

团 体 标 准

T/AHDD 0021—2025

额定电压 450/750 V 及以下拖链控制电缆

Drag chain control cables of rated voltages up to and including 450/750 V



2026 - 01 - 12 发布

2026 - 01 - 30 实施

安徽省电线电缆行业协会 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.....2

4 使用特性.....3

5 代号、型号、规格和产品表示方法.....4

6 技术要求.....6

7 成品电缆试验.....10

8 交货长度.....13

9 检验规则.....13

10 成品电缆包装、运输和贮存15

附录 A（规范性附录） 假定值的计算方法16

附录 B（规范性附录） 电缆绝缘机械物理性能19

附录 C（规范性附录） 电缆护套机械物理性能22

附录 D（规范性附录） 皂化试验方法26

附录 E（规范性附录） 循环弯曲寿命试验方法28

附录 F（规范性附录） 拖链弯曲寿命试验方法31

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。

本文件由安徽省电线电缆行业协会提出并归口。

本文件起草单位：池州起帆电缆有限公司、安徽华能电缆集团有限公司、安徽电缆股份有限公司、安徽鑫海高导新材料有限公司、天长市市场监督管理局、安徽华星电缆集团有限公司、安徽明都电力线缆有限公司、安徽顺信线缆有限公司、安徽卓众电缆集团有限公司、安徽华上电缆科技有限公司、安徽高盛电气集团有限公司、安徽国电电缆股份有限公司、安徽徽宁电器仪表集团有限公司、安徽省电线电缆行业协会。

本文件起草人：乜福君、胡春宇、张万有、耿亚平、施茂安、胡良健、赵泽伟、吕红军、张军、裴少飞、居盛文、陈志忠、肖本国、钱文金、周志浩。

本文件为首次发布。

额定电压 450/750 V 及以下拖链控制电缆

1 范围

本文件规定了额定电压 450/750 V 及以下拖链控制电缆的使用特性、代号、型号、规格和产品表示方法、技术要求、成品电缆试验、交货长度、检验规则、电缆包装、运输和贮存。

本文件适用于拖链系统、拖链用及工业自动化设备用柔性控制电缆。

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。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 2900.10 电工术语 电缆

GB/T 2951.11 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

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 2951.13 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 13 部分：通用试验方法——密度测定方法——吸水试验——收缩试验

GB/T 2951.14 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

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 2951.32 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

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 3048.9 电线电缆电性能试验方法 第 9 部分：绝缘线芯火花试验

GB/T 3048.10 电线电缆电性能试验方法 第 10 部分：挤出护套火花试验

GB/T 3956 电缆的导体

GB/T 4909.2 裸电线试验方法 第 2 部分：尺寸测量

GB/T 4910 镀锡圆铜线

GB/T 6995.1 电线电缆识别标志方法 第 1 部分：一般规定

GB/T 9330—2020 塑料绝缘控制电缆

GB/T 12706.1—2020 额定电压 1 kV ($U_m=1.2$ kV) 到 35 kV ($U_m=40.5$ kV) 挤包绝缘电力电缆及附件 第 1 部分：额定电压 1 kV ($U_m=1.2$ kV) 和 3 kV ($U_m=3.6$ kV) 电缆

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

延试验 1kW 预混合型火焰试验方法

GB/T 18380.33 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 34 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 A 类

GB/T 18380.34 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 34 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 B 类

GB/T 18380.35 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 35 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 C 类

GB/T 18380.36 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 36 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 D 类

GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则

GB/T 29631—2025 额定电压 1.8/3 kV 及以下风力发电用耐扭曲软电缆

JB/T 8137（所有部分） 电线电缆交货盘

JB/T 10696.6 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

JB/T 10696.7 电线电缆机械和理化性能试验方法 第 7 部分：抗撕试验

3 术语和定义

GB/T 2900.10 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 有关电缆的定义

3.1.1

拖链控制电缆 **drag chain control cable**

指主要用于拖链轨道内，长期进行拖链运动，为设备传递控制信号的电缆。

3.1.2

电缆拖链次数 **number of cable drag chain cycles**

指拖链电缆在一定条件下，能正常为设备传递信号所进行拖链运动的次数。

3.2 有关尺寸值的术语

3.2.1

标称值 **nominal value**

指定的量值并经常用于表格之中。

注：在本部分中，通常标称值引伸出的量值在考虑规定公差下通过测量进行检验。

3.2.2

近似值 **approximate value**

既不保证也不检查的数值。

注：近似值可用于其他尺寸值的计算。

3.3 有关试验的术语

3.3.1

例行试验 **routine tests**

由制造方在成品电缆的所有制造长度上进行的试验，以检验所有电缆是否符合规定的要求。

3.3.2

抽样试验 sample tests

由制造方按规定的频度，在成品电缆试样上或在取自成品电缆的某些部件上进行的试验，以检验电缆是否符合规定要求。

3.3.3

型式试验 type tests

按一般商业原则对本部分所包含的一种类型电缆在供货之前所进行的试验，以证明电缆具有满足预期使用条件的满意性能。

注：该试验的特点为除非电缆材料或设计或制造工艺的改变可能改变电缆的特性，试验做过以后就不需要重做。

4 使用特性

4.1 额定电压

本文件中电缆的额定电压 U_0/U 表示为：300/500 V、450/750 V。

在电缆的电压标准 U_0/U 中：

—— U_0 ：电缆设计用导体对地或金属屏蔽之间的额定工频电压；

—— U ：电缆设计用导体间的额定工频电压。

4.2 环境温度

电缆适应的最低环境温度为：

——聚氯乙烯护套电缆：-15 ℃；

——聚氨酯弹性体护套电缆：-25 ℃；

——热塑性弹性体护套电缆：-40 ℃；

——氯丁橡胶护套电缆：-40 ℃；

——硅橡胶护套电缆：-45 ℃。

4.3 允许弯曲半径

电缆的允许弯曲半径如下：

——非屏蔽型电缆：电缆允许弯曲半径不应小于电缆外径的 5 倍；

——屏蔽型电缆：电缆允许弯曲半径不应小于电缆外径的 8 倍。

4.4 绝缘混合料

各种绝缘混合料的导体最高温度见表1。

表 1 绝缘材料

绝缘混合料	代号	导体最高温度 ℃	
		正常运行时	短路时（最长持续 5 s）
聚氯乙烯	PVC	70	160
热塑性弹性体	TPE	90	250

表 1 绝缘材料（续）

绝缘混合料	代号	导体最高温度 ℃	
		正常运行时	短路时（最长持续 5 s）
乙丙橡胶	EPR	90	250
硅橡胶	G	180	350

表 1 中温度由绝缘混合料的固有特性决定，使用这些数据计算额定电流时宜考虑其他因素。

4.5 护套混合料

不同类型护套混合料电缆的导体最高温度见表2。

表 2 护套材料

护套混合料	代号	正常运行时导体最高温度 ℃
聚氯乙烯	PVC	70
聚氨酯弹性体	TPU	90
其他热塑性弹性体	TPV	90
氯丁橡胶混合料或其他相当的合成弹性体	CR	85
硅橡胶	G	180

5 代号、型号、规格和产品表示方法

5.1 产品代号

5.1.1 系列代号

拖链控制电缆.....TRK

5.1.2 导体代号

第 6 种软铜导体.....T(省略)

