



Harbour
INDUSTRIES
High Performance Wire & Cable

屏蔽效率测试方法

Harbour公司 LL, SB与SS系列同轴电缆

专为改进屏蔽效率而设计

Harbour公司自1988年以来一直生产带状编织的膨体聚四氟乙烯(PTFE)介质同轴电缆(LL系列)及带状编织的实心介质聚四氟乙烯(PTFE)同轴电缆(SB系列)。带状编织设计被证明是一种有效的屏蔽结构,介质芯层外是编织的扁平镀银铜带,中间层为铝聚脂或铝聚酰亚胺带,外层为编织的圆形镀银铜线。

改进屏蔽效率的必要性

高频电缆及组件传统上一直被用于诸如商用、军用航空、防御系统、天线系统及微波测量等对屏蔽级别要求较高的应用。今天,蜂窝及个人通信系统也对电缆及组件有着同样的高屏蔽要求,因此电缆必须提供足够的隔离以保证系统的独立性,且阻止由于空中传播引发的相互干扰。

Harbour公司为电缆组件厂提供了可靠的高性能电缆。提供的测试数据包括阻抗、衰减、结构回波损耗及屏蔽效率。带状编织复合结构之前已在行业内被采用,而且有不少关于此的公开数据报道,因此似乎无必要再对电缆的屏蔽效率进行测试。然而,之后,业界发现许多电缆厂家仅对屏蔽效率做大致说明,却不进行实际的测试,更不会在高于1GHz的频率进行测试,至多只是针对指定屏蔽结构给出一个射频泄漏值,但是测试方法却从不告知。

一种新的、改良的屏蔽结构

1993年,Harbour公司在实心聚四氟乙烯(PTFE)介质外包以螺旋缠绕的镀银铜带设计出新屏蔽结构的SS系列高频同轴电缆。由于SS电缆被广泛用作半刚电缆的柔性替代,所以有必要开发一套可靠的、可重复的屏蔽效率测试方法。在开发测试方法中,射频泄漏与转移阻抗两种方法被引用。其他方法,如开阔场天线法、吸收钳法与横电磁波(TEM)小室测试法,因在电缆对比测试中已被视为不太可靠的测试方法而未被采用。

屏蔽效率(射频泄漏与转移阻抗)

能量从同轴电缆辐射或传输出来,被称为射频泄漏。

射频泄漏的计算公式如下:

$$\text{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_t}{P_i}$$

射频泄漏的单位以分贝(dB)表示,是输入功率电平(Pi)与测试暗室中传播功率电平(Pt)的比值。测试暗室中的功率是暗室自身以及待测电缆的衰减、阻抗和传播速率的函数。重要的是,屏蔽能力使得各种屏蔽结构的好坏可以被比较。同轴电缆转移阻抗的定义为被干扰电路中的电压与干扰电路中流过的电流之比。屏蔽层表面的电流与相反面此电流导致的电压下降有关。该数值仅由屏蔽结构决定。

测试设置

屏蔽效率测试用于测定不同电缆的相对屏蔽等级。测试基于美军标MIL-T-81490，由于这样的测试重复性受到质疑，因此，测量只能保证相对的准确。依据MIL-C-39012C而搭建的以下三同轴测试装置用以测试射频泄漏。

