



# M60 及 CM11 共用底盤啟動與發電系統保養及故障排除

筆者/呂芳契

## 提要

- 一、M60/CM11 戰車目前的戰鬥車輛都是使用起動馬達發動引擎，起動馬達一旦故障，則車輛就無法起動使用；在車輛發動後，必須藉由充電系統來提供其他電器用電（如射控裝置、燈光等），並補充電瓶在起動時所消耗之電能，如此引擎才能持續運轉，並且在熄火後才能再啟動，因此啟動／充電系統的保養是目前部隊常忽略之處，而疏忽的結果則是造成電力系統作用不良或故障，輕則毀損裝備，造成停用；重則造成人員傷亡，因此如何有效精進保養檢查與緊急應處，實為重要，不容小覷。
- 二、部隊近年來發生為數不少起動及充電系統故障，肇生危安情事案例，綜整出目前戰車電力系統常見 6 項缺失樣態，包括「不諳戰車電系保養、電壓調節器失效、電系基本檢測能力欠佳、發電機短路起火成因、啟動馬達作動不正常及電瓶保養未落實」；針對 M60/CM11 戰車日漸屆壽，在新式戰車未獲得前，仍需擔任戰備與演訓任務，藉本文提供電力系統保養程序、步驟及要領，在平時戰演訓或戰時戰車發生故障時，單位二級廠或野戰保修收集站，快速恢復裝備妥善，為各級保養(修)人員必具之技能。

關鍵詞: M60 戰車底盤、起動系統、發電系統、保養檢察、故障排除。

## 壹、前言

戰車起動及充電系統為發動引擎及供應電力重要裝置，若未落實戰車全電力系統檢查與保養，輕者造成引擎(電瓶)無法起動(回充電力)，重則可能電氣短路導致戰車失火，戰車電力系統為低電壓、高電流設計，為避免過高電壓燒毀電氣及光電與射控裝置，在各迴路雖裝設斷路器、高壓保護(調節)器及繼電器作為保護迴路，因此起動前除須將檔位排至 P 檔並鎖定剎車，以防止爆衝外，前述設項裝置均須關閉電源，避免不按起動程序操作，可能造成戰車不正常運轉，肇生乘員傷亡與裝備毀損，影響裝備妥善及部隊戰力；車輛起動及充電系統，攸關戰車引擎發動及砲塔電力供應之首要，戰車行駛前、中、後須時刻檢查外，平時確遵技術書刊、潤滑令及技術公報所律定之程序、步驟及要領，實施裝備操作、檢查、調整、潤滑及故障排除，無動(電)力之戰車，將成為 50 噸廢鐵。

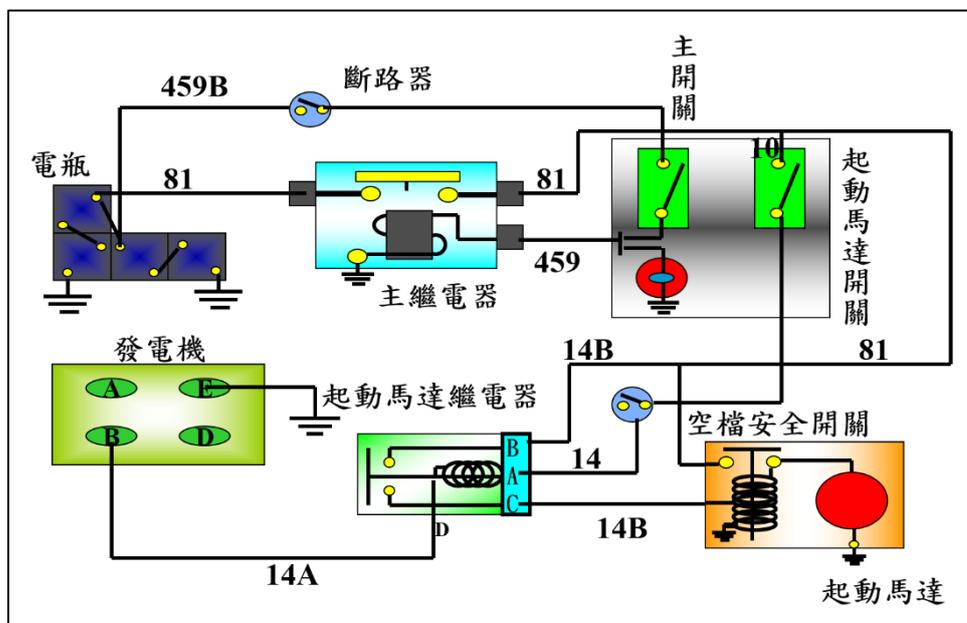
目前國軍所使用之戰車，其操作時間都超過 30 年以上，在正常磨耗的狀況下，起動馬達碳電刷和發電機的電樞都會產生衰退現象，導致戰車發動不易或電瓶

回充緩慢等情況。當前述狀況發生時，其原因不僅是電樞老化問題而已，尚有諸多因素如纜線老舊脆化及電瓶極板氧化蓄電量不足等皆會造成此種狀況，電系在車上所佔之體積、重量並不大，但是其功用與影響戰車深遠，若電系不能正常作用，戰車形同報廢；因此，筆者希望藉由本文對戰車電系作一詳盡的介紹，使讀者能對起動及充電系統有較深入的瞭解，進而提升單位針對電系之保養能力，以提高裝備妥善。

## 貳、起動系統

不論是汽油(電子點火)或柴油(壓縮點火)引擎必須經過：進氣→壓縮→爆炸→排氣，使活塞於氣缸內產生往復運動，驅動曲軸箱以產生動力，此一引擎運作又稱之為「奧圖循環」<sup>1</sup>，因此發動引擎採逆序式由起動馬達→轉動飛輪→帶動區軸箱及活塞使引擎運轉，(如圖 1)，引擎運轉這個步驟在過去是使用人力手搖柄來搖轉，由於科技進步導入省力且安全裝置，現代化戰車皆以起動馬達運轉引擎。

圖 1-起動系統介紹



資料來源：作者自行整理

### 一、起動系統之組成：

實線部份為起動馬達，虛線部份為起動開關控制電路；圖 1 為起動系統構成圖」由於起動馬達需使用很大的電流（50~300A），為避免大電流持續進入馬達造成馬達損壞，因此戰車起動系統設計用較小的電流(3-5A)經過磁電開關（繼電器）線圈產生之磁力來控制接點之開關；電流流入起動

<sup>1</sup> 李仲文，〈奧圖循環〉，(香港，中文百科知識網臺灣繁字版，2019年03月22日)，<https://www.newyon.com.tw/wiki/%E5%A5%A7%E5%9C%96%E5%BE%AA%E7%92%B04568808>，(檢索日期：2024年04月23日)。

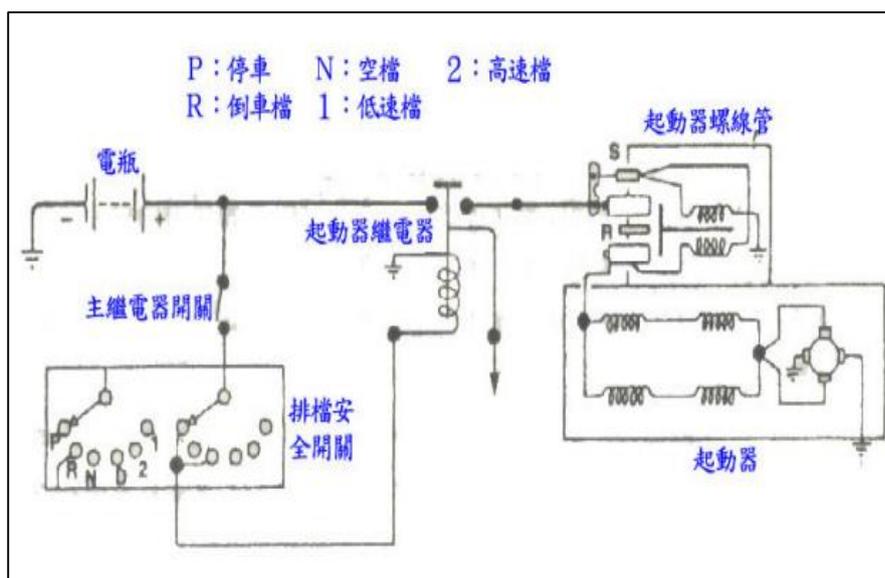


馬達後，馬達電樞之小齒輪與引擎飛輪相嚙合，隨即運轉引擎使引擎發動運轉，引擎發動後其飛輪轉速遠高於馬達小齒輪，所以小齒輪必須離開飛輪，以免因高速運轉而損壞，起動系統包括「起動安全開關、空檔安全開關、繼電器式電磁開關、低壓保護開關、螺管線式電磁開關、起動馬達、電樞及電刷」等組成，以下謹就組成及作用分述如後。

#### (一) 起動安全開關：

起動安全開關 (Starting Safety Switch, SSW) 設計為常態開啟 (Normal Open Switch, NOW)，以防止變速箱不在空檔或引擎運轉中限制起動裝置必須在確保安全狀況之保護裝置，<sup>2</sup>如手排變速箱必須踩下離合器或將檔位排至空檔才能起動，以避免損壞起動馬達或變速箱齒輪；戰車與一般汽車同樣使用自動變速箱，起動前必須將檔位排至於 P 檔並鎖定剎車 (其他檔位都不會起動，N 檔兼具樞軸轉向功能，若駕駛誤觸轉向握把會導致戰車晃動或原地轉向)，此時起動線路才能接通，起動車輛前為避免不意狀況發生，<sup>3</sup>要求戰駕士踩住剎車踏板，砲塔內乘員關閉各項電源，入檔前確實完成剎車解脫，以確保操作安全，(如圖 2)。

