

ICS 83.140.10
CCS G33

团体标准

T/SHPTA 163—2026

线缆用聚酰亚胺复合薄膜

Polyimide composite films for wires and cables

2026 -03-19发布

2026 -04-19 实施

上海市塑料工程技术学会 发布

目 录

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 分类和命名	3
5 一般要求	3
6 尺寸	4
7 性能	5
8 试验方法	6
9 检验规则	9
10 包装、标志、运输和贮存	10

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。

本文件由上海市塑料工程技术学会提出。

本文件由上海市塑料工程技术学会标准化委员会归口。

本文件起草单位:河南碳真芯材科技有限公司、中石油(上海)新材料研究院有限公司、诺迅(江苏)线缆科技有限公司、哈尔滨工业大学、安徽埃克森科技集团有限公司。

本文件主要起草人:曹文鑫、陶若渊、沈国春、朱嘉琦、毕建金、刘英淇、杨继明、王卓超。

线缆用聚酰亚胺复合薄膜

1 范围

本文件规定了线缆用聚酰亚胺复合薄膜的术语和定义、分类和命名、技术要求、检验规则和试验方法和包装、标志、运输和贮存。

本文件适用于线缆使用的涂覆可热封的聚四氟乙烯 (PTFE) 或聚全氟乙丙烯 (FEP) 涂层的聚酰亚胺复合薄膜, 线缆产品主要应用领域包括航空航天及其它领域。

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 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分: 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法 (GB/T 1033.1—2008, ISO 1183-1:2004, IDT)

GB/T 1034-2008 塑料吸水性的测定 (ISO 62: 2008, IDT)

GB/T 1040.1-2025 塑料拉伸性能的测定 第1部分: 总则 (ISO 527-3: 2019, IDT)

GB/T 1040.3-2006 塑料拉伸性能的测定 第3部分: 薄膜和薄片的试验条件 (ISO 527-3: 2019, IDT)

GB/T 1408.1—2016 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分: 工频下试验 (IEC 60243-1: 2013, IDT)

GB/T 2900.5-2013 电工术语 绝缘固体、液体和气体 (IEC 60050-212: 2010, IDT)

GB/T 6672 塑料薄膜和薄片厚度测定机械测量法 (GB/T 6672—2001, idt ISO 4593: 1993)

GB/T 6673 塑料薄膜和薄片长度和宽度的测定 (GB/T 6673—2001, idt ISO 4592: 1992)

GB/T 29249-2012 电子称量式烘干法水分测定仪

GB/T 31838.2-2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第2部分: 电阻特性 (DC方法) 体积电阻和体积电阻率

GB/T 31838.6-2021 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第6部分: 介电特性 (AC方法) 相对介电常数和介质损耗因数 (频率0.1Hz~10MHz)

3 术语和定义

GB/T 2900.5 GB 1040.1-2025界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 热封强度 Heat Seal Strength

