



中华人民共和国国家标准

GB/T 19876—2005

机械安全 与人体部位接近速度 相关防护设施的定位

Safety of machinery—Positioning of protective equipment with
respect to the approach speeds of parts of the human body

(ISO 13855:2002, MOD)

2005-08-30 发布

2006-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
机械安全 与人体部位接近速度
相关防护设施的定位
GB/T 19876—2005

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.bzcbs.com

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 30 千字
2006年3月第一版 2006年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-27077 定价 13.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

前 言

本标准修改采用国际标准 ISO 13855:2002《机械安全 与人体部位接近速度相关防护设施的定位》(英文版)。

本标准根据 ISO 13855:2002 重新起草,其结构和内容与 ISO 13855:2002 一致,但按照我国标准的编写规则对国际标准做了编辑性修改。本标准与 ISO 13855:2002 的主要差异如下:

- 取消了国际标准前言;
- 对国际标准的引言进行了部分修改;
- 对第 2 章中引用的相关国际标准,已转化成我国国家标准的均直接引用相应的国家标准;
- 取消了附录 C,附录 C 列出了一些国际标准与欧洲标准的对应关系,对于理解本标准的作用不大,故予以取消。

本标准的附录 A 和附录 B 都是资料性附录。

本标准由全国机械安全标准化技术委员会(SAC/T208)提出并归口。

本标准起草单位:机械科学研究院中机生产力促进中心。

本标准主要起草人:陈建民、宁燕、聂北刚、李勤。

引 言

一定类型的防护设施减小风险的有效性,在一定程度上与其被正确配置在有关危险区设施的相关部件有关。在确定这类配置时,通常还要考虑到下列因素:

- 识别危险和评价风险的需要;
- 使用者的实际经验,包括事故统计和现行的国家标准;
- 技术现状和今后可能的发展;
- 所使用的设施类型;
- 所用防护设施的响应时间;
- 防护设施动作后使机器达到安全状态,例如停机状态所需的时间;
- 人体各部位的生物力学和人体测量数据
- 人体部位从危险区附近传感装置或致动装置移开时所取的路径;
- 在装置和危险区间有人的可能性;
- 未发觉接近危险区的可能性。

如果上述各方面进一步扩展,在本标准中所反映的技术现状亦应予以改进。

本标准给出的指导所依据的前提,要通过恰当引用 C 类标准和通过完成风险评价选用恰当的装置。

在实施时,计算得出的距离应为人员接近危险区面临的风险提供足够的保护,这类风险会由任何一种机械危险产生,如挤压、剪切、切割或割断、缠绕、吸入或陷入、摩擦或磨损、刺穿或扎穿以及撞击等。

本标准未覆盖针对由固态或液态材料喷射引起的机械危险和由诸如毒物的泄漏泄放、电、辐射等引起的非机械性危险所形成风险的防护。

如果本标准用于非工业目的,设计者应该考虑到这些数据是基于工业实践经验的。

本标准是基于成人的速度和较低的探测指数制定的,在有关场合,为了计算儿童可能触及的距离,只有取得儿童接近速度方面的具体数据才行。

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	1
4 方法	2
5 最小距离计算公式	3
6 采用有源光电式防护装置的电敏式防护设施的最小距离的计算	3
6.1 垂直方向接近探测区	4
6.2 平行接近探测区	6
6.3 呈角度接近探测区	7
6.4 双位置设施	7
7 地面设置的停机装置最小距离计算方法	8
7.1 通用方法	8
7.2 地板式装设	9
7.3 台阶式装设	9
8 双手控制装置	9
附录 A(资料性附录) 计算实例	10
附录 B(资料性附录) 步行速度和步距	13

机械安全 与人体部位接近速度 相关防护设施的定位

1 范围

本标准提供了基于人的手臂数据与接近速度所得到的参数,并提供了确定从防护装置的传感器或致动装置到危险区最小距离的方法。

这些特定装置是:

- a) GB/T 15706.1—1995 中 3.23.5 所规定的自动停机装置(特别是电敏防护装置、压敏垫),包括用来辅助触发运行的那些装置。
- b) GB/T 15706.1—1995 中 3.23.4 所规定的并在 GB/T 19671—2005 中所包含的双手操纵装置。

注:本标准将单手致动的止动控制装置不视为防护设施。

本标准不适用于拟在小于计算距离的危险区旁,不借助工具移动的防护设施,如悬吊式双手控制装置。

根据本标准所得到的最小距离不适用于在一个已具有防护装置或电敏式防护装置的防护区域中探测是否有人存在的防护设施。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 15706.1—1995 机械安全 基本概念与设计通则 第1部分:基本术语、方法学(eqv ISO/TR 12100-1:1992)

