前　言

本标准是根据我国国情，主要以我国近年来有线电视网的建设实践为基础编制的。对于有些还缺乏实践经验的内容，或只列了题目，或没有编入。

本标准的附录 A、附录 B 都是提示的附录。

本标准由中华人民共和国广播电影电视部提出。

本标准由广播电影电视部标准化规划研究所归口。

本标准由无锡市广播电视局负责起草。

本标准主要起草人：周庆衍　缪国凡　陈海棠　寇沪闽

中华人民共和国行业标准

有线电视网中光链路系统技术要求和测量方法

GY/T 131—1997

Technical requirements and measurement methods on optical link used in CATV systems

1 范围

本标准规定了光纤/同轴电缆混合有线电视网中光链路系统的技术要求、设计原则和测量方法。

本标准适用于区域性光纤/同轴电缆混合有线电视网中副载波调制光链路的系统设计、调试、质量评价和运行维护。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 6510—1996	电视和声音信号的电缆分配系统
GB 50200—94	有线电视系统工程技术规范
GY/T 106—92	有线电视广播系统技术规范
GY/T 121—1995	有线电视系统测量方法
SJ/T 10663—1995	电视和声音信号的电缆分配系统　光纤设备与部件测量方法

3 术语

本标准采用下列定义。

3.1 光纤/同轴电缆混合有线电视网　hybrid fiber coax CATV network

用光纤和射频同轴电缆的组合来传输、分配和交换声音、图像和数据信号的有线电视网络。

3.2 光链路　optical link

利用光纤通信技术传输声音、图像和数据信号的链路。一般由光发送机(电/光转换器)、光纤、光接收机(光/电转换器)及其他必需的光器件(如光放大器、光连接器、光分路器和光衰减器等)组成。

本标准中所叙述的光链路，其调制光信号的射频信号是包括副载波残留边带调幅、副载波调频和副载波数字调制等在内的频分复用信号。不加另外说明时，光链路的范围从光发送机的射频输入端开始，经光纤和其他光器件，直至光接收机的射频输出端为止。

3.3 光节点　optical node

在光纤/同轴电缆混合有线电视网中，光纤干线与同轴电缆分配网之间的连接点。在光节点处，通常设有下行光接收机、双向放大器和上行光发送机等设备。

4 技术要求

4.1 光链路的结构

中华人民共和国广播电影电视部 1997—02—11 批准　　1998—05—01 实施

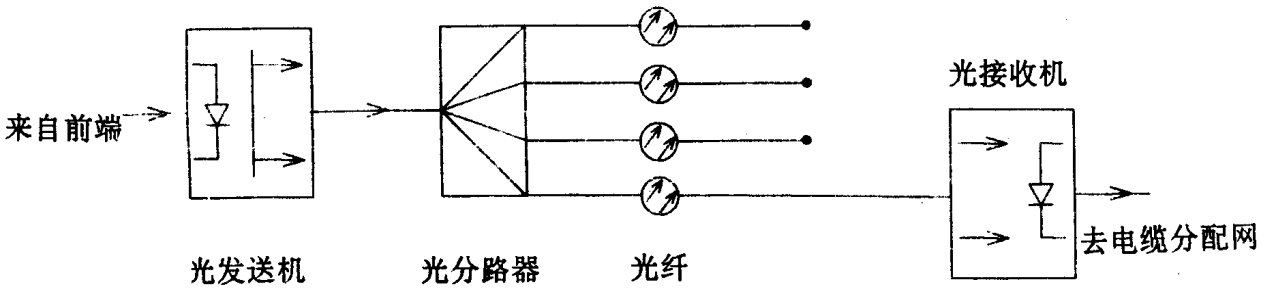


图 1　下行传输光链路的星型结构

4.1.1　干线的光链路宜采用光纤到分配区的星型结构。下行传输的星型结构光链路如图 1 所示。

4.1.2　当有线电视网的覆盖范围较大，只有一级光链路不能满足要求时，可采用两级（或三级）光链路级联的结构。

4.1.3　当有线电视网的覆盖范围较大时，可采用光放大器。

4.1.4　环型结构光链路

待定。

4.2　光节点的覆盖范围（电缆分配网的规模）

目前，以每个光节点覆盖 2000 户左右，随后的射频放大器级联不超过 4 级为宜（包括安装在光接收机中的输出电平超过 96dBμV 的放大器在内）。下一步的目标是每个光节点覆盖 500 户左右。在当前的建设中就要预计到下一步的发展，在覆盖区的分割、光纤的延伸和光节点的设置等方面作出恰当的安排。

