

德國杜塞道夫市 ALCATEL 公司光纖工廠考查報告

廖德淘、林月棗、程介穗、林煜煒、夏 暹(2001)

壹、 前言

台中市政府配合政府開放電信事業自由化政策，於八十九年度起陸續核准台灣固網、東森寬頻、新世紀資通、東信、和信等民營電信業者於市區道路埋設地下管(線)路，由於業者需求量大，且建設時程有限，大量挖路的結果經常造成交通的衝擊與市民的抱怨，尤其是道路開挖之後，道路養護單位需花費龐大的經費辦理路面修復工作，直接將挖路的結果轉價全體市民負擔，因此面對網路時代的來臨，網路建設成為現代化都市必經的過程，市府除加強管理網路施工的過程外，如何選擇更適當的施工法、或挖路較少的替代方案以減少社會成本的付出，已成為當前市政管理的重要項目。

欣中天然氣股份有限公司於本(九十)年二月提送本府「天然氣輸氣管線自動監控系統光纖佈纜施工計劃書」(詳附件一)，計畫在本市中、高壓瓦斯管線中佈放光纖纜線做為瓦斯管線漏氣自動監控系統，日後並可將多餘光纖出租民營電信業者使用，故除可增進瓦斯管線管理之安全性外，並可減少挖路面積與社會成本支出。但由於本案施工技術罕見且係法國 ALCATEL 公司所創，本府審核前針對施工過程及安全性有必要派員實地瞭解，故決定由本府建設局廖局長德淘領隊，邀集府內相關單位主管會同欣中天然氣股份有限公司、永大科技股份有限公司組團前往德國杜塞道夫市實地考查法國 ALCATEL 公司於杜塞道夫市特殊光纖製造工廠，考查之重點包括：

- 一、光纖之製造過程與特性。
- 二、光纖網路於各種路由之實行。
- 三、光纖網路安裝技術。
- 四、瓦斯管線佈放光纖網路安裝過程。

尤其針對欣中天然氣股份有限公司近期內所提於中、高壓瓦斯管線中佈放光纖以做為瓦斯漏氣安全監控系統及日後兼做線

路出租業務一案，於杜塞道夫市與 ALCATEL 公司技術主管雷浦博士（Dr.Leppert）舉行研討會以更進一步瞭解施工步驟及安全性。

貳、 參觀行程及議程

- 四月一日 台北出發，經香港、法蘭克福轉往義大利羅馬
- 四月二日 拜訪梵諦岡大使館、參觀梵諦岡大教堂
- 四月三日 上午參觀羅馬市區建設，下午轉往佛羅倫斯
- 四月四日 上午參觀佛羅倫斯米開蘭基羅廣場、聖母百花大教堂
- 四月五日 上午參觀威尼斯聖馬可大教堂，下午搭機轉往法國巴黎
- 四月六日 參觀羅亞爾河谷、香波城堡，下午返回巴黎
- 四月七日 參觀巴黎市區香榭里榭大道、凱旋門、艾菲爾鐵塔
- 四月八日 上午參觀羅浮宮博物館，下午轉往德國杜塞道夫市
- 四月九日 上午參觀杜塞道夫市 ALCATEL 光纖工廠並舉行業務研討會（研討議題及紀錄詳附件二），下午參觀瓦斯管線佈放光纜出入口鞍座工廠
- 四月_十^{十一}日 經法蘭克福、香港，返回台北

參、光纖介紹與運用

從語音通訊到數據通訊，人類對於頻寬的需求日益俱增，而光纖由於具有體積小、重量輕且能大量傳輸聲音及影像的特性（光纖的傳輸速度是 T 1 專線的四百萬倍），因此光纖鋪設已被各國視為通訊產業的基礎建設，目前創投界常以「皇冠上的明珠」來形容光通訊的產業地位，實不為過。

