

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 41997.1—2022

## 机械电气安全 基于视觉的电敏保护设备 第1部分：通用技术要求

Electrical safety of machinery—Vision based electro-sensitive protective  
equipment—Part 1: General requirements

2022-10-12 发布

2023-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、缩略语 .....	2
4 功能、设计和环境要求 .....	6
4.1 功能要求 .....	6
4.2 设计要求 .....	8
4.3 环境要求 .....	15
5 试验 .....	20
5.1 总体要求 .....	20
5.2 功能试验 .....	22
5.3 故障条件下的性能试验 .....	26
5.4 环境试验 .....	27
5.5 可编程或复杂集成电路的验证 .....	34
6 识别标志和安全使用标志 .....	35
6.1 总体要求 .....	35
6.2 专用电源供电的 ESPE .....	35
6.3 内部电源供电的 ESPE .....	35
6.4 调整 .....	35
6.5 外壳 .....	35
6.6 控制装置 .....	36
6.7 端子标记 .....	36
6.8 标志耐久性 .....	36
7 随附文件 .....	36
附录 A (规范性) ESPE 的选择性功能 .....	38
A.1 总体要求 .....	38
A.2 外部装置监控(EDM) .....	38
A.3 停止性能监控器(SPM) .....	39
A.4 副开关电器(SSD) .....	40
A.5 起动联锁 .....	40
A.6 重新起动联锁 .....	41
A.7 抑制 .....	41

A.8 用于重新启动机械的 ESPE .....	42
附录 B (规范性) 影响 ESPE 的电气设备的单一故障一览表 .....	44
B.1 总体要求 .....	44
B.2 导线和连接器 .....	44
B.3 开关 .....	44
B.4 分立电气元件 .....	44
B.5 固态电气元件 .....	44
B.6 电动机 .....	44
参考文献 .....	45
图 1 使用被动图案的 VBPD 侧视图 .....	7
图 2 依据 4.2.13.3 的圆盘试件的示例 .....	7
图 3 使用安全相关通信接口的 ESPE 的示例 .....	12
图 4 使用安全相关通信接口的 ESPE 的 EMC 测试设置 .....	21
图 5 间接光照试验下照度测量的设置 .....	33
表 1 固态 OSSDs 接通和断开状态的输出 .....	11
表 2 电源电压中断(暂降)试验要求 .....	16
表 3 脉冲试验要求 .....	16
表 4 3 型和 4 型 ESPE 脉冲试验附加要求 .....	16
表 5 浪涌试验要求 .....	17
表 6 3 型和 4 型 ESPE 浪涌试验附加要求 .....	17
表 7 射频场感应的传导骚扰试验要求 .....	17
表 8 3 型和 4 型 ESPE 射频场感应的传导骚扰试验要求 .....	18
表 9 检测能力要求的验证 .....	22
表 B.1 电动机故障一览表 .....	44

## 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 41997《机械电气安全 基于视觉的电敏保护设备》的第 1 部分。GB/T 41997 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：通用技术要求；
- 第 2 部分：采用参考模式的视觉保护器件特殊要求；
- 第 3 部分：采用立体视觉保护器件特殊要求。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国工业机械电气系统标准化技术委员会(SAC/TC 231)归口。

本文件起草单位：国家机床质量监督检验中心、北京联华科技有限公司、安徽省无为县华润电缆有限公司、深圳市博远科技创新发展有限公司、厦门业盛电气有限公司、山东莱恩光电科技公司、中国石油大学(北京)、琦星智能科技股份有限公司、广东奥天美数字科技有限公司、漳州宏展新材料科技股份有限公司、安徽省一一通信息科技有限公司、广东南方职业学院、西安凯益金电子科技有限公司、义乌市宝能模具科技有限公司、西安新林达数字科技有限公司、青岛诚信联合锻造机械有限公司。

本文件主要起草人：黄祖广、薛瑞娟、王金江、王文浩、张凤丽、吴文俊、胡进方、吴盛、刘剑飞、刘张飞、刘绪方、姜云荣、刘葆林、龚自康、向梅、张德银、吴财政、张诚。

## 引 言

电敏保护设备(ESPE)适用于存在人身伤害风险的机械,在人员处于危险情况之前,它使机械恢复到安全状态以提供保护。作为机械设备的安全防护装置,基于视觉的电敏保护设备关乎工作人员的人身安全和机械设备的稳定运行。本文件提供基于视觉保护装置(VBPD)的电敏保护设备的设计、制造和试验有关信息,对指导我国电敏保护设备产品的设计、生产具有重要意义。GB/T 41997 由三部分构成。

- 第 1 部分:通用技术要求。目的是确立基于视觉的电敏保护设备的通用技术要求。
- 第 2 部分:采用参考模式的视觉保护器件特殊要求。目的是确立以被动的参考模式作为背景的电敏保护设备的特殊要求。
- 第 3 部分:采用立体视觉保护器件特殊要求。目的是确立基于立体视觉技术的电敏保护设备的特殊要求。

GB/T 41997 的三个部分配套,共同作为基于视觉的电敏保护设备的技术要求和试验方法的重要依据,促进我国电敏保护设备产品性能和行业水平的提高。

# 机械电气安全 基于视觉的电敏保护设备

## 第 1 部分：通用技术要求

### 1 范围

本文件规定了采用基于视觉的保护装置(VBPD)作为敏感功能的电敏保护设备(ESPE)的设计、制造和试验要求,也规定了作为安全相关系统的组成部分专门用于检测人体的非接触型 ESPE 的设计、制造和试验的一般要求。ESPE 包括可选择的安全相关功能(附录 A 中给出)。它仅限于 ESPE 的功能及其与机械连接的方式。

本文件适用于以下用途的 ESPEs:

- 不要求人为介入检测;
- 检测进入或存在于检测区内的物体。

本文件不适用于:

- 使用辐射波长超出 400 nm~1 500 nm 的 VBPDs。

本文件未涉及:

- 检测区的尺寸或配置及其与任何特定应用的危险部件相关的配置;
- 任何机械的危险状态;
- 对受检测物体的复杂分类或区分的要求;
- 电磁兼容(EMC)发射要求。

本文件可能与保护人员以外的应用有关,例如保护机械或产品免受机械性损坏。在这些应用中,可能需要附加要求,例如当由敏感功能识别的材料具有不同于人的属性时。

### 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 2423.5—2019 环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击
- GB/T 2423.10—2019 环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件
- GB/T 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则
- GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB/T 15969.2—2008 可编程序控制器 第 2 部分:设备要求和测试
- GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第 1 部分:设计通则
- GB/T 16855.2—2015 机械安全 控制系统安全相关部件 第 2 部分:确认
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 19436(所有部分) 机械电气安全 电敏保护设备

GB/T 19876—2012 机械安全 与人体部位接近速度相关的安全防护装置的定位

GB/T 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全

GB 28526—2012 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全

IEC 60445 人机界面、标志和识别的基本和安全原则 设备终端、导体终端和导体的标识(Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification—Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors)

### 3 术语和定义、缩略语

#### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**电敏保护设备 electro-sensitive protective equipment; ESPE**

作为整体工作的装置和/或部件的组合,为了达到制动保护或物体出现在检测区时引发感应的目的,至少包括:

- 敏感装置;
- 控制/监控装置;
- 输出信号开关电器(OSSD)和/或安全相关数据接口。

注 1: 与电敏保护设备(ESPE)相联系的安全相关控制系统,或电敏保护设备(ESPE)本身,可以进一步包括副开关电器(SSD)、抑制功能、停止性能监控器等。

注 2: 安全相关通信接口可以被集成在电敏保护设备(ESPE)的整体内。

##### 3.1.2

**敏感装置 sensing device**

电敏保护设备(ESPE)中,使用电敏方法确定电敏保护设备(ESPE)预期检测的事件或状态的部件。

示例: 光电敏感装置将检测进入检测区的不透明物体。

##### 3.1.3

**输出信号开关电器 output signal switching device; OSSD**

当电敏保护设备(ESPE)正常工作期间敏感装置被触发时,做出的响应进入断开状态。

注: 与机械控制系统连接的电敏保护设备(ESPE)的元件。

##### 3.1.4

**安全相关数据接口 safety-related data interface**

电敏保护设备(ESPE)输出与用于表示输出信号开关电器(OSSDs)状态的安全相关通信接口之间的直接连接(点对点)接口。

注 1: 数据接口无寻址能力。

注 2: 安全相关的数据接口可以是双向的。

##### 3.1.5

**安全相关通信接口 safety-related communication interface**

与安全相关的连接至预期用于安全相关控制功能的标准化通信网络。

##### 3.1.6

**屏蔽 blanking**

当超出电敏保护设备(ESPE)检测能力的物体位于检测区内,不能导致输出信号开关电器(OSSD)

进入断开状态的功能。

注：此功能为可选功能。

### 3.1.7

**控制装置 controlling device**

电敏保护设备(ESPE)的组成部分,执行下列功能:

- 接收和处理来自敏感装置的信息,并为输出信号开关电器(OSSD)提供信号;
- 监控敏感装置和输出信号开关电器(OSSD)。

### 3.1.8

**基于视觉保护装置 vision based protective device; VBPD**

使用成像传感器来探测规定监视区内物体的电敏保护设备(ESPE),其成像传感器采用可见光和近红外光谱工作。

注：对于本文件,基于视觉保护装置(VBPD)由一个图像传感装置和由其所监视的对面的作为被动图案背景的二维图像构成。

### 3.1.9

**试件 test piece**

用于验证基于视觉保护装置(VBPD)检测能力的物体。

### 3.1.10

**检测区 detection zone**

电敏保护设备(ESPE)对位于其中的规定试件进行检测的区域。

### 3.1.11

**检测能力 detection capability**

在特定的检测区内检测试件的能力。

### 3.1.12

**图像 image**

像素的阵列。

### 3.1.13

**成像传感器 imaging sensor**

生成表示图像特征的电信号的光电装置。

### 3.1.14

**被动图案 passive pattern**

在平面背景上的静态(即固定位置且不改变)规则图案,至少覆盖检测区和容差区——对该图案的局部遮挡会引起检测。

注：规则图案仅指物理图案,而不是指由成像传感器所看到图案的图像。

### 3.1.15

**图案元素 pattern element**

基于实际图案定义的被动图案的唯一部分。

示例：本文件使用的例子：黑白棋盘格(一个黑色正方形或一个白色正方形)。

### 3.1.16

**像素 pixel**

图片中可以与其相邻元素区分的最小元素的区域。

### 3.1.17

**敏感区 sensing zone**

由成像传感器的视场限定的三维空间(例如,角锥体或圆锥体的形状)且在传感器装置的光学窗口



处具有顶点。

3.1.18

**公差带 tolerance zone**

**容差区**

检测区之外的区域,该区域是达到在检测区内检测出指定试件概率所必需的。

3.1.19

**检测能力受限区 zone with limited detection capability**

位于敏感区内低于供方规定检测能力的区域(或称有限检测区)。

注 1: 尺寸和适当的使用信息由供方提供。

注 2: 限制因素可以是尺寸、颜色等。

注 3: 检测能力受限区位于传感器装置的光学窗口和检测区之间。

3.1.20

**外部装置监控 external device monitoring; EDM**

电敏保护设备(ESPE)监控其外部控制装置状态的手段。

3.1.21

**失效 failure**

终止项目执行要求功能的能力。

3.1.22

**危险失效 failure to danger**

在正常操作中会阻碍所有输出信号开关电器(OSSD)进入和/或保持断开状态可能导致危险的情况。

3.1.23

**故障 fault**

不能执行某要求功能的一种特征状态。它不包括预防性维护和其他有计划行动期间,以及因缺乏外部资源条件下不能执行要求的功能。

[来源:IEC 60050-192:2015,192-04-01,有修改]

3.1.24

**机械主控制元件 machine primary control element; MPCE**

直接控制机械正常工作的电力元件。

注 1: 当起动或停止机械运行时,它是最后(按时间顺序)的功能元件。

注 2: 该元件可以是主接触器、电磁离合器或电液阀等。

3.1.25

**最终开关电器 final switching device; FSD**

当输出信号开关电器(OSSD)进入断开状态时,切断机械主控制元件(MPCE)电路的机械中安全相关控制系统。

3.1.26

**集成电路(复杂或可编程) integrated circuit(complex or programmable)**

单片、混合或模块电路,其满足下列一个或多个准则:

——使用多于 1 000 个门的数字模块;

——多于 24 个不同功能的外部电气连接可供使用;

——可以对功能进行编程。

注 1: 例子包括 ASICs、ROMs、PROMs、EPROMs、PALs、CPUs、PLAs、PLDs。

注 2: 集成电路可以在模拟模块、数字模块或两种模块的组合中起作用。

## 3.1.27

**锁定状态 lock-out condition**

由某个故障引起的阻止电敏保护设备(ESPE)正常工作的状态。

注：此时其所有的输出信号开关电器(OSSDs)，以及在当配备副开关电器(SSD)的情况下，都同时进入断开状态。

## 3.1.28

**抑制 muting**

由控制系统的安全相关部件对安全功能的自动暂停。

## 3.1.29

**断开状态 OFF-state**

致使受控的机械停止运行并无法启动的电敏保护设备(ESPE)的输出状态。

示例：输出电路被断开且不允许有电流通过的状态。

## 3.1.30

**接通状态 ON-state**

允许受控机械运行的电敏保护设备(ESPE)的输出状态。

示例：输出电路闭合并能使电流通过。

## 3.1.31

**全系统停止性能 overall system stopping performance**

由电敏保护设备(ESPE)响应时间和停止危险机械运行时间构成的时间间隔。

## 3.1.32

**响应时间 response time**

从引起敏感装置触发事件的出现到输出信号开关电器(OSSDs)进入断开状态之间的最长时间。

注 1：当电敏保护设备(ESPE)包含安全相关数据接口时，响应时间所涉及的输出信号则是指安全相关数据接口的输出。

注 2：当安全相关通信接口被包含在电敏保护设备(ESPE)的整体内时，响应时间所涉及的输出信号则是指安全相关通信接口的输出。此种情况下，响应时间还取决于通信网络的协议和结构。

注 3：如果电敏保护设备(ESPE)同时含有安全相关数据接口和输出信号开关电器(OSSDs)时，那么电敏保护设备(ESPE)对于安全相关数据接口和输出信号开关电器(OSSDs)可能具有不同的响应时间。

## 3.1.33

**重新起动联锁 restart interlock**

在机械危险部分工作循环期间，在机械的工作模式改变后，以及在机械的起动控制装置改变后，防止敏感装置激励之后机械地自动重新起动联锁的装置。

注：工作模式包括英制、单行程、自动。启动控制的装置包括脚踏开关、双手控制以及电敏保护设备(ESPE)敏感装置的单起动或双起动。

## 3.1.34

**控制系统的安全相关部件 safety-related part of a control system**

响应输入信号并产生安全相关输出信号的控制系统的部件或子部件。

注 1：这也包括监测系统。

注 2：控制系统安全相关部分的组合从安全相关信号被引发的点开始，止于功率控制元件的输出端(见 GB/T 15706—2012,附录 A)。

## 3.1.35

**副开关电器 secondary switching device; SSD**

从锁定状态进入断开状态的装置。

注：它用于引发适当的机械控制作用，例如断开机械副控制元件(MSCE)。

## 3.1.36

**起动联锁 start interlock**

当电敏保护设备(ESPE)的电源接通或中断和恢复时，防止机械自动起动的手段。

3.1.37

**停止性能监控器 stopping performance monitor;SPM**

用于确定整个系统停止性能是否在预设限制内的监视装置。

3.1.38

**供方 supplier**

提供与机械相关的设备或服务的实体。

示例：制造商、承包商、安装者、集成商。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ESPE:电敏保护设备(Electro-sensitive Protective Equipment)