GB/T 15706.2—1995 机械安全 基本概念与设计通则 第2部分:技术原则与规范(eqv ISO/TR 12100-2:1992)

GB/T 16856—1997 机械安全 风险评价的原则(eqv prEN 1050:1997)

GB/T 19671—2005 机械安全 双手操纵装置 功能状况及设计原则(ISO 13851:2002,MOD)

GB 12265.1—1997 机械安全 防止上肢触及危险区的安全距离(eqv ISO/DIS 13852:1996)

GB/T 19436.1—2004 机械电气安全 电敏防护装置 第1部分 一般要求及试验(IEC 61496-1:1997,IDT)

3 术语和定义

GB/T 15706.1—1995 和 GB/T 15706.2—1995 确定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

致动 actuation

探测到人体或其某一部位移动时防护装置的实际动作。

3.2

全系统停机性能 overall system stopping performance

T

从感应致动到危险状态停止,或到机器呈现安全状态所经历的时间或过程。该时间或过程至少由

两个时间阶段构成：

$$T = t_1 + t_2$$

式中, t_1 为从感应致动到输出信号, 开关装置处于断开状态所需的最大时间; t_2 为机器最长响应时间, 即: 从防护设施收到输出信号后机器到停止或危险消除所需的时间; t_2 受各种因素如温度、阀门开关时间、元件老化等的影响。

[GB/T 19436.1—2004, 3.20]

注: 图 1 给出了 t_1 与 t_2 间的关系。 t_1 和 t_2 分别为防护设施和机器的功能。它们由设计和测量所确定。

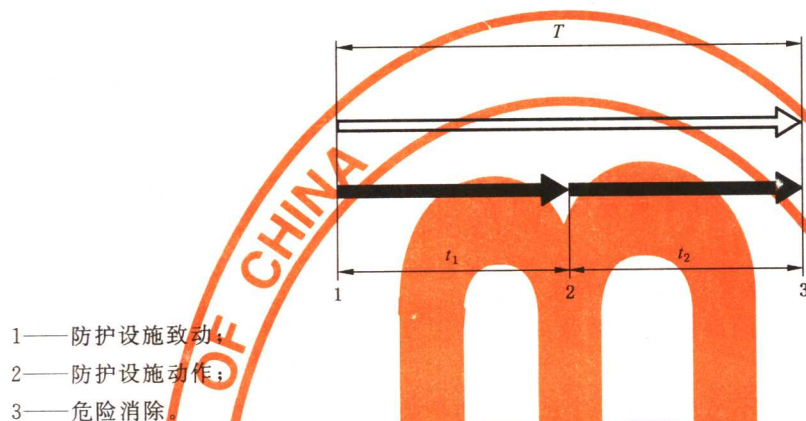


图 1 t_1 与 t_2 间的关系

3.3

探测能力 detection capability

d

供应商所规定的、引发电敏式防护设施(ESPE)致动的传感功能参数限值。

[GB/T 19436.1—2004, 3.6]

3.4

电敏式防护设施 electro-sensitive protective equipment

ESPE

为防止脱扣和感应人的存在而在一起共同工作的装置和(或)元件集成。它至少由一个敏感装置、一些控制/监视装置和输出信号开关装置构成。

[GB/T 19436.1—2004, 3.1]

4 方法

图 2 为确定防护装置、传感装置或致动装置正确位置的流程图, 具体如下:

- 识别危险并评价风险(见 GB/T 15706.1—1995 和 GB/T 16856—1997)。
- 如果有机器 C 类标准, 从该标准中选择一种特定形式的防护装置, 并使用该标准所规定的距离。
- 如果没有 C 类标准或 C 类标准没有规定最小距离, 那么使用本标准给出的公式, 计算所选防护装置的最小距离。应遵照 A 类或 B 类相关标准选择适当类型的防护设施。
- 应在机器设计中选用这个距离。
- 装置的安装方式应能确保不经其探测则不可能进入危险区。
- 检查所确定的位置, 是否存在允许有人处于防护装置的传感装置和危险区之间时而未探测到的情况。如果有这种情况, 可能需要依据风险情况采取一些补充措施。

