

氣象要素之極端值及其量度需求

戚啓勳譯

一、前言

各種氣象要素之極端值常不能準確測定，主要因為超出標準氣象儀器的量度範圍和刻度，或者它能以負擔的變率。一次有名的實例是：1947年2月3日在加拿大史耐格(Snag Y.T.)地方測得最低溫度低於該表刻度 -80°F 以下，在鉛筆線符號約4度處。隨後經實驗室校正，始知此一溫度表之誤差為 $+3$ 度，因此官方只能接受加拿大之最低溫度記錄為 -81°F 。其他實例如像颶(颱風)風經過期間風速表被摧毀，因而需要憑主觀來估計最強風速。

本文將提供各種氣象要素「可能」或「極難得」出現之極端值，以為設計、製造及購置氣象儀器人員之南針。此種極端值雖似難以置信，但事實上却很有可能。任何時刻地點如果出現，必須準確量度。正因為它極難出現，因此即使在較有可能之處也無法估計它的出現機率。但無論如何，不僅此種極端值在某時某地可能出現，且據推想某時某地之數值已經非常接近，就因為沒有人加以觀測或儀器加以記載而已。

誠然，全球性的「可能出現極端值」在某些地方決不可能出現。例如在極區決不可能出現溫度最高或雨量最大。但如分地區確定該項極端值必較僅估計全球性極端值更為困難。此外，就儀器的製造和分配來說，製造一種適於所有氣候的儀器要比製造一組適合各種氣候的儀器簡便而經濟得多。

兩種或以上氣象要素的極端值很少會同時出現(除溫度和露點的下限可能同時出現外)。因此準備測定某一要素的一種儀器必須在該要素完全的「可能出現」範圍內完善操作，對於其他要素僅考慮其正常範圍。也就是說若干氣象記錄可能因為其他氣象要素對於此一儀器而言過於劇烈，因而喪失記錄。假定記錄上發生此種問題，則其影響遠不及儀器本身不能決定其極端值為嚴重。

二、溫度

在離地五、六呎的標準百葉箱內所測得之溫度，最高可達華氏 129 或 130 度，合攝氏約 54 度。全球溫度最高之為死谷(Death Valley)之華氏 134 度(攝氏 56.7 度)及利比亞之華氏 136 度(攝氏 57.8 度)似乎略有問題。南極洲蘇俄測站記錄得之最低溫度為華

氏 -126 度(攝氏 -87.8 度)。靠近地面處之極端值更大，南極洲內陸之雪面上，溫度最低達華氏 -140 度(攝氏 -90 度)，最高為沙漠地帶之華氏 160 度(攝氏 71.1 度)。類似之低溫見於冰隙中，高溫見於狹小倉庫和拖車等密閉場所。

因此氣象學家想要測定溫度，它的範圍應達華氏 300 度(攝氏約 167 度)，刻度應自華氏 -140 度至 $+160$ 度(攝氏 -95 度至 $+70$ 度)。此一刻度範圍對於大部溫度表型式都嫌太大，難以在整個範圍內讀得滿意的準確度。好在此種高溫和低溫並非出現在任何一地，因此溫度標尺的兩端不必使用同一種溫度表。

想要包含華氏 300 度的溫標範圍，可採用一組溫度表，每表包含一固定範圍並重疊其鄰近一定量，此種可能之組為：

溫度表數目	2	2	3	3	4	4	4	5	
範圍	150	180	150	120	100	180	150	120	100
重疊	0	60	75	30	0	140	100	60	50

