

37系列跳頻無線電機裝載於 3.5噸載重車之探討－以車載天線為例

作者／李勝宏少校

提要

- 一、「3.5 噸載重車」為本軍近年來所獲撥之新式戰術輪車，主要特性能適應戰場上戰鬥及戰術之任務需求。當因應任務裝載 37 系列跳頻無線電機時，BOW1 射頻導線(37A-CC-RFL-L)因車體內外均無特定入口面板得以連接，僅能透過車窗與車內排水孔兩處延伸至車外天線底座，將導致危安風險增加，不利於任務之遂行。
- 二、BOW1 射頻導線若經由車窗、車門或車底延伸至車外天線底座，將導致車窗無法關閉、BOW1 射頻導線損壞、通信品質受影響與作業程序較為繁瑣、耗時等問題。
- 三、本文為改良現有連接方式，將 BOW1 射頻導線採用固定方式，並透過組裝與實機測試，來驗證改良後的性能。驗證後的結果顯示在無線電機組裝上的時間效益較為提高，且透過材質改良，降低裝備損壞率及危安風險，符合現行部隊任務需求。

關鍵詞：跳頻、無線電機、射頻導線。

前言

「3.5 噸載重車」裝載 37 系列跳頻無線電機時，常因 BOW1 射頻導線(37A-CC-RFL-L)於車體內外均無特定入口面板得以連接，故各單位均僅透過車窗或車內排水孔兩處延伸至車外天線底座，然 BOW1 射頻導線經車窗延伸至車外天線底座將導致車窗無法關閉、線路固定不易，影響駕駛對後方來車之視線外，恐有危安事故肇生。若從車門縫將 BOW1 射頻導線延伸至車外的天線底座，導線會受到車門的擠壓，進而使裝備損壞之風險提高。故本文提出改良現有的連接方式便是將導線固定，再透過組裝與實機測試，來驗證改良後的性能。而驗證後的結果顯示在無線電機組裝上的時間效益較為提高，且透過材質改良，也降低裝備損壞率及危安風險，符合現行部隊任務需求。

3.5 噸載重車發展介紹

早期國軍所使用的載重車主要以兩種形式為主：一種為美援 M35A2 2-1/2T 載重車；另一種為聯勤自行仿製 M925A2 5T 載重車。上述兩種形式均為國軍當時主要後

勤支援戰力，亦逐步建立國軍基本之裝備補保體系。

自 1980 年代起因應時代的進步、部隊精簡，陸續汰除 M35A2 2-1/2T 載重車，改採 M939A2、M998 輕型戰術輪車及 M977 系列重型戰術輪車。目前國軍所使用的中型戰術輪車是由國內三陽工業及美國國際卡車公司聯手打造，代號為萬國 7400 的中型戰術輪車（如圖一），區分為基本型及提升型，依配備(絞盤、吊桿、液壓尾門、機槍架)及車斗長短等不同而有所差異，作為運輸裝備、人員、器材之用，但尚無其他衍生車型發展計畫¹，在 2016 年 6 月 27 日國防部正式將「中型戰術輪車」更名為「3.5 噸載重車」。

圖一中型戰術輪車



資料來源：作者拍攝。

37 系列跳頻無線電機介紹

近幾十年來，世界各國陸續研發出了數十種跳頻無線電機，包括 HF，VHF 等頻段，其中又以 VHF 跳頻機佔大多數，發展之迅速，已成為許多國家研發新型戰術無線電機時，主要採用的一種抗干擾手段。跳頻無線電機的工作原理與組成，跟 HF 單邊帶無線電機與 VHF 調頻無線電機基本原理相同，但工作頻率並不固定，而是藉由一個跳頻控制器來控制載波頻率的跳變。跳頻控制器是由偽隨機碼序列產生器和跳頻同步單元組成。當收、發兩個跳頻機的頻率合成器達到同步時，才能構成通信，而 VHF 跳頻機的發展主要在四個方面：²

