



中华人民共和国国家标准

GB/T 17737.125—XXXX/IEC 61196-1-125:2022

同轴通信电缆 第 1-125 部分：电气试验方法 等效相对介电常数和等效介质损耗因数 试验

Coaxial communication cables—Part 1-125: Electrical test methods—Test for equivalent relative permittivity and equivalent dissipation factor of dielectric

(IEC 61196-1-125:2022, IDT)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	II
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	2
5 试验程序	3
5.1 试样制备	3
5.2 设备	3
5.3 校准	3
5.4 测量	3
6 试验结果表达	4
6.1 等效相对介电常数的表达式	4
6.2 等效介质损耗因数的表达式	4
7 试验报告	5
8 要求	5
参考文献	6

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。

本文件是GB/T 17737《同轴通信电缆》的第1-125部分。GB/T 17737已经发布了以下部分。

——第1部分：总规范 总则、定义和要求：

- 第1-100部分：电气试验方法 通用要求；
- 第1-101部分：电气试验方法 导体直流电阻试验；
- 第1-102部分：电气试验方法 电缆介质绝缘电阻试验；
- 第1-103部分：电气试验方法 电缆的电容试验；
- 第1-104部分：电气试验方法 电缆的电容稳定性试验；
- 第1-105部分：电气试验方法 电缆介质的耐电压试验；
- 第1-106部分：电气试验方法 电缆护套的耐电压试验；
- 第1-107部分：电气试验方法 电缆颤噪电荷电平（机械感应噪声）试验；
- 第1-108部分：电气试验方法 特性阻抗、相位延迟、群延迟、电长度和传播速度试验；
- 第1-112部分：电气试验方法 回波损耗（阻抗一致性）试验；
- 第1-113部分：电气试验方法 衰减常数试验；
- 第1-115部分：电气试验方法 阻抗均匀性（脉冲/阶跃函数回波损耗）试验；
- 第1-116部分：电气试验方法 用时域反射（TDR）法测量阻抗；
- 第1-119部分：电气试验方法 同轴电缆及电缆组件的射频功率；
- 第1-122部分：电气试验方法 同轴电缆间串音试验；
- 第1-125部分：电气试验方法 等效相对介电常数和等效介质损耗因数试验；
- 第1-200部分：环境试验方法 通用要求；
- 第1-201部分：环境试验方法 电缆的冷弯性能试验；
- 第1-203部分：环境试验方法 电缆的渗水试验；
- 第1-205部分：环境试验方法 耐溶剂及污染液试验；
- 第1-301部分：机械试验方法 椭圆度试验；
- 第1-302部分：机械试验方法 偏心度试验；
- 第1-308部分：机械试验方法 铜包金属的抗拉强度和延伸率试验；
- 第1-310部分：机械试验方法 铜包金属的扭转特性试验；
- 第1-313部分：机械试验方法 介质和护套的附着力；
- 第1-314部分：机械试验方法 电缆的弯曲试验
- 第1-316部分：机械试验方法 电缆的最大抗拉力试验；
- 第1-317部分：机械试验方法 电缆抗压试验；
- 第1-318部分：机械试验方法 热性能试验；
- 第1-324部分：机械试验方法 电缆耐磨性试验；
- 第1-325部分：机械试验方法 风激振动试验；

——第3部分：局域网用同轴电缆分规范；

——第4部分：漏泄电缆分规范；

——第5部分：CATV用干线和配线电缆分规范；

- 第 8 部分：聚四氟乙烯绝缘半柔电缆分规范：
 - 第8-1部分：聚四氟乙烯绝缘半柔电缆空白详细规范；
- 第 9 部分：柔软射频同轴电缆分规范；
- 第 10 部分：含氟聚合物绝缘半硬电缆分规范；
- 第 11 部分：柔软射频同轴电缆分规范。

本文件等同采用 IEC 61196-1-125:2022 《同轴通信电缆 第1-125部分：电气试验方法 等效相对介电常数和等效介质损耗因数试验》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 在第 2 章中增加了 5.4.1 中规范性引用的 GB/T 17737.108—2018 和 6.2 规范性引用的 GB/T 17737.113—2024。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国电子设备用高频电缆及连接器标准化技术委员会（SAC/TC 190）归口。

