

HFC 宽带网络反向回路调试方法

在开展双向业务的过程中，广电 HFC 网络存在一个重要问题，就是如何解决好网络的稳定性、可靠性问题。本文主要介绍 HFC 宽带网络反向通道的调试方法，及 Cable Modem 如何在反向传输通道中稳定工作。

一 HFC 双向宽带网络射频指标要求

在反向通道的建设中，决定传输性能的指标主要有 4 个，一是整个系统上行信号回到前端 CMTS 的载噪比 CNR 值（Cable Modem 反向 QPSK 信号的平均功率与相应带宽内的平均功率噪声的比值），即底噪声，这个指标将直接决定 CMTS 前端能否找到识别 Cable Modem 的上行信号，是 Cable Modem 能否上线的重要参数。二是突发噪声、侵入噪声，这个指标过大的话，会使 Cable Modem 掉线或误码，严重时无法上线。三是反向通道的带内平坦度，这对今后网络扩容，增加反向信号频点带宽，保证反向信号的幅频特性，减小交调串扰很有益。四是设计带宽内最大传输延时要小，否则会使 CMTS 前端无法正常工作。

DOCSIS 标准与 CATV 国标对网络 RF 信道的传输特性指标要求见表 1。

二 HFC 双向宽带网络反向传输调试理论

1. 反向回路传输性能的要求

a. 为保证一定的误码率所需的载噪比 CNR 值

表 2

给出了传输 1Mb/s 速率的 QPSK 信号误码率 BER 与载噪比 CNR 的关系值，在传输速率为 1Mb/s 时，一般 CNR 可定为 20dB，即误码率 BER 为 $10E^{-8}$ ，单位时间内的误码率在 1 位/100 秒。而 DOCSIS Cable Modem 上行信号进入 CMTS 前端系统的总指标中，载噪比 CNR 为 25dB。同时也说明为保证一定的误码率可以提高 Cable Modem 上行信号在 HFC 网络传输中的实际工作电平，亦即提高了传输中所需的载噪比 CNR 值。

b. 减少线路噪声和入侵、汇聚的影响

通过各种措施，如采用铝管电缆、四屏蔽电缆，采用户线集中分配方案、高低通隔离用户盒，作好网络设备的匹配连接及终端的有效终结，将网络设备可靠

接地等，均可减少线路噪声和入侵、汇聚的影响。

c. 突发噪声对误码率 BER 的影响

可以通过做好网络设备接头处的连接、屏蔽，使用高屏蔽电缆和网络设备，以及做好网络设备和用户端的系统接地，减少突发噪声对回传数据信号的影响。

d. 系统引起的信号限幅对误码率 BER 的影响

在反向回路中光站反向光发射器和双向放大器反向放大模块 RF 输入电平是引起系统信号限幅是的主要因素，图 1 以飞利浦反向光发射器和反向放大模块 RF 输入电平与误码率 BER 的特性工作窗口为例，来说明反向光模块和放大模块输入信号限幅对误码率 BER 的影响。

从图 1 可以看出，使模块工作于窗口的中间是最安全的，但考虑到提高反向模块的输入电平可以提高载噪比 CNR 值，一般使模块工作在窗口的右边界，反向光发射器（单通道）模块工作窗口在 $-8\sim+22$ dBmV，有 30 dB 的工作范围，双向放大器反向模块（单通道）工作窗口在 $-30\sim+25$ dBmV，有 55 dB 的工作范围，一般反向光发射器模块 RF 输入驱动监测口电平定为 18（辐射管为 38）dBmV，有+4 dB 上限保护，双向放大器反向模块 RF 输入电平定为 20dBmV，有+5 dB 的上限保护。因而为不使 Cable Modem 上行信号落入反向光发射器模块工作窗口噪声的左边界，有不超限幅的右边界，应使整个反向系统 Cable Modem 上行信号

（5~65MHz）工作在反向光发射器模块、双向放大器反向模块的工作窗口之内。

2. 反向回路传输、调试理念

（1）应使 Cable Modem 反向发射电平、上行信号在 HFC 网络传输中的工作电平尽可能工作在较高的、抗干扰的工作电平上。

（2）反向回路 Cable Modem 上行信号应工作在反向光发射器模块、双向放大器反向模块的工作窗口之内，并尽量工作在窗口的右边界，以提高信号传输中的载噪比 CNR 值。

（3）反向回路各干支线链路的调试是以反向光发射器模块为基准的等功率（光发射驱动电平）调试、双向放大器反向模块 RF 输入电平为基准的等电平（5~65MHz 等幅频特性）零增益调试。

