

ICS 43.040.10

T 36

备案号：



中华人民共和国汽车行业标准

QC/T 730—2005

汽车用薄壁绝缘低压电线

Road vehicle — low tension cables with thin wall insulated

2005 - 02 - 14 发布

2005 - 07 - 01 实施

国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 产品代号和产品标示.....	1
3.1 产品代号.....	1
3.2 产品标示.....	2
3.2.1 型号.....	2
3.2.2 规格.....	2
3.2.3 标示方法.....	2
4 要求.....	2
4.1 结构.....	2
4.1.1 导体.....	2
4.1.2 绝缘.....	3
4.2 电性能.....	3
4.3 物理机械性能.....	4
4.4 低温性能.....	4
4.5 耐磨性能.....	5
4.6 热性能.....	5
4.7 耐环境和化学品性能.....	5
4.8 抗延燃性能.....	6
5 试验方法.....	6
5.1 总则.....	6
5.1.1 一般试验条件.....	6
5.1.2 烘箱.....	6
5.2 结构检查.....	6
5.2.1 导体单丝根数.....	6
5.2.2 导体外径.....	6
5.2.3 绝缘厚度.....	7
5.2.4 绝缘颜色、外观.....	7
5.2.5 电线外径.....	7
5.3 电性能试验.....	7
5.3.1 导体直流电阻.....	7
5.3.2 绝缘缺陷.....	7
5.3.3 耐电压.....	7
5.3.4 绝缘体积电阻率.....	8
5.4 机械物理性能试验.....	8
5.4.1 高温压力.....	8
5.4.2 剥离力.....	9
5.5 低温性能试验.....	9
5.5.1 低温卷绕.....	9

5.5.2 低温冲击	10
5.6 耐磨性能试验.....	10
5.6.1 拖磨	10
5.6.2 刮磨	11
5.7 热性能试验.....	12
5.7.1 短期老化(240 h)	12
5.7.2 长期老化(3 000 h).....	13
5.7.3 热过载	13
5.7.4 热收缩	13
5.8 耐环境和化学品试验	13
5.8.1 耐液体	13
5.8.2 标志耐久性.....	13
5.8.3 耐臭氧	13
5.8.4 耐热水	14
5.8.5 交变湿热	15
5.9 抗延燃试验.....	16
6 检验规则.....	17
6.1 总则	17
6.2 过程检验	17
6.3 出厂检验	17
6.4 型式检验	17
7 标志、标签和包装	18
7.1 标志和标签	18
7.2 包装与交付.....	18
附录 A (资料性附录) 导体单丝根数和直径.....	19
附录 B (资料性附录) 刮磨性能要求	20

前 言

本标准非等效采用 ISO 6722:2002《道路车辆— 60V 和 600V 单芯电缆—尺寸、试验方法和要求》中有关 60V 薄壁、超薄壁电线的要求，还参考了国际上主要的汽车生产国的标准，如美国、日本、德国、法国等，结合我国汽车电线的发展水平与特点进行制定。

本标准与 ISO 6722:2002 相比技术性差异包括：

- 删除了有关 600V 电线的规定；
- 删除了有关厚壁电线的规定；
- 增加了符号、缩略语、分类和标记的规定；
- 增加了检验规则的规定，增加了电线外径过程连续检查的规定；
- 增加了标志、标签和包装的规定；
- 增加了导体根数、电线颜色和外观的规定；
- 增加了刮磨试验的参考值；
- 原标准中引用的国际标准和美国标准 (ASTM) 改为引用相关的中国标准。

请注意本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本标准的附录 A 和附录 B 是资料性附录。

本标准由全国汽车标准化技术委员会提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：北京福斯汽车电线有限公司、长沙汽车电器研究所。

本标准主要起草人：霍焰、闵跃进、王亚东、李伟阳、施爱伟。

汽车用薄壁绝缘低压电线

1 范围

本标准规定了汽车用薄壁绝缘低压电线的要求、试验方法、检验规则等。

本标准适用于汽车用电气系统额定电压不大于 60 V (直流) 单芯薄壁和超薄壁绝缘低压电线。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可以使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1690 硫化橡胶耐液体试验方法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限 (AQL) 检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2951—1997 电缆绝缘与护套材料通用试验方法 (idt IEC 811)

GB/T 3048—1994 电线电缆电性能试验方法

GB/T 3953 电工圆铜线

GB/T 4358 重要用途碳素弹簧钢丝

GB/T 4910 镀锡圆铜线

GB 6995.2—1986 电线电缆识别标志方法 第 2 部分：标准颜色

GB/T 11019 镀镍圆铜线

JB/T 3135 镀银软圆铜线

QC/T 414 汽车用低压电线的颜色

3 产品代号及产品标示

3.1 产品代号

3.1.1 系列代号：

QB —— 汽车用薄壁绝缘低压电线；

QCB —— 汽车用超薄壁绝缘低压电线。

3.1.2 温度特性等级代号：

A —— -40 到 85 ；

B —— -40 到 100 (对于 PVC 绝缘可到 105) ；

C —— -40 到 125 ；

D —— -40 到 150 ；

E —— -40 到 175 ；

F —— -40 到 200 ；

G —— -40 到 225 ；

H —— -40 到 250 。

3.1.3 导体代号 (符号) 见表 1。

3.1.4 电线颜色代号见 表 3。

3.2 产品标示

3.2.1 型号

型号由产品系列代号加温度特性等级代号构成。

3.2.2 规格

规格用导线导体的标称截面积来表示（见表 2）。

3.2.3 产品标示方法

产品用标准编号、型号、规格和导体结构来标示，如需要时可在后面加导体的材料代号和电线的颜色代号。

示例：

道路车辆用薄壁绝缘低压电线，耐热 125，1.5 mm²，导体结构为 30 根、单丝直径 0.26 mm，镀锡铜导体，红色，表示为：

电线 QC/T XXXX-QB-C-1,5-30/0,26-Sn-R

4 要求

4.1 结构

4.1.1 导体

4.1.1.1 导体由表 1 所示裸铜线或带镀层铜线绞合而成。

表 1 导体说明

标准	导体描述	符号
GB/T 3953	电工圆铜线	Cu (省略)
GB/T 4910	镀锡圆铜线	Sn
GB/T 11019	镀镍圆铜线 ^a	Ni
JB/T 3135	镀银圆铜线 ^a	Ag
a 镀银或镀镍铜线一般用于高温等级电线		

4.1.1.2 电线标称截面积不小于 0.5 mm² 时，导体应由退火软铜线或退火压缩/压紧铜线组成。电线标称截面积小于 0.5 mm² 时，导体应由退火软铜、退火压缩/压紧铜线、不退火硬铜线或合金铜组成。

