

中央氣象局的氣象資料檢驗系統

江火明 曾文雯 陳雯美

國立中央大學
大氣物理研究所

中央氣象局
資訊測站

摘要

氣象資料的品質，影響數值天氣預報的結果至鉅，尤其對粗糙錯誤與系統錯誤的偵測與修正，是目前作業單位努力的目標。

本文闡述中央氣象局目前的資料檢驗作業系統，並統計分析氣象資料分布情形以及錯誤資料的特性，進而介紹發展中的 CHQC 氣象資料品控系統的設計。

一、前言

氣象資料經由觀測、編碼、通訊傳遞而後接收解碼，匯集於使用者的手中。在這段複雜的過程中，由於人為疏忽或是儀器與通訊設備的誤失，可能造成部份的資料錯誤或漏失，以致影響使用者對天氣系統演變的判斷，因此，氣象資料品質控制的作業，在提供資料應用之前，就成了必需謹慎處理的一環，尤其是數值天氣預報作業，需要迅速而正確的初始資料分析，資料的品質控制更是影響預報成效的重要因素。

氣象資料的錯誤，可分為三種，一是粗糙錯誤 (Rough Error)，一是隨機錯誤 (Random Error)，一是系統錯誤 (System Error)。三者之中，粗糙錯誤的發生機會較少，但錯誤卻是相當大而且離譜的，故很容易被偵測出來，且可以確定地修改它，它主要的錯誤根源是編碼的人為失誤，與通訊傳遞過程的儀器失誤所造成 (Gandin, 1988)，這樣的錯誤正由於觀測系統與資料傳送方式的電腦化而逐漸減少，但我們還是需要去瞭解，它是否仍繼續存在以及發生頻率的大小。

隨機錯誤的大小並不太大，因此不易被檢查出來，倘若幸運地偵查出來，也難以肯定地修正它；系統錯誤雖然也不太大，但若把長期偵測出來的錯誤資料，經過仔細地統計分析，以尋求錯誤的規律性，這種具規律性的系統錯誤，主要是由於觀測儀器或地理環境或作業手續的持續失誤所造成。

氣象資料品質控制的目的是去偵測觀測資料的錯誤，瞭解錯誤的特性，進而去做可能的修改以及錯誤的避免，以達到充份利用資料與提高資料品質的目的。

的。近年來，美國國家象中心 (NMC)，歐洲預報中心 (ECMRWF) 以及日本氣象廳等作業單位，都致力於發展即時偵測系統，並朝向探討系統誤差的研究 (Bottger et. al. 1987; Hollingsworth et. al. 1986; Kashiwagi and Baba, 1989)。

中央氣象局資訊測站，於民國76年引進超大型電腦，全力發展數值天氣預報。在數值天氣預報作業的第一步驟，就是對氣象資料的品質管制，它的成效直接影響預報的結果。目前局內作業的檢驗系統是依據歐洲預報中心的檢驗原則 (胡, 1979)，並加入電腦作業環境因素之考慮，而擇其部份所發展出來的，本文將在第二節介紹目前的檢驗方法，第三節討論錯誤資料發生的頻率與特性，第四節介紹正發展中的新的檢驗方法—CHQC系統。

二、中央氣象局目前使用的資料檢驗系統

中央氣象局目前作業的資料檢驗系統，大致上可分為兩大步驟，一是氣候值的檢驗；另一是垂直的檢驗，它包括儀器結冰檢驗、靜力穩定度檢驗、流體靜力平衡檢驗與垂直風切檢驗。地面測站資料以及標準層 (100Hpa, 850Hpa, 700Hpa, 500Hpa, 400Hpa, 300Hpa, 250Hpa, 200Hpa, 150Hpa, 100Hpa, 70Hpa, 50Hpa, 30Hpa, 20Hpa與10Hpa) 的探空資料含有六個主要氣象要素，即高度值、氣溫、溫度露點差、風向與風速，它們的檢驗原則與方法簡述如下：

〈一〉、氣候值檢驗

對某一特定地點的某種氣象觀測資料，根據氣

候值的統計、定出合理的範圍。若觀測資料超過此合理範圍者，則判定這觀測資料是錯誤的。目前所採用的氣候值範圍如下：氣壓的範圍在0Hpa至1100Hpa之間；溫度露點差在50°C以內；風向在0至360°之間；各等壓面上的高度範圍如表一所示；氣溫的範圍如表二所示，風速的範圍如表三所示。

〈二〉、儀器結冰檢驗

若探空儀器的溫度感應部份為結冰所覆蓋，則無法繼續再測出正確的溫度，因此這項檢驗是針對溫度而做的。首先找出氣溫介於0°C與-10°C之間的標準層，在此層的大氣有結冰的可能，若其上下兩層的溫差都小於1.5°C，則表示探空儀器在這層已為結冰所覆蓋，溫度的資料是錯誤的。

