

復仇者飛彈系統電源功能原理介紹與精進措施之探討

作者：薛欣然

提要

- 一、復仇者防空武器系統 (Avenger Air Defense Weapon System)，主要以攻擊敵人具威脅性之低空無人飛行載具、高速定翼機及旋翼機等航空器為目的，並具有輕便、全天候（日、夜間）與不良天候限制狀況下均可實施作戰的射擊系統。復仇者飛彈系統飛彈塔具有全方位轉動的能力，利用裝載於悍馬車上的陀螺儀穩定系統，使射手能夠於行進間鎖定目標並發射飛彈，或是將復仇者置於一定點位置，然後使用遠端控制系統實施射擊操作，以提高人員戰場存活率。
- 二、飛彈系統電源分類介紹：(一)固定式市電；(二)自主發電機；(三)引擎供電；(四) 電瓶。
- 三、復仇者飛彈系統主要動力來源，是由 2 顆 12 伏特系統電瓶所提供，系統電瓶裝置於飛彈塔基座總成與悍馬車駕駛室之間，系統電瓶接收由悍馬車所供之充電電流。另外，系統電瓶也可以接收由飛彈塔所配附之環境控制系統／電源發電機組所提供之充電電流。故復仇者飛彈系統功能運作電力來源，主要來自於三大部分，即悍馬車引擎、自身系統電瓶與發電機三大總成，此三種電力來源攸關系統能否順利啟動、操作及飛彈發射。

關鍵詞：防空、飛彈、電力、電瓶

前言

國軍聯合防空依國家周邊安全環境及敵我戰略態勢發展之「防衛固守、有效嚇阻」軍事戰略構想，採守勢防衛，運用三軍防空兵（火）力，削弱敵空中攻擊威脅，確保國家安全。陸軍野戰防空部隊係運用先進防空武器系統，擊滅（毀）威脅我之敵航空器，以維護重要設施安全及部隊行動自由，而復仇者飛彈系統為我陸軍本島低空防空最重要之防線，肩負我第一線低空防空之重要任務，其系統運作動力來源，主要來自於三大部分，即悍馬車引擎、自身系統電瓶與發電機三大總成，此三種電力來源均可供復仇者飛彈系統運用，故此三大總成電力良窳至為重要，攸關系統能否順利啟動、操作及飛彈發射。

飛彈系統電源介紹

一、固定式市電：市電插座之電力來源，係由電力公司藉由各種製電方法所產生（如核能、火力、水力、風力等方式發電），產生後再經過電力公司內部先期的整流及穩壓，進而統一配電傳輸至各個需求的區域及個人。一般家用電

源多為 120 伏特 AC、60HZ 及 220 伏特 AC、60HZ 之交流電源，若有特殊規格之電源需求，則須另加裝變壓器轉換電壓，方能符合使用需求。以國軍另一套防空系統－天弓武器系統為例，為防止電力來源，因為電壓不穩而損壞系統電子元件，天弓武器系統接地設計係採法拉第式原則，¹將電力、裝備及避雷系統均予以接地（如圖一），可避免雷擊電流經地線迴路傷及裝備，以及雷擊脈波所感應誘發突波電流竄入纜線及電子裝備，並且於各裝備電源及訊號纜線裝置避雷防護模組（如圖二），可壓抑過量突波電壓電流。²

圖一 接地銅板及地線示意圖



圖二 避雷防護模組示意圖



資料來源：作者自行拍攝

二、自主發電機：發電機是把動能轉化成電能的一種裝備，發電機組的工作原理就是發電機在柴油引擎帶動下不斷地運轉，並帶動轉子而達到發電的目的，一般來說發電機是由引擎帶動轉子，使線圈在磁鐵的兩極間轉動，當線圈轉動時會導致磁場的變化，而產生感應電流，運用的是「電磁感應」。發電機為防空飛彈的電力來源，缺少了它，將失去武器系統的戰力，由此可知在飛彈部隊所佔據的地位與角色實具重要，以下試舉若干系統之自主發電機加以說明。

（一）鷹式飛彈系統發電機介紹：鷹式飛彈連所使用的發電機均為 60KW（如圖三），惟分為兩種型式，MEP-115A 及 MEP-816A 發電機，但基本結構大致上均相同。發電機之動力為六汽缸、四行程、噴射燃油、液冷式柴油引擎。在發電機組的汽缸裡，空氣經過空氣濾清器過濾以後就變成潔淨的空氣，發電機組工作時噴油嘴在高壓狀態下會噴出霧狀柴油，柴油與潔淨的空氣混合後在活塞的擠壓下體積迅速縮小，溫度上升到柴油的燃點，柴油和空氣體積膨脹，推向活塞，各個汽缸內輪流重複這種上下運動，帶動引擎內曲軸旋轉，進而產生動力。

