



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 17738.1—XXXX/IEC 60966-1:2019

代替 GB/T 17738.1—2013

## 射频同轴电缆 第1部分：总规范 一般要求 和试验方法

Radio frequency and coaxial cable assemblies—Part 1: Generic specification—  
General requirements and test methods

(IEC 60966-1:2019, 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 .....	V
引言 .....	VII
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	3
4 设计和制造要求 .....	4
4.1 电缆设计和结构 .....	4
4.2 连接器设计和结构 .....	5
4.3 外形和界面尺寸 .....	5
5 加工质量、标志和包装 .....	5
5.1 加工质量 .....	5
5.2 标志 .....	5
5.3 盖帽 .....	5
5.4 包装和标志 .....	5
6 质量评定 .....	5
7 通用测试方法 .....	5
7.1 试验的标准大气条件 .....	5
7.2 外观检查 .....	6
7.3 尺寸检验 .....	6
8 电气试验 .....	6
8.1 反射特性 .....	6
8.2 阻抗均匀性 .....	7
8.3 插入损耗 .....	8
8.4 插入损耗稳定性 .....	8
8.5 传播时间 .....	8
8.6 电长度稳定性 .....	9
8.7 相位差 .....	11
8.8 相位随温度的变化 .....	11
8.9 屏蔽效率 .....	12
8.10 耐电压 .....	12
8.11 绝缘电阻 .....	12
8.12 内、外导体连续性 .....	13
8.13 额定功率 .....	13
8.14 互调电平 .....	14
9 机械强度试验 .....	14
9.1 张力 .....	14

9.2	弯曲	15
9.3	弯曲耐久性	16
9.4	电缆组件抗压	17
9.5	扭转	17
9.6	多重弯曲	18
9.7	电缆组件的耐磨试验	19
9.8	振动、冲击	19
9.9	撞击试验	19
9.10	耐久性	19
10	环境试验	19
10.1	推荐的严酷等级	20
10.2	振动、碰撞和冲击	20
10.3	气候顺序	20
10.4	恒定湿热	20
10.5	温度快速变化	21
10.6	耐溶剂和污染流体	21
10.7	浸水试验	22
10.8	盐雾和二氧化硫试验	22
10.9	灰尘试验	22
10.10	可燃性	23
11	特殊试验方法	23
12	试验一览表	23
附录 A (规范性)	插入损耗测量方法	24
A.1	目的	24
A.2	试验方法	24
A.3	特性阻抗偏差的修正	28
附录 B (资料性)	传输时间测量方法	29
B.1	通则	29
B.2	谐振法测量传播时间	29
B.3	时域法测量传播时间	29
附录 C (资料性)	推荐环境试验严酷等级	31
C.1	试验的环境条件和严酷等级的关系	31
C.2	推荐环境试验严酷等级	32
附录 D (规范性)	质量评定	35
D.1	通则	35
D.2	目的	35
D.3	基本方面	35
D.4	质量评定程序	36
D.5	能力手册和批准	38
参考文献		42

图 1 弯曲试验：U 形组件 .....	9
图 2 弯曲试验：直式组件 .....	10
图 3 扭转试验：U 形组件 .....	11
图 4 电缆组件弯曲试验装置 .....	15
图 5 电缆组件弯曲耐久性试验装置 .....	16
图 7 扭转测试装置 .....	18
图 8 多重弯曲试验 .....	19
图 A.1 测量插入损耗的电路图 .....	24
图 A.2 测量插入损耗的电路图 .....	25
图 A.3 测量插入损耗替换电路图 .....	26
图 A.4 测量插入损耗的双程电路图 .....	27
图 B.1 试验装置框图 .....	29
图 C.1 制订环境试验规范所需的行动方框图 .....	32
表 1 大气条件的标准范围 .....	6
表 C.1 位移和加速度相互关系 .....	33
表 C.2 峰值加速度和速度变化的关系 .....	33
表 D.1 电缆组件能力界限示例 .....	40
表 D.2 柔软电缆能力界限示例 .....	40
表 D.3 连接器能力界限示例 .....	40
表 D.4 流程图示例(见 D.5.2.5) .....	41



## 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 17738《射频同轴电缆组件》的第2部分。GB/T 17738已经发布了以下部分：

- 第1部分：总规范 一般要求和试验方法；
- 第2部分：柔软同轴电缆组件分规范；
- 第3部分：半柔同轴电缆组件分规范；
- 第4部分：半硬同轴电缆组件分规范。

本文件代替GB/T 17738.1-2013《射频同轴电缆组件 第1部分：总规范 一般要求和试验方法》，与GB/T 17738.1-2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 在“电缆设计和结构”中增加了“电缆的原材料和附加材料应选择符合地区或国家的指令和法规”要求（见4.1，2013版4.1）；
- 在“连接器的设计和结构”中增加了“连接器的原材料和附加材料应符合RoHS和其他环境法规”（见4.2，2013版4.2）；
- 删除了“试验的标准大气条件”中“所有试验应在IEC 60068所规定的试验条件下进行”，完善了“试验的标准大气条件”要求，主要增加了表1大气条件的标准范围（见7.1，2013版7.1）；
- “外形尺寸”增加了“外形尺寸应符合GB/T 17738.2（所有部分）、GB/T 17738.3（所有部分）或GB/T 17738.4（所有部分）的要求”（见7.3.2，2013版7.3.2）；
- 增加了“试验设备”（见8.1.2），并被其他部分引用（见8.6.2.1、8.6.2.2、8.7.2、8.8.2，2013版8.6.2.1、8.6.2.2、8.7.2、8.8.2）；
- “阻抗均匀性”的“程序”中增加了参考标准（见8.2.2，2013版8.2.2）；
- 更改了“弯曲”和“扭转”中的图1、图2和图3（见8.6.2.1和8.6.2.2，2013版8.6.2.1和8.6.2.2）；
- 将“例如（℃）、e1/℃”更改为“例如 $\Delta\phi/^\circ\text{C}$ ”（见8.8.4 c），2013版8.8.4 c））
- 更改了“屏蔽效率”（见8.9，2013版8.9），将“屏蔽效率”分为“转移阻抗”（见8.9.1）和“屏蔽衰减”（见8.9.2），提供了参考的测试程序（见8.9.1和8.9.2），删除“屏蔽效率测量方法”（见2013版8.9和附录C）；
- 删除了“暂无”（见2013版8.13）；
- 将“额定功率”试验的“程序”中引用标准“IEC 61196中相关部分”明确为“IEC 61196-1-119”（见8.13.2，2013版8.14.2）；
- 增加了“互调电平”（见8.14，2013版8.15）；
- 在“张力”试验的“程序”中增加“应在详细规范中给出力的施加点”（见9.1.2）；
- 增加了“扭转”的图示（见9.5.1图7）；
- 将“电缆组件的耐磨试验”的“程序”中引用标准“IEC 61196中相关部分”明确为“IEC 61196-1-324”（见9.7，2013版9.7）；
- 将“振动、冲击、撞击”更改为“振动、冲击”和“撞击试验”（见9.8和9.9，2013版9.8），将“撞击试验”引用标准由GB/T 5095.5-1997更改为IEC 60512-7-2（见9.9，2013版9.8）；

- 更改了“机械耐久性”（见 9.10，2013 版 9.9）；
- 更改了“温度快速变化”（见 10.5.2 c），2013 版 10.5.2 c））；
- 更改了“盐雾和二氧化硫试验”（见 10.8，2013 版 10.8）；
- 更改了“灰尘试验”（见 10.9，2013 版 10.9）；
- 多处将“NSI”或“国家监管检查机构”更改为“授权的地区或国家机构”（见附录 D，2013 版附录 E）；

本文件等同采用 IEC 60966-1:2019《射频同轴电缆组件 第1部分：总规范 一般要求和试验方法》。

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：中航富士达科技股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、中国电子科技集团公司第二十三研究所、深圳金信诺高新技术股份有限公司、神宇通信科技股份公司。

本文件主要起草人：XXX。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1999年首次发布为GB/T 17738.1—1999；
- 2013年第一次修订为GB/T 17738.1—2013；
- 本次为第二次修订。



## 引 言

同轴电缆组件由同轴电缆和连接器组成，具有屏蔽性能好、驻波比小、可靠性好、低互调、温度等级宽、相位稳定等优异的性能，在通信系统中起到传输通信信号的重要作用。GB/T 17738是射频同轴电缆组件系列产品标准以及试验方法标准。

GB/T 17738拟由以下4个部分构成。

- 第1部分：总规范 一般要求和试验方法。目的是确立同轴电缆组件设计和试验方法的总体要求。
- 第2部分：柔软同轴电缆组件分规范。目的是规定柔软同轴电缆组件的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验方法、包装标志以及推荐的额定值。
- 第3部分：半柔同轴电缆组件分规范。目的是规定半柔同轴电缆组件的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验方法、包装标志以及推荐的额定值。
- 第4部分：半硬同轴电缆组件分规范。目的是规定半硬同轴电缆组件的特性和通用性能要求、质量评定程序、试验方法、包装标志以及推荐的额定值。



# 射频同轴电缆 第1部分：总规范 一般要求和试验方法

## 1 范围

本文件规定了传输横向电磁波模式(TEM)的射频同轴电缆组件(由电缆和连接器组成)的要求,同时也对同轴电缆组件的电气、机械和环境特性的测试规定了一般要求。涉及特定种类电缆组件的附加要求在相应的分规范中给出。

所用电缆和连接器的设计分别符合IEC 61196和IEC 61169的适用部分的规定。

注1: 本文件不包括通常对电缆和连接器单独进行的试验,对电缆和连接器单独进行的试验已分别在IEC 61196(所有部分)和IEC 61169的适用部分中规定。

注2: 即使电缆组件中使用的电缆和连接器在IEC 61196和IEC 61169系列标准中没有规定,凡有可能,也分别按照相关总规范中给定的试验方法进行试验。

注3: 当对电缆组件进行附加防护时,本文件规定的机械和环境试验也适用。

## 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 18380.12—2022 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分:单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1 kW 预混合型火焰试验方法 (IEC 60332-1-2:2015, IDT)

IEC 60068 (所有部分) 环境试验

IEC 60068-2-6 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)[Environmental testing—Part 2-6: Tests—Test Fc: Vibration (sinusoidal)]

注: GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)(IEC 60068-2-6:2007, IDT)

IEC 60068-2-11 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ka:盐雾 (Environmental testing—Part 2-11: Tests—Test Ka: Salt mist)

注: GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ka:盐雾 (IEC 60068-2-11:1981, IDT)

IEC 60068-2-14 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化 (Environmental testing—Part 2-14: Tests—Test N: Change of temperature)

注: GB/T 2423.22—2002 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化 (IEC 60068-2-14:1984, IDT)

IEC 60068-2-27 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击 (Environmental testing—Part 2-27: Tests—Test Ea and guidance: Shock)

注: GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击 (IEC 60068-2-27:2008, IDT)

