

# TEM Cell 横电波室 TBTC

## 规格参数

### 概述

EMC 电磁兼容辐射骚扰测试或抗扰度测试通常在电磁屏蔽室中进行，使用天线接收辐射信号。由于带宽限制，需要多个天线才能覆盖整个频率范围。此外，屏蔽暗室需要很大的空间场地，并且用于标准一致性测试的设备成本很高。

中小型企业的工程师通常必须依靠工作经验和最佳实践方法来设计符合 EMC 的产品。但是，据估计，有超过 50% 的产品在首次测试中未通过。当新产品送至认证实验室进行合规性测试时，测试失败具有非常高的成本，不仅重新测试成本，同时项目进度和市场推广也被推迟。

因此需要的是一个价格合理的实验室，可以在合规性测试之前工程师自己在实验室中进行辐射骚扰预测试。TEM 单元是用于桌面辐射骚扰测试的设备，Tekbox 开发的开放式 TEM 单元，频率覆盖高达 2GHz 范围，即使在更高的频率（6GHz）下也具有可用性。

TEM 单元可与频谱分析仪结合使用，可以对产品 EMC 相关的设计修改前后对产品进行验证测试。TEM Cell 装置无法得到与经过认证的实验室测量完全相同的测量结果，但是它能很好的表明产品设计是否有辐射骚扰，工程师将清楚地看到辐射情况，它所做的是产品更改是否改善了 EMC 性能，或者它是否保持不变。使用 TEM 单元消除了对产品辐射骚扰的猜测。

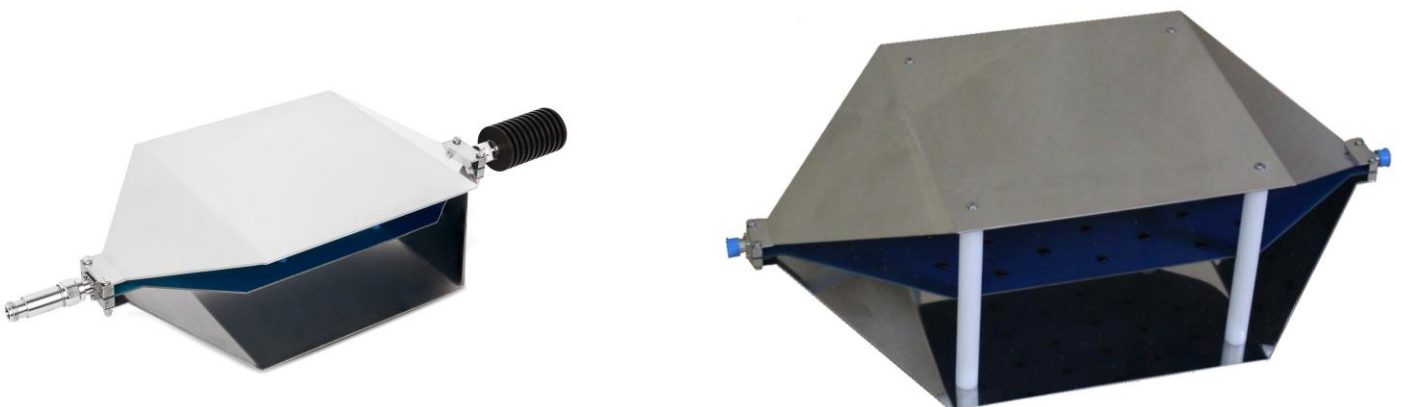
TEM 单元是用于电子设备的辐射发射和抗扰度测试的带状线设备。由于其尺寸和成本，它不是认证测试实验室的替代品，它是在实验室中进行测量的便捷替代方法。

TEM 单元由隔板，中间部分的导电条和接地的壁组成。呈现为几何形状设计的 50Ω 带状线。被测设备（DUT）放置在底壁和隔板之间。

TBTC1 / 2/3 是开放式 TEM 单元，它没有侧壁，便于放置 DUT。没有侧壁可能会拾取环境背景噪声，但是可以通过在 DUT 上电之前对单元输出信号进行测量环境噪音来将其考虑在内。

