

# 光纖、dB、衰減與測量簡介

## 目錄

[簡介](#)

[必要條件](#)

[需求](#)

[採用元件](#)

[慣例](#)

[什麼是分貝？](#)

[以10為底的對數規則](#)

[dB](#)

[分貝 \( 毫瓦 \) \(dBm\)](#)

[分貝參考一瓦\(dBW\)](#)

[電源/電壓增益](#)

[光纖結構](#)

[光纖型別](#)

[波長](#)

[光功率](#)

[瞭解插入損耗](#)

[計算電源預算](#)

[相關資訊](#)

## 簡介

本文是一些與光學技術有關的公式和重要資訊的快速參考。本文檔重點介紹分貝(dB)、分貝/毫瓦(dBm)、衰減和測量，並介紹光纖。

## 必要條件

### 需求

本文件沒有特定需求。

### 採用元件

本文件所述內容不限於特定軟體和硬體版本。

本文中的資訊是根據特定實驗室環境內的裝置所建立。文中使用到的所有裝置皆從已清除 ( 預設 ) 的組態來啟動。如果您的網路正在作用，請確保您已瞭解任何指令可能造成的影響。

### 慣例

如需文件慣例的詳細資訊，請參閱[思科技術提示慣例](#)。

## 什麼是分貝？

分貝(dB)是用來表示訊號強度的相對差異的單位。分貝表示為兩個訊號功率比值的以10為底的對數，如下所示：

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

其中 $\text{Log}_{10}$ 是以10為底的對數，P1和P2是要比較的冪。

註： $\text{Log}_{10}$ 不同於以Neparian對數（Ln或LN）為底的對數。

您還可以用dB表示訊號幅度。功率與訊號幅度的平方成正比。因此，dB表示為：

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

其中V1和V2是要比較的振幅。

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

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

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

## 以10為底的對數規則

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

## dB

下表列出了對數和dB（分貝）的功率比：

功率比	$\text{dB} = 10 \times \text{Log}_{10}(\text{功率比})$
-----	---

AxB	$x \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10}(A) + 10 \times \text{Log}_{10}(B)$
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	$40 \text{ dB} = 10 \times \text{Log}_{10}(10000)$

### 分貝 ( 毫瓦 ) (dBm)

$\text{dBm} = \text{dB毫瓦} = 10 \times \text{Log}_{10}(\text{功率}(\text{mW}/1 \text{ mW}))$

電源	比率	$\text{dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(\text{功率}(\text{mW}/1 \text{ mW}))$
1毫瓦	1毫瓦/1毫瓦=1	$0 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(1)$
2毫瓦	2毫瓦/1毫瓦=2	$3 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(2)$
4毫瓦	4毫瓦/1毫瓦=4	$6 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(4)$
10毫瓦	10 mW/1 mW=10	$10 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(10)$
0,1瓦	100 mW/1 mW=100	$20 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(100)$
1瓦	1000 mW/1 mW=1000	$30 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(1000)$
10瓦	10000mW/1mW=10000	$40 \text{ dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(10000)$

### 分貝參考一瓦(dBW)

$\text{dBW} = \text{dB瓦特} = 10 \times \text{Log}_{10}(\text{功率}(\text{瓦}/1 \text{ W}))$

電源	比率	$\text{dBm} = 10 \times \text{Log}_{10}(\text{功率 (mW/1 mW)})$
1瓦	$1 \text{ W} / 1 \text{ W} = 1$	$0 \text{ dBW} = 10 \times \text{Log}_{10}(1)$
2瓦	$2 \text{ W} / 1 \text{ W} = 2$	$3 \text{ dBW} = 10 \times \text{Log}_{10}(2)$
4瓦	$4 \text{ W} / 1 \text{ W} = 4$	$6 \text{ dBW} = 10 \times \text{Log}_{10}(4)$
10瓦	$10 \text{ W} / 1 \text{ W} = 10$	$10 \text{ dBW} = 10 \times \text{Log}_{10}(10)$
100千瓦	$0,1 \text{ W} / 1 \text{ W} = 0,1$	$-10 \text{ dBW} = -10 \times \text{Log}_{10}(10)$
10毫瓦	$0,01 \text{ W} / 1 \text{ W} = 1/100$	$-20 \text{ dBW} = -10 \times \text{Log}_{10}(100)$
1毫瓦	$0,001\text{W}/1\text{W}=1/1000$	$-30 \text{ dBW} = -10 \times \text{Log}_{10}(1000)$

## 電源/電壓增益

下表比較了電源和電壓增益：

dB	功率比	電壓比	dB	功率比	電壓比
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

使用此資訊，您可以定義衰減和增益的公式：

$$\text{衰減(dB)} = 10 \times \text{Log}_{10} ( P_{\text{輸入}}/P_{\text{輸出}} ) = 20 \times \text{Log}_{10} ( V_{\text{輸入}}/V_{\text{輸出}} )$$

