

# 双向有线数字电视光纤同轴电缆网 调试与排除故障

焦方性

## 1 连接故障

有线电视系统有成千上万个光电连接器,从一定意义上讲,有线电视工程就是接头工程。无论调试、排除故障,首先要解决的问题就是连接。

### 1.1 光缆及其连接故障

#### 1.1.1 无光功率

首先确认光发射机输出光功率正常。

##### 1.1.1.1 连接错误

使用红外线仪或在线测量光功率查线、纠错:

光设备与分路器、终端盒、配线架之间的跳线连接是否正确;

终端盒、配线架内,尾纤熔接是否正确,尾纤光纤插头对应的法兰盘是否正确;

光缆接续盒内,光缆、尾缆熔接是否正确。

##### 1.1.1.2 光纤断裂

近处,眼观、手摸;

远处,根据纪录,用 OTDR、红外线仪查找断裂处。

##### 1.1.1.3 光连接器断接

特点是,光源端有光信号,加上光连接器却无信号。

可能是光连接器芯子加工短了、或光连接器未插到位、或光连接器端面间有油污或颗粒等,都会造成光连接器断接。

#### 1.1.2 光功率低

首先确认光发射机输出光功率正常。

##### 1.1.2.1 接触不良

光连接器,常因结构不精密、环境不清洁、接插不彻底造成接触不良:

事先应选择结构精密、插入损耗小的 SC/APC 光连接器,尽量不用极易接触不良的 FC/APC 光连接器;

施工时应十分注意工作环境的清洁和操作者手的清洁;

接插前,光纤插头、光法兰盘的软塑料帽不可打开;

每个光连接器由两个插头、一个法兰盘组合而成，接插时，要先清洁、后接插。如果确认是某个光连接器接触不良，只处理跳线的光纤插头又不见效时，应该将设备内的光纤插头拔下来清洁，同时清洁光法兰盘的通孔。对准插槽接插时，一定要听到“咔巴”响声；

光连接器的工作环境，应低粉尘、无油污；

正常运行中，至少每半年，应主动清洁一次光连接器。

#### 1.1.2.2 熔接损耗过大

用 OTDR 查找熔接损耗过大处，重新熔接。

#### 1.1.2.3 微弯损耗

光纤、跳线、尾纤如有小弯、死弯，将造成损耗增大。相同的折弯半径，1310nm 微弯损耗较小、1550nm 微弯损耗较大。

施工时，严格注意光纤、跳线、尾纤顺畅、自然，不允许有小弯、死弯发生；

近处，眼观；远处，用 OTDR 查找损耗突变处；

室外光缆线路，顺线路观察，光缆、尾缆有无死弯，接续盒、光节点的光缆、尾缆有无脱出。

#### 1.1.2.4 光纤损耗大

极个别光纤，经反复查找，无外部故障，说明这根光纤损耗过大，只能更换为备用光纤。

#### 1.1.2.5 光连接器端面烧坏

当光功率超过 20dBm、光连接器插入损耗较大时，极易发生光连接器端面烧坏的现象，光连接器的插入损耗将增加几个 dB，甚至更多。

1310nm 光发射机输出光功率比较小，一般限制在 13dBm 以下，不会发生连接器端面烧坏的现象。

1550nm 光放大器，EDFA 输出光功率范围 13~23dBm，YEDFA 输出光功率可达 27dBm。其中，输出光功率超过 20dBm 的型号，都有一定的危险。为了防止发生光连接器端面烧坏，除非特殊情况，一般不用  $\geq 20\text{dBm}$  的光放大器。

使用超过 20dBm 的光放大器，配用光连接器的插入损耗应该  $\leq 0.2\text{dB}$ 。

使用超过 20dBm 的光放大器，无论工作或测量，必须先关机，后连接，再开机工作或测量。

一旦发生光连接器端面烧坏，必须同时更换接点两边的插头。

测量大功率输出的光放大器，必须注意光功率计的测量功率上限，测量功率上限不足时，必须通过光分路器衰减后测量，避免烧坏光功率计。

#### 1.1.3 反射损耗、光链路损耗异常

### 1.1.3.1 反射损耗正常、光链路损耗大

实际光缆长度比预计的长；

光链路中有衰减器；

光纤损耗大。

### 1.1.3.2 反射损耗差、无损耗突变台阶

测量光功率正常，但是，C/N、C/CSO 大幅度跌落。则光链路中有 PC、UPC 连接器，且接触良好，PC 连接器反射损耗最差，UPC 连接器反射损耗略好。

### 1.1.3.3 反射损耗差、有损耗突变台阶

同时伴有 C/N、C/CSO 大幅度跌落：

光链路中有 PC、UPC 连接器；

若确认光链路中均为 APC 连接器，可能是光连接器接触不良，或者是光链路中有微弯损耗。

## 1.2 电缆及其连接故障

### 1.2.1 施工故障

施工过程中，射频同轴电缆经常发生开路、短路、接触不良、电缆变形四种故障，或其综合表现。

电缆开路，相当于串联电容；

电缆短路，相当于并联电感；

接触不良，相当于串联电感；

电缆变形，相当于并联电容。

电容的容抗是  $Z_C=1/(2\pi fC)$ ，容抗与频率成反比：

低频容抗很大，串联电容相当于开路，并联电容几乎无影响；

高频容抗很小，串联电容几乎直通，并联电容相当于短路。

电感的感抗是  $Z_L=2\pi fL$ ，感抗与频率成正比：

低频感抗很小，并联电感相当于短路，串联电感几乎直通；

高频感抗很大，并联电感几乎无影响，串联电感相当于开路。

判断这类施工故障时，由于电缆两端连接着各种有源、无源设备，集中供电的有源和无源设备连接着供电和用电电源，无源设备又有隔直流电容，无法用三用表在线测量电阻。如需测量电阻，必须将电缆两端的连接拆下来。排除故障的主要手段，应该是从故障的综合表现入手，分析、判断、查找。

#### 1.2.1.1 开路

多发生在连接器部位。

用选频电平表测量电平，低频电平降低的多，高频电平降低的少；

由于低频阻抗过高，失配严重：模拟电视低频端滞后重影严重、调频广播声音发散、数字信号低频端及上行频段误码严重；

电缆开路，回路不通，集中供电无供电电流；

如果是外导体开路，还同时伴有空间杂散电磁波增大。

检查电缆两端连接器，确认内外导体连接可靠，一般应恢复正常；

如果仍然是开路现象，用三用表，离线测量电缆电阻，将电缆一端的内外导体短路，在电缆的另一端测量电阻开路，说明该电缆的内导体或外导体开路。

#### 1.2.1.2 短路

多发生在连接器部位。

用选频电平表测量电平，低频电平降低的多，高频电平降低的少；

由于低频阻抗过低，失配严重：模拟电视低频端滞后重影严重、调频广播声音发散、数字信号低频端及上行频段误码严重；

电缆短路，电阻极小，集中供电无供电电压；

无空间杂散电磁波增大现象；

如果是电视机引入线短路，则会有虚插比实插好的现象。

检查电缆两端连接器，确认内外导体连接可靠，一般应恢复正常；

如果仍然是短路现象，用三用表，离线测量电阻，电缆两端均断开，在任一端测量电阻均短路，说明该电缆内部短路。可以沿电缆观察；或用惠斯登电桥，分别从两端测出电阻值，算出电缆的短路位置。

电缆线中间短路，大体有三种情况：

制造电缆时，外导体屏蔽网与内导体短路；

架空电缆，被气枪子弹短路；

沿墙敷设电缆，被卡钉短路，或被大头针短路。

#### 1.2.1.3 接触不良

多发生在连接器部位。

用选频电平表测量电平，低频电平降低的少，高频电平降低的多；

模拟电视，滞后重影不明显；

集中供电基本正常，只是压降较大；

如果是外导体接触不良，还同时伴有空间杂散电磁波增大。

检查电缆两端连接器，确认内外导体连接可靠，一般应恢复正常；  
如果仍然是接触不良现象，说明该电缆内部接触不良。

#### 1.2.1.4 电缆变形

可能发生在电缆的任何部位。

用选频电平表测量电平，低频电平降低的少，高频电平降低的多；

模拟电视，滞后重影不明显；

集中供电完全正常；

无空间杂散电磁波增大现象。

检查电缆两端，确认可观察范围无电缆变形，说明该电缆中间某处变形。

区别几种电缆连接故障的主要判据表

故障表现	故障原因			
	开路	短路	接触不良	电缆变形
(电气特点)	串联电容	并联电感	串联电感	并联电容
频率越低电平越低	▲	▲		
频率低端重影、误码	▲	▲		
频率越高电平越低			▲	▲
集中供电无供电电流	□			
集中供电无供电电压		□		
供电压降较大			□	
外导体故障低频干扰大	★		★	
虚插比实插好		电视机引入线		

