

前 言

本标准等效采用 ISO 10218:1992《工业机器人——安全》。根据该标准的技术内容,对 GB 11291—89《工业机器人 安全规范》进行了修订,并在编写格式上一一对应,且遵循 GB/T 1.1—1993 和 GB/T 1.22—1993 的规定。

本标准删除了 ISO 10218 中 3.1 和 3.2 的标题及术语“人”与“人员”的词条。GB/T 12643—90《工业机器人 术语和图形符号》中已有的术语,本标准不重复列出。

本标准比 GB 11291—89 的内容更全面,综合性更强,增加了安全分析和风险评价、机器人系统的设计及安全防护等章节。

本标准从实施之日起代替 GB 11291—89《工业机器人 安全规范》。

本标准的附录 A 为提示的附录。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国工业自动化系统标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:机械工业部北京机械工业自动化研究所、航天工业总公司 811 厂。

本标准主要起草人:王荣勤、胡景种、李良锋、陈佩云。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是各国家标准化团体(ISO 成员体)世界范围的联合体。通常国际标准的制定通过 ISO 技术委员会来执行。各成员体对技术委员会已确定的感兴趣的项目有权派代表参加。国际组织、政府和民间团体可与 ISO 联系,也可参加该项工作。有关电气标准化的各项工作,ISO 与国际电工委员会(IEC)紧密合作。

技术委员会采纳的国际标准草案由全体成员体投票表决,要求至少 75%的成员体表决赞成方能作为国际标准发布。

国际标准 ISO 10218 由 ISO/TC 184(工业自动化系统和集成)的分委会 SC2(制造环境用的机器人)制定。

附录 A 为提示的附录。

引 言

本标准是确认在含有工业机器人的制造自动化系统中存在特殊危险而制定的。

危险较好识别,但危险源在特定机器人系统中往往各不相同。危险的数量和类型与自动化过程的性质和装备的复杂性直接有关。

与危险相关的风险随着所用机器人的类型及其应用和安装、编程、操作和维护方式而变化。

由于确认在工业机器人应用中危险的多变性,故本标准给出了机器人设计和制造中的安全保证导则;又由于工业机器人应用中的安全受特定机器人系统设计和应用的影响,故本标准同时给出了机器人及其系统在安装、功能测试、编程、操作、维修期间的人身安全防护导则。

中华人民共和国国家标准
工业机器人 安全规范

GB 11291—1997
eqv ISO 10218:1992

代替 GB 11291—89

Industrial robots—Safety specification

1 范围

本标准规定了工业机器人及其系统在设计、制造、编程、操作、使用、修理和维护阶段的安全要求及注意事项。

本标准适用于制造环境中的机器人及其系统。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 12643—1997 工业机器人 词汇(eqv ISO 8373:1994)

GB/T 12644—90 工业机器人 特性表示(eqv ISO 9946:1992)

GB/T 5226.1—1996 工业机械电气设备 第一部分:通用技术条件

GB/T 15706.1—1995 机械安全 基本概念与设计通则 第一部分:基本术语、方法学

GB/T 15706.2—1995 机械安全 基本概念与设计通则 第二部分:技术原则与规范

ISO 6385—1981 工作系统设计中人类工效学原则

3 定义

本标准除采用 GB/T 12643—1997 中已定义的术语外,还采用下列定义。

3.1 使能装置 enabling device

一种手动操作装置,仅当其保持在预定位置时才允许机器人运动。

3.2 防护装置 guard

通过物理遮挡方式专用于提供防护的机械部件,按其结构可称为防护罩、壳、防护屏、栅栏、门、封闭式防护装置、隔栏等。

3.3 危险 hazard

可导致人身伤害或危及人体健康的情况。

3.4 危险状态(运动) hazardous condition (motion)

机器人或机器人系统可能导致人身伤害的状态(运动)。

3.5 握持运行控制装置 hold-to-run control

一种控制装置,只当人工按住操作时才使机器人运动,一旦松开则运动停止。

3.6 安全防护联锁 interlock for safeguarding

安全防护装置与机器人控制系统、动力系统及辅助设备相互连接的一种配置。

3.7 本地控制 local control

由机器人系统控制板或示教盒进行操作的机器人的一种状态。

国家技术监督局 1997-09-02 批准

1998-04-01 实施

3.8 锁定 lockout (tagout)