5.1.3 绝缘代号

聚氯乙烯绝缘.....V
热塑性弹性体绝缘.....S
乙丙橡胶绝缘.....E
硅橡胶绝缘.....G

5.1.4 屏蔽代号

编织屏蔽.....P

5.1.5 护套代号

聚氯乙烯护套.....V

热塑性弹性体护套·····	S
聚氨酯弹性体护套·····	U
氯丁橡胶护套·····	F
硅橡胶护套·····	G

5.1.6 耐热代号

70 ℃·····	省略
90 ℃·····	90
180 ℃·····	180

5.1.7 特征代号

圆形·····	省略
扁平型·····	B

5.2 电缆常用型号和名称

电缆常用型号和名称见表 3。

表 3 电缆常用型号和名称

型号 ^a	名称
TRKVV	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套拖链控制电缆
TRKVVP	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套编织屏蔽拖链控制电缆
TRKVU	聚氯乙烯绝缘聚氨酯护套拖链控制电缆
TRKVUP	聚氯乙烯绝缘聚氨酯护套编织屏蔽拖链控制电缆
TRKSS-90	热塑性弹性体绝缘热塑性弹性体护套拖链控制电缆
TRKSSP-90	热塑性弹性体绝缘热塑性弹性体护套编织屏蔽拖链控制电缆
TRKSU-90	热塑性弹性体绝缘聚氨酯护套拖链控制电缆
TRKSUP-90	热塑性弹性体绝缘聚氨酯护套编织屏蔽拖链控制电缆
TRKEF-90	乙丙橡胶绝缘氯丁橡胶护套拖链控制电缆
TRKEFP-90	乙丙橡胶绝缘氯丁橡胶护套编织屏蔽拖链控制电缆
TRKGG-180	硅橡胶绝缘硅橡胶护套拖链控制电缆
TRKGGP-180	硅橡胶绝缘硅橡胶护套编织屏蔽拖链控制电缆
^a 耐热 90 ℃和 180 ℃电缆在型号后加“-90”或“-180”； 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； 表中未列出的电缆型号可按本文件 5.1 条的规定组合。	

5.3 电缆常用规格

电缆常用规格见表 4。

表 4 电缆常用规格

额定电压	导体标称截面积 mm ²	
	0.12~2.5	4~6
	芯数 ^b	
300/500 V 450/750 V	2~61	2~19
^b 推荐的芯数系列为 2、3、4、5、7、8、10、12、14、16、19、24、27、30、37、44、48、52 和 61 芯。		

5.4 产品表示方法

产品用型号、规格及本文件编号表示。规格包括额定电压、芯数和导体标称截面积。

示例 1：铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套拖链控制电缆，额定电压为 300/500 V，导体工作温度 70 ℃，3 芯，导体标称截面积为 2.5 mm²，表示为：

TRKVV 300/500 3×2.5 T/AHDD 0021—2025

示例 2：铜芯硅橡胶绝缘硅橡胶护套编织屏蔽型拖链控制电缆，额定电压为 450/750 V，导体工作温度 180 ℃，8 芯，导体标称截面积为 0.5 mm²，表示为：

TRKGGP-180 450/750 8×0.5 T/AHDD 0021—2025

6 技术要求

6.1 导体

6.1.1 材料

导体材料应为退火软铜线，铜单线可以不镀锡或镀锡。

6.1.2 结构

导体结构见表 5，必要时可采用加入芳纶丝等类似材料提高强度。

导体表面可用非吸湿性带材作重叠绕包或纵包。

表 5 导体结构

导体标称截面积 mm ²	导体内最大单线直径 mm	20℃时导体最大直流电阻 Ω/km	
		不镀锡	镀锡
0.12	0.10	153.0	159.0
0.14	0.10	135.4	139.7
0.2	0.10	92.3	95.0
0.25	0.10	73.8	76.0
0.3	0.10	69.2	71.2
0.34	0.12	61.1	62.8
0.4	0.12	43.6	46.9
0.5	0.16	39.0	40.1
0.75	0.16	26.0	26.7

表 5 导体结构（续）

导体标称截面积 mm ²	导体内最大单线直径 mm	20℃时导体最大直流电阻 Ω/km	
		不镀锡	镀锡
1.0	0.16	19.5	20.0
1.5	0.16	13.3	13.7
2.5	0.16	7.98	8.21
4	0.16	4.95	5.09
6	0.21	3.30	3.39

6.2 绝缘

6.2.1 材料

绝缘应为表 1 中所列的挤包绝缘混合料的一种。绝缘的机械物理性能应符合附录 B 的规定。

6.2.2 厚度

绝缘标称厚度见表 6 和表 7。任何隔离层的厚度不应包括在绝缘厚度之中。

绝缘厚度的平均值不应小于标称厚度，最薄处厚度不应小于标称厚度的 90% 减去 0.1 mm（计算结果应修约到 2 位小数，即精确到 0.01 mm）。

表 6 300/500 V 绝缘标称厚度

导体标称截面积 mm ²	绝缘标称厚度 mm			
	PVC	TPE	EPR	G
0.12	0.4	0.4	—	—
0.14	0.4	0.4	—	—
0.2	0.4	0.4	—	—
0.25	0.4	0.4	—	—
0.3	0.4	0.4	—	—
0.34	0.5	0.5	—	—
0.4	0.5	0.5	—	—
0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
0.75	0.6	0.6	0.6	0.6
1.0	0.6	0.6	0.6	0.6
1.5	0.7	0.7	0.7	0.7
2.5	0.7	0.7	0.8	0.8
4	0.8	0.8	0.9	0.9
6	0.8	0.8	0.9	0.9

表 7 450/750 V 绝缘标称厚度

导体标称截面积 mm ²	绝缘标称厚度 mm			
	PVC	TPE	EPR	G
0.5	0.7	0.7	0.8	0.8
0.75	0.7	0.7	0.8	0.8
1.0	0.7	0.7	0.8	0.8
1.5	0.8	0.8	0.8	0.8
2.5	0.8	0.8	0.9	0.9
4	0.9	0.9	1.0	1.0
6	0.9	0.9	1.0	1.0

6.2.3 结构

绝缘应紧密挤包在导体或非湿性带上，断面应无目力可见的气泡和杂质，外观圆整且容易与导体剥离。

6.2.4 火花试验

绝缘线芯按 GB/T 3048.9 的规定经受表 8 规定的工频火花试验作为中间检查。对于护套和绝缘一次挤出的单芯电缆，不必进行火花试验。

表 8 火花试验电压

绝缘标称厚度 mm	试验电压 kV	绝缘标称厚度 mm	试验电压 kV
$0.25 < \delta \leq 0.5$	4	$0.5 < \delta \leq 1.0$	6

6.2.5 绝缘线芯识别

绝缘线芯的识别方式应符合 GB/T 9330—2020 中 6.2 条的规定。
也可根据客户要求的色序生产。

6.3 绝缘线芯和填充（若有）绞合成缆

两芯及以上圆形电缆的绝缘线芯应绞合成缆，成缆最外层绞合节距不应大于绞合后假定外径的 14 倍。

假定直径计算按附录 A 进行。

绝缘线芯之间的间隙可采用非吸湿性材料填充。填充材料应与电缆工作温度相适应，并应与电缆绝缘材料相容，且不应粘连绝缘线芯。

6.4 内衬层

6.4.1 结构

缆芯外允许有内衬层，内衬层可以挤包或绕包，挤包内衬层与绝缘线芯应易于分离，绕包内衬层可采用一层或多层带材重叠绕包。

6.4.2 材料

内衬层材料应是非吸湿性材料，且应适合于电缆的运行温度并与电缆绝缘材料相兼容。

6.4.3 厚度

内衬层标称厚度见表9。挤包内衬层的最薄处厚度不应小于标称厚度的80% (计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01 mm)；绕包内衬层的平均厚度不应小于标称厚度的80% (计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01 mm)。

