

5G

從電到磁的5G通訊的認知

總會諮詢顧問 廖建利

一、電與磁的發現：科學的起點

人類對電與磁的探索，最早可追溯至十八世紀末。當時人們已知靜電與磁石是兩種不同的自然現象，但尚未理解它們的關聯。1820年，丹麥物理學家奧斯特（Hans Christian Ørsted）在實驗中發現，當電流通過導線時，附近的指南針會偏轉，這是人類第一次明確觀察到「電能產生磁效應」。

這一發現促使法拉第（Michael Faraday）展開一系列實驗。他在1831年證明，變化的磁場能在導線中誘發電流——這就是「電磁感應定律」。由此，人類認識到電與磁其實是一體兩面，可以互相轉換。這不僅揭示了自然界的深層規律，也奠定了後來發電機、變壓器與馬達的基礎。

二、電磁波的誕生：從理論到應用

十九世紀中葉，英國科學家麥克斯威（James Clerk Maxwell）將法拉第的研究整理為一組數學方程式——著名的「麥克斯威方程組」。他預測電場與磁場能以波的形式在空間中傳遞，速度約為每秒三十萬公里，即光速。這一理論意味著光本身就是一種電磁波。

1887年，德國物理學家赫茲（Heinrich Hertz）成功在實驗室中產生並偵測到電磁波，證實了麥克斯威的理論。自此，人類真正打開了「無線通訊」的大門。到了二十世紀初，馬可尼（Guglielmo Marconi）利用電磁波成功實現無線電報的傳輸，開啟了全球通信的新時代。

三、無線通訊的演進：從電報到行動網路

二十世紀初期的通訊技術主要依賴長波與中波的無線電。隨著調幅（AM）與調頻（FM）的發明，聲音與音樂的廣播成為可

能。第二次世界大戰後，微波與雷達技術的發展為高頻通訊與電視廣播奠定了基礎。

1970年代後期，第一代（1G）行動電話網路問世，使用類比信號實現語音傳輸。1990年代進入數位化的第二代（2G），能進行簡訊與低速數據傳輸。第三代（3G）網路實現了行動上網的基本功能，第四代（4G）則帶來了高速寬頻，使影音串流、社群媒體與雲端服務普及化。

四、5G通訊：電磁應用的巔峰

第五代（5G）行動通訊技術代表著電磁應用的最新里程碑。5G使用更高頻的電磁波（例如毫米波頻段），並結合「多輸入多輸出」（MIMO）與「波束成形」（Beamforming）技術，使通訊速度理論上可達每秒10Gbps，延遲僅約1毫秒。

這些技術背後的核心仍是電磁波的控制與應用。透過更精密的天線陣列與演算法

，5G能將能量集中傳輸，減少干擾並提高效率。其應用範圍涵蓋智慧城市、物聯網（IoT）、自駕車、遠距醫療與工業自動化，象徵著電磁科技的全面滲透與智能化。

五、從科學到文明：電磁的深遠意義

回顧兩百年的發展，人類從奧斯特觀察到的指南針偏轉，到今日全球同步的5G網路，跨越的不只是技術的進步，更是對自然界規律的深層理解。電與磁的統一揭示了物理世界的優美結構，也為現代文明提供了能源與資訊的動力。

5G並非終點，而是新一輪科技革命的起點。未來，隨著6G、量子通訊與人工智慧的結合，人類對電磁的掌握將更精確，通訊將更快速而智慧。從一根導線上的電流，到無形的全球網路，人類對「電與磁」的認知，正不斷拓展科學的疆界，也重新定義了文明的形態。