有修改——增加备注]

参见表A.1。

## 3.17

**防火外壳** fire enclosure

用于防止火灾从外壳内部蔓延到外部的外壳。

[来源: IEC 60050-903:2014, 903-04-10, 有修改——在定义中, “保护”一词已被“作为安全措施”所取代, 并且已删除了条目的注释1。]

## 3.18

**功能接地电路** functional earthed circuit;  
functional grounded circuit (US)

包括PCB走线、导线、元件和等电位连接的出于电气安全以外目的接地的电路。

注: 除了电气安全之外, 其他用途还包括屏蔽功能和测量参考点功能。

## 3.19

**功能绝缘** functional insulation

设备正常工作所需的导电部分之间的绝缘。

[来源: IEC 60050-195:2021, 195-02-41]

## 3.20

**危险能量等级 hazardous energy level**

在电压不小于2 V时，有效功率等级不小于240 VA、持续时间不小于60 s，或者储存能量等级不小于20 J（例如来自一个或多个电容器）。

3.21

**危险带电部分 hazardous live part**

在某些条件下会产生有害电击的带电部分。

[来源：IEC 60050-826:2004, 826-12-13]

3.22

**危险带电电压 hazardous live voltage; HLV**

正常状态下，超过ELV等级的电压。

注：就本文件而言，在4.3.3.2中规定了ELV值。

3.23

**高完整性部件 high-integrity part**

**高完整性元件 high-integrity component**

其规格或等级远超出应用范围，从而使故障风险降至最低的部件或元件。

3.24

**带电部分 live part**

在正常使用中预期被激励的导体或导电部分，包括中性导体。

[来源：IEC 60050-195:2021, 195-02-19, 有修改——省略定义的最后部分“但按照惯例，不是PEN导体，PEM导体或PEL导体”]

3.25

**低功率互感器 low-power instrument transformer; LPIT**

由一个或多个可以连接传输系统和二次转换器的电流或电压传感器构成的装置，目的是传输低功率模拟量或数字量信号供给测量仪器、仪表、保护装置、控制装置或者类似电器。

示例：由3个电流传感器、3个电压传感器连接到一个合并单元输出一路数字信号的装置就是一种低功率互感器（LPIT）。

注1：低功率互感器（LPIT）通常被称为非传统互感器（NCIT, non-conventional instrument transformers）。

注2：此类装置的输出功率典型值为不大于1 VA。

[来源：GB/T 20840.6-2017, 3.1.601]

3.26

**低功率电流互感器 low-power current transformer; LPCT**

用作电流测量的低功率互感器。

[来源：GB/T 20840.6-2017, 3.1.602]

3.27

**低功率电压互感器 low-power voltage transformer; LPVT**

用作电压测量的低功率互感器。

[来源: GB/T 20840.6-2017, 1.603]

### 3.28

#### 维护使用 maintenance use

由经过培训的人员使用任何工具维修设备时的状态, 此时可拆卸盖板和保护措施均被移除。

### 3.29

#### 非一次电路 non-primary circuit

与交流或直流电源以及外部的电压互感器和电流互感器电气隔离的电路。

### 3.30

#### 正常使用 normal use

设备安装并用于其预期目的时的状态, 此时任何可拆卸的盖板和保护措施均已到位。

### 3.31

#### 过热 overheating

运行在超过热限值的状态。

### 3.32

#### 过电压类别 overvoltage category

用数字表示的瞬态过电压条件。

注: 过电压类别用 I、II、III、IV 级表示, 详见 IEC60644-1。

[来源: IEC 60050-426:2020, 426.04.48]

### 3.33

#### I 类防护设备 protective class I equipment

为防止触电而具有基本绝缘和保护连接的设备, 可使设备机壳外部的导电部分无法带电 (在基本绝缘失效的情况下)。

### 3.34

#### II 类防护设备 protective class II equipment

具备以下条件之一的设备:

- 基本绝缘提供基本电击防护, 附加绝缘作为故障防护;
- 双重或加强绝缘提供基本防护和故障防护。

注: 出于安全目的, 不应规定保护导体或依赖性的安装条件。然而, 出于功能目的 (例如 EMC), 可以将接地导线连接到 II 类防护设备。

### 3.35

#### III 类防护设备 protective class III equipment

设备或设备部件依靠安全特低电压 (SELV) 或保护特低电压 (PELV) 电路供电提供电击防护, 这些电路不产生危险电压。

### 3.36

**污染 pollution**

能够导致绝缘体的介质强度或表面电阻率下降的固体、液体或气体等外来附加物质。

[来源: IEC 60050-442:1998, 442-01-28, 有修改——在定义中, 删除“永久”一词, 并省略备注]

3.37

**污染等级 pollution degree**

表征所考虑电气间隙和爬电距离周围直接环境条件的预期污染程度的数值, 详见IEC 60664-1标准。

3.38

**一次电路 primary circuit**

与交流或直流电源输入以及外部电压互感器和电流互感器有电气连接的电路。

3.39

**保护联结 protective bonding**

把可接近的导电部分或保护屏蔽体连接到安全接地的外部保护导体, 为其提供电气连续性的一种电气连接。

3.40

**保护联结电阻 protective bonding resistance**

保护导体端子与要求连接到保护导体的导电部分之间的电阻。

3.41

**保护导体 protective conductor**

出于电气安全目的而设置的导体。

[来源: IEC 60050-195:2021, 195-02-09]

3.42

**保护接地 protective earthing; protective grounding (US)**

用于电击防护的接地。

[来源: IEC 60050-195:2021, 195-01-11, 有修改——术语“电气安全”改为“电击防护”]

3.43

**保护等电位联结电路 protective equipotential bonding circuit**

PEB电路 PEB-circuit。

从裸露的导电部分到外部导电部分之间的低阻抗电路, 用以确保整个电路的电势相等, 从而防止在发生故障时这些部分之间出现危险的电势差。

注: 见表A.1。

3.44

**保护特低电压电路 protective extra low voltage circuit**

PELV电路 PELV circuit。

在正常状态和单一故障状态下, 电压不能超过特低电压值的电路(其他电路中的接地故障除外)。

注: 见表A.1。

## 3.45

**保护阻抗 protective impedance**

带电部分与可接近的导电部分之间的连接阻抗。在设备正常操作和可能的故障状态下，其阻抗值可使电流限制在一个安全值，以维持设备在整个寿命期的可靠性。

[来源：IEC 60050-442:1998, 442-04-24, 有修改——在定义中，术语“裸露”由“可接近”替代，“正常使用中”被“正常使用下”取代，术语“电子开关”由“设备”替代]

## 3.46

**保护屏蔽 protective screening; protective shielding (US)**

通过连接到保护接地的电气保护屏蔽体，实现电路和（或）导体与危险带电部分隔离。

[来源：IEC 60050-195:2021, 195-06-18, 有修改——在定义中，“等电位联结系统和用于提供电击防护”由“地”替代]

## 3.47

**保护隔离 protective separation**

通过基本防护和故障防护将一个电路与另一个电路分离。

[来源：IEC 60050-195:2021, 195.06.19]

## 3.48

**额定冲击电压 rated impulse voltage**

由制造厂对设备或其中的某一部分指定的冲击电压值，用以表征其绝缘对瞬态过电压的规定的耐受能力。电气间隙与此有关。

## 3.49

**额定绝缘电压 rated insulation voltage; RIV**

由制造厂对设备或其某一部分规定的电压值，用以表征其绝缘规定的（长期）耐受能力，与介质电压试验和爬电距离有关。

注：额定绝缘电压不一定与设备的额定电压相等，后者主要与设备的功能特性有关。

## 3.50

**额定电压 rated voltage**

由制造厂指定的元件、器件或设备在超过正常运行条件下的电压值。

注：设备可以有多个额定电压值，或具有一个额定的电压范围。

[来源：IEC 60050-442:2014, 442.09.10, 有修改——在定义中，术语“额定值”由“值”替代，术语“至”由“在正常运行条件下”替代，在定义末尾，省略了“以及所涉及的运行和性能特征”和备注2]

## 3.51

**加强绝缘 reinforced insulation**

提供相当于双重绝缘的电击防护的绝缘。

注：加强绝缘能够由几个不能按基本绝缘或附加绝缘那样单独试验的绝缘层组成。

[来源：IEC 60050-195:2021, 195.06.09]

3.52

**限制接近区域** restricted access area

只有了解所有安全隐患并经过特别授权的用户允许进入的区域。

[来源: IEC 60050-195:2021, 195.04.04, 有修改——在定义中, “电气专业人员和受过培训的人员”由“用户”取代, 并添加了“所有安全隐患”]

3.53

**例行试验** routine test

在制造中或制造后对每个独立设备所进行的符合性试验。

注: 独立设备包括完整的产品和备件。

[来源: IEC 60050-151:2001, 151.16.17, 有修改——在定义中, “项目”由“设备”取代, 并添加了备注]

3.54

**关键安全器件** safety critical component

在正常运行和单一故障状态下, 依赖于电气绝缘的完整性、机械强度、热性能或阻燃特性, 来防止安全风险的器件。

3.55

**安全特低电压电路** safety extra low voltage circuit

**分隔的特低电压电路** separated extra low voltage circuit

**SELV电路** SELV circuit

在正常状态和单一故障状态下(包括其他电路中的接地故障), 电压不能超过特低电压值的电路。

3.56

**屏蔽体** screen; shield (US)

封闭或隔离电气电路和(或)导体的可导电部分。

注: 见表A.1。

3.57

**单一故障状态** single-fault conditions

单个防护(但不是加强防护)或单个元件/设备出现故障的情况。

注: 如果单一故障状态导致一个或多个其他故障状态, 则所有故障状态都被视为一个单一故障状态。

[来源: IEC 60050-903:2013, 903.01.15]

3.58

**固体绝缘** solid insulation

在两个相对的表面之间而不是沿着外表面提供电气绝缘的材料。

3.59

**附加绝缘** supplementary insulation

除基本绝缘之外, 另外再设置的独立绝缘, 其目的是在基本绝缘失效时提供电击防护。

[来源: IEC 60050-195:2021, 195.06.07, 有修改——“提供故障保护”由“目的是在基本绝缘失效时提供电击防护”替代]

### 3.60

#### 电痕化 tracking

在电应力和电解杂质的联合作用下, 固体绝缘材料表面或内部逐步形成导电通路。

注: 电痕化通常由表面杂质造成。

[来源: IEC 60050-212:2010, 212.11.56]

### 3.61

#### 型式试验 type test

对某一特定设计的一个或多个装置进行的试验, 以检验这些装置是否符合有关标准的要求。

[来源: IEC 60050-851:2008, 851.12.05]

### 3.62

#### 用户 user

经过适当培训并具有必要经验的工作人员, 他们在限制接近的区域内靠近设备时能够意识到所面临的危险, 而且清楚使自己和他人的危险处境降至最小的措施。

### 3.63

#### 有线网络端口 wired network port

通过直接连接到单用户或多用户通信网络来实现广泛分散系统的互联, 用于语音、数据和信号传输的端口。

注1: 例如CATV、PSTN、ISDN、xDSL、LAN和类似的网络。

注2: 这些端口可以支持屏蔽电缆或非屏蔽电缆, 也可以作为电信规范的组成部分承载交流电源或直流电源(例如PoE)。

注3: 一般用于互连被试系统部件并按照其功能规格(如连接到它的电缆的最大长度)使用的端口, 例如EIA-232接口、IEEE1284接口(并行打印机)、通用串行总线接口(USB)、IEEE 1394接口(“火线”接口), 不被认为是有线网络端口。

注4: 光纤接口被视为有线网络端口。为了实现最大功率消耗, 在安全评估(温升测试等)期间, 光纤端口需要处于活动状态。

### 3.64

#### 耐受 withstand

在施加有关的环境或试验条件(例如冲击电压)下, 设备的抗损坏能力。

### 3.65

#### 工作电压 working voltage

设备在额定电压供电下, 能够跨过任一特定绝缘出现的最高交流电压有效值或最高直流电压值。

注1: 忽略瞬态电压。

注2: 开路条件和正常操作条件两者均考虑在内。

[IEC 60050-581:2008, 581.21.19, 有修改——已增加注1和注2]

## 4 电击防护

### 4.1 与危险带电部分接触的防护

#### 4.1.1 总则

对危险带电部分的直接接触防护应由足够的绝缘、设备外壳或遮栏提供。为确保安全，在设备安装、维护使用、正常运行以及退役期间，仅允许了解所需工作规程的人员靠近该设备。

有关电击防护的元件和设备的试验，应按第9章中规定的型式试验和例行试验进行。

在单一故障状态下可能成为危险带电的未接地的可接近导电部分应符合4.1~4.10的要求。

未接地的可接近导电部分在单一故障状态下可能成为危险带电部分时应符合4.1~4.10的要求。

#### 4.1.2 绝缘

任何未通过（至少是）基本绝缘与危险带电部分隔离的导电部分，应认为是带电部分。绝缘要求应在考虑下列影响因素后确定：

- 所考虑的电路的额定绝缘电压（见 C.1.3）；
- 过电压类别（见附录 B 和 C）；
- 污染等级（见附录 C）；
- 绝缘分类，例如特低电压、安全特低电压、保护特低电压或保护等电位联结（见附录 A）。

#### 4.1.3 设备外壳和遮栏

产品所需的外壳防护取决于面和可接近级别，设备外壳防护最低要求详见表1。

表1 电击防护的设备外壳要求

面	防护等级 (GB/T 4208-2017)	要求
前面板，侧面	IP2X 或 IPXXB	危险带电部分应位于设备外壳内或遮栏后面，以便其在正常使用时无法接近。如果在不使用工具的情况下可以拆除覆板，则表12中的警示符号12应可见。
前面板连接	IP2X	特低电压的前面板连接和端子接线在正常使用情况下应可接近。
顶板	IP4X	在正常使用中可接近的遮栏的顶板表面应提供防止坠落物体、松散电线、垫圈等进入的保护。任何此类遮栏应具有足够的机械强度、稳定性和持久性，以维持所规定的防护等级。
底板	IP4X	在正常使用中可接近的遮栏的底板表面应提供防止松散电线等进入的保护。任何此类遮栏应具有足够的机械强度、稳定性和持久性，以维持所规定的防护等级。
背板	IP2X	危险带电部分应位于设备外壳内或遮栏后面，以便其在正常使用时无法被接近。
背板连接	IP1X	正常使用情况下，背板连接、端子接线应位于限制接近区域，且应为IP1X或更高防护等级。
角	-	角应具有从相邻侧面获得的最高防护等级。

4.3.2中详细说明确了对可接近部分的进一步要求。

按照GB/T 4208-2017的安全防护要求来检查4.1.3的符合性。

#### 4.1.4 采用多股导线的危险带电端

除非采用压接方法以降低由于焊料冷变形引起不良接触的可能性,多股导线末端不应在导线承受接触压力的地方采用软钎焊加固。补偿焊料冷变形的弹簧端子能满足此要求,螺钉压紧被认为不能满足要求。

端子应固定、防护或绝缘,以使得在安装多股软导线时,如果导线中的某一股脱落,则该股软线与以下部分之间不存在意外接触的可能性:

——可接近的导电部分;

——仅通过附加绝缘与易接近的导电部分隔离的未接地的导电部分。

通常情况下,考虑用一根长度为8 mm的松散的多股线来评估这种风险。

如果制造厂确定存在风险,则应在文件中给出建议,并在设备上标记表12中的警示符号14。此风险能够通过采用诸如一个绝缘压接端子或单股导线消除。

通过检查确认与4.1.4的符合性。

## 4.2 保护阻抗

在正常使用中,保护阻抗应将电流或电压限制在4.3.3.2的水平,而在单一故障状态下,保护阻抗应将电流或电压限制在4.10.4.1.2的水平。

保护阻抗端部之间的绝缘应满足双重绝缘或加强绝缘的要求。

保护阻抗应为以下一种或多种:

- a) 适当的单个元件,应进行设计、选择和测试,以确保电击防护的安全性和可靠性。元件应特别满足以下条件:
  - 1) 额定电压为最大工作电压的两倍;
  - 2) 如果是电阻器,则额定功率为最大工作电压功耗的两倍;
- b) 元件的组合,例如两个串联的Y级电容器,每一电容器的额定值均以施加在此电容器组的总工作电压为额定值。每一个电容器应有相同的额定电容值和有效值至少为2000 V历时1 min的耐受电压等级。据此提供在单一故障状态下基本的电击防护。

对于海拔高度高达2000 m的测试地点,可通过采用表C.8~表C.11中适当的双重绝缘或加强绝缘试验电压对保护阻抗进行符合性验证。对于海拔高度超过2000 m的测试地点,应根据表C.12调整试验电压。

应按照正常使用及适当的单一故障这两种条件下的要求评价元件、导线及连接。允许通过满足保护阻抗要求的元件桥接双重绝缘或加强绝缘。元件与4.2以及任何相关基本绝缘的符合性确认应在依照9.6.5.5的单一故障状态评估或试验之后进行。任何相关的基本绝缘均应根据附录C通过评估、测量或试验来确认。

## 4.3 可接近部分

### 4.3.1 总则

除非显而易见,正常使用情况下应按照下文和4.3.2的规定确定某一部分是否可接近。

拟连接至外部可接入电路的电路应视为可接近的导电部分,例如有线网络端口。

除非规定了作用力,否则采用4.3.2.2中规定的合适的试验指时不应施加作用力。如果能够用试验指或试验探针触及,或者在正常使用中触及时防护物没有提供适当的保护,则这些部分被认为是可接近的(见下文)。

如果可接近的导电部分或电路通过双重绝缘或加强绝缘与其他部分分离,并且该双重绝缘或加强绝缘由符合4.2的元件桥接,则可接近的导电部分或电路在正常使用状态下的电流限值应符合4.3.3.2的规定,在单一故障状态下应符合4.10.4.1.2的规定。这些要求应适用在介质电压试验之后。

对危险带电部分,如果试验指或试验探针与危险带电部分之间的距离小于由GB/T 16935.1规定的额定冲击电压下基本绝缘所适用的电气间隙,则认为这一部分是可接近的。

对于接入插入式模件的设备,那些距离设备开口达180 mm能被铰接式试验指(见4.3.2.2)触及到的部分,被认为是可接近的。

易损的材料例如油漆、搪瓷、氧化物及阳极膜等,认为不能提供适当的绝缘。未浸渍的材料,例如纸、纤维、纤维材料等,也认为不能提供适当的绝缘。

如果金属可接近部分的表面裸露或被不符合基本绝缘要求的绝缘层覆盖,则认为其具有导电性。

#### 4.3.2 可接近部分的确定

##### 4.3.2.1 总则

在正常使用中,如果用户需要执行任何可能增加某部分可接近性的操作,无论是否借助工具(螺丝刀、硬币、钥匙等),这些操作都应在履行4.3.2.2~4.3.2.3的检查之前进行。包括:

- 拆除覆板;
- 调整控制;
- 更换耗材;
- 拆除部件。

##### 4.3.2.2 一般性检查

铰接式试验指(见IEC 61032和GB/T 4208—2017)应施加于每个可能的位置。如果设备的某一部分可能通过施加作用力而变为可接近部分,则应使用10N的力施加刚性试验指(见IEC 61010-1:2010和IEC 61010-1-2010/AMD1:2016的6.2)。该作用力应从试验指的顶部施加,以避免楔入和产生杠杆作用。本试验应对包括底部的所有外表面施加。

##### 4.3.2.3 预设置控制器的开口

一个直径3 mm的金属试验探针(施加力为10 N)应从设备外壳的孔插入,以接近需要使用螺丝刀或其它工具进行预设置的控制器。试验探针应从该孔的任一可能方向插入;附加信息可以在IEC 61010-1中找到。插入的深度不能超过从设备外壳表面到控制器轴的距离的3倍,或者不能超过100 mm,取两者中的较小值。

##### 4.3.2.4 ELV 等级或移开覆板时可接近的带电部分

如果不借助工具而将覆板移开时,ELV等级(例如可更换的电池或机电式继电器的触点)或带电部分是可接近的,当覆板移开时要求有一个醒目的警示标志。该警示应包括表12中的符号14和(或)符号12。

##### 4.3.2.5 接线端子

在正常使用下可接近的接线端子,例如产品前面的端子,应符合表1的要求。

正常使用中,位于面板后或限制接近区域内不能触及的接线端子应认为是不可接近的,并提供至少符合GB/T 4208—2017中5.1规定的IP1X型保护,以防止意外接触造成的电击。

如果保护类型为按照GB/T 4208—2017的5.1中规定的IP0X或IP1X，应在可接近的危险带电接线端子附近标记表12中的警示符号12。

应通过试验验证符合4.3.1~4.3.2.5的要求。

### 4.3.3 可接近部分的允许限值

#### 4.3.3.1 总则

可接近部分和基准试验接地之间，或同一设备上的任何两个可接近部分之间（沿表面或通过空气）的电压、电流、电荷或能量在正常使用中不得超过4.3.3.2的值，在单一故障状态下也不得超过4.10.4.1.2的规定值。

#### 4.3.3.2 正常使用下的限值

正常使用情况下的限值如下所示。如果超过b)或c)中的任何一个限值，同时高于a)限值的电压被视为危险带电。

a) 电压限值：交流有效值 30 V 或直流 60 V

作为潮湿场所使用的设备（由于下雨、冷凝等原因，设备或操作员或两者都在潮湿位置），电压限值为交流有效值16 V或直流35 V。

b) 正常使用下的电流限值：如表 2 所示。

表2 正常使用下的电流限值

安装地点	应使用IEC 60990:2016中的图3或图4所示的测量电路	正弦波形有效值 mA	非正弦或混合频率波形峰值 mA	直流 mA
干燥	图4	0.5	0.7	2
潮湿	图3, $R_s = 375 \Omega$ (代替1 500 $\Omega$ )	0.5	0.7	2
干燥	图3, $R_s = 75 \Omega$ ; 涉及到在30 kHz~500 kHz频率范围内可能发生的烧伤。	70	—	—

c) 设备关闭后，电容器应在 5 秒内放电至表 3 中的剩余电荷或不高于 20 V 的电压。对于已安装的设备，如果插头插座式器件上的电压会被触及，并且这些器件在带电时不使用工具就能被拔出，则电容器应在 1 秒内放电。

对于上述两种放电情况，应在关闭设备5 s或1 s后，通过计算电路内总电容中的能量或测量电压进行验证。

如果由于设计限制而无法满足上述参数，则设备上应有一个易于观察的警示，即此类电容器宜在停止使用期间安全放电（表12中的符号14）。

表3 正常使用下电容的电荷或能量限值

最高等级	交流峰值或直流电压
45 $\mu\text{C}$	最大15 kV
350 mJ	$\geq 15 \text{ kV}$
IEC 61010-1:2010中图3表明了正常运行和单一故障两种状态下相对于电容值的最大可接受电压。	

## 4.4 接地和保护联结要求

#### 4.4.1 总则

由于人员安全或减少电磁干扰影响的原因,可能需要对设备进行接地。如果这两项要求之间存在任何冲突,应始终以人员安全为重。IEC 61010-1:2010的图4中说明了可接受的电击防护措施配置。

#### 4.4.2 带电部分和可接近的导电部分之间的绝缘

如果在4.1中规定的基本防护方法出现单一故障时,可接近的导电部分可能变为危险带电部分,它们应与保护接地导体端子联结。或者,这种可接近的导电部分应通过联结到保护接地导体端子的导电防护罩或遮栏与危险带电部分隔离。对于测量和保护装置,允许以间接联结替代直接联结。

