

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：實習)

長途新光纜 (G655) 建設技術實習報告

服務機關	中華電信公司 長途及行動通信分公司	中華電信公司 長途及行動通信分公司
出國人：職稱	工程師	工程師
姓名	許文容	吳隆山
出國地區：	德國慕尼黑法蘭克福	
出國期間：	90年8月18日至90年8月31日	
報告日期：	90年12月12日	

摘要

本出國實習案係依本分公司長途新光纜（G655）建設採購案執行國外訓練部分，依中華電信九十年度資本資出派員出國計畫辦理，職等二人奉派赴光纜製造廠商-德國康寧公司(CORNING)，實習非零色散光纜（NZD：Non-Zero Dispersion Shifted Fiber）之相關技術，接受為期二週之實習訓練，目的在於熟習本光纜建設案之各項光纖熔接技術及光纜接續盒施工技術，以增進本分公司對該項新光纜之設計、施工及日後使用維運之能力。

本建設案係為滿足傳輸系統技術需求，提供寬頻多媒體服務所需頻寬，降低電路建設成本，及時提供高可靠度、容量擴充富彈性、成本較低的長途光纖網路；本案除採購康寧光纜公司產製之非零色散光纜，並採購光纖熔接機、光時域反射器、光功率器及光纜接續盒等相關施工器材，本實習除研習其功能、特性以外，並以實際操作演練為主要重點，俾使未來工程能順利執行。

目 次

摘要	1
一、目的	3
二、過程	3
三、心得	4
1. 非零色散光纜簡介	4
2. 佈放光纜	12
3. X-60 光纖熔接機	14
4. 光纜接續盒	21
5. 光纜測試	30
6. 施工注意事項	33
四、觀感及建議事項	34

一、目的

為滿足本分公司傳輸系統技術需求，以配合台灣西部長途幹線建設計畫，提供寬頻多媒體服務所需頻寬，降低電路建設成本，強化競爭力，俾及時提供可靠度高、容量擴充富彈性、成本較低的長途光纖網路。本分公司適時引進非零色散 (NZD ; Non-Zero Dispersion shifted) 新光纜，必可與高密度分波多工(DWDM), 摻鉕光纖放大器(EDFA)及大容量 SDH 等傳輸設備相結合，達成上述目標。

本案得標商台通光電公司所代理之製造商德國(CORNING)公司在研發及製造非零色散光纜上，已累積多年經驗，並於全球各地區有良好之銷售實績記錄，其市場佔有率首屈一指。為學習本項光纜之性能和接續操作技術，以利日後建設設計、施工及維運工作，此即本次出國實習之主要目的。

二、過程

本出國計畫案共派遣二人赴德國實習，於八月十八日啟程，搭機由台北經阿姆斯特丹轉赴德國慕尼黑市（實習地點）；八月二十日上午在康寧公司(CORNING)訓練中心作培訓人員、指導人員介紹及訓練環境簡介之後隨即展開前五天的實習課程，八月二十五日搭車轉赴德國法蘭克福市，展開後三天的實習課程，八月二十九日實習課程結束，正式完成整個實習課程，八月三十日整理相關資料後束裝返台，詳細行程及實習課程如下：

八月十八、十九日（星期六、日） 啟程赴德國慕尼黑市。

八月二十、二十四日（星期一~五） 非零色散光纜技術及接續原理簡介，光纜製造廠現場見習。

八月二十五、二十六日（星期六、日） 行程及例假日休息。

八月二十七、二十九日（星期一~三） 光纖熔接機介紹及接續操作實習，光纖接續盒介紹及接續盒操作實習。

八月三十、三十一日（星期四、五） 整理相關資料及返台。

三、心得

1. 非零色散光纖簡介

1.1 概述：

本案的光纖製造商為德國康寧(CORNING)光纖公司，為進一步了解該非零色散光纖相關技術，由承商台通光電公司安排赴康寧光纖公司實習。

1.2 技術演進：

由於光傳輸技術持續改進，促使光纖設計技術推陳出新，近十年來有許多光纖設計從改善傳統單模光纖特性到研發新一代光纖，以應傳輸需求。

近來為了配合頻寬快速需求，光纖製造者必須推出更新更前進的光纖設計，導致不同型式光纖技術及測量新技術。

傳統光纖(G652)使用的 1310nm 光波段，以其具有較低色散，惟光損失較大。接著業者推出色散遷移型光纖 (G653)，其色散零值在 1550nm 附近，該波段具較小的光損失，有利於光放大器使用而提昇傳輸間距。但當使用 DWDM 時，上述光纖易造成四波混合等非線性效應，而使其性能受到限制。

因此業者認為基本上設定一色散值可以降低四波混合，於是研發推出非零色散光纖，這種光纖可以改善如四波混合等非線性效應。康寧光纖公司更提出增加光纖有效截面積，對於 10Gbps 系統而言，可提供截面積及色散間之最佳均衡，並可以改善如自相調制及互相調制非線性效應，這樣的光纖更具網路經濟及性能優異之

功。

長途傳輸技術以驚人速率邁進，欲維持最低的初次成本，業者競相採用此非零色散技術。下一代光纖勢必在減低非線性效應，經由增加截面積、降低色散及斜率值，以及新技術如 L-band S-band 與更高傳輸速率之間取得均衡，以滿足用戶需求。

1.3 主要規格性能：

本案的光纖採用 Corning LEAF 非零色散光纖，該光纖經該公司特殊的製造技術，纖核之折射率呈一山型的剖面如圖 1.1 所示，其目的係使光能依軸心均勻分布，可以減低光功率峰值及降低非線性效應，其主要規格性能分述如下。