动力隔离装置(如隔离开关)上的锁或标记置于“关”或“断”位置,表明该动力隔离装置或设备正受控制,此时不应操作。

3.9 现场传感装置 presence sensing device

具有传感区域或空间的一种装置,用以探测进入该区域或空间的任何干涉。

注:现场传感装置包括光屏、电磁场、压敏装置、超声和红外装置及图像处理系统等。

3.10 慢速 reduced speed

由机器人制造商提供的一种可选速度,用以自动限制机器人速度达到预定值,使人有足够的时间排除危险运动或停机。

3.11 风险 risk

伤害发生的概率和伤害程度的组合。

3.12 安全操作规程 safe working procedure

当执行指派任务时,用以减少伤害可能性的规程。

3.13 安全防护装置 safeguard

用于防止进入危险点或危险区的防护装置或特定的人身保护装置。

3.14 安全防护空间 safeguarded space

由安全防护装置所确定的空间(见图1)。

注:安全防护空间包括限定空间。

3.15 安全防护 safeguarding

利用防护装置和保护装置及安全操作规程进行人身保护的措施。

3.16 故障查找 trouble shooting (fault finding)

按顺序确定机器人系统不能完成规定任务或功能失效原因的行动。

4 总则**4.1 基本要求**

机器人的运行特性与其他设备不同。机器人以高能运动掠过比其机座大的空间,机器人手臂的运动形式和启动很难预料,且可能随生产和环境条件而改变。

在机器人驱动器通电情况下,维修及编程人员有时需要进入其限定空间。且机器人限定空间之间或与其他相关设备的工作区之间可能相互重叠而产生碰撞、夹挤或由于夹持器松脱而使工件飞出等危险。

安全防护措施的设计和选择应考虑机器人的类型、应用及与其他相关设备的关系,该设计和选择必须适合正在进行的工作,并且使得示教编程、设定、维护、程序验证及故障查找要求设备布局紧凑时,也能安全操作。

选择安全防护措施应考虑与机器人安装有关的各种危险情况。在设计或选择合适的安全防护措施之前,必须识别各种危险和评价有关风险。

预防偶然事故的技术措施遵循下述两条基本原则:

- 自动操作期间安全防护空间内无人;
- 当安全防护空间内有人进行示教、程序验证等工作时,应消除危险或至少降低危险。

上述原则包括:

- 设立安全防护空间和限定空间;
- 机器人系统的设计,应使绝大多数作业在安全防护空间外完成;
- 要预设安全补偿措施,以防有人闯入安全防护空间。

4.2 安全分析

进行安全分析必须:

- 对于考虑到的(包括估计需要出、入或接近危险区)应用,确定所要求的任务;
- 识别(包括与每项任务有关的故障和失效方式等)危险源(见 4.2.1);
- 评价风险(见 4.2.2);
- 考虑把风险降低到可接受程度的安全对策(见 4.2.3);
- 选择与所要求的任务及可接受的危险程度相一致的安全防护措施(见 7.3,7.4 和 7.5);
- 评价已达到的整体安全水平,并保证可接受(见 4.2.3)。

4.2.1 危险源

危险可能由机器人系统本身产生,也可来自周边设备,或来自人与机器人系统的相互干扰,如:

- a) 由于下述设施失效或产生故障
 - 1) 保护设施(如设备、电路、元器件)移动或拆卸;
 - 2) 动力源或配电系统失效或故障;
 - 3) 控制电路、装置或元器件失效或故障。
- b) 机械部件运动引起夹挤或撞击
 - 1) 部件自身运动;
 - 2) 与机器人系统的其他部件或工作区内的其他设备相连的部件运动。
- c) 储能
 - 1) 在运动部件中;
 - 2) 在电力或流体动力部件中。
- d) 动力源
 - 1) 电气;
 - 2) 液压;
 - 3) 气动。
- e) 危险气氛、材料或条件
 - 1) 易燃易爆;
 - 2) 腐蚀或侵蚀;
 - 3) 放射性;
 - 4) 极高温或极低温。
- f) 噪声
- g) 干扰
 - 1) 电磁、静电、射频干扰;
 - 2) 振动、冲击。
- h) 人因差错
 - 1) 设计、开发、制造(包括人类工效学考虑);
 - 2) 安装和试运行(包括通道、照明和噪声);
 - 3) 功能测试;
 - 4) 应用和使用;
 - 5) 编程和程序验证;
 - 6) 组装(包括工件搬运、夹持和切削加工);
 - 7) 故障查找和维护;
 - 8) 安全操作规程。
- i) 机器人系统或辅助部件的移动、搬运或更换。

4.2.2 风险评价

机器人的尺寸、能力、速度和用途各有不同,因而,会存在不同种类和不同程度的危险。应评价机器

人系统在安装、编程、操作、使用、故障查找和维修时的风险(见 GB/T 15706.1—1995 的第 6 章)。

在驱动器工作的情况下,当需要接近机器人时,应特别小心。在特殊情况下经允许接近机器人时,应设计和应用合适的安全防护装置。并注意由于动能等因素,机器人急停后的最终位置不能完全确定。