〈三〉、靜力穩定度檢驗

一般而言，大氣應處於靜力穩定的狀態。設乾絕熱氣溫垂直遞減率為 γ_d ，而大氣氣溫垂直遞減率為 γ ，靜力穩定的條件是 $\gamma < \gamma_d$ 。故若在第*i*與*i+1*等壓面上實際觀測的氣溫為 T_i 與 T_{i+1} ，依乾絕熱氣溫直減率推算出來第*i+1*等壓面的氣溫為 T^*_{i+1} ，則 T_{i+1} 必須大於 T^*_{i+1} 才符合靜力穩定的要求，反之，則在這兩等壓面間有超絕熱(Super Adiabatic)的現象，顯示 T_i 或 T_{i+1} 中至少有一個資料是錯誤的。

〈四〉、流體靜力平衡檢驗

對於綜觀探空資料而言，大氣必滿足流體靜力平衡(Hydrostatic Balance)，因此可以利用流體靜力平衡方程式，來檢驗標準層上的氣溫值與高度值是否有誤。

首先利用流體靜力平衡方程式計算兩標準面間的推論厚度，再比較推論厚度與實際厚度間的差異，若其差異值小於某一合理的容忍範圍，則表示該層大氣的觀測值，符合流體靜力平衡的關係，反之，則表示該層的氣溫或高度值(T_i , T_{i+1} , Z_i 或 Z_{i+1})有誤，再者，利用上下層(即第*i*與*i+1*等壓面以及第*i+1*與*i*等壓面間)的差異值之比例，來判定是氣溫或高度有誤。目前中央氣象局採用的容忍範圍，在400Hpa以下取50Gpm，在400Hpa以上則取80Gpm。

〈五〉、垂直風切檢驗

上述的儀器結冰檢驗與靜力穩定檢驗都是對溫度資料檢驗，流體靜力平衡檢驗是對高度值與溫度值的檢驗。而相鄰兩層間，其風向與風速的差異不應超過某範圍，首先計算上下兩層風風速差(D)，與風速和(S)，若 $|D| > 16.5 + 0.22 * S$ 時，則有輕微的錯誤。S亦有極大值(MaxS)的限制，它依上下兩層風向之夾角而定，其標準如表四所示。當

$S > \text{MaxS}$ 時，為嚴重的錯誤； $S > 0.8 * \text{MaxS}$ 時，為輕微的錯誤。

三、目前中央氣象資料檢驗結果

氣象資料檢驗除了質的檢驗之外，還要注意到量的評估。為了瞭解氣象資料的品質，我們統計了1990年11月至1991年2月的資料接收與檢驗結果。

氣象觀測站的分布以及資料品質，可能因地理環境，科技水準以及電腦自動化能力而有所差異，故我們將全球分做七大區域來做統計分析討論，它的分布如圖一所示，第Ⅰ區是歐洲地區；第Ⅱ區是亞洲地區；第Ⅲ是非洲地區；第Ⅳ區是北美洲地區；第Ⅴ區是南美洲地區；第Ⅵ區是南極地區；第Ⅶ區是太平洋島嶼與澳洲地區。

〈一〉、地面資料

在這四個月裡，平均每天可以收到00Z的地面資料有3446個測站的電碼資料；而12Z可以收到3490個，由於地面資料的檢驗，僅經由氣候值檢驗，也往往有部份資料的電碼不完整，使得資料不齊全，我們將其列為缺失，統計的結果如表五所示，表中()內數字表正確，錯誤或缺失資料佔該區資料總數的百分比。

平均而言，大約有78%的資料是正確的，只有2%的資料中某一項氣象要素有明顯的錯誤，值得注意的是竟有18%的資料電碼不全，尤其是非洲以及大洋洲的資料，相當大比例的地面測站不依W.M.O.的規定，做完整的地面觀測編碼。歐洲的地面資料品質最佳，其次是亞洲地區，再次為北美、南美地區。

〈二〉、高空資料

平均每天可收到00Z的探空資料電碼686個，由於有些測站每天只做12Z的觀測，故12Z的資料較多，約有692個資料，經過各項檢驗的結果如表六與表七所示。

從表中可知，大約有77%的資料是正確的，而有錯誤的資料中，3%左右可從氣候值檢驗查出，幾乎很少發生儀器結冰所引起的錯誤，1.5%的資料發生超絕熱的錯誤，16%的資料不能符合流體靜力平衡關係，至於垂直風切過大者約有7%左右。

如果我們只考慮溫度與高度的檢驗情形，大約85%左右的資料是正確的，而且主要的錯誤都可以在流體靜力平衡檢驗中偵測出來，換言之，在氣候值檢驗，儀器結冰檢驗以及靜力穩定度檢驗查出的錯誤，大都可於流體靜力平衡檢驗時再度被查出。

