

應用氣候學的復興和美國氣象資料理處

戚 啓 勳 節 譯

Redevelopment of Applied Climatology and Data Processing in the United States

引 言

擔任科學工作或從事科學研究，大都想把所得到的結果付諸實用。所謂「純正科學」(pure Science)無非是達成這個目標的手段而已。可見如果我們針對人類實際上所遭遇到的問題，研究解決這個問題的方法，一定可以得到更輝煌的結果。

我們都知道，研究某一學科所得到的成果，常常可以用到另外一種或數種學科上有些問題更涉及很多種學科，必須由各部門專家作集體研究，氣候學既然是一門歷史悠久的科學，在它發展過程中，自不免接觸到許多其他學科。例如氣候影響農業、工業、水利、地質、醫療、森林、交通等等。氣候既然和它們發生關聯，當然要利用它的知識來解決其他部門的問題，或者以集體研究的方式參與其事。

顯而易見，農業、工業、工程，以及資源開發等計劃，都少不了參考氣象資料。這些氣象資料大都不是短期天氣預報，而是要知道某一地點或某一地區、有關氣象要素的情況，包括一般情況，極端值，和出現頻率，由此可以推斷未來的類似性。瞭解各種氣候要素怎樣影響環境因子，就可以使我們改進生活和活動，在當時和預期的氣候條件下得到更舒適、更有效，而且也更省錢的生活。

「天氣」(weather)雖然是指一地氣象要素的瞬間情況；但有人把氣候(climate)視作由此統計所得的綱要，也就是某段時期內個別氣象要素的平均情況，則此項定義實在太窄，氣候誠然是指平均情況，但也是指天氣的極端值，以及某一地點或某一地區出現各種氣象事件的機率或類似性。氣候學確實也涉及統計學，但後者無非是一種工具，用來表達氣候的波動、變化的性質和趨勢，以及各種氣象要素的相互影響。

應用氣候學(applied climatology)可以視作氣候資料對某些特殊作業目的之分析與應用。下面表一舉出很少一部需要應用氣候資料的實際作業

，由此也可想見氣候學家所面臨的問題是何等地廣泛。

表一 依證應用氣候學的活動範圍

社 團 活 動	個 人 活 動
氣候對下面各項的影響 空氣污染的減少和正常化 水供應的策劃 都市計劃及設計 土地使用計劃 交通事故 劇烈風暴災害 公路橋樑及水溝設計	氣候對下列各項的影響 生理反應 健康、疾病及死亡率 關係 水土習慣性 服裝需求 房屋設計及特點 加熱和冷卻需求 體育活動
工 商 業 活 動	農 業 活 動
氣候對下列各項的影響 工廠作業水供應及污染散播 產品設計及工程 產品銷售計劃 氣象保險 原料及產品的運輸及貯存 有計劃的缺工意外事件 實利操作 飛機、船隻及鐵路	氣候對下列各項的影響 土地利用計劃 農業上的病害和蟲害 生產量 結冰機率、無霜期 降水頻率及灌溉需求 耕作日程 氣象保險 森林火災的機率 能用曳引機的土壤情況 沿海漁撈活動

回溯過去的發展

十九世紀初葉，氣候記錄已經逐漸增多，一般人的興趣都放在氣候怎樣影響特種操作或企業上。傑弗遜(Jefferson)和馮漢保(von Humbolt)等呼籲大家蒐集系統性氣候記錄來解答有關：農業、穀物引進、健康、土壤保持等特殊問題。1820年以前，美國軍醫署署長曾經下了好幾道命令，指示外勤軍醫組作氣象觀測，以便研究氣候對邊遠地區

