

实验五 校园内无线信号场强特性的研究

一、实验目的：

1. 掌握在移动环境下阴影衰落的概念以及正确测试方法
2. 研究校园内各种不同环境下阴影衰落的分布规律。
3. 掌握在室内环境下场强的正确测试方法，理解建筑物穿透损耗的概念
4. 通过实地测量，分析建筑物穿透损耗随频率的变化关系
5. 研究建筑物穿透损耗与建筑材料的关系

二、实验原理：

无线通信系统是由发射机、发射天线、无线信道、接收机、接收天线所组成。对于接收者，只有处在发射信号的覆盖区内，才能保证接收机正常接收信号，此时，电波场强大于等于接收机的灵敏度。因此，基站的覆盖区的大小，是无线工程师所关心的。决定覆盖区的主要因素有：发射功率、馈线及接头损耗、天线增益、天线架设高度、路径损耗、衰落、接收机高度、人体效应、接收机灵敏度、建筑物的穿透损耗、同播、同频干扰。

(1) 大尺度路径损耗

在移动通信系统中，路径损耗是影响通信质量的一个重要因素。

大尺度平均路径损耗：用于测量发射机与接收机之间信号的平均衰落，即定义为有效发射功率和平均接收功率之间的(dB)差值，根据理论和测试的传播模型，无论室内或室外信道，平均接收信号功率随距离对数衰减，这种模型已被广泛地使用。对任意的传播距离，大尺度平均路径损耗表示为：

$$\overline{PL}(d)[dB] = \overline{PL}(d_0) + 10n \log(d/d_0) \quad (5-1)$$

即平均接收功率为：

$$\overline{P_r}(d)[dBm] = P_t [dBm] - \overline{PL}(d_0) - 10n \log(d/d_0) = \overline{P_r}(d_0)[dBm] - 10n \log(d/d_0) \quad (5-2)$$

其中， n 为路径损耗指数，表明路径损耗随距离增长的速度； d_0 为近地参考距离； d 为发射机与接收机(T-R)之间的距离。公式(5-1)和(5-2)中的横杠表示给定值 d 的所有可能路径损耗的综合平均。坐标为对数-对数时，平均路径损耗或平均接收功率可表示为斜率 $10n\text{dB}/10$ 倍程的直线。 n 值依赖于特定的传播环境。例如在自由空间， n 为 2，当有阻挡物

时，n 比 2 大。

决定路径损耗大小的首要因素是距离，此外，它还与接收点的电波传播条件密切相关。为此，我们引进路径损耗中值的概念。中值是使实测数据中一半大于它而另一半小于它的一个数值（对于正态分布中值就是均值）。人们根据不同的地形地貌条件，归纳总结出各种电波传播模型。下边介绍几种常用的描述大尺度衰落的模型。常用的电波传播模型

1) 自由空间模型

自由空间模型假定发射天线和接收台都处在自由空间。我们所说的自由空间一是指真空，二是指发射天线与接收台之间不存在任何可能影响电波传播的物体，电波是以直射线的方式到达移动台的。自由空间模型计算路径损耗的公式是：

$$L_p = 32.4 + 20\lg d + 20\lg f \quad (5-3)$$

其中 L_p 是以 dB 为单位的路径损耗， d 是以公里为单位的移动台与基站之间的距离， f 是以 MHz 为单位的移动工作频点或工作频段的频率。

空气的特性可近似为真空，因此当发射天线与移动台距离地面都较高时，可以近似使用自由空间模型来估计路径损耗。

2) 布灵顿模型

布灵顿模型假设发射天线和移动台之间的地面是理想平面大地，并且两者之间的距离 d 远大于发射天线的高度 ht 或移动台的高度 hr ，此时的路径损耗计算公式为：

$$L_p = 120 + 40\lg d - 20\lg ht - 20\lg hr \quad (5-4)$$

其中距离 d 的单位是公里，天线高度 ht 及 hr 的单位是米，路径损耗 L_p 的单位是 dB。系统设计时一般把接收机高度按典型值 $hr=1.5m$ 处理，这时的路径损耗计算公式为：

