

CES

团体标准

T/CES XXXXXXX

SCARA 机器人
电磁兼容性要求及测试方法

SCARA Robot

Electromagnetic compatibility requirements and test methods

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 机器人系统信息	6
5 试验条件	6
5.1 概述	6
5.2 试验环境条件	7
5.3 试验运行说明	7
5.4 安装固定	7
5.5 测试布置	7
6 抗扰度试验要求	8
6.1 概述	8
6.2 试验布置	8
6.3 运行模式	8
6.4 抗扰度判据	9
6.5 SCARA 机器人抗扰度试验要求	10
7 发射试验要求	111
7.1 环境噪声	111
7.2 测量设备与场地	11
7.3 试验布置	111
8 发射限值	113
8.1 电源和电信端口的传导骚扰限值	13
8.2 电磁辐射骚扰的限值	13
9 测量不确定度	18
10 试验报告	18
附录 A（资料性附录）抗扰度试验性能等级判定依据举例 – 节拍（运动周期时间）	20
附录 B（资料性附录）SCARA 机器人辐射骚扰测量不确定度评定	21
参考文献	24

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会电磁兼容与天线（专业）工作组归口。

本文件起草单位：库卡机器人（广东）有限公司、上海电器科学研究所（集团）有限公司、南德认证检测（中国）有限公司广州分公司、库卡机器人制造（上海）有限公司、上海电器设备检测所有限公司、上海电器科学研究院、上海添唯检测认证技术有限公司、广东省计量科学研究院、深圳市磁迅科技有限公司、重庆凯瑞机器人技术有限公司、北京思灵机器人科技有限责任公司、芮锋射频技术（上海）有限公司。

本文件主要起草人：梁应杰、李建韬、谢延萍、王晓珉、刘旭东、贾俊君、徐文才、常志方、何靖、窦满义、邹添、沈宏伟。

SCARA 机器人 电磁兼容性要求及测试方法

1 范围

本文件规定了 SCARA 机器人电磁兼容抗扰度的试验及其产生电磁骚扰电平的发射测量程序以及相应的限值，适用的频率范围为 0Hz~400GHz。对尚未规定限值的频段，不必测量。

本文件仅适用于 SCARA 机器人；当 SCARA 机器人产品集成了无线通讯功能时，本文件仍然适用，但不考察无线通讯相关的要求，无线通讯相关要求请参考其相应法规。

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 4365 电工术语 电磁兼容

GB/T 12643 机器人与机器人装备 词汇

GB/T 17624.1 电磁兼容 综述 电磁兼容基本术语和定义的应用与解释

GB/T 6113.101 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备

GB/T 6113.102 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-2部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 传导骚扰

GB/T 6113.104 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-4部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辐射骚扰 测量用天线和试验场地

GB/T 6113.201 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量

GB/T 6113.203 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-3部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量

GB/T 6113.402 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第4-2部分：不确定度、统计学和限值建模 测量设备和设施的不确定度

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

IEC 60204-1 Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements

3 术语和定义

GB/T 4365、GB/T 12643和GB/T 17624.1界定的以及下列术语和定义适用本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 4365和GB/T 12643中的一些术语和定义。

3.1

机器人 Robot

具有两个或两个以上可编程的轴，以及一定程度的自主能力，可在环境内运动以执行预期的任务的执行机构。

注1：机器人包括控制系统和控制系统接口。

注2：改写 GB/T 12643-2013，定义 2.6。

3.2

控制器，机器人控制器 Controller, Robotic Controller

与机器人本体相连，接受用户指令，并控制机器人本体动作的装置

[GB/T 32197]

3.3

工业机器人系统 Industrial Robot System

由(多)工业机器人、(多)末端执行器和为使机器人完成其任务所需的任何机械、设备、装置、外部辅助轴或传感器构成的系统

3.4

示教器 Pendant; Teach Pendant

与控制系统相连，用来对机器人进行编程或使机器人运动的手持式单元。

[GB/T 39004]

3.5

额定负载 Rating Load

正常操作条件下作用于机械接口或移动平台且不会使机器人性能降低的最大负载

注1：额定负载包括末端执行器、附件、工件的惯性作用力

[GB/T 12643]

3.6

SCARA 机器人 SCARA Robot

SCARA是Selective Compliance Assembly Robot Arm的缩写，也叫做平面关节机器人。这种机器人在同一平面上沿着垂直轴旋转工作，可以仅通过Z轴的移动实现垂直方向动作。

3.7

电磁环境 Electromagnetic Environment

存在于某一给定场所的所有电磁现象的总和。

[GB/T 4365-2003，定义 161-01-01]

3.8

电磁骚扰 Electromagnetic Disturbance

任何可能引起装置、设备或系统性能降低的电磁现象。

[GB/T 4365-2003，定义 161-01-05]

3.9

电磁干扰 Electromagnetic Interference; EMI

电磁骚扰引起的设备、传输通道或系统性能下降。

注：骚扰和干扰分别是因和果。

[GB/T 4365-2003，定义 161-01-06]

3. 10

电磁兼容性 Electromagnetic Compatibility; EMC

设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中的任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。

[GB/T 4365-2003，定义 161-01-07]

3. 11

(电磁) 发射 (Electromagnetic) Emission

从源向外发散电磁能量的现象。

[GB/T 4365-2003，定义 161-01-08]

