



中华人民共和国国家标准

GB/T 23821—2022/ISO 13857:2019

代替 GB/T 23821—2009

机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离

Safety of machinery—Safety distances to prevent hazard zones
being reached by upper and lower limbs

(ISO 13857:2019, IDT)

2022-11-08 发布

2022-11-08 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 | I |
| 引言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 防止上下肢触及/进入的安全距离 | 2 |
| 4.1 总则 | 2 |
| 4.1.1 假设 | 2 |
| 4.1.2 风险评估 | 2 |
| 4.2 防止上肢触及的安全距离 | 3 |
| 4.2.1 上伸触及 | 3 |
| 4.2.2 越过保护结构触及 | 3 |
| 4.2.3 弧形触及 | 6 |
| 4.2.4 通过开口触及 | 7 |
| 4.2.5 附加保护结构对安全距离的影响 | 10 |
| 4.3 防止下肢触及的安全距离 | 11 |
| 4.4 考虑全身进入 | 13 |
| 附录 A (资料性) 中间值情况下表 1 和表 2 的用法 | 14 |
| 附录 B (资料性) 阻止下肢自由进入的距离 | 17 |
| 参考文献 | 19 |

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。

本文件代替 GB/T 23821—2009《机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离》，与 GB/T 23821—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了“参考面”的术语和定义(见 3.2)；
- b) 更改了风险评估的要求(见 4.1.2, 2009 年版的 4.1.2)；
- c) 更改了防止越过保护结构触及危险区的要求(见 4.2.2, 2009 年版的 4.2.2)；
- d) 增加了考虑全身进入(危险区)的要求(见 4.4)。

本文件等同采用 ISO 13857:2019《机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离》。与 ISO 13857:2019 相比，本文件做了下列编辑性改动：

——修改了 ISO 13857:2019 中的编辑性错误，将图 A.1、图 A.2 和图 A.3 中的“危险区高度 a ”“保护结构高度 b ”和“距危险区的水平距离 c ”分别修改为“危险区离上肢触及区域最近点的高度 h_a ”“保护结构高度 h_{ps} ”和“危险区离上肢触及区域最近点的水平距离 s_b ”。

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。

本文件由全国机械安全标准化技术委员会(SAC/TC 208)提出并归口。

本文件起草单位：南通维尔斯机械科技有限公司、苏州莱恩精工合金股份有限公司、广东力王高新科技股份有限公司、宁波纬诚科技股份有限公司、森赫电梯股份有限公司、丽阳电梯工程有限公司、华测检测认证集团股份有限公司、永康市伟格工贸有限公司、金华市鑫辉自动化设备有限公司、浙江奥鹏工贸有限公司、中机生产力促进中心、南京林业大学、皮尔磁电子(常州)有限公司、苏州安高智能安全科技有限公司、南京理工大学、四川蜀兴优创安全科技有限公司、苏州市质量和标准化院、杭州丰衡机电有限公司、佛山市必硕机电科技有限公司、震雄机械(深圳)有限公司、广东博智林机器人有限公司、湖北美瑞特空调系统有限公司、广东顺力智能物流装备股份有限公司、冀中能源邯郸矿业集团有限公司、郑州天一萃取科技有限公司、广东欣软科技有限公司、福建和裕家居科技有限公司、广东永汇科技有限公司、西安凯金哲检测有限公司、广东全伟工业科技有限公司、义乌宏涛模具有限公司、陕西金优邦科技有限公司、广东雪莹电器有限公司、陕西泛标软件有限公司、东莞市标准与产业融合促进会。

本文件主要起草人：陈妙仁、史志勇、张秀卓、孙春阳、王利东、张再春、黄之炯、刘治永、俞波、刘攀超、彭福生、屠颖剑、李勤、秦培均、李立言、逢鹏博、程红兵、居里锴、姜乐明、徐风格、付卉青、闻丽君、居荣华、黄庆、曹志勇、侯红英、陈能玉、杜鑫、陈卓贤、周光乐、徐文超、董凯菠、赵林祥、宋小宁、张宇航、赵宝琳、刘震、汤孝仁、刘英、张晓飞、叶冠林、陈开华、陈英、吴才春、王哲维、叶建红、王光建。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1997 年首次发布为 GB 12265.1—1997；
- 2000 年首次发布为 GB 12265.2—2000；
- 2009 年首次发布为 GB 23821—2009, 2017 年转化为 GB/T 23821—2009；
- 本次为第一次修订。

引 言

机械领域安全标准体系由以下几类标准构成。

——A类标准(基础安全标准),给出适用于所有机械的基本概念、设计原则和一般特征。

——B类标准(通用安全标准),涉及机械的一种安全特征或使用范围较宽的一类安全装置:

- B1类,特定的安全特征(如安全距离、表面温度、噪声)标准;
- B2类,安全装置(如双手操纵装置、联锁装置、压敏装置、防护装置)标准。

——C类标准(机械产品安全标准),对一种特定的机器或一组机器规定出详细安全要求的标准。

根据 GB/T 15706—2012,本文件属于 B1 类标准。

本文件尤其与下列与机械安全有关的利益相关方有关:

- 机器制造商;
- 健康与安全机构。

其他受到机械安全水平影响的利益相关方有:

- 机器使用人员;
- 机器所有者;
- 服务提供人员;
- 消费者(针对预定由消费者使用的机械)。

上述利益相关方均有可能参与本文件的起草。

此外,本文件预定用于起草 C 类标准的标准化机构。

本文件规定的要求可由 C 类标准补充或修改。

对于在 C 类标准的范围内,且已按照 C 类标准设计和制造的机器,优先采用 C 类标准中的要求。

利用安全距离防止上下肢触及危险区是消除危险或减小机器风险的一种方法。

在规定安全距离时,需要考虑很多因素,例如:

- 使用机器时可能出现的各种触及状态;
- 可靠的人体测量数据和人群差异;
- 生物力学因素,如人体各部分的伸缩和关节转动的限制;
- 技术和应用情况;
- 由于与规定的人体尺寸有偏差可能需要针对特殊人群(如有特殊需要的人员)采取的附加措施。

机械安全

防止上下肢触及危险区的安全距离

1 范围

本文件规定了在工业及非工业环境下用保护结构防止上下肢触及机器危险区的安全距离数值,给出了有关阻止下肢自由进入危险区的距离(见附录 B)。

本文件适用于 14 岁及以上的人员(14 岁人员身高的第 5 百分位数近似为 1 400 mm)。本文件还提供了 3 岁以上儿童(3 岁儿童身高的第 5 百分位数近似为 900 mm)上肢通过开口触及的距离。

注 1: 由于无法规定适合所有人群的安全距离,因此,所给出的数值旨在覆盖全部人口的第 95 百分位数。

本文件未考虑防止儿童下肢进入的数据。

这些安全距离适用于仅通过距离就能获得充分的风险减小的场合。由于安全距离的依据是人体尺寸,因此即使满足了本文件的要求,某些具有极限尺寸的人员仍能够触及危险区。

满足本文件的要求可防止触及危险区。但是本文件使用者要知道,这并不能给所有的危险提供所需要的风险减小(例如电离辐射、热源、噪声、粉尘等与机器排放相关的危险)。

本文件涉及下肢的条款,只适用于风险评估未能预见上肢可进入同一危险区的场合。

安全距离旨在防止人员在特定条件下(见 4.1.1)触及危险区。

注 2: 本文件未提供防止以攀爬方式触及危险区的措施(见 GB/T 8196—2018 中的 5.18)。

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 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小(ISO 12100:2010, IDT)

3 术语和定义

GB/T 15706—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

由 ISO 和 IEC 维护的标准化术语数据库的地址如下:

——ISO 在线浏览平台: <https://www.iso.org/obp>

——IEC Electropedia: <http://www.electropedia.org/>

3.1

保护结构 protective structure

用于限制人体和/或人体某一部位的运动以防止其触及危险区的安全防护装置(如防护装置、阻挡装置)或其他物理障碍(如机器部件)。

3.2

参考面 reference plane

人员操作机器或进入危险区时通常站立的水平面。

注: 参考面不一定是地面或地板(例如参考面可以是工作平台)。

3.3

安全距离 safety distance

安全间距 safe separation distance

s_r

保护结构距危险区的最小距离。

4 防止上下肢触及/进入的安全距离

4.1 总则

4.1.1 假设

本文件中的安全距离基于以下假设：

- 保护结构及保护结构上的开口的形状和位置保持不变；
- 安全距离从限制身体或其有关部位的表面开始测量；
- 人员可能试图强行使身体某一部分越过保护结构或通过开口来触及危险区；
- 穿鞋时与参考面有一定接触(不包括穿高跟鞋、攀爬或跳跃)；
- 不借助辅助设施(如椅子或梯子等)改变参考面；
- 不借助辅助设施(如棍棒或工具等)扩展上肢的自然触及范围。

4.1.2 风险评估

4.1.2.1 一般要求

如果所考虑的危险已被识别为重大危险(见 GB/T 15706—2012 中的 3.8),则需要确定安全距离。应考虑所有可合理预见的进入方式。如果因进入的可能性或者危险区的多样性要求采用一个以上的表,则应考虑所有安全距离。如果同一进入方式确定的安全距离超过一个,应采用最大的安全距离。

表 7 中给出的安全距离(s_r)适用于人员试图使用下肢通过开口触及危险区的场合。

4.1.2.2 上伸触及和越过触及时安全距离的选择

如果是上伸触及(见 4.2.1)或越过保护结构触及(见 4.2.2),在选择合适的安全距离前,应考虑危险所造成伤害的严重程度以及发生的概率。

如果是上伸触及,应采用 4.2.1.2 的较大值。如果是越过保护结构触及,应采用表 2 中的数值。

只有在危险所造成伤害的严重程度和发生概率均较低的情况下(见 GB/T 15706—2012 中的 5.5.2.3)才可以采用 4.2.1.2 的较小值或表 1 中的数值。

在运动缓慢可以避开危险运动等情况下,可假定伤害发生的概率低。

以下情况可假定伤害的严重程度低：

- 热表面的温度和接触时间低于烧伤阈值(烧伤阈值见 ISO 13732-1)；
- 危险不会对身体造成永久性伤害或不可恢复的损害,如血肿、轻微挫伤或身体可重新生长部位受损伤,如指甲。

