

工业机器人 安全实施规范

GB/T20867-2007

工业机器人 安全实施规范

Industrial robot-Safety implementation specification

目次

前言

引言

- 1 范围
- 2 规范性引用文件
- 3 安全分析
- 4 基本设计要求
- 5 机器人设计和制造
- 6 机器人系统的安全防护和设计
- 7 使用和维护
- 8 安装、试运行和功能测试
- 9 文件
- 10 培训

参考文献

前言

本标准 of 推荐性国家标准。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业自动化系统与集成标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：北京机械工业自动化研究所。

本标准主要起草人：胡景谬、郝淑芬、聂尔来、许莹

本标准是首次发布。

引言

1 工业机器人安全标准制修订概况

1.1 国际工业机器人安全标准的制修订概况

ISO 10218 是《工业机器人安全》国际标准的编号，此标准是国际标准化组织 ISO/TC 184/SC 2/WG 3 制定的，并于 1992 年 1 月正式发布实施，1997 年 9 月经全体成员投票复审，确认继续有效实施。近年来，随着科学技术的迅猛发展，工业机器人的品种不断增加，功能扩展，性能提高，应用领域亦更加广泛，不仅从制造业扩展到非制造业，甚至扩展到医疗、服务和康复领域，因此机器人使用的安全及防护问题日益突出。2000 年，美国提出为了加强机器人和机器人系统的安全，使标准的制定者和使用者更便于交流和执行，并且标准还应考虑用于工业自动化的系统中除机器人系统以外的安全问题，因此需要对 ISO10218:1992 年的版本进行修订，同时提供了美国在 1999 年制定的标准版本。2000 年 ISO/TC 184/SC 2 在美国举行的年会上形成决议，决定成立工作组，对安全标准进行修订。2001 年在

日本举行的年会上工作组提出了新工作项目建议草案，把安全标准分成两个部分，第一部分为设计、构形和安装时的安全，第二部分为机器人重新组装、重新布置及使用时的安全规范。此两部分的内容比 1992 年版细化和增加了不少具体内容，特别是对安全防护电路的设计及对各类人员的安全防护措施更加明确。目前该标准正在制定中。

1.2 我国工业机器人安全标准的制修订情况

工业机器人产品在我国的研究开发始于“七五”期间。由于工业机器人产品有着与其他产品不同的特征，其运动部件，特别是手臂和手腕部分具有较高的能量，且以较快的速度掠过比机器人机座大得多的空间，并随着生产环境和条件及工作任务的改变，其手臂和手腕的运动亦随之改变。若遇到意外启动，则对操作者、编程示教人员及维修人员均存在着潜在的伤害。为此，为防止各类事故的发生，避免造成不必要的人身伤害，在研制机器人产品的同时，也立项制定工业机器人安全标准。

我国第一个安全标准 GB 11291-1989 是 1989 年 3 月发布，1990 年实施的，它是参照日本标准 JIS B 8433: 1986《工业机器人安全法则》制定的。1994 年，经过五年的使用，发现原标准过于简单，且国际标准 ISO 10218 也已经发布实施，按照我国积极采用国际标准的原则，于 1994 年成立工作组对 1989 年版进行修订，原国家技术监督局于 1997 年 9 月发布，1998 年 4 月开始实施。此版本完全参照采用了 ISO10218: 1992 的版本，在内容上有所增加，首次提出了安全分析和风险评估的概念以及机器人系统的安全设计和防护措施。目前该标准尚在实施中。

2 编写实施规范的目的

根据《中华人民共和国标准化法》第七条及实施条例第十八条的规定：国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准。下列标准属于强制性标准：“（一）药品标准，食品卫生标准，兽药标准；（二）产品及产品生产、储存和使用中的安全、卫生标准，劳动安全、卫生标准，运输安全标准；（三）工程建设质量、安全、卫生标准及国家需要控制的其他工程建设标准；（四）环境保护的污染物排放标准和环境质量标准；（五）重要的通用技术术语、符号、代号和制图方法；（六）通用试验、检验方法标准；（七）互换配合标准；（八）国家需要控制的重要产品质量标准”。因 GB 11291-1997 标准是涉及产品使用中的安全标准，经全国工业自动化系统与集成标准化技术委员会 / 机器人分委会建议，上级主管部门审核批准，此标准定为强制性标准。我国的强制性标准属于技术法规的范畴，其范围与 WTO 规定的技术法规的五个方面基本一致。根据 WTO 的有关规定和国际惯例，标准是自愿性的，而法规或合同是强制性的，标准的内容只有通过法规或合同的引用才能强制执行，而强制性标准则必须执行。因此为了增加 GB11291 标准的可操作性，便于工程技术人员、管理人员及用户更准确、全面地使用和实施安全标准，特制定本实施规范。

工业机器人 安全实施规范

1 范围

本标准规定了工业机器人安全标准的实施步骤和细则，从而增加了 GB 11291 标准的可操作性，便于广大生产厂商、销售商和用户的设计、安装、调试、操作和维护等相关人员全面准确地使用和实施机器人安全标准。

本标准适用于工业环境中的工业机器人及其系统的设计、生产、销售、管理和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 5226.1-2002 机械安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件 (IEC 60204-1: 2000, IDT)

GB 11291-1997 工业机器人 安全规范 (eqv ISO10218: 1992)

GB/T 12644-2001 工业机器人 特性表示 (eqv ISO 9946: 1999)

GB 14048(所有部分) 低压开关设备和控制设备

GB/T 15706.1-1995 机械安全 基本概念与设计通则 第 1 部分：基本术语、方法学 (eqv ISO/TR 12100-1: 1992)

GB/T 15706.2-1995 机械安全 基本概念与设计通则 第 2 部分：技术原则与规范 (eqv ISO/TR 12100-2: 1992)

GB/T 16856-1997 机械安全 风险评估的原则 (eqv PREN 1050: 1994)

3 安全分析

GB 11291-1997 第4章主要讲述了三个方面。首先是机器人产品在设计和使用时采取安全措施必要性；第二是对机器人及机器人系统的应用进行安全分析；第三是根据安全分析提出采取安全防护的策略和减少风险的措施，以便使整个机器人系统达到可接受的整体安全的水平。

