

SPAN-7 砲兵定位定向系統介紹

壹、作者

黃盈智 士官長

貳、單位

陸軍飛彈砲兵學校目標組

參、審查委員（依初、複審順序排列）

張自治上校

何康濂上校

鄭錦松中校

陳鍵誼中校

肆、審查紀錄

收件：101 年 07 月 06 日

初審：101 年 07 月 12 日

複審：101 年 07 月 13 日

綜審：101 年 07 月 17 日

伍、內容簡介

「定位定向系統」係指具備迅速且精確獲得目標位置（方位）之特殊器材或裝備。國軍即將獲得之 SPAN-7 型定位定向系統，是專為野戰砲兵設計的 INS/GPS 整合式陸用導航系統，可行高精度的定位與定向，系統組成可區分為主定位定向系統單元、控制顯示器與電腦單元、電池及充電器單元、車輛移動感應器單元、雙頻天線模組、雷射標示器單元、系統安裝組、纜線組、附件等九大部分。筆者概述 SPAN-7 定位定向系統之組成，供砲兵同仁瞭解裝備特性，期能結合「傳統測地」作業，發揮「長短相輔、密切配合」之精神，提升砲兵測地整體效能。

SPAN-7 砲兵定位定向系統介紹

作者：黃盈智 士官長

提要

- 一、定位定向科技之問世已有數世紀的時間，長久以來廣泛運用於各階層之軍事用途；所謂「定位定向系統」，係指具備迅速且精確獲得目標位置（方位）之特殊器材或裝備。
- 二、本文之研究目的，係藉由自身操作 ULISS-30 與實際參與 SPAN-7 測評之經驗，介紹該系統之組成與特性，並分析其與現行 ULISS-30 定位定向系統之差異，盼先進們不吝提供建言，以作為後續研究之依據。
- 三、SPAN-7 係一專為野戰砲兵設計的 INS/GPS 整合式陸用導航系統，可行高精度的定位與定向，該系統採模組化之單元組合，適用於各式軍用車輛，如 M-151、M-998 HMMWV，堅固之結構設計符合 MIL-STD-810、MIL-STD-461 及 MIL-STD-1474 等各種嚴峻之環境測試標準。
- 四、SPAN-7 之系統組成可區分為主定位定向系統單元、控制顯示器與電腦單元、電池及充電器單元、車輛移動感應器單元、雙頻天線模組、雷射標示器單元、系統安裝組、纜線組、附件等九大部分。
- 五、未來國軍砲兵即將獲得 SPAN-7 定位定向系統，朝「砲兵測地自動化」之目標，又邁進一大步。惟高科技之精密裝備，仍須端賴「人」的知能與嚴格的教育訓練來操控與運用，我砲兵幹部須具備前瞻的思維與廣泛的科技知識，方能順利完成各項接裝前的準備與訓練。
- 六、本文概述 SPAN-7 定位定向系統之組成與特性，並分析其與現行 ULISS-30 定位定向系統之差異，僅為一個開端。未來陸續還須完成裝備撥交、換裝測試（含訓練）、操作手冊、教案、教材編纂以及教範編修等任務，繼而將 SPAN-7 納入本校測地專業課程施教，期能結合「傳統測地」予以適切編組，發揮「長短相輔、密切配合」之作業精神，為砲兵測地任務達成與整體戰力提升，增添助益。

關鍵詞：SPAN-7、ULISS-30、慣性導航系統、全球定位系統

壹、前言

定位定向科技之問世已有數世紀的時間，長久以來廣泛運用於各階層之軍事用途；所謂「定位定向系統」，係指具備迅速且精確獲得目標位置（方位）之特殊器材或裝備。一般而言，欲達定位（定向）之目的可採慣性導航與衛星技術等兩種方式實施（圖一），惟上述二法皆有其特點與限制（表一）。我軍為肆應「砲兵測地自動化」之趨勢，早於民國 86 年，即引進法國謝敬公司所生產之 ULISS-30 慣性導航系統，因其具備完全自我包容，無須任何輔助裝備之協助，即可迅速提供載具位置（方位）之特性，¹徹底改變我砲兵測地之作業型態。

