

中华人民共和国国家标准

GB/T 17737.119—2024

同轴通信电缆 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

Coaxial communication cables—Part 1-119: Electrical test methods—
RF power for coaxial cables and cable assemblies

(IEC 61196-1-119:2023, MOD)

2024-04-25 发布

2024-11-01 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 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试样(TS)的制备 2

 4.1 同轴电缆 2

 4.2 电缆组件 2

5 试验条件 3

6 试验原理 3

7 试验设备 4

8 试验程序 4

 8.1 耐功率 4

 8.2 额定平均功率和连续波功率 6

附录 A (资料性) 额定平均功率/连续波功率-低频功率交流试验 9

 A.1 试验程序 9

 A.2 附录 A 中使用的符号 12

附录 B (资料性) 高 VSWR 负载对电缆及电缆组件射频功率性能的影响 14

 B.1 概述 14

 B.2 电缆和电缆组件的耐功率评估 15

参考文献 16

图 1 峰值功率波形示意图 2

图 2 试验原理 3

图 A.1 低频功率测试设备的布置 9

图 B.1 频率略有变化的 RG 316 电缆的热分布 14

图 B.2 3.5 mm 空气线连接器内导体的测量温度 15

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 1-119 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 1-119 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 1-200 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：聚乙烯绝缘半硬电缆分规范。

本文件修改采用 IEC 61196-1-119:2023《同轴通信电缆 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》。

本文件与 IEC 61196-1-119:2023 的技术差异及其原因如下：

- 明确了公式(5)简化为公式(6)的条件，将“当 $\alpha_{i_1} \leq 1$ 且 $\alpha_{i_2} \leq 1$ ，或 $|\alpha_{i_1} - \alpha_{i_2}| \leq 0.5 \text{ dB}$ 或 $\leq 0.5 \text{ dB/m}$ 时”更改为“当 $\alpha_{i_1} \leq 1 \text{ dB}$ 且 $\alpha_{i_2} \leq 1 \text{ dB}$ ，或 $|\alpha_{i_1} - \alpha_{i_2}| \leq 0.5 \text{ dB}$ 或 $|\alpha_{i_1} - \alpha_{i_2}| \leq 0.5 \text{ dB/m}$ 时”，避免产生歧义；
 - 更改了图 A.1 的短路连接位置，避免造成歧义。
- 本文件做了下列编辑性改动：
- 将未在正文中规范性引用的 IEC 61196-1-113 由第 2 章移至参考文献；
 - 更正了公式(2)、公式(3)和公式(4)中符号的单位，将 P_i 、 P_f 、 P_g 、 P 、 P_o 的单位由“分贝(dB)”更正为“毫瓦分贝(dBm)”，功率的单位为绝对量；
 - 更正了公式(4)中参考功率的符号，将“ P_o ”更正为“ P_0 ”；
 - 更正了第 8 章中内导体温度的符号，将“ t_i ”和“ t_{ix} ”更正为“ T_i ”和“ T_{ix} ”，前后文保持一致；
 - 更正了 8.2.1 b) 中的温度单位，将“15 K”更正为“15 °C”，前后文保持一致；
 - 更正了公式(5)和公式(6)的符号下标格式，将“ P_{if1} ”和“ P_{if2} ”更正为“ P_{i_1} ”和“ P_{i_2} ”，符号说明未体现其为入射功率；
 - 更正了公式(5)、公式(6)和 A.2 中的符号，将“ α_{i1} ”和“ α_{i2} ”更正为“ α_{i_1} ”和“ α_{i_2} ”；
 - 删除了 8.2.1 中重复的段落；
 - 更正了 A.2 中符号“ C_o ”的说明，将“ $C_i > 1$ ”和“ $C_i = 1$ ”更正为“ $C_o > 1$ ”和“ $C_o = 1$ ”；
 - 增加了 A.2 中符号 P_d 的说明，公式(A.13)中出现；
 - 更正了公式(A.5)中符号下标格式，将“ α_i ”和“ f_i ”更正为“ α_i ”和“ f_i ”；
 - 更正了公式(A.8)，将 A. 公式分子部分中“ σ_i ”更正为“ σ_o ”，将公式中符号解释“A”更正为“a”，与符号说明保持一致；
 - 更正了公式(A.12)中的符号，将“ K_i ”更正为“ K_i ”，与符号说明保持一致。

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、江苏永鼎股份有限公司、通鼎互联信息股份有限公司、江苏安胜达航天科技股份有限公司、南京全信传输科技股份有限公司、山东太平洋光纤光缆有限公司、宏安集团有限公司、陕西华达科技股份有限公司。

本文件主要起草人：殷海成、童攀、潘倩、田祥身、莫思铭、肖仁贵、朱云川、李亚明、李广省、陈卫东、郭嫵、许刚。

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中:GB/T 17737.1 为总规范,GB/T 17737.1××(第 1-1××部分)为各类电气试验方法标准、GB/T 17737.2××(第 1-2××部分)为各类环境试验方法标准、GB/T 17737.3××(第 1-3××部分)为各类机械试验方法标准,GB/T 17737.3~GB/ T 17737.×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 特性阻抗、相位延迟、群延迟、电长度和传播速度试验;
- 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(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 1-114 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 1-200 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 1-119 部分:电气试验方法 同轴电缆及电缆组件的射频功率

1 范围

本文件描述了射频同轴电缆及电缆组件在规定频率、温度及海拔下射频额定功率和耐功率的试验方法。

本文件适用于射频同轴电缆及电缆组件。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 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:

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

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

3.1

额定功率 **power rating**

在规定频率和标准环境条件下,当电缆组件端接与特性阻抗相一致的负载时,能连续承载不超过最大允许工作电压也不超过最大内导体温度的输入功率。

3.2

耐功率 **power withstanding**

在规定的温度、海拔和频率下,射频同轴电缆和电缆组件承载相关规范中规定功率的能力。

3.3

平均功率 **average power**

在规定的频率、温度和海拔下,射频同轴电缆和电缆组件的能量转换率跨越多个射频波形周期的平均值。

3.4

峰值功率 **peak power**

在规定的温度和海拔下,注入射频同轴电缆和电缆组件一个周期 T 内脉冲持续时间为 τ ,占空比为 R 的最大射频功率 P_{\max} 。

注:占空比、脉冲持续时间和周期的关系如图 1 所示,并由公式(1)表示。

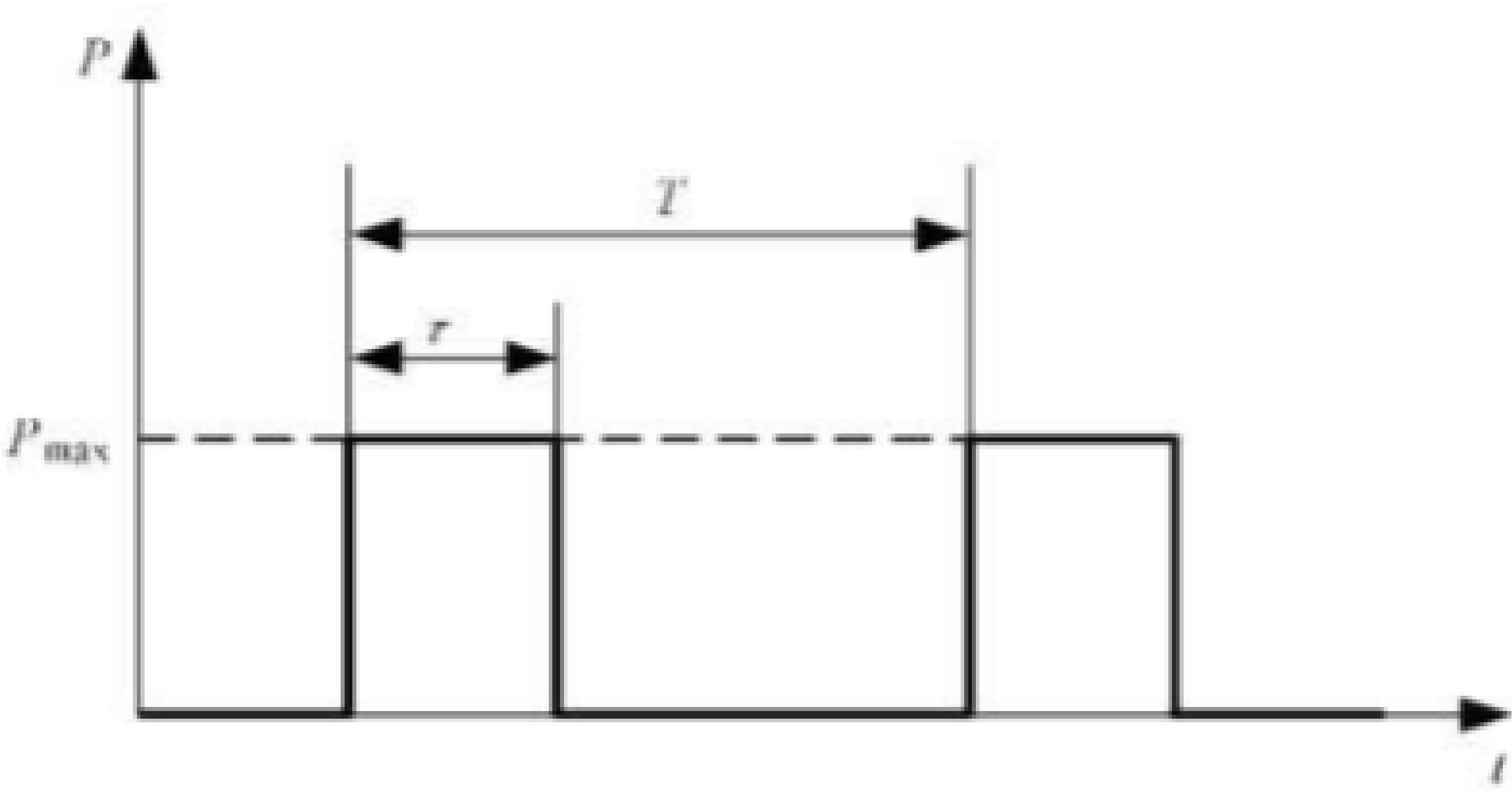


图 1 峰值功率波形示意图

$$R = \frac{\tau}{T} \times 100$$

.....(1)

式中：
R —— 占空比，%；
τ —— 脉冲持续时间，单位为秒(s)；
T —— 一个脉冲周期，单位为秒(s)。

3.5

连续波功率 continuous wave power
当公式(1)中的占空比 R=1 时，图 1 中近似为一条直线的功率曲线。

4 试样(TS)的制备

4.1 同轴电缆

同轴电缆的两端宜端接匹配的大功率射频同轴连接器，以制成射频电缆组件作为试样(TS)。电缆的长度宜足够长，使得两端连接器引起的热耗散能忽略不计。选取的连接器应适合直接连接到试验设备上。连接器的射频额定功率应高于被试同轴电缆的射频功率。

对于额定平均功率和额定连续波功率试验，应监测 TS 的内导体温度：

- a) 在电缆长度的中间和至少远离 TS 两端 0.5 m 的位置钻一个小孔，能插入温度传感器并测量内导体的温度；
- b) 将温度传感器(如光纤温度传感器)插入孔中以测量内导体的温度 T_i 。

如在相关规范中有规定，也应监测 TS 的内导体温度用于耐功率试验。如不关心介质和内导体的额定温度，试验能在不监测内导体温度的情况下进行。

4.2 电缆组件

每根被试电缆组件都应作为一个试样(TS)。

对于额定平均功率和额定连续波功率试验，应监测 TS 的内导体温度。

TS 应做如下准备。

- a) 在电缆长度的中间位置、连接器的两端以及连接器和电缆之间的连接处分别钻一个小孔，能插入温度传感器来测量内导体的温度。如连接器的最小横截面既不在连接器的末端，也不在连接器和电缆的连接处，则在横截面最小的位置上也钻一个孔。
- b) 将温度传感器(如光纤温度传感器)插入每个孔中以测量内导体的温度 T_{ix} 。

如在相关规范中有规定，也应监测 TS 的内导体温度用于耐功率试验。如不关心介质和内导体的

额定温度,试验能在不监测内导体温度的情况下进行。

5 试验条件

试验应在稳定的温度和气压条件下进行。

- a) 温度稳定:
当试样在 5 min 内的温度变化不超过±2℃时,应认为温度稳定;
当使用试验箱时,试验箱和试样在 5 min 内的温度变化不超过±2℃时,应认为温度稳定。
- b) 海拔稳定:
当规定了特定海拔的额定功率时,低气压试验箱在 10 min 内的气压变化处于规定值的±5%范围内时,认为海拔稳定。

6 试验原理

如图 2 所示,使用功率源、定向耦合器、固定衰减器(需要时)、功率计和负载的组合进行试验。在定向耦合器处,入射功率 P_i 在耦合端口 P_f 和连接到 TS 发射端口之间分配,采用功率计测量参考功率 P_o 。如有必要,能在定向耦合器和功率计之间插入固定衰减器,将功率电平调整到功率计的试验范围内。也可使用馈线进行试验。如使用馈线,则试样的输入功率将被馈线衰减。TS 端接负载。