3.1 安全分析的步骤

安全分析可按下述步骤进行：

a) 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，即：机器人或机器人系统的用途是什么；是否需要操作、示教人员或其他相关人员出入安全防护空间，是否频繁出入；都去做什么；是否会产生可预料的误用(如意外的启动等)。

b) 识别(包括与每项任务有关的故障和失效方式等)危险源，即识别由于机器人的运动以及为完成作业所需的操作中会发生什么样的故障或失效，以及潜在的各种危险是什么。

c) 进行风险评价，确定属于哪类风险。

d) 根据风险评价，确定降低风险的对策。

e) 根据机器人及其系统的用途，采取一定的具体安全防护措施。

f) 评估是否达到了可接受的系统安全水平，确定安全等级。

3.2 识别危险源

识别可能由机器人系统本身或外围设备产生或由于人与机器人系统相互干扰而产生的危险或危险状态，使在进行机器人及其系统设计，和进行风险评价时，便于危险分析。

识别危险时，应从整套装备的各个方面来进行考虑：

a) 设备方面：机器人，安全防护设施，外围设备；

b) 设备的构建和安装：设备之间的端点，安装的稳定性，定位的位置；

c) 相互关系方面：机器人系统本身，机器人系统与其他相关设备之间，人与机器人系统相互交叉干涉而形成的危险。

危险和危险状态可以列表，对于各种机器人及其不同用途，其危险源不尽相同。大致可分为下述各项。

3.2.1 设施失效或产生故障引起的危险

a) 安全保护设施的移动或拆卸——如隔栏、现场传感装置、光幕等的移动或拆卸而造成的危险；控制电路、器件或部件的拆卸而造成的危险。

b) 动力源或配电系统失效或故障——如掉电、突然短路、断路等。

c) 控制电路、装置或元器件失效或发生故障。

3.2.2 机械部件运动引起的危险

a) 机器人部件运动——如大臂回转、俯仰、小臂弯曲、手腕旋转等引起的挤压、撞击和夹住，夹住工件的脱落、抛射。

b) 与机器人系统的其他部件或工作区内其他设备相连部件运动引起的挤压、撞击和夹住，或工作台上夹具所夹持工件的脱落、抛射形成刺伤、扎伤，或末端执行器如喷枪、高压水切割枪的喷射，焊炬焊接时熔渣的飞溅等。

3.2.3 储能和动力源引起的危险

a) 在机器人系统或外围设备的运动部件中弹性元件能量的积累引起元件的损坏而形成的危险。

b) 在电力传输或流体的动力部件中形成的危险，如触电、静电、短路，液体或气体压力超过额定值而使运动部件加速、减速形成意外伤害。

3.2.4 危险气体、材料或条件

a) 易燃、易爆环境，如机器人用于喷漆、搬运炸药；

b) 腐蚀或侵蚀，如接触各类酸、碱等腐蚀性液体；

c) 放射性环境，如在辐射环境中应用机器人进行各种作业，采用激光工具切割的作业；

d) 极高温或极低温环境，如在高温炉边进行搬运作业，由热辐射引起燃烧或烫伤。

3.2.5 由噪声产生的危险

如导致听力损伤和对语言通信及听觉信号产生干扰。

3.2.6 干扰产生的危险

a) 电磁、静电、射频干扰——由于电磁干扰、射频干扰和静电放电，使机器人及其系统和周边设备产生误动作，意外启动、或控制失效而形成的各种危险运动。

b) 振动、冲击——由于振动和冲击，使连接部分断裂、脱开，使设备破坏，或产生对人员的伤害。

3.2.7 人因差错产生的危险

a) 设计、开发、制造(包括人类工效学考虑)——如在设计时，未考虑对人员的防护；末端夹持器没有足够的夹持力，容易滑脱夹持件；动力源和传输系统没有考虑动力消失或变化时的预防措施；控制系统没有采取有效的抗干扰措施；系统构成和设备布置时，设备间没有足够的间距；布置不合理等形成潜在的、无意识的启动、失控等。

b) 安装和试运行(包括通道、照明和噪声)——由于机器人系统及外围设备和安全装置安装不到位，或安装不牢固，或未安装过渡阶段的临时防护装置，形成试运行期间运动的随意性，造成对调试和示教人员的伤害；通道太窄，照明达不到要求，使人员遇见紧急事故时，不能安全迅速撤离，而对人员造成伤害。

c) 功能测试——机器人系统和外围设备包括安全器件及防护装置，在安装到位和可靠后，要进行各项功能的测试，但由于人员的误操作，或未及时检测各项安全及防护功能而使设备及系统在工作时造成故障和失效，从而对操作、编程和维修人员造成伤害。

d) 应用和使用——未按制造厂商的使用说明书进行应用和使用，而造成对人员或设备的损伤。

e) 编程和程序验证——当要求示教人员和程序验证人员在安全防护空间内进行工作时，要按照制造厂商的操作说明书的步骤进行。但由于示教或验证人员的疏忽而造成误动作、误操作，或安全防护空间内进入其他人员时，启动机器人运动而引起对人员的伤害，或按规定应采用低速示教，由于疏忽而采用高速造成对人员的伤害等，特别是系统中具有多台机器人时，在安全防护区内有数人进行示教和程序校验而造成对其他设备和人员伤害的危险。

f) 组装(包括工件搬运、夹持和切削加工)——是应用和使用中产生危险的一种潜在因素，一般是由误操作或由工人与机器人系统相互干涉、人为差错造成的对设备和人员的伤害。如人工上、下料与机器人作业节拍不协调等。

g) 故障查找和维护——在查找故障和维修时，未按操作规程进行操作而产生对设备和人员的伤害。

h) 安全操作规程——规程内容不齐全，条款不具体，未规定对各类人员的培训等而引起潜在的危险。

3.2.8 机器人系统或辅助部件的移动、搬运或更换而产生的潜在的危险

由于机器人用途的变更或作业对象的变换，或机器人系统及其外围设备产生故障，经过修复、更换部件而使整个系统或部件重新设置、连接、安装等形成的对设备和人员伤害的潜在危险。

3.3 风险评价

由于机器人规格、尺寸、性能和功能的不同，其用途亦各异，其危险的种类和程度亦不同，采取的安全防护措施也不尽相同，因此需评价机器人及其系统在安装、编程、操作、使用、故障查找和维护时的风险。经过评价后，采取适宜的安全对策，避免和降低风险，达到尽可能的消除危险和选择适当安全措施。

3.3.1 评价风险的要求

a) 风险评价应由机器人及其系统的开发者或用户在系统设计初期进行。

b) 当系统安装和构建完成后，再完成最后的全面的风险评价并保留文件。

c) 风险评价的步骤：

1) 确定系统的作业任务和识别各种潜在的危险(假定没有安装安全防护装置)；

2) 进行风险判断；

3) 确定降低风险和选择安全防护类型；

4) 在安装了安全防护装置后，确定风险是否降低到可接受的等级。

3.3.2 风险要素

风险与特殊情况或技术过程开发中所考虑的危险有关，它是该危险可能伤害的严重度和伤害出现的概率及避免或限制伤害的可能性的函数(参见 GB/T 16856-1997 的 7.1)。

