

從旗艦到標配 無線充電欣欣向榮

■文：任苙萍

已存在一段時間的無線充電，最近因為蘋果 (Apple) iPhone SE2、OnePlus 8 Pro 手機及真無線耳機 (TWS) 的走紅再度躍上版面。Reportlinker.com 預測，2020 ~ 2026 年全球無線充電市場規模將達 256 億美元，預測期內年複合成長率 (CAGR) 為 28.4%，索尼 (Sony)、三星電子 (Samsung)、德州儀器 (TI) 和高通 (Qualcomm) 是無線充電市場的先驅，對功率技術著力甚深的意法半導體 (ST) 和安森美 (ON Semiconductor) 亦多有表現。

無線充電可概分為「共振式」

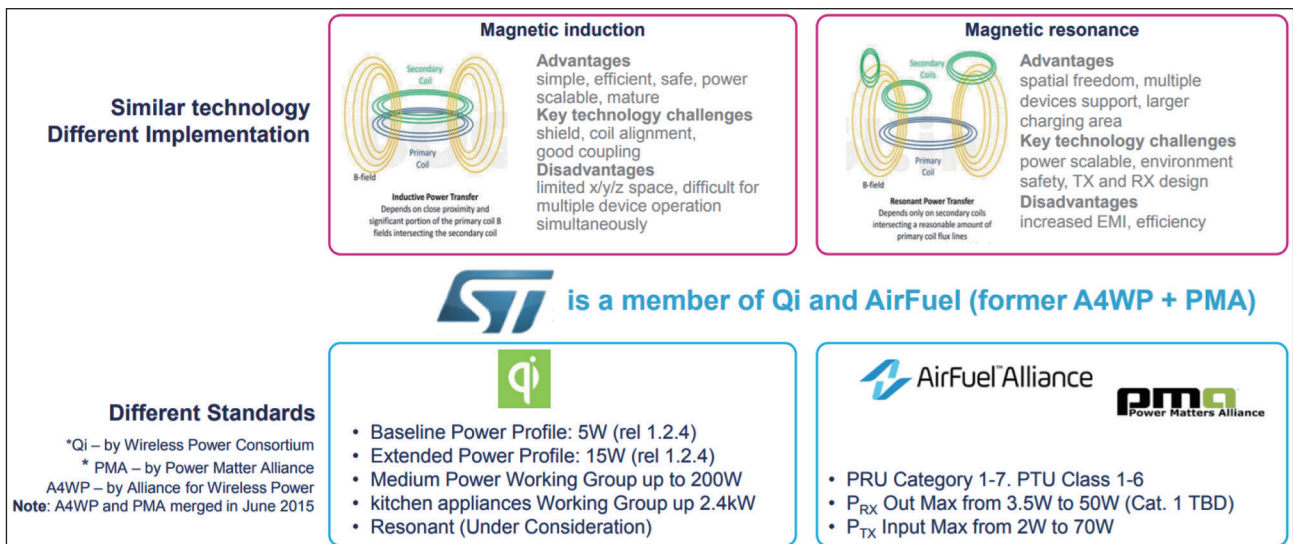
(Resonance，鬆散耦合) 和「感應式」(Induction，緊密耦合) 兩大主流：前者以 AirFuel 聯盟為首，可穿透數公分的厚實桌面在指定充電範圍內提供多個裝置同時垂直充電，且擺放方式較不受限，惟 6.78 MHz 高頻操作，傳輸效率低、易有過熱及干擾問題，亟需氮化鎵 (GaN) 及電源管理演算法 (PMA) 加持，加上無線通訊功能獨立於功率模組之故，製作成本高；後者以無線充電聯盟 (WPC) 為宗，具有低成本、高效率利基，易於大量商品化，缺點是需將兩端線圈對齊才

能工作，內嵌磁鐵有助於位置擺放的對齊和定位。

效率、速度、熱耗、異物偵測、擺放自由度，ST 都考慮到了！

為盡可能擴大市佔，更有廠商選擇兩邊押寶、同時加入兩個聯盟，ST 就是一例。ST 早在 2017 年推出首個 15W 無線充電方案——STWBC-EP 發射器 (Tx) + STWLC33 接收器 (Rx)，就表明 STWLC33 兼容兩種電感標準。然

圖 1：無線充電技術一覽



資料來源：ST；https://www.st.com/content/dam/AME/2019/developers-conference-2019/presentations/STDevCon19_6.1_Wireless-Charging.pdf

