



經濟部標準檢驗局臺中分局

99 年度自行研究計畫

報告書編號：99BSMI-13

電動自行車極速與續航力之研究測試

經濟部標準檢驗局臺中分局 編印

中華民國 99 年 12 月 31 日

本報告書僅供政府機關參考，請勿轉載

標準檢驗局臺中分局 99 年度自行研究報告 提要表		填表人：陳榮志 填表日期：99.12.31	
研究報告名稱	電動自行車極速與續航力之研究測試		
研究單位 及研究人員	第一課 陳榮志、李政哲	研究 期程	自 99 年 1 月 1 日 至 99 年 12 月 31 日
報 告 內 容 提 要			
<p>壹、研究緣起與目的</p> <p>有鑒於近年來由於人類對石油的依賴逐漸加深，導致石油價格逐漸高漲，舉凡身旁每天日常生活所需無不與石油相關聯，例如：牙刷、衣服、汽機車與塑膠類製品等，因此各工業化國家為了降低對石油得依賴，無不想盡辦法發展無污染的替代能源，例如：生質燃料、天然氣、風力、太陽能、潮汐能等，但這些替代行能源也需配合各國家不同的環境因素才能達成，以我國為例：台灣沒有向巴西一樣，有大片的土地來種植生質燃料用穀物，且近年來生質燃料與糧食之間具有衝突性，天然氣的產量也無法自給自足，適合風力發電的風場有限，太陽能發電的場地不足與發電成本過高，其中就以汽機車每年所消耗的石油最為最多，且近年來環保意識的抬頭，國內、外市場對於綠色產品「電動車輛」的需求趨於殷切，其電動自行車之設計必須同時兼顧性能表現與節省能源能力。因此對於極速與續航力之功能性提出改良研究計畫。</p> <p>電動自行車兼具行進時零污染、低噪音、低耗能、製造與維護成本</p>			

較低，且兼具有運動之功能，近年來已成節能減碳、綠色交通工具的首選，但電動自行車也有相對瓶頸待克服，其中以極速、續航力與騎乘時的舒適感，為電動自行車是否能被一般消費大眾接受最主要之因素。

目前一般市售之電動自行車之重量極為笨重，外型也難被一般消費者所接受，騎乘舒適感也不佳，極速與續航力也不足，以致電動自行車之市場能見度不高，本篇報告將提供電動自行車之設計方法、改裝過程與安全性能之相關建議，並針對電池、充電器做相關測試。

為提高極速與續航力，可由提高電池能量密度、提高控制器轉換效率、電動機輸出效率、降低電動自行車重量，降低機械摩差力著手，本篇報告主要在針對不同規格之電動機與控制器作測試，並藉由配重均勻方式提高其乘時的舒適感、降低機械摩差力來提高續航力與極速。

貳、研究方法與過程

本報告使用無刷直流輪轂電動機作為電動自行車之驅動裝置，二次鋰電池作為供應能源，並計劃將 3 台不同等級之行車，改裝成電動自行車作測試，因本分局經費極為有限，並無法購買市售之電動自行車成品做比較性測試，只能將自行改良之電動自行車作測試與比較。

參、研究發現與建議

電動自行車在未來的發展能否普及，除了在極速與續航力的改善外，另外大家所忽略的另一項很重要的因素就是騎程感受，也就是俗稱的好不好騎，一台不好騎的電動自行車自然不會有人想要購買，職 曾 經騎過市售的電動自行車，除了重量重、外型差、速度不夠快、續航力不佳，另外就是不好騎，因市售的電動自行車大多使用後輪驅動，且電

池也大多放置後貨架上或立管後方，這會導致頭輕腳重的騎程感受(上坡較危險，易產生前輪離地的狀況)，再者當使用電力輔助時，踏板會有踩空的感覺(花鼓之棘輪的轉速高於大盤帶動的轉速)，如此即達不到運動效果，也無法降低電池的電力損耗。

本次研究計畫所改裝之電動自行車皆使用鋁合金車架，前叉使用氣壓或油壓避震前叉，可大幅降低整車重量，可提升騎乘時的舒適感，動力使用前輪驅動，電池安裝於後貨架上或車架中間，能改善配重問題，另外大盤改使用公路車大盤(52-42-30)，飛輪使用卡式飛輪(11T~34T)，能大幅改善踩空的感覺，既可達到運動效果，也可降低電池電力損耗。

職 個人認為，最佳的電動自行車配重設計，是使用後輪驅動，若將動力輸出安裝前輪，因輪轂電機的重量與旋轉的慣性，會影響到整車的操控，故只能將動力輸出安裝於後輪，登山車後輪軸心長度：135mm，扣除卡式飛輪所需的40~45mm，輪轂電機的厚度就必須小於90mm，這樣才不會影響整車的變速系統。另將電池能夠安裝在車架上管、下管與立管所組成的三角形空間中，如此能改善頭輕腳重的狀況，但這必須將電池外觀設計成三角形(菱形車架-跨點較高)，優點是只需改變內部單電池的排列組合即可達成，不需使用專用車架，缺點是一般女性或年長者較不喜歡騎乘菱形車架，或使用專用車架(淑女車車架-跨點較低)，但這需使用專用車架把電池安裝於上管與立管中間，優點是較易上下車，多數人可接受的車架，缺點是需設計專用車架，成本較高，且車架結構強度

較差、重量較重。

目前全球發展電動車運輸工具，最主要遭遇的瓶頸在於電池，若能發明能量密度更高與重量更輕的二次電池，電動車運輸工具將能更成熟，其次在於提高輪轂電機的輸出效率、縮小體積與將低重量，最後在設計出具有回充功能的控器，第一階段當騎程者輕度使用煞把時-回充電池，前輪因回充電池會產生煞車效果-緩慢煞車，第二階段當騎程者深度使用煞把-煞車夾器產生煞車功能-緊急煞車，最好能夠將煞車手把與調速手把做在一起，這樣一來就不會影響到原自行車之變速撥把。

目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	III
表 目 錄.....	VI
摘 要.....	1
前 言.....	2
第一章 自行車簡介.....	4
第二章 電動自行車製作.....	13
2.1 電動自行車設計重點[6].....	14
2.2 電動自行車馬達.....	15
2.3 直流無刷輪轂電機.....	15
2.4 1 號樣品電動自行車.....	17
2.4.1 二次鋰電池組.....	18
2.4.2 分壓充電器.....	20
2.5 2 號樣品電動自行車.....	23
2.6 3 號樣品電動自行車.....	24
2.7 電動自行車專用二次鋰電池.....	25
第三章 測試結果.....	27
3.1 二次鋰電池電池放電測試.....	28
3.1.1 36V 12AH 二次鋰電池放電測試.....	29
3.1.2 36V 12AH 二次鋰電池充電測試.....	31
3.1.3 48V 11AH 二次鋰電池放電測試.....	32
3.1.4 48V 11AH 二次鋰電池充電測試.....	34
3.1.5 48V 12AH 二次鋰電池放電測試.....	35
3.1.6 48V 11AH 二次鋰電池放電異常.....	37

3.2 1 號樣品電動自行車測試.....	39
3.3 2 號樣品電動自行車測試.....	41
3.4 3 號樣品電動自行車測試.....	43
第四章 結論.....	46
4.1 優缺點分析.....	49
4.2 研究困難.....	50
4.2.1 輪轂電機皆無法直接裝在避震式的前叉上.....	50
4.2.2 調速手把、煞車手把與變速撥把(前變)位置相互重疊.....	53
4.2.3 公路車大盤與登山車架不相容.....	55
4.3 研究發現與建議.....	56
附錄一 Sanyo 公司 18650 鋰電池技術手冊.....	58
附錄二 LM317 資料手冊.....	59
附錄三 KA278RA05 資料手冊.....	60
參 考 文 獻.....	61

圖 目 錄

圖 1-1. 1 號樣品電動自行車	4
圖 1-2. 2 號樣品電動自行車	5
圖 1-3. 3 號樣品電動自行車	5
圖 1-4. 26"避震式前叉.....	6
圖 1-5. 公路車車架.....	7
圖 1-6. 自行車大盤(SHIMANO XT).....	8
圖 1-7. 公路車大盤(DRIVELINE)	9
圖 1-8. 飛輪.....	10
圖 1-9. 後變速器.....	10
圖 1-10. 花鼓.....	11
圖 2-1. 傳統型電動自行車	13
圖 2-2. 電動自行車(1/2).....	14
圖 2-4. 直流無刷輪轂電機方塊圖[6].....	16
圖 2-5. 行星馬達平面圖[7].....	16
圖 2-6. 行星馬達立體圖[8].....	17
圖 2-7. 36V 7.8AH 二次鋰電池組.....	20
圖 2-9. LM317 分壓充電器方塊圖	21
圖 3-1. 測試儀器照片.....	28
圖 3-2. 分離式轉速計(改裝版).....	28
圖 3-3. 36V 12AH 二次鋰電池放電測試.....	29
圖 3-4. 36V 12AH 放電開始處局部放大.....	30
圖 3-5. 36V 12AH 放電結束處局部放大.....	30
圖 3-6. 36V 12AH 二次鋰電池充電曲線.....	32
圖 3-7. 48V 11AH 二次鋰電池放電測試.....	33

圖 3-8. 48V 11AH 二次鋰電池放電開始處局部放大	33
圖 3-8. 48V 11AH 二次鋰電池放電結束處局部放大	34
圖 3-9. 48V 11AH 二次鋰電池充電曲線圖	35
圖 3-10. 48V 12AH 二次鋰電池放電測試	36
圖 3-11. 48V 12AH 放電開始處局部放大	36
圖 3-12. 48V 12AH 放電結束處局部放大	37
圖 3-13. 48V 11AH 放電異常曲線圖	38
圖 3-14. 48V 11AH 保護電路板斷電異常	38
圖 3-15. 1 號樣品測試結果(全程)	40
圖 3-16. 1 號樣品局部放大圖	41
圖 3-17. 2 號樣品車測試全程紀錄表	42
圖 3-18. 2 號樣品車測試局部放大圖	43
圖 3-19. 3 號樣品車測試紀錄表	44
圖 3-20. 3 號樣品車測試局部放大圖	45
圖 4-1. 輪轂電機	48
圖 4-2. 安裝於自行車之輪轂電機	49
圖 4-3. 1 號樣品車輪轂電機與前叉距離	51
圖 4-4. 2 號樣品車輪轂電機與前叉距離	51
圖 4-5. 3 號樣品車輪轂電機與前叉距離	52
圖 4-6. 自行車花鼓軸心寬度	52
圖 4-7. 輪轂電機軸心寬度	53
圖 4-8. 2 號樣品車調速手把位改裝前	54
圖 4-9. 1 號樣品車調速手把位改裝後	54
圖 4-10. 2 號樣品車調速手把位改裝後	55
圖 4-11. 3 號樣品車調速手把改裝後	55

圖 4-12. 公路車大盤安裝於登山車車架 56

表 目 錄

表 2-1. 1 號樣品電動自行車.....	18
表 2-2. 2 號樣品電動自行車.....	24
表 2-3. 3 號樣品電動自行車.....	25
表 3-1. 1 號樣品測試條件.....	39
表 3-2. 2 號樣品測試條件.....	41
表 3-3. 2 號樣品測試條件.....	44
表 4-1. 測試結果彙整表.....	46

摘 要

本報告將自行設計模組化之電動自行車，以利於維修、保養與更新，就算以後電動部分不用，也可快速拆解，當一般自行車使用。並將市售之自行車改裝成電動自行車，改裝後之電動自行車除了保有傳統自行車靈活、輕巧、便捷的特性，且在使用電動自行車時，預計最高速度可達 40km/h，最大航程可達 40km，含電池整體重量在 20kg 以內，騎乘過程中，就算電池沒電，也能輕鬆使用踏板騎乘。最後再將電池性能、充電器轉換效率、電動自行車之續航力與極速作測試。

關鍵字：電動自行車(electric bike)、鋰電池(Li-ion batteries)、充電器(chargers)。

前 言

有鑒於近年來由於人類對石油的依賴逐漸加深，導致石油價格逐漸高漲，舉凡身旁每天日常生活所需無不與石油相關聯，例如：牙刷、衣服、汽機車與塑膠類製品等，因此各工業化國家為了降低對石油得依賴，無不想盡辦法發展無污染的替代能源，例如：生質燃料、天然氣、風力、太陽能、潮汐能等，但這些替代行能源也需配合各國家不同的環境因素才能達成，以我國為例：台灣沒有向巴西一樣，有大片的土地來種植生質燃料用穀物，且近年來生質燃料與糧食之間具有衝突性，天然氣的產量也無法自給自足，適合風力發電的風場有限，太陽能發電的場地不足與發電成本過高，其中就以汽機車每年所消耗的石油最為最多，且近年來環保意識的抬頭，國內、外市場對於綠色產品「電動車輛」的需求趨於殷切，其電動自行車之設計必須同時兼顧性能表現與節省能源能力。因此對於其極速與續航力之功能性提出改良研究計畫。

電動自行車兼具行進時零污染、低噪音、低耗能、製造與維護成本較低，且兼具有運動之功能，近年來已成節能減碳、綠色交通工具的首選，但電動自行車也有相對瓶頸待克服，其中以極速、續航力與騎乘時的舒適感，為電動自行車是否能被一般消費大眾接受最主要之因素。

目前一般市售之電動自行車之重量極為笨重，外型也難被一般消費者所接受，騎乘舒適感也不佳，速度與續航力也不足，以致電動自行車之市場能見度不高，本篇報告將提供電動自行車之設計方法與改裝過程建議，並針對電池、充電器做相關測試。

為提高極速與續航力，可由提高電池能量密度、提高控制器轉換效率、電動機輸出效率、降低電動自行車重量，降低機械摩差力著手，本篇報告主要在針對不同規格之電動機與控制器作測試，並藉由配重均勻方式提高騎乘時的舒適感、降低機械摩差力來提高續航力與極速。

第一章 自行車簡介

本章節主要針對自行車各部位零件之專有名詞、種類、特性、原理與構造作說明，但由於各部位零件與種類甚多，本章節選擇其部分重要零件說明，在設計一台模組化之電動自行車前，必須要先了解各部位零件之規格、特性與功能，才能夠使用到正確規格之零件，以避免不必要的時間與金錢之浪費，俾能設計出一台兼具安全、性能與實用性之電動自行車。

1.1 自行車各部位零件專有名詞解釋

本次研究計畫共改裝了3台電動自行車，如圖 1-1. ~ 圖 1-3. 所示，圖 1-1. 是職自行購買自行車零件，自行組裝而成，圖 1-2. 是 GIANT 公司所生產之”SEDONA LV”改成電動自行車，圖 1-3. 是 MERIDA 公司所生產之”冠軍 XT”改成電動自行車，本報告將用圖 1.3. 零件做介紹與說明：



圖 1-1. 1 號樣品電動自行車



圖 1-2.2 號樣品電動自行車



圖 1-3.3 號樣品電動自行車

1. **前叉**：如圖 1-4. 所示，此為可調行程避震式 26"前叉，其詳細規格如下：
上管：28.6mm(26"登山車主要規格)，長度：21cm。

下管長度：48~51cm(一般 26" 登山車下管長度為 48cm)。

下管上叉管徑：30mm(目前主要規格為 28.6mm、30mm、32mm)。

軸心長度：10cm(一般登山車與公路車前路軸心寬度為 10cm)。

軸心寬度：9mm。

前叉避震方式有使用優利膠(類似乳膠或矽膠材料)、彈簧與氣壓，前叉的好壞除了本身的重量外，更重要的是剛性強度的問題，一般而言，氣壓式的避震器在重量與避震效果皆會優於其他種類，剛性強度可由目測觀察前叉在煞車時變形量，一支理想的前叉應只有上下避震吸收空間，一支鋼性較差的前叉，在煞車時會前後變形(抖動或震動)，轉彎時會扭曲變形(手感軟軟的，有不確定的操控感)。

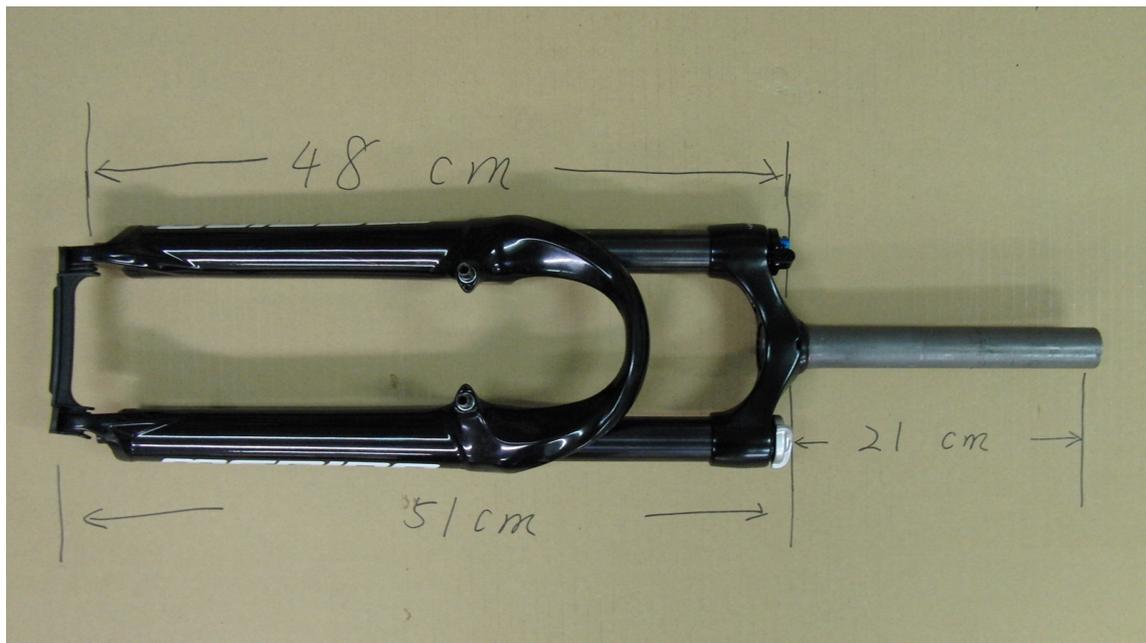


圖 1-4. 26" 避震式前叉

- 2. 車架：**如圖 1-5. 所示[1]，此為 GIANT 公司所生產之公路車車架，主要可分為五通管(2)、上管(3)、頭管(4)、後下管(5)、後上管(6)、下管(7)、立管(8)與外部零件座管(1)，主要規格：700C 與 600C 兩種，登山車主要規格：26" 車架，立管尺吋：14"~19"，車架大小會隨立管尺吋等比例