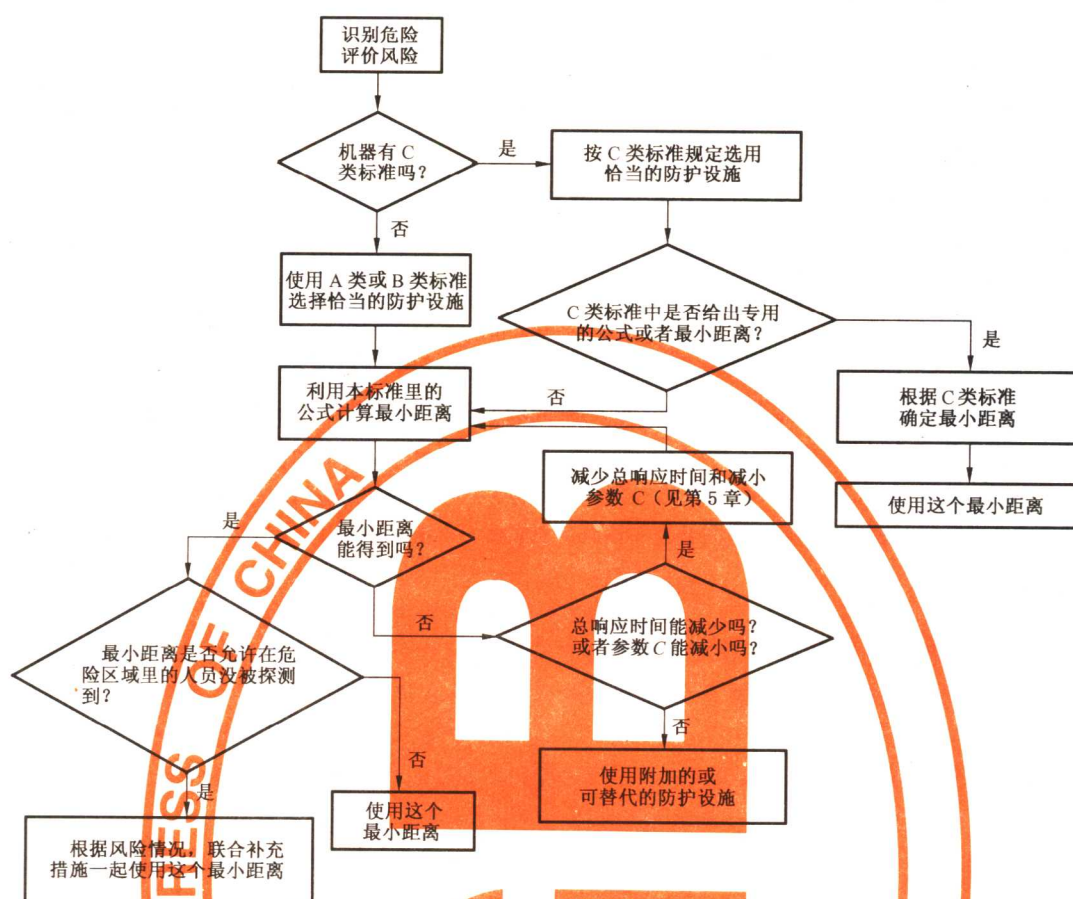


图 2 方法流程图

5 最小距离计算公式

用下面给出的通用公式(1), 计算从危险区到所探测的点、线、平面或区域的最小距离 S , 单位为毫米(mm):

$$S = (K \times T) + C \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

K ——从有关人体或人体部位的接近速度导出的参数, 单位为毫米每秒(mm/s)(见附录 B);

T ——全系统停机性能, 单位为秒(s)(见 3.2);