3. 12

端口 Port

规定的设备与外界电磁环境的特定界面。

注：如图1所示。

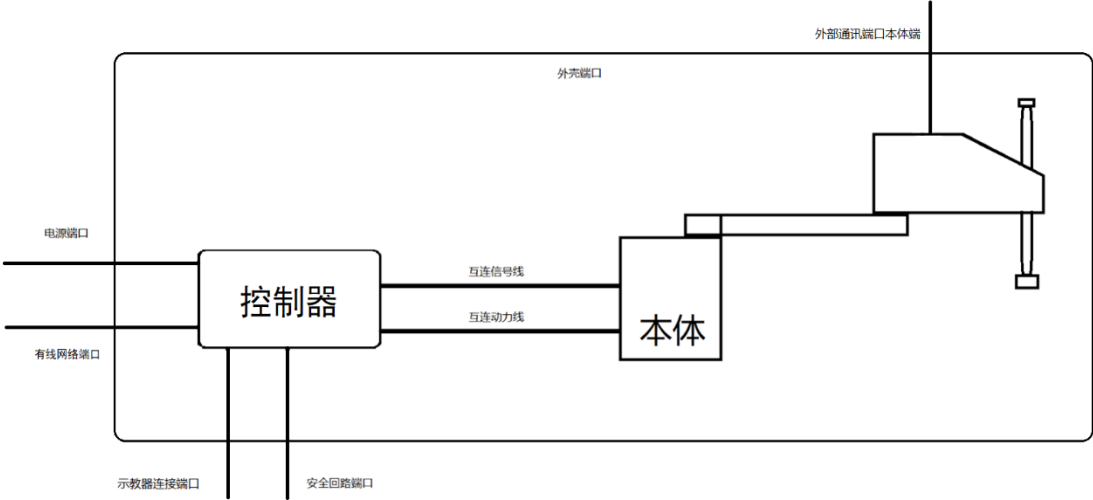


图1 设备端口示意图

3. 13

外壳端口 Enclosure Port

设备的物理界面（包括控制器、示教器、本体），电磁场可以通过它来辐射或侵入。

3. 14

电源端口 Power Port

为机器人系统提供电源而使其正常工作的导线或电缆的端口。

3. 15

有线网络端口 Wired Network Port

通过直接连到单用户或多用户的通信网络将分散的系统互联,用于传输语音、数据和信号的端口。

注1：如有线电视网络 (CATV) 公共交换电信网络 (PSTN)、综合业务数字网 (ISDN)、数字用户线路 (xDSL)、局域网 (LAN) 以及类似网络

注2：此类端口可以支持屏蔽或非屏蔽电缆,如果相关通信规范允许,也可同时提供 AC或 DC供电。

3.16

示教器连接端口 Pendant Port

与示教器连接，并可通过示教器进行控制。

3.17

安全回路端口 Safety Circle Port

含有电子安全零部件组成的回路，或传输安全停止信号的控制回路。如急停开关控制回路，停止信号传输回路。

3.18

互连信号线 Interconnected Signal Cable

连接控制柜与机器人本体，传输控制信号以及信息。

3.19

互连动力线 Interconnected Power Cable

连接控制柜与机器人本体，由控制柜端提供足够的电源动力输出到机器人本体。

3.20

外部通讯端口本体端 External communicate of Robot arm side

用于连接外部辅助设备，协助末端关节准确完成动作。

3.21

长距离线路 long distance line

与信号端口连接的线路，其在建筑物内长度超过30m，或者延伸至建筑物外(包括户外安装的线路)。

3.22

工业场所 industrial locations

以一个单独的供电网络为特征的场所，在多数情况下，由一个高压或中压变压器馈送电力，专用于给制造或类似工厂输电的设施供电，并且具备下列一个或多个条件：

- 大的感性或容性负载的频繁切换；
- 强电流和相应的磁场；
- 存在工业、科学和医疗（ISM）设备。

3.23

直角三角位姿 Right Triangle Motion (RTM)

根据一轴、二轴的臂长 A 和 B 作为直角三角形的两直边，如图 2 所示。

末端关节坐标定义为：

$$P_0 = (A+B, 0, 0, 0)$$

$$P_1 = (\sqrt{A^2 + B^2}, 0, Z, 180^\circ) \text{ 左手}$$

$$P_2 = (\sqrt{A^2 + B^2}, 0, Z, 180^\circ) \text{ 右手}$$

以点到点进行轨迹规划运行， $P_0 \rightarrow P_1 \rightarrow P_0 \rightarrow P_2$ ，循环切换，运行程序中的等待时间应小于等于 0.1s。

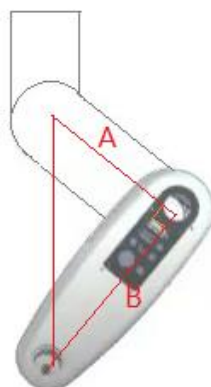


图 2 RTM 示意图

3. 24

接地 Earthing

系统、装置或设备中一个或多个非电气安全或其他用途的接地点。

注：用于功能接地的受试设备端口称为功能接地端口。

3. 25

安全转矩关闭 Safe torque off (STO)

此功能可以防止产生力的动力被提供给电机。

该安全子功能对应于符合IEC 60204-1停止类别0的非控制停止。

3. 26

安全运行停止 Safe operating stop (SOS)

此功能防止电机停止位置的偏离超过某一适量。

PDS(SR)为电机提供能量，使其能够抵抗外力。

3. 27

安全停止1 Safe stop 1 (SS1)

此功能指如下其中一种：

a)安全停止1 减速控制

Safe Stop 1 deceleration controlled (SS1-d)

在选定的限制范围内启动和控制电机减速速率以停止电机并在电机转速低于规定限值时执行STO功能限制;或

b)安全停止1 渐变监控

Safe Stop 1 ramp monitored (SS1-r)

在选定的限制范围内启动并监控电机减速速率以停止电机并在电机转速低于规定限值时执行STO功能;或

c)安全停止1 时间控制

Safe Stop 1 time controlled (SS1-t)

启动电机减速并在特定时间延迟程序后执行STO功能。

此安全子功能对应于根据停止类别1的受控停止IEC 60204-1标准。

3. 28

安全停止 2 Safe stop 2 (SS2)

此功能指如下其中一种:

a)安全停止2 减速控制

Safe Stop 2 deceleration controlled (SS2-d)

在选定的限制范围内启动和控制电机减速速率以停止电机并在电机转速低于规定限值时执行SOS功能限制;或

b)安全停止2 渐变监控

Safe Stop 2 ramp monitored (SS2-r)

在选定的限制范围内启动并监控电机减速速率以停止电机并在电机转速低于规定限值时执行SOS功能;或

c)安全停止2 时间控制

Safe Stop 2 time controlled (SS2-t)

启动电机减速并在特定时间延迟程序后执行SOS功能。

此安全子功能对应于根据停止类别2的受控停止 IEC 60204-1标准。

3. 29

EUT 边界 EUT Boundary

包含被测机器人系统以及机械手臂在 RTM 运行时的运动范围的最小的圆柱体。

3. 30

小型 SCARA 机器人 Small Size SCARA Robot

适于在直径为 1.5 米, 高为 1.5 米(到接地平面)的假想圆柱体测试区域内安装的 SCARA 机器人(包括电缆)。

4 机器人系统信息

4.1 线缆

制造商、厂家需提供产品配备的线缆, 且明确相应的长度, 以及是否为屏蔽线线缆。制造商、厂家需提供相应的连接方式。

4.2 接地方式

制造商、厂家需要明确告知控制器与机器人手臂的接地方式, 并在产品说明书上说明。

4.3 系统软件版本

产品的系统软件应为有效最新版本, 制造商、厂家应提供相应的版本信息。

4.4 额定负载

制造商、厂家需要明确机器人系统所能满足的额定负载信息, 主要包含: 质量M(单位: /kg)、转动惯量I(单位: /kg*m²)及质心位置X/Y/Z(单位: /m), 并在产品说明书上说明, 在测试过程中应该配备相应的模拟负载配重。

5 试验条件

5.1 概述

SCARA机器人应依照制造厂商的推荐方法进行正确安装(电气安装和机械安装), 并充分运行(启动和功能性试验)。在测试频段内, SCARA机器人应在RTM轨迹下进行试验。

如果制造商要求有外部滤波和/或屏蔽装置或根据用户手册有规定的措施, 那么测试应在加有规定的装置和措施下进行, 并且具体的装置和措施应在报告中予以阐明。 如果为了符合标准要求而应采取

专门措施，例如使用屏蔽电缆或专用线缆，则应在报告中加以说明，且制造商应在用户手册中告知采购方或用户。

试验期间SCARA机器人的配置情况和工作状态都应记录在试验报告中，如果设备有许多类似的端口或一些端口有许多类似的连接，那么应选择足够数量的端口和连接来模拟实际工作状态，以保证覆盖所有不同类型的终端。

5.2 试验环境条件

试验环境条件，应符合相关基础标准及制造商说明要求，包括但不限于：温度、相对湿度、海拔高度极限等。

5.3 试验运行说明

SCARA机器人应在表1描述的运行模式下进行测试，具体测试项目对应运行模式见表2。

表1 运行模式

模式	说明
模式 1	在 RTM 轨迹下以最高速度 20%的工况下运行，并以额定负载配重
模式 2	在 RTM 轨迹下以最高速度 80%的工况下运行，并以额定负载配重
模式 3	在进入安全停止状态下并维持，并以额定负载配重
注：安全停止包括 ST0、SS1、SS2 三种，分别对应 IEC 60204-1 中的 0 类、1 类、2 类停止。当机器人系统同时包含多种停止类别时，应分别进行测试。	