駐軍健康和疾病的影響。

然而不久因為電報發明，天氣學和氣象預報發展得很快，後來再加上航空氣象學的勃興，不知不覺地淹沒了原先對應用氣象學的興趣。應用氣候學的其他方面，只有農業氣候學還能勉強站住腳根。1870年，美國陸軍中的訊號處（Signal Office）成立了「聯邦氣象服務隊」（Federal Weather Service），後來認識到天氣和氣候對農業的潛在價值，才在1891年從陸軍劃撥到農業部，並且擴編成「美國氣象局」（U.S. Weather Bureau），在成立之後的最初幾年內，該局在農業氣候學的各方面做了不少重要工作，像：希爾加特（Hilgard）、華脫耐（Whitney）、密爾（Mell）、阿勃（Abbe）等早年的研究，到現在還值得閱讀。這些工作替後來更詳細的農業氣候學研究奠定了基礎。1890年代中期，氣象局成立了「氣候及作物天氣處」（Climate and Crop Weather Division），所負任務一直維持到現在。

二十世紀初，飛機正式付諸實用，氣象局找到了一個具有挑戰性的服務對象，因而開創了航空氣象學，於是就很少有時間來顧到農業氣象學。到了1926年，氣象局正式受命擔任民用航空的氣象服務，並且從原先隸屬於農業部改隸於商業部。無論地面觀測還是高空，重點都在天氣預報和維護航空安全，這種趨勢愈來愈明顯。

農業和工業的應用氣候學，直到二次大戰之後才重新謀求發展。在大戰期間，世界各地都需要氣候資料，這些資料用於軍事計劃、實際作戰，以及部隊的補給裝備上，使軍中氣候學專家自信能參與作業，受人重視，此其一。高速電子計算機的發展，能將大量氣候資料消化、分析，並且自動打表，這樣才能存儲很多資料，解決遭受天氣影響的實際問題，此其二。戰時因為需要大批氣象人員，都受過嚴格訓練，戰後退役成為民間優秀的技術人員，足以勝任應用氣候學的問題研討，此其三。

賈可柏斯（Jacobs）曾經發表過一篇有名的論文，題目是「應用氣候學的戰時發展」（Wartime Developments in Applied climatology），文中詳細列舉戰時應用氣候學所面臨的問題，以及若干可能解決的方法。這篇論文對軍中退役的氣象人員給予很大的鼓勵，其中一部份已經在工廠內從事應用氣候學的工作。

由此可見：此刻正是一個重新發展應用氣候學的時代。工業、商業、農業、和其他方面的氣象諮

詢不斷地增加，這些諮詢雖然一部份和天氣預報及氣象改造有關，但主要還在於氣候學研究成果的有效應用。以久遠的眼光來看，後者至少和前者佔同樣重要的地位。在一般人指摘天氣預報令人失望聲中，應用氣候學的推廣服務，還具有挽回氣象界聲譽的效用。

應用氣候學的工具

從事應用氣候學的工作要靠那些工具？當然，其中一部份就是全世界各地的逐時觀測記錄。這些原始資料，數量實在驚人。所以對氣候學家來說，都希望能利用從這些紀錄得出的標準綱要表，基本氣象要素像溫度、雨量之類的氣候平均值，通常並不能提供適合而有用的資料。說不定有些研究中，應用氣候學家需要知道：有沒有露、降水的成份、雪的重量、融雪率、暴露面上的結冰率、地內結冰深度、土壤中的水份含量、蒸散量、風切、風的垂直分佈，或者熱平衡的因子，這些項目未必有現成的資料。所以應用氣候學家有時候不得不利用相當遠的觀測地點記錄，用內插法推算；或者用並非實測的資料來勉強應付；再或根據以往經驗或自類似環境的已知記錄來補救缺失資料。

美國早年的儀器觀測

美國最早的地面觀測是1644—1645年間在德拉瓦州的瑞典堡（Swedes Fort, Delaware）由傳教士康巴尼斯（Campanius）擔任。第一次用華氏溫度表記錄氣溫，則當回溯至1733年李寧博士（Dr. John Lining）在南卡羅來那州的却爾斯登（Charleston, South Carolina）所測。李寧博士在1733年至1750年間得到當地醫學會的經濟援助舉行系統性的觀測。1800年代初期，由於一般人對氣候影響人類健康和活動興趣興起，天氣日記乃風行一時，尤其是西部的邊遠地區。由此促成氣象儀器觀測記錄的加緊蒐集。福萊博士（Dr. Samuel Forry）在「美國氣候及其對風土的影響」（The Climate of the United States and its Endemic Influences）一書中將1812年的觀測記錄首次作成綱要。布洛吉（Blodget）在1837年首次發表美國的季雨量和年雨量分佈圖。這些圖只根據大約100個測站，以我們現在的瞭解來看，只能概略表出雨量的區域分佈。然而他對氣候學的貢獻，無異於替此後半世紀做了一番開路工作。