（二）愛國者飛彈系統發電機介紹：愛國者系統因裝備需求及載具的限制，

¹「法拉第電磁感應定律」是電磁學中的一條基本定律，跟變壓器、電感元件及多種發電機的運作有密切的關係，其定律指的是任何封閉電路中感應電動勢的大小，等於穿過這一電路磁通量的變化率。避雷針尖與受保護地面所形成之圓錐體即避雷針之保護範圍，而此圓錐體頂角之一半即為保護角，一般設施之保護角小於 60 度，裝備設施之保護角小於 45 度。

²許正一，〈電磁脈衝防護技術之探討－以天弓武器系統為例〉《砲兵季刊》（台南），第 140 期，民國 97 年 2 月。

故配賦了多種形式發電機，有 15KW、30KW 及 150KW 發電機，15KW 發電機位在發射架的前端(如圖四)，為發射架的電力來源，亦可提供電源至連保修組及營保養裝備，15KW 發電機是可載運之發電系統，其可提供 120/208 伏特交流電(VAC)、400 赫茲(Hz)、3 相四線之電力，引擎為一個 3 汽缸、4 行程、氣冷式、自然進氣之引擎來供應動力，其最大可產生 32 KW 電力。另引擎利用發電機的調速器與調節器系統來維持電力輸出的精確。30KW 發電機用以提供電力給資料處理中心(及通信中繼組，通常營部運用兩台；150KW 發電機主要為愛國者戰術控制中心及相列雷達之電力來源，單位運用兩台 150 KW 發電機。

(三)蜂眼雷達系統發電機介紹：蜂眼雷達系統於雷達車與指管車車上各配賦一台柴油發電機，電源規格 25KVA，120／208 伏特，60HZ，3 相，主、副油箱容量共有 130 公升，可供系統持續運作達 52 小時，輸出電壓為三相／四線，208／120 伏特交流電(VAC)±10%，對外電纜線接頭使用快速、防呆接頭型式插座固定於廂體上，另具備不關機可安全加油功能，運轉時所產生之噪音小於 80 分貝

三、引擎供電：不論是汽油引擎或柴油引擎都必須經排氣→進汽→壓縮→動力之過程才能工作，因此開始發動引擎必須先搖轉曲軸。此步驟在過去係使用人力來搖轉，現代工業發達，目前的戰鬥車輛都是使用起動馬達來起動引擎，因此一但起動馬達故障，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起動，因此起動／充電系統的保養及妥善，在車輛保養上是絕對不能小覷。

四、電瓶(池)：以雙聯裝刺針飛彈系統為例，其乃係一定點、半固定式、低(超低)空之防空武器，採用紅外線熱源對目標實施追蹤，具備射後不理能力，另其模組化結構之設計，使裝備具維修容易、快速與妥善率高之特性。系統主件有刺針飛彈總成、俯仰托架總成、飛彈冷卻系統、發射腳架總成、敵我識別系統、瞄準具總成及電池電力系統(如圖六)，電池電力系統可提供發射架各組件所需之 24 伏特電力來源。

圖三 鷹式系統發電機外觀圖



圖四 愛國者飛彈系統發電機外觀圖



圖五 蜂眼雷達系統發電機外觀圖



圖六 雙聯裝刺針飛彈系統電池外觀圖



資料來源：作者自行拍攝

復仇者飛彈系統功能及電系總成介紹

一、系統功能介紹：復仇者防空武器系統(Avenger Air Defense Weapon System)，主要以攻擊敵人具威脅性之低空無人飛行載具、高速定翼機及旋翼機等航空器為目的，並具有輕便、全天候（日／夜間）與不良天候限制狀況下均可實施作戰的防空飛彈武器射擊系統。復仇者飛彈系統飛彈塔具有全方位轉動的能力，它利用裝載於悍馬車上的陀螺儀穩定系統，使射手能夠於行進間鎖定目標並發射飛彈，或是將復仇者置於一定點位置，然後使用遠端控制系統(如圖七)實施射擊操作，以提高人員戰場存活率，³。復仇者飛彈系統所配附的武器系統包含二個飛彈發射架以及一挺M3P式五〇同軸機槍（如圖八、九），功能敘述如后：

