

团 体 标 准

T/CECA 37—2020

机器人用柔性电缆

Flexible cables for robot

2020-07-24 发布

2020-08-01 实施

中国电子元件行业协会

发布

目 录

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	2
4 产品分类、代号和标识	2
5 结构要求	4
6 标志和芯线识别	5
7 技术要求和试验方法	6
8 检验规则	17
9 交货长度	18
10 使用特性	18
11 包装	18
附录 A（规范性附录）机器人用柔性电缆导体结构要求	20
附录 B（规范性附录）机器人用柔性电缆绝缘要求	21
附录 C（规范性附录）机器人用柔性电缆护套材料要求	24

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国电子元件行业协会提出并归口。

本标准起草单位：江苏永鼎股份有限公司、新亚电子股份有限公司、江苏中天科技股份有限公司、深圳市金泰科环保线缆有限公司、新雅电线电缆(深圳)有限公司、东莞市胜牌电线电缆有限公司、和柔电缆制造(太仓)有限公司、华迅工业(苏州)有限公司、东莞中诺质检仪器设备有限公司、广东联升传导技术有限公司、浙江天杰实业股份有限公司、浙江兆龙互连科技股份有限公司、浙江厚达智能科技股份有限公司、东莞市虎门信息传输线缆协会、国家信息传输线质量监督检验中心。

本标准主要起草人：莫思铭、陈晓红、杨文华、李强、张海斌、颜家军、颜宏忠、宋俊杰、刘雅樑、文洪钟、邱红、帅平跃、倪冬华、徐立飞、聂东华、黄湘赣、王锐臻、殷海成。

引 言

本团体标准供各成员单位自愿采用。提请各使用单位注意，采用本团体标准时，应根据各自产品特点，确认本团体标准的适用性。

机器人用柔性电缆

1 范围

本标准规定了额定电压450/750 V及以下的机器人用柔性电缆（以下简称电缆）的产品分类代号和表示方法、技术要求、试验方法和检验规则、使用特性、交货长度和包装等。

本标准适用于额定电压450/750 V及以下的机器人用柔性电缆，包括机器人用动力拖链电缆、动力本体电缆、信息传输拖链电缆、信息传输本体电缆。

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，仅所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 2900.10-2013 电工术语 电缆（IEC 60050-461:2008，IDT）

GB/T 2951.11—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第11部分：通用试验方法—厚度和外形尺寸测量—机械性能试验（IEC 60811-1-1:2001，IDT）

GB/T 2951.12—2008 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（IEC 60811-1-2:1985，IDT）

GB/T 2951.14—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第14部分：通用试验方法—低温试验（IEC 60811-1-4:1985，IDT）

GB/T 2951.21—2008 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（IEC 60811-2-1:2001，IDT）

GB/T 2951.31—2008 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（IEC 60811-3-1:1985，IDT）

GB/T 2951.32—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第32部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法—失重试验—热稳定性试验（IEC 60811-3-2:1985，IDT）

GB/T 3048.4—2007 电线电缆电性能试验方法 导体直流电阻试验

GB/T 3048.8—2007 电线电缆电性能试验方法 交流电压试验

GB/T 3048.9—2007 电线电缆电性能试验方法 绝缘线芯工频火花试验

GB/T 3048.10—2007 电线电缆电性能试验方法 挤出护套火花试验

GB/T 3956—2008 电缆的导体（IEC 60228:2004，IDT）

GB/T 4910—2009 镀锡圆铜线

GB/T 4909.2—2009 裸电线试验方法 第2部分：尺寸测量

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（IEC 60227-1:2007，IDT）

GB/T 5023.2—2008 额定电压450/750 V及以下聚氯乙烯绝缘电缆 第2部分：试验方法(IEC 60227-2:2003, IDT)

GB/T 9330 塑料绝缘控制电缆

GB/T 18380.12—2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分：单根绝缘电线火焰垂直蔓延试验—1 kW 预混合型火焰试验方法 (IEC 60332-1-2:2004, IDT)

GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则

JB/T 8137 (所有部分) 电线电缆交货盘

IEC 62153-4-3: 2013 金属通信电缆试验方法 第4-3部分：电磁兼容性(EMC)—表面转移阻抗—三同轴法 (Metallic communication cable test methods - Part 4-3: Electromagnetic compatibility (EMC) - Surface transfer impedance - Triaxial method)

IEC 62153-4-4: 2015 金属通信电缆试验方法 第4-4部分：电磁兼容性(EMC)—测量频率至3GHz及以上屏蔽衰减的试验方法—三同轴法 (Metallic communication cable test methods - Part 4-4: Electromagnetic compatibility (EMC) - Test method for measuring of the screening attenuation as up to and above 3 GHz, triaxial method)

ISO 1817—2015 硫化橡胶或热塑性橡胶—耐液体测定方法 (Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of the effect of liquids)

3 术语与定义

GB/T 2900.10、GB/T 3956、GB/T 5032.1和GB/T 19666界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

机器人本体电缆 robot body cable

指主要用于机器人手臂或本体上,随机器人运动,为机器人手臂或本体提供动力或信息传输的电缆。

3.2

机器人拖链电缆 robot drag chain cable

指主要用于拖链轨道内,长期进行拖链运动,为设备提供动力或信息传输的电缆。

3.3

电缆拖链次数 cable drag chain times

是指拖链电缆在一定条件下,能正常为设备提供动力或信息传输所需拖链运动的最少次数。

3.4

电缆弯曲次数 cable bending times

是指柔性电缆在一定条件下,能正常为设备提供动力或信息传输所需弯曲运动的最少次数。

4 产品分类、代号和标识

4.1 用途种类代号

机器人动力拖链电缆·····	DT
机器人动力本体电缆·····	DB
机器人信息传输拖链电缆·····	XT
机器人信息传输本体电缆·····	XB

4.2 材料代号

铜导体·····	省略
聚氯乙烯绝缘·····	V
聚丙烯绝缘·····	P
热塑性弹性体绝缘·····	E
乙烯-四氟乙烯共聚物绝缘·····	YF
聚氯乙烯护套·····	V
热塑性弹性体护套·····	E
聚氨酯护套·····	U

4.3 结构特征代号

圆形·····	省略
扁形（平形）·····	B
非屏蔽型·····	省略
屏蔽型·····	P

4.4 额定电压代号

30 V·····	01
300/300 V·····	03
300/500 V·····	05
450/750 V·····	07

4.5 耐热特性代号

70℃·····	70
90℃·····	90
105℃·····	105

4.6 导体结构代号

普通结构·····	省略
柔性结构·····	R
高柔结构·····	GR
特柔结构·····	TR

4.7 产品表示方法

4.7.1 产品标识由型号、规格及标准编号组成。型号包括用途种类代号、绝缘材料代号、护套材料代号、结构特征代号、额定电压代号、耐热特性代号及导体结构代号。规格包括芯数、导体标称截面积。

4.7.2 当产品有燃烧特性要求时，产品表示方法应符合 GB/T 19666 的规定。

示例：热塑性弹性体（TPE）绝缘，聚氯乙烯（PVC）护套，额定电压 300/300 V，耐温 90℃，24 芯 1.5 mm² 的柔性结构铜导体，屏蔽型，满足单根垂直燃烧性能的机器人用动力拖链柔性电缆，表示为：

