

介紹以乾濕球溫度求露點及相對濕度圖表法

鄧施人

A Graphic Method to Obtain Dew-Point and Relative Humidity from Dry-Wet Bulb Temperatures

本軍現行使用氣象常用表求露點及相對濕度法，對熟練及心算能力較佳者，在手續及時間方面，均無不便。但是對一個新手，或心算能力較差者，勢必假借筆算。然所佔去有限之地面觀測時間，則相當可觀。往往因為爭取時間而導致錯誤。尤其是未能按照時限，提早觀測，以增加其作業時間者為尤甚；此對新進觀測員，尤所難免。故筆者有鑒於此，特繪製等露點，相對濕度線於以乾濕球讀數為坐標的圖上姑命名為：「求露點及相對濕度圖法」（如附圖）以代替查表法。

按 Ferrel 氏研究公式（絕對濕度 e 公式，參考氣象常用表 PV，PVI 為：

$$e = e' - 0.00066B(t - t')(1 + 0.00115t')$$

(mm.)

t = 乾球攝氏溫度

t' = 濕球溫度

e' = 溫度 t' 時水汽最大壓力

B = 經溫度，重力訂正後之氣壓讀數

令 $A = 0.00066$ ， $D = 0.00115$ 則：

$$(1) e = e' - AB(t - t')(1 + Dt')$$

又按 O. Tetens 氏飽和水氣壓經驗公式為：

$$E = 6.11 \times 10^{\frac{aT}{T+b}} \text{ (mb)} \quad a = 7.5$$

$b = 237.3$ (對水面)

$$= 4.583 \times 10^{\frac{aT}{T+b}} \text{ (mm.)}$$

令 $C = 4.583$ 則：

$$(2) F = 10^{\frac{aT}{T+b}} \cdot C$$

由(2)式為露點溫度 T_d 及 t' 時之飽和水汽壓，代入(1)式，即得 T_d ， t ， t' 關係式為：

$$10^{\frac{aT_d}{T_d+b}} \cdot C = 10^{\frac{at'}{t'+b}} \cdot C - AB(t - t')(1 + Dt')$$

化簡為：

$$(3) t = (10^{\frac{at'}{t'+b}} - 10^{\frac{aT_d}{T_d+b}}) \cdot C / AB(1 + Dt') + t'$$

相對濕度 R 為：

$$R = \frac{e}{e_s}$$

由(1)，(2)式代入則得 R ， t ， t' 之關係式為：

$$(4) R = \frac{10^{\frac{at'}{t'+b}} \cdot C - AB(t - t')(1 + Dt')}{10^{\frac{at}{t+b}} \cdot C}$$