同一時期阿芬（Coffin）發表了北半球上空風

表二 三W計劃的全球觀測系中地面及高空測站數*

地 區	地 面		高空 (雷送/雷文送) 0000
	0000**	1200	
非 洲	511	644	74/88
亞 洲	875	885	188/200
南 美 洲	298	315	35/32
北 美 洲	444	447	147/147
南太平洋	314	259	68/91
歐 洲	835	849	142/141
南 極 洲	24	24	11/11
合 計	3301	3423	665/710

* 資料截至1970年12月31日止

** 世界標準時之觀測時刻

資料處理

1940年以前，氣象資料都沒有集中處理的機構，任何國家具有規模較大的觀測網者顯然有此需要。英國、荷蘭、和捷克的氣象機構在1920年代已經利用打孔卡得出海洋氣象記錄的氣候綱要。實際上，早在1890年，美國調查局的何立斯（Hollerith）已經利用打孔卡作調查資料。五年後，美國水道測量家薛格比（Sigsbee）發現這種卡片對氣候記錄很有利用價值。話雖如此，此後很多年內，氣候綱要表仍以人工抄寫為主。

直到1941年，總算把1928—1941年內大約兩千萬次氣象觀測記錄打成卡片，並且集中在紐奧良製表中心（New Orleans Tabulating Unit）（簡稱NOTU）。這些卡片和此後繼續打成的卡片，在二次大戰中曾充份用於氣候學的各種研究。

大戰期間的主要收穫，除了認識氣候學為主要計劃因子之一而外，還包括下面三項：(1)觀測方法、位置、儀器、和記錄保管的標準化，軍方記錄也開始集中，作為國家氣象資料的一種補充來源；(2)利用打孔卡處理記錄；(3)蒐集全球各地的氣象記錄。

自從1946年大戰結束到1951年，所有美國氣象記錄的處理都集中在紐奧良，並且實施品質管制，以保證列表記錄的準確性，還要能够複製，資

的實況圖；蕭脫（Schoft）則製作了美國和南北美洲其他地區的雨量圖和溫度圖。這些學者還在史密遜研究所（Smithsonian Institution）第一任執行秘書亨雷（Henry）的領導下，編纂氣象常用表及各種儀器手冊。該所的目標不僅是要建立氣象觀測網，瞭解美國的風暴情況，並且還蒐集、整理和分析氣象記錄，出版科學性專論和水準很高的研究報告。

美國境內的雨量站，從布洛吉時代的大約400個，增至1891年氣象局成立時的大約3000個。1930年已達4500個，到了1940年代大約有一萬個。此後即無顯著增加。以美國50現有州及所屬島嶼來說，大約有12000—15000個測站每天至少觀測雨量一次，其中約有5000個擔任永久性氣候觀測，包括規定的各種氣候要素觀測。

高空觀測的價值大受人注視，所以跟着發展，原先只有高山測站供給當地較高的氣象記錄。當然，嚴格說來，這些測站並不能代表同高度的自由大氣。富蘭克林早就利用風箏作高空氣象觀測，但正式作此種觀測却一直要到1893年美國氣象局局長向國會爭取到一些預算才開始舉行。同一年內，澳州的哈格夫（Hargreave）利用一系列匣狀風箏，得到9000公尺高的氣象紀錄。

在此以前，載人氣球已經作了一些零星觀測。測風氣球是在第一次世界大戰期間發展，當時還用飛機直接觀測高空的氣壓、溫度和濕度。

1928年，俄國氣象學家莫卡諾夫（Moltchanoff）首次發射無線電探空儀獲得成功。美國的雷送則始於1935年。但是也因此而使飛機觀測計劃宣告終止，因為它既化錢又受天氣限制。美國境內的雷送測站，從1937年的6處，增至1945年到達巔峯，計有335處，近年來則已減大約200處。