以上如用圖表示則如圖 1，每一氣象台必須備有溫度表兩支或以上，成為一組使包含其本身之可能出現極端值範圍。

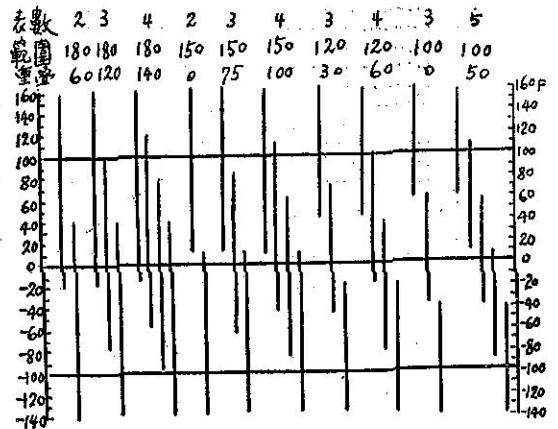


圖 1：如需精確測定可能出現之溫度極端值可用兩支或以上溫度表配合成組每組內每支溫度表之刻度範圍相等彼此重疊數亦相等。

溫度之最大時間變率見於一強鋒經過期間，美國大平原區(Great Plains)有名之「寒潮」累創溫度

函隆之奇蹟，每小時可能超過華氏40度（攝氏約22度）。1911年11月11日坎薩斯城（Kansas City）上午11時為華氏76度，中午降至42度，下午1時降至26度，計1小時內降華氏34度（攝氏18.9度），兩小時內降華氏50度（攝氏27.8度），22小時內降低華氏76度（攝氏42.2度）。

若干地方，當一焚風或欽諾克（Chinook）風之邊緣前後推移時，甚至可能出現更劇烈之變化。極端情況見於南達柯塔州黑山（Black Hill）之東麓。最大值出現在1943年1月22日7時之史披非（Spearfish），兩分鐘內從華氏-4度升高至+45度。如果想要記載此種氣溫劇變，溫度表必須能以記錄每分鐘華氏25度（攝氏15度）之變率。

三、濕 度

表示大氣中之水份至少有六種方法，但已有測定儀器或在發展中儀器却只有其中四種。相對濕度用有機體纖維直接量度，如像毛髮濕度表或槌金皮濕度表。乾濕球溫度表可決定乾球溫度和濕球溫度。絕對濕度或水汽集中度（每立方呎水汽克數）控制氯化鋇鹽類的電阻和紅外線濕度表內的光線吸收。真正露點溫度用露點儀量度，內中有一鏡面或其他元件受冷至露點。

就物理上而言，用露點測定濕度，估計可能出現之極端值最為敏捷。露點既不能高出產生水汽之水體溫度，因此露點最高約為華氏90度（攝氏32.2度）。亦即紅海、波斯灣、加利福尼亞灣，以及可能尚有若干熱帶沼澤地帶水面能到達的溫度。普蘭孟克（Pramanik）及哈立哈蘭（Hariharan）1951年報稱，印度若干處露點達華氏87度，因而認為在實用上應考慮印度露點可能到達華氏90度。

相當於最低溫度的最低露點見於對流層頂或者剛好在它上面。在熱帶，可低達華氏-130度（攝氏-90度），極區可能到達華氏-150度（攝氏-101.1度）。

露點不能高於氣溫，但可遠較氣溫為低。實際上，空氣溫度可以升得很高，但僅限於相當乾燥的空氣中。露點在華氏90度的空氣中，溫度決不會超過華氏100度很多。氣溫之超過華氏120度（攝氏48.9度）者，唯有在華氏50度（攝氏10度）以下之露點時才可能出現，說不定還會低至華氏20度（攝氏-6.7度）。

炎熱的沙漠空氣究竟會乾燥至如何程度，迄今猶未能測定。標準氣象儀器必須能以準確測定氣溫在華氏120度（攝氏48.9度）或以上時，華氏0度（攝氏-17.8）之露點。相反言之，南極洲華氏-140度之氣溫，露點當不致低於華氏-150度。

由此可見：任何氣溫 T_a 時，可能出現之露點最低值 T_d 為：

$$\min T_d = \frac{1}{2} T_a - 80$$

根據此式即可算得各種溫度下之最低露點，相對濕度，絕對濕度，及乾濕球溫度較差如表一所示。

露點之可能出現極端變率大致與溫度相同，二者均見於欽諾克風內。

四、雨 量

降水最大強度隨時間加長之低減率大致相當於時間之平方根，因此一分鐘內雨量最大之世界記錄為1.23吋（31.2公厘），見於1956年7月4日美國之猶寧維爾（Unionville, Md），但42分鐘內之最大雨量僅為12.0吋（304.8公厘），見於1947年6月22日美國之霍脫（Holt, Mo），只合1分鐘世界記錄之