a) 严重度——可能伤害的程度，用符号 S1 和 S2 表示。

损伤的严重度是指对人的伤害：

——轻度损伤(S1)：通常是可恢复的；

——严重损伤(S2)：通常不可恢复，包括死亡。

在确定 S1 和 S2 时，应根据事故的通常后果和正常治愈的过程做出决定，例如撞伤和(或)划伤而并无并发症可划作 S1，而断肢或死亡将划作 S2。

b) 伤害出现的概率，用暴露于危险区域中人的频次和(或)时间来评估，用符号 E1 和 E2 来表示：

——不频繁的暴露(E1)：每天或每班少于一次，如在正式工作前进行示教、编程、程序校验等；

——频繁暴露(E2)：如一个人在正常工作条件下，为了上、下工件须经常到达机器人的危险区域，或连续地暴露于危险区域中。

c) 避开危险的可能性，用符号 A1、A2 来表示。应考虑下述因素：

——机器人及其系统的各类操作、示教、程序校验、维修人员是否经过培训，能否熟练掌握操作程序及安全操作规程等；

——危险事件出现时速度的高低，如机器人的运动速度是处于低速还是高速；

——对风险或危险事件的认知，如能否通过其物理特征直接观察到机器人及其外围设备的作业状况，有无警示装置或其他信息；

——各类人员逃避危险的可能性(如人员反应的灵敏性，足够的间距或通道)；

——有无操作的实践经验和知识以及安全的实际经验。

出现危险状态时如有避开事故的机会或能明显地减小其影响则宜选 A1，如果几乎无避开危险的机会应选 A2。

表 1 危险的严重度、暴露、避免的类别表

要素	类别		判据
严重度	S1	轻度损伤	可正常恢复；或要求单次紧急救护
	S2	严重损伤	不能正常恢复；或致命的；或要求多次急救
暴露	E1	不频繁暴露	每天或每班少于一次 ^a
	E2	频繁暴露	每小时大于一次 ^a
避免	A1	可能避免	能从旁边走出；或有足够的警示反应时间，或机器人运动速度低于 250 mm/s
	A2	不可能避免	不能从旁门走出；或反应时间不够；或机器人运动速度大于 250 mm/s
^a 执行作业任务的频率改变能影响危险的暴露，安装安全防护装置或撤除能源，也能降低危险的暴露。			

3.4 确定风险降低索引号

对每种作业任务，由表 1 得到危险的严重度、暴露和避免等判据的综合情况，再从表 2 交叉得到风险降低的索引号。表 2 是假定没有安装安全防护装置的。

表 2 安全防护装置选择前风险降低的判定阵列

伤害的严重度	暴露	避免	风险降低索引号
S2 严重损伤多次紧急救护	E2 频繁暴露	A2 不可能避免	R1
		A1 可能避免	R2A
	E1 不频繁暴露	A2 不可能避免	R2B
		A1 可能避免	R2B
S1 轻度损伤单次紧急救护	E2 频繁暴露	A2 不可能避免	R2C
		A1 可能避免	R3A
	E1 不频繁暴露	A2 不可能避免	R3B
		A1 可能避免	R4

3.5 安全防护装置的选择

由表 2 确定风险降低的索引号，再从表 3 确定安全防护装置性能和安全控制系统性能的最低要求。

表 3 安全防护装置性能选择阵列表

索引号	安全防护装置性能	安全控制性能
R1	具有危险消除或危险置换的性能(3.5.4)	控制可靠的安全控制系统(3.5.8)
R2A	采用工程措施防止危险进入或停止危险(3.5.3)， 例如采用联锁的隔栏防护装置、光幕、安全阀、或 其他的现场传感装置	控制可靠的安全控制系统(3.5.8)
R2B		具有监控的单通道安全控制系统(3.5.7)
R2C		单通道安全控制系统(3.5.5)
R3A	采用非联锁的隔栏、间距、安全规程和保护设备 (3.5.2)	单通道安全控制系统(3.5.6)
R3B		简单的安全控制系统(3.5.5)
R4	认知措施(3.5.1)	简单的安全控制系统(3.5.5)

3.5.1 索引号 R4

本类型为最低的安全防护性能，应通过行政管理手段，包括音响/视觉的警示措施和培训来降低风险。

3.5.2 索引号 R3

安全防护至少应依靠非联锁的隔栏、与危险源之间的间距、安全规程、人员保护设备来降低风险，并采用索引号 R4 的措施进行安全防护。

3.5.3 索引号 R2

安全防护应通过防止危险进入或切断危险的措施来达到，并采用 R3 和 R4 条款的安全防护来降低风险。

3.5.4 索引号 R1

风险的降低应通过危险的消除或确实不会产生相当的或更大的危险的置换来完成。当不可能消除危险或置换时，应采用 R2 的所有条款内容和用 R3 及 R4 条款的安全防护来降低风险。

3.5.5 简单的安全控制系统性能

应采用单通道电路设计和构成简单的安全控制系统，并且是可编程的。

注：这种典型电路仅宜用于发信号和报警。

3.5.6 单通道安全控制系统性能

单通道安全控制系统应以硬件为基础，或采用用以制约机器人运行而形成限定空间的限位装置，如：机械挡块、极限开关、光幕、激光扫描器件等。这些部件应经过验证是安全的，且遵照制造商的建议使用的。采用的电路设计应被证实是安全的(如单通道的电气—机械的反向制动装置在断路状态时能发出信号进行停止)。

3.5.7 具有监控功能的单通道安全系统性能

具有监控功能的单通道安全控制系统应包括 3.5.6 的要求，应经过验证是安全的，并应在适当的时间间隔后，进行检查(如果可能，宜自动查明故障)。

- a) 在机器人及其系统启动时和在操作中每种状态变化时，能进行安全功能的检查。
- b) 检查时若未探测出故障则允许操作进行；若探测出有故障存在应生成一个停止信号；若运动停止后仍有危险，则应发出警告。
- c) 检查时不会引起新的危险状态产生。
- d) 故障跟踪探测直到故障清除，应一直保持在安全状态。

3.5.8 控制可靠的安全控制系统的性能

控制可靠的安全控制系统应设计和构建成为在任何单个器件发生故障时不妨碍机器人停止运动。

这种安全控制系统应以硬件构成，或在此基础上使用软件及基于固件的控制器，且包括在该系统等级上的自动监控装置。

- a) 若检测到故障，则监控装置能生成一个停止信号；若运动停止后仍存在危险，则应给出个警告。
- b) 在跟踪检测故障直到故障清除，应一直保持在安全状态。
- c) 当发生非偶然的失效时，应考虑到类似的失效模式。
- d) 在失效时，宜检测单个的故障。若不能实施，则应在对安全功能发下个指令时检测“失效”。
- e) 这种安全控制电路应与正常的程序控制电路分开。

3.6 验证

一旦按照表 3 的要求选择和安装了安全防护装置，则必须按照 3.2 和 3.3 的内容再一次重复进行，以确保被识别的每种危险已经被防止，而残余的风险是可容许的。再次对每个任务用表 1 评价能否避开、暴露的情况和损伤的严重度，然后用表 4 确定风险降低的索引号。当得到的索引号是 R3 和 R4 时，说明采取的安全防护装置是适宜的。若得到的风险降低的索引号不是 R3 或 R4 时，则应选择附加的安全防护装置来控制残余的风险，使风险降低的索引号达到 R3 和 R4。