放大或縮小，車架材質目前以：高碳鋼、鋁合金、碳纖維為主流，其中高碳鋼車架大多使用在一般低價腳踏車，鋁合金是目前使用最廣泛之車架，車架會因使用材質與加工方法不同，價格差異也極大，最主要的差異在於重量、剛性強度與吸震效果；碳纖維車架大多使用在高單價自行車，在重量與吸震效果兩方面皆有良好的表現，至於剛性強度，取決於生產工廠的材質與加工技術，不良的碳纖維車架在易受力點或接合處產生斷裂，不良的組裝方法(施力過度)，也易產生碎裂，職曾經使用過碳纖維車把約 1 個月左右，在車把受力點處產生裂痕，且碳纖維材質極不環保[2]，不易回收再利用，目前幾乎所有的廢棄碳纖製品都是以焚化後當土地填料處理，但是因為碳纖的高耐熱，焚化後沒辦法完全灰化，所以這種處理方式不是很恰當。日本的碳纖供應商最近在做一個回收的專案，是利用高溫可裂解塑膠但是不會裂解碳纖，大約是 400~600 度)把碳纖從複材製品提煉出來，因為這時的碳纖已經不是新品那樣是整束的完整結構，所以只能磨成纖維細粉回收，這種產品雖然不如新品的強度，但是仍然保有很好的補強特性，可以再使用成為低階碳纖補強製品。



圖 1-5. 公路車車架

3. **大盤**：如圖 1-6. 所示，此照片為 SHIMANO 公司所生產之登山車用一體式中空大盤，齒盤規格：44-32-33、腿長：170mm；圖 1-7. 所示，此照片為 DRIVELINE 公司所生產之一體式公路車大盤，齒盤規格：52-42-30、腿長：170mm。主要功能是調整輸出動力的扭力值，當鏈條定位再最小齒輪時，輸出扭力最大轉速最低，適合上坡騎乘；當鏈條定位再最大齒輪時，則反之；一個好的大盤，除了材質鋼性硬度高、重量輕之外，每一齒的形狀設計與不同，主要是提共鏈條更順暢上鏈與下鏈。如圖 1-6. 所示，可以很清楚看到大尺盤背面有特殊形狀的金屬塊，主要功能是輔助鏈條能更順暢的上鏈用。



圖 1-6. 自行車大盤(SHIMANO XT)



圖 1-7. 公路車大盤(DRIVELINE)

4. **前變速器**：俗稱中變，如圖 1-7. 所示，固定在車架立管，主要功能是定位鏈條在大盤位置，以便調整輸出的扭力值，當鏈條定位再最小齒輪時，輸出扭力最大轉速最低，適合上坡騎乘；當鏈條定位再最大齒輪時，則反之；一個好的中變會成等比例、線性沿著大盤齒盤等距離水平位移，但須與變把相互配合，且不同比例的大盤，需使用專用中變，因為每個中變所設計的上拉與下拉點會不相同。
5. **飛輪**：如圖 1-8. 所示，由許多不同齒數所串疊而成的齒盤，主要功能是調整輸出動力的扭力值，當鏈條定位再最小齒輪時，輸出扭力最小轉速最高，適合高速騎乘；當鏈條定位再最大齒輪時，則反之；一個好的飛輪，除了材質鋼性硬度高、重量輕之外，每一齒的形狀設計與不同，主要是提共鏈條更順暢上鏈與下鏈。



圖 1-8. 飛輪

6. **後變速器**：俗稱後變，如圖 1-9. 所示，此為 SHIMANO 公司所生產之後變速器(XT 等級)，主要功能是在定位鏈條在飛輪位置，它是整個變速系統的重要零件之一，一個好的後變速器，除了材質鋼性硬度高、重量輕、機構連結處公差小(tolerance 容許誤差)之外，在變速時會成等比例、線性沿著飛輪齒盤等距離水平位移，但須與同等級變把相互配合。



圖 1-9. 後變速器

7. **花鼓**：如圖 1-10. 所示，內部主要是由棘輪與滾珠(或培林)所組成，一個好的花鼓，除了材質鋼性硬度高、重量輕之外，整個軸心與鋼珠的真圓度高，棘輪旋轉時的順暢度也極為重要，好的花鼓在旋轉時磨擦力極低，可讓騎乘者在相同動力輸出時，有更高的效率輸出。



圖 1-10. 花鼓

8. **變速撥把**：俗稱變把或前變，如圖 1-11. 所示，為 SHIMANO 公司所生產之煞變一體式撥把，也就是煞車把與前變速撥把做在一起，圖 1-12. 所示，為同公司所生產之煞變一體式變速轉把，也就是煞車把與前變速轉把做在一起，變把需與大盤、中變、後變、飛輪相互配合才能達到最佳的變速效果。



圖 1-11. 煞變一體式變速撥把



圖 1-12. 煞變一體式變速轉把

第二章 電動自行車製作

目前市面上已經有許多量產之電動自行車，如圖 2-1.[3] 所示，此車重量過重、變速系統段數不足、電池沒電時騎乘困難，且重量大多集中於後方，騎乘會有頭輕腳重的感覺；圖 2-2.[4]、圖 2-3.[5] 所示，為目前市面較常見之改裝型電動自行車，它保有原自行車之原型，在加上動力輔助功能，此車騎乘時之舒適度與踩踏之效率，應比傳統型之電動自行車好許多，但在續航力方面，職對它自我宣稱的 100km 有所質疑，但因此次研究計畫經費有限(原規劃 15 萬，最後通過 5 萬)，並無法購樣來做比較，本報告僅針對自行改裝之電動自行車作測試與說明。



圖 2-1. 傳統型電動自行車

PAN.TEC PF-20A FOLDING E-BIKE

日本電芯鋰電池>>>充電次數可達600次
 高效率輪鼓馬達>>>續航力可達100km
 20吋雙避震車架>>>全地形舒適騎乘
 鋁合金摺疊車架>>>全車重量21kg

凡購買捷豹科技電動車，即可享有政府補助3000元/台

36V 250W 輪鼓馬達 36V 9Ah可抽取鋰電池 DAHON鋁合金摺疊車架 全地形前後雙避震 SHIMANO 六段變速器

COLOR

捷豹科技輔助電動車
 PAN.tec Technology CO.,LTD.

圖 2-2. 電動自行車(1/2)



圖 2-3 電動自行車(2/2)

2.1 電動自行車設計重點[6]

1. 動力性能的設計：如自行車的極速、爬坡、行駛距離等，為獨立式電動自行車最大的設計重點，而關鍵則在於個別零組件如馬達、電池等成本和性能的取捨。
2. 操作性能的設計：如馬達、電池的空間配置問題，須考慮整體重心對慢速行進、轉彎等狀況自行車操作性的影響。

3. 安全性的設計：由於可單獨由馬達驅動，因此有關於機車安全性的考量均可參考，如車體結構安全，啟動、煞車等狀況的安全性。
4. 外觀的設計：由於自行車屬於民生用品，不同的生活水準在外觀上有不同的要求，而在生活水準較高的地區，產品的外觀往往是銷售的關鍵。

2.2 電動自行車馬達

電動自行車之動力來源來自於電動機，俗稱馬達，而馬達驅動方式可分為有電刷馬達與無刷馬達，有刷馬達的優點控制容易、低成本，但缺點是日後的維護成本高，相較於無刷馬達電刷磨耗會產生污染問題，且轉子高速性能與過載性能都較差，故本報告電動自行車所使用之動力馬達為無刷輪轂電機，其最大優點在於低噪音、效率高、體積小、維護成本低與磨擦力也較小，就算在無動力輔助的情況下騎乘，也不會有太大的負擔。

2.3 直流無刷輪轂電機

如圖 2-4. 所示，此為直流無刷輪轂電機之方塊圖，主要可分為 DC 轉 AC(三相)之伺服控制器、三相馬達、霍爾原件感測器、霍爾原件感測演算器、PWM 信號產生器、迴授訊號混波與控制，工作原理如下說明：

伺服控制器是經由回授霍爾原件感測器獲得轉子位置與速度資訊。由於線性型霍爾感測器所產生的電壓訊號波形與轉子磁場分佈的波形相同，對於弦波形永磁同步馬達，線性型霍爾感測器的輸出電壓波形為弦波，且其振幅固定，與反抗電動勢間之相位差為定值，因此可透過計算從霍爾感測器訊號獲得位置與轉速資訊，此外線性型霍爾感測器訊號亦可當作相電流控制命令之參考訊號，速度控制器輸出之力矩命令與霍爾感測器訊號相乘產生各相之電流命令，藉由控制馬達相電流與反抗電動勢同相，以使單位電流下之轉矩最大[6]。

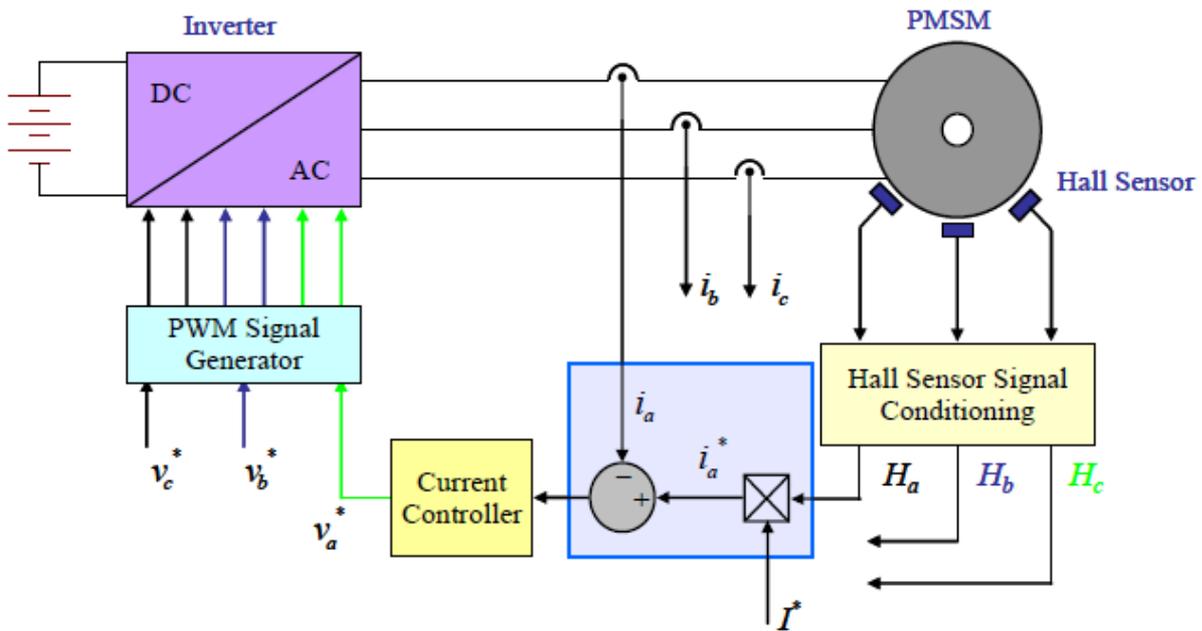


圖 2-4. 直流無刷輪轂電機方塊圖[6]

如圖 2-5.、2-6. 所示，此為直流無刷輪轂電機內部所使用之減速機構(行星齒輪)，其優點在於傳動時具有結構緊密、傳動效率高、高減速比與差速傳動等優點，已被廣泛應用在工程機械應用於組成自動變速機構。

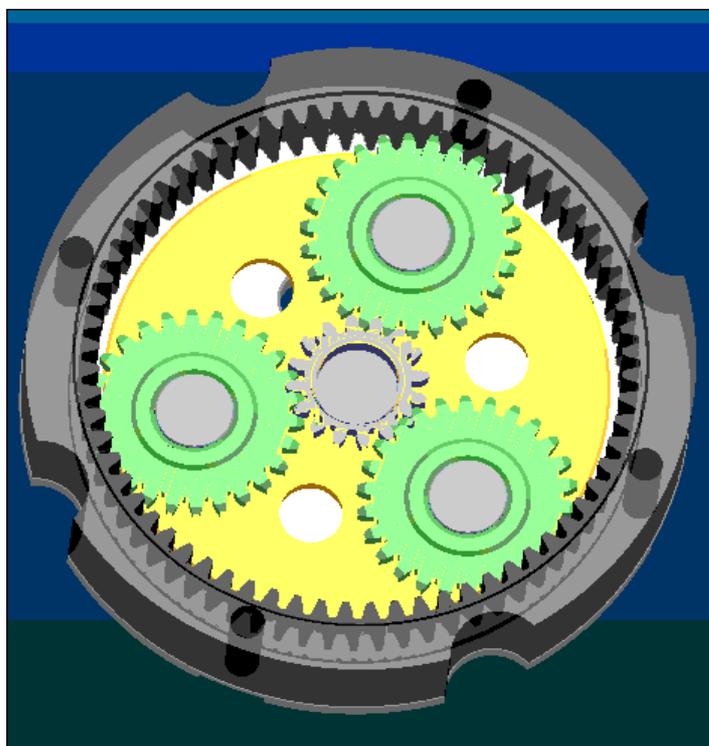


圖 2-5. 行星馬達平面圖[7]

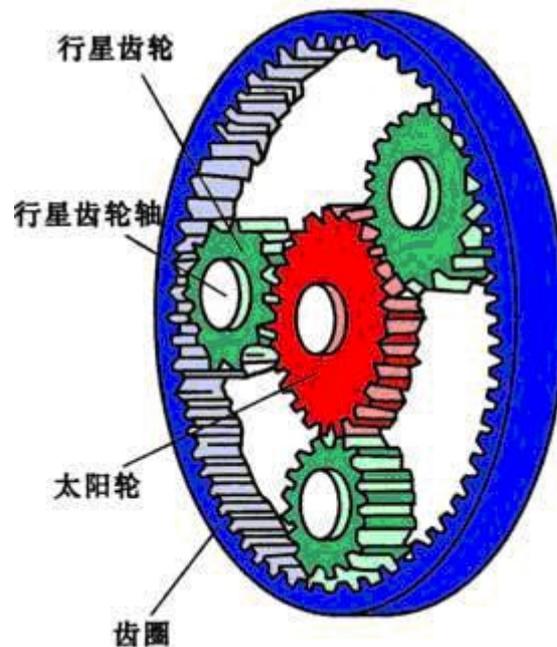


圖 2-6. 行星馬達立體圖[8]

2.4 1 號樣品電動自行車

如圖 1-1. 所示，此車為自行購買自行車零件與直流無刷輪轂電機套件，自行組裝之電動自行車，截至目前為止已使用 3 年，行駛里程約：5000km 左右，當時組裝此車最大的動機，除了因自己對自行車有興趣之外，再者因職平時皆騎自行車上下班(雨天除外)，但因夏天騎自行車出差太熱，且有些廠商距本分局過遠，於是想買一台電動自行車代步，可兼具快速與運動效果，但尋遍仿間所售之電動自行車，其缺點有重量過重、外型不佳、價位過高、速度過低、續航力不佳、騎乘感受不佳與所使用之配件等級過低，皆無法達到預期之需求，於是自行組裝一台電動自行車，前後若包含失敗的零組件與電池，所使用經費約 50000 台幣左右，以超出原先規劃許多，但學到許多的經驗與相關知識，本車主要訴求在於使用最少的經費，達大最佳的騎乘效果，固選用國產 MICRO SHIFT 所生產之 27S 變速系統，車架

至少是鋁合金車架，大盤需使用公路車大盤來增加騎乘速度，並避免在使用輔助電力時會有踩空的感覺，因大盤齒數增加與比例改變，鏈條需使用 112 目，中變須換公路車用中變，其詳細規格如表 2-1. 所示。

表 2-1. 1 號樣品電動自行車

速別	27 速
車架	MERDIA 一般鋁合金車架
尺寸	尺寸 26*16"
前叉	SR XCR 80mm 油壓手控鎖定避震前叉
剎車握把	VUELTA 一般鋁合金煞把
前夾器	TEKTRO 一般鋁合金 V 夾
後夾器	TEKTRO 一般鋁合金 V 夾
鏈條	KMC Z-9900
大盤	SHIMANO SG-53 52/42/36T
前變速器	MICRO SHIFT 公路車用中變
後變速器	MICRO SHIFT 登山車長腿後變
飛輪	SHIMANO DEORE 11~34T
手把	FSA X-180 60cm
手把豎管	鋁合金高揚角龍頭
後花鼓	久裕 培林花鼓
車圈	6061-T6
座墊	一般中空型座墊
變速控制桿	MICRO SHIFT 3*7
外胎	KENDA 26*1.4
電池	36V 12AH 二次鋰電池
輪轂電機	36V 360W
重量	18kg (含電池)

2.4.1 二次鋰電池組

如圖 2-6. 所示，此為 36V 7.8AH 二次鋰電池組，使用 18650 二次鋰電池 30 顆(3 並 10 串)，單顆規格 3.6V 2.6AH，因 3 年前在市面上很難購買到動力用二次鋰電池，且因購買數量不具經濟規模，購買單價極高，因此改使用 3C 產品用之 18650 二次鋰電池，其詳細規格如附錄一. 所示，此電池

是目前全球量最高的二次鋰電池製式品(規格品)，大多使用在筆記型電腦中，也是單位容量最高，售價最便宜的二次鋰電池(目前單顆售價：250)，因當時無法購得 10 串之大電流保護電路板，因此電池組並無安裝保護電路，只要每次對每一組二次鋰電池執行分壓充電，就可避免二次鋰電池過充；至於過放的問題，因輪轂電機控器在低於 30V 以下時就無法動作，故不會有過放的現象產生；但職一開始並不知道這些相關的細節與問題，在累積多次失敗經驗後才得知，固須使用分壓充電器分別對每一組電池組執行分壓充電，原本購買 10 個現成的鋰電池充電器來改裝使用，但發現市售之二次鋰電池充電器之滿電壓約在 4.1~4.3VDC 之間，如此對二次鋰電池會產生充電不足或過充的現象，在長時間串連放電時，充電不足之電池組會產生些許過放，長時間使用時會影響整體電池組之循環壽命，且充電電流過小，充電時間過長，並不適合動力用二次鋰電池充電。