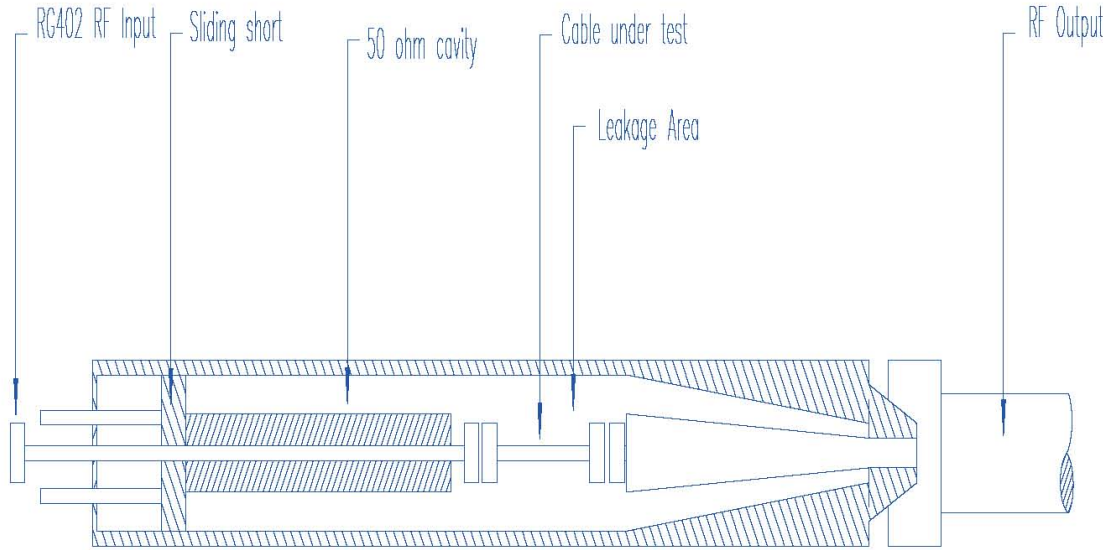


图1：三同轴测试装置

先对HP网络分析仪进行校准，然后将网络分析仪与三同轴测试装置连接，如图2所示。为了区别电缆泄漏与连接器泄漏，通常使用4英寸与8英寸的测试电缆。对于连接器泄漏，8英寸的测试电缆样品并不比4英寸电缆测得的泄漏更大。但对于电缆泄漏，长电缆样品将增加+6 dB的泄漏。因此，如果长电缆导致所测泄漏出现6 dB的变化，可推断此泄露来自电缆而非连接器或电缆/连接器连接界面。

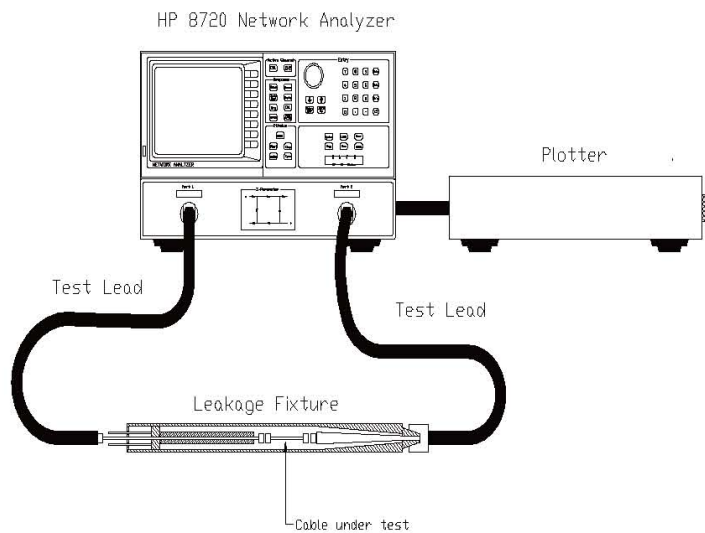


图2：屏蔽效率测试设置

已开发的屏蔽效率测试步骤如下：

- 1、将泄漏装置内的半刚校准电缆与内匹配负载连接；
- 2、对所有连接处进行焊接确认，以消除泄漏；
- 3、将泄漏装置的输入端与网络分析仪的端口一的测试电缆连接，并用另一测试电缆连接输出端与网络分析仪；（校准测量系统的屏蔽水平须比被测件低至少-6 dB。对Harbour公司的测试设置，如测试指标为-90 dB，要求测试前校准读数为至少-96 dB。）
- 4、扫频测试插入损耗；
- 5、一旦校准数值满足要求，将数据存储于分析仪；
- 6、将装置内的校准样品断开；
- 7、将同轴电缆取出，在刚分离的校准电缆连接处插入被测样品；
- 8、重新连接测试装置并测量插入损耗，调整连接处以消除不实的泄漏信号对测量的影响；（用铝箔避免接头泄漏）
- 9、来回滑动泄漏装置内的短路棒，使滑动距离至少覆盖测试频率波长的一半。这是对输出接头处的泄漏信号进行相位调整，以在任意可变相位处将信号最大化。扫频测量可完成全频段的相位调谐，无须滑动可调的短路棒。滑动短路棒用于固定的单一频率的测量，以确保腔体内不存在无效谐振；
- 10、一旦实现正确测量、且测得测试电缆的泄漏信号，如同所有其他微波测量一样，将测试结果绘制成图存储到磁盘文件中；（存储的图形包含有夹具校准及测试电缆的数值，且可以对其进行追踪。目的在于观察相对电缆泄漏，测量噪声电平的变化。）
- 11、断开泄漏装置，重新将泄漏装置内的校准测试电缆连上，以确认噪声基底仍处于上述要求的水平内。