注：▲电平特点 □供电特点 ★干扰特点

#### 1.2.2 高频损耗过大

电缆高频损耗过大，一般是高温、受潮或进水、老化所致。

##### 1.2.2.1 高温

夏天高温，或电缆敷设于热力管道中，电缆损耗当然增大，但是不应超过 0.2%/℃ 的温度系数。

##### 1.2.2.2 受潮、进水

发生在紧固、防护不好的连接器处，或电缆破损处。

为预防电缆受潮、进水，施工前检查电缆外观应无破损，施工中注意不使电缆受伤；电

缆必须由低向高进入设备，当由高向低进入设备时，必须有滴水弯；连接器的硅橡胶防水圈完好；电缆、连接器、设备紧固正确，调试完毕热缩好热缩套管。

### 1.2.2.3 老化

内导体氧化，发黑、发绿；

铝管外导体内表面氧化；

铝塑复合膜外导体的铝膜氧化，粉状脱落。

为防止、延缓内外导体氧化，选购电缆是关键：

内导体表面光亮，且有薄层聚乙烯防护；

铝管外导体内表面，应有油脂防护；

铝塑复合膜外导体的材料至关重要，塑料膜应是聚酯带而不是聚乙烯带，应不易拉伸导致铝膜脱落，铝膜应有足够厚度，且附着牢固。

施工中，也应严格防水工艺。

若外护套老化，要么龟裂，要么发粘，必然加剧氧化，则应更换新电缆。

### 1.2.3 电缆陷波

#### 1.2.3.1 电缆发泡度不均匀

判断电缆发泡度不均匀，应首先排除电缆设备失配或故障。

电缆发泡度不对、发泡不均匀，导致阻抗失配引起电缆陷波。问题在电缆生产环节，应事先把好电缆选择和质量检验关。用扫频仪观察电缆的幅频特性，应无陷波点。

#### 1.2.3.2 短电缆效应

当电缆、连接器、电缆设备端口阻抗匹配良好时，电缆是传输线，与电缆长度无关。

当连接器或电缆设备端口阻抗匹配不良时，大于、等于一个波长的电缆，是传输线； $1/2$ 波长的电缆，是开路线； $1/4$ 波长的电缆，是短路线，即会发生电缆陷波现象。

分析电缆长度和波长的关系时，必须考虑所用电缆的波长缩短系数：

进口竹节电缆，0.93；

进口物理发泡电缆，0.89；

国产物理发泡电缆，0.87；

实心聚乙烯电缆，0.66。

排除这种故障，首先应解决连接器、电缆设备阻抗匹配不良的问题。

适当加长电缆长度，能缓解或消除电缆陷波现象，这是因为：

一是降低了阻抗匹配最差的频率；

二是电缆损耗略有增加之后，起到了一定的失配缓冲作用；

三是电缆加长至大于、等于一个波长时，已经变成了传输线。

### 1.3 连接器

室外设备，使用 5/8 " -24 系列连接器，选择尽量直通的型号，严禁转接。

室内设备，使用英制 F 系列连接器，目前有四种结构：

卡环型，连接不可靠，双向 HFC 系统中弃用；

六角冷压型，总有六个顶角，不利于屏蔽、防水；

螺旋紧固型，对电缆线和连接器的适配直径要求严格；

挤压型，是一种新型连接器，欧美应用较广。

## 2 电源干扰

### 2.1 有线电视系统容易被电源干扰

#### 2.1.1 高频调制信号电流很小

以下电流计算时，使用各自系统的标称阻抗值：有线电视  $75\ \Omega$ ；数字基带  $100\ \Omega$ 。

前端及光节点宽放出的信号电压  $0.1\sim 0.01\text{V}$  即  $100\sim 80\text{dB}\ \mu\text{v}$ ，信号电流  $1.3\sim 0.13\text{mA}$ ；

宽放入及用户分配的信号电压  $0.01\sim 0.001\text{V}$  即  $80\sim 60\text{dB}\ \mu\text{v}$ ，信号电流  $0.13\sim 0.013\text{mA}$ ；

数字基带信号电压是  $5\text{V}$  即  $134\text{dB}\ \mu\text{v}$ ，信号电流  $50\text{mA}$ 。

高频调制信号电流仅是数字基带信号电流的  $2.6\sim 0.026\%$ ，如果电缆外导体中有市电电流，高频调制信号就很容易被干扰：

模拟电视就会出现滚道；

模拟声音就会出现哼声；

数字信号就会出现误码。

#### 2.1.2 市电工频频率在视频和音频的频率范围之内

视频信号频率范围是  $0\sim 6\text{MHz}$ ，音频信号频率范围是  $15\sim 20000\text{Hz}$ ，均包括工频的  $50\text{Hz}$  在内。如果电缆外导体中有工频电流，必然会对视频和音频信号产生干扰。

解决市电电流干扰，关键是良好的接地。

#### 2.1.3 可控硅或高频用电器频率在有线电视射频频带之内

##### 2.1.3.1 电网污染干扰

市电是  $50\text{Hz}$  的正弦波，但是，各种用电器都接在公共电网上，实际的电网均被各种可控硅或高频用电器污染，其频率成分十分复杂，会通过电网污染，干扰到相应频道的图像和声音。电网污染干扰的特点是亮串点带。

解决电网污染造成的干扰：

前端使用 UPS 电源；

传输分配网中供电电源的初级均应有净化滤波器。

### 2.1.3.2 高频辐射干扰

可控硅或高频用电器，还会通过高频辐射，干扰相应频道的图像和声音，其特点也是高亮串点带。

解决高频辐射造成的干扰：

寻找干扰源，并将干扰源屏蔽、接地；

接地多；

排除电缆外导体开路、接触不良的故障。

### 2.1.4 机内电源干扰

有源设备内的电源如果是开关电源，脉冲大电流连接线辐射处理不当、电源印制板地线布局不合理、滤波不良等，均会造成电源干扰。开关电源干扰的特点是：模拟图像上叠加了白色菱形线，各交点处更亮。

有源设备内的电源如果是线性稳压电源，电源印制板地线布局不合理、滤波不良等，均会造成电源干扰。线性电源干扰的特点是：模拟图像上有两条滚道。

如果电源部件和主电路部件之间的电源连接线离主电路部件太近，还会产生缓慢移动的大片灰网干扰。

解决机内电源干扰的方法：

关键是选择或更换为优质的有源设备；

更换电源中失效的电解电容。

## 2.2 信号接地线

### 2.2.1 有源设备的电位

系统中的每个用市电的设备，都会有程度不同的漏电，即各用市电的设备电位都不相同，各设备之间都有电位差。当信号线连接两个设备时，信号线中就会有市电电流，从而对信号产生干扰。

### 2.2.2 电源地的电位

市电是三相五线制，即，A、B、C 三根相线，一根公共回路线零线，一根安全地线。

理想状态下，A、B、C 三根相线负荷平衡，零线中三个强度相等、相位各差  $120^{\circ}$  电流的代数和为零，零线电位为零。但是，实际情况是，A、B、C 三根相线负荷平衡的条件几乎不存在，零线中的电流总不是零，即，零线电位总不是零。而且，随着 A、B、C 三根相线负荷的变化，零线电位随时飘浮不定。



实际上，很多地区，是使用三相四线制，即，零地合一。由于零线电位不是零，导致每一个地线，都不是零电位。即，各地线之间都有电位差。

即使是三相五线制，零地分开，负荷变化影响零线电位从而影响地线电位的因素没有了；但是，由于各处漏电程度不同，安全地线中也有强度不等的电流。即，每一个安全地线，都不是零电位，而是各有高低不等的电位。

### 2.2.3 电源地不能作信号地

由于每个带电源设备的电位不定、电源地的电位不定，如果靠电源线的地线接地，各带电设备地线引线的关系依电源布局而定。电源地引线直径小、且串并不定，不可能起到平衡电位的作用。

有线电视系统中，信号电流不过是微安量级的，十分微弱；而市电地线间的电位差引起的电缆中的市电电流则强大得多。所以，有线电视不能借用市电地线，只能单独接地。

### 2.2.4 信号地

#### 2.2.4.1 电源地和信号地彻底分离

凡是由电网取电设备的电源线，均只使用零线、相线两根线，不使用电源地线；当是三根连线时，应去除电源地的连接，令其失效。

整个有线电视网，凡是接地，均应为单独的信号地。

信号地使带电设备均为信号地电位，避免或减轻了电缆外导体中的 50Hz 电流，就能改善信号交流声比。

#### 2.2.4.2 前端两次一点接地

每个带电设备内的所有插件必须保证信号地的可靠连接，带电设备均应设接地端子，在机柜内的大直径公共地线（板、棒、管）上，第一次一点接地，以平衡每个机箱的漏电电位；

各机柜分别接一根大直径引出线；当机柜数量不多且紧靠时，允许用大直径软线先将各机柜伞架形连接，再接一根大直径引出线，在机房信号地线汇流排上，第二次一点接地，以平衡每个机柜的漏电电位。

近几年，一些新建筑，执行综合接地，接地电阻很小。如果是综合接地，试图在建筑内单独接信号地的可能性很小，只好借用综合接地。但是，在机房内，也必须执行电源地、信号地彻底分离的原则，也必须执行两次一点接地的原则，最终尽量靠近综合接地的地极一点接地。

