



国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.665

(01/2005)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒质的特性 — 光部件和子系统的特性

拉曼放大器及拉曼放大子系统的总特性

ITU-T G.665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
概述	G.600-G.609
对称电缆线对	G.610-G.619
陆上同轴电缆线对	G.620-G.629
海底电缆	G.630-G.649
光导纤维缆	G.650-G.659
光部件和子系统的特性	G.660-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 — 一般和用户相关问题	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
数字终端设备	G.7000-G.7999
数字网络	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。

拉曼放大器及拉曼放大子系统的总特性

摘 要

本建议书确定下列光纤拉曼放大器和拉曼放大子系统性能参数的定义和测试方法。

- 反向泵激分布式拉曼放大器；
- 正向泵激分布式拉曼放大器；
- 双向泵激分布式拉曼放大器；
- 反向泵激分布式、组合拉曼放大器；
- 双向泵激分布式、组合拉曼放大器；
- 分立拉曼放大器。

本建议书描述：拉曼放大器的分类、类型代码和各种形式拉曼放大器的参考模型。还概述拉曼放大器的总特性以及拉曼放大器的性能和测试参数。

来 源

ITU-T G.665建议书由ITU-T第15研究组（2005-2008年）按照ITU-T A.8建议书的程序于2005年1月13日批准。

前 言

国际电联（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）是国际电联的常设机构。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运营机构二者的简称。

遵守本建议书是自愿的。不过本建议书可能包含某些强制性规定（例如为了确保互操作性和适用性），并且如果满足了本建议书的所有这些强制性要求，就做到了遵守本建议书。“必须”（shall）一词或其他若干强制性语言如“务必”（must）和相应的否定用语用于提出要求。这类词的使用并不意味着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需要使用已主张的知识产权。国际电联对有关已主张的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见，无论其是由国际电联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，国际电联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实施者查询电信标准化局专利数据库。

© 国际电联 2005

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 缩写	1
4 术语和定义	2
4.1 分布式和分立拉曼放大器	2
4.2 光信号功率参数	3
4.3 增益参数	3
4.4 增益谱参数	4
4.5 噪声参数	4
4.6 泵功率参数	5
4.7 泵漏洩参数	6
4.8 与偏振相关的参数	6
4.9 通路添加/去除响应	7
4.10 反射参数	7
4.11 介入损耗参数	7
4.12 其他参数	8
5 分类	8
5.1 分类规则	8
5.2 类型代码	8
5.3 参考模型	9
6 拉曼放大器件的总特性	11
7 性能参数的测试参数	14
8 光的安全性	15
附录 I — 光传输系统的 MPI 测量	15
I.1 时域消光测量[1]	15
I.2 电的测量[2]	15
附录 II — 分布式拉曼放大器的物理和等效模型	16
附录 III — 接头和连接器损耗的考虑	17
参考资料	19

拉曼放大器及拉曼放大子系统总特性

1 范围

本建议书确定光纤拉曼放大器和拉曼放大子系统性能参数的定义和测试方法。对于分布式或分立拉曼放大器（正向泵激、反向泵激、双向泵激）或组合分布式拉曼和分立放大器，还规范了那些放大器和子系统的总特性。

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或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。

- ITU-T Recommendation G.661 (1998), *Definition and test methods for the relevant generic parameters of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.662 (1998), *Generic characteristics of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.663 (2000), *Application related aspects of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.664 (2003), *Optical safety procedures and requirements for optical transport systems.*
- IEC 61290 series, *Optical Amplifier Test Methods.*
- IEC 61291 series, *Optical fibre amplifiers (General aspects).*
- IEC 61292 series, *Technical Reports of Optical Amplifiers.*
- IEC 60825 series, *Safety of laser products.*

3 缩写

本建议书采用下列缩写：

ASE	放大的自发发射
C	与拉曼放大器相联的光连接器
DOP	偏振度
DRS	双瑞利散射
EDFA	掺饵光纤放大器
FP_i	正向泵激拉曼放大器的信号导入点
FP_o	正向泵激拉曼放大器的信号引出点
FRA	光纤拉曼放大器

GMP	增益测量点
MPI	多通道干扰
OA	光放大器
OAR	光放大接收器
OAT	光放大发送器
ORL	光回损
PDG	偏振相关增益
PMD	偏振模色散
RIN	相对强度噪声
RP_i	反向泵激拉曼放大器的信号导入点
RP_o	反向泵激拉曼放大器的信号引出点
Rx	接收器（光的）
SRS	受激拉曼散射
Tx	发送器（光的）

