



国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.984.2

(03/2003)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络

数字传输系统 — 数字段和数字线路系统 — 本地和
接入网的光线路系统

千兆比特容量无源光网络(GPON):
物理媒介从属(PMD)层技术要求

ITU-T G.984.2建议书

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
概述	G.900-G.909
光缆系统的参数	G.910-G.919
基于 2048 kbit/s 比特率的分级比特率上的数字段	G.920-G.929
非分级比特率电缆上的数字线路传输系统	G.930-G.939
FDM 传输承载信道提供的数字线路系统	G.940-G.949
数字线路系统	G.950-G.959
用于用户接入 ISDN 的数字段和数字传输系统	G.960-G.969
海底光缆系统	G.970-G.979
本地和接入网的光线路系统	G.980-G.989
接入网	G.990-G.999
业务质量和性能	G.1000-G.1999
传输媒质特性	G.6000-G.6999
数字终端设备	G.7000-G.7999
数字网	G.8000-G.8999

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

千兆比特容量无源光网络(GPON): 物理媒介从属(PMD)层技术要求

摘 要

本建议书叙述灵活的能支持商用和住宅业务的带宽要求，覆盖下行方向标称线路速率为 1244.160 Mbit/s 和 2488.320 Mbit/s 和上行方向为 155.520 Mbit/s、622.080 Mbit/s、1244.160 Mbit/s 和 2488.320 Mbit/s 的光接入网。叙述对称和不对称（上行/下行）千兆比特容量无源光网络（GPON）。本建议书的目的是物理层要求和物理媒介从属（PMD）层的技术要求。传输会聚（TC）层和 GPON 系统的测距协议在另外的 ITU-T 建议书中说明。

本建议书说明从 ITU-T G.983.1 建议书叙述的系统演进来的典型系统。本建议书尽最大的可能保持 ITU-T G.983.1 建议书的要求，最大限度保持现有系统和光纤基础设施的连续性。

来 源

ITU-T G.984.2 建议书由 ITU-T 第 15 研究组（2001-2004）按照 ITU-T A.8 建议书的程序于 2003 年 3 月 16 日通过。

前 言

ITU（国际电信联盟）是联合国在电信领域内的专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是 ITU 的常设机构。ITU-T 负责研究技术的、操作的和资费的问题，并且为实现全世界电信标准化，就上述问题发布建议书。

每 4 年召开一次的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，然后由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议拟定了批准 ITU-T 建议书的程序。

在 ITU-T 研究范围内的某些信息技术领域中使用的必要标准是与 ISO 和 IEC 共同编写的。

注

在本建议书中，“主管部门”一词是电信主管部门和经认可的经营机构的简称。

知识产权

ITU提请注意：本建议书的应用或实施可能需要使用已声明的知识产权。ITU对有关已声明的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见，无论其是由ITU成员还是由建议书制定过程之外的其他机构提出的。

到本建议书批准之日为止，ITU 尚未收到实施本建议书时可能需要的受专利保护的知识产权方面的通知。但是，本建议书实施者要注意，这可能不代表最新信息，因此强烈敦促本建议书的实施者查询电信标准化局专利数据库。

© 国际电联 2003

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

	页
1 范围	1
2 参考文献	1
3 定义	2
4 缩写	2
5 光接入网的结构	3
6 业务	4
7 用户网络接口和业务节点接口	4
8 光网络要求	4
8.1 光网络的分层结构	4
8.2 GPON 的物理媒介从属层要求	4
8.3 GPON PMD 层和 TC 层的相互作用	23
附录 I — 物理层开销时间安排	25
附录 II — 功率电平调节机制的说明及例子	27
II.1 引言	27
II.2 ONU 电平	27
II.3 OLT 的门限	28
II.4 功率检测	29

千兆比特容量无源光网络(GPON): 物理媒介从属(PMD)层技术要求

1 范围

本建议书意图说明使用光纤技术的灵活接入网。重点是能支持带宽要求覆盖从音频到每秒千兆比特数据整个范围的业务的网络。分配业务也包括在内。

本建议书叙述能在用户—网络接口和业务节点接口之间传送各种业务的光接入网（OAN）的 PMD 层特性。

本建议书论及的 OAN 应能给网络运营商提供灵活升级的可能性，使网络能满足今后用户的要求，实际上就是在光分配网（ODN）方面的要求。ODN 将基于点到多点树形和分支方案进行研究。

本建议书集中研究光纤方面的课题：混合系统的铜缆方面的课题另有研究，例如 xDSL 建议书（G.99x-系列）。

本建议书的重点是对 G.983.x 系列中早先的一些建议书进行增补和修改，G.983.x 系列描述基于在无源光网络上 ATM 的系统结构。增补和修改的目的是为支持更高的数据率，特别是支持数据业务传送。

本建议书的目的是千兆比特容量无源光网络（GPON）PMD 层的物理层要求和指标。GPON 系统的 TC 层和测距协议的技术要求在另外的 ITU-T 建议书中叙述。

2 参考文献

下列 ITU-T 建议书和其他参考文献的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书和其他参考文献最新版本的可能性。当前有效的 ITU-T 建议书清单定期出版。本建议书中引用某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

- [1] ITU-T Recommendation G.652 (2003), *Characteristics of a single-mode optical fibre cable*.
- [2] ITU-T Recommendation G.957 (1999), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*.
- [3] ITU-T Recommendation G.982 (1996), *Optical access networks to support services up to the ISDN primary rate or equivalent bit rates*.
- [4] ITU-T Recommendation G.983.1 (1998), *Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)*.
- [5] ITU-T Recommendation G.983.3 (2001), *A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation*.

- [6] ITU-T Recommendation G.984.1 (2003), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): General characteristics*.

3 定义

本建议书频繁使用在 ITU-T G.983.1 和 G.983.3 建议书中定义的术语。为方便起见，本节列出与 GPON PMD 层有关的主要定义。

3.1 Optical Access Network (OAN) 光接入网：一组共享同一个网络侧接口并由光接入传输系统支持的接入链路。OAN 可以包括许多个连接到同一个 OLT 的 ODN。

3.2 Optical Distribution Network (ODN) 光分配网：ODN 提供从 OLT 到用户和相反方向的光传输手段。它利用无源光器件。

3.3 Optical Line Termination (OLT) 光线路终端：OLT 提供 OAN 的网络侧接口，它连接一个或几个 ODN。

3.4 Optical Network Termination (ONT) 光网络终端：FTTH 使用的 ONU，包含用户端口功能。

3.5 Optical Network Unit (ONU) 光网络单元：ONU（直接或远程）提供 OAN 的用户侧接口，并连接到 ODN。

3.6 Time Division Multiple Access (TDMA) 时分复用接入：在同一时间净荷上复用许多时隙的传输技术。

3.7 Wavelength Division Multiplexing (WDM) 波分复用：上行和下行信号使用不同光波长的双向复用。

4 缩写

本建议书采用下列缩写：

APD	雪崩光电二极管
ATM	异步转移模式
BER	比特差错比
B-ISDN	宽带综合业务数字网
CID	连续识别位
DFB	分布反馈激光器
DSL	数字用户线
E/O	电/光
FEC	正向纠错
FTTH	光纤到家
GPON	千兆比特容量无源光网络
ISDN	综合业务数字网
MLM	多纵模
MPN	模式分割噪声
NRZ	不归零

O/E	光/电
OAN	光接入网
ODF	光配线架
ODN	光分配网
OLT	光线路终端
ONT	光网络终端
ONU	光网络单元
ORL	光回损
PIN	没有内部雪崩的光电二极管
PON	无源光网络
PRBS	伪随机比特序列
RMS	均方根
SDH	同步数字体系
SLM	单纵模
SNI	业务节点接口
SOA	半导体光放大器
TC	传输会聚
TDM	时分复用
TDMA	时分复用接入
UI	单位间隔
UNI	用户网络接口
WDM	波分复用

