

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF XXXX-XXXX

同轴机械校准件校准规范

Calibration Specification for Coaxial Mechanical Calibration Kit

**（征求意见稿）**

202X-XX-XX发布 202X-XX-XX实施

国家市场监督管理总局发布

同轴机械校准件校准规范

JJFXXXX-XXXX

Calibration Specification for Coaxial Mechanical Calibration Kit

归 口 单 位： 全国无线电计量技术委员会

主要起草单位： 北京芯宸科技有限公司

中国计量科学研究院

深圳市计量质量检测研究院

参加起草单位： 中国电子技术标准化研究院

中国电子科技集团有限公司第41研究所

本规范委托全国无线电计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言 II

1 范围 1

2 引用文件 1

3 术语和计量单位 1

3.1 TRL/LRL 校准 1

3.2滑动负载 2

4 概述 2

5 计量特性 2

5.1插针深度 2

5.2频率范围 2

5.3开路器 2

5.4短路器 2

5.5负载反射系数 2

5.6 滑动负载反射系数 2

6 校准条件 2

6.1环境条件 2

6.2测量标准及其它设备 2

7 校准项目和校准方法 3

7.1校准项目 3

7.2外观检查 3

7.3插针深度 3

7.4开路器反射系数 3

7.5短路器反射系数 4

7.6负载反射系数 4

7.7滑动负载反射系数 5

8 校准结果表达 5

9 复校时间间隔 6

附录 A 原始记录参考格式 7

附录 B 校准证书内页格式 10

附录 C主要测量不确定度评定示例 1

附录D 同轴机械校准件电路模型 3

附录 E 85052D实际测量数据示例 5

附录F 同轴机械校准件电路模型参数 6

附录G 常用校准件特性 7

引 言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写，相关术语及测量不确定度评定遵循JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》两个文件。

本规范为首次发布。

同轴机械校准件校准规范

1. 范围

本规范适用于N、7mm、3.5mm、2.92mm、2.4mm以及1.85mm接头型式的50Ω同轴机械校准件的校准，频率范围300KHz~67GHz，其它同轴接口类型及特性阻抗的校准件可参照执行。

1. 引用文件

JJF 1495-2014 矢量网络分析仪校准规范

IEEE Std 287™-2007 IEEE Standard for Precision Coaxial Connectors (DC to 110 GHz)

凡是注日期的应用文件，仅是注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

1. 术语和计量单位

## 3.1 TRL/LRL 校准

TRL（Through、Reflect、Line standard）校准是目前矢量网络分析仪中准确度最高的一种双端口校准法，能够修正具有四通道接收机结构的矢量网络分析仪全部12项误差。矢量网络分析仪通过“T”，“L”标准的两次传输反射测量和“R”标准在各个端口的反射测量可以得到14组参数，利用这14组参数除了可以解出系统误差外还能得到另外两组常数即“R”标准的反射系数和“L”标准的长度。通过TRL校准后的矢量网络分析仪可以对传统SOLT校准方法中的同轴机械校准件进行校准。与传统的SOLT校准法不同，用TRL方法进行校准时不必已知所有校准标准件的特性指标，使用传输线标准件(L)代替直通(T)，称之为LRL校准。

TRL校准件由一组直通标准件(Through(T))、反射标准件(Reflect(R))、传输线标准件(Line standard(L))组成。直通标准件是一个二端口器件，它建立两个测试端口之间的低损耗直连，使用测试端口类型相同而阴阳极性不同的接头(或者类型相同而无阴阳极性的接头)直接互连两个测试端口，具有0mm的插入电长度。反射标准件是反射系数|Γ|>0的单端口器件，低频特性通常描述为偏容性或偏感性，如果标准件长度偏移使相位落在0°到-90°或0°到+90°，则须已知长度偏移的近似值。传输线标准件是一个二端口器件，同轴系统中，一般使用空气介质传输线(空气线，Air line)实现，其关键参量是特性阻抗，可以通过精确的机械设计和精密的机械加工使其尽可能与参考阻抗(通常为50Ω)相匹配。同时传输线标准件与直通标准件必须具有不同的电长度，其长度差不能等于半波长的整数倍。

