



中华人民共和国国家标准

GB/T 38642—2020

工业机器人生命周期风险评估方法

Industrial robot life cycle risk assessment methods

2020-04-28 发布

2020-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则 3

 4.1 风险评估和风险减小的策略 3

 4.2 风险减小目标 3

5 风险评价程序 4

 5.1 一般规定 4

 5.2 确定风险评价对象 5

 5.3 成立风险评价工作组 5

 5.4 收集评价对象相关信息 5

 5.5 生命周期划分及危险区域划分 6

 5.6 风险评估 7

 5.7 出具风险评价报告 8

 5.8 风险减小 9

6 文件..... 10

附录 A（资料性附录） 工业机器人(不含 AGV)危险源识别 11

附录 B（资料性附录） AGV 危险源识别 23

附录 C（资料性附录） 风险评价和风险减小示例 33

参考文献 35



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本标准起草单位：上海电器科学研究所、山东鲁能智能技术有限公司、安徽省配天机器人技术有限公司、哈工大机器人集团有限公司、青岛钢铁侠科技有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、上海机器人产业技术研究院有限公司、上海电器设备检测所有限公司、上海添唯认证技术有限公司、佛山小林智慧科技发展有限公司。

本标准主要起草人：蔺道深、邢琳、傅孟朝、庞泰、于振中、张锐、曹际娜、陈灏、郑军奇、王爱国、湛志勇。

工业机器人生命周期风险评价方法

1 范围

本标准规定了工业机器人生命周期风险评价方法的基本原则、风险评价程序及文件要求,并给出了工业机器人危险源识别、AGV 危险源识别及风险评价和风险减小实例。

本标准适用于工业机器人的生命周期风险评价。本标准建立的安全原则可被其他类型的机器人参考使用。

本标准不包含工业机器人系统集成的风险评价。针对特殊的应用(焊接、激光切割、机械加工等)可能产生另外的危险,这些危险宜进行针对性的风险评估。

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 11291.1—2011 工业环境用机器人 安全要求 第1部分:机器人

GB 11291.2 机器人与机器人装备 工业机器人的安全要求 第2部分:机器人系统与集成

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分:设计通则

GB/T 16856—2015 机械安全 风险评估 实施指南和方法举例

GB 28526—2012 机械电气安全 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业机器人 industrial robot

自动控制的、可重复编程、多用途的操作机,可对三个或三个以上轴进行编程。它可以是固定式或移动式。在工业自动化中使用。

注1:工业机器人包括:

- 操作机,含致动器;
- 控制器,含示教盒和某些通讯接口(硬件和软件)。

注2:这包括某些集成的附加轴。

[GB/T 12643—2013,定义 2.9]

3.2

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 GB/T 15706—2012 的 5.6.2 中给出。

[GB/T 15706—2012,定义 3.18]

3.3

工业机器人生命周期 industrial robot life cycle

从工业机器人产品运输、使用到回收利用的整个过程。

注：本标准所述的工业及其生命周期一般包括运输、安装调试、示教、运行、清洁、维护、故障查找/故障排查、拆卸、停用等过程。

3.4

接触区 contact zone

机器人最大空间所能覆盖的区域。

3.5

安全防护空间 safeguarded space

由周边安全防护装置确定的空间。

[GB 11291.2—2013, 定义 3.13.3]

3.6

控制站 control station

机器人系统的部分,包括一个或多个控制装置,用以激活或停止系统或系统部件的功能。

注：控制站可以是固定式的或移动式的。

3.7

控制区 control zone

机器人的控制站所在的区域。

注：通常处于安全防护空间外。

3.8

自动导引车 automated guided vehicle; AGV

装备有电磁或光学等自动导引装置,由计算机控制,以轮式移动为特征,自带动力或动力转换装置,并且能够沿规定的导引路径自动行驶的运输工具,一般具有安全防护、移载等多种功能。

[GB/T 30030—2013, 定义 2.1]

3.9

风险评估 risk assessment

包括风险分析和风险评价在内的全过程。

[GB/T 15706—2012, 定义 3.17]

3.10

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。

[GB/T 15706—2012, 定义 3.24]

3.11

剩余风险 residual risk

采取保护措施之后仍然存在的风险。

[GB/T 15706—2012, 定义 3.13]

3.12

公共区 common zone

没有单独预留给某个 AGV 的区域。

[EN 1525:1997, 定义 3.1.1]

3.13

危险区 hazard zone

危险增加的区域,属于公共区域一部分。

注:没有充分的人员安全距离和货物运输操作的区域。

[EN 1525:1997,定义 3.1.2]

3.14

限制区 restricted zone

仅授权者才能允许进入的物理隔离的区域。

[EN 1525:1997,定义 3.1.3]

3.15

性能等级 performance level; PL

在可预期条件下,用于规定控制系统有关安全部件执行安全功能的离散等级。

注:改写 GB/T 16855.1—2018,定义 3.1.23。

3.16

所需的性能等级 required performance level; PL_r

每种安全功能为达到所需的风险减小所应用的性能等级(PL)。

注:改写 GB/T 16855.1—2018,定义 3.1.24。

3.17

安全完整性等级 safety integrity level; SIL

一种离散的等级(三种可能的等级之一),用于规定分配给安全相关电气控制系统(SRECS)安全相关控制功能的安全完整性要求。在这里,安全完整性等级 3 是最高的,安全完整性等级 1 是最低的。

注:改写 GB/T 28526—2012,定义 3.2.23。

4 基本原则

4.1 风险评估和风险减小的策略

本标准是为了确保工业机器人满足现行的标准,进而确保在使用过程中对人员、环境及财产是安全的。

风险评估和风险减小的策略如下:

- 确定工业机器人的各种限制,包括预定使用和任何可合理预见的误用;
- 识别危险及其伴随的危险状态;
- 对每一种识别出的危险和危险状态进行风险评估;
- 评价风险并决定是否需要减小风险;
- 采取保护措施消除危险或减小危险伴随的风险。

风险减小过程迭代三步法应符合 GB/T 15706—2012 中第 4 章的要求。

4.2 风险减小目标

按 5.6.2 的规定,当风险指数小于或等于 2 时,无需进行进一步风险减小;当风险指数大于 2 时,应进行进一步风险减小,并使剩余风险的风险指数小于或等于 2;针对特殊应用或工艺,应进行充分的风险减小。

5 风险评价程序

5.1 一般规定

工业机器人风险评价,是针对确定的评价对象,进行的危险、危险状态与危险事件、发生危险概率和后果严重程度评估、风险类别确定、风险等级评定,以及风险减小和重新评价的迭代过程(见图1),其工作程序一般包括下列9部分:

- 确定风险评价对象;
- 成立风险评价工作组;
- 收集评价对象相关信息;
- 进行子系统划分、危险状态及危险事件分析;
- 评估发生危险的概率和后果严重程度;
- 确定风险类别;
- 评定风险等级;
- 出具风险评价报告;
- 对于不可接受的风险,采取措施降低风险,再重新进行评价。

