

電動車技術應用社群成果

臺中市高級中等學校課程發展中心群科輔導團



科目：電動車概論

單元：電池的充電- 國中九年級教育版

編撰者：周照棠老師

日期：112 年 10 月 31 日

一、電池的充電概述

電池是電動車的動力能量來源，然而若當電池的電量(SOC)或行駛里程(Range)不足需要充電時，對於電池充電的相關知識及技術，也是認識電動車的重要課題之一，若充分的了解此議題，能更了解充電種類及方法，適度減少使用電動車的「里程焦慮感」。例如：交流與直流充電方式及充電模式、充電功率與曲線、充電費用計算等問題。本章節將會針對以上充電時所產生的相關問題作為討論重點(如圖 1)。



圖 1 電動車高壓電池充電系統架構圖

二、交流與直流充電的區別

(一)交流充電(AC, Alternating Current)

交流電(AC)是指電的強度及方向會發生週期性的變化，特點是可以有效傳輸電力，而來自電廠的交流電(AC)首先透過充電站、充電電纜及充電樁頭 (如圖 1) 充入車輛，但不進行交直流的轉換。只有當電透過電動車中安裝的 Rectifier(整流器 AC to DC)，即車載充電器(On Board Charger, OBC)(如圖 2)，才會將交流電轉換成直流電，此時才真正為電池進行充電。



圖 1 德國立柱式交流充電樁



圖 2 車載充電器 On Board Charger

交流充電站無需整流器，通常也比直流充電樁價格便宜，更適合私人使用及安裝於家中。

根據充電站、充電電纜及車載充電器的不同，可實現最高達 22kW 的[充電功率](#)^{註 1}。交流充電功率若與直流充電功率比較來說相對較低，對電池的不良影響較小，但充電時間較長，車輛至少需停放 30 分鐘以上，適合夜間車輛停放在車棚、車庫或飯店不使用時充電，或白天在餐廳用餐和在超市購物的等情況下充電。

註 1：充電功率(P)=充電電壓(V) x 充電電流(I)，是影響充電時間的因素之一。

(二)直流充電(DC, Direct Current)

[直流電\(DC\)](#)是指電荷流動方向唯一的電流，特點是[易於儲存](#)，直流充電樁的電源接點和導體橫截面比交流充電時的要大。[充電功率](#)顯著更高，可達 [500kW 以上](#)，能大幅縮短充電等待時間。因此，也被稱為[快速充電](#)或[超快速充電](#)。

與交流充電不同之處，在於[交流電與直流電的轉換是在充電站\(charging station\)中完成](#)，而非透過車載充電器。直流充電站中也設有更佳的電子功率設備，因此價格較為昂貴，主要用於商業用途。可適用於休息時間較短的長途旅行，以便在幾分鐘內完成充電，例如在高速公路服務站、營業用充電站等(如圖 3)。



圖 3 Tesla 超級充電站

三、交流與直流的充電模式

(一)交流充電模式

1. **家用交流充電(Level 1)**：透過家用插座以交流電對電動車進行充電，以臺灣為例，單相電有 110V 及 220V，若三相電則可達 380V，**最大輸出電流約為 8~32A**。生活中最常見即為旅行式便捷充電及壁掛式兩種充電座(如圖 4、5)，下圖中旅行式充電座較易攜帶，亦可使用配有工業用插頭的電纜連接至公共用的充電站插座中。



圖 4 單相 220V 旅行式便捷充電 (1.8kW 8A)

壁掛式充電座中通常配有電纜控制與安全保護裝置(IC-CPD)，配有接地故障漏電保護器，且與車輛進行通訊，而更完整的控制充電過程，較適用於私人家中。



圖 5 單相/三相 壁掛式充電座樁

2. 公共設施交流充電站(Level 2)：透過公共基礎設施之交流供電網，以 220~380V 三相工業用電對電動車充電，最大輸出電流 32A 以上(如圖 6)。充電速度較家用充電稍快，亦配有完整安全保護及控制裝置，較適用於大型商用賣場、公共停車場、休息站等公共基礎設施。



圖 6 交流立柱式公共充電站

(二)直流充電模式(Level 3)：

直流充電模式即為俗稱的「超快速充電模式」，充電電流最高可高達 500A，因此用電安全要求也更高。充電電纜必需固定在充電樁座上，僅允許與車輛連接端處之樁頭可以插拔，且需對充電槍中的「電源接點」需進行溫度監控，充電站中也需配備安全絕緣監控、電流監控等，所以充電樁座通常為大型立柱式(如圖 7)。