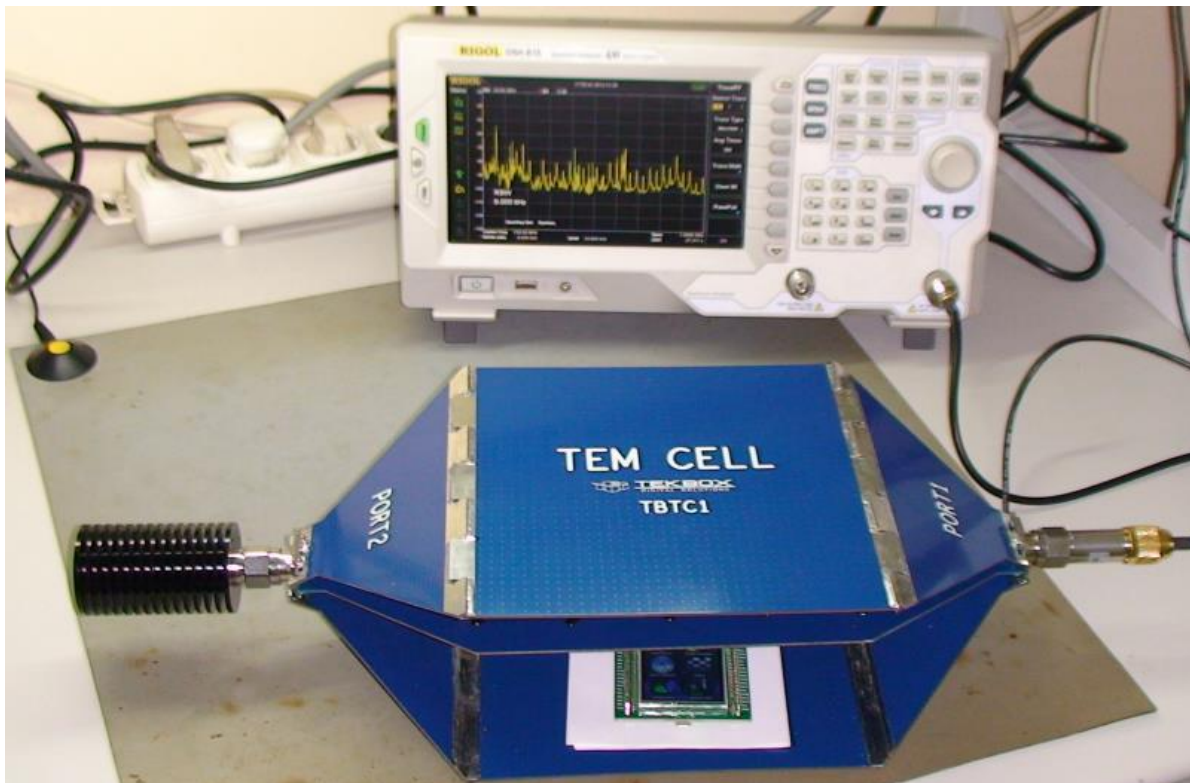
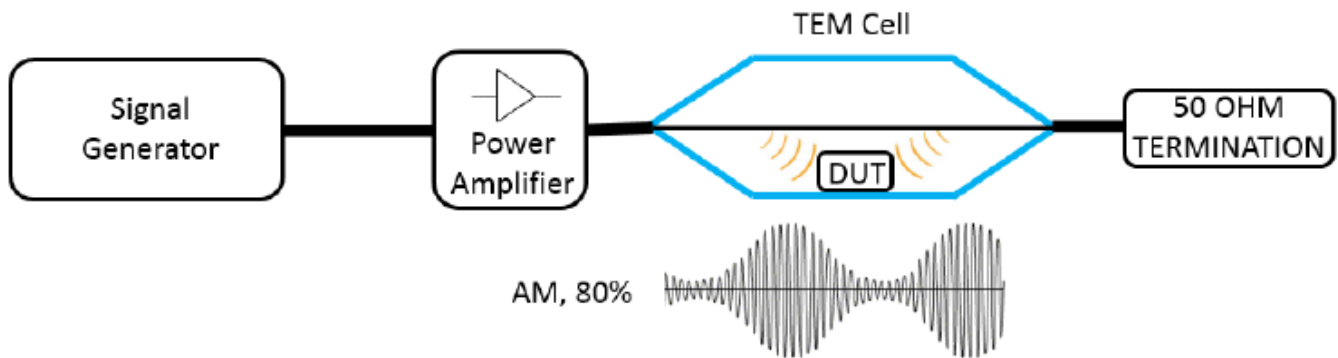
与同等尺寸标准 TEM 单元相比，Tekbox 开放式 TEM 单元具有更好的频率响应。TEM 单元的高阶波模式的限制可用带宽。Tekbox TEM 单元的独特设计实现了垂直于所需波传播方向的电阻。因此，高阶波和共振被抑制。

