

航管雷達對氣象守視的影響

邱曉慧¹、陳泰吉²

¹空軍通信航管資訊聯隊第四中隊

²空軍航空技術學院戰航管氣象組

摘要

航管與氣象雷達掃描速度、掃描範圍及波長有明顯差異，有些飛安事肇因氣象資訊更新速度不夠即時所致，本研究藉由對航管及氣象雷達的分析比較歸納出兩者的優缺點，以探討航管雷達對氣象守視的增益，再整理出航管雷達雲雨回波的發展趨勢、移動速度及回波強度的定義，期望未來能將此定義納入管制員的作業程序中，與氣象人員透過資料的交換，能夠提供與飛行員更加精確且及時的氣象資料。

關鍵字：氣象雷達、航管雷達、進場雷達

一、研究動機

航管制與氣象專業各自領域大不同，其雷達應用亦不同，但我們所服務的對象皆是飛行員！航管單位須仰賴天氣中心所提供的資料來執行航行管制，例如：目視與儀器天氣能執行的航線訓練有所不同；戰、演、訓等相關任務的天氣標準也有一定規範；不同機場的天氣起降標準更為重要！

航管雷達主要目的為反射航空器的初、次級信號，讓管制員進行雷達識別引導航機；氣象雷達主要為反射水象粒子的回波，讓氣象員易於觀察大氣中水氣的變化。

航管雷達掃描速度快、距離近，以便及時更新航機位置及精準反射雷達回波；氣象雷達掃描速度慢、距離遠，以便量測水氣變化及觀測全臺的降水趨勢。航管雷達-GCA AN/MPN 14K(SS)其所顯示的雲雨回波圖是屬於近距離的反射回波，對氣象人員而言，應該是屬於很有

參考性的資料，若航管人員能更清楚了解回波圖所表達的涵意，並正確的提供給氣象人員參用，相信這對飛行員及管制員也是一大助益！

二、研究方向

本人朝著航管雷達對氣象之影響的目標研究，首要之務為分析航管與氣象雷達之差異性，進而總結出航管雷達對於氣象守視的增益。

利用天線發射高能電波，當電波碰到物體時即反射，雷達利用天線接收這些回波，由回波時間及波速即可求出物體的距離〔1〕(圖一)。

軍方航管雷達(圖二)使用地面管制進場臺 GCA-AN/MPN 14K(SS)雷達，其主要用途為識別航機信號，藉由快速的掃描週期精確地掌握航空器的位置來進行識別，同時也提供了雲雨回波資訊。軍方航管雷達區分為機場搜索雷達 ASR 及精確進場雷達 PAR 兩種，其差異性主要為高度的提供：PAR 雷達可以直接掃描到目標的高度。

ASR 雷達則只能透過航機回答的信息被動地知道高度。ASR 雷達(圖三 a)為平面雷達，掃描方位為 360 度，掃描範圍達 60 哩，其中又區分為初級與次級雷達，初級雷達信號為直接目標的反射回波；次級雷達信號為雷達的詢問器與航機的迴波器間的互通資訊，航機的高度顯示倚賴其答訊器間的溝通所產生。

而 PAR 雷達(圖三 b)為精確系助導航裝備，因此 PAR 雷達較 ASR 雷達增加了高度的掃描，以提供方位、距離及高度的資訊及給予適當之修正指示，引導航機進場，但掃描涵蓋範圍只達 20 哩，所以雲雨回波所提供的助益不是很多。

都卜勒氣象雷達為利用「都卜勒原理」測得雲滴的徑向速度，提供雲體內部分水相及氣流結構分布〔2〕(圖四)。

氣象雷達使用的無線電波長範圍很寬，從 1 厘米到 1000 厘米。它們常被劃分成不同的波段，以表示雷達的主要功能。氣象雷達常用的 1、3、5、10 和 20 厘米波長，雷達探測大氣目標的性能和其工作波長密切有關〔3〕。

徑向速度：

徑向速度是物體朝向視線方向的速度。一個物體的光線在徑向速度上會受都卜勒效應的支配，退行的物體光波長將增加(紅移)，而接近的物體光波長將減少(藍移)〔4〕(圖五)。

