

無線充電大洗牌

WPC 趁勝追擊電磁諧振與 中高功率

■文：任苙萍

無線充電聯盟 (WPC) 在全球擁有 232 個企業會員，包括華碩、聯發科、宏達國際、瑞昱、佳能、戴爾、樂金、三星、松下、索尼、飛利浦、東芝等電子廠商，以及傢俱業者宜家 (IKEA)。WPC 主席 Menno Treffers 表示，該聯盟所推行的低功率無線感應式電力傳輸標準「Qi」正快速成長，單是 2015 年就銷售 1.4 億支內建 Qi 功能的手機和 5,000 萬台充電器。他樂觀預估，Qi 在之後幾年將有 100% 的成長率，今年將往 1 億台充電器邁進，居家、汽車、辦公室或公用場所皆在應用之列，市面上約 99.8% 的無線充電手機或充電器都可與 Qi 相容。

Treffers 指出，反觀以 6.78 MHz 頻段充電的另一陣營 (意指 A4WP，2015 年與 PMA 合併改名為 AirFuel)，因效率低、易有過熱及干擾問題且製作成本高，尚未商品化，就連一度力挺的英特爾 (Intel) 亦萌生退意。至於 2.4 GHz 和 5.8GHz 雖適合長距離傳輸，但缺點是只能負載幾毫瓦的電力，並不適合手機或平板充電，同樣未見



照片人物：WPC 主席 Menno Treffers

新品問市。他強調，安全絕對是第一要務，而是否具市場競爭力亦是開發者不可忽略的要素；WPC 本身不斷創新，15 W 可望在今年列入 Qi 1.2 官方修訂版規格，讓無線快充再升級，並積極往 2,000 W 的廚房家電設備供電邁進。

諧振式 vs. 感應式，因勢利導

WPC 行銷副總 John Perzow 說明效率量測的方式有四：從直流電進到發送端、輸出到線



照片人物：WPC 行銷副總 John Perzow

表：「諧振式」和「感應式」比較

架構	代表規格	操作頻率	天線結構	特點
鬆散耦合 (Loose Coupling)	<ul style="list-style-type: none"> ■ AirFuel Rezence ■ WPC Qi 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 6.78 MHz ■ 100~205 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Perimeter ■ Planar 	<ul style="list-style-type: none"> Extended Z-distance
緊密耦合 (Close Coupling)	<ul style="list-style-type: none"> ■ WPC Qi 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 100~ 205 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> Planar 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Highly efficient ■ Low cost

資料來源：WPC

圈 (coils)、輸出到降壓／穩壓晶片，或是輸入到電池的電量，指標各異；他補充，目前無線充電有「諧振式」(鬆散耦合，Loose Coupling)和「感應式」(緊密耦合，Close Coupling)兩種。Perzow 認為，前者可在兩個線圈之間垂直充電，後者具有低成本、高效率利基，在坊間較為常見。WPC 最初的 1.0 版本，是目前市面上的智慧型手機主流搭載；到了 1.1 版，已在原先感應之外，加入諧振架構；1.2 再加入中功率產品規範。Qi 是現今唯一能向後相容的感應諧振標準。

前述兩者其實各有利弊，應針對不同使用目的選擇適合的模式；而 WPC 之所以未全面支援雙重標準，亦是回歸「效率」之故。然而，為了讓諧振操作及「鬆散耦

合」系統兼顧效率和向後相容性，WPC 持續朝支援多個接收端並穿透厚層傳輸而努力，相關延伸規範將分階段納入 Qi 的官方規格，在今年完成向後相容的諧振原型。經美國科羅拉多大學實驗，將進入發送端的能量與經過時間累積後的電池電量相較，結果顯示在低頻狀態下，Qi 線圈對線圈的充電效率最佳，但低電流時由於持續的電壓循環須花費較長時間，效果不如預期。

