

HFC 网络回传通道的测试和测试仪器

1、回传通道的性能参数规范

双向 HFC 回传通道主要传输数据信号，因此人们关心的指标就是无纠错比特误码率 (BER) 和频谱效率 (bit/Hz)。

通信基本原理指出，对于仅仅具有加性高斯白噪声的理想信道而言，当 E_b/N_0 确定以后，达到一定 BER 值所要求的 C/N 为：

$$C/N = (E_b/N_0) \times (R/B)$$

$$\therefore E_b/N_0 = (C/N) \times B/R$$

式中：

E_b ：信号的每比特能量。

N_0 ：传输信道的噪声功率谱密度。

C/N：传输信道的载噪比 (dB)。

R：比特率，表征传输信号的频谱效率。

B：检波滤波器的等效噪声带宽。

以调制方式为参变量，根据上式绘出无纠错比特误码率与 C/N 关系曲线，就得到著名的瀑布曲线如图 1 所示。从图上可以看出，对任何一种给定的调制技术，传输信道的载噪比 (或 NPR) 越高，则其比特误码率 (BER) 特性就会越好。换句话说，对任何一种给定的调制技术，如果希望传输信道 (或传输设备) 的比特误码率特性更好，要么增加传输信号的每比特能量 (E_b)，要么降低传输信道 (或传输设备) 的噪声功率谱密度 (N_0)。

当然，以上分析是在理想情况下的结论，实际情况要复杂得多。但不管是噪声、互调、振幅响应、群时延变化、回波还是侵入噪声、脉冲噪声或者正向通道信号的失真产物影响，其结果都是劣化了回传信道的载噪比，最终都是劣化了回传信道的无纠错比特误码率 BER (P_e)。

从图 1 看出，曲线在水平轴上的位置取决于调制方式，调制方式抗噪性能越佳，则传输系统在得到相同 BER 值时所要求的 C/N 值就越小。对 QPSK 调制方式，在 C/N 大于 11dB 时 BER 就优于 10^{-4} ，C/N 大于 16dB 时 BER 就优于 10^{-9} 。对 16QAM 调制方式则要求 C/N 大于 18dB 才能保证 BER 优于 10^{-4} ，C/N 大于 23dB 才能保证 BER 优于 10^{-9} 。显然，在回传通道的设计、调试和性能测试中，我们总是将注意力集中在比特误码率 (BER) 上。

