



无线系统性能优化的关键——天馈系统的现场测试

以下是天线和馈线的一些常见故障现象：

天线故障

- 雷电，水和风所造成的破坏
- 来自紫外线辐射的破坏
- 结冰和长期温度的循环变化所造成的破坏
- 大气污染所造成的腐蚀
- 由于环境条件使天线防护罩的介质特性发生变化，从而导致天线性能的变化。

电缆故障

- 由于安装引起的故障，如接地夹过紧而导致外导体变形
- 电缆介质渗水
- 绝缘层损坏而导致外导体腐蚀

接头故障

- 防水胶安装不当导致腐蚀
- 与电缆的内导体或外导体连接不良
- 安装过紧，或由于温度的循环变化导致松弛

此外，还有一些特殊环境下才有的故障，如在重工业区的大气污染所引起的腐蚀，或由于本地天气条件引起大风或冰所导致的故障。解决这些问题需要额外的费用，因为可能要申请攀登到天线塔上进行调试和维修。

基站管理的一项重要和有力的手段是故障距离（DTF）的测量。对于传输线系统而言，故障距离的测量提供了回波损耗或 VSWR 相对于距离的变化信息。通过 DTF 测量可以找出各种类型的故障，包括接头损坏、传输电缆变形和整个天线系统性能的下降。DTF 测量的另一个意义是，从塔底至塔顶的电缆的故障（包括其严重程度和沿传输线的相对位置）都可以很容易被确定（图 2）。

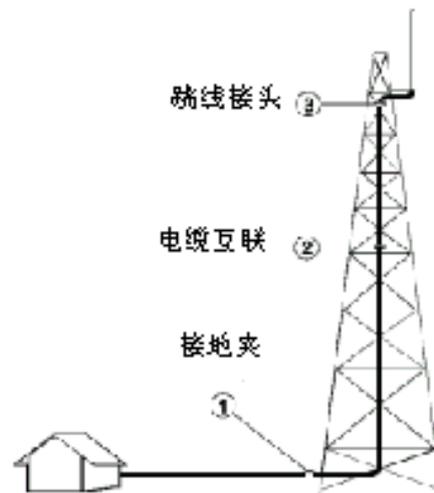
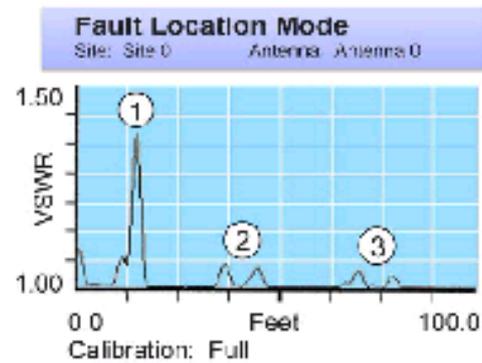


图 2. 故障定位测量

对于现场维护人员来说更有价值的意义在于，故障距离（DTF）的测量不但可以确定真正的设备故障，而且可以监测天馈系统性能的微小的退化



无线系统性能优化的关键——天馈系统的现场测试

情况。故障定位分析对于维护是非常有用的，而这一点是传统仪器如频谱分析仪/跟踪信号发生器所难以做到的。

故障位置“特性”的定期监测和比较是通信系统有效维护和基站有效管理的基础。每个部件在传输线上都会产生反射。而每个传输系统都有其唯一的驻波或回波损耗偏差和相对位置的图形，如果定期监测这些特性的变化情况，就可以发现问题所在，从而可以在其影响系统性能之前对其进行校正。

图 2 表示了一个典型的传输系统及其相关的故障位置特性。注意系统中的每个部件，包括天线、跳线电缆、互联接头，及不正确的安装都会产生反射。这些反射在故障定位特性中表现为“拐点”或高驻波比区。将每个传输系统的故障定位特性与其在基站交付使用时和日常维护时所获得的数据相比较，就可以确定问题所发生的位置。

在许多情况下，通过故障定位特性的分析可以精确定位由某个系统部件所产生的问题的所在。例如，通过故障定位分析可以确定天馈系统的故障实际上是由劣质的插头而并非天线自身所引起的。以上这些知识的意义是显而易见的——可以减少由于盲目更换天线和电缆所造成的开支和停机时间。

