

泛論氣象學之應用

戚啓勳

A General Discussion of Meteorology in Applied Fields

C. H. Chi

Abstract

This paper gives a general description of Applied Meteorology. It includes some items such as the results of wars effected by the weather, the relations between agriculture and climate, and the latest development in the Industrial and Commercial weather services, etc.

一、前 言

中國以農立國，人民的生活要看農產收穫的豐歉來決定，而年歲豐歉主要的因素受天氣的控制。過去人類對於天氣了解尚少，但以近代氣象學的觀點來說，不僅已經積有多年氣候紀錄可供農業上的參考，未來一天到兩天的天氣預報已經達到百分之八十以上的準確率，且長期預報對未來五天到七天的溫度和降水也有了相當成就。因此氣象學已經漸次發展到應用的階段。

天氣又何止影響農業一項，無論國防、軍事、工商業、交通運輸，公用事業，乃至於大眾日常生活等，無不和天氣具有密切的關係。涉及範圍廣泛。因此天氣應為一般人最感興趣也最需要明瞭的課題。

氣象學的起源甚早，但因為控制天氣的因素過於繁多，直到最近二十年始奠定了科學的基礎。二次大戰期間，由於體驗天氣在軍事上的重要性大家把注意力集中在天氣的作戰應用方面，二次大戰結束以後，又重研討氣象和農工商業乃至於日常生活的關係，並稱：「天氣是一種國家事業」Weather is the Nation's Business。美國更設有氣象服務顧問委員會 Department of Commerce Advisory Committee of Weather Services 以督導推行氣象服務事業，應用氣象學乃應運而產生。

二、天時足以控制戰場得失

二次大戰初期，德國憑藉空軍的優勢配合地面機械化部隊發動所謂「閃電戰爭」。這種戰爭須依賴長時期的晴朗天氣。像一九三九年九月的波蘭戰役，一九四〇年五至六月的法國戰役和挪威戰役，以及一九四一年六月至十一月攻蘇戰役的前期，都因為這種天氣的長期預測成果而達成輝煌戰果。一九四一年十一月至翌年五月之攻蘇戰役後期，希望是好天氣，結果是大風雪因而挫敗。等到德國空軍被盟軍擊潰，在戰場上德國唯有希望在惡劣天氣下發動反攻。盟軍登陸諾曼底後，希特勒被迫作困獸之鬪，在阿登地區傾其全力作孤注一擲，希望造成對方作第二次鄧克而克大撤退。戰鬪發展到最高潮的時候，天氣突然放晴，盟軍飛機全部出動才把攻勢擊潰。再如諾曼底預定登陸那一天，正好大風暴橫掃英吉利海峽，若非艾帥信賴預報，把攻擊延遲一天，後果真不堪設想。

意大利一九四〇年十月所發動的希臘戰役，原想不靠希特勒之助，傾其空軍全力協同陸軍和裝甲部隊攻佔希臘。事先不問天氣預報，不想攻擊一開始就碰上低雲大雨，空軍不能發揮戰力，裝甲部隊陷入泥淖，困窘萬狀，終至於希特勒不得不抽調重兵救援，影響整個戰局。

另如一九四二年二月十二日德艦格內賽諾號 Gneisenow 和香羅斯脫號 Scharnhorst 憑藉大霧與結冰情況逃過英吉利海峽，一時傳為美談；一九四二年五月隆美爾在北非利用沙陣天氣逃避英國空軍的偵察，攻佔土布魯克 Tobruk 獲得勝利。一九四二年三、四月間日本發動緬甸戰役，事先得到氣象專家預測雨季來臨的日期，才能及時完成佔領而後撤出空軍，使用於其他戰場。

氣象在軍事上的應用主要目的有二；一方面在於避免惡劣天氣使各兵種武器遭受意外的損害。例如一九四四年十一月美第三艦隊原期大舉進攻日軍佔領下的岷大諾島，不幸在十七、十八兩天遭遇颶風襲擊，由於損失慘重，不得不放棄攻擊計劃折返基地。另一方面在於利用天氣使各兵種武器發揮它最大的戰果。二次大戰後期，發現了高空有所謂「噴射氣流」，在日本上空大抵位於三萬八千呎，時速達四五〇哩。利用噴射氣流飛行於冬季各

月中，從東京到美國每次可以提前六小時到達，汽油節省二千二百加侖。利用天氣先決條件在於了解各兵種和它的武器本身所遭受天氣的限度和影響。例如高空風和高空溫度怎樣影響噴射機的飛行計劃；又如裝甲部隊必須明瞭各式戰車在各種路面上雨量 and 陷入深度的關係，像東歐和蘇俄的泥土公路，下幾次雨以後中型運輸車輛即可陷入八至十二吋，戰車自更嚴重。再如陸軍須了解各種天氣下如何影響它的行軍速度；空降部隊的集中怎樣受下層風的影響；海面的風向風速怎樣影響各式船隻的行程安全和登陸等等，而後選擇最有利的天氣條件從事作戰；或者對惡劣天氣事先防範以免影響戰果。例如預測戰場上將為低雲有霧的天氣，地面部隊當設想此段期間不可能獲得空中支援，但有利於單獨作戰發動奇襲。