热封强度又称热熔接强度, 是指在一定的热封条件下, 热封材料能够承受的最大拉力, 也可以说是材料在被封合的过程中能够抵抗剪切力的能力。**

3.2 可热封涂层 Heat-Sealable Coating

可热封涂层是一种应用于材料表面的功能性涂层，通过加热加压可实现材料间的粘合，形成密封效果。其核心特性是在特定温度下激活粘性，冷却后形成牢固的密封层。

3.3 涂层剥离强度 Coating Peel Strength

涂层剥离强度是指涂层材料从基材表面剥离时所需的单位宽度上的力，通常用于评估涂层与基材之间的结合性能。

3.4 密度 Density

密度是物质单位体积所拥有的质量，常用 ρ 表示。

4 分类和命名

4.1 分类

线缆用聚酰亚胺复合薄膜分为下列型号：

PI/FEP；

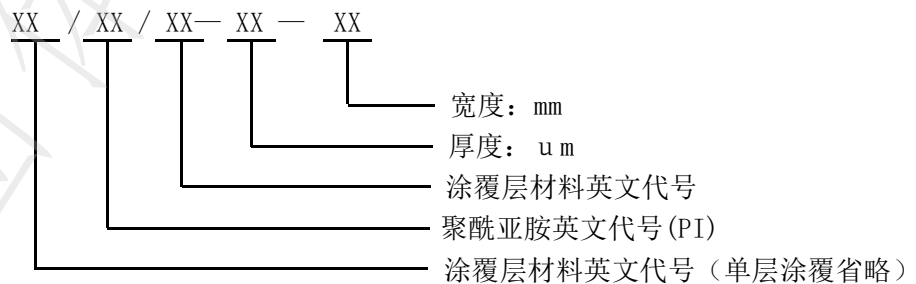
FEP/PI/FEP；

PI/PTFE；

PTFE/PI/PTFE。

4.2 命名

线缆用聚酰亚胺复合薄膜型号和规格按以下规则：



例如：38 um厚度90mm宽的单面涂覆聚全氟乙丙烯 (FEP) 复合薄膜型号为：PI/FEP-38-90

30 um厚度13mm宽的双面涂覆聚四氟乙烯 (PTFE) 复合薄膜型号为：PTFE/PI/PTFE-30-13。

5 一般要求

5.1 外观

线缆用聚酰亚胺复合薄膜应成卷供应，薄膜表面应平整，光滑、色泽均匀、不应有折皱、颗粒、气泡、孔洞和外来杂质缺陷，边缘整齐无破损。

5.2 膜卷

膜卷的外径由供需双方协商，膜卷应为圆柱形，膜卷应紧密的卷绕在管芯上，以防在运输和使用中脱筒。

膜卷应容易开卷，不应有不利于开卷和使用的厚边，膜卷的端面应平整且垂直于管芯，端面的任何一处不应超出其主平面 $\pm 2\text{mm}$ 。

5.3 接头

每卷膜不应有接头。

5.4 管芯

薄膜应卷在圆形管芯上，管芯在卷绕拉伸下应不掉屑，坍塌或歪扭，也不应有损坏薄膜或使其性能降低。管芯优选内径为76mm，管芯可以伸出膜卷端部或者与端部平齐。管芯所有性能和尺寸及其偏差可由供需双方协定。

6 尺寸

6.1 厚度

线缆用聚酰亚胺复合薄膜厚度应符合表1的规定。

表1 线缆用聚酰亚胺复合薄膜厚度要求

序号	薄膜型号	标称厚度 u m	厚度公差 %	结构 ^a u m
1	PI/FEP	38	± 10	25.4PI/12.7FEP
2	PI/FEP	50	± 10	25.4PI/25.4FEP
3	PI/FEP	63	± 10	51PI/12.7FEP
4	PI/FEP	75	± 10	51PI/25.4FEP
5	FEP/PI/FEP	30	± 10	2.54FEP/25.4PI/2.54FEP
6	FEP/PI/FEP	50	± 10	12.7FEP/25.4PI/12.7FEP
7	FEP/PI/FEP	75	± 10	12.7FEP/51PI/12.7FEP
8	PI/PTFE	30	± 10	12.7PTFE/25.4PI
9	PTFE/PI/PTFE	30	± 10	11.4PTFE/16.5PI/2.54PTFE
10	PTFE/PI/PTFE	50	± 10	12.7PTFE/25.4PI/12.7PTFE

注a: 结构中材料厚度仅作为参考值, 不作为具体技术要求, 生产可根据实际工艺情况调整。

6.2 宽度

未分切的复合薄膜的宽度应在90mm~130mm范围内，可根据客户需求进行分切，分切后的复合薄膜宽度其允许偏差应符合表2的规定。

表2 线缆用聚酰亚胺复合薄膜宽度允许偏差

单位：mm

序号	薄膜宽度范围	允许偏差
1	10.0及以下	±0.10
2	大于10.00或等于22.20	±0.18
3	大于22.20至25.40	±0.38
4	大于25.40至101.60	±0.76
5	大于101.60	±1.52

6.3 长度

复合薄膜长度不低于1000m或由供需双方协商。

7 性能

7.1 密度

聚酰亚胺复合薄膜的密度应符合表3的规定。

7.2 拉伸强度

聚酰亚胺复合薄膜的拉伸强度应符合表3的规定。

7.3 断裂伸长率

聚酰亚胺复合薄膜的断裂伸长率应符合表3的规定。

7.4 拉伸模量

聚酰亚胺复合薄膜的拉伸模量应符合表3的规定。

7.5 介电强度

聚酰亚胺复合薄膜的介电强度应符合表3的规定。

7.6 潮气含量

聚酰亚胺复合薄膜的潮气含量应符合表3的规定。

7.7 热封强度

涂覆聚四氟乙烯的聚酰亚胺复合薄膜经受热封温度：350℃±5℃，热封压力：0.12MPa~0.15MPa，热封时间：设为20s±2s后，热封强度不小于500g/cm。

