

骨幹光纖網路規劃與建置

林書呈

財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心
daniellin@narlabs.org.tw

摘要

隨著數位化時代來臨，先進研究發展都需要優質的網路基礎建設，才能帶動數位服務產業發展。台灣長期以來區域發展不均，國際網路服務接取都集中於北部地區，全國研究資源無法有效整合。國網中心配合國家數位發展政策，規劃建置骨幹光纖網路，以自建暗光纖網路之方式串連北中南重要網路節點，建立超高頻寬與高可用性之光纖網路基礎建設。本文將說明骨幹光纖網路規劃內容，包含初期的評估，骨幹光纖網路的規劃、中繼機房的設計原則、光纖網路監控系統的設計與本專案規劃建置時程等內容，最後也將說明骨幹光纖網路未來將面臨之挑戰與展望。

關鍵詞：暗光纖、網路規劃、網路建置

Abstract

With the advent of the digital age, advanced research developments require high-quality network infrastructure. Taiwan's regional development has been uneven for a long time, access to international network services has been concentrated in the northern region, and national research resources cannot be integrated effectively. In accordance with national digital development policy, NCHC plans to self-build a dark fiber backbone network, which will connect important network nodes globally, and establish a fiber network infrastructure with ultra-high bandwidth and high availability. This paper will explain the content of dark fiber backbone network planning, including initial evaluation, dark fiber backbone planning, design principle of relay room, the design of network monitoring system and construction schedule planning. This paper will also cover the challenges that dark fiber backbone networks will face in the future.

Keywords: dark fiber、network design、network deployment

1. 前言

數位建設為「前瞻基礎建設計畫」中的重大建設之一，是依據行政院105年11月通過的「數位國家·創新經濟發展方案」（簡稱 DIGI+ 方案）架構規劃而成，以跳脫傳統偏重硬體的公共建設思維，推動網路安全、數位文創、科研設施等軟性數位基礎建設。迎接後疫情時代，人們生活習慣將大幅改變，全球產業鏈也將重新定位，同時，零接觸經濟也加速產業的數位轉型，擴大國家數位基礎建設需求，因此，數位建設將以「建構支

持台灣未來10年發展的數位建設」為願景，協助「六大核心戰略產業」發展，建構「智慧國家」的基石，加速台灣數位轉型，累積後疫情時代的國家數位競爭力。

國家高速網路與計算中心(以下簡稱本中心)配合國家數位發展政策，推動「數位國家·創新經濟」發展方案，提升超寬頻創新網路應用基礎建設，建立亞太網路電纜暨分散式高速網路交換樞紐。本中心規劃自建骨幹光纖網路，以提供我國產官學研界之科學研究、教育、先進應用系統之開發所需之高速網路服務為目標，一方面擴大5G 各項應用場域之網路互連環境，提供5G 垂直場域應用於智慧交通、智慧公共安全防護、遠距互動教學、智慧醫療照護等推動工作，促進我國在5G 應用的推展；一方面與其他公有雲或企業級資料中心建置混合雲，進行跨領域及跨區域整合資源設施，加速連結北中南研發交流，提升研究資源綜效；另一方面則提供國外海纜業者海纜登陸後經由陸上光纜介接至海纜介接交換中心及網路數據中心，強化科研應用與創新創業，完善科技創新生態圈，建立超寬頻光纖網路基礎建設，帶動台灣網路數位服務產業發展。

2. 骨幹光纖網路初期評估

本專案規劃串連台灣南北向重要節點之骨幹光纖，在縱向路徑的選擇上，可以沿省道、高速公路、快速道路、台鐵、台灣高鐵等重要縱向交通路線佈放光纖。考量光纖的安全性、建置可行性、維運便利性及成本效益後，我們選擇以台灣高鐵軌道東西兩側之電纜槽自建骨幹光纖網路。