未接地的可接近的导电部分(例如设备门或挡板、手柄等),如果已通过双重绝缘或加强绝缘与所有危险带电部分隔离,无需与保护接地导体相连。

I类防护设备在连接到保护接地导体的可接近的导电部分和带电部分之间应有最低限度的基本绝缘,其前提是此绝缘不得因任何单一故障(包括机械撞击、导线或端子松动等)降低而低于基本绝缘。可以采用机械保持力确保维持单一故障状态下的基本绝缘。具有锁紧垫圈的螺钉或螺母,或是不仅仅以钎焊进行机械紧固的金属线被认为不易松动。

如果对符合性有任何怀疑应通过测量进行验证。

#### 4.4.3 保护联结

##### 4.4.3.1 总则

可接近的导电部分应与保护导体相连。但当满足下列条件之一时除外:

- 未接地的可接近的导电部分仅与自动断开电源的电路有关,或与根据4.3规定直接接触时具有电流或电压限值的电路有关,并且电压不超过ELV限制(见附录A)。
- 未接地的可接近的导电部分尺寸较小,在正常使用下不会有意抓握,被接触的可能性很小,并且至少通过基本绝缘与危险带电部分隔离。

IEC 61010-1:2010图4中提供了防电击保护联结的可接受配置的附加信息。

##### 4.4.3.2 连接到保护导体部分的联结

设备的设计应确保保护接地联结电路任一表面的油漆或涂覆层不影响该电路的保护联结阻抗。保护联结试验的要求见9.6.4.5。

##### 4.4.3.3 对腐蚀的防护

在设备提供的说明书中规定的任何工作、储存或运输环境条件下,保护接地端子和连接的导电接触部分应选择使材料之间电化学腐蚀最小化的材料。

可通过适当的电镀或涂覆层实现防腐。

通过进行恒定湿热型式试验(包括9.6.4.5中给出的保护联结试验要求)来验证是否符合4.4.3.3的要求。

##### 4.4.3.4 保护联结的中断

在设备组件的保护联结由插头和插座完成的情况下,当设备组件在带电或导通时,保护联结不应在带电导体之前断开。在重新连接时,保护连接应在带电导体前重接,或至少和带电导体一起重接。

符合性通过检查和(或)试验确认。

#### 4.5 功能接地电路

如果可接近部分的功能接地是必需的，则采用下列方式：

- 允许功能接地电路连接到保护导体端子或保护连接导体上；
- 功能接地电路至少应通过基本绝缘与 ELV 电路隔离；
- 功能接地电路应至少通过功能绝缘与 PEB 和 PELV 电路隔离；
- 功能接地电路应通过下列任一种绝缘方式与装置内的危险电压部分隔离：
  - 双重绝缘或加强绝缘；或
  - 保护接地屏蔽或其它保护接地导电部分至少通过基本绝缘与危险电压部分隔离。

通过目测、测量和试验来确认符合性。

#### 4.6 保护导体联结

具有内部保护联结的设备，应在各个带电导体的端子附近具有能与外部保护导体连接的手段。

此保护导体端子应抗腐蚀。它至少应能容纳横截面积与具有最大电流（或保护元件）等级、能够引起接地故障的设备电路一样大的电缆。

保护导体的连接方式不应被用作设备机械组件的一部分。

通过检查确认符合性。

#### 4.7 高泄漏电流

在正常使用中，如果设备持续出现交流超过有效值3.5 mA或直流超过10 mA的泄漏电流，则保护导体应作为永久性连接设备连接（见E.2），并应在设备文档中规定。

任何电流的测量应采用IEC 60990:2016中图4的测量电路进行。设备应与地以及连接在保护导体端子与保护导体之间的测量电路绝缘。

通过测量确认符合性。

#### 4.8 固体绝缘

##### 4.8.1 总则

固体绝缘的设计应能承受设备整个使用寿命内正常使用时预期的机械、电气、热、气候和其他应力。

固体绝缘的设计应能承受运输、储存和安装过程中可能出现的机械振动或冲击。在进行9.6.2.1和9.6.2.2中的机械试验后，应检查是否符合4.8.2中的要求。

电线绝缘应视为固体绝缘。

薄的、易损坏的材料，如漆或氧化物涂层和阳极涂层，被认为不足以满足这些要求。

通过目测、测量和试验来确认是否符合4.8。

##### 4.8.2 要求

在最高环境温度下正常使用时，固体绝缘的最高温度应低于表8或6.10.2中适当等级的温度。

固体绝缘的符合性应通过介质电压及冲击电压耐受型式试验进行验证，试验等级根据表C.2~C.11和表C.12相关的额定工作电压和过电压类别确定。试验方法应按照9.6.4.2和9.6.4.3中详细说明的方法进行。试验验证了穿过绝缘的最小距离，而不是沿绝缘表面的爬电距离。

#### 4.9 电气间隙和爬电距离

##### 4.9.1 总则

应根据表C.2~表C.11合适的部分确定电气间隙和爬电距离，对于300 V以上的电压，电气间隙和爬电距离能够插补得到。

最小爬电距离不应小于空气中的最小电气间隙。这些爬电距离和电气间隙都是最小值，制造公差应额外考虑。

电气间隙和爬电距离的设计和测量示例见IEC 60664-1:2020中6.2。

非均匀电场通常适用于设备。

对于承受冲击电压波形的功能绝缘，应计算波形的电压有效值，并将其用作确定所需电气间隙和爬电距离的工作电压。短期（定义为小于波形周期持续时间的2%）的重复峰值电压的幅值不宜超过用于确定最小爬电距离的额定工作电压有效值的175%。

对所要求的电气间隙和爬电距离的符合性存在任何怀疑时，应进行测量。

如果适用，应根据第9章的规定进行电气间隙的型式试验和例行试验以确定与4.9的符合性。

## 4.9.2 电气间隙

### 4.9.2.1 总则

电气间隙是为了耐受无论是由于外部事件（例如雷击或通断的瞬态）或是设备的动作引起而在电路中出现的最大瞬态过电压。电气间隙的确定应参见附录A和附录C。一次电路电气间隙的确定还宜参见表B.1。

任何两个电路之间的电气间隙距离应基于任一电路产生的最大瞬态过电压。

为了维护产品安全，海拔高度大于2 000 m的设备的电气间隙应乘以表4中给出的系数。

表4 海拔高度系数

海拔高度 m	电气间隙系数
2 000	1.00
3 000	1.14
4 000	1.29
5 000	1.48

对于2000 m以外的试验场地高度，表C.12给出了试验电压的相应校正系数。如有必要，采取适当措施限制设备承受的瞬态电压；例如使用火花放电间隙或瞬变干扰抑制器等。

### 4.9.2.2 一次电路的电气间隙

有关在空气中一次电路的电气间隙由额定冲击电压确定（参见C.1.4）。

一次电路与包括可接近部分和接地部件在内的其它电路（一次或非一次电路）之间的基本绝缘是最低要求。根据绝缘分类的不同（见附录A），也可能需要额外的绝缘（例如功能绝缘或附加绝缘）。功能绝缘的设计，例如跨越一次电路上的设计，应将着火风险降至最低。

电气间隙值如附录C所示。有关附录 C 表中未给出的额定电压和安装类别，请参阅 IEC 60664-1:2020，附录 F。

注：表C.2~表C.11中的耐受电压适用于非均匀场。在很多情况下，设备的两个部分之间在空气中的电气间隙介于非均匀电场和均匀电场之间。因此，电气间隙可以通过试验得到验证。

### 4.9.2.3 非一次电路的电气间隙

非一次电路的电气间隙应耐受电路中出现的最大瞬态过电压。若瞬态过电压不会发生，则电气间隙值基于额定工作电压。

电气间隙值如附录C所述。对于附录C表格中未给出的脉冲电压或工作电压，请参见IEC 60664-1:2020的附录A。

#### 4.9.3 爬电距离

假设本文件范围内的设备长时间连续地承受电压应力，因而需要设计适当的爬电距离。

爬电距离应参考附录A和附录C确定。

IEC 60664-1:2020的5.2和6.2中给出了爬电距离的设计和测量示例。

任何两个电路之间的爬电距离应基于该爬电距离上的最大工作电压（通常是这些电路的电压总和）。

如果污染等级3级或4级导致持续导电，例如，由于碳或金属粉尘所致，则不能规定爬电距离的尺寸。相反，绝缘表面的设计应避免导电性污染连续路径（例如，通过IEC 60664-1:2020第5.2.5条规定的筋或凹槽）。

表C.13列出了可用于降低设备内污染等级的附加防护。如果采用表C.13确定减小了的爬电距离，则宜确保此距离不小于所允许的最小电气间隙。

如有怀疑，应通过测量验证爬电距离是否符合4.9.3的要求，但不能通过电压耐受试验验证。

对于一次和非一次电路，附录C表中的爬电距离值允许插补得到。

#### 4.10 单一故障状态

##### 4.10.1 单一故障状态试验

在单一故障测试后，设备不应存在电击或着火的风险。不要求对双重绝缘或加强绝缘施加单一故障状态。测试后无需进行功能测试。

以下要求适用：

——应采用容易导致电击或着火危险的故障状态，这些故障状态通常通过检查设备及其电路图得以证明。

——除非能证明某一特定的单一故障状态不可能产生危险，否则应进行故障测试。

——设备应在最不利的组合基准试验条件下运行。

这些条件包括：额定电压和电流最差的误差限条件、设备方位最差、正常使用期间覆板或其他可拆卸部件未安装、外部熔断丝已达规定的最大额定值等情况。

注：如果一些诸如螺钉、铆钉等小零件是不可接近的，并且至少通过基本绝缘与危险带电电压（HLV）电路隔离，可以不予考虑。

6.10给出了在单一故障状态下进行着火蔓延防护测试的替代方案，但不适用于电击危险。

##### 4.10.2 单一故障状态的施加

###### 4.10.2.1 总则

一次只应施加一个故障状态，并且应按照最便利的顺序依次进行。不应同时施加多个故障，然而它们有可能是因同一个单一故障状态的施加而引起的。施加单一故障可能会导致设备处于危险的状态，测试人员应采取适合的防范措施，例如使用安全屏。

单一故障状态施加后，设备或相关部件应符合4.10.4的要求。

单一故障状态的评估应包括以下方面。

###### 4.10.2.2 保护阻抗

下列要求适用:

- 如果保护阻抗由多个元件组成,则每个元件都应依次予以短路或断开;
- 如果保护阻抗由基本绝缘和一个限压或限流器件组成,此基本绝缘和限压或限流器件均应施加单一故障状态,一次施加一个。基本绝缘应被短路。限压或限流器件应按最不利的情况予以短路或断开。

高完整性元件的保护阻抗部分无需短路或断开。

#### 4.10.2.3 互感器

在正常使用中带有负载的互感器的非一次绕组和多抽头绕组的各部分应依次进行试验,每次做一个,以模拟负载上的短路。所有其它的绕组按最不利的情况带或不带负载。

除非之间有加强绝缘和双重绝缘,互感器的一次和非一次绕组之间应短路。当绝缘的热损伤可能产生电击危险时,应测试加强绝缘和双重绝缘。

短路也应施加于任何直接与线圈相连的限流阻抗或过电流保护器件的负载侧。

#### 4.10.2.4 输出

输出应每次逐一短路。

#### 4.10.2.5 电路和部件间的绝缘

如果电路和部件之间的功能绝缘可能导致任何材料过热而引发着火风险,应将此功能绝缘短路,除非那种材料的可燃性等级达到或优于IEC 60695-11-10中规定的V-1级。

一次电路的基本绝缘应桥接,以检验能否防止着火蔓延。

除非绝缘受到的热损伤可能引发电击危险,附加绝缘、加强绝缘和双重绝缘无需短路。

#### 4.10.2.6 一次电路和带危险电压的非一次电路

单一故障状态应通过开路或短路元件的方式施加于设备中的一次电路和带危险电压的非一次电路上那些可能引发着火或电击风险的地方。

#### 4.10.2.7 过负荷

单一故障状态应施加于电路或元件因过负荷可能引发着火或电击风险的地方。此类情况包括最不利的负载阻抗连接到传送功率或信号输出的设备端子及连接器上。

允许使用熔断器、过电流保护装置等提供足够的保护。

如果有多个端口具有相同的内部电路,则单一故障测试可以仅限于一个端口。

#### 4.10.2.8 间歇额定电阻器

对于设计为间歇功耗的电阻器,在单一故障状态下的评估中应考虑连续功耗。

#### 4.10.2.9 直流输入

应评估直流输入在最差条件下极性反接的影响。

允许使用熔断器、过电流保护装置等提供足够的保护。

如果有多个端口具有相同的内部电路,则测试可以仅限于一个端口。

#### 4.10.3 试验持续时间

设备应一直运行，直到不太可能因施加故障而发生进一步变化。每次测试通常限制在1小时内，因为在此时间内任何由单一故障状态引发的二次故障通常都会自行表现出来。如果有迹象表明最终可能发生电击、着火蔓延或人身伤害的风险，例如，如果温度尚未稳定，除非在此之前发生危险，否则试验应持续4小时的最长时间。

4.10.4 符合性

4.10.4.1 电击防护要求的符合性

4.10.4.1.1 总则

应在单一故障测试前后进行9.6.4.3规定的电压耐受试验，以验证设备在施加单一故障状态后不会出现电击危险。

在施加单一故障状态后，保护等电位联结电路、保护特低电压电路和安全特低电压电路应保持安全可接触。

按照4.10.4.1.2中的规定，单一故障状态下可接近部分不应是危险带电部分。

4.10.4.1.2 单一故障状态下的限值

单一故障状态下的限值如下所示。如果超过b)或c)中的任何一个限值，同时高于a)限值的电压则被视为危险带电。

a) 电压限值为交流有效值 50 V 或直流 120 V。

对于持续时间较短的电压，持续时间与电压限值的关系如IEC 61010-1: 2010/AMD1: 2016的图2所示，限值在50 kΩ电阻上测量。

用于潮湿场所的设备，电压为交流有效值33 V或直流70 V。

b) 电流限值如表 5 所示。

表5 单一故障状态下的电流限值

安装地点	采用IEC 60990:2016的图3或图4要使用的测量电路	正弦波形有效值 mA	非正弦或混合频率波形，峰值 mA	直流 mA
干燥	图4	3.5	5	15
潮湿	图3, $R_b = 375 \Omega$ (代替1 500 $\Omega$ )	3.5	5	15
干燥	图3, $R_b = 75 \Omega$ 。 在30 kHz~500 kHz频率范围内涉及到可能的灼伤	500	—	—

c) 电容限值如 IEC 61010-1:2010 中图 3 所定义。

4.10.4.2 温度防护要求的符合性

参见6.3.1。

4.10.4.3 着火蔓延防护要求的符合性

参见6.10.3。

4.10.4.4 危险气体和化学制品要求的符合性

参见6.3.2。

#### 4.10.4.5 机械防护要求的符合性

通过检查确认符合性，以确保所有部分不会由于部件的向外爆炸或向内爆裂而脱离设备，也不会由于单一故障状态的施加而导致机械危险。

防爆部件宜借助工具才可移动。如果防爆部件不借助工具就可移动，则应标记表12中符号14，并在说明文件中提供适当的警示。

### 5 机械方面

#### 5.1 机械危险防护

##### 5.1.1 稳定性

在正常使用中，设备不应出现物理上的不稳定而造成对用户的伤害。

通过检查来确认稳定性的符合性。

##### 5.1.2 运动部件

在可能接触时，运动部件不应挤压、划伤或刺伤用户身体的任何部位。在正常使用和维护中，也不能严重地夹伤用户的皮肤。这一要求不适用于明显依靠设备外部部件的操作而易触及的运动部件，例如跳闸机构。设备的设计应将无意中接触此类运动部件的可能降至最小（例如装设挡板、手柄等）。

通过检查来确认运动部件的符合性。

##### 5.1.3 边和角

设备外壳上所有易触及的边沿、凸起、转角、开孔、挡板、手柄之类宜是平滑的、圆润的，以避免在正常使用时造成伤害。

通过检查来确认边角的符合性，如有必要，还可以使用在尺寸、形状和硬度上代表手指的物体来检查是否有磨损和切口。

注：UL 1439中概述了可能使用的可接受程序。

#### 5.2 机械要求

当按照制造厂的说明进行安装时，设备应符合9.6.2.1~9.6.2.4中的机械试验要求。

如果要求更高的试验严酷等级，应由制造厂与用户协商一致。

#### 5.3 端子的机械安全

见附录E。

### 6 可燃性及防火

#### 6.1 总则

第6章提供了通过以下方式之一将设备相关着火风险降低到安全水平的方法和程序：

- 消除或减少设备内的引燃源。
- 减少设备内可燃（或易燃）材料的数量；
- 一旦发生着火，宜将其限制在设备内部。

## 6.2 着火蔓延防护要求

在正常使用中或单一故障状态下,设备或设备部件可能出现温度过高而导致在设备内部或其周围产生着火风险。

设备内出现着火风险应具备下列所有三个基本要素:

- a) 设备电路具有足够的功率或能量作为引燃源。
- b) 存在氧气(空气中的氧气含量约为21%)。
- c) 存在维持燃烧过程的可燃材料。

使用第6章中的方法和程序有下列优点:

- 无需试验即可符合防火要求;
- 减少单一故障状态试验;
- 提供了可以通过目测检验着火防护的设计规范;
- 减少检验机构之间的解释差异及测试的可变因素。

第6章还详细规定了在最高温度限值和限能电路条件下着火蔓延防护的要求(见6.11)。

在正常使用或单一故障状态下,设备外部不应有着火蔓延。图1是符合性验证方法的流程图。

根据保护器件的要求(见6.5)并至少通过以下一种方法确认符合性。

- a) 在可能导致设备外部着火蔓延的单一故障状态下进行测试(见6.10和9.6.5.5)。应满足6.10.3的符合性标准。
- b) 按照6.4.1和6.4.2或6.4和6.11的规定验证设备内火源的消除或减少。
- c) 按照第6.9的规定验证如果发生着火其将被控制在设备内部。

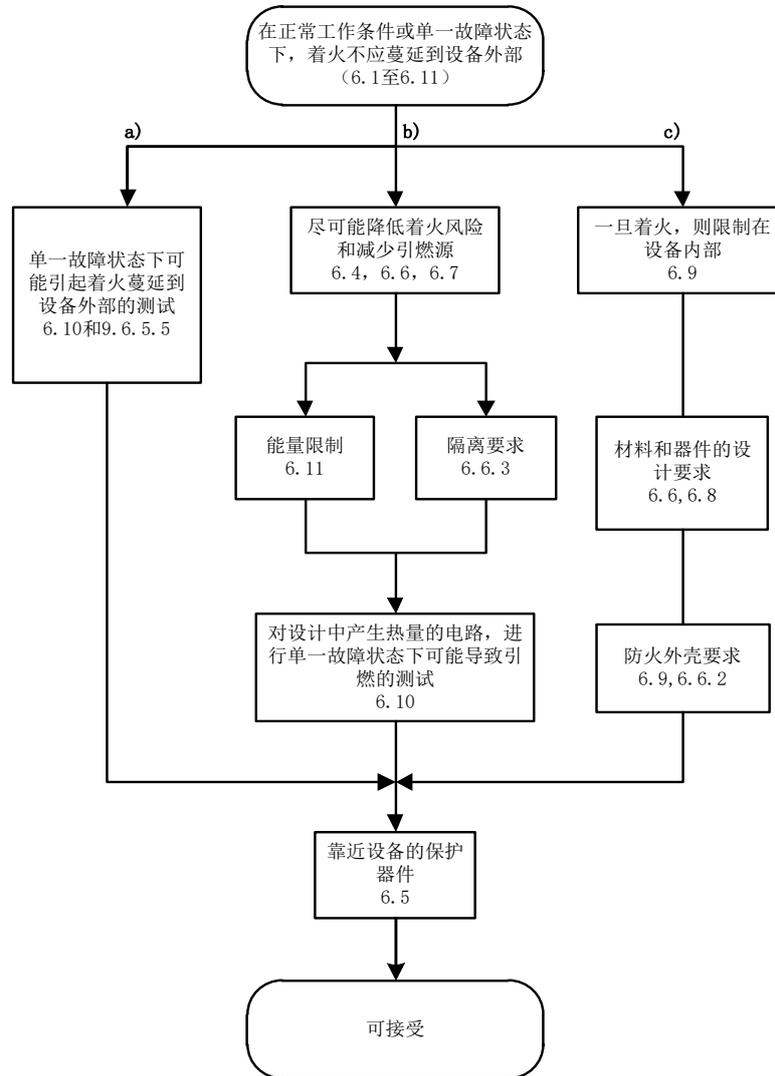


图1 着火蔓延防护要求的流程图

### 6.3 过热与着火的一般危险

#### 6.3.1 防止灼伤的表面温度限值

在正常使用或单一故障状态下，加热不会造成危险，也不应导致设备外的着火蔓延。表6规定了在最高环境温度下正常使用时可接受的最高温度。在以下条件下，可以超过表6中的温度。

——尺寸不超过 50 mm，并且不太可能接触到的区域，允许温度为 100 °C。

——如果不太可能无意接触到的部位，并且部位上有警示指示此部位是热的，例如表 12 中的符号 13（或 14），在环境温度为 40 °C 时，温度值可以超出限值要求。

单一故障状态下最高可接受温度见 4.10。

如果因为功能原因必须有易接触的热表面，则可允许其超过表6中的规定值，但应在外观或功能上可以辨识或贴上标志。表12中的符号13宜用于指示某表面或部件是热的。

表6 环境温度为40℃时正常使用中的最高温度

正常使用时的可接近部分	最高温度 ℃	
	金属	非金属
仅在短时间内持握或接触的手柄、旋钮、把手等	60	85
正常使用时连续持握的手柄、旋钮、把手等	55	70
可能触及的设备外表面	70	80
可能触及的设备内部部件	70	80

通过对挡板和覆板的测量或目测确认与6.3.1的符合性,检验它们对于温度高于表6各值的表面意外触及的防护。试验时所有挡板和覆板应就位。若挡板和覆板不借助工具就可移动,应采用表12中符号13或14警示。

### 6.3.2 危险气体和化学品

在正常运行时,设备不得释放出危险量的有毒或有害气体。

制造厂提供的文件中应说明设备可能释放出哪些有毒或有害性气体,及其可能的释放量。

通过查看制造厂提供的文件检验其符合性。由于气体种类繁多,难以规定基于限值的符合性试验,因此宜参照职业(有害物)的阈限值表。

## 6.4 着火风险的最小化

### 6.4.1 总则

设备内部以及敷设的电缆和布线的着火风险的最小化应是主要考虑的问题。应提供与可靠性和运行要求一致的防护。

单一故障状态下,任何损害均应限制在设备内部(见6.10)。

选择和使用元件和材料时,应保证因元件失效或可能的短路造成着火的风险概率很小。

在一次电路和超过特低电压限值的电路中,关键性的安全元件宜符合相关部件标准要求,有关信息请参阅附录D。应检查设备及其电路图,以确定是否有必要采用单一故障状态验证着火风险概率很小。

