

团 体 标 准

城市轨道交通 电气用间位芳纶制品 第 1 部分：绝缘纸

（征求意见稿）

编制说明

2026-03-27

《城市轨道交通 电气用间位芳纶制品 第1部分：绝缘纸》 (征求意见稿) 编制说明

1 任务来源、协作单位

1.1 任务来源

2026年1月27日，中国城市轨道交通协会下达2026年第一批团体标准制修订计划的通知（中城轨〔2026〕7号），《城市轨道交通 电气用间位芳纶 第1部分：绝缘纸》标准正式立项，计划编号为：2026016—T—13），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（SC13）管理，计划完成时间为2026年12月。

1.2 协作单位

牵头单位：株洲时代新材料科技股份有限公司

参编单位：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。

2 编制工作组简况

2.1 编制工作组及其成员情况

编制单位中，时代新材长期从事芳纶绝缘纸的研发、检验等工作；时代新材控股公司时代华先负责芳纶绝缘纸的生产和销售；株洲所、株洲电机、中车永济为参与起草单位，长期从事电机和变压器的生产制造与应用；参与起草单位瑞安复合材料（深圳）从事芳纶绝缘纸的生产和销售。

本标准起草单位株洲时代新材料科技股份有限公司，在国家工业转型升级强基工程、国家重点研发计划、国家军品配套重大专项、湖南省科技重大专项、湖南省创新型省份建设专项、湖南省揭榜挂帅等十余个项目支持下，历经十余年技术攻关，研制的间位芳纶绝缘材料性能达到国际先进水平，荣获中国中车科学技术奖特等奖，完全具备了在轨道交通领域实现国产化替代的基本条件，已在轨道交通列车牵引电机、变压器实现替代应用。

总体而言，本文件的编制单位参编人员覆盖了城市轨道交通绝缘纸研发设计单位、生产制造、应用单位，组成合理，具备编制本文件的技术能力。

2.2 标准主要起草人及其所做的工作

表1 标准主要起草人及任务分工

序号	单位	姓名	职称	分工
1	株洲时代新材料	杨军	正高级工程师	全面负责本标准编写及协调工作

2	科技股份有限公司	王进	正高级工程师	负责本标准第 1、2、3、5、6、7、8 章节的编写，负责制品的试验验证
3		丁婷	正高级工程师	参与本标准第 1、2、3、5、6、7、8 章节的编写及试验验证
4		荣继纲	正高级工程师	参与本标准第 1、2、3、5、6、7、8 章节的编写及试验验证
5		雷慧玲	高级工程师	负责全文的标准化审核及沟通联络
6	株洲时代华先材料科技有限公司	宋欢	正高级工程师	负责本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写，参与制品的试验验证
7		黎勇	高级工程师	参与本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写及试验验证
8		杨清	高级工程师	参与本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写及试验验证
9	中车株洲电力机车研究所有限公司	李强军	正高级工程师	参与本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写，负责电机、变压器等的应用验证
10		王有川	工程师	参与本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写，负责电机、变压器等的应用验证
11	中车株洲电机有限公司	陈红生	正高级工程师	参与本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写，负责电机、变压器等的应用验证
12		梁西川	高级工程师	参与本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写，负责电机、变压器等的应用验证
13	中车永济电机有限公司	刘冠芳	正高级工程师	参与本标准的第 1、2、3、4、5、6 章节的编写，负责电机的应用验证
14		李晓琳	工程师	参与文本标准化工作
15	瑞安复合材料(深圳)有限公司	乐先建	高级工程师	参与本标准的第 5 章节的编写

3 起草阶段的主要工作内容

3.1 起草阶段

2026 年 2 月 6 日，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（SC13）秘书处组织召开了团体标准项目的编制启动会暨工作组会议，会议采用线下会议和腾讯会议结合形式，参加会议的有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、中车株洲电力机车研究所有限公司、中车株洲电机有限公司、中车永济电机有限公司、瑞安复合材料（深圳）有限公司等 6 家单位 15 位专家代表。会上 SC13 秘书处对团体标准制修订的流程和要求进行了宣贯，株洲时代新材料科技股份有限公司作为主编单位介绍了标准的任务来源、编制的必要性、

适用范围、章节目录、工作组的组成与分工、编制重难点和各阶段工作进度安排等方面的内容。与会专家对标准文本内容均达成了一致意见，并将标准名称改为《城市轨道交通 电气用间位芳纶制品 第1部分：绝缘纸》。

4 标准编制原则及与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

4.1 编制原则

- 1) 标准格式统一、规范，符合GB/T 1.1—2020的要求。
- 2) 符合《中国城市轨道交通协会团体标准管理办法》的要求。
- 3) 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。
- 4) 标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进。
- 5) 标准实施后有利于促进城市轨道交通产品的技术进步，保障运营安全，符合行业发展需求。

4.2 与相关法律法规和强制性情况

本标准符合相关法律法规、政策，无违反强制性标准的内容。

4.3 本标准与其他标准的区别

本标准是在 GB/T 20629.3—2019《电气用非纤维素纸 第3部分：无填充聚芳酰胺纤维纸》和 IEC 60819-3-3: 2011《电工非纤维素纸 第3部分：单项材料规范 第3章：无填充芳纶（聚芳酰胺）纸》的基础上制定。与 GB/T 20629.3—2019 的重要技术差异见表 2，与 IEC 60819-3-3: 2011 的重要技术差异见表 3。

表 2 本标准与 GB/T 20629.3—2019 的重要技术差异

序号	GB/T 20629.3—2019	本标准/本部分	说明
1	1 范围 本文件适用于电气用无填充的间位芳纶绝缘纸	1 范围 本标准适用于城市轨道交通电气用无填充的间位芳纶绝缘纸。	本标准是适用范围更小。
2	无术语与定义。	3 术语与定义 间位芳纶 meta-aramid fiber 由酰胺基团相互连接间位苯环所构成的线性大分子。 间位芳纶绝缘纸 meta-aramid insulating paper 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它任何纤维的绝缘纸。	明确间位芳纶和间位芳纶绝缘纸的定义。
3	3 分类与命名 电气用无填充聚芳酰胺纤维纸分为下列三种型号： 1 型：压光纸，具有较好的绝缘油/漆吸收性好，按照电气	4 分类 城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸主要分为以下两种类型： —— I 型：可单独作为绝缘材料；	城市轨道交通领域对芳纶绝缘纸的需求主要是集中在 I 型和 II 型，且本标准中的 I 型无 A、B 之分，对应的是 GB/T 20629.3-2019 中的 1A 型，同