此外，為了適應作戰地區的氣候，事先必須加以特種訓練，美國有所謂「人造沙漠」和「人造極區」之設施。因此要明瞭全球氣候特性。例如阿拉斯加范彭克一月份最低溫度可達華氏零下五十九度，整個阿拉斯加來講最低溫度會達華氏零下七十六度。撒哈拉沙漠一天中間的溫度差可以到華氏五、六十度。利比亞沙漠最高氣溫會達華氏一三六、六度，五月至九月間氣溫在華氏一百十度時，沙面溫度可達華氏一百七十度以上。這些情況怎樣影響戰力和裝備，誠不容忽視。

以聯合作戰而論，首先要衡量各兵種在戰場上或各該次攻擊計劃中所佔的重要性，而確定氣象條件的優先順序，再擬定共同接受的最低限度天氣腹案，徵諸氣象專家確定攻擊時機。

三、氣候與農作物的關係

土壤和氣候是控制農業的兩項主要因素。科學家早經發現各類土壤，像黑土、紅土、黃土，也是各式氣候下天氣過程的自然後果。根據全球農產分佈也大致和氣候區域相吻合。因此氣候幾乎可說是影響農業的重要因素。

自然界對於農業的影響莫過於氣候變遷和水旱災。權威學者相信文化和氣候實有不可分離的關係。古代埃及、美索不達米亞、希臘、羅馬等因受氣候的賜予。文化勃興，其後的衰落以及北方諸國的興起，亦因氣候變遷所致。

氣候學家研究過去紀錄，曾發現近五百年來中緯度和寒帶地區溫度普遍升高，熱帶和亞熱帶却變得比過去冷。拿雨量來說，北美洲、非洲、澳洲、和巴西都在逐漸減少。西伯利亞南部從前是冰凍區域，現在却有一部份可耕土地；冰島和挪威已能種植大麥，加拿大東部能種小麥的地區已經擴展了兩三百哩。在北半球很多種有經濟價值的魚類已逐漸向北移動。

長時期的氣候紀錄對於一國經濟生活非常重要。因為任何國家的經濟生活都是被平均氣候所管制。這種平均氣候比偶然的冷熱乾旱影響更大。水災和旱災影響農業最為嚴重。中國近百年來水旱頻仍，據統計旱災出現次數遠較水災為多，但水災影響區域却遠較旱災為廣汎而嚴重。若開發水利須以各地長時期的氣候紀錄作依據。不僅需要知道雨量和蒸發量，像冰河溶解量、土壤之吸水性等因素。很多地方春季溶雪量為其主要灌溉水源，有些地方常因一季雨量太多，促使山洪爆發淹沒了無數農田。

氣象學者雖然不能控制天氣，但能實測氣候變化和供應天氣預報，使農家避免災害增加生產。農家知道一種作物適宜的天氣，栽種與收穫的時期，但究竟所需適宜的溫度，各段生長期中所需水份的多寡，何時下種何時收穫可得最大產量？凡此都得仰賴農業氣象學家的指導。據研究在植物成長期必需準備十四天的土壤水份平衡，一般農人都喜歡使它過量。美國霍浦金大學的氣候學家桑蘇惠梯 C. W. Thonhwaite 已經找到一種方法可以精密計量各種農作物所需要的水份，計算出什麼時候應該灌溉，在幾個月以前就能預測農作物成熟的最高峯日期。除了水份而外，溫度可說是影響農作物最重要的因素。例如一地稻作種一期或兩期，全受溫度控制。和溫度相聯者還有霜雪之災，植物嫩芽最長殺霜，而雪則不僅使某些植物受凍而死，且足以壓傷農作物。英人萊尼 J. Rennie 認為供應農家的二十四小時預報以春季之濕冷，夏季之雨和露，和秋季的霜最為重要。山區則雪與吹雪亦須予以重視。例如玉蜀黍是一種喜暖畏寒的植物，何時種植和冰凍日期密切關聯；又如英國七、八月間如果遇到濕熱天氣，馬鈴薯會產生白點。霜對於早期的馬鈴薯也有很大的危害，如果得到預報可以提前收割；二月間的霜對於甜菜和瑞典蕪菁等也有嚴重影響。

春天的水菓和蔬菜畏霜凍害，倘事先得到警告，可用各種防護方法，如薰煙和掩蓋使溫度不致降至殺傷程度。菓樹中最怕秋季濃霜者當推柑橘、甘蔗、葡萄等。美國加利福尼亞和佛羅里達兩州特關霜期預報，因為這標廣