職於是上網自行購買二次鋰電池專用分壓充電器，如圖 2-8. 所示，此充電主要設計是提供大型遙控模型玩具之二次鋰電池使用之充電器，可用於 2S~6S 之電池組，充電電流 2S~4S：1~4A、5S~6S：1~2A，充電完成後量測單組電池電壓：4.1~4.2VDC，並無法將每一電池組達到額定電壓，每次充電時間約：5~7 小時(7.8AH~12AH)，且要分兩次充電，使用起來十分不便，且因經費有限，並無法再購買充電器同時充電。



圖 2-7. 36V 7.8AH 二次鋰電池組



圖 2-8. 二次鋰電池專用分壓充電器

2.4.2 分壓充電器

最後只好自行製作具有 10S 之二次鋰電池分壓充電器，其方塊圖如圖 2-9. 所示，共使用 10 個 6VDC 2A 交換式電源供應器，分別對 10 組由 LM317

所組成的穩壓電路，如圖 2-10. 所示，詳細規格如附錄二. 所示，分別對 10 組電池作分壓充電，此充電器最大之優點，可分別對每一組充電器作調整，每一組電池可以充到標準的滿電壓 4.2V，經過一段長時間使用後，發現會有電路因散熱不良，LM317 或交換式電源供應器燒毀現象，於是再行加裝散熱風扇，如圖 2-11. 所示，但在經過更長時間使用後，燒毀的現象依然持續發生。

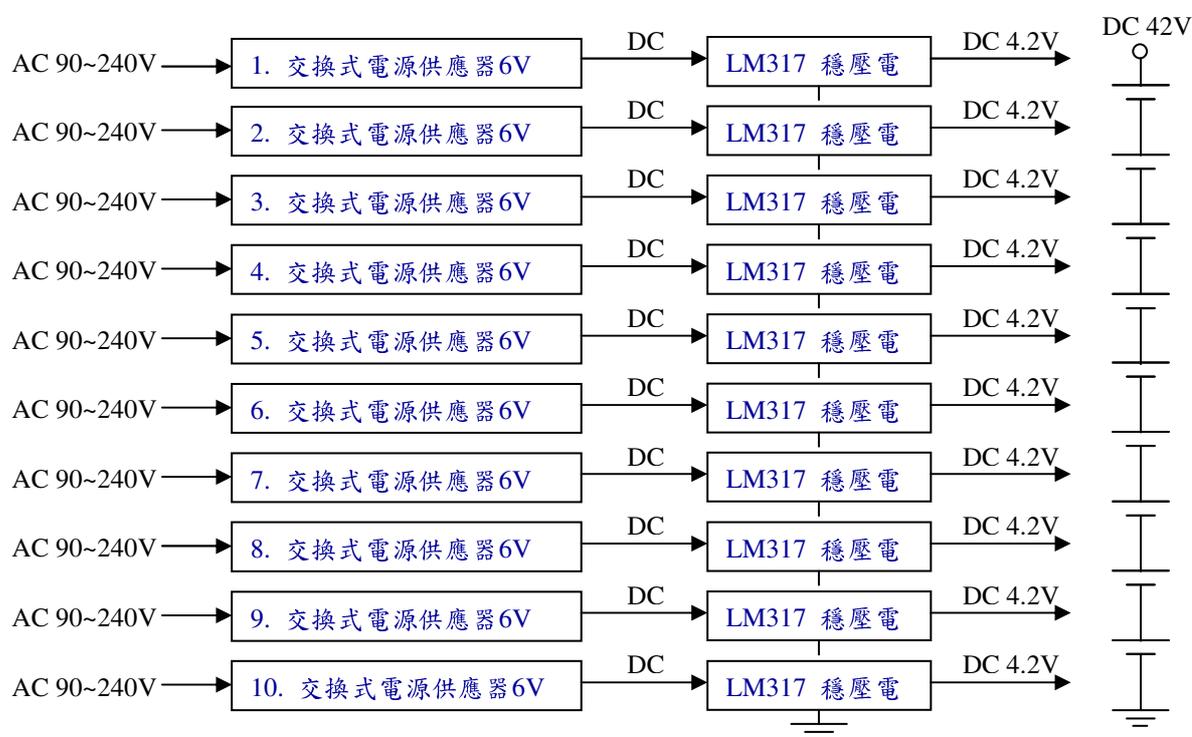


圖 2-9. LM317 分壓充電器方塊圖

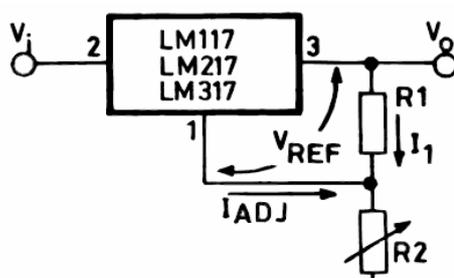


圖 2-10. LM-317 穩壓電路

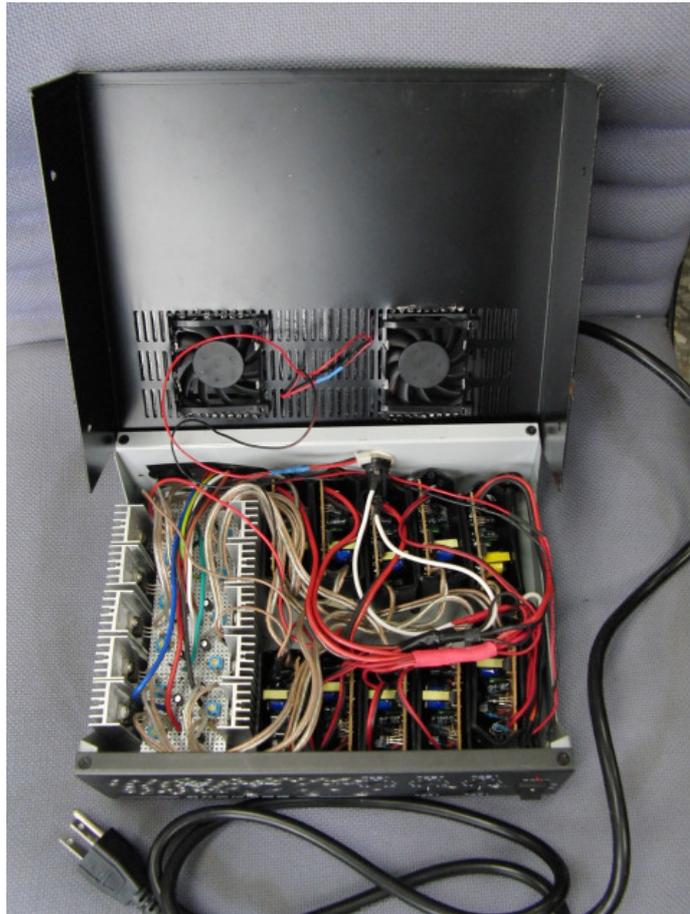
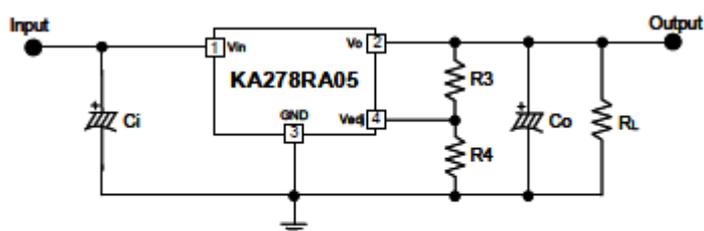


圖 2-11. 自行製作 10S 之二次鋰電池充電器

經過多方思索後得知，因 LM317 穩壓 IC 本身的壓降最低為 $V_{drop}:1.2V$ ，故需使用 6VDC 2A 之交換式電源供應器，LM317 穩壓 IC 本身消耗功率 $3.6W((6V-4.2V)*2A=3.6)$ ，10 組共消耗 36W，對 TO-220 包裝支中功率 IC 而言，需使用良好的散熱裝置才可避免燒燬，成本過高、體積過大、使用不便，再加上電源供應所產生的積熱，因此容易產生燒毀現象，且此充電器轉換效率也過低。

最後改使用較高階的穩壓 IC(KA278RA05)，其穩壓電路如圖 2-12. 所示，詳細規格如附錄三. 所示，此 IC 最大特色為低壓降 $V_{drop}:0.5V$ ，故只需使用 5VDC 2A 之交換式電源供應器，KA278RA05 穩壓 IC 本身消耗功

率 $1.6W((5V-4.2V)*2A=1.6W)$ ，共有 10 組消耗 16W，對 TO-220F-4L 包裝支中功率 IC 而言，只需使一般散熱裝置即可，可大幅降低散熱裝置成本，提高充電器之轉換效率，且使用 5VDC 之交換式電源供應器為目前市售主流，規格多樣、價格也較 6VDC 便宜。



$$V_o = 1.25 \left(1 + \frac{R_1/R_3}{R_2/R_4} \right) \quad R_1 = 1.8k\Omega, R_2 = 0.6k\Omega$$

圖 2-12. KA278RA05 穩壓電路

2.5 2 號樣品電動自行車

如圖 1-2. 所示，此車為 GIANT 公司於民國 95 年所生產的 SEODONA LV，因經費不足，無法再購買新車來改裝，於是將自家較少騎乘的自行車來改裝成自行車，改裝時此車已使用 4 年，行駛里程約：10000km 左右，本車主要訴求在完成本次研究計劃之目標(最高速度 40km/h 以上、續航力 40km 以上)，為達成此目標，將原本 24S 變速系統升級成 27S 變速系統，前叉原本使用 SPINNER 公司所生產之 300-100 氣油壓避震式前叉，行程：100mm，上叉管徑：30mm，但因強度不足，最後改使用 SUNTOUR 公司所生產之氣油壓避震式前叉，行程：100mm，上叉管徑：32mm，大盤也改使用公路車大盤來增加騎乘速度，以避免在使用輔助電力時會有踩空的感覺，因大盤齒數增加與比例改變，鏈條需使用 112 目，中變須換公路車用中變，輪轂電機改為 48V、800W，電池使用 48V 12AH 二次鋰電池，其詳細規格如表 2-2. 所示。

表 2-2.2 號樣品電動自行車

速別	27 速
車架	GIANT 一般鋁合金車架
尺寸	尺寸 26*17"
前叉	SPINNER 300-100 氣壓線控鎖定避震前叉 SUNTOUR EPICON 100 32
剎車握把	SHIMANO DEORE 煞變一體式
前夾器	一般鋁合金 V 夾
後夾器	一般鋁合金 V 夾
鏈條	KMC Z-9900
大盤	DRIVELINE 中空一體式 52/42/36T
前變速器	SHIMANO 公路車用中變
後變速器	SHIMANO DEORO 登山車長腿後變
飛輪	SHIMANO DEORE 11~34T
手把	ELEMENT 60cm
座墊	SPECIALIZED BG SONOMA GIRL 155
變速控制桿	SHIMANO DEORE 煞變一體式
外胎	KENDA 26*1.4
電池	48V 12AH 二次鋰電池
輪轂電機	48V 800W
重量	19kg (含電池)

2.6 3 號樣品電動自行車

如圖 1-3. 所示，此車為職 向友人商借來測試用，也是由職 代為組裝完成，此車為 MERIDA 公司於民國 99 年所生產的”冠軍 XT”，本車主要訴求在輕量化與最佳之騎乘感受(就算再沒電時，也可輕鬆騎乘)，其次追求最高速度與最佳續航力，此車為全套 XT 等級配件，車架(HFS)為 MERIDA 目前所生產之最高等級登山車車架，前叉為 SUNTOUR 公司所生產之氣油壓避震式前叉，行程：100mm，上叉管徑：32mm，大盤使用公路車大盤來增加騎乘速度，並避免在使用輔助電力時會有踩空的感覺，因大盤齒數增加與比例改變，鏈條需使用 112 目，中變須換公路車用中變，輪轂電機改

為 36V、500W，電池使用 36V 12AH 二次鋰電池，其詳細規格如表 2-3. 所示。

表 2-3. 3 號樣品電動自行車

速別	27 速
車架	MERDIA HFS 鋁合金車架
尺寸	尺寸 26*14.5"
前叉	SR EPICON 100mm 氣油壓線控鎖定避震前叉
剎車握把	SHIMANO XT 煞把
前夾器	SHIMANO XT V 夾
後夾器	SHIMANO XT V 夾
鏈條	KMC Z-9900
大盤	DRIVELINE 中空一體式大盤 52/42/36T
前變速器	SHIMANO 公路車用中變
後變速器	SHIMANO XT 登山車長腿後變
飛輪	SHIMANO XT
手把	X-mission 60cm
手把豎管	X-mission 6cm 龍頭
後花鼓	SHIMANO XT
車圈	Mavic 117
座墊	VELO 一般中空型座墊
變速控制桿	SHIMANO XT
外胎	MAXXIS 26*1.75
電池	36V 12AH 二次鋰電池
輪轂電機	36V 360W
重量	16.5kg (含電池)

2.7 電動自行車專用二次鋰電池

近年來因電動自行車風行，市面上已可以購買到電動自行車專用二次鋰電池，內涵有保護電路板，可以防止過充、過放與分壓充電等功能，如圖 2-13. 所示，此為一組 36V 12AH 二次鋰電池，3 並 10 串(3P10S)，共 30 顆二次鋰電池，最大電流輸出 20A。

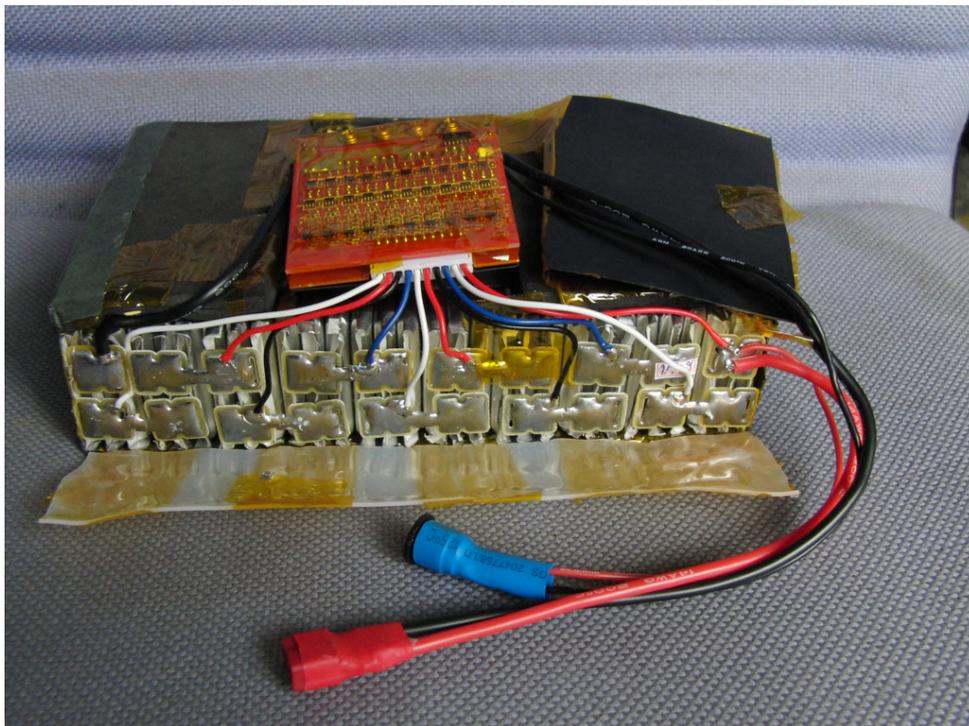


圖 2-13. 36V 12AH 二次鋰電池

第三章 測試結果

因電動自行車並非法定檢驗商品，固本分局並無整車動力計相關設備，在室內測試方面，並無法執行，在實車道路測試方面，將使用現有安規相關檢測儀器與改裝部分儀器完成測試，以求報告之嚴整度與完整性，並參考中華民國國家標準 CNS14386-1~15 目前國家標準中，在電動自行車之最高極速測試方面，本報告將參考 CNS14386-3 電動機器腳踏車-最高速率試驗法進行測試，但對於電動自行車之續航力測試，在目前 CNS14386-2 電動機器腳踏車--整車性能試驗總則中，並無詳細規範到測試方法，本報告將節錄部份相關測試條件加以測試。

實車道路測試所使用之儀器如圖 3-1. 所示，數位資料記錄器一台 (Graphtec GL820)，主要紀錄電動自行車在行駛中的速度、電池電壓、電流，紅外線轉速計一台 (HIOKI 3404)，主要功能量測輪胎轉速，並將信號輸出至紀錄器作記錄，勾錶一台 (KYORITSU 2010)，主要功能量測電池輸出電流，並將信號輸出至紀錄器作記錄，溫濕度記錄器一台 (T&D TR-72W)，主要功能紀錄環境溫溼度，吊秤一台 (max: 40kg、resultion: 10g)，主要功能量測整車重量。

其中轉速計為一般手持式轉速計，要固定於自行車側邊來量測輪胎轉速，實際上有困難(體積過大)且危險(騎程中，路面不平，高速行駛易掉落)，拆解後發現紅外線感測器與控制電路板由 4 條線相連，最後紅外線感測器與機身本體分離，改裝成分離式紅外線轉速計，如圖 3-2. 所示。

本報告將使用一組二次鋰電池將其充飽後(36V(10S)二次鋰電池額定充電滿電壓 42V，48V(14S)二次鋰電池額定充電滿電壓 58.8V)，靜至 8~24 小時後，再行放電測試或實車道路測試，直到電動自行車產生斷電後即行停止測試，估測總行駛距離，最高速度測試將參考 CNS14386-3 電動機器腳踏

車-最高速率試驗法進行測試。



圖 3-1. 測試儀器照片



圖 3-2. 分離式轉速計(改裝版)

