

# 近年氣象業務發展的動向與儀器的進步 鄭子政

## 引 言

溯自清代咸豐五年(一八五五)於俄土戰役中，英法聯軍助土攻俄，法主力艦於風暴之中沉沒，因促使歐洲各國注意於天氣消息的傳遞，而開製圖預告天氣的端倪。至於今日，適逢百年。自有天氣預告即始有氣象服務。在過去百年中，氣象業務固屬時在連續的進步之中。但經過二次世界戰爭之後，氣象業務的發展，更顯得有特殊驚人的進步。在二十年前天氣預告的對象是一般的，而現在天氣預告的對象是專業的。英國倫敦氣象局於民國十五(一九二六)年出版的『測候須知』是當時指導從事氣象測報基本的工作手冊，規定以測候站觀測氣象要素的項目及所有氣象儀器的數量與觀測的次數分列測候所為頭等，二等，三等三類。近今於本年春間第二屆世界氣象組織大會所通過技術規程的規定已有顯然的分野。測候所的分類已從其工作與業務上立論。在技術規程第二章第一節稱測候所得分列為五類：(一)天氣測報站，(二)氣候測報站，(三)農業氣象站，(四)航空氣象站，與(五)特種氣象觀測站。但一個氣象觀測站得視其業務的繁簡兼任幾項專業的任務。至於特種氣象站所概括各種觀測項目如：(甲)天電觀測；(乙)雷達觀測；(丙)水文觀測；(丁)日射觀測；(戊)臭氧觀測，與(己)小氣候觀測。從今昔測候所分類不同之點可以顯見氣象業務重點的轉變。由於氣象業務須配合於專業性，因此氣象學者必尋求氣象與農業，工業或航空之關係，使氣象學術得以切合實用，並能隨同專業進步而有助於經濟事業的發展。各國須視其各種專業上的需要而成立各種不同性質的氣象測報網。同時在避免人力的浪費與工作的重複，對於各種專業測候網的設置，必求其能得合理的調配與相互的合作。

## 高空氣象探測與氣象理論研究之發展

近年氣象學術的進步不能不追溯到民前八年挪威氣象學者皮健鏗尼氏(Vilhelm Bjerknes)對於動力氣象學的創導，而啓近代氣象學研究的途徑。皮氏在民元前一二年間所發表『靜力學』與『動力學』二書實為動力氣象學研究最早的寶典。在第一次世界戰爭發生時，因挪威為漁業國家，不能一日無氣象的報導。挪威政府聽從皮氏的建議，於國境之內遍設氣象測站，以解除氣象預報上的困難。其結果乃發見地面空氣層中不連續面的存在，與多種不同性質的氣團，因創立『極面學說』(Polar Front Theory)。遂使天氣預告學說為之大變。二次世界戰前世界各處高空氣象探測已漸盛行。民國二十六年至二十八年間皮健鏗尼之子(J. Bjerknes)更探求地面溫帶風暴增強勢力的原因在於上層空氣波動的結果，而造成地面低氣壓中鋒面的演變。其重要理論乃以坡度風公式與氣壓傾向公式為依據。在空氣上層波動東移時，使對於坡度風在槽線前產生輻散作用而在槽線後產生輻合作用。在地面低氣壓勢力增強時，歸屬於在其中心上層的輻散作用，由於其上層的槽線對於地面低氣壓西移。由此理論產生雙重氣象學理發展上的影響。其一由經驗上研究所得之型態與在實際上大氣上層的結構吻合，而能接納於基本的理論。其次則為地球偏轉力對於大氣周流影響的解釋。此類概念的範疇，便是近年動力氣象學者運用於平流學說，及從氣團場合與平面速率以推斷垂直速率與平面輻散作用。這可說是以時間為不變量而論大氣剖面的理論。另一方面之研究則為大氣波動傳播的論解與穩定性學說的創導。羅士培解釋大氣上層在正壓場合無輻散作用，在時間上乃受垂直絕對分旋率保守律的管制，因而得寫出推斷上層波動傳播速率的演式，乃知在波長增大時則波動傳播的速率減低。至波長增大到適當限度時便可能使波動現象停止或退却。這些現象研究的成果為半穩定性活動中心動態的解釋。而半穩定性活動中心形態之變動，可能影響及於緯度帶間風信的轉變。此類由高空氣象探測而獲得新的理論與見解，若恒常旋率路徑方法已經採用於日常預告程序之中。

