

频谱仪测量同轴电缆的速度因子及特性阻抗

在高频电路中，同轴电缆的速度因子是非常关键的参数。速度因子表示电磁波在电缆中传播的速度与电磁波在真空的传播速度的比值（同轴电缆速度因子约 0.66-0.95，主要由制造电缆的介质决定）。工程实践中有多种方法可以测量同轴电缆的速度因子，以下用带跟踪源的频谱分析仪测量同轴电缆的速度因子，结合游标卡尺测量同轴电路内外径比值，从而计算出同轴电缆的特性阻抗。

1、理论公式

$$VF = 4L * F_{res} / C = L * F_{res} / 75$$

L 为电缆的实际长度，测试时取任意长度，可以用卷尺得到实际值，单位 m；

F_{res} 为第一个谐振频点，可以在频谱分析仪上直接读取，单位 MHz；

C 为电磁波在真空中的传播速度，即 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ；

如某同轴电缆 A 的长度 2.8 米第一谐振点 18.84MHz，则 VF 为

$$VF = 4 * 2.8 * 18.59 * 10^6 / 3 * 10^8 = 2.8 * 18.59 / 75 = 0.694$$

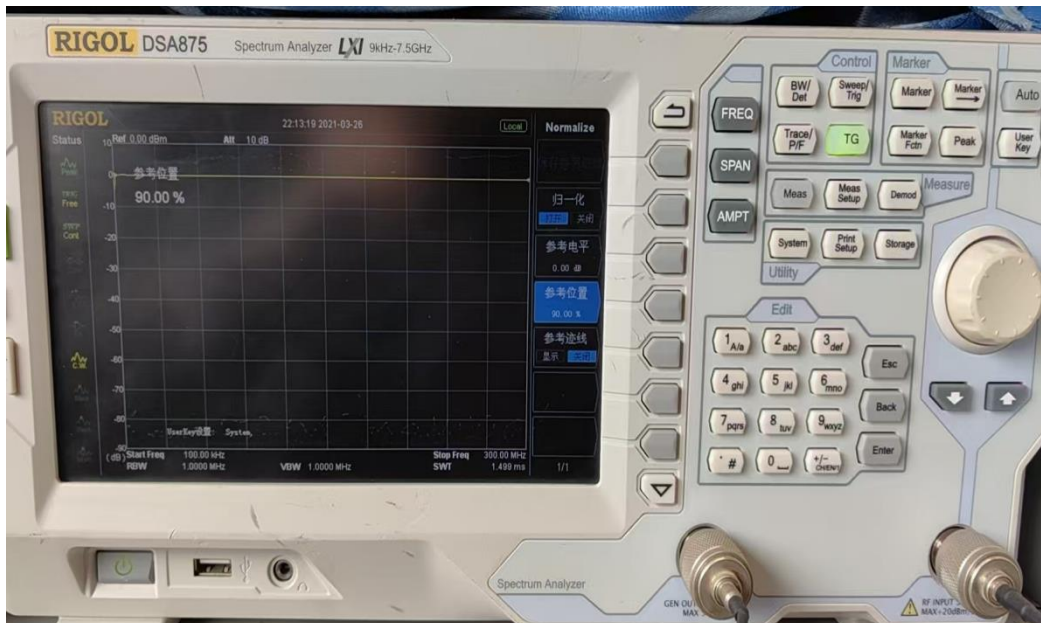
备注：与电缆的特性阻抗无关，但不匹配的电缆回波会造成相位差，会干扰测量结果的精确性，可以采用与电缆阻抗相同的终端匹配电阻最大限度减少干扰。（阻抗不匹配干扰造成的影响不是很大，一般用途可以不用考虑）

2、测试相关的照片

(1) 设置频谱分析仪起始频率 0,终止频率为 300MHz;