不可否認，WPC Qi 已在市場搶得先機，多數無線充電設備採用銅製感應線圈，一在充電基座，處理交流電輸出；一在可攜式設備，其充電線圈連接到充電插座、形成變壓器，在無線充電器（發射端）和充電設備（接收端）之間傳輸功率；而基於安全和干擾考量，「異物偵測」（FOD）是另一關注重點。

為此，ST 緊接著推出首款支援 Qi MP-A15 EPP 拓樸架構、「可控制多個充電線圈並與充電接收器雙向通訊」的 STWBC-MC 15W 無線充電發射器，一次解決位置擺放與異物偵測問題，並支援智慧手機無線快充功能。為確保讓所有類型的裝置均能快速且穩定地充電，STWBC-MC 監測線圈電流和電壓透過整合數位 DC-DC 控制器，以

固定頻率為線圈提供所需電能，還能最大限度減少對智慧手機和平板電腦內其他系統的干擾。另有鑑於歐盟有意將無線電設備指令 (RED) 的範圍擴大至無線充電發射器，並將 H 場電磁輻射限制在 145kHz ~ -5dBm 以上。

STWBC-MC 低電磁干擾 (EMI) 設計有助於降低充電器規格的門檻；ST 的發送器與接收器雙向通訊三路調製專利技術可提升抗噪性，發射器晶片的低待機功耗在未充電時可最大限度減少電源浪費。日前，ST 再推可作為高功率接收器或電能發射器的下世代 100W 智慧功率模組 (IPM)——STWLC68 系列，即標榜具有 FOD 和多項安全 IP 技術。該系列符合 WPC Qi 1.2.4 無線充電標準，完全相容於坊間所

有 Qi 認證裝置，包括 < 5W 及 5 ~ 20W 的穿戴裝置、智慧手機、平板電腦等產品皆適用。

GUI 隨插即用開發套件，各取所需

無線充電雖方便，但速度較慢、效率不高且會產生熱耗，一直讓製造商耿耿於懷，Oppo 和 OnePlus 為此分別發佈 AirVooC 和 Warp Charge 30 帶有內部風扇及冷卻功能的無線充電器標準，而 STWLC68 能從晶片根本著手改進——整合低阻抗、高壓同步整流器和低壓降線性穩壓器的完整功能，可減少外部元件、實現高效能和低耗散功率，避免多餘熱量聚集。此外，它可經由 I²C 介面自訂

圖 2：ST 無線充電產品

Power Output	Target Applications	Key Features	Chip Models
1 - 2.5 W	穿戴裝置	為小尺寸線圈優化參數	STWBC-WA Tx, STWLC30 Rx
5 W	TWS 耳機充電盒	Qi 認證產品	STWBC Tx, STWLC30 Rx
15 W	手機、平板及配件	Qi 認證, 支援無線快充協定	STWBC-EP Tx, STWLC33 Rx/Tx
20 W	手機、平板、小家電	OTP/Flash 支援軟體升級, 新產品開發, 滿足 Qi 規範	STWBC-MC Tx, STWLC68 Rx/Tx

Certified reference design boards
OTP/Flash for firmware upgrade, technical documentation
Graphical user interfaces (GUI), I2C/SPI for host communication

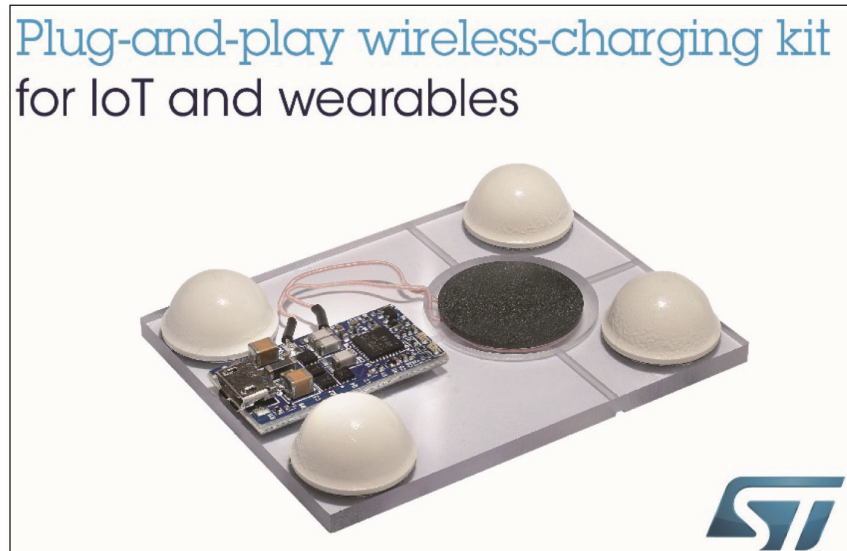
資料來源：ST；https://www.st.com/content/ccc/fragment/corporate/event_information/event_image/group1/65/ee/3e/6a/2a/ff/44/51/4_IoT_MEMS_b/files/4_IoT_MEMS_b.pdf/jcr:content/translations/zh.4_IoT_MEMS_b.pdf

