

# 砲兵反火力戰「聲測武器定位系統」 發展簡介

壹、作者：耿國慶 備役中校

貳、單位：陸軍飛彈砲兵學校目標組

參、審查委員：

謝敏華上校

黃君武上校

徐坤松上校

王述敏上校

肆、審查紀錄：

收件：99 年 06 月 21 日

初審：99 年 06 月 25 日

複審：99 年 06 月 30 日

綜審：99 年 07 月 07 日

伍、內容提要：

- 一、當前砲兵射程與火力不斷增大，戰場威脅日益升高，精確標定反火力戰目標之道，不外使用雷達與聲測武器定位系統。1980 年後，第三代「聲測武器定位系統」曾因性能不足、限制較大等理由汰除，全數改由雷達取代。如今拜科技高度發展之賜，第四代聲測系統挾其改良麥克風技術、處理能力與成本低、體積小等凌駕雷達之優勢，重新獲得諸多國家砲兵重視。
- 二、「敵對砲兵定位系統」(HALO) 屬被動、隱蔽之第四代聲測系統，可藉由偵測砲彈發射聲音得知火砲位置，或提供射向與預報彈著。英軍砲兵於 1994 年納編後，成功使用在波士尼亞、科索沃之城鎮、山岳地形與伊拉克沙漠，美軍砲兵亦將其列為武器定位雷達之「互補系統」。
- 三、反火力戰迅速、精確目標獲得，為砲兵作戰重要之一環，亦為各國砲兵努力之目標。檢討國軍砲兵目標獲得裝備與技術問題存在已久，惟目前正值整體檢討與規劃之際，第四代「聲測武器定位系統」，實可供國軍砲兵未來規劃與精進參考。

# 砲兵反火力戰

## 「聲測武器定位系統」發展簡介

作者：耿國慶

### 提要

- 一、當前砲兵射程與火力不斷增大，戰場威脅日益升高，精確標定反火力戰目標之道，不外使用雷達與聲測武器定位系統。1980年後，第三代「聲測武器定位系統」曾因性能不足、限制較大等理由汰除，全數改由雷達取代。如今拜科技高度發展之賜，第四代聲測系統挾其改良麥克風技術、處理能力與成本低、體積小等凌駕雷達之優勢，重新獲得諸多國家砲兵重視。
- 二、「敵對砲兵定位系統」（HALO）屬被動、隱蔽之第四代聲測系統，可藉由偵測砲彈發射聲音得知火砲位置，或提供射向與預報彈著。英軍砲兵於1994年納編後，成功使用在波士尼亞、科索沃之城鎮、山岳地形與伊拉克沙漠，美軍砲兵亦將其列為武器定位雷達之「互補系統」。
- 三、反火力戰迅速、精確目標獲得，為砲兵作戰重要之一環，亦為各國砲兵努力之目標。檢討國軍砲兵目標獲得裝備與技術問題存在已久，惟目前正值整體檢討與規劃之際，第四代「聲測武器定位系統」，實可供國軍砲兵未來規劃與精進參考。

