



中华人民共和国国家标准

GB/T 16856—2015
代替 GB/T 16856.2—2008

机械安全 风险评估 实施指南和方法举例

Safety of machinery—Risk assessment—
Practical guidance and examples of methods

(ISO/TR 14121-2:2012, Safety of machinery—Risk assessment—
Part 2: Practical guidance and examples of methods, MOD)

2015-12-10 发布

2016-07-01 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

目 次

前言	I
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 风险评估的准备	1
4.1 总则	1
4.2 采用评估组方式进行风险评估	1
5 风险评估过程	2
5.1 总则	2
5.2 机械限制的确定	2
5.3 危险识别	3
5.4 风险估计	5
6 风险估计工具	7
6.1 概述	7
6.2 风险矩阵法	7
6.3 风险图法	9
6.4 数值评分法	11
6.5 混合型工具	12
7 风险评价	15
8 风险减小	16
8.1 概述	16
8.2 本质安全设计	16
8.3 安全防护和(或)补充保护措施	16
8.4 使用信息	17
8.5 标准操作程序	18
9 风险评估迭代	18
10 风险评估文件	18
附录 A (资料性附录) 风险评估和风险减小过程的应用示例	19
参考文献	33

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 16856.2—2008《机械安全 风险评价 第2部分:实施指南和方法举例》,与 GB/T 16856.2—2008 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- GB/T 16856《机械安全 风险评价》原来由两部分组成,其中第1部分 GB/T 16856.1—2008《机械安全 风险评价 第1部分:原则》已被 GB/T 15706—2012《机械安全 设计通则 风险评估与风险减小》代替,因此 GB/T 16856 的第2部分 GB/T 16856.2—2008 本次修订由原来的部分标准编号改为单独标准编号;
- 修改了标准名称;
- 为与 GB/T 15706—2012 一致,修改了术语和准则;
- 减少了描述危险识别和风险估计时举出的有关方法和工具的示例(见 5.3、5.4 和第 6 章,2008 年版的 4.2.3、第 5 章、第 6 章和附录 A);
- 调整了标准的结构:
 - 1) 将有关“风险估计工具”的内容由条的层次单独编成一章,提升到章的层次(见第 6 章,2008 年版的 5.4.4);
 - 2) 删除了 GB/T 16856.2—2008 中附录 A 及其以前举出的示例和有关定量风险估计的描述;
 - 3) 将资料性附录“风险评估和风险减小过程的应用示例”的编号由附录 B 调整为附录 A(见附录 A,2008 年版的附录 B)。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO/TR 14121-2:2012《机械安全 风险评估 第2部分:实施指南和方法举例》。

本标准与 ISO/TR 14121-2:2012 的技术性差异及其原因如下:

- 以一项单独标准的形式修改采用了以单独部分发布的 ISO 技术报告;
- 删除了 ISO/TR 14121-2:2012 的前言,重新编写了前言;
- 用注日期引用的等同采用相应国际标准的我国标准代替 ISO/TR 14121-2:2012 中注日期引用的国际标准;
- 为与 GB/T 15706—2012 的标准结构保持一致,将 ISO/TR 14121-2:2012 中 8.3“安全防护”和 8.4“补充保护和(或)风险减小措施”的内容合并到本标准中 8.3“安全防护和(或)补充保护措施”的条款中;
- 删除了 ISO/TR 14121-2:2012 中具有讨论性质的条款 6.2.2.6、6.3.3 和 6.4.3;
- 对于参考文献中列出的国际、国外文件的清单中所列的国际标准,如果有对应国家标准的,全用等同或修改采用国际标准的我国标准代替。

为便于使用本标准还对 ISO/TR 14121-2:2012 做了如下编辑性修改:

- 用“本标准”代替“本文件”;
- 改变了标准名称。

本标准与 ISO/TR 14121-2:2012 存在技术性差异,这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(⏏)予以标示。

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这些专利的责任。

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。

本标准主要起草单位：福建省闽旋科技股份有限公司、立宏安全设备工程(上海)有限公司、国家机床质量监督检验中心、机械科学研究总院、国家工程机械质量监督检验中心、长春机械科学研究院有限公司、南京林业大学光机电仪工程研究所、罗克韦尔自动化(中国)有限公司、西门子(中国)有限公司。

本标准主要起草人：朱斌、侯红英、付卉青、赵钦志、李勤、王学智、李建友、宁燕、居荣华、褚卫中、郁毛林、陈能玉、居里锴、程红兵、徐凯、张晓飞、汪希伟、王正、刘治永、易霞、陆黎娜。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 16856.2—2008。

引 言

风险评估的目的是识别危险、估计和评价风险,以便能减小风险。有许多方法和工具可用于实现这一目的,本标准描述了其中的几种方法和工具。选择哪种方法或工具,主要取决于行业、公司或个人的喜好。选择具体方法或工具并不比风险评估过程本身更重要。只要采取了从危险识别到风险减小的系统方法,即可考虑所有风险要素。风险评估更注重其过程的严谨性,而不是其结果的精确性。

如果在机械设计完成后或机械已经制成了再追加保护和(或)风险减小措施,对设计来讲,这个追加的保护措施会增加成本并可能会限制机械的易用性。在设计阶段对机械进行更改通常是比较经济和有效的,因此,在机械设计阶段进行风险评估是非常有益的。

本标准对审核机械设计完成后的风险评估和制成的样机的风险评估以及总结机械的使用经验等方面都具有实用意义。

除了在设计阶段、制造期间和试运行期间可进行风险评估外,本标准中给出的原则和方法适用于对现有机械的更新或改进的评估,也适用于任何时候对服役机械的评估,例如,发生事故或出现故障时。

机械安全 风险评估 实施指南和方法举例

1 范围

本标准给出了按照 GB/T 15706—2012 对机械进行风险评估的实施指南,并描述了过程中每一步有关的各种方法和工具。

本标准旨在用于对各种各样机器的复杂性以及潜在危害方面进行风险评估,并给出了不同减小风险措施的示例。

本标准的预定使用者是那些参与把安全融入机械的设计、安装或改进工作中的人员(例如,设计者、技师、安全专家)。

附录 A 给出了应用风险评估和风险减小过程的具体示例。

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/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。

3.1

制造商 manufacturer

供应商 supplier

提供与机器或机器零部件有关的设备或服务的实体(例如,设计者、制造商、承包商、安装者、集成者)。

注:使用者也可能是其自己的供应商。

4 风险评估的准备

4.1 总则

应预先明确规定风险评估的目标和范围。

供应商应根据 GB/T 15706—2012 对机器整机包括机器控制系统进行风险评估。

注:建议的风险评估的用途和(或)使用者见第 1 章。

4.2 采用评估组方式进行风险评估

4.2.1 一般要求

组成评估组进行风险评估通常是比较彻底和有效的。随着下列条件的不同,评估组的规模也不同:

- a) 选择的风险评估方法;
- b) 机器的复杂程度;
- c) 使用机器的过程。

该评估组应由具备不同学科知识、各种经验和专业技能的专家组成。但是,评估组太大可能会导致难以保持意见一致或达成共识。根据具体问题所要求的专业技能不同,风险评估过程中评估组的组成可以有变化。宜明确实施项目的评估组领导,因为风险评估的成功与否取决于其技能。

风险估计应由一个团队完成并且达成共识,不同的团队针对相似的情况的分析所形成的详细结果不一定完全相同。然而,实际工作中不一定总是要建立风险评估评估组,因为有些机械的危险已被充分认知。

注:通过咨询其他具有如 4.2.2 所述的知识和专业技能的人员,并通过另外的合格人员对风险评估的检查,能够提高该风险评估结果的可信度。

4.2.2 评估组成员的组成和作用

评估组宜有组领导,组领导宜保证对进行风险评估的符合 GB/T 15706—2012 第 7 章要求的,在计划中、执行过程中和编制的文件中涉及的所有任务全面负责,并将评估结果和(或)建议报告给合适的人员。

宜根据风险评估需要的技能和专业知识选择评估组成员。评估组中宜包括下列人员:

- a) 能回答关于机械设计和功能方面技术问题的人员;
- b) 具备机械操作、调试、保养、维修等实际经验的人员;
- c) 了解此类机械事故历史的人员;
- d) 熟悉有关法规、标准,特别是 GB/T 15706 以及与所评估机械有关的具体安全问题的人员;
- e) 了解人为因素的人员(见 GB/T 15706—2012 中 5.5.3.4)。

4.2.3 方法和工具的选择

本标准旨在用于对复杂性和潜在危险程度差异很大的机械进行风险评估,用于进行风险评估的方法和工具也很多(见第 6 章)。当选择一种方法或工具进行估计风险时,宜考虑机械、危险的可能性质和风险评估的目的。还宜考虑风险评估的评估组的技能、经验和对特定方法的喜好。第 5 章提供了风险评估过程每一步选择适当方法和工具的准则的附加信息。

4.2.4 风险评估信息的来源

风险评估所需信息在 GB/T 15706—2012 中 5.2 列出。该信息可以通过诸如技术图样、图表、照片、影像资料、使用信息[包括维护记录和标准操作程序(SOP)]等各种各样形式的载体获取。如果可行,相类似的机械或设计成的样机常常也是有用的。

5 风险评估过程

5.1 总则

下列各条阐述了在 GB/T 15706—2012 中图 1 所示的风险评估过程每一步应予以考虑的内容。

5.2 机械限制的确定

注:以下各条详细说明了 GB/T 15706—2012 中 5.3 的某些要求。

5.2.1 概述

这一步的目的是对力学性能和物理性能、机械完成功能的能力、预定使用、可合理预见的误用、机械

使用和维护可能所处的环境条件,给予清晰的描述。

通过检查机械的功能以及与如何使用机械有关的工作有助于达到目的和要求。

5.2.2 机械(基于机器)的功能

可以在机械的结构以及诸如下列操作方式的基础上,依据不同零部件、机构或功能来描述机械:

- 动力源;
- 控制;
- 操作模式;
- 送料;
- 运动/移动;
- 提升;
- 提供稳定性和(或)机动性的机架或底盘;
- 附件。

当设计中引入保护和(或)风险减小措施时,应描述它们的功能以及与机械其他功能之间的相互作用。

风险评估应依次查看每个功能性零部件,确保正确考虑各种操作模式和所有使用阶段,包括与被识别的功能或功能性零部件相关的人-机交互作用。

5.2.3 机械(基于任务)的使用

通过考虑给定环境下(例如工厂、家庭)预定与机械相互作用的所有人员,根据与机械预定使用和可合理预见的误用相关的任务来描述机械的使用。

注:典型和(或)一般的机械任务清单见 GB/T 15706—2012 中表 B.3。

机械的供应商和使用者应互相沟通,尽可能确保识别包括可合理预见的误用在内的机器的所有使用。因此,分析任务和工作情况时除了包括操作和维修人员外,还宜考虑下列因素:

- a) 能够获得的随机械提供的使用信息;
- b) 完成任务最简便或最快捷的方法可能与指南、程序和说明书中的规定不同;
- c) 人员在使用机器时,面对故障、事件或失效时的反应;
- d) 人为差错。

只要设计者和(或)制造商能够适当地了解这方面的知识,对机器使用和(或)操作的各种条件的考虑就是有效的。在这些情况下,制造商应考虑机器的预定使用和可合理预见的误用。

5.3 危险识别

注:见 GB/T 15706—2012 中 5.4。

5.3.1 概述

危险识别的目的是形成一份危险、危险状态和(或)危险事件的清单,该清单能够描述危险状态可能在何时以何种方式导致伤害的事故场合。对相关危险的识别可从 GB/T 15706—2012 中附录 B 入手,该附录可作为通用的危险检查清单。其他危险源可根据 GB/T 15706—2012 中 5.4 给出的信息进行识别。

参考与特定危险或特定类型机械安全有关的标准,对于危险识别以及预期保护和(或)风险减小措施都是很有借鉴的。

危险识别在任何风险评估中都是最重要的步骤。只有危险被识别后,才有可能采取行动,减小与之有关的风险(见第 6 章),未被识别的危险可能会导致伤害。因此,把 GB/T 15706—2012 中 5.5.3 所述

的有关方面考虑进去,对于保证危险识别尽可能系统和全面是至关重要的。

注 1: 5.3.4 给出了危险识别工具的示例。

注 2: 与特定危险相关标准的示例:涉及电气危险的是 GB 5226.1。

注 3: 特定机械安全标准的示例:与机器人有关的标准是 ISO 10218;与纺织机械有关的标准是 ISO 11111(所有部分);与工业车辆有关的标准是 GB 10827(所有部分)。

5.3.2 危险识别方法

最有效的方法或工具,是确保能够彻底检查到机械寿命周期中所有阶段及与机械有关的所有操作模式、所有功能和所有任务的那些方法或工具。

目前,有很多系统性识别危险的方法。一般最常用的有下述两种方法(见图 1):

自上而下法,该方法以潜在后果(例如割破、挤压、听力损失,见 GB/T 15706—2012 中表 B.1 和表 B.2 中的潜在后果)的核查清单为起点,确定引起伤害的危险(识别过程是由危险事件追溯到危险状态,再追溯到危险本身)。该核查清单中的每一项被依次应用于机械使用的每个阶段、每个零部件、每个功能和(或)任务。自上而下法的缺点之一是评估组过分依赖于可能并不完善的核查清单。一个缺乏经验的评估组未必能恰当使用该方法。因此,不应把核查清单看成是尽善尽美的,而应鼓励超出该清单范围的创造性思维。

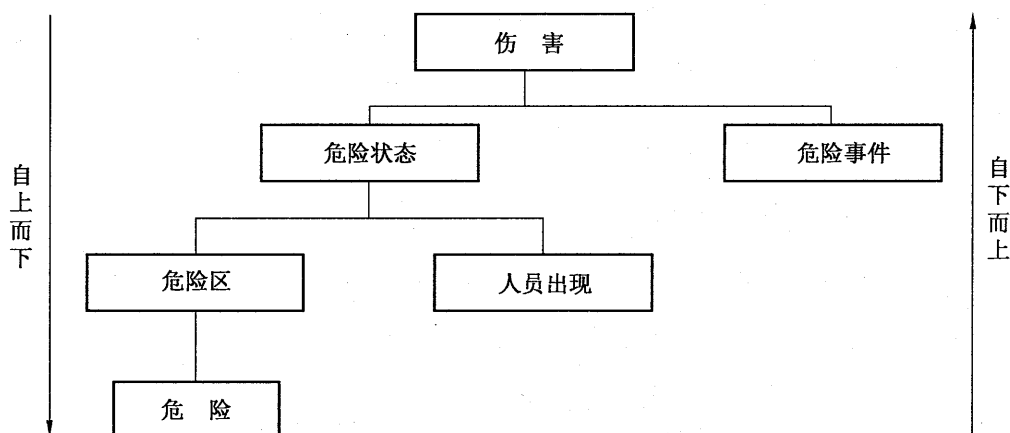


图 1 自上而下和自下而上的方法

自下而上法,以检查所有的危险作为起点,考虑在所确定的危险状态下所有可能出错的途径(例如,组件失效、人为差错、机械故障或意外动作)及其导致伤害的方式(见 GB/T 15706—2012 中表 B.1 和表 B.2)。自下而上法比自上而下法更全面彻底,但可能需要的时间过多。

注: 图 1 解释了危险识别方法的结构,但流程图中并不是定义危险状态、危险事件和伤害之间的关系。

5.3.3 信息记录

随着危险识别的进展应记录识别到的危险。任何用于记录信息的系统应以适当的方式组织起来,以保证能清楚的描述下列信息:

- 危险及其位置(危险区);
- 危险状态,指明人员的类型(例如维修人员、操作者、经过者)以及他们执行暴露于危险中的任务或活动;
- 因危险事件或长时间暴露导致伤害的方式。有时,在风险评估过程的这个阶段,还应预料并有效记录下下列信息:

- 1) 具体机械伤害(后果)(例如,调整工件时压力机的下行冲程挤压手指)的性质和严重程度,而非一般性描述(如挤压);
- 2) 现有的保护和(或)风险减小措施及其有效性。

5.3.4 危险识别工具的示例——使用表格

5.3.4.1 概述

本条旨在说明以 GB/T 15706—2012 中 B.2 到 B.4 所定义的检查清单作为主要工具进行危险识别的一种方法(见 GB/T 15706—2012 中 5.4)。

这些清单应用作识别有关危险的起点。因此,为了保证使危险识别比较全面,还宜考虑其他资源(例如法规、标准、工程专业知识等)。

该方法可以利用基于诸如:集体研讨,与类似机械的比较,对与类似机械有关的事故和(或)事件的数据检查等其他方法来予以补充。

该方法作得越有效、越完整、越详细对风险评估(见 GB/T 15706—2012 中 5.2)和机械限制的确定(见 5.2 和 GB/T 15706—2012 中 5.3)将是越有用的信息。

该方法适用于机器寿命周期的任何阶段。

5.3.4.2 工具或方法的描述

考虑到机械的限制,第一步是确定将要分析的系统的范围,例如机器寿命周期的各阶段、机器的各零部件和(或)功能。

第二步是确定在每个选定的阶段中,由与机器相互作用的或在机器附近的人员执行的任务、或由机器执行的操作。这一步可采用 GB/T 15706—2012 中表 B.3 所详细说明的任务清单。

第三步是对每个特定危险区内的每个任务或操作,检查有关危险和可能的危险状态。如果起点是潜在后果(伤害),这一步可采用自上而下法来执行;如果起点是危险源,则采用自下而上法。在这一步中,会用到 GB/T 15706—2012 中描述危险源的表 B.1、GB/T 15706—2012 中描述危险状态的表 B.3 和 GB/T 15706—2012 中描述危险事件的表 B.4。

5.3.4.3 文件

宜采用表 A.3 提供的空白表格来记录危险识别的结果。

5.4 风险估计

注:见 GB/T 15706—2012 中 5.5。

5.4.1 概述

两个主要风险要素是伤害的严重程度和该严重程度伤害发生的概率。风险估计(见 GB/T 15706—2012 中图 3)的目的是确定每个危险状态的最高风险。通常以等级、指数或分数表示被估计风险的大小,但也可以是描述性内容。

风险估计有许多不同的方法,从简单定性到详细定量的都有。这些不同方法的基本特征描述如下。

5.4.2 伤害的严重程度

注 1: 见 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.2。

每个危险事件可能造成几种不同严重程度的伤害。评估一系列具有代表性严重程度的风险并考虑能够实际发生的最严重(可信的最坏情况)的伤害是有帮助的。

然而,考虑伤害严重程度并不总是很容易的。最严重的伤害可能是最不可能发生的,而最可能发生

的伤害的严重程度则可能是微不足道的。因此,无论使用哪一个严重程度都会导致不适当的风险估计。举例来说,以下情况的伤害严重程度几乎都可能导致死亡:如割伤导致败血症或割断了大动脉可能使人死亡;尽管被割伤的概率很高,但因此导致死亡的概率非常小。因此,对一系列有代表性的严重程度进行估计并采用其中最高风险的严重程度可能是有益的。

严重程度不同的分级方法的示例见第6章中所述的风险估计方法。

注2:一般来说,危险能量越低,有关潜在伤害的严重程度也越低。潜在伤害的严重程度还可能与身体的暴露部位有关,例如,如果暴露的是整个身体或头部,则能够引起挤压伤害的危险通常是致命的。

5.4.3 伤害发生的概率

注:见 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.3。

5.4.3.1 概述

风险估计的所有方法均需要估计伤害发生的概率。在估计伤害发生的概率时要考虑下列情况:

- 人员在危险中的暴露程度(见 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.3.1);
- 危险事件发生的概率(见 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.3.2);
- 在技术和人员方面规避或限制伤害的可能性(见 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.3.3)。