極化為指向性，即雷達波往一個方向發射及接收。水平極化(圖六)對於上下的指向性比較不在意，對於左右的指向性比較準確且更尖銳。圓形極化(圖七)為盡可能滿足從四面八方過來的電波效果，比較不會因為某個角度或者方位讓某個角度的信號接收度不佳。

對飛行員及管制員而言，雷暴所造成的危害十分具有威脅性，雷暴區既有強電流，又有不穩定的大風和暴雨，在歷年來由於遭遇雷雨天氣而發生空難的

意外事故數量也不在話下。

氣象雷達可以偵測雷雨包的形成及移動方向，透過管制員告知飛行員採取避讓雷雨天氣的措施；當冷氣團和暖氣團交會時所產生的交界面，稱為「鋒面」，其與地表的交界帶長度常可長達數千公里。鋒面會隨高度呈現傾斜的狀態，冷氣團圍在下方，暖氣團位於上方，有時會伴隨有雷雨、冰雹，甚至有強烈陣風的出現〔5〕。

這兩種劇烈的天氣都可能造成飛安事故的發生，這些天氣現象仰賴氣象雷達的回波提供，降低飛行員遭遇危險天氣的危殆，但仍有飛行員已得知氣象人員提供的天氣狀況，但意外事故還是發生了的憾事，這其中的原因在何處呢？讓以下的研討，歸納出合理的原因來解釋這些意外事故。

波長越長掃描範圍越遠，時間反應較慢，精確性較差；波長越短掃描範圍越近，時間反應較快，精確性較高。依表 1 所述，氣象雷達主要為偵測水象粒子的反射，航管雷達為偵測航機的位置，在功能上有需求上的不同。在表一上看來氣象雷達的掃描距離遠大於航管雷達，因為氣象雷達必須有大範圍的掃描距離才能對於雲雨回波的移動(例如：颱風、鋒面)更精確且連續面的守視。

雷達掃描涵蓋的最大距離為 ASR 雷達的 7 倍之多，涵蓋高度為 ASR 雷達的兩倍之多，其能夠掃描到的回波信號數量相當多，這是航管雷達不足之處。但在雷達資料更新頻率來看，氣象雷達相較於 ASR 雷達及 PAR 雷達將近慢了 10 分鐘之久，如此差異的速度所能掃描到的目標就與其用途有著密切的關係，航管雷達以識別航機信號為首要之務，若不夠快的速度就無法及時更新航機的位置。

氣象雷達著重觀察水象粒子的變化，水氣的移動速度遠比航機低許多，太高的速度是對水象粒子回波的觀測無太大助益。再則是回波強度的等級區分，因為用途的差異，

航管雷達不需要將雲雨回波做太多深入的區別，僅將回波強度區分簡單的3類，分別為淺藍、藍及深藍；氣象雷達則以16種顏色來進行區分，這會使航管人員在提供氣象人員或者判斷雲層厚度時的不易，可能回波強度為40跟70落在同一個顏色當中。

在呈現的圖形上，雙偏極化氣象雷達有水平與垂直極化，可以掃描出水象粒子平面與剖面的形狀來過濾為何種水分子型態；航管雷達因為圓形極化的影響，無法過濾不同的水象粒子，只能透過氣象人員的資訊提供轉知飛行員以執行航行管制任務。

氣象雷達可以明顯從偏極化回波圖中分析出回波發展強度、分佈範圍及移動速度，但其資料更新頻率不高，對於近距離守視常有不足。航管雷達在回波強度及守視無法完全提供有效的資訊，但因更新頻率高，如何定義出回波代表意義，可在近距離守視，提供相當程度的幫助。

氣象員主要利用雷達雲雨回波之移動速度、發展情況、回波強度來估算天氣的變化。若航管人員能透過與氣象人員資料的交換，定義出上述3種有效的資料數據，就能符合氣象作業基本需求，發揮雷達裝備最大效能之應用。