(一)飛彈發射架

1. 每一飛彈發射架可裝載四枚飛彈，飛彈發射架之上、下活動蓋用於刺針飛彈裝卸，每一飛彈發射架內有二個氬氣瓶⁴及二個發射架電子總成。⁵

2. 飛彈發射架內，上方之氬氣瓶可供應左邊二枚刺針飛彈，下方之氬氣瓶則供應右邊二枚刺針飛彈冷卻飛彈尋標器之用。⁶

3. 發射架電子總成供應飛彈備便、陀螺儀驅動、飛彈尋標器冷卻控制及循環、記憶載入及發射飛彈所需之電路系統。

(二)M3P式五〇同軸機槍：

1. 復仇者使用之M3P式五〇同軸機槍位於飛彈塔右側發射架下方，為一自動、彈鏈供彈、空氣冷卻之武器。其主要作用在涵蓋飛彈射擊死角區域及自衛戰鬥使用。

³，《復仇者飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，99年11月），頁1-1、1-2。

⁴可提供刺針飛彈尋標器所需之高壓乾燥氬氣，並具有黃色、綠色與紅色三種不同顏色之識別視窗，可供操作者判斷氬氣瓶內之氬氣，是否符合操作需求，氬氣正常壓力範圍應介於3500至6200PSI之間。

⁵發射架電子總成(Launcher Electronics Assembly, LEA)供應飛彈備便、陀螺儀驅動、飛彈尋標器冷卻控制及循環、記憶載入及發射飛彈所需之電路系統。

⁶刺針飛彈為被動紅/紫外線雙重模式之尋標器，自動導向並具有射後不理之性能，尋標器就如同刺針飛彈之眼睛一般，可依據其紅外線尋標器特性，接收目標所散發出之紅外線熱源，並配合紫外線尋標器之背景對比功能，提升目標鎖定、識別與抗干擾能力，進而穩定追蹤目標並予以摧毀。

2. 平均射速為 950-1100 發／分，最佳射速為 1025 發／分，彈藥箱之基本攜行量為 200 發，機槍機座後端有一自動上膛器，可由射手控制面板上之備戰開關或經由遠端控制系統面板上之備戰開關來控制彈藥上膛。⁷

二、電系總成介紹：復仇者飛彈系統主要動力來源，是由兩顆 12 伏特之鉛酸電瓶所提供，系統電瓶所在位置於飛彈塔基座總成與悍馬車駕駛室之間(如圖十)。系統電瓶接收由悍馬車所提供之充電電流。另外，系統電瓶也可以接收由飛彈塔所配附之環境控制系統／電源發電機組(如圖十一)所提供之充電電流。各電源供應系統功能敘述如后：

(一)悍馬車：復仇者飛彈系統所需之 28 伏特電源需求，可經由悍馬車柴油引擎發動時所產生之電源，對悍馬車自身之電瓶供電，並可經由相關電源纜線，採並聯連接方式對復仇者飛彈系統飛彈塔所配賦之系統電瓶供電，以維持悍馬車及復仇者飛彈系統運作所需之電源需求。

(二)系統電瓶：位於悍馬車與復仇者系統飛彈塔之間，⁸可接受悍馬車與系統發電機組所產生之電源供電，進而透過相關電源供應器轉換為復仇者系統內部各組件所需之工作電源，⁹並可運用電瓶電量監視器之監控，以利操作者隨時掌握系統電瓶電量是否足夠。

三、環境控制系統／電源發電機組：環境控制系統及電源發電機組具備以下兩種功能，敘述如后：

(一)環境控制系統可提供冷氣及暖氣之輸出，使射手能在一個舒適的環境中操作系統，以利作戰任務順利遂行。

(二)電源發電機組除了提供 28 伏特電源至環境控制系統，並可將電源輸入復仇者系統，其功能與系統電瓶功用相同，可作為另一個電力來源。¹⁰環境控制系統及電源發電機組是一種多功能系統，環境控制系統提供暖氣及冷氣至飛彈塔，射手座艙並可運用室外空氣循環濾清器總成提供過濾後的新鮮空氣。電源發電機組是一種氣冷、雙汽缸柴油引擎，提供機械能至冷氣機的壓縮機與引擎的交流發電機，交流發電機提供足夠的電能至電池充電及電源至復仇者電路。¹¹

⁷同前註 10，頁 2-6 至 2-9。

⁸外部悍馬車電源纜線可透過滑動總成進入飛彈塔內部，滑動總成的構造如同轉動砲塔和固定基座總成介面一般，分為上下兩層、下層固定、上層可轉動，功能為避免相關電源及訊號纜線因飛彈塔執行方位或俯仰轉動時，因糾結纏繞而造成損壞。

