

团 体 标 准

T/SZRCA 002-2024

代替 T/SZRCA 002-2022

机器人特种线缆测试技术规范

Technical specification for testing robot special cable

2024 - 09 - 24 发布

2024 - 10-01 实施

深圳市机器人特种线缆行业协会 发 布

目 录

目 录	2
前 言	3
引 言	4
1. 范围	5
2. 规范性引用文件	5
3. 术语和定义	5
4. 使用特性	5
5. 产品代号及表示方法	6
6. 安全	6
7. 物理可靠性试验	6
7.1 摇摆弯曲试验	6
7.2 弯折及旋转试验	7
7.3 快速弯折试验	8
7.4 U 型拖链试验	8
7.5 2D 扭转试验	9
7.6 3D 扭转试验	10
7.7 垂直扭转试验	10
7.8 转盘扭转试验	11
7.9 成品拉断力试验	12
8. 环境可靠性试验	13
8.1 老化试验	13
8.2 刮磨试验	14
8.3 低温性能	16
8.4 240h 短期老化	17
8.5 耐环境和化学品	17
9. 电气要求	18
9.1 直流电阻	18
9.2 耐电压	18

前 言

本标准编写规定是根据 GB/T 1.1-2020 的要求，作为团体标准化文件编写时规定的纲领性文件，本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准规范做了下列修改：

——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替代 GB/T 1.1-2009 标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写

——GB/T 4910-2022 镀锡圆铜线替代 GB/T 4910-2009，镀锡圆铜线

——GB/T 25085.3-2020 道路车辆 汽车电缆 第 3 部分：交流 30V 或直流 60V 单芯铜导体电缆的尺寸和要求替代 GB/T 25085-2010 道路车辆 60V 和 600V 单芯电线

本标准由深圳市机器人特种线缆行业协会提出并归口。

本标准起草单位：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、太阳电线（东莞）有限公司、深圳市优尔检测技术有限公司、深圳南士科技股份有限公司、广州番禺电缆集团有限公司、东莞市越铎电子科技有限公司、佛山市耐广通科技有限公司、深圳市新型机器人标准检测技术有限公司、东莞市机器人产业协会、绍兴一叶电子股份有限公司。

本标准主要起草人：张海斌、颜家军、金涛、范宗怀、白翠东、斯红超、颜涛、张群、赖定远、李广斌、卢文业、陈勇志、黄湘赣、乔森、陈永刚、许包石、李军。

本文件及其所代替的历次版本发布情况为：

——2022 年首次发布为 T/SZRCA 002-2022。

——本次为第一次修订，修订时间 2024 年 9 月。

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。

机器人特种线缆测试技术规范

1 范围

本标准规定了机器人特种线缆的试验方法和检验规则。

本标准适用于工业类和服务类机器人线缆，包括工业机器人、特种机器人，特别是管道机器人、爆破机器人、矿井、户外等需拖拽使用的机器人线缆；服务类机器人线缆包括：扫地机、迎宾、教育、助力等机器人线缆。

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。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）适用于文件。

GB/T 3048.8-2007 电线电缆电性能试验方法：交流电压试验

GB/T 3953-2009，电工圆铜线

GB/T 3956-2008，电缆的导体

GB/T 4910-2022，镀锡圆铜线

GB/T 5013.2-2008/IEC60245:1998 额定电压 450/750V 及以下橡皮绝缘电缆第 2 部分：试验方法

GB/T 25085.3-2020 道路车辆 汽车电缆 第 3 部分：交流 30V 或直流 60V 单芯铜导体电缆的尺寸和要

求

GB/T 25087-2010/ISO14572:2006 道路车辆圆形、屏蔽和非屏蔽的 60V 和 600V 多芯护套电缆

JB/T 10696.6-2007 电线电缆机械和理化性能试验方法第 6 部分：挤出外套刮磨试验

CRIA 0003.4-2016 工业机器人专用电缆：中国机器人产业联盟

UL RP5770-2018 用于反复弯曲应用的电缆评估推荐规程

UL758-2017 电器布线电线电缆及其试验方法

TUV 2577 08/16 机器人用电缆的要求规范

EN 50395: 2005 低压能源电缆的电气试验方法

3 术语和定义

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 工业机器人 (Industrial robot): 用于工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，具有一定的自动性，可依靠自身的动力能源和控制能力实现各种工业加工制造功能。工业机器人被广泛应用于航天航空、电子、物流、化工等各个领域之中。

3.2 服务类机器人 (Service robot): 一种半自主或全自主工作的机器人，它能完成有益于人类健康的服务工作，但不包括从事生产的设备。

3.3 正常视力-除检查者的正常矫正镜片（如有）外，无任何辅助的视力。

3.4 室温 (25±10)℃。

3.5 型式试验 (符号 T): 在一般商业基础上提供本标准所涵盖的电缆类型之前，需要进行测试，以证明符合预期应用的性能特征。这些试验的性质是，在进行试验后，无需重复试验，除非电缆材料、设计或制造工艺类型发生变化，这可能会改变性能特征。

3.6 样本测试（符号 S）：对从完整电缆中提取的完整电缆或组件样品进行的试验，足以验证成品是否符合设计规范。

3.7 常规试验（符号 R）：对所有生产电缆长度进行测试，以证明其完整性。

3.8 柔软度

3.8.1 柔性（PR）：线缆在运动中的最小弯曲半径“r”所能达到的范围大于 10 倍外径($r > 10D$)的情形下；

3.8.2 高柔性（GR）：线缆在运动中的最小弯曲半径“r”所能达到的范围为大于 5 倍外径，且小于等于 10 倍外径($5D < r \leq 10D$)的情形下；