4 术语和定义

本节概述各种分布式拉曼放大器和分立拉曼放大器的定义。本节还定义这些拉曼放大器的性能参数。

4.1 分布式和分立拉曼放大器

本节给出分布式和分立拉曼放大器的定义。对于这些拉曼放大器的进一步的信息可以在IEC 61292-3获得。

4.1.1 distributed Raman amplifier 分布式拉曼放大器：分布式拉曼放大器就是其放大效应从用于传输的那部分光纤获得的放大器。因为传输光纤的一部分或全部被用于放大的目的，就把这种放大器看作是分布式的。分布式拉曼放大器能再分成三个子类：

- **Forward pumped Raman amplifier 正向泵激拉曼放大器：**泵激能量和信号沿传输光纤同向传播。
- **Reverse pumped Raman amplifier 反向泵激拉曼放大器：**泵激能量和信号在传输光纤中反向传播。
- **Bidirectionally pumped Raman amplifier 双向泵激拉曼放大器：**泵激能量施加在传输光纤的两端。因而，在传输媒质内，部分泵激能量与信号同向传播，而部分泵激能量与信号反向传播。

4.1.2 discrete Raman amplifier 分立拉曼放大器：分立拉曼放大器是利用光纤SRS效应来获得光信号放大效应的光放大器，这种放大器的所有物理元件完全包含在器件内部。

4.2 光信号功率参数

参 数	定 义	注
4.2.1 等效输入功率	拉曼泵未激活时在输入参考点的功率	对于反向泵激拉曼放大器，输入参考点是图 1 的 RP_i 点。对于其他拉曼放大器，见 5.3。
4.2.2 大信号输出稳定性	见 4.9/G.661	
4.2.3 饱和输出功率（增益压缩功率）	见 4.11/G.661	
4.2.4 标称输出信号功率	见 4.12/G.661	
4.2.5 最大总输出功率	见 4.25/G.661	
4.2.6 输入功率范围	见 4.28/G.661	
4.2.7 输出功率范围	见 4.29/G.661	

4.3 增益参数

参 数	定 义	注
4.3.1 拉曼开关增益	IEC 61291-1、3.1.18 和 3.1.19 在 5.3 节定义的增益测量点（GMP）当拉曼泵激活时与拉曼泵未激活时 GMP 点信号光功率相比信号光功率的增量。	适用于分布式拉曼放大器
4.3.2 净增益	净增益的定义是拉曼开关增益与 OA（如果有）的增益相加并从中减去输入和输出参考点之间的损耗。	
4.3.3 通路净增益	在多通路配置中在给定波长的每个通路的净增益。	
4.3.4 小信号净增益	见 4.1/G.661	
4.3.5 反向小信号净增益	见 4.2/G.661	
4.3.6 小信号最大净增益	见 4.3/G.661	
4.3.7 小信号最大净增益波长	见 4.4/G.661	
4.3.8 小信号最大净增益随温度的变化	见 4.5/G.661	
4.3.9 小信号净增益波长宽度	见 4.6/G.661	
4.3.10 小信号净增益稳定性	见 4.8/G.661	

4.4 增益谱参数

参 数	定 义	注
4.4.1 多路净增益谱包络的平均斜率	<p>对于波长 λ_i 和它相应的净增益 G_i，利用线性公式：</p> $\hat{G}_i = b\lambda_i + a$ <p>能近似为 G_i。</p> <p>式中选择 a 和 b 使 $\sum_{i=0}^n (\hat{G}_i - G_i)^2$ 最小化。多路净增益谱包络的平均斜率就是上列线性公式中的 b。</p>	也参考 IEC 61291-1, 3.1.7，在单波长运用条件下的增益斜率。
4.4.2 功率波长带	见 3.1/G.662	
4.4.3 多路净增益变化	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.10	
4.4.4 净增益交叉饱和	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.11	对于多路运用
4.4.5 多路净增益变化差	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.13	
4.4.6 多路净增益摆动	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.14	

4.5 噪声参数

参 数	定 义
4.5.1 多通道干扰 (MPI)	<p>对于高增益拉曼放大器，来自瑞利散射的噪声会占主导地位。除此之外，单个瑞利散射增大了 ASE，正向传播的信号可能会再次产生瑞利散射。这种 DRS 会引起 MPI 增大。</p> <p>MPI 的测量在附录 I 说明。</p> <p>也参见 IEC 61291-1, 3.1.35，多通道干扰 (MPI) 品质因数和 IEC 61291-1, 3.1.36，双瑞利散射品质因数。</p>
4.5.2 光信号的差分相对强度噪声	输入相对强度噪声 (RIN) 和光信号输出 RIN 之比。这主要由拉曼放大器中 MPI 引起。
4.5.3 有效噪声指数 (NF)	<p>有效噪声指数是放在光纤端点提供与分布式放大一样的有效增益和相同的 ASE 输出功率的等效分立光放大器的噪声指数。对于组合放大器，这包括常规 OA 的增益和 ASE 噪声。</p> <p>也参见 IEC 61291-1, 3.1.41，等效总噪声指数。</p>
4.5.4 通路有效噪声指数	对于多路运用，在通路的中心频率测得的有效噪声指数就是通路有效噪声指数。