4.1.1.3 导体单丝根数和单丝直径参见附录 A。经供需双方同意，其它的绞合结构也可以采用。

4.1.1.4 导体外径应符合表 2 规定。

表 2 结构尺寸

导体标称截面积 mm ²	最大导体外径 mm	薄壁			超薄壁		
		绝缘厚度		最大电线外径 mm	绝缘厚度		最大电线外径 mm
		标称 mm	最小 mm		标称 mm	最小 mm	
0.13	0.55	0.25	0.20	1.05	0.20	0.16	0.95
0.22	0.70	0.25	0.20	1.20	0.20	0.16	1.05
0.35	0.90	0.25	0.20	1.40	0.20	0.16	1.20
0.50	1.10	0.28	0.22	1.70	0.20	0.16	1.40
0.75	1.30	0.30	0.24	1.90	0.20	0.16	1.60
1	1.50	0.30	0.24	2.10	0.20	0.16	1.75
1.5	1.80	0.30	0.24	2.40	0.20	0.16	2.10
2	2.00	0.35	0.28	2.80	0.25	0.20	2.40
2.5	2.20	0.35	0.28	3.00	0.25	0.20	2.70
3	2.40	0.40	0.32	3.40	—	—	—
4	2.80	0.40	0.32	3.80	—	—	—
5	3.10	0.40	0.32	4.20	—	—	—

6	3.40	0.40	0.32	4.30	—	—	—
10	4.50	0.60	0.48	6.00	—	—	—
16	6.30	0.65	0.52	7.90	—	—	—
25	7.80	0.65	0.52	9.40	—	—	—

4.1.2 绝缘

4.1.2.1 绝缘所用材料应满足电线的性能和温度特性要求，经供需双方确认可以使用满足本标准相应温度特性等级的任何一种绝缘材料。

4.1.2.2 绝缘应紧密地挤包在导体上，且应容易剥离而不损伤绝缘体、导体和镀层。

4.1.2.3 绝缘厚度应符合表 2 规定。

4.1.2.4 绝缘颜色应符合 QC/T 414 的规定，可以选用单色或双色，颜色代号见表 3。色标应符合 GB 6995.2—1986 的规定。绝缘表面应平整、色泽均匀。

表 3 电线绝缘颜色

电线绝缘颜色	黑	白	红	绿	黄	棕	蓝	灰	紫	橙
代号	B	W	R	G	Y	Br	Bl	Gr	V	O

4.1.2.5 电线外径应符合表 2 的规定。

4.2 电性能

4.2.1 导体直流电阻

除合金铜之外，20℃时导体直流电阻应符合表 4 的规定。当使用某种合金铜时，导体直流电阻由供需双方协商确定。

表 4 导体直流电阻要求

导体标称截面积 mm ²	20℃时最大导体直流电阻 mΩ/m		
	裸铜	镀锡铜	镀镍铜
0.13	136	140	142
0.22	84.4	86.5	87.9
0.35	54.4	55.5	56.8
0.50	37.1	38.2	38.6
0.75	24.7	25.4	25.7
1	18.5	19.1	19.3
1.5	12.7	13.0	13.2
2	9.42	9.69	9.82
2.5	7.60	7.82	7.92
3	6.15	6.36	6.41
4	4.71	4.85	4.91
5	3.94	4.02	4.11
6	3.14	3.23	3.27
10	1.82	1.85	1.90
16	1.16	1.18	1.21
25	0.743	0.757	0.774

4.2.2 绝缘缺陷

电线应能经受正弦电压火花试验，当接地的电线穿过测试电极时应不发生击穿。火花试验电压为：

- 3 kV (均方根值)，适用于标称截面积小于 0.5 mm² 的电线；
- 5 kV (均方根值)，适用于标称截面积不小于 0.5 mm² 的电线。

4.2.3 耐电压

电线应能经受 1 kV (均方根值) 交流电压 30 min，然后以 500 V/s 速率增加电压到以下电压值的试验而不击穿。

- 3 kV (均方根值)，适用于标称截面积小于 0.5 mm² 的电线；
- 5 kV (均方根值)，适用于标称截面积不小于 0.5 mm² 的电线。

4.2.4 体积电阻率

(70 ± 2) 时绝缘体积电阻率应不小于 10⁹ Ω·mm。

4.3 物理机械性能

4.3.1 高温压力

电线应经受高温压力试验，试验温度按表 5 规定。刀具施加在试样上的力 (F) 按 GB/T 2951.6—1997 规定的公式计算，系数 K 规定为 0.8。使电线经受 1 min 1 kV (均方根值) 的耐电压检查应不击穿。

表 5 加热试验温度

温度等级	试验温度		
	短期老化 ^a	高温压力、长期老化和交变湿热 ^b	热过载 ^c
A	110 ± 2	85 ± 2	135 ± 2
B	125 ± 3	100 ± 2	150 ± 2
C	150 ± 3	125 ± 3	175 ± 3
D	175 ± 3	150 ± 3	200 ± 3
E	200 ± 3	175 ± 3	225 ± 4
F	225 ± 4	200 ± 3	250 ± 4
G	250 ± 4	225 ± 4	275 ± 4
H	275 ± 4	250 ± 4	300 ± 4

a. 为耐热等级值 (见 3.1.2) 加 25。
 b. 为耐热等级值 (见 3.1.2)。
 c. 为耐热等级值 (见 3.1.2) 加 50。

4.3.2 剥离力

电线的剥离力应符合要求。剥离力范围由供需双方协商确定。

4.4 低温性能

4.4.1 低温卷绕

电线应能经受 (-40 ± 2) 低温卷绕试验不开裂，卷绕芯轴直径、重物、卷绕速度和最少圈数见表 6。再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

表 6 卷绕试验参数

导体标称截面积 mm ²	芯轴直径 mm			重物 kg	卷绕速度 s ⁻¹	最少卷绕圈数
	低温卷绕、短期老化	长期老化、热过载和交变湿热	耐液体			
0.75	6	2	25	0.5	1	3
0.75 < 1.5	10	3	25	2.5	1	3
1.5 < 2.5	15	4	75	5	1	2
2.5 < 6	20	5	75	5	1	2
6 < 10	40	8	100	8	0.5	0.5
10 < 25	50	10	150	10	0.5	0.5

4.4.2 低温冲击

标称截面积大于 0.22 mm² 的电线 (超薄壁电线除外) 应能够经受 (-15 ± 2) 低温冲击试验而不开裂，落锤质量见表 7。再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

表 7 冲击试验参数

导体标称截面积 mm ²	落锤质量 g
----------------------------	-----------

0.22 <	4	100
4 <	10	200
10 <		300

4.5 耐磨性能

标称截面积不大于 6 mm^2 的电线应进行耐磨试验。根据供需双方协商，可以进行耐拖磨试验，也可以进行耐刮磨试验。拖磨的附加重物和砂带行走最小长度见表 8。刮磨的最小往复次数参见附录 B 或由供需双方协商确定。