$$L_p = 116.5 + 40\lg d - 20\lg ht \quad (5-5)$$

按自由空间模型计算时，距离增加一倍时对应的路径损耗增加 6dB；按布灵顿模型计算时，距离增加一倍时对应的路径损耗要增加 12dB。

3) EgLi 模型

前述的自由空间模型及布灵顿模型都是基于理论分析得出的计算公式。EgLi 模型则是从大量实测结果中归纳出来的中值预测公式，属于经验模型，其计算式为：

$$L_p = 88 + 40\lg d - 20\lg ht - 20\lg hr + 20\lg f - G \quad (5-6)$$

其中路径损耗 L_p 的单位是 dB，距离 d 的单位是公里，天线高度 ht 及 hr 的单位是米，工作频率 f 的单位是 MHz，地形修正因子 G 的单位为 dB。 G 反应了地形因素对路径损耗的影响。EgLi 模型认为路径损耗同接收点的地形起伏程度 Δh 有关，地形起伏越大，则路径损耗也

越大。当 Δh 用米来测量时，可按下式近似的估计地形的影响：

$$G \approx \begin{cases} 0 & \Delta h < 15m \\ 2.43\left(1 - \frac{\Delta h}{15}\right) & \Delta h > 15m \quad 150MHz \text{ 频段} \\ 3.05\left(1 - \frac{\Delta h}{15}\right) & \Delta h > 15m \quad 280MHz \text{ 频段} \end{cases} \quad (5-7)$$

若将移动台的典型高度值 $hr = 1.5m$ 代入 EgLi 模型则有：

$$L_p = 84.5 + 40L_{gd} - 20L_{ght} + 20L_{gf} - G \quad (5-8)$$

4) Hata—Okumura 模型

Hata—Okumura 模型也是依据实测数据建立的模型。当移动台的高度为典型值 $hr = 1.5m$ 时，按 Hata—Okumura 模型计算路径损耗的公式为：

$$\text{市区: } L_{p1} = 69.55 + 26.2L_{gf} - 13.82L_{ght} + (44.9 - 6.55L_{ght})L_{gd} \quad (5-9)$$

$$\text{开阔地: } L_{p2} = L_{p1} - 4.78(L_{gf})^2 + 18.33L_{gf} - 40.94 \quad (5-10)$$

一般情况下，开阔地的路径损耗一般都比市区小。

(2) 阴影衰落

在无线信道里，造成慢衰落的最主要原因是建筑物或其它物体对电波的遮挡。在测量过程中，不同测量位置遇到的建筑物遮挡情况不同，因此接收功率也不同，这样就会观察到衰落现象。由于这种原因造成的衰落也叫“阴影效应”或“阴影衰落”。在阴影衰落的情况下，移动台被建筑物所遮挡，它收到的信号是各种绕射、反射、散射波的合成。所以，在距基站距离相同的地方，由于阴影效应的不同，它们收到的信号功率有可能相差很大，理论和测试表明，对任意的 d 值，特定位置的接收功率为随机对数正态分布即：

$$P_r(d)[dBm] = \bar{P}_r(d)[dBm] + X_\sigma = \bar{P}_r(d_0)[dBm] - 10n \log(d/d_0) + X_\sigma \quad (5-11)$$

其中， X_σ 为 0 均值的高斯分布随机变量，单位为 dB，标准偏差为 σ ，单位也是 dB。

对数正态分布描述了在传播路径上，具有相同 T-R 距离时，不同的随机阴影效应。这样利用高斯分布可以方便地分析阴影的随机效应。正态 (Normal) 分布，也叫高斯 (Gaussian) 分布，它的概率密度函数是：

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (5-12)$$

应用于阴影衰落时，上式中的 x 表示某一次测量得到的接收功率， m 表示以 dB 表示的

接收功率的均值或中值， σ 表示接收功率的标准差，单位为 dB。阴影衰落的标准差同地形、建筑物类型、建筑物密度等有关，在市区的 150MHz 频段其典型值是 5dB。

除了阴影效应外，大气变化也会导致慢衰落。比如一天中的白天、夜晚，一年中的春夏秋冬，天晴时、下雨时，即使是在同一地点上，也会观察到路径损耗的变化。但在测量的无线信道中，大气变化造成的影响要比阴影效应小的多。表 5—1 列出了阴影衰落分布的标准差，其中的 σ_s (dB) 是阴影效应的标准差。

表 5—1

阴影衰落分布的标准差 σ_s (dB)