参 数	定 义
4.5.5 正向放大的自发发射 (ASE) 功率电平	见 4.14/G.661
4.5.6 反向 ASE 功率电平	见 4.15/G.661
4.5.7 有效噪声因子 (F)	以线性形式表示的有效噪声指数。
4.5.8 信号—自发噪声指数	见 4.34/G.661
4.5.9 自发—自发光带宽 (B_{sp-sp})	见 4.35/G.661
4.5.10 ASE 带宽	见 4.36/G.661

4.6 泵功率参数

参 数	定 义
4.6.1 最小泵功率	在拉曼放大器工作稳定后, 在 RP_i (对于反向泵激) 和/或 FP_o (对于正向泵激) 从拉曼泵源取得的最低泵功率。
4.6.2 最大泵功率	在 RP_i (对于反向泵激) 和/或 FP_o (对于正向泵激) 从拉曼泵源取得的最高泵功率。
4.6.3 泵激光器的 RIN	泵能量的相对强度噪声。

4.7 泵漏洩参数

参 数	定 义	注
4.7.1 泵漏洩到输出	见 4.20/G.661	在组合放大器中，泵漏洩含有拉曼放大器提供的成分和 OA 提供的成分。
4.7.2 泵漏洩到输入	见 4.21/G.661	在组合放大器中，泵漏洩含有拉曼放大器提供的成分和 OA 提供的成分。

4.8 与偏振相关的参数

参 数	定 义	注
4.8.1 泵激光器的 DOP	IEC 61291-1, 3.1.56, 泵激光器的偏振度。	
4.8.2 偏振相关增益 (PDG)	见 4.10/G.661	
4.8.3 偏振模色散 (PMD)	见 4.31/G.661	拉曼放大器件的 PMD 由传输光纤引起的 PMD 效应和放大器件引起的 PMD 效应组成。光纤提供的 PMD 效应由 ITU-T G.650 系列建议书规范。

4.9 通路添加/去除响应

参 数	定 义
4.9.1 通路添加/去除（稳态）增益响应	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.15 对于某种多路配置，由于添加/去除一个或多个其他通路而引起的任一通路的增益的稳态变化。
4.9.2 通路添加/去除瞬态增益响应	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.16 对于某种多路配置，由于添加/去除一个或多个其他通路而引起的任一通路的增益在通路添加/去除后的过渡期内的最大变化。
4.9.3 通路添加/去除瞬态响应时间	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.17 从通路添加/去除开始直到这个或别的通路的输出功率电平达到并保持在其稳态值+ N dB ~ - N dB 范围内的时间周期。

4.10 反射参数

参 数	定 义
4.10.1 输入反射	见 4.16/G.661
4.10.2 输出反射	见 4.17/G.661
4.10.3 输入口最大反射容限	见 4.18/G.661
4.10.4 输出口最大反射容限	见 4.19/G.661
4.10.5 输入口和输出口最大反射容限	见 4.38/G.661

4.11 介入损耗参数

参 数	定 义
4.11.1 带外介入损耗	见 4.22/G.661。对于分布式拉曼放大器，它等于带外波长的净增益。
4.11.2 带外反向介入损耗	见 4.23/G.661。对于分布式拉曼放大器，它等于带外波长的反向净增益。
4.11.3 带内介入损耗	见 4.37/G.661。对于分布式拉曼放大器，它等于放大器的输入和输出参考点之间的损耗。

4.12 其他参数

参 数	定 义	注
4.12.1 最大功耗	见 4.24/G.661	
4.12.2 工作温度	见 4.26/G.661	
4.12.3 光连接	见 4.27/G.661	
4.12.4 通路安排	IEC 61291-4, IEC 61291-1, 3.1.23	

5 分类

5.1 分类规则

拉曼放大器件可以分类如下：

- 正向泵激拉曼放大器；
- 反向泵激拉曼放大器；
- 双向泵激拉曼放大器；
- 分立拉曼放大器（包括组合分立拉曼/掺饵放大器）；
- 组合正向泵激拉曼和分立放大器；
- 组合反向泵激拉曼和分立放大器；
- 组合双向泵激拉曼和分立放大器。