關鍵字：反火力戰、聲測、武器定位系統

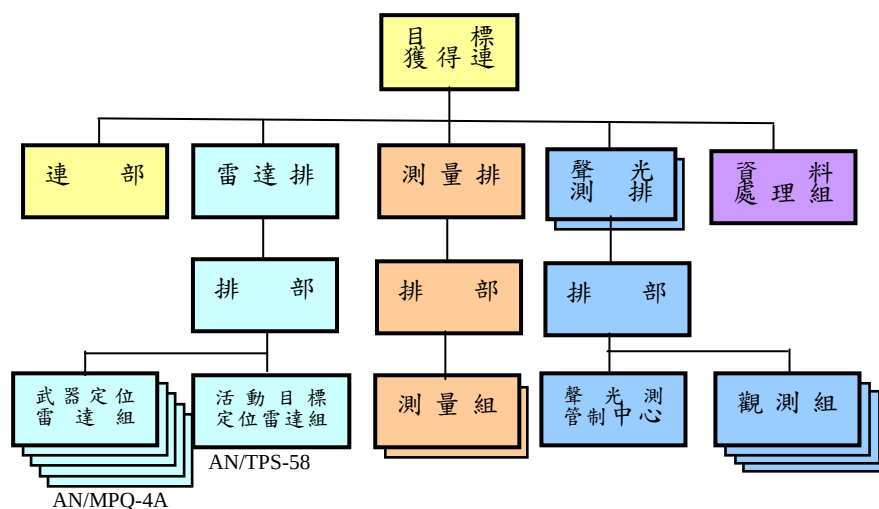
## 壹、前言

鑑於當前砲兵射程與火力不斷增大，致部隊在戰場所受之威脅日益升高，如何精確標定戰場威脅，並適時實施反火力戰摧毀威脅，已成為各國砲兵致力達成之目標。

精確標定反火力戰目標之道，不外使用雷達與聲測武器定位系統<sup>1</sup>。惟 1980 年後，美軍第三代「聲測定位系統」（AN/TNS-10 聲測機）因性能不足、限制較大等理由汰除，全數改由武器定位雷達取代。時至今日，拜科技高度發展之賜，1994 年先進國家已發展第四代聲測系統，其中「敵對砲兵定位系統」（Hostile Artillery Locating System, HALO）挾其改良式麥克風技術、處理能力與成本低、體積小等凌駕雷達之優勢，重新獲得諸多國家砲兵重視。基於聲測武器定位系統為國軍砲兵較陌生之領域，特由早期第三代聲測機為引，導入當前第四代「敵對砲兵定位系統」發展現況，提供未來研發與教學參考。

## 貳、第三代聲測定位系統—AN/TNS-10 聲測機

1980 年代，美軍師砲兵「目標獲得連」依據其所負之反火力戰任務，編制聲光測排、雷達排等目標獲得單位（組織系統，如表一），其中各聲光測排下轄排部、聲光測管制中心與四個觀測組。每個觀測組編制 4 人，採聲、光測混合編組，每排計可開設含有 6 個微音站之聲測基線兩條，理想的排陣地位置，須能對戰場敵砲兵可能密集之地區，提供充分涵蓋。國軍早期「軍砲兵觀測連」，亦有聲光測排編組，且於金、馬戰地長期標定共軍砲兵射擊陣地。1980 年後，美軍礙於聲測諸多限制因而汰除，全數改由 AN/TPQ-36 反迫砲與 AN/TPQ-37 反砲兵雷達取代。



<sup>1</sup> Mark Hewish & Rupert Pengelley, "FEATURES, Pinpointing the battlefield threat," Jane's International Defense Review, 3/2004, pp4-1.

表一：美軍 1980 年師砲兵目標獲得連組織系統

資料來源：Headquarters, Department of the US Army, Tactics, Techniques, and Procedures for Field Artillery Target Acquisition (Washington,: US Army, 1980), p. 1-7.

一、聲測任務與能力：

美軍 1980 年代編制之 AN/TNS-10 聲測機，屬第三代聲測武器定位系統，其性能不足、限制較大，通常配合「光測」（配備 M- 65 剪形鏡、望遠鏡、AN/GVS-5 雷射測距儀）執行任務（目標獲得能力圖，如圖一）。

1. 任務：

測定聲波到達各微音站之相對時間，再自每兩個微音站連線中點，決定一通過聲源之方位線。兩條以上方位線之交會，即可定出聲源或目標位置。當戰況急速變化時，或對微音站無法精密測量時，聲測基線亦可採「聲對聲」試射方法，快速且精確的引導我方砲兵火力，實施反火力戰。

2. 能力：

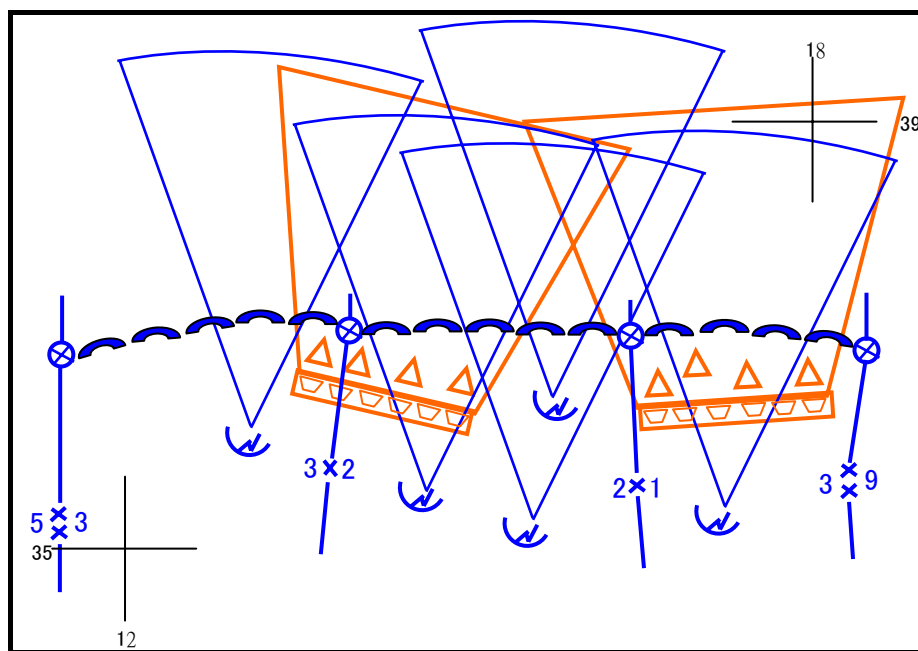
聲測可在寬 10 公里，縱深約 20 公里之戰鬥區域內，用聲測方法可定出敵人武器位置，精度在 0 至 150 公尺內<sup>2</sup>。