一人或多人暴露于危险之中时就会存在危险状态。图2以图示说明了危险事件发生时导致的伤害。

在评估伤害的概率时,还应考虑 GB/T 15706—2012 中 5.5.3 所述的有关方面。

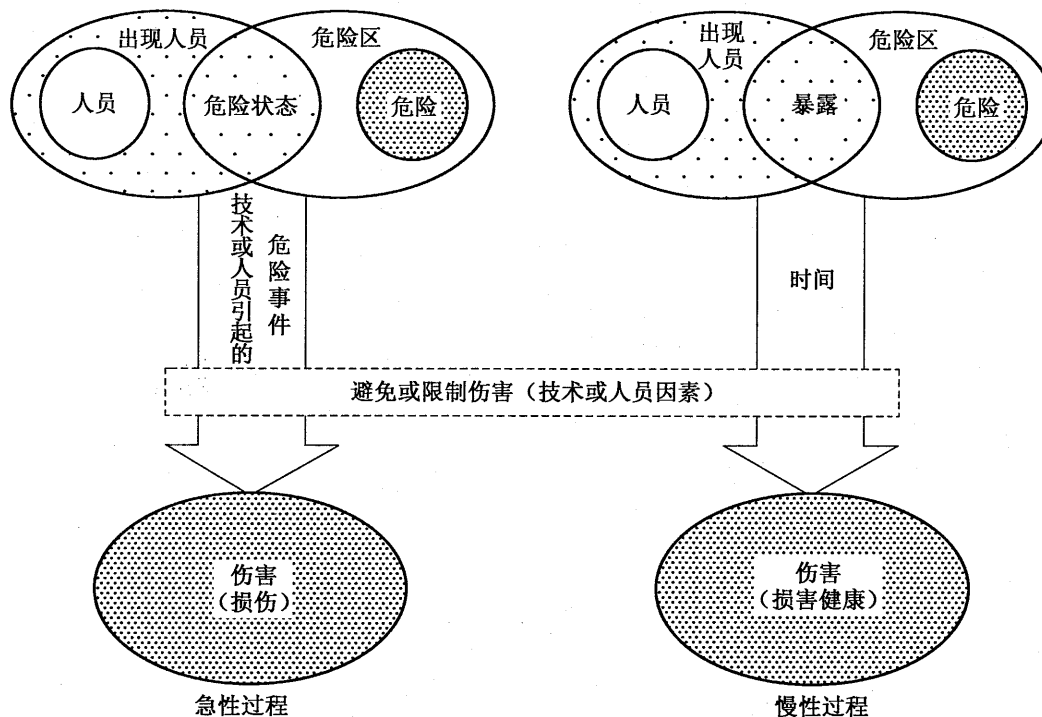


图2 伤害发生的条件

5.4.3.2 累积伤害(健康方面)发生的概率

与导致急性突然伤害(例如,割伤、骨折、截肢或短期的呼吸障碍)的危险状态相比,需要采取不同的

方式处理因为一段时间累积暴露导致伤害(例如,皮炎、职业哮喘、听力损失或重复性劳损)的危险状态。

暴露于过量的伤害等级能够导致发生慢性病(如听力损失)风险。伤害发生的概率取决于累积伤害的时间。累积伤害的总量由暴露次数、不同的持续时间和多个伤害源各自的等级组成。

示例:对于呼吸伤害,伤害取决于累积伤害和(或)物质的浓度;对于听力损失,伤害取决于噪声级和暴露持续时间;对于重复性劳损取决于有关过劳程度和动作的重复率。

突然引起的伤害与由长时间暴露所引起的伤害之间的差别,可以用两种不同原因造成的腰伤来说明。前者可能因提起过重载荷而直接造成,后者则可能是由反复地搬运相对较轻的载荷而引发。

注:累积伤害(健康方面)发生的概率与机器在特定情况下的使用(特别是单个暴露的等级以及持续时间)密切相关。在正常情况下机器的设计者或供应商只能提供机器相关的实际排放数据(如噪声和振动)。这个数据可由使用者(具有机器使用的各个情况的详细知识)确定累积伤害(健康方面)发生的概率。

6 风险估计工具

6.1 概述

为了支持风险估计过程,可从各种各样的风险估计工具中选用一种工具或方法。大多数使用的有效风险估计工具是下列三种工具或方法之一:

- a) 风险矩阵法(见 6.2);
- b) 风险图法(见 6.3);
- c) 数值评分法(见 6.4)。

另外,还有使用综合方法的混合型工具(见 6.5)。

过程本身比选择具体的风险估计工具更重要。只要充分考虑了 GB/T 15706—2012 中 5.5.2 描述的所有风险要素,则风险评估的益处将来自于评估过程的严密性,而不是评估结果的绝对精确性。而且,最好把资源直接用于减小风险的努力,而不是尽量达到风险估计的绝对精确。

任何风险估计工具应至少涉及两个代表风险要素的参数。一个参数是伤害的严重程度(见 5.4.2);另一个参数是此伤害发生的概率(见 5.4.3)。

有些工具或方法把这两个要素分解为诸如暴露、危险事件发生的概率以及个体规避或限制伤害的可能性(见 GB/T 15706—2012 中 5.5.2)等一些参数。

对于特定的风险估计工具,每个参数应选择一个最符合危险状态和(或)危险事件(即事故场合)的等级。然后用简单的算术、表格、曲线或图表把所选的等级综合起来估计风险。

6.2 风险矩阵法

6.2.1 概述

风险矩阵是一个多维表格,该表能够把各等级的伤害严重程度(见 5.4.2)与所有等级的伤害发生概率(见 5.4.3)进行综合。较常用的矩阵是二维的,但也可能达到四维。

风险矩阵的使用很简单。对于每个已被识别的危险状态,根据规定的定义为每个参数选择一个等级。对应每个选择等级的矩阵行和列的交叉单元的内容,给出了被识别危险状态的风险等级。该估计可以表示成一个指标(例如,从 1 到 6 或从 A 到 D),或表示成定性的术语,例如“低”、“中”、“高”或其他类似的术语。

矩阵单元的数量可以在很小(例如,4 单元)到很大(例如,36 单元)范围内变化。矩阵单元可以分组以减小风险等级数。太少的分级可能无法提供足够的信息来判定保护措施是否使风险得到充分的减小,矩阵单元太多则矩阵难以使用。

虽然有许多不同的用于估计风险的矩阵,但 6.2.2 中只举出了一个风险矩阵工具或方法的示例。

6.2.2 风险矩阵工具或方法的示例

6.2.2.1 概述

根据 6.2.2.2~6.2.2.5, 风险矩阵法具有以下 4 个步骤。

6.2.2.2 风险矩阵的选择

风险矩阵法已经用了很多年, 并且有了许多不同的变化, 其示例见表 1。

如表 1 所示, 针对每个风险因素, 不同的风险矩阵选择了不同的等级。例如, 表 1 举例的伤害发生的概率就有四级。级的范围通常为三到十级, 最常见的是四级或五级。

表 1 风险估计矩阵(示例)

伤害发生的概率	伤害的严重程度			
	灾难性的	严重的	中等的	轻微的
非常可能	高	高	高	中
可能	高	高	中	低
不太可能	中	中	低	可忽略
几乎不可能	低	低	可忽略	可忽略

6.2.2.3 严重程度的估计

对于每个危险或危险状态(任务), 应估计其可能引起的伤害或后果的严重程度。历史数据作为基础资料可能具有很大价值。当人体受伤或健康受到损害时经常要估计严重程度。

可以用所选择的矩阵来完成对严重程度的估计。例如, 表 1 中的严重程度等级如下:

- 灾难性的: 导致死亡或永久残疾的伤害或疾病(不能返回工作岗位);
- 严重的: 导致人体严重虚弱的伤害或疾病(能返回到某些岗位工作);
- 中等的: 要求救护的显著伤害或疾病(能够回到相同岗位上工作);
- 轻微的: 至多需要急救的轻伤或没有受伤(很少或几乎没有损失工作时间)。

估计严重程度通常关注的是实际能够发生的最严重的伤害(最可信的), 而不是最糟糕的可能后果。

6.2.2.4 伤害发生概率的估计

对于每个危险或危险状态(任务), 都应估计伤害发生的概率。除非经验数据有效(这种情况很少), 而选择事故发生概率的过程也是凭主观意念的。基于这个原因, 采取具有博学专业知识的进行集体研讨是非常有益的。

估计伤害发生的概率可能包括(见 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.3):

- a) 暴露于危险的频次和持续时间;
- b) 暴露人数;
- c) 执行任务的人员;
- d) 机器和(或)任务的历史资料;
- e) 工作场所的环境;
- f) 人为因素;
- g) 安全功能的可靠性;
- h) 使保护和(或)风险减小措施失效或绕过保护和(或)风险减小措施的可能性;

- i) 维持保护措施的能力;
- j) 规避伤害的能力。

与严重程度类似,估计伤害发生概率的尺度有许多。有些方法只提供了所用的术语而未提供说明。有的矩阵则提供了如表 1 一样的附加说明:

- 非常可能:几乎确定发生;
- 可能:能够发生;
- 不太可能:不太可能发生;
- 几乎不可能:可能性接近零。

有些方法指出了可能性和概率之间的区别:概率是介于 0 和 1 之间的一个数值,可能性则是概率的定性描述。然而,许多方法并不区分概率和可能性之间的差别,而是把它们作为同义词使用。

概率应与某种区间基数相关,例如时间、事件或活动的单位、生产单位、设施、设备、过程或产品的寿命周期。时间单位就可以衡量机器的预期寿命。

6.2.2.5 风险等级的提出

一旦做完了对严重程度和概率的估计,便可从所选择的危险矩阵得出初始风险等级。危险矩阵描绘了风险要素与风险等级之间的关系,如表 1 所示。

以使用表 1 为例,一个“严重的”严重程度和一个“可能”的概率产生一个“高”的风险等级。严重程度和概率的风险要素的组合随不同的危险矩阵而变化。这一组合结果将产生一个典型的由低到高的风险排列。由于风险估计过程通常是主观的,因此该风险等级也将是主观的。

6.3 风险图法

6.3.1 概述

风险图以决策树为基础。图中,每个节点代表一个风险参数(严重程度、暴露、危险事件发生的概率、避免的可能性等),节点的每个分支代表参数的一个等级(例如,轻微程度或严重程度)。

对于每个危险状态,每个参数都分配一个等级。在风险图上,路径从起点开始,然后在每个节点处依照所选择的等级沿着适当的分支前行,最末的分支指向与已选择的等级(分支)组合相关的风险等级或风险值。最终的结果是一个定性的、用术语、数字或字母表示的风险等级或风险值,例如“低”、“中”、“高”,或 1 到 6,或 A 到 F。

风险图能够有效的说明保护和(或)风险减小措施及其影响的参数所提供的风险减小量。

如果有一个以上的风险参数且具有两个以上的分支,风险图就会变得非常繁琐和杂乱。由于这个原因,倾向于将混合法一个参数的风险图与矩阵相结合,见 6.5。

6.3.2 给出了风险图工具或方法估计风险的示例。

6.3.2 风险图工具或方法示例

在用风险图估计风险之前,应依照 GB/T 15706—2012 中 5.4(参见表 A.4 给出的空白表格)描述有关危险、危险状态、危险事件和可能的伤害。然后根据与 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.1 所定义四个风险要素相对应的下列四个参数(每个参数都有其特定的限制),用图 3 给出的风险图计算风险指数。

伤害的严重程度 S:

- a) S1——轻微伤害(通常能恢复,例如,擦伤、裂伤、划伤等需要急救的轻伤等)不能执行相同的任务不超过两天。
- b) S2——严重伤害[通常不能恢复,包括死亡。例如,肢体被切断、撕裂或挤压;骨折,需要缝线的严重伤害;严重的骨骼损伤(MST)等]不能执行相同任务超过两天。

暴露于危险的频率和(或)持续时间 F:

a) F1——偶发到经常和(或)持续时间短的暴露

每个工作班次不超过两次或每个工作班次累积暴露时间不超过 15 min。

b) F2——频繁到连续和(或)持续时间长的暴露

每个工作班次超过 2 次或每个工作班次累积暴露时间超过 15 min。

危险事件发生的概率 O:

a) O1——低(不可能,可以假定不可能发生)