圖 2- 起動安全開關線路



資料來源：汽車電學[註 2]

#### (二) 空檔安全開關：

安全開關安裝於變速箱外殼上面，與排檔桿已連桿連接，軸節指示器於 2-5 點鐘方向三角指標片標示檔位，常發現部隊為避免輸出軸斷裂以鐵絲將 P 檔檔位綁死，並將調整螺絲旋至 N 檔，導致戰車於停駐階段，無法鎖

<sup>2</sup> 黃靖雄，《汽車電學》，(台北市，全華科技圖書股份有限公司，中華民國 83 年 09 月)。頁.125-181。

<sup>3</sup> 嚴少卿，《福特汽車車主操作手冊》，(桃園市，福特六和汽車股份有限公司印行，2013 年 06 月)，頁 78。

定剎車，以防止戰車滑動，因 M60 及 CM11 戰車共用底盤，無手剎車系統(M1 系列戰車有此裝置)，部隊曾於戰演訓曾發生戰車於上坡時熄火，戰駕雖踩住剎車，然未將檔未排入 P 檔，鎖定剎車，再作故障處理，駕駛右腳一離開剎車踏板，檔位處於 N 檔，導致戰車無動力下滑撞擊鄰車，基此，因此戰車車長必須嚴格要求及檢查，戰駕士於戰車故障熄火或長時停駐，須將檔位排入 P 檔並將剎車鎖定，始可執行故障排除或行駛後檢查，且須將四塊輪檔分置於左、右第 1、2 及 5、6 對地輪中央，形成複式安全防險。注意事項：「再次起動入檔行駛前，檢查剎車壓力表，以右腳踩踏超過前次鎖定磅數(壓力表歸零)，始能恢復操作行駛，再次強調輸出軸於戰車引擎運轉時為輸出扭力過載保護裝置，當渦輪增壓輸出過高扭力時，會將輸出軸扭斷以保護變速箱。」，裝設位置，(如圖 3)。

圖 3-空檔安全開關



資料來源：筆者自行拍攝

### (三)繼電器式電磁開關：

電磁開關，計有繼電器 (Relay) 及螺管線圈 (Solenoid) 兩項裝置，均具備控制電路之接通與關斷；螺管線圈並兼控制驅動小齒輪與飛輪之嚙合與分離，上視圖，(如圖 4)。

圖 4-繼電器式電磁開關上視

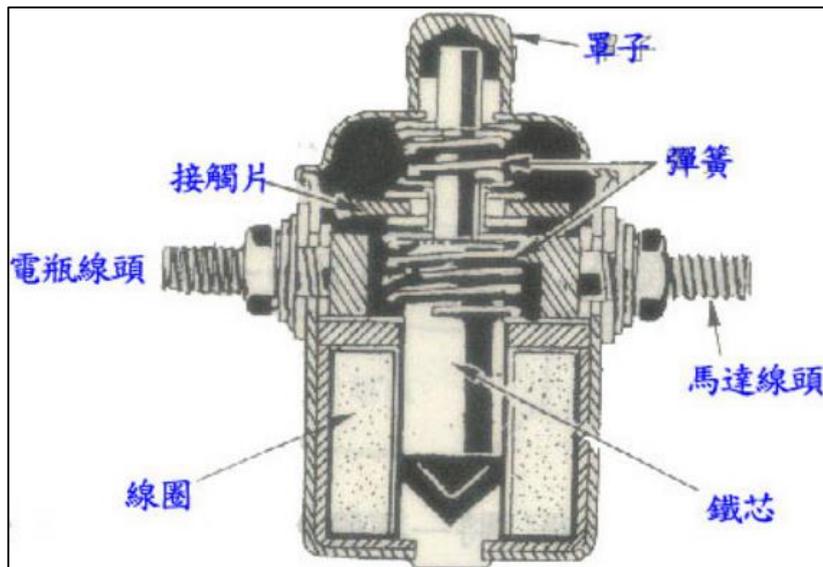


資料來源：同註 2



當戰車駕駛面板上扳主電源開關(Master Power)至開(ON)位置，此時繼電器接通電瓶，電力使線圈產生電磁引力，將彈簧壓縮使鐵芯進入中央位置，按下起動按鈕起動馬達小齒輪旋轉帶動飛輪起動戰車，當主電源關閉(OFF)，磁力消失彈簧釋放將鐵芯降回，<sup>4</sup>提醒事項：「當扳開主電源開關，不可以立即起動戰車，須待總警告燈熄滅後，才能按下起動按鈕，總警告燈恆亮立即進行檢修，嚴禁起動駕駛戰車。」，剖面圖，(如圖 5)。

圖 5-繼電器式電磁開關剖面



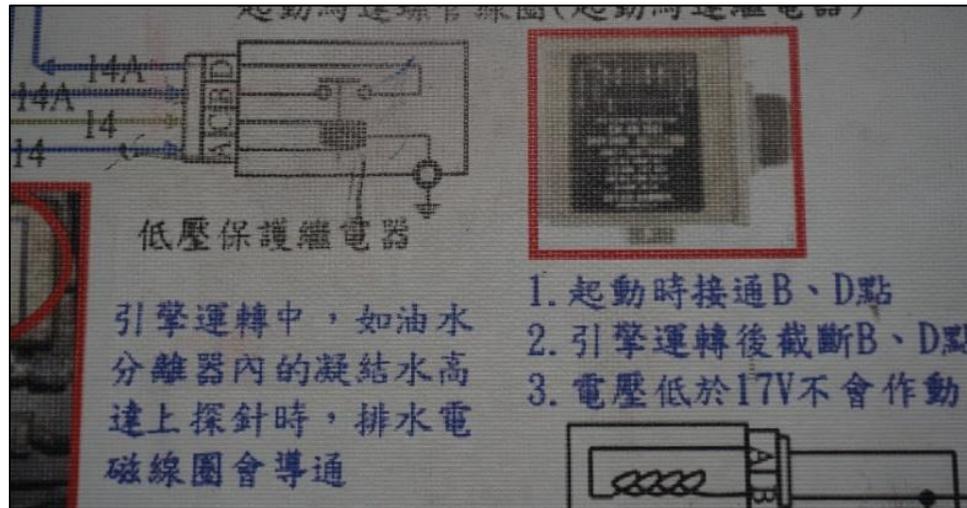
資料來源：同註 2

#### (四)低壓保護器：

本裝置為當電瓶電壓低於 17 伏特時，限制起動馬達運轉，因起動馬達為小齒輪轉動時驅動大飛輪(小帶大)，若起動扭力不足將導致起動馬達小齒輪磨損及導致汽缸液態閉鎖，油水分離器無法起動排水功能，將含水量過高柴油經迴油管送回油箱，導致柴油劣化，如因電壓不足，須由鄰車或 M88 以外接電源發動線由戰車駕駛艙插入外接電源座，以起動戰車，返場後，立即報請檢修，並將電瓶拆卸送回充電間檢整，常見錯誤態樣：「當電瓶低壓無法起動，部隊將低壓保護接頭拆除，以金屬插入母孔正、負極，強制起動，此舉將因發電機回充電瓶時，因電瓶比重過低，加速極版劣化，蓄電量逐漸低降，亦因不當操作導致接頭熔毀或金屬插入物手握部位未絕緣，導致人員觸電」，(如圖 6)。

<sup>4</sup> 同註 2，頁.125-181。

圖 6-低壓保護開關



資料來源：筆者自行拍攝

#### (五)螺管線式電磁開關：

當電流導入線圈時，線圈之電磁引力吸引柱塞帶動彈簧力量，移入線圈中央，柱塞的移動先使起動馬達驅動小齒輪與飛輪啮合，並接通電流，讓大電流輸入起動馬達，以轉動飛輪，帶動曲軸箱發動引擎；起動馬達此時關斷電流，讓小齒輪退出，避免被高速轉動之飛輪打壞。<sup>5</sup>

圖-7 螺管線式電磁開關



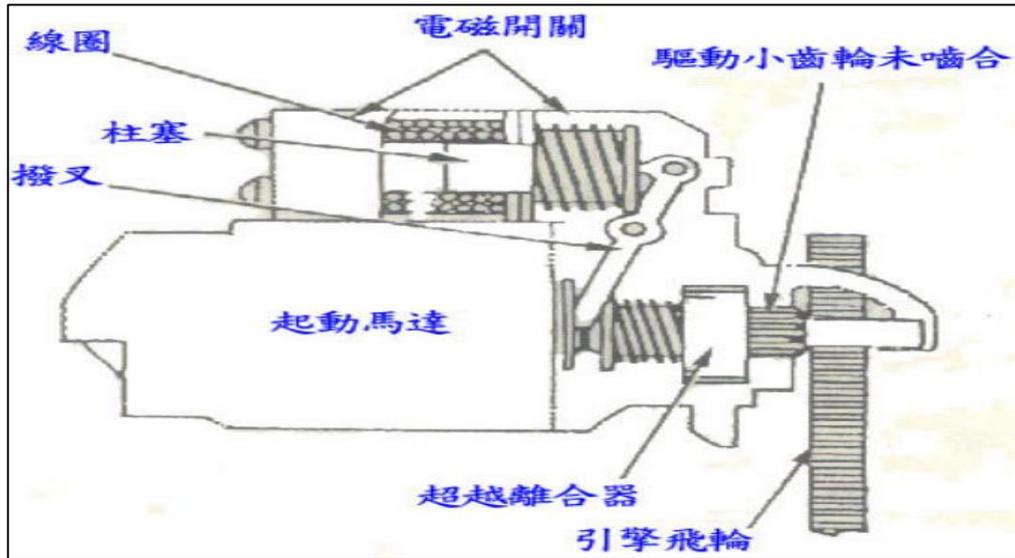
資料來源：筆者自行拍攝

螺管線圈組成利用電流導入線圈產生電磁吸力，產生機械動作的裝置，由線圈、柱塞、彈簧及接點等組成，(如圖 8)。

<sup>5</sup> 陸勤部，《TM9-2350-253-10·M60A3、105公厘火砲全履帶戰車(2350-00-148-6548)及戰車熱源成像儀瞄準具(2350-01-061-2306)操作手冊》，(龍潭，陸軍總司令部，中華民國86年06月)，頁2-145。