3.1 二次鋰電池電池放電測試

二次鋰電池放電測試共執行 8 次，負載為 5Ω 500W 之水泥電阻，36V 12AH 二次鋰電池執行 3 次充放電測試，48V 11AH 二次鋰電池執行 2 次充

放電測試，48V 11AH 二次鋰電池執行 2 次放電測試，負載為 10Ω 500W 之水泥電阻，48V 11AH 二次鋰電池執行 2 次充放電測試，48V 11AH 二次鋰電池執行 2 次放電測試共執行 8 次，每種電池測試結果誤差均在±2%，故其中一次最佳曲線圖做報告。

3.1.1 36V 12AH 二次鋰電池放電測試

如圖 3-3. 所示，此圖為 36V 12AH 二次鋰電池放電曲線記錄表，總放電時間約為 112 分鐘，平均放電電流約為 6.5A，平均放電電壓：36V，總能量約為 36V 12.13AH，略高於標示值 101.08%，將放電起使狀態作局部放大如圖 3-4. 所示，未加載時電壓 41.88V，加載後電壓因電池內組緣故瞬間掉至 40.44V，電流 8.2A；放電結束狀態作局部放大如圖 3-5. 所示，保護電路板斷電保護電壓 30.38V，電流 5.694A。

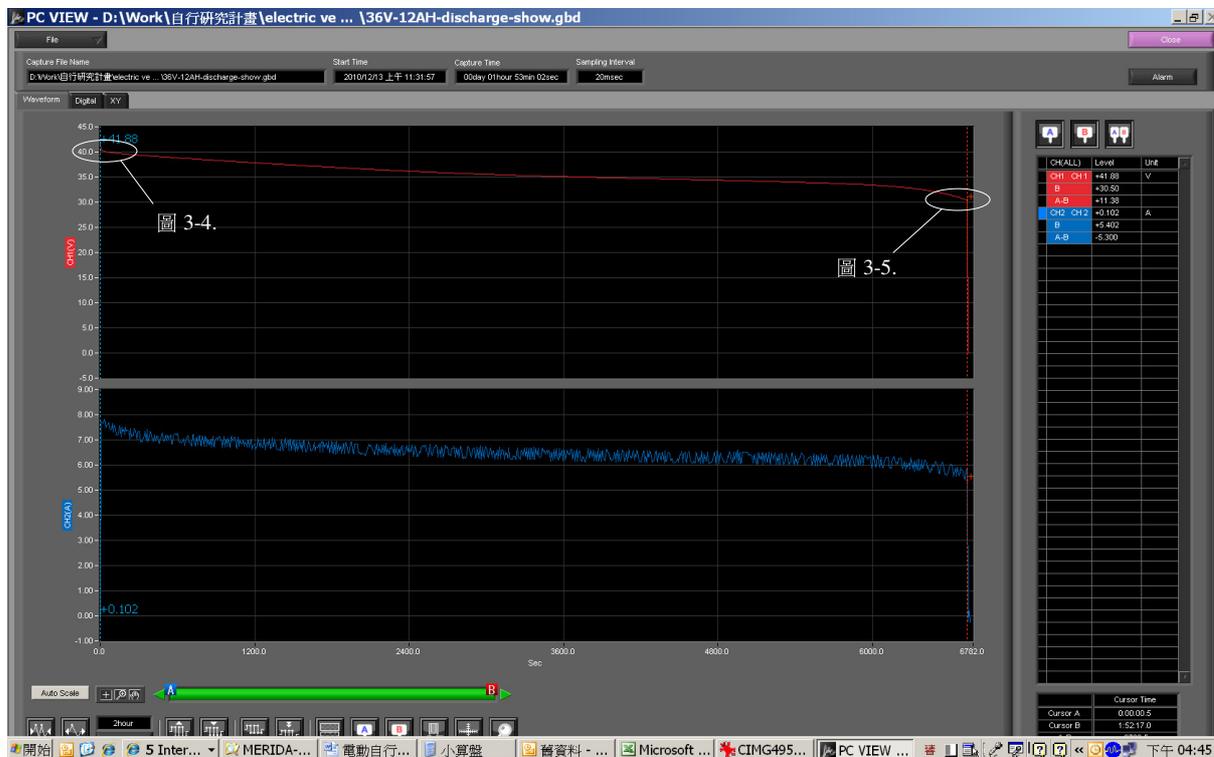


圖 3-3. 36V 12AH 二次鋰電池放電測試

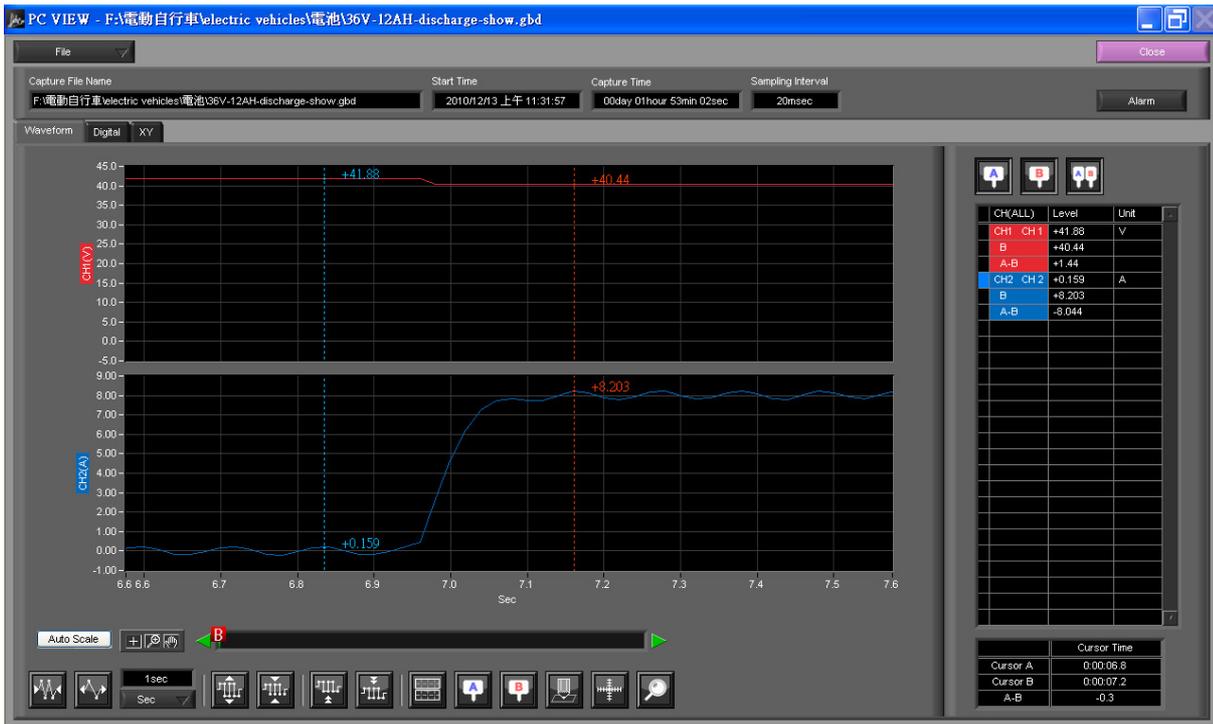


圖 3-4. 36V 12AH 放電開始處局部放大

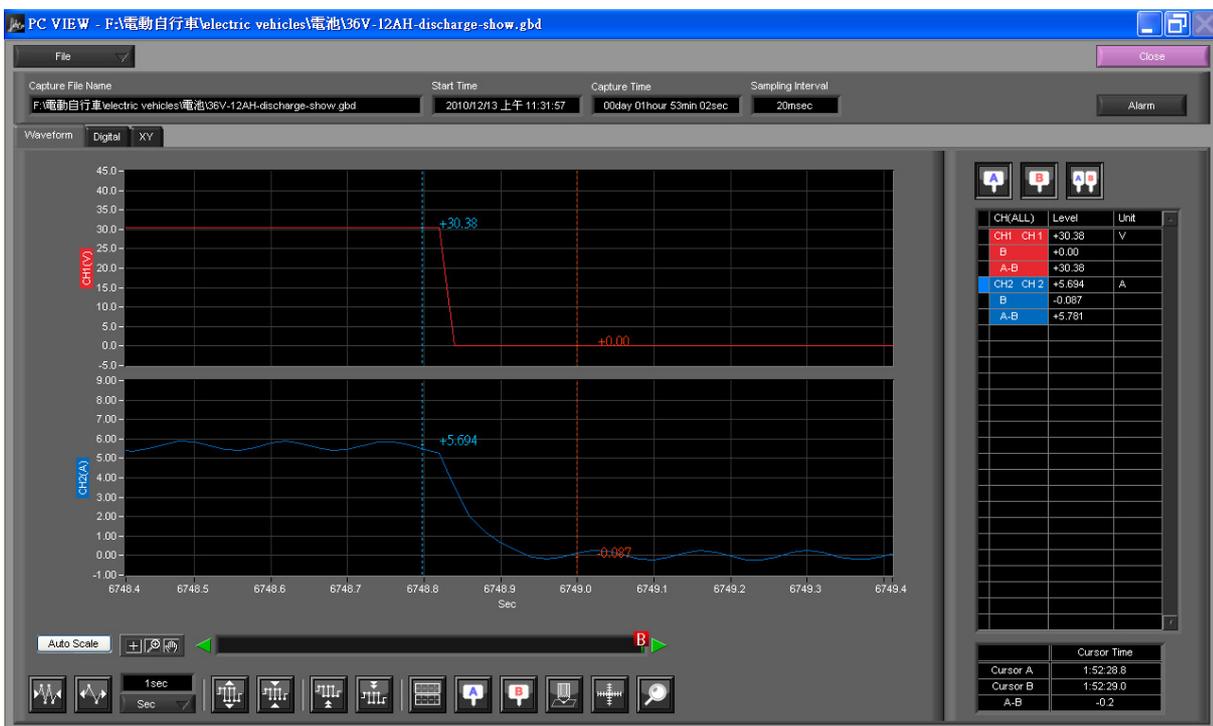


圖 3-5. 36V 12AH 放電結束處局部放大

3.1.2 36V 12AH 二次鋰電池充電測試

將放電完畢之二次鋰電池，靜至 1 小時以上在行充電，如圖 3-6. 所示，此圖為 36V 12AH 二次鋰電池充電曲線記錄表，紅色曲線代表二次鋰電池兩端電壓，紫色曲線代表供給充電器之交流電壓，藍色曲線代表供給充電器之交流電流，此充電器共分為兩階段充電，第一階段定電流 1.75A 充電至 42V，第二階段因電池內部內阻與外部接點電阻，會造成電池兩端電壓在接近 42V 時，充電電流下降電池兩端電壓充至 42~42.5V。

第一階段充電時間約為 7 小時，時間由 0 開始至交流電流最高 0.5954AAC 結束，平均交流電壓：116VAC，平均交流電流 0.55AAC，平均消耗能量約為 $116*0.55*7=446\text{WH}$ ，若以 99% 額定容量估算 ($36*12*0.99=427.68\text{WH}$)，有 95.89 的轉換效率。

第二階段充電時間約為 1 小時，充電時間由最高電流 0.5954AAC 開始至接近充電器待機消耗電流結束，平均交流電壓：116VAC，平均交流電流 0.25AAC，平均消耗能量約為 $116*0.25*1=29\text{WH}$ ，若以 100% 額定容量估算，包含第一階段充電時間， $(36*12)/(446+29)=$ ，有 90.94 的轉換效率。

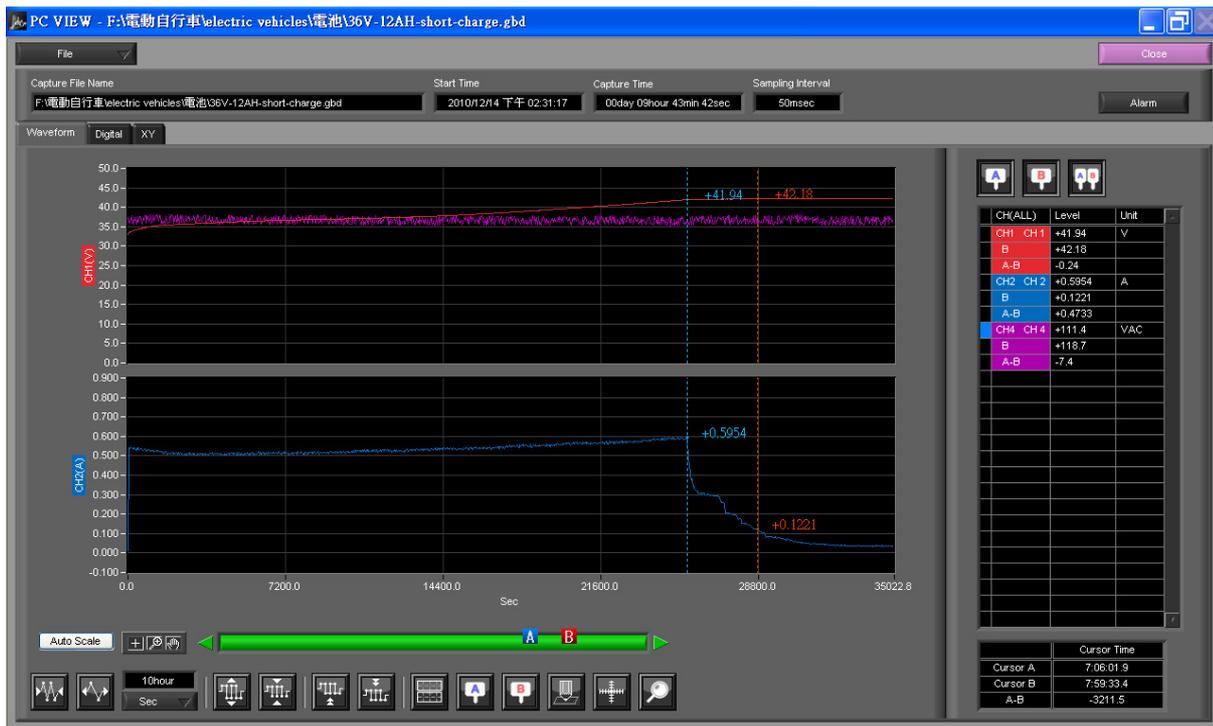


圖 3-6. 36V 12AH 二次鋰電池充電曲線

3.1.3 48V 11AH 二次鋰電池放電測試

如圖 3-7. 所示，此圖為 48V 11AH 二次鋰電池放電曲線記錄表，因此二次鋰電池為 14S，實際電壓應為 50.4V($3.6 \times 14 = 50.4$)，接上 5Ω 300W 水泥電阻，總放電時間約為 72 分鐘，平均放電電流約為 8.8A，平均放電電壓：52V，總能量約為 52V 10.56AH，略低於標示值 96%，將放電起使狀態作局部放大如圖 3-8. 所示，未加載時電壓 58.8V，加載後電壓因電池內組緣故瞬間掉至 55.9V，電流 11.034A；放電結束狀態作局部放大如圖 3-9. 所示，保護電路板斷電保護電壓 45.6V，電流 7.682A。