5 光接入网的结构

见 ITU-T G.983.1 建议书。为方便起见，将图 5/G.983.1 重绘如下：

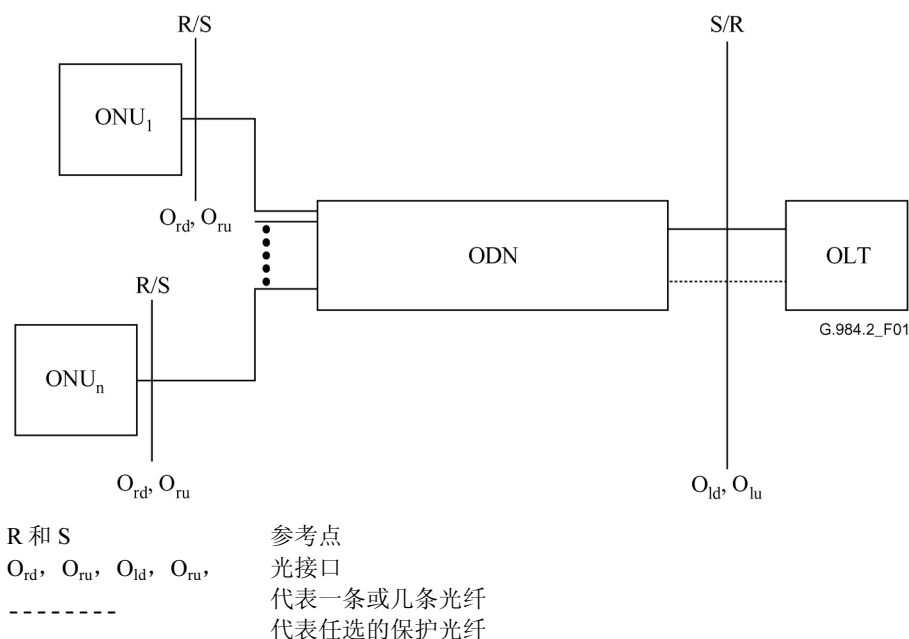


图 1/G.984.2—光分配网的一般物理配置（复制图 5/G.983.1）

ODN 内光传输的两个方向定义如下：

- 下行方向：信号从 OLT 传送到 ONU；
- 上行方向：信号从 ONU 传送到 OLT。

下行和上行方向的传输可以是在同一个光纤和部件实现（双重/双向工作）或者在各自的光纤和部件实现（单向工作）。

6 业务

见 ITU-T G.984.1 建议书。

7 用户网络接口和业务节点接口

见 ITU-T G.984.1 建议书。

8 光网络要求

8.1 光网络的分层结构

见 ITU-T G.983.1 和 G.983.3 建议书。

8.2 GPON 的物理媒介从属层要求

8.2.1 数字信号标称比特率

传输线路的速率应当是 8 kHz 的倍数。目标的标准化系统将具有下列标称线路数率（下行/上行）：

- 1244.16 Mbit/s/155.52 Mbit/s,
- 1244.16 Mbit/s/622.08 Mbit/s,
- 1244.16 Mbit/s/1244.16 Mbit/s,
- 2488.32 Mbit/s/155.52 Mbit/s,

- 2488.32 Mbit/s/622.08 Mbit/s,
- 2488.32 Mbit/s/1244.16 Mbit/s,
- 2488.32 Mbit/s/2488.32 Mbit/s.

表 1 示出按上行和下行分类的规定参数和标称比特率。

表 1/G.984.2—参数类别和表之间的关系

传输方向	标称比特率	表
下行	1244.16 Mbit/s	表 2b (下行, 1244 Mbit/s)
	2488.32 Mbit/s	表 2c (下行, 2488 Mbit/s)
上行	155.52 Mbit/s	表 2d (上行, 155 Mbit/s)
	622.08 Mbit/s	表 2e (上行, 622 Mbit/s)
	1244.16 Mbit/s	表 2f-1 (上行, 1244 Mbit/s) 表 2f-2 (上行, 1244 Mbit/s)
	2488.32 Mbit/s	表 2g-1 (上行, 2488 Mbit/s) 表 2g-2 (上行, 2488 Mbit/s)

所有的参数规范如下，它们都应遵从表 2a (ODN)和表 2b 到 2g-2。在本建议书中这些表通称为表 2。对于上行比特率、下行比特率和光通道损耗类别（ITU-T G.982 建议书定义的 A、B 或 C 类）的每种组合，有不同的 ONU 类型。

规范的所有参数值都是最坏情况值，认为在标准运行条件的整个范围（即温度和湿度范围）内都应满足，它们还包括老化效应。规范的参数针对设计目标是在光通道衰减和色散状况为极端情况时比特差错比（BER）优于 1×10^{-10} 的光段得出。

实际上，本建议书中表 2b 到 2g-2 的值对除 ITU-T G.983.3 建议书所述增补波段外都是有效的。对于具有增补波段应用的 GPON，必须规范一组新的参数和不同波段之间的隔离要求。这可以在另外的建议书，它与本建议书的关系如同 ITU-T G.983.3 建议书与 ITU-T G.983.1 建议书的关系一样的建议书中描述。但是，为了能在今后平稳的综合增补波段，本建议书对下行方向规范的光波长是符合 ITU-T G.983.3 建议书的。

8.2.2 物理媒介和传输方法

8.2.2.1 传输媒介

本建议书的基础是 ITU-T G.652 建议书规范的光纤。

8.2.2.2 传输方向

信号通过传输媒介在上行和下行方向传输。

8.2.2.3 传输方法

使用在单纤上波分复用（WDM）技术或在双纤上单向传输完成双向传输。（见 8.2.5）

8.2.3 比特率

本节说明 GPON 的比特率要求。

8.2.3.1 下行

OLT 到 ONU 信号的标称比特率是 1244.16 或 2488.32 Mbit/s。当 OLT 和局端处于它们的标称工作状态时，这个速率跟踪 Stratum-1 时钟（精度为 1×10^{-11} ）。当局端处于它的自由振荡模式时，下行信号速率跟踪 Stratum-3 时钟（精度为 4.6×10^{-6} ）。当 OLT 处于它的自由振荡模式时，下行信号的精度是 Stratum-4 时钟的精度（ 3.2×10^{-5} ）。

8.2.3.2 上行

ONU 到 OLT 信号的标称比特率是 155.52、622.08、1244.16 或 2488.32 Mbit/s。当处于其运行状态之一和给定的授权时，ONU 应按精度等于接收的下行信号的精度发送它的信号。在不处于其工作状态之一，或没有给定的授权时，ONU 不发送任何信号。

8.2.4 线路码

下行和上行：NRZ 码。

在 PMD 层不规定扰码方法。

常规使用的光逻辑电平是：

- 光发射的高电平是二进制“1”；
- 光发射的低电平是二进制“0”。

8.2.5 工作波长

8.2.5.1 下行方向

在单纤系统，下行方向的工作波长范围是 1480-1500 nm。

在双纤系统，下行方向的工作波长范围是 1260-1360 nm。

8.2.5.2 上行方向

上行方向的工作波长范围是 1260-1360 nm。

8.2.6 在 O_{ld} 和 O_{ru} 的发送器

所有参数规范如下，并应符合表 2。

8.2.6.1 光源类型

见 8.2.6.1/G.983.1。

8.2.6.2 光谱特性

见 8.2.6.2/G.983.1。

8.2.6.3 平均馈入功率

在 O_{ld} 和 O_{ru} 的平均馈入功率是发射器耦合进光纤的伪随机数据序列的平均功率。对它给定一个范围，以便能够对造价进行优化并能包容标准工作条件下的工作容差、发射器连接劣化、测量容差和老化效应。

在工作状态，较低的数值是应提供的最小功率，较高的数值是决不能超过的功率。

注 — 在 O_{ru} 光接口馈入功率的测量应考虑到 ONU 传输的上行业务流的突发性质。

8.2.6.3.1 没有输入送到发送器时馈入光功率

在上行方向，在没有指派给那个 ONU 的所有时隙内 ONU 发射器应当没有功率馈入光纤。然而，允许有小于或等于表 2d 到 2g-1 规定的没有输入送到发送器时馈入光功率的光功率电平。除了在用于激光器预偏置的最后 Tx 使能比特，和紧随指派信元的 Tx 禁止比特期间，在此期间输出跌到零之外，在指派给它的时隙授权时间期间 ONU 也应符合这个要求。在激光器预偏置期间允许的最大功率电平时相应于表 2d 到 2g-1 规范的消光比的零电平。

