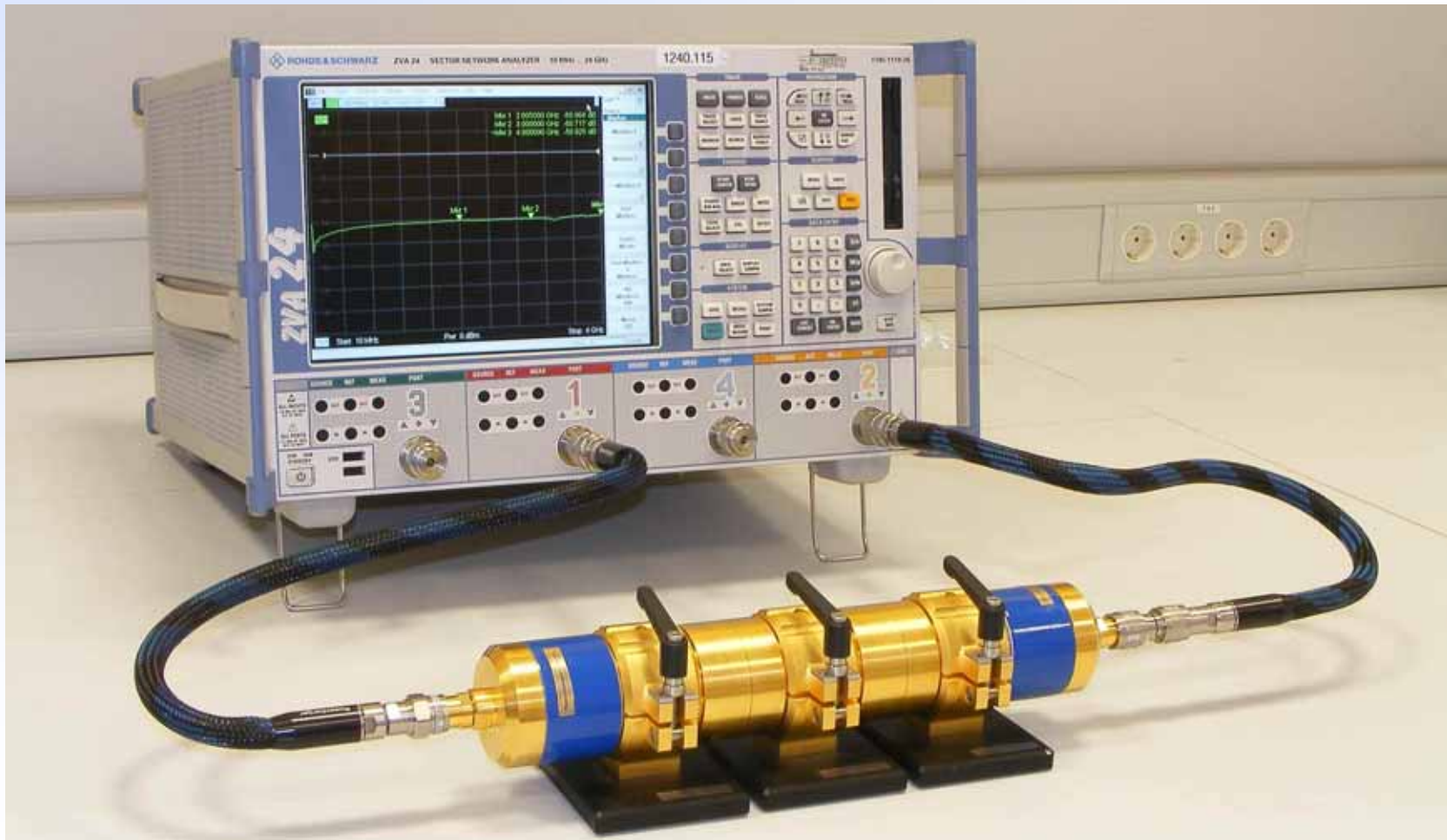


# 电缆和连接器的屏蔽特性及测量方法



# 电缆和连接器的屏蔽特性及测量方法



CoMeT (耦合测试管) 测试装置

## 通信电缆的EMC及测试方法

- 作者: Bernhard Mund
  - ◆ 1970年，德国马尔堡Radio Brand广播电视技术员
  - ◆ 1984年取得 通信与微处理器技术硕士学位
- 1985加入 *bedea*
  - ◆ *bedea* : 德国通信电缆生产商
- 主要职责:
  - ◆ R&D 经理，射频EMC实验室
  - ◆ 标准化：
    - ◆ UK 412.3同轴电缆标准制定小组主席(德国 NC标准)
    - ◆ CENELEC SC 46XA同轴电缆标准制定小组秘书长
    - ◆ IEC SC 46A同轴电缆标准制定小组秘书长

## 内容提要

- **电缆屏蔽的基本物理概念**
  - ◆ 参数定义，电长度
  - ◆ 耦合转移函数
- **电缆和连接器的屏蔽特性测量**
  - ◆ 转移阻抗，屏蔽衰减
  - ◆ 连接器和连接件的屏蔽特性
- **拓展应用**
  - ◆ 直通接插件和EMC垫片的屏蔽特性测量
- **小结及讨论**

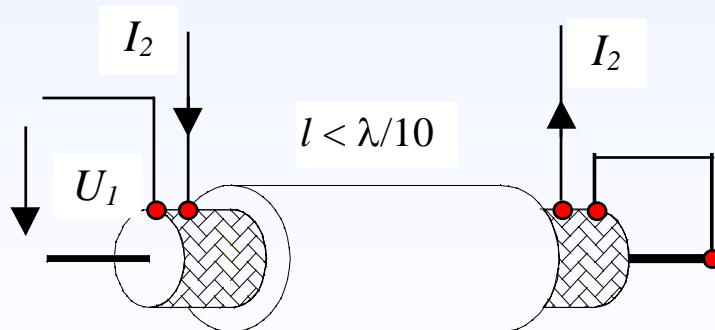
## 参数定义，电长度

**高频率: 屏蔽衰减 ( Screening attenuation )**

$$a_S = 10 \log (P_1/P_2) = 20 \log_{10} (U_1/U_2) \text{ [dB]}$$

两功率的比值 --> 与长度无关

**低频率: 转移阻抗 ( Transfer impedance )**



$$Z_T = \frac{U_1}{I_2} \text{ [m}\Omega\text{/m]}$$

波长

$$\lambda = (c_0 \cdot v_k) / f$$

电长:

$$f > \frac{c_0}{2 \cdot l \cdot \left| \sqrt{\epsilon_{r1}} - \sqrt{\epsilon_{r2}} \right|}$$

