

# 氣象與無線電通信

冀家琳<sup>1</sup>

## 一、前言

氣象從業人員大都了解無線電通信對氣象資料的傳遞、收集以及廣播應用貢獻卓著，而且由於無線電通信設備與電子計算機技術的發展與進步，使得氣象觀測工作更為方便與迅速，氣象預報工作更為精準。但人們對於氣象對無線電通信的影響情形則討論不多，本文除對無線電通信對氣象工作的貢獻略加敘述外，並對氣象影響無線電通信的情形，做了較為詳細與有系統的陳述，同時對近代無線電發展的趨勢，不嫌班門弄斧亦加以說明以享讀者。

## 二、無線電通信對氣象工作的貢獻

### 1. 無線電通信對氣象資料的傳遞、收集以及廣播的貢獻；

氣象觀測工作於 17 世紀開始，氣象觀測資料的傳遞與收集，最初借助於有線電通信，1844 年發明的 CW 摩爾斯數字通信的方式來收發氣象資料，但對海上、船舶、高山、離島以及空中的氣象觀測資料，皆需依靠無線電通信來傳遞與收集，再做廣播與應用。

隨著氣象預報循氣團鋒面學術的發展，各氣象中心機構繪製分析天氣圖，但繪製氣象圖需要各地大量的氣象觀測資料，這些氣象觀測資料的收集成為氣象機構非常繁重的工作。19 世紀中葉世界各地區域氣象中心，利

---

<sup>1</sup>基復公司

用 CW 5 碼電報的方式收集與廣播，氣象資料約需 200 至 300 個分散各地區氣象觀測站的氣象觀測報告，始能繪製成比較完整的天氣圖，再依氣團與鋒面移動的方向與速度做成天氣預報。

到了 1930 年代，由於電傳打字機 TELTYPE 的發明，才使得報務員用人工收發報的氣象資訊的工作減輕，使氣象觀測資料的傳遞與廣播更為迅速與正確可靠。

1950 年代傳真機(FACSIMILE)的發明，使得天氣圖表製作與廣播益加進步。WAFS (World Area Forecast System)以及 ISCS(International Satellite Communication System) 的發展，讓各種天氣圖表能集中在英國倫敦及美國華盛頓繪製，再利用衛星無線電傳真方式傳送各地，內容增加了收集各地氣象觀測報告的數量，減少各氣象機構繪製天氣圖表的人力，這些都是很明顯的無線電通信對氣象資料傳遞、收集與廣播應用的貢獻。

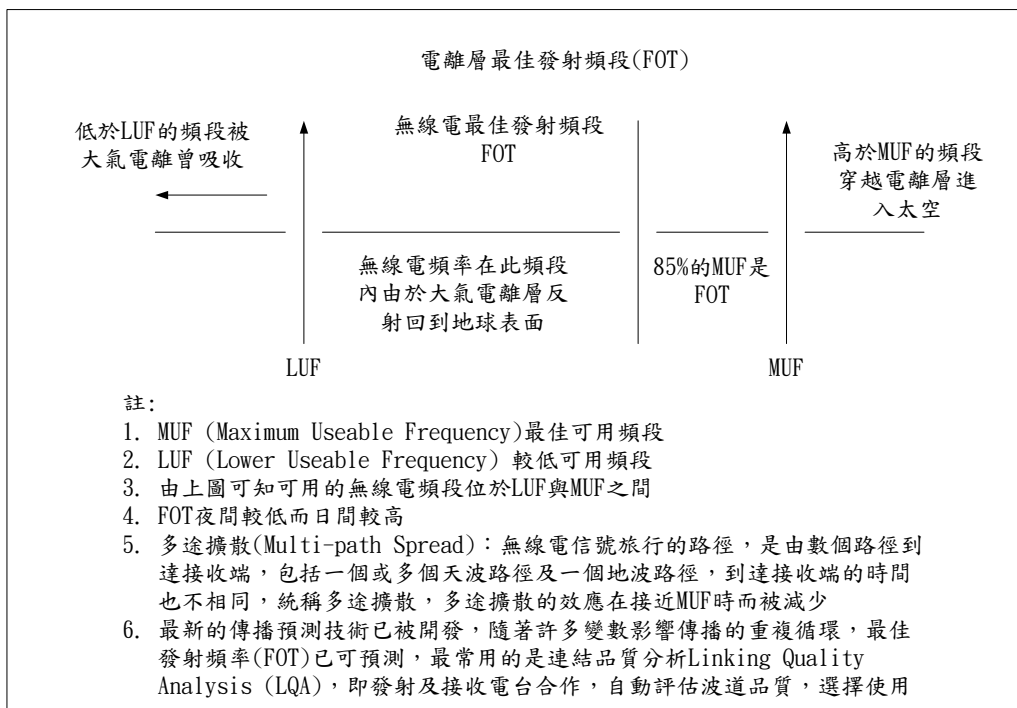
## 2. 無線電通信設備與技術的進步對氣象工作的貢獻

由於無線電遙控設備與技術的發展，配合近代電腦軟、硬體的發展，使氣象自動觀測工作得以實現。1930 年代無線電探空儀(Rawinsonde)的發明，揭開了高空氣象觀測的序幕。由於無線電雷達的發展，觀測氣象的都卜勒氣象雷達(Doppler Weather Radar)，使得颱風等惡劣天氣的動態觀測成為可能。現代衛星無線電通信的發展，使氣象預報員能掌握高空雲導風型與氣團位置移動，讓天氣預報更為精準。

