

美空軍氣象勤務點滴 學術發展組

Views from USAF Weather Service

美國空軍氣象勤務司令部 (AWS) 對所屬單位印發一種指示，係非正式命令，亦非法規手冊技令，係對作業技術上學術上及觀念上提供新的資料；或使各屬優良成果及經驗交流，目前有 Operation Digest 及 Scientific Service Review 二種，均為每季刊發一次，內容簡明扼要，或僅列舉問題及其參考書文，目的在導引正確的作業思想，輔助技術法規之了解，報導新知，啓發研究改進精神，包括範圍極廣，無論人事、裝備、通信、觀測、預報、組織、勤務活動等其有價值需共同了解者，均以極簡潔新聞報導，其中不乏可供本軍參考借鏡者，可藉以獲悉其業務發展方向，亦以窺見其勤務作業精神，特摘編其中若干有關項目，以供參閱。

壹、組 織

一、世界氣象組織 WMO

軍方對世界氣象組織並無直接關係，但世界氣象活動與發展關係每一氣象人員。美國空軍海軍氣象人員亦祇擔任美國代表（氣象局）的技術顧問。美空軍氣象勤務司令部仍特將 WMO 概況摘轉全軍氣象人員知照，茲亦簡要摘述數點以供參考認識。

世界氣象組織 WMO 係由原國際氣象組織 IMO 於1947年改組而成。總部仍設於瑞士日內瓦，其組織如下：

1. 大會 (Congress)——每四年開會一次，會期約一月，各會員國代表以其國家氣象單位主管為首席代表。

2. 執行委員會 (Executive Committee)——由選出之委員九人及大會中推選之九個氣象單位主管人員組成之。每年開會一次。

3. 區域聯合會 (Regional Associations)——現分六區：I 非洲。II 亞洲。III 南美洲。IV 北美洲。V 西南太平洋。VI 歐洲。區會無固定會所，由區內各國輪流主持召集會議。

4. 技術委員會 (Technical Commissions)——由技術專家組成，由大會通過設立或取消，現有八個委員會如下：航空氣象、農業氣象、氣候、水文、觀測與儀器、海洋氣象、天氣、高空氣象。

5. 工作小組 (Working Groups)——對特殊

問題研究，任何 WMO 單位下皆可設工作小組，例如現天氣委員會經去年會議決定設立四個工作小組，預定工作期限為四年，名稱如下：長期預報小組、傳報連繫小組、電碼小組、氣象衛星小組。

除上述各組織外，WMO 尚有二項主要任務，一為技術援助，一為出版刊印業務。技術援助為對聯合國或 WMO 會員國提供協助解決氣象問題，例如為開發地區建立氣象業務組織。對某國某一專門問題遴選專家派往協助解決。出版方面已刊印種類甚多，如測站呼號、電碼、雲圖、船舶報告，國際地球物理年資料及技術報告等。

目前 WMO 正在辦理的幾項主要業務如下：

1. 致力於統一單位，一律採用公制，速度亦將採用秒公尺代替每時哩。

2. 廢除英制單位，已正式刊佈預定自1964年1月1日起實施。

3. 修改降水強度標準。目前有些地區以每時降水 0.5mm 為極強，有些地區則每時降水 50mm 反為輕度降水者，統一分類標準亦已預定自1964年起採用。

4. 檢討修訂全部天氣電碼 (ww)，正由電碼小組研辦中。

5. 建立南半球氣象資料交換系統，並予納入已建立之北半球系統中，預定1965年起即可完成。

6. 統一傳真圖廣播，裝備標準化，建立半球傳真交換系統，預計六年完成。

7. 劃一高空 TEMP 電碼，漸使能更適於電腦

處理應用，初步修訂規定已自1963年1月1日起實行。

二、美國空軍氣象學術發展部門組織

美空軍氣象勤務部 (Air Weather Service) 學術發展組 (Scientific Services) 已於去夏修改內部組織，但對外任務職掌無變動，係由於近年氣象應用電子計算機日趨重要，氣象遭遇特殊高空及太空特殊問題日多，需加強研究指導，而近代氣象研究對數理基礎更為必需，故調整組織。目前學術發展組組織為主任副主任之下分設三處一室，其下再各分組，如下表：