## 3.2滑动负载

滑动负载是由一段可变传输线和终端加上小反射特性负载组成。

1. 概述

同轴机械校准件包括开路器（Open）、短路器（Short）、匹配负载（Load）、直通（精密连接器，Through），通常作为矢量网络分析仪进行单端OSL校准、双端OSLT校准的标准件，是一种广泛应用于矢量网络分析仪系统误差修正的校准标准件。

1. 计量特性

## 5.1插针深度

+15μm~-70μm

## 5.2频率范围

300KHz～67GHz

## 5.3开路器

相位：相角-180°~ 180°

模值：0.95～1.00

## 5.4短路器

相位：相角-180°~ 180°

模值：0.95～1.00

## 5.5负载反射系数

模值：0～0.02

## 5.6 滑动负载反射系数

模值：0～0.02

1. 校准条件

## 6.1环境条件

环境温度：（23±3）℃；

相对湿度：（40～80）%；

电源电压及频率：（220±11）V，（50±1）Hz；

其他：周围无影响校准工作正常进行的电磁干扰及机械振动。

## 6.2测量标准及其它设备

6.2.1 网络分析仪

频率范围：300kHz～67GHz；

具有四通道接收机

TRL/LRL 校准件特性阻抗50Ω，T和L 回波损耗优于45dB。

校准后方向性、端口匹配优于40dB。

6.2.2 插针深度测量仪

测量不确定度优于4μm（*k*=2）。

6.2.3 线缆和连接器

频率范围：300kHz～67GHz；

驻波比：≤1.25；

幅度稳定度：±0.05dB；相位稳定度：±3°。

1. 校准项目和校准方法

## 7.1校准项目

校准项目见表1。

表1校准项目表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 条款 |
| 1 | 外观检查 | 7.2 |
| 2 | 插针深度 | 7.3 |
| 3 | 开路器反射系数 | 7.4 |
| 4 | 短路器反射系数 | 7.5 |
| 5 | 负载反射系数 | 7.6 |
| 6 | 滑动负载反射系数 | 7.7 |

## 7.2外观检查

7.2.1检查被校同轴机械校准件接头以及外表面状况，应无影响正常工作的机械损伤，各种必要的附件和文件应齐全，检查结果记录到表A.1。

注：被校校准件的端口表面和内部如有污垢会影响校准结果，也会将污垢带给校准中使用的其他标准设备，因此需按被校校准件的使用指南对被校校准件进行清洁。

## 7.3插针深度

7.3.1 用插针量规对插针深度测量仪进行零位校准；

7.3.2 用插针深度测量仪分别对被校校准件中开路器、短路器、负载和滑动负载进行插针深度的测量，多次测量并记录结果，取平均值为插针深度的测量结果，记录到表A.2中。

注：两种极性的校准件均需测量，需配合不同接头形式的插针深度测量仪。

## 7.4开路器反射系数

#### 7.4.1 矢量网络分析仪（标准设备）的两个测试端口均连接稳幅稳相电缆，在电缆末端分别连接校准件配套的精密转接头，如图1所示。



图 1 校准件校准装置连接框图

7.4.2 矢量网络分析仪的测试信号频率设置为被校开路器频率，功率设置在-20dBm，接收机中频带宽设置为10Hz，仪器预热至少30分钟。

7.4.3采用TRL/LRL校准件，在精密转接头端面对矢量网络分析仪进行TRL/LRL校准，根据被校开路器的极性，选择相反极性的精密接头自校准参考面处，连接被校开路器，测得被校开路器的反射系数模值和相角，记录到表A.3，A.4中。

7.4.4根据厂家定义的开路器模型以及参数（附录D），计算反射系数模值和相角，记录到表A.3，A.4中。

7.4.7根据公式(1)计算相位偏差，取最大值（或分频段的最大值）作为开路器的相位偏差（或分频段的相位偏差），记录到表A.5中。

(1)

其中，表示被校开路器的相位偏差，单位是度（°）；

表示测量的反射系数的相位值，单位是度（°）；

表示计算的反射系数的相位值，单位是度（°）；

## 7.5短路器反射系数

7.5.1 同7.4.1~7.4.3，用校准后的矢量网络分析仪测量被校短路器的反射系数模值和相角，记录到表A.6，A.7中。

7.5.2 根据厂家定义的开路器模型以及参数（附录D），计算反射系数模值和相角，记录到表A.6，A.7中。

7.5.4 根据公式(2)计算相位偏差，取最大值（或分频段的最大值）作为短路器的相位偏差（或分频段的相位偏差），记录到表A.8中。

(2)

