

析論火箭部隊氣象情資之運用

作者：顏嘉彰

提要

- 一、精準射擊的五大條件：精確的目標位置、精確的氣象諸元、精確的陣地位置、精確的火砲及彈藥與精確的計算程序等，其中氣象探測作業乃為求得彈道氣象資料，提供射擊指揮所實施氣象修正作業，以減少大氣對射彈之影響，提高射擊精度。
- 二、現行火箭部隊氣象組所使用 RT-20 砲兵彈道氣象自動探測系統組成可區分為主機(MW-12M)、無線電經緯儀(RT-20)、地面自動氣象儀(MAWS210)、氣球釋放器(FB-15)、探空儀(RS92-D)、發電機、氮氣鋼瓶、印表機、附件等九大部份，彈道氣象自動探測系統主要提供射擊氣象修正使用。
- 三、彈道氣象直接影響砲兵火箭彈道，尤其大氣氣象影響對雷霆 2000 多管火箭射擊，砲兵多管火箭射擊為氣象修正重要指標，其中砲兵氣象作業人員更須提升專業知識及氣象資料分析能力，進而將射擊效果與整體戰力效益。

關鍵詞：MW-12M、氣象自動探測系統、探空儀

前言

彈道氣象乃在求取各空層風向、風速、氣壓、溫度、溼度等氣象因素。依據美軍砲兵所定義精準射擊之五大條件為：精確的目標位置、精確的氣象諸元、精確的陣地位置、精確的火砲及彈藥與精確的計算程序等，其中氣象探測作業為求得彈道氣象資料，其重要性值得深入探討，進而提供我火箭部隊於實彈射擊之參考，以減少大氣對射彈之影響，提高射擊精度並節省彈藥，充分發揮砲兵火箭射擊之奇襲火力。筆者藉親身參與雷霆操演實彈射擊、砲兵基地實彈觀摩、漢光演習實彈射擊等，確實體認若能適時提供精準之氣象資料，實為有利射擊效果提升。

現行火箭部隊氣象探測系統特性與分析

陸軍火箭砲兵各級氣象作業組作業，提供火箭部隊彈道氣象報告，藉射擊指揮所精準氣象修正，提高射擊精度發揮奇襲火力，藉由各項習實彈射擊時機，氣象組均須配合作業，提供精準氣象資料，以利各項戰演訓任務之遂行。

一、現行氣象探測系統各項現況與特性

目前火箭單位氣象作業單位共計有砲指部火箭營、砲指部火箭連氣象組、外島地區砲兵營氣象組、防衛部本部連氣象組，所使用之裝備為 RT-20 無線電經緯儀氣象探測系統（裝備特性如表一），該系統為芬蘭費沙納（Vaisala）公司

¹ TTPS for M109A6 Operations(FM3-09.70)(US: Department of Army, August 2000), p53。

所生產之可攜式無線電經緯儀氣象探測系統，可精確測得相對濕度、溫度、氣壓、風向及風速等資料，並透過氣球掛載探空儀回傳探測之氣象數據。RT-20 無線電經緯儀天線是屬於一種干涉儀天線，由 MW-12M 主機軟體程式自動處理計算（如圖一氣象探測系統開設示意圖），可產生兩秒一筆之原始氣象資料（RAW-data）、軍事電碼（STANG），該氣象資料依據 WMO 世界氣象組織規定電碼格式可同時提供多種氣象電碼使用。²

表一 氣象探測系統裝備特性表

氣象裝備型式	裝備特性
MW-12M型 主機	1.MW-12M型具備無線電探空儀接收介面，可使用無線電探空儀。 2.MW-12M 型系統搭配 MAWS 陣地氣象自動測站，可持續接收地面氣象資料。
RT-20 無線電經緯儀	1.干涉儀天線系統，會自動追蹤探空儀信號並計算 RDF 接收姿態。 2.組裝人力與速度：3 人，約 5 分鐘完成架設。
RS92-D 探空儀	1.無線電遙測信號偵測大氣壓力、溫度、相對溼度、風速、風向。 2.纜線鏈結輸入：連接探空儀電（MWH321）傳輸探空儀校正係數實施校正與頻率設定。
MAWS201 陣地氣象自動測站	1.主機自動擷取地面氣象資料 2.組裝採整合式地面氣象探測系統 3.氣象資料之獲得風向、風速、相對濕度、氣溫、氣壓等參數

資料來源：作者整理



圖一 氣象探測系統開設示意圖

資料來源：一、《陸軍氣象教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 94 年 11 月），頁 2-1。二、作者整理。

² 《RT-20 氣象自動探測系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 90 年 11 月），頁 4-41。