所有 TEM 单元都提供 50Ω/25W 射频终端负载和直流块，用于保护频谱分析仪或接收机输入。



## TEM Cell用于EMC一致性预测试---辐射抗扰度

抗扰度测试由射频信号发生器输出经射频放大器后连接TEM单元，隔板将射频信号辐射到DUT中，射频信号通常是调幅（AM）或脉冲调制



使用TBTC1单元和DSA815频谱分析仪对控制板的辐射骚扰进行测量

### 抗扰度完整解决方案

频谱分析仪：可以使用普源DSA815、鼎阳SSA3021X, VSA6G2A或其他品牌，也可使用二手频谱仪（如N9020A）

射频功率放大器：我们Tekbox提供了一系列调制功率放大器，非常适合进行低成本的抗扰度测试。如：TBMDA1(40M-3G)、TBHDR1(30K-1.5G)等。这些放大器内置调制器以生成所需的调制格式，由频谱分析仪的跟踪源输出驱动，因此可以不投资RF信号发生器。

根据选择的调制信号放大器以及TEM单元，通过这种设置可以产生高达几百伏的场强，更多信息请参考调制放大器的数据表。

考虑到电场与隔板正交，要考虑DUT测试最坏的情况，请将其定位在TEM单元内，使PCB迹线垂直与隔板方向，使其暴露最大场强下。

## TEM场强

隔板与TEM单元下（上）壁之间的电场（V/m）为

$E=V/d$ ，其中V是施加信号的RMS电压，d是隔板与上（上）壁之间的距离，这基于简化的假设，即E场是完全均匀/均匀分布的。

一个更实用的公式是  $E=V*Cor/d$ ，其中Cor是对DUT体积上的平均场强的校准因子，它是通过对单元横截面的场分布分析得出来的。

假设DUT放置在底壁与隔板的中间位置，那么我们可以使用具有足够精度的简化公式。

$$d=2.8\text{cm} \quad E = (\sqrt{P*50\Omega})*35.7$$

$$d = 5 \text{ cm} \quad E = (\sqrt{P*50\Omega})*20$$

$$d = 10 \text{ cm} \quad E = (\sqrt{P*50\Omega})*10$$

$$d = 15 \text{ cm} \quad E = (\sqrt{P*50\Omega})*6.66$$

TBTC0, 应用射频功率	隔板与壁之间最大的场强
10W (40dBm)	799 V/m
1W (30dBm)	253 V/m
0.1W (20dBm)	82 V/m
0.01W (10dBm)	25 V/m

TBTC0 ,场强与射频功率

TBTC1, 应用射频功率	隔板与壁之间最大的场强
10W (40dBm)	447 V/m
1W (30dBm)	141 V/m
0.1W (20dBm)	44 V/m
0.01W (10dBm)	14 V/m

TBTC1 ,场强与射频功率

<b>TBTC2, 应用射频功率</b>	隔板与壁之间最大的场强
10W (40dBm)	224 V/m
1W (30dBm)	71 V/m
0.1W (20dBm)	22 V/m
0.01W (10dBm)	7 V/m

**TBTC2 ,场强与射频功率**

<b>TBTC3, 应用射频功率</b>	隔板与壁之间最大的场强
10W (40dBm)	148 V/m
1W (30dBm)	47 V/m
0.1W (20dBm)	14 V/m
0.01W (10dBm)	5 V/m

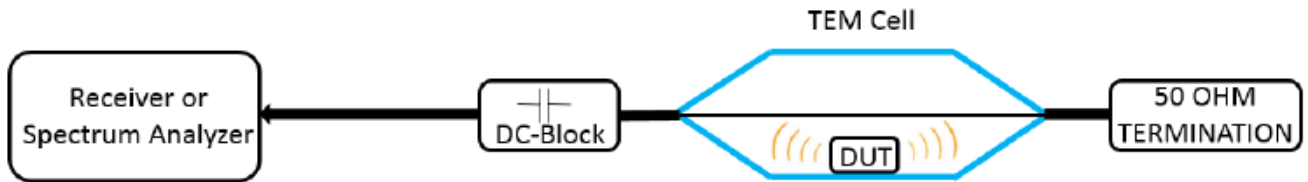
**TBTC3 ,场强与射频功率**

50欧射频负载连接TEM两个端口中的任何一个，并将另一个端口连接到信号发生器/射频功率发生器。将DUT放置在隔板下面，然后打开电源，扫描并观察DUT。在TEM外，电场以大约30dB/m的速度减小，因此在普通环境下操作它没什么影响。