表 8 拖磨试验参数及要求

导体标称截面积 mm^2	薄壁电线		超薄壁电线	
	附加重物 kg	最小砂带长度 mm	附加重物 kg	最小砂带长度 mm
0.13	0.1	200	0.05	150
0.22	0.1	225	0.05	175
0.35	0.1	250	0.05	200
0.5	0.2	300	0.1	175
0.75	0.2	350	0.1	200
1	0.2	400	0.1	225
1.5	0.2	450	0.1	250
2	0.2	500	0.1	275
2.5	0.5	250	0.2	125
3	0.5	300	—	—
4	0.5	350	—	—
5	0.5	430	—	—
6	0.5	500	—	—

注：施加在试样上的垂直力为托架、轴臂、支撑杆和附加重物力的总和。

4.6 热性能

4.6.1 短期老化 (240 h)

电线应进行 240 h 短期老化试验，试验温度见表 5。短期老化后在 (-25 ± 2) 温度下按表 6 进行卷绕试验应不开裂，再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

4.6.2 长期老化 (3000 h)

电线应进行 3000 h 长期老化试验，试验温度见表 5。长期老化后在室温下按表 6 进行卷绕试验应不开裂，再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

4.6.3 热过载

电线应进行 6 h 热过载试验，试验温度见表 5。热过载后在室温下按表 6 进行卷绕试验应不开裂，再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

4.6.4 热收缩

电线应能经受热收缩试验，试验温度为 (150 ± 3) ，时间不小于 15min。试验后绝缘任意一端收缩应不超过 2 mm。

4.7 耐环境和化学品性能

4.7.1 耐液体

电线应进行耐汽油、柴油和机油试验。经供需双方协商也可进行其它液体试验。经试验液体浸渍后电线外径变化率应符合表 9 规定。在室温下按表 6 进行卷绕试验应不开裂，再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

表 9 耐液体试验参数及要求

液体	说明	试验温度	试验时间 h	最大 电线外径变化率 %
汽油	GB/T 1690 液体 C	23 ± 5	20	15
柴油	90 % GB/T 1690 3 号油 + 10 % 对二甲苯	23 ± 5	20	15
机油	GB/T 1690 2 号油	50 ± 3	20	15
酒精	85 % 乙醇 + 15 % GB/T 1690 液体 C	23 ± 5	20	15
动力转向液	GB/T 1690 3 号油	50 ± 3	20	30
自动传动液	长城® ATF	50 ± 3	20	25
发动机冷却液	50 % 乙烯基乙二醇 + 50 % 蒸馏水	50 ± 3	20	15
电池酸	H ₂ SO ₄ (比重 = 1.260 ± 0.005)	23 ± 5	20	5

4.7.2 标志耐久性

电线上的标志应能经受耐久性试验。试验后所有电线标志应保持清晰。

4.7.3 耐臭氧

电线应能经受 192 h 耐臭氧试验不开裂。

4.7.4 耐热水

电线应能经受耐热水试验不开裂，其绝缘体积电阻率应不小于 $10^9 \Omega \cdot \text{mm}$ 。再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

4.7.5 耐交变湿热性

卷绕后的电线应能经受交变湿热试验不开裂，再经受 1 min 1 kV (均方根值) 耐电压检查应不击穿。

4.8 抗延燃性能

电线应进行抗延燃试验，移去火焰后应在 70 s 内自行熄灭，在试样上端应保留最少 50 mm 未燃绝缘体。

5 试验方法

5.1 总则

5.1.1 一般试验条件

除非另有规定，除过程检验外的所有试验样品均应在 (23 ± 5) °C 下放置最少 16 h，并在该温度下进行试验。

5.1.2 烘箱

烘箱应为自然通风的热空气烘箱。烘箱要求见 GB/T 2951.2 —1997 第 8.1 条。

5.2 结构检查

5.2.1 导体单丝根数

导体单丝根数通过人工计数确定。

5.2.2 导体外径

5.2.2.1 在通常情况下在测量绝缘厚度同时(见 5.2.3) 使用同一个试样完成本试验。记录每个试样最大内径即为导体的最大外径。

5.2.2.2 如果有争议，仲裁试验的试样是从一个 3 m 长电线试样间隔 1 m 取样，准备

三个试样，每个 20 mm 长，防止试样不要变形。沉浸试样在灌封型树脂中。凝固后，垂直电线轴线各取一个断面的薄片试样。使用不低于 10 倍线性放大的测量显微镜。

5.2.3 绝缘厚度

在大约 3 m 长电线上，每间隔 1 m 取样共取三个试样。试样是垂直电线轴线取得的绝缘断面的薄片，从电线上取下绝缘切片时要防止试样变形。如果电线标志使绝缘层出现凹痕，首先在这个凹痕处取得试样。测量使用符合 GB/T 2951.1—1997 第 8.1 条的测量装置和方法。测量时切片和光轴应垂直。

5.2.4 绝缘颜色、外观

绝缘颜色、外观用正常视力在自然光线下检查。

5.2.5 电线外径

5.2.5.1 过程检验用精度不低于 ± 0.01 mm 的非接触测量装置（如激光测径仪等）连续测量。

5.2.5.2 出厂检验和型式检验时，准备一个 3 m 长的试样，使用符合 GB/T 2951.1—1997 第 8.3 条的测量装置，每隔 1 m 间隔取一个测量位置共取三个位置测量，记录每个测量位置的最大外径，把其中最大的数值确定为最大电线外径。

5.3 电性能试验

5.3.1 导体直流电阻

5.3.1.1 准备一个长 1 m 的试样，加上连接所必需的长度。如使用其它长度试样应按 5.3.1.3 的公式修正。试样末端可以焊接。

5.3.1.2 采用符合 GB/T 3048.3—1994 规定的电阻测量装置和精确度为 ± 0.5 的温度计。

5.3.1.3 测量试样温度，测量夹具间试样的长度，并确保连接可靠。测量试样的导体直流电阻，使用下列公式进行修正和折算：

$$R_{20} = \frac{R_t}{L [1 + 0.00393 (t - 20)]}$$

式中：

R_{20} ——在 20 参考温度下折算的导体直流电阻，单位为毫欧姆每米（m /m）；

R_t ——测量温度下的导体直流电阻，单位为毫欧姆（m）；

L ——测量夹具间的导体长度，单位为米（m）；

t ——测量时导体温度，单位为摄氏度（ ）。。

注：0.003 93 为铜在温度接近 20 时导电率为 100 % 的温度系数。如果是带镀层线或合金铜，修正系数由供需双方协商确定。

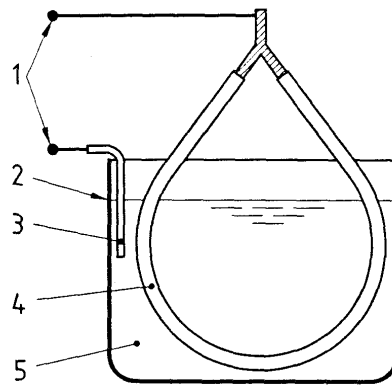
5.3.2 绝缘缺陷

试验电极可以由金属珠链、金属刷或任何其它类型的电极组成。选择电极长度和频率时应考虑电线运行速度，使穿过电极区间的电线每点加载最少九个电压周期。如果确定能检测出绝缘缺陷，其它试验方法也可采用。