3.8.3 超柔性（CR）：线缆在运动中的最小弯曲半径“r”所能达到的范围小于 5 倍外径($r \leq 5D$)的情形下。

4 使用特性

4.1 电线的额定电压 U_0/U 为 300V /500V、450V/750V、600V/1000V。

4.2 依电线绝缘材料耐温等级，电线的长期允许工作温度应不超过 200℃。

5 产品代号及表示方法

工业类机器人线缆：IRC

服务类机器人线缆：SRC

6 安全

6.1 本技术规范的目的不是解决与其使用相关的所有安全问题，技术规范的使用者有责任培训专业的试验检测人员，建立适当的健康和安全程序，了解并遵守适用的国家和地方监管制度、法律法规。

6.2 电气危险：某些试验程序需要使用到高电压，所有设备的设计应符合良好的工程规范，安全是设计的一个重要组成部分。为避免在这种情况下触电，应采取必要的预防措施，并应遵循测试设备制造商的建议。

6.3 机械危险：某些使用机械设备的试验可能会使操作员暴露在机械危险中，应采取防护措施，注意保护眼睛、手指、手和其他身体部位免受伤害。

7 物理可靠性试验

通过各项物理性能的测试来研究在有限的样本、时间和使用费用下，找出产品薄弱环节。

7.1 摇摆弯曲试验

摇摆弯曲试验项目是根据电气用品安全法相关法令的规定所制定的实验项目，试验方法如图 1：

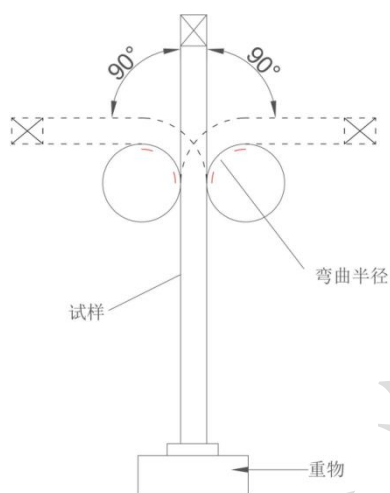


图 1 90 度摇摆弯曲示意图

从成品上取长度为 1.1m 的试验样品，所有芯线导体串联起来，一端按照上图的要求单端固定在摇摆试验机上，另一端按下表悬挂相应重量的砝码，选择合适的弯曲半径，以正负 90 度的摇摆角度，以一定的速率进行弯折测试，摇摆到标准规定的要求次数（一个来回为一次）后，电缆任一芯线不得发生短路及断路现象，并且绝缘及护套不发生龟裂破损的异常现象，弯曲半径、吊重、速率见表 1。

表 1 摇摆弯曲试验要求

试样	弯曲半径	吊重	速率
信号线	截面积 $<0.5\text{mm}^2$	0.5kg	60 次/分钟
电源线	$0.5\text{mm}^2 \leq \text{截面积} < 1.5\text{mm}^2$	1.0kg	50 次/分钟
	$1.5\text{mm}^2 \leq \text{截面积} < 5.0\text{mm}^2$	1.5kg	45 次/分钟
	$5.0\text{mm}^2 \leq \text{截面积} < 10.0\text{mm}^2$	2.0kg	40 次/分钟
	$10.0\text{mm}^2 \leq \text{截面积}$	3.0kg	30 次/分钟

注：线缆如有屏蔽层的建议单独摇摆测试屏蔽层。

7.2 弯折及旋转试验

从成品上取长度为 1.5 米的三个试样，按照图 2 所示将试样两端固定在测试仪上。转子板中的作用尺寸应与电缆的外径相匹配，以确保电缆不受限制且不受损坏。图中固定距离 L 为 300mm，试样弯曲半径为 150mm，固定样品的转子以 50 圈/分钟的速率旋转，要求达到规定要求次数。

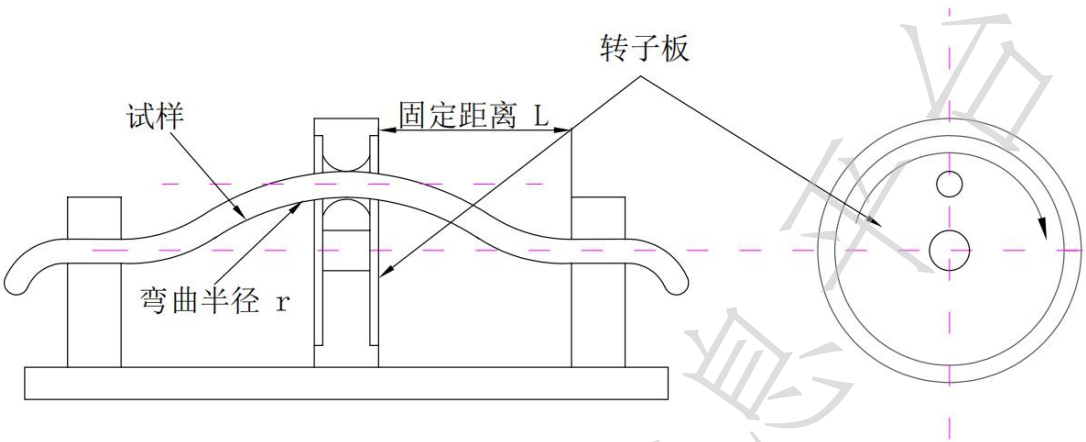


图 2 弯折及旋转示意图

7.3 快速弯折试验

从成品上取三个长度为 0.5m 的样品，按照图 3 所示将一端固定，另一端弯折，弯曲半径“r”依据产品柔软特性参照标准 3.8 要求来设定，测试仪以每分钟 200 次弯折的速率弯折样品，达到规定要求的弯折次数。

