



光纖鏈路損失無極限（一）

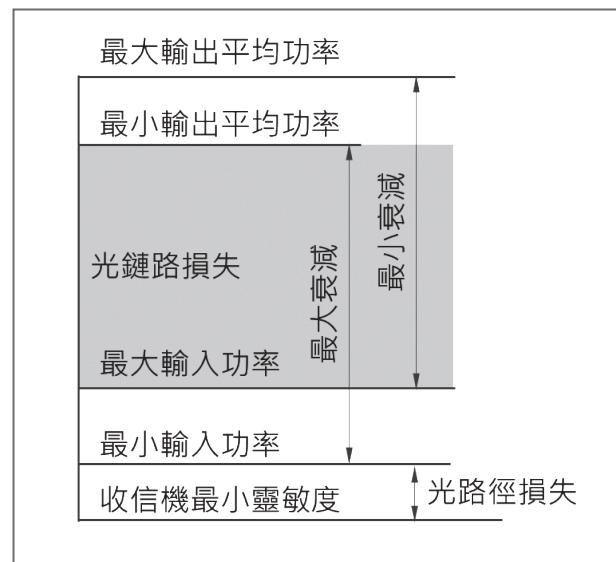
交通部中華技術服務社 顧問 劉時森老師
兼台灣區電信工程工業同業公會 技術諮詢顧問

光纖網路有各種形態、大小、複雜度。有的很簡單，如點對點。有的要用到分歧器、多工器、解多工器。有多頻道的分波多工（DWDM）網路、可重組光塞取多工（Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer, ROADM）網路、和較先進的雙極化多工網路（Dual Polarization Multiplexed Coherent Network）。這些網看起來很複雜，但都有一個共同點：全部都是由一條或數條光纖鏈路連接而成，而且是“以光纖鏈路損失”為基準建構出來的網路。

“光纖鏈路損失”是什麼？就是信號光功率射入一條光纖鏈路（從送端到對方收端）後，減少的量（dB），也稱為“衰減（Attenuation）”。

先界定什麼是光網路？什麼是光纖鏈路？光網路在本文的定義是指含有（或不含）光分歧器或分波多工器的“光纖路由”所構成“整個面”的光纖網路。光纖鏈路是指網路裡一個發信機對應一個收信機所構成的光纖連結（Link）。

光纖網路在結構上先天就會產生某些損失。但在設計時，光纖鏈路的光功率損失必須“低於”該網路的光功率估算。換句話說：所估算的光功率損失一定要“大於”光纖鏈路所造成的損失，剩餘的功率必須“大”到足以使收信機運作。如下圖灰色部份是光纖部份損失，是本文的主題。



圖（一）光纖鏈路損失在整個光網路裡的佔比



技術專欄

光鏈路損失可分成兩大類：一、估算功率損失（計算在內的）：含連接和熔接數量、光纖長度。二、劣化因素（計算之外的）：施工不良，如彎曲。

估算光功率損失有三個來源：

一、光纖損失（或衰減）：

是指光功率在光纖裡每公里的衰減量，單位是dB/km。例如，某光纖衰減量是0.2dB/km，則該光纖10公里的衰減量是2dB。現今的單模態光纖在1310nm波長損失是 <0.35dB/km；1550nm，<0.2dB/km。

光纖本身衰減來自石英高溫融熔抽絲後冷卻，密度不均勻，不均勻範圍小於通信光波長的1/10時，會產生不定向的反射，使通信光束無法全部到達終端，此現象稱為“雷萊散射”。波長越長，散射越小。

光纖損失與距離成正比。因為衰減是光纖天生的一部份，所以施工時應特別注意不要在光纖施加任何額外的張力或壓力造成額外的光纖損失。

二、連接器損失：

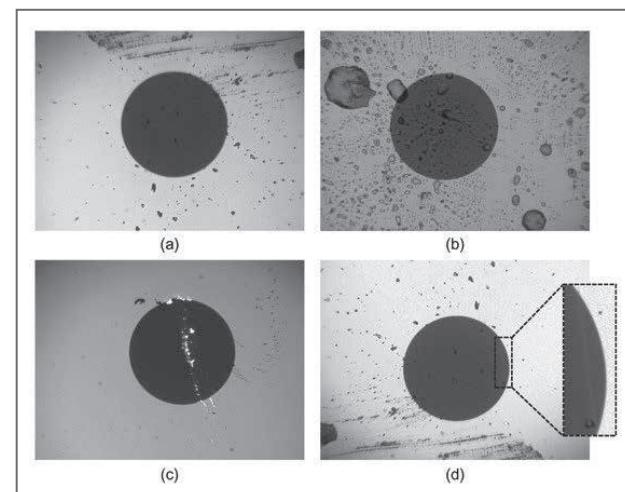
是指光信號經過兩個對接的連接器後，因部份光信反射而減少的光功率，單位dB。單模態光纖的連接損失應該小於0.5dB，無論是何種光波。實務上，已經低於0.3dB。

