

砲兵全站儀「高效能鋰電池」研發介紹與運用

作者：黃盈智

提要

- 一、就《測繪學辭典》解釋：「全站儀」(Total Station) 為集光、機、電子一體之高科技測量器材，具備水平角、垂直角、距離、高差測量功能之測量裝備，因整置後即可完成測站全部測量而稱之。
- 二、國軍分別於民國 86 年與 96 年採購德國甲型及瑞士乙型全站儀，使用迄今均逾壽期，電池老化現象日益嚴重，影響砲兵測地作業品質。
- 三、筆者主持之研發案係針對甲型及乙型全站儀實施研改，設計兩者通用之高效能鋰電池（包含專用之鏈結纜線），同時兼顧其資料傳輸作業，以期達到延長工作時間及提升裝備使用效能之目標。本研究採「文獻回顧法」，首先探討歷年砲兵先進研究中，有關「測距經緯儀（全站儀）」與「電池」等二部分之相關文獻，作為立論依據，接續說明本案之研發效益與對砲兵測地之影響，最後提出綜合結論與建議。
- 四、「高效能鋰電池」經筆者研發驗證，具有小投資、大效益之優點，其具備穩定、且全天候供電能力，俾利砲兵部隊遂行各級測地任務，有效提升整體作業之速度與精度。綜上，提出（一）保留後續研改及擴充介面；（二）模組化、輕量化；（三）積極爭取納入軍品推廣；（四）完善後勤補保機制；（五）將「測距經緯儀」正名為「全站儀」等五點建議。

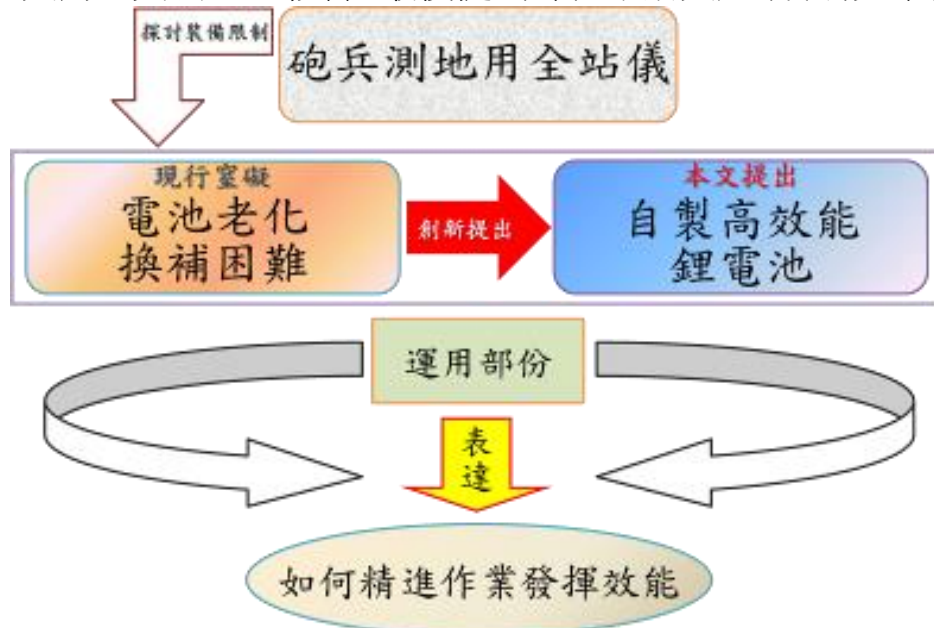
關鍵詞：凱恩（Kern）、經緯儀、測距經緯儀、全站儀（Total Station）、鎳鎘電池（NiCd）、鎳氫電池（NiMH）、鋰電池（Li-ion）

前言

野戰砲兵為戰鬥支援兵種，以火力支援地面部隊作戰，射擊為其達成支援任務之唯一手段。然射擊效果之良窳，端賴其目標是否適時獲得及射擊諸元之精粗而定。又目標位置之測定及射擊諸元之求取，係以「測地」所得者最為精確，惟「工欲善其事，必先利其器」，優異之作業儀器係砲兵測地良窳之關鍵要素，測量儀器中以「全測站式經緯儀」(Total Station)，簡稱「全站儀」，最為普遍與便捷，國軍分別於民國 86 年與 96 年，採購德國甲型（臺灣儀器公司代理），及瑞士乙型全站儀（臺灣宏遠公司代理），使用迄今均逾壽期，電池老化現象日益嚴重，影響砲兵測地作業品質。

本研發案係針對甲型及乙型全站儀實施研改，設計兩者通用之高效能鋰電池（包含專用之鏈結纜線），同時兼顧其資料傳輸作業，以期達到延長工作時間及提升裝備使用效能之目標。

本研究採「文獻回顧法」，首先探討歷年砲兵先進研究中，有關「測距經緯儀（全站儀）」與「電池」等二部分之相關文獻，作為立論依據。接續說明本案之研發效益與對砲兵測地之影響，最後提出綜合結論與建議（研究架構如圖一）。



圖一 研究架構圖

資料來源：筆者繪製

砲兵測地裝備介紹與現況檢討

一、砲兵測地裝備概述

國軍野戰砲兵測地裝備，依作業特性與功能別，可區分為「定位定向系統」、「測量器材」與「測量輔助（計算）器材」（圖二），本研發案係以測地用全站儀為主要研究目標（圖二藍色虛線所示），為使讀者具備全般概念，本節茲將砲兵現役測地裝備概述如后。

（一）定位定向系統

西元 1991 年第一次波灣戰爭為「定位定向系統」重要性之分水嶺，其地位由原本「可有可無」的奢侈品，躍升為「不可或缺」之必需品，目前已廣泛運用於砲兵武器與目標獲得裝備之導航、定位、定向與測地作業。¹國軍現役定位定向系統，區分民國 86 年由法國引進之 ULISS-30 定位定向系統（圖三①），與民國 102 年 SPAN-7 定位定向系統，（如圖三②）等兩種類型。

（二）測量器材

國軍測量器材依其功能與特性可區分經緯儀、測距經緯儀與全站儀等 3 種類型；另依使用時期可劃分民國 68 年以前、民國 68 年至 84 年、民國 84 年迄今等 3 階段，茲說明如后。

1 耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年 03 月，頁 1。

1.經緯儀：民國 68 年以前，因光學技術尚未普及，此時期之測量器材通常僅具備基本測角功能（水平角、垂直角與方位角，故稱之為「經緯儀」，功能示意如圖四）。方向盤（Aiming Circle）為此階段最具代表性之裝備，國軍砲兵最早期係使用 M1 方向盤（圖五），因礙於裝備老舊，遂於民國 66 年起換裝 M2 方向盤（圖六），因上揭裝備均未具備測距能力，如運用於砲兵測地作業，需搭配輔助器材（如測距儀、捲尺與測針）實施量距作業，故須至少增加捲尺手 2 員，作業精度受限且耗費時間。

2.測距經緯儀：民國 68 年至 84 年，因電子測距（Electronic Distance Measurement, EDM）與光學技術日益普及，購置成本也不再居高不下，故可將原經緯儀（測角）與測距儀（量距）等功能，整合為「測距經緯儀」（功能示意如圖七），編配於野戰砲兵，可大幅提升測量作業能量。國軍遂於民國 68 年採購瑞士凱恩（Kern）測距經緯儀，區分為 K1-SE、DKM2-AE²與其搭配之電子測距儀（DM501 與 DM502）³（圖八①）。與民國 75 年採科研方式獲得之國光 1 號（GT1-3600）合計 5 套（圖八②），均為此階段最具代表性之裝備。惟此時期之「經緯儀」與「測距儀」均採用分離式設計，缺點為容易產生視、光軸偏差，影響作業精度。

3.全站儀：民國 84 年迄今，此時期間「全站儀」（Total Station）已逐漸成為測量器材之主流趨勢，國軍為與時俱進，分別於民國 84 年 6 月與民國 96 年 12 月，獲得德國甲型全站儀（臺灣儀器公司代理，如圖九①）與瑞士乙型全站儀（宏遠儀器公司代理，如圖九②）。「全站儀」又稱為全能測量儀或電子測速儀，係整合「電子經緯儀」、「電子測距儀」、「電子計算機」及「電子記錄器」成一體之儀器，同時測量測點連線之水平角、垂直角、傾斜距離，計算水平距離、高差、測點坐標與高程，並能自動顯示讀數，儲存數據，直接輸入功能較大之電子計算機，利用周邊設備，建置圖檔資料，輸出成果（功能示意如圖八）。⁴依上揭定義，國軍甲、乙型等兩類裝備都應屬「全站儀」之範疇。除此之外，此時期之測量器材，其經緯儀、測距儀均捨棄原分離設計，改採「整合式」為主流，優點為可有效減少視、光軸偏差。為延長裝備壽限、節約公帑與提升測地精度與速度。本研究茲將研究目標與範圍界定為運用較具彈性與靈活之「全站儀」為主。

