

影响 CM 信号的噪声、削波及反向通路设置原则改进问题研究

第三部分：传统每 Hz 功率分配法的误区与改进方法

刘光华先生，清华大学自动化系在读研究生；王建勋先生，广东有线广播电视网络股份有限公司维护科助理工程师；何江先生，工程师、副经理。

HFC 网络开通 CM 业务的基础理论之一是每 Hz 功率分配法。对整个反向频带内输入到激光器的总功率如何分配到业务带宽只有 3.2MHz 的 CM 业务中，这是每 Hz 功率分配法的主要任务。关于此方法的介绍与计算公式汗牛充栋。但这一理论过于关注计算而令人迷惑，各类业务的信号占用带宽的设定可变，使设计反向通路显得不严谨，充满争议，因此许多人视之为畏途，又苦于没有更好的方法突破。毫无疑问，将输入到激光器的总功率用每 Hz 功率分配法进行分配，是优秀的方法，但只是其中的一种。应该注意到这种方法还有两个容易忽略的前提：

(1) 输入到激光器的总功率是可能会削波的功率值，为避免发生总功率削波，需要根据激光器削波的 NPR 值之上限来分配信号功率，即每 Hz 功率法是基于激光器 NPR 值的方法。

(2) 整个反向频带内充满了各类业务的信号，噪声分布均匀，各类信号 C/N 或 BER 无差异。

实际情况并不是如此，决定削波的是各类信号的峰值功率电平，削波的来源可以是汇聚噪声总功率，也可以是 CM 信号、各类侵入载波等，而 NPR 曲线只是判断选择激光器的技术指标，反向频段内的业务极少，CM 业务是反向通路中几乎唯一的信号，噪声在反向频段内的分布很不均匀，针对现状需要尽量提高业务 C/N，DOCSIS1.0、1.1、2.0 均规定 C/Noise、C/Ingress、C/CPD、C/Interference，即业务载波与各类噪声的电平差不低于 25dB，这是一个较高的要求。

通过第二部分讨论可知，当反向频道业务不多，且占用频率不大，噪声分布不均匀时，为保证业务 C/N，在确保激光器不削波的前提下应尽量提高信号电平；各类信号具有不同的削波特性，尤其是 CM 信号具有类载波的削波特性。因此通过每 Hz 功率分配法抑制削波的理论在指导实践中并不实用。下面做具体分析。

暂且将每 Hz 功率分配法称为传统方法，将不采用每 Hz 功率分配法的方法称为改良方法。

一 传统方式下反向通路调试中三个电平的设置

反向通路中有三个电平很关键：

(1) 最差的分配网络损耗决定单位增益点（一般取为 RF 放大器的反向输入点）工作电平值；

(2) 入光节点内反向激光器的业务电平；

(3) 反向光接收机输出工作电平

1. 单位增益点业务工作电平的确定

为使最差的 CM 也就是分配损耗最大的那些 CM 均能上线，单位增益点的工作电平值应不高于 CM 在发射到最高电平值、经对应的分配通路损耗后所得的值。实际情况如表 1 所示。

由表 1 可见，75dBμV 就是单位增益点的工作电平，当楼栋放大器反向输入点到光节点反向输入点之间的通路按照单位增益即 0dB 调试时，输入到光节点反向输入点的工作电平也应是 75dBμV。

2. 入光节点内反向激光器的 CM 业务电平

前面所计算的 75dBμV 是 CM 业务工作电平，但反向激光器的总功率是所有业务的综合功率，需要用每 Hz 功率分配法按照业务带宽进行折算。

此时假设的一个重要前提是反向通路频率范围内充满了业务信号，反向激光器的总功率

已经接近削波。因此为保证大家都能正常工作，把各个业务的功率大锅饭似地进行平均化处理。平均的方法就是每 Hz 功率分配法。在这个假设前提下，每 Hz 功率分配法是相当正确的。