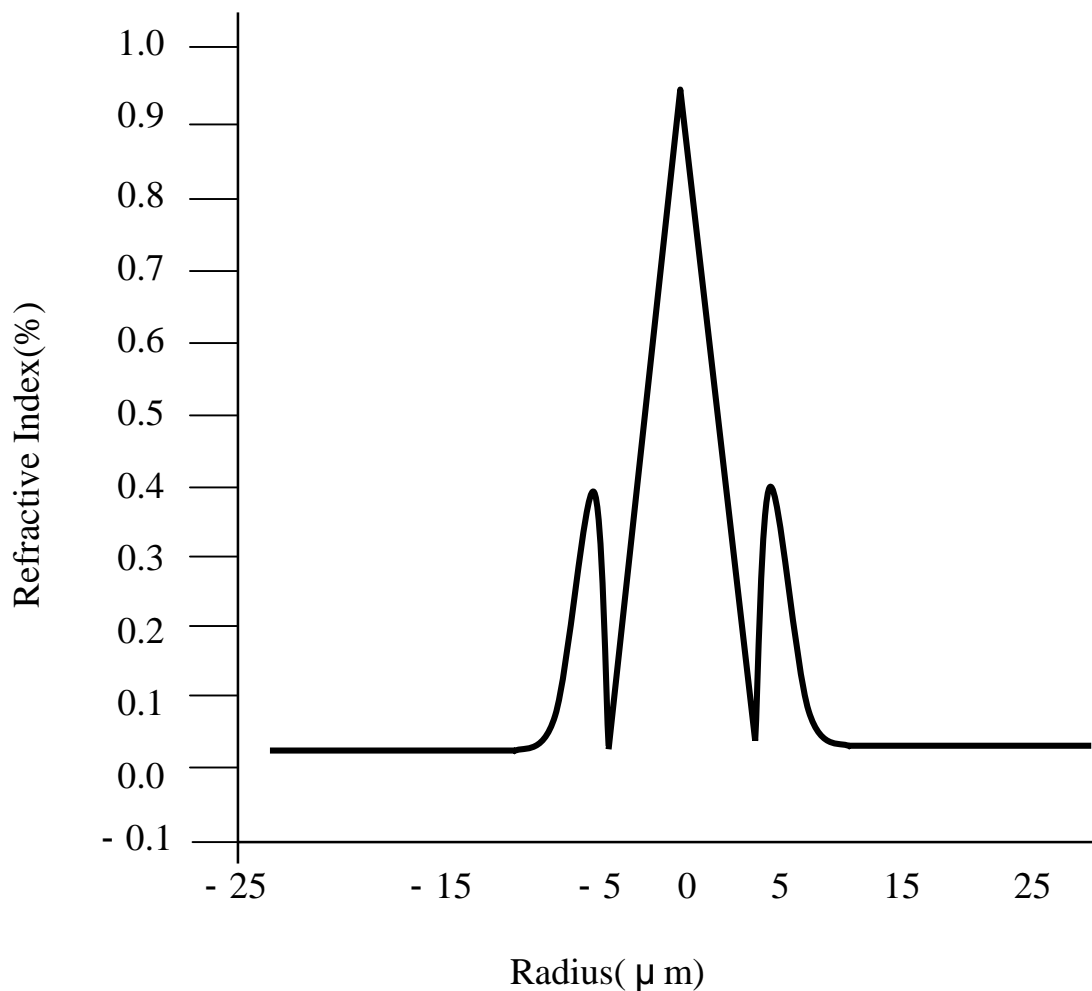


圖 1.1 折射率剖面圖

非零色散光纖主要特性如下：

模場直徑 (1550nm)	9.0±10% μ m
裸光纖外徑	125±1.0 μ m
裸光纖偏心率	0.6 μ m
裸光纖纖殼偏圓率	1%
保護層偏心率	12 μ m
折射率 (1550nm)	1.469
有效截面積 A_{eff}	72 μ m ²
光損失 (1550nm,24±8)	0.25dB/km
光損失 (1550 1625nm,24±8)	其值與 1550 參考波長損失值 相差在 0.05 dB/km
損失均勻性 (1550±25nm)	0.1dB
色散斜率最大值 (1550 1625nm)	0.090ps/km-nm ²
光色散值 (1530 1565nm)	2.0 D 6.0ps/nm-km
光色散值 (1565 1625nm)	4.5 D 11.2ps/nm-km
最大色散 (1530 1565nm) 最大值(Dmax)與最小值(Dmin)	Dmax Dmin+5.0 ps/nm-km
最大色散 (1565 1625nm) 最大值(Dmax)與最小值(Dmin)	Dmax Dmin+7.0 ps/nm-km
彎曲損失 (1550、1625nm) (繞在直徑 32mm 軸上一圈)	0.5dB

極化模分散 PMD (Polarization Mode Dispersion)	0.2ps/km ^{1/2}
截止波長 cc (Cabled Cutoff Wavelength)	1480nm

光纜主要特性如下：

光纜型號：A-DSF2Y(L)2Y	
光纖心數：	96 心
完成外徑：	20.5mm
完成重量：	260kg/km
最小彎曲半徑：動態	300mm
靜態	180mm
張力強度：短期間（安裝）	2700N
長期間（安裝後）	1300N
工作及儲藏溫度範圍	-30 +60
安裝溫度範圍	0 +60

本案非零色散光纖規格性能當中，跟以往傳統光纖比較不同者有色散值、極化模分散 PMD 及有效截面積 A_{eff} 等，分別說明如下：

1.4 色散值之特點

在一般傳統單模光纖（G652）其零色散值在 1310nm 附近，應用在 1310nm 及 1550nm 波段，由於在 1550nm 附近之色散值達

17ps/nm.km，造成當傳輸速率大於 2.5Gbps 時，必須加裝色散補償器。

至於色散遷移型光纖 (G653)，其色散零值在 1550nm 附近如圖 1.2 所示，其優點是該波段具最小的光損失值，可使用光放大器以提昇傳輸間距，但當使用 DWDM 時，造成四波混合等非線性效應而使其性能受到限制。

因此，非零色散光纖應運而生，其使 1530 1625nm 波段具有不為零的低色散值如圖 1.2 所示，以保證可抑制四波混合等非線性效應，同時色散值保持在 12ps/nm.km 以下，以便使 2.5Gbps 傳輸距離可達 1000 公里而 10 Gbps 可達 250 公里，不必加裝色散補償，這使得此非零色散光纖在長途及海纜系統更具優異性能。

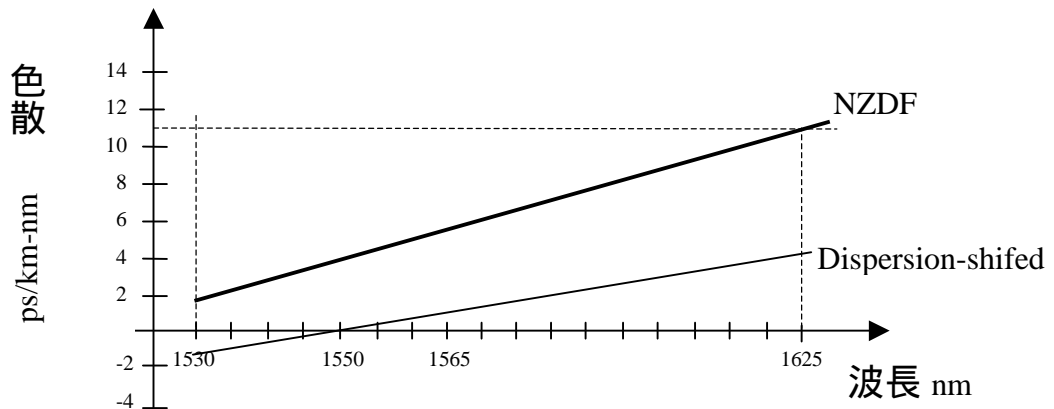


圖 1.2 色散分佈圖

1.5 極化模分散概述

傳統單模光纖使用 1310nm 波段，由於光纖損失較大而限制傳輸距離，惟其色散值較小，傳輸速率較低且大多使用單一波長。當長途傳輸速率增加，大部分系統改採光損失較低的 1550nm 波

長，當採用光放大器及 DWDM 以增加傳輸距離及速率時，色散及非線性效應成為主要限制考慮因素。

在單模光纖傳輸，光波主要含兩垂直的極化模態。理想光纖由於幾何及張力分佈均勻，兩垂直波傳至光纖另一端仍保持垂直且無延遲。然而實際光纖卻不然，兩垂直波傳送速率不同因而在不同時間抵達光纖另一端而造成極化模分散(PMD)，可由圖 1.3 加以說明。

