

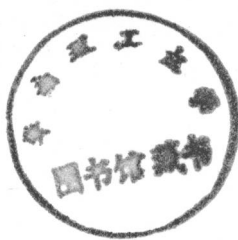


中华人民共和国国家标准

GB/T 16850.3—1999

光纤放大器试验方法基本规范 第3部分：噪声参数的试验方法

Basic specification for optical fibre amplifier test methods—
Part 3: Test methods for noise figure parameters



1999-08-02 发布



C200006530

2000-03-01 实施

国家质量技术监督局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光纤放大器试验方法基本规范
第3部分:噪声参数的试验方法

GB/T 16850.3—1999

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电 话:68522112

无锡富瓷快速印务有限公司印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 15 千字
1999年11月第一版 1999年11月第一次印刷
印数 1—1 500

*

书号: 155066·1-16243 定价 10.00 元

*

标 目 391—26

前 言

本标准是根据 IEC TC 86(纤维光学技术委员会)正在制定中的阶段性标准草案(86C/189/CDV, 86C/208/CDV 1998)IEC 61290-3《光纤放大器——基本规范 第3部分:噪声参数的试验方法》制定的,在技术内容上与该国际标准草案等效。

IEC 61290-3 是由 IEC 中央办公室预先给定的标准号,它包括三个分标准:IEC 61290-3、IEC 61290-3-1、IEC 61290-3-2,规定了两种测量 OFA 噪声参数的试验方法:光谱分析仪方法、电谱分析仪方法。经过 TC86 第6工作组(WG6:光纤放大器)几年的工作,光谱分析仪方法已比较成熟,技术内容不会再有大变动,估计近期内就会正式通过,作为 IEC 出版物正式出版、发布。所以本标准规定的光谱分析仪方法在技术内容上等效采用了该国际标准草案。电谱分析仪方法还处在委员会草案阶段,同时国内也很少应用该方法,所以本标准中暂没有规定电谱分析仪方法。

GB/T 16850 在《光纤放大器试验方法基本规范》总标题下,包括9个独立部分:

第1部分(即 GB/T 16850.1):增益参数的试验方法;

第2部分(即 GB/T 16850.2):功率参数的试验方法;

第3部分(即 GB/T 16850.3):噪声参数的试验方法;

.....

本标准是第3部分。

本标准的附录A是提示的附录。

本标准由中华人民共和国邮电部提出。

本标准由邮电部电信科学研究规划院归口。

本标准起草单位:邮电部武汉邮电科学研究院。

本标准起草人:陈永诗。

目次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 引用标准 1

3 概述 1

4 光谱分析仪试验方法 2

附录 A(提示的附录) 缩写词一览表 8

光纤放大器试验方法基本规范
第3部分：噪声参数的试验方法

GB/T 16850.3—1999

Basic specification for optical fibre amplifier test methods—
Part 3: Test methods for noise figure parameters

1 范围

本标准规定了测量光纤放大器(OFA)噪声参数的光谱分析仪方法,确定了对 OFA 噪声参数进行准确、可靠测量的统一要求。

本标准适用于对使用稀土元素掺杂有源光纤的 OFA 的测量。

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。本标准出版时,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 16849—1997 光纤放大器总规范

GB/T 16850.1—1997 光纤放大器试验方法基本规范 第1部分:增益参数的试验方法

3 概述

3.1 光纤放大器(OFA)噪声参数包括以下项目:

- a) (总)噪声系数 NF 或(总)噪声因子 F;
- b) 信号-自发辐射差拍噪声系数或噪声因子;
- c) 散弹噪声系数或噪声因子;
- d) 自发辐射差拍噪声系数或噪声因子;
- e) 多程干涉噪声系数或噪声因子;
- f) ASE-ASE 光谱带宽 B_{sp-sp} ;
- g) 前向放大的自发辐射(ASE)功率电平;
- h) 反向放大的自发辐射(ASE)功率电平;
- i) ASE 谱宽。