在以下的章节中，概述了基于故障定位特性分析的一些方法，通过这些方法可以使基站管理更为有效。

故障定位特性分析法

- 对所有正在建设中的新基站和已在运行中的基站进行故障定位特性分析，收集并归档保存故障位置的“参考数据”。
- 获得用于进行故障定位特性分析的得心应手的仪器（具备以下特点）：
 - ✓ 仪器应易于操作，技术培训时间短。
 - ✓ 便携，在基站中易于使用。
 - ✓ 良好的屏幕解析度，以便定位微小的故障。屏幕应在任何光线条件下可视。
 - ✓ 具有储存大量故障定位特性数据的能力，并对储存的信息加以组织和分类，以便日后方便地调用。
 - ✓ 可在具有射频干扰的环境中正常使用。
 - ✓ 可在测试现场进行当前故障定位特性的屏幕比较。也就是说，仪器应能从一个大的故障定位特性的数据库中上载仪器中储存的故障定位特性。
 - ✓ 应有方便的，通用的软件工具来生成大容量的故障定位特性数据库，以便于现场人员对故障定位数据进行收集和整理。

故障定位特性分析是基站日常定期维护工作的一部分，而不应在天馈系统已经发生故障后才进行。定期的故障定位特性分析可以在天馈系统对整个系统造成影响之前确定其故障的所在。



无线系统性能优化的关键——天馈系统的现场测试

功率测量选件

作为附加的优势，SA 系列天线和电缆测试仪可以附加 BIRD 数字功率测试选件，为用户提供了射频功率测量的完整解决方案：

- THRULINE 在线功率测量，同时测量正向和反射功率
- 驻波比和回波损耗测量
- 可选终端式功率探头，提供微瓦至毫瓦级功率的精密测量



图 6. BIRD 终端式功率探头 5011

结论

本文中所描述的方法和测量技术是基站天馈系统管理和维护的核心，这有助于缩短系统的故障停机时间，提高现场维护人员的效率，并可减少系统的总运行成本。其操作程序可归纳如下：

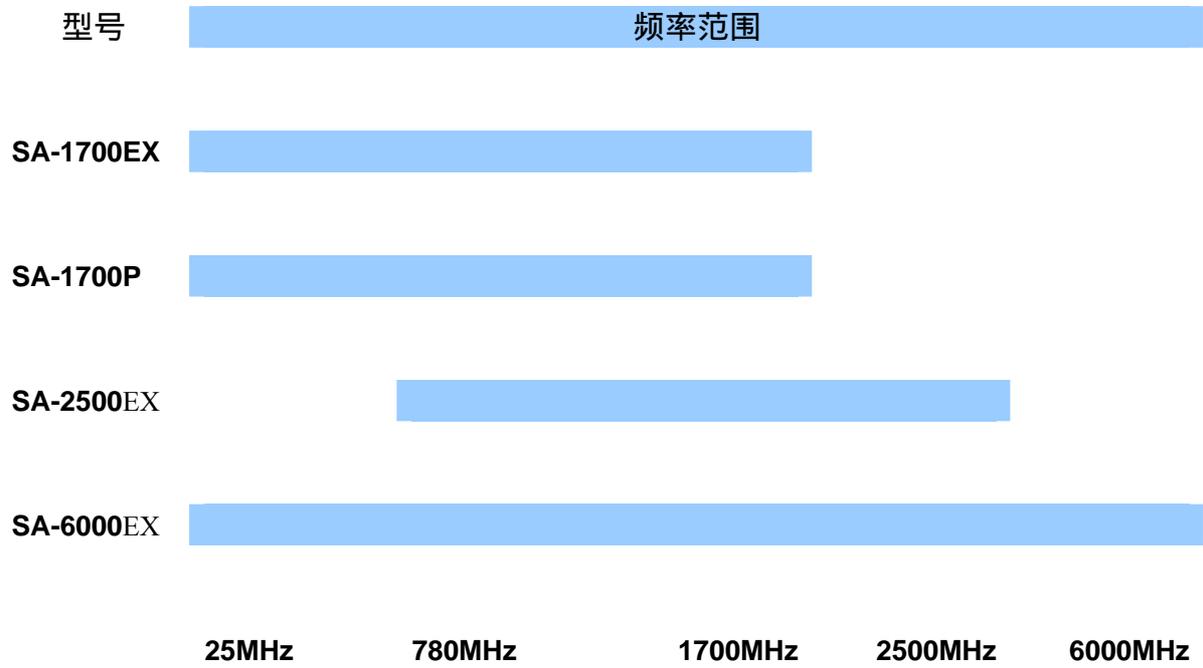
- 选择能够满足需要的测试设备。
- 拟定一个简单且可操作的维护程序进行系统性能监测。
- 培训维护人员来执行这个维护程序。
- 定期执行这个维护程序，包括故障定位特性测量及后期比较，以确定系统短期和长期的变化趋势。
- 在发现潜在问题并在其影响系统性能之前，对其加以修正。

