

中华人民共和国国家标准

GB/T 41997.3—2022

机械电气安全 基于视觉的电敏保护设备 第3部分：采用立体视觉保护器件特殊要求

Electrical safety of machinery—Vision based electro-sensitive protective equipment—
Part 3: Particular requirements for devices using stereo vision techniques

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 |
| 3.1 术语和定义 | 2 |
| 3.2 缩略语 | 3 |
| 4 功能、设计和环境要求 | 4 |
| 4.1 功能要求 | 4 |
| 4.2 设计要求 | 6 |
| 4.3 环境要求 | 11 |
| 5 试验 | 12 |
| 5.1 总体要求 | 12 |
| 5.2 功能试验 | 15 |
| 5.3 故障条件下的性能试验 | 17 |
| 5.4 环境试验 | 18 |
| 6 标识和安全使用标志 | 26 |
| 6.1 总体要求 | 26 |
| 6.2 专用电源供电的 ESPE | 26 |
| 6.3 内部电源供电的 ESPE | 26 |
| 6.4 调整 | 26 |
| 6.5 外壳 | 26 |
| 6.6 控制装置 | 26 |
| 6.7 端子标记 | 26 |
| 6.8 标志耐久性 | 27 |
| 7 随附文件 | 27 |
| 附录 A (规范性) ESPE 的选择功能 | 28 |
| A.1 总体要求 | 28 |
| A.2 外部装置监控(EDM) | 28 |
| A.3 停止性能监控器(SPM) | 28 |
| A.4 副开关电器(SSD) | 28 |
| A.5 起动联锁 | 28 |
| A.6 重新起动联锁 | 28 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| A.7 抑制 | 28 |
| A.8 设置检测区和/或其他安全相关参数 | 28 |
| A.9 选择多个检测区 | 29 |
| 附录 B (规范性) 影响 ESPE 电气设备的单一故障一览表 | 30 |
| B.1 总体要求 | 30 |
| B.2 导线和连接器 | 30 |
| B.3 开关 | 30 |
| B.4 分立电气元件 | 30 |
| B.5 固态电气元件 | 30 |
| B.6 电动机 | 30 |
| B.7 成像传感器 | 30 |
| 参考文献 | 32 |
| 图 1 VBPDST 的 3D 视图 | 4 |
| 图 2 VBPDST 的 2D 视图 | 5 |
| 图 3 背景上的周期性表面结构示例 | 16 |
| 图 4 背景上的间接光干涉试验设置图 | 23 |
| 图 5 有 PAPT 相同设计的 VBPDST 的测试设置 | 23 |
| 图 6 敏感装置直接光干扰的试验配置 | 24 |
| 表 1 检测能力要求的验证 | 13 |
| 表 2 光干扰试验概述 | 19 |
| 表 B.1 电动机故障一览表 | 30 |
| 表 B.2 成像传感器故障一览表 | 30 |

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 3 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、深圳市艾贝特电子科技有限公司、厦门三行电子有限公司、琦星智能科技股份有限公司、中国石油大学(北京)、合肥工业大学、山东莱恩光电科技公司、北京联华科技有限公司、广东强劲机电工程有限公司、广东奥天美数字科技有限公司、西安凯益金电子科技有限公司、西安新林达数字科技有限公司、义乌市宝能模具科技有限公司。

本文件主要起草人：薛瑞娟、王金江、张凤丽、吴文俊、胡进方、王文浩、周旋、李东流、谢宏亮、黄德峪、谢增强、刘绪方、向梅、吴财政、张德银。

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3部分：采用立体视觉保护器件特殊要求

1 范围

本文件规定了采用立体视觉保护器件的电敏保护设备(ESPE)的设计、制造和试验要求,描述了敏感功能为使用立体视觉技术的电敏保护设备的特殊要求。

本文件仅限于 ESPE 的功能及其与机械连接的方式。检测原理是基于对来自不同观察点(立体视图)的评估图像以确定距离信息。该距离信息用于确定物体的位置。

本文件适用于：

- 基于视觉的 ESPEs,其制造期间不同的固定成像装置之间具有固定的距离(立体基座)和方向；
- 基于视觉的 ESPEs,距离敏感装置至检测区的最小距离是立体基座的 4 倍；
- 基于视觉的 ESPEs,可以检测在图像平面上至少有 5 个像素直径的物体；
- 基于视觉的 ESPEs,不要求人为干预检测；
- 基于视觉的 ESPEs,检测进入或存在于检测区的物体；
- 使用波长在 400 nm~1 500 nm 范围内的辐射的 VBPDSTs；
- 检测能力在 200 mm 范围内的 VBPDSTs。

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；
- 被检测物体的复杂分类或区分所要求的方面；
- 移动 ESPE 装置的方面；
- 电磁兼容(EMC)发射要求；

附加要求和试验可适用于下列情况：

- 使用多光谱(彩色)技术；
- 除 4.1.2 图 1 所示以外的设置(例如改变背景,光轴相对于地面的水平方向)；
- 预期户外应用。

本文件可与保护人体或人体部分如手臂或手指(在 14 mm~200 mm 范围内)以外的应用相关,例如保护机器或产品免受机械损坏。在这些应用中(例如当敏感功能要识别的材料具有与人不同的特性时),需要额外的要求。

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 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
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求
- GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

- 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 19436.1—2013 机械电气安全 电敏保护设备 第1部分:一般要求和试验
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 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
ISO 20471:2013 高能见度服装 试验方法和要求(High visibility clothing—Test methods and requirements)
IEC 62471:2006 灯具和灯具系统的光生物学安全性(Photobiological safety of lamps and lamp systems)

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 41997.1—2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

检测能力 detection capability

在特定的检测区内检测试件(见 4.2.12)的能力。

注:检测能力通过可检测物体的大小来衡量。检测能力的提高意味着可以检测到较小的物体。

[来源:GB/T 41997.1—2022,3.1.11]

3.1.2

(VBPDSST 的)检测区 detection zone(of VBPDSST)

通过 VBPDSST 检测到指定试件的三维空间(例如角锥体或圆锥体的形状)。

3.1.3

最小检测区 minimum detection zone

确保试件放置在规定的检测区内能被检测到(试件以最大速度移动)的最小的检测区尺寸。

3.1.4

评估图像 evaluation images

由检测算法使用的一组图像。

3.1.5

(VBPDSST 的)图像 image(of VBPDSST)

在 VBPDSST 不同平面上的场景的快照表示形式为二维像素矩阵。

3.1.6

使用立体视觉技术的基于视觉的保护装置 vision based protective device using stereo vision techniques;VBPDSST

使用立体视觉技术且具有两个或更多的成像装置的 VBPDSST。

3.1.7

成像传感器 imaging sensor

产生代表图像特征的电信号的光电装置。

3.1.8

成像装置 imaging device

作为敏感装置的一部分,成像传感器、光学和处理单元的组合(如适用)。

3.1.9

工作距离 operating distance

沿敏感装置坐标系统的 z 轴测量的距离。

3.1.10

(传感器的)像素 **pixel(of sensor)**

成像传感器的最小光敏元素。

3.1.11

(图像的)像素 **pixel(of image)**

可以与相邻元素区分的最小元素的面积。

3.1.12

环境照明技术 **ambient illumination technique; AIT**

依靠场景照明用于照明和对比以获得距离测量的技术。

3.1.13

模式投影技术 **pattern projection technique; PAPT**

使用特殊投影来增强场景对比度的技术。

3.1.14

敏感装置坐标系 **sensing device coordinate system**

面向敏感装置的坐标系。

注：通常该坐标系 Z 轴平行于成像装置的光轴。

3.1.15

公差带 **tolerance zone**

容差区

在检测区之外的邻近区域,检测到指定试件的检测概率低于检测区内的所要求的概率。

注：公差带对于达到检测区内指定试件的所要求的检测概率是必要的。

3.1.16

用户坐标系 **user coordinate system**

可以由用户配置的坐标系统。

3.1.17

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

在检测区和敏感装置的前部之间的空间,未达到规定的检测能力。

注：检测能力受限区或称有限检测区。

[来源：GB/T 41997.1—2022,3.1.19,有修改]

3.1.18

立体基座 **stereo base**

两个成像装置的入射光瞳之间的距离。

注：基线通常用作立体基座的同义词。

3.1.19

位置精度 **position accuracy**

由 VBPDST 测量的物体位置的三维精度。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AIT:环境照明技术(Ambient Illumination Technique)

BTP:黑色试件(Black Test Piece)

GB:灰色背景(Grey Background)

GTP:灰色试件(Grey Test Piece)

LC:低对比度(Low Contrast)

OD:工作距离(Operating Distance)

P1:光源的位置 1(Position 1 of the Light Source)

P2:光源的位置 2(Position 2 of the Light Source)

PTZ:与概率有关的公差带/容差区(Tolerance Zone Related to Probability)

RRTP:逆反射试件(Retro-reflective Test Piece)

STZ:与系统影响有关的容差区(Tolerance Zone Related to Systematic Influences)

TTC:典型试验条件(正常工作试验的试验条件)[Typical Test Condition (Test Condition for Normal Operation Tests)]

TI:典型照明(用于正常工作试验的照明)[Typical Illumination (Illumination Used for Normal Operation Tests)]

VBPDS:使用立体视觉技术的基于视觉的保护装置(Vision Based Protective Devices Using Stereo Vision)