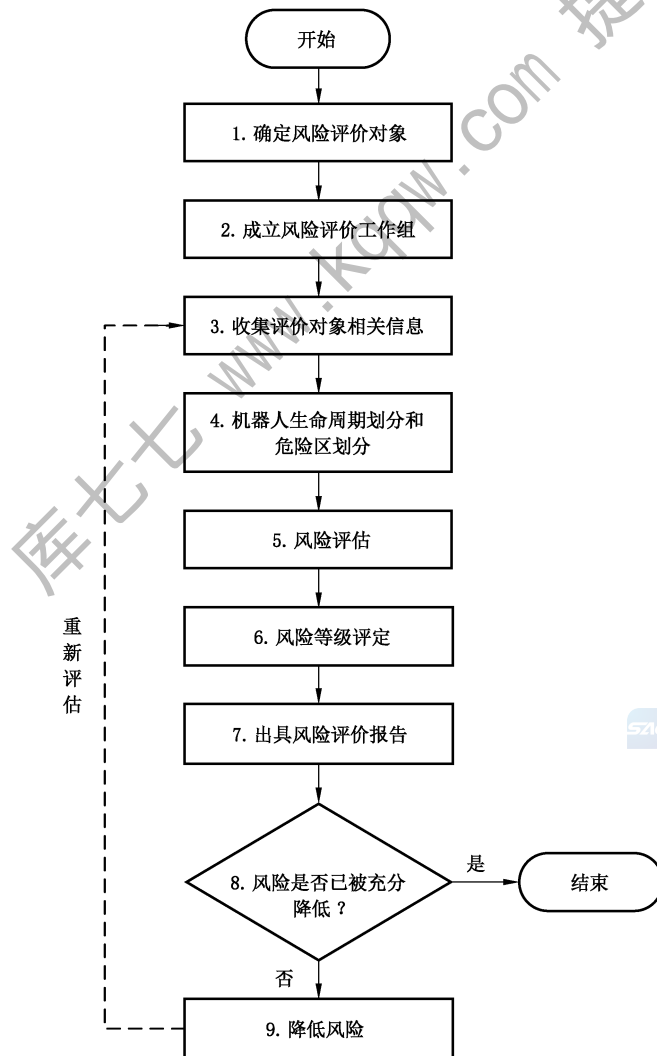


图1 风险评估和风险减小程序

5.2 确定风险评价对象

在进行风险评价前,应首先确定评价对象。本标准评价对象为工业机器人。

5.3 成立风险评价工作组

在对工业机器人进行风险评价及风险减小时,宜由一个评价组完成并且达成共识,该评价组应由具备不同学科知识、多种经验和专业技能的专家组成。宜明确实施项目的评价组组长,按照本标准开展风险评价工作并在执行过程中全面负责,将评价结果和(或)建议报告给相关人员。实际工作中不一定总是要建立风险评价评估组,因为有些机械的危险已被充分认知。

宜根据风险评价需要的技能和专业知识选择评价组成员。评价组中宜包括下列人员:

- 能回答关于机械设计和功能方面技术问题的人员;
- 具备机械操作、调试、保养、维修等实际经验的人员;
- 了解类机器人产品事故历史的人员;
- 熟悉有关法规、标准,特别是 GB/T 15706—2012 以及与所评价机械有关的具体安全问题的人员;
- 了解人为因素的人员(见 GB/T 15706—2012 中的 5.5.3.4)。

不同的团队针对相似的情况的分析所形成的详细结果存在略微差异,应尽量完善评价组的知识和专业技能,提高该风险评价结果的可信度。

5.4 收集评价对象相关信息

5.4.1 样品说明

对被评估的工业机器人进行基本说明,至少包括电源要求、类型(例如关节机器人、SCARA 机器人、并联机器人、AGV 等)、驱动方式、安全系统、机械臂骨架材料说明等。

5.4.2 使用说明

使用说明应包含以下内容:

- 安全防护空间防护说明,例如互锁功能的围栏保护说明,或者对应安全等级的保护设备说明;
- 被评估样品是否包括末端执行器;
- 被评估样品防护等级说明;
- 被评估样品使用环境说明,例如爆炸环境;
- 被评估样品的应用领域说明。

5.4.3 使用限制

5.4.3.1 预定使用

在工业机器人的生命周期中,所有与机器人有关的人员都应经过严格培训。当机器人运行在自动模式时,机器人宜工作在带有互锁装置的围栏中间,围栏应有一定的高度,防止人员跨越,围栏通常由固定式防护装置及安全光幕、安全光栅等具有安全等级的设备组成。末端执行器应按 GB 11291.2 的要求来设计。机器人的系统集成在开始运行之前,应经过安全评估。机器人应按要求进行清洁/维护。

应对产品进行预定使用的描述,如果存在与上述预定使用不一致的情况,应在报告中说明。

5.4.3.2 可合理预见的误用

可合理预见的误用是未按照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工业机

器人。

常见的误用如下：

- 售后服务人员没有经过充分的培训而进行售后服务或维护；
- 机械臂在调试时碰撞到其他设备或围栏；
- 调试时，未正确安装机器人；
- 机器人过载；
- 没经过授权或培训的人员进入机器人安全防护空间；
- 非专业人员拆装；
- 工作环境不合适；
- 其他。

5.4.3.3 空间限制

应对工业机器人室内使用或室外使用进行说明；应对机器人使用环境限制进行描述，例如非爆炸环境或者无火环境；应对机器人臂展、运行空间进行说明。

5.4.3.4 时间限制

应对预计使用年限、每天使用班次和工作周期进行限定。为了获得运行寿命，机器人应按照说明书进行良好维护。

5.4.3.5 人员限制

应对操作人员的要求进行说明，例如培训、资质等要求。

5.5 生命周期划分及危险区域划分

5.5.1 生命周期划分

可导致危险状态的任务清单见表 1。

表 1 可导致危险状态的任务清单

生命周期阶段	任务
运输	提升、加载、包装、运输、卸载、拆包等
安装调试	集成到产线、设备组装、固定、连接电源、无负载手动测试等
示教	调整以及设置保护设备及其他元件、机器功能参数（例如速度、气压、压力、行程限制）的微调 和设定、固定末端执行器、示教程序、最终程序的验证
运行	控制/检查、自动运行、运行期间的微小干预、停机后的重新启动
清洁维护	调整，重新标定精度，清洁，拆卸/移除机器的部件、组件和装置，隔离及能源耗散，润滑，更换 磨损部件
故障查找/故障排查	故障查找，隔离及能源释放，控制装置和保护装置失效后的恢复，阻塞之后的恢复，更换机器 的部件、组件和装置，营救被困人员，重新标定精度，重新设定
拆卸停用	断开连接及能源消散、拆卸、提升、加载、包装、运输、卸载
<p>注 1：本表列举的任务为工业机器人常见任务，某些情况下工业机器人/AGV 的任务可能与表中不一致。附录 A、附录 B 给出的是工业机器人/AGV 的常见任务示例。</p> <p>注 2：不宜照搬这些条目，以选择和组织合适的文字，以最方便的方式进行描述。</p>	

5.5.2 危险区域划分

危险区域包括控制区、安全防护空间(运行空间)、接触区、危险区、限制区、公共区等。
工业机械臂危险区域的示例如图 2 所示,AGV 危险区域的示例如图 3 所示。

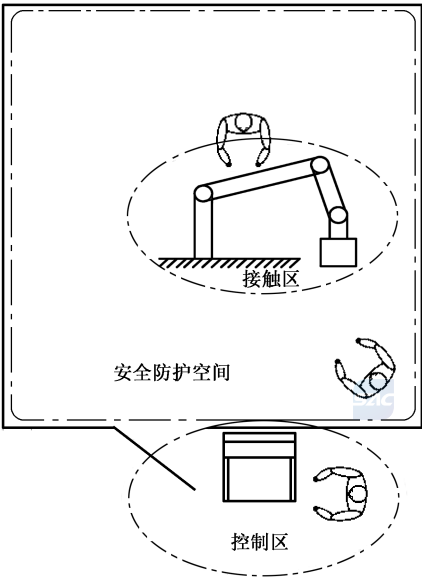
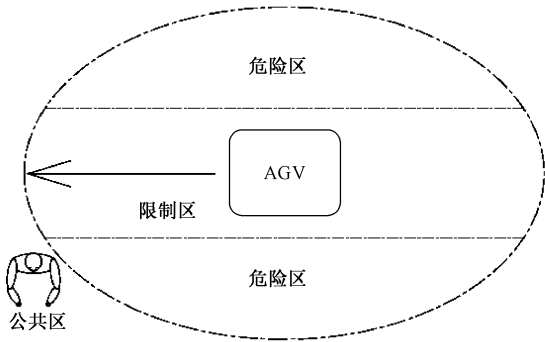