二、聲測限制：

1. 強風對聲測作業產生妨礙，疾風則會干擾聲波，影響聲測紀錄帶上之波形。
2. 在山地因兩相鄰微音站之標高差經常大於 60 公尺，作業更為困難。聲測基線前方如有高山，將改變聲波進行路徑，致偵測之目標位置出現偏差。
3. 當敵砲火密集射擊時（每秒超過 10 發），聲測系統亦難發揮定位作用。惟此僅為暫時現象，因可使聲測系統無法有效定位之猛烈射擊，其所費不貲<sup>3</sup>。

<sup>2</sup> Headquarters, Department of the US Army, Tactics, Techniques, and Procedures for Field Artillery Target Acquisition (Washington,: US Army, 1980), p. 1-6.

<sup>3</sup> Headquarters, Department of the US Army, Tactics, Techniques, and Procedures for Field Artillery Target Acquisition (Washington,: US Army, 1980), p. 1-7.



圖例：▭聲測微音器。▭聲測基線。△光測。⤿雷達。

圖一：1980 年美軍師砲兵目標獲得能力圖

資料來源：作者自製

### 參、第四代聲測系統－「敵對砲兵定位系統」（HALO）

「敵對砲兵定位系統」（HALO）為世界上首部第四代聲測武器定位系統<sup>4</sup>，1994 年由「英國航太公司」（BAE）系統部門生產。HALO 可藉由偵測砲彈發射聲音得知砲兵、迫砲與戰、甲車位置，或提供射向與預報彈著點。HALO 屬被動、隱蔽的系統，而非雷達類裝備之輻射性質，可標示 360 度涵蓋與超過 2,000 平方公里之區域，經英國陸軍測試可操作在特殊地形與天候，且成功使用在「波士尼亞」（Bosnia）與「柯索沃」（Kosovo）之城鎮、山岳地形與「伊拉克」（Iraq）沙漠<sup>5</sup>。

#### 一、作業原理：

1. 「敵對砲兵定位系統」（HALO）係被動式且使用聽覺之武器定位系統，運用時須將 12 個以上的感測樁（圖二）分散陣列，偵測砲兵武器或砲彈爆炸時產生之壓縮脈波，每一感測樁均將監聽與計算發射火炮之定位資料，傳輸至 HALO 指揮所，交由操作手彙整、計算與處理。

<sup>4</sup> 第三代聲測系統為 AN/TNS-10，美軍於 1980 年汰除。

<sup>5</sup> Daniel W. Caldwell, "Radar Planning, Preparation and Employment of 3-Tiered Coverage: LCMR, Q-36 and Q-37", *Field Artillery* (US), 9-10 (2004), p 44。