表2 测试项目

序号	测试项目	运行模式		
		模式 1	模式 2	模式 3
1	辐射发射	✓	✓	/
2	传导发射	✓	✓	/
3	静电放电抗扰度	/	✓	✓
4	射频电磁场抗扰度	/	✓	✓
5	工频磁场抗扰度	/	✓	✓
6	脉冲群抗扰度	/	✓	✓
7	浪涌抗扰度	/	✓	✓
8	射频场感应的传导骚扰抗扰度	/	✓	✓
9	电压暂降和短时中断抗扰度	/	✓	✓

5.4 安装固定

机械臂应该安装在一定高度（约30cm-70cm）的基座上并固定，基座应能保证机器人在运动过程中有足够稳固，以免引起意外发生。安装后，整体固定在10-15cm高的绝缘支撑材料上。

控制器、机械臂应按照厂家的产品说明的接地点连接至试验区的接地平面上。如控制器与手臂之间在产品安装说明中要求单独连接一根地线，应按要求的地线尺寸进行连接。

5.5 测试布置

为保证测试过程中，机器人系统的互连线缆对 EMC 性能表现呈现出来，且操作机器人过程人与机器人手臂有一定的安全距离，SCARA 机器人试验布置应按照图 3 中的要求相对位置放置。机器人手臂安装法兰边界与控制柜边界应大于机器人手臂的臂展长度。

控制器和线缆均放在10-15cm高的绝缘支撑材料上，互连动力线缆与信号线缆过长的部分应该按照80cm的长度以椭圆的形状进行盘放，弯曲部分为以半径R=10cm弯折成半圆形（此线段可借助绝缘支撑材料进行盘绕），平行部分间隔20cm。

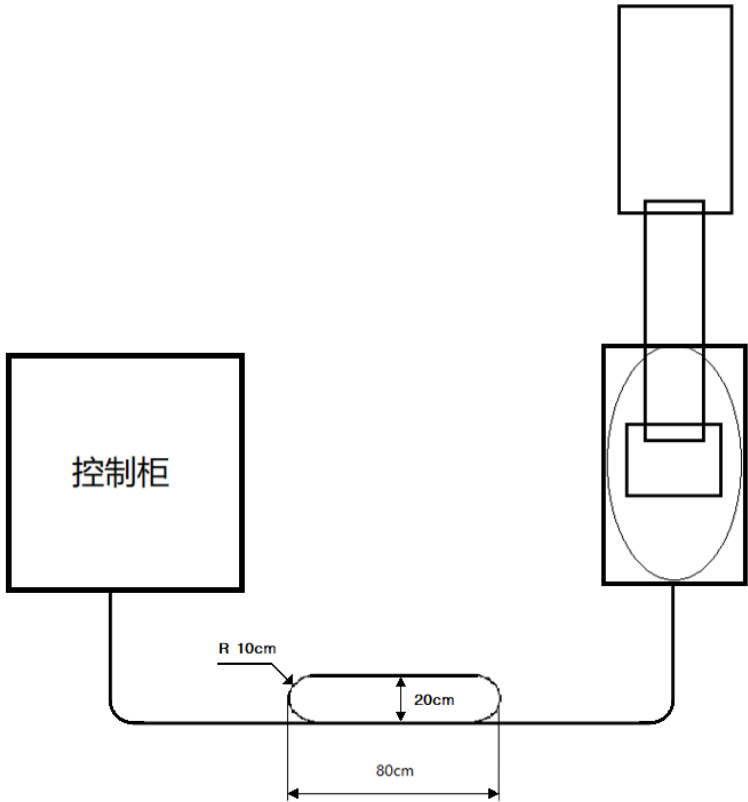


图 3 试验布置示意

6 抗扰度试验要求

6.1 概述

试验时的具体配置和工作状态应在试验报告中明确地注明。

试验应按照基础标准进行，试验顺序是任意的，在同一时间内只进行一项试验。如果要求适用另外的方法，则相应的方法应经过充分的验证，且方法和理由应在试验报告中说明。

有关试验、对应的试验发生器、适用的方法和试验布置的描述见下列各表中列出的基础标准。

这些基础标准的内容在此不赘述，但在试验实际应用时应的修改或补充信息在本部分中给出（见表中的“注释”）。

6.2 试验布置

SCARA机器人的抗扰度试验布置应满足5.4与5.5的要求。

6.3 运行模式

按照5.3表2中的运行模式进行。

6.4 抗扰度判据

试验期间和试验之后，被测设备不允许出现危害人员或设备本身安全的动作出现。如果由于进行规定的试验而使机器人变得不安全或有危险，则应认为该机器人的抗扰度试验不合格。

所有制造商规定的性能等级在施加试验时，本文件建议性能等级变化用数值量化的方式去判断是否合格，数值量化方式需由制造商提供。如附录A描述了一种可行的、用节拍数值记录来判断设备是否正常工作的一种方法。

制造商应提供设备功能的说明和性能判据的定义。应针对表2中规定抗扰度试验，根据下述判据之一记录在试验报告中。

a) 性能判据 A:

在试验期间和试验之后，设备应按预定方式连续工作。当设备按预定方式工作时，性能降低或功能丧失不允许低于制造商规定的性能水平。性能水平可以用允许的性能丧失来替代。如果制造商没有规定最低性能水平或允许丧失的性能，则二者均可从产品说明书和产品文件中得到，或者在设备按预定的方式使用时，从用户的合理期望中得出。

b) 性能判据 B:

在试验之后，设备应按预定方式连续工作。当设备按预定方式使用时，性能降低或功能丧失不允许低于制造商规定的性能水平。性能水平可以用允许的性能丧失来替代。在试验期间，允许性能降低，但实际工作状态或存储的数据不允许改变。如果制造商没有规定最低性能水平或允许丧失的性能，则二者均可以从产品说明书和产品文件中得到，或者在设备按预定的方式使用时，从用户的合理期望中得出。