4.3　光纤的芯数

在星型结构中，前端与每个光节点之间至少应安排 3 芯光纤，即：下行与上行传输各用一芯，另一芯作光纤出现故障时备用。在多条光链路共同经过的路段上，备用的光纤芯数可以适当减少。

若条件允许，可适当增加光纤芯数，作下一步发展（如划小电缆分配区，增加光节点数目及开发新业务等）之用。

4.4　光链路的加载频道数目

光链路的加载频道数目应满足有线电视总体规划和技术方案的要求。

4.5　光链路的主要技术参数要求

4.5.1　光链路是有线电视系统中的一个分系统。应在确保整个有线电视系统的技术参数满足 GB/T 6510—1996 和 GY/T 106—92 等标准的前提下，统筹安排光链路、前端和同轴电缆分配网等各个分系统的技术参数要求。

在确定光链路的技术参数时，可以根据网中的具体情况，在光链路与其他分系统之间作适当的调整；也可以在光链路的载噪比和非线性失真性能之间进行适当的折衷。

光链路与射频分系统级联和光链路与其他光链路级联时，级联后几个技术参数的计算方法见附录 A。

4.5.2　在规划和系统设计中，对下行光链路在传输模拟电视信号时需要确定的主要技术参数有：载波电平平坦度、载噪比（C/N）、载波组合三次差拍比（C/CTB）和载波组合二阶差拍比（C/CSO）4 项。

当整个有线电视系统的C/N设计值为44dB,C/CTB和C/CSO的设计值为55dB时,对于用作干线的只有一级星型结构的光链路,其主要技术参数(设计值)为:

载波电平平坦度:	在550MHz带宽内不超过±1.5dB
C/N:	不低于48dB
C/CTB:	不低于63dB
C/CSO:	不低于60dB

当采用传输性能更好的光设备时,上述技术参数(设计值)应相应提高。

光链路在传输数据信号时的技术参数要求待定。

上行光链路的技术参数要求待定。

4.6 光缆的架设施工

光缆的架设施工应遵守GB 50200—94中的3.1和3.4的规定。

5 系统设计原则

5.1 在设计典型的光纤到分配区下行传输光链路系统时,应首先确定:

——光链路的结构;

——光链路传送信号的带宽及加载频道总数;

——光链路应达到的主要技术参数;

——同轴电缆分配区的划分,光节点位置;

——光缆的路由,各段光缆的芯数,各段光缆的实际距离。

5.2 光链路的技术性能是包括光发送机、光接收机、光纤和相应的光器件在内的整个链路的技术性能。在设计中评价或比较光链路技术性能时,必须注意相应光链路的总损耗及损耗的组成情况。

当光链路的噪声性能和非线性失真性能不能同时达到规定的设计值时,可选择采取以下措施:

——如载噪比有裕量,则降低光调制度m,以改善非线性失真性能。如非线性失真性能有裕量,则提高光调制度m,以改善载噪比。

——选用性能更好的光端机。

——采用多光纤传送方法,减少每芯光纤传送的频道数。根据需要,控制光调制度,或改善载噪比,或改善非线性失真性能,或同时改善两者。

——采用光放大器

光链路的技术性能与加载频道数、光调制度的关系见附录B。

5.3 当一部光发送机要同时给两个或两个以上光节点提供光信号时,通常按各光节点接收的光功率相等的原则,计算光分路器的分光比例,设计光分路器。

5.4 光链路的总损耗,应包括从光发送机输出端起到光接收机输入端止的范围内所有的光损耗。

光链路的总损耗通常由下列部分组成:

——光纤及其熔点的损耗;

——光分路器的损耗(包括分光损耗和附加损耗);

——光纤连接器的损耗;

——其他光器件的损耗;

——设计时,还应留设计裕量0.5dB～1.0dB。

5.5 为了优化设计结果,可选用不同方案作多次计算,如:调整光发送机和光节点的组合;采用不同功率或不同型号的光发送机。然后根据性能、价格和维护等诸因素,从中选择较优方案。