### 6.4.2 设备内部引燃源的消除或减少

#### 6.4.2.1 总则

如果每个引燃源符合下列要求,则认为引燃和着火风险的发生降低到了可以容许的水平。

#### 6.4.2.2 限制功率

对电路或设备部件可用的电压、电流和功率受到6.11规定的限制。按照6.11的规定,通过测量限值来检验其符合性。

#### 6.4.2.3 基本绝缘

不同电位的部分之间的绝缘应满足基本绝缘的要求,或者应确认绝缘短路不会导致引燃。采用6.10中的评判准则,通过目测或9.6.5中的相关试验检验其符合性。

#### 6.4.2.4 引燃源

设备中不能被归类为限能电路的电路(见6.11)均被视为引燃源,在这种情况下,采用6.10中的评判准则,通过9.6.5的相关试验检验其符合性。

## 6.5 连接和熔断

为了使交流或直流电源和保护导体,或其它由该产品供电的设备发生着火风险和热负荷过载的可能性降至最小,考虑到最不利的单一故障状态,制造厂应做出下列推荐:

——连接电缆:最小横截面及电压额定值。

——保护器件:熔断器或断路器的额定参数,宜包括保护器件特性、电压额定值,并且该器件宜靠近设备。

注:失效或故障可能是由于设备内部的短路,或可接近的导电部分的故障、接地故障,输出电路短路或控制电路失效。以下情况下,连接和熔断至关重要:

——在预期使用时,设备中的某一故障可能引起设备的输出电流超过额定值,由此导致保护导体或由设备供电的其它设备的热负荷过载;和

——设备故障后不能自动断开交流或直流电源。

## 6.6 材料和元件的可燃性

### 6.6.1 总则

包括可燃性试验的试验概览见表14。

通过查看材料的数据,或按IEC 60695-11-10中规定的可燃性试验对相关部件的三个试样进行符合性验证(见本文件表14和9.6.5)。该试样可以是下列任何一种:

- 产品使用材料的完整部件和组件;
- 部件的某部分,包括具有最小壁厚和任何通风口的区域;
- 符合IEC 60695-11-10的样品。

当涉及到安全时,元件应满足下列要求之一:

——符合包含此类要求的相关IEC元件标准的可燃性要求;

——没有相关IEC标准的,符合本文件的可燃性要求;

——如果元件已被某一公认的检验机构认定为符合某一非IEC标准的可燃性要求,该要求至少与相关IEC标准中规定的要求一样。

### 6.6.2 防火外壳内部的元件和其它部件的材料

防火外壳内使用的材料应符合以下任何一项要求。

- 当依照4.10进行试验时,在非正常运行条件下没有出现着火风险的电气元件。
- 在全部由金属材料构成并且没有通风口、体积不大于 $0.06\text{ m}^3$ 的设备外壳中的材料和元件,或在一个充有惰性气体的密封单元内的材料和元件。
- 直接用于防火外壳中包括载流器件表面的任何表面的一层或多层薄绝缘材料,例如粘性胶带,前提是薄绝缘材料的组合物及其应用表面的可燃性等级都不应低于IEC 60695-11-10中V-2级。如果薄绝缘材料在防火外壳自身的内表面,则采用6.9对防火外壳结构的要求。
- 安装有诸如集成电路器件、光耦器件、电容器或其它小型器件的电子元件的材料,其可燃性等级不低于IEC 60695-11-10中的V-1级。
- 使用PVC(聚氯乙烯)、PTFE(聚四氟乙烯)、TFE(四氟乙烯)、FEP(氟化乙丙烯)、氯丁橡胶或聚酰亚胺绝缘延迟火焰传播的导线、电缆和连接器,其性能符合IEC 60332适用部分中的推荐性能要求。

注:可燃性等级为UL 2556 VW-1或同等标准的导线被认为符合此要求。

- f) 用于线束固定的独立的线夹（不包括螺旋状的或其它连续形式缠绕物）、系带、捆绑绳以及电缆扎带。

通过检查设备和材料数据表来检查是否符合6.6.1和6.6.2的要求。

### 6.6.3 防火外壳的材料

填充于防火外壳开孔中及预期安装于该开孔的元件所用的材料，应符合下列要求之一：

- 可燃性等级不低于 IEC 60695-11-10 中的 V-1 级；
- 通过 IEC 60695-11-10 中的可燃性试验；
- 符合相关 IEC 元件标准可燃性要求。

注：熔断器架、开关、连接器和器具的插入口等，就是这些元件的实例。

防火外壳的塑料材料应放置在与起弧部件（例如未封闭的开关触点）的空气距离13 mm以外的地方。

防火外壳的塑料材料放置在与非起弧部件空气距离13 mm以内时，如果在任何正常或异常工作条件下，该部件均能达到足以引燃该材料的温度，则该材料应通过IEC 60695-2-20的试验。试样引燃的平均时间不应少于15 s。如果试样熔化而未引燃，出现此状况的时间不认为是引燃时间。

通过检查设备或材料的数据确认与6.6.3符合性，如有必要可进行适当的可燃性试验。

### 6.6.4 防火外壳外部的元件和其它部件的材料

除非下文另有说明，位于防火外壳外部的元件或其它部件（包括机械外壳、电气外壳和装饰性部件）所用的材料，如果最薄处的有效厚度小于3 mm，其最低的可燃性等级应达到IEC 60695-11-10要求的HB75。如果其最薄处的有效厚度不小于3 mm，则可燃性等级应达到IEC 60695-11-10要求的HB40，或者其可燃性等级应达到HBF。如果机械的或电气的外壳也作为防火外壳，则采用对防火外壳的要求（见6.6.3和6.9）。

上述可燃性的要求不适用于下列任一情况：

- a) 当按照 4.10 试验时，在非正常运行条件下没有出现着火风险的电气元件；
- b) 符合包括可燃性要求的相关 IEC 元件标准的元件；
- c) 诸如集成电路器件、光耦器件、电容器和其它小型器件的电子元件：
  - 1) 安装在可燃性等级不低于 IEC 60695-11-10 中的 V-1 级材料上；
  - 2) 在正常运行条件下或发生单一故障之后的设备内，由不大于 15 VA 或者由符合限能电路要求（见 6.11）的电源供电，并且安装在可燃性等级达到 IEC60695-11-10 要求的 HB75、最薄处有效厚度小于 3 mm 的材料上；如最薄处的有效厚度不小于 3 mm 时，则安装在可燃性等级达到 IEC 60695-11-10 要求的 HB40 的材料上。

连接器应符合下列要求之一：

- 制造材料的可燃性等级不低于 IEC 60695-11-10 中的 V-1 级；
- 通过 IEC 60695-11-10 的试验；
- 符合相关 IEC 元件标准可燃性要求；
- 安装在由一种电源供电的二次电路中，该电源在设备正常工作条件下和单一故障状态（见 4.10）后，其最大输出被限制在 15 VA 或者符合限能电路的要求（见 6.11）。

端子座应符合以下要求：

- 由 IEC 60695-11-10 中可燃性等级为 V-1 或更好的材料制成；
- 在施加最大负载电流的情况下，符合相关材料的温度限制。

## 6.7 着火引燃源

归类于一次电路或超过特低电压限值的设备的所有电路均应认为是着火的引燃源。此类电路的所有电气元件均认为是可能的着火引燃源。

## 6.8 采用防火外壳的条件

### 6.8.1 需要防火外壳的部件

下列元件均认为具有引燃危险而需要采用防火外壳：

- a) 一次电路中或超过 ELV 电压限制的元件，除非设备满足 4.10 中所有适用的单一故障测试的要求；
- b) 由超过 6.11 规定限值的电源供电的非一次电路中的元件；
- c) 由符合 6.11 规定的限能电路供电的非一次电路中的元件，但未安装在可燃性等级不低于 IEC 60695-11-10 中的 V-1 级材料上；
- d) 在输出符合 6.11 限能电路要求的电源单元或组件中的元件，这类元件包括符合限能电路源输出判据的过流保护器件、限制阻抗、调节网络和导线（6.8.2 除外）；
- e) 具有未封闭的起弧部件的元件，例如危险电压或危险能量级的电路中未封闭的开关和继电器触点；
- f) 除了 6.8.2 之外的绝缘导线。

### 6.8.2 无需防火外壳的部件

下列部件无需防火外壳：

- a) 电动机；
- b) 互感器；
- c) 符合 6.6 要求的机电元件；
- d) 填充防火外壳的开孔、符合 6.6.4 要求的元件，包括连接器；
- e) 具有 PVC、PTFE、TFE、FEP、氯丁橡胶或聚酰亚胺绝缘的导线和电缆；
- f) 成为电源线或互连电缆的一部分的插头和连接器；
- g) 在正常运行条件下和发生单一故障之后的设备中，由最大限值在 15 VA 的电源供电的非一次电路中的连接器；
- h) 由符合 6.11 规定的限能电路供电的非一次电路中的连接器；
- i) 非一次电路中的其它元件：
  - 1) 由符合 6.11 的有限能量电路供电，并安装在 IEC60695-11-10 中易燃性等级 V-1 或更好的材料上；
  - 2) 在正常运行状态下和发生单一故障之后的设备中，由最大限值为 15 VA 的内部或外部电源供电，并且安装在 IEC 60695-11-10 中可燃性等级为 HB75、最薄处的有效厚度小于 3 mm 的材料上，或安装在 IEC 60695-11-10 中可燃性等级为 HB40、最薄处的有效厚度不小于 3 mm 的材料上；
- j) 一次电路和非一次电路都已进行了 4.10 中所有适用的单一故障试验的设备；
- k) 不超过 1 500 mm<sup>2</sup> 的小型部件，例如纸质标签。

如果元件在单一故障状态下变得非常热，并且安装位置距离可燃性等级不优于 V-2 的非金属材料 13 mm 以内，则可以在此非金属材料的最小厚度处施加 IEC 60695-2-12 中灼热丝可燃性（HWI）试验，以确定是否存在着火危险。

通过检查及评估由制造厂提供的数据确认是否符合 6.8.1 和 6.8.2。如果没有提供数据，应通过可燃性试验验证。

## 6.9 防火外壳和火焰遮栏

### 6.9.1 总则

如果设备的电路和设备外壳符合6.9的结构要求，则一次电路和超过特低电压限值的电路的着火风险应被视为降低到可容许的等级。

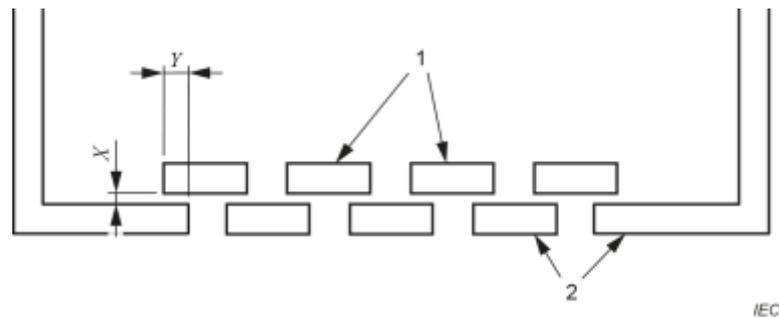
### 6.9.2 防火外壳和火焰遮栏的要求

防火外壳应符合下列要求：

- 底部不应有开孔；或者在图3的范围内应具有图2的挡板结构；或者是由金属制成并按表7规定的开孔的挡板；或者是一个以相邻网眼的中心距离不超过 $2\text{ mm}\times 2\text{ mm}$ 、导线直径至少为 $0.45\text{ mm}$ 的金属网。
- 设备外壳、任何挡板或火焰遮栏应由金属（镁除外）或可燃性等级不低于IEC 60695-11-10中V-1级的非金属材料制造。
- 按照第4章要求，设备外壳和任何挡板或火焰遮栏应具有足够的机械强度，以防止电击。

如果火焰遮栏和防火外壳底部最小厚度处的材料的可燃性等级达到或优于IEC 60695-11-10中的V-1级，则无需试验即可认为它们是符合要求的。

通过检查确认与6.9的符合性。如果怀疑材料的可燃性等级是否达到或优于V-1级，根据IEC 60695-11-10通过三个试样确认。



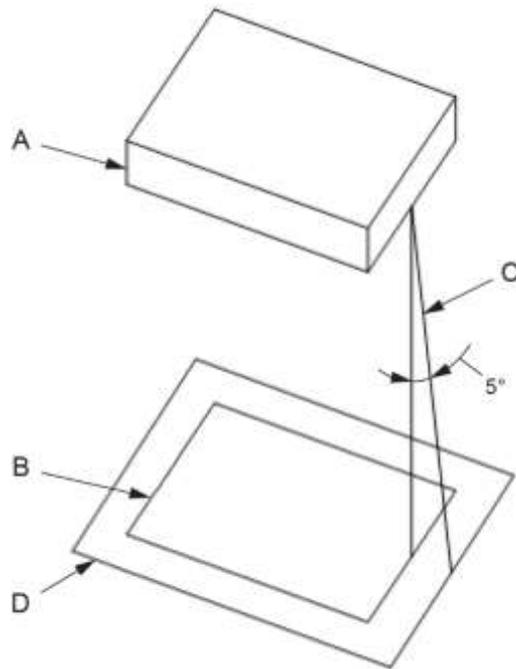
$Y=2X$ ，但不小于 $25\text{ mm}$ ；

**关键部件：**

1—挡板（可位于外壳底部的下方）

2—外壳底部

图2 挡板



**关键部件**

A 被认为是着火危险源的设备的部件或元件。它由无其它遮挡的设备的元件或部件的整体，或有外壳部分遮挡的元件的未遮挡部分构成。

B A的轮廓在水平面上的投影。

C 描绘出按照6.9的规定所构成的底部和侧面的最小面积的斜线。该线与沿A的周边上任何一点的垂线呈5°夹角为走向，以描绘出最大面积。

D 按照6.9的规定所构建底部的最小范围。

**图3 防火遮栏的位置和范围**

**表7 设备外壳底部可接受的开孔**

最小厚度 mm	孔的最大直径 <sup>a</sup> mm	孔的最小间隔 中心对中心 mm
0.76	1.15	1.70
0.76	1.19	2.36
0.81	1.91	3.18
0.89	1.90	3.18
0.91	1.60	2.77
0.91	1.98	3.18
1.00	1.60	2.77
1.00	2.00	3.00

<sup>a</sup>方孔的最大尺寸为对角线。

## 6.10 单一故障状态下着火风险评估

### 6.10.1 单一故障状态下电路或元件最大可接受温度的指南

在单一故障状态下元件没有适当的过热防护时，元件应安装在可燃性等级达到或优于 IEC 60695-11-10 中的 V-1 级材料上。另外，这些元件与可燃性等级低于 V-1 的材料之间，相隔的空气距离至少应为 13 mm，或者应通过可燃性等级不低于 V-1 的材料构成的遮栏隔开。

所规定的温度应为元件或材料的表面或其内部最热点处的温度。

如果由于单一故障状态下元件和（或）电路承受过热而不可能符合上述要求，这些元件或电路宜被有效地遮栏或隔离，以免造成周围材料或元件的过热（见 6.9）。或者作为选择，按照正常使用下安装的设备宜施加 6.10.3 的符合性试验。

### 6.10.2 正常使用和单一故障状态下绕组的温度

如果温度过高可能导致危险，在正常使用或单一故障状态下，绕组绝缘材料的温度不应超过表 8 中的值。表 8 中的值不适用于短时的过载，并且如果绕组的温度由热电偶测定，则这些值降低 10 °C，但是内置热电偶的绕组除外。

在正常使用和适用的单一故障状态下，通过测量确认与 6.10.2 的符合性。

表 8 绕组的绝缘材料

绝缘等级 (见 IEC 60085)	正常使用 °C	单一故障状态 °C
等级 A	105	150
等级 B	130	175
等级 E	120	165
等级 F	155	190
等级 H	180	210

### 6.10.3 设备着火蔓延防护要求的符合性

见 9.6.5.5 的单一故障试验。

作为安全型式试验，为了确定设备是否符合 6.10.3 着火蔓延防护的要求，应把盖有单层粗棉布（约 40 g/m<sup>2</sup> 的漂白棉布）的设备置于表面覆盖包装棉纸（在 12 g/m<sup>2</sup> ~ 30 g/m<sup>2</sup> 之间的包装纸）的软木材上。不应有熔融的金属、燃烧的绝缘物、有焰的微粒等掉落在放置设备的表面上，并且此棉纸或粗棉布也不应炭化、灼热或起焰。根据本文件的要求，应忽略不重要的绝缘材料的熔化。

## 6.11 限能电路

符合下列所有准则的电路为限能电路：

- a) 电路中出现的交流电压有效值不大于 30 V，或直流电压不大于 60 V。
- b) 由下列措施之一限制电路中出现的电流：
  - 1) 由固有限制或由阻抗限制最大的可出现的电流，使其不会超过表 9 中相应的值；
  - 2) 由符合表 10 的过电流保护器件限制电流；
  - 3) 由一个可调节的网络限制最大可出现的电流，使其在正常使用下或者该可调节的网络发生单一故障之后，不会超过表 9 中相应的值。

c) 至少是由基本绝缘与其它可能导致能量值超出上述 a) 和 b) 规则的电路隔离。  
 如果采用过电流保护器件，它应是某种熔断器，或者是不可调节的、非自复位的机电式器件。  
 在下列条件下，通过检查和测量电路中的电压和最大可出现的电流确认与6.11的符合性：

- 在电压达到最大的负载条件下测量电路中出现的电位。
- 以产生最大电流的电阻负载（包括短路），在运行60 s后测量输出电流。

表9 最大可用电流的限值

开路输出电压, $U$			最大可用电流
V			
交流有效值	直流	峰值 <sup>a</sup>	A
$\leq 20$	$\leq 20$	$\leq 28.3$	8
$20 < U \leq 30$	$20 < U \leq 30$	$28.3 < U \leq 42.4$	8
—	$30 < U \leq 60$	—	$150/U$

<sup>a</sup>峰值适用于非正弦的交流 and 纹波大于10 %的直流。

表10 过电流保护器件

电路中出现的电压, $U$			在不超过 120 s 的时间之内由保护器件切断的电流 <sup>b</sup>
V			
交流有效值	直流	峰值 <sup>a</sup>	A
$\leq 20$	$\leq 20$	$\leq 28.3$	10
$20 < U \leq 30$	$20 < U \leq 60$	$28.3 < U \leq 42.4$	$200/U$

<sup>a</sup>峰值适用于非正弦交流和纹波大于 10 %的直流。  
<sup>b</sup>评估宜基于规定的该保护器件的时间—电流分断特性之上，而不同于额定的分断电流（例如，一个符合 IEC 60127-1 的 4 A 的 T 型熔断器规定用于在 120 s 切断 8.4 A 或更小的电流）。熔断器的分断电流与温度有关。如果熔断器周围的温度比室内环境温度高出许多，宜考虑温度的影响。

## 7 通用和基本的安全设计要求

### 7.1 安全的气候条件

设备的气候条件表示设备的直接环境条件。

设备的安全不应在制造厂声明的环境范围内受到削弱，这些环境条件包括：

- 运行的和贮存温度；
- 湿度（无凝露）；
- 大气压力。

### 7.2 电气连接

电气端子和连接点的设计应使设备在其寿命期间保持预期的可靠性。应对运行中通常遇到的情况留有裕度，例如由于潮湿产生的腐蚀、振动、发热和蠕变等。

应通过试验验证保护联结与7.2的符合性。

导线和电缆应符合相关IEC标准。

导体及其横截面应完全符合本文件的电气的、机械的和气候的要求。此外，导体的结构及其横截面应与采用的连接方式匹配，例如，无螺钉或钎焊的连接方法应符合IEC 60352-1或IEC 60352-2标准。

载流部件应具有预期使用中必要的机械强度及载流容量。电流互感器一次绕组宜进行机械约束，以确保在热耐受条件下保持电路的连续性。

对于电气连接，除了陶瓷或其它特性更合适的材料之外，不应通过绝缘材料传递接触压力，除非金属部件有足够的弹性能补偿绝缘材料任何可能的收缩或弯曲。

### 7.3 元件

#### 7.3.1 总则

本文件范围内的设备所使用的元件，与其安全相关的设计和应用指南见附录D。

#### 7.3.2 高完整性部件或元件

如果元件在单一故障状态下发生短路或断开会导致危险时，应使用高完整性元件。

高完整性部件和元件被认为是无故障的，根据本文件的要求，在单一故障状态下无需测试。

注：除本文件要求外，高完整性部件和元件的结构、参数和试验结果应达到IEC标准（适用部分）的要求，以确保预期使用的安全性和可靠性。

在真空、气体或半导体中使用电子传导的单个电子器件，不能认为是高完整性部件。

通过元件制造厂数据的检查或相关试验确认与7.3的符合性。

### 7.4 与其它设备的连接

当设备预期连接到其它产品、附件或有线网络端口时，互连电路应按表A.1的要求选择，以提供连续的性能。通常是通过ELV电路连接到ELV电路、SELV电路连接到SELV电路、PELV电路连接到PELV电路、PEB电路连接到PEB电路以及通信网络电压（TNV）电路连接到TNV电路（有关TNV电路的定义和信息见IEC 62151）达到。倘若多个电路（SELV电路、TNV电路、ELV电路、危险电压电路等）按照本文件的要求隔离，允许采用一根互连电缆承载这些电路。危险带电电压（HLV）电路有可能连接于具有兼容电气额定值的其它设备的HLV电路。

通过检查确认与7.4的符合性。

当附加设备是主（第一）设备的特定补充（例如设备独立的控制接口）时，如果设备连接在一起时仍然符合本标准的要求，允许ELV电路作为这些设备之间的互连电路。

### 7.5 高强度光源

使用高强度光源的设备—例如光纤接口—应按照IEC 60825-1设计。

### 7.6 爆炸

#### 7.6.1 总则

在7.6中未提及的有关元件的信息见7.3和附录D。

#### 7.6.2 有爆炸危险的元件

##### 7.6.2.1 总则

当不具备释压器件的元件因过热或过载有爆炸倾向时，对用户的防护应在设备中体现，见4.10.4.5。

释压器的位置应确保卸压不会对用户造成危害。其结构应使任何释压器不被阻塞。

### 7.6.2.2 电池

电池在过充电或过放电或极性装反时不应引起爆炸或着火风险。除非制造厂的说明书指明只能使用具有内置保护的电池，否则有必要在设备中配置保护。电池保护电路的例子见附录F。

如果装入错误型号的电池(例如在规定使用内置保护电池的地方)能够导致发生爆炸或着火的风险，应在电池仓或支架上或其附近贴有警示标志(见8.1.10)，并在制造厂的说明书中给出警示。可接受的标志为表12符号14(参见说明)。

如果设备有可充电式电池，并且不可充电电池也能够装入和连接在此电池仓内，应在电池仓内或其附近有警示标志(见8.1.8和8.1.10)。

电池仓的设计应做到不能由于可燃性气体的聚积引起爆炸或着火。电池的安装不应因为电解液的泄漏而降低安全性能。

预期由用户更换的电池，即使电池极性装反也不应发生危险。

通过检查确认符合性，包括检查电池的数据，以确保单个元件(除了电池本身)的失效不会导致爆炸或着火风险。必要时，对因其失效能够导致这些危险的任何单个元件(电池本身除外)实施短路和开路试验。

## 8 标志、文件和包装

### 8.1 标志

#### 8.1.1 总则

当设备安装在其正常运行位置时，在可能的情况下宜带有符合8.1.2~8.1.11所包含内容的标志。如果可能，这些标志应从能设备外部看到，或者用户对预期可移动的覆板或开口不借助工具打开时能够看到。