上述分类包括单通路和多通路状态。

5.2 类型代码

本节包含拉曼放大器类型代码的规则和示例。拉曼放大器类型代码由大写字母、数字和两个小写字母组成：

大写字母	数字	小写字母 1	小写字母 2
------	----	--------	--------

5.2.1 大写字母

C —— 拉曼放大器

5.2.2 数字

1. 分立放大器（例如，后置放大器和/或提升放大器）；
2. 分立前置放大器；
3. 分立线路放大器；
4. 分立OAT（光放大发送器）；
5. 分立OAR（光放大接收器）；
6. 分布式拉曼放大器；
7. 组合分布和分立放大器。

5.2.3 小写字母

小写字母 1:

- a 模拟、单（波长）通路传输用放大器；
- b 数字、单（波长）通路传输用放大器；
- c 数字、多通路（波长）传输用放大器。

小写字母 2:

- f 正向泵激；
- r 反向泵激；
- b 双向泵激。

5.2.4 类型代码示例

上述类型代码的组成部分（大写字母、数字和小写字母）有许多组合能产生有效的类型代码。在此说明这些有效类型代码中的两个作为示例。

C6cr: 多路数字传输用反向泵激分布式拉曼放大器。

C7bb: 单路数字传输用双向泵激组合放大器。

5.3 参考模型

本节定义各类拉曼放大器件的参考模型。

在以下的说明中，带有下标（i）的参考点名称表示信号输入参考点，带有下标（o）的表示信号输出参考点。

在每种情况中，标有GMP的点是增益测量点，在该点实行两种信号功率测量。一种是在拉曼泵打开时测量的信号功率（ P_{ON} ），另一种是在拉曼泵关闭时测量的信号功率（ P_{OFF} ）。

于是拉曼开关增益定义为 $10\text{Log}\left(\frac{P_{ON}}{P_{OFF}}\right)$

在图1到6中标记为“C”的连接器是直接和拉曼泵单元联接的连接器并将它当作放大器件的一部分。这样看待连接器是与IEC的观点不一致的。在附录III给出了关于这方面的更多信息。