4 功能、设计和环境要求

4.1 功能要求

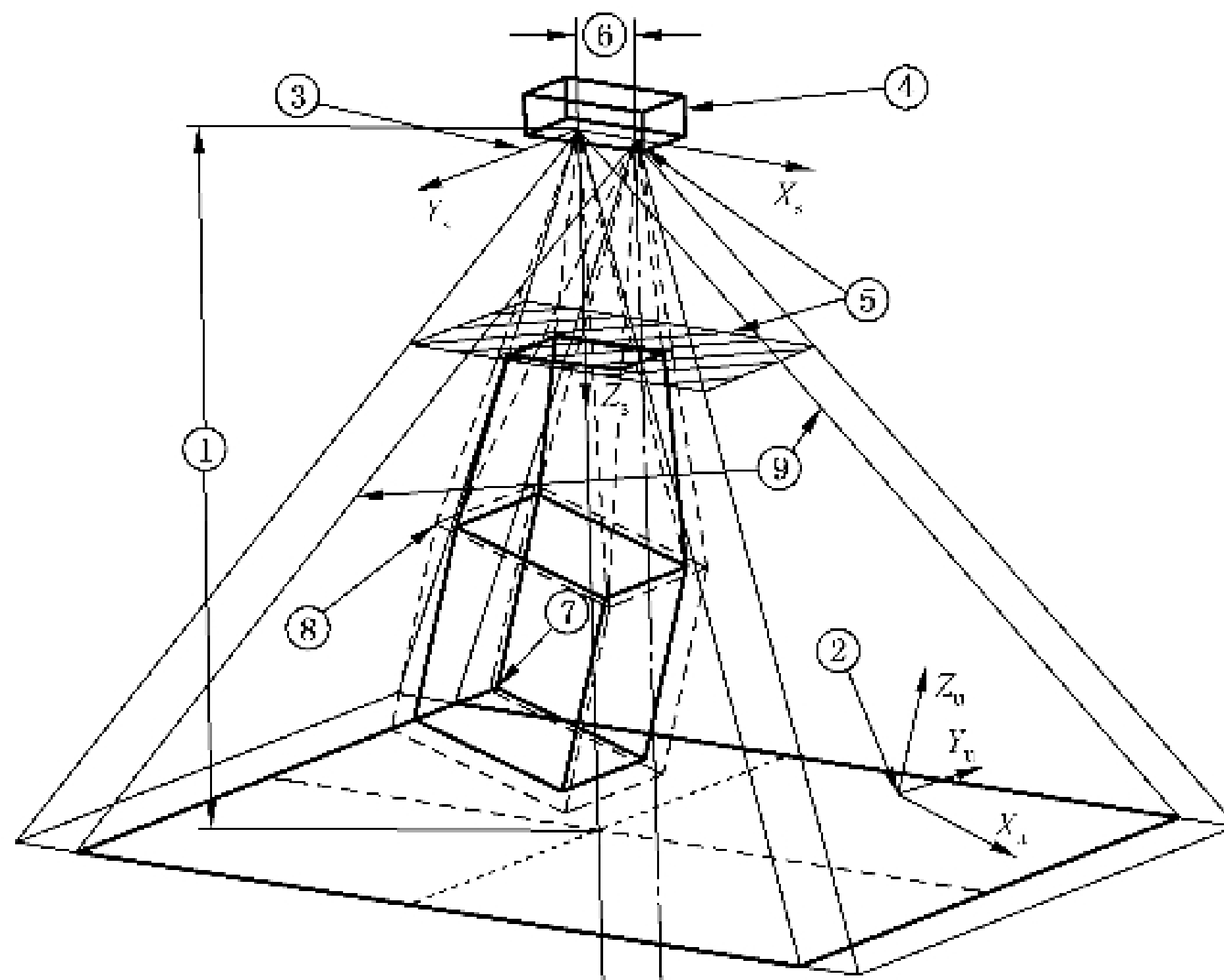
4.1.1 正常工作

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.1.1 的规定。

4.1.2 敏感功能

4.1.2.1 总体要求

检测区应从检测能力受限区边界开始,于最大工作距离结束(见图 1 和图 2)。



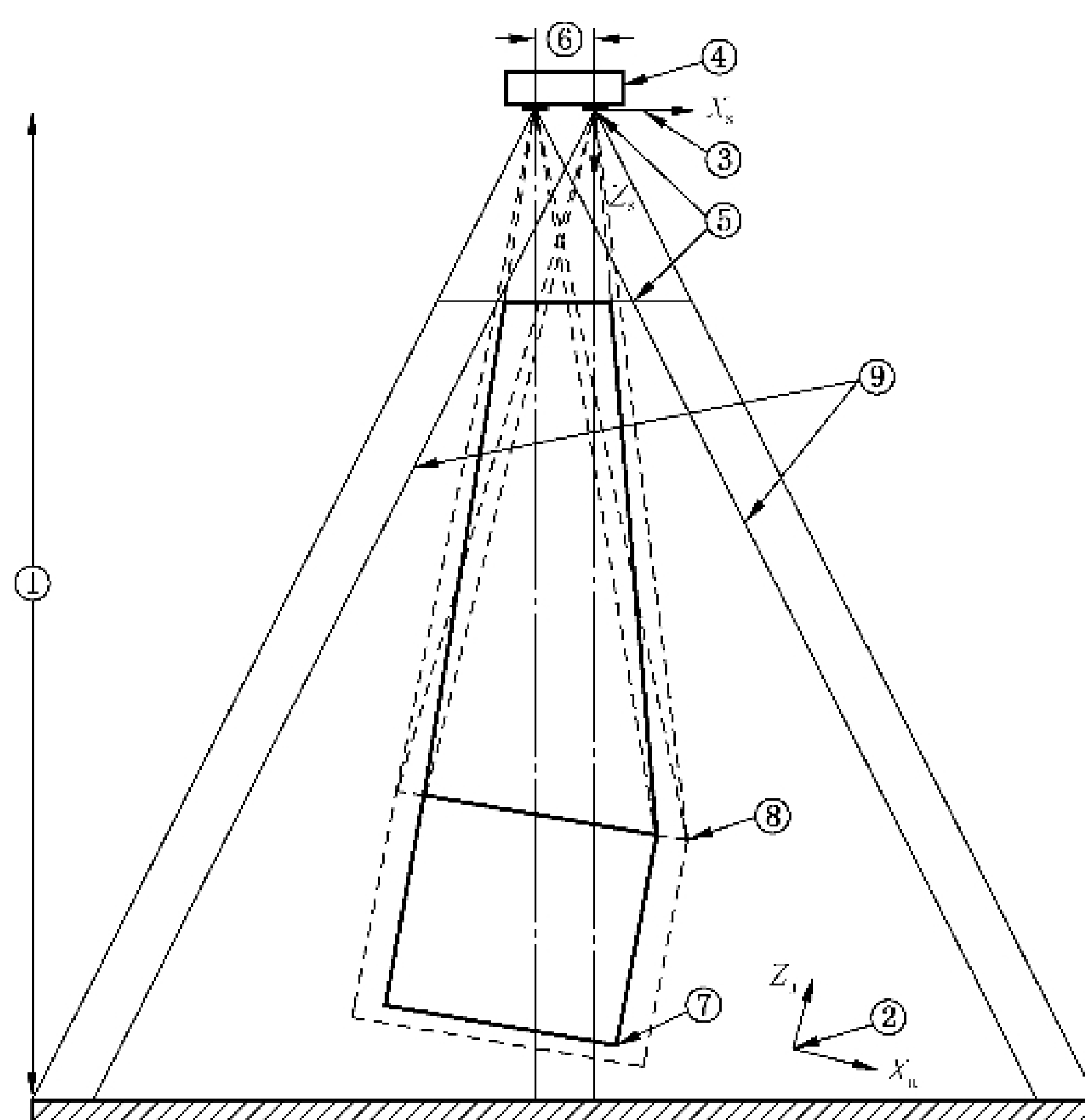
标引序号说明:

- | | | |
|-------------|-------------|----------|
| ①——最大工作距离; | ④——敏感装置; | ⑦——检测区; |
| ②——用户坐标系; | ⑤——检测能力受限区; | ⑧——公差带; |
| ③——敏感装置坐标系; | ⑥——立体基座; | ⑨——立体视场。 |

注:图 1 显示了平行轴和垂直于轴的平面上的最大工作距离的系统。

图 1 VBPDS 的 3D 视图

检测能力受限区内的物体不应降低检测区的检测能力。任何检测能力的降低应被检测到，VBP-DST 应进入锁定状态(见 4.2.2.2)。



标引序号说明：

- | | | |
|-------------|-------------|----------|
| ①——最大工作距离； | ④——敏感装置； | ⑦——检测区； |
| ②——用户坐标系； | ⑤——检测能力受限区； | ⑧——公差带； |
| ③——敏感装置坐标系； | ⑥——立体基座； | ⑨——立体视场。 |

注：图 2 显示了平行轴和垂直于轴的平面上的最大工作距离的系统。

图 2 VBP-DST 的 2D 视图

敏感功能应在规定的检测区内有效。不使用安全措施(如钥匙、关键字或工具),应不能调整检测区或检测能力。

当试件(静止或移动)处于(VBP-DST 的)检测区内的任何位置时,VBP-DST 应给出适当的输出信号予以响应。

供方应规定检测能力限值。考虑到本文件列出的所有影响因素,供方应考虑最差工况,例如：

- 信噪比；
- 传感器平面图像中的光强度；
- 传感器平面图像的对比度；
- (VBP-DST 的)图像在传感器平面中的位置。

4.1.2.2 光学性能

VBP-DST 的设计和构造应：

- a) 在 400 nm~1 500 nm 范围内,限制暴露于外部辐射时发生故障的可能性；
- b) 限制环境影响(温度、振动和冲击、粉尘、潮湿、环境光线、外部反射、光照变化、背景阴影、背景反射率)的影响；
- c) 限制正常工作中可能的偏差。

4.1.3 ESPE 的类型

本文件只考虑 3 型 ESPE。机械的供方和/或用户有责任规定此类型是否适用于特定应用。

3 型 ESPE 应满足 4.2.2.2 的故障检测要求。在正常工作中,当敏感装置致动或当电源从装置中移除时,3 型 ESPE 的输出信号切换装置(OSSD,至少两个)中的每一个输出电路应进入断开状态。

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端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应由供方提供。

4.2 设计要求

4.2.1 电源

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.1 的规定。

4.2.2 故障检测要求

4.2.2.1 总体要求

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.2.1 的规定。

4.2.2.2 3 型 ESPE 的特殊要求

敏感装置中,导致 VBPDEST 规定的检测能力完全丧失的单一故障,应使 ESPE 在规定的响应时间内进入锁定状态。

导致 VBPDEST 规定的检测能力降低的单一故障应使 ESPE 在该故障出现后的 5 s 时间段内进入锁定状态。

注:VBPDEST 检测能力降低的例子包括:

- 增加最小可检测物体尺寸;
- 增加最小可检测对比度;
- 降低位置精度。

导致响应时间的增加超过规定值或阻止 OSSD(至少一个)进入断开状态的单一故障,应使 ESPE 立即(即在响应时间内)进入锁定状态,或立即在下列故障检测需要改变状态的任意一项:

- 制动敏感功能;
- 接通/断开;
- 复位起动联锁或重起联锁,如果提供(见 IEC 61496-1:2020 的 A.5 和 A.6)。

当引发锁定状态的故障仍然存在时,ESPE 应不能通过例如中断和恢复主电源或任何其他方式实现从锁定状态复位。

在未检测到不引起 ESPE 危险失效的单一故障的情况下(按附录 B 的相关规定),一个额外的故障

不应引起危险失效。

这项要求的验证见 5.3.1。

4.2.3 ESPE 的电气设备

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.3 的规定。

4.2.4 输出信号开关电器(OSSD)