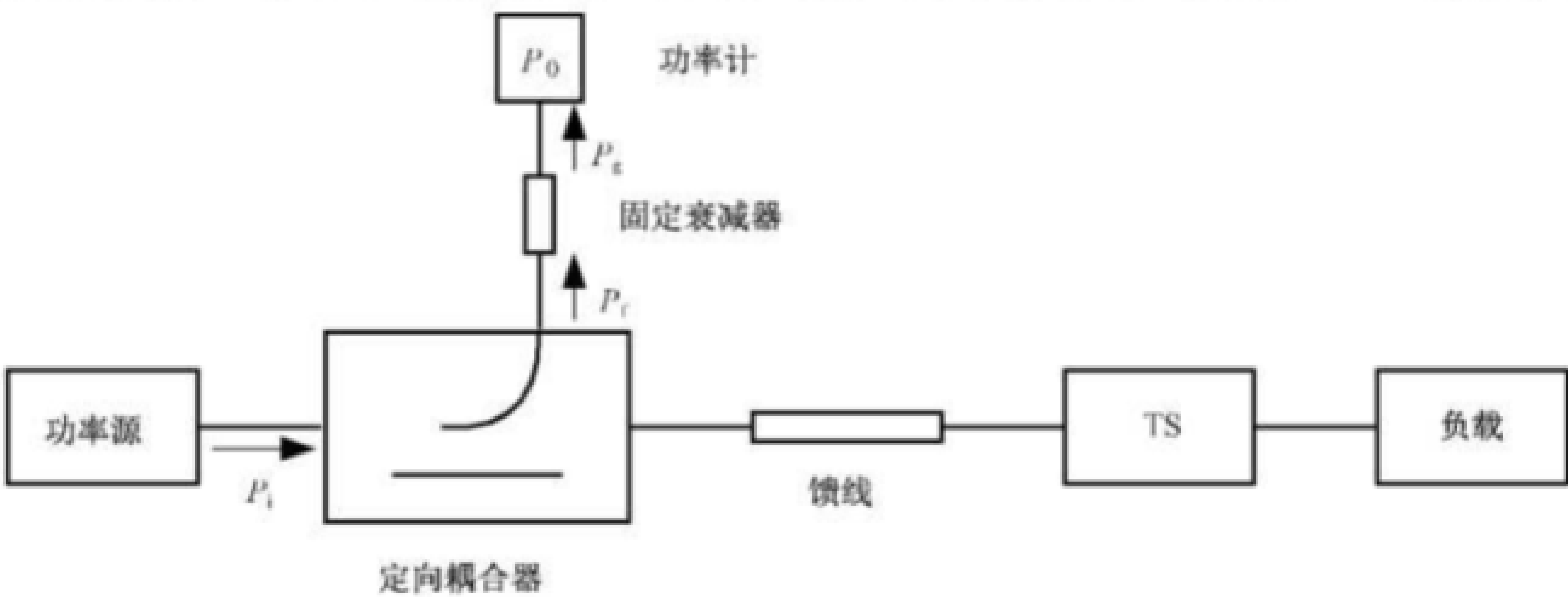


图 2 试验原理

由于耦合器的耦合因子 C [由公式(2)计算],固定衰减器的衰减值 D [由公式(3)计算]和馈线的衰减 A (如使用)是确定的,因此试样的实际输入功率能由公式(4)获得。

$$C = 10 \lg \frac{P_i}{P_f} \dots\dots\dots (2)$$

$$D = 10 \lg \frac{P_f}{P_g} \dots\dots\dots (3)$$

$$P = P_o + D + C - A \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- C ——耦合器的耦合因子,单位为分贝(dB);
- P_i ——耦合器的入射功率,单位为毫瓦分贝(dBm);
- P_f ——耦合端口的功率值,单位为毫瓦分贝(dBm);
- D ——固定衰减器的衰减,单位为分贝(dB);
- P_g ——固定衰减器衰减后的功率值,单位为毫瓦分贝(dBm);
- P ——TS 的入射功率值,单位为毫瓦分贝(dBm);

P_0 ——参考功率,单位为毫瓦分贝(dBm);
 A ——馈线的衰减,单位为分贝(dB)。

7 试验设备

试验设备如下。

- a) 功率源、定向耦合器、固定衰减器、功率计、大功率负载或吸收器。所选器件的额定功率应大于所测得的最大功率的 2 倍~2.5 倍,以防止器件在功率不稳的情况下因过热而烧坏。
- b) 测量内、外导体温度的温度传感器,具有足够的灵敏度和 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的精度。
- c) 符合相关规范中规定的试验要求的温度-海拔试验箱(如适用)。
- d) 试验区域防止诸如气候箱内风扇引起的空气流动。如有必要,试验区域宜配备气候箱,并足够大,使得试验装置能与试验区域墙壁保持 20 cm(8 in)的距离。
- e) 电压驻波比(VSWR)小于 1.2 的负载。

注:负载的 VSWR 是与射频试验结果和使用性能相关的一个重要因素,详见附录 B。

8 试验程序

8.1 耐功率

8.1.1 耐平均功率/连续波功率

8.1.1.1 试验程序

试验程序如下。

- a) 将 TS 连接到如图 2 所示的功率试验系统中。
- b) 如在相关规范中规定,对于同轴电缆,使用温度传感器监测 TS 中间的内导体温度 T_i 并记录温度值 T_i 。对于电缆组件,使用温度传感器分别监测 TS 中间、连接器两端以及连接器和电缆之间的两个连接处的内导体温度 T_{ix} ,并记录温度值 T_{ix} 。
- c) 除非相关规范中另有规定,TS 应静置并稳定至室温。如相关规范中规定了试验的环境温度和/或海拔,则 TS 应放置在温度和/或海拔试验箱中进行试验。试验箱中的温度和/或气压应符合相关规范,并应在整个试验过程中进行监测。
- d) 设置频率、平均功率和连续波功率的试验参数,开始试验。
- e) 按相关规范中规定,输入功率在该频率点保持稳定一段时间。当相关规范要求时,TS 表面的温度应通过温度传感器进行监测和记录。
- f) 如相关规范中规定了频率范围,在温度稳定后应在最大频率点施加最大功率 60 min。
- g) 如 e) 中的试验条件不能用,则应分别在高频、中频和低频的频率点进行试验。除非相关规范中另有规定,试验中选择的高频点宜在样品上限频率的 10% 以内,试验持续时间应不小于 60 min。中频点应为频率范围内的近似中间频率,试验持续时间应不小于 20 min。低频点宜在频率范围下限的 0.10 GHz 范围内,试验持续时间应不小于 20 min。
- h) 试验期间宜仔细观察 TS 是否有击穿和燃烧迹象。
- i) 试验结束后,TS 应静置并稳定至室温。如有规定,根据相关标准验证是否符合电气规范。

8.1.1.2 要求

在试验过程中,TS 不应有击穿和燃烧,并且当有规定时,TS 和试验箱的温升应符合相关规范。

8.1.1.3 相关规范中提供的信息

相关规范中应提供以下信息：

- a) 试验条件；
- b) 允许温升和温度测量位置；
- c) 试验频率和功率；
- d) 试验持续时间；
- e) 相对本文件试验方法的任何差异。

8.1.1.4 试验报告

试验报告应包括以下信息：

- a) 试验条件；
- b) 试验频率和功率；
- c) 试验持续时间；
- d) 试验设备；
- e) 试验样品编号；
- f) 试验结果；
- g) 操作员姓名和试验日期。