由於光纖傳輸具有寬頻寬，低衰減、不受電磁波的干擾（不怕雷擊）保密性佳、體積小重量輕.....等等之優點，以下為優點介紹及相關應用：

1. 寬頻寬：光纖的頻寬可達 1.0GHz 以上，而一般影像的頻寬約只有 6MHz 左右，所以用一芯光纖輸一個通道的影像是綽綽有餘。也因此市面上有多項產品是針對這項優點來發揮的，如利用一芯光纖傳輸 2 個通道、4 個通道、8 個通道影像，甚至更多通道之影像同時在一芯光纖內傳輸。

光纖高頻寬的好處不只可同時傳輸多通道影像而已，目前市面已有多項產品可同時傳送影像、語音、控制訊號、或是接點信號，有的甚至可以用一芯光纖透過特殊的光纖被動元件達到雙向傳輸的功能。由於此功能的應用相當多，無法一一說明，通常要依實際需求，來決定欲採用之模組形式。

2. 低衰減：目前光纖的衰減都非常小，如使用 62.5/125 μm 的多模光纖，850nm 波長的衰減約為 3.0dB/km，而 1300nm 波長的衰減更低，約為 1.0 dB/km，所以一般 LED 光源之光功率大約可以傳輸 3~5 公里，而無需放大器，甚至使用功率較大波長 1300nm 之 LD 則可傳輸 12 公里遠；如果使用 9/125 μm 的單模光纖，1300nm 波長的衰減約為 0.4 dB/km，而 1550nm 波長的衰減約為 0.3 dB/km，所以一般的 LD 光源之光功率可以傳輸 15~20 公里，甚至目前已有可傳輸 100 公里的產品出現。因此在遠距傳輸上，光纖比傳統同軸纜線傳輸來的有利。
3. 不受電磁波干擾：因光纖具有此優點，所以在電磁波充斥的環境中

傳輸，而不受干擾，甚至可以同時和電源線佈放在管道內，也不會受到電源線之干擾而出現雪花的現象。另外，它的材質是玻璃，不導電，所以可以防雷擊，縱使遭雷擊也不至使得兩端的設備遭受損壞。

- 4 . 不會產生火花：由於信號在光纖中傳輸是以光的形式傳遞，所以不會像傳統電線因短路或接觸不良而產生火花。這點的應用尤其是在油庫、彈藥庫、瓦斯儲存槽、化學工廠....等具高揮發與易燃氣體的場合特別適用。
- 5 . 重量輕：由於光纖細小如絲，所以其重量相當輕，縱使是多芯數的光纖，它的重量也不會增加太多。一般因為光纖要保護內部光纖絲，外面都有一些保護的 PVC、和凱伏拉等之抗張物，所以光纖一般外徑多在 1~2 公分左右，但是增加光纖芯數，如 96 芯，它的外徑並未增加，重量也不會增加太多。這就是光纖重量輕的好處，因為它不像一般電纜線一樣，重量和外徑都是成倍數增加的。
- 6 . 保密性佳：光信號在光纖中傳輸，是具有絕佳地保密性的，因為它無法像一般電纜線一樣，只要用夾子一夾就可竊聽了。除非將光纖弄斷，但是光纖斷了，就可以知道有問題了，資料當然就不會繼續傳輸，所以其保密性會比傳統電纜線好的。

相關應用：

電信光傳輸方面

在過去的電信架構中，由於單一的語音傳輸管道（voice channel）只需要 64Kbps 的頻寬即可，所以在各地區交換所間的幹線大多只使用可容納較高傳輸量的銅質電纜作為連接的媒介，列如 DS3（或稱 T3，44.736Mbps）及 E3（34.368 Mbps）....等，不過隨著電信傳輸量的增加，過去銅質幹線的頻寬已逐漸不敷使用，因此擁有較高傳輸容量的光纖也就開始運用在幹線上，甚至已經開始取代銅質電纜；在傳統的光纖系統中，光纖的傳輸速度都是銅質電纜的數倍以上，例如在同步光纖網路系統/同步數位階層（SONET/SDH）中，較低光纖傳輸速率的 OC-3 速率