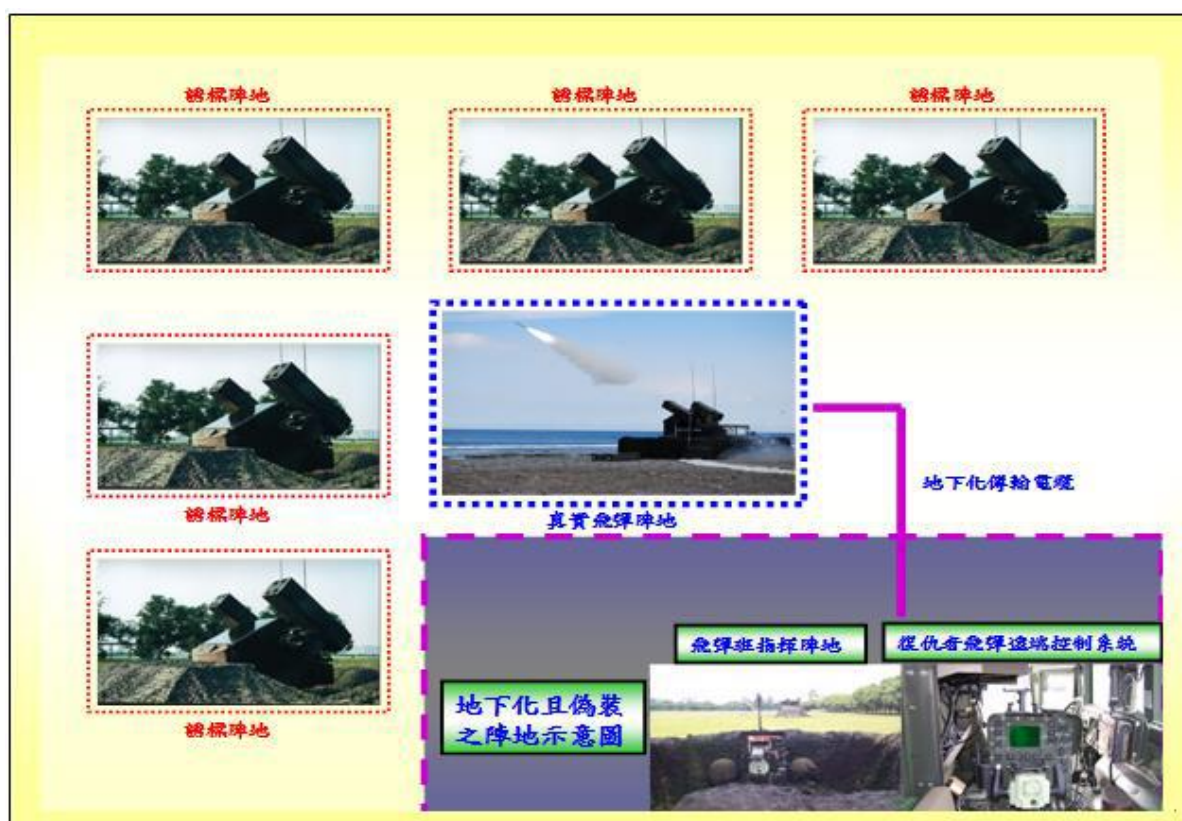
⁹28 伏特電源及 28 伏特電源回路經由射手控制面板電纜 W15 提供至 5 伏特及±15 伏特電源供應器，轉換為復仇者系統內部相關組件所需之工作電源。

¹⁰我國向美方所購買的復仇者飛彈系統，所搭載的環境控制系統及電源發電機組為新型復仇者飛彈武器系統，我國可以說是除了美方外，第一個使用配附有環境控制系統及電源發電機組的復仇者飛彈系統的國家。

¹¹同前註 10，頁 2-1 至 2-3。

四、電系總成小結：如前所述可知，復仇者飛彈系統功能運作電力來源，主要來自於三大部分(如圖十二)，即悍馬車引擎、自身系統電瓶與發電機三大總成，而最重要之主要來源，係自身系統所配賦之二顆 12 伏特鉛酸電瓶，並且依據筆者課堂教學實作與三、五級保修人員遊修實務經驗，12 伏特鉛酸電瓶品質與良率亦會連帶影響發電機，造成發電機運轉穩定度不佳與故障率提高，所以欲使其系統功能運作順暢，進而發揚防空火力，電力系統是否能持續穩定提供則為重要之關鍵因素，而電力系統的良率則有賴於保修(養)人員平日落實的定期檢查、保養與維護，方得以竟其業、完其工。