如果受空间限制，这些标志在正常运行位置或设备的其它地方难以看到时，应在文档中包含对这些符号的解释(见表12中对这些符号的描述)。

在存在危险的地方，表12中的警示符号14和相关的危险符号应尽可能靠近危险的地方显示，例如将警示符号和高压符号放置在端子座上。如果需要一般警示，则应使用表12的警示符号14，其含义应在文档中详细说明。

对于机架或屏上的设备，标志符号的位置允许在设备从机架或屏上移开后可见的任何表面上。

适用于整个设备的标志不应标在用户不借助工具就可移开的部件上。

对于优先选用的电压、电流、频率及其偏差值宜符合IEC 60255-1的规定。

第8章列出的标志应认为与安全相关。

#### 8.1.2 标识

设备至少应标记以下内容：

——制造厂或供应商的名称或商标；

——型号或基本类型；

——如果设备具有同一名称(型号)而产自一个以上的地区，应标记产地(工厂地址可以采用代码)。

如果设备包含两部分，正常使用下可接近的部分应包含设备的型号和制造厂，另一部分宜包含符合8.1要求的所有标志。

通过检查确认与8.1的符合性。

### 8.1.3 辅助电源、被测物理量、输入、输出

#### 8.1.3.1 标志的一般要求

对于标志宜考虑下列内容：

- 交流——采用表 12 中的符号 2，并给出额定频率或频率范围；
- 直流——采用表 12 中的符号 1；
- 对于交流和直流电源，在设备上采用表 12 中的符号 3；
- 对于三相交流电源，在设备上采用表 12 中的符号 4；
- 应采用连接号“—”分隔额定电压和被测物理量的最低和最高值，例如 125V—230V；
  - 可选择的电压或电流标志：电流或电压可选值应采用斜线分隔符“/”分隔，例如125V/230V、1A/5A；
  - 设备采用自动切换的电压或频率时，应按照表12中的符号15或标识“自动”（或“AUTO”）标志，见表12的示例；
  - 如果工作电压是由外部的、单独的器件提供，例如一个附加的串联电阻，则应采用该工作电压符号紧随“+EXT.R”标记设备，例如“125V+EXT.R”。
- 在连接全部附件或插入式模块的负载下，其功耗以瓦特（有功功率）或伏安（视在功率）或额定输入电流表示；
- 说明文件应规定单个数字输入、输出继电器和其它有显著功耗的 I/O 端口的功耗，以便于用户计算设备在最恶劣情况下使用的功耗；
- 功耗值的测量应施加设备的额定电压而不是工作电压；测量误差不应大于标示值的 10%；
- 电源额定电压或电源额定电压的范围：

如果设备能在多于一个的电压范围内使用，应标上各自不同的电压范围，除非它们的最大和最小值相差不超过平均值的20%；

如果用户能够在设备上设置不同的电源额定电压，则在设备上应有设定电压值的指示。如果不借助工具就能改变电源的交流和直流设置，则改变设置的操作也应改变这一指示。

#### 8.1.3.2 辅助电源

应提供下列信息：

- 在设备上和文件中：
  - 交流和（或）直流电源；
  - 额定值。
- 在文件中：
  - 功耗；
  - 运行电压范围（与IEC 60255-1的要求一致）。

#### 8.1.3.3 被测物理量

应提供下列信息：

- 在设备上和文件中：
  - 额定值，例如电压、电流、频率。
- 在文件中：
  - 功耗；

- 运行电压范围（与IEC 60255-1的要求一致）；
- 过负荷耐受值。

#### 8.1.3.4 输入

应提供下列信息：

——在文件中：

- 交流和（或）直流电源；
- 额定值；
- 功耗。

注：对于光LPIT，额定值为光LPIT输入的额定一次电流。

#### 8.1.3.5 输出

应提供以下信息：

——在文件中：

- 输出类型的种类，例如常开触点、转换触点等；
- 触点特性符合IEC 60255-1规定的要求。

通过目测或测量检验与8.1.3.1~8.1.3.5的符合性。

#### 8.1.4 熔断器

在采用可以更换的熔断器时，应邻近熔断器标记其额定值和类型（例如熔断速度的标志）并在用户手册中提供详细资料。如果熔断器焊接在印制板上或印制板上没有足够的空间标记时，那么应仅在用户手册中提供熔断器的详细资料。

应采用IEC 60127-1中的熔断速度代码；见表11。

表11 熔断器类型

熔断器类型	标识
非常快速动作	FF或黑色
快速动作	F或红色
适度延时	M或黄色
延时	T或蓝色
长延时	TT或灰色

保护熔断器或其它有必要确保设备在单一故障状态下安全的外部保护器件的推荐额定值，应在设备的安装和技术文件中详细说明。

通过检查确认与8.1.4的符合性。

#### 8.1.5 测量电路端子

标志应邻近测量端子。若没有足够空间（例如在多端口设备中），允许在标志牌上标记或采用表12中的符号14对端子标记。

当空间允许时，测量电路的电压和电流端子应标示允许采用的额定最大工作电压或电流。否则，应采用表12中的符号14标记。

如果由于意外接触端子而对用户有直接的电击风险，即端子的接口不符合GB/T 4208—2017中5.1的IP2X（或更高）防护等级，则应采用表12中的符号14和（或）12标记。

当电路端子以某种方式标识其只作为与另一台设备连接的特定端子，可以不做要求。例如，两个保护器件之间测量电路的互联。

通过检查确认与8.1.5的符合性。

### 8.1.6 端子和操作器件

出于安全的需要，所有端子、连接器、控制器和指示器都应采用文字、数字或符号指示其用途，并包括操作顺序。如果空间不足，允许采用表12中的符号14。在这种情况下，应在设备文件中提供相关信息。

交流或直流电源输入连接端子应是可识别的。

端子和操作器件的其它标志宜靠近端子或在端子上，但不宜在无需借助工具就能移开的部件上，这些标记应按下列方式标记：

——功能接地端子采用表 12 中的符号 5；

——保护导体端子采用表 12 中的符号 6。

如果保护导体端子是某元件（例如端子座）或组件的一部分，而又没有足够的空间，宜采用表12中的符号5标记。

标志不宜位于螺钉等易更换的固定件上。由插头插座式器件提供的电源和接地连接不要求在其旁边标记接地连接。

设计为可接近的、电压波动不至于造成危险带电的电路端子，允许连接到公共的功能接地端子或系统（例如同轴屏蔽系统）。如果该连接本身不明显，应采用表12中的符号7标记。

如果设备中包含2级或以上的高强度光源，并且在正常使用或维护状态下能够观察到它们的输出，则设备应按照表12中的符号16标记。

通过检查确认与8.1.6的符合性。

### 8.1.7 双重绝缘或加强绝缘防护的设备

双重绝缘或加强绝缘防护的设备应采用表12中的符号11标记，但提供保护导体端子的设备或在正常使用中能够形成功能地连接（例如通过电缆屏蔽）的设备除外。

仅仅局部受到双重绝缘或加强绝缘防护的设备不应采用表12中的符号11标记。

通过检查确认与8.1.7的符合性。

### 8.1.8 电池

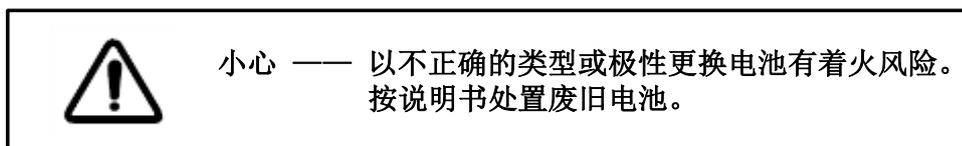
#### 8.1.8.1 可更换电池

若设备中有可更换电池，并且更换错误类型的电池能够引起爆炸（例如某种锂电池），则：

——如果用户能够靠近电池，则应在电池近旁作标记或在操作说明和调试维护说明中均有声明；

——如果电池在设备中的其它地方，则要求有标志，此标志应在电池近旁或者在调试维护说明的声明中。

标志或声明应类似如下所示：



设备的空间有限时，允许采用表12中的符号14。

除非电池极性不可能装反，在设备上应标出电池的极性。

8.1.8.2 充电

具有电池重复充电设施的设备，如果不可充电电池也可能装入并连接在电池仓内，在该电池仓内或其附近应有警示标志，以防止对不可充电电池充电。该警示还应标明应接入充电电路的可充电电池的型号。

当空间不允许时，该信息应在设备说明书中提供。在此情况下，采用表12中的符号14在电池附近标记作为首选。

通过检查确认与8.1.8.1和 8.1.8.2的符合性。

表12 符号

序号	符号 <sup>b</sup>	符号引用	说明
1		IEC 60417-5031:2002-10	直流
2		IEC 60417-5032:2002-10	交流
3		IEC 60417-5033:2002-10	直流和交流两用
4		IEC 60417-5032-1:2002-10	三相交流
5		IEC 60417-5017:2006-08	接地
6		IEC 60417-5019:2006-08	保护接地
7		IEC 60417-5020:2002-10	机架或机箱
8		IEC 60417-5021:2002-10	等电位
9A		IEC 60417-5007:2002-10	通（电源）

9B		IEC 60417-5008:2002-10	断（电源）
10		IEC 60417-5010:2002-10	通或断（按-按）
11		IEC 60417-5172:2003-02	II类防护设备
12 <sup>a</sup>		IEC 60417-6042:2010-11	小心：电击危险
13 <sup>a</sup>		IEC 60417-5041:2002-10	小心烫伤
14 <sup>a</sup>		ISO 7000-0434B:2004-01	小心 <sup>c</sup>
15		ISO 7000-0017:2004-01	自动控制（闭环）
16		IEC 60417-5152:2002-10	激光设备辐射
<p><sup>a</sup>如果设备上标记的模制或雕刻的符号高度或深度达到0.5mm，或符号和外框与背景在颜色上有反差，则颜色要求不适用于符号12、13和14。</p> <p><sup>b</sup>警示符号的尺寸宜符合IEC 60417规定。</p> <p><sup>c</sup>“小心”符号是一般的警示，有关危险的全部详细信息请参阅文件。</p>			

### 8.1.9 试验电压标志

如果制造厂选择在设备上标记试验电压，应采用表13中指定的符号标记。

表13 试验电压标志符号

序号	符号	出版物	描述
----	----	-----	----

1		IEC 60417-5179:2002-10	试验电压（介质）500V
2		IEC 60417-5179:2002-10 修改以显示更高的介质电压	试验电压（介质）高于 500V （例如 2kV）
3		IEC 60417-5179-1:2009-08	试验电压（冲击）1kV
4		IEC 60417-5179-1:2009-08 修改以显示更高的脉冲电压	试验电压（冲击）高于 1kV （例如 5kV）

### 8.1.10 警示标志

通常，对于机架安装式或面板安装式设备，允许在设备从机架或屏上移开后可见的任何表面上标记。除非是手持式设备或者空间受限，标志不宜位于设备底部。

这一方法也适用于没有足够空间的架装或屏装设备的背板上的警示标志。在此情况下，应采用表12中的符号14和（或）符号12的标志并尽可能靠近背板。

如果在正常操作中接近设备有电击危险的地方，应采用表12中的符号12作警示标志，并且此标志应从前面板可见，或者在不借助工具移开覆板或打开门或挡板后可见。

如果用户需要查阅设备文件或说明资料，设备应以表12中的符号14标记。

设备文件中应规定，在接近潜在的带电的任一部件之前，应将其与危险带电电压隔离或断开。对内部有电池的设备应按8.1.8的要求进行标识。

警示标志的大小应符合下列要求：

- 符号的高度至少应为 2.75mm，文字的高度至少应为 1.5mm，并且与背景颜色形成反差；
- 模制、铭刻或雕刻在材料上的符号或文字的高度至少应为 2.0mm。如果没有颜色反差，它们的深度或凸起高度至少应达到 0.5 mm。

通过检查和测量确认与8.1.9和8.1.10的符合性。

### 8.1.11 标志的耐久性

在正常使用条件下，所有的标志应保持清晰易识别，并能承受制造厂指定的清洗剂的影响。此外，还不应受自然光和人造光的影响。

应采用永久性粘合剂以保证粘贴标签的可靠。

应通过执行以下测试来检查标志的耐久性，在设备外面，用浸有指定清洗剂（如无特殊说明，用70%异丙醇）的布在不施加过大压力的情况下，用手擦拭30s。

经过上述处理后，标记应清晰易读，不干胶标签不应边角松动或卷曲。

## 8.2 文件

### 8.2.1 总则

设备文件应遵循IEC 60255-1中的文件指南。制造厂应根据要求提供与设备型式试验和例行试验有关的文件。产品安全说明应以纸质形式随设备一起提供，其他资料可以电子形式提供。如果适用，设备

文件中应包含警示声明和对设备上标记的警示符号的清楚解释。特别是在采用了表12中的符号14时,应当给出一段声明,说明应查阅此文件,以确定任一潜在危险的性质以及需要采取的任何消除或减小该危险的措施。

文件应包含以下内容:

- 在进行其它任何操作之前,应检查任一保护导体连接的完整性的声明;
- 在调试或维护使用之前,应核实设备的额定参数、操作说明和安装说明的声明;
- 8.2.2~8.2.5中规定的信息;
- 设备的预期用途。

## 8.2.2 设备额定值

### 8.2.2.1 总则

设备文件应包含以下内容:

- 设备预期的安装类别(过电压类别),这与设备承受瞬态过电压的能力有关;
- 设备的电源电压或电压范围、额定频率或频率范围以及功率或电流的额定值;
- 额定功能值的允许波动,例如电压范围的下限值和上限值;
- 所有输入输出连接的描述。

#### 8.2.2.2 熔断器和外部保护器件

任何内部熔断器的类型、额定电流和额定电压都应按照8.1.4的要求说明,包括由用户更换的能接近或不能接近的熔断器。

推荐的熔断器类型或其它保护方式应考虑通断容量和切断速度。

在产品文件中应给出设备安全操作需要的所有外部熔断器或保护器件的类型、额定电流和额定电压。如果有外部开关、断路器或其它保护器件就近连接到设备的建议,应对此作出说明。

#### 8.2.2.3 环境要求

设备文件应规定以下内容:

- 运行环境温度范围;
- 设计运行的最大海拔高度;
- 设备安装在正常使用位置时,其前面的IP等级;
- 撞击试验IK等级;
- 设备安装时的污染程度,例如安装于正常使用位置时的污染程度为2;
- 设备的绝缘等级,例如,安装在其正常使用位置的I类设备。

通过检查确认与8.2.1~8.2.2.3的符合性。

## 8.2.3 设备的安装

为便于安装,设备文件中应适当包含:

- 应声明与安全安装有关的说明,包括任何特定的场所和组装要求;
- 应声明与设备的保护接地有关的说明,包括推荐采用的导线尺寸和指明设备激励时保护接地连接不应断开的声明;
- 应说明任何特殊的通风要求,这与设备的散热有关;
- 制造厂还应指出在最高环境温度下,能同时被激励的数字信号输入电路或输出继电器的个数或百分比;

- 应表明正确安装和设备安全所必需的导线型号、尺寸和额定参数；
  - 与 8.2.2.2 一样，设备安全运行要求和所需任何外部器件规格的相关说明。
- 通过检查确认与 8.2.3 的符合性。

#### 8.2.4 设备调试和维护

应提供足够详细的关于预防性维护和检查的设备说明，以确保这些步骤的安全性。如果适用，说明书应包括与设备安全接地和断开激励有关的建议。

如果适用，还应包括以下内容：

- 包括与操作和维护有关的适用的故障测定和维修使用的说明；
- 制造厂应列出只能由制造厂或其代理商检查或提供的所有部件的清单；
- 制造厂应规定更换和处置以下部件的安全方法：
  - 用户可接近的任何熔断器，包括如同 8.1.4 中规定类型和额定值的熔断器；
  - 任何可更换的电池，例如锂电池和（或）适用的替代品；
  - 可充电电池的安全充电方法和（或）可更换电池的合适的替代品的建议；
  - 在安装了高强度光源的地方，应警示不要直接观看这些光源。

通过检查确认与 8.2.4 的符合性。

#### 8.2.5 设备的操作

设备的操作说明书应包括以下内容：

- 要求在 CT 电路上工作之前应先将它们短路；
- 应说明，为了达到设备的预期功能，用户有责任确保设备按照制造厂规定的方法安装、操作和使用，否则可能削弱设备所提供的任何安全防护；
- 对设备上按照 8.1 可能采用的图形符号的解释。

### 8.3 包装

本文件的范围不包括设备从制造厂到用户的运输。然而，制造厂应确保对设备的适当包装和标记，使其能够耐受适于运输方式的合理的搬运和环境条件，送达用户的交货地址而没有损坏。

## 9 型式试验和例行试验

### 9.1 总则

设备的设计应符合本文件所有相关条款的要求，并在必要时进行测试以验证其符合性。单独的型式试验（如表 14 所示）不能形成完整的安全评估，也不能保证使用了正确的部件和材料；这只能通过对本文件所有条款进行评估来实现。

表 14 检验项目一览表

试 验	标准条款	型式试验 <sup>a,g</sup>	例行试验 <sup>g</sup>
		安全 (规范性)	
<b>环境试验</b>			
高温运行试验	9.6.1.2	√ <sup>c,e</sup>	—

低温运行试验	9.6.1.3	√ <sup>c,e</sup>	—
高温贮存试验	9.6.1.4	√ <sup>e</sup>	—
低温贮存试验	9.6.1.5	√ <sup>e</sup>	—
恒定湿热试验	9.6.1.6	√ <sup>d,e</sup>	—
交变湿热试验	9.6.1.7	√ <sup>d,e</sup>	—
振动	9.6.2.1	√ <sup>f</sup>	—
冲击	9.6.2.2	√ <sup>f</sup>	—
碰撞	9.6.2.3	√ <sup>f</sup>	—
地震	9.6.2.4	√ <sup>f</sup>	—
<b>安全试验</b>			
泄漏电流	4.7	√	—
电气间隙和爬电距离	9.6.3	√	—
可接近部分试验	9.6.2.5	√	—
IP 防护等级	9.6.2.6	√	—
冲击电压	9.6.4.2	√	—
交流或直流介质电压	9.6.4.3	√	√
绝缘电阻	9.6.4.4	√	—
保护联结阻抗	9.6.4.5.1	√	—
保护联结的连续性	9.6.4.5.2	—	√
绝缘材料、元件和防火外壳的可燃性 <sup>c</sup>	9.6.5.2	√ <sup>b</sup>	—
单一故障状态	9.6.5.5	√	—
极性反接和缓慢变化	9.6.6	√	—
抗机械应力	9.6.7	√	—
标记耐久性	8.1.11	√	—
<b>电气环境试验</b>			
部件和材料的最高温度	9.6.5.1	√	—
短时耐热	9.6.5.3	√	—
输出继电器, 接通和承载	9.6.5.4	√	—
<p><sup>a</sup> 是否符合型式试验的要求可以通过适当的试验、测量、目测或评估来检查。例如: 电气间隙和爬电距离的测量(或者在间距明显很大时进行目测)或技术论证(如对结论可知的单一故障状态的评估)。为验证是否符合要求而正常施加的型式试验中或试验后不应有电击或着火风险。</p> <p><sup>b</sup> 当材料不能满足第 6 章规定的最低可燃性等级, 或材料厚度低于规定的最低可燃性等级要求的最小厚度值时, 可能需要对塑料部件进行试验。</p> <p><sup>c</sup> 应检查安全关键部件, 以确保其保持在工作温度范围内。这可以在温度测试期间测量, 也可以在室温下测量并推</p>			

断。

- <sup>d</sup> 应检查安全关键部件，以确保绝缘性能得以保持（可以通过测试单个部件或检查制造厂的数据）。
- <sup>e</sup> 在测试完成后，应对固体绝缘进行交流或直流介质电压测试和绝缘电阻测试，以验证其没有受损。
- <sup>f</sup> 测试完成后，应进行交流或直流介质电压测试和冲击电压测试，以验证没有受损。
- <sup>g</sup> √：适用试验项目；—：不适用试验项目。

除非能够证明单一故障状态不可能引起危险，否则都应进行单一故障试验，见4.10。

## 9.2 安全型式试验

安全型式试验是规范性的，以验证设备符合本文件的安全要求。除非另有规定，安全型式试验可按任一合理顺序进行。安全型式试验可对一台试制样机或同一型号的不同样机进行。

除非另外达成协议，安全型式试验应在没有进行过符合要求的安全型式试验的所有设备上，或者在可能影响设备性能的改进项目上进行。

当设备的某一细微部分改变时，由此改动而受到影响的那些安全型式试验项目应重复进行。

安全型式试验可由制造厂或独立的试验机构进行。当用户要求时，制造厂应向其提供满足要求的结果的书面证明。

作为系列产品一部分的产品的型式测试应被认为足以覆盖整个系列产品，前提是进行风险评估，以确定哪些型式试验有效，哪些试验需要在系列产品的其余部分重复进行。

附录G提供了一个风险评估过程的例子。

## 9.3 例行试验

在生产过程中或生产后，应对每个单独的产品进行符合性试验，以确认设备是否保持了电击防护的设计特性。除非另有规定，这些试验可以按任一顺序进行。例行试验详见9.6.4.3.2。

## 9.4 试验条件

型式试验应在IEC 60255-1规定的试验基准条件下进行。

所施加的每项试验的下列数据应达到制造厂的要求：

- 连接电缆的横截面积和长度，如果这些可能影响型式试验的结果，例如温度升高；
- 对于振动试验，包括导线支架位置在内的电缆端子和支架的详细资料；
- 所有测量项目的测量精度和允许误差。

如果适用，测量数据还应包括：

- 初始测量的数据；
- 单个试验中测量的数据；
- 最终测量的数据。

## 9.5 确认程序

确认程序应保证设备符合其规范，而且设备的功能在试验程序开始时的初始测量期间正常，设计特性在所有规定的全部后续的单次试验中均保持不变。

试验的顺序是：初始测量、试验过程中的中间测量和最终测量。

例外情况是在单一故障状态测试之后，只需要确认的是该设备未构成火灾或电击危险，并且介质耐受能力没有受到损害。

在某一试验程序中，如果前期试验的最终测量与随后的单独试验的初始测量一致，就没有必要将这些测量做两次，即一次就足够了。

上述测量包含目测和功能试验，以保证设备符合要求。

## 9.6 试验

### 9.6.1 气候环境试验

#### 9.6.1.1 总则

气候环境测试的目的是确保绝缘和元件在其温度范围内运行而不会劣化。通过交流或直流介质电压试验和冲击电压试验来测试固体绝缘。

#### 9.6.1.2 高温运行试验

高温运行试验应根据IEC 60255-1的规定进行，以验证设备在运行时对高温的承受能力。

#### 9.6.1.3 低温运行试验

低温运行试验应根据IEC 60255-1的规定进行，以验证设备在运行时对低温的承受能力。

#### 9.6.1.4 高温贮存试验

高温贮存试验应根据IEC 60255-1的规定进行，以验证设备在贮存时对高温的承受能力。

#### 9.6.1.5 低温贮存试验

低温贮存试验应根据IEC 60255-1的规定进行，以验证设备在贮存时对低温的承受能力。

#### 9.6.1.6 恒定湿热试验

为验证设备对恒定潮湿的承受能力，应按IEC 60255-1的规定进行恒定湿热试验。如果组成设备的各组件、元件和部件均以可以比较的试验组合通过了这一试验，则也认为满足了试验要求。如有必要，只需对那些没有做过试验的组件进行试验就足够了。