圖 8-螺管線電磁開關作用

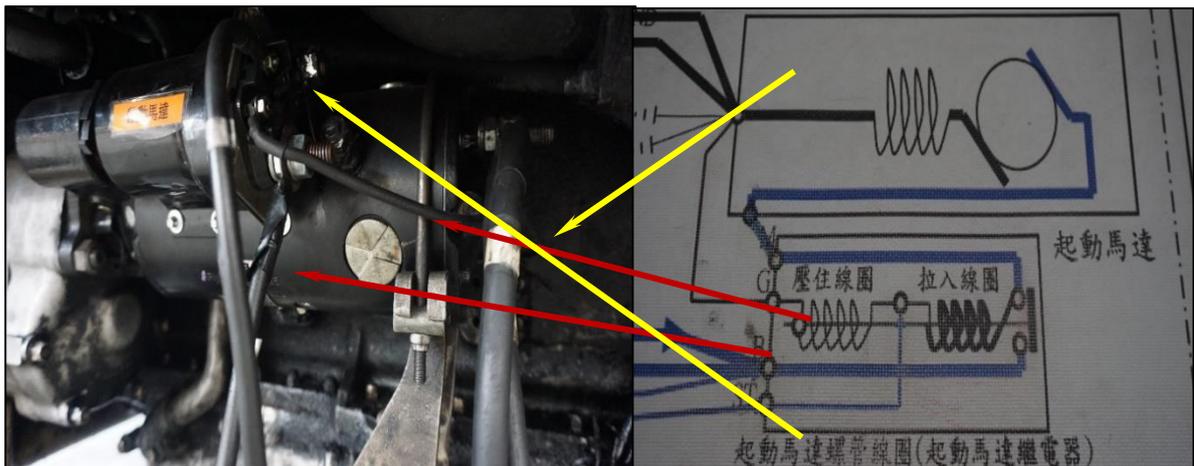


資料來源：同註 2。

## (六) 起動馬達：

與電樞馬達構造原理相同，均運用弗萊銘左手定則，本身為電樞包覆樞軸，當有電流導入時，樞軸受磁力作動產生轉運，起動馬達餘速因驅動飛輪，當斷電時，受飛輪阻力或已起動引擎，電樞前端齒輪會停止運轉或脫離飛輪嚙合，避免齒輪損壞，使用起動馬達若首次無法起動，須間隔 20-30 秒再做第 2 次起動，每次不超過 5-10 秒，若連續起動超過 3-5 次仍無法起動，則必須進行檢修，不可多次或強制起動，以維裝備壽命；其構造包括外殼與磁極、電樞、電刷、整流子端蓋與驅動端蓋等，作動方式，<sup>6</sup>(如圖 9)。

圖 9-起動馬達作用



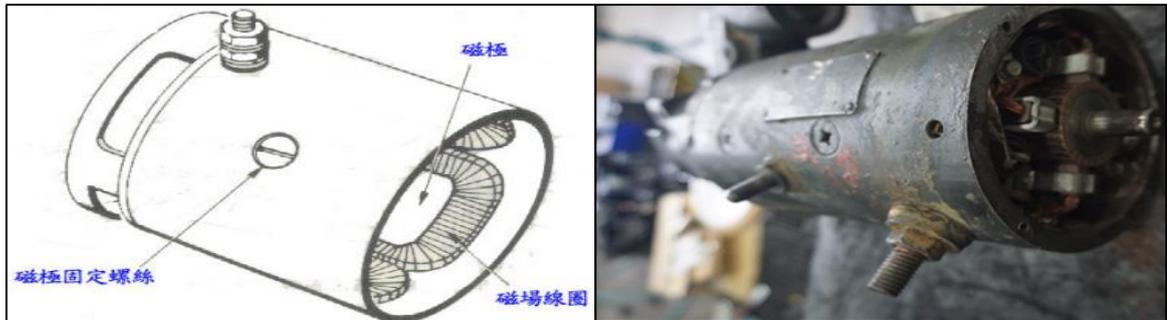
資料來源：筆者自行拍攝整理

<sup>6</sup> 陸勤部·《TM9-2350-253-20-1·單位保修手冊·全履帶戰鬥戰車：M60A3、105 公厘砲·(國家庫存號碼 2350-00-148-6548) 與車殼(國家庫存號碼 2350-01-061-23-6(TTS))·(龍潭·陸軍總司令部·中華民國 86 年 02 月)·頁 1-112。

### 1.馬達外殼與磁極：

包括外殼、磁極、磁場線圈等。外殼為軟鋼鐵所製之圓筒，作為磁力線之迴路；磁極亦為軟鋼鐵所製成，與外殼適型配合，8角螺絲鎖在外殼上；磁場線圈用扁銅線條與絕緣膠纏繞而成；馬達磁極與線圈繞法及線圈數有許多不同形式，目前國內主力戰車是以四極、四線圈串並繞方式，(如圖 10)。

圖 10-馬達外殼與磁極



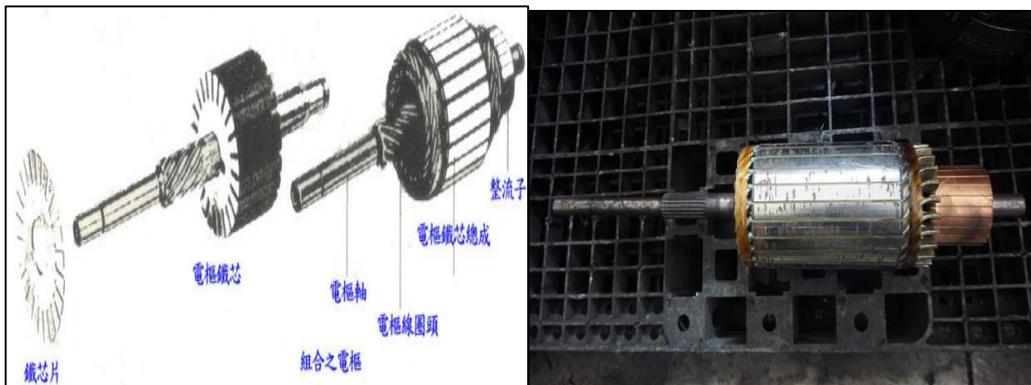
資料來源：同註 2

資料來源：筆者自行拍攝

### 2.電樞：

起動馬達之電樞包括軸、軟鐵片疊合成之鐵芯、整流子及電樞線圈等組成，(如圖 10)。

圖 10-電樞構造



資料來源：同註 2

資料來源：筆者自行拍攝

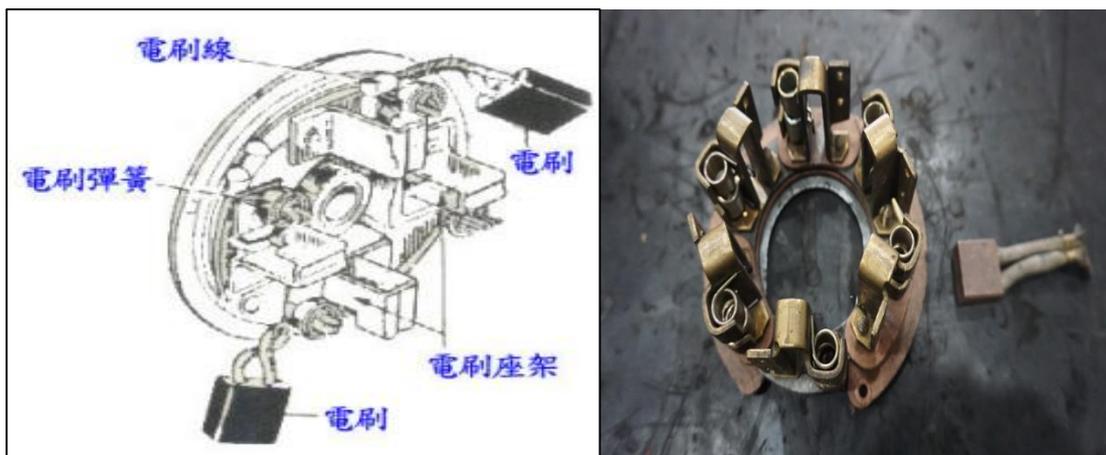
### 3.電刷：

電刷功用接觸於起動馬達與電樞之間，在旋轉時能達到導電功能，因起動馬達因需要通過很大的電流，因此為兼顧耐磨與導電性，必須以銅為主混入少量石墨複合材料製成，以減少電阻並兼具耐磨功能，因此外觀呈黃銅色，與一般電樞馬達採用單鎖式圓柱體碳質電刷不同，因起動馬達直流電壓 24-28 伏特，但電流量高約 450-650 安培，故採用不同設計，以維電刷使用壽命，(如圖 11)。<sup>7</sup>