c) 性能判据 C

允许暂时丧失功能，只要这种功能可自行恢复或者可以通过操作控制器来恢复。

由制造商规定并在试验期间被评定的一些功能的示例如下，但不限于此：

- 运动功能；
- 通信功能；
- 人机交互功能；
- 感知功能；
- 报警功能。

d) 性能判据 S

装置或装置组合和相关安全部件应按照设计连续运行，除非因故障进入ST0或者Safe stop 1/2模式，否则不应有任何性能降低或功能丧失。

6.5 SCARA 机器人抗扰度试验要求

表3 SCARA 机器人抗扰度试验要求

端口	试验项目	基础标准	试验等级		性能判据	
			所有电路 ⁽¹⁾	安全回路 ⁽²⁾	所有电路	安全回路
外壳	静电放电	GB/T 17626.2	接触放电±4kV；空气放电±8kV	接触放电±6kV；空气放电±15kV	B	S
	射频电磁场	GB/T 17626.3	10 V/m (80 MHz～1000 MHz)，80%AM (1kHz) 3 V/m (1.4 GHz～6.0GHz)，80%AM (1kHz)	30 V/m (80 MHz～1000 MHz)，80%AM (1kHz) 10 V/m (1.4 GHz～6.0GHz)，80%AM (1kHz)	A	S
	工频磁场	GB/T 17626.8	30A/m	100A/m	A	S
交流电源端口 (包含保护接地)	脉冲群	GB/T 17626.4	±1kV (5/50ns, 100kHz)	±4kV (5/50ns, 100kHz)	B	S
	浪涌	GB/T 17626.5	1.2/50(8/20) μs ±2kV (线对地) ±1kV (线对线)	1.2/50(8/20) μs ±2kV (线对地) ±1kV (线对线)	B	S
	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	10 V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz)	30 V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz)	A	S
	电压暂降	GB/T 17626.11	0%额定电压，1 周期 40%额定电压，10/12 ^a 周期 70%额定电压，25/30 ^a 周期	0%额定电压，1 周期 40%额定电压，5/6 ^a 周期 70%额定电压，50/60 ^a 周期	B C C	S
	电压中断	GB/T 17626.11	0%额定电压， 250/300 ^a 周期	0%额定电压， 250/300 ^a 周期	C	S
通讯/控制	脉冲群	GB/T 17626.4	±1kV (5/50ns, 100kHz)	±2kV (5/50ns, 100kHz)	A	S
	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3 V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz) ⁽³⁾	10 V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz)	A	S
示教器连接	脉冲群	GB/T 17626.4	±1kV (5/50ns, 100kHz)	±2kV (5/50ns, 100kHz)	A	S
	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz) ⁽³⁾	10 V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz)	A	S
互连信号线	脉冲群	GB/T 17626.4	±1kV (5/50ns, 100kHz)	±2kV (5/50ns, 100kHz)	A	S
	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz) ⁽³⁾	10 V (0.15 MHz～80 MHz)， 80% AM (1 kHz)	A	S
互连动力线 ⁽⁴⁾	脉冲群	GB/T 17626.4	±1kV (5/50ns, 100kHz)	±2kV (5/50ns, 100kHz)	B	S
	射频场感应的	GB/T	3 V (0.15 MHz～80	10 V (0.15 MHz～80	A	/

	传导骚扰	17626.6	MHz) , 80% AM (1 kHz) ⁽³⁾	MHz) , 80% AM (1 kHz)		
<div>(1) 包含一般功能和/或安全电路端口的试验值。 (2) 包含安全电路端口的试验值。 (3) 仅适用于含有长度可能超过 3 m 的电缆接口的端口(电缆的长度依据制造单位在功能规格书中的描述)。 (4) 仅适用于非屏蔽连接线缆。</div>						

7 发射试验要求

7.1 环境噪声

进行型式试验的试验场地应能将 SCARA 机器人的发射从环境噪声中区分出来。这种环境适用性可通过在 SCARA 机器人不工作的情况下测量环境噪声电平来确定，要保证环境噪声电平比第 6 章规定的限值至少低 6 dB，以便于测量。在环境噪声存在的情况下进行符合性测试的更多信息，详见 GB/T 6113.201 及 GB/T 6113.203 中所述。

如果环境电平加上 SCARA 机器人的发射后，仍不超过规定的限值，就没有必要使环境电平减小到规定限值的 6 dB 以下，在这种情况下，可认为 SCARA 机器人已满足规定的限值。

7.2 测量设备与场地

7.2.1 测量接收机

本文件使用的测量接收机的准峰值检波器和平均值检波器应符合 6113.101 的要求。

7.2.2 人工电源网络 AMN

本文件使用的人工电源网络 AMN 为符合 6113.102 要求的 V 型 50 Ω/50 μH 网络，AMN 应以低射频阻抗的方式连接到参考地平面。

7.2.3 电压探头 VP 和电流探头 CP

本文件使用的电压探头和电流探头应符合 6113.102 要求。

7.2.4 电磁辐射骚扰测试场地

辐射测试场地应按照 6113.104 的要求进行验证。

7.3 试验布置

7.3.1 传导发射试验布置要求

基于 SCARA 机器人系统测试布置区域场地空间要求及运行过程中人员安全等方面考虑，SCARA 机器人传导测试应在辐射发射测试场地完成，样品测试条件与辐射发射测试保持一致。

SCARA 机器人应按 5.4 中的要求进行安装固定，按 5.5 的要求进行测试布置。SCARA 机器人控制柜与 AMN 距离应为 0.8m。

EUT 边界外的辅助设备，应用 CMAD 于 EUT 边界以外的互连线进行去耦隔离。

按照5.3表2中的运行模式进行测试。

限值按照 8.1 中的条款要求。

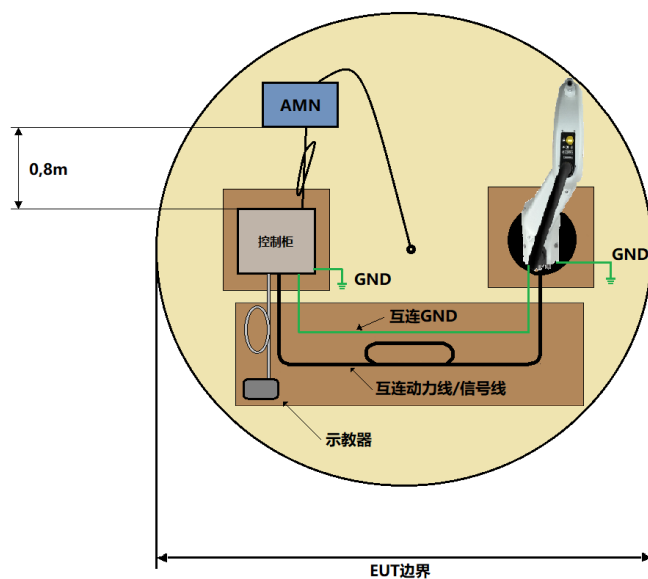


图 4 传导发射试验布置示意图

7.3.2 辐射发射试验布置要求

基于 SCARA 机器人系统测试布置区域场地空间要求及运行过程中人员安全等方面考虑，SCARA 机器人应按 5.4 中的要求进行安装固定，按 5.5 的要求进行测试布置。

机器人手臂安装法兰距离测试场地反射平面为 50 cm~80 cm。测试应在 OATS 或 SAC 里 10 m 距离的辐射发射测量区域执行测试，EUT 边界应限制在直径不超过 3m，高度不超过 1.5 m 范围内，3 m 测试距离仅针对小型 SCARA 机器人进行，测量距离应定义为从天线参考点至 EUT 边界的距离（见图 5）。