在安全应用方面得到证实和公认的成熟技术;坚固耐用。

b) O2——中(可能有时发生)

在最近两年内观察到的技术故障。由经过良好培训,知晓风险,岗位工作经验超过六个月的人员做出的不恰当操作。

c) O3——高(可能频繁发生)

经常观察到的技术故障(每六个月或更短)。由未经过培训、岗位工作经验不足六个月的人员作出的不恰当操作。

规避或减小伤害的可能性 A:

a) A1——在某些情况下可能:

1) 如果零部件的移动速度小于 0.25 m/s,被暴露的工人熟悉风险,而且对危险状态或即将发生的危险事件有警示,工人也能够对危险状况引起注意并能够做出反应;

2) 取决于特定条件(温度、噪声、人类工效学等)。

b) A2——不可能。

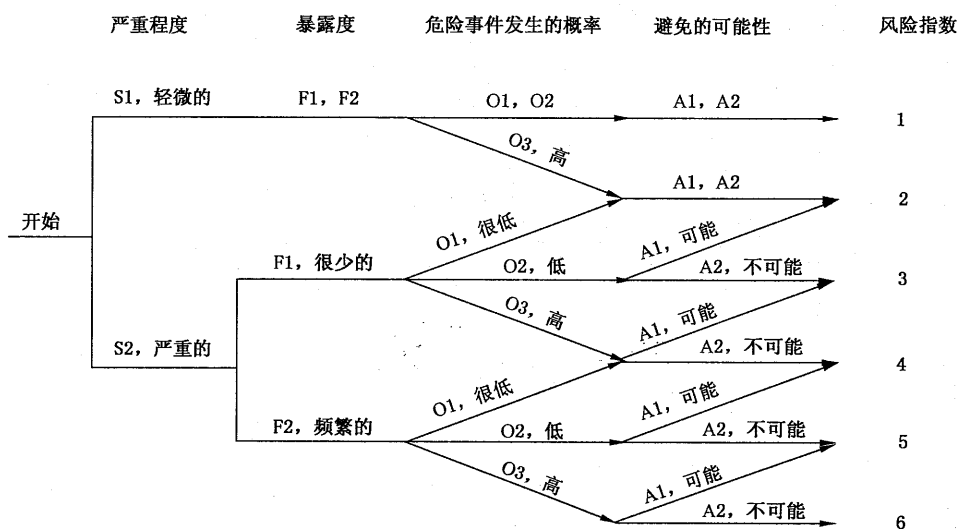


图 3 用于风险估计的风险图示例

将这个初始风险估计的结果填入到一张表中,每个危险状态都配以一个风险指数。在这个示例中,对每种危险状态进行估计时,考虑了下列各项因素:

a) 风险指数 1 或 2 对应于采取措施的最低优先级;

b) 风险指数 3 或 4 对应于采取措施的中等优先级;

c) 风险指数 5 或 6 对应于采取措施的最高优先级。

考虑了用于减小风险的可能的的方式方法后,使用与初始设计同样的方法和相同的风险图再一次估计最终设计的风险。

注：表 A.4 给出的空白表格可以用来记录第一次风险估计的结果。

6.4 数值评分法

6.4.1 概述

数值评分工具至少有两个或多个参数,这些参数以与风险矩阵和风险图几乎相同的方式被分解成几个等级。然而,代替定性术语的是与等级对应的不同数值。对每个参数选择一个等级,然后将与这些等级对应的数值(或分数)复合成[例如,通过加法和(或)乘法]一个对被估计风险的数值评分。在某些情况下,也会将这些评定的数值用表格来表示,这样数值评分法的使用就与矩阵的使用非常相似(见 6.2)。

数值评分系统可以方便、明确地对各参数赋予权重。采用数字能够在风险分级方面具有客观性,尽管对每个风险要素打分是高度主观的。然而,这种打分主观性的不足可以通过将评分归并成定性的风险等级(例如高、中和低)予以抵消。

有许多不同的用于估计风险的数值评分工具,6.4.2 给出了用数值评分工具或方法估计风险的示例。

6.4.2 数值评分工具或方法示例

本示例中有两个参数(严重程度和伤害发生的概率)并且每个参数都分成四个等级。

严重程度参数有下列严重程度分数(SS):

- 灾难性的 (SS=100);
- 严重的 (99≥SS≥90);
- 中等的 (89≥SS≥30);
- 轻微的 (29≥SS≥0)。

概率参数有下列概率分数(PS):

- 非常可能 (PS=100) 可能或确定发生;
- 可能 (99≥PS≥70) 可能发生(但不是很可能);
- 不太可能 (69≥PS≥30) 不太可能发生;
- 几乎不可能 (29≥PS≥0) 发生的可能性极小,基本上为零。

在本示例中,通过式(1)将概率和严重程度结合起来:

$$PS + SS = RS \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

RS——风险分数。

可以根据表 2 来解释 RS。

表 2 使用的风险分数类别

风险等级	分数
高	≥160
中	120~159
低	90~119
可忽略	0~89

示例：一项与非常严重伤害有关的危险任务,严重程度分数可能是 SS=95,其概率分数可能处于“可能”的范围内, PS=80。则该危险任务的风险值就是高风险(95+80=175>160)。

6.5 混合型工具

6.5.1 概述

混合型工具在风险估计中由上述方法中的两种复合而成。通常,这些工具采用风险图,在风险图中含有用于一个风险要素的矩阵或评分系统。也可以把一定数量的定量数据集成到任何一种定性方法中去,例如给出概率或暴露度的频次范围。举例来说,“很可能发生”的某件事可表示为一年一次,而“高”暴露度则可被规定为每小时一次。

6.5.2 混合型工具或方法进行风险估计的示例

该风险估计工具或方法是对定性参数的量化。它是数值评分和矩阵的混合方法。

表 3 宜与下列指导信息结合使用。

表 3 风险估计

风险估计

文件编号：
文件所属部分的编号：

产品：_____
制表：_____
日期：_____

黑色区域——高风险
灰色区域——中风险
白色区域——低风险

☐ 预先风险估计

后 果	严重程度 Se	等级 C1 (Fr + Pr + Av)				频率 Fr	概率 Pr	规避 Av
		4	5~7	8~10	11~13	14~15		
死亡, 丧失眼睛或手臂	4					≤1 h	非常高	5
永久性伤害, 手指缺失	3					>1 h~≤24 h	很可能	4
可恢复的伤害, 医疗护理	2					>24 h~≤2 周	可能的	3
可恢复的伤害, 救护	1					>2 周~≤1 年	几乎不可能	2
						>1 年	可忽略的	1

注：

参考 号	危险 类别号	危险	Se	Fr	Pr	Av	CI
1							
2							
3							

针对参考号的事故详情的描述

1	
2	
3	

预先风险估计

勾选此选择框说明进行的是首次风险估计。它是在只提供设计规范(或技术参数)和草图的情况下的初步设计阶段进行的,此阶段是不制详图的。估计结果用于确定机器的主要系统,例如:机械驱动系统或伺服驱动装置,热收缩密封或超声密封,活动式防护装置或光幕。

中期风险估计

对于机器研发阶段的所有中期风险估计均应勾选中期风险估计选择框。此阶段涉及两种类型的危险:

——预先风险估计阶段提出的那些保护和(或)风险减小措施,在此阶段都要落实并要再次进行评估;

——在研发期间修改了机器的设计。

应与项目中的设计评审一起进行风险评估。此阶段要处理新产生的危险。

跟踪风险估计

勾选跟踪风险估计选择框。要针对落实保护和(或)风险减小措施的效果进行跟踪风险估计。在此阶段不应出现新的危险。但是,在对所采取的保护和(或)风险减小措施效果进行跟踪时可能会识别出新的危险,这种新危险也应在此阶段进行估计和评价。如果新危险需要保护和(或)风险减小措施,则对该保护和(或)风险减小措施应再次进行跟踪风险估计。

参考号(Ref.No)

参考号或序列号,为便于参考,用于给每个识别出的危险编号。

类别号(Type.No)

类别号:危险的类别或组别号,用于对危险进行分类。该数字指的是按 GB/T 15706—2012 中表 B.1列出的类别号或组别号。

危险

描述危险。类别号能识别危险的类型或组别。指出该危险类型或组别的起因。例如,如果危险属于挤压危险,则在“类别编号”栏目标明的类别号为“1”,在“危险潜在后果”栏目中说明为“挤压”危险。

由于不同的危险状态和危险事件,同一危险可能要求进行几次估计。

严重程度 Se

作为被识别危险的后果,Se 是可能伤害的严重程度。严重程度的评分如下:

- 1——通过救护能治愈的刮伤、擦伤或类似伤害;
- 2——需要专业医生医疗护理的较严重的刮伤、擦伤、刺伤;
- 3——通常不能恢复的伤害,治愈后继续工作有些困难;
- 4——不能恢复的伤害,以致即使可能治愈,治愈后也很难继续工作。

频次 Fr

Fr 是暴露频次及暴露持续时间的平均时间间隔。频次评分如下:

- 2——暴露之间的时间间隔超过一年;
 - 3——暴露之间的时间间隔超过两周但不超过一年;
 - 4——暴露之间的时间间隔超过一天但不超过两周;
 - 5——暴露之间的时间间隔超过一小时但不超过一天;
- 暴露的持续时间少于 10 min 时,上述值可以减小到下一等级上;
- 6——暴露之间的时间间隔不超过一小时。任何时候该值都不得减小。

概率 Pr

Pr 是危险事件发生的概率。为了确定概率的等级,应考虑人的行为、零件的可靠性、事故历史及零件或系统的特性(例如,刀总是锋利的,烟道排气管是烫的,电本性上是危险的)。概率评分如下:

- 1——可忽略的:例如,该种组件从来没有发生导致危险事件的故障,没有发生人为失误的可能性;

- 2——稀有的：例如，该种组件不太可能发生导致危险事件的故障，不太可能发生人为失误；
- 3——可能的：例如，该种组件可能发生导致危险事件的故障，有可能发生人为失误；
- 4——很可能的：例如，该种组件很可能发生导致危险事件的故障，很可能发生人为失误；
- 5——非常高：例如，该种组件不是为这种应用而制造的，它将发生导致危险事件的故障，人的行为导致失误的可能性非常高。

规避 Av

Av 是规避或限制伤害的可能性。例如：要考虑机器是否由熟练人员或非熟练人员操作，危险状态导致伤害的快慢程度，以及是通过采用何种方式意识到风险的，例如：通过一般信息、直接观察还是警告标志等，以便确定规避等级。规避可能性评分如下：