至於全球性觀測網的建立，自當推崇1963年第四次世界氣象會議（Fourth World Meteorological Congress）在日內瓦舉行，通過了「世界氣象蒐播計劃」（簡稱三W計劃）。實施計劃的獲得通過是在1967年的第五次會議。該項計劃的目標在於鼓勵所有世界氣象組織（簡稱WMO）的全體會員國在全球性基礎下共同蒐集並分析資料。

三W計劃中的一項基本方案就是「全球觀測系」（簡稱GOS），目的在於增加測站密度，達成取樣目標。表二列出截至1970年底為止的陸地上測站數。

料處理設備進展得很快，原先的機器無非為計算之用，到後來複雜的機器已能擔任統計上的操作。第一架利用電子原理的機器，在 1950 年正式替代了電動計算機。

到了 1951 年，NOTU 已經不够容納，這一年的九月，把所有的記錄和設備從紐奧良搬到北卡羅那州的艾希維 (Asheville)，1952 年 1 月全部搬完。此新機構是一座很多層的大樓，定名為「國家氣象記錄中心」(National Weather Records Center)——今已改稱「國家氣候中心」(National Climate Center)。它的任務包括氣象記錄的製表、審查、貯存及處理，以滿足氣象局、陸軍、空軍及公眾的需要。海軍和空軍在艾希維設有管制組或聯絡官，處理本身的需求，但「聯合打卡庫」(Joint Punched Card Library)則負責所有各部門的氣候資料需求。

截至 1970 年，國家氣候中心 (NCC) 已經積有五億一千五百萬張打孔卡片和顯微影片的縮影片，錄入氣象記錄 (由很多不同的數字電碼濃縮而成)。檔案的成長率每年將近八百萬張卡片。艾希維現有資料及其成長率見表三：

表三 艾希維國家氣候中心的資料庫*

資料形式	現有 (1970)	每年增加率
原始記錄及自記錄 (張)	71,400,000	2,500,000
原始記錄及自記錄的顯微影片 (每捲 100 呎)	71,500	3,000
包括縮影卡在內的打孔卡	515,000,000	7,800,000
磁帶 (每捲 2400 呎)	31,200	5,000
雷達照片 (每捲 100 呎)	12,700	1,150
衛星照片 (每捲 100 呎)	9,800	1,000
氣候出版物	173,800	7,000
未發表的表式及分析	17,500	1,200

* 據美國商務部 NOAA 1970 年發表。

NCC 現在已經指定為「國家檔案庫」(National Archives) 之一，也就是要負責蒐集各種原始氣象記錄表，及觀測表式，並予存案。縱然艾希維的大廈面積寬廣，但空間仍甚珍貴，因為記錄繼續積存，再加上客觀需求不斷增加，當然需要增加電子處理設備才能適應這種需求。

此刻正在進行以下各種發展：(1) 打卡採用 FO SDIC 法*，使打孔卡逐漸減少。這種方法可得出一種打孔卡的顯微影片，以便於貯存。必要時可自顯微影片立即重新製成打孔卡片。(2) 部份氣象記錄正錄入磁帶。此種磁帶能貯存大量資料，但空間遠較卡片為小 (有的磁帶一捲就能貯存相當於 1000 只標準式或 20 抽屜的卡片櫃)。

* For Film Optical Sensing Device for Input to Computers，利用影片感光設備輸入電子計算機，(3) 權威性資料一經建立，體積龐大的記錄紙而予焚毀，(4) 裝置最快的記錄處理設備，以便增加製成綱要及資料複製的速度。

儘管這樣，另外又有一種新的威脅，很可能會超過過去的空間需求。那就是包括照片在內的衛星資料。這些照片經過研判後還要使它便於複製。這些問題使得 NCC 又面臨到新的難題。