SA 系列天线和电缆分析仪

型号	频段(MHz)	应用
SA1700EX	25-1700	适合广播电视，机场导航，警用，TETRA 集群用户等——广播电视，应急通信，双向无线电对讲机和集群系统的天馈和功率测量
SA2000A	806-2000	移动通信运营商——GSM900/1800 和 CDMA 基站天馈和功率测量
SA2500EX	780-2500	移动通信运营商、工程商和制造商——TETRA 集群、GSM900/1800 和 CDMA 基站、802.11b、Bluetooth 天馈和功率测量
SA6000EX	25-4000	移动通信运营商、工程商和制造商——广播电视发射机、TETRA 集群、GSM900/1800 和 CDMA 基站、802.11b、Bluetooth 天馈和功率测量



天线分析仪的选择





型号：SA-6000 & SA-2500EX

25-6000MHz / 780-2500MHz

天线和电缆分析仪

N

带数字功率测试选件的天线测试仪

BIRD



Bird 公司的天线和电缆分析仪提供了天线和电缆安装、维护和维修的完整解决方案。现场工程师可以依赖该仪器完成现场的测试工作。

SA-6000 和 SA-2500 适合无线设备制造商、运营商和工程维护公司进行驻波比和回波损耗的精密测量，通过数字功率计选件还可以精确测量基站的射频功率。

特点

- 无论是初次使用者还是有经验的用户，上手操作都非常容易
- 新型的 SA-6000 频率扩展到 25-6000MHz，而 SA-2500 也可工作在 780-2500MHz
- 适合 CDMA，GSM，TDMA 等调制的蜂窝和个人通信系统
- 其它的应用包括 3G，广播电视，政府通信网，微波，寻呼，公共安全，集群，无线局域网和无线本地环路
- 所需频段内的驻波比或回波损耗的匹配或扫频测量显示
- 在电缆沿线的每个点上用故障定位（DTF）模式显示 VSWR 或回波损耗值
- 60dB 动态范围，可精确定位细小故障
- 给定频段内的电缆损耗测量
- 采用 5010 定向功率探头和 5011 终端探头的数字功率计选件，测量基站的功率
- 所有测量模式的精确和可重复测量
- 储存 300 个测试曲线和 15 个校准结果
- 高解析度的 VSWR 标识报告，精度与实验室设备相当
- 业界领先的同频抗干扰技术，用于同基站天线的测量
- 带背光的彩色显示，任何条件下均可读数
- 快速扫描
- 工作温度低至 -10 °C
- 即时测试曲线和历史测试曲线的同屏幕比较功能
- 通过互联网升级软件



功率计的选择

型号	频率范围					
	450kHz	2MHz	25MHz	1000MHz	2300MHz	2700MHz
43	连续波功率计，CW/FM/PM 功率测量，用于常规无线电通信，半导体制造业					
4304A	连续波功率计，CW/FM/PM 功率测量，用于常规无线电通信					
4134B	峰值功率计，AM/CW 测量，用于大功率短波发射机等					
4410A	峰值功率计，AM/CW 测量，用于大功率短波发射机等					
APM-16	连续波，数字调制，多载频合成信号的测量，用于蜂窝基站和直放站等。					
DPM-5010	数字功率计，连续波、数字调制、多载频合成信号的测量，用于蜂窝基站和直放站等					
	100mW	1W	5W	500W	1000W	10kW
	功率范围					



型号：5000

2-2700MHz / 1W-1000W

数字射频功率计

N

新一代手持射频功率计的工业标准



指标

Model 5000 射频数字功率计



Model 5000 射频数字功率计配合 **Model 5010** 通过式功率探头或 **Model 5011** 终端式功率探头，可以测量 PCS，AMPS，CDMA，GSM，TDMA，ISM，UMTS，3G，WLL，寻呼，常规/集群无线通信，航空，军事及模拟或数字音频和视频广播中的射频功率。

高清晰度的背光 LCD 显示屏以数字格式显示功率读数，同时还有一个具有 20 个刻度的模拟指示器。配合 Model 5010 定向功率传感器可以指示正向和反射功率，驻波比和回波损耗；而配合 Model 5011 终端式功率传感器可以直接或通过耦合端口来测量射频功率。每次充电后电池的使用寿命为 100 小时。