在实验室中还将在功率放大器和TEM小室之间插入定向耦合器，并监测正向和发射功率，电磁兼容标准在应用场强方面有很大不同。EN6100-6-4等工业电子标准规定10V/m（在应用调制之前），而汽车制造的个别标准可能规定场强高达400V/m，所以场强决定了上述列表中射频功率放大器的要求。某些标准规定了调幅射频信号，其他标准规定了脉冲调制。

## TEM Cell用于EMC一致性预测试---辐射骚扰

TEM单元与频谱分析仪或接收机配合使用，可以对产品EMC相关整改前后对产品进行测试验证，工程师可以清楚的看到整改效果。



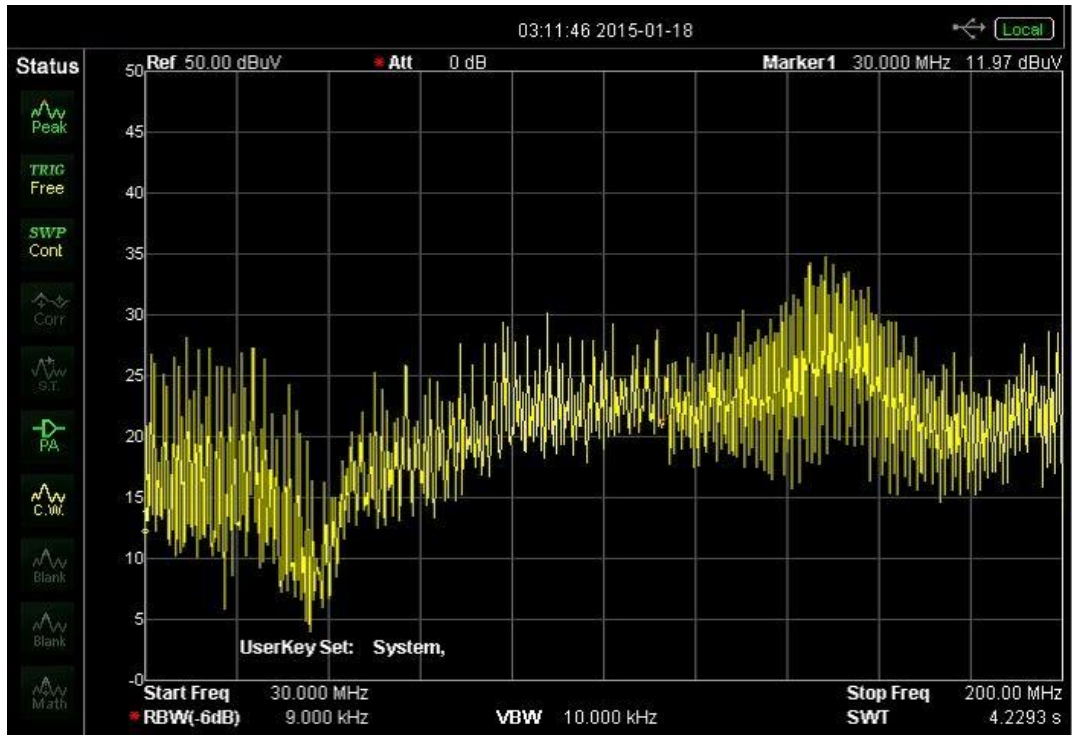
50欧负载连接TEM单元的两个端口中的任何一个，将DC-Block连接到另外一个端口，然后将其连接到频谱仪或接收机的输入端。将DUT放置在隔板下并打开电源。设置频谱仪或接收机的衰减为0dB，如果频谱仪带有前置放大器可以打开已增加测量动态范围。RBW设置为9KHz或对应标准的任何带宽，频谱仪轨迹线设置为最大保持，尽可能要频谱仪多次扫描以捕获DUT的脉冲或偶发信号。

EMC测量通常使用峰值检波器进行扫描是否超出限值，如果频谱仪或接收机上有杂散，则应使用准峰值检波器测量怀疑超出限值的杂散信号，准峰值检波器测量信号的包络加权峰值，根据信号的持续时间和重复率对信号进行加权。偶发信号将导致比频发信号更低的准峰值，由于准峰值测量性质，与简单的峰值测量相比，会消耗更多的时间，并且通常在具有高幅度杂散的频率区域中以较小的跨度执行。