台灣高鐵在建設期間，即考量到未來光纖纜線佈放的需求，因此高鐵軌道東西兩側已有電纜線槽設計可供業者租用。依實地調查台灣高鐵軌道電纜線槽之情況，高鐵軌道路型包含隧道段、路工段與高架段，其軌道兩側均設置兩道電纜線槽，其中一道線槽為台灣高鐵公司營運專用線槽，另一道線槽依交通部鐵道局之「高速鐵路沿線電纜槽暨相關設施申請及審查作業要點」[1]得向鐵道局申請軌道兩側電纜線槽之光纜佈建。

除了縱向的串連外，橫向也需延伸至重要的節點，才能將整個骨幹光纖網路的效益最大化，在橫向延伸節點的選擇上，我們規劃了國網中心位於新竹、台中、台南三處辦公大樓、是方電訊、台北三峽國教院以及科技部資安暨智慧研發大樓等六處，作為橫向引出的節點。國網中心[2]在今年規劃建置公共服務網路交換中心，希望提供國內外電信業者、區域第四台業者、國內外 ISP/ICP 業者、CDN 業者、OTT 業者、雲端服務業者一個便利的互連平台，目前以國網中心三處辦公大樓機房進行異地三中心之規劃設計，預計於110年底

啟用，因此三地之間有高頻寬串連之需求。是方電訊[3]是目前國際海纜業者的介接入口，串連是方電訊可提供國外海纜業者海纜登陸後所需之光纖線路介接至國網中心公共服務網路交換中心，未來有機會成為南部海纜介接交換中心。台北三峽國教院為目前 TWAREN 台灣高品質學術研究網路[4]與教育部 TANet 台灣學術網路的主節點之一，光纖網路串連可取代既有電路租用之營運負擔。另外科技部資安暨智慧研發大樓[5]位於台南沙崙綠能示範場域，為5G、自駕車、智慧城市、資安研究之研發重鎮，可加速擴大與5G 各項垂直應用場域之網路互相串連，提供混合雲運算環境，帶動台灣網路數位服務產業發展。

3. 骨幹光纖網路建置規劃

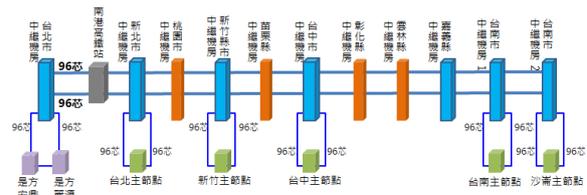
本專案規劃以台灣高鐵軌道東西兩側之電纜槽做為自建光纖網路骨幹，於台灣高鐵沿線各縣市預留中繼機房及投落點供未來學術研究相關機構與合作單位引入介接，並由高鐵光纖骨幹橫向引出至台北是方電訊、三峽國家教育研究院、國網中心新竹本部、台中分部、台南分部、科技部資安暨智慧科技研發大樓（台南沙崙）等分支節點，建構串連海纜系統、國家級海纜介接交換中心及網路數據中心的光纖骨幹，結合本中心維運台灣高品質學術研究網路（TWAREN）的經驗與人力，提供先進應用場域優質的網路互連平台，建置範圍與規劃光纖芯數如下圖一所示。