一、跳頻速率

¹鄧詠政，〈支援步兵作戰的後盾-中型戰術輪車未來之研析〉《陸軍步兵季刊》(高雄)，第 234 期，陸軍步兵訓練中心，http://mdb.army.mil.tw/Article_Show.asp?ArticleID=9133，2016/8/10。

²黃如逢，〈淺談跳頻無線電機〉《通信電子資訊學術季刊》(桃園)，第 80 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 86 年 5 月，頁 1~4。

早期跳頻速率為 10~20 次/秒，隨著技術的成熟，目前在特高頻可以達到 100~2,000 次/秒。低速跳頻在 100 次/秒內，中速跳頻在 100~1,000 次/秒，高速跳頻則在 1,000 次/秒以上³。

二、同步技術

跳頻之同步技術更為複雜，使對抗干擾能力進一步提高。只要頻寬干擾在其標準範圍之內(1/10 頻距)，跳頻機可保正常運作而無慮。

三、成本的降低

如早期一部低速跳頻機(每秒 100 次以下)價格約 2 萬美元，而目前跳頻機價格僅 1.2 萬美元左右，除速率提高外，體積和重量也減輕了。

四、強化戰場適應性

為了因應瞬息萬變的戰場，而增加了跳頻無線電機的功能性，讓跳頻無線電機在戰場適應性大為加強。

本軍現行 37 系列跳頻無線電機是委由中科院所研製先進特高頻無線電機，自民國 97 年起依計畫期程及教則規範，如期管制裝備執行測評、量產、換裝部署等。現今各部隊已全面換裝完成部署，其具有跳頻、內建保密器、GPS 定位、中繼轉發、遙控與數據傳輸等功能，其數位化、抗干擾及保密安全特性，能有效支援指管任務遂行⁴。37 系列跳頻無線電機區分四種型式(如表一)，分別為背負型、車裝一型、車裝二型、車裝中繼型，本文所探討機型以車裝一型為主。

表一 37系列跳頻無線電機型式與特性一覽表

項次	品名(Name)	跳頻無線電機		
	系列(Series)	37C 系列		
	型式	背負型	車裝一型	車裝中繼型
			車裝二型	
	程式(Type)	CS/PRC-37C	CS/VRC-191C CS/VRC-193C	CS/VRC-194C
01	調制方式(Type of Modulation)	調頻(FM)		
02	工作波段(Band of Frequency)	特高頻(VHF)		

資料來源：詹凱驊，〈37系列跳頻無線電機操作手冊〉(桃園：陸軍教育訓練暨準則發展指揮部，民國 100年9月)，頁1-1。

37 系列跳頻無線電機安裝於中型戰術輪車之問題與改良方法

³林俊霖，〈突破不相容瓶頸跳頻無線通訊開花〉《新電子科技雜誌》，
http://www.mem.com.tw/article_content.asp?sn=0807300014，2016 年 9 月 12 日。

⁴詹凱驊，〈探討 37 系列無線電機在複雜電磁環境之影響與因應作為〉《陸軍通資半年刊》(桃園)，第 121 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 103 年 4 月，頁 8。

一、所見問題

各單位因執行任務需於「3.5 噸載重車」安裝 37 系列跳頻無線電機時，常因車體無特定入口面板可以連接 BOW1 射頻導線，便以透過車窗、車內排水孔兩處或其它方式，將 BOW1 射頻導線延伸車體外連接天線底座，如此作法將導致車窗無法關閉、線路固定不易，影響駕駛對後方來車之視線等危安因素肇生。

BOW1 射頻導線藉由車窗延伸至車體外的方式將會造成車窗無法緊閉，並且導線懸於車體外，可能造成車禍、導線鬆脫傷人等危安事件；BOW1 射頻導線直接從車縫延伸至車體外，其導線會因車門擠壓，造成導線損壞；若經由經車內排水孔至車外天線底座，周遭的環境溫度提高，所產生之熱雜訊亦可能影響通信品質，並每次架設均需實施線路固定，作業程序較為繁瑣、耗時。（如圖二、三）