表 4 安装了安全防护装置的安全防护选择验证表

暴露	避免	伤害的程度	风险降低索引号
E2 频繁暴露	A2 不可避免	S2 严重损伤	R1
		S1 轻微损伤	R2C
	A1 可避免	S2 严重损伤	R2A
		S1 轻微损伤	R3A
E1 不频繁暴露	A2 不可避免	S2 严重损伤	R2B
		S1 轻微损伤	R3B
	A1 可避免	S2 严重损伤	R3A
		S1 轻微损伤	R4

4 基本设计要求

4.1 安全失效

4.1.1

安全失效是指当机器人及其系统在实际应用时，元器件或某个部件发生不可预见的失效。但在设计、构造和使用时应预先考虑到这种情况的发生，不使其安全功能受到影响，若某一项功能受到影响暂停时，则整个系统仍然处于安全状态，且应提供一种能确保安全(如锁住)的工作方式选择器件或措施以防止自行

启动。安全功能是由输入信号触发并通过控制系统有关安全部件处理的，能使机器人及其系统达到安全状态的功能。机器人及其系统的安全功能至少应包括：

- a) 限制运动范围的功能；
- b) 紧急停机和安安全停机的功能；
- c) 慢速运动——机器人运动速度低于 250 mm/s；
- d) 安全防护装置的联锁功能。

4.1.2

在进行机器人控制系统功能设计时，亦应考虑到安全失效的情况。控制功能的基本要求应符合 GB/T 5226.1-2002 的 9.2 的规定。这里的功能包括起动功能、停止功能、工作方式选择功能、安全防护装置功能一项或几项暂停操作功能等，具体要求将在后面章节中叙述。

4.2 电气设备

机器人及其系统中的电气设备的选择应符合其预定的用途，选用的元器件、部件及设备则应符合产品标准。

4.3 电源

电源和接地(保护接地)应符合制造厂的规定。一般，在常规电源条件下，机器人及其系统的电气控制装置应设计成能在满载或无载时正常运行。

4.4 电源隔离

电源隔离是在机器人系统和电源之间安装隔离(切断)装置，它应安装在对操作人员无伤害之处。隔离装置应具有断路或开路功能。当需要时，该装置将切断机器人系统电气控制的电源，当使用两个或两个以上的电源隔离装置时，应采取联锁保护措施。

当电源隔离器件采用 GB 14048 的开关隔离器件切断开关或断路器时，其基本技术要求可参见 GB/T5226.1-2002 的 5.3.3。

5 机器人设计和制造

在设计和制造机器人时应从人类工效学、机械、控制系统、手把手示教编程、应急运动、动力源、储能、干扰、操作状态、选择装置等方面进行安全防护的设计，使机器人在应用时，有一个良好的安全基础。

5.1 人类工效学原则

a) 机器人各部件的设计应考虑操作和维修人员的身材、姿势、体力和动作特征，以避免在使用和维修机器人时产生紧张状态和运动。例如：示教盒的大小、键盘布置和重量应使编程人员在编程时不会产生握不住和误操作的状况；人工引导机器人示教时，牵引力不能大于中等操作人员的手动拉力或压力；各部件的连接或固定件应设计得使人的手或工具能接近紧固零件。

b) 人机接口的设计和布局应易于操作，如操作和编程装置，手持式控制装置、控制板、计算机终端及应用程序的媒体驱动装置的位置，应处于操作者在正常工作位置上易够得着的范围内。意外操作的可能性应减至最小，且操作者进行操作时不会处于危险位置上。

c) 应给出能清晰指示机器人工作方式及非编程原因而使机器人停止运动的相应信息。

5.2 机械部分设计的安全要求

设计机器人机械部分时，除需按照常规机械设计考虑机械结构及其零部件应能满足机器人所需的运动功能、性能要求、强度、刚度、各种相应尺寸及外形外，还应考虑在设计中消除由机器人运动部件所产生的危险。若不可能在机械部分设计时清除这种危险，则应进行安全防护的设计及采取相应的安全措施。

5.2.1 机器人运动范围的限定

机器人的运动范围是机器人的一项性能指标。它是由机器人操作机构的结构、传动和尺寸来决定的。但机器人的作业对象不同，所需的工作空间也不同。为了限定机器人各轴的运动，要采用各种阻止机器人运动范围的方式，如机械方式、电气控制方式、软件编程方式等，但必须同时采取安全预防措施。

a) 采用机械式限位装置，如可调整的机械挡块及缓冲装置。要求在设计时能考虑到在机器人具有额定负载和最大速度运动时，该装置能使机器人停止在已调整好的位置上，且用紧固件可靠地固定在该位置上。

b) 非机械式限位装置。当设计、构造和安装后能达到与机械停止装置同等的安全水平时，可采取非机械式限位装置。非机械式限位装置包括用电动、气动、液压的限位装置、限位开关、光幕、激光扫描器件等。在安装后要进行测试，测试时必须以设计确定的最大的预期负载和最大速度进行运动，并能停止在预期的位置上。非机械式限位装置的电路必须是可靠的，测试方法和结论必须写在文件中。

5.2.2 防护罩和外壳

机器人中构成危险因素的电气、液压等部件应具有固定的防护罩和外壳，且在正常运行期间不能打开；当需要打开防护罩和外壳时，应采用工具才能卸下或打开。

5.2.3 运输考虑

在设计机器人时，应考虑吊装和运输的需要。设计吊装用的挂钩、吊环螺钉、螺钉孔和抓手等，必须能承受整个机器人的重量。机器人吊装时，运动部件应采取恰当的措施进行定位，不使其在吊装和运输过程中产生意外的运动，造成危害。包装运输时，应按包装标准进行包装，并在包装箱外打上所需标记。

5.2.4 安装的预防措施

此处的安装是指机器人安装用的零、部件。设计机器人的安装底座时，应能使机器人牢固地安装在所需位置上，并且在预计的各种操作运行条件下，机器人能安全、稳定地运行。

5.3 控制系统设计的安全要求

5.3.1 面板的布置

为防止出现偶然的或意外的操作，控制系统面板上选用的控制器件，应能承受规定的使用应力，一般应具有 IP54 的最低防护等级。所设计的安装位置应使维修时易于接近，操作者在正常工作位置上易够得着操作者进行操作时不会处于危险位置，并使意外操作的可能性减至最小。

其他如按钮的颜色和标记、指示灯的使用方式和颜色及闪烁、光标按钮、具有旋动部分的控制器件(如电位器)、起动器件等的安全要求，应按照 GB/T 5226.1-2002 的 10.2~10.6 的要求执行。

