



氣象對戰爭影响之研究

A Study of the Meteorological Effects on Warfare

Commander of Weather Wing C.A.F. Maj Gen. Liu Ta-nien

劉大年

壹、前言

就氣象觀點研究中外古今戰史，由史實證明氣象（我國古籍稱天候）對戰爭具有直接的影響作用，此種觀念自古皆然，於今尤甚。

歷史是一面晶瑩澄澈的鏡子，鑑往可以知來，吾人於說明氣象對戰爭所具之重要性前，爰引重大戰史有關氣象影響戰爭成敗之實例數則，以說明其重要，方不致有避重就輕，引喻失義之弊。歷史不會重演，但無獨有偶，西方的軍事家於征俄過程却先後二次頓仆，一蹶不振。一次為一八一二年一代天才軍事政治家法皇拿破侖一世，率領當時歐陸最精銳常勝軍，於飛渡關山，攻破莫斯科城後，因不耐堅壁清野及北極的風雪奇寒，卒行其總撤退，並於途中全軍覆沒。另一次則為納粹狂人希特勒，在英倫海峽的絕望戰中，對英久攻不下，在師老無功的情形下，又揮兵東進，開闢面積遼闊可能包括（部份亞洲）的東北歐戰場，結果亦因冬季攻勢受挫，功虧一簣，飲恨而亡。

上述二例為戰爭受氣候主宰，而趨敗亡實例之犖犖大者，其他，如西班牙無敵艦隊為地中海風暴所席捲之戰史戰例更不勝枚舉。綜觀戰爭與氣象之關係，舉凡古今中外，欲圖興兵言戰，攻人城拔人地者，對敵我雙方氣象利弊之利用，莫不爭相景從，展開激烈之爭奪戰，如歷史小說中諸葛亮借東風，草船借箭，火燒赤壁等家傳戶曉，戰爭利用氣象獲勝之傑作，更成為稱羨英姿煥發，羽扇綸巾，由其彪炳功績，而興崇拜英雄之幽思，把諸葛亮變成上知天文，下知地理，無所不知，無所不曉，由活生生的人轉趨為神化人物了。此其由根據經驗，預測氣象，獲得戰爭勝利，而對人類心理所引起之重大改變，其餘事而勿論也。

貳、氣象之認識——

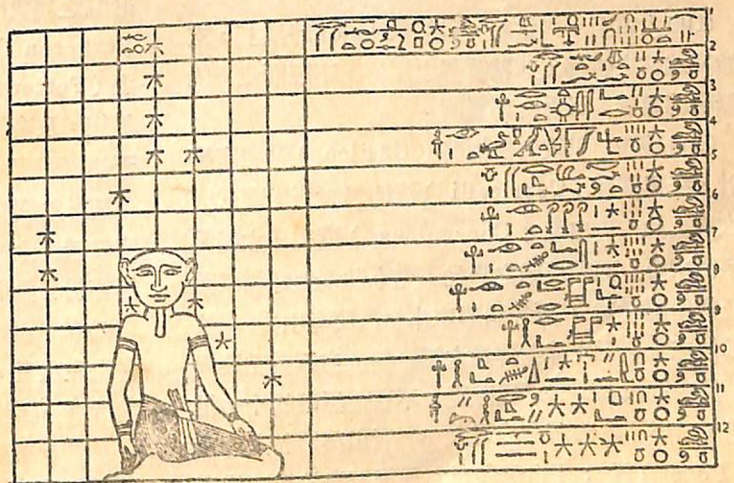
氣象既如此重要則何謂氣象及其發展如何，當為吾人所首先必需瞭解者。

一、氣象發展簡史以及現代氣象科學發展之趨勢

(一)氣象學之前驅——「占星術」的萌芽：

根據文字記載，人類氣象發展史，以時間座標言；可從美索不達米亞平原時期，原始牧人的觀星命星說起，而至美國最近為探測太空大氣所施放之「愛莎」(ESSA "Environment Science Service Administration 1966年2月3日於甘迺迪岬國家太空站發射)氣象衛星的升空止為其總歷程。其間早在B. C.5000年前，兩河流域的「肥腴月灣」之牧人，即已注意氣象問題。因其接近大自然的機會多，環境單純艱苦，求生慾望強，仰觀星辰出沒，俯察河川汜濫，覺其皆有定期，曆象灌溉於焉而興。之後，順季節確定播種，視氣候而施防範，文字由象形而成，數學由量田而生，冶礦由燒山而起，工商繼農業而盛，文化於是乎成。(此期約與代表我國舊石器時代晚期文化之「山頂洞人」期相近)。

就空間座標言；氣象與人類文化發育搖籃同，先產生於亞非地區，萌芽於西亞之兩河流域，進而擴及尼羅河流域，而希臘而羅馬。(我國可能較此



圖一：公元前十八世紀古代埃及占星圖。

更早，苦無文字記載，由民十六至二十年所發現之北京人考證，約為距今四、五十萬年前之原人）然後傳至全世界。據史載最早的陽歷係創於B. C. 4241年。而盛極一時的占星學，則為B. C. 1800左右之事。（參見圖一）

占星術雖為人類最古老的科學之一，而氣象學則為近世始為倡明的科學產物。然古之占星術部份即為今之氣象學，科學未發達前，甚多今日專門科學體系最初均被歸於一源。如眾所週知者，希臘之哲學實質上多數即為科學。且天文氣象二者之關係，即使今日科學如此發達，部份仍難有較明確之劃份。例如：同為太陽，天文學家所注意者，為太陽之黑子活動，而氣象學家則偏重太陽因黑子活動而影響其熱能的放射和分佈等。準此，月蝕和潮汐有關，地震可引起大氣之波動，月球週圍大氣成份與月球引力等有關問題，均為上述二者所追求研究之對象，究竟何者應為天文方面觀測計算之範圍，何者應為氣象學家研究析理之科目，至難有嚴格規定或劃份的界限。

(一)氣象學的演化演變：

1. 「氣象」一詞之含義與來源：「氣象」一詞係從希臘的 Meteoros 一字而來，含有「超然」，「高尚」，神學中三位一體第二位的「神道」，或哲學中的「理性」及「論述」等解釋。（參見Meteorology Glossary）其研究之本質與範圍為大氣科學，由天氣與氣候諸學而構成，而直接與物理學，空氣動力學，大氣熱力學，及星體與地球大氣之化學狀態和變化等有關。

2. 氣象進化之程序或時期——約可分為五個時期：

(1)自太古至十六世紀，為氣象「神話時期」，玄妙與迷信之崇拜，無稽荒謬之撰傳，不脛而走，既無精確儀器，又乏合理觀測。

(2)自1550年以後，伽利略（Galileo）發明寒暑計，托里梭利（Torricelli）發明氣壓表，現代天文學創始人哥白尼（Copernicus）發表「太陽為宇宙中心」而非地球之學說，克卜勒創地球橢圓說及衛星運動律，天才科學家牛頓倡萬有引力，及其他三大運動定律對解說大氣流體及空氣質點運動，奠定近代物理學鞏固基礎，不啻為黑暗的十七世紀，點燃了科學革命的巨火。所以英國詩人波普（Pope）說：「自然和自然律都掩沒於黑暗的夜幕中；上帝說：把一切都讓給牛頓吧！萬物都顯

露光芒」。賀萊（Halley）的彗星預報，笛卡爾（Descarte）的旋渦理論，等均見倡明，為現代科學奠立良好基礎。故本期為氣象之「奠基期」。

(3)十九世紀經瓦特（Watt）發明蒸汽機掀起工業革命的巨浪後，機器大興，動力因之改革，簡單的觀測儀器相繼出現。此時期之較重要氣象與物理學說，計有貝比羅（Buys Ballot）定律之創立，對南北半球之風信與氣旋，已獲得追蹤與識別之定則。柯氏力（Coriolis Force）——亦名地球自轉偏向力，此種繞軸旋轉運動，第一個以定量方式說明之氣象參數，對軸旋洋流運動，極為重要。赫姆豪茲（Von Helmholtz）首創流體動力方程，為數值天氣預報鋪路，是尋求大氣問題的特殊解法。此外，克爾汝（1st Baron Kelvin）創絕對溫度，蒲福（Beaufort）研究製定常用風級等，對大氣熱力學及航空航海均有重大貢獻，本期堪為氣象之「成長期」。

(4)二十世紀開始，因物理學之發達，電學倡明，氣象隨科學技術之發軔，呈現出蓬勃奮發之新氣象。由儀器進步，理論倡明及一次世界大戰之沖刷激蕩的事實需要，不但使氣象科學與其他科學分立，成為現代實用科學的一支，甚而岌岌乎凌凌其他純科學、如聲、光、化、電、力學及天文學等，一躍而登軍事科學之域，成為現代軍事學密切配合作戰必不可少的一環。

此期氣象理論方面之主要演進有挪威學派以柏克奈（Bjerknes）為首和蘇爾白（Solberg）的流體動力模型簡化求簡，大氣環流之熱能交換，極面學說，空氣之絕熱膨脹冷卻，移動氣旋之結構，雨形成之氣象條件，氣旋之生命週期等以及白奇龍（Bergeron）的氣團分類和冰晶降水說。及皮特遜（Petterssen）利用北半球天氣圖研究氣旋與反氣旋，及高緯與低緯間之熱能交換，界面生成說，天氣預報學中氣壓場之運動及動力關係等，對大氣環流熱能研究及預報學等均有貢獻，體用皆備，研究日精，全球測候站日漸增多，各國專司氣象之機構亦紛紛設置，此期實已進入「準成熟期」。

(5)氣象事業之真正獲得其應有地位及得享人類社會之注重者，厥為二次大戰之刺激，全球性戰略之遂行，立體戰爭思想中所孕育之空權觀念，逐漸由陸權，海權理論之沒落，而贏得輝煌之成就，德國在盟軍氦式轟炸，針尖轟炸下解體，日本在原子彈的毀滅威嚇下屈服，均為此種理論之有力說

明。科學技術有關的數樁大事，因任何科學技術與學術文化均不能不顧其他有關發展而可行單獨發展者，當然氣象科學亦自不例外。

人類自火藥發明後，戰爭觀念隨之改觀，汽球與飛船雖已成為歷史陳跡，然對革命性的空權理論之創立，其橋樑與跳板性功勞亦不容抹殺，懷特兄弟（Wright Orville and Wright Wilbur）發明飛機不過是六十二年前的事，以空間換取時間使杜黑（Douhet）「天路最近」的空權論，大放劃時代的異彩。會幾何時由V-2飛彈開闢的空中武器新境界，又由1957年10月4日史潑尼克（Sputnik）衛星所超過，這是所謂無人太空的開創期，及至1961年4月12日由蘇俄太空人賈加林乘「東方號」（Vostok）太空船繞地一週費時一小時又40分，完成真正有人的太空飛行。繼此而後，飛彈、火箭、衛星、太空船……以美俄二國為首展開以太空以月球為冷戰競技場所的接力賽，人類科學技術文化，亦由「航空時代」，「飛彈時代」，而進入「太空時代」，像走馬燈般，擾攘不安，旋轉不息。

在此時期，相與發展的氣象科學及氣象活動，日有精進，茲摘其萃萃大者，條列如后：

1. 世界氣象組織——「世界氣象組織」（World Meteorology Organization 簡稱 WMO）為聯合國專門機構之一，是國際間最老亦為最新的組織。該組織之性質直接和間接與世界人類逐日生活發生關聯。以國際間之「共同語言」交換全球的天氣報告及特殊天氣現象，經常與126個會員國及地區，（參見表一）為尋求共同利益而保持接觸連繫

明。其間天氣對這一新興兵種的任務執行，可說已結不解緣，凡任何種類之航行任務只要飛機在離地之前，均需先瞭解目的地，或目標區及航線沿途天氣。此種公式化的現代航行作業程序，已奠定氣象發展命運之基礎，進而成為現代軍事氣象勃興與茁壯的觸媒劑。此種說法可由下列事實獲得註釋：二次大戰之戰時和戰後，世界各國之氣象作業配合軍事需要而運用者，無出其右於美國組織制度之嚴密與健全。美國軍事氣象之首腦部門，為隨美空軍從陸軍航空隊獨立成立於1947年之「美空軍氣象勤務司令部」（Air Weather service）。該部與「空軍救護勤務部」，「空軍照相製圖勤務部」平行，直轄「軍事空運勤務部」（MATS）。該部現有五個聯隊（其中有一個聯隊為由原第九偵察大隊改編而成，該大隊原為六個天氣偵察飛行中隊所組成），三個獨立大隊（與聯隊平行），二十一個地面氣象中隊，365個分隊，配合美國空軍，陸軍與飛彈部隊分駐於美本土及全球各地，在作業功效與組織機能密切配合的任務需要下，有計劃作為的氣象勤務與氣象支援作業得以充分發揮。