（4）双向放大器反向放大模块的电缆斜率均衡器是预均衡（5~65MHz）反向放大模块的输出电缆、双向放大器的正向输入电缆。反向均衡器、衰减器应设

置在双向放大器反向模块的输出端（再设置一输入衰减更有利于调试），这对规范调试及有多端口输出的双向放大器调试有非常重要的意义。传统的正向调试方法、均衡输入电缆的调试方法会造成光站下第一级电缆无法得到均衡或者多端口双向放大器、多条反向输入电缆无法均衡的结果。

（5）反向光发射器光驱动电平是根据反向光模块工作窗口及每 Hz 固定功率法来确定的，双向放大器反向模块输入电平是根据反向模块工作窗口及光结点下双向放大器的总数、反向带宽中的总频道数、双向放大器的级间长度等来确定的。以飞利浦反向光发射器和反向放大模块为例，一般反向光模块光驱动功率检测口（-20 dB）电平定为 18dBmV，反向模块输入电平定为 20 dBmV。

（6）由于 CMTS 前端与 Cable Modem 反向工作电平的自适应性，在系统调试时应使 Cable Modem 工作在事先模拟设定的调试工作状态，并使各个环节 CMTS、反向光接收机、光站、双向放大器反向放大模块工作在最佳的有机组合状态。

（7）在楼栋双向放大器以下的户线分配网调试时，可以调整户线分配网中用户盒至楼栋双向放大器反向模块输入端的反向回路总衰耗为一固定值，从而使所有的 Cable Modem 反向发射电平工作在近似相等的透明工作状态。

三 HFC 双向宽带网络反向回路的调试方法

1. 传统的反向回路测试方法

传统的反向回路测试方法是在干支线的末级双向放大器，用一信号发生器在双向放大器反向模块的输入端注入一扫频信号或多波群信号，在上一级放大器模块的输入端测得信号电平和斜率，再电话通知末级人员，调整末级放大器反向模块的输出衰减和均衡器，使该级线路工作在频响（5~65MHz）均衡的零增益等电平状态，照此逐级向上调试至光机。由于双向放大器反向放大模块是输出衰减和输出均衡，预均衡、衰减双向放大器反向模块输出电缆的电平和斜率，即双向放大器正向输入端电缆，也就是说正向反向均衡器、衰减器都是均衡衰减同一段电缆，所以反向回路的调试、测试要在两级放大器之间完成。

2. 先进的反向回路测试方法

a. 反向网络调试原理

采用惠普 HP3010H、HP3010R 设备，或韦伏特克 SDA5500、SDA5000+opt1 或

+opt2 反向回路测试系统，按图 2

所示接法，在机房放置一台 HP3010H 或 3010R 扫频仪，一台拿到线路上进行测试。

该仪器的测试具有下述特点：

(1) 线路上的这台仪器可以送入一个 5~65MHz 的扫频信号，通过反向回路到达机房，机房的仪器接收到该信号后，将其信息打包调制到一载波信号上，通过正向回路送出，线路上的仪器通过正向通道接收到该信号并解包，将信息显示在线路上仪器的荧光屏上，所以，线路上的仪器就可直接读出，注入信号在机房的的结果，频响和电平，可以比较方便地进行调测。

(2) 可以把反向回路的测试改为顺向测试，符合常规的测试习惯，同时也可进行正向信号的测试，可以使正反向回路信号的测试一次完成，测试方便、简洁、迅速。

(3) 每次测试都是以机房为中心轴点，光站为参考零点，使每一级、每一条线路都做到零增益，同一光站线路返回机房的电平相等。

(4) 这种汇聚式、归一式测试方法，符合 Cable Modem 上行信号由不同的路径汇聚至机房的工作原理，可以减小常规测试误差。

b. 调试步骤

(1) 光站的调试

先调整反向发射器模块驱动增益电位器，将其增益调至中间，再用 HP3010R 仪器在反向光发射机模块输入端注入一 5~6.5 M 的扫频信号电平 18dBmV，用场强仪测得模块监测口(-20dB)电平，调整注入信号功率，使场强仪测得电平为 18dBmV，这时看显示在 HP3010R 仪器的机房反向光接收机检测口的电平，我们把它记为 A，把此电平作为归零值，在仪器上显示为 0 dB。

(2) 双向放大器的调试

将仪器拿到下一台双向放大器，把仪器的注入线和测试线分别接入双向放大器反向模块的信号注入口和正向检测口，注入 20 dBmV 的扫频信号，测得此时机房信号的斜率和电平，插入一定量值的均衡和衰减，使之和光站检测口的电平 A 值成一条直线，该段线路即为零增益均衡状态。用同样的办法，按正向的调测路径逐级进行各级放大器的调试，直至用户楼栋（或延长）双向放大器。

c. 比较

传统的测试方法，设备较为廉价，但调试麻烦、不方便、误差大、工作量大，需要大量的人力，完成一次调试至少需要 4 人。而先进的调试方法，只需一人即可完成正反向回路的调试，测试指标完整、准确。

d. 新的测试方法对设备的要求

反向回路的测试方法，要求双向放大器要有反向信号的注入口，并且可以在线测试，到目前为止，还没有一家国产设备提供商，可以提供满足上述要求、且符合反向回路传输理念的双向放大器。现在，市面上可见的只有飞利浦双向放大器的 5LE91 模块，爱美克的 LEK218 等双向放大器有反向信号的注入口，可以在线进行环路测试。