IEC 60068-2-42 环境试验 第2部分:试验方法 试验Kc:接触点和连接件的二氧化硫试验 (Environmental testing—Part 2-42: Tests—Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections)

注: GB/T 2423.19—2013 环境试验 第2部分:试验方法 试验Kc:接触点和连接件的二氧化硫试验 (IEC 60068-

2-42:2003, IDT)

IEC 60068-2-68 环境试验 第2-68部分: 试验方法 试验L: 沙尘试验 (Environmental testing—Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand)

注: GB/T 2423.37—2006 电工电子产品环境试验 第2部分: 试验方法 试验L: 沙尘试验 (IEC 60068-2-68:1994, IDT)

IEC 60068-2-78 环境试验 第2部分: 试验方法 试验Cab: 恒定湿热试验 (Environmental testing—Part 2-78: Tests—Test Cab: Damp heat, steady state)

注: GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分: 试验方法 试验Cab: 恒定湿热试验 (IEC 60068-2-78:2012, IDT)

IEC 60512-6-2 电子设备用机电元件 基本试验规程及测量方法 第6-2部分: 动态应力试验 试验6b: 冲击 (Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 6-2: Dynamic stress tests – Test 6b: Bump)

IEC 60512-7-2 电子设备用机电元件 基本试验规程及测量方法 第7-2部分: 冲击试验 (自由端连接器) 试验7b: 机械强度冲击 (Connectors for electronic equipment—Tests and measurements —Part 7-2: Impact tests (free components) —Test 7b: Mechanical strength impact)

IEC 60529 外壳防护等级 (IP代码) [Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)]

注: GB/T 4208-2017 外壳防护等级 (IP代码) (IEC 60529:2013, IDT)

IEC 60966-2 (所有部分) 射频同轴电缆组件

IEC 60966-3 (所有部分) 射频同轴电缆组件

IEC 60966-4 (所有部分) 射频同轴电缆组件

IEC 61169 (所有部分) 射频连接器

IEC 61169-1:2013 射频连接器 第1部分: 总规范 一般要求和试验方法 (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 61196 (所有部分) 同轴通信电缆

IEC 61196-1-119 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)

注: 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 (IEC 61196-1-119:2023, MOD)

IEC 62037-2 无源射频和微波元器件的互调电平测量 第2部分: 同轴电缆组件的无源互调测量 (Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement – Part 2: Measurement of passive intermodulation in coaxial cable assemblies)

注: GB/T 21021.2—2021 无源射频和微波元器件的互调电平测量 第2部分: 同轴电缆组件的无源互调测量 (IEC 62037-2:2012, IDT)

IEC 62153-4-6 金属电缆和其他无源元件试验方法 第4-6部分: 电磁兼容 表面转移阻抗线注入法 [Metallic cables and other passive components test methods – Part 4-6: Electromagnetic compatibility (EMC) —Surface transfer impedance – line injection method]

注: GB/T 31723.406—2015 金属通信电缆试验方法 第4-6部分: 电磁兼容 表面转移阻抗 线注入法 (IEC 62153-4-6:2006, IDT)

IEC 62153-4-7:2015 金属电缆及其他无源元件试验方法 第 4-7 部分：电磁兼容 转移阻抗和屏蔽/耦合衰减的试验方法 管中管法 [Metallic communication cable test methods—Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) —Test method for measuring of transfer impedance  $Z_T$  and screening attenuation  $a_s$  or coupling attenuation  $a_C$  of connectors and assemblies up to and above 3 GHz—Triaxial tube in tube method]

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO和IEC在以下地址维护用于标准化的术语数据库：

——IEC电子百科：可用 <https://www.electropedia.org/>

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

#### 3.1

**电缆组件 cable assembly**

有或无附加防护，具有规定性能作为单个元件使用的电缆和连接器的组合件。

#### 3.2

**柔软电缆组件 flexible cable assembly**

电缆可以被重复弯曲的电缆组件。

注：电缆通常具有编织外导体结构。

#### 3.3

**半柔电缆组件 semi-flexible cable assembly**

预定在使用中电缆不需重复弯曲的电缆组件，在安装过程中可以弯曲或成型。

#### 3.4

**半硬电缆组件 semi-rigid cable assembly**

预定在制造后不再弯曲的电缆组件。

注：在安装或使用期间的任何弯曲都可能降低电缆组件的性能。

#### 3.5

**插入损耗 insertion loss**

由于某一电缆组件接入系统而引入的损耗，见公式（1）。

注：在本文件中，插入损耗是功率 $P_1$ 与 $P_2$ 之比，以分贝来表示，功率 $P_1$ 是指信号源直接传输给负载的功率； $P_2$ 是指信号源通过电缆组件传输给负载的功率。

$$\text{插入损耗} = 10 \lg \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

#### 3.6

**反射系数 reflection factor**

在传输线的任一端口的反射波波矢量的幅值与入射波波矢量的幅值之比。

#### 3.7

**电长度 electrical length**

等效于电缆组件的自由空间长度。

#### 3.8

**电长度差 electrical length difference**

电缆组件之间电长度的差值。

3.9

**相位差** phase difference

任意两个电缆组件传输同一个TEM波的相位之差。

3.10

**传播时间** propagation time

在电缆组件两端连接器的基准面之间传播TEM波所需要的时间。

3.11

**最小静态弯曲半径** minimum static bending radius

进行气候试验时所用的半径。

注：这是电缆固定安装所允许的最小弯曲半径。

3.12

**动态弯曲半径** dynamic bending radius

用于插入损耗稳定性、电长度稳定性和弯曲耐久性试验的弯曲半径。

注：这是电缆组件使用时的最小允许弯曲半径。增大弯曲半径时可以增加弯曲次数。

3.13

**转移阻抗** transfer impedance

电缆组件的转移阻抗是在电缆组件内的感应电压与组件外面的感应电流的比值。

注：实际上，它是在与电缆组件的两连接器配接的两个连接器的规定点之间的感应电压与感应电流的比值。

3.14

**屏蔽衰减** screening attenuation

电缆组件内部的信号功率与辐射到电缆组件外部的总功率之比，用分贝表示。

3.15

**额定功率** power rating

当电缆组件端接与其特性阻抗一致的负载时可以连续传输的输入功率。

注1：在实际应用时，可传输的最大功率还取决于回波损耗。

注2：额定功率还取决于电缆组件安装的具体情况、环境温度、空气压力和流通情况。通常规定的环境温度为40℃。

3.16

**人工老炼** artificial aging

用来改善相位、衰减及热膨胀随温度的稳定性的一种方法。

注：通常这是对成品电缆组件进行几个温度循环处理。除非在详细规范中另有规定，由供货方决定是否要对电缆组件进行老炼。

## 4 设计和制造要求

### 4.1 电缆设计和结构

凡有可能，电缆应符合IEC 61196相关部分或详细规范的规定。当需要不同于IEC 61196相关部分或详细规范的电缆设计时，电缆应符合制造商相关部分或相关详细规范的要求。

根据当地法规，电缆的原材料和附加材料应选择符合地区或国家的指令和法规，如欧盟的RoHS和REACH。

## 4.2 连接器设计和结构

凡有可能，连接器应符合IEC 61169相关部分或的规定。在需要特殊设计的连接器时，其界面尺寸应符合IEC 61169相关部分（适用时）的规定，结构应符合相关详细规范的要求。

根据当地法规，连接器的原材料和附加材料应选择符合RoHS和其他环境法规，如欧盟的REACH。

## 4.3 外形和界面尺寸

外形尺寸应符合相关电缆组件详细规范的规定。

界面尺寸应符合相关详细规范的规定。

## 5 加工质量、标志和包装

### 5.1 加工质量

电缆组件不应有目力可见的缺陷，并应是清洁的，保持良好的状态。

### 5.2 标志

标志应清晰、符合相关详细规范的规定，并能识别电缆组件的制造商。

### 5.3 盖帽

除非在相关详细规范中另有规定，为了保护连接器界面免受损坏和污染，在运输和储存时，电缆组件两端的连接器应戴上由适宜材料制成的任意形式的盖帽。

### 5.4 包装和标志

除非另有规定，包装和标志应符合相关详细规范的规定。

## 6 质量评定

质量保证指南，包括能力批准和鉴定批准，见附录D。

## 7 通用测试方法

### 7.1 试验的标准大气条件

标准大气条件需要控制在一定范围内，以确保从不同设备中进行测量和试验获得的数据的差异保持在最小。除非另有规定，应在以下大气条件下进行测量和试验。在某些情况下，可能需要特殊的环境条件，应在详细规范中加以规定。

表1给出了进行测量和试验的大气条件的标准范围。

表1 大气条件的标准范围

条件	标准
温度	23℃±5℃
相对湿度	(45±25)%
大气压力（包括限值）	现场环境

在一系列测量过程中，将环境温度和湿度的变化保持在最小。  
如果无法在标准大气条件下进行试验，应在试验报告中增加一个相关注释，说明试验的实际条件。

7.2 外观检查

应对样本进行外观检查以保证：

- a) 状态、加工质量和表面制造情况是令人满意的。
- b) 标志要符合本文件 5.2 的规定。
- c) 无机械损伤、非预期的零件间的松动和位移。
- d) 材料或成品应无明显可见的凹痕、剥落。

通常，用不超过三倍的放大镜来检查。

7.3 尺寸检验

7.3.1 界面尺寸

根据相关详细规范的要求，用适当的测试装置，测量界面尺寸。  
在使用符合IEC 61169相关部分或详细规范连接器时，界面尺寸的检验可以限制那些因不正确的装配而引起的性能变化。例如：从基准面到介质芯以及到中心接触件的轴向尺寸。  
在使用其它连接器或有特殊要求时，具体内容应在相关详细规范中给出。

7.3.2 外形尺寸

外形尺寸应符合GB/T 17738.2（所有部分）、GB/T 17738.3（所有部分）或GB/T 17738.4（所有部分）的要求。  
电缆组件外形尺寸的任何特殊测量要求应在详细规范中给出。

8 电气试验

8.1 反射特性

8.1.1 目的

确定信号在匹配系统中通过电缆组件反射回信号源的量，反射特性优选“dB回波损耗”表示。

8.1.2 试验设备

矢量网络分析仪（VNA），能够通过校准件（开路、短路、负载）来表征射频和微波器件射频性能的S参数。  
通过矢量网络分析仪手册的误差修正（校准）程序来进行系统校准。  
被测电缆组件的回波损耗应在规定的范围内用矢量网络分析仪进行测量。