图1示出反向泵激拉曼放大器。

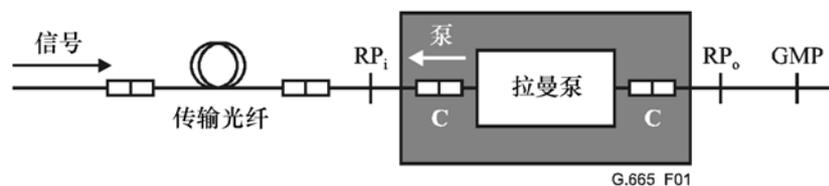


图1/G.665—反向泵激拉曼放大器

RP_i 是反向泵激信号输入参考点

RP_o 是反向泵激信号输出参考点

如4.3.2节的定义，净增益等于开关增益减去参考点 RP_i 和 RP_o 之间的损耗。

在图2描绘正向泵激拉曼放大器。

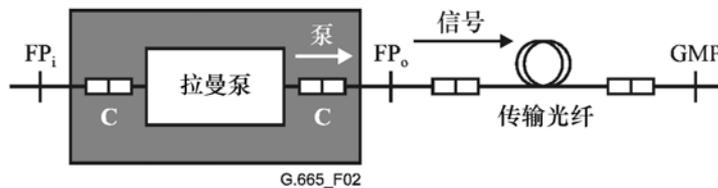


图2/G.665—正向泵激拉曼放大器

FP_i 是正向泵激信号输入参考点

FP_o 是正向泵激信号输出参考点

净增益等于开关增益减去参考点 FP_i 和 FP_o 之间的损耗。

图3说明双向泵激拉曼放大器。

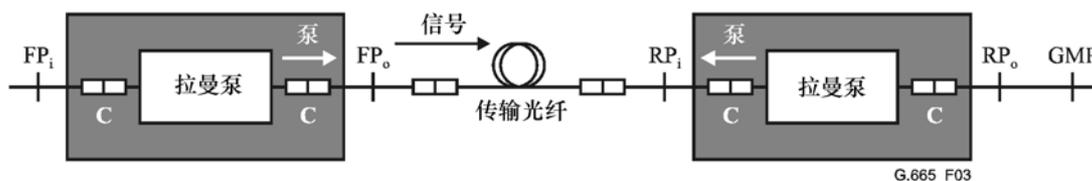


图3/G.665—双向泵激拉曼放大器

净增益等于开关增益减去参考点 FP_i 和 FP_o 及参考点 RP_i 和 RP_o 之间的损耗。

图4示出组合反向泵激拉曼放大器。

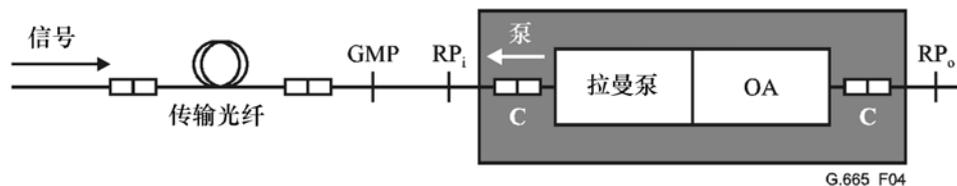


图4/G.665—反向泵激、组合拉曼放大器

正向泵激、组合拉曼放大器可以看作是后面跟随有光放大器的正向泵激拉曼放大器。因而，本建议书对这种配置不再讨论。

图5说明双向泵激组合拉曼放大器。

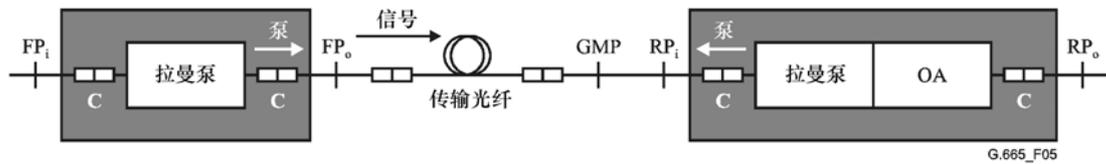


图5/G.665—双向泵激、组合拉曼放大器

图6说明分立拉曼放大器。

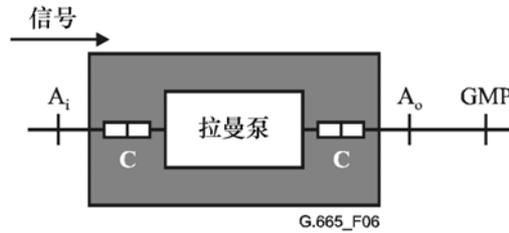


图6/G.665—分立拉曼放大器

这类拉曼放大器的总特性类似ITU-T G.661建议书讨论的分立光放大器，本建议书就不再重复。分立拉曼放大器的输入和输出参考点分别用参考点 A_i 和 A_o 标记。

6 拉曼放大器件的总特性

本节概述各类分布式拉曼放大器和组合放大器的总特性。

表中各栏目指明测量该参数的各个测量点。NA说明放大配置状态下该参数的测量不适用。GMP（增益测量点）和参考点（ FP_i 、 FP_o 、 RP_i 和 RP_o ）都定义在5.3节。参见表1和2。

表1/G.665—分布式拉曼放大器的总特性

	反向泵激		正向泵激		双向泵激	
	单路	多路	单路	多路	单路	多路
增益通带范围	GMP	NA	GMP	NA	GMP	NA
通路安排	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
通路增益最大差	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
通路增益谱平均斜率	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
通路添加/去除增益响应（稳态）	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
拉曼开关增益	GMP		GMP		GMP	
有效噪声指数	GMP		GMP		GMP	
光信号的差分相对强度噪声	泵激光纤输入点处信号与 RP_o 处信号之间		FP_i 处信号与泵激光纤输出点处信号之间		FP_i 和 RP_o 处信号之间	
输入功率范围	NA		FP_i		FP_i	
等效输入功率范围	RP_i		FP_i		FP_i	
输出功率范围	RP_o		NA		RP_o	
信号输入接口的反射	RP_i		FP_i		FP_i	
信号输出接口的反射	RP_o		FP_o		RP_o	
泵输出接口的反射	RP_i		FP_o		FP_o & RP_i	
信号输入接口的最大反射容限	RP_i		FP_i		FP_i	
信号输出接口的最大反射容限	RP_o		FP_o		RP_o	
泵输出接口的最大反射容限	RP_i		FP_o		FP_o & RP_i	
泵功率	RP_i		FP_o		FP_o & RP_i	
泵漏洩到信号输入口（上行）	NA		FP_i		FP_i	
泵漏洩到信号输出口	RP_o		NA		RP_o	
适用的光连接	RP_i, RP_o		FP_i, FP_o		FP_i, FP_o, RP_i, RP_o	
泵激光器的 RIN	RP_i		FP_o		FP_o & RP_i	
泵激光器的 DOP	RP_i		FP_o		FP_o & RP_i	