#### 9.6.1.7 交变湿热试验

为验证设备对交变湿热的承受能力，应按IEC 60255-1的规定进行交变湿热试验。

### 9.6.2 机械试验

#### 9.6.2.1 振动

为验证硬件设计的坚固性，设备应能承受IEC 60255-1规定的振动响应和振动耐久试验，应通过交流或直流介质电压试验和冲击电压试验进行验证。

#### 9.6.2.2 冲击

为验证硬件设计的坚固性，设备应能承受IEC 60255-1规定的冲击响应和冲击耐受试验。应通过交流或直流介质电压试验和冲击电压试验进行验证。

#### 9.6.2.3 碰撞

为验证硬件设计的坚固性，设备应能承受IEC 60255-1规定的碰撞试验。应通过交流或直流介质电压试验和冲击电压试验进行验证。

#### 9.6.2.4 地震

为验证硬件设计的坚固性，设备应能承受IEC 60255-1规定的地震试验。应通过交流或直流介质电压试验和冲击电压试验进行验证。

#### 9.6.2.5 可接近部分试验

本试验是为了验证在正常操作时，设备的外壳、遮栏或安装板能否防止接近危险带电部分。

根据4.3.3.2的要求，本试验应作为设备型式试验进行以验证危险带电部分不能接触，电压或能量不超过正常使用的安全限值。

#### 9.6.2.6 IP 防护等级

应对防护等级进行测试，以确认设备外壳正常使用时符合制造厂声称的IP代码要求。试验应符合IEC 60529:1989、IEC 60529:1989/AMD1:1999、IEC 60529:1989/AMD2:2013的规定。

#### 9.6.3 电气间隙和爬电距离

除非通过其他方式（例如，通过计算机辅助设计（CAD）数据、图纸或检查）证明所需的间隙和爬电距离符合相应附录C表格中的数值，否则应当进行测量。不满足最小电气间隙值时，可通过试验验证电气间隙（见4.9.2）。验证空气中电气间隙的试验不能用于验证相关的爬电距离的符合性。

在采用瞬态抑制器件以降低过电压时，电路应被测试，以验证其能满足IEC 60255-26的浪涌试验要求，并且瞬态抑制器需要充分评估（未损坏）。

#### 9.6.4 与安全相关的电气试验

##### 9.6.4.1 总则

9.6.4.2~9.6.4.4中的电压试验的目的是验证电气间隙和固体绝缘。

测试电压水平应为发生器连接到设备前的开路电压。

##### 9.6.4.2 冲击电压试验

###### 9.6.4.2.1 总则

冲击电压型式试验施加的电压波形为1.2/50 $\mu$ s（见IEC 61180），用以模拟来源于大气的过电压，它也包括由低压设备的通断引起的过电压。

###### 9.6.4.2.2 试验程序

冲击电压试验应符合下列要求：

冲击电压应施加到从设备外部可接近的合适的点上，其它电路和可接近的导电部分应连接在一起并接地。

电气间隙的验证试验应在每一极性至少施加三次冲击，且冲击间隔至少为1 s。

同样的试验程序也适用于对固体绝缘能力的验证。然而在此种情况下每个极性应施加5次冲击，并应监视每次冲击的波形并记录故障。

用于电气间隙和固体绝缘的这两个试验可以合并为一个通用的试验程序。

###### 9.6.4.2.3 波形和发生器特性

应采用符合IEC 61180的标准冲击电压。详细参数见表15。

表15 冲击发生器参数

参数	等级
开路电压	见附录 C $\pm 10\%$
波前时间	$1.2 \mu\text{s} \pm 30\%$
半峰值时间	$50 \mu\text{s} \pm 20\%$
输出阻抗	$500 \Omega \pm 10\%$
输出能量	$0.5 \text{ J} \pm 10\%$
试验导线的长度	$<2 \text{ m}$

#### 9.6.4.2.4 冲击试验电压的选择

额定冲击试验电压值应从附录C的表格中选择合适的冲击电压。或者制造厂可以要求更高级别的额定冲击试验电压，在这种情况下，应使用更高级别进行测试。

当特定的设备电路规定为零值的额定冲击试验时，这些电路应免除冲击电压试验。

当试验是在两个独立的设备电路之间进行时，应使用两个额定冲击电压中较高者进行试验。去耦电容器可以为冲击试验电压提供一个通路，并产生明显的试验失效。在这种情况下，测试级别宜在用户文档中说明。

#### 9.6.4.2.5 试验的实施

无论被试设备是否配置浪涌抑制，冲击电压型式试验均适用。如果安装了浪涌抑制器件，试验时不应移除。

除非另有规定，冲击电压试验应在下列部位进行：

- 在每个电路与可接近的导电部分之间；
- 独立的电路之间进行，每个独立电路的端子连接在一起；
- 给定电路的端子之间进行，以验证制造厂承诺的要求。

规定为相同额定绝缘电压的电路可以连接在一起。

试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

除非很明显，独立电路是由制造厂描述的那些电路。

对于具有绝缘外壳的设备，可接近的导电部分应由一个金属箔代表。此金属箔覆盖除端子之外的整个设备外壳，各端子四周应留出合适的间隙以避免对端子发生闪络。除非另有规定，两个独立电路之间的试验，应以这两个电路所规定的较高的冲击电压施加。

#### 9.6.4.2.6 试验验收准则

试验期间不应出现破坏性放电（火花、闪络或击穿）。未造成击穿的电气间隙的局部放电可被忽略。此项型式试验后，设备应满足所有相关的性能要求。

如果并非由于电气击穿引起，施加到与浪涌抑制、感性器件或分压器件连接的各测试点上的冲击电压波形允许衰减或畸变。

除非绝缘不能耐受冲击电压试验，施加到没有和这些器件连接的测试点上的波形将不显著衰减或畸变。

### 9.6.4.3 交流或直流介质电压试验

#### 9.6.4.3.1 型式试验

##### 9.6.4.3.1.1 介质电压试验的实施

型式试验应施加于以下电路：

——每个电路和可接近的导电部分之间，每个独立电路的端子连接在一起；

——独立电路之间，每个独立电路的端子连接在一起。

除非很明显，独立电路是由制造厂描述的那些电路。

独立电路的测试电压应以被评估的两个独立电路的较高要求为准；

规定为相同额定绝缘电压的电路在测试可接近的导电部分时可以连接在一起；

如果适用，制造厂应声明动合触点的介质电压耐受并通过型式试验验证。

触点之间安装瞬态抑制器件的电路应使用直流（两极性）进行测试，或应拆除瞬态抑制器件以进行测试。试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

测试电压应按照附录C的要求直接施加到端子上。

对于具有绝缘外壳的设备，除了在端子周围留出一个适当的间隙以避免对端子产生闪络之外，可接近的导电部分应以覆盖整个外壳的金属箔代替，这种金属箔的绝缘试验只应作为型式试验。

##### 9.6.4.3.1.2 介质试验电压值

介质耐受电压应从附录C的表中选择合适的电压，或者制造厂能要求更高级别的介质耐受试验电压，在这种情况下，应使用更高的级别进行测试。

对于直接通过仪用互感器供电或连接到站用电池供电的电路，试验电压不应小于交流有效值2.0 kV，历时1min。除此之外，各种电源供电的电路的额定绝缘电压见C.1.3。

制造厂可以规定在CT电路上施加较高的试验电压交流有效值2.5 kV，历时1 min。当导引线上可能出现短路电流感应的过电压时，在导引电路上应规定较高的试验电压。这种情况下应由制造厂规定合适的试验电压。

如果适用，制造厂应声明动合触点间的介质电压耐受值并通过型式试验验证。

##### 9.6.4.3.1.3 试验电压源

试验电压源应满足在对被测设备施加的电压达到规定值的一半时，所观察到的压降小于10%。

试验源电压值的校准精度应优于±5%。

测试电压为标准的正弦波，频率在45 Hz～65 Hz之间。某些因素，例如，为符合电磁兼容要求而采用电容器接地将导致试验电流增大，并使得判断击穿条件困难。这一问题可以通过采用直流电压（ $1.4 \times$ 有效值），或只测量交流电阻性电流来解决。

##### 9.6.4.3.1.4 试验方法

对于型式试验，试验发生器的开路电压应在零伏时施加到设备上。试验电压应以不引发可感知的瞬变方式平稳地上升至规定值，并保持至少1min。然后应尽可能快地平稳降至零。

对于例行试验，试验电压可以保持至少1s。在此情况下，试验电压应比所规定的1 min型式试验电压高出10%。

##### 9.6.4.3.1.5 试验验收准则

在介质电压试验期间，不应发生击穿或闪络。只要不超过制造厂规定的最大试验电流值的局部放电，均应忽略。

9.6.4.3.1.6 介质电压试验的重复

如有必要，对于新的设备可以重复进行介质电压耐受试验以检验其性能。

9.6.4.3.2 例行试验

例行介质电压试验应施加在以下电路：

- 所有独立电路与可接近的导电部分之间，所有独立电路的端子连接在一起；
- 各独立电路之间，所有其它电路的端子连接在一起。如果风险评估表明某些特定电路的试验没有必要进行，则这些电路的试验可以省略。

表16提供了适用于安全的介质电压例行试验的指南。

表16 针对安全介质电压例行试验指南

风险	可能性	例行试验	
		组装板或模件	组装的设备
制造和（或）设计相关问题的典型原因： <ul style="list-style-type: none"> <li>• PCB走线和（或）焊盘之间经焊料桥接；</li> <li>• 元件引线既没有剪到规定的长度也没有弯曲到正确的方向；</li> <li>• 元件绝缘失效；</li> <li>• 阻焊剂或保形涂层在PCB上涂抹不良；</li> <li>• 操作不当。</li> </ul>	中	√ <sup>a, b</sup>	√ <sup>a, b</sup>
组装问题—导致电气间隙降低的典型错误，例如： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 导电元件（散热等）没有正确安装；</li> <li>• 固定螺钉太长；</li> <li>• 导电部分代替非导电部分使用；</li> <li>• 无关的零件如螺钉、螺母及导线余料。</li> </ul>	低	—	√ <sup>b</sup>
<sup>a</sup> 例行试验可施加在一个组装板/模件或组装的设备上，或两者都施加。 <sup>b</sup> 所有试验都是施加额定介质试验电压 1 min，或施加 110%的额定介质试验电压 1 s。 <sup>c</sup> √:适用试验项目；—: 不适用实验项目。			

9.6.4.4 绝缘电阻

绝缘电阻的测量应与环境试验一并进行，以保证绝缘没有因施加的试验超出强度而被削弱。请参见表14。

测量电压应直接施加于设备端子。

- 各电路与各可接近导电部分之间，各独立电路的端子连接在一起。
- 在独立电路之间，每个独立电路的端子被连接在一起

注：电阻分压器配置不需要绝缘电阻测量（电路对地）。

应在施加（500±10%）V的直流电压达到稳态值并至少5 s之后再确定绝缘电阻。

施加直流500 V时的绝缘电阻不应小于1 MΩ。经过湿热型式试验且恢复1 h~2 h后，在基准环境条件下施加直流500 V时的绝缘电阻不应小于1 MΩ。

#### 9.6.4.5 保护联结试验

##### 9.6.4.5.1 保护联结阻抗—型式试验

可接近的导电部分和与用于防止电击危险的保护导体连接的端子之间不应有过大的电阻。

依靠多芯电缆中的一条芯线实现保护导体连接的设备，如果已经为该电缆提供了一个将此保护导体的尺寸考虑在内的合适等级的保护器件，在测量中则不考虑该电缆。

这些部件是否符合保护联结阻抗型式试验要求，应通过采用下列的试验参数检验：

- 试验电流应为用户文件规定的过流保护方式中最大电流额定值的两倍，但不小于 20A；
- 试验电压不应超过交流 12V 有效值或直流 12V；
- 试验持续时间应为 60s；
- 保护导体端子和被试部件之间的电阻不应超过 0.1Ω。

##### 9.6.4.5.2 保护联结的连续性—例行试验

在单一故障状态下可能带电的可接近部分，应进行低电流连续性试验，以验证它们与保护接地导体的联结。

以避免损害电路为原则来选择连续性测试仪的开路电压和短路电流。

#### 9.6.5 电气环境及可燃性

##### 9.6.5.1 部件和材料的最高温度

通过试验可以确定正常使用中（见6.3）和单一故障状态下（见6.10）元件和材料的最高温度。

##### 9.6.5.2 绝缘材料、元件和防火外壳的可燃性

当部件的材料不满足6.6规定的最低可燃性要求，或其厚度小于材料达到要求的最低可燃性规定的最小值时，可能需要对部件进行测试。

如果满足6.6.2~6.6.4的要求和6.9防火外壳的要求，不需要通过试验确定绝缘材料和元件的可燃性。

##### 9.6.5.3 短时耐热试验

###### 9.6.5.3.1 热过负荷

在下列试验期间，绝缘材料的最高温度应在表8中适当的绝缘等级所规定的限值之内。

###### a) 电压输入：

设备的电压输入电路应耐受制造厂声明的过电压，在不产生任何安全隐患的情况下，在连续的和持续10 s的时间内均没有损坏。

###### b) 电流输入：

设备的电流输入电路应耐受制造厂声明的额定过电流，在不产生任何安全隐患的情况下，在连续的和持续1s的时间内均没有引起着火或电击风险。绝缘的有效性应通过以下方式进行测试：

- 测量绝缘材料的温度，以确保它们在测试期间保持在运行范围内；或
- 在测试后进行介质电压和绝缘电阻测试，以确保绝缘没有损坏

然而，制造厂仅应规定安全的耐受值。

在CT的额定电流为0.5A~5A时，保护装置的安全要求如下：

- 最少1 s的过电流耐受应为100倍额定电流；
- 连续耐受电流应至少为4倍额定电流。

对不能满足这些要求的量度继电器和保护装置，制造厂应规定过电流耐受值和连续耐受值。

#### 9.6.5.3.2 短时极限动稳定过载

短时极限动稳定过载试验的目的是检查设备是否能够承受大电流产生的电磁力而不被损坏。详细参见IEC 61869-2。设备CT输入电路（常规CT输入）应能承受额定电源频率0.5周期的动稳定过电流：

- 无电气安全及火灾隐患。
- 试验前后均符合介质强度要求。

CT等级为1 A和5 A的保护装置的安全试验要求如表17所示。

表17 极限动稳定值

额定电流 (有效值)	频率	热耐受(有效值) 100倍额定电流		极限动稳定值(峰值) 250倍额定电流	
		值	持续时间	值	持续时间
1 A	16.7 Hz	100 A	1 s	250 A	30 ms
5 A	16.7 Hz	500 A	1 s	1250 A	30 ms
1 A	25 Hz	100 A	1 s	250 A	20 ms
5 A	25 Hz	500 A	1 s	1250 A	20 ms
1 A	50 Hz	100 A	1 s	250 A	10 ms
5 A	50 Hz	500 A	1 s	1250 A	10 ms
1 A	60 Hz	100 A	1 s	250 A	8.3 ms
5 A	60 Hz	500 A	1 s	1250 A	8.3 ms

#### 9.6.5.4 输出继电器参数

设备厂家应测试输出跳闸继电器（包括连接到输出跳闸继电器的PCB走线、端子座等），以确保其性能符合IEC 60255-1或设备制造厂声称的规格（如果该规范更严酷）的最低要求，但相关元件制造厂商规格保证的参数除外。

#### 9.6.5.5 单一故障状态

在组装完整的设备上进行单一故障型式试验时，参见4.10的单一故障状态评估和6.10.3的着火蔓延防护要求的符合性。对于在整个平台范围使用的公用模件，只需要在一个特定变化的模件上实施一次单一故障试验就足够了。单一故障后，应进行介质电压测试，以确保固体绝缘不受影响。

任何单一故障测试的需求将依据单一故障状态的评估结果确定。

### 9.6.6 极性反接和缓慢变化试验

制造厂应测试电源输入，以确保电源电压的极性反接不会导致任何安全关键元件在设备的最高额定环境温度下超出其额定工作温度、火灾蔓延或电击风险。火灾风险评估应采用6.10的方法确定。电源电压应至少反向施加1分钟，以使所有安全关键元件达到热平衡。此项试验仅适用于直流供电的产品。

制造厂应测试电源输入，以确保电源电压的缓慢变化不会导致任何安全关键元件在设备的最高额定环境温度下超出其额定工作温度、火灾蔓延、触电或产品损坏的风险。电源电压应根据图4进行变化，并应监视电源的安全关键元件，以确保在测试期间，在设备的最大额定环境温度下，没有任何安全关键元件的温度超过其额定工作温度。在测试中，被试设备应处于静止状态，有一半的开入/开出被激励，并且连接通信接口（如安装）。电源电压变化应与图4一致，以1 V/min规定的斜率上升/下降。此项试验只适用于直流电源输入的产品。

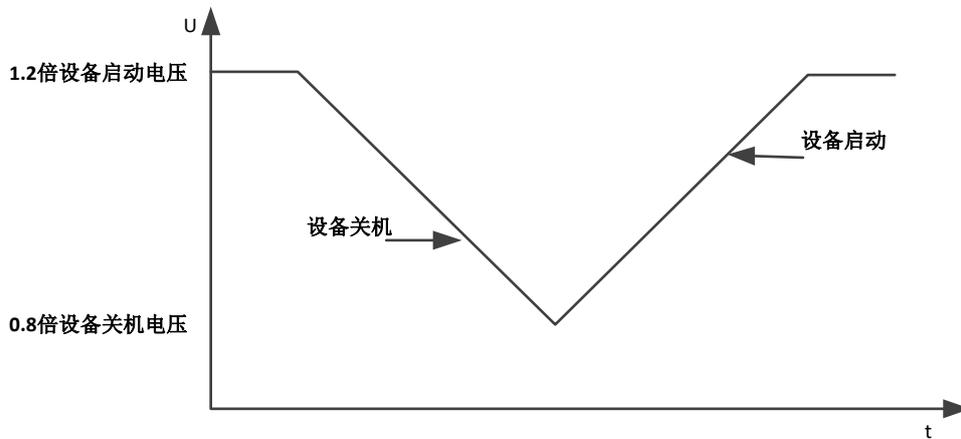


图4 电压缓慢变化试验

### 9.6.7 抗机械应力

#### 9.6.7.1 总则

当设备在正常使用中受到可能发生的机械应力时不应造成危险。

正常的能量防护等级要求至少为IK6（1J）（基于IEC 61010-1），前提是满足以下所有判据。

- a) 当设备安装在预定的应用场合时，未经授权的人员不能轻易接触设备。
- b) 在正常使用情况下，设备仅用于偶尔的调整、编程或维护等操作。

通过检查和对在正常使用下可接触的外壳部分进行以下每一项测试来确认符合性：

- 1) 9.6.7.2 的静态试验；
- 2) 在上述规定的能量水平下进行9.6.7.3 的撞击试验。

不构成外壳一部分的部件无需进行9.6.7.2和9.6.7.3的试验。

测试结束后，应检查明显损坏的窗口和显示器，以确认危险的带电部分未变得可接近。此外，应对设备进行检查，以确认：

- 没有腐蚀性或有害物质泄漏；
- 外壳没有可能导致危险的裂纹；
- 电气间隙不小于其允许值；
- 内部线路绝缘完好无损；
- 安全所需的防护遮栏没有损坏或松动；

- 没有活动部件暴露在外；
- 没有造成可能导致火势蔓延的损坏。

### 9.6.7.2 静态试验

设备要牢固地固定在刚性支座上并承受30N的力，力通过直径12mm硬棒上的半球面端部来施加。该硬棒应施加在设备预期使用时外壳上容易接触到的每个部分。

如果对非金属外壳在高温下是否能通过本试验有怀疑，则设备要在最高额定环境温度下工作，直至达到稳定状态后再进行本试验。在进行本试验前要先断开设备的供电电源。

### 9.6.7.3 撞击试验

预期要由操作人员来拆除和更换的盖板等要用在正常使用时可能施加的力矩将其固定螺钉拧紧。设备要牢固地固定在刚性支座上，撞击要施加在正常使用时容易接触到的以及如果损坏可能会引起危险的表面的所有位置。

注：如果支座在直接施加的撞击作用下位移小于或等于0.1 mm，且撞击能量与保护程度相对应，则认为支座有足够的刚性。

对具有非金属外壳的设备，如果额定最低环境温度低于2℃，则使设备冷却到最低额定环境温度，然后在10 min内完成试验。

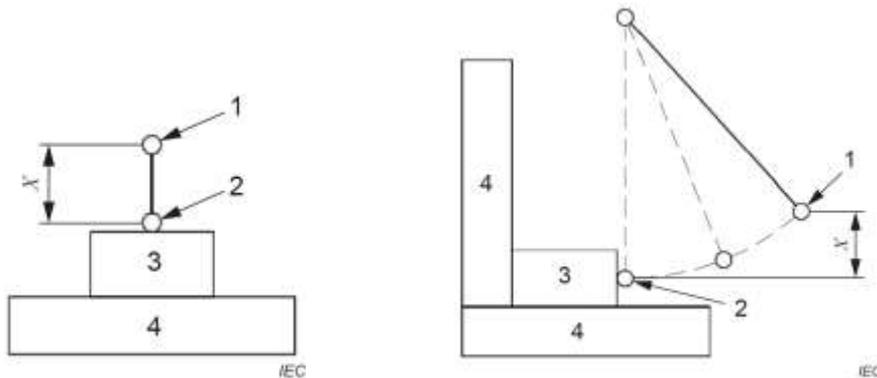
如果外壳在一次撞击中损坏，但满足合格判据，则可以使用新的外壳进行下一次撞击。

固定设备按照安装说明安装。其他设备被紧固在刚性支座上，每个测试点都受到一个质量为500 g ± 25 g，直径约为50 mm的光滑钢球的一次撞击。

撞击试验可采用图5 a) 或图5 b) 所示的方法进行。

图5 a) 显示了施加在水平表面上的撞击，允许球体从200 mm的高度自由下落。设备可以安装在与其正常位置成90°的位置，以便使用此方法。

图5 b) 显示了施加在垂直表面上的撞击，用绳子悬挂球体，让它以钟摆形式垂直下落200 mm。



a) 施加在水平表面上的撞击

b) 施加于垂直表面的撞击

1. 球体起始位置

2. 球体撞击位置

3. 试验样品

4. 刚性支撑面

x垂直下落距离。见表18。

图5 球体撞击试验

表18 撞击能量等级、试验高度和相应的 IK 代码

	碰撞能量等级 (J) 和 IK 代码		
	1 (IK06)	2 (IK07)	3 (IK08)
垂直下落距离, X (mm)	200	400	1000

**附录 A**  
**(规范性)**  
**绝缘分类要求和图例**

**A.1 总则**

本附录以典型的绝缘示例为不同的电路类型提供了关于绝缘分类和绝缘要求的指南。由附录C确定电气间隙和爬电距离时，绝缘要求应参考IEC 61010-1:2010和IEC 61010-1/2010/AMD1:2016的6.7以及IEC 61010-1-2010的附录B。

