

# 地面数字电视 射频性能测试操作指南

陈仁伟 胡鹏 张素兵◎著

Operational Guidelines For  
Digital Terrestrial Television Rf Test



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



## 图书在版编目 ( C I P ) 数据

地面数字电视射频性能测试操作指南 / 陈仁伟, 胡鹏, 张素兵著. — 北京: 人民邮电出版社, 2015. 1  
ISBN 978-7-115-37365-6

I. ①地… II. ①陈… ②胡… ③张… III. ①数字电视—数字信号传输—射频—性能检测—指南 IV.  
①TN949.197-62②TN911.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第242535号

## 内 容 提 要

本书介绍了完成地面数字电视射频性能测试所需的仪器设备及其基本性能要求, 并以GB/T 26686-2011和GB/26685-2011标准为基础, 结合实际测试过程及仪器示例, 详述了各项具体的操作步骤, 适于从事地面数字电视接收端产品科研、生产、检测工作的工程师和技术人员使用。本书附录给出了与测试相关的工作模式、可接受误码定义及信道模型参数, 供不同类型读者在实际测试工作中选择使用。

---

◆ 著 陈仁伟 胡 鹏 张素兵

责任编辑 王飞龙

责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行

北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京捷迅佳彩印刷有限公司印刷

◆ 开本: 700×1000 1/16

印张: 7

2015年1月第1版

字数: 100千字

2015年1月北京第1次印刷

---

定 价: 39.00 元

读者服务热线: (010) 81055656 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

# 前 言

GB/T 26686-2011(《地面数字电视接收机通用规范》)和GB/T 26685-2011(《地面数字电视接收机测量方法》)颁布实施以来,我国地面数字电视信号开播城市逐渐增加,信号覆盖强度及覆盖效果不断完善,地面数字电视产业快速健康发展。2013年1月22日,工业和信息化部、国家发展和改革委员会、财政部、国家工商行政管理总局、国家质量监督检验检疫总局和国家新闻出版广电总局六部委联合发布《关于普及地面数字电视接收机的实施意见》(工信部联电子[2013]14号),地面数字电视一体机普及进程加快,地面数字电视产品质量也开始受到企业、消费者等各方重视。

为满足产品研发与质量控制需要,罗德与施瓦茨、营电、芝测、安捷伦等仪器公司纷纷推出各种功能的测量仪器设备与系统。这在为企业和检测机构带来便利的同时也存在困扰:不同厂家设备性能不一致、对于同一测量参数的定义不一致、达到同一效果的配置组合也不一致。测试数据的差异性使检测的可信度受到挑战。本书的目的就是告诉大家如何选择测试设备与搭建测试系统,如何设置测试设备,以及如何利用测试设备测试标准中的各种项目。

本书介绍了完成地面数字电视射频性能测试所需仪器设备的基本性能要求,并以GB/T 26686-2011和GB/T 26685-2011标准为基础,结合实际测试过程及仪器示例,详述了各项目具体的操作步骤;适用于从事地面数字电视接收端产品的科研、生产、检测工作的工程师和技术人员。本书的附录给出了与测试相关的工作模式、可接受误码的定义、广播电视VHF和UHF频段频率划分表以及信道模型参数,供不同类型读者在实际测试工作中选择使用。

最后,特别感谢为本书编制提供仪器设备支持的罗德与施瓦茨公司、营电公司及所有提出过技术建议的地面数字电视产业相关公司,包括高拓讯达(北京)

科技有限公司、上海高清数字科技产业有限公司等。

本书受国家高科技研究发展计划（863 计划）“新一代数字电视关键技术研究及验证”项目“测试系统及试验网建设”课题（课题编号：2012AA011706）资助。

# 目 录

第 1 章 测试说明 .....	1
1.1 测试场地 .....	1
1.2 稳定时间 .....	1
1.3 测试环境 .....	1
1.4 测试频道 .....	1
1.5 测试码流 .....	2
第 2 章 测试设备 .....	3
2.1 设备要求 .....	3
2.1.1 地面数字电视测试发射机 <sup>①</sup> .....	3
2.1.2 地面数字电视测试发射机 <sup>②</sup> .....	3
2.1.3 模拟电视测试发射机 .....	4
2.1.4 频谱分析仪 .....	4
2.1.5 网络分析仪 .....	4
2.1.6 多径信道仿真器 .....	5
2.1.7 高斯噪声发生器 .....	5
2.1.8 脉冲噪声发生器 .....	5
2.1.9 精密衰减器 .....	5
2.1.10 地面数字电视测试接收机 .....	6
2.2 测试仪器设备介绍 .....	6
2.2.1 SFU .....	6
2.2.2 MSD7000A .....	6
2.2.3 SFE100 .....	7