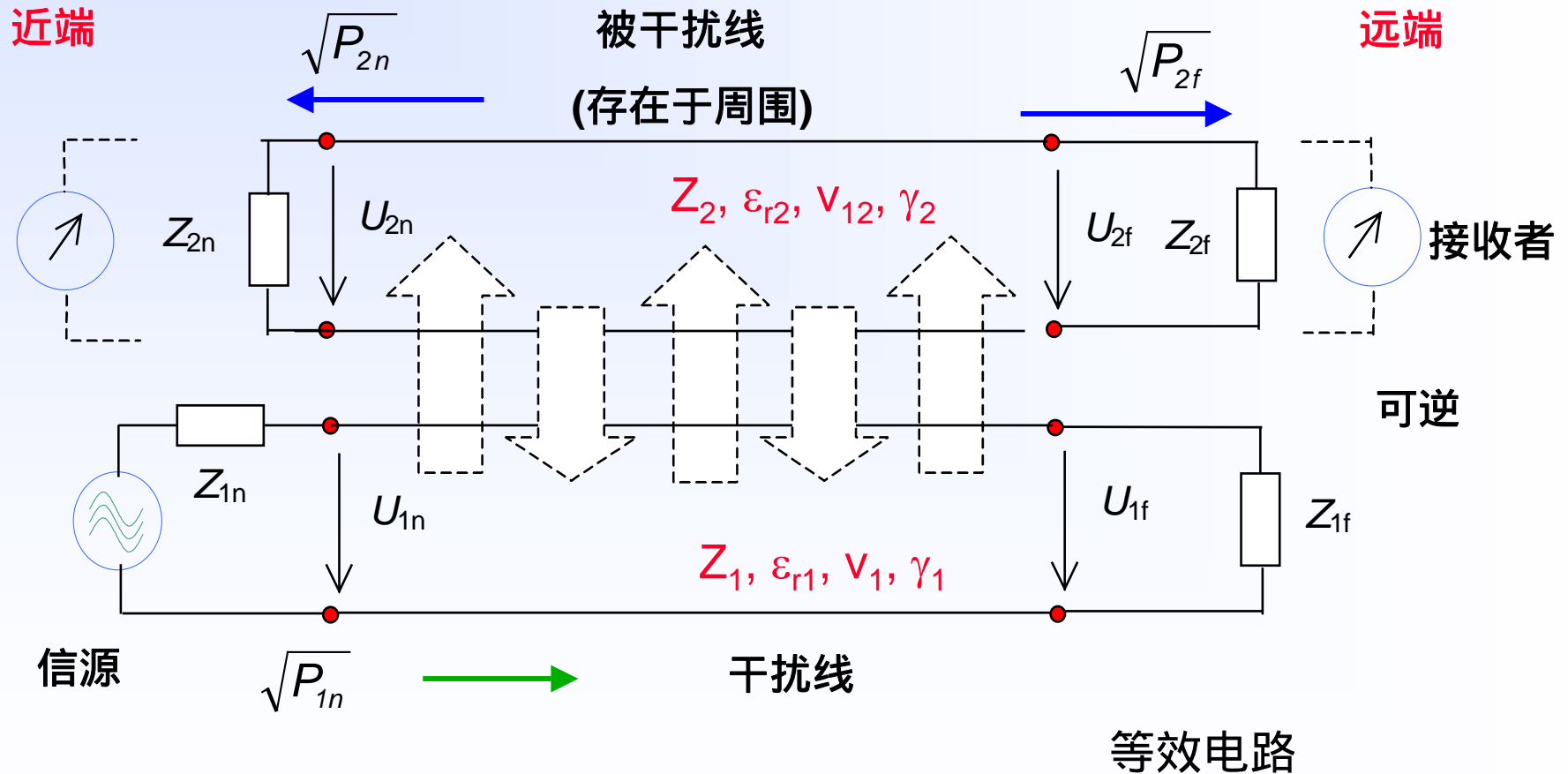
电短:

$$f < \frac{c_0}{10 \cdot l \cdot \sqrt{\epsilon_{r1}}}$$

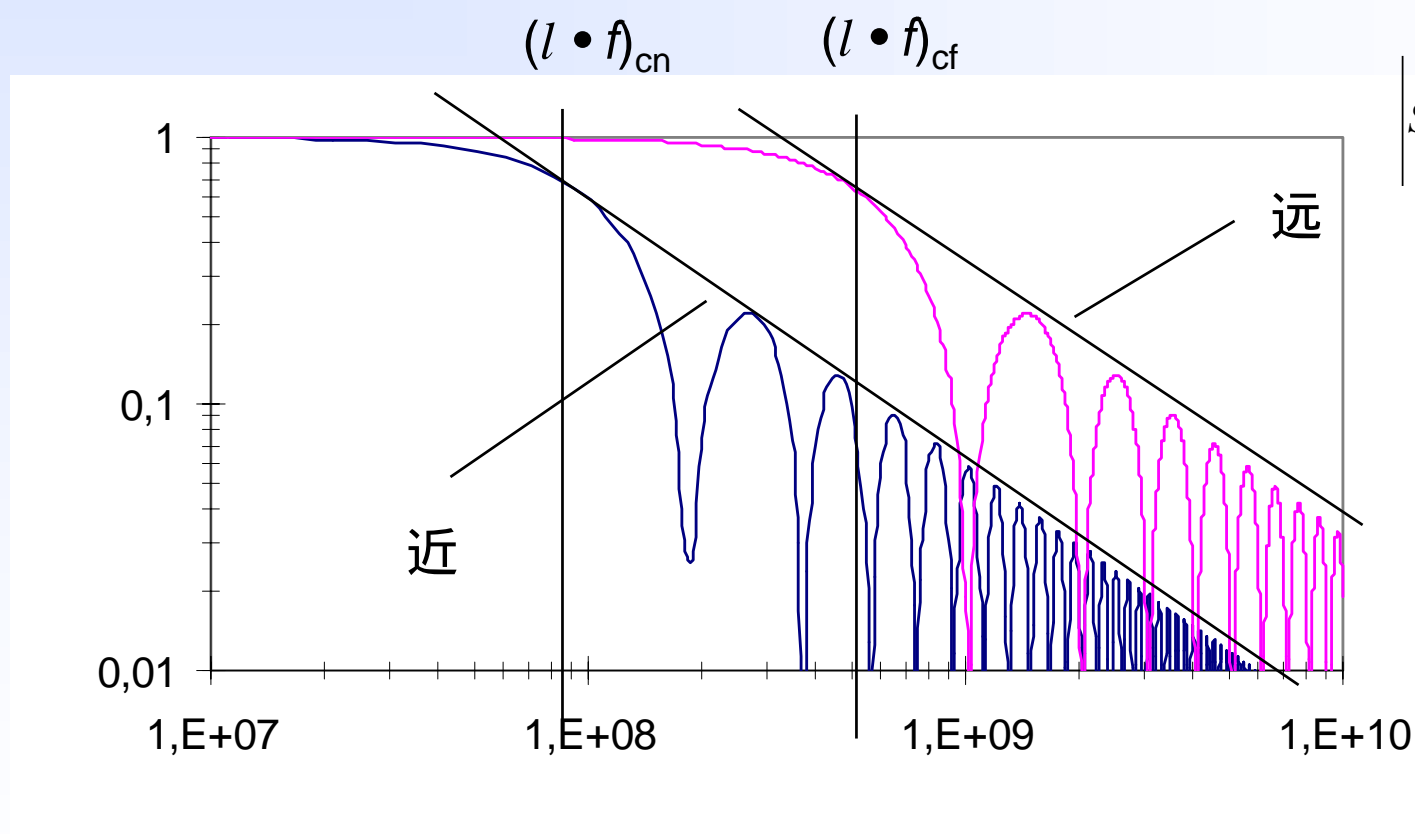
(EN 50289-1-6)

U和I的比值  $U/I = R$  --> 与长度无关 (欧姆定律)

# 两传输线的线间耦合 (等效电路)



# 和函数 $S_{nf}$



$$\left| S_{n/f} \right| = \frac{2 \sin\left(\frac{(\beta_1 \pm \beta_2) \cdot L_c}{2}\right)}{(\beta_1 \pm \beta_2) \cdot L_c}$$

$\approx \sin x/x$

低频率 :

$$\left| S_{n/f} \right| \rightarrow 1$$

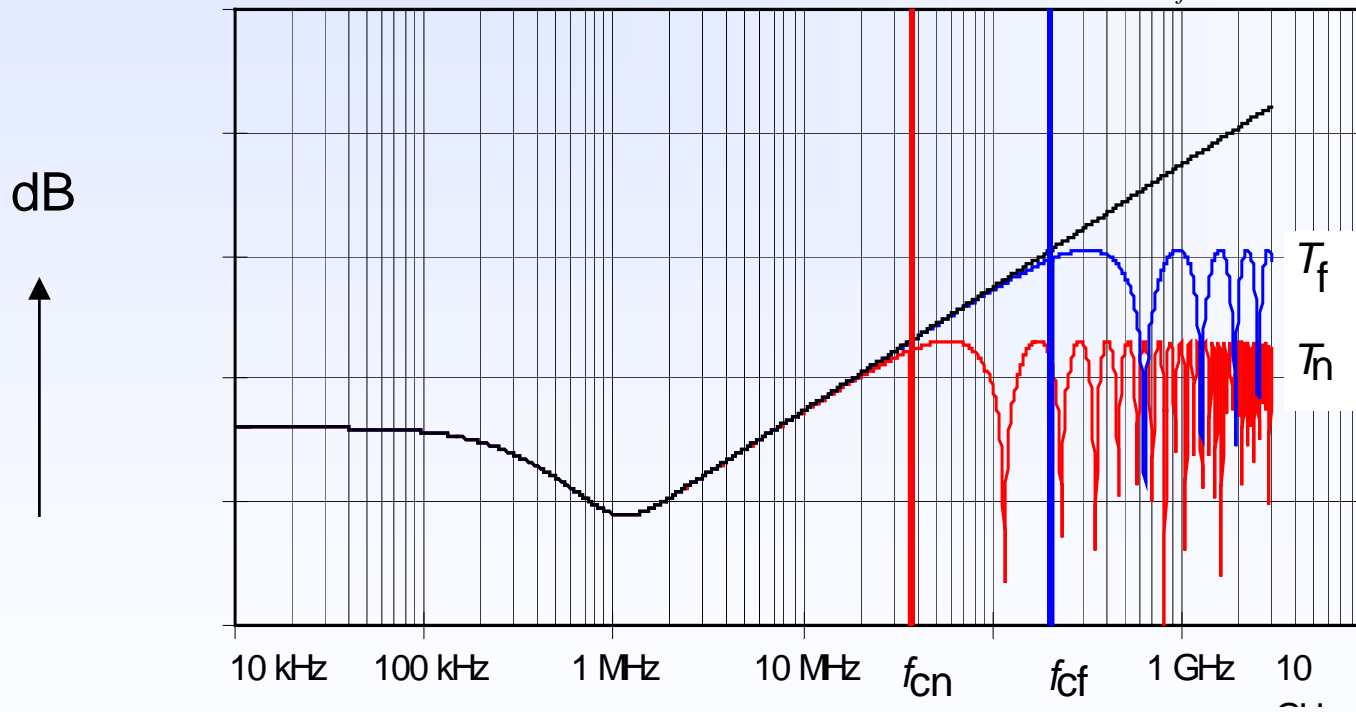
高频率 :