至以全球氣象科學之發展為着眼，而述及現代氣象發展以及今後之展望，本期氣象學理之演進倡明等均分見下述各節，以進化程序或時期區分言，無庸諱言，自二次大戰迄今，可為氣象發展之登峰造極期、或稱「全盛期」，「成熟期」。

(二)現代氣象發展趨勢：

在未述及現代氣象發展前，先需注意，與現代

表一 世界氣象組織會員國

（資料時間1964年10月止）

(國家)		
阿富汗	白俄羅斯	印尼
阿爾巴尼亞	柬埔寨	伊朗
阿爾及利亞	喀麥隆	伊拉克
阿根廷	加拿大	哥倫比亞
澳大利亞	中非共和國	剛果（首府布拉札維）
奧地利	錫蘭	剛果（首府利奧波德維）
比利時	乍得	哥斯達黎加
玻利維亞	智利	古巴
巴西	中國	塞浦路斯
保加利亞	匈牙利	捷克斯拉夫
緬甸	冰島	達荷美
普魯地	印度	丹麥

多明尼加共和國	利比亞	索馬利亞
厄瓜多爾	盧森堡	南非
薩爾瓦多	馬達加西加	西班牙
衣索比亞	馬來西亞	蘇丹
芬蘭	馬利	瑞典
法國	毛利塔尼亞	瑞士
哥本(昔法屬赤道非洲)	墨西哥	敘利亞
德意志聯邦共和國	蒙古	坦干伊各與桑吉巴
迦納	摩洛哥	泰國
希臘	荷蘭	多哥
瓜地馬拉	紐西蘭	特令尼達德與托貝哥
幾內亞	尼加拉瓜	突尼西亞
海地	尼日爾	土耳其
洪都拉斯	尼日利亞	烏干達
愛爾蘭	挪威	烏克蘭
以色列	巴基斯坦	蘇聯
意大利	巴拉圭	阿聯(埃及)
象牙海岸	秘魯	大英帝國與北愛爾蘭
牙買加	菲律賓	美國
日本	波蘭	上伏塔
約旦	葡萄牙	烏拉圭
肯亞	羅馬尼亞	委內瑞拉
大韓民國	亞萬達(Rwanda)	越南
科威特	沙地阿拉伯	南斯拉夫
寮國	塞內加爾	
黎巴嫩	塞拉勒窩	
	(地方)	
英屬加勒比與幾內亞區	香港	羅德西亞與尼亞沙蘭
法屬波里尼西亞	模利斯島	葡屬西非
法屬索馬利蘭	荷屬西印度群島	葡屬東非
西屬幾內亞區	蘇利南	新喀里多尼亞島

該組織正式建於1873年，從1853—1878年已有小規模唯無適當名稱。其前身為「國際氣象組織」(International Meteorology Organization 簡稱 IMO)，於1951年重組後始易今名。會址設瑞士日內瓦(參見圖二)

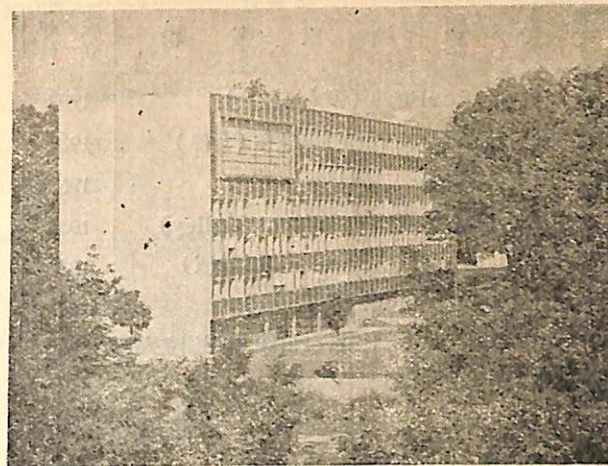
其組織簡言之，有「常會」(WMO Congress)規定正常每四年由代表集會一次。「行政委員會」(The Executive Committee)下設會長，副會長，六地區聯合會長及由常會選出之九部門主腦。「地區聯合委員會」(The Regional Associations)為①亞②非③南美④北、中美及墨西哥⑤西南太平洋、澳大利亞、日本及紐西蘭等⑥歐。「技術委員會」(The Technical Commissions)

及「秘書處」(The Secretariat)該會之目的及計劃：(約有五項)

- (1)為進行世界性氣象觀測及地球物理觀測設立站網，促進國際合作，並為增進氣象中心之建立與維護而供給氣象勤務。
- (2)為迅速交換氣象情報而增進系統之建立與維護。
- (3)促進氣象觀測標準化，並確保觀測與統計之一致性。
- (4)從事氣象對航空、航海、農業及其他與人類有關之更長遠推廣應用。
- (5)鼓勵氣象之研究訓練並合作協助此式研究訓練。



圖二：瑞士日內瓦世界氣象組織會址。



圖三：美氣象學會會址

Geophysical Year)及「外太空與世界天氣守視」(Outer Space and the the World Weather Watch)兩大作為計劃。

2.美國氣象學會——「美氣象學會」(The American Meteorological Society簡稱)規模宏大，組織龐雜，其簡章組織、功能、任務、經費、獎金制度等不及詳載，茲將其易於為人獲知引人注意者列如下：

(1)會址位美麻省波斯頓(參見圖三)成立於1919，共擁分會七十四個，遍佈美國及各美軍駐防有關世界地區(參見表二)

其他一般性工作至繁且巨，不容盡述，僅以透過同屬聯合國機構之二的「國際電訊聯盟」(The International Telecommunications)與「國際民航組織」(The International Civil Aviation Organization)：以電話，印字機，電報，無線電五個字一組的全球繪圖電碼，其每日量即共達十五萬組。其餘重要性任務，包括每50年舉行一次的「國際地球物理年」(The International

表二 美氣象學會分會表 資料時間1964年8月

分會地區名稱	成立年代	負責機構(或個人會員)
Alabama (North Alabama) (北阿巴馬)	1962	國家航空太空總署
Alasca (Anchorage) 阿拉斯加 (安克治)	1940	美空軍
Farthest North	1947	美空軍第11氣象中隊
Arizona (Huachuca) 阿里桑那(休區加)	1955	美空軍
Bermuda 百慕達	1957	百慕達技術學院
California (Los Angeles) 加州 (洛杉磯)	1938	氣象研究會
Northern Cali (北加州)	1936	美氣象局及氣象測量研究聯會
Riverside-San Bernardino	1962	美空軍第九氣象中隊
Sacramento 薩克拉孟	1955	美空軍
San Diego 聖地牙哥	1932	聖地牙哥州立專科地理系
San Jose State College (Students) 聖璽斯州立專科(學生會員)	1964	該學院

分會地區名稱	成立年代	負責機構 (或個人會員)
Santa BarBara (聖大巴巴拉)	1952	空氣測量研究所
Colorado(Denver)科羅拉多(丹佛)	1939	美氣象局
Pikes Peak	1962	美空軍
Connecticut (Connecticut Valley)	1955	共和飛機製造廠
District of Columbia (華府特區)	1938	華府國家機場美氣象局
England(London)英(倫敦)	1957	美空軍第28氣象中隊
Florida State University 佛州州立大學	1963	該大學
Greater Miami	1948	Aviation Bldg國家颶風研究計劃
Northeast Florida	1959	美氣象局
West central Florida	1961	個人會員
George (Atlanta)喬治亞(大西洋城)	1958	洛克希德飛機製造廠
Germany (Rhein/Wiesbaden) 德(瑞茵/韋斯巴登)	1958	美空軍第二氣象聯隊
Rheinpflz		
Hawaii (Aloha)	1955	美空軍第20氣象分隊
Geophysical Society of Hawaii (夏威夷地球物理學會)	1961	美氣象局及夏大氣象系
Illinois (Chicago) 伊利諾州(芝加哥)	1931	夏威夷糖植聯會試驗所
East Central Illinois	1933	美國航空公司
Japan(Greater Toyko)	1946	水力測量所
Maryland (Baltimore) 馬里蘭州(巴的摩爾)	1958	美空軍第一氣象聯隊及日本氣象局
Massachusetts (Greater Boston) 麻省(波士頓)	1952	美氣象局航空站
Michigan (Southeastern Michigan)	1929	麻省理工學院
Minessota (Twin Cities) 明尼蘇達州(雙城)	1955	密執安大學氣象與海洋學系
Mississippi (Central Mississippi) 中密士失必州	1948	明尼蘇達物理學院
Missouri(Greater St. Louis) 密蘇里州(聖路易)	1962	美空軍
Kansas City坎薩斯城	1945	美空軍氣象勤務部
St. Louis University (Students) 聖路易大學(學生會員)	1934	美氣象局與海軍
Nebraska (Omaha-Offutt) 尼布拉斯加(奧馬哈-奧佛特)	1963	會員個人
New Jersey(新澤西)	1955	美空軍
New Mexico(Albuquerque) 新墨西哥(阿布奎基)	1960	羅吉士大學氣象系
New York (City College of New York (Student) 紐約市立大學(學生會員)	1937	美空軍氣象局
New York City紐約市	1949	該大學地質系
New York University (tudent) 紐約大學(學生會員)	1964	紐約國際機場氣象局航空站
Rochester (曼徹斯特)	1939	學生會員個人
	1945	會員個人

分會地區名稱	成立年代	負責機構 (或個人會員)
Wester New York	1949	康奈爾航空實驗室
North Carolina (Asheville)	1960	美空軍氣象勤務部與氣象局
North Dakota (Minot) 北達科塔(米諾特)	1962	會員個人
Ohio (Abbe Memorial) 俄亥俄(愛本孟摩爾)	1959	辛辛那提大學
Cleveland (克利夫蘭)	1951	會員個人
Greater Dayton (達頓)	1960	美空軍第8及14分隊
Oklahoma (Central Oklahoma)	1961	美空軍
University of Oklahoma (Student) (奧克拉荷馬學生會員)	1961	該大學氣象系
Orgon (俄勒岡)	1947	美氣象局
Oregon State University (Student) (俄勒岡大學學生會員)	1959	大氣科學組
Pennsylvania (Delaware Volley) 賓州(德拉瓦谷)	1957	美氣象局
Pennsylvania State University 賓州州立大學	1952	該大學
Puerto Rico(San Juan) 波多黎各(聖瓊恩)	1956	該大學
Western Puerto Rico西波及黎各	1963	美空軍氣象第15分隊
South Carolina (Coastal Corolina) 南科羅拉多(沿海地區)	1961	美空軍及氣象局
South Dakota(Black Hills) 南達科塔(黑山)	1951	美空軍及氣象局
Sioux Falls Brookings (蘇瀑)	1959	美氣象局
Spain(Greater Madrid) 西班牙(馬德里)	1960	美空軍第21氣象中隊
Texas (Central Texas)中德州	1948	德州大學與美空軍
College Station (大學站)	1953	德州A及M大學海洋與氣象學系
EL Paso (厄爾巴索)	1957	美氣象局
North Texas北德州	1937	美空軍與氣象局
Texas A & M University (Student) 德州A及M大學(學生會員)	1956	該大學海洋與氣象學系
Utah (Utah)猶他州(猶他城)	1942	美氣象局與聯邦航空署氣象局航空站
Virginia (Hampton Roads) 威吉尼亞州(漢普頓道)	1957	美空軍及氣象局
Washington (Inland Empire) 華盛頓州(內陸帝國)	1959	美氣象局
Puget Sound (普吉灣)	1935	華盛頓大學大氣科學系
Wisconsin Midson 韋斯康辛(邁德遜)	1956	美空軍
Wyoming (Southern Wyoming) 懷俄明州(南懷俄明)	1961	美氣象局及空軍

(2)會員資格：榮譽會員，同業會員，高級會員，教授會員，航空公司會員，學生會員及其他學會會員身份之聯合會員。

(3)科學技術活動項目：農業氣象，大氣觀測，太空船大氣問題，大氣之亂流與擴散，生物氣候學(Bioclimatology)，雲物理，預報，颶風與熱帶氣

象學，工業氣象學，海空相互作用，氣象統計學，古代氣候學 (Paleoclimatology) 雷達氣象學，放射能，劇烈地方風暴及水資源等共十六項。

3. 美英軍民氣象教育概況：美、英二國教育普及，科學發達，對氣象教育之提倡鼓勵，不遺餘力，比較言，英國之發展史實較美國為早，而美因條件俱備，在諸多方面均為「後來居上」，氣象當然自不例外。其餘世界各國之發展，除俄國部份資料外

，因限於情報，不及備載。

(1) 美國氣象教育：

A. 民間氣象大學教育：相當於大學程度之專門氣象科學養成所共計三十校院，有關各該院校名稱，成立年代，授予學位及主修課程等 (參見表三)。全美專科以上高等教育學府共計1548所，與含氣象教育科系之學府比數約為2%。

表三 美國民間大學氣象教育資料表

(資料時間1964年6月止)