本文件起草单位：中国电子科技集团公司第二十三研究所、江苏亨通线缆科技有限公司、江苏恒辉电气有限公司、长飞光纤光缆股份有限公司、浙江联杰科技有限公司、东莞宝特电业股份有限公司、浙江天杰实业股份有限公司、山东国缆检测技术有限公司、广东思柏科技股份有限公司、嘉兴海棠电子有限公司、嘉兴翼波电子有限公司、神宇通信科技股份公司、东莞市虎门信息传输线缆协会、东莞市庆丰电工机械有限公司、南京全信传输科技股份有限公司、天环线缆集团有限公司、河北航牌线缆有限公司、东莞市胜牌电线电缆有限公司、中天射频电缆有限公司、赣州金信诺电缆技术有限公司、中国石油大学（华东）。

本文件主要起草人：殷海成、姚福荣、翁中宇、童攀、淮平、王念立、钟碧才、滕建华、任彦峰、孔凯、申许民、姚戌辰、周赤伟、承滨、胡星、郑庆均、丁亚军、潘明东、张军志、周润联、赵瑞静、桂宏兵、赵仁德、潘倩。

引 言

同轴通信电缆具有传输损耗低、抗电磁干扰性能好等优点，广泛应用于各种通信、电子设备内部及外部的信息传输线，其用途涉及通信、广播电视、雷达、电子对抗、数据总线等领域。

GB/T 17737《同轴通信电缆》包括了同轴通信电缆的术语、设计、材料、试验方法，以及各种同轴电缆的结构及材料要求、技术要求、质量保证规定、包装运输贮存和工程使用数据等内容。GB/T 17737由以下各部分构成，其中GB/T 17737.1为总规范，GB/T 17737.1XX（第1-1XX部分）为各类电气试验方法标准、GB/T 17737.2XX（第1-2XX部分）为各类环境试验方法标准、GB/T 17737.3XX（第1-3XX部分）为各类机械试验方法标准，GB/T 17737.3~GB/T 17737.X为各类产品规范。产品规范在编制时引用总规范的通用要求，以及相关试验方法标准。

GB/T 17737拟由以下部分构成。

——第1部分：总规范 总则、定义和要求，目的在于规定同轴电缆设计和试验方法的总则、定义和要求：

- 第1-100部分：电气试验方法 通用要求；
- 第1-101部分：电气试验方法 导体直流电阻试验；
- 第1-102部分：电气试验方法 电缆介质绝缘电阻试验；
- 第1-103部分：电气试验方法 电缆的电容试验；
- 第1-104部分：电气试验方法 电缆的电容稳定性试验；
- 第1-105部分：电气试验方法 电缆介质的耐电压试验；
- 第1-106部分：电气试验方法 电缆护套的耐电压试验；
- 第1-107部分：电气试验方法 电缆颤噪电荷电平（机械感应噪声）试验；
- 第1-108部分：电气试验方法 相位、相位常数、相位延迟和群延迟、传播速度、电长度和平均特性阻抗试验；
- 第1-110部分：电气试验方法 连续性试验；
- 第1-111部分：电气试验方法 相位常数的稳定性试验；
- 第1-112部分：电气试验方法 回波损耗及电压驻波比试验；
- 第1-113部分：电气试验方法 衰减常数试验；
- 第1-114部分：电气试验方法 电感试验；
- 第1-115部分：电气试验方法 阻抗均匀性（脉冲/阶跃函数回波损耗）试验；
- 第1-116部分：电气试验方法 用时域反射（TDR）法测量阻抗；
- 第1-119部分：电气试验方法 同轴电缆及电缆组件的射频功率；
- 第1-122部分：电气试验方法 同轴电缆间串音试验；
- 第1-123部分：电气试验方法 漏泄电缆的衰减试验；
- 第1-124部分：电气试验方法 漏泄电缆的耦合损耗试验；
- 第1-125部分：电气试验方法 等效相对介电常数和等效介质损耗因数试验；
- 第1-126部分：电气试验方法 灭晕电压试验；
- 第1-127部分：电气试验方法 漏泄电缆的链路损耗；
- 第1-200部分：环境试验方法 通用要求；
- 第1-201部分：环境试验方法 电缆的冷弯性能试验；
- 第1-203部分：环境试验方法 电缆的渗水试验；

