

《基于大气压低温等离子体的绝缘纸处理方法》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 主要工作过程

针对高压及特高压输变电设备绝缘性能提升亟需，依托国网江苏省有限公司科技项目，国网江苏省电力有限公司南京供电分公司提出基于大气压低温等离子体的绝缘纸改性处理方法，组织南京工业大学、中国电力科学研究院有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院等单位组建项目组，首次研制基于大气压低温等离子体的绝缘纸改性处理平台与标准化工艺，并于 2025 年 6 月开始在 110kV 套管制造工程中示范应用。为了规范化处理工艺、系统控制、试验检验和工程应用，以项目组为基础成立了标准起草工作组，将绝缘纸等离子体处理研发过程中形成的设计、工艺和试验经验总结，于 2026 年 3 月完成标准论证和起草。2026 年 5 月 8 日通过了标工组组织的标准立项评审会，正式立项，6 月 1 日形成标准草案。于 2026 年 6 月 12 日通过了标工组组织的标准中期审查，对标准草案进行了评审，根据专家意见修改完善形成征求意见稿。

2 主要参加单位和起草工作组人员及其所做的工作

本标准由国网江苏省电力有限公司南京供电分公司牵头，南京工业大学、中国电力科学研究院有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、南京电气高压套管有限公司、中天光伏材料有限公司、南京珀斯佩特电子科技有限公司、中天科技电缆附件有限公司参与共同起草。

国网江苏南京供电公司负责标准整体统筹、大纲编写及应用场景验证把关。南京工业大学参与低温等离子体处理核心工艺参数及科研数据支撑相关内容编写；中天光伏材料有限公司和中天科技电缆附件有限公司参与后处理与存储工艺规范相关内容部分编写；南京电气高压套管有限公司和南京珀斯佩特电子科技有限公司参与等离子体处理平台系统组成及硬件配置要求相关内容编写；国网江苏省电力有限公司电力科学研究院参与改性绝缘纸电气性能测试标准对接相关内

容编写；中国电力科学研究院有限公司负责规范性审查并配合电气安全保护要求相关内容编写。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准规范的绝缘纸处理方法是一种基于大气压低温等离子体表面改性的新工艺，可满足高压用绝缘纸性能提升与绿色环保的工程需求。

基于大气压低温等离子体的绝缘纸处理方法，国际首次研制并示范应用，能够简单有效改善绝缘纸理化特性，具有很高的推广应用价值，需要及时总结研制使用经验并编写技术规范，指导后续高质量工艺控制、生产和应用，及多类型电工材料改性工艺的研制使用，满足高压电气工程高可靠运行急需。

标准编写组总结项目组研发过程中形成的工艺设计、性能验证和工程应用经验，规范了等离子体处理绝缘纸的系统组成、工艺步骤、参数控制及存储等环节。本标准在编制过程中充分调研了国内外绝缘材料、高电压试验和等离子体相关标准，对于现有标准中适用的条款采用直接引用原则，对于所提出的核心工艺参数建议进行了充分的验证，可用于指导绝缘纸厂生产研发和成套绝缘设备制造厂的绝缘纸改性加工。

本标准具备一定的开放性，可依据工程需要进一步拓展形成多种厚度及不同纤维材质的电工绝缘材料等离子体改性处理系列化标准。

2、标准主要内容

本文件针对高压及特高压输变电设备用绝缘纸的大气压低温等离子体表面改性处理，规范了术语和定义，正常运行环境，系统硬件参数，关键技术要求及设计实现参考，预处理与改性工艺，质量检验，包装、存储和防护规则等内容。并对如下重点问题提出了技术要求、最优工艺建议和统一的处理方法：

- 1) 整体构成及处理平台本体结构要求。
- 2) 高压激励电源及等离子体发生技术要求。
- 3) 等离子体改性工艺技术要求。
- 4) 在线监测与电气安全防护系统技术要求。
- 5) 绝缘纸预处理、后处理及真空封装存储方案。

3、解决的主要问题

变压器、高压电缆等特高压核心输变电设备内部电场复杂，现有未经处理的常规绝缘纸存在介电常数较高且极易吸潮等问题，难以进一步提升复合绝缘结构的耐压水平，严重威胁特高压主设备及电网安全稳定运行。在国网江苏省有限公司科技项目支持下，国网江苏省电力有限公司南京供电分公司国际首次提出基于大气压低温等离子体的绝缘纸表面改性处理方法，并组织项目组集中攻关研制了连续处理平台与标准化工艺实现工程应用，可大幅降低绝缘纸介电常数并赋予其优异的防水特性，简单有效提升绝缘性能，适合于各类含油纸复合绝缘结构的电力设备，亟待规范化推广应用，满足高压电气工程高可靠运行急需。