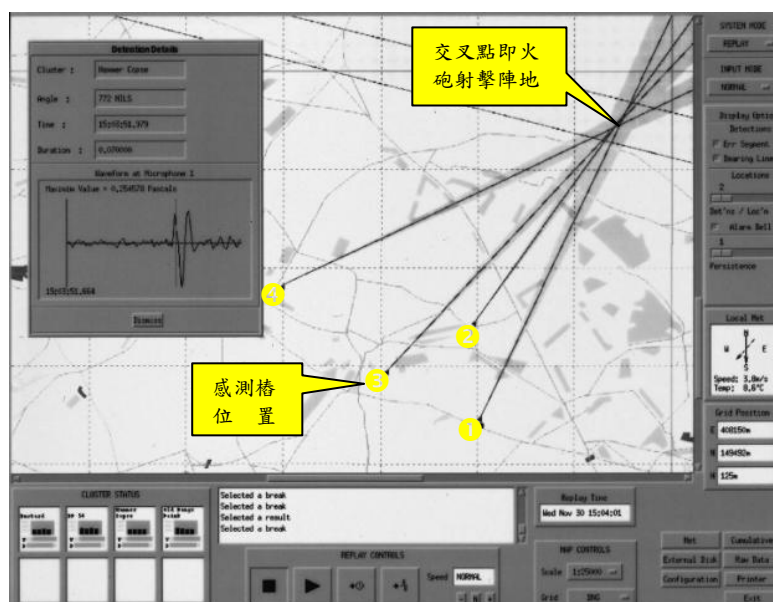


2.典型的感測樁分布模式，係由三個或更多的感測樁偵測中斷壓縮脈波，以「三角測量」(Triangulation)方式求解高精度等級之火砲射擊陣地(如圖三)。基於 HALO 具備 360 度涵蓋能力，故可補償 AN/TPQ-37 反砲兵雷達僅 1600 密位偵搜扇形之限制，目前美軍砲兵已將其列入武器定位雷達之「互補系統」<sup>6</sup>。



圖二：「敵對砲兵定位系統」(HALO)感測樁配備

資料來源：“HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。



圖三：「敵對砲兵定位系統」(HALO)以「三角測量」求解火砲射擊陣地

資料來源：“HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。

<sup>6</sup> Daniel W. Caldwell, “Radar Planning, Preparation and Employment of 3-Tiered Coverage:LCMR,Q-36 and Q-37”, Field Artillery(US), 9-10 (2004), p 44。

## 二、系統特性：

### 1.全方位涵蓋與高精度：

HALO 系統主要用途雖屬武器偵測器，類似被動指示武器位置之雷達，亦可作為情報蒐集裝置，提供 360 度涵蓋與高精度之武器定位資料。通常距離 15 公里時，定位「圓形公算偏差」（CEP）為 50 公尺；惟系統表現將依狀況決定，1994 年英軍砲兵證實，在波士尼亞對位於 20 公里外山區榴砲進行偵測時，其「圓形公算偏差」（CEP）僅為 23 公尺。

### 2.全天候作業與高彈性：

系統具備全天候（24 小時）作業能力，且具備因應作戰損害之高度彈性。因全系統包括 12 個以上的感測樁，當一部或多部感測樁故障時，僅影響少部份之執行效能。

### 3.便於機動，部署容易：

系統設計重點為輕量化、便於機動與部署容易（重量與體積，如表二）。尤其是感測樁之重量極輕，不僅運動方便，且利於實施梯次變換位置，以確保武器定位能力不致中斷。

表二

| 「敵對砲兵定位系統」（HALO）重量與體積對照表 |            |                 |            |
|--------------------------|------------|-----------------|------------|
| 項目                       | 種類         | 體積（公厘）<br>高、寬、長 | 重量<br>（公斤） |
| 1                        | 處理器（Mk2）   | 590×340×260     | 22.5       |
| 2                        | 氣象感測器（Mk2） | 60×---×324      | 1.0        |
| 3                        | 麥克風集束（直徑）  | 335×370×160     | 4.2        |
| 4                        | 指揮所計算機     | 500×385×130     | 16.5       |
| 5                        | 通信處理器（Mk2） | 590×340×260     | 22.6       |
| 6                        | 無線接收/發送機   | 250×250×100     | 4.0        |

資料來源：“HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。

### 4.偵測力強，功能多元：

系統係利用高能量之聲音來源達成高精度之戰場顯示功能，不論戰車主砲射擊、地雷爆炸或非飽和同時射擊狀況下，均可實施定位。當單砲陣地、發射速度超過每秒 8 發時，定位計算能力仍可涵蓋監視區域；另高射速射擊時，中央砲兵連

經確認後，系統則可用於指揮反火力戰（砲兵連）射擊或偵測違反停止射擊。

5. 自動化操作，減低作業量：

系統特別針對操作者設計，使用直覺、互動的使用者介面，可將作業量減至最低限度。「HALO 指揮所」（HCP）完全自動化操作，其所選擇之重要區域（如扇形設在地面防禦區域）警報設備將自動啟動，系統將對此區域持續監視。