EUT 边界外的辅助设备，应用 CMAD 于 EUT 边界以外的互连线进行去耦隔离。

按照 5.3 表 2 中的运行模式进行测试。

限值按照 8.2 中的条款要求。

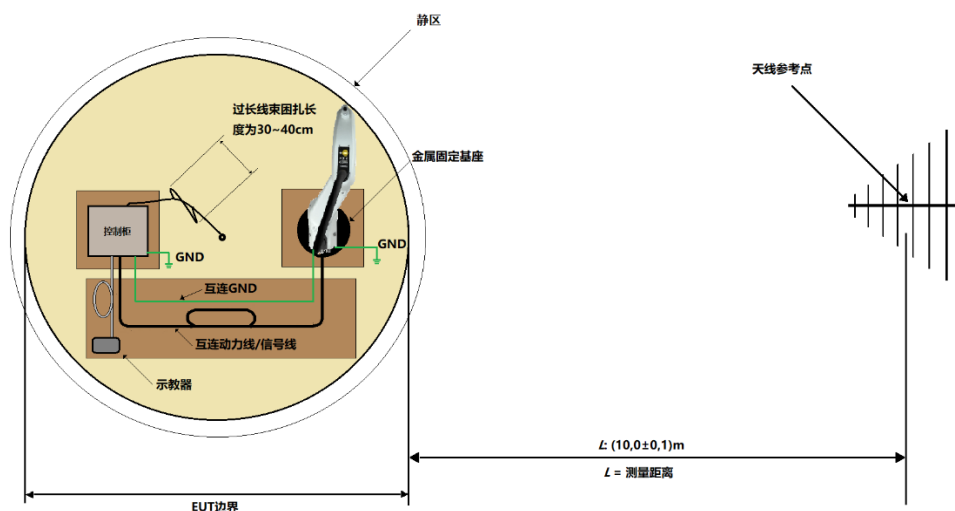


图 5 辐射发射试验布置示意图

8 发射限值

8.1 电源和电信端口的传导骚扰限值

8.1.1 电源端口传导骚扰限值

SCARA 机器人应同时满足用平均值检波器测量时所规定的平均值限值和用准峰值检波器测量时所规定的准峰值限值。

9 kHz～150 kHz 频段未规定限值。

150 kHz～30 MHz频段的交流电源端口传导骚扰限值的规定见表4。

表4 SCARA 机器人的骚扰电压限值（交流电源端口）

频段 MHz	准峰值 dB (μ V)	平均值 dB (μ V)
0.15～0.50	79	66
0.50～5	73	60
5～30	73	60
在过渡频率上采用较严格的限值。		

8.1.2 有线网络传导骚扰限值

SCARA 机器人在试验场地测量时使用 150 Ω 的 AAN、容性电压探头或电流探头。测量接收机应符合 GB/T 6113.101 要求。

9 kHz～150 kHz 频段未规定限值。

150 kHz～30 MHz 频段的电信端口传导共模（不对称）骚扰限值的规定见表 5。

当使用符合要求的 AAN 进行测量时，只需要满足表中电压限值即可，无需再测量电流；当使用容性电压探头和电流探头测试时，应同时满足表中电压和电流限值要求。

表5 SCARA 机器人有线网络端口传导共模（不对称）骚扰限值

频段 MHz	电压限值 dB (μ V)		电流限值 dB (μ A)	
	准峰值/	平均值	准峰值/	平均值
0.15～0.50	97~87	84~74	53~43	40~30
0.50～30	87	74	43	30
注1：在过渡频率上采用较严格的限值。 注2：在 0.15MHz~0.50MHz 频率范围内，限值随频率的对数呈线性减小。 注3：电流和电压的骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络（AAN）条件下导出的，该阻抗稳定网络对应受试的电信端口呈现 150 Ω 的共模（不对称）阻抗（转换因子为 20lg150=44dB）				

8.2 电磁辐射骚扰的限值

8.2.1 概述

使用带峰值、准峰值或平均值检波器的仪器测量时，SCARA 机器人应满足表 6 及表 7 中的限值要求。

SCARA 机器人在试验场地测量时，试验场地和天线应符合 GB/T 6113.104 的规定。测量接收机应符合 GB/T 6113.101 的规定。

30 MHz 以下频段的限值是指电磁辐射骚扰的磁场分量，30 MHz 以上频段的限值是指电磁辐射骚扰的电场分量。

8.2.2 9 kHz~150kHz 频段

9kHz~150 kHz 频段无规定限值。

8.2.3 150kHz~30MHz 频段

150kHz~30MHz 频段无规定限值。

8.2.4 30 MHz~1 GHz 频段

表6 电磁辐射骚扰限值

频段 MHz	OATS 或 SAC	
	10 m 测量距离	3 m 测量距离
	准峰值 dB (μ V/m)	准峰值 dB (μ V/m)
30~230	40	50
230~1000	47	57
在过渡频率上采用较严格的限值。		

8.2.5 1 GHz 以上频段

1GHz以上频段的辐射骚扰测量应在全电波暗室或地面铺有吸波材料的OATS或SAC中进行。

表7 辐射骚扰限值（3m 测量距离）

频段 GHz	平均值 dB (μ V/m)	峰值 dB (μ V/m)
1~3	56	76
3~6	60	80
注：在过渡频率（3GHz）处应采用较低的限值。		

测量频率上限的选择：

SCARA 机器人的最高内部源指在机器人内部产生或使用的最高频率，或机器人工作或调谐的频率。

——如果 SCARA 机器人内部的最高频率低于 108MHz, 则测量只进行到 1GHz；

——如果 SCARA 机器人内部的最高频率在 108MHz~500MHz, 则测量只进行到 2GHz；

——如果 SCARA 机器人内部的最高频率在 500MHz~1GHz, 则测量只进行到 5GHz；

——如果 SCARA 机器人内部的最高频率高于 1GHz，则测量将进行到最高频率的 5 倍或 6GHz，取两者中较小者。

9 测量不确定度

本文件限值符合性判定应依据其符合性测量结果, 该结果应是考虑了测量仪器不确定度的测量结果。

应遵循 GB/T 6113.402 中规定的测量仪器不确定度计算导则进行测量不确定度评估，对测量结果进行符合性判定时应按照 GB/T 6113.402 的规定考虑测量仪器的不确定度。当测量实验室的不确定度 U_{lab} 大于 GB/T 6113.402 中给出的值 U_{CISPR} 时，对于测量结果的确认计算和测量结果的任何调整都应包括在试验报告中。当 $U_{lab} \leq U_{CISPR}$ 时，无需对测量结果进行任何调整，测量结果直接与对应限值比较，以确定其标准的符合性。

对于现场测量，由场地本身带来的不确定性无法有效准确评估，暂时不列入不确定度计算，但应当了解，此时由场地引入的测量不确定度远大于标准试验场地的不确定度。

注：当测量距离小于10m时，更大的测量不确定度需加以考虑。

10 试验报告

试验报告应包含能重现试验的全部信息。包括（但不限于）下列内容：

- 试验计划中规定的内容；
- 机器人系统信息；
- 机器人所有测试的模式；
- 机器人的连接图；
- 检测布置图；
- SCARA 机器人和辅助设备的标识，如商标名称、产品型号和序列号；
- 试验设备标识，如商标名称、产品型号和序列号以及计量/校准有效期；
- 任何进行试验所需的特殊环境条件，如屏蔽室、电波暗室等；
- 进行试验所必需的任何特定条件；
- 进行试验时的环境温度、湿度和大气压参数；
- 试验时在干扰试验过程中或试验后，观察到的对 EUT 的影响及持续时间；
- 试验通过/不通过的判定理由；
- 采用的任何特殊条件，如电缆长度、类型，屏蔽或接地状况，SCARA 机器人的运行条件，均要符合规定要求；
- 制造商、委托方或购买方规定的性能水平；
- 在通用、产品或产品类标准中规定的性能要求；
- 对电缆和设备放置位置和角度的完整描述应包含在报告中，一些情况下附照片即可。

对于传导骚扰测量，在超过（ $L - 20$ dB）（ L 为用对数单位表示的限值电平）的那些传导骚扰中，记录应至少包括机器人各电源端口在各观察频段内的 6 个最大骚扰的骚扰电平及其所对应的频率点。记录中也应包括每个观察到的骚扰电平所对应的电源端子。

对于辐射骚扰测量，在超过（ $L - 10$ dB）（ L 为用对数单位表示的限值电平）的那些辐射骚扰中，记录应至少包括各观察频段内的 6 个最大骚扰的骚扰电平及其所对应的频率点。记录应包括对应于所记录的骚扰电平（若适用）的天线极化方向、天线高度及转台角度。在试验场地实际选择并使用的测量距离也应记录在试验报告中。