<sup>7</sup> 同註 6，頁 1-118。



圖 11-座蓋及電刷



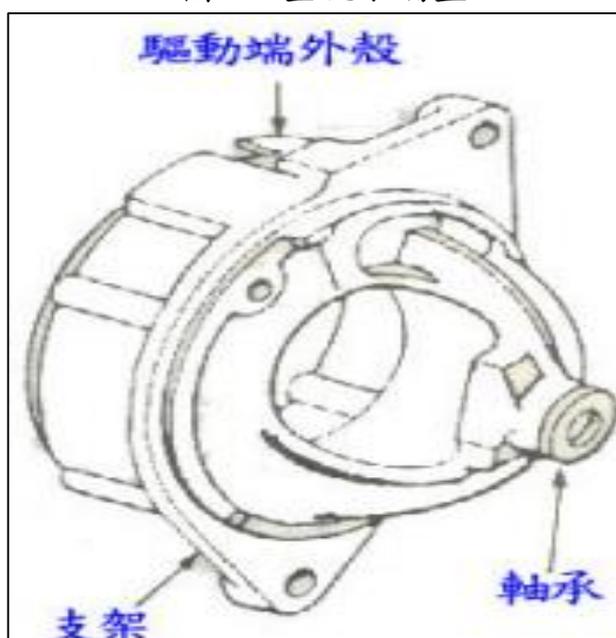
資料來源：同註 2

資料來源：筆者自行拍攝

## 4. 整流子端蓋：

整流子端蓋包括蓋板、軸承、電刷座、電刷彈簧、彈簧架等所組成。傳動端蓋板形狀因製造時間先後外觀略有不同形式而異，通常用鑄鐵製成，中央裝置銅套軸承，(如圖 12)。

圖 12-整流子端蓋



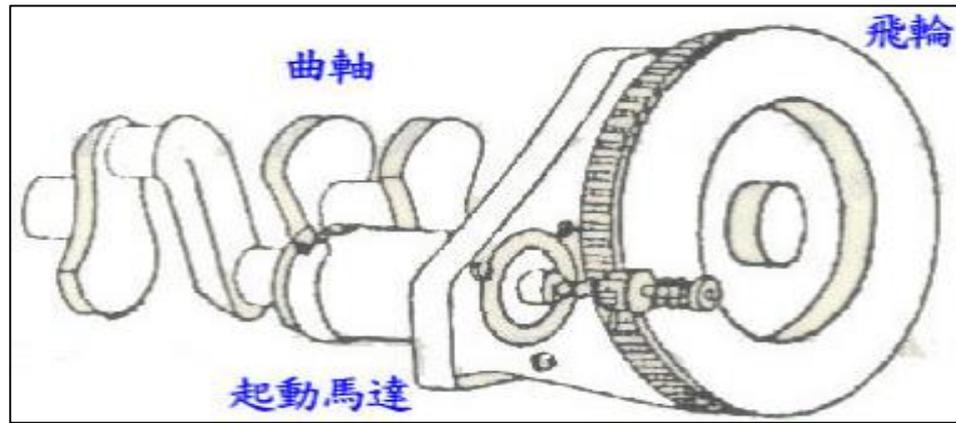
資料來源：汽車電學[註 2]

## 5. 起動馬達驅動機構：

起動馬達驅動機構在發動引擎時，能自動的使馬達小齒輪與飛輪的齒環嚙合，在引擎發動後，能使馬達小齒輪自動與飛輪分離，才不會因飛輪高速運轉而損壞。起動馬達之小齒輪數與飛輪齒數比約 1:15~1:20，(如

圖 13)。<sup>8</sup>

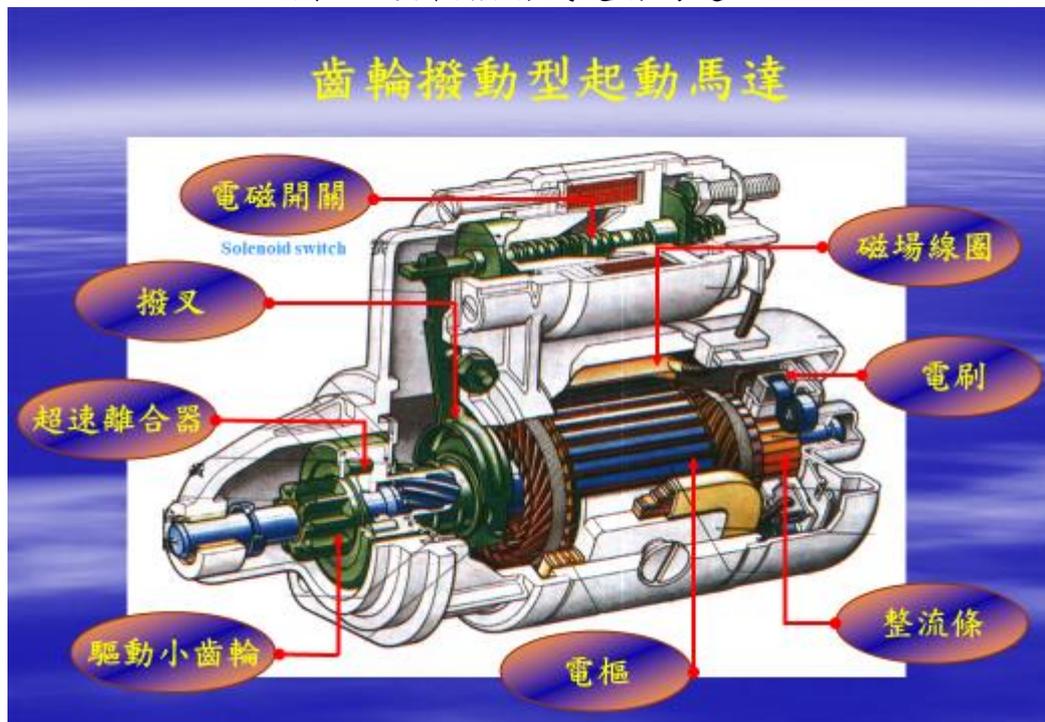
圖 13-起動馬達與飛輪及曲軸連結示意圖



資料來源：汽車電學[註 2]

M60 與 CM11 共用戰車底盤之起動馬達驅動機構，採用齒輪撥動式起動馬達，(如圖 14)，其為利用電磁直接吸引小齒輪與飛輪嚙合，並使用多片離合器保護起動馬達，因 AVDS-1790 柴油引擎為 V 型 12 汽缸，排氣量高達 2 萬 9,332C.C，單缸為 2,444C.C 相對曲軸箱也比一般車輛大上許多，當然起動馬達瞬間輸出轉動力量也相對增加，系統作動，(如圖 15)。

圖 14-齒輪撥動式起動馬達

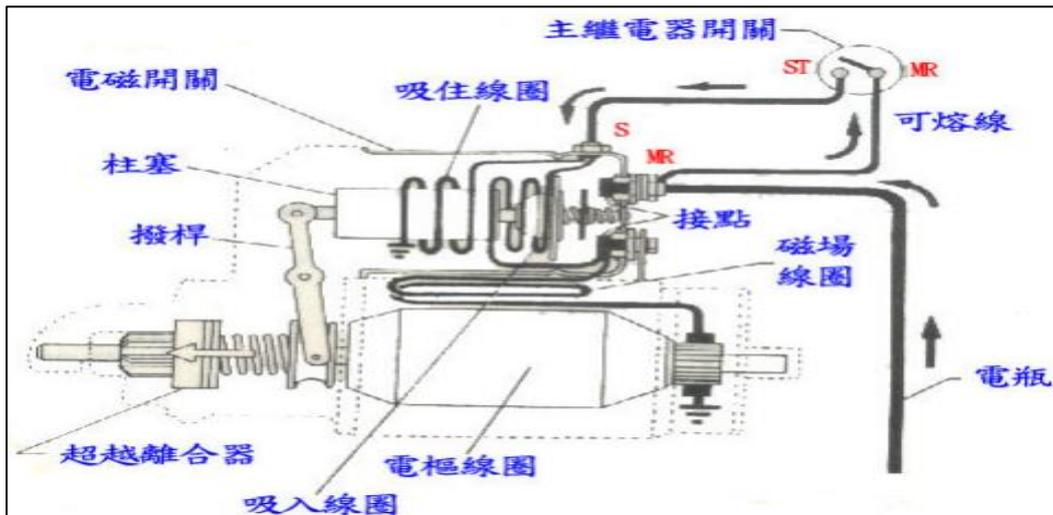


資料來源：作者自行整理

<sup>8</sup> 同註 6·頁 2-152。



圖 15-齒輪撥動式起動馬達作動

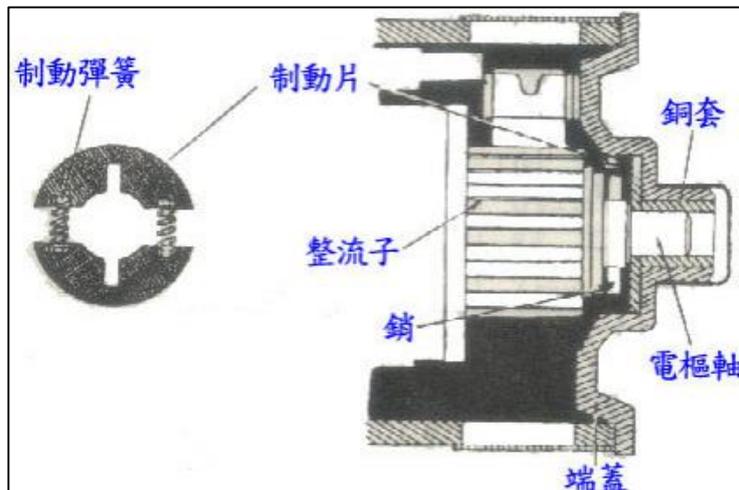


資料來源：同註 9

## 6. 電樞制動：

因一般馬達電樞在斷電後需 8~10 秒才會停止餘速轉動，此不符合戰車起動馬達性能需求，假設在首度起動為發動引擎或引擎已發動，電樞齒輪未立即停止轉動與飛輪分離，會使起動小齒輪損壞或嚙合困難，基此，起動馬達電樞需裝設制動裝置，本型戰車起動馬達電樞制動裝置採用離心式制動裝置，(如圖 16)。<sup>9</sup>