OSSD:输出信号开关电器(Output Signal Switching Device)

VBPD:基于视觉保护装置(Vision Based Protective Device)

EDM:外部装置监控(External Device Monitoring)

FSD:最终开关电器(Final Switching Device)

MPCE:机械主控制元件(Machine Primary Control Element)

SSD:副开关电器(Secondary Switching Device)

SPM:停止性能监控器(Stopping Performance Monitor)

4 功能、设计和环境要求

4.1 功能要求

4.1.1 正常工作

正常工作情况下,ESPE 在不小于检测能力的人体部位进入或位于检测区时,应发出适当的输出信号予以响应。

ESPE 的响应时间不应超过供方的规定。ESPE 在不使用钥匙、关键字或工具的情况下应无法调整响应时间。

4.1.2 敏感功能

4.1.2.1 总则

敏感功能宜在规定的整个检测区有效。检测能力在不使用安全措施(钥匙、关键字或工具)的情况下宜不能调整。

当试件置于检测区内任何位置时,不论是静止还是以 0 m/s~1.6 m/s 之间的任意速度运动,VBPD 的敏感装置宜发出适当的输出信号予以响应。

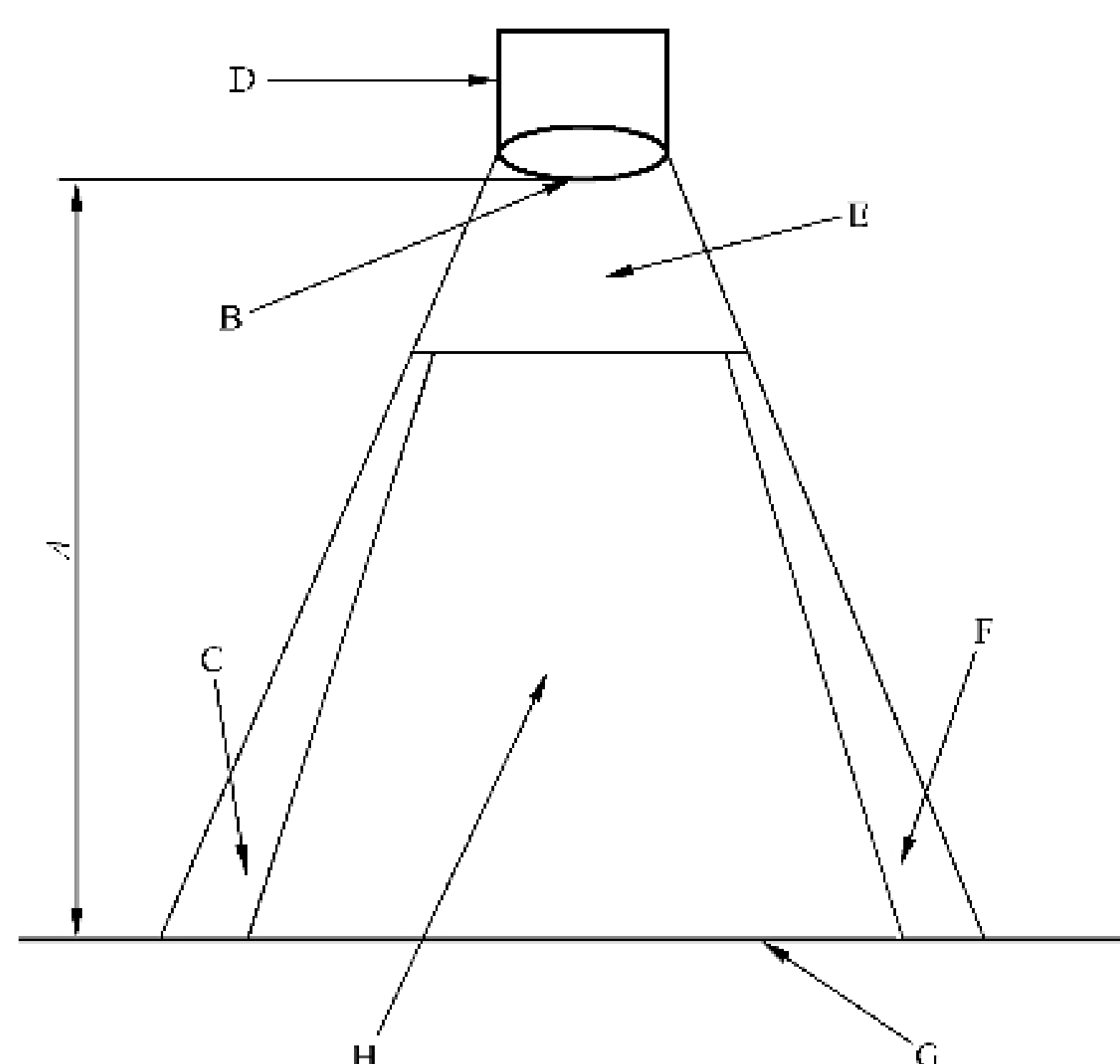
当供方声明 VBPD 可用于检测大于上述规定的物体运动速度时,物体在以不超过最大速度的任何速度运动时,VBPD 宜满足上述要求。

模仿被动图案的或外观上类似被动图案的物体存在于检测区时应受到检测,并且 VBPD 宜通过发出适当的输出信号予以响应。

检测区宜始于检测能力受限区的边界,终止于被动图案(见图 1)。

注:仅用被动图案部分规定检测区是可行的。

检测能力受限区内的物体不宜导致危险失效。



标引序号说明：

A——工作距离；

B——光学窗口；

C——容差区；

D——图像传感装置；

E——检测能力受限区；

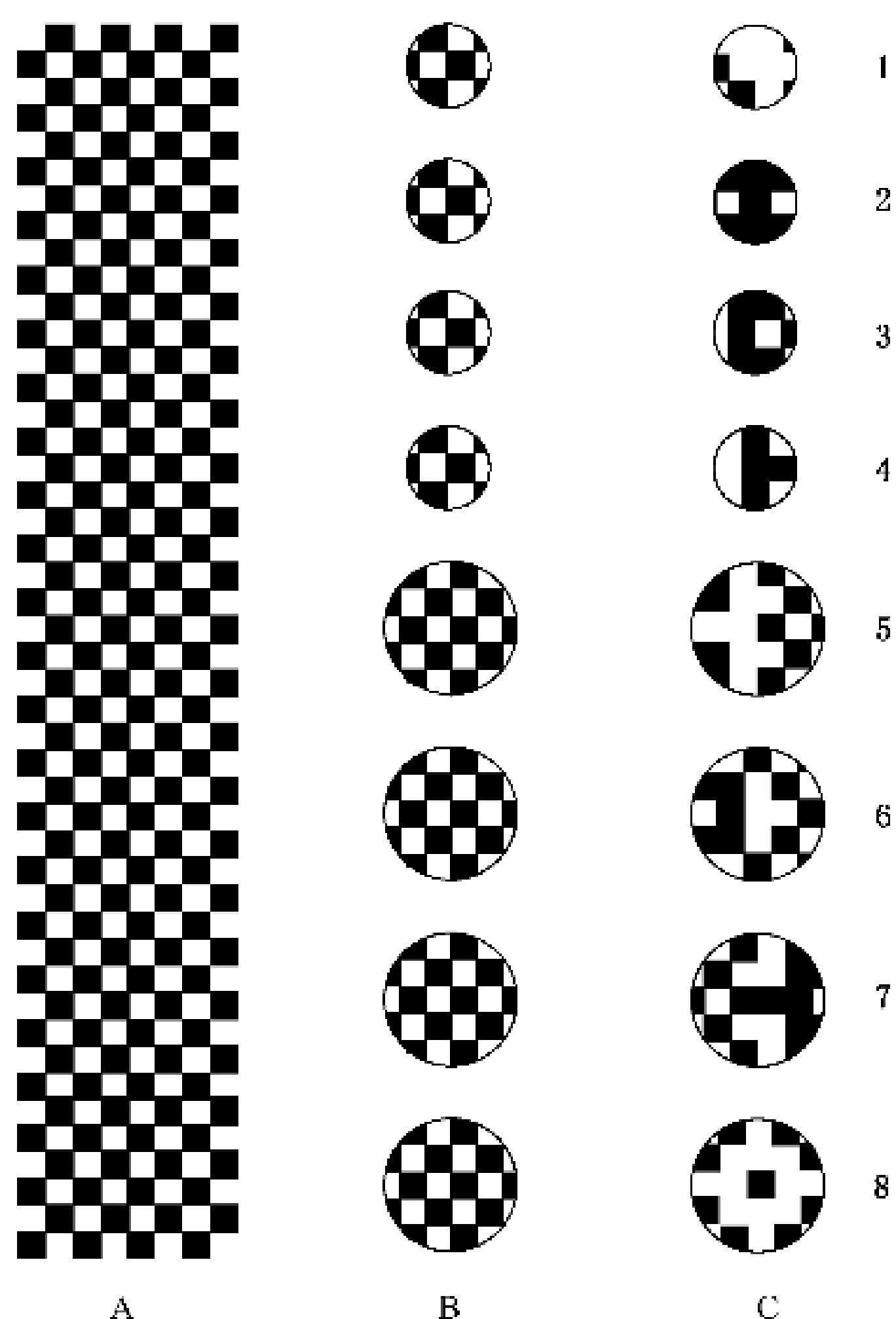
F——容差区；

G——背景(被动图案)；

H——检测区。

图 1 使用被动图案的 VBPD 侧视图

为确保检测能力的完整性,最小可检测物体的尺寸与背景图案元素尺寸相比宜大于或等于 3(即物体尺寸为图案元素尺寸的 3 倍或更大)(见图 2)。



标引序号说明：

A——有 8×86 图案元素的被动图案示例；

B——具有圆形试件尺寸的被动图案截面；

C——具有不规则图案的圆盘试件的示例。示例依照 4.2.13.3 的建议,这类不规则图案大约有 25% 不同的图案元素。C1 到 C4 的变化的区域大约是两个图案元素,C5 到 C8 的变化区域大约是五个图案元素。

图 2 依据 4.2.13.3 的圆盘试件的示例

注：在定义充分验证检测能力完整性试验程序时，难以限制物体尺寸对图案元素尺寸间关系。

#### 4.1.2.2 光学性能

VBPD 设计和制造宜考虑如下限制：

- 在 400 nm~1 500 nm 范围内暴露于外界辐射期间，限制故障的可能性；
- 限制环境（温度、振动、冲击、粉尘、潮湿、环境光线、外部反射、变化的光照、阴影和背景反射率）的影响；
- 限制正常工作中可能的偏差。

#### 4.1.3 ESPE 的类型

本文件考虑下列三种类型的 ESPE：

- 2 型 ESPE 应满足 4.2.2.3 规定的故障检测要求，在正常工作中，当其敏感功能被触发或其电源被切断时，应至少有一个 OSSD 的输出电路进入断开状态并应具有周期检测的手段；
- 3 型 ESPE 应满足 4.2.2.4 规定的故障检测要求；
- 4 型 ESPE 应满足 4.2.2.5 规定的故障检测要求。

3 型和 4 型 ESPE，在正常工作中，当其敏感功能被触发或其电源被切断时，应至少有两个 OSSDs 的输出电路进入断开状态。

当使用单一的安全相关数据接口来实现 OSSD 的功能时，则该数据接口和相关的安全相关通信接口应满足 4.2.4.4 规定的要求。在这种情况下，单一的安全相关数据接口可代替 3 型或 4 型 ESPE 的两个 OSSDs。

#### 4.1.4 类型和要求的安全性能

ESPE 应符合 GB 28526—2012 和/或 GB/T 16855.1—2018 的安全性能等级。

#### 4.1.5 要求的 PLr 或 SIL 以及相应的 ESPE 类型

除了 ESPE 控制系统的电子部件的安全等级不同以外，ESPE 可能提供的风险降低还受到系统能力（例如，环境影响、EMC、光学性能和检测原理）的限制。

#### 4.1.6 检测能力受限区

光学窗口和检测区起始处之间的区域称为检测能力受限区。由于在光学窗口和检测区之间存在检测能力受限区，为了确保在特定应用中不会产生危险，其尺寸和适当的使用信息宜由供方提供。

### 4.2 设计要求

#### 4.2.1 电源

ESPE 的设计应使其在下列规定的电源条件下正常工作，用户另有约定的除外。

交流电源：

- 电压：0.85 倍~1.1 倍的额定电压；
- 频率：0.99 倍~1.01 倍的额定频率（连续）；  
0.98 倍~1.02 倍的额定频率（短时）；
- 谐波：2 次~5 次畸变谐波的总和不超过线电压方均根值的 10%；6 次~30 次畸变谐波的总和允许附加线电压方均根值的 2%。

直流电源：

由电池供电：

——电压：0.85 倍~1.15 倍的额定电压；

0.7 倍~1.2 倍的额定电压(这种情况适用于由电池组供电的车辆)。

由转换设备供电：

——电压：0.9 倍~1.1 倍的额定电压；

——纹波(峰-峰值)：应不超过额定电压的 0.05 倍。

对于电击的防护,见 4.2.3.2。

## 4.2.2 故障检测要求

### 4.2.2.1 总体要求

根据 4.2.2.3~4.2.2.5 的相应要求,ESPE 应对罗列在附录 B 中的故障做出反应。当导致锁定状态的故障依然存在时,ESPE 不应通过中断和恢复主电源从锁定状态中复位。在通电时并在 OSSD 进入接通状态之前,应对 ESPE 进行检测,以证实其内部不存在故障。

当 ESPE 使用安全相关通信接口来执行 OSSD 的功能时,可能需要对 4.2.2.3~4.2.2.5 中的故障检测要求加以修改,以使其符合 GB/T 20438(所有部分)或 GB 28526—2012 中相应的安全完整性等级(SIL,例如,4 型对应 SIL3,3 型对应 SIL2,2 型对应 SIL1)的要求。

### 4.2.2.2 1 型 ESPE 的特殊要求

注：1 型 ESPE 的特殊要求在考虑中。

### 4.2.2.3 2 型 ESPE 的特殊要求

2 型 ESPE 应具有周期检测的手段用来显示危险失效(如检测能力丧失,或响应时间超过规定值)。

导致检测能力丧失,或响应时间延长超过规定值,或阻止一个或多个 OSSDs 进入断开状态的单一故障,作为下一个周期检测的结果,应导致锁定状态。

在预期使用外部的(如机械设备)安全相关控制系统来开启周期检测的场合,ESPE 应配备适当的输入设施(如端子)。

周期检测的持续时间应确保预期的安全功能不受影响。

注：如果把 2 型 ESPE 作为制动装置来使用(例如用作边界防护),并且当周期检测的持续时间超过 150 ms 时,那么就有可能出现有人通过检测区而不被检测的情况。在这种情况下,ESPE 具有重新启动联锁功能。

如果电敏保护设备的周期检测是自动进行的,那么周期检测的正确运行应当被监控,并且执行监控功能的部件的单一故障也应当实时被监控。在这种情况下如果发生故障,OSSDs 应被显示并进入断开状态。

一旦 ESPE 的一个或多个 OSSDs 不能进入断开状态,则应引发锁定状态。

对于只有一个 OSSD 的 ESPE,至少还应有一个 SSD(按 A.4 的规定)。

### 4.2.2.4 3 型 ESPE 的特殊要求

导致检测能力丧失,或响应时间延长超过规定值,或阻止一个或多个 OSSD 进入断开状态的单一故障,应使 ESPE 在 GB/T 19436 相关部分规定的时间内,或在下列需要改变状态才能对故障进行检测的任何情况下立即进入锁定状态：