出版資料來源

美國國家氣象局 (National Weather Service) (前身就是美國氣象局) 出版了很多氣候綱要。同時一種氣象要素，常用不同方式表達，以適應不同的需求。在 1963 年以前，氣候學家大都認為美國氣象局想要製作各種氣象綱要，適應不同的目的，很不容易做到。然而就在這一年，氣象局出版了一本非常有用的小冊子，稱為「出版氣候資料來源選擇指南」(Selective Guide to Published Climatic Data Sources)，指示各屬怎樣把有用的氣候資料以某些出版形式表達給需要應用的單位或人士。報告中不僅要列出：資料類別、綱要格式、含有資料的出版物、名稱及數量，還包括資料的價格及有效性，每一張表列出一個簡明的例子，幫助應用人員瞭解出版資料的真正性質。

現有資料中，各種基本氣候參數計有：

氣壓	雪量及覆雪
雲霧高天空狀況	土壤水分
露點	土壤溫度
蒸發量	太陽輻射
霜	日照
加熱度日	溫度 (地面及空氣)
濕度	能見度
臭氧	天氣及 (或) 視障
雨量	風向及風速
河川水位	

照說，凡應用氣候學方面遭遇到的問題，氣象

局都應該把有關資料以某種形式表達出來。但事實上却未必能這樣。第一，有些參數很普通、氣候站或綜觀天氣站經常觀測，例如溫度、風、及雨量等。但另外一些參數却很少測站加以觀測，例如蒸發量、土壤溫度、臭氧等。不僅如此，像溫度、濕度、雨量、風等，很多測站都有每小時觀測值或自記曲線。但另外一些要素則可能每天或每週舉行一次，甚至只有零星的記錄。第二，氣候綱要可能對應用氣候學者很少用處。覆雪的總深度雖然重要，但很可能某段時期內的覆雪，不同風速所借的雪量，或者覆雪的重量，對特殊氣候問題更加有用。第三，某一測站的記錄長度也許很短，不足以代表該處真正的氣候情況。第四，出版記錄對特定地點而言，但通常所需的資料却離開觀測點多少有一段距離，有時候彼此可以相差很大。第五，整個記錄中，各段的可靠性未必相同。此外，像感應部份的露置，準確性、靈敏度等，都足以影響各該資料的可信度。

由此可見，應用氣候學家有時候不得不想辦法製造出一些對方需要的資料，有些時候只需要將現成資料用內插法或外延法推算就可以了。例如在合理的限度內，某高度的溫度可以外延法得到另一高度的溫度。雨量記錄的外延，縱然是相距幾哩的兩個測站，以月雨量來說必大有問題。外延日雨量時所得的結果更少可靠性，特別是在陣雨很活躍的夏季。

有時候還不得不利用某些技術推算所需要的資料。例如未作蒸發量觀測而需要這種資料時，可據氣溫用某些經驗相關加以估計。決定明晨有無霜，倘未作地面溫度的觀測，也可以從百葉箱內的溫度推算。話雖如此，比較兩個高度的溫度 (特別是地面附近)，有些環境因素關係很大，如像：坡度和位向，植物的性質，土壤內的水分，天空遮蔽量，以及風等。此種情況，完全要憑氣候專家的經驗和機智了。

應用氣候學家的地位

賈可柏斯在一次對應用氣象學家和氣候學家的評論中指出：成功的專家常揚棄描述氣候學家所給予的傳統記錄綱要或平均值，而改用新的分析和提要來表達出有意義的資料，因而能協助解決問題，由此也提高了自己的地位，不再是閉門造車，為研究而研究。

不管你受何單位委託、工業、公用事業、市政

府、農場、醫學團體、或律師，應用氣候學家必須瞭解問題所在，而且和他們詳細討論。為了要提供最有意義的資料，氣候專家對申請資料單位的作業應予詳細研究。因為應用者往往自己都不知道氣候和天氣怎樣影響他的作業。經過研究後，可能會揭發一個完全不同的天氣或氣候問題。