C ——附加距离, 单位为毫米(mm), 根据在防护设施致动之前朝危险区闯入的情况所给出的。实例见附录 A。

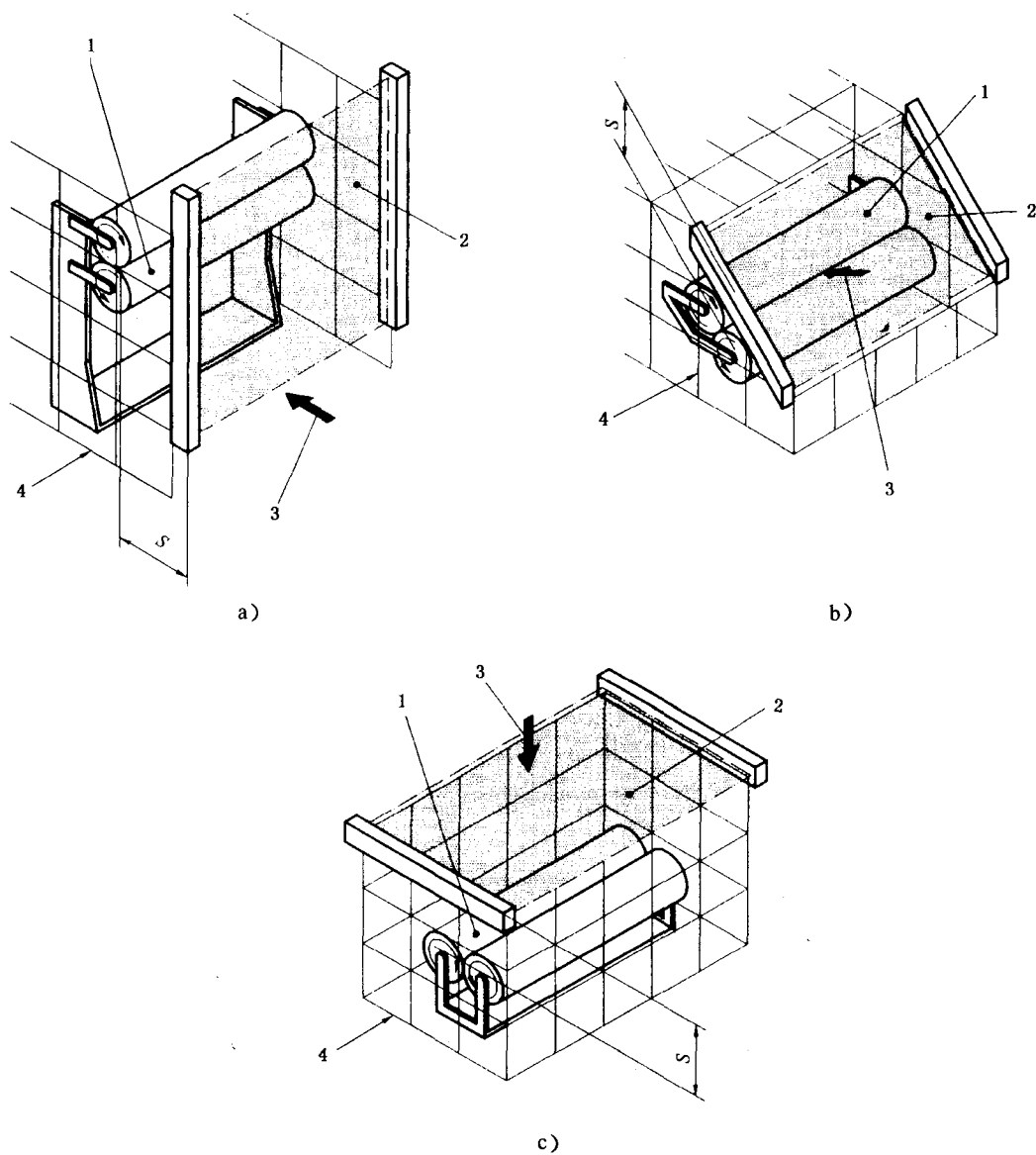
6 采用有源光电式防护装置的电敏式防护设施的最小距离的计算

本标准的使用者应根据对某一特定机器适当的 C 类标准, 为其选用电敏式防护设施。如果没有相应的 C 类标准, 使用者应根据 GB/T 16856 进行风险评价。

本条款根据人对着探测区的接近方向, 主要考虑 3 种情况:

- 与防护面垂直接近(见图 3);
- 平行接近(见图 4);
- 呈角度接近(见图 5)。

可以预见到, 电敏式防护设施探测区中或与其相邻处缝隙能让人体或其体部位进入危险区, 那么, 在正确定位防护设施及所考虑附加的安全防护装备时, 要对这种情况加以考虑。还应防止人从上方或绕过电敏式防护设施、其他防护设施和附加安全防护装备而进入危险区。



S——最小距离；
1——危险区；
2——探测区；
3——接近方向；
4——固定式防护装置。

图 3 垂直接近的 3 个例子

6.1 垂直方向接近探测区

6.1.1 采用有源光电式防护装置的电敏式防护设施

从探测区到危险区的最小距离应不小于式(2)计算结果：

$$S = (2\,000\text{ mm/s} \times T) + 8(d - 14\text{ mm}) \dots\dots\dots (2)$$

通过公式(1)(见第 5 章)代换：

$K = 2\,000\text{ mm/s}$ ；

$C = 8(d - 14\text{ mm})$ ，但不小于 0；

式中 d 是装置的探测能力，以毫米计。

该公式适用于 S 最大达 500 mm 的最小距离的计算。 S 的最小值不应小于 100 mm。

如果使用公式(2)发现 S 值大于 500 mm,则可使用式(3)计算:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + 8(d - 14\text{ mm}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

通过公式(1)(见第 5 章)代换:

$$K = 1\,600\text{ mm/s};$$

$$C = 8(d - 14\text{ mm}), \text{但不小于 } 0, \text{在这种情况下, } S \text{ 的最小值不小于 } 500\text{ mm}.$$