1. 學術需求與供應處 (Scientific Requirements and Services Division)
 - (1) 研究需求組 (Research Requirements Branch).
 - (2) 技術服務組 (Technical Services Branch).
2. 電腦技術處 (Computer Techniques Division).
 - (1) 技術綜合組 (Techniques Integration Branch)
 - (2) 技術考核組 (Techniques Evaluation Branch)
 - (3) 特業應用組 (Special Applications Branch)
3. 學術資料及刊印處 (Scientific Information and Publications Division)
 - (1) 學術資料組 (Scientific Information Branch)
 - (2) 刊印組 (Scientific Publications Branch)
4. 科學室 (Physical Scientists Office)
 - (1) 顧問 (Consultants)——四人，加強太空方面研究。
 - (2) 特種研究組 (Special Studies Branch)。

貳、觀 測

飛機測雲與地面觀測之比較

由於氣象衛星觀測資料日多，其與地面觀測資料究有何異同，如何比較應用，亟須認識。但地面觀測與衛星照相很難有完全同一時間之紀錄，故必有出入。且衛星照相大部份並非完全垂直正對地面，其精確

時間位置亦有誤差，故其相對地面位置誤差更大。二者觀測所見當有不同。故有氣象衛星觀測預告電碼，預告未來 24~48 小時及七天內衛星將觀測之地區與時間，俾該地區配合作同時間之地面觀測及高空觀測。(請參閱本刊第十期氣象衛星觀測資料之應用一文 TIROS ALERT 電碼)。美空軍為研究高空與地面觀測之比較曾利用氣象偵察飛機 B-57 在四萬呎高空正上方對地面作一連串照相，同時在地面則作詳細之特別觀測以配合比較。據分析結果地面觀測對低雲量估計多欠正確，24次資料中地面觀測低雲量過多者佔 13次，過少者僅 1次，正確者 10次，高空照相測定平均雲量為 0.48，地面觀測為 0.62。故地面觀測低雲量之平均偏差為 +0.14。因低雲多有垂直發展，在兩朵雲間原應有之空隙在地面看之則似被雲之垂直發展所遮蔽，故測報之雲量較多。至二者對中雲與高雲之觀測似尚無甚大差別。在 41次資料 (均不受低雲遮蔽者) 中有 32次地面與高空觀測相符，餘 9 次中地面觀測有而高空照相無或高空照相有而地面觀測無之情況各佔一半。主要以對卷雲之觀測難得一致。

參、預 報

一、飛機偵察報告之擴大應用

飛機偵察氣象報告之重要無庸贅述，尤其海洋區更賴之為唯一資料來源，但其高空資料仍嫌不夠，飛機放出之投擲探空儀 (Dropsonde) 又僅能測報飛行高度以下之資料，故應將所有飛機偵察報告儘量予以引伸擴大應用，引伸方法頗多，但必須準確便捷省時適用，方法之一為利用各等壓面層間厚度與溫度之關係推算。為應用便捷，須先製出一溫度與厚度對照之常用表，即如已知 700 或 500 或 300 呎任一層之溫度與高度 (即飛機偵察報告)，即可迅即求出其他二屬資料，舉例如下表：

700 呎溫度 (°C)	700 - 500 呎厚度 (呎)	500 呎溫度	500 - 300 呎厚度	300 呎溫度
+ 7	8,800	- 9	12,400	-32
+ 6	8,770	-10	12,350	-33
+ 5	8,730	-11	12,300	-34
+ 4	8,700	-12	12,250	-35
+ 3	8,670	-13	12,200	-36
+ 2	8,630	-14	12,150	-37
+ 1	8,600	-15	12,100	-38