圖一：骨幹光纖網路建置範圍

3.1 縱向高鐵光纖需求規劃

縱向光纖骨幹利用高鐵軌道東西兩側之電纜槽，全段設立11個中繼機房，將縱向光纖區分為10處區間，高鐵縱向骨幹架構如下圖二：

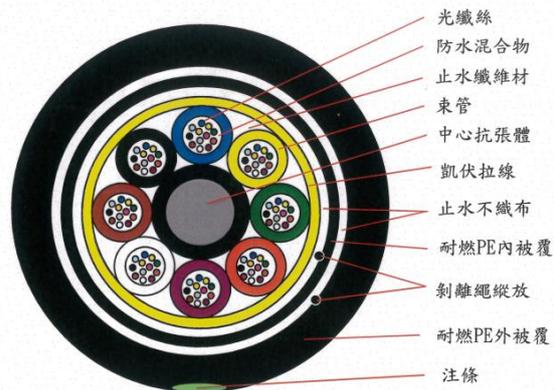


圖二：高鐵縱向骨幹架構

高鐵軌道東西兩側之電纜槽單側使用312公里，採雙路由規劃佈放於電纜槽兩側，使用總長624公里。佈放光纖每軸長度為2,000公尺，主要考量為因應高鐵夜間施工時效僅3-4小時，需在確保施工安全及光纖佈放過程之效率最佳化，以減少纜線熔接損耗、工程餘料報廢、環保問題及控管成本效益。在高鐵電纜槽每2000公尺處，提供光纖接續盒作為光纖接續固定及保護用，以不落地熔接方式，減少骨幹光纖接觸地面頻率，增加隔離度及高安全性。

為預留提供區域學研單位及未來合作單位可透過光纖投落點快速銜接光纖連回縱向光纖骨幹，利用高鐵骨幹光纖芯數資源來提供區塊化的學研專案環狀網路，減少市區環路建置及營運成本，另規劃縱向光纖投落點15處以光纖接續盒落地預留芯數，在各縣市高鐵沿線適當區域或既有管線預留1~2處投落點，採管道連通引接至高鐵場域外旁的道路設置手孔預留。

本專案採用符合國際標準 ITU-T G.652.D 之光纖，選用日本進口住友(Sumitomo)原廠光纖絲，具備高品質及先進穩定製程，確保品質一致性。光纖絲能在0°C~60°C溫度範圍內施工，在-30°C~60°C溫度範圍內儲存及正常使用。高鐵場域使用96芯無金屬耐燃低煙無毒單模光纖，光纖結構使用耐燃 PE 被覆體，其餘外層採用乾式材質，分別放置止水不織布、止水纖維材及芳香族聚醯胺纖維，具阻水及抗張功能。



圖三：縱向高鐵場域使用光纖結構圖

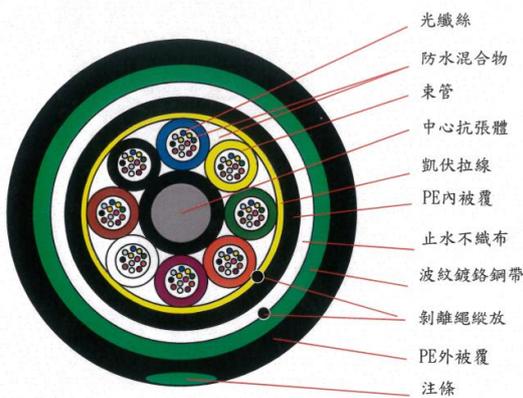
3.2 橫向引出光纖需求規劃

橫向引出至分支節點共建置6個區域環路，光纖路徑採實體獨立路徑、無交會點之雙路由路徑，光纖佈放採經寬頻管道、自建管道、下水道等管道路徑為主，減少使用邊溝附掛、橋樑附掛或架

空工法，以提高光纜環路之可靠度。橫向光纜規劃總長度約87.3公里，使用邊溝附掛、橋樑附掛或架空工法光纜總長度約10.8公里，比例為12.3%，物料採用國產符合國際標準高品質光纜及光被動元件。

橫向光纖路徑設計充分使用縣市政府與科學園區內既有寬頻管道資源，以最少挖掘土方作業，減少環境污染，創造最大網路管理資源效益，並在重要路口預留接點供未來擴充。

本專案採用符合國際標準 ITU-T G.652.D 之光纖，選用日本進口住友(Sumitomo)原廠光纖絲，具備高品質及先進穩定製程，確保品質一致性。光纖絲能在0°C~60°C溫度範圍內施工，在-30°C~60°C溫度範圍內儲存及正常使用。市區平面場域使用96芯全波段充膠鍍裝單模光纜，光纜結構使用 PE 被覆體及具防鼠齧保護層的波紋鍍鉻鋼帶，外層放置止水不織布及芳香族聚醯胺纖維，具防水及抗張功能，中心抗張體採用防蝕鋼線加 PE 被覆。