图 2 工业机械臂危险区域图



注：箭头方向为 AGV 运动方向。

图 3 AGV 危险区域图

5.6 风险评估

5.6.1 危险识别

针对工业机器人生命周期中各个阶段可能出现的危险源,参考附录 A 及附录 B 进行危险源识别。
注：并非所有在本标准描述的危险都适用于每一台机器人,同样某一特定危险情况的风险水平,在不同机器人间也可能有所不同,因此在本标准中识别的风险对不同机器人可能会有不同,宜进行风险评估,明确危险的风险指数。

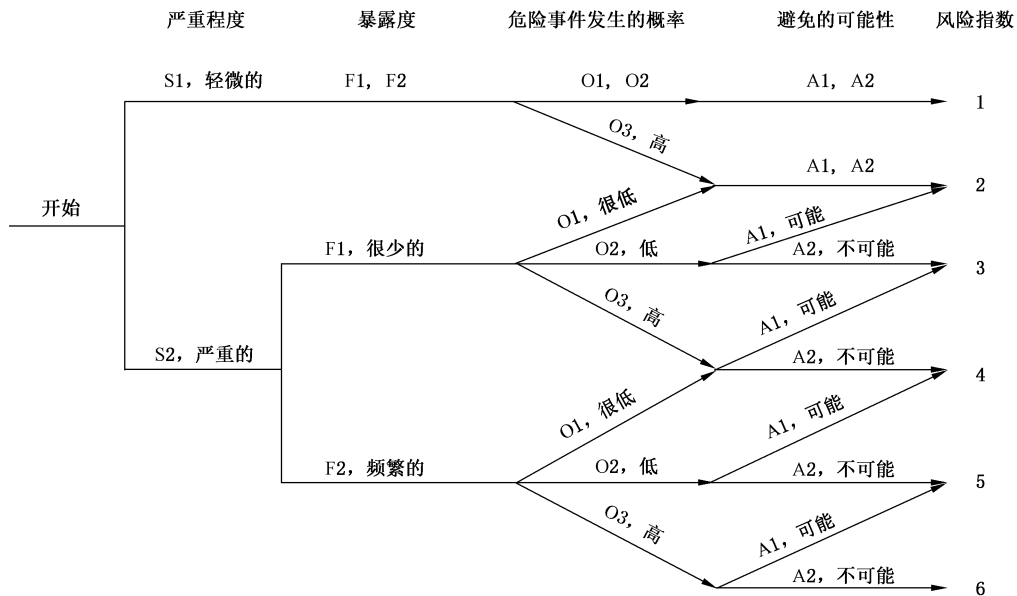
5.6.2 风险估计

危险估计按 GB/T 16856—2015 中 6.3 规定的风险图的方法实施。

S、F、O 及 A 的定义如下：

- S: 伤害的严重程度；
- F: 暴露在危害环境下的频率或时间；
- O: 危险事件出现的可能性；
- A: 避免或减少危害的可能性。

根据图 4 可以得到风险指数。



说明：

S1 —— 轻微伤害(通常是可以恢复的伤害,例如擦伤、淤青、需简单包扎的轻伤等),损工时间不可超过 2 天。

S2 —— 重伤(不可恢复的伤害或死亡,包括骨折,四肢粉碎性砸伤,严重穿刺,需要缝针的伤害,重大骨折伤害等),大于 2 天的损工时间。

F1 —— 每个班次暴露在危害环境下小于或等于 2 次,或者每个班次累计少于 15 min。

F2 —— 每个班次暴露在危害环境下大于 2 次,或者每个班次累计多于 15 min。

O1 —— 低,成熟的科技,证明过的及被认可的安全应用;鲁棒性强。

O2 —— 中,过去两年发生过技术问题;具有良好培训的工人且在工作岗位上已经 6 个月,在工作岗位上存在不合适的行为。

O3 —— 高,技术故障常发生(每 6 个月发生一次或者更频繁);过去 2 年发生过技术问题;没经过良好培训的工人且在工作岗位上少于 6 个月,在工作岗位上存在不合适的行为。

A1 —— 在某种情况下有可能避开危害,运动速度小于 0.25 m/s,操作工熟悉面临的风险,以及指明了危险状态或危险事件,操作工能够注意到危险状态且能够对危险状态做出反应。

A2 —— 不可能避开危害,运动速度大于或等于 0.25 m/s,操作工不熟悉面临的风险,以及危险状态或危险事件,操作工不能够注意到危险状态且不能够对危险状态做出反应。

图 4 用于风险估计的风险图示例

5.7 出具风险评价报告

评价组在完成风险分析和风险等级评定工作后,应出具风险评价报告。评价报告至少包括以下内容：

- 评价对象基本信息；
- 评价组成员名单；

- 评价时间和地点；
- 评价依据的方法；
- 评价结果及建议措施等。

5.8 风险减小

5.8.1 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 5.8.2~5.8.4 的顺序进行,即“三步法”。

5.8.2 本质安全设计措施

本质安全设计措施通过适当选择工业机器人的设计特性和/或暴露人员与工业机器人的交互作用,消除危险或减小相关的风险。

注: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。

如果通过提高控制系统性能来减小风险,宜按 GB/T 16855.1—2018 或 GB 28526—2012 等标准要求进行控制系统功能安全评估,应在资料中清楚地说明该控制系统所满足的功能安全等级及评估时所采用的标准。风险指数对应的功能安全等级要求见表 2。

表 2 风险指数相应功能安全等级要求

风险指数 (GB/T 16856—2015)	PL _r 等级 (GB/T 16855.1—2018)	SIL 等级 (GB 28526—2012)
1	≥a	无对应等级
2	≥b	≥1
3	≥c	≥1
4	≥d	≥2
5	e	3
6	e	3
注:风险指数的确定按 GB/T 16856—2015 中 6.3 的规定;PL _r 的确定按 GB/T 16855.1—2018 中附录 A 的规定;PL _r 等级和 SIL 等级的对立关系按 GB/T 16855.1—2018 中表 3 的规定。		

5.8.3 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。

应符合 GB 11291.1—2011 中关于安全防护和/或补充保护措施的要求。

5.8.4 使用信息

尽管采用了本质安全设计措施、安全防护和(或)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、安全防护和(或)补充保护措施的正确应用。

注: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。

应符合 GB 11291.1—2011 中关于使用信息的要求。

工业机器人的风险评价和风险减小示例参见附录 C。

6 文件

风险评价的过程和结果应形成文件,文件内容应至少包括:

- 风险评价对象；
- 评价组组长和成员；
- 评价对象相关信息；
- 机器人生命周期划分及危险区划分；
- 工业机器人危险状态和危险事件分析；
- 发生危险的概率和后果严重程度的评估过程和结果；
- 风险等级评定；
- 风险评价报告；
- 降低风险的建议措施。