此項常用表可參照美軍手冊 AWSM 105-50/2

內附錄五之資料列製。(AWSM 105-50/2 手冊本軍已於四十八年譯印為翻譯叢書氣——二六之二「高空風預報第二部」，可參閱該書附錄五之常用表資料)。

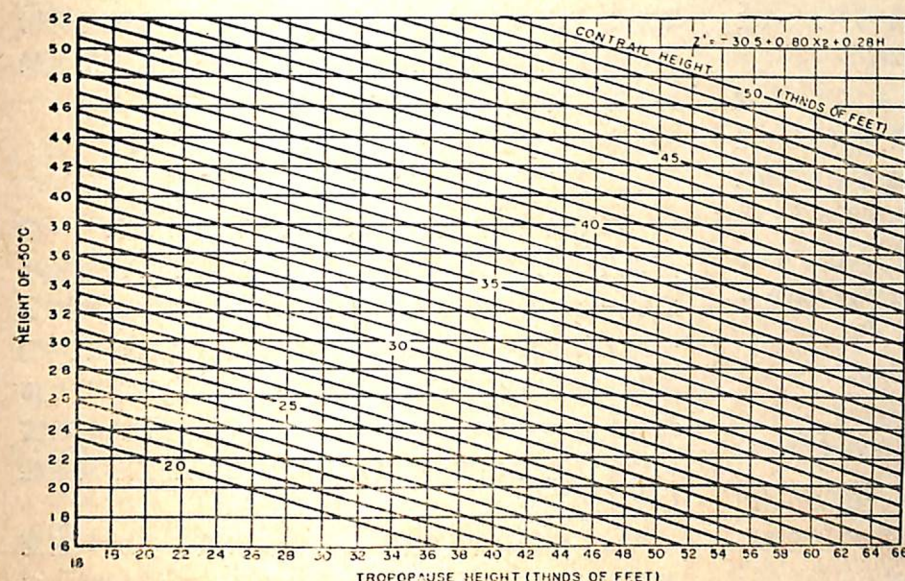
作業時可先由填圖人員照表推算填圖，至預報人員分析時再就探空報告之溫度直減率與製表所依據之理想直減率比較。再加以地面天氣，氣流型式及連續性等因素之修正。例如分析該區某實測探空報告，其溫度直減率較理想者為大，則由此偵察報告按表向上推算所得之高度與溫度均將過大，向下層推算者則失之過小，反之亦然。又如在對流層頂特低之地區 (如低於 300 呎，或低於 30000 呎)，則引伸法誤差較大。照參用分析經驗，此項引伸資料多極適用，即使引伸所得之高度溫度有誤差，但據以分析出之等高線型式仍多能正確適用。

二、凝結尾預報經驗法則之一

此為美空軍根據經驗試驗而得之凝結尾預報法則之一，供各地試用並校驗比較。其法先計算探空報告 -45°C 、 -50°C 、 -55°C 各處厚二千呎間之溫度差 ΔT ，即以 -45°C 點以下一千呎處之溫度減去其上一千呎處之溫度得 ΔT_{45} ，同樣求出 ΔT_{50} ΔT_{55} ，代入下公式求出 D 值：

$$D = 0.14 \times \Delta T_{45} + 0.32 \times \Delta T_{50} + 0.54 \times \Delta T_{55}$$

如 D 值小於 2.8，預報無凝結尾發生，大於 2.8 則將有凝結尾發生。預報凝結尾高度則需先求出對流層頂高度及溫度 -50°C 之高度。再照下圖即可定出凝結尾高度。例如對流層頂高度為 52000 呎 (圖中橫座



標)， -50°C 高度為 36000 呎 (圖中縱座標)，則得出凝結尾高度約為 40000 呎 (圖中斜線)。

三、你會定界面嗎？

分析界面 (或稱鋒) 是一個老氣象問題，在天氣圖上定出界面似不太難，但各有見解不同，有時甚至連界面的定義與規格都生了疑問。這裡是美國氣象局的看法，其規定認為界面是一種密度的不連續 (a sloping density discontinuity)，分析界面特別着重於厚度圖的分析，係以 1000-500 呎厚度圖上熱源風 (Thermal Wind) 的風切 (或稱風變 Wind Shear) 為準，按界面區兩側各五個緯度距離內平均熱源風之變差大小定出界面。其規定如下：