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.4 的规定。

4.2.5 指示灯和显示器

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.5 的规定。

4.2.6 调整方法

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.6 的规定。

4.2.7 子系统的脱开

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.7 的规定。

4.2.8 非电元件

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.8 的规定。

4.2.9 共因失效

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.9 的规定。

4.2.10 集成电路的软件、编程及功能设计

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.2.11 的规定。

4.2.11 VBPDST 检测能力的完整性

4.2.11.1 总体要求

VBPDST 的设计应确保检测能力不低于供方和本文件规定的任何限值,但不限于下列项目:

- a) (VBPDST 的)评估图像上物体与参考模式之间的最小对比度;
- b) 检测区内物体的位置;
- c) 检测区内物体的数量;
- d) 检测区内物体的尺寸;
- e) 自动调整光学和电气特性;
- f) 光学和电子元件的性质/限制;
- g) (VBPDST 的)图像中物体位置的准确性;
- h) 对准和/或调整的限制;
- i) 组件老化;
- j) 光学部件的性能和限制;
- k) 组件容差;
- l) 改变内部和外部参考点以确保检测能力;

m) 4.3 规定的环境条件。

在正常工作条件下(见 5.1.3.1),单一故障不会导致 VBPDST 检测能力的损失,但是当出现上述条件的组合将导致这种损失,故障连同条件组合(在设计分析期间确定为相关的)应视为单一故障,VBPDST 应按 4.2.2.2 要求对该单一故障予以响应。

4.2.11.2 低对比度的目标检测

在低对比度下,当 VBPDST 处于正常工作时,应检测试件。

4.2.11.3 高对比度的目标检测

在高对比度下,当 VBPDST 处于正常工作时,应检测试件。

注:高对比度是由背景和试件之间的漫反射值和/或光线变化差异较大造成的。对比度可能高于成像传感器的动态范围。

4.2.11.4 最小检测区

供方应规定最小检测区。供方应考虑最差工况,例如包括:

- 响应时间;
- 试件的最小直径;
- 试件的最大速度。

4.2.11.5 响应时间

在规定的响应时间内,ESPE 应检测到检测区内静止或以最高 1.6 m/s 速度移动的最小可检测尺寸的物体。供方应考虑最坏情况(例如帧速频率、评估时间、试件的最小直径,试件的最大速度和检测区内的物体数量以及环境影响)来确定响应时间。如果供方声明 VBPDST 可用于检测速度大于 1.6 m/s 的物体,在任何达到和包括所述最大速度下都应满足要求。

4.2.11.6 检测区和公差带

供方规定的 VBPDST 可检测物体的最小尺寸的值应在 200 mm 范围内。最小可检测物体尺寸可能取决于距离。

试件(见 4.2.12)在整个(VBPDST 的)检测区被检测到的最小的检测概率为($1 \times 10^{-7} \sim 2.9 \times 10^{-7}$)。为了达到这个最小检测概率,除了检测区之外,还应考虑公差带。公差带取决于由系统影响(STZ)和随机影响(PTZ)组成的位置精度。在公差范围内,不需要保持最小的检测概率。即使试件的测量距离值落入公差带,试件也将确定为被检测到,且 OSSD 应进入断开状态或保持在断开状态。如果位置误差的部分不会导致危险失效,则不需要将其包含在公差带中。

注 1:假设误差是正态分布的,PTZ 将是误差分布标准偏差(5 西格玛)的 5 倍。

供方应规定公差带并按照 4.2.11.7 中列出的影响,考虑最坏工况的关注因素。

在设置期间,当使用参考标记或环境部分(如墙壁或地板)时,公差带的规定应考虑确定正确距离和这些参考位置的误差。

注 2:公差带的尺寸受到进入方法(例如行走、爬行、沿墙壁滑动)的影响。如果使用这些信息来计算公差带,考虑适当的分析或试验。

4.2.11.7 定位精度

确定位置精度时,应考虑下列系统和随机影响。

- a) 敏感装置的校准。

- b) 光学/成像传感器的特性,例如:
 - 1) (传感器的)像素数量和(传感器的)像素大小;
 - 2) 信噪比;
 - 3) 光学的调制传递函数。
- c) 算法影响,例如:
 - 1) 平滑算法;
 - 2) 基于特征的检测算法,例如边缘检测算法;
 - 3) 模板匹配;
 - 4) 颜色传感器和算法;
 - 5) 全局算法,例如簇算法;
 - 6) 光流分析算法;
 - 7) 对象跟踪算法;
 - 8) 立体视觉算法。
- d) 成像传感器之间的同步。
- e) 试件的特性。
- f) 照明限度。
- g) 组件和基准的老化和公差。

4.2.11.8 模式投影技术(PAPT)

如果使用模式投影技术增强场景中的对比度,则应将模式投影仪视为 VBPDST 的一部分。照明模块应能够将足够的对比度投射到规定(VBPDST 的)检测区内任何地方的场景上,以使该系统符合本文件的要求。检测能力不应低于供方规定的限值,不限于下列影响:

- a) 投影模式元素之间的对比;
- b) 投影模式元素内的对比度变化;
- c) 投影模式元素的大小和差异以及用于对比度增强的投影模式元素的数量;
- d) 与使用的投影模式元素相比,(图像的)像素的大小和(图像的)像素的数量;
- e) 算法/例行程序的自动适应;
- f) 与投影模式相比,物体和场景的大小、形状、颜色、反射率、位置和表面结构;
- g) 导致自然物体/场景对比度和由模式投影产生的对比度的叠加;
- h) 模式投影仪的位置和场所。

4.2.11.9 周期性表面结构对背景的影响

背景上的周期性表面结构不应导致危险失效。

导致 VBPDST 规定的检测能力完全丧失的周期性表面结构应使 ESPE 在规定的响应时间内进入锁定状态。

导致 VBPDST 规定的检测能力退化的周期性表面结构应使 ESPE 在出现周期性表面结构之后 5 s 的时间段内进入锁定状态。

这些要求由 5.2.1.5 的试验来验证。

4.2.12 型式试验的试件

4.2.12.1 总体要求

试件应由供方提供用于第 5 章的型式试验。它们应标明预期使用的 VBPDST 的型号和标识。

试件应不透明。试验程序的不同阶段可能要求不同的试件。

应考虑试件的特性是：

- a) 大小；
- b) 形状；
- c) 颜色；
- d) 反射率：
 - 1) 在具有 PAPT 的 VBPDST 照明波长处；
 - 2) 在具有环境照明技术(AIT)的 VBPDST 传感器的最大灵敏度波长处；
- e) 与背景对比；
- f) 质地。

在定义试件的特性时，应考虑防止背景伪装对试件的影响。

4.2.12.2 圆柱形试件

如果 VBPDST 预期用于手指检测，试件应为圆柱形，圆柱试件直径应为 14 mm，长度应便于试验。

4.2.12.3 锥形试件

如果 VBPDST 预期用于手部检测，试件应为截头圆锥体，其直径从 20 mm 开始增加到 40 mm，长度超过 160 mm。

如果 VBPDST 预期用于手臂检测，试件应为与圆柱组合的截锥，圆锥直径从 40 mm 开始增加到 55 mm，长度超过 180 mm，与圆锥相接的圆柱直径为 55 mm，总长度为 440 mm

如果 VBPDST 预期用于腿部检测，试件应为截头圆锥体，其直径从 50 mm 开始增加到 117 mm。长度超过 1 000 mm。

如果 VBPDST 预期用于检测身体的不同部位，最合适试件的选择应取决于设计和预期应用的分析。某些情况，可能要求测试所有试件。

4.2.12.4 球形试件

如果 VBPDST 预期用于全身检测，试件应是最大直径为 200 mm 的球体，连接到最大直径为 50 mm 的圆柱体上，选择的长度要便于使用。

注：直径 200 mm 的球形试件表示厚度。

4.2.12.5 灰色试件(GTP)

试件的漫反射率值应有 27%~33%。

4.2.12.6 黑色试件(BTP)

试件的漫反射率值应小于 5%。

4.2.12.7 白色试件(WTP)

试件的漫反射率值应大于 70%。

4.2.12.8 逆反射试件(RRTP)

试件应具有逆反射表面，符合 ISO 20471:2013 或同等标准的单独性能逆反射材料的要求。

4.2.13 波长

VBPDST 应在 400 nm~1 500 nm 波长范围内工作。

4.2.14 辐射强度

如果 PAPT 装置的发射器采用 LED 技术,VBPDST 产生和发射的辐射强度应符合 IEC 62471:2006 豁免组的要求。

注:豁免组等于零风险组(IEC 62471:2006)。

如果 PAPT 装置的发射器采用激光技术,VBPDST 产生和发射的辐射强度在任何时间都不应超过 GB 7247.1—2012 中 8.2 的 1M 类器件的可达发射限值(AEL)。

4.2.15 机械结构

当检测能力由于其组件位置的变化而下降至低于供方规定的限值时,这些组件的固定不应仅依靠摩擦力。

注:使用不带附加装置的椭圆形安装孔可能会导致检测区在受到例如碰撞等机械干扰下的位置变化。

4.3 环境要求

4.3.1 环境空气温度范围和湿度

当温度和湿度迅速变化导致光学玻璃冷凝时,ESPE 不应出现危险。

这项要求通过 5.4.2 的冷凝试验进行验证。

4.3.2 电骚扰

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.3.2 的规定。

4.3.3 机械环境

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.3.3 的规定。

4.3.4 外壳

按照 GB/T 41997.1—2022 的 4.3.4 的规定。

4.3.5 环境光强度

VBPDST 应在 100 lx~1 500 lx 的背景照明范围(由 5.1.3.4 定义)内继续正常工作。如果供方规定的背景特性有更低的限值,应使用该限值。试验应在这些规定的限值内进行。在规定范围或限值之外,VBPDST 不应有危险失效。

4.3.6 光干扰

遇有下列情况,VBPDST 应继续正常工作:

- 白炽灯;
- 闪烁信标;
- 采用高频电子和线路电源的荧光灯。

遇有下列情况,VBPDST 不应危险失效:

- 白炽灯;
- 频闪灯;
- 采用高频电子和线路电源的荧光灯;
- 照度衰减到 0 lx;
- 相同设计的 VBPDST 辐射;