6. 自動介面，整合力強：

就 HALO 系統技術而言，自動分級作業並非困難，惟目前系統並不支援。近期研發重點置於 HALO 輸出可經由半自動或全自動介面，整合至「指揮與管制」（C2）系統。

三、系統組成與功能：

1. 感測樁：

「敵對砲兵定位系統」（HALO）所屬之 12 個以上的「感測樁」（Sensor post, SP）與 HALO 指揮所（HALO Command Post, HCP）採分散陣列。每一個「感測樁」皆包括三個麥克風所組成之集束（圖四）、處理器（圖五）、固裝式氣象感測器（圖六）與內建「突發傳輸模式」之無線電等組件。

通常各感測樁部署間隔 2 至 4 公里，部署間隔雖非精確定位之關鍵，惟當各組部署陣列分散間隔小於 500 公尺或大於 10 公里，麥克風形成狹小的三角形結構時，定位精度將造成一定程度之影響。感測樁偵測火炮或迫砲射擊傳遞音響的壓力波後，即合併同步偵測之即時氣象資料，傳輸至「HALO 指揮所」（HCP）彙整、計算與處理。未來氣象資料，將計畫改由「HALO 指揮所」（HCP）之氣象站提供。



圖四：HALO 感測樁之麥克風集束

資料來源：「HALO Hostile Artillery Locator,」<http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。





圖五：HALO 感測樁之處理器與無線電機

資料來源：“HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。



圖六：HALO 感測樁之固裝式氣象感測器

資料來源：“HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。

## 2. HALO 指揮所：

HALO 指揮所（HCP）包括執行定位計算的資料聯合處理器、數位地形資料庫與全系統通信基本網路信息之通信處理器等三部份。當各感測樁接收資料後，HCP 操作者優先處理即時傳至螢幕之地圖背景與同步之系統信息資料。如有需要，目標資料可傳送至反火力戰相關之砲兵系統，且提供爾後之射擊修正。如需要更多的詳細分析，資料則可延後儲存。

## 四、系統發展：

### 1. HALO 原型與 MK1 型：

「敵對砲兵定位系統」（HALO）1994 年由「英國航太公司」（BAE）系統部門生產，其嶄新聲測技術構想來自 Roke Manor 研究中心，爾後為回應英國陸軍 MoD「緊急作戰裝備」（Urgent Operational Requirement, UOR），研發適合「波士尼亞」戰場使用之 HALO 系統 MK1 型，並結合「英國航太公司」（BAE）其他相關系統部署<sup>7</sup>。

### 2. HALO Hk2 衍生型：

1999 年，HALO Hk1 型重要組件已依據戰爭經驗加以改良，系統內之 Raven 2V VHF 跳頻無線電機取代了原本的定頻無線電鏈路，爾後亦將天線與氣象感測器之樁柱合成一體。同年 12 月，為滿足英國陸軍需求之「先進聲測計畫」（Advance Soundranging Program），由「英國航太公司」（BAE）得標研發 HALO Hk2 衍生型，總金額介於美金 1 千至 2 千萬元，將採 BAE 公司與 Roke Manor 研究中心共同合作。HALO Hk2 硬體堅固，作業溫度由 20/+30 度至 40/+70 度，其較輕小的感測樁可安裝於「路華」（Land Rover）越野車的指揮所上。

當 HALO Hk2 降低感測器樁的視覺訊跡，並將麥克風集束功率範圍擴增至 118 分貝（dB）後，系統即可標定近距離與遠距離之目標、擴大頻率回應並預留未來處理其他類型目標之空間。2002 年英國陸軍已對 HALO Hk2 進行嚴苛之測試工

---

<sup>7</sup> “HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。

作，定位精度已顯著提升，且可降低反火力戰之附加損害。  
另 HALO Hk2 已納入處理山區之氣象與地形資料<sup>8</sup>。

#### 肆、「敵對砲兵定位系統」(HALO)運用現況

「敵對砲兵定位系統」(HALO)具備先進技術與優異性能，且價格低、重量輕，不僅獲英軍率先納編運用於巴爾幹半島與西亞戰場，且深獲世界諸多國家砲兵重視，美軍亦將其列為武器定位雷達之「互補系統」，俾確保目標獲得任務達成。世界各國砲兵運用現況如下：