8.1.2 耐峰值功率

8.1.2.1 试验程序

试验程序如下。

- a) 将 TS 连接到如图 2 所示的功率试验系统中。
- b) 除非相关规范中另有规定，TS 应静置并稳定至室温。如相关规范中规定了试验的环境温度和/或海拔，则 TS 应放置在温度和/或海拔试验箱中进行试验。试验箱中的温度和/或气压应符合相关规范，并应在整个试验过程中进行监测。
- c) 根据相关规范设置试验频率、峰值功率、脉冲时间、占空比或周期，然后开始试验。除非相关规范中另有规定，试验时间应不少于 15 min。如相关规范中有规定，则宜在试验期间监测 TS 表面的温度。
- d) 试验过程中应仔细观察 TS 是否有击穿和燃烧迹象。
- e) 试验结束后，TS 应静置并稳定至室温。如相关规范中有规定，则根据相关标准验证是否符合电气规范。

8.1.2.2 要求

试验过程中，TS 不应有击穿和燃烧。TS 和试验箱(如有规定)的温升应符合相关规范。

8.1.2.3 相关规范中提供的信息

相关规范中应提供以下信息：

- a) 试验条件；
- b) 试验频率和峰值功率；
- c) 占空比、脉冲宽度或周期；
- d) 试验时间；

e) 相对本试验方法的任何差异。

8.1.2.4 试验报告

试验报告应包括以下信息：

- a) 试验条件；
- b) 试验频率和峰值功率；
- c) 占空比、脉冲时间或周期；
- d) 试验时间；
- e) 试验设备；
- f) 试验样品编号；
- g) 试验结果；
- h) 操作员姓名和试验日期。

8.2 额定平均功率和连续波功率

8.2.1 通则

如有适用的射频功率源，能够通过增大输入功率直至内导体的温度达到其最大允许温度来确定规定频率下的射频额定平均功率或连续波功率。该方法在 8.2.2 中规定。

有时，射频功率源不能覆盖所有频率或所需功率，在这种情况下，采用以下转换方法。

- a) 如在规定频率下不能直接对射频额定平均功率/连续波功率进行试验，使用 8.2.3 中的转换法，根据在另一频率下获得的试验结果来计算额定功率。
- b) 如没有可用的射频功率源能使内导体的温度达到其最高允许温度 t ，但达到了低于最大允许温度不超过 15 °C 的温度，根据 8.2.4 推测额定功率。在 15 °C ~ 40 °C 的不同环境温度下的额定平均功率也能根据 8.2.4 进行转换。
- c) 对于具有非常高射频额定平均功率的大尺寸同轴电缆，如没有可用的射频功率源，并且已知电缆的结构和材料，可使用附录 A 来确定其射频额定平均功率/连续波功率。

附录 A 给出了一种低频(50 Hz 或 60 Hz)交流功率方法，用于确定电缆在规定频率下的射频额定平均功率/连续波功率。由于电缆的热特性(即热常数 K_i 和 K_o)与频率无关，因此能通过低频功率试验来确定。热常数能用于射频额定平均功率的计算。

8.2.2 试验程序

试验程序如下。

- a) 将 TS 连接到如图 2 所示的功率试验系统。
- b) 对于同轴电缆，使用温度传感器监测 TS 中间的内导体温度 T_i 。当温度稳定时，记录初始温度值 T_i 。
- c) 对于电缆组件，使用温度传感器分别监测 TS 中间、连接器两端以及连接器和电缆之间的两个连接处的内导体温度 T_{ix} 。当温度稳定时，记录初始温度值 T_{ix} 。
- d) 将试验频率和平均功率/连续波功率设置为较低的估计值，然后开始试验。
- e) 当温度稳定时，保持输入功率稳定，并记录温度值 T_i 或 T_{ix} 。
- f) 逐渐增大输入功率。
- g) 重复步骤 e) 和 f)，直到任何内导体温度 T_i 或 T_{ix} 达到 TS 内导体的最大允许温度。此时的输入功率被视为该频率下的额定功率。记录内导体温度 T_i 或 T_{ix} 并计算功率 P 。
- h) 在试验过程中，宜仔细观察 TS 是否有击穿和燃烧的迹象。

- i) 试验结束后,TS 应静置并稳定至室温。如相关规范中有规定,则根据相关标准验证是否符合电气规范。
- j) 如相关规范有要求,TS 应放置在温度-海拔试验箱中,并从步骤 b)~h) 进行试验。试验期间,应对试验箱的温度和气压进行监测。

8.2.3 其他频率下额定平均功率的转换

如射频同轴电缆或电缆组件在工作频率范围内的某个频率点的额定平均功率是已知的,则能根据公式(5)和公式(6)计算另一频率下的额定平均功率。

$$P_{f_1} \times (1 - 10^{-\frac{\alpha_{f_1}}{10}}) = P_{f_2} \times (1 - 10^{-\frac{\alpha_{f_2}}{10}}) \dots\dots\dots (5)$$

当 $\alpha_{f_1} \leq 1$ dB 且 $\alpha_{f_2} \leq 1$ dB,或 $|\alpha_{f_1} - \alpha_{f_2}| \leq 0.5$ dB 或 $|\alpha_{f_1} - \alpha_{f_2}| \leq 0.5$ dB/m 时,公式(5)能简化为公式(6):

$$P_{f_1} \times \alpha_{f_1} = P_{f_2} \times \alpha_{f_2} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- α_{f_1} ——TS 在频率 f_1 时的插入损耗,单位为分贝(dB);
- α_{f_2} ——TS 在频率 f_2 时的插入损耗,单位为分贝(dB);
- P_{f_1} ——在频率 f_1 时的额定平均功率,单位为瓦(W);
- P_{f_2} ——在频率 f_2 时的额定平均功率,单位为瓦(W)。

8.2.4 不同温度下额定平均功率的转换

15 °C~40 °C 不同环境温度下的额定平均功率能相互转换。当相关规范要求 在 40 °C 标准环境温度下 进行试验时,能使用公式(7)的近似值将某一环境温度下的额定平均功率转换为 40 °C 下的额定平均功率。

$$P = P_1 \left(\frac{t - T}{t_1 - T_1} \right)^{1.14} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- P ——额定功率(在最大允许温度下),单位为瓦(W);
- P_1 ——在条件 t_1 和 T_1 下测量的输入功率,单位为瓦(W);
- t ——最大内导体温度(按照相关规范的规定),单位为摄氏度(°C);
- T ——标准环境温度(40 °C),单位为摄氏度(°C);
- t_1 ——测量的内导体温度,从 $(t - 15)$ 到 t ,单位为摄氏度(°C);
- T_1 ——试验期间 15 °C~40 °C 范围的环境温度,单位为摄氏度(°C)。