熱源風差	界面強度
≤ 25 哩/時	無界面或界面消失中
> 25 但 ≤ 50	弱界面或界面生成中
> 50 但 ≤ 75	中度界面
> 75	強界面

又規定對地面圖及高空圖之分析凡波長不及八個緯度之小波動均不予考慮。故參用傳真圖應了解原製圖單位分析之重點與看法，同時應用於本地區及自作小範圍分析，均屬重要。

四、晴空亂流預報作業

美空軍晴空亂流預報作業前已於本刊第九期 (P. 21) 有短文報導。現美空軍已規定每日 0832Z 及 2032Z 發佈兩次 (資料時間為 0000Z 及 1200Z)，預報有效

時間為自資料時間以後 8-16 小時及 16-24 小時二段，另尚作 24-48 小時一般趨勢預測。由駐 Kansas City 之專業預報小組 (CATFS) 負責，對 5000 公尺 (16000 呎) —— 18000 公尺 (56000 呎) 間任何原因之晴空亂流均須預報 (目視可見之對流性亂流則不包括在內)。其他基地氣象單位則負責 5000 公尺以下之亂流及任何高度之雷雨及對流性之亂流，尤其應對中心發佈之山波性晴空亂流，其在 5000 公尺以下情況推斷須特別注意。

晴空亂流強度僅區分為強烈與中度二種，性質可分為三大類，其定義區分如下：

1. 風變晴空亂流 (Wind Shear CAT)——風速在60K (哩/時) 以上而有下述風變情況者：

水平風變	垂直風變	晴空亂流強度
25K/90哩	9-12K/1000呎	中度
25K/90哩	12-15K/1000呎	中度偶強烈
25K/90哩	>15K/1000呎	強烈

2. 山波晴空亂流 (Mountain Wave CAT)——與山脉或阻碍物垂直方向之風速在25K以上，且該區地面氣壓之差異足以構成亂流者。

3. 槽線晴空亂流 (Trough CAT)——高空槽線區水平方向風之變差達 25K/90 哩及以上者。

預報有晴空亂流之地區，其界限並非明確劃分，祇係表示一種過渡地帶，亂流之可能性係自區域中心向邊緣漸減，區外並非絕無亂流，預報晴空亂流強度亦僅以區中最多出現之強度為主，故譯用此項中心發佈之預報須予了解並作妥適應用。

預報晴空亂流之方法，目前最主要者係分析高空風之垂直及水平風變，精確的定出高空最大風帶之位置為預報最困難亦最重要的關鍵。而對實測有無晴空亂流之詳細報告尤至需要。故美空軍訂有一項特業計劃，稱為 Project CAT，已自本年實施，凡簽填離場證均附記錄卡一張請飛行人員填記，並特別強調除遇有晴空亂流可儘速循由對空連絡辦法報導外，對無晴空亂流出現之報告實富同等價值，切勿低估，不報不用。此項紀錄卡已印妥地址，各地收到後均即寄送 Kansas City 之預報中心研究。各地氣象人員作天氣講解時應特別提請注意報導，對到場飛行人員之詢問，應詳細記錄下述資料項目共12項：

「1. 地點。2. 時間。3. 亂流強度。4. 高度。5. 機種。6. 雲狀雲量等。7. 空速及馬克氏數。8. 亂流時之空速與馬克氏數。9. 機外溫度。10. 亂流連續性。11. 亂流對飛機影響。12. 飛機航向。」

每月將資料集抄寄預報中心一份，其前 1-9 項如認為有價值者應按照編碼規定當時即編發報告。

肆、供應

一、幾點錯誤與應注意的作業

1. 天氣講解說明風之平均情況——這是不對的。應該祇說明預報之風（含地點與時間之變化情況），平均情況如何應由飛行人員自行研判。

2. 天氣講解沒有說明及討論天氣一般大勢——除講解所需地點及航線天氣外，一定要作簡明的天氣大勢講解，灌輸天氣概念，最有實效。

3. 航線天氣——所簽離場證天氣欄內航線天氣應該是包括航線兩側各25哩範圍內之天氣，講解時對兩側天氣範圍更廣。（美軍規定為左右各 100 哩）。

4. 天氣講解時多作了有關飛行之補充說明——這是不對的。例如：「目視飛行可無問題」，「可以穿雲」之類詞句，多是飛行問題，如果你認為要多作些補充說明，請多講些天氣方面的話，飛行動作諸名詞應避免使用。