大的菓園須採取防霜措施，在確有危害菓樹殺霜預報的前夜實施防霜。例如美國加州南部有一家柑橘園，因為聽了氣象局預測有一場嚴重的殺霜將在聖誕節日發生，因此較以往多準備了三百卡車的生熟油料，一百七十五卡車的薰煙油料，分別置於菓樹叢中，才使菓樹毫無損失。另外一州柑橘年產量超過三千五百萬美元，有一次歷時十天的嚴霜因為採用了氣象局的預報而保全水菓價值六百萬美元以上。

霜雪寒冽都是隨寒潮南下，因此氣象機構特別有寒潮警報。農家得到這種警告，像煙草等作物都該提前收割，雖然尚未十分成熟也不例外，以免全部損失。馬鈴薯可以埋在土內，甘蔗砍下後用乾草覆蓋。

作物的施肥收割和噴射殺蟲劑的時機也都需要天氣預報。如果天氣潮濕而也沒有噴過殺蟲劑，細菌在二十四小時內即可損及菓樹或菜蔬。殺蟲劑最好在雨後新晴時噴洒，隨後至少有兩天晴天。假定在久晴以後而溫度上升到華氏九十五度以上，對橘類很不適宜。蔬菜施肥也要在天氣轉晴穩後實施，否則肥料為雨水冲刷失去效用。

在廣大水菓產區，宜趁下雨之前及時採集，並完成晒乾、裝運等工作。葡萄乾製造區特別要注意降雨預報。因為在乾製過程中遇雨，將遭受嚴重損害。根類作物也應該在乾燥天氣掘出收藏。此外像玉蜀黍，苜蓿草等殺物在收割時亦忌有雨。穀草在雨中打包很容易腐爛。

雹災雖然不大普遍，但有些地方却很嚴重，像我國的甘肅就常受雹災損害。美國中西部一家保險公司聘有兩位氣象專家負責研究雹對於農業上的危害。

風災對收割期亦需注意，影響收成很大。枝桿較脆的作物在生長期也不容忽視。但防風很難採用臨時措施，若作物業已成熟，唯一辦法就是提前收割。

天災而外，農人最慮植物的病蟲害了，包括蝗災在內。據病害與昆蟲學家研究，農作物所有害蟲的生長都和氣候有關。美國佛羅里達州每年要耗費二千萬美元化學藥品抵制柑橘所受害蟲和小蜘蛛的侵害，以免低減品質和產量。有一種有效方法就是預測它的最大繁殖期和繁殖趨勢。若自然因素已減低它的繁殖率，就可不再用化學方法去控制，以免徒耗財力。此所謂自然因素經試驗結果以天氣最關重要，包括化學控制的有效性在內。天氣影響植物害蟲的成長計有下面四點：

- (一) 天氣太熱太冷，過乾過濕，都可以促使害蟲直接死亡。
- (二) 低溫可以使植物害蟲延長它的生命期，而高溫則可縮減其壽命。(7)
- (三) 某種溫度和濕度可使植物害蟲發生疾病或者因為宜於產生寄生蟲而間接死亡。據分析佛羅里達州的暖濕天氣正好是菓樹害蟲的仇敵(寄生蟲)最活躍的時期。
- (四) 在寄生植物成長和活力改變的時期最有利於各種害蟲的繁殖。例如春寒延長使新葉發展遲緩，而每為蚜蟲最繁盛的時期。

由於天氣產生的次要因素如菓樹葉落過早是因為紫紅色小蜘蛛的侵害所致。這種葉落現象在溫和的天氣發生較少。在刮乾風的時候却非常厲害。另有一種小蜘蛛使柑橘的樹葉變得黃而乾燥，也和溫度濕度密切關聯。冷天比較適宜於它的生長，天氣潮濕時它就會生病。

農作物收割後的儲存亦和天氣有重要的關係。以美國肯扎基州來說，煙草的收入佔該州農民總收入的百分之四十。品質較好的煙草在價格方面較之品質較劣者高出百分之五十。據肯州大學研究，如果能够善用氣象局所發佈的預報調節煙草倉庫內的相對濕度一即倉庫四週的大門按需要開閉，或採用加熱措施以控制濕度，全州農民每年的總收入可以增加三百至五百萬美元。

林業顯然和穀物一樣受氣候所控制，各類苗木都有它一定的氣候適應性。林業方面另有一項災害和天氣密切關聯，那就是森林火災。據分析森林火災大多由於乾熱的下坡風所引起。在阿爾卑斯山北麓特別名之為「焚風」Föhn。雷雨時也可能因雷電而引起火災。因此森林管理單位在乾燥季節必須密切注意風、雷雨、和雨量的預報，以便加緊巡邏並先予準備防火措施。

天氣預報對於牧場場主也很需要。舉例來說，羊在初生期間最忌濕冷。乾冷天氣初生的羊還能夠站得起來，溫暖有雨的天氣雖然也會產生不良後果，但不致於死亡。要是在三四月間遇到濕冷天氣那就非常嚴重，必須驅入室內予以保護。再拿剪羊毛來說，在六七月間如果要剪羊毛而預測有露或雨，在前一天晚上就得關進屋子裡，否則就會影響羊毛收成。