應用氣候學家應該把自己當作一個醫生，他不能單單靠一個應用者對病情的說明，而是要詳細檢查並研究，直到揭發真正的病情為止。如此做法，應用氣候學家必須先找出一些必須解決的更切要問題；也許能把問題設計為現成的資料而可以供應，用某些技術能推算得所需的資料。

解決問題的單位

軍事和民用問題需要氣候資料日見增加，所以必須有專職單位來負責處理這些性質很複雜的問題，迅速提供所需資料，並以問題本身的技術來解答，使申請者澈底理解，而能即付應用。

美國空軍氣象勤務處 (Air Weather Service) 已經成立了一個氣候中心 (Climatic center) (1210 氣象中隊) 作為它的氣候分析單位。此一獨特的中隊能夠適應範圍很廣的氣候問題，有能力立即應用氣候資料來解決軍事計劃或實作上的問題。氣候中心一經接到資料的申請，透過內部一定的幾個作業程序，進行分析並找出答案。

今舉一實例如下：美國陸軍工程隊詢問北部海岸測站冰暴 (ice storm) 頻率的資料。工程隊之所以提出此項申請，因為和這些測站間設計和構築電力輸送線有關。

這種申請很平常，只要申請者和氣象顧問舉行一次會議，寫出問題的詳細內容，並確定研究的範圍。會中決定需要那些資料，包括電線上結冰的頻率和量，用半徑厚度及重量表示。氣候學家指出：有凍雨的情況以及某種溫度和風力下長期有霧或低雲時，都有結冰的可能。此次會議決定了研究範圍，應用者想要知道的參數性質，彼此間保持連繫的辦法，並保證最後結果能為應用者接受，還要用易於瞭解的術語來表達。

氣候中心的負責人員參閱以往有關文獻及現成的資料，才知道只有逐時記錄可以應用。現在還沒有一種方法可以從現成的觀測記錄估計結冰，而能為工程人員直接採用。因此必須由氣象顧問和技術人員編成一小組，發展一種估計結冰頻率和結冰量的作業程序。此種作業程序一經確定，即可設計原

始資料表式向艾希維的聯合打孔卡庫申請。有了這些記錄後，用估計法來決定過去歷年電力線上積冰的厚度及重量。由此推斷各種電力線的壽命和設計價值。最後一步就是用對方需要的術語寫成的研究報告送達原單位。

問題的分類

蘭特斯和賈可柏斯認為應用氣候學所遭遇的問題可以劃分為四類：

1. 用於設備或材料的設計及規格。這是應用氣候學中最簡單的問題形式，由於所需資料通常都是劇烈（但可能並非極端）氣象事件的頻率。問題也許是設計一風暴侵襲時的排水系統，因而需要有關風暴頻率及降水強度的資料。或者確定在某種環境下工作人員服裝的規格。

2. 設施和裝備的位置及應用，例如一座製造廠或水力發電廠。一般來說，要涉及很多種氣象因素，不單是提供事件的頻率，在一些備用地點中作最合理的選擇。通常氣候因素並非選擇地點的唯一因子，所以要進一步分析各種決擇下氣候環境的影響。

3. 一項作業的策劃。這些問題在應用氣候學中更加複雜，但却非需要。工廠的位置一經確定（上面第二條）之後，緊跟着就是一連串和天氣有關的問題需要加以考慮。例如廠房的建造計劃。隨後還有週年內不同情況下之工廠的作業。選擇因天氣而耽誤最少的營造季節，規定建築材料及隔熱方式，以便能控制熱量交換。選擇建材，使風化和空氣污染效應在工廠建成後危害程度減至最低。凡此在作業計劃中都和應用氣候學家有關。

縱然在建廠完成，生產開始，還有許多和天氣有關的問題，包括原料從產地運到工廠，成品從工廠運出，工人的健康、情緒、及缺工率；生產和化解廢料的水供應有效度，限制排出的空氣污染，庫存原料的變質等等，無不和應用氣候學有關。簡單和現成的氣象綱要毫無用處，因為其間涉及非常複雜的相當關係。許多個別研究必須考慮到天氣或氣候怎樣影響到：材料、員工、交通、及水供應，氣候資料通常用機率表示，但因不止一種氣象因素影響作業，所以通常用綜觀氣候學（Synoptic Climatology）方法的複合頻率分析更能適應客觀需要。