5.3.3 耐电压

5.3.3.1 准备一个最小长度 350 mm 的试样。从每端剥去 25 mm 的绝缘，把导体端头扭在一起形成一个环。

5.3.3.2 如图 1 所示，在一个非导电容器内装上盐水（盐水浓度为重量比 3 %）试样端头露在液面上。采用符合 GB/T 3048.8—1994 规定的电源。



- 1 —— 试验电压；
- 2 —— 非导电容器；
- 3 —— 电极；
- 4 —— 试样；
- 5 —— 盐水溶液。

图 1 耐电压试验装置

5.3.3.3 把试样浸入如图 1 所示容器 4 h。按 4.2.3 的规定在导体和溶液之间施加 30 min 测试电压，然后以 500 V/s 速率升压。

5.3.3.4 本试验作为其他试验的后续试验用来验证电线绝缘的完整性时，按以上规定并要作如下改变：

- 浸入溶液的时间为 10 min；
- 在导体和溶液之间施加 1 kV (均方根值) 电压 1 min；
- 不需要升压。

5.3.4 绝缘体积电阻率

5.3.4.1 准备一个 5 m 长试样，从每端去除 25 mm 的绝缘。

5.3.4.2 在一个非导电容器中，盛装约一半温度为 (70 ± 2) 的自来水，用 GB/T 3048.6—1994 规定的直流 500 V 电阻测量装置，允许电压在 100 V 和 500 V 之间。如果有争议，仲裁装置应是直流 500 V 的绝缘电阻测量装置。试样浸入水中 2 h，每端露出液面 250 mm。

5.3.4.3 在导体和溶液之间施加电压 1 min 后测量绝缘电阻值。用下列公式折算绝缘体积电阻率：

$$\rho = 2.725 \frac{L \cdot R}{D \lg d}$$

式中：

- ρ —— 绝缘体积电阻率，单位为欧姆毫米 (Ω mm)；
- L —— 浸入试样长度，单位为毫米 (mm)；
- R —— 测量的绝缘电阻，单位为欧姆 (Ω)；
- D —— 电线外径，按 5.2.5 的规定，单位为毫米 (mm)；
- d —— 导体外径，按 5.2.2 的规定，单位为毫米 (mm)；
- lg —— 是以 10 为底的对数。

5.4 机械物理性能试验

5.4.1 高温压力

5.4.1.1 准备三个试样，每个长 600 mm。

5.4.1.2 采用 GB/T 2951.6-1997 第 8 章规定的试验装置完成该试验，要确保装置平稳。

5.4.1.3 固定试样到支架上使其在刀刃压力下不弯曲。负荷和刀刃等装置应和试样的轴线垂直。不预热放置试样在负荷下,并在表 5 规定的温度下持续 4 h,然后立刻将试样浸入冷水中使其在 10 s 内冷却。对试样施加压力点,按 5.3.3.4 进行耐电压试验。

5.4.2 剥离力

5.4.2.1 从一个 3 m 长电线样品以 1 m 间隔取样。准备三个试样,每个长 100 mm。如图 2 所示,从导体一端干净地剥去 25 mm 长绝缘(AB),然后将试样剪成 75 mm 长(AC),保留剩下的 50 mm 部分(BC)。

单位为毫米

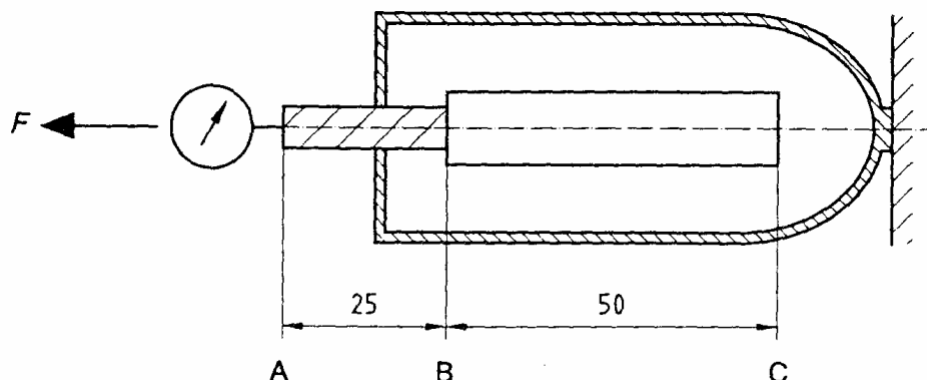


图 2 剥离力试验装置

5.4.2.2 采用如图 2 的试验夹具,金属板的孔径为试样最大导体外径 + 0.1 mm。放置试样到测试夹具上,采用速度为 250 mm/min 的拉伸设备。确保测试夹具和导体之间没有摩擦地拔出试样,记录拉伸力(F)。如果 50 mm 绝缘部分(BC)滑动时变弯曲,则用长度 25 mm(BC)的试样,重复该步骤。

5.5 低温性能试验

5.5.1 低温卷绕

5.5.1.1 准备两个长 600 mm 试样,从每端去除 25 mm 的绝缘。

5.5.1.2 使用符合 GB/T 2951.4—1997 的冷冻箱。试样和芯轴在冷冻箱中放置最少 4 h。

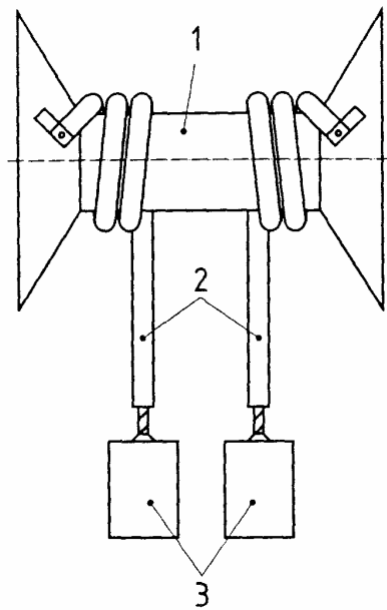
5.5.1.3 可以使用旋转的芯轴,也可以使用固定的芯轴,按下列规定:

—当使用旋转芯轴时,旋转芯轴应符合图 3,将试样固定在芯轴上,自由端加载重物,芯轴直径和重物按表 6 规定,使试样垂直悬挂在芯轴上;

—当使用固定芯轴时则不使用重物,试样由人工绕芯轴卷绕。

在规定温度下,按表 6 规定的卷绕速度和不少于表 6 规定的最少圈数绕芯轴卷绕,要确保试样连续接触地卷绕在芯轴上。

卷绕试验后,室温下进行目视检查,再按 5.3.3.4 进行耐电压试验。



- 1 ——芯轴；
- 2 ——试样；
- 3 ——重物。

图 3 卷绕试验装置

5.5.2 低温冲击

5.5.2.1 准备三个试样，每个长 1.2 m，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.5.2.2 使用 GB/T 2951.4-1997 第 8.5.3 规定的冲击装置，在装置下放一个 40 mm 厚的泡沫橡皮垫。落锤质量应符合表 7 规定，按 4.4.2 的要求设定冷冻箱温度。