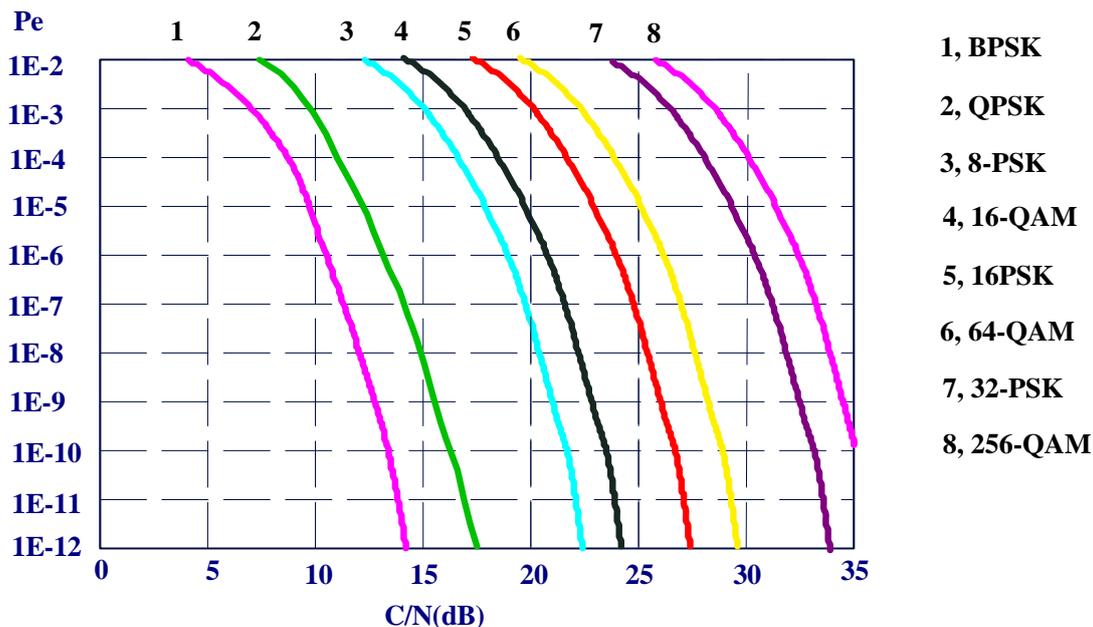


图 1 载噪比与比特误码率关系的瀑布曲线

在进行回传通道设计、调试和性能测试时，为了得到所希望的比特误码率，必须遵循相应的技术规范要求。现在能够得到的技术规范有两份：GY/T 180-2001 HFC 网络上行传输物理通道技术规范和 IEC 60728-10 电视和声音的电缆分配系统第 10 部分 反向通道的系统性能⁽¹⁾。

行标 GY/T 180-2001 中给出的上行传输通道主要技术要求如表 1。

IEC 60728-10 电视和声音的电缆分配系统第 10 部分 反向通道的系统性能中给出的上行传输通道主要技术要求如表 2。

仔细研究表 1 和表 2 给出的参数，我们发现国标中尚有一些技术问题需要进一步研究，如：

1. 在国标文本中，将侵入噪声、脉冲噪声、热噪声归为汇集噪声。并且未计及组合互调噪声。标准中提出的测量方法也好像不能保证实现将侵入噪声和脉冲噪声功率与热噪声功率同时可靠测量以得到标准规定的规范指标。

2. 国标测量方法中还规定了一项用户端口保护隔离能力测量方法，但在技术指标中未规定要求。从测量方法的文字描述看，该项测试是测量三态开关或用户寻址关断开关的关断能力。这项指标实际上是产品规范的内容。

3. 国标中上行最大过载电平 112dBuV 与回传系统各项指标有何关系？从标准中我们还未看能看出来。IEC60728-10 规定的最大信号电平 114dBuV 是由 EMC 要求规定的⁽¹⁾，本标准定义的最大过载电平，考虑的是什么？

还需说明的是在表 2 中给出的系统性能规范是将影响网络信号传输质量的各个因素综合考虑并留有足够余量情况下的指标要求，每个限额都保证在所有这些参数同时达到规范值时能得到 10^{-4} 无纠错比特误码率的安全系数。因此表 2 的要求和图 1 瀑布曲线的理论值差异较大。

虽然以上两个标准规定的方法比较科学，但是要按照标准规定的性能测试方法进行系统性能测试既很困难，也非常耗时。所以在工程实践中，人们采用各种各样的等效调试方法进行回传

通道的调试。

表 1 上行传输通道主要技术要求

序号	参数项目	技术指标	说明
1	标称系统特性阻抗 (Ω)	75	
2	通道频率范围 (MHz)	5~65	基本信道
3	标称上行端口输入电平 (dBuV)	100	此电平为设计标称值,并非设备实际工作电平。
4	传输路由增益差 (dB)	≤ 10	服务区内任意用户端口上行。
5	上行通道频率响应 (dB)	≤ 10	7.4MHz~61.8MHz
		≤ 1.5	7.4MHz~61.8MHz 内任意 3.2MHz 范围内。
6	上行最大过载电平 (dBuV)	≥ 112	三载波输入,当二阶或三阶非线性失真产物为-40dBc 时测量。
7	载波/汇集噪声比 (dB)	≥ 20 (Ra 波段)	电磁环境最恶劣的时间段测量,一般为 18:00~22:00; 注入上行载波电平为 100dBuV。
		≥ 26 (Rb、Rc 波段)	
8	上行通道传输延时 (ns)	≤ 800	
9	回波值(%)	≤ 10	
10	上行通道群延时	≤ 300	任意 3.2MHz 范围内
11	HUM(%)	≤ 10	
12	用户电视端口噪声抑制能力 (dB)	≥ 40	
13	通道串扰抑制比(dB)	≥ 54	

表 2 符合 ES200 800 的(QPSK 的 C 级)信号的系统性能规范

参 数	要 求
载噪比	≥ 22 dB (BW = 1.544 MHz)
振幅响应 (窄带)	± 2.5 dB / 2 MHz
振幅响应 (宽带)	≤ 8 dB ¹⁾
载波多重干扰比	≥ 22 dB/1.544MHz