$$\left| S_{n/f} \right| \rightarrow \frac{2}{(\beta_1 \pm \beta_2) \cdot l}$$

# 耦合转移函数 $T_{nf}$

屏蔽衰减  $a_s$  及转移阻抗  $Z_T$  跟频率的关系

$$T_{\frac{s,n}{f}} = (Z_F \pm Z_T) \cdot \frac{1}{\sqrt{Z_1 \cdot Z_2}} \cdot \frac{l}{2} \cdot S_{\frac{n}{f}}$$



n = 近端  
f = 远端

L = 1 m  
 $\epsilon_{r1} = 2,3$   
 $\epsilon_{r2} = 1,0$   
 $Z_F = 0$

转移阻抗

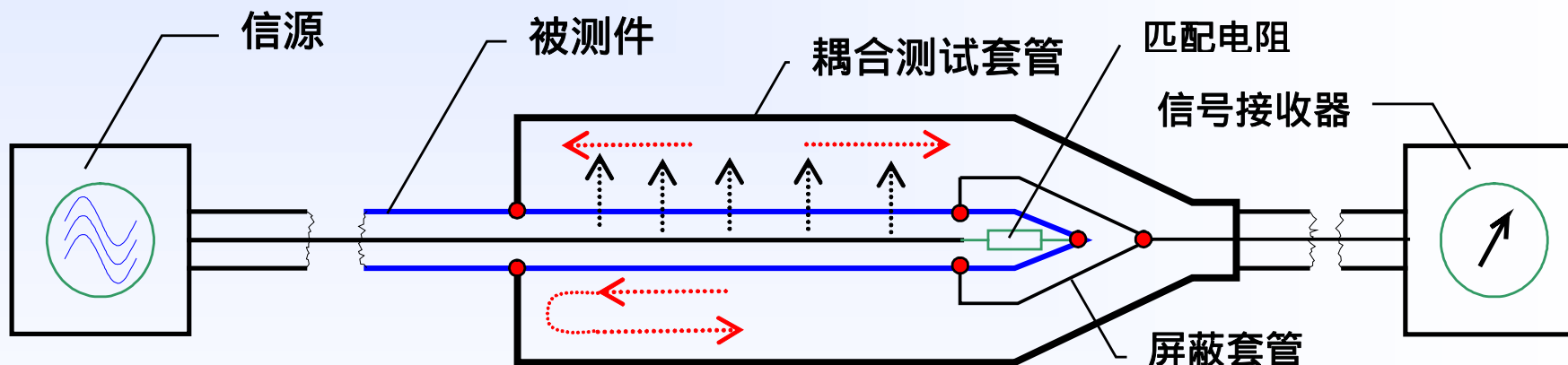
屏蔽衰减