验算设计结果:光链路的主要技术参数应达到规定的设计值;光接收机的输入光功率不应超过

其安全值。

5.6 选用的光发送机、光接收机、光纤和光器件应符合相应标准规定的入网技术条件，并取得入网认定证书。

5.7 用图、表和文字整理结果，其内容应包括：

——光链路的结构，光节点的位置；

——光缆路由、芯数与长度；

——光链路传送信号带宽，加载频道总数；

——选定光端机的型号、数量与性能；

——光发送机与光节点的编组，光分路器的结构和性能；

——光发送机的射频输入电平；

——各光接收机的输入光功率和射频输出电平；

——光链路主要技术参数的设计值及验算过程与结果；

——主要设备器材的预算等。

6 测量方法

6.1 测量的一般要求

被测光链路在测量中应保持在正常工作状态。各点电平、光功率和控制信号应设置在规定值。除在下述测量方法中另有规定外，在整个测量过程中均应保持不变。

6.2 光技术参数的测量方法

光链路的示意图如图 2 所示。

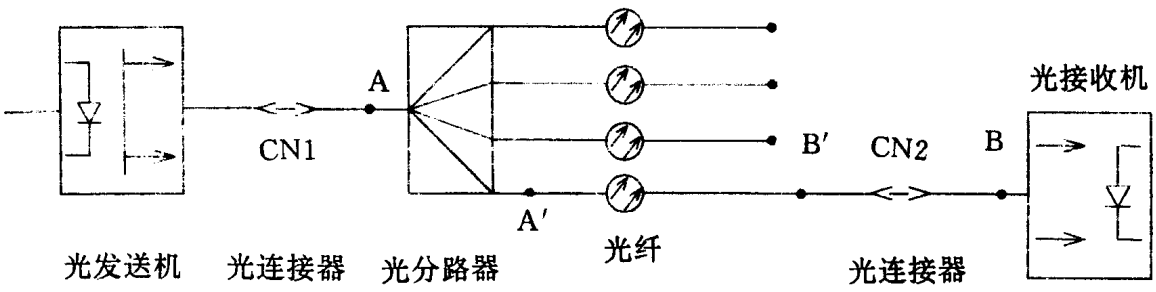


图 2 光链路示意图

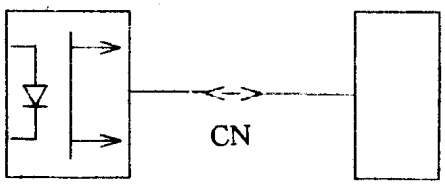


图 3 光发送机输出光功率的测量

6.2.1 光发送机输出光功率

图 2 中光发送机处于正常工作状态，加射频载波调制。断开光连接器 CN1，将光功率计接入此处，如图 3 所示。测得的光功率，若忽略由光连接器损耗的重复性引进的误差，即为图 2 中 A 点的光功率，即光发送机在实际工作状态下的输出光功率 P_A，以 dBm 表示。

6.2.2 光接收机输入光功率

图 2 中的光发送机处于正常工作状态，加射频载波调制。断开光连接器 CN2，将光功率计接入此处，如图 4 所示。测得的光功率，若忽略由光连接器损耗的重复性引进的误差，即为图 2 中 B 点的光功率，即光接收机在实际工作状态下的输入光功率 P_B，以 dBm 表示。