脉冲噪声失真	在考虑中
载波哼声调制比	$\geq 7\%$ (-23 dBc)
回波	$\leq 15\%$
群时延变化	$< 300 \text{ ns}$ (BW = 2 MHz)
频率误差	$\pm 30 \text{ KHz}$
<p>1) 对于 $f_{\min}+5\text{MHz}\sim f_{\max}-5\text{MHz}$ 频段, 此处 f_{\min} 和 f_{\max} 分别表示回传通道的标称最低与最高工作频率。为衰减干扰信号, 在这 2 个频率点可能使用输入滤波器, 因此这 2 个频段可能不用于传输信号而被排除在外。</p>	

2、回传通道的调试目的、一般调试方法和调试仪器概述

调试目的

为了使传输数字信号的双向 HFC 回传系统性能最佳, 重要的是正确调整回传系统, 使反向放大器和光电器件的工作点在噪声和失真之间得到最佳折衷。同样, 在评估系统状态时, 首先必须合理设置该系统才会使其后进行的测量有意义。

系统调节的目的就是确立合适的系统增益, 使得在每个反向放大组件(不是放大站回传口)输入端的数据信号电平和激励回传光发送机的信号电平均达到最佳状态。确保回传光发送机激光器工作在最佳点、回传电缆放大器工作在基准电平、前端回传光接收机的输出电平保持恒定⁽²⁾。

调整方法:

在工程上, 有三种常用的回传通道调整方法: 反向扫频法、载波电平监视法及电平表法。此外, 还有一种等效数字信号发生器调试方法。

◆ 反向扫频法:

典型的回传通道调试方法是具有前端扫频接收机和远端注入监视器的反向扫频发生器法。采用该方法, 注入监视器在远端(光站或放大器回传调试注入点)送入一个 5~65MHz 的扫频信号, 通过反向回路到达机房, 机房的前端扫频接收机接收并分析该信号, 处理后将测试结果打包调制到一载波信号上, 通过正向通道送达远端的注入监视器 RF 入口。线路上远端的注入监视器接收到该信号并解包, 将信息显示在仪器的显示屏上。所以, 线路上的仪器就可直接读出注入信号在机房的结果(频响、电平等参数), 进行回传通道的调试。

采用反向扫频调试法有几个好处:

- 可以看到平坦度的突变点及空频段
- 可以看到频段边缘的跌落
- 反射和反射损耗问题常常呈现为扫频响应的尖峰, 因而就可能在系统调试时予以解决。

- 具有短期脉冲扫频的现代扫频系统能够用于无干扰载波的产生并不占据连续载波所需的带宽。
- 在线测试不影响回传通道的正常工作。

◆ 载波电平监视法:

载波电平监视法是在外场配置图像监视和多波群信号发生器，在前端配置频谱仪和图像调制器，用正向调制器把频谱仪的显示调制在正向频道上。用于正向通路下传的信号可以利用频谱仪上的合成视频输出或者用电视摄像机对准频谱仪的显示器得到。外场技术员将信号源的多波群信号注入到系统回传注入点中并用一个手持电视机观察频谱仪的显示信号。用这种方法时要注意，必须使用足够数目的多载波信号，对于 35MHz 的通带至少要用四个载波，这样就可以比较精确地监视到回传系统的频率响应。

如果采用多载波发生器方法，技术人员必须要熟悉系统中的无源器件，因为某些无源器件在低端（小于 10MHz 频段）的响应跌落可能通过错误的调节放大器的斜率得到补偿，形成不当调节。

◆ 电平表法:

场强计和外场单载波或多载波发生器，从回传系统传到前端的信号用电平表监测，然后将测试结果用电话通知远端的操作人员进行调试。

信号电平表法相对比较简单，在远端用单载波或多载波注入回传注入点，在前端用电平表测量回传信号电平。此法仅仅只能简单的调试回传通道的单个或几个频点的增益，频率分辨率极低。但该调试方法设备投资极低，操作简单。

◆ 等效数字信号发生器法:

采用等效数字信号发生器法的回传通道自动测试系统由两个单元组成:前端等效数字信号测试单元(简称前端测试单元)和远端等效数字信号发送接收单元(简称远端发送接收单元)。在远端回传(测试)点由远端发送接收单元在光节点或放大器的回传信号注入口，注入合适功率的等效数字调制信号，然后在前端反向光接收机的 RF 输出口检测回传的这个等效数字调制信号的功率和在相同测试带宽内的回传噪声功率，从而得到回传通道满负荷情况下的信号功率，噪声功率比(NPR)、比特误码率(BER)、存在侵入噪声情况下的 NPR、链路增益、通道平坦度等等性能参数。

该测试系统的核心是用“限带噪声”或基带伪随机信号去模拟回传通道满负荷运行情况，在 5~40MHz 或 5~65MHz 范围内，满负荷条件下对回传通道或回传设备的 NPR 指标进行测试，从而给出回传通道性能指标评价。

采用这种等效数字调制方式进行回传通道性能测试具有显著的优点:

- 测试简单，使用方便，可手动、半自动、全自动测试。
- 既可作为回传通道的测试设备，也是非常优异的回传通道调试设备。
- 设备性价比极高。
- 测试结果可重复性好，置信度高。

- 对真数字调制信号的相似性好。
- 从模拟量的测试结果可以估算出通道的数字信号传输质量（可给出 BER）。

当然，采用这种等效数字调制方式进行回传通道性能测试也有不足之处，主要是：

- 该测试方法仅仅适宜在非业务状态下进行测试。
- 对侵入噪声、脉冲噪声导致的 NPR 性能降低的测试误差较大。

回传通道调试方法小结

反向通道的调整方法与正向通道相似，原则上都要求在参考点调整到单位增益。

对于双向放大器的调节而言，反向通道调整的单位增益参考点是反向放大组件(不是放大站)的输入点，而正向通道的参考点是在该放大器的 RF 输出口。反向放大组件的输入点和该放大器的 RF 输出口之间可能有一定损耗，在进行双向放大器调节时必须考虑这个损耗值。^(6, 7, 8)

对反向激光发送机而言，反向激光器的激励电平并不是光站的正向 RF 输出口处的回传电平。与双向放大器调节相似，在设置反向激光发送机的激励电平时，也必须考虑光站 RF 输出口与反向激光器的 RF 激励点之间的 RF 增益。

注意，从上面的简单说明可以看出，为了进行反向通道的正确调整，熟悉反向通道和传输设备的详细性能及配置是至关重要的，因为回传通道的调整最终总是从放大器或光站的正向 RF 输出口（或回传注入口）注入回传信号进行链路总调的。如果不熟悉设备内部的信号传输增益（或损耗）是很难进行正确调整和合理设置的。因此，要求设备制造商必须在操作手册中提供传输设备的详细方框图及各插件的插入损耗值，双向传输设备还必须设置相应的回传测试点及回传注入点以方便回传通道的设置与性能测试。

表 3 列出了正、反向调试设备，简单的特点描述和价格高低的对比。

表 3 常用反向通道调整方法和调试仪器比较汇总表

	优点	缺点	代表仪器	设备价格/使用性能
反向扫频法	使用正向带宽小	注入响应较慢	HP3010H/HP3010R ⁽³⁾	高，使用方便。
	频率分辨率最高，平坦度调节方便	要求基本的反向通讯	SDA5000/SDA5500	
	在所有测试中技术人员仅带一个盒子	不能测试 NPR、BER 性能	Guardian 9581 回传通道监	
	单位增益调试方便	不能测试满负荷过载特性	测系统	
	测试不影响通道工作			
电平监视法	可用现有硬件	技术人员需要带多个调试设备	国产多路信号源, HP8591C	较低，频谱仪可用原正向调试设备代替。使用麻烦，前端和远端均需操作人员。
	可在同一个显示屏上看到注入和增益平衡	要求 6MHz 的正向带宽	TEK2715	
	实时注入响应	有限的频率分辨率		
		使用不方便，需前端和远端配合		
		不能测试 NPR、BER 性能		
		不能测试满负荷过载特性		
电平表法	使用最小的正向带宽	频率分辨率最低	MS1200 CATV 测试仪，	低，适中。使用麻烦，前端和远端均需操作人员。
	可达到最低的成本	使用不方便，需前端和远端配合	国产多路信号源，	
		过量注入可能没有反映	进口或国产电平表	
		不能测试 NPR、BER 性能		

