

NCC執行 建築物電信設備之 完工檢測審驗重要性

電信審驗中心 執行長 范崇信

一、前言

公會會員常問到，起造人（買房屋者）說為什麼要做電信完工檢測及審驗？本篇文章就做詳細說明，國家通訊傳播委員會（NCC）是為消費者把關！

建築物電信屋內配線雖在電信網路架構的末梢，但是絕大部份的通信活動都發生在屋內，好的線路品質可提供與房屋壽命幾乎相同的長時間通信使用，還能因應不斷升級的通信技術。雖然很多起造人宣稱現在都是用無線Wi-fi或是用手機通話，但是環境中RC牆面及樓板會影響無線訊號、電磁波干擾無線訊號，因此，屋內通信品質的良窳關係到民眾通信安全與社經活動的順暢，其線路品質重要性不言可喻。

屋內線路雖不像電信外線常年遭受自然災害及人為因素的損害，但屋內線路一開始建置時就受人為施作因素的影響，產生線路品質不良的現象，使得日後住戶進住時發生通信的困擾。為保障住戶的權益及提升國家通信環境，審驗工作有其必要性。

目前，新建築物屋內電信配線的完工審驗檢測項目有下列5種：

- （一）電信接地電阻測試
- （二）電話線路絕緣測試
- （三）電話纜線心線對照
- （四）網路數據線電纜性能測試
- （五）光纖纜線損耗測

二、電信接地電阻測試

電信線路都有絕緣，如果線路設備的絕緣損壞，高電壓可能出現在收容線路設備之金屬部位。把金屬部位接地，這高壓就會被導引到大地，不會影響設備內的線路運作。接地除了保安外，也可以消除累積的靜電，避免於易燃物或對靜電敏感的設備引起火災。

那麼接地電阻要多少才合標準？依「CLE-EL-3600-10建築物屋內外電信設備設置技術規範」（以下簡稱CLE-EL-3600-10）第14.1.1點規定，一般建築物接地電阻 $<25\Omega$ ，設置電信室之建築物接地電阻 $<10\Omega$ 。



為什麼不規定電阻為 0Ω ？

因為接地線或接地棒本身有少許的電阻，而導線和接地端子的連接點也有接續電阻，故不可能為零。人體也有電阻，從 $1k\Omega$ 到 $10k\Omega$ 不等，此數字是 $10k\Omega$ 或 $25k\Omega$ 的千倍，是大電阻。電流一定往小電阻的路徑通過，只有微乎其微的電流通過大電阻，如圖1所示：

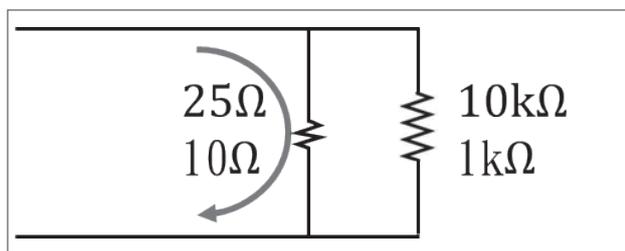


圖 1 電流流向與電阻大小的關係

電信配線箱、電信室、總配線架、纜線架、EMT管、人孔、手孔等，這些線路固定設備都直接嵌裝於建築體內或埋在大地，是建築物接地系統延伸，稱為「接地」。而電纜內鋁被和接地線的功能是防止通信被干擾，非用來傳導通信信號，於電纜布放後必須連接到建築物的接地端子，才能達到防干擾目的，此動作稱為「搭接」。

電信線路設備除了芯線外，還有通信設備的機殼、機架、纜線內支持線、電纜遮蔽層、光纜接續盒、電纜接頭等，這些設備本身僅用於固定線路或電路板，不具通信功能。但是其金屬部位必須用導線搭接在接地端子上，建構一條電流通路，把萬一闖進來的大電流導入大地。因為所有的設備都搭上接地系統，工作人員萬一同時碰觸兩個設備時，也不會產生電位差，所以不會被電擊。

依接地的觀念，PE-PVC電纜內的接地線在垂直電纜的起點與終點、與水平線之分接點及水平電纜終點，應該全都搭在複合式端子的鐵架上構成導通，利用箱體的金屬底盤接地端子接地，如技術規範CLE-EL-3600-10之圖14-9，規定鋁被必須搭接在電信箱內的接地端子。

電信線路的終點或分歧點都必須做接地。如圖2連環圖畫所示（由左而右），最右部分紅線電流路經設備的接地後，人站在大地，和大地同電位，電流選擇金屬接地流入大地，所以不會受到電擊。