圖 7 直流快充站、交流充電座及各式充電樁頭示意圖

四、充電的原理與充電曲線

(一) 電動車電池工作原理

電動車常用鋰離子電池的工作狀態可分為**充電狀態**及**放電狀態**兩方面來說明，鋰離子電池顧名思義，就是利用「**鋰離子**」的移動來完成充/放電工作。

1. 充電狀態(接上充電樁)：

鋰離子會從含鋰的金屬氧化物中釋出，此時鋰離子利用電解液作為擴散媒介穿過隔離膜、**嵌入鋰離子電池的負極材料**，達成儲能工作(如圖 8)。而電子則由正極跑向負極，產生電子流。

2. 放電狀態(放電驅動馬達)：

鋰離子會再**由負極中遷出**，藉電解液擴散穿越隔離膜，**回到正極**(如圖 8)，而電子則由負極跑向正極，產生電子流，因此電流可驅動電動馬達使車輛前進。如此便能在鋰離子電池有限的循環壽命(Cycle life)中，透過反覆充電/放電而重複使用。

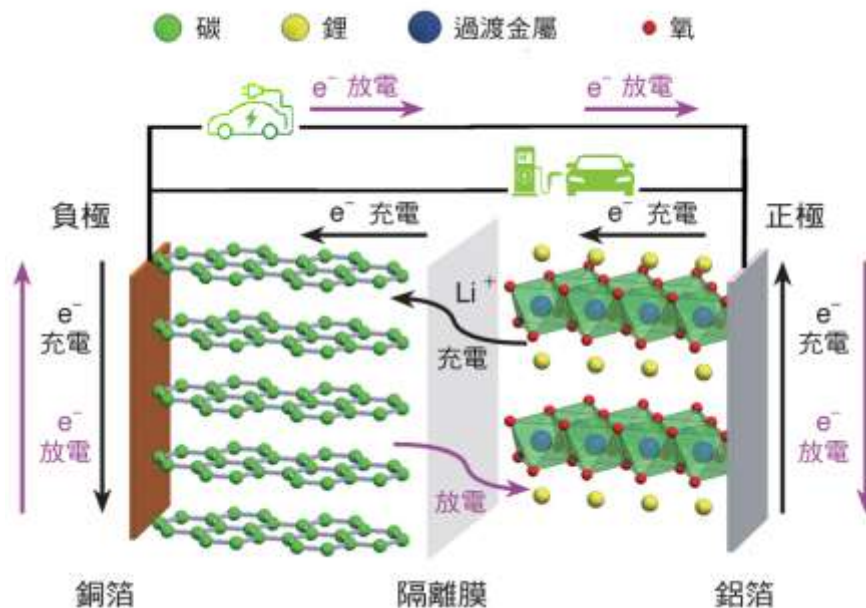


圖 8 鋰離子電池構造及作用原理

(二) 電動車充電功率

在電動車的充電中，「**充電功率**」是影響**充電時間快慢的因素之一**，如同我們的智慧型手機般，當使用功率較大的充電器，在正常情況下就能較快速的將電池充電至 80%以上，電動車與手機都使用鋰離子電池。

$$\text{充電功率(W)} = \text{充電電流(A)} \times \text{充電電壓(V)}$$

- (1) **攜便式旅行充電樁**：充電額定電壓為 220V，充電電流最高可達 8A，此充電樁之充電功率即為 1.76kW。
- (2) **家用/商用壁掛式充電樁**：充電額定電壓為 220V，充電電流最高可達 32A，此充電樁充電功率即為 7.04kW。
- (3) **直流快速充電站**：充電額定電壓為 380V，充電電流最大可達 380A，此快速充電站之充電功率即為 144.4kW。

理論上，**功率越高**，鋰離子在單位時間內的遷移、嵌入的數量越高，就能讓**充電速率大幅提升**。但如同手機般，若充電電流越高，伴隨著越高的溫度，也**越容易造成電池壽命的下降**，因此在充電的過程中，**電池的溫度管控也是影響充電的重要因素之一**。

