

# T/EJCCSE

团 体 标 准

T/EJCCSE XXX—2025

## 智能机器人用柔性线缆技术要求

Technical requirements for flexible cables of intelligent robots

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国商业股份制企业经济联合会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般要求 .....	2
4.1 温度 .....	2
4.2 导体材料 .....	2
4.3 绝缘层 .....	2
4.4 护套材料 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 电气性能 .....	2
5.2 机械性能 .....	2
5.3 环境适应性 .....	2
5.4 屏蔽与传输 .....	2
5.5 阻燃 .....	3
5.6 耐磨 .....	3
5.7 耐老化 .....	3
6 试验方法 .....	3
6.1 导体电阻 .....	3
6.2 耐电压 .....	3
6.3 绝缘电阻 .....	3
6.4 弯曲次数 .....	3
6.5 抗拉强度 .....	3
6.6 扭转性能 .....	3
6.7 耐油 .....	3
6.8 耐腐蚀 .....	3
6.9 屏蔽覆盖率 .....	3
6.10 传输阻抗 .....	3
6.11 阻燃 .....	4
6.12 耐磨 .....	4
6.13 耐老化 .....	4
7 检验规则 .....	4
7.1 检验分类 .....	4
7.2 出厂检验 .....	4
7.3 型式检验 .....	4
7.4 组批 .....	4
7.5 抽样 .....	5
7.6 判定规则 .....	5

8	标志、包装、运输与贮存 .....	5
8.1	标志 .....	5
8.2	包装 .....	5
8.3	运输 .....	5
8.4	贮存 .....	5

## 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。

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专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由中国商业股份制企业经济联合会归口。

本文件起草单位：xxxx。

本文件主要起草人：xxxx。

# 智能机器人用柔性线缆技术要求

## 1 范围

本文件规定了智能机器人用柔性线缆的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。本文件适用于智能机器人用柔性线缆的设计、生产及检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2951.12 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第12部分：通用试验方法 热老化试验方法

GB/T 2951.21 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第21部分：弹性体混合料专用试验方法 耐臭氧试验-热延伸试验-浸矿物油试验

GB/T 2951.31 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第31部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法 高温压力试验-抗开裂试验

GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第4部分：导体直流电阻试验

GB/T 3048.5 电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验

GB/T 3048.8 电线电缆电性能试验方法 第8部分：交流电压试验

GB/T 3953 电工圆铜线

GB/T 5023.2 额定电压450/750V及以下聚氯乙烯绝缘电缆 第2部分：试验方法

GB/T 17737.1 同轴通信电缆 第1部分：总规范 总则、定义和要求

GB/T 18380.12 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1 kW 预混合型火焰试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**柔性线缆** flexible cable

通过特殊材料和结构设计，具有高弯曲性、抗扭转性和动态适应能力的电缆，适用于智能机器人关节或移动部件（以下简称“线缆”）。

### 3.2

**机器人运动自由度** degree of freedom of robot motion

机器人在空间中独立运动的数量，直接影响线缆的弯曲、扭转和拉伸需求。

### 3.3

**弯曲半径** bending radius

线缆在动态弯曲过程中，不损伤导体或绝缘层的最小弯曲半径，通常为线缆外径的倍数。

### 3.4

**屏蔽效能** shielding effectiveness

线缆屏蔽层对电磁干扰的抑制能力，以分贝（dB）表示，频率范围覆盖1 MHz~6 GHz。

## 4 一般要求

### 4.1 温度

线缆工作温度范围应为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 4.2 导体材料

线缆的导体材料应为符合GB/T 3953中规定的多股超细无氧铜丝，单丝直径不应大于 $0.15\text{ mm}$ ，绞合后直流电阻不应大于 $0.5\text{ }\Omega/\text{km}$ 。

### 4.3 绝缘层

线缆的绝缘层应为热塑性弹性体(TPE)或硅橡胶，厚度不应小于 $0.3\text{ mm}$ ，耐压强度不应小于 $15\text{ kV/mm}$ 。颜色应与护套颜色区分。

### 4.4 护套材料

线缆的护套材料应为聚氨酯(PUR)或TPE，耐磨等级不应小于IP67，抗拉强度不应小于 $12\text{ N/mm}^2$ 。

## 5 技术要求

### 5.1 电气性能

#### 5.1.1 导体电阻

线缆导体的直流电阻在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时不应大于 $0.5\text{ }\Omega/\text{km}$ 。

#### 5.1.2 耐电压

线缆经耐电压试验后，应无击穿或闪络。

#### 5.1.3 绝缘电阻

线缆的绝缘电阻在 $500\text{ V}$ 直流电压下测量，每千米电阻值不应低于 $100\text{ M}\Omega$ 。

### 5.2 机械性能

#### 5.2.1 弯曲次数

线缆在弯曲半径为5倍外径(5D)条件下，动态弯曲次数不应低于 $1\times 10^6$ 次，试验后导体及绝缘层应无断裂或破损。

#### 5.2.2 抗拉强度

线缆纵向抗拉强度不应小于 $12\text{ N/mm}^2$ 。

#### 5.2.3 扭转性能

线缆在 $\pm 180\text{ }^{\circ}/\text{m}$ 的扭转角度下，连续扭转1000次后，导体及护套应无损伤。

### 5.3 环境适应性

#### 5.3.1 耐油

线缆护套在IRM 903标准油中( $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ )浸泡24 h后，体积变化率不应超过20%。