Tx 使能和 Tx 禁止比特的最大数目的规定，对于每种上行比特率由表 2d 到 2g-1 给出。

8.2.6.4 最小消光比

光逻辑电平采用的惯例是：

- 光发射的高电平是逻辑"1"；
- 光发射的低电平是逻辑"0"。

消光比 (EX) 的定义是：

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

式中，A 是在逻辑"1"的中央平均光功率电平，B 是在逻辑"0"的中央平均光功率电平。

上行方向突发模式信号的消光比适用于从突发信号起始的第一比特到最后一比特。不适用于与光功率建立相关的最终程序。

8.2.6.5 在发送器波长测定的设备最大反射

见 8.2.6.5/G.983.1。

8.2.6.6 发送眼图模板

见 8.2.6.6/G.983.1。

8.2.6.6.1 OLT发送器

图 2 示出眼图模板规范的参数。

8.2.6.6.2 ONU发送器

图 3 示出眼图模板规范的参数。

上行方向突发模式信号的眼图模板适用于从突发信号起始的第一比特到最后一比特。不适用于与光功率建立有关的最终程序。

8.2.6.7 反射光功率容限

规定的发送器性能必须符合表 2 规范的在 S 点呈现的光反射水平。

8.2.7 O_{ld}/O_{ru} 和 O_{rd}/O_{lu} 之间的光通道

8.2.7.1 衰减范围

见 8.2.7.1/G.983.1。

8.2.7.2 在R/S点的光缆设施，包括任何连接器的最小光回损

见 8.2.7.2/G.983.1。

8.2.7.3 S和R点之间最大离散反射

见 8.2.7.3/G.983.1。

8.2.7.4 色散

见 8.2.7.4/G.983.1。

8.2.8 在O_{rd}和O_{lu}的接收器

所有的参数规范如下，均应符合表 2。

8.2.8.1 最小灵敏度

见 8.2.8.1/G.983.1。

8.2.8.2 最小过载

见 8.2.8.2/G.983.1。

8.2.8.3 最小光通道代价

要求接收器容许光通道代价不超过 1 dB，考虑这是由于反射、符号间干扰、模式分割噪声和激光器啁啾引起的总劣化。在上行方向，表 2 中规定的激光器类型在 ODN 上产生小于 1 dB 的光通道代价。如表 2e 和 2f-1 的注 5 所指出的，由于比特率是 622 Mbit/s 或以上时色散引起的上行方向的光通道代价增加是可以接受的，倘若光通道代价的任何增加超过了 1 dB，可以用提高最小发送馈入功率或提高最小接收器灵敏度来补偿。

8.2.8.4 最大逻辑距离

最大逻辑距离定义为实际传输系统不顾光预算能获得的最大长度。按 km 测量，不受 PMD 参数限制，却是 TC 层和实现方式的课题。

8.2.8.5 最大逻辑距离差

逻辑距离差是所有 ONU 逻辑距离之间的最大差。按 km 测量，不受 PMD 参数限制，却是 TC 层和实现方式的课题。

8.2.8.6 在接收器波长测量的，接收设备最大反射

见 8.2.8.4/G.983.1。

8.2.8.7 光通道损耗差

见 8.2.8.5/G.983.1。

8.2.8.8 时钟抽取能力

见 8.2.8.6/G.983.1。

8.2.8.9 抖动性能

本节说明在 GPON 光接口的抖动要求。

8.2.8.9.1 抖动传递

抖动传递技术要求只适用于 ONU。

抖动传递函数的定义是：

$$\text{抖动传递} = 20 \log_{10} \left[\frac{\text{上行信号抖动 } UI}{\text{下行信号抖动 } UI} \times \frac{\text{下行比特率}}{\text{上行比特率}} \right]$$

ONU 的抖动传递函数应当是当输入施加的正弦抖动达到图 5 的水平时在图 4 给出的曲线之下，在这个图中对每种比特率规定了参数值。

8.2.8.9.2 抖动容限

见 8.2.8.7.2/G.983.1。

8.2.8.9.3 抖动产生

抖动产生技术要求只适用于 ONU。

在下行输入没有施加抖动时，按表 2d 到 2g-1 规定的带宽测量，在比特率为 155.52 或 622.08 Mbit/s ONU 应不产生大于 0.2 UI 的峰-峰抖动，在比特率为 1244.16 Mbit/s 应不产生大于 0.33 UI 的峰-峰抖动。在 2488.32 Mbit/s 允许的最大峰-峰抖动及相关的测量频率范围尚待研究。

8.2.8.10 连续同一数字（CID）免除性

OLT 和 ONU 应当具有如表 2b 到 2g 所规定的 CID 免除性。

8.2.8.11 反射功率容限

见 8.2.8.9/G.983.1。

8.2.8.12 传输质量和差错性能

见 8.2.8.10/G.983.1。

表 2a/G.984.2—ODN的物理媒介从属层参数

项 目	单 位	规 范
光纤类型 (注 1)	—	ITU-T G.652 建议书
衰减范围 (ITU-T G.982 建议书)	dB	A 类: 5-20 B 类: 10-25 C 类: 15-30
光通道损耗差	dB	15
最大光通道代价	dB	1 (见表 2e 和 2f-1 的注 5)
最大逻辑距离	km	60 (注 2)
最大逻辑距离差	km	20
S/R 和 R/S 点之间最大光纤距离	km	20 (10 为任选)
所支持的最小分支比	—	受通道损耗限制 用无源分支器的 PON(16、32 或 64 路分支)
双向传输	—	1 纤 WDM 或 2 纤
维护波长	nm	待定
注 1 — 为了今后扩展距离(> 20 Km)而使用另外类型光纤的 PMD 规范尚待研究。		
注 2 — 考虑到今后 PMD 的规范, 这个最大距离受系统的更高层(MAC、TC、测距)控制。		

表 2b/G.984.2—1244 Mbit/s下行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
OLT 发送器 (光接口 O _{ld})							
标称比特率	Mbit/s	1244.16			1244.16		
工作波长	nm	1480-1500			1260-1360		
线路码	—	扰码 NRZ			扰码 NRZ		
发送器眼图模板	—	图 2			图 2		
在发送器波长测量的设备最大反射	dB	NA			NA		
在 O _{lu} 和 O _{ld} ODN 的最小 ORL (注 1 和 2)	dB	大于 32			大于 32		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率	dBm	−4	+1	+5	−4	+1	+5
最大平均馈入功率	dBm	+1	+6	+9	+1	+6	+9
发送器没有输入的馈入光功率	dBm	NA			NA		
消光比	dB	大于 10			大于 10		
发送器入射光功率容限	dB	大于 −15			大于 −15		

表 2b/G.984.2—1244 Mbit/s下行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
MLM 激光器 – 最大 RMS 带宽	nm	NA			NA		
SLM 激光器 – 最大-20 dB 带宽(注 3)	nm	1			1		
SLM 激光器 – 最小边模抑制比	dB	30			30		
ONU 接收器 (光接口 O _{rd})							
在接收波长测量的设备最大反射	dB	小于 -20			小于 -20		
比特差错比	–	小于 10 ⁻¹⁰			小于 10 ⁻¹⁰		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小灵敏度	dBm	-25	-25	-26	-25	-25	-25
最小过载	dBm	-4	-4	-4 (注 4)	-4	-4	-4
连续同一数字免除性	bit	大于 72			大于 72		
抖动容限	–	图 5			图 5		
反射光功率容限	dB	小于 10			小于 10		
注 1 — “在 O _{ru} 和 O _{rd} 及 O _{lu} 和 O _{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值在附录 I/G.983.1 所述的任选情况应大于 20 dB。							
注 2 — 对于 “在 O _{ru} 和 O _{rd} 及 O _{lu} 和 O _{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值为 20 dB 的情况，ONU 发送器反射的值如附录 II/G.983.1 所述。							
注 3 — 最大-20 dB 带宽之值和最小边模抑制比参见 ITU-T G.957 建议书。							
注 4 — 为支持 C 类 ODN 只要求-6 dBm 过载时，在此选定-4 dBm 过载值作为覆盖所有 ODN 类别的 ONU 接收器的统一值。							