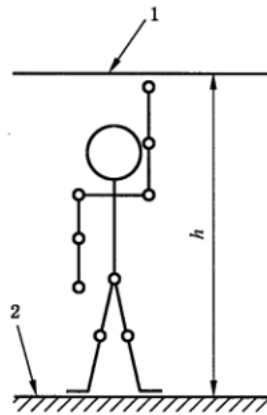
GB/T 16856—2015 的第 6 章给出了风险估计的更多指南。

4.2 防止上肢触及的安全距离

4.2.1 上伸触及

4.2.1.1 概述

图 1 所示为上伸触及的安全距离。



标引序号说明：

1——危险区；

2——参考面；

h ——危险区高度。

图 1 上伸触及

4.2.1.2 危险区高度

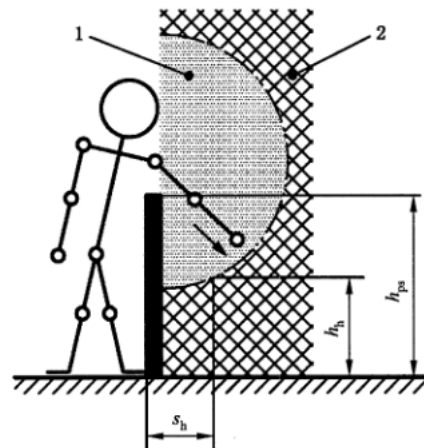
危险区高度 h 不应小于 2 700 mm。

如果危险所造成伤害的严重程度和发生概率均为低，则危险区高度 h 不应小于 2 500 mm。

4.2.2 越过保护结构触及

4.2.2.1 概述

图 2 所示为越过保护结构触及。



标引序号说明：

- 1 —— 上肢触及区域；
- 2 —— 上肢触及不到的区域(危险区)；
- h_h —— 危险区中离上肢触及区域最近点的高度；
- h_{ps} —— 保护结构高度；
- s_h —— 危险区中离上肢触及区域最近点的水平安全距离。

图 2 越过保护结构触及

危险区高度 h_h 、保护结构高度 h_{ps} 和距危险区的水平安全距离 s_h 的相应尺寸应根据表 1 和表 2 确定。

当已知 h_h 、 h_{ps} 或 s_h 的值在两个数值之间时，应选择更大的安全距离或更高的保护结构或改变危险区的高度(加高或降低)。因此，所给出数值之间不应进行插值。

4.2.2.2 数值

如果伤害严重程度轻且发生概率低，可以使用表 1。表 1 给出了危险区高度、保护结构高度和水平安全距离之间的关系(见图 2)。

注：附录 A 给出了使用表 1 的示例。

表 1 越过保护结构触及——仅针对轻微伤害和低发生概率

单位为毫米

| 危险区中离上肢触及区域最近点的高度 h_h | 保护结构高度 h_{ps} * | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 |
| | 危险区中离上肢触及区域最近点的水平安全距离 s_h | | | | | | | | |
| 2 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 400 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| 2 200 | 600 | 600 | 500 | 500 | 400 | 350 | 250 | 0 | 0 |
| 2 000 | 1 100 | 900 | 700 | 600 | 500 | 350 | 0 | 0 | 0 |
| 1 800 | 1 100 | 1 000 | 900 | 900 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 600 | 1 300 | 1 000 | 900 | 900 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 400 | 1 300 | 1 000 | 900 | 800 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 1 越过保护结构触及——仅针对轻微伤害和低发生概率（续）

单位为毫米

| 危险区中离上肢触及区域最近点的高度 h_h | 保护结构高度 h_{ps} ^a | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 |
| | 危险区中离上肢触及区域最近点的水平安全距离 s_h | | | | | | | | |
| 1 200 | 1 400 | 1 000 | 900 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 000 | 1 400 | 1 000 | 900 | 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 800 | 1 300 | 900 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 600 | 1 200 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 1 200 | 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 1 100 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 100 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

^a 保护结构高度小于 1 000 mm 时,不能有效地限制身体运动,因此本表未予考虑。

表 1 不适用时应采用表 2。表 2 给出了危险区高度、保护结构高度和水平安全距离之间的关系(见图 2)。

注:附录 A 给出了使用表 2 的示例。

表 2 越过保护结构触及

单位为毫米

| 危险区离上肢触及区域最近点的高度 h_h ^a | 保护结构高度 h_{ps} ^{b,c} | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 | 2 700 |
| | 危险区离上肢触及区域最近点的水平安全距离 s_h | | | | | | | | | |
| 2 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 600 | 900 | 800 | 700 | 600 | 600 | 500 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 400 | 1 100 | 1 000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 200 | 1 300 | 1 200 | 1 000 | 900 | 800 | 600 | 400 | 300 | 0 | 0 |
| 2 000 | 1 400 | 1 300 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 400 | 0 | 0 | 0 |
| 1 800 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 600 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 400 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 200 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 000 | 1 500 | 1 400 | 1 000 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 800 | 1 500 | 1 300 | 900 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 600 | 1 400 | 1 300 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 1 400 | 1 200 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 1 200 | 900 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 2 越过保护结构触及(续)

单位为毫米

| 危险区离上肢触及区域最近点的高度 h_a^a | 保护结构高度 $h_{ps}^{b,c}$ | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 | 2 700 |
| | 危险区离上肢触及区域最近点的水平安全距离 s_b | | | | | | | | | |
| 0 | 1 100 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

^a 危险区高度大于 2 700 mm 时,见 4.2.1。
^b 保护结构高度小于 1 000 mm 时,不能有效地限制身体运动,因此本表未予考虑。
^c 保护结构高度小于 1 400 mm 时,如果没有附加保护措施,不宜采用。