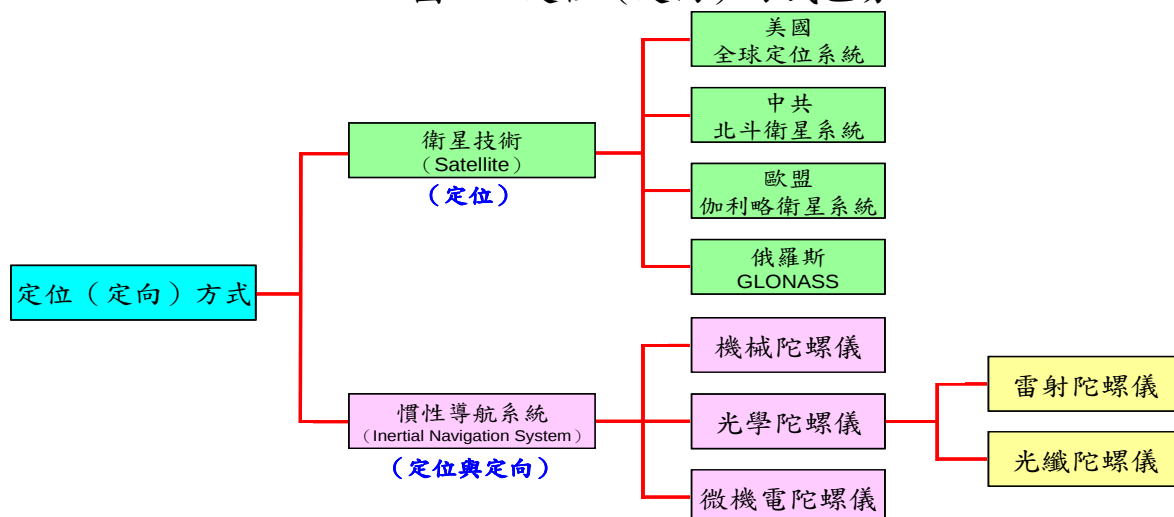
然 ULISS-30 使用迄今屆 20 年，加上先進國家定位定向技術發展，已由早期之單一系統邁入慣性導航與全球定位雙系統（Inertial Navigation System/Global Positioning System, INS/GPS）整合之趨勢，其主要原因係慣性導航系統具有高採樣頻率及短時間內高精度之特性，所以可以用來克服衛星定位所遭遇諸如訊號遮蔽、低採樣頻率、周波脫落、自主性差與易被干擾等缺點。相對的，慣性導航系統在獨自運作的模式下，其定位誤差約略與時間的多次方成正比。而整合式定位及導航系統能夠克服單一系統之缺點，提供更穩定的導航及定位成果。如美國的 TALIN、MAPS、IPADS、法國的 SIGMA-30、英國的 FIN 3110、德國的 iNAV-FMS-E-DA 等系統，無一不延用此設計概念以達「截長補短、相輔相成」之目標。

本軍為與時俱進，提升砲兵測地作業能量，於民國 96 年向台灣至鴻公司採購之 SPAN-7 INS/GPS 陸用定位定向系統（INS/GPS Land Position and Azimuth Determining System），以下簡稱 SPAN-7，²就是一針對野戰砲兵定位定向發展、採慣性導航與全球定位雙系統整合，可架構在移動式載具，提供快速及精確之位置、方位及高程之勘測系統。目前 SPAN-7 已完成最後測試階段，未來我軍砲兵即將獲得該項裝備，然運用雙系統之定位定向器材對大多數砲兵同仁而言，仍屬前所未有之體驗。本文之研究目的，係藉由自身操作 ULISS-30 與實際參與 SPAN-7 測評之經驗，介紹該系統之組成與特性，並分析其與現行 ULISS-30 定位定向系統之差異，盼先進們不吝提供建言，以作為後續研究之依據。

1 耿國慶，〈模組化定位定向系統（MAPS）運用於自走砲之研究〉《砲兵雙月刊》（台南），第 107 期，陸軍砲訓部，民國 89 年 4 月，頁 78。

2 SPAN 為 Synchronized Position Attitude/Azimuth Navigation System 之英文縮寫，意旨可同步偵測位置、姿態與方位之導航系統。

圖一 定位（定向）方式區分



資料來源：筆者整理

表一 衛星與慣性導航系統之分析比較

	衛星科技	慣性導航
特點	全天候，不受任何天氣的影響 全球覆蓋（高達 98%） 三維定點定速定時高精度 測站間無需通視 快速、省時、高效率 應用廣泛、多功能 可移動定位	高採樣頻率 可獨立完成作業 可移動定位 短時間內精度良好 多運用於軍事用途
限制	須仰賴衛星，自主性差 採樣頻率較低，易受干擾 易受物體遮蔽影響其精度	定位誤差與時間的多次方成正比 系統漂移誤差不易掌控 僅適用於南北緯 70° 間之地區

資料來源：筆者整理。

貳、SPAN-7 系統組成

SPAN-7 係一專為野戰砲兵設計的 INS/GPS 整合式陸用導航系統，可行高精度的定位與定向，該系統採模組化之單元組合，適用於各式軍用車輛，如 M-151、M-998 HMMWV，堅固之結構設計符合 MIL-STD-810、MIL-STD-461 及 MIL-STD-1474 等各種嚴峻之環境測試標準。³

SPAN-7 之系統組成可區分為主定位定向系統單元、控制顯示器與電腦單元、電池及充電器單元、車輛移動感應器單元、雙頻天線模組、雷射標示器單元、系統安裝組、纜線組、附件等九大部分。

³ MIL-STD-810、MIL-STD-461 及 MIL-STD-1474 均為現行軍用規格測試標準，810 為環境測試、461 為防輻（抗干擾、電磁相容、EMP）測試、1474 為噪音（管制）測試。

一、主定位定向系統單元 (PAU)

主定位定向系統單元 (Position Attitude/Azimuth Unit, PAU)，以下簡稱 PAU。PAU 為 SPAN-7 系統之核心單元 (圖二)，係由慣性導航模組、即時動態衛星定位模組、三軸加速器與水平感測模組、車輛移動感應轉換模組、導航處理器及電源處理模組等五大部分所構成，茲分述如下。