显示 背光 LCD 显示,57 × 76 mm,

主显示区 5 位,显示正向功率, VSWR, dBm, 回波损耗,匹配效率

次显示区 5 位,显示反射功率, VSWR, dBm, 回波损耗,匹配效率

模拟指示 20 个刻度,内容与主显示区相同

测量模式 常规或数字调制信号的平均功率

快速键 刻度,正向单位,反射单位

传感器接口 9 针 RS232 接口

PC 接口 9 针 RS232 接口

尺寸 203 × 117.6 × 44.5 mm

重量 0.68 kg

电源 可充电 NI-MH 电池,也可用随机提供的交流电源转换器工作

电池寿命 每充电一次最少使用 100 小时

工作温度 -10 ~ +50 °C

储存温度 -40 ~ +75 °C

湿度 最大 95%±5% (非冷凝)



型号：5010

2 – 2700MHz / 1W-1000W

双探头座的通过式定向功率传感器

N

新一代手持射频功率计的工业标准



指标

Model 5010 功率计传感器



Model 5010 双探头座通过式 (THRULINE®) 功率传感器是一个 50 Ω, 7/8" 智能型传输线, 可使用 BIRD 数字型插入式探头。Model 5010 传感器可提供数字和模拟射频系统的平均功率测量。

Model 5010 传感器兼容许多 BIRD 7/8" 附件, 包括信号取样探头, 及超过 20 种的 QC 接头。通过四个固定螺丝, QC 接头可迅速方便的在现场更换。

特点

- 双探头 THRULINE® 设计, 同时读出正向和反射功率
- 平均功率测量
- ±5% 读数精度

传感器类型	THRULINE® 双探头传输线
功率范围	1W-1000W
频率范围	2MHz-2700MHz
精度	+/-5% 读数 (15 至 35°C); +/-7% 读数 (-10 至 50°C)
动态范围	40:1 (例: 50W 的探头可测量从 1.25W 到 50W 的功率)
峰/均功率比	最大 10dB, 用 DPM 探头时
响应时间	小于 2 秒
接口	QC 型 (随机配备 N 型插座)
插入驻波比	最大 1.05 (N 型, 0.45~1000MHz)
尺寸	47.7 × 47.7 × 88.9 mm
重量	0.51 kg
工作温度	-10 ~ +50 °C
储存温度	-40 ~ +75 °C
湿度	最大 95%±5% (非冷凝)
备注	配合 Model 5000 功率计或 SA 系列天线分析仪一起使用



型号：DPM

2-2700MHz / 1W-1000W

数字射频功率计探头选择表

配合 5010 / 5000 数字功率计使用

频率范围	正向功率范围	反射功率范围	正向探头	反射探头
2 ~ 30MHz	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50H	DPM-5H
	12.5W ~ 500W	1.25W ~ 50W	DPM-500H	DPM-50H
25 ~ 60MHz	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50A	DPM-5A
	12.5W ~ 500W	1.25W ~ 50W	DPM-500A	DPM-50A
50 ~ 125MHz	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50B	DPM-5B
	12.5W ~ 500W	1.25W ~ 50W	DPM-500B	DPM-50B
	25W ~ 1kW	2.5W ~ 100W	DPM-1000B	DPM-100B
100 ~ 250MHz	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50C	DPM-5C
	12.5W ~ 500W	1.25W ~ 50W	DPM-500C	DPM-50C
	62.5W ~ 2.5kW	6.25W ~ 250W	DPM-2500C	DPM-250C
200 ~ 500MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5D	DPM-.5D
	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50D	DPM-5D
	12.5W ~ 500W	1.25W ~ 50W	DPM-500D	DPM-50D
400 ~ 960MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5E	DPM-.5E
	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50E	DPM-5E
	2.5W ~ 100W	250mW ~ 10W	DPM-100E	DPM-10E
	25W ~ 1kW	2.5W ~ 100W	DPM-1000E	DPM-100E
950 ~ 1260MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5J	DPM-.5J
	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50J	DPM-5J
1100 ~ 1800MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5K	DPM-.5K
	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50K	DPM-5K
1700 ~ 1990MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5L1	DPM-.5L1
	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50L1	DPM-5L1
1990 ~ 2200MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5L2	DPM-.5L2
	1.25W ~ 50W	125mW ~ 5W	DPM-50L2	DPM-5L2
2200 ~ 2300MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5M	DPM-.5M
	625mW ~ 25W	62.5mW ~ 2.5W	DPM-25M	DPM-2.5M
2300 ~ 2500MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5N	DPM-.5N
2500 ~ 2700MHz	125mW ~ 5W	12.5mW ~ 500mW	DPM-5R	DPM-.5R