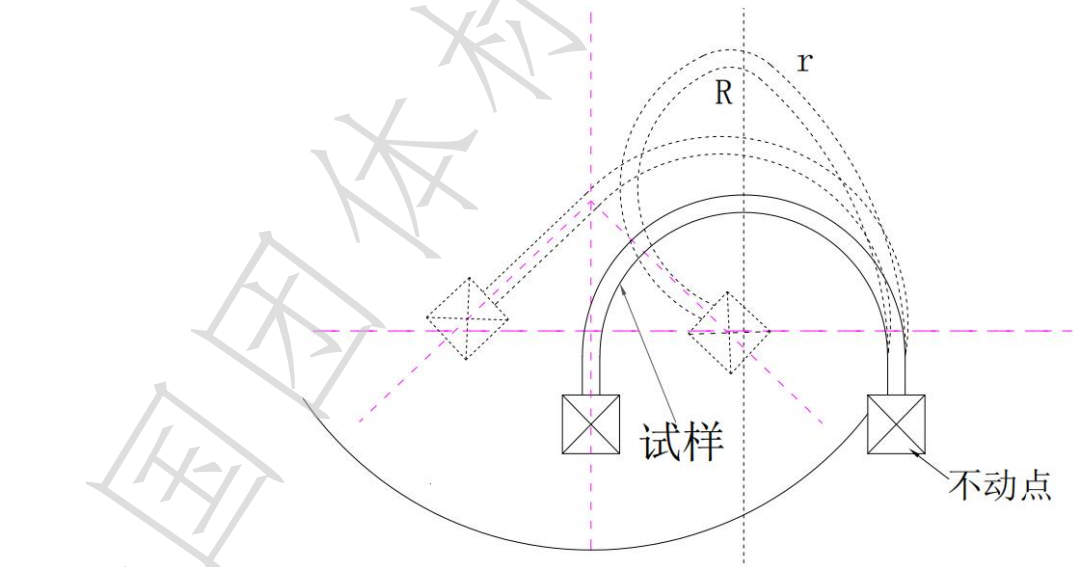


图 3 快速弯折示意图

7.4 U 型拖链试验

从成品上取长度为 1.5 米的三个试样，按照图 4 将试样两端固定，弯曲半径“r”依据产品柔软特性参照标准 3.8 要求。测试仪以一定的速率、行程长度 L 测试运行，达到规定要求次数，弯曲半径、行程长度、速率见表 2。

表 2 U 型拖链试验要求

弯曲半径	行程长度	速率
依标准 3.8 要求	$L \leq 0.5\text{m}$	88 次/分钟
	$0.5\text{m} < L \leq 1\text{m}$	60 次/分钟
	$1\text{m} < L \leq 5\text{m}$	30 次/分钟
	$5\text{m} < L \leq 10\text{m}$	20 次/分钟

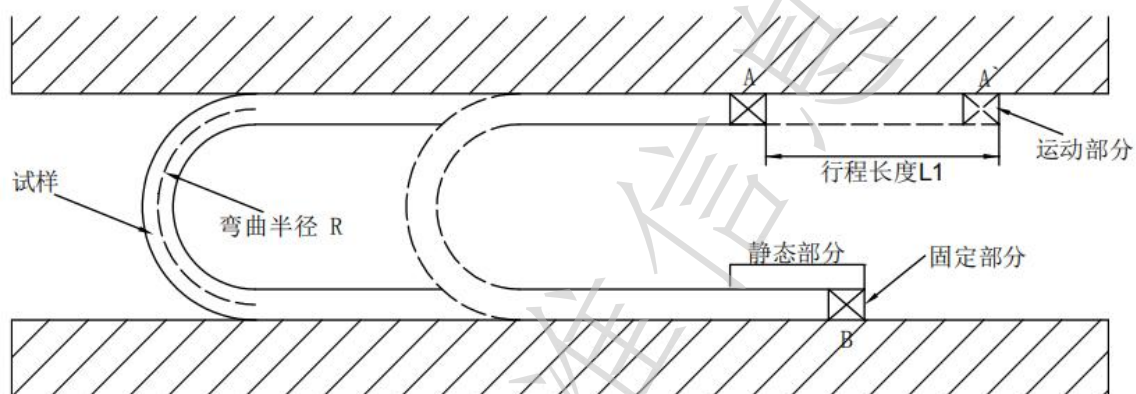


图 4 U 型拖链示意图

7.5 2D 扭转试验

7.5.1 直线扭转：从成品上取长度为 1.0 米的三个试样，如图 5 所示将试样固定在测试仪上，转子的角度为“ θ ”，测试仪以每分钟 60 次的速率旋转，固定长度为两个转子顶端的直线距离加上其距离的 5% 余长，达到规定要求次数。