同时，大气压低温等离子体改性具有无需真空腔体、室温连续作业、绿色环保无废水排放的技术特点，兼顾了材料表面高效接枝聚合的改性深度与简单可靠优点，具有显著的技术经济优势。随着我国高压及特高压输变电工程的深入建设，等离子体改性绝缘材料的市场前景广阔，不仅能够有效降低变压器内部局部放电概率，还可拓展应用于超/特高压交、直流电缆附件等对界面绝缘性能要求极高的核心场景，通过改善材料界面电场分布，保护核心设备安全。

为解决现有绝缘纸及绝缘材料相关标准并不能够指导新型等离子体改性工艺控制、生产制造、试验检验和工程应用的问题，本标准针对大气压低温等离子体的绝缘纸处理方法，梳理关键工艺技术要求、提供处理平台设计实现参考建议，明确预处理干燥、气体吹扫、放电改性及封装存储的步骤和方法，以指导绝缘纸生产厂家以及相关高压设备加工单位进行研发与生产。

三、主要试验（或验证）情况

本标准规范了高压及特高压输变电设备用绝缘纸的大气压低温等离子体改性处理方法。项目组按照输变电主设备高绝缘和低介电的极端严酷要求，完成了国际首套大气压低温等离子体绝缘纸连续改性处理平台与标准化工艺研制，据此提出了本标准中关于处理平台结构及等离子体发生技术要求。利用平台系统开展改性试验研究，建立了运行条件参数与绝缘纸处理效果的关系，确定了关键工艺条件和参数范围，完成了第三方性能试验验证，改性后绝缘纸表面静态水接触角达到 140°以上，介电常数降低至 3 以下，工频击穿强度提升 20%以上，据此提出了本标准中等离子体改性工艺技术要求。完成示范工程绝缘纸改性处理与工程

应用，据此提出了本标准中在线监测与电气安全防护要求以及封装存储运维方法。

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

大气压低温等离子体改性作为一种先进环保的绝缘纸表面处理新技术，无需真空腔体、可连续作业、简单可靠，处理效率高、成本低，技术经济优势明显，有望作为核心工艺手段用于变压器、高压电缆等核心电力设备的绝缘纸处理，满足高压及特高压电网对核心装备绝缘安全裕度提升及长寿命运行的需要，具有广阔的工程应用前景。

本标准中规范了一种基于大气压低温等离子体的绝缘纸处理方法。根据高压及特高压输变电设备绝缘性能提升与防水改性需求，规范了等离子体处理绝缘纸的工艺设计、参数控制、试验检验和存储等环节，可用于指导绝缘材料厂改性工艺研发和成套设备制造厂的材料选型，也有望进一步扩大应用范围，指导特高压交、直流工程中所需的其他多孔纤维类及复合电工绝缘材料等离子体表面改性工艺研制。

六、与国际、国外对比情况

本标准中所规定的大气压低温等离子体绝缘纸处理方法为国际首次工程应用。目前国内、外尚无相同等离子体处理绝缘纸的工程应用和技术标准，通用的绝缘纸及绝缘材料相关标准并不完全适用。并且有未采用国际、国外标准。

综上，本标准水平可以确定为国际先进水平。

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

本标准中主要内容依据项目组在大气压低温等离子体绝缘纸改性处理平台研制和工程应用的成果总结。

基于大气压低温等离子体的绝缘纸改性处理尚无同类工艺及规范，现有的传统电气用纸及压纸板标准主要聚焦于材料基础性能评价，尚无法涵盖等离子体表面改性过程中特定技术要求。然而，现行电工基础通用标准、电气安全防护规范

以及高电压试验技术标准中的基本原则与测试方法适用，在本标准中参考引用。

绝缘纸改性处理作为高压输变电设备关键绝缘材料的表面改性工艺，绝缘纸相关标准《GB/T 12914》和《GB/T 19264》中的物理与电气性能检验方法部分适用，电气安全防护标准《GB/T 2900.73》及高电压试验技术相关标准《GB/T 16927.1》适用，处理平台中使用的激励电源、气路调控系统及控制箱等组部件标准适用。重点在本标准的运行环境与系统组成、电气保护要求、工艺方法及步骤和包装、存储及防护等部分引用。

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团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 2 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