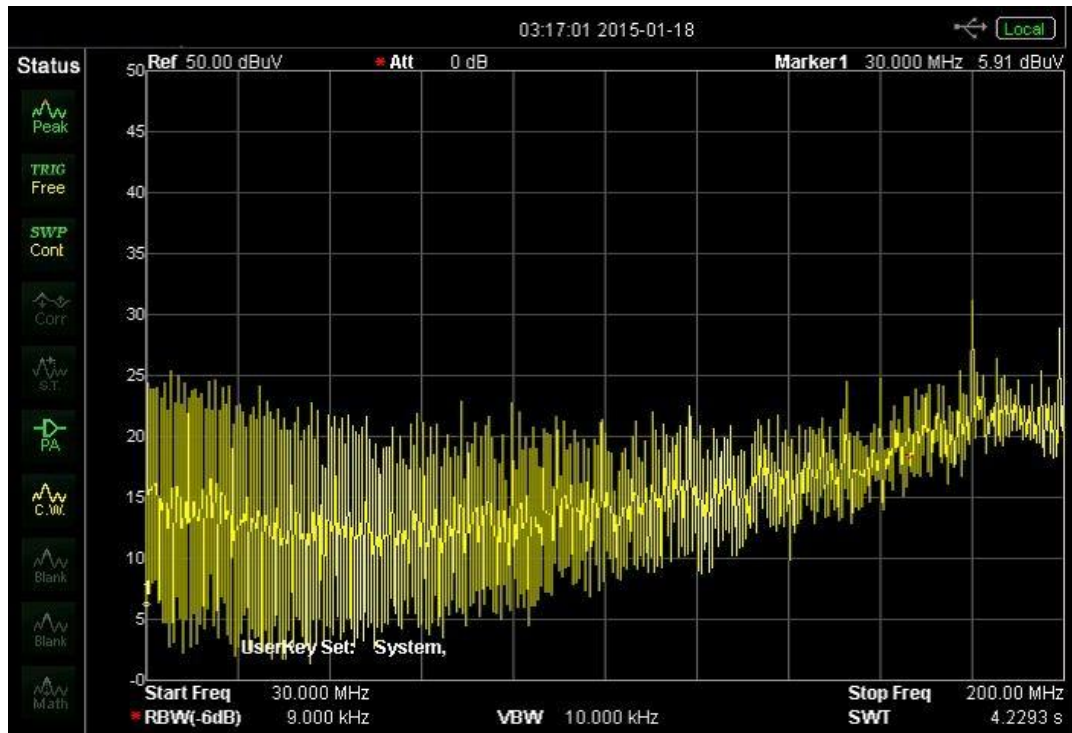
TEM单元可以非常快速有效的识别可能导致EMC测量失败的潜在问题。根据经验，假设PCB位置不高出底壁1-2cm，那么任何幅度大于40dμV的杂散信号都将构成威胁。

通过关闭DUT的电源来进行快速检查，以确保不会因环境背景噪音的影响。尽管设计良好，TEM单元对来自外部的噪音信号不是很敏感。但是，连接到DUT的电缆可能会吸收背景噪音被将其引入到TEM单元。通常，在DUT断电的情况下也会出现此信号，因此可以轻松识别。在TEM单元中测得产品信号辐射骚扰降低，在认证测试实验室也会得到降低。

如果未通过认证一致性测试，请在TEM单元中对其进行测量并保持结果。然后进行整改，将一致性测量报告中记录杂散水平与TEM单元测得的杂散水进行比较，检查相差多少dB。整改设备，直到在TEM单元内测得的杂散电平相应下降为止。



使用TEM单元测量 LED灯 辐射干扰



使用TEM单元测量LED灯辐射骚扰 (整改后)

## 技术指标

### TBTC0

长度	390 mm
宽度	100 mm
高度	62 mm
<b>隔垫高度</b>	28 mm
隔垫下方矩形区域尺寸	19×7×2.8 cm
连接器	N型-母
单元阻抗	50欧
阻抗	377欧
最大射频输入功率	10W (受提供50端接空限制)
输入回波损耗	S11 @ 3.15G < -1.5dB
传输损耗	3G < 3dB, 6G < 4dB

### TBTC1

长度	390 mm
宽度	200 mm
高度	108 mm
<b>隔垫高度</b>	50 mm
隔垫下方矩形区域尺寸	19×13×5 cm
连接器	N型-母
单元阻抗	50欧
阻抗	377欧
最大射频输入功率	25W (受提供50端接空限制)
输入回波损耗	S11 @ 1.2G < -20dB; 2.1G < -17dB; 3G < -14dB
传输损耗	1.4G < 1dB, 2.1G < 3dB, 3G < 6dB