其中，表示被校短路器的相位偏差，单位是度（°）；

表示测量的反射系数的相位值，单位是度（°）；

表示计算的反射系数的相位值，单位是度（°）；

## 7.6负载反射系数

7.6.1 同7.4.1~7.4.3，用校准后的矢量网络分析仪测量被校同轴匹配负载反射系数，记录到表A.9中。

7.6.2取最大值（或分频段的最大值）作为被校负载的反射系数偏差（或分频段的反射系数偏差），记录到表A.10中。

## 7.7滑动负载反射系数

7.7.1 同7.4.1~7.4.3，用校准后的矢量网络分析仪测量被校同轴滑动负载反射系数，按其标记的刻度，在5~7个刻度处记录其反射系数到表A.11中。

7.7.2 在每个频点，采用最小二乘法对式(3)拟合，可得滑动负载反射系数, 记录到表A.11中。其原理，如图2。

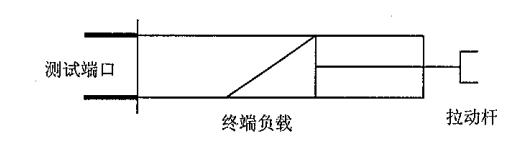
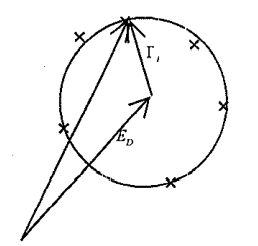
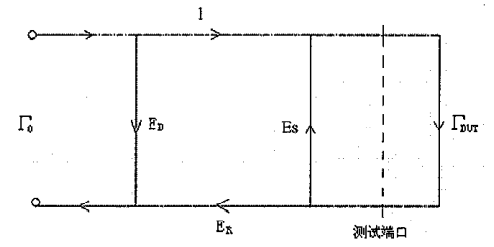
  

图2 滑动负载原理图

(3)

7.7.3取最大值（或分频段的最大值），作为滑动负载的反射系数偏差（或分频段的反射系数偏差），记录到表A.12中。

1. 校准结果表达

同轴机械校准件校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

a)标题：“校准证书”；

b)实验室名称和地址；

c)进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d)证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

e)客户的名称和地址；

f)被校对象的描述和明确标识；

g)进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

h)如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i)校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j)本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k)校准环境的描述；

l)校准结果及其测量不确定度的说明；

m)对校准规范的偏离的说明；

n)校准证书签发人的签名、职务或等效标识；

o)校准结果仅对被校对象有效的说明；

p)未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

1. 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，推荐为1年。

附录 A 原始记录参考格式

表A.1 外观检查

|  |  |
| --- | --- |
| 检查项目 | 结果 |
| 外观 |  |

表A.2 插针深度

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | OPEN | | SHORT | | LOAD | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| .  .  . |  |  |  |  |  |  |
| N |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |

表A.3 开路器反射系数模值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Lin Mag | | Nominal Lin Mag | |
| -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

表A.4 开路器反射系数相角

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Phase(°) | | Nominal Phase(°) | |
| -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

表A.5 开路器反射系数相角偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频段  GHz | Deviation (°) | |
| -M- | -F- |
|  |  |  |
|  |  |  |
| …… |  |  |
|  |  |  |

表A.6 短路器反射系数模值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Lin Mag | | Nominal Lin Mag | |
| -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

表A.7 短路器反射系数相角

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Phase(°) | | Nominal Phase(°) | |
| -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

表A.8 开路器反射系数相角偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频段  GHz | Deviation (°) | |
| -M- | -F- |
|  |  |  |
|  |  |  |
| …… |  |  |
|  |  |  |

表A.9 负载反射系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Lin Mag | |
| -M- | -F- |
|  |  |  |
|  |  |  |
| …… |  |  |
|  |  |  |

表A.10 负载反射系数偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频段  GHz | Lin Mag | |
| -M- | -F- |
|  |  |  |
|  |  |  |
| …… |  |  |
|  |  |  |