二、砲兵氣象資料運用與分析比較

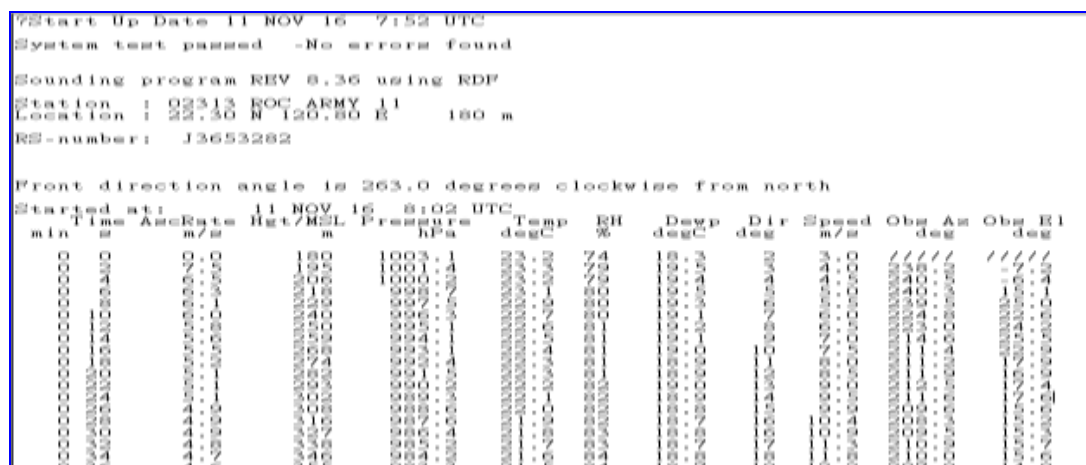
經筆者於年度輔訪及操演期間，針對雷霆 2000 多管火箭單位之氣象組輔導過程中，RT-20 無線電經緯儀氣象探測系統於探測作業中，持續接收探空儀在高空中所探測資料原始氣象資料（RAW-data），並獲得測得精確之氣壓（HPA）、氣溫（TEMP）、相對濕度（RH）、風向（DIR）及風速（SPEED）等相關數據，並可適時檢視有無異常狀況及資料斷碼現象，此氣象資料提供雷霆 2000 多管火箭系統，實施射擊氣象修正使用。在輔導過程中利用該系統，實施測試與分析各項氣象資料，進而將作業方式調整以驗證氣象資料，並確保氣象資料獲得之精確性，以利達成各項戰演訓任務之遂行。³

（一）砲兵氣象原始資料

探空儀隨探空氣球搭載升空後，經氣象探測系統經 RDF 無線電經緯儀接收探空儀無線電電波，再經由 MW-12M 主機來計算獲得之原始氣象資料 RAW-data（圖二），因探測氣象數據以兩秒一筆回傳至 MW-12 主機可獲得上萬筆資料，其中目前氣象機構均藉由斜溫圖之線段進行判斷探空曲線，此圖可繪製出溫度曲線、露點曲線並可快速檢查氣象資料有無異常、錯誤數據，進行分析比對氣象資料（圖三），以提供雷霆 2000 多管火箭精確氣象修正使用之依據。

（二）砲兵氣象資料電碼

氣球釋放後，MW-12M 主機持續接收探空儀回傳之資料，待儲存至砲兵氣象電碼所需相應各空層之資料後，將原始氣象資料轉換成氣象電碼（METB3），可提供野戰砲兵彈道氣象資料，其中標準對地彈道氣象報告，亦可用運於雷霆 2000 多管火箭氣象修正使用（圖四）⁴。



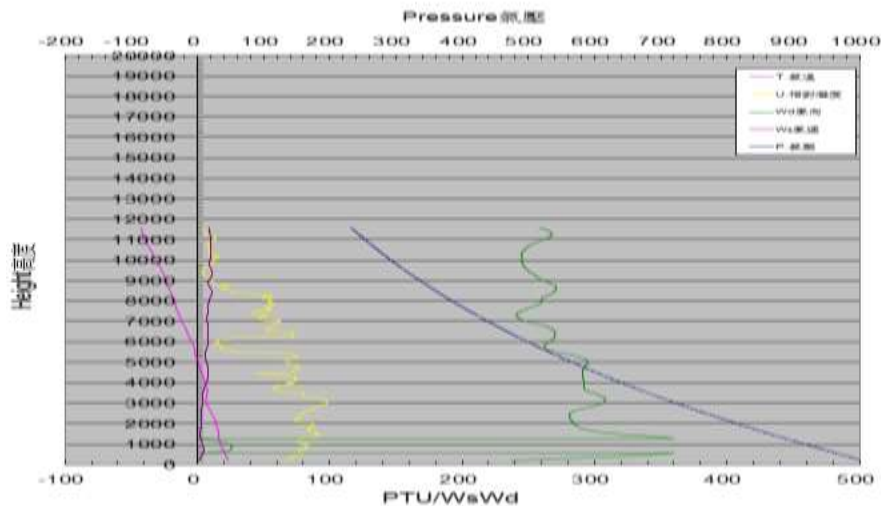
Time	Altitude (m)	Pressure (hPa)	Temp (degC)	RH (%)	Dewp (degC)	Dir (deg)	Speed (m/s)
00	0	1003.1	23.2	74	18.3	2	3.0
02	20	1001.4	23.2	79	19.5	2	4.0
04	40	1000.0	23.2	79	19.4	4	4.5
06	60	998.7	23.2	80	19.5	5	5.0
08	80	997.2	23.2	80	19.5	6	5.5
10	100	995.5	23.2	80	19.1	7	6.0
12	120	993.1	23.2	81	19.2	8	6.5
14	140	990.4	23.2	81	19.0	10	7.0
16	160	987.4	23.2	81	18.9	11	7.5
18	180	984.1	23.2	82	18.9	12	8.0
20	200	980.5	23.2	82	18.9	14	8.5
22	220	976.6	23.2	82	18.9	15	9.0
24	240	972.4	23.2	83	18.7	16	9.5
26	260	968.0	23.2	83	18.7	17	10.0
28	280	963.3	23.2	84	18.7	18	10.5
30	300	958.4	23.2	84	18.7	19	11.0

圖二 原始氣象資料 RAW-data

資料來源：作者於氣象探空作業擷取資料整理。

³同註 2，頁 4-41。

⁴陳天祐，〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 6 月 4 頁。



圖三 氣象斜溫圖

資料來源：作者於氣象探空作業擷取資料整理。

標準對地彈道氣象報告	
METB32243182	15 18000
130862004995	14 16000
004804038957	13 14000
011015038957	12 12000
021417031965	11 10000
031211034963	10 8000
040405043956	9 6000
055404047953	8 5000
064806053952	7 4000
	6 3000
	5 2000
	4 1500
	3 1000
	2 500
	1 200
	0 地面
	線號 相應高度

圖四 標準對地彈道氣象報告與相應高度對照表

資料來源：一、《陸軍氣象教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 94 年 11 月），頁 3-50~51。二、〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 6 月 5 頁。三、作者整理。