### TBTC2

长度	636 mm
宽度	300 mm
高度	205 mm



<b>隔垫高度</b>	100 mm
隔垫下方矩形区域尺寸	23×28×10 cm
连接器	N型-母
单元阻抗	50欧
阻抗	377欧
最大射频输入功率	25W (受提供50端接空限制)
输入回波损耗	S11 @ 800MHz < -15dB; 1.5G < -10dB; 3G < -8dB
传输损耗	800MHz < 1dB, 1.15G < 3dB

### TBTC3

长度	1038 mm
宽度	501 mm
高度	305 mm
<b>隔垫高度</b>	150 mm
隔垫下方矩形区域尺寸	36×48×15 cm
连接器	N型-母
单元阻抗	50欧
阻抗	377欧
最大射频输入功率	25W (受提供50端接空限制)
输入回波损耗	S11 @ 700MHz < -16dB;
传输损耗	730MHz < 3dB

### DC-Block 50V-6GHz-N

连接器	N-Male / Female							
标称阻抗	50欧							
连续射频功率	最大 2W							
连续射频电压	50V RMS							
频率	500KHz – 6GHz							
VSWR	≤ 1.2							
插入损耗	MHz	0.3	0.7	1	10	100	1000	3000
	dB	7.5	3	1.5	0.02	0.02	0.06	0.2