光谱分析仪方法适用的参数如表 1 所列。

表 1 OFA 噪声参数的试验方法及适用的参数

参 数	光谱分析仪方法
总的噪声系数 NF 或噪声因子 F	
信号-自发辐射差拍噪声系数或噪声因子	✓
散弹噪声系数或噪声因子	(✓)

表 1(完)

参 数	光谱分析仪方法
自发辐射差拍噪声系数或噪声因子	(✓)
多程干涉噪声系数或噪声因子	
ASE-ASE 光谱带宽	(✓)
前向 ASE 功率电平	✓
反向 ASE 功率电平	(✓)
ASE 谱宽	(✓)
注：✓表示本方法可测参数；(✓)表示本方法具有测量该参数的可能性。	

3.2 上述参数的定义见 GB/T 16849。
3.3 本标准中缩写词一览表见附录 A(提示的附录)。

4 光谱分析仪试验方法

4.1 试验装置

测量 OFA 噪声参数的光谱分析仪法试验系统框图如图 1。图 1a 为 ASE 直接内插法(DI)；图 1b 为偏振消除法(PN)。

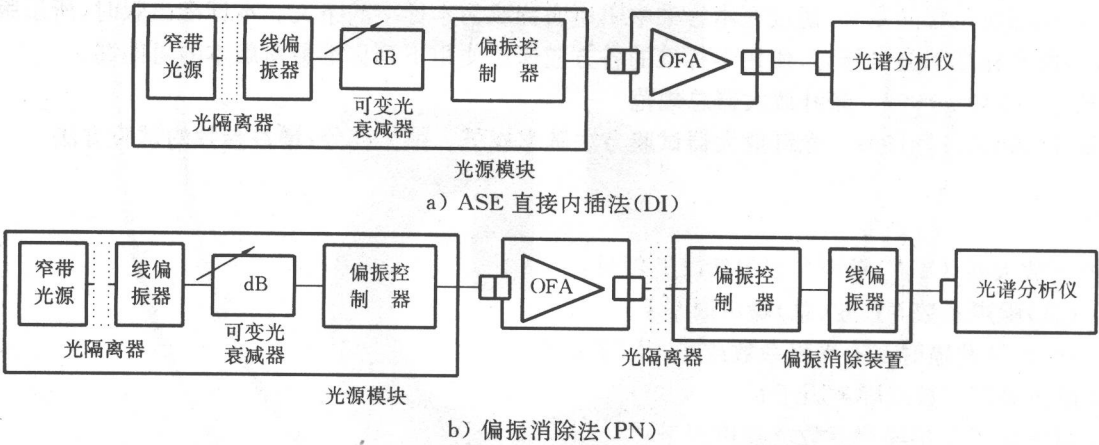


图 1 光谱分析仪法测量 OFA 噪声参数的两种典型试验装置框图

4.1.1 窄带光源

a) 固定波长光源

光源应产生相关规范中规定的波长和功率的光。除非另有规定，光源应发出连续的光波，其光谱宽度(半最大全宽 FWHM)应小于 1 nm。例如：可以采用分布反馈激光器(DFB)、分布布拉格反射激光器(DBR)、外腔激光器(ECL)或具有窄带滤波器的发光二极管(LED)。DFB 激光器、DBR 激光器和 ECL 的边模抑制比应大于 30 dB，输出功率波动应小于 0.05 dB，在光源输出端使用一光隔离器可更好地达到这一要求。对于激光器光源，光源自发辐射和光谱底部的谱展宽应最小。

b) 可调波长光源

光源应产生相关规范中规定的波长范围内的波长可调光，光功率应符合相关规范中规定。除非另有规定，光源应发出连续的光波，其 FWHM 谱宽应小于 1 nm。例如：可以采用 ECL 或具有窄带滤波器的 LED。ECL 的边模抑制比应大于 30 dB，输出功率波动应小于 0.05 dB，在光源输出端使用光隔离器可更好地达到这一要求。对于 ECL，光源自发辐射和光谱底部的谱展宽应最小。