——触发敏感功能时；

——若配备,起动联锁或重新启动联锁(按 A.5 和 A.6 的规定)复位时。

本身不会导致危险失效的单一故障不能被检测出的情况下,另一个其他故障的发生也不应导致危险失效。

#### 4.2.2.5 4 型 ESPE 的特殊要求

导致检测能力丧失的单一故障,应使 ESPE 在响应时间内进入锁定状态。

导致响应时间延长超过规定值的单一故障,或阻止一个或多个 OSSD 进入断开状态的单一故障,应使 ESPE 立即——即在响应时间内,或在下列需要改变状态才能对故障进行检测的任何情况下进入锁定状态:

- 触发敏感功能时;
- 若配备联锁,起动或重新起动联锁(按 A.5 和 A.6 的规定)复位时。

本身不会导致危险失效的单一故障不能被检测出的情况下,进一步发生的叠加故障也不应导致危险失效。

注:4 型 ESPE 的设计方法包括:

- 使用动态故障检测方法的单通道技术;
- 带有内部生成的自动检测的单通道技术,频繁执行使自动检查故障的检测时间间隔包含在安全装置的响应时间内;
- 通道之间的任何差异都会导致锁定状态的多通道技术。

集成电路(复杂或可编程)的附加要求见 4.2.10。

### 4.2.3 ESPE 的电气设备

#### 4.2.3.1 总体要求

ESPE 的电气设备(部件)应:

- 符合有关现行国家标准规定;
- 适合预期的用途;
- 在规定的额定范围内工作。

#### 4.2.3.2 电击的防护

应按照 GB/T 5226.1—2019 中 6.1 的规定提供防止电击的保护。

#### 4.2.3.3 电气设备的保护

应依据 GB/T 5226.1—2019 的规定配置过电流保护设施。

注:有必要向 ESPE 的用户提供信息,例如连接至 OSSD 输出连接点的电路所用熔断器的最大额定值或过流保护器件的整定值。

#### 4.2.3.4 污染等级

电气设备应符合 GB/T 14048.1—2012 中 6.1.3.2 污染等级 2 的规定。

#### 4.2.3.5 电气间隙、爬电距离和隔离距离

电气设备有关电气间隙、爬电距离和隔离距离的设计和制造应符合 GB/T 14048.1—2012 中 7.1.4 的规定。

#### 4.2.3.6 布线

电气设备的布线应符合 GB/T 5226.1—2019 的规定。

#### 4.2.4 输出信号开关电器(OSSD)

##### 4.2.4.1 总体要求

对每一个 OSSD 均应提供单独的输出接点(端子)。

OSSD 的额定值应被规定为即使不使用灭弧装置,负载也能被转换。为了增加可靠性,宜配备开关电压抑制器。配备开关电压抑制器时,应将其并联在负载两端而不是跨接在触点两端。

OSSD 的输出电路应被充分地保护,以防止其发生危险失效。

示例: 在过电流条件下触点被焊接(见 GB/T 5226.1—2019 的 7.2.9)。

应采取措施将由共因失效而导致危险失效的可能性降至最低。

ESPE 可执行机械设备的安全相关控制系统的一些功能,例如它的 OSSD 可执行最终开关电器(FSD)的功能。

3 型和 4 型 ESPE 都应至少包含两个独立运行的 OSSD。

OSSD 的动作(例如进入断开状态)也意味着安全相关数据接口的相应动作。一个单独的安全相关数据接口可满足具有两个 OSSD 的要求。

##### 4.2.4.2 继电器形式的 OSSD

如果采用继电器形式的 OSSD,则触点的状态(即位置)应被监控。可通过监控带有机式连接(强制导向)触点的继电器的辅助触点来实现。机械式连接确保被监控触点随 OSSD 触点的状态而变化。

特殊的设计和机械结构应当确保继电器的动合(即常开)触点与动断(即常闭)触点不可能同时处于闭合状态。

注 1: 机械式连接确保被监控触点随 OSSD 触点的状态而变化。

注 2: 重要的是在标称的寿命周期内,继电器的释放电压和触点之间的间隔距离,保持在合适的水平上。

##### 4.2.4.3 固态形式的 OSSD

固态形式的 OSSD 分为拉电流型输出开关电器和灌电流型输出开关电器两种类型。当使用拉电流型输出时,应满足该条款的要求。

注: 本文件没有对可以在某种应用场合需用的灌电流型输出开关电器的输出要求做出规定。当使用灌电流型输出时,对基准电压的短路或开路,会被输入和负载视为接通状态(见 GB/T 5226.1—2019 的 9.4.3.1)。

对于 24 V 直流的额定电源电压,固态形式的 OSSD 接通状态和断开状态的输出电压和电流值应符合表 1 的规定。

对于 24 V 直流的额定电源电压,表 1 中的值满足 GB/T 15969.2—2008 的要求。当使用其他电源电压时,可提供其他信息。

表 1 固态 OSSDs 接通和断开状态的输出

直流的额定电源电压	断开状态下的输出电压范围	接通状态下的输出电压范围	断开状态下的输出电流(最大漏电流)	接通状态下的输出电流
24 V	-3 V~+2 V 方均根值 (5 V 峰值)	+11 V~+30 V	<2 mA	>6 mA

输出电路应当具有对过压、过流和短路的保护。



最大漏电流不应超过 2 mA,包括故障情况下(例如开路)。

使用一个以上的 OSSD 时,OSSDs 之间的短路应被检测。

ESPE 供方应在随机文件中提供以下信息:

- 阻性负载和感性负载在接通状态时的额定输出电流和最大输出电流;
- 断开状态的最高电压;
- 断开状态的最大输出电流(漏电流);
- 最大容性负载;
- OSSD 与负载之间连接的最大阻抗。

#### 4.2.4.4 安全相关数据接口和安全相关通信接口

正常工作中敏感装置被触发时,ESPE 应通过安全相关数据接口发送表明敏感装置或 ESPE 状态的信息做出响应。此状态信息通过安全相关通信接口转换为数据报文。

安全相关数据接口应具有相应于 ESPE 类型的同等故障防护能力。

根据 ESPE 的设计,安全相关通信接口可作为一个分离的部件被设置在 ESPE 之外,见图 3 a),也可被集成在 ESPE 的整体系统之内,见图 3 b)。

安全相关通信接口在满足本文件要求的同时,还应当满足 GB/T 20438(所有部分)或 GB 28526—2012 中适当的安全完整性等级(SIL,例如,4 型对应 SIL3,3 型对应 SIL2,2 型对应 SIL1)的相关要求。

安全相关通信接口与 ESPE 集成为一体时,整体的 ESPE 应满足 GB/T 20438(所有部分)或 GB 28526—2012 的相关要求。

注:由于通信接口的特殊技术,GB/T 19436.1 适合引用不同的标准。为避免与其他标准重叠,本文件没有规定安全相关通信接口的功能要求。

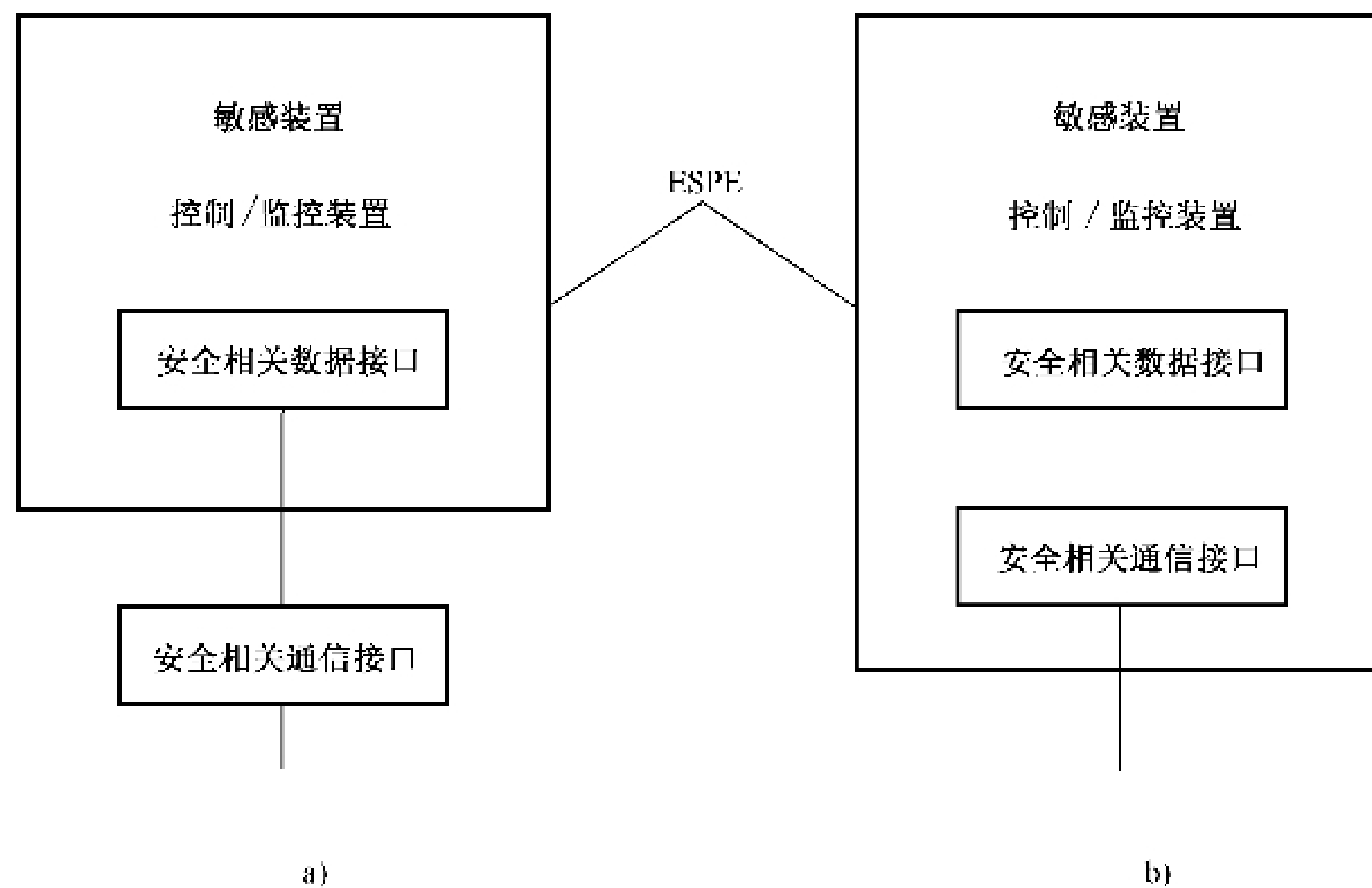


图 3 使用安全相关通信接口的 ESPE 的示例

#### 4.2.5 指示灯和显示器

ESPE 制造商应提供指示灯和显示器。

- 指示敏感装置的触发状态。从触发敏感装置到指示灯达到 50%最终亮度(冷光)的时间,以及从取消对敏感装置的触发到指示灯亮度减弱到最初亮度 50%的时间,都不应超过 100 ms。
- 指示 OSSD 的输出状态。用绿色指示灯表示接通状态,用红色指示灯表示断开状态。两个或多个 OSSDs 配合工作时,可使用单独的一套指示灯。

使用两个或多个相同颜色的指示灯时,每个指示灯所指示的功能应明确标识。

注:对于某些工作模式,同一套指示灯既可用于指示敏感装置的触发状态也可用于指示 OSSD 的输出状态。

指示灯是为机械设备的操作者设计的。因此,在安装这类保护设备时,指示灯应放置在接近检测区且可看得到的位置。指示灯可与传感器部件集成在一起,也可作为一个外围设备安装在检测区附近。

#### 4.2.6 调整方法

所有调整方法的设计都应满足:

- 调整范围内的任何点都不应产生危险失效;
- 调整方法的失效不应引起 ESPE 的配置发生意外的变化。

#### 4.2.7 子系统的脱开

当提供有允许任何子系统、子系统的部件或任何插接式组件脱开的方法时,按照 4.2.2 的规定,这类脱开应导致至少一个 OSSD 进入断开状态。

#### 4.2.8 非电元件

非电元件应适合于预期的使用要求。

#### 4.2.9 共因失效

设计应使由下列因素引起共因失效而导致危险失效的可能性降至最低:

- 环境影响;
- 使用公共基底的多通道系统;
- 多通道系统通道间的短路。

注 1:共因失效,也可能是由于使用了因为误操作、误加工等而降级的元器件造成的。

注 2:共因失效被视为单一失效。

同一块半导体基底上的元件不应用于多通道系统中一个以上的通道中。

#### 4.2.10 可编程或复杂集成电路

4 型 ESPE 使用集成电路(复杂或可编程)时,其安全相关性能应由至少 2 条独立的控制/监控通道保持。

#### 4.2.11 集成电路的软件、编程及功能设计

##### 4.2.11.1 总体要求

ESPE 通过下列任何方法实现其安全相关性能时,4.2.11.2 的要求适用:

- a) 工作期间执行的软件程序;
- b) 程序化的器件,其功能是在初始制造后经过程序化处理设置的,如 PAL、PLA、PLD、PROM;
- c) 按用户特定的功能要求制造的器件,例如 ASIC、掩膜程序微处理器、ROM。

##### 4.2.11.2 要求

ESPE 集成电路应满足下列要求。

- a) 软件、装置程序和装置功能设计,应当按照 GB/T 20438.3 适当的 SIL 开发,或依据 GB/T 16855.1—2018 相应的 PL 开发。(SIL,例如,4 型对应 SIL3,3 型对应 SIL2,2 型对应 SIL1)的要求进行开发。
- b) 应按照质量管理体系程序提供证明文件,表明已达到所要求的安全相关性能等级。
- c) 应形成文件化的质量计划,清楚地识别开发的各个阶段,并明确每个阶段的验收准则。例如开

发阶段是要求规范制定阶段、设计规范阶段、验证阶段和确认阶段。

- d) 在任何开发之前,为确定安全规范中 ESPE 的安全相关功能,应对 ESPE 的概念设计进行基于危险和失效模式识别的分析。然后 ESPE 的部分或全部安全相关功能应被分配到 4.2.11 的措施中,对每种元件所要求的安全相关性能应加以确定。为了达到安全相关性能的要求,应采用适合于规范、设计、使用和维修的工程技术。
- e) 每一部分与 4.2.11.1 有关的软件、程序设计和功能设计的要求,应当完整和明确。每个要求规范应使审核人员或验证人员(即设计者之外的人)能够容易地追溯到安全要求规范,以证实所要求的安全相关功能被充分地处理。
- f) 为了证明该项设计正确地实现了安全要求规范所要求的安全相关功能,应制定一项综合性测试计划。软件、程序和功能规范的试验,应在项目记录中加以记录,以证明设计满足安全要求规范。
- g) 软件、程序设计和功能规范设计,应受控于有效的配置管理和更改控制。在开发期间,有效的程序应确保关于要求、规范、设计等方面的更改均被充分地记录,并对所有更改的影响进行分析,以确保安全要求规范在设计过程的所有阶段保持可追溯性。应保护设计免于未经授权的更改,并应准确地记录其精确的配置(如模块表、版本号)。
- h) ESPE 运行中使用软件程序时,应将整个操作指令软件保存在处理器无法重写的只读存储器中。应采用适当的技术监控正确的程序流程,确保软件的完整性。此类技术可包括监视器、RAM/ROM 检查、CPU 测试等。
- i) 使用软件工具诸如编码器或译码器(而不是组译器)开发软件时,除下列情况外,软件的多样性都应予以考虑:
  - 1) 用于不同程序的软件工具是完全不相关的;
  - 2) 软件工具拥有认可的国家标准的“验证证书”;
  - 3) 测试方案包含充分的措施,以检测因软件工具而导致的共因错误。
- j) 作为设计原则,就实用而言,安全相关软件宜与安全无关软件相隔离,这是为了使安全功能被破坏的可能性降至最低,并有助于安全性能评估。