## 二、氣象影響無線電通信的概況；

### 1. 電離層影響高頻無線電的傳播

電離層有如一種自然的衛星，它的位置是在地球大氣中從地球表面向上延伸大約 50 到 600 公里(km)，荷電粒子的氣體區域，它是由於太陽發射所造成大氣原子內電子擾亂，以及帶電荷體的產物，電離層像似一種氣體的毯子好像衛星一樣的性质，使得 HF(High Frequency)越視線(Beyond Line of Sight)無線電通信成為可能，電離層約可分為四層:(1)D層，距地面 30-50 哩(2)E層，距地面 60-90 哩(3)F1層，距地面 90-155 哩(4)F2層，距地面 155-375 哩。影響 HF 無線電通信最大的區域是 D 層及 E 層，D 層和 E 層在中午達到最大電離活動強度，日落後開始消散，午夜時到達最低活動，不規則雲狀離子化氣體，偶爾會發生在 E 層中，這些區域稱為零星 E，它可以支援天波在 HF 頻段及上端超過 HF 頻段的傳播，從下圖可以了解電離層對無線電通信最佳發射頻段(Frequency Optimum Transmission 簡稱 FOT)。



## 2. 天氣對無線電通信造成的雜訊與干擾

- (1) 閃電 - 閃電是大氣中雜訊自然的來源，這種大氣雜訊在夏日期間最高，而且夜晚最大，特別是在無線電頻率 1.6~5.0MHZ 範圍內，大氣雜訊的平均值做為每日時間及季節的函數，已經在全世界各個位置建立，並且在預測 HF 無線電性能加以使用。
- (2) 雷雨期間的干擾-雷暴不但能造成無線電通信的干擾，嚴重雷擊有時會損壞無線電通信設備，因此防雷措施成為無線電通信不可缺少的設備。

## 3. 太陽黑子對無線電通信的干擾

根據統計太陽黑子每十一年為一週期，持續增加對無線電通信造成干擾，這種干擾到目前為止還沒有防治的辦法。

人為的雜訊(Man Made Noise)，包括非故意干擾及故意干擾，較詳細的敘述不在本文討論範圍。

自動鏈路建立(Automatic Linking Establishment, ALE)，不斷變化的電離層以及隨機雜訊和干擾，導致短波無線電通信受到破壞。過去熟練的無線電操作員，在建立通信聯繫時，需不斷的調整操作參數，現在這種參數調整工作已進入自動化。ALE 系統對傳播條件的變化作出迅速的反應，使用即時波道評估(Real Time Channel Evaluation, RTCE)及回饋(Feed Back)技術調整數據率(Data Rate)或更改調變方式，以達到最佳通信情況的目標。

## 三、無線電通信發展的趨勢

無線電通信未來的方向，無線電通信未來將繼續向多頻段設計方向發展，範圍從 MF 到 UHF，數位電路會代替類比電路，而成為低成本、多功能及可靠的設計，數位處理電路會處理更高的頻率，而且逐漸從類比轉換為數位或並存，無線電必須為寬頻運作模式重新做新的程式設計以適應更高的資料傳輸速率在網路化情形下工作。

近代無線電通信對通信安全(Communication Safety)日益重視，在過去只注重密碼通信，現在則重視傳輸安全(Transmission Safety)，語音攪拌器(Voice Scrambler)、展頻(Frequency Extension)、跳頻(Frequency Hopping)等技術應運而生。以下再簡述這些技術概要：

- (1) 語音攪拌器(Voice Scrambler):係將語音信號分裂成為數個音訊子頻帶，轉換這些音訊子頻帶到不同的語音頻段，在接收端再將其合成輸出語音。
- (2) 展頻:係為傳輸安全上的考慮，利用一堆的技術防止信號被偵測，或在傳輸路徑壅塞，這些技術包括採用隱藏波道或將它成為移動目標，通常會使用非常低的功率發射，或展開信號跨於寬頻帶作隱藏波道的手段，而降低被偵測的概率(Low Probability of Detection 簡稱 LPD)
- (3) 跳頻(Frequency Hopping):跳頻裝置是在發射機端，頻率改變非常快速，它以預設的波形，從一個頻率跳到另一個頻率，跳頻散播資訊或語音，跨越於幾百個分散的頻率，在接收機端用同步的方法，接收到這些分散的頻率上的資訊或語音，再將之整合成原來資訊或語音，故它不容易被破解或干擾，成為現在常用的無線電通信傳輸