5.3.2 紧急停机

紧急停机是机器人的一项重要功能，它优先于机器人其他所有功能，即它能超越其他功能撤除机器人驱动器的动力，使机器人的全部运动部件停止运动。

a) 在机器人每个操作工位包括能启动机器人运动的悬吊式操作盒或示教盒处，均应有一个手动操作的急停装置。

b) 急停装置的操作件应是红色的，其后面的衬托色应着黄色。按钮开关操作件外形应是掌形或蘑菇形。

c) 急停装置的操作件未经手动复位前应不可能恢复，若有几个急停装置，则在所有操作件复位前电路不应恢复。手动操作急停装置的操作件的触头应能确保强制断开操作件。

d) 任何机器人启动前，必须手动复位，而急停电路本身的复位不应启动机器人的任何运动。

如果急停或动力源故障引起的逻辑判别错误或存储状态丢失，则必须在存储或逻辑顺序复位后才可以开始操作。

5.3.3 安全停止

为了与外部的安全防护器件连接，每台机器人应设计有一组或多组安全停止电路。

当机器人以自动方式运行时，安全停止电路应能使机器人所有运动停止，并且能撤消机器人驱动器的动力。这种停止可以用手动实现也可以用安全控制系统电路的逻辑控制来实现。

机器人启动前，必须使驱动器的动力复位，而对驱动器施加动力不应引起机器人的任何动作。

5.3.4 电连接器

在设计机器人的电气连接器时，应考虑由于连接器的失配可能会引起机器人的危险运动，因此机器人的电气连接器应采用键入式的或具有标志或标记的接插件，使其不能互换。

若电气连接器分离或破裂可能引起机器人的危险运动，则在设计时应采取保护措施，如捆扎、配对啮合等。

5.3.5 示教盒

机器人的示教盒设计时，应满足下列安全要求。

- a) 示教盒的设计应满足人类工效学的原则(见 5.1)。
- b) 在安全保护空间内使用示教盒时，应不能启动机器人以自动方式运行。当机器人处于示教盒控制下时，机器人所有运动都只能由示教盒启动。
- c) 由示教盒启动机器人进行示教时，工具中心点(TCP)的速度应不超过 250 mm/s。
- d) 示教盒上具有的可供选择的大于 250 mm/s 的速度，如在进行任务程序校验时使用，操作人员应在安全防护空间外用键控开关谨慎地操作。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来启动机器人运动。
- e) 在示教盒上能引起机器人运动的所有按钮和其他器件，处于松开位置时，机器人的运动应处于停止状态。
- f) 示教盒上应设有急停器件。

5.3.6 使能装置

当使能装置作为机器人控制系统的一部分时，该使能装置应具有三个位置的开关，仅当连续握持在中心位置上才允许机器人运动或具有其他功能。放松装置的中心使能位置或按在中心使能位置旁边，应安全停止机器人的危险运动。使能装置应与安全控制系统的停止电路或其他等效的安全停止电路相连接。

可以通过设计使当安全防护空间内无人或机器人工具中心点的运动小于 250 mm/s 时，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。

5.4 使用移动手臂进行编程的机器人的安全措施

当机器人编程采用人工引导机器人手臂时，应采取安全预防措施，如在进行编程和进行配重时应能安全地断开电源。

5.5 应急运动的预防措施

机器人轴应急运动时，应采取相应的安全措施。例如：

- a) 动力断开时：
用溢流阀使系统降压；
配有配重的平衡装置，则应设置机动制动器的手动释放装置。
- b) 动力接通时：
采用先导控制阀或部件的手动控制设备；
启动反向运动去控制设备。

5.6 动力源

设计机器人时，应考虑动力源动力的丧失、恢复和变化时不会引起机器人危险运动。

应满足 GB/T 5226.1-2002 的 4.3 对电源的要求；提供欠压保护器件使其在预定的电压值下应确保进行适当的保护，但应防止欠压保护器件复原后，不能自行重新启动。

5.7 储能

当机器人的结构中含有储能的零部件(如蓄能器、弹簧、配重或飞轮等)时，在储能器处应打上标记，同时给出控制和释放能量的方法。如自动卸荷、局部卸压，压力指示等。

5.8 干扰

在设计和构造机器人时，应综合采用屏蔽、滤波、抑制、接地等抗干扰措施，减少电磁干扰(EMI)、静电放电(ESD)、射频干扰(RFI)、热、光、振动等对机器人运行安全的影响。

5.9 操作状态选择装置

在设计时，所选用的装置应能保证明确的选择各种操作状态和能指示所选择的操作状态。不同操作状态的选择其本身不应引起机器人的运动或者启动机器人其他功能。

仅当操作状态选择装置可靠时(如采用键控选择)，才允许通过操作状态的选择(如设定、示教、程序验证等)暂停安全防护装置的保护。在安全防护装置的保护暂停期间应防止自动操作，且机器人的运动速度应不超过 250 mm/s，但某些操作要求运行速度大于 250 mm/s(如进行任务程序验证)时，则应要求操作人员在安全防护空间内操作，且机器人的运动只能通过握持一运行控制装置和使能装置来启动。

6 机器人系统的安全防护和设计

6.1 机器人系统的设计

6.1.1 概要

在设计和布置机器人系统时，为使操作员、程序员和维修人员能得到恰当地安全防护，应按照机器人制造厂的规范进行。为确保机器人及其系统与预期的运行状态相一致，则应评价分析所有的环境条件，包括爆炸性混合物、腐蚀情况、湿度、污染、温度、电磁干扰(EMI)、射频干扰(RFI)和振动等是否符合要求，否则应采取相应的措施。

6.1.2 安全防护空间

安全防护空间是由机器人外围的安全防护装置(如栅栏等)所组成的空间。确定安全防护空间的大小是通过风险评价来确定超出机器人限定空间而需要增加的空间。一般应考虑当机器人在作业过程中，所有人员身体的各部分应不能接触到机器人运动部件和末端执行器或工件的运动范围(参见 GB 11291-1997 中的图 1)。

6.1.3 机器人系统的布局

a) 控制装置的机柜宜安装在安全防护空间外。这可使操作人员在安全防护空间外进行操作、启动机器人运动完成工作任务，并且在此位置上操作人员应具有开阔的视野，能观察到机器人运行情况以及是否有其他人员处于安全防护空间内。若控制装置被安装在安全防护空间内时，则其位置和固定方式能满足在安全防护空间内各类人员安全性的要求(参见 GB 11291-1997 的 7.6 和第 8 章的要求)。

b) 机器人系统的布置应避免机器人运动部件和与机器人作业无关的周围固定物体和设备(如建筑构件、共用设施等)之间的挤压和碰撞，应保持有足够的间距，一般最少为 0.5 m。但那些与机器人完成作业任务相关的设备和装置(如物料传送装置、工作台、相关工具台、相关机床等)则不受约束。

c) 当要求由机器人系统布局来限定机器人各轴的运动范围时，应按 5.2.1 的要求来设计限定装置，并在使用时进行器件位置的正确调整和可靠固定。

d) 在设计末端执行器时，应使其当动力源(电气、液压、气动、真空等)发生变化或动力消失时，负载不会松脱落下或发生危险(如飞出)；同时，在机器人运动时由负载和末端执行器所生成的静力和动力及力矩应不超出机器人的负载能力。

e) 机器人系统的布置应考虑操作人员进行手动作业时(如零件的上、下料)的安全防护。可通过传送装置、移动工作台、旋转式工作台、滑道推杆、气动和液压传送机构等过渡装置来实现，使手动上、下料的操作人员置身于安全防护空间之外。但这些自动移出或送进的装置不应产生新的危险。