——平行激光束；

——阳光直射。

这些要求应通过 5.4.6 的光干扰测试进行验证。

供方应告知用户本文件要求未覆盖的潜在问题。

基于所使用的技术和算法和 5.2.9 的分析,可能要求进行附加试验。

4.3.7 污染干扰

4.3.7.1 光学窗口的污染

光学窗口的污染不应导致危险失效。

导致 VBPDEST 规定的检测能力完全丧失的污染应使 ESPE 在规定的响应时间内进入锁定状态。

导致 VBPDEST 规定的检测能力退化的污染应使 ESPE 在出现污染干扰后的 5 s 内进入锁定状态。

4.3.7.2 检测区内的污染

检测区或检测能力受限区内的污染不应导致危险失效。

导致 VBPDEST 规定的检测能力完全丧失的污染应使 ESPE 在规定的响应时间内进入锁定状态。

导致 VBPDEST 规定的检测能力退化的污染应在出现污染干扰后的 5s 内使 ESPE 进入锁定状态。

4.3.8 手动干扰

下列情况不应降低规定的检测能力或修改检测区：

——覆盖 VBPDEST 外壳或其他部件的一个或多个光学窗口(如果适用)；

——将物体放置在检测能力受限区内。

在这些情况下,VBPDEST 应在 5 s 的时间内进入断开状态予以响应,并应保持断开状态,直到手动干扰消除。

4.3.9 光学遮挡(被小物体遮挡)

当位于(VBPDEST 的)检测区或检测能力受限区的移动或静止的物体或机械部件(物体或机械部件的尺寸小于检测能力),可能遮挡被探测物体的视野时,应保持 VBPDEST 的检测能力。如果 VBPDEST 的检测能力无法保持,OSSD 应进入断开状态,如果物体被移开,应保持断开状态。这应通过分析和依照 5.4.9 的试验来验证。

注:为提高工作的可靠性,例如有时提供软件过滤算法以忽略小物体。

4.3.10 组件漂移或老化

使检测能力降低到规定值以下的组件漂移或老化不应使 ESPE 危险失效,应在 5 s 内被检测到并导致 OSSD 的断开状态。

如果参考物体用于监测组件的老化和漂移,参考物体的特性(例如反射)的变化不应造成 ESPE 的危险失效。如果参考物体用于监测组件的老化和漂移,则应将其视为 VBPDEST 的一部分,并应由 VBPDEST 的供方提供。

5 试验

5.1 总体要求

5.1.1 试验要求

除应满足 GB/T 41997.1—2022 的 5.1 的要求外,还应满足下列要求:

基于 VBPDST 设计和光学性能分析的结果,应根据本文件中陈述的试验条件和参数制定试验计划。

最低测试条件应符合本文件或供应商的规定,以较严格者为准。除非另有说明,试验应在表 1 中规定的最小检测区进行。

在下列试验中,应验证当 OSSD 处于断开状态,试件出现在检测区时,OSSD 应保持断开状态。

在以下试验中,灰色背景(GB)被定义为具有 27%~33%的漫反射率的平坦表面:

——具有 PAPT 的 VBPDST 的照明波长;

——具有环境照明技术(AIT)的 VBPDST 传感器的最大灵敏度波长。

表 1 检测能力要求的验证

| 序号 | 试验顺序 | 章节 | 相关试验 | 条件 | 敏感装置和试件之间的距离 | | | | | |
|----|---------|---------------------------|-------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | 最大工作距离 | | 中间工作距离 | | 最小工作距离 | |
| | | | | | 图像中心 ^a | 图像角落 ^a | 图像中心 ^a | 图像角落 ^a | 图像中心 ^a | 图像角落 ^a |
| 1 | B 试验 | 5.2.1 | 敏感功能 | 速度在 0 m/s~1.6 m/s 之间 ^b | LC | LC | LC | LC | LC | LC |
| 2 | B 试验 | 5.2.1 | 敏感功能 | 速度在 0 m/s~1.6 m/s 之间 ^b | GB,BTP | GB,BTP | GB,BTP | GB,BTP | GB,BTP | GB,BTP |
| 3 | B 试验 | 5.2.1 | 敏感功能 | 速度在 0 m/s~1.6 m/s 之间 ^b | TTC | TTC | TTC | TTC | TTC | TTC |
| 4 | B 试验 | 5.2.1 | 敏感功能 | 速度在 0 m/s~1.6 m/s 之间 ^b | GB,RRTP | GB,RRTP | GB,RRTP | GB,RRTP | GB,RRTP | GB,RRTP |
| 5 | 连续 B 试验 | 5.2.1.3 | 耐久性试验 | | | | TTC | | | |
| 6 | C 试验 | 5.2.1.5 | 周期性表面结构 | 基于 VBPDST 的具体分析 | | | TTC | | | |
| 7 | B 试验 | 5.4.2 | 环境温度变化 | 50 °C 或最大 ^c GB/T 41997.1—2022 中 5.4.2 | | | TTC | | | |
| 8 | B 试验 | 5.4.2 | 环境温度变化 | 0 °C 或最小 ^c GB/T 41997.1—2022 中 5.4.2 | | | TTC | | | |
| 9 | C 试验 | 5.4.2 | 湿度 | GB/T 41997.1—2022 中 5.4.2 ^e | | | TTC | | | |
| 10 | B 试验 | GB/T 41997.1—2022 中 5.4.3 | 电骚扰 | GB/T 41997.1—2022 中 4.3.2, 5.2.3.1 和 5.4.3 | | | TTC | | | |
| 11 | B 试验 | 5.4.4.1 | 振动 | 5.4.4.1 适用 | | | TTC | | | |
| 12 | B 试验 | 5.4.4.2 | 冲击 | 5.4.4.2 适用 | | | TTC | | | |
| 13 | | 5.4.6 | 光干扰 | 见表 2 | | | | | | |
| 14 | B 试验 | 5.4.7 | 光学窗口的污染 (4.3.7.1) | | | | TTC | | | |

表 1 检测能力要求的验证 (续)

| 序号 | 试验顺序 | 章节 | 相关试验 | 条件 | 敏感装置和试件之间的距离 | | | | | | |
|----|---------------|---------|----------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| | | | | | 最大工作距离 | | 中间工作距离 | | 最小工作距离 | | |
| | | | | | 图像中心 ^a | 图像角落 ^a | 图像中心 ^a | 图像角落 ^a | 图像中心 ^a | 图像角落 ^a | |
| 15 | B 试验 | 5.4.7 | 检测区内的污染 (4.3.7.2) | 烟尘造成的污染 | | | TTC | | | | |
| 16 | C 试验 | 5.4.8 | 手动干扰 | 基于 VBPDST 的具体分析 | | | TTC | | | | |
| 17 | B 试验或 C 试验 | 5.4.9 | 光学遮挡 | 基于 VBPDST 的具体分析 | | | GB, BTP | | | | |
| 18 | | 5.2.1.4 | 位置精度 | | | LC | | | | | |

^a 图像中心或图像角落的位置和操作距离表示检测区域的位置。
^b 或更高,如果制造商规定。
^c VBPDST 在试验室(箱)内,通过室(箱)窗口或检测区在室(箱)内或开放试验室(箱)进行试验——在 1 min 内开始试验。

5.1.2 型式试验

5.1.2.1 试验样品

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.1.2.1 的规定。

5.1.2.2 工作条件

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.1.2.2 的规定。

5.1.2.3 模拟入侵检测区

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.1.2.3 的规定。

5.1.3 试验条件

5.1.3.1 试验环境

应在下列条件下运行 ESPE 进行试验:

- 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);
- 环境温度:20 °C ± 5 °C;
- 相对湿度:25%~75%;
- 气压:86 kPa~106 kPa;
- 无明显表面结构性背景的均匀漫反射率;
- 作为设计分析的结果,表明其他非均匀表面是至关重要的,应选择关键背景。

注:标志和随附文件中所述数值视为额定值。

VBPDST 应依下列项目设置试验:

- 符合 5.1.3.4 的典型条件;
- 在背景上测量的 50 lx 和 300 lx 之间的环境光强度。

环境光源宜提供均匀分布的照明。

试验期间,夹持试件的夹具不宜被传感器可见。

5.1.3.2 测量精度

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.1.3.2 的规定。

5.1.3.3 ESPE 与安全相关通信接口一起测试的环境条件

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.1.3.3 的规定。

5.1.3.4 典型试验条件设置(TTC)

试验条件应由本文件规定的最小检测能力的限值或由供方定义,以较严格的条件为准。在这些限值内,VBPDST 应按照供方的规定工作,在这些限值之外,VBPDST 不应危险失效。

应使用下列设置:

- 灰色背景(GB);
- 白色试件(WTP)。

背景环境光强应在 50 lx~300 lx(TI)的范围内。

5.1.3.5 设置低对比度(LC)

应使用以下列设置:

- 灰色背景(GB);
- 灰色试件(GTP)。

5.1.4 试验结果

本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

应验证所要求的敏感功能以及检测能力完整性,需考虑下列情况。

- 试验应验证试件(静止在检测区或以 0 m/s~1.6 m/s 内任何速度移入检测区)均被检测到。当供方声称可以检测具有更高移动速度的物体时,在任何速度(供方声明的最大速度范围内)下都应满足要求。
- 关于检测能力完整性,试验应验证当试件放置在达到规定检测能力的检测区内,试件是否被检测到。
- 应在检测区域内靠近背景、靠近检测能力受限区、靠近公差带的区域进行适当的测试。根据设计分析和最差工况考虑,可能需要在其他地点进行测试。
- 对于带有两个成像装置的 VBPDST,试件应平行于立体基座放置。该试验不适用于球形试件。
- 单独试验的数量、选择和条件应按 4.2.11 的验证要求。

如果检测能力取决于运动方向,应对设计和光学性能进行分析以确定最坏工况。

应验证敏感装置可被持续触发,在合适时,在下列描述情况下 OSSD 进入断开状态,同时考虑 VBPDST 的工作原理,以及尤其是用于环境干扰耐受的技术。

表 1 显示了验证检测能力所需的最低试验要求。如果对 VBPDST 的分析显示它们被其他更严格的试验所验证,表 1 的试验可以忽略。

5.2.1.2 VBPDST 检测能力的完整性

应通过对 VBPD 设计的系统分析来验证 VBPDST 的检测能力能连续地保持或 ESPE 不会出现危险失效,适当和/或要求时参考 4.2.11.1 和 4.2.11.5 进行测试。

5.2.1.3 检测能力的耐久性试验

应通过下列耐久性试验来验证检测能力保持。依据 5.2.1.2 的分析和试验结果应被用于确定试验条件和适用的试件(见 4.2.12)。

限制功能试验 B(B 试验,依照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.3.3)应在 ESPE 在连续工作下进行,试验条件为试件保持在检测区内的位置 96 h。