在近年氣象理論上，另一方向的新發展則為數理天氣預告，自皮健鏗尼以流體力學之理論作氣象理論研究基礎創導於前，復經英國李查生(Richardson)發表『數理天氣預告』一書於後，數理天氣預告的基礎始經樹立。更由於計算機械的進步與發明，使以算式上演解的困難得以減少，而數理天氣預告研究的傾向，近年有風起雲湧之勢。此種以純粹理論的數理天氣預告其發展的原因，乃由於廣大範圍氣象觀測資料之增多；大氣環流變動因素的悟解；與高層氣象演變情況的了解與計算機械進步的助力，使天氣預告得漸入於純理論的境界。

在實用天氣預告上，於近二三十年來更有優越的進步。日常天氣預告已經以動力氣象理論為基礎，由地面天氣分析而演變為三度空間的天氣分析。昔日僅以地面等壓線分佈形態為天氣預告重要的依據，今日則論空氣團的

性質，空氣熱能變化的形態與高空氣壓分佈槽線的移動及旋率的變化為天氣預告的基點。因此近年天氣預告的發展須有賴於高空氣象觀測的進步。使在天氣分析中垂直剖面圖的繪製；等熵面分析，與各高度等壓面氣象動態的研究能得按日進行。近年更由於大氣環流新說的樹立與緯帶指數比較研究的成效，使長期天氣預告技術得有豐多的貢獻。自二次世界戰後，飛機與雷達偵察天氣的工作已轉變為氣象觀測中經常的任務，亦為每日高空天氣分析重要的資料。由於許多大氣上層氣象資料的協助使氣象學上對於上層強烈西風的組織與性質產生了新的認識與了解。這上層強烈的西風就是所謂噴射氣流。羅士培稱：『噴射氣流乃是一種統計的產物，由旋率不變而產生大規模的平面混合作用』。此種噴射氣流已在天氣預告上發生重要的影響。由於在天氣上有新穎高空氣象的認識使熱帶風暴的組織與預告方法亦有甚多的闡明與進步。

### 氣象富源的啓發與應用氣象業務的推廣

論氣象實為自然富源的一種，祇由於人類對於此種富源尚未予以適當的啓發。一般而論，電力是工業化的基本要素，而奧國瑞典瑞士等國均以水力發電為國家最重要的動力。水力的泉源則在於雨澤，這是顯然的事實。氣候對於電力工業上的影響如在工廠的變壓器與高壓線方面均與氣候有密切關係。在溫帶氣候區域中若結冰，霰暴，雷雨與霧等現象常足以使電線或變壓器發生中斷現象。因此預告與記載雷雨的地區與頻率均足以減少電廠維護的費用。在霜，雪，風暴發生時候亦足以使曝露在空中的線路遭受損壞，天氣預告實足以增加維護的助力。在電力供應方面，在一年中低溫，大風，多雲霧時候，供應電量常見增加。至於一個國家的電力如以水力為主要的動力，則蓄水池內的水量與水源上游的流量均須加以管制與預告。因此降雨量，蒸發，流失量，溫度，風暴頻率與發生地區及預告都是直接的或間接的與電源動力攸關。其次論大氣流動而為風，風的動力亦為自然動力泉源的一種。據世界氣象組織季刊三卷三期一〇四頁上曾作地面空氣圈中所可能運用空氣的動力達二百兆瓦之多。據在民國二十年於德俄境內試用一百瓦的風力發電機已有顯著的成效。美國浮芒地方曾建立一二五〇瓦的風力發電機一座。至於太陽光熱能的運用亦為氣象與物理學者研究的對象。總之，氣象的富源現正在啓發之中。