#### 4.2.12 VBPD 检测能力的完整性

当 VBPD 在下列任何一项或所有项组合的情况下工作时,VBPD 的设计宜确保其检测能力不低于供方和本文件规定的限值:

- 供方规范内的任何条件;
- 4.3 规定的环境条件;
- 在校准和/或调整的限值。

如果在正常工作条件下(见 5.1.3.1)单一故障(按照附录 B 的规定)不会导致 VBPD 的检测能力丧失;但当上述规定的组合条件出现导致检测能力丧失时,宜将该故障连同条件的组合一起视作为单一故障考虑,VBPD 宜对这类单一故障按 4.2.2 的要求予以响应。

#### 4.2.13 型式试验用试件

##### 4.2.13.1 总则

试件是 VBPD 的一部分,因此供方宜提供试件用于第 5 章型式试验。宜标明预期使用的 VBPD 的类型说明和标识。

试件直径不宜超过 200 mm,以确保人体检测的适用性。试件不宜透明。

试验程序的不同阶段可能要求不同的试件。

试件的特征宜考虑:

- 尺寸；
- 形状；
- 颜色；
- 反射率；
- 与背景的对比度；
- 质地。

当定义试件的特征时,宜考虑防止背景掩饰。

#### 4.2.13.2 球形试件

试件宜是直径等于规定检测能力的球形。宜选择使背景图案鉴别器处于最差工况的试件颜色。当设计分析的结果显示其他表面特征是至关重要时,这些特征宜适用于球形试件。可能需要不同颜色的试件。

#### 4.2.13.3 圆盘试件

试件宜是直径等于规定的检测能力、厚度约为直径的5%(厚度不重要)的圆盘。试件宜为不规则图案且与背景图案形状、颜色和反射率相同。选择不规则图案的细节取决于对VBPD的设计分析(例如,对于检测物体的算法以及对于背景图案的污染或老化补偿的算法,图案元素的尺寸、检测能力和像素分辨率之间的关系)。

注:不规则图案约有25%的元素差异(试件图案示例见图2)。

#### 4.2.13.4 圆柱试件

如果VBPD仅预期作为脱扣装置使用,试件宜为直径等于规定检测能力、长度为150 mm的圆柱体。圆柱试件宜与球形试件有相同的表面特征。

#### 4.2.14 波长

VBPD宜在400 nm~1 500 nm的波长范围内工作。

#### 4.2.15 辐射强度

VBPD发射和产生的辐射强度不宜超过GB 7247.1—2012中8.2规定的1M类激光器的最大功率或能量等级。

### 4.3 环境要求

#### 4.3.1 环境空气温度范围和湿度

当环境温度变化范围为0℃~50℃时,ESPE应符合本文件要求。超出该范围使用时,供方应规定系统仍能继续正常工作的温度范围。在温度为20℃和5.4.2所规定的最高环境温度之间,无凝露湿度为95%。

当经受温度和湿度快速变化导致光学窗口冷凝时,ESPE不宜发生危险失效。

#### 4.3.2 电骚扰

##### 4.3.2.1 电源电压波动

当外部电源电压在10 s~20 s内从标称电压平滑地降到零电压,然后以同样的方式从零电压上升到标称电压时,ESPE应不发生危险失效。

当各内部获得的电源电压在10 s~20 s期间,依次从标称电压平滑地降到零电压,然后以同样的方式,从零电压上升到标称电压时,ESPE应不发生危险失效。

## 4.3.2.2 电源电压中断

电源电压中断(暂降)试验要求如表 2 所示。

表 2 电源电压中断(暂降)试验要求

试验编号	额定电压下降值 %	下降时间 ms	下降重复频率 Hz	响应要求
1	100	10	10	连续正常工作
2	50	20	5	连续正常工作
3	50	500	0.2	不发生危险失效

ESPE 采用特定类型的电源电压供电(例如直接由安全相关通信接口供电)时,本条款中的电源中断则可施加于特定电源的主输入电源,而不是直接对 ESPE 供电的输入电源。

## 4.3.2.3 电压快速瞬变脉冲群

## 4.3.2.3.1 总体要求

当经受 GB/T 17626.4—2018 规定的电快速瞬变脉冲群试验时,ESPE 应继续正常工作,试验要求如表 3 所示。

表 3 脉冲试验要求

试验项目	试验要求
直流或交流电压小于 50 V 的电源线端口	1 kV(峰值),按照 GB/T 17626.4—2018 的 2 级试验等级规定
长度大于 1 m 的信号线端口	
交流电压大于或等于 50 V 的电源线端口	2 kV(峰值),按照 GB/T 17626.4—2018 的 3 级试验等级规定

## 4.3.2.3.2 附加要求

当经受 GB/T 17626.4—2018 规定的电快速瞬变脉冲群试验时,3 型和 4 型的 ESPE 应不发生危险失效,附加要求如表 4 所示。

表 4 3 型和 4 型 ESPE 脉冲试验附加要求

试验项目	试验要求
直流或交流电压小于 50 V 的电源线端口	2 kV(峰值),按照 GB/T 17626.4—2018 的 3 级试验等级规定
长度大于 1 m 的信号线端口	
交流电压大于或等于 50 V 的电源线端口	3 kV(峰值),按照 GB/T 17626.4—2018 的 4 级试验等级规定

## 4.3.2.4 电压快速瞬变浪涌

## 4.3.2.4.1 总体要求

当经受 GB/T 17626.5—2019 规定的浪涌(冲击)试验时,ESPE 应继续正常工作,试验要求如表 5 所示。

表5 浪涌试验要求

试验项目	试验要求
长度大于>1 m的信号线端口	共模 1 kV(峰值),按照 GB/T 17626.5—2019 的 2 级试验等级规定
直流或交流电压小于 50 V 的电源线端口	
交流电压大于或等于 50 V 的电源线端口	共模 2 kV(峰值)和差模 1 kV(峰值),按照 GB/T 17626.5—2019 的 3 级试验等级规定

## 4.3.2.4.2 附加要求

当经受 GB/T 17626.5—2019 规定的浪涌(冲击)试验时,3 型和 4 型 ESPE 应不发生危险失效,附加要求如表 6 所示。

表6 3型和4型 ESPE 浪涌试验附加要求

试验项目	试验要求
长度大于>1 m的信号线端口	共模 2 kV(峰值),按照 GB/T 17626.5—2019 的 3 级试验等级规定
直流或交流电压小于 50 V 的电源线端口	
交流电压大于或等于 50 V 的电源线端口	共模 4 kV(峰值)和差模 2 kV(峰值),按照 GB/T 17626.5—2019 的 4 级试验等级规定

## 4.3.2.5 电磁场

## 4.3.2.5.1 总体要求

当经受 GB/T 17626.3—2016 中 5.1 规定的第 3 级电磁场试验时(试验场强为 10 V/m),ESPE 应继续正常工作。

## 4.3.2.5.2 附加要求

当经受 GB/T 17626.3—2016 中 5.2 规定的第 4 级电磁场试验时(试验场强为 30 V/m),3 型和 4 型的 ESPE 应不发生危险失效。

## 4.3.2.6 射频场感应的传导骚扰

## 4.3.2.6.1 总体要求

当经受 GB/T 17626.6—2017 规定的传导射频骚扰试验时,ESPE 应继续正常工作,试验要求如表 7 所示。

表7 射频场感应的传导骚扰试验要求

试验项目	试验要求
长度 1 m~10 m 的信号线端口	3 V(方均根值),按照 GB/T 17626.6—2017 的 2 级试验等级规定

表 7 射频场感应的传导骚扰试验要求(续)

试验项目	试验要求
长度大于 10 m 的信号线端口	10 V(方均根值),按照 GB/T 17626.6—2017 的 3 级试验等级规定
电源端口	
接地端口	

#### 4.3.2.6.2 附加要求

当经受 GB/T 17626.6—2017 规定的传导射频骚扰试验时,3 型和 4 型的 ESPE 应不发生危险失效,附加试验要求如表 8 所示。

表 8 3 型和 4 型 ESPE 射频场感应的传导骚扰试验要求

试验项目	试验要求
长度 1 m~10 m 的信号线端口	10 V(方均根值),按照 GB/T 17626.6—2017 的 3 级试验等级规定
长度大于 10 m 的信号线端口	30 V(方均根值),按照 GB/T 17626.6—2017 的 X 级试验等级规定
电源端口	
接地端口	

#### 4.3.2.7 静电放电

##### 4.3.2.7.1 总体要求

当经受 GB/T 17626.2—2018 中第 3 级规定的静电放电试验时(接触放电为 6 kV 或空气放电 8 kV),ESPE 应继续正常工作。

##### 4.3.2.7.2 附加要求

当经受 GB/T 17626.2—2018 中第 4 级规定的静电放电试验时(接触放电为 8 kV 或空气放电 15 kV),3 型和 4 型的 ESPE 应不发生危险失效。

#### 4.3.3 机械环境

##### 4.3.3.1 振动

在 5.4.4.1 的振动试验期间,ESPE 应能继续正常工作。

##### 4.3.3.2 冲击

在 5.4.4.2 的冲击试验期间,ESPE 应能继续正常工作。

#### 4.3.4 外壳

ESPE 应有其自身的外壳。

当 ESPE 的所有外壳,包括远程安装的外壳,按照供方的规定被安装时,应至少具有 IP54 的防护等级(见 GB/T 4208—2017)。然而当其部件被安装在具有至少 IP54 防护等级的机械设备控制装置外壳

内时,ESPE 部件外壳的防护等级应至少达到 IP20。

注:可通过下列措施防护机械损坏:

- 合适的定位;
- 使用适当的材料和足够强度的结构形式;
- 使用防护屏障。

引入电缆的进入方式应不降低防护等级。

黏接两个结合表面之间的密封剂,不应用来密封维修时需拆去的盖子,因为当连接的表面被分离时,会降低对环境的防护等级。

外壳应没有可损坏电缆绝缘的锐边或棱角,应通过检查确认。

外壳应具有足够的检修口,以便安全有效地执行必要的调整和维修工作。这类检修口的盖子应采用系留紧固件。

#### 4.3.5 光干扰

当被动图案受到下列光照亮时,VBPD 宜继续正常工作:

- 白炽光;
- 闪烁标灯;
- 用高频电子和工频电源供电的荧光。

当检测区外物体的阴影(依据 5.4.6.4)出现在被动图案上时,VBPD 宜继续正常工作。

当遇有下列情况,VBPD 不宜出现危险失效:

- 高强度白炽光(用石英灯模拟的日光);
- 频闪灯;
- 用高频电子和工频电源供电的高强度荧光;
- 制造商要求的照度衰减到 0 lx。

当检测区外物体的阴影(根据 5.4.6.5)出现在被动图案上时,VBPD 不宜出现危险失效。

对可能导致 VBPD 异常工作或危险失效的其他外部光源的抗扰度,本文件不作要求。

基于技术和使用的算法和 5.2.9.1 的分析,可能需要附加试验。

#### 4.3.6 污染干扰

##### 4.3.6.1 光学窗口的污染

对光学窗口的污染不宜导致危险失效。

##### 4.3.6.2 被动图案(被动模式)的影响

被动图案的变化(例如由环境影响引起的老化或损坏)不宜导致危险失效。

##### 4.3.6.3 检测区的污染

检测区内的污染不宜导致危险失效。

#### 4.3.7 被动图案的变化

被动图案的变化(例如,由衰退、老化、机械影响或污染引起的)不宜导致危险失效。

#### 4.3.8 人工干扰

下列条件不宜导致危险失效:

- 遮盖 VBPD 外壳或其他部分的光学窗口(适用时);



- 将物体置于检测能力受限区内；
- 以任意方向移动被动图案(除非被动图案被要求永久固定)。

在这些情况下,VBPD 应发出适当的输出信号予以响应,直至人工干扰被消除为止。

#### 4.3.9 检测区内的光遮挡(被小物体遮挡)

当小于检测能力的物体或机械部件出现在检测区遮挡被探测物体的视野时,VBPD 的检测能力宜处在保持状态或 VBPD 不宜出现危险失效。当系统有能力学习本该忽略的小物体的存在时,对此要特别关注。

为了增加操作的可靠性,例如可提供软件滤波算法以便忽略小物体。

## 5 试验

### 5.1 总体要求

#### 5.1.1 试验要求

当 OSSD 进入断开状态时,应在下列试验中验证,当试件出现在检测区且 OSSD 保持断开状态的时间,或至少 80 ms,以较长者为准。

#### 5.1.2 型式试验

##### 5.1.2.1 试验样品

如果可行,ESPE 所有部件(作为一个整体)应一起进行试验。如果不可行,ESPE 的部件可分开试验。就环境试验情况来说,这种情况就需包含整体的 ESPE(ESPE 集成于机械装置时,通常不能与机械装置分开)。在这种情况下:

- ESPE 工作所需的任何输入信号都应加以模拟;
- 试验中的任何例外和遗漏都应在试验报告中阐述。

在某一特殊试验具有破坏性,但通过隔离测试 ESPE 的部件可得到相同结果的情况下,可使用部件样品代替整个设备样品,以得到试验结果。

当 ESPE 设计成可用于多种电源电压时(例如适于不同用途),可能需要多个样品。

当 ESPE 设计成由外部专用电源供电时,ESPE 应使用规定的专用电源进行试验(见 6.2)。

##### 5.1.2.2 工作条件

除非在试验程序中另有规定,试验应对试验样品按随机文件所规定的条件进行。

关于电骚扰抗扰度试验,设备宜接近其最终工作配置(如外围设备和附带的罩盖,连接到电源上,可行时,连接外部保护导体和/或外部的功能连接导体,见 GB/T 5226.1—2019)。

当规定几个安装位置时,应使用最不利的安装位置。

当使用安全相关数据接口代替 OSSD 时,ESPE 应按照供方的具有监控 ESPE 状态方法的说明书与通信系统相连接。

##### 5.1.2.3 进入检测区的模拟

在后面的测试中,如果模拟的方法能够表明是等效的,试件进入检测区可被模拟。

### 5.1.3 试验条件

#### 5.1.3.1 试验环境

除 5.4 另有规定外,ESPE 试验应在下列条件下工作时进行:

- 额定电压(或额定电压范围内的电压)；
- 额定频率(或额定频率范围内的频率)；
- 周围温度:20℃±5℃；
- 相对湿度:25%~75%；
- 空气压力:86 kPa~106 kPa；
- 环境光照条件:200 lx~750 lx。

所有的测量应在恒温条件下进行。当温度的上升率或下降率小于2℃/h时,则认为测量条件满足。

注:在标志和随附文件中规定的数值视为额定值。

### 5.1.3.2 测量精度

测量的误差应不超过:

- ESPE 响应时间测量:±1 ms；
- 温度测量:±3℃；
- 电气测量:±1%,技术上可能和/或适当时；
- 相对湿度(RH)测量:±3%；
- 线性测量:±1 mm 或±1%,取其中的较大值；
- 光强度的测量:±10%。

### 5.1.3.3 ESPE 与安全相关通信接口一起测试的环境条件

ESPE 和安全相关通信接口应一起测试(见图4)。由于安全相关通信接口不显示静态的输出信号,因此需要使用数据接收器。测试设置包括受试设备和显示 ESPE 或敏感装置状态的数据接收器(如 PLC 或监控装置)。

