

氣象科學發展史上的 重要里程碑

林政宏

國立臺灣師範大學地球科學系

一、序 言

氣象學是地球科學的一支，它所研究的範圍下從地表面，上至五、六百公里以外的高空。在十七世紀以前，氣象科學的發展非常緩慢，有關的氣象學思想，無論中外均包含在天文學或哲學的範疇裏邊；到了十七世紀以後（即明末清初），氣象學才逐漸成為獨立的一門自然科學。

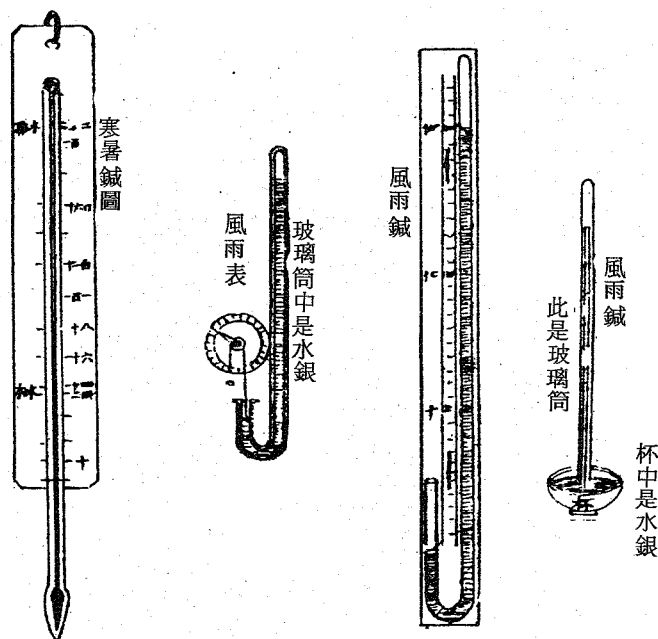
在中國古時候即有「氣」或「氣象」的用語出現，例如列子天瑞有云：「太易者，未見氣也；太初者，氣之始也。」此「氣」者，即節氣、氣候的意思。高氏十史又曰：「太象，氣象未分；太初，氣象始萌；太始，氣象初端。」這裏所說的「氣象」，乃泛指一個時代或羣體之集合狀態。

因為在古代，尚無氣象儀器的發明，所以那時候對於氣象的觀測，多屬於五官的接觸與臆測；有關氣象或氣候記錄的記載，也就缺乏比較合理與可靠的程度。及至明末清初以後，西洋科學儀器陸續的發明，如溫度計、氣壓計，以及各種氣象學理論的闡釋與發現，終於使氣象知識有了突破性的發展。到了二次世界大戰，由於火箭及衛星的發明，更進一步的擴大了氣象技術與知識的發展領域。

二、西方氣壓概念和氣壓表的發明與傳入中國

清朝道光、咸豐年間，一位英國的醫生合信（Benjamin Hobson）在他用中文編

的博物新編中很有系統的介紹氣象知識和儀器，這對近代中國新科學的引進有重大的影響。這位英國醫生所引進的氣象知識主要為氣壓和風的概念，氣象儀器則包括氣壓表和溫度表等（如圖一）。

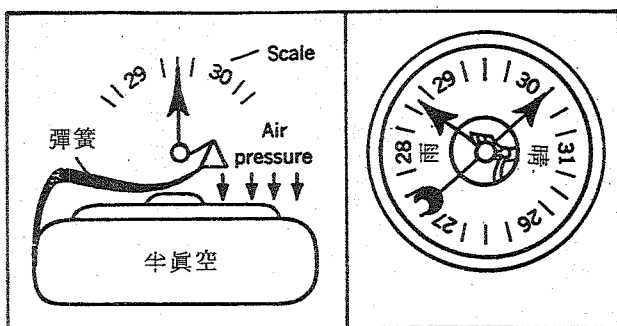


圖一 清文宗咸豐五年（公元 1855 年）英國之合信醫師所介紹的溫度表（圖中最左者）可直接測量大氣壓力的托里切利管（圖中最右兩者）以及氣壓表（圖中央標明風雨表者）。