（三）砲兵氣象資料分析比較

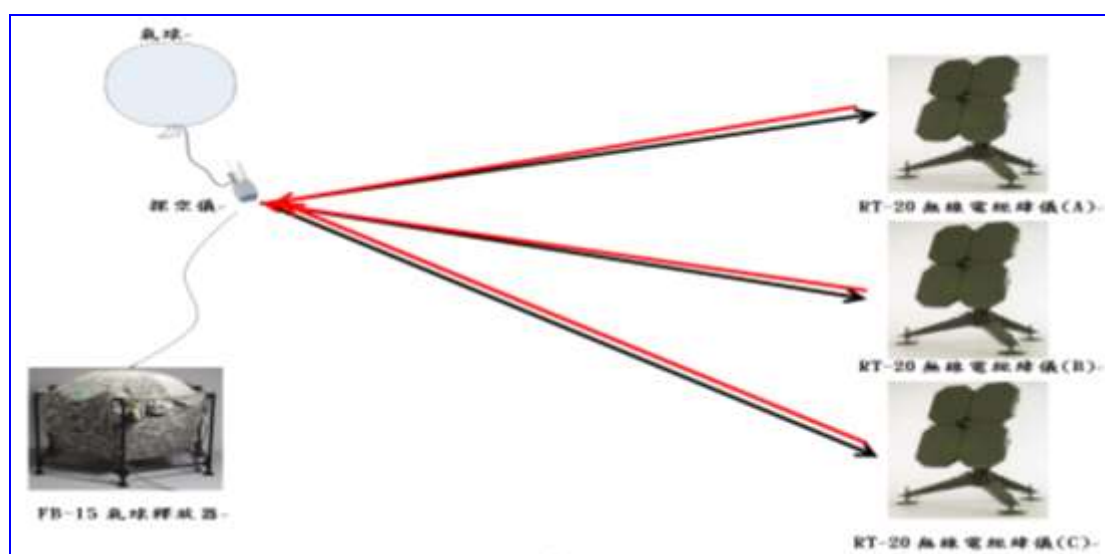
本套系統所探測的範圍為高空獲得之氣象參數，砲兵所使用探測高度須達 18 公里之高度，探空高度依氣球大小及空層天氣狀況而定。氣象資料藉由 RS-92D 探空儀及地面氣象自動測站所探測，氣壓（P）、氣溫（T）、相對濕度（U）、及風向風速；於演訓輔導過程中，探測氣象資料可採多種組合方式進行分析比較（如圖五作業方式：二對一或三對一方式）實施探空作業。此種作業方式再許多次探空測試，在統計學上得隨機抽樣之統計均可考慮在內，進可提升氣象資料之精確性，本次研究藉由多套 RT-20 無線電經緯儀氣象探測系統，同時對一顆氣球掛載探空儀實施追瞄，並測試各氣象組獲得之氣象資料。⁵當探空儀搭載氣球升空至各空層高度時，獲得原始氣象資料 RAW-data 及斜溫圖，經檢查頗析氣象資料可發現各空層相對濕度、溫度、氣壓、風向及風速等資料如下。

⁵VAISALA，〈無線電經緯儀式探空主機 MW-12 技術及操作手冊〉頁 1-1。

1.風向分析：風向對多管火箭彈飛行將產生方向的偏差，故氣象修正對多管火箭彈之重要。砲兵火箭部隊所使用之 RT-20 氣象系統因採無線電接收方式，獲得之氣象資料內，進行分析比較風向資料，經造成錯誤原因如（表二 METB3 氣象電碼風向分析表），分析比較後原始氣象資料與 METB3 氣象電碼所相應個空層風向，因探空儀移動之方向而決定，因氣象台架設作業環境遮障關係，將會干擾探空儀之無線電波所接收，而導致風向資料產生誤差（紅色區塊為造成異常狀況）。

2.風速分析：由於各砲兵火箭部隊氣象組，系統探測之氣象資料（RAW-data）進行分析比較發現錯誤原因（如表三 METB3 氣象電碼風速分析表），紅色區塊為造成異常狀況，因 RT-20 無線電經緯儀接收探空儀產生仰角相位（Obs EL）關係過低時，無線電波接收訊號不穩定，造成氣象處理單元所計算出之風速經比對數據不精確。

3.氣壓、溫度、相對濕度分析：現行砲兵單位氣象組所使用無線電探空儀區分為舊式探空儀（RS80-67）、新式探空儀（RS-92D）兩種，因舊式探空儀於 97 年 10 月已停產已達使用年限，所氣象探測精度較低且易造成故障狀況，各部隊庫儲存量仍多以定期性週保養實施作業；新型探空儀為主要使用之探空儀，其感測元件為雙感應式，且信號採數位傳輸方式，能固定頻率，致探測氣象資料更為精準，使用之電池為三號鹼性電池，電量供應較為穩定可避免電量不足所造成氣象探測精度降低因素；以演訓獲得新型探空儀所探測器象資料，（如表四 氣壓、溫度、相對濕度分析表），可研判分析新式所探測各空層相對濕度、溫度、氣壓數據，精確性相當精確，新式探空儀探測氣象資料之精確度較舊式探空儀為高，符合精準射擊之需求，使實彈射擊演訓任務有較佳之射擊氣象修正資料。



圖五 作業方式：二對一或三對一方式
資料來源：作者自繪

表二 標準對地彈道氣象報告 METB3 風向分析表

各砲兵火箭單位氣象組風向分析與比較11140800								
21、43砲		21砲	43砲	21砲	43砲	METB3電碼線號	METB3電碼線號所相應風向方位角(密位)	原始氣象資料換算風向方位角(密位)
Time(分)	時間(秒)	Height高度(公尺)		Wd風向(度)		(反紅為風向電碼)		
0	0	180	180	53	63	001104045944	1100	1120
0	36	304	300	30	34	010606041948	600	604
2	12	503	503	39	38	020709040949	700	693
7	14	1003	1001	66	64	031111040951	1100	1137
13	14	1500	1500	55	54	040912047946	900	960
19	12	1902	1902	76	60	051009052943	1000	1066