ELV、PEB、PELV、SELV针对来自危险带电电压的电击提供保护，且与 I、II、III类防护设备的分类没有必然的联系。

**A.2 危险带电电压 (HLV)**

危险带电电压适用于以下情况：

- 电压互感器、电流互感器、输出继电器；
- 与交流或直流电源的连接；
- 超过交流有效值 30 V 或直流 60V 的模拟和数字输入/输出。

**表A.1 产品电路和（或）组的绝缘分类**

电路的绝缘分类	产品电路和（或）组
特低电压电路 (ELV)	<p>在正常使用下，符合下列的非一次电路：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>——不超过交流有效值 30 V 或直流 60 V，即不超过特低电压限值；</li> <li>——至少通过基本绝缘与危险带电电压隔离。</li> </ul> <p>见图 A.4。</p> <p>在正常使用下ELV电路是不宜接近的。</p> <p>例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>——非一次电路；</li> <li>——符合特低电压限值的模拟和（或）数字输入和输出；</li> <li>——与其它产品的特低电压端子的连接。</li> </ul>
安全特低电压电路 (SELV)	<p>符合特低电压限值和下列条件的非一次电路：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>——通过加强绝缘或双重绝缘与危险带电电压隔离；</li> <li>——不提供接地连接。</li> </ul> <p>见图 A.1</p> <p>SELV 电路可以是可接近的，并且在正常状态和单一故障这两种状态下触及也是安全的。</p> <p>SELV 电路不允许与地连接，例如不允许与接地的电缆屏蔽或接地的有线网络端口连接。需要接地时，电路的定义宜根据图 A.2 (PELV) 改变。</p> <p>对于电缆一端接地运行的 PELV 系统可以例外，另一端接 SELV 系统是允许的。</p> <p>例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>——能直接连接于不接地的有线网络端口的模拟和（或）数字输入和输出；</li> <li>——适合与其它设备的 SELV 端口连接的 SELV 端口。</li> </ul>

表A.1 (续)

电路的绝缘分类	产品电路和(或)组
保护特低电压电路 (PELV)	符合特低电压限值和下列条件的非一次电路： <ul style="list-style-type: none"> <li>——通过加强绝缘或双重绝缘与危险带电电压隔离；</li> <li>——连接到功能地、保护(接地)导体，或提供接地连接。</li> </ul> 见图 A. 2。 PELV 电路在正常和单一故障状态下都可以接近并安全接触。 例如： <ul style="list-style-type: none"> <li>——能直接连接于有线网络端口的模拟和(或)数字输入和输出；</li> <li>——适合与其它设备的 PELV 端口连接的 PELV 端口。</li> </ul>
保护等电位联结电路 (PEB)	符合 ELV 电压限值和下列条件的非一次电路： <ul style="list-style-type: none"> <li>——以基本绝缘把 PEB 电路和危险带电电压隔离以提供基本的电击防护；</li> <li>——对于故障保护，PEB 电路和可接近的导电部分连接到保护导体端子并符合 9.6.4.5.1 的规定，以防止 PEB 电路中出现危险带电电压。</li> </ul> 见图 A. 3。 PEB 电路在正常和单一故障状态下都可以接近并安全接触。 PEB 电路可考虑作为保护接地电路或接地的可接近部分，以达到表 A. 2 的目的。 例如： <ul style="list-style-type: none"> <li>——能直接连接于有线网络端口和低功率电压互感器(LPVT)、低功率互感器(LPIT)、低功率电流互感器(LPCT)的模拟和(或)数字输入和输出；</li> <li>——适合与其它设备的 PEB 端口连接的 PEB 端口。</li> </ul>
功能地	符合以下条件的非一次电路： <ul style="list-style-type: none"> <li>——至少通过功能绝缘与 ELV 电路、PEB 电路、PELV 电路隔离；</li> <li>——通过以下方式与设备中危险电压部分隔离：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 双重绝缘或加强绝缘；或</li> <li>• 一个保护接地屏蔽或一个保护性接地导电部分，至少通过基本绝缘与危险电压部分隔离。</li> </ul> </li> </ul> 允许将功能接地电路连接到保护导体端子或保护连接导体。
注：本表中的符号说明见 A. 3。	

A.3 符号

下列符号适用于表A. 2<sup>1</sup>和图A. 1~A. 4:

a) 要求

B: 基本绝缘或附加绝缘;

D: 双重绝缘或加强绝缘;

F: 功能绝缘。

b) 电路和部分

<sup>1</sup> 原文误为表 A. 1

A: 可接近部分, 不与保护导体端子连接;

C: 设备外壳;

ELV: 正常使用下, 不超过表A.1的ELV限值的电路或部分;

HLV: 正常使用下, 本文件3.22中定义的危险带电电路或部分;

PEB、PELV、SELV: 在正常状态下和单一故障两种条件下, 由表A.1规定的安全可触及的电路;

Z: 二次电路阻抗。

表A.2 任意两个电路间的绝缘要求

	HLV 一次电路 <sup>a</sup>	ELV 电路	SELV 电路	PELV 电路	PEB 电路 <sup>b</sup>	非一次电路 的保护接地的 HLV <sup>bc</sup>	非一次电路 的未接地的 HLV <sup>c</sup>
HLV 一次 电路 <sup>a</sup>	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7) / (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	D (C.8~ C.11)	D (C.8~C.11)	B <sup>e</sup> (C.4~ C.7)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)
ELV 电路	B (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7) / (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~ C.7) / (C.4~ C.7)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)
SELV 电路	D (C.8~ C.11)	B (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7) / (C.4~C.7)	F/B <sup>h</sup> (C.4~C.7)	B (C.4~ C.7)	D (C.8~ C.11)	D (C.8~ C.11)
PELV 电路 <sup>b</sup>	D (C.8~ C.11)	B (C.4~C.7)	F/B <sup>h</sup> (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7)/ (C.4~C.7)	B (C.4~ C.7)	D (C.8~ C.11)	D (C.8~ C.11)
PEB 电路 <sup>b</sup>	B <sup>e</sup> (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7) / (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	F/B <sup>e</sup> (C.2~ C.7) / (C.4~ C.7)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)
非一次电 路的保护 接地的 HLV <sup>bc</sup>	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	D (C.8~ C.11)	D (C.8~C.11)	B (C.4~ C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7) / (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)
非一次电 路的未接 地的 HLV <sup>c</sup>	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	D (C.8~ C.11)	D (C.8~C.11)	B (C.4~ C.7)	B (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7) / (C.4~C.7)
未接地的 可接近部 分 <sup>g</sup>	D (C.8~ C.11)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7)/ (C.4~C.7)	B (C.4~ C.7)	D (C.8~ C.11)	B/D <sup>d</sup> (C.4~C.7) / (C.7~ C.10)
保护接地 <sup>bg</sup> /保护接 地的可接 近部分 <sup>bg</sup>	B (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~C.7) / (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)	F/B <sup>f</sup> (C.2~ C.7) / (C.4~ C.7)	B (C.4~C.7)	B (C.4~C.7)

符号解释见 A.3。

典型电路绝缘要求见 A.2。

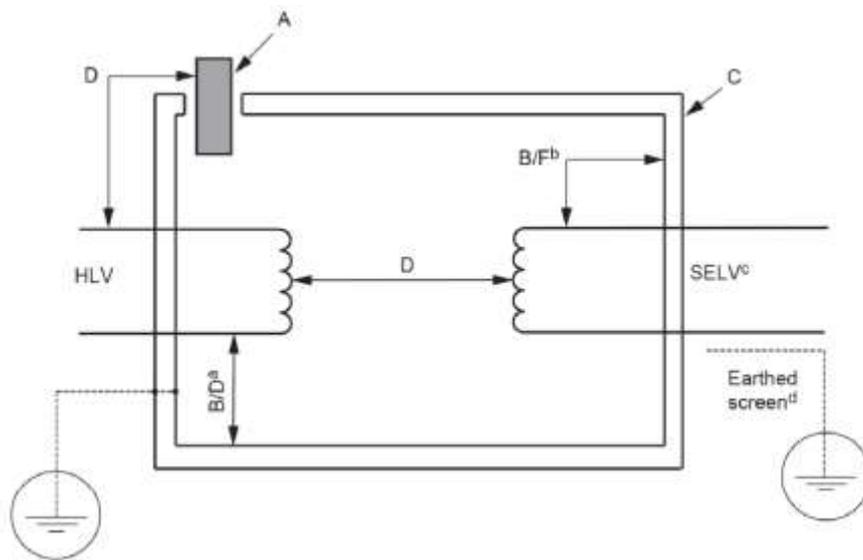
本表中以括号表示表 C.2~表 C.11。根据过电压类别和污染等级选择这些表。

- <sup>a</sup> 如果功能性电压（与地无关）大于额定绝缘电压，功能绝缘的爬电距离可以大于基本绝缘的爬电距离。例如一个功能性的相对相电压为 400 V 交流有效值的端子座。电痕化指数（CTI）在 100 到 399 之间时，400 V 功能绝缘的爬电距离为 4.0 mm（表 C.3），而 230 V 有效值的相对地（300 V 基本绝缘）的爬电距离为 3.0 mm（表 C.7）。
- <sup>b</sup> 与保护导体的连接应符合 9.6.4.5.1 的要求，否则应视其为一个未接地的电路。
- <sup>c</sup> 在 HLV 非一次电路和 HLV 一次电路之间至少应采用基本绝缘。
- <sup>d</sup> 在危险电压下的未接地的非一次电路与未接地的可接近的导电部分（表 A.2 中的 B/D）之间的绝缘应满足更严格的下列要求：
  - 双重或加强绝缘，其工作电压等于危险电压；或
  - 附加绝缘，其工作电压等于处于危险电压下的非一次电路与下列电路之间的电压：
    - 另一个处于危险电压下的非一次电路；或
    - 一个一次电路。
- <sup>e</sup> PEB 基本绝缘的应用条件见图 A.3。
- <sup>f</sup> 设备安装时，如果其电路之一是独立电路或邻近接地的导电部分，应采用附加绝缘或基本绝缘。该绝缘要求将取决于过电压类别。设备的正常的过电压类别为过电压类别 III（见表 C.6 或 C.7）。然而在某些应用中，若设备由下列任一情况供电，瞬态现象限制在过电压类别 II，可采用表 C.4 或 C.5：
  - 不与保护继电器或测量设备连接的电池\*；或
  - 办公环境的交流电源\*。

\*电源上最大瞬态电压幅值应为 2 500 V<sub>峰值</sub>。
- <sup>g</sup> 功能接地电路应视为一个未接地的可接近部分。例外的情况是，功能接地与保护导体相连且能满足保护联结阻抗要求，则可视为接地的可接近部分。
- <sup>h</sup> 对于电缆一端接地运行的 PELV 系统，另一端接 SELV 系统是允许的。

#### A.4 符合表 A.2 要求的典型绝缘示例

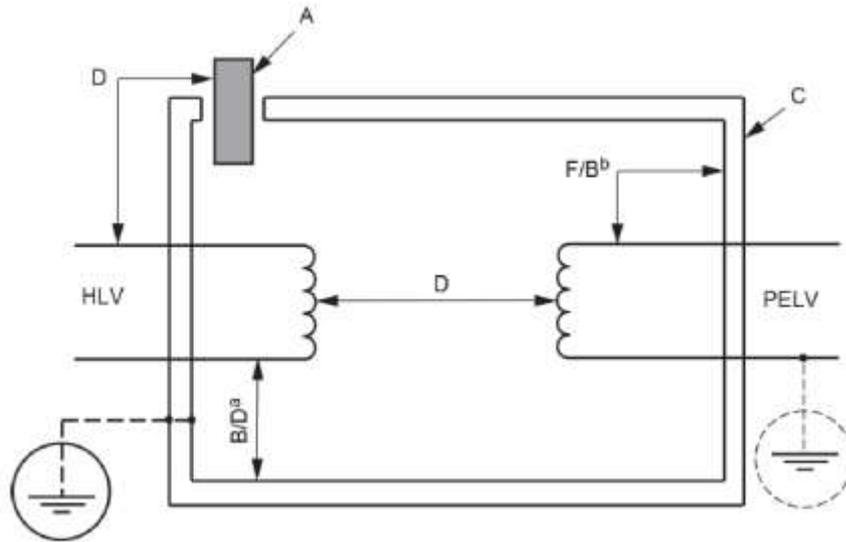
不同电路和（或）部分之间的绝缘要求见表 A.2。



符号解释见 A.3。

- <sup>a</sup> 如果外壳和（或）可接近部分是导电的并且连接到保护导体端子上，外壳和（或）可接近部分与危险带电电压（HLV）间仅要求基本绝缘（B）。否则，外壳和（或）可接近部分与危险带电电压（HLV）间应采用双重绝缘（D）。
- <sup>b</sup> 如果外壳是导电的，外壳与 SELV 电路之间应采用基本绝缘。否则，可采用功能绝缘。
- <sup>c</sup> 不允许 SELV 电路与地连接。
- <sup>d</sup> 如果 SELV 是屏蔽电缆，那么外部屏蔽层可以接地，前提是屏蔽层和 SELV 电路通过基本绝缘分开。

图A.1 带安全特低电压输入/输出（I/O）的设备

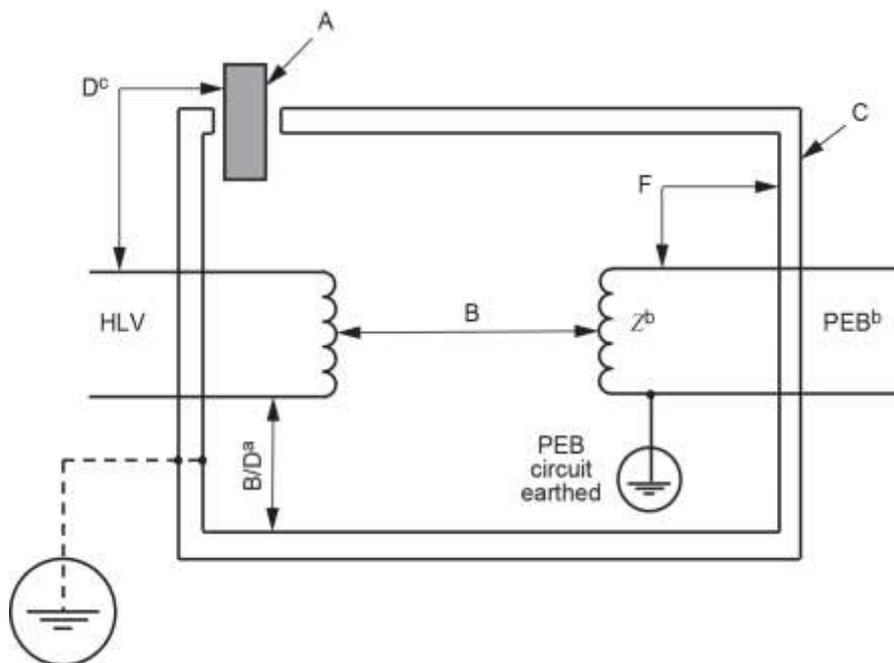


符号解释见 A.3。

只有出于功能性或EMC目的，才允许接地导体连接到II类设备上，例如电缆屏蔽接地。但该屏蔽宜通过以基于相邻电路额定电压的基本绝缘作为防护。

- <sup>a</sup> 如果外壳和(或)可接近部分是导电的并且连接到保护导体端子上，外壳和(或)可接近部分与危险带电电压(HLV)间仅要求基本绝缘(B)。否则，外壳和(或)可接近部分与危险带电电压(HLV)部分间要求双重绝缘(D)。
- <sup>b</sup> 如果外壳导电且未接地，外壳与PELV间应采用基本绝缘(B)。否则，可采用功能绝缘(F)。

图A.2 带保护特低电压输入和(或)输出(I/O)的设备

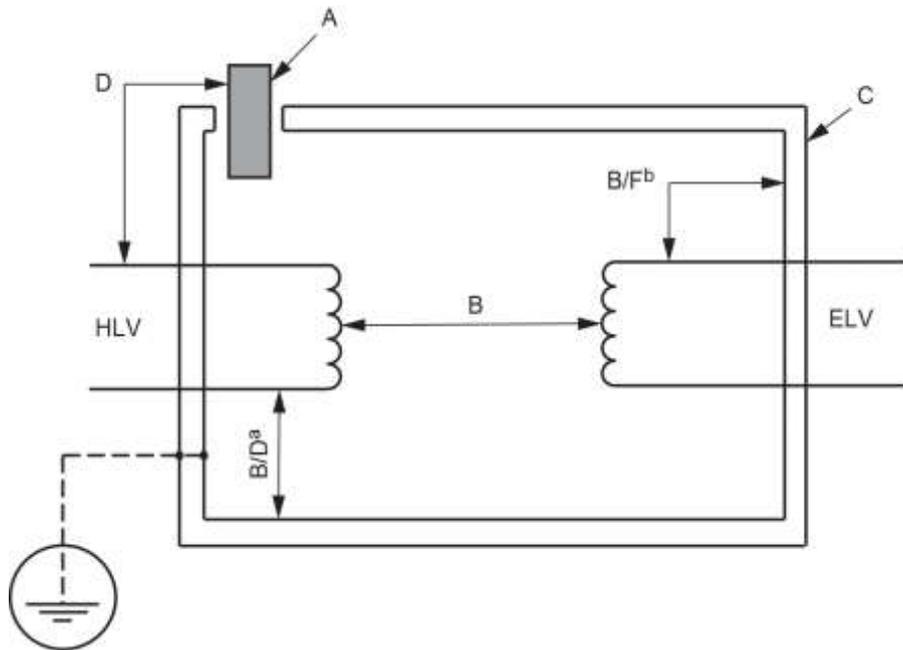


符号解释见 A.3。

- <sup>a</sup> 如果外壳和(或)可接近部分是导电的并且连接到保护导体端子上，外壳和(或)可接近部分与危险带电电压(HLV)部分间仅要求基本绝缘(B)。否则，外壳和(或)可接近部分与危险带电电压(HLV)部分间要求采用双重绝缘(D)。

- b 保护等电位联结 (PEB) 电路与保护导体端子包括阻抗  $Z$  的连接路径应符合 9.6.4.5.1。在单一故障状态下, 如果某一危险带电电压 (HLV) 导体与保护等电位联结 (PEB) 电路短路, 该保护等电位联结 (PEB) 电路不会变为危险带电。
- c 如果外壳和 (或) 可接近的部位为非导电的, 在危险带电电压 (HLV) 电路和 (或) 部分与施加的刚性试验指之间应具有双重绝缘 (D) (IEC 61010-1:2010 图 B.1)。

图A.3 带保护等电位联结输入和 (或) 输出 (I/O) 的设备



符号解释见 A.3。

- a 如果外壳和 (或) 可接近部分是导电的并且连接到保护导体端子上, 外壳和 (或) 可接近部分与危险带电电压 (HLV) 间仅要求基本绝缘 (B)。否则, 外壳和 (或) 可接近部分与危险带电电压 (HLV) 间要求采用双重绝缘 (D)。
- b 如果外壳是导电的, 外壳与 ELV 间应采用基本绝缘 (B)。否则, 可采用功能绝缘 (F)。

图A.4 带特低电压输入和 (或) 输出 (I/O) 的设备

**附录 B**  
**(规范性)**  
**额定冲击电压**

本附录旨在提供可能出现在供电线路上的相对于中性点和(或)地的冲击电压耐受要求的信息。额定电源电压或工作电压可通过IEC 61010-1:2010和IEC 61010-1:2010/AMD1:2016中6.7确定。

采用相关的额定电压和过压类别以及污染等级,通过选择附录C的适当的表确定出于安全考虑的电气间隙和爬电距离。对于大多数的应用,300 V和过压类别III的情况是合适的(见C.1.2)。

IEC 61869-6、IEC 61869-10和IEC 61869-11规定了非传统输入互感器的冲击电压。应根据表A.2选择适用于保护设备低功率互感器输入的绝缘要求,并根据表C.2~表C.11选择测试电压。

额定冲击电压决定空气中的电气间隙。

**表B.1 额定冲击电压(波形: 1.2/50 μs)**

从额定电压或工作电压导出的线对 中性点电压,交流有效值或直流值, 最大至 V <sup>a,b</sup>	额定冲击电压 <sup>c</sup> V		
	过电压类别		
	I	II	III
50	330	500	800
100	500	800	1 500
150	800	1 500	2 500
300	1 500	2 500	4 000
600	2 500	4 000	6 000
1 000	4 000	6 000	8 000

<sup>a</sup> 对于现存的低压电源及其额定电压不同的应用,优先选择线对中性点的电压(见 IEC 61010-1:2010 和 IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 中附录 K)。

<sup>b</sup> 额定冲击电压给出的是海拔高度为 2000 m 的值,更高海拔高度的试验电压的倍增系数见表 C.12。

<sup>c</sup> 与一次电路连接的电路不允许插补额定冲击电压。

<sup>d</sup> 对于过电压类别IV的数值,参见 IEC 60664-1:2020 (附录 B)。

## 附录 C

### (规范性)

#### 确定电气间隙、爬电距离和耐受电压的指南

##### C.1 总则

###### C.1.1 引言

本附录为包括海拔影响的设备绝缘提供了确定最小电气间隙、爬电距离和耐受电压的指南。

电气间隙和爬电距离应在考虑以下影响因素后选择：

- 污染等级；
- 过电压类别；
- 额定绝缘电压；
- 绝缘要求（功能绝缘、基本绝缘、双重绝缘和加强绝缘）；
- 绝缘的场合（例如承受机械力等）。

基本绝缘提供基本的电击防护，通常由相对于地的工作电压以及确定冲击电压级别的适当的过电压类别确定。

功能绝缘是设备的功能所要求的，它不能提供电击防护。冲击电压一般对确定功能绝缘的影响很小，通常采用表C.3或C.2确定功能绝缘。但是，根据可能跨越功能电路的瞬态现象或冲击电压，采用其它的表，例如表C.4～表C.7，来确定功能绝缘也可能是合适的。因此，表C.4～表C.7对功能绝缘或基本绝缘或附加绝缘是适用的。

IEC 61010-1详细说明了包括多层印制电路板的内层在内的无空隙模压部件内部的固体绝缘的间隙和爬电距离要求。固体绝缘应按照9.6.4.3的介质电压试验验证，或通过测量绝缘厚度和查看制造厂的规范进行验证。

最小爬电距离不应小于空气中的最小电气间隙。这些电气间隙和爬电距离是最小值；还应考虑制造公差。

###### C.1.2 额定绝缘电压

设备的一个或所有电路的额定绝缘电压可以由附录C的各表确定。但是，对于由仪用互感器直接激励的设备或直接连接于站用电池供电的电路，其额定绝缘电压不应低于250 V。这适用于0 V和250 V之间的激励电压；如果24 V或48 V电池只用于通信电路，即没有量度继电器和保护装置连接到该电源，根据表C.1，50 V是适当的工作电压，相应的过电压类别III的冲击电压是800 V峰值。然而，连接到有线网络端口相关的较高的过电压是否合适，应依据IEC 62151确定。

直接由低压交流电源激励的设备的额定冲击电压应根据规定的相应过电压类别（通常为III级）和设备的额定电压由表B.1确定。

对于基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘和双重绝缘，表C.4～C.11的第一列是相对于地和（或）中性点的电压值（表C.2和表C.3是特定用于功能绝缘的工作电压，它可能与对地或中性点无关）。

IEC 61869-6、IEC 61869-10和IEC 61869-11规定了非传统输入互感器的额定绝缘电压。应根据表A.2选择适用于保护设备低功率互感器输入的绝缘要求，并根据表C.2～表C.11选择试验电压。