附录 A
(资料性附录)
工业机器人(不含 AGV)危险源识别

工业机器人(不含 AGV)的危险源识别表参见表 A.1。

表 A.1 工业机器人(不含 AGV)危险源识别表

风险分析(危险识别)						
产品名称		工业机器人		样品编号		
原始资料		规范、初始设计		范围		机器生命周期
方法		检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B		—		—
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险事件 (GB/T 15706—2012 中表 B.4)
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)		
1	运输	提升	—	机械危险 挤压	围观提升机械臂 站在机械臂周围	抱闸滑动引起机械臂意外运动,造成机械臂和固定物体之间的挤压
2		包装	—	机械危险 剪切	包装时和机械臂接触	提升过程不稳定,造成机械臂和固定物体之间的挤压
3		加载	—	机械危险 挤压	在运输车上包装	包装时,操作工被剪切
4		运输	—	其他	抱闸失效	不稳定的机械臂托盘导致操作人员被挤压
5		卸载	—	—	—	忘记将机器人固定到托盘上面导致操作人员被挤压
6						运输过程中由于路面颠簸导致包装滑动,进而引起机械臂运动,导致对运行车辆损坏
7						同编号 5
8						同编号 4

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称		工业机器人		样品编号		
原始资料		规范、初始设计		范围		机器生命周期
方法		检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B		—		—
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
9	运输	放置到产线	接触区	机械危险 挤压	当机械臂被提升时倾倒或跌落,并对人员造成砸伤	提升设备异常,机械臂失去稳定性,跌落并砸伤人员
10	安装调试	放置到产线	接触区	机械危险 挤压	—	提升设备正确安装,但在提升时发生故障,造成机械臂跌落并砸伤人员
11		机器的装配	接触区	机械危险 剪切	当连接线缆时接触到机械臂	当线缆连接到机械臂时,机械臂上锋利的边缘造成剪切伤害
12				机械危险 切削	当连接线缆时接触到控制柜	当线缆连接到控制柜时,控制柜上锋利的边缘造成剪切伤害
13				机械危险 挤压	连接机械臂到电源后,有人试图测试机械臂	机械臂没有固定好,运动时失去稳定性,机械臂跌落并砸伤人员
14		连接至电源	接触区	电气危险 电击	连接机械臂到电源后,有人试图测试机械臂	机械臂安装不正确,导致带电部件连接至机械臂,操作人员碰触机械臂,造成电击
15	电气危险 电击			控制柜上电源插头连接错误,电源的一相连接至控制柜	由于不正确的连接,控制柜带电,操作人员碰触控制柜,造成电击	
16		固定,锚定	接触区	机械危险 剪切	紧固螺栓时,接触到机械臂	工具打滑,操作人员被机器人上的锋利的边缘割伤

表 A.1 (续)


风险分析(危险识别)						
产品名称		工业机器人		样品编号		
原始资料		规范、初始设计		范围		机器人生命周期
方法		检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B				
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
17	安装调试	 无负载手动 模式下测试	接触区	机械危险 挤压	在机器人正确安装至底座之前,操作人员测试了机器人	机械臂运动,破坏其稳定性,机械臂跌落,并对附近人员造成伤害
18				机械危险 挤压/切削	操作人员测试机器人时没有确认与机械臂有关的人员已经离开机器人附近区域	测试过程中当机器人移动时,正在安装机器人的人员将会被撞伤或割伤
19				机械危险 挤压	机械臂和控制柜的线缆连接好之后的第一次测试,操作人员近距离站在机械臂旁	连接器之间的错配会导致机械臂在首次启动时的动作不可预期。一些轴会移动,造成机械臂撞向人
20				火灾/爆炸	机械臂安装在易爆气体环境中	当马达运转时产生火花引燃易爆气体环境,操作人员因起火而受伤
21	示教	调整并设置 保护装置和 其他部件	安全防护 空间	机械危险 碰撞	当机械臂在运转时,操作人员在自动模式下进行程序测试,所建造的安全围栏容许一个人进入操作区域	机器人运转时有人进入机器人的可达范围内,机械臂撞伤人员
22				机械危险 碰撞	操作人员在自动模式下进行程序测试,安全回路没有被正确地连接在联锁工作单元的安全装置上	在机械臂未停止的状态下有人打开门并进入机器人的可达范围,机械臂撞到人身上

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围	机器生命周期		
方法	检查表;GB/T 15706—2012 中附录 B		—	—		
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
23	示教	紧固末端 执行器	接触区	机械危险 缠绕	操作人员调整机械臂到位以安装螺栓到法兰盘上	当将精力集中在安装末端执行器和法兰盘之间的螺栓时,导致头发或一部分衣服卡在移动的机械臂中
24			安全防护 空间	机械危险 挤压	操作人员调整机械臂至合适位置以安装末端执行器	当将精力集中在末端执行器和机械臂接口处时,导致操作人员人员在机械臂和某固定物体之间受到碰撞
25		示教机器人 语言程序	接触区	机械危险 挤压/冲击	操作人员为了将位置看得更精确,在示教模式下靠近机器人	当将精力集中在机器人目标点时,导致操作人员在机械臂和固定物体之间受到碰撞
26			控制区	人体工程学 疲劳	为了示教机器人,操作人员用示教盒长时间示教	示教盒的设计导致疲劳
27	最终程序验证		安全防护 空间	机械危险 挤压/冲击	当操作人员处于安全防护空间内,测试程序处于全速运转状态	程序的一些错误引起机械臂的意外动作,机械臂撞到操作人员
28			接触区	机械危险 冲击	操作人员位于控制区处进行全速运转测试	机械臂碰到物体导致机械臂的一部分掉落碰到操作人员
29			接触区	热量/着火	在测试过程中末端执行器中储能	马达过热并起火,烫伤或烧伤操作人员
30	运行	控制/检查	安全防护 空间	机械危险 挤压/冲击	操作人员进入机械臂工作单元检查停止的原因	机械臂已经停止正在等待信号,当操作人员靠近机器人时信号被触发,机械臂启动并撞到操作人员

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围	机器人生命周期		
方法	检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B		—	—		
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	事故场景		
				危险	危险状态	危险事件
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
31	运行	控制/检查	接触区	表面过热	操作人员进入机械臂工作单元检查停止的原因	当检查机器人停止的原因时,操作人员靠近机械臂并将手或者身体的某一部分放在电动马达的表面
32			安全防护空间	机械危险 挤压	机械臂单元被设计成工作站,操作人员可以调出工件以进行手动检查	由于安全系统的某些错误,机械臂没有将工件移动到指定的检查位置。而操作人员处在检查的位置并被机器人撞倒
33			安全防护空间	机械危险 挤压	在工作单元的其他设备需要注意,操作人员穿过光束进入工作单元	由于光束太靠近机械臂,机械臂来不及停下来,机械臂撞向操作人员
34		自动运行模式	控制区	人体工程学噪声	处于离机械臂非常近的位置	机械臂的噪声很大会导致听力损伤
35				机械危险 挤压	处于离机械臂非常近的位置	由于连接机械臂和机器人底座的螺栓的疲劳,机械臂从底座脱离倒向操作人员
35				机械危险 冲击	处于离机械臂非常近的位置	工序中许多灰尘和碎屑积聚在平衡单元的底部,碎屑在累积到足够高度时会阻止平衡单元的移动,导致平衡单元转轴的断裂,机械臂倾覆倒向操作人员
37				机械危险 挤压	处于离机械臂非常近的位置	由于连接抓手和法兰盘之间的螺栓断裂,抓手飞离机械臂,击中操作人员

