



优尔检测（广东）有限公司

Your Certification Consultant & Testing (Guangdong) Co., Ltd

工业机器人用电缆 Requirements for Cables used in Robot System



目录：

机器人线缆标准

机器人线缆应用范围

机器人线缆分级

机器人线缆命名及结构

机器人线缆分类及八大测试

机器人线缆认证周期



机器人线缆标准

1. TUV:2PfG2577-07.19 V1.0 机器人电缆要求；
2. TICW21-2019 工业机器人用柔性电缆
3. UL:UL RP 5770 反复弯曲应用中电缆评估的推荐规程
4. CRIA0003.1~4-2016 机器人产业联盟标准；
5. T/SZRCA 002-2022 机器人特种线缆测试技术规范
6. T/SZRCA 004-2023 机器人特种线缆测试技术规范
7. T/SZRCA 011-2025 人形机器人专用线缆技术规范

应用范围 :Scope

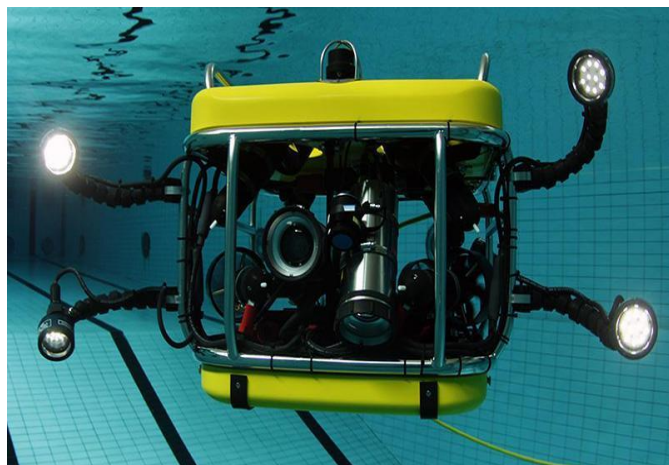


机器人分类：

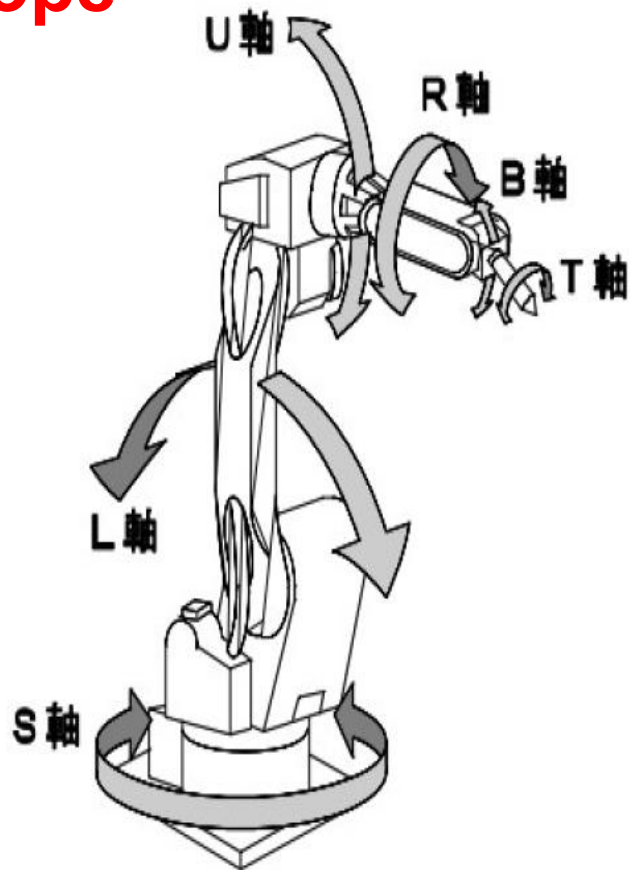
根据应用环境分为工业机器人和特种机器人

工业机器人：面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人，能自动控制，可重复编程，多功能、多自由度的操作机。如码垛、搬运、焊接、涂装、装配等

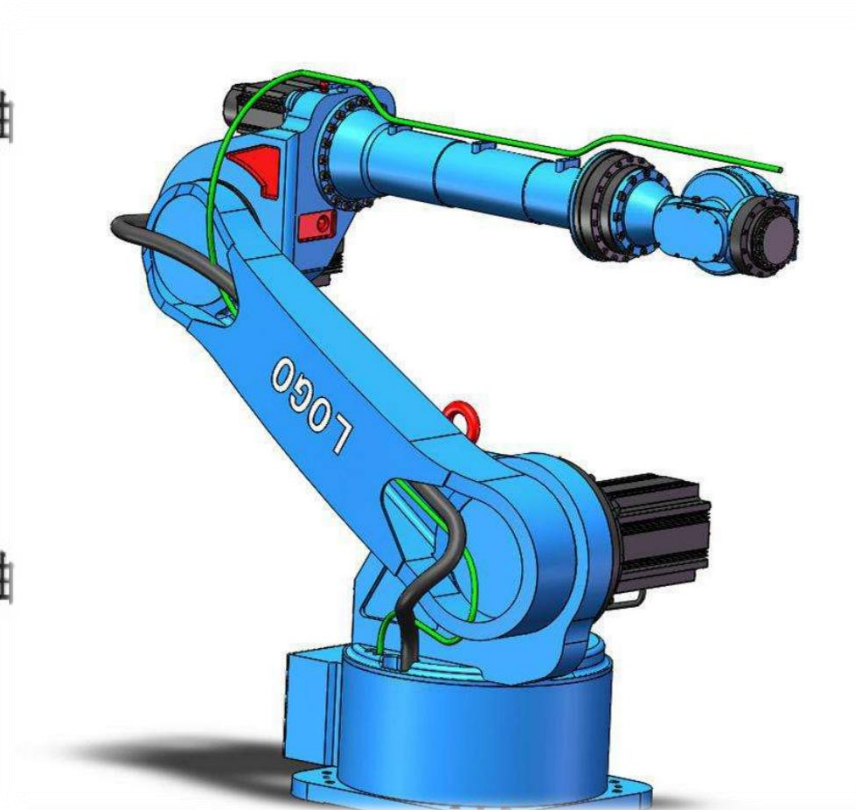
特种机器人：除工业机器人之外的、用于非制造业并服务于人类的各种先进机器人。如服务机器人、水下机器人、军用机器人、农业机器人等。