5. 誰決定機場情況——機場的目視，儀器及最低飛行標準是飛行情況的決定，而不是氣象的決定。氣象人員應該祇供給天氣資料，機場情況之決定是飛行管理室的責任。美空軍有二種機場情況指示器 (Field Condition Indicator ID-203/CRC 或 ID-298/CRC)。照美空軍法規 31R3-2FRC19-21 之規定，指示器 ID-203/CRC 為一有開關控制者，係裝於飛行管理室供飛行作戰及管理人員觀看並控制其開關。ID-298/CRC 則為無開關之指示器（連接於 ID-203/CRC 上），裝於天氣室供氣象人員參看。

6. 對空直接供應——美空軍各地多裝有飛行員對預報員直接通話供應器 (PFSV, Pilot-to-Forecaster Service)，在天氣室中之擴音器往往噪音很大，影響聽電話，所以有把此擴音器音量轉小者，這是錯誤的，這是最重要最優先的供應，音量不可收小。又對空供應要簡明迅捷，如果飛行員問的是預報，可立即供給預報，無需先報當時實際天氣。（按美空軍規定 PFSV 供應格式是先報實際天氣其後再隨附以預測天氣）。如果認為當時天氣將持續無變化，最好能即以之視為預報天氣對空供應。

二、飛行部隊氣象官

部隊氣象官負有雙重任務，一半是科學家，一半是商人——如何去推銷你的成就。否則你的任務祇達成了一半。美國空軍第三氣象聯隊一位氣象官曾寫了一篇生動而簡明的短文，說明部隊氣象官主動作業的要點，美空軍第三氣象聯隊是擔任美戰略空軍司令部氣象支援，氣象參謀作業極為重要，美空軍氣象勤務司令部特選刊印轉全軍氣象人員參閱，茲摘錄其要點如下：

1. 認識司令部職掌——要多研讀、多聽，甚至多多參加飛行，時常訪問各中隊部及高空飛行試驗室

。每一任務自計劃起至完全結束要全部參與，這樣才能了解飛行人員的需求。不要用深奧的氣象專門名詞。要使成百的飛行員改變他們的習慣語，不如由一二個氣象人員改變我們的講解去適合他們。這樣更易使講解簡明增進了解。常接觸飛行人員可使你知道很多飛行氣象問題，例如：「KC-135 起降特別怕側風而 B-52 則否。夜間飛行遭遇厚卷雲沒有什麼了不起。離地爬升時遭遇地面逆溫層最糟。不但高空風預報不準影響領航員工作，高空溫度也一樣的有大大影響。飛行員在空中的確忙。……等」。這並不是說氣象官要去參與飛行的決定，也不是要氣象官去作飛行建議，這是要求在觀念上要具有互相了解共信合作的認識。(Always be Operationally Minded.)

2. 預先了解每一飛行任務——部隊飛行任務是有計劃的，不比一架過境飛機祇能臨時講講天氣簽填離場證。你一定要預先認識這次飛行的諸元，如高度航向時間速度等，在飛行人員未來簽證前早已準備好了他們所需資料，節省他們的時間。

3. 讓飛行人員知道你是正在研究他們的飛行任務——可以用熟練而輕鬆的態度與詞句使他們領會你早已有了認識與準備，你還可加上一兩句補充，例如「我已經與 X 氣象台預報員連繫過了，他會替你們作天氣守視，準備供應你們最新資料。（按美軍裝有預報員對空直接通話供應系統 PFSV）」等這類語句，增重安全與信賴感。