- 1——很可能：例如，在大多数情况下，可以规避与处在联锁防护装置后面的运动部件发生接触，除非联锁失效且运动继续；
- 3——可能：例如，在速度缓慢的情况下有可能规避缠绕危险，有足够的空间或其他方式使得容易避免机器的运动部件；
- 5——不可能：例如，突然出现强激光束或发生爆炸是不可能规避的。

等级 Cl

Cl 是等级。如 GB/T 15706—2012 中 5.5.2.3 所述，Fr、Pr 和 Av 是构成伤害发生概率的组成要素。这三个要素中的每一个都应独立地进行估计，对每个要素都应采用可信的最不利的假定。Fr、Pr 和 Av 在 Cl 中被加在一起，Cl 是 Fr、Pr 和 Av 的和，即： $Cl = Fr + Pr + Av$ 。

风险估计

通过采用表 3 上部表格中间的矩阵进行风险估计。

在严重程度(Se)穿过黑色区域中的等级(Cl)时，风险等级为高。

在严重程度(Se)穿过灰色区域中的等级(Cl)时，风险等级为中。

在严重程度(Se)穿过剩余区域中的等级(Cl)时，风险等级为低。

详情

事故现场情况宜在表 3 下部表格进行描述，左边栏目内填写特定危险的危险参考号，右边栏目内对事故场合进行描述。如果使用了照片，在此进行说明。

7 风险评价

风险评价的目标是：

- 如果有，确定哪些危险状态需要进一步减小风险；
- 确定是否达到所要求的风险减小，且没有引入进一步的危险或增加其他风险。

如果经风险评价后采用了保护和(或)风险减小措施，应重新进行风险评估迭代过程以验证其是否能够有效减小风险。

有些危险状态因为风险极低(轻微)，可记录为“不作进一步考虑”。那些被指出会产生显著风险的危险状态，应依照 GB/T 15706 予以减小。对于那些引起高风险的危险状态，作更详细的风险估计是有用的。

风险评价应确保考虑到相关标准的要求(例如，产品标准或具体的危险标准如 GB 5226.1)，同时还宜考虑这些标准对被评价机械的保护和(或)风险减小措施的限制。

作为通则，估计的风险只是决定停止风险减小迭代过程的一个输入。这个决定还应考虑其他方面，例如法律、法规、劳动组织和惯例、技术限制和经济情况。见 GB/T 15706—2012 中图 1 和 5.6.2。

宜注意的是，不宜过度关注最高风险而忽视减小较低风险的简单而有效的措施。

注：有关风险评价的内容参见 GB/T 15706—2012 中 5.6。

8 风险减小

注：见 GB/T 15706—2012 中第 6 章。

8.1 概述

风险减小是通过采纳风险评估过程中提出的建议,并采用符合 GB/T 15706 的保护和(或)风险减小措施而达到的。在风险减小过程中,需要做出有关做什么、谁来做、何时做和花多少成本的决定。

按照优先次序,下面列出了不同类型的保护和(或)风险减小措施,给出了它们对减小特定风险要素作用的解释。

注：此内容仅用于说明目的,并不全面。较详细的信息见 GB/T 15706。

8.2 本质安全设计

8.2.1 通过设计消除危险

风险减小过程的第一步是通过设计消除危险。通过设计消除危险是减小风险最有效的方法,因为它能去除危险源。

用于消除危险的方法的示例如下:

- 替换危险的材料和物质;
- 改进物理特性(例如去除锋利的锐边和剪切点);
- 消除重复动作和有害姿势。

8.2.2 通过设计减小风险

如果不能通过设计消除危险,应应用其他本质安全设计措施来减小风险,这些措施都是基于机器本身的设计特点和(或)暴露人员与机器的交互的合适选择,这些措施可以按照风险减小的要素来考虑。

通过设计减小风险的方法对伤害严重程度影响显著的示例如下:

- 减小能量(例如,应用较小的力、较低的液压和(或)气压压力,降低工作高度,降低速度);
- 利用技术性安全设备预防和(或)减小危险(例如,用于预防爆炸和(或)减少危害性气体的通风系统)。

通过设计减小风险的方法对暴露于危险影响显著的示例如下:

- 减小处于危险状态的需要(通过对装载—卸载或进料—卸料操作的机械化或自动化限制暴露于危险;将安装和维修点的位置设置在危险区域以外);
- 改变伤害源的位置。

通过设计减小风险的方法对危险事件的发生影响显著的示例如下:

- 改进那些若其失效就能够导致伤害的机器零部件(机械零部件、电器或电子元器件、液压或气压零部件以及软件)的可靠性;
- 对那些若其失效就能够导致伤害的控制系统安全相关部件采取安全设计措施[应用基本安全原则、经验证的安全原则和(或)采用零部件、冗余、监控设计等方式]。

当保护和(或)风险减小措施由一个控制系统的安全功能来实现时,应符合相关的标准(例如, GB/T 16855.1和 GB/T 16855.2)的规定。

8.3 安全防护和(或)补充保护措施

8.3.1 安全防护

如果通过设计措施不能消除危险或充分减小风险,则应采用能限制暴露于危险中、减小危险事件发

生概率或提高能消除或限制伤害可能性的安全防护[在采取的保护和(或)风险减小措施中使用防护和保护装置]。

当采用下列 a) 和 b) 项所述的安全防护装置来减小风险时,对伤害的严重程度几乎没有什么影响,但对暴露有显著影响(只要按预定方法使用防护装置且防护装置正常工作),见 GB/T 15706—2012 中 6.3.2~6.3.4:

- a) 防止进入危险区的固定防护挡板、护栏或外罩;
- b) 防止进入危险区的联锁防护装置(例如,带或不带防护锁的联锁装置、联锁钥匙)。

当采用下列 c)、d) 和 e) 项所述的安全防护装置来减小风险时,对伤害的严重程度几乎没有什么影响,对暴露没什么影响,但对危险事件的发生有显著影响:

- c) 用于感测人员进入或出现在危险区内的敏感保护设备(SPE),例如:光帘、压敏垫;
- d) 与机器控制系统中的安全相关功能关联的装置(例如:使能装置、有限运动控制装置、保持—运行控制装置);
- e) 限制装置(例如:过载和力矩限制装置、限制压力或温度的装置、超速开关、监控排放物的装置)。

当保护和(或)风险减小措施由一个控制系统的安全功能来实现时,应符合相关的标准(例如,GB/T 16855.1和GB/T 16855.2)的规定。

8.3.2 补充保护和(或)风险减小措施

如果机器的预定使用和可合理预见的误用有要求,可采用补充性保护和(或)风险减小措施来进一步减小风险。对规避或限制伤害的能力影响最大的补充保护和(或)风险减小措施的示例如下:

- 急停(见 GB/T 15706—2012 中 6.3.5.2);
- 被困人员逃生和援救的措施(见 GB/T 15706—2012 中 6.3.5.3);
- 安全进入机器的措施(见 GB/T 15706—2012 中 6.3.5.6);
- 便捷安全搬运机器及其重型零部件的装置(见 GB/T 15706—2012 中 6.3.5.5)。

对暴露有显著影响的补充保护和(或)风险减小措施的示例是用于隔离和能量耗散的措施(如隔离阀或隔离开关、锁定装置、防止移动的机械挡块)。

8.4 使用信息

注:见 GB/T 15706—2012 中 6.4。

8.4.1 概述

使用信息为机器的正确和安全使用提供了指导,是在需要时,当采取设计和安全防护措施减小风险后,用于警示使用者注意存在的剩余风险。

使用信息的主要影响是避免伤害的能力和其效果取决于人对信息的理解并以适当方式做出反应。提供的文件还可包括关于所需的培训以及个体防护装备的信息。

8.4.2 培训的考虑

使用手册可包括任何必要的培训,以确保每个人都知道如何正确使用机械和采取保护和(或)风险减小措施。当保护和(或)风险减小措施的有效性取决于人的行为时,培训和能力是最重要的。

定期检查培训的有效性对保证培训的长期效果是必要的。培训主要影响人员规避伤害的能力,还可减少危险事件发生的暴露和降低危险事件发生的概率。

8.4.3 个体防护装备的考虑

使用信息可提供指导意见,说明是否应采用个体防护装备就剩余风险的相关危险对人员进行保护。

个体防护装备的可靠性和维护对保证其长期有效是非常重要的。
个体防护装备影响暴露以及规避或限制伤害的能力。

8.5 标准操作程序

供应商应在使用手册中给出有关对机器进行操作或维修的标准操作程序(SOP)的详细资料。这些程序可能包括下列内容:

- 工作计划和组织;
- 任务、权限、责任的阐明和(或)协调;
- 监督;
- 锁定程序;
- 安全操作方法和程序。

注:当通过组织措施来减小风险时,则尽可能保证遵循且不能规避这些组织措施是重要的。

9 风险评估迭代

一旦采取了保护和(或)风险减小措施,为了减小风险,风险评估的所有阶段都应重复进行以下核查:

- 对机械的限制是否有任何改变;
- 是否引起了任何新的危险或危险状态;
- 是否增加了现存危险状态的风险;
- 保护和(或)风险减小措施是否充分减小了风险;
- 是否需要附加保护和(或)风险减小措施;
- 是否达到风险减小目标。

在进行风险评估迭代时,应依照 GB/T 15706—2012 中 5.5.3.5、5.5.3.6 和 5.5.3.7,考虑保护措施的可操作性、易用性、损坏或规避保护和(或)风险减小措施的可能性,以及维护保护和(或)风险减小措施的能力。

注:见 GB/T 15706—2012 中 5.6.2。

10 风险评估文件

应编写并保留所有的风险评估书面记录。这些记录不得与由供应商提供给使用者的机器使用信息相混淆。但是,在编写使用信息时,风险评估文件可能是一份有用的参考。

为了日后能审查风险评估所作出的决定,以文件形式将风险评估过程正确的记录下来是重要的。该文件应按照 GB/T 15706—2012 中第 7 章的要求记录评估结果,其内容包括用于风险评估的方法和工具的描述以及结果。包括危险区、危险和所采取的保护和(或)风险减小措施的机械图样(照片、图表、草图等)都是有用的历史资料。

当记录采取保护和(或)风险减小措施时,还应包括确保其保持有效的那些措施的描述(例如:维修、使用者的定期检查)。

注:见 GB/T 15706—2012 中第 7 章。

附 录 A
(资料性附录)

风险评估和风险减小过程的应用示例

A.1 概述

本示例旨在依据 GB/T 15706 规定的设计通则,简要说明风险评估和风险减小过程在单轴立式成型机设计过程中的应用。

本示例既不寻求包括此类机器的全部设计,也不准备成为供人仿效的范例。本示例仅试图给出足够的信息,以便于使用者对 GB/T 15706 所规定的原则的可能应用方式有一个完整的认识。