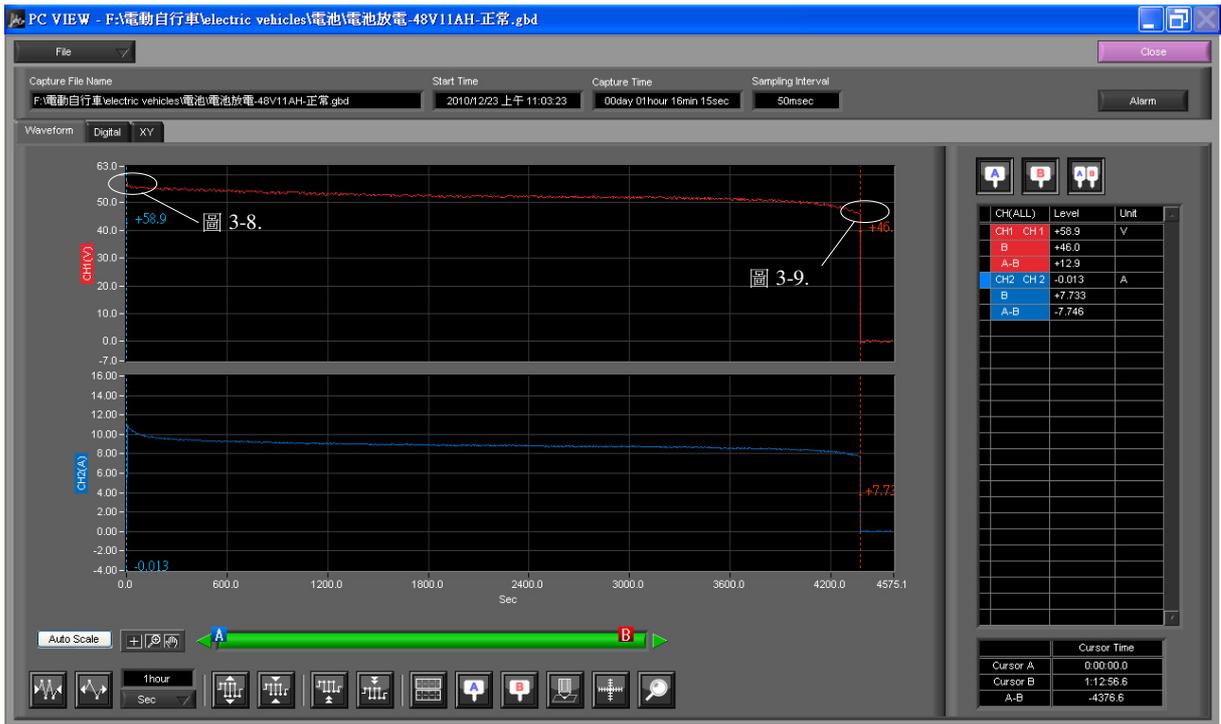


圖 3-7. 48V 11AH 二次鋰電池放電測試

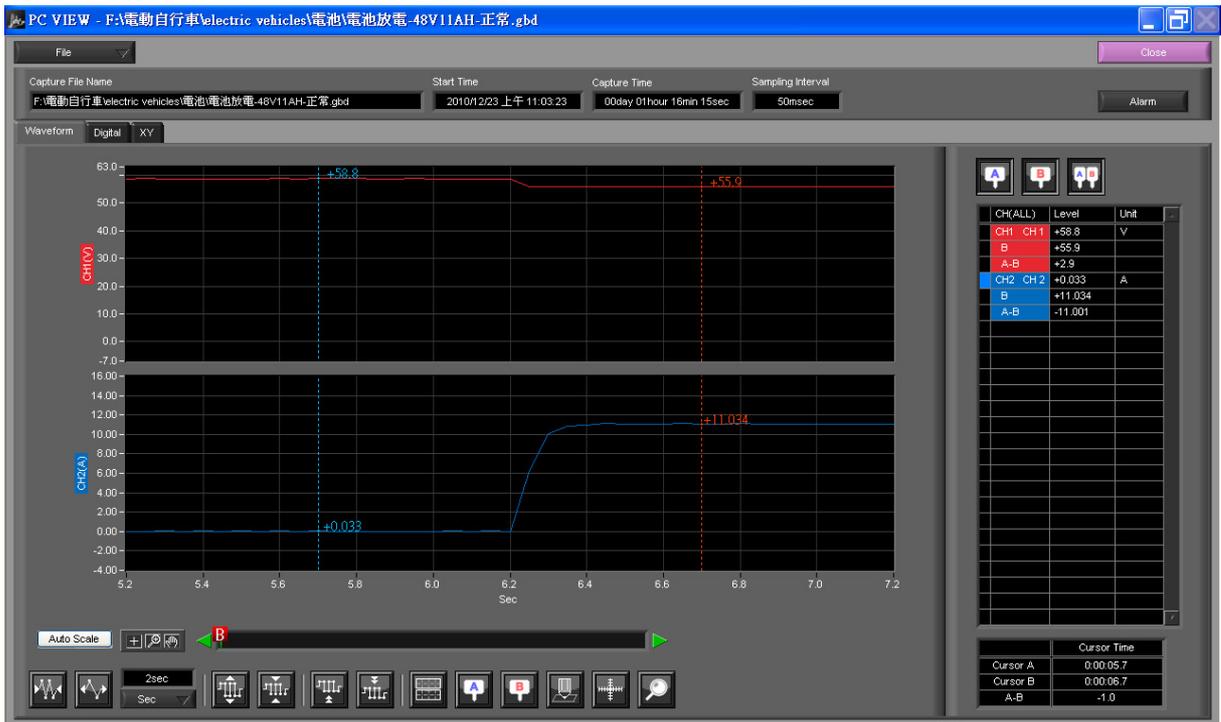


圖 3-8. 48V 11AH 二次鋰電池放電開始處局部放大

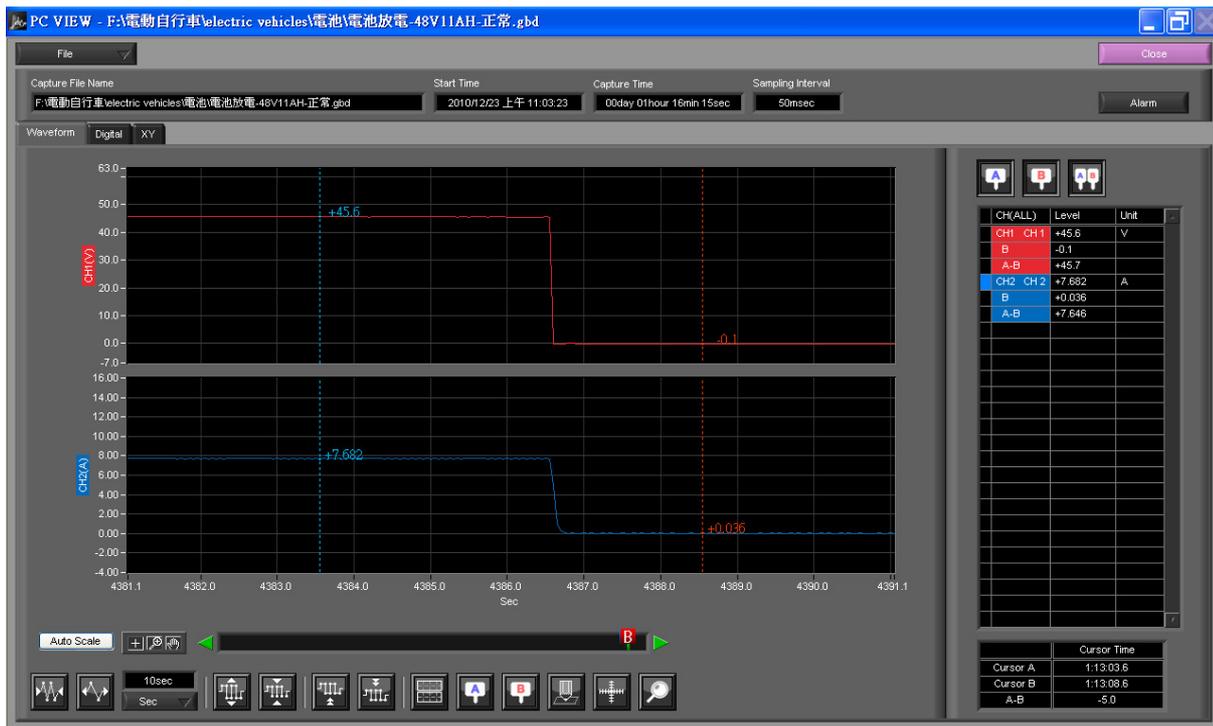


圖 3-8. 48V 11AH 二次鋰電池放電結束處局部放大

3.1.4 48V 11AH 二次鋰電池充電測試

將放電完畢之二次鋰電池，靜至 1 小時以上再行充電，如圖 3-9. 所示，此圖為 48V 11AH 二次鋰電池充電曲線記錄表，紅色曲線代表二次鋰電池兩端電壓，紫色曲線代表供給充電器之交流電壓，藍色曲線代表供給充電器之交流電流，此充電器共分為兩階段充電，第一階段定電流 2A 充電至 58.8V，第二階段因電池內部內阻與外部接點電阻，會造成電池兩端電壓在接近 58.8V 時，充電電流下降電池兩端電壓充至 58.8~59.3V。

第一階段充電時間約為 312 分鐘，時間由 0 開始至交流電流最高 1.01AAC 結束，平均交流電壓：116VAC，平均交流電流 0.91AAC，平均消耗能量約為 $116 \times 0.92 \times 5.2 =$ 至 555WH，若以 99% 額定容量估算 ($50.4 \times 11 \times 0.99 = 549WH$)，有 98.89 的轉換效率。

第二階段充電時間約為 1 小時，充電時間由最高電流 0.5954AAC 開始至接近充電器待機消耗電流結束，平均交流電壓：116VAC，平均交流電流 0.25AAC，平均消耗能量約為 $116*0.25*1=29\text{WH}$ ，若以 100%額定容量估算，包含第一階段充電時間， $(36*12)/(446+29)=$ ，有 90.94 的轉換效率。

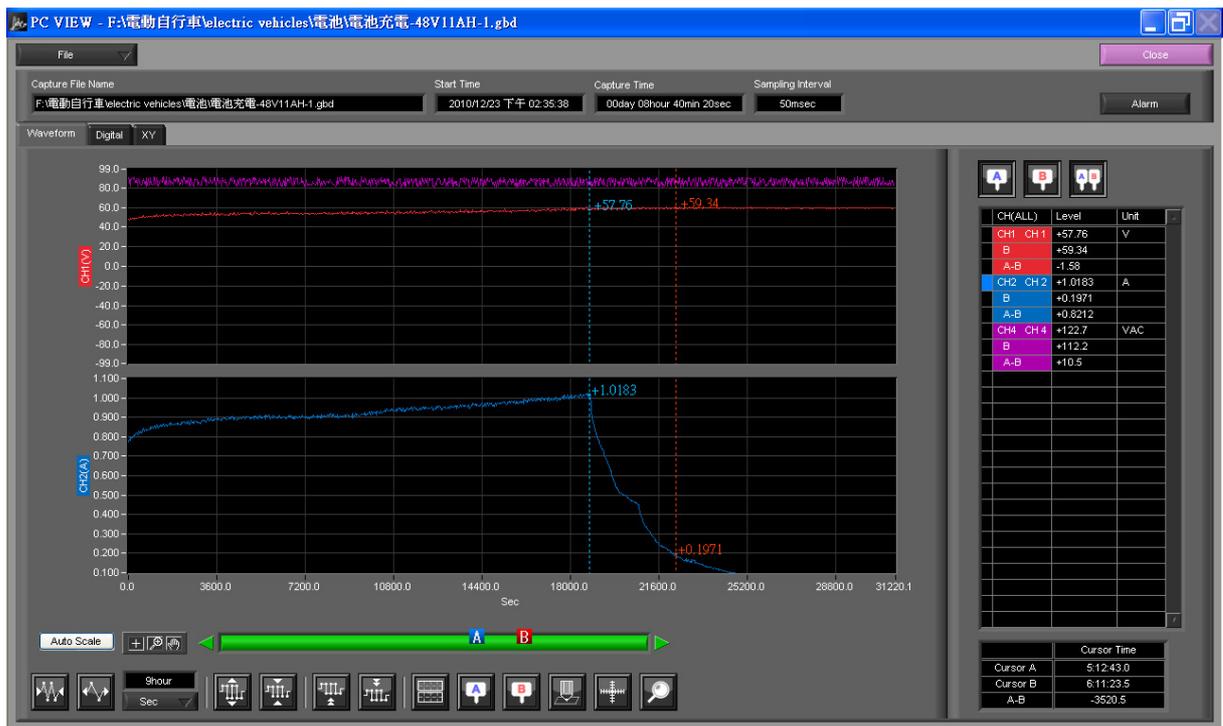


圖 3-9. 48V 11AH 二次鋰電池充電曲線圖

3.1.5 48V 12AH 二次鋰電池放電測試

如圖 3-10. 所示，此圖為 48V 12AH 二次鋰電池放電曲線記錄表，因此二次鋰電池為 14S，實際電壓應為 50.4V($3.6*14=50.4$)，接上 10Ω 300W 水泥電阻，總放電時間約為 152 分鐘，平均放電電流約為 5A，平均放電電壓：50V，總能量約為 50V 12.6AH，略高於標示值 101.08%，將放電起使狀態作局部放大如圖 3-11. 所示，未加載時電壓 58.8V，加載後電壓因電池內組緣故瞬間掉至 57.6V，電流 5.64A；放電結束狀態作局部放大如圖 3-12. 所示，保護電路板斷電保護電壓 30.38V，電流 5.694A。

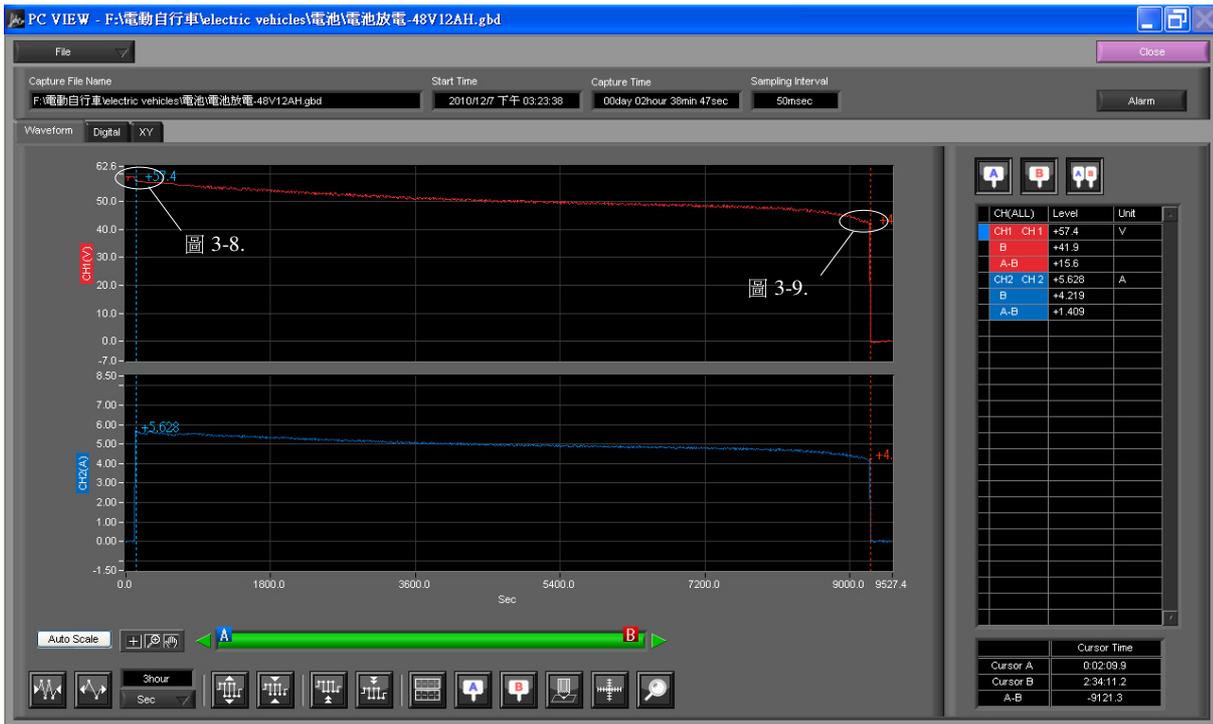


圖 3-10. 48V 12AH 二次鋰電池放電測試

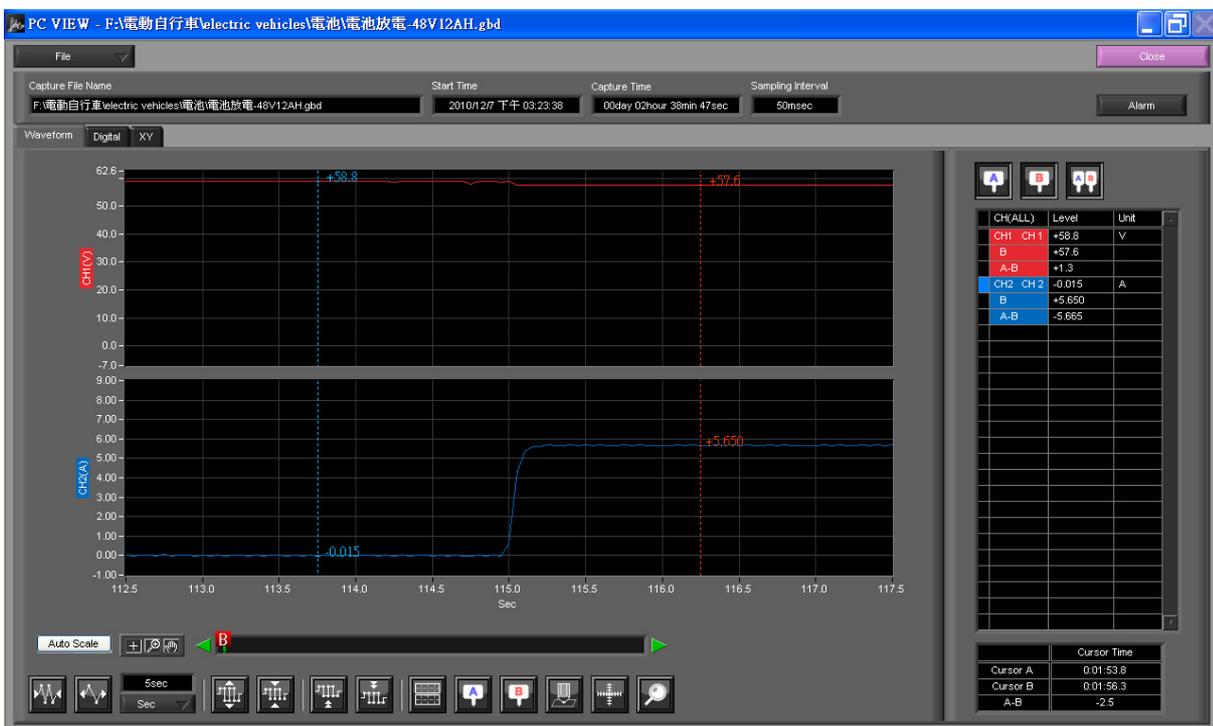


圖 3-11. 48V 12AH 放電開始處局部放大

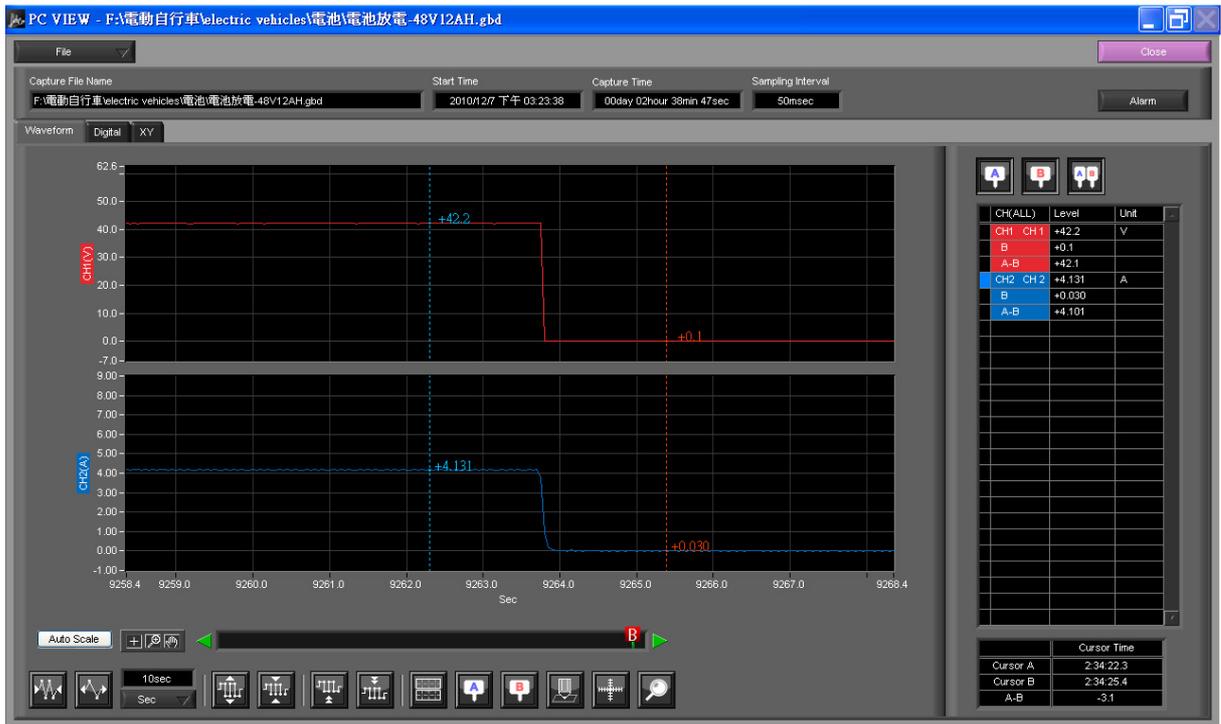


圖 3-12. 48V 12AH 放電結束處局部放大

3.1.6 48V 11AH 二次鋰電池放電異常

如圖 3-13. 所示，此圖為 48V 11AH 二次鋰電池放電異常曲線記錄表，因此二次鋰電池為 14S，實際電壓應為 50.4V($3.6 \times 14 = 50.4$)，接上 5Ω 300W 水泥電阻，保護電路板在放電約 70 分鐘時，電池兩端電壓約 45V 產生斷電動作，斷電處局部放大如圖 3-14. 所示，但可能是因內部的 CMOS 故障，在斷電後又導通行成短路，以致二次鋰電池過放而損毀無法再使用。