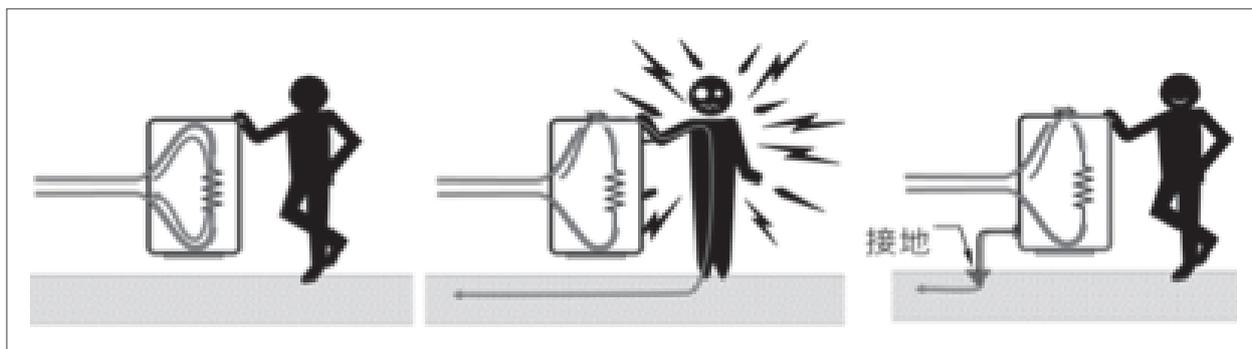


圖 2 保安接地示意圖

資料來源：台灣區電信工程工業同業公會，民國111年5-6月號技術專欄，第19頁。

三、絕緣電阻

絕緣電阻不同於接地保安的電阻，前者是為了線路內的電路，後者是為了設備及人身安全。量測絕緣電阻的目的是要瞭解線路內電流是否在傳輸途中流失太多，造成通信時產生交流聲或電路信號雜訊比太小。

「電阻」反過來看就是「電導」，即所謂的絕緣電阻。心線電阻與線路長度成正比，而絕緣電阻與線路長度成反比。線路布放後的絕緣電阻來自兩部份：心線的絕緣及接頭的防水措施。心線絕緣在購買電纜時就依規格存在，非線路施工人員所能左右，而線路施作後的絕緣電阻是由施工品質來決定，因此必須量測絕緣電阻。絕緣電阻如有不良的線路，在語音的使用上會產生交流聲，上網速率降低或無法上網。

依CLE-EL-3600-10第18.5.3點第2項(a)規定，PE-PVC電纜施工完後，需做L1-L2、L1對地及L2對地絕緣電阻測試，測試值為5M歐姆以下。5M歐姆算大嗎？不算，在建築物內風平浪靜，5M歐姆就足以維持通信品質的要求。長期浸在水裡或常受雨淋的外線，電纜絕緣電阻至少為20M歐姆以上。

如圖3所示，一對通信線接一個終端設備。在正常情況下，電流從綠色導線進入，經過終端設備再流回來。如果絕緣電阻太低，則一小部分通信電流會開小差流回來或漏到大地。之所以會有這種現象，有三個原因：1.天下沒有100%的絕緣；2.線路接續時剝除外被可能破壞絕緣，或剪線動作留下短截線造成絕緣降低；3.絕緣材質的介電係數太高，電磁波很容易穿越感應。