圖二 BOW1射頻導線藉車窗延伸至車外



來源：作者拍攝。

圖三 BOW1射頻導線藉車縫延伸至車外

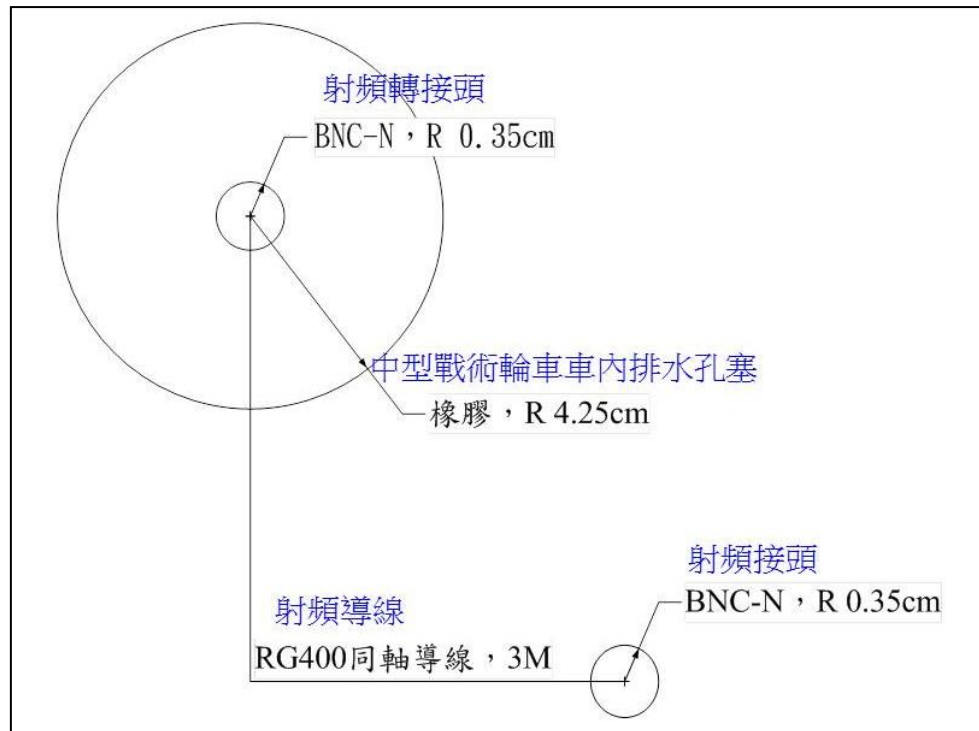


來源：作者拍攝。

二、改良方法

本文將針對上述所見之問題提出改良方式，並透過人員組裝與實機測試，以驗證所提出安裝的方法效率優於原方式，而通聯品質方面，也能維持，並且不受影響。本文所提出改進方法的系統構型設計如圖四。在不破壞車體之前提下，採用原有的排水孔塞，將其 BNC 接座安置其上，並在排水孔塞下方安裝約 3 米長之 RG-400 同軸纜線，另一端為 BNC 接頭連接天線底座之 BNC 接座，實體如圖五。