- 绕包内衬层的平均厚度等于各层带材测量厚度的总和，按以下方法测量：
- 从样品上取下绕包带材，展平后测量每层带材中央部位的厚度。
 - 采用GB/T 2951.11规定的指针式测厚仪在(0.07±0.01) MPa压力下保持20 s后立刻测试。测厚仪的上下测量面均为平面，其中圆形上压脚直径(5.0±0.1) mm，下测量面直径不小于5.0 mm，取5次测试的平均值作为测量结果。

表 9 内衬层标称厚度

挤包或绕包前假定直径 D_t mm	内衬层标称厚度 mm		挤包或绕包前假定直径 D_t mm	内衬层标称厚度 mm	
	挤包	绕包		挤包	绕包
$D_t \leq 5.0$	0.3	0.1	$15.0 < D_t \leq 25.0$	0.8	0.2
$5.0 < D_t \leq 15.0$	0.6	0.1	$D_t > 25.0$	1.0	0.2
假定直径的计算方法见附录 A。					

6.5 金属屏蔽

屏蔽电缆在内衬层外应有金属屏蔽层，金属屏蔽应采用标称直径相同的软圆铜线或镀锡圆铜线编织而成，编织密度不应小于 80%。编织密度和单向覆盖系数分别按 GB/T 9330—2020 中式（1）和式（2）计算。

- 编织层不应整体接续，每 1 m 长度上允许更换金属线锭一次，露出的线头应修齐。
编织用软圆铜线或镀锡圆铜线的标称直径见表 10。

表 10 金属屏蔽用软圆铜线或镀锡圆铜线的标称直径

编织前假定直径 D_b mm	金属单线标称直径 mm	编织前假定直径 D_b mm	金属单线标称直径 mm
$D_b \leq 3.0$	0.08	$10.0 < D_b \leq 20.0$	0.12
$3.0 < D_b \leq 10.0$	0.10	$D_b > 20.0$	0.15
假定直径的计算方法见附录 A。			

6.6 护套

6.6.1 概述

- 护套优选色为黑色，以适应电缆使用的特定环境。
包覆在金属屏蔽上的护套应经受 GB/T 3048.10 规定的火花试验。

6.6.2 材料

护套应为表 2 中所列的挤包护套混合料的一种，护套材料应与绝缘材料的工作温度等级相适应，护套的机械物理性能应符合附录 C 的规定。

6.6.3 结构

护套应紧密挤包在缆芯或金属屏蔽（若有）上，且应容易剥离且不损伤绝缘或护套。需要时护套可嵌入绝缘线芯之间的空隙构成填充，多芯电缆护套不应与绝缘相粘连。

6.6.4 厚度

护套标称厚度的计算公式见表 11，最薄处厚度不应小于标称厚度的 85% 减去 0.1 mm（计算结果应修约到 2 位小数，即精确到 0.01 mm）。

表 11 护套标称厚度

挤包护套前假定直径 D_h^a mm	护套标称厚度 mm	
	PVC/TPV/TPU	CR/G
$D_h \leq 4$	$0.035D_h + 0.6$	$0.035D_h + 0.8$
$4 < D_h \leq 5$	$0.035D_h + 0.8$	$0.035D_h + 1.0$
$5 < D_h \leq 6$	$0.035D_h + 0.9$	$0.035D_h + 1.1$
$6 < D_h$	$0.035D_h + 1.0$	$0.035D_h + 1.2$
假定直径的计算方法见附录 A。		
^a 根据产品型号， D_h 分别对应附录 A 中的 D_t 或 D_b 或 D_u 。		

6.6.5 外径及外观

当客户对电缆外径有明确要求时，应按照客户要求执行。
护套应表面光滑、圆整、色泽均匀，断面应无目力可见的气泡和杂质。

6.7 成品电缆标志

6.7.1 一般要求

成品电缆的护套表面应有制造厂名称、产品型号和规格的连续标志。标志的清晰度、耐擦性应符合 GB/T 6995.1 的规定。标志可采用油墨印字、激光印字或压印等方式。

6.7.2 标志连续性

电缆标志应连续，护套表面一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间的距离应不超过 550 mm。

7 成品电缆试验

7.1 试验条件

7.1.1 环境温度和湿度

除非另有规定，试验应在以下标准环境条件中进行：
环境温度（20±15）℃；湿度：（50±30）%。

7.1.2 工频试验电压的频率和波形

工频试验电压的频率应在45 Hz～55 Hz；波形应基本上为正弦波，引用值为有效值。

7.2 结构尺寸检查

成品电缆的结构尺寸应符合第 6 章的规定。应用量具或手工检查电缆的结构尺寸。

导体结构尺寸检查和绝缘厚度的测量，抽样试验时，检查和测量应不少于10% 的芯数，且应不少于 3 芯（2 芯电缆应检查和测量 2 芯）；型式试验时，应检查和测量 3 芯（2 芯电缆应检查和测量 2 芯）。

7.3 导体直流电阻测量

按 GB/T 3048.4中给出的试验方法进行测量,电阻测量值按GB/T 3956给出的公式和系数校正到 20 ℃下1 km长度的数值。

每一根导体 20 ℃时的直流电阻不应超过表 5 规定的相应最大值。

7.4 环境温度下的绝缘电阻测量

7.4.1 步骤

该试验可在任何其他电气试验之前的试验样品上进行。

应去除所有外护层，测试前绝缘线芯应在环境温度下的水中浸泡至少 1 h。

直流试验电压应为 80 V～500 V 并施加足够长的时间，以达到合理稳定的测量，但应不少 1 min，也不应超 5 min。

测量应在每相导体与水之间进行。

若有要求，测量可在（20±1）℃ 下进一步证实。

7.4.2 计算

体积电阻率 ρ ：由测得的绝缘电阻按 GB/T 12706.1—2020 中式(7)计算。

绝缘电阻常数 K_i ：按 GB/T 12706.1—2020 中式(8)计算。

7.4.3 要求

从测量值计算出的数值不应小于表 12 规定值。

表 12 电缆绝缘的电气型式试验要求

序号	试验项目和试验条件 (混合料代号见4.4)	单位	PVC	TPE	EPR	G
1	正常运行时导体最高温度	℃	70	90	90	180
2	体检电阻率 ρ ：					
	——在20℃时，最小值	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{13}	—	10^{15}	10^{14}
	——正常运行时导体最高温度，最小值	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{10}	—	10^{12}	10^{11}
3	绝缘电阻常数 K_i ：					
	——在20℃时，最小值	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	36.7	150	3670	367
	——正常运行时导体最高温度，最小值	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	0.037	0.150	3.67	0.37

7.5 正常运行时导体最高温度下绝缘电阻测量

7.5.1 步骤

电缆试样的绝缘线芯在试验前应浸在电缆正常运行时导体最高温度±2℃的水中至少1 h。
直流试验电压应为80 V~500 V并施加足够长的时间，以达到合理稳定的测量，但应不少1 min，也不应超5 min。
测量应在每相导体与水之间进行。

7.5.2 计算

体积电阻率ρ：由测得的绝缘电阻按GB/T 12706.1—2020中式(7)计算。
绝缘电阻常数Ki：按GB/T 12706.1—2020中式(8)计算。

7.5.3 要求

从测量值计算出的数值不应小于表12规定值。

7.6 成品电缆电压试验

7.6.1 概述

按GB/T 3048.8中给出的试验方法进行测量，电压试验在按7.1.1规定的环境温度和7.1.2规定的工频试验电压下进行。

7.6.2 多芯电缆试验

多芯电缆应依次在每一绝缘导体对其余导体和金属层（若有）之间施加试验电压5 min。
导体可适当的连接在一起依次施加试验电压进行电压试验以缩短总的试验时间，只要连接顺序可以保证电压施加在每一相导体与其他导体和金属层（若有）之间至少5 min不中断。
三芯电缆也可采用三相变压器，一次完成试验。