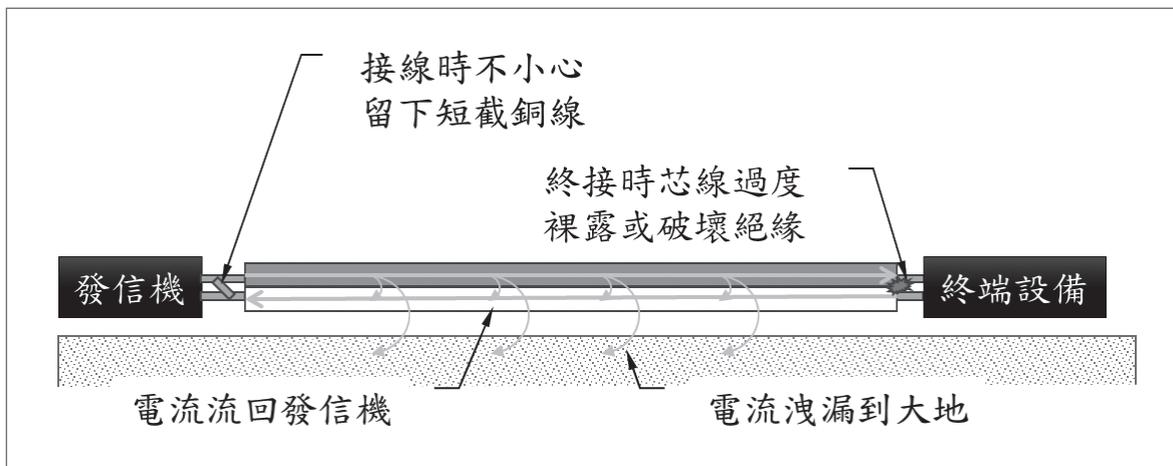


圖 3 絕緣電阻過低的現象

資料來源：台灣區電信工程工業同業公會，民國111年5-6月號技術專欄，第21頁。

依規定施工完後的電纜，每一對心線都要做測試，測試時PE-PVC電纜裡的接地線必須接地。亦有利用鋁被做絕緣測試者，因為

鋁被也被要求接地，但不建議這樣做，鋁被主要是用來遮蔽外來的電磁波，且其導電能力不及接地線。測試架構如圖4所示：

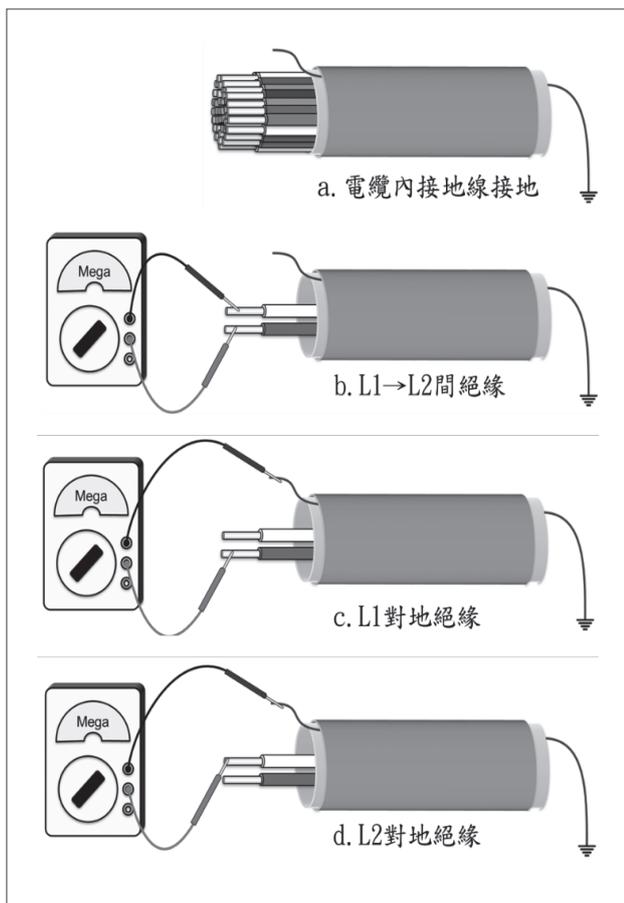


圖 4 絕緣電阻量測

資料來源：台灣區電信工程工業同業公會，民國111年5-6月號技術專欄，第21頁。

四、電話纜線心線對照

纜線心線對照只有一個目的：確認線路接續正確並找出錯接的心線。審驗工作項目中，需要做心線對照的只有PE-PVC電纜，會接錯原因可能來自心線編紮、色碼算錯或不同型電纜對接，如網路數據電纜（以下簡稱網路線）和PE-PVC電纜對接。

（一）電纜心線色碼與心線編紮

我國屋內通信用PE-PVC電纜採用美系色碼，藍、黃、綠、紅、紫。每兩對心線依色碼順序構成一個「組（Quad）」，每組第一對的第一條心線（Tip）就是此色碼的其中一色，第二條（Ring）是白色；第二對第一條心線是棕，第二條是黑。於是藍白棕黑、黃白棕黑、綠白棕黑、紅白棕黑、紫白棕黑各成一組。一輪色碼都用完正好10對，如圖6左側。此10對稱為「10對簇」，是構成電纜對數中的一個單位。PE-PVC電纜心線另一個組成單位是50對簇，由5個10對簇組成，每個外圍也用藍、黃、綠、紅及紫色帶包捲，如圖5右側。