2.2.4	RSP .....	7
2.2.5	ETL .....	8
<b>第 3 章</b>	<b>信号测量 .....</b>	<b>9</b>
3.1	地面数字电视信号 MER .....	9
3.2	地面数字电视信号功率 .....	11
3.3	模拟电视信号功率 .....	14
3.4	高斯噪声信号功率 .....	17
3.5	脉冲噪声信号功率 .....	19
<b>第 4 章</b>	<b>频率范围 .....</b>	<b>23</b>
<b>第 5 章</b>	<b>频率捕捉范围 .....</b>	<b>25</b>
<b>第 6 章</b>	<b>反射损耗 .....</b>	<b>28</b>
6.1	校准 .....	28
6.2	测试 .....	29
<b>第 7 章</b>	<b>最小接收信号电平 .....</b>	<b>31</b>
7.1	校准 .....	31
7.2	测试 .....	32
<b>第 8 章</b>	<b>最大接收信号电平 .....</b>	<b>35</b>
8.1	校准 .....	35
8.2	测试 .....	37
<b>第 9 章</b>	<b>高斯信道载噪比门限 .....</b>	<b>39</b>
9.1	校准 .....	39
9.2	测试 .....	42

第 10 章 静态多径载噪比门限 .....	44
10.1 校准 .....	44
10.2 测试 .....	47
第 11 章 抑制 0dB 回波能力 .....	49
11.1 校准 .....	49
11.2 测试 .....	52
第 12 章 抑制动态多径能力 .....	55
12.1 校准 .....	55
12.2 测试 .....	58
第 13 章 抑制模拟电视干扰能力 .....	61
13.1 校准 .....	61
13.2 测试 .....	64
第 14 章 抑制数字电视干扰能力 .....	67
14.1 校准 .....	67
14.2 测试 .....	70
第 15 章 抑制脉冲干扰能力 .....	74
15.1 校准 .....	74
15.2 测试 .....	77
附录 A 工作模式 .....	80
附录 B 可接受误码 .....	81



附录 C	广播电视 VHF 和 UHF 频段频率划分表	82
附录 D	标准中信道类型	85
D.1	瑞利信道模型	85
D.2	莱斯信道模型	86
D.3	动态多径信道模型 1	87
D.4	动态多径信道模型 2	87
D.5	两点长回波信道	88
D.6	多点长回波信道	88
D.7	固定接收条件下扰动信道 1	90
D.8	固定接收条件下扰动信道 2	90
附录 E	其他信道类型	92
E.1	一般说明	92
E.1.1	GI	92
E.1.2	多普勒移动方向	92
E.2	两径回波	92
E.2.1	镜像径信道	92
E.2.2	两径信道	93
E.2.3	单信道动态回波——多普勒频率 VS 时延	94
E.2.4	单信道动态回波——C/N VS 多普勒频率	95
E.3	三径回波	95
E.4	信道特例	97
E.4.1	低速动态信道	97
E.4.2	巴西 A	98
E.4.3	巴西 D	98
E.4.4	回波静态多径组合	98
E.4.5	多信道动态回波	100
E.4.6	其他	102

# 第1章 测试说明

## 1.1 测试场地

测量应在不受来自外界的射频和低频电磁场干扰的室内进行，若外界电磁干扰影响测量结果，则测量应在屏蔽室进行。

## 1.2 稳定时间

为保证在测量开始后被测样品性能不随时间明显变化，被测样品应在标准测量条件下稳定工作至少 15min，仪器设备应稳定工作至少 30min。

## 1.3 测试环境

- 环境温度：15℃ ~ 35℃（建议测试环境温度波动幅度不超过 5℃）；
- 相对湿度：25% ~ 75%；
- 大气压力：86 ~ 106kPa；
- 电源：220 × (1 ± 5%) V，50 × (1 ± 2%) Hz。

注：测试过程中，环境温度变化超过 5℃时，应重新校准测试系统。

## 1.4 测试频道

可在 VHF 和 UHF 所有频道（1 ~ 49 频道）检测工作模式 7 最小接收信号电平性能，以最差结果为工作模式 7 的检测结果。

可在 14 频道（482MHz）、31 频道（658MHz）、47 频道（786MHz）检测以下性能与频道有较大关联性的项目：（1）射频输入端口反射损耗；（2）抑制模拟电视邻频干扰能力；（3）抑制数字电视邻频干扰能力。除这 3 个频道外，为获得被测样品更详尽的性能数据，还可在包含但不限于下列频道上进行测试：21 频道（538MHz）、36 频道（698MHz）、42 频道（746MHz）。