## 耦合测量管( CoMeT)的测试设置

转移阻抗 $Z_T$ 和屏蔽衰减 $a_s$

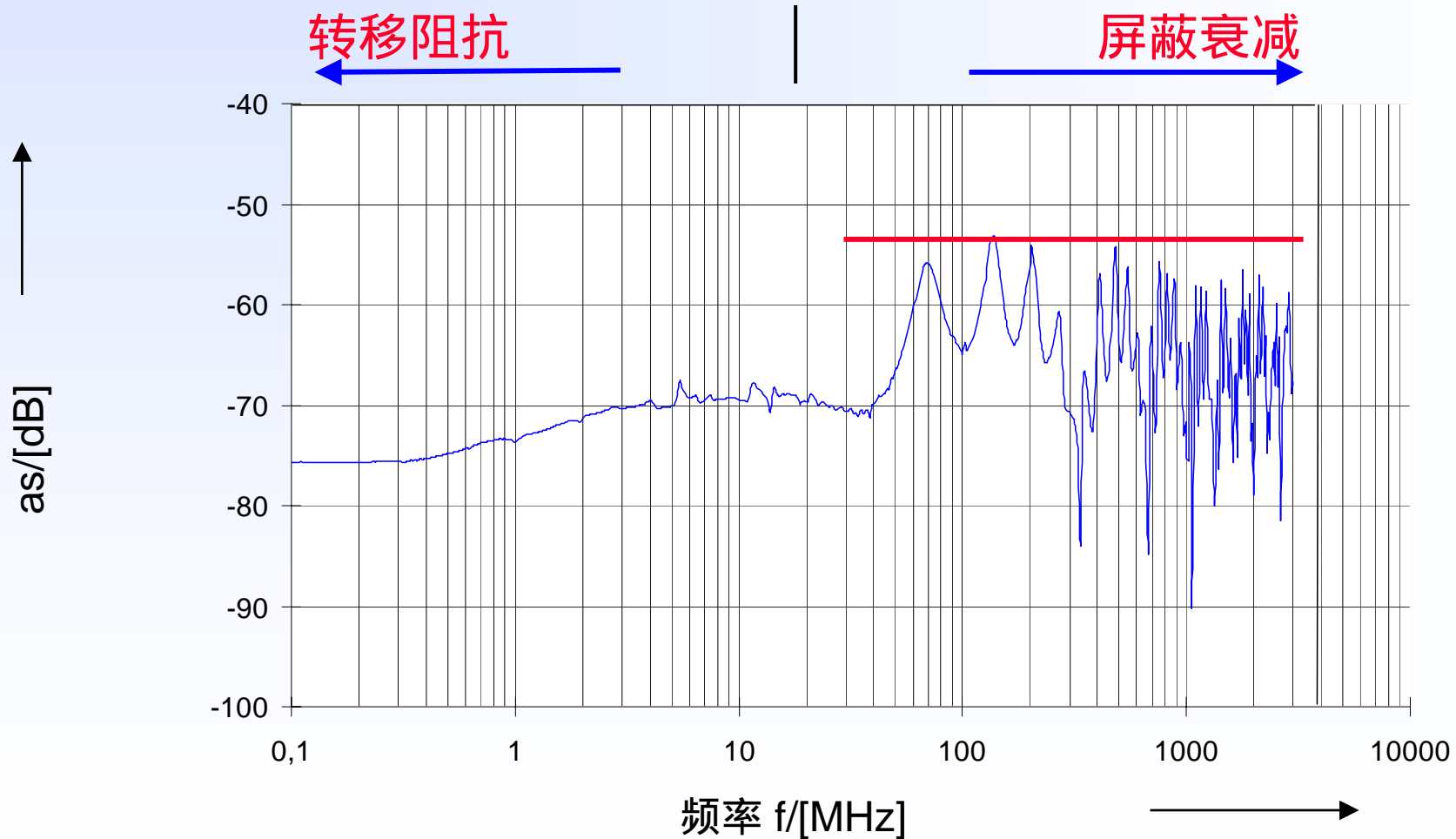
从几 kHz 到 (或超过) 8 GHz只需一次配置



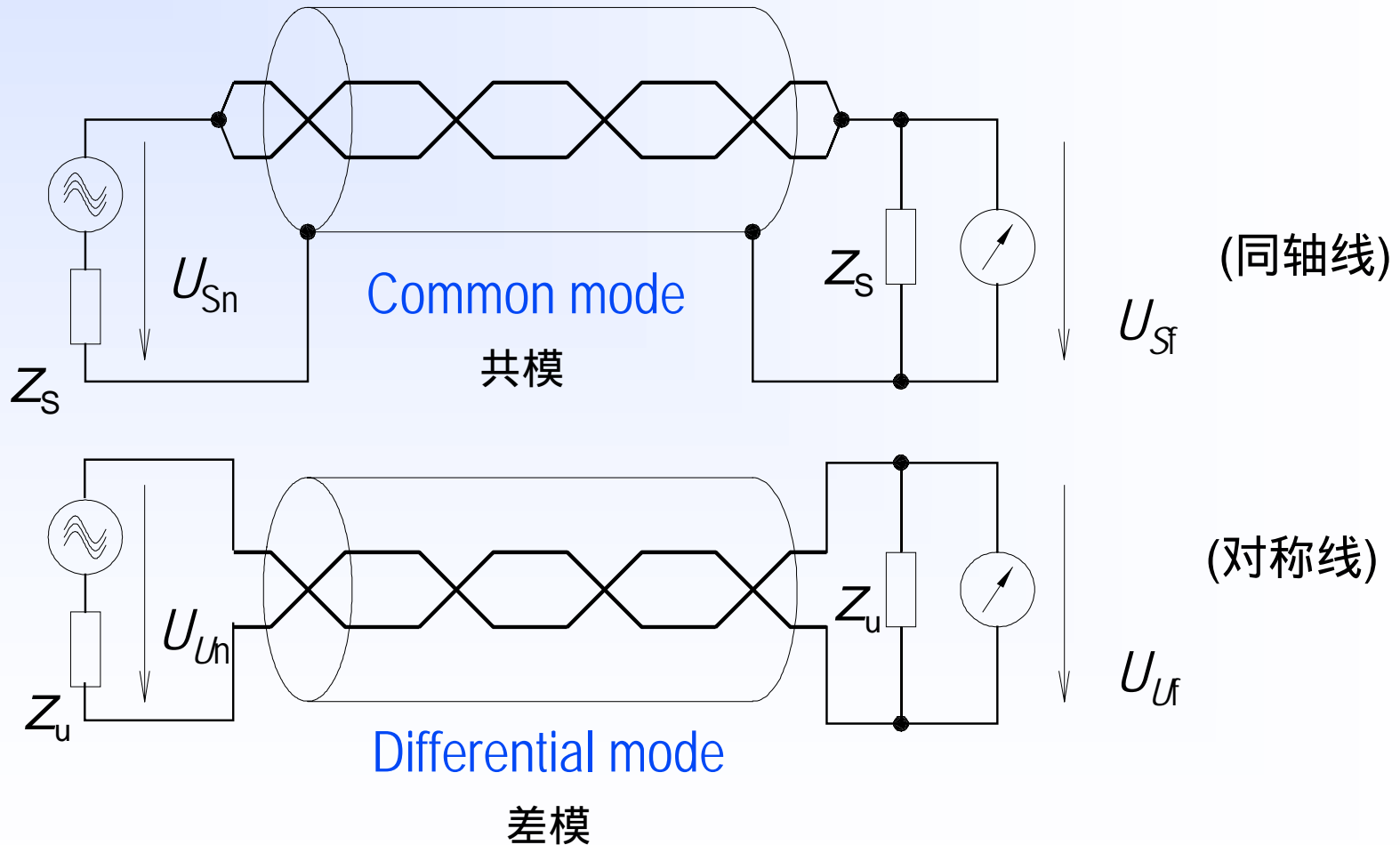
信源和接收器包含在矢量网络分析仪 (VNA) 中

参考标准 : IEC 62153-4-3 转移阻抗  
IEC 62153-4-4 屏蔽衰减  
EN 50289-1-6 通信电缆的EMC

# RG 058的转移函数测量结果

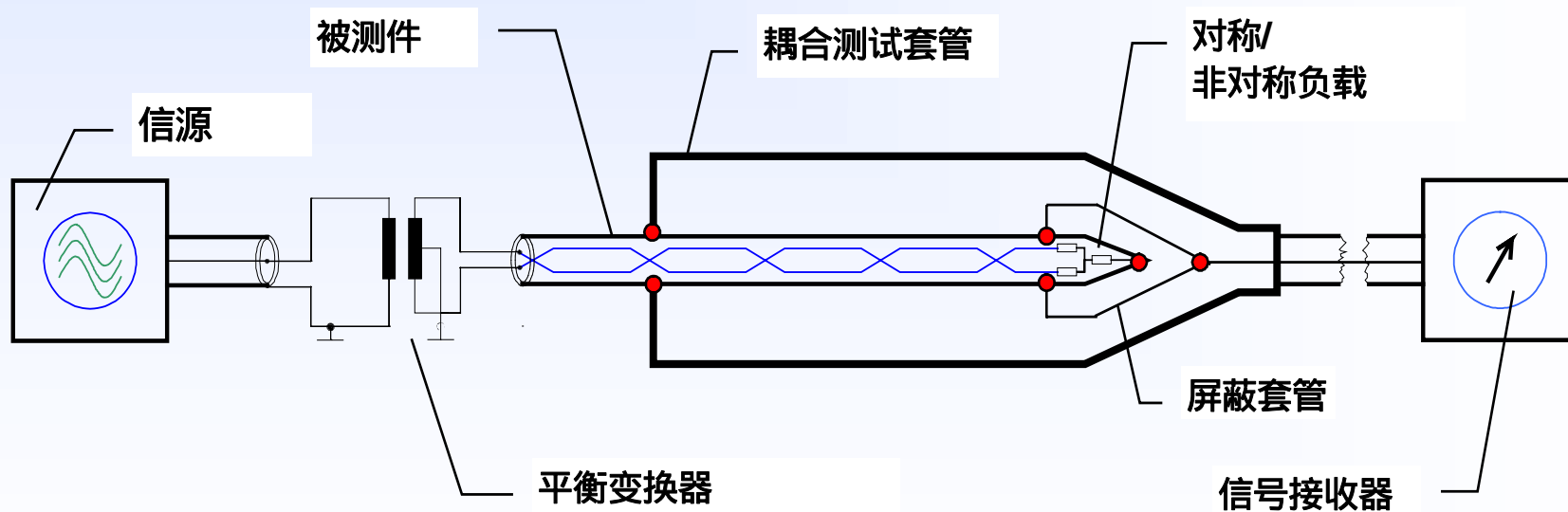


# 平衡传输线中的差模和共模



## 耦合衰减的测量

耦合衰减是平衡传输线（差模馈电）中的非平衡衰减（ Unbalance attenuation ）和屏蔽衰减（ Screening attenuation ）之和