表 2c/G.984.2—2488 Mbit/s下行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
OLT 发送器 (光接口 O _{ld})							
标称比特率	Mbit/s	2488.32			2488.32		
工作波长	nm	1480-1500			1260-1360		
线路码	—	扰码 NRZ			扰码 NRZ		
发送器眼图模板	—	图 2			图 2		
在发送器波长测量的设备最大反射	dB	NA			NA		
在 O _{lu} 和 O _{ld} ODN 的最小 ORL (注 1 和 2)	dB	大于 32			大于 32		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率	dBm	0	+5	+3 (注 4)	0	+5	+3 (注 4)

表 2c/G.984.2—2488 Mbit/s下行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
最大平均馈入功率	dBm	+4	+9	+7 (注 4)	+4	+9	+7 (注 4)
发送器没有输入的馈入光功率	dBm	NA			NA		
消光比	dB	大于 10			大于 10		
发送器入射光功率容限	dB	大于 -15			大于 -15		
MLM 激光器 – 最大 RMS 带宽	nm	NA			NA		
SLM 激光器 – 最大-20 dB 带宽(注 3)	nm	1			1		
SLM 激光器 – 最小边模抑制比	dB	30			30		
ONU 接收器 (光接口 O _{rd})							
在接收波长测量的设备最大反射	dB	小于 -20			小于 -20		
比特差错比	–	小于 10 ⁻¹⁰			小于 10 ⁻¹⁰		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小灵敏度	dBm	-21	-21	-28 (注 4)	-21	-21	-28 (注 4)
最小过载	dBm	-1	-1	-8 (注 4)	-1	-1	-8 (注 4)
连续同一数字免除性	bit	大于 72			大于 72		
抖动容限	–	图 5			图 5		
反射光功率容限	dB	小于 10			小于 10		
注 1 — “在 O _{ru} 和 O _{rd} 及 O _{lu} 和 O _{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值在附录 I/G.983.1 所述的任选情况应大于 20 dB。							
注 2 — 对于 “在 O _{ru} 和 O _{rd} 及 O _{lu} 和 O _{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值为 20 dB 的情况，ONU 发送器反射的值如附录 II/G.983.1 所述。							
注 3 — 最大-20 dB 带宽之值和最小边模抑制比参见 ITU-T G.957 建议书。							
注 4 — 这些值是假定 OLT 发送器使用高功率 DFB 激光器和 ONU 使用基于 APD 的接收器。考虑到 SOA 技术今后的发展，OLT 发送器今后会用 DFB 激光器加 SOA 或更高功率激光器来实现，ONU 会使用基于 PIN 的接收器。假定之值会是（以眼图安全性规则和实践为条件）：							
OLT 发送器最大平均馈入功率： +12 dBm							
OLT 发送器最小平均馈入功率： +8 dBm							
ONU 接收器最小灵敏度： -23 dBm							
ONU 接收器最小过载： -3 dBm							

表 2d/G.984.2—155 Mbit/s上行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
ONU 发送器 (光接口 O _{ru})							
标称比特率	Mbit/s	155.52			155.52		
工作波长	nm	1260-1360			1260-1360		
线路码	—	扰码 NRZ			扰码 NRZ		
发送器眼图模板	—	图 3			图 3		
在发送器波长测量的设备最大反射	dB	小于 −6			小于 −6		
在 O _{ru} 和 O _{rd} ODN 的最小 ORL (注 1 和 2)	dB	大于 32			大于 32		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率	dBm	−6	−4	−2	−6	−4	−2
最大平均馈入功率	dBm	−0	+2	+4	−1	+1	+3
发送器没有输入的馈入光功率	dBm	比最小灵敏度−10 小			比最小灵敏度−10 小		
最大 Tx 使能 (注 3)	bits	2			2		
最大 Tx 禁止 (注 3)	bits	2			2		
消光比	dB	大于 10			大于 10		
发送器入射光功率容限	dB	大于 −15			大于 −15		
MLM 激光器 – 最大 RMS 带宽	nm	5.8			5.8		
SLM 激光器 – 最大−20 dB 带宽(注 4)	nm	1			1		
SLM 激光器 – 最小边模抑制比	dB	30			30		
抖动传递	—	图 4			图 4		
抖动产生（从 0.5 kHz 到 1.3 MHz）	UI p-p	0.2			0.2		
OLT 接收器 (光接口 O _{lu})							
在接收波长测量的设备最大反射	dB	小于 −20			小于 −20		
比特差错比	—	小于 10 ^{−10}			小于 10 ^{−10}		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小灵敏度	dBm	−27	−30	−33	−27	−30	−33
最小过载	dBm	−5	−8	−11	−6	−9	−12

表 2d/G.984.2—155 Mbit/s上行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤	双 纤
连续同一数字免除性	bit	大于 72	大于 72
抖动容限	—	NA	NA
反射光功率容限	dB	小于 10	小于 10
注 1 — “在 O_{ru} 和 O_{rd} 及 O_{lu} 和 O_{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值在附录 I/G.983.1 所述的任选情况应大于 20 dB。 注 2 — 对于 “在 O_{ru} 和 O_{rd} 及 O_{lu} 和 O_{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值为 20 dB 的情况，ONU 发送器反射的值如附录 II/G.983.1 所述。 注 3 — 如 8.2.6.3.1 的规定。 注 4 — 最大 -20 dB 带宽和最小边模抑制比之值参见 ITU-T G.957 建议书。			

表 2e/G.984.2—622 Mbit/s上行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
ONU 发送器 (光接口 O _{ru})							
标称比特率	Mbit/s	622.08			622.08		
工作波长 (注 5)	nm	MLM 类型 1 或 SLM: 1260~1360 MLM 类型 2: 1280~1350 MLM 类型 3: 1288~1338			MLM 类型 1 或 SLM: 1260~1360 MLM 类型 2: 1280~1350 MLM 类型 3: 1288~1338		
线路码	—	扰码 NRZ			扰码 NRZ		
发送器眼图模板	—	图 3			图 3		
在发送器波长测量的设备最大反射	dB	小于 -6			小于 -6		
在 O _{ru} 和 O _{rd} ODN 的最小 ORL (注 1 和 2)	dB	大于 32			大于 32		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率	dBm	-6	-1	-1	-6	-1	-1
最大平均馈入功率	dBm	-1	+4	+4	-1	+4	+4
发送器没有输入的馈入光功率	dBm	比最小灵敏度-10 小			比最小灵敏度-10 小		
最大 Tx 使能 (注 3)	bits	8			8		
最大 Tx 禁止 (注 3)	bits	8			8		
消光比	dB	大于 10			大于 10		
发送器入射光功率容限	dB	大于 -15			大于 -15		
MLM 激光器 – 最大 RMS 带宽 (注 5)	nm	MLM 类型 1:	1.4		MLM 类型 1:	1.4	
		MLM 类型 2:	2.1		MLM 类型 2:	2.1	
		MLM 类型 3:	2.7		MLM 类型 3:	2.7	

表 2e/G.984.2—622 Mbit/s上行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
SLM 激光器 – 最大-20 dB 带宽(注 4)	nm	1			1		
SLM 激光器 – 最小边模抑制比	dB	30			30		
抖动传递	–	图 4			图 4		
抖动产生（从 2.0 kHz 到 5.0 MHz）	UI p-p	0.2			0.2		
OLT 接收器 (光接口 O _{lu})							
在接收波长测量的设备最大反射	dB	小于 -20			小于 -20		
比特差错比	–	小于 10 ⁻¹⁰			小于 10 ⁻¹⁰		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小灵敏度	dBm	-27	-27	-32	-27	-27	-32
最小过载	dBm	-6	-6	-11	-6	-6	-11
连续同一数字免除性	bit	大于 72			大于 72		
抖动容限	–	NA			NA		
反射光功率容限	dB	小于 10			小于 10		
注 1 — “在 O _{ru} 和 O _{rd} 及 O _{lu} 和 O _{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值在附录 I/G.983.1 所述的任选情况应大于 20 dB。							
注 2 — 对于 “在 O _{ru} 和 O _{rd} 及 O _{lu} 和 O _{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值为 20 dB 的情况，ONU 发送器反射的值如附录 II/G.983.1 所述。							
注 3 — 如 8.2.6.3.1 的规定。							
注 4 — 最大-20 dB 带宽和最小边模抑制比之值参见 ITU-T G.957 建议书。							
注 5 — 符合窄谱宽规范的发送器类型允许较宽的中心波长范围。规定的激光器类型在整个 ODN 上产生的光功率代价小于 1 dB。倘若 1) 总的波长范围不超过 1260-1360 nm，和 2) 能用提高最小发送馈入功率或提高最小接收器灵敏度来补偿超过 1 dB 的光通道代价，则可以用具有不同的光参数的激光器来取代它。							