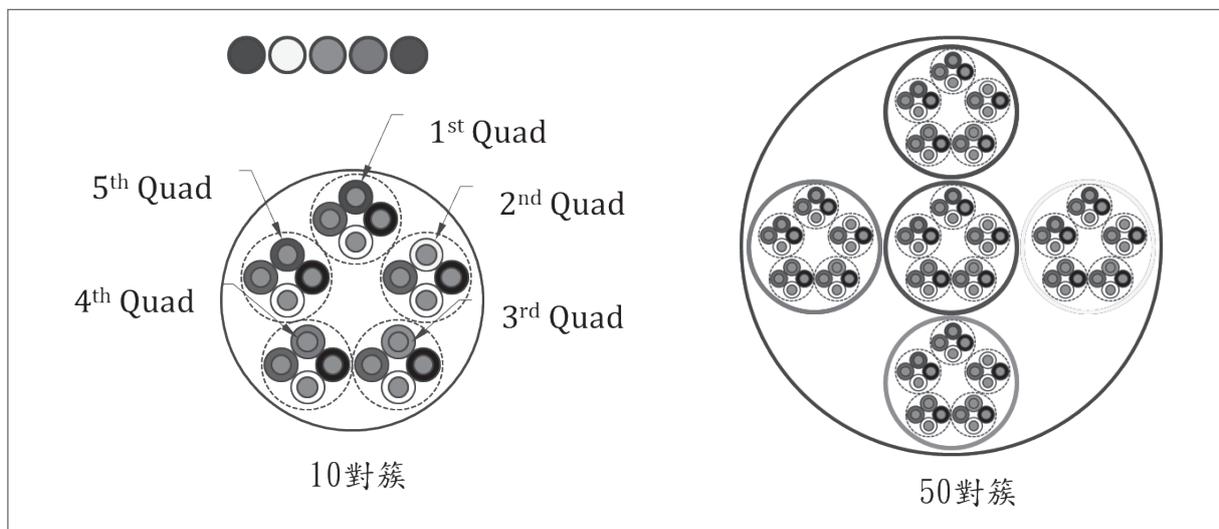


圖 5 電話PE-PVC電纜心線排列

編紮50對簇時，僅用一條藍色廢心線將簇群網繞即可，如圖6所示，50對簇內之10對簇群必須依色碼順序排列。

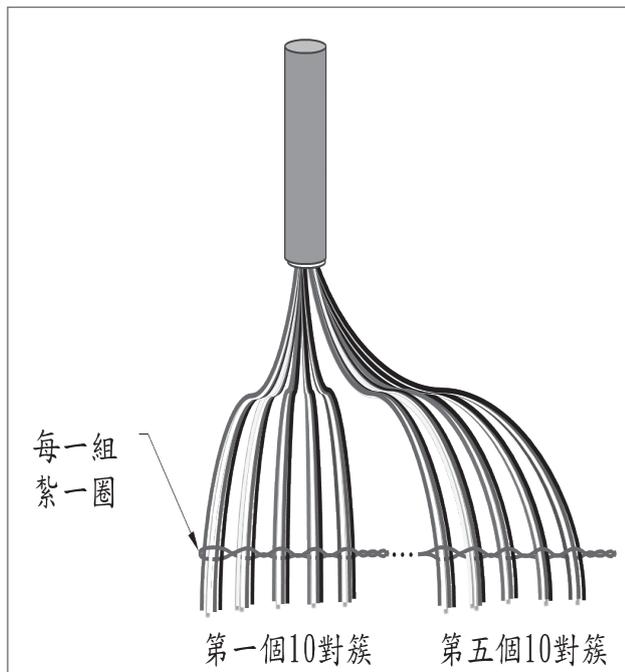


圖 6 10對簇及50對簇電纜心線編紮

(二) 心線對照

心線對照之所以重要，除了維護住戶權益外，也幫助通信工程行及電信公司節省驗收成本。因為等交屋後才發現芯線錯接，會造成三輸的局面。首先住戶無法通信，其次電信公司損失營收，最後該施工班必須再派工到現場一一配合住戶進屋查修。

心線依照色碼打入端子板後，從電信室總配線架到各樓層，電信主箱內端子板上的色序應完全一樣，從電信室總配線架到各戶DD箱內，心線色碼應與配線設計時的配線相對應。但是「吃燒餅會掉芝麻」，任誰都無法確保每一對心線兩端都是正確的對接，也無法知道是那一對錯接，要找出這些錯接，就只能靠心線對照。

1. 心線對照器

心線對照必須靠「心線對照器」，如圖7所示。這機器本身就是一組用耳機的有線對講機，兩端利用雙方約定好的一對心線通話，再用探針碰觸同一條心線，判斷錯接與否。電信工程業界也有採用三用電錶或蜂鳴器來測試。

測試前先測試對照機，倘若功能正常，兩根探針相碰觸就會發出「嘟」一聲。對照時，把其中一副耳機移到線路的另一端，雙方約定溝通線對通話後，雙方移動探針，如果碰的是同一條心線就會聽到嘟聲。