表A.11 滑动负载反射系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | 1 | | …… | | 5 或7 | |  | |
| Lin Mag | | Lin Mag | | Lin Mag | | Lin Mag | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.12 滑动负载反射系数偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频段  GHz | Lin Mag | |
| -M- | -F- |
|  |  |  |
|  |  |  |
| …… |  |  |
|  |  |  |

附录 B 校准证书内页格式

表B.1 外观检查

|  |  |
| --- | --- |
| 检查项目 | 结果 |
| 外观 |  |

表B.2 插针深度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准件 | 极性 | 下限  (μm) | 测量值  (μm) | 上限  (μm) | 不确定度  (μm) |
| OPEN | -M- |  |  |  |  |
| -F- |  |  |  |  |
| SHORT | -M- |  |  |  |  |
| -F- |  |  |  |  |
| LOAD | -M- |  |  |  |  |
| -F- |  |  |  |  |

表B.3 开路器反射系数模值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Lin Mag | | Nominal Lin Mag | | 不确定度 | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

表B.4 开路器反射系数相位

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Phase(°) | | Nominal Phase(°) | | 不确定度(°) | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

表B.5 开路器相位偏差（°）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频段 | 下限  （°） | 测量值（°） | | 上限  （°） | 不确定度  （°） |
| -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

表B.6 短路器反射系数模值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Lin Mag | | Nominal Lin Mag | | 不确定度 | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

表B.7 短路器反射系数相位

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Phase(°) | | Nominal Phase(°) | | 不确定度(°) | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

表B.8 短路器相位偏差（°）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频段 | 下限  （°） | 测量值（°） | | 上限  （°） | 不确定度  （°） |
| -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

表B.9 负载反射系数模值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Lin Mag | | Nominal Lin Mag | | 不确定度 | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

表B.10 负载反射系数偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频段 | 下限 | 测量值 | | 上限 | 不确定度 |
| -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

表B.11 滑动负载反射系数模值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信号频率  GHz | Lin Mag | | Nominal Lin Mag | | 不确定度 | |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| …… |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

表B.12 滑动负载反射系数偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频段 | 下限 | 测量值 | | 上限 | 不确定度 |
| -M- | -F- |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

附录 C主要测量不确定度评定示例

**C.1 开路器反射系数**

C.1.1 测量方法和不确定度来源

对开路器反射系数的校准是用经TRL/LRL自校准的矢量网络分析仪（标准设备）直接测量被校开路器反射系数。

 （1）

 （2）

 （3）

 （4）

 （5）

 （6）

*uA*(*Sij*m) *Sij* 模值的A类不确定度， *uA*(*Sij*p) *Sij* 相位的A类不确定度。 *sysij*是模值的B类不确定度，其相位的B类不确定度是反正弦。

噪声

漂移&稳定性

动态准确度

接头重复性

和 线缆稳定性

**被测件**

接头重复性

和 线缆稳定性

剩余

误差项

剩余

误差项

s11

s22

s12

s21

NL1

NL2

μ1

μ2

δ

1

1

Cr1+Rr1

Cr2+Rr2

Cr1+Rr1

Cr2+Rr2

1+A2+Nh2+S2

1+A1+Nh1+S1

1+Ct1+Rt1

1+Ct1+Rt1

1+Ct2+Rt2

1+Ct2+Rt2

1+τ2

1+τ1

**系统误差**

方向性(δ)

跟踪(τ1&τ2)

匹配(μ1&μ2)

动态准确度(A1,A2)

中频系统

检波

压缩

剩余串扰

**随机误差**

噪声(NL1 , Nh1 , NL2 , Nh2)

接头连接重复性

(Rt1, Rr1, Rt2, Rr2)

线缆稳定性

(Ct1, Cr1, Ct2, Cr2)

**漂移和稳定性**

中频漂移

系统稳定性

(S1, S22)