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人	样品编号				
原始资料	规范、初始设计	范围	机器人生命周期			
方法	检查表;GB/T 15706—2012 中附录 B	—	—			
运行	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险事件 (GB/T 15706—2012 中表 B.4)
	38			机械危险 挤压	处于离机械臂非常近的位置	程序的一个错误使机械臂碰到机械终点挡板,终点挡板的错误安装使得机械臂继续活动,从而导致操作人员受到碰撞
	39		控制区	机械危险 挤压	处于离机械臂非常近的位置	程序的一个错误使机械臂碰到错误安装的电子限位开关,机械臂超过终点继续移动并撞到操作人员
	40			机械危险 挤压	电力故障导致机械臂停止	电力故障时的停止行为使得机械臂进入受到安全电子开关限制的区域,以致机械臂撞到人
	41			机械危险 挤压	处于离机械臂非常近的位置	机器人经过奇异位置时,由于轴速过快将负载甩出,击伤人员
	42		安全防护空间	机械危险 挤压	电力故障后机械臂重启	启动的时候机械臂发生不可预期的动作,撞伤操作人员
	43			机械危险 挤压	解除制动板短路	由于短路,一个或所有的抱闸松开。机械臂垮塌,撞伤操作人员
	44			机械危险 挤压	有潮湿空气或水的软管破损,湿气或水落到电气元件上	湿气导致电气故障,机械臂发生不可预期的动作,撞伤人员
	45		机器环境	着火	负载被错误地定义为比实际负载小	错误的负载定义导致电机过热,从而引发火灾

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围	机器人生命周期		
方法	检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B		—	—		
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
46	运行	自动运行模式	机器环境	着火	机械臂储能	储能的机械臂导致电机过热,从而引发火灾
47			控制区	机械危险 冲击	处在离机械臂非常近的位置	部分线缆从机器人上脱离并摆动,撞到操作人员身上
48		原材料的送给、填充、加载	安全防护空间	机械危险 挤压	操作人员进入机械臂工作单元,将新材料放入料管入口或清空料管出口	机械臂靠近料管取出或者放下工件时,撞到操作人员
49				机械危险 挤压	操作人员进入机械臂工作单元,将新材料放入料管入口或清空料管出口	刹车失灵导致制动距离过长,机械臂撞向操作人员
50		控制区	机械危险 冲击	操作人员通过示教盒调整机器人目标点,并且没有在示教模式下完成测试就启动	调整使机械臂撞向某物体,末端执行器损坏,一部分失控飞出撞向操作人员	
51		控制区	机械危险 冲击	操作人员通过示教盒调整机器人的移动速度,并且没有在示教模式下进行测试就启动	调整引起机器人的一些动作,使得末端执行器无法可靠抓取工件,工件飞落撞向操作人员	
52		控制区	机械危险 冲击	操作人员调整机械挡块	该机械挡块以不同于程序使用方式移动,机械臂全速冲向挡块,导致机械臂的零件飞出击伤操作人员	
53		控制区	机械危险 冲击	机械臂被重新校准到一个错误的位置	机械臂移动到不应该到的区域并击伤人员	

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人	样品编号				
原始资料	规范、初始设计	范围	机器人生命周期			
方法	检查表;GB/T 15706—2012 中附录 B	—	—			
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	事故场景		
				危险 (GB 11291.1—2011 中表 A.1, 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)
54	运行	操作过程中的微小干预(例如:移除废料,清除堵塞,局部清洁)	安全防护空间	机械危险 冲击	抓手已经进入储能状态,操作人员进入工作单元纠正错误	抓手的气动系统中已经储存了能量。一旦释放会发生突然的移动
55			安全防护空间	热危险 烫伤	抓手的故障使得操作人员进入机械臂工作单元去清除故障	操作人员进行清洁的时候就可能与马达的高温表面接触
56			安全防护空间	机械危险 挤压	机械臂在安全防护空间的一些部分需要清洁,操作人员在没有停止机器人的情况下进行清洁	由于机械臂护栏的错误设计,导致在操作期间可以进入。操作人员就有可能为了节省时间进入,机械臂发生突然移动击伤操作人员
57						人员在机械臂下作业,站立时撞到头部
58		在中断或停止运行后重启机器人	控制区	机械危险 冲击	机械臂已经停止,但为了解决某些问题将它慢慢偏离既定路径	一旦机械臂不在既定路径上,启动自动模式,机械臂就会自动选择较短的返回路径。过程中发生的碰撞会损坏抓手或机械臂,上面的零件松掉并飞出去击伤操作人员
59			控制区	人体工学 噪声	停留在机器人附近	机械臂发出的噪声非常大会对听力造成损伤

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人	样品编号	机器人生命周期			
原始资料	规范、初始设计	范围				
方法	检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B	—				
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险事件 (GB/T 15706—2012 中表 B.4)
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)		
60	清洁维护	调整	—	—	—	没有发现已经考虑到的风险
61		清洁	接触区	机械危险 挤压	停留在机械臂下方	机械工作时制动停止,由于密封破损导致油泄漏到刹车盘上,机械臂滑落砸伤人员
62				热危险 烫伤	机械臂刚刚停止,在清理时仍然很热	清理机械时清洁人员与马达的高温表面发生接触
63				机械危险 挤压	清洁时人员站在机械臂下方	有人不小心碰到抱闸松开按钮,机械臂下落击伤人员
64				热危险 烫伤	机械臂刚刚停止,在开始作业时仍然很热	当维修人员开始工作时,有人接触到高温表面并被烫伤
65		拆除/去除机器人的零件、部件、设备	接触区	机械危险 挤压/切削	机械臂在手动模式下移动到某个适合更换零件的位置	当维修人员缓缓移动机械臂时,注意力集中在机械臂的某些部分,使得机械臂撞向自己或在上下两臂之间被剪切到
66				电气危险 电击	在机械臂自动归位时触碰到机械臂	由于机械臂结构的锋利边缘与带电的线缆接触,机械臂也会因此带电导致人员触电
67				机械危险 挤压	提升沉重的部分	起重设备没有按预期工作,被提起的部分变得不稳定,维修人员会被挤压
68				机械危险 挤压	在机械臂系统处于非固定的不稳定位置时,操作人员移除马达	当从齿轮中移马达时,机械臂系统滑落并且会击伤操作人员或附近的人

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围		机器人生命周期	
方法	检查表;GB/T 15706—2012 中附录 B		—		—	
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB 11291.1—2011 中表 A.1, GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
69	清洁维护	润滑	接触区	高温流体	机械臂刚刚停止,但是在执行维修工作时仍然是高温	当维修人员从齿轮中排空油时油温是很高的,可能会被油烫伤手或者身体的其他部位
70				人体工学 过敏反应	排除润滑油	在排油的过程中,维护人员可能会对沾在手上的油表现出过敏反应
71				高温流体	在齿轮中留存有高压	齿轮中的高压使得油喷射而出击中人员
72				机械危险 挤压	和被起重设备提升的沉重部件站的过近	起重设备没有按照预期工作,被提起的部分变得不稳定,维修人员被挤压
73		更换磨损的部件	接触区	电气危险 电击	在缓慢移动机械臂时有人去碰它	电线出现破损,与机械臂结构接触,机械臂带电。这时接触的人员可能被电击
74				人体工学	没有起重设备而是用手提重物	提升导致人员受伤
75	故障查找/ 故障排查	调整	接触区	机械危险 挤压/切削	在同步机械臂的时候,操作人员站的过近	机械臂突然做出不可预期的动作击伤人员
76				机械危险 切削	通过示教盒移动机器人时将注意力集中在调整上,站立位置离机器人过近	操作人员的身体某些部位在上下臂中间被剪切到
77				机械危险 冲击	操作人员将注意力集中在整个过程中,此时他站的离机械臂过近	机械臂突然做出意想不到的移动击伤人员