以圖八、圖九及圖十雷達回波圖形計算移動速度、研判發展情況及定義回波強度。

(1) 水氣的發展

水氣的變化是推算未來發展的趨勢，而危險天氣(例如：雷雨天氣)及其動向對於飛安更為重要。

軍方航管ASR雷達為4.8秒更新1次；PAR雷達為1秒更新1次，自軍方航管ASR雷達回波圖(圖八a、b)可看出經過僅僅2分鐘的變化，西北的雲雨強度增強，而整體回波也有往東南(也就是本場)移動的趨勢；PAR雷達回波圖(圖九a、b)其高度與方位的回波也有明顯的變化。

氣象雷達為10分鐘掃描一次，資料更新的速度不夠即時，可以從氣象雷

達回波圖(圖十a、b)中看出1320時嘉義機場西面尚未有雲雨回波，但1330時西面已經出現了有強度達25DBZ的回波，這之中產生的極大變化卻必須經過10分鐘之後才能觀察到。

假設一架在空機空速為300哩/時，10分鐘內移動了50哩，但氣象雷達尚在10分鐘內卻沒有更新的資料，很有可能造成管制員要求航空器往實際上天氣不佳的地方移動，因為管制員手上現有的天氣資料是沒有影響的，這樣的資料更新速度對飛行安全會有一定程度的影響。

雖然氣象雷達守視的範圍很廣，但需要花較多時間觀察水氣的移動方向與成長趨勢，較難很精確地掌握雲雨回波移動的方向與變化的趨勢，這方面航管雷達就可以彌補些許的不足。

(2) 移動速度

移動速度=移動距離距離/經過的時間，若可以經由此算式推算出雷達雲雨回波移動的速度，就可以更精確估算當下的雲雨回波是否會對離到場的航機產生影響。

下面計算方式以雷達回波圖舉例：

❖ ASR雷達(圖八a、b)：

運用RB指令計算距離：RB△M△A點△B點(A與B間的距離)

移動速度=2哩÷2分鐘=1哩/分

❖ PAR雷達(圖九a、b)：

從距離線計算距離 = 15 - 13.5 = 1.5哩

移動速度=1.5哩÷8分鐘=0.2哩/分

❖ 都卜勒雷達(圖十a、b)：

利用經緯度計算距離

移動速度=5.1哩÷10分鐘=0.51哩/分

(3) 回波強度-dbz

是表示雷達回波強度的一個物理量(圖14a)，用來估算降雨(雪)強度及預測災害性天氣出現的可能性。它的值越大降雨(雪)可能性越大，強度也越強。當它的值 ≥ 40 dbz時，出現雷雨的可能性較大；當它的值 ≥ 45 dbz時，出現暴雨、冰雹、大風等強對流天氣的可能性較大。當然！判斷具體出現何種天氣時，除了dbz外，還要考慮回波高度、面積、移動速度、方向及演

變情況等(6)。

在都卜勒雷達中區分為16種強度；航管雷達強度則區分3種，只代表強、中及弱，沒有精確的數值界線，但兩者同樣為雷達回波，航管人員可以參考氣象人員提供的資訊，將其16種強度歸納到3種深藍、藍及淺藍之中；若觀察到的雲雨回波逐漸由淺藍形成深藍，即時將此資訊轉知天氣室，使其精確性提升！

本人非屬專業氣象人員，在強度區分的歸納只能做粗略性的分類(圖十一b)，而且這方面數據也要經過縝密的分析才能加以區分，因此下圖為本人所做的約略性分析示意圖，未來的研究會朝著精確數據加以琢磨。

航管雷達提供雲雨回波資訊的限制

軍方航管雷達技令原文指出：「在AN-MPN 14K(SS)雷達中，其雨水、冰雹及冰雪會被反射在單一個平坦面上，雷達天線並不會接收這些回波；雲雨的回波是圓形極化，這個極化會導致雨水、冰雹及冰雪的信號指標減少」[7]。