对于频率而言，泄漏响应存在两种典型情况。如果存在物理缝隙或漏洞，泄漏响应将随着频率增加而呈现更高的泄漏值。如果泄漏是通过传导性或吸收性路径产生，则低频泄漏更大，因对低频而言路径更短，高频时信号衰减更大。任何由截止效应导致的泄漏，类似于在屏蔽处的开口，会在高频产生更多泄漏。

为了比较LL、SB、SS电缆与MIL-C-17电缆的结构,我们在50MHz-18GHz进行了射频泄漏测试。

MIL-C-17电缆的测试结果与之前公布的结果一致,单层或双层编织结构(甚至那些编织密度超过90%)仍旧有着高射频泄漏,分别为-50与-75 dB。LL与SB复合带状编织或圆形线状编织结构的电缆表现出较低的射频泄漏,为-95 dB。螺旋缠带屏蔽结构(Harbour的SS系列电缆)有着更为优异的射频泄漏,为-110 dB,其紧密缠绕的编织带几乎相当于半刚电缆的实心铜管,所看到的泄漏电平已低至测试仪器噪声基底。

表一: LL、SB、SS电缆与MIL-C-17结构的比较

样 品		屏蔽结构	射频泄漏
序号	电缆类型		
1	M17/111-RG303	单股圆形镀银铜线编织层	- 50 dB
2	M17/60-RG142	双股圆形镀银铜线编织层	- 75 dB
3	LL142	中间是圆形镀银铜带编织层, 聚酯薄膜, 圆形镀银铜线编织层	- 95 dB
4	SB142	中间是圆形镀银铜带编织层, 聚酯薄膜, 圆形镀银铜线编织层	- 95 dB
5	SS402	螺旋缠绕镀银铜带, 圆形镀银铜线编织层	-110 dB
6	SS405	螺旋缠绕镀银铜带, 圆形镀银铜线编织层	-110 dB
7	M17/133-RG405	实心铜管	-110 dB

针对SS电缆的附加测试

针对SS电缆，进行了附加测试，以评估其弯曲状态时的屏蔽效率。该测试将样品5、6与以下样品进行比较。

样品8：将8英寸的SS402测试电缆以0.52英寸弯曲半径弯曲360度放入测试装置，此弯曲半径超出电缆的建议最小弯曲半径0.82英寸(5 x直径0.163英寸)，测得射频泄漏为-100 dB。当螺旋缠带屏蔽结构的SS402电缆被弯得过紧时，内部编带会分离导致屏蔽效率出现+10 dB的变化。

样品9：将8英寸的SS405测试电缆以0.52英寸弯曲半径弯曲360度放入测试装置，此弯曲半径恰是电缆的建议最小弯曲半径(5 x直径0.104英寸)，测得射频泄漏为-110 dB，与直电缆一样可达到仪器噪声基底。

表二: SS402与SS405的特殊测试

样品		样品的弯曲半径	建议最小弯曲半径	射频泄漏
序号	电缆类型			
5	SS402, 直电缆	N/A	0.82英寸	- 110 dB
8	SS402, 360度弯曲	0.52英寸	0.82英寸	- 100 dB
6	SS405, 直电缆	N/A	0.52英寸	- 110 dB
9	SS405, 360度弯曲	0.52英寸	0.52英寸	- 110 dB

以上测试表明，在电缆最小弯曲半径以内，Harbour公司的SS系列电缆在伸直与弯曲状态下所表现的屏蔽效率是一致的。

将屏蔽效率测试方法作为设计工具

Harbour公司的射频泄漏装置可对多种不同电缆进行到18GHz的便捷测试，它不仅为屏蔽效率测试，也为高效率的屏蔽结构设计提供了有效、可靠、可重复的方法。编织结构的物理特征参数——编织角度、每英寸纬密、单股线数、编织层密度、金属带宽度、金属带厚度和金属带交迭率，均可通过测试得到并进行改良，从而实现最优的屏蔽效率。