允许被测电缆组件与矢量网络分析仪（终端负载）之间通过具有小反射系数的精密测试转接器（或测试线）进行连接。

### 8.1.3 程序

为了测量电缆组件的反射特性，必须特别注意以下几个方面：

——为了使反射信号保持在接收系统的 IF-滤波器中心，应确保射频扫频发生器的扫描速度足够低。电缆越长，必须选择越低的扫描速度。

——电缆组件可能具有窄的回波损耗尖峰。为了解决可能的回波损耗尖峰，对于连续网络分析系统，扫描速度应足够低。而对于数字网络分析系统，扫描点数应足够多。

例如，对于数字系统，扫描点数宜为公式（2）：

$$n \geq 3(f_2 - f_1)L/120 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$n$  ——在频率范围  $f_1$  和  $f_2$  之间响应曲线时的扫描点数。

$f_1$  ——频率范围的最低频点，单位为兆赫兹（MHz）。

$f_2$  ——频率范围的最高频点，单位为兆赫兹（MHz）。

$L$  ——测试样品的机械长度，单位为米（m）。

不采用这些准则，会导致频率扫描点的间距太宽，从而导致相当多的测试失败。

电缆组件的回波损耗未必两边对称，可以要求测量两端。除非相关详细规范另有规定，最差的情况应在规范规定的范围内。

系统必须用合适的连接器类型校准。如果没有，必须使用转接器。转接器将使回波损耗测量不准，但是，不能因使用了转接器而修正结果。合成的回波损耗（包括转接器的）应在规范规定范围内。

如果用户同意，可以使用其它方法测量电缆组件的反射特性。

### 8.1.4 要求

测量的回波损耗应在规定的范围内。

### 8.1.5 在详细规范中规定的内容

在详细规范中规定的内容包含：

- a) 最小回波损耗，适用时，作为频率的函数。
- b) 频率范围。
- c) 要求的频率分辨率。

测量应从一端或两端进行。

## 8.2 阻抗均匀性

### 8.2.1 目的

确定电缆组件局部特性阻抗的变化。

### 8.2.2 程序

用一台时域反射计（TDR）把阶跃脉冲通过一段作为阻抗基准的空气线输入到电缆组件来测量。（见 GB/T 17737.112 和 IEC 61169-1 中 9.2.1.2.2）观察沿组件长度上阻抗的变化。

替代方法：可采用一个由频域到时域转换的系统。

### 8.2.3 要求

在相关详细规范中的规定。

### 8.2.4 详细规范中规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 时域反射系统的脉冲前沿上升时间；
- b) 阻抗变化的范围。

## 8.3 插入损耗

### 8.3.1 程序

插入损耗应按附录A测量。用户同意时，也可使用其它方法测量。

### 8.3.2 要求

在相关详细规范规定的频率范围内，任意频率下的插入损耗不应超过规定值。

### 8.3.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 最大插入损耗，适用时，作为频率的函数。
- b) 频率范围。

## 8.4 插入损耗稳定性

### 8.4.1 目的

确定电缆组件经受动态弯曲时在给定频率下衰减的变化。

### 8.4.2 程序

在按8.3测量插入损耗时，电缆在半径为其动态弯曲半径的芯轴上进行卷绕，卷绕的圈数按相关详细规范的规定。

### 8.4.3 要求

试验过程中及试验后，插入损耗的变化不应超过相关详细规范的规定值。

### 8.4.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 电缆的动态弯曲半径（芯轴的半径）。
- b) 在芯轴上电缆组件的圈数和部位。
- c) 试验频率。
- d) 插入损耗的最大变化。

## 8.5 传播时间

### 8.5.1 程序

传播时间按附录B测量。

8.5.2 要求

传播时间不应超过相关详细规范中的规定值。

8.5.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 进行测量的频率范围（见 B. 1）或系统的上升时间（见 B. 2）。
- b) 传播时间和公差。

8.6 电长度稳定性

8.6.1 目的

确定电缆组件在经受动态弯曲或扭转时由于电长度变化引起的相位变化。

8.6.2 程序

8.6.2.1 弯曲

8.6.2.1.1 方法 1

试验设备须符合8.1.2的要求，将弯曲成U形的电缆组件和适当的网络分析仪（NWA）相连接（见图1）。在记录传输信号相位的过程中，将电缆绕芯轴卷绕180°（见图1），然后解绕回到开始位置。逆时针绕芯轴卷绕180°（见图1），再解绕回到开始位置。应选定芯轴的开始位置，使得试验过程中，只有U形电缆组件的直线部分弯曲。

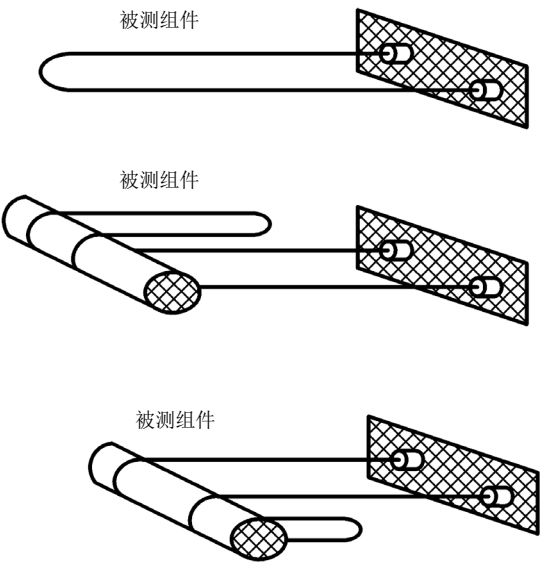


图1 弯曲试验：U 形组件

8.6.2.1.2 方法 2

试验设备需符合8.1.2的要求,将一根直式的电缆组件一端接短路器,另一端接合适的网络分析仪。在记录反射信号相位的过程中,首先将电缆在芯轴上沿顺时针方向绕半圈,回复到开始位置,然后绕芯轴逆时针绕半圈,再回到开始位置,见图2。

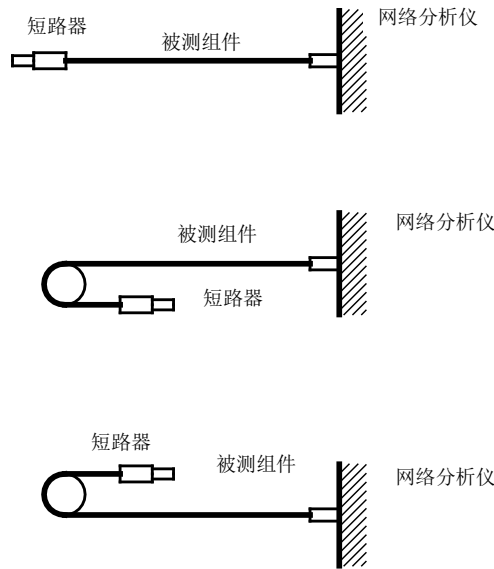


图2 弯曲试验：直式组件

8.6.2.2 扭转

试验设备需符合8.1.2的要求,将弯曲成U形的电缆组件两端连接到合适的网络分析仪上[见图3a)]。在记录传输信号相位的过程中,首先将电缆中间的芯轴沿顺时针方向扭转180° [见图3b)] , 回复到开始位置, 然后沿逆时针方向扭转180° [见图3c)] , 再回到开始位置。

由于与扭转刚度和电缆连接器界面处允许的最大扭矩有关,最大扭转角是可能会受到限制的。

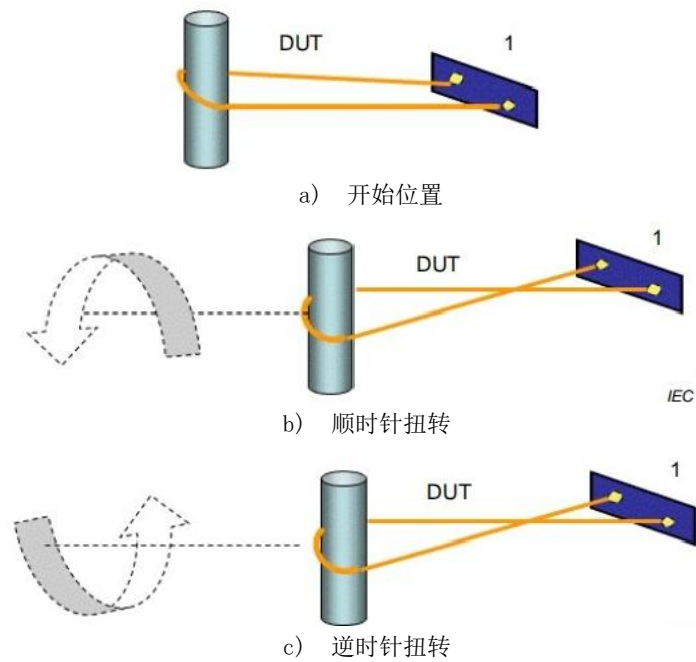


图3 扭转试验：U形组件

### 8.6.3 要求

相位变化不应超过相关详细规范的规定。

### 8.6.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 芯轴的半径（通常为电缆的动态弯曲半径）。
- b) 试验频率。
- c) 相位的最大变化。

## 8.7 相位差

### 8.7.1 目的

测定两个或两个以上电缆组件之间的相位差。

### 8.7.2 程序

网络分析仪应符合8.1.2的要求并有足够的精度。在频率和精度要求允许的情况下，可使用开槽测量线替代。

### 8.7.3 要求

相位差不应超过相关详细规范的规定。

### 8.7.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 最大相位差或标称相位差及公差。
- b) 频率。

## 8.8 相位随温度的变化

### 8.8.1 目的

当电缆组件经受其工作温度范围内的温度变化时，确定由于电长度变化引起的相位变化。

当相关详细规范中有规定时，可在一根电缆组件样品上而不是在成品电缆组件上进行本试验。除了长度和状态外，电缆组件样品应和成品电缆组件相同。

### 8.8.2 程序

将电缆组件，包括两端的连接器置于温度可控的烘箱里，用符合8.1.2要求的网络分析仪进行测量。电缆支撑的细节应在详细规范中给出。

当在电缆组件样品上进行试验时，电缆应卷成一圈或一圈以上的无支撑圈，圈直径至少是最小静态弯曲半径的10倍。

应进行6个温度循环。在频率和精度要求允许的场合，可用开槽测量线代替。

### 8.8.3 要求

在试验过程中，相位变化不应超过相关详细规范的规定值。

#### 8.8.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 温度范围和温度/时间的循环。
- b) 测量频率。
- c) 表示结果的方法，例如， $\Delta\varphi/^\circ\text{C}$ 。
- d) 允许的相位变化。
- e) 允许时，代用电缆组件样品的结构。

### 8.9 屏蔽效率

#### 8.9.1 转移阻抗

应进行转移阻抗试验。

依据IEC 62153-4-6或IEC 62153-4-7进行转移阻抗试验。

相关详细规范应确定适用的试验方法、频率范围和转移阻抗的最小值。

#### 8.9.2 屏蔽衰减

依据IEC 62153-4-7进行屏蔽衰减试验。

相关详细规范应确定适用的试验方法、频率范围和屏蔽衰减的最小值。

### 8.10 耐电压

#### 8.10.1 程序

每根电缆组件应经受有关详细规范规定的电压，无击穿或闪络。试验电压的最小值由电缆组件的额定工作电压 $U$ 得到，试验电压 $E$  (用DC或AC峰值表示) 由下式给出。