依上所述，由於雷達圓形極化的影響，使其無法辨別反射的回波為何種水象粒子，這構成了提供雲雨回波資訊的一大限制。

三、結論

ASR雷達僅能提供平面上60哩內的雲雨回波，相較於氣象雷達範圍小了許多，但4.8秒更新一次的頻率，成功的彌補了氣象雷達時效上的不足。

PAR雷達掃描高度範圍只至4000呎，對於氣象作業無太多幫助，但可以參考雲層發展對於下滑航道的影響；平面的掃描範圍至20哩，可以觀察近距離(進場航道上)雲雨的變化，這對守視機場附近的天氣變化(尤其是起降階段區域)有所幫助。

四、預期目標

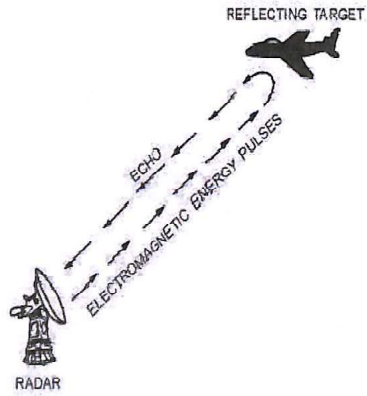
前面的章節已將水氣移動速度及變化趨勢做了數據化與分析，但回波強度區分上只進行了粗略的分類，未來目標朝向定義出回波強度的門檻，可以透過管制員及氣象員間資料的交換來尋求深、中、淺藍顏色的最下限值，將其16種顏色歸納到所對應的3種區塊裡，將納入管制員作業程

序的一環，也能提供氣象員精確的氣象資料，確維飛安。

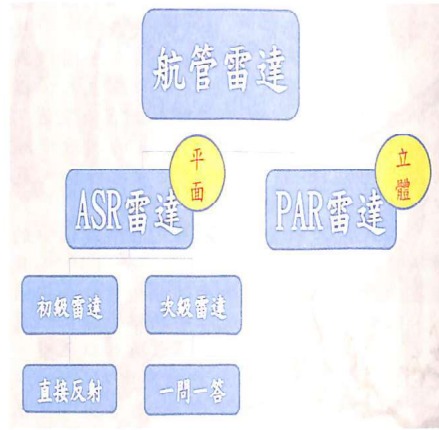
五、參考文獻

1. <http://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/weather/collect3.htm>, 參考日期: 2014年5月
2. http://content.edu.tw/junior/earth/tp_tm/new/item0402/knowledge/w33.htm, 參考日期: 2014年5月
3. <http://baike.baidu.com/view/39364.htm>, 參考日期: 2014年5月。
4. <http://zh.wikipedia.org/zh/%E5%BE%91%E5%90%91%E9%80%9F%E5%BA%A6>, 參考日期: 2014年5月。
5. http://www.cwb.gov.tw/V7/media/video/edu_video3.htm, 參考日期: 2014年5月。
6. <http://baike.baidu.com/view/563061.htm>, 參考日期: 2014年5月。
7. Gilfillan Divison, "臺灣固定式陣地進場管制雷達系統第一MPN-14K(SS)", 1-27, 2005。

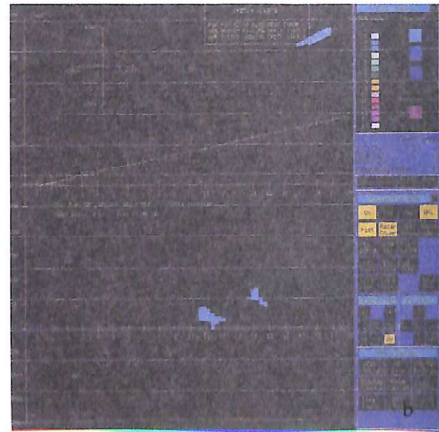
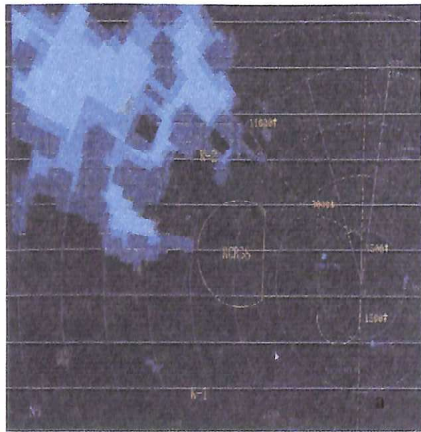
六、圖表彙整