型号：5011

40 – 4000MHz / 10 μ W-10mW

终端式功率传感器

N

精密功率测量

BIRD

指标



传感器类型 终端式传感器，平均功率测量

频率范围 40MHz-4GHz

功率范围 -20 ~ +10dBm(10 μ W~10mW)

峰/均功率比 最大 12dB

精度 \pm %读数 \pm 1mW RRS (包括失配损耗)

预热时间 5 分钟

输入阻抗 50 Ω

插入驻波比 典型 1.03，最大 1.20

输入接口 精密型 N(m)

输出接口 DB9 针插头，连接数字功率计或天线分析仪

电源 由连接设备供电

工作温度 -10 ~ +50 $^{\circ}$ C

储存温度 -40 ~ +80 $^{\circ}$ C

湿度 最大 95% \pm 5% (非冷凝)

高度 4572m

尺寸 长 152.7mm，直径 38.1mm

重量 0.34 kg

特点

- 节省时间和成本
- 使用方便
- 易于现场使用
- 不需要校准
- 适合数字和模拟调制 (CDMA, GSM, TDMA, 8-VSB 和 COFDM)
- 广播发射机功率测量， \pm 5%精度
- 选择 40dB 衰减器，可扩展到 100mW 至 50W
- 直接测量或通过耦合端测量功率
- 宽带，不需要探头



型号：CP-5000

2-2700MHz / 1W-1000W

数字射频功率计套件

N

GSM / WCDMA , CDMA / CDMA2000 应用

订货 (标准配置)



CP-5000 是为移动通信系统配置的射频功率测试套件。这些配套齐全、成本低廉的进口产品适合于 GSM、CDMA、3GPP 基站和直放站的平均功率测试。

特点

- 可测量任何模拟和数字调制的射频功率
- 兼容主要的数字标准：GSM, CDMA, WCDMA , CDMA2000...
- 高性能/价格比的射频功率测量套件
- 配套齐全，装在一个携带箱内，方便使用和保管



订货号	描述
CP-5000	功率测试套件，含： —DPM-5000 通过式功率计 —DPM-50E 探头，0.4-1GHz/50W，GSM900/CDMA 正向功率测试 —DPM-5E 探头，0.4-1GHz/5W，GSM900/CDMA 反向功率测试 —DPM-50L1 探头，1.7-1.99GHz/50W，GSM1800 正向功率测试 —DPM-5L1 探头，1.7-1.99GHz/5W，GSM1800 反向功率测试 —RG214-03-03-1500 低损耗功率测试电，Nm-Nm，1.5 米 —射频转接器，DIN(m)-N(f) —射频转接器，N(f)-DIN(f) —携带箱

订货 (选件)

订货号	描述
DPM-50L2	功率计探头，1900-2200MHz/50W，WCDMA 正向功率测试
DPM-5L2	功率计探头，1900-2200MHz/5W，WCDMA 反向功率测试
RFA-4004	蜂窝基站专用的射频转接器套件，N-DIN 7/16 转换，共四件
RFA-2004	蜂窝室内分布系统应用的射频转接器套件，N-SMA 转换，共四件
RFA-2008	蜂窝室内分布系统应用的射频转接器套件，N-SMA 转换，共八件
50-T	负载，50W，2.4GHz
50-A-MFN-30	衰减器，50W，2.4GHz，30dB



型号：APM-16

2-2300MHz / 1W-1000W

平均读数功率计

N

GSM/CDMA/WCDMA 系统应用

BIRD



指标

功率范围 1W-1000W

频率范围 2MHz-2.3GHz

精度 10 至 35°C : +/-4%读数, +/-1%
满刻度 ;20 至 50°C +/-6%读数,
+/-2%满刻度

峰/均功率比 大于 10dB

插入驻波比 最大 1.05 (N 型接口, 至
1000MHz)

响应时间 小于 1 秒

表头 防震,线性带镜面的刻度(25、50、
100)

温度范围 -20~50 °C/工作 ; -25 ~60 °C/储存

湿度 最大 95%±5% (非冷凝)

EMC 符合 92/31/EEC.