当机房地极分为电源地、信号地时，信号地的接地电阻 $\leq 4\Omega$ ；

当机房地极是综合接地时，接地电阻 $\leq 1\Omega$ 。

## 2.3 用户分配网的电源干扰

### 2.3.1 信号地

至少供电、光节点接地，一般供电、光节点、干放接地，最好供电、光节点、干放、支放都接地；

按照 IEC728 公告的规定，每一栋建筑的第一个无源设备均应接地。

信号地与电源地彻底分离，否则，必然会有电源干扰。

### 2.3.2 电源干扰

#### 2.3.2.1 电视机、计算机的接地

过去，显像管 CRT 电视机，全部都是两根电源线，只靠系统的信号地接地，没有信号地、电源地相连的问题；现在，平板（液晶 LCD、等离子 PDP）电视机执行 3C 认证，绝大部分都改成了三根电源线，就出现了系统的信号地和电视机的电源地相连的问题。只有少数品牌的部分平板电视机，还有两根线的电源线：欧洲的 PHILIPS，日本的 SHARP、TOSHIBA，国产的 SKYWORTH，今后，全部都是三根电源线。

计算机一直都是三根电源线，一直存在着信号地、电源地相连的问题。

前端可以做到信号地、电源地彻底分离，可以单打地线；外线也可以做到信号地、电源地彻底分离，可以单打地线；唯独在用户家中不可能单打地线，因而，就做不到信号地、电源地彻底分离。

采用双隔离系统输出口，可以彻底隔绝电视机、计算机的电源地和系统信号地之间的联系，彻底隔绝电视机、计算机漏电的影响。但是，屏蔽系数大约会降低 10dB；

采用单隔离系统输出口，肯定会有电视机、计算机地线和漏电的影响。三根电源线的电视机、计算机，无法解决电源干扰；两根电源线的电视机，只有有漏电的影响，不会有信号地、电源地相连的问题。如果两根电源线的电视机发生电源干扰，采用排除法，找到漏电严重的电视机后，将其电源插头反插，即可减轻或消除电源干扰。查找漏电来源时，维修人员应该注意防电击。

#### 2.3.2.2 可控硅或高频用电器干扰

如果是电网污染干扰，电视机不同，滤波效果不同，干扰轻重不同；

如果是高频辐射干扰，与电视机和干扰源的相对位置有关，近强远弱、向强背弱、高高低弱。

电视机电源的滤波效果难以说清，可以根据是否符合相对位置影响高频辐射干扰的规律，判定是哪种干扰原因。

最好是用电池供电的测试电视机观察信号，如果电网污染干扰没有了，即可判定是电网污染干扰；如果仍有电源干扰，即可判定是高频辐射干扰。

解决高频辐射干扰，只能消除干扰源。详见 2.1.3。

### 2.3.2.3 电缆接触不良

电缆接触不良，造成市电电磁场侵入电缆内导体干扰，模拟电视信号图像叠加高亮串点带，必须排除电缆接触不良的故障。

## 2.4 接地与防雷

在有线电视系统中，接地总共有五个作用：

人身防雷击；

人身防高压；

人身和系统防静电；

克服交流声调制干扰；

克服空间杂散电磁波对电缆外导体的感应干扰。

但是，接地也会对系统造成两个危害：

雷击时，设备损坏更多。如果系统不接地，雷击时，电源线、电缆线电位同时升高，相对电位差不大，对设备影响不大；而系统接地后，雷击时，电源线电位升高、电缆线却是地电位，相对电位差加大，造成设备损坏更多，首先是电源损坏更多。这种危害，220V 供电的设备更加严重，60V 集中供电的系统损坏较轻。这是因为，磁饱和供电初、次级间突变电压传输效率较低、设备的电缆端口也有突变高电压防护。要彻底解决这个难题，必须在所有加入 220V 电源的地方，先经 220V 避雷保安器，再接系统用电设备。

高压线经钢绞线搭接电缆线时，将造成搭接点至接地线之间的电缆设备烧坏、电缆线烧化。要彻底解决这个问题，必须避免有线电视线路与高压线并行；当线路的交叉不可避免时，在高压线两侧下引 45° 所包含的范围内，有线电视线路必须埋地。

## 3 前端调试

### 3.1 正确使用电平表

#### 3.1.1 测量位置

电平表是低阻表，输入阻抗 75Ω，只能终端测量，不能中间（并连）测量。否则，由于严重失配而产生驻波的影响，依电缆长度的不同，各频率电平随之高低不同。

#### 3.1.2 频道测量频率

系统中共有模拟电视、调频广播、数字信号三类频道：

模拟电视频道测量频率，设定为图像载频  $f_v$ ；

调频广播、数字信号测量频率，均设定为频道中心频率  $f_o$ 。

下行 8MHz 的频道，既可作为模拟电视频道，又可作为数字信号频道：

当作为数字信号频道、仪器测量带宽固定为 0.3MHz 时，可以沿用模拟电视频道的图像载频  $f_v$ ，测得电平与频道中心频率  $f_o$  时相同；

当作为数字信号频道、仪器测量带宽又可设为 8MHz 时，只能使用频道中心频率  $f_o$ 、不能使用图像载频  $f_v$ 。否则，测得信号电平的频率范围，不是  $f_o \pm 4\text{MHz}$ ，而是  $f_v \pm 4\text{MHz}$ 。

### 3.1.3 频道电平读数

测量模拟信号频道电平，均可直读。

测量数字信号频道电平，以测量带宽而有所不同：

测量带宽固定为 0.3MHz 的电平表，数字频道实际电平 = 仪器测得电平 +  $10\lg(\text{频道带宽}/\text{测量带宽}) + 1\text{dB}$ （定义域： $B_{\text{CH}} \geq B_{\text{M}}$ ）。对于下行 8MHz 的频道带宽，测得电平加 15.3dB，才是实际频道电平；

可任意设置测量带宽的电平表，依据测量对象的带宽设置测量带宽，电平直读。

### 3.1.4 图像声音载波电平差

图像声音载波电平差 A/V 比，是为了保证邻频传输时，上邻频道图像不被下邻频道声音干扰的指标。A/V 比不应用于调整音量，调整声音音量，应该调整调制器的音频幅度或称调频频偏（见 3.2.3）。A/V 比对音量、音质也会有一定的影响：适中或偏小时，不影响音量、音质；过大时，音量变小、音质变差。

用电平表测量 A/V 比应为  $17 \pm 1\text{dB}$ （总范围 14~23dB）。

听着本频道的声音，同时，观察上邻频道图像，应无被本频道声音干扰的现象。

用中高档电平表测量单台调制器或混合后的 A/V 比，均相同。

用低档电平表测量单台调制器的 A/V 比差值较大，读数是真实的；但是，测量混合后的 A/V 比差值较小，读数是假的。这是由于低档电平表选择性差，在声音副载频的测量结果中，既有本频道的声音副载频，也包含了混合后上邻频道的部分图像载频功率，使得声音副载频电平假性偏高，A/V 比差值随之变小。

所以，无论高中低档电平表，干脆统一规定：

在单台调制器的输出监测端口测量 A/V 比。

### 3.1.5 测量噪声失真的电平

每次测量噪声失真时，为了避免测量误差，都应预置在电平表说明书规定的电平值上，一般是 80 或 85 或 90dB  $\mu\text{v}$ ，以说明书的规定为准。

### 3.1.6 噪声失真的在线测量

高档电平表均可在线测量，免除了频繁插拔信号的麻烦，非常方便。但是，由于这种测试方法不是特别成熟，有时测量误差较大。

如果发生明显不合理的测量结果，应以插拔信号的测量结果为准。

### 3.1.7 测量噪声

首先要根据被测频道，设定噪声频带宽度：

调频广播频道 0.2MHz；

模拟电视频道 5.75MHz；

下行数字频道 8MHz；

上行数字频道 0.2/0.4/0.8/1.6/3.2/6.4MHz 中的被选用者。

多频道输入时，电平表自身的非线性失真，也会影响测量结果，最好加被测频道的带通滤波器。不过，是否加带通滤波器的影响，没有测量非线性失真时严重。

测量单台设备的噪声，只能在单台设备上测量；

多频道无源混合后，无论是否经过了宽放，测量每个频道的噪声，应该与在单台设备上测得的噪声基本相同。如果变差较多或很多，说明是频道滤波不良的单台设备，造成的宽带噪声积累所致。

### 3.1.8 测量失真

测量频道带内互调，只对单机设备直接测量；

多频道输入时，电平表自身的非线性失真，会读出较差的假数，为了保证测量精度，测量某频道时，高档电平表最好加入该频道的带通滤波器，中档电平表必须加入该频道的带通滤波器；

宽带非线性失真呈群落状态，应以频道内的最差落点读数为准。以图像载频为基准，这些落点（MHz）包括（详见附表）：

复合二次互调产物 5 种，-1.5、-0.5、0、0.5、1.0；

复合三次差拍产物 9 种，-2.25、-1.75、-1.25、-0.75、-0.25、0.25、0.75、1.25、1.75。

### 3.1.9 测量信号交流声比

前端送入各下行光发射机的信号，信号交流声比应 $\geq 60\text{dB}$ ，即 $\leq 0.1\%$ 。

各用户分配部分，信号交流声比应 $\geq 46\text{dB}$ ，即 $\leq 0.5\%$ 。

使用市电的有线电视综合测试仪，也会有市电漏电电位，由于存在与被测线路之间的电位差，测量电缆中也会有 50Hz 电流，会严重影响信号交流声比的测量准确性，导致信号交

