

《电缆用纸》国家标准编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1.1 任务来源

国家标准化管理委员会 2021 年 07 月 21 日下达了国家标准制修订计划，要求对 GB/T 7969—2003《电力电缆纸》、GB/T 7970—1999《通讯电缆纸》进行整合修订，合并后的项目名称为“电缆用纸”，项目计划号：20212022-T-607。该标准由全国造纸工业标准化技术委员会（SAT/TC 141）归口。全国造纸工业标准化技术委员会委托相关单位共同完成该标准的修订工作。

1.2 主要工作过程

2022 年 4 月起成立标准起草小组，着手开展各项工作，科学合理分工协作，以确保各阶段工作有序推进。依据要求，起草小组将本次标准修订工作步骤进行了分解，明确了具体工作内容，并于 2022 年 9 月形成征求意见稿。具体的工作过程如下：

（1）起草阶段

2022 年 4 月，成立了标准起草小组；

2022 年 5 月-6 月，起草小组查询了国际电工委员会 IEC、俄罗斯和芬兰等国际标准，具体包括：查询并分析了 IEC 60554-1:1977、IEC 60554-2:2001、IEC 60554-3-1:1979、IEC 60554-3-5:1984 和 GOST 645-1989 等；查询与该产品类似国内标准，具体包括：QB/T 2692—2005《110kV~330kV 高压电缆纸》、QB/T 4250—2011《500kV 变压器匝间绝缘纸》和 QB/T 5399—2019《1000kV 变压器匝间绝缘纸》等，收集了有价值的材料；编写小组将以上文献资料与前一版本 GB/T 7969—2003《电力电缆纸》、GB/T 7970—1999《通讯电缆纸》两个标准的技术要求、检验方法等重要内容进行了详细对比，并向各相关企业、学校、科研单位和检验机构等单位进行调研。

2022 年 7 月-9 月，标准起草小组开始收集样品，在 3 个独立的检验机构之间进行试验验证，减少人为误差，以充分保障试验数据的准确性；目前，电缆用

纸，特别是通讯电缆纸国内的生产和需求量较少，国内从事生产的厂家主要包括玖龙纸业、浙江凯恩、泰州魏德曼等，在进行验证试验的同时，在实验数据验证过程中也结合了龙头企业在制定企业技术标准及检测中积累的研究数据，特别是通过对接 QB/T 2692—2005、QB/T 4250—2011、QB/T 5399—2019 等标准编制单位和编制人，为征求意见稿及编制说明定稿提供了重要的理论数据基础。

(2) 征求意见阶段

2022 年 10 月，公开征求意见。

1.3 主要起草单位和工作组成员及所做的工作

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

工作小组组建的工作组成员包括制浆造纸、化工、英语、质量及标准化等专业的中高级职称专业技术人员，具体工作包括信息检索、项目调研、样品提供、验证试验、数据整理、参数和技术指标确定及文本修订等工作，编制工作小组各成员单位能根据各自职责、分工协作科学合理，确保编制说明各阶段工作任务的顺利推进。

二、国家标准编制原则和确定国家标准主要内容

2.1 标准编制原则

我国现行标准为 GB/T 7969—2003、GB/T 7970—1999 两个标准，分别对电力和通讯两种电缆纸产品品质进行规范。电缆用纸在标准体系中的位置为“06 制浆造纸\03 纸和纸板\04 技术用纸和纸板\02 特殊技术用纸”。将两项标准整合修订为一项标准，有利于实施电器用纸标准体系优化，符合国家标准修订原则。目前通讯电缆纸在国内几乎已没有市场需求，通讯电缆纸与电力电缆纸技术参数的设置除了工频击穿电压、介质损耗角正切、水抽提液电导率等指标不同，其余参数均一致。电力电缆纸我国是在 70 年代开始批量生产的，该产品主要用于电器绝缘行业，适用于额定电压 35kV 及 35kV 以下电力电缆、变压器及其它电器绝缘纸等，相对来说该产品具备一定的市场需求，特别是额定电压 35kV 及 35kV 以下变压器用纸，目前在市场上还没有更好的替代产品，因此标准的修订具有重大的意义。我们将合并以后电缆用纸标准适用范围界定为：用于通讯电缆用纸、额定电压不大于 35kV 的电力电缆和变压器匝间用纸及其他电器用纸。