## RF终端 50Ω-3GHz-25W-N

连接器	N
标称阻抗	50欧
连续射频功率	25W
频率	DC-3GHz
VSWR	≤1.2
三阶互调	≤120dBc

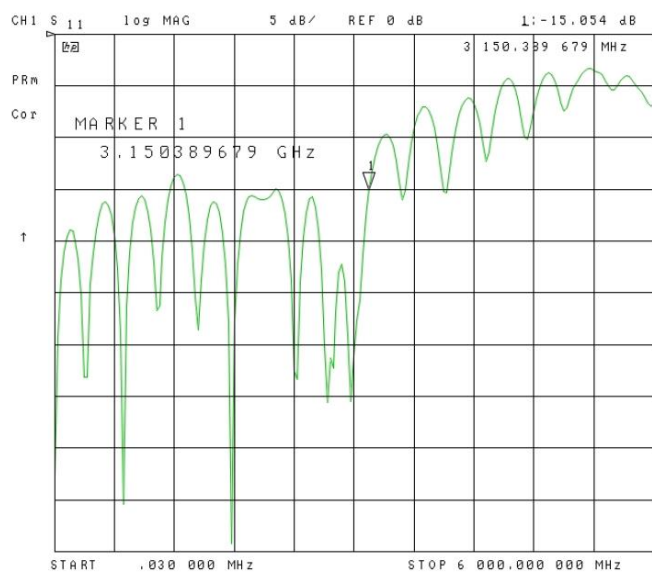
## RF终端 50Ω-6GHz-10W-N

连接器	N
标称阻抗	50欧
连续射频功率	10W
频率	DC-6GHz
VSWR	≤1.2
三阶互调	≤120dBc

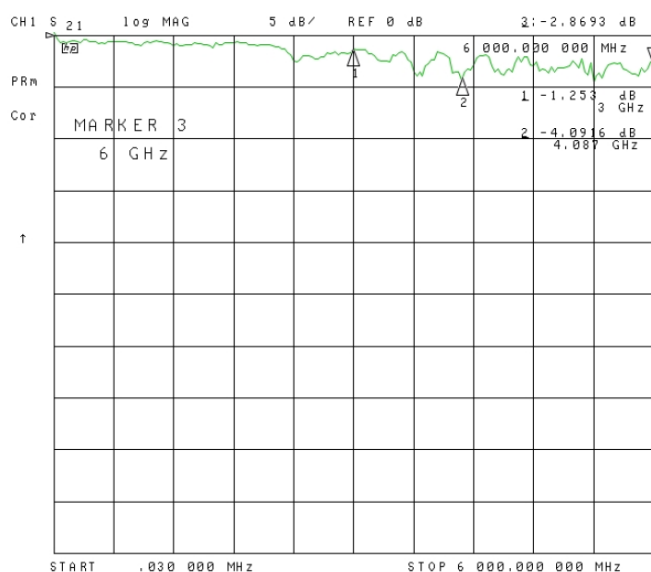
## 质保

质保	1年
----	----

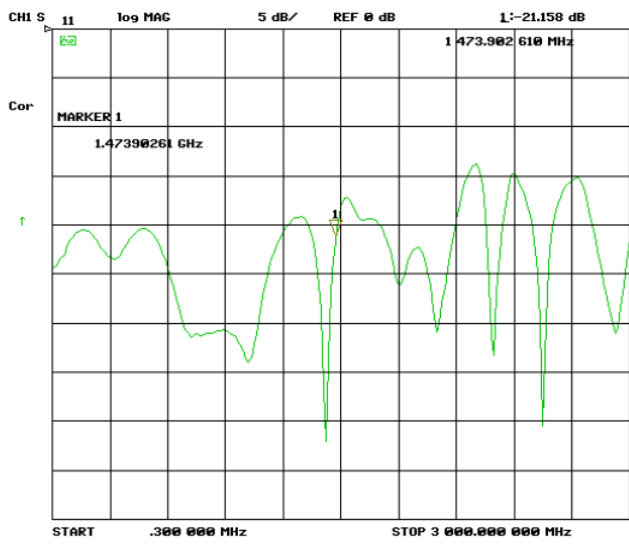
## 信号损耗



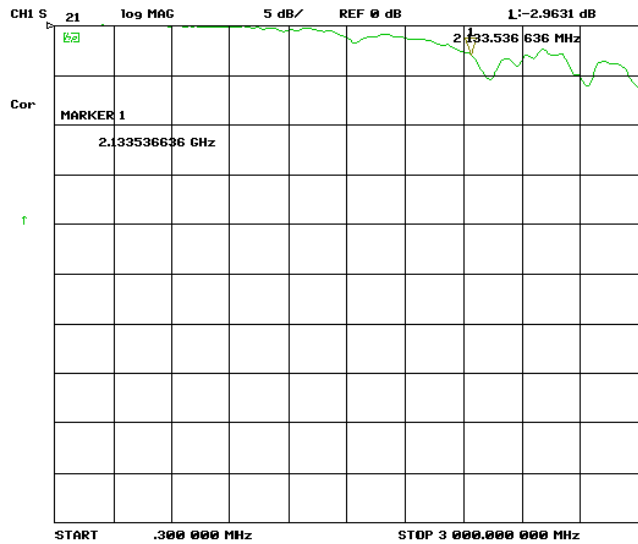
TBTC0 输入回波损耗



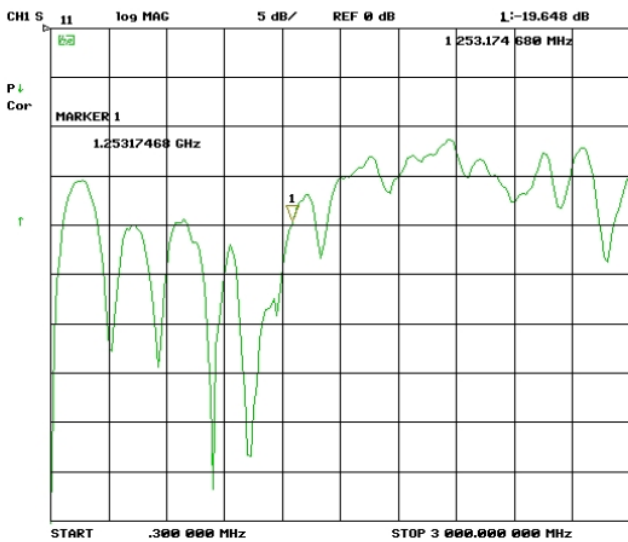
TBTC0 传输损耗



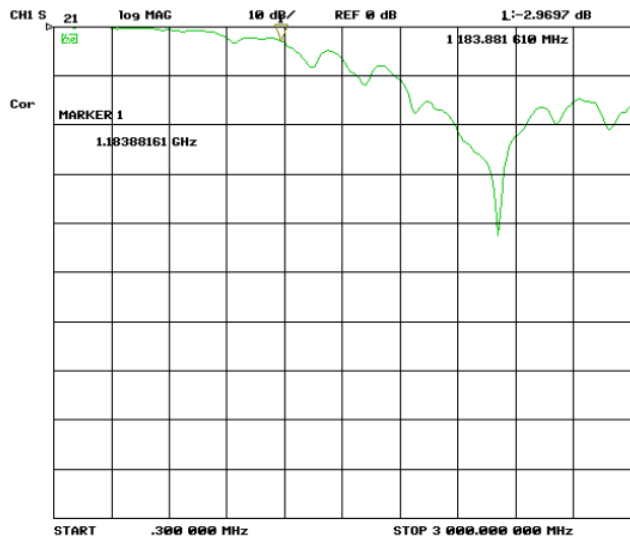
TBTC1 输入回波损耗



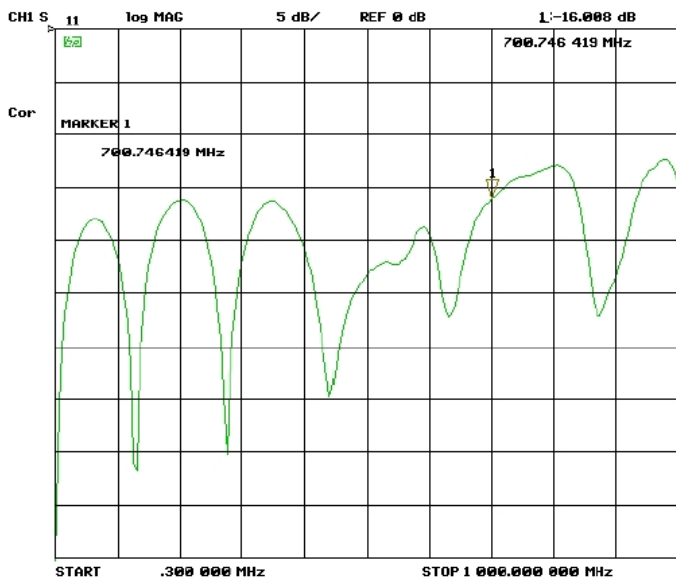
TBTC1 传输损耗



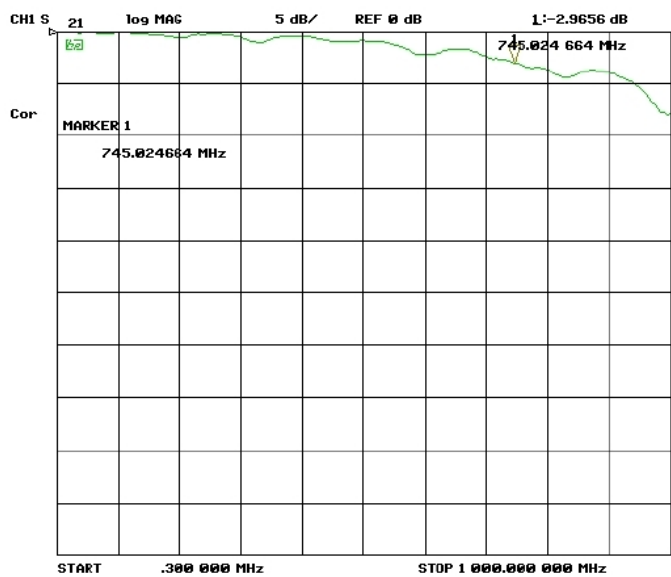
TBTC2输入回波损耗



TBTC2传输损耗