5.2.1.4 位置精度

公差带的尺寸应按照 4.2.11.6 和 4.2.11.7 的要求和结果进行验证。根据 5.1.3.5(LC),试验至少应设置处于图像角落的试件为最大工作距离。

5.2.1.5 周期性表面结构对背景的影响试验

应进行分析以确定背景(见图 3)或公差带内的周期性表面结构是否会影响检测能力的完整性。

有关周期性表面结构对检测能力影响的设计分析结果应被用于确定 4.2.11.9 的要求可以满足,并规定试验设置的细节。

应识别系统的局限性,考虑到规定的检测能力和考虑有关模式元素特征的最坏工况,例如包括:

- 尺寸;
- 形状;
- 对比度。

涉及周期性表面结构对检测能力影响的试验应使用下列试验设置程序进行:

- a) 根据最差工况考虑确定模式元素的特征,尤其是考虑对比度和立体算法;
- b) 试件:GTP 或 WTP,取决于最差工况;
- c) 试件以 0 m/s~1.6 m/s 的任何速度移动(或更高,如果供方有规定);
- d) 背景上试件与周期性表面结构之间的最差工况距离应通过测量确定。

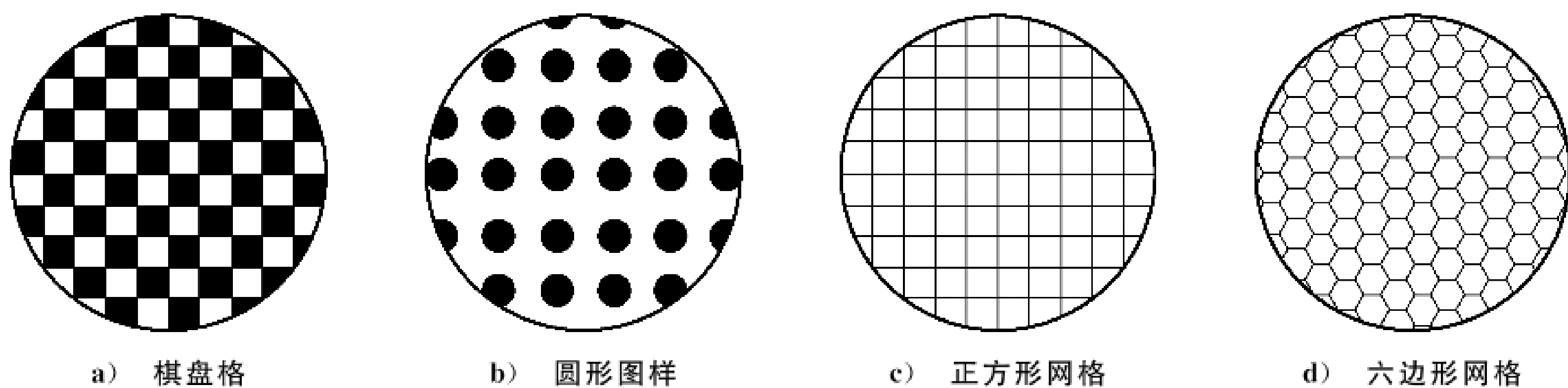


图 3 背景上的周期性表面结构示例

5.2.2 响应时间

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.2 的规定。

5.2.3 限定功能的试验

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.3 的规定。

注：在以下章节中限定功能试验 A 简称 A 试验，限定功能试验 B 简称 B 试验，限定功能试验 C 简称 C 试验。

5.2.4 周期检测

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.4 的规定。

5.2.5 指示灯和显示器

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.5 的规定。

5.2.6 调整方法

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.6 的规定。

5.2.7 元件的额定值

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.7 的规定。

5.2.8 输出信号开关电器(OSSD)

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.2.8 的规定。

5.2.9 光学性能的验证

应对电子光学子系统进行系统分析，以便：

- a) 验证所采用的任何过滤技术(尤其是软件过滤算法)及其特性；
- b) 确定用于判断所述试件是否处于检测区内被检测到的准则；
- c) 按照 4.2.2.2 确定未检测到的故障对电光特性的影响；
- d) 确定最坏工况下的响应时间；
- e) 确定环境影响的作用。

这个分析的结果应用于确定是否可以满足 4.1.2 的要求。

5.2.10 波长

VBPDST 使用的波长应通过检查器件数据表或通过测量来验证。

5.2.11 辐射强度

如果 PAPT 装置的发射器采用 LED 技术，应依据 IEC 62471:2006 进行测量和供方提供的技术文件的检查验证辐射强度。

如果 PAPT 装置的发射器采用激光技术，辐射强度应依据 GB 7247.1—2012 进行测量和供方提供的技术文件的检查进行验证。作为 1 级或 1M 级激光器的标志应进行正确性验证。

5.3 故障条件下的性能试验

5.3.1 总体要求

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.3.1 的规定。

5.3.2 3 型 ESPE

除应满足 GB/T 41997.1—2022 的 5.3.4 的要求外,满足下列要求:

应验证影响检测能力的组件的漂移或老化将在 5 s(按照 4.3.11)的时段内被检测到,并应导致锁定状态。

实际上,通过实际试验不可能将单一故障与 4.2.11.1 所列的所有工作条件和/或影响组合。下列一个或多个组合足以验证是否依 4.2.2.2 所要求的将单个故障与工作条件/影响组合:

- 分析;
- 模拟;
- 在出现单一故障时进行相关试验。

5.4 环境试验

5.4.1 额定电源电压

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.4.1 的规定。

5.4.2 环境温度变化和湿度

除应满足 GB/T 41997.1—2022 的 5.4.2 的要求外,还应满足下列要求:

- VBPDST 应经受以下冷凝试验:应进行 C 试验,使用 TTC,试件保持在检测区内 10 min;
- 作为替代,可以对 VBPDST 的电子光学子系统的设计进行系统分析,以证明在光学窗口试验取代了冷凝试验(见 5.4.7)。

5.4.3 电骚扰的影响

按照 GB/T 41997.1—2022 的 5.4.3 的规定。

5.4.4 机械影响

5.4.4.1 振动

除应满足 GB/T 41997.1—2022 的 5.4.4.1 的要求外,还应满足下列要求:

如果 VBPDST 的敏感装置不准备安装在机械上(即不准备使其承受大的振动),根据预期应用,A 试验的振幅和频率水平可以降低。这种情况下,可以用 C 试验代替 B 试验。

试验结束时,应检查 VBPDST 的损坏情况,包括光学部件和安装支架的位置变动。应通过试验来验证检测区的方向,尺寸或位置没有变化。

5.4.4.2 冲击

除应满足 GB/T 41997.1—2022 的 5.4.4.2 的要求外,还应满足下列要求:

如果 VBPDST 的敏感装置不准备安装在机械上(即不准备使其承受大的振动),根据预期应用,对于 A 试验的试验条件可以降低。这种情况下,可以用 C 试验代替 B 试验。

试验结束时,应检查 VBPDST 的损坏情况,包括光学部件和安装支架的位置变动。应通过试验来验证检测区的方向、尺寸或位置没有变化。

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

试件的试验应在检测区内靠近背景、靠近检测能力受限区和靠近公差带(区)进行。除非另有说明,检测区和背景之间的距离应为公差带尺寸的 2 倍。基于设计分析和最坏工况考虑,可能要求在图像中心或图像角落之外的位置对其他试件进行试验。

每项试验应按照表 2 的规定和所述条件作为最低要求进行。

所有的试验都应在最小检测区进行。检测区的位置应符合表 2 的规定。

下列情况,在不同的工作距离和环境条件组合下应进行附加试验:

——供方声明较高的抗扰度等级,应通过采用适当光源在这些等级上进行试验来验证;

——分析表明此类试验是必要的。

环境光应通过使用白炽光源或使用自然光照来实现。除非另有说明,否则光干扰试验期间的环境光强度应在 50 lx~300 lx 的范围内。

在下列试验程序中,除非另有说明,否则光强度限值包括由环境光和指示光源提供的光的组合。

表 2 给出了光干扰试验的概述。

表 2 光干扰试验概述

| 序号 | 章节 | 相关试验 | 光源位置 ^a 试验顺序 | 光强 | 试件位置 | | 注 |
|----|---------|----------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| | | | | | 图像中心 ^b | 图像角落 ^b | |
| 1 | 5.4.6.4 | 正常工作——对背景的干扰 | 白炽光 P1 1 | 1 500 lx | Max OD ^c TTC | | 图 4 |
| 2 | 5.4.6.4 | 正常工作——对背景的干扰 | 闪烁信标 P2 1 | | Max OD ^c TTC | | 图 4 |
| 3 | 5.4.6.4 | 正常工作——对背景的干扰 | 白炽光 有阴影 P1 1 | 1 500 lx 明亮区 ≤750 lx 阴影区 | Max OD ^c TTC | Max OD ^c TTC | 图 4 |
| 4 | 5.4.6.6 | 正常工作——对敏感装置的干扰 | 白炽光 — 1 | 1 500 lx | Max OD ^c TTC | Max OD ^c TTC | 图 6 |
| 5 | 5.4.6.6 | 正常工作——对敏感装置的干扰 | 线频荧光 — 1 | 750 lx | Max OD ^c TTC | | 图 6 |
| 6 | 5.4.6.6 | 正常工作——对敏感装置的干扰 | 高频荧光 — 1 | 750 lx | Max OD ^c TTC | | 图 6 |

表 2 光干扰试验概述(续)

| 序号 | 章节 | 相关试验 | 光源位置 ^a 试验顺序 | 光强 | 试件位置 | | 注 |
|----|---------|----------------|---------------------------|--------------------|--|-------------------------------|-----|
| | | | | | 图像中心 ^b | 图像角落 ^b | |
| 7 | 5.4.6.5 | 危险失效——对背景的干扰 | 白炽光 P1 2 | 3 000 lx | Max OD ^c LC | | 图 4 |
| 8 | 5.4.6.5 | 危险失效——对背景的干扰 | 激光束 P1 2 | | Max OD ^c LC | | 图 4 |
| 9 | 5.4.6.5 | 危险失效——对背景的干扰 | 背景上阳光直射 — 仅 C 试验 | 1×10^5 lx | 对部件级电子光学子系统分析或试验 | | |
| 10 | 5.4.6.5 | 危险失效——对背景的干扰 | 频闪 P2 2 | | Max OD ^c LC | | 图 4 |
| 11 | 5.4.6.7 | 危险失效——对敏感装置的干扰 | 激光束 — 2 | 0.7 mW~1 mW 之间 | Max OD ^c LC | Max OD ^c LC | 图 6 |
| 12 | 5.4.6.7 | 危险失效——对敏感装置的干扰 | 白炽光 — 2 | 3 000 lx | Max OD ^c LC | Max OD ^c LC | 图 6 |
| 13 | 5.4.6.7 | 危险失效——对敏感装置的干扰 | 线频荧光 — 2 | 3 000 lx | Max OD ^c LC | Max OD ^c LC | 图 6 |
| 14 | 5.4.6.7 | 危险失效——对敏感装置的干扰 | 高频荧光 — 2 | 3 000 lx | Max OD ^c LC | Max OD ^c LC | 图 6 |
| 15 | 5.4.6.7 | 危险失效——对敏感装置的干扰 | 频闪光 3 m 距离 3 | | Max OD ^c LC | Max OD ^c LC | 图 6 |
| 16 | 5.4.6.7 | 危险失效——对敏感装置的干扰 | 闪烁信标 3 m 距离 3 | | Max OD ^c LC | Max OD ^c LC | 图 6 |
| 17 | 5.4.6.8 | 低照度试验 | — — 仅 B 试验 | 100 lx | Max OD ^c LC | | |
| 18 | 5.4.6.8 | | — — 仅 C 试验 | ≤ 100 lx | Max OD ^c ≤ 100 lx LC | | |