Z-DTEVP-03-90 24*1.5R T/CECA XXX-20XX

5 结构要求

5.1 导体

5.1.1 导体宜采用退火铜线，绞合方式可采用多股绞合或复绞结构，允许在结构中加入芳纶丝、防弹丝或类似的抗拉丝材料。

5.1.2 导体性能应符合 GB/T 3956—2008 中第 5 种、第 6 种或更柔软导体的规定。特殊规格可由供需双方协商确定。

5.1.3 导体的结构参数应符合附录 A 要求。特殊规格可由供需双方协商确定。

5.2 绝缘

5.2.1 绝缘宜选用聚氯乙烯、聚丙烯、热塑性弹性体、乙烯-四氟乙烯共聚物等材料，材料的性能应符合附录 B 中 B.1 的规定。也可选用满足产品要求的其它合适材料。

5.2.2 绝缘的厚度应符合附录 B 中 B.2 的规定，且在任一点的厚度应不小于规定值的 90%。特殊规格可由供需双方协商确定。

5.3 填充

电缆中可采用非导体和非金属填充物，填充物应与绝缘或者护套材料具有相容性，且温度等级相同。

5.4 内衬层

内衬层可选。一般的内衬层可以挤包或绕包，隔离套应挤包。绕包型内衬层应采用一层或多层带状材料重叠绕包，绕包重叠率宜不小于 15%。内衬层材料应与绝缘或者护套材料具有相容性，且温度等级相同。

5.5 屏蔽

屏蔽可选。如有要求，缆芯外可采用铝箔等金属带、金属复合带绕包或金属丝编织。也可选用满足产品要求的其它合适材料。

5.6 护套

5.6.1 护套材料宜采用聚氯乙烯、热塑性弹性体或聚氨酯等材料，材料的性能应符合附录 C 中的规定。也可选用满足产品要求的其它合适材料。

5.6.2 护套应均匀挤包在缆芯外面，应不粘连绝缘线芯。根据产品需要，护套也可嵌入成缆线芯，芯线之间的空隙构成填充。

5.6.3 护套厚度应符合 GB/T 9330 的要求，且任意一点的厚度不得小于规定值的 80%，也可由供需双

方协商确定。

6 标志和芯线识别

6.1 标志

6.1.1 内容

电缆应有制造厂名、产品型号和额定电压的连续标志，厂名标志可以是标志识别线、制造厂名或商标的重复标志。

6.1.2 连续性

一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间的距离在电缆外护套上应不超过 550mm。

6.1.3 耐擦性

印字标志应耐擦，按 GB/T 5023.2—2008 中第 1.8 的规定擦拭后的标志应基本保持不变。

6.1.4 清晰度

所有标志应字迹清楚易于识别。

6.2 芯线识别

6.2.1 一般要求

芯线识别一般优先推荐使用以下颜色，如客户有特殊要求，可由供需双方协商确定芯线颜色。

6.2.2 电源类芯线识别

6.2.2.1 电源类芯线的地线宜为黄/绿，6 芯及 6 芯以下芯线颜色顺序宜按蓝、棕、黄/绿、红、白、黑顺序选用。

6.2.2.2 黄/绿组合色绝缘线芯的双色分配应符合下列条件：对每一段长 15mm 的双色绝缘线芯，其中一种颜色应至少覆盖绝缘线芯表面的 30%，且不大于 70%，另一种颜色则应覆盖绝缘线芯的其余部分，并在整个长度的绝缘线芯上应保持一致。

6.2.2.3 6 芯以上芯线宜采用黄/绿与黑色芯线带连续白色数字编号，成缆时在最内层从 1 开始，黄/绿芯线在最外层。

6.2.3 非电源类芯线识别

6.2.3.1 导体截面积在 0.5 mm^2 及以上非电源类芯线颜色宜采用黑色带连续白色数字编号进行识别。

6.2.3.2 导体截面积在 0.5 mm^2 以下非电源类芯线宜采用彩色与双色进行识别。芯线颜色应按表 1 顺序进行组合：

表 1 芯线色谱表

序号	颜色	序号	颜色	序号	颜色	序号	颜色	序号	颜色
1	红色	7	棕色	13	蓝(黑)色	19	紫(黑)色	25	棕(白)色
2	黑色	8	白色	14	绿(黑)色	20	灰(黑)色	26	蓝(红)色
3	蓝色	9	紫色	15	黄(黑)色	21	蓝(白)色	27	绿(红)色
4	绿色	10	灰色	16	橙(黑)色	22	绿(白)色	28	黄(红)色
5	黄色	11	红(白)色	17	棕(黑)色	23	黄(白)色	29	橙(红)色
6	橙色	12	黑(白)色	18	白(黑)色	24	橙(白)色	30	棕(红)色

注：括号内为色条或者色环的颜色。

6.2.3.3 数据传输电缆对绞芯线颜色应采用一芯为主色，另一芯为主色加辅色的不同组合形式实现颜色

区分。常用 15 对芯线颜色顺序应符合表 2。

表 2 数据传输电缆线色谱表

序号	颜色对	序号	颜色对	序号	颜色对
1	红色/红(白)色	6	橙色/橙(黑)色	11	蓝(白)色/蓝(红)色
2	蓝色/蓝(黑)色	7	棕色/棕(黑)色	12	绿(白)色/绿(红)色
3	黑色/黑(白)色	8	白色/白(黑)色	13	黄(白)色/黄(红)色
4	绿色/绿(黑)色	9	紫色/紫(黑)色	14	橙(白)色/橙(红)色
5	黄色/黄(黑)色	10	灰色/灰(黑)色	15	棕(白)色/棕(红)色

注：括号内为色条或者色环的颜色。

7 技术要求和试验方法

7.1 概述

7.1.1 试验一般要求

除非另有规定，电缆的试验按照本标准规定的试验方法进行。

7.1.2 试验温度和湿度

除非另有规定，试验可在环境温度下进行，环境湿度应不大于 80%。

7.1.3 试验电压

除非另有规定，试验电压应是交流 49 Hz~61 Hz 的近似正弦波形，电压均为有效值，峰值与有效值之比等于 $(1+7\%)\sqrt{2}$ 。

7.1.4 取样

如果绝缘或护套采用压印凸字标志时，取样应包括该标志。除非另有规定，对于多芯电缆，所取试样应按不同颜色不同规格进行抽取。

7.1.5 预处理

全部试验应在绝缘或护套挤出后存放至少 16 h 后才能进行。

7.2 结构、标志和线芯识别

电缆的结构、标志和线芯识别应符合本标准第 5 章、第 6 章的规定，试验方法见表 6。

7.3 电气性能

7.3.1 导体电阻

导体电阻检查应在长度至少为 1 m 的电缆试样上对每根导体进行测量，并测定每根电缆试样的长度。若有必要，可按 GB/T 3956—2008 附录 A 将电阻值修正到 20℃ 时和 1 km 长度的电阻值。折算后的电阻值应不超过 GB/T 3956—2008 中的要求。

测试装置及测试方法应满足 GB/T 3048.4—2007。

7.3.2 电缆耐电压

电压应依次施加在每根导体对连接在一起的所有其他导体和金属层(若有)或水之间，然后电压再

施加在所有连接在一起的导体和金属层或水之间。试样长度、水温、浸水时间、施加电压和耐电压时间应符合表 3 的规定。测试装置及测试方法应符合 GB/T 3048.8—2007 的规定。

