

# 团体标准

T/CAMET XXXXX—XXXX

## 城市轨道交通 电气用间位芳纶制品 第1部分：绝缘纸

Urban rail transit—Meta-aramid products for electric—Part 1: Insulation papers

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2026年3月27日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布



## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 分类 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 外观 .....	2
5.2 性能 .....	2
6 试验方法 .....	4
6.1 外观检查 .....	4
6.2 厚度测量 .....	4
6.3 定量测量 .....	4
6.4 拉伸强度、断裂伸长率试验 .....	4
6.5 撕裂度试验 .....	4
6.6 边缘撕裂度试验 .....	4
6.7 电气强度试验 .....	5
6.8 热收缩率试验 .....	5
6.9 相对电容率、介质损耗因数试验 .....	5
6.10 体积电阻率试验 .....	5
6.11 对绝缘油的污染性能试验 .....	5
6.12 耐铜蚀性能试验 .....	5
6.13 耐铜催化氧化性能试验 .....	6
6.14 防火性能试验 .....	6
6.15 禁限用物质试验 .....	6
7 检验规则 .....	7
7.1 检验分类 .....	7
7.2 出厂检验 .....	7
7.3 型式检验 .....	7
7.4 检验项目 .....	7
8 标志、包装、运输与贮存 .....	9
8.1 标志、包装 .....	9
8.2 运输 .....	9
8.3 贮存 .....	9
参考文献 .....	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。

本文件是T/CAMET XXXXX《城市轨道交通 电气用间位芳纶制品》的第1部分。T/CAMET XXXXX已经发布了以下部分：

——第1部分：绝缘纸；

——第2部分：绝缘纸板。

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。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会牵引电气设备与系统分技术委员会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：株洲时代新材料科技股份有限公司、株洲时代华先材料科技有限公司、中车株洲电机有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、中车永济电机有限公司、瑞安复合材料（深圳）有限公司。

本文件主要起草人：杨军、王进、丁娉、宋欢、黎勇、李强军、陈红生、刘冠芳、杨清、荣继纲、雷慧玲、梁西川、王有川、乐先建、李晓琳。

# 引 言

本标准的制定是为了助力城市轨道交通装备标准化发展，提高城市轨道交通电机、变压器等电气设备的可靠性和安全性，降低因电气故障导致的停运风险，促进城市轨道交通高质量发展。

间位芳纶制品是城市轨道交通电气设备的一种绝缘制品，常用于电机和变压器中的匝间绝缘、层间绝缘、槽间绝缘等，包括绝缘纸、绝缘纸板和皱纹纸等。绝缘纸是由间位芳纶短切纤维和间位芳纶沉析纤维按照一定比例经抄造后热压制成，其厚度一般小于1 mm。绝缘纸板是由间位芳纶短切纤维和间位芳纶沉析纤维按照一定比例经抄造后多层叠加热压制成，其厚度一般不低于1 mm。皱纹纸是由间位芳纶短切纤维和间位芳纶沉析纤维按照一定比例经抄造后起皱制成。

各种类型的城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘材料产品因其制备工艺、规格以及用途不一样，产品外观、性能上存在较大差异。T/CAMET XXXXX《城市轨道交通 电气用间位芳纶制品》旨在规定各种城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘产品的外观、性能及试验要求，给出产品的分类信息，为其设计、制造和检验提供依据。该标准拟由以下部分构成：

- 第1部分：绝缘纸，目的在于规定城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。
- 第2部分：绝缘纸板，目的在于规定城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸板的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。
- 第3部分：皱纹纸，目的在于规定城市轨道交通电气用间位芳纶皱纹纸的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。



# 城市轨道交通 电气用间位芳纶制品 第1部分：绝缘纸

## 1 范围

本文件规定了电气用间位芳纶绝缘纸的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸的设计、制造和检验，其他领域电气用间位芳纶绝缘纸可参照本文件执行。