以 SG2000 举例来说，激光器的标称总功率在 5~40MHz 范围内为 75dBμV，那么 1.6MHz 带宽的 CM 业务工作功率为：

$$\begin{aligned} & \text{激光器的标称总功率} - 10\lg(\text{总带宽}) + 10\lg(\text{业务带宽}) \\ &= 75 - 10\lg(35\text{MHz}) + 10\lg(1.6\text{MHz}) \\ &= 61.60\text{dB}\mu\text{V} \end{aligned}$$

那么，61.60dBμV 即是入激光器的业务工作功率电平。

3. 反向光接收机输出 CM 业务工作电平的确定

在传统方法中，反向光接收机输出工作电平的确定方法是：按照各种光链路损耗情况，根据实测 NPR 值，如果入激光器 75dBμV 的总功率有 -6dB 光链路损耗，则光接收机有一个对应的输出功率为 96dBμV。既然入激光器的总功率已按业务工作功率电平进行了每 Hz 功率折算，那么对应的反向光接收机输出功率也应做相类似的折算：

$$96 - 10\lg(35\text{MHz}) + 10\lg(1.6\text{MHz}) = 81.60\text{dB}\mu\text{V}$$

那么，此值即是反向光接收机输出 CM 业务工作电平。

如果 CMTS 的反向接收电平定为 60dBμV，按照长路 AGC 的工作原理，反向光接收机到 CMTS 之间的通路损耗应为 21.60dB。

综合上述传统方法的设置，整个反向通路的工作电平运行框图如图 1。

二 基于改进方法的反向通路调试中三个电平的设置

现实环境中，整个 5~40MHz 范围内可能就只有 3.2MHz 的 CM 业务信号，其余的均为噪声。为确保 CM 业务的工作 C/N，应尽可能提高其入激光器的工作电平，相应地也就提高了入激光器的总功率。入激光器的 CM 信号幅度离削波应留有数个 dB。

(1) 单位增益点业务工作电平的确定与传统方法一致。

(2) 入光节点内反向激光器的 CM 业务电平。

按照第二部分介绍的方法，用 CM 或单载波信号冲击激光器获得削波值，如 SG2000 的激光器对 CM 或单载波信号的削波值约为 85dBμV，若预留 5dB，那么入激光器的 CM 信号工作电平最佳范围在 60~80dBμV。针对不同的光节点，入激光器的 CM 信号工作电平并不一定能接近 80dBμV，这要看内部结构。

对 SG2000 而言，入到反向单位增益输入点的电平为 75dBμV，信号到激光器还要经过内部通路，单位增益输入点到激光器模块输入点的损耗为 6dB，那么 CM 信号抵达激光器模块输入点的最高电平为 69dBμV。

与传统方法比较，此时入激光器的 CM 信号提高了 7dB，C/N 相应也改善了。

(3) 反向光接收机输出 CM 业务工作电平的确定与传统方法更不一样，当光接收机工作在线性区域内的时候，使其输出电平提高没有任何坏处。让光接收机输出电平高，并不是通过传统方式提高其内部增益获得，因为在提高增益的同时，噪声也会增加，于 C/N 的改善无效。

有效的方法是尽量提高从激光器模块输入到光接收机输出口之间的光链路通路增益，此值应在光接收机内部增益最低时取得。本质上，这个光链路值是系统固有能力，所能做的只是测量它并确保这一能力不降低。

在这个原则下，与传统方法相同链路状况 (21dB) 下比较，此时反向光接收机 CM 业务输出工作电平=入激光器模块 CM 工作电平 69dBμV+光链路通路增益 21dB=90dBμV。与传统方法比较，此时 CM 信号提高了 8dB。

如果 CMTS 的反向接收电平定为 60dBμV，按照长路 AGC 的工作原理，那么反向光接收机到 CMTS 之间的通路损耗应为 30dB。

综合上述设置，整个反向通路的工作电平运行框图如图 2。

三 两种设置方法的 RF 指标比较

分别按照上述两种方法设置网络，开启 FTP 功能，用 HP8591C 在光接收机输出测试口测量 CM 信号 C/N 及工作电平；用 CMTS 的 Telenet 命令观测通路 S/N、CM 发射功率电平及接收电平。