圖七 遠端控制系統運用示意圖



圖八 飛彈發射架外觀圖



圖九 M3P50機槍外觀圖



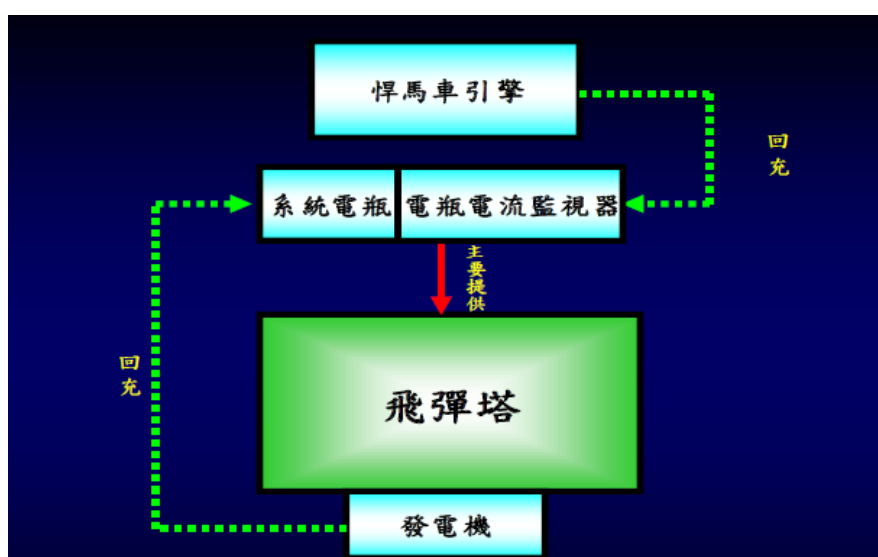
圖十 飛彈塔系統電瓶



圖十一 發電機組外觀圖



圖十二 復仇者飛彈系統電系總成功能方塊圖



資料來源：圖七至十二由作者繪製

復仇者飛彈系統電力系統精進措施與效益探討

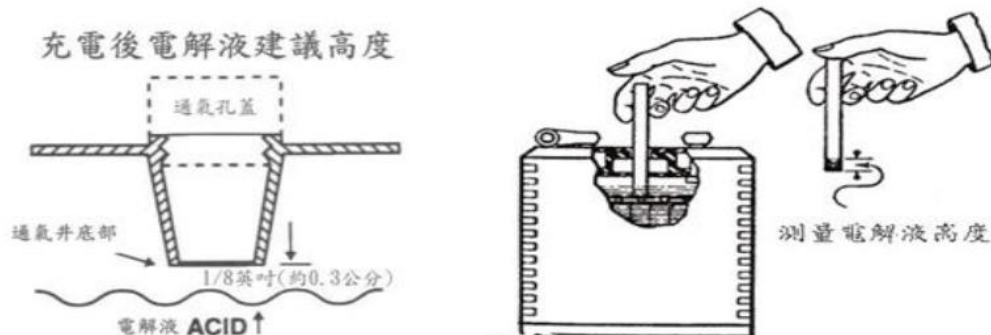
如前所述，復仇者飛彈系統主要動力來源，是由兩顆 12 伏特系統電瓶所提供，系統電瓶接收由悍馬車所提供之充電電流。另外，系統電瓶也可以接收由飛彈塔所配附之環境控制系統／電源發電機組所提供之充電電流。由此可知，為滿足廠庫維保、課程教學、環境保護及穩定電源需求等目的，除落實檢整與保養外，另可進行電源纜線接頭改良以為因應，相關作法分述如后。

一、精進措施：

(一)電瓶維保：須確實檢查電解液高度，電解液與加注孔口底部距離不得大於 1/8 吋，如不足應加注至標準高度（不得與加注孔口底部齊平）（如圖十三），另電解水本身具有導電特性，通常因固定不良、電水過多或搬運不當而溢出電瓶頂部，不但造成固定架、夾頭等部位腐蝕且使電瓶永遠處於放電狀態，易造成極板損壞，縮短電瓶壽命，故必須保持電瓶蓋板良好。此外電瓶線夾頭腐蝕易造成過大的電阻產生（如圖十四），使電瓶充電不良而影響使用壽命，故電瓶線夾頭平日之檢整及維保亦極為重要，不可輕忽。因為不正確的使用與充