## 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 451.2 纸和纸板 第2部分：定量的测定
- GB/T 451.3 纸和纸板厚度的测定
- GB/T 455 纸和纸板撕裂度的测定
- GB/T 507 绝缘油 击穿电压测定法
- GB/T 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验
- GB/T 1409 测量电气绝缘材料在工频、音频、高频（包括米波波长在内）下电容率和介质损耗因数的推荐方法
- GB/T 5591.2—2017 电气绝缘用柔软复合材料 第2部分：试验方法
- GB/T 5654 液体绝缘材料 相对电容率、介质损耗因数和直流电阻率的测量
- GB/T 11026.4 电气绝缘材料 耐热性 第4部分：老化烘箱 单室烘箱
- GB/T 11026.5 电气绝缘材料 耐热性 第5部分：老化烘箱 温度达300℃的精密烘箱
- GB/T 12914 纸和纸板 抗张强度的测定 恒速拉伸法（20 mm/min）
- GB/T 20629.2—2013 电气用非纤维素纸 第2部分：试验方法
- GB/T 31838.2 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 41633.3 绝缘液体 酸值的测定 第3部分：非矿物绝缘油的试验方法
- TB/T 3139—2021 机车车辆非金属材料及室内空气有害物质限量
- EN 45545—2:2020 轨道交通 机车车辆防火 第2部分：材料和部件的防火要求（Railway applications—Fire protection on railway vehicles—Part 2: Requirements for fire behavior of materials and components）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

间位芳纶 meta-aramid fiber

**聚间苯二甲酰间苯二胺**

由酰胺基团相互连接间位苯环所构成的线性大分子。

[来源：GB/T 31889—2015，3.1，有修改]

**3.2****绝缘纸 insulation papers**

<间位芳纶>由间位芳纶短切纤维和间位芳纶沉析纤维按照一定比例经抄造后热压制成，不含胶粘剂和除间位芳纶以外的其他任何纤维的无纺纸。

**4 分类**

绝缘纸主要分为以下两种类型：

—— I 型：可单独作为绝缘材料；

—— II 型：与聚酯膜、聚酰亚胺膜等复合制备柔软复合材料。

**5 技术要求****5.1 外观**

绝缘纸应色泽均匀，表面应光洁平整，不应有外来杂质、油污或其它污染，不应有破损、分层和撕裂等现象。

**5.2 性能**

5.2.1 I 型绝缘纸性能要求应符合表 1 的规定。

表 1 I 型绝缘纸性能要求

序号	项目	标称厚度 μm									
		50	80	130	180	250	300	380	510	760	
1	厚度偏差 %	-5~+25	±10								
2	定量 g/m <sup>2</sup>	35~46	45~75	100~130	150~200	220~280	270~340	350~430	490~600	720~880	
3	拉伸强度 kN/m	纵向	≥3.4	≥6.0	≥11.0	≥18.0	≥27.0	≥30.0	≥37.0	≥55.0	≥79.0
		横向	≥1.5	≥3.0	≥5.5	≥8.5	≥12.0	≥17.0	≥18.0	≥30.0	≥47.0
4	断裂伸长率%	纵向	≥5.0	≥6.0	≥7.0	≥8.0	≥9.0	≥9.0	≥9.0	≥9.0	≥9.0
		横向	≥4.0	≥5.5	≥6.0	≥7.0	≥7.0	≥7.0	≥7.0	≥7.0	≥7.0
5	撕裂度 N	纵向	≥0.60	≥0.80	≥1.50	≥2.50	≥3.50	≥4.00	≥6.00	≥8.00	≥12.00
		横向	≥1.00	≥1.40	≥2.50	≥4.00	≥6.00	≥7.00	≥10.00	≥11.00	≥15.00
6	边缘撕裂度 N	纵向	≥48	≥90	≥150	≥220	≥300	≥340	≥420	≥520	≥620
		横向	≥24	≥30	≥60	≥70	≥100	≥120	≥140	≥200	≥220
7	电气强度 kV/mm	≥15	≥17	≥19	≥21	≥20	≥20	≥19	≥18	≥17	

表1 I型绝缘纸性能要求(续)

序号	项目		标称厚度 $\mu\text{m}$								
			50	80	130	180	250	300	380	510	760
8	热收缩 (300 °C, 40 min) %	纵向	$\leq 4.0$	$\leq 3.5$	$\leq 3.5$	$\leq 3.0$	$\leq 2.5$	$\leq 2.0$		$\leq 1.5$	
		横向	$\leq 3.0$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 2.5$	$\leq 2.0$		$\leq 1.5$	
9	相对电容率(50 Hz, 23 °C $\pm$ 2 °C)		1.2~1.9		1.4~ 2.8	1.5~3.0		1.6~3.2			
10	介质损耗因数(50 Hz, 23 °C $\pm$ 2 °C)		$\leq 0.01$								
11	体积电阻率 (23 °C $\pm$ 2 °C) $\Omega\cdot\text{m}$		$\geq 1.0\times 10^{14}$								
12	对绝缘油的污染性能		由供需双方协商确定								
13	耐铜蚀性能 (300 °C/100 h)		绝缘纸与铜片 接触的尖端部 位,不出现蚀 穿、颜色变黑等 现象				—				
14	耐铜催化氧化性能 (280 °C/800 h)		老化后,拉伸强 度保持率不低 于60%				—				
15	防火性能		不低于 EN 45545-2: 2020 中 R23 的 HL2 等级								
16	禁限用物质		满足 TB/T 3139 第 5 章的要求								