流声比普遍假性偏低。克服这个弊病，有两个办法：

使用市电的有线电视综合测试仪，单独接一根与被测线路一点接地的地线，消除两者之间的电位差；

使用蓄电池供电的选频电平表，电位悬浮，接上测量电缆，即与被测线路等电位，没有市电电位差的影响。

### 3.2 前端调试

#### 3.2.1 解调器、频道变换器的输入电平

严格控制在  $70\sim 73\text{dB}\mu\text{V}$ 。虽然输入电平标为  $70\text{dB}\mu\text{V}\pm 10/15/20\text{dB}$ ，只是说明 AGC 的控制范围，并不保证信号质量。中心输入电平  $70\text{dB}\mu\text{V}$  时，图像效果最好，低了噪声差，高了失真差。

输入信号低于  $70\text{dB}\mu\text{V}$  时，应设法提高输入电平；高于  $73\text{dB}\mu\text{V}$  时，应经衰减器输入。

#### 3.2.2 调制器的视频调制度

用示波器测量输入调制器的视频幅度应为  $1\text{Vp-p}$ ；

或用中高档电平表测量高频输出，视频调制度应为  $87.5\%$ ；

或用一台标准电视机观察图像，各频道图像明暗程度适中且相似。

#### 3.2.3 调制器的音频调制度

用音频毫伏表测量输入调制器的音频幅度应为  $0.775\text{V}$ ，或用三用表测量应为  $0\text{dBm}$ ；

或用中高档电平表测量高频输出，音频调制度即调频频偏，应为  $\pm 50\text{KHz}$ ；

或用一台标准电视机监听音量，各频道声音纯正且音量相似；

#### 3.2.4 调制器、频道变换器、上变频器的输出电平

调制器、频道变换器、上变频器的实用输出口电平  $\leq$  最大输出电平  $3\text{dB}$ ，以预留老化余量和调整余量。

各频道平坦输出电平，应在下行光发射机输入端测量。由于混合器的低频损耗小、高频损耗大，各调制器、频道变换器、上变频器的输出口电平不会相同，低频频道的电平低、高频频道的电平高。

### 3.3 下行通路混合

#### 3.3.1 下行混合放大

使用倒接分配器式 16 路混合器，频率范围  $5\sim 1000\text{MHz}$ 、隔离损耗  $\geq 22\text{dB}$ 、插入损耗  $\leq 16\text{dB}$ 、反射损耗  $\geq 16\text{dB}$ ，为保证匹配良好，空闲端必须终接；

下行通路可使用 6 个 16 路混合器，最多可带 96 个频道，使用倒接六分配器二次混合，为保证匹配良好，空闲端必须终接；

当两组电平差大的信号混合时，应使用倒接的分支器，事先算好分支损耗，主出端接小信号、分支端接大信号、主入端是混合输出；

不使用带放大器的混合器。

光发射机驱动放大器的选用原则：

高线性（砷化镓倍功率宽放模块）；

低增益 18~22dB；

噪声失真平衡的中心输出电平（附加的噪声、失真几乎可以忽略不计）；

宁可并行多台，尽量避免串接。

### 3.3.2 下行混合电平

模数共传时，一般情况下，调频、数字 < 模拟电视频道电平，混合后各种信号光发入相对电平（dB）：

AM-VSB 0，FM、64-QAM -10，256-QAM -6。

可适应用户接收需要的下行电平（dB  $\mu$  V）：

AM-VSB  $69 \pm 6$ ，FM 47~80，m-QAM  $60 \pm 15$ 。

模数共传时，也可以只降低调频广播频道的电平，使模拟电视频道、数字信号频道的电平相同，但是，必须认真计算光电传输的非线性失真，适当降低光电传输的电平。

全数字时，数字  $\approx$  原模拟电视频道电平。

## 3.4 前端的下行干扰噪声

### 3.4.1 频道安排原则

#### 3.4.1.1 躲避同频干扰

不安排当地无线强场强信号占用的频道，包括：电视、调频广播、无线寻呼（137~167MHz，对应于增补频道 Z4~Z7 之间）。

#### 3.4.1.2 其他

全部邻频安排；

不安排上下行隔离带已占用的频道；

模拟频道集中于较低频率，数字频道集中于较高频率，不交叉。

### 3.4.2 交扰调制与视频干扰的区别

当干扰和被干扰频道同步时：

由宽带非线性失真产生的交扰调制是负图像、鬼影；

视频干扰是正图像叠加，视频线屏蔽不良所致。

### 3.4.3 非线性失真与杂散电磁波干扰的区别

当干扰频道和被干扰频道不同步时，由宽带非线性失真产生的交扰调制是移动的竖带和横带；

非线性失真的单频干扰都是固定不变的；

杂散电磁波干扰都是晃动的，高频电缆屏蔽不良所致。

#### 3.4.4 调制器带内干扰

伴音副载波 6.5MHz 与彩色副载波 4.43MHz 的二次互调差频是 2.07MHz，称为带内互调，规定为 $\leq -57\text{dB}$ ，不合格时，就会发生带内单频干扰。

#### 3.4.5 调制器（上变频器）带外干扰

无输出滤波器的捷变频调制器，必须一一对应外加频道滤波器，否则，可能会发生以下几种带外干扰：

本振外泄。本振频率=频道频率+中频，处理不干净，会干扰高邻第四个频道。

镜像频率。镜像频率=本振频率+中频=频道频率+2×中频，处理不干净，会干扰高邻第八个频道。

谐波干扰。二次谐波=2×频道频率；三次谐波=3×频道频率。落点会干扰对应频道。

#### 3.4.6 调制器（上变频器）带外噪声

变频部分产生的宽带噪声：

采用固定频道调制器，有频道滤波器，可彻底消除；

采用带随动滤波器的捷变频调制器，可较彻底消除；

无输出滤波器的捷变频调制器，必须一一对应外加频道滤波器，否则，载噪比将下降约  $10\lg N$  (dB) (N 是无输出滤波器捷变频调制器的频道数)。

#### 3.4.7 两组宽带信号源之间的干扰噪声

外来 MMDS 的 UHF 信号，与本地 VHF 前端信号混合：

外来 MMDS 的 UHF 信号中，有很多二次互调差频，这些干扰会落入 VHF 低频端的相应频道；同时，还有变频和放大的宽带噪声，这些噪声会影响整个 VHF 频段。外来 MMDS 的 UHF 信号，应经高通滤波器，滤除二次互调差频和宽带噪声；本地 VHF 前端信号，应经低通滤波器，滤除二次互调和频和宽带噪声。然后再混合。

光接收机送来的高频信号，与本地前端的信号混合：

合理的做法是，光接收机送来的高频信号，事先安排在频率低端；本地前端的信号，事先安排在频率高端。高低端之间必须有一个过渡频带。光接收机送来的高频信号，应经过过渡频带频率的低通滤波器，滤除二次互调和频和宽带噪声；本地前端的信号，应经过过渡频带频率的高通滤波器，滤除二次互调差频和宽带噪声。然后再混合。



为了净化光传输信号的使用频带，尤其是长距离光传输，最好能设定光传输中电信号的最高频率 $\leq 2 \times$ 最低频率，以避免使用频带内的二次互调干扰。

#### 3.4.8 电视机间的辐射干扰

前端电视墙电视机非常集中，电视墙应该是全金属结构，各电视机间均应有可靠接地的屏蔽板隔开。否则，各电视机的变频器高频辐射，会产生电视机间的相互干扰。

这是一种假象，实际上，下行输出信号中并没有这些干扰。

### 4 HFC 下行通道调试

#### 4.1 电缆供电核算方法

##### 4.1.1 供电计算规律

并行供电，串行供电压降很小，只要计算用电功率即可；

串行供电，串行供电压降很大，主要是计算电压降。

双向 HFC 串行供电的放大器最多不超过 3 个，所以只要计算光节点以下的用电功率即可，无需计算串行供电压降。

##### 4.1.2 基础数据

###### 4.1.2.1 用电设备交流消耗功率

先求设备直流用电电流  $I$ ，已知直流电压  $U$ ，则直流消耗功率  $P=UI$ 。

直流消耗功率  $P$ ，除以效率  $\eta$ ，即交流消耗功率  $p=P/\eta$ 。

开关电源是恒功率器件，在正常交流供电电压 36—65v 范围内，交流消耗功率  $p$  基本不变，交流电流  $i$ ，则随交流供电电压  $v$  的变化而反变化， $i=p/v$ 。

###### 4.1.2.2 送电电缆的往返电阻

将一段已知长度  $L$  的电缆一端短路，在另一端测量电阻  $R_x$ ，则该电缆的往返电阻  $R=R_x/L$ （以  $\Omega/100m$  计）