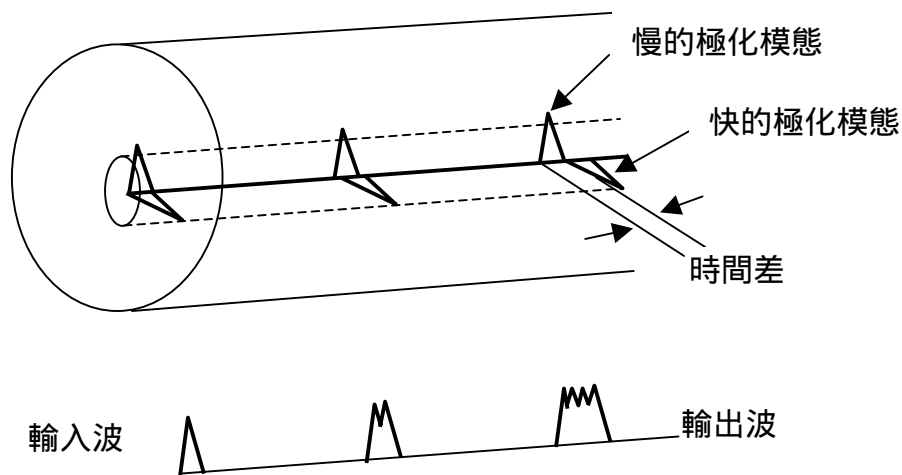


圖 1.3 PMD 概念圖

PMD 對系統造成如同色散產生的效應，脈波變寬而使傳輸速率受限。然而 PMD 影響較色散不顯著，惟在 10Gbps 以上系統則必須加以考慮，經由研究最大傳輸距離 L_{max} 與 PMD 關係式如圖 1.4。

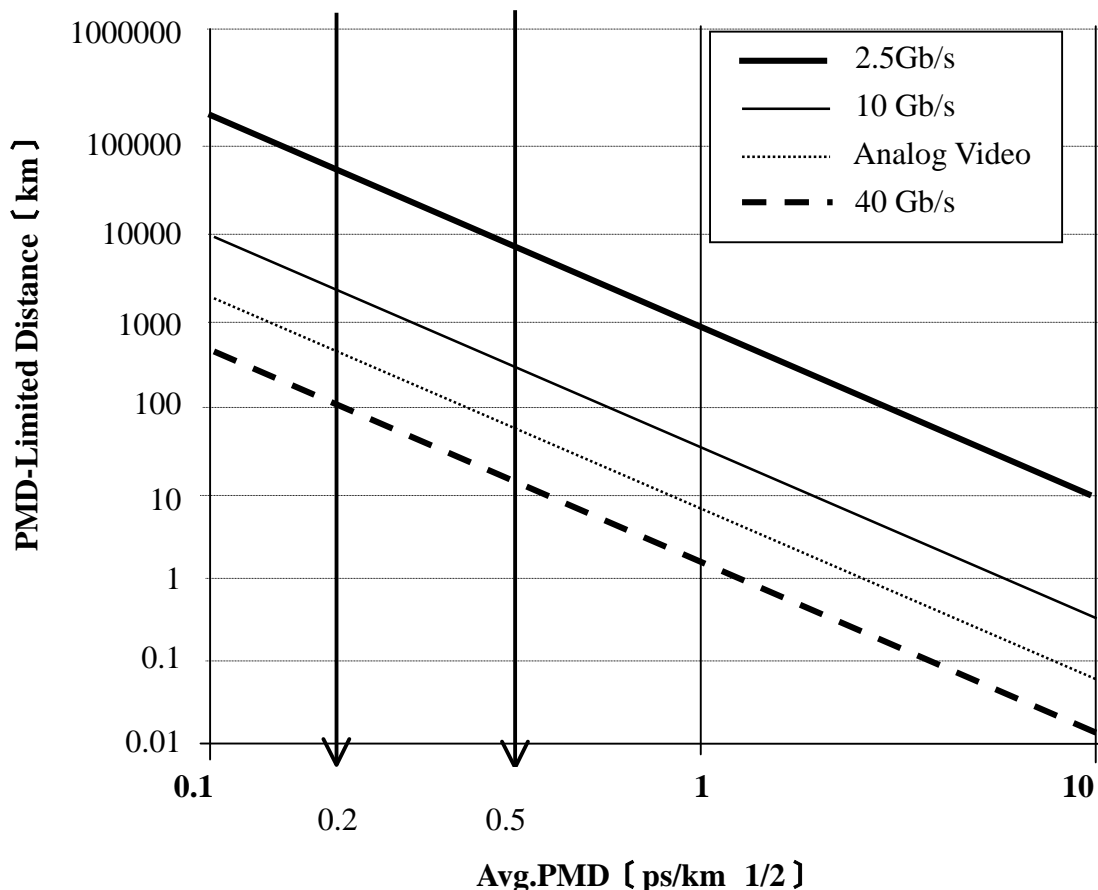


圖 1.4 PMD 系統限制圖

為了說明 PMD 與最大傳輸距離之關係舉例如下表，因為 PMD 具有統計特性，單一光纖之 PMD 並非系統容量的好指標，必須將多條連結光纖之鏈路 PMD 值來描述較為妥切，同時光纖在成纜過程中可能稍為增加或減少光纖之 PMD 值。所以在系統設計時，最好採取鏈路的 PMD 值。為了比較最大傳輸距離與 PMD 的關係可參考表 1.1。

表 1.1 PMD 與傳輸距離關係表

PMDps/ $\overline{\text{km}}$)	2.5Gb/s	10Gb/s	40Gb/s
3.0	180km	11km	< 1km
1.0	1,600km	100km	6km
0.5	6,400km	400km	25km
0.1	160,000km	10,000km	625km

1.6 LEAF 光纖有效截面積特點

本節摘要描述 LEAF 光纖之特點，首先將該光纖與其他光纖之色散及有效截面積 A_{eff} 比較如下：

光纖類型	色散	有效截面積	年份
標準 SMF 光纖	18ps/nm-km	80 μm^2	1983
SMF/DS 光纖	0.5ps/nm-km	50 μm^2	1985
SMF-LS 光纖	1.5ps/nm-km	55 μm^2	1994
TrueWave 光纖	1.5ps/nm-km	55 μm^2	1994
TW/RS 光纖	3.5ps/nm-km	55 μm^2	1998
LEAF 光纖	4ps/nm-km	72 μm^2	1998

LEAF 光纖的 A_{eff} 值平均為 72 μm^2 ，可使功率處理能力提高 1/3，其優點如下：

傳輸距離更長

—比 SMF 或標準 NZ-DSF 跨距更大

—放大器間距：標準 NZ-DSF 為 80 公里

而 LEAF 光纖為 90 公里

性能更好

—信噪比(SNR)更高，BER 值更低

—信號頻道更多

靈活性更大

上述結果經建立模型及試驗而得到證實 LEAF 大有效截面積光纖能減少所有的非線性效應，其相互關係如下表所示，我們可以看出色散增加僅對四波混頻有效，而大有效截面積可抑制各類非線性效應。