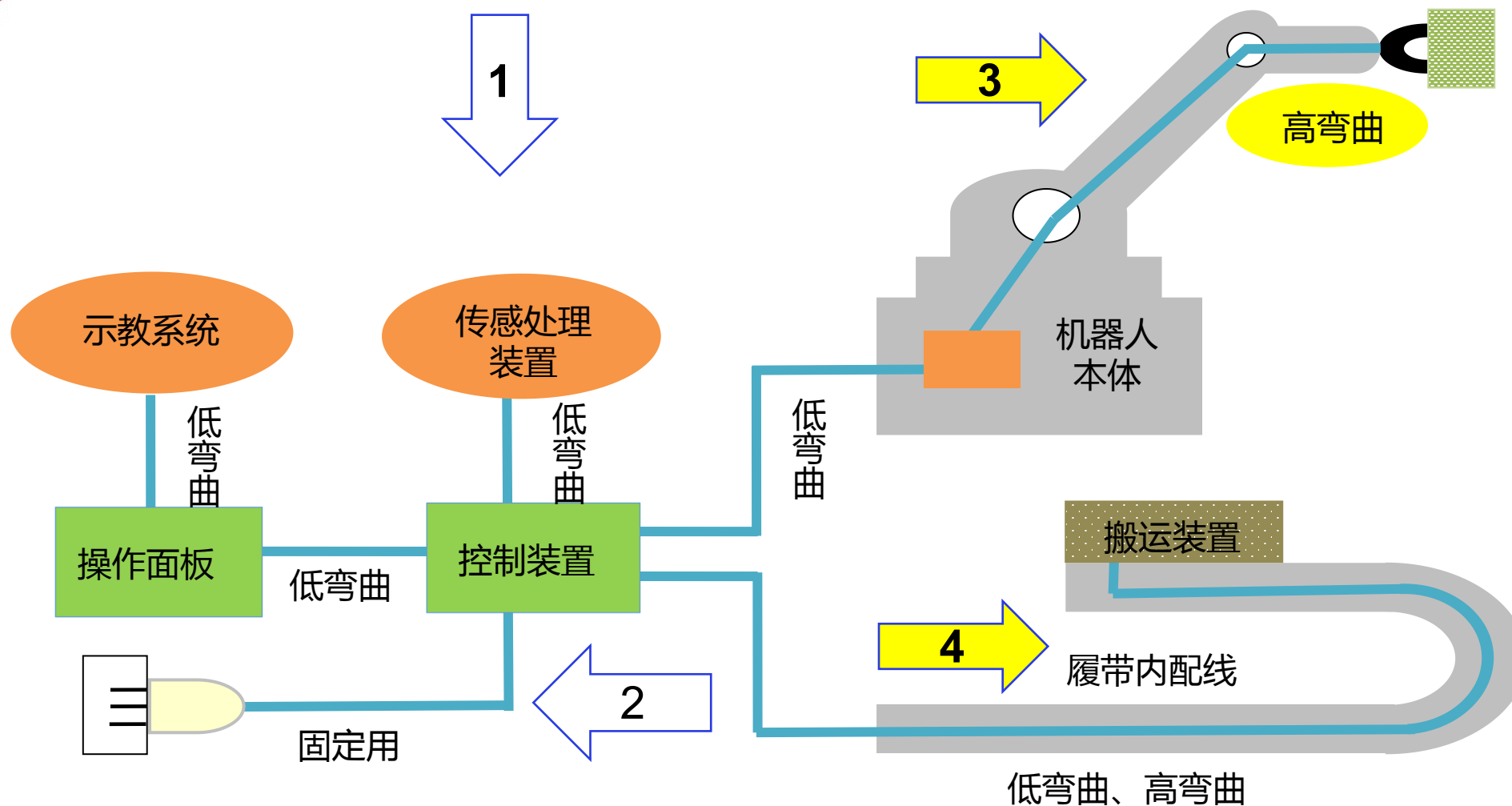


应用范围 Scope



- S 轴 (旋转)
▪ Swing
 - L 轴 (下臂)
▪ Lower arm
 - U 轴 (上臂)
▪ Upper arm
 - R 轴 (手腕旋转)
▪ wrist Rotation
 - B 轴 (手腕弯曲)
▪ wrist Bending
 - T 轴 (手腕旋转)
▪ wrist Turning
- 基本 3 轴
- 手腕 3 轴





应用范围: Scope

- 机器人动力电缆：
为机器人提供动力，一般为固定敷设

控制器到示教器电缆：
柔性电缆，低弯曲，要求抗拉强度

控制主机到本体连接电缆：
固定或移动敷设。如移动敷设则为拖链电缆，高弯曲，包括动力线、I/O线、信号线等

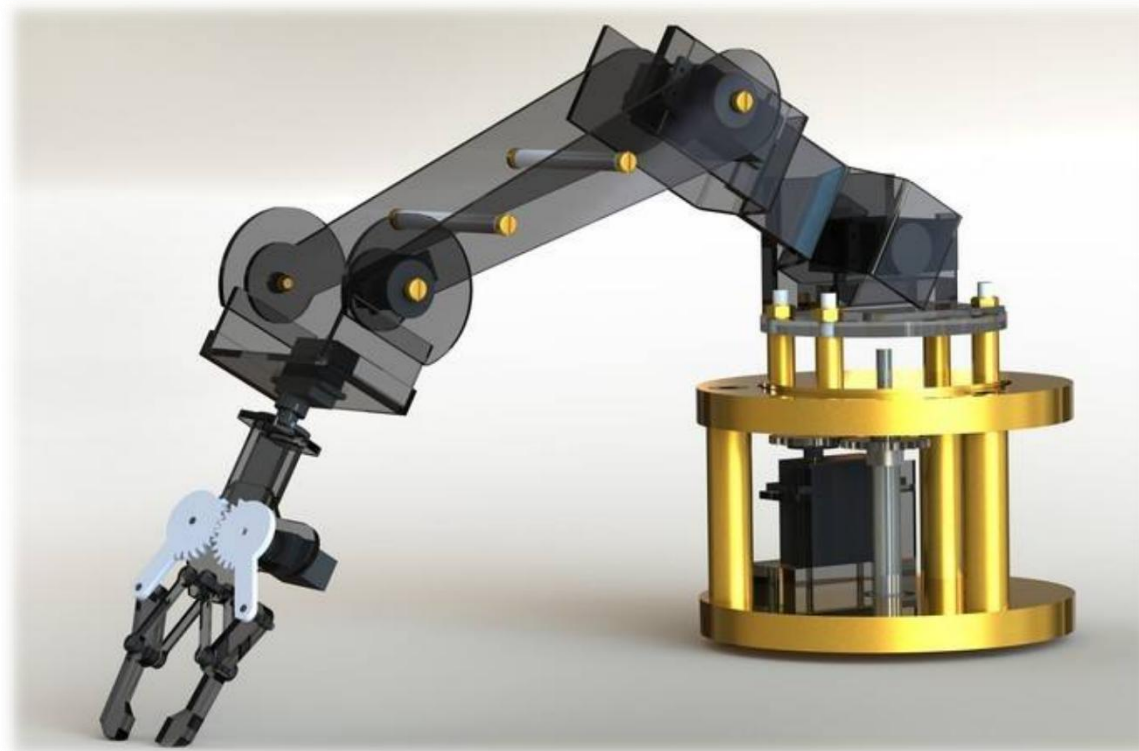
机器人本体电缆：
高弯曲，包括动力线、I/O线、信号线等



工业机器人用电缆

Requirements for Cables used in Robot System

- 应用范围 Scope
- 电压等级 Rated Voltage
- 线缆分级 Cable Class
- 命名及结构 Code Designation and Construction
- 测试 Test