	<p>强度的高低分为 1A 型和 1B 型，适用于绕包等；</p> <p>2 型：压光纸，用于柔性复合材料等；</p> <p>3 型：非压光纸，具有较高的厚度和较低的表观密度，用于电气绕组相间绝缘与端部绝缘等，要求柔软性、延展性和适应性好。</p>	<p>—— II 型：与聚酯膜、聚酰亚胺膜等复合制备柔软复合材料。</p>	<p>时补充说明两种型号芳纶绝缘的简要用途。</p>																																																																
4	<p>表 1</p> <p>1A 型标称厚度 (μm)： 38、50、65、80、100、130、180、250、300、380、510、580、610、760</p>	<p>表 1</p> <p>I 型标称厚度 (μm)： 50、80、130、180、250、300、380、510、760</p>	<p>GB/T 20629.3—2019 中 1A 型芳纶绝缘纸有 14 种规格，但 38、65、100、580μm 未列出技术要求；本标准只对目前城市轨道交通领域常用的 9 种规格芳纶绝缘纸列出技术要求。</p>																																																																
5	<p>表 1</p> <p>①1A 型厚度 (%)： $\leq 50\mu\text{m}$：± 15；$> 50\mu\text{m}$：± 10</p>	<p>表 1</p> <p>①I 型厚度偏差 (%)： $\leq 50\mu\text{m}$：-5~+25；$> 50\mu\text{m}$：± 10</p>	<p>目前市场上 I 型 50 μm 规格的芳纶纸实际厚度通常在 60 μm 左右，最小厚度一般不会低于 50 μm。比如杜邦公司的 T410 该规格产品的实测厚度 61-63 μm 左右，时代华先 A766 该规格产品的实测厚度 60-62 μm 左右，因此建议在厚度偏差范围整体不变的情况下，根据市场产品实际情况提高厚度上偏差范围。</p>																																																																
6	<p>表 1</p> <p>②1A 型 760μm 的定量 (g/m^2)：680-880</p>	<p>表 1</p> <p>②I 型 760μm 的定量 (g/m^2)：720-880</p>	<p>提高 I 型 760μm 的芳纶纸定量下限，减少产品性能波动的可能性。</p>																																																																
7	<p>表 1</p> <p>③1A 型和 2 型表观密度 (g/cm^3)</p>	<p>本标准无表观密度要求</p>	<p>表观密度是通过样品的定量除以厚度计算出来的，不是通过测量或者试验得出，建议删除</p>																																																																
8	<p>表 1</p> <p>④1A 型拉伸强度：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项目</th> <th>50</th> <th>80</th> <th>130</th> <th>180</th> <th>250</th> <th>300</th> <th>380</th> <th>510</th> <th>760</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4.</td> <td>拉伸强度</td> <td>≥ 2.8</td> <td>≥ 4.7</td> <td>≥ 9.5</td> <td>≥ 16.0</td> <td>≥ 18.0</td> <td>≥ 23.5</td> <td>≥ 28.5</td> <td>≥ 40.0</td> <td>≥ 54.0</td> </tr> <tr> <td>模量</td> <td>≥ 1.4</td> <td>≥ 2.2</td> <td>≥ 5.0</td> <td>≥ 7.0</td> <td>≥ 9.0</td> <td>≥ 11.8</td> <td>≥ 14.5</td> <td>≥ 19.5</td> <td>≥ 27.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项目	50	80	130	180	250	300	380	510	760	4.	拉伸强度	≥ 2.8	≥ 4.7	≥ 9.5	≥ 16.0	≥ 18.0	≥ 23.5	≥ 28.5	≥ 40.0	≥ 54.0	模量	≥ 1.4	≥ 2.2	≥ 5.0	≥ 7.0	≥ 9.0	≥ 11.8	≥ 14.5	≥ 19.5	≥ 27.0	<p>表 1</p> <p>④I 型拉伸强度：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项目</th> <th>50</th> <th>80</th> <th>130</th> <th>180</th> <th>250</th> <th>300</th> <th>380</th> <th>510</th> <th>760</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4.</td> <td>拉伸强度</td> <td>≥ 3.4</td> <td>≥ 6.0</td> <td>≥ 11.0</td> <td>≥ 18.0</td> <td>≥ 27.0</td> <td>≥ 30.0</td> <td>≥ 37.0</td> <td>≥ 55.0</td> <td>≥ 79.0</td> </tr> <tr> <td>模量</td> <td>≥ 1.5</td> <td>≥ 3.0</td> <td>≥ 5.5</td> <td>≥ 8.5</td> <td>≥ 12.0</td> <td>≥ 17.0</td> <td>≥ 18.0</td> <td>≥ 29.0</td> <td>≥ 47.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项目	50	80	130	180	250	300	380	510	760	4.	拉伸强度	≥ 3.4	≥ 6.0	≥ 11.0	≥ 18.0	≥ 27.0	≥ 30.0	≥ 37.0	≥ 55.0	≥ 79.0	模量	≥ 1.5	≥ 3.0	≥ 5.5	≥ 8.5	≥ 12.0	≥ 17.0	≥ 18.0	≥ 29.0	≥ 47.0	<p>提高 I 型芳纶纸不同厚度规格的拉伸强度，有助于提升电气设备的机械稳定性、抗振动性，延长设备使用寿命。</p>
序号	项目	50	80	130	180	250	300	380	510	760																																																									
4.	拉伸强度	≥ 2.8	≥ 4.7	≥ 9.5	≥ 16.0	≥ 18.0	≥ 23.5	≥ 28.5	≥ 40.0	≥ 54.0																																																									
	模量	≥ 1.4	≥ 2.2	≥ 5.0	≥ 7.0	≥ 9.0	≥ 11.8	≥ 14.5	≥ 19.5	≥ 27.0																																																									
序号	项目	50	80	130	180	250	300	380	510	760																																																									
4.	拉伸强度	≥ 3.4	≥ 6.0	≥ 11.0	≥ 18.0	≥ 27.0	≥ 30.0	≥ 37.0	≥ 55.0	≥ 79.0																																																									
	模量	≥ 1.5	≥ 3.0	≥ 5.5	≥ 8.5	≥ 12.0	≥ 17.0	≥ 18.0	≥ 29.0	≥ 47.0																																																									
9	<p>表 1</p> <p>⑤1A 型 50 μm 横向伸长率 (%)： ≥ 5.0</p>	<p>表 1</p> <p>⑤I 型 50 μm 横向伸长率 (%)： ≥ 4.0</p>	<p>本标准基于该领域常用的 T410、A766 产品的实测数据以及应用情况，适当降低 50μm 规格芳纶纸的横向伸长率，出于作为导线绕包材料高拉伸强度的考量。</p>																																																																

<p>10</p>	<p>表 1 ⑥1A 型撕裂度：</p> <table border="1" data-bbox="300 412 603 470"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> <th>130μm</th> <th>180μm</th> <th>250μm</th> <th>300μm</th> <th>380μm</th> <th>510μm</th> <th>760μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">6</td> <td>撕裂度 N₁</td> <td>≥0.5</td> <td>≥0.7</td> <td>≥1.2</td> <td>≥1.7</td> <td>≥2.3</td> <td>≥2.5</td> <td>≥3.0</td> <td>≥4.0</td> <td>≥6.0</td> </tr> <tr> <td>撕裂度 N₂</td> <td>≥0.6</td> <td>≥1.2</td> <td>≥2.3</td> <td>≥3.0</td> <td>≥3.5</td> <td>≥4.0</td> <td>≥4.5</td> <td>≥5.5</td> <td>≥7.5</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm	6	撕裂度 N ₁	≥0.5	≥0.7	≥1.2	≥1.7	≥2.3	≥2.5	≥3.0	≥4.0	≥6.0	撕裂度 N ₂	≥0.6	≥1.2	≥2.3	≥3.0	≥3.5	≥4.0	≥4.5	≥5.5	≥7.5	<p>表 1 ⑥I 型撕裂度：</p> <table border="1" data-bbox="676 412 1034 470"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> <th>130μm</th> <th>180μm</th> <th>250μm</th> <th>300μm</th> <th>380μm</th> <th>510μm</th> <th>760μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">6</td> <td>撕裂度 N₁</td> <td>≥0.6</td> <td>≥0.9</td> <td>≥1.5</td> <td>≥2.5</td> <td>≥3.5</td> <td>≥4.0</td> <td>≥5.0</td> <td>≥6.0</td> <td>≥12.0</td> </tr> <tr> <td>撕裂度 N₂</td> <td>≥1.0</td> <td>≥1.4</td> <td>≥2.5</td> <td>≥4.0</td> <td>≥6.0</td> <td>≥7.0</td> <td>≥10.0</td> <td>≥11.0</td> <td>≥15.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm	6	撕裂度 N ₁	≥0.6	≥0.9	≥1.5	≥2.5	≥3.5	≥4.0	≥5.0	≥6.0	≥12.0	撕裂度 N ₂	≥1.0	≥1.4	≥2.5	≥4.0	≥6.0	≥7.0	≥10.0	≥11.0	≥15.0	<p>提高 I 型芳纶纸不同厚度规格的撕裂度是因为在高速运行、频繁启停或振动环境中，绝缘纸易受绕组摩擦、绕组电磁力、装配应力或异物冲击，高撕裂度可防止绝缘纸因局部缺陷（如毛刺、划痕）扩展为贯穿性裂痕或抑制裂纹扩展，避免绝缘系统失效，提升电气设备的可靠性。</p>
序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm																																																									
6	撕裂度 N ₁	≥0.5	≥0.7	≥1.2	≥1.7	≥2.3	≥2.5	≥3.0	≥4.0	≥6.0																																																									
	撕裂度 N ₂	≥0.6	≥1.2	≥2.3	≥3.0	≥3.5	≥4.0	≥4.5	≥5.5	≥7.5																																																									
序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm																																																									
6	撕裂度 N ₁	≥0.6	≥0.9	≥1.5	≥2.5	≥3.5	≥4.0	≥5.0	≥6.0	≥12.0																																																									
	撕裂度 N ₂	≥1.0	≥1.4	≥2.5	≥4.0	≥6.0	≥7.0	≥10.0	≥11.0	≥15.0																																																									
<p>11</p>	<p>1A 型无边缘撕裂度性能要求。</p>	<p>表 2 ⑦I 型边缘撕裂度：</p> <table border="1" data-bbox="676 779 1034 851"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> <th>130μm</th> <th>180μm</th> <th>250μm</th> <th>300μm</th> <th>380μm</th> <th>510μm</th> <th>760μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">7</td> <td>边缘撕裂度 N₁</td> <td>≥4.5</td> <td>≥5.0</td> <td>≥15.0</td> <td>≥22.0</td> <td>≥30.0</td> <td>≥34.0</td> <td>≥42.0</td> <td>≥52.0</td> <td>≥62.0</td> </tr> <tr> <td>边缘撕裂度 N₂</td> <td>≥4.0</td> <td>≥3.0</td> <td>≥6.0</td> <td>≥7.0</td> <td>≥10.0</td> <td>≥14.0</td> <td>≥20.0</td> <td>≥22.0</td> <td>≥28.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm	7	边缘撕裂度 N ₁	≥4.5	≥5.0	≥15.0	≥22.0	≥30.0	≥34.0	≥42.0	≥52.0	≥62.0	边缘撕裂度 N ₂	≥4.0	≥3.0	≥6.0	≥7.0	≥10.0	≥14.0	≥20.0	≥22.0	≥28.0	<p>边缘撕裂度对产品加工过程中红带的稳定性有影响，部分客户对 I 型边缘撕裂度有要求：在电磁线绕包、电机绕组绕制、嵌线等工序中，高边缘撕裂度可降低材料因边缘撕裂造成的废品率，提升生产效率。</p>																																
序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm																																																									
7	边缘撕裂度 N ₁	≥4.5	≥5.0	≥15.0	≥22.0	≥30.0	≥34.0	≥42.0	≥52.0	≥62.0																																																									
	边缘撕裂度 N ₂	≥4.0	≥3.0	≥6.0	≥7.0	≥10.0	≥14.0	≥20.0	≥22.0	≥28.0																																																									
<p>12</p>	<p>表 1 ⑦1A 型电气强度：</p> <table border="1" data-bbox="300 1097 619 1153"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> <th>130μm</th> <th>180μm</th> <th>250μm</th> <th>300μm</th> <th>380μm</th> <th>510μm</th> <th>760μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">7</td> <td>电气强度 kV/mm</td> <td>≥15</td> <td>≥13</td> <td>≥15</td> <td>≥18</td> <td>≥19</td> <td>≥18</td> <td>≥18</td> <td>≥17</td> <td>≥14</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm	7	电气强度 kV/mm	≥15	≥13	≥15	≥18	≥19	≥18	≥18	≥17	≥14	<p>表 1 ⑧I 型电气强度：</p> <table border="1" data-bbox="676 1097 1034 1153"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> <th>130μm</th> <th>180μm</th> <th>250μm</th> <th>300μm</th> <th>380μm</th> <th>510μm</th> <th>760μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">8</td> <td>电气强度 kV/mm</td> <td>≥15</td> <td>≥17</td> <td>≥19</td> <td>≥21</td> <td>≥20</td> <td>≥20</td> <td>≥19</td> <td>≥18</td> <td>≥17</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm	8	电气强度 kV/mm	≥15	≥17	≥19	≥21	≥20	≥20	≥19	≥18	≥17	<p>提高 I 型芳纶纸的电气强度有利于提升电气设备绝缘系统的可靠性，降低因电气故障导致的停运风险，提高运营安全性和降低维护成本，同时也为城市轨道交通紧凑型电机和变压器设计提供可能。</p>																				
序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm																																																									
7	电气强度 kV/mm	≥15	≥13	≥15	≥18	≥19	≥18	≥18	≥17	≥14																																																									
	序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm																																																								
8	电气强度 kV/mm	≥15	≥17	≥19	≥21	≥20	≥20	≥19	≥18	≥17																																																									
	<p>13</p>	<p>表 1 ⑧1A 型热收缩率（%）： 纵向≤5.0%；横向≤4.0%</p>	<p>表 1 ⑨I 型热收缩率（%）：</p> <table border="1" data-bbox="676 1326 1034 1429"> <thead> <tr> <th rowspan="2">序号</th> <th rowspan="2">项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> <th>130μm</th> <th>180μm</th> <th>250μm</th> <th>300μm</th> <th>380μm</th> <th>510μm</th> <th>760μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>热收缩率（600℃） % 纵向</td> <td>≤4.0</td> <td>≤3.5</td> <td>≤3.5</td> <td>≤3.0</td> <td>≤2.5</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>1.5</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">9</td> <td rowspan="2">热收缩率（600℃） % 横向</td> <td>≤3.0</td> <td>≤2.5</td> <td>≤2.5</td> <td>≤2.5</td> <td>≤2.5</td> <td>2.0</td> <td>2.0</td> <td>1.5</td> <td>1.5</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50μm	80μm	130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm	热收缩率（600℃） % 纵向	≤4.0	≤3.5	≤3.5	≤3.0	≤2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	9	热收缩率（600℃） % 横向	≤3.0	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	<p>降低 I 型芳纶绝缘纸的热收缩率，可提高材料本身在高温高场强作用下的尺寸稳定性，稳定高温下的绝缘结构尺寸，提升电气设备的热-机械可靠性。</p>																															
序号	项点	50μm	80μm			130μm	180μm	250μm	300μm	380μm	510μm	760μm																																																							
		热收缩率（600℃） % 纵向	≤4.0	≤3.5	≤3.5	≤3.0	≤2.5	2.0	2.0	1.5	1.5																																																								
9	热收缩率（600℃） % 横向	≤3.0	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤2.5	2.0	2.0	1.5	1.5																																																									
		<p>14</p>	<p>表 1 无对液体电介质的污染性能要求</p>	<p>表 1 ⑬对绝缘油的污染性能：由供需双方协商</p>	<p>增加该试验点有利于掌握 I 型芳纶绝缘与绝缘油的相容性，延长液体电介质寿命，提升油纸绝缘系统的可靠性。</p>																																																														
<p>15</p>	<p>表 1 无耐铜蚀试验要求</p>	<p>表 1 ⑭I 型 50~80μm 耐铜蚀试验 (300℃/100h)：芳纶纸与铜片接触的尖端部位，不出现蚀穿、颜色变黑等现象</p>	<p>I 型 50~80μm 芳纶绝缘纸常用作导线的绕包绝缘，增加该试验点有助于提升其抗铜蚀性能，提高绝缘系统的可靠性。</p>																																																																
<p>16</p>	<p>表 1 无耐铜催化氧化试验要求</p>	<p>表 1 ⑮I 型 50~80μm 耐铜催化氧化试验(280℃/800h)：老化后，拉伸强度保持率不低于 60%</p>	<p>增加该点可以了解 I 型 50~80μm 芳纶绝缘纸用做铜线绕包后的老化性能，有助于减少热老化引发的故障和延长高温工况下的绝缘寿命。</p>																																																																