在可预见的场合,采用有源光电式防护装置的电敏式防护设施可能被用于非工业应用时,例如有儿童出现的场合,利用公式(2)计算得出的最小距离至少增加 75 mm。应该注意,此时,公式(3)是不适用的。

6.1.2 在机器运行再启动时使用的采用有源光电式防护装置的电敏式防护设施

在有机器运行再启动的情况下,使用的采用有源光电式防护装置的电敏式防护设施,其探测能力应等于或小于 30 mm,公式(2)(见 6.1.1)适用,最小距离应大于 150 mm。

如果探测能力等于或小于 14 mm 时,公式(2)应是适用的,且最小距离 S 应大于 100 mm。

注 1: GB/T 15706.1 和 GB/T 15706.2 及相关的 C 类标准中给出了在有机器运行再启动情况下使用电敏式防护设施的条件。

注 2: GB/T 19436.1—2004 中给出了有关电敏式防护设施附加要求。

6.1.3 探测能力大于 40 mm 且小于等于 70 mm 的采用有源光电式防护装置的电敏式防护设施

这类设施不用来探测手的闯入,因此只在危险评价表明不需要探测手的闯入场合应用。

该种设施应按下列参数安装。

从探测区到危险区的最小距离在一定程度上取决于待探测的人体部位,并应用式(4)计算:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + 850\text{ mm} \quad \dots\dots\dots(4)$$

通过公式(1)(见第 5 章)的代换:

$$K = 1\,600\text{ mm/s};$$

$$C = 85\text{ mm}.$$

在所有情况下,在风险评价阶段,对意外进入的风险都应加以考虑,除非最高处的光束高度大于或等于 900 mm,最低处的光束高度小于或等于 300 mm。

如果能预见到电敏式防护设施用于非工业场合时,如可能有儿童出现,则最低处光束的高度应小于或等于 200 mm。

6.1.4 多路分道光束

多路分道光束,如由 2,3 或 4 分道光束构成组合光束,常常用来探测全身,而非人体局部的闯入。

如果危险评价表明这种分道光束是适用的,则应按公式(4)(见 6.1.3)的计算,将这些光束配置在离危险区的最小距离处。

危险评价时,对于那些为避开这种设施而也许可能使用旁通的办法也应考虑到,如

- 在最低处光束下爬过;
- 从最高处光束上面越过;
- 从两光束之间穿过;
- 整个人体从两束光之间进入。

表 1 中给出的光束 2、3 和 4 的高度被认为是最为实用的。

表 1 光束的高度

单位为毫米。

光束数	基准面(如地板)以上的高度
4	300,600,900,1 200
3	300,700,1 100
2	400,900

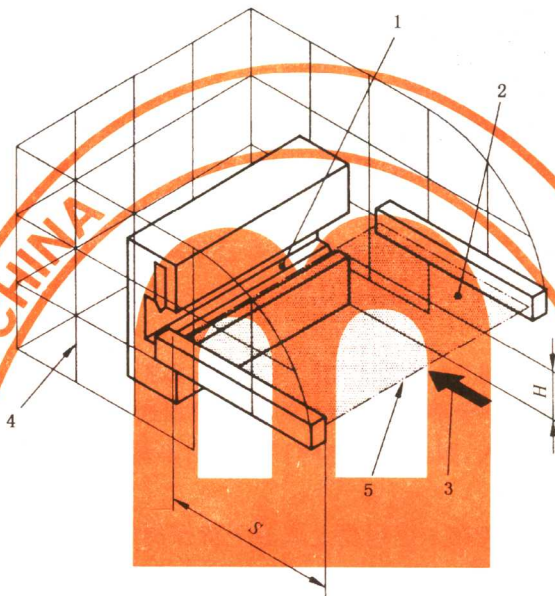
6.1.5 单路高度光束

只有在平行于地面,且光束被直立姿势的人体阻挡的情况下才考虑使用这类光束。

当危险评价表明允许单独使用单路高度光束时,使用式(5)计算最小距离:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + 1\,200\text{ mm} \quad \dots\dots\dots(5)$$

距地面或参考面 750 mm 的高度(见 GB 12265.1—1997, 4.1.1)是工业上解决从光束上面跨过或从光束下意外进入的实用方案。



H ——基准面上方探测区高度;

S ——最小距离;

1——危险区;

2——探测区;

3——接近方向;

4——固定式防护装置;

5——探测区的起始。

图 4 平行接近探测区

6.2 平行接近探测区

使用下式计算最小距离

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + (1\,200\text{ mm} - 0.4H) \quad \dots\dots\dots(6)$$

通过公式(1)(见第 5 章)代换:

$K = 1\,600\text{ mm/s}$;