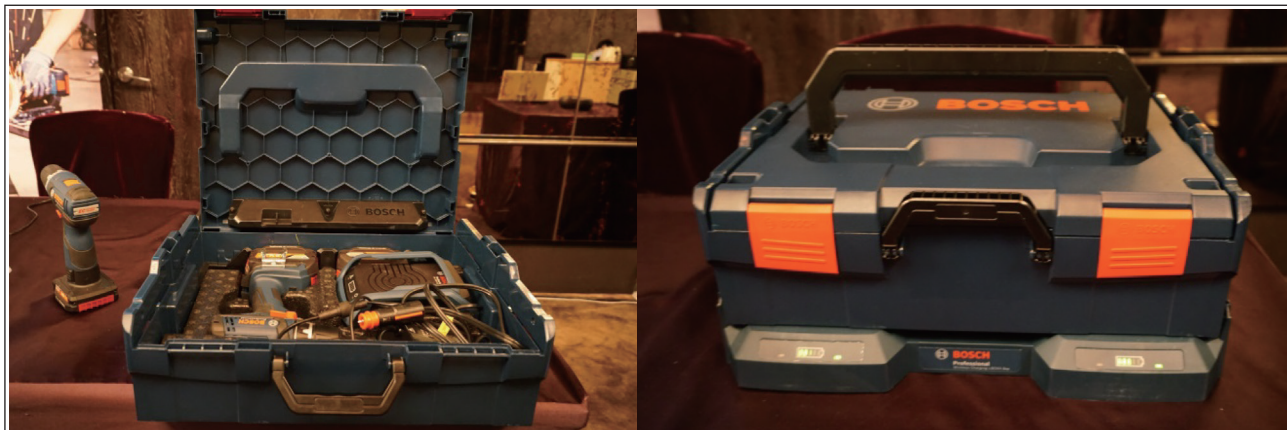
60W 中功率準備就緒

Perzow 特別點出，考慮到接收端放置空間不同，效率計算應採空間的平均值。那麼，金屬是否會影響充電效率？Perzow 回覆，有此現象即意味充電器放射在外的

能量過多，設計有待改善；除非是基於安全考量的異物偵測，則另當別論。今年 3 月間才加入 WPC 會員、擔綱「60W 工作小組」的博世 (BOSCH) 工具機，亦贊同異物偵測的重要性；電動工具部門計畫經理 Nils Donath 表示，電鑽工具的使用者常身處粉塵多的惡劣環境，周遭金屬多，異物偵測功能別具意義；耐熱、防塵則是另一賣點，可保護機具、延長使用壽命。

Donath 細數，博世現有無線充電產品包括：電鑽和 18V/4 Ah、18V/2 Ah、12V/2.5 Ah 等三種規格的電池，均可在相同的充電器上充電；另有充電架、車充和變流器 (Inverter)，冀將這些產品的無線充電標準開放給業界使用，目標應用包括：電力、園藝、居家、工業、醫療，以及筆電、平板和電動單車。其電力傳輸是透過緊鄰諧振的電磁感應耦合線圈，功率可達 60W、效率大於 80%；之所以選定中功率發展，是因看中工具機械的電力需求多落在此區間。行動裝置可透過通訊協定控制電力傳輸，任意擺放皆可充電，不須停下手邊

圖 1：博世「Wireless Charging L-BOXX Bay」工具箱，隨意靜置角落時亦在充電，確保內部電動工具的電力永遠充足



工作為工具換電池。

高功率仍在創新萌芽

根據研調機構 IHS 統計，接收器銷售呈現上揚趨勢：截至 2014 年年底，有 5,500 萬件出貨、2015 年有 1.4 億件，今年底預估有 2.59 億件，成長力道甚於發送器，其中 Qi 佔多數。IHS 研究經理 David Green 指出，當他們進行市調時，詢問受眾是否聽過無線充電？2014 年有 63% 的人給出否定答案，但到了 2015 年情勢已逆轉，有高達 76% 的人都回答 Yes。值得注意的是，調查顯示有購買意願但尚未行動者，佔 70.1%，將是潛力市場所在。他不只一次強調，2016 年將是推展無線充電的最後黃金期，否則市場可能轉移關注焦點，不利前景。

