

Study on the battery efficiency of E-bike

電動腳踏車之電池使用效率研究

組 別：A104

指導教授：鄭博泰

組員姓名：羅奕竹

一、背景或動機(background/motivation)

溫室效應及碳排放等問題使得環境永續成為大眾矚目的重要議題，以電力取代傳統內燃機作為動力的車輛也越來越普遍，本專題希望藉對現有市面上可獲得的鋰電池，進行一些基本的資料收集、成本分析，再以實驗室的器材進行各種條件下的放電實驗，藉以掌握電池的特性。最終的目標則是提出一個可預估電池剩餘電量之電量計模型，以輔助使用者更聰明、經濟的選擇及使用電動自行車，並挑選最適合的電池。

二、研究目的(purpose)

本組的構想為：特定電池工作電壓可準確反映其電量，藉由電池放電實驗，將可掌握其電池特性，依據工作電壓及當時功率，可建立一預測模型，利用此模型預估電池總使用時間及從目前電壓下推估尚可使用時間。

三、研究方法(method)

● 電池電壓選擇

測量36V、42V、48V、54V、60V、66V、72V的電壓下，電流0.5A、0.75A、1A、1.25A、1.5A、1.75A、2A下馬達的轉速 (rpm)，將轉速除以當下提供的瓦數，即可得出單位能耗下最大效率的轉速條件，以此作為挑選電池電壓的依據。

● 電池單元選擇

依據市面上或網站的資料選擇3到5種電池做比較，從中選出最划算的電池（每mAh價格最低）。因為電池需要提供大電流給馬達，我們只考慮18650大電流的型號。

● 電量計模型預估

依照前兩項之結果選出實驗用的電池型號，使用單顆電池進行放電實驗，為了控制電池的輸出電流為一定值，我們使用電子附載的CC mode做控制，使電池輸出電流分別為1A、2A、3A，並以示波器記錄電池的電壓下降情形。為避免電池電壓太低損壞電池，我們只記錄電壓從4.2V到3.7V間的數據，根據測量到的數據推估完整的電池模型。

四、研究結果(result)

● 實驗一：

表4-1 不同電壓/電流條件下馬達轉速

單位：rpm

電壓(V) 電流 (A)	36	42	48	54	60	66	72
0.50	82	104	115	125	150	141	159
0.75	123	151	171	180	202	202	226
1.00	158	198	218	230	239	271	297
1.25	201	234	266	290	314	340	371
1.50	244	279	326	341	377	397	425
1.75	285	322	365	397	431	450	483
2.00	317	363	407	433	472	495	526

表4-2 相同功率下馬達轉速

單位：rpm/W

電壓(V) 電流 (A)	36	42	48	54	60	66	72
0.50	4.56	4.95	4.79	4.63	5.00	4.27	4.42
0.75	4.56	4.79	4.75	4.44	4.49	4.08	4.19
1.00	4.39	4.71	4.54	4.26	3.98	4.11	4.13
1.25	4.47	4.46	4.43	4.30	4.19	4.12	4.12
1.50	4.52	4.43	4.53	4.21	4.19	4.01	3.94
1.75	4.52	4.38	4.35	4.20	4.10	3.90	3.83
2.00	4.40	4.32	4.24	4.01	3.93	3.75	3.65
平均	4.49	4.58	4.52	4.29	4.27	4.03	4.04

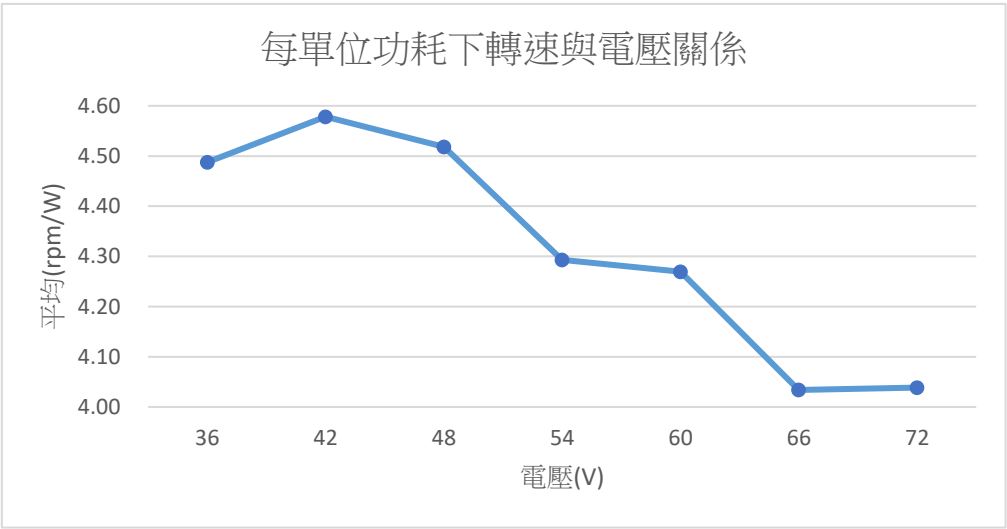


圖4-1 每單位功耗下轉速與電壓關係

● 實驗二：

根據網站上所得的資料，PANASONIC NCR18650BD 價格/單位電量最低，是最理想的型號。

表4-3 市售 16850 動力型鋰電池比較表

廠牌/型號	容量 (mAh)	最大持續電流 (A)	重量 (g)	價格	價格/單位電量 (NTD/100mAh)
PANASONIC NCR18650BD	3200	10	48	110	3.44
SONY VTC5	2600	35	45	160	6.15
SONY VTC6	3000	30	45	194	6.47
SAMSUNG INR18650	2500	20	45	120	4.80
SANYO NCR18650GA	3500	10	49	170	4.86
LG F1L	3400	N/A	48	130	3.82