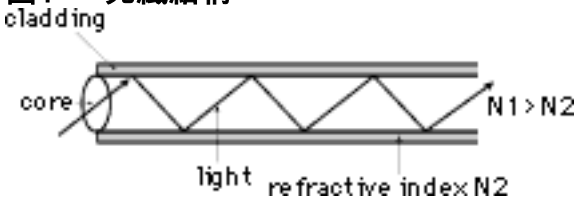
$$\text{增益(dB)} = 10 \times \text{Log}_{10}(P_{\text{out}}/P_{\text{in}}) = 20 \times \text{Log}_{10}(V_{\text{out}}/V_{\text{in}})$$

## 光纖結構

光纖是一種傳輸資訊的介質。光纖由二氧化矽基玻璃製成，由包層包圍的纖芯組成。光纖的中心部

分稱為纖芯，其折射率為 $N_1$ 。圍繞芯的包層具有較低的 $N_2$ 折射率。當光進入光纖時，包層將光限制在纖芯上，並且光通過纖芯和包層邊界之間的內反射沿光纖向下傳播。

圖1 — 光纖結構



## 光纖型別

單模(SM)和多模(MM)光纖是當今生產和銷售的主流光纖。[圖2](#)提供了關於這兩種光纖型別的資訊。

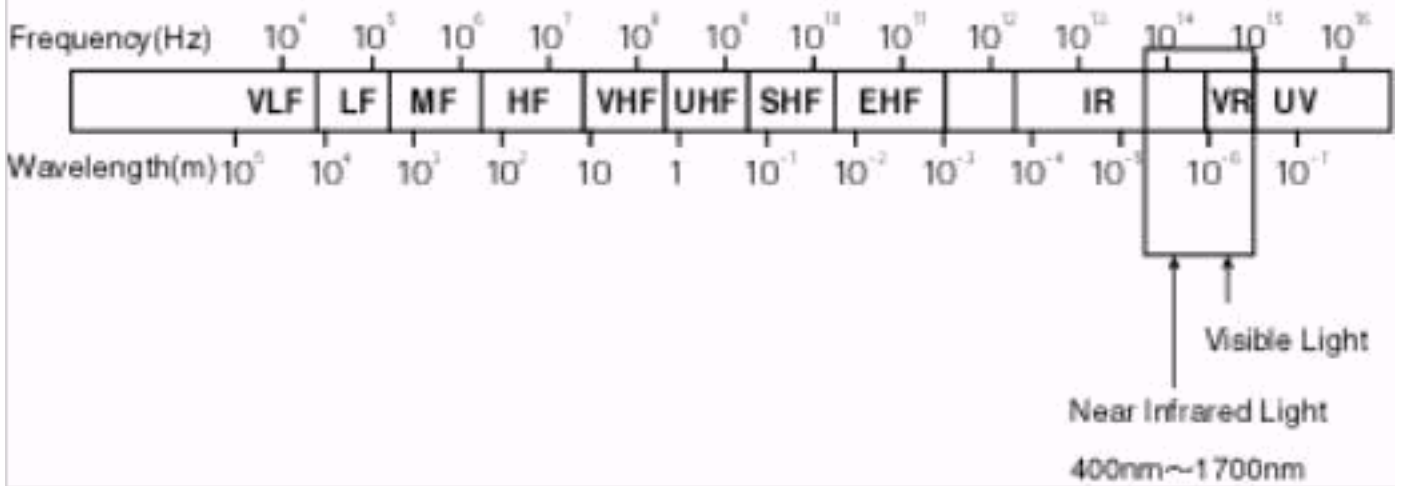
圖2 - SM和MM光纖

fiber type	MM	SM
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

## 波長

少量光被注入光纖。在電磁光譜中，這分為可見波長（從400nm到700nm）和近紅外波長（從700nm到1700nm）（請參見圖3）。

圖3 — 電磁頻譜



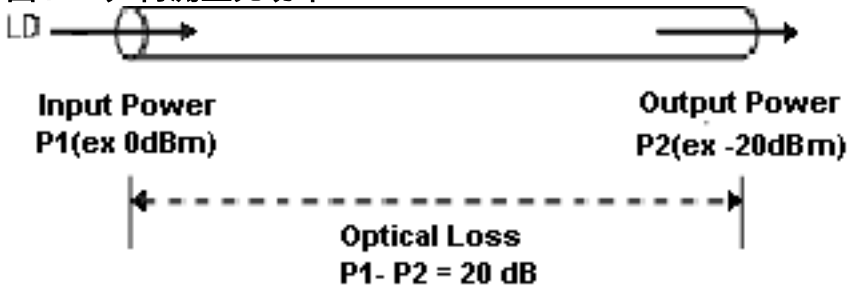
有四個特殊波長可用於低光損耗級別的光纖傳輸，下表列出了這些波長：

Windows	波長	損失
第1個波長	850奈米	每公里3dB
第2個波長	1310奈米	每公里0.4dB
第3個波長	1550nm ( C波段 )	每公里0.2dB
第4個波長	1625nm ( L波段 )	每公里0.2dB