漁船在海上不僅它的安危和行程直接繫於天氣，各類魚的活動區域完全要看水溫而定。一九〇三年北極浮冰

南移導致干旱的納維亞漁業的衰落，生長在極區的鱈魚和白魚都向南移植，甚至進入到波羅的海。一般而論，暖洋流的前鋒常為魚類密集之所，一九四六年鱈魚產量大增，竟達一萬三千公噸即由於暖洋流北移所賜。洋流為盛行風的後果，因此有關盛行風的預報對漁業很有價值。

四、工業氣象的新發展

工業的基礎建築在電力供應上，而電力供應的特性要看周圍的自然環境而定。例如利用水力發電、風力發電、抑或太陽輻射能發電都是直接受天氣控制。

天氣情況對於電力公司的影響，可以分為三項主要途徑：

- (一) 天候對於發電廠、變電所、和電力輸送線路的影響。
- (二) 水力發電所應該裝設在什麼地點，無論是正常的季節情況，或是難以預測的逐年演變都得加以考慮。
- (三) 由於溫度、雲量、相對濕度等氣象因素的演變而需要各種電力消耗，管理電力供應的工程師需要天氣預報來調節供應量。

氣象學者對於電力公司的幫助，主要有兩種：一種是長時期的氣候變遷紀錄和氣候情況；另一種是未來二十四小時的天氣預報，氣候紀錄指出：溫度、雨量、蒸發量、高山積雪的溶解量，各類風暴各月正常路徑和經過的頻率等。尚須估計將來可能的變率和較差。氣候變遷對於電力設施非常重要。例如澳大利亞的東南部，雨量逐年都在減少，變率達百分之二十以上。因此目前水力雖然够用，三五年後可能被迫完全放棄。蓄水池的大小必須和流量成比例，而它的價值要看氣候變遷來決定，其中尤以旱澇為重要，當地蒸發量，土壤吸水性，和山脈的走向等也有關聯。山區的蓄水池需要集結山坡上的水量，假定山脈作南北走向，而促使當地下雨的風暴也是經常自北向南，自可產生較大的流量。又如蓄水池築於山之北麓，該處經常為南風盛行，蒸發量必甚可觀應加考慮。風速以及由此產生的波浪高度對於水壩的設計也有關係。由此可見在選定發電所地點及其設計必須注意以往的氣候紀錄和它的變遷。

阿爾卑斯山一帶的水力發電所，主要依賴高山溶量，春季更為重要，必須預先儲存以備夏秋季流量之不足。要引用它處流量。因此需要參考氣候紀錄和季節性的預報。

其次我們要考慮天氣怎樣影響電力公司的設備。這種影響要看它在熱帶呢還是在寒帶？舉例來說，風暴、雷雨、霧、和嚴常常損壞高壓線；由於雷擊而使高壓線中斷者佔很大的比率。又空氣潮濕或因空氣中的雜質，常使高壓線產生一種導電薄膜，或者因而使線路鬆弛發生斷路現象。考查過去雷雨紀錄和預測雷雨發生的地點，發生頻率，對於線路的修護和考量負荷量的容能以作再調配特殊需要的計劃。天氣預報還可以幫助電力工程師保證高壓線不致因大雪、霧凇、強風等而移動位置。這種移位現象對於曝露的交叉線路常有影響。

水力工程的建築同樣需要天氣預報。第一、在工程期間要知道是否適宜戶外工作。大風雪和大雨的預報特別重要。其次，溫度對於工程的進度也有影響。例如溫度太低使水泥的傾倒發生困難。

美國特尼西山谷負責當局利用預測未來兩天內雨量的可能限度以估計某一電力站的有效能量。如果預報將有大雨，事先把水流導入蓄水池以免能力浪費。一季或一年的預報對於較大的蓄水池也很重要，諸如雨量高出平均抑是不足平均？春季溶雪量預計可能有多少亦常為重要因素。

以用電量來說，中緯度地帶如果遇到寒冷天氣、刮風、有低雲、或有霧，用電量普遍增加。據統計倫敦在陰沉天氣用電量增加五十萬瓩。假定預測冬季較平均為寒冷，用電量當在一千五百八十萬瓩；如果預期將來臨的冬天極端寒冷則尚須增加八十萬瓩。季節性的高溫也會影響電力公司的負荷量。譬如美國南部諸州由於冷氣的普遍使用，以及商業冷藏機的採行，一年中以八月份的用電量最多。

工業氣象的第二個要點就是空氣清潔問題，也就是煙塵和廢氣的管理問題。國父在民生主義中曾經講到：「吃空氣要比吃飯重要得多，我們每分鐘吃空氣十六次，每天吃飯不過三次……」試想假定我們吃進去的空氣夾着砂塵、煤屑、和有損健康的廢氣，怎樣影響人體自可想見。因此在工業城市中空氣的清靜衛生是一件非常嚴重的事。美國紐約為了保持市民呼吸空氣的清靜，特地設立了一個煙塵管理局。據該局調查紐約煙塵年有二十萬噸，散佈半徑達五十哩。另據一個私人實驗室研究：在孟哈登的一條街上，平均每月所聚積的煙塵在二千八百六十七磅左右，住民平均每次呼吸中約有十三萬七千粒煙屑和微塵。據醫學家說，因為煙屑太多使肺炎和肺病患者激增