表2 光干扰试验概述(续)

| 序号 | 章节 | 相关试验 | 光源位置 ^a 试验顺序 | 光强 | 试件位置 | | 注 |
|--|---------|--------------|-----------------------------|----|-------------------------------|-------------------|-----|
| | | | | | 图像中心 ^b | 图像角落 ^b | |
| 19 | 5.4.6.5 | 危险失效——对背景的干扰 | 相同设计的 PAPT 发射器 — 3 | — | Max OD ^c LC | | 图 5 |
| <p>^a 光源的位置(见图 4 或图 6)。</p> <p>^b 图像中心或图像角落的位置以及工作距离意味着检测区的位置。</p> <p>^c Max OD 检测区中 VBPDST 传感器与试件之间的最大工作距离。</p> | | | | | | | |

5.4.6.2 光源

光源应满足下列要求:

- a) 白炽光源:具有下列特性的线性钨卤素(石英)灯:
 - 色温:3 000 K~3 200 K;
 - 输入功率:额定功率 500 W~1 000 W;
 - 额定电压:100 V~250 V 范围内的任意值;
 - 电源电压:额定电压±5%,正弦交流(50 Hz/60 Hz);
 - 标称长度:150 mm~250 mm。
- b) 荧光灯光源:具有下列特性的直线型荧光灯管(无反射器或漫射器):
 - 尺寸:T8×600 mm(标称直径 26 mm);
 - 额定功率:18 W~20 W;
 - 色温:3 000 K~6 000 K;
 - 在其额定电源电压±5%,正弦交流(50 Hz/60 Hz)下工作或与工作频率在 30 kHz~40 kHz范围内的电子镇流器结合使用;
 - 根据对 VBPDST 的设计和光学性能的分析,例如帧率、积分时间、快门、使用工频或高频荧光光源。
- c) 闪烁信标光源:具有下列特性的氙闪光管(无外壳、反射器或滤光片):
 - 闪光持续时间:从 40 μs~1 200 μs(测量到半强度点);
 - 闪光频率:0.5 Hz~2 Hz;
 - 每次闪光输入能量:3 J~5 J。
- d) 频闪光源:具有下列特性的氙闪光管(无外壳、反射器或滤光片):
 - 闪光持续时间:从 5 μs~30 μs(测量到半强度点);
 - 闪光频率:5 Hz~200 Hz(可调整范围);
 - 每次闪光输入能量:0.05 J(在 200 Hz)~0.5 J(在 5 Hz)。
- e) 激光束指针:具有下列特性的准直激光束:
 - 闪光持续时间:连续波模式;
 - 波长:在 550 nm~670 nm 之间;
 - 光束形状:直径小于 5 mm;

- 光强度:0.7 mW~1 mW;
- 激光类别:2。

安全使用 2 类激光设备的程序和措施应按照 GB 7247.1—2012 的要求。

5.4.6.3 试验顺序

5.4.6.3.1 试验顺序 1。

- a) 正常工作的 ESPE。
- b) 接通干扰灯。
- c) B 试验。
- d) 断开 ESPE 5 s。恢复供电。复位起动联锁(如有)。
- e) B 试验。
- f) 断开干扰灯。
- g) B 试验。

5.4.6.3.2 试验顺序 2。

- a) 正常工作的 ESPE。
- b) 接通干扰灯。
- c) 重复 C 试验 1 min。
- d) 断开 ESPE 5 s。恢复电源。复位起动联锁(如有)。
- e) 重复 C 试验 1 min。
- f) 断开干扰光。
- g) 重复 C 试验 1 min。

5.4.6.3.3 试验顺序 3。

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

如果系统分析证明断开循环和系统复位导致相同的系统行为,那么断开循环可以由系统复位取代。

5.4.6.4 正常工作——对背景的干扰

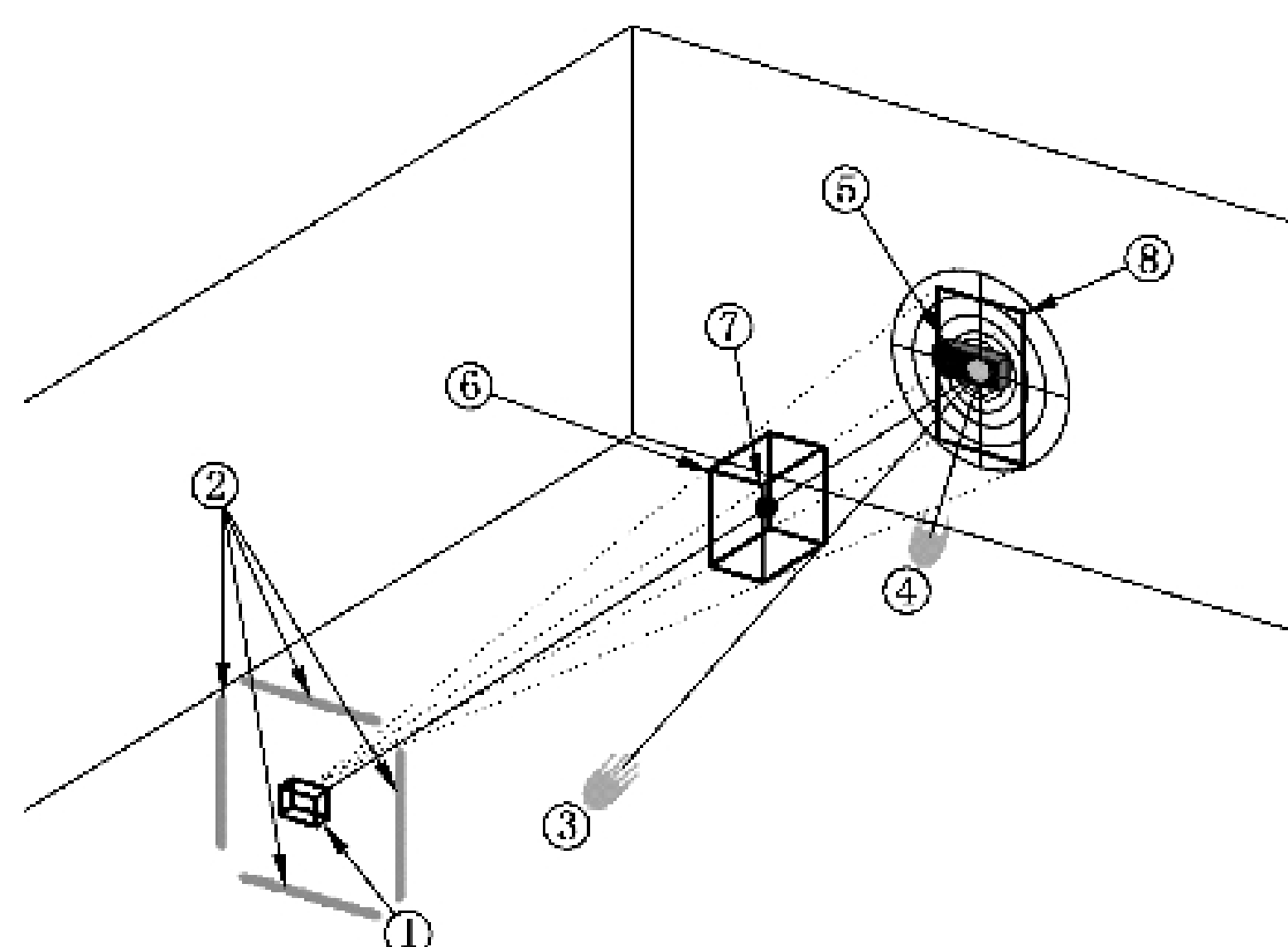
在 5.4.6.3 的试验顺序 1 中,使用 5.4.6.2 规定的光源,将光源置于检测区外使其照亮检测区和背景,ESPE 应持续正常工作。

- a) 置于 P1 的 5.4.6.2 的白炽光源产生 1 500 lx 的光强度。试验应在白炽光源光束于背景上缓慢移动通过光轴和检测区角落的情况下进行。
- b) 5.4.6.2 的单个白炽光源放置在 P2 处,在光源前、检测区域和公差带外有一个球形物体在背景上产生阴影。阴影的尺寸应大于检测能力,但小于最小检测区在背景上的投影面积的 50%。在背景上,光线强度应为 1 500 lx,阴影区光线强度应 \leq 750 lx。
- c) 5.4.6.2 的闪烁信标光源应放置在检测区和公差带外的 P2 处,但距离背景至少 2 m 高。

试验应按照表 2 进行。

光强按图 4 进行测量。

如果供方规定的抗扰度水平高于 1 500 lx,正常工作达到此水平且未危险失效,应通过上述试验进行验证。



标引序号说明：

- | | | |
|-------------|-------------|---------|
| ①——VBPDSST； | ④——干涉光源 P2； | ⑦——试件； |
| ②——环境光源； | ⑤——照度计； | ⑧——投影区。 |
| ③——干涉光源 P1； | ⑥——最小检测区； | |

图 4 背景上的间接光干涉试验设置图

5.4.6.5 危险失效——对背景的干扰

依据表 2,在整个试验顺序中,将光源置于检测区外使其照亮检测区和背景,ESPE 不应出现危险失效。

- 置于 P1 的 5.4.6.2 的白炽光源产生 3 000 lx 的光强度。试验应在白炽光源光束于背景上缓慢移动通过光轴和检测区角落的情况下进行。
- 5.4.6.2 的频闪光源应放置在检测区和公差带外的 P2 处,但距离背景至少 2 m 高。
- 放置在 P1 处的 5.4.6.2 的激光束源在背景上产生最大直径为 5 mm 的激光束。试验应在激光束于背景上缓慢移动通过光轴和检测区角落的情况下进行。
- 当存在相同设计的 PAPT 发射装置时,具有 PAPT 的 VBPDSST 不出现危险失效(见图 5)。
- VBPDSST 不应因阳光直射背景(约 10^5 lx)而出现危险失效。这项要求应通过下列验证：
 - 考虑 4.2.11.1 的电子光学子系统的分析；
 - 或采用适当光源在这些等级上进行试验。