圖四系統構型設計圖



資料來源：作者繪製。

圖五實體圖



資料來源：作者繪製。

實驗結果與分析

一、實驗場景

(一) 實驗場景一

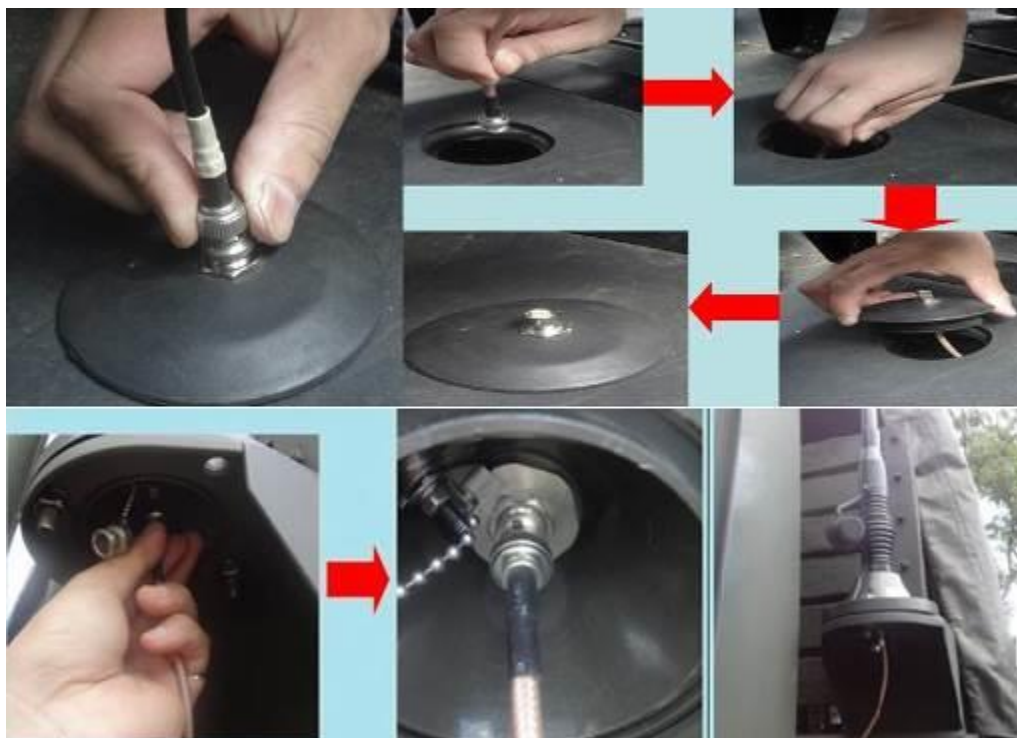
本次實驗場所為虎嶺營區本部連二級廠，此場景主要測試無線電機於車體內完成安裝時間。在此場景之測試將區分未改良與改良後，所需設備與人員如表二。研改方式是在 37 系列跳頻無線電機「CS/VRC-191C 車裝一型無線電機」(如圖六)安裝於「3.5 噸載重車」時，將 BOW1 射頻導線固定於車內排水孔塞的 BNC 接座上，以做為射頻導線之連接，安裝步驟流程如圖七。

圖六 CS/VRC-191C 車裝一型無線電機



資料來源：詹凱驊，《37系列跳頻無線電機操作手冊》（桃園：陸軍教育訓練暨準則發展指揮部，民國100年9月），頁2-9。

圖七研改後安裝步驟流程圖



資料來源：作者繪製。

表二場景一所使用之設備與人員

項次	設備／人員	數量	功能／作用
1	操作手	2 員	測試完成安裝時間
2	記錄手	1 員	記錄測試期間之數據
3	CS/VRC-191C 車裝一型無線電機	1 套	安裝用
4	中型戰術輪車	1 輛	安裝用
5	碼錶	1 個	計時用