TBTC3回波损耗



TBTC3传输损耗

## 警告

**DUT保持与隔板 and 上下壁的绝缘。**

**插入直流模块，为频谱分析仪或接收机提供额外的输入保护。**

## 订购信息

型号	说明
TBTC0	TEM Cell、28mm高（下壁与隔板）、RF终端 50Ω-6GHz-10W-N、DC-Block 50V-6GHz-N、 N（公）-N（公）同轴电缆
TBTC1	TEM Cell、50mm高（下壁与隔板）、RF终端 50Ω-3GHz-25W-N、DC-Block 50V-6GHz-N、 N（公）-N（公）同轴电缆
TBTC2	TEM Cell、100mm高（下壁与隔板）、RF终端 50Ω-3GHz-25W-N、DC-Block 50V-6GHz-N、 N（公）-N（公）同轴电缆
TBTC3	TEM Cell、150mm高（下壁与隔板）、RF终端 50Ω-3GHz-25W-N、DC-Block 50V-6GHz-N、 N（公）-N（公）同轴电缆

**Poletech**

深圳市国测电子有限公司

深圳市龙华新区梅龙路粤通综合楼E208

电话：0755-85261178 E-mail:ocetest@126.com URL:www.octest.com

实时频谱仪 EMC/EMI电磁兼容测试 通用基础测试 音视频测试 电力测试 天线 电磁辐射测量 核辐射测量 辐射防护  
求实创新 探索未知 服务未来