测试电骚扰的敏感性可能需要使用合适的测试适配器,以隔离受试 ESPE 与通信总线。

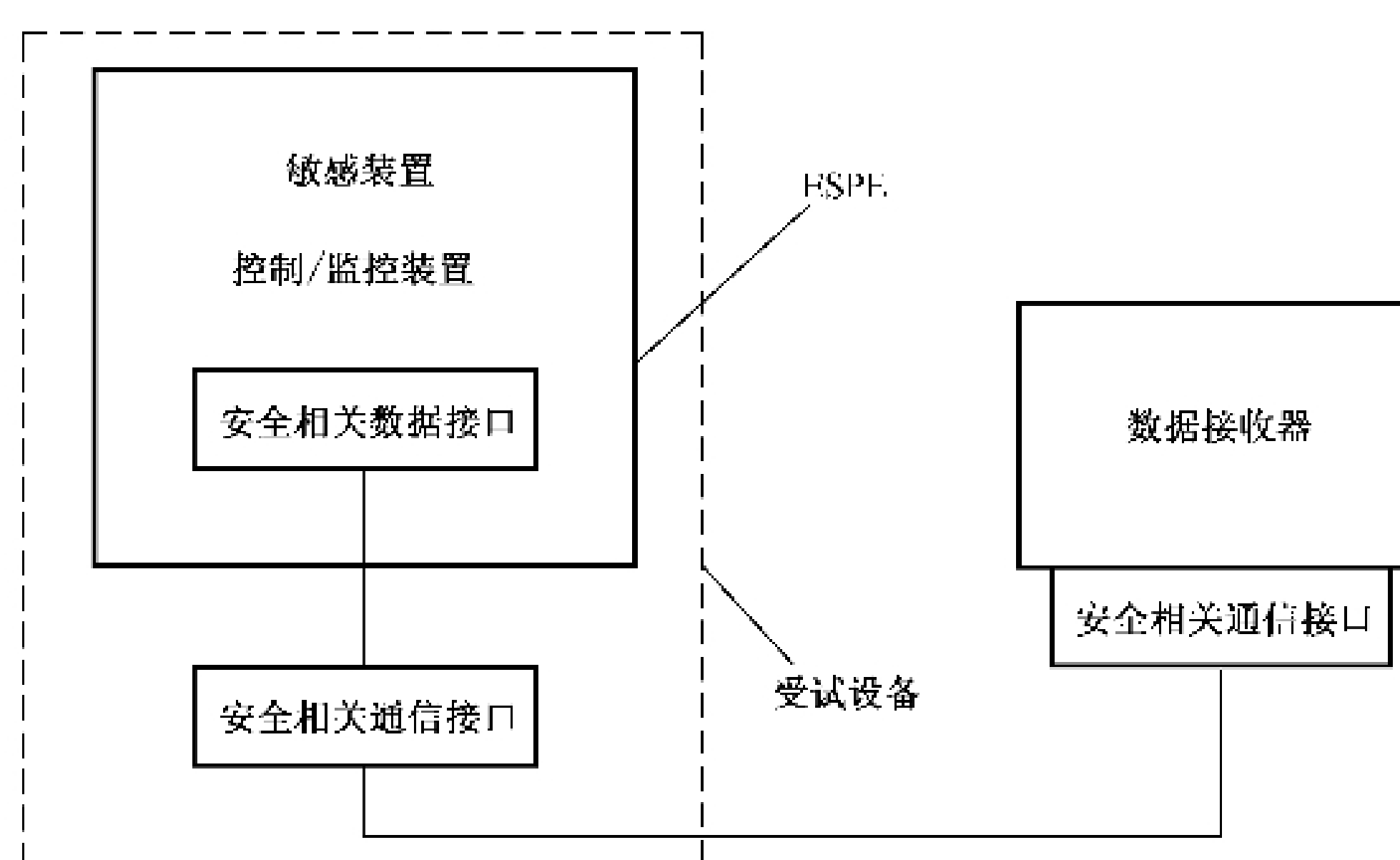


图4 使用安全相关通信接口的 ESPE 的 EMC 测试设置

### 5.1.4 试验结果

第5章所列试验和分析的结果,应形成文件。试验结果应采用表格展示各项单独试验及其效果的详情。任何特殊试验过程的详情,都应包括在测试报告中。

5.2 功能试验

5.2.1 敏感功能

5.2.1.1 总体要求

ESPE 的敏感功能与检测能力和检测区(例如大小、形状和位置)的完整性,应按 GB/T 41997 相关部分的规定验证。

敏感功能和检测能力的完整性宜按规定进行试验,并考虑下列情况。

- 所有试验宜在试件接近背景和接近受限检测区的情况下进行。在其他地点的试验可能需要依据设计的分析和最差工况考虑。
- 当规定的试件完全置于规定的检测区内时,试验宜验证试件被检测到。
- 试验宜验证当规定的试件移入检测区或以 0 m/s~1.6 m/s 或直到 2 m/s(当规定检测能力小于 30 mm)在检测区移动,试件被持续检测到。当供方声称可检测到以更快速度移动的物体时,在所有速度直到规定的最大速度时宜满足上述要求。
- 单独试验的数量、选择及条件宜验证 4.2.12 的要求。

在下列描述的情况下,宜验证敏感装置应被持续触发,合适时 OSSD 进入断开状态,同时考虑 VBPD 的工作原理,以及尤其是为耐受环境干扰所使用的技术。

5.2.1.2 VBPD 检测能力的完整性

宜通过对 VBPD 设计的系统分析来验证 VBPD 的检测能力能连续地保持或 ESPE 不会出现危险失效,适当时采用试验进行验证,并考虑表 9 中规定的条件和 5.3 中规定的故障的全部组合。

表 9 检测能力要求的验证

序号	试验	条件	VBPD 成像传感器窗口到被动图案的距离;VBPD 成像传感器窗口到检测区内试件所在位置的距离 <sup>a</sup>			
			供方标称的从传感器到被动图案的最大工作距离(见图 1)		供方标称的从传感器到被动图案的最小工作距离(见图 1)	
			试件尽可能靠近传感器但仍在检测区内	试件在被动图案上	试件尽可能靠近传感器但仍在检测区内	试件在被动图案上
A	球体试件	试件静止(见 4.2.13.2 方向不重要)	×	×	×	—
B	球体试件	试件以 1.6 m/s 的速度移动(方向不重要)	×	×	×	—
C	圆盘试件	试件(见 4.2.13.3)与被动图案混淆(见图 2)	—	×	—	×
D	圆柱试件(仅限于跳闸装置)	试件以其轴线平行于背景平面的方式移入检测区(见 4.2.13.4)	×	×	×	×
E	元件老化	<sup>b</sup>	×	×	×	×
F	元件未被检验出的故障	<sup>b</sup>	—	—	—	×

表9 检测能力要求的验证(续)

序号	试验	条件	VBPD 成像传感器窗口到被动图案的距离;VBPD 成像传感器窗口到检测区内试件所在位置的距离 <sup>a</sup>			
			供方标称的从传感器到被动图案的最大工作距离(见图 1)		供方标称的从传感器到被动图案的最小工作距离(见图 1)	
			试件尽可能靠近传感器但仍在检测区内	试件在被动图案上	试件尽可能靠近传感器但仍在检测区内	试件在被动图案上
G	电骚扰	使用圆盘试件, GB/T 19436.1—2013 的 4.3.2、5.2.3.1 和 5.4.3 适用	—	—	—	× 或 1 m(如果最小工作距离小于 1 m)
H	光学窗口表面的污染	使用圆盘试件。试验宜包括被动图案的整个表面区域	—	—	—	× 或 1 m(如果最小工作距离小于 1 m)
I	检测区内的污染	使用圆盘试件。试验宜包括被动图案的整个表面区域	—	—	—	× 或 1 m(如果最小工作距离小于 1 m)
J	被动图案的污染	使用圆盘试件。试验宜包括被动图案的整个表面区域(污染应在图案和试件之间)	—	—	—	× 或 1 m(如果最小工作距离小于 1 m)
K	环境温度变化	50 °C 或最大值 <sup>c</sup>	—	—	—	× 或 1 m(如果最小工作距离小于 1 m)
L	环境温度变化	0 °C 或最小值, 非冷凝 <sup>d</sup>	—	—	—	× 或 1 m(如果最小工作距离小于 1 m)
M	湿度	5.4.2 适用。宜使用圆盘试件	—	—	—	× 或 1 m(如果最小工作距离小于 1 m)
N	正常工作(见 5.4.6.4)	来自白炽光源、闪烁光源、荧光源以及单个带阴影的白炽光源的干扰	×	×	×	×
O	危险失效(5.4.6.5)	来自白炽光源、频闪光源、荧光源以及单个带阴影的白炽光源的干扰	×	×	×	×
P	危险失效(5.4.6.6)	来自白炽光源、频闪光源以及荧光源的干扰	×	×	×	×

表 9 检测能力要求的验证 (续)

序号	试验	条件	VBPD 成像传感器窗口到被动图案的距离;VBPD 成像传感器窗口到检测区内试件所在位置的距离 <sup>a</sup>			
			供方标称的从传感器到被动图案的最大工作距离(见图 1)		供方标称的从传感器到被动图案的最小工作距离(见图 1)	
			试件尽可能靠近传感器但仍在检测区内	试件在被动图案上	试件尽可能靠近传感器但仍在检测区内	试件在被动图案上
Q	危险失效 (5.4.6.7)	减弱环境光线	×	×	×	×
R	振动和冲击	5.4.4 适用	—	—	—	×

注：×——需进行的检测能力要求的验证试验。

<sup>a</sup> 可能需要对系统进行分析来确定试件在检测区内的位置,以确保试验在最差工况下进行(例如,传感器的光轴不垂直于背景图案)。  
<sup>b</sup> 根据对于设计的分析可能要求进行特殊的试验。  
<sup>c</sup> VBPD 在实验箱(室)内—打开实验箱(室)—在 1 min 内开始试验。  
<sup>d</sup> VBPD 在实验室内—打开实验箱(室)—在无冷凝时试验。

### 5.2.2 响应时间

响应时间应通过系统分析和测试来验证。

如果响应时间包括触发敏感装置的动作事件和此动作之间的最长时间,则响应时间可由动作的电模拟来确定。

ESPE 响应时间测量的附加要求,可在 GB/T 19436 的相关部分给出。

### 5.2.3 限定功能的试验

#### 5.2.3.1 总体要求

应进行下列限定功能试验 A、试验 B 和试验 C,以验证在正常环境条件下 ESPE 应连续正常工作,在非正常环境条件下或故障情况下,ESPE 应不发生危险失效。

如果 ESPE 配置有重新启动联锁功能,在试验期间,此功能应被旁路或不选择。重新启动联锁功能应单独试验(按附录 A 的相关规定)。

使用安全相关通信接口时,在下列的限定功能试验中,OSSDs 的接通或断开状态,将由显示 ESPE 或敏感装置相应状态的安全相关信息(如数据报文)代替。

#### 5.2.3.2 限定功能试验 A

在没有物体进入检测区的情况下,应观察至少 5 s,除非另有规定,此期间 OSSD 应处于接通状态,而不应进入断开状态。

注:在以下章节中限定功能试验 A 简称 A 试验。

#### 5.2.3.3 限定功能试验 B

在没有物体进入检测区的情况下,应观察至少 5 s,除非另有规定,此期间 OSSD 应处于接通状

态,而不应进入断开状态。

将试件放入检测区,OSSD 应通过从接通状态进入断开状态做出响应。应观察至少 5 s,除非另有规定,此期间 OSSD 在试件存在于检测区时保持断开状态,或保持其他触发状态。

将试件从检测区撤出,或使样品处于其他非触发状态,OSSD 应通过从断开状态进入接通状态做出响应。应观察至少 5 s,除非另有规定,此期间 OSSD 在试件不存在于检测区时保持接通状态,或保持其他物理上的非触发状态。

根据试验的要求,以上试验可能需要连续地重复进行。

注:在以下章节中限定功能试验 B 简称 B 试验。

#### 5.2.3.4 限定功能试验 C

这项试验和限定功能试验 B 一样,只不过 B 试验中 OSSD 应处在接通状态,而本试验中 OSSD 允许处于断开状态,但不应发生危险失效。在 5.4 的各相关试验结束时,ESPE 应继续正常工作或从锁定状态中恢复。

如果 ESPE 因元件永久失效不能恢复正常工作,经验证仅是通信接口的元件失效,并且 OSSD 仍保持在断开状态,这种情况可接受。

注 1:在极端的电骚扰(如危险失效测试)情况下,通信接口的某些元件可能发生永久失效并使 ESPE 无法恢复正常工作。

注 2:在以下章节中限定功能试验 C 简称 C 试验。

#### 5.2.4 周期检测

对于 2 型的 ESPE,4.2.2.3 的要求应通过分析和检测进行验证。

#### 5.2.5 指示灯和显示器

应按照 4.2.5 的要求,通过 B 试验验证指示灯和显示器的功能和颜色。

#### 5.2.6 调整方法

4.1.1 和 4.1.2 的要求应通过检查予以验证,4.2.6 的要求应通过检查和进行必要的 C 试验予以验证。

#### 5.2.7 元件的额定值

应通过分析和/或检查来验证遍及 ESPE 的整个工作范围各元件,在其规定的额定值范围内工作。

#### 5.2.8 输出信号开关电器(OSSD)

##### 5.2.8.1 总体要求

5.2.8.1.1 应验证为各 OSSD 配备了单独的输出接点(端子)。提供两个 OSSD 时,通过检查或试验验证两个 OSSD 相互独立工作。检查验证 OSSD 具有限流装置保护,或限流装置的安装信息已在使用说明书中给出。

5.2.8.1.2 应验证可预见的故障不会导致 OSSD 进入或保持接通状态,所有试验应在制造商规定的最大感性负载和最长连接电缆的条件下进行。

可预见的故障包括:

——OSSD 与电源电压短路;

- OSSD 与接地线短路；
- OSSD 之间短路；
- 电源回路的电缆开路；
- 功能连接线开路；
- 屏蔽电缆的屏蔽线开路；
- 错误地接线。

#### 5.2.8.2 继电器形式的 OSSD

通过检查和测试验证继电器符合 4.2.4.2 的要求。

#### 5.2.8.3 固态形式的 OSSD

应验证输出电压和电流的值符合 4.2.4.3 的规定。

#### 5.2.8.4 安全相关数据接口和安全相关通信接口

应通过试验验证元件的断开不会导致危险失效。

5.2.8.1 中规定的适用于 OSSD 的电气试验(短路、开路和错误的负载),如不适用,可不进行。

整体通信接口的安全完整性,应通过试验、系统分析、考察数据表和测试报告,验证满足 4.2.4.4 的要求。

#### 5.2.9 光学性能的验证

宜对光电的子系统进行系统分析以确定:

- a) 确认使用的任何滤波技术(特别是软件滤波算法)及其特征;
- b) 敏感功能状态的判定准则(即定义的试件在检测区内检测);
- c) 未被检测到的故障(根据 4.1.2)对光电特性的影响;
- d) 最差工况下的响应时间;
- e) 环境影响的作用。

该系统分析的结果宜用于确认是否满足 4.1.2 的要求。

#### 5.2.10 波长

VBPD 使用的波长宜通过检查器件的数据表或通过测量予以验证。

#### 5.2.11 辐射强度

当采用发射激光类型的 VBPD 时,其辐射强度宜通过依据 GB 7247.1—2012 的测量和检查供方提供的技术文件予以验证。

### 5.3 故障条件下的性能试验

#### 5.3.1 总体要求

ESPE 所有有关元件都应对按照 4.2.2 选择的单一故障的效果进行试验。如果进一步出现的故障是由第一个单一故障导致的,则第一个和所有接着发生的故障应视为单一故障。

应准备包含所有元件的故障目录,以记录附录 B 中所考虑故障的结果。为了减少不必要的试验,对于 5.3.3、5.3.4 和 5.3.5 中的能够理论预测出单一故障或组合故障结果的情况,分析报告应作为测试报告的一