此外，试验报告应包括 GB/T 6113.402 规定的测量设备和设施的不确定度。

附录 A

抗扰度试验性能等级判定依据举例 - 节拍（运动周期时间）

在模式1下运行30分钟后，同过辅助设备补抓30次循环周期时间，算出周期时间算术平均数 T_0 ，后续监控到的周期 T_n 作为监控目标，作为性能判定依据

$$\Delta T = |T_n - T_0|$$

应针对表3至表5中规定的每项试验，根据下述判据之一记录在试验报告中。

a) 性能判据 A:

在试验期间和试验之后，机器人系统应按模式1程序设定连续工作运行。

$$\Delta T / T_n \leq A\%$$

A数值来源于制造商根据产品开发设计的特性来定义，属于产品原有特性引起的偏差，无论抗干扰试验是否施加，此特性依然存在。

b) 性能判据 B:

在试验之后，机器人系统应按模式1程序设定连续工作运行。

$$A\% < \Delta T / T_n \leq B\%$$

A数值来源于制造商根据产品开发设计的特性来定义。属于产品原有特性引起的偏差，无论抗干扰试验是否施加，此特性依然存在。

B数值来源于制造商根据产品开发设计的特性来定义。此偏差意味着机器人系统在试验期间有性能下降，但在允许范围内，仍按照原设计与模式1程序设定运行。

c) 性能判据 C

在试验期间，机器人系统短暂丧失功能，如报错停止运行。

试验之后，通过重启等简单操作，机器人系统恢复正常，并可以仍按照原设计与模式1程序设定运行。

d) 性能判据 S

在试验期间，机器人系统应按模式1程序设定连续工作运行。

$$\Delta T / T_n \leq A\%$$

或者，机器人系统进入ST0或S0S模式，各子系统及部件仍然维持正常工作以保证机器人系统维持ST0或S0S状态。

试验之后，通过重启等简单操作，机器人系统恢复正常，并可以仍按照原设计与模式1程序设定运行。

附录 B

SCARA 机器人辐射骚扰测量不确定度评定

1、概述：

1.1 测量依据：GB 9254-2008《信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法》国家标准。

1.2 计量设备：主要计量标准设备为 EMI 接收机，接收天线，技术性能如表 B1 所示：

表 B1 计量标准设备

序号	设备名称	技术性能	
1	EMI 接收机	频率范围： 20Hz～26.5GHz	正弦波幅度修正值不确定度： $U=0.3\text{dB}$ ($k=2$) 脉冲幅度响应最大允许误差： $\pm 1.5\text{dB}$ 脉冲重复频率响应最大允许误差： $\pm 1.5\text{dB}$
2	接收天线	频率范围： 30MHz～3GHz	天线系数不确定度： 30MHz～200MHz： $U=1.6\text{dB}$ ($k=2$) 200MHz～1GHz： $U=1.4\text{dB}$ ($k=2$) 1GHz～2GHz： $U=1.6\text{dB}$ ($k=2$) 2GHz～3GHz： $U=1.8\text{dB}$ ($k=2$)
3	接收天线	频率范围： 1GHz～18GHz	天线系数不确定度： 1GHz～18GHz： $U=0.7\text{dB}$ ($k=2$)

1.3 被测对象：可以依据 GB 9254-2008《信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法》国家标准进行辐射骚扰测试的相关设备。

1.4 测量方法：将被测 SCARA 机器人固定台架置于半电波暗室内转台上的测试台上，将接收天线置于天线升降塔上，将接收天线的射频输出端口连接至接收机，对转台和天线升降塔进行参数初始化设置，运行 EMI 测试软件 EMI，选择 CISPR32 标准测试程序，在转台 360° 旋转、天线在地板上方 1m～4m 调整高度的情况下对被测设备进行骚扰测试，找出其辐射骚扰的最大值。

2、数学模型及不确定度传播率

2.1 数学模型 $E = V_r + L_c + AF + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta AF_f + \delta AF_h + \delta A_{dir} + \delta A_{ph} + \delta A_{cp} + \delta A_{bal} + \delta SA + \delta d + \delta h$

式中： E ：电场强度， $\text{dB}_{\mu\text{V}/\text{m}}$

V_r ：接收机电压读数， $\text{dB}_{\mu\text{V}}$

L_c ：接收机与天线之间的连接网络的衰减量，dB

AF ：天线系数，dB (1/m)

δV_{sw} ：对接收机正弦波电压不准确的修正值，dB

δV_{pa} ：对接收机脉冲幅度响应不理想的修正值，dB

δV_{pr} ：对接收机脉冲重复频率响应不理想的修正值，dB

δV_{nf} ：对接收机本底噪声影响的修正值，dB

δM ：对失配误差的修正值，dB

δAF_f ：对天线系数内插误差的修正值，dB

δAF_h ：对天线系数随高度变化与标准偶极子天线的天线系数随高度变化之差别的修正值，dB

δA_{dir} ：对天线方向性的修正值，dB

δA_{ph} ：对天线相位中心位置的修正值，dB

δA_{cp} ：对天线交叉极化响应的修正值，dB

δA_{bal} ：对天线不平衡的修正值，dB

δSA ：对不完善的场地衰减的修正值，dB

δd ：对天线与被测件间距离测不准的修正值，dB

δh ：对台架离地面高度不适当的修正值，dB

2.2 不确定度传播律

$$u_c^2(E) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial E}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) = \sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2$$

灵敏系数

$$\begin{aligned} c_1 &= \frac{\partial E}{\partial V_r} = 1 & c_2 &= \frac{\partial E}{\partial L_c} = 1 & c_3 &= \frac{\partial E}{\partial AF} = 1 & c_4 &= \frac{\partial E}{\partial \delta V_{sw}} = 1 \\ c_5 &= \frac{\partial E}{\partial \delta V_{pa}} = 1 & c_6 &= \frac{\partial E}{\partial \delta V_{pr}} = 1 & c_7 &= \frac{\partial E}{\partial \delta V_{nf}} = 1 & c_8 &= \frac{\partial E}{\partial \delta M} = 1 \\ c_9 &= \frac{\partial E}{\partial \delta AF_f} = 1 & c_{10} &= \frac{\partial E}{\partial \delta AF_h} = 1 & c_{11} &= \frac{\partial E}{\partial \delta A_{dir}} = 1 & c_{12} &= \frac{\partial E}{\partial \delta A_{ph}} = 1 \\ c_{13} &= \frac{\partial E}{\partial \delta A_{cp}} = 1 & c_{14} &= \frac{\partial E}{\partial \delta A_{bal}} = 1 & c_{15} &= \frac{\partial E}{\partial \delta SA} = 1 & c_{16} &= \frac{\partial E}{\partial \delta d} = 1 & c_{17} &= \frac{\partial E}{\partial \delta h} = 1 \end{aligned}$$

3、标准不确定度的评定

3.1 EMI 接收机电压读数的不确定度

EMI接收机电压读数引入的不确定度包括测量系统不稳定、接收机噪声以及表头刻度内插误差等因素引起，对被测对象30MHz辐射骚扰重复测量，接收机电压读数如下：

测试次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
数值 dB _{μV}	35.5	35.3	35.3	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.3

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = 35.44 \text{ dB}_{\mu V}$$

$$\text{单次试验的标准差 } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.10 \text{ dB}_{\mu V}$$

$$u_1 = 0.10 \text{ dB}_{\mu V}$$

3.2 接收机与天线之间的连接网络的衰减量引入的不确定度

接收机与天线之间的连接网络的衰减量的测量结果扩展不确定度为 $U=0.1\text{dB}$ ($k=2$)，设其为矩形分布， $u_2 = 0.1 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.05\text{dB}$