可在 31 频道检测其他与频率特性相关性较小的测试项目。

## 1.5 测试码流

测试码流节目时间长度应不少于 1min，至少包含一路视频节目和一路音频节目。视频节目应为活动图像序列。

在测试评价系统净荷数据率大于 14Mbit/s 的工作模式时，测试用码流中包含的视频节目应至少包含一套基本流数据率大于 8Mbit/s 的高清节目，帧频为 25Hz，幅型比为 16 : 9，分辨率为 1920 × 1080，色度参数为 4 : 2 : 0。

测试用码流中若包含标清节目，帧频为 25Hz，幅型比为 4 : 3，分辨率为 720 × 576，色度参数为 4 : 2 : 0。

测试码流的具体规范要求可参照工业和信息化部电子工业标准化研究院起草制定的《地面数字电视测试用码流规范》标准，涉及 DRA、AVS+ 测试用码流可联系国家数字音视频及多媒体产品质量监督检验中心（[www.adtc.org.cn](http://www.adtc.org.cn)）。

## 第2章 测试设备

### 2.1 设备要求

#### 2.1.1 地面数字电视测试发射机<sup>①</sup>

- 应支持国标地面数字电视的全部 330 种工作模式；
- 载波频率范围 52.5 ~ 866MHz (至少支持此频率范围, 部分产品测试应支持到 954MHz 及以上)；
- 调制误差率 (MER)  $\geq 36\text{dB}$ ；
- 带肩 ( $\pm 4.2\text{MHz}$  处)  $\geq 48\text{dB}$ ；
- 射频输出功率稳定度 (1h)  $\leq 0.1\text{dB}$ ；
- 相位噪声  $\leq -60\text{dBc/Hz}@10\text{Hz}$ ,  
 $\leq -75\text{dBc/Hz}@100\text{Hz}$ ,  
 $\leq -85\text{dBc/Hz}@1\text{kHz}$ ；
- 中心频率稳定度 (2h)  $\leq 1 \times 10^{-7}$ 。

#### 2.1.2 地面数字电视测试发射机<sup>②</sup>

- 应支持国标地面数字电视的全部 330 种工作模式；
- 载波频率范围 52.5 ~ 866MHz；
- 调制误差率 (MER)  $\geq 33\text{dB}$ ；
- 带肩 ( $\pm 4.2\text{MHz}$  处)  $\geq 48\text{dB}$ ；
- 射频输出功率稳定度 (1h)  $\leq 0.2\text{dB}$ ；
- 中心频率稳定度 (1h)  $\leq 1 \times 10^{-6}$ 。

① 测试时作为主发射机发射地面数字电视有用信号。

② 测试时作为干扰发射机发射地面数字电视干扰信号。

### 2.1.3 模拟电视测试发射机

- 支持广播电视 PAL-D/K 制式;
- 载波频率范围 49.75 ~ 863.25MHz;
- 邻频道内无用发射功率小于载波功率  $\geq 50\text{dB}$ ;
- 中心频率稳定度 (1h)  $\leq 1 \times 10^{-7}$ ;
- 射频输出功率稳定度 (1h)  $\leq 0.2\text{dB}$ 。

### 2.1.4 频谱分析仪

#### 实时频谱分析仪

- 最小支持频率范围 40 ~ 900MHz;
- 最大频率带宽  $\geq 30\text{MHz}$ ;
- 10MHz 带宽条件最小 RBW  $\leq 10\text{kHz}$ ;
- Trace Type (轨迹类型) 包括 Max Hold (最大保持) 和 Average (平均) 类型;
- 最大可测量输入电平  $\geq 30\text{dBm}$ ;
- 平均噪声电平  $\leq 150\text{dBc/Hz}$ 。

#### 扫频频谱分析仪

- 频率范围 大于 40 ~ 900MHz;
- 最大频率带宽  $\geq 30\text{MHz}$ ;
- 10MHz 带宽下最小 RBW  $\leq 10\text{kHz}$ ;
- 检波方式 包括 RMS (有效值检波) 和 Positive Peak (正峰值检波);
- 最大可测量输入电平  $\geq 30\text{dBm}$ ;
- 平均噪声电平  $\leq 150\text{dBc/Hz}$ 。