以靜力平衡檢驗結果看來，北美洲與南美洲的資料最佳，僅有5%不符合流體靜力平衡的條件，在南

極的測站很少，但錯誤的比例卻相當高。從錯誤比例看來，似乎資料有誤的比例很高，事實上，每一測站的觀測資料包含了很多層，並不是每一層都錯誤，往往它只有一個數字錯誤，我們就歸為錯誤的行列中了。

Gandin and Collins (1990) 利用流體靜力平衡檢驗美國國家氣象中心(NMC)所接收的探空資料，做了一年的統計分析，發現北美、中美、西亞、歐洲、日韓台灣、南極等地區錯誤比例不到 5%，廣大的蘇聯、中國中陸大約在 7.5%，資料品質最差的是印度(29%)，蒙古(22.5%)、印尼馬來亞(21.5%)、非洲(17%)、南美(16%)。由於有些地區觀測作業尚未電腦自動化，或自動化尚不完全，有許多作業過程尚靠人工處理，故錯誤較多。美國以及西歐地區從探空觀測作業到資料傳送，都靠自動化處理，因此錯誤很少。這顯示作業電腦化是改善資料品質的最有效途徑。

至於Gandin and Collins (1990) 所統計的錯誤比例，顯然要比我們利用中央氣象局接收資料所做的檢驗結果小很多，這是由於採用的容忍範圍不同所致。

有些測站錯誤發生的頻率相當大，Gandin and Collins (1990)統計自1989年5月至12月共480次觀測資料，有許多測站發生不符合流體靜力平衡條件，竟高達120次以上，這往往是測站的觀測方法或儀器出了問題，應提醒改善，對資料使用者而言，亦應提高注意，它們的排行榜依次如下(數字為測站編號，括弧內是錯誤的次數)：46747(207)、43371(202)、43346(177)、44354(176)、43369(174)、43041(160)、43185(157)、54337(156)、67197(154)、43128(151)、60680(142)、42101(136)、42410(133)、43285(130)、42971(128)、42867(126)、43295(123)、31538(122)、44373(120)。

〈三〉、資料的修正

錯誤資料是否可以修正，一直是一項得爭議的問題，在資料密集的地區，獨立的錯誤在客觀分析與數值預報上的影響較小，我們可以刪去錯誤的資料，但在資料疏區，粗糙錯誤可能帶來很嚴重且危險的後果，若刪去了就使得相當大的範圍沒有資料，故資料是否要修正，就很值得考慮了。

目前中央氣象局的作業系統，對修正資料的條件規定較嚴。若不符條件者，則保留原來的資料，留待使用者或客觀分析時再做取捨選擇。最明顯而且機會也很大的錯誤是溫度的正負號錯了，這往往是編電碼的疏忽造成，因此，對檢驗有誤的資料，我們先換正負號後再檢查是否正確，若正確則修改取代之。若判定只有 T_i 有誤時，利用 (T_{i+1}, Z_i, Z_{i+1}) 計算修正值

，即

$$\tilde{T}_i = \frac{2g(z_{i+1} - z_i)}{R_d \ln \left(\frac{p_i}{p_{i+1}} \right)} - T_{i+1} \quad (1)$$

若判定 T_i 與 Z_i 都有誤時，利用 $(T_{i+1}, T_{i-1}, Z_{i+1}, Z_{i-1})$ 計算修正值，即

$$\tilde{T}_i = \frac{(z_{i+1} - z_{i-1})}{\frac{R_d}{2g} \ln \left(\frac{p_{i-1}}{p_{i+1}} \right)} - \frac{T_{i-1} \ln \left(\frac{p_{i-1}}{p_i} \right) + T_{i+1} \ln \left(\frac{p_i}{p_{i+1}} \right)}{\ln \left(\frac{p_{i-1}}{p_{i+1}} \right)} \quad (2)$$

求得修正值後，再以修正值作靜力穩定度檢驗之。

四、中央氣象局發展中的CHQC品控系統

由目前的資料品質檢驗系統所做的結果，經統計分析後得知，流體靜力平衡檢驗對探空資料的氣溫與高度值的錯誤偵查，是最主要的。

美國國家氣象中心(NMC)於1988年開始設計一套新的氣象資料品質控制系統(Julian, 1989)，這套品控作業系統正在做最合理最有效率的發展測試中(Collins and Gandin, 1990)，中央氣象局資訊測站正引進這套技術，積極發展以改善目前的資料品控作業。

新的資料品控系統設計的工作可分為兩個步驟，一是Comprehensive Hydrostatic Quality Control (CHQC)的設計，盡可能使作業自動化，且對肯定可以修改的探空資料，做最可靠最確定的修改；另一是決策邏輯系統(Decision Making Algorithm, 簡稱DMA)的建立。