4. 氣候對生物活動的影響。縱然像氣候和穀物生長及產量關係那樣容易表達的問題，也不限於涉及：溫度、輻射、日照時間、蒸散量、雨量、土內

貯存水份等氣候變數，和生物變數也有關聯，如像種子選擇，肥沃度，植物發展各階段的時間，疾病的抵抗力，以及產品的食物價值或可口度。氣候對植物疾病、形狀、及蟲害的間接影響也要加以考慮。

更複雜的問題，像氣候對人類健康和舒適度的關係，現在不過就手頭有限的資料和分析方法開始研究而已。人類受天氣情況的反應，各種族或多個人都相差很遠，我們知道得太少，應用氣候學家在這一方面想要找到彼此之間的關係，真可以說是困難重重。

以上四類問題，任何一類都是形形色色，毫無限制。所以氣候學家究竟應該用那些方法來解決這些問題，目前還沒有頭緒。

蘭特斯和賈可柏斯等認用氣候學的問題不外乎三個因素，即氣候、空間和時間，所以他們提供一張簡單的表式，表明這三個因子可能的組合。

表四 氣候問題中各種參數的組合

空	間	時	間	氣	候
單	點	—	單純系列	一種要素	各種要素
			複式相關	一種要素	多種要素
多點或區域	—	—	單純系列	一種要素	多種要素
			複式相關	一種要素	多種要素

他們用來表明上述八類都是一些典型的問題，其中一部份在表五內列出。另外還有一些受氣候影響的變相問題。

表五 應用氣候學所遭遇問題的涉及參數

參	數	典	型	問	題
單點，單純時間	系列，一種氣候要素	對有災害天氣的保險（電災保險） 風災機率			

單點，單純時間	服裝及房屋設計和規格
系列，多種氣候要素	最有效的機場設計 工廠或房屋位置的選擇
單點，複式時間	甬道融雪的加熱系統設計
相關一種氣候要素	對嬌嫩葉樹及作物的霜害估計 遮蔽太陽輻射的窗面、窗簾及涼篷設計
單點，複式時間	材料受天氣影響的變質灌溉系的設計
相關，多種氣候要素	在特定點對空氣污染的管制工作
多點，單純時間	「時令性貨物」在全區或全國的分配和推銷
系列一種氣候要素	在廣大地理區域內由於一次突發性氣象事件（例如雲堤侵襲或大雷雨）而用電量激增。
多點，單純時間	廣大地理區域上的空測計劃。
系列，多種氣候要素	利用綜觀氣候的天氣預報（客觀預報）
多點，複式時間	根據降雨強度歷時的區域型，估計可能的最大洪水逕流
相關，一種氣候要素	不同地形的廣大地區，評估霜害或其受損情形

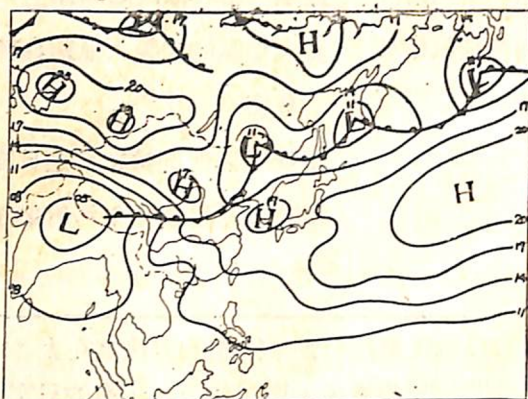
多點，複式時間	農地利用和氣候的關係。
相關多種氣候要素	廣大地區的火災天氣對森林的危害 根據天氣情況排定最適日程表 城市或地區的空氣污管制工作。