- 第1-205部分：环境试验方法 耐溶剂及污染液试验；
 - 第1-206部分：环境试验方法 电缆的气候顺序试验；
 - 第1-208部分：环境试验方法 纵向耐气压；
 - 第1-209部分：环境试验方法 热循环；
 - 第1-212部分：环境试验方法 UV稳定性；
 - 第1-215部分：环境试验方法 高温下的电缆老化；
 - 第1-301部分：机械试验方法 椭圆度试验；
 - 第1-302部分：机械试验方法 偏心度试验；
 - 第1-303部分：机械试验方法 银和锡镀层厚度试验；
 - 第1-304部分：机械试验方法 耐冲击；
 - 第1-305部分：机械试验方法 可焊性和耐焊接热；
 - 第1-308部分：机械试验方法 铜包金属的抗拉强度和延伸率试验；
 - 第1-310部分：机械试验方法 铜包金属的扭转特性试验；
 - 第1-313部分：机械试验方法 介质和护套附着力；
 - 第1-314部分：机械试验方法 电缆的弯曲试验；
 - 第1-316部分：机械试验方法 电缆的最大抗拉力试验；
 - 第1-317部分：机械试验方法 电缆抗压试验；
 - 第1-318部分：机械试验方法 热性能试验；
 - 第1-324部分：机械试验方法 电缆耐磨性试验；
 - 第1-325部分：机械试验方法 风激振动试验；
- 第3部分：局域网用同轴电缆分规范，目的在于确立局域网用同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第4部分：漏泄电缆分规范，目的在于确立漏泄同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第5部分：CATV用干线和配线电缆分规范，目的在于确立用于CATV干线和CATV配线同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第6部分：CATV引入电缆分规范，目的在于确立CATV引入线同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第7部分：BCT用电缆分规范，目的在于确立BCT用同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第8部分：聚四氟乙烯绝缘半柔电缆分规范，目的在于确立聚四氟乙烯绝缘半柔软同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第8-1部分：聚四氟乙烯绝缘半柔电缆空白详细规范；
- 第9部分：柔软射频同轴电缆分规范，目的在于确立柔软射频同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第10部分：含氟聚合物绝缘半硬电缆分规范，目的在于确立含氟聚合物绝缘半硬同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第11部分：聚乙烯绝缘半硬电缆分规范，目的在于确立聚乙烯绝缘半硬同轴通信电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值；
- 第13部分：二氧化硅绝缘半硬电缆分规范，目的在于规定二氧化硅绝缘半硬同轴电缆的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验和测试方法以及推荐的额定值。

同轴通信电缆 第1-125部分：电气试验方法 等效相对介电常数和等效介质损耗因数试验

1 范围

本文件描述了确定同轴电缆的等效相对介电常数和等效介质损耗因数的试验方法，旨在提供成品电缆的介电性能。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17737.108—2018 同轴通信电缆 第1-108部分：电气试验方法 特性阻抗、相位延迟、群延迟、电长度和传播速度试验（IEC 61196-1-108:2011, IDT）

GB/T 17737.113—2024 同轴通信电缆 第1-113部分：电气试验方法 衰减常数试验（IEC 61196-1-113:2018, IDT）

IEC 61169-1 射频连接器 第1部分：总规范 一般要求和测量方法（Radio-frequency connectors—Part 1: Generic specification—General requirements and measuring methods）

注：GB/T 11313.1—2013 射频连接器 第1部分：总规范 一般要求和试验方法（IEC 61169-1:1998, IDT）

IEC 61169-1-2:2019 射频连接器 第1-2部分：电气试验方法 插入损耗（Radio-frequency connectors—Part 1-2: Electrical test methods—Insertion loss）

IEC 61196-1 同轴通信电缆 第1部分：总规范 总则、定义和要求（Coaxial communication cables—Part 1: Generic Specification—General, definitions and requirements）

注：GB/T 17737.1—2013 同轴通信电缆 第1部分：总规范 总则、定义和要求（IEC 61196-1:2005, IDT）

3 术语和定义

IEC 61196-1和IEC 61169-1界定的以及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：