CHQC對各等壓面上氣溫與高度值檢驗，很重要的特點是同時檢查四個等壓面的資料，如圖二所示，我們可以利用觀測的定壓面氣溫與高度值、計算流體靜力平衡的尾差(Residue)，對於某種特定錯誤型式的尾差是很容易決定的，因此，問題就變成去尋找造成這樣尾差的錯誤，該如何確定它的修正值。

對於如圖二所示的四個等壓面資料($Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, T_1, T_2, T_3, T_4$)的錯誤可分為十六類，Type 1是確定高度可以修正者；Type 2是確定溫度可以修正者；Type 3是同一層的高度與溫度可能要修正者；Type 4是最低層的高度或溫度可能有錯誤者；Type 5是最上層的高度或溫度可能有錯誤者；Type 6是預期的厚度計算有誤者；Type 7是確定兩相鄰等壓面的高度值可修正者；Type 8是確定兩相鄰等壓面的溫度可修正者；Type 9是確定下層的高度與上層的溫度可修

正者；Type 10是確定下層的溫度與上層的高度可修正者；Type 11是預期高度有誤，但不確定可修正者；Type 12是溫度有誤，但因不致於達垂直不穩定的氣溫分布，不確定可修正者；Type 13是缺100 Hpa的資料，而無法檢查100 Hpa以上的資料者；Type 14是除了Type 13之外尚缺某一層資料而無法檢查者，Type 22是預期溫度有誤，但不大到只有靜力平衡檢查就可確定修正者；Type 99是Type 8、9、10的修正不能做，因為它將導致垂直不穩定的氣溫分布者。

由流體靜力平衡方程式知

$$z_{i+1} - z_i = - \frac{R}{g} \int_{p_i}^{p_{i+1}} T_v d(\ln P) \quad (3)$$

其中，Z為高度，P為氣壓，R為乾空氣的氣體常數，g為重力加速度， T_v 為絕對虛溫。(3)式可改寫成

$$z_{i+1} - z_i = A_{i,i+1} + B_{i,i+1} [(T_i + T_{i+1}) + 2 t_{i,i+1}] \quad (4)$$

其中，

$$A_{i,i+1} = \frac{RT_0}{g} \ln \left(\frac{p_i}{p_{i+1}} \right) \quad (5)$$

$$B_{i,i+1} = \frac{R}{2g} \ln \left(\frac{p_i}{p_{i+1}} \right) \quad (6)$$

$T_0=273.15^\circ \text{K}$ ， T_i 為溫度($^\circ \text{C}$)， $t_{i,i+1}$ 是包含因未考慮濕度效應以及氣溫是 $\ln P$ 的非線性函數影響等的調整值，則這層的流體靜力尾差($S_{i,i+1}$)可寫成

$$S_{i,i+1} = z_{i+1} - z_i - A_{i,i+1} - B_{i,i+1} (T_i + T_{i+1}) \quad (7)$$

或寫成

$$X_{i,i+1} = (z_{i+1} - z_i) D_{i,i+1} - (T_i + T_{i+1}) - 2 T_0 \quad (8)$$

其中，

$$D_{i,i+1} = \frac{1}{B_{i,i+1}}$$

如前面所述，我們要建立一套自動化的決策系統，以檢驗錯誤的類別，進而修正可修正的資料。若在探空資料中發現某層的尾差大於可容忍的最大值（它是由大量資料統計結果的七倍標準偏差值），則DMA系統就要去檢驗資料錯誤的類別，這最大可容忍的尾差值，如表八所示。關於可確定修正的錯誤類別（Type 1,2,7,8,9,10）存在的條件，如表九所示。建議修正值的公式，如表十所示。修正值的大小條件，如表十一所示。

因此，新的品控系統的主要作業流程，如圖三所示。

Gandin and Collins (1990) 指出大約有50%的

流體靜力平衡檢驗的錯誤資料，可由DMA系統自動修改之，若再改善DMA系統，將可提高可修正的比例。經由統計得知，Type 1的錯誤比例要比Type 2大，這顯示氣溫觀測的錯誤比高度的錯誤少一些。

在每項錯誤確定後，由DMA系統去尋找“單純”(Simple)的修正方法，也就是只改資料的“一位”數或只改正負號或兩者皆有之。依Gandin and Clooins (1990)的統計，對Type 2的錯誤修正，只改資料的一位數者佔46%，只改正負號者佔37%，兩者都改者10%，其他者7%。可見單純的修正是十分需要的，這也證明了這些錯誤都是人為因素所造成的。

五、結 論

目前中央氣象局氣象資料檢驗作業，固然可以檢查出粗糙的錯誤以及許多不確定可修改的錯誤來，但基於謹慎處理原則，對原有的資料都不輕易修改，僅提供使用者以及數值天氣預報客觀分析的參考，發展中的新品控系統，除了尋找錯誤的所在之外，更利用不斷可改善的決策系統，確定錯誤的類別，將確定可修改的部份修改之。