資料來源：作者於氣象探空作業擷取資料整理。

表三 風速分析表

砲兵火箭單位氣象組 11140800									
21、43砲		21砲	43砲	21砲	43砲	21砲	43砲	21砲	43砲
Time	時間	Height 高度		Obs 目仰角相位		Obs Az 風向相位		Wind 風速	
0	0	180	180	////	////	////	////	1	1.9
0	36	304	300	26.8	32.6	193.7	185.8	3.7	3.3
1	16	403	403	25.4	30.8	192.2	187.2	5.5	4.3
2	12	503	503	22.8	28.5	196.4	193.5	6	4.7
2	48	600	600	23.4	28.9	203.6	200.5	7	5.3
3	42	700	700	21.3	26.6	215	212.3	8.4	6.2
5	2	801	801	17.5	22.8	227.8	225.7	10.1	6.9
6	22	900	900	14.5	20	237	234.5	10.2	6.8
7	14	1003	1001	14.2	19.5	239.9	237	9	6.2
8	4	1100	1100	14	19.5	239.7	236.8	9	6.1
8	46	1200	1200	14.1	19.7	238.5	235.7	10.3	6.6
10	6	1301	1301	12.6	18.2	235.3	232.6	13.6	7.9
11	40	1400	1400	10.8	16.2	232.3	229.9	16.4	8.4
13	14	1500	1500	9.4	14.9	231.9	229.3	10.5	5.6
14	44	1605	1605	9.5	14.7	232.9	230	8.4	5.9
16	4	1700	1700	9.1	14.6	234	231.7	12.2	6.3
17	38	1801	1801	8.7	14.1	234.7	232.2	12.9	6.9
19	12	1902	1902	8.6	13.8	235.5	232.5	3.9	4.6
20	44	2000	2000	9	14.2	235.8	233.3	1.7	0.6

資料來源：作者於氣象探空作業擷取資料整理。

表四 氣壓、溫度、相對濕度分析表

各砲兵火箭單位氣象組氣壓氣溫相對濕度分析與比較 11140800(RS-92D)									
21、43砲		21砲	43砲	21砲	43砲	21砲	43砲	21砲	43砲
Time(分)	時間(秒)	Height 高度(M)		P 氣壓(HPA)		T 氣溫(°C)		RH 相對濕度(%)	
0	0	180	180	1001.4	1001.6	25.5	25.2	70	72
0	36	304	300	987.3	988.1	23.4	23.6	81	79
1	16	403	403	976.3	976.6	22.4	22.5	85	81
2	12	503	503	965.2	965.4	21.5	21.6	87	86
2	48	600	600	954.4	954.6	20.7	20.9	89	86
3	42	700	700	943.5	943.7	20.1	20.3	88	87
5	2	801	801	932.3	932.7	19.6	19.7	75	80
6	22	900	900	921.9	922.1	19	19.1	83	80
7	14	1003	1001	910.9	911.4	18.7	18.8	76	74
8	4	1100	1100	900.7	901	17.9	18.1	76	74
8	46	1200	1200	890.3	890.5	17.3	17.5	78	73
10	6	1301	1301	879.9	880.1	20.1	20.5	50	45
11	40	1400	1400	869.8	870.1	20.2	20.5	49	45
13	14	1500	1500	859.7	860.1	20.3	20.6	48	45
14	44	1605	1605	849.7	849.7	20.2	20.4	40	41
16	4	1700	1700	840	840.4	20	20	43	39
17	38	1801	1801	830.4	830.6	19.7	19.8	42	38

資料來源：作者於氣象探空作業擷取資料整理。

現行氣象作業與情資運用之檢討

於年度部隊輔訪所見，氣象探測作業常發生人為操作上，未按程序實施或氣象開設選定錯誤、作業人員對判斷氣象資料欠缺及探測系統操作維護不當，以致影響氣象資料之精確性，嚴重有裝備損壞之虞，常見之缺失檢討分析如下。

一、風向、風速資料易造成錯誤

目前陸軍砲兵所使用之 RT-20 氣象裝備因採無線電接收方式，氣象台位置選定為氣象作業之著眼，應能涵蓋砲兵彈道之範圍，必須接近射擊指揮所，且與陣地之標高概等，氣象台架設位置選定四周坡度不得大於 10 度，避免障礙物影響天線接收，風向資料應避免無線電波受干擾遮蔽或天線面板之仰角(Obs EL)過低導致產生側邊追蹤等因素，對於 MW-12M 主機計算風向、風速造成錯誤原因分述如下。

(一) RT-20 無線電經緯儀相位天線之北向為系統輸入之「天線指向方位角」，因將 RT-20 無線電經緯儀之機械方位角(AZ)歸零後，再讀取 RT-20 無線電經緯儀上指北針之值所判讀獲得，該指北針磁針因受環境而影響，所判讀之值進而導致後續探測所得之風向資料亦造成錯誤(圖六)。⁶

(二) 陸軍所使用 RT-20 無線電經緯儀為干涉儀天線，以干擾儀原理為基礎而設計⁷，它可自動追蹤無線電探空儀信號，它測定到無線電探空儀的方位角及高低角並解算氣壓、氣溫、相對濕度(PTU)，而探空儀移動方向運用無線電波，傳送至無線電經緯儀，再由 MW-12M 主機進行風速及風向計算；無線電經緯儀在接收探空儀無線電波過程中，產生側邊追蹤狀況，其高低仰角與風向方位角示意(圖七)，由組合機械直視角度及電子角度量測窗口與實際風向方位角及高低角，其風向之方位角側邊追蹤與正確信號為 18°，高低角側邊追蹤與正確信號為 14°，如果側邊追蹤高於正確值，則風速計算會小於實際風速，如果側邊追蹤低於正確值，則風速計算會大於實際風速。