(三) 電動車交/直流充電曲線

在電動車的充電中，在 Level 1 及 Level 2 的交流充電中(AC)，充電曲線中的功率輸出是穩定的平直線(如圖 9)，直到接近滿電時才會逐漸下降，此因

車載充電器(On Board Charger)較小，只能移轉較小功率的電。

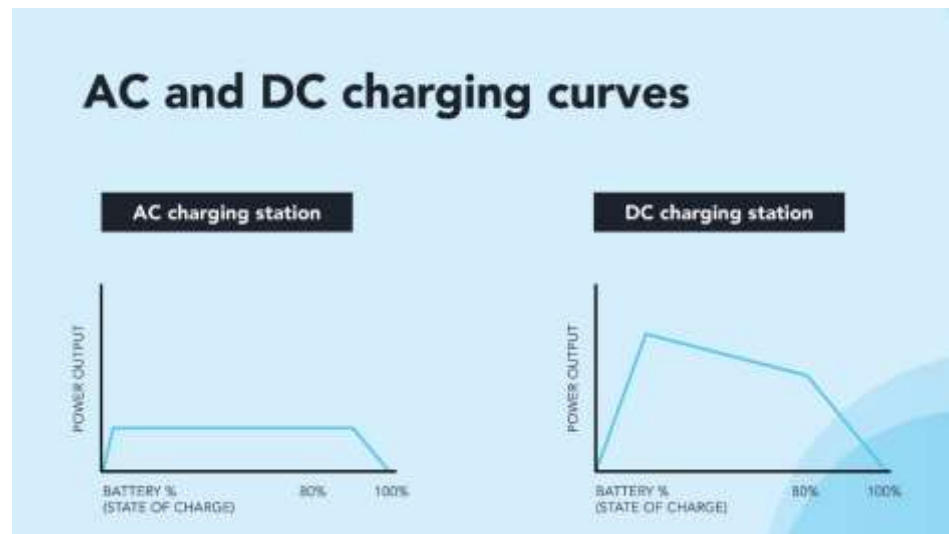


圖 9 交流充電曲線及直流充電曲線

在 Leve3 的直流充電中(DC)，大型的整流器會直接安裝在充電站的內部，車輛直接接受直流電。且當電池電量(SOC)低時，充電曲線中剛開始時有一個高峰值，因電池能接收大量的充電電流，但隨著電池電量越來越滿(80%)時，充電功率就會逐步下降(如圖 9)。

我們可以想像你正在倒一杯水，剛開始時你可以允許倒的很多，但是當快滿時你會將速度放慢防止它溢出來。在 Leve3 的直流充電中也是一樣的道理，這也是為什麼電動車電池電量達 SOC 80%以上後，對於充電功率的需求越少及欲將其充滿電(SOC 100%)的時間較長的原因(通常是兩倍以上的時間)。

綜上所述，若對於電動車的長程旅途的快速充電設計中，若能讓充電曲線的充電功率唯持在高功率的輸出，就可以讓電池盡快的達到滿電需求，縮短駕駛人等待充電的時間，這也是目前各廠家電動車努力的目標之一(如圖 10)。

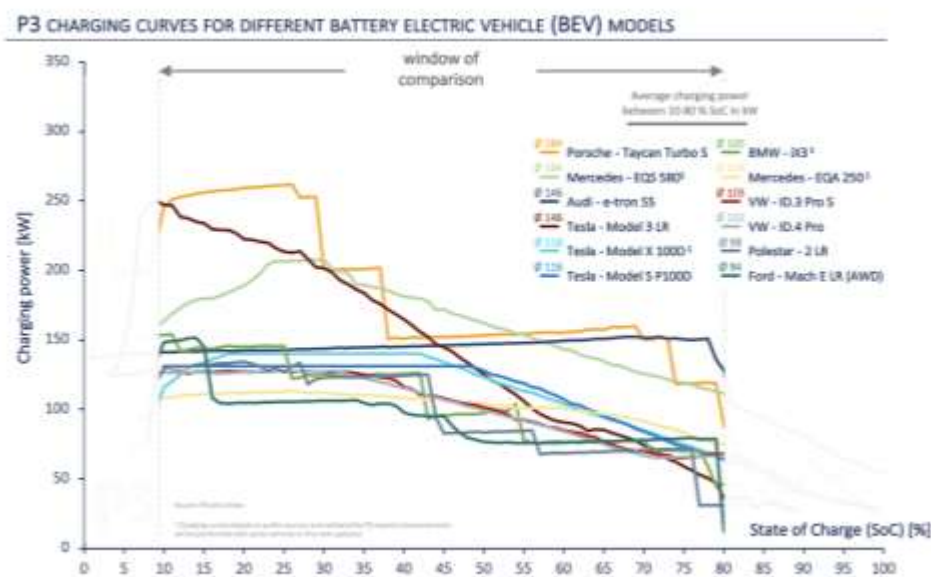


圖 10 各大廠家電動車 SOC 10%-80%充電曲線 (2021.4)

五、充電的費用計算

各國環境節能減碳發展因素下，電動車的發展成為未來的趨勢。然而，「節能」是吸引消費者使用電動車的其中一個重大因素，假設以一輛配有 [75kWh\(度\)電池](#)、[平均每度電行駛里程 5km/kWh](#) 的電動車，且不考慮維修保養成本，來進行相關討論。

