

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.697

(02/2012)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒质和光系统特性 – 光系统特性

密集波分复用系统的光监控

ITU-T G.697 建议书

ITU-T

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.499
无线电与线路电话的协调	G.450-G.499
输媒质的特性	G.600-G.699
概述	G.600-G.609
对称电缆对	G.610-G.619
陆上同轴电缆线对	G.620-G.629
海底电缆	G.630-G.639
自由空间光系统	G.640-G.649
光缆	G.650-G.659
光学元件和子系统的特征	G.660-G.679
光学系统的特点	G.680-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
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更多详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

密集波分复用系统的光监控

摘要

ITU-T G.697建议书定义了能够在密集波分复用（DWDM）系统中帮助完成以下功能的光监控（OM）：

- 系统的配置管理和激活波道、添加新的波道等；
- 对故障进行检测并定位的故障管理；
- 为了保持系统运行和在故障发生之前检测到劣化的劣化管理。

DWDM技术正在飞速改进，不断地扩展波道数量、波道速率和传输距离极限。长距离多跨段DWDM系统能够在没有电终结或者再生的情况下将光信号传送数千公里。

这个持续的趋势正在推动作为本建议书主题的光监控重要性的增长。

本建议书的这个版本提供了关于由于增益变化而造成光波道功率改变、光信噪比（OSNR）测量的信息，并且提出了关于监控设备可能位置及参数编码的新附录。

沿革

版本	建议书	批准日期	研究组
1.0	ITU-T G.697	2004-06-13	15
2.0	ITU-T G.697	2009-11-13	15
2.1	ITU-T G.697 (2009) Cor. 1	2011-02-25	15
3.0	ITU-T G.697	2012-02-13	15

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2014

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

页码

1	范围	1
2	参考文献	1
2.1	规范性参考文献	1
3	术语和定义	2
3.1	其他地方定义的术语	2
3.2	在本建议书中定义的术语	2
4	缩写和首字母缩略语	2
5	光监控概述	3
6	监控方法的分类	5
6.1	信号监控	5
6.2	设备监控（间接方法）	5
6.3	内嵌监控设备	6
6.4	外部监控设备	6
7	光损伤	6
8	光监控参数	8
9	损伤影响与光监控参数劣化之间的相关性	8
9.1	衰耗的变化	8
9.2	相对于标称值的频率（或波长）偏离	8
9.3	由于增益变化引起的光波道功率变化	9
10	应用	9
11	光安全性考虑	9
附录I	— 光损伤的严重性	10
附录II	— 功率代价严重程度值X	12
附录III	— 光监控性能	13
III.1	OSNR测量	15
III.2	Q值测量	19
附录IV	— 在多个光网元中适当监控设备的可能位置及其相关功能	22
IV.1	引言	22
IV.2	内嵌监控点	23
IV.3	外部监控点	25

	页码
附录V — 参数编码.....	27
V.1 波长ID（32 bits）	27
V.2 参数ID来源（8 bits）	28
V.3 参数ID（8 bits）	28
V.4 参数数值（32 bits）	28
参考资料	29

引言

全再生光网络通常在所有网元处进行光电转换。传输的性能是在电层采用误码秒（ES）和严重误码秒（SES）这样的性能参数来进行测量的。因为同步数字系列（SDH）具有在其帧结构中的内置开销，用于在段、线路和通道层测量误码性能，在一个全再生SDH网络内的所有网元处测量网络性能相对容易。当前光网络在电再生点之间通常包含很多透明光网元。这使得在光域中需要性能监控来评估光通道（OCh）的健康度。

此外，DWDM技术正在飞速改进，不断地扩展波道数量、波道速率和传输距离极限。长距离多跨段DWDM系统能够在没有电终结或再生的情况下将光信号传送几千公里。这将减少电监控点的数量。

ITU-T G.697建议书是向着通过光监控解决这些需求的起始步骤。

密集波分复用系统的光监控

1 范围

本建议书的目的是要指出最小但不全面的光参数组，它们能够被用来在一个密集波分复用（DWDM）系统和光网元（例如，可重新配置光分插复用器（ROADM））中执行光监控（OM）功能，特别是对于没有光电光变换的那些网元。为了实现这个目标，本建议书：

- 1) 指出了测量光信号劣化的方法；
- 2) 根据类型对这些方法进行分类；
- 3) 规定了检测光信号劣化的适当光参数；和
- 4) 描述了这些光参数可能相关的应用或条件。

本建议书涉及光波道速率高达10 Gbit/s 不归零（NRZ）或归零（RZ）线路编码的DWDM系统和光网元。10 Gbit/s以上比特率和采用其他调制方式的系统有待进一步研究。

2 参考文献

2.1 规范性参考文献

下列ITU-T建议书和其他参考文献的条款，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均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其他参考文献的最新版本。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- [ITU-T G.650.2] ITU-T G.650.2建议书（2007年），单模光纤和光缆的统计与非线性相关属性的定义和测试方法。
- [ITU-T G.652] ITU-T G.652建议书（2005年），单模光纤和光缆的特性。
- [ITU-T G.653] ITU-T G.653建议书（2006年），色散位移单模光纤和光缆的特性。
- [ITU-T G.655] ITU-T G.655建议书（2006年），非零色散位移单模光纤和光缆的特性。
- [ITU-T G.663] ITU-T G.663建议书（2000年），光放大器设备和子系统的应用相关问题。
- [ITU-T G.664] ITU-T G.664建议书（2006年），光传输系统的光安全程序和要求。
- [ITU-T G.692] ITU-T G.692建议书（1998年），具有光放大器的多波道系统的光接口。
- [ITU-T O.201] ITU-T O.201建议书（2003年），估计光波道传输性能的Q值测试设备。

3 术语和定义

3.1 其他地方定义的术语

本建议书采用了在 [ITU-T G.650.2]中定义的以下术语：

- 受激布里渊散射

本建议书采用了在 [ITU-T G.663]中定义的以下术语：

- 极化模式色散（1阶和高阶）
- 四波混频
- OA中的放大自发发射噪声
- 色度色散
- 反射（见反射率）
- 交叉相位调制
- 自相位调制
- 受激拉曼散射

本建议书采用了在[ITU-T G.692]中定义的以下术语：

- 对标称值的频率（或波长）偏离（见中心频率偏离）

本建议书采用了在[ITU-T.O.201]中定义的以下术语：

- Q值

本建议书采用了在[b-ITU-T G.Sup39]中定义的以下术语：

- 光信噪比（OSNR）
- 波道间串扰
- 干涉串扰

3.2 在本建议书中定义的术语

本建议书定义了以下术语：

3.2.1 chromatic dispersion slope 色度色散斜率：色度色散系数波长曲线的斜率。

3.2.2 fully regenerated optical networks 全再生光网络：在每个网元中通过采用再放大、再整形、再定时（3R）再生进行光电光变换的光网络。

3.2.3 transparent optical network element 透明光网元：没有对光信号进行光电光变换的一个光网元。

4 缩写和首字母缩略语

本建议书采用了以下缩写和首字母缩略语：

3R	再放大、再整形和再定时
ASE	放大的自发发射
BER	误码率
DCM	色散补偿模块
Demux	解复用器
DWDM	密集波分复用

EME	内嵌监控设备
EMP	外部监控点
ES	误码秒
ESR	误码秒率
FWM	四波混频
Mux	复用器
NOC	网络运行中心
NRZ	不归零
OA	光放大
OADM	光分插复用器
OD	光解复用
OLA	光线路放大器
OM	光监控
OM	光复用
ONE	光网元
OSA	光频谱分析仪
OSNR	光信噪比
OTN	光传送网
PDL	极化相关损耗
PMD	极化模式色散
ROADM	可重新配置光分插复用器
RZ	归零
SBS	受激布里渊散射
SDH	同步数字系列
SES	严重误码秒
SESR	严重误码秒率
SLA	服务等级协议
SPM	自相位调制
SRS	受激拉曼散射
XPM	交叉相位调制

5 光监控概述

现有SDH网络的管理依赖于对在电层（在3R再生中继器）进行测量的数字参数的监控，例如，误码率（BER）、误码秒率（ESR）和严重误码秒率（SESR），如[b-ITU-T G.826]中所描述。

在OTN中将一个类似的方法（采用ITU-T G.709帧）用于端到端连接和电层光连接的监控。

这些方法对一个光波道端到端性能提供了可靠测量，但它们不能在其中没有3R再生器可用于终结帧开销的透明光域中应用。因此，它们不能提供足够的信息来对复杂DWDM网络中问题的产生根源进行定位。

此外，光技术中的迅速进展导致了不断增长的波道数量和传输速度以及在一个光域中的更长全光连接。

这将导致线性和非线性失真的影响不断增长，它使系统调试成为一个复杂性不断增加的任务。

一个光传送网络的最佳解决方案包括：

- 适当的网络设计，以减少噪声源、色散和互调制的影响。
- 对该网络内有源光组件的适当告警，用于故障检测和定位。
- 在整个网络中采用适当的光监控，以监视最关键的光参数。