	σ_s (dB)				
频率 (MHz)	准平坦地形		不规则地形 Δh (米)		
	城市	郊区	50	150	300
150	3.5~5.5	4~7	9	11	13
450	6	7.5	11	15	18
900	6.5	8	14	18	21

(3) 建筑物的穿透损耗的定义

建筑物穿透损耗的大小对于研究室内无线信道具有重要意义。穿透损耗又称大楼效应，一般指建筑物一楼内的中值电场强度和室外附近街道上中值电场强度 dB 之差。

发射机位于室外，接收机位于室内，电波从室外进入到室内，产生建筑物的穿透损耗，由于建筑物存在屏蔽和吸收作用，室内场强一定小于室外的场强，造成传输损耗。室外至室内建筑物的穿透损耗定义为：室外测量的信号平均场强减去在同一位置室内测量的信号平均场强。用公式表示为：

$$\Delta P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i^{(outside)} - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M P_j^{(inside)} \quad (5-13)$$

ΔP 是穿透损耗，单位 dB， P_j 是在室内所测的每一点的功率，单位 $\text{dB } \mu \text{v}$ ，共 M 个点， P_i 是在室外所测的每一点的功率单位 $\text{dB } \mu \text{v}$ ，共 N 个点。

三、实验设备：

DS1131 场强仪、拉杆天线

四、实验内容：

利用 DS1131 场强仪，实地测量信号场强

- 1) 研究具体现实环境下阴影衰落分布规律，以及具体的分布参数如何。
- 2) 研究在校园内电波传播规律与现有模型的吻合程度，测试值与模型预测值的预测误差如何。
- 3) 研究建筑物穿透损耗的变化规律。

五、实验步骤

(1) 测量（数据采集）：

- 1) 校园内室外信号的测量：用场强仪 DS1131 测量校园内各条马路上的开放无线信号，频点自选。测量地点包括南北主马路、花园、操场、家属区，教学区、宿舍区等，每个测量地点的范围为一栋楼左右，每隔半个波长记录一个数据，将数据按测量地点分类，每个地点测量的数据至少大于 50 个，并且记录测量地点。
- 2) 校园内室内信号的测量：在宿舍楼、教学楼的室内环境测量，包括宿舍、教室及楼道里，每一个房间或楼道为一个测量地点，在楼道里每隔半个波长记录一个数据，在房间里按靠近窗户、门、四周墙壁及屋内中央周围等不同位置测量，每个地点测量的数据至少大于 50 个，并且记录测量地点。
- 3) 建筑物穿透损耗的测量：分别对几幢砖石和钢筋混凝土结构的教学楼和学生宿舍楼的测量。测量分为室外、室内，所谓室外是指最靠近该建筑物一层的路面上，围绕该建筑物转一圈测量，测量方法同上（室外信号的测量）；室内按不同建筑物的每一个楼层进行测量，包括走廊和每个房间内的不同位置测量，测量方法同上（室内信号的测量），每个地点测量的数据至少大于 50 个，并且记录测量地点。

(2) 数据录入：

将测量数据填入 excceL 表格，字段排列为测量日期，地点（包括楼号、哪一条马路等），状态（包括楼层、室内靠窗、室外、走廊等），电平值。格式如下表，以便于将来筛选分类数据。

日 期	地 点	状 态	电 平 (dbmw)
08-3-27	学一五楼西侧水房	五楼、靠窗、室内	-50.3
08-3-27	学一五楼西侧楼梯口	五楼、室内	-54.6

(3) 数据处理：

用 matLab 对大量的数据进行编程处理，首先将测量数据按室内、室外分类，编程计算

其均值与标准差，并且画出概率的累积分布曲线，与标准正态分布的累积曲线比较，得出室内室外阴影衰落的分布规律。按照上述公式计算建筑物的穿透损耗。

六、实验结论及报告要求：

- 1) 在室外或室内环境下，阴影衰落服从的分布规律，并且画出概率分布柱状图和累积分布曲线，求出具体分布参数如均值和标准差。
- 2) 在北邮校园电波分布与现有传播模型的比较，得出用具体哪一种模型适合预测校园里的场强，以及具体的预测误差多大（在已知发射台参数的情况下）。
- 3) 砖石结构建筑物的平均穿透损耗的均值和标准差，以及随着楼层的变化规律。
- 4) 钢筋混凝土建筑物的平均穿透损耗的均值和标准差，以及随着楼层的变化规律。
- 5) 建筑物内部不同分隔空间的穿透损耗比较，如走廊里与房间内，大房间与小房间，同一个房间的不同位置如靠近窗户与其他位置以及随着电波深入建筑物内部，穿透损耗的变化规律。要求具体定量关系。