抗干扰 EN-50082-2 (10V/M)

安全 符合 EN61010-1

电池 内置 9V 电池 (最低寿命 100 小
时)

接口 QC 型 (随机配备 N 型插座)

尺寸 175×130×92mm

重量 1.4kg

探头 APM 系列

特点

- 精确测量复合数字和模拟射频信号的平均功率
- 为 GSM ,CDMA 和多载频发射系统而设计
- 多种探头可选
- 操作简便
- 结构牢固
- 通过式功率计中的经典产品

射频测试电缆组件被称为路由器件。测试电缆组件的选择应从射频接头和射频电缆二方面来考虑。

有关射频接头的性能，在下一节“射频组件转接器套件”中做了详细的描述。在移动通信领域，常用的射频接头有以下几种：

型号	最高工作频率	
	普通型	精密型
BNC	2GHz	4GHz
N	11GHz	18GHz
SMA	18GHz	26.5GHz
SMB	4GHz	N/A
DIN	7.5GHz	N/A
APC-7	N/A	18GHz
HN	5GHz	N/A

射频电缆的主要指标是插入损耗和工作频率。和射频接头一样，射频电缆的尺寸越小，工作频率则越高；而插入损耗则和电缆的尺寸成反比。填充介质的介电系数也是决定电缆损耗的一个重要因素，介电系数越低，插入损耗也越低。

电缆的稳定性则取决于填充介质的材料，聚四氟乙烯的稳定性优于聚乙烯。在一些特殊场合，移动通信领域也用到 18GHz 的测试电缆。如在无委和传输所的检测标准中，对于蜂窝基站的杂散应测到 12.75GHz。

- ✓ 低损耗功率和天线测试应用
- ✓ 特大功率测试电缆，如 4kW 短波发射机
- ✓ 特殊接头的电缆组件，如用于半导体制造的高压、大功率接头 HN
- ✓ 低互调设计的仪表互联电缆
- ✓ 业界最低价格的 18GHz 测试电缆





型号：RG393

大功率测试电缆组件

dc-5GHz

N, HN

半导体制造，大功率短波发射机等应用



MIL-C-17 标准电缆是一种应用十分广泛的射频电缆。其物理和电气指标包括尺寸、介质材料、屏蔽结构和屏蔽效果、最大衰减、驻波比及最大功率容量。

VSWR 扫频测试

出厂前扫频测试使得电缆在其整个给定的工作频段内都保持良好的驻波比。

精密的 PTFE 介质

所有耐高温、高性能的同轴电缆都采用了高介质强度和低电容的 PTFE (聚四氟乙烯) 介质。所有 PTFE 介质的容差都要优于 MIL-C-17 标准，以保证电缆的电气特性、阻抗、衰减和驻波比的一致性。

良好的屏蔽

高频电缆和组件往往用于需要高度屏蔽的环境中，如商业和军事航空领域、国防系统、天线系统和微波测试。蜂窝和个人通信系统中同样需要高度屏蔽的电缆及其组件。电缆必需提供足够的屏蔽以保证系统的完整性，避免通信系统之间的互相干扰。电缆的屏蔽指标测试是依据 MIL-C-39012C，在测试暗室中进行，测试频率是从 50MHz-11GHz。

RG393 电缆采用了双层编织屏蔽，其射频泄露指标为-75dB。

同轴电缆的功率容量

同轴电缆的功率容量取决于介质可承受的最高工作温度。通常，聚乙烯介质的最高工作温度为 80°C，而 PTFE (聚四氟乙烯) 则为 250°C。简而言之，同轴电缆的功率容量是介质损耗和介质温度的函数。另外，工作频率越高，功率容量也越小。

RG393 采用了耐高温的 PTFE 介质，是同样尺寸中功率容量最大的同轴电缆。



型号：RG393
大功率测试电缆组件

dc-5GHz
N, HN

半导体制造，大功率短波发射机等应用

物理特性

型号	内导体	PTFE 介质直径	屏蔽	保护层	电缆 外径	最小弯曲 半径	工作温度 (° C)	重量 (lbs./MTF)
M17/127-RG393	239mm (7/0.79mm)	7.24mm	SPC(2)	FEP	9.9mm	50.8mm	-55~+200	165

电气特性

型号	阻抗 ()	电容 (pF/ft)	最大工作 电压(RMS)	最大损耗(dB/m) @ MHz						最高频率 (GHz)
				最大承受平均功率(W) @ MHz						
				100	400	1000	3000	5000	10000	
RG393	50+/-2	29.4	2500V	0.079	0.164	0.289	0.591	0.807	1.214	11
				4000	2800	1700	880	620	350	

电缆组件指标



型号：RG393-03-03-1000

接口：Nm-Nm

长度：1000mm

工作频率：dc-5GHz

插入损耗：0.3dB@1000MHz

驻波比：1.15@1000MHz

订货

订货号	描述
RG393-03-03-1000	测试电缆, N(m)-N(m),1 米
RG393-03-09-1000	测试电缆, N(m)-HN(m),1 米