此(4)式如設 R ， t' (或 t) 求 t 則為：

$$10^{\frac{at}{t+b}} + st + S = 10 \quad s, S \text{ 均為常數}$$

上式為超越函數及代數函數混合方程式，尚無法解 t 故改為 R ， t ， T_d 關係式（即先繪等 T_d 線，次以 T_d ， t 值繪等 R 線）

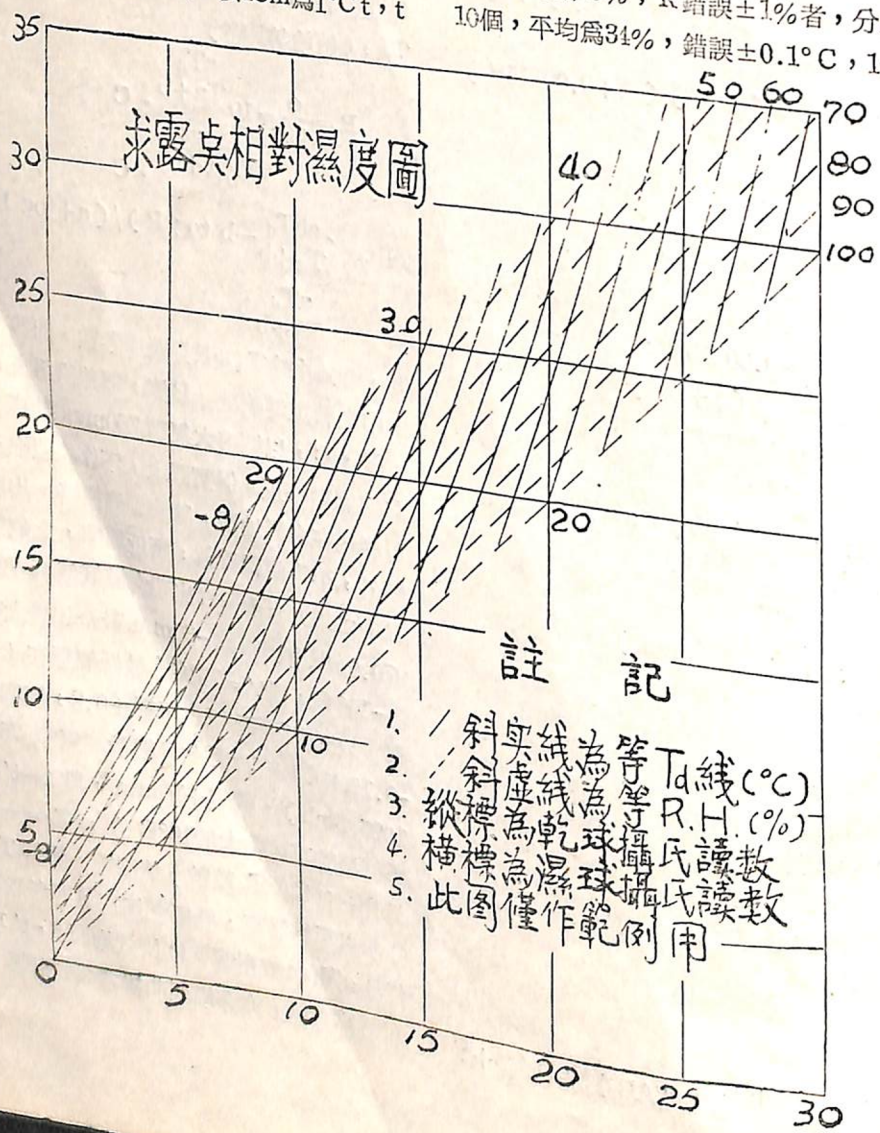
$$R = \frac{e}{e_s} = 10^{\frac{aT_d}{T_d+b}} \cdot C / 10^{\frac{at}{t+b}} \cdot C$$

$$(5) t = \left(\frac{abT_d}{T_d+b} - b \log R \right) / (a + \log R - \frac{aT_d}{T_d+b})$$

(3)，(5)式中之 T_d 及 R 當視為參數，即為 t ， t' 坐標圖中之特定等值線。 B 值，氣象常用表，第五表 A ， B ， C ，以標準大氣壓 760mm. 計算，另以五表 C 作氣壓修正。但實際上，不作該項修正。其原因可能為在臺灣地區，除颱風過境時，出現極端低氣壓外，平常氣壓讀數，極近標準，大氣壓。以桃園五十二年九月十一日出現之最低氣壓 728.5mm. (970.9mb.)，較為 -30mm. 計全年最大乾濕球較差為 -10°C，設 $t' = 25^\circ\text{C}$ (最低氣壓在 t ， t' 較高季節) 按五表 D 應修正水汽壓 +0.2，影響 T_d 讀數僅 -0.1°C。同年元月七日絕對高氣壓 769.7mm. (1025.5mb)，較差 +10mm.，設 $t - t' = 10$ (在冬季低溫時不可能大於 10°C)， $T_d = -5.1^\circ\text{C}$ (元月廿七日最低 T_d 讀數) 情況下，影響 T_d 值 +0.3°C。以平均最高，低氣壓修正，則毫無意義。故仍採 $B = 760\text{mm.}$ 計算。(3)(4)式均函 $t \cdot t'$ 項，說明其非直線方程，亦非規則曲線方程。計算， t ， t' (