17	表 1 无防火等级	表 1 ⑬不高于 EN 45545-2: 2020 中 R23 的 HL2 等级	增加 I 型芳纶绝缘该测试项点是因为其常用作变压器的电磁线绕包，局部可能存在热点，材料满足本标准要求可以预防油纸绝缘系统的火灾风险，抑制有毒气体释放、维持高温绝缘能力，保障城市轨道交通装备的安全运行。																												
18	2 型规格：38、50、65、80、100、130 μm	II 型规格：38、50、80 μm	城市轨道交通领域用的 II 型芳纶绝缘纸厚度集中在 38、50、80 μm 这 3 个规格。																												
19	表 1 ⑭2 型拉伸强度： <table border="1" data-bbox="300 757 609 833"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4</td> <td>拉伸强度 kN/m²</td> <td>≥1.2</td> <td>≥2.2</td> <td>≥4.5</td> </tr> <tr> <td>纵向</td> <td>≥0.5</td> <td>≥0.8</td> <td>≥1.8</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm	4	拉伸强度 kN/m ²	≥1.2	≥2.2	≥4.5	纵向	≥0.5	≥0.8	≥1.8	表 2 ⑭II 型拉伸强度： <table border="1" data-bbox="676 757 1034 833"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4</td> <td>拉伸强度 kN/m²</td> <td>≥1.4</td> <td>≥2.6</td> <td>≥5.5</td> </tr> <tr> <td>纵向</td> <td>≥0.7</td> <td>≥1.3</td> <td>≥2.5</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm	4	拉伸强度 kN/m ²	≥1.4	≥2.6	≥5.5	纵向	≥0.7	≥1.3	≥2.5	提高 II 型芳纶纸拉伸强度在加工复合时不容易出现断纸，也可强化槽绝缘与绕组可靠性。
序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm																											
4	拉伸强度 kN/m ²	≥1.2	≥2.2	≥4.5																											
	纵向	≥0.5	≥0.8	≥1.8																											
序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm																											
4	拉伸强度 kN/m ²	≥1.4	≥2.6	≥5.5																											
	纵向	≥0.7	≥1.3	≥2.5																											
20	表 1 ⑮2 型断裂伸长率： <table border="1" data-bbox="300 981 609 1057"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">5</td> <td>断裂伸长率 %</td> <td>≥3.5</td> <td>≥4.5</td> </tr> <tr> <td>纵向</td> <td>≥3.0</td> <td>≥4.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50 μm	80 μm	5	断裂伸长率 %	≥3.5	≥4.5	纵向	≥3.0	≥4.0	表 2 ⑮II 型断裂伸长率： <table border="1" data-bbox="676 981 1034 1057"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">5</td> <td>断裂伸长率 %</td> <td>≥4.5</td> <td>≥6.0</td> </tr> <tr> <td>纵向</td> <td>≥3.0</td> <td>≥4.5</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50 μm	80 μm	5	断裂伸长率 %	≥4.5	≥6.0	纵向	≥3.0	≥4.5	提高 II 型芳纶绝缘纸断裂伸长率有助于材料在受到瞬时冲击时可通过塑性变形吸收更多能量，防止裂纹萌生，有助于提升电气设备振动工况下的可靠性。						
序号	项点	50 μm	80 μm																												
5	断裂伸长率 %	≥3.5	≥4.5																												
	纵向	≥3.0	≥4.0																												
序号	项点	50 μm	80 μm																												
5	断裂伸长率 %	≥4.5	≥6.0																												
	纵向	≥3.0	≥4.5																												
21	表 1 ⑯2 型撕裂度： <table border="1" data-bbox="300 1216 609 1292"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">6</td> <td>撕裂度 N</td> <td>≥0.30</td> <td>≥0.40</td> <td>≥0.70</td> </tr> <tr> <td>纵向</td> <td>≥0.50</td> <td>≥0.70</td> <td>≥1.10</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm	6	撕裂度 N	≥0.30	≥0.40	≥0.70	纵向	≥0.50	≥0.70	≥1.10	表 2 ⑯II 型撕裂度： <table border="1" data-bbox="676 1216 1034 1292"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">6</td> <td>撕裂度 N</td> <td>≥0.35</td> <td>≥0.50</td> <td>≥0.80</td> </tr> <tr> <td>纵向</td> <td>≥0.60</td> <td>≥0.90</td> <td>≥1.40</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm	6	撕裂度 N	≥0.35	≥0.50	≥0.80	纵向	≥0.60	≥0.90	≥1.40	提升 II 型芳纶绝缘纸的撕裂度，降低材料在加工和使用过程中对切口缺陷的敏感性，优化复杂工况适应性。
序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm																											
6	撕裂度 N	≥0.30	≥0.40	≥0.70																											
	纵向	≥0.50	≥0.70	≥1.10																											
序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm																											
6	撕裂度 N	≥0.35	≥0.50	≥0.80																											
	纵向	≥0.60	≥0.90	≥1.40																											
22	2 型无边缘撕裂度性能要求。	表 2 ⑰II 型边缘撕裂度： <table border="1" data-bbox="676 1417 1034 1494"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">7</td> <td>边缘撕裂度 N</td> <td>≥21</td> <td>≥34</td> <td>≥37</td> </tr> <tr> <td>纵向</td> <td>≥8</td> <td>≥14</td> <td>≥14</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm	7	边缘撕裂度 N	≥21	≥34	≥37	纵向	≥8	≥14	≥14	在电机绕组绕制、嵌线等工序中，提 II 型芳纶绝缘纸边缘撕裂度可降低材料因边缘撕裂造成的废品率，提升生产效率。														
序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm																											
7	边缘撕裂度 N	≥21	≥34	≥37																											
	纵向	≥8	≥14	≥14																											
23	表 1 ⑱2 型电气强度： <table border="1" data-bbox="300 1664 651 1718"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>电气强度 kV/mm</td> <td>≥7</td> <td>≥7</td> <td>≥9</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm	7	电气强度 kV/mm	≥7	≥7	≥9	表 2 ⑱II 型电气强度： <table border="1" data-bbox="676 1664 1034 1718"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>电气强度 kV/mm</td> <td>≥12</td> <td>≥13</td> <td>≥15</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm	8	电气强度 kV/mm	≥12	≥13	≥15	更高的电气强度可有效抑制局部放电和电击穿，减少绝缘老化，延长电机在高压、高频工况下的寿命，尤其适用于轨道交通中频繁启停和变速的电气设备。								
序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm																											
7	电气强度 kV/mm	≥7	≥7	≥9																											
序号	项点	38 μm	50 μm	80 μm																											
8	电气强度 kV/mm	≥12	≥13	≥15																											
24	表 1 ⑲2 型热收缩率： 纵向≤6.0%；横向≤4.5%	表 2 ⑲II 型热收缩率： 纵向≤4.5%；横向≤3.5%	若 II 绝缘纸热收缩率过高，会导致绝缘层与铜线/铁芯间产生间隙，引发局部放电或机械磨损，提高其热收缩率可提升高温尺寸稳定性，避免绝缘失效，还可以减少因反复热膨胀/收缩导致材料疲劳，延缓绝																												