有效截面積，色散，和非線性效應間的相互關係如表 1.2 所示

表 1.2 有效截面積與非線性效應關係

項 目	↑ 色散 Dispersion	↑ 有效截面積 Effective Area
四波混頻 Four Wave Mixing	↓	↓
自相位調制 Self Phase Modulation	↑	↓
互相位調制 Cross Phase Modulation	↑ ↓	↓

2. 佈放光纜

本採購案未採購任何有關佈纜之機具，但由康寧公司所提供之直埋及管道兩種光纜的佈放工法的資料，與現行標準工法比對差異極少。一般來說 G655 光纜因將使用於更寬的頻帶及更高的速率，對於擠壓損傷、彎曲損失及拉力應變等更具敏感性，所以在佈放及接續過程中需倍加小心，以確保該光纖預期之使用效果。

本案光纜施工應注意施工曲率半徑大於光纜外徑 20 倍，光纜拉力小於 273 公斤，每分鐘佈放小於 25 公尺之規定等，僅就目前國內光纜施工仍有需加強注意改善之處，臚列如下，供施工參考。

- (1) 在人孔、手孔管道口頸部及出口處雖放有導輪，惟一般導輪因受限於空間，無法有足夠的曲率半徑，若以小角度直接牽引將導

致最小工作曲率半徑(光纜直徑的 20 倍)不足，而傷及光纜，因此以人力、車輛直接在人孔上沿馬路方向牽引應予避免。

- (2)光纜盤放倒屯放、搬運及佈放應嚴格禁止，此舉將導致光纜側壓太大而傷及光纖。以前曾在發包工程中看到承商以吊車吊住平放之光纜盤替代直立千斤頂來佈放光纜，應予禁止。
- (3)以目前本分公司光纜段長 2000 公尺左右，分兩邊以打 方向佈放是必須的，單邊 1000 公尺不論中間幫拉或同步以兩部牽引機牽引皆可，但絕不可只由末端牽引，以免拉力可能超過規定值 273 公斤。
- (4)依研究報告顯示目前各式結構光纜拉力若超過 600lbs(273kg)或受到過度的彎曲，光纖雖不見得會立刻破斷，但因製造過程中難免留有細微裂痕，施工中所加應力會集中於裂痕處使其加深，此應力疲勞現象可能導致日後光纖稍因外力而斷裂。且光纖所受殘留應力將永存光纖內，不會因施工完成，張力消失而減少，此現象與一般玻璃輕微裂痕處可導致整片玻璃破裂之原因是相同的。因此施工中如何避免超過規定拉力值是個緊要的課題。
- (5)目前本分公司光纜施工大部分採發包，小部分自辦。但據了解除於 77 年間在台澎海纜系統中所採購的佈纜車有完整的拉力、速度限制設備外，目前尚在高雄營運處使用中，但已老舊。雖有意再採購，但因規格、價格等因素，並未實現。其他無論本分公司或承商皆沒有相關設備，此亦導致雖然施工規範有拉力 273 公斤及速度每分鐘小於 25 公尺之限制，但卻不易執行的之原因，施工中除非立即發生光纖斷裂，否則過拉力所產生之應變值是不易被發現的。

(6)本工程所購 G655 光纜未來將可能使用 32 以上之 DWDM 及 10G bits 以上之高速率傳輸設備，且光纜價格相對昂貴，故嚴格要求施工品質是有必要的。據了解目前國內佈纜機具廠商已有光纜專用牽引機，但有關拉力及速度限制之顯示裝置仍有待開發應用。

(7)為使光纜佈放能符合要求，明年初開始佈纜時不管發包或自辦，有關拉力之限制應訂出一套可行之執行方法，初步構想如下：

絕對禁止以車輛直接牽引。

以人力牽引時單點不得超過 3 人。

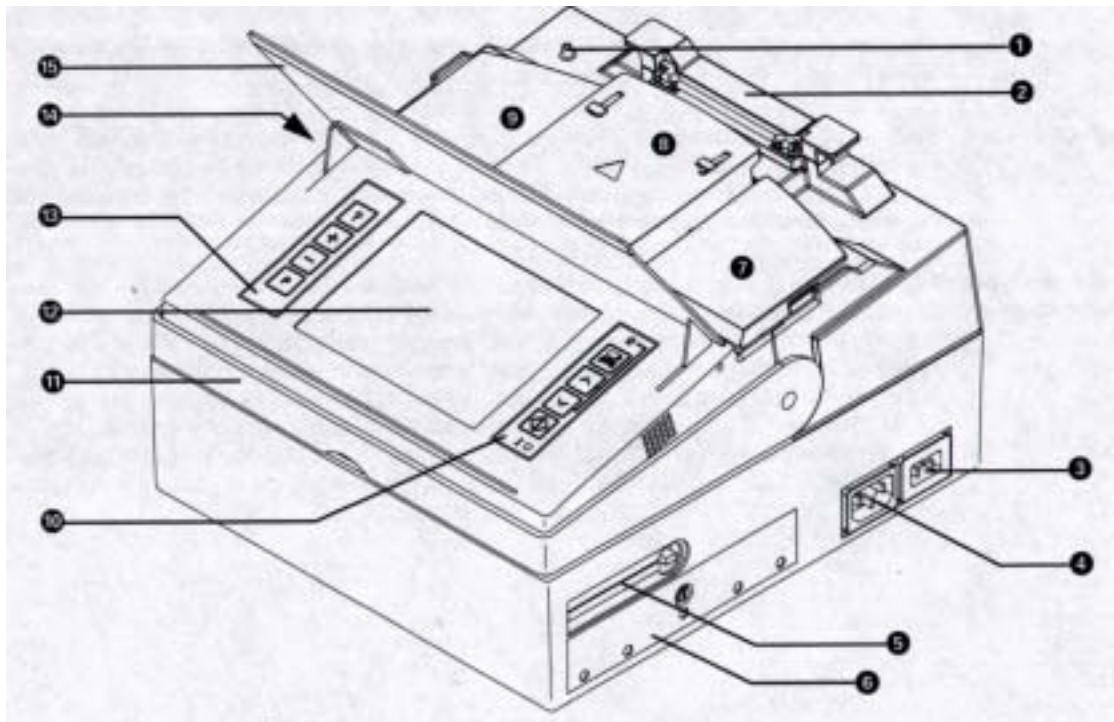
光纜必須通過的導輪曲率半徑不得小於光纜外徑的 20 倍。

以牽引機或絞盤車牽引需具備拉力及速度之控制裝置，並有過拉力及超速之防止設備，該設備應檢具可信之測試數據，以證明其有效性。

3. X-60 光纖熔接機

本案工程 G655 光纖採用熔接接續(Fusion Splice)方式，新購 RXS-X.60 熔接機 9 部均已加入 Corning 公司 LEAF Fiber 之熔接程式，本案工程之光纖接續直接選用該程式即可，若為其他廠牌之非零色散遷移光纖，則仍應自行試出最佳參數值。