公式(7)的条件如下:

- a) 试验环境温度 T_1 范围为 15 °C~40 °C;
- b) 试验时,内导体温度低于最高允许温度应不超过 15 °C,范围为 $(t - 15) \sim t$ 。

8.2.5 要求

规定频率下的额定功率应符合相关规范。
试验期间,TS 应无击穿或燃烧。

8.2.6 相关规范中提供的信息

- 相关规范中应提供以下信息:
- a) 试验条件;
 - b) 试验频率;

- c) 内导体的温度；
- d) 额定功率；
- e) 额定平均功率的转换；
- f) 相对本试验方法的任何差异。

8.2.7 试验报告

试验报告应包括以下信息：

- a) 试验条件；
- b) 试验频率；
- c) 内导体的温度和额定功率；
- d) 试验设备；
- e) 试验样品编号；
- f) 试验结果；
- g) 操作员姓名和试验日期。

附录 A
(资料性)

额定平均功率/连续波功率-低频功率交流试验

A.1 试验程序

试验程序如下。

- a) 低频试验及相关计算。
- 1) 将被试电缆一端的内、外导体连接到交流电流源(50 Hz 或 60 Hz)的两个输出端。被试电缆另一端应通过连接内、外导体进行短路。在电缆中间钻一个小孔到内导体的表面,以插入温度传感器来测量内导体的温度,在 TS 的外导体上再接一个温度传感器。低频功率试验设备的布置如图 A.1 所示。

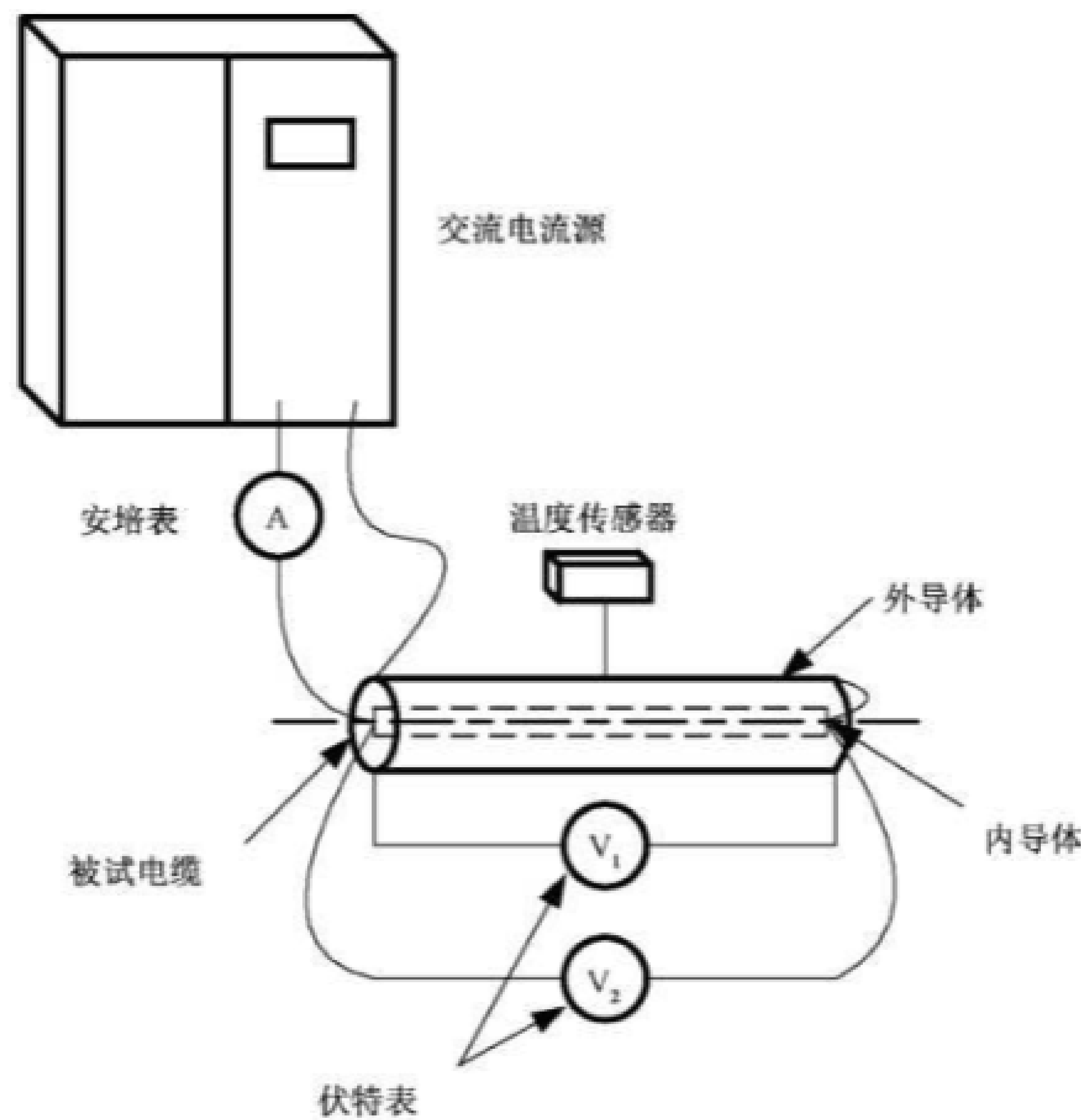


图 A.1 低频功率测试设备的布置

- 2) 缓慢增大电流,直到内导体的温度达到其最大允许温度。记录内、外导体上的电流和电压,以及内、外导体的温度 T_i 和 T_o 。电缆内导体的最大允许温度由电缆绝缘和护套的材料决定,并应在电缆规范中规定。
- 3) 使用公式(A.1)和公式(A.2)计算电缆内、外导体的功率耗散 P_{Li} 和 P_{Lo} 。

$$P_{Li} = \frac{U_i I}{L} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$P_{Lo} = \frac{U_o I}{L} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

U_i 、 U_o ——内、外导体两端电压,单位为伏特(V);

I ——电流,单位为安培(A);

L ——电缆长度,单位为米(m);

P_{Li}, P_{Lo} —— 电缆在低频时的功率耗散,单位为瓦每米(W/m)。

- 4) 根据内、外导体的温升,内导体周围介质和外导体周围介质的综合导热系数 K_i 和 K_o 能由公式(A.3)和公式(A.4)计算。

$$P_{Li} = K_i(T_i - T_o) = \frac{U_i I}{L} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$P_{Lo} + P_{Li} = K_o(T_o - T_a) = \frac{U_o I}{L} + \frac{U_i I}{L} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

K_i, K_o —— 内导体和外导体周围介质的综合导热系数,单位为瓦每摄氏度米[W/($^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}$)];

T_i, T_o —— 低频功率试验稳定时内、外导体的温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