			缘老化。
--	--	--	------

表 3 本标准与 IEC 60819-3-3: 2011 的重要技术差异

序号	IEC 60819-3-3: 2011	本标准/本部分	说明																																																																
1	<p>1 范围</p> <p>规定了 4 种未填充的芳纶纸:</p> <p>1 型: 压光纸;</p> <p>2 型: 压光纸, 具有更高的抗撕裂性和贴合性;</p> <p>3 型: 未压光纸;</p> <p>4 型: 压光纸, 密度更低, 适用于层压。</p>	<p>4 分类</p> <p>城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸主要分为以下两种类型:</p> <p>—— I 型: 可单独作为绝缘材料;</p> <p>—— II 型: 与聚酯膜、聚酰亚胺膜等复合制备柔软复合材料</p>	<p>范围不一样, 本标准只涉及城市轨道交通通用的 I 型和 II 型芳纶纸, 分别对应 IEC 60819-3-3: 2011 中的 1 型和 4 型。</p>																																																																
2	<p>表 1</p> <p>①厚度 (%):</p> <p>≤50μm: ±20; >50μm: ±15</p>	<p>表 1 和表 2</p> <p>①厚度偏差 (%):</p> <p>I 型: ≤50μm: -5~+25; >50μm: ±10</p> <p>II 型: ≤50 μ m: ±15; >50μm: ±10</p>	<p>减小厚度偏差范围, 有利于提高产品批次间的一致性和助于产品的自动化加工, 提高 I 型 50 μ m 芳纶绝缘纸厚度偏差的上限是因为: 目前市场上该规格的实际厚度通常在 60 μ m 左右, 最小厚度一般不会低于 50 μ m, 比如杜邦公司的 T410 该规格产品的实测厚度 61-63 μ m 左右, 时代华先 A766 该规格产品的实测厚度 60-62 μ m 左右。</p>																																																																
3	<p>表 1</p> <p>1 型标称厚度: 38、50、65、80、100、130、180、250、300、380、510、580、610、760</p>	<p>表 1</p> <p>I 型标称厚度: 38、50、65、80、100、130、180、250、300、380、510、760</p>	<p>IEC 60819-3-3: 2011 中 1 型芳纶绝缘纸有 14 种规格, 但 38、65、100、580μm 未列出技术要求; 本标准只对目前城市轨道交通领域常用的 9 种规格芳纶绝缘纸列了技术要求。</p>																																																																
4	<p>表 1</p> <p>③1 型和 2 型表观密度 (g/cm³)</p>	<p>本标准无表观密度要求</p>	<p>表观密度是通过样品的定量除以厚度计算出来的, 不是通过测量或者试验得出, 建议删除。</p>																																																																
5	<p>表 1</p> <p>④1 型拉伸强度:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50 μm</th> <th>80 μm</th> <th>130 μm</th> <th>180 μm</th> <th>250 μm</th> <th>300 μm</th> <th>380 μm</th> <th>510 μm</th> <th>760 μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4.</td> <td>拉伸强度</td> <td>≥3.8</td> <td>≥4.7</td> <td>≥9.5</td> <td>≥16.0</td> <td>≥22.0</td> <td>≥30.0</td> <td>≥36.0</td> <td>≥52.0</td> <td>≥79.0</td> </tr> <tr> <td>伸长率</td> <td>≥1.4</td> <td>≥2.2</td> <td>≥5.2</td> <td>≥8.5</td> <td>≥12.0</td> <td>≥17.0</td> <td>≥22.0</td> <td>≥30.0</td> <td>≥47.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm	4.	拉伸强度	≥3.8	≥4.7	≥9.5	≥16.0	≥22.0	≥30.0	≥36.0	≥52.0	≥79.0	伸长率	≥1.4	≥2.2	≥5.2	≥8.5	≥12.0	≥17.0	≥22.0	≥30.0	≥47.0	<p>表 1</p> <p>④I 型拉伸强度:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50 μm</th> <th>80 μm</th> <th>130 μm</th> <th>180 μm</th> <th>250 μm</th> <th>300 μm</th> <th>380 μm</th> <th>510 μm</th> <th>760 μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4.</td> <td>拉伸强度</td> <td>≥3.4</td> <td>≥6.0</td> <td>≥11.0</td> <td>≥18.0</td> <td>≥27.0</td> <td>≥30.0</td> <td>≥37.0</td> <td>≥55.0</td> <td>≥79.0</td> </tr> <tr> <td>伸长率</td> <td>≥1.5</td> <td>≥3.0</td> <td>≥5.5</td> <td>≥8.5</td> <td>≥12.0</td> <td>≥17.0</td> <td>≥18.0</td> <td>≥30.0</td> <td>≥47.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm	4.	拉伸强度	≥3.4	≥6.0	≥11.0	≥18.0	≥27.0	≥30.0	≥37.0	≥55.0	≥79.0	伸长率	≥1.5	≥3.0	≥5.5	≥8.5	≥12.0	≥17.0	≥18.0	≥30.0	≥47.0	<p>提高 I 型芳纶纸不同厚度规格的拉伸强度, 尤其是 250μm 及以下的纵向拉伸强度, 减少加工及使用过程中的受力薄弱点, 并有助于提升电气设备的机械稳定性、抗振动性, 延长设备使用寿命。</p>
序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm																																																									
4.	拉伸强度	≥3.8	≥4.7	≥9.5	≥16.0	≥22.0	≥30.0	≥36.0	≥52.0	≥79.0																																																									
	伸长率	≥1.4	≥2.2	≥5.2	≥8.5	≥12.0	≥17.0	≥22.0	≥30.0	≥47.0																																																									
序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm																																																									
4.	拉伸强度	≥3.4	≥6.0	≥11.0	≥18.0	≥27.0	≥30.0	≥37.0	≥55.0	≥79.0																																																									
	伸长率	≥1.5	≥3.0	≥5.5	≥8.5	≥12.0	≥17.0	≥18.0	≥30.0	≥47.0																																																									
6	<p>表 1</p> <p>⑤1 型伸长率:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50 μm</th> <th>80 μm</th> <th>130 μm</th> <th>180 μm</th> <th>250 μm</th> <th>300 μm</th> <th>380 μm</th> <th>510 μm</th> <th>760 μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">5.</td> <td>断裂伸长率%</td> <td>≥6</td> <td>≥11</td> <td>≥13</td> <td>≥13</td> <td>≥13</td> <td>≥13</td> <td>≥13</td> <td>≥13</td> <td>≥13</td> </tr> <tr> <td>伸长率%</td> <td>≥5</td> <td>≥9</td> <td>≥11</td> <td>≥11</td> <td>≥12</td> <td>≥12</td> <td>≥12</td> <td>≥12</td> <td>≥10</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm	5.	断裂伸长率%	≥6	≥11	≥13	≥13	≥13	≥13	≥13	≥13	≥13	伸长率%	≥5	≥9	≥11	≥11	≥12	≥12	≥12	≥12	≥10	<p>表 1</p> <p>⑤I 型伸长率:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50 μm</th> <th>80 μm</th> <th>130 μm</th> <th>180 μm</th> <th>250 μm</th> <th>300 μm</th> <th>380 μm</th> <th>510 μm</th> <th>760 μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">5</td> <td>断裂伸长率%</td> <td>≥5</td> <td>≥7</td> <td>≥8</td> <td>≥8</td> <td>≥9</td> <td>≥9</td> <td>≥9</td> <td>≥9</td> <td>≥9</td> </tr> <tr> <td>伸长率%</td> <td>≥4</td> <td>≥6</td> <td>≥7</td> <td>≥7</td> <td>≥7</td> <td>≥7</td> <td>≥7</td> <td>≥7</td> <td>≥7</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm	5	断裂伸长率%	≥5	≥7	≥8	≥8	≥9	≥9	≥9	≥9	≥9	伸长率%	≥4	≥6	≥7	≥7	≥7	≥7	≥7	≥7	≥7	<p>本标准适当降低芳纶厚纸伸长率, 在高温、机械应力或长期负载下变形更小, 有助于保持绝缘结构的稳定性, 减少因材料延展导致的绝缘层位移或变形, 并且</p>
序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm																																																									
5.	断裂伸长率%	≥6	≥11	≥13	≥13	≥13	≥13	≥13	≥13	≥13																																																									
	伸长率%	≥5	≥9	≥11	≥11	≥12	≥12	≥12	≥12	≥10																																																									
序号	项点	50 μm	80 μm	130 μm	180 μm	250 μm	300 μm	380 μm	510 μm	760 μm																																																									
5	断裂伸长率%	≥5	≥7	≥8	≥8	≥9	≥9	≥9	≥9	≥9																																																									
	伸长率%	≥4	≥6	≥7	≥7	≥7	≥7	≥7	≥7	≥7																																																									