7.6.3 试验电压

对应额定电压的单相试验电压值应符合表13的规定。

表 13 试验电压

额定电压 U_0	试验电压 kV
300/500 V	2.0
450/750 V	3.0

若用三相变压器同时对三芯电缆进行电压试验，相间试验电压应取表12所列数据的1.73倍。
任何情况下，电压都应逐渐升高到规定值。

7.6.4 试验结果

绝缘不应击穿。

7.7 绝缘和护套的机械物理性能试验

成品电缆绝缘的机械物理性能应符合附录B中表B.1、表B.2的规定。
成品电缆护套的机械物理性能应符合附录C中表C.1、表C.2的规定。

绝缘的机械物理性能应测量 3 芯(2 芯电缆应测量 2 芯)。

成品电缆非污染试验应符合绝缘和护套材料的空气箱老化后性能要求。非污染试验条件同电缆护套材料的空气箱老化试验条件。

7.8 护套刮磨试验

7.8.1 步骤

应按JB/T 10696.6的规定取样和进行试验。

7.8.2 要求

试样经刮磨 100 次后, 护套内外表面应无明显可见的裂纹或开裂。

7.9 人工气候老化试验

客户有要求时, 成品电缆应进行人工气候老化试验, 试验方法和要求应符合GB/T 29631—2025附录F的规定。

7.10 单根电缆的不延燃试验

本试验仅适用于客户有单根阻燃性能要求时, 按 GB/T 18380.12 规定的方法进行试验并符合其要求。

7.11 成束燃烧试验

本试验仅适用于型号中带有“ZA-”、“ZB-”、“ZC-”或“ZD-”的阻燃电缆, 试验要求和试验方法应分别符合 GB/T 18380.33、GB/T 18380.34、GB/T 18380.35 或 GB/T 18380.36 的规定。

7.12 循环弯曲寿命试验

成品电缆应经受循环弯曲寿命试验, 弯曲次数为200万次, 也可以由制造商与客户协商选择确定, 试验方法应符合附录E的规定。

7.13 拖链弯曲寿命试验

本试验适用于本文件规定的所有电缆, 弯曲次数为500万次, 也可以由制造商与客户协商选择确定, 试验方法及要求应符合附录F的规定。

7.14 成品电缆标志和电缆绝缘线芯识别检查

成品电缆标志应符合6.7的规定, 成品电缆标志清晰度和耐擦性按GB/T 6995.1规定的方法进行检查和试验。

绝缘线芯识别应符合6.2.5的规定, 绝缘线芯标识清晰度和耐擦性按GB/T 6995.1规定的方法进行检查和试验。

8 交货长度

根据双方协议长度交货, 长度计量误差不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

9 检验规则

9.1 产品应由制造方的质量检验部门检验合格方可出厂。每个出厂的包装件上应附有产品质量检验合

格证。

9.2 每交货批应至少抽取一件样品，也可由供需双方协议规定抽样数量。抽样检验的结果不合格时，应加倍取样对不合格项目进行第二次试验。仍不合格时，应对整批产品逐一进行试验。

9.3 产品检验项目、试验要求、试验类型和试验方法应按表 14 的规定。

表 14 成品电缆检验

序号	检 验 项 目	试验要求	试验类型	试验方法
1	结构尺寸检查			
1.1	导体检查	6.1.2	T、S	GB/T 4909.2
1.2	绝缘厚度测量	6.2.2	T、S	GB/T 2951.11
1.3	缆芯绞合节径比的测量	6.3	T、S	正常目测和直尺
1.4	内衬层厚度测量	6.4.3	T、S	GB/T 2951.11
1.5	金属屏蔽检查	6.5	T、S	正常目测和千分尺
1.6	护套测量	6.6.4	T、S	GB/T 2951.11
1.7	外径测量	6.6.5	T、S	GB/T 2951.11
2	电气性能试验			
2.1	导体直流电阻试验	7.3	T、R	GB/T 3048.4
2.2	绝缘电阻（20℃）	7.4	T	GB/T 3048.5
2.3	绝缘电阻（正常运行时导体最高温度）	7.5	T	GB/T 3048.5
2.4	成品电缆电压试验	7.5	R	GB/T 3048.8
3	绝缘机械物理性能试验			
3.1	老化前拉力试验	7.7	T	GB/T 2951.11
3.2	空气烘箱老化后拉力试验	7.7	T	GB/T 2951.12
3.3	非污染试验	7.7	T	GB/T 2951.12
3.4	失重试验	7.7	T	GB/T 2951.32
3.5	热冲击试验	7.7	T	GB/T 2951.31
3.6	高温压力试验	7.7	T	GB/T 2951.31
3.7	热延伸试验	7.7	T	GB/T 2951.21
3.8	收缩试验	7.7	T	GB/T 2951.13
3.9	低温试验	7.7	T	GB/T 2951.14
3.10	耐臭氧试验	7.7	T	GB/T 2951.21
3.11	吸水试验	7.7	T	GB/T 2951.13
4	护套机械物理性能试验			
4.1	老化前拉力试验	7.7	T	GB/T 2951.11
4.2	空气烘箱老化后拉力试验	7.7	T	GB/T 2951.12
4.3	非污染试验	7.7	T	GB/T 2951.12
4.4	失重试验	7.7	T	GB/T 2951.32
4.5	热冲击试验	7.7	T	GB/T 2951.31
4.6	高温压力试验	7.7	T	GB/T 2951.31
4.7	低温试验	7.7	T	GB/T 2951.14
4.8	耐水解性能试验	7.7	T	GB/T 2951.11

表 14 成品电缆检验（续）

序号	检 验 项 目	试验要求	试验类型	试验方法
4.9	皂化试验	7.7	T	附录 D
4.10	浸矿物油试验	7.7	T	GB/T 2951.21
4.11	热延伸试验	7.7	T	GB/T 2951.21
4.12	抗撕试验	7.7	T	JB/T 10696.7
5	成品电缆的特殊性能试验			
5.1	护套刮磨试验	7.8	T	JB/T 10696.6
5.2	人工气候老化试验 ^a	7.9	T	GB/T 29631—2025 附录 F
5.3	单根电缆的不延燃试验 ^a	7.10	T	GB/T 18380.12
5.4	成束燃烧试验 ^a	7.11	T	GB/T 18380.33、GB/T 18380.34 GB/T 18380.35、GB/T 18380.36
5.5	循环弯曲寿命试验	7.12	T	附录 E
5.6	拖链弯曲寿命试验	7.13	T	附录 F
6	标志			
6.1	成品电缆标志	7.14	T、S	GB/T 6995.1
6.2	绝缘线芯识别	7.14	T、S	GB/T 6995.1
^a 客户要求时进行。				

10 成品电缆包装、运输和贮存

10.1 包装

电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137 规定的电缆盘上交货。电缆端头应可靠密封并采用合适装置加以保护，伸出盘外的电缆端头的长度不应小于 300 mm。重量不超过 80 kg 的短段电缆，可以成圈包装。电缆盘外侧及成圈电缆的附加标签上应标明：

- a) 制造厂名称或商标；
- b) 电缆型号和规格；
- c) 长度，m；
- d) 毛重，kg；
- e) 制造日期：年、月；
- f) 表示电缆盘正确滚动方向的符号；
- g) 本文件编号。