T_a —— 低频功率试验时的环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

注:对于某种电缆结构,内导体和外导体周围的介质是确定的, K_i 和 K_o 是材料本身的固有特性,与频率无关。因此,这些值在低频和射频环境中是不变的。 K_i 和 K_o 能应用于射频部分的计算。

b) 射频衰减测试及相关计算。

- 1) 用适配的射频连接器连接同轴电缆的两端。根据 IEC 61196-1-113 使用矢量网络分析仪测量其不同频率下的衰减。
- 2) 根据传输线的原理,电缆在不同频率下的衰减主要由导体衰减和介质衰减组成,能用公式(A.5)中列出的方程组表示:

$$\begin{cases} \alpha_1 = A \sqrt{f_1} + B f_1 \\ \alpha_2 = A \sqrt{f_2} + B f_2 \\ \vdots \\ \alpha_i = A \sqrt{f_i} + B f_i \end{cases} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

α_i —— 电缆在频率 $f_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ 下的衰减常数,单位为分贝每米(dB/m);

f_i —— 试验频率,单位为兆赫兹(MHz);

A —— 导体衰减系数,单位为分贝每米平方根兆赫兹($\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{MHz}}}$);

B —— 介质衰减系数,单位为分贝每米兆赫兹($\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \text{MHz}}$)。

- 3) A 和 B 分别通过使用公式(A.6)和公式(A.7)能求解公式(A.5)中的方程组获得:

$$A = \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^n f_i \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{\alpha_i}{\sqrt{f_i}} \right) \right) - \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{f_i} \times \sum_{i=1}^n \alpha_i \right) \right]}{[n \times \sum_{i=1}^n f_i - (\sum_{i=1}^n \sqrt{f_i})^2]} \dots\dots\dots (A.6)$$

$$B = \frac{\left[n \times \sum_{i=1}^n \alpha_i - \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{f_i} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{\alpha_i}{\sqrt{f_i}} \right) \right) \right]}{[n \times \sum_{i=1}^n f_i - (\sum_{i=1}^n \sqrt{f_i})^2]} \dots\dots\dots (A.7)$$

- 4) 根据射频传输线的传输原理,衰减公式(A.5)中的系数 A 是电缆导体引起的衰减,包括内导体和外导体。因此,根据内、外导体的直径和电导率,通过公式(A.8)分解系数 A ,能获得内、外导体的衰减系数:

$$\begin{cases} A_i = A \times \frac{\frac{C_i}{a \times \sqrt{\sigma_i}}}{\frac{C_i}{a \times \sqrt{\sigma_i}} + \frac{C_o}{b \times \sqrt{\sigma_o}}} \\ A_o = A \times \frac{\frac{C_o}{b \times \sqrt{\sigma_o}}}{\frac{C_i}{a \times \sqrt{\sigma_i}} + \frac{C_o}{b \times \sqrt{\sigma_o}}} \end{cases} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

A_i, A_o ——内、外导体的衰减系数,单位为分贝每米平方根兆赫兹 $\left(\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{MHz}}}\right)$;

C_i, C_o ——分别为内、外导体的结构系数,对于管状导体,等于1;

a, b ——内、外导体的等效直径,单位为毫米(mm);

σ_i, σ_o ——内、外导体相对于铜导体的相对电导率。

c) 射频额定功率的计算。

- 1) 如最大额定功率 P_r 施加到射频电缆上,使内导体的温度达到其最大允许温度 T_i ,同时外导体的温度达到 T_o 。内、外导体和介质的耗散功率能分别用公式(A.9)、公式(A.10)和公式(A.11)表示:

$$P_i = P_r \times A_i \times \sqrt{1 + \gamma_i \times (T_i - 20)} \times \frac{\sqrt{f}}{4.343} \dots\dots\dots (A.9)$$

$$P_o = P_r \times A_o \times \sqrt{1 + \gamma_o \times (T_o - 20)} \times \frac{\sqrt{f}}{4.343} \dots\dots\dots (A.10)$$

$$P_d = P_r \times f \times \frac{B}{4.343} \dots\dots\dots (A.11)$$

- 2) 射频下内导体的耗散功率和介质的耗散功率引起的内、外导体的温升能用公式(A.12)表示:

$$P_i + \frac{P_d}{2} = K_i \times (T_i - T_o) \dots\dots\dots (A.12)$$

- 3) 在规定频率下,内导体、介质和外导体的相互作用引起外导体温度升高,能由公式(A.13)表示:

$$P_i + P_o + P_d = K_o \times (T_o - T_a) \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

K_i, K_o ——内导体和外导体周围介质的综合导热系数,单位为瓦每摄氏度米 $[\text{W}/(\text{℃} \cdot \text{m})]$;

A_i, A_o ——内、外导体的衰减系数,单位为分贝每米平方根兆赫兹 $\left(\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{MHz}}}\right)$;

B ——介质衰减系数,单位为分贝每米兆赫兹 $\left(\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \text{MHz}}\right)$;

γ_i, γ_o ——内、外导体材料电阻率的温度系数,例如,在 40 ℃ 时,对于铜导体, $\gamma = 0.003\ 93$,对于铝导体, $\gamma = 0.004\ 07$;

T_i ——内导体的最大允许温度,单位为摄氏度(℃);

T_o ——外导体温度,单位为摄氏度(℃);

- T_a ——环境温度,单位为摄氏度(℃);
- f ——规定的频率,单位为兆赫兹(MHz);
- P_r ——规定频率 f 下的额定平均功率,单位为瓦(W);
- P_i ——内部导体的耗散功率,单位为瓦每米(W/m);
- P_o ——外导体的耗散功率,单位为瓦每米(W/m);
- P_d ——介质的耗散功率,单位为瓦每米(W/m)。

在公式(A.9)~公式(A.13)中, P_r 、 P_i 、 P_o 、 P_d 和 T_a 为未知参数,以下为已知参数:

- K_i 、 K_o 、 A_i 、 A_o 、 B ——根据步骤 a) 和 b) 计算的参数;
- γ_i 、 γ_o ——根据电缆中使用的材料,能在电缆设计手册中找到;
- T_a ——相关规范中给出的试验环境温度,例如 40 ℃;
- T_i ——相关规范中规定的内导体的最高允许温度;
- f ——相关规范规定的试验频率。