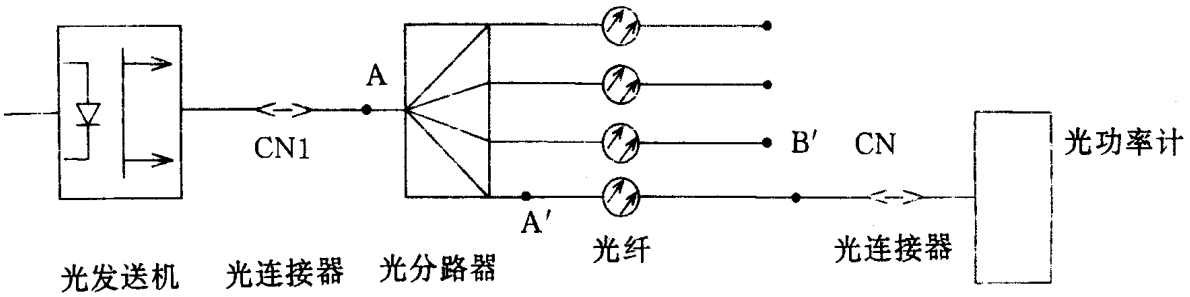


图 4 光接收机输入光功率的测量

6.2.3 光链路损耗

按 6.2.1 和 6.2.2 分别测出光发送机输出光功率 P_A 和光接收机输入光功率 P_B，则光链路损耗：

$$L=P_A-P_B$$

以 dB 表示。

L 中包含了光分路器的损耗，光纤及其熔接点的损耗、光连接器的损耗和其他光器件的损耗。

6.2.4 光后向散射曲线

6.2.4.1 用途

用光时域反射仪测得的光后向散射曲线，反映了被测光路光纤的长度及沿途的损耗状况。保留好在光链路正常工作时测得的光后向散射曲线。在以后的日常维护中，或在光链路出现断纤等故障时，再测其光后向散射曲线，并与工作正常时的曲线相比较，可掌握光损耗的变化情况，和较快地判断查找故障。

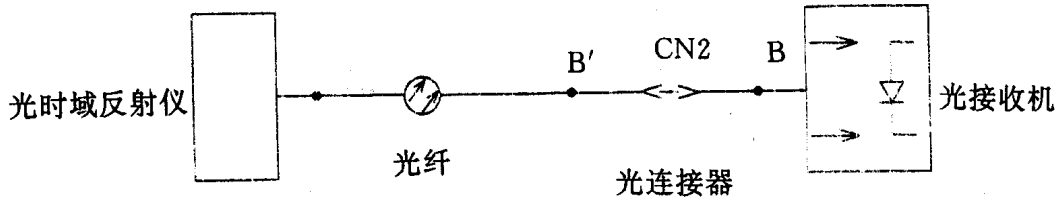
6.2.4.2 测量步骤

当图 2 中的光分路器输出端接有光连接器时：断开该光连接器，把光时域反射仪接至该处，如图 5(a)所示，依次测出每路的光后向散射曲线。这些曲线可分别反映各路光纤的长度及沿途的损耗状况。

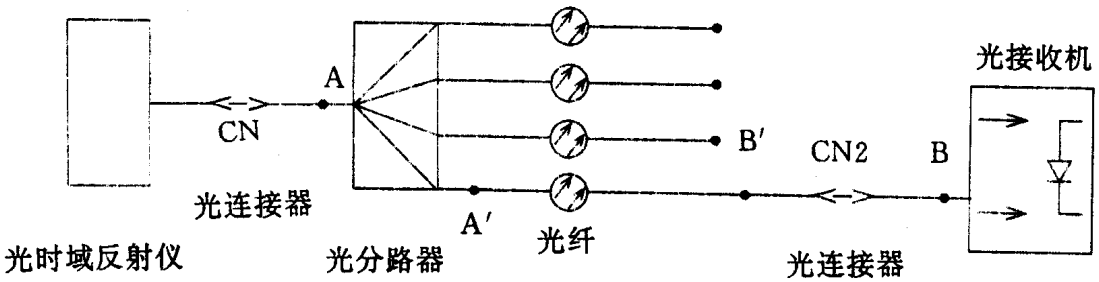
当图 2 中的光分路器输出端未接光连接器时：

——断开图 2 中的 CN1，在此处接入光时域反射仪，如图 5(b)所示。测得的曲线包含有和该光分路器输出端口相同数目的反射峰，反映各路光纤的长度。

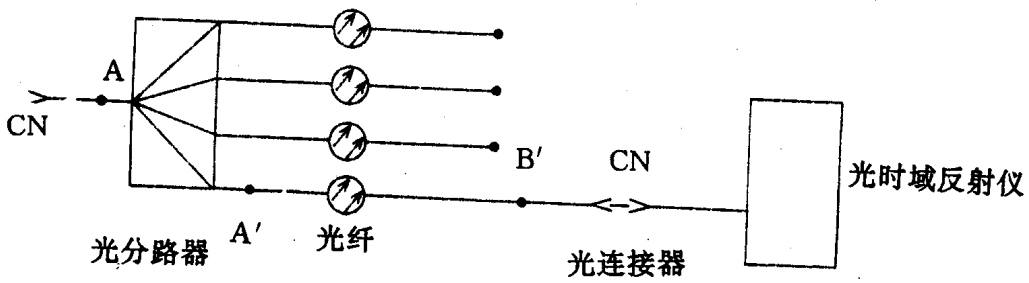
——关闭图 2 中的光发送机(或断开 CN1);在光节点处断开 CN2,确认此处无光功率;然后在此处接入光时域反射仪,如图 5(c)所示,测出该路的光后向散射曲线。此曲线可反映该路光纤的长度及沿途的损耗状况。