我們擬於新的作業系統測試後，做長期的統計評估，於每個月底做一份檢驗報告，以監視CHQC作業系統的成效，此外，對於不能肯定用DMA系統修正者，將設計人一機交談方式，利用人工處理來做最後決定，以求善用所得到的每一個資料。

參考文獻：

- Bottger, H.A. Radford and D. Soderman, 1987: ECMWF monitoring tools and their application to North American radiosonde data. European Centre for Medium Range Weather Forecasts, Operation Department, Technical Memorandum No 133.
- Collins, W.G. and L.S. Gandin, 1990: Comprehensive hydrostatic quality control at the National Meteorological Center. Mon. Wea. Rev., 118, 2752-2767.
- Gandin, L.S., 1988: Complex quality control of meteorological observations. Mon. Wea. Rev., 116, 1138-1156.
- Gandin, L.S. and W.G. Collins, 1990: One year of operational comprehensive hydnostatic quality control at the National Meteorological Center. NMC Office Note 369.

- Hollingsworth A., D.B.Shaw, P.Lonnberg, L. Illari, K.Arpe and A.J. Simmons, 1986: Monitoring of observation and analysis quality by a data assimilation system. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 862-879.
- Julian, P.R., 1989: Data quality control procedures at NMC Washington. WMO/ECMWF Workshop. *Data Quality Control Procedures*, 69-73.
- Kashiwagi, K. and A. Baba, 1989: Data quality control procedures and monitoring results in the Japan Meteorological Agency. WMO/ECMWF Workshop. *Data Quality Control Procedures*, 29-46.
- 胡仲英, 1979 : ADAPS 系統之研究與設計。氣象學報, 25 卷第一期, 9-24.

Data Quality Control Procedures in the Central Weather Bureau

Huo-Ming Jiang

Institute of Atmospheric Physics
National Central University

Wen-Wen Tzeng Wen-Mei Chen

Information Station
Central Weather Bureau

Abstract

The necessity of performing the quality control on meteorological data was recoquized long ago. This task has become much more important during the last decades, particularly in connection with numerical weather prediction. The serious rough errors and systematic errors of the observational meteorological data were examined in many studies.

The purpose of this paper is to present the current quality control proceduses and the statistics of its performance in the Central Weather Bureau. The principles of a new approach, so called Comprehensive Hydrostatic Quality Control (CHQC), and its methodology have been described too .

| 氣壓 (Hpa) | 高度極小值(gpm) | 高度極大值(gpm) |
|-----------------|------------|------------|
| 100 ≤ 氣壓 ≤ 150 | 14000 | 18100 |
| 150 ≤ 氣壓 ≤ 200 | 12000 | 15200 |
| 200 ≤ 氣壓 ≤ 250 | 10000 | 13200 |
| 250 ≤ 氣壓 ≤ 300 | 8500 | 11400 |
| 300 ≤ 氣壓 ≤ 400 | 7300 | 9900 |
| 400 ≤ 氣壓 ≤ 500 | 6100 | 8000 |
| 500 ≤ 氣壓 ≤ 700 | 4500 | 6300 |
| 700 ≤ 氣壓 ≤ 850 | 2200 | 3500 |
| 850 ≤ 氣壓 ≤ 1000 | 500 | 2000 |
| 1000 ≤ 氣壓 | -500 | 600 |

表一：各標準層允許高度之極大值與極小值

| 氣壓 (Hpa) | 溫度極小值 (°C) | 溫度極大值 (°C) |
|----------------|------------|------------|
| 氣壓 ≤ 400 | -100 | 0 |
| 400 ≤ 氣壓 ≤ 500 | -90 | 5 |
| 500 ≤ 氣壓 ≤ 600 | -90 | 13 |
| 600 ≤ 氣壓 ≤ 700 | -90 | 20 |
| 700 ≤ 氣壓 ≤ 800 | -90 | 27 |
| 800 ≤ 氣壓 ≤ 900 | -90 | 34 |
| 900 ≤ 氣壓 | -90 | 60 |

表二：各標準層允許溫度之極大值與極小值

| 氣壓 (Hpa) | 風速極大值(m/sec) |
|-----------------|--------------|
| 氣壓 ≤ 200 | 130 |
| 200 ≤ 氣壓 ≤ 400 | 154 |
| 400 ≤ 氣壓 ≤ 500 | 128 |
| 500 ≤ 氣壓 ≤ 700 | 103 |
| 700 ≤ 氣壓 ≤ 850 | 70 |
| 850 ≤ 氣壓 ≤ 1000 | 65 |
| 1000 ≤ 氣壓 | 60 |