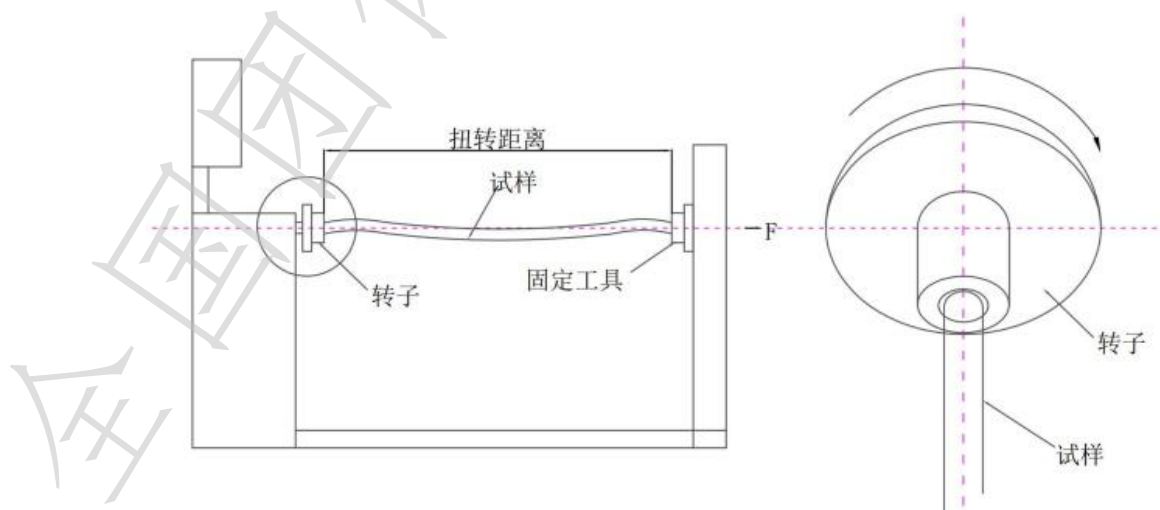


图 5 2D 扭转示意图

7.5.2 曲线扭转：从成品电缆上取一个长度为 1m 的样品。如图 6 所示，将两侧固定在测试仪上，弯曲

半径“r”依据产品柔软特性参照标准 3.8 要求。转子的角度为“ θ ”，以每分钟 60 转的速度旋转，达到规定要求次数。

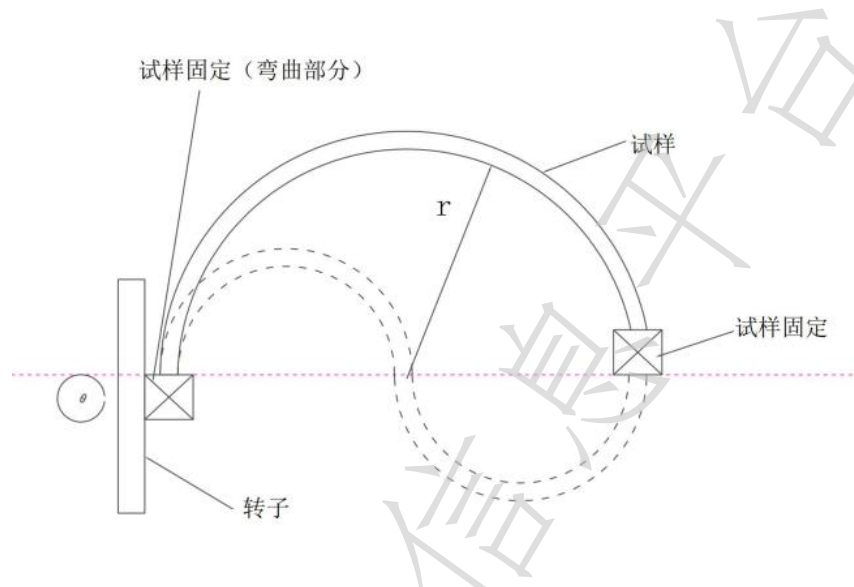


图 6 曲线扭转示意图

7.6 3D 扭转试验

从成品上取长度为 0.6 米的三个试样将样品如图 7 所示一端固定在测试仪的上部，样品的上部将在 0 到 90° 的范围内弯曲。将样品台的另一端固定在转盘(测试仪的下部)上，转盘在 0 至 ±180° 范围内移动，测试仪以每分钟 30 次移动的速度旋转和弯曲样品电缆，一个是通过 360 度移动，达到规定要求次数。