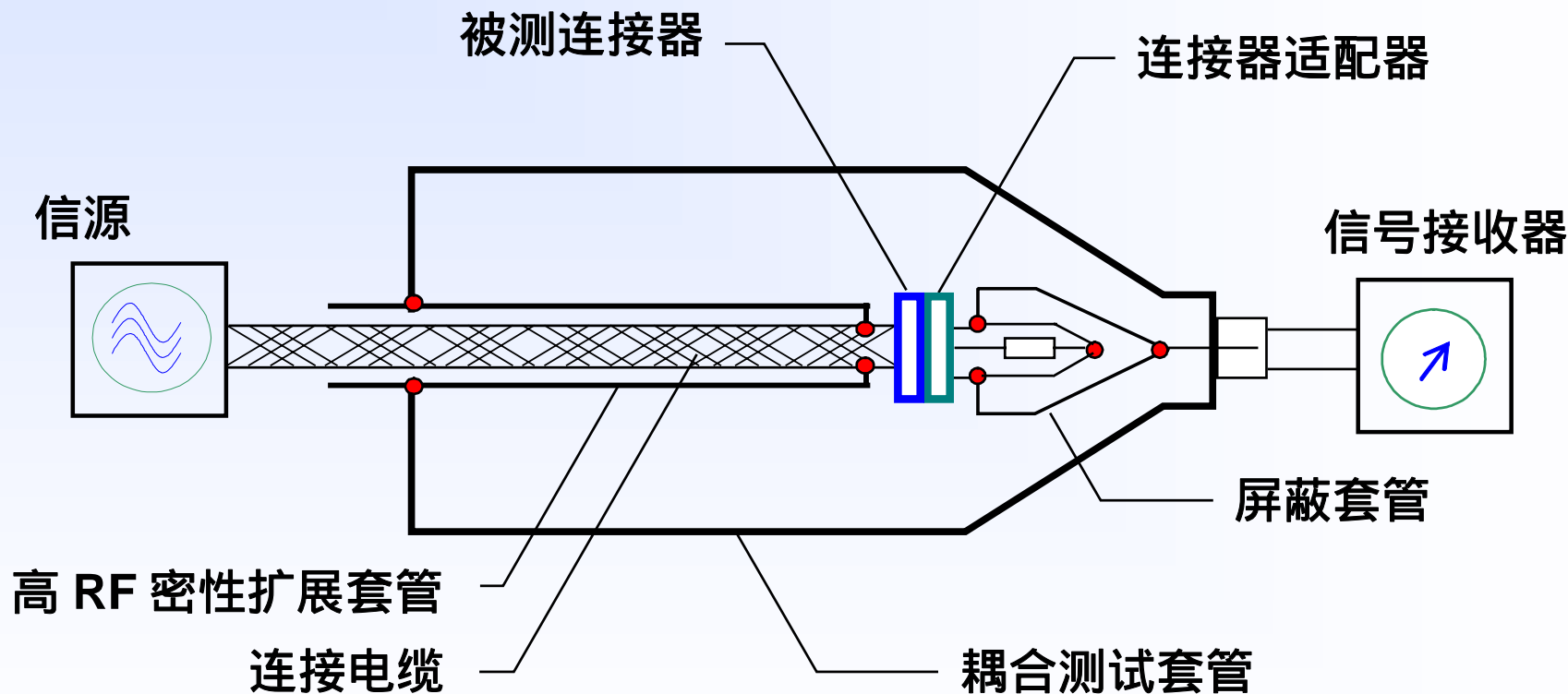


参考标准：IEC/PAS 62338 Ed1 耦合衰减，三同轴法  
IEC 62153-4-9 耦合衰减，三同轴法

## CAT 6 电缆的耦合衰减测试结果 S/FTP, 对数数轴, 三同轴法

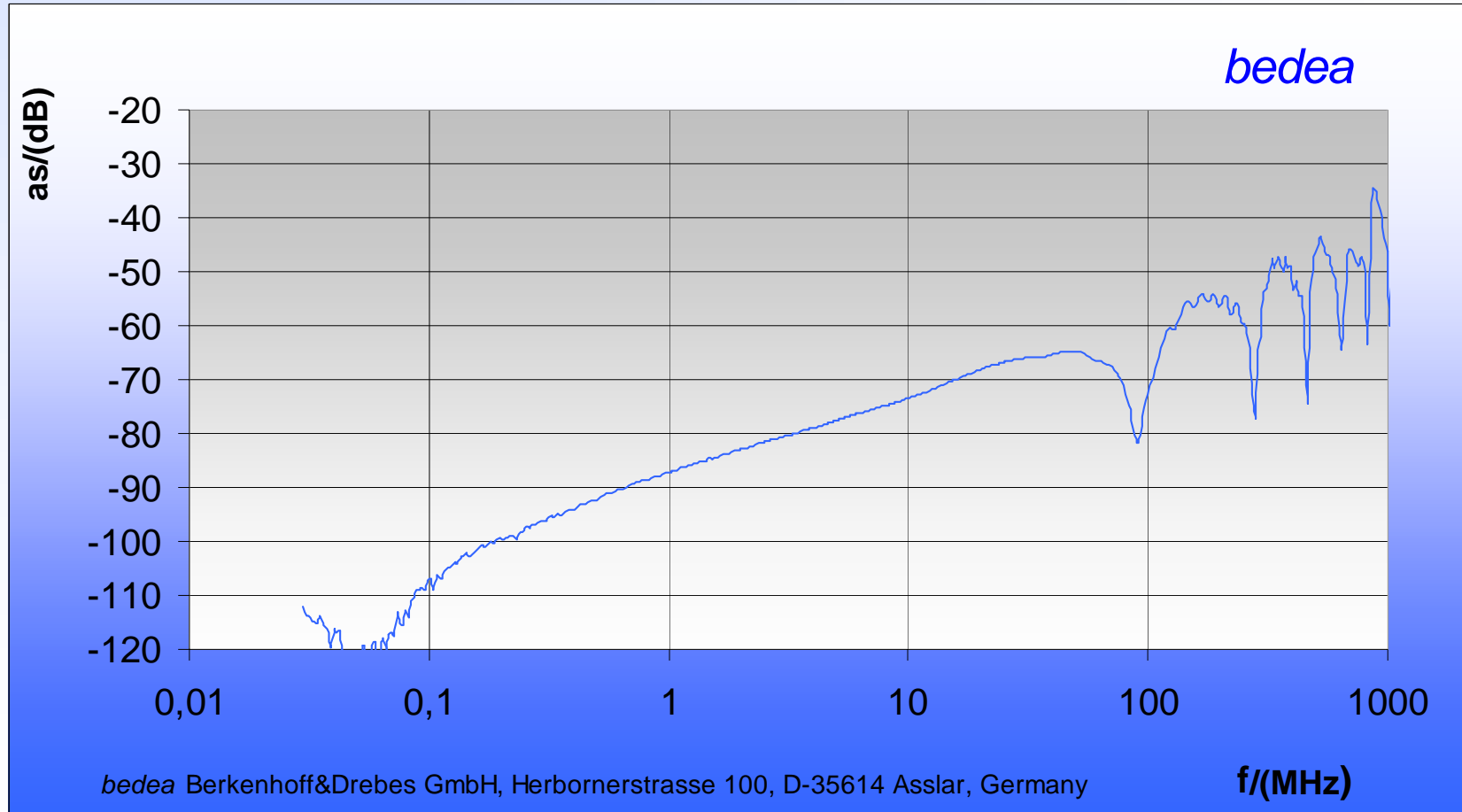


## “管中管”三同轴法测试设置

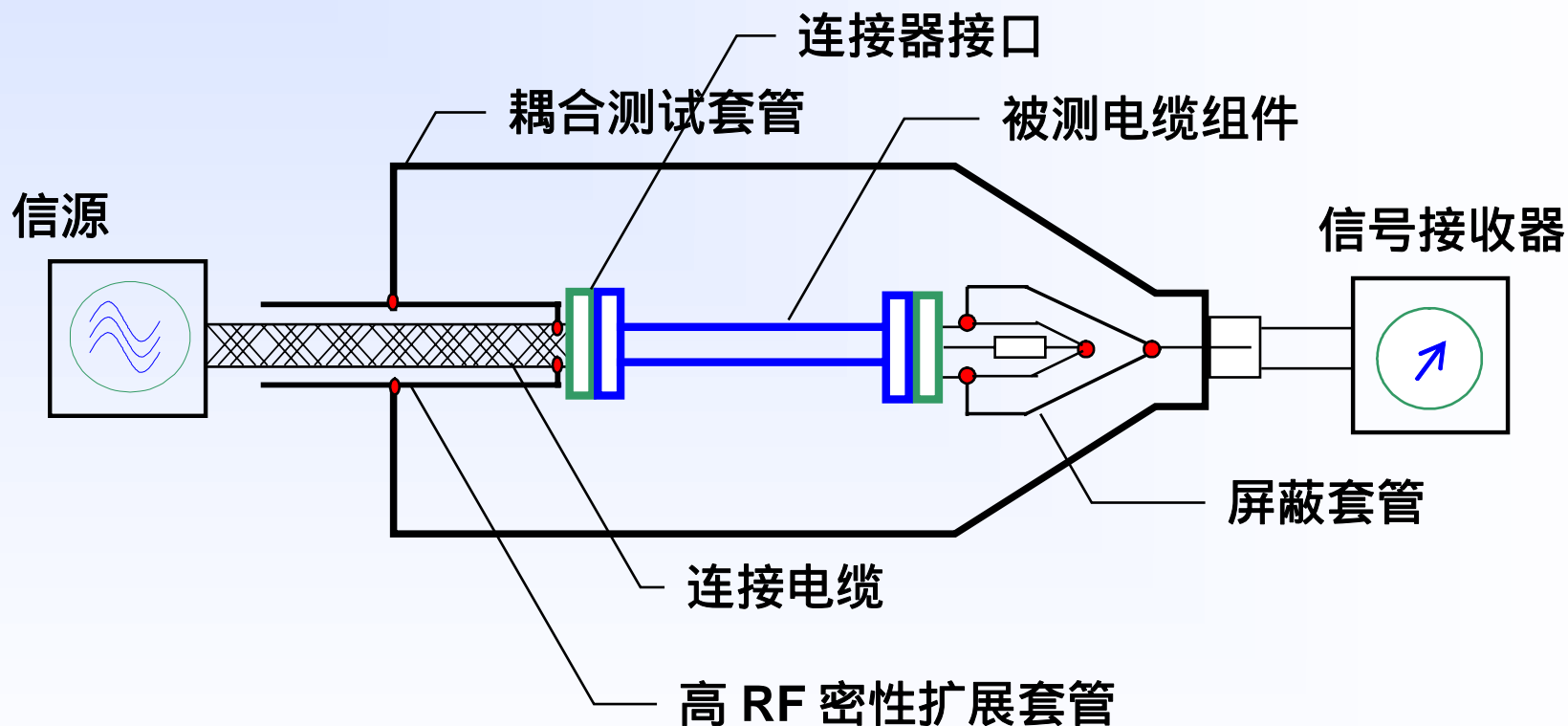


参考标准：IEC 62153-4-7 “Tube in tube”测试过程

# Nexans GG 45 耦合衰减测试结果



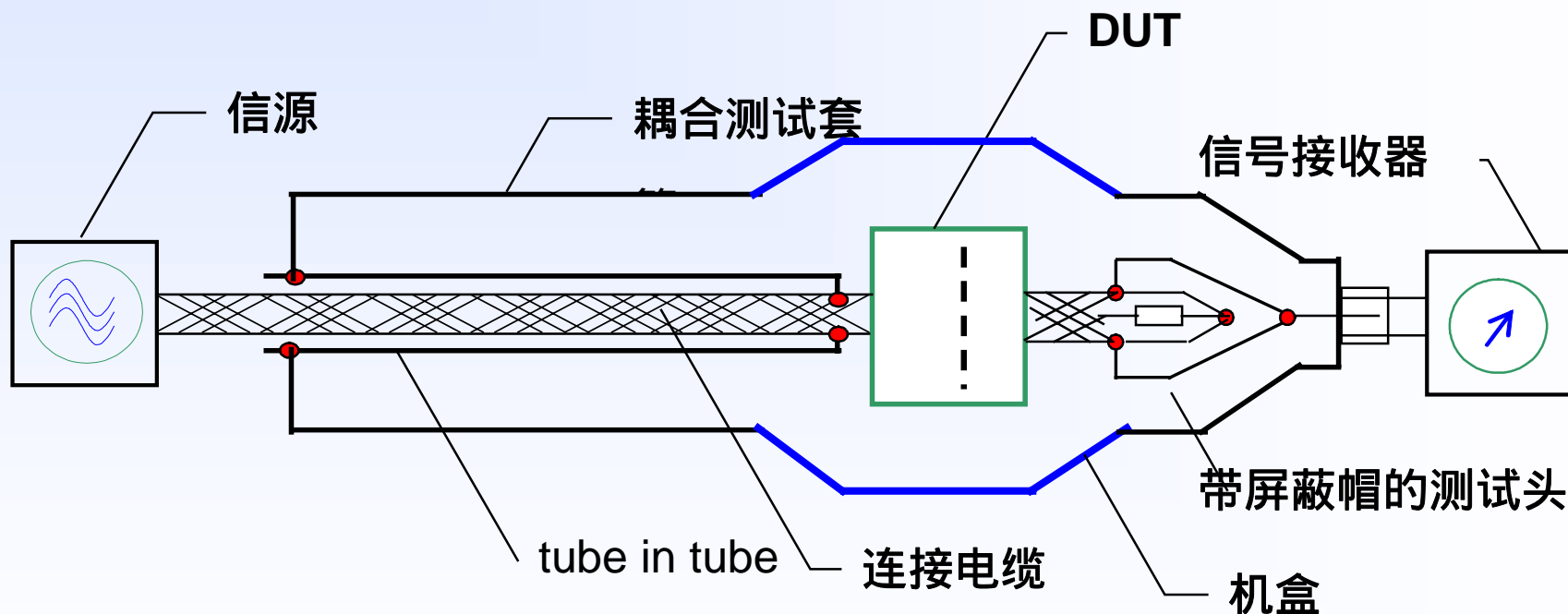
## 电缆组件的测量



参考标准：IEC 62153-4-7 “Tube in tube” 测试过程 (连接器和电缆组件)