圖四：市區平面場域使用光纖結構圖

3.3 中繼機房需求規劃

縱向光纖網路沿高鐵軌道東西兩側佈放，由北至南全長300多公里，為保留未來放置電信傳輸設備之空間，並預留未來橫向引出線路與光纖功率調整之彈性，故於台灣高鐵軌道沿線設置十一個中繼機房，中繼機房列表如下表一：

1.	台北市中繼機房-介接是方電訊
2.	新北市中繼機房-介接台北三峽國教院
3.	桃園市中繼機房
4.	新竹縣市中繼機房-介接國網中心新竹
5.	苗栗縣中繼機房
6.	台中市中繼機房-介接國網中心台中
7.	彰化縣中繼機房
8.	雲林縣中繼機房
9.	嘉義縣中繼機房
10.	台南市中繼機房 1-介接國網中心台南，並以國網中心台南規劃機房
11.	台南市中繼機房 2-介接科技部資安暨智慧科技研發大樓

表一：高鐵沿線中繼機房列表

台灣高鐵在台北市因屬地下段軌道，且高鐵

站區設置機房因管制嚴格有搶修時效長之風險，台北市中繼機房規劃由廠商設置獨立使用之機房空間；台南市中繼機房1則設置於國網中心台南分部機房空間便於管控操作，其餘9處中繼機房規劃在高鐵場域內承租空地進行整地設置戶外型中繼機房，優點為獨立機房、在高鐵場域下適當建置圍籬及環控保護，可獲得較高自主權，另高鐵場域的土地租金較外部市區便宜，距離高鐵骨幹也近，將有助於線路穩定度與妥善率，降低纜線引出造成斷線之風險。機房週邊具有最大化寬頻管道資源涵蓋，提供路由效益最大化與安全性為優先考量。此外中繼機房間距也進行均化設計，每一站點間距離差異不大，將有助於未來擴充適配性，兼具傳輸品質、穩定度及傳輸設備設置成本效益。

在機房元件配置部份，規劃採用組合式機櫃，滿足抗風、防水、防震及隔熱等特性，將機房建置於高鐵軌道下方。機房配置攝影機監視與門禁刷卡機，外部並配置圍籬區隔，確保機房內外安全。機房內部安裝4座標準機櫃，機櫃安裝溫度計偵測溫度變化，側邊配置標準插座，供未來設備進駐使用；電力平時市電供電，停電時由 SMR 蓄電池轉 AC 220V，電力不中斷，機房內機架上另配置光纖配線箱，供光纖上下軌道接續收容。

機房空調平時採二對二定時交替運轉，當空調機故障或機房溫度升高時，自動啟動另一組空調機運轉確保機房環境溫度維持26度以下。消防部份配置一套機櫃式消防系統，提供偵測火警與無人在時自動滅火作業，另在機房入口處亦放置手提滅火器，在消防系統啟動前，可手動進行滅火，降低充填鋼瓶氣體費用。

在機房節能性設計上，照明採用 LED 燈管，設置紅外線偵測器，感應人員進入機房，自動啟動照明，平時無人時關閉照明，減少耗電，機櫃採用冷熱通道設計，機櫃吸入空調機的冷氣，設置抽風扇將機櫃熱氣排出室外做冷熱區隔，降低空調機負荷。

在電力配置部份，配置一套450A SMR 與配置2組蓄電池備援，停電時可運行達12小時。SMR 採備援模組設計，並有熱插拔功能，可單獨抽換故障模組，不影響 SMR 供電，輸入端設計防雷擊與突波保護，SMR 的備援蓄電池組加掛 BMS，隨時監測電池電壓與溫度，當蓄電池無法蓄電、電壓過低或持續充/放電溫度異常時，可透過環控系統監視與通知維護人員到場處理。