当分别进行时，这三种操作不能保证适当的光质量，但当结合起来时，它们对光传送网的管理提供了一个适当的解决方案。

适当水平的光监控提供了对光网络内的可见性，确保了适当配置波道通路，并使光参数适合于可靠提供服务。在一个网络运行中心（NOC）中收集光监控数据使复杂DWDM网络的管理更加简便。

光监控的目标是要检测影响光层质量的异常现象、缺陷、劣化和故障。要被监控的光参数应该根据特定要求来提出和定义。

利用分布式光监控来改善端到端监控的能力可以使配置管理和故障/劣化管理在可靠性和成本上受益，因为通过光监控能够更便利地检测和定位一些影响光层质量的缺陷、劣化和故障。

老化效应，因为温度和湿度的变化而引起的噪声变化，是能够严重降低信号传输质量的损伤。光监控使得有可能以一种可靠的方式检测到这些劣化。

光监控是一个主动的操作，它能有助于管理SLA，并能降低运营成本（尽管经常是以增加设备成本为代价）。因为保持设备的高度可靠，加上迅速诊断劣化和失效的能力，以及定位和修复网络问题正随着网络的复杂程度增加而变得越来越具有挑战性，光监控的重要性也在增加。

光监控是对应用于光层网络数字客户层的监控技术的一个重要补充。

光监控是光网络管理中的一个关键元素，因为只有可能管理能够测量到的东西。

在很多当前的光传输系统中部署（并运行）光监控时，它们之间的光监控要求上有着显著的差别。这是由于在各种系统中存在不同的传输与控制系统设计，以及不同的损伤管理策略。为此，不能统一出一个普遍的要求，使具有特定精确度的参数值成为这样一个系统运行状态的可靠显示指标。甚至在单独一个系统内，具有重要性的参数可能在不同网元之间变化，并且，即使用于内部控制，对各种网元的监控要求也是不同的。因此，特定参数监视的

一般要求通常将导致一个欠最佳的（且因此不是成本有效的）解决方案。为此，一个适当的光监视方案总是与这样一个系统的特定传输和控制系统设计、工程原则及损伤管理的实施相关。但是，基于从技术角度可行的和网络运营商所需要的，可以确定如本建议书中所列举的一些监控选择。

6 监控方法的分类

以下各节描述了二种不同的信号监控形式，即，时域和频域方法，并且解释了信号监控和设备监控之间的不同，以及内嵌和外部监控设备之间的差别。

6.1 信号监控

本建议书仅限于非介入型测量，其允许对光信号质量进行业务中监控。

本建议书中定义的测量并不测量在表1中列举的每个单独的损伤，而是这些损伤对于能够被测量的这些参数的影响。

可以给出频域和时域测量方法之间的区别。

6.1.1 时域方法

在时域中分析光信号特性的方法倾向于比频域中的那些更接近完全BER测量。这些方法对噪声和失真的影响都很敏感。如[b-ITU-T O.201]所描述的，取样示波器和Q值表是取样方法（同步方法）的代表。但是，时域方法通常需要光解复用、光电变换，而且，在取样方法的情况下，同步于比特率。同样，如在第III.2中所讨论的，还得考虑参考接收机特性与系统接收机相比较的差别，以及在测量点残留色散的影响。

6.1.2 频率（或波长）域方法

光监控的频率/波长域方法分析光信号的频谱特性。这些频谱方法具有共同点，它们不对信号进行取样或与之同步，因此取消了全部参考接收机。通常，它们采用一个频谱分析仪装置，它的分辨率可以是变化的，且可以或可以不同时检测所有波道。

一个频谱分析的最简单形式是对每个波道的简单功率监控。例如，这可以通过采用一个衍射光栅和检测器阵列同时检测所有波道的功率来实现。以增加复杂性和分辨率为代价，此方法也能够扩展到观察信号频谱的精确形状。

根据定义，这些频谱方法的基本特性是它们是不检测脉冲失真的平均方法。这表示，利用频谱方法的质量监控将对所有因为失真而引起的影响不敏感。

6.2 设备监控（间接方法）

间接方法利用设备失效与信号质量之间的一个经验相关性。诸如电源失效、激光器温度等设备失效可以通过内置自检测功能检测到。这些指标可能是完全独立于系统及其实现的。

间接方法主要指示系统正在运行，且当一个设备的参数超出了指定范围时，可以假设信号质量也劣化了。

但是，一个正确的设备参数不保证信号的完整性，因为可能有影响信号质量的其他损伤（例如，光纤衰减）。

6.3 内嵌监控设备

内嵌监控设备通常是与一个光网元的管理功能紧密集成的。出于成本原因，内嵌监控通常仅限于少数基本参数。

位于相同网元中的不同监控点可以共享内嵌的监控设备。

6.3.1 内嵌监控设备的精度

如果定义了，可以期望内嵌监控装置的精度高到足以为自动管理决策提供有意义的输入。这通常能够通过与通用目的测试仪表相比相对低的付出来达到，因为在很多情况下，仅仅关心相对于一个已知标称值的偏差，且网元的正常运行范围也比较窄。

6.4 外部监控设备

外部监控设备通常用于与内嵌监控设备不同的目的。它通常被用来测量附加的、更为复杂的性能参数，或者当需要某些性能参数更为精确的数值时。

主要的应用是对无法通过内嵌监控装置确定的难于发现的故障进行定位，以及在安装、调试或维修期间进行功能测试和精确参数测量。

与内嵌监控设备相反，外部监控仪表通常不是持久安装的，而是根据需要连接到关键网络部分，并且用于互动模式，常常是从一个NOC远程控制的。

6.4.1 外部监控设备的精度

外部监控设备通常具有比内嵌监控装置更高的精度和一个更宽的测量范围，因为它必须在一个光传输系统的全部运行范围上提供可靠的绝对测量，而由此产生的更高成本可以由大量的光网元分担。

7 光损伤

本节列举了在光层限制系统传送信息能力的主要系统损伤并对它们进行分类。

在表1中给出了可能的主要系统损伤的列表。

表1 — 光损伤

损伤变量	发生的相对频率	描述
衰耗	高	
由于增益变化引起的光波道功率变化	高	
相对于标称值的频率（或波长）偏差	高	[ITU-T G.692]
极化模式色散（PMD）（一阶和高阶）	中	[ITU-T G.663]附录II
四波混频（FWM）	中	[ITU-T G.663]附录II
OA中放大的受激发射（ASE）噪声	中	[ITU-T G.663]附录II
色度色散	中	[ITU-T G.663]附录II
色度色散斜率	中	[ITU-T G.652], [ITU-T G.653], [ITU-T G.655]
反射	中	[ITU-T G.663]附录III
激光器噪声	中	
波道间串扰	中	[b-ITU-T G-Sup.39]
干涉串扰	中	[b-ITU-T G-Sup.39]
交叉相位调制（XPM）	低	[ITU-T G.663]附录II
自相位调制（SPM）	低	[ITU-T G.663]附录II
受激布里渊散射（SBS）	低	[ITU-T G.650.2] 附录II、 [ITU-T G.663] 附录II
受激拉曼散射（SRS）	低	[ITU-T G.663] 附录II

所有这些损伤能够严重到足以引起一个光信号严重劣化到接收机不再能以一个合理的误码率检测数据的程度。对任何一种损伤，存在一个每单位时间功率代价发生概率曲线（见附录I）。

在表1中发生的相对频率水平为：

- 低：当影响严重到足以引起X dB功率代价的概率为 \approx 每10年1次事件。
- 中：当影响严重到足以引起X dB功率代价的概率为 \approx 每年1次事件。
- 高：当影响严重到足以引起X dB功率代价的概率为 \approx 每年10次事件。

注1 — 以上数值针对系统寿命期的稳定状态阶段。一次事件能够在单独一个光波道或一个多波道系统上引起X dB的功率代价。在附录II中给出了X dB功率代价的指示值。

注2 — 在表1中给出的光损伤发生的相对频率针对具有比特率高达大约10 Gbit/s的光波道。目前，尚没有足够的经验来为具有比特率高达40 Gbit/s的光波道准备出类似的表格；但是，可认为由于色度色散和PMD在此比特率引起的可能损伤会有与具有10 Gbit/s比特率光波道的情况相比不同的影响。这个可能的影响也是所采用调制方式的一个函数。

8 光监控参数

下面给出了采用当前技术在光传输系统中能够测量到的光参数的列表：

- 波道功率
- 总功率
- 当不存在显著噪声整形时的光信噪比（OSNR）
- 波道波长
- Q值

附录III包含了关于从当前可用监控技术可以得到的信息。

9 损伤影响与光监控参数劣化之间的相关性

表2 — 所强调损伤与监控参数之间相关性的列表

参数	总功率	波道功率	波道波长	OSNR	Q值
衰耗的变化	X	X		X	X
频率（或波长）相对于标称值的偏差		X	X	X	X
由于增益变化引起的光波道功率变化		X		X	X