图3 VNA剩余误差模型和有效系统误差项

表C.1 3.5mmTRL 校准VNA有效系统误差项

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| TRL校准件 | 频段(GHz) | δ | μ1 | μ2 | τ1 | τ2 | A | R1 | R2 |
| 85052C | 0.001 to 2 | 2.51E-03 | 3.98E-03 | 3.98E-03 | 1.15E-03 | 5.75E-04 | 1.7E-03 | 3.0E-04 | 2.0E-03 |
| 2 to 20 | 1.00E-03 | 1.00E-03 | 1.00E-03 | 5.75E-04 | 5.75E-04 | 1.7E-03 | 6.0E-04 | 4.0E-03 |
| 20 to 26.5 | 1.78E-03 | 1.78E-03 | 1.78E-03 | 5.75E-04 | 5.75E-04 | 1.7E-03 | 6.0E-04 | 4.0E-03 |

C.1.2 标准不确定度评定

被测是3.5 mm阳极性接头的开路器，其反射系数模值|*Γ*o|校准结果在1附近，在50 MHz，18 GHz和26.5 GHz的不确定度分量，如表**C.2**所示。

表C.2 3.5mm阳接头的开路器反射系数模值校准结果不确定度分量一览表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率 | 不确定度分量 | 来 源 | 评定方法 | 分布 | 值 | 标准不确定 |
| 50 MHz | *u*(|*Γ*|) | 网络分析仪  自校准不完善 | B类 | 正态 | 2 | 0.0021 |
| *uA*(|*Γ*|) | 测量重复性 | A类 |  |  | 0.0012 |
| 18 GHz | *u*(|*Γ*|) | 网络分析仪  自校准不完善 | B类 | 正态 | 2 | 0.0023 |
| *uA*(|*Γ*|) | 测量重复性 | A类 |  |  | 0.0021 |
| 26.5 GHz | *u*(|*Γ*|) | 网络分析仪  自校准不完善 | B类 | 正态 | 2 | 0.0029 |
| *uA*(|*Γ*|) | 测量重复性 | A类 |  |  | 0.0027 |

由式（7），开路器反射系数模值校准结果的标准不确定度如表C.3所示：

 （7）

表C.3 3.5 mm阳接头的开路器反射系数模值校准结果的标准不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频率 | 标准不确定度 | 有效自由度 |
| 50 MHz | 0.0024 | 50 |
| 18 GHz | 0.0031 | 14 |
| 26.5 GHz | 0.0040 | 14 |

C.1.3 扩展不确定度评定

根据表C.2可以计算得到开路器反射系数模值校准结果的扩展不确定度**及**在*p*=95%情况下的扩展因子，分别为表C.4。

C.4 3.5 mm阳接头的开路器反射系数模值校准结果扩展不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频率 | 扩展不确定度 | 包含因子 |
| 50 MHz | 0.0048 | 2.01 |
| 18 GHz | 0.0066 | 2.14 |
| 26.5 GHz | 0.0086 | 2.14 |

C.1.4 相位扩展不确定度评定

根据表C.4可以计算得到开路器反射系数相位校准结果的扩展不确定度**及**在*p*=95%情况下的扩展因子，分别为表C.5。

C.5 3.5 mm阳接头的开路器反射系数相位校准结果扩展不确定度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频率 | 扩展不确定度(°) | 包含因子 |
| 50 MHz | 0.10 | 2.01 |
| 18 GHz | 0.30 | 2.14 |
| 26.5 GHz | 0.40 | 2.14 |