圖 16-起動馬達電樞離心式制動裝置



資料來源：同註 9

## 二、起動馬達之作動：

戰車發動首先打開主電源開關，俟總警告燈熄滅，按下起動按鈕，以起動馬達帶動飛輪，此時電瓶供電經由主繼電器開關 MR 線頭傳導至起動馬達電磁開關之 S 端，電流區分兩條線路，一條經由較細的吸住線圈 (Hold in

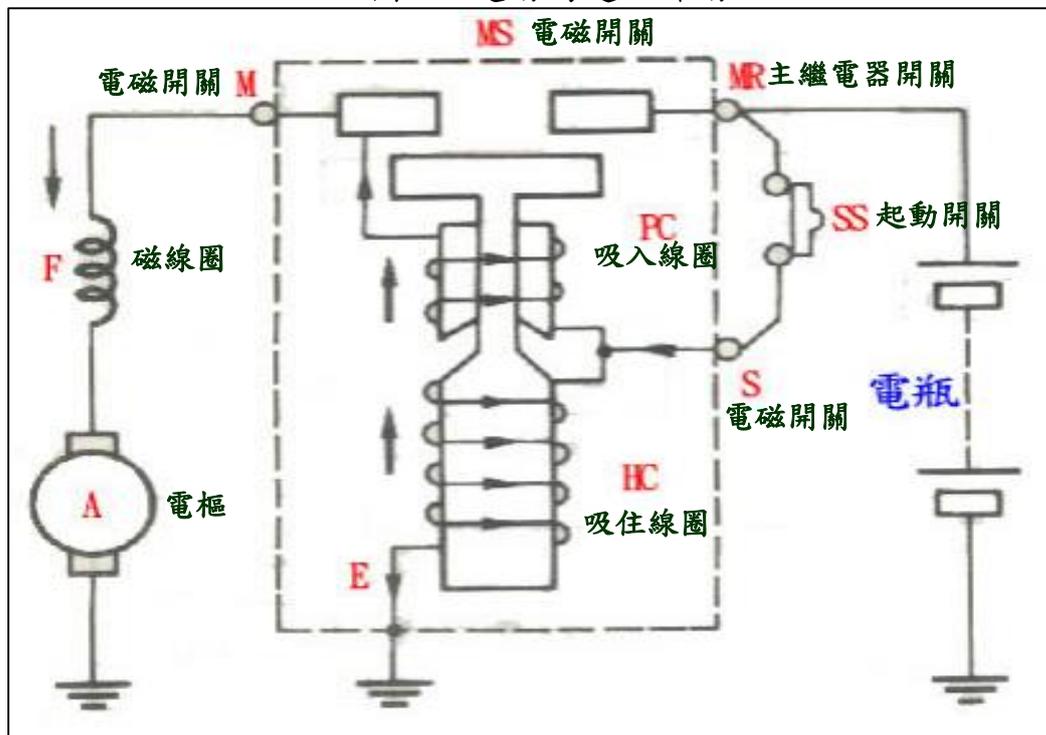
<sup>9</sup> 高阿福，《履帶車輛野戰保修技術學》，(桃園縣，陸軍高級中學，中華民國 94 年 12 月)，頁 2-46。

winding) 到外殼搭鐵產生吸引力；另一條較粗吸入線圈 (Pull in winding) 經過電磁開關之 M 端點，經馬達磁場線圈及電樞線圈產生磁力線圈轉動樞軸，使起動馬達能緩慢旋轉，(如圖 17)。

吸住線圈與吸入線圈之方向相反，磁力線相加，產生強較之引力將柱塞吸入線圈中，柱塞之移動使撥叉將驅動小齒輪撥向飛輪，與之嚙合。因馬達電樞以緩速移動，使齒輪容易嚙合後，電樞因電流變小、扭力相對變小，而停止轉動，當驅動小齒輪與飛輪嚙合完全後，柱塞將電磁開關 MR 及 M 兩個接點接通，大量電流由電瓶電纜直接將電流送入起動馬達，產生強大的扭力帶動飛輪以起動引擎。吸入線圈兩端均為電源，兩端點電位相同，因此無電流流入，但吸住線圈仍有殘餘電流(若車外測試發動勿觸)。

引擎發動後，若主繼電器開關仍在 ST 位置，則驅動小齒輪仍會與飛輪相結合，飛輪會帶動驅動小齒輪超越電樞，作高速旋轉；引擎發動後，放開主繼電器開關，則 ST 會回到 ON，此時 ST 之電流切斷；因電磁開關 MR、M 接點已經閉合，故電流改由 B 接點流入吸入線圈，再經由吸住線圈搭鐵，<sup>10</sup>此時吸入線圈之電流方向與原來方向相反，而吸住線圈之電流方向並未改變，所以造成吸入與吸住線圈之電流相反，產生磁力互相抵消，電磁開關之磁力消失後，彈簧將柱塞推出，撥叉將驅動小齒輪撥回定位。

圖 17-起動馬達之作動



資料來源：同註 2

<sup>10</sup> 同註 9，頁 102。



## 參、充電系統

本車型使用 28 伏特、650 安培、油冷式、無電刷及負流式(650A) 為國軍履帶戰鬥車輛唯一採用油冷式發電機，650A 發電機為高電流輸出設計，利用調節器控制發電機輸出電力與壓穩功能；發電機降溫利用來自引擎，藉幫浦過濾循環之機油作為冷卻液，發電機為全密封及防水設計。完全浸泡於水中，亦能正常工作。以下謹就「發電機冷卻方式、充電系電路結構、交流發電機構造、電壓調節器功能及交流發電機之組成」等逐一介紹並附圖示說明，(如圖 18)。<sup>11</sup>

### M60 底盤-650A 油冷發電機



資料來源：作者自行拍攝

#### 一、發電機冷卻方式：

係藉引擎機油循環冷卻系統(油底殼→抽油幫浦→汽缸→引擎機油冷卻器→油底殼)，油底殼以油管透過旁通循環幫浦提供發電機降溫機油，並將受熱機油再回至油底殼完成重複冷卻與降溫循環，發電機機油幫浦，附於機身之旁通活門，會保持其常壓，使冷卻機油注入發電機之外殼，機油僅供冷卻，並不會潤滑發電機。

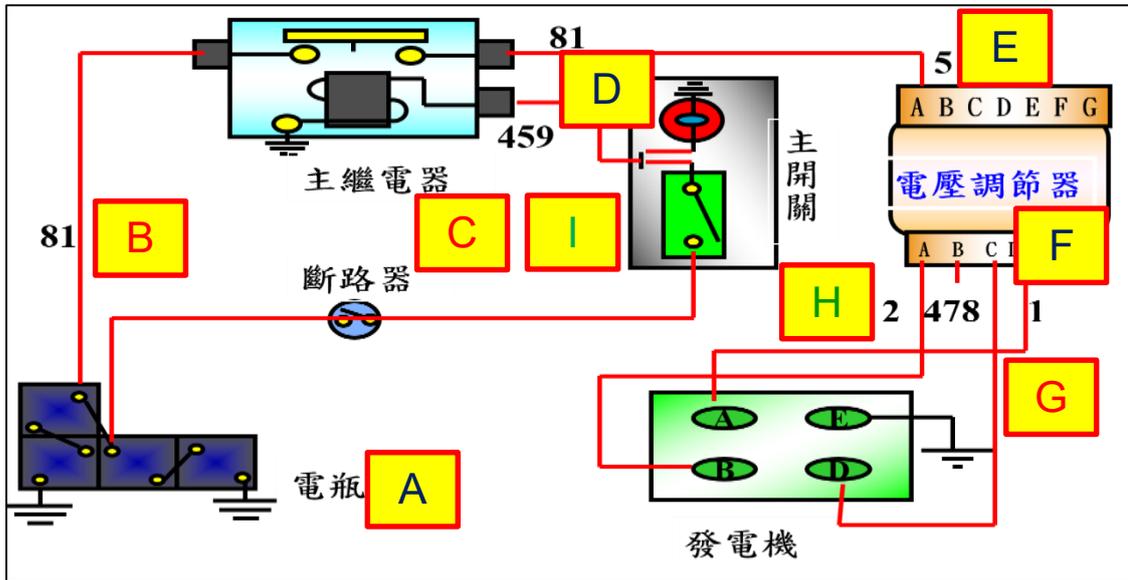
#### 二、充電系電路結構：

充電系統是將引擎運轉時所產生的機械能，帶動發電機運轉(一般車輛會與冷氣壓縮機同步帶動以皮帶連接兩端轉輪)，但本型發動機直接以齒輪連接，驅動發動機旋轉，利用電樞轉動將磁能轉換成為電力，輸出電力不會直接供給戰車砲塔使用，而將其電能儲存回電瓶，經繼電器滑環供給燈光系統、射砲(控)系統及無線電機所需電力，注意事項：「通常電瓶功能正常狀況下，可保持靜伺，僅使用無線電狀態約 1.5 小時，若起動射、砲控裝置供電時間將減半，因此戰車於駐止待機狀態，戰駕須時刻檢查電壓表當降至黃區，立即起動戰車充電。」，為使車輛能在熄火後還能再起動，M60-A3 及 CM-11 戰車共用底盤使用交流發電機，此種發電方式是以磁場在固定導線間運轉，感應交流電，交流電再經過整流(橋式整流器)後輸出，並透過電壓調節器，整流及穩定電壓輸出，以保護砲塔使用電力之車裝燈光、武器及通信系統，避免電壓過高而損壞，發電機結構及充電系統流程為電瓶→81→主繼電器

