

# 光纤， dB、衰减和评定简介

## Contents

[Introduction](#)

[Prerequisites](#)

[Requirements](#)

[Components Used](#)

[Conventions](#)

[什么是分贝？](#)

[以 10 为底的对数的运算规则](#)

[dB](#)

[分贝毫瓦 \(dBm\)](#)

[分贝瓦 \(dBW\)](#)

[功率/电压增益](#)

[光纤结构](#)

[光纤类型](#)

[波长](#)

[光功率](#)

[了解插入损耗](#)

[计算能耗预算](#)

[Related Information](#)

## [Introduction](#)

本文档提供了一些与光纤技术相关的公式和重要信息，可作为快速参考。本文档重点介绍分贝 (dB)、每毫瓦分贝 (dBm)、衰减和测量，还介绍了光纤。

## [Prerequisites](#)

## [Requirements](#)

There are no specific requirements for this document.

## [Components Used](#)

This document is not restricted to specific software and hardware versions.

The information in this document was created from the devices in a specific lab environment. All of the devices used in this document started with a cleared (default) configuration. If your network is live, make sure that you understand the potential impact of any command.

## Conventions

Refer to [Cisco Technical Tips Conventions](#) for more information on document conventions.

## 什么是分贝？

分贝 (dB) 是用来表示信号强度相对差异的单位。分贝表示为两个信号的功率比的以 10 为底的对数，如下所示：

$$\text{dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (P1/P2)$$

其中，Log10 是以 10 为底的对数，P1 和 P2 是要比较的功率。

**Note:** Log10 不同于以 e 为底的自然对数 (Ln 或 LN)。

您也可以用 dB 表示信号振幅。功率与信号振幅的平方成正比。因此，dB 表示为：

$$\text{dB} = 20 \times \text{Log}_{10} (V1/V2)$$

其中，V1 和 V2 是要比较的振幅。

$$1 \text{ 贝尔 (当前未使用)} = \text{Log}_{10} (P1/P2)$$

$$1 \text{ 分贝 (dB)} = 1 \text{ 贝尔}/10 = 10 * \text{Log}_{10} (P1/P2)$$

$$\text{dBr} = \text{dB (相对)} = \text{dB} = 10 * \text{Log}_{10} (P1/P2)$$

## 以 10 为底的对数的运算规则

- $\text{Log}_{10} (A \times B) = \text{Log}_{10} (A) + \text{Log}_{10} (B)$
- $\text{Log}_{10} (A/B) = \text{Log}_{10} (A) - \text{Log}_{10} (B)$
- $\text{Log}_{10} (1/A) = -\text{Log}_{10} (A)$
- $\text{Log}_{10} (0.01) = -\text{Log}_{10} (100) = -2$
- $\text{Log}_{10} (0.1) = -\text{Log}_{10} (10) = -1$
- $\text{Log}_{10} (1) = 0$
- $\text{Log}_{10} (2) = 0,3$
- $\text{Log}_{10} (4) = 0,6$
- $\text{Log}_{10} (10) = 1$
- $\text{Log}_{10} (20) = 1,3 \text{Log}_{10} (2 \times 10) = \text{Log}_{10} (2) + \text{Log}_{10} (10) = 1 + 0.3$
- $\text{Log}_{10} (100) = 2$
- $\text{Log}_{10} (1000) = 3$
- $\text{Log}_{10} (10000) = 4$

## dB

下表列出了对数和 dB (分贝) 的功率比：

功率比	dB = 10 x Log10 ( 功率比 )
AxB	x dB = 10 x Log10(A) + 10 x Log10(B)

A/B	$x \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10}(A) - 10 \times \text{Log}_{10}(B)$
1/A	$x \text{ dB} = + 10 \times \text{Log}_{10} (1/A) = - 10 \times \text{Log}_{10} (A)$
0,01	$- 20 \text{ dB} = - 10 \times \text{Log}_{10}(100)$
0,1	$- 10 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (1)$
1	$0 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (1)$
2	$3 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (2)$
4	$6 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (4)$
10	$10 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (10)$
20	$13 \text{ dB} = 10 \times (\text{Log}_{10} (10) + \text{Log}_{10} (2))$
100	$20 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (100)$
1000	$30 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (1000)$
10000	$40 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (10000)$

### 分贝毫瓦 (dBm)

$\text{dBm} = \text{dB 毫瓦} = 10 \times \text{Log}_{10} ( \text{以毫瓦计量的功率}/1 \text{ 毫瓦} )$