备注：可根据用户要求选择电缆长度和接口。

射频同轴连接器是 RF 和微波领域应用最为广泛的器件，不同设计的射频连接器的用途是不同的。对于测试和测量来说，一个很重要的指标是连接/断开的次数，这影响到连接器的使用寿命。一般来说，采用铜外导体的连接器的寿命是 500 次，而不锈钢材料则为 1000 次。

任何射频连接器的工作频率取决于其结构。一般来说，外导体的尺寸越小，连接器的工作频率越高；而填充介质的介电常数越低，工作频率也越高，插入损耗越低。

所有连接器的性能都和其配合有关。如果内/外导体的尺寸超差、表面镀覆不好或者插头/座之间连接有缝隙，都会增加反射系数和插入损耗。

以下是移动通信中常见的射频连接器及其应用：

APC-7 (7mm) 接头

APC-7 (Amphenol 精密接头) 是所有 18GHz 接头中反射系数最低、可重复性最好的一种接头。它是由 HP(Agilent) 和 Amphenol 在 60 年代发明的。

APC-7 是无属性设计的，没有插头和插座之分。常见于 Agilent (HP) 的网络分析仪。

N 型接头

N 型接头起源于 40 年代，起初的工作频率为 4GHz；到了 60 年代改进为

12GHz，精密型的 N 型接头可工作到 18GHz。N 型接头是应用最广的一种射频连接器。

N 型接头对应于公制的 L16，但是二者不完全匹配，在测试中不能配合使用。

SMA 接头

SMA 是一种超小型的接头，大量应用于 RF/微波领域。其工作频率一般为 18GHz，精密型 SMA 接头可工作到 26.5GHz。由于其支撑介质的原因，在高频段的反射系数要大于其同类的 2.92mm 和 3.5mm 接头。

SMA 接头大量用于移动通信设备中。

3.5-mm 接头

兼容 SMA 接头，但其工作频率大于 34GHz。常用于精密仪器中(如 Agilent E4440A 频谱分析仪)。

2.92-mm 接头

兼容 SMA 和 3.5mm 接头，但其工作频率大于 40GHz。常用于精密仪器中。

BNC 接头

一种视频和 2GHz 以下射频应用的接头，精密型的 BNC 可工作到 4GHz。超过 4GHz 后，信号会从其缝隙中泄漏出来。但是最近 Agilent 发明了一种新型的兼容 BNC 的接头，可工作在 6GHz，用于 Agilent 最新的高端示波器上。

BNC 接头常用于仪器的低频端。

在射频测试和测量中，固定衰减器是应用极为广泛的一种器件。

- 高功率衰减器
- 宽带衰减器
- 带转接器的衰减器
- 接口可以变换的衰减器
- 校准衰减器

这些固定衰减器可应用于以下场合。

- 发射机的谐波和杂散测试
- 放大器的（匹配）测量
- 仪器的保护
- 阻抗匹配
- 校准测量





固定衰减器的选择

4000W		8329-300/BA-300-230 (大功率短波和广播发射机的测量等)
2000W		8329-300 (大功率短波和广播发射机的测量等)
1000W		8327-300 (大功率短波和广播发射机的测量等)
300W		300-A (寻呼发射机的测量等)
150W		150-A (寻呼发射机的测量等)
100W		100-A (集群发射机的测量等)
50W		50-A (蜂窝基站和直放站的工程测量)
50W		24 (蜂窝基站的精密测量)
50W		47 (蜂窝基站的精密测量)
25W		25-A (双向无线电车载台的测量)
10W		10-A (蜂窝基站的测量)
5W		5-A (双向无线电对讲机的测量)
5W		AS (配合频谱分析仪使用)
2W		2-A (蜂窝手机和室内分布系统的测量, 阻抗匹配)

500MHz 2.4GHz 4GHz 8.5GHz 18GHz



关于固定衰减器

什么是双向衰减器和单向衰减器？

双向 (Bidirectional) 是指最大额定功率可以加在衰减器的输入端或者输出端；而单向 (Unidirectional) 则指最大额定功率只能加在衰减器的输出端。单向设计的衰减器体积更小, 成本也更低些。但在实际使用中, 双向设计的衰减器不会因为误操作而被烧毁, 在需要低互调测试的情况下, 双向设计的衰减器更容易实现。

BIRD 公司的 300W 以下的固定衰减器均为双向设计。

什么是衰减器的温度系数和功率系数？

这些指标表示了衰减器的衰减量随着环境温度和输入功率的变化值。首先, 将温度系数或者功率系数乘以环境温度的最大范围或者输入功率的最大范围。然后再乘以衰减器的衰减量。所得到的结果就是衰减器在整个环境温度和功率变化情况下的衰减值的最大变化量。