#### 4.1.3 供电核算

##### 4.1.3.1 计算最后一台供电宽放的交流供电电流

令交流供电电压  $v_1$ ，等于开关电源的最低供电电压 36V，计算其最大交流供电电流  $i_1=p/v_1$ 。

##### 4.1.3.2 计算最后一台供电宽放前一段电缆的电压降

根据这段电缆实际长度  $L_1$ ，计算往返电阻  $R_1=L_1 \times R$ ；

这段电缆的电压降  $V_1=i_1 \times R_1$ 。

##### 4.1.3.3 计算倒数第二台供电宽放的交流供电电流

交流供电电压  $v_2 = v_1 + V_1$ ;

其交流供电电流  $i_2 = p/v_2$ 。

#### 4.1.3.4 计算倒数第二台供电宽放前一段电缆的电压降

根据这段电缆实际长度  $L_2$ ，计算往返电阻  $R_2 = L_2 \times R$ ;

这段电缆的电压降  $V_2 = (i_1 + i_2) \times R_2$ 。

#### 4.1.3.5 计算倒数第三台供电宽放的交流供电电流

交流供电电压  $v_3 = v_2 + V_2$ ;

其交流供电电流  $i_3 = p/v_3$ 。

#### 4.1.3.6 支路供电

遇有支路供电时，以刚才算出的，主路倒推至汇接点的电压为准，计算出该支路的交流供电电流等。

4.1.3.7 按以上方法，继续向供电方向推算，直至交流供电电压接近 60V 为止。供电输出交流电压，只有 60V，当计算出的交流供电电压超出 60V 时，说明已经不能再用了。

4.1.3.8 经核算可知，串行供电，电压降是主要问题，如果电压降太大，供电器的输出功率多大，也无济于事。

4.1.3.9 根据计算出的交流供电总电流  $i_{\Sigma}$ ，算出供电器所需输出电流  $i_0 = i_{\Sigma} / 0.6$ 。供电器只能使用  $\leq 60\%$  的功率，是为了避免常年工作会产生较大的温升。

## 4.2 调试方法

为预防安装时可能发生的短路，调试前，应将所有供电设备的供电插子拔下来，到哪台供电设备调试，再安上哪台供电设备的供电插子。这样做，即使发生线路短路，也能立即发现短路位置、立即排除短路故障。

由光节点起，按下行信号顺序，对每一个有源设备进行调试，下行、上行调试一次完成。

#### 4.2.1 下行宽放（含前端光发射机驱动放大器、光节点内宽放）干支分离：

级连干放中心输出电平，噪声失真平衡；

带户支放较高输出电平，失真指标合格。

#### 4.2.2 下行通路调试

##### 4.2.2.1 光节点下行通路调试

如果光节点以下还有宽频带放大器，则光节点内部的宽频带放大器应按干线放大器对待；

如果光节点以下没有宽频带放大器，则光节点内部的宽频带放大器应按支线放大器对待，根据无源分配的需要，将输出电平控制在基础知识规定的范围内。

当光节点只有一个输出口时，只调整内部宽频带放大器的输入衰减器、均衡器，使输出电平、倾斜符合要求。

当光节点不止一个输出口时，分为两种情况：

当各输出口需要输出电平相同时，只调整内部宽频带放大器的输入衰减器、均衡器，使各输出口电平、倾斜符合要求；

当各输出口需要输出电平不同时，应以需要输出电平最高的输出口为准，调整内部宽频带放大器的输入衰减器、均衡器，然后，再根据各输出口的需要，分别调整相应的级间衰减器、均衡器。

#### 4.2.2.2 干线放大器下行通路调试

按基础知识确定中心输出电平；按说明书确定倾斜。

调整输入衰减器、均衡器，使输出电平、倾斜符合要求。如倾斜过大，则应将输入均衡器更换为电缆模拟器。

#### 4.2.2.3 分配放大器下行通路调试

根据无源分配的需要，将输出电平控制在基础知识规定的范围内。应满足两个使用条件：

输出电平  $L_{\text{omin}} \leq L_o \leq L_{\text{omax}}$  ；

输出斜率  $\text{Slope} \leq (\text{高频端 } L_{\text{omax}} - \text{低频端 } L_{\text{omin}})$  。

调整输入衰减器、均衡器，使输出电平、倾斜符合要求。如倾斜过大，则应将输入均衡器改为电缆模拟器。

### 4.3 电平自动控制

#### 4.3.1 各种自动控制方式

为了补偿电缆损耗的温度系数，经常采用自动控制措施：

自动温度控制 ATC，依设备感知温度为准，而不是依电缆感知温度为准，难以准确补偿；

自动功率控制 APC 只能控制信号总功率，不能控制频道电平；

自动增益控制 AGC 使用工作频道的图像载频作导频，只能控制导频点的电平，不能控制斜率，如果若干台串接，AGC 几乎无用；

自动斜率控制 ASC 使用工作频道的图像载频作导频，只能控制斜率，不能控制增益；

自动电平控制 ALC，是 AGC+ASC，分为单体 AGC+ASC 或 AGC、ASC 交错串接两种，是较完善的控制方式，但是，电路比较复杂。

#### 4.3.2 AGC 及宽放中导频频率选取

光连接器接触不良，是常见故障，会使光接收机输入光功率变化，导致光接收机内宽放

输出电平随之 1: 2 变化；环境温度的极限变化，也会造成宽放输出电平大约 ±3dB 的变化。下行光接收机，最好采用 AGC 稳定输出电平。光纤传输、温差变化都不存在电平的斜率变化，光节点采用 AGC，导频可以任意选取，平坦通带内可以精确补偿，没有必要采用 ALC。

半空气电缆的温度系数，无论频率高低，均约 0.2%/°C。但是，由于高低频率电缆损耗的基数不同，高低频率的温度变化量就不同：低频缆损变化量  $\Delta L_l$  很小、中间某频率缆损变化量  $\Delta L_m$  中等、高频缆损变化量  $\Delta L_h$  最大。

如果取高导频，高频稳定了，低频变化量  $\Delta L_h - \Delta L_l$  仍然很大；如果取低导频，低频稳定了，高频变化量也是  $\Delta L_h - \Delta L_l$  还是很大；只有取中导频，中频稳定了，高低频的变化量就成了  $\pm(\Delta L_h - \Delta L_l)/2$ ，这就是 AGC 的最佳工作状态。由此可见，如果宽放使用 AGC，关键是正确地选取中导频频率：

$$\Delta L_h - \Delta L_m = \Delta L_m - \Delta L_l$$

$$2\Delta L_m = \Delta L_h + \Delta L_l$$

$$2\Delta L_h (f_m/f_h)^{1/2} = \Delta L_h + \Delta L_h (f_l/f_h)^{1/2} = \Delta L_h [1 + (f_l/f_h)^{1/2}]$$

$$2(f_m/f_h)^{1/2} = 1 + (f_l/f_h)^{1/2}$$

$$f_m/f_h = \{ [1 + (f_l/f_h)^{1/2}] / 2 \}^2$$

$$f_m = f_h \{ [1 + (f_l/f_h)^{1/2}] / 2 \}^2$$

常用的三种下行频带，分别是以下中导频频率  $f_m$ ，或使用高邻频道：

下行频带 47~550MHz， $f_m = 229.6\text{MHz} \approx 232.25\text{MHz}(Z-9)$ ；

下行频带 87~750MHz， $f_m = 337.0\text{MHz} \approx 336.25\text{MHz}(Z-22)$ ；

下行频带 87~862MHz， $f_m = 374.2\text{MHz} \approx 376.25\text{MHz}(Z-27)$ 。

### 4.3.3 通用 ALC 调试方法

如果选用 ALC 宽放，关键在于正确的调试。

#### 4.3.3.1 调试条件：

全年输入电平波动国产  $\leq \pm 3\text{dB}$ 、进口  $\leq \pm 4\text{dB}$ 、已连续开机  $\geq 2$  小时、风力  $\leq 2$  级、导频信号正常。

#### 4.3.3.2 在手动状态，设定电调衰减器、电调均衡器的工作状态：

输入衰减器、均衡器均为零；开关置手动；监测着高、低导频信号，将手动增益控制电位器 MGC、手动斜率控制电位器 MSC 均旋至电平最高的一端。

记录 MGC 旋至最高端时的高导频电平（无论多高，但应比需求高），然后反旋 MGC，按下式降低高导频电平。

手动增益电平降低量 = 增益控制总量 6dB  $\times$  (当地最高缆温 °C - 调试当时缆温 °C) / (当地

最高缆温℃－当地最低缆温℃)+自动增益控制余量 1dB。

按上式，任一地区均可准确算出其手动增益电平降低量。

为便于使用，按我国大陆最北部、正中部、最南部三个典型地区，列出调试当时缆温每变化 5℃的手动增益电平降低量表。

最北部调试当时缆温 0±45℃手动增益电平降低量表

-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0℃	5	10	15	20	25	30	35	40	45
7.0	6.7	6.3	6.0	5.7	5.3	5.0	4.7	4.3	4.0dB	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0

正中部调试当时缆温 20±35℃手动增益电平降低量表

-15	-10	-5	0	5	10	15	20℃	25	30	35	40	45	50	55
7.0	6.6	6.1	5.7	5.3	4.9	4.4	4.0dB	3.6	3.1	2.7	2.3	1.9	1.4	1.0