部分。该报告应按照 5.5.4 进行验证。此时,只需进行选择性(样品)试验,以确认这些分析报告。

注 1: 用于故障评估的典型方法包括 IEC 60812 的故障模式分析以及 IEC 61025 的故障树分析。

注 2: 在复杂电路结构或元件情况下(例如,微处理器、完全冗余),故障的检查一般是在结构层次上进行。

装配电路板上短路的排除按 B.1.2 的相关规定。用于外部连接的相邻端子之间的短路的排除按 B.1.3 和 B.1.4 的相关规定。

### 5.3.2 1 型 ESPE

注: 目前没有考虑 1 型 ESPE 的要求。

### 5.3.3 2 型 ESPE

根据 4.2.2.3, ESPE 应承受单一故障,以确定导致危险状况(如检测能力丧失或响应时间延长)的故障能够通过周期检测功能被检出,并导致锁定状态。

配备有内部开启的周期检测功能时,应验证监控功能的故障受到检测,并导致锁定状态或引起至少一个 OSSD 进入断开状态。

### 5.3.4 3 型 ESPE

根据 4.2.2.4, ESPE 应承受单一故障,以确定故障通过 ESPE 进入锁定状态而受到检测,并且不发生危险失效。

当单一故障不能受到检测且又不能进行 5.3.1 规定的分析时,利用该故障作为初始故障,并依次叠加和撤销所有其他故障,对 ESPE 进入锁定状态并且没有危险失效发生的试验应继续进行。所有不能受到检测的单一故障都应进行试验。

多于两种故障的累积不必进行试验。

### 5.3.5 4 型 ESPE

根据 4.2.2.5, ESPE 应承受单一故障,以确定故障通过 ESPE 进入锁定状态而受到检测,并且不发生危险失效。

当单一故障不能受到检测且又不能进行 5.3.1 规定的分析时,利用该故障作为初始故障,并依次叠加和撤销所有其他故障,对 ESPE 进入锁定状态并且没有危险失效发生的试验应继续进行。所有不能受到检测的单一故障都应进行试验。

当连续的两个故障不能被检测出且又不能进行 5.3.1 规定的分析时,应依次对这些连续的两个故障,并依次叠加和撤销其他所有单一故障,继续进行试验,不应发生危险失效。所有不能被检测出的双重故障都应进行试验。

当多于三个的故障通常互相独立,并且按照特定的时间顺序出现的可能性很低时,则三个以上故障累积的试验不需要进行。

## 5.4 环境试验

### 5.4.1 额定电源电压

4.2.1 规定的设计措施,应通过检测予以验证。

用 4.2.1 规定的相关值, ESPE 应承受下列顺序的试验:

- a) ESPE 应配备最低额定电源电压,应进行 A 试验、B 试验;
- b) 电压应在 10 s~20 s 时段内,增加到最高额定电压,此时应进行 A 试验;



c) 达到最高试验电源电压后,应进行 B 试验。

对频率变化和谐波畸变的要求应通过试验或分析方法进行验证。

#### 5.4.2 环境温度变化和湿度

5.4.2.1 标志或随机文件中应规定不低于 50 °C 的最高环境试验温度和不高于 0 °C 的最低环境试验温度。

5.4.2.2 对于 ESPE 应依照下列顺序进行试验。

a) 使 ESPE 在 5.1.3.1 规定的条件下运行工作,应进行 A 试验,持续时间至少 2 h。A 试验结束时,应进行 B 试验。

b) 应使环境温度以不大于 0.3 °C/min 的速率上升到最高环境温度,在此期间应进行 A 试验。

c) 在最高环境温度下应进行 A 试验,持续时间至少 2 h。在此期间,应使湿度上升到 95%,并保持此湿度至少 1 h。A 试验之后,应进行 B 试验。

d) 应使环境温度以不大于 0.3 °C/min 的速率下降,同时使湿度保持在 95%,直到降至 20 °C 为止。在此过程中应进行 A 试验。

e) 应使环境温度以不大于 0.3 °C/min 的速率下降,但没有凝露发生,至降到最低环境温度为止。在此过程中应进行 A 试验。

f) 应在最低环境温度下进行 A 试验,持续时间至少 2 h。A 试验结束时应进行 B 试验。

g) 应使环境温度以不大于 0.3 °C/min 的速率上升到 5.1.3.1 所规定的温度,在此期间应进行 A 试验。

h) A 试验应在 5.1.3.1 所规定的温度下进行,持续时间至少 2 h。在 A 试验结束时应进行 B 试验。

5.4.2.3 ESPE 宜经受下列冷凝试验:

——ESPE 宜以额定电压供电,并放在温度为 5 °C 的实验室内,存放时间为 1 h;

——环境温度和相对湿度宜在 2 min 内分别达到 25 °C ± 5 °C 和 (70 ± 5)%;

——宜使用圆盘试件(见 4.2.13.3)进行持续时间为 10 min 的 C 试验;

——如果重起联锁可用,则在 C 试验期间不宜运行。

#### 5.4.3 电骚扰的影响

##### 5.4.3.1 电源电压波动

外部的电源电压和内部派生的各电源电压应按 4.3.2.1 的要求依次变动。在每项试验期间,必要时应进行 C 试验,以确认在降低电压时没有出现危险失效。

##### 5.4.3.2 电源电压中断

应进行 4.3.2.2 和表 2 规定的试验。每项试验持续的时间应足够长,以覆盖至少 10 次暂降,并使试验 1 及 2 进行 B 试验,试验 3 进行 C 试验。

##### 5.4.3.3 电压快速瞬变脉冲群

###### 5.4.3.3.1 总体要求

ESPE 应经受 4.3.2.3.1 规定等级的电快速瞬变脉冲群试验,依照 GB/T 17626.4—2018 的规定(对于直流电源端口、50 V 以下的交流电源端口和信号端口的耦合试验配置如 GB/T 17626.4—2018 中图 12 所示;其他交流电源端口的耦合如 GB/T 17626.4—2018 中图 14 所示)。

在各暴露期间,应进行 B 试验。

#### 5.4.3.3.2 附加试验

3 型或 4 型 ESPE 还应经受 4.3.2.3.2 规定等级的电快速瞬变脉冲群试验,依照 GB/T 17626.4—2018 的规定(对于直流电源端口、50 V 以下的交流电源端口和信号端口的耦合试验配置如 GB/T 17626.4—2018 中图 12 所示;其他交流电源端口的耦合如 GB/T 17626.4—2018 中图 14 所示)。

在各暴露期间,应进行 C 试验。

#### 5.4.3.4 电压快速瞬变浪涌

##### 5.4.3.4.1 总体要求

ESPE 应经受 4.3.2.4.1 规定等级的浪涌(冲击)试验,依照 GB/T 17626.5—2019 的规定(信号端口的耦合试验配置如 GB/T 17626.5—2019 中图 9 或图 10 所示;直流电源和 50 V 以下的交流电源端口的耦合试验配置如 GB/T 17626.5—2019 中图 6 所示;其他交流电源端口如 GB/T 17626.5—2019 中图 5 和图 6 所示)。

在各暴露期间,应进行 B 试验。

##### 5.4.3.4.2 附加试验

3 型或 4 型 ESPE 还应经受 4.3.2.4.2 规定等级的浪涌(冲击)试验,依照 GB/T 17626.5—2019 的规定(信号端口的耦合试验配置如 GB/T 17626.5—2019 中图 9 或图 10 所示;直流电源和 50 V 以下的交流电源端口的耦合试验配置如 GB/T 17626.5—2019 中图 6 所示;其他交流电源端口如 GB/T 17626.5—2019 中图 5 和图 6 所示)。

在各暴露期间,应进行 C 试验。

#### 5.4.3.5 电磁场

##### 5.4.3.5.1 一般试验

ESPE 应经受 4.3.2.5.1 规定等级的电磁场试验,依照 GB/T 17626.3—2016 中 5.1 的规定。在置于严厉等级为 3 的测试期间,应进行 B 试验。

注:此试验结果取决于环境结构,与 ESPE 安装在机械上所得结果可能有差异。

##### 5.4.3.5.2 附加试验

3 型和 4 型的 ESPE 还应经受 4.3.2.5.2 规定等级的电磁场试验,依照 GB/T 17626.3—2016 中 5.2 的规定。在置于严厉等级为 4 级的测试期间,应进行 C 试验。

注:此检验结果取决于环境结构,与 ESPE 安装在机械上所得结果可能有差异。

#### 5.4.3.6 射频场感应的传导骚扰

##### 5.4.3.6.1 一般试验

ESPE 应经受 4.3.2.6.1 规定等级的传导性射频骚扰试验,依照 GB/T 17626.6—2017 的规定。在各暴露期间,应进行 B 试验。

##### 5.4.3.6.2 附加试验

3 型或 4 型 ESPE 还应经受 4.3.2.6.2 规定等级的传导射频骚扰试验,依照 GB/T 17626.6—2017 的

规定。在各暴露期间,应进行 C 试验。

#### 5.4.3.7 静电放电

##### 5.4.3.7.1 一般试验

ESPE 应经受 4.3.2.7.1 规定等级的静电放电试验。依照 GB/T 17626.2—2018 的规定。在各暴露期间,应进行 B 试验。

##### 5.4.3.7.2 附加试验

3 型或 4 型 ESPE 还应经受 4.3.2.7.2 规定等级的静电放电试验,依照 GB/T 17626.2—2018 的规定。在各暴露期间,应进行 C 项试验。

#### 5.4.4 机械影响

##### 5.4.4.1 振动

5.4.4.1.1 试验样品应经受 GB/T 2423.10—2019 规定的振动试验。

试验条件如下:

- 频率范围:10 Hz~55 Hz;
- 扫描速度:1 倍频程/min;
- 振幅:0.35 mm±0.05 mm,试验应在无减振装置的情况下进行;
- 扫描次数:每轴为 20 次,三轴(没有因共振频率产生延迟)。

5.4.4.1.2 每轴都应进行以下限定功能试验:

- A 试验应在最初和最后的扫描期间进行;
- 进行 B 试验,试件应在第二次扫描开始时进入检测区,并在第 19 次扫描结束时移开。

注:如果 VBPD 的成像传感器不准备安装在机械上(即不准备使其承受大的振动),根据 VBPD 的预期应用,A 试验振动的幅度和频率水平可降低。这种情况下,可用 C 试验代替 B 试验。

5.4.4.1.3 试验结束时,宜检查 VBPD 未受到损坏,包括光学零部件和安装支架的位置变动。宜通过试验验证检测区的方向、尺寸和位置没有变化。

##### 5.4.4.2 冲击

5.4.4.2.1 试验样品应经受 GB/T 2423.5—2019 规定的冲击试验(半正弦冲击)。

试验条件如下:

- 加速度:10 g;
- 脉冲持续时间:16 ms;
- 冲击次数:3 轴的每轴正、负方向各为 1 000 次±10 次。

5.4.4.2.2 各轴应进行下列试验:

- 在最初的和最后的 100 次±10 次的每次冲击期间,应进行 A 试验;
- 应在最初的 100 次±10 次冲击之后,把试件放入检测区,进行 B 试验。

注:如果 VBPD 的成像传感器不准备安装在机械上(即不准备使其承受强烈的碰撞),根据 VBPD 的预期应用,A 试验的试验条件可降低。这种情况下,可用 C 试验代替 B 试验。

5.4.4.2.3 试验结束时,宜检查 VBPD 未受到损坏,包括光学零部件和安装支架的位置变动。宜通过试验验证检测区的方向、尺寸和位置没有变化。

### 5.4.5 外壳

5.4.4 的试验完成后,4.3.4 对于防护等级的要求应按照 GB/T 4208—2017 的规定进行试验。其余的要求应通过检查予以核实。

### 5.4.6 光干扰

#### 5.4.6.1 总体要求

每项试验都宜在供方规定的最小和最大工作距离下进行,同时将供方声称的工作条件作为最低要求。下列情况下,附加试验应在工作距离和环境条件的不同组合下进行:

- 供方声称具有较高的抗干扰等级的,宜在那些等级使用适当的光源通过试验对此进行验证;
- 分析表明这类试验是必要的。

试验配置需要环境光时,该光宜取自白炽光源或自然照明。

注:下列试验过程中,除非另有规定,否则光强限定值包括环境光和指示光源提供的光的组合。

#### 5.4.6.2 光源

光源(对背景图案产生影响的)应满足下列要求:

- a) 白炽光源:具有下列界限内特性的钨卤素(石英)灯:
  - 1) 色温:3 000 K~3 200 K;
  - 2) 额定输入功率:500 W~1 000 W;
  - 3) 额定电压:100 V~250 V 之间的任意值;
  - 4) 电源电压:额定电压 $\pm 5\%$ ,50 Hz/60 Hz 正弦交流;
  - 5) 标称长度:150 mm~250 mm。
- b) 工频荧光源:具有下列界限内特性的直管荧光灯管(工作时无反射或漫反射):
  - 1) 尺寸:T8 $\times$ 600 mm(标称直径 25 mm);
  - 2) 额定功率:18 W~20 W;
  - 3) 色温:5 000 K~6 000 K;
  - 4) 工作在额定电源电压 $\pm 5\%$ 范围内,50 Hz/60 Hz 正弦交流。
- c) 高频荧光源:具有下列界限内特性的直管荧光灯管(工作时无反射或漫反射):
  - 1) 尺寸:T8 $\times$ 600 mm(标称直径 25 mm);
  - 2) 额定功率:18 W~20 W;
  - 3) 色温:5 000 K~6 000 K;
  - 4) 工作在额定电源电压 $\pm 5\%$ 范围内,50 Hz/60 Hz 正弦交流,与工作频率在 30 kHz~40 kHz之间的电子镇流器一同使用。
- d) 闪烁灯光源:使用氙闪烁管(无外壳、反射器或滤波器)的闪烁灯,具有下列界限内的特性:
  - 1) 闪烁持续时间:40  $\mu$ s ~ 120  $\mu$ s(在半光强点测量);
  - 2) 闪烁频率:0.5 Hz~2 Hz;
  - 3) 单次闪烁输入的能量:3 J~5 J。
- e) 频闪光源:使用氙闪烁管(无外壳、反射器或滤波器)的频闪光源,具有下列界限内的特性:
  - 1) 闪烁持续时间:5  $\mu$ s~30  $\mu$ s(在半光强点测量);
  - 2) 闪烁频率:5 Hz~200 Hz(范围可调);
  - 3) 单次闪烁输入的能量:0.05 J(频率为 200 Hz)~0.5 J(频率为 5 Hz)。

### 5.4.6.3 试验顺序

#### 5.4.6.3.1 试验顺序 1:

- a) ESPE 正常工作;
- b) 接通干扰光;
- c) B 试验;
- d) 切断 ESPE 电源 5 s 后,恢复供电,如果装有起动联锁,使起动联锁复位;
- e) B 试验;
- f) 切断干扰光;
- g) B 试验。

#### 5.4.6.3.2 试验顺序 2:

- a) ESPE 正常工作;
- b) 接通干扰光;
- c) 重复 C 试验 1 min;
- d) 切断 ESPE 电源 5 s 后,恢复供电,如果装有起动联锁,使起动联锁复位;
- e) 重复 C 试验 1 min;
- f) 切断干扰光;
- g) 重复 C 试验 1 min。

#### 5.4.6.3.3 试验顺序 3:

- a) ESPE 正常工作;
- b) 接通干扰光;
- c) 重复 C 试验 3 min。

### 5.4.6.4 正常工作

当使用下列每种类型的干扰光(置于敏感区外)按 5.4.6.3.1 试验时,ESPE 宜能继续正常工作。

——5.4.6.2 规定产生均匀光强的白炽光源,该光强度比从背景表面反射的 500 lx 的环境光高出 250 lx(见图 5 所示的白色背景和用于测量反射光的照度计——位于背景表面以上 1 m 处)。