表一：氣象儀器必須能以測定各種溫度下露點，絕對濕度（水汽集中度）及相對濕度之可能出現極端值。其上限為華氏90度以下任何溫度之飽和點，以及任何較高溫度之華氏90度露點。

氣溫（華氏）	-140	-120	-80	-40	0	40	80	120	160
露點（華氏）	-150	-140	-120	-100	-80	-60	-40	-20	0
絕對濕度(克/呎 ³)	.524*	18.01*	131*	753*	3738*	.0146	.0767	.2186	.5607
相對濕度(%)	33.2	13.2	3.3	1.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5
絕對濕度(克 ³)	1.2*	41.3*	300*	1724*	8560*	.0335	.1757	.5006	1.284
露點（攝氏）	-101	-96	-84	-73	-62	-51	-40	-29	-18
氣溫（攝氏）	-96	-84	-62	-40	-18	4	27	49	71

*×10⁻⁶

9.8倍。16小時(1080分鐘)內之世界記錄為36.4吋(824.6公厘)，1921年9月9日在美國之色雷爾(Thrall, Tex.)出現。相當於1分鐘世界記錄的29.6倍，按1080之平方根為32.9。

因此，在t分鐘內可能出現之最大雨量約當 $2t^{\frac{1}{2}}$ 吋。如果我們想要在某些測站量得世界雨量最高記錄，則所裝置的雨量器必須能以在1分鐘內測定2吋(50公厘)，24小時內測定72吋(1828.8公厘)之雨量。

五、風

近地面處之最大風速極端值，在龍捲風內可達每時300哩(每秒134公尺)，在颶(颶)風內可達每時200哩(每秒約90公尺)。山嶺之風速當更強。美國華盛頓山1934年4月12日測得一風速為每時225哩(合每秒100公尺)。在猛烈之春季風暴期間，理想之標準風速儀必須能以記錄每時250哩(約每秒110公尺)之風。

風之強弱，變化極為迅速，很難精確測定。當平均風速不足每時50哩時，1秒鐘陣風可高出平均風速達1倍，但在風速較高時陣風增大之百分比亦隨之減小。

陣風風速和平均風速的關係可以用各種方式來表達：陣風因子為陣風風速與平均風速之比，陣風差則為此兩種風速之差值。陣風關係之一種極概略估計法為：可能出現之極端陣風差與風速相當直至風速達每時50哩為止，自每時50哩至100哩保持在每時50哩，而後在每時100哩以上，風速每增加50哩陣風差減少每時10哩：

風速	50	100	150	200	250	300	350
最大陣風	100	150	190	230	270	310	350
陣風差	50	50	40	30	20	10	0
陣風比	2.00	1.50	1.27	1.15	1.08	1.03	1.00

因此風速表除了要非常靈敏，能立即有效表達或記出1秒鐘內之數值外，尚須能以測定高於或低於平均值之風變能力。

六、氣壓

為滿足氣象上之應用，大氣壓力常需換算至海平面，故在冬季內陸測站可得相當高之數值。雖然如此，一具氣壓表所測得之實際氣壓，可以代表離海平面之高度。

實際氣壓或測站氣壓很少加以統計，因此要決定歷來觀測所得之最高氣壓非常困難。根據鮑威(Bowie)

之報告：美國沿海諸測站之最高氣壓讀數為31.09吋(789.7公厘)水銀柱高度或1056毫巴，見於1920年2月1日之波特蘭(Portland)。在英國，最高氣壓為1902年1月31日阿勃丹(Aberdeen)所測得之1054.7毫巴。