表 3 机器人用电缆耐电压试验要求

序号	额定电压 (V)	试验条件			试验电压 (交流) (V)	每次最少施 加电压时间 (min)	试验结果
		试样长度 (m)	水温 (°C)	浸水时间 (h)			
1	30	10	20±5	1	500	5	不击穿
2	300/300	10	20±5	1	1500	5	不击穿
3	300/500	10	20±5	1	2000	5	不击穿
4	450/750	10	20±5	1	2500	5	不击穿

7.3.3 绝缘线芯电压

按 GB/T 5023.2—2008 中第 2.3 的规定，并符合 GB/T 5023.1—2008 中表 3 的规定。

7.3.4 绝缘电阻

按 GB/T 5023.2—2008 中第 2.4 的规定，并符合 GB/T 5023.1—2008 中表 3 的规定。

7.3.5 绝缘缺陷

整个制造长度的电线电缆都必须进行绝缘缺陷测试，绝缘缺陷的试验设备和程序按照 GB/T 3048.9—2007 的规定。

7.3.6 护套缺陷

整个制造长度的电缆都必须进行护套缺陷测试，护套缺陷的试验设备和程序按照 GB/T 3048.10—2007 的规定。

7.3.7 电磁兼容 EMC（适用于屏蔽电缆）

7.3.7.1 转移阻抗 Z_T

转移阻抗是指一根电气长度段的均匀电缆在外回路（环境）感生的纵向电压 (U_2) 与内回路（电缆）中的电流 (I_1) 之比，或反之。它与单位长度有关，见公式（1）。转移阻抗试验按 IEC 62153-4-3 的规定。并符合表 4 的规定。

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1 \times L} \dots\dots\dots (1)$$

式中： U_2 —纵向电压，单位为伏特（V）；

I_1 —内回路电流，单位为安培（A）；

L —耦合长度，单位为米（m）。

7.3.7.2 屏蔽衰减 a_s

屏蔽衰减是指电气长度较长电缆的屏蔽效率的合适判据，为馈入电缆的功率 P_{feed} 和辐射的最大峰值功率 $P_{\text{rad,max}}$ 比值的对数，见公式（2）。屏蔽衰减试验按 IEC 62153-4-4 的规定。并符合表 4 的规定。

$$a_s = 10 \lg \frac{P_{feed}}{P_{rad,max}} \dots\dots\dots (2)$$

表 4 屏蔽电缆的转移阻抗和屏蔽衰减要求

序号	频率	单位	转移阻抗	序号	频率范围 (f)	单位	屏蔽衰减
1	1 MHz	m Ω/m	≤50	5	<30MHz	dB	不要求
2	10 MHz	m Ω/m	≤100	6	30MHz~100MHz	dB	≥55
3	30 MHz	m Ω/m	≤300	7	>100MHz	dB	≥55-20×lg(f/100)
4	100 MHz	m Ω/m	≤1000				

7.4 绝缘和护套的物理性能

7.4.1 机械性能

符合表 B.1 或表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 2951.11—2008 中第 9 章的规定。

7.4.2 热老化

符合表 B.1 或表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 2951.12—2008 中第 8.1 条的规定。

7.4.3 低温冲击

符合表 B.1 或表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 2951.14—2008 中第 8.5 条的规定。

7.4.5 高温压力试验

符合表 B.1 或表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 2951.31—2008 中第 8 章的规定。

7.4.6 热冲击试验

符合表 B.1 或表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 2951.31—2008 中第 9 章的规定。

7.4.7 失重试验(适用时)

符合表 B.1 或表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 2951.32—2008 中 8.1 的规定。

7.4.8 不延燃试验

符合表 B.1 或表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 18380.12—2008 的规定。

7.4.9 护套或外护套浸矿物油试验(适用时)

符合表 C.1 要求，试验方法按 GB/T 2951.21—2008 中第 10 章的规定。除非另有规定，试验用矿物油应为 ISO 1817-2015 规定的 IRM 902 号油。

7.5 机械寿命

7.5.1 拖链弯曲

本试验方法适用于长期拖链使用的电缆。

7.5.1.1 试验设备

本试验应使用图 1 所示设备进行。设备包括一组拖链轨道，拖链的驱动装置、拖链弯曲次数记录单元、导通装置以及控制开关等装置。拖链轨道两端固定在设备上，其中固定端不随设备移动，移动端随着驱动装置以 88 次/min 的平均速度往复运动。拖链速度也可由供需双方协商确定。

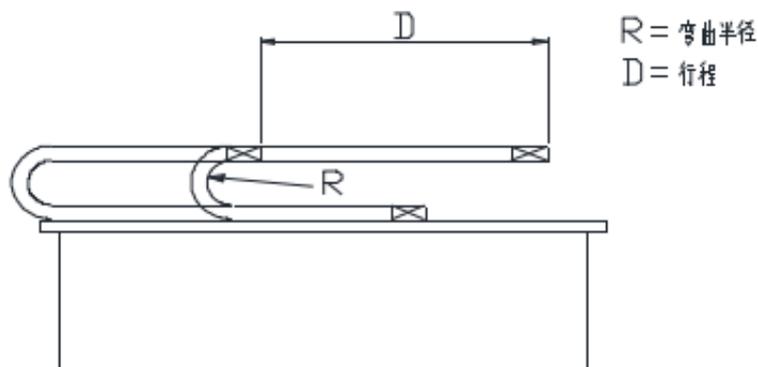


图 1 拖链弯曲试验示意图

7.5.1.2 取样和试件制备

取长度为 1.5 m 的试样，将电缆两端脱皮 50 mm，同时将试样两端的绝缘芯线脱皮 15 mm，并将每两根绝缘芯线串联，最后空闲一个或两个线头无需接通，整根电缆的绝缘芯线形成一个通路。

样本最少为 5 根。

7.5.1.3 试验步骤

试样应在导通状态下进行试验。将电缆空闲线头少的一端固定在图 1 所示的设备上的移动端，并将试样沿拖链轨道布线。弯曲半径应为电缆直径的 6 倍或与用户协商的其它弯曲半径；被测试样两端应保持平行，且进行循环往复在水平方向来回移动，到达另一端的终端时，停止移动，然后沿履带返回到起始端，恢复到初始状态，此为一个周期。

7.5.1.4 试验结果评价

拖链试验的次数应为 500 万次，也可由供需双方协商确定。若试样拖链次数达到规定次数，且未发生导通报警情况：

- 将试样取下，进行直流电阻测量，方法按本标准 7.3 的规定，并且比对未进行试验前的直流电阻数值，直流电阻变化率应小于 5%；
- 将试样进行绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿。
- 检查试样表面，如出现裂纹、芯线短路现象，则视为不合格。

若试样拖链次数未达到规定寿命次数，已经出现导通报警、护套开裂的现象，则判定不合格。

当 5 根试样出现不多于 1 根试样不合格时，则判定该项试验合格。若试样经试验不符合要求，则应另取 10 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验，且试验结果均符合要求。