4.國軍各式測量器材之分析比較：茲將國軍砲兵各式測量器材之功能、差異

² 凱恩紅外線測距經緯儀區分 K1-SE 與 DKM2-AE 等兩種型式，前者測角精度較低(30 秒讀)，故編配於砲兵營，後者測角精度較高(1 秒讀)，故編配於軍砲兵(含以上)階層。

³ 凱恩紅外線測距經緯儀可搭配之測距儀，區分為 DM501 與 DM502 兩種類型，前者之顯示幕為「光電顯示」，測距時間約為 20 秒；後者為「液晶顯示」，測距時間約為 8 秒。

⁴ 施永富，《測量學》（臺北：三民書局，民國 97 年 06 月），頁 210。

比較彙整如表一。

（三）測量計算（輔助）器材

國軍測量計算器材可區分為「砲兵對數表」與「電算機」；測量輔助器材則可區分為「捲尺與測針」、「標桿（架）與水準器」等兩大類，茲說明如后。

1. 砲兵對數表與電算機

國軍砲兵原以「對數表」實施測地計算（圖十一①），惟過程複雜、繁瑣且成果易錯，遂於民國 68 年首次採購美國「德州儀器公司 SR-52、TI-59 型電算機」，提升砲兵測地成果計算精度與速度；民國 82 年，再以年度「標餘款」籌購民用「卡西歐 FX-880P 型電算機」，使用逾 21 年，期間未再籌獲軍規編制之電算機。

民國 106 年 12 月，國軍正式獲得由臺灣宏奇科技公司產製之砲兵測地電算機-IMT-8R（簡稱「電算機」，圖十一②），供砲兵測地成果計算之用。該機種具有符合軍事規格、重量輕、模組化之優點，不僅可實施一般電算機之面板計算，更可安裝專屬應用程式 APP，充分滿足砲兵測地計算需求，有關新式電算機（IMT-8R）之介紹，可參閱拙著〈陸軍砲兵測地電算機（程式）之發展與進程〉（砲兵季刊 182 期）。

2. 捲尺與測針

砲兵基本量距工具為捲尺與測針（圖十二），其通常搭配 M2 方向盤實施作業捲尺測量，係藉鋼捲尺上所刻製之分劃直接量取兩點間距離，無須繁雜計算，即能求出所測距離。

（1）捲尺：全長 30 公尺，最小刻劃為 1 公分，用以直接測量兩點間距離之常用器材。

（2）測針：1 組（11 根），係由鐵質製成，一端為尖形，另一端成環狀，中段為白色，用以計算所測距離。

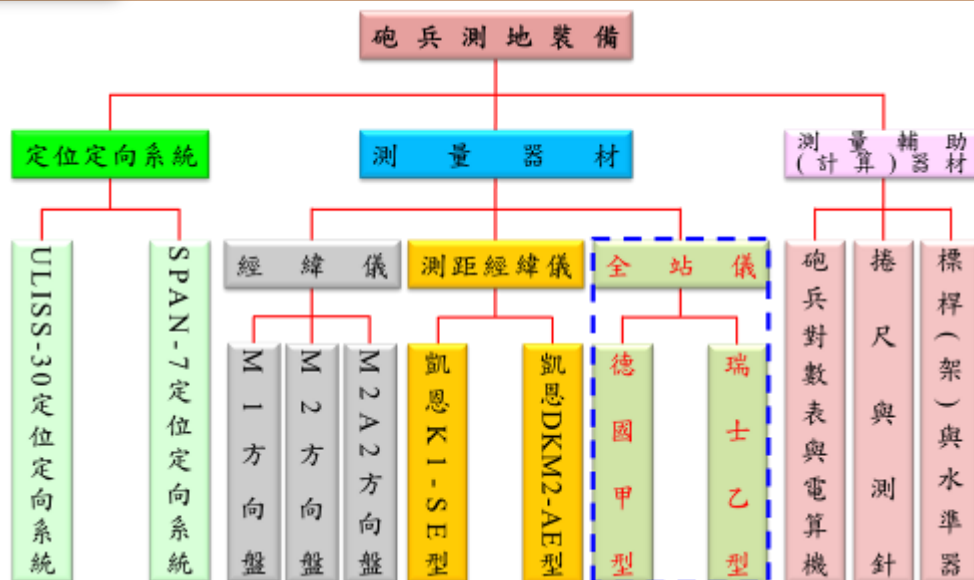
3. 標桿（架）與水準器

標桿（架）與水準器為砲兵測地最常使用之「測站標示器材」。

（1）國軍砲兵部隊現用之測量標桿（圖十三），為兩節金屬空心圓桿合成，全長 6 英尺 6 英吋（約 1.98 公尺），由上而下漆成紅白相間之 6 等份，每等份長 1 英尺（30 公分），最下之 6 英吋（15 公分）處為鐵錐，以便插入土中，不用時，分為兩節，置於標桿套內。

（2）標桿架：係支持標桿於測站上時所用之輕便三腳架，使標桿能於堅實之地面直立之（圖十三）。

（3）標桿水準器：供豎直標桿用（圖十三）。



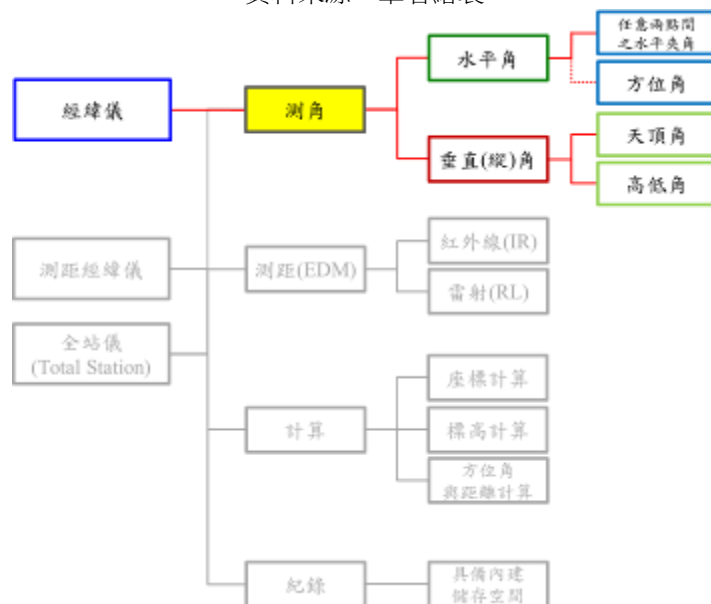
圖二 國軍砲兵測地裝備一覽圖

資料來源：筆者繪製



圖三 砲兵定位定向系統

資料來源：筆者繪製



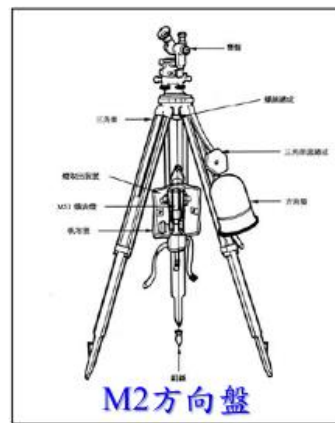
圖四 經緯儀功能示意圖

資料來源：筆者繪製



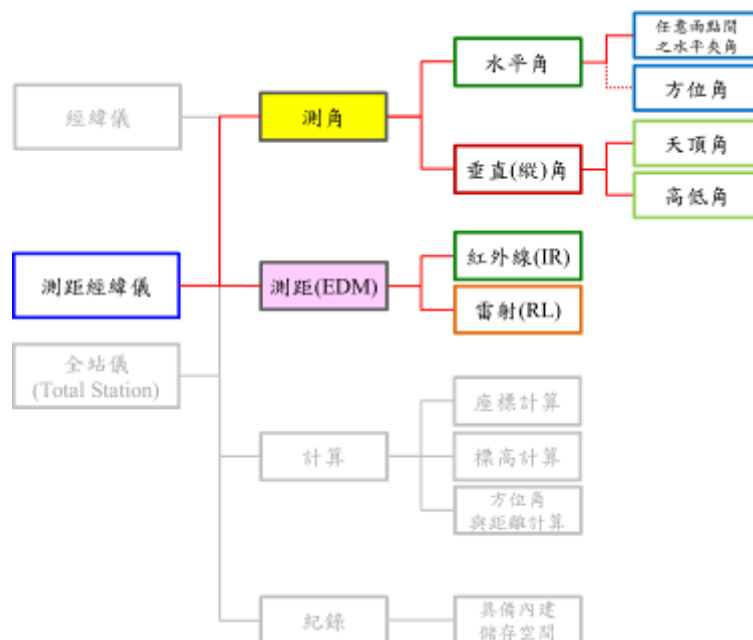
圖五 M1 方向盤示意圖

資料來源：ARTILLERY SURVEY，(TM6-600)，11/1954，GHQ ARMY GRC，頁 34。



圖六 M2 方向盤示意圖

資料來源：耿國慶，〈跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研究－以美軍為例〉《砲兵季刊》（臺南），第 183 期，陸軍砲訓部，民國 107 年 11 月），頁 32。



