



中华人民共和国国家标准

GB/T 15706—2012/ISO 12100:2010
代替 GB/T 15706.1—2007, GB/T 15706.2—2007, GB/T 16856.1—2008

机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

Safety of machinery—General principles for design—
Risk assessment and risk reduction

(ISO 12100:2010, IDT)

2012-11-05 发布

2013-03-01 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 设计通则

风险评估与风险减小

GB/T 15706—2012/ISO 12100:2010

*

中国标准出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)

北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

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 4.25 字数 124 千字

2013年3月第一版 2013年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46155 定价 57.00 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)68510107

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 风险评估和风险减小的策略 | 7 |
| 5 风险评估 | 10 |
| 5.1 概述 | 10 |
| 5.2 风险评估信息 | 10 |
| 5.3 机械限制的确定 | 11 |
| 5.3.1 概述 | 11 |
| 5.3.2 使用限制 | 11 |
| 5.3.3 空间限制 | 11 |
| 5.3.4 时间限制 | 11 |
| 5.3.5 其他限制 | 12 |
| 5.4 危险识别 | 12 |
| 5.5 风险估计 | 13 |
| 5.5.1 概述 | 13 |
| 5.5.2 风险要素 | 13 |
| 5.5.3 风险估计过程中应考虑方面 | 15 |
| 5.6 风险评价 | 16 |
| 5.6.1 概述 | 16 |
| 5.6.2 充分的风险减小 | 17 |
| 5.6.3 风险比较 | 17 |
| 6 风险减小 | 17 |
| 6.1 概述 | 17 |
| 6.2 本质安全设计措施 | 18 |
| 6.2.1 概述 | 18 |
| 6.2.2 几何因素和物理特性的考虑 | 18 |
| 6.2.3 考虑机械设计的通用技术知识 | 19 |
| 6.2.4 适用技术的选择 | 19 |
| 6.2.5 采用直接机械作用原则 | 19 |
| 6.2.6 稳定性的规定 | 20 |
| 6.2.7 维修性的规定 | 20 |
| 6.2.8 遵循人类工效学原则 | 20 |
| 6.2.9 电气危险 | 21 |
| 6.2.10 气动与液压危险 | 21 |

| | |
|---|----|
| 6.2.11 对控制系统应用本质安全设计措施 | 21 |
| 6.2.12 最大程度降低安全功能失效的概率 | 25 |
| 6.2.13 通过设备的可靠性限制暴露于危险 | 26 |
| 6.2.14 通过加载(装料)/卸载(卸料)操作的机械化或自动化限制暴露于危险 | 26 |
| 6.2.15 将设定和维护点的位置放在危险区之外来限制暴露于危险 | 26 |
| 6.3 安全防护及补充保护措施 | 26 |
| 6.3.1 一般要求 | 26 |
| 6.3.2 防护装置和保护装置的选择和使用 | 26 |
| 6.3.3 防护装置和保护装置的设计要求 | 30 |
| 6.3.4 通过安全防护减少排放 | 32 |
| 6.3.5 补充保护措施 | 33 |
| 6.4 使用信息 | 34 |
| 6.4.1 一般要求 | 34 |
| 6.4.2 使用信息的位置和属性 | 35 |
| 6.4.3 信号和警告装置 | 35 |
| 6.4.4 标志、符号(象形图)和书面警告 | 35 |
| 6.4.5 随行文件(特别是使用手册) | 36 |
| 7 风险评估和风险减小的文件 | 38 |
| 附录 A (资料性附录) 机器的图解表示 | 39 |
| 附录 B (资料性附录) 危险、危险状态和危险事件示例 | 40 |
| 附录 C (资料性附录) 本标准专用术语与表述的中文-英文索引 | 50 |
| 参考文献 | 61 |

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 15706.1—2007《机械安全 基本概念与设计通则 第1部分:基本术语和方法》、GB/T 15706.2—2007《机械安全 基本概念与设计通则 第2部分:技术原则》和 GB/T 16856.1—2008《机械安全 风险评价 第1部分:原则》。本标准整合了 GB/T 15706.1—2007、GB/T 15706.2—2007 和 GB/T 16856.1—2008 的技术内容,与 GB/T 15706.1—2007、GB/T 15706.2—2007 和 GB/T 16856.1—2008 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 将标准名称改为“机械安全 设计通则 风险评估与风险减小”;
- 将术语“可维护性(机器的)”改为“维修性”(见 3.3, GB/T 15706.1—2007 的 3.3);
- 将术语“遗留风险”改为“剩余风险”(见 3.13, GB/T 15706.1—2007 的 3.12 和 GB/T 16856.1—2008 的 3.11);
- 将术语“风险评估”改为“风险估计”(见 3.14, GB/T 15706.1—2007 的 3.15 和 GB/T 16856.1—2008 的 3.15);
- 将术语“风险评定”改为“风险评价”(见 3.16, GB/T 15706.1—2007 的 3.16 和 GB/T 16856.1—2008 的 3.16);
- 将术语“风险评价”改为“风险评估”(见 3.17, GB/T 15706.1—2007 的 3.13 和 GB/T 16856.1—2008 的 3.14);
- 将术语“可预见的误用”改为“可合理预见的误用”(见 3.24, GB/T 15706.1—2007 的 3.23 和 GB/T 16856.1—2008 的 3.10);
- 将术语“使动装置”改为“使能装置”(见 3.28.2, GB/T 15706.1—2007 的 3.26.2);
- 将术语“止-动控制装置”改为“保持-运行控制装置”(见 3.28.3, GB/T 15706.1—2007 的 3.26.3);
- 将术语“故障”改为“失灵”(见 3.37, GB/T 16856.1—2008 的 3.8)。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 12100:2010《机械安全 设计通则 风险评估与风险减小》(英文版)。

本标准等同翻译 ISO 12100:2010。为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- 按照 GB/T 1.1—2009 的要求修改了范围中条款的表述,增加了标准的适用范围;
- 删除了附录 C 中的法文和德文索引,增加了中文索引,并按照中文拼音重新排序。

本标准由全国机械安全标准化技术委员会(SAC/TC 208)提出并归口。

本标准起草单位:中机生产力促进中心、深圳市华测检测技术股份有限公司、徐州重型机械有限公司、南京林业大学光机电仪工程研究所、欧姆龙自动化(中国)有限公司、皮尔磁工业自动化(上海)有限公司、西门子(中国)有限公司上海分公司、广西柳工机械股份有限公司、罗克韦尔自动化(中国)有限公司、山东省产品质量监督检验研究院、中联认证中心、国家机床质量监督检验中心。

本标准主要起草人:李勤、居荣华、朱平、史先信、李立言、王学智、林建荣、张晓飞、富锐、刘治永、李建友、程红兵、黄之炯、洪立文、徐凯、褚卫中、罗广、王己妍、赵钦志、徐周、马立强、陈能玉、周加彦、王立、李志宏、孙华山、华镕、黄敏、张维、赵茂程。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 15706.1—1995、GB/T 15706.1—2007;
- GB/T 15706.2—1995、GB/T 15706.2—2007;
- GB/T 16856—1997;
- GB/T 16856.1—2008。

引 言

本标准的主要目的是为设计者提供总体框架和决策指南,使机械在其开发阶段能够设计出在预定使用范围内具备安全性的机器。本标准也为标准制定者提供一种策略,以便制定一致和适当的 B 类标准与 C 类标准。

机械安全的概念考虑了在风险已被充分减小后,机器在其生命周期内执行其预定功能的能力。

本标准是机械安全标准体系中所有标准的基础标准,机械安全标准体系的结构如下:

——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(如双手操控装置、联锁装置、压敏装置、防护装置)标准。

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

本标准属于 A 类标准。

当 C 类标准的内容与本标准或者其他 B 类标准的一个或多个技术规定不一致时,以 C 类标准的技术规定为准。

建议将本标准纳入培训课程或手册中,以便设计者掌握基本术语和通用设计方法。

起草本标准时已尽可能参考了 GB/T 20000.4 的内容。

机械安全 设计通则

风险评估与风险减小

1 范围

本标准规定了机械设计过程中用于实现机械安全的基本术语、原则和方法,以及风险评估与风险减小的原则,以帮助设计者实现机械安全的目标。这些原则基于与机械有关的设计、使用、事件、事故和风险的知识和经验。本标准还规定了在机器生命周期的相关阶段内进行识别危险、估计和评价风险的程序,消除危险或充分减小风险的程序,以及记录和验证风险评估与风险减小程序的指南。

本标准适用于 3.1 定义的机械。

本标准不涉及对家畜、财产或环境的风险和/或危害。本标准也可作为制定 B 类或 C 类安全标准的基础。

注 1: 附录 B 以单独的表格分别给出了危险、危险状态和危险事件的示例,以阐明这些概念并在危险识别过程中对设计者起到帮助作用。

注 2: 在 GB/T 16856.2—2008 中给出了许多在实际应用中针对风险评估的每个阶段的方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 5226.1—2008 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2005, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机械 machinery

机器 machine

由若干个零、部件连接构成并具有特定应用目的的组合,其中至少有一个零、部件是可运动的,并且配备或预定配备动力系统。

注 1: 术语“机械”也包括为了同一应用目的,将其安排、控制得像一台完整机器那样发挥它们功能的若干台机器的组合。

注 2: 附录 A 给出了机器的一般图解表示。

3.2

可靠性 reliability

机器、机器的零、部件或设备在规定的条件下和规定的期限内执行规定的功能且不出现故障的能力。

3.3

维修性 maintainability

按照规定的做法并采用规定的方法采取必要措施(维修)的情况下,机器保持在预定使用条件下能

够实现其功能的状态或恢复至此状态的能力。

3.4

易用性 usability

由于特性或特征等原因使机器功能容易被理解,从而使机器具备容易使用的能力。

3.5

伤害 harm

对健康产生的生理上的损伤或危害。

3.6

危险 hazard

潜在的伤害源。

注1:“危险”一词可由其起源(例如:机械危险和电气危险),或其潜在伤害的性质(例如:电击危险、切割危险、中毒危险和火灾危险)进行限定。

注2:本定义中的危险包括:

- 在机器的预定使用期间,始终存在的危险(例如:危险运动部件的运动、焊接过程中产生的电弧、不利于健康的姿势、噪声排放、高温);
- 意外出现的危险(例如:爆炸、意外启动引起的挤压危险、破裂引起的喷射、加速/减速引起的坠落)。

3.7

相关危险 relevant hazard

已识别出的机器本身存在的或与机器相关的危险。

注1:相关危险是第5章所述的过程中某一步骤的结果。

注2:本术语是B类标准和C类标准的基本术语。

3.8

重大危险 significant hazard

已识别为相关危险,需要设计者根据风险评价采用特殊方法去消除或减小的风险。

注:本术语是B类标准和C类标准的基本术语。

3.9

危险事件 hazardous event

能够造成伤害的事件。

注:危险事件的发生过程可以是短时间的,也可以是长时间的。

3.10

危险状态 hazardous situation

指人员暴露于至少具有一种危险的环境。

注:这类暴露可能立即或在一定时间之后对人员产生伤害。

3.11

危险区 hazard zone

危险区 danger zone

使人员暴露于危险的机械内部和/或其周围的任何空间。

3.12

风险 risk

伤害发生的概率与伤害严重程度的组合。

3.13

剩余风险 residual risk

采取保护措施之后仍然存在的风险。

注1:本标准区分了:

- 设计者采取保护措施后的剩余风险；
- 已采取所有的保护措施后仍然存在的剩余风险。

注 2：也可见图 2。

3.14

风险估计 risk estimation

确定伤害可能达到的严重程度和伤害发生的概率。

3.15

风险分析 risk analysis

机器限制的确定、危险识别和风险估计的组合。

3.16

风险评价 risk evaluation

以风险分析为基础,判断是否已达到减小风险的目标。

3.17

风险评估 risk assessment

包括风险分析和风险评价在内的全过程。

3.18

充分的风险减小 adequate risk reduction

至少符合法律法规的要求并考虑了现有技术水平的风险减小。

注：确定风险是否充分减小的准则在第 5.6.2 中给出。

3.19

保护措施 protective measure

用于实现风险减小的措施。这些措施由下列人员实施：

- 设计者(本质安全设计、安全防护和补充保护措施,使用信息)；
- 使用者(组织措施:安全工作程序、监督、工作许可制度;提供和使用附加安全防护装置;使用个体防护装备;培训)。

注：见图 2。

3.20

本质安全设计措施 inherently safe design measure

通过改变机器设计或工作特性,而不是使用防护装置或保护装置来消除危险或减小与危险相关的风险的保护措施。

注：见 6.2。

3.21

安全防护 safeguarding

使用安全防护装置保护人员的保护措施,这些保护措施使人员远离那些不能合理消除的危险或者通过本质安全设计措施无法充分减小的风险。

注：见 6.3。

3.22

使用信息 information for use

由信息载体(如文本、文字、标记、信号、符号、图表)组成的保护措施,可单独或组合使用这些载体向使用者传递信息。

注：见 6.4。

3.23

预定使用 intended use

按照使用说明书提供的信息使用机器。

3.24

可合理预见的误用 reasonably foreseeable misuse

不是按设计者预定的方法而是按照常理可预见的人类习惯来使用机器。

3.25

任务 task

在机器生命周期内,一人或多人在机器上或机器附近所进行的特定活动。

3.26

安全防护装置 safeguard

防护装置或保护装置。

3.27

防护装置 guard

设计为机器的组成部分,用于提供保护的物理屏障。

注1:防护装置可以:

——单独使用。对于活动式防护装置,只有“闭合”时才有效;对于固定式防护装置,只有处于“牢固的固定就位”才有效。

——与带或不带防护锁定的联锁装置结合使用。在这种情况下,无论防护装置处于什么位置都能起到防护作用。

注2:根据防护装置的结构,可称作外壳、护罩、盖、屏、门和封闭式防护装置。

注3:防护装置类型的术语在3.27.1~3.27.6中定义。防护装置的类型及其要求也可见6.3.3.2和GB/T 8196。

3.27.1

固定式防护装置 fixed guard

以一定方式(如采用螺钉、螺母、焊接)固定的,只能使用工具或破坏其固定方式才能打开或拆除的防护装置。

3.27.2

活动式防护装置 movable guard

不使用工具就能打开的防护装置。

3.27.3

可调式防护装置 adjustable guard

整体或者部分可调的固定式或活动式防护装置。

3.27.4

联锁防护装置 interlocking guard

与联锁装置联用的防护装置,同机器控制系统一起实现以下功能:

——在防护装置关闭前,其“遮蔽”的危险的机器功能不能执行;

——在危险机器功能运行时,如果打开防护装置,则发出停机指令;

——在防护装置关闭后,防护装置“遮蔽”的危险的机器功能可以运行。防护装置本身的关闭不会启动危险机器功能。

注:GB/T 18831给出了详细规定。

3.27.5

带防护锁定的联锁防护装置 interlocking guard with guard locking

与联锁装置、防护锁定装置联用的防护装置,同机器控制系统一起实现以下功能:

——在防护装置关闭和锁定前,其“遮蔽”的危险的机器功能不能够执行;

——在防护装置“遮蔽”的危险的机器功能所产生的风险消失之前,防护装置保持关闭和锁定状态;

——在防护装置关闭和锁定后,被防护装置“遮蔽”的危险的机器功能可以运行。防护装置本身的关闭和锁定不会启动危险机器功能。

注:GB/T 18831给出了详细的规定。

3.27.6

带启动功能的联锁防护装置 interlocking guard with a start function

带控制功能的防护装置 control guard

特殊联锁防护装置,一旦其到达关闭位置,便发出触发机器危险功能的命令,无需使用单独的启动控制。

注: 6.3.3.2.5 给出了关于使用条件的详细规定。

3.28

保护装置 protective device

防护装置以外的安全防护装置。

注: 3.28.1~3.28.9 给出了保护装置的示例。

3.28.1

联锁装置 interlocking device

联锁 interlock

用于防止危险机器功能在特定条件下(通常是指只要防护装置未关闭)运行的机械、电气或者其他类型的装置。

3.28.2

使能装置 enabling device

与启动控制一起使用并且只有连续操动时才能使机器运行的附加手动操作装置。

3.28.3

保持-运行控制装置 hold-to-run control device

只有在手动控制器(执行器)动作时才能触发并保持机器功能的控制装置。

3.28.4

双手操纵装置 two-hand control device

至少需要双手同时操作才能启动和保持危险机器功能的控制装置,以此为该装置的操作人员提供一种保护措施。

注: GB/T 19671 给出了详细的规定。

3.28.5

敏感保护设备 sensitive protective equipment

SPE

用于探测人体或人体局部,并向控制系统发出正确信号以降低被探测人员风险的设备。

注: 当人体或人体局部超出预定范围,如进入危险区——(触发)或在预定区域内检测到有人存在(存在感应),或在以上两种情况均发生时,敏感保护设备能够发出信号。

3.28.6

有源光电保护装置 active opto-electronic protective device

AOPD

通过光电发射元件和接收元件完成感应功能的装置,可探测特定区域内由于不透光物体出现引起的该装置内光线的中断。

注: IEC 61496 给出了详细的规定。

3.28.7

机械抑制装置 mechanical restraint device

在机构中引入了能靠其自身强度防止危险运动的机械障碍(如楔、轴、撑杆、销)的装置。

3.28.8

限制装置 limiting device

防止机器或危险机器状态超过设计限度(如空间限度、压力限度、荷载力矩限度等)的装置。

3.28.9

有限运动控制装置 limited movement control device

与机器控制系统一起作用,使得单次操动只允许机器元件做有限运动的控制装置。

3.29

阻挡装置 impeding device

物理障碍物(低位屏障、栏杆等)。其设置不能阻碍人员进入危险区,但能通过设置障碍物阻挡自由出入,减小进入危险区的概率。

3.30

安全功能 safety function

失效后会立即造成风险增加的机器功能。

3.31

意外启动 unexpected start-up

非正常启动 unintended start-up

任何由于其不可预测性而对人产生风险的启动。

注1:其产生的原因示例如下:

- 由于控制系统内部失效或外部因素对控制系统的影响导致的启动指令;
- 由于对机器的启动控制装置或其他部件(如传感器或动力控制元件)不适宜的动作所产生的启动指令;
- 动力源中断后又恢复产生的启动;
- 机器的部件受到内部或外部的影响(重力、风力、内燃机的自动点火等)产生的启动。

注2:按照机器自动循环正常次序的启动不是非正常启动,但就操作者而言可视为意外启动。在这种情况下,事故防范采用的是安全防护措施(见6.3章)。

注3:根据GB/T 19670—2005的定义3.2改写。

3.32

危险失效 failure to danger

由机械或其动力源产生的并且会增加风险的任何失灵。

3.33

故障 fault

产品不能完成要求功能的状态。预防性维护或其他计划性活动或因缺乏外部资源的情况除外。

[IEV 191-05-01]

注1:故障通常是产品自身失效引起的,但即使失效未发生,故障也可能存在。

注2:在机械领域,术语“故障(fault)”通常是按照IEV 191-05-01给出的定义等同使用。

注3:实际中,术语“故障(fault)”和“失效(failure)”通常作为同义词使用。

3.34

失效 failure

产品完成要求功能能力的中断。

注1:失效后,产品处于故障状态。

注2:“失效”与“故障”的区别在于,失效是一次事件,故障是一种状态。

注3:这里定义的“失效”,不适用于仅由软件构成的产品。

[IEV 191-04-01]

3.35

共因失效 common cause failure

由单一事件引发的不同产品的失效,这些失效不互为因果。

注:共因失效不宜与共模失效相混淆。

[IEV 191-04-23]

3.36

共模失效 common mode failure

以相同故障模式为特征的产品失效。

注：由于共模失效可能由不同原因引起，因此不宜将共模失效与共因失效混淆。

[IEV 191-04-24]