5.5.2.3 在试样中部进行冲击试验。试样平行放置于钢底座上，装置和试样一起置于冷冻箱中至少 16 h（如果装置经过预冷，则 4 h 的冷冻时间即足够），尔后将落锤从 100 mm 高下落。冲击试验后，在室温下进行绝缘的目视检查，再按 5.3.3.4 进行耐电压试验。

5.6 耐磨性能试验

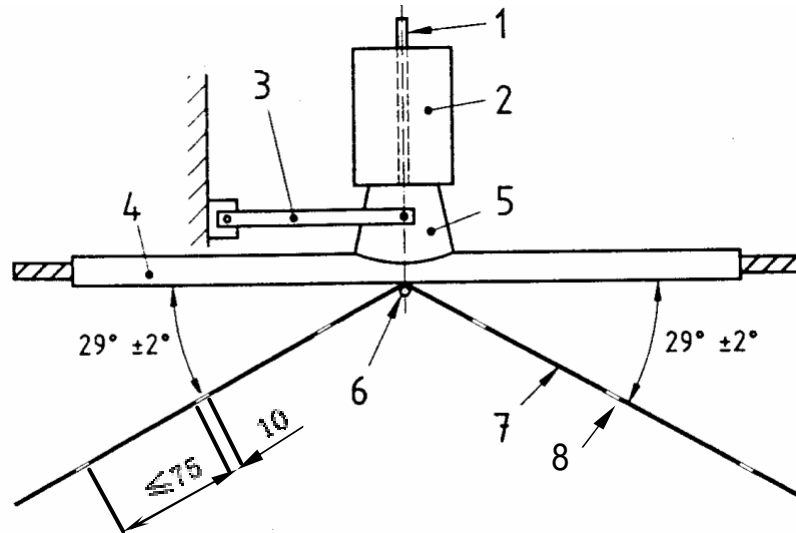
5.6.1 拖磨

5.6.1.1 准备一个 1 m 长试样，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.6.1.2 使用 150 号石榴石砂带。砂带上应分布与侧边垂直的导电条，每个导电条宽度为 10 mm，间距最大 75 mm。利用一个和电线试样弧度合适的托架通过轴臂（见图 4）来维持试样位置始终在砂带未曾使用过的区域。由托架、支撑杆和轴臂施加在试样上的力合计为 $(0.63 \pm 0.05) \text{ N}$ 。施加在试样上的垂直力是托架、轴臂、支撑杆和附加重物力的总和，附加重物见表 8。

5.6.1.3 平放试样，拉紧但不拉伸。使用砂带未用过的区域，托架加上附加重物后压在试样上。以 $(1500 \pm 75) \text{ mm/min}$ 速率在试样下拉动砂带。记录磨坏绝缘直至暴露导体所必要的砂带长度。试样移动 50 mm 并顺时针翻转 90° 。重复这个步骤取得四个读数，其平均值即为耐拖磨值。

单位为毫米



- | | |
|-----------|-----------------------|
| 1 ——支撑杆； | 5 ——托架； |
| 2 ——附加重物； | 6 ——带子支持销，直径为 6.9 mm； |
| 3 ——轴臂； | 7 ——150 号石榴石砂带； |
| 4 ——试样； | 8 ——导电条。 |

图 4 拖磨试验装置

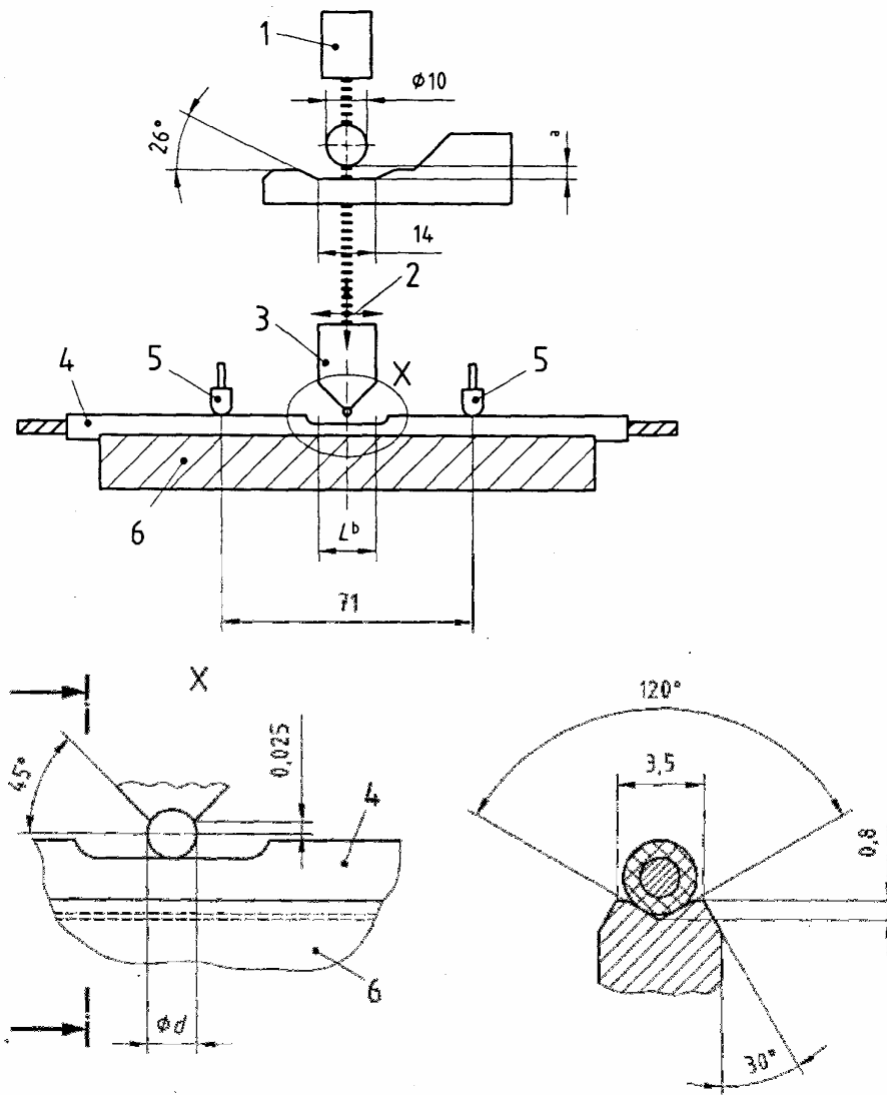
5.6.2 刮磨

5.6.2.1 准备一个 1 m 长试样，从一端去除 25 mm 绝缘。

5.6.2.2 使用一个如图 5 所示耐刮磨试验装置。由一个专门设计的沿试样轴向往复刮磨绝缘表面装置和一个可以记录往复次数的计数器组成。当刮针磨透绝缘接触导体时，设备应自动停止。装置应符合如下要求：