應用氣象學的服務範圍甚廣，一般而論，檢討各種事業活動與天氣或氣候變動有相互關係及影響的，概不下有百餘種。其中重要的氣象服務對象則為航空，農業，交通運輸與工業工程等項。首先說到航空氣象服務。自第一次世界大戰之後，民用航空事業飛黃騰達。飛機航行於氣空，氣象變化對於飛行上安全的關係是極密切。飛行的效率與性能的優劣或是飛機乘客的舒適程度，均須求其能適應高層氣流的環境，這是一個航空工程的設計問題。因此在飛機設計時即須顧慮到高空氣象的變化與飛行的環境。氣象服務對於航行安全問題更是不能分離。霜對飛機在跑道上起飛時能增進其滑速，但在其爬升時則適增多其阻力。機身或機翼上積雪常足增起飛的困難或造成滑升的危險，在機翼積雪冰結時，足以使機件控制能力減小。飛機翼上結冰是異常危險的事，一九四九年一月美國西雅圖機場飛機失事，有雅魯大學學生十一人隨機殉難，即由於飛機翼上結冰的肇事。嚴重雨水在跑道上常失去輪胎的牽引力與機件制動的效力。降雨時雨滴常使機身遭受剝蝕作用，雨點愈大在飛行速率增高時所遭到的剝蝕作用亦愈增。至於在降雹時候，常能毀損飛機形體，更屬危險的現象。美國民航局調查一般飛機的失事，多由於能見度的減低，此種視距的縮短可能由於霧，沙陣，霾等現象所招致。近年由於航空氣象服務的進步，在美國於一九四五至五〇年間，運輸班機失事的次數已大減低達失事總次數百分之五十五之多。因此飛行交通管制必須配合氣象。各地機場的啓閉，須有氣象因素條件上的限制。在經營航空運輸方面，亦須求明瞭航線上的氣象變化，使能飛機管理調配得宜而獲得航空營業最大的利益。

氣象變化對於農林漁牧各項產業都有密切的關係，在東亞各地氣象對於農業方面的服務首推印度為最早，印度農業作物以西南季風的雨量為主。季風來臨的早遲直接影響及於農產糧食的豐歉。故甚早在印度即作季風雨量的預測，以供農作上的參考。自民國二十一年八月由印度農業研究委員會支持推行現代農業氣象研究與服務。至民國二十九年，農業氣象服務已為政府所主持對民眾永久性服務的一種。民國三十四年印度政府選定若干實驗農場成立農業氣象觀測網，記載氣象變化與穀物生態，以作植物與氣象因素相關的研究。首先所選定的穀物為米，麥與 Jowar 三種，其後推廣至甘蔗，棉花作物，但在印度現在所研究氣象與穀物的品種已達五十種之多。在氣象上，小氣候上，土壤上及穀物生態史上，均作詳盡的觀測與記載。其他如農作上耕耘播種，開花，結實與收成的日期皆有所記載，若穀物遭遇病害或蟲害，其受害的開始期，嚴重期與終止期亦加以調查研究。由研究所得的結果，政府予農民以耕作指導使各地農民知農宜的時季。發佈農業氣象預告與警告，使農民注意於穀物適時的耕作程序與損

害的防範。農業氣象研究上，如植物氣候環境亦細加分析。地面熱量平衡，土壤中濕氣與水分的含量與輻射作用，都是研究的主要的課題。又如穀物耐旱性的實驗與耐旱育種的選擇，亦為在糧食增產上有待於解決的問題。在乾旱以外的特殊氣象變化如冰雹，寒潮，嚴霜，大雨，或烈風等因素發生的頻率對於穀物的生產量與糧食的運輸，均有密切的關係而為未可輕忽的現象。

氣象對於工業與工程上的服務近年來在美國亦已非常普遍。須有賴於天氣預告而能獲致更大利潤的工業如電力廠，自來水廠，營造廠及公路局鐵路局等機構。工程完成期限的縮短，工業生產能量及消耗量的增減，車輛管理與調配的適宜，都是與氣象因素變化發生關聯性的。譬諸油漆工程與空氣中的濕度及混濁度均有密切的關係。橋梁工程的建築與降水量及水位的漲落自屬不能分割的問題。機場跑道設計及現代都市或偉大建築物的設計，均須先考慮到氣象的因素，方不致受到設計上人力物力的浪費或是將來遭到意外的損害。工業發展以後，工廠內集聚工人的數量增多。工業生產量的增加，一部份須有賴於工人工作效率的提高。電影院由於室內氣溫的調節足以招攬觀眾人數的增加。在工廠內氣溫與濕度的調整不僅在增進工人身體的健康，且能使工人工作效率的提高，這就是間接的增加工業成品的產量。至於自然災害如暴雨，颱風或水災的發生在工業區域所遭受的損失，將多於農田區域所受的損害。因此天氣預告不僅直接輔助工業增產，完成工程建設增進工業產品的利潤。今後工業日益發達，於工業工程上所需的氣象服務將亦愈殷切。至於氣象與交通的關係，作者曾於交通建設創刊號中已有專文論及，茲不再加贅述。