表 2f-1/G.984.2—1244 Mbit/s上行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
ONU 发送器 (光接口 O _{ru})							
标称比特率	Mbit/s	1244.16			1244.16		
工作波长	nm	1260-1360			1260-1360		
线路码	—	扰码 NRZ			扰码 NRZ		
发送器眼图模板	—	图 3			图 3		
在发送器波长测量的设备最大反射	dB	小于 −6			小于 −6		
在 O _{ru} 和 O _{rd} ODN 的最小 ORL (注 1 和 2)	dB	大于 32			大于 32		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率	dBm	−3 (注 5)	−2	+2	−3 (注 5)	−2	+2
最大平均馈入功率	dBm	+2 (注 5)	+3	+7	+2 (注 5)	+3	+7
发送器没有输入的馈入光功率	dBm	比最小灵敏度−10 小			比最小灵敏度−10 小		
最大 Tx 使能 (注 3)	bits	16			16		
最大 Tx 禁止 (注 3)	bits	16			16		
消光比	dB	大于 10			大于 10		
发送器入射光功率容限	dB	大于 −15			大于 −15		
MLM 激光器 – 最大 RMS 带宽	nm	(注 5)			(注 5)		
SLM 激光器 – 最大−20 dB 带宽(注 4)	nm	1			1		
SLM 激光器 – 最小边模抑制比	dB	30			30		
抖动传递	—	图 4			图 4		
抖动产生（从 4.0 kHz 到 10.0 MHz）	UI p-p	0.33			0.33		
OLT 接收器 (光接口 O _{lu})							
在接收波长测量的设备最大反射	dB	小于 −20			小于 −20		
比特差错比	—	小于 10 ^{−10}			小于 10 ^{−10}		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小灵敏度	dBm	−24 (注 6)	−28	−29	−24 (注 6)	−28	−29
最小过载	dBm	−3 (注 6)	−7	−8	−3 (注 6)	−7	−8

表 2f-1/G.984.2—1244 Mbit/s上行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤	双 纤
连续同一数字免除性	Bit	大于 72	大于 72
抖动容限	—	NA	NA
反射光功率容限	dB	小于 10	小于 10
注 1 — “在 O_{ru} 和 O_{rd} 及 O_{lu} 和 O_{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值在附录 I/G.983.1 所述的任选情况应大于 20 dB。 注 2 — 对于 “在 O_{ru} 和 O_{rd} 及 O_{lu} 和 O_{ld} 点 ODN 的最小 ORL” 的值为 20 dB 的情况，ONU 发送器反射的值如附录 II/G.983.1 所述。 注 3 — 如 8.2.6.3.1 的规定。 注 4 — 最大-20 dB 带宽和最小边模抑制比之值参见 ITU-T G.957 建议书。 注 5 — 当 MLM 激光器类型不能用于支持表 2a 的整个 ODN 光纤距离时，如 R/S 和 S/R 之间最大 ODN 光纤距离限于 10 km 则可以使用这样的激光器。表 2e 的 MLM 激光器类型能用来支持这个 1244.16 Mbit/s 受限制的光纤距离。这些激光器类型服从表 2e 注 5 指出的同样条件。 注 6 — 这些值是假定对于 A 类在 OLT 使用基于 PIN 的接收器。根据连接到 OLT 的 ONU 的多少，更经济的另外的实现方式是在 OLT 用基于 APD 的接收器使得在 ONU 能使用更便宜的用较低的光纤耦合发射功率的激光器。在这种情况下，A 类的值是： ONU 发送器最小平均馈入功率：-7 dBm ONU 发送器最大平均馈入功率：-2 dBm OLT 接收器最小灵敏度：-28 dBm OLT 接收器最小过载：-7 dBm			

**表 2f-2/G.984.2—1244 Mbit/s上行方向，在ONU发送器
采用功率电平调节机制的光接口参数**

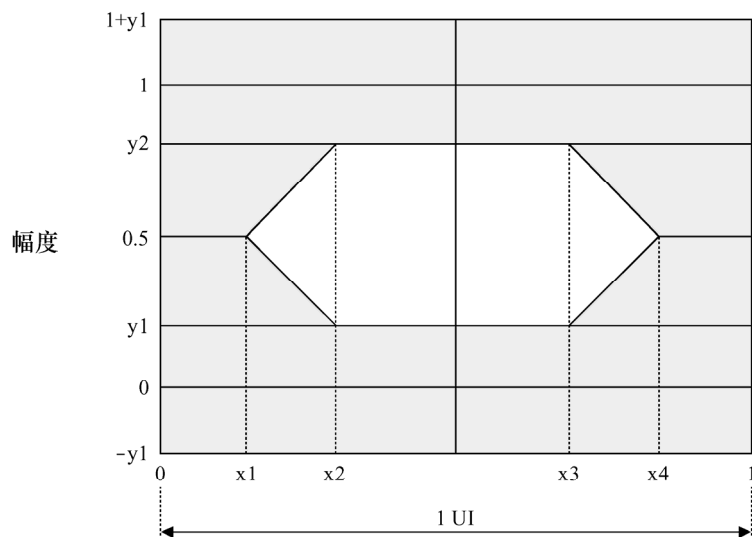
项 目		单 位	单 纤			双 纤		
ONU 发送器 (光接口 O _{ru})								
ODN 类别			A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率		dBm	-2 (注 2)	-2	+2	-2 (注 2)	-2	+2
最大平均馈入功率		dBm	+3 (注 2)	+3	+7	+3 (注 2)	+3	+7
OLT 接收器 (光接口 O _{lu})								
ODN 类别			A	B	C	A	B	C
最小灵敏度		dBm	-23 (注 2)	-28	-29	-23 (注 2)	-28	-29
最小过载		dBm	-8 (注 2)	-13	-14	-8 (注 2)	-13	-14
注 1 — 本表只列出由于在 ONU 发送器应用了功率电平调节机制而使表 2f-1 中有变化的参数，即 ONU 发送器的馈入功率和 OLT 接收器的灵敏度和过载。所有其他参数和注与表 2f-1 的相同。 注 2 — 这些值是假定对于 A 类在 OLT 使用基于 PIN 的接收器。根据连接到 OLT 的 ONU 的多少，更经济的另外的实现方式是在 OLT 用基于 APD 的接收器使得在 ONU 能使用更便宜的用较低的光纤耦合发射功率的激光器。在这种情况下，A 类的值是： ONU 发送器最小平均馈入功率：-7 dBm ONU 发送器最大平均馈入功率：-2 dBm OLT 接收器最小灵敏度：-28 dBm OLT 接收器最小过载：-10 dBm 由于要保证眼图而限制了发送的最小功率，功率电平调节的影响很小。								

表 2g-1/G.984.2—2488 Mbit/s上行方向光接口参数

项 目	单 位	单 纤			双 纤		
ONU 发送器 (光接口 O _{ru})							
标称比特率	Mbit/s	2488.32			2488.32		
工作波长	nm	1260-1360			1260-1360		
线路码	—	扰码 NRZ			扰码 NRZ		
发送器眼图模板	—	图 3			图 3		
在发送器波长测量的设备最大反射	dB	FFS			FFS		
在 O _{ru} 和 O _{rd} ODN 的最小 ORL	dB	FFS			FFS		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
最大平均馈入功率	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
发送器没有输入的馈入光功率	dBm	FFS			FFS		
最大 Tx 使能 (注 2)	bits	32			32		
最大 Tx 禁止 (注 2)	bits	32			32		
消光比	dB	FFS			FFS		
发送器入射光功率容限	dB	FFS			FFS		
MLM 激光器 – 最大 RMS 带宽	nm	FFS			FFS		
SLM 激光器 – 最大-20 dB 带宽	nm	FFS			FFS		
SLM 激光器 – 最小边模抑制比	dB	FFS			FFS		
抖动传递	—	图 4			图 4		
抖动产生（测量频率范围是 FFS）	UI p-p	FFS			FFS		
OLT 接收器 (光接口 O _{lu})							
在接收波长测量的设备最大反射	dB	FFS			FFS		
比特差错比	—	FFS			FFS		
ODN 类别		A	B	C	A	B	C
最小灵敏度	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
最小过载	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
连续同一数字免除性	Bit	FFS			FFS		
抖动容限	—	FFS			FFS		
反射光功率容限	dB	FFS			FFS		
注 1 — FFS = 待研究							
注 2 — 如 8.2.6.3.1 的规定							