			进口产品性能部分批次也达不到 IEC 标准。																																																														
7	表 1 无撕裂度性能要求。	表 1 ⑥I 型撕裂度： <table border="1" data-bbox="683 427 1038 495"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50_{μm}</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> <th>300_{μm}</th> <th>380_{μm}</th> <th>510_{μm}</th> <th>760_{μm}</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">6</td> <td rowspan="2">撕裂度 N₁</td> <td>纵向</td> <td>≥9.6</td> <td>≥8.8</td> <td>≥1.5</td> <td>≥2.5</td> <td>≥3.5</td> <td>≥4.0</td> <td>≥6.0</td> <td>≥12.0</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥1.0</td> <td>≥1.4</td> <td>≥2.5</td> <td>≥4.0</td> <td>≥6.0</td> <td>≥7.0</td> <td>≥10.0</td> <td>≥15.0</td> </tr> </table>	序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}	6	撕裂度 N ₁	纵向	≥9.6	≥8.8	≥1.5	≥2.5	≥3.5	≥4.0	≥6.0	≥12.0	横向	≥1.0	≥1.4	≥2.5	≥4.0	≥6.0	≥7.0	≥10.0	≥15.0	撕裂度反应的是纤维之间的结合强度,模拟的是在纸张使用过程中从已有的破损处(如折痕、小裂口)继续被撕裂的情况,提高撕裂度对需要反复折叠、摩擦或可能产生小破损的纸张非常重要。																															
序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}																																																							
6	撕裂度 N ₁	纵向	≥9.6	≥8.8	≥1.5	≥2.5	≥3.5	≥4.0	≥6.0	≥12.0																																																							
		横向	≥1.0	≥1.4	≥2.5	≥4.0	≥6.0	≥7.0	≥10.0	≥15.0																																																							
8	表 1 ⑥I 型边缘撕裂度： <table border="1" data-bbox="300 667 655 757"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> <th>300_{μm}</th> <th>380_{μm}</th> <th>760_{μm}</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">6</td> <td rowspan="2">边缘撕裂度 N₁</td> <td>纵向</td> <td>≥100</td> <td>≥200</td> <td>≥300</td> <td>≥400</td> <td>≥460</td> <td>≥480</td> <td>≥640</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥44</td> <td>≥80</td> <td>≥130</td> <td>≥160</td> <td>≥180</td> <td>≥180</td> <td>≥240</td> </tr> </table>	序号	项点	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	760 _{μm}	6	边缘撕裂度 N ₁	纵向	≥100	≥200	≥300	≥400	≥460	≥480	≥640	横向	≥44	≥80	≥130	≥160	≥180	≥180	≥240	表 1 ⑦I 型边缘撕裂度： <table border="1" data-bbox="683 667 1038 757"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> <th>300_{μm}</th> <th>380_{μm}</th> <th>760_{μm}</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">7</td> <td rowspan="2">边缘撕裂度 N₁</td> <td>纵向</td> <td>≥90</td> <td>≥150</td> <td>≥220</td> <td>≥300</td> <td>≥340</td> <td>≥420</td> <td>≥630</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥30</td> <td>≥60</td> <td>≥70</td> <td>≥100</td> <td>≥120</td> <td>≥140</td> <td>≥220</td> </tr> </table>	序号	项点	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	760 _{μm}	7	边缘撕裂度 N ₁	纵向	≥90	≥150	≥220	≥300	≥340	≥420	≥630	横向	≥30	≥60	≥70	≥100	≥120	≥140	≥220	适度降低边缘撕裂度可能使芳纶更易于分切、冲压等,减少毛边或纤维松散现象,有助于提高生产效率和加工精度。								
序号	项点	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	760 _{μm}																																																									
6	边缘撕裂度 N ₁	纵向	≥100	≥200	≥300	≥400	≥460	≥480	≥640																																																								
		横向	≥44	≥80	≥130	≥160	≥180	≥180	≥240																																																								
序号	项点	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	760 _{μm}																																																									
7	边缘撕裂度 N ₁	纵向	≥90	≥150	≥220	≥300	≥340	≥420	≥630																																																								
		横向	≥30	≥60	≥70	≥100	≥120	≥140	≥220																																																								
9	表 1 ⑦I 型电气强度： <table border="1" data-bbox="300 907 655 974"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50_{μm}</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> <th>300_{μm}</th> <th>380_{μm}</th> <th>510_{μm}</th> <th>760_{μm}</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">7</td> <td rowspan="2">电气强度 kV/mm</td> <td>纵向</td> <td>≥15</td> <td>≥18</td> <td>≥21</td> <td>≥27</td> <td>≥27</td> <td>≥25</td> <td>≥25</td> <td>≥21</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥15</td> <td>≥18</td> <td>≥21</td> <td>≥27</td> <td>≥27</td> <td>≥25</td> <td>≥25</td> <td>≥21</td> </tr> </table>	序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}	7	电气强度 kV/mm	纵向	≥15	≥18	≥21	≥27	≥27	≥25	≥25	≥21	横向	≥15	≥18	≥21	≥27	≥27	≥25	≥25	≥21	表 1 ⑧I 型电气强度： <table border="1" data-bbox="683 907 1038 974"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50_{μm}</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> <th>300_{μm}</th> <th>380_{μm}</th> <th>510_{μm}</th> <th>760_{μm}</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">8</td> <td rowspan="2">电气强度 kV/mm</td> <td>纵向</td> <td>≥15</td> <td>≥17</td> <td>≥19</td> <td>≥21</td> <td>≥20</td> <td>≥20</td> <td>≥19</td> <td>≥18</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥15</td> <td>≥17</td> <td>≥19</td> <td>≥21</td> <td>≥20</td> <td>≥20</td> <td>≥19</td> <td>≥17</td> </tr> </table>	序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}	8	电气强度 kV/mm	纵向	≥15	≥17	≥19	≥21	≥20	≥20	≥19	≥18	横向	≥15	≥17	≥19	≥21	≥20	≥20	≥19	≥17	本标准 I 型芳纶纸电气强度已高于普通芳纶纸的水平,可以满足城市轨道交通领域客户的应用要求,但受限于国内芳纶纤维的技术水平和造纸装备水平,与 IEC 60819-3-3: 2011 仍有一定差距。
序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}																																																							
7	电气强度 kV/mm	纵向	≥15	≥18	≥21	≥27	≥27	≥25	≥25	≥21																																																							
		横向	≥15	≥18	≥21	≥27	≥27	≥25	≥25	≥21																																																							
序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}																																																							
8	电气强度 kV/mm	纵向	≥15	≥17	≥19	≥21	≥20	≥20	≥19	≥18																																																							
		横向	≥15	≥17	≥19	≥21	≥20	≥20	≥19	≥17																																																							
10	表 1 ⑧I 型热收缩率(%)： <table border="1" data-bbox="300 1115 655 1261"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50_{μm}</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">8</td> <td rowspan="2">热收缩率(300°C, 40min) %</td> <td>纵向</td> <td>≤4.0</td> <td>≤3.0</td> <td>≤3.0</td> <td>≤2.0</td> <td>≤2.0</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≤2.0</td> <td>≤2.0</td> <td>≤2.0</td> <td>≤2.0</td> <td>≤2.0</td> </tr> </table>	序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	8	热收缩率(300°C, 40min) %	纵向	≤4.0	≤3.0	≤3.0	≤2.0	≤2.0	横向	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	表 1 ⑨I 型热收缩率(%)： <table border="1" data-bbox="683 1115 1038 1261"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50_{μm}</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">9</td> <td rowspan="2">热收缩率(300°C, 40min) %</td> <td>纵向</td> <td>≤4.0</td> <td>≤3.5</td> <td>≤3.5</td> <td>≤3.0</td> <td>≤2.5</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≤3.0</td> <td>≤2.5</td> <td>≤2.5</td> <td>≤2.5</td> <td>≤2.5</td> </tr> </table>	序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	9	热收缩率(300°C, 40min) %	纵向	≤4.0	≤3.5	≤3.5	≤3.0	≤2.5	横向	≤3.0	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤2.5	本标准 I 型芳纶纸的热收缩率已高于国内市场普遍芳纶绝缘纸的水平,可以满足城市轨道交通领域客户的应用要求,但受限于国内芳纶纤维的技术水平,与 IEC 60819-3-3: 2011 仍有较小差距。																				
序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}																																																											
8	热收缩率(300°C, 40min) %	纵向	≤4.0	≤3.0	≤3.0	≤2.0	≤2.0																																																										
		横向	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0																																																										
序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}																																																											
9	热收缩率(300°C, 40min) %	纵向	≤4.0	≤3.5	≤3.5	≤3.0	≤2.5																																																										
		横向	≤3.0	≤2.5	≤2.5	≤2.5	≤2.5																																																										
11	表 1 无相对电容率性能要求	表 1 ⑩相对电容率： <table border="1" data-bbox="683 1361 1038 1429"> <tr> <th>序号</th> <th>项点</th> <th>50_{μm}</th> <th>80_{μm}</th> <th>130_{μm}</th> <th>180_{μm}</th> <th>250_{μm}</th> <th>300_{μm}</th> <th>380_{μm}</th> <th>510_{μm}</th> <th>760_{μm}</th> </tr> <tr> <td>10</td> <td>相对电容率(50Hz, 23°C±2°C)</td> <td>1.2-1.9</td> <td>1.2-1.9</td> <td>1.4-2.8</td> <td>1.3-3.0</td> <td>1.5-3.0</td> <td>1.6-3.2</td> <td>1.6-3.2</td> <td>1.6-3.2</td> <td>1.6-3.2</td> </tr> </table>	序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}	10	相对电容率(50Hz, 23°C±2°C)	1.2-1.9	1.2-1.9	1.4-2.8	1.3-3.0	1.5-3.0	1.6-3.2	1.6-3.2	1.6-3.2	1.6-3.2	本标准与 GB/T 20629.3-2019 保持一致。																																								
序号	项点	50 _{μm}	80 _{μm}	130 _{μm}	180 _{μm}	250 _{μm}	300 _{μm}	380 _{μm}	510 _{μm}	760 _{μm}																																																							
10	相对电容率(50Hz, 23°C±2°C)	1.2-1.9	1.2-1.9	1.4-2.8	1.3-3.0	1.5-3.0	1.6-3.2	1.6-3.2	1.6-3.2	1.6-3.2																																																							
12	表 1 无介质损耗因数性能要求	表 1 ⑪介质损耗因数(50Hz, 23°C±2°C)： ≤0.01	表 1 ⑪介质损耗因数(50Hz, 23°C±2°C)： ≤0.01	本标准与 GB/T 20629.3—2019 保持一致。																																																													
13	表 1 无体积电阻率性能要求	表 1 ⑫体积电阻率(23°C±2°C) Ω·m： ≥1.0×10 ¹⁴	表 1 ⑫体积电阻率(23°C±2°C) Ω·m： ≥1.0×10 ¹⁴	本标准与 GB/T 20629.3-2019 保持一致。																																																													
14	表 1 无对液体电介质的污染性能要求	表 1 ⑬I 型 50μm 对液体电介质的污染(168h)：对矿物油、二甲硅油以及合成酯油无污染	表 1 ⑬I 型 50μm 对液体电介质的污染(168h)：对矿物油、二甲硅油以及合成酯油无污染	增加该试验项点有利于掌握 I 型 50μm 芳纶绝缘与绝缘油的相容性,延长液体电介质寿命,提升油纸绝缘系统的可靠性。																																																													
15	表 1 无 Shawn 试验要求	表 1 ⑭I 型 50μmShawn 试验(300°C/100h)：芳纶纸与铜片接触的尖端部位,不得出现蚀穿、	表 1 ⑭I 型 50μmShawn 试验(300°C/100h)：芳纶纸与铜片接触的尖端部位,不得出现蚀穿、	I 型 50μm 芳纶绝缘纸常用作导线的绕包绝缘,增加该试验项点有助于提升其抗铜蚀性能,提高绝缘系统的可靠性。																																																													