。一九四八年十月份有一個城市因為煙塵集結不散，五天中死了七十八人，因而得病者計有五千九百十人。煙塵煤屑不僅有害健康，且足以產生其他不良後果。據調查紐約因煙屑而損耗油漆、服裝、貨物等估計一年中損失約五千萬美元。

美國杜邦 Du Pont 公司聘有氣象專家來處理有關氣象問題，其中有一項就是應用動力氣象學原理研究混濁空氣和煙屑的排除。利用風洞作實驗，決定各種原料和廢料的堆積究竟應該多少高度才能夠排除從堆棧輸出的熱氣。另外一個問題就是計算風力對於建築物的負荷。先決條件當在了解風的垂直變化，以及定時間隔中平均風速和最大陣風風速的比例。又如設計冷卻池、蓄液池、和廢料池、也和水溫、降水量、降水強度、排水係數、蒸發率、風力、和波浪高度等有關，事先應該加以考慮。舉例來說，美國德克撒州維多利亞地方一小時內雨量可超過三吋，倘池中液體貯存太滿勢必溢出。

天氣預報在工業方面的效用很大，除了營造商必須依據天氣預報估計可能完工日期與人力之控制調配外，其他像裝置油管或鑽井均需要獲得雨量預測，假定預期有很多雨量，事先應準備抽水。

工廠方面最感需要的莫過於颶風、颱風、或暴風警報。因為超過某一風力限度，工廠設備有損毀之虞勢必被迫停工，室外設備必須事先拆卸或加以保護。在颱風和龍捲風可能侵襲的地區尤需注意。假定發佈了侵襲警報而停工並拆卸了室外設備，結果却並未侵襲或風力不足以影響工作和設備，不僅工廠當局遭受重大損失，且足以影響工人情緒，因為他們在這種情況拿不到工資。相反地講，如果未能事先預測而遭受暴風損害，後果更不堪設想。因此美國各大工廠都聘有氣象專家從事各種預報。其中有一家化工廠為了獲得原料的方便、不得不設置在德克撒州靠近墨西哥灣海岸。可是當地常受颶風侵襲，為了能否作適時而準確的預報很傷腦筋。後來設法改裝了一具巨型的雷達測風暴儀從事颶風預報。據稱因而使公司方面減少了不少次不必需的停工，省去不少無謂的損失。

原子時代的工業氣象還有一項新發展。內華達州某次原子彈試驗後，放射性微塵在高空隨風飄移達一星期之久。因為下雨而帶到低空，使幾家膠捲工廠所貯存的膠捲全部漏光。現在雖然有了防護的方法，但尚需有氣象專家根據高空風和降水預測事先提出警告才來得及防範。

天氣尚能影響產物的品質，如水泥、石灰、煉油、造紙、燒磚、晒圖、以及其他化學品的生產。

由此可見近代工業國家的氣象服務可說是一種新興事業，美國近年來有工業氣象學家協會 Association of Industrial Meteorologists 以促使氣象服務能以增進工業方面的效率。

五、氣象服務的商業用途

氣象在商業方面的用途可以分爲貨運、配售、宣傳、保管、和營業情況各點加以分析。

先拿貨運來講，無論蔬菜、香蕉、柑橘等水菓，以及蛋類糖菓等物品都須利用天氣預報以防氣溫突變。溫度如果降至一定點以下，所有裝運的雞蛋可能全部損失；糖菓商在冷面後方裝運可以省去冷藏費用而不致溶解。熱帶出產的水菓像香蕉等都容易腐爛，因此在運輸的時候必須精確控制溫度濕度和二氧化碳含量，以免早熟或冷硬化。美國經年從西印度群島和中南美運來香蕉，長程雖裝有冷氣設備，但短程都採用自然通風。卸貨時候的天氣更值得注意，由美國氣象局和香蕉商合作。假定發現濕度太高或太低，運輸即行停止。用意在使香蕉運抵目的地的時候還像樹上一樣呈綠色，再放在成熟房三四天，等開始變成金黃色再行發售，既可暢銷又能避免損失。

牲畜的運輸最忌天熱，肉類和魚類的運輸假定沒有冷藏設備也要利用冷天。船運、車運、或空運在運費上相差很遠，因此天氣預報可以幫助商人決定用什麼方式來運貨。例如預測將有熱浪侵襲，商人寧願從船運改爲車運，甚或空運以爭取時間。