#### 5.3.2 耐腐蚀

线缆经耐腐蚀试验后，表面应无锈蚀或明显腐蚀痕迹。

### 5.4 屏蔽与传输

#### 5.4.1 屏蔽覆盖率

编织屏蔽层的覆盖率应不低于85%。

#### 5.4.2 传输阻抗

线缆在1 MHz~6 GHz频率范围内的传输阻抗不应大于100 MΩ/m。

#### 5.5 阻燃

线缆经阻燃试验后，炭化高度不应超过50 mm。

#### 5.6 耐磨

线缆护套经耐磨试验后，磨损深度不应超过0.5 mm。

#### 5.7 耐老化

线缆在135 °C高温环境中老化168 h后，抗拉强度保留率不应低于80%。

### 6 试验方法

#### 6.1 导体电阻

导体电阻试验方法应按GB/T 3048.4中规定执行。

#### 6.2 耐电压

耐电压试验方法应按GB/T 3048.8中规定执行。

#### 6.3 绝缘电阻

绝缘电阻试验方法应按GB/T 3048.5中规定执行。

#### 6.4 弯曲次数

弯曲次数试验步骤按下列执行：

- a) 试验前将线缆在 23 °C ± 5 °C 环境中调节 24 h。
- b) 将线缆安装在模拟机器人关节的往复弯曲装置上，固定两端间距为 10 倍线缆外径（10D）；
- c) 设定弯曲半径为 5D，弯曲角度为 ±90°，以 20 次/min 的频率进行动态弯曲；
- d) 记录导体断裂或绝缘层出现长度超过 1 mm 裂纹时的循环次数。

#### 6.5 抗拉强度

抗拉强度试验方法应按GB/T 5023.2中规定执行。

#### 6.6 扭转性能

扭转性能试验按下列步骤执行：

- a) 固定线缆两端并施加 5 N 轴向拉力，保持有效长度为 1 m；
- b) 施加 ±180°/m 的扭转角度，以 10 次/min 的频率进行交替扭转，顺时针和逆时针各为 1 次；
- c) 连续扭转 1000 次后，检查导体断裂、护套开裂或屏蔽层脱开现象。

#### 6.7 耐油

耐油试验方法应按GB/T 2951.21中规定执行。

#### 6.8 耐腐蚀

耐腐蚀试验方法应按GB/T 2423.17中规定执行。

#### 6.9 屏蔽覆盖率

屏蔽覆盖率试验方法应按GB/T 17737.1中规定执行。

#### 6.10 传输阻抗

传输阻抗试验应按下列步骤执行：

- a) 使用 SMA 接头连接线缆，确保接触电阻 $\leq 0.1 \Omega$ ；
- b) 使用标准  $50 \Omega$  校准件对设备进行校准，测试环境温度为  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 使用网络分析仪在  $1 \text{ MHz} \sim 6 \text{ GHz}$  频率范围内，以  $1 \text{ MHz}$  步长扫描线缆传输阻抗；
- d) 取频率范围内最大阻抗值为测试结果。

#### 6.11 阻燃

阻燃试验方法应按GB/T 18380.12中规定执行。

#### 6.12 耐磨

耐磨试验方法应按GB/T 2951.31中规定执行。

#### 6.13 耐老化

耐老化试验方法应按GB/T 2951.12中规定执行。

### 7 检验规则

#### 7.1 检验分类

检验应分为出厂检验和型式检验，检验项目应符合表1的规定。

表 1 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
1	导体电阻	√	√
2	耐电压	√	√
3	绝缘电阻	√	√
4	弯曲次数	-	√
5	抗拉强度	-	√
6	扭转性能	-	√
7	耐油	-	√
8	耐腐蚀	-	√
9	屏蔽覆盖率	-	√
10	传输阻抗	-	√
11	阻燃	-	√
12	耐磨	-	√
13	耐老化	-	√

注：“√”表示检验项目；“-”表示不检验项目。

#### 7.2 出厂检验

出厂检验项目应符合表1规定。

#### 7.3 型式检验

型式检验项目应符合表1规定，有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品异地生产的试制定型鉴定时；
- b) 正常生产，每年检验一次；
- c) 设计、工艺、配方有改变可能影响产品质量时；
- d) 停产1年后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验加工有较大差异时。

#### 7.4 组批

同一型号、相同材料、相同生产工艺，且连续生产周期不超过7天的产品为一批。每批次最大数量不超过50 km，最小批次不少于1 km。

### 7.5 抽样

抽样应按GB/T 2828.1的规定执行。

### 7.6 判定规则

检验结果全部合格，应判为合格。检验结果有一项不合格时，应重新加倍取样，重新检验结果仍不合格时，应判为不合格。

## 8 标志、包装、运输与贮存

### 8.1 标志

标志应清晰、耐久，内容应包括型号、规格、制造商名称、生产日期、及阻燃等级。

### 8.2 包装

包装应采用防潮防震包装材料，每卷线缆长度应标注清晰，附合格证及检测报告。

### 8.3 运输

线缆在运输过程中应避免阳光直射、高温或机械挤压，不应与腐蚀性物质混装。

### 8.4 贮存

线缆应存放于温度为-10℃~+40℃范围内且湿度不大于75%RH的干燥通风环境中，贮存期限不应超过2年。

---