实验六 频谱特性的测量

(一) HP8594E 频谱仪

一、实验目的:

1. 了解 HP8594E 频谱仪的原理及使用
2. 掌握射频信号的测试并了解其频谱特性及分布情况
3. 学会无源微波器件的传输损耗、反射损耗及 Ndb 带宽测量

二、仪器简介:

HP8594E 频谱分析仪，频率范围 9KHZ-2.9GHZ，分辨率带宽 300HZ、1KHZ、3KHZ、10KHZ 等，功率范围为 -100~+30dbm，内置跟踪发生器。用于测量输入信号的幅度、回波损耗、插入损耗、Ndb 带宽、三阶交调、三阶遮断点功率等。

前面板组成如下图 6-1 所示

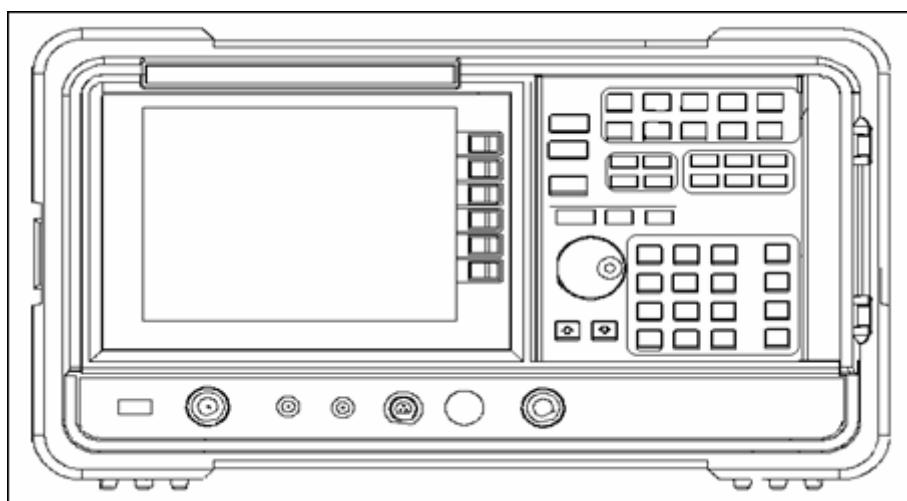


图 6-1 8594E 型频谱分析仪面板

如同示波器一样，频谱仪是观察信号的一种基本手段。示波器提供的是进入时域的窗口，而频谱仪则提供进入频域的窗口，图 6-2 是扫描调谐式频谱分析仪的简化方框图。

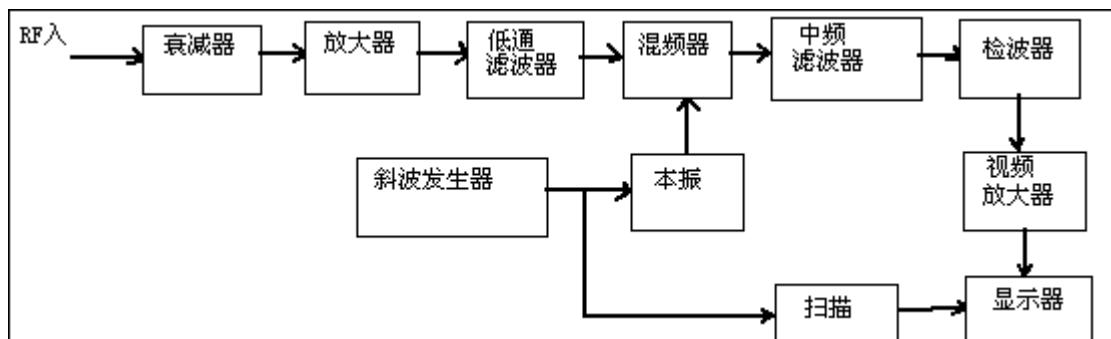


图 6-2 频谱分析仪原理框图

在该分析仪中，输入端的射频信号首先经过衰减器和低通滤波器（其中衰减器对信号的幅度进行限制，而滤波器则用于消除不希望的频率）后，信号便与由压控振荡器（VCO）产生的本振信号进行混频。VCO 的频率由一个重复斜波发生器控制，该斜波发生器的电压也驱动显示器的水平轴。当 VCO 的频率改变时，混合输入信号便扫过频率固定的分辨带宽滤波器（中频滤波器）。然后，检波器测量通过中频滤波器的信号的功率电平，产生驱动显示器垂直部分的直流电压。随着 VCO 扫过它的频率范围，屏幕上便描绘出一条迹线。这条迹线显示出在所选定频率范围内输入信号的频谱成分。