- 刮针直径： (0.45 ± 0.01) mm；
- 刮针类型：材料符合 GB/T 4358 的抛光的弹簧线；
- 频率：往复 (55 ± 5) 次 /min (一个来回移动为一次)；
- 刮针位移： (20 ± 1) mm；
- 刮磨长度： (15.5 ± 1) mm；
- 运动形式：设计细节不应影响试验效果；
- 重物：试样上的垂直力在运动状态下应恒定；
- 试样安放受力：试验过程中试样不应移动。如果需要固定，施加在导体上的张力不应超过 100 N/mm^2 ；
- 装置固定：装置应足够稳定以保证结果不受影响。

5.6.2.3 在试样上施加 (7 ± 0.05) N 的垂直力。在 (23 ± 1) 的温度下测量往复次数，共测四次。每次读数后，试样移动 100 mm 并顺时针翻转 90° ，同时更换刮针。



- 1 ——重物；
 - 2 ——行程；
 - 3 ——针座；
 - 4 ——试样；
 - 5 ——夹具；
 - 6 ——试样台。
- $d = (0.45 \pm 0.01) \text{ mm}$ 。
- a 刮磨间隙。
- b 刮磨长度 $L = (15.5 \pm 1) \text{ mm}$ 。

图 5 刮磨试验装置

5.7 热性能试验

5.7.1 短期老化 (240 h)

5.7.1.1 准备两个试样，每个长度至少 350 mm，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.7.1.2 使用符合表 5 规定温度的烘箱和 (-25 ± 2) 冷冻箱。重物和芯轴按表 6 的规定。

5.7.1.3 试样放置在规定温度的烘箱内 240 h。用试样的导体固定试样，绝缘和支架之间避免任何

接触。试样之间及和烘箱内壁之间相隔至少 20 mm。不同绝缘材料的电线不应同时测试。老化后，从烘箱取出试样并使其在 (23 ± 5) 室温环境中放置至少 16 h。达到室温条件后按 5.5.1 进行 (-25 ± 2) 低温卷绕试验。卷绕试验后，在室温下进行目视检查，再按 5.3.3.4 进行耐电压试验。

5.7.2 长期老化(3 000 h)

5.7.2.1 准备两个试样，每个长度至少 350 mm，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.7.2.2 按表 5 规定的温度进行长期老化试验，重物和芯轴按表 6 规定。

5.7.2.3 按 5.7.1 规定的同样的步骤，作以下改变：

- 老化时间为 3 000 h；
- 在室温下进行卷绕试验（见 5.5.1.3）。

5.7.3 热过载

5.7.3.1 准备两个试样，每个长度至少 350 mm，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.7.3.2 在表 5 规定的温度下进行热过载试验，重物和芯轴按表 6 规定。

5.7.3.3 按 5.7.1 规定的同样的步骤，作以下改变：

- 老化时间为 6 h；
- 在室温下进行卷绕试验（见 5.5.1.3）。

5.7.4 热收缩

5.7.4.1 准备三个试样，每个 100 mm 长。

5.7.4.2 试验前在 (23 ± 5) 下预先精确测量试样绝缘长度。在 (150 ± 3) 烘箱中水平放置试样，使空气可从各个方向自由循环，持续 15 min。冷却到 (23 ± 5) ，再一次测量绝缘长度。

5.8 耐环境和化学品试验

5.8.1 耐液体

5.8.1.1 为每个试验液体各准备一个试样，每个 600 mm 长，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.8.1.2 用 GB/T 2951.1—1997 第 8.3 条的测量装置在试样中部固定一点绕电线圆周每 120° 测量一次电线外径，得到三个数值，计算平均值，确定每个试样的电线外径。

5.8.1.3 用表 9 规定的相应温度的液体填满容器。在不同液体中分别浸入一个经过测量的试样，试样末端露在液面之上，20 h 后，从液体中取出试样，擦干试样表面残留的液体。允许在室温下干燥 30 min。在干燥后 5 min 之内，在原测量点测量电线外径，计算电线外径变化的百分率。

5.8.1.4 使用表 6 规定的重物和芯轴按 5.5.1.3 在室温下进行卷绕试验。可以使用固定的芯轴，也可以使用活动的芯轴。卷绕后，在室温下进行目视检查。按 5.3.3.4 进行耐电压试验。

5.8.2 标志耐久性

5.8.2.1 准备三个试样，每个长 600 mm。

5.8.2.2 使用由两片纯毛毡组成的装置和装有 (50 ± 3) 标准 2 号油(GB/T 1690)的容器。纯毛毡应至少含羊毛 75%，密度为 $0.171 \sim 0.191 \text{ g/cm}^3$ ，尺寸为 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 。

5.8.2.3 试样浸入油中 20 h，使试样末端露在液面之上 50 mm。从油中取出试样，在室温下干燥 30 min。使用毛毡未用过的区域，将试样放置于两片毛毡之间。在毛毡之间施加 $(10 \pm 1) \text{ N}$ 力，抽出试样。试验后目视检查试样。

5.8.3 耐臭氧

5.8.3.1 首选规格为 0.75 mm^2 和 16 mm^2 的电线进行试验。

5.8.3.2 准备三个试样，每个长 300 mm。使用符合 GB/T 2951.5—1997 的臭氧箱，臭氧浓度质量比 $(1 \pm 0.05) \times 10^{-6}$ ，在 (65 ± 3) 下进行。芯轴尺寸见表 10（首选铝芯轴），按表 10 规定的最小圈数卷绕试样，固定好端头。试样在臭氧箱中放置 192 h。从臭氧箱中取出试样，在芯轴上原封不动，在室温环境下，目视检查绝缘应不开裂（因用夹具固定端头造成的损坏可以忽略）。

表 10 耐臭氧

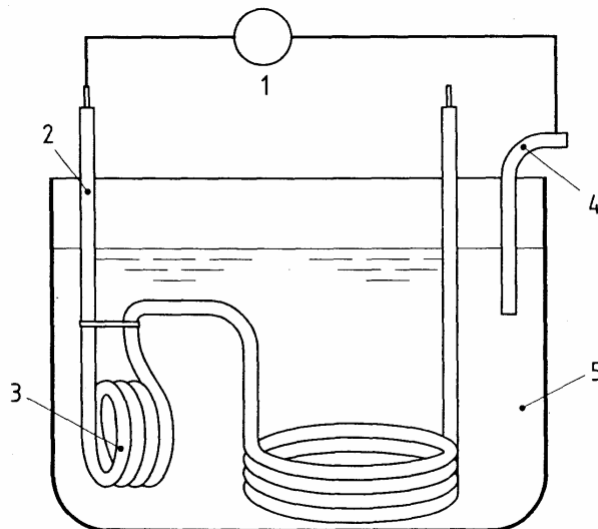
导体标称截面积 mm ²	芯轴直径 mm		最少 卷绕圈数
	薄壁	超薄壁	
0.13	6	6	3
0.22	6	6	3
0.35	6	6	3
0.5	6	6	3
0.75	6	6	3
1	6	6	3
1.5	10	6	3
2	10	6	3
2.5	10	6	3
3	15	—	3
4	15	—	3
5	20	—	3
6	20	—	3
10	30	—	0.5
16	50	—	0.5
25	50	—	0.5