<sup>11</sup> 同註 6，頁 2-97。

→81→5→電壓調節器→1→帶動發電機起動；→2→電壓調節器→5→81→主開關→回充電瓶，以方框英文字母順序標示，紅色為起動，綠色為回充，藍色為回充及起動，(如圖 19)。

圖 19-充電系電路結構圖



資料來源：作者自行整理

### 三、交流發電機構造：

與交流發電機構造相同，是由一對磁極在固定之導線中旋轉，導線中感應交流電輸出。而戰車之交流發電機需要以整流子轉換成直流輸出給砲塔及燈光電力系統使用，其主要部件由「電壓調節器、靜子、轉子及整流器組成，(如圖 20)。<sup>12</sup>

圖 20-交流發電機之基本構造



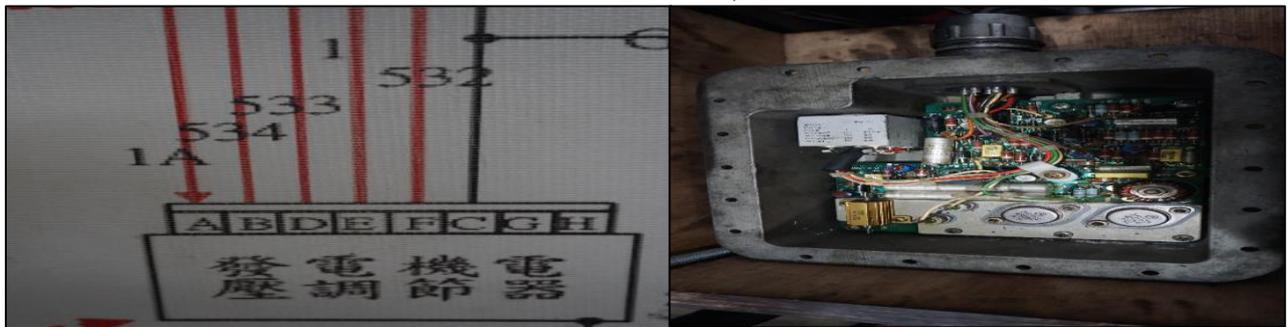
<sup>12</sup> 唐黨，張南山，陳忠霖，《電子學(二)》，(台北市，全華科技圖書股份有限公司，中華民國80年02月)，頁65。



### (一)電壓調節器：

交流發電機輸出之電壓與電流與單位時間磁力線圈轉動率成正比，亦即發電機轉得愈快，所產生的電壓及電流愈大。發電廠為保持 24 小時供應電源，必須以高壓纜線及變電站構成複式供電系統；但引擎帶動之發電機供應戰車所需操作電力，並將電力儲存於蓄電瓶，過大的電壓與電流直接輸出至電子、光電設備，將瞬間燒毀線路，因此戰車發電機也必須將輸出電流與電量作調節與整流，臺灣家庭與工業用電使用 110-220 伏特電壓，如輸電系統直接以高壓方式供電，將使家電燒毀，同樣戰車上也必須透過調節器來限制電壓及電流輸出，但交流發電機的電氣，僅作電壓調節與控制於 27-28 伏特之間，電流量則輸出時最高可達 650 安培，但在射(砲)控系統、彈道計算機、熱想像系統及無線電機均裝置保護迴路，遇過大電流立即起動跳脫電源，以避免高價光電、射控及無線電機燒毀。

圖 21-電壓調節器



資料來源：作者自行拍攝

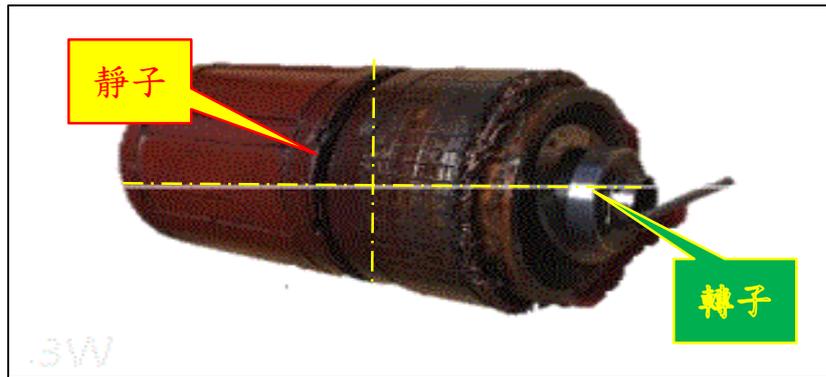
### (二)靜子：

靜子顧名思義本身不會旋轉，由靜子線圈及薄鐵片所組成，兩端鋁製之端蓋所支撐，為外殼的一部分，鐵芯由許多塗有絕緣之鐵片所疊成，內有直槽，以容放靜子線圈，槽數為轉子電極數的 3 倍，靜子線圈由漆包線繞成，共有三組線圈，每組與轉子磁極數相等數量之線圈串聯而成，(如圖 22)。

### (三)轉子：

轉子由磁極、磁場線圈、滑環及軸等組成，受磁力線圈驅動帶動靜子旋轉而產生電力，此一作用原理與燃氣渦輪引擎相同，靜子加轉子稱之為「渦輪扇葉」，扇葉數越多代表輸出軸馬力越高，其旋轉來自於燃燒室的熱能；動力而發電機也是如此，當發電樞(靜子加轉子)片數越多，其動力來自於引擎運轉，當嚙合後，引擎轉速越高，則輸出電流與電量愈高，當然受到本身機件尺寸影響，必須以適型、適量裝配，不可能無限制增加，(如圖 22)。

圖 22-靜子與轉子

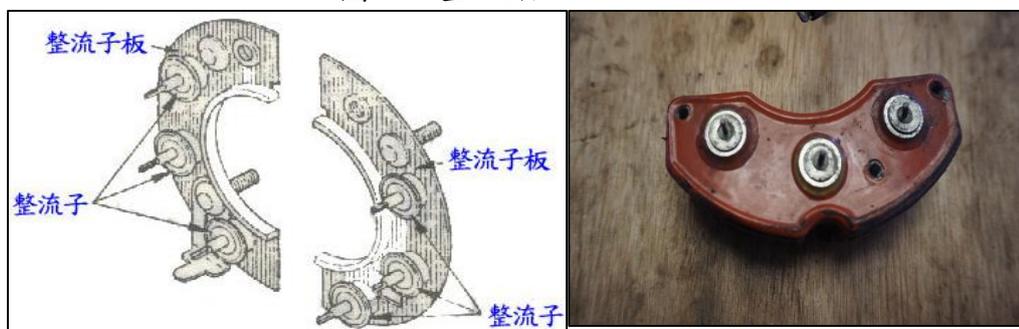


資料來源：作者自行拍攝

#### (四)整流器：

其構造為 3 個正極整流子裝在一塊金屬板上，成為正極整流子板，另外 3 個負極整流子裝在另外一塊金屬板上，成為負極整流子板，其功能與燃氣渦輪引擎之減速馬達作用原理相同，後者是將渦輪扇葉輸出每分鐘 4 萬 3 千轉高速轉速前段傳動軸，至減速齒輪降至每分鐘 4,000 轉內，再由後傳動軸連接至變速箱，以獲得適用轉速與輸出馬力，避免變速箱無法承受，而前者則是透過整流之後，將交流電(Alternation Current, AC)轉換為直流電(Direct Current, DC)，輸出配合電壓調節器將發電機輸出電力為 24-28 伏特穩定電流，(如圖 24)。

圖 24-整流器



資料來源：同註 2

資料來源：筆者自行拍攝

#### 肆、保養檢查

起動馬達與發電機均位於引擎下端左右兩側，實施保養檢查必須將引擎從動力艙吊出，通常於定期保養或野戰檢修狀況執行，戰車進入掩體或露天儲放，必須將動力艙放水活門，保持開啟，防止油水堆積，浸泡電子線路造成短路或曝露部位鏽蝕，以下分就保養與檢查要領逐一說明。<sup>13</sup>