4.1.2 偏振控制器

该器件应能提供所有可能的偏振状态(例如:各种方向的线偏振、椭圆偏振、圆偏振)作为输入信号光。偏振控制器可以由一个线偏振器和一个全光纤型的偏振控制器组成,或者由一个线偏振器、一个至少可在 90° 内旋转的四分之一波片和一个至少可在 180° 内旋转的二分之一波片组成。偏振控制器的插入损耗变化应小于 0.2 dB,该器件每一端的光回波损耗应大于 50 dB。

4.1.3 线偏振器

线偏振器的消光比应至少为 30 dB,在每一端的光回波损耗应大于 50 dB。为使输入信号功率最大,宜优先选用一个可旋转的线偏振器。

4.1.4 可变光衰减器

衰减可变范围应大于 40 dB,稳定性应优于 ± 0.1 dB,每一端的光回波损耗应大于 50 dB。

4.1.5 光谱分析仪(OSA)

在 OFA 工作波长带宽内,光谱分析仪谱功率测量的偏振相关性应优于 ± 0.1 dB,稳定性应优于 ± 0.1 dB,测量波长准确度应优于 ± 0.05 nm,在动态范围内的线性度应优于 ± 0.2 dB,在输入端口的光回波损耗应大于 50 dB。

4.1.6 光功率计

在 OFA 工作波长带宽和在 $-40 \sim +20$ dBm 功率范围内,光功率计的测量准确度应优于 ± 0.2 dB,且与偏振状态无关。

4.1.7 宽带光源

光源应能在 OFA 工作波长带宽内(例如: $1530 \sim 1565$ nm)提供宽带光功率,在测量带宽范围内(典型为 10 nm)输出功率谱平坦度应优于 ± 0.1 dB。无信号时 OFA 产生的放大的自发辐射(ASE)能够作为宽带光源。

4.1.8 光连接器

光连接器连接损耗的重复性应优于 ± 0.1 dB,该器件的光回波损耗应大于 50 dB。

4.1.9 光纤跳线

光纤跳线中光纤的模场直径应与 OFA 输入和输出端口所用尾纤的模场直径尽量接近。每一端的光回波损耗应大于 50 dB,跳线长度应短于 2 m。

4.2 试样

OFA 应工作在标称工作条件下,为避免不希望的反射可能引起 OFA 激射振荡,应使用光隔离器将试验下的 OFA 与外部隔离。这样将减小信号不稳定性和测量的不准确度。

在测量期间内,应注意保持输入光的偏振状态。输入光偏振状态的变化,将因为所有使用光部件的微小偏振相关性而导致输入光功率变化,从而产生测量误差。

4.3 测量程序

4.3.1 校准

4.3.1.1 光谱分析仪光带宽的校准

OSA 的频域光带宽 B_o 能用它的分辨率带宽(RBW)确定。光带宽的校准可用一个窄带光源或一个宽带光源实现。两种校准方法均适于 DI 测量方法或 PN 测量方法。

a) 用窄带光源校准

校准步骤如下:

- 1) 将可调窄带光源(ECL 或 DFB)的输出端与 OSA 直接连起来。
- 2) 置 OSA 中心波长至被校信号波长 λ_s 。
- 3) 置 OSA 波长间隔为零。
- 4) 置 OSA 分辨率带宽(RBW)至所需值。
- 5) 置窄带光源波长至 λ_i ,使得: $\lambda_s - RBW - \delta \leq \lambda_i \leq \lambda_s + RBW + \delta$,选择 δ 足够大使得两端波长落在 OSA 滤波器通带之外。



- 6) 记录 OSA 信号功率电平 $P(\lambda_i)$ 和 $P(\lambda_s)$ (线性单位)。
 7) 重复步骤 5) 和 6), 在 $\lambda_s - \text{RBW} - \delta \leq \lambda_i \leq \lambda_s + \text{RBW} + \delta$ 波长范围内调窄带光源波长。
 8) 按照下式确定 OSA 的波长光带宽:

$$\Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s) = \int [P(\lambda_i)/P(\lambda_s)] d\lambda_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: $P(\lambda_s)$ —— 被校信号波长 λ_s 上测得的光功率, mW;
 $P(\lambda_i)$ —— 窄带光源某一波长 λ_i 上测得的光功率, mW。