3.37

失灵 malfunction

不能执行预定功能的机器故障。

注：示例见 5.4 中的 b)2)。

3.38

紧急状态 emergency situation

需要立即终止或避免的危险状态。

注：紧急状态：

- 可发生在机器正常运行期间（例如由于人员的交互作用或受外界影响）；
- 可能是由于机器任何部件失灵或失效。

3.39

紧急操作 emergency operation

用于终止或避免紧急状态的所有操作和功能。

3.40

急停 emergency stop

急停功能 emergency stop function

该功能预定：

- 用于阻止正在发生的或降低已存在的对人员的危险、对机械或正在进行中的工作的损害；
- 由单人动作触发。

注：GB 16754 给出了详细规定。

3.41

排放值 emission value

将机器产生的排放物（如噪声、振动、有害物质、辐射）进行量化后的数值。

注 1：排放值属于机器性能信息的一部分，是进行风险评价的基础数据。

注 2：不能将术语“排放值”与“暴露值”混淆。暴露值是指在机器使用中，对人员在排放物中暴露程度的量化。暴露值可用排放值进行估算。

注 3：建议利用标准方法（如与同类机器比较）测定排放值和其伴随的不确定性。

3.42

可比较的排放数据 comparative emission data

从同类机器上采集到的用作比较的一组排放值数据。

注：关于噪声的比较，见 GB/T 22156。

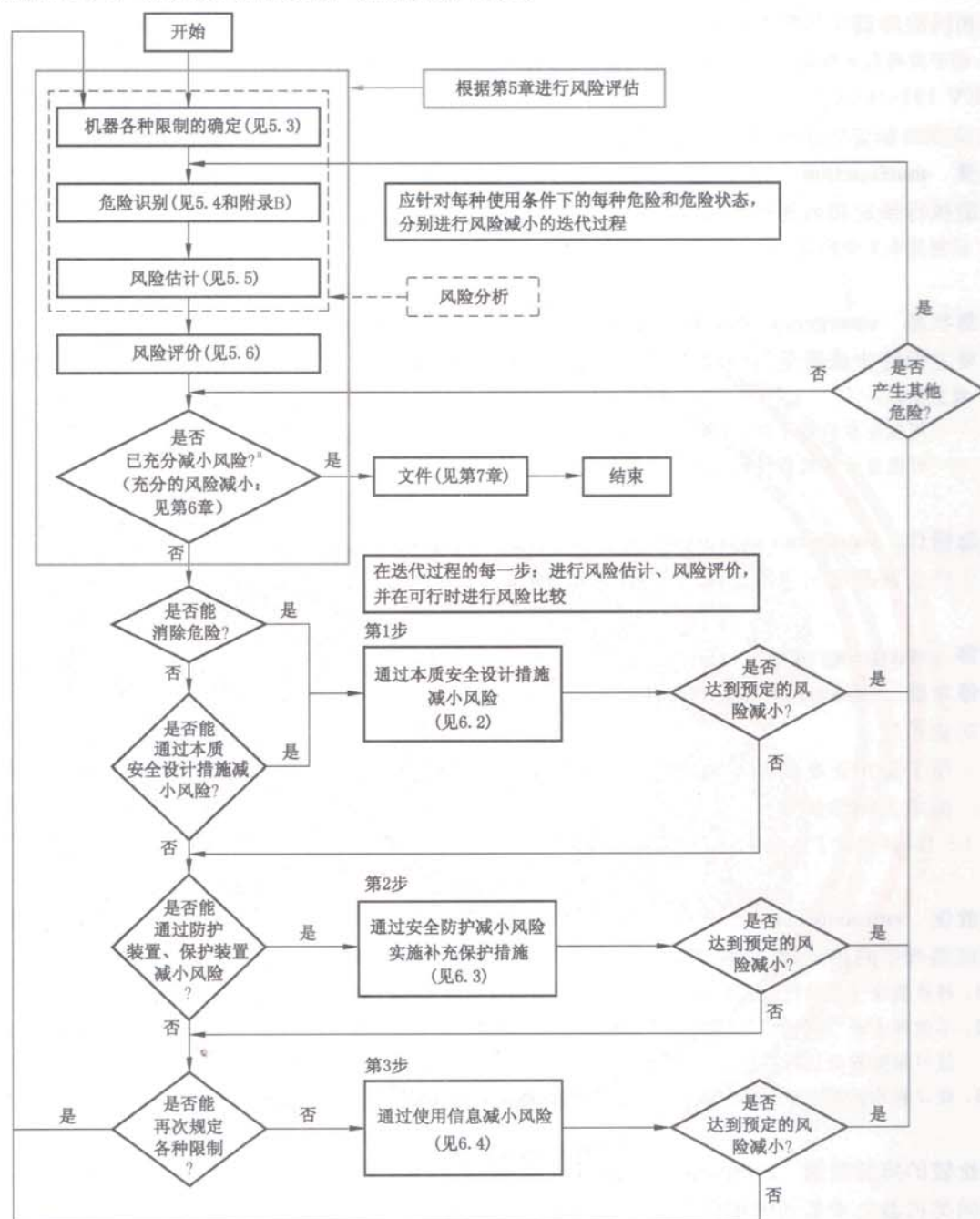
4 风险评估和风险减小的策略

为了完成风险评估和风险减小，设计者应按下列顺序依次采取措施（见图 1）：

- a) 确定机器的各种限制，包括预定使用 and 任何可合理预见的误用；
- b) 识别危险及其伴随的危险状态；
- c) 对每一种识别出的危险和危险状态进行风险估计；
- d) 评价风险并决定是否需要减小风险；

e) 采取保护措施消除危险或减小危险伴随的风险。

措施 a) 至 d) 与风险评估相关, e) 与风险减小相关。



* 用初始风险评估结果回答初次问题。

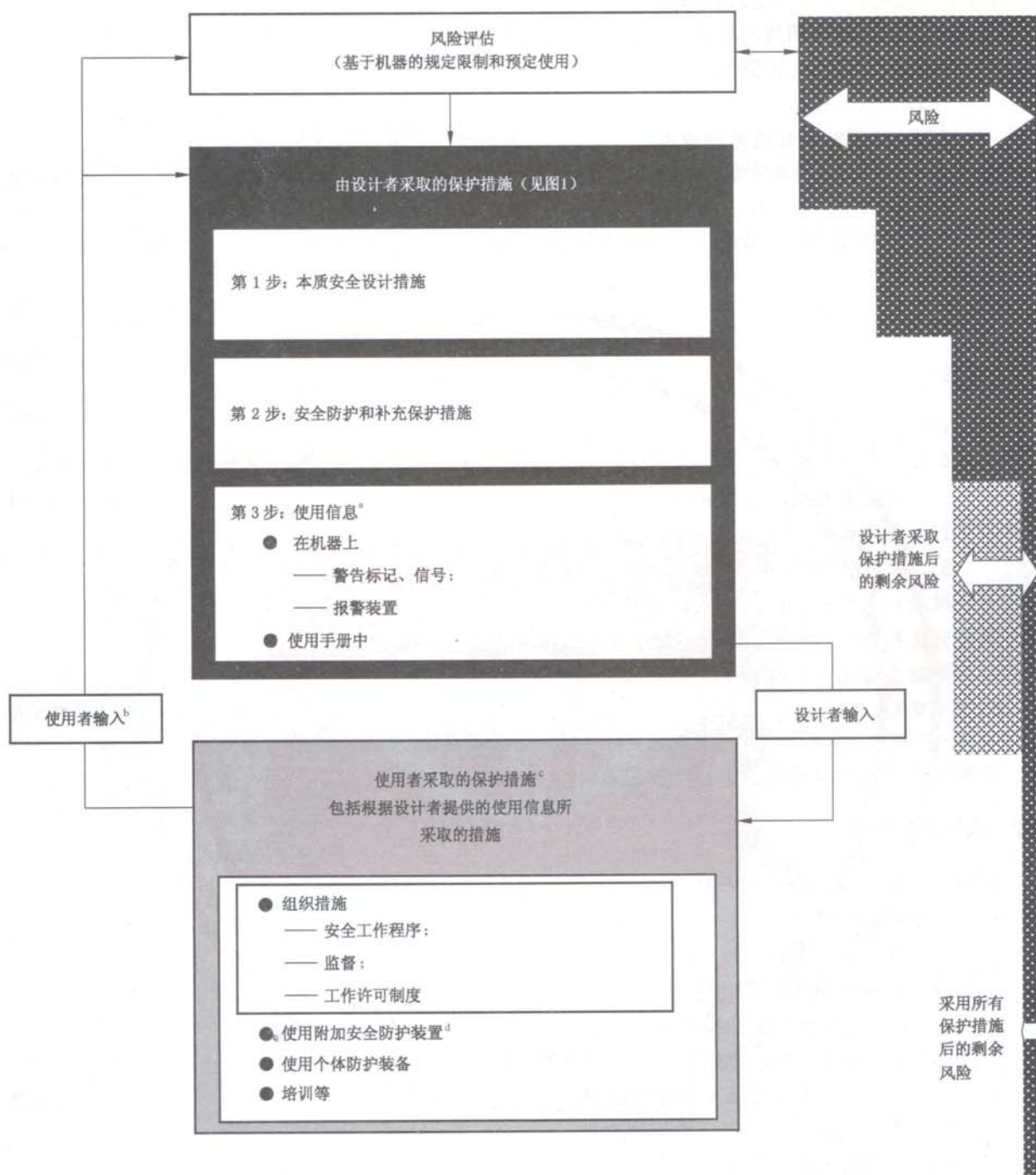
图 1 风险减小过程迭代三步法的图示

风险评估是以系统方法对与机械有关的风险进行分析和评价的一系列逻辑步骤。

必要时, 风险评估之后需要进行风险减小。为了尽可能通过采取保护措施消除危险或充分减小风险, 有必要重复进行该过程。

假如机器上存在危险且不采取保护措施, 则迟早会造成伤害。附录 B 给出了危险的示例。

保护措施是设计者和使用者根据图 2 所采取的措施的组合。在设计阶段采取的措施优于在使用阶段由使用者采取的措施, 而且通常更有效。



^a 提供合适的使用信息是设计者从设计角度减小风险的一个步骤,但其相关的保护措施只有在使用者实施后才能发挥作用。

^b 用户输入是指设计者从预定使用机器的一般或特殊用户群体得到的信息。

^c 使用者采用的各种保护措施是没有层次之分的。这些保护措施不在本标准范围之内。

^d 这类装置用于机器预定使用没有预见的特殊工艺,或者设计者不能控制的特殊安装条件。

图2 通过设计减小风险的过程

为了最大程度的减小风险,应考虑下述四种因素。图1中的流程图表示了本章规定的策略。过程本身是迭代的,并且为了达到减小风险的目的,应充分利用现有技术连续数次应用该过程。实施该过程

时,应按下列优先次序考虑这四种因素:

- 机器在生命周期所有阶段内的安全;
- 机器执行其功能的能力;
- 机器的易用性;
- 制造、使用和拆卸机器的成本。

注1:对这些原则的最佳应用需要掌握机器的使用、事故历史和健康记录、可用的风险减小技术以及有关机器使用的法律体制方面的知识。

注2:当技术发展后出现了风险更低的等效机器设计,则在特定时间内可接受的机器设计可能不再合理。

5 风险评估

5.1 概述

风险评估包括(见图1):

- 风险分析,包括:
 - 1) 机器各种限制的确定(见5.3);
 - 2) 危险识别(5.4和附录B);
 - 3) 风险估计(见5.5);
- 风险评价(见5.6)。

风险分析提供了风险评价所需的信息,最终判断是否需要减小风险。

这些判断应借助于对机械存在危险的有关风险进行的定性估计或适当的定量估计。

注:当可获得有效数据时,定量法可能是适当的。但是,定量法受到可获得的有效数据和/或风险评估人员资源有限性的限制。因此,在许多应用场合,只能进行定性的风险估计。

应按照第7章对风险评估进行文件记录。

5.2 风险评估信息

风险评估信息宜包括下列内容:

- a) 关于机器的描述:
 - 1) 使用说明书;
 - 2) 机械的预期说明,包括:
 - i) 机械整个生命周期各阶段的描述;
 - ii) 设计图样或确定机械特性的其他方法;
 - iii) 所要求的能源及其提供方式;
 - 3) 类似机械的先前设计方面的文件;
 - 4) 可获得的机械使用信息。
- b) 法规、标准及其他适用的文件:
 - 1) 适用法规;
 - 2) 相关标准;
 - 3) 相关技术规范;
 - 4) 相关安全数据表。
- c) 使用经验:
 - 1) 现有的或类似机械的任何事故、事件或故障历史;
 - 2) 由排放物(噪声、振动、粉尘、烟雾等)、使用的化学品或机械加工物料等所引起的损害健康的历史记录;

3) 用户关于类似机器的经验,并尽可能与潜在用户进行信息交流。

注:一次已发生并导致伤害的事件可认为是一次“事故”。相反,一次已发生但没有导致伤害的事件,可认为是一次“未遂事故”或“危险事件”。

d) 有关人类工效学的原则:

应随着设计的发展或机器的修改更新信息。

只要能获取不同类型机械相关的类似危险状态中的危险环境和事故环境的足够信息,在上述类似危险状态之间进行比较通常是可能的。

注:在缺乏事故历史记录的情况下,不宜采用少量事故或严重程度低的事件作为推测出低风险的根据。

只要确信其适用性,数据库、手册、实验室或制造商技术说明书中的数据可用于定量分析。在文件中应指明这些数据的不确定性(见第7章)。

5.3 机械限制的确定

5.3.1 概述

风险评估从机械限制的确定开始,考虑机械生命周期的所有阶段。这意味着宜根据5.3.2到5.3.5给出的机械限制识别一个完整过程中机器或系列机器的特征和性能、相关的人员、环境和产品。

5.3.2 使用限制

使用限制包括预定使用和可合理预见的误用。应考虑以下几个方面:

- a) 不同的机器运行模式和使用者的不同干预程序,包括机器失灵时所需的干预;
- b) 性别、年龄、优势手或身体能力限制(如视力或听力损伤、身高、体力等)不同的人员使用机械(如工业用、非工业用和家用);
- c) 包括下列使用者的预期培训水平、经验或能力水平:
 - 1) 操作人员;
 - 2) 维护人员或技师;
 - 3) 实习人员和学徒;
 - 4) 一般公众。
- d) 暴露于可合理预见的与机械有关危险的其他人员,包括:
 - 1) 非常了解具体危险的人员,如邻近机械的操作人员;
 - 2) 不太了解机械危险但非常了解现场安全规程、准行路线等情况的人员,如管理人员;
 - 3) 基本不了解机械危险或现场安全规程的人员,例如参观者或者包括儿童在内的一般公众。

如果无法获得b)中的具体信息,制造商宜考虑预期用户群体的一般信息(如适当的人体测量数据)。

5.3.3 空间限制

应考虑以下几个方面:

- a) 运动范围;
- b) 人机交互的空间要求,如运行和维修期间;
- c) 人员交互方式,例如“人机”界面;
- d) “机器-动力源”接口。

5.3.4 时间限制

应考虑以下几个方面:

- a) 考虑机器的预定使用和可合理预见的误用时,机械和/或机器某些组件(如工具、易损的部件、

机电组件)的寿命限制;

b) 推荐的维修保养时间间隔。

5.3.5 其他限制

其他限制的示例包括:

- a) 被加工物料的特性;
- b) 符合清洁水平要求的保养;
- c) 环境——推荐的最低和最高温度,机器是否能在室内或室外、干燥或潮湿气候中运行,是否能在太阳直射条件下运行,是否能耐受粉尘和潮湿环境等。

5.4 危险识别

在确定机械限制后,任何机械风险评估的基本步骤是系统识别在机器生命周期所有阶段可合理预见的危险(永久性危险和意外突发危险)、危险状态和/或危险事件。机器生命周期的阶段包括:

- 运输、装配和安装;
- 试运转;
- 使用;
- 拆卸、停用以及报废。

只有当危险已经被识别后才能采取措施消除危险或减小风险。为了实现危险识别,有必要识别机器完成的动作和与其相互作用的操作人员执行的任务,同时考虑包括不同的部件、机器的机构或功能,待加工物料以及使用环境。

设计者识别危险时应考虑以下因素:

a) 机器生命周期内人与机器的相互作用

任务识别宜考虑上面列出的机器生命周期内所有阶段的所有相关任务。任务识别还宜考虑但并不限于下面的任务类型:

- 设定;
- 测试;
- 示教/编程;
- 过程/工具转换;
- 启动;
- 所有的运行模式;
- 机器进料;
- 从机器上取下产品;
- 停机;
- 急停;
- 由卡滞或锁定到恢复运行;
- 非计划停机后的重新启动;
- 故障查找/故障排除(操作者干预);
- 清洁和保养;
- 预防性维护;
- 校正性维护。

应识别所有与各种任务相关的可合理预见的危险、危险状态或危险事件。附录 B 给出了危险、危险状态和危险事件的示例。目前已有几种可用于系统识别危险的方法。也可见 GB/T 16856.2—2008。

另外,应识别与任务不直接相关的可合理预见的危险、危险状态或危险事件。

示例:地震、雷电、过大的冰雪载荷、噪声、机械断裂、液压软管爆裂。

b) 机器的可能状态

- 1) 机器执行预定功能(机器正常运转);
- 2) 由于各种原因,机器不能执行预定功能(即失灵),这些原因包括:
 - 被加工材料或工件的性能或尺寸变化;
 - 机器的一个(或多个)部件或辅助装置失效;
 - 外部干扰(如冲击、振动、电磁干扰);
 - 设计错误或缺陷(如软件错误);
 - 动力源扰动;
 - 环境条件(如损坏的工作地面)。

c) 非预期的操作者条件反射行为或机器可合理预见的误用

示例包括:

- 操作者对机器失去控制(特别是手持式或移动式机器);
- 机器使用过程中发生失灵、事故或失效时,人员的条件反射行为;
- 精神不集中或粗心大意导致的行为;
- 工作中“走捷径”导致的行为;
- 为保持机器在所有情况下运转所承受的压力导致的行为;
- 特定人员的行为(如儿童、残疾人等)。

注:识别机械危险时,检查已有设计文件是一种实用的方法,特别是那些与运动部件(如电机、液压缸)相关的危险。

5.5 风险估计

5.5.1 概述

危险识别后,应通过确定 5.5.2 中给出的风险要素,对每种危险状态进行风险估计。在确定这些要素时,应考虑 5.5.3 中规定的几个方面。

如果已经存在测量某种排放物的标准方法(或其他适当方法),则宜结合已有的机械或原型样机确定排放值和可比较的排放数据。这使设计者能够:

- 估计与排放相关的风险;
- 评估设计阶段所实施保护措施的效果;
- 在技术文件中向潜在购买者提供排放的量化信息;
- 在使用信息中向使用者提供排放的量化信息。

可测量参数描述的排放之外的其他危险也可采用与此类似的方法进行处理。

5.5.2 风险要素

5.5.2.1 概述

与特定危险状态相关的风险取决于以下要素:

- a) 伤害的严重程度;
- b) 发生伤害的概率,它是下列因素的函数:
 - 1) 人员暴露于危险的状态;
 - 2) 危险事件的发生概率;
 - 3) 避免或限制伤害的技术和人为可能性。

风险要素在图 3 给出。5.5.2.2、5.5.2.3 和 5.5.3 中给出了其他的细节。

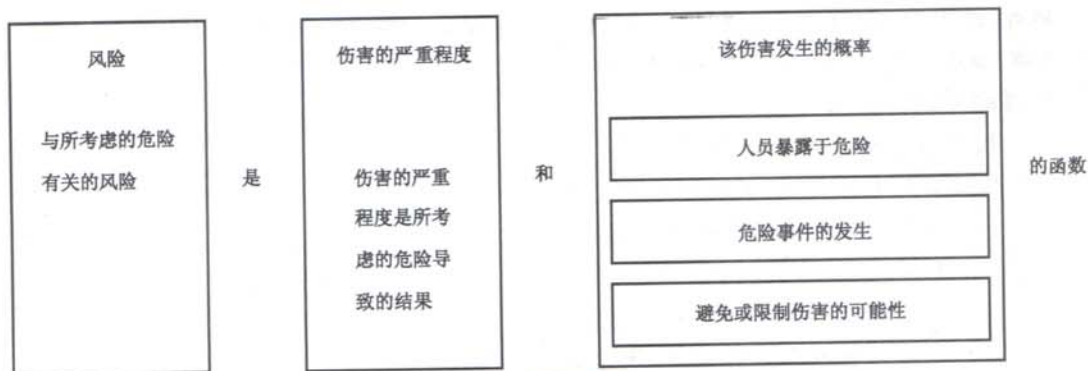


图3 风险要素

5.5.2.2 伤害的严重程度

可考虑以下因素对严重程度进行估计：

- a) 伤害或损害健康的严重程度，例如：
 - 轻微；
 - 严重；
 - 死亡。
- b) 伤害的范围，例如：
 - 一人；
 - 多人。

进行风险评估时，应考虑每一种已识别的最有可能造成严重伤害的危险所产生的风险，但也应考虑可预见的最严重的伤害，即使其发生的概率并不高。

5.5.2.3 伤害发生的概率

5.5.2.3.1 人员暴露于危险

人员暴露于危险会影响伤害发生的概率。估计暴露程度时，尤其应考虑的因素有：

- a) 进入危险区的需求（如正常运行、故障修复、维护或修理等）；
- b) 进入的性质（如人工进料）；
- c) 处于危险区的时间；
- d) 需要进入危险区的人数；
- e) 进入危险区的频次。

