
《柔性直流电容器用金属化薄膜电气性能评价方法》

编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 主要工作过程

起草（草案、调研）阶段：2023年12月成立无锡赛晶电力电容器有限公司、清华大学、南洋华诚科技有限公司、同济大学等单位组成的工作组，2024年8月完成征求意见稿。

立项前工作：明确项目的主要目的，即需解决的主要问题和需求背景，以此为目的进行相关的调研工作。

团体标准立项：2023年12月提交立项申请书，2024年4月立项通过。

团体标准起草：2024年4月组织建立标准起草工作组，制定工作方案，开展标准起草工作，包括资料收集、国内外状况分析、调研、标准框架和内容编写等工作。

团体标准论证：在标准内容初步确定后，选取合适的范围或具有代表性的企业开展标准验证或试行工作，并对技术指标开展实验验证，收集整理反馈信息，确保标准的适用性和可操作性。2024年8月组织项目组会议对标准内容研讨论证，确保标准的适用性和可操作性。

征求意见阶段：2024年9月开始征求意见。

送审阶段：

报批阶段：

2 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准由无锡赛晶电力电容器有限公司、清华大学、西安高压电器研究院有限责任公司、同济大学、嘉善赛晶电容器有限公司、南洋华诚科技有限公司、四川东方绝缘材料股份有限公司、广东迈特斐薄膜科技有限公司、华北电力大学、大东南万象科技有限公司等单位共同负责起草。

主要成员：左强林、雷乔舒、党智敏、邓光昭、郑飞虎、高扬、严浩、钟少龙、陆为民、蔡俊、石永辉、姚成椿、王璁、黄剑鹏、张永豪、陈炎、尤鸿梵、

陈庚。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本文件在遵循技术发展规律，总结柔直电容器用金属化膜材料影响电气性能的各项性能指标，收集试验数据并分析的基础上，根据以下原则编制：

1) 适用性原则：编制的标准应适应于柔直电容器用金属化膜不同薄膜厚度需求，要满足目前柔直电容器用金属化膜影响电气性能的全面性能指标要求，也要兼顾柔直项目的不断增加，技术的不断发展，今后运行过程中可能凸显出来的影响电气性能的相关问题。

2) 先进性原则：充分吸收借鉴国内相关领域应用的前沿技术、先进标准，国内外的最新文献，反映最新金属化膜材料已取得的先进成果和经验；

3) 成熟性原则，充分反映目前金属化膜材料的基本性能、电气性能对产品运行的安全性和可靠性有直接的影响，材料基本电气性能检测具有成熟的标准体系。

4) 技术经济比较原则：积极落实国家的技术经济政策，原材料应做到安全可靠、经济合理，同时能推进国产化材料的技术和实际应用，解决“卡脖子”问题，降低材料使用成本。

5) 节能环保原则：积极落实国家的节能环保政策，在经济合理的前提下提倡采用环保材料及高效节能设备。

2、标准主要内容

--第 1 部分：范围

--第 2 部分：规范性引用文件

--第 3 部分：术语和定义

--第 4 部分：评价对象和评价指标.

--第 5 部分：试验方法

--第 6 部分：附录资料

第 4 部分为金属化膜材料电气性能评价对象和评价指标，第 5 部分为电气性能指标验证的试验方法，是本标准的核心内容，第 6 部分的附录给出了测试电气性能的 50 点电极法的操作要求、50 点电极法威布尔图及标准方差分析的评价示例。