考虑到国内现有的检测机构的能力和企业的实际生产情况，本次标准编制的原则是力求方法标准的科学性、先进性、普遍适用性和可操作性，易于推广应用，经过验证能确保依据编制的方法测得的数据准确可靠，满足电缆用纸各技术参数数据的测定要求，符合相关标准和法规的要求，按照 GB/T 1.1—2020 规定编制完成。

2.2 主要技术内容介绍

GB/T 7969—2003、GB/T 7970—1999 分别已实施 20 年左右，本标准修订工作既要满足电缆用纸对纸张质量的需要，也要适应电缆用纸生产水平的现状，以达到提高产品质量的目的，修订前部分技术指标已不能满足市场需求，因生产工艺调整、原材料变化、客户需求变化等原因，调整指标基本涵盖所有指标等，标准规定了电缆用纸的产品分类、要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存等要求。

本次标准修订技术内容主要参考 IEC 60554-1:1977 电工用纤维素纸规范 第 1 部分：定义和一般要求（1997 重新确认）、IEC 60554-3-5:1984 电工用纤维素纸规范（活页 3:特殊用途纸）等标准进行确定；1999 年版 GB/T 7969 采用重新起草法非等效采用 IEC 60554-1:1977，而本次修订非等效采用 IEC 60554-3-5:1984，结合 IEC 相关标准的技术要求，本次标准修订重点考虑产品的可靠性、经济性和使用性能。通讯电缆用纸与电力电缆用纸技术指标和参数要求基本一致，因此本次修订对 2 类产品的技术参数进行了合并，具体技术参数包括：厚度、紧度、抗张指数（纵横向）、伸长率（纵横向）、撕裂指数（纵向）、工频击穿电压、介质损耗角正切（ $\tan \delta$ ）、水抽提液 pH、水抽提液电导率、透气度、灰分、水分等。

2.2.1 厚度

厚度是电缆用纸的重要技术指标，电缆用纸后续工艺要进行分切加工、线圈绕制工序，厚度的稳定直接影响分切质量、绕线后线圈的尺寸。参考 GB/T 7969—2003、GB/T 7970—1999 和 IEC 60554-3-5B 标准，考虑到该指标对使用效果的重要性，本标准厚度要求 $>75 \mu\text{m} \sim \leq 125 \mu\text{m} : \pm 6\%$ ； $>125 \mu\text{m} : \pm 5\%$ ，厚度均匀，偏差小，可以保证生产电磁线等产品的尺寸厚度不会产生偏离。

2.2.2 紧度

紧度指纸页紧密的程度,是纸张的基本性质,它与纸张的强度有密切的关系,影响到纸张的物理性能、电气性能,参考 GB/T 7969-2003、GB/T 7970-1999 和 IEC60554-3-5B 标准,结合试验数据,本标准规定紧度: DLZ- I -D: $\geq 0.75 \sim < 0.85 \text{g/cm}^3$ 。(DLZ- II、DLZ-III、DLZ- I -G) $\geq 0.85 \sim > 0.95 \text{g/cm}^3$ 。

2.2.3 抗张指数

抗张指数是指单位宽度、单位质量纸张所承受的张力,是纸张的一项重要性能指标。电缆用纸进行分切加工、线圈绕制过程中,需要承受较大的张力,且较高的抗张强度能保证电缆配套使用过程中具有足够的机械强度,对电缆的使用功能起到关键作用。参考 GB/T 7969-2003、GB/T 7970-1999 和 IEC60554-3-5B 等标准(纵向 $\geq 93 \text{N} \cdot \text{m/g}$, 横向 $\geq 34 \text{N} \cdot \text{m/g}$),考虑到该指标对使用效果的重要性,本标准规定抗张指数: 纵向 (DLZ- I -D) $\geq 83.0 \text{N} \cdot \text{m/g}$ 、纵向 (DLZ- I -G) $\geq 85.0 \text{N} \cdot \text{m/g}$; 纵向 (DLZ- II、DLZ-III) $\geq 85.0 \text{N} \cdot \text{m/g}$; 横向 (DLZ- I -D) $\geq 93.0 \text{N} \cdot \text{m/g}$; 横向 (DLZ- I -G) $\geq 36.0 \text{N} \cdot \text{m/g}$; $\geq 38.0 \text{N} \cdot \text{m/g}$ 。横向 (DLZ- II、DLZ-III) $\geq 36.0 \text{N} \cdot \text{m/g}$ 。