对于额定电压等于和小于1kV的电缆组件： $E = 3U$ 。

对于额定工作电压超过1kV的电缆组件： $E = 1.5U$ ，但最小试验电压为3kV。

在详细规范中规定的频率在40Hz和60Hz之间的交流峰值电压，应使用插合的连接器作为界面施加在电缆组件的内、外导体之间。

可采用与交流峰值电压相等的直流电压代替。

除非相关详细规范另有规定，电压施加时间为1min。

#### 8.10.2 要求

应无击穿或闪络。

#### 8.10.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 试验电压。
- b) 任何特殊的要求。

### 8.11 绝缘电阻

### 8.11.1 程序

绝缘电阻应在电缆组件的内、外导体之间进行测量，电压采用 $500\text{V} \pm 50\text{V}$ 的直流电压或电缆组件的额定电压，取较小者。

除非在相关详细规范中另有规定，绝缘电阻应在稳定 $60\text{s} \pm 5\text{s}$ 的时间后测量。

### 8.11.2 要求

绝缘电阻不应小于详细规范中的规定值。

### 8.11.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 试验电压。
- b) 稳定时间。
- c) 绝缘电阻。

## 8.12 内、外导体连续性

### 8.12.1 目的

保证在直流和低频时的内、外导体的连续性。

### 8.12.2 程序

可采用任一合适的方法。

### 8.12.3 要求

在直流和低频时，无非预期的内、外导体不连续。

### 8.12.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 试验电压。
- b) 试验电流。
- c) 频率。

## 8.13 额定功率

### 8.13.1 目的

电缆组件的额定功率定义为当电缆组件端接特性阻抗匹配的负载时，在任意规定的频率、温度、气压下能连续承载的输入功率。

影响功率的因素可能是电缆或连接器最高允许工作电压或最高内导体温度。

因此，将承载功率能力试验分为以下两种：

- a) 连续功率承载能力。
- b) 峰值或脉冲功率承载能力。

### 8.13.2 程序

试验应按IEC 61196-1-119中相关部分的规定进行，注意焊接或机械连接处的电弧和机械位移现象。

### 8.13.3 要求

在相关详细规范规定的环境条件下，施加规定的功率，应无因过热、电弧或闪络而击穿的现象。试验后电缆组件没有目视可见的损伤，电气性能应符合要求。

不应超过被测电缆组件所用材料的额定温度。

### 8.13.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 温度。
- b) 气压。
- c) 相对湿度。

峰值功率测试：

- d) 功率大小。
- e) 频率。
- f) 脉冲宽度和占空比。

连续功率测试：

- g) 功率大小。
- h) 频率。

## 8.14 互调电平

### 8.14.1 程序

需要时，应根据IEC 62037-2进行互调电平测量。

### 8.14.2 要求

应记录最大互调电平值，且不得超过相关详细规范中给定的互调电平。

### 8.14.3 在详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 试验功率；
- b) 试验频率。

## 9 机械强度试验

### 9.1 张力

#### 9.1.1 目的

确定机械强度，以及当要求时，确定电缆组件经受轴向力时的电气稳定性。

#### 9.1.2 程序



将在相关详细规范中规定的张力沿着电缆和连接器的共同轴线加到两个连接器上。当电缆的长度和形状使之不可能时，将力依次加到每端连接器和电缆之间。

当力不能加在两个连接器上时，本试验通常对电缆是破坏性的。  
应在详细规范中给出力的施加点。

9.1.3 要求

不应有目力可见的电缆相对连接器的位移。  
中心接触件和绝缘的位置应符合界面尺寸的规定。  
当相关详细规范中有规定时，应满足电气检测要求。

9.1.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：  
a) 力的值。  
b) 加力的持续时间和方法。  
c) 要求的电气试验。

9.2 弯曲

9.2.1 目的

确定电缆组件在电缆和连接器的连接处承受弯曲的能力。

9.2.2 程序

采用图4所示的装置来进行试验。  
当施加力F时，调节长度L，以使电缆处在垂直轴上，连接器在水平位置上。装置旋转180°为一次弯曲。弯曲速率应为20次每分钟或在相关详细规范中规定。

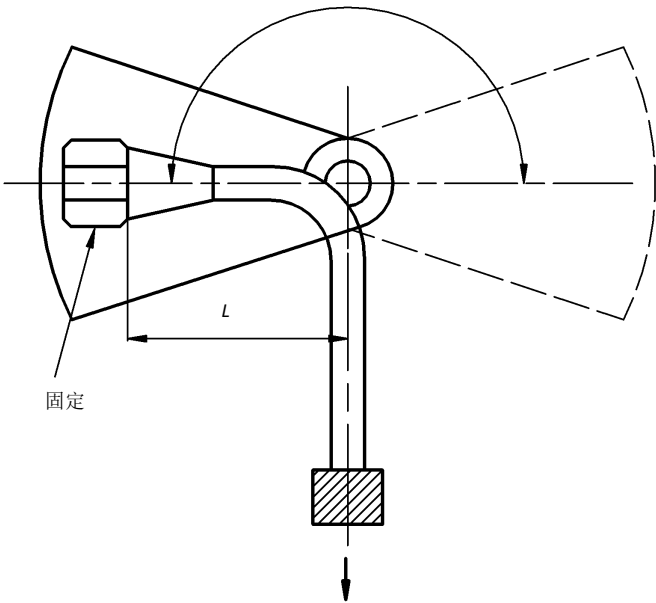


图4 电缆组件弯曲试验装置

9.2.3 要求

试验后，电缆组件界面尺寸应在规定的范围内，并应满足相关详细规范中规定的电气试验要求。

9.2.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 力  $F$  的值。
- b) 弯曲次数，通常为 500 次。
- c) 要求的电气试验。
- d) 是否用仍在装置上的电缆组件进行电气试验。

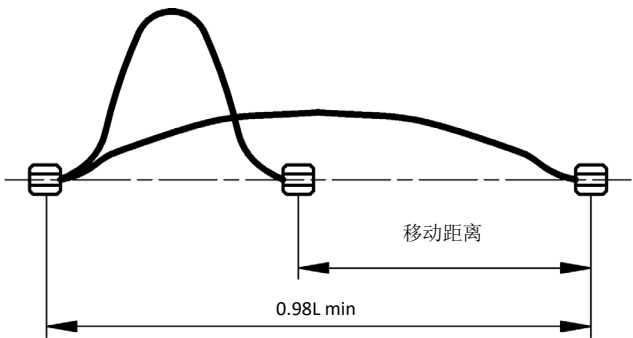
9.3 弯曲耐久性

9.3.1 目的

确定电缆组件在使用中承受弯曲的能力。

9.3.2 程序

电缆组件应放在如图5所示装置中的水平台上。同时一个连接器固定，另一个连接器在电缆轴线方向上前后移动。



说明：

$L$ ——电缆组件直线长度

$L_{min}$ ——待测组件的最小直线长度（米）

图5 电缆组件弯曲耐久性试验装置

9.3.3 要求

试验后，电缆组件应无目力可见的损伤，并且界面尺寸在规定范围内，并应满足相关详细规范中规定的电气试验要求。

9.3.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 移动距离，一般为组件长度的一半。
- b) 循环次数，一般为 500 次。

c) 要求的电气试验。

9.4 电缆组件抗压

9.4.1 目的

确定电缆组件承受施加到电缆任一部位的横向负荷（或力）的能力。

9.4.2 程序

将力F以最大每秒0.2F的速率施加到图6所示的装置上。然后，此力应保持 $60s \pm 10s$ 。

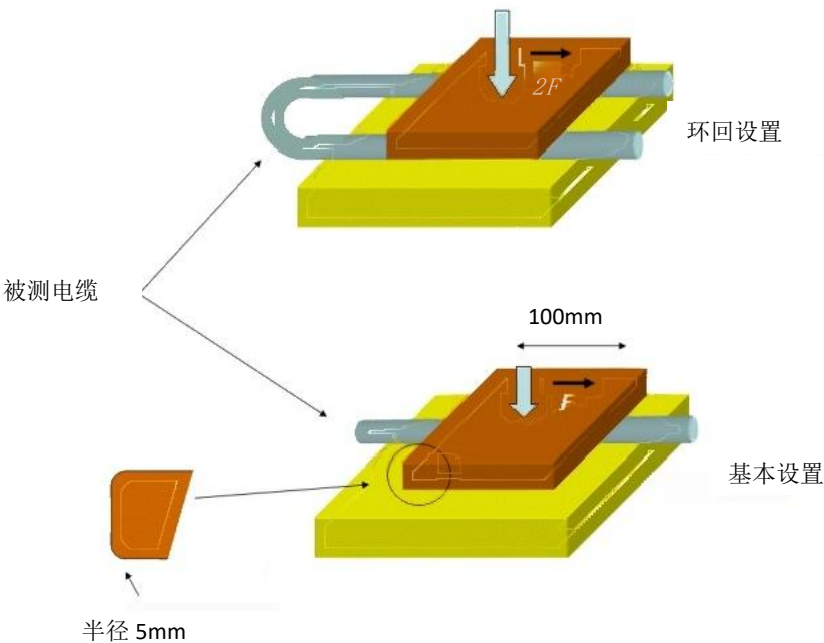


图6 电缆抗压试验装置

9.4.3 要求

试验后，反射特性和插入损耗应在相关详细规范规定的极限值之内。  
对于一些应用，相关详细规范应按8.2规定阻抗均匀性。

9.4.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 力F的值，一般为800N。
- b) 试验区域到其中一个连接器的距离，一般最大为1m。
- c) 电气检测及其要求。

9.5 扭转

9.5.1 程序

电缆组件耐扭转的能力应通过将规定的力矩严格施加到电缆到连接器接合面的轴线方向进行试验。  
扭转至少在顺时针和逆时针两个方向各保持60s，见图7。



图7 扭转测试装置

#### 9.5.2 要求

每次施加力矩60s后，应对电缆到连接器的接合面进行目视检查，电缆组件应无目力可见的损伤，并应满足电气性能要求。另外，对于半柔和半硬电缆，电缆和连接器之间应该没有角度偏移。

#### 9.5.3 详细规范中应规定的内容

扭矩的值。

### 9.6 多重弯曲

#### 9.6.1 目的

确定电缆组件承受一定次数往复弯曲的能力。

#### 9.6.2 程序

在电缆组件的整个长度上施加一来回的拉力，将电缆组件进行若干次反复弯曲。两个滑轮的半径应为电缆的最小动态弯曲半径，滑轮应定位，以使电缆在每个滑轮上的弯曲角度大于90°，如图8所示。克服约束力 $F_L$ 来回拉动电缆组件，该力保证电缆与滑轮之间的连续接触。