- 4) 根据公式(A.9)~公式(A.13)的 5 个方程能求解 P_r 和其他未知参数, P_r 是指定频率 f 下的额定平均功率。

A.2 附录 A 中使用的符号

以下符号适用于附录 A。

- K_i ——绝缘导热系数,单位为瓦每摄氏度米[W/(℃ · m)]。
- K_o ——护套导热系数,单位为瓦每摄氏度米[W/(℃ · m)]。
- A ——导体衰减系数,单位为分贝每米平方根兆赫兹 $\left(\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{MHz}}}\right)$ 。
- A_i ——内导体衰减系数,单位为分贝每米平方根兆赫兹 $\left(\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{MHz}}}\right)$ 。
- A_o ——外导体衰减系数,单位为分贝每米平方根兆赫兹 $\left(\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \sqrt{\text{MHz}}}\right)$ 。
- B ——绝缘材料衰减系数,单位为分贝每米兆赫兹 $\left(\frac{\text{dB}}{\text{m} \cdot \text{MHz}}\right)$ 。
- a ——内导体平均外径,单位为毫米(mm)。
皱纹管: $a = (d_{\text{peak,odic}} + d_{\text{root,odic}})/2$;
光管: $a = (d_{\text{max,odic}} + d_{\text{min,odic}})/2$ 。
- b ——外导体平均内径,单位为毫米(mm)。
皱纹管: $b = (d_{\text{peak,idoc}} + d_{\text{root,idoc}})/2$;
光管: $b = (d_{\text{max,idoc}} + d_{\text{min,idoc}})/2$ 。
- C_i ——内导体皱纹管系数:
非皱纹管的(将皱纹长度转化为等效光滑管长度)距离与电缆皱纹管长度之比。
对于皱纹管电缆 $C_i > 1$;
对于光管电缆或电线 $C_i = 1$ 。
- C_o ——外导体皱纹管系数:
非皱纹管的(将皱纹长度转化为等效光滑管长度)距离与电缆皱纹管长度之比。
对于皱纹管电缆 $C_o > 1$;
对于光管电缆 $C_o = 1$ 。
- P_{in} ——射频输入功率,单位为瓦(W)。
- P_r ——在频率 f 时的射频额定平均功率,单位为瓦(W)。

- P_{rf_1} ——在频率 f_1 时的射频额定平均功率,单位为瓦(W)。
- P_{rf_2} ——在频率 f_2 时的射频额定平均功率,单位为瓦(W)。
- P_i ——内导体耗散功率,单位为瓦每米(W/m)。
- P_o ——外导体耗散功率,单位为瓦每米(W/m)。
- P_d ——介质耗散功率,单位为瓦每米(W/m)。
- σ_i ——内导体导电率(相对于铜)。
- σ_o ——外导体导电率(相对于铜)。
- γ_i ——内导体电阻温度系数。
- γ_o ——外导体电阻温度系数。
- α_c ——电缆在频率 f 时的衰减,单位为分贝每百米(dB/100 m)。
- α_{f_1} ——电缆在频率 f_1 时的衰减,单位为分贝每百米(dB/100 m)。
- α_{f_2} ——电缆在频率 f_2 时的衰减,单位为分贝每百米(dB/100 m)。
- α_i ——内导体在频率 f 时的衰减,单位为分贝每百米(dB/100 m)。
- α_o ——外导体在频率 f 时的衰减,单位为分贝每百米(dB/100 m)。
- T_i ——内导体温度,单位为摄氏度(℃)。
- T_o ——外导体温度,单位为摄氏度(℃)。
- T_a ——试验环境温度,单位为摄氏度(℃)。
- T_{ri} ——内导体温升,单位为摄氏度(℃)。
- T_{ro} ——外导体温升,单位为摄氏度(℃)。
- R_T ——最高额定环境温度,单位为摄氏度(℃)。

附录 B
(资料性)

高 VSWR 负载对电缆及电缆组件射频功率性能的影响

B.1 概述

射频电缆和电缆组件的额定功率或耐功率试验结果在很大程度上取决于负载 VSWR。对于高 VSWR 值,测量的温度在很大程度上取决于电缆中电流波节点和电流波腹点的位置。例如,如在电流波节点位置上测量温度,则温升将低于在电流波腹点上测量的温升。这种效应如图 B.1 所示。图 B.1 示出了用热成像相机拍摄的 RG 316 电缆在功率负载失配、VSWR=1.75 时的热力分布。频率略微增加 50 MHz,高温点和低温点的位置发生了偏移。

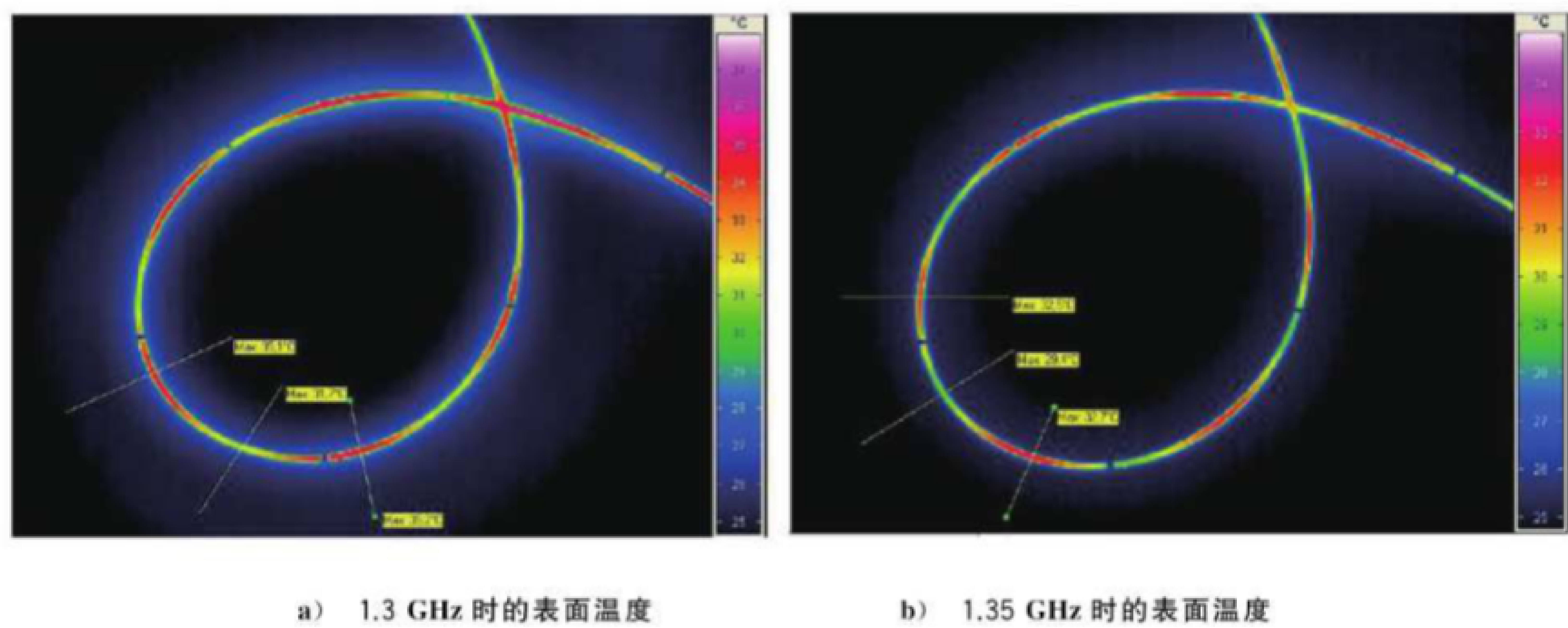


图 B.1 频率略有变化的 RG 316 电缆的热分布

此外,电缆组件的连接器部分由于电流波节点或波腹点分布可能出现温度变化。3.5 mm 空气线连接器的试验结果如图 B.2 所示。试验参数为 $T_0=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=70\text{ W}$,负载 VSWR=1.75。