資料來源：作者繪製。

(二) 實驗場景二

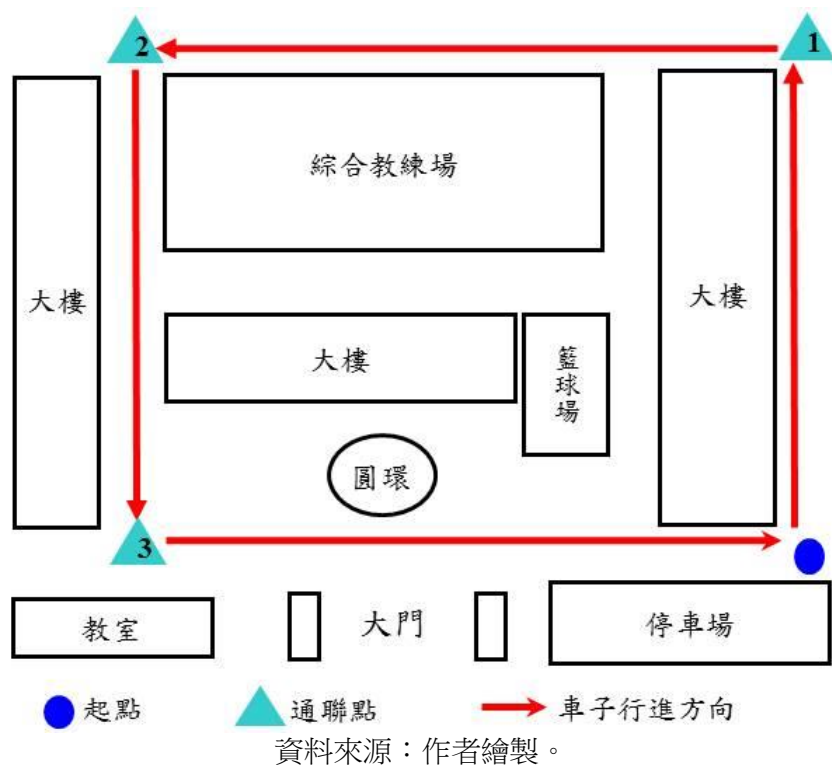
本次場景實驗目的在於檢測新的方式是否會對通聯強度造成影響。場地位於虎嶺營區，測試無線電機安裝於車體後，車子運行期間是否對通聯品質造成影響。為了使實驗具有客觀性，故使用機器面板上之收發信號強度顯示數值，表示本次測試之通聯品質，並採取對照組方式進行測試，分別記錄通聯強度，進行結果分析與評估，所需設備與人員如表三，車子行進路線與通聯點如圖八。車子行進至通聯點時，實施通聯測試並紀錄「CS/PRC-37C 背負型無線電機」面板信號強度格數，取其平均值（信號強度：6 格為滿格，信號強度最強；3~4 格以上，表信號強度較高；無訊號，以 0 格表示）。圖九中①的部分為「CS/VRC-191C 車裝一型無線電機」安裝於車內；圖九中②的部分為「3.5 噸載重車」行駛於虎嶺營區之情況；圖九中③的部分為操作手使用「CS/PRC-37C 背負型無線電機」接收車內的 CS/VRC-191C 車裝一型無線電機所發出的信號，並同時觀察其信號強度。

表三場景二所使用之設備與人員

項次	設備／人員	數量	功能／作用
1	操作手	2 員	1 員於車上發射信號 1 員於二級廠接收信號
2	記錄手	1 員	記錄通連期間之信號強度
3	駕駛手	1 員	駕駛中型戰術輪車
4	交管人員	4 員	管制交通
5	CS/VRC-191C 車裝一型無線電機	1 套	安裝於車體內，發射信號
6	CS/PRC-37C 背負式無線電機	1 套	置於二級廠，接收信號
7	中型戰術輪車	1 輛	安裝無線電機與行進用

資料來源：作者繪製。

圖八場景二場地配置圖



圖九場景二的實驗情形



資料來源：作者拍攝。

二、實驗結果

(一)2015 年 8 月 11 日，天氣晴朗，氣溫約攝氏 33 度，場景一於虎嶺營區二級廠實施，主要針對本文所提出之改良進行實驗，實驗過程記錄於表五。其實驗結果：本文提出之方法與原方法平均值實施比較，本文提出方法快了 12 秒鐘。

(二)2016 年 9 月 12 日，天氣陰，氣溫約攝氏 26 度，場景二於虎嶺營區二級廠實施，實驗過程記錄於表六，其實驗結果：本文所提出的方法信號強度平均值為 3.66 格。

以上場景一、二的實驗結果（如表四），得出本文所提出方法在組裝的時間上可節約 12 秒鐘；而車子運行期間，對於其收發無嚴重影響，故本文提出之方法有達到提升人員組裝之效率、降低危安風險之成效。