7.5.2 90 度弯曲

7.5.2.1 试验设备

本试验应使用图 2 所示设备进行。设备包括弯曲的驱动装置、弯曲次数记录单元、导通装置以及控制开关等装置。

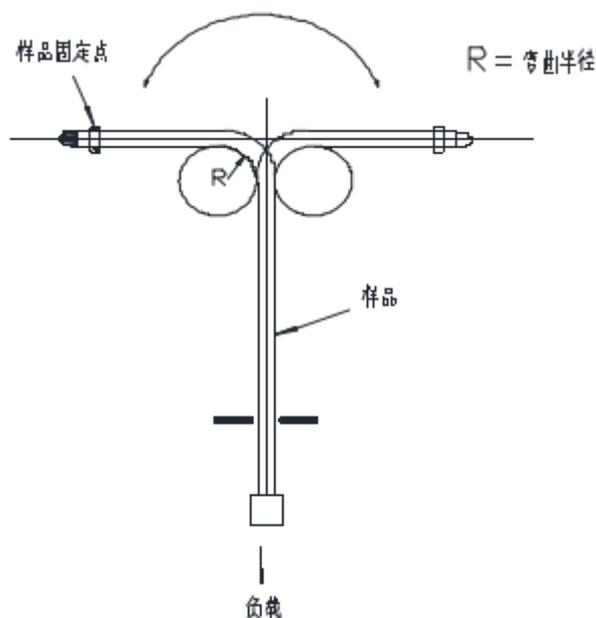


图 2 90 度弯曲试验示意图

7.5.2.2 取样和试件制备

取长度为 2.5m 的试样，将电缆两端脱皮 50 mm，同时将试样两端的绝缘芯线脱皮 15 mm，并将每两根绝缘芯线串联，最后空闲一个或两个线头无需接通，整根电缆的绝缘芯线形成一个通路。

样本最少为 5 根。

7.5.2.3 试验步骤

将试样的顶端固定在图 2 所示的设备上，弯曲半径为 2.5 倍电缆直径，并在试样底端悬挂负载，负载按导体截面积计算，约 5 N/mm^2 ，试样芯线与设备导通。

试样应垂直于导体轴线平面作 180° 往复弯曲运动，当弯曲到极端位置时，应与导体轴线的两边各呈 90° 角。

弯曲频率为 40 次/min 或与用户协商的其它频率。

7.5.2.4 试验结果评价

弯曲试验的次数应为 100 万次，也可由制造方和使用方进行商定。若单个试样弯曲次数达到规定次数，且未发生导通报警情况：

- 将试样取下，进行直流电阻测量，方法按本标准 7.3 的规定，并且比对未进行试验前的直流电阻数值，直流电阻变化率应小于 5%；
- 将试样进行绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿；
- 检查试样表面，如出现裂纹、芯线短路现象，则视为不合格。

若试样弯曲次数未达到规定次数，已经出现导通报警、护套开裂的现象，则判定不合格。

当 5 根试样出现不多于 1 根试样不合格时，则判定该项试验合格。若试样经试验不符合要求，则应另取 10 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验，且试验结果均应符合要求。

7.5.3 垂直扭转试验（适用时）

7.5.3.1 试验设备

本试验应使用图 3 所示设备进行。设备包括弯曲的驱动装置、弯曲次数记录单元、导通装置以及控制开关等装置。

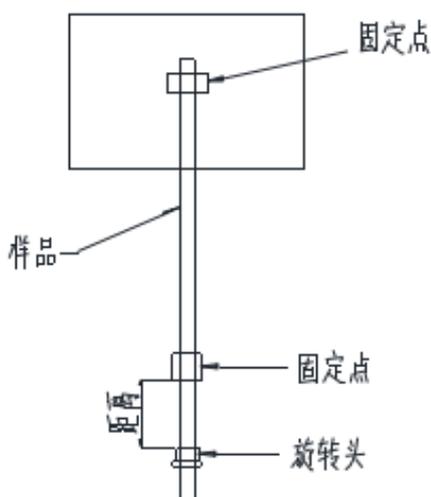


图 3 垂直扭转试验示意图

7.5.3.2 取样和试件制备

取长度为 1.7m 的试样，将电缆两端脱皮 50 mm，同时将试样两端的绝缘芯线脱皮 15 mm，并将每两根绝缘芯线串联，最后空闲一个或两个线头无需接通，整根电缆的绝缘芯线形成一个通路。

样本最少为 3 根。

7.5.3.3 试验步骤

将试样固定在图 3 所示的设备上底端旋转头与固定点之间，距离 200 mm，试样顶端固定后芯线与设备导通。试样应沿着垂直于导体轴线的平面作 $\pm 360^\circ$ 往复扭转运动，当扭转到极端位置时，应与导体轴线的两边各呈 360° 角。扭转频率为 12 次/min。

7.5.3.4 试验结果评价

垂直扭转试验的次数应为 50 万次，也可由制造方和使用方进行商定。若单个试样扭转次数达到规定次数，且未发生导通报警情况：

- 将试样取下，进行直流电阻测量，方法按本标准 7.3 的规定，试验前和试验后的直流电阻变化率应小于 5%；
- 然后做绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿；

c) 试验后, 检查试样表面, 如出现裂纹、芯线短路现象, 则视为不合格。若试样扭转次数未达到规定次数, 已经出现导通报警、护套开裂的现象, 则判定不合格。当 3 根试样全部合格时, 则判定该项试验合格。

若试样经试验出现 1 根不合格时, 则应另取 6 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验, 且试验结果均应符合要求。

7.5.4 2D 扭转试验(适用时)

7.5.4.1 试验设备

本试验应使用图 4 所示设备进行。设备包括弯曲的驱动装置、弯曲次数记录单元、导通装置以及控制开关等装置。

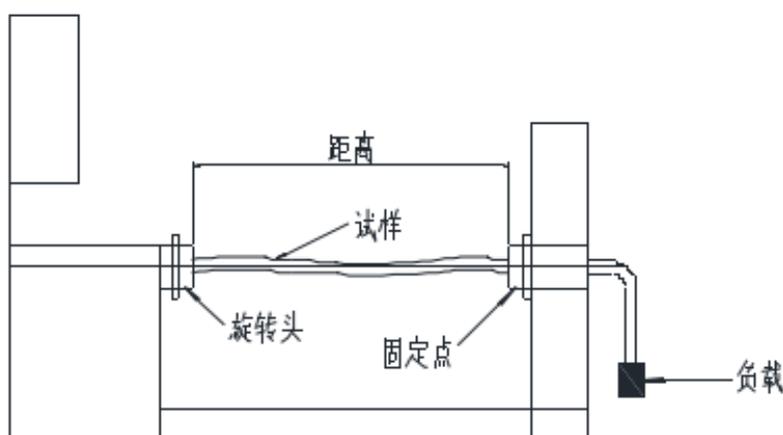


图 4 2D 扭转试验示意图

7.5.4.2 取样和试件制备

取长度为 2.5m 的试样, 将电缆两端脱皮 50 mm, 同时将试样两端的绝缘芯线脱皮 15 mm, 并将每两根绝缘芯线串联, 最后空闲一个或两个线头无需接通, 整根电缆的绝缘芯线形成一个通路。

样本最少为 3 根。

7.5.4.3 试验步骤

将试样固定在图 4 所示的设备上旋转头与固定点之间, 距离 1 米, 并在试样固定点端悬挂负载, 负载按导体截面积计算, 约 5 N/mm^2 , 试样固定后芯线与设备导通。试样应沿着垂直于导体轴线的平面作 $\pm 180^\circ$ 往复扭转运动, 当扭转到极端位置时, 应与导体轴线的两边各呈 180° 角。扭转频率为 60 次/min。