电压等级 Rated Voltage

- 额定电压
AC 300/500V
AC 450/750V
- 主要用于室内
- 非焊接用机器人



线缆分级： Cable Class

Tests in Table A.1	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V	requirement
8.1 Flexing test 两轮曲挠 (OD≤32mm)--T	X	X	X	X	X	1百万
8.2 Bending & rotating test 弯折旋转			X		X	5万
8.3 bending test 弯折测试			X		X	3万
8.4 Cableveyor test 拖链测试		X				5百万
8.5 90 ° bending test 90°弯折--T	X	X	X	X	X	1百万
8.6 2D Torsion test 2D扭转				X	X	5百万
8.7 Vertical torsion test 垂直扭转			X	X	X	1百万
8.8 3D Torsion test 3D扭转				X	X	5百万
General Service	90°弯折	拖链用	跨R/T轴	扭转	跨手臂 扭转	

命名及结构

Code Designation and Construction

➤ 电缆型号的代号

相关标准代号 IRS

标称电压代号 10、05 或07

低频通信机器人电缆IEC60189.....LF

高频通信机器人电缆EN50288.....HF

➤ 导体代号

铜导体 省略

六类导体 H

命名及结构

Code Designation and Construction



绝缘及非金属护套材料代号

PVC 70°C.....V

耐热PVC 90°C..... V2

交联PVC..... V4

交联聚烯烃混合料（ EI5/EM8 ）Z

TPUQ

TPEE

PE.....N

ETFE.....7Y

命名及结构

Code Designation and Construction

➤ 屏蔽代号

铜丝编织屏蔽		C4
铜丝编织和绕包屏蔽组合		MP
绕包屏蔽		MS

特殊结构

不可分离的扁电缆		H2
具有三芯或者以上的扁电缆		H6
软电缆或软线的高柔性导体		-H

分类：按照不同运动形式分类

柔性缆（Class I），拖链缆(Class II)，高柔缆（Class III），超柔缆(Class IV)，
万向缆（Class V）。

命名及结构

Code Designation and Construction

1	2	3	4	5		
					5	等级
					4	通讯线
					3	导体结构
					2	材料，屏蔽
					1	产品代号, 额定电压, 通讯线
						I, II, III, IV, V
						4X0,5/C4
						5G2,5
						V, V2, V4, ...
						IRS, 07, 05, LF, HF

● For code designation: 2 PfG 2577 IRS07VVC4V-H 5G2,5+4X0,5/C4 Class I



机器人线缆分类

常用材料组合：

TPE+PUR, PVC+PUR, PVC+PVC, ETFE+PVC, TPE+PUR

分类：

2Pfg2577(TUV):

按照不同的运动形式分类，分为柔性缆class I，拖链缆class II,高柔缆classIII，超柔缆classIV,万向缆class V.

机器人电缆常见类型：

- 机器人拖链电缆：拖链弯曲、二轮曲挠
- 机器人本体电缆：拖链弯曲、二轮曲挠
- 机器人拖地电缆：3D扭转、2D扭转、垂直扭转、二轮曲挠、弯折旋转、90度弯折、快速弯折。
- 柔性机器人内部链接线，服务机器人电缆

机器人拖链电缆八大测试：

3D扭转

2D扭转

垂直扭转
(扭转实验)

弯折旋转

90度弯折
(弯折实验)

快速弯折

拖链弯曲

二轮曲挠



机器人测试判定是否合格：

TUV 2PFG2577

- 1.经正常视力或矫正视力检查，护套上不应有裂纹。
- 2.试验样品应在芯线电压为1500V的水中1分钟，根据EN50395第7条规定的试验方法：绝缘水中耐压)。不得发生击穿。
- 3.电缆测试后的导体电阻应符合IEC 60228的要求，并符合新电缆制造商的规格。每次测试后导体电阻的增加不应超过测试前测量值的5%。

CRIA0003.2机器人联盟：

测试成品耐压：300V对应2000V/5min,600V对应的2500V/5min,电阻变化率小于2%，

TICW 21-2019:

- 1.检查试样护套表面目力可见裂纹。固定夹具附近裂纹应忽略
- 2.试样的每根线芯不发生断线,金属层若有应保持导通;
- 3.进行成品电缆耐压试验5min，每个线心应不击穿:电力电缆：0.6/1KV施加3.5KV，450/750V施加2.5KV，控制电缆：1.5KV,信号电缆施加500V；
- 4.弯折试验后导体直流电阻的变化率：动力线芯导体直流电阻变化率不超过10%:其它电缆线芯导体直流电阻变化率不超过 15%。
- 5.去除绝缘外所有护层，检查绝缘线芯外表面，应无目力可见裂纹。固定夹具附件裂纹应忽略A

1. 两轮曲挠 ($OD \leq 32\text{mm}$) 适用于 4mm^2 及以下电缆

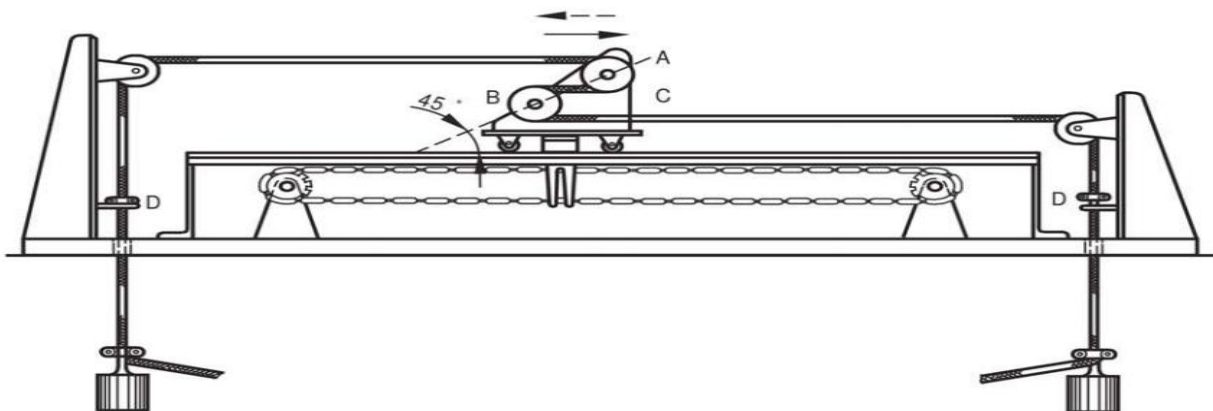


Table 2a - Current loadings - Thermoplastic cables

Nominal cross-sectional area of conductor (mm^2)	0,5	0,75	1	1,5	2,5
Current (I_3), A	1,5	3	5	8	12,5