打开跟踪源并归一化；

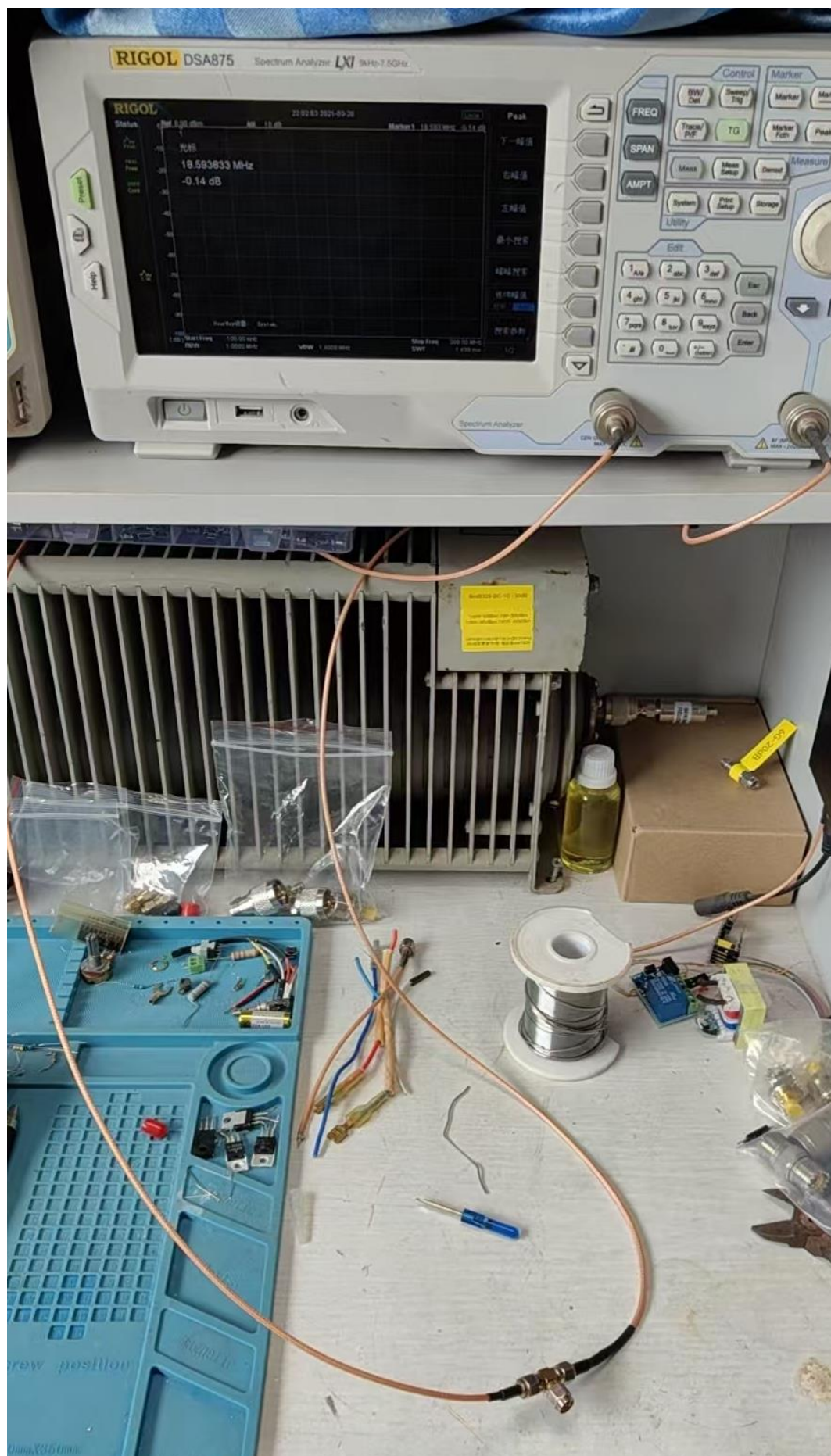


TG 按钮为跟踪源按钮，归一化后接入电缆，按下 Peak 键，搜索最小值找到第一个谐振点频率。影响这种测量方法的精度有：接头，电缆长度测量误差等，但总体测量出来的值属于可用的可靠级别。