4.2.3 安全措施选择对策

安全措施由设计阶段的安全措施和要求用户实施的安全措施构成。

机器人系统的设计和开发首先应考虑保持可接受的性能等级。若达不到,安全防护应考虑在应用中保持机器人系统的柔性。安全防护包括采用安全防护装置、警示方式及安全操作规程等(见 7.3,7.4 和 7.5 及 GB/T 15706.1—1995 第 5 章)。

5 基本设计要求

5.1 安全失效

机器人系统在设计、制造和应用中应考虑到万一某个元部件(电气、电子、机械、气动或液压)发生不可预见的失效时,安全功能应不受影响,若受影响时,机器人系统仍应保持在安全状态。安全功能至少应包括如下方面:

- 限定运动范围;
- 紧急停机和安全停机;
- 慢速;
- 联锁防护装置。

GB/T 5226.1—1996 的 9.2 的要求也适用于控制功能失效的情况。

5.2 电气设备

机器人及机器人系统电气设备的应用应符合 GB/T 5226.1—1996 的 4.3~4.7 的要求。

5.3 电源

电源及接地(保护接地)要求应符合制造厂产品标准的规定。

5.4 电源隔离

每个机器人系统都应有与其供电电源隔离的装置,该装置要设在无人身伤害危险之处,且具有断路或开路功能(供电电源切断装置的要求见 GB/T 5226.1—1996 的 5.3.3)。

6 机器人设计和制造

6.1 基本要求

机器人制造厂应遵循本章和第 5 章叙述的原则设计和制造机器人。

6.2 人类工效学

应用人类工效学的措施和数据,有助于提高安全水平,因而使作业更容易完成,且当人进行修理、维护、检查、编程、操作等作业时,可减少人因差错。其要求如下:

——机器人各部件的设计应考虑操作人员的身材、姿势、体力和动作等特征(见 ISO 6385—1981 的 4.1.1 和 4.1.2)。

——人机接口(包括操作和编程装置,信号单元比如手持式控制装置、控制板、计算机终端及应用程序的软件驱动装置)的设计和布局应易于操作。

——应明确显示机器人工作方式及非编程停机原因等相应信息。

6.3 机械

6.3.1 基本要求

应在原始设计中消除由机器人运动部件产生的危险,若不能消除,则应进行综合安全防护设计。必要时,则应考虑采取安全预防措施。

6.3.2 运动范围的限制

为了限定主轴运动范围,机器人的设计中应采取预防措施。当计划要求使用限定运动范围方式时,应遵循下述原则:

——可采用机械停止装置。该装置应是可调整的,当机器人在额定负载下以最大速度运动时,机械停止装置应能使其停止在任一已调整的位置。

——仅当在设计、制造、安装时达到与机械停止装置同等的安全水平的情况下,可采取限定运动范围的其他方法,包括使用机器人控制器和 GB/T 5226.1—1996 的 9.3.2 规定的限位开关。

6.3.3 防护罩和外壳

构成危险因素的电、液等设备应有固定防护罩或外壳,机器人操作期间不能打开和卸下防护罩。打开和卸下时要求使用工具。

6.3.4 运输

运输时,应提供吊钩、吊环螺钉等。为防止运输时产生意外运动,要正确使用这些装置并将其定位。机器人上应标明重量。

6.3.5 安装的预防措施

应提供牢固安装机器人的方法,以便在所有设计的操作条件下都能提供稳定的操作。

6.4 控制

6.4.1 面板布置

操作控制器件应按 GB/T 5226.1—1996 第 10 章的要求进行布置、标识和保护,以防出现意外的或偶然的误操作。

6.4.2 紧急停机

手动操作急停器件应符合 GB/T 5226.1—1996 的 10.7 的要求。每台机器人都应有与外部急停装置、安全防护装置相连接的措施或与急停电路联锁。

在任一机器人启动之前,必须手动复位急停电路。急停电路自动复位不应启动任何运动。由于急停或动力源故障引起逻辑判别错误或存储状态丢失,则必须在逻辑或存储顺序复位后再开始操作。

6.4.3 安全停止

当采用安全停止电路时,机器人应将安全防护装置和联锁装置与该电路相连接。机器人启动前,必须将其驱动器的动力源复位,驱动器动力源的复位不应引起机器人的任何动作(见 GB/T 5226.1—1996 的 9.2.2 类别 I)。

6.4.4 电连接器

应采用带键的或带标志的电连接器,以免失配引起机器人危险运动。若电连接器分离或破裂可能引起机器人危险运动,则应在设计制造时采取保护措施。

6.4.5 示教盒

示教盒应按下列要求设计:

- a) 示教盒的设计应按人类工效学原则(见 6.2);
- b) 在安全防护空间内使用示教盒时,应不能启动机器人自动操作;
- c) 示教盒应设急停装置;
- d) 安全防护空间内的人员使用示教盒启动机器人运动时,该示教盒应具有握持运行控制装置;
- e) 设计机器人控制器应考虑:当用示教盒控制机器人时,其所有运动只能由示教盒启动;
- f) 由示教盒启动机器人的所有运动速度都应不大于“慢速”,确定可接受的“慢速”取决于机器人的作用力及机器人的使用要求(如安装布局)。机械接口处测量的“慢速”值应不超过 250 mm/s。

f) 的例外情况:当要求大于“慢速”时(如验证工作程序),操作人员应以特别小心的动作(如用键开关)进行选择。当安全防护空间内有人时,应仅使用握持运行控制装置和使能装置启动机器人运动(见 6.4.6)。

6.4.6 使能装置

当使能装置作为机器人系统的一部分时,该装置应设计成仅在其一个位置允许机器人运动或具有其他功能,而在其他位置应安全停止危险运动和作用。该装置本身的操作不应产生危险运动或作用。

当要求使用使能装置时(如机器人的运动速度大于“慢速”),应与安全停止电路或另一等效安全级的停止电路相连接。

当安全防护空间内无人或机器人运动速度小于“慢速”时,通过设计可使使能装置不起作用。

使能装置可以是示教盒的一部分,也可以单独设置。

6.5 采用移动手臂进行编程的机器人的预防措施

对于由人工导引手臂进行编程的机器人,在需要编程或补偿时,应采取切断电源的安全预防措施。

6.6 应急预防措施

为防机器人轴意外运动,应采取预防措施,如:

a) 切断动力源:

——采用溢流阀使系统降压;

——若有配重平衡,需设伺服驱动制动器的手动释放装置。

b) 接通动力源:

——应采用先导控制阀或装置的手动控制设施;

——用控制装置启动反向运动。

6.7 动力源

机器人的设计和制造应考虑:当动力源丧失、恢复或变化时,不会引起机器人危险运动。

6.8 储能

应给出控制释放储能的方法。常见的储能形式有:流体蓄压器、电容器、弹簧、反向配重和飞轮等,储能能源上应打上标签。

6.9 干扰

设计、制造机器人时,应综合考虑工程实践经验,尽量减少电磁干扰(EMI)、静电放电(ESD)、射频干扰(RFI)、热、光、振动等干扰对安全的影响。

注:抗干扰措施的要求和试验见 GB/T 5226.1—1996 的 4.4.1 和 20.6。

6.10 操作状态的选择装置

应提供明确选择操作状态的装置,并标明所选的操作状态。选择不同的操作状态其本身不应引起机器人运动或启动其他功能。

操作状态(如设定、示教、程序验证等)选择时,仅当操作状态选择(如键选择)设备可靠时,方允许暂停执行安全防护。安全防护暂停运行时应防止自动(正常)操作,且机器人应在“慢速”下运动(例外情况见 6.4.5f)。

6.11 文件要求

机器人制造厂应提供的文件见 10.1。

7 机器人系统的设计和安全防护

7.1 基本要求

机器人系统制造厂或供应商应按本章和第 5 章原则设计和制造机器人系统。

7.2 设计

7.2.1 基本要求

机器人系统的设计应按制造厂的规范使操作、编程和维护系统的人员得到恰当的安全保护,为确保机器人及其系统与预期运行状态相一致,应判明所有环境条件。如:易爆性混合物、腐蚀环境、湿度、粉尘、温度、电磁干扰(EMI)、射频干扰(RFI)和振动等。