Green 建議，業者可用行銷套裝方案創造使用誘因，例如買手機就附送相關無線充電產品。不過，關於高功率產品，IHS 認為還需經過市場對技術、產品和成本的洗禮，才有較清楚的輪廓。即使尚在概念推廣期，著重高功率的家電大廠亦為感應式無線充電背書。日本飛利浦總經理 Nick Kuroda 表示，沒有電線糾纏，可避免被電線絆倒、方便任意移動、沒有因線路老化而損毀的危險；電器完全密封，可防塵／防水、容易清理，甚至可放到洗碗機清洗；加熱爐面可從事其他工作，不佔空間；線圈亦可隱藏於餐桌下，不必苦守在爐邊。



照片人物：日本飛利浦總經理 Nick Kuroda

圖 2：飛利浦支援 Qi 無線充電及線圈感應加熱的一系列小家電



廚房少了電線摻雜，將更乾淨整潔，也能收納更多家用品。身為 WPC「廚房工作小組」(The Kitchen Work Group) 一員，飛利浦日前展示無線圈廚房應用，支援高效率、低成本的新版垂直 Z 軸諧振操作。Kuroda 透露，目前已完成廚房家電的無線充電商用規格文件，可供應 1.5 ~ 2.4 kW 用電，可與現有熱感應發電的裝置合併使用；並正研擬將控制面板內嵌在家電機體，讓使用者直接在上面操作傳輸功率，或從網路下載食譜等。他指出，除了循 Qi 規格從遠端供

應電力，直接感應加熱是更有效率的方式，即使金屬材質亦適用。

軟體定義 + 遠端控制，催生新型商業模式

恩智浦 (NXP) 高級首席系統架構師吳崇理介紹，WPC Qi 標準在技術面有兩大利基：軟體定義與遠端控制。首先，充電站發送端 (Tx) 與行動裝置接收端 (Rx) 之間的通訊協定由軟體控制，方便進行產品差異化；因不須改變硬體架構，設計添加新功能將更有彈性，

可透過「動態裝置比對」(Dynamic Device Mapping, DDM) 做多模方案擴充或規格升級，不受電阻、電容溫度等硬體條件影響，轉換時間延遲會更精確且省成本，尤其適用於車載裝置。其次，使用者若在外地有充電需求時，可向供電的營運商從雲端購買所需的確切電量，就近充電，開發新的商業模式。

充電站的營運商可向 IEEE 申請一個身份識別碼 (WPID)，將該位址放在接收端，以便與雲端系統進行數據交換，並藉以追蹤用戶偏好和購買習慣。那麼，接收端是否會與用於行動支付的 NFC(近場通訊) 產生衝突？吳崇理解釋，NFC 操作頻率為 13.56 MHz，較 WPC Qi 的 100 kHz ~ 205 kHz 高，原則上小功率不成問題，而大功率因為充電及異物偵測頻繁或許有此疑慮，但可透過系統控制解決。他特別提到，Qi 不需額外藍芽等收發器就能實現頻內 (in-band) 通訊的特性，有助 WPID 和多裝置操作，以開發新應用、改善使用體驗並為

日後擴充鋪路。

改善電路設計，提升充電效率及安全

Qi 既以「高效率」自詡，要如何設計無線充電的電路系統？立錡科技技術處長劉國基揭示，一般以感應技術將電力從發送端送到接收端的效率只有 72%，但透過中間線圈設計的改良，可提升至 80%。著眼於良好相容性，WPC 對發送端有較多的規範和設計要求，包括：線圈規格、電力控制方式、操作頻率範圍和通訊規範；目前經 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——A 有 34 種、B 有 7 種，另中功率有 5 種；相較於單線圈僅固定在中央、有更多的空間和設計自由度，多線圈佔用空間較大。