A.2 和 A.3 的应用考虑了机器的整个寿命周期。但是,A.4 中的示例仅限于使用阶段,尤其是机器的设定和操作。

A.2 用于风险评估的信息

注:见 GB/T 15706—2012 中 5.2。

A.2.1 机器的初始技术条件

A.2.1.1 总则

根据 A.2.1.2~A.2.1.4 给出的初始技术条件设计机器。

A.2.1.2 基本技术要求

对本示例所述及的固定式单轴立式成型机的基本技术要求如下:

- 室内使用;
- 一个操作者使用;
- 手工进给工件;
- 电动。

A.2.1.3 使用机器完成的工作

该机器的预定使用是通过成型、裁口、切槽变更正方形或矩形截面的木块和类似材料(软木、粗纸板、纤维板和硬塑料)的外形。

使用该机器完成的加工作业如下:

——直线加工

将工件的一个面靠在工作台上,工件的另一个面围以护栏,成型加工从工件的一端开始,持续到工件的另一端结束。

——间断直线加工

仅机械加工工件长度的一部分。

——曲线加工

通过将工件的一个侧面靠在工作台上(如果工件被夹持在夹具中,将夹具靠在工作台上),并使工件的另一个侧面与一个稳固的垂直参考面接触或当使用夹具时与滚珠环轨道垂直接触,如此在工件上进

行曲线加工。

该机器不用于开榫。

仅用于已清除了外物(如钉子)的木制品的加工。

该机器不能加工金属材料。

用市场上能买到的标准切削刀具来完成加工任务。

为了能使用各种切削工具和适应大多数材料的加工,该机器需要提供不同的主轴速度。

主轴高度应可调,以满足设定切削刀具高度的需要。

该机器的所有可调部分(例如,更换刀具、改变速度)均采用手工操作。

A.2.1.4 机器概念的描述

注:见图 A.1。

铣削过程由安装在立式主轴上的铣刀来完成。该主轴只能朝一个方向旋转并能通过主轴单元上的手轮进行升降,该主轴由一台电动机和驱动单元上的一组皮带轮驱动,能够以四种不同的速度旋转(见下面的主轴速度)。

主轴单元和驱动单元固定在一个铸铁工作台上,工作台则安装在一个钢制机柜上。工作台和机柜能给工件提供良好的支承,其高度能保证人类工效学要求的直立姿势。

为了在加工过程中引导工件,该机器装有适当的导向装置。

通过将传动皮带从一个皮带轮转换到另一个皮带轮上,以此来手动选择主轴速度。

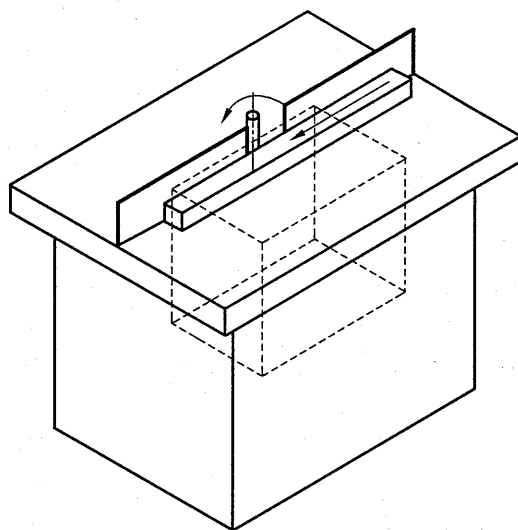


图 A.1 机器概念

A.2.2 使用经验

根据统计信息,大多数报道的事故是接触刀具发生的。这种接触主要是由直线机械加工过程中工件反冲和刀具刮碰所引起的。这种机器发生事故的常见原因如下:

- 不使用防护装置;
- 使用不适当的防护装置;
- 不使用导轨(辅助护板)、压板、夹具、垫板或终点挡板。

其他不常见的事故是由工件反冲引起的撞击,切屑和刀具或机器零件的弹射,以及木质粉尘和(或)切屑着火导致的。

排放或所使用的材料可能导致对健康的损害,例如:

- 铣削过程中产生的噪声;
- 木屑;
- 铣削经过浸渍或防腐处理木材时释放的烟尘和物质。

A.2.3 法规、规范性引用文件和技术图表

首先考虑了 GB/T 15706、GB/T 16855.1、GB/T 16855.2、GB 23821、GB/T 19670、GB/T 18831、GB/T 8196、GB 5226.1 以及人类工效学方面的 EN614-1 和声学方面的 ISO/TR 11688-1 等标准。

此外,还查阅了由 INRS(法国)、HSE(英国)、BG(德国)和 OSHA(美国)出版的关于这类机器的技术图表。

注:其他所考虑的文件是适用于地区或国家的法规和标准,例如 EN 847-1 和 EN 848-1;然而,限于本示例的启发目的并没有使用这些文件。

A.2.4 机器的初步设计

考虑了上述给出的所有信息,制定出以下技术参数及其指标:

- 电源(频率、相数、标称电压):50 Hz,三相,380 V/PE;
- 动力源接地:TT 系统;
- 电机功率:4 kW;
- 工作台尺寸:1 250 mm×700 mm;
- 主轴特征:
 - 直径:50 mm;有效长度:180 mm;竖直调节范围(手动可调):200 mm;
- 主轴转速(手动变换皮带轮上皮带的位置):
 - 3 000 r/min、4 500 r/min、6 000 r/min 和 7 500 r/min,所选择的转速取决于材料及刀具的直径和高度;
- 刀具直径:例如从 120 mm 到 220 mm(刀具的最大直径)。

注:省略了与该例无关的其他参数(工作台的表面粗糙度、水平度、主轴的跳动等)。

据此,画出该机器初步设计的草图如下(见图 A.2 和图 A.3)。

该机器由钢制机柜和安放在机柜上的铸铁工作台组成。在机柜内有驱动装置(电动机)、传动系统和主轴单元(使主轴旋转和竖直移动的机构)。

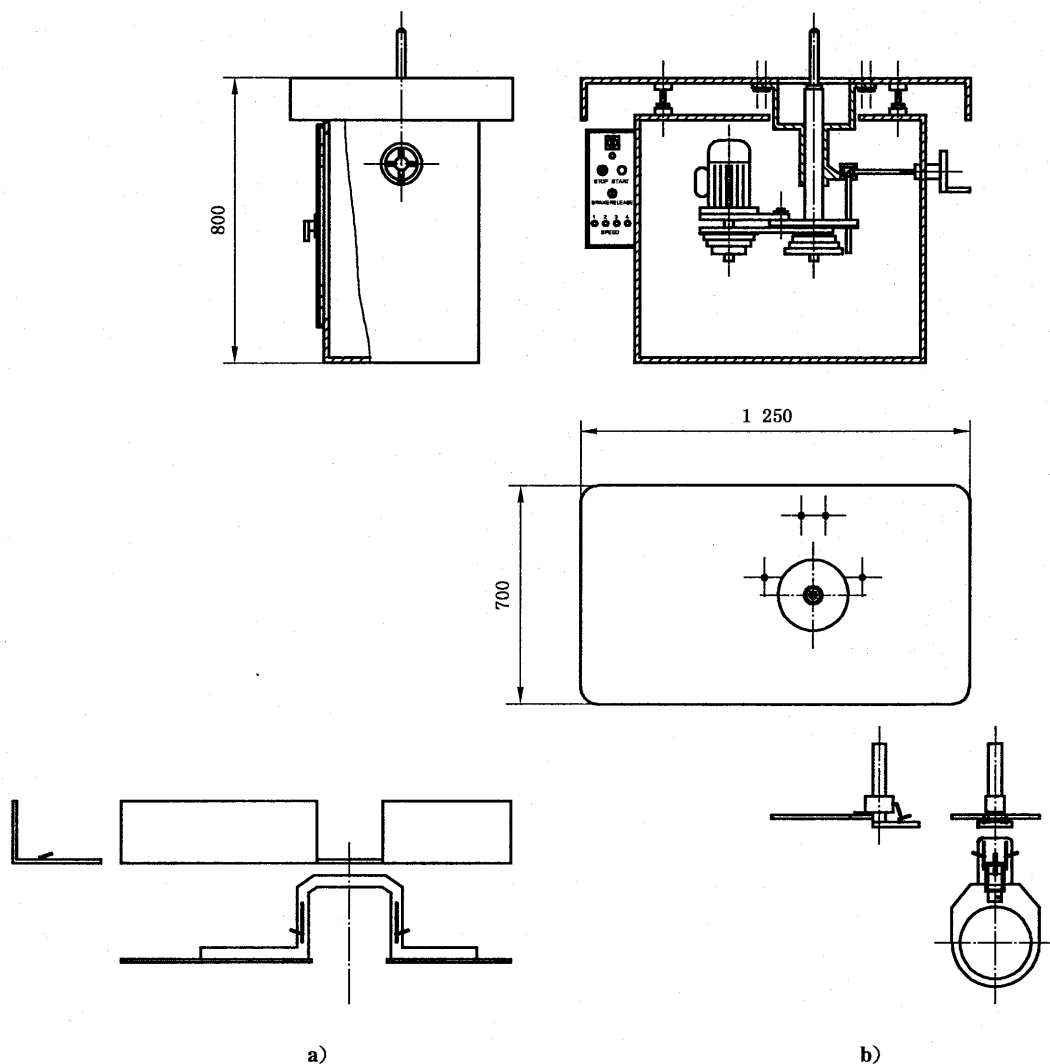
该机柜配有变速时接近传动系统的开口,通过柜门对该开口予以关闭。

工作台作为被加工木料的水平基准,并有一个供主轴穿出的孔。该机器配有执行不同操作的导向装置。

主轴的尺寸能够使用市场上提供的大多数标准切削工具。

驱动装置是一台三相异步电动机,额定电压 380 V,额定功率 4 kW。电动机带有一个制动器,每次发出快速停止主轴运动的指令时,该制动器就动作。制动器能够在执行某些操作(例如改变速度)时松开,电动机通过皮带轮和梯形皮带将动力传递给主轴。

单位为毫米



说明:

- a) 为直线加工导向装置;
- b) 为曲线加工导向装置。

图 A.2 初步设计草图

电动机和主轴上各有四个皮带轮,能够提供四种不同的工作转速。手动将皮带从一个皮带轮转换到另一个皮带轮即可选择工作速度。为了转换皮带的位置,用一个杠杆(不需要使用工具)即可很容易地移动电动机及其滑轮。用一个机构来探测皮带的位置,并通过一组指示灯来显示所选择的转速。

通过齿条-齿轮传动机构实现主轴在竖直方向上的调节,它没有可接近的移动元件。

控制电路在位于机器前方的机柜内,主要包括控制驱动器(启动和停止按钮等)、选择工作转速指示灯、控制电路和动力电路(电力保护装置、接触器等)。所有电气元件(导体和电缆、控制装置、电动机、电气设备保护装置等)都按照 GB 5226.1 进行选择、装配和组合。电路图见图 A.3。