频谱分析仪可广泛用于电子对抗、导航、频率检测、器件测试、射频通信、噪声系数和标量网络分析测量。

三、使用说明：

以下就实验中用到的基本键简单说明如下：

1) **FREQUENCY** (频率)、**SPAN** (带宽)、**AMPLITUDE** (幅度)：是三个主要的按键。它们可激活基本的仪器功和相关的功能菜单。其中：

- ◆ **FREQUENCY** 用于访问频率功能的菜单，设置中心频率、起始频率、中心频率等。
- ◆ **SPAN** 用于激活 span 功能，设置频率的宽度等。
- ◆ **AMPLITUDE** 用于激活参考电平功能并访问幅度菜单键，设置影响纵坐标的显示等。

2) **Preset**：将分析仪重置到预设状态。

3) **MARKER**：用于访问各标记，选择标记的类型和数量，以及标记的打开和关闭。标记是标识示迹点的菱形字符，可有多达 4 个的标记同时出现在显示屏上，但每次只能控制一个标记。

四、使用仪器注意事项：

1. 电源插座要有良好接地。
2. 防止静电，不要用手触摸测试线内导体。
3. 所测部件功率不可超过额定值。
4. HPIB 接口不可带电插拔。
5. 使用前应预热 30 分钟。

五、实验内容：

1. 介绍 8594E 频谱分析仪的原理、前面板及使用方法等。
2. 强调使用仪器的注意事项。
3. 介绍 8594E 频谱分析仪的自校方法及自校的目的。
4. 实测无源微波器件，了解所测器件的传输损耗、反射损耗及 Ndb 带宽等各种技术指标的测量方法。
5. 实测广播电视信号、GSM 移动信号等，并观察它们的频谱特性。

(二) ESPI 测试接收机

一、实验目的:

1. 掌握 ESPI 测试接收机的基本操作方法
2. 掌握射频信号的测试并了解其频谱特性及分布情况

二、仪器简介:

罗德施瓦兹公司生产的 ESPI TEST RECEIVER 使用了通用的平台系统，其频率范围 9kHz 至 3GHz。可以作为 EMI 测试接收机、频谱分析仪。安装了 R&S ESPI-K50 选件后可作为场强测试接收机，用来测量通信和广播网络的场强覆盖。

作为频谱分析仪使用时，分辨率带宽 10Hz 到 10MHz(1/3/10 步进)。输入端口最大射频功率为 +30dbm。

三、实验内容:

- (1) 测试调频广播信号的电平，并观测其频谱
- (2) 测试模拟、数字电视信号的电平，并观测其频谱
- (3) 测试 GSM、CDMA、联通 3G 手机的上下行信号的电平，并观测其频谱

四、实验步骤:

- (1) 设置频率: /->PRESET /->FREQ /->STRAT 输入起始频率； /->STOP 输入终止频率。
- (2) 设置带宽: /->BW /->RES BW MANUAL 输入分辨率带宽； /->VIDEO 输入视频带宽。
- (3) 设置幅度: /->AMPT 转动圆盘，设置最大、最小值。
- (4) 跟踪频谱: /->TRACE /->MAX HOLD 观察所测信号频谱，记录并分析屏幕中信号的特征

五、实验要求:

- (1) 记录所测常用无线信号的频谱图，掌握常用无线信号的电平和频谱图的特征
- (2) 完成附录中的实验问卷
- (3) 自己动手熟悉掌握 E8000 频谱仪，并进行无线信号的测量