3.1 熔接機設備概觀

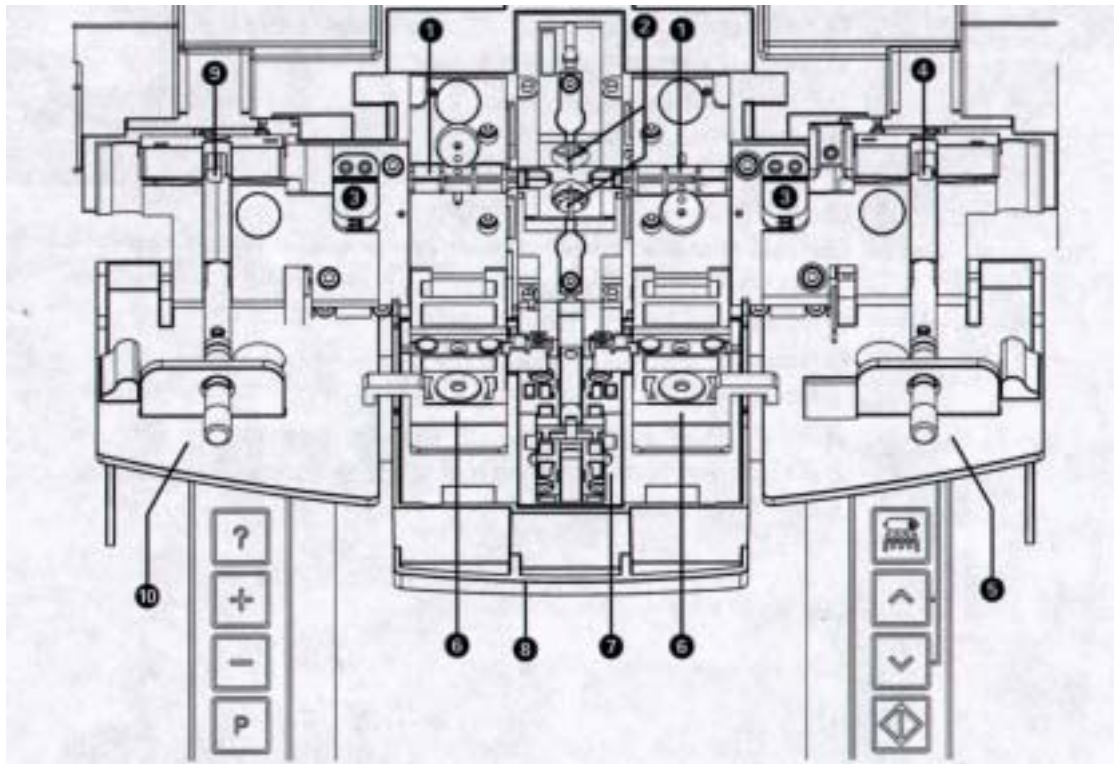


- | | |
|---------------------|------------------|
| ① 外接 LID(射入/接收)裝置系統 | ⑧ 電擊棒及照明光源保護蓋 |
| ② 熱縮保護套管加熱器 | ⑨ 射入端蓋板 |
| ③ DC 12V 直流電源連接器 | ⑩ 控制面板 |
| ④ AC 交流電源連接器 | (11) 手提式把手 |
| ⑤ PC MCIA 卡 | (12) LCD 液晶螢幕顯示器 |
| ⑥ 充電電池組 | (13) 控制面板 |
| ⑦ 接收端蓋板 | (14) 螢幕保護蓋支架 |
| | (15) 螢幕保護蓋 |

備註：外接 LID(射入/接收)裝置系統：

當熔接機使用於光纖被覆外徑大於 250um 或特殊被覆著色層過深,熔接機無法使用 LID 之微彎或導入光纖行使自動熔接並顯示接續值,可經由此端外接光源(LID 系統)行使全自動熔接,惟若使用 PAS 影像直視式之功能選擇則可完成全自動熔接並顯示接續損失值。

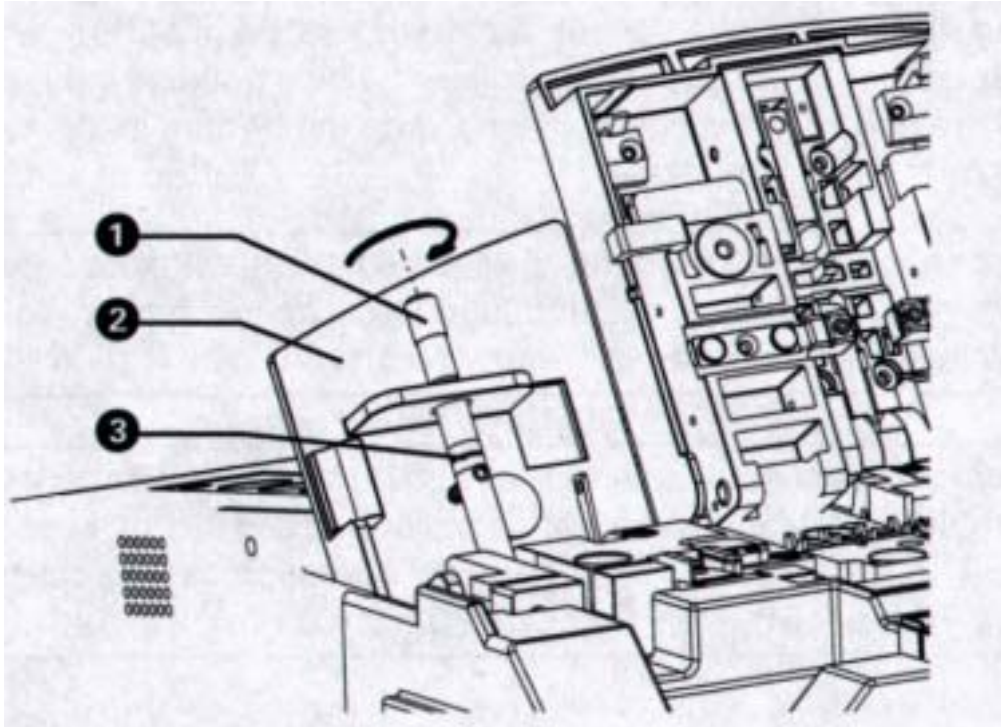
3.2 熔接器模組



- | | |
|-------------|---------------|
| ① V 型槽光纖固定座 | ⑥ V 型槽保護固定座夾板 |
| ② 電擊棒 | ⑦ 電擊棒保護蓋 |
| ③ 光纖固定座 | ⑧ 電擊棒及照明光源保護蓋 |
| ④ 光源接收端 | ⑨ 光源射入端 |
| ⑤ 接收端蓋板 | ⑩ 射入端蓋板 |

- | | | | |
|--|-----------|--|----------------------|
| | 確認/輸入鍵 | | 熱縮保護套管加熱器
啟動鍵 |
| | 向上選擇鍵 | | 預留未來功能鍵
(目前無任何功能) |
| | 向下選擇鍵 | | |
| | 程式目錄鍵 | | |
| | 數值調整鍵(增量) | | |
| | 數值調整鍵(減量) | | |