最南部调试当时缆温 35±25℃手动增益电平降低量表

10	15	20	25	30	35℃	40	45	50	55	60
7.0	6.4	5.8	5.2	4.6	4.0dB	3.4	2.8	2.2	1.6	1.0

记录 MSC 旋至最高端时的低导频电平(无论高低，但应比需求高)，然后反旋 MSC，按下式降低低导频电平。

手动斜率电平降低量=斜率控制总量 4dB× [1-(当地最高缆温℃－调试当时缆温℃)/(当地最高缆温℃－当地最低缆温℃)] +自动斜率控制余量 1dB。

按上式，任一地区均可准确算出其手动斜率电平降低量。

为便于使用，按我国大陆最北部、正中部、最南部三个典型地区，列出调试当时缆温每变化 5℃的手动增益斜率电平降低量表。

最北部调试当时缆温 0±45℃手动斜率电平降低量表

-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0℃	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0dB	3.2	3.4	3.7	3.9	4.1	4.3	4.6	4.8	5.0

正中部调试当时缆温 20±35℃手动斜率电平降低量表

-15	-10	-5	0	5	10	15	20℃	25	30	35	40	45	50	55
-----	-----	----	---	---	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----

1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0dB	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.7	5.0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

最南部调试当时缆温  $35 \pm 25^\circ\text{C}$  手动斜率电平降低量表

10	15	20	25	30	35°C	40	45	50	55	60
1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0dB	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0

4.3.3.3 开关仍然置手动，调整输入衰减器、均衡器，分别使高、低导频的信号电平最接近设计电平，即调定电平。

需要特别注意，根据调试当时缆温决定的手动增益降低量、手动斜率降低量，一旦调定，不可随意更改。当调整输入衰减器、均衡器，不能准确达到设计电平时，不允许通过调整 MGC、MSC 电位器达到设计电平，否则，将导致设定无效。

4.3.3.4 再在自动状态，用 AGC、ASC 核对高、低导频的调定电平：

开关置自动，旋动自动增益控制电位器 AGC、自动斜率控制电位器 ASC，分别使高、低导频的信号电平是调定电平(不是设计电平)。由于检波电路时间常数很大，自动调整电位器旋动后，电平变化很缓慢，一般，每次均须等 0.5~1 分钟。

4.3.3.5 开关在手动、自动之间再切换一次，任何情况下，均应以调定电平为基准，变化量  $\leq \pm 0.5\text{dB}$ 。调整完毕，开关置自动。

由于调试当时缆温是随机的，所以，每次调试均须重复以上过程，只是，衰减器、均衡器不必归零。

增益控制总量，国产  $\pm 3=6\text{dB}$ ，进口  $\pm 4=8\text{dB}$ ；斜率控制总量，国产  $\pm 2=4\text{dB}$ ，进口  $\pm 3=6\text{dB}$ 。以上列表，均按国产计算。

一般，高导频控制增益，低导频控制斜率，唯独摩托罗拉相反。

单独的 AGC、单独的 ASC，调试方法分别同上。

观察以上两组电平降低量表，可知，同样一台 ALC 宽放，用于不同地区，控制能力差异很大。用公式，可以准确算出各地区电缆损耗及其温差波动损耗：

我国大陆南部可以隔二加一，中部可以隔一加一，北部只能每台都使用 ALC。

#### 4.4 下行通道常见故障

##### 4.4.1 噪声、非线性失真类故障

###### 4.4.1.1 表现

噪声：

较轻的表现是图像上叠加了细小碎丝；

中等的表现是图像上叠加了一层白雾；

较重的表现是图像上充满了黑白颗粒。

交扰调制：

干扰与被干扰频道同步时，负像干扰，俗称鬼影；

干扰与被干扰频道不同步时，一般只有行频不同步造成的缓慢移动的竖宽亮带干扰；有时还伴有场频不同步造成的缓慢移动的横宽亮带干扰。

二次谐波、三次谐波、二次互调、三次互调、三次差拍等单频干扰：

依据干扰数量的多少，依次表现为斜道、网纹、类噪声干扰。

全数字信号时，各种干扰都成了载波互调噪声 CIN，和噪声一起，表现为 8MHz 带宽的噪声块。幅度较大的噪声块，将导致误码率变差。

#### 4.4.1.2 噪声

根本原因：载噪比差。

具体原因：

信号源信噪比差；

解调器、频道变换器输入电平低于 70dB  $\mu$  v；

调制器载噪比差；

无随动滤波器的捷变频调制器未加带通滤波器，导致宽带噪声积累；

外来信号源未经高（低）通滤波器，导致宽带噪声积累；

串接宽放过多；

宽放增益过高；

全部或部分光电传输实用电平比中心输出电平低；

支放输入电平过低；

如果是频率低端噪声大，是不适当的电平倾斜所致，或光发射机输入电平倾斜、或单模块干放输入电平倾斜、或双模块宽放倾斜过大；

如果是单频道噪声大，同时伴有该频道电平低，前端该频道混合器输入低；

如果是一台混合器的全部频道噪声大，同时伴有这些频道电平低，前端该混合器输出低；

电缆陷波或短电缆效应，导致个别频道电平低，表现为噪声大，甚至无影无声；

光连接器接触不良、电连接器故障，导致电平降低；

用户电平低；

不满足电视机最低输入电平的要求。

#### 4.4.1.3 交扰调制和单频干扰

根本原因：非线性失真差。

具体原因：

信号源非线性失真差；

解调器、频道变换器输入电平高于 73dB  $\mu$ v；

调制器带内互调差；

无随动滤波器的捷变频调制器未加带通滤波器，导致带外干扰；

外来信号源未经高（低）通滤波器，导致二次互调差频（和频）干扰；

串接宽放过多；

宽放增益过高；

全部或部分光电传输实用电平比中心输出电平高；

支放输出电平过高；

如果是频率低端干扰大，是不适当的电平倾斜所致，或光发射机输入电平倾斜、或单模块干放输入电平倾斜、或双模块宽放倾斜过大；

如果是单频道干扰，同时伴有该频道电平低，前端该频道混合器输入低；

如果是一台混合器的全部频道干扰，同时伴有这些频道电平低，前端该混合器输出低；

电缆陷波或短电缆效应，导致个别频道电平低，出现交扰调制和单频干扰；

用户电平高；

超过了电视机最高输入电平的要求。

#### 4.4.2 同频干扰

如果在有线电视系统中强行使用当地开路发射的频率，各用户就会发生程度不等的同频干扰。当开路发射的场强足够强时，同频干扰，几乎与有线电视网络本身毫无关系，只与电视机和干扰源的相对位置有关，近强远弱、向强背弱、高强低弱。

不同干扰源的同频干扰，分别表现为：

使用无线调频广播占用的 DS-5 频道，电视图像叠加随广播声音而变的忽闪的花纹；

使用无线寻呼占用的频道，电视图像叠加忽闪的花纹，并叽里呱啦乱响，严重时，甚至无图像；

使用无线电视占用的频道、换节目，电视图像叠加密横道干扰；

使用无线电视占用的频道、原节目，电视图像叠加导前重影干扰；

使用当地开路发射的频率传送数字信号，将发生误码。数字电视轻者马赛克、重者黑屏；数据通信将严重受阻，甚至通信无法进行。

另外：



外来射频信号，输入、输出同频变换时，如果设备内部屏蔽、接地不良，或外部入出线的外导体接触不良，也会发生同频干扰；

外来群射频信号中，不想要的频道滤波不干净，在当地加入这个频道时，也会发生同频干扰。

如果无线发射的滤波不严格，在发生同频干扰的同时，还会发生各种带外干扰。

#### 4.4.3 重影

##### 4.4.3.1 导前重影

重影在主图像的左侧称为导前重影，是同频干扰的一种特殊表现。

根本原因：有线电视系统内，直接使用了当地开路电视广播的原频道、原图像。主图像经光电网介质传输，有时延，后到达电视机；开路信号经空间直接辐射，速度快，先到达电视机。