5.8.4 耐热水

5.8.4.1 首选规格为 0.35 mm² 和 2.5 mm² 的电线进行试验。

5.8.4.2 准备两个试样，每个 (2.5 ± 0.1) m 长，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.8.4.3 使用非导电容器，48 V 直流电源，五倍电线外径的芯轴和符合 5.3.4 规定的绝缘电阻测量装置。容器内装有浓度为 10 g/L 的未使用过的盐水溶液，溶液温度为 85 °C。在芯轴上紧密缠绕第一个试样至少三圈并可靠捆扎（如图 6）。试样浸入溶液中，末端伸出溶液之上 250 mm。为避免材料之间相互作用，在同一个溶液中不要用不同绝缘材料的试样。试样一端和电源正极相连。七天后，撤掉电源按 5.3.4.3 规定的方法在盐水溶液温度下测量绝缘体积电阻。



- 1 —— 48 V 直流电源；
- 2 —— 试样；
- 3 —— 紧密缠绕成圈的试样；
- 4 —— 电极；
- 5 —— 非导电容器。

图 6 耐热水试验装置

重复该步骤共进行五个周期的试验。之后，从溶液中取出试样，在室温下进行绝缘的目视检查(为保持卷绕状态而捆绑造成的损坏可以忽略)，再按 5.3.3.4 进行耐电压试验。

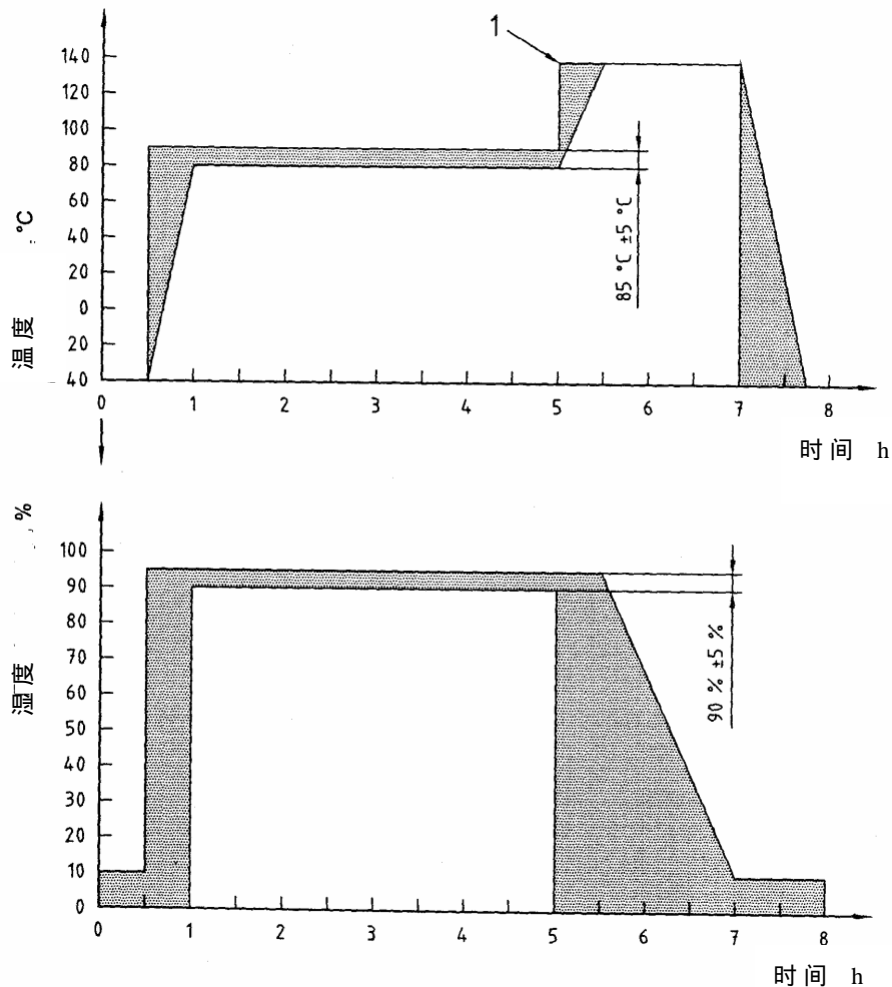
使用第二个试样重复整个试验步骤，但所用 48 V 直流电源应颠倒极性。

5.8.5 交变湿热

5.8.5.1 准备两个试样，每个大约 600 mm 长，从每端去除 25 mm 绝缘。

5.8.5.2 在交变湿热试验箱中进行该试验。交变湿热试验箱应能在 (-40 ± 2) 和表 5 规定的试验温度之间交替变换，应能在 $(5 \pm 5)\%$ 和 $(90 \pm 5)\%$ 之间控制相对湿度。芯轴尺寸见表 6。

5.8.5.3 将试样按表 6 规定的最少圈数缠绕在芯轴上，末端固定。在交变湿热试验箱中，按图 7 所示温度和相对湿度条件进行，一次交变从开始到结束试验箱的温度和相对湿度保持在 (-40 ± 2) 和 $(5 \pm 5)\%$ ，共进行 40 次。试样在芯轴上原封不动，从湿热交变试验箱中取出，在室温下放置大约 30 min。从芯轴展开试样，对绝缘进行目视检查(因用夹具固定端头造成的损坏可以忽略)，再按 5.3.3.4 进行耐电压试验。



1 —— 耐热等级温度。

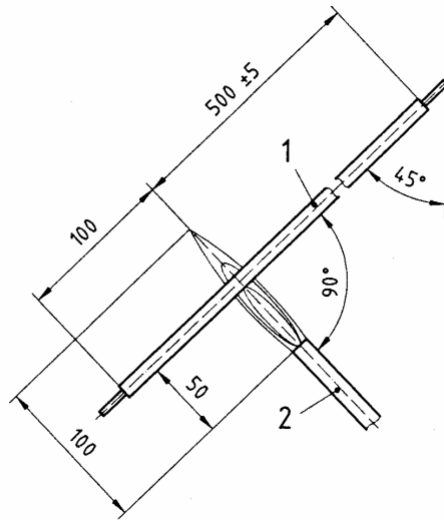
图 7 环境湿热交变试验程序

5.9 抗延燃试验

5.9.1 准备一个试样，长度最少 600 mm。

5.9.2 采用燃烧管内径为 9 mm 的本生灯和适当的气体，火焰高为 100 mm，内部蓝色的火焰锥长度为 50 mm。

5.9.3 将试样倾斜悬挂在燃烧室内，火焰锥顶端对准试样，如图 8 所示。在距电线上端 (500 ± 5) mm 处施加火焰。对于标称截面积不大于 2.5 mm^2 的电线，火焰加在电线上 15 s 后可以撤除；对于标称截面积大于 2.5 mm^2 的电线，火焰加在电线上 30 s 后可以撤除。如果未到规定时间已经看见导体，即可以撤除火焰。记录电线继续燃烧直到自熄的时间和试样上端剩余的绝缘长度。