都可達 155 Mbps，速度將近銅纜 E3 的 5 倍，如果以較高光纖傳輸速率的 OC-192 (10Gbps)，其速度更是接近 E3 的 300 倍。

光纖區域網路方面

光纖區域網路的骨幹是未來一年內即可見到。目前在光纖區域網路的主流是 Fast Ethernet (100 Mbps 以上) 及 Gigabit Ethernet (1 Gbps 以上)，其應用有：網路遊戲、視訊會議、私有虛擬網路、網路語音電話、網路線上教學、隨選視訊....等，由於光纖區域網路在成本的考量上比電信骨幹網路較為重要，所以其光源大多使用成本低廉的 LED，將增加光纖區域網路的普及性。

有線電視光傳輸方面

早期有線電視傳輸的介質是採用同軸電纜 (Coaxial Cable) 傳輸，整個同軸電纜所運用的頻帶也只有從 50MHz 到 550 MHz，大約可放送 100 個頻道，其他剩餘的頻帶卻因沒有使用而形成浪費，之後因為 HFC (Hybrid Fiber Coaxial、光纖同軸電纜) 架構及雙向傳輸的出現，因此有線電視系統也可運用在數據資料的傳輸。HFC 主要是用光纖將訊號從頭端 (Head-end) 傳送到在用戶附近的光投落點 (Optical Network Unit、ONU)，之後再用同軸電纜以串接的方式將高品質的射頻訊號送到 500~1000 個用戶處。

肆、 考查內容及心得

一、 光纖網路佈放路由分析如下表：

佈放型式 路由	長 距 離 傳 輸	都 會 區 傳 輸	用 戶 端 傳 輸
公路	可	也許	否
鐵路	可	也許	否
架空電路	可	也許	否
沿岸	可	也許	否
河川、湖泊	可	可	否
地鐵、隧道	可	可	否
瓦斯管線	可	可	也許
自來水管線	也許	可	可
下水道系統	否	可	可

二、 網路佈設考量因素：

(一) 光纜：光纜的製造過程及品質應包含下列條件：

1. 高品質光纜應具備極高之可靠性。
2. 產品應經廣泛之測試及使用。
3. 高持久性。
4. 針對不同環境應具備極佳之適應性。
5. 合乎成本效益。

(二) 路由選擇及連結方案：

1. 傳輸效率最佳之方案。
2. 必需兼具施工方便。
3. 未來可供擴充或提升傳輸效率。

(三) 安裝技術

1. 可提供快速之安裝。
2. 可提供前項安裝技術所必需之專業設備及機具。

3. 施工過程應具高度安全性。

三、長距離傳輸之施工法簡介：

- (一) 公路傳輸目前已研發新型之挖路機具能於道路上快速佈放地下光纜，每日施工長度可達十公里，比目前埋設地下管路方式節省百分之七十五成本，此法主要用於高速公路並可連結各主要城市，透過交通網路可直接導入各市政中心。
- (二) 鐵路傳輸此法將光纜直接注入鐵軌內，為近年來創新高速之施工法，可運用布佈設大面積網路建設之地區，並可結合架空光纜施工法一併實施。
- (三) 架空電纜傳輸：利用架空輸電線路及鐵塔佈放可共容之光纜做長距離之傳輸，目前已研發與輸電線路之地線共容之光纜。

四、都會區傳輸施工法簡介：

- (一) 地下鐵及隧道傳輸：
透過市區地下鐵或捷運系統佈放光纜是最理想之都會型網路，因為洞道內清潔乾燥之環境可快速佈放光纜，且不需任何額外之土木工程，合乎成本效益。但因洞道內極易產生火花，故需佈放密封設計及不易燃燒之塑膠材質包覆之高防燃性及無毒光纜。
- (二) 瓦斯管線佈放光纜傳輸：
因瓦斯管線普遍設置於人口稠密之都會地區故透過瓦斯管線佈放光纜通常可直達大型之商業用戶，且可運用瓦斯管線每一閘門轉換為與其他用戶之連接點，更由於光纖對週遭溫度變化極為敏感，故可兼做瓦斯管線漏氣之監測系統。
- (三) 自來水管佈放光纜傳輸：
目前已研發完成於二 三 M / M 直徑自來水管線中佈放光纜之技術，本法與瓦斯管線佈放光纜之技術類