表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)									
产品名称		工业机器人		样品编号					
原始资料		规范、初始设计		范围		机器人生命周期			
方法		检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B		—		—			
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险 (GB 11291.1—2011 中表 A.1, 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)	事故场景		
78	故障查找/ 故障排查	故障排除	接触区	电气危险 电击	拆除电动马达的盖子并缓慢移动的机器人	马达的连接器破损,造成其与马达外壳相连接。在这种情况下外壳带电,接触造成电击			
79		隔离和能量消耗	接触区	机械危险 挤压	人员在机械臂附近工作时,身体的某些部位和解除制动的按钮很近	人员无意中按下解除制动按钮,导致轴落下砸伤自己或附近的人			
80		从控制与保护装置故障中恢复	安全防护空间	机械危险 挤压	当操作人员故障后重启控制柜的时候有人在安全防护空间内	控制柜一旦重启,机械臂就开始移动,可能会击伤或重伤安全防护空间内的人员			
81		从干扰中恢复	安全防护空间	机械危险 挤压	机械臂沿着较短的路线回到编程路径上	这种捷径使得机械臂在不可预期的路径上运动,会击伤操作人员			
82		维修	—	—	—	没有发现在维护阶段未被处理的风险			
83		更换机器的零件、部件、装置	—	—	—	没有发现在维护阶段未被处理的风险			
84		被困人员的救援	接触区	机械危险 挤压	当有人被卡在机械臂和某固定物体之间时,另一个人使用解除制动按钮来解救被困人员	当按下解除制动按钮时,机械臂的自重使得机械臂下落的更多。导致被困人员受到更大的挤压			
85		重置	—	—		解救人员按错按钮时,机械臂下落撞向被困人员			
86						没有发现进一步的危险			



表 A.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人	样品编号				
原始资料	规范、初始设计	范围	机器人生命周期			
方法	检查表:GB/T 15706—2012 中附录 B	—	—			
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	事故场景		
				危险 (GB 11291.1—2011 中表 A.1, 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)
87	拆卸停用	断开和能量耗散	接触区	电气危险 电击	保护性接地连接器断开	当 PE 去掉后,短路使得机械臂带电。人员碰到机械臂从而遭到电击
88		拆解	—	—	—	没有发现在维护阶段未被处理的风险
89		提升	接触区	机械危险 挤压	机械臂处在不正确的提升位置	由于提升过程中的错误位置导致稳定性不好,机械臂倾倒落在正在提升的人员身上
90		运输	—	其他	机器人寿命结束之后,抱闸功能不可靠	由于运输过程的颠簸,抱闸打滑导致机械臂移动。移动导致运输车辆发生事故
91	卸载		接触区	机械危险 挤压/切削	停用工人拆除电机	轴没有释放,导致当电机卸掉后机械臂下落击中人员
92				爆炸	用剪切枪停用	在剪切之前,电池没有被去除,发生爆炸
93				爆炸	用剪切枪停用	减速箱在排油的过程中,枪的热量导致过压和爆炸,使得停用工人受伤

附录 B
(资料性附录)
AGV 危险源识别

AGV 危险源识别表参见表 B.1。



表 B.1 AGV 危险源识别表

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围	机器生命周期		
方法	检查表法:GB/T 15706—2012 中附录 A		—	—		
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
1	运输阶段	提升	—	机械危险 挤压	围观提升 AGV	AGV 意外滑动,对周边或操作人员造成挤压伤害
2		推行	—	机械危险 碰撞	站在 AGV 周围	推行过程移动机器人路线不固定,碰撞到周围物体
3		包装	—	机械危险 切割	包装时和 AGV 车体、 壳体边缘接触	包装时,操作人员被切割
4		装载	—	机械危险 挤压	在运输车上包装	不稳定的 AGV 托盘导致操作人员被挤压或车体坠落
5		运输	—	机械危险 碰撞	AGV 在运输车上发生 相对滑动	运输过程中由于路面颠簸导致 AGV 滑动,产生碰撞导致损坏
6		卸载	—	机械危险 挤压	从运输车上卸载	不稳定的 AGV 托盘导致操作人员被挤压
7			—	机械危险 挤压	从运输车上卸载	AGV 未与托盘固定导致操作人员被挤压

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV		样品编号	机器生命周期		
原始资料	规范、初始设计		范围			
方法	检查表法:GB/T 15706—2012 中附录 A		—	—		
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	事故场景		
				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)
8	运输阶段	拆包	—	机械危险 刺穿/刺破	拆包时拆卸 AGV 固定支架	运输过程中的木质支架存在尖刺和锯齿状边缘,对拆包人员造成刺穿或刺破伤害
9	安装调试	放置到产线	限制区	机械危险 挤压	当 AGV 被提升时倾倒或跌落,并对人员造成挤压伤害	提升设备不正常,AGV 失去稳定性,跌落并砸伤附近人员
10		试车调试	限制区	机械危险 挤压	AGV 在试车调试时失速或避障传感器不工作,与附近人员发生碰撞	试车调试时出现人为失速或机器故障,对调试人员或周围人员产生碰撞伤害
11		无负载测试	危险区	机械危险 碰撞	人员与 AGV 范围靠的太近	AGV 测试时,不按设定轨迹行走,运行方向错乱碰撞到操作人员
12			危险区	机械危险 卷入/挤压	AGV 附加设备伤人	人员受 AGV 附加的滚筒、举升、皮带等设备挤压、卷入的伤害
13	危险区		火灾/爆炸	AGV 在易燃易爆气体中	当电机运转时产生火花易燃易爆气体,人员因爆炸受伤	
14		危险区	电池着火爆炸	电池发生短路	AGV 设备短路未能跳闸而引起电池爆炸,伤及人员	
15		危险区	热量/着火	在测试过程中末端执行器储能	马达过热并起火	
16		加载调试	限制区	机械危险 挤压	AGV 负载跌落将调试人员砸伤	进行加载调试时,加载物未有效固定,加速时跌落砸伤人员

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称		工业机器人-AGV		样品编号		
原始资料		规范、初始设计		范围		机器生命周期
方法		检查表法:GB/T 15706—2012 中附录 A		—		—
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
17	安装调试	料架/料车调试	限制区	机械危险 挤压	连接不牢靠产生料架/料车脱落	进行料架/料车调试时,插销或其他连接不牢靠导致料架/料车脱落,造成周围人员伤害;或者转弯时控制失当,导致 AGV 翻车损坏
18		上电调试	限制区	电击	上电后电击操作人员	上电调试过程中出现电池漏电,电缆线未正确安装、裸漏,设备静电未释放到地等,对人员造成电击
19		拆装接线	限制区	机械危险 剪切	调试出现有问题时,擅自拆开 AGV 外壳	无防护措施下拆装人员被板材边缘划伤
20			限制区	机械危险 剪切/挤压	调试人员在调试时未确认与 AGV 有关的人员已离开机器运行附近区域	调试过程当中 AGV 运行时,正在拆装 AGV 的人员会被碰撞或挤压
21	安装调试	集成到产线	限制区	火灾/爆炸	AGV 在易爆气体环境中进行调试	当电机运转时产生火花引燃易爆气体环境,人员因起火而受伤
22	示教	调整以及设置保护设备及其他元件	限制区	机械危险 挤压	示教时,安全传感器功能没有开启,或故意屏蔽	造成人员撞伤