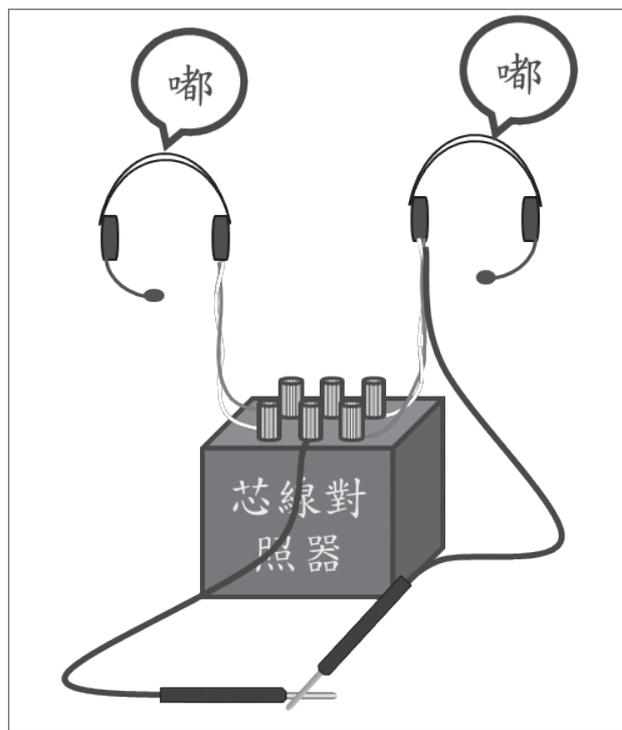


圖 7 心線對照器示意圖

2. 電纜心線對照

圖8為屋內電信網路架構，從電信室開始垂直幹纜沿著升位管道到各樓層的電信主配箱，再順著水平管道進入宅內。垂直幹纜依建築規模從10對到數百對不等，每升位到一



個樓層即依該樓層戶數配接心線，每戶10對，到最高層只剩下預留的心線。

目前業界的作法是在宅內配線箱內以複接的方式，把水平PE-PVC電纜進線心線配接到宅內各房間電信插座，再依網路線心線順序對應PE-PVC電纜色碼接續心線。如果接對，宅內和電信室的對照耳機同時響起“嘟”聲，表示線路內的電路暢通，如圖內的粗虛線所示。若聽不到聲音，表示該對線路錯接。此時只能沿線路架構從宅內一路往電信室查修，直到找到錯接線對為止。

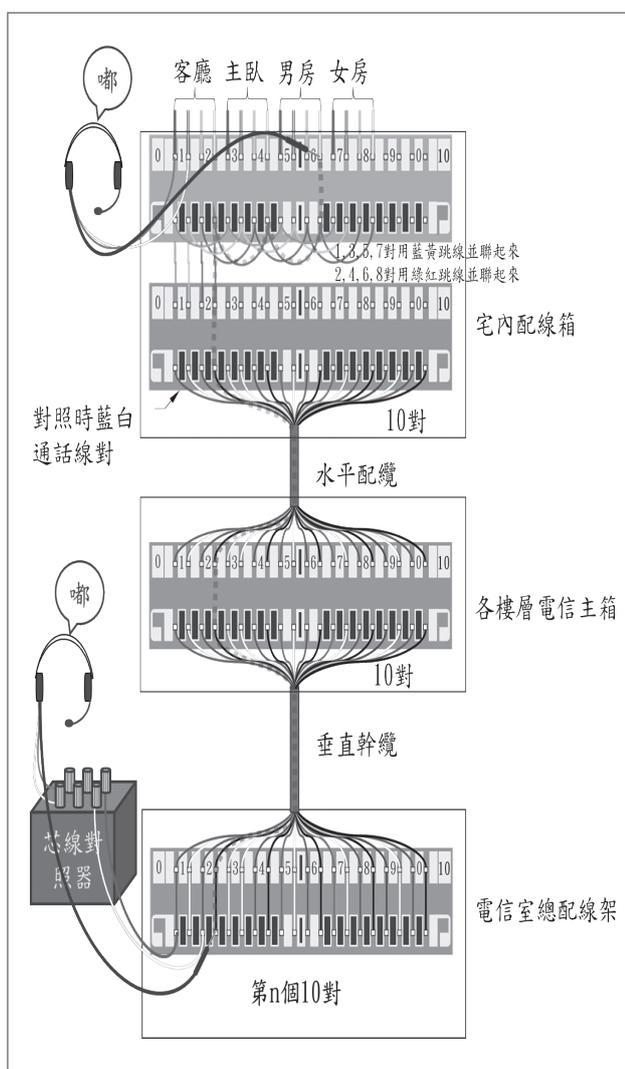


圖 8 電纜心線對照示意圖

五、網路線測試

CLE-EL-3600-10第4.3.3點規定：「主幹配線方式…提供用戶電話或語音使用時，應採用PE-PVC屋內電纜、FRPE-LSNHPE 屋內電纜或第五類（以下簡稱 Cat 5e）以上等級之對絞型數據電纜；提供用戶寬頻數據使用時，應採用Cat 6對絞型數據以上等級之電纜，最大配線長度為90m」，在第18.5.4點又規定，網路線設計供數據埠使用之測試項目及標準，有接腳連線、傳輸特性測試及長度測試等三大項。茲將其重要性分述如後：