2.2.4 伸长率

伸长率指纸张受到一定的张力后,至断裂时的伸长对原试样长度的百分率。伸长率是衡量纸张强韧性的一项重要指标,伸长率愈大,表示纸张弹性愈好,纸张就愈不易破损。参考 GB/T 7969—2003、GB/T 7970—1999 和 IEC60554-3-5B 等标准 (纵向 $\geq 2.0\%$, 横向 $\geq 4.0\%$),考虑到该指标对使用效果的重要性,本标准规定伸长率: 纵向 $\geq 2.0\%$ 、横向 (DLZ- I -D) $\geq 4.0\%$, 横向 (DLZ- II、DLZ-III、DLZ- I -G) $\geq 6.0\%$ 。

2.2.5 横向撕裂指数

横向撕裂指数是纸张在电磁线绕制过程中抗横向断裂的能力,是指撕裂预先切口的试样至一定长度时所需的力。参考 GB/T 7969-2003、GB/T 7970-1999 和 IEC60554-3-5B 标准 ($> 30 \sim \leq 80 \text{g/m}^2$: $6.0 \text{mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$; $> 80 \sim \leq 120 \text{g/m}^2$: $7.0 \text{mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$; $> 120 \text{g/m}^2$: $9.0 \text{mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$),结合试验数据,本标准规定要求 (DLZ-

II、DLZ-III、DLZ-I-G) $\geq 7.50 \text{mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$; (DLZ-I-D) ≥ 6.5 。

2.2.6 工频击穿电压

工频击穿电压是指在规定的试验条件下,用连续均匀升压的方法对绝缘纸施加工频电压,使纸样发生击穿时的电压值,根据纸样平均厚度计算工频击穿电压。工频击穿电压是一项重要指标,代表纸张的绝缘强度。参考 GB/T 7969-2003 和 IEC60554-3-5B 标准(要求 $\geq 8.0 \text{kV/mm}$),考虑到该指标对使用效果的重要性,本标准规定工频击穿电压要求 DLZ-I: ≥ 8.0 ; DLZ-II: ≥ 7.3 ; DLZ-III: ≥ 7.0 。

2.2.7 介质损耗角正切 ($\text{tg } \delta$)

介质损耗角正切 ($\text{tg } \delta$) 是指绝缘纸在交流电场下能量损耗的一个参数,是外施正弦电压与通过试样的电流之间相角的余角正切。介质损耗角正切 ($\text{tg } \delta$) 代表纸张的绝缘程度,影响纸张的使用寿命。参考 GB/T 7970-1999 和 IEC60554-3-5B 标准(要求 $\leq 0.2\%$),结合试验数据,本标准规定介质损耗角正切 ($\text{tg } \delta$) 要求 ≤ 0.6 。

2.2.8 水抽提液 pH

水抽提液 pH 是指 100mL 去离子水抽提一定量样品 1h,然后在规定温度下用酸度计测定抽提液的 pH。pH 是检测绝缘纸的重要指标,接近中性的要求,有利于绝缘纸的抗老化性能。参考 GB/T 7969-2003、GB/T 7970-1999 和 IEC60554-3-5B 标准(pH 要求 6.0~8.0),结合试验数据,本标准规定 pH 要求为 6.5~8.5。

2.2.9 水抽提液电导率

水抽提液电导率是指 100mL 去离子水抽提一定量样品 1h,然后在规定温度下用电导率仪测定抽提液的电导率。电导率愈小,纸张绝缘程度愈好。参考 GB/T 7969-2003 和 IEC60554-3-5B 标准(电导率 $\leq 10.0 \text{mS/s}$),考虑到该指标对使用效果的重要性,本标准规定电导率要求 $\leq 10.0 \text{mS/s}$ 。

2.2.10 透气度

透气度指在一定面积、一定真空度下,每分钟透过纸张的空气量或透过 100 毫升空气所需的时间。透气度是鉴别纸层中间的空隙程度,也是影响电气用纸介

电性能的指标之一。透气度是随着纸张的紧密度大小而增减。参考 GB/T 7969—2003、GB/T 7970—1999 和 IEC60554-3-5B 标准，结合试验数据，本标准规定 $\leq 0.51 \mu\text{m} / \text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

2.2.11 灰分

灰分是指纸张在灼烧后残渣的重量与绝干试样重量之比。灰分是一项重要指标，含量的高低影响到纸张的绝缘强度。参考GB/T 7969—2003、GB/T 7970—1999 和IEC60554-3-5B标准（要求 $\leq 1.0\%$ ），考虑到该指标对使用效果的重要性，本标准规定灰分要求 $\leq 0.70\%$ 。