在需要精密测量的情况下, 或者特殊使用环境 (如例行试验中的高低温试验时), 可以考虑采用这些有提供温度系数和功率系数指标的衰减器。

如何计算衰减器的功率容量？

通常, 衰减器的功率容量是指在 25 °C 环境温度时的最大输入功率。当温度大于 25 °C 时, 衰减器的功率容量呈线性下降的趋势 (见图 1)。

有些工厂的功率容量指标则是指的 40 °C 环境温度时的最大输入功率, 如 BIRD 公司的 A 系列和 SA 系列 (见图 2), 在 25 °C 的环境温度下可以超出额定功率的 20% 使用。

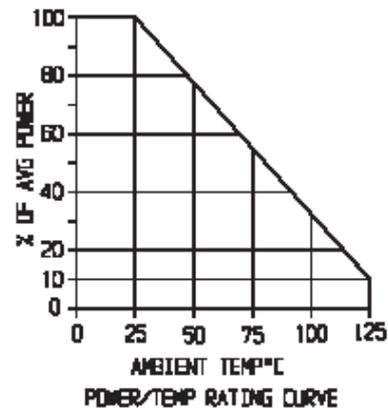


图 1——环境温度和衰减量的关系 (1)

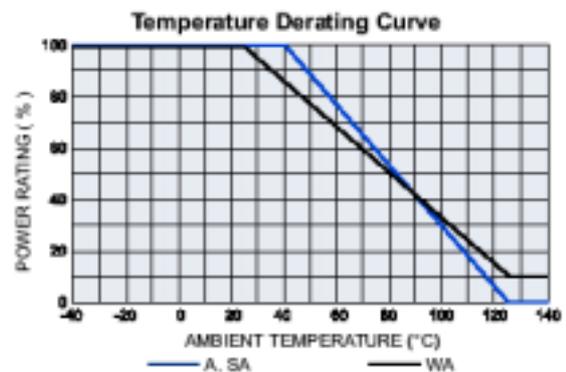


图 2——环境温度和衰减量的关系 (2)

衰减器的应用... ..

在射频测试和测量中, 衰减器通常被称为“调节” (Conditioning) 器件, 顾名思义, 就是用于调节射频能量的大小的。其用途大致有以下几个方面:

1. 用射频替代法精密测量器件的损耗或者增益;
2. 用于扩展测试设备的动态范围, 如功率计、场强仪、频谱分析仪和放大器等;



关于固定衰减器

3. 接收机或者放大器的过载保护；

除了以上的用途以外,衰减器还有一个非常重要的用途——阻抗匹配,通过衰减量的合理选择,可以在很大程度上改善器件(如振荡器、T型节、混频器、滤波器和放大器等)的阻抗。

在一些昂贵的仪器(如Agilent的E4440A频谱分析仪)的使用过程中,在射频输入端还常常采用一个小衰减量(如3dB)的衰减器,除了阻抗匹配和过载保护以外,还可以对仪器的输入接口起到物理保护的作用。

总之,衰减器的灵活巧妙运用对于射频测试和测量是大有裨益的。

什么是三阶互调失真？

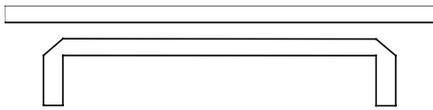
互调失真由杂散信号组成,它是由于器件中的非线性因素而产生的。尤其需要关注的是三阶互调失真,因为三阶互调产物最大而且不可被滤除。三阶互调电平的测试方法是将二个等幅的纯净信号(f_1 和 f_2)注入到被测器件中,三阶互调将出现在输出频谱的 $2f_1-f_2$ 和 $2f_2-f_1$ 处。三阶互调产物由相对于 f_1 或 f_2 的大小来定义,由-dBc来表示。

对于某些特殊要求的领域,如高指标的发射机杂散测试;或者某些特殊的用户,如研发机构和无线电监测站,可能需要用到低互调的衰减器。

定向耦合器是在射频和微波中通用的一种路由器件。它的作用是隔离、分离或者合成信号。在测量中，它们的应用极为广泛：

- 功率监测
- 源平衡
- 信号源的隔离
- 传输和反射的扫频测量

定向耦合器的原理图如下。



定向耦合器原理图

各端口的定义：

- 输入端，
- 直通端，
- 耦合端，
- 隔离端。

定向耦合器的主要参数：

- 方向性 (dB)： ：
- VSWR
- 耦合度 (dB)：
- 插入损耗 (dB)：
- 输入功率