表2/G.665—组合拉曼放大器的总特性

	反向泵激		双向泵激	
	单路	多路	单路	多路
增益通带范围	GMP	NA	GMP	NA
通路安排	NA	GMP	NA	GMP
通路增益最大差	NA	GMP	NA	GMP
通路增益谱平均斜率	NA	GMP	NA	GMP
通路添加/去除增益响应（稳态）	NA	GMP	NA	GMP
在 OA 工作时拉曼开关增益	GMP		GMP	
有效噪声指数	RP_o		RP_o	
光信号的差分相对强度噪声	泵激光纤输入点处信号与 RP_o 处信号之间		FP_i 和 RP_o 处信号之间	
输入功率范围	NA		FP_i	
等效输入功率范围	RP_i		FP_i	
输出功率范围	RP_o		RP_o	
信号输入接口的反射	RP_i		FP_i	
信号输出接口的反射	RP_o		RP_o	
泵输出接口的反射	RP_i		RP_i & FP_o	
信号输入接口的最大反射容限	RP_i		FP_i	
信号输出接口的最大反射容限	RP_o		RP_o	
泵输出接口的最大反射容限	RP_i		RP_i & FP_o	
泵功率	RP_i		RP_i & FP_o	
泵漏洩到信号输入口（上行）	NA		FP_i	
泵漏洩到信号输出口	RP_o		RP_o	
适用的光连接	RP_i, RP_o		RP_i, RP_o, FP_i, FP_o	
泵激光器的 RIN	RP_i		RP_i & FP_o	
泵激光器的 DOP	RP_i		RP_i & FP_o	

7 性能参数和测试参数

本节包含拉曼放大器和拉曼放大子系统的性能和测试参数的最小清单。那些参数的规定值必须由相关的系统建议书来确定，在此不规定。

表3/G.665—性能和测试参数

	参 数	单 位	测 试 方 法
功能性参数	通路安排（注 1）	nm	
	功率波长带（注 2）	nm	
	拉曼开关增益	dB	IEC 61290-1
	多路增益变化（均匀性）（注 1）	dB	IEC 61290-1
	稳态通路添加/去除增益响应（注 1）	dB	IEC 61290-1
	瞬态通路添加/去除增益响应（注 1）	dB	IEC 61290-1
	有效噪声指数	dB	IEC 61290-3
	光信号的差分相对强度噪声（注 3）	dB/Hz	IEC 61292-2
	输入功率范围	dBm	IEC 61290-2
	最大总输出功率	dBm	IEC 61290-2
	信号输入接口的最大反射容限	dB	IEC 61290-5
	信号输出接口的最大反射容限	dB	IEC 61290-5
	信号输入接口反射	dB	IEC 61290-5
	信号输出接口反射	dB	IEC 61290-5
	泵功率	dBm	IEC 61290-2
	泵漏洩到信号输入和输出	dBm	IEC 61290-6
	泵激光器的 RIN	dB/Hz	IEC 61292-2 或 IEC 61290-3
	泵激光器的 DOP	%	IEC 61290-11
	光纤类型		
	光连接器		
	光纤长度	km	
	功耗	W	
	PMD（注 3）	ps	IEC 61290-11
PDG	dB	IEC 61290-1	

表3/G.665—性能和测试参数

	参 数	单 位	测 试 方 法	
环境参数	工作温度	°	IEC 61290-8	
	最大工作相对湿度	%	IEC 61290-8	
	最大工作振动强度	频率范围	Hz	IEC 61290-8
		幅度	mm p-p	IEC 61290-8
	储存温度	°	IEC 61290-8	
	最大储存相对湿度	%	IEC 61290-8	
	最大运输冲击强度	加速度	G	IEC 61290-8
		持续时间	ms	IEC 61290-8
注 1 – 只用于多路放大器。				
注 2 – 只用于单路放大器。				
注 3 – 尽管对分布式放大器也能确定这些参数，但却建议只对分立放大器作标准化。				

8 光的安全性

对于分布式拉曼放大器，由于有高的光功率（可能在+30 dBm以上）注入光纤，必须注意遵从ITU-T G.664建议书、IEC 61292-4、IEC 60825-1和IEC 60825-2概述的安全程序。必须注意IEC 60825-1和IEC 60825-2。另外，ITU-T G.664建议书叙述了APR的应用和启动及关闭程序，IEC 61292-4给出了关于其他包括火灾和物理危害等方面的知识。

附 录 I

光传输系统的MPI测量

I.1 时域消光测量 [1]

在这个方法中，利用声—光开关门控进入拉曼放大器的信号。然后用第二个开关抽样放大器的信号输出，或者（与前者）同步以便测量信号或者异步以便测量瑞利散射功率。这个方法需要快速的高消光的声—光开关。这种测量工作亦可由门控OSA完成。

也参见IEC 61290-10-1和IEC 61290-10-2。

I.2 电的测量 [2]

通过对信号和它自己延迟后的样本发生差拍而产生的噪声进行测量，使用光电二极管和电的频谱分析器可以确定系统中MPI的总量。然而，拉曼放大器会产生自发发射。它也会在接收器产生其他的差拍噪声。这个测量方法扣除了这些其他噪声源，使MPI能够确定。该测量方法涉及对MPI仿真器的校正和扣除ASE产生的差拍噪声。