表三：各標準層允許風速之極大值

| 氣壓層 | 風向夾角 最大風速和 | | | | | | | |
|-------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | <30 | ≥30 | ≥40 | ≥50 | ≥60 | ≥70 | ≥80 | ≥90 |
| 1000 - 850 | ∞ | 72 | 61 | 57 | 53 | 49 | 46 | 41 |
| 850 - 700 | ∞ | 72 | 61 | 57 | 53 | 49 | 46 | 41 |
| 150 - 100 | ∞ | 72 | 61 | 57 | 53 | 49 | 46 | 41 |
| 氣壓 ≤ 100 各層 | ∞ | 72 | 61 | 57 | 53 | 49 | 46 | 41 |
| 700 - 500 | ∞ | 110 | 84 | 77 | 70 | 63 | 52 | 50 |
| 500 - 400 | ∞ | 110 | 84 | 77 | 70 | 63 | 52 | 50 |
| 400 - 300 | ∞ | 110 | 84 | 77 | 70 | 63 | 52 | 50 |
| 300 - 250 | ∞ | 110 | 84 | 77 | 70 | 63 | 52 | 50 |
| 250 - 200 | ∞ | 110 | 84 | 77 | 70 | 63 | 52 | 50 |
| 200 - 150 | ∞ | 110 | 84 | 77 | 70 | 63 | 52 | 50 |

表四：各氣壓層允許最大風速和與上下兩層風向夾角關係

| 時間 項目 區域 | 00Z | | | | 12Z | | | |
|----------------|-------------|---------------|----------------|------|-------------|---------------|----------------|------|
| | 錯誤數 | 缺失數 | 正確數 | 總數 | 錯誤數 | 缺失數 | 正確數 | 總數 |
| I、歐洲 | 25 (4.1) | 47 (7.7) | 536 (88.2) | 608 | 25 (3.9) | 24 (3.7) | 593 (92.4) | 642 |
| II、亞洲 | 41 (2.8) | 135 (9.1) | 1314 (88.2) | 1490 | 34 (2.5) | 106 (7.7) | 1231 (89.8) | 1371 |
| III、非洲 | 6 (1.3) | 258 (57.1) | 188 (41.6) | 452 | 5 (0.9) | 234 (39.9) | 347 (59.2) | 586 |
| IV、北美洲 | 9 (1.8) | 101 (20.7) | 378 (77.5) | 488 | 13 (2.7) | 118 (24.1) | 358 (73.2) | 489 |
| V、南美洲 | 2 (1.9) | 26 (25.0) | 76 (73.1) | 104 | 2 (1.8) | 33 (29.5) | 77 (68.8) | 112 |
| VI、南極 | 1 (3.7) | 6 (22.2) | 20 (74.1) | 27 | 1 (3.8) | 6 (23.1) | 19 (73.1) | 26 |
| VII、大洋洲 | 6 (2.2) | 97 (35.0) | 174 (62.8) | 277 | 5 (1.9) | 110 (41.7) | 149 (56.4) | 264 |
| 全球 | 90 (2.6) | 670 (19.5) | 2686 (77.9) | 3446 | 85 (2.4) | 631 (18.1) | 2774 (79.5) | 3490 |

表五：平均每日地面資料檢驗結果

| 檢驗項目 區域 | 氣候值錯器結冰 錯誤數 | 氣候值錯器結冰 錯誤數 | 穩定度 錯誤數 | 靜力平衡 錯誤數 | 垂直風切 錯誤數 | 正確數 | 總數 |
|------------|----------------|----------------|------------|-------------|-------------|------------|-----|
| I、歐洲 | 2 (2.3) | 0 (0.0) | 1 (1.1) | 30 (34.5) | 5 (5.7) | 55 (63.2) | 87 |
| II、亞洲 | 8 (2.1) | 1 (0.2) | 7 (1.8) | 72 (18.7) | 20 (5.2) | 293 (76.1) | 385 |
| III、非洲 | 1 (2.9) | 0 (0.0) | 1 (2.9) | 4 (11.4) | 3 (8.6) | 28 (80.0) | 35 |
| IV、北美洲 | 3 (2.1) | 0 (0.0) | 1 (0.7) | 6 (4.1) | 14 (9.6) | 125 (85.6) | 146 |
| V、南美洲 | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (12.5) | 2 (25.0) | 5 (62.5) | 8 |
| VI、南極 | 1 (10.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (20.0) | 2 (20.0) | 6 (60.0) | 10 |
| VII、大洋洲 | 1 (5.2) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (5.2) | 1 (5.2) | 16 (84.2) | 19 |
| 全球 | 16 (2.3) | 1 (0.0) | 10 (1.4) | 116 (16.8) | 47 (6.8) | 528 (76.3) | 692 |