9.1 衰耗的变化

有待进一步研究。

9.2 相对于标称值的频率（或波长）偏离

在“相对于标称值的频率偏离”损伤与光监控参数“波道波长”之间存在一个直接的相关性。对波道波长要求的测量精度取决于该波道的“最大中心频率偏离”。对200 GHz及以上波道间隔的应用，[ITU-T G.692]对此参数给出的数值为 $n/5$ （此处 n 是波道间隔），但对这以下的波道间隔没有给出数值。

9.3 由于增益变化引起的光波道功率变化

在损伤“由于增益变化引起的光波道功率变化”与光监控参数“波道功率”之间存在一个直接的相关性。对波道增益中的缓慢变化，光波道功率监控将为建立增益变化位置提供适当的信息。但是，DWDM系统可能包括很多内置控制环，例如激光波长调谐和输出功率控制、波道均衡功率控制、放大器增益控制和瞬变控制及波道接收机功率与色散控制，以保持端到端传输特性。这些控制环可能运行于毫秒或甚至微秒量级，并且将响应或者甚至产生可能影响端到端传输质量的亚秒级光事件。因为采用一个小到足以捕获这些事件的时间间隔来监控波道功率是不实际的，在一个更大的时间间隔内捕获控制功能输入和输出参数的最大和最小值是有帮助的。

10 应用

在DWDM系统中，光监控能够在以下功能中提供帮助：

- i) 系统的配置管理和波道激活、添加新波道等
- ii) 检测和定位故障的故障管理
- iii) 为了保持系统运行和在一个故障发生之前检测劣化的劣化管理

为了达到以上目标，可以对在DWDM系统中从本地和远端位置能够得到所测量数据的内部监控考虑一个或多个以下监控选择。选择哪个选项取决于DWDM系统的特定特性（例如，长度、跨段数量、波道数量、地点的难于接入程度）以及成本/效益考虑：

- a) 在光放大各级输入处的总功率
- b) 在光放大各级输出处的总功率
- c) 在复用器之前DWDM发射机输出处的波道功率
- d) 在解复用器之后DWDM接收机输入处的波道功率
- e) 在光放大各级输出处的波道功率
- f) 在光放大各级输出处的波道OSNR
- g) 沿着光通道在至少一点处的波道波长偏离。

在光放大各级输出处的一个分光器使得可以通过外部测量设备实行光波道状态更为详细的分析。是否包括此分光器取决于DWDM系统的特定特性以及成本/效益的考虑。

11 光安全性考虑

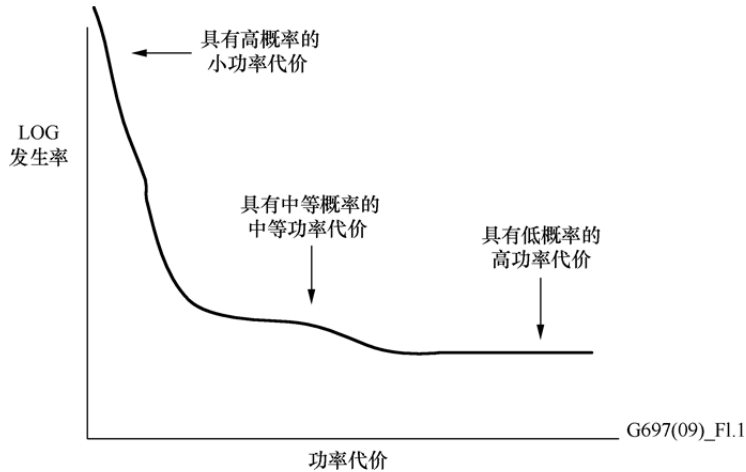
对光安全性的考虑请见[ITU-T G.664]。

附录I

光损伤的严重性

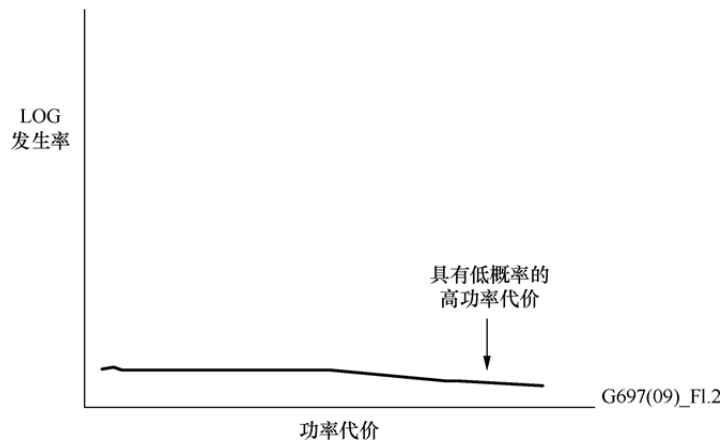
(本附录不是本建议书的组成部分)

在表1中列举的光损伤都能够引起一个光信号的严重劣化到使接收机不能以合理的误码率检测数据的程度。对任何损伤，可以画出一条功率代价发生率的曲线（每单位时间发生的概率）。在衰耗情况下的一条实例曲线可以是以下曲线的形状。



图I.1 — 由于衰耗变化引起的功率代价发生率的实例曲线

当然，对于表中每种损伤的曲线形状和概率水平将不同。在衰耗的曲线上，0.1 dB量级的小损伤是非常可能的，而大的损伤（例如，6 dB或更大）具有小得多的可能性。对一个不同损伤的曲线将具有不同的形状。例如，SBS可能看上去像下面的曲线。



图I.2 — 由于SBS变化引起的功率代价发生率的实例曲线

此处，发生率非常低（高频脉动电路的失效或光纤中高于预期的非常高功率），但产生的功率代价可能非常严重。

因为在此案例中，在本建议书中已经采用的方式是定义一个被视为构成一个明显损伤的近似功率代价（例如，3 dB），然后给出其在一个典型光网络中发生频率的指标。

附录II

功率代价严重程度值X

(本附录不是本建议书的组成部分)

某运营商参照一个10 000 km的DWDM网络，建议规定X值等于3 dB功率代价作为构成一个显著损伤的数值。

附录III

光监控性能

(本附录不是本建议书的组成部分)

本附录包含关于从当前可用光监控技术所能得到的性能的信息。此信息不应被理解为一个要求或者规范，而是想要在确定那些采用当前可用技术所能够（或不能够）满足的特定期望光监控性能要求的情况中提供帮助。对光监控性能的要求只能相对于一个特定功能和对一个特定系统设计来产生，而且在大多数情况下，对任何个别监控解决方案的实际和成本有效的规范，可以是非常不同于以下所给出的数据。

表III.1给出了关于在DWDM接收机输入处采用内嵌在ONE中的低成本测量设备就可以得到的标准测量性能的信息。表III.2给出了关于在没有要求测量OSNR的多波道点采用内嵌在ONE中的低成本测量设备可以得到的标准测量性能的信息。表III.3给出了采用内嵌在ONE中的能够测量OSNR的低成本测量设备的相同信息。表III.4给出了成本适合于由维护人员在网络中数量极大减少的位置上进行测量的额外测量设备的测量性能。

表III.1 — 在DWDM接收机输入处内嵌光监控的性能

参数	精度	可重复性	测量范围
波道功率	±2 dB (注1)	±0.5 dB	接收机运行范围 (注2)

注1 — 因为此功能必须在每个DWDM接收机内进行，所以它必须非常简单以保持是成本高效的，为此，此数值相比于表III.2中的数值更宽松。
注2 — 通常期望接收机将工作于其上的输入功率范围。

表III.2 — 没有OSNR的内嵌光监控的性能

参数	精度	可重复性	测量范围
总功率	±1 dB (注1)	±0.5 dB	(-60 至 +5) + 分光器损耗 dBm (注2)
波道功率	±1 dB (注1)	±0.5 dB	(-60 至 -10) + 分光器损耗 dBm (注2)

注1 — 此数值包括来自测量不确定性和分光器损耗变化的成分。在一些系统中，分光器损耗变化可能导致比此更差的精度，尽管这可能通过校准来补偿（带有附加成本）。
注2 — 因为不同的系统采用具有不同分光比例的监控分光器（例如，5% 或 2%），测量范围显示在分光器的输出端。要想推算出测量范围，必须要将分光器损耗加到此数值上。例如，一个2%分光器将使此数值高17 dB。

表 III.3 — 具有OSNR的内嵌光监控的性能

参数	精度	可重复性	测量范围
总功率	±1 dB (注 1)		
波道功率	±1 dB (注 1)	±0.5 dB	(-40 至 -10) + 分光器损耗 dBm (注 2)
波道波长	±75 pm		
不存在显著噪声整形情况下的OSNR (在0.1 nm 光带宽中)	±1.5 dB	±0.5 dB	对波道功率 ≥25 dBm OSNR 10 至 30 dB, 对 ≥100 GHz 间隔 OSNR 10 至 25 dB, 对50 GHz 间 隔 (注 3)