二、氣象人員欠缺氣象研判能力

砲兵氣象組作業人員訓練致重點於，氣象台開設位置選定、對氣象資料時空有效性之掌握能力、裝備組裝操作之熟練度、裝備妥善狀況之要求及氣象電碼之檢查要領等項目，故氣象組作業人員常於探空作業結束後，所獲得之氣象資料未按程序檢視氣象資料(RAW-data)風向、風速、空氣密度、空氣溫度及相對濕度等相關數據；且無專業能力進行數據之分析、研判，將影響實彈射擊之氣象修正量。

三、氣象系統及探空儀已逾保固年限

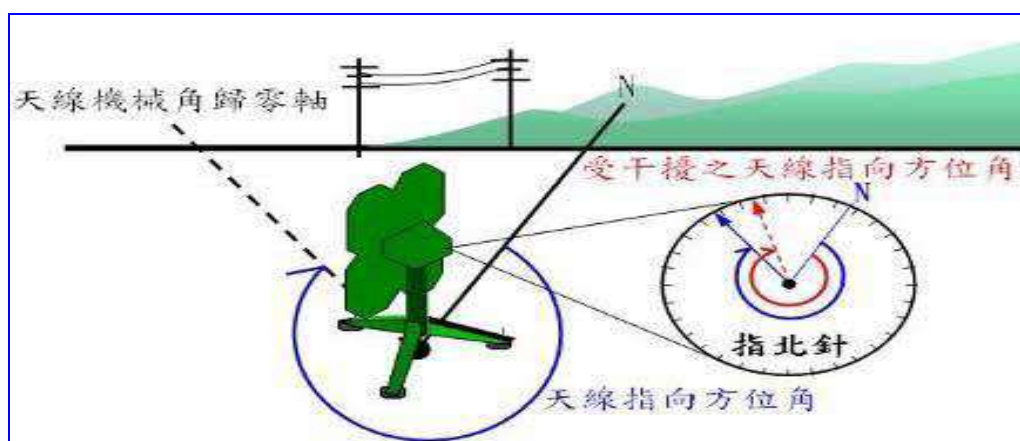
⁶同註 4，8 頁。

⁷VAISALA，〈Vaisala Marwin Sounding System MW32 (2010.09.21)〉，<http://www.vaisala.com>。

砲兵氣象探測作業原所使用之 RS-92D、RS80-67 探空儀，芬蘭原廠鑒於 106 年 8 月即將停產 RS-92D 探空儀，改提供較新型之探空儀與現行 MW-12 (M) 系統能否通用實施探空作業仍然不確定，惟目前單位使用 RS-92D、RS80-67 探空儀與庫儲量仍高，數量約可維持 2 至 3 年，即使舊型 RS80-67 探空儀目前已超過壽限，勉強可繼續使用，但可能發生故障或電池失效等狀況，致影響探空作業之遂行。火箭部隊氣象組於 93 年接裝至今，氣象探測系統尚未提升韌體部分，年度輔防報告，所見近年來裝備系統損壞較為頻繁及尚未提升韌體部分，影響氣象探測作業。

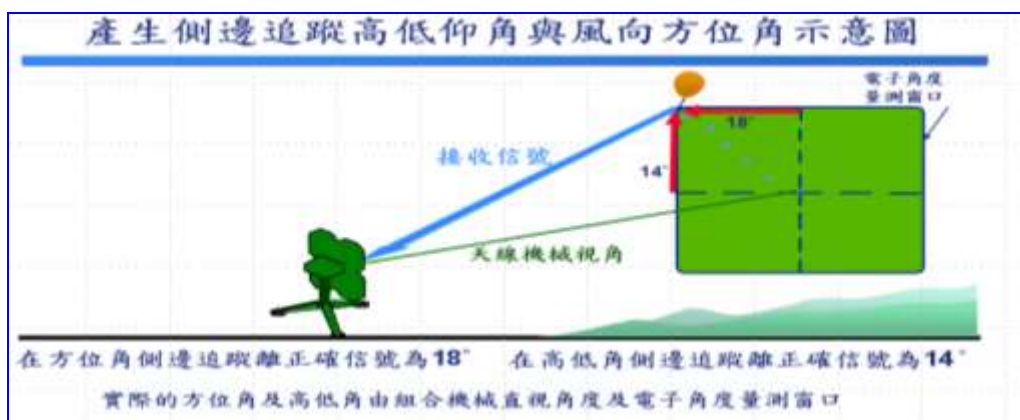
四、未妥善運用氣象情資分享

鑒於年度部隊輔防所見各火箭單位氣象組，氣象資料分發運用通常未藉由單位駐地訓練或組（聯）合操作進行 37C 無線電數據鏈結，導致氣象情資數據傳遞訓練未落實，於無線電鏈結過程中發生故障，無法即時排除狀況影響射擊氣象資料修正運用。



圖六 天線指向方位角受高壓電線干擾造成誤差示意圖

資料來源：〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 6 月 5 頁。



圖七 產生側邊追蹤高低仰角與風向方位角示意圖

資料來源：一、VAISALA，〈Vaisala Marwin Sounding System MW32（2010.09.21）〉，<http://www.vaisala.com>。二、作者擷取資料整理。

提升彈道氣象資料精確之作為

氣象探測作業乃為求得彈道氣象資料，而彈道氣象之功用乃在求取各空層風向、風速、氣壓、氣溫等氣象因素及氣密的修正量，提供射擊指揮所實施氣象修正作業，以減少氣象因素對砲彈飛行之影響，提高射擊精度，充分發揮砲兵射擊的奇襲火力。故氣象探測系統可提供氣象數據給「技術射擊指揮系統」實施氣象修正，縮短作業時間，提升彈道氣象之有效性。