实验七 网络参量的测量

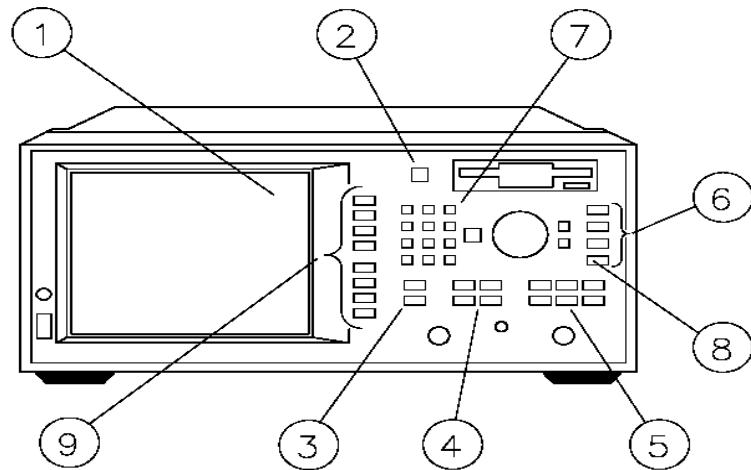
一、实验目的:

1. 了解矢量网络分析仪的原理及使用
2. 了解无源器件和部件的 S 参数的测量
3. 学会窄带滤波器（梳状、叉指或波导性滤波器）的调测方法及技术指标测量

二、仪器简介:

8714ES 是由 AgiLent TechnoLogies (安捷伦科技有限公司) 生产的适用于 S 参数测量的 RF 网络分析仪。频率范围为 300KHZ–3GHZ，输入端口电平小于 10DBM，接收机的最大功率 +26DBM。

8714ES 网络分析仪的面板如附图 7-1 所示。



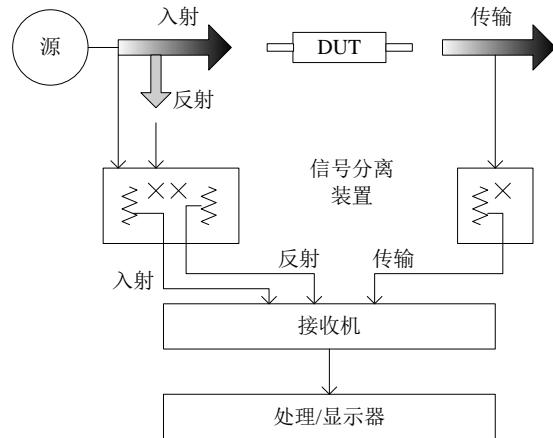
附图 7-1 8714ES 型网络分析仪面板

在微波范围内，任何一个网络（不是计算机网络，这里多指的是器件或元件）都可以用 S 参数来表示其特性，并且 S 参数为复数量，在实际测量中需要知道它的幅度和相位。常用来测量 S 参数的设备叫网络分析仪（Network AnaLyzer），由于 S 参数为复数，能测量出 S 参数幅度和相位的又称之为矢量网络分析仪（Vector Network AnaLyzer），而只能测量幅度的网络分析仪称为标量网络分析仪（ScaLar Network AnaLyzer）。

网络分析仪所测微波网络可以包括有源和无源器件。有源器件如 RF 集成电路、收发组件、晶体管、压控放大器等等；无源器件如二极管、各类传输线、滤波器、功分器、定向耦合器、魔 T、天线、隔离器等等。除测量单口或双口微波网络 S 参数的幅度和相位外，网分

也用于测量微波网络的回波损耗、插入损耗、隔离度、阻抗、增益、驻波比、群时延等。

网络分析仪的原理框图如下图 7—2 所示，主要包括四个部分：激励源，信号分离装置，接收机，显示器或处理器。



附图 7—2 网络分析仪原理框图

1) 激励源

集成化综合源，可进行频率扫描和功率扫描，提供激励用于激励-响应测试。

2) 信号分离装置

信号分离硬件由功分器或定向耦合器完成。它有两种功能：第一是测量入射信号的一部分作为求比值的参考，第二是在被测件（DUT）的输入端分离入射（正向）和反射（反向）行波。

3) 提供信号检测的接收机

网络分析仪中检测信号有两种基本方法：

二极管检波器把射频信号电平按比例变换为直流电平（DC）。如果是幅度调制信号，二极管从调制信号中去除载波（AC 检波）。

调谐接收机用一个本振源（LO）与射频混频得到较低的中频。

4) 用于计算和观察结果的处理器或显示器

网络分析仪最后的硬件框图是显示器/处理器部分。在这里反射和传输数据用格式化的方式显示，使其易于说明测量结果。

三、使用说明：

- 1) 源频率的设置，按 **FREQ** 键后，用数字键等进行设置。
- 2) 源功率电平的设置，按 **POWER** 键后，用数字键等进行设置。
- 3) 选择需测量的 S 参数或功率测量，按 **MEAS1** 键或 **MEAS2** 键后，再进行参数的选择。