（一）接腳連線測試

CAT 5e雖僅使用兩對線，但另兩對可能會用來提供電力（Power Over Ethernet, POE），CAT 6則四對全用於通信。任一種電纜萬一錯接，不但會造成串音，兩端設備也無法正確的連線，故必須做接腳測試。

目前業界採用的網路線配線標準有T568A或T568B兩種，只要施作後不同於前面的任一種，包含斷線及短路，就是錯誤。

（二）傳輸特性測試

信號在線路中功率變小、某一對線的信號竄到鄰近線對、產生反射或速度太慢等現象，在所難免，但這些現象必須控制在符合網路通信標準內，所以要做傳輸特性測試。

而網路線測試又分成兩種：一是通道測試（Cannel Link），是加上網路線兩端跳線後的測試形式；另一是永久鏈路測試（Permanent Link），即由現場施工人員施作的部分。

依CLE-EL-3600-10規定，以上兩種可選其中的一種測試型態進行審驗。惟施工現場測

試時使用者尚未上線，無法得知所用之跳線是否符合標準，測試者只得自行準備標準跳線進行通道測試。而永久鏈路就在現場，可以即刻進行測試。

永久鏈路測試有兩個目的：1.使鏈路能因應未來網路線通信新趨勢；2.確保驗收合格的鏈路連接使用者的跳線（正常跳線）後，仍能符合通道測試的要求。

永久鏈路的傳輸特性測試項目如下：

1. 衰減量（Insertion Loss或Attenuation，簡稱IL）

網路線心線本身即帶有電阻，接頭部分也有接續電阻，兩者都會妨礙信號電流通，使電能轉換成熱，形成無效能量而造成衰減（Attenuation）。衰減來自線路及施工品質，線條品質於採購時決定，布放及接續由施工人員施作，因為是後來才加入鏈路，所以叫插入損失（Insertion Loss），本測試標準請參閱CLE-EL-3600-10表18-9所列頻率及數值。

2. 串音測試

在一條網路線內，某一對線測得相鄰線對的信號功率，稱為「串音」，以dB表示，依CLE-EL-3600-10表18-10-18-13，dB數越高表示串音量越小。若發生在發信端，稱為「近端串音」（Near End Crosstalk, NEXT），發生在收信端的串音稱為「遠端串音」（Far End Crosstalk, FEXT），又叫「遠端衰減串音比」（Attenuation to Crosstalk Ratio, Far-end, ACRF）。圖9的遠端串音只量測兩對線之間的串音，稱為「對與對遠端衰減串音比」（Pair-to-Pair Attenuation to Crosstalk Ratio, Far-end, 簡稱p-pACRF）。

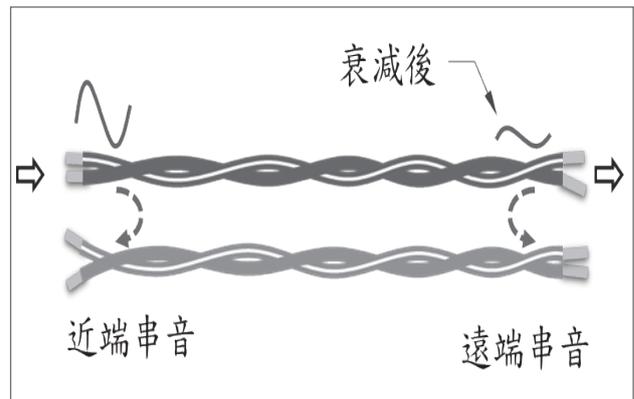


圖 9 近端與遠端串音

其實，網路線串音不是單純的只有與遠端、近端之分，因纜線結構關係，四對線會彼此互相串音，即為多重近端串音衰減量（Power Sum Near End Crosstalk, PSNEXT）及多重遠端衰減串音比（Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio, Far-end, PSACRF）的現象，如圖10所示。