具体原因：

由于电缆系统屏蔽不良、接地不良，导致低中场强开路信号钻进电缆系统，被放大并叠加；

家用电视机的屏蔽性能一般都很差，强场强开路信号直接钻进电视机。

##### 4.4.3.2 滞后重影

重影在主图像的右侧称为滞后重影，规律是多个、等距、渐弱，一般发生在低频率频道。

根本原因：阻抗失配导致多次反射。奇次反射波与行波传输方向相反，没有重影；偶次反射波与行波传输方向相同，2、4、6……n次反射波就成为滞后重影。

具体原因：

光节点电缆口以下，某设备的输入口或输出口阻抗失配严重；

某处电缆或其连接，开路或短路。

沿线路观察图像，前一处无滞后重影，后一处有滞后重影，故障就发生在两处之间。

#### 4.4.4 数字电视马赛克或黑屏

根本原因：误码。

具体原因：

信号源误码；

光电传输 NPR 太低；

电缆开路、接触不良，导致外部干扰；

同频干扰；

电源干扰；

用户电平太低或太高；

机顶盒适应电平范围太窄；

机顶盒信号处理不当。

#### 4.4.5 电视伴音故障

##### 4.4.5.1 个别频道伴音噪声大

如果全部用户个别频道伴音噪声大，是该频道调制器的声音调制度过低，或 A/V 比过大；

如果部分片区伴音噪声大，甚至无声，是该频道信号源严重失配，造成驻波，恰逢波谷处的用户或用户群伴音跌落；

如果是超过光电设备上限频率增加频道，新增最高频道的伴音处于频率最高端，幅度跌落严重，噪声大，甚至无声，还可能伴有图像无色。

##### 4.4.5.2 个别频道伴音音质差

表现为：

新的、好的电视机，声音滤波器选择性好，音质差，甚至无声；

旧的、差的电视机，声音滤波器选择性差，影响不大，或无影响。

原因是：调制器伴音副载频 6.5MHz 偏离。

## 5 HFC 上行通道调试

### 5.1 原则

合理使用产品，适应系统需求；测试信号设定，工作信号服从；由前向户，逐段控制。

不同下行光发，交互频道可重复使用；不同上行光收组合，交互频道可重复使用。

下行户均速率应 $\geq 0.5\text{Mbps}$ ，CMTS 每 8MHz、64-QAM、38Mbps 能力是 760 有效户。

下行接口速率应符合 CMTS 能力，如不足，采用代理服务器；上行速率不成问题。

### 5.2 调试仪器

调试仪器主要有三类四种。

#### 5.2.1 专用仪器方式

电缆网处的选频电平表内置多路上行信号发生器；上行光接收机处的选频电平表内置上/下行信号转发器，把多路上行信号转发为多路下行信号；调试者在电缆网处即可观察到上行通道的工作状态。这种方法工作效率高，但仪器投资较大，是大中型系统的首选。

#### 5.2.2 频谱分析仪带视频输出方式

电缆网处使用多路上行信号发生器和普通选频电平表，上行光接收机处，使用带显示屏

视频输出的频谱分析仪，用一个调制器转发为下行信号。

### 5.2.3 频谱分析仪无视频输出方式

基本同方法上，如频谱分析仪无视频输出，则用一台摄像机将频谱分析仪的显示屏拍摄下来，再用一个调制器转发为下行信号。

### 5.2.4 简易方式

最简单的仪器配置，电缆网处使用多路上行信号发生器 1 台，5~862MHz 全景显示选频电平表 3 台，其中，调试设备处 1 台，光节点处 1 台，上行光接收机处 1 台。

## 5.3 上行测试信号注入方法

上行测试信号注入方法有四种：

由下行监测并上行注入共用口注入；

由上行放大前的衰减器处，临时换插适配器注入；

由上行信号通路口 Exit 注入（正常使用时，此端口可注入 5~ $\geq 200$ MHz 信号）；

由一个下行输出并上行输入口注入。

注入方法不同，注入损耗就不同，外注入信号电平就不同，务必按说明书的要求，算出所选注入方法的相对损耗差，设准外注入信号电平。最可靠的方法，就是在上行输入监测确认注入电平。

## 5.4 数字信号上行电平

### 5.4.1 上行光收输出电平，必须全部一致，以便于组合，还应同时符合三个条件：

所有上行光收的输入光功率均应在 $-7 \pm 3$ dBm 之间，应事先根据不同的光缆长度，配备不同输出功率的上行光发射机，-4 或-3 或 0 或 3dBm；

最低、最高输入光功率对应的两个上行光收输出电平，必须在可调范围重合值之内；

为求较好的噪声、失真，上行光收输出电平应在说明书规定范围之内，且中间偏上。

n 收混合， $C/N-10\lg n$ ，n 宜 $\leq 8$ 。上行混和后的 NPR：TDMA $\geq 25$ dB、A-TDMA、S-CDMA $\geq 15$ dB。

各种上行光发的 NPR：FP $\geq 30$ dB，带隔离 FP $\geq 40$ dB，DFB $\geq 50$ dB（模拟电视必用）。

### 5.4.2 上行解调器输入电平

DOCSIS2.0 的上行解调器输入电平范围，依不同速率对应的不同频道带宽差别很大，按说明书取中心值。例如：

ARRIS 的 C3，40~86dB  $\mu$  V，设定输入电平 63dB  $\mu$  V；

ARRIS 的 C4，44~89dB  $\mu$  V，设定输入电平 67dB  $\mu$  V。

MOTOLOLA 的 BSR 2000、BSR64000, 0.2MHz 时 44~74dB  $\mu$  V、3.2MHz 时 56~86 dB  $\mu$  V, 设定输入电平 65dB  $\mu$  V。

极端频道带宽时, 至少  $\pm 9$ dB 调整余量, 其余带宽余量更大。

#### 5.4.3 上行光收至解调器输入间的衰减量

上行光收至解调器输入间的衰减量 =

上行光收输出电平 - 上行解调器设定输入电平。

衰减量不对, 送入电平  $\neq$  设定电平; 但送入电平  $\equiv$  设定电平, 所有设定均将反偏其差值。

#### 5.4.4 上行调制器输出电平

为保证尽量高的 NPR, 在上行调制器输出电平 68~ $\geq 118$ dB  $\mu$  V 的范围内, 应尽量高些, 同时还应预留三个余量:

运行调整余量  $\pm 6$ dB; 用户分配线路混合误差  $\pm 3$ dB; 电缆线路、光链路、前端误差  $\pm 3$ dB。

根据以上四个要求, 及目前设备的实际能力, 设定上行调制器输出电平及其允差:

TDMA、A-TDMA, 108  $\pm 12$ dB  $\mu$  V; S-CDMA, 103  $\pm 12$ dB  $\mu$  V。一系统两方式时, 服从低的。

#### 5.4.5 用户分配线路上行混合损耗量中心值

用户应均等均衡分配设计, 用户分配线路典型衰减量中心值: 下行分配损耗约 36dB, 上行混合损耗约 30dB。

一旦安装完毕, 只能承认现状, 实际数值难以改变。

#### 5.4.6 带户有源设备需要上行输入电平

带户有源设备需要上行输入电平 =

上行调制器输出电平 - 上行用户分配线路混合损耗中心值。

典型的:

DOCSIS1.x 108dB  $\mu$  v - 30dB = 78dB  $\mu$  v;

DOCSIS2.0 103dB  $\mu$  v - 30dB = 73dB  $\mu$  v;

上行光链路决定上行 HFC 的 NPR。上行输入电平应尽量符合说明书的规定, 以保证满频带工作时以每 Hz 功率为基础的最佳 NPR; 但是, 带户有源设备必须设定为需要上行输入电平, 只能在设备内做相应调整:

若需要输入电平比规定高, 在上行宽放模块前增加差值衰减量, 以防 CIN 变差; (容易)

若需要输入电平比规定低, 在上行宽放模块前减少差值衰减量, 以防 NPR 变差。(困难)

#### 5.4.7 光节点上行通路调试

光节点直接带用户时，必须设定为需要输入电平，按上述处理；

光节点不直接带用户时，按规定输入电平调试。增或减上行通路衰减器，使光节点上行输入电平监测或激光器输入电平监测符合要求。

#### 5.4.8 宽放上行通路调试

干放不应带户，按规定输入电平；

支放肯定带户，必须设定为需要输入电平，按上述处理；

光节点某路电缆各宽放上行路径损耗均不同，分别调整各上行宽放的输出衰减器、均衡器，使光节点上行输入电平监测或激光器输入电平监测均符合要求。

若上行宽放无输出衰减器、均衡器，应先调上行路经损耗最大的宽放，以防 C/N 过低。

### 5.5 上行通道的干扰噪声及对策要求

#### 5.5.1 干扰噪声

光链路噪声决定上行载噪比，宽放热噪声对 HFC 影响不大；

内部干扰有源设备产生；

外部干扰有家用电器，杂散电磁波侵入、感应。

#### 5.5.2 对策

节点小、星形分、屏蔽高、隔离好、接地多、防腐严。

#### 5.5.3 要求

高通应是上行终接的双工滤波器，以匹配上行阻抗；

不应采用限制上行通带的滤波器；

两级光链路时，第一级上行光链路混合数  $n$  宜  $\leq 4$ ；

设备、系统上行通道频谱干净。

### 5.6 上行通道常见故障

上行通道正常的底噪声应当是平坦的。

#### 5.6.1 上行通道 NPR 低

若 TDMA 的 NPR 低于 25dB，若 A-TDMA、S-CDMA 的 NPR 低于 15dB，可能是：

CM 输出电平设置过低；

电缆分配网上行损耗过大；

宽放、光节点上行注入电平过低；

上行光发射机激光器 NPR 太低；

上行光接收机输入光功率过低；

上行光接收机输出电平过低；

上行光接收机混合路数过多；

上行光接收机输出至上行解调器之间的衰减量不够；

电缆、连接器屏蔽不良；

电缆、连接器外导体开路或接触不良；

光节点以下没有接地或接地太少；

电缆、连接器连接处腐蚀严重；

没加或没加够高通滤波器，造成电视机、调频广播接收机上行噪声累加过大。取决于电视机的开机台数，星期一至星期五白天稍轻，晚间和节假日加重。

#### 5.6.2 上行通道频率越低噪声越大

电缆、连接器屏蔽不良；

电缆、连接器外导体开路或接触不良；

光节点以下没有接地或接地太少；

电缆、连接器连接处腐蚀严重；

没加或没加够高通滤波器，造成电视机、调频广播接收机上行噪声累加过大。取决于电视机的开机台数，星期一至星期五白天稍轻，晚间和节假日加重。

#### 5.6.3 白天正常、晚上掉线

没加或没加够高通滤波器，造成电视机、调频广播接收机上行噪声累加过大。取决于电视机的开机台数。星期一至星期五白天稍轻，晚间和节假日加重。

2007年10月

中国有线电视频道表 (MHz)