## 带机盒的连接件测试设置



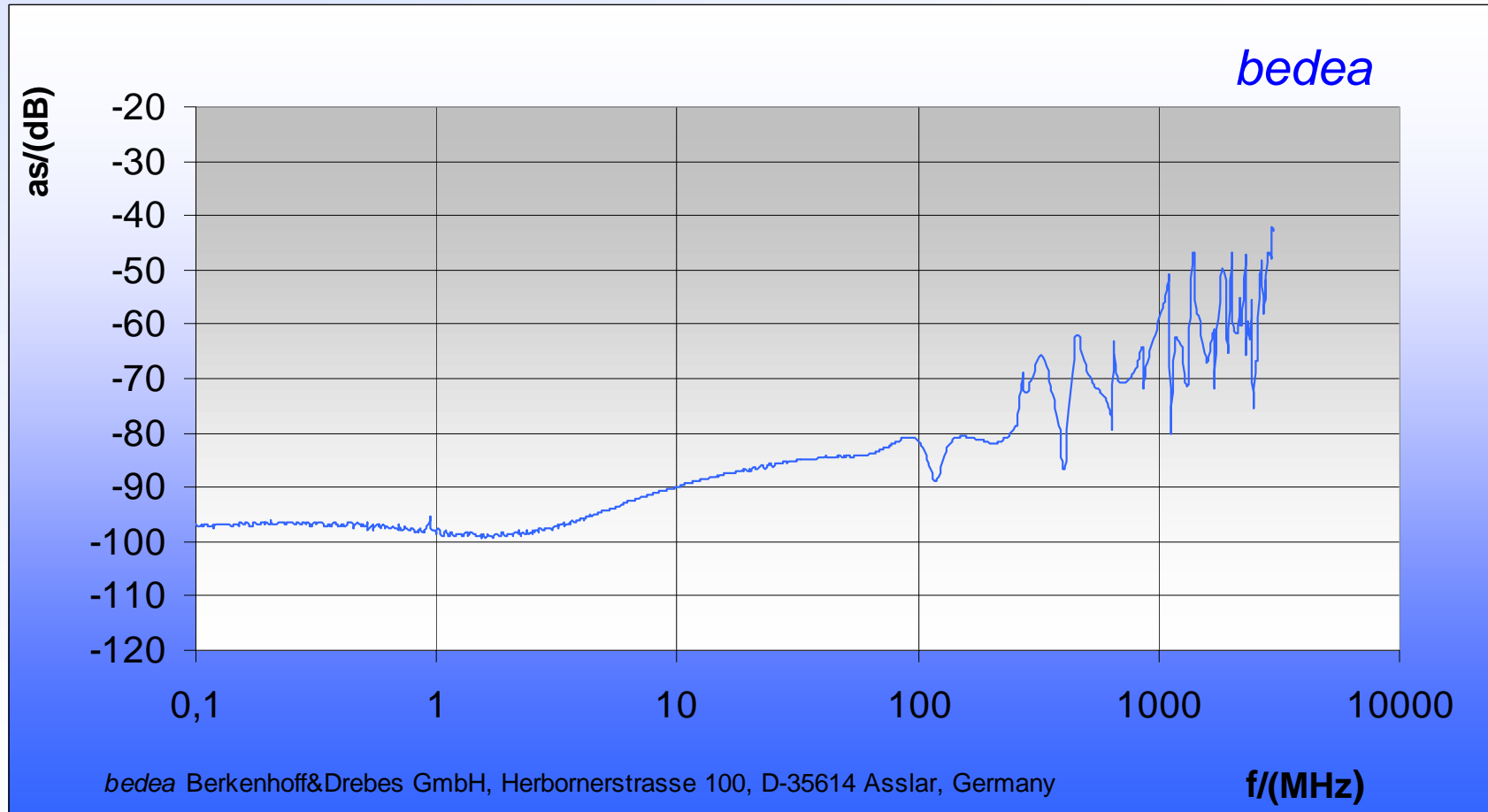
参考标准：参照IEC TC46/WG 5规定的测试过程

## 带机盒的测试件 CoMeT设置

管中管：CATV 壁装插座



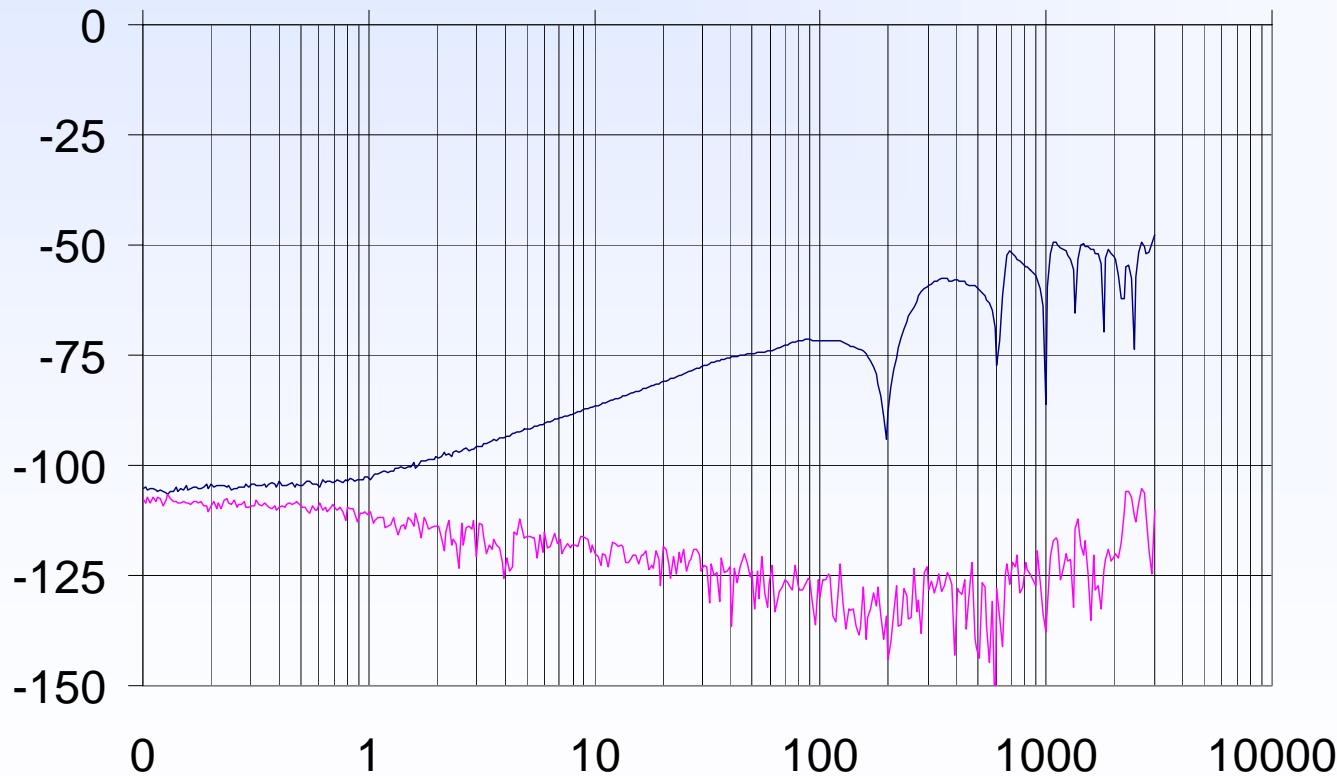
# CATV 壁装插座的测试结果



# 0.5m带小孔的电缆 tube in tube测试

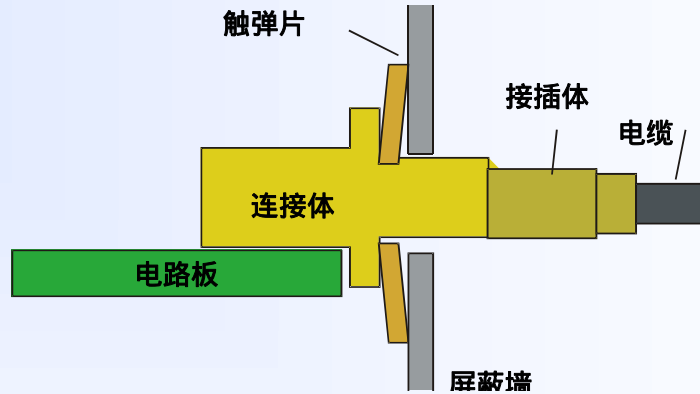
红色为装上F连接器后屏蔽良好的CATV壁装插座测试结果

蓝色为同一根电缆, 带3 mm直径小孔



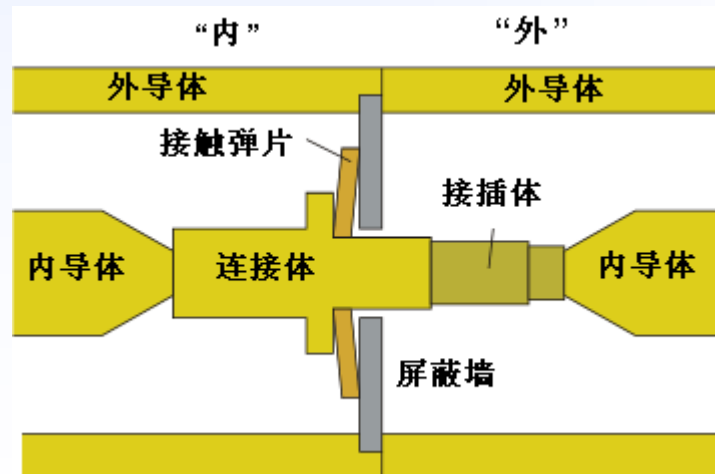
# 直通接插件和EMC垫片的EMC测试

**问题:**  
直通接插件和EMC垫片的EMC问题



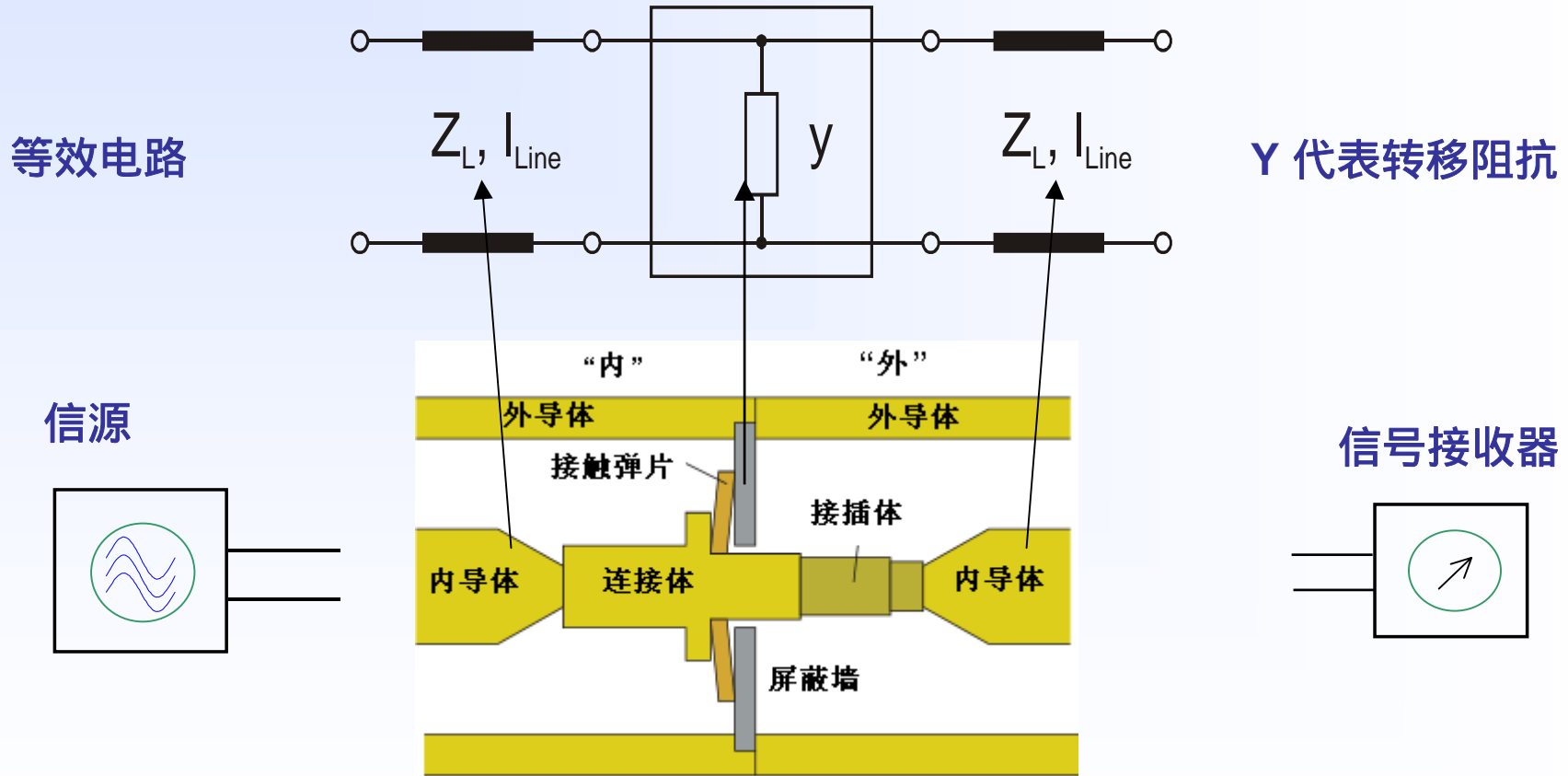
测试环境标准化的问题

→  
馈入的 RF电波



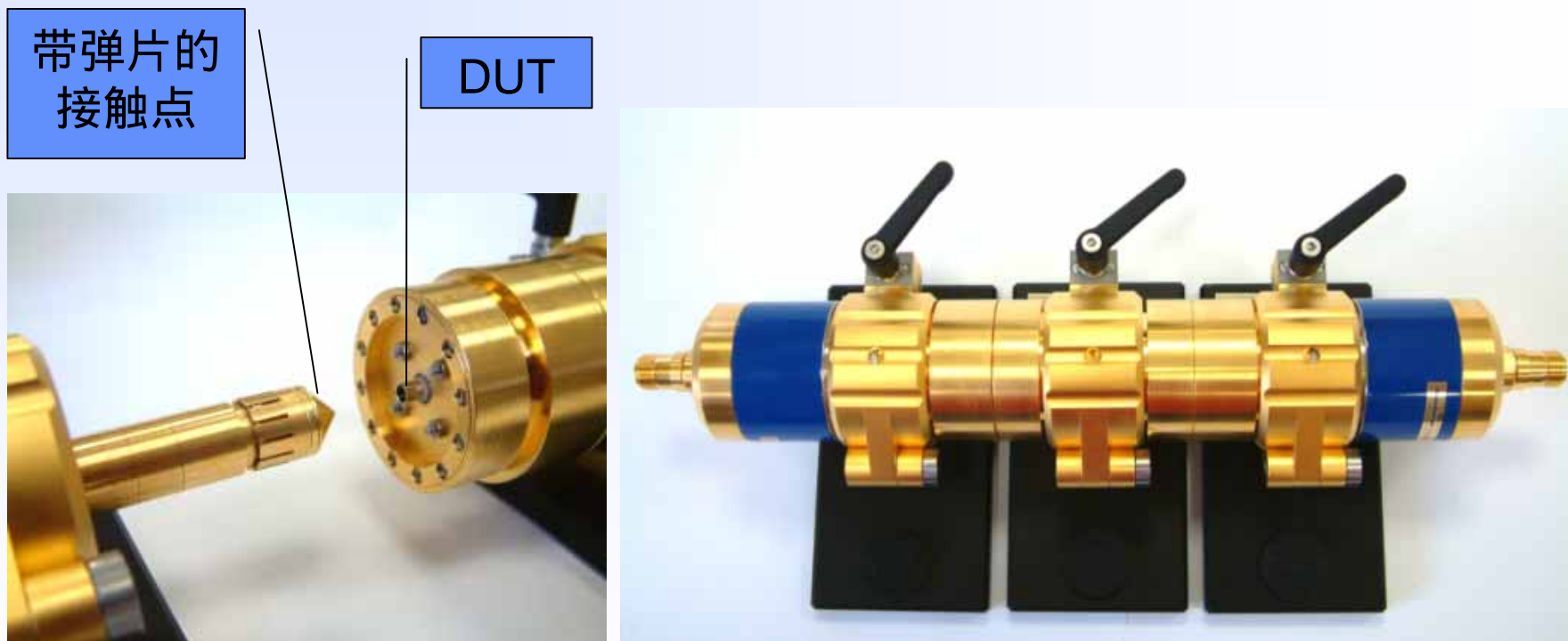
→  
测量的RF电波

# 直通接插件和EMC垫片的EMC测试



信号源和信号接收器包含在矢量网络分析仪 ( VNA ) 中

## 直通接插件和垫片的EMC测试



参考标准：测试过程参照 IEC TC46/WG5 和 IEC 62153-4-10

## 三同轴法的相关国际标准

<b>IEC TR 62153-4-1</b>	EMC 测量标准	46/199/DTR
<b>IEC 62153-4-3</b>	表面转移阻抗 – 三同轴法	2006-03
<b>IEC 62153-4-4</b>	屏蔽衰减" $a_s$ "测量方法, 频率范围到 3GHz	2006-05
<b>IEC 62153-4-7</b>	屏蔽衰减" $a_s$ "以及转移阻抗 $Z_T$ 的测量方法, 测量频率范围到 3 GHz Tube in Tube 方法	2006-04
<b>IEC 62153-4-9 IEC/PAS 62338 Ed1</b>	耦合衰减, 三同轴法	46/190/CDV
<b>IEC 62153-4-10</b>	馈电导体屏蔽效应和电磁垫片的屏蔽衰减" $a_s$ "测量方法	46/xxx/CD
<b>EN 50289-1-6</b>	通信电缆 – 测试方法及相关指标 第 1-6 部分: 电测量法 – 电磁性能 (包括 IEC 62153-4-3 和 IEC 62153-4-3)	2002