7.5.4.4 试验结果评价

2D 扭转试验的次数应为 500 万次, 也可由制造方和使用方进行商定。若单个试样扭转次数达到规定次数, 且未发生导通报警情况:

a) 将试样取下, 进行直流电阻测量, 方法按本标准 7.3 的规定, 试验前和试验后的直流电阻变化率应小于 5%;

- b) 然后进行绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿；
- c) 试验后，检查试样表面，如出现裂纹、芯线短路现象，则视为不合格。若单个试样扭转次数未达到规定次数，已经出现导通报警、护套开裂的现象，则判定不合格。当 3 根试样全部合格时，则判定该项试验合格。

若试样经试验出现 1 根不合格时，则应另取 6 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验，且试验结果均应符合要求。

7.5.5 3D 扭转试验（适用时）

7.5.5.1 试验设备

本试验应使用图 5 所示设备进行。设备包括弯曲的驱动装置、弯曲次数记录单元、导通装置以及控制开关等装置。

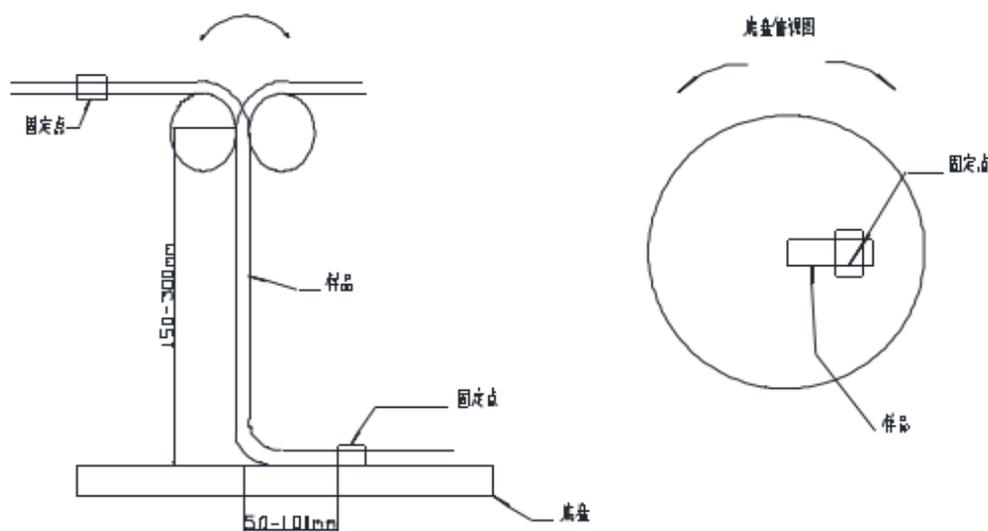


图 5 3D 扭转试验示意图

7.5.5.2 取样和试件制备

取长度为 1m 的试样，将电缆两端脱皮 50 mm，同时将试样两端的绝缘芯线脱皮 15 mm，并将每两根绝缘芯线串联，最后空闲一个或两个线头无需接通，整根电缆的绝缘芯线形成一个通路。

样本最少为 3 根。

7.5.5.3 试验步骤

将试样固定在图 5 所示的设备上，试样固定后芯线与设备导通。上端旋转应沿着垂直于导体轴线的平面作 $\pm 90^\circ$ 往复扭转运动，当扭转 to 极端位置时，应与导体轴线的两边各呈 90° 角；同时，底盘旋转应沿着垂直于导体轴线的平面作 $\pm 180^\circ$ 往复扭转运动；扭转频率为 30 次/min。

7.5.5.4 试验结果评价

3D 扭转试验的次数应为 500 万次，也可由制造方和使用方进行商定。若单个试样扭转次数达到规

定次数，且未发生导通报警情况：

- a) 将试样取下，进行直流电阻测量，方法按本标准 7.3 的规定，并且比对未进行试验前的直流电阻数值，直流电阻变化率应小于 5%；
- b) 将试样进行绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿；
- c) 检查试样表面，如出现裂纹、芯线短路现象，则视为不合格。若试样扭转次数未达到规定次数，已经出现导通报警、护套开裂的现象，则判定不合格。当 3 根试样全部合格时，则判定该项试验合格。

若试样经试验出现 1 根不合格时，则应另取 6 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验，且试验结果均应符合要求。

7.5.6 弯曲旋转试验（适用时）

7.5.6.1 试验设备

本试验应使用图 6 所示设备进行。设备包括弯曲的驱动装置、弯曲次数记录单元以及控制开关等装置。

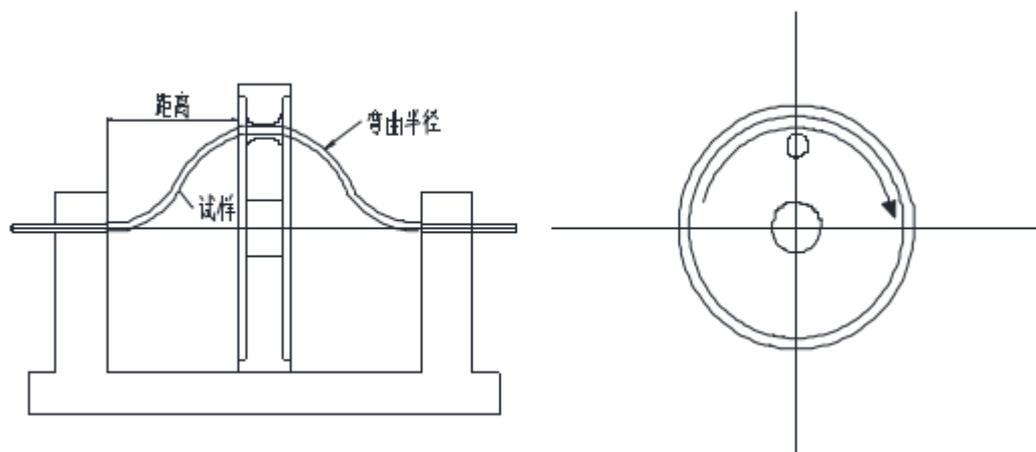


图 6 弯曲旋转试验示意图

7.5.6.2 取样和试件制备

取长度为 1.5m 的试样，将电缆两端脱皮 50 mm，同时将试样两端的绝缘芯线脱皮 15 mm，样本最少为 5 根。

7.5.6.3 试验步骤

将试样固定在图 6 所示的设备上，试样从旋转轮边孔穿过并固定两端，弯曲半径 150 mm，两端固定点到旋转轮距离为 300 mm。试样随着旋转轮顺时针作弯曲旋转运动，旋转 360° 为一次；旋转频率为 50 次/min。

7.5.6.4 试验结果评价

弯曲旋转试验的次数应为 5 万次，也可以由制造方和使用方进行商定。若单个试样扭转次数达到规定次数，且未发生导通报警情况：

- a) 将试样取下，进行直流电阻测量，方法按本标准 7.3 的规定，并且比对未进行试验前的直流电阻数值，直流电阻变化率应小于 5%；
- b) 将试样进行绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿；
- c) 检查试样表面，如出现裂纹，则视为不合格。若试样扭转次数未达到规定次数，已经出现护套开裂的现象，则判定不合格。当 5 根试样出现不多于 1 根试样不合格时，则判定该项试验合格。

若试样经试验不符合要求，则应另取 10 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验，且试验结果均应符合要求。