1 度電定義：1 度電(kWh)=功率(1kW) x 時間(1hr)

(一) 交流充電費用

電動車目前家用交流充電設備有[攜便式旅行充電樁](#)及[家用壁掛式充電樁](#)兩種可以選用，若以臺灣電力公司目前[電動車專設電錶收費標準\(2022.5.30 起\)](#)為例(如表 1)。

分 類					夏 月	非夏月
基本 電費	按戶計收			每戶每月	262.50	
	經常契約			每戶每月	47.20	34.60
	週一至週五	尖峰時間	夏 月	16:00~22:00	8.35	—
			非夏月	15:00~21:00	—	8.13
		離峰時間	夏 月	00:00~16:00 22:00~24:00	2.05	1.95
			非夏月	00:00~15:00 21:00~24:00		
< 流動 電費	週六、週日及離峰日	離峰時間		全 日	2.05	1.95

表 1 低壓電動車充換電設施電價表

理論範例(供參考)：家用壁掛式充電設備(充電功率 7kW)，並於離峰時段進行

充電，[每度電約 2 元](#)，假設目前電池電量 SOC=30%(22.5kWh)，若充至 SOC=80%(60kWh)，需充 37.5kwh(度)的電。

充電時間： $37.5\text{kWh(度)} \div 7\text{kW(充電功率)} \approx 5 \sim 7$ 小時。

充電費用： $37.5\text{kWh(度)} \times 2 \text{ 元/度} \approx 75$ 元。

可行駛里程： $37.5\text{kWh} \times 5\text{km/kWh} \approx 188\text{km}$ 。

行駛成本： $75 \text{ 元} / 188 \text{ 公里} \approx 0.4 \text{ 元/公里}$ 。



圖 11 家電交流充電行駛成本約 0.4 元/公里

(二) 直流充電費用

理論範例(供參考)：快速直流充電站(充電功率 180kW)，並於尖離峰時段進行充電，[每度電約 7-11 元\(以台灣快充站平均售價\)](#)，假設目前電池電量 SOC=30% (22.5kWh)，若充至 SOC=85%(64kWh)，需充 41.5kwh(度)的電。

充電時間： $41.5\text{kWh(度)} \div 180\text{kW(充電功率)} \approx 14 \sim 18$ 分鐘。

充電費用： $41.5\text{kWh(度)} \times 7 \sim 11 \text{ 元/度} \approx 291 \sim 457$ 元。

續航里程： $41.5\text{kWh} \times 5\text{km/kWh} \approx 208\text{km}$ 。

行駛成本： $291 \sim 457 \text{ 元} / 208 \text{ 公里} \approx 1.4 \sim 2.2 \text{ 元/公里}$ 。



圖 12 直流超級充電站行駛成本約 1.4~2.2 元/公里

綜上所述，一般市售燃油車平均油耗約 15km/L，以目前 95 無鉛汽油約 30 元/公升，行駛成本約 2 元/公里。若以油電混合車輛平均油耗 21km/L，行駛成本約 1.4 元/公里。若用車習慣為固定地點通勤，並可在家中以交流慢速充電的情況下，長期下來，不考慮電池成本問題，確實可以省下不少的費用。但若長途旅行下，可能就必需考量路途中的充電站地點、充電等待時間等問題。

這也是為什麼截至 2023 年 8 月為止，電動車輛無論在世界各國及臺灣這麼迅速擴展的原因了吧!

六、 鋰離子電池充放電曲線的實作結果(配合實作單)

依據實作的結果中，發現在充電過程中，可得到以下幾點結論：

1. 從曲線圖中發現若電池即將充滿電時，電流(I)從第 1 分鐘開始到最後，是慢慢下降的。可驗證充電曲線的 80%特性。
2. 從曲線圖中可發現電壓(V)從第 1 分鐘開始到最後，會隨著電池電量的增加，而慢慢的上升。
3. 從曲線圖中可發現，在相同充電時間下，若充電功率大(7.5W)，充入電池電容量就會越多。
4. 從曲線圖中可發現，在相同充電時間下，若充電功率小(2.8W)，充入電池電容量就會越少。

依據實作的結果中，發現在放電過程中，可得到以下幾點結論：

1. 放電電壓從第 1 分鐘開始到最後，會隨著電池電量的減少，慢慢的下降。
2. 放電電流從第 1 分鐘開始到最後，會隨著電池電壓的下降，因而影響放電能力，使放電電流慢慢下降。
3. 若放電功率大，在相同的時間下，消耗電池容量就會越多。(可以其它負載作實驗)