		颜色变黑等现象																																	
16	表 1 无铜催化氧化试验要求	表 1 ⑮ I 型 50 μm 铜催化氧化试验 (280 $^{\circ}\text{C}/800\text{h}$): 老化后, 拉伸强度保持率不低于 60%	增加该项点可以了解 I 型 50 μm 芳纶绝缘纸用做铜线绕包后的老化性能, 有助于减少热老化引发的故障和延长高温工况下的绝缘寿命,																																
17	表 1 无防火等级	表 1 ⑯ I 型 50 μm 防火等级: 不低于 EN 45545-2: 2020 中 R23 的 HL2 等级	增加 I 型 50 μm 芳纶绝缘该测试项点是因为其常用作变压器的电磁线绕包, 局部可能存在热点, 材料满足本标准要求可以预防油纸绝缘系统的火灾风险, 抑制有毒气体释放、维持高温绝缘能力, 保障城市轨道交通装备的安全运行。																																
18	4 型规格: 38、50、65、80、100、130 μm	II 型规格: 38、50、80 μm	城市轨道交通领域用的芳纶复合纸厚度集中在 38、50、80 μm 这 3 个规格。																																
19	表 2 ④ 4 型拉伸强度:	表 2 ④ II 型拉伸强度:	II 型 38 μm 拉伸强度可满足客户要求, 而客户对 50、80 μm 拉伸强度的要求高于 IEC 标准。																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th colspan="2">项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4</td> <td rowspan="2">拉伸强度 kN/m</td> <td>纵向</td> <td>≥ 2.0</td> <td>≥ 2.4</td> <td>≥ 4.6</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥ 1.0</td> <td>≥ 1.2</td> <td>≥ 2.2</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm	4	拉伸强度 kN/m	纵向	≥ 2.0	≥ 2.4	≥ 4.6	横向	≥ 1.0	≥ 1.2	≥ 2.2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th colspan="2">项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">4</td> <td rowspan="2">拉伸强度 kN/m</td> <td>纵向</td> <td>≥ 1.4</td> <td>≥ 2.6</td> <td>≥ 5.5</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥ 0.7</td> <td>≥ 1.3</td> <td>≥ 2.5</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm	4	拉伸强度 kN/m	纵向	≥ 1.4	≥ 2.6	≥ 5.5	横向	≥ 0.7	≥ 1.3	≥ 2.5	
序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm																														
4	拉伸强度 kN/m	纵向	≥ 2.0	≥ 2.4	≥ 4.6																														
		横向	≥ 1.0	≥ 1.2	≥ 2.2																														
序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm																														
4	拉伸强度 kN/m	纵向	≥ 1.4	≥ 2.6	≥ 5.5																														
		横向	≥ 0.7	≥ 1.3	≥ 2.5																														
20	表 2 ⑤ 4 型断裂伸长率:	表 2 ⑤ II 型断裂伸长率:	根据产品的实测数值, 区分了 II 型 38 μm 和 50 μm 的断裂伸长率, 主要是降低了 30 μm 的纵向断裂伸长率, 国内该规格产品纵向伸长率 $\geq 3.5\%$ 可满足客户要求应用要求。																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th colspan="2">项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">5</td> <td rowspan="2">断裂伸长率 %</td> <td>纵向</td> <td>≥ 5</td> <td>≥ 5</td> <td>≥ 6</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥ 3</td> <td>≥ 3</td> <td>≥ 4</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm	5	断裂伸长率 %	纵向	≥ 5	≥ 5	≥ 6	横向	≥ 3	≥ 3	≥ 4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th colspan="2">项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">5</td> <td rowspan="2">断裂伸长率 %</td> <td>纵向</td> <td>≥ 3.5</td> <td>≥ 4.5</td> <td>≥ 6.0</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥ 2.5</td> <td>≥ 3.0</td> <td>≥ 4.5</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm	5	断裂伸长率 %	纵向	≥ 3.5	≥ 4.5	≥ 6.0	横向	≥ 2.5	≥ 3.0	≥ 4.5	
序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm																														
5	断裂伸长率 %	纵向	≥ 5	≥ 5	≥ 6																														
		横向	≥ 3	≥ 3	≥ 4																														
序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm																														
5	断裂伸长率 %	纵向	≥ 3.5	≥ 4.5	≥ 6.0																														
		横向	≥ 2.5	≥ 3.0	≥ 4.5																														
22	4 型缘撕裂度性能要求。	表 2 ⑥ II 型撕裂度:	增加 II 型芳纶纸的撕裂度, 可降低材料在加工和使用过程中对切口缺陷的敏感性, 优化复杂工况适应性。																																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th colspan="2">项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">6</td> <td rowspan="2">撕裂度 N</td> <td>纵向</td> <td>≥ 0.35</td> <td>≥ 0.50</td> <td>≥ 0.80</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≥ 0.60</td> <td>≥ 0.90</td> <td>≥ 1.40</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm	6	撕裂度 N	纵向	≥ 0.35	≥ 0.50	≥ 0.80	横向	≥ 0.60	≥ 0.90	≥ 1.40																	
序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm																														
6	撕裂度 N	纵向	≥ 0.35	≥ 0.50	≥ 0.80																														
		横向	≥ 0.60	≥ 0.90	≥ 1.40																														
23	表 2 ⑦ 4 型电气强度: 38 μm : $\geq 10\text{kV}/\text{mm}$	表 2 ⑧ II 型电气强度: 38 μm : $\geq 12\text{kV}/\text{mm}$	适当提高 II 型芳纶纸的电气强度, 可减少芳纶复合材料的电气性能的薄弱点, 提升绝缘系统的可靠性, 降低因电气故障导致的停运风险, 提高运营安全性和降低维护成本。																																
24	表 1 ⑧ 4 型热收缩率:	表 2 ⑨ II 型热收缩率: 纵向 $\leq 4.5\%$; 横向 $\leq 3.5\%$	II 型芳纶纸的热收缩率已高于国内市场普遍芳纶绝缘纸的水平, 可以满足城市轨道交通领域客户的应用要求, 但受限于国内芳纶纤维的技术水平, 与 IEC 60819-3-3: 2011 仍有一定差距。																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th colspan="2">项点</th> <th>38μm</th> <th>50μm</th> <th>80μm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">8</td> <td rowspan="2">热收缩率 (300$^{\circ}\text{C}/40\text{min}$) %</td> <td>纵向</td> <td>≤ 4.0</td> <td>≤ 4.0</td> <td>≤ 3.0</td> </tr> <tr> <td>横向</td> <td>≤ 2.0</td> <td>≤ 2.0</td> <td>≤ 2.0</td> </tr> </tbody> </table>	序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm	8	热收缩率 (300 $^{\circ}\text{C}/40\text{min}$) %	纵向	≤ 4.0	≤ 4.0	≤ 3.0	横向	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 2.0																		
序号	项点		38 μm	50 μm	80 μm																														
8	热收缩率 (300 $^{\circ}\text{C}/40\text{min}$) %	纵向	≤ 4.0	≤ 4.0	≤ 3.0																														
		横向	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 2.0																														