大學	成立年代	主修課程	授予學位	備	考
阿里桑那	1954 (氣象系)	雲與降水物理、光學、輻射、大氣動力學、自然氣候學及太陽能等	碩、博士 (無學士)	屬該校大氣物理學院之一	
瓊斯 (州立)	1961 (氣象系)	美西岸海洋氣候海上降水有機物之小氣候學等	學、碩士		
南加州	1940 (氣象系)	流體力學、大氣環流數值預報星際大氣輻射、傳導物理中輻射天氣及繪圖研究等	學、碩士、博士	擁IMB擁計算機三部	
科羅拉多 (州立)	1962年1月1日 (大氣科學系)	大氣環流放射度雲型結構衛星觀測輻射之飛機測量等	碩、博士	有雷達及臭氣探空儀等儀器	
科羅拉多 (國立)	1956 (天文地球物理系)	太陽、地球各行星衛星之大氣研究、尤集中於太陽研究。離子層、中層物質等	學、博士	有可觀測光學之高空氣象台及無線電觀測站	
佛州 (州立)	1949 (氣象系)	理論氣象、高空氣象、星際大氣、氣象統計、數值預報、海空大氣	學、碩士、博士	設備有屋頂觀象台，流體力學實驗室709式電腦氣象室印字機傳真機等	
邁阿密	1964年3月 (大氣科學院，包括有海洋科學系，太空物理與海洋科學進化系環境與行星科學三部)	衛星氣象、熱帶氣象、高空大氣與大氣學等	碩、博士	設備得氣象局之合作支助至繁且巨，計有校園通訊網，氣象報告系統，記錄中心國家颶風研究實驗室飛行研究設施及衛星追蹤中心等。其他有火箭、汽球探空，分光儀、干涉儀，及全自動測距儀各一具雷達三座 IBM 電腦及1401式電腦各一	
夏威夷	1960年6月 (氣象系)	熱帶氣象、洋流大氣環流、大氣分層動力模型研究等	學、博士		
芝加哥	1944年 (地質與氣象學系)	雲物理、流體力學、大氣物理與動力氣象中及衛星氣象學	學、碩士、博士	數值實驗設施如波槽，風洞及電子偵測器等	
衣阿華 (州立)	1944年 (氣象系)	偏重農業氣象學	學、碩士 (悉以農業氣候授予)	塔台及核子反應器等	
霍普金斯	1960 (力學學系)	偏重培養高深科學研究人材無氣象專門課程、多為氣象序論性課程	學、博士 (以其他學科授予)		

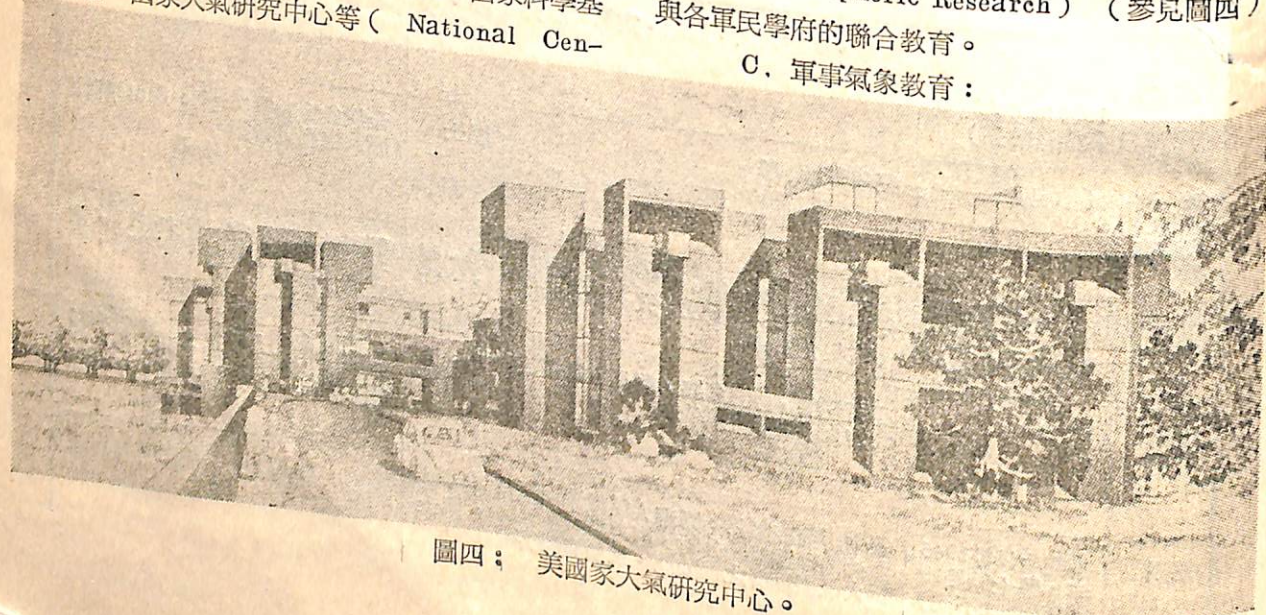
大學	成立年代	主修課程	授予學位	備	考
哈佛	1886年 (氣象與海洋系)	能量、傳導及流體力學、海洋力學輻射傳導熱力學。洋流理論、Eackman層及金星環流安定性、Taylor積雲型、熱力試驗調查、對流性輻射傳導、熱力風流切變傳遞、F層日輝、天空附層光、星際及小氣體物理學等	(學士) (博士)	星際大氣實驗室等	
麻省理工學院	1941 (氣象系)	地球科學等氣象與海洋學等主科、包括流體力學、數值預報、海洋環流、雷達氣象、亂流、衛星氣象、雲物理及儀器學等	(學士) (碩、博士)	高速計算機、雷達、實驗室、力學試驗室、傳真、印字等機	
密執安	1963年 (氣象與海洋學系)	大氣與海洋學、計有放射度、亂流與擴散、大規模氣流功能、輻射平衡、平流層力學等	碩、博士	氣象儀器船四艘云，降水物理及小氣候學實驗室，IMB7090計算機及 Digital 計算機各一海定大氣研究塔一座 (大湖內)	
米蘇里	1961年 (氣象系)	大氣物理、氣體熱力學、運動力學、統計學及水氣候學等	碩、博士		
聖路易	1885 (系別不明，於1925改為地球物理學系較美氣象局尚早56年)	氣象觀測、儀器、動力氣象學、氣候學、統計學等繪圖氣象、衛星氣象、微氣壓學、小氣候學、地球物理學等	(學士) (碩、博士)		
內華達	1960年 (物理系與沙漠研究中心聯合學院)	雲物理與氣候學	碩、博士	New Fleisham Atmospherium大氣儀器 (價值五十萬美元) 行每日氣象及天文電影式講解	
羅吉士 (州立)	(不明)	農業氣候、森林小氣候、放射氣象、都市氣象學、生物氣象學等	碩士	小氣候站、研究塔、樣品檢驗站、印字機及傳真機等	
紐約 (市立)	1940年 (科系不明)	物理、動力氣象、高空大氣物理、繪圖、應用氣象、天氣分析及預報、氣象合作業等	學士 (只收紐約市民)	實驗室、觀測站、印字傳真等機	
康乃爾	1948 (農業系氣象組)	偏重農業氣象氣候等學	學、碩士、博士		
紐約 (國立)	1938年 (氣象系) 1950年 (改氣象與海洋學系)	颶風、高空大氣、亂流、空氣與水文放射度等	學、碩士、博士		
紐約 (州立) 大學海專	(不明)	氣象與海洋學	學士	全氣象實驗室 Empire State 訓練船及繪圖實習室	
賓州 (州立)	1945 (氣象系) (1887年即開始氣象訓練課程)	大氣渦動、風結構、雲物理、放射度、離子研究、無線電天文、激動理化 (電磁光學等)	學、碩士、博士	觀測站、實驗室、雷文送機，電子裝備，偵察飛機、全電腦，儀表製造廠等	
德州 A 及 M	1949年	小氣候學，中氣象學，衛星、熱帶及海空大氣交換等氣象學	學、碩士、博士	普通設施外，其特殊設施計有同步雷達，儀器拖車二部，全目的電腦二部，研究船及海上平台二艘	
德州	研究生始於1946年，學士始於1959年 (系別不明)	集中研究範圍為：河溫大氣環流、氣象感應理論試驗分析、紅外線輻射流對大氣表面層之輻散流、氣象資料客觀	學、碩士、博士		

大學	成立年代	主修課程	授予學位	備考
		分析、數值預報技術、電腦技術與資料程序、圖解大氣模式、繪圖氣候、大氣之能量變換程序、雲與降水物理		
猶他	1947年(氣象系)	學士者主為初級及航行氣象學，繪圖、氣候及動力氣象學，儀器物理氣象學等。 研究生者主為高級繪圖，特殊天氣預報，氣象熱力學，輻射理論，雲物理，水文氣象，大氣擴散	學、博士	
華盛頓	1947年6月(氣象系)	物理、動力氣象，繪圖分析，儀器及氣候學為大學課程。亂流、傳導，極區與特水氣象，可濕大氣環流，雲物理、輻射傳導、物理氣候學及儀器發展。此外，離子物理、地磁、光環及極光等	學、博士	
威斯康辛	1948年(氣象系)	研究生主科：衛星氣象，輻射計探空大氣能量探測，氣候學、小氣候學，物理、淡水生物學或湖沼學。 副科：航行學、極與副極地氣象，生物氣象，無線電波傳導，呼嘯(強風)研究。繪圖氣象，火箭氣候，大氣亂流等。	學、博士	實驗室實習室，船艦六艘，飛機三架及電腦多架
俄勒岡(州立)	1946年始以氣象構成大學全學分1961年核准增授研究生之碩博士學位	雷達氣象，繪圖氣象及生物氣象為研究生、攻碩士者之主修科，博士之選修科。	無主修氣象之學位，然以他科可獲預備證書而具服務資格、碩博士。	觀象台、繪圖實驗室，雷達及傳真機等
奧克拉荷馬	氣象計劃始於1960年學士之頒授始於1963年	研究生課程：劇烈風暴與動力學、中範圍對流學，衛星氣象學，可濕層與中大氣層，靜態與大氣環流以及輻射化學等	學、碩士	天文觀象台、M-33雷達系、圖書館、電腦、氣象站實驗室等

B. 民間氣象教育機構：參加此教育者有：美氣象局、美氣象學會、國家科學院、國家科學基礎委會，國家大氣研究中心等 (National Cen-

ter for atmospheric Research) (參見圖四) 與各軍民學府的聯合教育。

C. 軍事氣象教育：



圖四：美國國家大氣研究中心。

(A) 美空軍氣象教育：主要負責美空軍氣象教育之軍事機構，為美空軍訓練指揮部，其中辛紐特技術訓練中心與各大學訂立合同執行「基本訓練」。有大學資格的氣象預備軍官及已服現役軍官，可申請進入「軍官訓練學校」，於該校畢業後即可直接派職，服務相當時期後，可獲碩士學位(較必經基本訓練之大學肄業生為優)。本訓練為期二十四週，(在士兵教育任官計劃下，士兵亦可申請進入行基本訓練的技術學院，為期二十七月，可獲學士學位任官服役。技術學院亦主辦「氣象研究計劃」，以獲碩、博士學位。

(B) 美海軍氣象教育：(包括美陸戰隊)氣象專長預備軍官的任官令之接收者，皆需具此專長之學士學位且於務服相當限期後。均再經加州蒙特利爾完成其較高深的全學分專長教育，其主科計分：

(甲) 一般海空環境氣象課程，主修海洋及氣象學二年，可獲科學學士學位。

(乙) 高級海空環境課程，包括高速計算機作業及技術，二年後可獲科學碩士學位。

(丙) 高等氣象課程最後可行獨立研究者，亦獲碩士學位。如對高等數學及物理專修獲有心得者，可獲博士學位，(然此需經選送民間大學完成者)。至士官教育可行A, B, C三級。A級為士兵B, C. 為士官，A級十九週為一般熟練教育，B級二十三週，各式觀測及繪圖預報及統計等。C級四週多為無線電(Radio Sonde)探空程序及作業之瞭解訓練。

(2) 英國氣象教育：英國軍事氣象教育不明，民間大學氣象教育沒有美國普遍，其詳細情況(參見表四、五)

表四 英國民間大學氣象教育資料表

(資料時間1965年7月止)

大學	學系	課程範圍	時間
劍橋	應用數學與理論物理系	大氣動力學亂流學	
德拉姆	物理學	物理學氣象系大氣物理學-10課(榮譽課程)	
愛丁堡	氣象系	及動力氣象學(二年)大氣物理學(25課)	
愛塞特	物理系	高空大氣物理學(15課)	
倫敦大學帝國學院	物理系	物理與動力氣象學(一年)雲物理(一年)	
牛津	物理系	大氣物理學	
聖安德魯(月地皇后學院)	數學系	動力氣象學(-學期-407課)	
南安普頓	物理系	高空大氣物理學	

表五 英研究院教學課程資料表

(資料時間同表四)