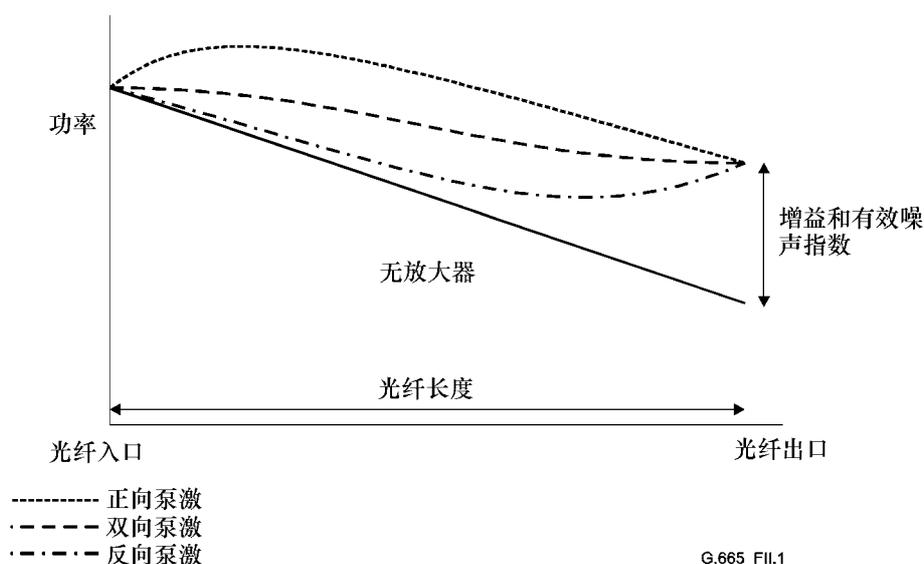
也参见IEC 61290-3-2。

附录 II

分布式拉曼放大器的物理和等效模型

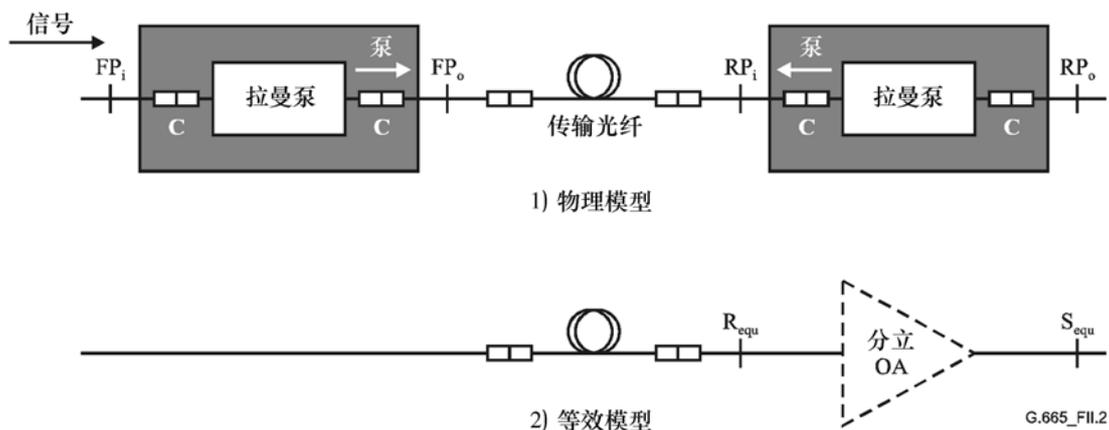
在分布式和组合拉曼放大器中，传输光纤的外延长度用来获得放大功能。如果能够取得传输光纤的一组相关参数，例如SRS增益谱、非线性系数及衰减系数，则利用仿真就能实现性能分析。光纤的那些参数在研究环境能够得到而在实际应用中难于获得。

为了简化系统性能的评估，分布式放大能够被看作等效的分立放大，只要放大参数在传输光纤的终点测量。当拉曼放大器与常规EDFA链路比较时，那种安排也是有用的。



图II.1/G.665—三类分布式拉曼放大器沿传输光纤的功率分布

如图II.1所示，对于所有类型的分布式拉曼放大器，在传输光纤的出口信号功率都增加了，而在入口信号功率没有变。从性能的观点，要紧的是从光纤的出口输出多少信号功率和噪声，而不是沿传输光纤的精确分布状态。因而，通常采用在光纤出口加分立放大器的等效模型，如图II.2示。这个虚拟放大器产生和分布式放大同样的有效增益和ASE输出功率。因为在分布式放大器光纤内产生的ASE也会随着这个光纤的衰减部分地减小，ASE输出功率能够比这样的分立放大器物理上可实现的更小。虚拟放大器给出输入和输出参考点， R_{equ} 和 S_{equ} 。



