



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40013—2021

---

## 服务机器人 电气安全要求及测试方法

Service robot—Electrical safety requirements and test methods

2021-04-30 发布

2021-11-01 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 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 电气安全要求 .....	2
5 测试的一般条件 .....	7
6 测试方法 .....	8
7 标识及说明 .....	9
附录 A（规范性附录） 异常工作条件试验和单一故障条件试验 .....	13
参考文献 .....	17



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家机器人标准化总体组提出并归口。

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。

本标准起草单位：上海电器科学研究院、中国电子技术标准化研究院、科沃斯机器人股份有限公司、上海擎朗智能科技有限公司、科沃斯商用机器人有限公司、北京云迹科技有限公司、上海智慧林医疗科技有限公司、弗徕威智能机器人科技(上海)有限公司、宝时得科技(中国)有限公司、创泽智能机器人集团股份有限公司、深圳市优必选科技股份有限公司、国家市场监督管理总局缺陷产品管理中心、上海电器科学研究所(集团)有限公司、江苏奇捷机器人科技智能有限公司、上海交通大学、海尔(上海)家电研发中心有限公司、上海电器设备检测所有限公司、通标标准技术服务(上海)有限公司、北京康力优蓝机器人科技有限公司、上海机器人产业技术研究院有限公司、北京石头世纪科技股份有限公司、上海工程技术大学、上海添唯认证技术有限公司、重庆德新机器人检测中心有限公司、上海有个机器人有限公司、上海钛米机器人股份有限公司、盈峰环境科技集团股份有限公司。

本标准主要起草人：朱晓鹏、刘云柱、高翔、李通、邵长东、支涛、蒋化冰、许少强、丁玉才、李庆民、王爱国、袁杰、郑杰昌、黄慧洁、杨军、刘健、刘雪楠、郑海峰、于随然、孙威威、王念波、杭鲁滨、邢琳、黄小中、陈文皓、杨长春、潘晶、于守元、张斌。



## 引 言

本标准考虑了服务机器人的正常工作条件,还考虑可能的故障条件以及随之引起的故障,可预见的误用以及诸如温度、海拔、污染、湿度、电网电源的过电压和通信网络的过电压等外界影响。还需考虑由于制造误差或在制造、运输和正常使用中由于搬运、冲击和运动引起的变形而可能发生的绝缘间距的减小。

本标准考虑了两类人员的安全,一类是使用人员(或操作人员),另一类是维修人员。维修人员是指当服务机器人中的维修接触区域或处在受限制接触区内的服务机器人存在明显危险时,可以运用他们所受的训练和技能避免可能的、对自己或他人伤害的专业人员。但是,需对维修人员就意外危险进行防护,可以通过以下方法进行,例如,把维修时需要接触的零部件的安置远离电气和机械危险,设置屏蔽以避免意外接触危险零部件,用标牌或警告说明以提醒维修人员有残留的危险。

电引起疼痛或伤害:当能引起疼痛或伤害的电能传递到人体部位时,电引起的疼痛或伤害就可能出现。当在人体上有两个或多个电气接触点时,电能的传递就会出现:第一个电气接触点是在人体的一个部分和服务机器人的导电零部件之间;第二个电气接触点是在人体的另一个部分和下列部位之间:地或服务机器人的另一个导电零部件。根据电流的大小、持续时间、波形和频率,对人体的影响从不能感觉、能感觉、疼痛到伤害各不相同。

电引起着火:电引起的着火是由于电能转换成热能,此时,热能使可燃材料发热,随后引燃并燃烧。电能电阻或电弧内转换成热能,并通过传导、对流或辐射传递到可燃材料。由于可燃材料发热而化学分解出气体、液体和固体。当该气体的温度达到燃点时,气体就会被引燃源引燃。当该气体温度达到其自燃温度时,该气体就会自燃。这两种情况下都会引起着火。

耐热和耐燃与温度相关,会引起热灼伤等危险,但与电气安全并不直接相关。考虑到温度的升高多由电气引起,另外,外壳等防护在高温下变形、融化会导致危险带电件的裸露,导致电气安全隐患,故在本标准中一并考虑。当能引起伤害的热能传递到人体部位时就可能发生热引起的伤害,当人体接触热的服务机器人零部件时就发生热能的传递。引起伤害的程度取决于温度差、物体的热质量、热能对皮肤传递的速率,以及接触的持续时间。根据温度、接触持续时间、材料性质和材料质量的不同,人体对能引起疼痛或伤害(灼伤)的温热、过热的感知是不同的。



# 服务机器人 电气安全要求及测试方法

## 1 范围

本标准规定了服务机器人电气安全有关的术语和定义、电气安全要求、测试的一般条件、测试方法、标识及说明。

本标准适用于各类服务机器人,主要包括个人/家用服务机器人和公共服务机器人。

特种机器人可以参照使用本标准。

注:在有相关的专用产品电气安全标准的情况下,产品标准优先于本标准。

## 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 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求

GB 4706.18—2014 家用和类似用途电器的安全 电池充电器的特殊要求

GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分:通用要求

GB/T 5013.1—2008 额定电压 450/750 V 及以下橡皮绝缘电缆 第1部分:一般要求

GB/T 5023.1—2008 额定电压 450/750 V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆 第1部分:一般要求

GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件

GB/T 5465.2—2008 电气设备用图形符号 第2部分:图形符号

GB/T 6346.14—2015 电子设备用固定电容器 第14部分:分规范 抑制电源电磁干扰用固定电容器

GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求

GB/T 9364.1—2015 小型熔断器 第1部分:小型熔断器定义和小型熔断体通用要求

GB/T 12350—2009 小功率电动机的安全要求

GB/T 14536.1—2008 家用和类似用途电自动控制器 第1部分:通用要求

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验

GB 31241—2014 便携式电子产品用锂离子电池和电池组 安全要求

GB/T 36276—2018 电力储能用锂离子电池

IEC 62368-1:2018 音频、视频、信息技术和通信技术设备 第1部分:安全要求(Audio/video, information and communication technology equipment—Part 1: Safety requirements)

## 3 术语和定义

GB 4943.1—2011 和 GB 4706.1—2005 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**服务机器人 service robot**

除工业自动化应用外,能为人类或设备完成有用任务的机器人。

注 1: 工业自动化应用包括(但不限于)制造、检验、包装和装配。

注 2: 用于生产线的关节机器人是工业机器人,而类似的关节机器人用于供餐的就是服务机器人。

[GB/T 12643—2013,定义 2.10]

3.2

**个人/家用服务机器人 personal/domestic service robot**

在家居环境或类似环境下使用的,以满足使用者生活需求为目的的服务机器人。

注: 这种机器人的操作使用,通常不需要专业知识或技能,不需要特别的培训或资质。

[GB/T 37283—2019,定义 3.3]



3.3

**公共服务机器人 public service robot**

住宿、餐饮、金融、清洁、物流、教育文化和娱乐等领域的公共场合为人类提供一般服务的商用机器人。

示例: 酒店服务机器人、银行服务机器人、场馆服务机器人和餐饮服务机器人。

注: 公共服务机器人通常由经过适当培训的人员操作。

[GB/T 37283—2019,定义 3.4]

3.4

**故障 fault**

不能执行某规定功能的一种特征状态。

注: 它不包括在预防性维护和其他有计划的行动期间,以及因缺乏外部资源条件下不能执行规定功能。

[GB/T 15706—2012,定义 3.33]

3.5

**身体辅助机器人 physical assistant robot**

为用户提供身体协助以执行要求的任务,辅助或增强用户个人能力的个人助理机器人。

4 电气安全要求

4.1 要求的适用性

如果服务机器人的设计和结构已清楚表明某一要求对该服务机器人不适用,则相应试验不进行。

在进行本标准的测试时,应根据服务机器人产品实际使用场景选择并判断各条款中引用的标准(如 GB 4943.1—2011、GB 4706.1—2005)的适用情况,一旦确定适用标准后,所有的测试项目均应按适用的标准进行。

4.2 关键元器件电气安全要求

4.2.1 外壳

对于机器人外壳的要求应满足 GB 4943.1—2011 中 4.2 的要求。

4.2.2 交流电源适配器

机器人使用可充电电池的,如果电池在机器人内部充电,交流电源适配器应符合其适用的标准,如 GB 4943.1—2011、GB 4706.1—2005 或随整机测试。如果电池在机器人外部充电的,交流电源适配器

应符合 GB 4706.18—2014 及其替代标准的要求。

### 4.2.3 线路及端子

#### 4.2.3.1 导线

保护接地导线的绝缘应以绿/黄色为识别标志。

机器人内部形成保护接地连接的所有导线的绝缘至少在导线的终端用绿/黄色来识别。

机器人的保护接地端子应适合于经电源软电线中的保护接地导线,以及合适时经适当插头,或经固定的保护接地导线,与外部保护接地系统相连。

机器人固定的电源导线或电源软电线的保护接地端子的紧固方式,应符合本条要求。

内部保护接地连接用的螺钉应完全被盖住或防止从机器人设备外部意外地使它松动。

如果用设备电源输入插口作机器人设备的电源连接,则设备电源输入插口中的接地脚应被看作是保护接地端子。

保护接地端子不应用来作机器人设备不同部分之间的机械连接,或用来固定与保护接地或功能接地无关的任何元件。

电源软电线中预期与供电系统中性线相连的导线绝缘,应按 GB/T 5023.1—2008 或 GB/T 5013.1—2008 中的规定采用浅蓝色。

电源软电线中导线的颜色应符合 GB/T 5023.1—2008 或 GB/T 5013.1—2008 的规定。

接线端子应固定得使其在夹紧和松开接线时,内部布线不会受到应力且爬电距离和电气间隙不会降低到 GB 4943.1—2011 中第 3 章规定的值以下。测试方法见 6.1。

如果绝缘破损会导致漏电、短路等危险状况,内部电缆和布线应有足够的防护,以防止与运动部件接触,或防止与锐利的角和边接触。

机器人应设计成使得在安装、打开或关闭调节孔盖时,布线、电线束或元器件都不可能受损伤而导致漏电、短路等危险状况。

#### 4.2.3.2 电源软电线

所有电源软电线导线的名义截面积,不应小于表 1 中的规定。

如果用铝导线,截面积应至少为 16 mm<sup>2</sup>。

表 1 电源软电线

设备的额定电流 $I$ A	名义截面积:铜 mm <sup>2</sup>
$I \leq 6$	0.75
$6 < I \leq 10$	1.0
$10 < I \leq 16$	1.5
$16 < I \leq 25$	2.5
$25 < I \leq 32$	4
$32 < I \leq 40$	6
$40 < I \leq 63$	10