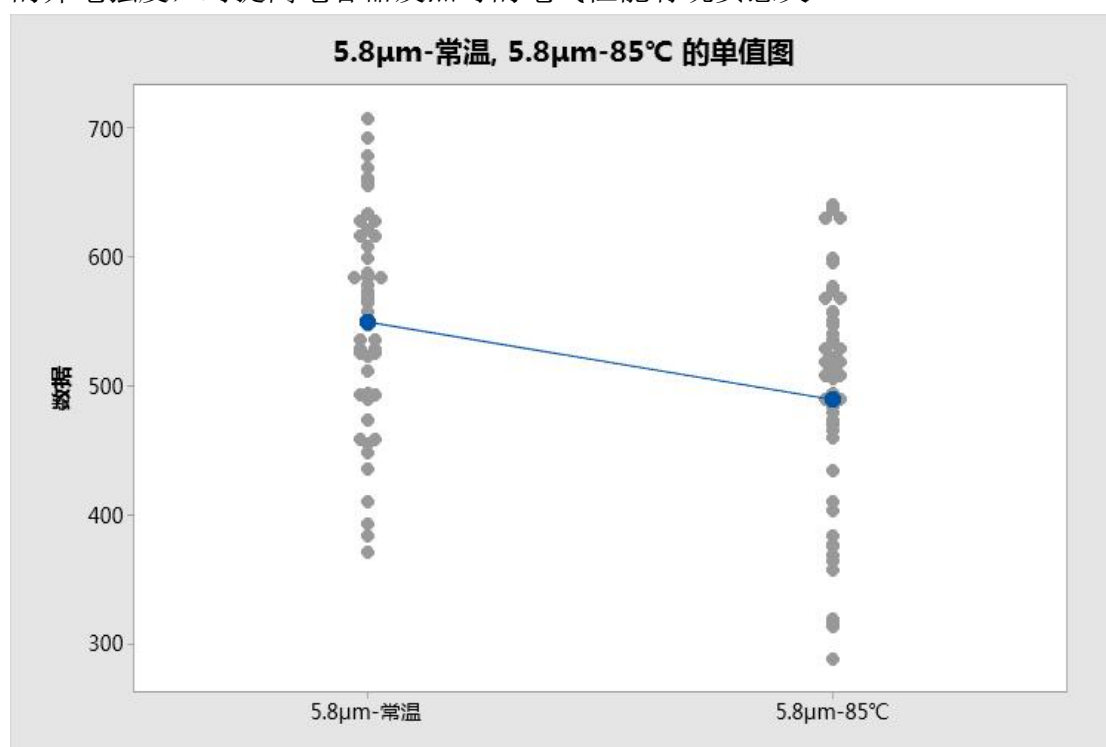
3、解决的主要问题

- 1) 掌握了柔直电容器用金属化膜电气性能的评价方法;
- 2) 形成了影响柔直电容器用金属化膜电气性能指标和评价判据的共识;
- 3) 为满足柔直电容器用金属化膜电气性能的评价需求,提出了 50 点电极法的测试方法,利用正太分布、威布尔分布等统计方法对 50 点电极法进行统计分析及判定。

三、主要试验（或验证）情况

3.1 50 点电极法常温和高温下的试验数据验证与分析

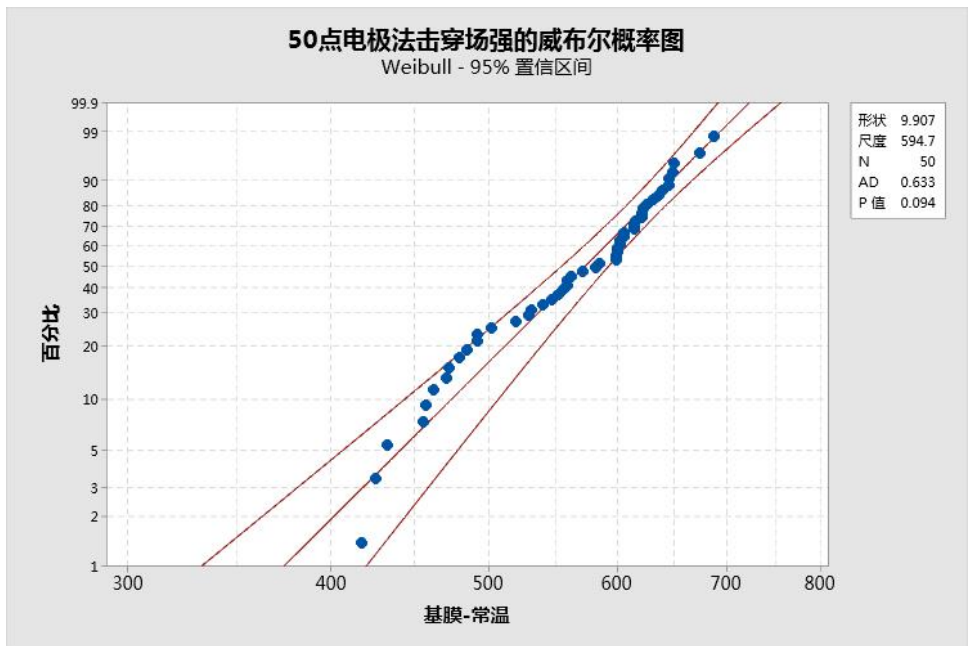
在对薄膜进行 50 点法电极法试验过程中发现,试验温度对其击穿场强影响较大,在 85℃时薄膜介电强度较常温出现了明显下降。以某厂家生产的 5.8 μm 厚金属化膜为例,常温下 50 点电极法平均击穿场强为 550V/ μm ,85℃下击穿场强均值降低至 490V/ μm ,且击穿场强<400V/ μm 的低值较常温下有明显增多。对高温下的薄膜 50 点电极法进行试验验证,确定其指标要求有助于评估薄膜在高温下的介电强度,对提高电容器发热时的电气性能有现实意义。