(a)



(b)



(c)

图 5 光后向散射曲线的测量

6.3 传输模拟电视信号条件下射频技术参数的测量方法

6.3.1 载波输出电平及其平坦度

6.3.1.1 定义

载波输出电平：当光链路输入端的图像载波电平保持平坦的规定值时，在光链路输出端的图像载波输出电平，以 dBμV 表示。

平坦度：在规定的传送信号带宽内载波输出电平最大值与最小值相对两者平均值的正负偏差值，以 dB 表示，即

$$\text{平坦度}=\pm\frac{\text{载波输出电平最大值}-\text{载波输出电平最小值}}{2}$$

6.3.1.2 测量步骤

a. 测量方框图

测量方框图如图 6 所示。

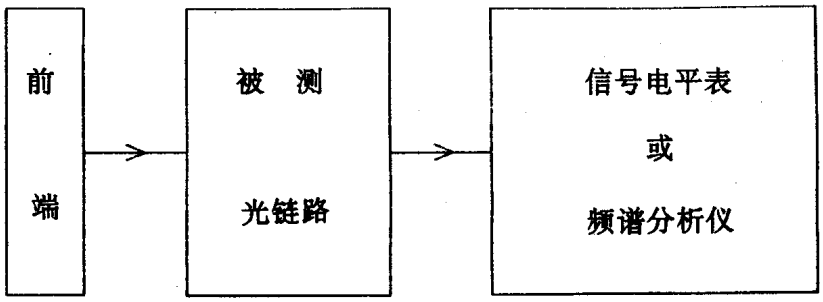


图 6 载波输出电平及其平坦度测量方框图

b. 前端各频道均加视频调制。调整并保持各频道信号在被测光链路输入端的载波电平为规定值。

c. 用信号电平表或频谱分析仪测量被测光链路输出端各载波的输出电平。

d. 整理测量结果，计算载波输出电平的平坦度。如被测光链路输入端各频道载波电平间有电平差，在计算平坦度时应给予修正，并在测量记录中注明。

e. 测量传送信号带宽超过 550MHz 的光链路时，在 550MHz 至最高传输频率这一范围内，要创造条件测量几个频率点的输出电平，并在测量记录中加以说明。

6.3.2 载噪比 C/N

6.3.2.1 定义

在被测光链路输出端图像载波电平有效值与规定等效噪声带宽内系统噪声电平均方根值之比，用 dB 表示，即

$$C/N=20\lg\frac{\text{图像载波电平有效值}}{\text{在 5.75MHz 带宽内噪声电平均方根值}}$$

6.3.2.2 测量步骤

a. 测量方框图

测量方框图如图 7 所示。

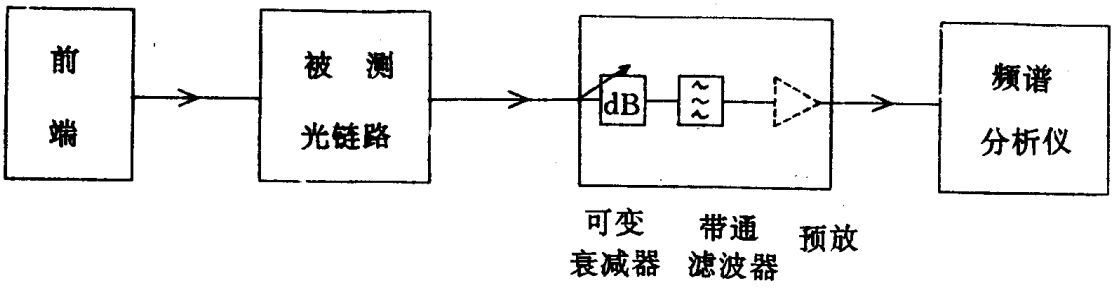


图 7 载噪比测量方框图

b. 测量频道数目：在 550MHz 带宽内至少应测量 8 个频道。其中应包括最高和最低频道。

c. 测量步骤和结果修正参照 GY/T 121－1995 中 4.2.2 和 4.2.3 的规定。

d. 利用前端信号作为测量信号源时，应先测量前端输出(即被测光链路输入)端的载噪比(C/N 前)。在测量光链路输出端的载噪比(C/N 总)后，再按下式计算被测光链路的载噪比(C/N 光)：