大學	學科	課程範圍	時間	學位	研究科目
Aberystwyth (安伯斯特威茲)	應用數學、物理	物理、大氣動力學(一年)		科學碩士	離子層物理學
Bangor (班哥)	應用數學	動力氣象學與潮汐理論(一年)		科學碩士	動力氣象學
Belfast (貝爾法斯特) (皇后大學)	應用數學	高空大氣物理學(20課)		(缺)	高空大氣物理學
Birmingham (伯明翰)	地球物理學	氣象學與氣候學(一至二年)		科學碩士	缺

大學	系	課程	時間	學位	研究科目
Cambridge (劍橋)	物理學, 應用數學與理論物理學	專門學術講演課程		(缺)	全氣象
Durham (德拉姆)	物理學	離子層物理及雲物理學		(缺)	大氣電子學
Exeter (愛塞特)	物理學	地球環境物理學(一年)		碩士	缺
Imperial College (London University) (帝國學院)	氣象學	理解課程(一年)		博士、碩士	全氣象姿態
Leeds (里芝)	(缺)	(缺)		(缺)	離子物理學、旋轉流體之對流學
Manchester (曼徹斯特)	流體機械數學	氣象與海洋學流體機械		碩士	旋轉運動及密度成層流體力學
New Castle (紐坎斯爾)	土木工程學物理學	水文氣象學、大氣物理學		(缺)	(缺)
Oxford (牛津)	物理學	專門講演課程		(缺)	大氣輻射
Reading (瑞丁)	地球物理	(缺)		(缺)	地方氣候之降水研究蒸發學等
Sheffield	地球物理	(缺)		(缺)	空氣污染研究
St. Andrews (聖安德魯斯) (Queen's College Dundee)	數學	動力學氣象(一年)		碩士	動力氣象學
Southampton (南安普頓)	地球物理學	(缺)		(缺)	農業氣象學

(3)俄國氣象教育——一九六四年五月十至卅一日有由七位大專科學技術人員所組成之蘇聯氣象與水文問題訪問團，由美氣象局局長懷特 (Robert M. White) 率領主就蘇聯之雲物理天氣改造及雷達氣象等活動，共參觀有雲物理計劃而規模較大之大學八所，計有應用地球物理學院 (近莫斯科之阿伯寧斯克) 列寧格勒國立大學，列寧格勒中央地球物理觀象台，列寧格勒北極與南極學院，基輔，烏克蘭水文氣象科學研究學院，尼爾欽克愛爾賓研究學院，第比利斯 (喬治亞首府) 泛高加索水文氣象研究學院及第比利斯喬治亞科學院。(參見1965年6月 Bulletin of the American Meteorological Society)。該報告之結論言，蘇聯之雲物理與天氣改造，皆為襲取歐、美情報技術之作，唯其規模，已實可觀。且對各基地上空之過冷霧與低空雲，以乾冰為手段之驅散，已進入作業階段。人造雨計劃據報告，在面際已可因撒放水核增至10%，然並不確實。以碘化銀為仔由火箭或高砲射至-6°C之高度，消滅具有破壞性電之作業，正普遍展開。過去五年中，蘇聯之雷達氣象能力已顯著增加，廣

泛而不同問題之研究已獲成就。「察言知漸」由此可能幫助瞭解蘇聯現代氣象之部份動向。

4. 美國聯邦氣象活動之協調——前節所述為美、英、(俄)軍民氣象教育概況，本節特就美國聯邦氣象行政處理約略介紹，俾供瞭解美國政府對氣象工作的重視一般。「由氣象對國計民生影響之重要，即可說明彌漫或普遍於美聯邦各機構之氣象活動」。此為美「氣象勤務與支援研究的聯邦協調人軍事顧問美空軍上校摩爾(USAF Col. Donald F Moore)在1964年7月 Bulletin of the American Meteorological Society 撰文報導之開場白。

該文指示聯邦用於支付各署支援氣象活動之年度總預算為三億五十萬美元。為顧及此種龐大經費之運用是否得體，國會與白宮，曾進行督促調查。一九六二年白宮預算局，即提出一次署題「聯邦氣象活動調查案」，而部份反應各署之氣象活動協調情形後，該案即變為一九六三年十一月三日由預算局長附署所發出之有名的 A-62 政府通報，案由為「聯邦氣象活動之政策與程序」。然而本文重點不在研求該案，旨在希藉此獲知美政府各署間與氣象

業務之重要行政關係。

該文指出，從事氣象活動或有需氣象勤務之單位，而參加氣象勤務與支援研究的聯邦委員會者計有、商務部、農業部、國防部、衛生部、教育與福利部、內政部、國務院、財政部、原子能委員會、

聯邦航空署、國家航空太空總署、及國科基金委員會十二單位，預算局居於觀測該委員會之立場。

(四)近代世界氣象發展重要史料表。(參見表六)茲就蒐集資料將世界重要氣象發展史料列表說明，各國氣象事業發展之先後，悉以年代順序說明。

表六 近代世界氣象發展重要史料年代表

各國之氣象學會	年代	地點	附註	
德皇氣象學會	1780	曼海 (Mannheim)	1921年併英學會 最初位青島	
英皇氣象學會	1823	倫敦		
*蘇格蘭氣象學會	1855	巴黎		
法國氣象學會	1852	維也納		
奧國氣象學會	1865	東京		
日本氣象學會	1882	布魯塞爾		
比利時氣象學會	1895	波士頓		
美國氣象學會	1919	南京		
匈牙利氣象學會	1924	布達佩司		
波蘭氣象學會	1925	華沙		
意大利氣象學會	1947	(不明)		
意大利氣象學會	1953	(不明)		
天文物理觀象台				
英格林威治天文台	1675	倫敦泰晤士河南岸	英王查禮二卅為航海而建 阿治十二年為法司輝高錫鼎所創 由 Palmer 上校所草計劃而建 光緒二十四年	
徐家匯觀象台	1873	上海		
香港皇家觀象台	1880	九龍		
美加州漢爾頓山觀象台	1887	lick		
英天文物理觀象台	1896	愛丁堡		
俄 Pulkowa 觀象台	不明	不明		
法 St. Mitchel 觀象台	不明	不明		
青島觀象台	1898	青島		
我國氣象台成立資料 (以有紀錄為先後)				
北京氣象台	1677年 (康熙16年)	儀器觀測始於1743 (乾隆八年) 為法司輝 Peter Gaubil 主其事		
青島氣象台	1898年 (光緒24年)			
中央氣象台	1927年 (民16年)			

(四)發展內容項目淺說：

1. 太空氣象學——此範圍包羅至廣，且隨火箭、飛彈、太空船、人造衛星之發展，方興未艾，前途無量，成為高度藝術化之最熱門科學。質言之，太空氣象學即大氣物理及大氣化學與天文學等

所綜合而成之大氣科學。其中涉及天文航行學，星際大氣科學及衛星氣象學等。其中所着重研究之項目，細分之有：

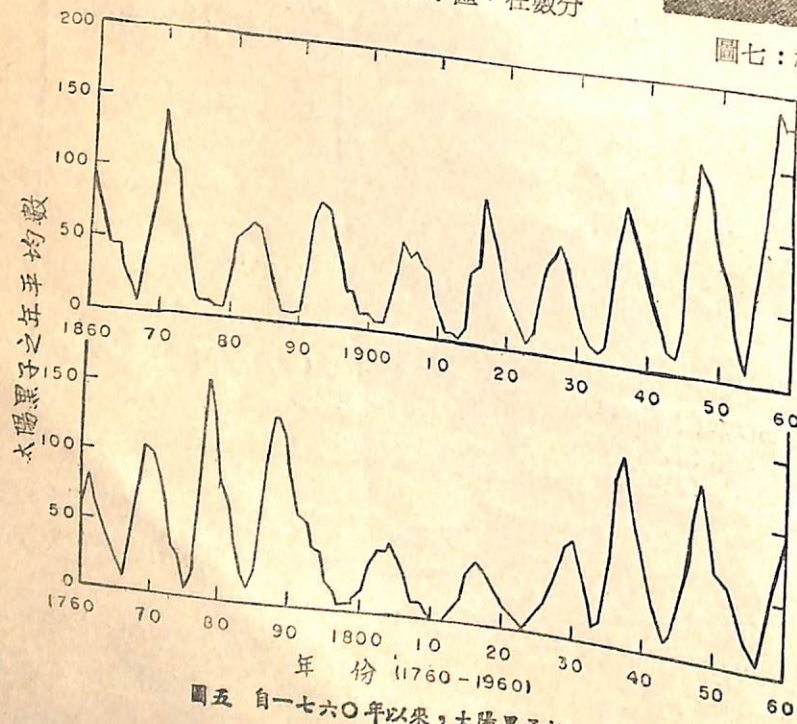
(1)宇宙主宰、萬物之源的太陽研究：太陽能、太陽黑子、太陽焰、太陽風暴、太陽輻射、太陽核

子研究及預報等，(均為其中之要項。)此種天體物理預報參數之教育及作業已普及世界各國科學範圍。對今後人類之活動影響甚巨。據估計太陽距地球約九千三百餘萬里，其直徑大於地球者109倍，所具之高能電磁輻射約每秒十八萬六千里。在對人類生活有關的影響，科學家集所研究之宇宙現象，僅由太陽本身可發生而關連下列等重要現象。

A. 熱核子能量——此種能量之輻射，每秒可將四百萬噸之質量，轉變為放射能而輻射至太空。此同單位所發射之核子能量，可供現時人類所需十萬萬年之久，且其能量穩定，自太古迄今，甚少變動。據估計太陽體內之溫度約達二千萬絕對溫度。

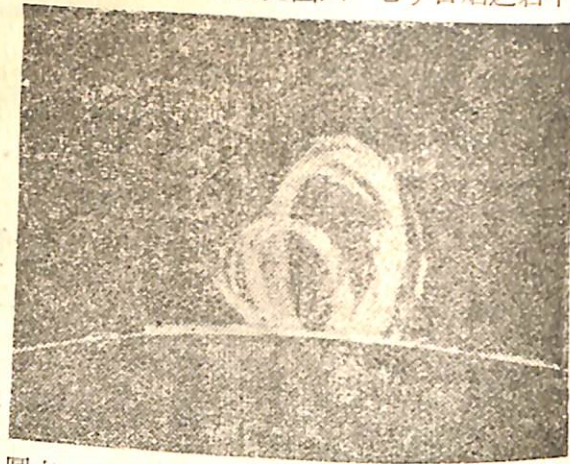
B. 太陽黑子——太陽黑子為人類古遠的天文問題之一，在西曆前中國淮南子精神訓即有「日中有該烏」之句，惜我國科學落後，研究不力，未能建立為世界正確天文觀念。黑子大小不一，多寡因時間而異，從1750年正式觀測起計算其週期，平均為每11.4年顯著變化(或測得出現)一次。如無太陽黑子出現年，即稱為「太陽靜止年」。從1612年伽利略開始觀測以來，於1947年12月25日出現最多，而同年太陽所發射之能量亦最大。有關其出現強度及年代(參見圖五)，太陽黑子出現與地球磁場強度成正比，且與日焰，日風暴發生連帶現象，造成質子雨及宇宙射線，對無線電干擾和脫離地球大氣之有人太空飛行具有嚴重傷害性。

C. 日焰——僅存在於日面之黑子區，在數分鐘內引起太陽焰之情形，

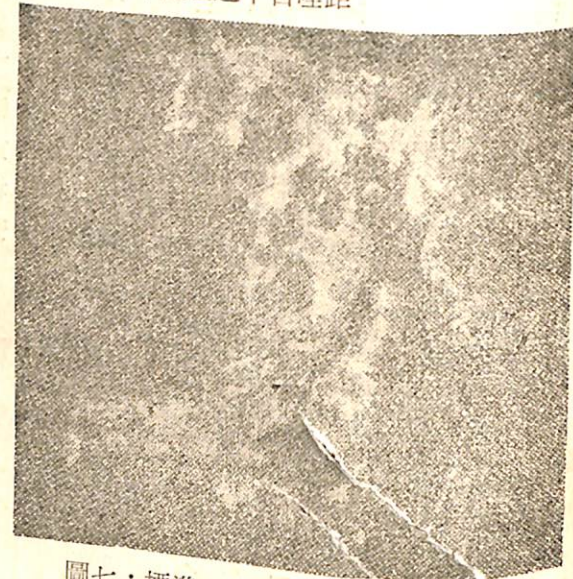


圖五 自一七六〇年以來，太陽黑子數之變化。

可見其最大亮度。(參見圖六、七)日焰之若干影



圖六：太陽焰圖，其突起焰環由太陽之氣流及磁力線組成其半徑超過千百哩距



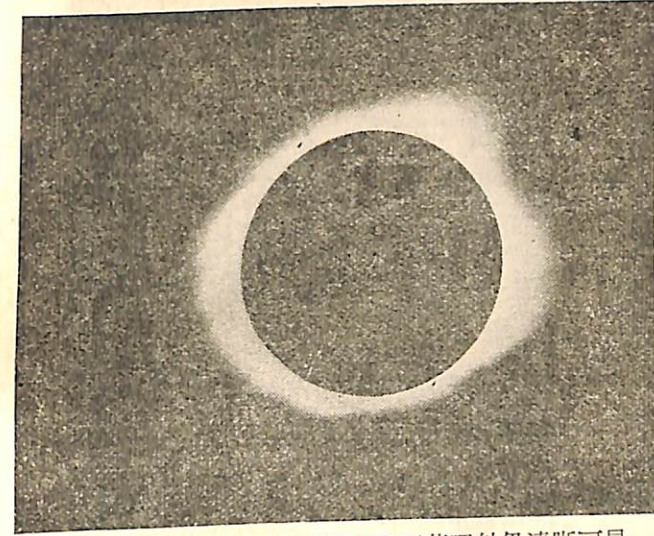
圖七：標準太陽黑子羣顯示由磁力擾亂所

鐘內引起太陽焰之情形，響之一，為使無線電訊號之衰弱，且使D層電離層子化突然增加。約致 $1/10$ 之最大日焰(大於二級，共分四級)發生後一二小時地球之向日與背日面之宇宙線活動增劇。日焰發生後10—30小時，地球會有磁暴與極光現象。