圖二 主定位定向系統單元



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》(台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月)。

(一) 慣性導航模組 (INS)

慣性導航模組 (Inertial Navigation System, INS) 係由三軸 (X, Y, Z) 光纖陀螺儀 (Fiber Optic Gyroscope, FOG) 所組成，模組之主要功能為真北方位角之確立與感測系統姿態的變化。由於陀螺儀本身具本質雜亂漂移誤差 (Random walk error)、非線性擾動誤差 (non linear dither error)、偏置誤差 (通常以每小時偏置 n 度： $^{\circ}/hr$ 表示)，此漂移量 (上述誤差之總和) 可藉由 RTK 之定位資訊給予校正。當衛星定位訊號不佳或誤差過大時，INS 需要依 4 分鐘 (或 10 分鐘) 之週期，進行「零速更新」以避免誤差積累而影響精度。

(二) 即時動態衛星定位模組 (RTK)

即時動態衛星定位模組 (Real Time Kinematic, RTK) 為一 24 波道，雙頻段 (L1/L2) 高精度之定位模組，其定位精度，水平部分為 1 公分，垂直部分為 2 公分，該模組係由雙接收器 (BASE 與 ROVER) 組成，更新速率可達每秒輸出 10 筆資訊，模組接收衛星訊號之良窳，採衛星幾何精度因子 (Geometric Dilution of Precision, GDOP) 與接收衛星數量 (Space Vehicles, SVs) 等兩組參數判定。在衛星狀態良好的前提下，RTK 模組產生之定位資訊，可即時校正 (修正) 慣性導航模組產出之運算結果，藉此消除慣性導航模組因作業時間累積而產生之系統漂移誤差。因此，系統毋須進行零速更新 (Zero Velocity Update, ZUPT) 亦

能確保定位定向之精度。

（三）三軸加速儀與水平感測模組（ELS）

三軸加速儀與水平感測模組（Electronic Level Sensor, ELS），主要係由三個伺服式加速器所組成，其作用為感測系統姿態於三軸上之變化，並運算載具之加速度與位移。接續再與慣性導航模組及車輛移動感應轉換模組相互搭配（完成互校），最後經導航處理器及電源處理模組精密運算後，達成定位定向之目的。

（四）車輛移動感應轉換模組（VMT）

車輛移動感應轉換模組（Vehicle Moving Transform, VMT）主要係將車速感測器單元（VMS）所偵測之行車速度、前進（後退）等訊號，進行電位轉換以提供給導航處理器及電源處理模組進行精密計算。

（五）導航處理器及電源處理模組（NPPM）

導航處理器及電源處理模組（Navigation Processor and Power Management, NPPM）係 SPAN-7 之中央處理單元，主要負責 PAU 內各模組之穩壓電源供給與電源偵測管理，同時收集單元內各模組之感測資訊進行積分計算與處理，模組內含一組 RS232 傳輸介面，可接收來自控制顯示器與電腦單元（CDU）之控制命令，同時將模組計算處理後的定位定向資料回傳 CDU 顯示。

二、控制顯示器與電腦單元（CDU）

控制顯示器與電腦單元（Controls and Display Unit, CDU），為系統之主要控制與顯示單元（圖三），其具備全中文化與顯示介面、圖形化操作之觸控面板，以及多階式明亮度調整，另內建自我檢測功能（Built-in Test, BIT），可執行系統測試及故障指示，便於操作者進行故障判斷及排除。電腦單元具有多種輸入/輸出(I/O)及擴充介面，可經由 CDU 所提供之各式介面連結全球定位系統(Global Positioning System, GPS)、無線電機（數據傳輸）、無線區域網路及砲兵戰（技）術射擊指揮儀等。

圖三 控制顯示器與電腦單元



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》（台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月）。

三、電池及充電器單元 (BCU)

電池及充電器單元 (Battery Charger Unit, BCU)，為系統之主要電源供應裝置 (圖四)，內置備用電池可提供離線時 (OFF LINE) 作業時間達 4 小時以上，並可與載具之直流電源或與交流電源連接實施充電及供電，其工作電源分為 DC18V 至 DC31V 之直流電與 AC110V 和 AC220V 之交流電，所有電源迴路 (即系統各單元間之電源迴路) 皆具備保護裝置 (如過電流、突波高壓、過熱與電源反接等保護裝置)。

圖四 電池及充電器單元



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》(台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月)。

四、車速感測器 (VMS)

車速感測器 (Vehicle Moving Sensor, VMS)，該裝置主要功能係為感測車輛行駛之速度與前進 (後退) 方向，在 RTK 訊號來源不佳時，VMS 提供之訊號將自動輸入 PAU 單元協助運算，確保系統定位定向之精度 (圖五)。

圖五 車速感測器



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》(台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月)。

五、雙頻天線模組 (DAU)

雙頻天線模組 (Dual-Band Antenna Unit, DAU)，主要功能為接收全球定位系統 (GPS) 之定位載波信號，內含高增益雙波段 (L1/L2) 天線，帶通濾波器、