##### 一、英國陸軍：

英國陸軍於 1994 年納編 5 套 HALO Mk1，運用於反砲兵戰任務，其中 1 套留在雲雀山 (Larkhill) 皇家砲兵學校教勤，其餘 4 套於戰地部署 (圖七)，成功的在波士尼亞與科索沃偵測違反停火，曾有超過 20 個世界多國的陸軍部隊詢問使用狀況。基於 Mk2 型可獲得高精度定位資料，入選英國「先進聲測計畫」(Advanced Soundranging Programme, ASP)，英軍承諾 2002 年納入測試且同意 2003 年系統納編皇家第五砲兵團，使用於伊拉克 (圖八) 與阿富汗。至 2004 年止，英國陸軍共計擁有 7 套 HALO 系統<sup>9</sup>。



圖七：英軍 HALO 系統實施運輸裝載準備  
(圖中包括感測樁 3 組、指揮所 1 組)

資料來源：“HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。

<sup>8</sup> Mark Hewish & Rupert Pengelley, “FEATUURES, Pinpointing the battlefield threat,” Jane’s International Defense Review, 3/2004.pp4-5.

<sup>9</sup> “HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。



圖八：英軍於伊拉克某地屋頂整置「敵對砲兵定位系統」  
(HALO) 感測樁

資料來源：“HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。

## 二、日本與巴林陸軍：

日本與「巴林」(Bahran，由波斯灣島嶼所組成的國家)傳聞擁有 HALO Mk2，特別提供日本包括新式膝上型目標管理工具，俾利指揮所人員執行目標分級與分類。指揮所人員可由自身配備之螢幕與透過火力要求直接進入「日本陸上自衛隊」(Japan's Ground Self Defence Force's, JGSDF)野戰砲兵射擊系統。2005 年 7 月，日本陸上自衛隊簽訂超過 15 套系統，產品由 Oki 電子公司名義許可，第一批預定於 2007 年初送交。

## 三、美國陸軍與陸戰隊：

2005 年 6 月美軍陸戰隊與「希力士通信公司」(Selex Communication Ltd)簽約採購 HALO Mk2，作為「陸地反火力戰偵測系統」(Ground Counter Fire Sensor System)。簽約後第一批為 2 套，金額美金 619 萬 9364 元，後續至少仍需 8 套系統，預計 2007 或 2008 會計年度獲得，合約金額增至美金 3,234 萬 3,337 元，雖未確定交貨數量，惟美國陸軍與陸戰隊已先行於 2004 年底至 2005 年 3 月進行測試。

## 四、印度陸軍：

HALO 參加印度陸軍「聲波系統」(Sound Ranging System, SRS)裝備競標，惟參加競標之裝備型式未獲證實。

## 五、加拿大陸軍：

據 2004 年 4 月詹氏年鑑消息指出：加拿大與「希力士通信公司」秘密簽訂 5 套系統合約，據瞭解簽約時間在 2004 年 7 月底，履約完成時間則在 2006 年底。加拿大服役之 HALO Mk2 基於 Ravan 2V 跳頻 VHF 無線電機考量，預期持續使用在連接無線電感測器鍊路。系統輸出預期網路，將使用加拿大陸軍「地面部隊指揮與管制資料系統」（Land Forces Command and Control Information System，LFC21S）。

#### 六、西班牙陸軍：

2007 年 6 月發表 HALO 系統納編西班牙陸軍服役，第一套系統於 2008 年交貨，第二套則於 2009 年<sup>10</sup>。

### 伍、結語

長久以來，世界各國砲兵對戰場上反火力戰目標獲得之要求極為重視，新式武器定位雷達與聲測武器定位系統因而快速發展。惟雷達不僅結構精密、維修不易與價格高昂，且輻射遭偵測後，即面臨陣地暴露與遭受攻擊之威脅。反觀「聲測武器定位系統」，在相關技術提升後，優勢直逼雷達系統，目前已列為美軍武器定位雷達之「互補系統」。

鑑於反火力戰迅速、精確目標獲得，為砲兵作戰重要之一環，亦為各國砲兵努力之目標。檢討國軍砲兵目標獲得裝備與技術問題存在已久，惟目前正值整體檢討與規劃之際，第四代「聲測武器定位系統」，實可供國軍砲兵未來規劃與精進參考。

---

<sup>10</sup> “HALO Hostile Artillery Locator,” <http://10.22.155.6/CACHE/0039139/JC410540.HTM>。