#### 4.2.3.3 电线防护套

除固定式服务机器人外,应在机器人进线口或网电源连接器处采用绝缘材料制成的防护套的措施,或

## GB/T 40013—2021

在机器人上采用适当开口形状的措施,以防止电源软电线过分弯曲。电线防护套应通过 GB 4706.1—2005 中 25.14 的试验或按 6.2 的测试方法来检验是否符合要求。

### 4.2.3.4 连接外部保护接地系统的端子

连接外部保护接地系统的端子应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.2 的要求。

### 4.2.4 激光雷达

机器人的激光雷达应符合 GB 7247.1—2012 中 1 类激光产品的辐射限值和标识要求。

### 4.2.5 电机

机器人的电机应符合 GB/T 12350—2009 等相关标准的规定。若机器人的电机无适用的标准,则电机应符合 4.3.11 中非正常工作条件要求。

### 4.2.6 过流保护元件

如果机器人的过流保护元件是可更换的,标识应符合 GB 4706.1—2005 中 7.16 的相关要求。如果过流保护是采用符合 GB/T 9364.1—2015 的微型熔断器,则应满足 GB 4706.1—2005 中 19.12 的要求。

### 4.2.7 断开电气设备的器件

机器人的断开设备的器件应符合 GB/T 5226.1—2019 中 5.5 的相关要求。

### 4.2.8 电池(组)及其应用

机器人电池(组)及其应用应符合 GB 31241—2014、GB/T 36276—2018 等要求。

## 4.3 整机电气安全要求

### 4.3.1 输入电流

输入电流最大值不得超过额定电流 10%。测试方法见 6.3。

### 4.3.2 对触及带电部件的防护

机器人对于可触及带电部件的防护应符合其适用的标准要求,如 GB 4706.1—2005 中第 8 章、GB 4943.1—2011 中 2.1、2.2 及其替代标准的要求。

### 4.3.3 湿热处理

机器人湿热处理应符合其适用的标准要求,如 GB 4706.1—2005 中第 15 章、GB 4943.1—2011 中 2.9.2 及其替代标准的要求。

### 4.3.4 电气间隙、爬电距离和绝缘穿透距离输入电流

机器人电气间隙、爬电距离和绝缘穿透距离应符合 GB 4943.1—2011 中 2.10 及其替代标准的要求。

### 4.3.5 接触电流

机器人的接触电流应符合其适用的标准要求,如 GB 4706.1—2005 中 13.2、GB 4943.1—2011 中 5.1 及其替代标准的要求。

#### 4.3.6 抗电强度

机器人的抗电强度应符合其适用的标准要求,如 GB 4706.1—2005 中 13.3、GB 4943.1—2011 中 5.2 及其替代标准的要求。

#### 4.3.7 发热

服务机器人应考虑长期使用时某些绝缘材料的电气性能和机械性能可能会长期受到不利的影 响(例如受到低于材料正常软化点的温度下挥发的软化剂的影响)。

服务机器人应考虑一些身体辅助机器人运行一定时期后的可接触部分对使用者造成的危害(例如 肢体触摸等物理交互时可能发生的使用者高低温烫伤),应对其可接触部分的表面温度提出限值,以避 免伤害影响。

服务机器人零部件发热应符合 GB 4943.1—2011 中 4.5.2、4.5.3 及替代标准的温度限值要求。

可接触部分表面温度应符合 GB 4943.1—2011 中 4.5.2、4.5.4 及替代标准接触温度的限值要求。 测试方法见 6.4。

#### 4.3.8 特殊的产生低温的机器人

使用者允许的最低温度限值来源于手指接触不同材料的冰冻阈值(霜冻阈值),见表 2。

表 2 不同材料的冰冻阈值

接触时间 $t$ s	最低温度 $T$ °C	
	铝或铜	铁
$t < 1$	-20	-20
$1 \leq t < 10$	-10	-15
$10 \leq t < 60$	-2	-7

#### 4.3.9 耐热与耐燃

机器人耐热与耐燃应符合其适用的标准,如 GB 4706.1—2005 中第 30 章、GB 4943.1—2011 中 4.5.5、4.7 及其替代标准的要求。

#### 4.3.10 机械强度

机器人应具有足够的机械强度,而且在结构上应能保证在承受可以预料到的操作时不会产生本标 准含义范围内的危险。

机器人机械强度应符合其适用的标准要求,如 GB 4706.1—2005 中第 21 章、GB 4943.1—2011 中 4.2 及其替代标准的要求。

#### 4.3.11 模拟的异常工作条件

在施加模拟的异常工作条件时,如果零部件、供给物料和存储介质对试验结果可能有影响时,应将 它们放置到位。

每一个异常工作条件应依次施加,一次施加一个。

由异常工作条件直接引发的各种故障认为是单一故障条件,见附录 A。

应检查机器人、安装、说明书和技术规范,以便确定合理的预期会发生的异常工作条件。

除 A.1 规定的异常工作条件外,还应按适用的情况,考虑下列最低限度异常工作条件的示例:

- 对纸处理机器人:使其卡纸;
- 对具有一般人员可触及的控制键的机器人:对各控制键单独地和共同地进行调节,以便形成最坏的工作条件;
- 对具有一般人员可触及的运动零部件的机器人:将运动零部件卡死;
- 对具有存储介质的机器人:使用不正确的介质、尺寸不正确的介质和质量不正确的介质;
- 对具有可添加的液体或液体筒,或具有可补给物质的机器人:使液体或物质溢入机器人内可能到达的位置。

在引入上述任何异常工作条件前,机器人应处在正常工作条件下工作。

在不导致单一故障条件的异常工作条件试验期间,所有安全防护应保持有效。在恢复正常工作条件后,所有安全防护应符合适用的要求。

如果异常工作条件导致单一故障条件,则采用 4.3.12 的规定。

#### 4.3.12 模拟的单一故障条件

在施加模拟的单一故障条件时,如果零部件、供给物料和存储介质对试验结果可能有影响时,应将它们放置到位。

引入故障条件时应依次施加,一次施加一个。由单一故障条件直接引发的各种故障认为是该单一故障条件的一部分。

要检查机器人结构、电路图和元器件规格,包括功能绝缘,以便确定合理可预见的以及可能导致以下结果的那些单一故障条件:

- 可能旁路安全防护;或
- 导致附加安全防护动作;或
- 以别的方式影响机器人的安全。

应考虑下列的单一故障条件:

- 导致出现单一故障条件的异常工作条件。例如,一般人员造成外部输出端子过载,或一般人员对选择开关调节不正确;
- 基本安全防护失效或附加安全防护失效;
- 除了符合 IEC 62368-1:2018 中 G.9 的 IC 限流器外,将元器件的任何两根引线短路和将元器件的任何一根引线开路,模拟元器件失效;和
- 当 IEC 62368-1:2018 中 B.4.4 有要求时,使功能绝缘失效。

在单一故障条件试验期间和试验后,不应出现本标准涉及的危险。

在对可能影响用作安全防护的绝缘施加单一故障条件后,绝缘应承受对相关绝缘的抗电强度试验。

#### 4.3.13 结构

##### 4.3.13.1 IP 等级

如果机器人标有 IP 代码的第一特征数字,则应满足 GB/T 4208—2017 的有关要求。

##### 4.3.13.2 残余电荷

通过一个插头来与电源连接的机器人,其结构应能使其在正常使用中,当触碰该插头的插脚时,不会因有充过电的额定容量超过 0.1  $\mu\text{F}$  的电容器而引起电击危险。测试方法见 6.5。

注:服务机器人安全电压有不同的要求,如 GB 4706.1—2005 中 22.5、GB 4943.1—2011 中 2.2.2。

#### 4.3.13.3 密封性能

机器人的结构,应使其电气绝缘不受到在冷表面上可能凝结的水或从容器、软管、接头和机器人的类似部分可泄漏出的液体的影响。如果软管破裂,或密封泄漏,且机器人为Ⅱ类结构时,电气绝缘不应受影响。测试方法见 6.6。

#### 4.3.13.4 内部物质间相互接触

机器人的结构应使得诸如绝缘、内部布线、绕组、整流子和滑环之类的部件不会与油、油脂或类似的物质相接触,除非这些物质已具有足够的绝缘性能,以不损害对本标准而言的合格程度。

#### 4.3.13.5 腐蚀

如果锈蚀能够导致载流部件和其他金属零件发生危险的话,在正常使用情况下这些部件应能耐受腐蚀。

注 1: 对本要求而言,认为不锈钢及类似的耐腐蚀合金以及电镀钢板是符合要求的。

通过在 4.3.11 要求的试验后,验证有关零件上是否显示出腐蚀迹象来确定其是否合格。

注 2: 要注意接线端子材料的兼容性和热影响。

#### 4.3.13.6 导电液体

在正常使用中易触及的或可能成为易触及的导电性液体,不应与带电部件接触。电极不应用于加热液体。

对Ⅱ类结构,在正常使用中易触及的或可能成为易触及的导电性液体不应与基本绝缘或加强绝缘接触。

对Ⅱ类结构,与带电部件接触的液体不应与加强绝缘接触。

注: 与不接地的易触及金属部件接触的液体认为是易触及的。

#### 4.3.13.7 水压

打算连接到水源的机器人,应能经受住正常使用中的水压。

在正常使用中装有液体或气体的机器人或带有蒸汽发生器的机器人,应对过高压力危险有足够的安全防护措施。

任何部件都不应出现泄漏,包括任何进水软管。

测试方法见 6.7。

#### 4.3.14 充电对接

充电对接试验中在 100 次的接通和切断过程中,不应产生电弧、火花,也不应造成其他引起失火危险的可能性,例如绝缘层或材料的燃烧和融化,并且开关应仍具有机械和电气功能。