		不能测试满负荷过载特性		
等 效 数 字 信 号 法	可方便测试回传通道 NPR、BER 特性	只能在非业务状态下进行测量	LTRNR-1 前端测试单元, LTRNF-1 远端发送接收 单元	较低, 使用方便。
	可方便测试满负荷过载特性	注入响应较慢		
	使用正向带宽小	要求基本的反向通讯		
	平坦度调节方便	对侵入噪声、脉冲噪声导致的 NPR 劣化测试误差较大。		
	在所有测试中技术人员仅携带远端发送接受单元			
	单位增益调试方便			

3、回传通道光纤链路和 RF 放大器的调节和设置

使用等效数字信号源（或 SDA 扫频系统、或 HP3010 扫频系统⁽³⁾），进行光纤链路的调节和设置时，调试系统连接的示意图如图 2。该自动调试系统包括两部分：前端测试单元和远端发送接收单元。在调试位置由远端发送接收单元在光节点（反向激光发送机）处或放大器的信号注入入口，注入合适功率的测试信号。注入信号经过回传链路传到前端，然后在前端反向光接收机的 RF 输出口，由前端测试单元检测回传的这些信号电平（功率）并分析回传信号，再将处理后的测试结果打包调制到一个载波信号上，送入前端混合器合成以后，沿正向通道送达远端收发单元。远端收发单元接收解调后将前端的测试结果显示在液晶屏上。这样，在光节点（反向激光发送机）或放大器处所进行的调节导致回传信号到达前端时的变化，在远端收发单元的液晶屏上会立即反映出来，调节和设置就十分方便。

1) . 回传光链路的调节

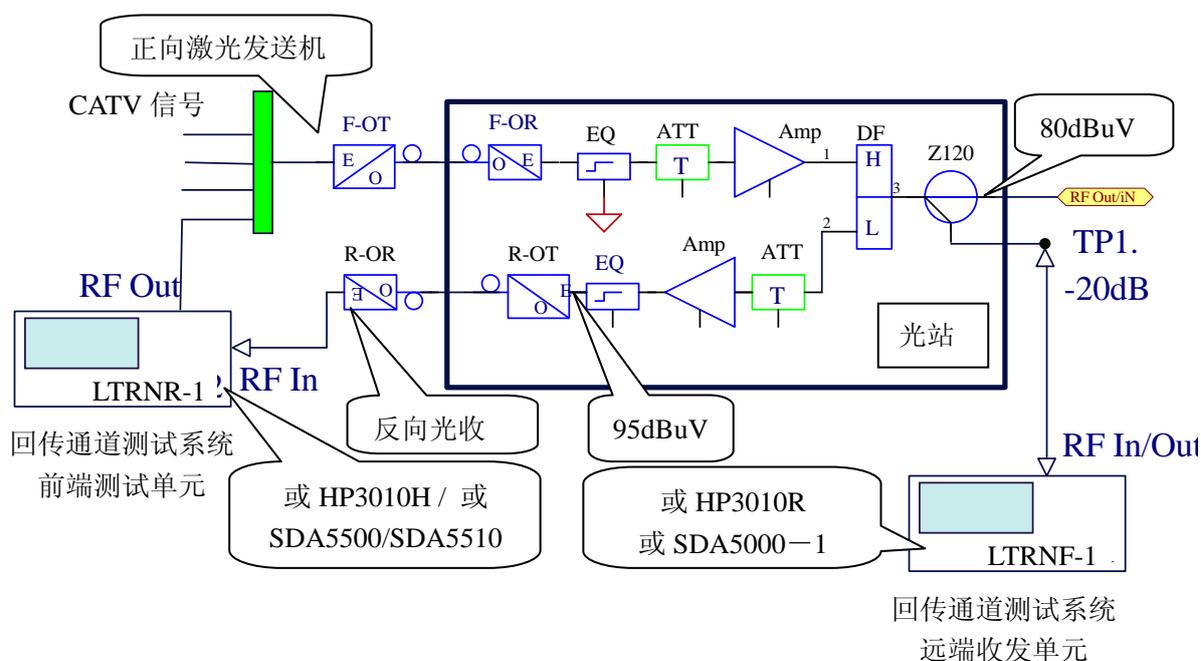


图 2 光纤链路的调节和设置的调试设备连接示意图

需要强调的是在进行回传通道的光链路调节和设置时，前端反向光接收机 RF 输出电平的设置应通过两步完成：其一是保证加到反向激光器上的 RF 激励功率为最佳设计值（一般比激光器的最大 NPR 激励电平低 5~10dB）；其二是对于因回传链路损耗差异而引起的回传光接收机 RF 输出电平的差异，应通过调节回传光接收机的 RF 放大级增益（或由光 AGC 电路自动调节该光接收机的 RF 放大增益）完成。不可以仅仅调节光节点内反向 RF 放大级增益去实现反向光接收机 RF 输出电平的调节。