關於配銷方面，利用天氣預報也真是受惠無窮。據說麵包商要看天氣來改變出品的類別，並且還要看顧客對於天氣的習慣而更改它的名稱。假定氣象單位預測某處天氣將要炎熱逾常，冷飲和啤酒勢必暢銷。商人就得趕快定貨如期運到，以免臨時缺貨。誰都知道天氣轉晴，水菓勢必暢銷。同理預測寒潮何日來臨，冬季用品勢需及時貯存充沛。市場管理人員要按天氣趨勢和長期預報來推斷各種商品價格的漲落，工業方面得配合生產。舉例來說，假定預測今年棉花或長時期雨量太多或太少，勢必影響其產量。棉布類商品自然要漲價，人造纖維可以大量生產。又如預測夏季雨量適度，糧價勢將下跌。目前美國有無數商人向氣象學家克列克 Krick 所主持的預報公司經常定購長期預報以供參考。

廣告宣傳在商業上的重要性自不待說。我們經常聽到所謂「應時貨品」之說，這當然是指適應天氣而言。美國各大公司都根據當地的氣候紀錄和天氣預報決定各種商品的宣傳時機。有些百貨公司還設有一間實驗室每天核驗天氣，並以之與營業情況相比較。據分析所得的結果如下：

一般情況，天氣悶熱而將要下雨的時候，百貨公司的生意最盛，因為大家都想借此機會躲避風雨，裡面設備齊全可以消磨半天，飲食部和雨衣雨傘的生意特別好；百貨用品的銷售率也因之上升。又旅客大多選擇下雨天無法作遊覽的日子去「購物」Shopping。因為公司內部有冷氣或暖氣，貨品齊全又很舒適。鄉下人却多半選擇好天氣進城辦貨，理由當然很明顯。一般而論，惡劣天氣以電話購貨較多。

對於貨品的保管，如果能隨時聽取可靠的天氣預報，定可減少損失。有些水果遇到下雨天就會腐爛，有些則怕熱或怕冷。如果事先得到預報可以減價出售，以免全部損失。

六、天氣和大眾日常生活

人類日常生活無論在室內或是在室外無不受天氣的影響。近二十年來，大家都注意到人體舒適和工作效能的關係，因而研究房屋設計的氣候問題。這個問題可以劃分為兩方面來講：第一是室內氣候和人體舒適的關係；第二是天氣怎樣影響室內氣候，特別着重在炎熱天氣。其實各地房屋形式，大多為適應當地氣候的產物。例如潮濕多雨的地方，地板都離地很高；多風砂的地區窗戶都較小。夏季多陣雨的城市或日射強烈的地區，大多有很寬的廊簷。

室內氣候的基本原理在於消耗食物和體溫來維持工作，這些消耗的熱量必須立即恢復，否則就會感到不舒服。人體失熱的多少要看皮膚溫度和周圍氣溫的差數而定。在某種限度下，皮膚溫度可以自動調節來適應周圍的氣溫。調節方法就是改變血液的循環率，從體內帶到皮膚表面。假定周圍氣溫太低，皮膚溫度低減，血液的流動因而轉緩，人體散熱就相當於體內產生的熱量。因此我們就要多穿衣服來保護熱量。反之，如果周圍氣溫太高，血液流動加快，就要靠空氣對流來消散一部份熱量，並且由出汗來維持溫度的平衡。至於什麼時候開始出汗，要看衣服的質料和一個人的活動情形來定。可見周圍氣溫和空氣的流動率是決定人體是否舒適的主要因素。

另一種重要因素就是濕度。譬如在無風的情況溫度為攝氏二十五度，相對濕度百分之一百，在感覺上和溫度攝氏三十度相對濕度百分之三十差不多。兩者相提並論，上述示例我們就稱攝氏二十五度為有效溫度。據學者研究，住在北緯四十度附近的人，有效溫度在攝氏二十一度至二十二度一般人最感到舒適。

白德福特 Bedford 認為人體舒適還和平均輻射溫度有關。由此說來，人體舒適與否可以歸納為四個因素。即氣溫、相對濕度、風、和平均輻射溫度。

以房屋設計的觀點來說，控制室內氣候的主要因素計有下列九項：

- (一) 建築物外的地面所吸收的日射量和它一日中的演變。
- (二) 建築物的表面自地面、天空、以及其他建築物所獲得的溫度和長波輻射。
- (三) 室外的氣溫、風速、和濕度。
- (四) 直接從窗戶穿過建築物的日射量。
- (五) 外壁和房頂的材料與厚度，分析這些建材的熱容量和傳導能力。
- (六) 內部隔壁和地板的材料及厚度。
- (七) 室內傢俱和書籍等如何影響熱量貯存。
- (八) 考慮室內的水氣量，像廚房裡散出的熱氣等。
- (九) 建築物的通風情形。