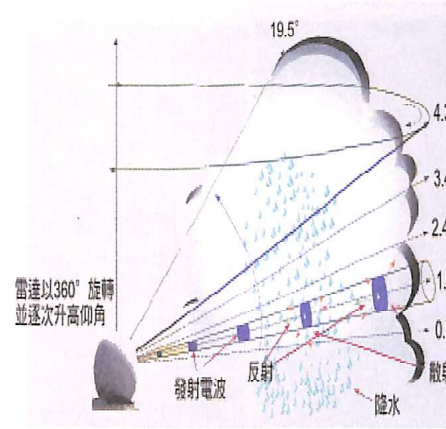
圖一 雷達原理圖(資料來源：
<http://big5.zhengjian.org/node/113588>)



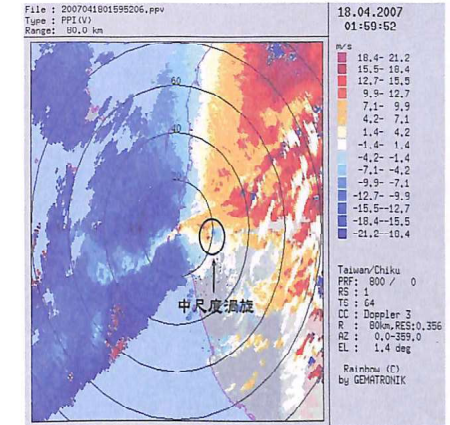
圖二 平方航管雷達(AN MPN 14K(SS)樹狀圖



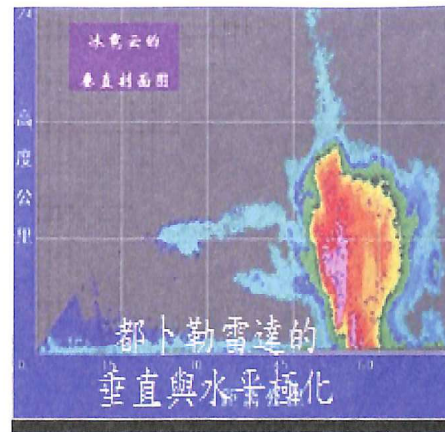
圖三 軍方航管雷達回波圖
(a)ASR 雷達 (b)PAR 雷達 (資料來源：軍方航管雷達畫面)



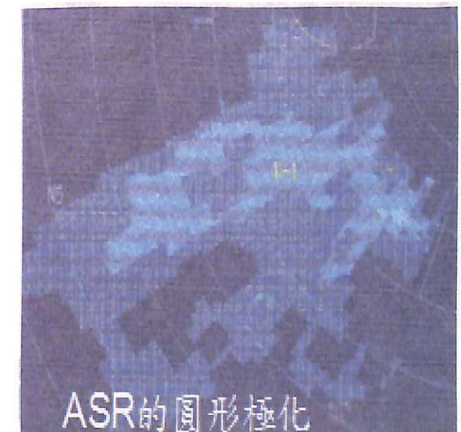
圖四 氣象雷達運作原理(資料來源：正見網
<http://big5.zhengjian.org/node/113588>)



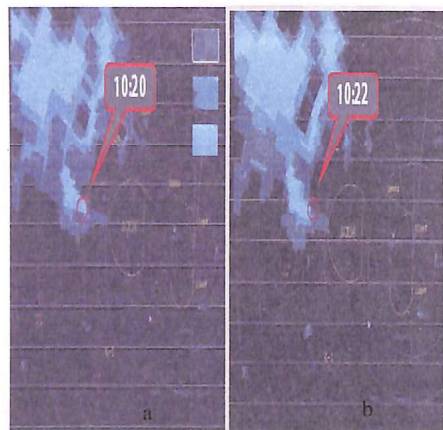
圖五 徑向速度雷達回波圖(資料來源：中央氣象局-龍捲風特輯)