25	无对液体电介质的污染试验方法和铜蚀试验方法。	6.11 对液体电介质的污染试验方法 6.12 铜蚀试验方法	6.11 详细规定了对液体电介质的污染试验方法和技术要求； 6.12 详细规定了铜蚀试验方法和判定标准。
----	------------------------	-----------------------------------	---

5 标准主要技术内容的论据或依据；修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比情况

5.1 标准主要技术内容的论据或依据

本标准规定了城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸的定义、分类、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标识、运输和贮存等。本标准适用于适用于轨道交通电气用无填充的间位芳纶绝缘纸。

本标准的主要技术要求包括外观，机械性能（如拉伸强度、伸长率、撕裂度等）、电绝缘性能（电气强度、体积电阻率、介电常数等）、热稳定性（收缩率、铜蚀试验等）等的技术要求及试验方法，检验规则、包装、标识、贮存与运输等要求。

主要技术内容确定的依据见表4。

表4 主要技术内容确定依据

序号	主要技术内容	确定依据和理由
1.	1 范围	标准主要依据城市轨道交通特点，规定了城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸的定义、分类、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标识、运输和贮存等。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。
2.	2 规范性引用文件	机械性能、电绝缘性能、热稳定性等试验引用GB/T 451、GB/T 12914、GB/T 1408.1、GB/T 1409等标准要求。
3.	3 术语和定义	针对标准中使用的名词，并结合其成份、制备工艺流程和性能特点，进行定义。
4.	4 分类	参考GB/T 20629.3—2019标准中的规定，并结合在城市轨道交通电气领域单独使用和复合使用情况进行针对性修改。
5.	5.1外观	针对间位芳纶绝缘纸在城市轨道交通电气领域的应用特点，对城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸外观进行规定。
6.	5.2.1 I型间位芳纶绝缘纸性能要求	参考GB/T 20629.3—2019标准中对1A型芳纶绝缘纸的性能要求并结合城市轨道交通的运行特点进行针对性修改。
7.	5.2.2 II型间位芳纶绝缘纸性能要求	参考GB/T 20629.3—2019标准中对2型芳纶绝缘纸的性能要求并结合城市轨道交通的运行特点进行针对性修改。
8.	6 试验方法	定量、拉伸强度、断裂伸长率、撕裂度等常规性能的测量或试验按照GB/T 20629.2—2013的规定进行；边缘撕裂度实验按照GB/T 5591.2的规定进行；对液体电介质的污染试验参考JB/T 14694—2024标准中提供的试验方法，耐铜蚀试验参考美国杜邦公司Shawn A Filliben发表的论文《New Test Method to Evaluate the Thermal Aging of Aramid Materials》提供的试验方法；耐铜催化氧化试验结合50 μm间位芳纶绝缘纸的实际应用工况，按照客户提供的加速老化试验条件进行；防火等级试验按照EN 45545-2: 2020的规定进行；禁限用物质试验按照TB/T 3139的规定进行。
9.	7 检验规则	参照GB/T 20629.3—2019和客户要求，分别对I型和II型的出厂检验和型式检验进行规定。

序号	主要技术内容	确定依据和理由
10.	8 标志、包装、运输和贮存	参照 GB/T 20629.3—2019 和客户要求，结合间位芳纶材料特性，对标志和包装进行规范，对运输和贮存进行规定。

5.2 修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比

无，本标准是首次制定。

6 主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要试验（验证）的分析

本标准的机械性能、电绝缘性能试验按照GB/T 20629系列标准中相关章节的规定执行。对液体电介质的污染试验参考JB/T 14694—2024标准中提供的试验方法，耐铜蚀试验参考美国杜邦公司Shawn A Filliben发表的论文《New Test Method to Evaluate the Thermal Aging of Aramid Materials》提供的试验方法；耐铜催化氧化试验结合50~80 μm间位芳纶绝缘纸的实际应用工况，按照客户提供的加速老化试验条件进行；防火等级试验按照EN 45545-2: 2020的规定进行；禁限用物质试验按照TB/T 3139的规定进行。

通过收集汇总目前城市轨道交通领域已在用的芳纶绝缘纸牌号，对其多批次的各项性能进行检测并结合实际运用工况制定相关材料性能指标。截止2025年，已有多个城市轨道交通车辆电气用芳纶绝缘纸按照本标准提及的技术要求执行，执行过程无异常，车辆运行情况良好。

表5 主要检验项目及对应试验报告

序号	芳纶绝缘纸类别与规格	检查项目	试验报告
1	I 型-50 μ m	拉伸强度	图 1
2		断裂伸长率	图 2
3		撕裂度	图 1
4		电气强度	图 1
5		热收缩率	图 1
6		边缘撕裂度	图 3
7		铜蚀试验	图 4
8		对液体电介质的污染	图 5
9		铜催化氧化试验	图 6
10	II 型-50 μ m	拉伸强度	图 7
11		断裂伸长率	图 7
12		撕裂度	图 7
13		热收缩率	图 7
14		电气强度	图 7
15		边缘撕裂度	图 8

16	/	防火等级	图 9
17	/	禁限用物质	图 10

国家轨道交通高分子材料及制品质量检验检测中心(湖南)
National Inspection Center of Polymeric Materials and Products for Railways (Hunan)

检测报告
Test report

№: W2023094163

样品编号 Identification Number	序号 Item No.	检测项目 Test Item	计量单 位 Unit	检测标准 (方法) Test Method	技术要求 Technical Requirement	检测结果 Result	单项结论 Individual Conclusion	
W2023094163	1	厚度	mm	GB/T 26029.2-2013 条款 4	/	0.957	/	
	2	定重	g/m ²	GB/T 26029.2-2013 条款 5	/	42.7	/	
	3	拉伸强度	纵向	kN/m	GB/T 26029.2-2013 条款 6	/	1.85	/
			横向	kN/m		/	3.90	/
	4	断裂伸长率	纵向	%	/	/	5.0	/
			横向	%		/	7.2	/
	5	撕裂强度	纵向	mN	GB/T 455-2002	/	1.35 × 10 ³	/
			横向	mN	455-2002	/	756	/
	6	电气强度	kV/mm	GB/T 26029.2-2013 条款 10	/	19.1	/	
	7	相对电容率	/	GB/T 26029.2-2013 条款 8	/	1.5	/	
8	介电损耗因数	/	GB/T 26029.2-2013 条款 9	/	3.46 × 10 ⁻²	/		
9	体积电阻率	Ω·cm	GB/T 26029.2-2013 条款 11	/	8.3 × 10 ¹⁶	/		
10	热收缩率 (300℃ ×40min)	纵向	%	GB/T 26029.2-2013 条款 13	/	3.084	/	
		横向	%	GB/T 26029.2-2013 条款 13	/	2.515	/	