5.2.2 II型绝缘纸性能要求应符合表2的规定。

表2 II型绝缘纸性能要求

序号	项目		标称厚度 $\mu\text{m}$		
			38	50	80
1	厚度偏差 %		$\pm 15$		$\pm 10$
2	定量 $\text{g}/\text{m}^2$		21~30	30~44	52~74
3	拉伸强度 $\text{kN}/\text{m}$	纵向	$\geq 1.4$	$\geq 2.6$	$\geq 5.5$
		横向	$\geq 0.7$	$\geq 1.3$	$\geq 2.5$
4	断裂伸长率 %	纵向	$\geq 3.5$	$\geq 4.5$	$\geq 6.0$
		横向	$\geq 2.5$	$\geq 3.0$	$\geq 4.5$

表2 II型绝缘纸性能要求(续)

序号	项目		标称厚度		
			$\mu\text{m}$		
			38	50	80
5	撕裂度 N	纵向	$\geq 0.35$	$\geq 0.50$	$\geq 0.80$
		横向	$\geq 0.60$	$\geq 0.90$	$\geq 1.40$
6	边缘撕裂度 N	纵向	$\geq 21$	$\geq 34$	$\geq 37$
		横向	$\geq 8$	$\geq 14$	$\geq 14$
7	电气强度 (23 °C ± 2 °C, 空气中) kV/mm		$\geq 12$	$\geq 13$	$\geq 15$
8	热收缩率 (300 °C, 40 min) %	纵向	$\leq 4.5$		
		横向	$\leq 3.5$		
9	相对电容率 (50 Hz, 23 °C ± 2 °C)		1.2~1.9		
10	介质损耗因数 (50 Hz, 23 °C ± 2 °C)		$\leq 0.01$		
11	体积电阻率 (23 °C ± 2 °C) $\Omega \cdot \text{m}$		$\geq 1.0 \times 10^{14}$		
12	防火性能		不低于 EN 45545-2: 2020 中 R23 的 HL2 等级		
13	禁限用物质		满足 TB/T 3139—2021 第 5 章的要求		

## 6 试验方法

### 6.1 外观检查

目视检查色泽、杂质、油污或其他污染及表面平整性。

### 6.2 厚度测量

按GB/T 451.3的规定进行测量。

### 6.3 定量测量

按GB/T 451.2的规定进行测量。

### 6.4 拉伸强度、断裂伸长率试验

按GB/T 12914的规定进行试验。

### 6.5 撕裂度试验

按GB/T 455的规定进行试验。

### 6.6 边缘撕裂度试验

按 GB/T 5591.2—2017 的第 8 章的规定进行试验。

## 6.7 电气强度试验

按 GB/T 1408.1 的规定进行试验。

## 6.8 热收缩率试验

按 GB/T 20629.2—2013 的第 12 章的规定进行试验，试验温度为 300 °C。

## 6.9 相对电容率、介质损耗因数试验

按 GB/T 1409 的规定进行试验。

## 6.10 体积电阻率试验

按 GB/T 31838.2 的规定进行试验。

## 6.11 对绝缘油的污染性能试验

### 6.11.1 试样准备和数量

将绝缘纸裁成表面积约 1 cm<sup>2</sup> 的试样，在 (105±5) °C 干燥箱中干燥处理 16 h。每组试样数量为 3 个。

### 6.11.2 试验步骤

6.11.2.1 在洁净的 1L 玻璃容器中倒入 800 ml 绝缘油，用干净的镊子把干燥后的试样完全浸入绝缘油中，并向绝缘油中持续通入干燥的氮气 10 min，盖紧盖子使容器密封。同时，准备 1 个空白油样，空白油样的试验条件与放有试样的油样一致。绝缘油可选择矿物油、二甲基硅油、合成酯油或天然酯油。

6.11.2.2 将密封的空白油样和放有试样的油样置于老化箱中，在供需双方协商确定的温度下老化 168 h。老化箱应符合 GB/T 11026.4 的要求。

6.11.2.3 老化结束后，将空白油样和放有试样的油样从老化烘箱中取出并冷却至室温。用干净的夹子把绝缘纸从绝缘油中取出，观察放有试样的油样与空白油样的外观，并对两种油样的击穿电压、介质损耗因数、酸值进行测试。