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV	样品编号				
原始资料	规范、初始设计	范围	机器生命周期			
方法	检查表法:GB/T 15706—2012 中附录 A	—	—			
生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险 (GB/T 15706—2012 中表 B.1)	事故场景		
				危险状态 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险事件 (GB/T 15706—2012 中表 B.4)	
23	物料装载	危险区	机械危险 挤压	人工进行背负式 AGV 物料 装载	在装载物料过程中,物料未固定稳而发生坠落,砸伤人员	
24		危险区	机械危险 挤压	举升式 AGV 物料举升阶段	物料未进行有效固定,在举升阶段发生坠落,砸伤人员	
25		危险区	机械危险 切割	人工进行料架/料车装接	用固定销或其他手段对料架/料车装接时,碰到锋利的 边缘被割伤	
26	控制/检查	限制区	机械危险 挤压	操作人员进入 AGV 行走路 径被碰撞	操作人员进入 AGV 行走路径,且在安全传感器感应范 围外,或传感器已损坏造成人员被撞伤	
27		限制区	机械危险 挤压/碰撞	操作人员到 AGV 附近检查 停止的原因	AGV 已经停止正在等待信号,当操作人员靠近时信号被 触发,AGV 启动并撞到操作人员	
28		限制区	热危险 烫伤	操作人员进入 AGV 附近检 查停止的原因	当检查 AGV 停止的原因时,操作人员靠近 AGV 并将手 或者身体的某一部分放在电机或电池的附近造成烫伤	
29	自动/调度运行	危险区	噪声危险 不适	处于离 AGV 蜂鸣器或喇叭 非常近的位置	AGV 的噪声很大,长时间导致听力累积伤害	
30		危险区	机械危险 挤压	处于离机械臂非常近 的位置	由于连接机械臂和机器人底座的螺栓的疲劳,机械臂从 底座脱离倒向操作人员	

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV		样品编号	机器生命周期		
原始资料	规范、初始设计		范围			
方法	检查表法;GB/T 15706—2012 中附录 A		—	—		
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险	危险状态	危险事件
				(GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)
31	运行	自动/调度运行	危险区	机械危险 挤压	处于离机械臂非常近的位置	由于程序错误使得 AGV 到达工作工位后仍继续行走，碰撞到操作人员
32			危险区	机械危险 挤压/碰撞	AGV 临时停车，操作人员检查 AGV 时未按下急停按钮	AGV 停车，操作人员上前检查后突然启动碰撞到操作人员
33			危险区	机械危险 挤压卷入	检查移动机器人附件运动部件时未按要求操作	操作人员检查移动机器人附加运动部件(举升平台、滚筒、翻盖等)时，运动部件突然启动，造成人员受伤
34			危险区	机械危险 挤压/碰撞	AGV 撞人	AGV 运行过程中，激光避障功能失效、轨迹出错等情况出现，可能会导致 AGV 碰撞到现场的人员
35			危险区	机械危险 碰撞	AGV 撞车	现场调度出错、激光避障功能失效等因素可能导致 AGV 撞车损毁
36			危险区	机械危险 挤压	AGV 转弯时，在避障盲区产生对人员伤害	AGV 在转弯时会存在明显的避障盲区，导致人员受碰撞伤害
37			危险区	机械危险 碰撞	处于离 AGV 非常近的位置	AGV 转弯时，速度过大或者负载过大，导致 AGV 和/或负载惯性偏离轨道撞到人员
38			危险区	机械危险 挤压	处于离 AGV 非常近的位置	现场人员离 AGV 过近时，特别在 AGV 转弯过程中存在被压伤脚的风险
39			危险区	机械危险 碰撞	处于离 AGV 非常近的位置	刹车失灵，导致 AGV 撞向误入运行轨迹上的人员

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围	机器生命周期		
方法	检查表法;GB/T 15706—2012 中附录 A		—	—		
生命周期	任务	危险区域	危险	事故场景		
				危险状态	危险事件	
编号	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)		
40	操作过程中的微小干预(例如:移除废料,清除堵塞,局部清洁)	限制区	机械危险 挤压/碰撞	AGV 已经进入上电状态,操作人员上前对装载物姿态进行调整或添加装载物	AGV 失控突然移动,撞伤工作人员	
41		限制区	热危险 烫伤	AGV 临时故障(如传感器头落灰或遮挡)时,人员去清除故障或清洁设备	操作人员进行故障清除或清洁设备的时候就可能与电机等高温表面接触发生灼伤	
42	物料运输	危险区	机械危险、碰撞	AGV 搬运物料到工作台	AGV 运送物件时撞伤人员	
43		危险区	机械危险 碰撞	AGV 搬运物料运输过程中	AGV 受安全检测区域范围限制,在盲区内有人员经过被碰撞到	
44		危险区	机械危险 碰撞	AGV 搬运物料运输过程中	AGV 刹车控制失灵而碰撞到人员	
45	参数微调 and 设置	限制区	机械危险 碰撞	参数还未完全下载时启动 AGV	AGV 失控,非正常行驶撞伤人员	
46		限制区	机械危险 碰撞	AGV 行走路径错误	AGV 设置的任务点不在范围内,造成失控撞伤人员	
47		限制区	热危险 烫伤	AGV 故障,操作人员检修	操作人员检修碰到电机造成烫伤	

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围	机器生命周期		
方法	检查表法:GB/T 15706—2012 中附录 A		—	—		
生命周期	任务	危险区域	危险	危险状态	事故场景	
编号	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)		(GB/T 15706—2012 中表 B.1)	(GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险事件	
48	在中断或停止运行后重启设备	危险区	机械危险 碰撞	AGV 已停止但某些原因而偏离停车点	(GB/T 15706—2012 中表 B.4)	
49	监督	危险区	噪声危险 不适	人员停留在 AGV 附近	偏离轨道后重启,如果机器人不能重新获取当前位置,则会停止不动;若知道当前位置则调整姿态时碰撞到操作人员	
50	调整	—	—	—	AGV 的噪声很大,长时间导致听力累积伤害	
51	充电	危险区	着火/爆炸	动力电池充电时间过长,未及断开电	没有发现已经考虑到的风险	
52	充电接线	限制区	电气危险 电击	充电过程中,有工作人员待在 AGV 周围	过充、短路等原因造成 AGV 电池起火、爆炸	
53	轨道清洁	危险区	机械危险 挤压	轨道偏移、破损	电线出现破损,与 AGV 结构接触,与 AGV 接触的人员可能被电击	
54	防撞条	危险区	机械危险 挤压	AGV 误碰到人员或者固定物体	轨道偏移、破损,不能正确引导 AGV,导致 AGV 偏离预定轨道挤伤人员	
55	清洁	危险区	机械危险 挤压	有人停留 AGV 周围	防撞条老化或损坏,不能有效地减轻 AGV 与人员或者固定物体碰撞时的冲击,造成人员受伤或物体受损	
56		危险区	热危险 烫伤	AGV 刚刚停止运行,在清理时仍然很热	地面不平整、制动系统失效或误操作启动 AGV 引起 AGV 异动挤伤人员	