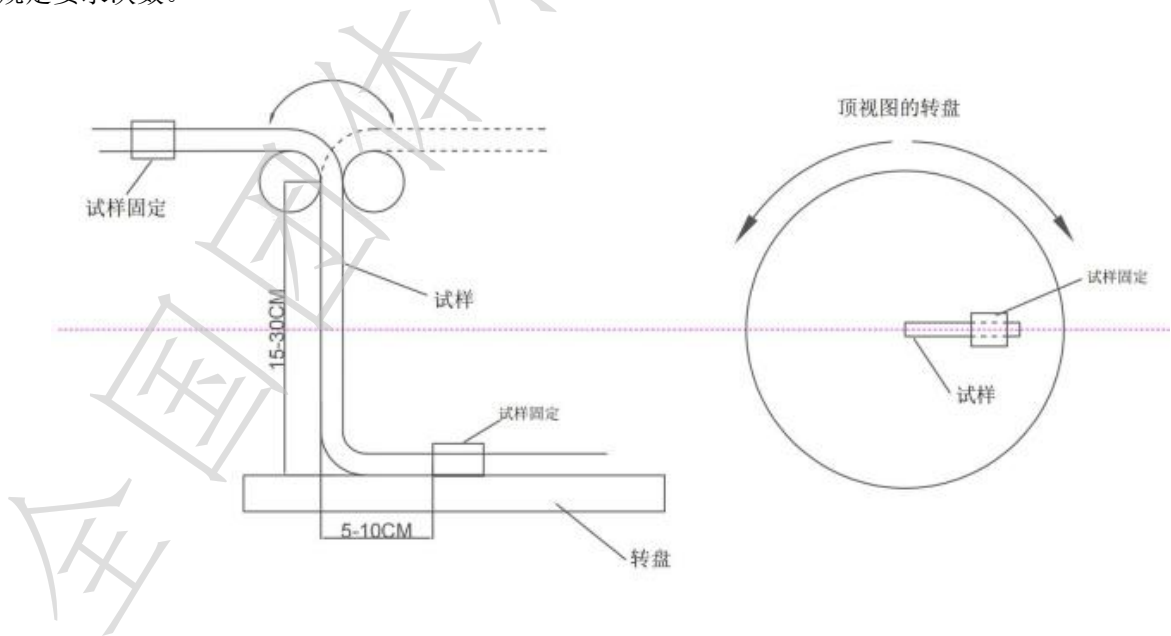


图 7 3D 扭转示意图

7.7 垂直扭转试验

从成品电缆上取不少于长度为 1.5m 长的样品。如图 8 所示，将样品固定在垂直扭转测试仪上。下固定点与转子之间的距离为 $30 \times D \pm 5\text{mm}$ ，不小于 30cm，下固定点和转子之间的样品长度为距离的 1.05 倍，以避免在极端位置发生纵向拉伸，旋转角度高达 $\pm 180^\circ$ 的转子以每分钟 40 ± 2 圈的速度旋转，一个循环在 360° 范围内移动，达到规定要求次数。

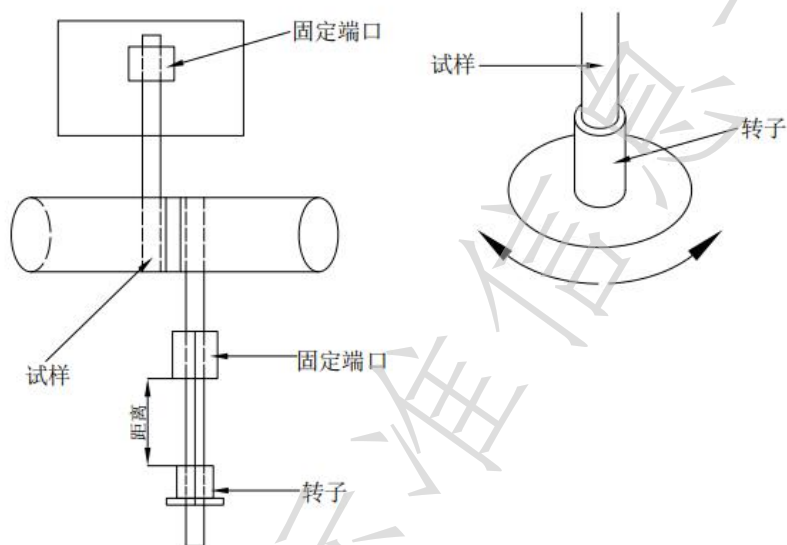


图 8 垂直扭转示意图

7.8 转盘扭转试验

此试验仅针对超柔的外径小于 5mm 的小外径线缆，有穿孔要求等特殊要求的，从成品电缆上取三个长度为 1.7m 的样品。按照图 9 将样品电缆固定到转盘测试仪上。转盘与上固定点的距离 L_1 为 70cm，转盘与下固定点的距离 L_2 为 35mm，转盘以每秒 300° 的速度在 0 到 $\pm 180^\circ$ 的范围内转动，一个扭转在 360° 范围内移动，达到规定要求次数。