还需要说明的是对于回传激光发送机而言，回传激光器的最佳工作点应该比最大 NPR 所对

应的激励功率小 5~10dB。这样确定的激光器工作点对于电平的变化及较大冲击干扰和汇聚噪声的影响都留有足够的余量。这个最佳工作点也就是实际工作时要求输入到回传激光器的信号总功率（如图 2 中标明的 95dBuV 就是指 60MHz 回传带宽内的 RF 激励总功率）。在一般设备操作手册里，都没有明确注明回传激光器在最佳工作点时的输入信号功率，只是给出了一定条件下的光站 RF 回传口的回传信号功率，在设计和调试回传通道中要特别注意，必须通过计算或实测正确确定加到反向激光器上的 RF 激励功率值⁽²⁾。

与回传光链路调试相关的几个基本概念

- 回传光链路的 NPR 主要取决于回传激光器的性能以及正确的 RF 激励功率。
- 反向光接收机里的 RF 放大级增益大小，与光链路的 NPR 值关系不大；反向光接收机在接收光功率 +1dBm~-9dBm 范围内，回传光链路的 NPR 值与反向光接收机的接收光功率基本无关。
- 在进行回传通道的光链路调节和设置时，前端反向光接收机 RF 输出电平的设置应如上所述通过两步完成。
- 国内有人认为减小光节点覆盖用户数与减小上行汇聚噪声没有关系。这种观点是因为对双向 HFC 业务的设备、信号传输机制等认识有所偏差而产生的错误。要建设优质双向 HFC 网络必须缩小每个光节点覆盖的用户数。
- 在决定网络拓扑结构和进行双向系统设计时，建议尽可能采用多级星形网络拓扑结构，电缆网最好采用集中分配入户方式（星形网络拓扑结构）。这对回传链路的电平均衡和进行回传链路调节都极为有利。如必须采用分支方式，则建议分支损耗控制在 12dB 以内。
- 在进行双向 HFC 网络的设计、调试和性能测试时，目前有不少的系统都在系统输出口上采用低阻/高通滤波的方法限制暂时未开通上行业务的用户上行。这种方法对减少来自用户端的上行侵入干扰确有成效。但必须注意这样处理并未从根本上解决侵入噪声问题；而且这样处理的结果可能会对日后开通这部分被屏蔽用户的双向业务带来麻烦。

2). 双向放大器的回传通道调节

图 3 给出了一个典型的电缆分配网的光站与分配放大器部分的拓扑结构示意图。光站的一个 RF 输出（光站可能有 2~4 个 RF 输出口）经四分配后送到双向放大器正向 RF 输入口。放大器正向 RF 输出经两分配后再对称分配入户。

图中略去了正向传输通道的相关参数，仅仅给出了反向通道的数据以方便讨论回传调试方法。图示参数表示：CM 回传到放大器反向输入口的信号功率谱密度 = 10dBuV/Hz，放大器回传输出信号功率谱密度 = 21dBuV/Hz；净增益 G = 11dB。

光站 RF 回传信号输入口的回传信号功率谱密度 = 10dBuV/Hz；故从放大器的 RF 回传信号

输入口到光站的 RF 回传信号输入口的反向传输链路增益 = $10\text{dBuV/Hz} - 10\text{dBuV/Hz} = 0\text{dB}$ 。