4. 儘量混熟飛行部隊人員——能够在生活上與他們多接觸當然很好，也可由其他方式例如：利用講解機會提出一二點他們將可能遭遇到氣象問題，使他們飛行以後會再來找你討論。收到他們的飛行員天氣場告要致謝，順便說明這是如何的有用與寶貴。

5. 充分準備講解——準備的資料要配合這次飛行重點，講解時首先注意提起聽講人的興趣，切忌按常規報出一串數字，這是誰也不會記住的。應按由起飛至降落順序，摘出重點。

6. 注意講解的結論——要複述最重要的天氣因素，最後請提問題以示完畢。

三、提早 500mb 圖之分析

規定 500mb 資料原均於觀測時間後二小時半始能隨探空報告廣播出，即 0000Z 之資料於 0230Z 播出。故高空圖分析須俟至 0515Z 始能播出 (1200Z 資料類推)。現美國空軍與美國氣象局、美海軍、加拿大及海上船舶測站已協定對高空 500mb 資料儘先報出

，約於 0050Z 及 1250Z 報出，美國國家氣象中心 (National Meteorological Center, NMC) 繪製之北美洲 500mb 圖可提早繪成，傳真圖可於 0205Z 及 1405Z 播出，其預測圖可於 0252Z 及 1452Z 播出，此項改進已自去年終治妥開始實施。

伍、裝備

一、氣象新裝備

美空軍氣象裝備配合革新計劃 433 L 研製改進之氣象儀器前本刊第四期「美空軍太平洋區氣象勤務發展新貌」一文已有報導（見第四期 P. 24.）。目前正積極研製將近完成之項目如下：

1. 夜間能見度觀測儀 Visibilty Measuring Set, Night-AN/GVN-1——設計為機動氣象臺 AN MMQ-2 內裝備之一，輕便易攜帶，包括照射燈 1 個，反射器 5 個，觀測箱 1 個，可測算 0~5 哩間之各種能見度值，預計 1963 年中可補給。

2. 雷達測雲機 Cloud Base/ Top Radar Detecting Set-AN/TPQ-11——預計 1963 年末可補給。

3. 氣象雷達 Meteorological Radar-AN/FPS-77——係將設計之 FPS-68 再改進，預計 1964 年中可補給。

4. 能見距離計算器 Visual Range Computing Set-AN/FMN-1——預計 1964 年中可完成。

5. 放球車架 Balloon Launching Cart-AN/TMQ-12——預計將於 1964 年中完成。

6. 戰術氣象觀測臺 Tactical Weather Observing Station-AN/MMQ-2——預計 1964 年末可完成。

7. 戰術轉動光束雲幕儀 Tactical Rotating Beam Ceilometer-AN/TMQ-14——為一輕便型雲幕儀，光束僅在測雲所需角度內擺動，與現有之轉動光束雲幕儀 GMQ-13 不同。光束強度亦稍遜，基線用 300~400 呎，宜探測 200~2000 呎雲幕。如配用 PU 214 油機（重 25 磅，可供電力 600 瓦），頗為輕便適於戰區應用。預計 1964 年末完成。