5.5.2.3.2 危险事件的发生

危险事件的发生会影响伤害的发生概率。估计危险事件的发生时，尤其应考虑的因素有：

- a) 可靠性和其他统计数据；
- b) 事故历史记录；
- c) 造成健康伤害的历史记录；
- d) 风险比较（见 5.6.3）。

注：危险事件的发生可能源于技术或人为原因。

5.5.2.3.3 避免或限制伤害的可能性

避免或限制伤害的可能性会影响伤害发生的概率。估计避免或限制伤害的可能性时，尤其应考虑

的因素有：

- a) 可能暴露于危险的不同人员，例如：
 - 技术熟练的人员；
 - 技术不熟练的人员。
- b) 危险状态导致伤害的速度，例如：
 - 突然；
 - 快；
 - 慢。
- c) 对风险的认识，例如：
 - 通过一般信息，特别是使用信息；
 - 通过直接观察；
 - 通过警告标志和指示装置，特别是在机械上的。
- d) 人员避免或限制伤害的能力（如条件反射、敏捷性、避开的可能性）。
- e) 实践经验和知识，例如：
 - 该机械的；
 - 类似机械的；
 - 没经验。

5.5.3 风险估计过程中应考虑方面

5.5.3.1 暴露人员

风险估计应考虑所有可合理预见的暴露于危险的人员（操作者和其他人员）。

5.5.3.2 暴露的类型、频次和持续时间

对在所考虑危险中暴露的估计（包括对健康的长期损害），应分析并说明机器的所有运行模式和工作方法。特别是该分析应说明在装/卸、设定、示教、过程转换或校正、清洁、故障查找和维护期间进入危险区的需求。

风险估计还应考虑有必要暂停保护措施的任务。

5.5.3.3 暴露与影响之间的关系

对于每种危险状态，应考虑暴露于危险及其影响之间的关系，还应考虑暴露累积和危险组合的影响。考虑这些影响时，应尽量以合适的公认数据为基础进行风险估计。

注1：事故数据有助于确定与具有特定类型保护措施的类型机械的使用有关的伤害的概率和严重程度。

注2：但是，零事故数据并不能保证伤害的概率和严重程度就低。

5.5.3.4 人的因素

人的因素可影响风险，风险估计时应予以考虑。这包括，例如：

- a) 人员与机械的相互作用，包括失灵的校正；
- b) 人员之间的相互作用；
- c) 压力相关的因素；
- d) 人类工效学因素；
- e) 特定情况下人员对风险的认知取决于训练、经验和能力；
- f) 疲劳因素；
- g) 能力受限的因素（如由于残疾、年龄）。

培训、经验和能力都会影响风险,但是,只要在现实可行的情况下,它们都不能用来代替通过本质安全设计措施或安全防护装置来消除危险和减小风险。

5.5.3.5 保护措施的适用性

风险估计应考虑保护措施的适用性,并且应:

- a) 识别能够导致伤害的环境;
- b) 只要合适时,使用定量方法来比较可供选择的保护措施(见 GB/T 16856.2);
- c) 提供有助于选择适当保护措施的信息。

估计风险时,需要特别注意那些已识别出发生故障时会立即增加风险的部件和系统。

当保护措施包括工作组织、正确行为、注意力、个体防护装备的应用、技能或培训时,风险估计时应考虑与经验证的技术保护措施相比可靠性相对较低的措施。

5.5.3.6 废弃保护措施或避开保护措施的可能性

为了实现机器的连续安全运行,重要的是保护措施便于其使用且不妨碍其预定用途。否则,就存在为了实现机器最大效用而避开保护措施的可能性。

风险估计应考虑废弃或避开保护措施的可能性。风险估计还应考虑废弃保护措施或避开保护措施的诱因,例如:

- a) 保护措施延缓生产或干扰使用者的其他活动或偏好;
- b) 保护措施难以使用;
- c) 涉及到操作者以外人员;
- d) 使用者对保护措施合适的功能不认知或不认可。

是否能够使保护措施失效取决于保护措施的类型(如可调式防护装置、可编程断开装置)及其设计细节。

如果通过设计和监控方法不能适当限制访问安全相关软件,则将额外增加采用可编程电子系统的保护措施失效或被避开的可能性。风险估计应识别哪些安全相关功能没有与机器其他的功能分开,并确定可能达到的访问程度。需要远程访问进行诊断或过程校正时,这一点尤其重要。

5.5.3.7 维持保护措施的能力

风险估计应考虑保护措施能否维持在必要的状态,从而提供所要求的防护水平。

注:如果保护措施不易保持在正确的工作状态,为了连续使用机械,这可能促使保护措施被废弃或被避开。

5.5.3.8 使用信息

风险估计应考虑可获得的使用信息。也可见 6.4。

5.6 风险评价

5.6.1 概述

完成风险估计后,应进行风险评价,以确定是否需要风险减小。如果需要减小风险,则应选用适当的保护措施(见第 6 章)。如图 1 所示,应在采用第 6 章所述风险减小三步法的每个步骤后确定是否达到充分的风险减小。作为该迭代过程的一部分,设计者还应检查采用新的保护措施时是否引入了额外的危险或增加了其他风险。如果出现了额外的危险,则应把这些危险列入已识别的危险清单中,并提出适当的保护措施。

风险充分减小目标的实现和实际可行的风险比较结果,都可以作为风险已被充分减小的证据。

5.6.2 充分的风险减小

实现充分风险减小的基本要求是采用 6.1 中所描述的三步法。

采用三步法之后,当满足以下条件时,可认为实现了充分的风险减小:

- 考虑了所有的运行条件和干预程序;
- 已消除危险,或风险减小到可行的最低水平;
- 已正确处理保护措施产生的新危险;
- 已向使用者充分告知和警告了剩余风险(见 6.1 中的第三步);
- 所采取的保护措施相互匹配;
- 已充分考虑到为专业/工业用设计的机器用于非专业/非工业场合时产生的后果;
- 保护措施不会对操作者的工作条件或机器的易用性产生不利影响。

5.6.3 风险比较

只要下列准则适用,作为风险评价过程的一部分,所评价机械或其部件的风险能够与类似机械或其部件的风险相比较:

- 类似机械符合相关的 C 类标准;
- 两种机器的预定使用、可合理预见的误用及它们的设计和制造方法都是可比的;
- 危险和风险要素是可比的;
- 技术规范是可比的;
- 使用条件是可比的。

使用这种比较方法并不排除还需要针对特定使用条件进行本标准所规定的风险评估过程。例如:用于切肉的带锯机与用于切割木材的带锯机比较时,应评估与不同材料有关的风险。

6 风险减小

6.1 概述

通过消除危险,或通过分别或同时减小下述决定相关风险的两个因素,可以实现风险减小:

- 所考虑危险产生伤害的严重程度;
- 伤害发生的概率。

所有预定用于达到此目标的保护措施应按照下列顺序进行,即“三步法”(也可见图 1 和图 2)。

第一步:本质安全设计措施

本质安全设计措施通过适当选择机器的设计特性和/或暴露人员与机器的交互作用,消除危险或减小相关的风险。见 6.2。

注 1: 第一步是不采用安全防护或补充保护措施等保护措施而消除危险的唯一阶段。

第二步:安全防护和/或补充保护措施

考虑到预定使用和可合理预见的误用,如果通过本质安全设计措施消除危险或充分减小与其相关的风险实际不可行,则可使用经适当选择的安全防护和补充保护措施来减小风险。见 6.3。

第三步:使用信息

尽管采用了本质安全设计措施、安全防护和补充保护措施,但风险仍然存在时,则应在使用信息中明确剩余风险。该信息应包括但不限于下列内容:

- 使用机械的操作程序符合机械使用人员或其他暴露于机械有关危险的人员的预期能力;
- 详细描述使用该机械时推荐的安全操作方法和相关的培训要求;
- 足够的信息,包括对该机械生命周期不同阶段剩余风险的警告;

——任何推荐使用的个体防护装备的描述,包括对其需求和有关使用所需培训等详细信息。

不应用使用信息代替本质安全设计措施、安全防护或补充保护措施的正确应用。

注2:与每种运行模式和干预程序相关的充分保护措施降低了在遇到技术困难时诱导操作人员采用危险干预技术的可能性。

6.2 本质安全设计措施

6.2.1 概述

本质安全设计措施是风险减小过程中的第一步,也是最重要的步骤。这是因为尽管所采取的保护措施作为机器固有特征可能是有效的,然而经验表明即使设计得再好的安全防护也可能失效或被破坏,使用信息也有可能不被遵循。

本质安全设计措施是指通过适当选择机器的设计特性和/或暴露人员与机器的交互作用来消除危险或减小风险。

注:如果仅通过本质安全设计措施不足以减小风险时,可采用6.3给出的用于实现减小风险目标的安全防护和补充措施(见6.1的“三步法”)。

6.2.2 几何因素和物理特性的考虑

6.2.2.1 几何因素

几何因素包括:

- a) 机械外形的设计使得在控制位置上对工作区和危险区的直接观察范围最大,如减少盲点——考虑人类视觉的特点,在必要的地方选择和安装间接观察装置(如镜子等),尤其是安全操作需要操作者持续进行直接控制时,例如:
 - 移动式机器的行走和工作区域;
 - 提升载荷或提升人员的机械的轿厢运行区;
 - 物料处理时,手持式或手导式机器的工具接触区域。

机器的设计应使得在主控制位置上的操作者能确保危险区内没有暴露人员。

- b) 机械部件的形状和相对位置:例如,通过加大运动部件之间的最小间距来避免挤压和剪切危险,使得人体的相应部位可以安全的进入,或通过减小间距使人体的任何部位不能进入(见GB 12265.3和GB 23821);
- c) 避免锐边、尖角和凸出部分:在不影响其功能的情况下,可接近的机械部件不应出现可能造成伤害的锐边、尖角、粗糙面、凸出部位,以及可使人体部位或衣服“陷入”的开口。特别是对金属薄板,其边缘应除去毛刺、折边或倒角,并且对可能造成“陷入”的管口端,应进行覆盖;
- d) 机器外形的设计应获得合理的操作位置并提供可接近的手动控制器(执行器)。

6.2.2.2 物理特性

物理特性包括:

- a) 将致动力限制到足够低,使得被致动的部件不会产生机械危险;
- b) 限制运动部件的质量和/或速度,从而限制其动能;
- c) 根据排放源特性限制排放,采取措施减小:
 - 1) 排放源的噪声排放(见GB/T 25078.1);
 - 2) 振动源的振动,如重新分配或增加质量并改变过程参数[例如:运动的频率和/或振幅(手持式和手导式机械,见CR 1030-1)];
 - 3) 有害物质的排放,包括使用更安全的物质或使用降低粉尘的工艺(用颗粒代替粉末、用锐

代替磨)；

- 4) 辐射排放,例如:避免使用有害辐射源;在满足机器正常功能的情况下将辐射功率限制在最低水平;通过设计使辐射源射线束集中于目标之上;加大辐射源和操作者之间的距离或提供远程操作机械的装置[降低非电离辐射的措施在 6.3.4.5 中给出(也可见 GB/T 26118.1 和 GB/T 26118.3)]。

6.2.3 考虑机械设计的通用技术知识

通用技术知识可从设计技术规范(标准、设计规范、计算规则等)中得到,这些知识宜涵盖:

a) 机械应力,例如:

- 对螺栓连接装配和焊接装配等,通过采用正确计算、构造和紧固方法限制应力;
- 借助过载保护(防爆膜、限压阀、断裂点、力矩限制装置等)限制应力;
- 避免交变应力(特别是循环应力)下零件产生疲劳;
- 回转件的静平衡和动平衡。

b) 材料及其性质,例如:

- 抗腐蚀、抗老化、抗磨蚀和抗磨损;
- 硬度、延展性、脆性;
- 均匀性;
- 毒性;
- 易燃性。

c) 下列项目的排放值:

- 噪声;
- 振动;
- 有害物质;
- 辐射。

如果特定部件或者装配件的可靠性对安全起关键作用(如用于提升载荷或人员的绳、链条、提升附件),则其应力限值应乘以适当的工作系数。

6.2.4 适用技术的选择

对于具体的应用,通过技术的选择可消除一种或多种危险,或者减小风险,例如:

a) 预定用于爆炸性环境中的机器,采用:

- 经适当选择的气动或液压控制系统以及机器执行器,
- 本质安全的电气设备(见 GB 3836.4);

b) 对特定的待加工产品(如溶剂),使用确保温度远远低于溶剂燃点的设备;

c) 使用可避免高噪声的替代设备,例如:

- 以电气设备代替气动设备,
- 在某些条件下,用水切割设备代替机械加工设备。

6.2.5 采用直接机械作用原则

如果一个机械零件运动不可避免的使另一个零件通过直接接触或通过刚性连接件随其一起运动,这就实现了直接机械作用。电路中开关装置的直接打开操作是其中一个示例(见 GB 14048.5—2001 和 GB/T 18831—2002)。

注:如果一个机械部件的运动造成第二个部件自由运动(如因为重力、弹簧力),则前者对后者不存在直接机械作用。

6.2.6 稳定性的规定

机器的设计应使其具有足够的稳定性,并使其在规定的使用条件下可以安全使用。需要考虑的因素包括:

- 底座的几何形状;
- 包括载荷在内的重量分布;
- 由于机器部件、机器本身或机器所夹持部件运动引起的,且能够产生倾覆力矩的动态力;
- 振动;
- 重心的摆动;
- 设备行走或不同安装地点(如地面条件、斜坡)的支承面的特性;
- 外力,如风力、人力。

在机器生命周期的各个阶段内,包括搬运、运输、安装、使用、拆卸、停用和报废,都应考虑机器的稳定性。

与安全防护有关的其他稳定性保护措施在 6.3.2.6 中给出。

6.2.7 维修性的规定

设计机器时,应考虑以下使机器可维护的维修性因素:

- 可接近性,考虑环境和人体测量尺寸,包括工作服和所使用工具的尺寸;
- 易于搬运,考虑人的能力;
- 专用工具和设备的数目限制。

6.2.8 遵循人类工效学原则

设计机械时应考虑人类工效学原则,以减轻操作者心理、生理压力和紧张程度。在初步设计阶段,分配操作者和机器的功能(自动化程度)时,应考虑这些原则。

注:这样也能改善操作性能和可靠性,从而降低在机器所有使用阶段内的出错概率。

应考虑机器预定使用人群的人体尺寸、力量和姿势、运动幅度、动作重复频率(见 GB/T 15241 和 GB/T 15241.2)。

人机界面的所有元件,如控制装置、信号或数据显示元件,其设计应易于理解,使操作者和机器间的相互作用尽可能清楚、明确。见 GB 18209.1、EN 614-1 和 EN 13861。

设计者在设计机器时,尤其应注意以下人类工效学要求:

- a) 避免操作者在机器使用过程中采用紧张姿势和动作的必要性(如提供按照不同操作者调节机器的装置)。
- b) 机器,尤其是手持式和移动式机器的设计,应考虑人力的可及范围、控制机构的操纵,以及人的手、臂、腿等解剖学结构,使其容易操作。
- c) 尽可能限制噪声、振动、热效应(如极端温度)。
- d) 避免操作者的工作节奏与自动连续循环之间的联系。
- e) 当机器和/或其防护装置的结构特征使得环境照明不足时,应在机器上或机器内部提供对工作区和调整、设定与经常维护区的局部照明。应避免引起风险的闪动、眩光、阴影和频闪效应。如果不得不调整光源或光源的方位,则光源的位置不应调整者造成任何危险。
- f) 手动控制装置(执行器)的选用、位置和标记应满足以下要求:
 - 清晰可见、可识别,必要处适当加标志(见 6.4.4);
 - 可毫不迟疑的或立刻进行安全操作,且作用明确(如控制装置采用标准布局,可降低操作者由一台机器转到另一台具有相同运行模式的同类型机器上工作时出错的概率);

- 位置(对按钮)和运动(对手柄和手轮)与它们的作用一致(见 GB 18209.3);
- 操作不能引起附加风险。

也可见 ISO 9355-3。

当所设计和制造的控制装置执行几种不同动作时,即它们不是一一对应的(如键盘等),则所执行的动作应清晰的显示出来,并且必要时应经过确认。

应根据人类功效学原则,使控制装置的布局、行程和操作阻力与所执行的动作相匹配。应考虑由于采用必要的或预计使用的个体防护装备(如鞋、手套等)所带来的约束。

g) 指示器、刻度盘和视觉显示单元的选择、设计与位置应使得:

- 它们在人员能觉察的参数和特征范围之内;
- 对操作者的要求和预定使用而言,显示的信息应便于察看、识别和理解,即耐久、清晰、含义确切、易懂;
- 操作者在操作位置能觉察到它们。

6.2.9 电气危险

对于机械电气设备的设计,GB 5226.1 给出了关于电路断开与接通以及防电击保护的一般规定。有关特定机器的要求,见相应的 IEC 标准(如 IEC 61029、IEC 60745 或 IEC 60335)。

6.2.10 气动与液压危险

机器的气动和液压设备的设计应使得:

- 不能超出回路的最大额定压力(如通过限压装置);
- 不能因压力波动或升高、压力损失或真空导致危险;
- 不能因为泄漏或部件失效而导致危险的流体喷射或软管突发危险运动(如甩动);
- 储气罐、蓄气瓶或类似容器(如充气蓄能器)符合相关的设计标准、规则或法规;
- 设备的所有元件,尤其是管路和软管,有防止受到外部有不利影响的保护措施;
- 当机器与动力源断开后(见 6.3.5.4),储气罐等类似容器(如充气蓄能器)尽可能自动卸压,如果无法实现,则提供隔离、局部卸压及压力显示的措施(见 GB/T 19670.1—2005 中第 5 章);
- 所有在机器与动力源断开后仍保持压力的元件,配备有清晰标识的排空装置,以及对机器进行任何设定或维护前必需对这些元件进行卸压的警告牌。

注:也可见 GB/T 3766 和 GB/T 7932。

6.2.11 对控制系统应用本质安全设计措施

6.2.11.1 概述

控制系统设计措施的选用应使其有关安全的性能可减小足够的风险(见 GB/T 16855.1 或 IEC 62061)。

机器控制系统的正确设计可避免无法预料的或潜在的机器危险状况。

导致机器危险状况的典型原因是:

- 控制系统逻辑的设计或修改不合适(无意的或有意的);
- 控制系统的一个或几个部件暂时或永久的缺陷或失效;
- 控制系统动力源的变化或失效;
- 控制装置的选用、设计和位置不当。

机器危险状况的典型例子有:

- 意外启动(见 GB/T 19670);

- 没有控制的速度变化；
- 运动部件无法停止；
- 机器部件或机器夹紧的工件掉落或飞出；
- 保护装置不起作用(被废弃或失效)造成的机器动作。

为了防止机器危险状况并实现安全功能,控制系统的设计应符合 6.2.11 和 6.2.12 中提出的原则和方法。根据具体情况,这些原则和方法可以单独使用,也可以联合使用(见 GB/T 16855.1、GB 5226.1 和 IEC 62061)。

控制系统的设计应便于操作者与机器进行安全互动。这要求采取以下一种或多种方法:

- 对启动和停止条件进行系统分析；
- 提供特定运行模式(如正常停机后启动、运行过程中断后或急停后重新启动、卸下装在机器上的工件、在机器的一个元件失效的情况下操作机器的一个部件)；
- 清晰的显示故障；
- 采取措施防止意外产生的意外启动指令(如启动装置加装护罩)造成机器危险状况(见 GB/T 19670—2005 中图 1)；
- 保持停机指令(如联锁)以防止可能产生机器危险状况的重新启动(见 GB/T 19670—2005 中图 1)。