2.2.12 交货水分

交货水分是指纸张在 $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重时所减少的重量与原重量之比。交货水分是检测纸张的重要指标，影响纸张的强度、伸长率。参考GB/T 7969—2003、GB/T 7970—1999和IEC60554-3-5B标准（不大于 8.0% ）和实际使用效果，本标准规定交货水分要求 $6.0\% \sim 9.0\%$ 。

2.3 主要技术变化

修改了标准名称；

修改了标准的适用范围；

修改了部分规范性引用文件；

删除了电力电缆纸的耐折度指标及相应的试验方法；

修改了厚度、紧度、伸长率、介质损耗角正切($\text{tg } \delta$)(100°C)等指标的技术要求；

修改了水抽提液 PH、水抽提液电导率和透气度等指标的技术要求和试验方法；

修改抗张强度为抗张指数、撕裂度为撕裂指数（横向）及技术要求；

修改了检验规则。

2.3 解决的主要问题

本标准的制定将为供需双方提供一个科学的技术依据，为我国电缆产品质量检验提供可靠依据。另外，该标准的制定将对国内电缆用纸的规范生产，提高产

品的质量水平，促进我国绝缘用纸达到国际领先水平，提升国际竞争力以及市场占有率起到积极地推动作用。本标准的制定可以作为未来电缆纸产品技术发展的基础。

三、主要试验（或验证）情况的分析

起草小组共收集了相关单位提供的 3 个规格各 2 批次电缆用纸样品，工作组重点对主要技术指标进行了试验验证。

3.1 主要试验数据汇总情况见表 1 至表 3。

表1 电缆纸检测数据 DLZ- I -D（50）

指标名称		单位	规定	检测值1	检测值2
			DLZ- I -G		
厚度偏差		%	± 6.0	5.0	5.5
紧 度		g/cm ³	$\geq 0.75 \sim < 0.85$	0.83	0.78
抗张指数	纵向	N • m/g	≥ 83.0	87.0	84.5
	横向		≥ 36.0	38.0	37.0
伸长率	纵向	%	≥ 2.0	2.3	2.1
	横向		≥ 4.0	5.5	5.1
撕裂指数	横向	mN • m ² /g	≥ 6.5	7.3	7.0
工频击穿电压		kV/mm	≥ 8.0	9.1	8.9
介质损耗角正切（tg δ） （100℃）		%	≤ 0.6	0.5	0.6
水抽提液pH		—	6.5~8.5	8.0	8.2
水抽提液电导率		mS/m	≤ 10.0	8.5	9.5
透气度		$\mu\text{m} / (\text{Pa} \cdot \text{s})$	≤ 0.51	0.43	0.49
灰 分		%	≤ 0.7	0.6	0.6
交货水分		%	6.0~9.0	8.0	8.3

表2 电缆纸检测数据 DLZ- I -G（75）

指标名称		单位	规定	检测值1	检测值2
			DLZ- I -G（75）		
厚度偏差		%	± 6.0	4.0	5.5
紧度		g/cm ³	$\geq 0.85 \sim 0.95$	0.91	0.89
抗张指数	纵向	N • m/g	≥ 88.0	89.0	88.5
	横向		≥ 38.0	39.8	38.2
伸长率	纵向	%	≥ 2.0	2.8	2.5

	横向		≥ 4.0	4.9	4.7
撕裂指数	横向	$\text{mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$	≥ 7.5	8.6	8.0
工频击穿电压		kV/mm	≥ 8.0	9.1	8.9
介质损耗角正切 ($\text{tg } \delta$) (100℃)		%	≤ 0.6	0.4	0.5
水抽提液pH		—	6.5~8.5	8.3	8.2
水抽提液电导率		mS/m	≤ 10.0	8.8	9.5
透气度		$\mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	≤ 0.51	0.43	0.48
灰 分		%	≤ 0.7	0.5	0.6
交货水分		%	6.0~9.0	8.0	8.3

表3 电缆纸检测数据 DLZ-II (125)