注1 — 此数值包括来自测量不确定性和分光器损耗变化的成分。在一些系统中, 分光器损耗变化可能导致比此更差的精度, 尽管这可能通过校准来补偿 (带有附加成本)。

注 2 — 因为不同的系统采用具有不同分光比例的监控分光器 (例如, 5% 或 2%), 测量范围显示在分光器的输出端。要想推算出测量范围, 必须要将分光器损耗加到此数值上。例如, 一个2%分光器将使此数值高17 dB。

注 3 — 在具有因链路中非线性效应引起的显著频谱扩展的情况下, 此测量范围可能无法得到。

表 III.4 — 额外光监控设备的性能

参数	精度	可重复性	测量范围
总功率	±0.2 dB (注 1)		
波道功率	±0.4 dB (注 1)	±0.2 dB	(-80 至 +23) + 分光器损耗 dBm (注 2)
波道波长	±0.5 pm		
存在显著噪声整形情况下的OSNR (在0.1 nm 光带宽中)	±0.4 dB OSNR < 20 ±0.7 dB OSNR < 30		0 至 42 dB, 对100 GHz间隔 0 至 28 dB, 对50 GHz间隔 (注 3)
Q值	±10%	±5%	4 至 14
其他			

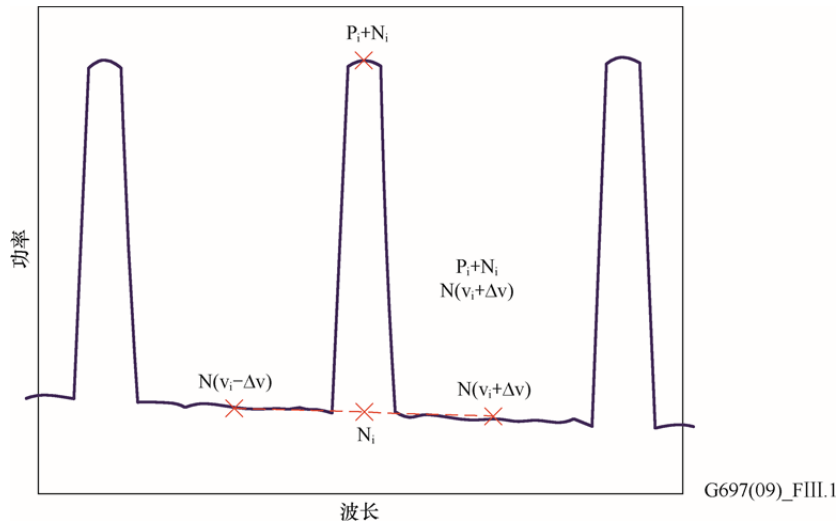
注 1 — 此数值不包括任何来自将必须通过校准进行补偿的分光器损耗的成分。

注 2 — 因为不同的系统采用具有不同分光比例的监控分光器 (例如, 5% 或 2%), 测量范围显示在分光器的输出端。要想推算出测量范围, 必须要将分光器损耗加到此数值上。例如, 一个2%分光器将使此数值高17 dB。

注 3 — 在具有因非线性效应引起的显著频谱扩展的情况下, 此测量范围可能无法得到。

III.1 OSNR测量

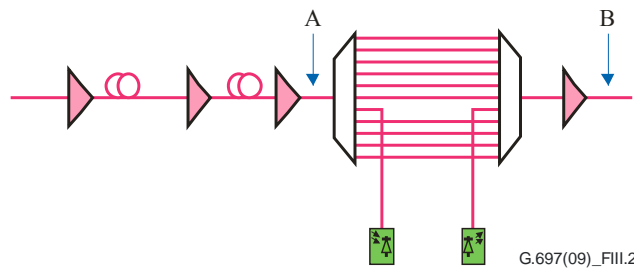
OSNR测量目前采用测量波道之间噪声的原理，以消除在该波道波长处的噪声。见以下图III.1。



图III.1 — OSNR测量方法

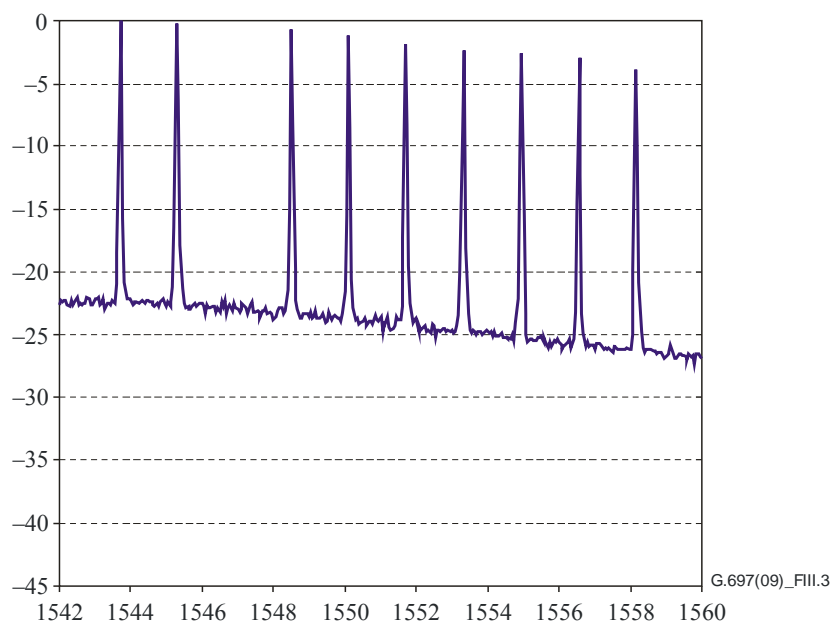
此方法对在光通道上只有光纤和光放大器的简单点到点系统使用效果良好。但是，对更为复杂的DWDM系统，引入引起波道之间噪声整形的任何单元使此方法变得不精确。

例如，在图III.2中所显示的一个DWDM系统部分中，有一个简单的OADM，它被配置用来分出和加入单独一个波道。



图III.2 — 具有一个OADM的DWDM系统部分

在图III.3和III.4中分别显示了在标记点A和B处可以找到的光频谱。



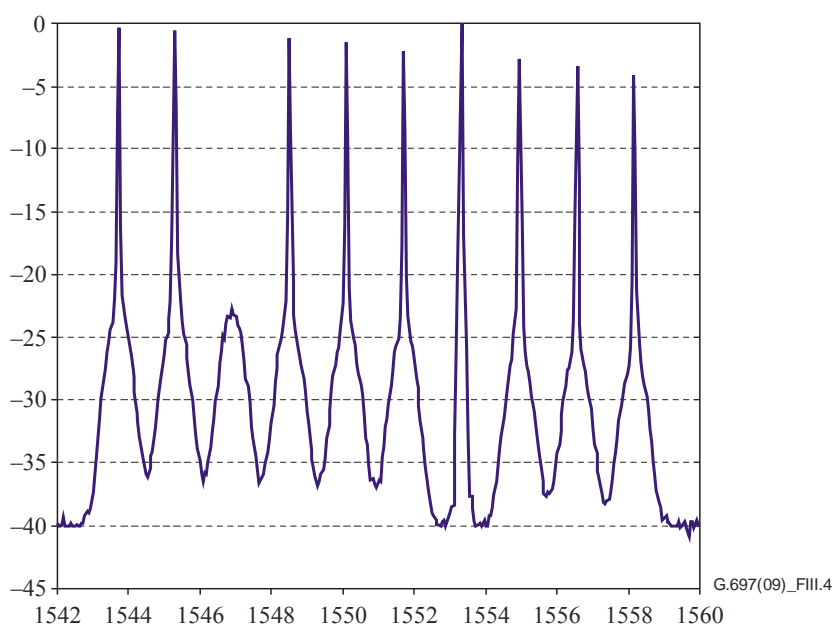
图III.3 — A点处的光频谱

如从图III.3中可以看到，显示在图III.1中的A点处OSNR测量方法给出了精确的结果，因为噪声随波长的变化相对缓慢。

注 — 此假想10波道系统的第3波道不存在。

图III.4显示了OADM合波器和一个功率放大器之后的频谱。此处，情形完全不同。波道之间的噪声已经被分波器/合波器的组合滤波功能极度地整形了。如通过本例中缺失波道波长上的噪声尖峰可以看到的，在波道波长处的噪声比在波道之间中点处高大约15 dB，因此，在该点的OSNR估值可以乐观大约15 dB。但是，对已经被添加的波长，我们有相反的情形，且在中点的噪声电平比在波道波长处增加的噪声要高得多。因此，对此波道的OSNR估值是严重悲观的。