3.2 50 点电极法威布尔图及标准方差分析评价

运用合理的数据分析手段对薄膜 50 点电极法击穿场强进行分析,有助于进一步评估试验薄膜介电强度性能。以某厂家金属化薄膜 50 点电极法的击穿场强

数据为例，绘制其威布尔概率图并运用标准方差分析方法筛选异常低值：



威布尔概率分布图显示，该薄膜的尺度参数即特征击穿场强为 $594.7\text{V}/\mu\text{m} \geq 560\text{V}/\mu\text{m}$ ，形状参数为 $9.907 \geq 8$ ，尺度参数与形状参数均满足标准要求。

序号	薄膜击穿场强	σ 倍数
1	417	-2.0806
2	426	-1.9589
3	433	-1.8615
4	455	-1.5450
5	457	-1.5206
6	462	-1.4476
.....		

将击穿场强数据从小到大排序后计算标准方差倍数发现有 1 个异常低值，异常值数量 ≤ 1 个满足标准要求。综上该薄膜威布尔概率图双参数及标准方差分析评价均符合标准要求。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

电气性能作为介质薄膜最关键的性能指标，目前没有相关标准对金属化膜的

电气性能有一个系统性评价。标准 GB/T 24123-2009 《电容器用金属化薄膜》中，对金属化膜直流介电强度平均值要求 $350\text{V}/\mu\text{m}$ ，这个指标以目前金属化膜的制造水平，极易达到，实际上应用于柔性直流输电的直流支撑电容器，这个性能指标也远不能满足要求，均值至少要达到 $500\text{V}/\mu\text{m}$ 以上，才能保证运行的安全性和可靠性。因此，针对目前进口粒料和国产粒料的金属化膜，提出适宜的电气性能指标评价方法，应用于高端的柔性直流电容器，对保证柔性直流电容器的安全性和可靠性，具有重要意义。

同时，本标准的制订，对实现柔性直流支撑电容器全链条国产化，打破关键原材料金属化聚丙烯薄膜的国外技术壁垒，打破国际垄断，研发制造出符合性能要求的国产粒料，最终实现柔性直流输电用直流支撑电容器全面国产化具有重要意义。

本标准制订后，其他同类型介质电容器也可采标使用该评价方法。可促进对金属化膜电容器安全性和可靠性要求高的高端行业技术的发展，具有显著的社会效益。

六、与国际、国外对比情况

1. 国外尚无柔性直流电容器用金属化薄膜电气性能评价方法的相关标准，同一技术领域内已有或正在编制的相关标准有：

IEC 60674-1:1980

IEC 60674-2:2019

IEC60243-2:2013

IEC 60674-3-1:2021

IEC 61071: 2017

上述标准仅规定了电气绝缘用薄膜的一般的理化性能要求、电气性能要求。对影响金属化薄膜电气性能的因素没有提出系统的评价。

2. 国内尚无柔性直流电容器用金属化薄膜电气性能评价方法的相关标准，同一技术领域内已有或正在编制的相关标准有：

GB/T 13542.1-2009 电气绝缘用薄膜 第 1 部分：定义和一般要求

GB/T 13542.2-2021 电气绝缘用薄膜 第 2 部分：试验方法

GB/T 13542.3 电气绝缘用薄膜 第 3 部分 电容器用双轴定向聚丙烯薄膜

SJ/T 10464-2015 电容器用金属化聚丙烯薄膜

上述标准仅规定了电气绝缘用薄膜的一般的理化性能要求、电气性能要求。对影响金属化薄膜电气性能的因素没有提出系统的评价。

GB/T 13542.2-2021《电气绝缘用薄膜 第2部分：试验方法》中电气强度的验证是通过模型电容器元件进行，对厂家设备要求比较高，适用性差，无法普及。

本标准系统性提出了柔直电容器用金属化薄膜的电气性能评价，影响到薄膜电气性能的相关因素均有罗列并提出详细的评价方法。

3. 本标准在国内处于先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

无

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐团体性标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 7 天后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无

十二、其他应予说明的事项

无