电源	Ratio	$\text{dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} ( \text{以毫瓦计量的功率}/1 \text{ 毫瓦} )$
1兆瓦	$1 \text{ mW}/1\text{mW}=1$	$0 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} (1)$
2 mW	$2 \text{ mW}/1\text{mW}=2$	$3 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} (2)$
4 mW	$4 \text{ mW}/1\text{mW}=4$	$6 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} (4)$
10 mW	$10 \text{ mW}/1\text{mW}=10$	$10 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} (10)$
0,1 W	$100 \text{ mW}/1\text{mW}=100$	$20 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} (100)$
1 W	$1000 \text{ mW}/1\text{mW}=1000$	$30 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} (1000)$
10 W	$10000\text{mW}/1\text{mW}=10000$	$40 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} (10000)$

### 分贝瓦 (dBW)

$\text{dBW} = \text{dB 瓦} = 10 \times \text{Log}_{10} ( \text{以瓦计量的功率}/1 \text{ 瓦} )$

电源	Ratio	$\text{dBm} = 10 \times \text{Log}_{10} ( \text{以毫瓦计量的功率}/1 \text{ 毫瓦} )$
1 W	$1 \text{ W}/1 \text{ W}=1$	$0 \text{ dBW} = 10 \times \text{Log}_{10} (1)$
2 W	$2 \text{ W}/1 \text{ W}=2$	$3 \text{ dBW} = 10 \times \text{Log}_{10} (2)$
4 W	$4 \text{ W}/1 \text{ W}$	$6 \text{ dBW} = 10 \times \text{Log}_{10} (4)$

	W=4	
10 W	10 W/1 W=10	10 dBW = 10 x Log10 (10)
100兆瓦	0,1 W/1 W = 0,1	-10 dBW = -10 x Log10 (10)
10 mW	0,01 W/1 W = 1/100	-20 dBW = -10 x Log10 (100)
1兆瓦	0.001 W/1 W = 1/1000	-30 dBW = -10 x Log10 (1000)

## 功率/电压增益

下表对功率和电压增益进行了比较：

dB	功率比	电压比	dB	功率比	电压比
0	1,00	1,00	10	10,00	3,16
1	1,26	1,12	11	12,59	3,55
2	1,58	1,26	12	15,85	3,98
3	2,00	1,41	13 ↑	19,95	4,47
4	2,51	1,58	14	25,12	5,01
5	3,16	1,78	15	31,62	5,62
6	3,98	2,00	16	39,81	6,31
7	5,01	2,24	17	50,12	7,08
8	6,31	2,51	18	63,10	7,94
9	7,94	2,82	19	79,43	8,91
10	10,00	3,16	20	100,00	10,00

使用以上信息，可以定义衰减和增益的公式：

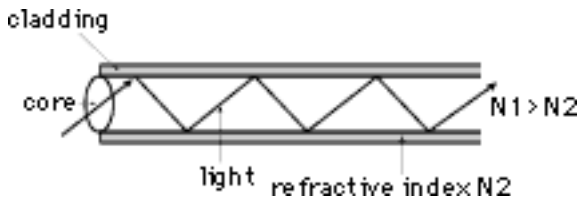
$$\text{衰减 (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10}(P_{\text{in}}/P_{\text{out}}) = 20 \times \text{Log}_{10}(V_{\text{in}}/V_{\text{out}})$$

$$\text{增益 (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10}(P_{\text{out}}/P_{\text{in}}) = 20 \times \text{Log}_{10}(V_{\text{out}}/V_{\text{in}})$$

## 光纤结构

光纤是一种携带信息的媒介。光纤用硅基玻璃制成，由纤芯及其周围包裹的包层组成。光纤的中心部分称为纤芯，折射率用 N1 表示。包裹纤芯的包层的折射率较低，用 N2 表示。当光进入光纤时，包层将光限定在纤芯上，光通过纤芯与包层边界之间的内反射沿光纤向下传播。