D. 太陽風暴——太陽風暴的黑子及日焰現象為極高速氫原子相互撞擊而成。然後電磁性輻射之宇宙線活動增劇，造成磁暴，極光、離子層干擾、及奔向地球之高能質點由大氣所捕捉而出現之外范艾倫帶和太空通訊之噪音等。

E. 日冕——日冕是位於太陽明亮層上方之「赤殼層」為太陽全蝕時所現於太陽表面之一層赤色白熱氣體，其由衛星所攝之圖片、顯似為一團暈圈，(參見圖八)此暈圈實際為光環。此不規則光環之直徑，有時超過太陽者，達30倍之多。

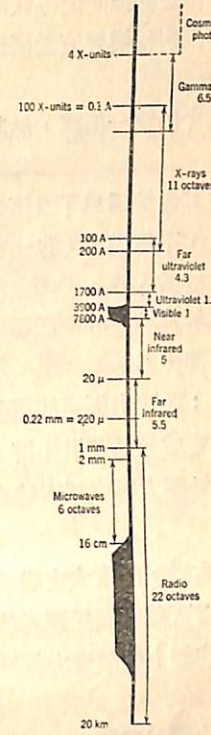
F. 宇宙線——宇宙線之得名，因其來源於星



圖八：太陽日蝕奇現在星際太空百萬哩外仍清晰可見際和太陽，亦為高能電磁輻射質點的一種。這種輻射點(氫原子核)在宇宙之運動，按現代物理權威愛因斯坦學說，「光」乃是由一種光子質點所組成之「原點」，其移速亦呈光速(每秒十八萬六千三百哩)於旅徑九千三百萬里後到達地球，需八分鐘。另一種「副輻射」，是原點進入地球磁場後，再穿過地球大氣與氣體原子撞擊荷電而成。觀測這種質點的儀器很多，計數者有「蓋氏計數器」，分光

者有「分光儀」。宇宙間有許多輻射性之磁電光，或線，如無線電，伽瑪及X射線等，由其所構成之光譜，即為「無線電光譜」。這些光有的透過大氣即被吸收，而無線電波和可透過大氣之其他光波屬於「可見光波」。(在實驗室由加熱而發出有色素之光)。在整個光波中，無線電光波最長，伽瑪線最短，有關其更多情報可(參見圖九)。

宇宙線對人類星際航行或太空旅行最大之危脅，為對人體組織之破壞。據調查尤對生殖器官、皮膚、骨骼脾臟等為害最烈。據一次著名的宇宙線試驗，由美空軍西門斯中校乘汽球擔任上達高度102,000呎，逗留32小時在封閉艙中感受密度遠較低空為濃的宇宙線中。事後發現其所曝露於外的雙臂之汗毛現已變白，醫生證明說，這是宇宙線對毛髮組織破壞而引起的色素改變結果。至其輻射範圍及人體接受輻射之安全量(參見表七)。

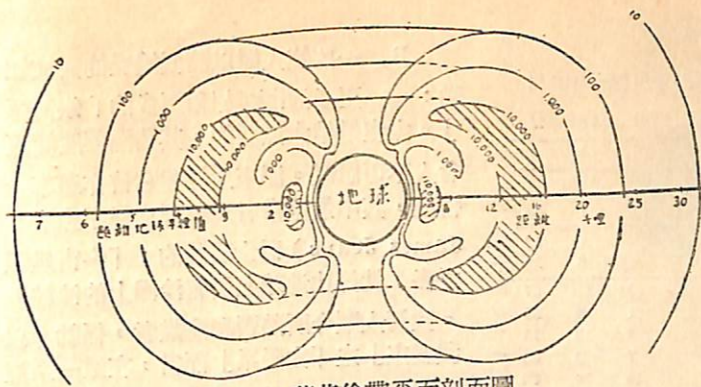


圖九：磁電光譜圖

表七 實際輻射量及人體最大感受量表

無遮蔽時之實際輻射量(倫琴)	0.4倫琴/年
海平面之輻射量	5-12倫琴/年
未擾動太空之輻射量	10-103倫琴/小時
在有日蝕時太空之輻射量	2-400倫琴
在有日蝕時太空之總輻射量	24倫琴/小時
在范艾倫內帶中心之輻射量	200倫琴/小時
在范艾倫外帶中心之輻射量	200倫琴
最大容許感受之輻射量(倫琴)	25倫琴
終生總輻射量	3倫琴/13週
一次總輻射量	*5-12倫琴/年
職業性感受輻射工作人員	

遠之土星，天王星，海王星和冥王星呢？再說地球上像美國這樣的金元國，其所最集全國科學人才精英於一堂的探空發展之阿波羅計劃（水星與遊騎兵太空船為其探測而鋪路），其極限目標——「登陸月球」，還要到1970年後才能完成呢。所以我們還是根據最近的天文資料和情報彙編為下列圖表，先以增長吾人對天體認識之知識，然後再謀求進一步之發展吧！（參見表八表九及圖十二圖十三）。



圖十一：范艾倫帶平面剖面圖

「附註」：表八資料係因參考坊間甚多有關書籍，其中之數字彼此相去甚大且間有矛盾情形，故為便研究參考更趨精確一致起見，本人特參考New York E. P. Dutton & Co. INC. 1958版之「太空百科全書」(The Space Encyclopaedia)而成，故與參證他書利用業已繪就之圖十三中之數字略有出入，參考時請以本表資料為據。

表八 太陽系九大行星資料表

星體名稱	軌道與日平均距離	近日點	遠日點	引力與地球比較(倍)	密度與水比較(倍)	軌道偏心率	相對(或平均)軌道速度	軌道傾斜度(度)	自轉一週(地球日)	直徑(哩)	溫度(C°)	備註
	單位百萬哩	單位百萬哩	單位百萬哩									
水星 (Mercury)	36.0	28.5	43.5	—	5.8	0.2056	25-23	7°00' 140°0	88	3100	近日點 400°C	
金星 (Venus)	67.2	66.75	67.05	0.85	4.7	0.0068	31.7	3°24' 00°0	*224,16,48"	7700	—	體積6萬兆噸
地球 (Earth)	93.0	91.4	94.6	—	—	0.017	18.47	軸傾23°27'	23,56"	7927	—	—
火星 (Mars)	141.5	129	154	0.38	4.0	0.093	15.0	1°9' 軸傾 25°12'	27,37,22,65 (公轉) 687日	4200	赤道 30°C + 極 -90°C	
木星 (Jupiter)	483.0	460	507	2.64	—	—	8.0	0°3' 軸傾 3°1'	95,0,30"	赤道 887,000 極 82,800	—	—
土星 (Saturn)	886.0	835	938	1.17	0.7	0.056	6.0	2°5'	一年朔望相合期 378日	赤道 75,100 極 67,200	—	—
天王星 (Uranus)	1,783	—	—	6.92	1.3	0.047	4.2	0°8'	*10.45' 公轉 84年	32,000	-185°C	1781由Sir William Herschel發現
海王星 (Neptune)	2,793	2,769	2,817	1.4	2.2	0.009	3.4	1°8'	*164.8年	27,600	—	C 1846由柏林天文台之Galle及D'Arre二氏所發現
冥王星 (Pluto)	3,666	2,766	4,567	—	—	0.248	3.0	17°	*248年 自轉 6.9'	3,600	-210°C	1930由Lowell氏所發現

* (註) 恒星日

G. 極光——極光為太陽大氣之外層，有極多稀薄氣體。其最內部份雖可由極光器所顯示，然較佳之觀測，則可見於全蝕期此期所現者為亮度甚大之白色光環，然後隨天空之亮度增加其強度漸漸減弱。其全光較月球滿月時為少。其直徑偶可大於太陽者五倍之多，其變化隨太陽黑子週期不一：於黑子最弱期，有長的赤道向流和短的極向羽毛狀流。當其最強時則幾近圓環，其輻射結構與流動極為可觀。

其結構複雜的光譜，迄今仍為一個謎，然其存在却有三種光源：

(A) 「放射光譜」：以其名被稱為「E極光」。其亮光因新元素Coronium 不易識別，且由普通原子，如十至十五倍離子化的鐵、鎳、鈣等之放射而蒸發。這種離子化僅發生於百萬度的攝氏溫度時，其放射線僅見於極光之內部光譜。

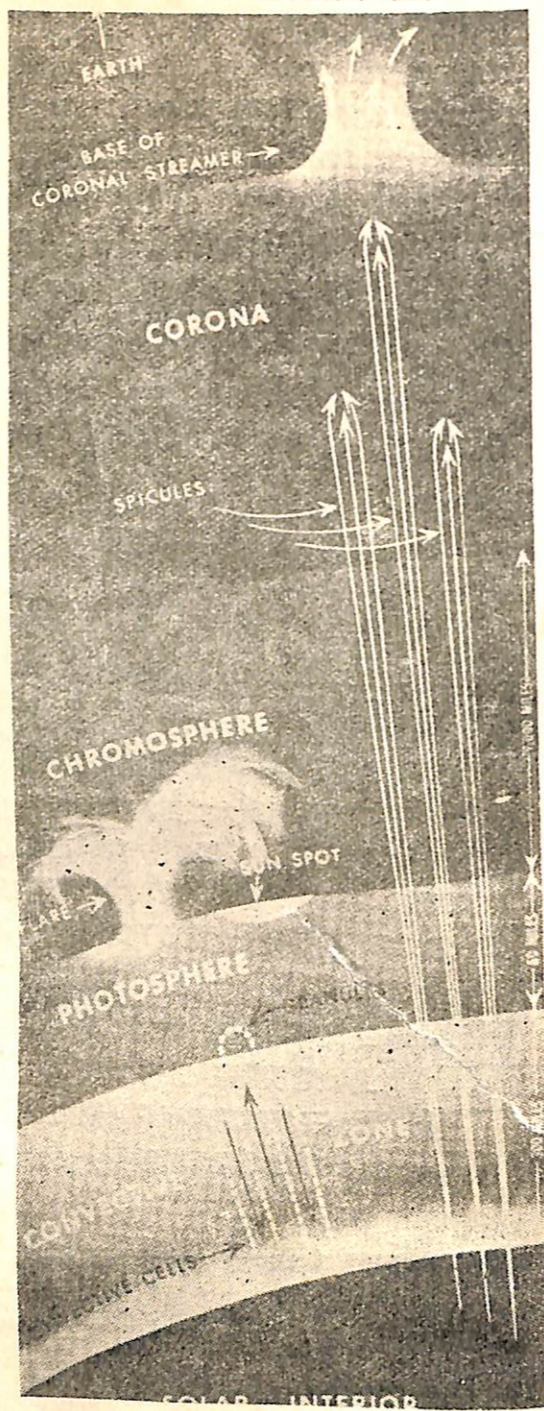
(B) 「太陽吸收光譜」：此可由極光的質子反射而被測得。其最內部之假定成分為黃道光帶，此種光被命為「F極光」。處於距太陽直徑邊遠之區。

(C) 「K極光」：接近太陽，隨廣大之吸收線呈太陽型光譜，由於日光被以百萬度攝氏運動的自由電子而分散，可說明極端的都卜勒效應之擴展情形。(參見圖十)