低雜訊放大器 (LNA)、電羅經 (Digital Magnetic Compass, DMC) 等元件 (圖六), 經由雙頻天線模組接收之載波信號經 RF 同軸電纜連接到 RTK 定位模組進行衛星訊號處理。

圖六 雙頻天線模組



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》（台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月）。

六、雷射標示器單元 (LPU)

雷射標示器單元 (Laser Point Unit, LPU), 為制式之測站標定裝置 (圖七), 可安裝於駕駛座的車門下方, 其控制開關設置於 BCU 上之獨立電源開關, 可由操作手於車上控制, 於執行測地作業時開啟並發射紅色雷射光點, 提供駕駛執行路測標定作業。

圖七 雷射標示器單元



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》（台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月）。

七、系統安裝組 (VM)

系統安裝組 (Vehicle Mounting, VM) 係由下列元件所組成 (圖八):

(一) 控制顯示器座

固定於安裝基座之支架上, 用以承裝控制顯示器與電腦單元以便利操作者

操作。

(二) 安裝墊條

長、短各一，以螺絲固定於車輛上，用於承裝安裝基座用。

(三) 安裝基座

以螺絲固定於安裝墊條上，用於安裝主定位定向系統單元、電池及充電器單元及控制顯示器支架。

(四) 控制顯示器支架

以螺絲固定於安裝基座上，用於安裝控制顯示器座。

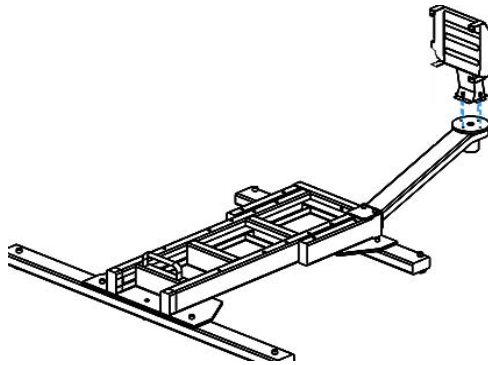
(五) 提把

用於抬取系統安裝組及保護纜線接頭用。

(六) 螺絲組

系統安裝時用於結合、固定各組件。

圖八 系統安裝組



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》（台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月）。

八、纜線組

纜線組為 SPAN-7 各系統組件間傳遞、接收訊號與資訊之媒介（圖九）。

(一) WO1 纜線

BCU 至 PAU 電源電纜組。

(二) WO2 纜線

PAU 至 CDU 控制電纜組。

(三) WO3 纜線

CDU 至測距經緯儀控制電纜。

(四) WO4 纜線

BCU 至車輛電路電源電纜（結合於悍馬車車長座下方）。

(五) WO5 纜線

DAU 至 PAU 訊號電纜組。

（六）WO6 纜線

BCU 至市電 110V 電源電纜。

圖九 纜線組



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》（台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月）。

九、附件

（一）微型方位轉換鏡（圖十）

微型方位轉換鏡係提供操作者實施系統方位轉換使用。

圖十 方位轉換鏡

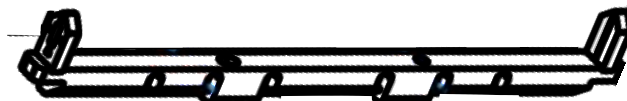


資料來源：筆者拍攝。

（二）補償準心尺（圖十一）

提供操作者進行系統放射（補償）作業之用。

圖十一 補償準心尺



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》（台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月）。

（三）配賦工具（圖十二）

為系統制式之配賦工具，提供操作者實施系統安裝與拆卸用途。

圖十二 配賦工具



資料來源：筆者拍攝。

(四) 各組件之攜行箱 (圖十三)

主要用途係保護系統之各部組件，便利操作者攜行與保存之用。

圖十三 組件攜行箱



資料來源：至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》(台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月)。

參、SPAN-7 系統諸元及特性

本節介紹SPAN-7系統諸元及特性，區分為基本諸元、測量成果精度、系統功能、特性與限制等五大部分。

一、基本諸元⁴

(一) 體積：長 30 公分、寬 25 公分、高 24 公分。

(二) 重量：12 公斤。

(三)「初始校準」時間：

<15 分鐘。

(四)「零速更新」執行週期 (無 GPS 輔助狀態)：

區分為 4 分鐘與 10 分鐘二種。

4 引自至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》(台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月)，頁 11。

（五）測站座標記憶數

可儲存大量測站資料（262144 筆），系統亦提供航線軌跡紀錄儲存功能。測量的成果（資料檔）及航跡記錄，可藉由系統內建之檔案轉換軟體直接轉換為 ESRI 的 Shapefile 格式檔（如 ArcGIS®，Arc View® 等商用軟體使用之檔案格式）以利結合地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）方面應用。

（六）可提供之座標系統

1. UTM （GRS1967，六度分帶）。
2. UTM （WGS84，六度分帶）。
3. TWD-97 （GRS1997，二度分帶 TM）。
4. TWD-67 （GRS1967，二度分帶 TM）。
5. WGS-84。

（七）顯示座標制

本系統共採用了兩種不同的座標基準，分述如下。

1. 區域性非地心大地座標基準

如 TWD-67、UTM （GRS1967），此類座標系統是採用「平面座標」與「高程座標」的兩個子系統，其高程座標的定義是由「大地水準面」起算的「正高」（Orthometric Heigh）。