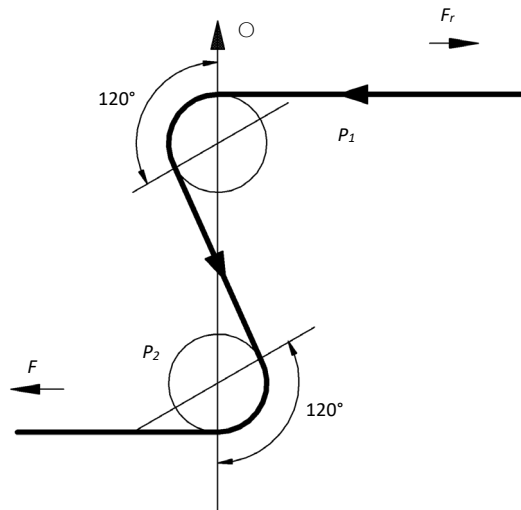


图8 多重弯曲试验

### 9.6.3 要求

试验后，电缆组件应无目力可见的损伤，并应满足电气性能要求。

### 9.6.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 循环次数（通常为 20 次）。
- b) 电气试验及其适用的要求范围。

## 9.7 电缆组件的耐磨试验

### 9.7.1 目的

确定电缆组件护套的耐磨损能力。

### 9.7.2 程序

电缆组件应经受 IEC 61196-1-324 相关部分规定的试验。

## 9.8 振动、冲击

当要求时，振动和冲击应从 10.2 中选取。

## 9.9 撞击试验

应按 GB/T 5095. X-XXXX 中试验 7b 的规定进行。

## 9.10 机械耐久性

当连接器没有单独进行该项试验时，应按 IEC 61169-1:2013 中 9.4.5（高温耐久性）和 IEC 61169-1:2013 中 9.4.6（低温耐久性）的规定进行。

## 10 环境试验

## 10.1 推荐的严酷等级

推荐的环境试验严酷等级，见附录C。

推荐的严酷等级也可在ISO/IEC TR 29106中找到。

## 10.2 振动、碰撞和冲击

当要求这些试验时，应从IEC 60068中选取（见附录C）。

## 10.3 气候顺序

### 10.3.1 程序

应按IEC 61169-1:2013中9.4.2规定进行。

柔软电缆组件应绕在一个半径为最小静态弯曲半径的芯轴上。除非在相关详细规范中另有规定，应绕整三圈。

### 10.3.2 要求

除非在相关详细规范中另有规定，在恢复期结束后，电缆组件应满足下列试验要求：

- a) 绝缘电阻。
- b) 耐电压。
- c) 插入损耗。
- d) 外观检查。

绝缘电阻测量和耐电压试验应在恢复期结束后的30min内进行。

### 10.3.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 气候顺序中每一步的严酷等级。
- b) 如不是三圈时，应规定绕在芯轴上的圈数。
- c) 本试验顺序过程中和完成后应进行的电气检测及其要求。
- d) 连接器是否未被插合或受保护。

## 10.4 恒定湿热

### 10.4.1 程序

柔软电缆组件应绕在半径为最小静态弯曲半径的芯轴上。除非在相关详细规范中另有规定，应绕整三圈。试验应按IEC 61169-1:2013中9.4.3的规定进行。

### 10.4.2 要求

除非在相关详细规范中另有规定，在恢复期结束后，电缆组件应满足下列试验的要求。

- a) 绝缘电阻。
- b) 耐电压。
- c) 插入损耗。
- d) 外观检查。

绝缘电阻测量和耐电压试验应在恢复期结束后的30min内进行。

### 10.4.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 试验的严酷等级。
- b) 如不是三圈时，应规定绕在芯轴上的圈数。
- c) 在试验后和在恢复周期后立即进行的电气检测及其要求。
- d) 连接器是否插合。

## 10.5 温度快速变化

### 10.5.1 程序

本试验应按IEC 61169-1:2013中9.4.4的规定进行。柔软电缆组件应绕在半径为最小静态弯曲半径的芯轴上。除非在详细规范中另有规定，应绕整三圈。

线圈匝数应间隔开，以避免相互接触。

### 10.5.2 要求

除非相关详细规范中另有规定，在恢复期结束后，电缆组件应符合下列试验要求：

- a) 绝缘电阻。
- b) 耐电压。
- c) RL, IL, ZC 和电气长度。
- d) 外观检查。

中心接触件和绝缘体位置应符合界面尺寸的规定。

### 10.5.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 最低和最高温度。
- b) 如不是三圈时，应规定绕在芯轴上的圈数。
- c) 最终试验和测量及其要求。

## 10.6 耐溶剂和污染流体

### 10.6.1 程序

试验应按IEC 61169-1:2013中9.4.11的规定进行。

### 10.6.2 要求

除非在相关详细规范中另有规定，在恢复期结束后，电缆组件应满足下列试验的要求：

- a) 绝缘电阻。
- b) 外观检查。
- c) 插入损耗。

### 10.6.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 处理液。

- b) 如不是 70℃时，要规定干燥温度。
- c) 绝缘电阻和插入损耗的要求。
- d) 与标准试验程序的差异。
- e) 连接器是否插合。

## 10.7 浸水试验

### 10.7.1 程序

试验方法的详细要求应在相关详细规范中规定，一般应按IEC 61169-1:2013中9.4.9的规定进行。

### 10.7.2 要求

除非在相关详细规范中另有规定，在试验周期结束时，电缆组件应符合下列试验的要求：

- a) 绝缘电阻。
- b) 插入损耗。

### 10.7.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 绝缘电阻和插入损耗的要求。
- b) 连接器是否插合。

## 10.8 盐雾和二氧化硫试验

### 10.8.1 程序

当要求本试验时，应按IEC 61169-1:2013中9.4.10（盐雾）和9.4.12（二氧化硫）规定进行。严酷等级应在相关详细规范中规定。

### 10.8.2 要求

除非在相关详细规范中另有规定，在恢复期结束后，电缆组件应符合下列试验的要求：

- a) 绝缘电阻。
- b) 外观检查。
- c) 插入损耗。

### 10.8.3 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 绝缘电阻和插入损耗的要求。
- b) 连接器是否插合。

## 10.9 灰尘试验

### 10.9.1 目的

确定暴露在灰尘中对电缆组件的使用性能，特别是连接机构的功能的影响。

### 10.9.2 程序



电缆组件应经受IEC 60529规定的IP 5X等级试验。

试验的具体要求（配合或未配合连接器）应在详细规范中给出。

### 10.9.3 要求

在最后一个循环结束后，将样本小心地从试验箱（室）里拿出来，轻轻抖动或用风吹，去除多余的灰尘。在分离连接器之前，应进行详细规范要求的任何测量以检查电缆组件的性能破坏情况。

### 10.9.4 详细规范中应规定的内容

在详细规范中包含：

- a) 试验循环的持续时间，如果不是 15 min。
- b) 等效高度，如果不是标准大气条件覆盖的试验条件。
- c) 循环次数。
- d) 试验结束后，要进行的外观、机械、电气检查的细则，包括是否使用特殊的工具帮助分离插合的连接器。
- e) 颗粒的大小从 IEC 60529 中选取。

## 10.10 可燃性

### 10.10.1 程序

该试验通常按IEC 60332-1-2:2004在一根完整的电缆组件上完成。除非详细规范另有规定，火焰的持续时间应按IEC 60332-1-2:2004中5.4.2的公式给出。如果塑料零件不同于电缆本身，各自满足相关详细规范的要求。

### 10.10.2 要求

如果点火，当移去火焰后，电缆燃烧不应超过15s。

在试验周期内，应无燃烧的产物从电缆上分离。

### 10.10.3 详细规范中应规定的内容

如有任何与标准程序不同的内容，包括地区或国家法规。

## 11 特殊试验方法

仅适用于特殊电缆组件的特殊试验方法应在有关的分规范中规定。

## 12 试验一览表

试验一览表应在分规范和相关详细规范中规定。

特定分门别类是由特种类型的电缆（如柔软的或半硬的）和符合IEC标准或专利设计并具有特殊特性（例精密和超屏蔽）的射频连接器制造的射频电缆组件组成。

附 录 A  
(规范性)  
插入损耗测量方法

A.1 目的

确定射频电缆组件的插入损耗。

A.2 试验方法

A.2.1 通则

在附录A中规定了确定射频电缆组件的插入损耗的三种试验方法。试验设备应具有与被试电缆组件相同的标称特性阻抗。如果不可能相同，则在A.2.1和A.2.2中规定的试验方法1和试验方法2仅可使用A.3中规定的校准公式和程序。

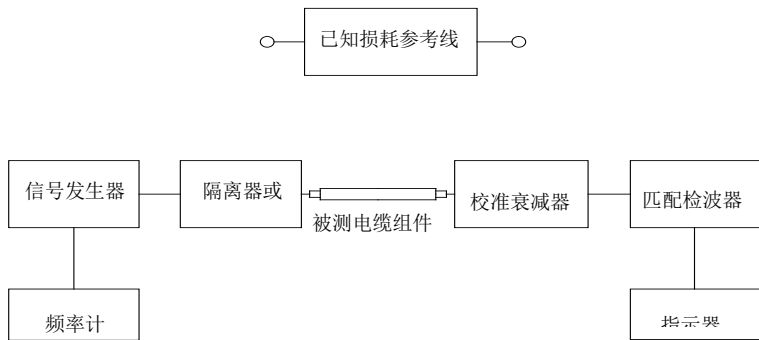
试验方法3仅适用于插入损耗小于其回波损耗的那些射频电缆组件。

在试验设备和被试电缆组件之间可能需要转接器。这些转接器应作为试验设备的一部分，并且当电缆组件作为试验程序的一部分移去时，它们应留在电路中。然而，如果电缆组件带有的连接器使得当移去电缆组件而转接器又不能连接在一起时，一个或多个转接器可以留在电缆组件上。在此情况下，允许留的转接器应在相关详细规范中规定。

A.2.2 试验方法1

A.2.2.1 检验程序

电缆组件应按照图A.1所示的试验设备电路进行试验。



图A.1 测量插入损耗的电路图

首先，电缆组件或者用已知损耗的参考线代替，或者把两个试验端口连接在一起，并把指示器调节到一个适当的值（即小于最大值）。然后，把电缆组件插在两试验端口之间，回调校准的衰减器，其值等于电缆组件极限值，如使用参考线应扣除其损耗值。指示器读数不应小于设定值。这样就保证了电缆组件的插入损耗不会大于规定值。

A.2.2.2 测量程序

电缆组件按图A.1所示的试验设备电路图进行试验。把指示器调到一个适当值（即小于最大值），然后移去电缆组件，使用校准衰减器和已知损耗的参考线（如必要），使指示器读数回到设定值。

### A.2.2.3 验收

电缆组件的插入损耗不应大于规定值。

### A.2.2.4 注意事项

注意事项如下：

- 在两试验端口的回波损耗可能会削弱测量值，应予以考虑（见A.3）。
- 应注意确保不要因功率过大而损伤检波器。
- 信号发生器应是足够纯的或经过滤波的，以保证无谐波和杂散信号影响本试验。
- 关于转接器的使用见A.2.1。