- 9) 对不同的信号波长重复以上程序。

注: 测量精度与窄带光源调谐间隔 $\Delta\lambda_i$ 和整个波长范围内的功率平坦度有关。调谐间隔宜小于 0.1 nm, 在整个波长范围内光功率变化应不大于 0.4 dB。

b) 用宽带光源校准

本方法要求当分辨率带宽为最大值时, OSA 具有一个矩形带宽限制滤波器。校准步骤如下:

- 1) 首先将一窄带光源(ECL 或 DFB)的输出端与 OSA 直接连起来, 如果光源波长可调的话(如 ECL), 置窄带光源波长至一个规定的光源波长 λ_s 。
- 2) 置 OSA 分辨率带宽至最大值, 但不宜大于 10 nm。
- 3) 用 OSA 测量窄带信号的 FWHM 谱宽, $\Delta\lambda_{\text{RBW max}}$ 。
- 4) 将宽带光源输出直接连到 OSA。
- 5) 保持 OSA 分辨率带宽在最大值。
- 6) 用 OSA 测量在给定波长 λ_s 上的输出功率电平 $P_{\text{RBW max}}$ (线性单位)。
- 7) 置 OSA 分辨率带宽至所需值。
- 8) 用 OSA 测量在给定波长 λ_s 上的输出功率电平 P_{RBW} (线性单位)。
- 9) 按照下式确定 OSA 的波长光带宽:

$$\Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s) = [P_{\text{RBW}}/P_{\text{RBW max}}] \Delta\lambda_{\text{RBW max}}(\lambda_s) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: P_{RBW} —— 在给定波长 λ_s 上, 置 OSA 分辨率带宽为所需值时测得的输出功率电平, mW;
 $P_{\text{RBW max}}$ —— 在给定波长 λ_s 上, 置 OSA 分辨率带宽为最大值时测得的输出功率电平, mW;
 $\Delta\lambda_{\text{RBW max}}(\lambda_s)$ —— 置 OSA 分辨率带宽为最大值时, 测得的窄带信号的 FWHM 谱宽, nm。

- 10) 对不同的信号波长重复以上步骤。

对以上两种方法确定的波长光带宽 $\Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s)$, 可用下面的近似方程式转换为频域光带宽 B_0 (λ_s):

$$B_0(\lambda_s) = c[(\lambda_s - \Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s)/2)^{-1} - (\lambda_s + \Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s)/2)^{-1}] \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: c —— 自由空间中的光速, 3×10^8 m/s;

λ_s —— 给定的光源波长, nm;

$\Delta\lambda_{\text{BW}}(\lambda_s)$ —— OSA 的波长光带宽, nm。

注

- 1 一旦光带宽值确定下来, 用 OSA 进行的全部测量都应采用校准时设定的分辨率带宽。
- 2 如果 OFA 中包括一个窄带光滤波器, 当校准 $B_0(\lambda_s)$ 时, OFA 应置于光源和 OSA 之间。设定的分辨率带宽必须小于光滤波器带宽。

4.3.1.2 偏振消除装置插入损耗的校准

采用 PN 方法时, 需要对偏振消除装置插入损耗校准, 插入损耗校准既可在 ASE 噪声电平测量之前进行, 也可在 ASE 噪声电平测量之后进行。校准步骤如下:

- 1) 将光源模块的光输出直接连到 OSA, 调光源模块至相关规范中规定的信号波长 λ_s , 调可变光衰减器使输入信号功率达到所需值, 调光源模块偏振控制器以获得所需的输入信号偏振状态。用 OSA 测量光源模块功率 P_s (dBm)。