2. 全球性地心大地座標基準

如 TWD-97、UTM （NAD83/WGS84），其高程定義是以「雙軸橢球體面」起算的「橢球高」（Geometric Heigh），系統對於同一座標基準內之座標切換（或轉換），因其數理與三角幾何關係確定，其轉換誤差在 2mm（0.002 公尺）以內。惟系統對不同座標基準間之座標切換或轉換，因涉及的不只是單純的幾何問題，也要考慮大地起伏等物理參數，轉換計算須透過繁雜的運算處理，其轉換誤差在 200mm（0.2 公尺）以內。

（八）數據顯示精度

系統座標與標高（高程）之顯示可達 0.001 公尺，方位角可顯示 0.01 密位。

（九）電氣特性

1. 系統電源限制：18V~31V。

2. 電源供應：

由系統之 24V 電池組供應，電池組則由車輛之直流電路或一般市電 110V / 220V 實施充電。

3. 電力消耗：< 33 W（Max.）。

（十）平均故障時隔（Mean Time Between Failure, MTBF）> 20000hr

二、測量成果精度⁵

(一) 僅慣性導航與車輛移動感應器之操作性能 (無 GPS 輔助) (Operations Performance INS and VMS Only)

1. 中距離

以 4 分鐘零速更新週期實施測量，作業 30 公里或工作時間 7 小時以上。

(1) 平面精度 (Position)：小於 3 公尺 (CEP)。

(2) 方位精度 (Pointing)：小於 0.5 密位 (EP)。

(3) 高程精度 (Elevation)：小於 1 公尺 (EP)。

2. 長距離

以 10 分鐘零速更新週期實施測量，作業 70 公里或工作時間 8 小時以上。

(1) 平面精度 (Position)：小於 7 公尺 (CEP)。

(2) 方位精度 (Pointing)：小於 0.5 密位 (EP)。

(3) 高程精度 (Elevation)：小於 3 公尺 (EP)。

(二) GPS 輔助下之操作性能 (GPS Aided/Performance)

無作業距離限制，無工作時間限制，無零速更新時隔限制。

1. 平面精度 (Position)：小於 1 公尺 (CEP)。

2. 方位精度 (Pointing)：小於 0.3 密位 (EP)。

3. 高程精度 (Elevation)：小於 1 公尺 (EP)。

三、系統功能⁶

(一) 適應砲兵部隊機動作戰需要，能隨時保持砲兵各陣地與目標獲得機構在統一座標系統之中，利於砲兵目標獲得與戰術射擊指揮執行。

(二) 能為管式砲兵、多管火箭、飛彈發射陣地等，迅速提供精確之測地成果，並對觀測所與雷達站位置，提供定位與定向諸元。

(三) 可於部隊機動中，隨時為砲兵部隊提供所需之測地成果。

(四) 可精簡砲兵測地作業員額，縮短測地作業時間與提升測地成果精度。

(五) 具備導航與航跡點儲存功能，配合系統數位圖資可導引部隊行軍與尋找已知 (三角) 點。

四、系統特性⁷

(一) 可於火砲、目標獲得裝備所能到達之任何地形實施操作。

(二) 在載具速限範圍內均能自動測量。

(三) 可全天候實施測地。

5 同註 4，頁 26~27。

6 同註 4，頁 7。

7 同註 4，頁 8。

- (四) 可結合測距經緯儀，對載具無法到達但可通視之測點行放射（補償）測量。
- (五) 每組僅需兩員（操作手、駕駛各一員），即可操作。
- (六) 可行測地成果之閉塞修正。
- (七) 可與資訊週邊設施連線（如印表機，網際網路，快取硬碟等），並具有連結全球定位系統、戰術射擊指揮儀通聯介面、無線電數據傳輸介面（如HR-93 A/D/H、HR-47 A/D/H）、無線區域網路介面，系統電腦之內建介面完整，可再行擴充。

五、系統限制⁸

（一）作業時載具各種限制

- 1. 水平速度：最大不超過每秒 100 公尺（即時速 360 公里內）。
- 2. 垂直速度：同水平速度。
- 3. 直線加速度： ± 20 公尺/秒。
- 4. 姿態：無限制。

（二）作業環境限制

- 1. 環境溫度： $-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
- 2. 環境濕度：相對濕度 100%（防水）。
- 3. 作業緯度：無限制。
- 4. 高度：無限制。

肆、SPAN-7 與 ULISS-30 定位定向系統之分析比較

本節針對SPAN-7與ULISS-30定位定向系統之硬體規格、軟體介面、功能運用以及其他等部分進行分析與說明，並彙整如表三。

一、硬體規格

（一）陀螺儀（Gyroscope）

陀螺儀係慣性導航系統之核心，主要用途為定向（尋北），其解析度之良窳影響系統作業精度甚巨。SPAN-7與ULISS-30於硬體規格上最大的差異，在於前者使用光纖綁負式（Strap down）三軸陀螺儀，後者採用的是機械環架式雙軸陀螺儀，光纖與機械陀螺儀之特性與比較整理於表二。