[b-IEC 61280-2-9]关于OSNR测量的附加信息可以是一个有用的参考。

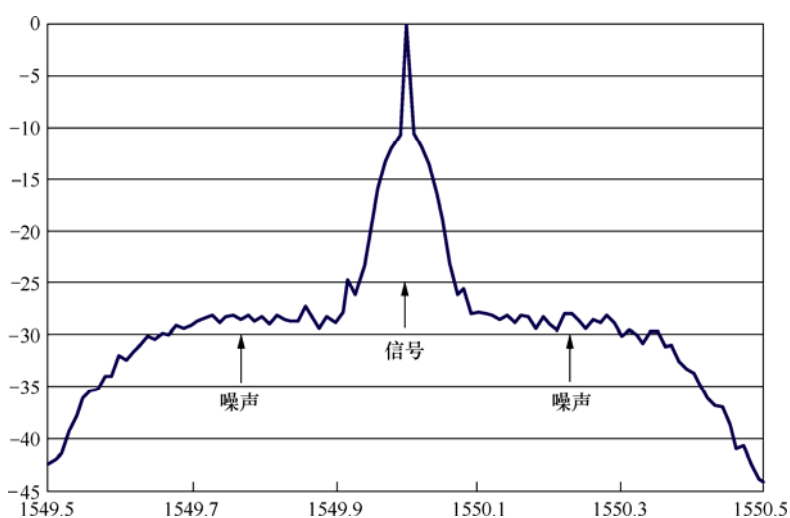


图III.4 — B点处的光频谱

对存在噪声整形情况中的一个现实OSNR测量，必须要测量一个系统光滤波器通带中的噪声数值（经常被称作‘带内’OSNR测量）。在以下几节中描述了达到此目标的三种方法。

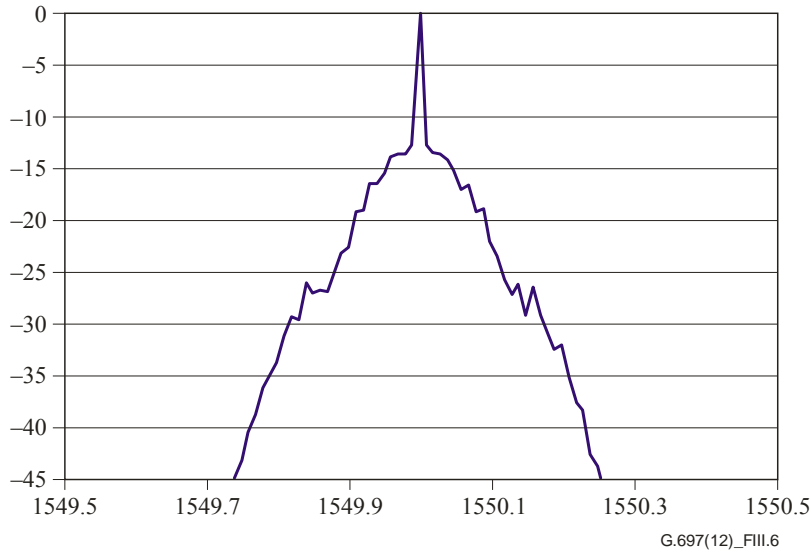
III.1.1 窄带光频谱分析仪法

在信号频谱不占据全部波道带宽和光滤波器形状具有一个平坦区域的情况下，可以采用一个窄带光频谱分析仪测量OSNR。对在一个100 GHz波道间隔系统中的10 Gbit/s信号情况下，这样的实例显示在图III.5中。此处，能够通过测量信号功率和平坦区域中离开该信号的噪声来估计OSNR。必须要注意，采用一个具有足够大分辨率带宽去测量信号来捕获所有信号功率，而采用一个足够小的分辨率带宽来测量噪声，以排除信号。这可能对测量的每一个部分和对噪声功率要求一个不同的分辨率带宽，从测量带宽缩放到0.1 nm的通常参考值。



图III.5 — 信号不占据全部波道带宽情况下的光频谱

但是，随着波特率变得与波道间隔可比，信号频谱完全与噪声基底相重合，如图III.6中所示。在此情况下，需要一个不同的测量原理。同样，在信号穿过多重光滤波器的情况下，组合滤波器函数顶部逐步变得不再平坦，因此使噪声电平的准确判定更加困难。



图III.6 — 信号占据全部波道带宽情况下的光频谱

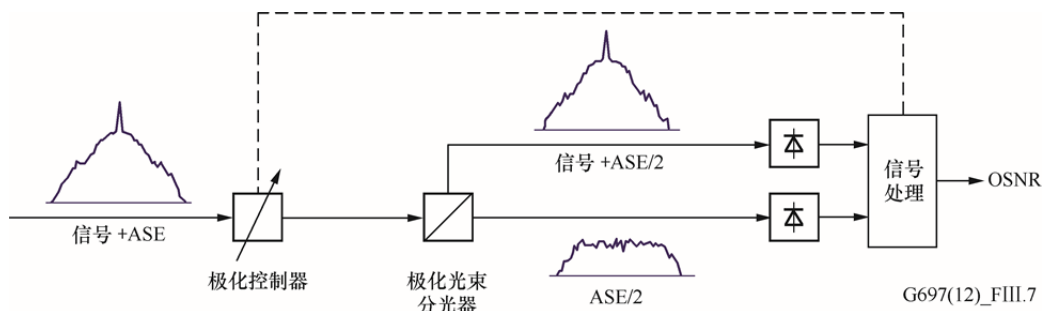
III.1.2 时域消光测量

在此方法中，在进入光系统的进口点，采用一个声光开关将要被测量波道的信号打开和关断。随后，在要被测量点采用一个第二开关对信号取样，或者同相测量信号，或者反相测量噪声功率。此方法要求快速高消光比的声光开关或者一个选通光频谱分析仪 (OSA)。被测量波道的平均信号电平保持与正常运行期间相同，以保持光放大器的运行点。

此测量方法的明显缺点是它要求设备要插入到系统中的多个点，且它不能被用来在波道带业务时测量OSNR。

III.1.3 极化消光测量

将信号从噪声分离开的一个替代方法揭示了这样的事实，第一个近似，光传输信号被极化，而ASE噪声非极化。以其最简单的形式，一个可变极化控制器和一个极化分光器/滤波器的组合被用于将极化的信号从非极化的噪声分离开，如图III.7中所示。



图III.7 — 极化消光方法方框图

通过在极化光束分光器之前的极化控制器的变化，有可能压缩极化的信号，并在一个分支获得非极化的带内噪声，而在另外一个分支显示信号加噪声[b-Rasztovits-Wiech]。

此测量方法具有四个问题是：

- 如果在测量点处信号的极化状态迅速演变（这很像是架空光纤具有的特殊问题）或信号变得去极化，则要得到一个信号的充分消光是非常困难的。
- 在波道之间有串扰的情况下，串扰可能或可能不被包括在测量中，取决于信号和串扰的相对极化。
- 由于具有与信号相同极化的噪声的幅度不同于具有正交极化的噪声所引起，极化相关损耗（PDL）能够导致显著的测量误差。
- 对一个极化复用的信号，在二个正交极化的每一个极化上有一个分离的信号，因此不可能采用一个极化光束分光器来使信号消光。因此，不可能将此OSNR测量方法用于这些信号。

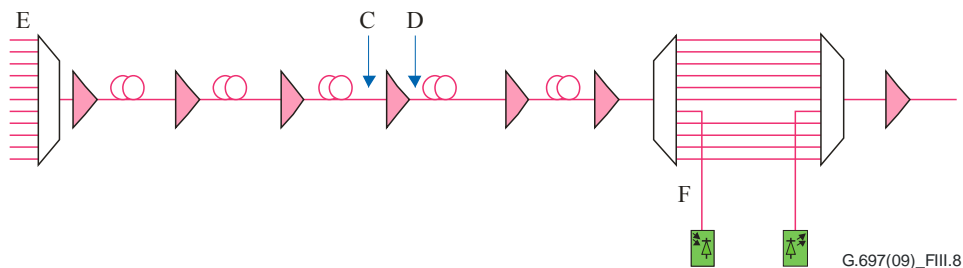
III.2 Q值测量

一个Q值测量占据了典型光参数（功率、光信噪比（OSNR）及波长）和基于BER的数字端到端性能参数之间的一个中间位置。

通过分析光信号脉冲波形的统计特性，在时域测量一个Q值。在[ITU-T O.201]中可以找到全部细节。一个Q值是对一个光波道信号质量的综合测量，考虑了噪声、滤波和脉冲形状线性/非线性失真对脉冲形状的影响，这在单独采用简单光参数时是不可能的。