这样设置完成放大器反向通道之后，在 60MHz 带宽内，放大器回传入口的信号总功率等于 88dBuV；光站回传入口信号总功率也等于 88dBuV（单位增益）。

本例中放大器的 RF 回传信号电平为 88dBuV（60MHz 带宽内的总功率），CM 回传到放大器的 RF 回传信号电平为 75dBuV（3.2MHz 占有带宽内的信号功率）。实际上，CM 回传到放大器正向 RF 输出口的回传信号电平并不是可以在无源分配网络中进行调试的；这个回传信号电平是由无源分配网络的回传损耗以及 CM 的发送信号电平决定的；无源分配网的回传损耗取决于无源分配网络的拓扑结构和连接电缆的型号与长度，而 CM 的发送电平则取决于从 CM 到反向光接收机的 RF 输出口之间的总损耗值。但是，在进行回传通道调试时，人们可以通过调节双向放大器的内置衰减器、均衡器进行相应的衰减，保证无源分配网络的损耗特性满足回传通道的性能要求。

为保证 CMTS—CM 正常工作，CM 发送电平一般设置为 $105\text{dBuV}/3.2\text{MHz}$ ，回传信号功率谱密度 = $105\text{dBuV} - 65\text{dB} = 40\text{dBuV/Hz}$ 。按图示分配网络，自 CM 的 DP 端口到放大器 RF 回传口的链路损耗 = $30\text{dB} (-4 - 19 - 7)$ ，回传口信号功率谱密度 = $40\text{dBuV/Hz} - 30\text{dB} = 10\text{dBuV/Hz}$ 。

为了均衡自 DP 到光站回传输入口的电缆倾斜，应将 EQ01 设置为 5~6dB。

现在，有的网络公司在进行回传通道调试时，往往在双向放大器回传输入口注入（单载波或多载波）连续波信号功率，注入信号电平为设置的 CM 发送电平减去无源分配损耗（本例中为 $105\text{dBuV} - 30\text{dB} = 75\text{dBuV}$ ），然后调节放大器内置衰减器、均衡器，通过监测前端反向光收的 RF 输出信号电平，当该电平达到规定值（如 95dBuV ）时，就认为已经完成了调试。必须指出，这样调试回传通道是错误的，调试结果并不满足回传通道的性能要求。因为此时双向放大器内的回传放大级增益设置比正确调试时高 13dB 。因为在确定回传信号电平时，把 CM 在 3.2MHz 带宽内的回传发送信号功率当作 60MHz 带宽内的总功率，因而调试时注入信号功率比实际 CM 发送功率小 13dB ，这样调试将使反向放大的增益提高 13dB 。

4 回传通道性能自动测试系统

当我们按上述调试方法完成了回传通道的调节和设置之后，我们仍然不清楚所调试完成的回传通道性能到底是优是劣？在开展双向业务时，回传通道的 NPR 是多少？无纠错比特误码率(BER)是多少？如果回传通道满负荷运行时性能又将如何？为了对回传通道性能进行定量测试，国内外已有部份网络操作者采用各种方法进行回传通道的性能测试^(3, 4, 5)。

全自动回传通道性能自动测试系统基于 Snieszko 和 Werner 的研究结果及电缆实验室的回传通道测试报告以及 IEC 60728-3 有源同轴宽带分配设备 (Ed.2.0) 给出的结论。

Snieszko 和 Werner 的研究指出：被滤波的白噪声（限带噪声）的峰值因子与大量数据信号集合的峰值因子基本相同，而激光器的削波主要取决于所加信号的峰值功率，因此被滤波的噪声信号可用于测试反向激光器或反向通道的传输特性（NPR、动态范围等等）。电缆实验室的进一步研究还表明采用被滤波的等效噪声信号所进行的测试比真实数字信号测试更为严格。

电缆实验室的回传通道测试报告指出：在 NPR 曲线的低输入信号功率一侧，可以将 BER 对 加性高斯白噪声载噪比的函数曲线的解析解或经验解同样应用于 BER 对 NPR 的函数曲线⁽²⁾。

同时该报告还指出：在 NPR 曲线的高输入信号功率（过激励）一侧，为了得到可接受的误码性能，采用数字调制信号测得的 NPR 值要比采用加性高斯噪声时更高；例如要求误码率 $\text{BER} = 10^{-6}$ 时，采用 QPSK 调制方式测得的 NPR 至少要求比加性高斯噪声时的 NPR 高 6dB ，对于 16-QAM 调制方式则要增加到高 10dB ，对于 64-QAM 调制方式则要增加到高 15dB 。这个结论对于确定回传设备的最佳工作点和回传通道的等效数字信号测试系统的设计是非常重要的。