多台机器的组合可能分为多个区域,用于急停、用于保护装置作用时的停止和/或用于隔离与能量耗散。应明确界定不同的区域,以及属于不同区域的机器部件。同时,还应明确属于各个区域的控制装置(如急停装置、动力源断开装置)和/或保护装置。各区域之间接口的设计应使得一个区域内的功能不会在其他因干预而停止的区域产生危险。

控制系统的设计应将机器的部件、机器本身、机器夹持的工件和/或载荷的运动限定在安全设计参数(如范围、速度、加速、减速、载荷能力)以内。应留有动态效应(如载荷摆动等)的裕量。

例如:

- 非远程控制的移动式步进控制机械,其移动速度应与步行速度保持一致；
- 用于提升人员的载人轿厢和载人工具的运动范围、速度、加速和减速应限定在无危险的数值范围内,并考虑操作者和机器的总反应时间；
- 用于提升载荷的机械部件,其移动范围应限制在规定限度以内。

如果机械包含可单独操作的不同元件,则控制系统的设计应能防止因缺乏协调造成的危险(如防碰撞系统)。

6.2.11.2 启动内部动力源/接通外部能源供应

启动内部动力源或接通外部能源供应不应导致危险状态。例如:

- 内燃机启动不应导致移动式机器的运动；
- 接通主电源不应导致机器工作部件的启动。

见 GB/T 5226.1—2008 中 7.5(也可见附录 A 和附录 B)。

6.2.11.3 机构的启动/停止

用于机构启动或加速运动的主要动作宜通过施加或增大电压或流体压力来实现,或者,如果考虑采用二进制逻辑元件,则通过由 0 状态变到 1 状态来实现(其中 1 代表最高能态)。

用于机构停止或减速运动的主要动作宜通过去除或降低电压或流体压力来实现,或者,如果考虑采用二进制逻辑元件,则通过由 1 状态变到 0 状态来实现(其中 1 代表最高能态)。

在某些应用中,如高压开关装置,不能遵循此原则,此时宜采取其他措施来实现同等置信等级的停止或减速。

如果为了使操作者能保持对减速的持久性控制而未遵循此原则(如自行式移动机器的液压制动装

置)时,则在机器上应配备主制动系统失效时用于减速或停止用的装置。

6.2.11.4 动力中断后重新启动

如果动力中断后重新接通时,机器自发的重新启动可能产生危险,则应防止这种启动(如采用自持式继电器、接触器或阀门)。

6.2.11.5 动力源中断

机器的设计应防止因动力源中断或波动过大造成的危险状态。至少应满足以下要求:

- 应保持机器的停机功能;
- 对于为了安全而需要持久操作的所有装置,应以有效的方式操作来保持安全(如锁紧、夹紧装置、冷却或加热装置、自行式移动机器的动力辅助导向);
- 因势能可能产生运动的机器部件或机器所夹持的工件和/或载荷,应能保留允许其安全降低势能所需的必要时间。

6.2.11.6 使用自动监控

如果执行功能的部件或元件的能力被削弱或因工艺条件变化产生危险,自动监控用于确保安全功能或由保护措施执行的功能不会失效。

在下次安全功能启动之前,自动监控可以即时检测故障或者可以通过周期性检查来检测故障。在这两种情况下,保护措施均可立即被触发或被延迟到特定事件发生时触发(如机器循环开始时)。

保护措施可以是,例如:

- 危险过程的停止;
- 失效引起首次停机后,防止此过程重新启动;
- 警报触发。

6.2.11.7 可编程电子控制系统执行的安全功能

6.2.11.7.1 一般要求

含有可编程电子设备(如可编程控制器)的控制系统在适当时可用于执行机器的安全功能。如果采用可编程电子控制系统,有必要考虑与安全功能要求有关的性能要求。可编程电子控制系统的设计应充分降低对安全相关控制功能的性能造成不利影响的随机硬件失效概率和系统失效的可能性。如果可编程电子控制系统用于监控功能,则应考虑故障检测的系统性能(更多指南,也可见 GB/T 20438 系列标准)。

注:专门针对机械安全的 GB/T 16855.1 和 IEC 62061 两项标准提供了适用于可编程电子控制系统的指南。

可编程电子控制系统的安装与确认宜确保每种安全功能已达到规定的性能[如 GB/T 20438 中的安全完整性等级(SIL)]。确认包括试验和分析(如静态、动态或失效分析),用于证明所有部件能够相互正确作用,执行安全功能,且不会发生非预期的功能。

6.2.11.7.2 硬件方面

硬件(包括传感器、执行器、逻辑运算器等)的选择、设计和安装应同时满足待执行的安全功能的功能和性能要求,特别是通过以下方式来实现:

- 结构约束(如系统结构、硬件的容错能力、硬件的故障检测性能);
- 选择和/或设计具有适当硬件随机危险失效概率的设备和装置;
- 将避免系统性失效和控制器系统性故障的措施和技术纳入硬件中。

6.2.11.7.3 软件方面

包括内部操作软件(或系统软件)和应用软件在内的软件,其设计应符合安全功能的性能规范(也可见 GB/T 20438.3)。

应用软件不宜由用户进行重新编程。这可通过在不可重新编程的存储器中使用嵌入式软件[如微控制器、专用集成电路(ASIC)]来实现。

需要用户重新编程时,宜限制访问涉及安全功能的软件(如锁或授权人员的密码)。

6.2.11.8 有关手动控制的原则

应遵守以下原则:

- a) 手动控制装置的设计和定位应符合 6.2.8 的 f) 中给出的有关人类功效学原则。
- b) 每个启动控制装置附近均应配置一个停止控制装置。如果启动/停止功能通过保持-运行控制方式实现,则当保持-运行控制装置释放后不能发出停止指令而造成风险时,应提供单独的停止控制装置。
- c) 除某些有必要位于危险区的控制器之外,如急停控制器或示教盒,手动控制器应位于在危险区内能触及的区域之外(见 GB/T 18209.3)。
- d) 控制装置和控制位置的定位应尽可能使操作者能观察到工作区或危险区。
 - 1) 除了从其他位置可以更安全地控制的功能之外,骑乘式移动机器的驾驶员应能从驾驶位置驱动机器运行所需要的所有控制装置。
 - 2) 在预定用于提升人员的机械上,用作升降的控制器以及适当情况下用作移动轿厢的控制器,通常应位于轿厢内。如果安全操作需要将控制器置于轿厢外,则应向轿厢内的操作者提供防止轿厢危险运动的方法。
- e) 如果几个控制器可能启动同一危险元件,则控制回路的布置应使得在给定时间只能有一个控制装置是有效的。这尤其适用于由操作者携带便携式控制单元(如示教盒)等进入危险区内进行手动控制的机器。
- f) 控制执行器的设计或防护应使其在有风险的场合只有通过主动操作才能起作用(见 ISO 9355-1、ISO 9355-3 和 GB/T 17161)。
- g) 对于依靠操作者持久、直接操控才能安全运行的机器功能,应采取措施确保操作者处于控制位置上(如通过控制装置的设计和位置)。
- h) 对于无线控制装置,在没有接收到正确的控制信号,包括失去联络时,应执行自动停机功能(见 GB 5226.1)。

6.2.11.9 设定、示教、过程转换、故障查找、清洗或维护的控制模式

对机械的设定、示教、过程转换、故障查找、清洗或维护,当不得不开或拆除防护装置和/或使保护装置不起作用,以及为了进行这些操作而有必要使机器或机器的某些部件运转时,应采用同时满足下列要求的特殊控制模式来实现操作者的安全:

- a) 使其他所有控制模式不起作用;
- b) 只有通过连续驱动使能装置、双手操纵装置或保持-运行控制装置,才允许危险元件运转;
- c) 只有在风险已被减小的条件下(如已利用有限运动控制装置等逐步减速、降低动力/力),才允许危险元件运转;
- d) 通过机器的传感器上主有意或无意的动作防止任何危险功能运行。

注:对一些特殊机械,可能有其他更合适的保护措施。

此控制模式应与下列一项或多项措施相结合:

- 尽可能限制进入危险区；
 - 急停控制器位于操作者立刻可触及的范围内；
 - 便携式控制单元(示教盒)和/或现场控制装置(能看到被控元件)。
- 见 GB 5226.1。

6.2.11.10 控制和运行模式的选择

如果机械的设计和制造允许用于几种需要不同保护措施和/或工作流程要求的控制或运行模式(如允许调整、设定、维护、检查),则应配备一个能锁定在每个位置的模式选择器。选择器的每个位置都应清晰无疑并对应一种操作或控制模式。

选择器可能被另一种选择方式所代替,这种选择方式限定只有某些操作者才能使用机器的某些功能(如用于某些数控功能的访问口令)。

6.2.11.11 采取措施实现电磁兼容(EMC)

关于电磁兼容的指南,见 GB 5226.1 和 IEC 61000-6。

6.2.11.12 辅助故障查找的诊断系统

控制系统中宜含有辅助故障查找的诊断系统,以便无需使任何保护措施不起作用。

注:这类诊断系统不仅改善机器的实用性和可维修性,还可以减少维护人员在危险区的暴露。

6.2.12 最大程度降低安全功能失效的概率

6.2.12.1 概述

机器的安全不仅取决于控制系统的可靠性,而且还取决于机器所有部件的可靠性。

安全功能的持续运行对机器的安全使用至关重要。这可以通过采取 6.2.12.2~6.2.12.4 给出的措施来实现。

6.2.12.2 使用可靠的组件

“可靠的组件”是指在预定使用条件下(包括环境条件),在固定的使用期限或操作次数内,能够经受住与设备使用有关的所有干扰和应力,且产生危险机器失灵的失效概率小的组件。组件的选择应考虑上述所有因素(也可见 6.2.13)。

注1:“可靠的组件”不等于“经验证的组件”(见 GB/T 16855.1—2008 中 6.2.4)。

注2:需要考虑的环境条件包括冲击、振动、冷、热、潮湿、粉尘、腐蚀和/或磨蚀材料、静电、电磁场,由此产生的干扰包括绝缘失效、控制系统组件的功能暂时或永久失效。

6.2.12.3 使用“定向失效模式”组件

“定向失效模式”组件或系统是指主要失效模式已事先知道,并且能预知使用时机器功能发生此类失效的影响的组件或系统。

注:在有些情况下,有必要采取附加措施限制这类失效的负面影响。

宜始终考虑使用这类元件,特别是在未采用冗余时(见 6.2.12.4)。

6.2.12.4 组件或子系统加倍(或冗余)

设计机器安全相关部件时,可能使元件加倍(或冗余),以便当一个组件失效时,另一个组件或其他多个组件能继续执行各自的功能,从而保证安全功能继续有效。

为了允许触发正确的动作,应通过自动监控(见 6.2.11.6)或在某些情况下通过定期检查(假如定

期检查的间隔小于组件的预期寿命)来检测组件的失效。

可采用多样化的设计和/或技术来避免共因失效(如由于电磁干扰)或共模失效。

6.2.13 通过设备的可靠性限制暴露于危险

机器各组成部件可靠性的提高可降低发生需要干预的事故的频率,从而减少暴露于危险。

这同样适用于机器的动力系统(操作部分见附录 A)、控制系统、安全功能以及其他功能。

应采用可靠性已知的安全相关组件(如某些传感器)。

防护装置和保护装置的元件应特别可靠,因其失效能使人员暴露于危险,且由于可靠性差还会鼓励人员废弃这些装置。

6.2.14 通过加载(装料)/卸载(卸料)操作的机械化或自动化限制暴露于危险

机器加载/卸载以及更为普遍的(工件、材料、物资等的)搬运操作的机械化和自动化减少人员在操作点暴露于危险,从而限制由这些操作产生的风险。

可通过机器人、搬运装置、传送机构、鼓风设备实现自动化。可通过进料滑道、推杆和手动分度工作台等实现机械化。

自动装料和卸料装置虽然更能预防机器操作者发生事故,但在进行故障校正时可能产生危险。应注意保证使用这些装置不会引发更多的危险,如在这些装置与机器部件或被加工的工件/材料之间的陷入或挤压。如果不能保证,应提供合适的安全防护装置(见 6.3)。

在全面研究整个设备的所有控制与运行模式中如何执行所有安全功能之后,应使自身带有控制系统的自动装料和卸料装置与机器相关的控制系统相互连接。

6.2.15 将设定和维护点的位置放在危险区之外来限制暴露于危险

应将维护、润滑和设定点放在在危险区之外,从而最大程度减少进入危险区的需求。

6.3 安全防护及补充保护措施

6.3.1 一般要求

一旦通过本质安全设计措施可能无法合理消除危险或充分减小风险,则应使用防护装置和保护装置来保护人员。可能不得不采用包括附加设备(如急停设备)在内的补充保护措施。

注:各类防护装置和保护装置的定义见 3.27 和 3.28。

某些安全防护装置可能用于避免暴露于多种危险。

示例:用于防止进入机械危险区的固定式防护装置,同时也用于降低噪声等级和收集有毒排放物。

6.3.2 防护装置和保护装置的选择和使用

6.3.2.1 一般要求

根据运动部件的性质(见图 4)和进入危险区的需求,本条给出了选择和使用防护装置和保护装置的指南。采用这些装置的主要目的是防止运动部件对人员产生危险。

对特定机器的安全防护装置的正确选用,应基于该机器的风险评估结果。

为特定类型的机器或危险区选用合适的安全防护装置时,应铭记固定式防护装置是简单的装置,并且用在机器正常运行(无失灵运行)期间不需要操作者进入危险区的场合。

随着需要进入危险区的频次增加,不可避免的导致固定式防护装置无法回到原处。这需要使用其他保护措施(活动式联锁防护装置、敏感保护设备)。

有时可能需要使用安全防护装置的组合。例如:与固定式防护装置联合使用的机械式加载(装料)

装置用于将工件送入机器,从而消除进入主要危险区的需求。此时,可采用一个断开装置防止由机械式加载(装料)装置与可触及的固定式防护装置之间产生的次要卷入或剪切危险。

应考虑封闭控制位置或干涉区域,以提供针对多种危险的组合保护,这些危险包括:

- 通过落物保护结构(FOPS)等予以保护的坠落或弹射物体产生的危险;
- 排放危险(防止噪声、振动、辐射、有害物质对健康的危害等);
- 因环境造成的危险(如防止热、冷、恶劣天气等);
- 通过滚翻保护结构或倾翻保护结构(ROPS 和 TOPS)等予以保护的机械滚翻或倾翻产生的危险。

对封闭式工作站,如室和舱的设计,应考虑与能见度、照明、大气条件、进入途径、姿势等相关的人类工效学原则。

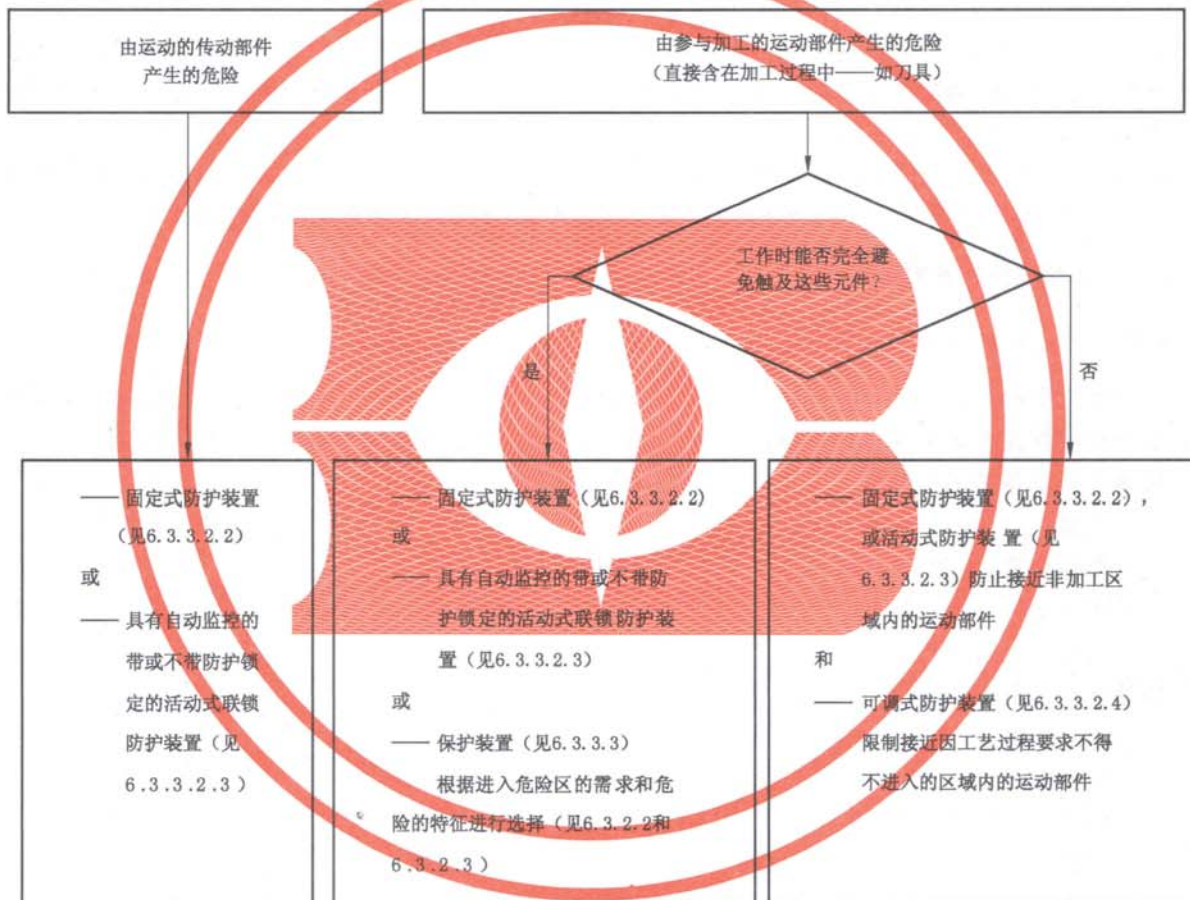


图4 选择安全防护装置防止由运动部件产生的危险的指南

6.3.2.2 正常运行期间不需要进入危险区

机械正常运行期间不需要进入危险区时,宜选用下列安全防护装置:

- 固定式防护装置(见 GB/T 8196);
- 带或不带防护锁定的联锁防护装置(也可见 6.3.3.2.3、GB/T 18831 和 GB/T 8196);
- 自关闭式防护装置(见 GB/T 8196—2003 中 3.3.2);
- 敏感保护设备,如电敏保护设备(见 IEC 61496)或压敏保护装置(见 GB/T 17454)。

6.3.2.3 正常运行期间需要进入危险区

机械正常运行期间需要进入危险区时,宜选用下列安全防护装置:

- a) 带或不带防护锁定的联锁防护装置(也可见 GB/T 18831、GB/T 8196 和本标准的 6.3.3.2.3);
- b) 敏感保护设备,如电敏保护设备(见 IEC 61496);
- c) 可调式防护装置;
- d) 自关闭式防护装置(见 GB/T 8196—2003 中 3.3.2);
- e) 双手操纵装置(见 GB 19671);
- f) 带启动功能的联锁防护装置(带控制功能的防护装置)(见 6.3.3.2.5)。

6.3.2.4 机器设定、示教、过程转换、故障查找、清洗或维护时需要进入危险区

机器的设计应尽可能使得用于保护生产操作人员的安全防护装置,也可在不妨碍进行设定、示教、过程转换、故障查找、清洗或维护的人员执行任务的前提下,保护他们的安全。此类任务应在风险评估中作为机器使用的组成部分进行识别和考虑(见 5.2)。

注:在进行一些无需机器与其动力源保持连接的工作任务(特别是维护和修理任务)时,动力源的隔离和机器停止后的能量耗散(见 6.3.5.4,也可见 GB/T 19670—2005 的 4.1 和第 5 章)可确保最高等级的安全水平。

6.3.2.5 敏感保护设备的选择和使用¹⁾

6.3.2.5.1 选择

由于敏感保护设备检测功能所基于的技术的多样性,因此所有类型的敏感保护设备用于安全用途时的适合程度存在很大差异。以下条款为设计者针对各种应用选择最合适的装置提供了准则。

敏感保护设备的类型包括:

- 光幕;
- 扫描装置,如激光扫描器;
- 压敏垫;
- 边沿开关、拉绳开关。

敏感保护设备可:

- 用于触发;
- 用于存在感应;
- 用于触发和存在感应;
- 重新启动机器的运行,此做法需要满足严格的条件。

注:有些类型的敏感保护设备既不适用于存在感应,也不适用于触发。

尤其对于具有下列特征的机械不能单独使用敏感保护设备:

- 可能存在材料或零部件弹射;
- 不得不防止排放(噪声、辐射、粉尘等);
- 无规律的或过长的机器停机时间;
- 机器不具备在工作循环过程中停机的能力。

6.3.2.5.2 实施

宜考虑以下因素:

- a) 检测区域的大小、特征和位置(见 GB/T 19876,该标准涉及某些类型的敏感保护设备的定位);

1) 详细资料,见 IEC/TS 62046。

- b) 装置对故障状态的反应(电敏保护设备见 IEC 61496);
- c) 被避开的可能性;
- d) 检测能力及其随时间的变化(如由于对反射表面、其他人工光源、日光或空气杂质等这类不同环境条件的敏感性而造成的结果)。

注 1: IEC 61496 规定了电敏保护设备的检测能力。

敏感保护设备应集成到操作部分中,并且与机器的控制系统相连接,从而使得:

- 一旦检测到人员或人体部位就立即给出指令;
- 撤回被检测到的人体或人体部位不会自动重新启动危险机器功能,从而使控制系统在给出新的指令之前维持敏感保护设备发出的指令;
- 危险机器功能的重新启动是操作者主动驱动位于操作者可观察到的危险区之外的控制装置的结果;
- 除抑制阶段外,敏感保护设备的检测功能被中断时,机器不能运转;
- 检测区域的位置和形状,可能和固定防护装置一起防止人或人体部位在未被探测到的情况下进入或处于危险区。

注 2: 抑制是指安全功能被控制系统有关安全部件临时自动暂停(见 GB/T 16855.1)。

关于故障特征更详细的考虑,如对于有源光电保护装置,宜考虑使用 IEC 61496。

6.3.2.5.3 对用于循环启动的敏感保护设备的附加要求

在此类特殊应用中,机器工作循环的启动由被检测到的人体或人体部位从敏感保护设备检测区撤出引起,且不需要任何额外的启动指令,因此不符合上述 6.3.2.5.2 第二个破折号中的要求。但是,接通动力源后或敏感保护设备的触发功能已经使机器停机时,机器的工作循环应只能通过主动驱动启动控制装置才能启动。

由敏感保护设备引起的循环启动应满足以下条件:

- a) 只应使用符合 IEC 61496 系列标准的有源光电保护装置(AOPDs);
- b) AOPD 用做触发和存在感应装置(见 IEC 61496)时的要求得到满足——特别是位置、最小距离(见 GB/T 19876)、检测能力、可靠性以及对控制和制动系统的监控;
- c) 机器的循环时间短,并且感应区一旦清空,机器重新启动的时间被限制在与单个正常循环相匹配的周期内;
- d) 进入 AOPD 的感应区或开启联锁防护装置是进入危险区的唯一途径;
- e) 如果有多个 AOPD 用于机器的安全防护,则其中只能有一个具有循环再启动的能力;
- f) 对于自动循环启动产生的较高风险,AOPD 和与其相关的控制系统应比正常工作条件下具有更高的安全相关性能。

注 1: 上述 d) 中所指的危险区是指由清空感应区而触发的危险功能(包括辅助设备和传送元件)所在的任何区域。

注 2: 也可见 IEC/TS 62046。

6.3.2.6 稳定性的保护措施

如果不能通过重量分布(见 6.2.6)等本质安全设计措施实现稳定性,则有必要采取措施保持机器的稳定性,例如:

- 地脚螺栓;
- 锁定装置;
- 运动限制器或机械式停机装置;
- 加速或减速限制器;
- 载荷限制器;

——接近稳定性极限或倾覆极限时发出警告的警报器。

6.3.2.7 其他保护装置

当机器需要操作者连续操控(如移动式机器、起重机),且操作者的错误能产生危险状态时,则应为该机器配备必要的、使其运行保持在规定限度内的装置,特别是:

- 当操作者不能充分观察到危险区时;
- 当操作者对安全相关参数(距离、速度、质量、角度等)的实际值缺乏了解时;
- 当危险是由操作者控制之外的运行引发时。

必要的装置包括:

- a) 限制运动参数(距离、角度、速度、加速度)的装置;
- b) 过载和力矩限制装置;
- c) 防止与其他机器冲突或干涉的装置;
- d) 防止对移动式机械的步行操作者或其他行人产生危险的装置;
- e) 防止组件和成套件应力过大的扭矩限制装置或断裂点;
- f) 限制压力或温度的装置;
- g) 监控排放的装置;
- h) 防止操作人员不在控制位置时运行的装置;
- i) 防止稳定平衡器不在其位置时进行提升操作的装置;
- j) 限制机器在斜面上倾斜的装置;
- k) 确保组件在移动之前处于安全位置的装置。

上述装置触发的自动保护措施(如危险运动的自动停止)使机器的运行超出了操作者的控制范围,因此,宜预先发出或同时发出警告信号,使操作者能采取适当的措施(见 6.4.3)。

6.3.3 防护装置和保护装置的设计要求

6.3.3.1 一般要求

防护装置和保护装置的设计应适用于预定使用,并考虑相关的机械危险和其他危险。防护装置和保护装置应与机器的工作环境协调,且其设计应使其不易被废弃。为减少其被废弃的诱因,应将防护装置和保护装置对机器运行期间和机器生命周期其他各阶段的各种动作的干涉降至最低程度。

注:更多信息见 GB/T 8196、GB/T 16855.1、GB 19671、GB/T 18831、GB/T 17454、IEC 61496 和 IEC 62061。

防护装置和保护装置应:

- a) 结构坚固耐用;
- b) 不增加任何附加危险;
- c) 不容易被绕过或使其无法操作;
- d) 与危险区有足够的距离(见 GB/T 19876 和 GB 23821);
- e) 对观察生产过程的视野障碍最小;
- f) 只允许进入不得不进行操作的区域,进行工具的安装和/或更换及维修等必要的工作,且尽可能不移除防护装置或使保护装置不起作用。

防护装置的开口,见 GB 23821。

6.3.3.2 防护装置的要求

6.3.3.2.1 防护装置的功能

防护装置能实现的功能如下:

- 防止进入被防护装置封闭的空间,和/或
- 容纳或捕获由机器抛出或掉下的材料、工件、切屑、液体,减少由机器产生的排放(噪声、辐射、有害物质,如粉尘、烟雾、气体等)。

此外,防护装置可能还需要具有与电、温度、火、爆炸、振动、能见度(见 GB/T 8196)以及操作者位置人类工效学(如易用性、操作者的运动、姿势、重复运动)相关的独特特征。

6.3.3.2.2 固定式防护装置的要求

固定式防护装置应采用以下方式保持其位置:

- 永久固定(如通过焊接);或
- 通过紧固件(螺钉、螺母)固定,使得不使用工具不可能将其移除/打开;没有紧固件时,固定式防护装置不宜保持关闭(见 GB/T 8196)。

注:固定式防护装置可采用铰接辅助打开。

6.3.3.2.3 活动式防护装置的要求

活动式防护装置用于防止由运动的传动部件产生的危险时,应满足以下要求:

- a) 打开时尽可能固定在机械或其他结构上(一般通过铰链或导轨);
- b) 是联锁的(必要时带防护锁定)(见 GB/T 18831)。

见图 4。

活动式防护装置用于防止运动的非传动部件产生的危险时,应将其设计成与机器的控制系统相连,从而使得:

- 运动部件在操作者可触及的范围内时不能启动,并且一旦运动部件启动,操作者就触及不到,这可通过采用联锁防护装置来实现,必要时可带防护锁定;
- 只有通过有意识的动作才能对防护装置进行调整,如使用工具或钥匙;
- 防护装置的某一组件缺失或失效可防止运动部件启动或停止运动部件,这可通过自动监控来实现(见 6.2.11.6)。

见图 4 和见 GB/T 18831。

6.3.3.2.4 可调式防护装置的要求

只有因操作需要而不能完全封闭危险区时,才可采用可调式防护装置。

手动可调式防护装置应符合以下要求:

- 设计上应保证在给定的操作期间,调整后的状态保持恒定;
- 不使用工具就容易调整。

6.3.3.2.5 带启动功能的联锁防护装置(带控制功能的防护装置)的要求

只有满足以下条件才能使用带启动功能的联锁防护装置:

- a) 满足联锁防护装置的所有要求(见 GB/T 18831);
- b) 机器的工作循环时间短;
- c) 将防护装置打开的最长时间预先设定为较低的值(如等于循环时间),并且一旦超过该时间,通过关闭带启动功能的联锁防护装置不能触发危险功能,并在重新启动机器前有必要进行复位;
- d) 防护装置关闭时,机器的尺寸或形状不允许人员或人体部位停留在危险区内或危险区与防护装置之间(见 GB/T 8196);
- e) 其他所有防护装置,无论是固定式(可拆卸式)还是活动式均为联锁防护装置;
- f) 与带启动功能的联锁防护装置相连的联锁装置,其设计应使得在位置检测器加倍以及使用自

动监控等方法时(见 6.2.11.6),其失效不能导致非预期的启动/意外启动;

- g) 防护装置安全可靠的保持打开状态(如通过弹簧或配重),使其不能因其自身重量掉下而触发启动。

6.3.3.2.6 防护装置产生的危险

应注意防止可能由以下因素带来的危险:

- 防护装置的结构(锐边或尖角、材料、噪声排放等);
- 防护装置的运动(由动力驱动的防护装置和由容易掉下的重型防护装置产生的剪切或挤压区)。

6.3.3.3 保护装置的技术特征

保护装置的选择或设计以及与控制系统的连接,应确保能正确执行其安全功能。

保护装置的选择应符合相应的产品标准(如关于有源光电保护装置的 IEC 61496),或者应根据 GB/T 16855.1 或 IEC 62061 所规定的一项或多项原则进行设计。

保护装置的安装以及其与控制系统的连接应使其不能轻易被废弃。

6.3.3.4 提供其他类型的安全防护装置

由于待完成工作范围的原因而不得不改变安全防护装置时,宜提供便于安装其他类型的安全防护装置的措施。

6.3.4 通过安全防护减少排放

6.3.4.1 一般要求

如果 6.2.2.2 中减少排放源排放的措施不够,则应为机器提供补充保护措施(见 6.3.4.2~6.3.4.5)。

6.3.4.2 噪声

防止噪声的补充保护措施包括:

- 隔声罩(见 GB/T 19886);
- 安装在机器上的隔声屏;
- 消声器(见 GB/T 20431)。

6.3.4.3 振动

防止振动的补充保护措施包括:

- 隔振器,如置于振源和暴露人员之间的减震装置;
- 弹性架;
- 悬浮座椅。

固定式工业机械的振动隔离措施,见 EN 1299。

6.3.4.4 有害物质

防止有害物质的补充保护措施包括:

- 机器的密封(带负压的外壳);
- 带过滤的局部排气通风;
- 用液体加湿;
- 机器区域内特殊通风(气幕、操作舱)。

见 GB/T 18569.1。

6.3.4.5 辐射

防止辐射的补充保护措施包括：

- 采用过滤和吸收；
- 使用衰减屏或防护装置。

6.3.5 补充保护措施

6.3.5.1 概述

根据机器预定用途及可合理预见的误用，可能不得不采用既不是本质安全设计措施、安全防护（使用防护装置和/或保护装置），也不是使用信息的保护措施。这类措施包括 6.3.5.2～6.3.5.6 给出的措施，但并不局限于此。

6.3.5.2 实现急停功能的组件和元件

如果根据风险评估，机器需要安装实现急停功能的组件和元件，以避免正在发生或即将发生的紧急状态时，则应满足下列要求：

- 执行器应容易识别、清晰可见且随手可及；
- 应尽快停止危险过程，且不产生额外的危险，但如果这不可能实现或不能降低风险，则宜考虑执行急停功能是否为最佳解决方法；
- 急停控制器应触发或允许触发某些必要的安全防护装置的运动。

注：更详细的规定，见 GB 16754。

一旦执行急停指令后急停装置的有效动作已经停止，应维持该指令的作用直至其复位为止。只有在触发急停指令的位置，才有可能复位。急停装置的复位不应重新启动机器，而仅是允许机器重新启动。

设计和选择实现急停功能的电气组件和元件的详细要求，见 GB 5226。

6.3.5.3 被困人员逃生和救援措施

被困人员逃生和救援的措施可能主要是指：

- 在可能使操作者陷入危险的设施中的逃生通道和躲避处；
- 供急停后人工移动某些元件的安排；
- 用于某些元件反向运动的布置；
- 下降装置的锚定点；
- 受困人员的呼救通讯方式。

6.3.5.4 隔离和能量耗散的措施

机器应具备通过采取以下措施实现隔离动力源和耗散储存能量的技术手段：

- a) 将机器(或指定的机器部件)与所有动力供应隔离(脱开、分离)；
- b) 将所有隔离单元锁定(或采用其他方式固定)在隔离位置；
- c) 耗散能量，如果不可能或不可行，抑制(遏制)任何可增大危险的储存能量；
- d) 通过安全工作程序验证按照上述 a)、b)和 c)所采取的措施是否已达到预期效果。

见 GB/T 19670—2005 中第 5 章和 GB 5226.1—2008 中 5.5 和 5.6。

6.3.5.5 提供方便且安全搬运机器及其重型零部件的装置

无法移动或无法用手搬运的机器及其零部件应配备或能够配备适当的附属装置，用于通过提升机

构搬运。

这些附属装置可能是：

- 带吊索、吊钩、吊环螺栓或用于固定的螺纹孔的标准提升设备；
- 当不可能从地面安装附属设备时，采用带起重吊钩的自动抓取设备；
- 通过叉车搬运的机器的叉臂定位装置；
- 集成到机器内的提升和装载机构和设备。

对操作中可通过手动拆除的机器部件，应提供安全移除和更换的方法。

也可见 6.4.4c) 中的 3)。

6.3.5.6 安全进入机器的措施

机器的设计应使得操作及与安装和/或维护相关的所有常规作业尽可能由人员在地面完成。

如果无法实现，为了执行这些任务，机器应提供安全进入的机内平台、阶梯或其他设施；但是，宜注意确保这类平台或阶梯不会使操作者接近机器的危险区。

在工作条件下，步行区应尽量采用防滑材料防滑，并且根据步行区距离地面的高度提供适当的护栏（见 GB 17888.3）。

在大型自动化设备中，应特别注意给出安全进入的途径，如通道、输送带过桥或跨越点。

进入位于一定高度的机器部件的设施应提供防止跌落的措施（如楼梯、阶梯及平台的护栏和/或梯子的安全护笼）。必要时，还应为防止人员从高处跌落的个体防护装备提供锚定点（如在用于提升人员的机械的轿厢中或带升降控制站）。

只要有开口，开口都应朝向安全的位置，其设计应防止因意外打开产生的危险。

应提供必要的进入辅助设施（台阶、把手等）。控制装置的设计和位置应防止其被用作进入时的辅助设施。

如果提升货物和/或人员的机械包含固定高度的停层，则应配备连锁防护装置防止某一停层没有平台时发生人员跌落。当防护装置打开时，应防止提升平台运动。

详细规定见 GB 17888。

6.4 使用信息

6.4.1 一般要求

6.4.1.1 起草使用信息是机器设计的组成部分（见图 2）。使用信息由文本、文字、标记、信号、符号或图表等组成，以单独或联合使用的形式向使用者传递信息。使用信息预定提供给专业和/或非专业人员。

注：使用信息的结构和表述也可见 GB/T 19678。

6.4.1.2 应向使用者提供关于机器预定使用的信息，特别是考虑到机器的所有运行模式。

该信息应包含确保安全和正确使用机器所需的各项指南。因此，该信息应向使用者告知或警示剩余风险。

适当时，该信息应指明：

- 是否需要培训；
- 是否需要个体防护装备；
- 可能需要的附加防护装置或保护装置（见图 2 的脚注 d）。

不应排除根据机器名称和描述可合理预见的机器用途，也应对不按使用信息中描述的方式而按其他方式使用机器而产生的风险进行警告，尤其是考虑到可合理预见的误用。

6.4.1.3 使用信息应以单独或组合的形式涵盖机器的运输、装配和安装、试运转、使用（设定、示教/编

程或过程转换、操作、清洗、故障查找和维护)以及必要的拆卸、停用和报废。

6.4.2 使用信息的位置和属性

根据风险、使用者需要使用信息的时间和机器的设计,应决定在下述位置是否需要提供使用信息或部分信息:

- a) 在机器内或机器上(见 6.4.3 和 6.4.4);
- b) 在随行文件中(特别是使用手册,见 6.4.5);
- c) 在包装上;
- d) 通过其他方式,如机器外的信号和警告。

在给出警告等重要信息时,应考虑采用标准化的语言(也可见 GB/T 19678)。

6.4.3 信号和警告装置

视觉信号(如闪光灯)和听觉信号(如报警器)可能用作警告即将发生的危险事件,如机器启动或超速。此类信号也可能在触发自动保护措施前用作警示操作者(见 6.3.2.7)。

这些信号应满足以下基本要求:

- a) 在危险事件发生之前发出;
- b) 含义确切;
- c) 能被明显察觉到,并与所用的其他所有信号相区分;
- d) 容易被使用者和其他人员明确识别。

警告装置的设计和位置应便于检查。使用信息应规定警告装置需要定期检查。

设计者应注意由于过多的视觉和/或听觉信号引起“感官疲劳”造成的风险,这也可导致警告装置被废弃。

注:通常有必要就此问题与使用者进行磋商。

6.4.4 标志、符号(象形图)和书面警告

机械应加贴以下所有必要的标志:

- a) 供其明确识别用的标志,至少包括:
 - 1) 制造商的名称与地址;
 - 2) 系列或型式的说明;
 - 3) 序列号(如果有)。
- b) 表明其符合强制性要求的标志,包括:
 - 1) 标志;
 - 2) 书面描述,如制造商的授权代表、机械的名称、制造年份以及预定用在潜在爆炸环境中。
- c) 针对安全使用的标志,例如:
 - 1) 旋转部件的最高转速;
 - 2) 工具的最大直径;
 - 3) 机器本身和/或可移除部件的质量(kg);
 - 4) 最大工作载荷;
 - 5) 穿戴个体防护装备的必要性;
 - 6) 防护装置的调整数据;
 - 7) 检查频次。

直接印刷在机器上的信息宜持久,并在预期的机器生命周期内保持清晰可见。

符号或书面警告不应只写“危险”二字。

标志、符号和书面警告应易于理解且含义明确,特别是那些与机器功能相关的部分。与使用书面警告相比,宜优先使用易于理解的符号(象形图)。

只宜采用机器使用时所处文化氛围内能够理解的符号和象形图。

机械的书面警告宜采用首次使用该机械的国家的语言,如有要求,可采用操作者容易理解的语言。

注:某些国家对特殊语言的使用有专门的法律要求。

标志应符合公认的标准(如 GB/T 3168、ISO 2972 或 ISO 7000,特别是象形图、符号和颜色)。

有关电气设备的标志见 GB 5226.1。

有关液压和气动设备的标志见 GB/T 3766 和 GB/T 7932。

6.4.5 随行文件(特别是使用手册)

6.4.5.1 内容

使用手册或其他书面说明(如包装上的说明)应包括:

- a) 关于机器运输、搬运和贮存的信息,如:
 - 1) 机器的贮存条件;
 - 2) 尺寸、质量、重心位置;
 - 3) 搬运说明(如显示提升设备施力点的图样)。
- b) 机器安装和试运转的有关信息,如:
 - 1) 固定/锚定以及噪声和振动抑制的要求;
 - 2) 装配和安装条件;
 - 3) 使用和维护所需的空间;
 - 4) 允许的环境条件(如温度、湿度、振动、电磁辐射);
 - 5) 机器与动力源的连接说明(尤其是关于防止电气过载的说明);
 - 6) 关于废弃物的清除/处置建议;
 - 7) 必要时,给出使用者应采取的保护措施的建议,如附加安全防护装置(见图 2 的脚注 d)、安全距离、安全符号和信号。
- c) 关于机器自身的信息,如:
 - 1) 机器、机器配件、防护装置和/或保护装置的详细说明;
 - 2) 预定的机器全部应用范围,包括禁止的用途,如果可能,还应考虑样机的变化;
 - 3) 图表(尤其是安全功能的图解表示);
 - 4) 由机器产生的噪声和振动数据,由机器排放的辐射、气体、蒸汽及粉尘等数据,以及参考使用的测量方法(包括测量的不确定度);
 - 5) 电气设备的技术文件(见 GB 5226);
 - 6) 证明机器符合强制性要求的文件。
- d) 有关机器使用的信息,如:
 - 1) 预定使用;
 - 2) 手动控制器(执行器)的信息;
 - 3) 设定和调整;
 - 4) 停机的模式和方法(尤其是急停);
 - 5) 设计者采取的保护措施无法消除的风险;
 - 6) 由某些应用和使用某些配件后产生的特殊风险,以及关于此类应用必要的专用安全防护装置的信息;
 - 7) 可合理预见的误用和禁止的用途;