韌體和平台參數並儲存到內部一次性可編程 (OTP) 記憶體，韌體附加程式可提升 IC 的應用彈性。

STEVAL-ISB68RX 和 STEVAL-ISB68WA 兩種開發板，方便開發者在標準 5W 應用和顧及 PCB 面積的 2.5W 低功率應用，針對專為滿足低功率應用的 STWLC68JRH 原型進行開發和測試。面向 < 2.5W 的超小體積充電器，ST 另有 STEVAL-ISB045V1 隨插即用開發套件，內含一個搭載 STWBC-WA 無線充電發射控制器的充電底座元件，底座內建一塊發射器電路板和一個已連接且可隨時使用的 20mm 線圈，同樣支援外部異物偵測和主動存在檢測等安全充電功能，並能依據數位回饋調整傳輸功率，以便在任何負載條件下保持最佳效能。

該套件還隨附一個用於運作圖形使用介面 (GUI) 的裝置，配套生態系統包括經過相關機構認證的公板、軟體和詳細的文檔；使用 STSW-STWBCGUI 電腦軟體可配置 STWBC-WA 控制器並監控運作的即時資訊，例如：供電功率、電橋頻率、解調品質和協定狀態。STWBC-WA 控制器晶片整合驅動器，且原生支援全橋或半橋拓樸；其中，半橋拓樸可用直徑較小的線圈提供最高 1W 的充電功率，還可設計尺寸更小的充電器。用戶可自兩個可選韌體選擇適合者或自應用程式介面 (API) 讀取 ADC、UART、GPIO 等外部週邊，依自己的需求配置應用。

圖 3：ST 面向 < 2.5W 超小體積充電器推出的隨插即用開發套件



資料來源：ST 提供

WPC 納入共振架構，AirFuel 與 Qi 標準相容

事實上，共振、感應在技術上互有長短，兩大陣營也從一開始較勁意味濃厚、轉趨握手言和——WPC Qi 規格在 1.1 版已納入共振架構，1.2 版再新增中功率產品規範。AirFuel 聯盟成員安森美半導體 (ON) 也在 2018 年推出同時符合 Qi 和 AirFuel 標準的 15W 無線充電接收器 NCP6401，可借助一個外接降壓轉換器支援磁共振，實現 87% 的端到端能效並充分降低線圈溫度，另有一款經過 Qi 認證的汽車級 15W 發射器 NCP6500；而創始成員高通 (Qualcomm) 亦於去年 2 月發表「Quick Charge」無線快充技術，強調將確保與 WPC Qi 標準的相容性。

特別一提，Qi 是現今唯一能向後相容的「諧振感應耦合」(Resonant inductive coupling) 標準 (參閱：《WPC 趁勝追擊電

磁諧振與中高功率》一文 <http://www.computechasia.com/a/feature/2016/0714/32483.html>)。不同於單純感應耦合，諧振感應耦合利用 LC 諧振電路與磁場產生共振，以變動的電磁場作為傳輸介質建立高效率能量的傳輸通道，改善感應耦合磁場射程，以擴展能量傳輸距離、減少損耗並實現一對多充電。著眼於相容性，WPC 對發送端有較多的規範和設計要求，涵蓋：線圈規格、電力控制方式、操作頻率範圍和通訊規範。

經 WPC 認可的低功耗發送端設計有單線圈 (Type A) 和多線圈 (Type B) 兩大類；為實現更好的覆蓋，配件製造商已開始設計多線圈充電器，且一次可為多個設備充電，同時宣示挺進中高功率。AirFuel 也不落人後，2019 年底，高通與瑞薩電子 (Renesas) 全資子公司 IDT 合作開發 30W 的高度集成無線充電方案，擬用於高通驍龍

(Snapdragon) 5G 行動平台的旗艦智慧手機。近日，高通新問市的平價版 Quick Charge 3+ 快充技術，支援 USB Type-A 到 Type-C 電纜和配件，Quick Charge 4 的 20mV 步進更可擴展電壓，將率先用於