四 双向网改造调试中需特别注意的几个问题

双向网络的改造是否成功，主要决定于两个方面的问题，一方面是系统返回至前端的总噪声是否可以控制到一定的水平，另一方面是整个系统反向电平是否工作在稳定的、合理的工作状态。

1. 系统噪声的控制

(1) 反向系统的噪声主要来自三个方面，系统设备本身的噪声、侵入噪声（外界噪声通过线路裸露点侵入的噪声）、汇聚噪声（由于有源器件接地不良，各个结点电源热噪声通过缆线回流形成的热噪声汇聚、迭加）。

(2) 设备噪声，可以通过现成的公式计算得出，可以通过使用良好的设备来减小，如采用噪声系数较小进口放大器和质量好的 Cable Modem，所以线路传输本身的噪声会得到良好的改善。

(3) 侵入噪声，外界噪声是通过线路裸露点侵入的，尤其是芯线，这种噪声的特点是瞬间的，对反向信号的影响是瞬间的或分时的，表现为误码率增高、时而掉线。可以通过对连接头芯线的处理、电缆的正规连接、终端接口的有效终结来改善。

(4) 汇聚噪声，我们现在的双向网络结构，虽然采用了高低通用用户盒隔离的办法，把大部分家庭用户电视机噪声隔离掉了，但仍然有很多 Cable Modem 连接在网上，这些 CM 仍有噪声系数，如果用户盒损坏或用户私搭乱接或终端没有终结都会造成多点汇聚到前端，这种噪声功率谱密度高、能量大、稳定，主要集中在低频段，是反向系统最难解决的主要噪声来源。

2. Cable Modem 上行信号电平的稳定工作

(1) HFC 网络的反向回路调试中，给出了 Cable Modem 上行信号在 HFC 网络的最佳工作电平，同时也给出工作电平的最佳工作范围，而 Cable Modem 上行信号实际工作在 HFC 网络中的电平是由前端 CMTS 来控制的，通过前端的控制应使 Cable Modem 上行信号工作在 HFC 网络传输的最佳状态，改善整个系统传输的载噪比，进而提高 Cable Modem 上行信号回至 CMTS 的信噪比。这一点尤为重要，应引起技术人员的重视。

(2) 对于系统的各部分 HFC 网络传输、反向光接收机、CMTS 前端电平，仍应使其各部分有机的搭配，使 Cable Modem 上行信号在各部分都工作在有效的工作范围内，使 CMTS 前端电平控制能牵一发而动全身，使各部分都能工作在正常的而不是超限、限幅、落入噪声区的工作状态，保证 Cable Modem 不掉线、不死机，能自动恢复。

(3) 其中 CMTS 前端电平与反向光接收机的电平搭配是至关重要的，是影响整个反向自愈系统回路调试的关键，很多网络公司反向回路信号调整的不好，问题就出在这。在多通道下行或多路光结点上行信号回至机房时，应加一矩阵分配网络，将不同光结点、不同下行通道的 Cable Modem 上行信号，分配到 CMTS 不同的上行通道端口，因此，Cable Modem 上行信号经光链路送至反向光接收机的电平，及经矩阵分配网络后的电平，应与 CMTS 上行通道的网管设定的输入电平有机的、等电平的搭配。即电平高多少就加多少分贝的衰减，一般 CMTS 上行通道的网管设定的输入电平定为 $0 \pm 10\text{dBmV}$ 。

3. 调整 Cable Modem 用户 RF 分配网的反向回路衰耗为一固定值

在 Cable Modem 用户 RF 分配网的设计中，应尽量使 Cable Modem 反向路径的损耗平衡，并在调试时使用户盒插口（Cable Modem 输入端）至楼栋（或延长）双向放大器反向模块输入端的反向回路总衰耗为一固定值，（这里要注意单端口与多端口双向放大器反向信号回至反向模块电平的不同）这样可以使 Cable Modem 既能够工作在较高的工作电平，又能保证所有 Cable Modem 反向发射电平工作在近似相等的透明工作状态。便于掌握 Cable Modem 的工作情况，并能够保证 Cable Modem 能以足够的工作增益空间，在各种突发情况下，有能力自行恢复，

同时也能在 CMTS 前端的控制下，使 Cable Modem 上行信号工作在 HFC 网络反向回路传输的最佳工作点及较透明的工作电平环境。