频道编号	图像载频	频率范围	中心频率	频道编号	图像载频	频率范围	中心频率
LUB	—	5~65	—	DS13	471.25	470~478	474
LI	—	65~87	—	DS14	479.25	478~486	482
DS1	49.75	48.5~56.5	(52.5)	DS15	487.25	486~494	490
DS2	57.75	56.5~64.5	(60.5)	DS16	495.25	494~502	498
DS3	65.75	64.5~72.5	(68.5)	DS17	503.25	502~510	506
DS4	77.25	76~84	(80)	DS18	511.25	510~518	514
DS5	85.25	84~92	(88)	DS19	519.25	518~526	522
FM	—	87~108	—	DS20	527.25	526~534	530
NM	—	108~111	—	DS21	535.25	534~542	538
Z1	112.25	111~119	115	DS22	543.25	542~550	546
Z2	120.25	119~127	123	DS23	551.25	550~558	554
Z3	128.25	127~135	131	DS24	559.25	558~566	562
Z4	136.25	135~143	139	Z38	567.25	566~574	570
Z5	144.25	143~151	147	Z39	575.25	574~582	578
Z6	152.25	151~159	155	Z40	583.25	582~590	586
Z7	160.25	159~167	163	Z41	591.25	590~598	594
DS6	168.25	167~175	171	Z42	599.25	598~606	602
DS7	176.25	175~183	179	DS25	607.25	606~614	610
DS8	184.25	183~191	187	DS26	615.25	614~622	618
DS9	192.25	191~199	195	DS27	623.25	622~630	626
DS10	200.25	199~207	203	DS28	631.25	630~638	634
DS11	208.25	207~215	211	DS29	639.25	638~646	642
DS12	216.25	215~223	219	DS30	647.25	646~654	650
Z8	224.25	223~231	227	DS31	655.25	654~662	658
Z9	232.25	231~239	235	DS32	663.25	662~670	666
Z10	240.25	239~247	243	DS33	671.25	670~678	674
Z11	248.25	247~255	251	DS34	679.25	678~686	682
Z12	256.25	255~263	259	DS35	687.25	686~694	690
Z13	264.25	263~271	267	DS36	695.25	694~702	698
Z14	272.25	271~279	275	DS37	703.25	702~710	706
Z15	280.25	279~287	283	DS38	711.25	710~718	714
Z16	288.25	287~295	291	DS39	719.25	718~726	722
Z17	296.25	295~303	299	DS40	727.25	726~734	730
Z18	304.25	303~311	307	DS41	735.25	734~742	738
Z19	312.25	311~319	315	DS42	743.25	742~750	746
Z20	320.25	319~327	323	DS43	751.25	750~758	754
Z21	328.25	327~335	331	DS44	759.25	758~766	762
Z22	336.25	335~343	339	DS45	767.25	766~774	770
Z23	344.25	343~351	347	DS46	775.25	774~782	778
Z24	352.25	351~359	355	DS47	783.25	782~790	786
Z25	360.25	359~367	363	DS48	791.25	790~798	794
Z26	368.25	367~375	371	DS49	799.25	798~806	802
Z27	376.25	375~383	379	DS50	807.25	806~814	810
Z28	384.25	383~391	387	DS51	815.25	814~822	818
Z29	392.25	391~399	395	DS52	823.25	822~830	826
Z30	400.25	399~407	403	DS53	831.25	830~838	834
Z31	408.25	407~415	411	DS54	839.25	838~846	842
Z32	416.25	415~423	419	DS55	847.25	846~854	850
Z33	424.25	423~431	427	DS56	855.25	854~862	858
Z34	432.25	431~439	435	HI	—	862~900	—
Z35	440.25	439~447	443	HUB	—	900~1000	—

Z36	448.25	447~455	451				
Z37	456.25	455~463	459				

注：全数字信号之后，87~862MHz 全部为数字频道，FM 取消，NM 挪动。  
 测量时 AM-VSB 用图像载频，m-QAM、FM、FSK 用中心频率。



谐波、互调、差拍落点表(以图像载频为零点±MHz)

2fc	$2 \times 0.25 = 0.5$ ④			
2fd	$2 \times -0.75 = -1.5$ ①			
fc ± fc	$0.25 + 0.25 = 0.5$ ④	$0.25 - 0.25 = 0$ ③		
fc ± fd	$0.25 - 0.75 = -0.5$ ②	$0.25 + 0.75 = 1.0$ ⑤		
fd ± fd	$-0.75 - 0.75 = -1.5$ ①	$-0.75 + 0.75 = 0$ ③		
3fc	$3 \times 0.25 = 0.75$ ⑦			
3fd	$3 \times -0.75 = -2.25$ ①			
2fc ± fc	$2 \times 0.25 + 0.25 = 0.75$ ⑦	$2 \times 0.25 - 0.25 = 0.25$ ⑥		
2fc ± fd	$2 \times 0.25 - 0.75 = -0.25$ ⑤	$2 \times 0.25 + 0.75 = 1.25$ ⑧		
2fd ± fc	$2 \times -0.75 + 0.25 = -1.25$ ③	$2 \times -0.75 - 0.25 = -1.75$ ②		
2fd ± fd	$2 \times -0.75 - 0.75 = -2.25$ ①	$2 \times -0.75 + 0.75 = -0.75$ ④		
fc ± fc ± fc	$0.25 + 0.25 + 0.25 = 0.75$ ⑦	$0.25 + 0.25 - 0.25 = 0.25$ ⑥	$0.25 - 0.25 + 0.25 = 0.25$ ⑥	$0.25 - 0.25 - 0.25 = -0.25$ ⑤
fc ± fc ± fd	$0.25 + 0.25 - 0.75 = -0.25$ ⑤	$0.25 + 0.25 + 0.75 = 1.25$ ⑧	$0.25 - 0.25 - 0.75 = -0.75$ ④	$0.25 - 0.25 + 0.75 = 0.75$ ⑦
fc ± fd ± fd	$0.25 - 0.75 - 0.75 = -1.25$ ③	$0.25 - 0.75 + 0.75 = 0.25$ ⑥	$0.25 + 0.75 - 0.75 = 0.25$ ⑥	$0.25 + 0.75 + 0.75 = 1.75$ ⑨
fd ± fd ± fd	$-0.75 - 0.75 - 0.75 = -2.25$ ①	$-0.75 - 0.75 + 0.75 = -0.75$ ④	$-0.75 + 0.75 - 0.75 = -0.75$ ④	$-0.75 + 0.75 + 0.75 = 0.75$ ⑦

说明:

- DS-1 ~ DS-3 共 3 个频道, 图像载频的规律是  $f_v = n8 + 1.75\text{MHz}$ , 以图像载频为零点偏离  $f_a = 1.75\text{MHz}$ ;  
 DS-4 ~ DS-5, 共 2 个频道, 图像载频的规律是  $f_v = n8 + 5.25\text{MHz}$ , 以图像载频为零点偏离  $f_b = 5.25\text{MHz}$ ;  
 Z-1 ~ Z-37, 共 44 个频道, 图像载频的规律是  $f_v = n8 + 0.25\text{MHz}$ , 以图像载频为零点偏离  $f_c = 0.25\text{MHz}$ ;  
 DS-13~DS-56, 共 49 个频道, 图像载频的规律是  $f_v = n8 - 0.75\text{MHz}$ , 以图像载频为零点偏离  $f_d = -0.75\text{MHz}$ 。
- 按新部标, 低端隔离带是 65/87MHz, DS-1~DS-3 和 DS-4~DS-5 均已取消, 所以,  $f_a$ 、 $f_b$  均已取消, 剩  $f_c$  和  $f_d$ , 总共 93 个频道。
- 按以上落点表分类计算, 结果如下 (MHz)。组合二次互调产物 5 种:  $-1.5$ ① 2 项,  $-0.5$ ② 1 项,  $0$ ③ 2 项,  $0.5$ ④ 2 项,  $1.0$ ⑤ 1 项。组合三次差拍产物 9 种:  $-2.25$ ① 3 项,  $-1.75$ ② 1 项,  $-1.25$ ③ 2 项,  $-0.75$ ④ 4 项,  $-0.25$ ⑤ 3 项,  $0.25$ ⑥ 5 项,  $0.75$ ⑦ 5 项,  $1.25$ ⑧ 2 项,  $1.75$ ⑨ 1 项。