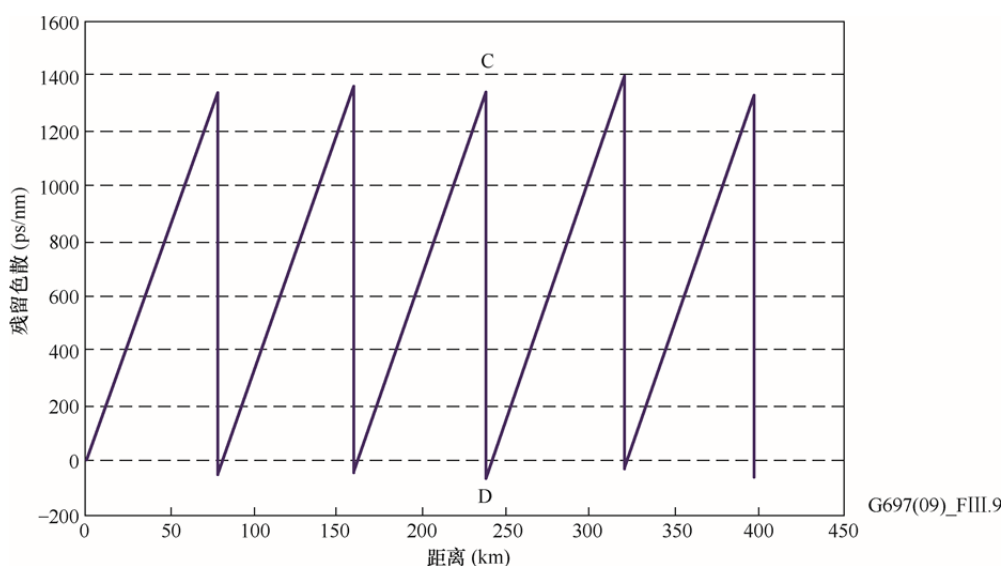
在理想条件下（仅仅加性高斯噪声，没有线性或非线性失真等），一个二进制光波道的BER应该与一个Q值测量所显示的相同。但是，这些理想化的条件是很少存在于真实系统中的，且一个光信号的Q值与再生之后测量的BER之间的相关性受到再生器中与Q值表中不同的接收机特性（噪声带宽、脉冲响应等）的影响。

对一个光通道中任何一点Q值测量的有效性产生严重影响的另外一个因素是存在于该点的残留色散。图III.8显示了一个在线路放大器中包括了色散补偿模块（DCM）的简单5跨段传输系统的方框图。在这样一个系统中，当标示为E和F的端点通常具有标称零残留色散时，只有在这些点上采用了适当色散补偿，才有可能在光通道的中间点处测量Q值。



图III.8 — 在线路放大器中包括了DCM的5跨段传输系统

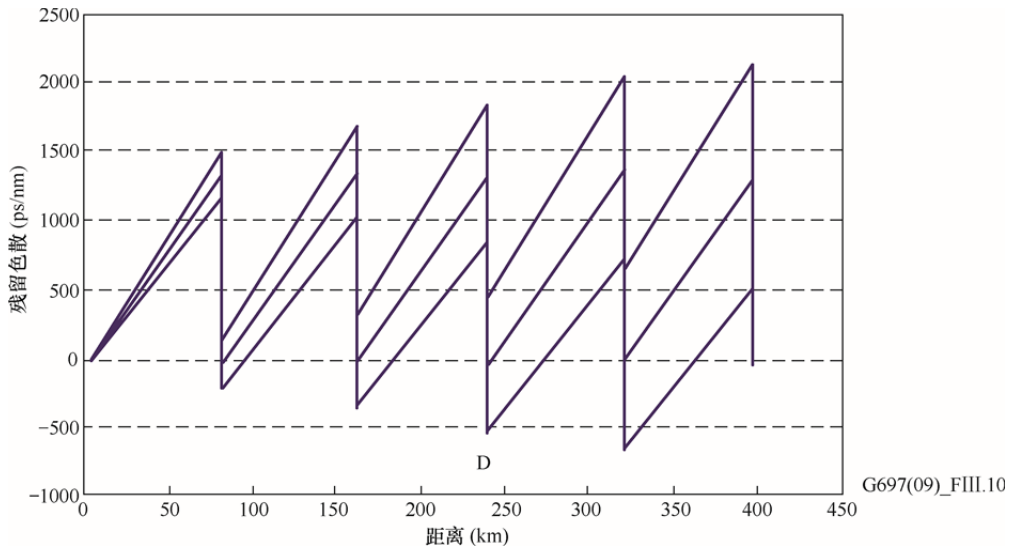
图III.9对一个系统显示了对应于距离的残留色散，在这个系统中，每个标称80公里跨段的色散由一个内嵌在每个线路放大器中的80公里DCM以及在接收前置放大器内的附加DCM进行补偿。例如，在此情况下，由于二点残留色散的巨大差异所引起，在C点（第三个线路放大器输入处）测量的Q值完全不同于在D点（同一放大器的输出处）的Q值。



图III.9 — 一个简单系统对应于距离的残留色散

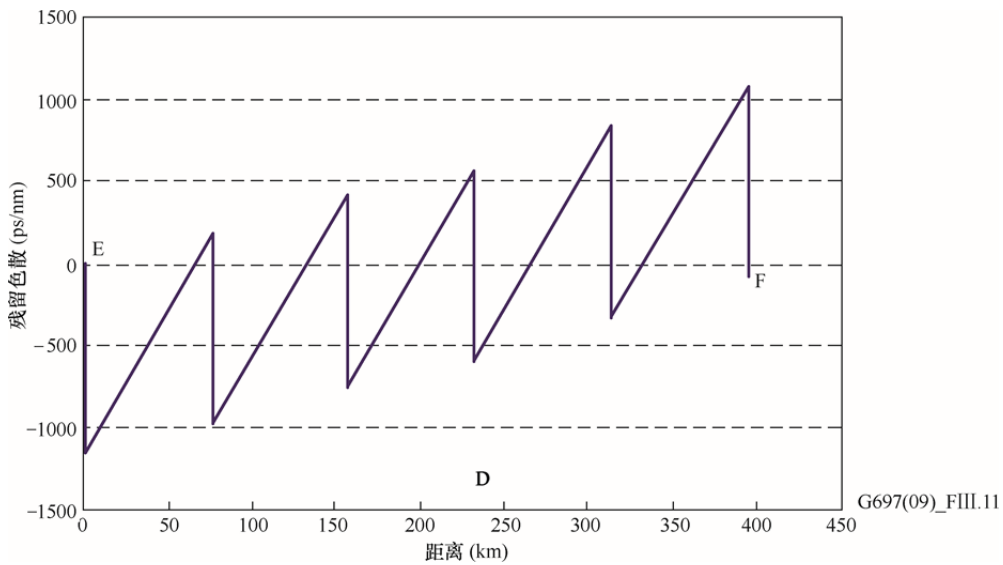
对在图III.9中所显示的一个色散映射的解决方案是仅仅在光放大器的输出端（例如，D点）测量Q值。

图III.9中的残留色散映射是针对光纤色散得到DCM合理精确补偿的一个波长。但是，在覆盖大波长范围的长距离系统中，光纤色散对应于波长的斜率通常不完全匹配DCM色散对应于波长斜率的倒数，这一事实意味着残留色散映射在波道波长范围上是不同的。这显示在图III.10中，其中也显示了末端波长波道的残留色散映射。



图III.10 — 一个具有宽波长范围简单系统对应于距离的残留色散

如在图III.11中所显示的，在一个更为复杂色散映射的情况下，在发射机和接收机中都有DCM，并且也内嵌在线路光放大器中，具有零色散的点现在不是必定与线路光放大器输出相一致。此处，为了Q值测量在这些监控点有效，将要求在测量设备中的附加补偿装置。



图III.11 — 一个更加复杂系统对应于距离的残留色散

附录IV

在多个光网元中适当监控设备的可能位置及其相关功能

(本附录不是本建议书的组成部分)

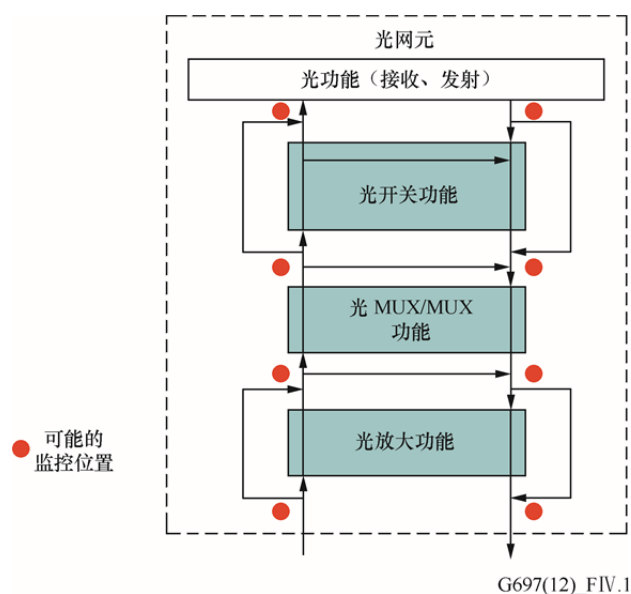
IV.1 引言

当光监控部署（并且投入使用）到很多当前的光传输系统中时，在它们之间的光监控实施之间有着显著的不同。这是由于在各种系统中存在不同的传输和控制系统设计、网络的大小以及对损伤管理不同策略所引起的。为此，不能统一出一个普遍的要求，使具有特定精确度的参数值成为这样一个系统运行状态的可靠显示指标。