表四實驗結果一覽表

項目	場景一		場景二
	未改良前組裝	改良後組裝	通聯強度
測試平均值	1' 26 分鐘	1' 14 分鐘	3.23 格
測試結果	(1)組裝時間節省約 <u>0.12</u> 分鐘。 (2)是否連續作用 30 分鐘：是；平均信號強度： <u>3.66</u> 格。 (3)裝備是否受損：否；通聯品質是否受影響：否。		

資料來源：作者繪製。

表五場景一實驗數據

測試紀錄表				
項目 組別			場景一(CS/VRC-191C 裝載車體)	
			未改良前組裝	改良後組裝
通聯測試	第一測試點	第 1 次	1' 22 分鐘	1' 18 分鐘
		第 2 次	1' 23 分鐘	1' 17 分鐘
		第 3 次	1' 44 分鐘	1' 15 分鐘
		第 4 次	1' 45 分鐘	1' 15 分鐘
		第 5 次	1' 46 分鐘	1' 20 分鐘
		第 6 次	1' 45 分鐘	1' 19 分鐘
		第 7 次	1' 32 分鐘	1' 18 分鐘
		第 8 次	1' 31 分鐘	1' 17 分鐘
		第 9 次	1' 26 分鐘	1' 16 分鐘
		第 10 次	1' 27 分鐘	1' 15 分鐘
平均值			1' 35 分鐘	1' 17 分鐘
通聯測試	第二測試點	第 1 次	1' 18 分鐘	1' 12 分鐘
		第 2 次	1' 20 分鐘	1' 11 分鐘
		第 3 次	1' 20 分鐘	1' 13 分鐘
		第 4 次	1' 21 分鐘	1' 12 分鐘
		第 5 次	1' 19 分鐘	1' 07 分鐘
		第 6 次	1' 20 分鐘	1' 06 分鐘
		第 7 次	1' 24 分鐘	1' 12 分鐘
		第 8 次	1' 25 分鐘	1' 13 分鐘
		第 9 次	1' 26 分鐘	1' 10 分鐘
		第 10 次	1' 25 分鐘	1' 09 分鐘

平均值			1' 22 分鐘	1' 11 分鐘
通聯測試	第三測試點	第 1 次	1' 15 分鐘	1' 13 分鐘
		第 2 次	1' 17 分鐘	1' 12 分鐘
		第 3 次	1' 18 分鐘	1' 11 分鐘
		第 4 次	1' 20 分鐘	1' 09 分鐘
		第 5 次	1' 15 分鐘	1' 14 分鐘
		第 6 次	1' 16 分鐘	1' 11 分鐘
		第 7 次	1' 32 分鐘	1' 16 分鐘
		第 8 次	1' 24 分鐘	1' 12 分鐘
		第 9 次	1' 21 分鐘	1' 11 分鐘
		第 10 次	1' 26 分鐘	1' 09 分鐘
平均值			1' 21 分鐘	1' 12 分鐘

資料來源：作者繪製。

表六場景二實驗數據

測試紀錄表				
項目 組別			場景二(車子運行信號強度測試)	
			原本通聯強度	改良後通聯強度
通聯測試	第一測試點	第 1 次	6 格	6 格
		第 2 次	6 格	6 格
		第 3 次	6 格	6 格
		第 4 次	6 格	6 格
		第 5 次	6 格	6 格
		第 6 次	6 格	6 格
		第 7 次	6 格	6 格
		第 8 次	6 格	6 格
		第 9 次	6 格	6 格
		第 10 次	6 格	6 格
平均值		6 格	6 格	
通聯測試	第二測試點	第 1 次	1 格	1 格
		第 2 次	1 格	1 格
		第 3 次	1 格	1 格
		第 4 次	1 格	1 格
		第 5 次	1 格	1 格
		第 6 次	1 格	1 格
		第 7 次	1 格	1 格
		第 8 次	1 格	1 格
		第 9 次	1 格	1 格
		第 10 次	1 格	1 格
平均值		1 格	1 格	
通聯	第三	第 1 次	4 格	4 格
		第 2 次	4 格	4 格