表七：平均每日12Z 高空資料檢驗結果

| 氣壓層 | 允許尾差(GPM) |
|------------|-----------|
| 1000 - 850 | 65 |
| 850 - 700 | 35 |
| 700 - 500 | 50 |
| 500 - 400 | 35 |
| 400 - 300 | 40 |
| 300 - 250 | 35 |
| 250 - 200 | 40 |
| 200 - 150 | 50 |
| 150 - 100 | 85 |
| 100 - 70 | 70 |
| 70 - 50 | 70 |
| 50 - 30 | 80 |
| 30 - 20 | 70 |
| 20 - 10 | 100 |

表八：CHQC 各氣壓層允許的靜力平衡尾差

| 檢驗項目 區域 | 氣候值錯器結冰 錯誤數 | 氣候值錯器結冰 錯誤數 | 穩定度 錯誤數 | 靜力平衡 錯誤數 | 垂直風切 錯誤數 | 正確數 | 總數 |
|------------|----------------|----------------|------------|-------------|-------------|------------|-----|
| I、歐洲 | 3 (3.4) | 0 (0.0) | 1 (1.1) | 24 (27.5) | 4 (4.6) | 59 (67.9) | 87 |
| II、亞洲 | 10 (2.5) | 1 (0.0) | 8 (2.0) | 73 (18.3) | 22 (5.5) | 303 (76.3) | 397 |
| III、非洲 | 1 (4.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 3 (12.0) | 2 (8.0) | 20 (80.0) | 25 |
| IV、北美洲 | 3 (2.3) | 0 (0.0) | 1 (0.7) | 5 (3.8) | 12 (9.2) | 113 (86.9) | 130 |
| V、南美洲 | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 1 |
| VI、南極 | 1 (7.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 2 (15.3) | 2 (15.3) | 8 (61.5) | 13 |
| VII、大洋洲 | 1 (3.0) | 0 (0.0) | 1 (3.0) | 3 (9.1) | 4 (12.1) | 26 (78.8) | 33 |
| 全球 | 19 (2.9) | 1 (0.0) | 11 (1.6) | 110 (16.0) | 46 (6.7) | 530 (77.3) | 686 |

表六：平均每日00Z 高空資料檢驗結果

| 錯誤種類 | 存在條件 |
|------|--|
| 1 | $ S_{23} + S_{34} < 2 \bar{t}_{sl} [(B_{23})^2 + (B_{34})^2]^{\frac{1}{2}}$ |
| 2 | $ X_{23} - X_{34} < 2 \bar{t}_{sl}$ |
| 7 | $ S_{12} + S_{23} + S_{34} < [(B_{12})^2 + (B_{23})^2 + (B_{34})^2]^{\frac{1}{2}} \bar{t}_{sl}$ |
| 8 | $ X_{12} - X_{23} + X_{34} < 2\sqrt{3} \bar{t}_{sl}$ |
| 9 | $ S_{12} + S_{23} - \frac{B_{23}}{B_{34}} < 2 [(B_{12})^2 + 2 (B_{23})^2] \bar{t}_{sl}$ |
| 10 | $ S_{23} + S_{34} - \frac{B_{23}}{B_{12}} < 2 [(B_{34})^2 + 2 (B_{23})^2] \bar{t}_{sl}$ |

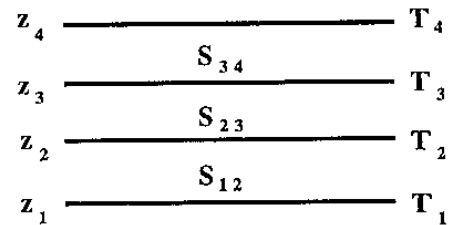
表九：CHQC 各類可修改的靜力平衡錯誤的存在條件

| 錯誤種類 | 修正值公式 |
|------|--|
| 1 | $\delta Z_3 = (D_{23} X_{23} - D_{12} X_{12}) / (D_{23}^2 + D_{12}^2)$ |
| 2 | $\delta T_3 = \frac{1}{2} (X_{23} + X_{34})$ |
| 7 | $\delta Z_2 = [-D_{12}(D_{23}^2 + D_{34}^2)X_{12} + D_{23}D_{34}^2 + D_{23}^2D_{34}X_{34}] / [(D_{12}^2 + D_{34}^2)D_{23}^2 + D_{12}^2D_{34}^2]$ $\delta Z_3 = [-D_{12}D_{23}^2X_{12} - D_{23}D_{12}^2 + (D_{12}^2 + D_{23}^2)D_{34}X_{34}] / [(D_{12}^2 + D_{34}^2)D_{23}^2 + D_{12}^2D_{34}^2]$ |
| 8 | $\delta T_2 = (2X_{12} + X_{23} - X_{34}) / 3$ $\delta T_3 = (2X_{34} + X_{23} - X_{12}) / 3$ |
| 9 | $\delta Z_2 = (D_{23}X_{23} - 2D_{12}X_{12} - D_{23}X_{34}) / (2D_{12}^2 + D_{23}^2)$ $\delta T_3 = [D_{12}^2X_{23} + D_{12}D_{23}X_{12} + (D_{12}^2 + D_{23}^2)X_{34}] / (2D_{12}^2 + D_{23}^2)$ |
| 10 | $\delta T_2 = [(D_{23}^2 + D_{34}^2)X_{12} + D_{34}^2X_{23} + D_{23}D_{34}X_{34}] / (D_{23}^2 + 2D_{34}^2)$ $\delta Z_3 = (D_{23}X_{12} + 2D_{34}X_{34} - D_{23}X_{23}) / (D_{23}^2 + 2D_{34}^2)$ |

