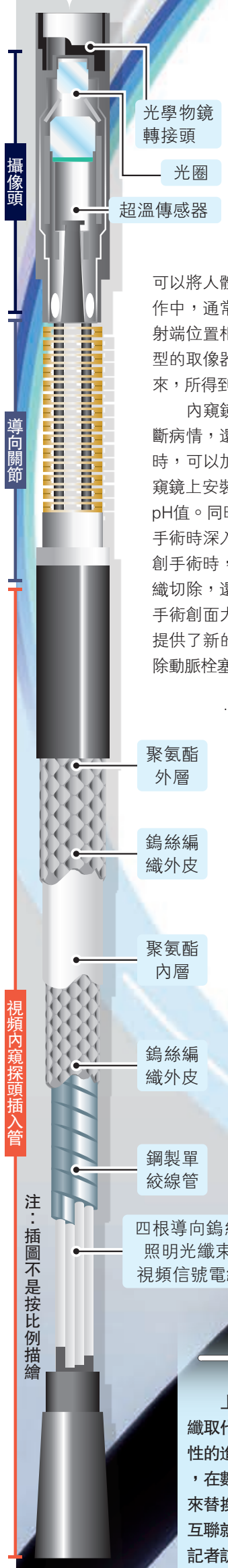
光纖通信體與用

諾獎十周年

上到軍事雷達，下到海底光纜，光纖在生活中可謂無處不在。人們在生活中卻鮮少看到它，對它亦了解甚少。除了接入家庭的入戶光纖外以及通訊光纜外，光纖又有哪些應用？它的未來發展會是怎樣，有否隱憂？本期「3C科技」帶您體驗光纖體與用。

劉　政

內窺鏡



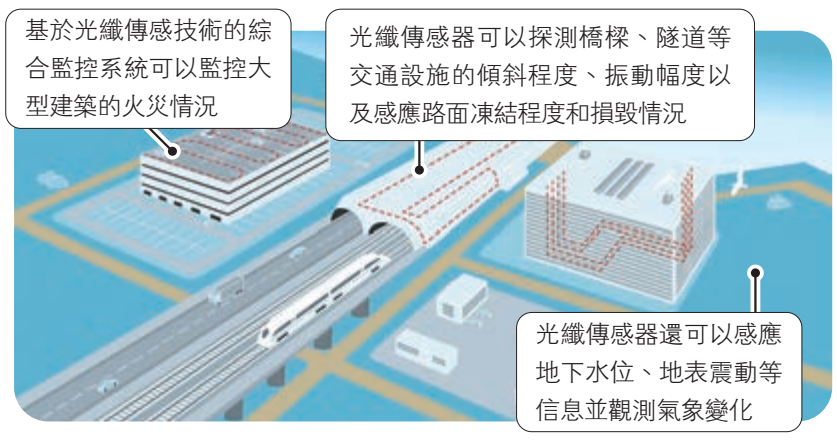
▶現代醫學常用的內窺鏡藉助光纖便於將外部光照導入，並將人體內部的影像傳輸出去

內窺鏡技術是促進醫學發展的強有力工具，用光纖製作的內窺鏡，質地柔軟，可以靈活的深入體腔或其他難以觸及的位置，實現導光和傳像，在醫學上有廣泛的應用。

內窺鏡中的光纖束可以有效的隔離光纖之間的輸入輸出信號，一方面。可以方便的將外部的光照導入，另一方面，可以將人體內部的影像傳輸出去。在實際製作中，通常需要保證每根光纖在出射端和入射端位置相同，這樣每根光纖可以看做是微型的取像器，在出射端可以將所有圖像拼起來，所得到的圖像和人體內部一模一樣。

內窺鏡應用廣泛，不僅可以深入人體判斷病情，還能安裝各種附件。如在使用胃鏡時，可以加裝取樣鉗，獲取活體樣本；在內窺鏡上安裝pH計，可以方便的測量出胃壁的pH值。同時，內窺鏡也可用於治療，比如在手術時深入人體組織，方便止血；在施行微創手術時，配合大功率激光器材，便於將組織切除，還可以有效的減輕病人痛苦，降低手術創面大小。對某些手術而言，光纖甚至提供了新的治療手段，例如可以使用光纖消除動脈栓塞、擊碎膽結石、消除紋身。