10.2 运输和贮存

运输和贮存应符合下列要求：

- a) 电缆应避免在露天存放，电缆盘不允许平放；
- b) 运输中不应从高处扔下装有电缆的电缆盘，不应机械损伤电缆；
- c) 吊装包装件时，不应几盘同时吊装。在车辆、船舶等运输工具上，电缆盘应放稳，并用合适方法固定，防止互撞或翻倒。

附 录 A
(规范性附录)
假定值的计算方法

A. 1 概述

本计算方法用于确定电缆各组成元件的假定直径，使电缆设计标准化，以尽量避免在单独计算中引起的任何差异。

A. 2 假定值计算方法

A. 2.1 导体的假定直径

假定直径 D_c 见表A.1。

表 A.1 导体的假定直径

标称截面积 mm ²	导体假定直径 D_c mm	标称截面积 mm ²	导体假定直径 D_c mm
0.12	0.5	0.5	1.0
0.14	0.5	0.75	1.1
0.2	0.6	1.0	1.3
0.25	0.7	1.5	1.5
0.3	0.7	2.5	2.0
0.34	0.8	4	2.5
0.4	0.8	6	3.0

A. 2.2 绝缘线芯的假定直径

按式 (A.1) 计算绝缘线芯的假定直径 D_i 。

$$D_i = D_c + 2\Delta_i \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- D_i ——绝缘线芯的假定直径，单位为毫米(mm)；
- D_c ——导体的假定直径(见表 A.1)，单位为毫米(mm)；
- Δ_i ——绝缘的标称厚度(见表 6、表 7)，单位为毫米(mm)。

A. 2.3 绝缘线芯绞合后的缆芯假定直径

按式 (A.2) 计算缆芯的假定直径 D_t 。

$$D_t = k \times D_i + 0.2 \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- D_t ——缆芯的假定直径，单位为毫米(mm)；
- k ——成缆系数(见表 A.2)。

表 A.2 成缆系数 k

芯 数	成缆系数 k	芯 数	成缆系数 k
2	2.00	27	6.15
3	2.16	28	6.41
4	2.42	29	6.41
5	2.70	30	6.41
6	3.00	31	6.70
7	3.00	32	6.70
8	3.45	33	6.70
9	3.80	34	7.00
10	4.00	35	7.00
11	4.00	36	7.00
12	4.16	37	7.00
13	4.41	38	7.33
14	4.41	39	7.33
15	4.70	40	7.33
16	4.70	41	7.67
17	5.00	42	7.67
18	5.00	43	7.67
19	5.00	44	8.00
20	5.33	45	8.00
21	5.33	46	8.00
22	5.67	47	8.00
23	5.67	48	8.15
24	6.00	52	8.41
25	6.00	61	9.00
26	6.00	—	—

A. 2. 3 内衬层的假定直径

按式（A.3）计算内衬层的假定直径 D_b 。

$$D_b = D_t + 2\Delta_b$$

.....（A.3）

式中：

D_b ——内衬层的假定直径，单位为毫米(mm)；

Δ_u ——内衬层的标称厚度(见表 9)，单位为毫米(mm)。

A. 2. 4 金属屏蔽的假定直径

按式（A.4）计算金属屏蔽的假定直径 D_u 。

$$D_u = D_t + 2\Delta_u$$

.....（A.4）

式中：

D_u ——金属屏蔽的假定直径，单位为毫米(mm)；

Δ_u ——屏蔽层的标称厚度，单位为毫米(mm)。

铜线编织屏蔽时， Δ_u 等于 2.5 倍编织单线的标称直径(见表 10)。

A.3 数值修约

对计算结果进行修约，采用下述规则。

- 所有计算结果应修约到 1 位小数，即精确到 0.1 mm。所有计算结果用到相应的计算公式之前应先修约到 1 位小数；
- 修约前，如果第 2 位小数为 0、1、2、3、4，则小数点后第 1 位小数保持不变(舍去)；修约前，如果第 2 位小数为 5、6、7、8、9，则小数点后第 1 位小数加上 1(进一)。

附 录 B
(规范性附录)
电缆绝缘机械物理性能

热塑性弹性体材料绝缘机械物理性能试验要求按表 B.1，热固性弹性体材料绝缘机械物理性能试验要求按 B.2。

表 B.1 热塑性弹性体材料绝缘机械物理性能

序号	试验项目	单位	混合料代号		试验方法
			PVC	TPE	
1	抗张强度和断裂伸长率				GB/T 2951.11
1.1	交货状态原始性能				
1.1.1	抗张强度原始值： ——最小中间值	N/mm ²	12.5	10.0	
1.1.2	断裂伸长率原始值： ——最小中间值	%	150	300	
1.2	空气烘箱老化后的性能				GB/T 2951.12
1.2.1	老化条件： ——温度	℃	100±2	135±2	
	——时间	h	7×24	7×24	
1.2.2	老化后抗张强度： ——最小中间值	N/mm ²	12.5	—	
	——最大变化率 ^a	%	±25	±25	
1.2.3	老化后断裂伸长率： ——最小中间值	%	150	—	
	——最大变化率 ^a	%	±25	±25	
2	失重试验			—	GB/T 2951.32
2.1	试验条件： ——温度	℃	80±2		
	——时间	h	168		
2.2	最大允许失重量	mg/cm ²	2.0		
3	热冲击试验			—	GB/T 2951.31
3.1	试验条件： ——温度	℃	150±3		
	——时间	h	1		
3.2	试验结果	—	无裂纹		
4	高温压力试验				GB/T 2951.31
4.1	试验条件： ——温度	℃	80±2	90±2	
4.2	试验结果： ——压痕深度，最大中间值	%	50	50	

表 B.1 热塑性弹性体材料绝缘机械物理性能（续）

序号	试验项目	单位	混合料代号		试验方法
			PVC	TPE	
5	低温弯曲试验 ^b (绝缘直径≤12.5mm)				GB/T 2951.14
5.1	试验条件:				
5.2	——温度	℃	-15±2	-40±2	
5.2	试验结果	—	无裂纹	无裂纹	
6	低温拉伸试验 ^b (绝缘直径>12.5mm)				GB/T 2951.14
6.1	试验条件:				
6.2	——温度	℃	-25±2	-40±2	
6.2	试验结果:				
	——未断裂时的伸长率, 最小	%	30	30	
7	收缩试验		—		GB/T 2951.13
7.1	试验条件:				
	——温度	℃		130±3	
	——标志间长度	mm		200	
	——持续时间	h		1	
7.2	试验结果:				
	——允许收缩率, 最大	%		4	
^a 变化率指老化后中间值与老化前中间值之差与老化前中间值之比, 以百分比表示。					
^b 如客户对最低环境适应温度另有要求, 应按客户要求的温度试验。					

表 B.2 热固性弹性体材料绝缘机械物理性能

序号	试验项目	单位	混合料代号		试验方法
			EPR	G	
1	抗张强度和断裂伸长率				GB/T 2951.11
1.1	交货状态原始性能				
1.1.1	抗张强度原始值:				
	——最小中间值	N/mm ²	5.0	6.0	
1.1.2	断裂伸长率原始值:				
	——最小中间值	%	200	200	
1.2	空气烘箱老化后的性能				GB/T 2951.12
1.2.1	老化条件 ^a :				
	——温度	℃	135±2	200±2	
	——时间	h	7×24	10×24	
1.2.2	老化后抗张强度:				
	——最小中间值	N/mm ²	—	—	