電方法，易造成電瓶極版與隔板的「硫化」現象，因而產生硬體的白色結晶，此現象可透過「活化」作業程序予以改善。「活化」作業即是以 2 至 3 安培之充電電流，配合攝氏 43 度以下之溫度，低速持續充電至通氣孔產生噴氣現象，再以適當數量之燈泡連接電瓶，實施電瓶放電，¹²直至電瓶電壓降至 10.5 伏特為止。反覆實施上述之充、放電步驟，經過數個循環後，即可改善極、隔板上白色的硫化結晶體，使電瓶的活性物質恢復活性，恢復電瓶妥善。¹³

圖十三 電解液高度示意圖



資料來源：陳銘信，〈電瓶認識與保養〉，《陸軍裝甲兵學術季刊》（新竹），第186期，民國 96年6月，頁8。

圖十四 正極電樁頭及夾箍示意圖



資料來源：作者自行拍攝

（二）改良電源纜線：自 2004 年起，為達成節能減碳與環境保護之共識，全球各國均積極參與預防全球暖化工作，以降低二氧化碳及省能措施為發展目標。台灣能源供應約 98%仰賴進口，其中石化能源約占 91%，在無法自產與節能減碳的雙重因素下，相關的節能措施更是刻不容緩。目前復仇者飛彈系統之所配賦之載具(悍馬車)，係使用柴油引擎發動以提供動力，復仇者飛彈塔運作動力來源為兩個 12 伏特的鉛酸電瓶，另由悍馬車柴油引擎產生之電力進行充電

¹²放電電流相當於 1/10 安培/小時的電容量，例如 120 安培/小時的電瓶，則以 12 安培之放電工具實施放電。

¹³坊間所販賣之電瓶活化劑、活化液、還原液等類似產品，宣稱加入電瓶後，可以使電瓶起死回生，甚至延長使用壽命 5-10 年等誇大成效，筆者認為該產品目前於現貨市場評價兩極，且非國軍制式裝備與保養方式，另復仇者飛彈系統屬高價之精密電子結合設備，若使用不正確之保養方式，造成電瓶損壞事小，進而串連影響或損壞精密電子零件與設備，則得不償失，不可不慎。

，故如要操作或維修飛彈塔時，悍馬車引擎經常需保持運轉狀態，以滿足系統電力來源穩定。因此，不論在課程教學上或於駐地廠房實施保養維修時，悍馬車時常是處於靜止而引擎維持運轉之狀態，此時，引擎待轉所產生之廢熱及廢氣，無形中即造成環境汙染與溫室效應。綜合考量實際使用狀況、成本及環境保護等因素，筆者嘗試探討以改良電源纜線轉接頭之方式，藉由外接市電供電系統，以滿足系統電瓶充電需求，期能降低動力運作成本，並減少環境汙染。

二、效益探討：鉛酸電瓶供給之電流為 100 安培(A)，電壓為 24 伏特(V)，經由計算公式可知，功率(P)=電流(I)×電壓(V)，可算出此電瓶消耗功率 $P=100 \times 24 = 2400$ 瓦特(W)，¹⁴ 本文假設此鉛酸電瓶在滿載狀況下，連續使用 1 小時，可算出所需總能量 $E=2400 \text{ 瓦特(W)} \times 3600 \text{ 秒(S)} = 8.64 \times 1000000 \text{ 焦耳(J)}$ 。¹⁵ 故計算可分為兩個部分，一部分為使用柴油引擎提供鉛酸電瓶能量之單位時間成本，另一部分為市電提供電量之單位時間成本。

(一)柴油引擎供應電瓶：首先計算使用柴油引擎提供電瓶使用 1 小時能量所需成本，¹⁶ 柴油熱值=8329 仟卡(Kcal)/公升(L)=34815.22 仟焦耳(KJ)/L= $3.48 \times 10000000 \text{ J/L}$ 。¹⁷ 依熱力學第二定律，¹⁸ 考慮到熱能及其他能量於供電轉換過程的能量損失，實際上引擎引擎輸出供我們使用之能量效率，約只有總能量的 30%。¹⁹ 故柴油引擎真正可利用之能量應為 $3.48 \times 10000000 \text{ (J/L)} \times 30\% = 1.044 \times 10000000 \text{ (J/L)}$ 。比較連續使用電瓶 1 小時所需之能量，可算出復仇者系統飛彈塔使用 1 小時，需消耗柴油量為 $8.64 \times 1000000 / 1.044 \times 10000000 = 0.828$ 公升(L)，以柴油每公升約 20.5 元為基準，²⁰ 可得到使用柴油引擎，每小時需花費 $0.828 \times 20.5 = 16.98$ 元。惟在未知悍馬車與復仇者系統飛彈塔使用之能量比例下，以上計算假設柴油引擎所產生之動力完全提供電瓶使用，並沒有考慮柴油引擎發動時，引擎除了提供電瓶電源，還須提供悍馬車其他系統之動力需求，故實際上使用飛彈塔每小時所消耗之柴油公升數，將大於 0.828 公升，說