图 1 - 光纤结构



## 光纤类型

目前生产和销售的主要光纤是单模 (SM) 光纤和多模 (MM) 光纤。图 2 提供了这两种光纤类型的信息。

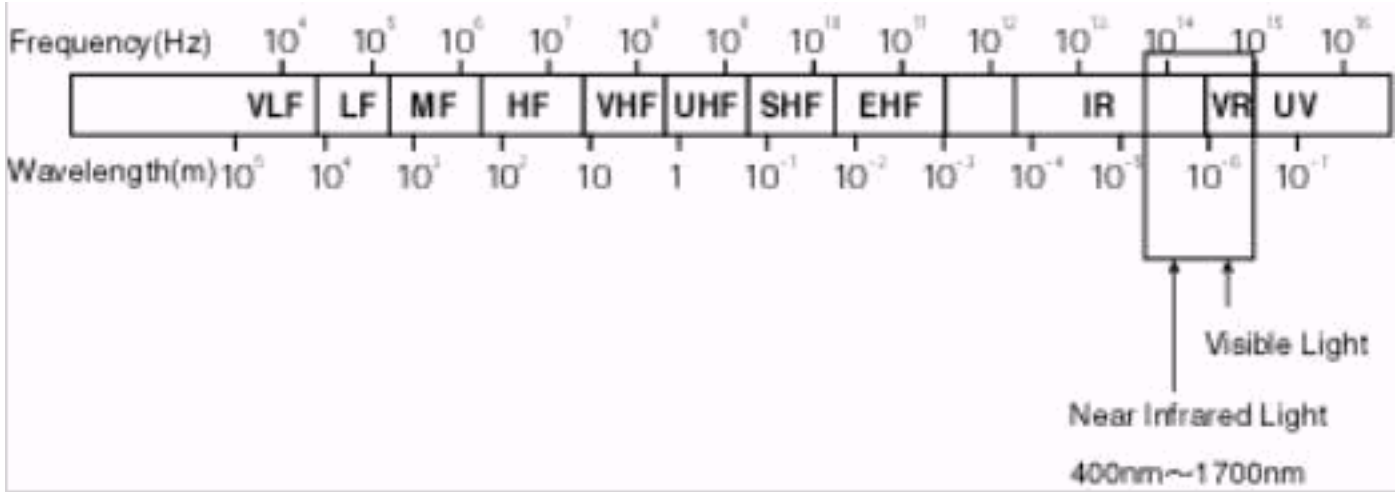
图 2 - SM 和 MM 光纤

fiber type	MM	SM
	<p>Diagram of a multimode fiber with a core diameter of 62.5 or 125 micrometers and a cladding diameter of 125 micrometers.</p>	<p>Diagram of a single-mode fiber with a core diameter of 9 micrometers and a cladding diameter of 125 micrometers.</p>
fiber size	50/125 $\mu\text{m}$ 62.5/125 $\mu\text{m}$ 100/140 $\mu\text{m}$	9/125 $\mu\text{m}$ 10/125 $\mu\text{m}$
type	Multimode Step-index fiber (SI)  Multimode Graded-index fiber (GI) 	
Application	Short Distance LAN	Long Distance Telecoms, CATV, Broadcast, Data communication

## 波长

入射到光纤中的光很少。这种光在电磁波谱中属于可见光 (波长从 400nm 到 700nm) 和近红外光 (波长从 700nm 到 1700nm) (见图 3)。

图 3 - 电磁波谱



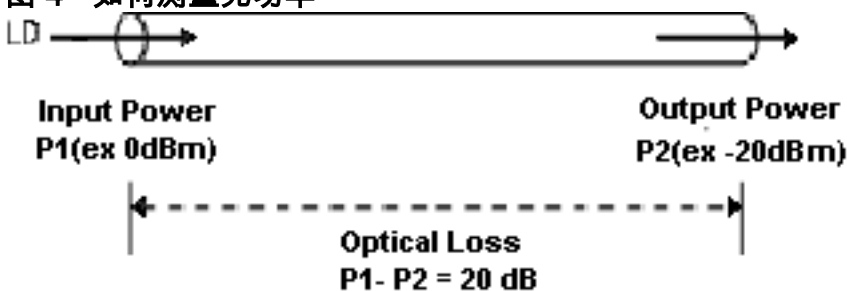
有四种特殊波长的光在光纤中传输时光损耗很低，如下表所示：

Windows 窗口版本	波长	损失
第一波长	850 纳米	3 dB/km
第二波长	1310nm	0.4 dB/km
第三波长	1550 nm ( C 波段 )	0.2 dB/km
第四波长	1625 nm ( L 波段 )	0.2 dB/km

## 光功率

要测量光损耗，可以使用两个单位：dBm 和 dB。dBm 是以毫瓦表示的实际功率水平，而 dB (分贝) 是指两个功率的差。

图 4 - 如何测量光功率



如果光输入功率为 P1 (dBm)，光输出功率为 P2 (dBm)，则功率损耗为 P1 - P2 (dB)。要了解输入与输出之间损耗的功率，请参考以下功率转换表中的 dB 值：

dB	输出功率占输入功率的百分比	功率损耗百分比	备注
1	79%	21%	--
2	63%	37%	--
3	50%	50%	1/2 的功率
4	40%	60%	--