采用该测试系统，在远端发送接收单元处从小到大改变注入信号功率，逐个测出相应注入功率下的 NPR 值，就可以得出回传通道的 NPR 与回传注入信号功率的关系曲线，进而给出在某个 NPR 值下的动态范围。所有测量都可以全自动、半自动或手动进行。

该测试系统基本上满足回传通道性能测试的要求。同时，该测试系统还完全可以用作

回传通道调节和设置仪器。

5、回传通道等效数字信号测试系统简介

路通电子有限公司研制的 LTRNF-1/LTRNR-1 回传通道等效数字信号测试系统是一套性价比优异的专用回传通道调试和性能测试系统。

如前所述该系统包括两部分：前端等效数字信号测试单元和远端等效数字信号发送接收单元。该测试系统的简化方框图如图 4 和图 5 所示。

远端等效数字信号发送接收单元在 5~65MHz 带宽内产生平坦的白噪声输出，这个被滤波的白噪声基本上等效于在 5~65MHz 频带内满负荷的数字调制信号。将这个被滤波的白噪声加到光节点或放大器的回传信号注入点，其功率谱密度与回传数字信号相当，则完全可以等效于回传通道满负荷时的工作状况。

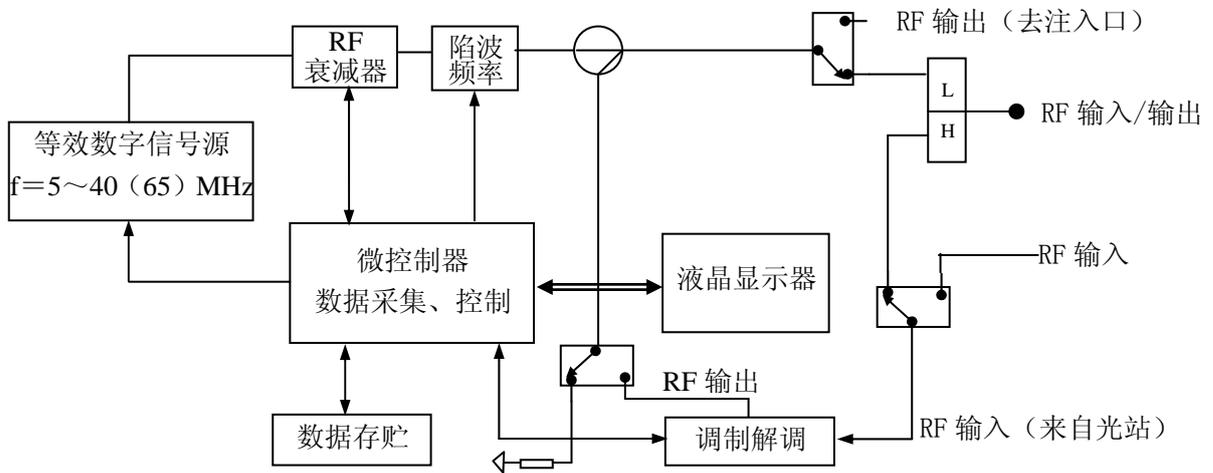


图 4 回传通道等效数字信号测试系统远端发送接收单元简化方框图

改变滤波器带宽，可以分别模拟 35MHz 或 60MHz 回传通道带宽的满频带负荷的特性。

我们用三种中心频率不同，陷波深度大于 60dB，底部带宽 1MHz 的陷波器对这个被滤波的白噪进行陷波，被陷波的白噪产底部就基本上没有“信号”只有噪声了。将这个被滤波的限带噪声作为等效数字调制信号加到回传通道测试注入口，其功率谱密度从小到大逐步增加，该信号经回传通道传到前端，由反向光接收机接收后输出。反向光接收机的输出加到等效数字信号测试系统前端测试单元的输入口。前端测试单元在微处理器控制下分别测试等效数字信号电平和回传通道的噪声电平。根据测试条件，微处理器在自动测试程序控制下，对测试数据进行合适处理后给出各种有用的数据，如每 Hz 带宽内的信号功率、给定带宽内的信号功率、60MHz 带宽内的信号总功率、每 Hz 带宽内的噪声功率、噪声功率比（NPR）、在某一噪声功率比下的动态范围、在给定输入功率下的回传通道 BER、链路增益等等。