Snapdragon 765 和 765G。

NFC 新增無線充電標準「WLC」，作為補充技術

值得注意的是，無線充電與

NFC (近場通訊) 的共存一度曾是 WPC 與 AirFuel 相互攻防焦點之一，如今又起變化。過去，因為 NFC 操作頻率剛好是 AirFuel 標準的兩倍，恐引發「倍頻」諧波、難以共存而讓 AirFuel 飽受質疑——即使 AirFuel 多次解釋無線通訊功能並非內建在功率模組中，可借助嵌入式調諧器解決；但就在最近，NFC 論壇本身也自訂無線充電標準「WLC」(Wireless Charging)，再吹起陣陣漣漪。NFC 允許使用單個天線管理設備的通訊和充電，使用位於 13.56MHz 頻帶上的相同天線來收、發數據和能量是其一大優勢，但速度最高僅有 1W。

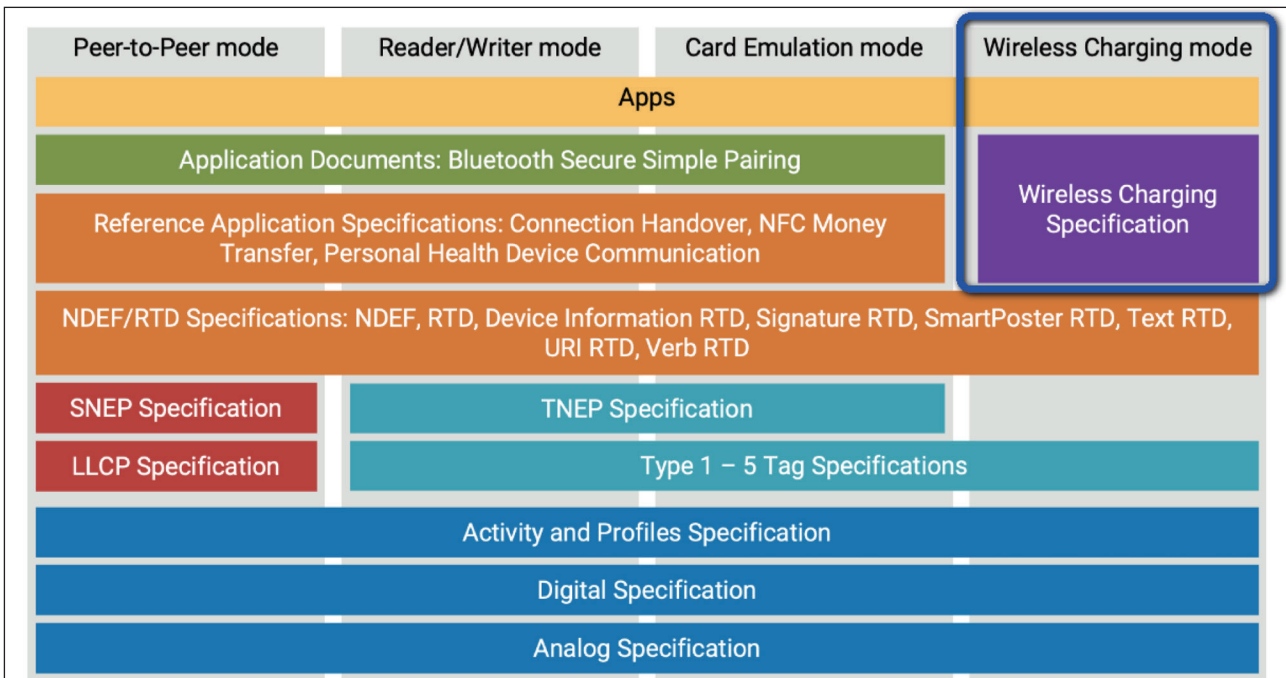
這比 Qi 充電至少 5W 起跳要慢得多 (1.2 版已達 15W)，且不像 Qi 線圈較大、在設備之間可有不同傳輸功率。那麼，NFC 為何要

圖 4：Qualcomm Quick Charge 3+ 充電效率更佳，0 ~ 50% 只需 15 分鐘，相較於前一代產品速度提升 35%、且溫度下降 9°C



資料來源：Qualcomm；https://www.qualcomm.com/news/onq/2020/04/27/introducing-quick-charge-3-fast-and-efficient-charging-masses