表 B.2 热固性弹性体材料绝缘机械物理性能（续）

序号	试验项目	单位	混合料代号		试验方法
			EPR	G	
1. 2. 3	——最大变化率 ^b	%	±30	±25	
	老化后断裂伸长率：				
	——最小中间值	%	—	—	
	——最大变化率 ^b	%	±30	±25	
2	热延伸试验				GB/T 2951.21
2.1	试验条件：	℃	250±3	250±3	
	——温度				
	——机械应力	N/cm ²	20	20	
	试验结果：				
2.2	载荷下最大伸长率	%	175	175	
	冷却后最大永久伸长率	%	15	25	
3	耐臭氧试验			—	GB/T 2951.21
3.1	试验条件：				
	——试验温度	℃	25±2		
	——处理时间	h	24		
	——臭氧浓度（按体积）	%	0.025~0.030		
3.2	试验结果	—	无裂纹		
4	吸水试验（重量分析法）			—	GB/T 2951.13
4.1	试验条件：				
	——温度	℃	85±2		
	——持续时间	h	336		
4.2	重量最大增量	mg/cm ²	5.0		
5	低温弯曲试验 ^c				GB/T 2951.14
	（绝缘直径≤12.5mm）				
5.1	试验条件：				
	——温度	℃	-40±2	-45±2	
5.2	试验结果	—	无裂纹	无裂纹	
6	低温拉伸试验 ^c				GB/T 2951.14
	（绝缘直径>12.5mm）				
6.1	试验条件：				
	——温度	℃	-40±2	-45±2	
6.2	试验结果：				
	——未断裂时的伸长率，最小	%	30	30	
^a 橡胶混合料的老化不应采用强迫鼓风烘箱。仲裁试验时，应采用自然通风老化箱。 ^b 变化率指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。 ^c 如客户对最低环境适应温度另有要求，应按客户要求的温度试验。					

附 录 C
(规范性附录)
电缆护套机械物理性能

热塑性弹性体材料护套机械物理性能试验要求按表 C.1，热固性弹性体材料护套机械物理性能试验要求按 C.2。

表 C.1 热塑性弹性体材料护套物理机械性能

序号	试验项目	单位	混合料代号			试验方法
			PVC	TPU	TPV	
1	抗张强度和断裂伸长率					GB/T 2951.11
1.1	交货状态原始性能					
1.1.1	抗张强度原始值： ——最小中间值	N/mm ²	10.0	20.0	10.0	
1.1.2	断裂伸长率原始值： ——最小中间值	%	150	300	300	
1.2	空气烘箱老化后的性能					GB/T 2951.12
1.2.1	老化条件： ——温度 ——时间	℃ h	80±2 7×24	110±2 7×24	135±2 7×24	
1.2.2	老化后抗张强度： ——最小中间值 ——最大变化率 ^a	N/mm ² %	10.0 ±20	— ±25	10.0 ±25	
1.2.3	老化后断裂伸长率： ——最小中间值 ——最大变化率 ^a	% %	150 ±25	— ±25	300 ±25	
2	失重试验					GB/T 2951.32
2.1	试验条件： ——温度 ——时间	℃ h	80±2 168	— —	— —	
2.2	最大允许失重量	mg/cm ²	2	—	—	
3	热冲击试验					GB/T 2951.31
3.1	试验条件： ——温度 ——时间	℃ h	150±3 1	150±3 1	150±3 1	
3.2	试验结果	—	无裂纹	无裂纹	无裂纹	
4	高温压力试验					GB/T 2951.31
4.1	试验条件： ——温度	℃	80±2	100±2	90±2	
4.2	试验结果： ——压痕深度，最大	%	50	50	50	

表 C.1 热塑性弹性体材料护套物理机械性能（续）

序号	试验项目	单位	混合料代号			试验方法
			PVC	TPU	TPV	
5	低温弯曲试验 ^b (电缆直径≤12.5mm)					GB/T 2951.14
5.1	试验条件:					
	——温度	℃	-25±2	-25±2	-40±2	
5.2	试验结果	—	无裂纹	无裂纹	无裂纹	
6	低温拉伸试验 ^b (电缆直径>12.5mm)					GB/T 2951.14
6.1	试验条件:					
	——温度	℃	-25±2	-25±2	-40±2	
6.2	试验结果:					
	——未断裂时的伸长率, 最小	%	30	30	30	
7	低温冲击试验 ^b					GB/T 2951.14
7.1	试验条件:					
	——温度	℃	-25±2	-25±2	-40±2	
7.2	试验结果	—	无裂纹	无裂纹	无裂纹	
8	耐水解性能		—		—	GB/T 2951.11
	试验条件:					
	——温度	℃		80±2		
	——时间	h		7×24		
	试验结果:					
	——断裂伸长率, 最小	%		300		
	——抗张强度变化率 ^a , 最大	%		±30		
	——断裂伸长率变化率 ^a , 最大	%		±30		
9	皂化试验, 最大 (以 KOH 剂)	mg/g	—	200	—	附录 D
10	浸矿物油后机械性能 ^c		—			GB/T 2951.21
10.1	试验条件:					
	——油温	℃		100±2	100±2	
	——浸油时间	h		24	24	
10.2	浸油后的抗张强度变化率 ^a , 最大	%		±40	±40	
10.3	浸油后的断裂伸长率变化率 ^a , 最大	%		±40	±40	
^a 变化率指老化后中间值与老化前中间值之差与老化前中间值之比, 以百分比表示。 ^b 如客户对最低环境适应温度另有要求, 应按客户要求的温度试验。 ^c 如客户对电缆有耐油要求时适用。						

表 C.2 热固性弹性体材料护套物理机械性能

序号	试验项目	单位	混合料代号		试验方法
			CR	G	
1	抗张强度和断裂伸长率				GB/T 2951.11
1.1	交货状态原始性能				
1.1.1	抗张强度原始值：				
	——最小中间值	N/mm ²	10.0	6.0	
1.1.2	断裂伸长率原始值：				GB/T 2951.12
	——最小中间值	%	300	200	
1.2	空气烘箱老化后的性能				
1.2.1	老化条件：				
	——温度	℃	100±2	200±2	GB/T 2951.21
	——时间	h	7×24	10×24	
1.2.2	老化后抗张强度：				
	——最小中间值	N/mm ²	—	—	
	——最大变化率 ^a	%	±30	±25	GB/T 2951.21
1.2.3	老化后断裂伸长率：				
	——最小中间值	%	250	—	
	——最大变化率 ^a	%	±40	±25	
2	热延伸试验				GB/T 2951.21
2.1	试验条件：				
	——温度	℃	200±3	250±3	
	——机械应力	N/cm ²	20	20	
2.2	试验结果：				GB/T 2951.21
	载荷下最大伸长率	%	175	175	
	冷却后最大永久伸长率	%	15	25	
3	浸矿物油后机械性能			—	
3.1	试验条件：				GB/T 2951.21
	——油温	℃	100±2		
	——浸油时间	h	24		
3.2.1	浸油后的抗张强度变化率 ^a ，最大	%	±40		
3.2.2	浸油后的断裂伸长率变化率 ^a ，最大	%	±40		JB/T 10696.7
4	抗撕试验				
	试验结果：抗撕强度，最小值	N/mm	5.0	4.0	
5	低温弯曲试验 ^b				GB/T 2951.14
	(电缆直径≤12.5mm)				
5.1	试验条件：				
	——温度	℃	-40±2	-45±2	
5.2	试验结果	—	无裂纹	无裂纹	GB/T 2951.14
6	低温拉伸试验 ^b				
	(电缆直径>12.5mm)				
6.1	试验条件：				

表 C.2 热固性弹性体材料护套物理机械性能（续）

序号	试验项目	单位	混合料代号（见 4.5）		试验方法
			CR	G	
6.2	——温度	℃	-40±2	-45±2	GB/T 2951.14
	试验结果				
	——未断裂时的伸长率，最小	%	30	30	
7	低温冲击试验 ^b				GB/T 2951.14
7.1	试验条件：				
	——温度	℃	-40±2	-45±2	
7.2	试验结果	—	无裂纹	无裂纹	
^a 变化率指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。					
^b 如客户对最低环境适应温度另有要求，应按客户要求的温度试验。					