$C = 1\,200\text{ mm} - 0.4H$, 但不小于 850 mm, 式中 H 是基准面(例如地板)上方探测区的高度,以毫米为单位。

对于此种类型防护设施,探测区的高度 H 值不应大于 1 000 mm,然而,当高度 H 值大于 300 mm 时(对有儿童出现的非工业场合为 200 mm),在探测区下方存在意外未被探测到的风险,作危险评价时应对此予以考虑。

探测区的最小允许高度用式(7)计算:

$$H = 15(d - 50\text{ mm}) \quad \dots\dots\dots(7)$$

这样,对于给定的探测区高度,相应的探测能力 d 用式(8)计算:

$$d = H/15 + 50\text{ mm} \quad \dots\dots\dots(8)$$

即,如果探测区的高度已知或已确定,最大探测能力是可以计算的。例如,在计算 L 型电敏式防护

设施的水平截面时,或者如果探测能力是已知的或已确定的时,则最小高度就能计算出来,直到最大允许高度 1 000 mm。

6.3 呈角度接近探测区

如果防护设施的安装得使接近探测区的角度在其原设计接近方向的(垂直或水平)在 $\pm 5^\circ$ 之内,那么就不认为是呈角度接近探测区,并应用相关公式计算即可(见 6.1, 6.2 和 6.4)。

对于按接近方向大于角度 $\pm 5^\circ$ 配置的探测区,应考虑与所预见的接近方法和所用的最适合的公式计算相关的风险。

当接近角度大于 30° 应视为垂直接近(见 6.1 和图 5a)

当接近角度小于 30° 应视为平行接近(见 6.2 和图 5b)

当呈角度地接近探测区被认为是平行时,6.2 中联系 H 和 d 的公式(7)适用于最低处的光束或靠近参考面的光束(图 6 中的 H)。在平行接近的情况下,计算最小距离 S 的公式适用于离危险区最远的光束。这个光束可用于最大高度达 1 000 mm 的探测区。

6.4 双位置设施

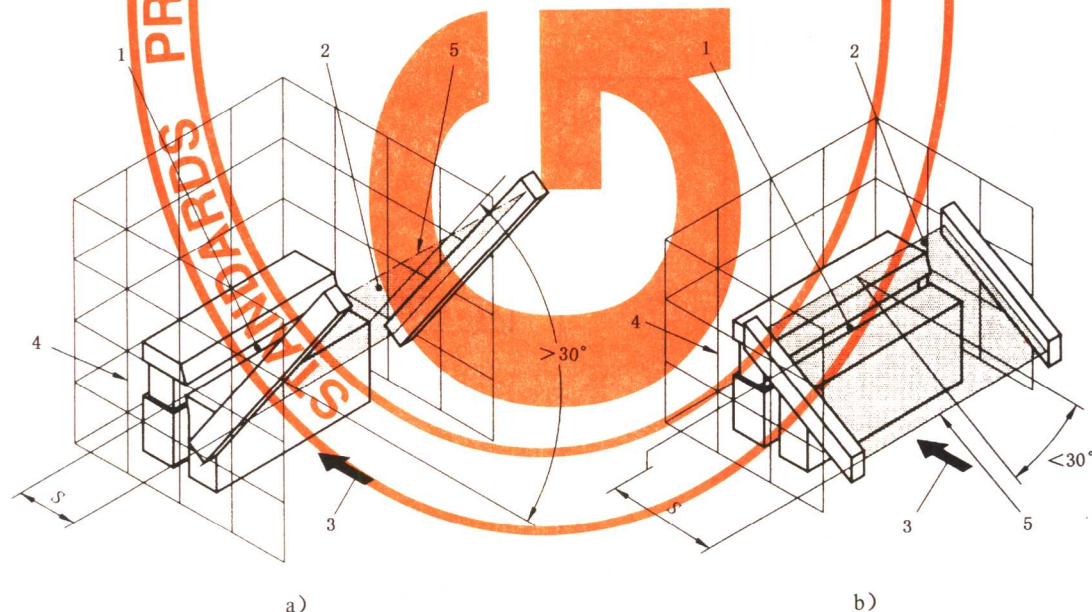
当探测区能很容易地被转换到与接近方向或垂直或水平的位置时,则应使用两个接近方向的最小距离(见 A.4 中例 3)。