¹⁴ 蔡建雄、張金龍、王耀男，《Thermodynamics An Engineering Approach 6/E；熱力學》，(臺北：高立圖書出版，民國 101 年 1 月)，頁 29。

¹⁵ 1 瓦特=1 焦耳/秒，1 小時=3600 秒。

¹⁶ 吳黎民、蔡居萬、梁乃文、向世彬，《Thermodynamics For Engineering Technologists；熱機學》，(臺北：新文京開發出版，民國 101 年 6 月) 頁 277。

¹⁷ 1 卡=4.18 焦耳。

¹⁸ 熱力學第一定律確定了熱能與其它型式能量在轉換和轉移過程中，其總量始終保持不變的規律，說明了能量既不能創造出來，也不會自行消滅，從而得出了製造第一類永動機(Perpetual motion engine of the first kind)是不可能的結論；而熱力學第二定律指出，任何熱機都不可能將吸收的熱能循環不息的全部轉換為機械能，以氣體在活塞式引擎中膨脹作功時為例，由於氣體的內部摩擦，以及氣體與氣缸壁和活塞與氣缸壁之間的摩擦結果，會消耗一定量的摩擦功，從而減少了氣體膨脹時對外界輸出的有效功。

¹⁹ 同前註 17，頁 278-279。

²⁰ <http://web3.moeaboe.gov.tw/oil102/oil1022010/phone.asp>(行政院經濟部能源局)，下載日期 104 年 9 月 23 日。

明每小時成本實際上將會大於 16.98 元。

(二)市電供應電瓶：鉛酸電瓶功率(P)=2400 瓦(W)=2.4(KW)，1 度電定義為 1(KW)的電器連續使用 1 小時，故電瓶使用 1 小時耗費 2.4(KW)×1 小時(H)=2.4 度，若一度電電費以約略 2 元為基準，²¹可估算得到使用市電電力供應電瓶，每小時需花費 2.4×2=4.8 元。

(三)小結：如前所述，可得知復仇者飛彈系統若改良電源接頭(座)，採以市電進行充電，避免發動悍馬車引擎充電，就經濟面考量，應為較佳之選擇，除此之外，本文歸納相關益處如后(綜整如表一)：

1. 提升裝備妥善：採以市電進行充電，可減少悍馬車引擎怠速發動頻率，除可延長悍馬車相關零件使用壽命，另可避免學者操作過程中，未將復仇者飛彈系統射手控制面版之主電源開關置於 OFF，即發動悍馬車引擎進行充電，引起瞬間電流回充而損壞系統相關電子元件。

2. 改善學習效率：可能影響學者學習成效之因素，區分為個人內在因素、個人外在因素及外在環境因素三大類，每一類型都有可能還會相互影響，²²以外在環境因素而言，悍馬車怠速持續發動引擎進行電力回充與提供，所伴隨產生之噪音可達 40-50 分貝，然安靜舒適的學習環境，除可引發學者較高之學習動機，另對學者學習成效亦是相輔相成，故若能避免怠速發動悍馬車引擎，進而提供安靜且舒適的學習環境，如此對提升教學成效與裝備修護效率當有所助益。

3. 維護環境品質：悍馬車持續怠速發動引擎，除伴隨產生噪音之外，另會製造大量廢氣及空氣汙染，²³不僅降低學者學習成效，亦會造成學習區域內，相關人員(教官、學生、助教)呼吸系統之健康危害，慢性引發呼吸系統之相關疾病，影響層面與深度雖非即時，但亦不可不慎。

4. 符合節能政策：我國新能源政策於民國 100 年 11 月 3 日公布，以「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」作為總體能源發展願景與推動主軸，且在確保不限電、維持合理電價、達成國際減碳承諾等三大原則下，積極實踐各項節能減碳及穩定電力供應二大配套措施，由此可知，節能減碳不僅符合國際潮流趨勢，更是政府當前之施政主軸。

²¹<http://www.taipower.com.tw/content/q-service/q-service02.aspx>(台灣電力公司)，下載日期 104 年 9 月 23 日