附 录 D

(规范性附录)

皂化试验方法

D.1 概述

测定聚氨酯中的酯化酸含量，以间接表征电缆、电线和软线部分的耐微生物性。

D.2 试验设备和材料

试验设备和材料：

- 锥形瓶：容量250 mL，耐碱玻璃制成，带有磨口；
- 回流冷凝管：带有连接锥形瓶的磨砂玻璃接头；
- 滴定管；
- 分析天平：精确到0.1 mg；
- 自然通风电加热箱；
- 电热水浴；
- 氢氧化钾溶液，0.5 mol/L；
- 盐酸溶液，0.5 mol/L；
- 1%的酚酞乙醇溶液；
- 四氢呋喃，用 2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚稳定；
- 沸石；
- 蒸馏水或去离子水。

D.3 试样准备

从样品上取得足够量的试样，试样应至少可进行两次有效测试。

D.4 试样程序

将试样材料切成细小颗粒后，用分析天平称取约0.5 g需测定的材料，精确到0.001 g（定量E），放入250 mL 锥形瓶中。加入50 mL四氢呋喃，锥形瓶用磨砂瓶塞密封，然后放置于60 °C电加热箱中，直到试样全部溶解，摇动锥形瓶能加速溶解过程。用移液管将25 mL 氢氧化钾溶液（0.5 mol/L）加入到试样溶液中，并加入一些沸石，连接回流冷凝管与锥形瓶，将锥形瓶放置在沸腾温度下的水浴中保持3 h。然后在不冷却情况下迅速加入50 mL蒸馏水和3滴1%的酚酞乙醇溶液，用浓度为0.5 mol/L的盐酸（用量用a表示）返滴定到粉色消失。空白试验按相同的方法进行，盐酸用量为b。试验应在至少两份试样上进行。

D.5 试验结果

按公式（D.1）计算试样的皂化值A。

$$A = \frac{(b-a)}{E} \times 28.05 \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- A——皂化值，以氢氧化钾计，单位为毫克每克（mg/g）；
- b——空白试验用 0.5 mol/L 盐酸标准溶液的体积，单位为毫升（mL）；
- a——滴定用 0.5 mol/L 盐酸标准溶液的体积，单位为毫升（mL）；
- E——试样的质量，单位为克（g）。

试验结果取两次有效测试计算得出的皂化值的平均值。

附 录 E

(规范性附录)

循环弯曲寿命试验方法

E.1 概述

本试验用以考核成品拖链电缆在常温下承受定向循环弯曲寿命试验性能的测定。

E.2 试验设备

试验设备包括：

a) 弯曲试验机：如图E.1所示，应满足下列要求：

1) 能垂直悬挂试样，并使试样的上半段自动地围绕滚轮弯曲，离垂直中心线交替地向左右弯曲 $90^\circ \sim 95^\circ$ ；

2) 将试样悬挂在摇臂的夹具上，并通过由电动机驱动的摇臂使试样弯曲。开始时摇臂处于垂直状态，然后围绕其下转动轴转至水平状态。摇臂上端装有夹具，以固定试样上端护套。试样护套上端端头和夹具邻近边缘之间的距离至少为25 mm。摇臂的转动速率为(12~14) r/min。摇臂向顺时针方向转动 $180^\circ \sim 190^\circ$ ，再向逆时针方向转动 $180^\circ \sim 190^\circ$ （总的转动 $360^\circ \sim 380^\circ$ ）称为一个周期。试样夹具定位：当摇臂呈垂直状态（直上直下）时，试样轴线应与驱动轴线相交。夹具的下边缘与通过上滚轮顶部的水平线总距离为 (216 ± 12.5) mm；

3) 试样应在两个规定直径的实心钢质滚轮（如图E.1的上滚轮）上弯曲。除另有规定外，对于直径大于25.0 mm的电缆，滚轮直径应为试样直径的4倍；对于直径为(19.0~25.0) mm的电缆，滚轮直径应为电缆最大直径的3.5倍；对于直径小于19.0 mm的电缆，滚轮直径应为电缆最大直径的3倍。两个滚轮曲面表面应光滑，并能绕各自轴线自由转动。两轴呈水平状态且互相平行，并有一条公共的水平中心线。滚轮的顶部应位于弯曲试验机摇臂转动轴水平中心线下面，其距离为规定的电缆最大外径的0.5倍（偏差 $\pm 10\%$ ）。两个滚轮应位于弯曲试验机摇臂转动轴的垂直中心线两侧等距离的位置。两个滚轮应相隔一段距离，使得当弯曲试验机摇臂在垂直位置，且试样位于两个滚轮之间时，两个滚轮相邻的侧面距离它们之间的试样表面 (3.2 ± 0.8) mm。

4) 两个圆柱形下滚轮（如图E.1的下滚轮）的直径不应小于9.5 mm，其作用是限制试样横向移动。该两滚轮能绕其各自轴线自由转动。它们的中心轴线呈水平状态，并位于弯曲试样的上滚轮（如图E.1所示）中心线以下 (178 ± 26) mm。两个下滚轮应位于弯曲试验机摇臂转动轴的垂直中心线两侧等距离的位置。两个下滚轮应相隔一段距离，使得当弯曲试验机摇臂在垂直位置时，且试样位于两个滚轮之间时，两个滚轮相邻的侧面距离它们之间的试样表面 (3.2 ± 0.8) mm；

5) 应使用重物对试样施加张力，用辅助夹具将重物固定到试样上，试样护套下端端头与该夹具邻近侧面之间的距离不应小于25 mm，固定夹具和重物的固定使施加到试样上的力沿试样轴线垂直向下。由夹具和重物产生的张力按公式（E.1）计算：

$$F = (7.037 \pm 0.352) \times \pi \times D_c^2 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