- 8) 用于修理和干预后重新启动的故障识别和定位;
- 9) 需要使用的个体防护装备,以及需要进行培训的信息。
- e) 维护信息,如:
 - 1) 安全功能检查的性质和频次;
 - 2) 关于使用时可能影响操作者健康与安全的备件详细说明;
 - 3) 关于需要一定的技术知识或特殊技能,从而只能由熟练人员(如维护人员、专家)来完成的维护工作的说明;
 - 4) 关于无需特殊技能便可由使用者(如操作者)来完成的维护工作(如更换部件等)的说明;
 - 5) 使维护人员能合理完成维护任务(尤其是故障查找任务)的图样和图表;
- f) 关于拆卸、停用和报废的信息。
- g) 关于紧急状态的信息,如:
 - 1) 发生事故或损坏时应遵循的操作方法;
 - 2) 所使用的消防设备类型;
 - 3) 关于可能排放或泄漏有害物质的警告,如有可能,指明消除其影响的措施。
- h) 需要相互明显区别开的为技术熟练人员提供的维护说明[上述 e)3)]和为非熟练人员提供的维护说明[上述 e)4)]。

6.4.5.2 使用手册的编制

以下要求适用于使用手册的编制和表述。

- a) 印刷字体和大小应尽可能保证最好的清晰度。安全警告和/或注意事项宜使用颜色、符号和/或大号字体加以强调。
- b) 应给出使用信息的初始版本以及采用首次使用该机械的国家的语言编写的版本。如果使用一种以上的语言,则每一种语言都宜便于与其他语言区分,并尽量将译文和相关插图放在一起。

注:某些国家对特殊语言的使用有专门的法律要求。

- c) 只要有助于理解,宜为文字配插图。这些插图宜由详细的文字说明进行补充,从而能够找到手动控制器(执行器)等的位置并识别出来。插图不宜与随行的文字说明分开,并宜按操作顺序给出。
- d) 以表格形式给出信息有助于理解时宜考虑以表格形式给出,表格宜靠近相关的文字说明。
- e) 宜考虑使用颜色,尤其是对于要求快速识别的组件。
- f) 如果使用信息很长,则宜给出内容的列表和/或索引。
- g) 包含有需要立即采取的措施的安全相关说明书,宜以便于操作者可随时获取的形式给出。

6.4.5.3 使用信息的起草与编辑

以下要求适用于使用手册的起草和编辑。

- a) 与样机的关系:该信息应明确的与机器的特定样机及必要的其他合适证明(如通过序列号)相关联。
- b) 信息传递原则:准备使用信息时,为了获得最佳效果宜遵循“察看—思考—使用”的信息传递过程和顺序。宜预先提出“如何做?”、“为什么?”等问题并给出答案。
- c) 使用信息应尽量简明,术语及单位前后的表述宜保持一致,对不常用的技术术语,宜给出明确的解释。
- d) 如果预计机器将用于非专业使用,则宜以便于非专业使用者理解的形式编写说明书。如果为安全使用机器而需要使用个体防护装备时,则宜在机器和包装等上面给出明确建议,使这类信息在销售时得以明显显示。

- e) 文件的耐久性和可获得性:给出使用说明的文件宜持久耐用(即能经受住使用者频繁拿取翻看)。在文件上标出“留置备查”是很有用的。如果采用电子形式(CD、DVD、磁带、硬盘等)保存使用信息,则关于需要立即采取措施的安全相关问题的信息应经常进行硬拷贝备份,供随时获取。

7 风险评估和风险减小的文件

风险评估和风险减小的文件应说明所遵从的程序以及得到的结果。该文件应包括下列内容:

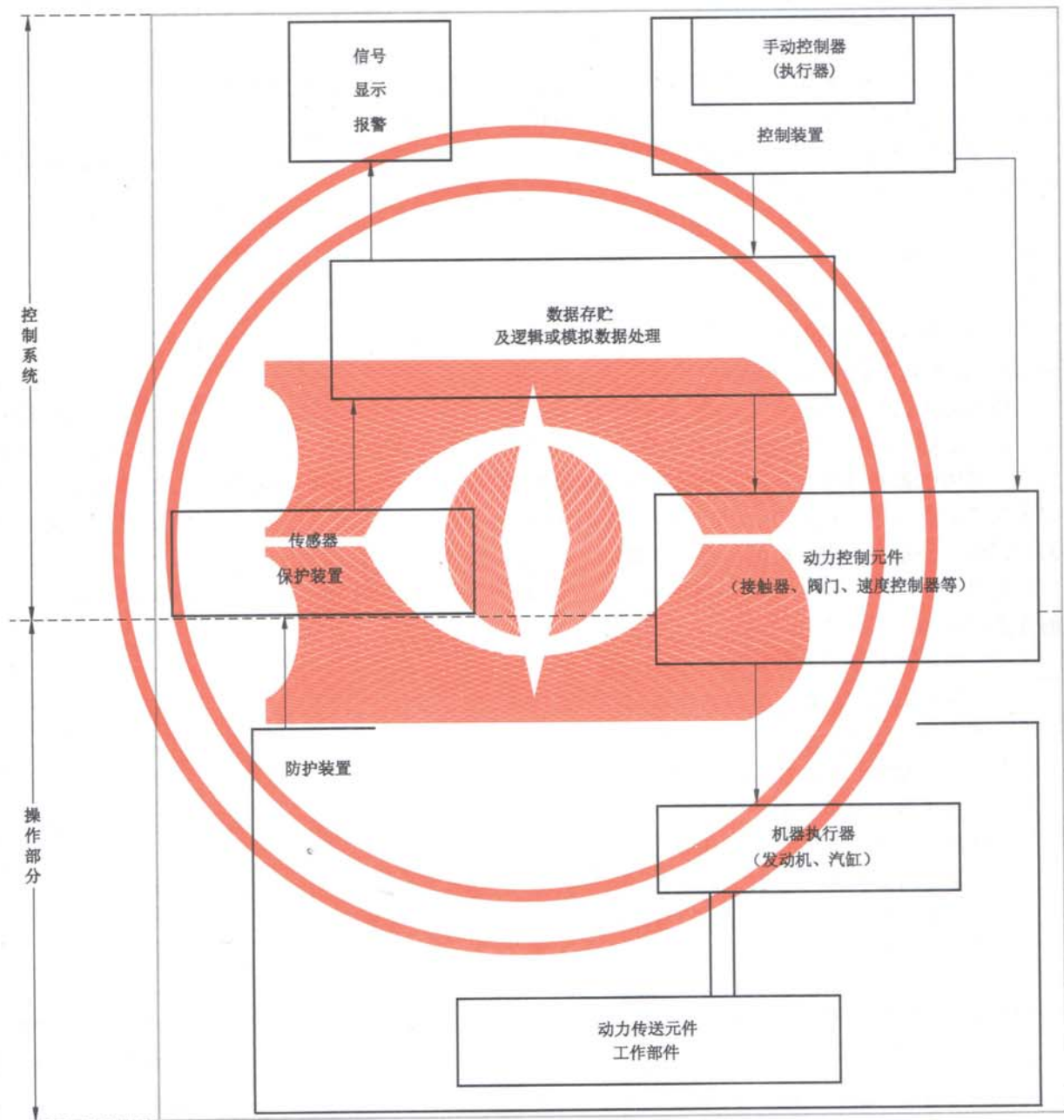
- a) 已评估的机械(如规格、限制、预定使用);
- b) 已做的任何相关假设(载荷、强度、安全系数等);
- c) 风险评估中所识别的危险、危险状态以及所考虑的危险事件;
- d) 风险评估所依据的信息(见 5.2);
 - 1) 所使用的数据及原始资料(事故历史记录、适用于类似机械的风险减小经验等);
 - 2) 与所使用的数据有关的不确定性及其对风险评估的影响;
- e) 通过保护措施所达到的风险减小目标;
- f) 用于消除已识别的危险或减小风险的保护措施;
- g) 与该机械有关的剩余风险;
- h) 风险评估的结果(见图 1);
- i) 风险评估过程中完成的所有表格。

上述 f) 中所提到的用于选择保护措施的标准或其他规范宜注明来源。

注:本标准并不要求与机器一起提交风险评估文件。有关文件的信息见 GB/T 16856.2。

附录 A
(资料性附录)
机器的图解表示

见图 A.1。



说明：

—— 人机界面。

图 A.1 机器的图解表示

附录 B
(资料性附录)
危险、危险状态和危险事件示例

B.1 概述

本附录以单独的表格分别给出了危险(见表 B.1 和表 B.2)、危险状态(见表 B.3)和危险事件(见表 B.4)的示例,目的是阐明这些概念并帮助风险评估人员进行危险识别(见 5.4)。

本附录给出的危险、危险状态和危险事件的清单既不是无遗漏的,也没有优先顺序。因此,设计者还宜识别并记录机器中存在的其他危险、危险状态或危险事件。

B.2 危险示例

表 B.1 按照危险的类型(机械危险、电气危险等)将其进行了分组。为了提供关于危险类型的更详细信息,表中附加了两列,分别对应于危险源与潜在后果。

使用表 B.1 中所列栏目的数量,取决于描述已识别危险所要求的详细程度。在某些情况下,只使用一列就足够,尤其是当危险处在同一危险区并根据保护措施能分为一组时。使用哪一列取决于危险源或后果的性质对选择合适的保护措施是否是最有用的。然而,所有的危险都宜归档,即使与它们有关的风险已由建议用于减小与另一种危险有关的风险的一种保护措施充分减小。否则,由于另一种危险的减缓而充分减小了未归档的危险产生的风险,从而忽略未归档的危险。

表 B.1 中,用一列以上描述一种危险时,不宜照搬这些条目。宜选择和组织合适的文字,以最方便的方式描述危险。例如:

- 由运动元件引起的挤压;
- 因机器或机器的一部分缺乏稳定性引起的挤压;
- 由于在故障状态下电气设备部件变为带电部件引起的电击或触电;
- 由于暴露在部件冲压产生的噪声中时间过长引起的永久性听力丧失;
- 由于吸入有毒物质导致的呼吸道疾病;
- 由于不良姿势和重复动作引起的肌肉与骨骼疾病;
- 由于接触高温材料引起的烧伤;
- 由于皮肤接触(皮肤暴露于)有毒物质引起的皮炎。

表 B.1 危险

| 编号 | 类型或分组 | 危险示例 | | 本标准对应的条款 |
|----|-------|--|--|---|
| | | 危险源 ^a | 潜在后果 ^b | |
| 1 | 机械危险 | ——加速、减速; ——有角的部件; ——接近向固定部件运动的元件; ——锋利的部件; ——弹性元件; ——坠落物; | ——碾压; ——抛出; ——挤压; ——切割或切断; ——吸入或陷入; ——缠绕; | 6.2.2.1 6.2.2.2 6.2.3a) 6.2.3b) 6.2.6 6.2.10 |

表 B.1 (续)

| 编号 | 类型或 分组 | 危险示例 | | 本标准对应的条款 |
|----|-----------|--|--|---|
| | | 危险源 ^a | 潜在后果 ^b | |
| 1 | 机械 危险 | ——重力； ——距离地面高； ——高压； ——不稳定； ——动能； ——机械的移动； ——运动元件； ——旋转元件； ——粗糙表面、光滑表面； ——锐边； ——储存的能量； ——真空 | ——摩擦或磨损； ——碰撞； ——喷射； ——剪切； ——滑倒、绊倒和跌落； ——刺穿或刺破； ——窒息 | 6.3.1 6.3.2 6.3.3 6.3.5.2 6.3.5.4 6.3.5.5 6.3.5.6 6.4.1 6.4.3 6.4.4 6.4.5 |
| 2 | 电气 危险 | ——电弧； ——电磁现象； ——静电现象； ——带电部件； ——与高压带电部件之间无足够的距离； ——过载； ——故障条件下变为带电的部件； ——短路； ——热辐射 | ——烧伤； ——化学效应； ——医学植入物的影响； ——电死； ——坠落、甩出； ——着火； ——熔化颗粒的射出； ——电击 | 6.2.9 6.3.2 6.3.3.2 6.3.5.4 6.4.4 6.4.5 |
| 3 | 热危险 | ——爆炸； ——火焰； ——高温或低温的物体或材料； ——热源辐射 | ——烧伤； ——脱水； ——不适； ——冻伤； ——热源辐射引起的伤害； ——烫伤 | 6.2.4b) 6.2.8c) 6.3.2.7 6.3.3.2.1 6.3.4.5 |
| 4 | 噪声 危险 | ——气穴现象； ——排气系统； ——气体高速泄漏； ——加工过程(冲压、切割等)； ——运动部件； ——刮擦表面； ——不平衡的旋转部件； ——气体发出的啸声； ——磨损部件 | ——不适； ——失去知觉； ——失去平衡； ——永久性听觉丧失； ——紧张； ——耳鸣； ——疲劳； ——其他因干扰语音传递或听觉信号引起的(机械、电气)后果 | 6.2.2.2 6.2.3c) 6.2.4c) 6.2.8c) 6.3.1 6.3.2.1b) 6.3.2.5.1 6.3.3.2.1 6.3.4.2 6.4.3 6.4.5.1b)和 c) |

表 B.1 (续)

| 编号 | 类型或分组 | 危险示例 | | 本标准对应的条款 |
|----|------------|---|--|--|
| | | 危险源 ^a | 潜在后果 ^b | |
| 5 | 振动危险 | ——气穴现象； ——运动部件偏离轴线； ——移动设备； ——刮擦表面； ——不平衡的旋转部件； ——振动设备； ——磨损部件 | ——不适； ——脊椎弯曲病； ——神经失调； ——骨关节疾病； ——脊柱损伤； ——血管疾病 | 6.2.2.2 6.2.3c) 6.2.8c) 6.3.3.2.1 6.3.4.3 6.4.5.1c) |
| 6 | 辐射危险 | ——致电离辐射源； ——低频电磁辐射； ——光辐射(红外线、可见光和紫外线),包括激光； ——无线电频率电磁辐射 | ——烧伤； ——对眼睛和皮肤的伤害； ——影响生育能力； ——突变； ——头痛、失眠等 | 6.2.2.2 6.2.3c) 6.2.3.2.1 6.3.4.5 6.4.5.1c) |
| 7 | 材料/物质产生的危险 | ——浮质； ——生物和微生物(病毒或细菌)制剂； ——易燃物； ——粉尘； ——爆炸物； ——纤维； ——可燃物； ——流体； ——烟雾； ——气体； ——雾气； ——氧化剂 | ——呼吸困难、窒息； ——癌症； ——腐蚀； ——影响生育能力； ——爆炸； ——着火； ——感染； ——突变； ——中毒； ——过敏 | 6.2.2.2 6.2.3b) 6.2.3c) 6.2.4a) 6.2.4b) 6.3.1 6.3.3.2.1 6.3.4.4 6.4.5.1c) 6.4.5.1g) |
| 8 | 人类工效学危险 | ——通道； ——指示器和可视显示单元的设计或位置； ——控制装置的设计、位置或识别； ——费力； ——闪烁、炫光、阴影、频闪效应； ——局部照明； ——精神太紧张/精力不集中； ——姿势； ——重复活动； ——可见性 | ——不舒服； ——疲劳； ——肌肉与骨骼疾病； ——紧张； ——其他因人为错误引起的后果(如机械的、电气的) | 6.2.2.1 6.2.7 6.2.8 6.2.11.8 6.3.2.1 6.3.3.2.1 |

表 B.1 (续)

| 编号 | 类型或分组 | 危险示例 | | 本标准对应的条款 |
|--|--------------|---|---|--|
| | | 危险源 ^a | 潜在后果 ^b | |
| 9 | 与机器使用环境有关的危险 | ——粉尘和烟雾； ——电磁干扰； ——闪电； ——潮湿； ——污染； ——雪； ——温度； ——水； ——风； ——缺氧 | ——烧伤； ——轻微疾病； ——滑倒、跌落； ——窒息； ——其他由机器或机器部件上的危险源引起的后果 | 6.2.6 6.2.11.11 6.3.2.1 6.4.5.1b) |
| 10 | 组合危险 | ——如重复活动+费力+环境温度高 | ——如脱水、失去知觉、中暑 | — |
| ^a 单个危险源可有几种潜在后果。 ^b 对于每一类或每一组危险,某些潜在后果可与几个危险源相关。 | | | | |

表 B.2 是表 B.1 的子表,包括一些典型危险的示例。每个危险源都有相联系的潜在重大后果。潜在后果的顺序没有优先顺序。

表 B.2 典型危险示例

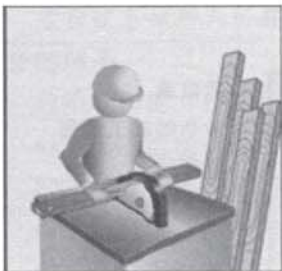
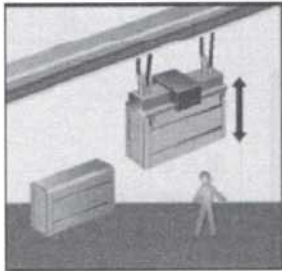

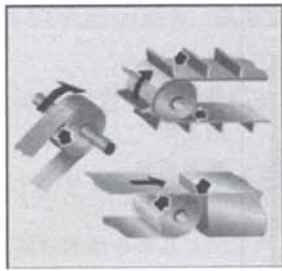

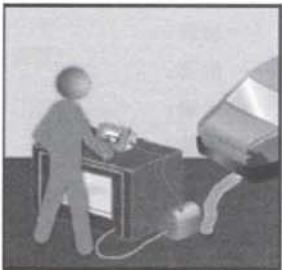

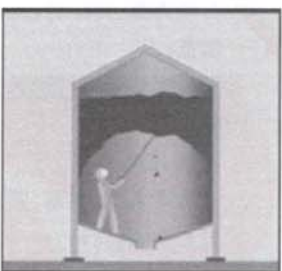
| 危险 | | 危险 | |
|---|---|--|--|
|  | 危险源 锋利的部件 潜在后果 ——切割 ——切断 |  | 危险源 坠落物 潜在后果 ——挤压 ——碰撞 |
|  | 危险源 运动元件 潜在后果 ——挤压 ——碰撞 ——剪切 |  | 危险源 运动元件(3个示例) 潜在后果 ——吸入 ——摩擦、磨损 ——碰撞 |

表 B.2 (续)

| 危 险 | 危 险 | 危 险 | 危 险 |
|---|---|--|--|
|  | 危险源 重力、稳定性 潜在后果 ——挤压 ——陷入 |  | 危险源 接近向固定部件运动的元件 潜在后果 ——挤压 ——碰撞 |
|  | 危险源 旋转元件或运动元件(3个示例) 潜在后果 ——切断 ——缠绕 |  | 危险源 运动元件 潜在后果 ——挤压 ——摩擦或磨损 ——碰撞 ——切断 |
|  | 危险源 带电部件 潜在后果 ——电击 ——烧伤 ——刺穿 ——烫伤 |  | 危险源 高温或低温的物体或材料 潜在后果 ——烧伤 |
|  | 危险源 振动设备 潜在后果 ——骨关节疾病 ——血管疾病 |  | 危险源 嘈杂的加工过程 潜在后果 ——疲劳 ——听力损伤 ——失去知觉 ——紧张 |
|  | 危险源 激光束 潜在后果 ——烧伤 ——伤害眼睛和皮肤 |  | 危险源 粉尘(排放) 潜在后果 ——呼吸困难 ——爆炸 ——视力损伤 |