一、強化運用氣象資料研判之觀念

目前氣象作業組人員於每周完成氣象探空作業結束後，應須按程序檢視氣象資料（RAW-data）風向、風速、空氣密度、空氣溫度及相對濕度等相關數據，如檢查發生錯誤數據時，應停止探空作業並同時重新釋放氣球實施探空，以確保資料正確；其氣象資料檢查，應以學校課程設計為依據，按準則規範流程為基礎，除基本操作訓練外，更應加強氣象探測作業之理論知識教育。⁸其主機操作人員可對原始資料進行基本檢查如次。

（一）氣象電碼（如圖八）

標準對地彈道氣象報告	1. NETB3：標準對地彈道氣象報告
NETB32243182	2. 2：時區代號
130862004995	3. 243182：緯度24.3、經度118.2
004804038957	4. 13086：氣象資料施放時間（格林威治時間），本月13日16時36分施放
011015038957	5. 2：氣象資料有效時間
021417031965	6. 004：氣象台標高（單位：10公尺），40公尺
031211034963	7. 995：氣壓（單位：%）
040405043956	8. 00-06：層號，即線號
055404047953	9. 48：彈道風向（單位：100密位），4800密位
064806053952	10. 04：彈道風速（單位：哩），4哩
	11. 038：彈道氣溫（單位：%），103.8%
	12. 957：彈道氣密（單位：%），95.7%

圖八 標準對地彈道氣象報告表

資料來源：一、《陸軍 RT-20 氣象自動探測系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，民國 105 年 6 月 24 日），頁 4-86~87。二、作者擷取資料整理。

（二）原始氣象資料 RAW-data （如圖九）

1. 指向方位角（紅色圈 1）：因各火箭單位屬作戰區之直屬單位，其氣象台之定位定向諸元由各作戰區測量排或該火箭營測量班負有測地作業之任務，須提供之諸元包含地理（經緯度）坐標、標高及方位地線方位角（經緯度）⁹。因 RT-20 氣象探測系統 MW-12 主機須輸入之「天線指向方位角」值，以避免因 RT-20

⁸同註 2，頁 4-86~87。

⁹同註 4，11 頁。

天線之指北針受干擾，讀取錯誤數值而影響風向資料。「天線指向方位角」求取要領如下（運用測地諸元求取「天線指向方位角」示意，如圖十）。

（1）於測量排（班）所賦予之點位上整置 RT-20 天線。

（2）操作、轉動 RT-20 天線，並利用天線上之概略瞄準鏡標定方位基準點。

（3）完成標定後，將手持控制器切換至角度模式（ANGLE MODE），讀取 RT-20 天線之機械方位角值。

（4）將測量排（班）賦予之方位角值減去機械方位角值即得「天線指向方位角」。

2.風向（紫色圈 2）：當各空層氣象電碼（METB3）與原始氣象資料風向資料（RAW-data）進行分析與比對，各空層高度所對應之風向資料，因原始氣象資料（RAW-data）所轉換世界氣象組織 WMO 所律定格式之標準對地彈道氣象報告之氣象電碼（METB3），常見因該空層風向較不穩定，依氣象原始資料所調製之斜溫圖，進行判對該空層之風向狀況，如線段扭曲代表該空層之風向變化較大；其原始氣象資料（RAW-data）之各空層每 2 秒資料取風向平均值後，進行平均風權重係數乘該空層風向平均值（如表五 地對地標準彈道氣象電碼的平均風權重係數表），相對應氣象電碼（METB3）之風向數據進行比對，為氣象電碼重要檢查之依據，惟氣象修正之重要指標。¹⁰

3.氣壓（P）、氣溫（T）、相對濕度（U）（綠色圈 3）：經氣象探測所獲得之原始氣象資料（RAW-data）進行分析，現行 RS-92D 探空儀所探測氣壓（P）、氣溫（T）、相對濕度（U）較穩定，於氣象探測作業前，因確實量測探空儀電池電壓，避免造成訊號中斷，影響所氣象探測作業之精確性及時效性。

4.機械仰角（EL）（藍色圈 4）：當無線電經緯儀天線面板隨探空儀而改變姿態其¹¹高低角因側邊追蹤與正確信號為 14°，如果側邊追蹤高於正確追蹤則風速計算會小於實際風速，如果側邊追蹤低於正確追蹤則風速計算會大於實際風速，高低角越小誤差值越大。

5.地面氣象站（MAWS）：雷霆 2000 火箭實彈射擊，需考量低層風氣象修正量，其運用 00 空層線號之風向方位角¹²，為地面氣象站所探測之風向，地面氣象站之架設選定位置時，需考量架設地點附近有無影響風向、風速之障礙物。選擇障礙物高度 10 倍距離外的架設地點如¹³（圖十一 地面氣象站之架設選定位置）。

¹⁰同註 5，頁 9。

¹¹同註 5，頁 5。

¹²李尚儒，〈多管火箭彈道氣象運用之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第160期，陸軍砲訓部，民國102年3月，頁11。