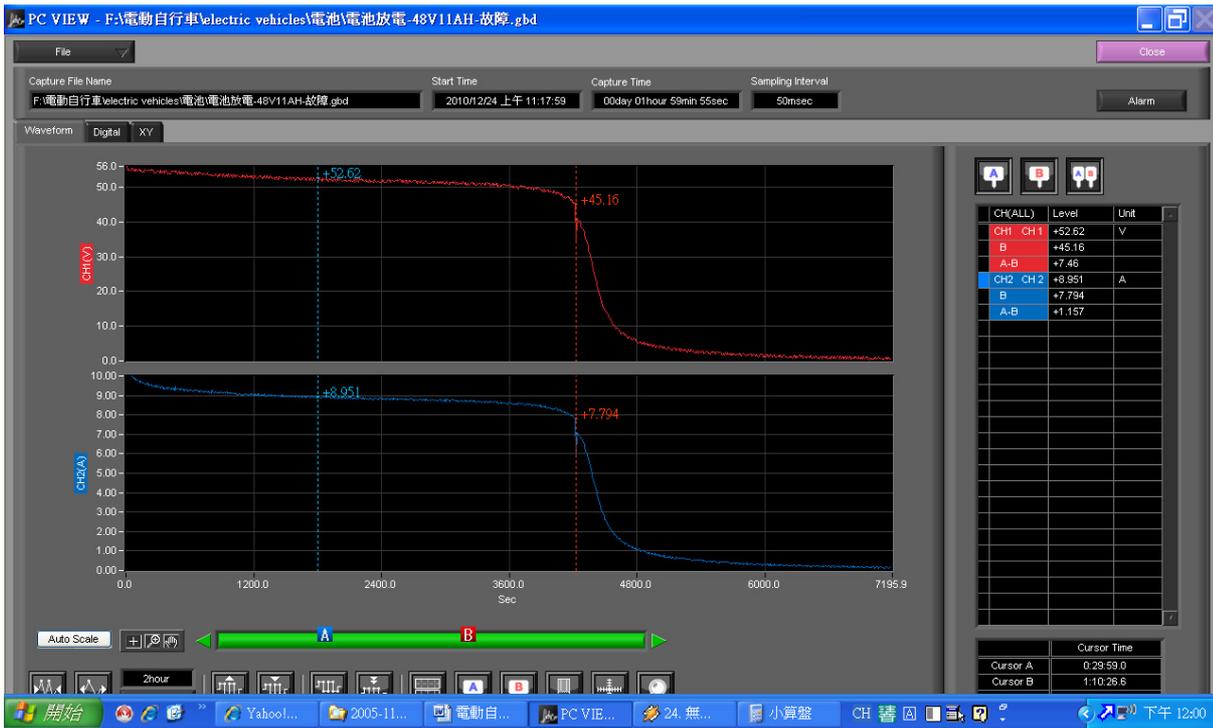


圖 3-13. 48V 11AH 放電異常曲線圖

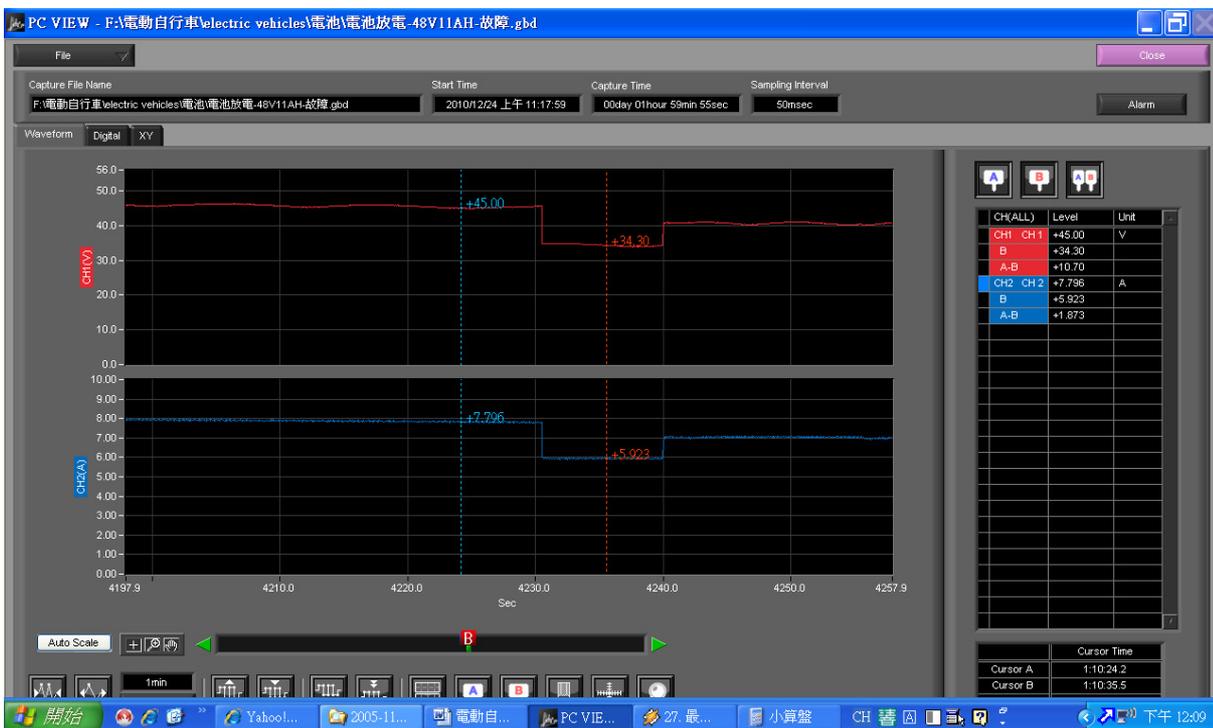


圖 3-14. 48V 11AH 保護電路板斷電異常

3.2.1 號樣品電動自行車測試

此車執行兩種不同方法之實車道路測試，第一在本分局內部柏油路面進行測試，第二在一般公路進行測試，兩種測試方法都是將電池充保後，靜至 8~24 小時後再進行測試，第一種測試方法太過於費時，記錄器在使用電池模式下，無法長時間連續紀錄，需中途更換電池或充電，且也因直線距離過短無法達到最高速度，在測試完成一次後，將不再使用此方法測試。

本分局內部由 4 條約 90m 長之柏油路面所組成，故測試曲線樣板約是一個固定週期的正弦波，測試時拆除鏈條，以避免測試者因習慣性動作誤踩腳踏板前進，當天測試條件如表 3-1. 所示，測試結果共行駛 101 圈發生斷電情形，續航力約為 36.36km，測試時間約為 2 小時，最高速度因直線距離過短無法達到，故此項目不作測試。

表 3-1. 1 號樣品測試條件

室溫	25°C
相對溼度	60%
電池容量	36V 7.8AH 280WH 36V 12AH 432WH
輪轂電機規格	36V 360W
前後輪胎壓	60 PIS
測試者體重	60kg
整車重量	18kg、18.5Kg

在實車道路測試方面，測試條件依 CNS14386-2 第 3.3.1.1 規定，實車道路試驗之路面應為平坦、直線，但在台中市很難找到一條超過 100m 之平坦路面，故只好選附近中投公路慢車道執行測試，測試結果如圖 3-15. 所示，此次測試全程所花時間約 26 分鐘，紅色曲線代表電壓，藍色曲線代表電流，綠色曲線代表速度，由此圖可以很清楚的看到瞬間啟動電流最大約 15A，職將輸入電源接至直流電源供應器，並使用夾煞將前輪鎖死，電源供應器

上所顯示之最大電流 15A 相符合，綠色曲線會有些許尖端突波產生，研判應是行使過程中路面不平所造成的震動，影響轉速計所產生的尖端突波，於是使用氣泡布將轉速計包裹，接處點改使用較高級的端子接頭，已大幅改善尖端突波現象，但遇到較大的坑洞還是無法避免此現象，此圖是經過多次測試，改善過後得到之最佳測試結果，第一次實車道路測試所得到的記錄表，除電壓可參考外，電流與速度曲線全部滿尖端突波無法使用。

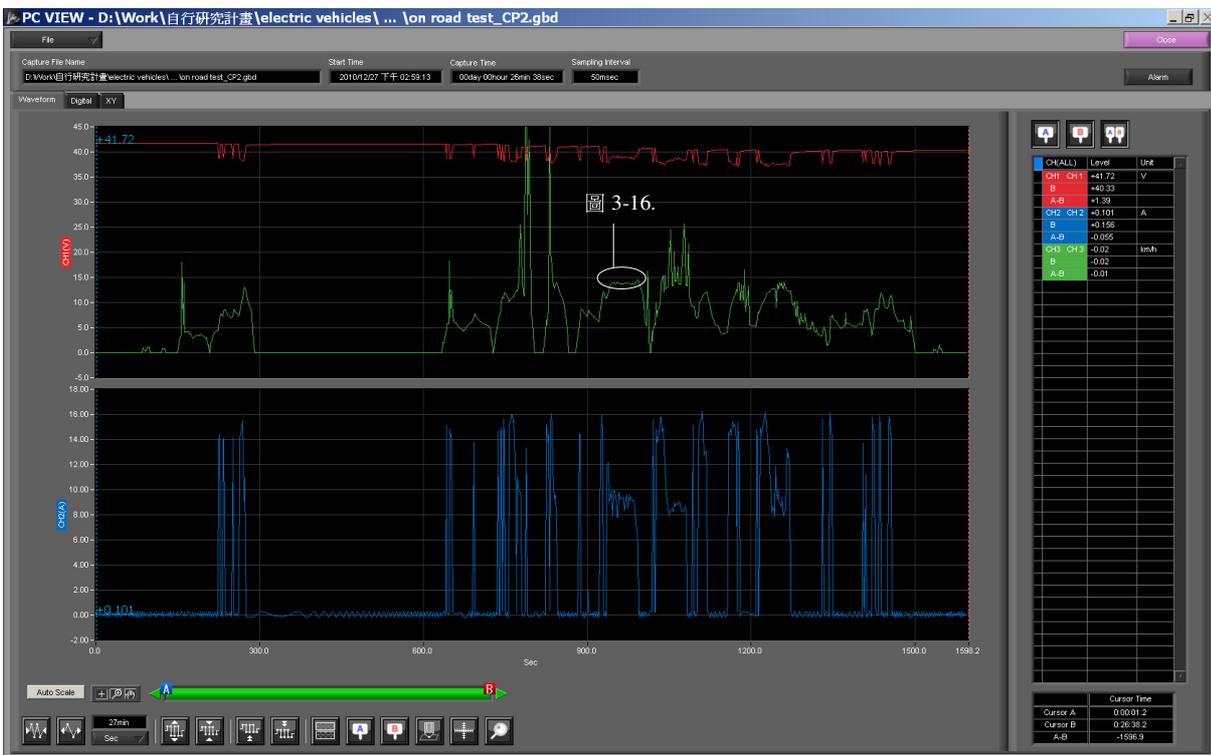


圖 3-15.1 號樣品測試結果(全程)

如圖 3-16. 所示，將記錄表局部放大可以很清楚的看到，當速度越快時，電壓逐漸上升，電流逐漸下降，最高速度約 43km/h，電壓 39.42V，電流 5.806A，若在理想狀況下(道路完全平坦、沒有紅綠燈)，使用 36V 12AH 電池(二次鋰電池充飽電額定電壓 42V)，可連續行駛約 $(12/5.8)43=88\text{km}$ ，但實際在道路行駛不可能有這總情形產生，若與第一測試方法做比較，36V 7.8AH 電池可連續行駛 36.36km，12AH 電池可連續行駛 55.9km

$(12/7.8)*36.36=55.9\text{km}$ ，此數據與實際道路行駛較接近，且電動自行車騎乘方法並不是像內燃機摩托車一樣，電動自行車最大的優勢在於機動性優於一般自行車，且兼具運動休閒功能，摩差力與能量消耗遠低於內燃機摩托車，一般人在使用電力輔助騎乘時，也會同時使用腳踏板，且看到遠方路口紅燈時，以滑行方式行駛前進，相同速度下滑行距離遠比內燃機摩托車遠許多。



圖 3-16.1 號樣品局部放大圖

3.3 2 號樣品電動自行車測試

此車執行一般公路實車道路測試，將電池充保後靜至 8~24 小時後再進行測試，測試條件如表 3-2. 所示：

表 3-2. 2 號樣品測試條件

室溫	25°C
相對溼度	60%
電池容量	48V 12AH 576WH
前後輪胎壓	60 PIS
測試者體重	60kg
整車重量	19kg

在實車道路測試方面選附近中投公路慢車道執行測試，測試結果如圖 3-17. 所示，此次測試全程所花時間約 17 分鐘，紅色曲線代表電壓，藍色曲線代表電流，綠色曲線代表速度，由此圖可以很清楚的看到瞬間啟動電流最大約 15A，職將輸入電源接至直流電源供應器，並使用夾煞將前輪鎖死，電源供應器上所顯示之最大電流 15A 相符合，藍色電流曲線在瞬間加速時會有逆向尖端突波產生，電池兩端的電壓瞬間下降，研判應是馬達的電感效應產生的反電動勢所致。

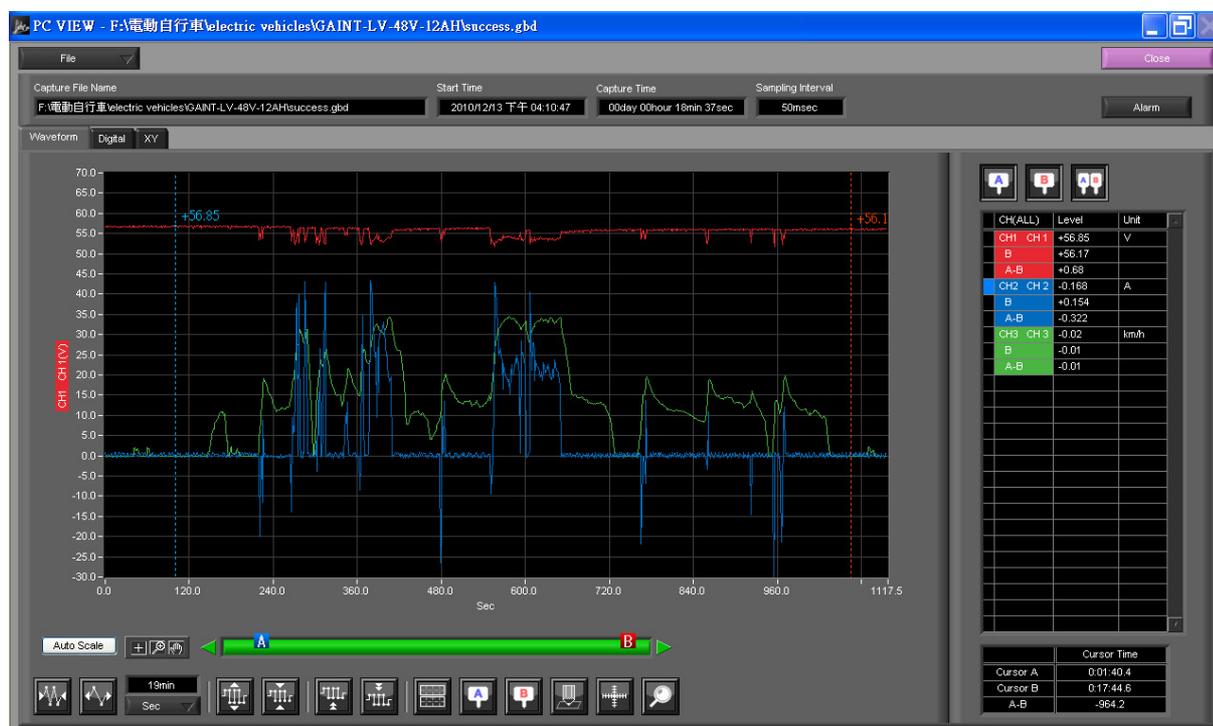


圖 3-17. 2 號樣品車測試全程紀錄表

如圖 3-18. 所示，將記錄表局部放大可以很清楚的看到，當速度越快時，電壓逐漸上升，電流逐漸下降，最高速度約 46km/h，電壓 54.15V，電流 7A，若在理想狀況下(道路完全平坦、沒有紅綠燈)，使用 48V 12AH 電池(二次鋰電池充飽電額定電壓 58.8V)，可連續行駛約 $(12/7)46=78.85\text{km}$ ，但實際在道路行駛不可能有這總情形產生，且電動自行車騎乘方法並不是像內燃機摩托車一樣，電動自行車最大的優勢在於機動性優於一般自行車，且兼具運動休閒功能，摩差力與能量消耗遠低於內燃機摩托車，一般人在使用電力輔助騎乘時，也會同時使用腳踏板，且看到遠方路口紅燈時，以滑行方式行駛前進，相同速度下滑行距離遠比內燃機摩托車遠許多。