图II.2/G.665—分布式拉曼放大器的物理模型和等效模型

当泵激光器注入传输光纤的功率关闭时，在等效输入参考点能够规定等效输入参数。在这个条件下，能够测量等效输入功率和输入OSNR。当泵源激活时，在等效输出参考点能测量输出参数。在这个条件下，能够测量输出功率和输出OSNR。

按照IEC 61290，利用等效输入功率、输入和输出OSNR以及输出功率能够确定有效噪声指数和开关增益。这个最终的有效NF和开关增益可用于简单的系统评估。

附录 III

接头和连接器损耗的考虑

本附录说明ITU-T和IEC之间关于光链路和部件的接口惯例方面的差异。建议读者注意在计算连接器和连接损耗方面的系统性差异带来的最终影响。

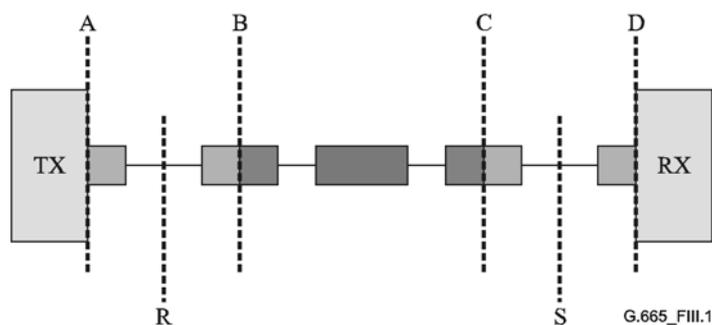
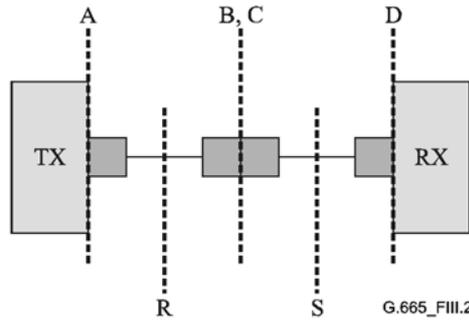


图 III.1/G.665 – 具有可替换接口的示例链路

通常，系统和应用建议由ITU-T开发，而试验和测量程序和器件规范由IEC开发。每个组织对于规定的接口和参考点有一套惯例，它们完全是独立的只在内部协调一致，绝不会产生不一致的结果。

ITU-T规定的接口如图III.1所示的R和S。R接口以左看作是发送器/源。R和S之间各点认为是传输链路或线路段，而S点以右看作接收器。参考点的真实位置也许相当于物理上可接入的点，也许并不相当。通常，它是光纤内部的点，为了直接接入该接口必须切开光纤。

IEC规定的接口总是在物理上的点，例如连接器和接头处。如图III.1示出的A、B、C和D等位置。损耗定义为两个接口之间的损耗。在所示链路上测量功率，以去掉该段的链路作参考。例如，要测量B和C之间（在灰色框中的）一对连接器和器件的损耗，用在链路中插入的装置在接收器处测量功率。然后，如图III.2所示在B和C点将连接器联接起来，在接收器处测量参考功率。这样就能得出器件和一对连接器的损耗。为便于说明，使用了连接器，另一种接口可以是接头点。在IEC文本中，在匹配或互换时，总是假定连接器（或光接头）为同样的类型，产生同样的损耗。



图III.2/G.665—IEC测量损耗用的参考配置

在ITU-T方面应规范，由器件和两对连接器产生的损耗导致的R和S点之间的损耗。ITU-T规定的接口绝不会出现在连接器的中央。因而，ITU-T的段损耗总是与IEC测试方法的损耗不一致，差值相当于一个连续或连接器的损耗。在ITU-T的文本中，所定义的连接或接续的损耗明确地就是接口点之间所用连接器的实际损耗。意味着连接器没有互换性。

建议用户在比较器件规格、测试报告（IEC出版的）与链路和线性段设计（ITU-T建议书）时，考虑到这些差异。

参 考 资 料

- [1] LEWIS (S.A.E.), CHERNIKOV (S.V.), TAYLOR (J.R.): *Characterization of Double Rayleigh Scatter Noise in Raman Amplifiers*, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 12, pp. 528-530, May 2000.
- [2] CHRIS (R.S.) Fludger, MEARS (Robert J.): *Electrical Measurements of Multi-Path Interference in Distributed Raman Amplifiers*, *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 19, No. 4, April 2001.

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	视听和多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网和电视、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	线缆的构成、安装和保护及外部设备的其他组件
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	测量设备技术规程
P系列	电话传输质量、电话装置、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及安全
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	用于电信系统的语言和一般软件问题