## A.2.3 试验方法2

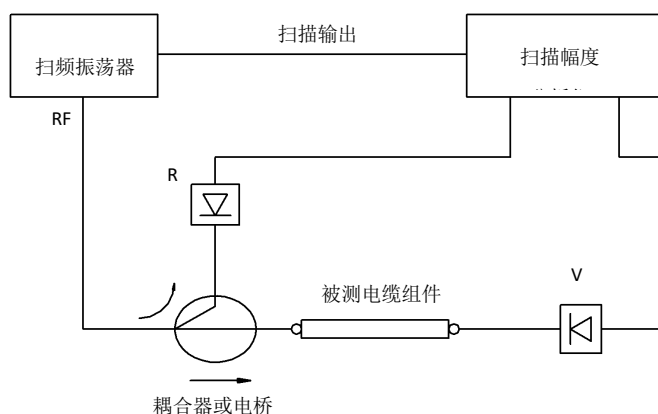
### A.2.3.1 通则

本试验方法可用于与试验设备具有相同的标称特性阻抗的电缆组件（即高回波损耗情况），也可用于与试验设备有不同的标称特性阻抗的电缆组件（即低回波损耗情况）。

### A.2.3.2 程序

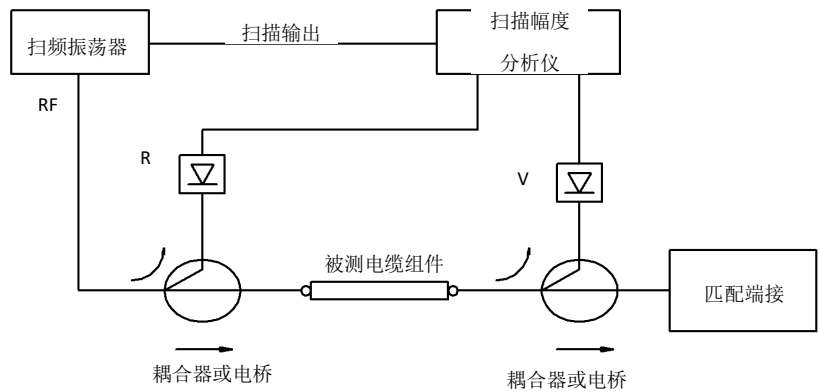
本试验电路如图A.2所示，图中检测器V通过转接器（必要时）与定向耦合器或电桥的输出端相连接。

根据试验端口的回波损耗，用振幅或振幅和相位进行校准（高回波损耗只需用振幅进行校准，而低回波损耗应需要按A.3的规定用振幅和相位进行校准）。电缆组件插在定向耦合器或电桥的输出端和检波器V之间，必要时要用转接器。衰减通过扫频振幅分析仪确定。



图A.2 测量插入损耗的电路图

如果有足够的功率或如果在系统中有足够的灵敏度，可以使用如图A.3所示的替换电路图。



图A.3 测量插入损耗替换电路图

A.2.3.3 验收

电缆组件的插入损耗不应大于规定值。

A.2.3.4 注意事项

注意事项如下：

- a) 在两试验端口的回波损耗可能会削弱测量值，应予以考虑（见 A.3）。特殊情况下，在检波器 V 之前可能需要一个低反射的衰减器。
- b) 系统的校准应考虑功率和耦合器关系。
- c) 振荡器应是足够纯的或经过滤波的，以保证无谐波和杂散信号影响本试验。
- d) 在模拟—扫频系统中，相对于振幅分析仪响应，扫频振荡器的频率扫描速度应足够低，以便获得插入损耗的精确测量值，特别是对于具有下述情况的电缆组件，其扫描速度应足够低。
  - 1) 在电缆组件中的结构反射损耗引起的谐振十分尖锐。
  - 2) 在电缆组件的两端或试验端口之间有多次反射。
- e) 在数字阶跃式扫频系统中，为精确地测量插入损耗，阶跃间隔应足够小。特别是在 d) 中所述的情况下，此间隔应足够小。
- f) 关于转接器的使用见 A.2。

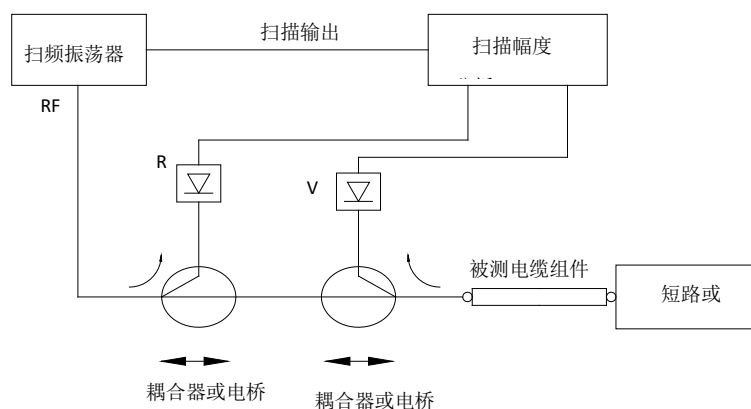
A.2.4 试验方法3

A.2.4.1 通则

如电缆组件的插入损耗小于其回波损耗，并且试验频带充分宽时，可使用一个双程的试验方法。此要求不适用于非匹配电缆组件的试验。

A.2.4.2 程序

试验电路图如图A.4所示。



图A.4 测量插入损耗的双程电路图

在要求的频率范围内，定向耦合器端口或转接器的终端为下述情况，确定 $V/R$ 在0dB和任何其它要求的衰减值下的电平。

- a) 短路。
- b) 开路。
- a) 和b) 两电平的平均分贝数应作为参考电平。

然后，把电缆组件用转接器（如必要时）与定向耦合器连接，并在短路或开路时测出衰减电平。在不同终端下测得的两个衰减的平均分贝数即是被试电缆组件的插入损耗的两倍。

#### A.2.4.3 验收

电缆组件的插入损耗不应大于规定值。

#### A.2.4.4 注意事项

注意事项如下：

- a) 试验端口的回波损耗和定向耦合器的方向性或电桥的视在方向性会削弱测量值，应予以考虑（见A.3）。
- b) 试验频带应足够宽以便得到可信的平均值。
- c) 系统的校准应考虑功率和耦合器的关系。
- d) 振荡器应是足够纯的或经过滤波的，以保证无谐波和杂散信号影响本试验。
- e) 在模拟一扫频系统中，相对于振幅分析仪响应，扫频振荡器的频率扫描速度应足够低，以便获得插入损耗的精确测量值，特别是对于具有下述情况的电缆组件，其扫描速度应足够低。
  - 1) 在电缆组件中的结构反射损耗引起的谐振十分尖锐。
  - 2) 在电缆组件的两端或试验端口之间有多次反射。
- f) 在数字阶跃式扫频系统中，为精确地测量插入损耗，阶跃间隔应足够小。特别是在e)中所述的情况下，此间隔应足够小。
- g) 电缆组件的插入损耗应允许把电缆组件上的反射和其终端上的反射分开。
- h) 在开路试验中，连接器中心接触件的辐射不应降低精确度。若必要，应使用精密开路终端（即，屏蔽的或端部封闭的开路终端）。
- i) 关于转接器的使用见A.2.1。

## A.3 特性阻抗偏差的修正

当试验设备和电缆组件的特性阻抗不同时，试验方法1和试验方法2可使用下述校准公式（A.1）。

$$A = A' - \left[ 20 \lg \frac{Z_g + Z_0}{2\sqrt{Z_g Z_0}} \right] - \left[ 20 \lg \frac{Z_1 + Z_0}{2\sqrt{Z_0 Z_1}} \right] - \left[ 20 \lg \left[ 1 - \left( \frac{Z_g - Z_0}{Z_g + Z_0} \cdot \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} \cdot e^{-2(\alpha + j\beta)L} \right) \right] \right] \dots (A.1)$$

式中：

$A$ ——被试电缆组件的实际插入损耗，dB。

$A'$ ——电缆组件插入损耗的测量值，dB。

$Z_g$ ——发生器的隔离器或衰减器（对试验方法1）以及耦合器或电桥（试验方法2）的标称输出阻抗，

$\Omega$ 。

$Z_0$ ——电缆组件的标称特性阻抗， $\Omega$ 。

$Z_1$ ——校准衰减器（试验方法1）以及检波器或者耦合器/电桥（试验方法2）的标称输入阻抗， $\Omega$ 。

$\alpha$ ——电缆组件的衰减常数，Np/m。

$\beta$ ——电缆组件的相位常数，rad/m。

$L$ ——电缆组件的物理长度，m。

当衰减与频率显示与由于两试验端口之间的多次反射引起的波形相一致时， $\beta$ 可由式（A.2）求得：

$$\beta = \frac{\pi f}{\Delta f L} \dots (A.2)$$

式中：

$\Delta f$ ——在频率 $f$ 附近的衰减波形上的两个最大值或两个临近的最小值之间的频率差。

此外， $\alpha$ 近似等于式（A.3）中的 $\alpha'$ ：

$$\alpha' = A' / 8.686L \dots (A.3)$$

然而，为提高精度，使用公式A.1时，可用 $\alpha'$ 重复代替其中的 $\alpha$ 。

## 附录 B

### (资料性)

### 传输时间测量方法

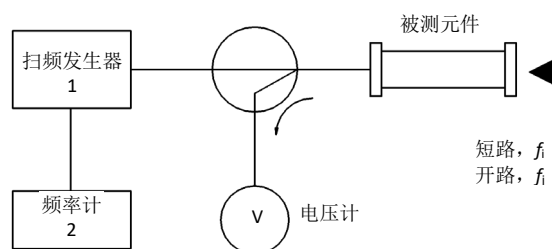
#### B.1 通则

用于长、短两种电缆组件的测量方法都是需要的。对于长电缆组件，推荐使用入射波和反射波的谐振法。谐振法在B.2中叙述。对于短电缆组件，推荐使用B.3中叙述的时域法。

#### B.2 谐振法测量传播时间

测量短路时电缆组件近端的电压最小值的频率 $f_i$ 和/或开路时电缆组件的电压最大值的频率 $f_j$ 。第一个最大或最小值的频率记为 $f_1$ ，第二个记为 $f_2$ ，以此类推。

适用的装置框图见图B.1。



图B.1 试验装置框图

在频率 $f_i$ 或 $f_j$ 的传播时间 $T_{p,n}$ 由公式 (B.1) 给出：

$$T_{p,n} = \frac{n}{f_n} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$n$ —— $i$ 或 $j$ 。

连接装置和转接器的电长度应计入。

可以采用计算平均值来提高精度：

$$f_n = \frac{f_i + f_j}{2} \dots\dots\dots (B.2)$$

$$T_{pn} = \frac{T_{pi} + T_{pj}}{2} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