- 2) 将光源模块光输出与偏振消除装置的输入连接,再将偏振消除装置的输出与 OSA 直接连起来。
- 3) 调偏振消除装置的偏振控制器和线偏振器,使输出信号最小。
- 4) 使偏振消除装置的线偏振器处于步骤 3)确定的状态,调节偏振控制器使输出信号最大。
- 5) 用 OSA 测量此时的输出信号功率 $P_{\text{pol}}(\text{dBm})$ 。
- 6) 用下式确定偏振消除装置的插入损耗 $L_{\text{pol}}(\text{dB})$:

$$L_{\text{pol}}(\lambda_s) = P_s - P_{\text{pol}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: P_s ——光源模块输出功率, dBm;

P_{pol} ——偏振消除装置输出功率, dBm。

4.3.1.3 光谱分析仪功率校正因子的校准

OSA 功率校正因子(PCF)是对 OSA 测得的功率校准到绝对功率。本校准程序对 DI 和 PN 测量方法均适用。校准步骤如下:

- 1) 调光源模块至信号波长 λ_s 。将光源模块输出直接与光功率计连接起来,测量功率 $P_{\text{PWRMTR}}(\text{dBm})$ 。
- 2) 将光源模块输出与光功率计断开,将光源模块输出直接与 OSA 连接起来,测量光功率 $P_{\text{OSA}}(\text{dBm})$ 。
- 3) 按照下式确定 OSA 的功率校正因子 PCF(dB):

$$\text{PCF}(\lambda_s) = P_{\text{PWRMTR}} - P_{\text{OSA}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: P_{PWRMTR} ——用光功率计测量的信号波长上光源功率, dBm;

P_{OSA} ——用 OSA 测量的信号波长上光源功率, dBm。

4.3.2 测量

4.3.2.1 内插法

测量步骤如下:

- 1) 置 OSA 分辨率带宽至校准值。在噪声功率测量的整个过程中都不要改变该设定值。
- 2) 置光信号波长至相关规范中规定的波长。
- 3) 调光源模块的线偏振器,使光信号功率最大。
- 4) 调光源模块的偏振控制器,选择相关规范中指明的一個输入信号偏振状态。
- 5) 调光源模块的可变光衰减器使光信号功率至相关规范中规定的功率值。
- 6) 将光源模块输出直接连接到 OSA 输入端。
- 7) 测量光源的自发辐射功率谱 $P_{\text{SSE}}(\lambda)(\text{dBm})$ 。用下式确定光源的总自发辐射功率谱 $P_{\text{SSE}}^{\text{total}}(\lambda)(\text{dBm})$:

$$P_{\text{SSE}}^{\text{total}}(\lambda) = P_{\text{SSE}}(\lambda) + \text{PCF} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中: $P_{\text{SSE}}(\lambda)$ ——光源的自发辐射功率谱, dBm;

PCF——OSA 的功率校正因子, dB。

- 8) 将光源模块与 OSA 分开,在二者之间接入 OFA,如图 1a 所示。

9) 测量放大的光源信号波长附近的前向 ASE 功率电平。根据这些测量波长上的前向 ASE 功率电平值,用一合适的多项拟合式进行内插,计算出未校正的以信号波长为中心的前向 ASE 功率电平(dBm)。

- 10) 按照下式确定总的未校正的前向 ASE 功率谱 $P_{\text{SE}}^{\text{total}}(\lambda)(\text{dBm})$:

$$P_{\text{SE}}^{\text{total}}(\lambda) = P_{\text{SE}}(\lambda) + \text{PCF} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中: $P_{\text{SE}}(\lambda)$ ——未校正的 OFA 前向 ASE 功率谱, dBm;

PCF——OSA 的功率校正因子, dB。

- 11) 用 GB/T 16850.1 规定的试验方法测量 OFA 的增益 G (线性单位)。

12) 从未校正的前向 ASE 功率谱中减去光源的自发辐射功率,就可确定 OFA 在信号波长上的前向 ASE 功率值,如式(8)所示:

$$P_{\text{ASE}}^{\text{amp}}(\lambda_s) = 10 \lg \left[10^{\frac{P_{\text{SE}}^{\text{total}}(\lambda_s)}{10}} - G \times 10^{\frac{P_{\text{SSE}}(\lambda_s)}{10}} \right] \dots\dots\dots (8)$$