为更好地模拟现实环境，实验分三种汇聚噪声状况进行对比：

- (1) 没有外界侵入噪声，即汇聚噪声由系统热噪声构成；
- (2) 在 RF 链路中注入幅度值不高的平坦噪声；
- (3) 在 RF 链路中注入幅度值较高的平坦噪声。

两种方法设置的网络对比时，使同种噪声在光节点反向输入点的幅度相同。

对比数据详见表 2。

上述数据证实：改进方法下的 C/N、S/N 指标明显优于传统的每 Hz 功率分配法。

四 对每 Hz 功率分配法应用在反向通路设置中的反思

根据上述讨论，每 Hz 功率分配法应用在实际反向通路设置中存在如下误区：

- (1) 各类业务分配电平按照占用带宽折算，主观随意性大，容易使人迷茫

●反向通路频率范围 5~40MHz，总带宽为 35MHz，若滤掉 5~20MHz 频段后，总功率带宽如何选择不明确，因此每 Hz 功率值不准确；

●业务带宽不固定，可能是变动，如 CM 业务有 800kHz、1.6MHz、3.2MHz 等 5 种业务带宽，按照哪一种折算业务功率，由主观决定；

●为避免噪声的干扰，CM 系统提供有跳频机制，也就是说，CM 业务占用的频率资源是变动的，相应的每 Hz 功率分配法也应考虑到预留。但每 Hz 功率分配法很难作到预留，因为它假设频率全占满了，即便有，预留多少呢，这也由主观决定。

既然主观过程这么多，争议就在所难免。

- (2) 假设前提不存在

●业务占满了整个上行频段，实际情况只有一、两种业务；

●所有业务的 C/N、BER 相同，实际情况是不同业务对 C/N 的要求相差极大，如 QPSK 调制方式下 CM 不低于 25 dB，FSK 调制方式下的业务要求 15dB 即可；

●反向噪声分布均匀，实际情况中各个频段的汇聚噪声分布极不均匀。

- (3) 片面考虑削波因素，为避免削波，基于满带宽总功率的激光器 NPR 值按照业务带宽折算即是降低业务运行电平

各类业务信号充满了反向通路时，反向激光器的总功率已经接近削波，在这个假设前提下，每 Hz 功率分配法是相当正确的。

但是只有很少的业务时，再如此分配，无疑会降低业务信号的运行电平，在大大降低削波可能性时，也“误杀了忠良”。

- (4) 混淆了激光器 NPR 曲线与业务 C/N

激光器 NPR 曲线是选择激光器的要素指标，业务 C/N 是确保反向通路中业务信号正常工作的指标。要说两者的联系，只有当提高了业务信号电平时，进入激光器的带内总功率也会提高，也就是更接近于最佳 NPR 值范围。尤其通路中只有一种如 CM 业务时，只要该信号不导致削波，尽量提高其运行电平，而不是按照每 Hz 功率分配法来选择，肯定有利于信号指标。

- (5) 忽略了 CM 与侵入载波引起的削波

CM 信号与载波噪声引起的削波类似。在汇聚到激光器的噪声中，载波与 CM 是最容易产生削波的信号。引起削波的是峰值功率，对于 CM 信号、载波噪声、汇聚热噪声而言，峰值功率大的才是罪魁祸首。因此，各类信号的削波问题不能忽略。

五 传统方法与改进方法设置链路的对比

系统 C/N 由系统中最差的 C/N 决定，因此在反向通路中，系统 C/N 由光链路决定，而光链路的 C/N 又主要由激光器的 C/N 决定。根据激光器 L-I 电光输出特性（其中 I 为 RF 信号电流，L 为光强度），激光器的 C/N 由光调制指数即 RF 信号功率决定。

$$OMI = DL \div (L_0 - L_{\text{阈值}})$$

$$\approx DL / L_0 \quad (\text{光的定义})$$

$$OMI = DI \div (I_{\text{偏流}} - I_{\text{阈值}})$$

$$(\text{电的定义})$$

因此，光调制指数 m 决定了多大的 RF 信号能够加到激光器上。对于类载波的小带宽 CM 信号与类平坦噪声的全带宽数据信号而言，两者分别入激光器的 RF 功率在相同的情况下，光调制指数 m 一样，因此才能获得相同的链路 C/N。单载波的功率比噪声块的功率高 10 dB 时，两者光调制指数 m 才接近。