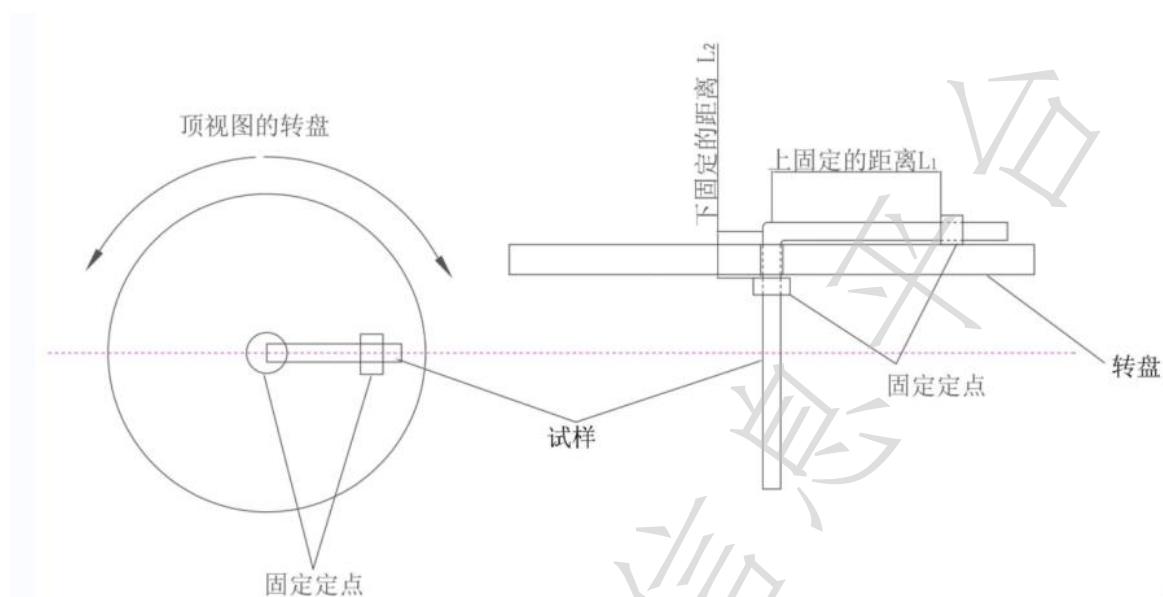


图 9 转盘扭转示意图

7.9 成品拉断力试验

电缆成品需通过整体拉断力试验，试验方法如下：

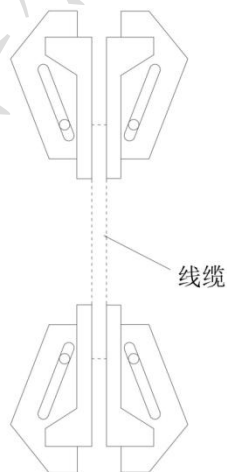


图 10 抗拉断试验示意图

从成品上取长度为 0.3m 的试样，如图 10 所示两端用治具夹持，调整电脑拉力计速率见表 3，在拉力计到达最大拉力后急速下降，即判为试验结束，电脑自动记录下最大拉力即为成品的最大承受拉力。如试验品彻底拉断，其拉断力判定以从中间断裂为准。

表 3 成品拉断力试验要求

序号	电缆特性	速率
1	外径 $\geq 8.0\text{mm}$	12mm/分钟
2	$6.0\text{mm} \leq \text{外径} \leq 8.0\text{mm}$	15mm/分钟

8 环境可靠性试验

环境可靠性试验：通过模拟产品在实际使用过程中的环境特性实验来研究在有限的样本、时间和使用费用下，找出产品薄弱环节。

8.1 老化试验

8.1.1 老化条件：样品应按照指定的试验方法老化，并在以下时间内老化：

- a) 工作温度为 70°C 的电缆在 $100^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度条件下 7 天；
- b) 工作温度为 90°C 的电缆在 $121^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度条件下 7 天；
- c) 工作温度为 105°C 的电缆在 $136^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度条件下 7 天；
- d) 工作温度为 200°C 的电缆在 $232^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度条件下 7 天。

8.1.2 老化后要求：在老化期结束时，绝缘应符合表 4 中给出的要求，护套应符合表 5 中给出的要求：

表 4 绝缘材料试验要求

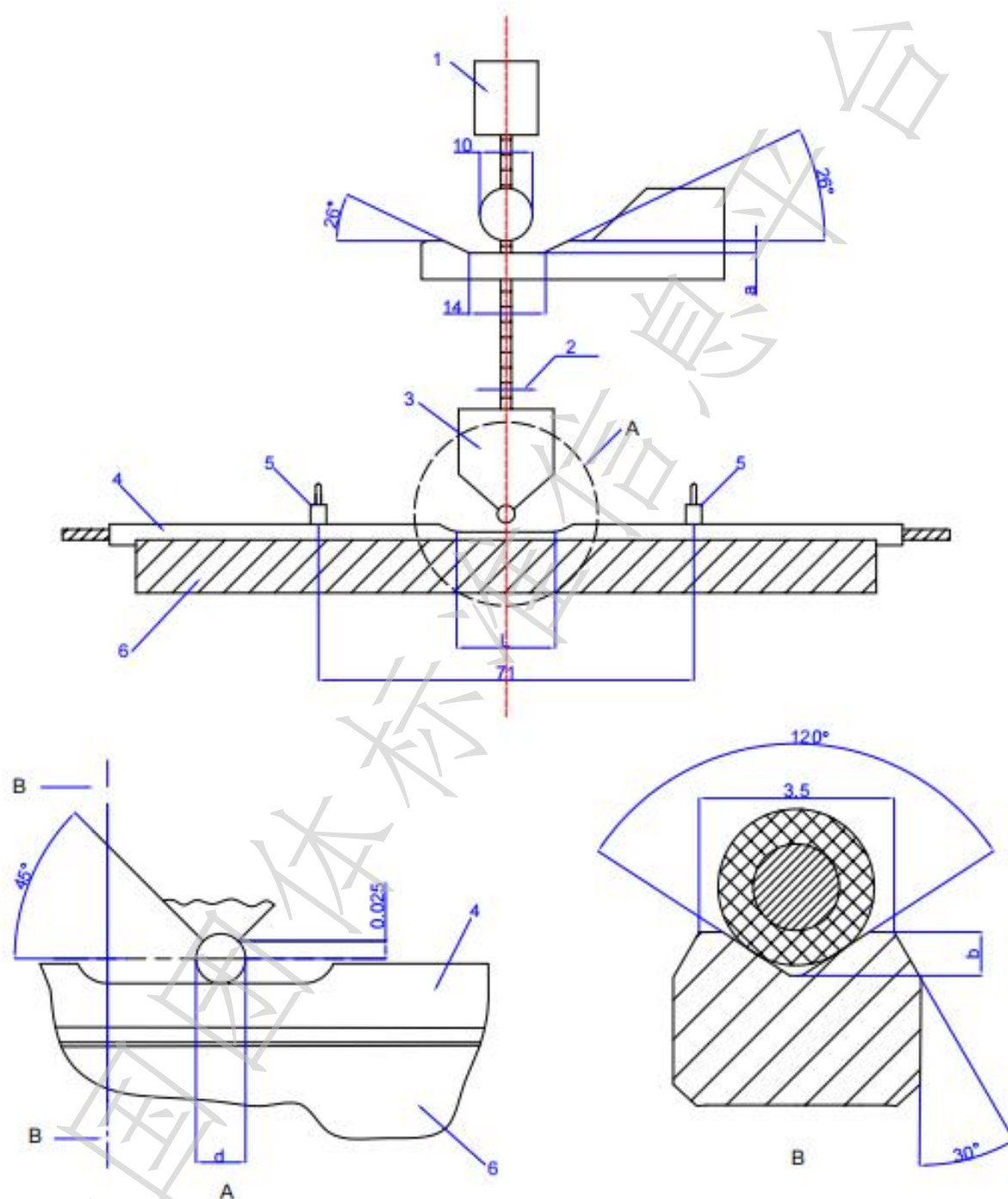
检测项目		单位	绝缘增加 XLPE\FEP								
			70 度 PVC	90 度 PVC	XL PVC	PE	PP	XLPE	TPE	ETFE	FEP
抗拉强度	- 中位数， 最小值。	N/mm ²	10, 0	15, 0	10, 0	-	-	-	-	30	30
	- 变量 A	%	± 20	± 25	± 25	± 30	± 25	± 25	± 30	-	-
断裂伸长率	- 中位数， 最小值。	%	150	150	150	300	300	150	-	150	150
	- 变量 A	%	± 20	± 25	± 20	± 30	± 25	± 20	± 30	-	-