⁸ 同註 4，頁 9。

表二 陀螺儀之分析比較

	光纖陀螺儀	機械陀螺儀
精確（解析）度	與光纖長度、光源強度與波長成正比	與陀螺之大小、重量、轉速成正比
數位訊號處理能力	強	弱
瞬間反應能力	強	弱
設計結構	簡單	複雜
穩定性	高	低
耗電量	低	高
成本	低	高
壽命	長	短（易磨損）
重量	輕	重
體積	小	大

資料來源：筆者整理。

機械式陀螺儀尋北原理係藉由陀螺之定軸與進動特性，感測地球自轉軸（即真北）的位置，惟尋北用機械陀螺儀，若要求較高之精確（解析）度，務須增加陀螺之質量（重量與體積）與陀螺轉子（Gyro Rotor）之轉速，質量越大、轉速越高，則轉子越重，質子分布離主軸越遠，穩定與精確性越佳。⁹光纖陀螺儀不似機械陀螺儀般具有實體陀螺，依據之原理係為薩格納克效應（Sagnac Effect），利用單一雷射光源射出的雷射光束，經過一面半透明的分光鏡，一部分穿透後進入光纖，一部份反射向光纖的另一端，兩雷射光束所佔的比例相同，行進方向相反，因光在薩格納克效應中產生的光程差與旋轉角速度成正比，故可經由光程差的干涉結果推算地球自轉角速度，再配合使用者自行輸入或GPS感測之系統所在位置（地理緯度），即可導引出真北。惟光纖陀螺儀若要求其解析度能達尋北之等級，務須增加光纖長度（即延長光路徑）與雷射光源之強度與波長，SPAN-7採用之光纖陀螺，係達500米光纖長度之高解析度尋北陀螺。

（二）加速器（Accelerometers）

慣性導航系統的第二個核心組件為加速器，其用途為感測載具姿態、速度及加速度的變化，作業原理主要係根據牛頓第二運動定律。加速度是指載具速度相對時間的變化率，而速度則是該載具的位置相對時間的變化率。若以數學方式表示，速度就是位置對時間的微分，加速度則是速度對時間的微分。SPAN-7採用的加速器類型為「三自由度伺服式加速器」，其係一組三個橫樑所構成的機

9 耿國慶，〈砲兵測地用「定向陀螺儀」之發展與運用〉《砲兵雙月刊》（台南），第77期，陸軍砲訓部，民國84年4月，頁26。

械結構，中間質心是可移動的，兩側橫樑則是固定的。當系統產生加速度時，便可利用中間移動式的質心和兩側固定式橫樑間的位移差計算出重力加速度值。當系統維持靜止狀態或處於等速運動時，栓繩便會將中間可移動的質心拉回中心位置，類似彈簧的原理。SPAN-7的加速器質心係由一高靈敏度石英結構組成，與ULISS-30採用之機械擺錘質心不同，可有效增加其感測精度。

二、軟體介面

人性化的操作介面，為電腦軟體開發的必然趨勢，SPAN-7為國人自行研發之整合式系統，其操作介面選用Windows XP為設計平台，全中文視窗化之系統介面，相較於ULISS-30採用英文結構化介面，將更有利於使用者之學習與操作。此外，SPAN-7之控制顯示器採用軍規強固型觸碰式平板電腦，挾其龐大的硬碟容量，SPAN-7可儲存20萬筆以上的測量資料。同時亦可將砲兵測地運算相關程式（如野戰砲兵測地程式-FASP），安裝於系統中使用，提升整體測地作業之精度與速度。

為肆應世界不同類型的座標系統，SPAN-7可於系統作業中將不同類型之座標進行系統轉換，相較於ULISS-30僅能於初始校準前完成座標系統設定，未來在測地作業上將更具彈性。