### 近年氣象儀器的進步

近年由於氣象服務對於社會的需要，氣象候候網日漸增密。於一九二〇年美國地面氣象觀測站約有二百處；溫度與雨量及水文站約有一千六百處，此外尚有氣候觀測溫度雨量合作站四千五百處。全年氣象儀器補充費年達七十萬美金。二次世界戰爭以前，高層氣象與氣流觀測，常運用風箏，測風氣球，乘人氣球及繫帶氣象儀器探測氣球多種。施放風箏所達的高度不過二三公里，測風氣球常受地面雲層的阻礙，於天氣惡劣時無法作經常上層氣流的觀測。繫帶氣象儀器的氣球則於氣球升空之後，隨風飄蕩，任諸東西，降落地點無法控制，紀錄亦不易尋獲；縱使氣象儀器與紀錄得以收回，但記載當時高層氣象變化，僅能供應為高空氣象研究的資料，而無法為天氣預告的參考。一九三〇年以後，美國以運用飛機作經常上層氣象的觀測。以替代施放風箏。在二次世界戰爭期間，高空氣象無線電探測儀已始誕生。一九二三年利用無線電發信器探測高空氣象的理想已獲成功。一九三二至三三年作極年觀測時，高空氣象無線電探測儀已有八十種之多，均在北極地區施放探測而有成效。此後美國利用無線電發信機經常作高空氣象探測並建設高空氣象探測網，至一九四五年此類高空氣象無線電探測站已有八十處之多。氣象學者對於高層氣象變化乃能增多新的認識，而啓發動力氣象學理論的基礎並樹立天氣預告的新法。於一九二〇年間，美國測風氣球觀測站僅有十處，現已增至一百六十處。二次世界戰爭中由於無線電定向測量研究的發展，因知運用雷達在一處觀測站可以測量高層氣流的方向速而不受雲層的障礙。近年雷達測風儀於世界各國氣象機構中運用此種儀器以作高層氣流觀測的，已非常普遍，測量上層氣流動態的高度可達十萬英尺以上。二次戰爭之後，在氣象觀測上曾利用火箭以測量大氣上層臭氧的分佈，太陽輻射，空氣成分，氣壓，密度及溫度等項。至於建設雷達氣象觀測站，以測報風暴的位置，研究雲層的組織，與雲點與雨滴在雲中的分佈，分析雲體中降水密度及降水量，將可能較雨量器實測之雨量更為準確。雷達設備已形為氣象觀測中研究水氣象重要的利器。空中天電發生處常在低氣壓中心；鋒面經過雷雨雲或積雲所在之處。在天電集中發生之處，以無線電定向儀測量之，常足以供天氣預告上推定風暴中心位置重要的參考。據歐美各國以無線電定向儀測量的結果，可遠達二三千英里。此種觀測天電的氣象網，於二次世戰後，美國在世界各國會建立四個天電觀測網，每個觀測網以四個測站互相聯絡測報，專作天氣預告上的研究。由於利用無線電對於氣象觀測上的貢獻，不論在地面或高空方面，現已均能以無線電發信方式傳遞信號，報告氣壓，氣溫，濕度，風向與風速，雨量等各項重要氣象因素變化，並且能自動紀錄，因此於高山離島或在水原沙漠地區均得利用自動氣象觀測記錄站以克服人力觀測的困難。在未來的氣象觀測時代，可能在一般氣象觀測站的工作將以自動氣象紀錄站替代人力觀測，而純由機械去從事測報而氣象人員將專致力於天氣分析，研究，預告等項業務。在機場氣象觀測上，氣象員素以雲幕高度測量及能見度之辨別，須以人員目測為標準。近年以來自雲幕高度自記儀具能見度自記儀問世之後，機場跑道上雲幕高度已能由雲幕高度自記儀每六秒鐘自動測報一次