H. 范艾倫帶——范艾倫輻射帶係由衣阿華大學教授范艾倫博士調查前鋒號火箭資料而發現，後撰文向美星際天文學會提出專題報告(一九五八年五月一日)而獲太空飛行獎。此二輻射各沿地軸繞兩極構成二輻射帶(參見圖十一)。范艾倫帶係由地磁場所捕捉之由太陽放射之高能質點所構成。該輻射帶分內外二輻射帶，輻射最強中心之內帶距離地磁赤道上空2000哩，外帶10,000哩。輻射帶之封閉曲線，為每秒蓋氏數(質點)。內外帶之輻射強度(穿透性)以內帶較強。因地球二磁場偏離地球軸心 225 哩，故使在內層下同緯度之澳洲與智利地牙哥在不同高度遭遇強度相同之內輻射：前者為 993 哩，後者不及 300 哩。咸信未來太空船之最佳航徑，一為二輻射帶間之隙縫；另一為赤道區之 300 哩以下及二帶間高空之 600 哩。

上述為太陽本身所直接間接發生之重要複雜現象，這種現象是天文現象，亦可說是氣象現象。其中每一現象均與人類之生存發展有關，所以美國與科學發達之其他國家不惜以巨資和龐大的人力，投

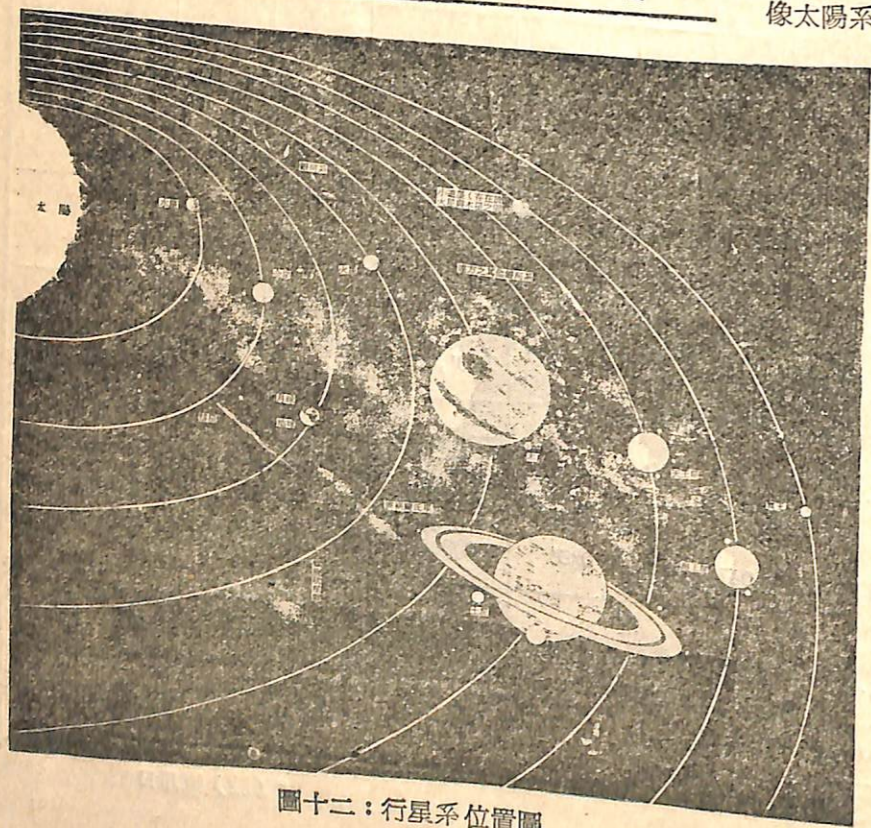
圖十：大氣中之極光現象



入此一太空探測競技中。
 (2) 向太陽系之其他行星進軍：
 A. 我們的太陽系迄今知共有九大行星，除我們所賴以生存的本身星體「地球」外，還有八大行星。因這些行星，多數均距「我們」較遠，且無像太陽對「我們」的那種較為直接的關係。以太陽系之反鐘向運轉言，距我們最近之左右鄰舍之金星火星，除我們的「衛星」—「月亮」外，是最為人常所樂道討論的。至其再次之左右鄰舍之水星(距日最近)和木星，則已甚少為人道及，何況我們右手更

表9 各行星之衛星

行星名稱	月球數目	直徑(哩) (約數)	圍繞行星運 轉之方向	與行星之距離 (哩) (約數)	繞行軌道一周時間 日 時 分
水星	0	—	—	—	—
金星	0	—	—	—	—
地球	1	2160	cc	238,860	27 7 43
火星	2	10	cc	5,850	0 7 39
		5	cc	14,600	1 6 18
	13	109	cc	112,500	0 11 57
		2062	cc	262,000	1 18 28
		1790	cc	416,000	3 13 14
		3070	cc	665,000	7 3 43
		2910	cc	1,170,000	16 16 32
		75	cc	7,200,000	250 15
		25	cc	7,300,000	260
		12	cc	7,300,000	260
木星	9	323	cc	115,000	0 22 37
		370	cc	148,000	1 8 53
	13	750	cc	183,000	1 21 18
		890	cc	235,000	2 17 41
		1100	cc	328,000	4 12 25
		3100	cc	760,000	15 22 41
		250	cc	922,000	21 6 38
		750	cc	2,200,000	79 7 56
		185	c	8,000,000	550 11 0
		天王星	5	—	—
375	—			120,000	2 12 29
250	—			166,000	4 3 27
620	—			272,000	8 16 56
500	—			364,000	13 11 7
海王星	2	2500	c	219,000	6 31 3
		185	cc	3,730,000	500
冥王星	0	—	—	—	—



圖十二：行星系位置圖

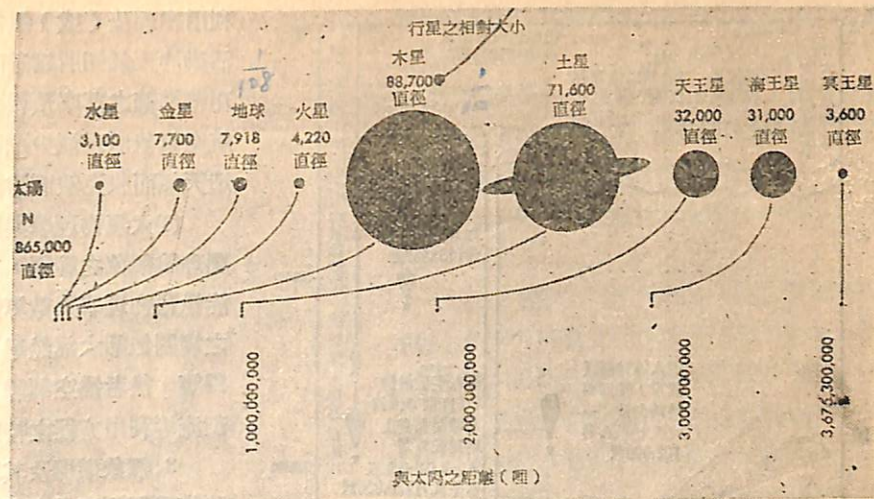
B. 一些使人難以隨便接受的天文知識：——更多的「太陽」和更多的「銀河系」。太空是偌大無涯的，其浩瀚程度簡直令人不可思議。歷來人們對它曾作過不少譬喻，其中最確當者為英天文學家金斯（James Jeans）爵士所說的：「宇宙星體之多，就好比地球上所有沙灘上的沙粒」。我們人類今所熟習和意識者，係就「以我為主」之「太陽系」而言，在這一系裡，當然是以太陽為中心，而其他九行星則作同方向（反時鐘）之圓盤式旋轉，而各行星之衛星復隨各行星旋轉，週而復始，永不停息。但如以時間測量空間之單位「光年」（其運動之秒速，為一八六、二八四哩，一年共走五、八八〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇哩）計算，則即使連距日最遠之冥王星，其所受到之陽光時間歷程，不過五小時半，地球不過「八光分」。現在讓我們把眼光放得遠一點，跳出以我們的太陽為主的行星系。在廣大的「銀河」裡不知有億萬個太陽；這話實在不易讓人接受，然而天文學家却用目前世界上最大的望遠鏡進行過不少的天體觀測，窺察十萬萬光年的距離，確仍浩瀚無涯。其中有像太陽系一般不少的銀河星雲羣。所謂「銀河」就是一團星雲，這團星雲之星數，各不相同，然而就是這種星雲團，在宇宙間仍有無數。例如離地球最近肉眼可見之麥格爾三十一號，即為距我們銀河中心最近的一個，在地球肉眼觀只不過是一個「小光點」。但其距離却有二百多光年。其實它是一個巨大的雲星羣，其直徑即有十萬光年和我們者比那實在是小巫見大巫了，為此觀念之建立所集之資料（參見表十）。

2. 地球物理氣象學——談太空氣象而走入太空太遠了，現在還是讓我們回到地球大氣吧。地球大氣科學所包括之範圍很廣，各種體系皆按其手段目的和過程等成為獨立的專門學問，為便於敘述計，茲將其

要目概述如下：

(1) 雲物理學——係按物理原理分析成雲致雨之學，屬於理論氣象大氣熱力學等範圍。美國各大學及社會研究發展機構正致力於雲物理學之集中研究。討論要項有對流、蒸發、吸、收、凝結、輻射、雨滴、降水、雲仔及大氣電能等。

(2) 高空氣象學——高空氣象學之範圍得廣



圖十三：太陽系九大行星之相對體積與距離說明

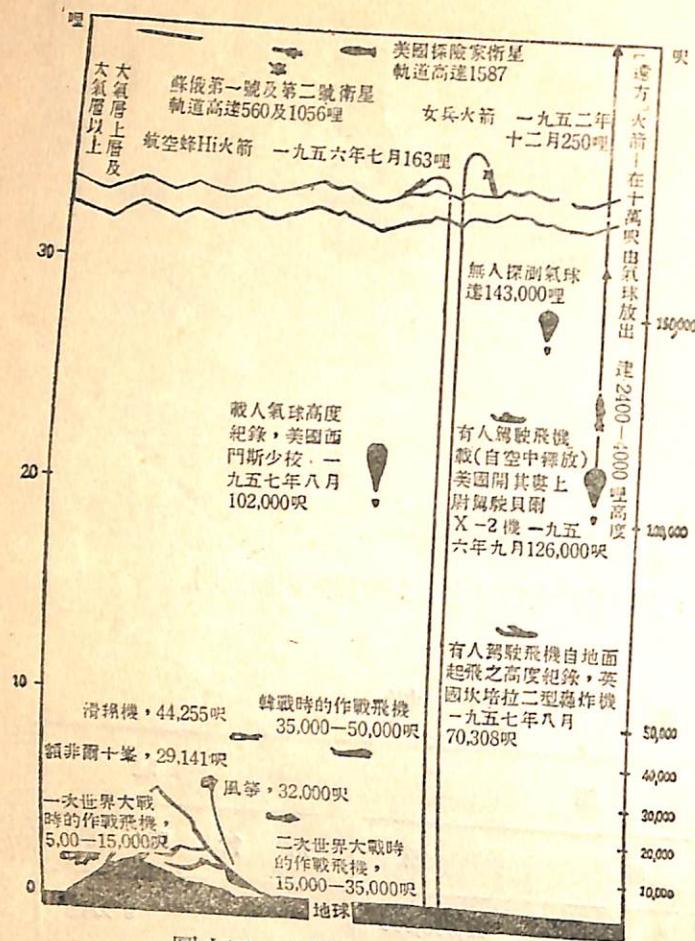
表十 各星體間的距離

星體名稱	距離	
	哩數	光行時間
太陽至地球	93,000,000	8 分鐘
太陽至太陽系最外的行星，冥王星	3,670,000,000	5 小時半
太陽至距離最近的恒星，人馬座近星 (Proxima Centauri)	25,000,000,000,000	4 年半
太陽至北極星	2,763,600,000,000,000	470 年
太陽至我們銀河星雲的中心	153,350,400,000,000,000	26,080 年
我們銀河星雲的中心至最近的星雲，麥格爾三十一號星雲	13,800,560,000,000,000,000	2,262,000 年

舉凡按熱力所分之層次均為研究對象。人類活動由地面而對流層、而對流層頂、而平流層、而臭氧層、而離子層，而外大氣層、綿延不絕。這種情形尤因探空工具之演進，汽球、火箭及氣象衛星等之觀測，藉以分析研究而相得益彰。茲將人類過去探空紀錄（示如圖十四），俾作為參考研究之里程碑。當然，目前之太空探測，其高度不止此數，甚至迄今仍有美俄各一具衛星，圍繞太陽軌道繼續旋轉。與此範疇有關之氣象學及氣象現象，計有大氣環流、西風長波、高空槽脊運動、噴射氣流、晴空亂流等。

(3) 大氣環流與氣候學——大氣環流與氣候之季節分配關係最為密切，熱交換力平衡，季風帶盛行、雨量分配、寒潮、洋流等對農業氣象水文氣象及兵要等軍事氣象的長期區域性預報和運用均極重要。大氣環流之年平均全球及半球性分配情形（參見圖十五及十六）。

(4) 熱帶氣象學——自二次大戰基於軍事需要，使呈現於天氣預報圖上的此一空白區域之熱帶氣象學，得建站觀測和資料充實之利，一躍而為新興的氣象學。尤因先天之氣象條件較高緯者，易獲高溫高濕，每易成為熱帶風暴（如颱風）之淵藪，現得