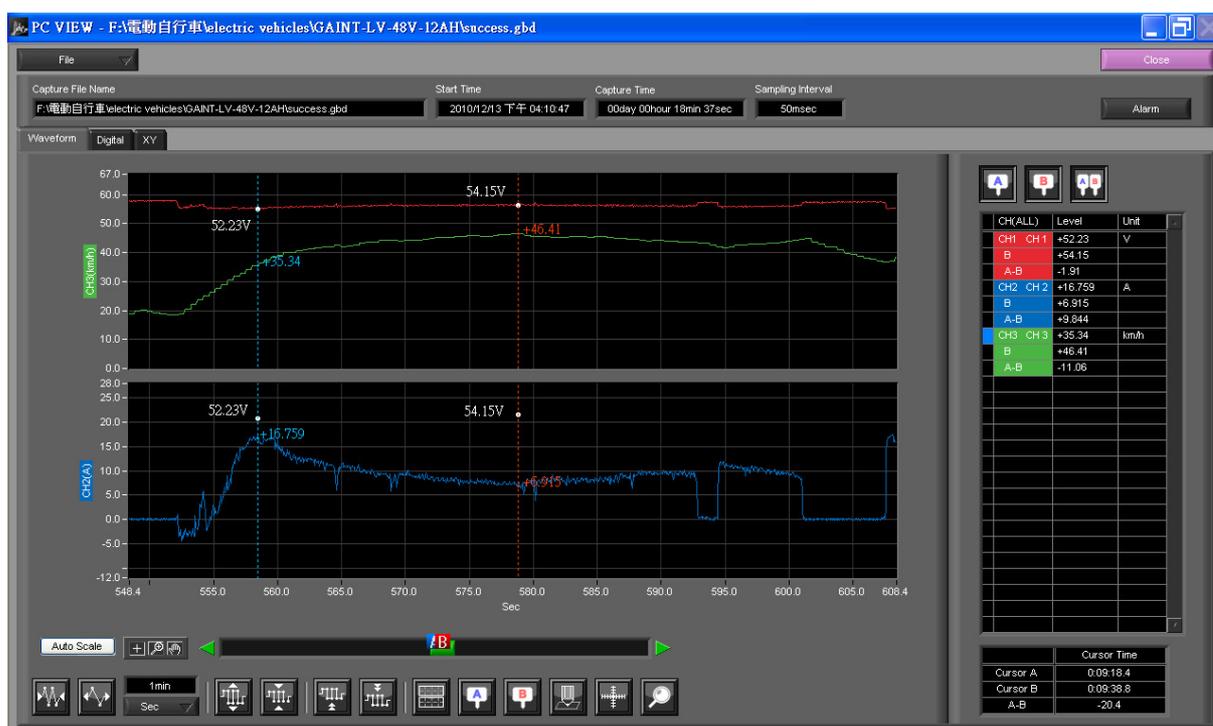


圖 3-18.2 號樣品車測試局部放大圖

3.4 3 號樣品電動自行車測試

此車執行一般公路實車道路測試，將電池充保後靜至 8~24 小時後再進行測試，測試條件如表 3-3. 所示：

表 3-3.2 號樣品測試條件

室溫	25°C
相對溼度	60%
電池容量	36V 12AH 432WH
前後輪胎壓	60 PIS
測試者體重	60kg
整車重量	17kg

在實車道路測試方面選附近中投公路慢車道執行測試，測試結果如圖 3-19. 所示，此次測試全程所花時間約 21 分鐘，紅色曲線代表電壓，藍色曲線代表電流，速度曲線因測試時尚未購買轉速計，只能用目測裝在自行車上的碼表，最高速度約 43km/h，由此圖可以很清楚的看到瞬間啟動電流最大約 17A，行駛中的工作電流 16A。

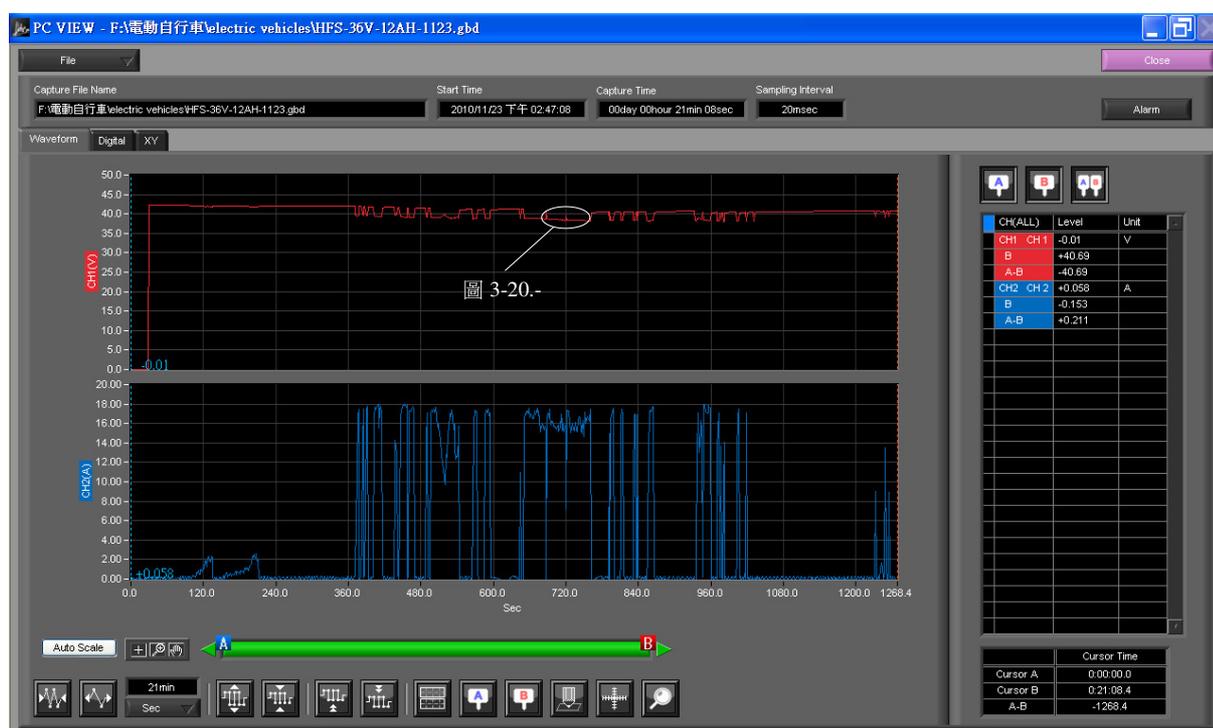


圖 3-19.3 號樣品車測試紀錄表

如圖 3-20. 所示，將記錄表局部放大可以很清楚的看到，當速度越快

時，電壓逐漸上升與電流逐漸下降曲線並不明顯，換算行駛總里程
(12/16)*43=32.25km。

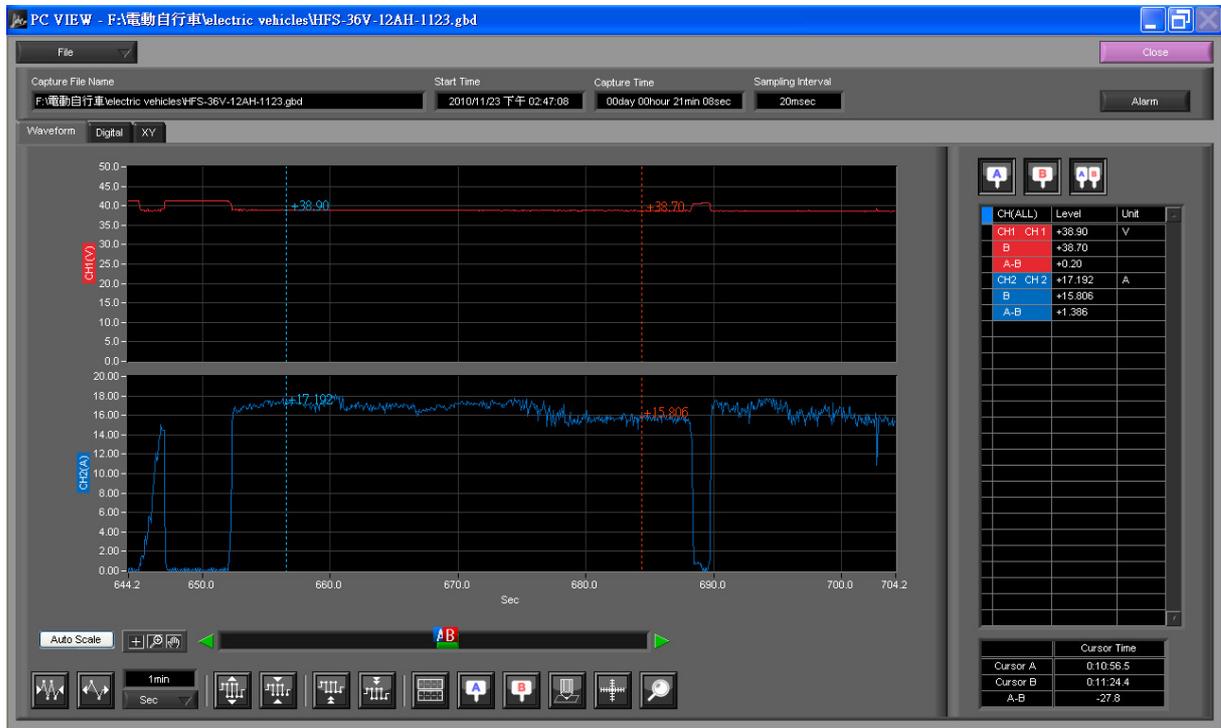


圖 3-20. 3 號樣品車測試局部放大圖

第四章 結論

本報告共自行改裝電動自行車作測試，測試結果彙整如表 4-1.，最高速度以 2 號樣品車表現最好：46km，續航力以 1 號樣品車表現最好：88km，本次報告因受限於測試場地限制，無法測速加速性能，若加上騎程感受做比較，以 2 號樣品車騎程輸出扭力為最高，爬坡能力最強，當油門瞬間轉到底時，前輪會發生空轉打滑現象，由 0 加速到 40km/h 約可在 10 秒以內完成，職 曾經由本分局騎至台中港關連工業區，來回約 58 公里，單程所耗時間約 70 分鐘，加上停紅綠燈的平均時速約 24.8km/h，經過大肚山上爬坡路段約有 25~30km/h 的速度，回到本分局電量顯示器還有 4 格(滿格為 5 格)，職 的騎乘習慣會腳踏與電力輔助同時前進以達最高速度；1 號樣品車騎程輸出扭力為最低，爬坡能力最弱，當油門瞬間轉到底時，前輪並不容易產生空轉打滑現象，由 0 加速到 40km/h 至少需要 20 秒以上才可完成，且需道路平坦無障礙物、無坑洞、無逆風的情況下。

表 4-1. 測試結果彙整表

編號	1 號樣品	2 號樣品	3 號樣品
輪轂電機行駛里程	5000km	100km	100km
速別	27 速	27 速	27 速
車架	MERDIA 一般鋁合金車架	GIANT 一般鋁合金車架	MERDIA HFS 鋁合金車架
尺寸	尺寸 26*16"	尺寸 26*17"	尺寸 26*14.5"
前叉	SR XCR 80mm 油壓手控鎖定避震前叉	SPINNER 300-100 氣壓線控鎖定避震前叉	SR EPICON 100mm 氣油壓線控鎖定避震前叉
剎車握把	VUELTA 一般鋁合金煞把	SHIMANO DEORE 煞變一體式	SHIMANO XT 煞把

編號	1 號樣品	2 號樣品	3 號樣品
前夾器	TEKTRO 一般鋁合金 V 夾	一般鋁合金 V 夾	SHIMANO XT V 夾
後夾器	TEKTRO 一般鋁合金 V 夾	一般鋁合金 V 夾	SHIMANO XT V 夾
鏈條	KMC Z-9900	KMC Z-9900	KMC Z-9900
大盤	SHIMANO SG-53 52/42/36T	DRIVE LINE 中空一體式 52/42/36T	DRIVELINE 中空一體式大盤 52/42/36T
前變速器	MICRO SHIFT 公路車用中變	SHIMANO 公路車用中變	SHIMANO 公路車用中變
後變速器	MICRO SHIFT 登山車長腿後變	SHIMANO DEORO 登山車長腿後變	SHIMANO XT 登山車長腿後變
飛輪	SHIMANO DEORE 11~34T	SHIMANO DEORE 11~34T	SHIMANO XT
手把	FSA X-180 60cm	ELEMENT 60cm	X-mission 60cm
龍頭	鋁合金高揚角龍頭	一般鋁合金龍頭	X-mission 6cm 龍頭
後花鼓	久裕 培林花鼓	白牌滾珠	SHIMANO XT
車圈	雙層鋁合金	單層鋁合金	Mavic 117
座墊	一般中空型座墊	SPECIALIZED BG SONOMA GIRL 155	VELO 一般中空型座墊
變速控制桿	MICRO SHIFT 3*7	SHIMANO DEORE 煞變一體式	SHIMANO XT
外胎	KENDA 26*1.4	KENDA 26*1.4	MAXXIS 26*1.75
電池	36V 12AH 二次鋰電池	48V 12AH 二次鋰電池	36V 12AH 二次鋰電池
輪轂電機	36V 360W	48V 800W	36V 360W
電池規格	36V 12AH	48V 12AH	36V 12AH
重量	18kg (含電池)	19kg (含電池)	16.5kg (含電池)
最高速度	43km/h	46km/h	43km/h
續航力	88km	78.5km	32.25km

3 號樣品車雖然整體的重量最輕(16.5kg)，但輸出的效率卻最低，研判應是此超薄型的輪轂電機工作輸出效率不高與控制器轉換效率不高所致，如圖 4-1. 所示，此為 3 組不同規格之輪轂電機，由左而右分別為 36V 500W、48V 800W、36V 360W，厚度分別為 8cm、10cm、11cm，輪組重量分別約為 1.5kg、2.2kg、2.2kg，將其裝置在自行車上，如圖 4-2. 所示，由右而左分別 1~3 號樣品車。



圖 4-1. 輪轂電機



圖 4-2. 安裝於自行車之輪轂電機

4.1 優缺點分析

本次研究計畫所改裝之電動自行車，輪轂電機皆安裝於前輪，其優點：

1. 可以保留原本變速系統，騎乘感受與踩踏效率也較高，日後也可裝回原前輪當一般自行車使用。
2. 使用無刷輪轂電機摩差力小，在不使用電力輔助騎乘較輕鬆省力。
3. 將輪轂電機安裝於前輪，電池安裝於貨架袋內或車架中間，自行車配重較平均。

缺點：因避震式前叉主要功能為控制轉向與吸收地面的反作用力，故在瞬間加速起步時，龍頭較易產生轉動現象，操控性也較差，且一般結構較差之避震式前叉，在下管的上叉與下叉處間隙過大，在煞車會有震動現象，在轉彎過程中會有搖晃現象，故一般市售前輪驅動之電動自行車大多使用無避震式前叉(硬叉)。

4.2 研究困難

本次自行研究計畫中所遭遇到的最大困難是研究經費不足，其次是在改裝過程中，所購得的輪轂電機皆無法直接裝在避震式的前叉上，調速手把、煞車手把與變速撥把位置重疊、公路車大盤與登山車不相容，詳細說明如下：

4.2.1 輪轂電機皆無法直接裝在避震式的前叉上

一般自行車前輪軸心長度 100mm，1 號樣品車所裝設之輪轂電機軸心長度為 110mm，需自行 CNC 加工將軸心磨短，且輪轂電機之鋁合金外殼會與前叉接觸到，外殼也須磨薄，如圖 4-3. 所示，外殼與前叉相距約只有 1~2mm 距離，相同的問題也發生在 2 號樣品車上，如圖 4-4. 所示，所以一般市售電動自行車前輪輪轂電機大多裝置在無避震式的前叉上(可以直接將前叉撐開)，但如此作法在高速騎乘時，路面坑洞所產生的反作用力會完全回饋指手臂上，造成騎乘者的不舒服，最後 3 號樣品車使用超薄型之輪轂電機，如圖 4-5. 所示，軸心長度只有 8cm(左右需各加一顆螺帽墊高)，且前叉也部會與外殼相接觸，重量也大幅下降，但缺點是輸出效率不高。



圖 4-3.1 號樣品車輪轂電機與前叉距離



圖 4-4.2 號樣品車輪轂電機與前叉距離



圖 4-5. 3 號樣品車輪轂電機與前叉距離

且一般自行車花鼓軸心寬度為 9mm，如圖 4-6. 所示，但輪轂電機軸心寬度 10mm，如圖 4-7. 所示，無法直接安裝在避震式前叉上，必須額外加工將輪轂電機軸心磨薄兩邊各 0.5mm。