### 2.1.5 网络分析仪

- 频率范围 大于 40 ~ 900MHz;
- 最大频率带宽  $\geq 30\text{MHz}$ ;
- 反射损耗测量精度  $\leq 0.1\text{dB}$ ;
- 测量端口阻抗  $75\Omega$ 。

### 2.1.6 多径信道仿真器

- 可仿真信道数量  $\geq 20$  径;
- 每条信道参数独立可调 包括信道类型时延、幅度、多普勒频移、相位;
- 信道类型 可设置静态、莱斯、瑞利;
- 信道时延范围  $\geq 250 \mu\text{s}$ ;
- 信道时延精度  $\leq 0.01 \mu\text{s}$ ;
- 信道衰落幅度范围  $\geq 30\text{dB}$ ;
- 信道精度  $\leq 0.1\text{dB}$ ;
- 信道多普勒频移范围  $\geq 500\text{Hz}$ ;
- 信道精度  $\leq 0.1\text{Hz}$ ;
- 相位范围  $0^\circ \sim 360^\circ$  ;
- 信道精度  $\leq 0.1^\circ$  。

### 2.1.7 高斯噪声发生器

- 频率范围 大于  $40 \sim 900\text{MHz}$ ;
- 噪声带宽  $\geq 24\text{MHz}$ ;
- $8\text{MHz}$  带宽射频输出功率  $\geq -50\text{dBm}$ ;
- 射频输出功率稳定度 (1h)  $\leq 0.2\text{dB}$ 。

### 2.1.8 脉冲噪声发生器

- 脉冲周期  $10\text{ms}$ ;
- 脉冲宽度调整范围  $1 \mu\text{s} \sim 1\text{ms}$ ;
- 射频输出功率稳定度 (1h)  $\leq 0.1\text{dB}$ ;

### 2.1.9 精密衰减器

- 衰减范围 大于  $5 \sim 99\text{dB}$ ;
- 衰减步进  $\leq 0.1\text{dB}$ ;
- 衰减偏差  $\leq 0.2\text{dB}$ 。

### 2.1.10 地面数字电视测试接收机

- 应支持国标地面数字电视的全部 330 种工作模式；
- 最小支持频率范围 40 ~ 900MHz；
- MER 测量范围  $\geq 36\text{dB}$ 。

## 2.2 测试仪器设备介绍

### 2.2.1 SFU

罗德与施瓦茨公司的 SFU 广播电视测试系统集成了全球几乎所有的数字和模拟电视标准，提供多种信道仿真功能以及高精度的误码率测量。内置无缝码流发生器和 I/Q 任意函数发生器。

SFU 在测试中可做为以下设备来使用：

地面数字电视测试发射机（发射有用信号，需选件 K12）；

地面数字电视测试发射机（发射干扰信号，需选件 K12）；

高斯噪声模拟器（需选件 K40）；

脉冲噪声模拟器（需选件 K42）；

码流播放器（需选件 K20、K22）。



### 2.2.2 MSD7000A

营电公司多制式数字电视信号源 MSD7000A 集 TS 信号发生器、调制器、变频器为一体，配备 I/Q 信号接口和 IF 接口，可满足各类研发需求，以及 TV、STB 生产和测试。

MSD7000A 在测试中可作为以下设备来使用:

地面数字电视测试发射机 (发射有用信号, 需选件 S06、S07);

地面数字电视测试发射机 (发射干扰信号, 需选件 S06、S07);

码流播放器。



### 2.2.3 SFE100

罗德与施瓦茨公司的 SFE100 是一款用于广播电视领域的多标准实时编码测试发射机, 内置数字或模拟基带信号源, 支持几乎所有通用数字、模拟电视和音频广播标准。

SFE100 在测试中可作为以下设备来使用:

地面数字电视测试发射机 (发射干扰信号, 需选件 K12);

模拟电视测试发射机 (需选件 K195、K23);

码流播放器 (只能给设备本身提供码流, 需选件 K20、K22)。



### 2.2.4 RSP

罗德与施瓦茨公司 RSP 是一款可切换的、机械式步进衰减器。其具有非常高的衰减准确度和线性度, 可确保测量结果的可靠性和测试装置条件的稳定性。

RSP 在测试中可作为以下设备来使用:

精密衰减器。





### 2.2.5 ETL

罗德与施瓦茨公司的 ETL 集电视信号解调、接收机和频谱仪于一体，具有肩宽、信道功率、邻频道功率、频率计数、噪声和相位噪声标记等功能。

ETL 在测试中可作为以下设备来使用：

频谱分析仪。