——5.4.6.2 规定的闪烁光源,宜置于敏感区的界限之外,距传感器光轴至少 3 m,距敏感区底面的高度至少 2 m。

——5.4.6.2 规定产生均匀光强的荧光源,该光强度比从背景表面反射的 500 lx 的环境光高出 250 lx(见图 5 所示的白色背景和用于测量反射光的照度计——位于背景表面以上 1 m 处)。

——5.4.6.2 规定的单一白炽光源,并将一个圆形物体置于该光源前面,在敏感区以外的被动图案上形成一个阴影。该阴影的尺寸宜大于检测能力但应小于被动图案面积的 50%,与被动图案最亮部分的比值约为 5:1。

试验宜在最大检测区内按表 9 所示的距离进行。照度测量宜在检测区的中心位置进行。

在无白色背景的条件下进行试验。

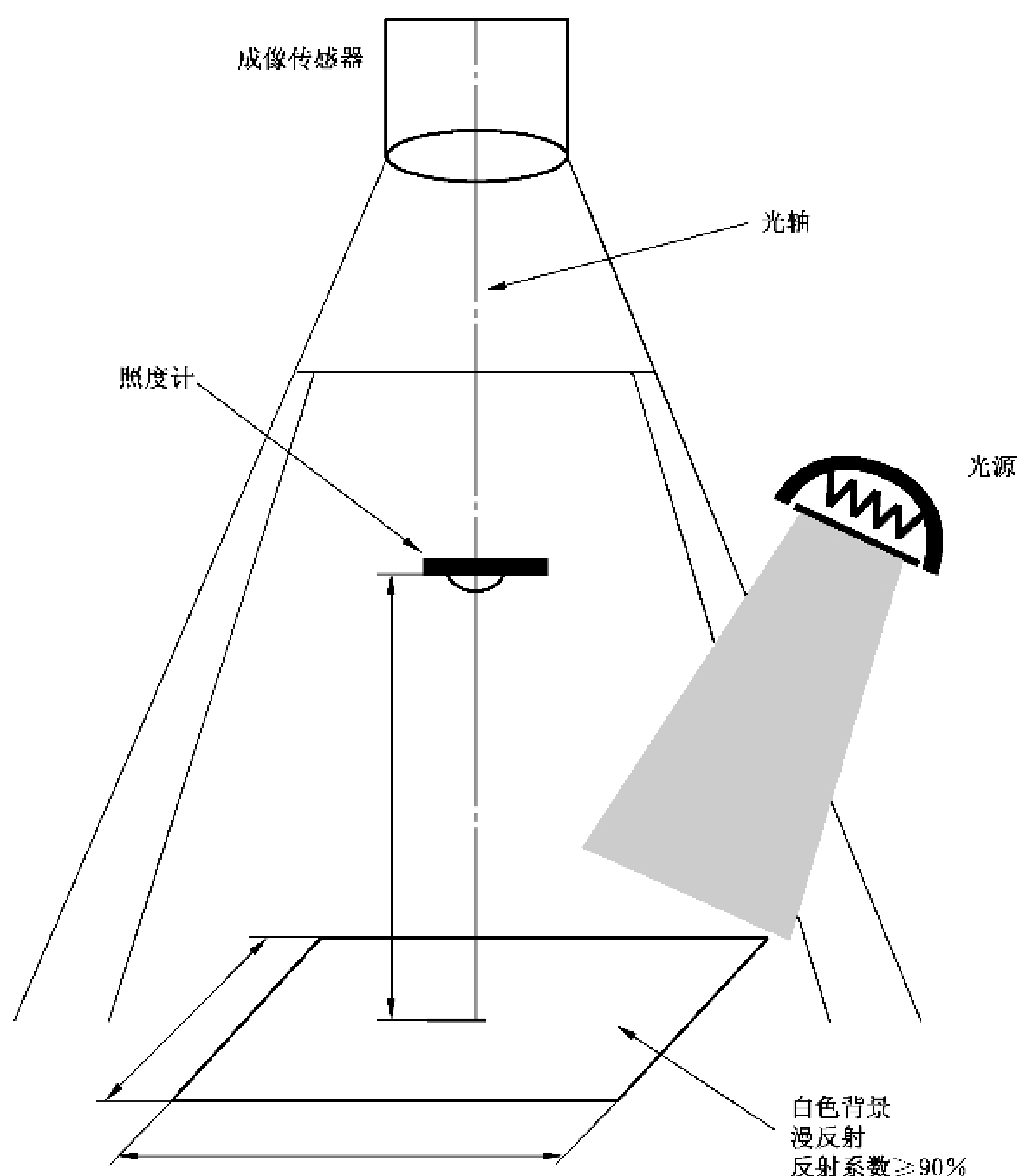


图5 间接光照试验下照度测量的设置

#### 5.4.6.5 间接光(图案)引起的危险失效

当使用下列每种类型的干扰光(置于敏感区外)按 5.4.6.3 的试验顺序 2 试验期间,ESPE 不宜出现危险失效。

- 5.4.6.2 规定产生均匀光强的白炽光源,该光强度比从背景表面反射的 500 lx 的环境光高出 1 000 lx(见图 5 所示的白色背景和用于测量反射光的照度计——位于背景表面以上 1 m 处)。
- 5.4.6.2 规定的频闪光源,该光源宜置于敏感区的外界,距传感器光轴至少 3 m,距敏感区底面的高度至少 2 m。
- 5.4.6.2 规定产生均匀光强的荧光源,该光强度比从背景表面反射的 500 lx 的环境光高出 500 lx(见图 5 所示的白色背景和用于测量反射光的照度计——位于背景表面以上 1 m 处)。
- 5.4.6.2 规定的单一白炽光源,并将一个圆形物体置于该光源前面,在敏感区以外的被动图案上形成一个阴影。该阴影的尺寸宜大于检测能力但应小于被动图案面积的 50%,与被动图案最亮部分的比值约为 10 : 1。

试验宜在最大检测区内按表 9 所示的各自工作距离进行。照度测量宜在检测区的中心位置进行。在无白色背景的条件下进行试验。

#### 5.4.6.6 直接光干扰(传感器)引起的危险失效

当使用下列每种类型的干扰光(置于检测区外靠近边界线处)按 5.4.6.3.2 的试验顺序 2 试验期间,ESPE 不宜出现危险失效:

——5.4.6.2 规定产生 3 000 lx 均匀光强的白炽光源；

——5.4.6.2 规定的频闪光源，该光源宜置于敏感区的外界，距传感器光轴至少 3 m，距敏感区底面的高度至少 2 m；

——5.4.6.2 规定产生光强 1 000 lx 的荧光源。

当可设置检测区时，光源宜被限制于检测区之外但却在敏感区之内。试验应按表 9 所示的各自工作距离进行。照度测量宜在成像传感器的附近进行。

#### 5.4.6.7 减弱照明引起的危险失效

VBPD 正常工作期间，环境光强逐步减弱并超出由 5.2.9 分析所确定的强度范围。在光强等级的每一级宜进行 A 试验和 C 试验。

#### 5.4.7 污染干扰

宜对 VBPD 的设计进行系统分析，确定适合 4.3.6 的试验和试验方法。宜进行这些试验以确认没有危险失效发生。

#### 5.4.8 被动图案的变化

宜对 VBPD 的设计进行系统分析，确定适合 4.3.7 的试验和试验方法。宜进行这些试验以确认没有危险失效发生。

#### 5.4.9 人工干扰

宜对 VBPD 的设计进行系统分析，确定适合 4.3.8 的试验和试验方法。宜进行这些试验以确认没有危险失效发生。

#### 5.4.10 检测区内的光遮挡

宜对 VBPD 的设计进行系统分析，确定适合 4.3.9 的试验和试验方法。宜进行这些试验以确认没有危险失效发生。

### 5.5 可编程或复杂集成电路的验证

#### 5.5.1 总体要求

本条涉及 4.2.10 和 4.2.11 要求的验证，以及 5.3.1 要求的分析报告的陈述。

验证应由独立于系统设计、硬件设计和软件设计各方面负责的主管人员进行。应当编制书面验证报告。

注：验证提供了独立的确认，已经达到了特定的要求。该过程旨在确认设计中的系统故障已避免，在产品生命周期内（包括以后修改）维护安全性能的程序已到位，ESPE 的设计符合故障检测要求且与其类型相适应。

#### 5.5.2 复杂或可编程集成电路

对于采用集成电路（复杂或可编程）的 4 型 ESPE，应通过分析确认下列要求：

- a) 至少有两个独立的决策通道；
- b) 在所有适用的故障条件下，都应保持检测通道之间的差异，引发锁定状态。

#### 5.5.3 集成电路的软件、编程和功能设计

验证和确认应符合选择的开发标准（见 4.2.11.2）。

#### 5.5.4 试验结果分析陈述

当采用分析去定义 5.3 所要求的任何试验结果时,所使用技术的充分性、适用性和有效性应确认。所用方法的正确实施应通过重复随机选择的分析部分来验证。

## 6 识别标志和安全使用标志

### 6.1 总体要求

6.1.1 依据 GB/T 15706—2012 中 6.4.4,ESPE 的所有部件应有下列必要的信息:

- 为其明确地识别;
- 为其安全使用和补充信息(适用时);
- 永久在 ESPE 上;
- 随附文件中,如说明书;
- 包装上。

6.1.2 ESPE 最适合部分的外壳应带有以下永久性标志:

- a) 产品标识,包括供方名称和地址、系列或类型名称、序列号和制造年份;
- b) 检测区参数,例如尺寸;
- c) 检测能力;
- d) 响应时间;
- e) 额定电压包括相数和频率;
- f) 额定输入功率(若大于 25 W)或额定电流;
- g) IP 代码;
- h) 仅用于 II 类设备,电击防护的分类符号;
- i) 危险电压引起危险的警告标志;
- j) 符合 4.1.3 规定的 ESPE 类型;
- k) PL 和/或 SIL(符合 GB/T 16855.1—2018 和/或 GB 28526—2012);
- l) 检测区的指示。

上述 b)、c)、d)、j) 有关标志的要求可有选择地在随附文件中给出。

### 6.2 专用电源供电的 ESPE

当 ESPE 设计为由外部专用电源供电时,已经试验过的专用电源的型号或类型的细节应永久标记在 ESPE 最适合部件的外壳上和/或包含在使用说明中。

### 6.3 内部电源供电的 ESPE

由内部电源供电的 ESPE 应标记电源熔丝的额定电流,(如果适用)标记在 ESPE 最适合部件的外壳上。

### 6.4 调整

当可调节 ESPE 以适应不同的额定电压或不同的输入时,显示 ESPE 调节的电压或输入的标志在调节点应清晰易辨。

### 6.5 外壳

任何包含电气装置的外壳应按照 GB/T 5226.1—2019 中 16.2 标记警告标志。



## 6.6 控制装置

6.6.1 开关、指示灯和其他控制装置的标记应放置在这些部件附近；不应将其放置在可更换的可拆卸部件上，使标记有误导性。

6.6.2 控制和指示装置的功能标识应符合 GB/T 5226.1—2019 中 16.3。

6.6.3 任何电源开关的位置应按照 GB/T 5226.1—2019 中 5.3.1 进行标记。

6.6.4 在安装期间或安装后用于调整特性的装置，应设置调整方向的标记以增加或减少该特性的值。也见 GB/T 4205—2010。

## 6.7 端子标记

6.7.1 安装时使电缆进行连接的端子，或 ESPE 维护后重新建立的端子应标出并与简图相关。

6.7.2 提供与 ESPE 和用户可替换部件相关的外部连接的端子应标记并与简图相关。

6.7.3 引入电源连接的所有端子应按照 IEC 60445 进行标记。

6.7.4 保护导体连接点应按 GB/T 5226.1—2019 的 8.2.4 进行标记。该标志不应放置在螺钉、可拆卸垫圈或其他可能在导体连接/断开时拆下的部件上。

6.7.5 当 ESPE 连接到两个以上的电源导体时，应提供连接图，固定在 ESPE 上，除非正确的连接方式是明显的。

6.7.6 如果多于一个电源接入 ESPE，标志应包括警告：在端子盖卸下之前应断开所有电源。

## 6.8 标志耐久性

标志应能够承受本文件定义的与工业环境相关的温度和湿度以及液体（例如水、肥皂水、机油、汽油等）的环境影响。

标志应能承受用汽油浸泡的布片和在水中浸泡的布片轻轻搓擦 15 s。

## 7 随附文件

ESPE 供方应提供以供方和用户双方同意的语言书写的文件。

随机文件应包含 ESPE 的安装、使用和后续处理所需要的资料，适当时包含下列信息。

- a) ESPE 内部生成的电源上不应连接其他装置的说明。
- b) 附录 A 中所描述的 ESPE 已经包含的选择性功能的详细情况。
- c) 用于连接停止性能监控器（若配备时）的设施的说明。
- d) 需要时，2 型 ESPE 使用外部测试信号方法的信息（见 4.2.2.3）。
- e) 若配备了调整、操作或进入的安全钥匙或特殊工具，建议由担负责任的或经过授权的人管理控制。
- f) 试件的尺寸和类型及测试方法，或检查检测能力和可见指示灯工作的其他方法的说明。
- g) 响应时间。  
当使用安全相关通信接口时，应对确定整个系统响应时间的方法予以说明。
- h) ESPE 额定工作条件包括：
  - 1) 温度范围；
  - 2) 湿度；
  - 3) 电压范围；
  - 4) 各分部件之间的间隔距离范围和相互连接电缆的最大长度。
- i) 防止敏感功能相互干扰的建议。

- j) 表明继电器开关动作顺序的框图、功能图表。
- k) 所有输入/输出端子的位置。
- l) 所有输入/输出端子的额定值和特性。
- m) OSSDs(和 SSDs,若配备时)能够对阻性、容性或感性负载转换的最小与最大的电压和电流,及在带有该负载时的最大转换速率,和取决于负载的预期寿命。
- n) 用户使用供方推荐的零部件进行维修的资料。
- o) 如果适用,有关输入电缆和终端连接的特殊要求。
- p) ESPE 总负载/功率的要求。
- q) 移动和维修此类设备所需周围空间的详细情况。
- r) 由供方规定的用户可替换的零部件一览表。
- s) 颜色和编码系统的列表(见 GB/T 5226.1—2019)。
- t) 该设备的外形尺寸。
- u) 使用说明书。
- v) 检测区的位置和尺寸,和其他功能界限的定义。
- w) 为使此类装置正确运行,提供在安装后、维修后或周期性的检查时间表。
- x) 确保维持正确运行的常规测试方法和频次。
- y) 外壳 IP 等级的说明,或当 ESPE 预期安装在机械控制装置的外壳内时,按照 4.3.4 要求的外壳最低 IP 等级。
- z) ESPE 预期特殊应用的清楚说明。
  - aa) 所推荐的 2 型 ESPE 周期检测之间的最大间隔周期。
  - bb) 远离 ESPE 安装并与 ESPE 相连的开关、控制装置和指示灯的安装和装配说明。
  - cc) 重新起动联锁部件应设置于有关危险区的说明。
  - dd) 敏感功能部件应设置于有关危险区,以及这些部件与危险区之间的安全距离的确定方法(如计算公式)的说明。
  - ee) 有关 ESPE 怎样与机械控制系统相连接的说明。
  - ff) 任何必需考虑的特别预防措施的具体情况。
  - gg) ESPE 所需的空间尺寸。
  - hh) 支撑和固定 ESPE 的支架的尺寸和定位。
  - ii) ESPE 的各部件和相邻设施的部件之间的最小间距。
  - jj) ESPE 至电源的连接方法,和各分立部件之间相互连接的方法,若存在时。
  - kk) 若使用时,4.2.4.3 规定的固态输出的适当连接信息。  
通信接口(4.2.4.4)集成于 ESPE 时,应当提供适当整合所需的工作极限和时序特性。
  - ll) 提供屏蔽功能(监控的、非监控的、固定的或浮动的)或检测能力的调整功能时,应对这些功能的预期使用做出说明。
  - mm) PFH<sub>D</sub>(见 GB 28526—2012 和/或 GB/T 16855.1—2018)或其他相关信息(如可靠性数据)应与必要信息一起提供,以考虑受应用影响寿命的部件(例如最大操作次数和负载特性)。
  - nn) 安装人员应验证被动图案(被动模式)的视野未被机械或其他物体的部件遮挡。
  - oo) 说明检测能力维度应该加入到 GB/T 19876—2012 的安全距离计算中。这是因为响应时间规范假设物体在其检测到之前可能完全进入检测区内。
  - pp) 制造商应告知用户本文件未涵盖的潜在问题。