(1) 在基于激光器噪声功率比 NPR 值的方法中，尽管频带宽度远没有被各类业务占满，但还是依照每 Hz 功率进行分配总功率，对于只占总带宽 1/10 的 CM 业务而言，业务功率电平将比总功率低出 10dB。

(2) 在基于 CM 业务 C/N 的改进方法中，CM 信号电平比总功率还要高出 10dB。

两种链路的 CM 业务电平差异达到 20dB。基于激光器噪声功率比 NPR 值的方法中，因假设条件不实际，单一 CM 业务电平按每 Hz 分配而下降将导致实际注入到激光器的 RF 信号功率电平降低，由此导致光调制指数的下降，相应地，系统 C/N 也会降低。基于 CM 业务 C/N 的改进方法中，电平的确定基础就是保证 RF 功率电平，因此光调制指数与系统 C/N 得到保证。

六 简化后的反向通路电平的设置步骤

前提：选择一个 NPR 曲线好的激光器。

(1) 单位增益点电平的确定：按 CM 发射电平最大、分配损耗最大的情况选择。调试中需保持楼栋放大器反向输入点到光节点反向输入点之间的通路按照单位增益即 0dB 的原则。

(2) 入光节点内反向激光器的 CM 业务电平确定：

- 确定 CM 信号或单载波信号引起激光器削波的数值；
- 预留削波空间后，选择一个激光器最佳工作范围；
- 根据单位增益点电平及光节点反向输入单位增益点到激光器模块的最低损耗，确定入激光器模块的最佳信号电平值，该值应在激光器最佳工作范围内。

(3) 根据入到激光器模块的信号电平值与激光器模块到光接收机输出口之间（内部增益最低）的固有光链路增益，确定光接收机输出电平值（不管增益有多高，不要加任何衰减！）。如果一台光接收机对应一个 CMTS 上行端口，此值对每一个光接收机而言无须相同。

(4) 根据 CMTS 接收电平与光接收机输出电平的差值，确定两者之间通路损耗。此值对不同端口而言无须相同。

七 通过链路对称调整抑制噪声的维护方法

噪声的出现不可预测，在反向通路遭遇严重的噪声问题时，首先要做的不是要求维护人员到现场进行拉大网似的排查。为迅速缓解 C/N、通路 S/N 的恶化，应该在应对影响整个反向通路的部分如 CMTS 接收电平、CMTS 与光接收机之间的通路损耗、光接收机增益、光链路增益上做文章，因为这样做代价最低，效率最高。在处理后仍然不能缓解问题，才需派遣技术人员到现场。

在上述噪声维护方法中，由于光节点单位增益点以下部分的电平是确保所有 CM 均能上线的基础，因此这个部分不能做任何调整。

由于 CMTS 与 CM 之间存在长路 AGC 的 RF 电平控制机制，为保证小区中所有 CM 发射电平不产生波动，在对 CMTS 接收电平、CMTS 与光接收机之间的通路损耗、光接收机增益、光链

路增益任一项做调整时，相应地也要变更另一项，否则单独进行一项调整，势必会影响所有 CM 的发射电平变化。这就是对调整抑制噪声的维护方法。

具体而言，改良方法设置下的通路如图 2，在反向通路遇到严重噪声侵扰时，灵活采用三种方法可迅速缓解信号 C/N、通路 S/N：

- (1) 提高光收增益 NdB，同时加大光链路衰减 NdB；
- (2) 提高 CMTS 接收电平 NdB，同时提高光收增益 NdB；
- (3) 提高光收增益 NdB，同时加大分配损耗 NdB。

以上 NdB 一般以 10dB 为宜。上述过程可通过类似(三)中的对比实验获得证明。

<http://www.ht-beyond.com/> Email://catv@ht-beyond.com 业务QQ:454607389

报价咨询电话:010-88287205/06/077

联系人:冯先生 金小姐

传真:010-88287203