7.8 体积电阻率

聚酰亚胺复合薄膜的体积电阻率应不小于 $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

7.9 相对介电常数（1kHz）

涂覆聚四氟乙烯（PTFE）的聚酰亚胺复合薄膜的时相对介电常数应不大于 3.0 ± 0.15 。

7.10 介质损耗因数（1kHz）

涂覆聚四氟乙烯（PTFE）的聚酰亚胺复合薄膜的1kHz时介质损耗因数应不大于0.01。

表3 线缆用聚酰亚胺复合薄膜性能要求

薄膜型号	密度 ^b g/cm ³	拉伸强度 (平均值) MPa	断裂伸长率 (平均值) %	拉伸模量 (平均值) GPa	介电强度 (平均值) kV/mm	潮气含量 %	热封强度 350℃ ^c g/cm
PI/FEP-38	-	≥162	≥70	≥2.28	≥197	≤2	-
PI/FEP-50	-	≥76	≥40	≥2.07	≥118	≤2	-
PI/FEP-63	-	≥103	≥40	≥2.07	≥98	≤2	-
PI/FEP-75	-	≥69	≥40	≥2.07	≥98	≤2	-
FEP/PI/FEP-30	1.79±0.10	≥162	≥70	≥2.28	≥197	≤2	-
FEP/PI/FEP-50	-	≥76	≥40	≥2.07	≥118	≤2	-
FEP/PI/FEP-75	-	≥69	≥40	≥2.07	≥98	≤2	-
PI/PTFE-30	-	≥80	≥40	≥2.07	≥120	≤1	≥500
PTFE/PI/PTFE-30	1.78±0.10	≥138	≥40	≥2.76	≥157	≤1	≥500
PTFE/PI/PTFE-50	1.81±0.10	≥131	≥40	≥2.41	≥157	≤1	≥500

注b: 密度指标标记-表示待确定或由供需双方共同协商确定;
c: 标记-为不考核或由供需双方共同协商确定。

8 试验方法

8.1 外观

从复合薄膜外端去除一圈后沿着长度方向取 (1.0 ± 0.1) m长试样，在自然光线下目测应平整、光滑、色泽均匀，表面不应有折痕、裂纹、孔洞、异物、机械损伤以及其他影响使用的表面缺陷。

8.2 厚度

按GB/T 6672的规定进行。采用单层测量法。

测量仪器：用立式光学计或其他合适的测厚仪测量。采用直径为2mm的平面测帽或曲率半径为25mm~50mm的球面测帽。测量压力为0.5N~1N。精度不低于 $1 \mu\text{m}$ ；

对未分切的复合薄膜，沿样品宽度方向切取3条约100mm宽的薄膜(当膜卷宽度小于400 mm时，可适当多取几条)，试样不应有皱折或其他缺陷。按GB/T 6672的规定，用合适的平面或球面测帽的测厚仪，测量试样的厚度。在试样上等距离共测量9点，试样宽不小于300mm，沿试样长方向两测量点间不少于50mm。对未切边的卷，测量点应离薄膜边缘50mm；

对已分切的薄膜，测量点可选择薄膜宽度中心线的厚度，测试点不少于5处，每两个测试点间距不小于100mm。

判定：复合薄膜厚度测量值应符合表1的规定。

8.3 宽度

按GB/T 6673的规定进行。

取1m长样品作为测试试样，使薄膜处于放松状态1h后，沿纵向等距离测定宽度5次。

判定：符合薄膜的宽度测量值应符合表2的规定。

8.4 长度

按GB/T 6673的规定进行。

8.5 密度

按GB/T 1033.1-2008 的规定进行。控制测试环境温度在 $23^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内。

切取质量大于1g的样品5个，位置间隔大于200mm。在空气中称量用金属丝悬挂的试样质量，精确到0.1 mg。用滴有3-4滴润湿剂的绸布轻轻擦拭试样表面，赶走表面气泡。将金属丝悬挂的试样浸入浸渍液中，读取天平质量，精确到0.1mg。按照GB/T 1033.1-2008 的公式计算密度的平均值。