T_d) 值時, 宜間隔愈小, 則等 T_d , R 線愈準確。以桃園五十二年之溫濕度紀錄 (最高 $t=35^{\circ}\text{C}$, $t'=29.4^{\circ}\text{C}$, 最大 $t-t'=10^{\circ}\text{C}$, 最低 $t=2.7^{\circ}\text{C}$, $t'=1.1^{\circ}\text{C}$, $R=23\%$, $T_d=-5.1^{\circ}\text{C}$) 資料觀察, 實用等 T_d , R 線範圍為: $t=0$; $t=35$; $t'=0$; $t'=30$; $t-t'=0$; $T_d=-5^{\circ}\text{C}$ 及 $R=23\%$ 各直線相交範圍內。其餘 t , t' 值可略計, 節省不必要之圖幅, 用以放大等 T_d , R 線愈密擠之低溫部份。如採用圖幅不大 (1Cm 為 1°C 以下, 即有效數字小一位), 按 (3), (5) 式設 t' 求 t 值, 計算繁複, 事倍功半, 不如利用反查氣象常用表方法簡便。例如求 20°C 等 T_d 線, 先查四表, 得其最大水汽壓 17.55 , 當 $[t-t']$ 為 $0.5, 1, 1.5, \dots, 10$ 時, 則由五表 A 查得 t' 為 $20.2, 20.5, 20.7, \dots, 24.2$ 等, 連各 t' 與 $[t-t']$ (先繪等 $t-t'=d$ 線輔助較方便) 之交點, 即為 20°C 等 T_d 線, 如圖中實斜線。依同法, 僅用五表 A, 繪等 R 線, 如虛斜線。

筆者選購 1mm 方格坐標紙, 以 1Cm 為 1°C , t



, 繪製每 0.5°C 及 5% 等, T_d , R 線圖, 校對本 (53) 年八, 九兩月溫度紀錄情形: 共計 1440 個紀錄, T_d 誤差 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 者僅 183 個, $R \pm 1\%$ 者 206 個, 錯誤率分別佔 13% 及 15% , 平均每天錯三個多。另發現, 由圖表法求得之讀數與原紀錄讀數, 顯著差異者, 經複查常用表證實, 部份是觀測員之疏忽, 部份是兩者均可或似可之間, 例如: 求得水汽壓為 $22, 33$, 查四表中 22.26 及 22.40 之間, 前後均相差 0.07 , $T_d=23.9^{\circ}\text{C}$ 或 24.0°C 均可。又如 21.67 與 21.60 及 21.73 之間, $T_d=23.5^{\circ}\text{C}$; 23.02 與 22.94 及 23.08 之間, $T_d=24.5^{\circ}\text{C}$, 雖接近於後者 ($0.06; 0.06$) 但與前者之差 ($0.07; 0.08$) 相近, 且均差很大。為試驗是否適合觀測員使用起見, 特選廿次乾濕球讀數, 請四位工作精確度準確及習慣不同之地面觀測人員分別運用圖表法求 T_d , R 之結果: T_d 錯差 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 者, 分別為 $1, 4, 4, 6$, 個, 平均錯 19% ; R 錯誤 $\pm 1\%$ 者, 分別為 $3, 6, 86$ 個, 平均為 34% , 錯誤 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 1% 以上者沒

有。由上述之試驗, 圖表法可能誤差 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 及 1% 。「空軍氣象手冊」第二篇七章一節二項規定: 「露點以最接近之攝氏整數表示之」及編報電碼亦採四捨五入整數法, 而等 T_d , R, 線間隔, 採每 0.5°C , 5% 一根, 對四捨五入法無影響。基於以上之理由, 筆者管見: 使用圖表法, 堪稱簡便確實, 值得介紹。惟多數同仁 (參與試驗觀測員)

(上接第二頁)

因子, 以資補救。

落於 A 區時之氣壓差數多較小, 亦即氣壓梯度微弱, 斯時風向之更異應與海陸風有關, 或與海陸增熱之速率有關, 一般而言, 海水之比熱遠大於陸地, 故其溫度變遷率遠落陸地之後。所以吾人似可利用測站之溫度日變差更求一分佈圖以決定落於 A 區時究為何種風向之風。