¹³ VAISALA，〈無線電經緯儀式探空主機 MW-12 技術及操作手冊-MAWS 地面氣象自動觀測站〉頁 6。

Yeast direction angle is 147.0 degrees clockwise from north

Started at: 10 NOV 16 7:54 UTC

1

2

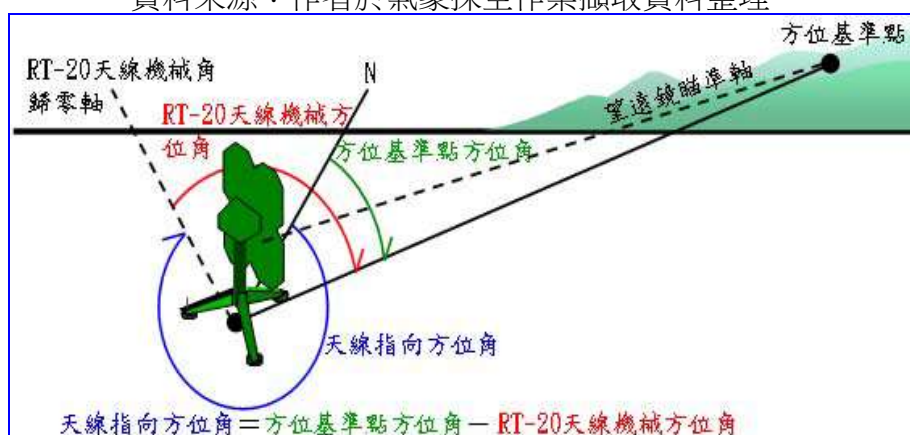
3

4

Time	Altitude	Rate	Rgt/M3	Pressure	Temp	W	Dewp	Dir	Speed	Obs Az	Obs El
min	m	m/s		hPa	degC	%	degC	deg	m/s	deg	deg
0 0	0.0	186	907.7	21.4	64	16.2	277	0.9	1111	177	177
0 2	19.0	214	905.4	22.8	71	17.8	246	1.2	980.6	52.4	52.4
0 4	12.8	231	901.9	22.9	71	17.4	250	1.3	983.1	52.4	52.4
0 6	10.7	244	900.4	22.9	71	17.4	255	1.4	230.9	79.2	79.2
0 8	9.4	255	899.2	22.8	70	17.1	259	1.6	200.1	64.0	64.0
0 10	8.7	267	897.8	22.8	70	17.1	264	1.7	158.8	67.2	67.2
0 12	8.3	280	896.3	22.7	70	17.0	269	1.8	126.2	71.5	71.5
0 14	7.9	291	895.1	22.6	70	16.9	273	2.0	128.3	81.2	81.2
0 16	7.6	302	893.9	22.6	70	16.9	278	2.1	133.7	71.3	71.3
0 18	7.3	313	892.7	22.4	70	16.7	285	2.2	132.8	58.4	58.4
0 20	7.2	325	891.2	22.3	71	16.6	287	2.3	132.3	59.0	59.0
0 22	7.1	336	890.0	22.2	71	16.7	291	2.5	139.4	63.0	63.0
0 24	6.8	344	889.0	22.1	71	16.8	295	2.6	144.2	58.0	58.0
0 26	6.7	355	887.8	22.0	72	16.7	300	2.7	143.5	51.9	51.9
0 28	6.6	365	886.6	22.0	72	16.7	304	2.8	141.5	52.0	52.0
0 30	6.5	376	885.4	21.9	72	16.6	308	3.0	144.1	52.8	52.8
0 32	5.7	389	884.0	21.9	73	16.8	313	3.1	145.4	54.3	54.3
0 34	5.6	399	882.8	21.8	73	16.8	317	3.2	146.2	53.4	53.4
0 36	4.7	414	881.1	21.6	73	16.6	321	3.3	176.0	61.0	61.0
0 38	5.7	427	879.7	21.5	73	16.7	325	3.4	177.6	61.7	61.7
0 40	5.8	440	878.2	21.3	74	16.5	329	3.5	178.2	61.8	61.8
0 42	5.7	452	876.8	21.2	74	16.4	332	3.6	178.8	59.7	59.7
0 44	5.8	465	875.4	21.2	75	16.8	336	3.7	179.4	57.2	57.2

圖九 原始氣象資料 RAW-data

資料來源：作者於氣象探空作業擷取資料整理。



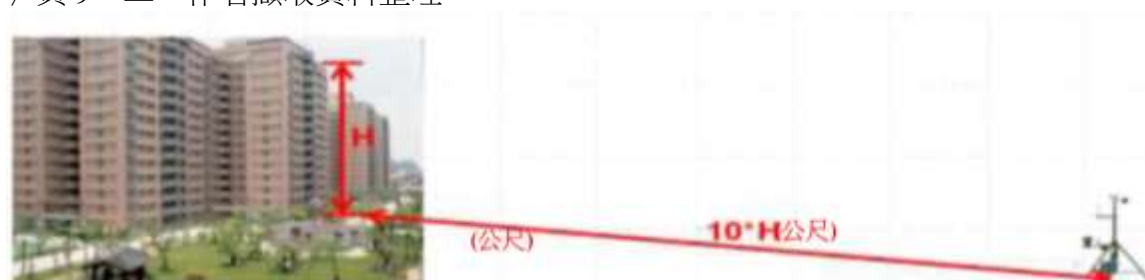
圖十 「天線指向方位角」之求取

資料來源：〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 6 月 11 頁。

表五 地對地標準彈道氣象電碼的平均風權重係數表

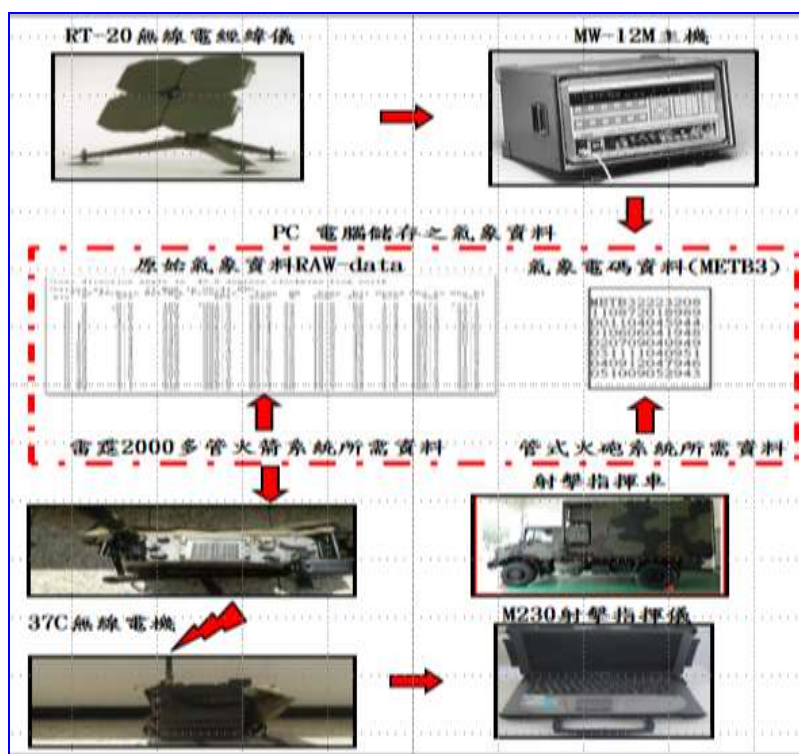
METB3地對地標準彈道氣象電碼的平均風權重係數						
Zonenbr	各空層線號					
	01	02	03	04	05	06
01	1.00	0.20	0.09	0.06	0.04	0.03
02		0.80	0.19	0.12	0.08	0.05
03			0.72	0.26	0.15	0.08
04				0.56	0.20	0.09
05					0.53	0.12
06						0.63