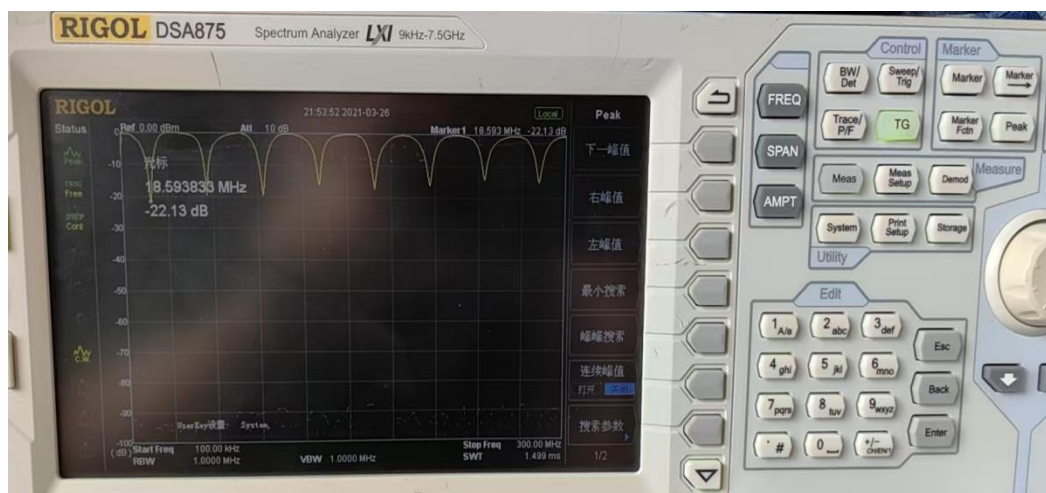


归一化以后就是一条平整的直线，实物接线为 SMA 接头直连 3 通。

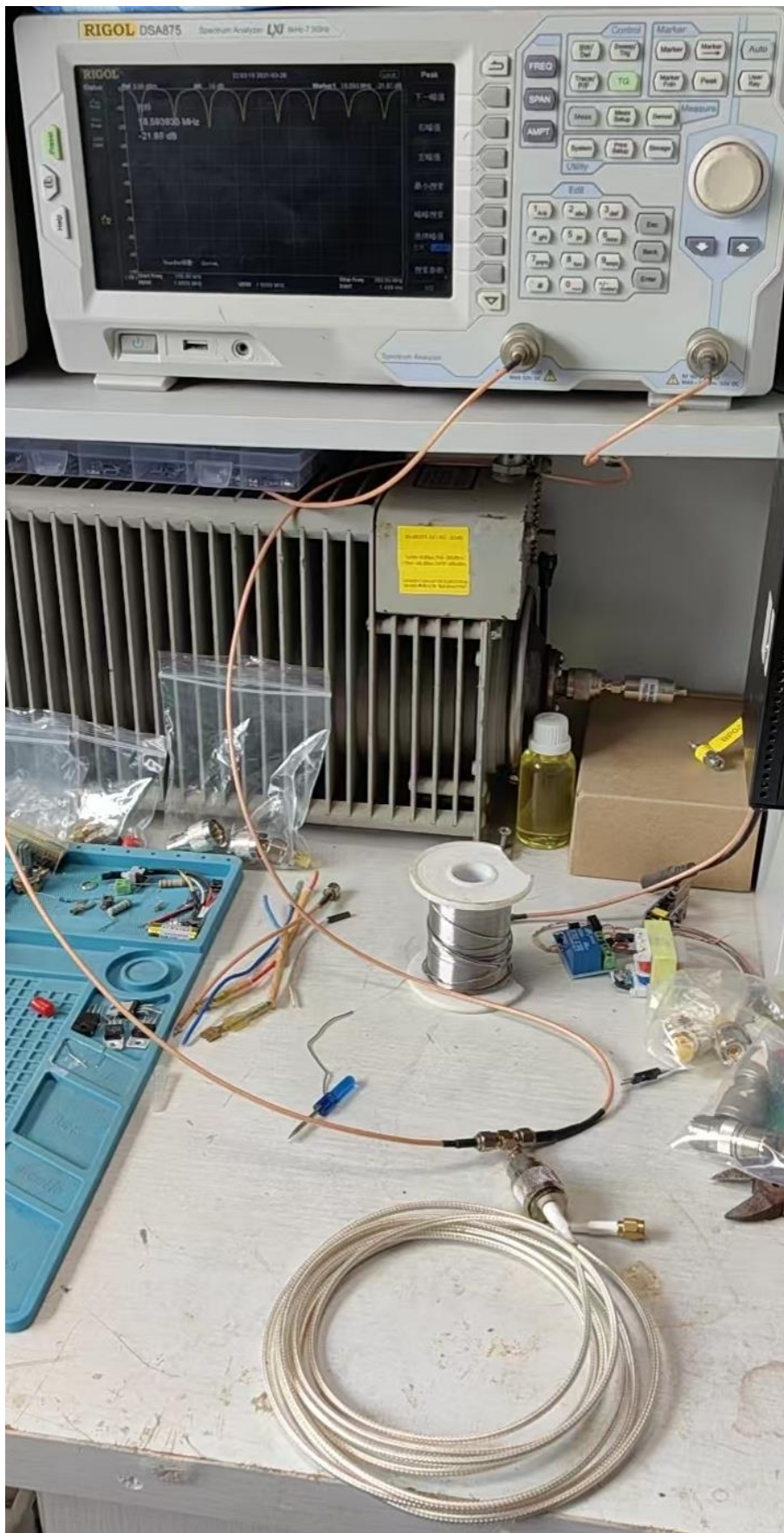




(2) 按下 peak 键，搜索最小值，即谐振频率点；



测试时候的整体接线图如下，选择第一个最低点。



3、速度因子的定义

速度因子(VF) = v/c

V 电磁波在电缆中的传播速度；C 电磁波在真空中的传播速度；

影响速度因子的关键因素（绝缘介质的介电常数）

速度因子(VF) = $v/c = \frac{1}{\sqrt{\text{介电常数}}}$ ，如：

RG-58 实心聚乙烯介电常数 2.3 速度因子 0.66

特氟龙半刚性电缆介电常数 2.1 速度因子 0.69

若采用空气作为绝缘介质，速度因子可以做到 0.95 左右。介电常数是绝缘材料的物理性质，材料不同介电常数不一样。

由公式可以推导出：

介电常数 = $\frac{1}{VF^2}$ 如 RG-58 实心聚乙烯速度因子 0.66，介电常数可以计算得到是 2.3