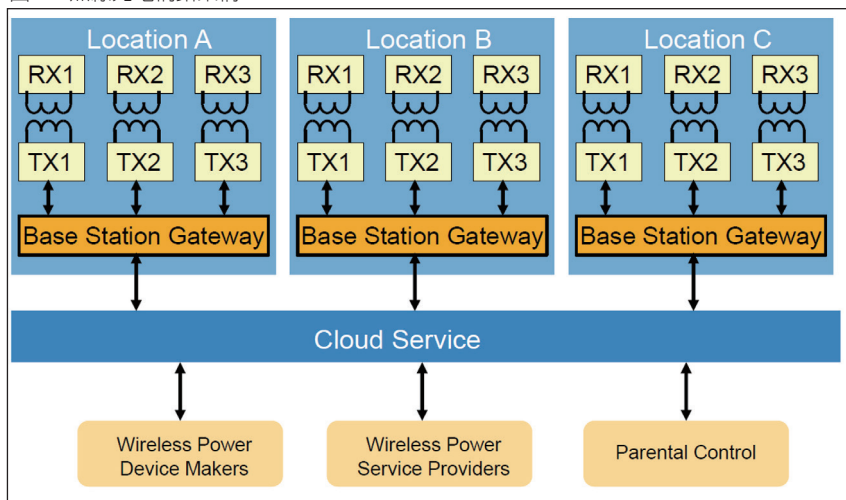
在接收端部分，不僅能做成貼片或手機背蓋，也可直接將接收器做在手機主板；因為機身沒有

接口，可隔絕外部水、塵侵襲。等流、等壓是接收端設計重點，而散熱是關鍵要素；此外，將穩壓器與充電器整合已成趨勢，且系統架構影響甚鉅。假設在同樣的輸出電壓和瓦數下，半橋架構的等效電壓只有 1/2，電流必須倍增才能達標，但此法的電路耗損相對較大，約有四倍；若換個方式，將輸入電壓提升兩倍以上，此時半橋架構反而有所需元件較少的優勢，並非一無是處。反之，若採用全橋架構，則須考慮多了兩個開關所增加的切換耗損。

劉國基提醒，基於安全設計還有幾項要件：異物偵測 (Foreign Object Detection, FOD)、電磁 / 射頻干擾 (EMI/RFI) 管理、完整的電壓過低鎖定 (UVLO) 和過電壓 / 電流 / 溫度保護 (OVP/OC/OTP) 機制，以及頻內通訊、休眠作業等。異物偵測有兩個途徑：一是 Power Loss，檢查發射端和接收端的功率相減差值是否超出容許範圍？二是 Q-Factor，觀察諧振電路的輸出電壓值是否因異物屏蔽而下降？是否被電阻吸收而快速衰減？在 EMI 法規部分，以美國聯邦通信委員會 (FCC) 最為嚴謹；規範消費裝置之電源管理頻內通訊的 FCC Part 18 只是基本款。

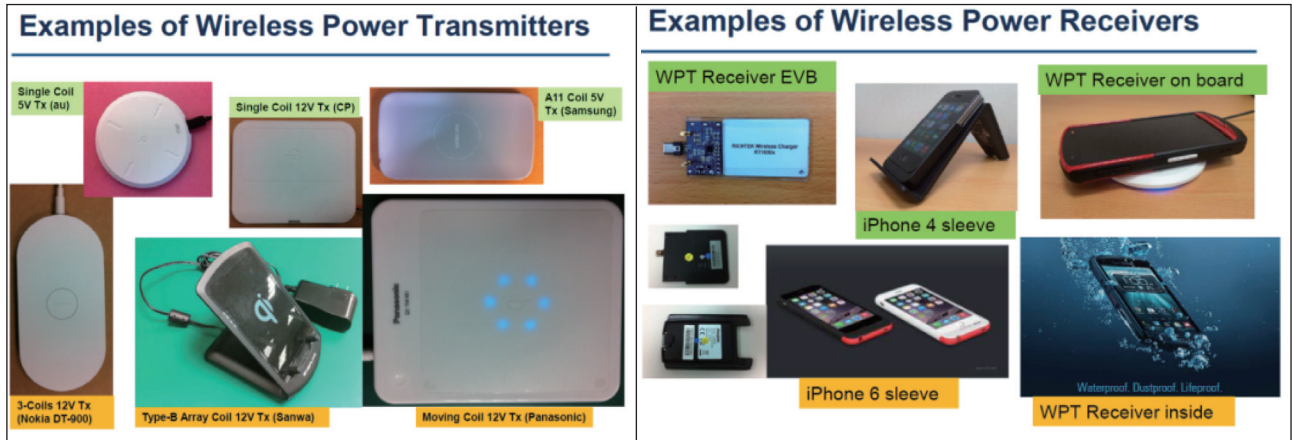
FCC 針對不同頻率的「意圖發射」(Intentional Radiator，又稱「主動輻射體」或「輻射主體」)，另有 FCC Part 15 規範；歐盟亦在原有 ISM 充電裝置法規 EN55011 之外，於去年底將無線充電列入 ETSI(歐洲電信標準協會) 的測試