氣壓的觀念和氣壓的高低是現代氣象學研究所不可缺少的要素之一，西方人早在十七世紀中葉，由義大利物理學家托里切利（Torricelli）和他的學生發現氣壓即代表空氣重量的原理，因而發明氣壓表，才使氣象學有極大的進步，而中國人直到十九世紀，因合信醫生的介紹才知道氣壓的原理。博物新編第一集地氣論有云：「氣之力，其勢甚重，……如以十五磅之力壓之，人為氣所包圍，而不覺氣壓之重者，却因上下周圍均同，如水之渾浸身體，人不覺其勢耳。」

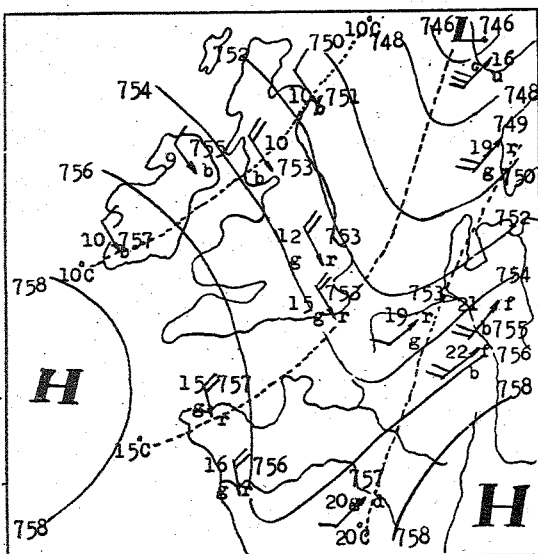
圖一中所示風雨表，即今人所稱之水銀氣壓表；當托里切利發明水銀氣壓表以後，西方人即覺得氣壓的高低與天氣的好壞有關。西元 1660 年，德人葛立克（Guericke）首先發現暴風雨將來臨時，水銀氣壓表之氣壓值下降；天氣將好轉時，氣壓值升高。所以水銀氣壓表可以預測晴天或下雨，此乃「風雨表」或「晴雨表」名稱的由來，揭開科學性天氣預報之先河。

氣壓的概念和氣壓表的發明，是氣象學發展過程中的一項突破。我們應該知道，天氣的變化，其實就是氣壓系統的變化，當高氣壓系統接近時，當地的氣壓值就會上升，氣流呈輻散狀由高空向低空沉降，天氣多屬晴；相反的，氣壓值下降，意味着輻合狀氣流由低空向高空絕熱上升，天氣多屬多雲到陰雨。如圖二所示之家庭用晴雨計（右圖），其實就是一個半真空的空盒氣壓計（左圖）；空盒氣壓計中的空盒可伸縮。空盒的伸縮利用槓桿原理，驅動指針，使家庭用晴雨計的長針即隨氣壓值的升降而移動（單位為吋水銀柱高）。



圖二 左圖：空盒氣壓計。右圖：家庭用晴雨計

更進一步說，由於氣壓值乃隨緯度、季節、地形和高度而變化，所以就形成頗為複雜的時間上和空間上的氣壓變化，這些變化才導致風的流動和變幻莫測的天氣。繪製世界上第一張以等壓線與風向值為主的天氣圖為德國物理學家布蘭德斯（H. W. Brandes），他根據1783年～1795年間，從俄國之烏拉山到西班牙之庇里牛斯山範圍內每日各地之氣壓值和風向值填入地圖，從而認識到風向、氣壓高低與天氣好壞有一定的關係。但是，真正分析天氣圖用於天氣預報，那是1830年美國人模斯發明電報後的事，當時的天氣圖上除了等壓線之外還有等溫線。如圖三所示，為