(資料來源：露天拍賣)

● 實驗三：

因為示波器收集到的數據有所起伏，我們以平均的方式將下降的曲線平滑化，以利模型的推導，根據實驗結果圖4-2，電壓下降與時間的關係是接近線性的。

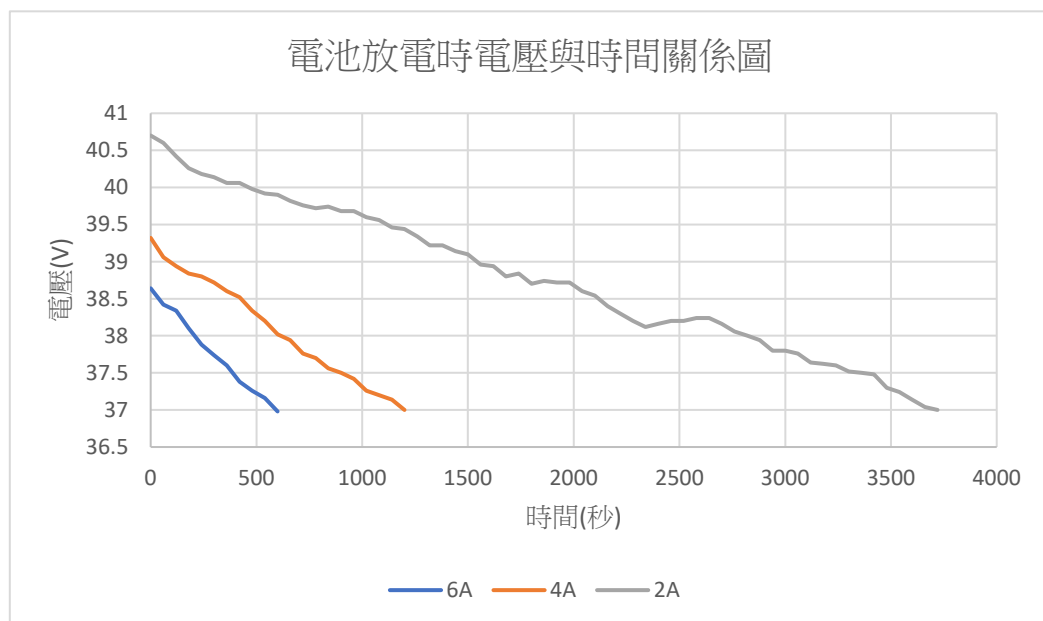


圖4-2 電池放電時電壓與時間關係圖

我們假設電池模型在 42V 時電池電量 100%，37V 時為 0%。接著以不同電流下，電池電壓下降到 37V 時的時間和電流數據做計算，令它的線性方程式為 $T = C + DI$ 。

表3-4 不同電流下電池電壓抵達37V 之時間

	2A	4A	6A
時間（秒）	3720	1200	600

用線性方式求得最小平方差的直線 $T = 4960 - 780I$ 。此為我們預估固定電流 I 下，電池使用時間的模型。例如 I 為 2.5A 時，電池可用時間為 3010 秒。

因為電壓與時間關係為線性，在特定電流下，當知道目前電壓值，就可以推估還可使用的時間。公式為

$$\frac{4.2 - 3.7}{4960 - 780I} = \frac{V_{now} - 3.7}{t}$$

五、總結(conclusion)

● 電池電壓選擇

根據實驗一結果，42V 對本組採用的動力套件具有最佳的能源使用效率。以單顆 18650 電池約為 4.2V 來說，以 10 顆為單位串聯即可成為 42V 的電池模組。

● 電池單元選擇

以容量而言，6Ah 的電量須使用 PANASONIC NCR18650BD 電池 42V 兩組，共 20 顆，電量為 6.4Ah，成本約為 $110 \times 20 = 2200$ 元，即可達到每日通勤 20km 之要求。

● 電量計模型預估

原先預估電池電流增加 N 倍時，電池能夠使用的時間為 $1/N$ 倍，但結果和預估不同，不過由實驗結果可知彼此為線性關係，因此我們使用超過兩點以上的數據計算最小平方差，找出最接近的線性條件，即 $T = 4960 - 780I$ 。因為固定電流下，電壓與時間關係為線性，在給定電流和目前電壓的條件下，就可以推估還可使用的時間。

$$\frac{4.2 - 3.7}{4960 - 780I} = \frac{V_{now} - 3.7}{t} \rightarrow t = 2(4960 - 780I)(V_{now} - 3.7)$$