²²呂燕清、陳勝泉，〈淺談裝校受訓學員生學習習慣對其學習成效之影響〉《裝甲兵學術季刊》(新竹)，第 210 期，民國 98 年 4 月，頁 3。

²³於民國 101 年 6 月 1 日起，為了減少空氣汙染，環保署訂立了機動車輛停車怠速管理辦法規定，在經過三個月的勸導期之後，汽機車除了在高速公路、快速道(公)路以外，在公私立停車場、道路及其他供機動車輛停放、接駁、轉運的場所，停車怠速等候超過三分鐘者，就要關閉引擎熄火，違反規定者即會處以罰鍰。

表一 復仇者飛彈系統電力系統精進效益比較表

復仇者飛彈系統電力系統精進效益比較表		
分析因子	柴油引擎供應電瓶	市電供應電瓶
成本	較差	較佳
	每小時成本約 16.98 元	每小時成本約 4.8 元
提升裝備妥善	較差	較佳
	發動悍馬車引擎進行充電，易引起瞬間電流回充而損壞系統相關電子元件	不易引起瞬間電流回充而損壞系統相關電子元件之狀況
改善學習效率	較差	較佳
	悍馬車急速持續發動引擎進行電力回充，所伴隨產生之噪音達 40-50 分貝，影響學習效率	不會產生悍馬車急速持續發動引擎之噪音
維護環境品質	較差	較佳
	悍馬車持續急速發動引擎，會製造大量廢氣及空氣汙染	不會製造大量廢氣及空氣汙染
符合節能政策	較差	較佳
	未符合節能減碳國際潮流趨勢	符合節能減碳國際潮流趨勢
綜合論述：採以市電進行充電，避免發動悍馬車以引擎充電，就經濟面考量，應為較佳之選擇；另具有提升裝備妥善、改善學習效率、維護環境品質及符合節能政策等綜合效益。		

資料來源：作者整理

結語

在目前全球趨勢均強調環境保護的潮流中，如何減少能源損失及降低環境汙染則顯得格外重要，而在引擎處於低轉速、持續急速的狀況下，其所排放廢氣中之有毒物質濃度，明顯高於高轉速運轉時之排放量，但若使用市電供電補充，則必須另外將現有市電配電系統稍作改良²⁴，綜合考量各項因素下，將目前復仇者飛彈系統飛彈塔供電方式；另外設計改良電源轉換接線，使用市電供應飛彈塔運作操作所需電源，或許是符合節能減碳、降低使用成本、提升課程教學及裝備維保效率的參考方法。

我國面對中共諸多來自空中與各式飛彈的威脅，我們除應積極落實戰備整備外，更須針對威脅，不斷更新各式防空武器或設備，使防空作戰體系更臻健全，方能確保領空安全，達成防空使命，因此構思提升復仇者飛彈系統裝備性

²⁴除改良接頭(座)及變換電壓外，另須加裝電源穩壓器，避免市電電壓不穩時而損壞裝備內部精密及脆弱之電子元件。

能，實乃我防空幹部應深切省思之課題。

參考資料

- 一、蔡建雄、張金龍、王耀男，《Thermodynamics An Engineering Approach 6/E；熱力學》（臺北：高立圖書出版，民國 101 年 1 月）。
- 二、吳黎民、蔡居萬、梁乃文、向世彬，《Thermodynamics For Engineering Technologists；熱機學》（臺北：新文京開發出版，民國 101 年 6 月）。
- 三、許正一，〈電磁脈衝防護技術之探討－以天弓武器系統為例〉《砲兵季刊》（台南），第 140 期，民國 97 年 2 月。
- 四、呂燕清、陳勝泉，〈淺談裝校受訓學員生學習習慣對其學習成效之影響〉《裝甲兵學術季刊》（新竹），第 210 期，裝訓部，民國 98 年 4 月。
- 五、陳銘信，〈電瓶認識與保養〉，《裝甲兵學術季刊》（新竹），第 186 期，民國 96 年 6 月。
- 六、《天弓武器系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 82 年 9 月）。
- 七、《天弓武器系統相列雷達操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 92 年 9 月）。
- 九、《天弓武器系統垂直架操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 92 年 9 月）。
- 十、《天弓武器系統機動架操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 92 年 9 月）。
- 十一、《愛國者控制系統戰術控制中心操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 89 年 12 月）。
- 十二、《陸軍復仇者飛彈系統操作手冊（第二版）》（桃園：陸軍司令部，99 年 11 月）。
- 十三、《雙聯裝刺針飛彈操作手冊》（桃園：陸軍司令部，96 年 6 月）。

作者簡介

薛欣然少校，志預官 87 年班，砲校野戰砲兵軍官正規班 95 年班，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部防空教官組。