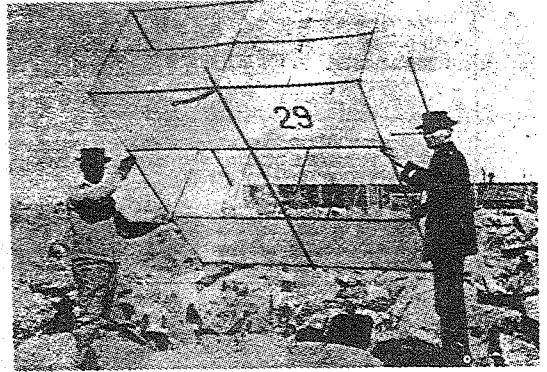


圖三 十九世紀中葉，英國所繪製的天氣圖（氣壓單位使用公厘）。

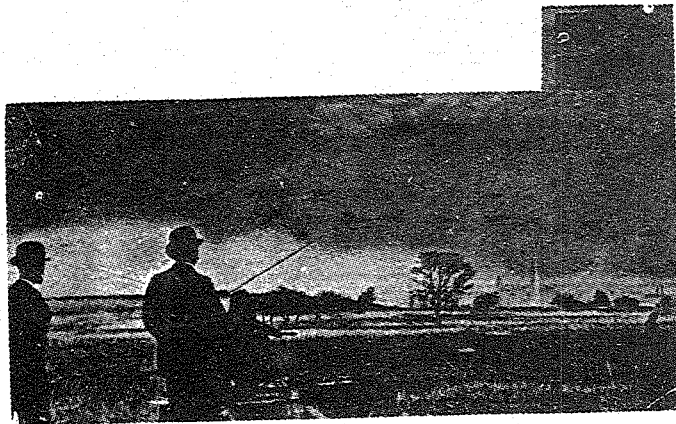
英國於十九世紀中葉所繪製的天氣圖，氣壓單位用公厘水銀柱，虛線爲等溫線。到了廿世紀初葉，由挪威學者畢雅尼父子（V. Bjerknes and J. Bjerknes）所創立的「氣旋的鋒面學說」，更奠定了中緯度地區天氣預報的理論基礎。後人稱之爲「挪威學派」。

三、中國風箏的發明與高空奧秘的探測

人類對於空中的幻想與探奇發源極早，在中國南北朝時代（西元後第六世紀），梁武帝曾以紙鳶（風箏）發信求救，史有記載；西方人在十八世紀中葉，首先由英國人威爾遜和梅維爾（A. Wilson and Melville）將小型溫度計繫在風箏上，施放升高以探測低層大氣溫度的變化（如圖四及圖五）。到了十九世紀初葉，英國科學家華理士及福斯特（Wallis and Forester）首創以經緯儀探測高空的風向風速。西元 1862 至 1866 年間，英國氣象學家葛來煦博士（Dr. James Glaisher）和他的助手曾先後乘坐熱氣球升空達 29 次之多，他們主要的工作項目包括探測不同地點和高度的雲種、大氣溫度、空氣樣品、氣流及太陽輻射等等，結果發現大氣層垂直溫度的變化及高空逆溫層的存在，留下了氣象史上不可抹滅的一頁。

