



中华人民共和国国家标准

GB/T 47965—2026/IEC 62836:2024

绝缘材料中内部电场的测量 压力波传播法

Measurement of internal electric field in insulating materials—
Pressure wave propagation method

(IEC 62836:2024, IDT)

2026-07-30 发布

2027-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

4 方法原理 2

5 试样 5

6 电极材料 5

7 压力波产生 5

8 测量装置 5

9 电场校验 6

10 测量步骤 6

11 测量数据处理 7

12 空间电荷分布测量 8

13 同轴结构试样 8

附录 A（资料性） 平板试样的 PWP 方法的原始信号预处理方法 13

附录 B（资料性） 测量系统的线性验证 18

附录 C（资料性） 平板试样的测量实例 20

附录 D（资料性） 同轴结构试样的测量实例 25

参考文献 32

图 1 压力波传播法原理 3

图 2 压力波传播法实际测量装置示意图 6

图 3 保护电路示意图 6

图 4 同轴结构试样压力波传播法测量装置示意图 9

图 5 同轴结构试样中压力波传播示意图 10

图 6 压力波在圆柱剖面中的传播示意图 11

图 7 由 PWP 方法测量电流计算同轴结构试样内部电场分布的流程图 12

图 A.1 实际压力波脉冲波形与理想脉冲波形对比 13

图 A.2 直接测量所得到的电流信号 13

图 A.3 试样在中等电压下无电荷情况下,原始参考信号与校正参考信号之间的比较 14

图 A.4 根据原始信号和校正信号计算获得的含空间电荷试样的电场分布 15

图 A.5 用于系数估计的参考信号图形几何特征 15

图 A.6	校正前后参考信号的直接积分结果对比	16
图 A.7	用校正前后的参考信号对于有空间电荷的试样在外加电压下的试样内部电场分布的对比 ...	16
图 B.1	经过放大器之后,在不同外加电压不同放大倍率下示波器采集获得的测量电压信号	19
图 B.2	考虑到输入阻抗和放大器的放大倍率,试样中产生的电流信号	19
图 B.3	在第一个电极处的测量电流峰值与外加电压之间的关系	19
图 C.1	在-5.8 kV 电压下的测量电流信号	20
图 C.2	初始测量电流信号(<1 min)	21
图 C.3	加压 1.5 h 后在外加电压-46.4 kV 下所测得的电流信号	21
图 C.4	加压 1.5 h 后在无外加电压时所测得的电流信号	22
图 C.5	在-5.8 kV 外加电压下的内部电场分布	22
图 C.6	在外加-46.4 kV 电压下的初始内部电场分布	22
图 C.7	在外加-46.4 kV 电压并保持 1.5 h 后的内部电场分布	23
图 C.8	在外加-46.4 kV 电压并保持 1.5 h 后再撤除外加电压,试样内部的残余电场分布	23
图 C.9	试样在外加电压-46.4 kV 下保持 1.5 h 后的空间电荷分布	24
图 C.10	在外加-46.4 kV 电压下保持 1.5 h 之后撤除外施电压,试样内的电荷分布	24
图 D.1	同轴结构的 LDPE 试样在不同外加电压数分钟之内的测量电流信号	26
图 D.2	在内外电极处测量电流的峰值与外加电压之间的关系	26
图 D.3	同轴结构试样在 1 min 之内的第一个测量电流信号	27
图 D.4	同轴结构试样在-90 kV 外加电压下的初始信号与 2 h 后的测量电流信号	28
图 D.5	同轴结构试样在-90 kV 外加电压下 2 h 后测得的电流信号,以及在外加电压撤除后测得的 电流信号	28
图 D.6	在-22.5 kV 外加电压下,同轴结构试样的内部电场分布	29
图 D.7	在-90.0 kV 外加电压下,同轴结构试样的初始内部电场分布	29
图 D.8	在-90.0 kV 外加电压 2 h 之后,同轴结构试样的内部电场分布	30
图 D.9	在-90.0 kV 外加电压 2 h 后撤除外加电压,同轴结构试样的内部残余电场分布	30
图 D.10	在外加-90.0 kV 电压 2 h 之后,同轴结构试样有外加电压与没有外加电压情况下的空间 电荷分布	31
表 A.1	文件和程序代码中的符号对照表	16
表 D.1	电流峰值的理论比值与测量电流信号峰积分面积比值的对比分析	27