資料來源：一、VAISALA，〈無線電經緯儀式探空主機 MW-12M 技術及 STANAG 程式操作手冊〉頁 9。二、作者擷取資料整理。



圖十一 地面氣象站之架設選定位置

資料來源：一、VAISALA，〈無線電經緯儀式探空主機 MW-12 技術及操作手冊-MAWS 地面氣象自動觀測站〉頁 6。二、作者繪製整理。



圖十二 氣象資料通資鏈結示意圖

資料來源：作者繪製整理。

二、建置提升氣象探測系統性能

目前火箭部隊砲兵氣象作業組所使用之氣象裝備為 MW-12 (M) 主機搭配 RT-20 無線電經緯儀，屬自主性之高空氣象探測系統，惟其性能已明顯降低。此砲兵部隊氣象裝備，迄今均已逾壽期 26 年，原廠已停產該型裝備，零件獲補不易，且該裝備使用之 RS-92D 探空儀型式亦將於 106 年停產，後續使用之新式 RS-41 新型探空儀須對應新式系統才可使用，砲訓部現行教學所使用為新型 MW-32 主機為目前芬蘭費沙納 (Vaisala) 公司最新款主機，可搭配 RT-20 無線電經緯儀或 GPS 接收天線 (CG-31) 實施探空作業，可提升作業速度；因此 MW-12M 氣象裝備無法與後續新型探空儀搭配使用，無法滿足砲兵彈道氣象探測作業，故亟需實施性能提升，以符合數位科技作戰趨勢，達到火箭部隊朝快速射擊、遠程及高精準度發展，以符合本軍「即時、精確」之氣象情資需求。

三、精進氣象資料通資鏈結之時效

砲兵雷霆 2000 多管火箭系統射擊指揮，氣象資料獲得需藉由多種方式傳無線電機以數據傳輸方式實施資料分發，惟配合戰、技術射擊指揮系統時，仍須手動輸入氣象資料或原始氣象雷達資料 (*.txt) 或轉換後氣象測試 (*.atm)。¹⁴因

¹⁴ 〈雷霆 2000 多管火箭系統射擊指揮車單位操作保養暨補給手冊-第三章 系統功能說明與操作〉頁 3-48。

善用 37C 無線電機鏈結氣象資料¹⁵，達成「彈道氣象精確化、資料儲存數位化、數據傳輸即時化、氣象情資共享化」之目標，可縮短作業時間及提升資料精度，有效發揮我砲兵部隊精準與奇襲火力。

結語與建議

火箭部隊運用砲兵彈道氣象自動探測作業隨科技技術進步與發展，以較快速度與精度獲得氣象資料助於砲兵彈道氣象修正，因氣象作業人員除須充實氣象專業知識與新知，以提升彈道氣象探測能力與時效，進而將使砲兵發揮其最大效能，故期盼藉由本研究，讓氣象作業人員了解之重要性。因此火箭部隊善用氣象情資，提升射擊氣象修正之精確性。基此，建議國軍砲兵應以「科技現代化」為目標，將現有裝備基礎持續精進與提升：一、儘速換裝提升為新型砲兵彈道氣象自動探測系統；二、建議採購新式 RS92-SGP、RS92-AM 兩種類型之探空儀，大幅提升砲兵彈道氣象自動探測精確度，提升砲兵射擊效果；三、為提升氣象探測作業之速度等，建議增購 CG31、CG32 天線，以利各種環境因素架設。

參考文獻

- 一、環境科技股份有限公司，《氣象探測系統教育訓練教材》（臺北：翰昇環境科技股份有限公司，民國 101 年 8 月）。
- 二、VAISALA，〈無線電經緯儀式探空主機 MW-12 技術及操作手冊〉（臺北：翰昇環境科技股份有限公司，民國 101 年 8 月）。
- 三、VAISALA，〈Vaisala Marwin Sounding System MW32 （2010.09.21）〉，<http://www.vaisala.com>。
- 四、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月）。
- 五、《陸軍 37 系列跳頻無線電機操作手冊（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 100 年 9 月 7 日）。
- 六、《陸軍氣象教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 94 年 11 月）。
- 七、〈雷霆 2000 多管火箭系統射擊指揮車單位操作保養暨補給手冊〉（桃園：國防部陸軍司令部，民國 101 年 3 月 29 日）。
- 八、《RT-20 氣系自動探測系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 90 年 11 月）。
- 九、陳天祐，〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 6 月。

¹⁵ 《陸軍 37 系列跳頻無線電機操作手冊(第二版)》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 100 年 9 月 7 日）。

十、李尚儒，〈多管火箭彈道氣象運用之研究〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 160 期，陸軍砲訓部，民國 102 年 3 月。

作者簡介

顏嘉彰士官長，陸軍專科學校士官長正規班 39 期，歷任測量班長、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。