探测区的旋转轴应处在同时满足两种接近要求的点上,这个点必须不在这个最近的光束上。

当处于与接近方向(垂直于探测区)相垂直的位置时,使用公式(2)(见 6.1.1)计算最小距离 S , S 在 ≤ 500 mm 范围内。

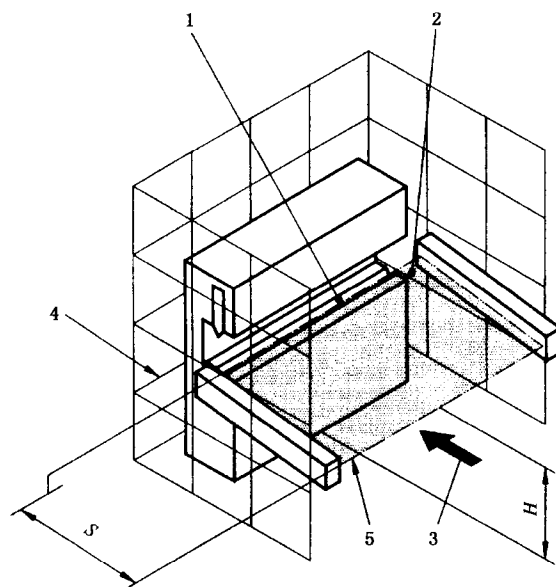
如果使用公式(2)计算得到 S 值大于 500 mm,则可以用公式(3)(见 6.1.1)计算,但最小距离为 500 mm 时除外。

当处于与接近方向(平行于探测区)相平行的位置时,使用公式(6)、(7)和(8)计算最小距离 S ,最大达 1 000 mm。



- S ——最小距离;
 1——危险区;
 2——探测区;
 3——接近方向;
 4——固定式防护装置;
 5——探测区起始端。

图 5 接近探测区的角度



H ——探测区的高度(最低处的光束);

S ——最小距离;

1——危险区;

2——探测区;

3——接近方向;

4——固定式防护装置;

5——探测区起始端。

图 6 探测区的高度(最低处的光束)

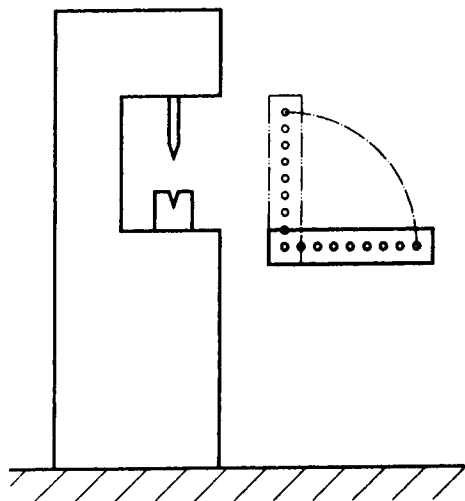


图 7 双位置设施

7 地面设置的停机装置最小距离计算方法

7.1 通用方法

依据适合的 C 类标准选择和使用由脚引发的地面设置的停机装置。如无 C 类标准,则取决于按 GB/T 16856 进行的风险评价。

地面设置的停机装置的例子包括压敏垫,压敏地板和有源光电式防护装置。

本条中对地面停机装置计算得出最小距离是假设进入危险区的接近速度为步行速度。有关从上面

越过危险区的风险见附录 B。

最小距离使用公式(6)计算(见 6.2):

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + (1\,200\text{ mm} - 0.4H) \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中, S 是从危险区到离危险区最远的装置探测边缘的在水平最小距离, 以毫米计, H 是参考面, 如地板上方的距离, 以毫米计(见 7.3)。

7.2 地板式装设

大多数情况下, 停机装置都直接被安装在地板上, 即 H 为零。安装在地板上的停机装置的最小距离应使用从公式(6)演变的公式(9)计算(见 6.2)

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + 1\,200\text{ mm} \quad \dots\dots\dots(10)$$

7.3 台阶式装设

如果停机装置被安装在台阶上或高台上, 那么最小距离可减少 $0.4H$, H 为台阶的高度, 以毫米计。

8 双手控制装置

从最近的致动器到危险区域的最小距离应使用式(11)计算:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + 250\text{ mm} \quad \dots\dots\dots(11)$$

通过公式(1)(见第 5 章)代换:

$$K = 1\,600\text{ mm/s};$$

$$C = 250\text{ mm}.$$

在致动器被驱动时, 如能通过足够的阻挡, 使手或手的一部分进入危险区的风险可以排除掉, 那么, C 可以为零, 并有一个 S 为 100 mm 最小允许距离。

注: GB/T 19671《机械安全 双手操纵装置 功能状况及设计原则》已就防止舍弃预定控制操作的问题给出了阻挡方面的建议。其中, 为防止手或手的一部分进入危险区所给出的措施并非在所有应用场合都是充分的。