3.3 天线系数引入的不确定度

由溯源证书可得天线系数在(30~200)MHz 的扩展不确定度 $U=1.6\text{dB}$ ($k=2$)， $u_3 = 1.6 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.80\text{dB}$

3.4 接收机特性修正引入的不确定度

3.4.1 接收机正弦波电压不准确引入的不确定度

由溯源证书可得接收机电压修正值的扩展不确定度 $U=0.3\text{dB}$ ($k=2$)

$$u_{41} = 0.3 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.15\text{dB}$$

3.4.2 接收机脉冲幅度响应不理想引入的不确定度

接收机脉冲幅度响应的最大允许误差为 $\pm 1.5\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{42} = 1.5 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.87\text{dB}$$

3.4.3 接收机脉冲重复频率响应不理想引入的不确定度

接收机脉冲幅度响应的最大允许误差为 $\pm 1.5\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{43} = 1.5 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.87\text{dB}$$

3.4.4 接收机本底噪声影响引入的不确定度

接收机本底噪声扩展不确定度 $U=0.5\text{dB}$ ($k=2$)，

$$u_{44} = 0.5 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.25\text{dB}$$

3.4.5 接收机与天线失配影响引入的不确定度

接收机与天线失配影响最大误差范围 $\pm 1.0\text{dB}$ ，设其为U分布，

$$u_{45} = 1.0 \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.71\text{dB}$$

3.5 天线特性修正引入的不确定度

3.5.1 天线系数内插引入的不确定度

天线系数内插最大误差范围 $\pm 0.3\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{51} = 0.3 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.17\text{dB}$$

3.5.2 天线系数随高度变化引入的不确定度

天线系数随高度变化最大误差范围 $\pm 0.3\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{52} = 0.3 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.17\text{dB}$$

3.5.3 天线方向性引入的不确定度

天线方向性最大误差范围 $+1.0\text{dB}/-0.0\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{53} = 0.5 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.29\text{dB}$$

3.5.4 天线相位中心位置引入的不确定度

天线相位中心位置影响测量结果的误差范围 $\pm 1.0\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{54} = 1.0 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58\text{dB}$$

3.5.5 天线交叉极化引入的不确定度

天线交叉极化影响测量结果的误差范围 $\pm 0.9\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{55} = 0.9 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.52\text{dB}$$

3.5.6 天线不平衡引入的不确定度

天线不平衡影响测量结果的误差范围 $\pm 0.3\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{56} = 0.3 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.17\text{dB}$$

3.6 测试场地修正引入的不确定度

3.6.1 不完善的场地衰减引入的不确定度

不完善的场地衰减影响测量结果的误差范围为 $\pm 3.5\text{dB}$ ，设其为三角分布，

$$u_{61} = 3.5 \frac{1}{\sqrt{6}} = 1.43\text{dB}$$

3.6.2 天线与被测件间距离引入的不确定度

天线与被测件间距离影响测量结果的误差范围 $\pm 0.3\text{dB}$ ，设其为矩形分布，

$$u_{62} = 0.3 \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.17\text{dB}$$

3.6.3 机器人台架离地面高度不适当引入的不确定度

台架离地面高度不适当影响测量结果的扩展不确定度 $U=0.3\text{dB}$ ($k=2$)，

$$u_{63} = 0.1 \frac{1}{2} = 0.05\text{dB}$$

4、标准不确定度汇总表

如表B2所示

5、合成标准不确定度的评定

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{\sum_i c_i^2 u_i^2} = 2.52\text{dB}$$

6、扩展不确定度：

6.1

$$U = k u_c = 2 \times 2.52 = 5.04\text{dB} = 5.1\text{dB} \quad (k=2)$$

30MHz~200MHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 5.1\text{dB}$ ($k=2$)

6.2 对于 200MHz~1GHz 辐射骚扰测量结果不确定度的评估

主要标准不确定度汇总表，如表 B3 所示

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{\sum_i c_i^2 u_i^2} = 2.49 \text{ dB}$$

扩展不确定度：

$$U = k u_c = 2 \times 2.49 = 4.98 \text{ dB} = 5.0 \text{ dB} \quad (k=2)$$

200MHz~1GHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 5.0 \text{ dB}$ ($k=2$)

- 6.3 对于使用接收天线 VULB9163 1GHz~2GHz 辐射骚扰测量结果不确定度的评估
主要标准不确定度汇总表，如表 B4 所示

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{\sum_i c_i^2 u_i^2} = 2.52 \text{ dB}$$

扩展不确定度：

$$U = k u_c = 2 \times 2.52 = 5.04 \text{ dB} = 5.1 \text{ dB} \quad (k=2)$$

1GHz~2GHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 5.1 \text{ dB}$ ($k=2$)

- 6.4 对于使用接收天线 VULB9163 2GHz~3GHz 辐射骚扰测量结果不确定度的评估
主要标准不确定度汇总表，如表 B5 所示

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{\sum_i c_i^2 u_i^2} = 2.55 \text{ dB}$$

扩展不确定度：

$$U = k u_c = 2 \times 2.55 = 5.11 \text{ dB} = 5.2 \text{ dB} \quad (k=2)$$

2GHz~3GHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 5.2 \text{ dB}$ ($k=2$)

- 6.5 对于使用接收天线 HF907 1GHz~18GHz 辐射骚扰测量结果不确定度的评估
主要标准不确定度汇总表，如表 B6 所示

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{\sum_i c_i^2 u_i^2} = 2.41 \text{ dB}$$

扩展不确定度：

$$U = k u_c = 2 \times 2.41 = 4.82 \text{ dB} = 4.9 \text{ dB} \quad (k=2)$$

1GHz~18GHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 4.9 \text{ dB}$ ($k=2$)

7、不确定度报告

7.1

使用接收天线 VULB9163 30MHz~200MHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 5.1 \text{ dB}$ ($k=2$)；
200MHz~1GHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 5.0 \text{ dB}$ ($k=2$)；1GHz~2GHz 辐射骚扰测量结果的
扩展不确定度为 $U = 5.1 \text{ dB}$ ($k=2$)；2GHz~3GHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 5.2 \text{ dB}$
($k=2$)

使用接收天线 HF907 1GHz~18GHz 辐射骚扰测量结果的扩展不确定度为 $U = 4.9 \text{ dB}$ ($k=2$)

7.2

表 B2 扩展不确定度汇总表

频段	扩展不确定度 (dB) ($k=2$)	
	使用 VULB9163	使用 HF907
30MHz~200MHz	5.1	/
200MHz~1GHz	5.0	
1GHz~2GHz	5.1	4.9
2GHz~3GHz	5.2	

3GHz~18GHz	/	
------------	---	--

表 B3 30MHz~200MHz 辐射骚扰测量不确定度分量

输入量	X_i	X_i 的不确定度		$u(X_i)$ (dB)	c_i	$c_i u(X_i)$ (dB)
		a (dB)	概率分布 或 k			
接收机读数	V_r	0.10	$k=1$	0.10	1	0.10
衰减: 天线——接收机	L_c	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05
天线系数	AF	1.6	$k=2$	0.80	1	0.80
接收机修正:						
正弦波电压	δV_{sw}	0.3	$k=2$	0.15	1	0.15
脉冲幅度响应	δV_{pa}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
脉冲重复频率响应	δV_{pr}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
噪声本底接近度	δV_{nf}	0.5	$k=2$	0.25	1	0.25
失配: 天线——接收机	δM	1.0	U形	0.71	1	0.71
天线修正:						
天线系数频率内插	δAF_f	0.3	矩形	0.17	1	0.17
天线系数高度偏差	δAF_h	0.3	矩形	0.17	1	0.17
方向性差别	δA_{dir}	0.5	矩形	0.29	1	0.29
相位中心位置	δA_{ph}	1.0	矩形	0.58	1	0.58
交叉极化	δA_{cp}	0.9	矩形	0.52	1	0.52
平衡	δA_{bal}	0.3	矩形	0.17	1	0.17
场地修正:						
场地不完善	δSA	3.5	三角	1.43	1	1.43
测试距离	δd	0.3	矩形	0.17	1	0.17
台架高度	δh	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05