似，完工後可利用自來水之閥門與用戶端銜接，但光纜必需符合可飲用水及健康標準。

(四) 雨污水管道佈放光纜傳輸：

在德國由於污水管線之普遍（全國污水管線總長度已達五萬公里），將光纜置於污水下水道系統中，透過用戶接管係最快速方便之施工法，且可針對不同之管徑設計特殊施工機具於最少損壞及施工成本狀況下快速施工。

五、台中市係屬人口稠密之都會地區，前述長距離傳輸之佈纜方式並不適用於本市，且本市目前地下鐵及捷運系統尚未著手興建，於光纖傳輸之替代方案中僅能選擇於瓦斯管線、自來水管線與污水下水道系統中佈放光纜，但因台灣省自來水管線材質多為鑄鐵，一旦於施工中開口重新焊接勢影響飲水品質，故台灣省自來水公司曾經慎重考慮兼辦電路出租業務，至今猶未能實行。另本府目前正大力推動污水下水道建設，但截至今日用戶接管率太低，運用污水下水道佈放光纜一法目前並不適宜，故運用瓦斯管線佈放光纜一法應為本市目前唯一可取代傳統挖路埋設電信管路之技術。

經查欣中天然氣股份有限公司於本市擁有用戶三十萬戶，用戶安裝天然氣普及率已達百分之七十六，若能克服用戶端接管問題則本法確為可行之方案，但本次考查僅於簡報中得悉德國於四個城市辦理於瓦斯管線佈放光纜，卻礙於行程未能親抵實地觀摩實施過程可謂遺珠，但針對於中、高壓瓦斯管線佈放法國 ALCATEL 公司特殊光纜為瓦斯管線自動監控系統一案，經實地考查 ALCATEL 公司於德國杜塞道夫市工廠及製造光纖出入鞍座衛星工廠之後，本府代表一致認同此部分技術已臻成熟，且無安全顧慮且大台北瓦斯公司亦取得此一新工法技術代理權，並開始於台北市佈放，本府為加強本市瓦斯管線安全及管理應針對欣中天然氣股份有限公司所提自動監控系統一案，准予辦理，但該公司日後如欲兼辦電路出租業務，除應待電信

總局核准外，有關光纜與用戶端銜接之施工技術及方法應另案提出申請，以確保於瓦斯管線佈放光纜技術普遍運用之後對於公共安全之影響。

六、本次考查原訂行程於四月二日赴德國杜塞道夫市光纜工廠，但行前獲悉改變考查時間四月九日，故變更行程先走義大利、法國觀摩都市建設，更蒙欣中天然氣股份有限公司馮總經理傳勳引薦中華民國駐梵諦岡教庭大使戴瑞明先生並往大使館聽取簡報，讓本府全體代表有感國際外交情勢雖於我不利，但派駐國外從事外交同仁仍堅守崗位運用有限資源鞏固我國與教庭間長期友好關係，尤其值得敬佩的事在中共大力打壓之下，我國派駐教庭代表仍能維持高度之自信與希望。

法國 ALCATEL 公司於德國杜塞道夫市光纖工廠係全國第二大光纖工廠，占地達四．五平方公里，工廠負責人雷浦博士（Dr.Leppert）於考查行程中全程陪同介紹光纖製造過程及光纖出入鞍座工廠，尤其令人印象深刻的是該公司不但是光纜之製造者，亦同研發針對不同路由之光纜佈放技術並可提供技術諮詢與移轉，雷浦博士（Dr.Leppert）率技術顧問數人曾於八十九年間來台中教導欣中天然氣股份有限公司施做佈放光纜技術，故對於本市管線設置情形有深入瞭解，於研習會中就本府代表所提各項問題均能一一做答，讓本次考查針對瓦斯管線佈放光纜技術之安全性深具信心，且 ALCATEL 公司資深工程師們針對不同路由研發特殊之工法及施工機具之專業更值得本市在面臨網路時代的來臨借鏡與參考。