圖十四：人類已往探空成就圖

飛機、雷達、衛星之助，人類蒙受此種天氣型態之損失，在可預見將來必可減至最低程度。

(5)特殊天氣學——凡影響人類生存安全較大但為期短暫而不易歸類於其他專門性學之範圍者均屬之。如雷雨、龍捲、海嘯、地震、亂流、卷雲、霧凝、結尾、結冰等。

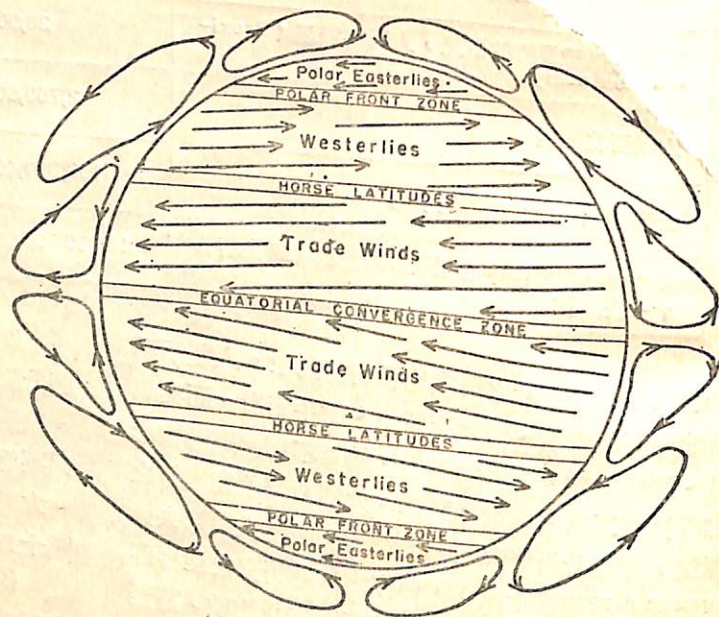
(6)地質氣象學——即地球物理學或地文氣象學，地球物理學進步的激勵，得之於每五十年所舉行之「國際地球物理年」之助甚大，該組織集各國專家之努力進行與地球地質氣候有關之各種重大研究，例如上次集會時所施放之「前鋒」火箭，對宇宙輻射即具有重大貢獻，厥對能有太空人甚大影響之「范艾倫帶」之發現。

(7)人造天氣落塵預報及航空氣象學——前一與後二者之意義適相反，人造天氣是因缺而求以改善人類生活的氣象科學、落塵預報與航空氣象學則為

利用物理及(或)氣象原理，而求對危及人類活動的天氣知所趨避而確保安全。唯其發展除可藉準確之落塵預報藉知大氣之放射性和瞭解航空氣象原理減少飛行失事外，尚未聞有以人造天氣而收克敵制勝之新聞。

(8)大氣物理學與動力氣象學——二者均屬理論氣象之範圍，其關係和意義實為大氣諸能量藉物理學與數算為基礎的演化運用。前者之範圍包括大氣熱學、光學、電學、聲學、化學等，後者為空氣靜、動力學，運動、渦動與環流等利用方程之特殊解法。

3. 氣象儀器及其專學——除傳統氣象儀表及作為觀測工具之有人和無人機械外，可作為近代氣象發展功臣的儀器為雷達、火箭和衛星。目前雷達之用途約為兩端：一為無線電探空所用之小型雷達，一為由導航追蹤等所發展而來之氣象雷達。(追蹤降水，風暴，如颱風等)二者為對天氣預報所必需。火箭探空純為二次大戰後之產物，目前氣象專用火箭之最大高度已達百哩之遙，然一般所分析由其所測得之高空風，則多上止於70km 以下。目前美國為發射氣象火箭他們有專門的全美聯合火箭探空網系統，稱為「聯合氣象火箭網」，由美國防



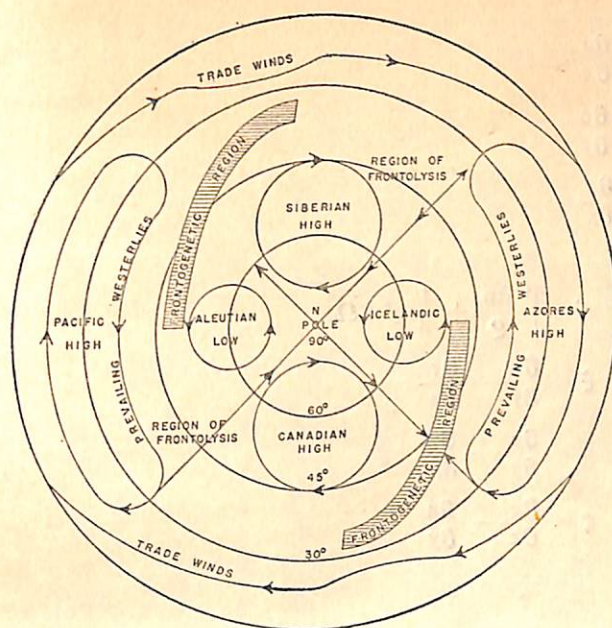
圖十五：地球風帶分佈圖

部，航空太空總署、氣象局及空軍之綜合組織，其探空站網(參見圖十七)。被喻為「太空氣象員」

學所嚴格要求之觀測、分析及哲學所必具之假設演繹於一爐，而後以高度機智之藝術手法，按時空間隔，將引發人類喜、怒、哀、樂情懷俟未來命運所決的天氣條件公諸於世，使之知所趨避。而這種高度大德、大智和大能之聖者作為，與耶穌生前之先知預言，復有何別乎？

上述「寓意」固佳，然集人類數世紀氣象預報之精研，雖發明甚多部份「事出有因」的預報法則，但所探討之結果，對這一「因」字之註釋，很難予和實際事實或結果圓滿配合。此種原因當然主因所研究對象之相關參數太多，變化太廣太大，他方面研究方法的落伍和幼稚，實亦難辭其咎。

全憑主觀經驗和判斷的預報，固易蹈失敗之覆轍，即缺乏校驗和理論基礎不穩之客觀預報，亦難望其久成。數值預報法是藉高深數學



圖十六：北半球永久與半永久性環系配置圖

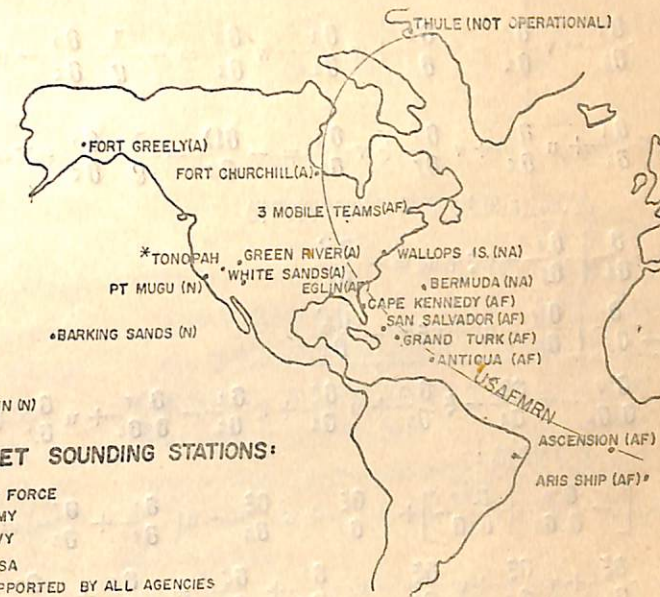
從1960年4月1日始放射首枚泰洛斯迄今，只短短六年的氣象衛星，是更接近太空而探測其奧秘的另一「巨人」，使氣象作業和預報向前猛跳一步。雷達的研判(如可疑回波、鬼波等)，火箭資料之分析綜合、衛星雲圖及溫度、密度等參數之識別研判，涉及無線電學及天誌、地誌航行及太空等學，故儼然成為氣象學的另一專門分枝之學，成為實用氣象學的實用氣象學。

4. 氣象通信廣播——由二十世紀初藉無線電作傳統情報傳遞式的密碼廣播，亦因印字機、傳真機和電視機的發明，引起革命性劇變。有人估計因印字機之使用，使原有無線電通信式，效率提高三倍，而傳真機十倍，電視機又百倍之的直線式上升之輝煌成就，使衛星所測得之圖像，立刻顯於電視，可信數亦不可信數？

5. 前程似錦的數值預報法——「氣象預報學是一門偉大的專門科學」，熔科

赫姆豪茲方程演算

方程的推演，而析理的一種最科學最進步預報法。此預報法所據之原始方程為一八五八年德物理學家赫姆豪茲(Von Helmholtz)所倡，此方程被認為是解決氣象預報問題的一種方法。茲將該方程之演算過程列下：



圖十七：美火箭探空站網圖

US ROCKET SOUNDING STATIONS:

- AF - AIR FORCE
- A - ARMY
- N - NAVY
- NA - NASA
- * - SUPPORTED BY ALL AGENCIES

動力方程

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{cases}$$

可被書為：

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - v\zeta + w\eta = -\frac{\partial x'}{\partial x} \dots\dots(1) \\ \frac{\partial v}{\partial t} - w\xi + u\zeta = -\frac{\partial x'}{\partial y} \dots\dots(2) \\ \frac{\partial w}{\partial t} - u\eta + v\xi = -\frac{\partial x'}{\partial z} \dots\dots(3) \end{cases} \quad \text{其中} \quad \begin{cases} x' = \int \frac{dp}{\rho} + \frac{1}{2} q^2 + \Omega \\ \xi = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \\ \eta = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \\ \zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \end{cases}$$

因

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} - v\zeta + w\eta &= -\frac{\partial x'}{\partial x} \\ \downarrow \\ \frac{\partial u}{\partial t} - v \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - w \frac{\partial w}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial x} - w \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial \Omega}{\partial x} \\ \downarrow \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{\partial \Omega}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \end{aligned}$$

對(2)之z(3)之y微分且(2)減(3)式得

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial z} \left| \frac{\partial v}{\partial t} - w\xi + u\zeta = -\frac{\partial x'}{\partial y} \right. \\ \left. - \frac{\partial}{\partial y} \left| \frac{\partial w}{\partial t} - u\eta + v\xi = -\frac{\partial x'}{\partial z} \right. \right. \\ \frac{\partial^2 v}{\partial z \partial t} - w \frac{\partial \xi}{\partial z} - \xi \frac{\partial w}{\partial z} + u \frac{\partial \zeta}{\partial z} + \zeta \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial y} + \eta \frac{\partial u}{\partial y} - v \frac{\partial \xi}{\partial y} - \xi \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \\ \text{轉變後得：} \\ \left[-\frac{\partial^2 v}{\partial z \partial t} + \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial t} \right] + v \frac{\partial \xi}{\partial y} + w \frac{\partial \xi}{\partial z} - u \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} \right) = \eta \frac{\partial u}{\partial y} + \zeta \frac{\partial u}{\partial z} - \xi \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} + v \frac{\partial \xi}{\partial y} + w \frac{\partial \xi}{\partial z} - u \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} \right) = \eta \frac{\partial u}{\partial y} + \zeta \frac{\partial u}{\partial z} - \xi \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

因

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} = 0$$

上述方程變為：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \xi}{\partial t} + u \frac{\partial \xi}{\partial x} + v \frac{\partial \xi}{\partial y} + w \frac{\partial \xi}{\partial z} &= \eta \frac{\partial u}{\partial y} + \zeta \frac{\partial u}{\partial z} - \xi \left(\frac{\zeta v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \\ \frac{D\xi}{Dt} &= \eta \frac{\partial u}{\partial y} + \zeta \frac{\partial u}{\partial z} - \xi \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

因

$$\frac{D}{Dt} \left(\frac{\xi}{\rho} \right) = \frac{1}{\rho} \frac{D\xi}{Dt} - \frac{1}{\rho^2} \xi \left(\frac{D\rho}{Dt} \right) \dots\dots (A)$$

從連續方程

$$\begin{aligned} \frac{D\rho}{Dt} + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= 0 \\ \frac{D\rho}{Dt} &= -\rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

將

$\frac{D\xi}{Dt}$ 及 $\frac{D\rho}{Dt}$ 方程代入(A)式：

$$\frac{D}{Dt} \left(\frac{\xi}{\rho} \right) = \frac{1}{\rho} \left[\eta \frac{\partial u}{\partial y} + \zeta \frac{\partial u}{\partial z} - \xi \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right] + \frac{\xi}{\rho} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

最後獲：（以同樣方式我們可得 $\frac{D}{Dt} \left(\frac{\eta}{\rho} \right)$, $\frac{D}{Dt} \left(\frac{\zeta}{\rho} \right)$ ）

$$\begin{cases} \frac{D}{Dt} \left(\frac{\xi}{\rho} \right) = \frac{\xi}{\rho} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\zeta}{\rho} \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{D}{Dt} \left(\frac{\eta}{\rho} \right) = \frac{\xi}{\rho} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\zeta}{\rho} \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{D}{Dt} \left(\frac{\zeta}{\rho} \right) = \frac{\xi}{\rho} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\zeta}{\rho} \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases}$$