縱使連接器技術不斷進步，連接損失仍在。根據NTT-先進技術（NTT-Advanced Technology）報導，98%的光

纜施工人員和80%的網路使用者，都抱怨連接器的污染是網路障礙的根源。其實，此障礙最容易防止，施工或維護時只要主動的清潔即可。

光纖施工班最好準備顯微鏡軟體裝在電腦內或其他顯微裝置，施工時可而用攝影鏡頭澈底的檢查光纖是否受到污染。

下圖，任一情況都是增加鏈路損失原因。無論原因为何，連接器都必須做損傷及清潔檢查。在纖殼外圍5%因研磨而產生的缺口還可以接受，但核心不能有任何損傷或污染。刮傷或樹脂流出，可用細粒度的研磨紙重新研磨。



資料來源：<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/5/1408/htm#sensors-18-01408-f002>

圖（二）光纖污染及受損，（a）灰塵、（b）油漬、（c）缺角、（d）刮痕

a. 連接器在施工時受到污染或刮傷的機率很高：

i 污染：輕輕的碰觸一下連接器端面就會留下油漬。在施工及維修期間，浮在空氣中的灰塵及靜電微粒也會落在連接器端面。空氣中的微



浮粒也會從連接器套帽隙縫進入粘著在端面，把保護套帽拿開就有被污染的可能。諷刺的是，連接器保護套帽本身也是污染源之一。保護套帽是用脫模混合物（Mold Release Compounds）高速射出的方式生產，塑化劑隨著時間劣化而產生「脫氣（Outgas）」殘留物落在連接器端面。

ii 損傷：碰撞、擠壓、與掉落是造成連接器損傷的主因。所以對接時，雙方都要做刮傷、凹洞、裂痕、碎片等損傷檢查，插連接器的配線板的埠也要檢查，若有損傷可換掉連接器或板面的埠。

b. 更換網路舊的連接器也很重要

一般人很少注意微污染，也誤認它“不會”對連接器造成的影響，其實這是一種疏忽。台灣的FTTH和商辦的光纖區域網路從2005年開始到現在已將近20年之久，網路一直升級，舊的光纖網路原先裝設的傳統連接器，如ST-PC、FC-PC，長年下來受到污染或可能已損壞，感覺是上網越來越不順利。如果不確定是網站的問題，最好的辦法是把舊連接器換成SC、UPC、或APC。更換後有兩個好處：（1）解決了線路障礙，（2）減少損失與反射。

三、熔接損失

單位也是dB，是兩心光纖對著熔接後，光信號通過該熔接點所減少的光功率。熔接點發生在兩條光纜的光纖對接，或豬尾巴光纖與引進光纜之光纖對接點。熔接損失經常被用放大鏡檢視，一般人談到光纖損失，很自然的會想到熔接，但大部份的熔接損失都很低，通常小於0.05dB（此數字是用OTDR，A→B和B→A量測後的平均值），而且施工後也不太會劣化，因為熔接點都封在接續盒內。

NCC-3600未規定熔接損失值（可能是屋內光纖通常在100以內，熔接損失幾乎不造成影響），過去電信局時代有規定熔損失為0.2dB。但以現在的熔接機，要達到0.05dB不是問題，甚至於0.01dB。

不過，這麼低的熔接損失值不代表真實性。在理想的狀態下，如同牌、同種、同時期光纖熔接，熔接即可以一直維持這樣低的損失，但外線環境有時會與理想狀態大相逕庭。例如在一條鏈路內，有不同廠牌光纖、使用不同一台熔接機、新舊光纖混合等，這種情況下要每一熔接點都維持在<0.05dB，是有點強人所難。依經驗，熔接損失可放寬到0.2~0.05dB之間。即使每一熔接點都落在0.2dB下緣，也不影響光纖鏈路的設計。