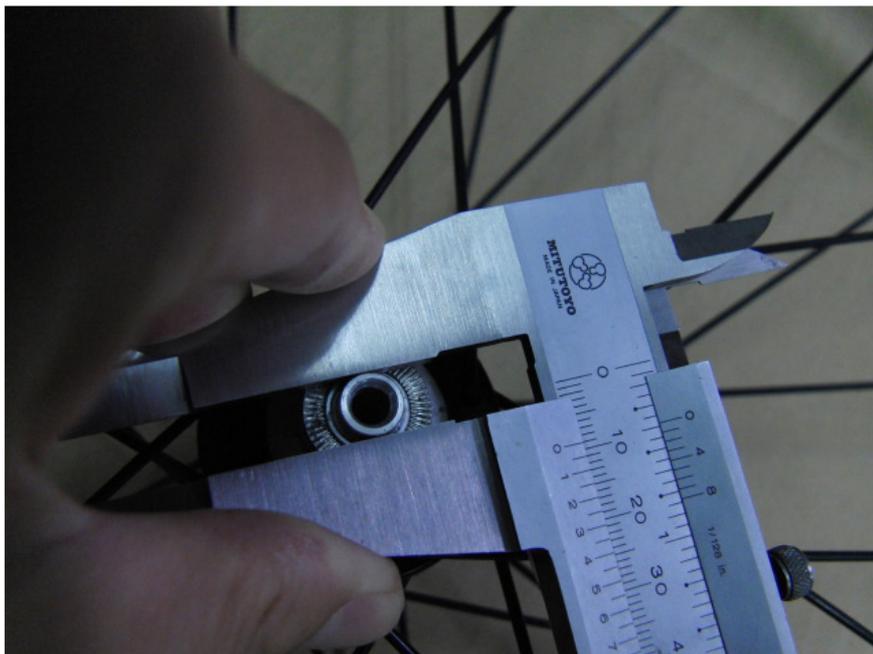


圖 4-6. 自行車花鼓軸心寬度

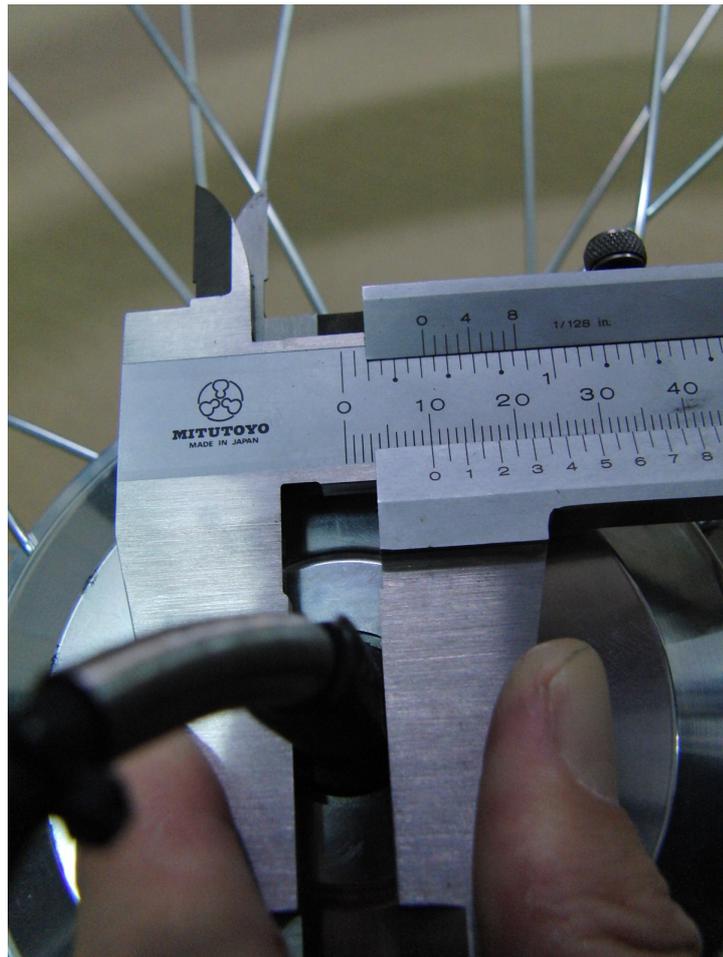


圖 4-7. 輪轂電機軸心寬度

4.2.2 調速手把、煞車手把與變速撥把(前變)位置相互重疊

如圖 4-8. 所示，在未安裝完成前，調速手把會影響到變速撥把的正常運作，因調速手把中間有一節作為電量顯示與內部電路調速用，會讓騎乘者感覺到煞車手把過短，使用起來有些不順手，將調速手把去除不需要的體積改裝完後如圖 4-9. ~ 4-11. 所示，但內部的機構與部分電路將裸露於外，故需使用 SILICON 加以密封與固定。



圖 4-8. 2 號樣品車調速手把位改裝前



圖 4-9. 1 號樣品車調速手把位改裝後



圖 4-10. 2 號樣品車調速手把位改裝後



圖 4-11. 3 號樣品車調速手把改裝後

4.2.3 公路車大盤與登山車架不相容

因是登山車後輪軸心長度 135mm，公路車後輪軸心長度 130mm，所以

一般登山車車架後下管會比一般公路車來的寬，若將公路車用大盤安裝於登山車會遇到的問題是最大齒盤會與後下管相接觸，如圖 4-12. 所示，故需使用軸心較長的 BB，如安裝一體式大盤需使用較多的墊片。



圖 4-12. 公路車大盤安裝於登山車車架

4.3 研究發現與建議

電動自行車在未來的發展能否普及，除了在極速與續航力的改善外，另外大家所忽略的另一項很重要的因素就是騎程感受，也就是俗稱的好不好騎，一台不好騎的電動自行車自然不會有人想要購買，職 曾經期過市售的電動自行車，除了重量重、外型差、速度不夠快、續航力不佳，另外就是不好騎，因市售的電動自行車大多使用後輪驅動，且電池也大多放置後貨架上或立管後方，這會導致頭輕腳重的騎程感受(上坡較危險，易產生前輪離地的狀況)，再者當是使用電力輔助時，踏板會有踩空的感覺(花鼓之棘輪的轉速高於大盤帶動的轉速)，如此即達不到運動效果，也無法降低電池的電力損耗。

本次研究計畫所改裝之電動自行車皆使用鋁合金車架，可大幅降低整車重量，前叉使用氣壓或油壓避震前叉，可提升騎乘時的舒適感，動力使用前輪驅動，電池安裝於後貨架上或車架中間，能大幅改善配重問題，另外大盤改使用公路車大盤(52-42-30)，飛輪使用卡式飛輪(11T~34T)，能大幅改善踩空的感覺，既可達到運動效果，也可降低電池電力損耗。

最佳的電動自行車配重設計，職 個人認為需使用後輪驅動，若將動力輸出安裝前輪，因輪轂電機的重量與旋轉的慣性，會影響到整車的操控，故只能將動力輸出安裝於後輪，登山車後輪軸心長度：135mm，扣除卡式飛輪所需的40~45mm，輪轂電機的厚度就必須小於90mm，這樣才不會影響整車的變速系統。另將電池能夠安裝在車架上管、下管與立管所組成的三角形空間中，如此能改善頭輕腳重的狀況，但這必須將電池外觀設計成三角形(菱形車架可使用-跨點較高)，優點是只需改變內部單電池的排列組合即可達成，不需使用專用車架，缺點是一般女性或年長者較不喜歡騎乘菱形車架，或使用專用車架(俗女車車架-跨點較低)，但這需使用專用車架把電池安裝於上管與立管中間，優點是較易上下車，所有人皆可接受的車架，缺點是需設計專用車架，成本較高，且車架結構強度較差、重量較重。

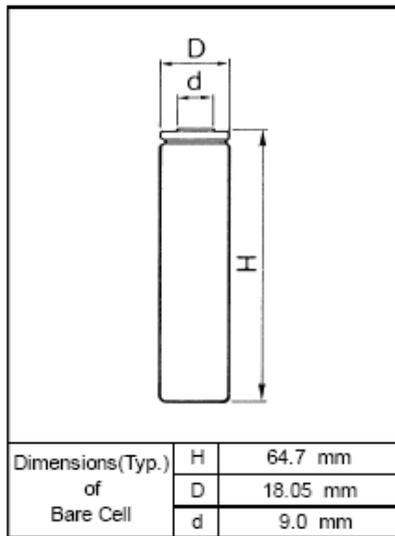
目前全球發展電動車運輸工具，最主要遭遇的瓶頸在於電池，若能發明能量密度更高與重量更輕的二次電池，電動車運輸工具將能更成熟，其次在於提高輪轂電機的輸出效率、縮小體積與將低重量，最後在設計出具有回充功能的控器，第一階段當騎程者輕度使用煞把時-回充電池，前輪因回充電池會產生煞車效果-緩慢煞車，第二階段當騎程者深度使用煞把-煞車夾器產生煞車功能-緊急煞車，最好能夠將煞車手把與調速手把做在一起，這樣一來就不會影響到原自行車之變速撥把。

附錄一 Sanyo 公司 18650 鋰電池技術手冊

Aug. 2004

SANYO
Lithium ion

Cell Type UR18650F Specifications



Nominal Capacity		Min.2300mAh
Nominal Voltage		3.7V
Charging Method		Constant Current -Constant Voltage
Charging Voltage		4.2V
Charging Current		Std. 2300mA
Charging Time		2.5hrs.
Ambient Temperature	Charge	0~+40°C
	Discharge	-20~+60°C
	Storage	-20~+50°C
Weight (Max.)		44.5g
Dimensions (Max.)	(D)	18.10mm
	(H)	64.80mm
Volumetric Energy Density		510Wh/l
Gravimetric Energy Density		191Wh/kg

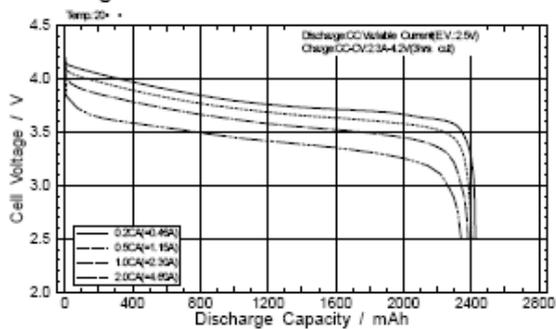
Discharged State after Assembling

Maximum size without tube

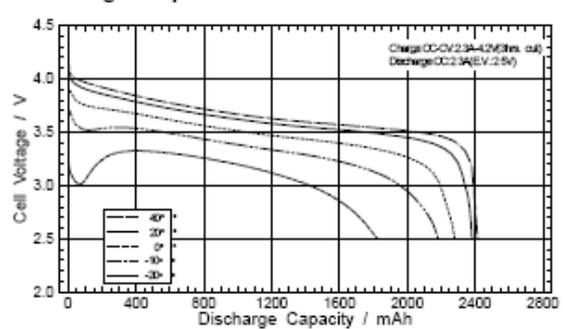
Typical Characteristics

*When designing a battery pack, get the precise information on a cell battery drawing

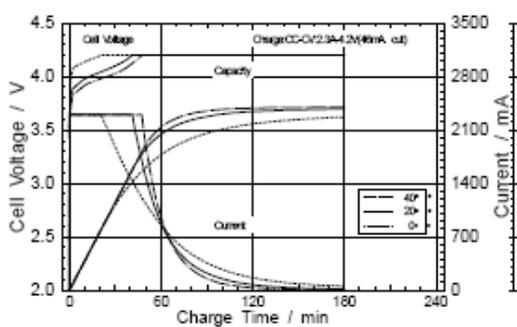
Discharge rate characteristics



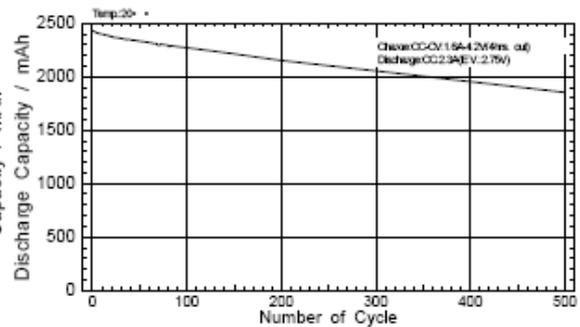
Discharge temperature characteristics



Charge characteristics



Cycle characteristics



附錄二 LM317 資料手冊

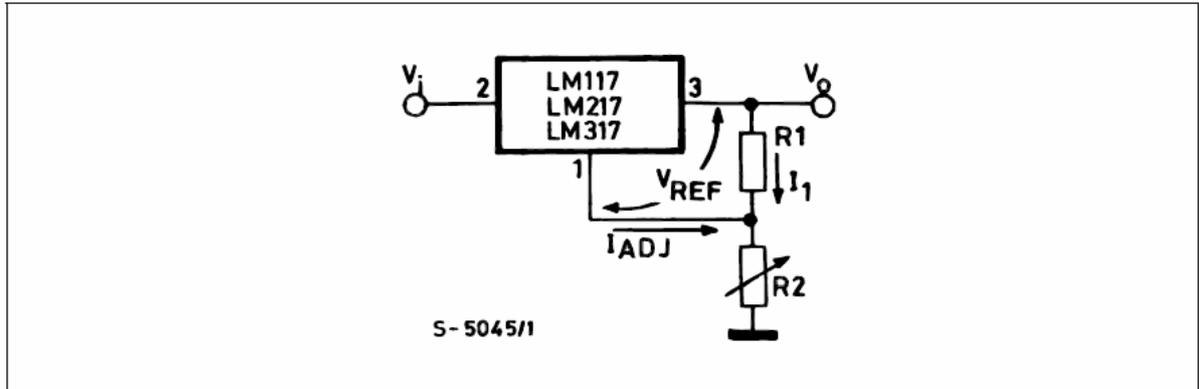


Table 4: Electrical Characteristics For LM117/LM217 ($V_I - V_O = 5\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $I_{MAX} = 1.5\text{ A}$ and $P_{MAX} = 20\text{ W}$, $T_J = -55\text{ to }150^\circ\text{C}$ for LM117, $T_J = -25\text{ to }150^\circ\text{C}$ for LM217, unless otherwise specified).

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
ΔV_O	Line Regulation	$V_I - V_O = 3\text{ to }40\text{ V}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	0.01	0.02	%V
				0.02	0.05	
ΔV_O	Load Regulation	$V_O \leq 5\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA to }I_{MAX}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	5	15	mV
				20	50	
		$V_O \geq 5\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA to }I_{MAX}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	0.1	0.3	%
				0.3	1	
I_{ADJ}	Adjustment Pin Current			50	100	μA
ΔI_{ADJ}	Adjustment Pin Current	$V_I - V_O = 2.5\text{ to }40\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA to }I_{MAX}$		0.2	5	μA
V_{REF}	Reference Voltage (between pin 3 and pin 1)	$V_I - V_O = 2.5\text{ to }40\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA to }I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.2	1.25	1.3	V
$\Delta V_O/V_O$	Output Voltage Temperature Stability			1		%
$I_{O(min)}$	Minimum Load Current	$V_I - V_O = 40\text{ V}$		3.5	5	mA
$I_{O(max)}$	Maximum Load Current	$V_I - V_O \leq 15\text{ V}$ $P_D < P_{MAX}$	1.5	2.2		A
		$V_I - V_O = 40\text{ V}$ $P_D < P_{MAX}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.4		
eN	Output Noise Voltage (percentage of V_O)	B = 10Hz to 100KHz $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.003		%
SVR	Supply Voltage Rejection (*)	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $f = 120\text{Hz}$	$C_{ADJ}=0$	65		dB
			$C_{ADJ}=10\mu\text{F}$	66	80	

附錄三 KA278RA05 資料手冊

KA278RA05

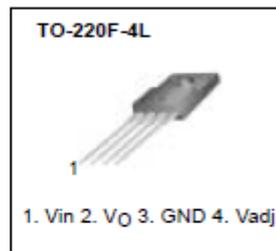
Low Dropout Voltage Regulator (Fixed & Adjustable)

Features

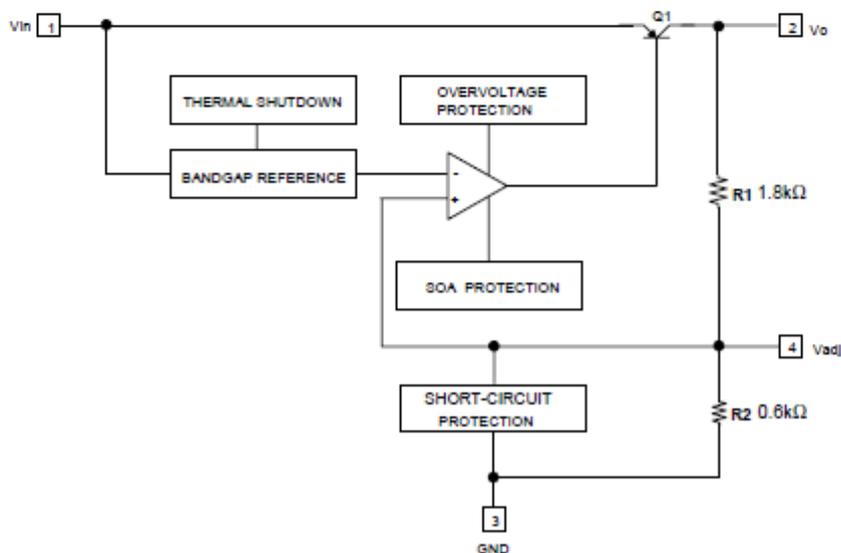
- Nominal 5V output without adjusting
- Output Adjustable Between 1.25V and 32V
- 2A Output low dropout voltage regulator
- TO220 Full-Mold package (4PIN)
- Overcurrent protection, Thermal shutdown
- Overvoltage protection, Short-Circuit protection

Description

The KA278RA05 is a low-dropout voltage regulator suitable for various electronic equipments. It provides constant voltage power source with TO-220F-4 lead full mold package. Dropout voltage of KA278RA05 is below 0.5V in full rated current(2A). This regulator has various function such as peak current protection, thermal shut down and over voltage protection.



Internal Block Diagram



參 考 文 獻

- [1] <http://www.giantcyclingworld.com.tw/emag/page.php?bookno=11218> 。
- [2] Japan Makers to Recycle Carbon Fiber Posted on: Monday, 4 June 2007, 18:00 CDT 。
- [3] <http://tw.page.bid.yahoo.com/tw/auction/b58138588>
- [4] <http://tw.page.bid.yahoo.com/tw/auction/1211465019>
- [5] <http://tw.page.bid.yahoo.com/tw/auction/f21373424>
- [6] 張晏銓、鄒應嶼，”永磁無刷馬達使用霍爾感測器或無感測之數位控制器設計”，電力電子系統與晶片實驗室 國立交通大學 電機與控制工程學系 2007/09/07 。
- [7] <http://www.elecfans.com/article/88/131/ctrlsc/gas/2008/200805269465.html>
- [8] http://blog.163.com/april_kj/blog/static/15447095200902393231490/
- [9] http://www.semic.sanyo.co.jp/index_e.htm ，日本三洋公司。