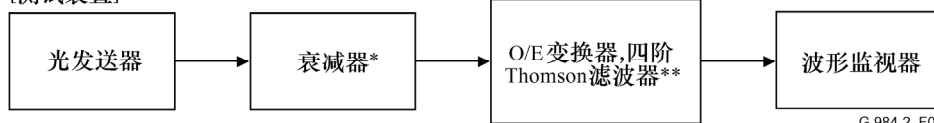
**表 2g-2/G.984.2—2488 Mbit/s上行方向，在ONU发送器
采用功率电平调节机制的光接口参数**

项 目		单 位	单 纤			双 纤		
ONU 发送器 (光接口 O _{ru})								
ODN 类别			A	B	C	A	B	C
最小平均馈入功率		dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
最大平均馈入功率		dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
OLT 接收器 (光接口 O _{lu})								
ODN 类别			A	B	C	A	B	C
最小灵敏度		dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
最小过载		dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
注 — 本表只列出由于在 ONU 发送器应用了功率电平调节机制而使表 2g-1 中有变化的参数，即 ONU 发送器的馈入功率和 OLT 接收器的灵敏度和过载。所有其他参数和注与表 2g-1 的相同。								



	1244.16 Mbit/s	2488.32 Mbit/s
x1/x4	0.28/0.72	---
x2/x3	0.40/0.60	---
x3 x2	---	0.2
y1/y2	0.20/0.80	0.25/0.75

[测试装置]



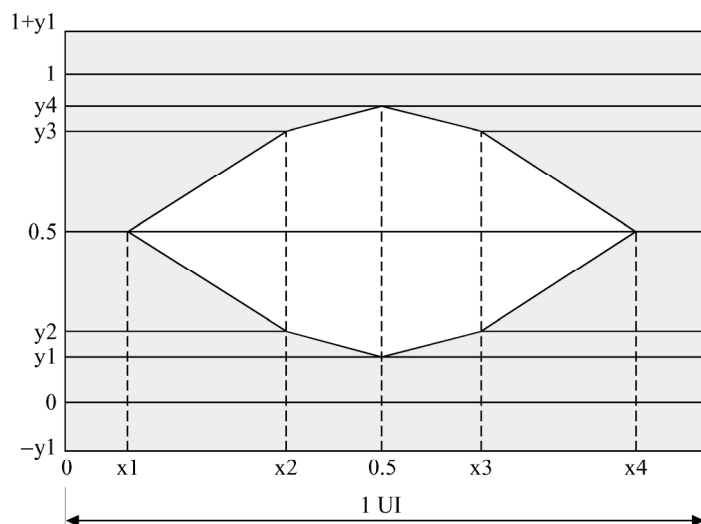
G.984.2_F02

* 必要时使用衰减器。

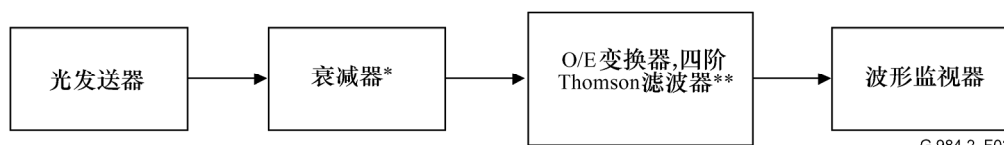
** 滤波器的截止频率（3 dB衰减频率）是输出标称比特率的0.75倍。

注 — 在2488.32 Mbit/s的情况，矩型眼图模板的×2和×3不一定与0 NI和1 UI的垂直轴等距，这种偏离的程度尚待研究。

图 2/G.984.2—下行传输信号的眼图模板



	155.52 Mbit/s	622.08 Mbit/s	1244.16 Mbit/s	2488.32 Mbit/s
x1/x4	0.10/0.90	0.20/0.80	0.22/0.78	For further study
x2/x3	0.35/0.65	0.40/0.60	0.40/0.60	For further study
y1/y4	0.13/0.87	0.15/0.85	0.17/0.83	For further study
y2/y3	0.20/0.80	0.20/0.80	0.20/0.80	For further study

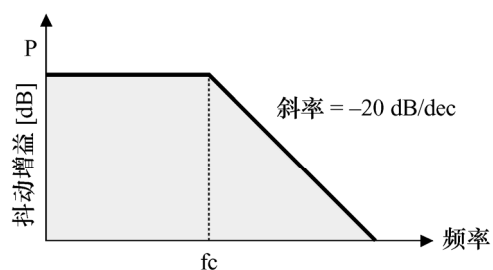


G.984.2_F03

* 必要时使用衰减器。

** 滤波器的截止频率（3 dB 衰减频率）是输出标称比特率的 0.75 倍。

图 3/G.984.2—上行传输信号的眼图模板



上行比特率 (Mbit/s)	fc [kHz]	P [dB]
1244.16	1000	0.1
2488.32	2000	0.1

G.984.2_F04

图 4/G.984.2— ONU的抖动传递

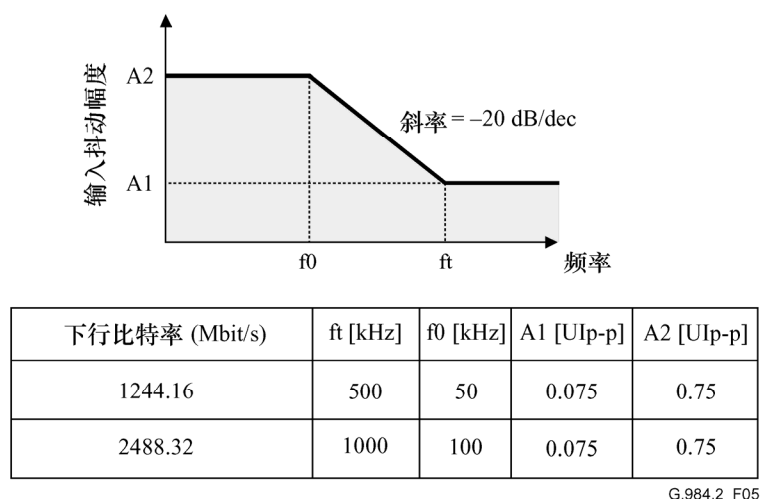


图 5/G.984.2—ONU抖动容限模板

8.3 GPON PMD层和TC层的相互作用

如前所述，本建议书叙述能够在用户-网络接口和业务节点接口之间传送各种业务的光接入网（OAN）的 PMD 层特性。然而，GPON 的某些功能属于或会影响 PMD 层和 TC 层两者。以下各子节说明那些功能并描述 GPON PMD 层和 TC 层之间的关系。TC 层是在另外的 ITU-T 建议书中规范的。