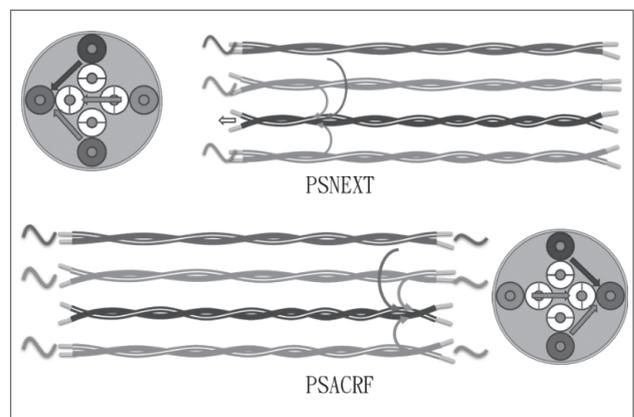


圖 10 纜線內多重串音

3. 回流損失測試

「回流」一詞是指信號在線路插入點反射回發信端的量，如圖11所示，這些反射都是因施工品質不良所引起。反射信號會把輸入信號弄混濁，使線路該有的傳輸速率下降。

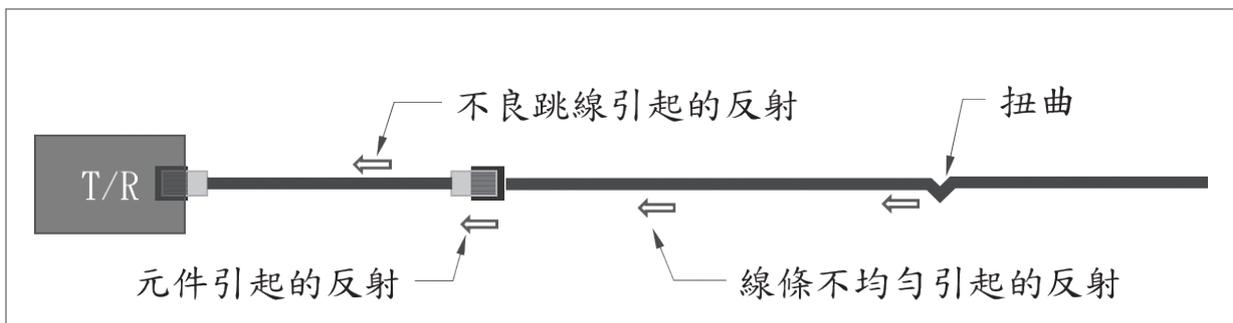


圖 11 鏈路內反射的信號

4. 傳播延遲與延遲差異測試

傳播延遲 (Propagation Delay, PD) 及延遲差異 (Propagation Delay Skew, PDS) 測試各有其目的，前者是量測信號脈衝在100公尺的線路內，從送端跑到收端所用的時間，若不符標準要求就很難維持標準傳輸率；後者是量測信號在四對心線內，因扭絞長度

不同而造成的傳輸延遲差異。

圖12說明了造成差異的原因，圖內四對線，扭絞絞距較短的線條為長，反之較短。四個脈衝同時進入，會因絞距長短的不同而造成到達終端時間的不同，在永久鏈不得超過44ns。



圖 12 傳播延遲差異示意圖

5. 長度測試

網路線配線規定，永久鏈路長度不得超過90公尺，通道鏈路長度不得超過100公尺。

不過，有兩種情況會使線路超長，一是留太多餘長，這一點發生的機率不高，因為一

般承包商會盡量節省用線；另一是屋內格局變更設計，使得原先設計的路由必須繞道導致線路過長，像這樣的線路應註明原因並排除審驗項目之外。

六、光纖纜線的損耗測試

屋內光纖網路的建置是靠「光纜」及「光纖」完成接續及終端處理後，才算完成。

造成光纖內光信號損耗的原因很多，不當的光纜布放過程會造成光纖彎曲；不良的熔接會產生過大的熔接損失；不乾淨的連接器會反射光信號；在收容盤內不正確的收容光纖也會引起光纖彎曲損失。光纖錯接會使得光纖訊號完全跑錯方向，這些問題可經由光纖測試找出，因此需要做光纖鏈路測試。

光纖的測試分鏈結（Link）測試及OTDR

測試兩種，茲分述如下：

（一）光纖鏈結測試（光功率測試）

鏈結測試波長單模態光纖必須是1310nm及1550nm兩種，前者用來審驗鏈結損失，因為其損失大於1550；後者用來測試彎曲，因為其1550對彎曲比1310敏感。多模態光纖則用850nm及1300nm兩種波長測試，兩波長的測試功能與單模態的相同。