7.2.2 安全防护空间

风险评价应规定所需限定空间之外的附加空间,以确定安全防护空间(见图1)。

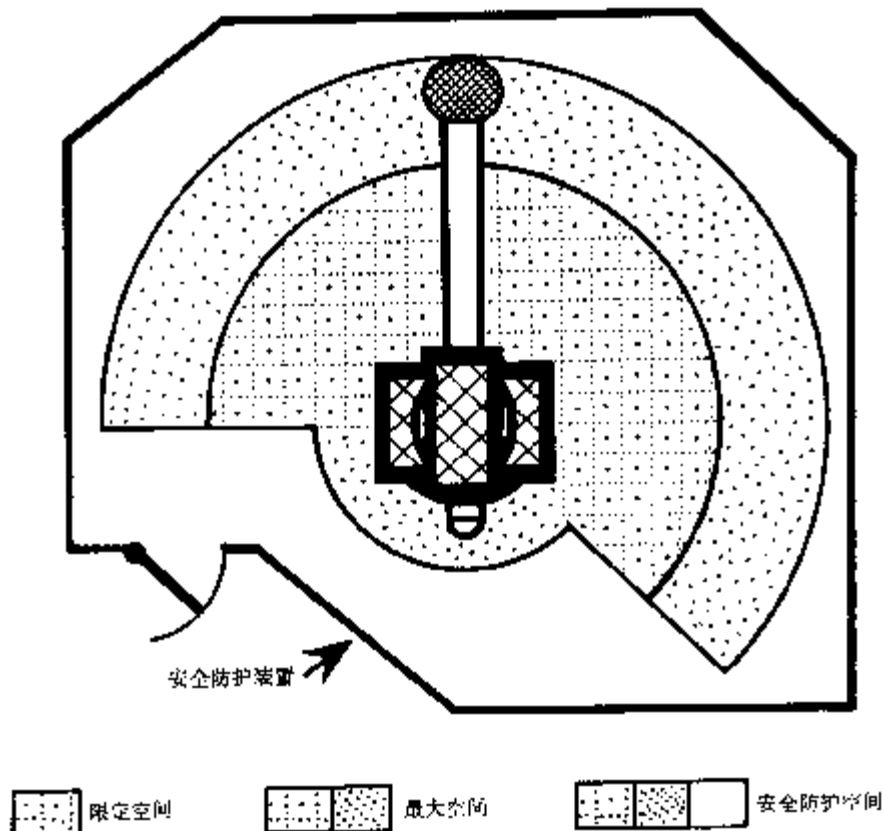


图1 限定空间和安全防护空间

7.2.3 机器人系统的布局

7.2.3.1 控制柜应安装在安全防护空间外。当控制柜安装在安全防护空间内时,控制柜定位和安装应符合本标准中有关安全防护空间内人员的安全要求(见7.6和第8章)。

7.2.3.2 机器人系统的设计应避免机器人运动部件与其他固定物体和运动物体之间的夹挤和碰撞。

布局应按下述方式设计,即机器人运动部件和周围环境中的物体之间(如结构支柱、平顶隔栅、防护栏、电源线等)要有足够的安全间距。为完成本身工作的相关设备(如工具法兰、刻度台、传输设备、自动车床、加工中心、压床、注模机等)不受此规则约束。

7.2.3.3 当要求由设计限定主轴运动范围给出限定空间时,所提供的限定装置应按6.3.2规定。限定装置应正确调整且安全可靠。

7.2.3.4 末端执行器应按下列要求设计和制造或进行安全防护。

——动力源失效不引起负载松脱或发生危险;

——由负载和末端执行器累计产生的静力和动力应在机器人负载能力和动态响应范围之内。

7.2.3.5 机器人系统布置应考虑操作员执行与机器人有关的手动操作(如零部件的上下料)时的安全,或通过采用上下料装置,使操作人员不必进入危险区,或为手动操作提供适当的安全防护装置。

7.2.4 动力关闭

动力关闭时,机器人系统或任何辅助设备不应发生危险。

7.2.5 急停

各机器人系统操作站均应设有便捷的急停装置,急停后,重新启动机器人系统时,手动操作和复位应在限定空间外进行。

7.2.6 远程控制

任一远程控制机器人应具有防止由任何其他场所启动机器人而产生危险状况的有效手段。

对于远程操作的(如通过通信网络)机器人系统,应配置一种装置(如键控开关),以确保局部控制时,任何运行命令均不能引发危险状态。

7.3 安全防护装置

7.3.1 防护装置

7.3.1.1 固定防护装置

固定防护装置应:

- a) 能经受预定操作的和环境的作用力;
- b) 除通过与联锁或现场传感装置相连的通道外,应阻止由别处进入安全防护空间;
- c) 永久固定,只有借助工具方可拆卸;
- d) 无锐边和凸出部分,其本身不应产生危险。

7.3.1.2 联锁防护装置

a) 应按下述原则设计、安装和调整:

- 1) 防护装置未作用时,联锁可防止机器人系统自动操作;防护装置起作用时不应重新启动自动操作,重新启动应在控制台上谨慎进行(见 7.6);
- 2) 危险消除前防护装置锁定在闭路状态(具有防护锁定的联锁防护),或是当机器人系统正在工作时,一旦防护装置开路,即发出停机或急停指令(联锁防护)。