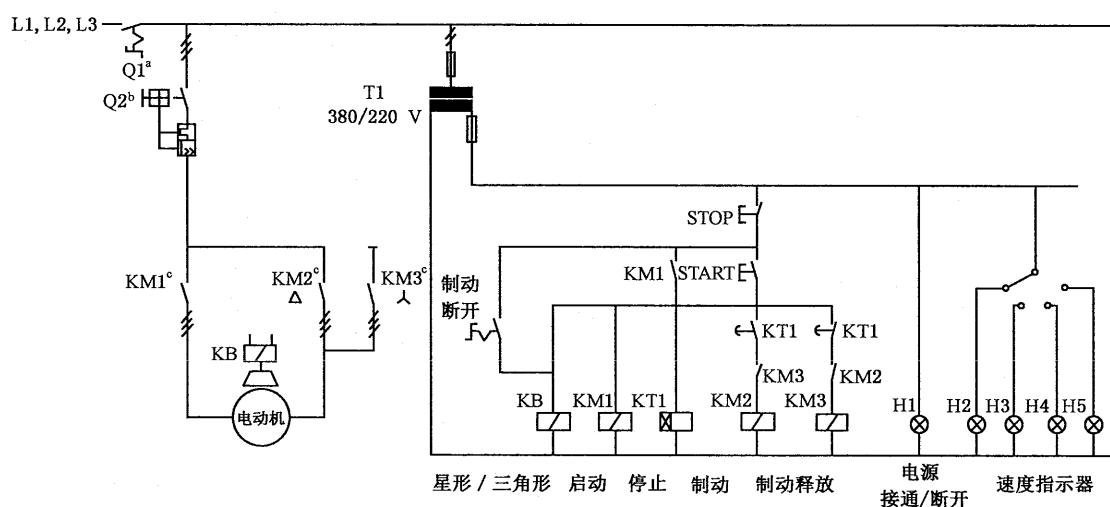


图 A.3 电路图的初步设计

A.3 机械限制的确定

A.3.1 机械整个寿命周期内各阶段的描述

本示例中,重点考虑的该机械寿命周期的阶段如下:

——运输

可由机器的使用者完成的所有运输任务,这种情况下,指内部的运输、搬运等。

——装配、安装和试运转

拆卸与运输有关的部件(例如覆盖物、固定螺钉),将机器固定在地板上;连接电源;检查安装是否正确(校正刀具的旋转方向),检查所有控制器的功能和机器执行要求操作的能力。

——设定

更换主轴上的刀具;安装和调整导向装置;改变主轴速度和试机。

——操作

手动进给工件铣削。

——清洁、维护

给旋转部件和传动单元加润滑油,更换皮带,清洁机器的内部零件。

——寻找故障和(或)故障排查

启动保护装置后机器在故障情况下运行。

——停用、拆卸

由使用者处理机器的所有零件。

A.3.2 使用限制

A.3.2.1 预定使用

机器预定用于通过成型、裁口、切槽变更正方形或矩形截面的木制工件和类似材料(软木、粗纸板、纤维板和硬塑料)制品的外形。

需要由该机器完成的加工如下:

——直线加工；

——间断直线加工；

——曲线加工。

机器仅供专业人员使用。

机器预定由具有使用这种机器的知识和经验、上肢体能健全且无视力损伤的人员使用。

机器预定操作人员以直立站姿操作。在加工过程中操作人员要手持和移动工件。

机器预定由熟练的并经资格认证的操作人员按照操作说明书中的说明进行维护(维修)。

主轴可以以四种不同的速度旋转,通过改变皮带位置手动选择主轴的转速。

只考虑使用适当的标准切削刀具。

A.3.2.2 可合理预见的误用

考虑了下列可合理预见的误用:

——加工非设计者(见 A.2.1.3)预定的材料,例如橡胶、石头、金属或未清除外来物质的木制品;

——加工具有不适当横截面(筒形、椭圆形)的产品;

——开榫;

——使用不适当的工具;

——更换的组件或备件不符合规定;

——未经培训的人员使用该机器。

A.3.3 空间限制

机器预定用于室内工业环境。

对于安装和使用,需要平面面积不小于 3 000 mm×3 000 mm,无障碍物和柱状物等的场地。

机器预定由用户连接至除尘系统。

机器预定不用于具有爆炸或火灾危险的场合。

机器预定使用电压为 380 V 的三相+地线(PE)四线的电源。

A.3.4 时间限制

机器预期的运行寿命为 20 000 h。

机器有如下一些需要检查和(或)更换的易损件:

——皮带:每 500 h 检验状态和张力;

——制动器:每天检验停止时间小于 10 s;

——刀具:依照刀具制造商的说明书检验状态和锋利程度。

每班次都要清洁可见且可触及的表面,包括移动件和导向装置的表面。

每六个月要对机器进行全面清理。

A.4 危险识别

A.4.1 分析系统的范围

A.1 已说明了本示例的危险识别仅限于对该机器的使用阶段,尤其是机器的设定和操作阶段。

A.4.2 要执行的任务

在该机器的设定过程中,需要执行下列任务:

——在停止转动的主轴上更换刀具;

——安装和调节适当的导向装置(用于直线加工或曲线加工);

——改变主轴速度;

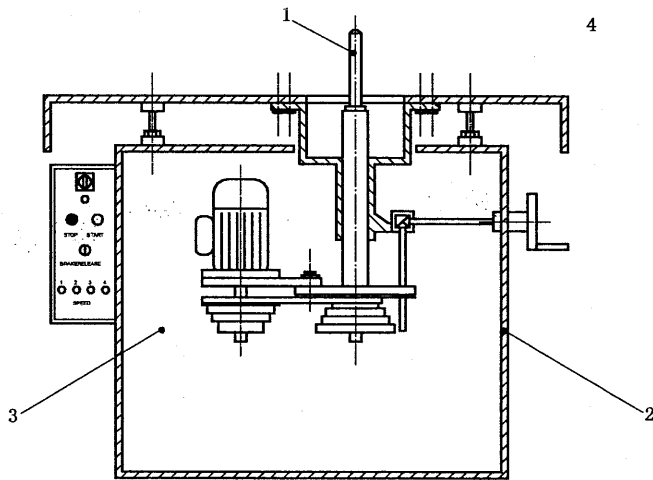
——试机,进给和(或)加工工件以检查切削深度、调节后的主轴高度等是否适当,否则如果有必要则重新调整刀具高度或夹持位置。

在机器的操作过程中,执行下述任务:工件铣削或成型加工。

注:在该机器设定过程中已考虑了所有的调节任务,因此操作只涉及铣削过程(工件的手动进给和在机械加工过程中要用手握持住工件)。

A.4.3 相关危险和事故场合

图 A.4 定义了危险区。



说明:

1——区域 1:工作区;

2——区域 2:机座;

3——区域 3:传动区;

4——区域 4:机器周围。

注:危险识别见表 A.1。

图 A.4 危险区

A.5 风险估计和风险评价与风险减小

A.5.1 风险估计方法

对于风险估计,采用了 6.3 的风险图法。

由于该方法不适合估计卫生或人类工效学危险有关的风险,也不适合估计火灾和(或)爆炸有关的风险,对这些风险采用了下列假设:

——健康和人类工效学危险

卫生风险主要取决于中毒的类型(危险特性)、浓度和暴露持续时间。同样,估计人类工效学风险宜考虑诸如重复、力、姿势、运动、持续时间和恢复时间等因素,这些因素也可以用严重程度和暴露度两个参数区分。

因此,对于这些类型的风险,对危险事件的发生概率和规避可能性进行估计几乎是没有什么意义的。

由于上述原因,该方法只考虑了严重程度和暴露度,而对于一个危险事件的发生概率和规避的可能性,则采取和(或)假定了最保守的值。

——火灾

火灾风险取决于存在的可燃物质或材料、氧气和引燃源。危险事件的严重程度、暴露度和概率等参数可能分别与潜在火灾的规模和强度、危险状态的持续时间和机器着火的概率有关。如果存在规避风险的可能、但又很难做出真实估计,则采用最保守的值。

尽管对该风险指数的估计较为粗略,但如果在采用了经验证很可靠的保护和(或)风险减小措施后认为充分减小了风险,则不必采取进一步的措施。否则,宜采用特定的风险评估方法。

A.5.2 风险估计和风险评价与风险减小

风险估计、风险评价和风险减小见表 A.2。

表 A.2 中使用的缩略语如下:

S 严重程度	F 暴露度	O 危险事件发生的概率	A 规避的可能性
S1 轻微的	F1 很少的	O1 很低	A1 可能的
S2 严重的	F2 频繁的	O2 中	A2 不可能的
		O3 高	
RI 风险指数:从 1(最小)到 6(最大)			

表 A.1 危险识别(仅供说明)

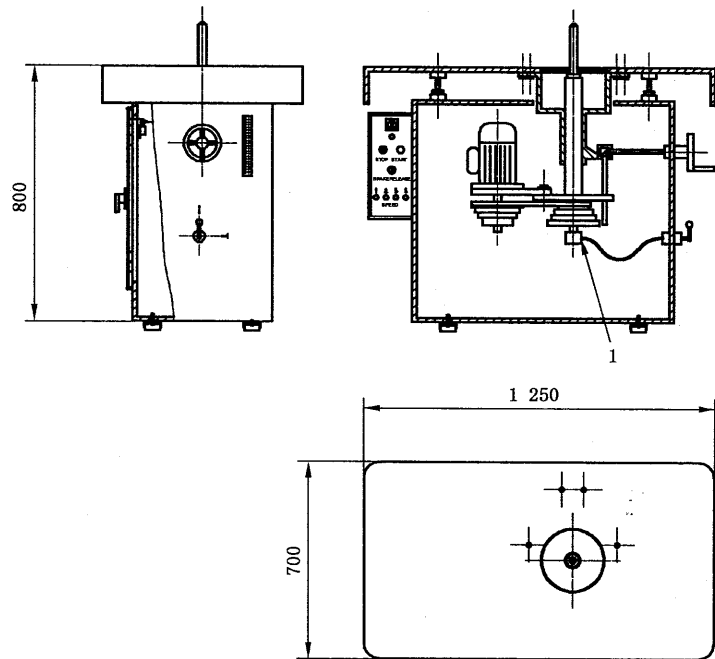
风险评价(危险识别)									
机器	立轴式成型机	分析员	(人名)						
原始资料	规范,初始设计	当前版本	3.0						
范围	使用阶段:设定和操作	日期							
方法	检查表:GB/T 15706—2012中附录 B	页数	1						
参考号	寿命周期	任务	危险区	事故详细描述				危险事件	参考号
				危险	危险状态	危险	危险		
2	使用阶段: 设定	更换刀具	工作区	锋利的刀刃割伤手指或手	靠近和(或)使用刀具工作(夹紧或松开刀具)	由于夹紧或松开刀具的力使主轴发生旋转而导致与锋利的刀刃接触			2
3						由于所用的不合适的手工工具发生滑落失控而导致与锋利的刀刃接触			3
9			传动区	故障情况下,零件带电	在机器带电情况下工作	间接接触			9
16	使用阶段: 操作	试机	工作区和机器周围	由飞射出的刀具、机械零件(例如导向装置)引起的冲击	操作者和其他人员暴露于零件飞射出来可及的范围内(调节主轴高度,手工进给工件时)	刀具或导向装置的零件碎裂(由主轴高度调节不当,导向装置调节不当,工件的材料、尺寸或外形不当,刀具或刀具速度不当,夹紧不当等所引起的)			16
18		铣削	工作区	旋转部件(刀具)缠绕,割伤手指或手	靠近刀具工作(手工进给工件时)	由于工件失控导致与运动部件接触(工件材料有缺陷,顺铣时工件进给方向与同向切削的刀具旋转方向相同,工件的进给速度不当等)			18
28				火灾	暴露的操作人员或其他人员	由电源引起的木尘和(或)木屑着火			28