表 B.2 (续)

| 危 险 | | 危 险 | |
|--|--|---|--|
|  | 危险源 姿势 潜在后果 ——不适 ——疲劳 ——肌肉与骨骼疾病 |  | 来源 烟雾 潜在后果 ——呼吸困难 ——过敏 ——中毒 |
|  | 危险源 控制装置的位置 潜在后果 ——人为差错造成的后果 ——紧张 |  | 危险源 重力(大块固化材料) 潜在后果 ——倒塌、坠落 ——挤压 ——塌陷/塌落 ——窒息 ——楔入/轧伤 |

B.3 危险状态示例

危险状态是指人员暴露于至少具有一种危险的那些环境。人员的暴露经常是由于执行机器的某项任务的结果。

危险状态的一些示例有：

- 靠近运动部件工作；
- 暴露于部件喷出区域；
- 在负载下面工作；
- 靠近极端温度的物体或材料工作；
- 工人暴露于噪声产生的危险。

在实践中，通常根据任务或任务的操作(压力机工件的手动加载和/或卸载、带电故障查找等)来描述危险状态。

描述危险状态时，宜确保所分析的状态是根据可获得的信息(执行的任务、危险、危险区)来明确定义的。

表 B.3 给出了暴露于表 B.1 中的一种或多种危险时可导致一种危险状态的任务清单。

表 B.3 可导致危险状态的任务清单

| 机器的生命周期阶段 | 任务示例 |
|------------------------|--|
| 运输 | <ul style="list-style-type: none"> ——提升； ——加载； ——包装； ——运输； ——卸载； ——拆包 |
| 装配和安装 试运转 | <ul style="list-style-type: none"> ——机器及其组件的调整； ——机器的装配； ——与处理系统(如排气系统、污水装置)连接； ——与动力源(如电源、压缩空气)连接； ——示范； ——辅助流体(如润滑剂、润滑油、胶水)的供给、填充、加载； ——栅栏； ——固定、锚定； ——安装准备(如地基、隔振装置)； ——机器空载运行； ——测试； ——负载试验或最大负载试验 |
| 设定 示教/编程和/或过程 转换 | <ul style="list-style-type: none"> ——保护装置和其他组件的调整和设定； ——机器功能参数(如速度、压力、力、行程限制)的调整和设定或验证； ——工件的夹紧/紧固； ——原料的进给、填充、加载； ——功能测试、试验； ——安装或更换刀具、刀具设定； ——编程验证； ——最终产品的验证 |
| 运行 | <ul style="list-style-type: none"> ——工件的夹紧/紧固； ——控制/检查； ——驱动机器； ——原料的进给、填充、装载； ——手动加载/卸载； ——机器功能参数(如速度、压力、力、行程限制)的微调 and 设定； ——运行期间的微小干预(如移除废料、消除堵塞、局部清洁)； ——操作手动操控器； ——停止/中断后重新启动机器； ——管理； ——最终产品的验证 |

表 B.3 (续)

| 机器的生命周期中阶段 | 任务示例 |
|----------------------|---|
| 清洁 维护 | <ul style="list-style-type: none"> ——调整; ——清洁、消毒; ——拆卸/移除机器的部件、组件和装置; ——保养; ——隔离和能量耗散; ——润滑; ——更换刀具; ——更换磨损部件; ——重新设定; ——恢复流体状态; ——验证机器的部件、组件和装置 |
| 故障查找/故障排查 | <ul style="list-style-type: none"> ——调整; ——拆卸/移除机器的部件、组件和装置; ——故障查找; ——隔离和能量耗散; ——控制装置和保护装置失效后恢复; ——卡滞或锁定后恢复; ——修理; ——更换机器的部件、组件和装置; ——营救被困人员; ——重新设定; ——验证机器的部件、组件和装置 |
| 拆卸 停用 | <ul style="list-style-type: none"> ——断开及能量消散; ——拆卸; ——提升; ——加载; ——包装; ——运输; ——卸载 |
| 注: 这些任务可适用于机器或机器的零件。 | |

B.4 危险事件示例

表 B.4 给出了在机械领域内可发生的危险事件示例。

一个危险事件可有多种原因。例如,控制装置的非预期致动或控制系统的故障都可导致因意外启动而与运动部件接触。

每种原因都可能依次是另一事件或组合事件(事件链)的起因。

表 B.4 危险事件示例

| 相关的危险源 | 危险事件 | 本标准中的条款 |
|--------------------------------------|--|---|
| 机器可接近部件的外形和/或表面情况 | ——接触粗糙表面； ——接触锐边、尖角和凸出部分 | 6.2.2.1 |
| 机器的运动部件 | ——接触运动部件； ——接触旋转的开口末端 | 6.2.2、6.2.14、6.2.15 6.3.1~6.3.3 6.3.5.2~6.3.5.4 6.4.3~6.4.5 |
| 机器、机器部件以及所使用、加工和处理的工具和材料的动能和/或势能(重力) | ——物体坠落或喷出 | 6.2.3、6.2.5 6.2.10~6.2.12 6.3.2.1、6.3.2.2 6.3.2.7 6.3.3 6.3.5.2、6.3.5.4、6.3.5.5 6.4.4、6.4.5 |
| 机器和/或机器部件的稳定性 | ——失去稳定性 | 6.2.3a)和b) 6.2.6 6.3.2.6、6.3.2.7 6.4.3~6.4.5 |
| 机器部件、工具等的机械强度 | ——运行过程中断裂 | 6.2.3a)和b) 6.2.11、6.2.13 6.3.2、6.3.2.7 6.3.3.1~6.3.3.3 6.3.5.2、6.4.4、6.4.5 |
| 气动设备、液压设备 | ——运动元件的位移； ——高压流体的喷射； ——失去控制的运动 | 6.2.3a)和b) 6.2.10、6.2.13、6.3.2.7 6.3.3.1~6.3.3.3 6.3.5.4、6.4.4、6.4.5 |
| 电气设备 | ——直接接触； ——击穿放电； ——电弧； ——着火； ——间接接触； ——短路 | 6.2.4a) 6.2.9、6.2.12 6.3.2、6.3.3 6.3.5.4 6.4.4、6.4.5 |
| 控制系统 | ——机器的运动部件或机器夹持的工件跌落或弹出； ——运动部件无法停止； ——因保护装置被抑制(废弃或失效)引起的机器动作； ——失去控制的运动(包括速度改变)； ——非预期的启动/意外启动； ——因控制系统失效或设计不当引起的其他危险事件 | 6.2.5 6.2.11~6.2.13 6.3.5.2~6.3.5.4 6.4.3~6.4.5 |

表 B.4 (续)

| 相关的危险源 | 危险事件 | 本标准中的条款 |
|----------------------------|--|--|
| 材料和物质或物理因素(温度、噪声、振动、辐射和环境) | ——接触高温或低温物体; ——有害物质的排放; ——危险的噪声排放; ——可干扰语言交流或声音信号的噪声排放; ——危险的振动排放; ——危险的辐射场排放; ——恶劣的环境条件 | 6.2.2.2 6.2.3c) 6.2.4 6.2.8 6.3.1 6.3.3.2 6.3.4 6.4.3~6.4.5 |
| 工作站和/或工作过程设计 | ——费力; ——人为错误/不当行为(无意识的和/或由设计所致的); ——工作区域丧失直接能见度; ——使人疼痛和疲劳的姿势; ——高频率的重复搬运 | 6.2.2.1 6.2.7、6.2.8 6.2.11.8 6.3.5.5、6.3.5.6 6.4.3~6.4.5 |

附录 C

(资料性附录)

本标准专用术语与表述的中文-英文索引

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|--------------|--|---|
| A | | |
| 安全防护 | safeguarding | 3.19;3.21;3.31;5.5.3.4;第6章 |
| 安全防护装置 | safeguard | 引言;3.19;3.21;3.26;3.28;第6章 |
| 安全功能(安全相关功能) | safety function(safety-related function) | 3.30;6.2.11.6;6.2.11.7.1;6.2.11.7.2; 6.2.12.4;6.3.2.5.2;6.3.3.3 |
| (机器的)安装 | installation (of the machine) | 5.4;6.2.6;6.3.3.1;6.3.5;6.4.1.3;6.4.5.1; 表 B.3 |
| B | | |
| 搬运 | handling | 6.2.6;6.2.7;6.2.14;6.3.5.5;6.4.5.1; 6.4.5.3 |
| 绊倒/绊倒危险 | trip / tripping hazard | 附录 B |
| 包装 | packaging | 6.4.2;6.4.5.1;6.4.5.3d) |
| 保持—运行控制装置 | hold-to-run control device | 3.28.3;6.2.11.8b) |
| 保护措施 | protective measure | 3.13;3.19;3.20;3.21;3.22;3.28.4;第4 章;5.5.1;5.5.3;5.6.1;5.6.2;在第6章中 大量出现 |
| 保护装置 | protective device | 3.20;3.26;3.28;3.28.6;6.2.11.1;6.2.11.9; 6.2.13;6.3.1;6.3.2;6.3.3;6.3.5.1; 6.4.1.2;6.4.5.1;附录 A;表 B.3;表 B.4 |
| (机器的)报废 | scrapping(of a machine) | 5.4;6.4.1.3;6.4.5.1f) |
| 报警器 | siren | 6.4.3 |
| 暴露于危险 | exposure to hazard | 3.10;6.5.2.1;5.5.2.3.1;5.5.3;6.2.11.12; 6.3.1;附录 B |
| (限制)暴露于危险 | exposure to hazards (limiting) | 6.2.13;6.2.14;6.2.15 |
| 暴露值 | exposure value | 3.41 |
| 爆炸性环境 | explosive atmosphere | 6.2.4;6.4.4b);附录 B |
| (保护装置)被废弃 | defeating (of a protective device) | 6.2.11.1;附录 B |
| (报警装置)被废弃 | defeating (of a warning device) | 6.4.3 |
| 本质安全设计措施 | inherently safe design measure | 3.20;3.21;6.1;6.2;6.3.5.1 |
| 边(锐边) | edge (sharp) | 6.2.2.1;6.3.3.2.6;附录 B |
| 便携式控制单元(示教盒) | portable control unit (teach pendant) | 6.2.11.8e);6.2.11.9 |

表(续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|------------------------------|---|--|
| 标志 | marking | 6.4.4 |
| 补充保护措施 | complementary protective measures | 3.19;图 1;图 2;6.1;6.3.5 |
| 步行区 | walking area | 6.3.5.6 |
| C | | |
| 材料 | material | 5.2c); 5.3.5; 5.4; 5.5.2.3.1; 5.6.3; 6.2.2.1; 6.2.3b); 6.2.14; 6.3.2.5.1; 6.3.3.2.1;6.3.3.2.6;6.3.5.6;附录 B |
| 材料和物质产生的危险 | hazards generated by materials and substances | 表 B.1.7 |
| 操作部分 | operative part | 6.2.13;6.3.2.5.2;附录 A |
| 操作者 | operator | 3.31;5.3.2;5.4;5.5.3.1;5.5.3.6;5.6.2;第 6 章中大量出现 |
| 测量方法 | measurement methods | 5.5.1 |
| (机器的)拆卸 | dismantling (of a machine) | 第 4 章;5.4;6.2.6;6.4.1.3;6.4.5.1f) |
| 缠绕危险 | entanglement hazard | 附录 B |
| 超速 | overspeed | 6.4.3 |
| 充分的风险减小 | adequate risk reduction | 3.18;第 4 章;图 1;5.6.1;5.6.2 |
| 冲击 | impact | 6.2.12.2 |
| 冲击危险 | impact hazard | 表 B.1.1;表 B.2 |
| 重新启动/重新启动 | restart / restarting | 6.2.11.1;6.2.11.4;6.3.2.5.2;6.3.3.2.5;6.3.5.2 |
| 触发(功能) | tripping (function) | 3.28.5;6.3.2.5.1;6.3.2.5.3 |
| 传感器 | sensor | 3.31;6.2.11.7.2;6.2.13;6.4.3;附录 A |
| 刺伤/刺穿危险 | stabbing / puncture hazard | 表 B.1 |
| 存在感应 | presence-sensing | 3.28.5;6.3.2.5.1;6.3.2.5.3 |
| (人的)错误 | error (Human) | 附录 B |
| D | | |
| (电气设备的)带电部件 | live part (of electrical equipment) | 表 B.1.2 |
| 带防护锁定的联锁防护装置 | interlocking guard with guard locking | 3.27.5;6.3.2.2;6.3.2.3 |
| 带启动功能的联锁防护装置 (带控制功能的防护装置) | interlocking guard with a start function (control guard) | 3.27.6;6.3.2.3f);6.3.3.2.5 |
| 电磁兼容 | electromagnetic compatibility | 6.2.11.11 |
| 电击 | electric shock | 3.6;6.2.9;附录 B |
| 电气过载 | electrical overloading | 6.4.5.1b) |
| 电气设备 | electrical equipment | 6.2.4;6.2.9;6.4.4;6.4.5.1c) |

表(续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|-------------|--------------------------------------|--|
| 电气危险 | electrical hazard | 3.6;6.2.9;附录 B |
| 跌落危险 | falling hazard | 附录 B |
| 定向失效模式组件 | oriented failure mode component | 6.2.12.3 |
| 动力传送元件 | power transmission element | 附录 A |
| 动力控制元件 | power control element | 3.31;附录 A |
| 动力源 | power supply | 3.31; 3.32; 5.3.3; 5.4; 6.2.10; 6.2.11.1; 6.2.11.2; 6.2.11.5; 6.3.2.4; 6.3.2.5.3; 6.3.5.4;6.4.5.1;表 B.3 |
| 断开/断开装置 | trip / tripping device | 6.3.2.1 |
| 对健康产生的损伤或危害 | damage to health | 3.5 |
| E | | |
| (储存能量的)遏制 | containment (of stored energy) | 6.3.5.4 |
| F | | |
| 阀门 | valve | 6.2.3;6.2.11.4 |
| 防护锁定装置 | guard locking device | 3.27.5 |
| 防护装置 | guard | 3.20;3.26; <u>3.27</u> ; 3.28.1; 6.2.8; 6.2.11.9; 6.2.13; 6.3.1; 6.3.2; 6.3.3; 6.3.5.6; 6.4.1.1;6.4.4c);6.4.5.1c);附录 A |
| 访问口令 | access code | 6.2.11.10 |
| 防止进入 | prevention of access | 6.3.3.2.1 |
| 粉尘(也可见:排放物) | dust(see also;emissions) | 5.2c); 5.3.5; 6.2.2.2; 6.3.2.5.1; 6.3.3.2.1;6.4.5.1c);附录 B |
| 风险 | risk | <u>3.12</u> ;大量出现 |
| 风险比较 | risk comparison | 5.5.2.3.2;5.6.1 |
| 风险分析 | risk analysis | <u>3.15</u> ;3.16;3.17;5.1 |
| 风险估计 | risk estimation | <u>3.14</u> ;3.15;5.1;5.5 |
| 风险减小 | risk reduction | 3.7;3.16;3.18;3.19;第 4 章;图 1;图 2; 5.1;5.5.3.4;5.6.1;5.6.2;第 6 章 |
| 风险评估 | risk assessment | 3.8; <u>3.17</u> ;3.41;第 4 章;第 5 章;6.3.2.1; 6.3.2.4;6.3.5.2;第 7 章 |
| 风险评价 | risk evaluation | <u>3.16</u> ;3.17;5.1;5.6 |
| 锋利的部件 | cutting parts | 附录 B |
| 符号 | symbol | 3.22;6.4.1;6.4.4 |
| (使用手册中的)符号 | symbol (in the instruction handbook) | 6.4.5.2a) |
| 辐射(也可见:排放物) | radiation(see also;emissions) | 3.41;6.2.2.2;6.2.3;6.3.2.1;6.3.2.5.1; 6.3.3.2.1;6.3.4.5;6.4.5.1;附录 B |

表 (续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|----------------|--|--|
| 辐射危险 | hazards generated by radiation | 表 B. 1. 6 |
| G | | |
| 干扰 | disturbance (s) | 5. 4b); 6. 2. 12. 2; 6. 2. 12. 4; 附录 B |
| 高压流体喷射危险 | high pressure fluid ejection hazard | 表 B. 1. 1; 表 B. 4 |
| 隔离和能量耗散 | isolation and energy dissipation | 6. 2. 11. 1; 6. 3. 2. 4; 6. 3. 5. 4; 表 B. 3 |
| 工作部件 | working part | 6. 2. 11. 2; 附录 A |
| 共模失效 | common mode failures | 3. 36; 6. 2. 12. 4 |
| 共因失效 | common cause failures | 3. 35; 6. 2. 12. 4 |
| 构造、结构 | construction | 6. 2. 3a); 6. 3. 3. 1; 6. 4. 4 |
| 固定式防护装置 | fixed guard | 3. 27. 1; 6. 3. 1; 6. 3. 2. 1; 6. 3. 2. 2a); 6. 3. 2. 5. 2; 6. 3. 3. 2. 2 |
| 故障 | fault | 3. 33; 3. 34; 3. 36; 6. 2. 11. 1; 6. 2. 11. 6; 6. 2. 11. 7. 1; 6. 2. 11. 7. 2; 6. 2. 11. 9; 6. 2. 11. 12; 6. 2. 14; 6. 3. 2. 5. 2; 6. 4. 5. 1d); 6. 4. 5. 1e) |
| 故障查找 | fault-finding | 5. 5. 3. 2; 6. 2. 11. 9; 6. 2. 11. 12; 6. 3. 2. 4; 6. 4. 1; 附录 B |
| 过程转换 | process changeover | 5. 5. 3. 2; 6. 2. 11. 9; 6. 3. 2. 4; 6. 4. 1. 3; 表 B. 3 |
| 过载(电气) | overloading (electrical) | 6. 4. 5. 1 |
| 过载(机械) | overloading (Mechanical-) | 6. 3. 2. 7 |
| H | | |
| 忽视人类工效学原则产生的危险 | hazards generated by neglecting ergonomic principles | 表 B. 1. 8 |
| 滑倒危险 | slipping hazard | 6. 3. 5. 6; 表 B. 1 |
| 环境 | environment | 第 1 章; 6. 2. 7; 6. 3. 2. 1; 6. 3. 3. 1; 6. 4. 5. 1b); 附录 B |
| 环境条件 | environmental conditions | 6. 2. 12. 2; 6. 3. 2. 5. 2a); 6. 4. 5. 1b); 附录 B |
| 活动式防护装置 | movable guard | 3. 27; 3. 27. 2; 3. 27. 3; 6. 3. 3. 2. 3 |
| J | | |
| 机器/机械 | machine / machinery | 3. 1 |
| 机器的寿命限制 | life limit of a machine | 5. 3. 4 |
| 机器的组合 | assembly of machines | 3. 1; 6. 2. 11. 1 |
| 机器—动力源接口 | machine-power supply interface | 5. 3. 3 |
| 机械危险 | mechanical hazard | 3. 6; 6. 2. 2. 2; 6. 3. 1; 附录 B |

表 (续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|----------------|--|---|
| 机械抑制装置 | mechanical restraint device | 3.28.7 |
| 急停(功能) | emergency stop (function) | 3.40;6.2.11.1;6.2.11.8;6.2.11.9;6.3.1; 6.3.5.2;6.3.5.3;6.3.5.4;6.4.5.1 |
| 急停控制器 | emergency stop control | 6.2.11.8c);6.2.11.9;6.3.5.2 |
| 急停装置 | emergency stop device | 6.2.11.1;6.2.11.8c);6.3.5.2 |
| 挤压危险 | crushing hazard | 附录 B |
| 加载(装料)卸载(卸料)操作 | loading (feeding)/unloading (removal) operations | 表 B.3 |
| 间接接触 | indirect contact | 表 B.4 |
| 减速 | reduced speed | 6.2.11.9 |
| 剪切危险 | shearing hazard | 6.2.2.1b);6.3.2.1;6.3.2.2.6;附录 B |
| 检查 | inspection | 6.2.11.10;6.2.12.4;6.4.5.1e) |
| 检查(频次) | inspection (frequency of) | 6.4.4c) |
| 角形部件 | angular part | 附录 B |
| 阶梯 | stairs | 6.3.5.6 |
| 紧急操作 | emergency operation | 3.39 |
| 紧急状态 | emergency situation | 3.38;3.39;6.3.5.2;6.4.3.1g) |
| 进入设施 | access (means of) | 6.3.5.6 |
| 进入危险区 | access to a hazard zone (to a danger zone) | 3.29;5.5.2.3.1;6.2.11.9;6.2.15;6.3.1; 6.3.2;6.3.5.6 |
| 禁止的用途 | prohibited usage/application | 6.4.5.1c);6.4.5.1d) |
| 静电 | static electricity | 表 B.1.2 |
| (人员的)救援和逃生 | rescue and escape (of a person) | 6.3.5.3 |
| 卷入/陷入危险 | drawing-in / trapping hazard | 6.2.14;6.3.2.1;6.3.5.3;附录 B |
| 绝缘失效 | insulation failure | 6.2.12.2 |
| K | | |
| 可比较的排放数据 | comparative emission data | 3.42;5.5.1 |
| 可编程电子控制系统 | programmable electronic control system | 6.2.11.7 |
| 可调式防护装置 | adjustable guard | 3.27.3;6.3.2.3c);6.3.3.2.4;图 2 |
| 可合理预见的误用 | reasonably foreseeable misuse | 3.24; 5.3.2; 5.3.4; 5.4; 5.6.3; 6.1; 6.3.5.1;6.4.1.2;6.1.5.1 |
| 可接近性 | accessibility | 6.2.7 |
| 可靠性 | reliability | 5.5.2.3.2;5.5.3.5;6.2.3;6.2.8;6.2.12; 6.2.13;6.3.2.5.3 |
| (机器的)可靠性 | reliability (of a machine) | 3.2 |
| 空间限制 | space limit | 3.28.8;5.3.3 |