6.11.2.4 目视检查老化后放有试样的油样与空白油样的外观。

6.11.2.5 按 GB/T 41633.3 的规定测定酸值增加量。

6.11.2.6 按 GB/T 5654 的规定测定介质损耗因数增加量。

6.11.2.7 按 GB/T 507 的规定测定击穿电压下降量。

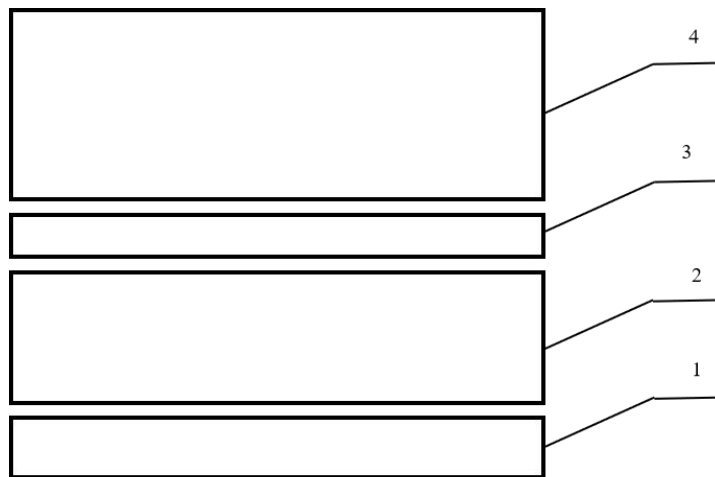
## 6.12 耐铜蚀性能试验

### 6.12.1 试样准备

6.12.1.1 将绝缘纸裁成 80 mm×40 mm 的片材，试样数量为 3 片。

6.12.1.2 准备与试样尺寸相同的铜片（厚度为 80 μm）、铝片（厚度分别为 18 μm、25 μm）各 3 片，其中每片铝片（厚度为 18 μm）在中间位置剪出一个面积相同的三角形缺口。

6.12.1.3 按图 1 所示，依次从下往上进行放置：第一层为铝片（厚度为 25 μm），第二层为绝缘纸，第三层为带有缺口的铝片（厚度为 18 μm），第四层为铜片（厚度为 80 μm）。



标引序号说明：

- 1——铝片（厚度为 25  $\mu\text{m}$ ）
- 2——绝缘纸
- 3——带有缺口的铝片（厚度为 18  $\mu\text{m}$ ）
- 4——铜片（厚度为 80  $\mu\text{m}$ ）

图 1 耐铜蚀试验性能的试样叠放顺序

#### 6.12.2 试验步骤

- 6.12.2.1 将试样放入老化箱中，在 300  $^{\circ}\text{C}$  下处理 100 h。老化箱应符合 GB/T 11026.5 的要求。
- 6.12.2.2 老化试验结束后，从老化箱中取出试样，目视观察绝缘纸与铜直接接触的尖端部位的颜色变化和是否出现蚀穿。

#### 6.13 耐铜催化氧化性能试验

##### 6.13.1 试样准备和数量

试样的制备和数量应符合 GB/T 12914 的规定，试样宽度为  $(15 \pm 0.1)$  mm，长度不小于 20 cm，横向和纵向各取试样数量不少于 20 个。

##### 6.13.2 试验步骤

- 6.13.2.1 按 GB/T 12914 的规定对老化前的试样进行拉伸强度测试，横向和纵向各测试数量不少于 10 个。
- 6.13.2.2 将制备好的试样平铺在两个金属铜片之间，上下压紧，然后置于老化箱中，在 280  $^{\circ}\text{C}$  下处理 800 h。老化箱应符合 GB/T 11026.4 的规定。
- 6.13.2.3 老化试验结束后，取出试样，按 GB/T 12914 的规定对老化后的试样进行拉伸强度测试。计算老化前后的性能保持率。

#### 6.14 防火性能试验

按 EN 45545-2: 2020 的规定进行试验。

#### 6.15 禁限用物质试验

按 TB/T 3139—2021 第 5 章的规定进行试验。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 以一次交货量为一批，若超过 2 t，则以每 2 t 为一批。

7.2.2 每批在随机抽取的三卷中各取全幅宽长若干米组成样品，并在其中一个样品上截取试样进行出厂检验，另两个样品备用。

7.2.3 每批都应进行出厂检验，检验合格后方可出厂，若受检样品有任一项不合格，则应对另外两个备用样品进行检验，检验项目全部合格，则该批产品合格。

### 7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型时；
- b) 产品的结构、工艺或材料有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 关键设备有变更或者大修时；
- d) 出厂检验结果与前次型式检验结果发生不允许的偏差时；
- e) 连续生产每 5 年时；
- f) 转厂生产或停产 6 个月及以上重新生产时。