3.3 射入/接收端裝置



- ❶ 匹配液注入控制套帽：若發現光源射入/接收端溝槽中之匹配液不足，即可由此匹配液注入控制套帽添加匹配液，使其溝槽保持濕潤。
- ❷ 保護蓋板：此蓋板請保持閉合狀態，避免灰塵或雜物附著影響熔接品質。
- ❸ 匹配液溢出孔：將匹配液注入控制套帽並順時針旋轉，匹配液即會從匹配液溢出孔溢出，進行補充之動作。

備註：在射入/接收端裝置之溝槽中，需添加液體(匹配液)，協助光源順利進出光纖中，以減少其與空氣接觸而造成損失過大。

3.4 待接續光纖準備：

- 剝除光纖被覆層
- 清潔光纖
- 使用 D6 型切割器，切割光纖取得良好垂直角之端面
- 透過 LCD 顯示切割完成之端面評估

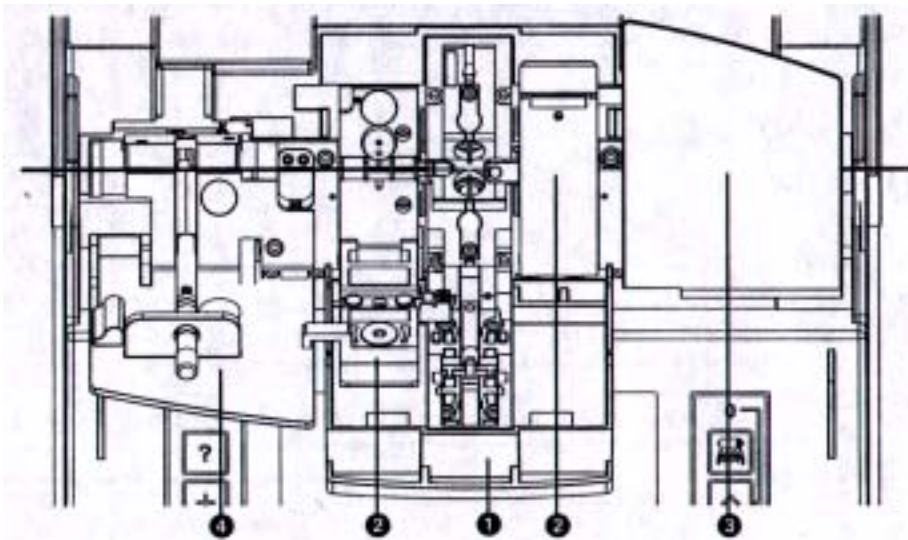
切割長度如下：

光纖直徑	切割長度 (1)
125/250- 900um	10.5mm +/- 0.5
250um	3.5mm +/- 1

光纖清潔：請使用無塵拭紙及純度 99.5%無水酒精清潔

3.5 置入光纖

(1) 打開電擊棒及照明光源保護蓋及 V 型槽保護固定座夾板，再將射入/接收端蓋板打開，如圖所示：



- ① 電擊棒及照明光源保護蓋
- ② V 型槽保護固定座夾板
- ③ 接收端蓋板
- ④ 射入端蓋板

(2) 檢查 V 型槽是否清潔

(3) 光纖置入 V 型槽中

將已切割完成只留 5mm 長之無被覆 125um 部位，與 250um 有被覆部位之接臨處對準 V 型槽之白色線上，如圖 A 所示，
125/900um 被覆光纖之放置位置，如圖 B。

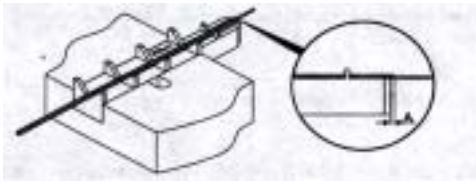


圖 A

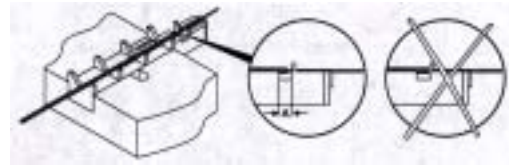


圖 B

- (4) 蓋上 V 型槽保護固定座夾。
- (5) 進行另一芯光纖放置, 同上述(1) (4) 步驟。
- (6) 最後將電擊棒及照明光源保護蓋蓋妥。


3.6 進行熔接

- (1) 將光纖放置妥當後, 蓋上保護蓋。
- (2) 選擇適當光纖型態的執行程式。



單模態光纖/多模態光纖/特殊模態光纖..等執行程式。

- (3) 按下  確認鍵即可。

本部熔接機為全自動系統進行熔接, 使用者只須設定好適當的程式, 熔接機會自動進行熔接直到拉力測試, 完成熔接等, 只須按下

 確認鍵即可完成一心光纖的熔接。

- (4) 再次熔接

熔接完成後損失值若過大或熔接不良, 可以按  鍵確認是否再次進行熔接, 若要再熔接請按  即可。

備註: 造成 dB 值過大或熔接不良之情況者, 有以下幾點請使用者

注意


光纖表面污損不潔

光纖切割端面損壞或不良

應用程式參數設定錯誤或未最佳化

電極棒污損或老舊放電不良

(5) 拉力測試

當熔接 dB 值良好, 按下  進行拉力測試(施以 2.5NT 的力量向外拉)

3.7 外接 LID(射入/接收)裝置

當光纖外徑被覆為 900um(光纖引線)對 250um 兩者進行熔接, 此時即可使用外接 LID 裝置系統進行熔接, 而無法使用內部之 LID 系統進行熔接:

將切割完成後之光纖置入 V 型槽中, 再蓋上保護蓋板, 然後將另一頭之 900um 引線插入外接 LID 系統裝置中, 即可進行熔接。

3.8 LID 原理及其他

- (1) X.60 之 LID(Local light Injection)在本機內利用彎曲漏光原理，由兩處 bend coupler 一送一收，執行熔接前的對準及熔接後之接續 dB 值量測，理論上要比只以 PAS 方式對準及量測要準確。據了解德國電信規定長途光纜一定要用有 LID 之方式接續，另根據 Coring 公司之實測值比較，使用 LID 合併 PAS 與只使用 PAS，平均接續 dB 值約減少 0.02dB。早期使用 LID 接續時長頗長，許多工作人員不喜利用。本次所購機種已大幅縮短對準時間，為確保接續品質及預留整體電路之餘裕度，本工程應規定必須以 LID 方式接續。
- (2) 利用 LID 方式時，不可有 OTDR 之監測干擾光源，以免造成對準及量測誤差。
- (3) G655 光纖與一般現用單模(G652)光纖原則上不可混用，經實測其接續 dB 值很大(約 0.5dB)，且傳輸特性亦不相同。至於同為 G655 光纖之其他廠牌，經接續實測後，接續損失則在許可範圍以內。
- (4) 本外接 LID 系統裝置可適用 FC / ST / SC / D4 /DIN / E-2000 / LSA 等各款式之連接頭