傳感器



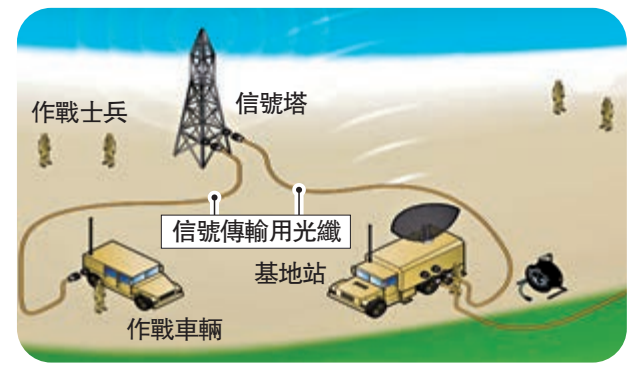
由於光纖優異的抗干擾能力及物理特性，常配合光傳感器傳輸信號，在一些極端環境或對電信號敏感的領域，有很大的實際作用。

在石油天然氣開採過程中，由於井下環境惡劣，不利於維護等特點，光纖傳感器相比傳統的電子傳感器有很大的優勢，可以方便的測量油井的持氣率、含水率、壓力、溫度、多相流和聲波。

在煤礦採集地下作業中，水、火、瓦斯、煤塵等災害俱全，傳統的電子信號傳感器很難保證正常運作，並且在災害發生時常常有安全隱患。基於光纖傳感技術的瓦斯安全綜合監控系統可以在十公里內對瓦斯、礦壓、水壓、溫度、聲發射、地震波等進行監測，保證了採集作業的安全。

在電力系統中，尤其是長距離、高電壓電力傳輸，需要監測電纜線的溫度、覆冰、舞動、偷盜、杆塔倒塌等事故。常規的電信號線由於容易受到電磁信號干擾，很難用於這一領域。而光纖製作材料都是絕緣體，對電磁信號有優良的抗干擾能力，架設線路難度也低於傳統電線，常被用於監測電壓、溫度、濕度等參數。

在建築工程中，可以利用光纖傳感器實時監測橋樑、大壩、重要建築物等的溫度、應力、壓力、振動、傾角等物理量，以評估其短期及長期的結構安全性能。在大型工程中，因為需要實時監測，並且範圍較廣，所以主要使用的是連續性分布式光纖傳感器。



雷達

由於光纖傳輸損耗低、頻帶寬等固有的優點，光纖在雷達系統的應用首先用於連接雷達天線和雷達控制中心，從而可使兩者的距離從原來用同軸電纜時的300m以內擴大到2–5km。用光纖作傳輸媒體，其頻帶可覆蓋X波段（8–12.4GHz）或Ku波段（12.4–18GHz）。

光纖在微波信號處理方面的應用主要是光纖延遲線信號處理。先進的高分辨率雷達要求損耗低、時間帶寬積大的延遲器件進行信號處理。傳統的同軸延遲線、聲表面波（SAW）延遲線、電荷耦合器件（CCD）等均已不能滿足要求。

▲光纖在雷達的信號傳輸中廣泛運用

光纖繫繩武器

光纖遙控戰車是用一根光纜繫留到基地站拖車上的高機動性多用途輪式車輛，可將各種偵察裝置、傳感器及武器送到危險戰區，執行諸如偵察、探雷、排雷、清除障礙和彈藥補給等任務。

使用繫留光纜的氣球載雷達偵察系統也得到了迅速發展，氣球升空高度600m–6000m，有效載荷100kg–2000kg，持續滯空時間15–30天，可起到類似高空預警機的功能。

光纖遙控水下深潛器也稱水下機器人或無人潛艇，有拖曳式和繫留式兩種。通過裝備不同的設備可進行地形測繪、調查打撈沉船和墜海飛機、營救潛艇、反潛監聽裝置布設、探測和排除水雷、自主布雷和水下誘餌等。