圖 3：無線充電網路架構



資料來源：恩智浦 (NXP) 提供

圖 4：常見的無線充電發送端 (Tx) 及接收端 (Rx) 設計



資料來源：立錡科技提供

標準，進一步設立 EN 300 330-1，規定若頻率高於 148.5kHz，場效限制將從 37.7 dB 大幅降至 -5 dB，帶來新的設計挑戰。劉國基建議，可以下列方法降低開關雜訊：改變控制器的斜率、額外加電容、整合 MOSFET 以降低等效串聯電感 (ESL)、電容儘量靠近 MOSFET、優化佈線、加上濾波器 (filter) 或扼流線圈 (choke)……。

線圈設計須首尾一體思考

ConvenientPower 公司對於

如何在收發器狀態處於「鬆散耦合」情況下、增加電力傳輸效率頗有心得，認為這是收發兩端的線圈尺寸或線圈間的距離不匹配時，常見的典型案例。ConvenientPower 的諧振發送端線圈間距可達 20 毫米、為相距 30 毫米的客製化接收端充電，利用獨特諧振匹配技術補償因鬆散耦合所導致的損耗。技術長劉遜強調，線圈設計應就發射基地與行動接收 (Base station-Mobile device, BM) 做系統思考：除了既有電感、電阻，行動裝置的電池或其他金屬元件也會影響線圈

諧振頻率。

因此，當接收端裝置與登錄型號不一致，對於「友善金屬」的認定亦不同；這就是異物偵測功能的基礎，命令發送端停止運作以避免過熱。關於發送端線圈有三個設計重點：定域充電 (localized charging)、線圈大小、均質的電磁流量分佈。有別於近場應用，IMEC 台灣區總經理 Peter Lemmens 則聚焦「遠距」傳輸。他表示，日常生活中其實充斥各種光、熱、振動等能源，但擷取成本可能很高，太陽能即是一例，故借

圖 5：發送端的線圈設計，會影響裝置擺放位置及充電效率



資料來源：ConvenientPower 提供



照片人物：IMEC 台灣區總經理 Peter Lemmens

助整合晶片和天線大量發射能源，以獲取更高密度的能源；但長距電力傳輸用在消費產品並不實際，反倒適用物聯網 (IoT) 感測或監控。

Lemmens 展示，將電力從發送端送到目標物的天線，即可獲得溫度等訊息；而如何將整個天線收發、負載模組與半導體材料、製程最佳化，正是 IMEC 強項；與現有頂級工藝相比，可提升 18 ~ 25% 電路效率。IMEC 曾在辦公環境

實驗，以 3W EIRP/868-915MHz 發送器，相距 5 公尺以內可產生 $30 \mu W$ 直流電，若設為暫停或休眠模式，可在 2 分鐘內、每 40 毫秒提供 60mW 直流電，最大傳輸距離為 12 公尺，對僅需幾毫瓦的 IoT 場域已綽綽有餘。與同業相較，在相同的電力下能傳輸的距離更遠，未來也將往更高頻率演進。