附录D 同轴机械校准件电路模型

同轴机械校准件的定义如图1所示。

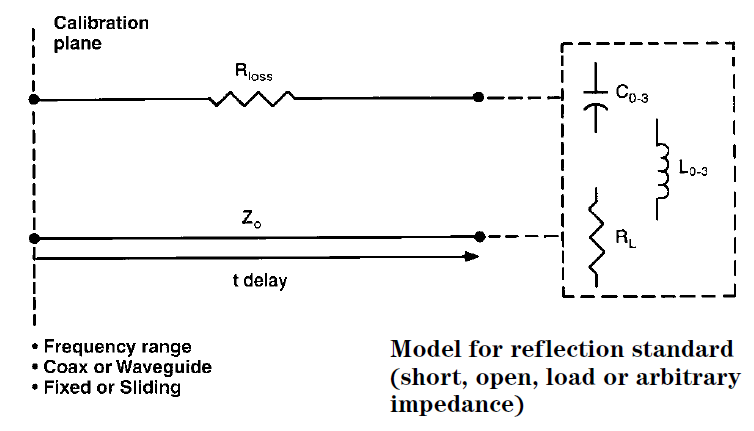
**

图1 校准件模型定义

校准件信号流图如图2所示。

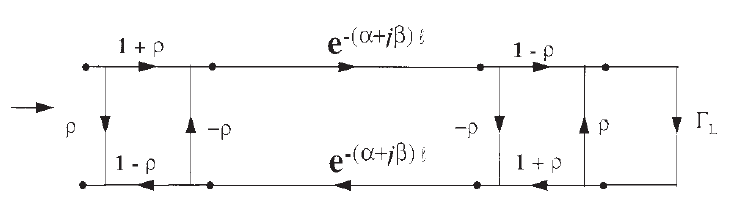
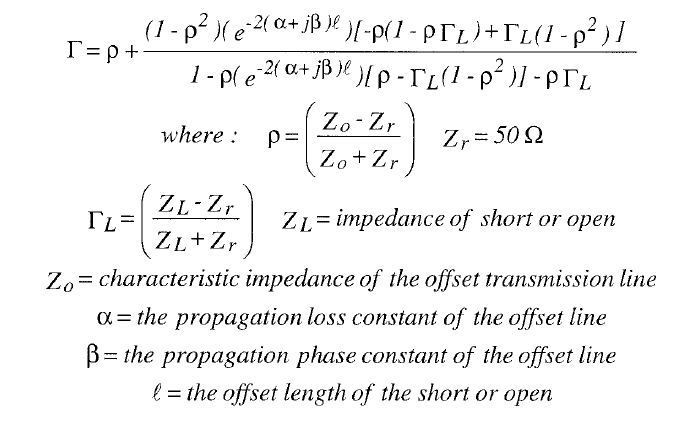
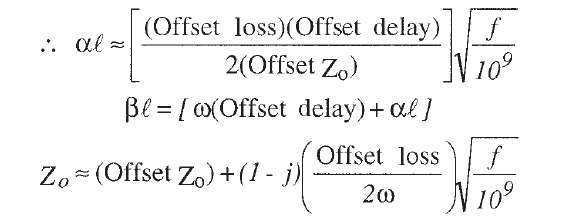
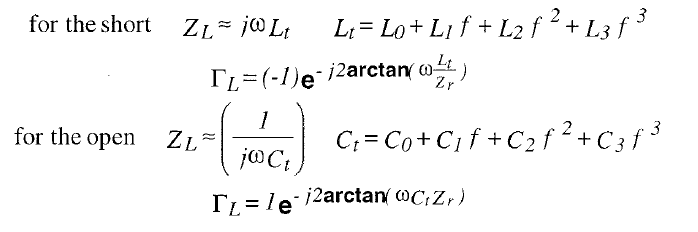


图2 含偏置传输线的校准件的信号流图

对应的数学模型如下所述。

****

****

****

附录 E 85052D实际测量数据示例

表1 外观检查

|  |  |
| --- | --- |
| 检查项目 | 结果 |
| 外观 | 正常 |

表2 插针深度

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | OPEN(”) | | SHORT(”) | | LOAD(”) | |  |
| -M- | -F- | -M- | -F- | -M- | -F- | (k=2) |
| 1 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0005 | 0.0002 |
| 2 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0005 | 0.0002 |
| 3 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0002 |
| 4 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0003 |
| N | 0.0001 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0005 | 0.0002 |
| 平均值 | 0.00012 | 0.00004 | 0.000022 | 0.00022 | 0.00048 | 0.00022 |

表3 开路器相位偏差（°）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频段  GHz | OPEN | | |
| -M- | -F- | (k=2) |
| 0~3 | 0.06 | 0.07 | 0.10 |
| 3~8 | 0.07 | 0.11 | 0.20 |
| 8~20 | -0.29 | 0.22 | 0.30 |
| 20~26.5 | -0.50 | 0.34 | 0.30 |

表4 短路器相位偏差（°）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频段  GHz | SHORT | | |
| -M- | -F- | (k=2) |
| 0~3 | -0.08 | -0.06 | 0.10 |
| 3~8 | -0.22 | -0.15 | 0.20 |
| 8~20 | -0.37 | -0.26 | 0.30 |
| 20~26.5 | -0.55 | -0.19 | 0.30 |