对使用那个选项的选择取决于ONE的特定特性。特别是对一个DWDM系统，是根据其特性（例如，长度、跨段数量、波道数量、站点难以接近的程度）以及成本/效益考虑。尤其是，必须要考虑到，随着监控点数量的增加，消耗的信号功率就会增加，随之而来的是DWDM系统传送距离的减少。

作为一个结论，要强调的是，显示在本附录中的多个光网元中可能的适当监控点位置和它们的相关功能应该被视为是举例，而不是要求。这些实例值得注意，因为它们能够显示出从技术观点看什么是可行的和网络运营商可能需要什么。

图IV.1中显示了在一个光网元中可能监控位置的一个通用模型。

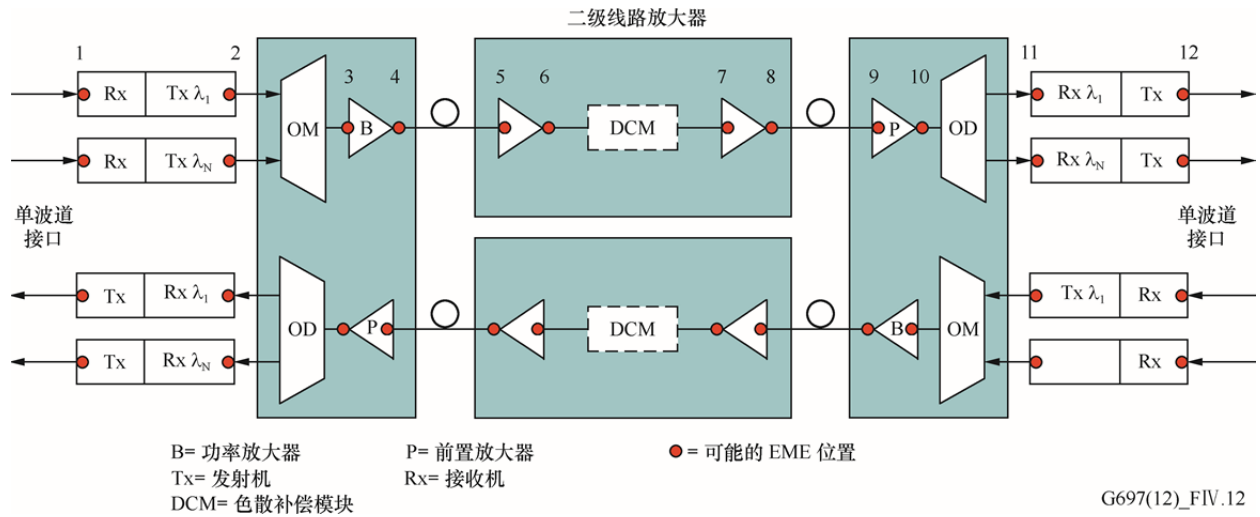


图IV.1 — 在一个光网元内EME定位的实例

IV.2 内嵌监控点

IV.2.1 DWDM线路段

在图IV.2中显示了在一个光波道运行于10 Gbit/s的长距离DWDM线路段中内嵌监控设备(EME)定位的一个实例。



图IV.2 — 在一个长距离DWDM线路段中EME定位的实例

可以按照表IV.1在图IV.2各个监控点测量第10节中所列举的光参数。

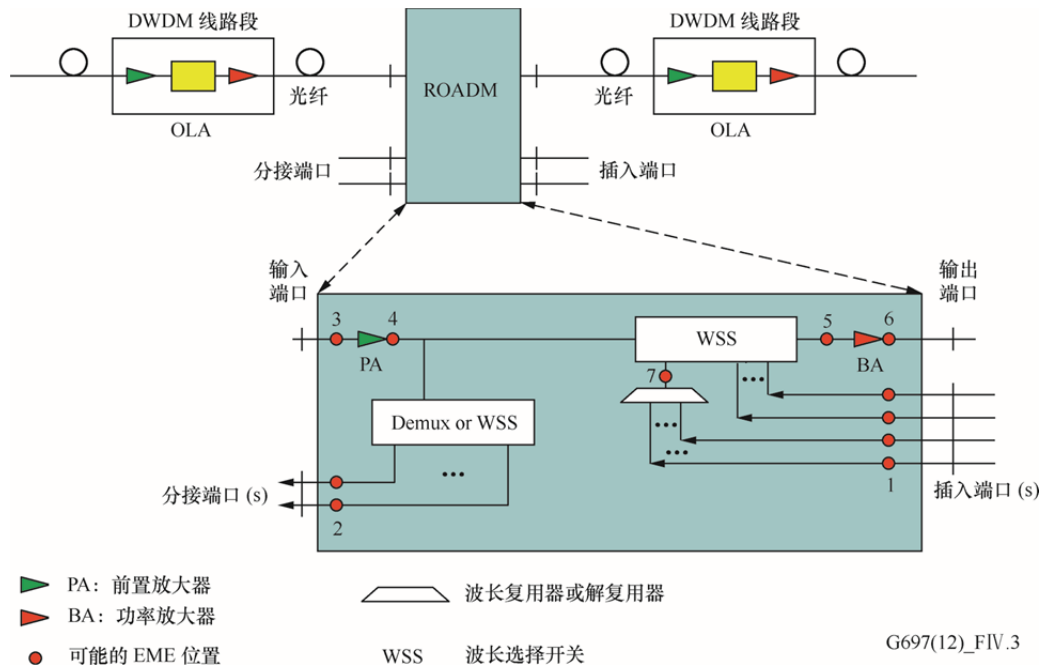
表 IV.1 — 在一个DWDM线路段中的可能监控

监控参数	EME位置
a) 在光放大各级输入处的总功率	3、5、7、9
b) 在光放大各级输出处的总功率	4、6、8、10
c) 波道输入功率	1、11
d) 波道输出功率	2、12
e) 在光放大各级输出处的波道功率	4、6、8、10
f) 在光放大各级输出处的波道OSNR	4、6、8、10
g) 波道波长	2

注 — 此表列举了可能的监控位置。监控的适当选择取决于特定的系统（见第IV.1节）。

IV.2.2 ROADM

图IV.3显示了在一个可重新配置光分插复用器（ROADM）中的内嵌监控设备定位的一个实例。



图IV.3 — 在一个ROADM中EME定位的实例

可以按照表IV.2在图IV.3各个EME中测量第10节中所列举的光参数。

表 IV.2 — 在一个实例ROADM实例中的可能监控

监控参数	EME位置
a) 在光放大各级输入处的总功率	3、5
b) 在光放大各级输出处的总功率	4、6
c) 波道输入功率	1
d) 波道输出功率	2
e) 在光放大各级输出处的波道功率	4、6
f) 在光放大各级输出处的波道OSNR	4、6
g) 波道波长	1
h) 总功率	7

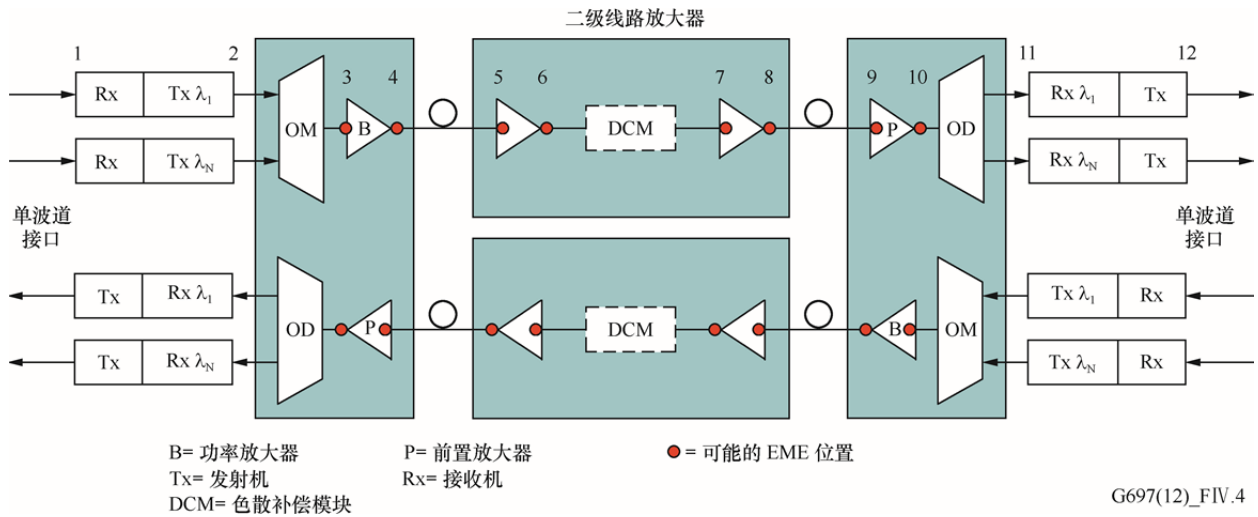
注 — 此表列举了可能的监控位置。监控的适当选择取决于特定系统（见第IV.1节）。