- 4) 设置所测量的参数的纵向显示格式, 按 **SCALE** 键后, 再进行选择。
- 5) 读某个频点的值时, 可设置 Marker, 按 **MARKER** 键后, 再进行设置。
- 6) 选择对数幅度、相位、驻波系数、阻抗、Smith 圆图, 按 **FORMAT** 键后, 再根据屏幕上显示的菜单进行选择。
- 7) 测功率, 选择 **MEAS1**→**More**→**Power** 后, 再用数字键进行设置。
- 8) 复制数据和图形, 先按 **HARD COPY** 键, 再选择菜单中显示的 **Start**, 按其对应的灰色键, 等屏幕上显示存盘完成的提示即可。

四、基本测量步骤:

- 1、开启网络分析仪。
- 2、预置网络分析仪, 按 **PRESET** 键。
- 3、选择测量通道。
- 4、输入频率范围, 按 **FREQ** 键, 再进行相应设置。
- 5、输入源功率电平, 按 **POWER** 键, 再进行相应设置。
- 6、选择所需测量的参数, 校准网络分析仪。若测量传输参数, 则将两根电缆用连接头相连, 按 **DISPLAY** Normalize; 若测量反射参数, 则将相应端口开路, 按 **DISPLAY** Normalize。
- 7、连接被测件, 进行测量。可通过 **SCALE** 键访问定度菜单。

五、输入测量参数及显示方式控制

预置分析仪

按 **PRESET** 键。当分析仪用 **PRESET** 键预置时, 将返回到一已知的工作状态。

● 输入频率范围

按 **FREQ** 键, 访问频率软键菜单。

软键 **Start** 和 **Stop** 用于设置频率范围的起止, 数值由数字键、面板旋钮或者

键输入。还可以用 **Center** 和 **Span** 软键设置频率范围。

输入频率时, 需注意使用适当的软键来保证正确的单位。如果用 **ENTER** 键来终止频率输入, 默认的单位为 Hz。

● 输入源功率电平

按 **POWER** 键, 访问功率电平软键菜单。

先按 **LeveL** 键, 输入适当的数值后, 按 **dBm** 或 **ENTER** 键来设置电平功率。

● 定度测量示迹

按 **SCALE** 键, 访问定度菜单。

AutoscaLe 可以在显示屏中观察完整的测量示迹。

ScaLe/Div 用以设定每分度刻度所代表的 dB 数。

Reference Position 用以设置参考位置，参考位置是按照从下到上的顺序由 0 开始的编号的。

Reference LeveL 用以设定参考电平。

● 输入有效测量通道和类型

MEAS1 和 **MEAS2** 键用于选择那一个通道被激活，一般来说，测量参数的任何变化只影响当前被激活的通道，被激活的通道会比非激活通道更亮。对于那些不能在单一测量通道中独立设置的测量参数，它们改变时，两个通道都会受到影响。

若需要在测量通道 1 测量 S21，在测量通道 2 测量 S11，可按以下各键：

PRESET **MEAS1** **S21 Fwd Trans**

MEAS2 **S11 RefL Port1**

若只观察测量通道 2 的 S11 测量，按 **MEAS1** **Meas OFF**。

若需要再次观察两个测量通道，按 **MEAS1**。

若需要在分开的屏幕上同时观察两个测量通道，按 **DISPLAY** **More DispLay SpLit**

Disp FULL spLit 即可分离显示两个通道的测量结果。

六、使用仪器注意事项：

1. 电源插座要有良好接地。
2. 防止静电，不要用手触摸测试线内导体。
3. 所测部件功率不可超过额定值。
4. HPIB 接口不可带电插拔。
5. 使用前应预热 30 分钟。

七、实验内容：

1. 介绍 8714ES 矢量网络分析仪的原理、前面板及使用方法等。
2. 强调使用仪器的注意事项。
3. 介绍矢量网络分析仪的校准方法及校准的必要性。
4. 实测窄带滤波器（梳状、叉指或波导性滤波器），了解滤波器各种技术指标的测量方法。