$$C/N_{光}=-10\lg[10^{-C/N_{总}\div 10}-10^{-C/N_{前}\div 10}]$$

式中：C/N 光 为被测光链路的载噪比(dB)；

C/N 总 为前端与被测光链路级联后的载噪比(dB)；

C/N 前 为前端部分的载噪比(dB)。

6.3.3 载波组合三次差拍比与载波组合二阶差拍比

6.3.3.1 定义

载波组合三次差拍比(C/CTB)：在光链路输出端，图像载波电平与围绕在图像载波频率或特定频率附近群集的组合三次差拍产物平均电平峰值之比，以 dB 表示。即

$$C/CTB=20\lg\frac{\text{图像载波电平有效值}}{\text{组合三次差拍产物的平均电平峰值}}$$

载波组合二阶差拍比(C/CSO)：在光链路输出端，图像载波电平与围绕在特定频率附近群集的组合二阶差拍产物平均电平的峰值之比，以 dB 表示。即：

$$C/CSO=20\lg\frac{\text{图像载波电平有效值}}{\text{组合二阶差拍产物的平均电平峰值}}$$

6.3.3.2 测量方框图

测量方框图如图 8 所示。

6.3.3.3 测量步骤及方法

参照 GY/T 121－1995 4.4 中的规定。

在测量中要注意组合差拍产物的群集频率点。在配置 59 个频道的 550MHz 系统中：

CTB 产物主要群集在各图像载波频率(fv)附近(DS4 与 DS5 两个频道除外)；在 DS13－DS22 中，除 fv 外，在 fv＋1.0MHz 处也有相当数量的 CTB 产物群集。

CSO 产物：在 DS4 与 DS5 中主要分布在 fv＋2.75MHz；在 Z1－Z18 和 DS6－DS12 中主要分布在 fv－0.25MHz；在 Z19－Z37 中主要分布在 fv＋0.25MHz；在 DS13－DS22 中主要分布在 fv＋1.25MHz。

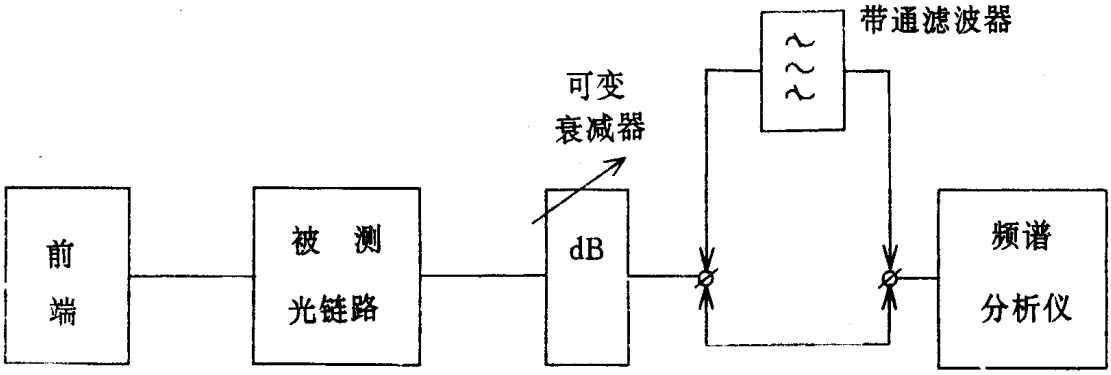


图 8 载波组合差拍比测量方框图

6.3.3.4 利用前端信号作为测量信号源时，测得的结果实际上是包括前端和被测光链路在内的载波组合差拍比。当前端的载波组合差拍比相当高时，测得的结果即可近似地表征被测光链路的性能。否则，要先测量前端的载波组合差拍比，并将其结果与在被测光链路输出端测得的结果一起列入记录。

测量时加载的频道数目和频道配置应列入记录。

6.4 传输数据信号条件下技术参数的测量方法

待定。

光链路与射频部分或其它光链路级联后几个技术参数的计算方法

在光纤/同轴电缆混合有线电视网中,光链路总是与射频部分或其它光链路级联的。在工程设计中,两个分系统级联后总的技术参数可由两个分系统的相应参数按下述方法计算:

$$S=-k\lg(10^{-S1/k}+10^{-S2/k})$$

式中:S1、S2 分别为两个分系统的 C/N 或 C/CTB 或 C/CSO,(dB);