表 5 护套材料试验要求

检测项目		单位	护套				
			70 度 PVC	90 度 PVC	XL PVC	TPE	TPU
抗拉强度	- 中位数, 最小值。	N/mm2	10, 0	10, 0	10, 0	-	
	- 变量 A	%	± 20	± 20	± 25	-30	± 30
断裂伸长率	- 中位数, 最小值。	%	150	150	150	100	300
	- 变量 A	%	± 25	± 25	± 20	± 30	± 30

8.2 刮磨试验

对于单支线产品如果规定了特殊要求，如描述为“耐磨性”的电缆，则取长度为 1 米的试样。从一端去除 25mm 绝缘，使用图 11 所示刮磨试验装置沿试样轴向往复刮磨绝缘表面，当刮针磨透绝缘接触导体时，计数器因刮针与导体短路而停止动作记录下次数，装置应满足如下规定：



图中：

- 1、重物；
- 2、行程；
- 3、针座；
- 4、试样；
- 5、夹具；
- 6、试样。

a、刮磨区间的间隙；

b、凹槽厚度；

(导体规格不大于 0.35mm^2) 为 0.4mm ，
导体规格大于 0.35mm^2 为 0.8mm)

L、刮磨长度：—— ($15.5 \pm 1\text{mm}$)

d、挂针直径；

($0.25 \pm 0.01\text{mm}$) 或 (0.45 ± 0.01)

图 11 刮磨测试示意图

- 刮针直径： (0.25 ± 0.01) mm 或 (0.45 ± 0.01) mm，由供需双方协商确定；
- 刮针类型：弹簧线（不锈钢）材料；
- 频率：往复 (55 ± 5) 次/min （移动一个来回为一次）；
- 刮针位移： (20 ± 1) mm；
- 刮磨长度： (15.5 ± 1) mm；
- 重物（位置、重力值、设计细节）：试样上的垂直力在运动状态下应恒定；
- 安放力：试验过程试样不应移动，如果需要固定，施加在导体上的张力不应超过 100N/mm^2 ；
- 装置固定：装置应足够稳定以保证结果不受影响。

8.3 低温性能

8.3.1 卷绕

两个长度为 600mm 的试样，从两端去除 25mm 长的绝缘，用 $-40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的冷冻室（根据供需双方协议可以使用 $-25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ），芯轴直径和重物的要求见表 6：

表 6 低温性能测试要求

电缆外径 D mm	芯轴直径 mm	重物 kg	最小圈数
$D \leq 2.5$	≤ 5 倍电缆外径	0.5	3
$2.5 < D \leq 5$		2.5	3
$5 < D \leq 10$		5	2
$10 < D \leq 15$		10	0.5
$15 < D \leq 25$		20	0.5
$25 < D$		30	0.5