4.2.3 弧形触及

表 3 为 14 岁及以上人员(近似身高为 1 400 mm 及以上)的基本运动示例(也见 4.2.5)。当限制运动的障碍物长度不小于 300 mm 时,可选用小于 850 mm 的安全距离。

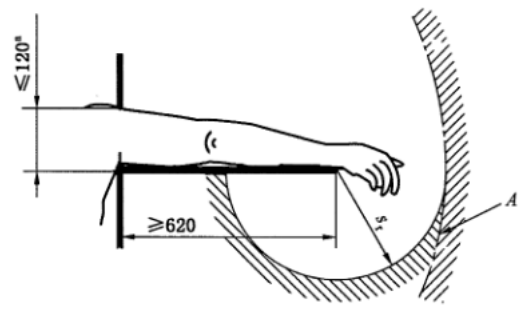
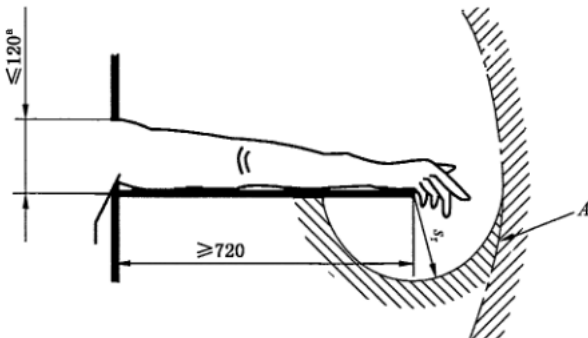
表 3 运动受限制的弧形触及

单位为毫米

| 运动限制 | 距危险区的安全距离 s_r | 图示 |
|--------------|-----------------|----|
| 只在肩部和腋窝运动受限制 | ≥ 850 | |
| 臂被支承至肘部 | ≥ 550 | |

表 3 运动受限的弧形触及 (续)

单位为毫米

| 运动限制 | 距危险区的安全距离 s_r | 图示 |
|---|-----------------|---|
| 臂被支承至腕部 | ≥ 230 |  |
| 臂和手被支承至指关节 | ≥ 130 |  |
| <p>标引序号说明:</p> <p>A——上肢的运动范围;</p> <p>s_r——径向安全距离。</p> <p>* 圆形开口的直径或方形开口的边长,或槽形开口的最窄尺寸。</p> | | |

4.2.4 通过开口触及

4.2.4.1 通过规则开口触及——14岁及以上人群

表 4 给出了适用于 14 岁及以上人群通过规则开口触及危险区的安全距离 s_r 。开口尺寸 e 表示方形开口的边长、圆形开口的直径或槽形开口的最窄处尺寸。开口尺寸大于 120 mm 的,应使用 4.2.2 规定的安全距离。

表 4 通过规则开口触及——14 岁及以上人员

单位为毫米

| 身体部位 | 图示 | 开口 | 安全距离 s_r | | |
|-------|----|-------------------|--------------|------------|------------|
| | | | 槽形 | 方形 | 圆形 |
| 指尖 | | $e \leq 4$ | ≥ 2 | ≥ 2 | ≥ 2 |
| | | $4 < e \leq 6$ | ≥ 10 | ≥ 5 | ≥ 5 |
| 指至指关节 | | $6 < e \leq 8$ | ≥ 20 | ≥ 15 | ≥ 5 |
| | | $8 < e \leq 10$ | ≥ 80 | ≥ 25 | ≥ 20 |
| 手 | | $10 < e \leq 12$ | ≥ 100 | ≥ 80 | ≥ 80 |
| | | $12 < e \leq 20$ | ≥ 120 | ≥ 120 | ≥ 120 |
| | | $20 < e \leq 30$ | $\geq 850^*$ | ≥ 120 | ≥ 120 |
| 臂至肩关节 | | $30 < e \leq 40$ | ≥ 850 | ≥ 200 | ≥ 120 |
| | | $40 < e \leq 120$ | ≥ 850 | ≥ 850 | ≥ 850 |

注：表中的粗实线划分了开口尺寸限制的人体部分。

* 如果槽形开口长度不大于 65 mm, 拇指将受到阻挡, 安全距离可减小到不小于 200 mm。

4.2.4.2 通过规则开口触及——3 岁及以上人群

表 5 适用于上肢较细和 3 岁及以上人群。

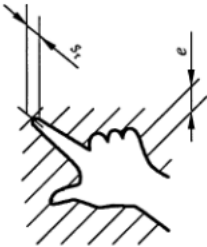
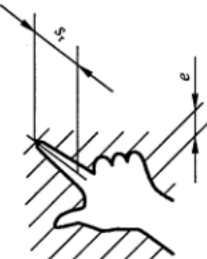
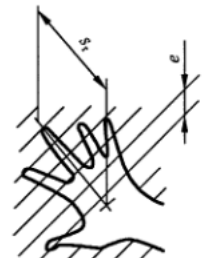
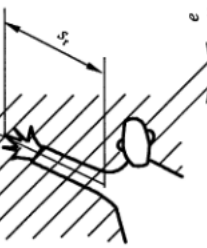
开口尺寸 e 表示方形开口的边长、圆形开口的直径或槽形开口的最窄处尺寸。