圖七 測距經緯儀功能示意圖

資料來源：筆者繪製



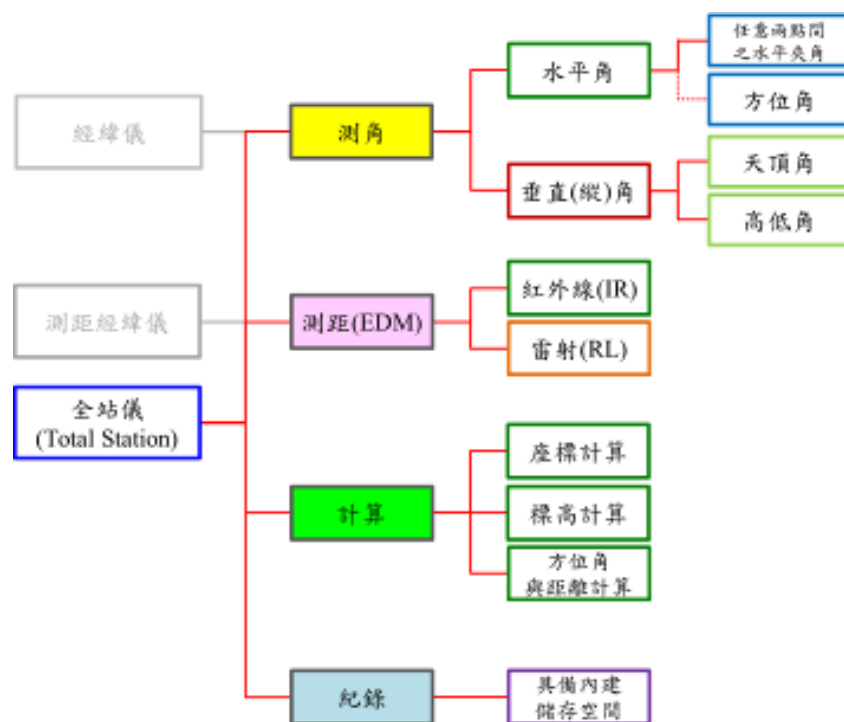
圖八 凱恩測距經緯儀與國光 1 號

資料來源：耿國慶，〈砲兵測量用紅外線測距經緯儀性能需求研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 74 期，陸軍砲訓部，民國 83 年 10 月），頁 58~59。



圖九 國軍甲、乙型全站儀示意圖

資料來源：《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 8 月），頁 2-61、頁 2-127。



圖十 全站儀功能示意圖

資料來源：筆者繪製

表一 國軍各式測量器材分析比較表

國 軍 各 式 測 量 器 材 分 析 比 較 表					
器 材 名 稱	M2 (M2A2) 式方向盤	凱恩 K1-SE 紅外線測距經緯儀	凱恩 DKM2-AE 紅外線測距經緯儀	德國 甲型全站儀	瑞士 乙型全站儀
撥 發 時 間	民國 66 年	民國 68 年	民國 68 年	民國 84 年 6 月	民國 96 年 12 月
望遠鏡倍率	4 倍	30 倍	32 倍	30 倍	30 倍
測距儀型式	無	外接式*	外接式*	內建整體式	內建整體式
測 距 模 式	無	紅外線光波	紅外線光波	紅外線光波	紅外線光波與雷射測距
測 距 時 間	無	DM501(20 秒) DM502 (8 秒)	DM501(20 秒) DM502 (8 秒)	3~5 秒	3~5 秒
測 距 範 圍	無	5 顆稜鏡 2,000 公尺	5 顆稜鏡 2,000 公尺	單一稜鏡 (15 公里能見度下可測至 2,000 公尺)	單一稜鏡 (紅 外 線 2,000 公尺；雷射 7,500 公尺)
經緯儀型式	機械式	機械式	機械式	電子式	電子式
電 池 型 式	無	鎳鎘電池	鎳鎘電池	鎳鎘電池	鎳氫電池
充 電 時 間	無	8 小時	8 小時	6 小時	4 小時
角 度 顯 示 位 單	密位	度分秒	度分秒	密位、度分秒、度小數、400 級	密位、度分秒、度小數、400 級
垂直角類型	高低角	天頂角	天頂角	高低角 天頂角	高低角 天頂角
角 顯 示 精 度	0.5 密位	30 秒	1 秒	0.1 秒	1 秒
補 償 器 (與範圍)	無	無	無	有 (± 2 分 40 秒)	有 (± 4 分)
儲存與計算功能	無	無	無	1,000 筆	10,000 筆以上
求 心 方 式	垂球	定心桿	定心桿	光學與垂球	光學與雷射
鏈 結 定 位 定 向 系 統	不可	不可	不可	可	可
整 置 時 間	3 分 30 秒	3 分鐘	3 分鐘	2 分 30 秒	2 分鐘
備 考	凱恩紅外線測距經緯儀可搭配之測距儀，區分為 DM501 與 DM502 兩種類型，前者之顯示幕為「光電顯示」，測距時間約為 20 秒；後者為「液晶顯示」，測距時間約為 8 秒。				

資料來源：筆者繪製



圖十一 砲兵對數表與電算機示意圖

資料來源：筆者繪製



圖十二 捲尺與測針示意圖

資料來源：《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 8 月），頁 2-5。



圖十三 標桿（架）與水準器示意圖

資料來源：筆者繪製

二、裝備現況檢討

國軍於民國 84 年 6 月與民國 96 年 12 月，獲得之德國甲型全站儀與瑞士乙型全站儀，服役均逾 10 年，其電池老化問題日益嚴重，影響測地作業品質與效能。本研發案係以上揭裝備作為主要研究目標，並將現行窒礙問題歸納如次：

（一）電池老化，影響作業效能；（二）鎳鎘（氫）電池、降低蓄電能力；（三）未具弱電顯示功能，缺乏操作便利性；（四）現行全站儀間之電池無法通用。

基此，本研究將針對砲兵「全站儀」實施研改，設計兩者通用之高效能鋰電池（包含專用之鏈結纜線），除穩定供電外，同時兼顧其資料傳輸作業，以期達到延長工作時間及提升裝備使用效能之目標。

「高效能鋰電池」研發成果介紹

為克服原全站儀電池老化問題，筆者採運用範圍廣、壽命較長之「鋰電池」為主要研究目標。隨著科技日新月異，目前現貨市場發展出多款體積小、重量輕、精度高且相容性高之電池組件，可依據國軍全站儀之機械結構與作業能力需求，考量不破壞裝備結構且便於同步操作之便利性，達成提升整體測地作業效能之目標。本節主要區分電池發展與類型簡介、研發期程與規劃、各部名稱與功能介紹、裝備操作運用與綜合結論等部分。

一、電池發展與類型簡介⁵

（一）電池之定義：電池（Cell），一般狹義上的定義為「將自身儲存之化學能轉化成電能之裝置」；廣義的定義為將預先儲存的能量轉化為可供外用電能的裝置。

（二）電池發展：電池的歷史最早可追溯到兩千多年前的古伊拉克時代，考古學家於首都巴格達發現的素燒陶壺（亦稱巴格達電池），係一種使用「銅」與「鐵」等材料組成的電池，目前公認為早之電池證據。而現代真正作為化學電能的儲藏體，根據需求可釋放電能之裝置，最早係由義大利物理學家，亞歷山卓·伏打（Alessandro Volta）於西元 1800 年發明，當時稱為伏打電堆（Volta Pile），此為現代電池的原型。

（三）電池種類：依據電池的演進歷程，可區分為鎳鎘電池（NiCd）、鎳氫電池（NiMH）與鋰電池（Li-ion）等三大類，分述如后。

1. 鎳鎘電池（NiCd）：為最早期之電池技術之一，於 1899 年問世，其優點為可承受短時間之大量放電，且充電過程為「吸熱反應」，後者特性可快速充電亦不會對電池造成損壞。其缺點為「記憶效應」，換言之，長期於電池仍有殘餘電力時充電，該電池就會「記得」這個位置，爾後電力再使用到此位置，就會產

⁵ 參考 <http://chinese.engadget.com/2008/10/27/about-rechargeable-batteries/>

生與電力耗盡時相同之反應（即電壓瞬間降低），故鎳鎘電池充電前需要經過一段放電過程，將殘餘電力耗盡後，再行充電，藉此降低記憶效應。

2.鎳氫電池（NiMH）：與鎳鎘電池之技術概同，主要差異為將電池陽極材料由「鎘」替換為「氫化物」，餘與鎳鎘電池概同，優點為蓄電量更高，「記憶效應」也較不顯著；缺點為有極高的「自放電率」。換言之，充滿電之鎳氫電池，如一個月未使用，電力衰減率約為 30%，即便如此，目前市售三號（AA）和四號（AAA）規格電池的應用中，仍此類型電池為主流。