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV	样品编号				
原始资料	规范、初始设计	范围	机器生命周期			
方法	检查表法;GB/T 15706—2012 中附录 A	—	—			
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	事故场景		
				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)
57	清洁、维护	拆除/去除机器的 零件、部件、设备	危险区	热危险 烫伤	AGV 刚刚停止运行,在开始 作业时仍然很热	当维修人员开始工作时,有人接触到高温表面并被烫伤
58			危险区	机械危险 挤压	拆除零部件挤压到手	操作人员保养维修设备拆除零部件,未采取适当的防护措施,造成机械部件挤压操作人员
59			危险区	机械危险 挤压	提升沉重的部分	起重设备不能正常工作,被提起的部分变得不稳定而导致倾覆,维修人员会被挤压
60			危险区	机械危险 挤压/冲击	—	操作人员未按规范操作起重设备,被提起的部分变得不稳定而导致倾覆,维修人员会被挤压
61		润滑	危险区	油污打滑摔伤	液压设备漏油	液压设备拆除维修或密封圈损坏造成漏油,操作人员因地滑而摔伤
62			危险区	人体工学 过敏反应	排除润滑油	在排油的过程中,维护人员可能会对沾在手上的油表现出过敏反应
63			危险区	机械危险 挤压	和被起重设备提升的沉重部件站的过近	起重设备没有按照预期工作,被提起的部分变得不稳定,维修人员被挤压
64		更换磨损部件	危险区	机械危险 挤压	和被起重设备提升的沉重部件站的过近	起重设备不能正常工作,被提起的部分变得不稳定而导致倾覆,维修人员会被挤压
65			危险区	人体工学	没有起重设备而是用手提重物	提升导致人员受伤

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)									
产品名称		工业机器人-AGV		样品编号					
原始资料		规范、初始设计		范围		机器生命周期			
方法		检查表法:GB/T 15706—2012 中附录 A		—		—			
编号	生命周期	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	事故场景					
				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)			
66	故障查找/ 故障排查	调整	危险区	机械危险 挤压	推行 AGV 时碰撞人	将机器人推行到检修区时,因制动性能的丧失从而碰撞到其他人造成受伤			
67		故障排除	危险区	机械危险 挤压/卷入	检修电机时电机突然运行	维护人员检修电机设备时,其他人员无意中按下电机启动按钮,导致维护人员的手指受到齿轮挤压而受伤			
68		隔离和能量消耗	危险区	机械危险 挤压	人员在 AGV 附近工作时,身体的某些部位和解除制动的按钮很近	人员无意中按下解除制动按钮,导致碰伤自己或附近的人			
69		从控制和保护装置 故障中恢复	危险区	机械危险 挤压	AGV 重新启动后有人在行走路径上而未被检测到	AGV 突然启动碰撞到在行走路径上的人员			
70		维修	—	—	—	没有发现在维护阶段未被处理的风险			
71		更换零部件装置	危险区	电气危险 电击	未断电时检修、更换 AGV 充电器	AGV 充电器的电气绝缘失效产生的电击风险			
72		重置	—	—	—	没有发现进一步的风险			
73	拆卸 停用	电池处理	危险区	人体工学	工人拆除 AGV 动力电池		操作不当引起电池破坏,内部化学物质流出,腐蚀皮肤引起过敏反应		

表 B.1 (续)

风险分析(危险识别)						
产品名称	工业机器人-AGV		样品编号			
原始资料	规范、初始设计		范围	机器生命周期		
方法	检查表法;GB/T 15706—2012 中附录 A		—	—		
生命周期 编号	任务 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险区域	危险 (GB/T 15706—2012 中表 B.1)	事故场景		
				危险状态 (GB/T 15706—2012 中表 B.3)	危险事件 (GB/T 15706—2012 中表 B.4)	
74	拆解	危险区	机械危险 冲击	工人拆开 AGV 内部结构	AGV 中部分弹簧处于压缩状态,具有一定弹性势能,贸然拆卸引起弹簧蹦飞,击伤人员	
75	提升	公共区	机械危险 挤压	AGV 处在不正 确 的 提 升 位置	由于提升过程中的错误位置导致稳定性不好,AGV 倾倒 落在正在提升的人员身上	
76	运输	公共区	其他	机器人寿命结束之后,抱闸 就不工作了	由于运输过程的颠簸,抱闸打滑导致 AGV 移动。移动 导致运输车辆发生事故	

附录 C
(资料性附录)
风险评价和风险减小示例

风险评价和风险减小的示例参见表 C.1。

表 C.1 风险评价和风险减小

风险评价和风险减小																
产品名称		工业机器人		样品编号		S、F、O 及 A 的定义见 5.6.2 RI: 风险指数										
原始资料		规范、初始设计		范围		机器生命周期										
方法		风险图: GB/T 16856—2015 中的 6.3		—		—										
编号	风险评估 (初始风险)					风险减小					风险评估 (风险减小后)				需进一步减小 风险	
	S	F	O	A	RI	保护措施					S	F	O	A		RI
2	2	2	3	1	5	本体与控制柜有吊装环,在吊装处指出吊点位置并贴有警告标识					2	1	1	1	2	不需
13	2	2	2	1	4	手册中有不稳定性警告和指示相关信息,本体贴有不稳定性警告标签					2	1	1	1	2	不需
16	2	1	2	2	3	提供安装作业指导,设备可接触外表面棱角处倒成圆角并喷漆					1	1	1	1	1	不需
18	2	2	2	1	4	使用说明书中有安全警告					2	1	1	1	2	不需
21	2	2	3	1	5	提供安全防护功能和使用说明书					2	1	1	1	2	不需
22	2	2	3	1	5	提供了安全操作信息和使用说明书					2	1	1	1	2	不需
27	2	2	2	1	4	速度监控回路性能等级设计符合 SIL 2 或 PL=d 及类别 3					2	1	1	1	2	不需
50	—	—	—	—	—	不考虑已确定的风险					—	—	—	—	—	不需
51	2	1	2	2	3	具备位置检测功能和使用说明书					2	1	2	1	2	不需
53	2	1	2	2	3	抱闸设计为上电释放,在断电情况下抱闸不可能松开; 使用说明书中有清理工作之前必须将电源关掉的说明。使用说明书里有手动释放抱闸的说明和警告					2	1	1	1	2	不需

表 C.1 (续)

风险评价和风险减小													
产品名称		工业机器人		样品编号		—		S、F、O 及 A 的定义见 5.6.2 RI: 风险指数					
原始资料		规范、初始设计		范围		机器生命周期							
方法		风险图: GB/T 16856—2015 中的 6.3		—		—							
编号	风险评估 (初始风险)					风险减小		风险评估 (风险减小后)					需进一步减小 风险
	S	F	O	A	RI	保护措施		S	F	O	A	RI	
66	2	1	2	2	3	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, 用户使用漏电传感装置)		2	1	1	1	2	不需
67	2	1	2	2	3	使用说明书中有维修说明, 要求经过培训的人员才被允许维修机器人		2	1	1	2	2	不需
69	2	1	2	2	3	使用说明书中有维修说明, 严格禁止当机器人停止运行后立刻打开注油嘴向机器人的电机或齿轮箱添加或更换润滑油(或润滑脂)。在齿轮箱附近有高温警告标志		1	1	2	1	1	不需
75	2	1	2	2	3	提供单点控制功能, 使用说明书有对该功能的描述		1	1	1	1	1	不需
77	2	1	2	2	3	抱闸设计为上电释放, 在断电情况下抱闸不可能松开, 使用说明书中有对清理工作之前必须将电源关掉 的描述; 使用说明书中有对抱闸松开处理步骤的描述; 使用说明书中有手动释放抱闸的说明和警告; 抱闸释放按钮的设计具有防护措施, 能防止意外操作		2	1	1	1	2	不需
90	2	1	2	2	3	对抱闸进行了耐久性设计并进行了充分测试		2	1	1	1	2	不需
注: 本表中的编号对应为表 A.1 中的相应编号。													



参 考 文 献

- [1] GB/T 5226.1 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 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇
 - [3] GB/T 17799.2—2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验
 - [4] GB 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
 - [5] GB/T 30030—2013 自动导引车(AGV) 术语
 - [6] EN 1525:1997 工业货车的安全 无驾驶员货车及其系统(Safety of industrial trucks—Driverless trucks and their systems)
-