- 1 ——试样；
- 2 ——本生灯。

图 8 抗延燃试验装置

6 检验规则

6.1 总则

6.1.1 电线的检验分为过程检验、出厂检验和型式检验。除过程检验进行全检外，其它检验均应抽样进行，检验项目见表 11。

6.2 过程检验

6.2.1 过程检验在生产线上连续进行。

6.2.2 绝缘缺陷检查，交货产品击穿记数应为零。

6.2.3 电线外径最大值应不大于表 2 规定。

6.3 出厂检验

应成批进行出厂检验，每个检验批可以由一个或几个生产批组成。不同生产批的材料、工艺和设备等应基本相同。几个生产批的时间间隔通常不超过一周。

出厂检验的抽样数量和方案按 GB/T 2828 的规定。

6.4 型式检验

6.4.1 型式检验原则是一旦进行这些试验后，不必重复进行。如果改变电线的材料或工艺会影响其性能时，则必须重复进行。

6.4.2 除表 11 脚注 b 标示的项目外均应定期进行型式检验，定期检验的周期由供需双方协商决定，如顾客没有要求，应每年至少进行一次。

6.4.3 型式检验应在同一批成品电线中随机抽样进行，抽样数量为一个最小包装单元。所有试验应在同一件样品中取样，试样数量和取样方法见具体试验的规定。

6.4.4 型式检验项目不合格应停止生产，分析原因，直到提交出合格的样品。

表 11 试验项目

序号	检验项目	要求	试验方法	检验分类		
				过程	出厂	型式
1	结构	4.1	5.2			
1.1	导体单丝根数	4.1.1.3	5.2.1			

1.2	导体外径 ^a	4.1.1.4	5.2.2			
1.3	绝缘厚度	4.1.2.3	5.2.3			
1.4	颜色、外观	4.1.2.4	5.2.4			
1.5	电线外径	4.1.2.5	5.2.5			
2	电性能	4.2	5.3			
2.1	导体直流电阻	4.2.1	5.3.1			
2.2	绝缘缺陷	4.2.2	5.3.2			
2.3	耐电压	4.2.3	5.3.3			
2.4	绝缘体积电阻率 ^a	4.2.4	5.3.4			
3	物理机械性能	4.3	5.4			
3.1	高温压力试验	4.3.1	5.4.1			
3.2	剥离力 ^a	4.3.2	5.4.2			
4	低温性能	4.4	5.5			
4.1	低温卷绕	4.4.1	5.5.1			
4.2	低温冲击 ^a	4.4.2	5.5.2			
5	耐磨性能	4.5	5.6			
5.1	拖磨	4.5.1	5.6.1			
5.2	刮磨	4.5.2	5.6.2			
6	热性能	4.6	5.7			
6.1	短期老化, 240 h	4.6.1	5.7.1			
6.2	长期老化, 3000 h ^b	4.6.2	5.17.2			
6.3	热过载 ^a	4.6.3	5.7.3			
6.4	热收缩	4.6.4	5.7.4			
7	耐环境和化学品性能	4.7	5.8			
7.1	耐液体 ^c	4.7.1	5.8.1			
7.2	电线标志耐久性 ^{a b}	4.7.2	5.8.2			
7.3	耐臭氧 ^{a b}	4.7.3	5.8.3			
7.4	耐热水 ^{a b}	4.7.4	5.8.4			
7.5	交变湿热 ^{a b}	4.7.5	5.8.5			
8	抗延燃性能	4.8	5.9			
a 只有在需要时经供需双方协商后才进行。						
b 只在首次提交时进行。						
c 汽油、柴油和机油是必作试验,其他液体只有在需要时经供需双方协商后才进行。						

7 标志、标签和包装

7.1 标志和标签

根据用户要求,标志可以印在电线表面上和产品包装上和/或单独的标签上。标志内容可以包括本标准号、产品名称、型号、规格、制造厂名称(或缩写)、制造日期等及其相应的条码。标志应清晰。

7.2 包装与交付

7.2.1 电线允许以一定的长度用桶或双方同意的其他形式供货。无论采用何种形式,电线引出应顺畅。

7.2.2 电线盛装数量由供需双方协商确定。

7.2.3 长度误差应不超过 $\pm 1\%$ 。

附录 A

(资料性附录)

导体单丝根数和直径

表 A.1 导体单丝根数和直径

标称 截面积 mm ²	根数	最大 单丝 直径 mm	根数	最大 单丝 直径 mm	根数	最大 单丝 直径 mm	根数	最大 单丝 直径 mm	根数	最大 单丝 直径 mm
0.13	—	—	7	0.16	—	—	—	—	—	—
0.22	—	—	7	0.21	—	—	—	—	—	—
0.35	12	0.21	7	0.27	19	0.17	—	—	—	—
0.50	16	0.21	7	0.32	19	0.19	—	—	—	—
0.75	24	0.21	7	0.40	19	0.24	37	0.17	—	—
1	32	0.21	7	0.45	19	0.27	37	0.20	26	0.23
1.5	30	0.26	7	0.54	19	0.33	37	0.24	41	0.22
2	65	0.20	—	—	19	0.38	37	0.26	—	—
2.5	50	0.26	—	—	19	0.41	37	0.28	—	—
3	65	0.26	—	—	19	0.47	37	0.34	—	—
4	56	0.31	—	—	19	0.53	37	0.38	—	—
5	70	0.31	—	—	19	0.60	37	0.43	65	0.32
6	84	0.31	—	—	—	—	37	0.45	—	—
10	80	0.41	—	—	—	—	63	0.46	—	—
16	126	0.41	—	—	—	—	105	0.46	—	—
25	196	0.41	—	—	—	—	154	0.46	361	0.30

注：以上绞合导体结构并非作为首选。如能满足 4.1 的要求和经供需双方协商可以使用其它绞合结构。

附录 B
(资料性附录)
刮磨性能要求

表 B.1 刮磨往复次数参考值

导体标称截面积 mm ²	最少刮磨往复次数	
	薄壁	超薄壁
0.13	—	—
0.22	200	—
0.35	200	—
0.5	300	—
0.75	350	—
1	500	—
1.5	1500	—
2	1500	—
2.5	1500	—
3	1500	—
4	1500	—
5	1500	—
6	1500	—

注：以上数据只适用于 PVC 绝缘电线。