Table 2b - Current loadings - Crosslinked cables

Nominal cross sectional area mm^2	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4
Current (I_3), A	3	6	10	16	25	32

▲这项测试Class I~V 类线都需做测试，考核电缆在径向承受压力，线芯施加电压电流负荷的情况下，整体的柔韧性表现



优尔检测（广东）有限公司

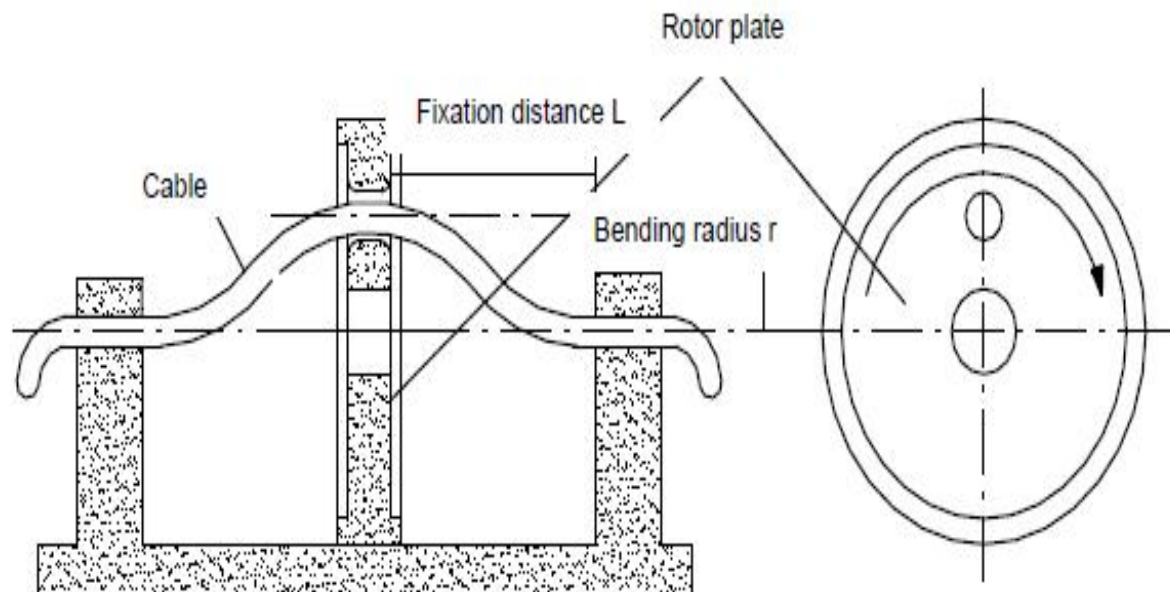
Your Certification Consultant & Testing (Guangdong) Co.,Ltd

1.两轮曲挠 (OD ≤ 32mm) 适用于4mm²及以下电缆

两轮曲挠

No.	标准	测试对象	测试标准	测试条件	测试要求
1	2PfG2577-07.19	(OD ≤ 32mm) 适用于4mm² 及以下电缆	EN50396Clause 6.2 EN50395Clause 7	5m, 行程1m, 速度 0.33m/s, 施加电压 230V (2芯) /400V (3芯以上)、电流 I=I3 √ 3/N, 砝码依照标准要求	100万次: 试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 导体和(曲挠设备的)滑轮之间无短路。 试验后: 1. 护套无裂纹, 2. 芯线水中耐压测试1500V/5min 3. 导体电阻变化率小于5%
2	TICW21-2019	-	-	-	-
3	UL RP 5770			标准无要求, 客户指定	试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 导体和(曲挠设备的)滑轮之间无短路。 试验后: 1. 护套无裂纹
4	CRIA0003	-	-	-	-
5	T/SZRCA 002-2022	-	-	-	-
6	T/SZRCA 004-2023	-	-	-	-
7	T / SZRCA 011-2025	-	-	-	-

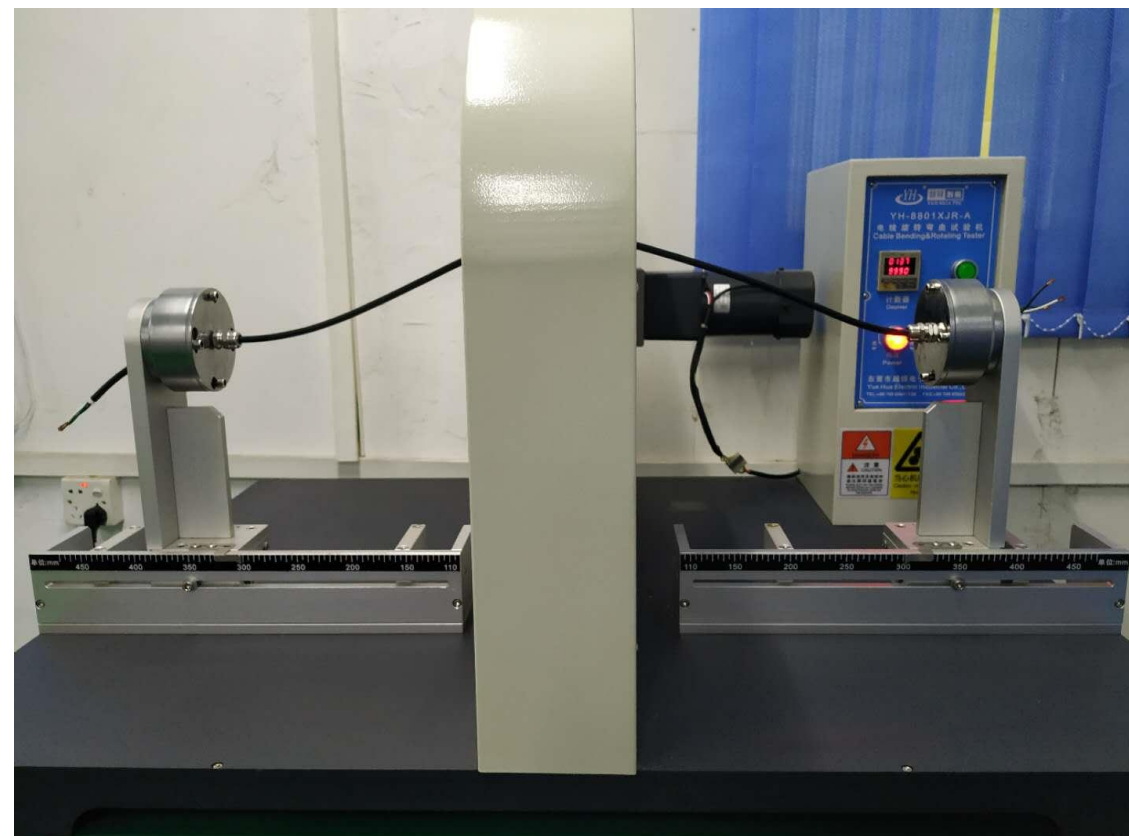
2. 弯折旋转(Bending&Rotating)