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。

本文件等同采用 IEC 62836:2024《绝缘材料中内部电场的测量 压力波传播法》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 做了勘误，将图 D.2 中的 R^2 数值由 0.997 分别修改为 0.997 2 和 0.996 5；
- 做了勘误，将附录 D 中表 D.2 修改为表 D.1。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国电气绝缘材料与绝缘系统评定标准化技术委员会(SAC/TC 301)归口。

本文件起草单位：同济大学、机械工业北京电工技术经济研究所、国网电力科学研究院有限公司实验验证中心、上海电缆研究所有限公司、哈尔滨理工大学、西南交通大学、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司电力科学研究院、南方电网科学研究院有限责任公司、西安交通大学、上海交通大学、重庆大学、广西大学、无锡赛晶电力电容器有限公司、北京怀柔实验室、天津捷微智合科技有限公司、中国电力科学研究院有限公司、江苏中车电机有限公司、欧邦科技(苏州)有限公司、无锡江南电缆有限公司、江苏兆宸新材料研发有限公司、沈阳国联电缆附件制造有限公司、江苏驰利电缆有限公司。

本文件主要起草人：张冶文、张文豪、郭宁、朱智恩、夏俊峰、刘亚丽、刘凯、秦少瑞、付强、展云鹏、吴建东、刘捷丰、潘佳萍、王飞鹏、雷乔舒、郑飞虎、陈昊、尹毅、王暄、吴广宁、徐阳、徐永辉、侯帅、郭少玮、王建良、顾健峰、丁志英、陈思、王松波、孙锋。

引 言

高压绝缘系统中,尤其是高压直流电缆和电容器等设备,容易发生电荷积累。如果电荷积累产生的电场超过了电击穿阈值,则会引起电气击穿。随着发电站数量的增加,尤其是风能或太阳能等绿色发电站数量的增加,将会使用更多电缆将这些发电站连接到电网并在各国之间共享电能。因此,在考虑电极或电缆之间的连接时,如何表征内部电场的标准化测试程序对于电缆所用的材料甚至这些电缆的结构都至关重要。同时,比较材料的内部电场还提供了一种对比材料性能的方法,有助于建立高电压应用的内部电场阈值,以尽可能降低击穿风险。许多研究人员已经使用压力波传播(PWP)法测量绝缘材料的空间电荷分布和内部电场分布。但是,由于试验设备由世界各地的研究人员独立开发,因而略有不同,因此很难比较不同设备之间的测量结果。

本文件所描述的试验程序为不同实验室进行的不同测试结果提供了可靠的比较点,以避免解释与理解的错误。

绝缘材料中内部电场的测量 压力波传播法

1 范围

本文件描述了在外加电压下用压力波传播(PWP)法原理测试绝缘材料中内部电场分布与空间电荷分布的方法。

本文件适用于均匀的平板或者同轴结构的绝缘材料试样,其绝缘厚度不小于 0.5 mm。试验时的外加电场强度大于 1 kV/mm,但还与具体的试样厚度和压力波源有关。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 维护的用于标准化的术语数据库网址如下:

——ISO 在线浏览平台:<https://www.iso.org/obp>

——IEC 电工百科:<http://www.electropedia.org/>

3.1.1

压力波传播 pressure wave propagation

压力波在含电荷的绝缘材料内部传播,并在其电极上感应产生出可测量的电信号的现象。

3.1.2

界面电荷 interface charge

在两种不同的材料,或者两种不同的绝缘体,或者导体与绝缘体之间的界面上的净电荷。

3.1.3

空间电荷 space charge

绝缘材料内部的净电荷。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CB:炭黑(carbon black)

EVA:乙烯—醋酸乙烯共聚物(ethylene-vinyl acetate)

LDPE:低密度聚乙烯(low density polyethylene)

LIPP:激光感应压力波(laser induced pressure pulse)

PE:聚乙烯(polyethylene)

PIPP:压电感应压力波(piezoelectric induced pressure pulse)