$n$ —— $i=j$ 。

为了得到最佳精度，电缆应该端接具有相同电长度的短路或开路连接器。

在不同于上面的谐振频率时，可以采用公式 (B.4)。系数由测量几个谐振频率 $f_n$ 决定。

$$T_P = B_0 + B_1 + B_1 f^{-1/2} + B_2 f^{-1/4} + \dots\dots\dots (B.4)$$

#### B.3 时域法测量传播时间

短的或非常短的电缆组件的传播时间可通过电缆的回波时间延迟来确定。

可采用时域反射计TDR或脉冲回波试验装置来测量传播时间。系统的上升时间和脉冲宽度应按所需的分辨率来决定。

为获得电缆组件的传播时间，要把测得的回波延迟时间除以2。对短路或开路电缆长度应取一个容差。



附 录 C  
(资料性)  
推荐环境试验严酷等级

### C.1 试验的环境条件和严酷等级的关系

#### C.1.1 通则

环境工程的目的是促使产品和环境的相适应，这应考虑所有的经济和技术方面的问题，然后选择最好的试验方法和适当的严酷等级来评价产品承受环境的能力。产品的试验大纲应根据试验顺序和试验方法以及规定的范围来确定。

#### C.1.2 环境条件

环境条件应根据测量或其它可能获得的资料来评定，以便能建立与最高可能限制条件相应的统计精确特性值。每种情况都有其自己的环境，但对耐受每种情况的特性稍有差异的单个产品都进行规定是不合理的。有必要把这些环境合并成一类，形成一个有关的环境范围。仅考虑那些影响产品性能的参数是必要的。环境应包括产品寿命期内所出现的所有条件，即贮存、运输、使用和操作等。

#### C.1.3 环境试验

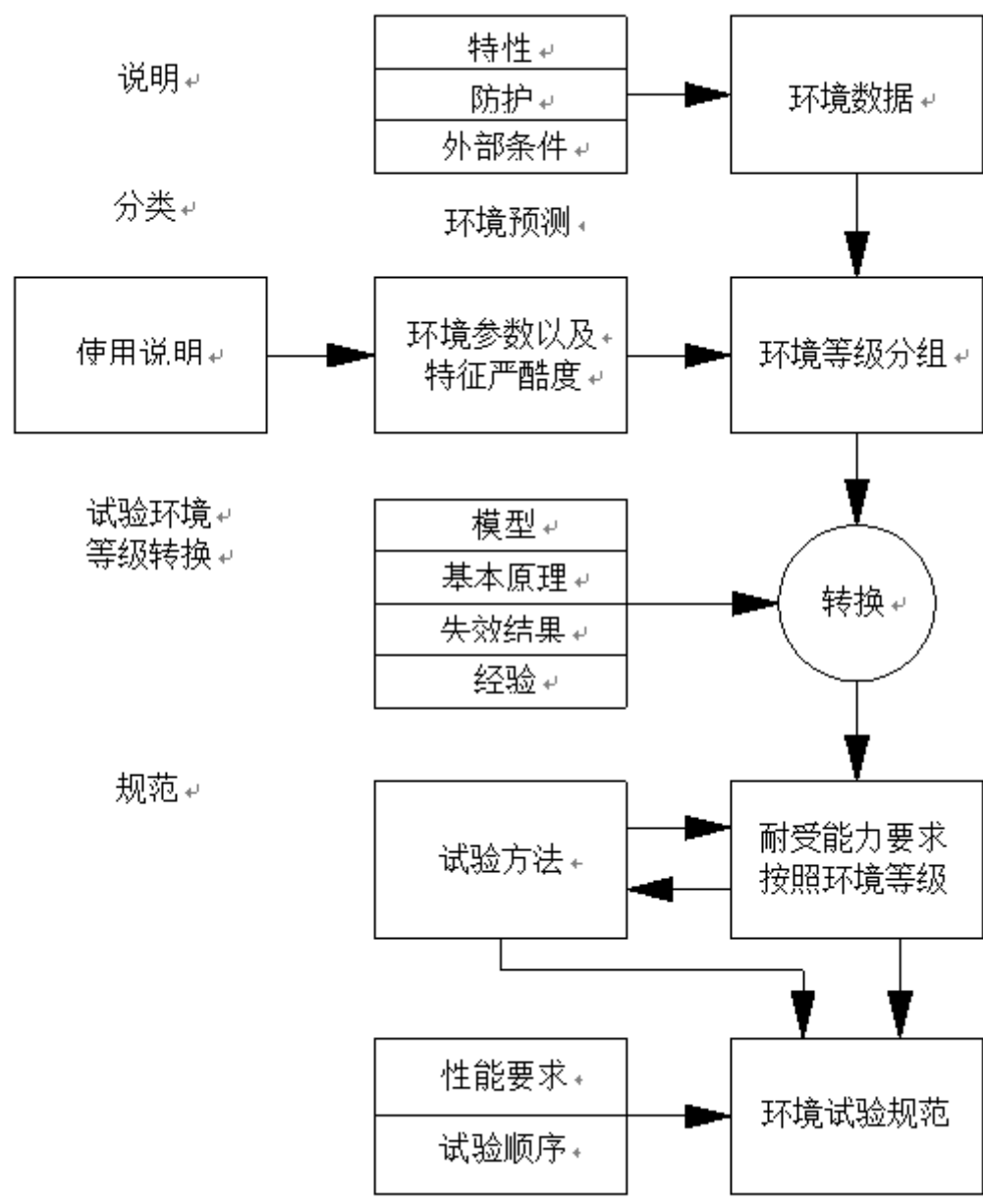
环境试验目的是为了证明产品在规定的环境条件下能保持完好而无永久性失效，并且能按规范的规定连续工作。所选择的试验的严酷等级取决于参数的特征值、失效机理、老化因子（若知道）和失效的结果。后者可以通过某特定产品的应用来研究分析，并与应用有关。这就是说，试验的严酷等级可根据产品的临界状态来提高或降低。如果产品的抽样表明产品承受规定环境的能力存在很大差异，则试验的等级应提高。如果怀疑环境限制条件的分布和一个试验批的耐环境能力部分重叠，试验等级也应提高，以澄清弱点。

也应该考虑性能要求。对于所有主要功能，通常规定标称特性，但对于次要功能，在极限条件下可放宽要求以避免不必要的超规定。

进行一种环境试验可以有很多目的。在本文件中，环境试验是鉴定批准试验的一部分。在此情况下，一种耐环境试验证明产品在约束条件或耐受规定的约束条件的工作能力。但由于试验通常在少量样品上进行，因此，具有内在局限性。

结果给某种特殊设计而不是某个产品提供保护。成功的试验将保证作为某一类型的产品有耐受预计环境的能力。不同的试验和严酷等级对产品的可靠性和耐久性是有必要的。

制订一种环境试验规范所需的行动的方框图如图C.1所示。



图C.1 制订环境试验规范所需的行动方框图

## C.2 推荐环境试验严酷等级

### C.2.1 振动

本试验应按IEC 60068-2-6中试验Fc的规定进行，与IEC 61169-1:2013中9.3.3的规定一样，包括了有关电连续性监控和应在有关分规范和详细规范中规定的内容。

振动的严酷等级应由频率范围、振幅、持续时间(用扫频次数表示)三个参数共同确定。有关规范应从下列优选值中选取适当的参数。

扫频范围： 10Hz～150Hz  
10Hz～500Hz  
10Hz～2000Hz

振幅：  
应在频率低于57Hz～62Hz时规定位移幅值。在频率高于该值时应规定加速度幅值，见表C.1。

表C.1 位移和加速度相互关系

位移幅值 mm	加速度幅值	
	m/s <sup>2</sup>	g
0.75	98	10
1.0	147	15
1.5	196	20

持续时间：  
每个轴线上的扫频循环次数：2次，5次，10次或20次。

C.2.2 碰撞

本试验应按IEC 60512-6-2中试验6b的规定进行。除在分规范或相关详细规范中另有规定外,碰撞次数为1000次±10次。

C.2.3 冲击

本试验应按GB/T 2423.5-2019中试验Ea的规定进行。  
除在分规范或相关详细规范中另有规定外，应从表C.2中推荐的脉冲形式中选取一种。冲击的严酷等级应由峰值加速度和标称脉冲持续时间共同决定，见表C.2。

表C.2 峰值加速度和速度变化的关系

峰值加速度值		相应脉冲持续时间	相应的速度变化量		
			后峰锯齿波	半正弦波	梯形波
m/s <sup>2</sup>	g	ms	m/s	m/s	m/s
147	15	11	0.81	1.03	1.46
294	30	18	2.65	3.37	4.77
490	50	11	2.69	3.43	4.86
981	100	6	2.94	3.74	5.30
4900	500	1	2.45	3.12	4.42
14700	1500	0.5	3.68	4.68	6.62

C.2.4 气候顺序

除在分规范或相关详细规范中另有规定外，应从下列推荐优选的严酷等级中选择一种。  
低温： -40℃、-55℃。  
高温： +70℃、+85℃、+125℃、+155℃、+200℃。  
时间： 4d、10d、，21d或56d。

C.2.5 恒定湿热

本试验应按GB/T 2423.3-2016中试验Cab的规定进行。

除在分规范或相关详细规范中另有规定外，应从下列推荐优选的严酷等级中选择一种。

时间：4d、10d、21d或56d。

#### C.2.6 温度的快速变化

本试验应按GB/T 2423.22-2012中试验N的规定进行。温度范围应按气候类别的规定选取。

温度之间的转换时间：<2分钟。

循环次数：2（除另有规定）。

#### C.2.7 盐雾

本试验应按GB/T 2423.17-2008中试验Ka的规定进行。试验时间为96h或168h。

#### C.2.8 二氧化硫试验

本试验应按IEC 60068-2-42：1982中试验Kc的规定进行。试验时间为4d。

#### C.2.9 灰尘试验

考虑中。考虑参考GB/T 2423.37-2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验L：沙尘试验。

## 附录 D

### (规范性)

### 质量评定

#### D.1 通则

目的是给出如何完成射频电缆组件质量评定的一般程序。

一根射频电缆组件是具有规定性能、作为单个元件使用的电缆和连接器的组合件。

电缆应优先从IEC 61196（所有部分）中选择，连接器应优先从IEC 61169的相关部分或详细规范中选择（见第1章的注1），在很多情况下，电缆组件是用户组装的产品。