##### 一、防制廢氣回流：

M60 及 CM11 戰車共用底盤，動力艙為防止廢氣回流，設置引擎蓋板與

<sup>13</sup> 同註 5，頁 3-147-1457。



排氣延伸彎管，其作用為防止廢氣回流至動力艙，因本車引擎採用氣冷式設計，冷卻空氣由散熱塔高速旋轉吸取下方大量冷空氣，導入引擎上端左、右兩側引擎汽缸散熱鰭片及引擎與變速箱機油散熱器，對高溫機油予以降溫，進行不間斷冷卻循環，部隊因保養或檢修將引擎吊卸回裝時，除管線與最終動器固定鎖螺絲確認旋緊與回裝正確外，必須將引擎蓋板裝上，再將排氣延伸導管以夾箍與排氣管結合，並確認排廢方向為向後，如不依規定回裝，將導致廢氣回沖引擎室造成空氣冷卻效率降低，長期造成引擎室積灰碳與散熱鰭片受油泥及外物汙染，若長期處於降溫效果不佳狀況下，將導致機油溫度過高，進而損壞曲軸箱、變速箱及汽缸體破裂；相對油冷發電機亦因冷卻機油溫度過高，導致保護繼電器跳脫，停止發電，戰車僅能靠電瓶供電，最後電力耗盡無法操作。

## 二、6TL 鉛酸電瓶：

本型車計有 6 顆位於砲塔欄下方，每顆約 32 公斤，它是兼具供電與儲電雙重功能，第三世代以後戰車裝置電子輔助動力單元，(Electronic Auxiliary Power Unit ,EAPU)，並以高、低電力(High Low Power)區分用途供電，蓄電瓶改用安全性及儲電力更高的「鋰鐵電池」，並將蓄電瓶改置於砲塔室外，以便利保養與檢查，並藉由 EAPU 提供戰車引擎未發動狀況下，提供燈光、射(砲)控系統及無線電電力，以降低對發電機及電瓶負擔，並延長其使用壽命。

在未獲前述系統前，鉛酸電瓶首要在於第一次加注電瓶液「純水與硫酸比例」需正確，以比重計量測需介於 1.25-1.28 之間，充電時間必須連續 8 小時以上，近來避免電瓶水自行調配危險，現多以採購已調配電瓶液直接加注於新電瓶(指內無電瓶液)，但須注意的化學現象：「電瓶液內的水會蒸發，但硫酸不會，因此在電瓶液面過低時，只能加純水，不能加電瓶液。」另外行駛前、中、後檢查，行駛前檢查電樁頭是否旋緊，通氣孔有無堵塞，表面是否清潔並確保無油水，行駛中裝填手檢查電瓶是有無異音或冒煙及聞到焦硫味，行駛後按程序拆除搭鐵線，防止漏電；定期保養必須卸除並清潔電瓶室雜物，固定架保養除鏽並潤滑，串並聯電線及接頭保養清潔及潤滑，回裝時需在車長督導下，按程序完成固定、旋緊與調整，並於返場時試車檢查。

## 三、起動馬達：

起動馬達於 1912 年由美國發明家查爾斯.富蘭克林.凱特琳(Charles Franklin Kettering)研發成功，並首度裝置於凱迪拉克汽車上，起動馬達讓汽車發動不再充滿危險性，在此之前汽車必須以曲柄插入曲軸箱，以人力搖動置發動引擎，但當時汽車沒有熄火後油氣回收裝置，汽缸易形成液態閉鎖，搖動曲柄需要較大力氣，裝設位置又位於汽車水箱下方，搖動時人必須以蹲

跪姿，常有因曲柄回彈打傷駕駛事故，甚至發生過致死案例，拜現代科技之賜，只剩方程式賽車使用車外電動曲柄發動車輛，軍、民用車輛均使用內置起動馬達，發動車輛；M60 底盤使用的起動馬達作用原理與一般汽車相同，以高扭力電動馬達及飛輪，取代人力曲柄轉動曲軸箱凸輪軸；定期保養時必須針對固定螺絲與夾具進行檢查與緊定，(悍馬車起動馬達設計缺陷，緊定螺絲易鬆脫或斷裂，且無附加夾具緊定，使起動馬達受損)，電源接續座清潔保養與除銅斑，防塵套鎖緊(若氧化或遺失需申請零件，不可以防水膠替代)，並以三用電表測試電阻，如遇損換切記不要自行嘗試拆解修復，因一般市售修理包無法提供戰車起動馬達所需零件。

#### 四、發電機：

小型直流發電機發明早於汽車，首先運用自行車的摩擦式發電機提供夜間照明，汽車早期裝置也是直流發電機，因擁有較為簡單構造，不須經過整流即可為汽車燈光等電器設備使用，與蓄電池同時裝置，M60 戰車 650A 交流發電機不使用皮帶與轉輪與引擎連結帶動發電，而直接以凸軸齒輪與發電齒輪嚙合，本身為全密閉式，為雙層圓筒設計，外層為冷卻機油，內層容納發電機零組件；保養時注意機體清潔除油污，檢查散熱外殼油封有無滲漏，固定螺栓緊定無鬆脫，冷卻油路有無阻塞，注意事項：「更換引擎機油時，發電機冷卻機油，無法排出，可將油管卸除，再以虹吸引流將就機油排出。」，回裝時再確認接地線與緊定夾箍旋緊，遇故障處理同起動馬達。

#### 肆、故障排除

前文以介紹起動馬達及發電機基本組成及工作原理與保養檢查要領，然電力系統為協助供應戰車操作所需電力與引擎起動部件，若要持續保有電力控制與自動化射控運作及成功起動引擎仍需有諸多條件配合，每一個環節故障或失效，將導致起動馬達將無法帶動引擎發動，打開砲塔電源開關卻無電力可用窘境，下面就介紹起動／充電系統常見的故障及排除要領分述如後。<sup>14</sup>

一、起動馬達故障排除要領，如下表。

項目	故障狀況	排除要領
(一)	起動馬達正常運轉卻無法起動引擎。	1.起動馬達正常運轉，卻無法起動，(注意!連續嘗試起動，每次按壓起動馬達開關不超過 5~10 秒，間隔 30 秒，不可超過 20 次，連續超次起動導致馬達碳刷過熱，使起動馬達燒燬)。 2.油路問題檢查供油系統，初次濾清器及二次濾清，管

<sup>14</sup> 同註 6，頁 2-252-270。



		內無空氣阻塞，檢查油箱油量達安全油量(自行加注柴油)，引擎排氣管是否有煙霧排出，若無，請二級人員檢修。
(二)	電壓表顯示電力足夠，但按下開關起動馬達無作動。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.若電壓表顯示正常,但無法起動，檢查電系，從儀表板起動按鈕，至綜合電線 14 號線→空檔安全開關 14 號線→低壓保護繼電器 14 號線→檢查起動馬達 14 號及 81 號線是否過電，(注意：在檢查時，81 號電線有 24 伏特電壓，嚴禁與車身觸碰，容易產生火花導致裝備受損及人員受傷。)</li> <li>2.檢查變速箱檔位是否至於 P 檔(停車檔位)，安全開關是否與檔位接觸，若無，調整排檔連桿與空檔安全開關接觸，做有效導通循環，使電壓有效進入起動馬達實施起動。</li> <li>3.若電壓表指針位於黃(綠)安全起動範圍區內，按下起動開關，馬達無作用，可能為電壓表或作用部失效，可使用外接電源由救濟車或其他戰車供電。</li> <li>4.以上，經檢查均無法排除故障，請二級人員檢修。</li> </ol>
定期更換及保養注意事項		
項次	保養項目	保養要領
(一)	電瓶保養更換及電源纜線保養。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.電瓶每一年半提出申請，每兩年更換，電瓶液比重需維持在 1.260~1.280 之間，不足時僅需添加純水。</li> <li>2.電樁頭及極柱必須緊密接合，不可有鬆動，會導致瞬間電壓集中在極柱上導致火花產生損壞極柱。</li> <li>3.當電瓶接觸導線 81 號(為起動馬達主電源線)導線 2 號線(為發電機回充電源線)，此兩條線為戰車主要電源來源，定期均檢查是否有無接觸不良。</li> </ol>
(二)	預防保養注意事項。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.保養人員在電系部分應注意起動按鈕及儀表面板之車身接觸螺絲需接地，四大接頭確定做清潔保養，pin 角需檢查是否有凹入，如有氧化狀況，需立即更換。</li> <li>2.定期保養結束後，將排檔桿置於 P 檔，檢查與空檔安全接觸，若發現鐵絲纏繞，立即拆除，並通報戰車原屬連長。</li> <li>3.引擎吊卸在地面時，檢查線簇是否有破裂，內部線路裸露，立即登錄於保 15-002 表，申請纜線更換，固</li> </ol>

定螺絲是否鬆動、氧化，若有，則完成固定與除鏽，若不堪使用比照纜線作法。

資料來源：作者自行整理

## 二、發電機、調節器及電瓶故障狀況排除要領。

### (一)650A 發電機：

發電機本身為封閉式圓柱機體，單位保養不可拆卸機體進行內部機件檢查維修，因發電機為直接交換件，轉送地區聯保廠，由專業保修人員進行油電修復及檢整再生使用，單位僅可使用三用電表，量測各部位電氣接點電阻值，檢查表，(如表 1)，請依表檢查發電機內部電路電阻值，量測時參閱二級保養技術書刊，按圖式步驟與位置逐一檢查，檢查人員需帶絕緣手套及護臉罩，防止誤觸產生短路產生火花，傷及人員，若電阻值讀數不在表內的抗阻限定範圍內，發電機必須轉送地區聯保廠維修。