### 7.4 检验项目

I型绝缘纸检验项目应符合表3的规定。

表 3 I 型绝缘纸检验项目

序号	检验项目	检验分类			技术要求对应的条款	试验方法对应的条款
		出厂检验	型式检验			
			50~80	130~760		
1	外观检查	√	√	√	5.1	6.1
2	厚度测量	√	√	√	5.2.1	6.2
3	定量测量	√	√	√	5.2.1	6.3
4	拉伸强度、断裂伸长率试验	√	√	√	5.2.1	6.4
5	撕裂度试验 <sup>a</sup>	√	√	√	5.2.1	6.5
6	边缘撕裂度试验 <sup>a</sup>	—	√	√	5.2.1	6.6
7	电气强度试验	√	√	√	5.2.1	6.7
8	热收缩率试验	—	√	√	5.2.1	6.8
9	相对电容率、介质损耗因数试验	—	√	√	5.2.1	6.9
10	体积电阻率试验	—	√	√	5.2.1	6.10

表 3 I 型绝缘纸检验项目（续）

序号	检验项目	检验分类			技术要求对应的条款	试验方法对应的条款
		出厂检验	型式检验			
			50~80	130~760		
11	对绝缘油的污染性能试验 <sup>b</sup>	—	√	√	5.2.1	6.11
12	耐铜蚀性能试验	—	√	—	5.2.1	6.12
13	耐铜催化氧化性能试验	—	√	—	5.2.1	6.13
14	防火性能试验 <sup>b</sup>	—	√	√	5.2.1	6.14
15	禁限用物质试验 <sup>b</sup>	—	√	√	5.2.1	6.15

注：“√”表示需检验的项目，“—”表示不需检验的项目。

<sup>a</sup> 由供需双方协商确定的可检验项目。  
<sup>b</sup> 由供需双方协商可只检验一种规格。

II 型绝缘纸检验项目应符合表4的规定。

表 4 II 型绝缘纸检验项目

序号	检验项目	检验分类		技术要求对应的条款	试验方法对应的条款
		出厂检验	型式检验		
1	外观检查	√	√	5.1	6.1
2	厚度测量	√	√	5.2.2	6.2
3	定量测量	√	√	5.2.2	6.3
4	拉伸强度、断裂伸长率试验	√	√	5.2.2	6.4
5	撕裂度试验 <sup>a</sup>	√	√	5.2.2	6.5
6	边缘撕裂度试验 <sup>a</sup>	—	√	5.2.2	6.6
7	电气强度试验	√	√	5.2.2	6.7
8	热收缩率试验	—	√	5.2.2	6.8
9	相对电容率、介质损耗因数试验	—	√	5.2.2	6.9
10	体积电阻率试验	—	√	5.2.2	6.10
11	防火性能试验 <sup>b</sup>	—	√	5.2.2	6.14
12	禁限用物质试验 <sup>b</sup>	—	√	5.2.2	6.15

注：“√”表示必做的检验项目，“—”表示不做的检验项目。

<sup>a</sup> 由供需双方协商确定的检验项目。  
<sup>b</sup> 由供需双方协商可只检验一种规格。

## 8 标志、包装、运输与贮存

### 8.1 标志、包装

#### 8.1.1 产品外包装上应清晰的标有下列信息：

- a) 产品名称、型号规格；
- b) 产品批号；
- c) 重量、幅宽、长度；
- d) 纸卷外径；
- e) 接头信息；
- f) 生产日期；
- g) 生产厂家；
- h) 质保期。

#### 8.1.2 包装应满足：

- a) 内包装采用防潮、避光的塑料密封包装；
- b) 外包装采用纸箱包装，防止在运输、装卸及贮存过程中的碰撞挤压。

### 8.2 运输

运输应满足：

- a) 使用能防雨、防暴晒和洁净的运输工具；
- b) 在搬运过程中，注意轻放，避免碰撞和抛扔；
- c) 不与有污染性的物质共同运输；
- d) 运输时防止机械损伤。

### 8.3 贮存

贮存应满足：

- a) 产品妥善贮存于干燥洁净的室内，不与地面直接接触，防止雨、雪、地面湿气及其他有害物质的影响，避免受潮及阳光直射；
- b) 贮存期自生产日期起为 24 个月，超过期限后，重新进行出厂检验，性能合格可继续使用。

参 考 文 献

- [1] GB/T 31889—2015 间位芳纶短纤维
-