8. 戰術測風儀 Tactical Wind Measuring Set-AN/TMQ-15——預計 1964 年中完成。

9. 機動氣象臺 Meteorological observing Station, Manual-AN/TMQ-16——預計 1964 年中完成。

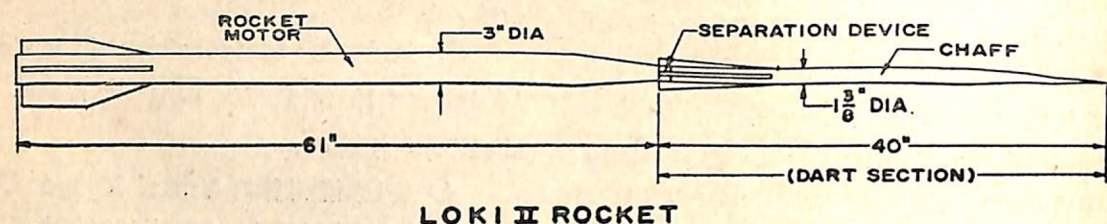
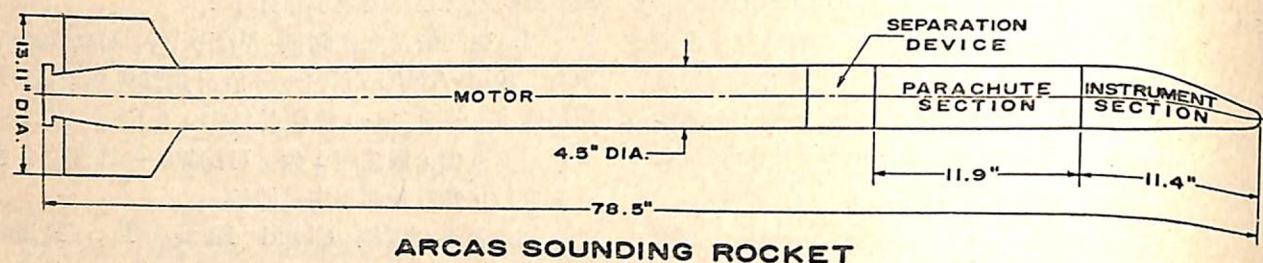
二、氣象探空火箭

氣象探空火箭 (Meteorological-Rocketsonde) 偵測高空氣象之主要應用目前仍係支援火箭試驗場所需資料，尚未廣泛應用，目前最主要的火箭有羅凱二號 (LOKI II) 及亞卡斯 (ARCAS) 二種。本刊第十一期「氣象探空火箭」一文已有報導。羅凱二號火箭係在高空散佈細條物質 (chaff)，由地面雷達偵測以計算高空風。為改進觀測，所用細條物質已使用各種不同重量者，使在各種高度有不同下降速度，較過去僅用一種者已較佳。其探測準確度須視所用細條物

質，所遭遇風速大小及所用雷達性能等三項因素而異，目前以測得之 30,000~80,000 呎間資料較為準確適用。

亞卡斯火箭所攜帶之儀器有多種，有時係携一馬拉球 (Mylar Sphere，直徑三呎，內含一羅賓氣球 ROBIN，即雷達反射體)。可由羅賓氣球下降率及阻力諸因素求測空氣密度。有時係携一金屬降落傘 (直徑15呎) 附帶一探空儀發射機 (AN/AMT-4，或配合新式探空儀 AN/GMD-2 用之發射機 AN/AMQ-9)，其探測準確性亦仍在繼續研究中。

目前美軍所試用之氣象火箭列如下表。(圖)



火箭名稱	攜帶物	探測資料	地面裝備	應用單位
羅凱二號	細條物質	風	雷達	各單位
羅凱二號	羅賓氣球	風及密度	雷達	空軍，海軍
亞卡斯	改裝之探空儀發射機 AN/AMT-4 及降落傘	溫度及風	兩架探空儀 AN/GMD-1	陸軍，海軍
亞卡斯	改裝之探空儀發射機 AN/AMT-4 及金屬降落傘	溫度與風	探空儀 AN/GMD-1 及雷達	陸軍，海軍
亞卡斯	羅賓氣球	風與密度	雷達	空軍
亞卡斯	探空發射機 AN/AMQ-9 及降落傘	溫度，氣壓及風	探空儀 AN/GMD-2	陸軍
海斯 (HASP) (羅凱型火箭)	改裝之發射機 AN/AMT-11 及金屬降落傘	溫度，風及點	紀錄器 AN/SMQ-1 及雷達	海軍
奧札克 (OZARC) (亞卡斯型火箭)	臭氧探空儀 (Ozonesonde) 及金屬降落傘	臭氧與風	臭氧紀錄器及雷達	海軍