梯度風層之氣壓梯度較地面之氣壓更具代表性, 早已成定論, 是則似可利用桃園, 東港同時間之 1000mb 等壓層之高度來決定氣壓之分佈, 以此種氣壓差數作為分佈圖之因子。

(上接第七頁)

姑勿論世界氣象組織之推薦, 而「百分度」這一字為促進其刻度之延展介紹, 竟被廣泛採用, 不脛而走, 正式將攝氏取代, 使英國的廣大民衆永不再沿用攝氏的稱謂了, 雖百分度法仍未完全嫻熟。但至 1963 年 10 月 15 日其秩序又形紊亂, 一切從氣象局所發出的預報, 其百分度溫度之整數度, 均附有最接近整數度的相當華氏度。闕此華氏度之省略, 目前尚無任何決定。

大英帝國的測候站網包括「官方」和「協調」性質者二種。後者之作爲諸如避暑區經常探定時觀測並供給氣候資料。官方測候站的逐時記錄溫度, 爲氣候目的報至百分度溫度最接近每度的小數位, 爲繪圖目的報至百分度的最接近每一整數度。極端者 (最高或最低), 其測報法亦與此同。多數的協調站其測報法與此不同, 其逐時溫度的讀數與報告係每一華氏度最接近的小數位, 而極端者則爲最接近華氏整數度。在換算爲百分度前所有測報均讀至 0.1°F , 但爲繪圖及氣候目的則讀報至 1°F 。其所以換算者, 係爲備製新式氣候表格, 並主要爲計算濕度而需精確報至 0.1°F 。

結 論

本略論已述明爲氣象應用百分度表的正確技術

認爲圖幅稍小, 影響視力, 爲其缺點。故筆者改進圖幅爲 $t'15^{\circ}\text{C}$ 以上部份仍採每 Cm 爲 1°C , $t'5^{\circ}\text{C}$ 以下者, 每 2Cm 爲 1°C , 共分 A, B, C 乃三幅, 可能較適用。

此圖表僅筆者用以核對溫度紀錄用。認爲尙稱簡捷精確如各地多次使用, 或能發現其更多缺點, 各位先進如有興趣, 不妨製作試用, 並予以指教, 俾能更加改進。

根據本 (53) 年 4—6 月使用情形, 發現此種利用 ΔA , ΔB 爲因子之分佈圖不僅可用上午八時之資料以推求午后之風向, 並且可以使用任一時次之資料以推求後三小時之風向。

六、結 論

風向之預報, 按照理論應較單純, 但此客觀預報法因僅憑一個夏半年之資料製作, 實嫌過短, 又因缺乏考核之資料, 故究能達到何種之效果, 仍有待事實之證明。

理由, 其分度不僅對其他一切物理分枝足敷應用, 且因氣溫本身固有的變性 (不準確度達 $\pm 1^{\circ}\text{C}$) 故可爲用於大量大氣平均整數溫度的自然刻度。設如預報運用人發現其溫度表記錄在預報值的 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 之內, 可能他已滿足其預報之正確程度, 而任何更較接近的符合皆屬意外!

氣象在運用氣壓正確因次絕對單位 (bar 或 Dyne/cm^2) 以代替長度 (inch 或水銀氣壓表的 mm) 上較物理實驗室爲早, 專門性圖表等壓面的高度亦爲米突制, 故二種溫度刻度的不便昭然若揭, 至如一種溫度的應用亦無實際困難。故選擇一應順從世界氣象與物理學家之公決, 並便全英今後之教學, 以質來者。(註)

(譯自 1963 年五月 Weather, 本文作者爲大英帝國氣象總局長沙頓爵士, Sir Graham Sutton) 參考書 (照排原文)

Richards, ears, Weir and Zemansky 1960 Modern University Physics, Addison-Wisley pub, Co.
Shaw, Sir Napier 1933 manual of Meteorology. I.P. 194. Camb. Univ. press
Meteorological Office 1959 your weather Service London (H.M.S.O.)