4. 光纜接續盒

接續盒將採 RXS UCN7-10 96C 充膠光纜接續盒，UCN 型比原 UC 型之重開啟方便性較好，但施工時必須遵守規定工法，否則爾後可能產生滲水現象，現將簡介 UCN 充膠光纜接續盒工法。

4.1 UCN 接續盒外觀

4.2 UCN 接續盒材料內容(光纜接頭另有其他配件)

- | | |
|--------------|------------|
| 1. 包管 | 7. 密封條 |
| 2. 末端蓋板(氣閘側) | 8. 包覆夾 |
| 3. 末端蓋板(接地側) | 9. 接地線(長) |
| 4. 連接桿 | 10. 接地線(短) |
| 5. 包管夾板 | 11. 封塞防水膠帶 |
| 6. 密封圈 | 12. 清潔布 |

13. 封塞防水膠
14. 卡規
15. 刷子
16. 潤滑白膠
17. 外徑量尺

18. 接地螺絲
19. 支撐環
20. 接點蓋片
21. 氣閥蓋
22. 說明書

4.3 光纜處理(本案採購 B1F 束管型)

(1) 從光纜末端量起 2m 處剖開並剝除光纜第一層外被，接著於第一層外被末端 0.5cm 處剝除第二層外被。

(2) 利用清潔劑將光纖束管及凱佛拉線上之充膠清除乾淨，並將中心抗張體及凱佛拉線多餘之部分剪除。

(3) 將剩餘之凱佛拉線分成三股，再交纏結成辮子狀以便備用。光纖束管需各單管加熱風，使其伸直以利剝除。若多管一起加熱可能因粘黏而傷及光纖。

(4) 將光纖束管留下約 76cm 長其餘剝除。再利用酒精將光纖芯線上之充膠清除並小心收容保護光纖芯線。

4.4 地線安裝

無論管道、架空、直埋地線均需安裝及連結，以防光纜外被金屬體因縱向感應電壓或外被破損接觸外部電壓而傷及施工人員。

4.5 封塞防水膠帶之安裝

清潔光纜外被，以刀背刮順外被(不可用砂紙)，以封塞防水膠均勻塗佈於外被一圈，待稍乾後如下圖方式將封塞防水膠帶捲繞於光纜外被(不可拉伸)，捲繞 2 圈後再重疊 5mm 剪斷。

4.6 封塞鑽孔

以附屬工具中的外徑量尺測量，所得尺寸已含膠帶餘裕，據此尺寸調整鑽孔器刻度，若鑽兩孔必須相距 1cm 以上。

每孔皆需來回鑽它幾次，直到進口孔與出口孔相差在 1mm 以下。

控制刀具前進速度不可太快亦不可強迫推進，以免刀具受損。紅色間隔片只用在金屬電纜以增加氣密，用於光纜需將其移除，否則可能導致光纖的彎曲損失。

4.7 貼上防水膠帶

將封塞防水膠帶貼於下方半圓端蓋上(只貼一邊)，不可拉伸膠帶平密的貼上，並將不必要的部分剪除。

4.8 固定端蓋於光纜上

將光纜置於下方半圓端蓋上，上下對準後兩邊螺絲對稱鎖入，直到所附卡規兩邊皆可順利放入即可，注意不可過緊。

另一端蓋之固定方式相同。先裝下部連結桿，再裝下半端蓋，放入光纜，蓋上上端蓋，鎖好。裝上部連結桿(為方便接續盤進出可後裝)。

若光纜由單邊進出，則另端蓋並無鑽孔。

4.9 安裝地線

利用接地線連結光纜接地頭及蓋板上內側接地螺栓。

蓋板外部接地螺栓用於連結至人、手孔等地線。

4.10 安裝光纖收容盤，接續光纖及收容光纖

將光纖束管依序排列，固定於收容盤上，再依正常接續工法，

依序進行光纖接續，注意收容盤內光纖曲率半徑不得小於2cm。

將收容好的光纖收容盤依序重疊後蓋上覆蓋，固定於螺桿上，再將上連接桿裝上。

4.11 封閉接續盒

依現場經驗，UCN 接續盒若未依工法施工，又未做氣密試驗，則可能進水而影響光纖壽年

(1) 末端蓋板凹槽內封塞防水膠帶之清除

利用剪刀、虎口鉗子等將多餘的防水膠帶修剪成 A 或 B 圖所示，絕不可以手將它拉斷，否則氣密效果不佳。

(2) 安裝密封圈

密封圈為可分離形，利用 Clip 上下扣住連成圓形，可免因忘記事先套入而必須剪斷光纜重來(指雙端進出形)。

於末端蓋板凹槽內先塗佈一層潤滑白膠，再將密封圈清潔後套入凹槽內，密封圈接縫點置於上方可見之處，大約對著鋁箍的位置，但是不要在包

管縫上。接縫點部分先套入，壓著，再套入其他部分，接縫點部分不要有張力。最後密封圈上亦塗上一層潤滑白膠。

(3) 安裝密封條

於包管凹槽塗上一層潤滑白膠。清潔密封條，放入凹槽內，西頭先放，再逐漸往中間壓放，並整條壓實，避免殘留空隙。

於密封條上塗上一層潤滑白膠。

(4) 密封接續盒

包管接縫置於上方。將包管夾板套入包管兩端，以手力逐漸推入，至無法推入，靜置數分鐘後，改以木槌或膠槌將夾板敲至定位。

將頭板扣子往下壓扣，完成密封。

安裝氣閥，並做氣密試驗後，蓋好氣閥蓋。

有關 UCN 接續盒之氣密試驗，廠商並未認為一定必要，取決於此項工作的熟練度及接續盒內容物進水的嚴重性。本案工程建議應全部做氣密試驗。

4.12 重開接續盒

用起子撈起扣子。
用工具箱內之開啟塊，以木槌往後敲出夾頭板後，即可打開包管。

若需打開端蓋板，先鬆開螺栓取下上部的鋁箍，再利用該螺栓往下迫開上下端蓋板，不可以起子強迫撈開。

5. 光纜測試

依公司之材規光纜特性，主要分為機械及光傳輸兩方面，出廠交貨檢驗項目應依材檢之規定辦理。施工前後所需之測試項目簡述如下：

5.1 因光纜截止波長在 1480nm 以下，故 G655 光纜已不適用於 1310nm 之工作窗，所以不論損失均勻性及光損失均不再做 1310nm 波長測試。

5.2 全區間光損失需做 1550nm 及 1625nm 兩個波長之測試，在 1550nm 時光損失應小於 0.25dB/km，在 1625nm 時光損失應在 1550nm 損失值 \pm 0.05dB/km。本工程案所購 GN-6025 LOSS TESTER 可做 850，1300，1310，1550，1625nm 之波長選擇，且同時具有送、收之功能，其面板及功能簡介如下：