5	32%	68%	--
6	25%	75%	1/4 的功率
7	20%	80%	1/5 的功率
8	16%	84%	1/6 的功率
9	12%	88%	1/8 的功率
10	10%	90%	1/10 的功率
11	8%	92%	1/12 的功率
12	6.3%	93.7%	1/16 的功率
13 个	5%	95%	1/20 的功率
14	4%	96%	1/25 的功率
15	3.2%	96.8%	1/30 的功率

例如，如果输入到光纤中的直线 (LD) 光为 0 dBm，而输出功率为 -15 dBm，则光纤的光损耗计算公式为：

Input      Output      Optical Loss  
0dBm - (-15dBm) =15dB

根据功率转换表，15 dB 的光损耗相当于损耗了 96.8% 的光功率。因此，光穿过光纤后，只剩余了 3.2% 的光功率。

## 了解插入损耗

在任何光纤互连中，都会发生一些损耗。连接器或拼接头的插入损耗是指将设备插入系统中后所出现的功率差。例如，取一段光纤，测量通过光纤的光功率。记下读数 (P1)。现在，将光纤切成两半，将两段光纤端接在一起，再测量功率。记下第二个读数 (P2)。第一个读数 (P1) 与第二个读数 (P2) 的差值就是插入损耗，或者是将连接器插入线路中后出现的光功率损耗。计算公式为：

$$IL (dB) = 10 \text{ Log}_{10} (P2 / P1)$$

关于插入损耗，您必须理解以下两个要点：

- 指定的插入损耗适用于相同的光纤。如果传输数据一侧的纤芯直径 (或 NA) 大于接收数据一侧

光纤的 NA，会有额外的损耗。 $L_{dia} = 10 \log_{10} (d_{iar}/d_{iat})^2$   $L_{NA} = 10 \log_{10} (N_{Ar}/N_{At})^2$  其中：  
：  $L_{dia}$  = 损耗直径  $d_{iar}$  = 接收侧直径  $d_{iat}$  = 传输侧直径  $L_{NA}$  = 光纤上的损耗菲涅耳反射会引起额外的损耗。当两段光纤因分离而使折射率不连续时，就会出现这些现象。对于两段由气隙隔开的玻璃光纤，菲涅耳反射为 0.32 dB。

- **损耗取决于发射。**插入损耗取决于发射以及连接的两段光纤中的接收状况。在短距离发射中，包层和纤芯中携带的光能可以让光纤满溢。超过一定距离后，这种多余的能量会损耗，直到光纤达到平衡模分布 (EMD) 状况。在长距离发射中，光纤已经达到 EMD，因此，多余的能量已经去除，不会出现在连接器上。如果光通过互连的光纤到光纤的连接点，则由于包层模过量，光可以再次让光纤满溢。这些能量很快便会损耗。这是短距离接收的状况。如果测量短距离接收光纤的功率输出，可以观察到多余的能量。然而，多余的能量不会传播很远。因此，读数不正确。同样，如果接收光纤的长度足够长，可以达到 EMD，则插入损耗的读数便会较高，但它反映实际的应用状况。您可以轻松地模拟 EMD (长距离发射和接收)。为此，必须将光纤在芯轴上缠绕五次，这样可以去除包层模。

## 计算能耗预算

可以对链路能耗预算进行粗略估计。为此，每个光纤到光纤的连接点必须允许有 0.75 dB 的损耗，同时假定光纤损耗与光纤长度成比例。

如果 62.5/125 光纤在 100 米的传输距离上有三个接线板，且光纤损耗为 3.5 dB/km，则总损耗为 2.6 dB，具体如下所示：

光纤：3.5 dB/km = 0.35 dB/100 米

接线板 1 = 0.75 dB

接线板 2 = 0.75 dB

接线板 3 = 0.75 dB

总计 = 2.6 dB

测量的损耗通常较小。例如，AMP SC 连接器的平均插入损耗为 0.3 dB。在这种情况下，链路损耗仅为 1.4 dB。无论是运行 10 Mbps 的以太网还是 155 Mbps 的 ATM，损耗都相同。

光时域反射技术 (OTDR) 是一种常见的光纤系统认证方法。OTDR 在光纤中注入光，然后以图形方式显示检测到的后向反射光结果。OTDR 通过测量反射光的传输时间来计算到不同事件的距离。通过直观的显示，可以确定单位长度的损耗、接头和连接器的评估以及出现故障的位置。OTDR 可以放大特定位置，从而清楚地了解链路的各个部分。

虽然可以使用功率计和信号注入器进行许多链路认证和评估，但 OTDR 提供了一个强大的诊断工具，有助于全面了解链路。不过，使用 OTDR 时，需要经过较多的培训并具有一定的技能才能理解显示内容。

## Related Information

- [光纤产品支持页面](#)
- [Technical Support & Documentation - Cisco Systems](#)