## 小结 I

- 通信电缆的屏蔽效果在低频段和高频段分别用**转移阻抗** ( **Transfer impedance** )  $Z_T$  和**屏蔽衰减** ( **Screening attenuation** )  $a_S$ 这两个指标来描述；
- 对于平衡双线传输线的屏蔽特性, **耦合衰减** ( **Coupling attenuation** )  $a_C$  是指传输线的**非平衡衰减** ( **Unbalance attenuation** ) 和**屏蔽衰减**  $a_S$ 之和；
- 使用 **bedea** 公司的**CoMeT** 测量系统测试**转移阻抗** $Z_T$  和**屏蔽衰减** $a_S$  , 频率范围从 100 kHz 到 8 GHz 只需一次设置即可完成；
- 而且, 可以测试平衡双线传输线的**耦合衰减** $a_C$
- 测试方法符合EN 50289-1-6 和 IEC 62153-4-3/-4-5/-4-7国际标准
- 目前正在努力使之符合 IEC 62153-4-9 和 IEC 62153-4-10 标准

## 小结 II

- 三同轴法设置的优点:
  - ◆ 被测件样本准备简单快捷
  - ◆ 一次测试即可同时获得  $Z_T$ ,  $a_S$  和  $a_C$
  - ◆ 高达 125 dB的测试灵敏度(只受限于矢网的灵敏度)
  - ◆ 测试过程无电磁辐射
  - ◆ 频率范围从 10 kHz 到高达 8 GHz
  - ◆ 测试重复性好
- 拓展应用：馈电导体和EMC垫片的屏蔽测量
  
- 更多详情请登陆 [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)
- 疑问及解答请联系 [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com)

耦合测试管 CoMeT  
罗德与施瓦茨 ZVRE



[www.bedea.com](http://www.bedea.com)  
[bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com)



## 【参考文献】

- [1] Halme, L./Szentkuti, B.: The background for electromagnetic screening measurements of cylindrical screens. Tech. Rep. PTT(1988) Nr. 3.