###### C.1.3 额定绝缘电压的确定

额定绝缘电压应按如下确定：

- a) 对于带电部分和可接近的导电部分之间的绝缘，不低于被考虑电路的额定电压；
- b) 除 e) 中给出的情况之外，对于一个电路各部分之间的绝缘，不低于被考虑电路的额定电压；
- c) 对于两个独立电路的各部分之间的绝缘，至少宜等于这些电路中的较高的额定电压；
- d) 除非制造厂与用户达成协议，对于动合触点之间的间隙，不规定额定绝缘电压；
- e) 对于额定电压超过 1 000 V 的设备电路，应采用 IEC 60664-1:2020 中附录 A 确定电气间隙、爬电距离和耐受电压。

额定绝缘电压应根据 IEC 60664-1 确定，并参考本文件的 C.1.2 部分，以确定某些电路的最低适用额定值。

#### C.1.4 额定冲击电压的确定

##### C.1.4.1 总则

运行过程中预期出现的瞬态过电压被当作确定额定冲击电压的基础（一次电路见 4.9.2.2，非一次电路见 4.9.2.3，并且作为试验参考）。

首先，应确定额定绝缘电压，见 C.1.3。

然后，应采用表 B.1 的额定绝缘电压和适当的过电压类别确定额定冲击电压。

##### C.1.4.2 额定冲击电压的选择

设备的额定冲击电压应根据规定的过电压类别和设备的额定电压采用 IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 中 6.7 和本文件中表 B.1 确定。

##### C.1.4.3 设备内部冲击电压的绝缘配合

设备的额定冲击电压适用于明显受外部瞬态过电压影响的设备内的部件或电路。由设备运行可能引起的瞬态过电压对外部电路的影响不应超过 C.1.5 的规定。

对于设备内部具有特别瞬态过电压防护的其它部件或电路，通过瞬态抑制以至不受外部瞬态过电压的显著影响，其绝缘所要求的冲击耐受电压与设备的额定冲击电压无关，而与部件或电路的实际状态有关，其电气间隙应由表 C.2~C.11 确定。但瞬态保护电路应符合 9.6.3 的试验要求，不能降低电路的整个的过电压类别，除非在差模和共模两种情况下均采用合适的瞬态抑制。

#### C.1.5 由设备产生的通断过电压

对于可能在其端子上产生过电压的设备，例如开关器件，额定冲击电压意味着当设备按照相关标准和制造厂的说明书使用时，不应产生大于这个值的过电压。否则，用户应采取措施以限制通断过电压的影响。

#### C.1.6 绝缘材料

相比电痕化指数（CTI）值用于对表 C.1 中规定的绝缘材料进行分类。

表 C.1 —— 相比电痕化指数（CTI）

材料组别	CTI 范围
I	$600 \leq \text{CTI}$
II	$400 \leq \text{CTI} < 600$
IIIa	$175 \leq \text{CTI} < 400$

IIIb	$100 \leq CTI < 175$
------	----------------------

对于不会发生电痕化的无机绝缘材料，例如玻璃或陶瓷，爬电距离无需大于相应的电气间隙。但是，宜考虑破坏性放电的风险。

### C.1.7 过电压类别

确定适用的过电压类别应以下列准则为基础：

#### a) 类别 I

类别 I 适用于采用了特殊措施（例如具有良好防护的电子电路）将瞬态电压限制在合适值的设备。为了达到类别 I 的要求，对共模电路和差模电路均宜采取特殊的电压措施。

#### b) 类别 II

该类别适用于设备应用的某些情况，应在以下情况下使用：

- 1) 设备的辅助激励电路（电源电路）连接于一个只用于为静态设备供电的电源；这种情况仅仅是，当导线较短并且连接到该交流或直流电源的其它电路没有切换操作，电源导线上的瞬态电压将比过电压类别 III 规定的低。
- 2) 设备的输入激励电路没有直接连接于电压互感器或电流互感器，并且连接导线采取了良好的屏蔽和接地措施；
- 3) 输出电路通过短导线连接于负载。

#### c) 类别 III

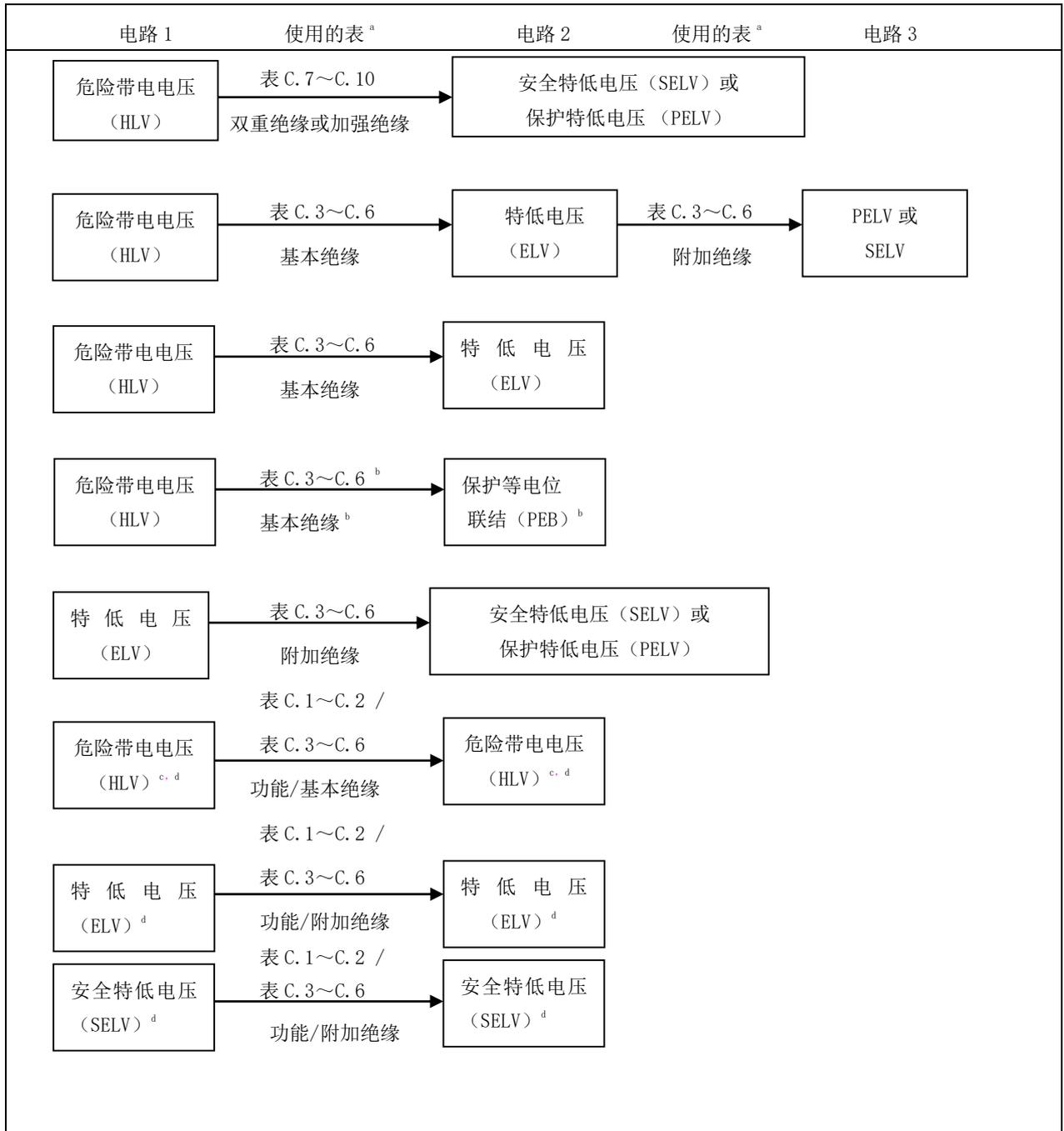
该类别适用于设备应用的大多数实际情况，应在以下情况下使用：

- 1) 设备的辅助激励电路（电源电路）连接于一个公用电池，并且（或）由于导线较长，电源导线上可能出现较高的共模瞬态过电压，以及由于另一个连接于同一电池或电源的其它电路的通断可能产生差模电压；
- 2) 设备的输入激励电路连接于电流互感器和电压互感器；
- 3) 输出电路通过长导线连接于负载，在输出端子上可能出现一个相对较高的共模瞬态电压。

## C.2 电气间隙、爬电距离和耐受电压的确定

### C.2.1 确定电气间隙、爬电距离和耐受电压的导则

见图C.1



<sup>a</sup> 依据过电压类别和污染等级选择表格。

<sup>b</sup> 前提是 PEB 电路不能成为危险带电电路，见图 A.3。

<sup>c</sup> 如果功能电压（与地无关）大于额定绝缘电压，则功能绝缘的爬电距离可以大于基本绝缘的爬电距离，实例之一是功能的相电压的交流有效值为 400 V 的端子座。依据 300 V 基本绝缘的 4 kV 峰值冲击电压确定最小间隙，但是采用 IEC 60664-1:2020 中附录 B 确定对于功能相-相电压的爬电距离。

<sup>d</sup> 如果电路中有一个是独立的电路，即由规范要求的两个电路之间的耐受电压为 2 kV 交流有效值 1 min，应采用附加绝缘或基本绝缘（表 C.4~C.7）。

图C.1 确定电气间隙、爬电距离和耐受电压的指南

C.2.2 电气间隙、爬电距离和耐受电压的确定

C.2.2.1 总则

设备在污染等级3和污染等级4的环境中使用，电气间隙和爬电距离应按照IEC 60664-1:2020中附录F确定。可能要求采用合适的外壳对设备进行遮蔽，以保证满足污染等级3和污染等级4的要求。

C.2.2.2 内部环境污染等级的降低

对于外部环境污染等级2和污染等级3的设备，内部环境污染等级的降低见表C.13。

C.2.2.3 印制电路板（PCB）涂覆层

表C.3~C.11中对于带涂覆层（阻焊）的PCB的爬电距离值，仅用于导体之间的涂层覆盖了其中一个或全部两个导体以及它们之间表面距离的至少80%的情况。涂覆层应符合IEC 60664-3中给出的1类涂覆层的要求。

表C.2 功能绝缘，污染等级 1，过电压类别 I

额定绝缘电压 或工作电压 (交流有效值 或直流值)，最 大至 V	污染等级 1 过电压类别 I					
	爬电距离 mm		电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部 CTI ≥ 100	印制电路板上 <sup>a</sup> CTI ≥ 100		峰值脉冲 <sup>b</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.18	0.025	0.01	330	230	330
100	0.25	0.10	0.04	500	350	500
150	0.31	0.22	0.10	800	490	700
300	0.70	0.70	0.50	1 500	820	1 150
600	1.68	1.68	1.50	2 500	1 350	1 900
1 000	3.20	3.20	3.00	4 000	2 200	3 100

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件；  
<sup>b</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.3 功能绝缘，污染等级 2，过电压类别 I

额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 2 过电压类别 I								
	爬电距离 mm					电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部			印制电路板上			峰值脉冲 <sup>c</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
	材料组别			未涂覆	涂覆 <sup>a, b</sup>				
	I CTI≥600	II CTI≥400	III CTI≥100	CTI≥175	CTI≥100				
50	0.60	0.85	1.20	0.04	0.025	0.20	330	230	330
100	0.71	1.00	1.40	0.16	0.10	0.20	500	350	500
150	0.79	1.09	1.57	0.36	0.22	0.20	800	490	700
300	1.50	2.10	3.00	1.43	0.70	0.50	1 500	820	1 150
600	3.00	4.30	6.00	3.04	1.68	1.50	2 500	1 350	1 900
1 000	5.00	7.10	10.00	5.00	3.20	3.00	4 000	2 200	3 100

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 对涂覆层的最低要求见 C.2.2。  
<sup>c</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.4 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 1，过电压类别 II

额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 1 过电压类别 II					
	爬电距离 mm		电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部 CTI≥100	印制电路板上 <sup>a</sup> CTI≥100		峰值脉冲 <sup>b</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.18	0.025	0.04	500	350	500
100	0.25	0.10	0.10	800	490	700
150	0.31	0.22	0.50	1 500	820	1 150
300	0.70	0.70	1.50	2 500	1 350	1 900
600	1.68	1.68	3.00	4 000	2 200	3 100
1 000	3.20	3.20	5.50	6 000	3 250	4 600

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.5 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 2，过电压类别 II

额定绝缘电压或工作电压(交流有效值或直流值)，最大至 V	污染等级 2								
	过电压类别 II								
	爬电距离 mm					电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部			印制电路板上			峰值脉冲 <sup>c</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
	材料组别			未涂覆	涂覆 <sup>a、b</sup>				
I CTI≥600	II CTI≥400	III CTI≥100	CTI≥175	CTI≥100					
50	0.60	0.85	1.20	0.04	0.20	0.20	500	350	500
100	0.71	1.00	1.40	0.16	0.20	0.20	800	490	700
150	0.79	1.09	1.57	0.36	0.22	0.50	1 500	820	1 150
300	1.50	2.10	3.00	1.43	0.70	1.50	2 500	1 350	1 900
600	3.00	4.30	6.00	3.04	1.68	3.00	4 000	2 200	3 100
1 000	5.00	7.00	10.00	5.00	3.20	5.50	6 000	3 250	4 600

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 对涂覆层的最低要求见 C.2.2。  
<sup>c</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.6 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 1，过电压类别 III

额定绝缘电压或工作电压(交流有效值或直流值)，最大至 V	污染等级 1					
	过电压类别 III					
	爬电距离 mm		电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部 CTI≥100	印制电路板上 <sup>a</sup> CTI≥100		峰值脉冲 <sup>b</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.18	0.025	0.10	800	490	700
100	0.25	0.10	0.50	1 500	820	1 150
150	0.31	0.22	1.50	2 500	1 350	1 900
300	0.70	0.70	3.00	4 000	2 200	3 100
600	1.68	1.68	5.50	6 000	3 250	4 600
1 000	3.20	3.20	8.00	8 000	4 350	6 150

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.7 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 2，过电压类别 III

额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 2 过电压类别 III								
	爬电距离 mm					电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部			印制电路板上			峰值脉冲 <sup>c</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
	材料组别			未涂覆 CTI≥175	涂覆 <sup>a, b</sup> CTI≥100				
	I CTI≥600	II CTI≥400	III CTI≥100						
50	0.60	0.85	1.20	0.04	0.025	0.20	800	490	700
100	0.71	1.00	1.40	0.16	0.10	0.50	1 500	820	1 150
150	0.79	1.09	1.57	0.36	0.22	1.50	2 500	1 350	1 900
300	1.50	2.10	3.00	1.43	0.70	3.00	4 000	2 200	3 100
600	3.00	4.30	6.00	3.04	1.68	5.50	6 000	3 250	4 600
1 000	5.00	7.10	10.00	5.00	3.20	8.00	8 000	4 350	6 150

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 对涂覆层的最低要求见 C.2.2。  
<sup>c</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.8 双重绝缘或加强绝缘，污染等级 1，过电压类别 II

额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 1 过电压类别 II					
	爬电距离 mm		电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部 CTI≥100	印制电路板上 <sup>a</sup> CTI≥100		峰值脉冲 <sup>b</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.36	0.05	0.10	800	490	700
100	0.50	0.20	0.50	1 500	820	1 150
150	0.62	0.44	1.50	2 500	1 350	1 900
300	1.40	1.40	3.00	4 000	2 200	3 100
600	3.36	3.36	5.50	6 000	3 250	4 600
1 000	6.40	6.40	8.00	8 000	4 350	6 150

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

<sup>b</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.9 双重绝缘或加强绝缘、污染等级 2，过电压类别 II

额定绝缘电压或工作电压(交流有效值或直流值), 最大至 V	污染等级 2 过电压类别 II								
	爬电距离 mm					电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部			印制电路板上			峰值脉冲 <sup>c</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
	材料组别			未涂覆 CTI ≥ 175	涂覆 <sup>a, b</sup> CTI ≥ 100				
	I CTI ≥ 600	II CTI ≥ 400	III CTI ≥ 100						
50	1.20	1.70	2.40	0.08	0.05	0.20	800	490	700
100	1.42	2.00	2.80	0.32	0.20	0.50	1 500	820	1 150
150	1.57	2.17	3.14	0.71	0.45	1.50	2 500	1 350	1 900
300	3.00	4.17	6.00	2.86	1.39	3.00	4 000	2 200	3 100
600	6.08	8.58	12.00	6.08	3.37	5.50	6 000	3 250	4 600
1 000	10.00	14.20	20.00	10.00	6.40	8.00	8 000	4 350	6 150

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 对涂覆层的最低要求见 C.2.2。  
<sup>c</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.10 双重绝缘或加强绝缘，污染等级 1，过电压类别 III

额定绝缘电压或工作电压(交流有效值或直流值), 最大至 V	污染等级 1 过电压类别 III					
	爬电距离 mm		电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部 CTI ≥ 100	印制电路板上 <sup>a</sup> CTI ≥ 100		峰值脉冲 <sup>b</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.36	0.50	0.50	1 500	820	1 150
100	0.50	0.20	1.50	2 500	1 350	1 900
150	0.62	0.44	3.00	4 000	2 200	3 100
300	1.40	1.40	5.50	6 000	3 250	4 600
600	3.36	3.36	8.00	8 000	4 350	6 150
1 000	6.40	6.40	14.00	12000	6 500	9 200

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.11 双重绝缘或加强绝缘，污染等级 2，过电压类别 III

额定绝缘电压或工作电压(交流有效值或直流值), 最大至 V	污染等级 2 过电压类别 III								
	爬电距离 mm					电气间隙 mm	耐受电压 V		
	设备内部			印制电路板上			峰值脉冲 <sup>c</sup> 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
	材料组别			未涂覆	涂覆 <sup>a, b</sup>				
	I CTI≥600	II CTI≥400	III CTI≥100	CTI≥175	CTI≥100				
50	1.20	1.70	2.40	0.08	0.50	0.50	1 500	820	1 150
100	1.42	2.00	2.80	0.32	0.20	1.50	2 500	1 350	1 900
150	1.57	2.17	3.14	0.71	0.45	3.00	4 000	2 200	3 100
300	3.00	4.17	6.00	2.86	1.39	5.50	6 000	3 250	4 600
600	6.08	8.58	12.00	6.08	3.37	8.00	8 000	4 350	6 150
1 000	10.00	14.20	20.00	10.00	6.40	14.00	12000	6 500	9 200

<sup>a</sup> 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。  
<sup>b</sup> 对涂覆层的最低要求见 C.2.2。  
<sup>c</sup> 关于海拔高度的修正见表 C.12。

表C.12 验证空气中的电气间隙的试验场所修正系数

试验海拔高度 (m)	0	500	1 000	1 500	2000	3 000	4 000	5 000
试验电压倍增系数	1.20	1.15	1.10	1.05	1.00	0.87	0.77	0.67

表C.13 通过在设备内采用附加防护降低内部环境的污染等级

设备内的附加防护	从外部环境污染等级 2 到 <sup>d</sup>	从外部环境污染等级 3 到 <sup>d</sup>
持续加热 <sup>a</sup>	1	1
封装 <sup>b</sup>	1	1
涂覆 <sup>c</sup>	1	2
外壳密封	1	1
外壳防护符合 GB/T 4208-2017 的 IPX4	2	2

<sup>a</sup> 如果设备内部环境温度升高至少 5 °C，则可以采用。  
<sup>b</sup> 封装—作为固体绝缘考虑时，封装是指完全包裹在诸如环氧树脂之类封装材料中的这些部分，包括印制电路板内

层上的线条和焊盘。它为被封装的表面、元件和导体表面之间提供了对任何凝露的屏障。

<sup>c</sup> 涂覆：适用于由阻焊剂覆盖的印制电路导体，或者已用保形涂层覆盖的导体或元件。。

<sup>d</sup> 如果用表 C.13 确定减少了爬电距离，宜确保其不小于允许的最小电气间隙。

## 附录 D (资料性) 元件

### D.1 总则

本附录对由于不恰当的设计和布局可能引起安全危险的元件的设计提供了指南。

宜考虑到这样一个事实，即从长期来看，某些绝缘材料的电气和机械特性可能会受到不利影响，例如，在低于材料正常软化温度时软化剂的蒸发。

所给定材料的相对热指数 (RTI) 规定了最高连续工作的温度。在此温度下工作7年后，材料的电气和机械性能最多可以降低50%。

### D.2 引言

出于安全的原因，元件应符合本文件的要求，或者符合相关IEC元件标准安全方面的要求。

注1：只有当问题所涉及的元件明显属于某一元件IEC标准的适用范围时，才认为该IEC元件标准是相关的。

连接到保护等电位联结电路、保护特低电压电路或安全特低电压电路，以及连接到特低电压电路或危险电压的部分的元件，应符合保护等电位联结、保护特低电压或安全特低电压电路D.3~D.9要求。

在正常运行条件下以及单一故障之后，例如基本绝缘层击穿或单个元件的故障，保护等电位联结、保护特低电压或安全特低电压电路呈现的电压宜可以安全触及。

注2：不同电源连接于不同部分（线圈和触点）的继电器，是这类元件的一个例子。

制造厂宜确保所有与安全有关的元件都符合本文件的安全要求。

关于电池，见7.6.2.2。

与安全有关的元件的规定如下。

### D.3 互感器

互感器的类型宜适合其预期的应用，并宜符合本文件相关的要求，例如符合附录C的电气间隙和爬电距离、4.8的适当的固体绝缘和第6章的着火风险防护要求。

### D.4 设备一次电路的电容器

用于一次电路的电容器宜为自愈式，以避免承受可能出现在直流或交流电源上的瞬态电压而短路。

为了满足EMC要求的与地之间的去耦，连接于电源导体和保护导体电路之间的电容器宜为IEC 60384-14中的Y类。用于基本绝缘的电容器，额定耐受电压交流有效值宜为2000 V历时1min或交流有效值2200 V 历时1 s。对于双重绝缘的设备，额定耐受电压交流有效值宜为3250 V历时1 min或交流有效值3575 V历时1 s。

连接于两个电源导体之间的电容器宜为下列之一：

- a) 符合 IEC 60384-14 的 X1 类电容器；
- b) 通过对 X1 类电容器一样的 IEC 60384-14 中的冲击试验，而试验电压减少至 2.5 kV 的 X2 类电容器；
- c) 通过 IEC 60384-14 耐受试验的 X2 类电容器，试验中以 220  $\Omega$  的电阻短路（见 IEC 60384-14: 2013 中附录 B）。