在WSS内的EME的位置和功能有待进一步研究。

IV.3 外部监控点

IV.3.1 DWDM线路段

图V.4中显示了在一个光波道运行于10 Gbit/s的长距离DWDM线路段中外部监控点 (EMP) 定位的一个实例。

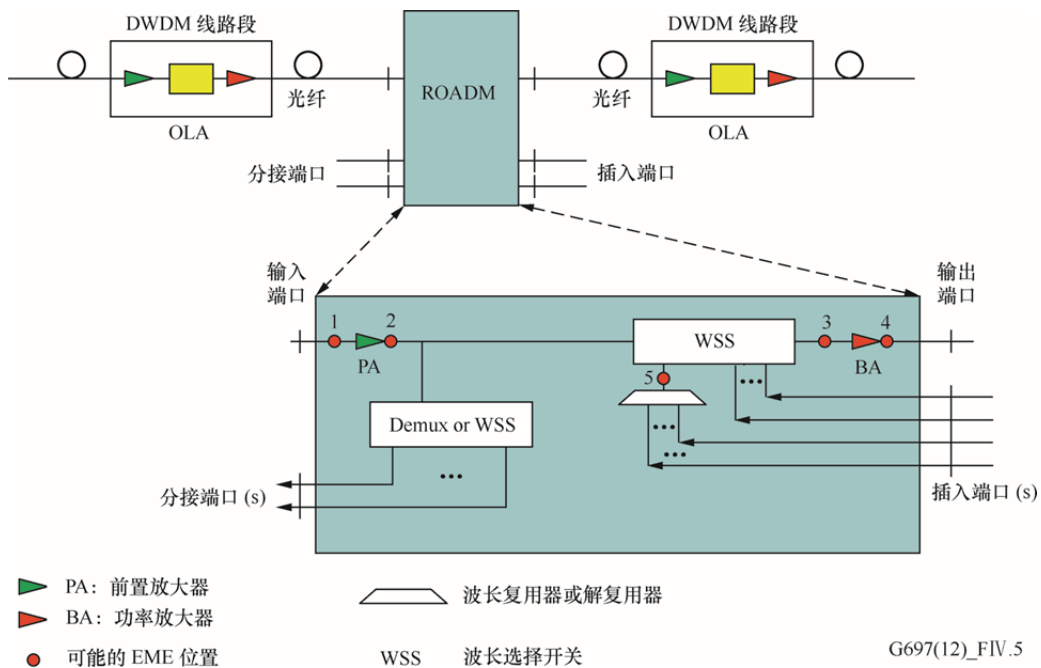


图IV.4 — 在一个长距离DWDM线路段中EMP定位的实例

可以在图IV.4各个监控点采用适当的外部测量设备测量第8节中所列举的所有光参数。提供哪个监控点的适当选择取决于特定系统（见IV.1节）。

IV.3.2 ROADM

图IV.5中显示了在一个ROADM中外部监控点定位的一个实例。



图IV.5 — 在一个实例ROADM中EMP定位的实例

可以在图IV.5各个监控点采用适当的外部测量设备测量第10节中列举的所有光参数。提供哪个监控点的适当选择取决于特定系统（见第IV.1节）。

附录V

参数编码

(本附录不是本建议书的组成部分)

本附录包含一个了与光参数相关信息通信的一个可能编码机制。此信息的使用，如何通信、是否包括任何特定参数的信息以及是否任何参数的数值是通过测量得到、系统安装前的测量或纯粹调测，都在本附录范围以外。

V.1 波长ID (32比特)

此区域包含波长标签，并且由4个子区域构成：

- **栅格** (3比特, 0到2)：对在[b-ITU-T G.694.1]中定义的ITU-T DWDM栅格设置为1，对在[b-ITU-T G.694.2]中定义的ITU-T DWDM栅格设置为2。数值0和3至7留待将来使用。
- **波道间隔** (4比特, 3到6)：栅格被设置为"1" (DWDM) 时的波道间隔编码显示在表V.1中，栅格被设置为"2" (CWDM) 时的波道间隔编码显示在表V.2中。

表 V.1 — DWDM波道间隔编码

波道间隔 (GHz)	数值
100	1
50	2
25	3
12.5	4
灵活栅格	5
留待将来使用	0, 6 至 15

对大于100 GHz的波道间隔，有多于一个的可能栅格选择（见[b-ITU-T G.694.1]），所以应该对100 GHz间隔栅格的适当单元进行编码。

表 V.2 — CWDM波道间隔编码

波道间隔 (nm)	数值
20	1
留待将来使用	0, 2 至 15

- **n** (16比特, 7 到 22)：用于如下显示计算频率的数值：当栅格为"1"时，频率 (THz) = 193.1 THz + n × 波道间隔 (THz)。对波道间隔值设置为"5"的情况，应该在以上公式中采用6.25 GHz的一个波道间隔。当栅格为"2"时，波长 (nm) = 1471 nm + n × 波道间隔 (nm)，n被编码为一个16比特2的补数。
- **m** (9 bits, 23 to 31)：当栅格为"1"且波道间隔值设置为"5"时，这是被用于计算光隙宽度的数值：光隙宽度 (GHz) = 12.5 GHz × m (见 [b-ITU-T G.694.1])，对其他则设置为0。m被编码为一个9比特的无符号整数。

作为一个实例，来自 [b-ITU-T G.694.1]中 50 GHz间隔栅格的 193.85 THz单元（近似 1546.518 nm）的编码将是 栅格= 1，波道间隔= 2，n = 15，保留位 = 0。这将形成一个编码 000000000 00000000000001111 0010 001 或者 0x00000791。

V.2 参数 ID来源（8 bits）

此区域定义了参数ID查找表的来源。数值"1"对应于本建议书，所有其他数值留待将来使用。

V.3 参数 ID（8 bits）

当参数 ID来源等于"1"时，可以应用显示在表V.3中的参数编码。对参数ID来源的所有其他数值，参数编码在V.2中所参考的文件中给出。

表 V.3 — 参数ID编码

数值	参数	单位	注
1	总功率	dBm	
2	波道功率	dBm	
3	对应于标称值的频率偏差	GHz	用于DWDM波道
4	对应于标称值的波长偏差	nm	用于CWDM波道
5	OSNR	dB (0.1 nm)	参考一个0.1 nm噪声带宽
6	Q	–	线性Q值
7	PMD	ps	平均DGD。此参数通常仅在安装的时候测量
8	残留色散	ps/nm	此参数通常仅在安装的时候测量

参数ID的所有其他数值留待将来使用。

V.4 参数数值（32比特）

参数数值按照[b-IEEE 754]被编码为一个32比特浮点数字。此32比特数字被分为一个符号（1比特）、一个指数（8比特）和一个尾数（23比特）。此参数值因此为：

$$\text{数值} = (-1)^{\text{符号}} \times 2^{(\text{指数} - 127)} \times (\text{从尾数得出的1.0和2.0之间的数值})$$

详见 [b-IEEE 754]。

参考资料

- [b-ITU-T G.694.1] ITU-T G.694.1建议书（2002年），WDM应用频谱栅格：DWDM频率栅格。
- [b-ITU-T G.694.2] ITU-T G.694.2建议书（2003年），WDM应用频谱栅格：CWDM频率栅格。
- [b-ITU-T G.709] ITU-T G.709/Y.1331建议书（2003年），光传送网（OTN）接口。
- [b-ITU-T G.826] ITU-T G.826建议书（2002年），国际恒定比特率数字通道与链路的端到端误码性能参数和指标。
- [b-ITU-T G-Sup.39] ITU-T G系列建议书 – 增补39（2003年），光系统设计与工程的考虑。
- [b-IEC 61280-2-9] IEC 61280-2-9 (2009), *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 2-9: Digital systems – Optical signal-to-noise ratio measurement for dense wavelength-division multiplexed systems.*
- [b-IEEE 754] IEEE 754-2008, *Standard for Floating-Point Arithmetic.*
- [b-Rasztovits-Wiech] Rasztovits-Wiech, M., Danner, and M., Leeb, W. R. (1998), *Optical signal-to-noise measurement in WDM networks using polarization extinction*, Proceedings of the 34th European Conference on Optical Communication (ECOC 1998), Madrid, September 1998, pp. 549-550.

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
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	有线网络和电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其它组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
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、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题