8.3.1 正向纠错

应用正向纠错（FEC）的系统能够支持表 2a 的 ODN 衰减范围和比表 2b 到 2g-2 指出的性能更低的发送器和接收器。

应用 FEC 的系统有效光增益 G 的定义是对 $BER = 1 \times 10^{-10}$ 有 FEC 和没有 FEC 在接收器输入的光功率差。

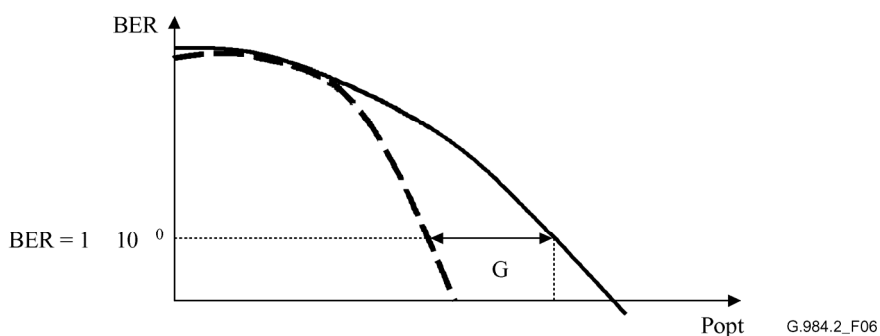


图 6/G.984.2—FEC获得的有效光增益

在应用 FEC 的系统，具有以 dB 表示的有效光增益，可以接受下列两者之一偏离表 2（为便于互通，不能两者都变）：

- i) 最小和最大发送器功率可以减小 G ；或
- ii) 最小接收灵敏度可以减少 G 。

另一方面，在保持表 2b 到 2g-2 指出的发送器和接收器同样性能的同时，在 ONU 使用 MLM 激光器的情况，有效光增益 G 能够用来获得更长的物理距离或更高的分支比。在这种情况下，FEC 用于减小模式分割噪声（MPN）产生的代价。

FEC 在 TC 层实现，因而，不在本建议书叙述。

FEC 增益不改变接收器过载的指标。

8.3.2 ONU 发送器功率电平调节机制

OLT 接收器要求规定在 1244.16 Mbit/s 及以上速率采用基于 APD 的实现方式。这种接收器对于高比特率突发模式接收必须提供高灵敏度和大动态范围。这就要综合考虑基于 APD 的接收器的倍增因子 M，这是一个复杂的问题特别是对于 GPON 支持增补波段的情况，在那种情况由额外的 WDM 分量的损耗和损耗变化要会进一步提高。

为了缓和 OLT 接收器动态范围要求，遭遇低的 ODN 损耗的 ODN 的发送器功率电平应当降低以便避免 OLT 接收器过载。基于这个理由，应当实施适当的功率电平调节机制。

功率电平调节机制要求的功能属于 TC 层，例如 ONU 能够根据 OLT 发来的下行消息增加/减小发送的功率。这样的功能以及在初始化或在运行期间实现功率电平调节的能力，本建议书不叙述。

以下说明为容许 GPON 系统有合适的功率电平调节机制，在 PMD 层的要求。在附录 II 说明这些要求的背景。

- a) ONU 输出功率有三种模式。PMD 能直接位于任何模式中运行。在这样控制的输入情况，PMD 将实现要求获得以下规定范围内的输出功率的任何动作：

模式 0: 标称的（平均馈入的最大/最小如表 2f-2 和 2g-2）

模式 1: 低 1 = 标称 -3 dB

模式 2: 低 2 = 标称 -6dB

- b) OLT 测量每个 ONU 突发的平均光功率 P。OLT 将这个测量值与一个或两个门限（TL 和 TH）相比较，产生如下示三个指示之一：

$P > TH$: 功率_高指示

$P < TL$: 功率_低指示

$TL < P < TH$: 功率_合适指示

注 — TL 是要求的（单门限工作），TH 是任选要求（双门限工作）。

门限比较的不确定最大范围必须是 4 dB。

- c) 考虑到表 2f-2 和 2g-2 规定的相应 OLT Rx 最小灵敏度 P_{ms} 和最小过载 P_{mo} 的光功率值，TH 和 TL 之值必须满足如下条件：

双门限工作：

R1: $P_{mo} > TH > (P_{mo} - 4 \text{ dB})$

R2: $(P_{ms} + 5 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB})$

R3: $TH - TL > 8 \text{ dB}$

单门限工作：

$$R2: (P_{ms} + 7 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB})$$

- d) OLT Rx 必须能以 -5 dB 的灵敏度测量突发功率（但不能可靠地读出数据）（见表 2f-2 和 2g-2）。

功率电平调节机制的好处是：

- 当处于低 ODN 损耗的 ONU 被设定在低发送器功率时，降低 OLT 接收器动态范围要求。
- 当 ONU 工作在低功率模式时，增加激光器寿命和降低功耗。

功率电平调节机制容许放松表 2f-2 和 2g-2 所示对 OLT 接收器的要求。

8.3.3 上行物理层开销

GPON 的帧结构在另外的专门规范 TC 层的 ITU-T 建议书说明。然而，上行突发必须先于为适配 GPON 内几种物理过程用的合适的物理层开销。表 3 示出本建议书规范的所有上行比特率用的物理层开销的长度。

表 3/G.984.2—GPON上行物理层开销

上行比特率	开销字节
155.52 Mbit/s	4
622.08 Mbit/s	8
1244.16 Mbit/s	12
2488.32 Mbit/s	24

另外，附录 I 给出关于在物理层开销（Tplo）时间内要实现的物理过程的信息和关于最佳化这个时间用途的某些指导。

附 录 I

物理层开销时间安排

物理层开销（Tplo）时间用来调节 PON 内五个物理过程。这就是：激光器开/闭时间、定时漂移容限、电平恢复、时钟恢复和开始突发定界。所有这些功能的物理层时间的严格划分一部分由制约公式决定，一部分由实现方式选择决定。本附录评论 OLT 必须遵从的制约和审慎确定的建议值。

如表 I.2 所示，对各种数据率给出了 Ton、Toff 和 Tplo 的规定值。Tplo 能够相对于所希望的 ONT 数据脉型分成三段。为简化起见，这些时间能看成是保护时间（Tg）、前置时间（Tp）和定界时间（Td）。在 Tg 期间，ONT 将发送不超过标称零电平的功率。在 Tp 期间，ONT 将发送前置脉型，它提供用于快速的电平和时钟恢复功能的最大过渡密度。最后，在 Td 期间，ONT 发送具有能使 OLT 找到突发始点的最佳

自纠性能的特定数据脉型。

PON 控制逻辑的附加参数是总的峰到峰不确定时间（Tu）。由于光纤和部件随温度和其他环境因素发生变化使经历的时间变化而引起这种不确定。

OLT 必须遵从的制约公式是：

$$\begin{aligned} T_g &> T_{on} + T_u, \text{ 和} \\ T_g &> T_{off} + T_u \end{aligned}$$

为了获得在比特差错情况下坚强的定界功能，Td 必须给出足够的数据比特。差错对定界的限制取决于脉型校正器的精确实现，但是在要定界的比特数（N）和容许的比特差错数（E）之间简单的近似关系是：

$$E = \text{int}(N/4) - 1 \tag{I-1}$$

公式 I-1 已由对所有定界范围为 8 到 20 比特的数值研究的经验证实。这种研究是在假定前置脉型是“1010”的重复脉型和具有相等的“0”和“1”的数目的定界条件下完成的。已经发现距离所有偏离它自身和前置的最佳定界，产生已知差错容限的汉明距离 D 是 $D = \text{int}(N/2) - 1$ 。

给定某个比特差错比（BER），严重差错突发的概率（Pseb）是：

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{E+1} \right) BER^{E+1} \tag{I-2}$$

将公式 I-1 代入 I-2，最终的 Pseb 是：

$$P_{seb} = \left(\frac{N}{\text{int}(N/4)} \right) BER^{\text{int}(N/4)} \tag{I-3}$$

如 BER 等于 1E-4，对各种定界长度 N 的最终概率在表 I.1 给出。检查这个表指出为了抑制这类误差，定界长度至少要大于 16 比特。

**表 I.1/G.984.2—严重差错突发的概率与
定界长度的函数关系**

N	Pseb
8	2.8E-07
12	2.2E-10
16	1.8E-13
20	1.5E-16
24	1.3E-19

考虑到这些，表 I.2 给出建议的物理层开销安排。作为参考，本表还列出 ONT Tx 使能时间和 Tx 禁止时间和总的物理层开销时间的标称值。

表 I.2/G.984.2—OLT功能的突发模式开销时间安排

上行 数据率 (Mbit/s)	Tx 使能 (比特)	Tx 禁止 (比特)	总时间 (比特)	保护 时间 (比特)	前置 时间 (比特)	定界 时间 (比特)
155.52	2	2	32	6	10	16
622.08	8	8	64	16	28	20
1244.16	16	16	96	32	44	20
2488.32	32	32	192	64	108	20
注	最大	最大	强制的	最小	建议的	建议的