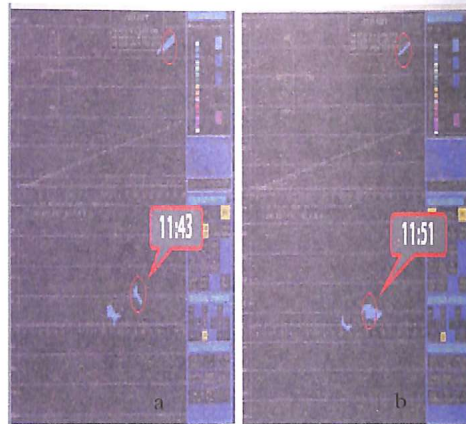
圖六 氣象雷達 RHI-水平及垂直極化
(資料來源：www.rpgwebgame.com)



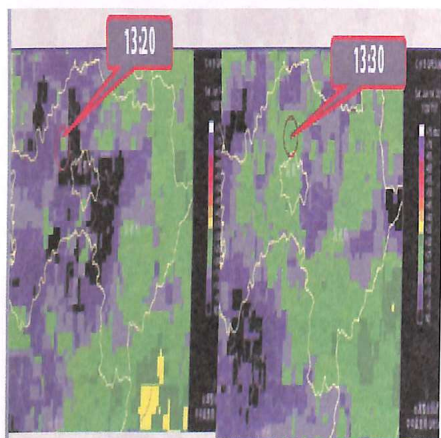
圖七 ASR 雷達回波圖
(資料來源：軍方 ASR 雷達)



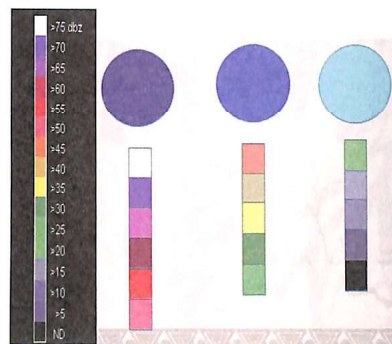
圖八 軍方航管 ASR 雷達回波圖
(a)1020 UTC (b)1022 UTC(資料來源：軍方 ASR 雷達)



圖九 軍方航管 PAR 雷達回波圖
(a)1143 UTC (b)1151 UTC(資料來源：軍方 PAR 雷達)



圖十 中央氣象局劇烈天氣監測系統(QPESUMS)雷達回波圖
(a)1320 UTC (b)1330 UTC (資料來源：中央氣象局)



圖十一 雷達強度示意圖
(a)中央氣象局雷達回波強度 (b)航管雷達模擬雷達強度歸納(資料來源：中央氣象局)

表一 航管與氣象雷達個別參數表(資料來源：Gilfillan(2005)〔8〕、楊〔3〕)

雷達種類	AN/MPN 14K(SS)		都卜勒雷達
	ASR	PAR	
涵蓋距離	0.25-60哩	20哩	最大450哩 有效250哩
涵蓋角度	360°	28°	360°
涵蓋高度	0-25000呎 (7.75KM)	-1°-+7°	0-15KM
頻率範圍	2.7-2.9 GHZ	9.0-9.16GHZ	1.5-30GHZ
波長	10cm	3cm	10cm-0.1cm
掃描速度	4.8秒/轉	1秒/次	10分/轉
強度(顏色)區分	3種	3種	16種
呈現圖形	1種(雲)	1種(雲)	可過濾雨、冰雹、雪
主要用途	識別航機		雲雨回波

The Impact of ATC Radar for Weather Operation

Qiu Xiaohui¹, Chen Taiji²

¹Air Force Communications, ATC & Information Wing

²Department of Tactical Control Air Traffic Control & Meteorology, AFIT

Abstract

Air traffic control and weather radar scan speed, scan range and wavelength there are significant differences, some of the causes of flight safety things fast enough for real time weather information updates caused by this study on air traffic control and weather radar analysis and comparison summarize the advantages of both Disadvantages to explore ATC radar gain meteorological watch office, and then finishing the development trend of cloud sail control radar echoes, echoes the definition of mobile speed and strength, hope that the future can be included in this definition controller's operating procedures, and meteorological personnel through the exchange of information, and can provide more accurate and timely weather information pilots.

Keywords: weather radar, air traffic control radar, radar approach