### D.5 绕组器件—互感器、仪用互感器和变换器、电抗器及带多绕组和（或）屏蔽的继电器和接触器的

## 线圈

### D.5.1 线圈绕组

为了保持绕组间所要求的最短隔离距离，宜采取措施以防止：

- 绕组或匝间不期望的位移，尤其是在绕组层的边缘；
- 在连接处附近发生破损或者连接松动、脱落的情况下，匝间或内部连接不期望的位移。

防止绕组或导线不期望的位移的措施可包括：

- a) 带线圈骨架或不带线圈骨架的绕组在铁芯的不同分支上；
- b) 绕组在线圈骨架的不同隔室内。如果隔室的隔板只是插入就位的，宜确保对插入接缝的充分覆盖；
- c) 当采用无凸缘的绕组时，由硬质绝缘材料制成的中间层能充分伸展至绕组之外，或采用带凸缘的线圈骨架时能完全填满凸缘宽度之间的间隙；在后一种情况下，插入点到凸缘之间的空间也应当被充分覆盖；
- d) 以绝缘材料完全填充绕组层间的空隙；
- e) 由多层薄片组成的中间层应保持能靠在线圈骨架边缘并齐平的宽度，以防止个别的绕组边缘滑脱；对于与线圈间的绝缘层相同作用的薄边缘胶带，应按下面 h) 的要求进行填充或浇铸。
- f) 带中间绝缘层的层叠绕组，例如带薄片隔层的层叠绕组；
- g) 以胶带或其它合适的绑扎方式对绕组边缘的防护；
- h) 采用能够加固或完全填满中间空隙并可靠支撑绕组边缘的材料对绕组进行的填充或浇铸。为充分排除形成的气泡（气泡可能引发局部放电），建议采用真空填充或浇铸。

只有在确保固化之前不发生绕组不期望的位移的前提下，这样的填充或浇铸才可以达到要求的目的。产品缺陷、机械作用或热效会引起此类不期望的位移。

宜注意确保任何电气间隙或爬电距离至少符合4.9和附录C中规定的值（它们可能引起气隙扩大以及线圈骨架的连接开裂，或越过中间层，这些不可能通过填充或浇铸有效地消除）。

### D.5.2 绝缘箔

如果采用绝缘箔绝缘，此绝缘箔层宜至少有两层以达到基本绝缘的目的。对于加强绝缘，宜至少三层。导线的漆面或釉面绝缘不宜视为对另一个电路或可接近的导电部分的绝缘。

### D.5.3 插入式保护屏蔽体

同心绕制的绕组之间的保护屏蔽体宜在整个宽度和长度上覆盖相邻绕组，并且（或）绕组之间宜有足够的电气间隙和爬电距离。此保护屏蔽体也可由一个设计合理的屏蔽线圈构成。

### D.5.4 安全隔离变压器

在保护隔离电路之间的双重绝缘或加强绝缘不产生可能降低绝缘耐受能力的局部放电的条件下，可采用符合IEC 61558的安全隔离变压器（遵守IEC 61558应用范围的限制条件，例如额定频率<500 Hz）。

500 Hz以上的安全隔离变压器在考虑中。

注：当根据IEC 61558进行安全隔离变压器的电压试验时，存在由于发生局部放电而损坏输入侧与输出侧之间绝缘的危险。上述规定的局部放电试验用于对不适用的变压器的鉴别。

## D.6 机电元件

构成不同电路之间接口的机电元件（开关、有或无继电器、接触器、断路器），宜符合以下几点要求：

- a) 对于封装的机电元件（例如有或无继电器，见 IEC 61810-1），至关重要的一点是，确保可移动部分（例如触点片、触点弹簧之类）的松动或脱离不会导致用于保护分隔的绝缘损坏；
- b) 在外部连接产生强电弧的情况下，用于保护分隔的爬电距离宜以保持它们长期绝缘功能的方式设置。例如，可通过保证足够大的物理分隔或通过封装提供防护。

#### D.7 半导体元件和半导体的配置

不允许采用半导体结作为电路的隔离防护。

对于半导体的配置（也包括混合电路），例如半导体接触器、电子式互感器和变换器、光耦器件、隔离放大器、紧凑型电源等，如果它们的设计能够通过合适的电压耐受试验而没有电痕化，则允许采用基本绝缘和加强绝缘。可采用绝缘电阻试验确定是否发生有害的电痕化。

用于保护分隔的能量或信息转换接口宜满足对线圈（依据D.5）或对光耦器件的要求。

激光元件宜符合IEC 60825-1的要求。

#### D.8 连接器和端子座

连接器内部的连接线或电气连接装配的绝缘可省略，或者由不相连的引出端或引出点（例如形成间隔）的方法实现。引出端或引出点的弯曲或损坏不宜使该绝缘削弱到不再满足基本绝缘要求的程度。

IEC 62477-1:2022 4.11.5中的要求适用于不具备互换性和极性颠倒的连接器防护。

对用于组件和装置连接的端子座（除了足够的电气间隙和爬电距离之外），还要求采取额外措施以有效预防对此类设备无意的错误连接。这些措施宜最少通过下列之一实现：

- a) 至少一个端子夹宽度的隔离间隔；
- b) 一个未连接的端子夹；
- c) 一个连接于保护接地导体的端子夹；
- d) 一个延伸至连接侧的端子之上的中间绝缘片；
- e) 一个延伸至连接侧的端子之上的保护屏蔽体；
- f) 为这些电路选用不同大小的端子；
- g) 采用非常明显的标识，例如外观上的色彩代码。

请参阅7.2。

当切断连接器和端子座的连接，以及切断、松开或分离一根引线的机械动作发生危险，而使该绝缘可能受损而不再满足基本绝缘的要求时，宜采取有效的措施防止此类伤害。

#### D.9 压敏电阻

压敏电阻宜考虑以下因素：

- a) 最大连续工作电压：
  - 至少为设备额定电压的 1.25 倍；或
  - 额定电压工作范围上限的 1.25 倍。

注：最大连续电压不限于IEC 61051-2中的规定值。

- b) 组合脉冲（IEC 61051-2:2021 表 I 第 1 组）

从IEC 61051-2:2021的2.3.6中选择组合脉冲进行试验。该测试由10个正脉冲或10个负脉冲组成，每个脉冲的电压形状为1.2/50  $\mu\text{s}$ ，电流形状为8/20  $\mu\text{s}$ 。

300 V以下的额定电压被认为是300 V。对于工作电压在300 V至过电压类别IV之间、600 V至过电压类别III之间的符合UL 1449的设备，可认为是符合要求的。

对于过电压类别IV，除用于连接600V系统电源的设备使用8kV/4kA的组合脉冲以外，其他设备使用6kV/3kA的组合脉冲。考虑额定电压和过电压类别，IEC 61051-2:2021（2.3.6，表I第1组和附录A）的组合脉冲试验，可以作为6 kV/3 kA试验的替代方法。

除了IEC 61051-2:2021表I第1组的性能要求外，在制造厂规定电流下，试验前后压敏电阻的电压值变化不宜超过10%。

压敏电阻的主体宜满足IEC 60695-11-5规定的针焰试验，试验严酷等级如下：

——试验火焰的持续时间：10 s；

——火焰后时间：5s。

如果压敏电阻的主体符合V-1类材料，则无需进行针焰试验。

#### D.10 有意无线电信号发射机

符合健康和安全法规的有意无线电信号发射机需要确保功率和频率保持在其符合的标准的限制范围内。有意信号发射机不在本文件的范围内，优先选用如IEC 62479和IEC 62368-1（专用安全）的通信专用标准。

## 附录 E (规范性) 外部接线端子

### E.1 总则

本附录规定了本文件范围内设备的外部接线端子。

### E.2 永久连接的设备

永久连接的设备应具备：

- a) 一套端子；或
- b) 一条不可分离的电源电缆。

用于永久连接的设备 and 带有不可分离电源电缆的设备，它们的端子应通过螺钉（具有锁紧垫圈的螺钉或螺母，或者不仅仅以钎焊进行机械紧固的金属线被认为不易松动）、螺母或具有同等效用的器件连接（即不使用工具就不可移动）以达到机械安全。

除了对辅助电源和保护导体的连接之外，这也适用于电流互感器（CT）和电压互感器（VT）的连接。它还适用于电压超过ELV的输入和输出连接。

夹紧外部电源导体的螺钉和螺母应具有符合国际标准的螺纹（例如统一标准的螺纹）。

螺钉和螺母不应用作夹紧元件。然而，倘若它们不太可能以电源或保护导体的接入或切除的方式配置时，允许夹紧内部导体。

电源电缆的应用要求是：

- a) 假设两处独立的安装不会同时松动；
- b) 夹紧的导体应具有机械保持性，例如借助绝缘夹或在此端子附近的附加的紧固。

通过检查确认与E.2的符合性。

### E.3 导体

端子应允许连接具有表E.1中所示的横截面积的导体。

如果采用更大规格的导体，端子的大小应与之匹配。

通过检查验证与E.3的符合性，装配的电缆符合表E.1中所示最小和最大横截面积范围内。

表E.1 端子可接受的导体尺寸范围

电缆终端的应用	推荐的电缆尺寸 mm <sup>2</sup>
CT 电路	2.5 ~ 6.0
告警和信号，例如 SCADA	≥0.5
有线网络端口，例如 RS232	由制造厂推荐
其它电路，例如 VT 电路、辅助电路等	1.0 ~ 2.5

### E.4 端子

端子应至少具有表E.2中所示的最小尺寸。螺栓状端子应带垫圈。

表E.2 螺栓或螺钉直接紧固的电源导体的端子尺寸

设备的额定电流	最小螺纹直径	
	mm	
	接线柱或螺栓的尺寸	螺钉尺寸 <sup>a, b</sup>
≤10 A	3.0	3.5
10 A ~16 A	3.5	4.0
<sup>a</sup> 螺钉尺寸是指具有或没有垫圈的螺钉头下面夹住导体的端子。这也不排除通过其它方法采用较小螺钉尺寸对导体的间接紧固，例如“笼式弹簧夹”。 <sup>b</sup> 如果螺钉尺寸不能满足这些要求，制造厂有必要通过型式试验验证其符合性。在最大电流和最高环境温度下的综合温度不应超过所用材料的额定值。端子应保持机械上的可靠。		

端子在设计上应使其能以足够的接触压力将导体夹持在金属表面之间而不会损伤导体。

端子的设计或定位应在拧紧夹紧螺钉或螺母时导体不能滑脱。

端子的固定应在拧紧或松开导体时确保：

- a) 端子本身不松动；
- b) 内部接线不受力；
- c) 爬电距离和电气间隙不低于附录 C 中的规定值。

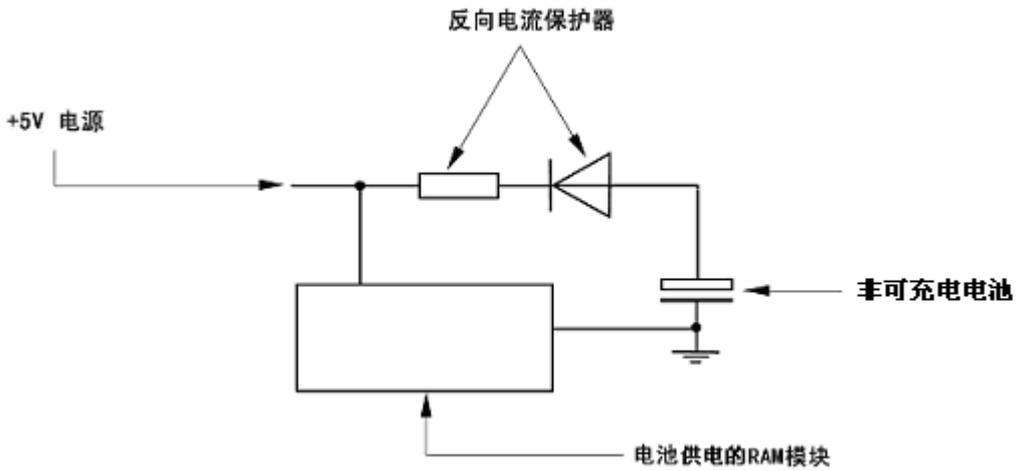
通过检查和测量来确认与E.4的符合性。

对于普通的不可拆的电源电缆，每个引出端均宜就近固定在对应的端子或具有不同电位的接线端上。

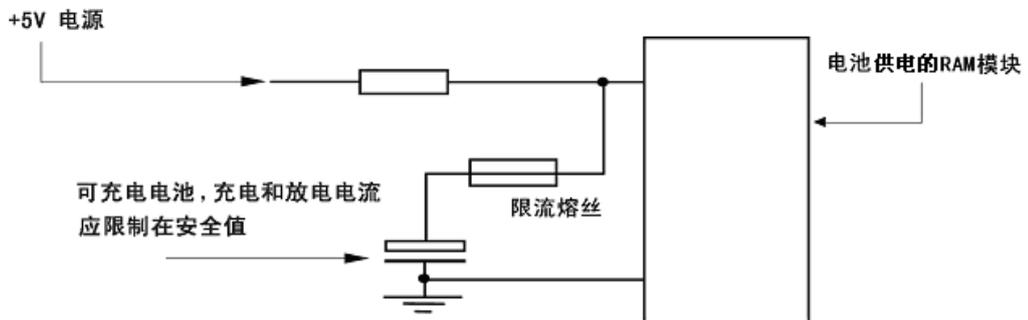
通过检查来确认不可拆电源电缆的符合性。

附录 F  
(资料性)  
电池保护示例

本附录给出了在单一故障状态下，为降低过热或爆炸危险的电池保护的典型示例，见图F.1和F.2。



图F.1 非可充电电池保护



图F.2 可充电电池保护

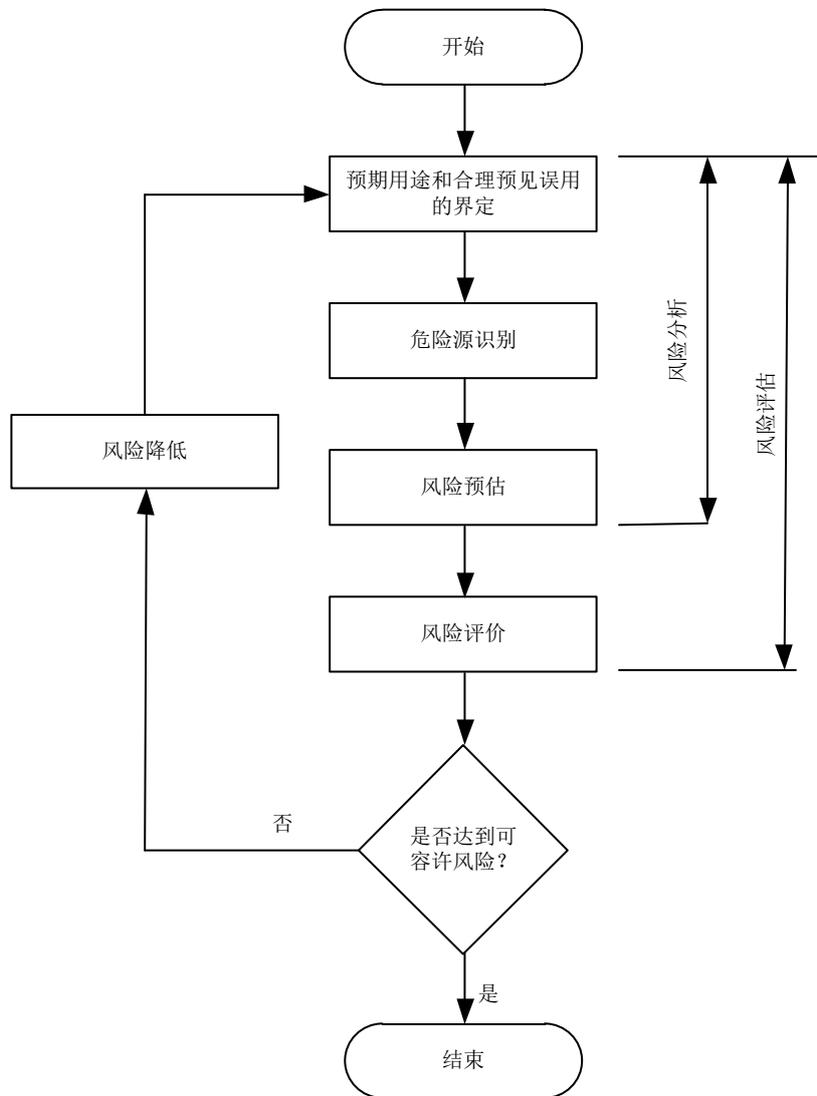
附录 G  
(资料性)  
风险评估

G.1 总则

以下给出了基于ISO/IEC指南51和IEC 61010-1的风险评估过程。IEC 61508中包含了其他风险评估程序，这些程序实施了类似的步骤，并且同样可以使用。

G.2 风险评估程序

可容许风险是通过风险评估（风险分析和风险评价）和风险降低的迭代过程实现的（见图G.1）。



图G.1 风险评估和风险降低的迭代过程

G.3 可容许风险的实现

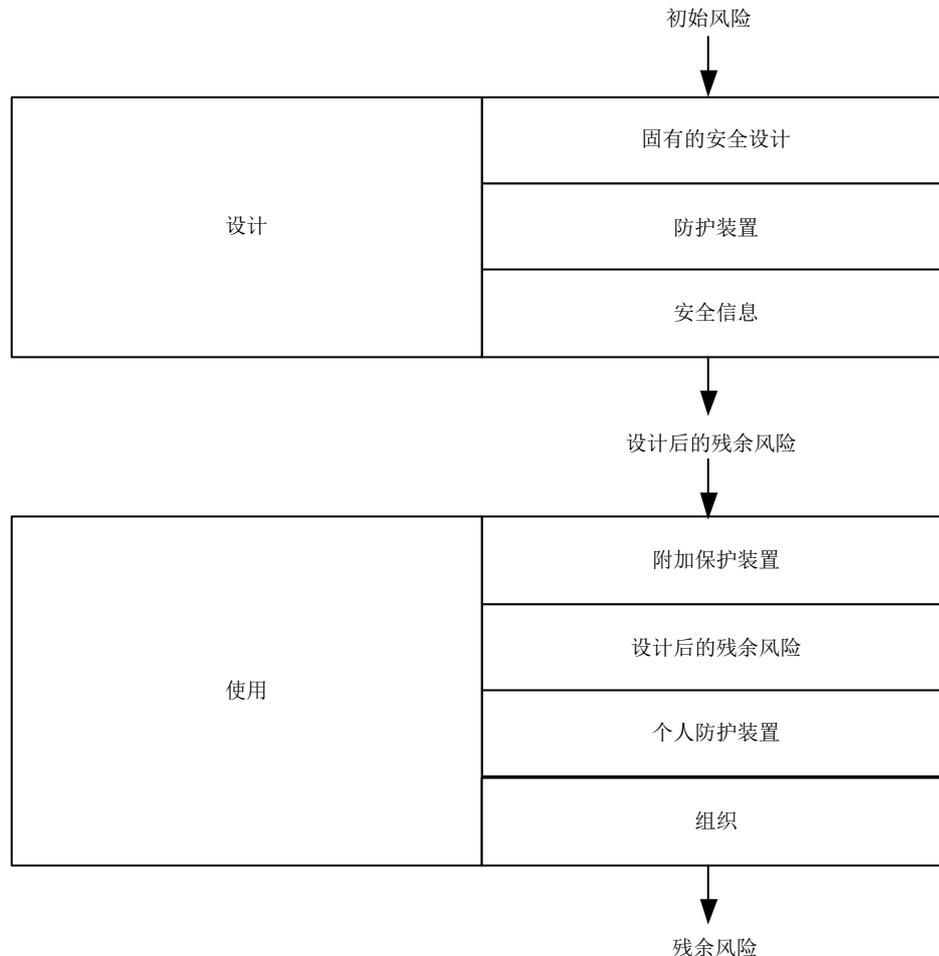
宜使用以下程序（见图G.1）将风险降低到可容许的水平：

- a) 确定产品、工艺或服务的可能用户群；
- b) 确定产品、工艺或服务的预期用途并评估合理预见的误用；
- c) 识别在产品、工艺或服务使用的所有阶段和条件下产生的每一种危险（包括所有危险情况和有害事件），包括安装、维护、维修和处置；
- d) 估计和评估每个已识别的用户和（或）接触群体因各个已识别的危险源所导致的风险（见图G.1）；
- e) 判断风险是否可容许（例如通过与类似的产品、工艺或服务进行比较）；
- f) 如果风险是不可容许的，那么降低风险，直到风险变得可容许为止。

在降低风险时，优先顺序宜如下：

- 1) 尽可能消除或降低风险（本质安全的设计和施工）；
- 2) 针对无法消除的风险采取必要的保护措施（保护器件）；
- 3) 告知用户由于所采取的保护措施的任何缺陷而产生的残余风险，说明是否需要任何特定的培训，并规定是否需要提供个人防护设备（安全信息）。

本程序假设用户通过遵守制造厂提供的信息，在风险降低程序中发挥作用（见图G.2）。



图G.2 风险降低

设计程序中采取的步骤按优先级顺序显示。用户要采取的步骤不按优先级排序，因为这取决于应用。需要强调的是，不宜将额外的保护器件、个人防护设备和向用户提供的信息用作设计改进的替代品。

#### G.4 风险评估程序的应用

对于本文件范围内的危害，表G.1中给出了危害严重程度的示例。表G.2中给出了伤害概率。表G.3中给出了根据严重程度和概率选择的危险类别。

表G.1 危害的严重程度

严重性分类	人	设备或设施	环境
灾难性的	一人或多人死亡	系统或设施损失	严重的或影响公共健康的化学品泄漏
严重的	致残性损伤或疾病	主要子系统损失或设施损坏	短时影响环境或公众健康的化学品泄漏
中度的	医学治疗或工作活动受限制	轻微的系统损失或设施损坏	达到对外报告要求的化学品泄漏
轻度的	仅限急救	非严重的设备或设施损坏	仅需常规清理而无需报告的化学品泄漏

表G.2 伤害概率

可能性	预期发生率
频繁的	一年五次以上
很可能的	每年一次以上，但每年不超过五次
有可能的	五年一次以上，但每年不超过一次
很少的	十年不止一次，但五年不超过一次
极少的	十年内不超过一次

表G.3 危险类别

风险评估/危险类别						
危害的严重程度		伤害概率				
		频繁的	很可能的	有可能的	很少的	极少的
严重程度	灾难性的	3	3	3	2	2
	严重的	3	3	2	2	1
	中度的	3	2	1	1	1
	轻度的	2	1	1	1	1
类别序号	类别	描述				
1	广泛接受	满足可容许风险的要求。				
2	尽可能低	并不会自动满足可容许风险的要求。如果可能的话，这些风险宜进一步降低到1类。如果不可能，则说明宜包含风险描述，以便负责机构能够采取适当措施保护操作员的安全。				
3	无法忍受的	包含了不可容许的风险。				



### 参 考 文 献

- [1] IEC 60332 (all parts), Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions
- [2] IEC 60384-14:2013/AMD1:2016, Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14:Sectional specification – Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains
- [3] GB/T 5169.12 电工电子产品着火危险试验 第12部分:灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝可燃性指数(GWFI)试验方法 (IEC 60695-2-12, IDT)
- [4] GB/T 5169.5 电工电子产品着火危险试验 第5部分:试验火焰 针焰试验方法 装置、确认试验方法和导则 (IEC 60695-11-5, IDT)
- [5] IEC 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- [6] IEC 61558 (all parts), Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof
- [7] IEC 61810-1, Electromechanical elementary relays – Part 1: General requirements
- [8] GB/T 20840.1 互感器 第1部分:通用技术要求 (IEC 61869-1, MOD)
- [9] IGB 4943.1 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分:安全要求 (IEC 62368-1, MOD)
- [10] IEC 62477-1:2022, Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General
- [11] YD/T 3137 低功率电子与电气设备的电磁场(10MHz到300GHz)人体照射基本限值符合性评估方法 (IEC 62479, IDT)
- [12] UL 1439, Standard for Tests for Sharpness of Edges on Equipment
- [13] UL 1449, Surge protection devices IEC60322 (all parts)
-