此測試的目的是審驗光纖接續品質及光纖是否錯接，測試架構如圖13所示：

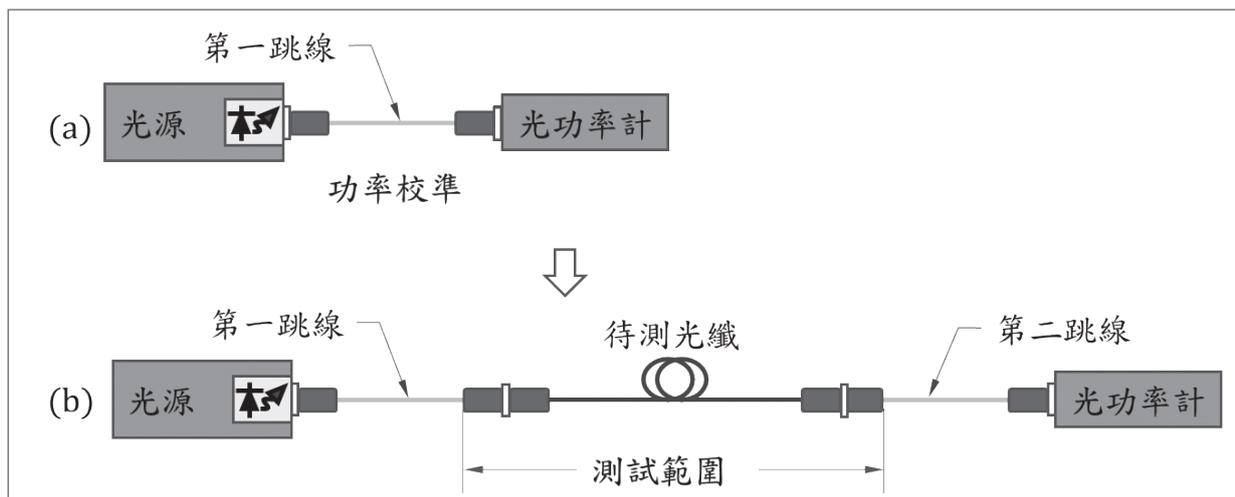


圖 13 光纖鏈結測試架構

(a) 圖功率校準目的是確認光源輸出的功率是1mW，此時光功率計上顯示的數字應為0dBm，表示接收到1mW。中間雖有跳線，但該跳線只有2公尺長，損失可以忽略。(a)圖又顯示，校準時光源與光功率除了機器本身所附的連接器插座及跳線兩端的插頭外，兩者之間無任何連接器。

(b) 圖為測試型態，圖中顯示光源連第一

跳線接到鏈路的一端，光功率計接到另一端，但必須加第二條跳線。這時光功率計收到的是經過待測光纖損失後的功率，也就是審驗的數值。

會出現第二跳線的原因有兩個：1.第二條跳線損失可忽略；2.光功率校準時光源與光功率之間無任何連接器，故(b)圖中的兩個連接器屬待測光纖本身。



鏈結損失測試值計算公式為： $\alpha = L_f + L_s + N_s + L_c + N_c$ ，其中 L_f 指的是光纖損失係數（dB/Km）； L 為現場布放的光纖長度（Km）； L_s 為光纖熔接損失（dB）； N_s 為接續點數量，依光纖布放技術而定，氣吹式僅在光纖兩端，微簇型光纖則增加水平與垂直光纖接續點； L_c 為光纖連接器損失（dB）； N_c 為連接器數量，氣吹式僅兩端豬尾巴有連接器，微簇型光纖則視施工方式而定，水平與垂直亦有用連接器者，就多了一個連接點。

所布放光纖之全數光纖依CLE-EL-3600-10表18-5A規定必須做雙向測試，原因有二：1.因為一條光纖有數心光纖，若任兩心錯接A、B兩端，對測時立即可判斷；2.連接器的反射從A向B看，會不同於從B向A看，必須兩者加起來除以2才是真正的損耗。

（二）OTDR測試

CLE-EL-3600-10並未規定必須做OTDR測試，僅建議於必要時用來測試鏈路長度及找出障礙點。不過，如果審驗的光纖網路是涵

蓋一個園區或是一個廠區時，光纖長度可能超過一公里，或者中間有分歧接續，中間有任何的光纖障礙，用光功率測試是無法找出的，此時可用OTDR做輔助測試。

七、結論

國家通訊傳播委員會依據「電信管理法」第49條第7項規定，制定「建築物屋內外電信設備設置技術規範」，目的為確保人民建築物屋內外電信設備之設置，保障民眾通訊傳播服務品質及權益。

「電信管理法」第49條第7項規定：「建築物電信設備及相關建置空間，其設計圖說於申報開工前，應先經主管機關審查，並於完工後報主管機關審驗。經審驗合格，電信事業始得使用」，買屋者交屋後經入住使用，方知建築物電信屋內配線有問題，常常無從處理，如能在興建過程中有審驗機構幫忙把關，確保電信管箱接地、電話纜線、寬頻纜線及光纖纜線之品質，將可保障住戶的權益，並提升國家通信環境。

（本文作者為台灣區電信工程工業同業公會 電信審驗中心 執行長）
本篇投稿於國家通訊傳播委員會NCC NEWS 112年 6月號