样品：1.5m ,3PCS; $L=300\text{m}$ 弯折半径
150mm，旋转速度50 cycle/min，至少5万次

试验后：

1. 护套无裂纹，
2. 芯线水中耐压测试1500V/5min
3. 导体电阻变化率小于5%

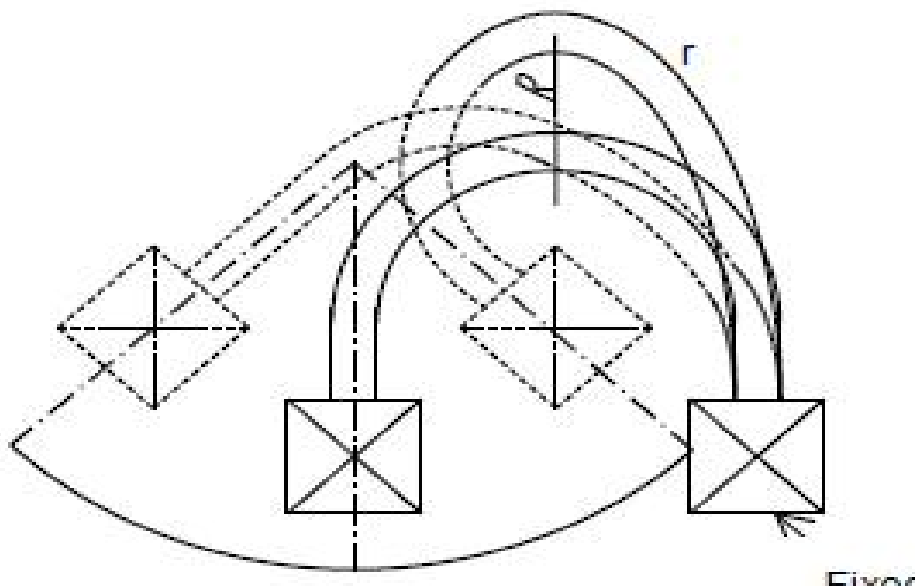


▲：这项测试适合ClassIII和V类线，电缆两端固定，中间部分做离心旋转运动。

T/SZRCA 002-2022 测试条件同TUV标准一样，
测试次数无要求，测试后要求无裂纹

优尔检测版权，不作为检验认证判定标准，仅供内部学习参考。

3. 快速弯折测试(Bending Test)



样品：至少0.5m，测试3PCS

弯折半径r: 6倍线材OD

弯曲速度：200 flexings/min

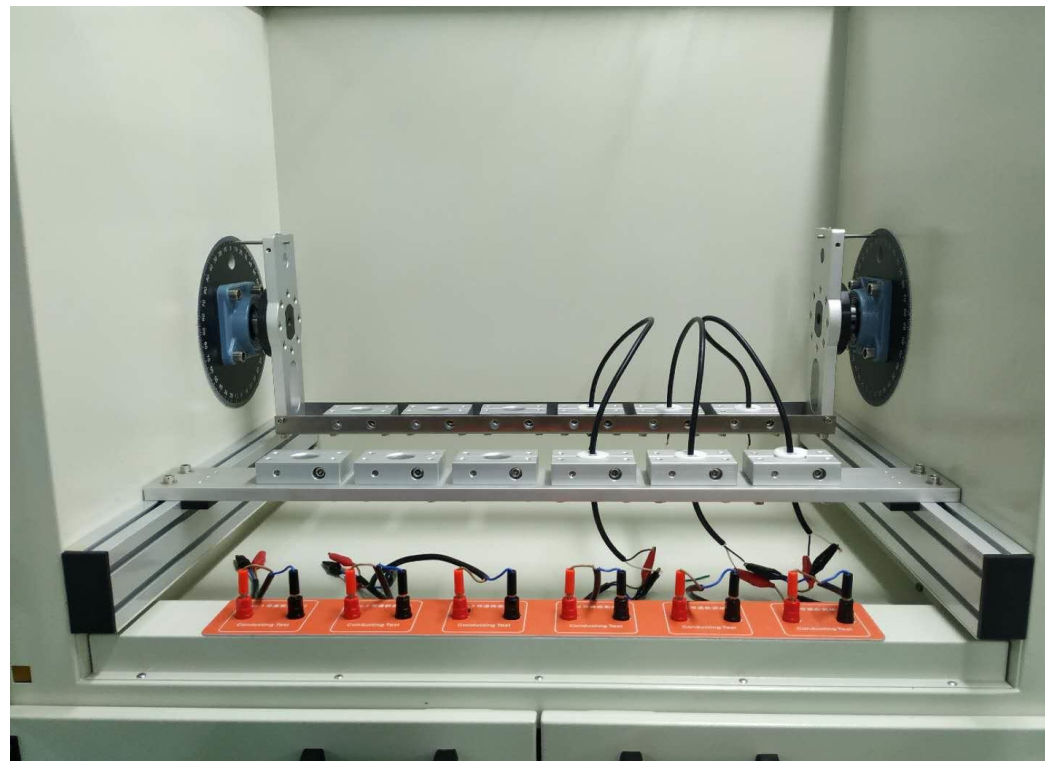
至少**3万次**

试验后：

1. 护套无裂纹，

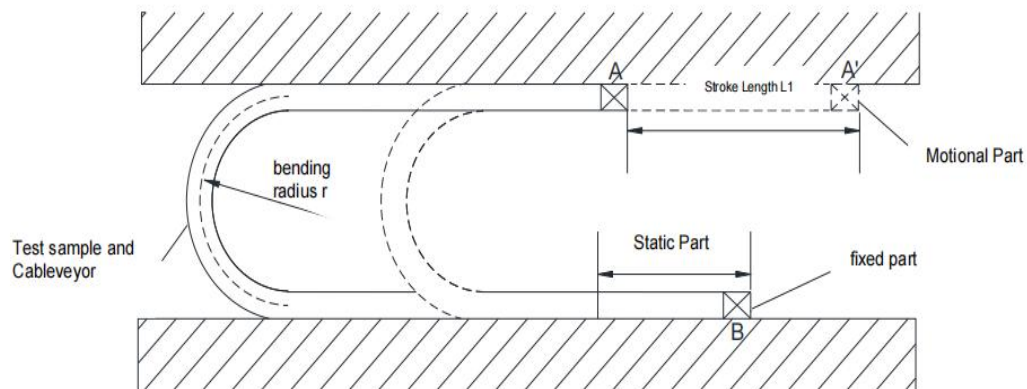
2. 芯线水中耐压测试1500V/5min

3. 导体电阻变化率小于5%



▲：适合ClassIII和V类线，这是模拟多关节机器人悬臂的快速弯折，有一端固定，另一端快速弯折，本身弯曲的速度是200flexings/min, 至少3万次。

4. 拖链测试 (Cableveyor Test)