式中: $P_{\text{SE}}^{\text{total}}(\lambda_s)$ ——信号波长上未校正的 OFA 的前向 ASE 功率谱, dBm;

$P_{\text{SSE}}(\lambda_s)$ ——信号波长上光源的自发辐射功率谱, dBm;

G ——OFA 的增益(线性单位)。

4.3.2.2 偏振消除法

测量步骤如下:

- 1) 将被试 OFA 接入测量装置,如图 1b 所示。
- 2) 置 OSA 分辨率带宽至校准值。在噪声功率测量的整个过程中都不要改变该设定值。
- 3) 置光信号波长至相关规范中规定的波长。
- 4) 调光源模块的线偏振器,使光信号功率最大。
- 5) 调光源模块的偏振控制器,选择相关规范中指明的一個输入信号偏振态。
- 6) 调光源模块的可变光衰减器,使光信号功率至相关规范中规定的功率。
- 7) 调输出偏振控制器和偏振消除装置的线偏振器使输出信号最大。
- 8) 使偏振器处于步骤 7) 确定的状态,调偏振控制器使 OFA 输出信号最小。
- 9) 测量放大的光源信号波长附近的自发辐射功率。采用一合适的内插技术确定信号波长上未校正的自发辐射功率谱 $P_{\text{SE}}(\lambda_s)$ (dBm)。

- 10) 按照下式确定 OFA 的总前向 ASE 功率电平 $P_{\text{ASE}}^{\text{amp}}(\lambda_s)$ (dBm):

$$P_{\text{ASE}}^{\text{amp}}(\lambda_s) = P_{\text{SE}}(\lambda_s) + L_{\text{P01}} + \text{PCF} + 3 \dots\dots\dots (9)$$

式中: $P_{\text{SE}}(\lambda_s)$ ——信号波长上, OFA 的未校正的总自发辐射功率谱, dBm;

L_{P01} ——偏振消除装置的插入损耗, dB;

PCF——OSA 功率校正因子, dB。

- 11) 用 GB/T 16850.1 规定的试验方法测量 OFA 的增益 G (线性单位)。

4.4 计算

信号-自发辐射差拍噪声系数用下面公式计算:

$$NF_{\text{sig-sp}}(P_{\text{in}}, \lambda_s) = P_{\text{ASE}}^{\text{amp}}(\lambda_s) - 10 \lg [G h \nu B_0(\lambda_s)] \dots\dots\dots (10)$$

式中: $P_{\text{ASE}}^{\text{amp}}(\lambda_s)$ ——OFA 的总前向 ASE 功率电平, dBm;

G ——OFA 的增益(线性单位);

h ——普朗克常数, $6.626 \times 10^{-34} \text{ W s}^2$;

ν ——光信号频率, Hz;

$B_0(\lambda_s)$ ——OSA 的光带宽, Hz。

4.5 测量结果

测量结果报告应包括:

- a) 试验方法标准编号;
- b) 试验方法和试验装置框图;
- c) 光源类型及 FWHM 谱宽;
- d) 泵浦光功率(采用时);
- e) 环境温度和相对湿度;
- f) 输入信号光功率 P_{in} ;
- g) 光谱分析仪波长分辨率和光带宽 B_0 ;
- h) 输入信号波长 λ_s 和测量波长范围;

- i) OFA 的线性增益 G ;
- j) 总的前向 ASE 功率;
- k) 信号-自发辐射差拍噪声系数 $NF_{\text{sig-sp}}$;
- l) 试验日期和测量人员。

附 录 A
(提示的附录)
缩写词一览表

ASE	放大的自发辐射
DBR	分布布拉格反射激光器
DFB	分布反馈激光器
DI	直接内插法
ECL	外腔激光器
FWHM	半最大全宽
LED	发光二极管
OFA	光纤放大器
OSA	光谱分析仪
PN	偏振消除法
RBW	分辨率带宽