7.5.7 快速弯曲试验

7.5.7.1 试验设备

本试验应使用图 7 所示设备进行。设备包括弯曲的驱动装置、弯曲次数记录单元以及控制开关等装置。

7.5.7.2 取样和试件制备

取长度为 0.5m 的试样，将电缆两端脱皮 50 mm，同时将试样两端的绝缘芯线脱皮 15 mm，样本最少为 5 根。

7.5.7.3 试验步骤

将试样固定在图 7 所示的设备上，弯曲半径为成品电缆外径的 6 倍，试样固定后随着摆动头作快速弯曲运动；弯曲频率为 200 次/min。

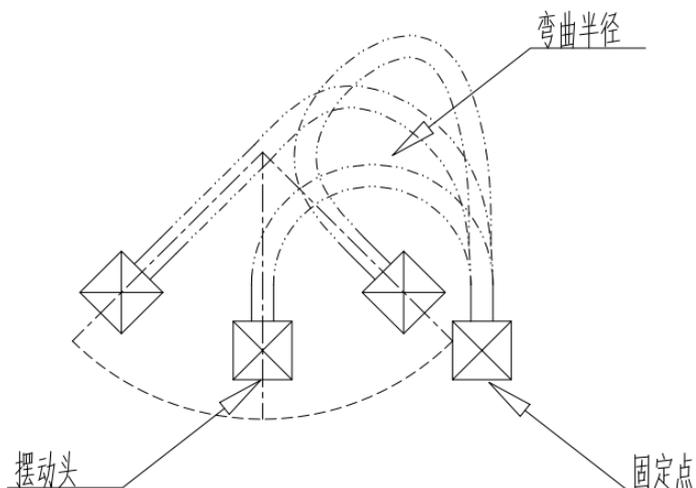


图 7 快速弯曲试验示意图

7.5.7.4 试验结果评价

弯曲旋转试验的次数应为 3 万次，也可以由制造方和使用方进行商定。若单个试样扭转次数达到规定次数，且未发生导通报警情况：

- a) 将试样取下，进行直流电阻测量，方法按本标准 7.3 的规定，试验前和试验后的直流电阻变化率应小于 5%；
- b) 然后进行绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿；

c) 检查试样表面，如出现裂纹现象，则视为不合格。若试样扭转次数未达到规定次数，已经出现护套开裂的现象，则判定不合格。当 5 根试样出现不多于 1 根试样不合格时，则判定该项试验合格。若试样经试验不符合要求，则应另取 10 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验，且试验结果均应符合要求。

7.5.8 二轮曲挠试验（适用时）

7.5.8.1 试验要求

试验使用图 8 所示设备，并按 GB/T 5023.2—2008 中 3.1 的规定。

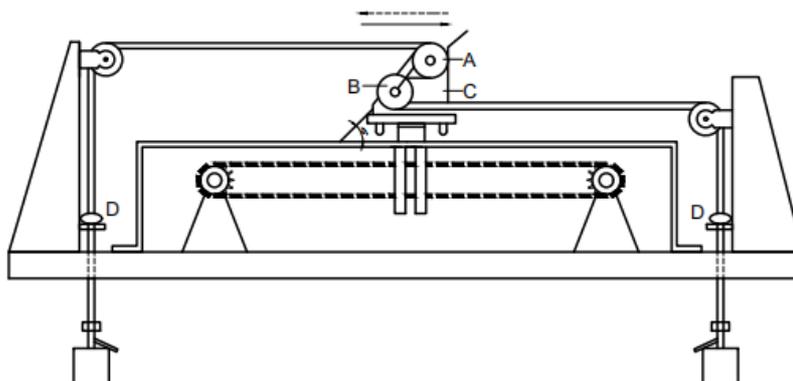


图 8 曲挠试验示意图

7.5.8.2 取样和试件制备

取约 5 米长的试样，样本最少为 3 根。

7.5.8.3 试验步骤

将试样固定在图 8 所示的设备上，电缆的两端各载一个配重锤，配重锤的质量和滑轮 A、B 的直径应符合表 5 的规定，然后小车 C 以约 0.33m/s 的恒速在大于 1m 的距离之间往复移动。

表 5 配重锤质量及滑轮直径

导体标称截面积 S (mm ²)	重锤质量 (kg)	滑轮直径 ^a (mm)
0.05 < S ≤ 0.2	0.1	60
0.2 < S ≤ 0.5	0.5	60
0.5 < S ≤ 1.5	1.0	80
1.5 < S ≤ 2.5	1.5	100
2.5 < S ≤ 10.0	2.5	120
10.0 < S ≤ 16.0	5	150
^a 直径为在滑轮凹槽最低处测量值		

7.5.8.4 试验结果评价

二轮曲挠试验的次数应为 100 万次，也可由制造方和使用方商定。若单个试样扭转次数达到规定次数，且未发生导通报警情况：

- a) 将试样取下，进行直流电阻测量，方法按本标准 7.3 的规定，试验前和试验后的直流电阻变化率应小于 5%；
- b) 然后进行绝缘耐压试验，方法按本标准 7.3 的规定，试样应不击穿；
- c) 试验后，检查试样表面，如出现裂纹、芯线短路现象，则视为不合格。若试样扭转次数未达到规定次数，已经出现导通报警、护套开裂的现象，则判定不合格。当 3 根试样全部合格时，则判定该项试验合格。

若试样经试验出现 1 根不合格时，则应另取 6 根(或至少两倍数量)试样进行重复试验，且试验结果均应符合要求。

8 检验规则

8.1 电缆的检验项目应按照表 6 的要求。机械寿命试验还应符合表 7 的要求。

表 6 机器人电缆检验项目一览表

序号	试验项目	试验类型	试验方法	本标准条文号
1	结构检查			
1.1	电缆结构	T, S	目力检查	5
1.2	导体结构尺寸	T, S	GB/T 4909.2—2009	5.1
1.3	绝缘厚度	T, S	GB/T 2951.11—2008	5.2
1.4	护套厚度	T, S	GB/T 2951.11—2008	5.6
2	标志和芯线识别检查	T, S	GB/T 5023.2—2008	6
3	绝缘和护套机械性能			
3.1	老化前机械试验	T, S	GB/T 2951.11—2008	7.4
3.2	老化后机械试验	T	GB/T 2951.12—2008	
3.3	低温冲击性能	T	GB/T 2951.14—2008	
3.4	高温压力试验	T	GB/T 2951.31—2008	
3.5	失重试验(可选)	T	GB/T 2951.32—2008	
3.6	热冲击试验	T	GB/T 2951.31—2008	
3.7	不延燃试验	T	GB/T 18380.12—2008	
3.8	浸油试验	T	GB/T 2951.21—2008	
4	电气性能试验			
4.1	导体电阻	T, S	GB/T 3048.4—2007	7.3.1
4.2	成品电缆耐电压试验	T, S	GB/T 3048.8—2007	7.3.2
4.3	绝缘线芯电压试验	T	GB/T 5023.2—2008	7.3.3
4.4	绝缘电阻	T	GB/T 5023.2—2008	7.3.4
4.5	绝缘缺陷	T, S	GB/T 3048.9—2007	7.3.5
4.6	护套缺陷	T, S	GB/T 3048.10—2007	7.3.6
4.7	成品电缆电磁兼容试验 EMC	T	7.3.7	7.3.7
5	成品电缆机械寿命试验	T	7.5, 表 7	7.5