無線充電的願景擘畫

既然無線充電這麼方便，公共場所尤其適用，為何迄今未在全世界遍地開花？據宏達國際電子 (HTC) 副理朱峰森實地了解，發現有以下五項關鍵點有待突破：

1. 鋪設成本：因為手機等終端裝置未普及，消費者需求有限，餐飲店等業主參與意願不高；
2. 管理不便：公共場所的充電器損壞頻率高，但經營者或管理者缺

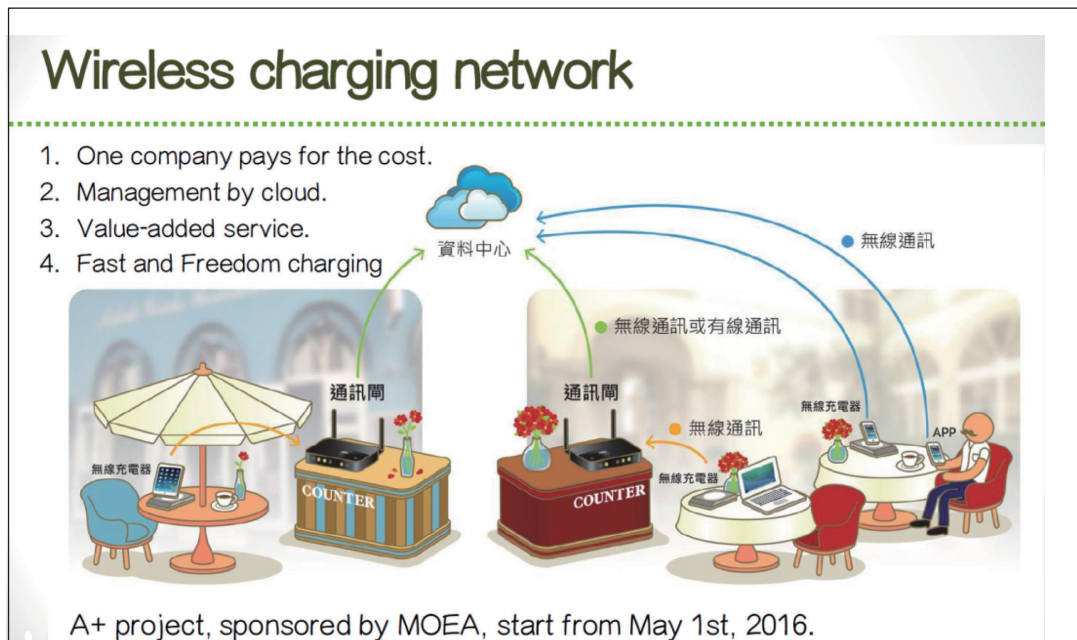
乏管理介面、不易察覺，反會引來民衆抱怨、甚至有損形象；

3. 設計美感：是否能融入傢俱？需要高度客製化能力；
4. 採用好處：除了「方便」，似乎還欠缺其他誘因；
5. 使用觀感：充電效率如何？是不是要駐留很久才能完成？

有鑑於此，HTC 帶頭串連合作夥伴推行「無線充電網路」計畫，參照電信經驗，由營運商出資在公共場所廣設無線充電設備並提供相關服務，解決成本問題。所有充電器都連接至雲端、以 APP 監控充電器的無線網路資料和接收器的功率 WPID，有朝一日希望打通介面、形成完整通訊框，讓兩端訊息互通；甚至獲悉使用者身份，讓網路 IP 訊息列入 WPC 標準。資訊業者可藉此提供加值服務，亦可

作為後續大數據分析之用。台北市資訊局率先宣佈將與廠商合作，於年底前在北市圖各分館、區公所、戶政事務所、市政大樓設置免費的手機無線充電設備。CTA

圖 6：「無線充電網路」計畫所規劃的使用情境



資料來源：HTC 提供