判定：密度的平均值应符合表3的规定。

8.6 拉伸强度、拉伸模量和断裂伸长率

按照GB/T 1040.3-2006的规定进行。

从不同母卷或母卷左右中不同位置取3组样品，每组取5个试样，且试样长度方向与薄膜长度方向一致。试样长度要至少比夹具间隔长出50mm，宽度 $10\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$ 。标准标距为100mm，测试拉伸速率为 $(100\pm 10)\text{mm}/\text{min}$ ，测试并记录拉伸强度、拉伸模量和断裂伸长率，计算拉伸强度、拉伸模量和断裂伸长率的平均值。

判定：拉伸强度、拉伸模量和断裂伸长率的平均值应符合表3的规定。

8.7 介电强度

按照GB/T 1408.1-2006 的规定进行。

从不同母卷或母卷左右中不同位置取3组样品，每组取5个试样，按以下规则：

- (1) 产品宽度大于或等于30 mm，截取边长30mm×30 mm的正方形试样；
- (2) 产品宽度小于30 mm，从母卷截取边长30mm×30 mm的正方形试样；

测试时采用直径为 $(25\pm 1)\text{mm}$ 的竖直平行电极。试验在空气中进行，升压速度为500 V/s。取5个试样的平均值为试验结果。介电强度按照公式(1)计算。

$$E = \frac{U}{d} \quad (1)$$

式中:

U——直流击穿电压, kV;

d——试样厚度, mm;

E——介电强度, kV/mm

判定: 介电强度的平均值应符合表3的规定。

8.8 潮气含量

8.8.1 吸水率

按GB/T 1034-2008的规定进行。

从宽度大于10cm的母卷上裁取5块测试样品, 每块大小10 cm×10cm, 位置间隔大于200mm。将5块测试膜放入50℃烘箱内干燥24h, 然后在干燥器内冷却至室温并称量每个样品, 精确至0.1mg。重复本步骤至试样的质量变化在±0.1mg以内。将已经称重的测试膜完全浸入盛有沸腾蒸馏水的容器中, 保证每个试样用水量不低于300ml, 试样与容器之间不能有面接触。浸泡30min后取出, 放入室温蒸馏水中冷却15min。取出后用滤纸擦去表面水, 再次称量每个试样质量, 精确至0.1mg。根据试样前后质量变化计算吸水率平均值。

8.8.2 含水率

按GB/T 29249-2012的规定进行。

从宽度大于10cm的母卷上裁取5块测试样品, 每块大小10 cm×10 cm, 位置间隔大于200mm。通过加热的形式将样品的水分快速蒸发, 通过软件自动计算样品烘干前后的质量差与样品初始质量的比值, 用百分数%表示。记录每个试样的含水率并计算平均值。

判定: 含水率的平均值应符合表3的规定。

8.9 热封强度

按附录A的规定进行。

8.10 体积电阻率

按GB/T 31838.2-2019的规定进行。

从母卷上裁取5块作为测试样品, 每块大小75mm×75mm。测试并计算体积电阻率的平均值。

判定: 体积电阻率的平均值应符合表3的规定。

8.11 相对介电常数和介质损耗因数

按GB/T 31838.6-2021的规定进行测试。

在母卷上取5块样品，每块大小10cm×10cm，位置间隔大于200mm。裁剪5张大小为20mm×20mm的正方形试样，采用离子溅射仪在试样上下表面喷上一层导电层，靶材为金或铂，喷涂面积一般通过夹具控制，默认为直径10mm的圆形。将带附着导电层的试样放入阻抗分析仪测量夹具中，测试条件：AC 2V，频率100Hz-10⁶Hz，测量样本1kHz下的电容和介质损耗因数，取5个样品的平均值为试验结果。

相对介电常数用 ϵ_r 来表示，采用公式 (2) 来计算 ϵ_r ：

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{Cd}{\epsilon_0 S} \quad (2)$$