由於戶外型中繼機房均為無人機房之設置模式，為精確掌握機房環境之狀況，本專案規劃建置一套專屬環控系統，可整合各類機房環控系統於單一監控界面上呈現，伺服器個別安裝於國網中心台南分部與新竹本部，由維運中心全年無休持續監控中繼機房的空調、消防、電力、門禁、環境溫/濕度，排風扇與漏水偵測，異常時提供警報，並可調閱歷史報表與曲線圖查詢，中繼機房

專屬環控架構示意圖如下圖五：

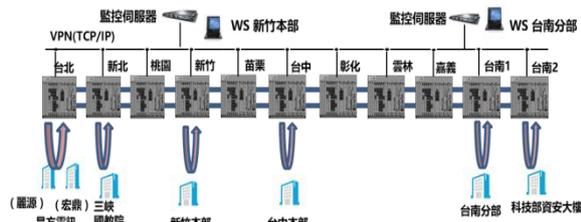


圖五：中繼機房專屬環控架構

3.4 光纖監控系統需求規劃

本專案另規劃建置光纖監控系統，以有效管理骨幹光纖資源，確保光纖通信品質並縮短障礙發生時光纖維修的時效，可提供自動即時告警功能，在光纖線路發生障礙時，監控系統可立即檢知並進行光纖量測，將告警資料即時通知管理及線路維修人員，以利迅速展開光纖修復作業，確保光纖網路優質、高效、安全、穩定的運行。

光纖監控系統架構如下圖六設計，11台監測機(RTU: Remote Test Unit)安裝於高鐵沿線中繼機房，監控縱向與橫向光纖及橫向光纖，監控伺服器採用主/備設計架構，分別安裝於國網中心台南分部及新竹本部，透過專屬管理網路，接受來自各機房監測機之告警回報。工作站(Work Station)安裝於新竹、台南2處站點，可進行終端監控畫面操作。



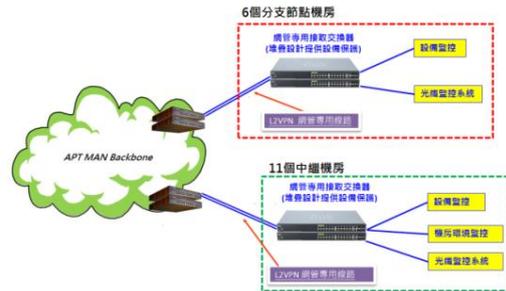
圖六：光纖監控系統架構

本次規劃之光纖監控系統亦內建 Open Street Map 圖資系統的整合介面，將地圖資料整合到光纖監控系統內，可縮短定位障礙故障點之時間。光纖監控系統可進行各種光纖新增、修改、重新佈放、人/手孔定位、道路定位等操作作業，所建立的資料將會存放在監測機內，與光時域反射儀 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) 測試波形結合，成為最有效的光纖維護管理與告警搶修工具。

3.5 網管專用線路需求規劃

為有效監控本專案中繼機房與骨幹光纖網路即時狀態，本專案在六個分支節點機房及十一個中繼機房建置網管專用線路來滿足各處機房設備、光纖監控及機房環境監控等需求。目前規劃採用廠商提供 Layer 2 MAN 骨幹 VPN 專用線路，提供高可用性、高安全性、低延遲、雙向保證頻寬之