当开口大于 100 mm 时, 应使用 4.2.2 规定的安全距离。

注：防止儿童卡住颈部的措施不在本文件中考虑。

表 5 通过规则开口触及——3 岁及以上人员

单位为毫米

| 身体部位 | 图示 | 开口 | 安全距离 s_r | | |
|-------|---|-------------------|--------------|------------|------------|
| | | | 槽形 | 方形 | 圆形 |
| 指尖 |  | $e \leq 4$ | ≥ 2 | ≥ 2 | ≥ 2 |
| | | $4 < e \leq 6$ | ≥ 20 | ≥ 10 | ≥ 10 |
| 指至指关节 |  | $6 < e \leq 8$ | ≥ 40 | ≥ 30 | ≥ 20 |
| | | $8 < e \leq 10$ | ≥ 80 | ≥ 60 | ≥ 60 |
| 手 |  | $10 < e \leq 12$ | ≥ 100 | ≥ 80 | ≥ 80 |
| | | $12 < e \leq 20$ | $\geq 900^*$ | ≥ 120 | ≥ 120 |
| 臂至肩关节 |  | $20 < e \leq 30$ | ≥ 900 | ≥ 550 | ≥ 120 |
| | | $30 < e \leq 100$ | ≥ 900 | ≥ 900 | ≥ 900 |

注：表中的粗实线划分了开口尺寸限制的人体部分。

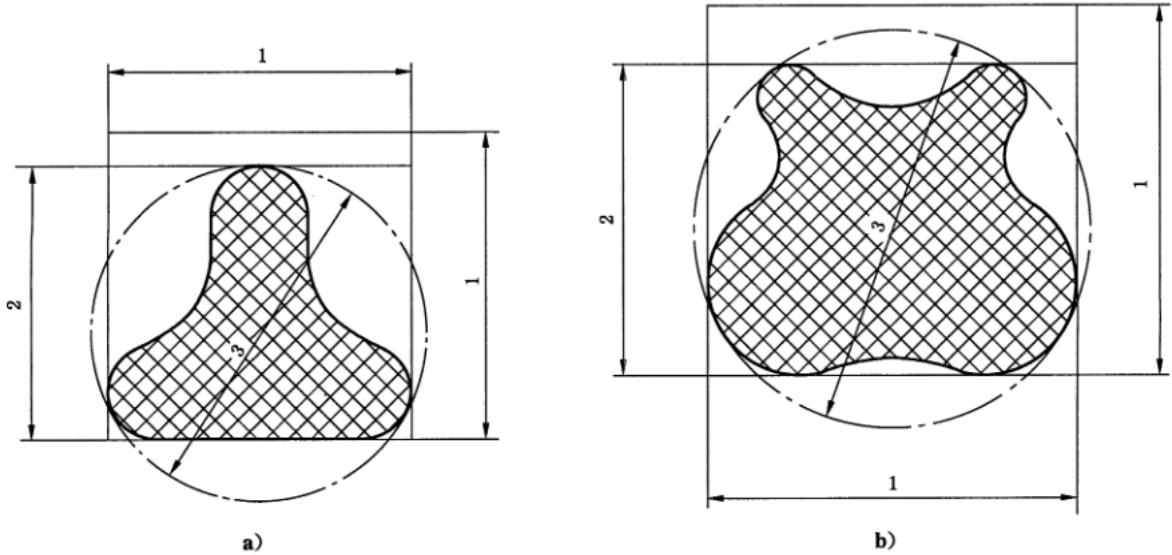
* 如果槽形开口长度不大于 40 mm，拇指将受到阻挡，安全距离可减小到不小于 120 mm。

4.2.4.3 通过不规则开口触及

对于不规则开口，应按以下顺序确定安全距离。

- a) 确定以下能够完全插入不规则开口的尺寸[见图 3a)和图 3b)阴影线部分]:
 - 最小圆形开口的直径;
 - 最小方形开口的边长;
 - 最窄槽形开口的宽度。

- b) 根据表 4(14 岁及以上)或表 5(3 岁及以上),针对步骤 a)确定的每个开口选择距离危险区的相应的安全距离。
- c) 可以使用 b)中所选的三个数值中最小的安全距离。



标引序号说明:

- 1——最小方形开口的边长;
- 2——最窄槽形开口的宽度;
- 3——最小圆形开口的直径。

图 3 不规则开口

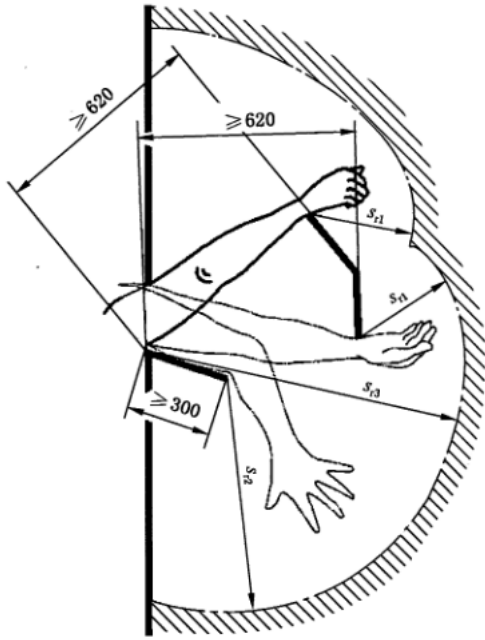
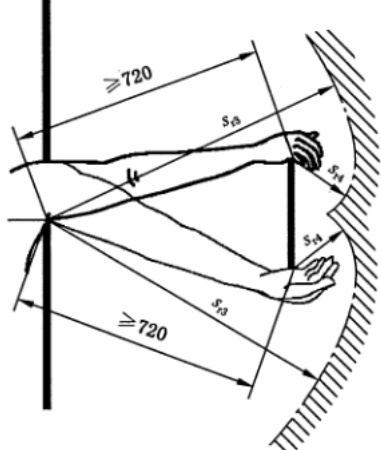
4.2.5 附加保护结构对安全距离的影响