结果显示,与环境温度有关的内导体温升变化能达 55%。这是由于当频率升高时,电流波节点/波腹点在温度测量点的位置发生移动。

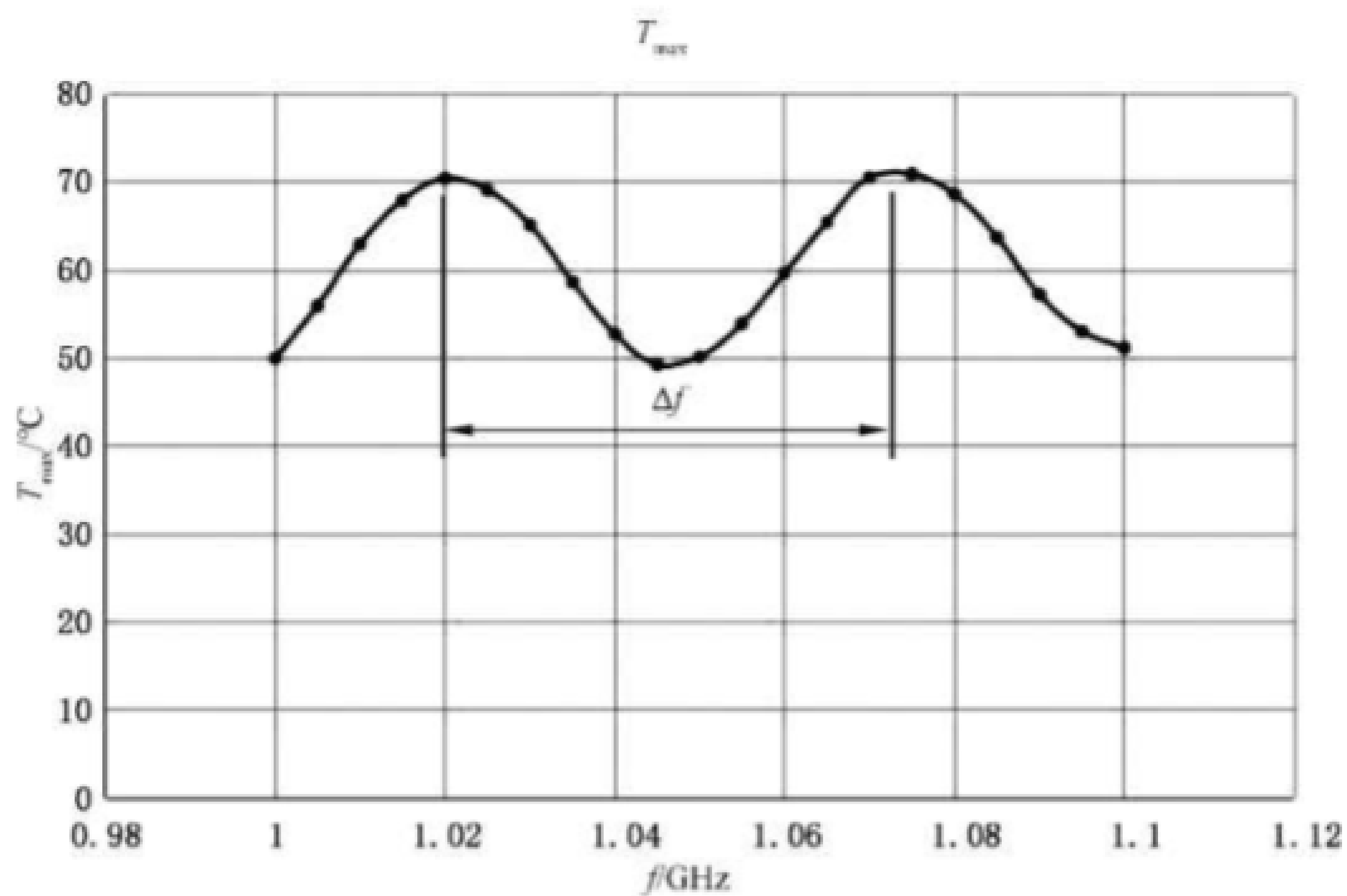


图 B.2 3.5 mm 空气线连接器内导体的测量温度

B.2 电缆和电缆组件的耐功率评估

B.2.1 概述

对于使用具有高 VSWR 的电缆和电缆组件，有两种方法评估其耐功率。降额计算是在出现高 VSWR 时进行估计的一种快速而简单的方法。更精确的方法是进行测量。

B.2.2 降额计算

对于电缆和电缆组件，其中电缆的耐功率远小于连接器的耐功率，高 VSWR 下的额定功率能由公式(B.1)估计。

$$P_{\text{VSWR}} = P_{\text{ref}} \frac{(\text{VSWR} + 1)^2}{4\text{VSWR}^2}$$

..... (B.1)

式中：

P_{VSWR} —— 电缆/电缆组件在端接不匹配负载时能承载的额定功率；

P_{ref} —— 根据相关试验方法测得的最大功率；

VSWR——失配负载的 VSWR。

B.2.3 高 VSWR 负载下的测量

为了捕捉在高 VSWR 负载下耐功率的峰值温度，需通过捕捉电流波腹点的方式确定温度测量点并进行相关试验。如图 B.2 所示，能通过频率范围 Δf 内的微小频率变化来实现。这确保了电流波节点和波腹点的 180°相移。所需的频率范围 Δf 能通过测量或公式(B.2)计算确定。

$$\Delta f = v/2l$$

..... (B.2)

式中：

Δf —— 能导致电流波节点和波腹点相移 180°的频率变化范围；

v —— 信号在电缆中的传播速度；

l —— 电缆组件或电缆的长度。

建议在 Δf 内测量至少 10 个频率点，以确定电流波腹点与温度测量点在相关相位位置保持一致。如图 B.2 所示，在具有最高温升的频率点处(1.02 GHz 或 1.07 GHz)确定高 VSWR 下的最大耐功率。

参 考 文 献

[1] IEC 60966-1:2019 Radio frequency and coaxial cable assemblies—Part 1: Generic specification—General requirements and test methods

[2] IEC 61196-1:2005 Coaxial communication cables—Part 1: Generic specification—General, definitions and requirements

[3] IEC 61196-1-113 Coaxial communication cables—Part 1-113: Electrical test methods—Test for attenuation test

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

同轴通信电缆 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

GB/T 17737.119—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址：www.spc.net.cn

服务热线：400-168-0010

2024 年 4 月第一版

*

书号：155066 • 1-75999

版权专有 侵权必究



GB/T 17737.119-2024