表5 负载驻波比偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频段  GHz | SHORT | | |
| -M- | -F- | (k=2) |
| 0~2 | 0.001 | 0.008 | 0.005 |
| 2~3 | 0.001 | 0.010 | 0.004 |
| 3~8 | 0.013 | 0.010 | 0.005 |
| 8~20 | 0.018 | 0.018 | 0.006 |
| 20~26.5 | 0.017 | 0.012 | 0.006 |

附录F 同轴机械校准件电路模型参数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Model** | **Label** | **Description** | **Connector** | **Sex** | **L0 H(e-12)** | **L1 H(e-24)/Hz** | **L2 H(e-33)/Hz^2** | **L3 H(e-42)/Hz^3** | **Fmin(MHz)** | **Fmax(MHz)** | **Delay(Sec)** | **Loss(Gohm/Sec)** |
| **85052D** | **SHORT-M** | **3.5 mm male short** | **APC 3.5** | **MALE** | **2.0765** | **-108.54** | **2.1705** | **-0.01** | **0** | **999000** | **3.1785E-11** | **2.36** |
| **85052D** | **SHORT-F** | **3.5 mm female short** | **APC 3.5** | **FEMALE** | **2.0765** | **-108.54** | **2.1705** | **-0.01** | **0** | **999000** | **3.1785E-11** | **2.36** |
| **。。。。。。** | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Model** | **Label** | **Description** | **Connector** | **Sex** | **C0 F(e-15)** | **C1 F(e-27)/Hz** | **C2 F(e-36)/Hz^2** | **C3 F(e-45)/Hz^3** | **Fmin(MHz)** | **Fmax(MHz)** | **Delay(Sec)** | **Loss(Gohm/Sec)** |
| **85052D** | **OPEN-M** | **3.5 mm male open** | **APC 3.5** | **MALE** | **49.433** | **-310.13** | **23.168** | **-0.15966** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **2.2** |
| **85052D** | **OPEN-M** | **3.5/2.92 mm male open** | **APC 3.5** | **MALE** | **6.9558** | **-1.0259** | **-0.01435** | **0.0028** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **0** |
| **85052D** | **OPEN-M** | **3.5 mm/SMA male open** | **APC 3.5** | **MALE** | **5.9588** | **-11.195** | **0.5076** | **-0.00243** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **0** |
| **85052D** | **OPEN-M** | **2.92 mm/SMA male open** | **APC 3.5** | **MALE** | **13.4203** | **-1.9452** | **0.5459** | **0.01594** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **0** |
| **85052D** | **OPEN-F** | **3.5 mm female open** | **APC 3.5** | **FEMALE** | **49.433** | **-310.13** | **23.168** | **-0.15966** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **2.2** |
| **85052D** | **OPEN-F** | **3.5/2.92 mm female open** | **APC 3.5** | **FEMALE** | **6.9558** | **-1.0259** | **-0.01435** | **0.0028** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **0** |
| **85052D** | **OPEN-F** | **3.5 mm/SMA female open** | **APC 3.5** | **FEMALE** | **5.9588** | **-11.195** | **0.5076** | **-0.00243** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **0** |
| **85052D** | **OPEN-F** | **2.92 mm/SMA female open** | **APC 3.5** | **FEMALE** | **13.4203** | **-1.9452** | **0.5459** | **0.01594** | **0** | **999000** | **2.9243E-11** | **0** |
| **。。。。。。** | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Model** | **Label** | **Description** | **Connector** | **Sex** | **Fixed/Slidning** | **Arbitary Imp** | **Offset Load** | **Fmin(MHz)** | **Fmax(MHz)** | **Delay(Sec)** | **Loss(Gohm/Sec)** | **Z0(Ohm)** |
| **85052D** | **BROADBAND LOAD-M** | **3.5 mm male broadband load** | **APC 3.5** | **MALE** | **FIXED** | **OFF** | **OFF** | **0** | **999000** | **0.00E+00** | **0** | **50** |
| **85052D** | **BROADBAND LOAD-F** | **3.5 mm female broadband load** | **APC 3.5** | **FEMALE** | **FIXED** | **OFF** | **OFF** | **0** | **999000** | **0.00E+00** | **0** | **50** |
| **。。。。。。** | | | | | | | | | | | | |