3.鋰電池（Li-ion）：鋰電池具蓄電量高、體積小、重量輕、無記憶效應、高電壓與自放電率低等優點，因此廣為目前市售 3C 產品所採用，缺點為穩定性較低（曾發生數起鋰電池自爆案例），故鋰電池之設計須額外增入許多保護措施（如滿電、過熱監控機制、自動斷電或涓流充電系統等），故與其他類型電池相較，鋰電池擁有較高的研製成本。另不管有無使用，鋰電池之最大蓄電量易隨電池材料之氧化而逐漸降低。以一般常溫（20℃）而言，其蓄電力每年降低約 20%（且隨著環境溫度愈高、電量愈趨近飽和，降低率愈顯著），故散熱較差之設備，如長時間處於 60℃ 以上的高溫，於 3 個月內其蓄電力可能衰減約 40%。

（四）各式電池差異比較：茲將上揭電池之差異比較、特性與限制彙整如表二。

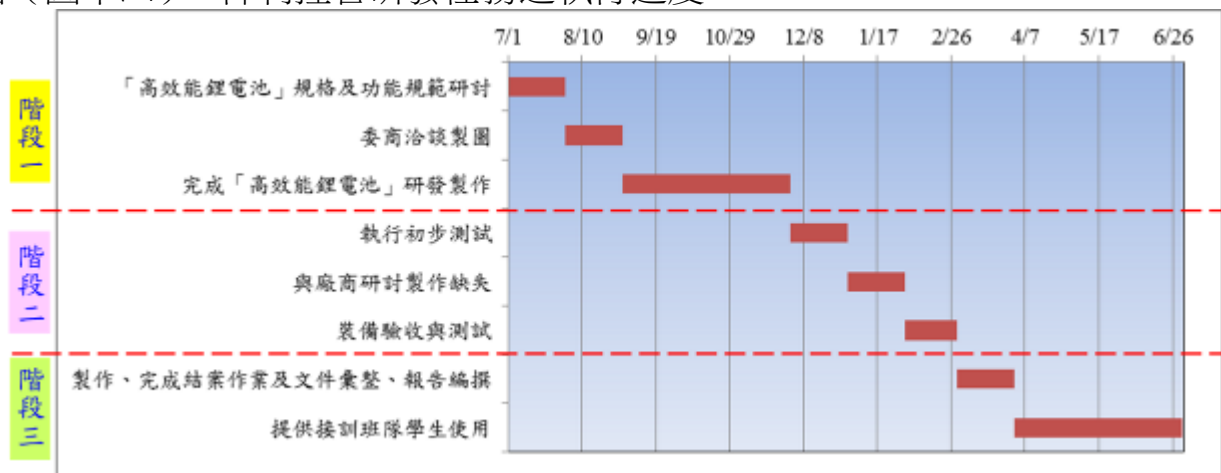
表二 各式電池差異比較表

各式電池		差異比較表	
區分項目	鎳鎘電池（NiCd）	鎳氫電池（NiMH）	鋰電池（Li-ion）
特性	可承受短時間之大量放電，且充電過程為「吸熱反應」，後者特性可快速充電亦不會對電池造成損壞。	1.市售三號（AA）和四號（AAA）電池仍以此類型電池為主流。 2.蓄電量更高，「記憶效應」也較不顯著。	蓄電量高、體積小、重量輕、無記憶效應、高電壓與自放電率低。
限制	須先放電再充電，故充電時間相對較長。	有極高的「自放電率」。	1.穩定性須監控。 2.成本高昂。 3.最大蓄電量易隨電池材料之氧化而逐漸降低。

資料來源：筆者繪製

二、研發期程與規劃

本案研製期程為 1 年，首先依據現有資源、人力及考量任務執行期間，擬定三階段之作業流程與各階段時間管制節點。區分第一階段，以「高效能鋰電池」規格、功能規範研討與訪商洽談製圖為主，期使研發品項能發揮預期效益。其次，於第二階段，個別訂定成品初步測試、製作缺失研討與裝備驗收測試等項目為階段目標。最後，為使後續之成果推廣有利，於第三階段中將「高效能鋰電池」廣泛提供砲訓部受訓班隊學員生，於相關課程中操作使用，從中獲得具體之操作建議與改進意見回饋。綜上，依全案三階擬定之作業內容繪製甘特圖（圖十四），⁶俾利控管研發任務之執行進度。



圖十四 甘特圖

資料來源：筆者繪製

三、各部名稱與功能介紹

本案之研發成果「高效能鋰電池」，係由電池本體（含安裝支架）、介接電池與纜線、纜線組、快速充電器與攜行箱等五大部分組成（圖十五至圖廿五），分述如后。

（一）電池本體（含安裝支架）：電池本體（含安裝支架）各部名稱與功能說明如圖十五~圖十七，表三。

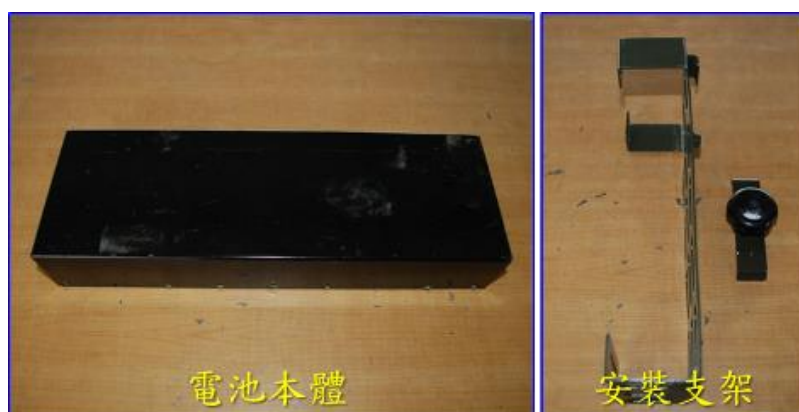
（二）介接電池與纜線介接電池與纜線各部名稱與功能說明如圖十八至圖二十，表四至表五。

（三）纜線組：纜線組各部名稱與功能說明如圖廿一、圖廿二，表六。

（四）快速充電器：快速充電器各部名稱與功能說明如圖廿三、圖廿四，表七。

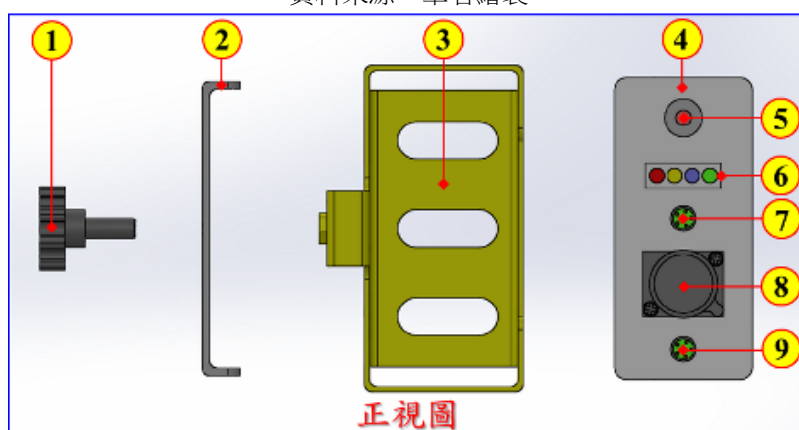
⁶甘特圖(英語：Gantt chart)是橫條圖的一種流行類型，也稱為條狀圖(Bar Chart)，係由亨利.甘特於 1910 年開發，其內在思想簡單，基本為一線條圖，橫軸表示時間，縱軸表示活動(項目)，線條表示在整個期間上計劃和實際活動完成情況。其直觀地表明任務計劃於何時進行，及實際進展與計劃要求之對比。資料來源：<https://zh.wikipedia.org/wiki/>。

（五）攜行箱：符合 IP65 等級之強固式攜行箱，長距離運動或長時間不使用時，作為裝運器材之用途。內含塑膠護墊與防震泡棉，電池本體放入後具避震作用，置於攜行箱內之物品，可承受之墜落高度約為 76 公分（圖廿四）。