表 1-發電機內部電路檢查表

接頭/接腳(正/負)	電阻測量	歐姆檔	
		電表最小檔位	
		正常值	限定值
J2/A 至 J2/C	磁場	1.80	1.55 至 2.05
J1/B 至 J1/C	電流變壓器	9	8 至 10
*J1/A(+)至 OTB/E(-)	交流電感測器		
*J1/A(+)至 OTB/E(+)	交流電感測器	6.5	5.0 至 8.0
*J1/A(+)至 OTB/B+(-)	交流電感測器	6.5	5.0 至 8.0
*J1/A(-)至 OTB/B+(-)	交流電感測器		
*OTB/B+(+)至 OTB/E(-)	輸出二極體		
*OTB/B+(+)至 OTB/E(+)	輸出二極體	20	16 至 24
J2/A 至發電機架	磁場絕緣		
*附記：電容器需拆下			

資料來源：同註 9，3-83 頁

### (二)電壓調節器：

實施電壓調節器電阻檢查前，比照電氣(力)系統穿著安全防護設備，檢查前，先將主電源開關撥至 OFF(關斷)位置。參照技術書刊，實施電壓調節器電阻測試點檢查，(如表 2)，表列逐一量測電阻，若電阻測量值不在



下表阻抗限定範圍內，電壓調節器必須送廠維修。<sup>15</sup>

表 2-電壓調節器內部電路檢查表

電表探針接腳		電表刻度	電阻限定值
紅色探針(+)	黑色探針(-)		
A	C	R×100	750-850(Ω)
C	A	R×100	500-700(Ω)
B	C	R×1	25-40(Ω)
C	B	R×1	25-40(Ω)
D	C	R×10K	9K-12K(Ω)
C	D	R×10K	9K-12K(Ω)
E	C	R×100	900-1100(Ω)
C	E	R×100	450-650(Ω)
F	C	R×100	3K-4.5K(Ω)
C	F	R×100	600-850(Ω)
E	A	R×100	400-600(Ω)
A	E	R×100	1.9K-2.1K(Ω)
F	A	R×100	1.2K-1.4K(Ω)
A	F	R×100	2.5K-2.7K(Ω)
G	C	R×100	500-650(Ω)
C	G	R×100	775-950(Ω)

資料來源：同註 9，3-84 頁

### (三)電瓶電壓指示器：

電瓶電壓指示器位於駕駛儀表板上，為類比式指針儀表，M1A2T 為數位式，本儀表與油量表過去為汽車儀表標準配備，現今因數位化科技發達以採用電子線控，於整合式儀表上電子螢幕顯示，在未獲改良前，三色區塊代表電量(紅-不足，黃-正常，綠-充足)，請參閱戰車操作手冊及保養技術書刊，因本軍仍使用鉛酸電瓶與市售車輛採用免加水拋棄式電瓶不同，電瓶會隨首度充電與壽限周期內保養水準影響，加上戰車若久未行駛或行駛里程數不足，發電機無法回充足夠電力，現代化戰車極度仰賴電力系統供電，若電力供應不足或無供電，將導致戰力降為機械人力操作，接戰速度與精度降至原始程度；常導致電壓指示器顯示電力不足，常見問題及排除方法，(如表 3)。

<sup>15</sup> 同註 9，頁 3-83、84 頁。



表 3-電瓶電壓指示器常見故障與排除方法

項次	常見問題	排除方法
1	引擎發動前一電瓶／發電機指示器指針位於左邊紅色位置表示電瓶電量不足。	操作人員發現電壓不足時，報請二級檢修人員使用三用電表測量電瓶電壓是否有 24V 以上，若無立即請友車實施供電支援，等本車回充至 24V 綠色區域時，再次電壓表是否正常回充綠區，若無，二級人員檢查再檢查充電系統、電壓調節器及發電機對照測試，若無法排除則填具保修申請單，轉地區聯保廠(保修連)維修。
2	引擎發動前一電瓶／發電機指示器指針位於黃色位置表示電瓶電量充足。	操作人員發現電壓充足時可正常起動車輛，並注意是電表是否有回充 28V-30V 電壓綠色區域，若無，比照項次 1 程序執行轉廠保修。
3	引擎發動後一電瓶／發電機指示器表示發電機發電量充足且正常。	操作人員發現電壓充足時可正常起動車輛，並注意是電表是否有回充 28V-30V 電壓綠色區域，若無，比照項次 1 程序執行轉廠保修。
4	引擎發動後一電瓶／發電機指示器指針位於右邊紅色位置表示發電機發電量過大或電壓調節器異常。	操作人員發現電壓過高時，立即停車熄火，報請二級人員，使用三用電表測量電瓶電壓是否有超過 32V 以上，若有立即停止起動裝備，有可能發電機發電量過大或電壓調節器異常。立即請二級保修人員檢查二個主件必要時更換電壓調節器及發電機對照測試，再將過充的電瓶回二級充電間實施放電作業，後回裝車上再次檢查是否在安全區內，才能正常起動裝備。
5	引擎不運轉時，電瓶／發電機指示器卻指在右邊紅色(表示充電電流量過大)範圍內。	操作人員發現電壓過高時，報請二級人員，使用三用電表測量電瓶電壓是否有超過 32V 以上，若有立即停止起動裝備，有可能發電機發電量過大或電壓調節器異常。立即請二級保修人員檢查二個主件必要時更換電壓調節器及發電機對照測試，再將過充的電瓶回二級充電間實施放電作業，後回裝車上再次檢查是否在安全區內，才能正常起動裝備。



6	將主繼電器開關定於通電位置，電瓶／發電機指示器不發生作用。	操作人員發現電壓無作時，檢查儀表指示器後方電壓表 27 號線是否接觸不良、儀表指示器搭鐵鏽銹沒鎖好。
---	-------------------------------	--

資料來源：作者自行整理

#### 肆、結語

筆者藉由多年訓部教訓及部隊輔防經驗觀察淺見供大家參考，保養人員必需擁有裝備保養重於修護之精神，藉以提升保養專業能力等，在車輛故障時，迅速完成故障排除。針對 87 年 2 月發生湖口台地因戰車於停車場發生發電機故障，導致戰車失火事件，提醒各單位戰車引擎各部重要主、機件需依技令要求正確安裝，強化預防保養及使用前、中、後檢查，以達到早期發現潛伏，預先防止故障狀況發生。強化戰駕士之駕駛緊急應處程序，養成良好習性，相對降低事故肇生率。配合定期(週)保養及主官裝備檢查暨妥善率鑑定等時機，落實戰車全車電系狀況檢查及保養，戰演訓期間就不會肇發臨機故障；因此如何對電系故障戰車搶修，乃為各級保養(修)人員須具之技能。除了需熟練各種的操作使用程序，另戰車全體乘員亦須熟練各種狀況處理要領，在故障狀況發生時，立即採取應變處理，確保人員及裝備安全。

戰車起動馬達與發電機，考量作戰特性的緣故，設計為防水及免潤滑方式，雖具備較強作戰環境適應性，但並不代表它不會故障，所以熟稔保養與緊急搶修能力至為重要，起動馬達為發動車輛重要組件，若起動馬達故障，戰車無法發動，則機動力無法發揮；發電機負責將引擎運轉所產生的動能轉換成電能，持續對電瓶實施充電及提供穩定的電源給戰車所需電力，包括射控系統、燈光及無線電機等，由此可知，起動馬達與發電機為戰車起動與供給電力重要組件，透過本篇專文可從原理中瞭解電系保養，不論是戰車乘員或是二級單位保養人員皆可勝任電系故障排除工作，使裝備確保妥善，維持戰力不墜。

## 參考文獻

### 一、技術書刊

- (一)陸勤部，《TM9-2350-253-10，M60A3、105公厘火砲全履帶戰車（2350-00-148-6548）及戰車熱源成像儀瞄準具（2350-01-061-2306）操作手冊》，（龍潭，陸軍總司令部，中華民國86年06月）。
- (二)陸勤部，《TM9-2350-253-20-1，單位保修手冊，全履帶戰鬥戰車：M60A3、105公厘砲，（國家庫存號碼2350-00-148-6548）與車殼（國家庫存號碼2350-01-061-23-6（TTS）》，（龍潭，陸軍總司令部，中華民國86年02月）。

### 二、書刊

- (一)黃靖雄，《汽車電學》，（台北市，全華科技圖書股份有限公司，中華民國83年09月）。
- (二)高阿福，《履帶車輛野戰保修技術學》，（桃園縣，陸軍高級中學，中華民國94年12月）。
- (三)唐黨，張南山，陳忠霖，《電子學（二）》，（台北市，全華科技圖書股份有限公司，中華民國80年02月）。
- (四)陳文山、郭清池，《電子學（三）》，（台北市，全華科技圖書股份有限公司，中華民國80年02月）。
- (五)陳文山，《電子學（四）》，（台北市，全華科技圖書股份有限公司，中華民國80年02月）。
- (六)王乃仁，《基本電學（上、下）》，（台北市，全華科技圖書股份有限公司，中華民國80年02月）。
- (七)嚴少卿，《福特汽車車主操作手冊》，（桃園市，福特六和汽車股份有限公司印行，2013年06月）。

### 三、網際網路

李仲文，〈奧圖循環〉，（香港，中文百科知識網臺灣繁字版，2019年03月22日），

<https://www.newyon.com.tw/wiki/%E5%A5%A7%E5%9C%96%E5%BE%AA%E7%92%B04568808>。



## 筆者簡介



姓名：呂芳契

級職：一等士官長教官

學歷：領士 83 年 12 期

經歷：車長、保養組長、保養排士官長、戰車連士官長、中隊長，現任職於裝甲訓練  
訓指揮部車輛組教官。

軍網：appoch@webmail.mil.tw

民網：n0982218090@gmail.com

住址：桃園市龜山區光峰路 240 號 8 樓

手機：0982218090