注：T 代表型式试验；S 代表抽样试验

表 7 本体电缆和拖链电缆机械寿命试验要求

测试项目	本体电缆	拖链电缆
拖链弯曲试验		√
90 度弯曲试验	√	√
垂直扭转试验	√	
2D 扭转试验	√	
3D 扭转试验	√	
弯曲旋转试验	√	
快速弯曲试验	√	√
二轮曲挠试验	√	
注：√ 为必选项试验，其它为可选项。		

8.3 检验批应由同时提交的若干相同型号的单位产品组成，这些单位产品应是在同一连续生产期内（例如 1 天或 1 周）、采用相同的材料和工艺制造的产品。

8.4 产品应由制造厂检验合格后方可出厂，出厂产品应附有产品质量合格证。

8.5 交货批的抽样数量由供需双方协议规定，需方未作要求时，则按供方的规定抽样。

8.6 如果某项抽样试验的结果不合格，应加倍取样对该不合格项目复验。如果复验合格，则该批产品判定为合格。如果复验仍不合格，则该批产品判定为不合格。

9 交货长度

交货长度计量误差不应超过±0.5%，也可根据供需双方协议长度交货。

10 使用特性

10.1 注意事项

注意使用电缆的系统电压不得超过规定电压，商业类与人直接接触的系统电压不超过 30 V，避免机械冲击、避免被电击的危险。

10.2 额定电压

电缆的交流额定电压 U_0/U 为 30 V、300/300 V、300/500 V、450/750 V。

注：系统的工作电压允许长时间地超过该系统标称电压的 10%，如果电缆的额定电压至少等于该系统的标称电压，则电缆可在高于额定电压 10%的工作电压下使用。

10.3 电缆敷设环境温度

敷设电缆时的环境温度不宜低于 0℃。

10.4 电缆允许弯曲半径

电缆的弯曲半径不应小于电缆外径的 6 倍。

11 包装

11.1 成圈或成盘电缆应卷绕整齐，妥善包装。电缆盘应符合 JB/T 8137 的规定。电缆端头应可靠密封，伸到电缆盘外的电缆端头宜加保护罩。

11.2 每圈或每盘上应附有标签标明：

- a) 制造厂名称；
- b) 型号、规格，额定电压的单位为 V，标称截面积的单位为 mm^2 ；
- c) 长度和单位；
- d) 重量和单位；
- e) 制造日期， 年 月；
- f) 标准编号；
- g) 电缆盘的正确滚动方向。

11.3 装箱时，箱体外壳上应标明：

- a) 制造厂名称；
- b) 型号、规格，额定电压的单位为 V，标称截面积的单位为 mm^2 ；
- c) 标准编号；
- d) 防潮、防掷标志。



附 录 A
(规范性附录)
机器人用柔性电缆导体结构要求

A.1 导体结构

机器人用柔性电缆的导体结构从理论上分析为同等截面积导体越细，支数越多，柔性越好。因此，在设计时应根据需要选用细的导体，更能保证使用性能和寿命达到要求。表 A.1 列出了一些常见机器人用柔性线缆的导体结构参数。特殊规格也可由供需双方协商确定。

表 A.1 导体结构参数

导体截面积 (mm ²)	普通结构	柔性结构	高柔结构	特柔结构
0.05	7/0.10	11/0.08	28/0.05	28/0.05+抗拉丝
0.06	7/0.11	13/0.08	33/0.05	33/0.05+抗拉丝
0.08	7/0.127	17/0.08	42/0.05	42/0.05+抗拉丝
0.14	7/0.16	30/0.08	72/0.05	72/0.05+抗拉丝
0.22	11/0.16	44/0.08	112/0.05	112/0.05+抗拉丝
0.34	17/0.16	68/0.08	7/25/0.05	7/25/0.05+抗拉丝
0.50	26/0.16	105/0.08	7/38/0.05	7/38/0.05+抗拉丝
0.8	16/0.254	7/23/0.08	7/59/0.05	7/59/0.05+抗拉丝
1.0	32/0.2	7/28/0.08	19/27/0.05	19/27/0.05+抗拉丝
1.3	26/0.254	7/37/0.08	19/35/0.05	19/35/0.05+抗拉丝
1.5	30/0.25	7/42/0.08	19/42/0.05	19/42/0.05+抗拉丝
2.0	41/0.254	7/59/0.08	19/54/0.05	19/54/0.05+抗拉丝
2.5	49/0.25	19/27/0.08	19/67/0.05	19/67/0.05+抗拉丝
4.0	82/0.254	19/42/0.08	19/110/0.05	19/110/0.05+抗拉丝
6.0	120/0.254	19/63/0.08	19/161/0.05	19/161/0.05+抗拉丝
10.0	7/29/0.254	19/105/0.08	19/269/0.05	19/269/0.05+抗拉丝
16.0	7/46/0.254	19/168/0.08	19/429/0.05	19/429/0.05+抗拉丝
注：抗拉丝可以为目前市场常见的特柔导体或尼龙丝、芳纶丝、防弹丝等。				

附 录 B
(规范性附录)
机器人用柔性电缆绝缘要求

B.1 绝缘材料性能要求

绝缘材料宜采用聚氯乙烯、聚丙烯、热塑性弹性体、乙烯-四氟乙烯共聚物等材料，这些材料的性能应符合表 B.1 的规定。也可选用满足成品要求的其它合适材料。

表 B.1 绝缘材料的性能要求

序号	试验项目	单位	聚氯乙烯		聚丙烯	热塑性弹性体		乙烯-四氟乙烯共聚物
			80℃	105℃	90℃	90℃	105℃	150℃
1	物理性能							
1.1	原始性能							
1.1.1	抗张强度, 最小中间值	MPa	15.0	15.0	20.7	10.0	10.0	34.5
1.1.2	断裂伸长率, 最小中间值 (%)	-	150	150	150	200	200	100
1.2	空气烘箱老化后性能							
1.2.1	老化条件:							
	--温度	℃	113±2	136±2	113±2	113±2	136±2	180±2
	--时间	h	168	168	168	168	168	168
1.2.2	老化后抗张强度残余率, 最小中间值 (%)	-	70	70	70	70	75	85
1.2.3	老化后断裂伸长率残余率, 最小中间值 (%)	-	70	70	70	65	75	75
2	失重试验							
2.1	老化条件:							
	--温度	℃	113±2	136±2	113±2	113±2	136±2	180±2
	--时间	h	168	168	168	168	168	168
2.2	失重, 最大值	mg/cm ²	2.0	2.0	-	-	-	-
3	热冲击试验							
3.1	试验条件:							
	--温度	℃	150±2	150±2	150±2	150±2	150±2	180±2
	--时间	h	1	1	1	1	1	1
3.2	试验结果	-	无开裂	无开裂	无开裂	无开裂	无开裂	无开裂
4	高温压力试验							
4.1	试验条件							
	--刀口上施加的压力	见 GB/T 2951.31—2008 中 8.1.4						
	--载荷下加热时间	见 GB/T 2951.31—2008 中 8.1.5						
	--温度	℃	121±2	121±2	-	-	-	-
4.2	试验结果-							
	--压痕深度最大中间值 (%)	-	50	50	-	-	-	-
5	低温冲击试验-							
5.1	试验条件							
	--温度	℃	-15±2	-15±2	-15±2	-40±2	-40±2	-40±2
	--低温时间	h	见 GB/T 2951.14—2008 中 8.5.5					
	--落锤质量	-	见 GB/T 2951.14—2008 中 8.5.4					
5.2	试验结果	-	见 GB/T 2951.14—2008 中 8.5.6					