Picture 4

样品：1.5m，测试3PCS,电源线弯曲半径R：
 $7.5D \pm 15\%$ ，信号电缆： $10D \pm 15\%$
速度：1m/s，行程500mm(可根据客户要求)至少
5百万次

试验后：

1. 护套无裂纹，
2. 芯线水中耐压测试1500V/5min
3. 导体电阻变化率小于5%

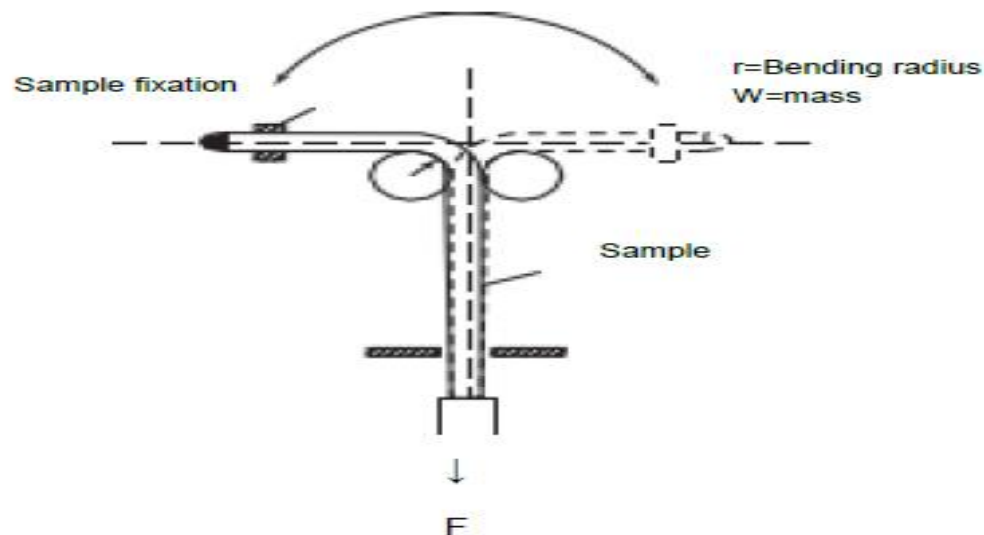


▲：适合ClassII类线，这项测试是拖链电缆必做的项目



标准	测试对象	测试标准	测试条件	测试要求								
2PfG2577-07.19	拖链线缆	EN50395Clause 7	测试3PCS, 1.5m, 电源线弯曲半径R: 7.5D±15%, 信号电缆: 10D±15% 速度 : 1m/s, 行程0.5m(也可根据客户要求)	500万次: 试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 试验后: 1. 护套无裂纹, 2. 芯线水中耐压测试1500V/5min 3. 导体电阻变化率小于5%								
TICW21-2019	拖链线缆	-	测试3PCS, 1.5m, 动力电缆弯曲半径R: 7.5D±15%, 信号电缆: 10D±15% 速度 : 1m/s, 行程0.5m(也可根据客户要求)	单位为万次 <table><tr><td>1级</td><td>2级</td><td>3级</td><td>4级</td></tr><tr><td>500</td><td>1000</td><td>1500</td><td>2000</td></tr></table> 试验中: 电流无断路、导体之间无短路; 试验后: 1. 护套, 芯线无裂纹, 2. 成品耐压测试5min (电压依照标准) 3. 导体电阻变化率: 动力线小于10%。其它小于15%	1级	2级	3级	4级	500	1000	1500	2000
1级	2级	3级	4级									
500	1000	1500	2000									
UL RP 5770	拖链线缆		-									
CRIA0003 中国机器人产业联盟标准	拖链线缆	-	测试5PCS, 3m, 电缆弯曲半径R: 5D 速度 : 1m/s, 行程至少1m(也可根据客户要求)	2000万次(可根据制造商及使用要求: 试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 试验后: 1. 护套不能出现裂纹、严重扭曲、芯线短路现象; 2. 成品线水中耐压测试5min (电压依照标准 3. 导体电阻变化率小于2% 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根试样进行重复试验, 且试验结果均应符合要求。								
T/SZRCA 002-2022	拖链线缆	-	测试3PCS, 1.5m, 弯曲半径: 柔性: 大于10D 高柔性: 5D<R≤10D 超柔性: R≤5D 行程长度: L≤0.5m, 速率88次/min 0.5<L≤1m, 速率60次/min 1<L≤5m, 速率30次/min 5<L≤10m, 速率2次/min	次数标准中未做要求: 试验后: 1. 护套无裂纹,								
T/SZRCA 004-2023	-	-	-	-								
T / SZRCA 011-2025	-	-	-	-								

5. 90°弯折测试(90° Bending Test)



样品:至少1.5m,测试3PCS
弯曲半径 r :10D, 最大200mm
速度:30 cycles/min,
荷重:
总截面积0~4mm² 200g
4~16mm² 500g
>16mm² 1000g
至少100万次(一个周期180度)



▲: 适合Class I~V类线测试时, 电缆自由锻在180度范围内摇摆, 总次数要求是100万次,

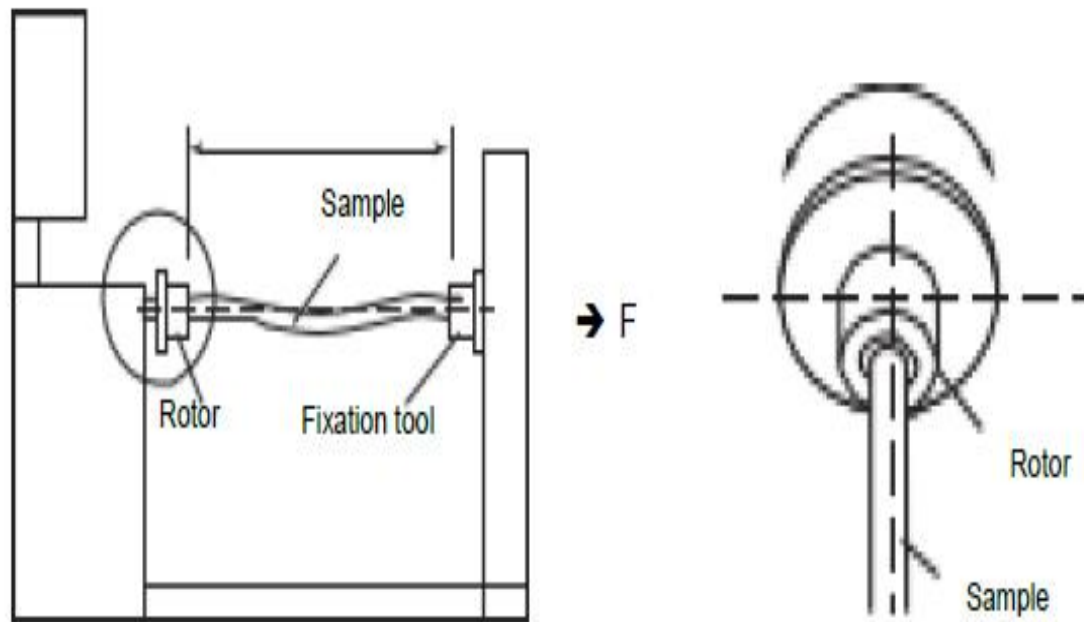
试验后:

1. 护套无裂纹,
2. 芯线水中耐压测试1500V/5min
3. 导体电阻变化率小于5%



标准	测试对象	测试标准	测试条件	测试要求
2PfG2577-07.19		EN50395Clause 7	测试3PCS, 1.5m, 弯曲半径r:10D, 最大200mm 速度:30 cycles/min, (一个周期180度) 荷重: 总截面积0~4mm ² - 200g, 4~16mm ² --- 500g, >16mm ² -1000g	100万次: 试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 试验后: 1. 护套无裂纹, 2. 芯线水中耐压测试1500V/5min 3. 导体电阻变化率小于5%
TICW21-2019		-	测试3PCS, 1.5m, 弯曲半径r:10D, 最大200mm 速度:30 cycles/min, (一个周期180度) 荷重: 总截面积0~4mm ² - 200g, 4~16mm ² --- 500g, >16mm ² -1000g	次数(万): 1级--100, 2级--300, 3级--500, 4级--800 试验中: 电流无断路、导体之间无短路; 试验后: 1. 护套, 芯线无裂纹, 2. 成品耐压测试5min (电压依照标准) 3. 导体电阻变化率: 动力线小于10%。其它小于15%-
UL RP 5770			-	
CRIA0003 中国机器人产业联盟 标准		-	测试5PCS, 1m, 电缆弯曲半径R: 5D 角度: ±90 速度 : 60次/min, 荷重: 500g	1000万次(可根据制造商及使用要求: 试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 试验后: 1. 护套不能出现裂纹、严重扭曲、芯线短路现象; 2. 成品线水中耐压测试5min (电压依照标准 3. 导体电阻变化率小于2% 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根试样进行重复试验, 且试验结果均应符合要求。
T/SZRCA 002-2022		-	测试5PCS, 1m, 电缆弯曲半径R: 5D 角度: ±90 S≤0.5, 重量: 500g, 速率60次/min 0.5<s≤1.5, 重量: 1000g, 速率50次/min 1.5<s≤5.0, 重量: 1500g, 速率45次/min 5<s≤10, 重量: 2000g, 速率40次/min 10≤S, 重量: 3000g, 速率30次/min	次数标准中未做要求: 试验后: 1. 护套无裂纹,
T/SZRCA 004-2023	-	-	-	-
T / SZRCA 011-2025	-	-	-	-

6. 2D扭转测试(Straight-line Torsion Test)



a. 直线扭转

样品1m,测试1PCS

旋转速度 60 rotations/min

旋转角度 90或180度

F负荷5N/mm²

至少**5百万**次

试验后：

1. 护套无裂纹，

2. 芯线水中耐压测试

1500V/5min

3. 导体电阻变化率小于5%



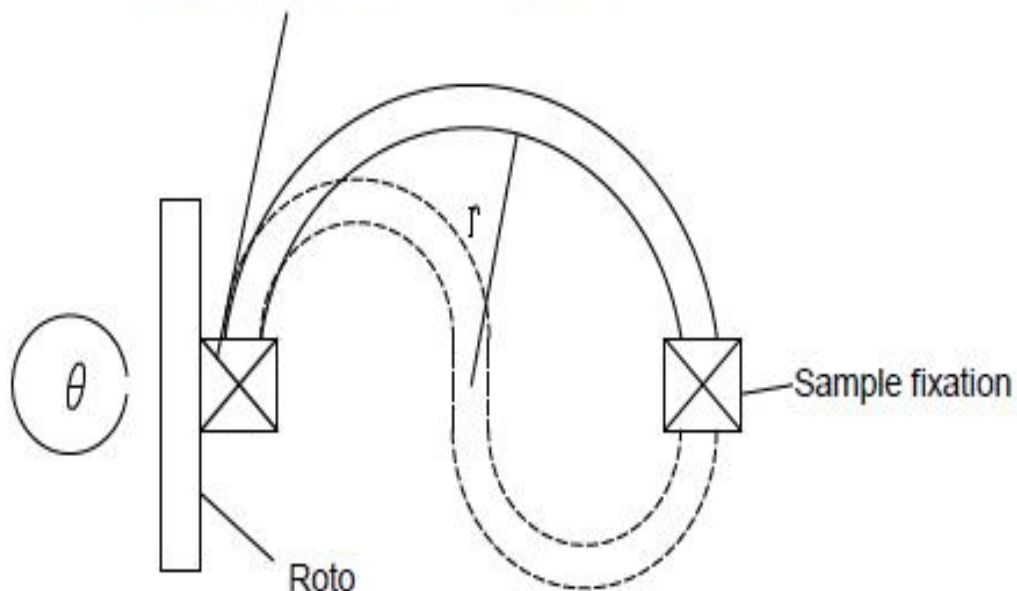
▲：适合Class IV、V类线,测试时2D旋转有两个测试可二选一，一个是水平式的，左端有一个自旋转，旋转的次数根据客户的需求确定一个角度。第二种是曲线旋转，左端也是固定的，右端在轴上旋转，两个测试标准都是至少500万次。

T/SZRCA 002-2022测测次数无要求!