- [2] Breitenbach, O./Hähner T.: Kabelschirmung im Übergang von MHz- zu GHz-Frequenzen. ntz Bd. 46(1993) H.8, S. 602-608.
- [3] L. Halme, R. Kytönen, "Background and introduction to EM screening (shielding) behaviours and measurements of coaxial and symmetrical cables, cable assemblies and connectors", Colloquium on screening effectiveness measurements, Savoy Place London, 6 May 1998, Reference No:1998/452.
- [4] O. Breitenbach, T. Hähner, B. Mund, "Screening of cables in the MHz to GHz frequency range extended application of a simple measuring method", Colloquium on screening effectiveness measurements, Savoy Place London, 6 May 1998, Reference No:1998/452.
- [5] T. Hähner, B. Mund, "Test methods for screening and balance of communication cables", 13<sup>th</sup> international Zurich EMC Symposium, February 16-18 1999
- [6] Bernhard Mund, IWCS (International wire and cable symposium) 2004-08-17, Measuring the EMC on RF-connectors and connecting hardware, Tube in tube test procedure
- [7] IEC 62153-4-3 Transfer impedance, IEC 62153-4-4 Screening attenuation IEC 62153-4-7 Tube in tube IEC 62153-4-9, Coupling attenuation - Triaxial method, EN 50289-1-6 EMC on Communication cables,