B.2 绝缘厚度要求

B.2.1 用于额定电压 30 V 电缆的绝缘最小平均厚度应满足表 B.2 的规定。且在任一点的厚度应不小于规定值的 90%。

表 B.2 额定电压 30 V 绝缘厚度要求

规格 (mm ²)	材料/厚度 (mm)			
	聚氯乙烯	聚丙烯	热塑性弹性体	乙烯-四氟乙烯共聚物
0.14	0.15	0.20	0.15	0.15
0.2	0.15	0.20	0.15	0.15
0.25	0.15	0.20	0.15	0.15
0.3	0.15	0.20	0.15	0.15
0.34	0.15	0.20	0.15	0.15
0.5	0.20	0.20	0.20	0.20
0.75	0.20	0.20	0.20	0.20
1.0	0.20	0.20	0.20	0.20
1.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1.5	0.25	0.25	0.25	0.25

B.2.2 用于额定电压 300/300 V 电缆的绝缘最小平均厚度应满足表 B.3 的规定。且在任一点的厚度应不小于规定值的 90%。

表 B.3 额定电压 300/300 V 绝缘厚度要求

规格 (mm ²)	材料/厚度 (mm)			
	聚氯乙烯	聚丙烯	热塑性弹性体	乙烯-四氟乙烯共聚物
0.14	0.25	0.25	0.20	0.20
0.2	0.25	0.25	0.20	0.20
0.25	0.25	0.25	0.20	0.20
0.3	0.25	0.25	0.20	0.20
0.34	0.25	0.25	0.20	0.20
0.5	0.25	0.25	0.20	0.20
0.75	0.25	0.25	0.25	0.25
1.0	0.25	0.25	0.25	0.25
1.25	0.30	0.30	0.25	0.25
1.5	0.30	0.30	0.25	0.25
2.0	0.40	0.40	0.30	0.30
2.5	0.40	0.40	0.30	0.30
4.0	0.60	0.50	0.40	0.40
6.0	0.60	0.50	0.40	0.40
10.0	0.80	0.60	0.50	0.40
16.0	0.80	0.60	0.50	0.40

B.2.3 用于额定电压 300/500 V 电缆的绝缘最小平均厚度应满足表 B.4 的规定。且在任一点的厚度应不小于规定值的 90%。

表 B.4 额定电压 300/500 V 绝缘最小平均厚度要求

规格 (mm ²)	材料/厚度 (mm)			
	聚氯乙烯	聚丙烯	热塑性弹性体	乙烯-四氟乙烯共聚物
0.14	0.40	0.30	0.30	0.25
0.2	0.40	0.30	0.30	0.25
0.25	0.40	0.30	0.30	0.25
0.3	0.40	0.30	0.30	0.25
0.34	0.40	0.30	0.30	0.25
0.5	0.50	0.40	0.40	0.30
0.75	0.50	0.40	0.40	0.30
1.0	0.50	0.40	0.40	0.30
1.25	0.50	0.40	0.40	0.30
1.5	0.50	0.40	0.40	0.30
2.0	0.60	0.50	0.40	0.35
2.5	0.60	0.50	0.40	0.35
4.0	0.80	0.60	0.50	0.40
6.0	0.80	0.60	0.50	0.40
10.0	1.00	0.80	0.60	0.50
16.0	1.00	0.80	0.60	0.50

B.2.4 用于额定电压 450/750 V 电缆的绝缘最小平均厚度应满足表 B.5 的规定。且在任一点的厚度应不小于规定值的 90%。

表 B.5 额定电压 450/750 V 绝缘最小平均厚度要求

规格 (mm ²)	材料/厚度 (mm)			
	聚氯乙烯	聚丙烯	热塑性弹性体	乙烯-四氟乙烯共聚物
0.5	0.55	0.45	0.40	0.30
0.75	0.60	0.50	0.45	0.35
1.0	0.60	0.50	0.45	0.35
1.25	0.60	0.50	0.45	0.35
1.5	0.70	0.60	0.45	0.35
2.0	0.70	0.60	0.45	0.40
2.5	0.80	0.60	0.45	0.40
4.0	0.80	0.60	0.50	0.40
6.0	0.80	0.60	0.50	0.40
10.0	1.00	0.80	0.60	0.50
16.0	1.00	0.80	0.60	0.50

附 录 C
(规范性附录)
机器人用柔性电缆护套材料要求

C.1 护套材料性能要求

护套材料宜采用聚氯乙烯、热塑性弹性体或热塑性聚氨酯弹性体等材料，这些材料的性能应符合表 C.1 的规定。也可选用满足成品要求的其它合适材料。

表 C.1 护套材料性能要求

序号	试验项目	单位	聚氯乙烯		热塑性弹性体		聚氨酯	
			80℃	105℃	90℃	105℃	90℃	105℃
1	物理性能							
1.1	原始性能							
1.1.1	抗张强度 最小中间值	MPa	10.0	10.0	8.27	8.27	15.0	15.0
1.1.2	断裂伸长率 最小中间值 (%)	-	150	150	200	200	200	200
1.2	空气烘箱老化后性能							
	老化条件:							
1.2.1	--温度	℃	113±2	136±2	113±2	136±2	113±2	136±2
	--时间	h	168	168	168	168	168	168
1.2.2	老化后抗张强度 残余率最小中间值 (%)	-	70	70	70	75	70	70
1.2.3	老化后断裂伸长率 残余率最小中间值 (%)	-	65	65	65	75	65	65
2	失重试验							
	--老化温度	℃	113±2	136±2	113±2	136±2	113±2	136±2
	--老化时间	h	168	168	168	168	168	168
	失重最大值	mg/cm ³	2.0	2.0	-	-	-	-
3	热冲击试验							
	--试验温度	℃	150±2	150±2	150±2	150±2	150±2	150±2
	--试验时间	h	1	1	1	1	1	1
	试验结果		无开裂	无开裂	无开裂	无开裂	无开裂	无开裂
4	高温压力试验							
4.1	试验条件							
	--刀口上施加的压力		见 GB/T 2951.31—2008 中 8.1.4					
	--载荷下加热时间		见 GB/T 2951.31—2008 中 8.1.5					
	--温度	℃	121±2	121±2	-	-	-	-
4.2	试验结果							
	--压痕深度最大中间值 (%)	-	50	50	-	-	-	-
5	低温冲击试验							
	--试验温度	℃	-15±2	-15±2	-40±2	-40±2	-40±2	-40±2
	--施加低温时间		见 GB/T 2951.31—2008 中 8.3.5					
	--落锤质量		见 GB/T 2951.31—2008 中 8.3.4					
	试验结果		见 GB/T 2951.31—2008 中 8.3.6					
6	耐油试验							
6.1	试验条件:							
	--油的温度	℃	70±2	70±2	-	-	70±2	70±2
	--浸油时间	h	24	24	-	-	24	24
6.2	抗张强度:							
	--最大变化率 ^a (%)	%	±30	±30	-	-	±30	±30
6.3	断裂伸长率:							
	--最大变化率 ^a (%)	%	±30	±30	-	-	±30	±30

^a变化率: 老化后的中间值与老化前的中间值之差与老化前中间值之比, 以百分比表示。