三、功能應用

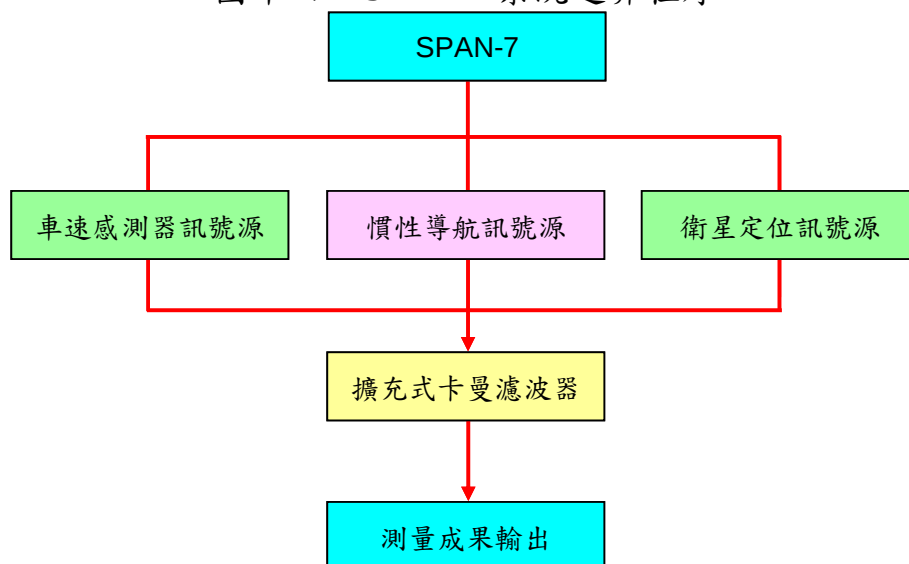
在功能應用方面，SPAN-7保留了ULISS-30的所有操作模式，如導航模式、過境模式（即運輸測量模式）、閉塞修正模式，並新增了航跡點儲存以及數位化圖資顯示功能。此外，我各級砲兵測地經常運用之方位轉換、放射測量等功能亦完全保留。當衛星訊號不佳時，系統自動執行之零速更新亦配合我軍慣用，區分為4分鐘與10分鐘兩種週期。初始校準（Alignment, ALN）時間較ULISS-30快速，其原理係初始校準之直前，系統先採用RTK雙頻天線模組中的電羅經（DMC）快速尋北，有效將真北範圍縮減至正負30度以內，該設計可減少光纖陀螺儀感測真北的時間，與ULISS-30平均22分鐘之初始校準時間相較，SPAN-7在全系統（即搭配GPS）的狀態下，僅於8分鐘內即可完成。

此外，SPAN-7在全系統的狀態下，可區分兩種初始校準模式，其一為輸入已知點（三角點）之座標、標高進行初始校準，此部分之操作方式同ULISS-30。另外，亦可選擇毋須輸入已知點諸元，直接採用GPS定位所得之系統現在位置進行初始校準，待開始作業後再尋找就近之已知點（三角點）進行位置更新（Position Update, UPDATE）。相較於ULISS-30須輸入精確之已知點諸元方能進行作業，SPAN-7將可使砲兵部隊各類型之測地作業更快速與便捷。

四、其他

慣性導航系統為收斂其距離誤差，增加作業精度，於載具靜止狀態下執行之平差與運算機制，謂之「零速更新」。SPAN-7與ULISS-30系統，最大的差異點在於前者採用慣性導航/衛星整合系統，因此，SPAN-7於全系統的狀態下，可比對衛星與車速感測器訊號進行解算，故毋須進行「零速更新」，其原理為系統將同時產生之三種訊號源（慣性導航訊號源、衛星定位訊號源以及車速感測器訊號源），輸入擴充式卡曼濾波器（Extended Kalman Filter）交叉比對，依浮動式權重進行積分與平差計算，最後輸出正確之測量資料給使用者（SPAN-7系統運算程序如圖十四所示）。藉此達到增加戰場存活率、提升整體作業速度之目標。由於ULISS-30僅具備慣性導航訊號，故於系統作業中仍須依4分鐘（或10分鐘）時隔進行零速更新。

圖十四 SPAN-7 系統運算程序



資料來源：筆者整理。

表三 SPAN-7 與 ULISS-30 定位定向系統分析比較

區分	項次	項目	SPAN-7	ULISS-30
基 資 本 料	1	製造廠商	台灣至鴻公司	法國謝敬公司
	2	裝備獲得時間	未定	86年6月
	3	系統類型	INS/GPS 整合式定位定向系統	INS 定位定向系統
硬 體 規 格	4	陀螺儀	光纖綁負式三軸陀螺儀	機械環架式雙軸陀螺儀
	5	加速器	石英伺服式加速器	機械擺錘式加速器
	6	GPS 接收器	雙頻 RTK 天線模組	未具備
	7	車速感測器（VMS）	具備	未具備
	8	指北儀（DMC）	具備	未具備
	9	控制顯示器（CDU）	觸碰式軍規平板電腦	手持式液晶顯示器
	10	體積	30cm*25cm*25cm	52cm*49cm*26cm
	11	重量	12kg	45kg
格	12	平均電力消耗	33W 以下	200W 以上