圖十五 電池本體（含安裝支架）示意圖（一）

資料來源：筆者繪製



圖十六 電池本體（含安裝支架）示意圖（二）

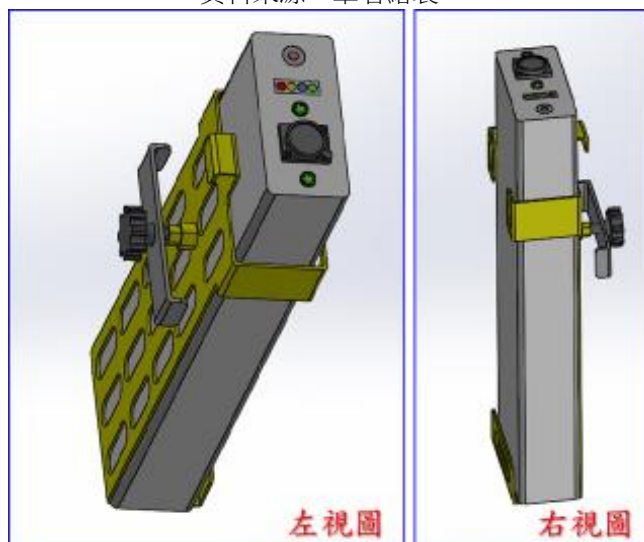
資料來源：筆者繪製

表三 電池本體（含安裝支架）各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	固定轉螺	與腳架結合扣結合，可將安裝支架結合於全站儀腳架上方
2	腳架結合扣	與固定轉螺結合後，可將安裝支架結合於全站儀腳架上方
3	安裝支架	搭配固定轉螺與腳架結合扣後，可將鋰電池本體與全站儀腳架實施緊密結合
4	鋰電池面板	高效能鋰電池之控制面板
5	電力測試鈕	長按此鍵可實施鋰電池之電力測試
6	電力指示燈	區分綠藍黃紅等四種顏色指示燈，滿電時為四燈全亮；75%時為藍、黃、紅燈；50%時為黃、紅燈；低於 25%時則為紅燈，此時應立即實施電力補充。
7	電源輸出接口 1	為鋰電池之電源輸出接口 1

8	充電接口	可連結快速充電器實施電力補充，充電時間約為 8 小時
9	電源輸出接口 2	為鋰電池之電源輸出接口 2

資料來源：筆者繪製。



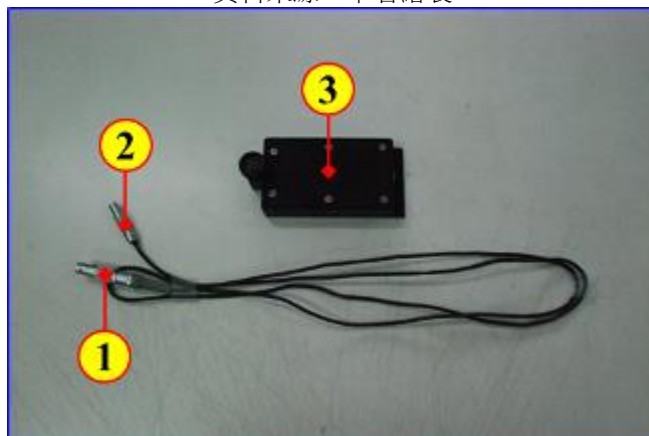
圖十七 電池本體（含安裝支架）示意圖（三）

資料來源：筆者繪製



圖十八 介接電池與纜線示意圖（一）

資料來源：筆者繪製



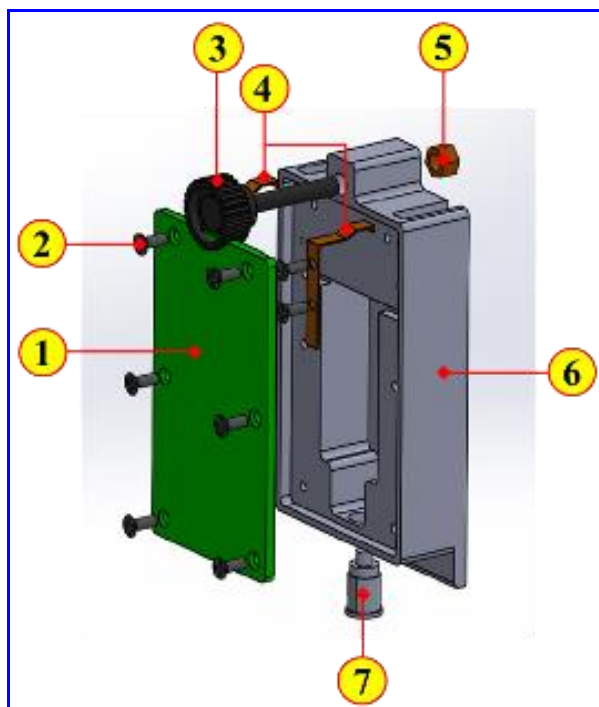
圖十九 介接電池與纜線示意圖（二）

資料來源：筆者繪製

表四 介接電池與纜線各部名稱與功能說明表（一）

項次	名稱	功能說明
1	鋰電池結合接頭	可與鋰電池之電源輸出接口 1（或 2）實施結合
2	介接電池結合接頭	可與介接電池實施結合
3	介接電池	係一減壓電池，可將鋰電池之輸出電壓調降至適用甲型全站儀

資料來源：筆者繪製



圖廿 介接電池與纜線示意圖（三）

資料來源：筆者繪製

表五 介接電池與纜線各部名稱與功能說明表（二）

項次	名稱	功能說明
1	後蓋板	可保護介接電池內部減壓元件，使其不因水氣、灰塵等外力而影響作用
2	後蓋板螺絲	可令後蓋板與介接電池實施緊密結合
3	結合螺	可將結合螺與甲型全站儀之電池座實施緊密結合
4	銅質接片	係一電力傳導媒介，另輸出電力得以穩定供應
5	結合螺母	固定結合螺，使其不易脫落
6	強化橡膠外殼	強化橡膠材質，可保護介接電池內部元件
7	RS-232 纜線接口	係 RS-232 傳輸介面接口，可與介接電池纜線實施結合

資料來源：筆者繪製



圖廿一 纜線組示意圖（一）

資料來源：筆者繪製



圖廿二 纜線組示意圖（二）

資料來源：筆者繪製

表六 纜線組各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	鋰電池結合接頭	可與鋰電池之電源輸出接口 1（或 2）實施結合
2	RS-232 輸出接頭	係一 RS-232 傳輸介面接口，可與乙型全站儀 RS-232 接口實施結合
3	RS-232（DB-9）連接埠（公）	係一資料傳輸埠，可結合至 SPAN-7 定位定向系統之控制顯示與電腦單元（CDU）-COM1 接口
4	RS-232（DB-9）連接埠（母）	與 RS-232（DB-9）連接埠（公）結合後，可連結至 ULISS-30 定位定向系統之 INU30-WO3 接口
5	軍用簡易型 RS-232 接頭（母）	係一資料傳輸埠，可結合至 ULISS-30 定位定向系統之 INU30-WO3 接口

資料來源：筆者繪製



圖廿三 快速充電器示意圖（一）

資料來源：筆者繪製



圖廿四 快速充電器示意圖（二）

資料來源：筆者繪製

表七 快速充電器各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	散熱風扇	快速充電器之散熱風扇，可適時降低充電器內部溫度
2	正 6V 電路保險絲	係一電路保護機制，可防止瞬間電壓過高而損壞內部組件。
3	工作指示燈	區分紅、綠等兩種燈號，充電中為紅燈恆亮（綠燈熄滅）；充電完成後為綠燈恆亮（紅燈熄滅）。
4	電源輸出纜線	與鋰電池之充電接口結合後，可實施電力補充。
5	工作開關	為快速充電器之電源開關，開關向左則關閉；向右則反之。
6	AC110/220V 轉換開關	AC110/220V 轉換開關，開關向下為適用 AC100V；向上則反之。
7	電源線接口	可結合電源線。