測 試	測 試 點	第 3 次	4 格	4 格
		第 4 次	4 格	4 格
		第 5 次	4 格	4 格
		第 6 次	4 格	4 格
		第 7 次	4 格	4 格
		第 8 次	4 格	4 格
		第 9 次	4 格	4 格
		第 10 次	4 格	4 格
平均值		4 格	4 格	

資料來源：作者繪製。

後續精進建議

一、原廠評估重新配線

若是考量在不破壞車體之原則下實施，為了結構的完整與安全性，以及經費的支持下，可協請 3.5 噸載重車原廠實施射頻導線安裝，此方式之優點是對於車體結構與配線上較適當。

二、改良天線系統

針對本軍 37 系列跳頻無線電機之天線系統進行研改，將需安裝於車體外之天線系統研改為小型天線或是隱藏式天線。若是以小型天線方式，其優點適用 37 系列跳頻無線電機之全系列機種，可大幅提高其適用性；若是以隱藏型天線，與車子結構結合，對於 37 系列跳頻無線電機則僅有車裝型得以適用。若是其天線系統可以採用與機器本身結合，如手機型式(如圖八)，手機的天線就是從機身外研改至今為機身內部。若是本軍的無線電機可以將天線系統研改成隱藏型天線，那 37 系列跳頻無線電機不會有天線安裝於車體外之危安風險因子產生。

圖八手機天線演變



資料來源：作者繪製。

結論與未來展望

通資電兵要能夠在戰場上快速的建構通信系統提供主戰部隊通信指揮，以支援作戰任務遂行為目的。因此，構建通信系統上要能迅速、確實、安全，以達到支援作戰任務之需求，將是我通資電兵勤訓精練之目標。本文所提出的方式就是朝向通資電兵的核心精神「迅速、確實、安全」，其主要能提升裝備裝載的速度、系統確實的安裝與人員、裝備及車輛的安全，如此才能達到上級所交付之任務。

本系統所提出之構想乃基於成本低、安裝易與實用價值高等三方面進行考量，因此在系統的設計在整體性尚仍有待加強，如線路的配置與固定等，若是在未來需要更加精進改良，建議在經費充足下，將此概念協請原廠研討並實施重新配線設計，以達整體性，亦可避免有電磁效應產生或是潛在危安因素。

參考文獻

- 一、鄧詠政，〈支援步兵作戰的後盾-中型戰術輪車未來之研析〉《陸軍步兵季刊》（高雄），第 234 期，陸軍步兵訓練中心，http://mdb.army.mil.tw/Article_Show.asp?ArticleID=9133，2016 年 8 月 10 日。
- 二、李肇巖，《通訊系統原理》，再版（台北：全華科技圖書股份有限公司，西元 2001 年 11 月）。
- 三、丁柱國，〈漫談跳頻通信〉《陸軍學術月刊》（桃園），第 457 期，陸軍司令部，民國 98 年 3 月。
- 四、Simon Haykin, “Communication Systems 4th Edition,” John Wiley & Sons, Inc., 2002/10.
- 五、黃如逢，〈淺談跳頻無線電機〉《通信電子資訊學術季刊》（桃園），第 80 期，陸軍通信電子學校，民國 86 年 5 月。
- 六、林俊霖，〈突破不相容瓶頸跳頻無線通訊開花〉《新電子科技雜誌》，http://www.mem.com.tw/article_content.asp?sn=0807300014，2016 年 9 月 12 日。
- 七、詹凱驊，〈探討 37 系列無線電機在複雜電磁環境之影響與因應作為〉《陸軍通資半年刊》（桃園），第 121 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 103 年 4 月。

作者簡介

李勝宏少校，國防大學理工學院電機系電子組 94 年班、通資電正規班 190 期、國防大學資訊工程研究所 101 年班，曾任排長、教官，現任陸軍通信電子資訊訓練中心網路作戰組教官。