但在該時期後數十年，在此方面毫無進展。推其原因有二：一為數算公式太複雜，不適合大氣之邊界條件及原始條件之解答。雖於二十世紀初期，以數值法求解微分方程式已有發展，但其繁複計算，仍無法由人力完成。其二為觀測資料之缺乏，使氣象學家在擇定所需研究之大氣運動狀態方面，無從下手，而一切理論至無法證實。

第一次集中力量發展動力氣象預報者，為挪威學派 Bjerknes, Solberg, Godske, J. Bjerknes 以直線式流體方程合力作有系統之研究，試釋大氣運動之性質。該次努力對今日數值預報貢獻至大，但仍因限於甚少之資料，未見更進一步之擡揚。

直至後來，氣象學家們發現流體動力方程，可用數值法求解時，動力預報才獲一線生機。英氣象學家、數學、統計兼經濟學家的 L. F. Richardson 於一次大戰期，設計並實行以定差法求解氣象學上非直線流體方程式（因赫氏古典方程，即為三度空間非直線流體偏微分聯立方程）。這是第一次真正的動力預測嘗試，隨於1922年發表其著名的「數值天氣預報法」。但是實驗並未成功，其所預測之大氣波動，將以聲速移動且方向錯誤。當時猜想這一錯誤，係因不完全、不準確及無代表性之原始資料而致，但未獲結論。被估計需僱用6400人從事此項計算工作，始能趕上實際的天氣的變化，終因人力財力限制未果。

至1940年後，此興趣再度興起，其原因為隨戰爭需要而資料增多，經研究流體之一般性質，對大

氣中產生天氣之機械作用並不重要，這一說明使流體方程增加一些假定或修正，並不嚴重影響大規模氣流性質之準確性，是以 Rossby 發現以正壓橫斷，即可預測大氣中大規模渦動之運行。其次是計算機的發明，使像 Richardson 之實驗，在數小時即可解決，使數值預報進入一新紀元。

1946年由 Charney 及 Neumann 兩教授研究，發現 Richardson 之方法有二缺點，一為實際天氣永遠接近平衡狀態，一為應用原始方程式有缺點而引起。綜觀其所以失敗而獲得之啓示為：如以氣象預報為目的，其原始動力方程式，除非加以修正，使其解法不含重力波及聲波，否則不能直接運用。Charney 在這方面於1948年獲致其解法，即為聞名的「準地轉近似法」。據以修正原始方程，於是數值預報法大進。

近代科學技術倡明，全球氣象觀測網林立，其主旨在於長期觀測研究天氣之改變而供人類利用，使廣大空間之天氣變化，在短暫時間內一目瞭然，誠納宇宙風雲變幻於袖中乾坤也。

而今日氣象衛星如美國國航太空總署一連串計劃中之泰洛斯，寧巴斯及愛洛斯均為探測全球氣候之長期監視衛星，對今後人類活動氣象支援之價值實不可以道里計。此更說明孫子言兵五事：地、道、天、將、法中「天氣」一途，其重要性及真理不但受時、空之改變，反隨時代之演進而愈趨重要了。

反攻大陸任務艱鉅，非全民動員，實施總體戰

不為功，我氣象同仁之本位職責即在精研氣象原理，作好天氣預報及整備大陸氣候兵要資料等以策訂國軍聯戰計劃，使大陸有利氣候為我掌握，則勝利在望！本此原則，釐定各兵種作戰所需氣象條件如後各節，希能靈活運用，藉免繩泥，而影響戰力之發揮。

參、各兵種作戰之氣象要求條件

一、空軍作戰之氣象要求。

(一)戰略空軍——

基於廣泛而持久的攻擊性任務，及需具之立即報復與立即作戰之能力，氣象支援任務除短期預報外更需賴長期預報完成之。故平時長期氣候資料之蒐集整備，應不遺餘力，而特顯重要，其特殊項目計有下列十項：

1. 終點、沿途、與目標區天氣對達成任務之效應。
2. 沿途各層高空風因素，其對轟炸偵察機之航程，酬載影響，高度與航路之選擇建議。
3. 目標區彈道風對炸射之精確影響。
4. 加油地區之亂流與雲量。
5. 為後勤計劃所選定之航路及備份基地之氣象因素。
6. 天氣對特種戰爭（化、生、放）武器運用之效應。
7. 正常訓練與飛安所需之天氣效應。
8. 飛行管制所需之天氣效應。
9. 敵我計劃與作戰運用天氣之相對效應。
10. 遠程轟炸之長期預報供應。

(二)戰術空軍——

針對戰術空軍之任務——空中優勢（反制作戰），阻絕戰場及密接支主要任務與偵照空運等次要任務，運用戰術空軍，在目的與手段上，對於戰術氣象勤務系統之要求極為嚴格。戰術空軍基於其任務的準確，機動，時間之緊密迫切及飛機之性能，武器，裝備和耗油量，故對氣象部隊所要求之準確機動，亦與對其他戰術單位同。易言之，所要求於聯合作戰中心（JOC）空管中心（ACC）及管制報告中心（CRC）立即作戰上之作戰決定者，皆完全受制於氣象之影響，故除一般性戰術空軍所需氣象供應及預報外，其他因素如下：

1. 終站及副目的地天氣預報及對作戰能力之影響。
2. 沿途天氣及對戰術任務飛行操縱程序之影響。

3. 目的地天氣及進場航路天氣影響。
4. 側風，跑道溫度對飛機性能，航程，酬載等影響。
5. 目標區彈道氣象資料。
6. 區域天氣狀況及利敵之程度等。

(三)防空作戰氣象勤務——

「無空防即無國防」。說明現代國家生存與國家安全所受立體戰爭之重大威脅。防空分消極防空與積極防空二種，消極防空旨在澈底進行防空措施減少我方損失，而積極防空在於突擊敵人使喪失空襲我方之能力。本節重在後者，以於未來反攻登陸作戰中，以優勢空軍澈底掌握制空權而贏得戰爭。

就此任務特訂定防空作戰氣象勤務數則如下：

1. 攔截爬升與恢復航力所需之終點天氣預報。
2. 最少飛行時間（氣壓型飛行）及攔截之適當定位以及導引飛彈等所需之高空風。
3. 對攔截機爬升與高砲及飛彈等發射有關之高空溫度。
4. 高空氣流對武器穩定度效應。
5. 雷雨及劇烈天氣活躍所引起之高空亂流及對雷達偵察研判之干擾。
6. 反常之顯影（由於某些非標準大氣現象對雷達所生幻像及假資料）足以影響偵察雷達作業者。
7. 用以決定採取目視抑儀器攔截戰術之高空能見度。
8. 凝結尾情況之妥善利用，以偵擊亂機。
9. 化生放作戰所需利我損敵之有關天候資料供應。
10. 其他為滿足防空作戰所需之資料。

二、氣候與陸軍作戰——陸軍為地面作戰主力，全面戰爭之推進與陸軍戰力消長至為有關，此種情形尤以非核子戰更為明顯。

(一)軍團或集團軍型大部隊運動之戰略作戰——

1. 地區性客觀預報之長期研究以決定大部隊運動之適應性。
 2. 季候風及降水時季之選擇。
 3. 風暴龍捲對大部隊行動每易造成不利。
 4. 沙陣及濡濛天氣下惡劣視障對軍團運動之限制。
 5. 梅雨季節是大部分隊後勤作業及支援之魔障。
- (二)戰車，砲兵，裝甲及運輸部隊所需之天氣條件：

1. 重武器，重裝備部隊運動之先決條件，需以道路之硬度為定，故降水時季之選擇最為重要。

2 「視障」為機動部隊之剋星，唯為熟習地形者進行逆擊之良機。

3. 強風及彈道風對戰車及砲兵部隊之效應。

(三)傘兵，空運師等空降作戰所需之氣候條件——

1. 高空風諸因素對空降部隊之離機效應。
2. 地面風對傘兵着陸曳力和飄距效應。
3. 雲量雲高與跳傘高度之選擇等。

(四)陸戰隊及兩棲登陸部隊作戰之天氣條件——

1. 風大，浪高，降水強度甚大之天氣均不適兩棲登陸作戰，此由二次大戰諾曼第登陸戰可獲有力證明。
2. 其他有關水文，潮汐，洋流等諸因素納入海軍作戰與氣候一節中。

三、氣候與海軍作戰——海上之風力風向直接影響航艦本身之動力及航速，故極重要。海軍作戰因兵種不同，任務各異，而所需之風速風向亦不同。舉例言，為利水上作戰各型艦艇之前進攻擊，所需為不超過24哩之操縱風速，過大則因風壓作用而船行不穩，過小則助航風力又嫌不足。又航空母艦與此要求亦不同，普通如為增長或縮短敵距離，則需順風駛向目標，否則，如不能保持一定恆向則應逆風行駛。母艦飛機回航落地，須先調整母艦航速以獲得飛機掠過甲板之必要風速，然後再逆風航行。通常掠過甲板之風速最好為30-32哩，如低於20哩即甚危險。此外風因素對煙幕、海戰、砲戰，救生，登陸，海空佈雷及空投時之彈道風等均很重要，故原則上可歸納為「強風時逆風不利，弱風時上風不利」。

唯摘其要項除上述外，復可歸納數項如次：

(一)海浪與長浪：除因海底火山，地震爆發所掀起之海嘯巨浪外普通海浪皆可視為風力之後果。地球上水佔3/4，因其幅員遼闊活動空間廣大，故海軍與空軍同為宜於主動攻擊之機動武力，而海浪對此機動兵力之攻守運用影響甚大。

吾人知，普通浪高為風速一半之比數，例如；風速為50哩則浪高可達25呎。至最大海浪，據估計其歷程可達600哩。氣象學家研究結果，認為28哩之風速，如維持達18時，即可產生250呎之長浪。颱風所興起之長浪，其移動速率約為時速40-50哩，且颱風中心，雖遠在800km以外，即可使艦艇搖擺動蕩不定。

海浪究有多高，因無實測紀錄，仍不敢斷言，但據最保守說法，謂風暴巨浪，罕有超過60呎者，但據1933年2月美艦賴馬甫號海員目擊，巨浪曾高達112呎，而俄勒岡沿岸之燈塔守備人員，稱某次滿潮海面之浪高曾達196呎。

浪潮對海軍作戰之最大影響，為以海制陸之聯戰，達於最高潮時之兩棲登陸作戰。在大規模突擊登陸戰中，第一波兵力之是否可安全登陸，穩固建立灘頭陣地，並確保持續登陸增援之成功等，端視浪潮而定。蓋風強浪湧，常使航向發生偏差，不易操縱，互撞肇禍，沉沒等現象，影響兵力配置及集中原則，對戰力影響甚大。

(二)潮汐：與月球之引力有關，故於進行海戰之先，需注意各地區水文及朔望等計算，以利登陸艇及魚雷快艇等小型艦隻作業。

(三)水溫：對救生及潛艇作戰關係較大，其中海水鹽度變化，可直接影響聲納之偵察，有利潛艇活動。如水溫與鹽度無急劇變化，即無礙聲納之搜索，有利反潛戰，而增大潛艇之被攻擊機會。

(四)海面結冰：在正常情況，海水未達28.5F以下，不會有結冰現象發生，中國沿海除渤海及遼東半島，於冬季沿岸有泥濘水外，餘皆為不凍港。渤海區之結冰期，為十一月中旬至三月底，隆冬時，厚達六吋之冰，可從堤岸向海延伸25哩之遙。

(五)雲與能見度：雲與能見度，對海軍作戰關係重大，尤對航空母艦上飛機之起落，及兩棲登陸時之空中支援作戰更為重要。因現代作戰，絕少為某一兵種之單獨行動所能濟事，且由二次大戰之戰例觀，不少規模較大之戰役，乃由三軍聯合作戰所完成。故在未來反攻登陸作戰中，由於環境影響，亦必以此種方式為主，殆無疑義。但強大之登陸戰，能否成功，端視海陸之制空權能否取得？而在取得空中優勢之過程，又與天候之影響有關，而雲與能見度即為其中要項。一般而言，無雷達裝備及耐航力較差之非全天候機、艦、潛艇，在機動上易受限制。

海軍作戰方式繁雜，所需雲與能見度之等級亦異，茲以諾曼第登陸為例，以各軍種所需雲與能見度之最低條件為準，簡述如下：

1. 空軍方面，偵察機所需之垂直能見度，必需良好，至少達3哩以上，雲層不得太低，雲底高度不得低於5000呎。驅逐戰鬥機則需晴朗之好天氣。戰略戰術轟炸機之「針尖」轟炸，更須有良好的垂

戰術