图 1

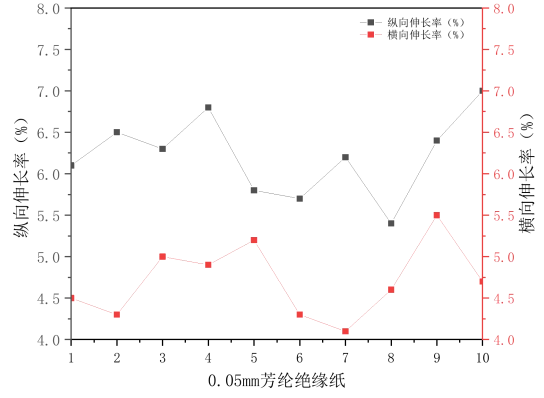


图 2

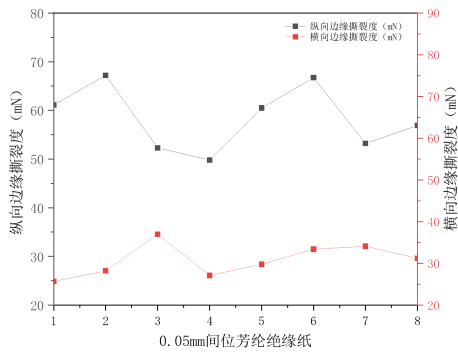


图 3

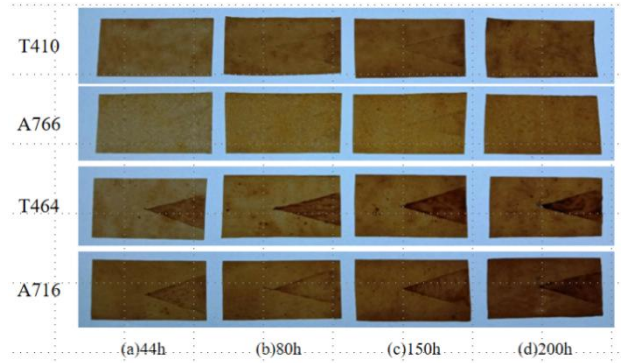


图 4



图 5



图 6



图 7

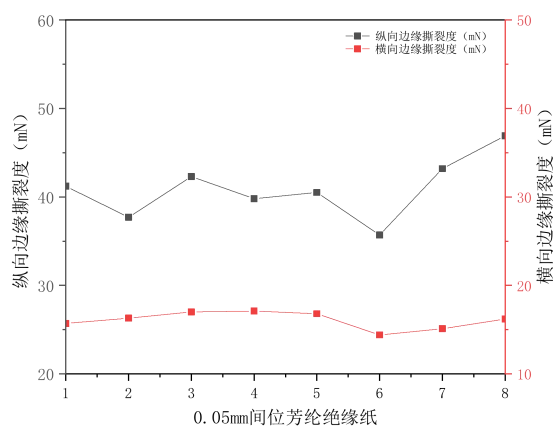


图 8

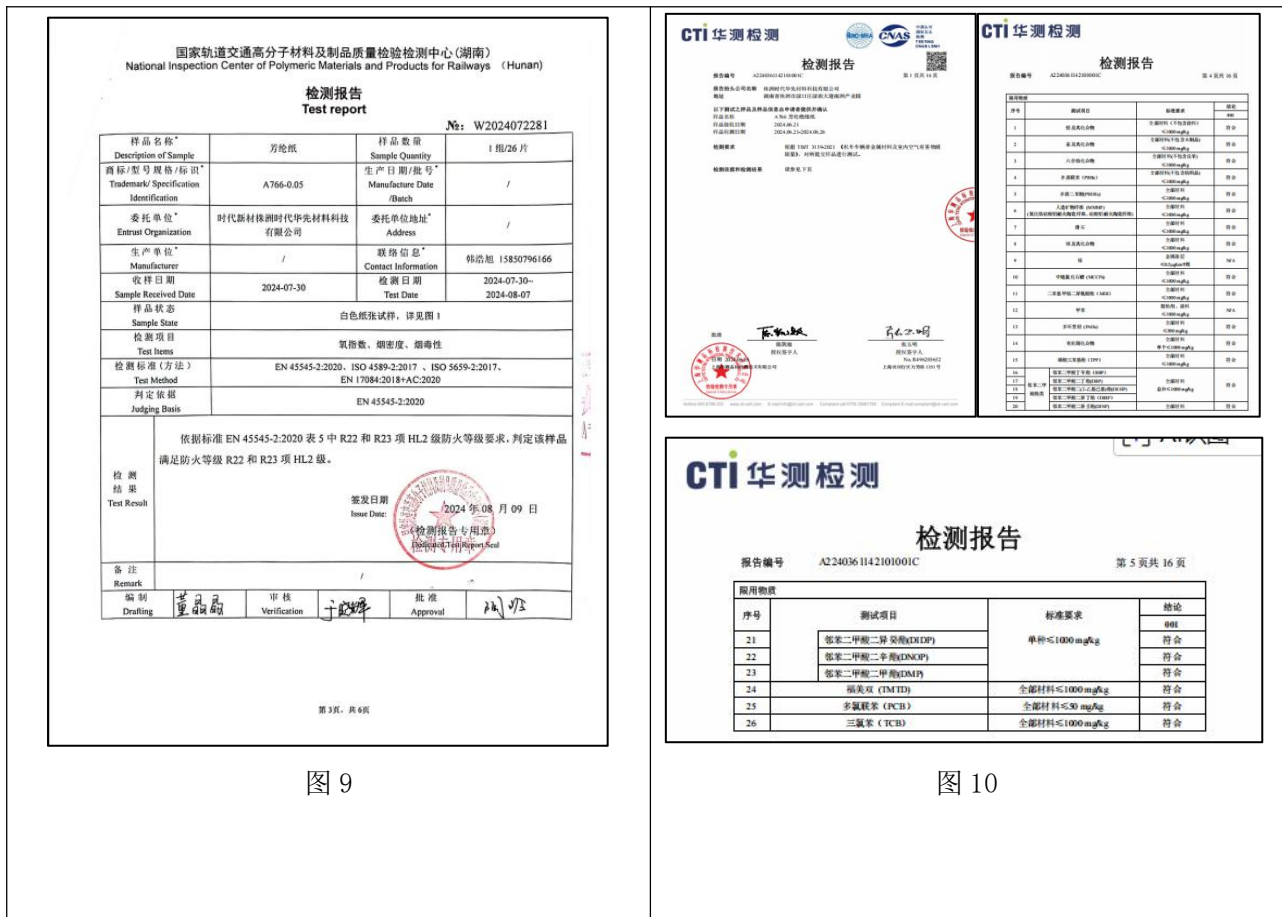


图 1 间位芳纶绝缘纸试验报告

6.2 综述报告

本标准对于间位芳纶绝缘纸的技术要求、试验方法、检验规则、标志和包装、运输和贮存等作出了详细规定。在生产和应用过程中，城市轨道交通用间位芳纶绝缘纸参照现有的国标、客户技术协议等开展项目的试验、检验，积累了大量的数据。本标准编制过程中，在性能参数的制定、试验项目的确定上，参考了各单位的试验检验数据，并进行了规范。

6.3 技术经济论证

城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸的应用可提升牵引电机、变压器等电气设备绝缘系统的可靠性，降低因电气故障导致的停运风险，提高城市轨道交通车辆的运营安全性和降低维护成本，同时也为城市轨道交通紧凑型电机和变压器设计提供可能，达到节能、提速的目的。

6.4 预期的经济效果

城市轨道交通电气用间位芳纶绝缘纸的推广应用能一定程度降低城市轨道交通的采购成本和运营成本。该标准的制定可牵引国产间位芳纶绝缘纸的全面性能提升，目前已有部份城市轨道交通车辆的变压器采用国产芳纶绝缘纸替代，间位芳纶绝缘纸的价格由进口产品的 500 元/kg 左右降至国产产品的 300 元/kg 左右。以一辆 4 节编组的市域车为例，间位芳纶绝缘纸用量约 10kg/辆，可节约 2000 元/辆。近三年，市域车的

产量保持在 800 辆以上，标准动车组约 300 列，因此可降低间位芳纶绝缘纸采购成本至少约 280 万元。采用本标准的城市轨道车辆，其电气设备发生电气故障的风险也会下降，因此车辆的运营运维成本也会同步下降。

7 采用国际标准的程度及水平的简要说明

无。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

9 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

本标准为新制定，为进一步推进标准的执行及宣贯，主要采取如下措施：

- 1) 标准发布后，积极开展标准宣贯工作；
- 2) 编制组联合中国城市轨道交通协会向相关方进行技术要求宣贯，深入阐述要求的合理性和先进性，积极推动在城市轨道交通运营中引用该标准；
- 3) 进一步用实际工程效益验证技术要求及试验方法的合理性。

10 其他应予说明的事项，如涉及专利的处理等

在 2026 年 2 月 6 日召开的标准项目编制启动会暨工作组会议上，与会专家一致同意将标准名称改为《城市轨道交通 电气用间位芳纶制品 第 1 部分：绝缘纸》。