資料來源：筆者繪製



圖廿五 攜行箱示意圖

資料來源：筆者繪製

四、裝備操作說明

「高效能鋰電池」裝備操作區分為「安裝與啟動」及「結合砲兵定位定向系統」等兩部分，說明如后。

（一）安裝與啟動

「高效能鋰電池」之安裝與啟動，依使用裝備可區分為「甲型全站儀」與「乙型全站儀」等兩類，說明如后。

1.甲型全站儀

(1) 依野戰砲兵測地訓練教範第 02068 條「器材操作」，完成甲型全站儀之器材整置（圖廿六①②③④）。

(2) 結合鋰電池專用「安裝支架」並將後方結合螺實施緊定（圖廿七⑤）。

(3) 將鋰電池「由上而下」置入安裝支架中（圖廿七⑥）。

(4) 將介接電池結合於甲型全站儀之電池結合座（圖廿七⑦），採順時針方向旋緊固定螺（圖廿七⑧）。

(5) 由下而上將纜線與介接電池完成結合（圖廿八⑨）。

(6) 由上而下將纜線另一端與鋰電池之電源輸出端實施結合（圖廿八⑩）。

(7) 開啟甲型全站儀之「電源開關」（圖廿八⑪）。

(8) 完成全站儀、鋰電池之整置與安裝（圖廿八⑫）。

2.乙型全站儀

(1) 依野戰砲兵測地訓練教範第02052條「器材整置及撤收」，完成乙型全站儀器材整置（圖廿九①②③④）。

(2) 結合鋰電池專用「安裝支架」並將後方結合螺實施緊定（圖三十⑤）。

(3) 將鋰電池「由上而下」置入安裝支架中（圖三十⑥）。

(4) 將纜線結合至乙型全站儀之 RS-232 纜線接口（圖三十⑦）。

(5) 由上而下將纜線另一端與鋰電池之電源輸出端實施結合（圖三十⑧）。

(6) 開啟乙型全站儀之「電源開關」（圖卅一⑨）。

(7) 完成全站儀、鋰電池之整置與安裝（圖卅一⑩）。

(二) 結合砲兵定位定向系統（以乙型全站儀為例）

砲兵定位定向系統區分 ULISS-30 與 SPAN-7 等兩種型式，均得搭配全站儀結合長效鋰電池，同時實施電源供應與數據資料傳輸作業，其操作要領如后。

1.ULISS-30 定位定向系統

(1) 依據陸軍砲兵 ULISS-30 定位定向系統操作手冊，第三章「機械訓練」，第二節「系統安裝」，完成 ULISS-30 定位定向系統安裝（圖卅二①）。

(2) 將纜線結合至乙型全站儀之 RS-232 纜線接口（圖卅二②）。

(3) 將乙型全站儀由上而下，結合至 ULISS-30 全站儀結合座（圖卅二③）。

(4) 將纜線一端與鋰電池之電源輸出端實施結合（圖卅二④）。

(5) 將纜線之 TB9 接頭與訊號轉接頭實施結合（圖卅三⑤）。

(6) 將訊號轉接頭結合於 ULISS-30 之 P4 接口（圖卅三⑥⑦）。

(7) 將鋰電池放置於適當位置後，即完成安裝（圖卅三⑧）。

2.SPAN-7 定位定向系統

- (1) 依據陸軍砲兵 SPAN-7 定位定向系統操作手冊，第三章「系統安裝與拆卸」，第二節「系統安裝」，完成 SPAN-7 定位定向系統安裝（圖卅四①）。
- (2) 將纜線結合至乙型全站儀之 RS-232 纜線接口（圖卅四②）。
- (3) 將乙型全站儀由上而下，結合至 SPAN-7 之全站儀結合座（圖卅四③）。
- (4) 將纜線之訊號輸出端（TB9 接頭）與 SPAN-7「控制顯示與電腦單元」（CDU）之 COM1 實施結合（圖卅四④）。
- (5) 將纜線一端與鋰電池之電源輸出端實施結合（圖卅五⑤⑥）。
- (6) 將鋰電池置於 PAU 與 BCU 間之間隙（或適當位置，圖卅五⑦），即完成鋰電池之安裝（圖卅五⑧）。



圖廿六 操作流程圖（一）

資料來源：筆者繪製



圖廿七 操作流程圖（二）

資料來源：筆者繪製



圖廿八 操作流程圖（三）

資料來源：筆者繪製



圖廿九 操作流程圖（一）

資料來源：筆者繪製



圖三十 操作流程圖（二）

資料來源：筆者繪製



圖卅一 操作流程圖（三）

資料來源：筆者繪製



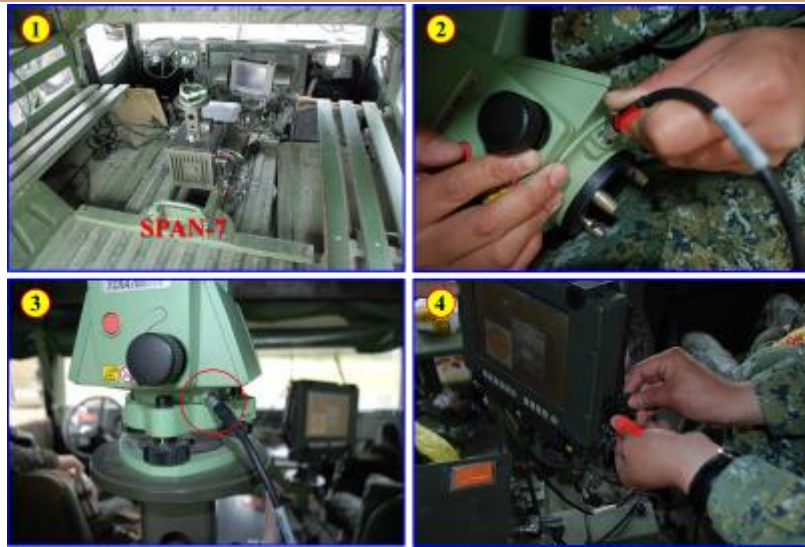
圖卅二 操作流程圖（一）

資料來源：筆者繪製



圖卅三 操作流程圖（二）

資料來源：筆者繪製



圖卅四 操作流程圖（三）

資料來源：筆者繪製



圖卅五 操作流程圖（四）

資料來源：筆者繪製

五、綜合結論

本研發案係針對國軍現役全站儀設計其專用之高效能鋰電池（包含專用之鏈結纜線），茲將其性能、諸元與特點，歸納說明如后（性能諸元如表八）。

（一）提升工作時間：超長待機時間，可連續工作 24 小時（含）以上。

（二）具弱電顯示功能：電池本身具弱電顯示功能，便於電力檢測與操作。

（三）採用鋰電設計、減少記憶效應：本案開發之高效能電池，係採用鋰電設計，有效克服原鎳鎘（氫）電池易產生記憶效應之缺點。

（四）裝備通用性：採用兩種類型之電壓輸出，區分為 8 伏特（V）~12 伏特（V）與 11.5 伏特（V）~14 伏特（V），前者適用於甲型全站儀，後者適用於乙型全站儀。大幅提升本案裝備之實用性與通用性。

（五）不破壞裝備本體：本研發案採拆卸式設計，故可於不破壞裝備之前

提下，執行安裝與穩定供電。

隨科技發展日新月異，「電池技術」於軍事用途上之運用日趨廣泛，舉凡全站儀、定位定向系統、多功能雷觀機等均涉及其相關領域之應用。基此，「知識永遠有助於我們戰備整備的遂行，了解敵人在何處及如何遂行攻擊，或決定在何處接戰，以獲致最佳戰果」。⁷國軍全體幹部須具備前瞻的思維與廣泛的科技知識，瞭解相關科技之作用原理及特性，充分發揮裝備效能，確保部隊運用效益。

表八 「高效能鋰電池」性能諸元表

高 效 能 鋰 電 池 性 能 諸 元 表	
研 發 裝 備 名 稱	高效能鋰電池
研 發 裝 備 組 成	一、電池本體（含安裝支架）；二、介接電池與纜線；三、纜線組；四、快速充電器；五、攜行箱
電 池 種 類	鋰電池
充 放 電 次 數	1,000次以上
連 續 工 作 時 間	12小時（含）以上
重 量	全重<3公斤
工 作 溫 度	-30℃至+50℃
平均故障時隔（MTBF）	2,000小時以上
輸 出 電 壓	一、甲型全站儀：8伏特（V）~12伏特（V） 二、乙型全站儀：11.5伏特（V）~14伏特（V）
防 撞 擊 能 力	放置攜行箱內，可承受76公分高度墜落

資料來源：筆者繪製

研發效益分析

本節採「實驗分析法」，區分「研發經費分析」、「安裝及整置時間」、「連續操作時間」與「綜合分析」等四部分，初期分析本案「高效能鋰電池」之裝備性能與籌購成本；其次以「安裝及整置時間」進行性能測試，並將實驗數據彙整作為量化分析；接續，實施「連續操作時間」測試與評估；最後，提出「綜合分析」，以驗證本計畫運用於實際作戰之可行性與效益。

一、研發經費分析

本案研發總經費為 10 萬 5 仟元，其中包含砲兵全站儀「高效能鋰電池」1 套成品研製，合計所需費用為 8 萬元，研發作業所需之雜項行政支出為 2 萬 5 仟元（經費分析如表九）。

本研究師法先進國家「砲兵自動化」，依據當前實戰經驗豐富國家測量器材之發展、運用趨勢與國軍實際需求，適切規劃，創新於砲兵測量人員現有之泉

7 馬丁·李比奇原著，張天虹譯，《掌握明日戰爭》（臺北：國防部史政編譯室，民國 90 年 2 月），頁 33。

站儀加裝「高效能鋰電池」，以延長裝備壽期。依砲兵部隊全站儀概略需求估算，如全面推廣本案每套為新臺幣 5 萬元；又全站儀每套購價約新臺幣 60 萬元，本案推廣費用僅占每套全站儀購置費用之 0.083%，故就提升裝備效能與節省公帑而言，本研究實為現階段之「最佳方案」。

表九 「高效能鋰電池」研發經費分析表

「 高 效 能 鋰 電 池 」 研 發 經 費 分 析 表		
項 次	研 發 經 費 明 細	合 計
1	高效能鋰電池內部組件設計研發費	3 萬元
2	外部機械結構設計與製圖（含加工）	3 萬元
3	安裝支架與纜線組（含加工）	1 萬 5 仟元
4	強固式攜行箱	5 仟元
5	物品費（文具、紙張、油墨等費用）	5 仟元
6	一般事務費（照片自攝沖洗等雜支費用）	5 仟元
7	差旅費	1 萬 5 仟元
總 計		10 萬 5 仟元