### 5 测试的一般条件

#### 5.1 试验样品

服务机器人主要包括个人/家用服务机器人和公共服务机器人。

如果对服务机器人和电路的检查表明,在服务机器人以外对电路、元器件或部件分别进行试验的结果就能代表对完整服务机器人试验的结果,则可以用这样的试验来代替对完整服务机器人的试验。如果这种试验表明完整服务机器人可能不符合要求,则应在服务机器人上重新进行试验。

如果本标准中规定的某项试验可能是破坏性的,允许使用一个能代表被评估条件的模型样机。

注:由于试验时要涉及各种资源,为了减少浪费,有关各方宜共同商定试验大纲、试验样品和试验顺序。

## 5.2 基本要求

### 5.2.1 试验顺序

试验应按下述顺序进行:

- 确定适用标准;
- 元器件或材料预选;
- 元器件或部件单独试验;
- 机器人不通电试验;
- 带电试验:
  - 在正常工作条件下;
  - 在异常工作条件下;
  - 可能破坏样品的条件下。



### 5.2.2 电源电压

机器人的设计应使其在预定要连接的任何电源电压下工作时都是安全的。

通过检查并在本标准对应分条款规定的电源电压下进行相关的试验来检验其是否合格。如果分条款中未规定电源电压,那么应使用额定电压值或额定电压范围中的任意电压值。

### 5.2.3 等效材料

如果本标准要求了绝缘的特定等级,允许使用更高等级的绝缘。同样,如果本标准要求特定燃烧等级的材料,允许使用更优等级的材料。

### 5.2.4 试验环境

除非另有规定,试验均在下述条件下进行:

- 温度:15℃~35℃;
- 相对湿度:25%~75%;
- 大气压:86 kPa~106 kPa。

### 5.2.5 试验条件

试验场地上的安全设施应处于正常工作状态。

## 6 测试方法

### 6.1 网电源接线端子的固定

通过检查,并对所规定的最大截面积的导线端子夹紧或松开10次之后测量爬电距离和电气间隙,来检验是否符合要求。

### 6.2 电线防护套

电线防护套按下列全部试验进行检验:

- 配有电线防护套或开口的机器人,在电线不受应力影响时,使电线防护套的轴线在电线出口处

水平上翘 45°。然后,在电线的自由端系上一个质量等于  $10D^2$  g 的物体。 $D$  是圆形电源软电线的外径,或为扁形软电线较小线径尺寸,单位为毫米(mm)。

——如果电线防护套对温度敏感,则试验在  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  温度下进行。

——扁线要在最小阻力的平面上弯曲。

——在刚系上  $10D^2$  g 的质量后,如果电线任何位置的曲率半径小于  $1.5 D$ ,则认为电线防护套不合格。

### 6.3 输入电流

当机器人具有一个以上的额定电压时,输入电流应在每个额定电压下进行测量;如果机器人具有一个或一个以上的额定电压范围,输入电流应在每个额定电压范围内的每一端电压下测量。

对于用电池供电的机器人,在开机充电状态下进行试验,测试时间应包括从制造商规定的低电量保护状态至满电状态。对于通过电网电源供电的机器人,在通电开机及正常负载条件下进行试验。

如果额定电流标示是单一的值,应取在相关电压范围内测得的较高的输入电流来进行判定。如果标示的是两个输入电流值,并用短线隔开,应取在相关电压范围内测得的两个值进行判定。在每种情况下,待输入电流达到稳定时进行读数。如果该电流在正常工作周期内是变化的,则应在一段有代表性的时间内,根据在记录有效值的电流表上所测得电流的平均指示,读取稳态电流。

### 6.4 可接触部分表面温度测试

服务机器人可接触部分的表面温度应在发热试验后采用热电偶测量相接触的表面温度,应在机器人最不利情况下进行发热试验,若无法确定最不利情况,可采用下述方式之一进行试验:

——间歇运行,其“通”和“断”的周期按额定的“通”“断”周期连续运行,直到达到热平衡状态;

——连续运行,按额定功率运行,每小时温度增长不大于  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  时或连续工作达 2.5 h。

注:最不利的情况与制造商协商确定。

### 6.5 残余电荷

机器人以额定电压供电,然后将其任何一个开关置于“断开”位置,机器人从电源断开。在断开后的 1 s 时,用一个不会对测量值产生明显影响的仪器,测量插头各插脚间的电压是否超过 4.3.13.2 规定的电压。

### 6.6 密封性能

使用注射器将带颜色的水溶液滴至机器人内可能出现液体泄漏并影响电气绝缘处。测试时机器人应处于工作状态或停止状态,两者中取较为不利的状态。

试验后在绕组或绝缘处没有能导致其爬电距离降低到低于 4.3.4 中规定值的液体痕迹。

### 6.7 水压

机器人供水水源应保持静压,其值为最大进水压力的 2 倍或 1.2 MPa,取其中较大值,持续时间为 5 min,检查进水软管和其他部件是否出现泄漏。

## 7 标识及说明

### 7.1 危险标识

不能清楚表明其中装有会引起电击和热风险的电气机器人的外壳,都应标记 GB/T 5465.2—2008 中 5036 图形符号。

警告标志(见图 1、图 2)应在外壳门或盖上清晰可见。



图 1 电击危险



图 2 热表面危险

警告标志在下列情况可以省略：

- 装有电源切断开关的外壳；
- 人机接口或控制站；
- 自带外壳的单一器件(如位置传感器)。

除非明显的不需要,否则工作时可能会引起危险的开关,其标志或放置的位置应清楚地表明它所控制的机器人的哪个部分。为此而用的标识方式,无论在哪里,不需要语言或国家标准的知识都应能理解。通过视检确定其是否合格。