根據上面這些關係，在設計房屋的時候應該考慮怎樣得到最適宜的室內氣候。

至於戶外活動怎樣受天氣控制那是誰都知道的一件事。我們中國人有一句話，所謂「出門看天氣」。以近代科學觀點來解釋，就是出門以前先要問天氣預報。舉例來說，趁火車或汽車旅行，大多抱有一種欣賞沿途風景的心情，因此總希望是好天氣。如果遇到下雨或有霧，外面景色一片模糊，自必低減旅途情調。最好是雨後新晴。但天氣毫無變化或碧空無雲也並不合理想。再如遇到風砂天氣無法打開窗戶，必使車廂裡面空氣混濁。大霧容易使火車誤點；火車過山洞所遭遇的煤氣和濕度及風有密切關聯。山洞兩邊天氣常有顯著的差異，尤以春秋南北向

的山洞爲然。如果穿過山洞之前是陰沉天氣，一過山洞雲破天霽，使人興豁然開朗之快感。假定某處雪景奇美，你想趁旅途一飽眼福，最好選擇新雪初晴的天氣。

好天氣大家都喜歡出門，因此公路上各式車輛的多寡要看天氣來決定。一則天氣惡劣旅途心境必不愉快，二則風雪雨霧不適於特殊目的之旅行如野餐郊遊等即是。當然公路上的行車率和假期節日也有密切關係。假定假期而又好天氣，那末旅途擁擠自可預卜。負責車輛調配的人員自然要參考天氣預報。減低車運的因素以雨、雪、霧、風、寒冷居主體。反之，晴朗而暖和的天氣公路上的車輛就特別多。英人泰納 J. C. Tanner 用一種簡單公式，根據溫度日照和雨量選定英國若干公路加以統計分析，得到下面三張很有趣味的計算表：

第一表：車輛運輸和各種天氣(除此三項外假定其餘都不變)

溫 度	日 照	雨 量
0.27	0.37	負0.56

第二表：車輛運輸和星期序日的關係

	星期一至五	星期六	星期日
摩 托 車	1.8	6.5	13.7
小 汽 車	1.0	3.6	7.6
自 行 車	1.7	6.1	12.9
除自行車以外之所有車輛	0.8	2.9	6.1

第三表：車輛運輸和天氣季節的關係

	溫 度	日 照	雨 量
夏 季	0.7	1.6	1.7
冬 季	1.3	0.4	0.3

計算方法舉例如下：

假定我們想知道冬季星期雨天雨量每增加一公厘，公路上的自行車大約減少百分之幾？從第一表中選取負 0.56，乘以第二表中之 12.9，再乘以第三表中之 0.3，即得負 2.1，即平均約減百分之 2.1。如果天氣同時變冷，再乘以 1.3，即得負 2.7。足見冬季星期天如果天氣變冷同時有雨，則雨量每增加一公厘，公路上自行車數量約減百分之 2.7。

運貨車、軍用車輛、和公共汽車比較不受天氣的影響。摩托車和自行車受天氣影響最顯著，尤以下雪天爲甚，自行車只佔晴天的百分之五十五。小汽車佔晴天的百分之八十；摩托車約佔百分之六十七。大霧時公路上的車輛平均只佔晴天的一半到四分之三。

天氣與車禍也有重要的關係。譬如霜的時候火車容易出軌，汽車在有霜有霧或有雨雪的時候最易失事。目前美國公路上需要靠天氣預報以控制路燈的強度，多霧的加利福尼亞州即爲一例。

我們常常祝福人家「一路順風」，足見風

對於航海的影响最大，在帆船時代固然完全受盛行風的操縱，對汽船而論也有重大影響。遠程航海必須考慮受到風壓差的後果。順風時大致可以增加航行速率百分之一，但在逆風的情況航行速率的低減很不一致：高速率的客船大約減百分之三，低速率客船約減百分之四，輕貨船減百分之十三，重貨船減百分之十。可見即使在平常的風速下，順風航行還是比逆風航行好。耗費同樣的燃料，一天的航程最少可增加二十一哩。

海上安全問題除了風浪而外，尚有霧、漂冰等氣象因素。迷航、互撞、擱淺、觸礁、和冰山相碰都是由此而造成的不幸後果。以客運來說還得顧及旅客的舒適問題，竭其能力避免風浪，否則旅客對於輪船公司勢必喪失信心，影響其營業。這些均須靠天氣預報的幫助。

氣象對於民航空運的服務，不僅消極方面在維護航行安全。更要避免亂流，對流和強風以求旅客舒適。美國民航界有一句成語：「不能舒適就沒有旅客，沒有旅客就不能賺錢，不能賺錢就沒有人再搞民航。」另一方面要運用有利的高空風以縮短航行時間節省油料。此外尚須根據準確的天氣預報，及早決定是否能如期起程，以免旅客徒勞往返耽誤行程。

天氣對於戶外活動的關係真是不勝枚舉。遊艇比賽需要風向風速的預測，誰能善用天時誰就獲得錦標。壞天氣不僅影響球員或運動員的情緒與觀眾的人數，並且還能左右比賽的成績和球隊的勝敗。球王李惠堂曾在「今日世界」中著有「天氣對球賽的重要性」一文，茲不加以贅述。