圖 5：NFC 論壇標準協調並擴展了現有的非接觸式標準，在原有點對點 (P2P)、讀寫、卡片模擬 (Card Emulation) 模式之外，新增無線充電功能



資料來源：NFC；https://nfc-forum.org/our-work/specification-releases/specifications/#specs

發展無線充電？答案是：作為補充技術，更適合為「低功耗 IoT 設備」充電；今年 2 月，瑞薩即宣佈與無晶圓廠半導體公司 Pantronics AG 共同整合 Qi 與 NFC。由於無線耳機、健身追蹤器或智能手錶／手環通常已配備 NFC 天線，利用 NFC 智慧手機中的線圈作為發射器，為無線耳機或穿戴裝置做「反向充電」。初期，WLC 僅支援 250、500、750、1000mW 四種功率。

由於速度慢、效率低且無法透過更新韌體取得，需另行添購新硬體，WLC 商機尚待時間發酵。另一方面，「可用空間有限」是手機放棄無線充電的主要原因之一，將這兩種技術集成到單個組件還有一個好處：可釋放更大的電池空間、製造更輕薄的手機，且可減少潛在故障點、讓設備更可靠。其實，NFC 與無線充電的淵源早就以另一種形式存在。近年來，NFC 已廣泛用於智慧手機的行動支付等功能，且已從行動裝置迅速拓展到工業設備、連網裝置甚至汽車系統，ST 就與羅姆半導體 (ROHM) 推出 15W Qi 標準之車載無線充電器參考設計。

ROHM & ST : NFC 讀寫器 + MCU，建構車載無線充電器

ROHM 此款型號為 BD57121MUF-M 的無線充電器 IC，主要用於汽車中控台無線充電應用，其參考設計是採用 ST 車用 NFC 讀寫器 IC——ST25R3914，

以及 8 位元微控制器 (MCU)——STM8AF 所建構，旨在實現複雜的充電控制功能；例如，一旦檢測到充電系統附近的非接觸式智慧卡會立即停止充電，以防止因 Qi 發射器的強磁場而導致的車用智慧卡故障，業界深獲好評。ST25R3914 之所以能脫穎而出，除了優異的射頻 (RF) 性能外，其最大賣點是：具備獨特的自動天線調諧功能，可根據不斷變化的金屬環境動態調諧天線。

該讀寫器支援 ISO14443A/B、ISO15693、FeliCa 和主動式點對點 (P2P) 傳輸等非接觸式 IC 卡標準，且配備符合 MISRA-C : 2012 標準的 RF 中介軟體，有助於縮短軟體開發時間。當然，內置符合 AEC-Q100 的 NFC 類比前端 (AFE) 元件是基本要求。至

圖 6：多線圈設計實現寬闊的充電區域，為車輛應用提供一定的空間自由度，消費者亦無需在手機與充電區域是否精確對準，即可進行無線充電



資料來源：ROHM：<https://www.rohm.com/news-detail?news-title=new-automotive-wireless-charging-solution-with-nfc-communication&defaultGroupId=false>

於 STM8AF MCU，整合硬體數據 EEPROM、CAN 和 LIN 匯流排，最高工作溫度可達 150°C。與 NFC 功能搭配使用時，STM8AF 還可用於管控新型汽車的 NFC 應用，例如，協助智慧手機與汽車系統的藍牙／Wi-Fi 配對，或作為資訊娛樂系統 (infotainment) 的 NFC 驗證和引擎發動器。

Qi 充電器在 5W 及更高的功率下運行時，充電效率向來是業者努力優化的目標；相較於傳統的有線充電器，它以熱量形式損失的能量更多。浪費金錢事小，卻可能因此損害電池壽命！且新的 NFC 規範僅可承受 1W 的功率 (或 0.2Amp@5V 電壓)，效率更高、不會造成過多的電池消耗和發熱問題，足以為 AirPods 或 Apple Watch 等小型配件充電，這與 Apple Watch 充電器提供的電量幾乎相同。身為 NFC 論壇成員的蘋果亦積極參與新 NFC 規範的批准。為讓 Qi + NFC 協作順暢，量測儀器廠商早已準備好了！

Micropross & NI : 可同時量測 WPC 無線充電 + NFC

以 RFID/NFC、無線支付和功率量測起家，手握七成「一致性認證」(Compliance) 市場的 Micropross (參閱：《測試規範細節多，一致性認證不容輕忽》一文 <http://www.compotechasia.com/a/feature/2016/1114/34037.html>)，可提供符合 WPC 測試程序和框架