用以解決應用氣候學問題的方法實在太多，而且這些問題種類繁多。所用的方法，有的只需要某時天氣或某一天的某些氣象要素（例如法官或律師查證某日某時的能見度，某一天某一海面的風浪），有的需要簡單的氣候綱要表（例如工程單位經常要某段時間內施工的天數）。有的用某種事件發生的機率或類似性表示（例如颱風在八月上旬侵襲臺南的機率，或九月份臺北市平均有雨日數）；也有用一迴歸方程所算出相關係數（臺灣已經用這種方法預測颱風的路徑和六小時雨量），從一個變數的知識預測另一變數。

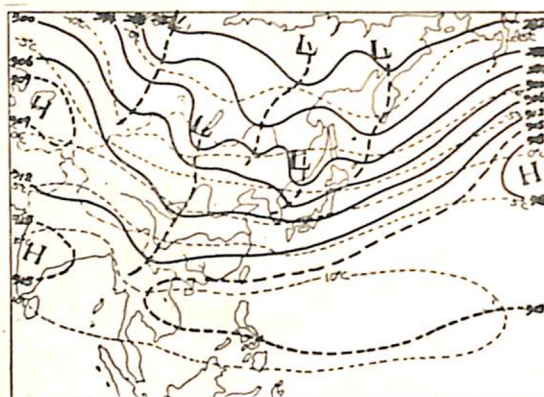
話雖如此，假定要解決的問題很複雜，或者涉及的變數很多，必須發展新的技術來解決這種問題。此種情況，就要看應用氣候學家的經驗和智慧了。

（本文係節譯 1974 年出版，
Climatology: Fundamentals and
Applications, John R. Mather,
第一章，部份加以改寫）

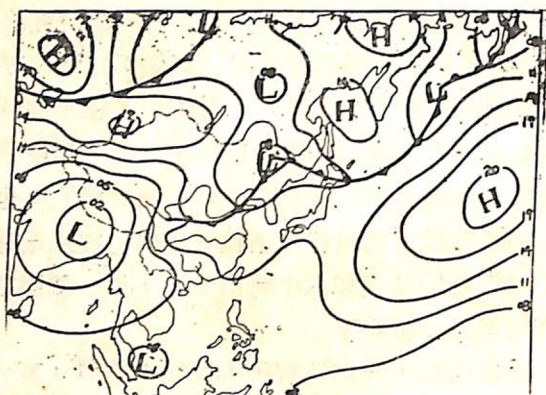
民國六十四年四月至六月東亞區域環流與天氣概況 (氣象中心)



64年4月份地面平均圖



64年4月份 700mb 平均圖



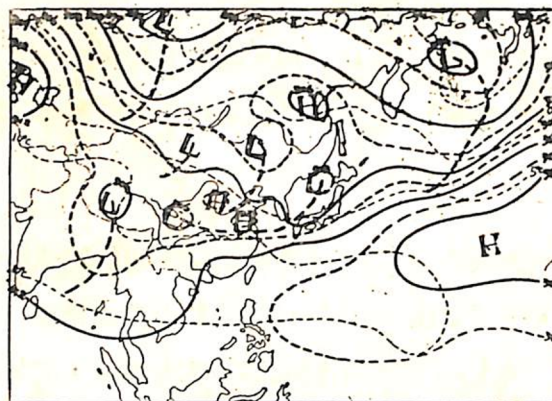
64年5月份地面平均圖



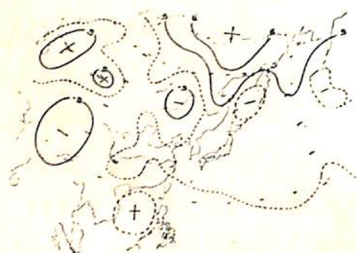
64年5月份 700mb 平均圖



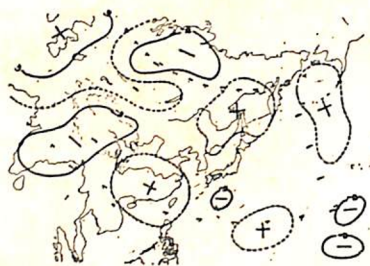
64年6月份地面平均圖



64年6月份 700mb 平均圖



64年4月份地面距平圖



64年5月份地面距平圖



64年6月份地面距平圖