## 7.2 产品的标记

机器人应有清晰持久的标记,在机器人被安装后使人们清晰可见。铭牌应固定在邻近各个引入电源的外壳上,并给出下列信息：

- 供方的名称或商标；
- 必要时的认证标识；
- 使用顺序号；
- 额定电压或额定电压范围、相数和频率(如果是交流),每个电源的满载电流；
- 服务机器人的短路额定值(适用时)；
- 电源性质的符号,标有额定频率的除外；
- 额定输入功率[单位为瓦特(W)]或额定电流[单位为安培(A)]；
- 打算与移动部件一起使用的电源适配器的型号或规格；
- 服务机器人型号或系列号。

铭牌标示的满载电流,不应小于正常使用条件下同时运行的所有电动机和其他机器人的满载电流之和。

注 1: 在不会造成误解的前提下,允许有另外的标志。

注 2: 如果机器人标有额定压力,其单位可以是巴(bar),但其只能和帕(Pa)同时标示,巴(bar)标在括号中。

## 7.3 标识耐久性

本章所要求的任何标记应是能持久的和醒目的。在考虑标记的耐久性时,应把正常使用时对标记的影响考虑进去。

通过检查和擦拭标记来检验其是否合格。擦拭标记时,应用一块蘸有蒸馏水的棉布用手擦拭 15 s,然后再用一块蘸有溶剂油的棉布用手擦拭 15 s,标记仍应清晰,标记铭牌应不可能轻易被揭掉,而且不应出现卷边。

用于试验的精制溶剂油的脂肪烃类己烷溶剂其有最大芳香烃含量的体积百分比为 0.1%,贝壳松脂丁醇(溶解溶液)值为 29,初始沸点约为 65 °C,干涸点约为 69 °C,单位体积的质量约为 0.7 kg/L。

作为替换,允许使用最低 85%的试剂等级的己烷作为 *n*-己烷。

注:*n*-己烷的名称是化学术语“常态”的或直链碳氢化合物。

## 7.4 说明书

### 7.4.1 操作说明书

技术文件中应包括有一份详述机器人安装和使用的正确方法的操作说明书。应特别注意规定的安全措施。

如果能为机器人操作编制程序,则应提供编程方法、需要的机器人、程序检验和附加安全措施的详细资料。

如果限定使用对象,使用说明应包含以下类似内容:

——本机器人不预备给体能弱、反应迟缓或有精神障碍的人(包括儿童)使用,除非在对其负有安全责任的人员的指导或帮助下安全使用;

——儿童应被监督,以保证他们不玩耍机器人。

有可替代电池的电池供电机器人的操作说明书应包含以下内容:

——可以使用的电池化学类型;

——如何移除和插入电池;

——非可充电电池不能充电;

——可充电电池只能在成人指导下充电;

——可充电电池应在充电前从机器人移除;

——不同类型的电池或新旧电池不能混用;

——电池应根据正确极性插入;

——耗尽电池应从机器人中卸下或取出;

——电源接线端不能短路。

以上内容可以在纸质说明书上、包装上或机器人上标记,如果标记在机器人上,它们应在打开包装后即可明显地看到;如果机器人包括多个部件,只有最主要的部件需要标记。

按制造厂商的操作说明书使用机器人,按操作规程进行试运行和功能测试。制造厂商应在操作说明书中明确给出这些准备工作的操作规程。

### 7.4.2 维修说明书

技术文件中应包含有一份详述调整、维护、预防性检查和维修的正确方法的维修说明书。对维修间隔和记录的建议应为该说明书的一部分。如果提供正确操作的验证方法(例如软件测试程序),则这些方法的使用应详细说明。

为确保机器人的安全运行,如果机器人由多部分组成(各部分需要由用户进行组装),那么机器人配套应提供组装、维修说明书。维修说明应随机器人一起提供,以保证机器人能安全使用。

注:维修说明只要在正常使用中是可见的,则可以标在机器人上。

如果在用户的维护保养期间有必要采取预防措施,则应给出相应的详细说明。

#### 7.5 警告语

机器人应提供关于房间准备和持续照看的警告说明。

## 附录 A (规范性附录)

### 异常工作条件试验和单一故障条件试验

#### A.1 模拟的异常工作条件

##### A.1.1 基本要求

在施加模拟的异常工作条件时,如果零部件、供给物料和存储介质对试验结果可能有影响时,应将它们放置到位。

每一个异常工作条件应依次施加,一次施加一个。

由异常工作条件直接引发的各种故障认为是单一故障条件。

应检查设备、安装、说明书和技术规范,以便确定合理的预期会发生的那些异常工作条件。

除 A.1.2~A.1.7 规定的异常工作条件外,还应按适用的情况,考虑下列最低限度异常工作条件的示例:

- 对纸处理设备:使其卡纸;
- 对具有一般人员可触及的控制键的设备:对各控制键单独地和共同地进行调节,以便形成最坏的工作条件;
- 对具有一般人员可触及的控制键的音频放大器:对各控制键单独地和共同地进行调节,以便形成最坏的工作条件,但不施加 IEC 62368-1:2018 中附录 E 规定的条件;
- 对具有一般人员可触及的运动零部件的设备:将运动零部件卡死;
- 对具有存储介质的设备:使用不正确的介质、尺寸不正确的介质和质量不正确的介质;
- 对具有可添加的液体或液体筒,或具有可补给物质的设备:使液体或物质溢入设备内;和
- 对使用 4.3.13.6 所述的绝缘液体的设备:使液体流失。

在引入上述任何异常工作条件前,设备应处在正常工作条件下工作。

##### A.1.2 通风孔的覆盖

对设备的顶面、侧面和背面,如果这样的表面具有通风孔,则应用最小密度为 200 g/m<sup>2</sup>,尺寸不小于每一个被试表面的纸板(厚的硬纸或薄纸板),一次覆盖一面,盖住所有的开孔。

对设备顶面上不在同一表面的开孔(如果有),要单独用几块纸板同时将其覆盖。

对设备顶面上,相对于水平面倾斜大于 30°和小于 60°,遮盖物会从其上面自由滑落的表面的开孔不用考虑。

对设备背面和侧面,纸板要挂在上边缘上,并允许自由下悬。

除以下规定的外,不要求覆盖设备底部的开孔。

另外,对于可能在柔软支撑物上使用(例如:寝具、毯子等)带有通风孔的设备,应符合如下之一的要求:

- 同时覆盖设备底部、侧面和背面的开孔。外表面的温度不应超过 IEC 62368-1:2018 中 9.2.6 中对 TS2 的限值;
- 应按照 IEC 62368-1:2018 中 F.5 提供指示性安全防护。

指示性安全防护的要素应如下:

- 要素 1:“不要覆盖通风孔”或类似文字;

——要素 2：“本设备预定不用在柔软支撑物(例如寝具、毯子等)上”或类似文字。

### A.1.3 直流电网电源的极性试验

如果与直流电网电源的连接件是无极性的连接件,而且该连接件又是一般人员可触及的,则在对设计成直流供电的设备进行试验时,应考虑极性可造成的影响。

### A.1.4 电压选择器的调节

由电网电源供电的,而且具有要由一般人员或受过培训的人员设定的电压调节装置的设备,要将电网电源电压调节装置设定在最不利的位置进行试验。

注:最不利的情况应与制造商协商确定。

### A.1.5 输出端子的最大负载

向其他设备供电的设备的输出端子,除直接与电网电源连接的输出插座和器具输出插座外,要接上最不利的负载阻抗,包括短路。

注:最不利的负载与制造商协商确定。

### A.1.6 颠倒电池极性

如果对一般人员而言,有可能颠倒极性装入可更换电池,则要在颠倒一个电池或多个电池极性的各种可能的配置对设备进行试验。

### A.1.7 音频放大器异常工作条件

音频放大器的异常工作条件在 IEC 62368-1:2018 中 E.3 做出规定。

### A.1.8 异常工作条件试验期间和试验后的合格判据

在不导致单一故障条件的异常工作条件试验期间,所有安全防护应保持有效。在恢复正常工作条件后,所有安全防护应符合适用的要求。

如果异常工作条件导致单一故障条件,则采用 IEC 62368-1:2018 中 B.4.8 的规定。

## A.2 模拟的单一故障条件

### A.2.1 基本要求

在施加模拟的单一故障条件时,如果零部件、供给物料和存储介质对试验结果可能有影响时,应将它们放置到位。

引入故障条件时应依次施加,一次施加一个。由单一故障条件直接引发的各种故障认为是该单一故障条件的一部分。

要检查设备结构、电路图和元器件规格,包括功能绝缘,以便确定合理可预见的以及可能导致以下结果的那些单一故障条件:

- 可能旁路安全防护;或
- 导致附加安全防护动作;或
- 以别的方式影响设备的安全。

应考虑下列的单一故障条件:

- 导致出现单一故障条件的异常工作条件。例如,一般人员造成外部输出端子过载,或一般人员对选择开关调节不正确;

- 基本安全防护失效或附加安全防护失效；
- 除了符合 IEC 62368-1:2018 中 G.9 的 IC 限流器外,将元器件的任何两根引线短路和将元器件的任何一根引线开路,模拟元器件失效;和
- 当 IEC 62368-1:2018 中 B.4.4 有要求时,使功能绝缘失效。

## A.2.2 温度控制装置

在进行温度测量时,除符合 IEC 62368-1:2018 中 G.3.1~G.3.4 的温度控制安全防护外,应将控制温度的电路中的任何单个装置或单个元器件开路或短路,取其中较为不利者。

## A.2.3 电动机试验

### A.2.3.1 电动机堵转试验

如果采取这种做法能明显导致设备的内部温度增加,则将电动机堵转或在最终产品中将电动机转子堵转(例如,将风扇电动机的转子堵转,以便停止通风)。

### A.2.3.2 合格判据

通过检验和检查所提供的数据,或通过 IEC 62368-1:2018 中 G.5.4 规定的试验来检验是否合格。

## A.2.4 功能绝缘

### A.2.4.1 功能绝缘的电气间隙

除非功能绝缘的电气间隙符合以下要求:

- IEC 62368-1:2018 中 5.4.2 规定的对基本绝缘的电气间隙;或
  - 对于在污染等级 1 和污染等级 2 环境中使用的 1 级电能量源(ES1)和 1 级功率源(PS1)电路, GB/T 16935.1—2008 中 F.4 规定的对印制板的基本绝缘的电气间隙;或
  - IEC 62368-1:2018 中 5.4.9.1 对基本绝缘的抗电强度试验。
- 否则应短路功能绝缘的电气间隙。

### A.2.4.2 功能绝缘的爬电距离

除非功能绝缘的爬电距离符合以下要求:

- IEC 62368:2018 中 5.4.3 规定的对基本绝缘的爬电距离;或
  - 对于在污染等级 1 和污染等级 2 环境中使用的 ES1 和 PS1 电路,GB/T 16935.1—2008 中 F.4 规定的对印制板的基本绝缘的电气间隙;或
  - IEC 62368-1:2018 中 5.4.9.1 对基本绝缘的抗电强度试验。
- 否则应将功能绝缘短路。

### A.2.4.3 涂覆印制板上的功能绝缘

除非功能绝缘符合以下要求:

- IEC 62368-1:2018 中表 G.13 的间隔距离;或
  - IEC 62368-1:2018 中 5.4.9.1 对基本绝缘的抗电强度试验。
- 否则应将涂覆印制板上的功能绝缘短路。

## A.2.5 短路和断开电子管和半导体的各极

应将电子管的各极和半导体器件的各引线短路,或如果适用,断开。一次断开一条引线,或依次将

任意两条引线连接在一起。

#### A.2.6 短路或断开无源元器件

应将电阻器、电容器、绕组、扬声器、VDR 和其他无源元器件短路或断开,取其中较为不利者。

这些单一故障条件不适用于:

- 符合 GB/T 14536.1—2008 中第 15 章、第 17 章、J.15 和 J.17 的 PTC 热敏电阻器;
- 提供 GB/T 14536.1—2008 中 2.AL.型动作的 PTC;
- 符合 IEC 62368-1:2018 中 5.5.6 的电阻器;
- 符合 GB/T 6346.14—2015 和 IEC 62368-1:2018 中 5.5.2 评定的电容器;
- 符合 IEC 62368-1:2018 中附录 G 对相关元器件加强绝缘要求的隔离元器件(例如光电耦合器和变压器);
- 符合 IEC 62368-1:2018 中附录 G 相关要求或符合相关元器件国家标准、行业标准或 IEC 标准的安全要求、用作安全防护的其他元器件。

#### A.2.7 元器件连续工作

如果预定短时或间歇工作的电动机、继电器线圈或类似元器件在设备工作期间会发生持续工作,则要使其持续工作。

对规定短时工作或间歇工作的设备,试验要一直重复到稳定状态,不考虑工作时间。对本试验而言,恒温器、限温器和热断路器不要短路。

在不直接和电网电源连接的电路中,以及在由直流配电系统供电的电路中,对正常情况下间歇通电的机电元器件,除电动机外,应在其供电电路中模拟一个能导致该元器件持续通电的故障。

试验持续时间应按下列规定:

- 对其故障工作不能使一般人员明显觉察的设备或元器件,持续到能建立稳定状态所需的时间,或直到模拟的故障条件引发其他结果导致电路中断,取其时间较短者;和
- 对其他元器件和设备:5 min,或者直到元器件损坏(例如,烧坏)或模拟的故障条件引发其他结果导致电路中断,取其时间较短者。

#### A.2.8 单一故障条件试验期间和试验后的合格判据

在单一故障条件试验期间和试验后,可触及零部件不应超过 IEC 62368-1:2018 中 5.3、8.3、9.4、10.3、10.4.1、10.5.1 和 10.6.5 根据危险规定的对相关人员的相应的能量等级。在单一故障条件试验期间和试验后,设备内的任何火焰应在 10 s 内熄灭并且周围的部件不应被引燃。任何有火焰的部件应认为是 PIS。

在对可能影响用作安全防护的绝缘施加单一故障条件后,绝缘应承受 IEC 62368-1:2018 中 5.4.9.1 对相关绝缘的抗电强度试验。

在单一故障条件期间和之后,印制板上导体的断开不应用来作为安全防护,但以下情况除外,在这种情况下,故障条件应重复 3 次:

- 只要开路电路不是电弧性 PIS,则 V-1 级材料或 VTM-1 级材料的印制板上的导体在过载条件下可以断开。没有材料可燃性等级或可燃性等级低于 V-1 级材料的印制板上的导体不应断开。
- 在单一故障情况下,印制板上导体的剥离不应导致任何附加安全防护或加强安全防护失效。

#### A.2.9 单一故障条件下的电池充放电

在单一故障条件下,电池充放电条件应符合相应要求。

参 考 文 献

- [1] GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇
  - [2] GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
  - [3] GB/T 37283—2019 服务机器人 电磁兼容 通用标准 抗扰度要求和限值
- 