附录G 常用校准件特性

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 同轴端口  Pin depth | 最大允许误差（μm） | | | |  |
| Opens | Shorts | Broadband Loads | Lowband Loads | Sliding loads |
| N型 | +3.8~-16.5 | +3.8~-16.5 | +3.8~-54.6 | NA |  |
| 7mm | +10.2~-22.90 | +8.9~-8.9 | +4.1~-11.7 | -0.9~-67.6 |  |
| 3.5mm | +6.4~-19.1 | +4.1~-16.8 | +1.6~-29.5 | NA |  |
| 2.92mm | / | / | / | / |  |
| 2.4mm | +3.0~-15.7 | +1.5~-14.2 | +0.5~-23.4 | | +1.5~-14.2 |
| 1.85mm | -2.0~-18.0 | +1.5~-14.2 | +0.5~-23.3 | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 同轴开路器 | Deviation from Nominal Phase | | | |
| DC~2GHz | 2GHz~8GHz | 8GHz~18GHz |  |
| N型 |  |  | ±1.5°@18GHz |  |
| 7mm | ±0.3° | ±0.4° | ±0.6° |  |
|  | DC~3GHz | 3GHz~8GHz | 8GHz~20GHz | 20GHz~26.5GHz |
| 3.5mm | ±0.65° | ±1.20° | ±2.00° | ±2.00° |
| 2.92mm | / | / | / | / |
|  | DC~2GHz | 2GHz~20GHz | 20GHz~40GHz | 40GHz~50GHz |
| 2.4mm | ±0.50° | ±1.25° | ±1.75° | ±2.25° |
|  | DC~10GHz | 10GHz~35GHz | 35GHz~50GHz | 50GHz~67GHz |
| 1.85mm(M) |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 同轴短路器 | Deviation from Nominal Phase | | | |
| DC~2GHz | 2GHz~8GHz | 8GHz~18GHz |  |
| N型 |  |  | ±1°@18GHz |  |
| 7mm | ±0.2° | ±0.3° | ±0.5° |  |
|  | DC~3GHz | 3GHz~8GHz | 8GHz~20GHz | 20GHz~26.5GHz |
| 3.5mm | ±0.50° | ±1.00° | ±1.75° | ±1.75° |
| 2.92mm | / | / | / | / |
|  | DC~2GHz | 2GHz~20GHz | 20GHz~40GHz | 40GHz~50GHz |
| 2.4mm | ±0.50° | ±1.25° | ±1.50° | ±2.00° |
|  | DC~10GHz | 10GHz~35GHz | 35GHz~50GHz | 50GHz~67GHz |
| 1.85mm |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 固定负载 | DC~2GHz | 2GHz~8GHz | 8GHz~18GHz |  |  |
| N型 | ≤0.01000 | ≤0.01585 | ≤0.01995 |  |  |
| 7mm | 52dB | 38dB | |  |  |
|  | DC~2GHz | 2GHz~3GHz | 3GHz~8GHz | 8~20GHz | 20~26.5GHz |
| 3.5mm | ≤0.00501 | ≤0.00631 | ≤0.01259 | ≤0.01585 | ≤0.01995 |
| 2.92mm | / | / | / | / | / |
|  | DC~4GHz | 4GHz~20GHz | 20GHz~26.5GHz | 26.5~50GHz |  |
| 2.4mm | ≤0.00794 | ≤0.01995 | ≤0.03126 | ≤0.05019 |  |
| 1.85mm |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 滑动负载 | DC~2GHz | 2GHz~8GHz | 8GHz~18GHz |  |
| N型 | ≤0.01000 | ≤0.01585 | ≤0.01995 |  |
| 3.5mm |  |  |  |  |
| 2.92mm | / | / | / | / |
|  | DC~4GHz | 4GHz~20GHz | 20GHz~26.5GHz | 26.5~50GHz |
| 2.4mm | ≤0.00794 | ≤0.01000 | ≤0.01259 | ≤0.01585 |
| 1.85mm |  |  |  |  |