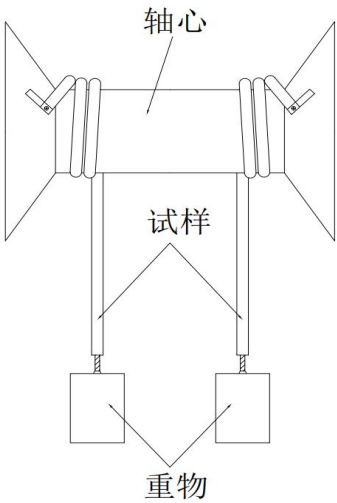


图 12 低温卷绕

8.3.2 试样和轴芯应在冷冻箱内旋转最少 4h，按图 12 所示将试样卷绕在芯轴上，自由端加载重物呈垂直状态，不低于表中规定的最少圈数；低温卷绕后，允许将试样返回到室温，进行目视检查，如果目视检查不露导体，按 9.2 进行耐电压试验。

8.4 240h 短期老化

8.4.1 准备两个长度最小为 350mm 的试样，从每端去除 25mm 绝缘；

8.4.2 使用表 7 规定温度的烘箱和 $-25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 冷冻室，卷绕用重物和芯轴直径参考 8.3.1；

表 7 短期老化测试要求

试样额定工作温度 $^{\circ}\text{C}$	试验温度 $^{\circ}\text{C}$
-40~85	110 ± 2
-40~100	125 ± 3
-40~125	150 ± 3
-40~150	175 ± 3
-40~175	200 ± 3
-40~200	225 ± 4

8.4.3 将试样放置在烘箱内 240h，用导体固定试样避免绝缘和支架之间存在任何接触，试样彼此之间及试样和烘箱内表面分开至少 20mm，不同绝缘材料的电线不应在一起测试。老化后，从烘箱取出试样使其在 $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 下存放至少 16h，经过室温调整后依 8.3.1 在室温下进行卷绕试验，卷绕后进行绝缘目视检查，如果目视不露导体、无裂开，则进行耐电压试验，在耐电压试验期间不应发生击穿。

8.5 耐环境和化学品

8.5.1 该试验要求依据客户实际使用环境，使用客户指定的汽油（ISO1817 液体 C）、柴油（90%ISO1817，油号 3+10%P-二甲苯）、机油（ISO1817 油号 2）、酒精（85%酒精+15%ISO1817 液体 C）等液体或化学品，用来验证电线有限度接触的液体后的变化情况；

8.5.2 准备长度为 150mm 试样，从每端去除 25mm 绝缘，按以下条件浸渍：

——试验温度： $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

——试验周期：20h

——最大电线外径变化率：15%

用测量精度 $\pm 0.01\text{mm}$ 的测试设备量取试验前电线外径三个点取平均值 D1；试验周期后取出试样擦干表面液体，允许在室温下干燥 30min，在干燥后 5min 内，在浸渍前同一测量点测量电线外径三个点平均值 D2，计算出电线外径变化率： $(D2-D1)/D1 \times 100\%$ 。

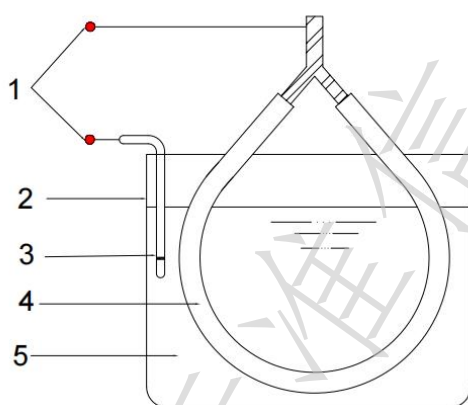
9 电气要求

9.1 直流电阻

电缆导体的直流电阻测量参考 GB/T3956-2008/IEC60228:2004

9.2 单支线耐电压测试

9.2.1 准备最小长度为 350mm 的试样，从每端剥去 25mm 绝缘，把导体两端扭在一起形成环，如图 12 所示。在非导体容器中装上盐水（质量比为 3% 的 NaCl 水溶液），试样端头露在液面上面，使用频率为 50Hz 或 60Hz 的交流电压源。



图中：

- 1、试验电压；
- 2、非导电容器；
- 3、电极；
- 4、试样；
- 5、盐水浴。

图 12 耐电压测试示意图

9.2.2 额定电压在 300/500V 及以下电线

如图所示把试样浸渍在水浴中，4h 后在导体和水浴之间施加 1kV（均方根）测试电压 30min，然后以 500V/S 的速率增加电压到以下电压值：

- 导体规格小于 0.5mm² 的电线为 3kV；
- 导体规格不小于 0.5mm² 的电线为 5kV；

9.2.3 额定电压在 450/750V 及以上电线

完成和信号电线同样的程序后，保持 3kV 或 5kV 的电压 5min。

9.2.4 要求不发生击穿。

9.3 多芯复合线的耐电压测试

该试验适用于护套电缆、编织电缆和扁平无护套电缆。

9.3.1 准备一个长度为 5 米的电缆样本，小心去除护套，不损坏电缆芯线、护套或整个编织，以及长度完整电缆的任何其他覆盖物或填充物。对于扁平的无护套电缆，在芯线之间切断绝缘，手工分离芯线，

长度为 2m，按 GB/T3048.8-2007 标准中的接线方式接好线。

9.3.2 将样品浸泡在标准中规定的温度 ($20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$) 水中进行。确保两端伸出水面的长度不小于 200mm，在施加测试电压时防止表面电压泄漏。在不少于 5min 的时间内，在导体和水之间施加电缆标准规定幅度的大小电压

- 导体规格小于 0.5mm^2 的电线为 3kV；
- 导体规格不小于 0.5mm^2 的电线为 5kV；

9.3.3 在试验过程中，绝缘不得发生击穿故障。