优尔检测版权，不作为检验认证判定标准，仅供内部学习参考。

6. 2D扭转测试 (Curve Torsion)

Sample fixation (for the bent part)



b.曲线扭转

样品1m，测试1PCS；

弯曲半径r:6倍线材OD

旋转速度60 rotations/min

旋转角度 60，90，120，180度

至少**5百万次**

试验后：

1.护套无裂纹，

2.芯线水中耐压测试

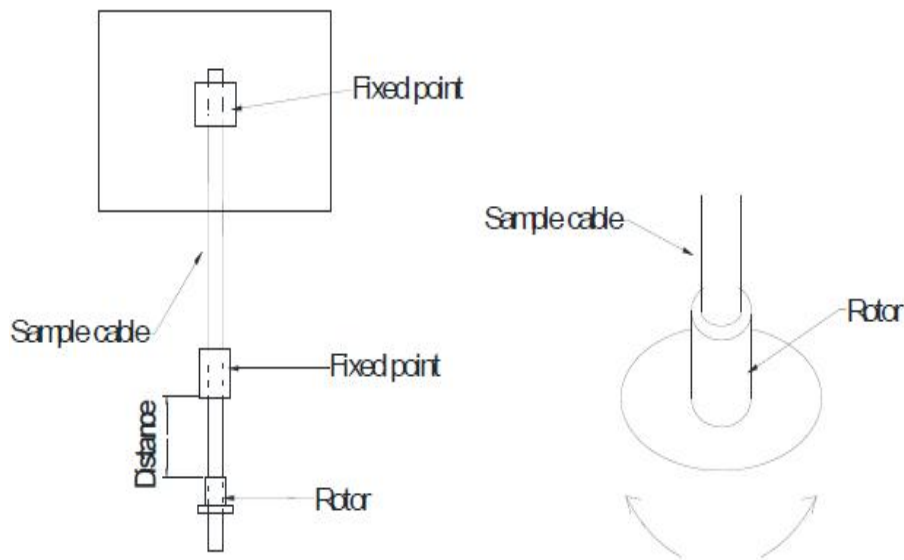
1500V/5min

3.导体电阻变化率小于5%



▲：适合Class IV、V类线,测试时2D旋转有两个测试可二选一，一个是水平式的，左端有一个自旋转，旋转的次数根据客户的需求确定一个角度。第二种是曲线旋转，左端也是固定的，右端在轴上旋转，两个测试标准都是至少500万次。

7. 垂直扭转测试(Vertical Torsion Test)



样品 1.5m , 测试样品3PCS
旋转角度 $\pm 180^\circ$
下端固定点与转子的距离为
 $30D \pm 5\%$ mm , 至少30CM
旋转速度 40 cycles/min
1个cycle旋转360度
至少**100万**次

国标标准
样样品 1.5m , 测试样品
5PCS
旋转角度 $\pm 270^\circ$
旋转速度 60 cycles/min
至少**1000万**次

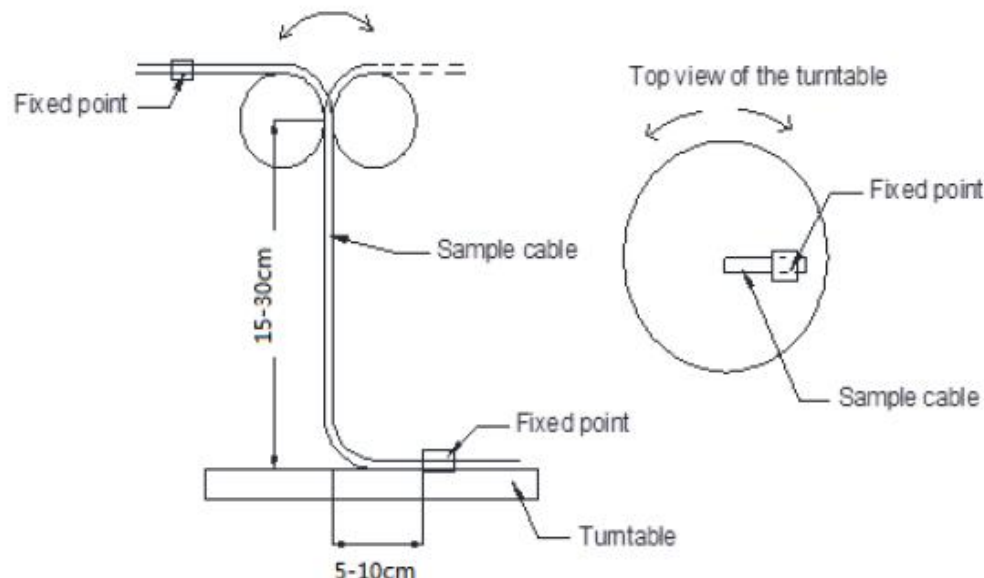


▲：适合Class IV、V类线进行垂直扭转测试时，下面有一个固定端，该测试时旋转角度比较大，每分钟40次的旋转速度。



标准	测试对象	测试标准	测试条件	测试要求
2PfG2577-07. 19		EN50395 Clause 7	测试3PCS, 1. 5m, 旋转角度: ±180 速度:40 cycles/min, (一个周期360度) 下端固定点与转子的距离为30D±5% mm, 至少30CM	100万次: 试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 试验后: 1. 护套无裂纹, 2. 芯线水中耐压测试1500V/5min 3. 导体电阻变化率小于5%
TICW21-2019		-	测试3PCS, 1. 5m, 旋转角度: ±180 速度:40 cycles/min, (一个周期360度) 下端固定点与转子的距离为30D±5% mm, 至少30CM	次数(万): 1级--100, 2级--300, 3级--500, 4级--800 试验中: 电流无断路、导体之间无短路; 试验后: 1. 护套, 芯线无裂纹, 2. 成品耐压测试5min (电压依照标准) 3. 导体电阻变化率: 动力线小于10%。其它小于15%-
UL RP 5770			-	
CRIA0003 中国机器人产业联盟标准		-	测试5PCS, 1. 5m, 旋转角度: ±270 速度:60cycles/min, (下端固定点与转子的距离为无要求	1000万次(可根据制造商及使用要求: 试验中: 电流无断路、导体之间无短路, 试验后: 1. 护套不能出现裂纹、严重扭曲、芯线短路现象; 2. 成品线水中耐压测试5min (电压依照标准 3. 导体电阻变化率小于2% 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根试样进行重复试验, 且试验结果均应符合要求。
T/SZRCA 002-2022		-	测试3PCS, 1. 5m, 旋转角度: ±180 速度:40 cycles/min, (一个周期360度) 下端固定点与转子的距离为30D±5% mm, 至少30CM	次数标准中未做要求: 试验后: 1. 护套无裂纹,
T/SZRCA 004-2023	-	-	-	-
T / SZRCA 011-2025	-	-	-	优尔检测版权, 不作为检验认证判定标准, 仅供内部学习参考。

8. 3D扭转 (3D Torsion Test)



样品0.9m，测试3PCS
底盘旋转角度 $\pm 180^\circ$ ，弯折 $\pm 90^\circ$
速度 30 cycles/min
1个cycle旋转360度
至少**5百万次**

▲：3D旋转测试比较复杂，与90度弯折测试有点像，不过下面盘子还要进行一个自旋转，类似3D环境下的考核，一个周期需要旋转360度，旋转的速度是30次/分钟，至少500万次。



优尔检测（广东）有限公司

Your Certification Consultant & Testing (Guangdong) Co.,Ltd

认证周期



优尔检测版权，不作为检验认证判定标准，仅供内部学习参考。