歷來之最低海平面氣壓為877毫巴或25.91吋(658.12公厘)水銀柱高度，係1958年9月24日在關島西北約6百哩處將一具投擲探空儀投入艾達(Ida)颱風內測得。龍捲風中心之近海平面處可能有較颶(颶)風更低之氣壓。根據少數龍捲風經過之氣壓計記錄，以及龍捲風結構與動力之最新學理，推想可能出現之極端氣壓變化，其低減當不致超過原有氣壓值之4分之1。如此變化例如自1000降至750毫巴可能在15秒內出現，或者相當於每秒15毫巴之低降率。

預備用在海平面或接近海平面之氣壓表必須能以指示高至1060毫巴(31.80吋或795公厘水銀柱高度)，且至少能指示低至750毫巴(22.15吋或562.61公厘水銀柱高度)之氣壓，以及每秒15毫巴之氣壓變率。

一具氣壓表對颶(颶)風而言，究應低於870毫巴多少，或對龍捲風而言刻度應低於750毫巴多少，須視裝置地點的高度而定。在15000呎處(約當永久性氣象台之最高限度)，按照1962年計算得之美國標準大氣，相當於572毫巴或16.90吋水銀柱高度。在此高度，據下節之公式算得可能出現之最低氣壓約為500毫巴，或14.76吋水銀柱高。

七、探空系統

所有以上供地面儀器裝置及觀測用之各項可能出現極端值亦可用作自由大氣中垂直或水平探測之升空(或降落)儀器。但在自由大氣中，量度範圍更為寬廣。

例如在最熱之沙漠，溫度可自地面之華氏130度(攝氏約54度)向上遞減，至50,000呎附近降至華氏-130度(攝氏-90度)，該處之露點可達華氏-150度(攝氏約-100度)，甚至可能還要低。現有儀器實無此項能力。一般而論，用於探空系之可能出現露點極端值必須能以報出自華氏-150度至+130度(約合攝氏-100度至55度)之溫度。

探空儀不能直接測風，而是自地面觀測它的移動間接推得。此種計算至少需能量度每時300哩(每秒134公尺)之強風。在自由空氣中，強風之變率或陣性目前尚乏資料依據。探空系統如想得到此項資料，

可採用地面風所假定之陣風比及陣風差作為今後發展目標。

探空系統中之氣壓需求要看預備到達那一高度而定。氣壓變動之百分比隨氣壓之低降（亦即隨高度而增加。因此任何高度之可能出現最低氣壓須視該處之正常氣壓而定。

在任何高度，此可能出現之最低氣壓 P_{min} 與 1962年美國標準大氣中同高度氣壓 P_{std} 之比約當：

$$P_{min}/P_{std} = 0.1 (6 + \text{Log}_{10} P_{std}) ,$$

$$10^{-5} \leq P_{std} \leq 10^3$$

簡言之離地 133 公里或 436,000 呎，亦即氣壓不足 0.00001 毫巴處此比值為 0.1。按此定則舉例：假定有儀器預備量度自地面至 49公里（或 160,000呎），該

處標準大氣壓力約當 1 毫巴，則該項儀器必須能以讀出低至 0.6 毫巴之數值。倘該儀器在全球任何地點任何季節施放而要準確記錄，其上限當然仍要保持在 1060毫巴。

八、結 論

由此可見氣象儀器設計與操作倘能滿足準確量度並記錄可能出現極端值之需求，氣象學家必可獲得較目前更為豐富參考資料。

(原文載 Bulletin of AMS, Sept. 1963)

Improbable Weather Extremes and Measurement Needs

氣象學報訂購辦法

- 一、本學報以促進中國氣象學術之研究為目的。
- 二、個人如欲訂購，可報請服務之單位，備文證明，連同價款，逕寄本社，或利用各地郵局，將書款存入臺灣郵政第2797號劃撥儲金本所專戶，當按址寄送所需之學報。
- 三、本學報本期暫收成本費新臺幣壹拾元，郵票十足通用。

氣象學報徵稿啓事

本學報長期徵收稿件，歡迎各方踴躍惠稿，惟為配合出版時期起見，惠稿最好於二、五、八、十一等月月中以前寄達，以便及時刊載，而免積壓，敬請惠稿諸先生注意。