S 为级联后的 C/N 或 C/CTB 或 C/CSO,(dB);

k 为级联加算系统,由表 A 给出。

表 A　光链路与其它部分级联后的加算系数 k

级联的分系统	k　　值		
	计算 C/N	计算 C/CTB	计算 C/CSO
DFB 光链路与射频部分	10	15	15
DFB 光链路与 DFB 光链路	10	15	15
DFB 光链路与外调制光链路	10	10	10
外调制光链路与射频部分	10	10	10

光链路性能与加载频道数(N)光调制度(m)的关系

当加载频道数或光调制度改变时光链路的性能也将相应变化。具体的性能数据应向光端机制造厂家索取,或按下述方法计算。

B1 在光调制度由光发送机中的 AGC 电路自动调整的光链路中,当加载频道数由 N1 变为 N2 时:

光调制度由 m1 改变为 m2,

$$m2=m1\sqrt{N1/N2}$$

载噪比由 C/N1 变为 C/N2,

$$C/N2=C/N1+10\lg(N1/N2)$$

载波组合三次差拍比和载波组合二阶差拍比均基本保持不变。

B2 在光调制度由人工调整的光链路中:

B2.1 光调制度保持不变,加载频道数由 N1 减为 N2,且 $N1/N2\leqslant 2$ 时:

载噪比保持不变。

载波组合三次差拍比的改善量暂按下式估算:

$$\triangle C/CTB=20\lg(N1/N2)$$

载波组合二阶差拍比的改善量暂按下式估算:

$$\triangle C/CSO=10\lg(N1/N2)$$

B2.2 当加载频道数保持不变,光调制度由 m1 减为 m2 时:

载噪比的恶化量

$$\triangle C/N=20\lg(m1/m2)$$

载波组合三次差拍比的改善量暂按下式估算:

$$\triangle C/CTB=30\lg(m1/m2)$$

载波组合二阶差拍比的改善量暂按下式估算:

$$\triangle C/CSO=20\lg(m1/m2)$$

有线电视网中光链路系统技术要求和测量方法
编 制 说 明

1 任务来源与编制过程

本标准的编制任务由广播电影电视部科技司广技监字(1996)590号文下达，项目编号为359 005 1996。由无锡市广播电视局承担该标准的编制工作。

接受任务后，我们先拟订了一份提纲，在上海分别征求了几个单位专家的意见。1997年2月写出征求意见稿。1997年3月，在'97全国有线电视、卫星、微波及视频技术研讨会期间，邀请中国电子学会有线电视专业委员会部分专家，开会讨论了这个征求意见稿。根据讨论中提出的意见，在广电部标准规划所的指导下，写成了送审稿。1997年9月，由部科技司组织审查委员会审查通过了本标准。

2 编制原则

2.1 当前的光链路技术日新月异，有线电视综合业务网处在发展之中；国际上又没有相应的标准可以采用或参考。因此，本标准是在收集和分析国内专家的论文和国外有关资料后，主要以我国近年来有线电视网的建设实践为基础编制的。对于一些较新的技术，及那些在国内实践还不多的技术，我们在编制中还难以把握，有的暂缺，有的只列出了标题，留待本标准修订时再补充。

2.2 已经发布或已经报批的国家标准和行业标准，是我们编写中的重要依据。

2.3 光链路本身不是一个独立的系统，只是有线电视网中的一个子系统。标准的内容也必然反映出子系统的特点。凡有关整个有线电视系统的问题，本标准一般不予涉及。

3 关于内容的若干说明

3.1 关于标准的范围

已经发布和已经报批的有关标准，大多是以全同轴电缆传输方式为对象的，对光纤与同轴电缆混合传输方式论述较少。根据当前状况及对今后若干年的预计，除可能出现的先导试验网以外，我国的有线电视网中还不大可能采用全光纤传输方式，副载波调制的光链路在有线电视系统中仍将主要承担干线(或超干线)的传输任务。据此，本标准以区域性光纤/同轴电缆混合有线电视网中的星型结构光链路为主要对象，安排了技术要求、系统设计原则和测量方法三部分内容。

3.2 关于技术要求

仅从系统设计的角度，选择了光链路的结构、光节点的覆盖范围、光纤的芯数、光链路的加载频道数目、主要技术参数及光缆的架设施工等几项技术要求。

对光节点的覆盖范围(电缆分配网的规模)同时使用了覆盖户数和射频放大器的级联数两项数字来表述。这是为了适应各地人口密度差别较大的实际情况。标准中强调了下一步目标是每个光节点覆盖500户左右，并要求在当前的建设中就要预计到下一步的发展，作出适当安排。