表 A.2 风险评估(风险估计和风险评价)和风险减小(仅供说明)

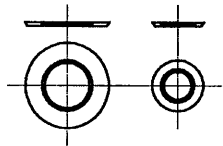
风险评估(风险估计和风险评价)和风险减小													
机器	立轴式成型机	风险评估(风险估计和风险评价)和风险减小										分析员	(名字)
原始资料	规范,初始设计											当前版本	2.0
范围	使用阶段,设定和操作											日期	2010年9月
方法	风险图											页数	1
参考号	风险减小	风险评估(初始风险)					风险评估(风险减小后)					需要进一步减小风险	
		S	F	O	A	RI	S	F	O	A	RI	参考号	
2	提供一套整体式主轴锁定系统(见图 A.5)和使用说明书	1	1	3	2	2	1	1	1	2	1	不	2
3	提供合适的手动工具和使用说明书	1	1	3	2	2	1	1	1	2	1	不	3
9	符合 GB 5226.1 的电气设备(机器裸露的导电部件的保护性接地,用户使用用漏电流保护装置)(见图 A.6)	2	1	2	2	3	1	1	1	1	2	不	9
16	使导向装置部件更靠近用软材料(例如,轻合金、塑料、木材)制造的工具。在靠近高度调节轮的地方提供一个主轴高度指示器。正确夹紧刀具的说明	2	1	2	2	3	2	1	1	2	2	不	16
18	提供用于直线加工的可拆卸的动力进给装置(为了使图样清晰,在图 A.5 或图 A.6 中没有表示出来)。提供推送块和推送杆及其使用说明,以及夹具和模板的使用说明。检查工件质量的说明。避免顺铣的说明。避免不当进给速度的说明	2	2	2	2	5	2	1	1	1	2	是 (见注)	18
28	符合 GB 5226.1 的电气设备(最低的防护等级 IP 54、组件尺寸、充分冷却等),除尘系统的使用说明	1	2	2	1	2	1	2	1	1	1	不	28

注:在参考号 18 中,提出以一个可拆卸的动力输送单元作为一项保护和(或)风险减小措施。但考虑到制造商提供的说明书,风险评估的迭代过程将要求进一步考虑在整个机械寿命周期内由该单元可能产生的潜在危险,如果有必要,则应采取新的风险减小措施(例如,在主轴单元的控制功能和动力输送单元的控制功能之间加装适当联锁;提供急停控制,适当调节)。

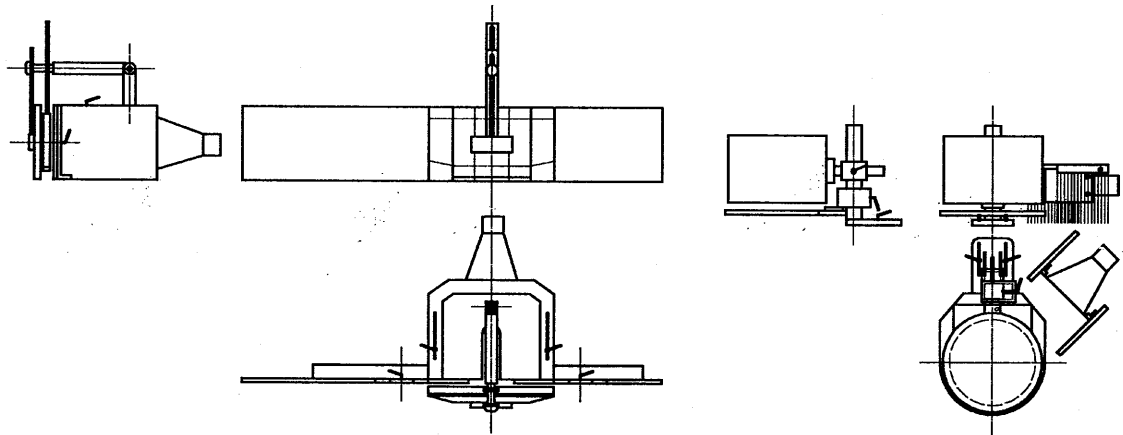
单位为毫米



a) 机器和其内部零部件的结构



b) 用于减小工作台间隙的环形垫圈



c) 带防护装置的直线加工导向装置

d) 带防护装置的曲线加工导向装置

图 A.5 机器的最终设计

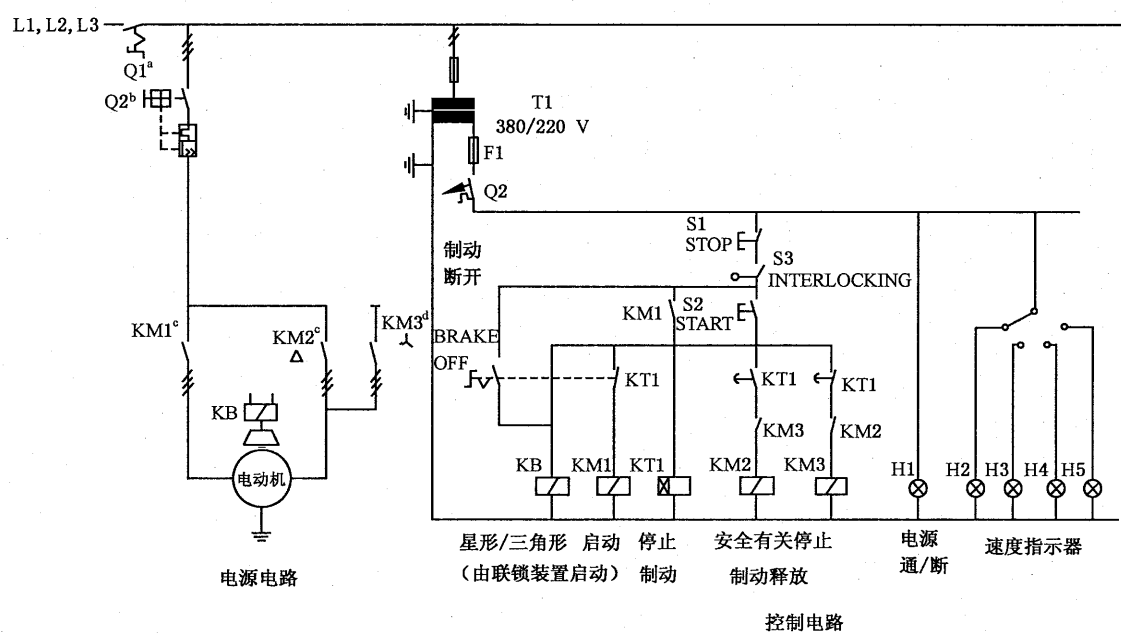


图 A.6 最终电路图

A.6 空白表格

危险识别的空白表格示例见表 A.3,风险图法的空白表格示例见表 A.4。

表 A.3 危险识别空白表格示例

危险识别						
机器(识别)				方法和(或)工具		
资源(例如初步设计文件、技术文件、构造文件)				分析员		
				当前版本		
				日期		
范围[例如,机器寿命周期的阶段、机器的零部件和(或)功能]						
参考号	危险区	任务和(或)操作 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	事故详细描述			参考号
			危险 (GB/T 15706—2012 中表 B.1)	危险状态 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险事件 (GB/T 15706—2012 中表 B.4)	
1						1
2						2
3						3
4						4
5						5
6						6
7						7
8						8

表 A.4 风险图法空白表格示例

初始风险分析和(或)风险减小后的风险分析										
活动		危险详情描述				风险估计 风险指数计算				
编号	活动	危险	危险状态	危险事件	可能的伤害	严重程度 (S1、S2)	频次或暴露度 (F1、F2)	发生概率 (O1、O2、O3)	规避可能性 (A1、A2)	风险指数 (1~6)
1										
2										
3										
4										
5										
6										

参 考 文 献

- [1] 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
 - [2] GB/T 8196—2003 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
 - [3] GB 10827(所有部分) 工业车辆 安全要求和验证
 - [4] 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
 - [5] GB/T 16855.2—2007 机械安全 控制系统有关安全部件 第2部分:确认
 - [6] GB/T 18831—2010 机械安全 带防护装置的联锁装置 设计和选择原则
 - [7] GB/T 19670—2005 机械安全 防止意外启动
 - [8] 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
 - [9] GB 23821—2009 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
 - [10] ISO 10218 Manipulating industrial robots—Safety
 - [11] ISO 11111(所有部分) Textile machinery—Safety requirements
 - [12] ISO/TR 11688-1 Acoustics—Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment—Part 1: Planning
 - [13] ISO 13732-1 Ergonomics of the thermal environment—Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces—Part 1: Hot surfaces
 - [14] EN 614-1 Safety of machinery—Ergonomic design principles—Part 1: Terminology and general principles
 - [15] EN 847-1 Tools for woodworking—Safety requirements—Part 1: Milling tools, circular saw blades
 - [16] EN 848-1 Safety of woodworking machines—One side moulding machines with rotating tool—Part 1: Single spindle vertical moulding machines
 - [17] ANSI B11.0:2010 Safety of machinery—General requirements and risk assessment
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
机械安全 风险评估
实施指南和方法举例
GB/T 16856—2015

*

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(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

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

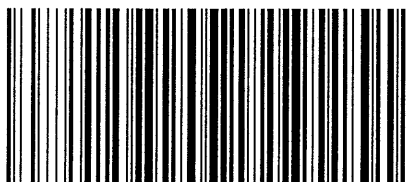
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 69 千字
2016年5月第一版 2016年5月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-54016

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



GB/T 16856-2015