附录：

实验仪器简介

二、DS1131 场强仪

DS1131 频谱场强分析仪，可以测量并显示单频率电平及全频道频谱载波电平，在电平和频谱功能下，通过峰值保持功能可以检测出偶然干扰。同时用户也可以方便地进行模拟频道、QAM 数字频道及 FM 频道的测量；在射频输入口加装拉杆天线，可以测量空间传输的电磁波。

(1) 技术指标：

频率范围: 46MHz ~ 870MHz; 精度: $\pm 50 \times 10^{-6}$ ($20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$); 分辨率: 10KHz

接收带宽 280KHz

频道类型

模拟电视: TV; 数字电视: QAM QPSK ; 频率频道: SIGL

频道扫描:

扫描频道总数: 最多 150 个频道 ; 扫描速度: 10 个频道/秒; 刻度: 1, 2, 5, 10 dB/格

焦距: 1X, 2X, 3X, 4X, 5X 五级放大

频率频谱

带宽: 2.5MHz, 6.25MHz, 12.5MHz, 25MHz, 62.5MHz ; 刻度: 1, 2, 5, 10 dB/格

电平测试范围: 30dB μV ~120dB μV

数字频道(平均)电平

带宽: 0.28~9.99MHz; 中心频率: 在测量范围内; 数字调制: QAM, QPSK

电源供给

电池: 3.6V 3.5AH Ni-MH 电池; 充电器: AC 90~240V 50/60HZ 1.8A/7V

工作时间: 6 ~8 小时 (充满电); 充电时间: 少于 3 小时

附表 1:

北京无线电视频道频率：

模拟电视：

频道	频率范围	图象	伴音频道	台标
CH2	56. 5–64. 5	57. 75	64. 252	中央 1
CH6	167–175	168. 25	174. 75	北京 1
CH8	183–191	184. 25	190. 758	中央 2
CH21	534–542	535. 25	541. 75	北京 2

数字电视：

CH14 478–485

附表 2:

中国移动

GSM900 上行频段：890–909 MHz；下行频段：935–954 Mhz

GSM1800MHz 上行频段：1710–1725 MHz；下行频段：1805–1820 Mhz

3G TDD 1880–1900MHz 和 2010–2025MHz

4GTDD LTE 1880 –1900 MHz (20M) ; 2320–2370 MHz (50M) ; 2575–2635 MHz (65M)

中国联通

GSM900 上行频段：909–915 MHz；下行频段：954–960 Mhz

GSM1800MHz 上行频段：1745–1755 MHz；下行频段：1840–1850 Mhz

3G FDD 上行频段：1940–1955MHz；下行频段：2130–2145MHz

4G FDD LTE 1755–1765MHz/1850–18600MHz

4G TDD LTE2300–2320 MHz (20M) ; 2555–2575 MHz (20M)

中国电信

CDMA800 上行频段：825–840MHz；下行频段：870–885MHz

3G FDD 上行频段：1920–1935MHz；下行频段：2110–2125MHz

4G FDD LTE1765–1780MHz/1860–1875MHz

4G TDD LTE2370–2390 MHz (20M) ; 2635–2655 MHz (20M)

频谱特性测量演示实验问卷

1. ESPI 测试接收机所测频率范围为：
2. ESPI 测试接收机的 RF 输入端口最大射频信号： dbm,

最大直流: v

3. 是否直观的观测到电磁波的存在？（回答是/否）
4. 演示实验可以测到的空间信号有哪些，频段分别为：

5. 课堂演示的模拟电视和数字电视频谱图：如何判断是模拟还是数字电视？

6. 课堂演示 GSM900 上下行频谱图，CDMA 下行频谱图，3G 下行频谱图：

7. 该频谱仪能检测的频谱范围，是否能观察到 WIFI、电磁炉、蓝牙等频谱？（请分别说明，并指出其频率）

网络参量测量演示实验问卷

1 8714ES 矢量网络分析仪所测频段： ，其中 E 的含义： S 的含义：

2 8714ES 端口最大射频信号： dbm，最大直流：

3 矢量网络分析仪为何要校准：

4 默认校准和用户校准的区别：

5 使用矢量网络分析仪的注意事项

6 用户二端口校准的方法：