**附 录 A**  
**(规范性)**  
**ESPE 的选择性功能**

### A.1 总体要求

ESPE 可能包含附加的功能,或在安全相关控制系统中安排执行功能的装置。ESPE 和专门用来执行这些可选择功能的任何分立装置都应符合本文件的要求。

注:当这些可选择功能不是专门作为 ESPE 的组成部分而是由分立的装置执行时,这些分立的装置符合其他适当标准(例如,GB/T 16855.1—2018、GB/T 20438(所有部分)、GB 28526—2012)的有关要求。此种情况下,本附录的要求连同其他标准可作为使用指南。

可选择的装置或功能如下:

- 外部装置监控(按 A.2 的相关规定);
- 停止性能监控器(按 A.3 的相关规定);
- 副开关电器(SSD)(按 A.4 的相关规定);
- 起动联锁(按 A.5 的相关规定);
- 重新起动联锁(按 A.6 的相关规定);
- 抑制(按 A.7 的相关规定);
- 用于重新起动机械的 ESPE(按 A.8 的相关规定)。

下列要求是最低要求,可能不满足所有的应用。作为风险评估的结果,这些要求需要与其他标准(如 GB/T 5226.1—2019、GB/T 16855.1—2018)的相关要求结合使用。

在由安全相关数据接口为选择性功能提供信号的场合,如果相同的功能由具有适应 ESPE 类型或安全相关功能的安全完整性等级(SIL)要求限度的安全相关通信系统实现,可不考虑 ESPE 硬连接的要求。其他的要求不变。

注:安全完整性等级要求限度 SIL3 适合于 4 型 ESPE,SIL2 适合于 3 型 ESPE,SIL1 适合于 2 型 ESPE。

### A.2 外部装置监控(EDM)

#### A.2.1 功能要求

EDM 应提供对外部触点(如最终开关电器 FSDs 或 MPCEs)状态监控的方法。

当正受 EDM 监控中的某个装置被检测为错误状态时,ESPE 应进入锁定状态。

#### A.2.2 故障状态的要求

ESPE 应按照 4.2.2 对 EDM 的故障做出响应。

#### A.2.3 验证

应通过检查及试验进行如下验证:

- 对于预期使用 EDM 的装置的监控,ESPE 中应提供必要的措施;
- 当任何一个被监控的装置正处于错误状态时,ESPE 应进入锁定状态;
- ESPE 应根据 4.2.2 对 EDM 出现的故障做出响应。

#### A.2.4 使用信息

ESPE 供方应提供用于 EDM 连接到适当装置上的说明,同时也应规定需安装 EDM 要使用的任何装置的类型。有些场合对受监控的装置要求特殊性能(如机械地连接的触头、复式输入、N/O、N/C),对这些应做出规定。

除非外部触点的响应时间受到监控,否则,使用信息应提示需要采取监控触点响应时间的外部措施。

### A.3 停止性能监控器(SPM)

#### A.3.1 功能要求

SPM 应对 ESPE 提供有关机械危险部件进入停止状态或恢复到安全状态所用时间或运行量的信号。当 SPM 的信号显示预置的停止性能极限已被超出时,ESPE 应进入锁定状态。

对 4 型 ESPE,SPM 应提供至少两个信道至 ESPE。每个信道都应能够引发 ESPE 的锁定状态。

SPM 应使用自动的停止性能测试,以监控整套系统的停止性能。

当敏感装置实际地或模拟地触发时,SPM 应能立即响应来自 ESPE 的信号,开启自动的停止性能测试。

SPM 的预置极限可进行调整的任何方法,应要求使用钥匙、关键字或专用工具。

#### A.3.2 故障状态的要求

在下列任何条件下,ESPE 都应进入锁定状态:

- 当不能进行或不能完成自动测试时;
- 当到达停止性能监控器的运动传递失效时,或当复式传递装置中的任一装置失效时;
- 当停止性能监控器与 ESPE 分离时。

#### A.3.3 验证

通过检查进行下列验证:

- 当停止性能预置极限被超出时,SPM 输出的信号将使 ESPE 进入锁定状态;
- 使用 4 型 ESPE 时,从 SPM 到 ESPE 应至少拥有两个独立的信号源,且任一信号源失效均导致锁定状态;
- 作为对 ESPE 信号的响应,SPM 开启自动测试;
- 敏感功能实际地或模拟地触发,ESPE 开启自动的 SPM 测试;
- 任何调整方法都要求使用钥匙、关键字或专用工具;
- 当自动测试不能进行或没有完成时,进入锁定状态;
- 当任何一种运动装置的传递出现失效时,进入锁定状态;
- 当 SPM 从 ESPE 或从安全相关的控制系统中分离时,进入锁定状态;
- 标志符合 A.3.4 的规定并正确无误。

#### A.3.4 标志

供方应将 SPM 贴上永久性标志。标志包含下列信息:

- 供方的名称和地址;
- 型号和系列号;

- SPM 配用的 ESPE 的型号；
- 装置的精度。

#### A.4 副开关电器(SSD)

##### A.4.1 功能要求

当 ESPE 的电源被切断或当 ESPE 处于锁定状态时,SSD 应处于断开状态。

SSD 执行安全相关功能的能力应通过自动地测试进行检查,此测试应在 ESPE 接通电源且在 OSSD 进入接通状态之前进行。

##### A.4.2 故障状态的要求

如果 A.4.1 所说的自动测试表明 SSD 无法进入断开状态时,OSSD 应仍保持断开状态。

##### A.4.3 验证

通过检查和试验,进行下列验证:

- 故障情况下,如当 SSD 被约束在保持导通状态且当 ESPE 通电时,OSSD 应保持在断开状态,即使进行复位时;
- 在锁定条件下,SSD 处于断开状态。

#### A.5 起动联锁

##### A.5.1 功能要求

当电源接通,或被中断后再恢复时,起动联锁应阻止 OSSD 进入接通状态。

OSSD 的断开状态,应一直保持到起动联锁被人工(如通过开关操作,或通过对敏感装置的触发和撤销触发)复位到接通时。

在锁定状态下,起动联锁的复位不应使 OSSD 恢复到接通状态。

##### A.5.2 故障状态的要求

引起起动联锁进入或永久保持接通状态的起动联锁的失效,应使 ESPE 进入或保持锁定状态。

##### A.5.3 验证

通过检查和试验进行下列验证:

- 起动联锁装置处于断开状态时,OSSD 处于断开状态;
- 当电源接通时,OSSD 的断开状态一直持续到人工操作此起动联锁装置时;
- 当电源的中断时间足以使 OSSD 进入断开状态后,再当恢复供电时,OSSD 应保持断开状态,直到对起动联锁装置进行人工操作时;
- 在锁定状态下,对起动联锁的复位不允许 OSSD 进入接通状态;
- 起动联锁装置出现故障时,开启锁定状态。

##### A.5.4 指示

起动联锁装置阻止 OSSD 进入接通状态时,配备的黄色指示灯应点亮。

## A.6 重新启动联锁

### A.6.1 功能要求

下列情况下,重新启动联锁装置应阻止 OSSD 进入接通状态:

- 当机械运行正处于其工作循环的危险阶段时,检测区被中断;
- 当机械处于自动或半自动方式时,检测区被中断;
- 当机械的工作模式或操作方式改变时。

这种联锁状态应一直持续到重新启动联锁装置被人工复位时。然而,当敏感装置被触发时,重新启动联锁装置不应复位。

### A.6.2 故障状态的要求

不能满足 A.6.1 的功能要求时,应导致 ESPE 进入锁定状态。

### A.6.3 验证

通过检查和试验进行下列验证:

- 当重新启动联锁装置处于断开状态时,OSSD 处于断开状态;
- 当敏感装置被触发期间,重新启动联锁装置将不能复位到接通状态;
- 危险机械运行期间敏感装置触发时,重新启动联锁装置进入断开状态;
- 当机械的工作模式或操作方式改变时,重新启动联锁装置进入断开状态;
- 当重新启动联锁装置失效时,则开启锁定状态。

### A.6.4 指示

重新启动联锁装置阻止 OSSD 进入接通状态时,配备的黄色指示灯应点亮。

## A.7 抑制

### A.7.1 功能要求

A.7.1.1 当 ESPE 处于抑制状态,对敏感装置触发时,OSSD 应保持接通状态。

A.7.1.2 应提供至少两个独立的硬连接的信号源来用以开启抑制功能。OSSD 已处于断开状态时,抑制功能应不能被开启。

A.7.1.3 抑制功能仅应通过抑制信号的正确顺序和/或时序才能被开启。抑制信号出现冲突时,ESPE 应不允许抑制发生。

A.7.1.4 应提供至少两个独立硬连接抑制信号源用以终止该功能。一旦任意一个抑制信号改变状态时,抑制功能则应终止。抑制功能的终止不应仅依赖于 ESPE 检测区的无遮挡状态。

注:开启和停止抑制功能的信号源可是同一个。

A.7.1.5 在抑制发生期间,抑制信号应连续地存在。当抑制信号不能连续存在,顺序出错或/和预定时限超出时,应导致进入锁定状态或重新启动联锁状态。

注:对于某些应用场合(例如传送机械和包装机械),抑制能够通过旁路(覆盖)功能予以提供。为了清除机械设备上抑制传感器所在区域的堵塞物,该功能允许抑制功能被进一步使用。只有当至少有一个抑制传感器被触发时,才有可能触发该旁路功能。出现单一故障时不能开启该旁路功能。该旁路功能在正确的抑制信号顺序被识别,预定时限超出时,或者当确定的抑制区域是畅通的和正常工作能恢复时,立即自动被取消。对于旁路功能的触发使用持续作用式装置,该装置被放置在操作者能够看得到危险点的位置处。

### A.7.2 故障状态的要求

按照 4.2.2 的规定,抑制功能中的故障应当被检测,至少不允许有另外的抑制状况发生。

### A.7.3 验证

通过检查和测试验证:

- 在抑制状态下,触发敏感装置时,OSSD 保持接通状态;
- 有两个独立的硬连接的抑制信号源来开启和终止抑制功能,并且无论何时,无效的信号组合出现时,抑制状态被阻止;
- 对于 2 型 ESPE,任何能够导致抑制状态一直持续的失效,能够通过周期检测被显示。这类失效被检测到时,抑制状态的持续状况被阻止;
- 当两个“停止抑制”信号中的任意一个改变状态时,抑制功能即终止。

### A.7.4 指示

应提供抑制状态的信号或指示灯(某些应用中,抑制的指示信号是必需的,见 GB/T 16855.1—2018 的 5.2.5)。

## A.8 用于重新启动机械的 ESPE

### A.8.1 总体要求

除了作为保护装置使用之外,ESPE 还能用于起动机械设备运行。可使用的起动操作方式如下:

- 对敏感装置一次触发和撤销触发重新启动机械设备运行,被称为单次中断;
- 对敏感装置两次连续地触发和撤销触发重新启动机械设备运行,被称为双重中断。

这一选择功能作为 ESPE 的组成部分被提供时,还应对 ESPE 提供 A.5 规定的起动联锁功能和 A.6 规定的重新启动联锁功能。

### A.8.2 功能要求

ESPE 的功能要求包括:

- a) 当 ESPE 的电源接通或中断后再恢复时,在起动联锁装置复位之前,不能使用 A.8.1 所述的任何一种操作方式;
- b) 在危险运行期间敏感装置触发后,在重新启动联锁装置复位之前,不能使用 A.8.1 所述的任何一种操作方式;
- c) 对于机械设备运行的连续重新启动,只应在限定的时间内方可使用 A.8.1 所述的任何一种操作方式;
- d) 当选择双重中断方式执行重新启动时,在任何顺序的事件或动作情况下,都不能通过单次中断方式实现重新启动;
- e) 如果超出了 c) 中所述的限定时间,在重新启动联锁装置复位之前,机械不能重新启动;
- f) 当重新启动方式改变之后,在重新启动联锁装置复位之前,不能使用 A.8.1 所述的任何一种操作方式重新启动机械;
- g) 应提供通过外部方式对控制 c) 所述限定周期的定时器进行复位的装置;
- h) 对于定时器的调整方法,应要求使用钥匙、关键字或专用工具。

注:连续的重新启动所允许的时间长度,对于循环时间小于 5 s 的机械设备,不超过 30 s。

### A.8.3 故障状态的要求

附录 B 所列的任何导致机械重新启动方式改变的故障,应至少导致起动联锁或重新启动联锁起作用。

### A.8.4 验证

通过检查和试验进行下列验证:

- ESPE 的电源接通或中断了再恢复后,在起动联锁装置复位之前,不能使用 A.8.1 所述的任何一种操作方式;
- 在危险运行期间敏感装置触发后,在重新启动联锁装置复位之前,不能使用 A.8.1 所述的任何一种操作方式;
- 只应在限定的时间内使用 A.8.1 所述的任一操作方式才能连续重新启动机械;
- 当选择双重中断方式执行重新启动时,在任何顺序的事件或动作情况下,都不能通过单次中断方式实现重新启动;
- 当重新启动方式改变之后,在重新启动联锁装置复位之前,不能通过 A.8.1 所述的任何一种操作方式使机械重新启动;
- 提供了由外部方式对控制上述限定周期的定时器进行复位的装置;
- 定时器的调整应在需要使用工具才能进入的外壳中;
- 附录 B 所列的导致机械重新启动方式改变的故障,应至少引起起动联锁或重新启动联锁起作用。



附 录 B

(规范性)

影响 ESPE 的电气设备的单一故障一览表

**B.1 总体要求**

本附录所列故障不是排他性的,必要时应考虑附加故障。对于附录 B 中未提及的新部件,应进行故障模式和效果分析,以确定这些部件应考虑故障。

**B.2 导线和连接器**

按照 GB/T 16855.2—2015 的 D.2 的规定。

**B.3 开关**

按照 GB/T 16855.2—2015 的 D.2 的规定。

**B.4 分立电气元件**

按照 GB/T 16855.2—2015 的 D.2 的规定。

**B.5 固态电气元件**

按照 GB/T 16855.2—2015 的 D.2 的规定。

**B.6 电动机**

电动机故障见表 B.1。

表 B.1 电动机故障一览表

序号	考虑到的故障
1	电动机停止
2	速度高于额定值
3	速度低于额定值

参 考 文 献

- [1] GB/T 4205—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则
  - [2] GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求
  - [3] GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
  - [4] IEC 60050-192:2015 International electrotechnical vocabulary—Part 192:Dependability
  - [5] IEC 60812 Failure modes and effects analysis(FMEA and FMECA)
  - [6] IEC 61025 Fault tree analysis(FTA)
-