軟體介面	13	操作介面	全中文顯示	英文顯示
	14	操作模式	圖示、選單化	純文字
	15	可顯示座標系統	7 種，可於作業中任意轉換 (UTM97.67、TWD97.67、LLH67.97、ECEF)	2 種，無法於作業中任意轉換 (GRS67、WGS84)
	16	測站座標記憶數	20 萬筆以上	99 筆
	17	圖資顯示功能	具備	未具備
功能應用	18	平均初始校準時間	10~15 分鐘	20~22 分鐘
	19	零速更新週期	區分 4 分鐘與 10 分鐘	區分 4 分鐘與 10 分鐘
	20	與測距經緯儀鏈結能力	具備	具備
	21	方位轉換功能	具備	具備
	22	放射測量功能	具備	具備
	23	補償作業	具備	具備
數據顯示與作業精度	24	座標、標高顯示精度	1.方格座標：0.001 公尺 2.地理座標：0.001 度 3.標高：0.001 公尺	1.方格座標：0.01 公尺 2.地理座標：0.001 度 3.標高：0.01 公尺
		方位顯示精度	1.360 度制 (DEG)：0.001 度 2.密位制 (MIL)：0.01 密位	1.360 度制 (DEG)：0.001 度 2.密位制 (MIL)：0.01 密位 3.400 級制 (GRD)：0.001 級
	25	無 GPS 輔助下之操作性能	1.中距離，30 公里作業範圍內、零速更新時隔 4 分鐘，工作時間 7 小時以內 (1) 座標精度:小於 3 公尺(CEP) (2) 標高精度:小於 1 公尺(EP) (3) 方位精度:小於 0.5 密位(EP) 2.長距離，70 公里作業範圍內、零速更新時隔 10 分鐘，工作時間 8 小時以內 (1) 座標精度:小於 7 公尺(CEP) (2) 標高精度:小於 3 公尺(EP) (3) 方位精度:小於 0.5 密位(EP)	1.中距離，30 公里作業範圍內、零速更新時隔 4 分鐘，工作時間 2 小時以內 (1) 座標精度:小於 3 公尺(CEP) (2) 標高精度:小於 1 公尺(EP) 2.長距離，70 公里作業範圍內、零速更新時隔 10 分鐘，工作時間 5 小時以內 (1) 座標精度:小於 7 公尺(CEP) (2) 標高精度:小於 3 公尺(EP) 3.方位定向精確度 (1) 初始校準直後:小於 0.4 密位(EP) (2) 作業 2 小時後:小於 1 密位(EP)
		GPS 輔助下之操作性能 (GPS Aided/Performance)	無作業距離限制、無工作時間與零速更新時隔限制。 (1) 座標精度:小於 1 公尺(CEP) (2) 標高精度:小於 1 公尺(EP) (3) 方位精度:小於 0.3 密位(EP)	未具備該項功能

資料來源：筆者整理。

伍、結論

伴隨著尖端軍事科技一日千里與現代化戰爭型態的改變，軍隊高機動力與快速應變的能力日益重要，如欲達成此一目標，須具備良好之導航與定位能力。運用 INS 與 GPS 間之互補特性，發展整合式定位定向系統，於目前已是必然趨勢。除了建構於陸用載具（戰術型輪車、飛彈、雷達與自走砲車...）外，在各式空中及海上載具，均有長足之進步及廣泛的應用。

「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」。¹⁰ 未來國軍砲兵即將獲得 SPAN-7 定

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

位定向系統，朝「砲兵測地自動化」之目標，又邁進一大步，惟高科技之精密裝備，仍須端賴「人」的知能與嚴格的教育訓練來操控與運用，我砲兵幹部須具備前瞻的思維與廣泛的科技知識，方能順利完成各項接裝前的準備與訓練，期能充分發揮SPAN-7優異之裝備特性，確保部隊運用效益。

本文概述 SPAN-7 定位定向系統之組成與特性，並分析其與現行 ULISS-30 定位定向系統之差異，僅為一個開端。未來陸續還須完成裝備撥交、換裝測試（含訓練）、操作手冊、教案、教材編纂以及教範編修等任務，繼而將 SPAN-7 納入本校測地專業課程施教，期能結合「傳統測地」予以適切編組，發揮「長短相輔、密切配合」之作業精神，為砲兵測地任務達成與整體戰力提升，增添莫大助益。¹¹

參考文獻

- 一、《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》（桃園龍潭：國防部陸軍司令部印頒，民國 87 年 12 月）。
- 二、至鴻公司，《SPAN-7 教育訓練資料》（台北：至鴻公司，民國 101 年 6 月）。
- 三、耿國慶，〈砲兵測地用「定向陀螺儀」之發展與運用〉《砲兵雙月刊》（台南），第 77 期，陸軍砲訓部，民國 84 年 4 月。
- 四、耿國慶，〈ULISS-30 定位定向系統接裝測試之研究〉《砲兵雙月刊》（台南），第 87 期，陸軍砲訓部，民國 85 年 12 月。
- 五、耿國慶，〈模組化定位定向系統（MAPS）運用於自走砲之研究〉《砲兵雙月刊》（台南），第 107 期，陸軍砲訓部，民國 89 年 4 月。
- 六、馬丁·李比奇，《掌握明日戰爭》（台北：國防部史政編譯局，民國 90 年 2 月）。
- 七、游俊坤，〈光纖陀螺儀〉《中央大學光電科學研究所碩士論文》（桃園），民國 92 年 6 月。
- 八、黃國興，《慣性導航系統原理與應用》（台北：全華科技圖書股份有限公司，民國 84 年 8 月）。
- 九、Jianchen Gao, “GPS/INS/G Sensors/Yaw Rate Sensor/Wheel Speed Sensors Integrated Vehicular Positioning System”, Position Location And Navigation Group (Fort Worth TX), 2006.

11 耿國慶，〈ULISS-30 定位定向系統接裝測試之研究〉《砲兵雙月刊》（台南），第 87 期，陸軍砲訓部，民國 85 年 12 月，頁 18。

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班，曾任班長、作戰士、測量組長、連士官督導長，現任職砲校目標獲得組士官長教官。