指标名称		单位	规定	检测值1	检测值2
			DLZ-II (125)		
厚度偏差		%	± 6.0	4.9	5.8
紧度		g/cm^3	$\geq 0.85 \sim 0.95$	0.88	0.89
抗张指数	纵向	$\text{N} \cdot \text{m}/\text{g}$	≥ 88.0	89.5	88.1
	横向		≥ 36.0	39.5	38.0
伸长率	纵向	%	≥ 2.0	2.6	2.2
	横向		≥ 6.0	7.5	6.9
撕裂指数	横向	$\text{mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$	≥ 7.5	9.1	8.5
工频击穿电压		kV/mm	≥ 7.3	8.8	8.3
介质损耗角正切 ($\text{tg } \delta$) (100℃)		%	≤ 0.6	0.4	0.5
水抽提液pH		—	6.5~8.5	6.8	7.2
水抽提液电导率		mS/m	≤ 10.0	8.5	9.3
透气度		$\mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	≤ 0.51	0.36	0.42
灰 分		%	≤ 0.7	0.6	0.6
交货水分		%	6.0~9.0	8.5	8.3

3.2 国际、国内标准对比情况

本标准制定时参考国际电工委员会制定标准 IEC 60554，并且 5 个主要指标（横向抗张指数、纵向伸长率、横向伸长率、水抽提液电导率、灰分）优于 IEC 60554 标准，见表 4。

表4 本标准与国际电工委员会 IEC 60554-3-5B 标准主要指标对比

序号	指标名称	单位	IEC 60554-3-5B	本标准	备注
1	厚度偏差	%	$\leq 75\mu\text{m} : \pm 10$ $> 75\mu\text{m} \sim \leq 105\mu\text{m} : \pm 7$	$> 75\mu\text{m} \sim \leq 125\mu\text{m} : \pm 6$; $> 125\mu\text{m} : \pm 5$	

				$>105\mu\text{m} \sim \leq 125\mu\text{m}: \pm 6$ $>125\mu\text{m} \quad \pm 4$		
2	紧度		g/cm^3	± 0.05	$\geq 0.75 \sim \leq 0.85/$ $> 0.85 \sim 0.95$	
3	抗张指数 $\geq$	纵向	$\text{N}\cdot\text{m}/\text{g}$	H1~H2: 93	83/88	
		横向		H1~H2: 34	36/38	超过国际标准
4	伸长率 $\geq$	纵向	$\%$	2.0	2.0	达到国际标准
		横向		4.0	4.0/6.0	超过国际标准
5	撕裂指数 $\geq$	横向	$\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$	$>30 \leq 80(\text{g}/\text{m}^2)$ 6.0 $>80 \leq 120(\text{g}/\text{m}^2)$ 7.0 $>120(\text{g}/\text{m}^2)$ 9.0	6.5/7.5	
6	工频击穿电压 $\geq$		kV/mm	5B3~M: 8.0	8.0/7.3/7.0	
7	介质损耗角正切 ($\tan\delta$) (100°C) $\leq$		$\%$	0.20	0.60	
8	水抽出物 PH		-	6.0~8.0	6.5~8.5	
9	水抽提液电导率 $\leq$		mS/m	10.0	10.0	达到国际标准
10	透气度 $\leq$		$\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$	M1: $>0.05 \sim \leq 0.1$ M2: $>0.1 \sim \leq 0.2$	0.51	
11	灰分 $\leq$		$\%$	1.00	0.70	超过国际标准
12	交货水分 $\leq$		$\%$	8.0	6.0~9.0	

从上表可以看出，本标准关键的技术指标中，横向的抗张指数、伸长率和灰分等指标达到或超过了国际标准。

四、标准中知识产权说明

本标准未涉及任何专利。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况

本标准在结合我国国情的基础上参考了浙江凯恩新材料有限公司、玖龙纸业（乐山）有限公司等企业电力电缆纸的技术标准，标准修订的技术水平与国外企业产品技术要求基本保持一致，一方面对提高标准的适用性和准确性，可减少贸

易摩擦；另一方面对指导企业生产，提升产品质量水平同样具有重要意义，同时对于提高我国对电缆用纸的检测技术水平将起到积极作用。

六、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。本标准制定过程中查到同类国际、国外标准。本标准制定过程未测试国外的样品，本标准水平为国内先进水平。

七、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准符合国家《标准化法》等有关相应法律法规的规定,按 GB/T 1.1-2020 规定进行编写。本标准内容与现行法律、法规和强制性国家标准要求一致，不存在违背问题。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在征求意见过程中未出现重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准为推荐性标准。

十、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）

电缆用纸行业集中度高，建议通过标准宣贯方式推动企业贯彻实施。建议标准过渡期 6 个月。

十一、废止现行有关标准的建议

本标准发布实施后，建议废止 GB/T 7969—2003《电力电缆纸》、GB/T 7970—1999《通讯电缆纸》两个标准。

十二、其他应予以说明的事项

无。

标准起草小组

2022 年 9 月