6.1.4 动力断开

a) 提供给机器人系统及外围设备的动力源应满足由制造商的规范以及本地区的或国家的电气构成规范要求，并按标准提出的要求进行接地。

b) 在设计机器人系统时，应考虑维护和修理的需要，必须具备有能与动力源断开的技术措施。断开必须做到既可见(如运行明显中断)，又能通过检查断开装置操作器的位置而确认，而且能将切断装置锁定在断开位置。切断电器电源的措施应按相应的电气安全标准。机器人系统或其他相关设备动力断开时，应不发生危险。

6.1.5 急停

机器人系统的急停电路应超越其他所有控制，使所有运动停止，并从机器人驱动器上和可能引起危险的其他能源(如外围设备中的喷漆系统、焊接电源、运动系统、加热器等)上撤除驱动动力。

- a) 每台机器人的工作站和其他能控制运动的场合都应设有易于迅速接近的急停装置。
- b) 机器人系统的急停装置应如机器人控制装置一样，其按钮开关应是掌揷式或蘑菇头式，衬底为黄色的红色按钮，且要求由人工复位。
- c) 重新启动机器人系统运行时，应在安全防护空间外，按规定的启动步骤进行。
- d) 若机器人系统中安装有两台机器人，且两台机器人的限定空间具有相互交叉的部分，则其共用的急停电路应能停止系统中两台机器人的运动。

6.1.6 远程控制

当机器人控制系统需要具有远程控制功能时，应采取有效措施防止由其他场所启动机器人运动而产生危险。

具有远程操作(如通过通信网络)的机器人系统，应设置一种装置(如键控开关)，以确定在进行本地控制时，任何远程命令均不能引发危险产生。

6.2 安全防护装置

根据 GB/T 15706.1-1995 的定义，安全防护装置是安全装置和防护装置的统称。安全装置是“消除或减小风险的单一装置或与防护装置联用的装置(而不是防护装置)”。如连锁装置、使能装置、握持一运行装置、双手操纵装置、自动停机装置、限位装置等。防护装置是“通过物体障碍方式专门用于提供防护的机器部分。根据其结构，防护装置可以是壳、罩、屏、门、封闭式防护装置等”。如固定式防护装置、活动式防护装置、可调式防护装置、连锁防护装置、带防护锁的连锁防护装置及可控防护装置等。

为了减小已知的危险和保护各类工作人员的安全，在设计机器人系统时，应根据机器人系统的作业任务及各阶段操作过程的需要和风险评估的结果，选择合适的安全防护装置。所选用的安全防护装置应按制造厂的说明进行使用和安装。

6.2.1 机器人系统安全防护装置的作用

安全防护装置应能：

- a) 防止各操作阶段中与该操作无关的人员进入危险区域；
- b) 中断引起危险的来源；
- c) 防止非预期的操作；
- d) 容纳或接受由于机器人系统作业过程中可能掉落或飞出的物件；
- e) 控制作业过程中产生的其他危险(如抑制噪声、遮挡激光、弧光、屏蔽辐射等)。

6.2.2 机器人系统的安全防护装置

机器人系统的安全防护可采用一种或多种安全防护装置，如：

- a) 固定式或连锁式防护装置；
- b) 双手控制装置、使能装置、握持一运行装置、自动停机装置、限位装置等；
- c) 现场传感安全防护装置(PSSD)，如安全光幕或光屏、安全垫系统、区域扫描安全系统、单路或多路光束等。

6.2.3 固定式防护装置

固定式防护装置应：

- a) 通过紧固件(如螺钉、螺栓、螺母等)或通过焊接将防护装置永久固定在所需的地方；
- b) 其结构能经受预定的操作力和环境产生的作用力，即应考虑结构的强度与刚度；
- c) 其构造应不增加任何附加危险(如应尽量减少锐边、尖角、凸起等)；
- d) 不使用工具就不能移开固定部件；
- e) 隔板或栅栏底部离走道地面不大于 0.3 m，高度应不低于 1.5 m。

除通过与通道相连的连锁门或现场传感装置区域外，应能防止由别处进入安全防护空间。

注：在物料搬运机器人系统周围安装的隔板或栅栏应有足够的高度以防止任何物件由于末端夹持器松脱而飞出隔板或栅栏。

6.2.4 连锁式防护装置

a) 在机器人系统中采用联锁式防护装置时，应考虑下述原则：

1) 防护装置关闭前，联锁能防止机器人系统自动操作，但防护装置的关闭应不能使机器人进入自动操作方式，而启动机器人进入自动操作应在控制板上谨慎地进行。

2) 在伤害的风险消除前，具有防护锁定的联锁防护装置处于关闭和锁定状态；或当机器人系统正在工作时，防护装置被打开应给出停止或急停的指令。联锁装置起作用时，若不产生其他危险，则应能从停止位置重新启动机器人运行。

中断动力源可消除进入安全防护区之前的危险，但如动力源中断不能立即消除危险，则联锁系统中应含有防护装置的锁定和/或制动系统。

在进出安全防护空间的联锁门处，应考虑设有防止无意识关闭联锁门的结构或装置(如采用两组以上触点，具有磁性编码的磁性开关等)。应确保所安装的联锁装置的动作用在避免了一种危险(如停止了机器人的危险运动)时，不会引起另外的危险发生(如使危险物质进入工作区)。

b) 特殊用途中联锁系统的选择应考虑到风险评价(见 3.3)。

c) 在设计联锁系统时，亦应考虑安全失效的情况，即万一某个联锁器件发生不可预见的失效时，安全功能应不受影响。若万一受影响，则机器人系统仍应保持在安全状态。

6.2.5 现场传感装置

在机器人系统的安全防护中经常使用现场传感装置，在设计时应遵循下述原则：

a) 现场传感装置的设计和布局应能使传感装置未起作用前人员不能进入且身体各部位不能伸到限定空间内。为了防止人员从现场传感装置旁边绕过进入危险区，要求将现场传感装置与隔栏一起使用。

b) 在设计和选择现场传感装置时，应考虑到其作用不受系统所处的任何环境条件(如湿度、温度、噪声、光照等)的影响。

c) 当现场传感装置已起作用时，只要不产生其他的危险，可将机器人系统从停止状态重新启动到运行状态。

d) 在恢复机器人运动时，应要求撤除传感区域的阻断，此时不应使机器人系统重新启动自动操作。

e) 应具有指示现场传感装置正在运行的指示灯，其安装位置应易于观察。可以集成在现场传感装置中，也可以是机器人控制接口的一部分。

6.3 警示方式

在机器人系统中，为了引起人们注意潜在危险的存在，应采取警示措施。警示措施包括栅栏或信号器件。它们是被用于识别通过上述安全防护装置没有阻止的残留风险，但警示措施不应是前面所述安全防护装置的替代品。