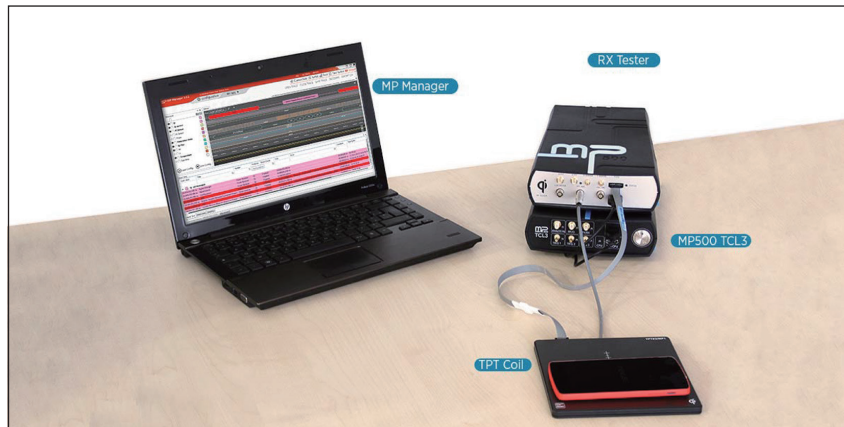
的全套測試方案，涵蓋基準功率 (5W, BPP) 及擴展功率 (15W, EPP) 配置文件的接收器和發射器測試。MP500 TCL3 測試儀和專用 WPC 套件——MPManager 測試平台、Qi 擴展電源配置文件接收器測試套件及 Qi 配件，是特別針對擴展功率的接收器測試，可基於相同硬體測試無線充電和 NFC。

遵照《系統說明無線電源傳輸第二卷：擴展電源配置文件第三部分：一致性測試》中所定義的 100% 要求，該解決方案的主要特徵包括：

- 一種緊湊的測試工具，嵌入所有必要的生成和測量功能；
- 所有規範性附件的可用性；
- 全自動操作模式，減少測量錯誤；
- 自動生成測試報告；
- 輕鬆遷移到 Baseline Power Profile 測試及變送器測試。

其中，基準功率曲線測試的覆蓋率為 100%，包括：負載調變幅度、頻率解調選擇和 ping 階段。MP500 TCL3 會自動進行物理測量，再由測試平台 MPManager 根據 WPC 要求執行對話測試，然後給出明確結論並顯示測試用例通過或失敗的原因。Micropross 在被併入 NI 後，為 NI 補強了「製造端」的測試優勢：1. 使用相同的硬體系統結構覆蓋基準功率配置文件 (5W) 和擴展功率配置文件 (15W)；2. 易於升級，可在同一工作台上測試 NFC 技術；3. 全自動測試套件帶來友善的可用性；4. 交互式腳本模式，讓用戶可「關閉腳本」並自定義測試過程。

圖 7：MP500 TCL3 測試儀和專用 WPC 套件



資料來源：Micropross；<https://www.micropross.com/RandD-Qi-mobile-device-wpc-qi-base-station-charger-tester-MP500-TCL3-36-p>

這種非常靈活的測試解決方案還允許測試非標準形狀因數，例如，在 1W 低功率範圍下運行。天線效率測量工具能表徵線圈將電壓轉換為發射的無線電力，將接收到的無線電力轉換成電壓（用於接收器）——MP300 CL3 是用於無線電源製造測試的推薦測試工具，具有根據無線發射器製造商的要求專門設計的測試天線，可測試發射功率、Vr 和 Ir 值並執行協定測試。MP300 CL3 帶有另一個專用測試天線供測試雙 NFC 和無線電源模組之用，同時嵌入 NFC 和無線電源，可在同一工作台上測試兩個接口，可在較大的功率和頻率範圍內執行線圈效率測量。

NI 已成功與電力發射器製造商一起進行了無線電源模組的製造

測試，並將這些合作夥伴關係獲得的經驗轉化為一系列製造測試解決方案：功率變送器測試——保證功率、異物偵測、調變深度、所有數位定時測量；電力接收器測試——分組定時/分組內容、負載調變測試、接收重置和頻率解調。NI 解決方案隨附了所有必需的 WPC 定義附件：

- 所有標準線圈：測試功率接收器 (TPR) 和測試功率發射器 (TPT)；
- 異物偵測測試所需的所有異物 (FO)；
- 功率變送器的熱電偶和測試夾具 (PTx)；
- 除了物理附件外，我們還提供測試用例的全自動庫。它們直接對應於 WPC 定義的用於 Tx 和 Rx 一致性測試的設備。CTA

下期預告：

AIoT 資安