F——张力，单位为千克（kg）；

D_c ——电缆试样实测外径，单位为毫米（mm）。

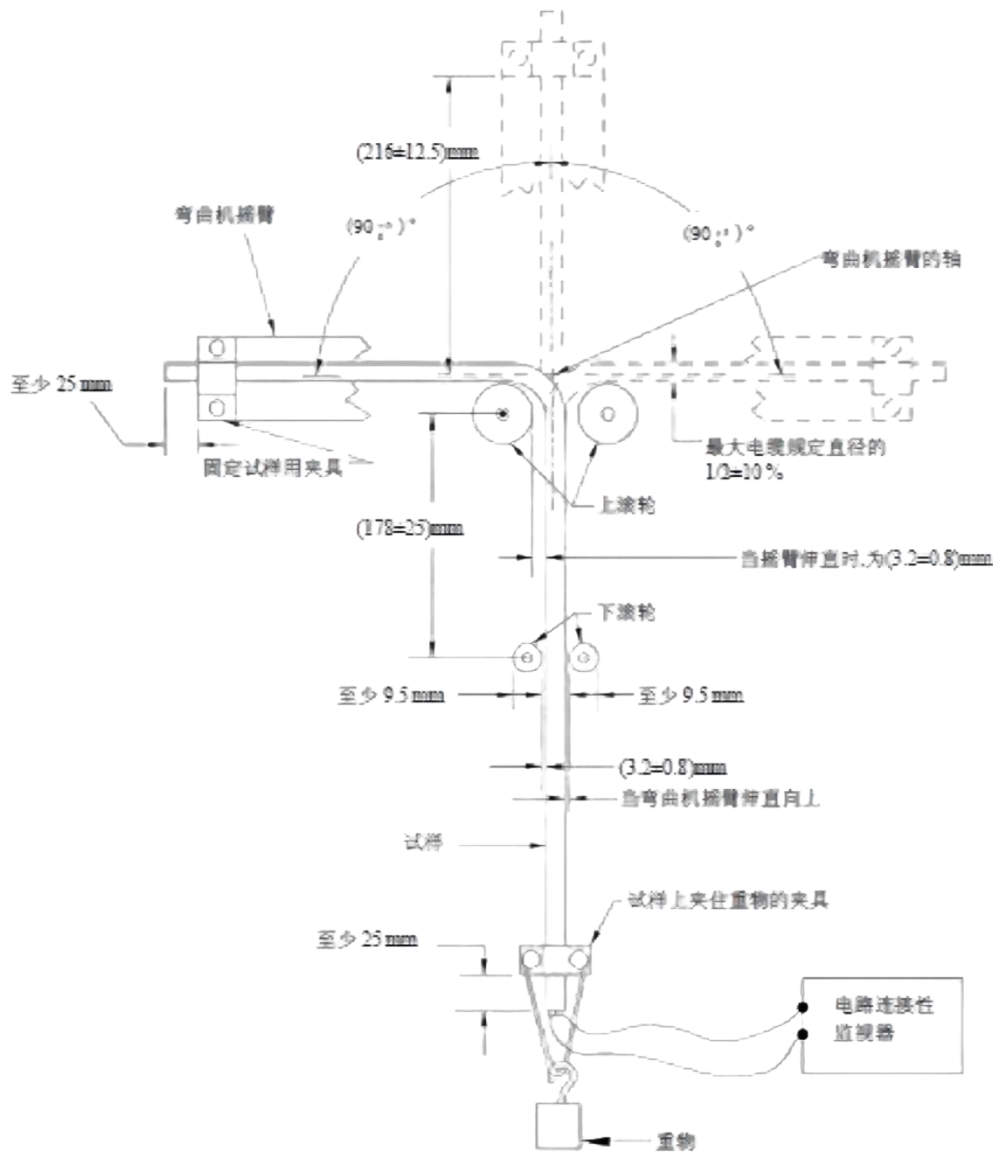
弯曲试验机摇臂上的试样夹具和固定重物的试样夹具对试样的径向力作用，不应使试样及试样内部任何构件在夹紧区域内产生滑移。

自动计数器用来记录试验期间试样弯曲循环总次数。

除了上、下滚轮、两个试样夹具和电路连续性监视器以外，试样在整个试验期间不应触及弯曲试验机的任何部分。

b) 电缆连续性监视器

用以连续监视试样导体串联电路的电气连续性。当试样导体断裂时，电路连续性监视器应能使弯曲试验机的摇臂自动停机（切断电动机电源）。



图E. 1

E. 3 试验制备

试样为 760^{+160}_0 mm 长的成品电缆。试样导体端彼此连接成为一个串联电路，串联电路的两端按E. 4 的要求连接。

E. 4 试验步骤

试样按图E.1所示安装在弯曲试验机上。

将电路连续性监视器接在试样导体串联电路的两端。

将自动计数器复位到零，启动电动机开始定向循环弯曲试验，直到完成规定的试验次数。

E. 5 循环弯曲试验后的电压试验

试样通过试验后，按7.6的规定进行成品电缆电压试验。

附 录 F
(规范性附录)
拖链弯曲寿命试验

F.1 概述

本试验用以考核成品拖链电缆在常温下承受拖链往复运动的寿命试验性能测定。

F.2 试验设备

本试验应使用图C.1所示装置。该试验装置的拖链、移动小车、移动导轨等部件安装在基座上，拖链的一端固定，另一端在移动小车的带动下在水平面上做直线往复运动。移动小车沿移动导轨在不小于1.0 m的距离之间往复运动。拖链的弯曲半径可选不同规格，应按产品试验要求与电缆试样外径匹配。该装置应与移动小车驱动装置、试验运动控制系统、试样弯折次数记录装置、试样失效检测装置、显示装置等共同组成试验设备。

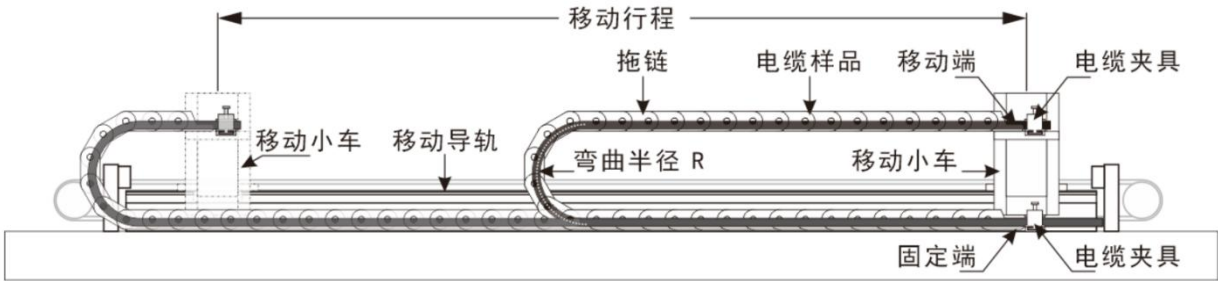


图 F.1

F.3 试验步骤

F.3.1 样品制作

从距离送样电缆端部至少500 mm处连续截取至少3段长度不小于1500 mm的电缆试样。除去电缆试样两端长度约为50 mm的护套，剥除各绝缘芯线两端的绝缘，露出长度为 (10 ± 3) mm的导体，并将试样中每根绝缘芯线串联焊接成一个监测通路。若有需要可外接一根绝缘芯线，使电缆监测通路方便接入设备。

F.3.2 样品安装

如图C.1所示，试样与拖链的一端应固定在设备平台上，另一端固定于可水平移动的移动小车上。试样应自由平铺于拖链内。试样监测通路应接入设备失效检测接口。

F.3.3 样品条件

- a) 所选用拖链的弯曲半径应不大于如下规定值：非屏蔽型电缆 $(5 \pm 15\%)D$ ，屏蔽型电缆 $(10 \pm 15\%)D$ ；
- b) 测试时试样与拖链的移动端从初始点沿移动导轨运行到达测试行程另一端的终点，然后再返回到初始点为一个测试周期；
- c) 移动端应以不小于1.0 m/s（可根据客户要求进行选择）的平均稳定速度在不小于1.0 m的移动行程间往复运动，测试开始时试样的各个监测通路应确保导通。

F.3.4 试验过程

链轨的永久静止段长度不应小于其弯曲半径的2倍。

将试样一端固定在图F.1所示设备上的电缆夹具处，并将试样沿拖链轨道布线，布线方法如图C.1中所示。布线时每个试样间预留一定间隙，除试样两端与链轨的固定点外，不增加其它固定点，且试样两端固定位置无目视可见明显压痕。

设置拖链移动端平均稳定速度 (2.0 ± 0.1) m/s，行程 (2000 ± 50) mm。当客户对试验参数有要求时可按客户要求要求进行。

电缆拖链弯折试验试验次数500万次，也可以由制造方和使用方协商选择确定。

F.4 试验结果

在整个拖链弯折试验过程中对电缆试样进行通路监测，当监测出现导体断路或护套开裂现象时可以终止试验，判定试样测试失效。但若试样的失效检查发生在试样夹头夹紧处50 mm以内，则试样不作不合格论，但要求用同样长度的另一试样重新试验。

试样通过试验后，按7.6的规定进行成品电缆电压试验。