資料來源：筆者繪製。

二、安裝及整置時間

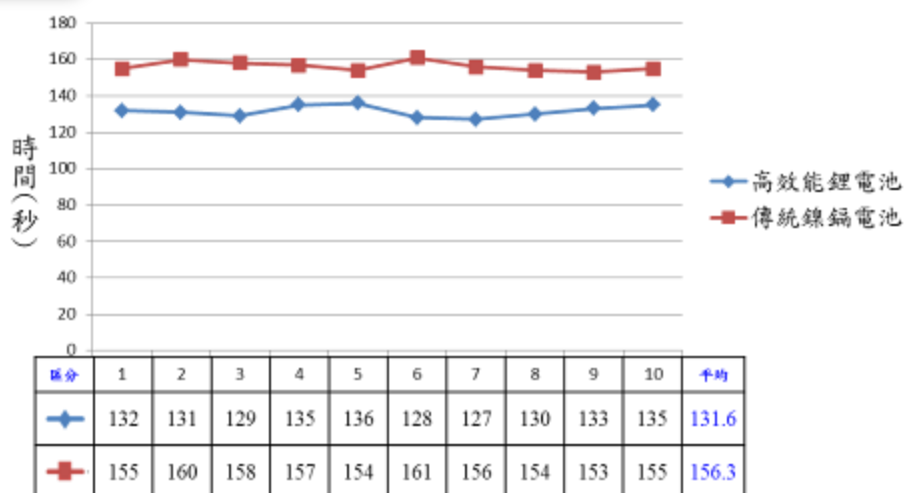
（一）德國甲型全站儀

1.實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 員，實施「瑞士乙型全站儀」器材整置，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳鎘電池」，驗證器材安裝及整置時間差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表十。

針對實驗對象，驗證其器材整置與操作時間之差異變化，並將實驗數據彙整如圖三六。由圖卅六發現，10 位研究對象於相同的實驗狀況下，使用「高效能鋰電池」實施器材安裝及整置，平均所需時間為 132 秒，然使用「鎳鎘電池」則平均所需時間為 157 秒。前者較後者之作業時間縮減約 16%。

表十 實驗設計（一）

實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 10 位同學，實施「德國甲型全站儀」器材安裝及整置，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳鎘電池」，並分析結果。
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同類型電池，其器材安裝及整置時間之差異變化。



圖卅六 量化分析（一）

資料來源：筆者繪製

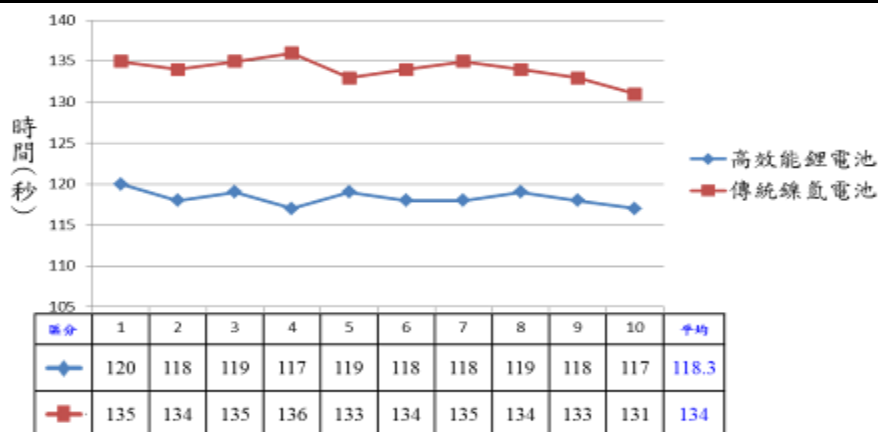
（二）瑞士乙型全站儀

1.實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 員，實施「瑞士乙型全站儀」器材整置，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳氫電池」，驗證器材安裝及整置時間差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表十一。

2.實驗結果分析：針對實驗對象，驗證其器材整置與操作時間之差異變化，並將實驗數據彙整如圖卅七。由圖卅七發現，10 位研究對象於相同的實驗狀況下，使用「高效能鋰電池」實施器材安裝及整置，平均所需時間為 119 秒，然使用「鎳氫電池」則平均所需時間為 134 秒。前者較後者之作業時間縮減約 11%。

表十一 實驗設計（二）

實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員									
實 驗 場 地	本部測地教練場									
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 10 位同學，實施「瑞士乙型全站儀」器材安裝及整置，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳氫電池」，並分析結果。									
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同類型電池，其器材安裝及整置時間之差異變化。									



圖三七 量化分析（二）

資料來源：筆者繪製

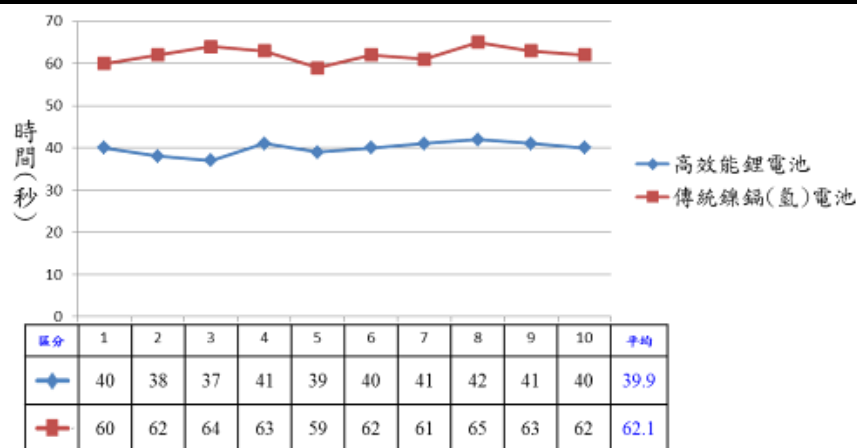
（三）搭配砲兵定位定向系統之操作效能（使用瑞士乙型全站儀）

1.實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 員，實施砲兵定位定向系統與「瑞士乙型全站儀」鏈結作業，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳鎘（氫）電池」，驗證其器材安裝及整置時間差異變化，實驗場地為陸軍砲訓部測地教練場，實驗設計內容如表十二。

2.實驗結果分析：針對實驗對象，驗證其器材整置與操作時間之差異變化，並將實驗數據彙整如圖卅八。由圖卅八發現，10 位研究對象於相同的實驗狀況下，使用「高效能鋰電池」實施器材整置與操作，平均所需時間為 40 秒，然使用「鎳鎘（氫）電池」則平均所需時間為 62 秒。前者較後者之作業時間縮減約 35%。

表十二 實驗設計（三）

實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 10 位同學，實施砲兵定位定向系統與「瑞士乙型全站儀」鏈結作業，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳鎘（氫）電池」，並分析其結果。
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同類型電池，其器材安裝及整置時間之差異變化



圖卅八 量化分析（三）

資料來源：筆者繪製

三、連續操作時間（使用瑞士乙型全站儀）

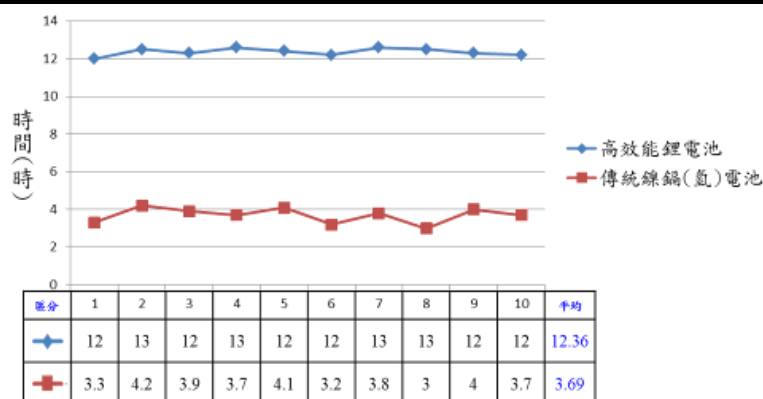
1.實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 員，實施「瑞士乙型全站儀」連續操作測試，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳鎘（氫）電池」，驗證其連續操作時間差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表十三。

2.實驗結果分析：針對實驗對象，驗證其器材整置與操作時間之差異變化，並將實驗數據彙整如圖卅九。由圖卅九發現，10 位研究對象於相同的實驗狀況下，使用「高效能鋰電池」實施器材連續操作，平均時間為 12 小時，然使用「鎳鎘（氫）電池」則平均時間為 4 小時。前者較後者之連續操作時間提升約 67%。分析使用「傳統鎳鎘（氫）電池」之折線圖（如圖卅九，紅線所示），其折線起伏落差較顯著，表示「傳統鎳鎘（氫）電池」因使

用超過壽限，較容易發生電壓不穩定情事；反觀「高效能鋰電池」之折線則呈現相對平穩狀態(如圖卅九，藍線所示)，表其無論於連續操作時間或穩定性均優於「傳統鎳氫電池」。

表十三 實驗設計(四)