表 B4 200MHz~1GHz 辐射骚扰测量不确定度分量

输入量	X_i	X_i 的不确定度		$u(X_i)$ (dB)	c_i	$c_i u(X_i)$ (dB)
		a (dB)	概率分布 或 k			
接收机读数	V_r	0.10	$k=1$	0.10	1	0.10
衰减: 天线——接收机	L_c	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05
天线系数	AF	1.4	$k=2$	0.70	1	0.70
接收机修正:						
正弦波电压	δV_{sw}	0.3	$k=2$	0.15	1	0.15
脉冲幅度响应	δV_{pa}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
脉冲重复频率响应	δV_{pr}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
噪声本底接近度	δV_{nf}	0.5	$k=2$	0.25	1	0.25
失配: 天线——接收机	δM	1.0	U形	0.71	1	0.71
天线修正:						
天线系数频率内插	δAF_f	0.3	矩形	0.17	1	0.17
天线系数高度偏差	δAF_h	0.3	矩形	0.17	1	0.17

方向性差别	δA_{dir}	0.5	矩形	0.29	1	0.29
相位中心位置	δA_{ph}	1.0	矩形	0.58	1	0.58
交叉极化	δA_{cp}	0.9	矩形	0.52	1	0.52
平衡	δA_{bal}	0.3	矩形	0.17	1	0.17
场地修正:						
场地不完善	δSA	3.5	三角	1.43	1	1.43
测试距离	δd	0.3	矩形	0.17	1	0.17
台架高度	δh	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05

表 B5 1GHz~2GHz 辐射骚扰测量不确定度分量

输入量	X_i	X_i 的不确定度		$u(X_i)$ (dB)	c_i	$c_i u(X_i)$ (dB)
		a (dB)	概率分布 或 k			
接收机读数	V_r	0.10	$k=1$	0.10	1	0.10
衰减:天线——接收机	L_c	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05
天线系数	AF	1.6	$k=2$	0.80	1	0.80
接收机修正:						
正弦波电压	δV_{sw}	0.3	$k=2$	0.15	1	0.15
脉冲幅度响应	δV_{pa}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
脉冲重复频率响应	δV_{pr}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
噪声本底接近度	δV_{nf}	0.5	$k=2$	0.25	1	0.25
失配: 天线——接收机	δM	1.0	U形	0.71	1	0.71
天线修正:						
天线系数频率内插	δAF_f	0.3	矩形	0.17	1	0.17
天线系数高度偏差	δAF_h	0.0	矩形	0.0	1	0.0
方向性差别	δA_{dir}	0.5	矩形	0.29	1	0.29
相位中心位置	δA_{ph}	1.0	矩形	0.58	1	0.58
交叉极化	δA_{cp}	0.9	矩形	0.52	1	0.52
平衡	δA_{bal}	0.3	矩形	0.17	1	0.17
场地修正:						
场地不完善	δSA	3.5	三角	1.43	1	1.43
测试距离	δd	0.3	矩形	0.17	1	0.17
台架高度	δh	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05

表 B6 2GHz~3GHz 辐射骚扰测量不确定度分量

输入量	X_i	X_i 的不确定度		$u(X_i)$ (dB)	c_i	$c_i u(X_i)$ (dB)
		a (dB)	概率分布 或 k			
接收机读数	V_r	0.10	$k=1$	0.10	1	0.10
衰减:天线——接收机	L_c	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05
天线系数	AF	1.8	$k=2$	0.90	1	0.90
接收机修正:						

正弦波电压	δV_{sw}	0.3	$k=2$	0.15	1	0.15
脉冲幅度响应	δV_{pa}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
脉冲重复频率响应	δV_{pr}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
噪声本底接近度	δV_{nf}	0.5	$k=2$	0.25	1	0.25
失配：天线——接收机	δM	1.0	U形	0.71	1	0.71
天线修正：						
天线系数频率内插	δAF_f	0.3	矩形	0.17	1	0.17
天线系数高度偏差	δAF_h	0.0	矩形	0.0	1	0.0
方向性差别	δA_{dir}	0.5	矩形	0.29	1	0.29
相位中心位置	δA_{ph}	1.0	矩形	0.58	1	0.58
交叉极化	δA_{cp}	0.9	矩形	0.52	1	0.52
平衡	δA_{bal}	0.3	矩形	0.17	1	0.17
场地修正：						
场地不完善	δSA	3.5	三角	1.43	1	1.43
测试距离	δd	0.3	矩形	0.17	1	0.17
台架高度	δh	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05

表 B7 1GHz~18GHz 辐射骚扰测量不确定度分量

输入量	X_i	X_i 的不确定度		$u(X_i)$ (dB)	c_i	$c_i u(X_i)$ (dB)
		a (dB)	概率分布 或 k			
接收机读数	V_r	0.10	$k=1$	0.10	1	0.10
衰减：天线——接收机	L_c	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05
天线系数	AF	0.7	$k=2$	0.35	1	0.35
接收机修正：						
正弦波电压	δV_{sw}	0.3	$k=2$	0.15	1	0.15
脉冲幅度响应	δV_{pa}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
脉冲重复频率响应	δV_{pr}	1.5	矩形	0.87	1	0.87
噪声本底接近度	δV_{nf}	0.5	$k=2$	0.25	1	0.25
失配：天线——接收机	δM	1.0	U形	0.71	1	0.71
天线修正：						
天线系数频率内插	δAF_f	0.3	矩形	0.17	1	0.17
天线系数高度偏差	δAF_h	0.0	矩形	0.0	1	0.0
方向性差别	δA_{dir}	0.5	矩形	0.29	1	0.29
相位中心位置	δA_{ph}	1.0	矩形	0.58	1	0.58
交叉极化	δA_{cp}	0.9	矩形	0.52	1	0.52
平衡	δA_{bal}	0.3	矩形	0.17	1	0.17
场地修正：						
场地不完善	δSA	3.5	三角	1.43	1	1.43
测试距离	δd	0.3	矩形	0.17	1	0.17
台架高度	δh	0.1	$k=2$	0.05	1	0.05

参 考 文 献

- [1] GB/T 17618 信息技术设备 抗扰度 限值和测量方法
 - [2] GB/T 17799.1 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度
 - [3] GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验
 - [4] IEC TR 60601-4-1: 2017 Medical electrical equipment - Part 4-1: Guidance and interpretation - Medical electrical equipment and medical electrical systems employing a degree of autonomy
 - [5] GB 4824 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 骚扰特性 限值和测量方法
 - [6] GB 17799.3 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射
 - [7] GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
 - [8] GB/T 12642 工业机器人 性能规范及其试验方法
 - [9] GB/T 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
 - [10] CISPR 32 Electromagnetic compatibility of multimedia equipment - Emission requirements
-