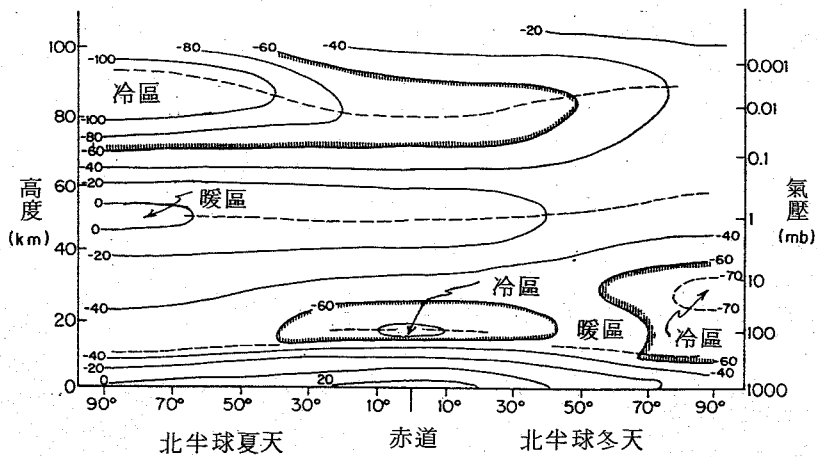


圖四 探空用風箏

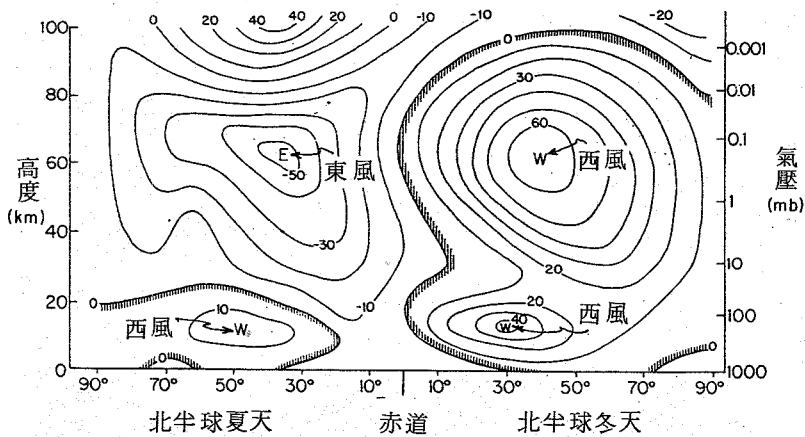


圖五 探空作業情形

廿世紀初葉，由於無線電探空儀器（radiosonde）的發明，氣象學家已經可以立即獲得氣壓、溫度及濕度等的氣象要素資料至約 35 公里（約 7 毫巴大氣壓力）的高度；到了 1958 年以後，高空探測技術突破了高高度及超高度觀測的極限，因而揭開了高層大氣的神祕面紗，對於整個大氣層的特性、結構與互動更加了解。圖六即是綜合由地面實施的無線電探空觀測與火箭觀測的平均大氣垂直溫度分佈圖（由地面至 100 公里的高度）。由圖中可以看到在中高平流層（30～60 公里）的極區上空，夏天形成一個暖區，冬天變成一個冷區（溫度約為 -70°C ）；而不論冬夏天，低緯與赤道上空的對流層頂



圖六 北半球冬夏天平均氣溫



圖七 北半球冬夏天平均風向風速

附近（高度約為17～18公里）則永遠是一個冷區，溫度低於攝氏零下60度。在這樣的溫度差異分佈下，使中高平流層夏天吹西風，冬天則轉為東風；在中高對流層，則不論冬夏天均為西風（如圖七）。

四、數值天氣預報的發祥

早在十九世紀中葉，德國著名理論氣象學家赫姆茲（Helmholtz）由牛頓的三個運動方程式導演出流體動力方程式，來估算風速與氣壓梯度間的關係；到了廿世紀初葉，英國科學家李查遜（L.F. Richardson）乃嘗試使用流體動力方程式實際做數值天氣預報。他的初次嘗試為氣壓值的預報，結果使用了龐大的人力來做方程式的計算，還是比實際的觀測數值超出了一個數量級。

李查遜的失敗未嘗不是開數值天氣預報的先河，李氏於其出版的天氣數值預告數值法一書中曾提到：「假定將來氣象觀測不侷限於地面，而能擴展到三度空間，那麼原則上我們就可以預報未來氣壓系統和溫度的分佈等等」。隨後，在1950年，一羣從事數值預報的先驅們，首次利用小型電子計算機，實施500毫巴等壓面（離地面約6公里）的24小時氣壓系統預報，雖然要花費24小時的電子計算機運算時間，但在數值天氣預報發展史上卻是一個重要的里程碑。現在，由於電子計算機的容量與速度的不斷改進，加上全世界觀測網的增加，氣象學家終於可以做很多很複雜的氣象模式之運算及實際的天氣預報作業了。

參考資料

1. 西洋氣象學史，劉昭民著，中國文化大學出版部印行，民國70年。
2. 中華氣象學史，劉昭民著，臺灣商務印書館發行，民國69年。
3. “Understanding Our Atmospheric Environment”，Morris Neiburger, et. al., 1973.