光强按图 4 进行测量。

注：光强度值基于 EN 12464-1 给出的值。照度计的位置和方向受到限制以实现可重现的光强度值。

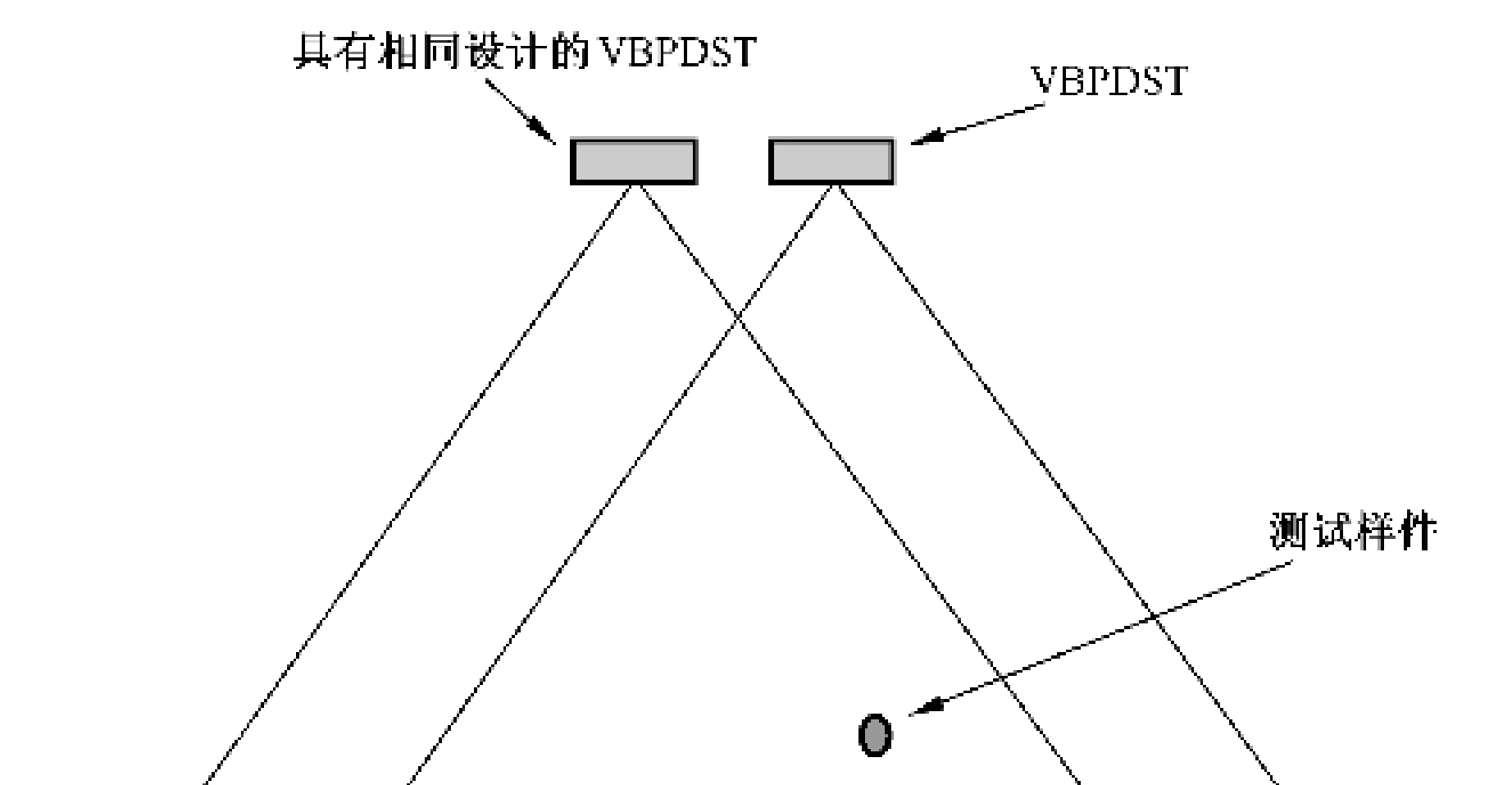


图 5 有 PAPT 相同设计的 VBPDSST 的测试设置

5.4.6.6 正常工作——对敏感装置的干扰

按下列要求使用 5.4.6.2 的光源,在整个试验顺序 1(见 5.4.6.3)中 ESPE 应持续正常工作:

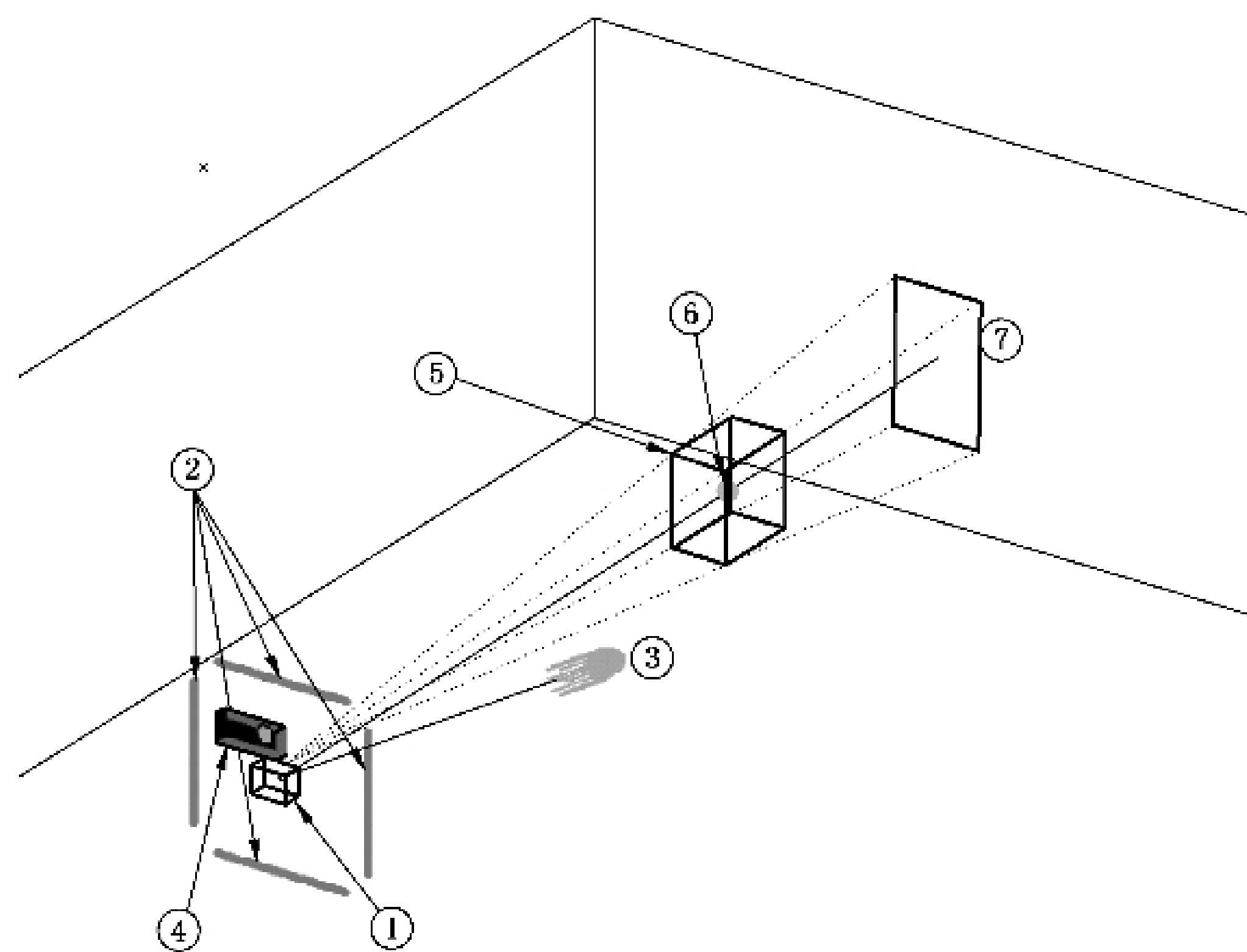
- a) 5.4.6.2 的白炽光源产生 1 500 lx 的光强,照射与所有成像传感器视场相邻的敏感装置;
- b) 5.4.6.2 的工频荧光光源产生 750 lx 的光强,照亮与公差区相邻但在检测区外的敏感装置;
- c) 5.4.6.2 的高频荧光光源产生 750 lx 的光强,照亮与公差区相邻但在检测区外的敏感装置。

试验应按照表 2 进行。系统的配置应位于检测区角落的最小检测区。

光强度测量应在敏感装置上进行,并垂直于光轴。

当试验顺序要求 ESPE 处于断开状态时,它不应进入接通状态。

照度计应位于敏感装置上并垂直于光轴。



标引序号说明:

- | | | |
|-------------|-----------|---------|
| ①——VBPDSST; | ④——照度计; | ⑦——投影区。 |
| ②——环境光源; | ⑤——最小检测区; | |
| ③——干涉光源; | ⑥——试件; | |

图 6 敏感装置直接光干扰的试验配置

5.4.6.7 危险失效——对敏感装置的干扰

依据表 2,在整个试验顺序中,使用 5.4.6.2 中位于检测区外并靠近公差带的每个光源照亮敏感装置,ESPE 不应出现危险失效。

光强度测量应在敏感装置上进行,并垂直于光轴。

5.4.6.8 低照度试验

VBPDSST 正常工作,应在环境光强度为 100 lx 时进行 B 试验。

VBPDSST 正常工作,应进行 C 试验,同时降低环境光强度直到 OSSD 进入断开状态。

5.4.7 污染干扰

应进行基于 VBPDSST 设计的系统分析,以确定哪些试验(若有的话),试验方法和试验条件适合于

满足 4.3.7 的要求。这些试验应验证无危险失效。

可能的污染示例为：

- 敏感装置前面的粉尘、烟雾、蒸汽、喷雾等；
- 颗粒、水滴或粉尘污染过的窗口。

5.4.8 手动干扰

对遮盖的抗扰度应进行下列试验。

- 用于模拟遮盖的物体应为直径为 10 mm 的圆形不透明试验点,第二个测试点的大小和形状应覆盖成像装置和 PAPT 设备发射器的完整光学窗口(如果适用)。
- 试验期间,测试点应连续地放置在每个光学窗口上。
- 对于光学窗口(或其他相关部分)直径大于 10 mm 的系统,测试点应放置在与 VBPDST 检测能力最相关的位置。
- 对 VBPDST 每个遮盖的部分进行试验,模拟手动干扰是否在 5 s 的时间内导致 OSSD 的断开状态,或不会降低所述的检测能力。
- 当模拟手动干扰导致 OSSD 的断开状态时,应进行试验验证激活重起联锁(若适用)或新上电不会导致 OSSD 的接通状态。如果安装了重起联锁装置,当遮盖测试点被移除时,OSSD 应保持断开状态。