——IEC电工学：<https://www.electropedia.org/>；

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

3.1

相对介电常数 **relative permittivity**

ϵ_r

以材料作为介质的电容器的电容与以真空作为介质的相似电容器的电容之比。

3.2

等效相对介电常数 **equivalent relative permittivity**

ϵ_e

复合介质的相对介电常数。

3.3

介质损耗因数 dissipation factor

$\tan\delta$

相对复介电常数的虚部与实部之比的绝对值。

3.4

等效介质损耗因数 equivalent dissipation factor

$\tan\delta_e$

复合介质的损耗因数。

4 原理

正弦变化的电磁场能用公式 (1) 麦克斯韦方程组表示。

$$\begin{cases} \text{rot}\dot{H} = g\dot{E} + j\omega\varepsilon\dot{E} = j\omega\dot{\varepsilon}\dot{E} \dots\dots\dots (1) \\ \text{rot}\dot{E} = -j\omega\mu\dot{H} \end{cases}$$

式中：

\dot{H} ——磁场强度矢量，单位为安培每米 (A/m)；

\dot{E} ——电场强度矢量，单位为伏特每米 (V/m)；

g ——电导率，单位为西每米 (S/m)；

ω ——角频率，单位为弧度每秒 (rad/s)；

ε ——绝对介电常数，单位为法每米 (F/m)；

μ ——绝对磁导率，单位为亨每米 (H/m)；

$\dot{\varepsilon}$ ——绝对介电常数的复数形式。

$\dot{\varepsilon}$ 能由公式 (2) 推导。

$$\dot{\varepsilon} = \frac{g + j\omega\varepsilon}{j\omega} = \varepsilon \left(1 + \frac{g}{j\omega\varepsilon} \right) = \varepsilon \left(1 - j \frac{g}{\omega\varepsilon} \right) = \varepsilon(1 - j \tan\delta) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\tan\delta$ ——介质的损耗因数。

ε , $\tan\delta$, g 和 μ 是绝缘特性最重要的参数， ε 和 μ 能由公式 (3) 推导。

$$\begin{cases} \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \dots\dots\dots (3) \\ \mu = \mu_0 \cdot \mu_r \end{cases}$$

式中：

ε_0 ——真空中绝对介电常数，单位为法每米 (F/m)；

μ_0 ——真空中绝对磁导率，单位为亨每米 (H/m)；

ε_r ——相对介电常数；

μ_r ——相对磁导率。

在国际单位制中：

$$\epsilon_0 \approx \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{ F/m 或 } \epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c_0^2} \text{ F/m,}$$

$$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m,}$$

c_0 是真空中的光速, $c_0=299792458 \text{ m/s}$ 。

对于电缆设计, ϵ_0 和 μ_0 为常数。另外, 如导体为非磁性材料, μ_r 也是常数, 且等于1。所以 ϵ_r 是唯一需要计算的参数。

但是, 同轴电缆的绝缘结构通常不是均匀的, 具有复杂复合物的材料和空气的组合构成了各种同轴电缆。

因此, 需要等效相对介电常数 ϵ_e 和等效介质损耗因数 $\tan\delta_e$ 来分别表示成品同轴电缆中复合介质的 ϵ_r 和 $\tan\delta_r$ 。

5 试验程序

5.1 试样制备

准备一根两端配接特性阻抗均匀的连接器的电缆组件作为试样。对于超低损耗电缆, 两端的连接器对总损耗具有明显的影响。为此, 试样的总损耗宜大于40 dB。

如电缆在短距离应用, 总损耗可小于40 dB。在这种情况下, 应根据IEC 61169-1-2:2019的4.1.1的方法1考虑连接器的插入损耗。

5.2 设备

可使用以下设备:

- 一台能够进行 S_{21} 测量的矢量网络分析仪 (VNA)。
- 一套机械或电子校准件。其频率范围宜覆盖整个试验频率范围。

5.3 校准

试验装置的衰减 (包括测试引线和连接器) 宜在整个规定的频率范围内通过 S_{21} 测量进行校准。由于通过相延迟计算等效相对介电常数, 所以最小测量点数 N 宜由公式 (4) 确定。

$$N \geq [(f_2 - f_1)/40] \cdot L \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- f ——频率, 单位为兆赫兹 (MHz);
- L ——长度, 单位为米 (m)。