假定你曾經去參觀過電影製片公司，你可能了解天氣對於拍攝外景的重要性。因爲能及時完成製片對他們非常重要，因此美國各影片公司事先就開列了希望的天氣和背景請教預報專家何時何地可望有這種理想鏡頭。得到了

氣象專家的預報後，一架專機準時前往拍攝。

市政府和機場管理人員需要事先知道雪量的預報，以便準備掃雪工具，公路鐵路也不例外。如果預報有雨的話，就得注意涵洞排水和路基冲刷情形。灌溉公司和自來水公司也要預先知道雨量，以便決定放水量。

法官律師偵察有時候也要靠天氣來幫助他判斷案件。舉例來說，嫌疑犯被指控殺人，法官必須知道疑犯和指控人員距離有多少遠，考查當時當地氣象紀錄上能見度究竟多少，是否可能辨認。又如現場是否下雨，強度如何？對於現場判斷和案情發展也大有裨益。

氣候對於疾病的關係不僅直接影響病菌的生滅，間接影響於人體的抵抗力。天氣預報的傳遞由於外科醫生需要參考美國一八一四年五月的陸軍外科醫學通訊為最早的軍事氣象期刊。據我國的統計分析：肺病死亡率北方遠較南方為小，其中以濕度的影響最大。傷寒症熱帶多於寒帶，霍亂死亡率亦以北方較低。白喉的季節性最顯著，冬半年的死亡率約佔夏半年的兩倍。

七、結 論

氣象學是一種新發展的應用科學，它的重點在於決定天氣和工商業、公用事業、建築設計、植物耕作、生物過程、以及整個人類活動的關係。再根據這些關係使氣象服務能以配合應用單位的需求以改善國計民生，足見如何利用氣象實為發展氣象的主題。

主要的問題當在發展預報，不僅它的內容和發佈方式要配合應用人員的需求，更要在預報準確率方面致力研究克服萬難，達到各方面應用的水準。由於氣象事業經費之少，氣象業務建設遂不易追隨時代科學發展。幽默大師馬克吐溫說：「人們都喜歡談論天氣，然而沒有一個人願意去致力了解天氣。」因此發展氣象事業，首先我們必須重視氣象事業，支援氣象事業的發展。

引 用 文 獻

1. A. C. W. S. : Weather is the Nation's Business, "AMS Bulletin," Jan. 1954。
2. Joseph J. George : On "Weather is the Nation's Business", "AMS Bulletin", Feb. 1954。
3. Thomas Malone : What is Meteorology, "Weatherwise", oct. 1954
4. J. C. Tanner : Weather and the Road Traffic Flow, "Weather" Sep. 1952。
5. A. J. Wright : Weather and the Department Store, "Weather" Dec. 1952。
6. Frances Ashley : Opportunities in Meteorology, "Weatherwise", Oct. 1954。
7. Robert M. Pratt : Meteorological Problems in the Forecasting of Citrus Insect Infestations, "AMS Bulletin" Nov 1955. p. 437.
8. George F. Collins : Application of Meteorological Skills in the du Pont Company。
9. James M. Beall : A proposal for a Revitalized Agricultural Meteorological Service "AMS Bulletin "Nov. 1954。
10. A. J. Dilloway : Applied Meteorology and Electric Power Supply "WMO Bulletin,, Oct. 1954。
11. George V. Parmelee : The Weather and Human Comfort in Dwellings. "WMO Bulletin" Oct. 1954。
12. Louis Allen : Navigating with the Weather, "AMS Bulletin" Sep. 1951。
13. Glenn Infield : Flying the Jet Stream。
14. Sir James Scott Watson : Meteorology and Agriculture "Weather" July 1953。
15. E. B. Kraus : Meteorology in a large Water Engineering Project, "Weather" Nov. 1955。
16. R. M. S. Weather Forecasts and the Scottish Farmer "Weather" Nov. 1955。
17. L. C. W. Bonacina : Landscape Meteorological from the Railway, "Weather" Sep. 1952。
18. 鄭子政：氣象與人生，“交通月刊”6卷5期
19. 鄭子政：氣象與交通進步“氣象學報”1卷4期
20. 劉鴻喜譯：介紹美國中央氣象局“氣象雙週刊”第二期
21. 蔣右滄：氣象與農業“氣象雙週刊”第十期
22. 李桂珍節譯：氣候與健康“氣象雙週刊”第六期
23. 廖良譯：美國對香蕉運輸業的天氣服務“氣象雙週刊”第四期
24. 未戈譯：為什麼冬季逐漸變暖“拾穗”24期
25. 群之譯：氣候變遷與呼風喚雨“拾穗”拾穗13期
26. 子淵譯：農藝上新發展的途徑“拾穗”40期
27. 群之譯：氣候在搗什麼鬼“拾穗”36期
28. 毛漢禮：我國氣候對於幾種疾病死亡率影響之初步研究（氣象學報中國氣象學會20週年號）
29. 張月娥：臺灣稻作物之研究，中央氣象局“氣象簡報”第二號