## 光功率

為了測量光損耗，您可以使用兩個單位，即dBm和dB。當dBm是以毫瓦表示的實際功率水準時，dB（分貝）是功率之間的差異。

圖4 — 如何測量光功率



如果光輸入功率為 $P1$ (dBm)而光輸出功率為 $P2$ (dBm)，則功率損耗為 $P1 - P2$  dB。要檢視輸入和輸出之間的功率損失量，請參閱此功率轉換表中的dB值：

d B	電源輸出佔電源輸入的百分比	電力損耗百分比	備註
1	79%	21%	-
2	63%	37%	-
3	50%	50%	1/2的電源
4	40%	60%	-

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

例如，當直接線(LD)光輸入到光纖為0dBm，輸出功率為-15dBm時，光纖的光損耗計算如下：

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

在功率轉換表中，光損耗為15dB等於光功率損耗的96.8%。因此，在通過光纖傳輸時，只有3.2%的光功率得以保留。

## 瞭解插入損耗

在任何光纖互連中，都會發生一些損耗。聯結器或接頭的插入損耗是指將裝置插入系統時看到的功率差異。例如，取一段光纖並測量通過光纖的光功率。注意讀數(P1)。現在將光纖切成兩半，將光纖端接並連線，然後重新測量功率。注意第二讀數(P2)。第一讀數(P1)和第二讀數(P2)之間的差異是插入損耗，或者將聯結器插入線路時發生的光功率損耗。其計量為：

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

關於插入損耗，您必須瞭解以下兩個重要事項：

- **指定的插入損耗適用於相同的光纖。**如果傳輸資料一端的纖芯直徑（或NA）大於接收資料光纖的NA，則會產生附加損耗。 $L_{dia} = 10 \text{ Log}_{10}(\text{diar}/\text{diat})^2$   $L_{NA} = 10 \text{ Log}_{10}(\text{NAr}/\text{NAt})^2$  其中： $L_{dia}$  = 損耗直徑  $\text{diar}$  = 直徑接收  $\text{diat}$  = 直徑傳輸  $L_{NA}$  = 光纖損耗菲涅耳反射可能會造成附加損失。當兩根光纖被分離使得折射率中存在不連續時，會發生上述現象。對於由空氣隙分隔的兩個玻璃纖維，菲涅耳反射為0.32 dB。
- **損失取決於發射。**插入損耗取決於發射，並接收接合的兩個光纖中的條件。在短時間發射中，光纖的包層和纖芯中都會攜帶過量的光能。經過一定距離後，這種多餘的能量將會丟失，直到光纖達到一個稱為平衡模式分佈(EMD)的狀態。在長時間的發射中，光纖已經達到EMD，因此多餘的能量已被剝離，並且不存在於聯結器上。穿過互連的光纖到光纖結的光可能再次用過量的包層模式填充光纖。這些很快就被遺失了。這是短接收條件。如果測量短接收光纖的功率

輸出，可以看到額外的能量。然而，額外的能量並沒有傳播到很遠的地方。因此，讀數不正確。同樣，如果接收光纖的長度足夠長以達到EMD，則插入損耗讀數可以更高，但它反映了實際應用條件。您可以輕鬆模擬EMD（長時間啟動和接收）。為此，必須用心軸包住光纖五次。這樣去除包層模式。

## 計算電源預算

您可以粗略估計鏈路功率預算。為此，必須為每個光纖到光纖連線允許0.75 dB，並假設光纖損耗與光纖長度成正比。

對於包含三個接線板和62.5/125光纖且損耗為3.5 dB/km的100米跑道，總損耗為2.6 dB，如下所示：

光纖：100米為3.5 dB/km = 0.35 dB

配線面板1 = 0.75 dB

配線面板2 = 0.75 dB

配線面板3 = 0.75 dB

共計= 2.6 dB

所計量的虧損一般較少。例如，AMP SC聯結器的平均插入損耗為0.3 dB。在這種情況下，鏈路損耗僅為1.4 dB。無論您是以10 Mbps速度運行乙太網路，還是以155 Mbps速度運行ATM，損耗都是相同的。

光時域反射法(OTDR)是一種常用的光纖系統認證方法。OTDR向光纖中注入光，然後以圖形方式顯示所檢測的背反射光的結果。OTDR測量反射光的經過渡越時間，以計算到不同事件的距離。可視顯示器允許確定每單位長度的損耗、接頭和聯結器的評估以及故障位置。OTDR放大到連結某些部分的特寫圖片的特定位置。

雖然您可以使用功率計和訊號注入器進行許多鏈路認證和評估，但OTDR提供了強大的診斷工具來全面瞭解鏈路。但OTDR需要更多的培訓和一些技巧來解釋顯示屏。

## 相關資訊

- [光纖產品支援頁面](#)
- [技術支援與文件 - Cisco Systems](#)



## 關於此翻譯

思科已使用電腦和人工技術翻譯本文件，讓全世界的使用者能夠以自己的語言理解支援內容。請注意，即使是最佳機器翻譯，也不如專業譯者翻譯的內容準確。Cisco Systems, Inc. 對這些翻譯的準確度概不負責，並建議一律查看原始英文文件（提供連結）。