安全措施。

- (4) 數據加密和解密:有所謂非對稱密鑰系統(Asymmetrical Key System)與對稱密鑰系統(Symmetric Key System)，無線電通信數位化的結果及數據機現代化進步的結果，使無線電通信可經由網路執行，在網路中使用公開密鑰，使所有的網路使用者可以雙向安全通信，這即所謂非對稱密鑰，在此標準下，每個用戶具有二個密鑰；一個是公開密鑰，而另一個是私有密鑰，最高安全等級的無線電通信是對稱密鑰，因為原始寄件者與所有收件者都必須具有相同的密鑰(Encryption Key)。

無線電通信在第二次世界大戰後，由雙向通信(Two Way Radio)而進步到轉播系統(Trunk Radio System)，與有線電連接的傳呼系統(Paging System)，以及現在流行的 P25、TETRA 數位化轉播系統(Digital Trunk System)、而行動電話(Mobile Phone)的流行與功能發展，更是日新月異，現在已進入 4G(Fourth Generation)時期，但在空中或海上、遠距離通信，仍需依靠 HF 無線電通信或衛星電話來解決，衛星通信雖然尚有一些需要克服的問題，如軌道問題、仰角問題、價格昂貴問題，但其最大問題是天氣與大氣問題，在惡劣的天氣情況及雲層下，通信常常會中斷，這些尚有待通信專家與氣象學者努力去設法改進，不過衛星通信將成為未來無線電通信發展的趨勢，當無疑問。

航管無線電通信將仍維持 AM 的模式，因為 FM(Modulation)有持強凌弱、侵佔波道(Capture Channel)，俗稱蓋台的問題，但軍用無線電已有 AM 與 FM 並用發展。航管數位語音通信派遣控制系統(Digital Voice

Communication Control System 簡稱 DVCSS)則繼續向數位化、電腦化的方向發展，但觸控式控制台的耐用性，應予加強，各廠因保護智慧財產權的非公開軟體 Not Open Standard Software 及使用執照授權制度，加重了使用者的顧慮，限制了廠商的市場規模。DVCSS 在軍事通信上稱為 ICS(Integrated Communication System)，它傾向於與現代數位式有線電交換機整合，用速撥鍵(Quick Dial)代替了老式的手搖式電話(Manual Ring Down 簡稱 MR)，這亦是新陳代謝的自然現象。

航站管理及地勤服務無線電通信，則保持 FM 的調變模式，向數位化發展，由於電腦網路的發展，原來傳統的直通式無線電(Two Way Radio)及轉播式無線電(Repeater Radio)，將不足以應付航空地面服務快速、無中斷、無延誤的地勤服務要求，故系統化無線電通信系統已在設計進行，該系統將整合無線電、有線電與行動電話於一個整合式的通信系統，互相支援，使遼闊的機場各點無遺漏地納入通信範圍。最近有的國際機場已採用具有數位條碼的無線電手機，加強旅客行李及貨物裝機管理，減少錯誤與誤運，減少計算飛機裝載平衡的時間與誤算。

無線電的環規標準(Radio Environment Specification Standards)將來會逐漸改變目前無線電通信所使用的環規，現有歐規(European Standard)、美規(United State Standard)簡稱 U.S. Standard，還有各種軍規(Military Standard)，這些軍規大都是美軍軍規，由於美軍於第二次世界大戰及戰後經歷了多次戰役，故軍規規定甚為嚴謹，並激發了美國無線電通信的發展，中國標準(Chinese Standard)在中國廣大的市場誘因下，將應運而生，明顯的例子 GPS (Global Position System)，中國即不完全採用美規。

無線電頻譜資源將成為各國珍貴的無形的財產，除一般熟悉的 HF/VHF/UHF 頻段外，尚有 VLF/LF/MF 以 KZ(Kilo Heze)表示，SHF(極高頻)、EHF(至高頻)以 GHZ 表示，它的分配與使用各國都有專責機構管理，參照 ITU 的規定，分配國內各使用單位，現在台灣的 4G 的行動電話競標，頻道費動輒幾百億新台幣，可見頻譜的越來越珍貴。

#### 四、結論

1. 氣象工作依靠無線電通信來傳送收集氣象資料，再利用無線電及電視廣播的方式傳達予用戶及一般民眾。
2. 隨著無線電設備與技術的進步，使氣象觀測工作更為簡易方便與迅速，而且由地面氣象觀測發展至高空 20,000 公尺以上的氣象觀測資料。
3. 無線電雷達及無線電衛星通信的發展使氣象預報工作更為精準。
4. 大氣的電離層、閃電、雷擊對無線電通信的影響，現代的 ALE 設備的發展已可避免，但對太陽黑子對無線電通信的干擾，人類還是束手無策。
5. 無線電未來發展的趨勢無疑的是向數位化、電腦網路化、寬頻化，無線電/有線電系統整合化，以及向極高頻 SHF(Super High Frequency)、至高頻 EHF(Extreme High Frequency)方向發展。
6. 環規標準(Environment Specification Standard)、應用軟體(Application Software)、連接參數(Interface Protocol)，將成為無線電發展重要的手段。

#### 參考文獻：

Radio Communications in the Digital Age

Harris Assured Communications