式中 ϵ 为绝对介电常数， ϵ_0 为真空介电常数；

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m；

S ——样品有效面积，mm²；

d ——样品厚度， μm ；

C ——被测样品在 1kHz 的电容值，pF。

判定：相对介电常数和介质损耗因素应符合7.9和7.10的规定。

9 检验规则

9.1 总则

复合薄膜应进行抽样检验(S)和型式检验(T)。检验项目见表4。

9.2 抽样检验

产品批量供应时，检验抽样数量是供货数量的20%，当每个型号卷数小于5盘，至少抽取1盘进行抽样检验。

9.3 型式试验

型式试验每一年至少进行一次，当原材料变更或工艺条件改变时，也应进行型式试验。

9.4 合格判定

抽样检验当试验结果中任何一项不符合技术要求时，应该针对不合格项翻倍抽取，如仍发现不合格项，针对该项目100%检验，将不合格产品剔除，合格品可交付。

9.5 检验报告

制造方向使用方提供检验报告。

表4 线缆用聚酰亚胺复合薄膜的试验要求

序号	项目名称	技术要求	试验类型	试验方法
1		5		
1.1	外观	5.1	S, T	8.1
1.2	膜卷	5.2	S, T	目力检查
1.3	接头	5.3	S, T	目力检查
1.4	管芯	5.4	S, T	目力检查和卡尺测量
2		6		
2.1	厚度	6.1	S, T	8.2
2.2	宽度	6.2	S, T	8.3
2.3	长度	6.3	S, T	8.4
3		7		
3.1	密度	7.1	S, T	8.5
3.2	拉伸强度	7.2	S, T	8.6
3.3	断裂伸长率	7.3	S, T	8.6
3.4	拉伸模量	7.4	S, T	8.6
3.5	介电强度	7.5	T	8.7
3.6	潮气含量	7.6	T	8.8
3.7	热封强度	7.7	T	8.9
3.8	体积电阻率	7.8	T	8.10
3.9	相对介电常数 (1kHz)	7.9	T	8.11
3.10	介质损耗因数 (1kHz)	7.10	T	8.11

10 包装、标志、运输和贮存

10.1 包装

薄膜卷要用防潮纸或塑料薄膜包裹，外层套装塑料袋；并架空支撑放置于包装箱中，使薄膜在通常的贮存和运输条件下得到充分保护而不受损坏和变质。包装内应附有产品合格证明。

10.2 标志

每箱薄膜应有明显而牢固的标志，标志内容至少包括：

- 1) 产品标准号；
- 2) 产品名称、型号、批号；
- 3) 厚度、宽度；
- 4) 毛重和净重；
- 5) 制造厂商名称和出厂日期；

6) 防潮、防雨淋和小心轻放、方向等图样。

10.3 运输

产品在运输中因避免淋雨、受潮和机械损伤。

10.4 贮存

薄膜应贮存在干燥而洁净的室内，不应靠近火源、暖气或受日光直射。

薄膜贮存温度为 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为10%~65%。

产品的贮存期限为2年，超过贮存期进行型式试验，合格者仍可使用。

附录A 聚四氟乙烯复合薄膜热封强度测试方法 (规范性附录)

A.1 样品准备

从薄膜母卷的不同部位分别任取样品。试样宽度一般为15mm，长度为150mm，每组准备10条试样，共需准备6组，确保样品尺寸、形状和厚度一致，且表面清洁无损伤，保证样品具有一致性和代表性。

A.2 设备

热封设备需具备精确控制温度、压力和时间的功能，如HST-01A热封试验仪。热封试验仪通常包含热封装置和拉伸试验机两部分。

A.3 测试程序

放置样品：将准备好的试样平整放置在热封设备中，不能有皱褶。叠放时薄膜正反方向一致。

进行热封：待上下热封头的温度均达到设定值后，踩动脚踏开关，按照设定的温度 $350^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、压力一般可设置为 $0.12\text{MPa} \sim 0.15\text{MPa}$ 和时间参数 $20\text{s} \pm 2\text{s}$ 对样品进行热封，热封过程中密切关注设备运行状态，保证参数稳定。

检查热封效果：热封结束后，先对热封接合处进行观察和初步检查，查看其是否平整、均匀，有无气泡、漏封或热封线断裂等状况，必要时可借助放大镜或显微镜进一步观察微观结构。

采用拉伸试验测定热封部位强度，拉伸方向与热封方向垂直。设置好试样宽度、试验速度等参数，试验速度一般为 $(100 \pm 10)\text{mm/min}$ ，启动试验机进行拉伸试验。设备实时显示力值，在试样断裂时自动记录最大力值，此最大力值就是热封强度。每个试样都要独立测定强度并记录数据。若试样断在夹具内，则该试样作废，需另取试样补做。详细记录试验条件（如热封温度、压力、时间等）、样品信息、观察结果以及各项测试数据。完成试验后，计算所有试样热封强度的平均值。

A.4 结果判定

热封强度的平均值应符合表3的规定。

。

。

。