对光纤的芯数只规定了最低要求。为以后发展升级而预留的光纤，因涉及数量较大，没有作出明确规定。

关于光链路的主要技术参数：作为一个子系统，光链路的技术参数要求，应在有线电视网的总体规划和技术方案中结合具体实际予以确定。标准中规定了光链路的技术参数应在确保整个有线电视系统技术要求的原则下安排。为了充分发挥光链路的潜力，求得系统的最佳化，在确定光链路的技术参数时，可以在各子系统之间作出某些调整，也可在光链路的噪声性能与非线性失真性能之间作某些折中，对于用作干线的只有一级星型结构的光链路，标准中给出了4项技术参数的最低设计值。这些要求比光发送机和光接收机的入网技术条件中的要求低不少。这主要是考虑到，在进行各子系统之间技术参数的调整和光链路中噪声与非线性之间的折中时，可能要求其中某项指标采取较低的设计值。在通常情况下，光链路的几个技术参数不会同时取标准中的最低设计值。另外，上述技术参数的最低设计值是根据当前广泛使用的由DFB激光器组成的光链路的性能确定的。当采用传输性能更好的光设备时，这些技术参数设计值当然要相应提高。

3.3 关于系统设计原则

这只是系统设计的若干原则性规定，而不是具体的设计规范。这样既提高了适应性，又有利于发挥工程技术人员的主观能动性。

这些设计原则主要是按只有一级星型结构的下行传输光链路编制的。但在理解和掌握了这些原则以后，要进行其他光链路（如两级级联、反向和超干线等光链路）的设计，不会有更多的困难。

3.4 关于测量方法

对传输网络中的一个子系统——光链路规定其测量方法，主要是为了确保光链路的正常运行，并为以后的日常维护和故障排除提供可靠的参考数据。即：①为检查光链路是否处于正常状态提供一个基本的观察方法；②当光链路出现异常或怀疑它出现异常时，可进行必要的测量，并与正常状态时的测量数据进行对照，以便更快地确定故障是否存在，判断故障的性质和位置，有利于尽快地排除故障。

现在标准中列出的光技术参数和传输模拟电视信号条件下的射频技术参数的测量项目，就是根据以上的思路选择的。

光技术参数的测量方法，是根据实践经验编写的。其中的光后向散射曲线，为清晰计，以测量每一路的曲线为好。由于目前各台在光发送端的接法稍有差异，标准中根据光分路器输出端是否接有光连接器，分别规定了不同的测量方法。

传输模拟电视信号条件下的射频技术参数的测量方法，在已发布的行业标准中大多已有详尽规定。为了与这些标准一致，为了简化文字，本标准中引用了这些标准，且只说明出处，不再重复原文，但对某些问题作了一些补充规定。

至于传输数据信号条件下的技术参数测量问题，只列了一个标题，内容待定。

3.5 关于两个附录

在全电缆网络中，前端、干线和分配网络等几个子系统级联时，C/N、C/CTB和C/CSO通常分别按10lg、20lg和10lg的法则计算级联后的性能。在引入了光链路以后，当前端与光链路、光链路与分配网络、第一级光链路与第二级光链路级联时，除了反映随机白噪声特征的C/N仍然按照10lg法则计算外，由于光链路中产生非线性失真的机理比电缆系统更为复杂，级联后非线性失真的计算法则也有所不同。这个问题关系到整个系统的指标分配，关系到两级光链路级联后的性能。本标准在附录A中给出了光链路与射频部分或其它光链路级联后计算几个技术参数的公式和加算系数。

由制造厂家给出的光链路性能，通常都是在光调制度由AGC电路控制下的结果。在实际的设计中，为了充分发挥光链路的潜力，有时需要由人工适当控制光调制度。另外，实际的加载频道数目

有可能少于规定的满频道配置数目。本标准在附录B中给出了光链路性能与加载频道和光调制度的几组关系式。

在这两个附录给出的加算系数和关系中，有一部分从国外资料中摘录的数据还未经国内实验验证；对有的关系式可能还有不同看法。但这些问题在系统设计和工程设计中都难以回避。现在的处理办法是：这两个附录均以“提示的附录”方式提供给设计者；对其中有的关系式加了“暂按下式估算”等字样。

无锡市广播电视局

1997年10月