虛擬獨立網路，整體架構如下圖七所示。

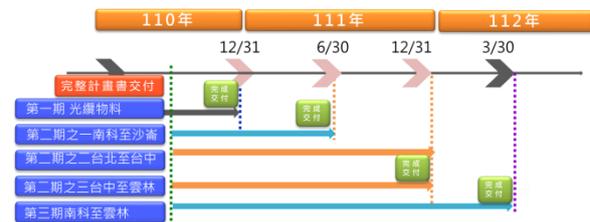


圖七：網管專用線路架構圖

在網管專用線路接取部份，規劃2台網管專用接取交換器以設備堆疊設計提供設備備援保護，以提高網管專用線路之可用性。

3.6 骨幹光纖網路規劃建置時程

本專案規劃建置時程自110年10月至112年3月，全案工作內容分為三期來執行，第一期至110年12月底止，主要工作項目為建置項目細部規劃、施工申請行政作業程序與高鐵骨幹縱向光纖纜線交付；第二期至111年12月底止，主要開始建置南科-沙崙、台北至新竹、新竹至台中、台中至雲林間縱向與橫向光纖佈放，以及縱向光纖沿途所需設立之中繼機房建置等工作；第三期至112年3月底止，主要建置雲林至南科間縱向光纖佈放，以及光纖監控系統與中繼機房專屬環控系統的建置與測試，全案規劃的建置時程如下圖八：



圖八：骨幹光纖網路建置時程

3.7 高強韌性骨幹光纖網路設計

本專案縱向骨幹全線利用高鐵軌道東西兩側之電纜槽來佈建光纖，路徑為實體獨立、無交會點之雙路由路徑，可相互作為備援。高鐵軌道多數為隧道及高架的方式建置，安全管控嚴格，可大幅減少人為破壞光纖之機率。未來若安裝傳輸設備，兩中繼機房設備光傳輸卡板可配置經由兩側光纖芯數，由傳輸設備切換保護功能達到備援效果，即使高鐵骨幹發生單邊障礙，可由維運人員跳接另一邊空餘芯線作為緊急調度，縱向骨幹備援設計良好。

在橫向市區平面光纖強韌性設計部份，橫向引出至是方電訊、三峽國家教育研究院、國網中心新竹本部、台中分部、台南分部、科技部資安暨智慧科技研發大樓等6處分支節點，均為環狀無交會點雙路由設計，已具有備援功能。路線採用市區最佳路由，以管道優先、路徑最短的方式規劃，85%以上的路段均佈放於安全之管道環境，減

少人為破壞機率，具有高可靠、低延遲之特性。

4. 未來挑戰

本專案利用高鐵軌道東西兩側之電纜槽佈放光纖纜線，在確保高鐵行車安全第一的前提下，每日僅可在高鐵無列車通行之夜間進行施工，並由具高鐵管制區域工作證之工程人員才可進場施工，建置過程如何確保施工安全及光纜佈放品質，在施工期程及光纖物料品質控管上達到最佳化，是本專案建置執行的重要挑戰。

另外本專案建置完成後，如何推廣本案建置的骨幹光纖網路，讓整個骨幹光纖網路的效益最大化，並建立有效率的維運機制，確保骨幹光纖可以提供高品質、高頻寬、高可靠度的網路環境，也是我們中心需要努力的目標。

在研究領主題上，本專案為國內學術研究網路首度自建骨幹光纖電路，針對實體暗光纖、中繼機房管理監控技術的實證與研究，都將有助於下一代網路管理技術的發展及擴大學研網路的研究範圍。

未來我們也會考慮將光纖骨幹南北延伸到海纜站，讓國外海纜業者更容易串連到海纜介接交換中心與數據中心，提高國家整體學研網路基礎建設之強韌性。

參考文獻

- [1] 高速鐵路沿線電纜槽暨相關設施申請及審查作業要點 <https://www.rb.gov.tw/public/upimgs/A00/110/高速鐵路沿線電纜槽暨相關設施申請及審查作業要點.pdf>
- [2] 國網中心 <https://www.nhc.org.tw/>
- [3] 是方電訊 <https://www.chief.com.tw/>
- [4] TWAREN 台灣高品質學術研究網路 <https://www.twaren.net>
- [5] 科技部資安暨智慧科技研發大樓 <https://stb.stpi.narl.org.tw/>