联锁装置动作后,若不产生其他危险,应由停机位置重新启动机器。

进入通道前,动力源中断可消除危险。在电源中断不能立即消除危险处,联锁系统需包含锁定防护装置或制动系统。

安全防护空间联锁门进出口,应设防止联锁门无意中关闭的装置。

应确保联锁装置的动作免除了一种危险(如停止机器人系统的危险运动),不会引起其他危险(如释放危险物质进入工作区);

- b) 选择特殊用途的联锁系统,应考虑风险评价(见 4.2.2);
- c) 联锁系统的设计制造应遵守本标准 5.1 的规定。

7.3.2 现场传感装置

用于安全的现场传感装置均应遵守以下条款:

- a) 现场传感装置的安装和配置应做到:传感装置未起动前,人体不得进入和伸入危险区域;或危险状态解除前,人体不能伸入限定空间。隔栏和现场传感装置同时安装使用,以阻止人员绕过传感装置进入危险区。
- b) 现场传感装置的工作不应受系统预期所处环境条件的影响;
- c) 现场传感装置动作后,只要不产生其他危险,可由停机位置重新启动机器人系统;
- d) 恢复机器人运动,要求排除传感区的遮断,此时不应重新启动自动操作(见 7.6)。

7.4 警示方式

可兼用下述警示方式,但不能替代安全防护装置。

7.4.1 警示隔栏

应设警示隔栏,以阻止人员无意中进入限定空间。

7.4.2 警示信号

应设警示信号装置,以给接近或处于危险中的人员提供可识别的视听信号。限定空间以光信号告警时,为使接近限定空间的人员都能看到光信号,应设置足够多的器件。

声音报警装置应具有比环境噪声等级更高的独特的警示声音。

7.5 安全生产规程

对于机器人系统使用中的某些阶段(如试运行阶段、工艺过程变换阶段、清洁和维护阶段),在不可

能设计出能完全消除所有危险的防护装置时或某安全防护装置暂停使用时,应采用适当的操作规程。

7.6 安全防护装置的复位

联锁门或现场传感装置区的恢复,其本身不应重新启动自动操作。重新启动机器人系统应在安全防护空间外谨慎操作。重新启动装置应安装在安全防护空间内不能触及处,且能看到安全防护空间。

7.7 文件要求

由机器人系统制造厂提供所需文件(见 10.2)。

8 使用和维护

8.1 基本要求

本章规定了示教编程、程序验证、自动操作、故障查找和维护时的安全要求。与机器人系统(特别是与人员)有关的每一步操作,除使用示教盒或使能装置外,用户还应确保提供使用和维护的安全防护措施。

用户应确保示教盒与机器人控制器的可靠连接。

8.2 自动(正常)操作

仅在以下情况才允许自动操作:

- a) 规定的安全防护装置安装就位和有效;
- b) 安全防护空间内无人;
- c) 遵守安全操作规程。

8.3 编程

编程应尽可能在安全防护空间内无人时进行,当必须有人在安全防护空间内进行编程时,如采用了下述安全防护附加措施,可按 6.10 的规定,通过操作状态选择,暂停安全防护装置(如连锁门、现场传感器等)的保护效用。

8.3.1 编程前

程序员应在实际机器人系统中的机器人上进行训练,并熟悉包括所有安全防护措施在内的推荐的编程规程。

程序员应目检机器人系统和安全防护空间,确保不存在产生危险的外界条件。要求编程的场合,为确保正常操作应对示教盒进行检测。任何故障或失效均应在编程前排除。编程时应关断机器人驱动器不需要的动力源(必要的平衡装置应保持有效)。

程序员进入安全防护空间前,应确保所需的安全防护装置均安装就位和有效,并开始编程操作,同时不能进行自动操作。

8.3.2 编程期间

编程期间,仅允许程序员进入安全防护空间,且应满足下列条件:

- 机器人系统应在安全防护空间内程序员的单独控制下;
- 示教盒的控制应按规定使用(见 6.4.5);
- 机器人系统不应响应会引起危险状态的任何遥控命令或条件;
- 应防止安全防护空间内可能产生危险的其他设备的运动或在程序员的单独控制下。当在程序员的控制下时,要求谨慎操作,并与机器人启动操作分开;
- 机器人系统的所有急停装置应保持有效。

8.3.3 返回自动操作

启动机器人系统自动操作前,程序员应恢复暂停使用的安全防护装置的原有效用。

8.4 编程数据

应尽可能保留作业程序及所有更改的记录。

程序数据不用时,储存在可传送媒体(如纸、磁盘)中,并存放于有适当保护的环境中。

8.5 程序验证

当根据任务程序对机器人系统进行的目检必须作为验证步骤的一部分时,所有人均应在安全防护空间外进行。当必须有人员在安全防护空间内完成程序验证时,应满足以下条件:

- a) 程序验证应在“慢速”下进行,除运动控制只用握持运行或使能装置控制外,还应满足 8.3 的要求。
- b) 当机器人运动需在全速下验证时,应满足:
 - 1) 仅由程序员谨慎操作(如使用键控开关)进行“慢速”暂停;
 - 2) 安全防护空间内人员应使用使能装置或具有等效安全级的装置;
 - 3) 制定安全工作规程,使安全防护空间内人员的危险减至最低。

8.6 故障查找

故障查找应在安全防护空间外进行,若不行,设计机器人系统时应考虑到在安全防护空间内进行故障查找的必要性,且应满足以下要求:

- 故障查找人员要经过特别批准和培训;
- 进入安全防护空间的人员应使用使能装置使机器人运动;
- 制定安全操作规程,使安全防护空间内人员的危险减至最低。

8.7 维护

机器人或机器人系统应有检查和维护程序,以确保其连续安全运行。检查和维护程序应考虑机器人或机器人系统制造厂的建议。

8.7.1 机器人或机器人系统维修人员,必须接受安全规程培训。

8.7.2 应对机器人系统维修人员进行人身安全保护。

8.7.3 应尽可能将机器人臂放置预定位置,在安全防护空间外进行维护。

当必须在安全防护空间内进行维护时,选用 8.7.3.1 和 8.7.3.2 中规定的安全防护措施应考虑风险评价。

8.7.3.1 应使用“锁定”或“标记”方式关断机器人系统。

8.7.3.2 当机器人加电时,在安全防护空间内工作应做到如下几点:

- a) 进入安全防护空间前,应完成以下步骤:
 - 1) 对机器人系统进行目检,以判断是否存在可能引起误动作的状态;
 - 2) 如用示教盒控制,为确保正常操作,使用前应做功能测试;
 - 3) 如发现任何故障或误动作,在人员进入安全防护空间前,应按要求进行校正和再测试。
- b) 安全防护空间内维修人员应能全面控制机器人或机器人系统,此时:
 - 1) 机器人控制应脱离自动操作状态;
 - 2) 机器人不应响应任何遥控信号;
 - 3) 机器人系统的所有急停装置应保持有效。
- c) 启动机器人系统自动操作前,暂停的安全防护装置应恢复原有效用。

9 安装、试运行和功能测试

9.1 基本要求

本章包括自动操作前机器人系统的安装和功能测试的规定和要求。

9.2 安装

机器人系统应按制造厂要求进行安装。安全防护措施应通过危险分析和风险评价进行鉴定。**GB/T 12644—90** 作为安装期间的补充指导。生产前,用户应重新检查安全要求;以确保安全防护装置运行可靠。

9.3 试运行和功能测试

本条款规定了安装和再置位后机器人或机器人系统测试期间应遵守的规程。它亦适用于机器人或机器人系统变更之后(如改变软、硬件、更换零部件、调整)及对其运行有影响的维修后的情况。

9.3.1 限定空间的设计

试运行和功能测试前,若未实施安全防护措施,则应在运行前安装限定空间的临时装置。

9.3.2 人员限制

试运行和功能测试期间,安全防护装置生效前不允许人员进入安全防护空间。

9.3.3 安全和运行检验

机器人或机器人系统的试运行和测试应遵照制造厂说明书进行。准备工作应包括如下步骤:

a) 通电前检查

- 1) 机器人安装正确且稳固;
- 2) 电路连接正确且电源参数(如电压、频率、干扰等级)在规定范围内;
- 3) 其他设施(如水、空气、气体)连接正确,且在规定范围内;
- 4) 周边设备连接正确;
- 5) 已设立限定空间(当使用时)的限定装置;
- 6) 已采用安全防护措施;
- 7) 物理环境符合规定(如照明、噪声等级、温度、湿度、大气污染等)。

b) 通电后检查

- 1) 启动、停机和方式选择(包括键控锁定开关)等控制装置功能符合预定要求;
- 2) 各轴都在限定范围内运动;
- 3) 急停及安全停机的电路和装置有效;
- 4) 可与外部电源断开和隔离;
- 5) 示教和再现装置功能正常;
- 6) 安全防护装置和联锁装置功能正常;
- 7) 其他安全防护装置安装就位(如隔栏、警示装置等);
- 8) “慢速”时机器人运行正常,并具有作业能力;
- 9) 自动(正常)操作时,机器人运行正常,且具有在额定速度和负载下完成预定任务的能力。

9.3.4 机器人系统重新启动步骤

硬、软件或任务程序更改、检修或维护后,机器人系统重新启动步骤应包括以下几点:

- a) 通电前检查硬件的任何变化或附加物;
- b) 对机器人系统进行功能试验。

10 文件

10.1 机器人制造厂应提供文件。

机器人文件至少应包括:

- a) 产品检验合格证;
- b) 按 GB/T 12644 规定的机器人特性;
- c) 按 GB/T 12644 规定的物理环境规范;
- d) 安装说明书;
- e) 使用说明书包括:
 - 1) 试运行;
 - 2) 编程;
 - 3) 操作;
 - 4) 重新启动步骤;

5) 维护。

上述说明书应包括各种控制和不同运行状态下机器人的响应特性和避免危险的安全措施。

文件应说明机器人使用人员的有关培训问题。

10.2 机器人系统制造厂应提供机器人系统文件

机器人系统文件应包括系统鉴定在内的所有组成部分(如机器人、辅助设备、安全防护装置等)文件。

至少应包括:

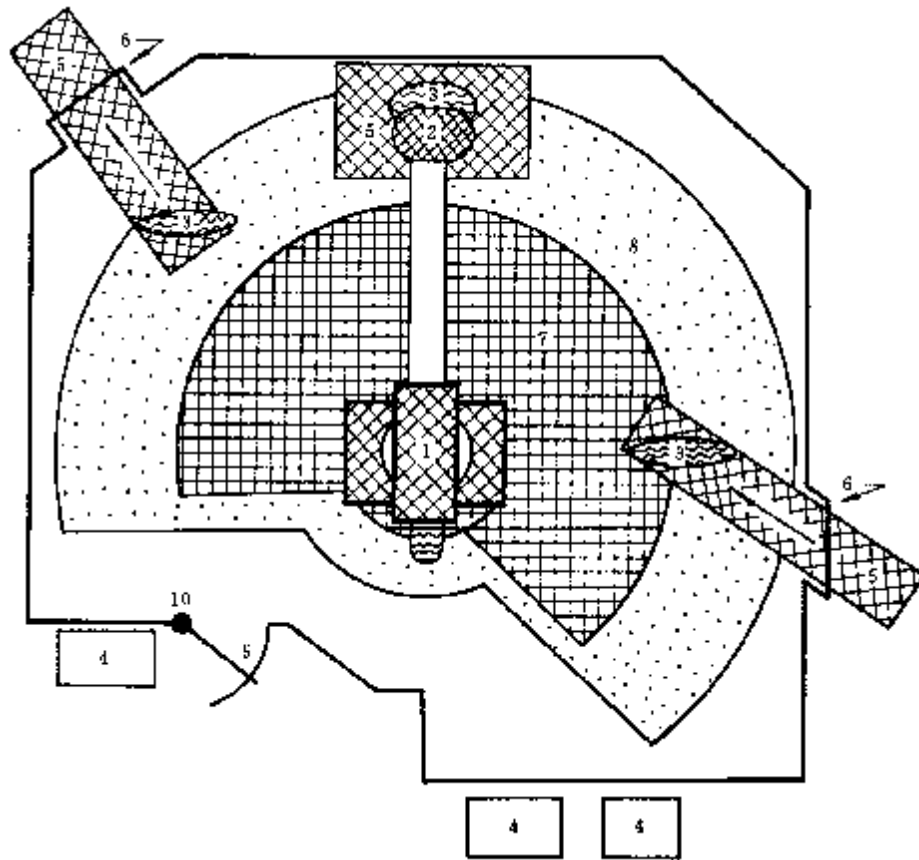
- a) 一份清晰的、全面的机器人系统安装说明书(包括安装及与外部电源连接的系统安装说明书);
- b) 可预见危险状态及避免危险的说明;
- c) 安全防护装置、互有作用的功能件及具有危险状态,特别是具有相互作用的装置的联锁防护装置说明书(包括接线图);
- d) 系统专用的详细说明。

11 培训

用户应保证对机器人或机器人系统的编程、操作、维护或检修人员进行培训,并持证上岗。培训内容应包括:

- a) 学习适用的安全规程标准和机器人制造厂及机器人系统设计者的安全建议;
- b) 指派任务的明确定义;
- c) 用于完成指派任务的所有控制装置及其功能的识别和说明;
- d) 识别与指派任务有关的危险;
- e) 指定的安全防护措施包括从识别危险开始的安全操作规程;
- f) 保证安全防护装置和联锁装置正常功能的测试方法和其他方法。

附录 A
 (提示的附录)
 机器人系统的主要组成部分示意图



1—机器人;2—末端执行器;3—工件;4—控制或动力设备;5—相关设备;6—安全防护装置;
 7—限定空间;8(+7)—最大空间;9—联锁门;10—联锁装置