附 录 II

功率电平调节机制的说明及例子

II.1 引言

本附录说明实现稳定和有效的功率电平调节机制的各种考虑。它们导致 8.3.2 的要求。

II.2 ONU电平

表 2f-2 和 2g-2 说明了 ONU 发送器功率（最小和最大平均馈入功率）。这些值相应于模式 0。相应于模式 1 和模式 2 的值分别小于 3 dB 和 6 dB。作为例子，1244 Mbit/s 具有功率电平调节能力的 B 类 ONU 将遵从下列输出功率范围：

模式 0: 最小 = -2 dBm ≤ 平均馈入功率 ≤ 最大 = +3 dBm

模式 1: 最小 = -5 dBm ≤ 平均馈入功率 ≤ 最大 = 0 dBm

模式 2: 最小 = -8 dBm ≤ 平均馈入功率 ≤ 最大 = -3 dBm

功率电平调节机制由 OLT 控制并决定需要的电平变化。当 ONU 收到从一个模式变到另一个模式的命令时，它将能设定它发送的功率为新模式相应的范围，然后重新开始发送上行数据。注意，只要符合范围，ONU 功率从一个模式变到另一个模式的有效变化不必等于 3 dB 或 6 dB 的间距。

例子 1

- ONU 处于模式 1 以 -1 dBm 发送。
- 这个 ONU 收到进入模式 0 的消息（设定提高 3 dB）。
- 现在有效发送功率是 -1 dBm，没有精确的高 3 dB，但处在模式 0 的范围内。

例子 2

- ONU 处于模式 2，以 -4 dBm 发送。
- ONU 接收到变到模式 1 的消息（设定降低 3 dB）。
- 现在有效发送功率为 -5 dBm，比先前的功率低，但处于模式 1 范围内。

- OLT 测量到较低的功率，可是它希望更高的功率。因而 OLT 内的算法发送另一个增加 3 dB 的指令（变到模式 0）。
- 现在 ONU 将在模式 0 范围（它最小是-2 dBm）以内发送。

II.3 OLT的门限

OLT 接收器测量输入的实际 ONU 的功率电平并将它与门限相比较。在这个测量上会有不确定性，因为实现方式特定的不确定性（电流源、接收器在高功率的线性、供电电压变化、电放大级的温度效应等）。这些会转化为有效的门限值与其设定值相比的不确定性。为了保证全面和稳定的功率电平调节机制，这些不确定性都必须考虑到。在 OLT 整个工作范围内门限能变化的不确定范围要求最大是 4 dB。

考虑到相应于表 2f-2 和 2g-2 规定的 OLT Rx 最小灵敏度 P_{ms} 和最小过载 P_{mo} 的光功率值，为正确运行，允许 OLT 接收器的功率范围是 $(P_{ms} + 1 \text{ dB})$ 到 P_{mo} 。注意， P_{ms} 包括对最小光功率没有考虑的 1 dB 代价（见 8.2.8.3）。功率电平调节机制必须保证在 OLT 接收器的正确功率。该机制有两种方案：单门限和双门限。

II.3.1 方案1: 与两个门限 (TL, TH) 比较

在这个方案，将 OLT 接收的平均功率 (P) 与两个不同的门限 (TL 和 TH) 比较实现功率电平调节机制。当 $P < TL$ ，认为在 OLT 的功率太低，ONU 必须变到更高的模式。当 $P > TH$ ，认为在 OLT 的功率太高，ONU 必须变到更低的模式。当 $TH > P > TL$ ，认为在 OLT 的功率合适，ONU 能保持在它当前的模式。

1) TH 的有效值必须保证：

- 检测出 OLT 接收器过载之上的任何功率电平： $P_{mo} > TH$
- 如由于 $P > TH$ ，ONU 变到更低的模式，OLT 接收器不会在灵敏度以下：

$$TH > P_{mo} - ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}}))。$$

$$\text{这等于： } TH > P_{mo} - 6 \text{ dB}$$

2) TL 的有效值必须保证：

- 检测出 OLT 接收器灵敏度之下的任何功率电平： $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$ 。
- 如由于 $P < TL$ ，ONU 变到更高模式，OLT 接收器不会过载：

$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})) > TL。$$

$$\text{这就等于： } P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$$

3) TL 和 TH 的组合有效值必须保证：

- 机制是稳定的（模式之间不会来回跳跃）。如因 $P < TL$ 或 $P > TH$ ，ONU 改变到另一个模式，在 OLT 接收器处新的功率电平不会超过相对的门限。这就等效于规定了 TH 和 TL 之间的最小间距。

$$TH - TL > 3 \text{ dB} + (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})。$$

$$\text{这就等于： } TH - TL > 8 \text{ dB}$$

这个最后的组合要求收紧了对 TH 和 TL 各自的要求，因为它们至少要相距 8 dB。考虑到不确定边际最大为 4 dB，对第一和第二条要求（TH 和 TL 之间相距最大）最合适之值变成：

$$R1: P_{mo} > TH > P_{mo} - 4 \text{ dB}。$$

$$R2: P_{ms} + 5 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}。$$

当 R1 和 R2 只保证间距 6 dB 时，必须保持第三条要求：

$$R3: TH - TL > 8 \text{ dB}。$$

R1、R2 和 R3 一起容许在 OLT 的整个运行范围（温度，…）TH 和 TL 的变化为 4 dB，但要求任何时候 TH 和 TL 相距至少 8 dB。

如 OLT 具有比 4 dB 更精细的功率测量，则 TH 和 TL 能选择任何的组合，只要能满足 R1、R2 和 R3。

II.3.2 方案 2: 与一个门限（TL）比较

开始所有 ONU 处在模式 2（在它们初始化期间），在 OLT 将接收的平均功率（P）与一个门限（TL）比较，这样来实现功率电平调节机制。当 $P < TL$ ，认为在 OLT 的功率太低，ONU 必须变到更高的模式。当 $P > TL$ ，认为在 OLT 处功率电平合适，ONU 能保持在它当前的模式。

TL 的有效值必须保证：

- 检测出在 OLT 接收器灵敏度之下的任何功率电平： $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$
- 如因 $P < TL$ ，ONU 变到更高的模式，OLT 接收器不会过载：

$$(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})) > TL。$$

$$\text{这等于： } P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$$

从而，对 TL 有效电平的要求是：

$$R2: P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}。$$

因不确定范围是 4 dB，对 TL 设定的选择为：

例 1（对 1244 Mbit/s B 类）： $-23 \text{ dBm} > TL > -27 \text{ dBm}$

例 2（对 1244 Mbit/s B 类）： $-21 \text{ dBm} > TL > -25 \text{ dBm}$

II.4 功率检测

为了初始化新的 ONU，OLT 周期性地打开测距窗口在此期间新的 ONU 能发送上行突发。OLT 必须能检测到任何新的 ONU 的存在。这就意味着：当新的 ONU 以模式 2 开始时，OLT 必须能检出（但不一定读出数据）如同 $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) - 6 \text{ dB} = P_{ms} - 5 \text{ dB}$ 那样弱的光功率。

ITU-T 系列建议书

A 系列	ITU-T 工作的组织
B 系列	表述方式：定义、符号和分类
C 系列	综合电信统计
D 系列	一般资费原则
E 系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F 系列	非话电信业务
G 系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H 系列	视听及多媒体系统
I 系列	综合业务数字网
J 系列	电视、声音节目和其他多媒体信号的传输
K 系列	干扰的防护
L 系列	电缆和外部设备其他组件的结构、安装和保护
M 系列	TMN 和网络维护：国际传输系统、电话电路、电报、传真和租用电路
N 系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O 系列	测量设备技术规程
P 系列	电话传输质量、电话安装及本地线路网络
Q 系列	交换和信令
R 系列	电报传输
S 系列	电报业务终端设备
T 系列	远程信息处理业务的终端设备
U 系列	电报交换
V 系列	电话网上的数据通信
X 系列	数据网和开放系统通信
Y 系列	全球信息基础设施，互联网的协议问题和下一代网络
Z 系列	编程语言