表 1~表 5 中的保护结构都处于同一平面。采用附加保护结构或具备相同功能的表面能减少臂、手或手指的自由运动,并能增大容存危险的区域。表 3 和表 6 给出了如何实现该目的的示例。

能托住手臂的保护结构和表面,可以任意角度倾斜。

表 6 采用附加保护结构后的弧形触及

单位为毫米

| 运动限制 | 距危险区的安全距离 s_r | 图示 |
|---|---|--|
| 在肩部和腋窝限制运动： 两个单独的保护结构，一个允许腕部以下运动，另一个允许肘部以下运动 | $s_{r1} \geq 230$ $s_{r2} \geq 550$ $s_{r3} \geq 850$ |  |
| 在肩部和腋窝限制运动： 一个单独的保护结构，允许指关节以下手指运动 | $s_{r3} \geq 850$ $s_{r4} \geq 130$ |  |
| 标引序号说明： s_r ——径向安全距离。 | | |

4.3 防止下肢触及的安全距离

通常，宜用表 1~表 6 确定上肢的安全距离。在可预见上肢不会进入开口的情况下，可单独使用表 7 确定下肢的安全距离。

开口尺寸 e 表示方形开口的边长、圆形开口的直径或槽形开口最窄边长。

表 7 中的数值与是否穿着衣物或鞋袜无关并且适用于 14 岁及以上的人员。

通过不规则开口触及,见 4.2.4.3。

表 7 下肢通过规则形状开口触及

单位为毫米

| 下肢部位 | 图示 | 开口 | 距危险区的安全距离 s_1 | |
|----------|----|--------------------|-----------------|-----------------|
| | | | 槽形 | 方形或圆形 |
| 脚趾尖 | | $e \leq 5$ | 0 | 0 |
| | | $5 < e \leq 15$ | ≥ 10 | 0 |
| 脚趾 | | $15 < e \leq 35$ | $\geq 80^a$ | ≥ 25 |
| 脚 | | $35 < e \leq 60$ | ≥ 180 | ≥ 80 |
| | | $60 < e \leq 80$ | $\geq 650^b$ | ≥ 180 |
| 腿(脚尖至膝部) | | $80 < e \leq 95$ | $\geq 1\ 100^c$ | $\geq 650^b$ |
| 腿(脚尖至跨部) | | $95 < e \leq 180$ | $\geq 1\ 100^c$ | $\geq 1\ 100^c$ |
| | | $180 < e \leq 240$ | 不准许 | $\geq 1\ 100^c$ |

注: 槽形开口窄边大于 180 mm, 方形开口边长或圆形开口直径大于 240 mm 时, 可全身进入。

- ^a 如果槽形开口长度不大于 75 mm, 该距离可减小到不小于 50 mm。
- ^b 该值对应腿(脚尖至膝部)。
- ^c 该值对应腿(脚尖至跨部)。

在某些场合(如设计在不平地面上运动的移动式农业机械), 不能采用本文件规定的安全距离。在这种场合, 宜至少采用保护结构限制下肢的自由运动。对于这种方法, 可以采用附录 B 给出的数值。

4.4 考虑全身进入

由于能够全身进入,在未采用附加防护措施时,不应使用槽形开口 $e > 180$ mm 以及方形或圆形开口 $e > 240$ mm 的(见 4.2.4.1)保护结构。

根据表 2,在未采用附加保护措施时,不应使用高度小于 1 400 mm 的保护结构。

注 1: 使用本文件时,考虑从保护结构上方攀越或从保护结构下方钻入的全身进入是不可缺少的。

注 2: 示例见 ISO/TR 20218-2。

附录 A

(资料性)

中间值情况下表 1 和表 2 的用法

下面的示例解释了所用数值不同于 4.2.2.2 所涉及表格中给出的数值时表格的使用方法,以表 2 为例。

示例 1:

已知 h_h 和 s_h , 确定保护结构的高度 h_{ps} 。

假设:

——危险区的高度 h_h 为 1 500 mm;

——距保护结构的水平距离 s_h 为 800 mm。

方法:保护结构的高度 h_{ps} 可按以下方法确定:

① 作为最接近 1 500 mm 且该行中安全距离比 $h_h=1 400$ mm 更大(更安全)的数值, h_h 选择 1 600 mm。

② 选择 $s_h=800$ mm。

③ 对应的保护结构高度 h_{ps} 值为 1 800 mm。

单位为毫米

| 危险区离上肢触及区域最近点的高度 h_h^c | 保护结构高度 $h_{ps}^{a,b}$ | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 800③ | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 | 2 700 |
| | 危险区离上肢触及区域最近点的水平距离 s_h | | | | | | | | | |
| 2 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 600 | 900 | 800 | 700 | 600 | 600 | 500 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 400 | 1 100 | 1 000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 200 | 1 300 | 1 200 | 1 000 | 900 | 800 | 600 | 400 | 300 | 0 | 0 |
| 2 000 | 1 400 | 1 300 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 400 | 0 | 0 | 0 |
| 1 800 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 600① | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800② | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 400 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 200 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 700 | 0 | | | | |
| 1 000 | 1 500 | 1 400 | 1 000 | 800 | 0 | 0 | | | | |
| 800 | 1 500 | 1 300 | 900 | 600 | 0 | 0 | | | | |
| 600 | 1 400 | 1 300 | 800 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 400 | 1 400 | 1 200 | 400 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 200 | 1 200 | 900 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 1 100 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

^a 保护结构高度小于 1 000 mm 不能有效地限制身体运动,因此本表未予考虑。

^b 保护结构低于 1 400 mm,如果没有附加安全措施,不宜采用。

^c 危险区高度高于 2 700 mm,见 4.2.1。

图 A.1 示例 1——表 2 使用示例

示例 2:

已知 h_h 和 h_{ps} , 确定距危险区的水平安全距离 s_h 。

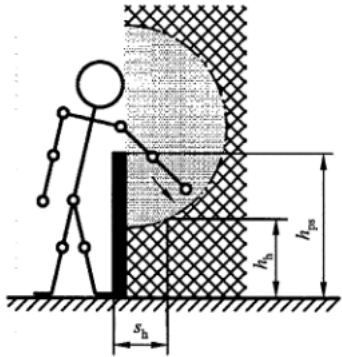
假设:

- 危险区的高度 h_h 为 2 300 mm;
- 保护结构的高度 h_{ps} 为 1 500 mm。

方法: 距离危险区的水平安全距离 s_h 可按以下方法确定:

- ① 作为最接近 1 500 mm 且该列中安全距离比 $h_{ps}=1 600$ mm 更大(更安全)的数值, 选择 $h_{ps}=1 400$ mm。
- ② 作为最接近 2 300 mm 且比安全距离 $h_h=2 400$ mm 更大(更安全)的数值, 选择 $h_h=2 200$ mm。
- ③ 对应的 s_h 值为 1 000 mm。

单位为毫米

| 危险区离上肢触及及区域最近点的高度 h_h^c | 保护结构高度 $h_{ps}^{a,b}$ | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-------|--------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400① | 1 600 | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 | 2 700 |
| 危险区离上肢触及及区域最近点的水平距离 s_h | | | | | | | | | | |
| 2 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 600 | 900 | 800 | 700 | 600 | 600 | 500 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 400 | 1 100 | 1 000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 200② | 1 300 | 1 200 | 1 000③ | 900 | 800 | 600 | 400 | 300 | 0 | 0 |
| 2 000 | 1 400 | 1 300 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 400 | 0 | 0 | 0 |
| 1 800 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 600 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 400 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 200 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 700 | 0 |  | | | |
| 1 000 | 1 500 | 1 400 | 1 000 | 800 | 0 | 0 | | | | |
| 800 | 1 500 | 1 300 | 900 | 600 | 0 | 0 | | | | |
| 600 | 1 400 | 1 300 | 800 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 400 | 1 400 | 1 200 | 400 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 200 | 1 200 | 900 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 1 100 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |

^a 保护结构高度小于 1 000 mm 不能有效地限制身体运动, 因此本表未予考虑。

^b 保护结构低于 1 400 mm, 如果没有附加安全措施, 不宜采用。

^c 危险区高度高于 2 700 mm, 见 4.2.1。

图 A.2 示例 2——表 2 使用示例

示例 3:

已知 h_{ps} 和 s_h , 确定危险区的高度 h_h 。

假设:

- 距离危险区的水平安全距离 s_h 为 850 mm;
- 保护结构的高度 h_{ps} 为 1 700 mm。

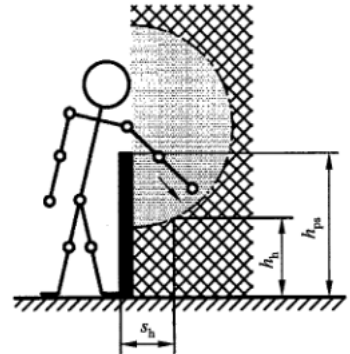
方法: 危险区的高度 h_h 可按以下方法确定。

- ① 作为最接近 1 700 mm 且该列中安全距离比 $h_{ps}=1 800$ mm 更大(更安全)的数值, 选择 $h_{ps}=1 600$ mm。
- ② 作为最接近(且低于)850 mm 的数值, s_h 选择 800 mm, 因此确定了几个不合适的位置, 并在图 A.3 中特别标出。