附 录 A
(资料性附录)
计 算 实 例

A.1 通则

本附录给出如何使用本标准的实例。

在实例中假设,适用的C类或相关机器的风险评价允许使用举例中选用的防护设施。

A.2 例 1

某机器停机时间 t_2 为 60 ms,装有一个探测能力为 14 mm,响应时间 t_1 为 30 ms 垂直动作光电式防护装置的电敏式防护设施。

使用公式(2)

$$S = (2\,000 \text{ mm/s} \times T) + 8(d - 14 \text{ mm}) \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中, S 是危险区到探测区的最小距离,以毫米计;

T 为总响应时间,即 $(60 + 30) \text{ ms} = 90 \text{ ms}$

$d = 14 \text{ mm}$ 。

则:

$$S = (2\,000 \text{ mm/s} \times 0.09 \text{ s}) + 8(14 - 14) \text{ mm}$$

$$S = 180 \text{ mm}$$

A.3 例 2

与例 1 机器相同,但探测能力为 30 mm。

使用公式(2)

$$S = (2\,000 \text{ mm/s} \times T) + 8(d - 14 \text{ mm}) \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中:

T 为总响应时间,即 $(60 + 30) \text{ ms} = 90 \text{ ms}$;

$d = 30 \text{ mm}$

则:

$$S = (2\,000 \text{ mm/s} \times 0.09 \text{ s}) + 8(30 - 14) \text{ mm}$$

$$S = 180 \text{ mm} + 128 \text{ mm}$$

$$S = 308 \text{ mm}$$

A.4 例 3

机器要求一个双位置探测区,机器台高度 1 000 mm。全系统停机性能 T 为 100 毫秒,帘幕探测能力 d 为 40 mm。

垂直应用

使用公式(2)

$$S = (2\,000 \text{ mm/s} \times T) + 8(d - 14 \text{ mm}) \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

$T = 100 \text{ ms}$

$d = 40 \text{ mm}$ 。

则:

$$S = (2\,000\text{ mm/s} \times 0.1\text{ s}) + 8(40 - 14)\text{ mm}$$

$$S = 200\text{ mm} + 208\text{ mm}$$

$$S = 408\text{ mm}$$

由于结果小于 500 mm, 因此公式有效。

水平应用

使用公式(6)

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + (1\,200\text{ mm} - 0.4H) \dots\dots\dots(\text{A.4})$$

式中, $(1\,200\text{ mm} - 0.4H)$ 不小于 850 mm

则:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times 0.1\text{ s}) + 850\text{ mm}$$

$$S = 160\text{ mm} + 850\text{ mm}$$

$$S = 1\,010\text{ mm}$$

轴中心点应在距危险区 408 mm 的水平距离位置。

探测区的最小长度为 $(1\,010 - 408)\text{ mm} = 602\text{ mm}$ 。

危险评价表明, 在本例中, 对于所得出的从轴中心到危险区之间为 408 mm 的距离时, 是否需要附加安全防护。

A.5 不同器件的比较例子

A.5.1 例 4

利用有源光电式防护装置探测一个自动机器系统危险区的意外。

风险评价表明, 一个单独的多路分道式光束装置是恰当的, 并选用了一种三束光器件。

机器系统的停机时间为 300 ms, 防护设施的响应时间为 35 ms。

从表 1 可知, 光束应设置在地面上 300 mm, 700 mm 和 1 100 mm 处, 最小距离由公式(4)计算:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times 0.335\text{ s}) + 850\text{ mm} \dots\dots\dots(\text{A.5})$$

式中, $T = 335\text{ ms}$

则:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times 0.335\text{ s}) + 850\text{ mm}$$

$$S = 536\text{ mm} + 850\text{ mm}$$

$$S = 1\,386\text{ mm}$$

A.5.2 例 5

与例 4 中机器相同, 但通过一个装在地板上的压敏垫或一个垫在地板上的有源光电式防护装置替代三光束装置。

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times T) + 1\,200\text{ mm} \dots\dots\dots(\text{A.6})$$

则:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times 0.335\text{ s}) + 1\,200\text{ mm}$$

$$S = 536\text{ mm} + 1\,200\text{ mm}$$

$$S = 1\,736\text{ mm}$$

A.6 例 6

危险评价表明, 一个双手控制装置适合用来防止对危险区的进入。装置和机器的总响应时间为 90 ms。

使用公式(11)

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times 0.09\text{ s}) + 250\text{ mm} \quad \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

则:

$$S = (1\,600\text{ mm/s} \times 0.09\text{ s}) + 250\text{ mm}$$

$$S = 144\text{ mm} + 250\text{ mm}$$

$$S = 394\text{ mm}$$

如果采用充分的阻挡措施,最小距离 S 可减少到 144 mm(见第 8 章)。