5.4 测量

5.4.1 等效相对介电常数

将试样连接到校准后VNA的测试端口。相位常数宜在规定的整个频率范围内测量。根据GB/T 17737.108—2018, 相延迟 τ_p 能由公式 (5) 计算。

$$\tau_p(f) = \frac{B(f)}{2\pi \cdot f} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$\beta(f)$ ——频率 f 处的相位常数，单位为弧度每米 (rad/m)；

$2\pi f$ ——角频率，单位为弧度每秒 (rad/s)；

$\tau_p(f)$ ——频率 f 处的相延迟，单位为秒每米 (s/m)。

根据6.1，相延迟 τ_p 能用于计算等效相对介电常数。

5.4.2 等效介质损耗因数

将试样连接到校准后VNA的测试端口。衰减常数宜在规定的整个频率范围内测量。

如总损耗小于40 dB，根据IEC 61169-1-2:2019的5.3.1的方法1，电缆的实际衰减宜通过减去连接器损耗后计算获得。

根据6.2，衰减常数能用于计算等效介质损耗角 δ 。

6 试验结果表达

6.1 等效相对介电常数的表达式

等效相对介电常数 ϵ_c 能由联立方程(6)计算。

$$\begin{cases} v(f) = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \epsilon_c \cdot \mu_0 \cdot \mu_c}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \times \epsilon_c \times 4\pi \times 10^{-7} \times 1}} \approx \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\epsilon_c}} \dots\dots\dots (6) \\ \tau_p = \frac{1}{v(f)} \end{cases}$$

式中：

$v(f)$ ——在频率 f 处的传播速度，单位为米每秒 (m/s)；

ϵ_c ——等效相对介电常数；

μ_c ——等效磁导率。

注：如导体为非磁性材料，则 μ_c 为常数，且等于1。

6.2 等效介质损耗因数的表达式

等效介质损耗角 δ 能通过以下步骤计算：

a) 根据 GB/T 17737.113—2024，电缆衰减常数与频率的函数关系能由公式(7)表示：

$$\alpha_{fit}(f) = A\sqrt{f} + Bf + C + \frac{D}{\sqrt{f}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

α_{fit} ——衰减常数的拟合值，单位为分贝每百米 (dB/100m)；

f ——频率，单位为兆赫兹 (MHz)；

A ——趋肤效应引起的内、外导体损耗系数；

B ——介质损耗系数；

C ——常数分量；

D ——可选系数，用于铜包导体损耗。

通过公式(7)拟合，系数 A 、 B 、 C 、 D 能由矩阵(8)计算：

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N f_i & \sum_{i=1}^N f_i^{3/2} & \sum_{i=1}^N f_i^{1/2} & N \\ \sum_{i=1}^N f_i^{3/2} & \sum_{i=1}^N f_i^2 & \sum_{i=1}^N f_i & \sum_{i=1}^N f_i^{1/2} \\ \sum_{i=1}^N f_i^{1/2} & \sum_{i=1}^N f_i & N & \sum_{i=1}^N f_i^{-1/2} \\ N & \sum_{i=1}^N f_i^{1/2} & \sum_{i=1}^N f_i^{-1/2} & \sum_{i=1}^N f_i^{-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N \alpha(f_i) \cdot f_i^{1/2} \\ \sum_{i=1}^N \alpha(f_i) \cdot f_i \\ \sum_{i=1}^N \alpha(f_i) \\ \sum_{i=1}^N \alpha(f_i) \cdot f_i^{-1/2} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (8)$$

注：有时，公式拟合对于测量值有过度平滑的效果，导致系数C为负值。在该情况下，系数C取零。

b) 通过公式（8）确定的系数 B 和 6.1 中已知的参数 ϵ_e ，等效介质损耗因数能由公式（9）计算。

$$\tan\delta_e = \frac{B}{9.1\sqrt{\epsilon_e}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$\tan\delta_e$ ——等效介质损耗因数。

7 试验报告

试验报告应提供以下信息：

- 试样长度；
- 试验温度；
- 试验参数。

8 要求

等效相对介电常数和等效介质损耗因数的特征值不宜超过详细规范中规定设计值的范围。

参 考 文 献

[1] IEC 60096-0-1:2012+AMD1:2017 Radio frequency cables—Part 0-1: Guidelines to the design of detail specifications—Coaxial cables

[2] 殷海成, 童攀, 等. 同轴通信电缆等效介电性能的测试方法[J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2021(1): 1-4, 27.