6.3.1 警示栅栏

为了防止人员意外进入机器人限定空间，应设置警示栅栏。

6.3.2 警示信号

为了给接近或处于危险中的人员提供可识别的视听信号，应设置和安装信号警示装置。在安全防护空间内采用可见的光信号来警告危险时，应有足够多的器件以便人们在接近安全防护空间时能看到光信号。

音响报警装置则应具有比环境噪声分贝级别更高的独特的警示声音。

6.4 安全生产规程

应该考虑到机器人系统寿命中的某些阶段(例如调试阶段、生产过程转换阶段、清理阶段、维护阶段)，设计出完全适用的安全防护装置去防止各种危险是不可能的，且那些安全防护装置亦可以被暂停。在这种状态下，应该采用相应的安全生产规程。

6.5 安全防护装置的复位

重建联锁门或现场传感装置区域时，其本身应不能重新启动机器人的自动操作。应要求在安全防护空间仔细地动作来重新启动机器人系统。重新启动装置的安装位置，应在安全防护空间内的人员不能够到的地方，且能观察到安全防护空间。

7 使用和维护

机器人系统安全防护装置经过设计、构建、安装和试运行后，在使用时(如示教编程、程序验证、自动操作、故障查找和维护)亦应满足安全要求。用户在使用和维护期间，应对机器人系统每一操作者提供安全防护的措施，以保证他们不受伤害。

7.1 编程

进行编程时应尽可能在安全防护空间外来进行。当示教人员必须进入安全防护空间内进行编程时，则应采用下述附加的安全防护措施，并通过 5.9 中的操作状态选择要求暂停安全防护装置(如连锁门、现场传感装置)的保护功效。

7.1.1 编程前

a) 用户必须确保示教人员按照培训要求进行培训，并在实际的机器人系统中的机器人上进行训练和熟悉包括所有安全防护措施在内的所推荐的编程步骤。

b) 示教人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。示教盒的运动控制和急停控制应进行功能测试，以保证正常操作。示教操作开始前，应排除故障和失效。编程时，应关断机器人驱动器不需要的动力(必需的平衡装置应保持有效)。

c) 示教人员进入安全防护空间前，所有的安全防护装置应确保在位，且在预期的示教方式下能起作用。进入安全防护空间前，应要求示教人员进行编程操作，但应不能进行自动操作。

7.1.2 编程中

a) 示教期间仅允许示教编程人员在防护空间内。

b) 示教人员应具有和使用有单独控制机器人运动功能的示教盒。

c) 示教期间，机器人运动只能受示教装置控制。机器人不应响应来自其他地方的遥控命令。

d) 示教人员应具有单独控制在安全防护空间内的其他设备运动控制权，且这些设备的控制应与机器人的控制分开。

e) 若在安全防护空间内有多台机器人，而栅栏的连锁门开着或现场传感装置失去作用时，所有的机器人都应禁止进行自动操作。

f) 机器人系统中所有急停装置都应保持有效。

g) 示教时，机器人的运动速度应低于 250 mm/s，具体的速度选择应考虑万一发生危险，示教人员有足够的时间脱离危险或停止机器人的运动。

7.1.3 返回自动操作

在启动机器人系统进行自动操作前，示教人员应将暂停使用的安全防护装置功效恢复。

7.2 编程数据

应保留任务程序和维修程序的记录。

程序数据不使用时，应储存在可传送的媒体(如纸、磁盘等)中，并存放在合适的保护环境里。

7.3 自动操作

仅在满足下列要求时，才能启动机器人进行自动操作：

a) 预期的安全防护装置都在位，并且能起作用；

b) 在安全防护空间内没有人；

c) 遵守安全操作规程。

7.4 程序验证(程序校验)

程序验证是确认机器人的编程路径及处理性能与应用时所期望的路径和处理性能是否一致的方法。验证可以是程序路径的全部或一段。程序验证的人员应尽可能在安全防护空间外执行。当人员必须在安全防护空间内完成程序验证时，应满足以下条件：

a) 程序验证必须在机器人运动速度低于 250mm/s 时进行，除机器人的运动控制仅使用握持一运行装置或使能装置外，还应满足 7.1 编程时的安全防护要求。

b) 当要求在机器人的运行速度超过 250mm/s 时，校验人员在安全防护空间内检查已编程的作业任务和与其他设备相互配合关系，应采用以下的安全防护要求：

1) 第一个循环应采用低于 250mm/s 的速度进行, 然后仅由编程人员用键控开关谨慎地操作, 分步增加速度;

2) 安全防护空间内的工作人员应使用使能装置或与其安全级别等效的其他装置;

3) 应建立安全工作步骤以使在安全防护空间内的人员的危险减至最小。

7.5 故障查找

故障查找应在安全防护空间外进行。当不能实行, 且机器人系统设计时已考虑到需要在安全防护空间内进行故障查找, 则应采用下列的安全要求:

a) 担负故障查找的人员要经过特别的核准和对这种工作进行过培训;

b) 进入安全防护空间内的人员应使用使能装置使机器人运动;

c) 制定安全操作规程, 使安全防护空间内的人员对危险的暴露降至最低。

7.6 维护

为了确保机器人或机器人系统连续安全运行, 应制定检查和维护的程序, 而检查和维护程序的制定应考虑制造商的建议。

7.6.1 为避免机器人系统的维修人员受到危险的伤害, 应按照制造商的说明书对其进行安全防护和进行安全培训。

7.6.2 尽可能使维修人员在安全防护空间外进行作业, 如将机器人臂放置于某一预定的位置。当必须在安全防护空间内完成维护任务时, 应根据风险评价来考虑选择下面所述的安全防护措施。

7.6.2.1 应使用切断动力源的步骤关断机器人系统并释放或阻塞潜在的所积蓄的能量。

7.6.2.2 当机器人已上电, 要求维修人员进入安全防护空间内进行维修时, 应做到下述几点:

a) 进入安全防护空间前应完成下列步骤:

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条件;

2) 为确保示教盒能进行正常操作, 使用前应进行功能测试;

3) 若发现某些故障或误动作的条件, 则维修人员在进入安全防护空间之前应进行排除或修复。

b) 在安全防护空间内的维修人员应拥有机器人或机器人系统的总的控制权, 且:

1) 机器人控制应脱离自动操作状态;

2) 机器人应不能响应任何远程控制信号;