陸、其他

一、大氣中的能量問題

大自然的力量極大，但是究竟大到多少程度，這裡是美國威司康辛大學氣象學教授 Heinz Lettau 博士所計算的數字，係將大氣現象能量分為兩類比較，一為大氣中偶然出現之現象如颱風、雷雨，一為大氣中經常存在之各種能量如太陽輻射、月光反射、閃電等。為計算及比較便利，前者概以 10^n 爾格 (Erg) 為單位，祇列其概整數，僅供互相比較大小之用，並非精確能量數字。後者則以太陽熱力為基準，假定地面受太陽熱力為一億個單位，將其他各種能量比照計算成相當若干單位，比較其大小。各項數值及計算說明列如下表：

表一：

項 目	〔計算說明〕	能量 10^n 爾格之值
每日接受太陽能(以 100,000 秒計，每日為 86,400 秒)	[1]	29
全球冬季積雪至春天溶解之能量	[2]	28
東南亞季風(以 10^7 秒計，約合 115 天)	[3]	27
颱風或氣旋(以 10^6 秒計，約合 11.5 天)	[3]	26
核子武器爆炸(以相當 1200 萬噸炸藥量計)		24
1883 年 Krakatoa 島火山大爆發		24
局地性雷雨(以 10^4 秒計，約合 2.7 小時)	[3]	21
投長崎之原子彈		21
地震	[4]	21
局地性陣雨(以 10^4 秒計，約合 2.7 小時)	[3]	19
龍捲風(估計其機械動能以 10^8 秒計，約合 17 分鐘)		18
極光		17
閃電(平均一次)	[5]	16
塵捲風(以 100 秒計)		14
地面陣風(以 100 秒計)		12
小隕石	[6]	11
全臺灣電力(按 80 萬瓩小時估計)		19

表二：

項 目	〔計算說明〕	能量單位
太陽輻射能 (1.73×10^{24} 爾格/秒作為一億單位)	[1]	100,000,000
地面熱力流動總量	[7]	23,000

滿月時月球紅外線輻射能		3,000
太陽對大氣引力	[8]	1,000
閃電(總能量)	[5]	60
極光		14
宇宙射線		9
星光輻射總量		4
月球對大氣引力	[9]	3
黃道光輻射能		1

計算說明：

[1] 按太陽常數 = $1.94 \text{ Cal/cm}^2 \text{ Min.}$
 $= 0.1354 \times 10^7 \text{ Ergs/Sec.}$

地球表面積 = $5.10 \times 10^{18} \text{ cm}^2$

按上數值之四分之一估計為 1.73×10^{24}

Ergs/Sec.

如為 10^5 秒則約為 10^{29} Ergs.

[2] 估計全球共有 $2-4 \times 10^{15} \text{ g}$ 之雪量於春季溶解，溶解熱為 80 Cal/g 。1 Cal = 4.18×10^7 Ergs.

[3] 估計能量包括機械動能及降水凝結熱在內。

[4] 估計全球每年共有 10^6 次地震，總能量約為 $10^{26}-10^{27}$ Ergs 故假定平均每次地震約為 10^{21} Ergs.

[5] 假定閃電為 $5 \times 10^7 \text{ Volt}$ ，電流 20 Amp Sec，則電能為 10^{18} Ergs 全球總量按每秒有 100 個閃電估計。

[6] 假定小隕石質量 20g，速度 10^5 cm/Sec

[7] 照統計全球 48 個地點之熱力流動平均值約為： $1.1 \times 10^{-6} \text{ Cal/cm}^2 \text{ Sec}$ 。再按地球面積及熱功當量計算。

[8] 估計每 6 小時約產生 $7 \times 10^4 \text{ Ergs/cm}^2$ 能量。

[9] 估計每 6 小時約產生 200 Ergs/cm² 能量。

二、國際太陽靜止年

國際地球物理委員會 (CIG, International Committee for Geophysics) 已決定以太陽活動最少之時期，自 1964 年 4 月 1 日至 1965 年 12 月 31 日定為國際太陽靜止年 (IQSY, International Quiet-Sun Year) 以配合過去為太陽活動最強時期而舉辦之國際地球物理年 (IGY)，俾蒐集可互對照之詳細地球物理資料。IQSY 之主要研究對象是地磁、極光、離子

(下接第 6 頁)