连接器和电缆的质量保证在IEC 61169的相关部分或详细规范和IEC 61196中分别规定，而且不构成成本的一部分。

#### D.2 目的

附录D规定了鉴定批准程序和能力批准程序。

#### D.3 基本方面

##### D.3.1 有关文件

见第2章。

##### D.3.2 标准和优先值

凡有可能，应使用符合本总规范和相应分规范的标准和优选值。

##### D.3.3 电缆组件和包装的标志(见5.2)

除非在详细规范（DS）或用户详细规范（CDS）中另有规定，如果空间允许，每根电缆组件应按下列项目给定的优先顺序尽量多地进行标志：

——型号。

——批号和/或日期代码和/或序列号

——制造商识别代码

——详细规范编号

所有这些内容应在电缆组件的初始包装上标志。所有标志应清晰持久。

##### D.3.4 术语

###### D.3.4.1 能力手册(CM)

制造商的能力手册（CM）是设计准则、制造方法和试验程序的完整描述，包括范围和验证程序。能力手册是获得能力批准的基本文件。

###### D.3.4.2 质量手册(QM)

质量手册（QM）直接或通过引用制造商的内部文件和制造商使用的程序来编写，以确保其产品与适用规范相符合。是鉴定和能力批准所需要的。

###### D.3.4.3 能力鉴定元件（CQCs）

CQCs是专门设计或从产品中抽取的试验样本，用于验证能力手册（CM）中规定的能力界限。

#### D.3.4.4 制造初始阶段

制造初始阶段是按照能力手册由制造商控制进行的第一步活动。

### D.4 质量评定程序

#### D.4.1 鉴定批准程序

##### D.4.1.1 通则

当电缆组件按标准方法制造，并通常连续生产时，鉴定批准是适用的。

仅对现有的详细规范，才能获得鉴定批准。

相关规范规定了电缆组件鉴定批准的要求（试验一览表、样本数量、允许的不合格品数等）。

##### D.4.1.2 如何获得鉴定批准

为获得鉴定批准，应采用下列步骤：

- a) 在规定的组织和设施范围内，以生产和检验元件符合规范和同意的程序规则的能为基础的制造商批准，该能力通过审查 QM 进行验证，例如依据 ISO 9001 或 ISO 9002。

注：按照有关GB/T 19000-2008的有效批准是公认的。

- b) 按有关规范规定，成功地完成对正常生产的产品的鉴定试验。

##### D.4.1.3 如何保持鉴定批准

为保持鉴定批准，制造商应符合下述条件以满足国家或地区的要求：

- a) 由授权的地区或国家机构在不超过 1 年的时间间隔内按质量手册进行周期审核，其结果应是符合要求的。
- b) 交货产品应满足质量保证要求。
- c) 应按规范进行当前生产的检验。不满足规范要求的电缆组件批不允许交货。
- d) 应按详细规范的规定成功地完成周期试验。

##### D.4.1.4 影响鉴定批准的更改

制造商应向授权的地区或国家机构报告任何技术更改，包括厂址变化，这可能影响鉴定批准结果的送达。

在经过更改的任何元件按体系交货之前，授权的地区或国家机构应确定是否有必要重复进行所有或部分鉴定批准试验。

作为监督的一个部分，授权的地区或国家机构应确保更改报告已发生。

#### D.4.2 能力批准程序

##### D.4.2.1 通则

当按特定顾客订单生产的电缆组件总量少于按制造商能力手册进行能力验证试验的组件的数量时，那么不要求能力验证来获得能力批准。

由于能力批准是适用于生产过程的，当电缆组件的工艺完全受控，且用户对设计规格的要求转为反映最终使用时，能力批准是适用的。

能力批准在能力界限内对所有现有的和将来的详细规范都有效。

能力手册规定了能力界限内所有电缆组件能力批准的要求。

#### D. 4. 2. 2 如何获得能力批准

为获得能力批准，应采用下列步骤：

- a) 在规定的组织和设施范围内，以生产和检验元件符合规范和同意的程序规则的能力为基础的制造商批准，该能力通过审查 QM 进行验证，例如依据 ISO 9001 或 ISO 9002。

注：按照有关GB/T 19000-2008的有效批准是公认的。

- b) 由授权的地区或国家机构根据能力手册对制造商的批准。
- c) 由首席检查员按 CM 和有关规范成功地完成对 CQCs 的鉴定试验。

#### D. 4. 2. 3 如何保持能力批准

为保持能力批准，制造商应符合下述规定以满足授权的地区或国家机构的要求：

- a) 制造商应提供有效的证据，通过按能力手册对 CQCs 进行的周期试验而证明能力界限持续有效。
- b) 由授权的地区或国家机构在不超过 1 年的时间间隔内按质量手册进行周期审核，其结果应是符合要求的。
- c) 交货产品应满足质量保证要求。
- d) 能力手册应不断更新。
- e) 有关产品的注册应保持最新。

#### D. 4. 2. 4 能力的减少、扩展或改变程序

当已批准的制造商希望减少、扩展或改变其能力界限时，首席检查员有责任确定其减少、扩展或改变是否重大。

当减少、扩展或改变不大时，应由制造商记录，制造商可以在没有授权的地区或国家机构批准下进行。

当减少、扩展或改变重大时，制造商应事先通报授权的地区或国家机构。

为证明变化对产品的影响所进行的试验结果，应提供给授权的地区或国家机构。

#### D. 4. 3 质量一致性检验

##### D. 4. 3. 1 通则

获得鉴定批准或能力批准之后，在进行重新批准之前，制造商有责任保证产品中没有引入可能会影响批准的技术变化，并且成功地通过规范要求的质量一致性检验。

质量一致性检验分两部分：

- a) 逐批进行的第一试验组，依据其试验，确定接收各个产品批。
- b) 周期进行的第二试验组，包括耗费时间和资金的试验。

进行鉴定批准时，全部试验项目应在详细规范中给出。

进行能力批准时，周期试验应在CM中规定的CQCs上进行。

##### D. 4. 3. 2 检验批的构成

一个检验批可以由几个产品批集合构成，只要：

- a) 生产批是在基本相同的条件和无长时间间断情况下生产的。

b) 所有产品批都是用相同的零部件组装成的。

#### D.4.3.3 逐批检验

逐批检验应在每个检验批上进行。

一般来说，逐批检验包括电缆组件的外观、尺寸检查和基本特性的性能试验。

#### D.4.3.4 周期检验

周期检验是以固定的间隔在已通过逐批检验的批中抽取的样品上或在能力批准的情况下在CQCs上进行。周期和样品数量应在DS中给出。

一般来说，周期检验包括结构特性试验，这些是耗费时间和资金的试验。

#### D.4.3.5 批的放行或拒收

除非在相关规范中另有规定，应根据逐批检验确定是批的放行或拒收。通常提交的样品没有通过任一项周期试验，则抽取该样品的整个批应拒收。

### D.5 能力手册和批准

#### D.5.1 责任

完善能力手册以及选择和确定CQCs是首席检查员的责任。

为保证制造商的组织、过程和产品在质量和能力手册中都形成正确记录，并按照要求有效执行，NSI有责任进行审核。

NSI应核实如下内容：

- 能力手册。
- 质量评定。
- 组织。
- 设计控制。
- 制造检验。
- 检查、测量和试验用设备的控制。
- 对不一致的零件、材料、产品的控制。
- 加工、贮存和交货。
- 更改的控制。
- 可追溯性

#### D.5.2 能力手册的内容

##### D.5.2.1 目的

D.5.2给出了能力批准所包括的规范范围。

##### D.5.2.2 修订清单

确认能力手册的最新有效版本是审核程序的一部分。

修订应采用索引和日期加以识别。当进行某一修订时，应列出前期发生的所有变化的完整目录。

##### D.5.2.3 有关文件



能力手册应涉及到所有提到过的有关文件。

#### D. 5. 2. 4 能力域、能力界限及其有关的 CQCs (见表 D. 1、D. 2 和 D. 3)

按照以下方面给出能力域鉴别：

- a) 连接器。
- b) 电缆。
- c) 主要的组装工艺。
- d) 其它零部件(套、帽、铠装等)。
- e) 试验设施。

本节也给出了能力界限参考一览表和用于评定从初始制造阶段到成品的能力界限所选取的CQCs。

#### D. 5. 2. 5 包括过程参数的流程图(见表 D. 4)

应包括：

- a) 给出从初始制造阶段到交货的生产和检验过程以及对应的 CQCs 的完整顺序的总流程图。
- b) 在流程图中包括所有过程的操作说明和检验程序，通常引用内部文件。
- c) CQCs 的流程图。

#### D. 5. 2. 6 原材料和零部件的采购

应对在制造过程中所用的原材料和零部件的采购规范加以确定。

#### D. 5. 2. 7 设计规范

除非质量手册有规定，制造商的设计规范应直接或通过引用制造商的内部文件来规定。

有关产品的注册

应给出能力批准（通常引用某附录）的交货或可以交货的产品清单。

能力界限准则

分规范应优选给出能力界限、技术、过程、性能及其有关CQCs的指南。CM可以包括一个或几个分规范中的一个或几个分门类。

表D.1 电缆组件能力界限示例

技术	能力域	能力范围
电缆	柔软（分门类） 半硬（分门类） 半柔（分门类） 超屏蔽（分门类）	按 IEC 61196-XX 或其它标准采购或 按 CM 所述的过程制造
连接器	SMA, N, BNC…等系列 顾客制造	按 IEC 61169-XX, IEC60339 或其它标准采购或按 CM 所述的 过程制造。
其它零件	套、铠装等	
组装技术	压接 焊接,等	
机械 电气 环境	试验组 Mn Eb 和/或 Eh Vc 和/或 Vv	

表D.2 柔软电缆能力界限示例

内导体	单线（直径范围） 绞合线 镀涂线
绝缘	挤出（材料功能） 绕包 烧结
外导体	编织 金属化膜加编织 绕包
护 套	编织 挤出（材料）

表D.3 连接器能力界限示例

切削
模压
数控加工
电成型
电腐蚀
滚花
电镀
.....

在此情况下，表D.2和表D.3关于环境、机械和电气要求与表D.1合并。

表D.4 流程图示例(见 D.5.2.5)

操作	范围	CQC	规范
电缆制造	按 IEC 61196.××采购	不适用	采购规范 入厂检验
连接器制造	按 IEC 61169.××采购	不适用	采购规范 入厂检验
电缆制备	精确到 2mm	CQC No.001	程序 No.1001
连接器压接	对于电缆外径为 5mm~15mm	CQC No.002	程序 No.1002
连接器焊接	对于电缆内径为 0.5mm~4mm	CQC No.003	程序 No.1003
试验 Eh, Ez, Mn, Vt	12.5GHz, -40/125℃	CQC No.004	程序 No.1004
包装			程序 No.1005

### 参 考 文 献

- [1] IEC 60339 (所有部分) General purpose rigid coaxial transmission lines and their associated flange connectors
  - [2] IEC 61196-1-324 Coaxial communication cables—Part 1-324: Mechanical test methods—Test for abrasion resistance of cable
  - [3] ISO/IEC TR 29106 Information technology—Generic cabling—Introduction to the MICE environmental classification
  - [4] ISO 9000 Quality management systems—Fundamentals and vocabulary
  - [5] ISO 9001:2015 Quality management systems—Requirements
  - [6] ISO 9002 Quality management systems—Guidelines for the application of ISO 9001:2015
-