3) 所有机器人系统的急停装置应保持有效。

c) 启动机器人系统进入自动操作状态前, 应恢复暂停作用的安全防护装置的功效。

8 安装、试运行和功能测试

8.1 安装

机器人系统应按制造厂说明书的要求进行安装, 并按 GB/T 12644 作为安装期间的补充指导。安全防护措施应通过危险分析和风险评价后进行判定。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。

a) 所有的安全防护装置应在预定的使用条件下进行试验。其不足之处必须进行修改。

b) 必须重新检查作业任务, 保证安全防护不会妨碍其作业任务的完成。

c) 复查安全防护装置的作用, 保证其不易于失去作用或绕过安全防护装置。

8.2 试运行和功能测试

机器人或机器人系统在安装或再置位后的启动(包括首次启动)和测试中, 应遵循下述条款的规定。这些规定同样适用于机器人或机器人系统中软件或硬件更换之后和影响其运行的维修之后。

8.2.1 限定空间的指定

所有的机器人或机器人系统都应安装安全防护装置。若计划中的安全防护装置在进行试运行和功能测试前尚未就位, 则应在运行前采取安装限定空间的临时措施(如安装链条、轻便墙板、警示栅栏等)。

8.2.2 人员的限制

在调试和功能测试期间, 安全防护装置生效前, 不允许人员进入安全防护空间。

8.2.3 安全和运行检验

应按照制造厂的说明书进行机器人及其系统的试运行和功能测试，并应包括如下的准备工作：

- a) 通电前检查。
 - 1) 机器人已按说明书正确安装，且稳定性好。
 - 2) 电气连接正确，电源参数(如电压、频率、干扰级别等)在规定的范围内。
 - 3) 其他设施(如水、空气、燃气等)连接正确，且在规定的界限内。
 - 4) 通信连接正确。
 - 5) 外围设备和系统连接正确。
 - 6) 已安装好限定空间的限位装置。
 - 7) 已采用安全防护措施。
 - 8) 周边的环境符合规定(如照明、噪声等级、湿度、温度、大气污染等)。
- b) 通电后检查。
 - 1) 机器人系统控制装置的功能如启动、停机、操作方式选择(包括键控锁定开关)符合预定要求，机器人能按预定的操作系统命令进行运动。
 - 2) 机器人各轴都能在预期的限定范围内进行运动。
 - 3) 急停及安全停机电路及装置有效。
 - 4) 可与外部电源断开和隔离。
 - 5) 示教装置的功能正常。
 - 6) 安全防护装置和联锁的功能正常，其他安全防护装置(如栅栏、警示装置)就位。
 - 7) 在“慢速”时，机器人能正常运行，并具有作业能力。
 - 8) 在自动(正常)操作方式下，机器人运行正常，且具有在额定负载和要求的速度下完成预定作业的能力。

8.2.4 机器人系统重新启动步骤

机器人及其系统的软件、硬件及任务程序更换、修理或维护后，重新启动时应遵循如下步骤：

- a) 通电前，检查硬件的任何变化或附加物；
- b) 为了正常运行，对机器人系统进行功能性测试。

9 文件

9.1 机器人制造厂应提供的文件

机器人产品制造厂随机提供的有关文件至少应包括下列各项：

- a) 产品检验合格证；
- b) 按 GB/T 12644 所规定的表示机器人规范参数的表格及说明；
- c) 按 GB/T 12644 指出的使用机器人所处环境条件的物理参数，如湿度、温度、大气压力、海拔高度、污染情况、电磁干扰(EMI)射频干扰(FRI)、静电放电(ESD)、振动、噪声等；
- d) 安装说明书：如要求的地面条件、抗震装置、接地要求、吊装步骤、安装接口位置尺寸简图(包括机座及腕部机械接口安装所需螺钉或螺栓、销子的规格及数量)，连接电、气、液等外界设施所需的规格、要求、安全预防措施，以及安装中的注意事项；
- e) 机器人进行试运行，编程、操作及重新启动安全运行步骤和试验、校验的使用说明书；
- f) 机器人可能发生故障的描述及进行定期维护、保养、试验和校验及预防的说明；
- g) 包括安全操作、设定和维修在内的安全操作规程和在各种控制方式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；
- h) 对各类人员的要求及培训的说明。

9.2 机器人系统制造厂应提供的文件

机器人系统制造厂提供的文件应包括机器人、辅助设备及安全防护装置在内整个系统的全部文件。

- a) 机器人制造厂提供的所有文件；

- b) 电气、液压、气动系统所有控制系统的功能和位置的说明；
- c) 机器人系统的安装说明书，包括机器人及其系统及安全防护装置、外围设备在内的安装要求，与外部电源及气源、液压源等系统的连接及安装说明；
- d) 限位装置的结构及调整范围、位置尺寸、数量、安全防护装置的结构、位置尺寸、功能、连锁要求、线路连接等的说明；
- e) 系统的维护、修理步骤及说明；
- f) 可预见的危险状态、残留的风险及避免危险的措施等的说明；
- g) 建议应采用的附加保护措施(如系统的安全操作规程、培训、人员的保护装备等)的说明。

10 培训

使用机器人及机器人系统的用户应确保其编程、操作、维修人员参加安全培训，并获得胜任该工作的能力。培训最好是教室与操作现场相结合。

10.1 培训的目标

培训的目的是要参加培训的人员了解到下列信息：

- a) 安全器件的用途和它们的功能；
- b) 专门涉及健康和安全的规程；
- c) 通过机器人或机器人系统的运行而形成的各种危险；
- d) 与特定的机器人有关的工作任务和用途；
- e) 安全的基本概念。

10.2 培训的要求

- 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) 理解所安排的任务的明确含义；
- c) 掌握用于完成所指定的作业任务的所有控制装置及其功能的识别和说明如慢速控制、示教盒操作、急停步骤、切断步骤、单点控制等；
- d) 识别与作业有关的危险，包括辅助设备带来的危险；
- e) 识别安全防护措施，包括安全防护装置的类型、安全防护装置的能力或挑选方案、所选择的器件的功能、器件的功能测试方法、所选器件的限止性以及从识别危险开始的安全操作步骤、对人员的安全防护装备等。
- f) 掌握保证安全防护装置和连锁装置功能正常的测试方法。

10.3 再培训的要求

当系统变更，人员变化和事故发生以后，为了确保安全操作，应对相关人员重新进行安全培训。

参 考 文 献

GB 16754-1997 机械安全 急停 设计原则(eqv ISO/IEC 13850: 1995)

GB/T 16855.1-2005 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分：设计通则(ISO 13849-1: 1999, MOD)

ANSI/RIA R15.06-1999 机器人和机器人系统 安全要求

ISO 10218: 1992 工业机器人安全

ISO/CD 10218-1: 2003 Manipulating Industrial Robots—Safety—Part 1: Design, Construction and Installation

ISO/CD 10218-2: 2002 Manipulating Industrial Robots—Safety—Part 2: Rebuilding, Redeployment and Use

【发布日期】20080606

【实施日期】20080801