③ 对应的危险区的高度 h_h 的值为 2 400 mm 及以上或 1 000 mm 及以下。

单位为毫米

| | 危险区离上肢触及区域最近点的高度 h_h^c | 保护结构高度 $h_{ps}^{a,b}$ | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600① | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 | 2 700 |
| | | 危险区离上肢触及区域最近点的水平距离 s_h | | | | | | | | | |
| d | 2 700③ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 600③ | 900 | 800 | 700 | 600 | 600 | 500 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| | 2 400③ | 1 100 | 1 000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| e | [Shaded Area] | 900② | | | 900② | 800 | 600 | 400 | 300 | 0 | 0 |
| | | 900② | | | 900② | 800 | 600 | 400 | 0 | 0 | 0 |
| | | 900② | | | 900② | 800 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 900② | | | 900② | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 900② | | | 900② | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 900② | | | 900② | 700 | 0 | | | | |
| d | 1 000③ | 1 500 | 1 400 | 1 000 | 800 | 0 | 0 | | | | |
| | 800③ | 1 500 | 1 300 | 900 | 600 | 0 | 0 | | | | |
| | 600③ | 1 400 | 1 300 | 800 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| | 400③ | 1 400 | 1 200 | 400 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| | 200③ | 1 200 | 900 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| | 0③ | 1 100 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |



- ^a 保护结构高度小于 1 000 mm 不能有效地限制身体运动,因此本表未予考虑。
- ^b 保护结构低于 1 400 mm,如果没有附加安全措施,不宜采用。
- ^c 危险区高度高于 2 700 mm,见 4.2.1。
- ^d 允许。
- ^e 不准许。

图 A.3 示例 3——表 2 使用示例

附录 B

(资料性)

阻止下肢自由进入的距离

在某些场合(如设计在不平地面上运动的移动式农业机械),不能采用本文件规定的安全距离。在这种场合,宜至少采用保护结构限制下肢的自由活动。对于这种方法,可以采用本附录给出的距离。

可用附加保护结构限制下肢在已有保护结构下面的自由运动。对于这种方法,本附录给出了地面或参考面到保护结构的距离。此方法只能提供有限的保护,在很多情况下,其他方法更为适用。

参考面到保护结构的距离 h 不宜超过 180 mm(见 4.4)。

表 B.1 中的距离适用于人在无支撑保持站立姿势(如图 B.1 所示)时阻止下肢进入的特定情况。

表 B.1 中的数值不能用在有滑倒或误用风险的场合。

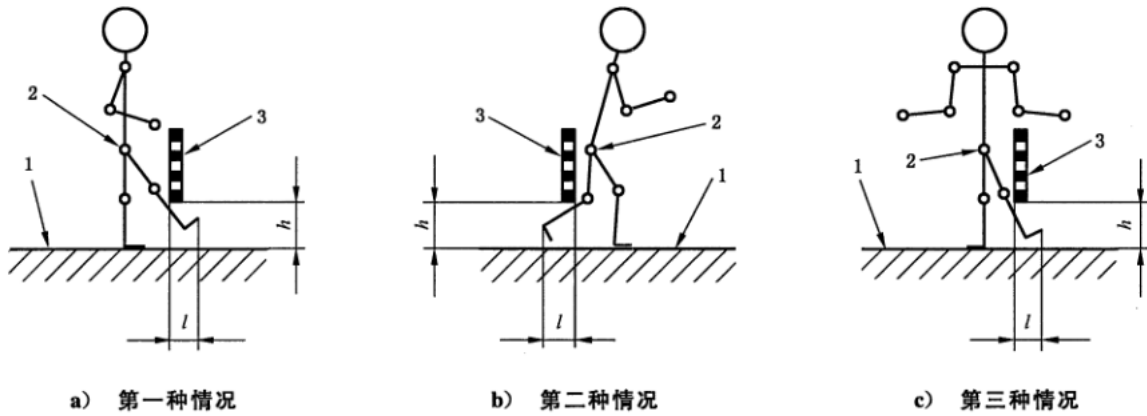
该表中的数值之间不宜有任何插入值。如果保护结构的高度 h 在两个数值之间,宜选用较高 h 值的距离。

表 B.1 限制下肢进入的距离

单位为毫米

| 到保护结构的高度 h | 距离 l | | |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| | 第一种情况 | 第二种情况 | 第三种情况 |
| $h \leq 200$ | ≥ 340 | ≥ 665 | ≥ 290 |
| $200 < h \leq 400$ | ≥ 550 | ≥ 765 | ≥ 615 |
| $400 < h \leq 600$ | ≥ 850 | ≥ 950 | ≥ 800 |
| $600 < h \leq 800$ | ≥ 950 | ≥ 950 | ≥ 900 |
| $800 < h \leq 1\ 000$ | $\geq 1\ 125$ | $\geq 1\ 195$ | $\geq 1\ 015$ |

注:槽形开口大于 180 mm,方形开口边长和圆形开口直径大于 240 mm 时,全身可以进入。



标引序号说明：

1——参考面；

2——髋关节；

3——保护结构；

h ——到保护结构的高度；

l ——限制距离。

图 B.1 阻止下肢在保护结构下自由活动的示意图

注：这些距离并非安全距离，可能需要附加的保护措施限制进入。

参 考 文 献

- [1] GB/T 8196—2018 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求
- [2] GB/T 16856—2015 机械安全 风险评估 实施指南和方法举例
- [3] ISO 7250(all parts) Basic human body measurements for technological design
- [4] ISO 13732-1 Ergonomics of the thermal environment—Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces—Part 1: Hot surfaces
- [5] ISO 13855 Safety of machinery—Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body
- [6] ISO 14119 Safety of machinery—Interlocking devices associated with guards—Principles for design and selection
- [7] ISO 14120 Safety of machinery—Guards—General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
- [8] ISO 14738 Safety of machinery—Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery
- [9] ISO/TR 20218-2 Robotics—Safety design for industrial robot systems—Part 2: Methods load/unload stations
-