Optical Input : 光源
測試輸入介面

Optical Output : 光
源輸出介面

LCD Display : LCD 背
光顯示螢幕

Keypad : 薄膜式按鍵
提供簡易控制操作功
能

RS-232Port : 可經 UCN
充膠光纜接續盒工法由
此介面將存檔之資料
輸出至 PC 上課，以便
儲存或列印

AC Adaptor Input : 交流電源插座可提供設備電力及充電

Tx : 持續按此鍵 3 秒可拉開 2KHz 光源器

(Wave length) : 波長選擇鍵, 可選 850 , 1300 , 1310 , 1550 ,
1625nm 及 Auto

5.3 光損失均勻性僅規定以 1550 波長測試, 其損失分佈圖形不得有超過 0.1dB 之不連續處。接續損失單點不得超過 0.2dB , 平均應小於 0.15dB(兩端以 OTDR 測試, 取其平均值)。

因 1625nm 波長與 1550nm 波長在彎曲損失有相當大的差異, 前台澎第一海纜監測系統以 1625nm 波長監測, 曾發現某點 LOSS 超過告警後, 但以 1550nmOTDR 量測, 卻非常平順。可見 1625NM 工作波長對彎曲損失相當敏感, 所以選購及加測 1625nm 波長之 OTDR 應列入考量。

5.4 本工程案所購 GN Nettest CMA8800 OTDR 具 46db 動態範圍、
2.5m 盲區及液晶大螢幕。面板及功能簡介如下：

5.5 另外有關色散(CD)極化模分散(PMD)與應力應變是否需要現場測試的問題，可分別敘述如下：

- (1)形成色散之原因為材料與波導系數(主要為核心半徑與折射率差比)，故施工時應不致影響色散變化。
- (2)極化模分散的原因除光纖本身結構不均勻外，應力分佈不對稱及彎曲等均與施工有關。雖然極化模分散遠小於色散，但應用於極高速率傳輸時，仍為造成誤碼之原因。故完工後全區間以抽測方式量測 PMD 值做為往後系統應用及維護參考似有必要。
- (3)造成光纖應力應變的原因，除了抽絲及成纜過程中因拉、扯、旋、扭、壓等增加光纖的應變外，施工時因不當拉力、彎曲也會造成光纖受到大小不等之應力應變，因材規上並無應力應變規定，故出廠時應無此項檢測值，而施工後再加檢測，則可能有其測試結果為何種原因造成之爭議。若本案工程欲就應力應變做一完整測試，可選擇數芯從施工前，到佈放接續完成後各做乙次測試比較其變化，則對造成應力應變的原因，會有較公正的評斷。

6. 施工注意要點

- 6.1 一般來說 G655 光纜因將使用於更寬的頻帶及更高的速率，相對地則對於擠壓損傷、彎曲損失及拉力應變等更具敏感性，所以在佈放及接續過程中倍加小心，以確保可達預期之使用效果。
- 6.2 接續盒將採 RXS UCN7-10 96C 充膠光纜接續盒，UCN 型比原 UC 型之重開啟方便性較好，但施工時必須遵守規定工法，否則可能失敗進水。本案工程建議應全部做氣密試驗。

- 6.3 無論管道、架空、直埋接續盒地線均需安裝及連結，以防光纜外被金屬體因縱向感應電壓或外被破損接觸外部電壓而傷及施工人員。
- 6.4 末端蓋板內附紅色間隔片只用金屬電纜以增加氣密，用於光纜需將其移除，否則可能導致光纜彎曲損失。
- 6.5 新購 RXS-X.60 熔接機均已加入 Corning 公司 LEAF Fiber 之熔接程式，本案工程之光纜接續直接選用該程式即可。若為其他廠牌之非零色散遷移光纜，則仍應自行試出最佳參數值。
- 6.6 光纜於收容盤內應以最大圈為收容原則，若因接續損失值太大，重覆剪斷再接續而導至曲率半徑太小時，應減少一圈再接，不可免強收容。
- 6.7 據了解德國電信規定長途光纜一定要用有 LID 之方式接續，另根據 Corning 公司之實測值比較，使用 LID 合併 PAS 與只使用 PAS，平均接續 dB 值約減少 0.02dB。早期使用 LID 接續時長頗長，許多工作人員不喜利用。本次所購機種已大幅縮短對準時間，為確保接續品質及預留整體電路之餘裕度，本工程應規定必須以 LID 方式接續。
- 6.8 G655 光纜與一般現用單模(G652)光纜原則上不可混用(包括 pigtail)，經實測其接續 dB 值很大(約 0.5dB)，且傳輸特性亦不相同。至於同為 G655 光纜之其他廠牌，經接續實測後，接續損失則在許可範圍以內。

四、觀感及建議事項

- (1) 未來傳輸系統將朝向更大容量，更大傳輸間距(span)，更大系統餘裕度，系統提昇更靈活及成本更低等方向邁進，因此勢必引進

此新一代非零色散光纜方能與 DWDM、SDH 等技術相結合，達到上述願景。

- (2) 在德國無論電信之用戶終端迴路，CATV 之接取網路及電力配線迴路皆已由法律規定為共用。建設維護者得開放給各家業者介接，再向業者收取費用。CATV 之節目提供者以收視率調查作為分配費用依據，而各電力公司則以訂戶用電量比率及供電配電所數，據以分配收費。這種開放自由競爭，並由用戶決定的方式，可作為民營化參考。
- (3) 在德國發現鋪設在路上人手孔蓋面，除框沿外留有大片面積可隨使用地點不同而改變鉗入材質，如磨石子，柏油，地磚等路面。整體看來路面較不突兀，且因各電信業者共用終端線路，並無路面遍布人手孔蓋之現象，可做為國內固網業者參考。
- (4) 在法蘭克福恰巧有管線施工，挖開的人行道下方約有 25 條各種直埋管線，由於管線雜陳，又需靠人力挖掘，顯見其維修及再施工成本相當高。相對於我們的配線管道，則無論新建或抽換纜線均較容易。
- (5) 在德國鄉間的一條鐵道沿線，仍可見到木桿上的 6 條明線維護完好，顯然仍在使用中；又在慕尼黑市區，發現新的接線箱，卻從人行道下已斑剝銹蝕的直埋電纜上接出。顯見該國對既有設備儘量維護運用，不輕易汰換，以免浪費資源，值得深思。
- (6) 德國市區若干柏油路面石子外露明顯，多年未曾全面翻修。雖可看出挖掘修補痕跡，但整體路面仍然平整，可見新建及事後管線挖掘修補要求極高，另人行道大都以厚的天然或人造石塊鋪設，挖掘後修補可重復利用，符合經濟原則。反觀國內的道路常因管線單位回填不實，或路政單位要求全面加封而浪費整體資源等，

值得檢討改進。

- (7)德國各電信電纜皆連續打有各公司的識別標誌，為因應固網開放後，各電信公司纜線共構機會增多，本公司之各類電纜外部，有必要在規格上加列於外被打印本公司標識，以資識別。
- (8)有關 G655 光纖的 pigtail 和 patchcord 在接續及傳輸特性上與現用 G652 不同，似有必要在識別上另做規定，依本公司 90.06.27 材線 3140-2 規定單心/雙心單模光纜之被覆體為黃色，故原有 G652 均為黃色，建議 G655 可使用藍色為識別。本案所採購者，已商請承商以加註標記方式識別。