表(续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|----------|---------------------------------|--|
| 控制模式 | control mode | 6.2.11.9 |
| 控制系统 | control system | 6.2.11; 6.2.12; 6.2.13; 6.2.14; 6.3.2.5.2; 附录 A |
| 控制装置 | control device | 6.2.11.1; 6.2.11.8; 6.3.2.5.2; 6.3.5.6; 附录 A; 附录 B |
| L | | |
| 联锁防护装置 | interlocking guard | 3.27.4; 6.3.2.1; 6.3.2.2; 6.3.2.3; 6.3.2.5.3; 6.3.3.2.3; 6.3.5.6 |
| 联锁装置(联锁) | interlocking device (interlock) | 3.27; 3.27.4; 3.27.5; 3.28.1; 6.3.3.2.5f) |
| M | | |
| 门 | door | 3.27 |
| 敏感保护设备 | sensitive protective equipment | 3.28.5; 6.3.2.1; 6.3.2.2; 6.3.2.3; 6.3.2.5 |
| 模式选择器 | mode selector | 6.2.11.10 |
| 摩擦/磨损危险 | friction / abrasion hazard | 附录 B |
| P | | |
| 排放、排放物 | emissions | 3.6; 3.41; 5.2c); 5.5.1; 6.2.2.2; 6.3.1; 6.3.2.5.1; 6.3.2.7; 6.3.3.2.1; 6.3.4; 6.4.5.1g) |
| 排放值 | emission value | 3.41; 3.42; 5.5.1; 6.2.3c) |
| 培训 | training | 引言; 3.19; 图 2; 5.3.2; 5.5.3.4; 5.5.3.5; 6.1; 6.4.1.2; 6.4.5.1 |
| 平台 | platform | 6.3.5.6 |
| 屏障 | barrier | 3.27; 3.29 |
| Q | | |
| 气动设备 | pneumatic equipment | 6.2.4; 6.2.10; 表 B.4 |
| 气动危险 | pneumatic hazard | 6.2.10 |
| 切断危险 | severing hazard | 附录 B |
| 切割/切断危险 | cutting / severing hazard | 附录 B |
| 切屑 | chip | 6.3.3.2.1 |
| 清洗 | cleaning | 5.4; 5.5.3.2; 6.2.11.9; 6.3.2.4; 附录 B |
| R | | |
| 热 | heat | 6.2.12.2; 6.3.2.1; 表 B.1.3 |
| 热危险 | thermal hazard | 附录 B |
| 热源 | heat source | 表 B.1.3 |
| 人机界面 | operator-machine interface | 5.3.3; 6.2.8; 附录 A |

表(续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|------------|----------------------------------|---|
| 人类工效学原则 | ergonomic principle | 5.2d);5.5.3.4;6.2.8;6.2.11.8;6.3.2.1 |
| 人类习惯 | human behaviour | 3.24;5.4;5.5.3.5;附录 B |
| 任务 | task | 3.25; 5.4; 5.5.3.2; 6.3.2.4; 6.3.5.6; 6.4.5.1 |
| (材料等的)容纳 | containment (of materials, etc.) | 6.3.3.2.1 |
| 冗余 | redundancy | 6.2.12.2;6.2.12.4 |
| 软件 | software | 3.34;5.4;5.5.3.6;6.2.11.7.3 |
| (访问)软件 | software (access to the) | 6.2.11.7.3 |
| 润滑 | lubrication | 6.2.15;表 B.3 |
| S | | |
| 烧伤 | burn | 附录 B |
| 设定 | setting | 5.4;5.5.3.2;6.2.8c);6.2.10;6.2.11.10; 6.3.2.4; 6.3.3.2.5; 6.3.5.6; 6.4.1.3; 6.4.5.1;表 B.3 |
| 设定(用于控制模式) | setting (control mode for) | 6.2.11.9 |
| 设定点 | setting point | 6.2.15 |
| (机器的)设计 | design (of a machine) | 第 4 章;5.2;5.5;第 6 章 |
| 设计错误 | design error | 5.4b) |
| 设计者 | designer | 引言;第 1 章;3.8;3.13;3.19;3.24;第 4 章; 图 2;5.4;5.5.1;5.6.1;6.2.8;6.3.2.5.1; 6.4.3;6.4.5.1d) |
| 剩余风险 | residual risk | 3.13;5.6.2;6.1c);6.4.1.2;第 7 章 g);图 2 |
| 失灵 | malfunction (malfunctioning) | 3.32; 3.37; 3.38; 5.2c); 5.3.2a); 5.4; 5.5.2.3.1;5.5.3.4a);6.2.12.2;6.3.2.1 |
| 失效 | failure | 3.30 ~ 3.34; 3.35 ~ 3.38; 5.4; 5.5.3.5; 6.2.10; 6.2.11.1; 6.2.11.6; 6.2.11.7.1; 6.2.11.7.2; 6.2.12; 6.3.3.2.3; 6.3.3.2.5f) |
| 施力点 | application point | 6.4.5.1a) |
| 湿度 | moisture | 6.2.12.2;6.4.5.1b);表 B.1.9 |
| 使能装置 | enabling device | 3.26.2;6.2.11.9 |
| (机器的)使用 | use (of a machine) | 第 4 章;5.2;5.3.2;5.4 以及大量出现 |
| 使用手册 | instruction handbook | 图 2;6.4.2;6.4.5 |
| 使用信息 | information for use | 3.19; 3.22; 5.2a); 5.5.1; 5.5.2.3.3c); 5.5.3.8;6.1;6.4 |

表 (续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|--------------|---------------------------------------|---|
| 示教(可编程) | teaching (programming) | 5.4;5.5.3.2;6.2.11.9;6.3.2.4;6.4.1.3 |
| 示教盒(便携式控制单元) | teach pendant (portable control unit) | 6.2.11.8;6.2.11.9 |
| 试运转 | commissioning | 5.4;6.4.1.3;6.4.5.1b);附录 B |
| 手动控制(功能) | manual control (function) | 6.2.11.8 |
| 书面警告 | written warning | 6.4.4 |
| 双手操纵装置 | two-hand control device | 3.28.4;6.2.11.9;6.3.2.3e) |
| 说明书 | instructions | 6.4.5.1;6.4.5.2 |
| 速度 | speed | 6.2.11.1; 6.2.11.9; 6.3.2.7; 6.4.4c); 附录 B |
| (使用手册的)索引 | index (of the instruction handbook) | 6.4.5.2 |
| T | | |
| 烫伤 | scald | 表 B.1.3;表 B.2 |
| (人员的)逃生和救援 | escape and rescue (of a person) | 6.3.5.3 |
| 提升设备 | lifting equipment | 6.4.5.1a) |
| 提升装置 | lifting gear | 6.3.5.5 |
| 停用 | disabling | 6.2.6;6.4.1.3;6.4.5.1f);附录 B |
| 停止 | stopping | 5.4;6.2.11.1;6.2.11.3;6.2.11.5;6.2.11.6; 6.3.2.5.1;6.5.1 |
| 通道 | walkways | 6.3.5.6 |
| 凸出部分 | protruding part | 6.2.2.1;表 B.4 |
| W | | |
| 危险 | danger | 6.4.4c) |
| 危险 | hazard | 3.6;3.7;3.8;3.9 以及大量出现 |
| 危险区 | danger zone (see also:hazard zone) | 3.11; 3.28.5; 3.29; 5.5.2.3.1; 6.2.2.1; 6.2.11.8;6.3.2;6.3.3.2.4;6.3.3.2.5 |
| 危险区 | hazard zone (see also:danger zone) | 3.11; 3.28.5; 3.29; 5.5.2.3.1; 6.2.2.1; 6.2.11.8;6.3.2;6.3.3.2.4;6.3.3.2.5 |
| 危险失灵 | hazardous malfunctioning | 6.2.12.2 |
| 危险失效 | failure to danger | 3.32 |
| 危险识别 | hazard identification | 3.15;5.1;5.4;5.5.1 |
| 危险事件 | hazardous event | 引言;3.9;5.4;5.5.2.1;5.5.2.3.2;6.4.3; 第 7 章 c);附录 B |
| 危险状态 | hazardous situation | 3.10; 3.38; 第 4 章; 5.2d); 5.4; 5.5; 6.2.11.2;6.2.11.5;6.3.2.7;第 7 章 c); 附录 B |
| 危险组合 | hazard combination | 5.5.3.3;附录 B |

表(续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|---------------------|---|---|
| 维护 | maintenance | 3.3; 3.33; 5.3.2c); 5.3.3b); 5.4; 5.5.2.3.1a); 5.5.3.2; 6.2.8e); 6.2.10; 6.2.11.9; 6.2.11.10; 6.2.11.12; 6.3.2.4; 6.3.3.1; 6.3.5.4; 6.3.5.6; 6.4.1.3; 6.4.5.1b); 6.4.5.1e); 6.4.5.1h); 表B.3 |
| 维护点 | maintenance point | 6.2.15 |
| 维护人员 | maintenance staff | 6.2.11.12; 6.4.5.1e) |
| (机器的)维修性 | maintainability (of a machine) | 3.3; 6.2.7; 6.2.11.12 |
| 稳定性 | stability | 6.2.6; 6.3.2.6; 附录B |
| X | | |
| 显示 | display | 6.2.8; 6.2.11.1; 附录A |
| 限制 | limit | 3.15; 第4章; 5.3 |
| 限制进入 | restriction of access | 6.2.11.9 |
| 限制装置 | limiting device | 3.28.8; 6.2.3a); 6.2.10; 6.3.2.6; 6.3.2.7 |
| 相关危险 | relevant hazard | 3.7 |
| 象形图 | pictogram | 6.4.4 |
| 卸压 | depressurizing | 6.2.10 |
| 卸载(卸料)/加载(装料) 操作 | unloading (removal)/loading (feeding) operations | 6.2.14; 附录B |
| 信号 | signal | 3.22; 3.28.5; 6.2.11.8; 6.3.2.7; 6.4.1.1; 6.4.2; 6.4.3; 6.4.5.1 |
| 旋转部件的最高转速 | maximum speed of rotating parts | 6.4.4c) |
| Y | | |
| (人的)压力 | stress (human) | 5.3.3.4; 6.2.8 |
| 压敏垫 | pressure sensitive mat | 6.3.2.2; 6.3.2.5.1 |
| 颜色 | colour | 6.4.4c); 6.4.5.2a); 6.4.5.2e) |
| 液压设备 | hydraulic equipment | 6.2.10; 表B.4 |
| 液压危险 | hydraulic hazard | 6.2.10 |
| 抑制阶段 | muting phase | 6.3.2.5.2d) |
| (机器的)易用性 | usability (of a machine) | 3.4; 第4章; 5.6.2; 6.3.3.2.1 |
| 意外启动/非正常启动 | unexpected / unintended start-up | 3.6; 3.31; 6.2.11.1; 6.3.3.2.5 |
| 应力(环境) | stress (environmental) | 6.2.12.2 |
| 应力(机械) | stress (mechanical) | 6.2.3a); 6.3.2.7 |
| 应用范围 | range of applications | 6.4.5.1c) |
| 有害物质 | hazardous substances | 3.41; 6.2.3c); 6.3.3.2.1; 6.3.4.4 |

表 (续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|-------------|---|---|
| 有限运动控制装置 | limited movement control device | 3.28.9; 6.2.11.9 |
| 有源光电保护装置 | active optoelectronic protective device | 3.28.6; 6.3.2.5.3; 6.3.3.3 |
| 语言 | language | 6.4.4 |
| (使用手册的)语言 | language (of the instruction handbook) | 6.4.5.2b) |
| (机器的)预定使用 | intended use (of a machine) | 引言; 3.3; 3.6; 3.23; 第4章; 5.3.2; 5.3.4; 5.5.3.6; 5.6.3; 6.1; 6.2.8g); 6.2.12.2; 6.3.3.1; 6.3.5.1; 6.4.1.2; 6.4.4; 6.4.5.1; 第7章 a) |
| 运动元件/部件 | movable elements / parts | 6.2.2.2; 6.4.4c) |
| 运输 | transport | 5.4; 6.3.5.5; 6.4.1.3; 6.4.5.1a); 表 B.3 |
| 运行 | operation | 5.3.3b); 5.4; 5.5.3.2 |
| 运行模式 | operating modes | 5.3.2a); 6.1; 6.2.11.1; 6.2.11.10; 6.4.1.2 |
| Z | | |
| 载荷 | load | 3.28.8; 5.4; 6.2.2.1; 6.2.3; 6.2.11.1 ~ 6.2.11.5; 6.3.2.6; 6.3.2.7 |
| 噪声(也可见:排放物) | noise (see also: emissions) | 3.6; 3.41; 3.42; 5.2e); 5.4; 6.2.2.2; 6.2.3e); 6.2.4c); 6.2.8c); 6.3.1; 6.3.2.1b); 6.3.2.5.1; 6.3.3.2.1; 6.3.3.2.6; 6.3.4.2; 6.4.5.1b); 6.4.5.1c); 附录 B |
| 噪声危险 | hazards generated by noise | 表 B.1.4 |
| 照明 | lighting | 6.2.8e); 6.3.2.1; 表 B.1 |
| 诊断系统 | diagnostic system | 6.2.11.12 |
| 振动(也可见:排放物) | vibration (see also: emissions) | 3.41; 5.2; 5.4; 6.2.2.2; 6.2.3; 6.2.6; 6.2.8c); 6.2.12.2; 6.3.2.1; 6.3.3.2.1; 6.4.5.1; 表 B.1.5 |
| 振动危险 | hazards generated by vibration | 表 B.1.5 |
| 蒸汽、气体 | vapour, gas (see also: emissions) | 6.4.5.1 |
| 正常运行 | normal operation | 3.38; 5.5.2.3.1a); 6.3.2.1; 6.3.2.2; 6.3.2.3 |
| 执行器(机器) | actuator (Machine) | 6.2.4; 附录 A |
| 执行器/手动控制器 | actuator / manual control | 3.28.3; 6.2.2.1; 6.2.8g); 6.2.11.8; 6.3.5.2; 6.4.5.1d); 6.4.5c); 附录 A |
| 直接机械作用 | positive mechanical action | 6.2.5 |
| 直接接触 | direct contact | 6.2.5; 附录 A |

表 (续)

| 中 文 | 英 文 | 本标准中对应的章/条/附录 |
|--|------------------------|---|
| 重大危险 | significant hazard | <u>3.8</u> |
| 重心 | centre of gravity | 6.2.6;6.4.5.1 |
| (机器的)贮存 | storage (of a machine) | 6.4.5.1a) |
| 装配 | assembly | 5.4;6.4.1.3;6.4.5.1b);表 B.3 |
| 自动监控 | automatic monitoring | 6.2.11.6 ;6.2.12.4;6.3.3.2.3,6.3.3.2.5 |
| 阻挡装置 | impeding device | <u>3.29</u> |
| <p><u>下划线</u>:第3章规定的术语。</p> <p>粗体字:本标准中的重要章节。</p> | | |

参 考 文 献

- [1] GB/T 3168 数字控制机床 操作指示形象化符号
- [2] GB/T 3766 液压系统通用技术条件
- [3] GB 3836.4 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备
- [4] GB 3883.1 手持式电动工具的安全 第一部分:通用要求
- [5] GB 4706 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求
- [6] GB 5226(所有部分) 机械安全 机械电气设备
- [7] GB/T 7932 气动系统通用技术条件
- [8] GB/T 8196 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求
- [9] GB 12265.3 机械安全 避免人体各部位挤压的最小间距
- [10] GB 14048.5 低压开关设备和控制设备 第5-1部分 控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器
- [11] GB/T 15241 人类工效学 与心理负荷相关的术语
- [12] GB/T 15241.2 与心理负荷相关的工效学原则 第2部分:设计原则
- [13] GB/T 16251 工作系统设计的人类工效学原则
- [14] GB 16754 机械安全 急停 设计原则
- [15] GB/T 16855.1—2008 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分:设计通则
- [16] GB/T 16856.2 机械安全 风险评价 第2部分:实施指南和方法举例
- [17] GB/T 17161 机床 控制装置的操作方向
- [18] GB/T 17454(所有部分) 机械安全 压敏保护装置
- [19] GB 17888(所有部分) 机械安全 进入机械的固定设施
- [20] GB 17888.3 机械安全 进入机械的固定设施 第3部分:楼梯、阶梯和护栏
- [21] GB 18209(所有部分) 机械安全 指示、标志和操作
- [22] GB/T 18831 机械安全 带防护装置的联锁装置 设计和选择原则
- [23] GB/T 18569.1 机械安全 减小由机械排放的危害性物质对健康的风险 第1部分:用于机械制造商的原则和规范
- [24] GB/T 19670 机械安全 防止意外启动
- [25] GB/T 19671 机械安全 双手操纵装置 功能状况及设计原则
- [26] GB/T 19678 说明书的编制 构成、内容和表示方法
- [27] GB/T 19876 机械安全 与人体部位接近速度 相关防护设施的定位
- [28] GB/T 19886 声学 隔声罩和隔声间噪声控制指南
- [29] GB/T 20000.4 标准化工作指南 第4部分:标准中涉及安全的内容
- [30] 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
- [31] GB/T 22156 声学 机器与设备噪声发射数据的比较方法
- [32] GB 23821 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
- [33] GB/T 26118.1 机械安全 机械辐射产生的风险的评价与减小 第1部分:通则
- [34] GB/T 26118.3 机械安全 机械辐射产生的风险的评价与减小 第3部分:通过衰减或屏蔽减小辐射
- [35] ISO 2972 Numerical control of machines—Symbols
- [36] ISO 7000 Graphical symbols for use on equipment—Index and synopsis
- [37] ISO 9355-1 Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators—

Part 1: Human interactions with displays and control actuators

- [38] ISO 9355-3 Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators—

Part 3: Control actuators

- [39] ISO/TR 11688-1 Acoustics—Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment—Part 1: Planning

- [40] ISO 14163 Acoustics—Guidelines for noise control by silencers

- [41] IEC 61000-6(all parts) Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6: Generic standards

- [42] IEC 61029(all parts) Safety of transportable motor-operated electric tools

- [43] IEC 61496(all parts) Safety of machinery—Electro-sensitive protective equipment

- [44] IEC/TS 62046 Safety of machinery—Application of protective equipment to detect the presence of persons

- [45] IEC 62061 Safety of machinery—Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems

- [46] IEC 191(见 IEC 60050-191) International electrotechnical vocabulary—Chapter 191: Dependability and quality of service

- [47] CR 1030-1 Hand-arm vibration—Guidelines for vibration hazards reduction—Part 1: Engineering methods by design of machinery

- [48] EN 614-1 Safety of machinery—Ergonomic design principles—Part 1: Terminology and general principles

- [49] EN 1299 Mechanical vibration and shock—Vibration isolation of machines—Information for the application of source isolation

- [50] EN 13861 Safety of machinery—Guidance for the application of ergonomics standards in the design of machinery



GB/T 15706-2012

版权专有 侵权必究

*

书号: 155066 · 1-46155

定价: 57.00 元