5.4.9 光学遮挡

检测能力受限区或检测区窗口的光学遮挡不应降低所述的检测能力。应进行这些试验以测试危险失效。

在检测区内对光学遮挡效应的抗扰度应进行下列试验：

- 用于模拟光学遮挡的物体应是最小有效长度为 0.3 m 的圆柱体。除非 4.3.9 的分析另有规定,否则遮挡物体的直径应为 5 mm。在下列情况下,遮挡物体表面的漫反射率值应小于 20%。
 - 带 PAPT 的 VBPDST 照明波长。
 - 带环境照明技术(AIT)的 VBPDST 传感器的最大灵敏度波长。
- 试验期间,遮挡物应垂直于其中一个成像装置的光轴。
- 检测区的范围应从最小到最大工作距离(如适用)。
- 除非 4.3.9 的分析另有规定,试验应将遮挡物放置在检测区(尽可能靠近 VBPDST)和检测能力受限区进行。应使用黑色试件(见 4.2.12.6)和灰色背景。如果遮挡物未导致 OSSD 的断开状态,应进行 B 试验,否则应执行 C 试验。
- 应进行 C 试验以验证在存在光学遮挡的情况下保持所述的检测能力。黑色试件应穿过光学遮挡物阴影移动,并尽可能靠近遮挡物体,并保持规定的最大检测距离。
- 当 4.3.9 的分析表明下列因素可能影响对光学遮挡的抗扰度时,应进行附加试验：
 - VBPDST 与遮挡物之间的距离,上述规定除外；
 - (VBPDST 的)检测区的尺寸,最大值除外；
 - 遮挡物与试件之间的其他距离；
 - 与 VBPDST 不同距离处遮挡物的不同直径；
 - 在 VBPDST 前面的遮挡物的不同位置(例如不同的角度)；
 - 和/或多于一个遮挡物。

6 标识和安全使用标志

6.1 总体要求

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。

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)有关标志的要求可以有选择地在随附文件中给出。

6.2 专用电源供电的 ESPE

按照 GB/T 41997.1—2022 的 6.2 的规定。

6.3 内部电源供电的 ESPE

按照 GB/T 41997.1—2022 的 6.3 的规定。

6.4 调整

按照 GB/T 41997.1—2022 的 6.4 的规定。

6.5 外壳

按照 GB/T 41997.1—2022 的 6.5 的规定。

6.6 控制装置

按照 GB/T 41997.1—2022 的 6.6 的规定。

6.7 端子标记

按照 GB/T 41997.1—2022 的 6.7 的规定。

6.8 标志耐久性

按照 GB/T 41997.1—2022 的 6.8 的规定。

7 随附文件

除应满足 GB/T 41997.1—2022 的第 7 章的要求外,随附的文件还应包含下列信息。

- a) 显示公差带的应用示例。
- b) 最大、最小检测区和公差带的尺寸以及相对于敏感装置(用于确定检测区)的参考点相关信息。
- c) 为了确保工作的可靠性,应包含关于检测区边界与不要求检测的周围环境(例如,墙或机械的部件)之间的最小距离的信息。
- d) 设置检测区的说明,其中包括考虑公差带和 VBPDST 其他可选功能的详细信息,如果这些选项可用,则在附录 A 中说明。当规定一个或多个区时,应给出明确的说明,不论其描述是与 3.1.2 定义的检测区相关还是与检测区和公差区的组合相关。
- e) 关于 VBPDST 在烟雾和粉尘存在下的行为信息。
- f) 如果在附加的外壳中使用 VBPDST,有关其如何影响检测能力的信息。例如附加的外壳可能会影响检测能力和检测区。
- g) 如果适合于应用,建议在检测区的地板上指示。
- h) 关于如何在纸上记录检测区的设置及日期、VBPDST 的序列号和负责人的身份等说明。
- i) 关于相同设计的 VBPDST 是否影响 VBPDST 正常工作的安装要求。
- j) 本文件要求未涵盖的潜在问题;尤其是本文件未涉及的外部影响的有关信息,可能降低所述的检测能力。例如可包括焊接飞溅,红外线遥控装置,不同的荧光和频闪光源,雪,雨,污染和热对流。
- k) 有关需要定期检查光学窗口的损坏(视应用而定的)有关信息。
- l) 有关需要定期检查 VBPDST 的安装是否正确的相关信息,检查检测区是否可能出现偏差(取决于装置和应用)。
- m) 如果 VBPDST 拥有一个或多个检测能力受限区,所要求的信息见 4.1.6。
- n) 在最差工况下具有最小可检测尺寸的物体在 VBPDST 的检测区内的最大速度信息(见 4.2.11.5)。
- o) 说明检测能力尺寸应附加至 GB/T 19876—2012 的安全距离计算中。这是因为响应时间规范假定物体在被检测到之前能够完全位于检测区内。

附 录 A
(规范性)
ESPE 的选择功能

A.1 总体要求

按照 GB/T 41997.1—2022 的 A.1 的规定。

A.2 外部装置监控(EDM)

按照 GB/T 41997.1—2022 的 A.2 的规定。

A.3 停止性能监控器(SPM)

按照 GB/T 41997.1—2022 的 A.3 的规定。

A.4 副开关电器(SSD)

按照 GB/T 41997.1—2022 的 A.4 的规定。

A.5 起动联锁

按照 GB/T 41997.1—2022 的 A.5 的规定。

A.6 重新起动联锁

按照 GB/T 41997.1—2022 的 A.6 的规定。

A.7 抑制

按照 GB/T 41997.1—2022 的 A.7 的规定。

A.8 设置检测区和/或其他安全相关参数

A.8.1 功能要求

不使用钥匙、关键字或工具,应不能设置检测区和/或其他安全相关参数。

注:例如工具可以是密码保护的软件配置程序,它是 VBPDST 的一部分。

如果使用个人计算机或配有未经测试的专用硬件和/或软件的类似设备进行设置,应使用特殊程序设置检测区。该程序应符合 GB/T 19436.1—2013 中 4.2.11 的相关要求。如果工具是软件,只能使用供方授权的软件。

该程序应包括确保输入参数正确传输且不损害 VBPDST 的措施。这应适用于所有安全相关的设置,例如响应时间的设置。

参数化程序应符合适当的标准(例如 GB 28526—2012 中 6.11.2 或 GB/T 16855.1—2018 中 4.6.4)。安全相关参数的设置宜由合格人员执行。

A.8.2 验证

检测区或其他安全相关参数设置应通过以下要求验证。

a) 每个配置参数(最小值、最大值和代表值)的设置功能工作正常。

- b) 配置工具(例如个人计算机)屏幕上显示的检测区可能与 ESPE 的实际检测区不同。
- c) 检查配置参数的合理性,例如通过使用无效值等。
- d) 用户对配置的访问和方法符合 GB/T 19436.1—2013 的 4.2.11 或其他相关标准。
- e) 对于工作期间尺寸可能变化的检测区,确定检测区尺寸的数据/信号的生成和处理方式保证单一故障不应导致安全功能丧失。检测到这样的单一故障并使 OSSD 保持在断开状态或在 ESPE 的响应时间内进入断开状态。

A.9 选择多个检测区

A.9.1 功能要求

如果 VBPDST 有多个安全相关检测区,单一故障不应导致从一个选择的区到另一个区的意外更改。如果没有检测到未引起 VBPDST 危险失效的单一故障,VBPDST 内部的进一步故障不应引起危险失效。

输入信号来源于 VBPDST 以外的装置,后者宜符合 GB/T 16855.1—2018、GB 28526—2012、GB/T 20438 的相关要求。

当命令要求激活另一个区或激活另一个附加区时,防止预期从一个选择区转换到另一个区或防止激活附加安全相关检测区的单一故障,应使 VBPDST 进入锁定状态。此时,应保持规定的响应时间。

注 1: 每个区可能有由制造商规定不同的响应时间。

如果在线改变检测区的尺寸,例如通过外部输入,相同的要求适用。

检测区的激活应由 VBPDST 监控。用户应可以配置由 VBPDST 监控的检测区激活顺序。如果检测到检测区的激活顺序不正确,VBPDST 应通过进入锁定状态予以响应。

应该考虑在不同检测区之间切换时人员可能已经在检测区内的可能性。

注 2: 安全相关检测区的自动选择不是抑制功能(如 GB/T 41997.1—2022 中 A.7 所述)。

A.9.2 验证

多检测区选择的功能要求应按下列要求验证。

- a) 单一故障不会导致从一个选择区到另一个区的意外改变。单一故障不防止从一个选择区到另一个区的预期改变或防止激活附加安全相关检测区。应按照 5.3.4 验证进一步的故障不会导致危险失效。
- b) 共模失效不能导致检测区停用或变化。
- c) 在不同检测区之间切换的情况下保持 VBPDST 规定的响应时间。
- d) 用户可以配置由 VBPDST 监控的检测区的激活顺序。
- e) 当激活顺序与用户配置的顺序不同时,VBPDST 进入锁定状态。

附录 B

(规范性)

影响 ESPE 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 |

B.7 成像传感器

成像传感器故障见表 B.2。

表 B.2 成像传感器故障一览表

| 序号 | 考虑到的故障 |
|----|--------------|
| 1 | 错误的行寻址 |
| 2 | 错误的列寻址 |
| 3 | 在行、列和像素之间的串扰 |

表 B.2 成像传感器故障一览表 (续)

| 序号 | 考虑到的故障 |
|----|--------------|
| 4 | 静态图像(无新图像) |
| 5 | 陷入高像素 |
| 6 | 陷入低像素 |
| 7 | 改变寄存器设置(如适用) |
| 8 | 模数转换器失效(如适用) |
| 9 | 数据预处理失效(如适用) |

参 考 文 献

- [1] 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
 - [2] 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
 - [3] IEC 61496-1:2020 Safety of machinery—Electro-sensitive protective equipment—Part 1: General requirements and tests
-