（作者來自南方科技大學未來網絡研究院）

光互連

上一期提到，當年通訊光纜中光纖取代銅線時，網絡速度迎來了飛躍性的進步。試想，如像家用網絡一樣，在數據中心中，用硅基光電子芯片來替換銅絞線，會是怎樣的效果？光互聯就是光纖現在的發展方向之一。記者訪問了暨南大學電子工程系教師周驥，他認為歷經五十餘年的發展，光纖通信已經深入每個人的生活，單纖傳輸容量從G比特級別發展到了P比特級別，承載了人類幾乎所有信息。某些特種光纖可以實現短距離大容量的密集數據傳輸和交換，這也是超級計算機與大型數據中心所需要的。

以華為、Amazon、Facebook為代表的的科技業巨頭有着巨大的數據處理需求，而他們也是推進光互聯技術的先驅者。

5G

近年來，隨着5G技術的發展，光纖技術在5G中的地位受到許多人關注。周驥認為，光纖通信對於5G商用部署至關重要，當5G大規模商用時全國將會有百万量級的宏基站和千萬量級的微基站。光纖網絡具有巨大可用頻譜、超大容量、超高速率，是5G網絡最理想的承載技術。

光纖未來

大公報記者 李磊澤

特種光纖

特種光纖的種類繁多，中國電子元件行業協會按應用將特種光纖分為有源及無源器件、激光器及光纖傳感三大領域。以在光纖傳感器中使用的抗輻射光纖為例，它通過摻雜、波導等設計，可以使光纖在輻射條件下，減少輻照缺陷，從而降低輻射所引起的衰減，使光纖在輻射條件下可以正常使用。

智慧城市

如果將智慧城市比作人，那麼光纖就是他的血管。海底光纜組成動脈，而入戶光纖則是毛細血管。如果血管能夠自動修復，會是什麼效果？香港科學園的園區公司三仁光學就在進行這樣的嘗試。

曾研究光纖二十年的陳禮賢博士認為，智慧城市中有數之不盡的連線應用和服務在同時交換數據，對網絡有龐大需求。三仁光學研發出「可生長的光纖網絡」BusPON，並與香港科技園公司和香港中文大學合作測試。通過一條連接科學園和中大的6公里長光纖，發現除連線速度表現理想之外，BusPON也能自行修復。該網絡在模擬場景出現網絡斷裂時，能夠自動轉換至另一路線恢復數據傳輸，需時只需5秒，而且期間數據未有遺失。

近年三仁光學加入「飛躍企業促進計劃」（LEAP），相信隨着香港智慧城市建設的進程，會有更多像三仁光學一樣的企業出現。

光纖的隱憂

李磊澤

光纖並不是萬能的，近年光纖通信的確遇到了發展的瓶頸。如何解決這些問題，是學者和光纖生產廠商需要關注的。

首先在市場容量上，根據國家工信部2018年末公布的資料，內地行政村通光纖比例超過98%，光纖網絡的市場前景並不甚樂觀。但隨着數據總傳輸量的增加，光纖網絡密度亦會增加。

其次是技術方面。周驥提到，光纖的傳輸容量逐漸逼近極限值，進一步提高光纖傳輸容量與距離變得十分困難。且近年來外國廠家在特種光纖等高端光纖技術佔據主導地位，如何在中美貿易摩擦的背景下突破外國企業在科技上的封鎖，也是值得關注的。

同時隨着各種無線技術的普及，光纖的地位開始受到挑戰。例如在生命探測儀上，以往生命探測儀使用光纖，借助光纖可彎曲的特點將攝像頭伸入廢墟中監測生命體徵。現在的生命探測儀更多地採用無線設計，用超聲波穿透廢墟，適用範圍更廣。而在醫療上，亦出現了膠囊內窺鏡，雖然無法實現光纖傳導激光內窺鏡的治療效果，但是使用門檻低的特點已经令其在疾病診察上領先於傳統內窺鏡。

在光纖的「主場」網絡，也有新興技術站出挑戰光纖。2018年，美國運營商Verizon商用了5G毫米波固定無線服務（即用5G天線發射的毫米波波束直接指向家庭裏的CPE終端以代替光纖入戶，滿足家庭寬帶上網需求）。以無線發射代替光纖可以在最後幾百米省卻昂貴的光纖鋪設入戶成本，在維持通訊效果的同時取得類似光纖入戶的效果。

光纖在經過經過五十年的發展後，已在通訊領域有着統治性的地位。那麼，未來，光纖是否還能在通訊領域一枝獨秀？值得期待。

（下期3C科技將於8月20日見報）