因为电缆的特性阻抗 $Z = \frac{138 \log_{10}(D/d)}{\sqrt{\text{介电常数}}}$ ，在介电常数已知的条件下，可以通过卡尺测量电缆的内外比值，从而可以计算出电缆的特性阻抗。

测量总结：

1、用频谱分析和卷尺测量出同轴电缆的速度因子；

$$VF = 4L * \text{Fres} / C = L * \text{Fres} / 75 \quad (L \text{ 电缆长度米, Fres 频率兆赫兹})$$

2、通过速度因子计算出同轴电缆的介电常数；

$$\text{速度因子(VF)} = \frac{1}{\sqrt{\text{介电常数}}}$$

3、用卡尺测量同轴电缆的内外直径比值，可以计算出同轴电缆的特性阻抗。

$$\text{电缆的特性阻抗 } Z = \frac{138 \log_{10}(D/d)}{\sqrt{\text{介电常数}}} = VF * 138 \log_{10}(D/d)$$

某同轴电缆长度 2.8 米第一谐振点 18.59MHz，则 VF 计算得 0.694，用游标卡尺测量外直径 2.1mm，内直径 0.7mm，特性阻抗 Z 计算得 45.7 欧，接近理论值 50 欧。

测量工具：（1）频谱分析仪；（2）卷尺；（3）游标卡尺；

测量结果：（1）速度因子；（2）特性阻抗；