實驗班隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實驗場地	本部測地教練場
實驗內容	採隨機抽樣方式選取10位同學，實施「瑞士乙型全站儀」連續操作測試，分別使用本案「高效能鋰電池」與「傳統鎳氫電池」，並分析其結果
實驗目的	驗證使用2種不同類型電池，其連續操作時間之差異變化



圖卅九 量化分析(四)

資料來源：筆者繪製

四、綜合分析

評估高效能鋰電池與傳統鎳氫（鎘）電池之效能，並藉由實驗數據針對運用「高效能鋰電池」之器材整置與連續操作時間分析比較後，再次印證「高效能鋰電池」無論於安裝整置（連續操作）時間與穩定性等方面，均較傳統「鎳氫（鎘）電池」優異，符合現代化戰爭之時效與作戰需求（效益分析如表十四）。

表十四 「高效能鋰電池」與傳統「鎳氫（鎘）電池」效益分析表

區分	高效能鋰電池	鎳氫（鎘）電池	效益分析
通用性	可同時適用國軍現役德國甲型與瑞士乙型全站儀	僅適用單一形式之定位定向系統	本案裝備具較佳之通用性
弱電顯示	具備	無具備	本案裝備較符合作戰需求
安裝及器材整置平均時間	1. 德國甲型全站儀：132秒 2. 瑞士乙型全站儀：119秒 3. 搭配定位定向系統：40分鐘	1. 德國甲型全站儀：157秒 2. 瑞士乙型全站儀：134秒 3. 搭配定位定向系統：62分鐘	本案裝備較佳

連續操作 平均時間	12 小時以上	約 3~4 小時	本案裝備較佳
操作便利與 作業穩定性	較佳	因傳統電池均超過 使用壽期，故呈現 供電不穩定狀態。	本案裝備具較佳之 穩定性
安 全 性	較佳	因傳統電池均超過 使用壽期，故較容 易產生安全疑慮。	本案裝備較佳

資料來源：筆者繪製

結論與建議

國防法第二十二條即揭示「結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先，向外採購時，落實技術移轉，達成獨立自主之國防建設」。⁸近年來國軍為響應政府政策，積極鼓勵所屬單位參與各式軍品研發產製，不僅建立「軍轉民、民通軍」之雙向機制及運作平臺，更可發展創新之軍、民通用科技，進而達成國防自主、潛艦、國機國造等終極目標。

為貫徹此一目標，國軍應率先於武器裝備「研究發展」上，透過創新的思維及方法，同步革新作業（研製）程序、步驟、要領，方能不斷精進並厚植單位「研究發展」能量，充份支援作戰；而國防部「業務研究發展評比」即提供了兵監各教學及行政單位一個良好的發揮平臺，希冀透過個人研發經驗分享，藉拋磚引玉方式提升單位研發（究）風氣，如此不但人人能發掘單位問題，亦可由研發（究）過程中腦力激盪，進而解決問題致獲得工作之成就感，以達節約公帑及提升裝備操作效益之目標，一舉數得。⁹

砲兵「全測儀」因具備提供砲兵精確測地諸元，與目標獲得裝備定位定向精確諸元之強大功能，故可遂行砲兵測地與射向賦予作業，在長達十餘年的服役中，對國軍戰力之貢獻，實有目共睹。惟在新裝備未獲得之前，為確保過渡階段執行訓練、戰備與測考任務之能力，砲兵部隊除落實各級保養、維護與操作要領外，理應透過各式研發作為，採性能提升方式有效發揮「全站儀」之作業效能，進而確保砲兵整體戰力，故本研發案「高效能鋰電池」為立意良好。

「高效能鋰電池」經研發驗證，具有小投資、大效益之優點，其具備穩定、且全天候供電能力，俾利砲兵部隊遂行各級測地任務，有效提升整體作業之速度與精度。綜上，最後提出五點建議事項。

一、保留後續研改及擴充介面：因應新一代全站儀即將獲得，本研發案已

⁸ 國防部，《國防法》（臺北：國防部，民國 101 年 06 月 06 日修正），第 22 條。

⁹ 陳銘勝，〈軍品研發：戰車最終傳動器傳動軸組合工具-萬向節接合器〉《裝甲兵季刊》（新竹），第 233 期，民國 103 年 09 月），頁 16。

預先保留後續研改及擴充介面，未來仍可針對新式裝備之供電需求，實施研改與精進，致力提升「高效能鋰電池」之適用性與通用性。

二、模組化、輕量化：「模組化、輕量化」為現代化軍事裝備之發展趨勢與終極目標，未來將針高效能鋰電池」，不斷持續研改與精進，期使裝備符合後勤檢修及裝設需求，致力提升整體研發效益。

三、積極爭取納入軍品推廣：未來將積極爭取本案納入國軍軍品推廣之品項，進而配發至全軍砲兵部隊使用，期能精進野戰砲兵測地之效能，提升作業之速度與精度，達成「節約時間、提升效益、減少危安」之目標。

四、完善後勤補保機制：後續本研究將持續針對該裝備之保養要領、操作與維護方法等後勤規劃，及未來人員專業訓練與操作程序之預劃準備等，納入全般考量，以期延長軍品壽期及符合整體實務之需求與效益。

五、將「測距經緯儀」正名為「全站儀」：「全站儀」又稱為全能測量儀，係整合「電子經緯儀」、「電子測距儀」、「電子計算機」及「電子記錄器」成一體之儀器，同時測量測點連線之水平角、垂直角、傾斜距離，計算水平距離、高差、測點坐標與高程，並能自動顯示讀數，儲存數據，直接輸入功能較大之電子計算機，利用周邊設備，建置圖檔資料，輸出成果。依上揭定義，國軍甲、乙型等兩類裝備都應屬「全站儀」之範疇，惟現行相關準則仍定義其為「測距經緯儀」，似略顯狹隘，此名稱是否適切，實有研討精進之空間。「測量學」乃屬軍、民間通用之技術，故建議後續國軍相關測量裝備專有名詞亦應重行檢視，以達軍、民接軌、技術交流、與時俱進之目標。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）（下冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 8 月）。
- 二、焦人希，《平面測量學之理論與實務（五版）》（臺北：文笙書局，民國 84 年 03 月）。
- 三、施永富，《測量學》（臺北：三民書局，民國 97 年 06 月）。
- 四、耿國慶，〈砲兵測量用紅外線測距經緯儀性能需求研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 74 期，陸軍砲訓部，民國 83 年 10 月。
- 五、耿國慶，〈DM-501、502 測距儀測距精度檢定與校正之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 76 期，陸軍砲訓部，民國 84 年 02 月。
- 六、耿國慶，〈對共軍「七五式地砲微波測距儀」之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 85 期，陸軍砲訓部，民國 85 年 08 月。
- 七、王正亞，〈測量器材之保養與維護〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 88 期，陸軍

砲訓部，民國 86 年 02 月)。

- 八、林文章，〈蔡司 Rec-Elta-13 測距經緯儀操作與運用〉《砲兵雙月刊》(臺南)，第 92 期，陸軍砲訓部，民國 86 年 10 月。
- 九、徐坤松，〈砲兵測地作業新利器－瑞士徠卡 TPS-700 系列電子式全測站儀〉《砲兵季刊》(臺南)，第 142 期，陸軍砲訓部，民國 97 年 08 月。
- 十、陳天祐，〈運用測距經緯儀精進砲兵測地作業之具體作為〉《砲兵季刊》(臺南)，第 143 期，陸軍砲訓部，民國 97 年 10 月。
- 十一、《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 87 年 12 月)。
- 十二、黃國興，《慣性導航系統原理與應用》(臺北：全華科技圖書股份有限公司，民國 84 年 8 月)。
- 十三、《陸軍 SPAN-7 砲兵定位定向系統(第一版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 102 年 9 月)。
- 十四、《陸軍徠卡 TPS-700 系列(TCRA705 型)測距經緯儀操作手冊(第一版)》(桃園：國防部陸軍司令部，98 年 10 月 12 日)。
- 十五、陳見明，〈精進 ULISS-30 定位定向系統運用於砲兵測地作業之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 157 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 06 月。
- 十六、黃盈智，〈陸軍砲兵測地電算機(程式)之發展與進程〉《砲兵季刊》(臺南)，第 182 期，陸軍砲訓部，民國 107 年 09 月。
- 十七、耿國慶，〈跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研究－以美軍為例〉《砲兵季刊》(臺南)，第 183 期，陸軍砲訓部，民國 107 年 11 月)。
- 十八、國家教育研究院「雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網」(民國 92 年 10 月)，網址 <http://terms.naer.edu.tw>。

作者簡介

黃盈智士官長，領導士官班 87 年第 12 期、陸軍專科學校士官長正規班 24 期畢業，崑山科技大學企業管理研究所碩士、高苑科技大學土木工程研究所碩士，乙級工程測量、乙級地籍測量、丙級測量證照；歷任班長、作戰士、測量組長、連士官督導長，現任職陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。