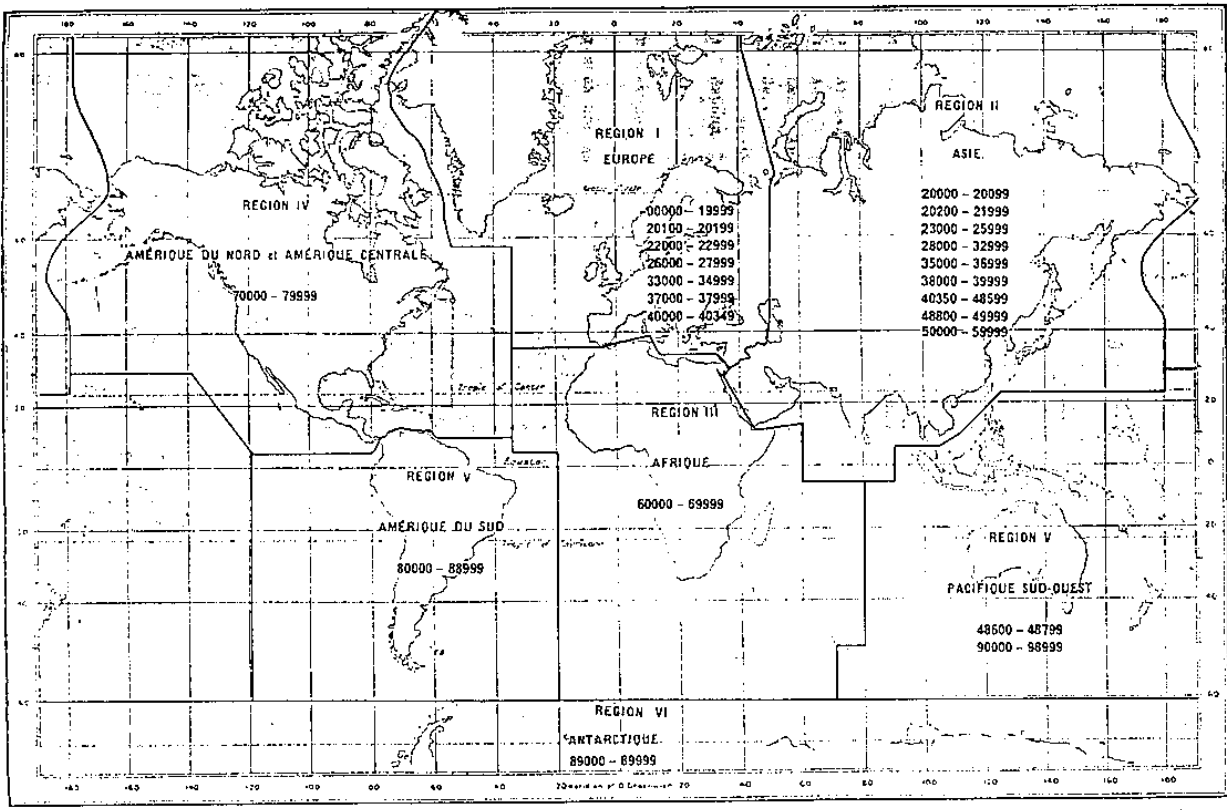
表十：CHQC 各類可修改錯誤的建議修改值公式

| 錯誤種類 | 大小條件 |
|------|--|
| 1 | $ \delta Z_3 > 2 \bar{t}_{311} [(B_{23})^2 + (B_{34})^2]^{\frac{1}{2}}$ |
| 2 | $ \delta T_3 > 2 \bar{t}_{311}$ |
| 7 | $ S_{12} > Z_1^*$ and $ S_{34} > Z_3^*$ |
| 8 | $ X_{12} > T_1^*$ and $ X_{34} > T_3^*$ |
| 9 | $ S_{12} > Z_1^*$ and $ X_{34} > T_3^*$ |
| 10 | $ X_{12} > T_1^*$ and $ S_{34} > Z_3^*$ |

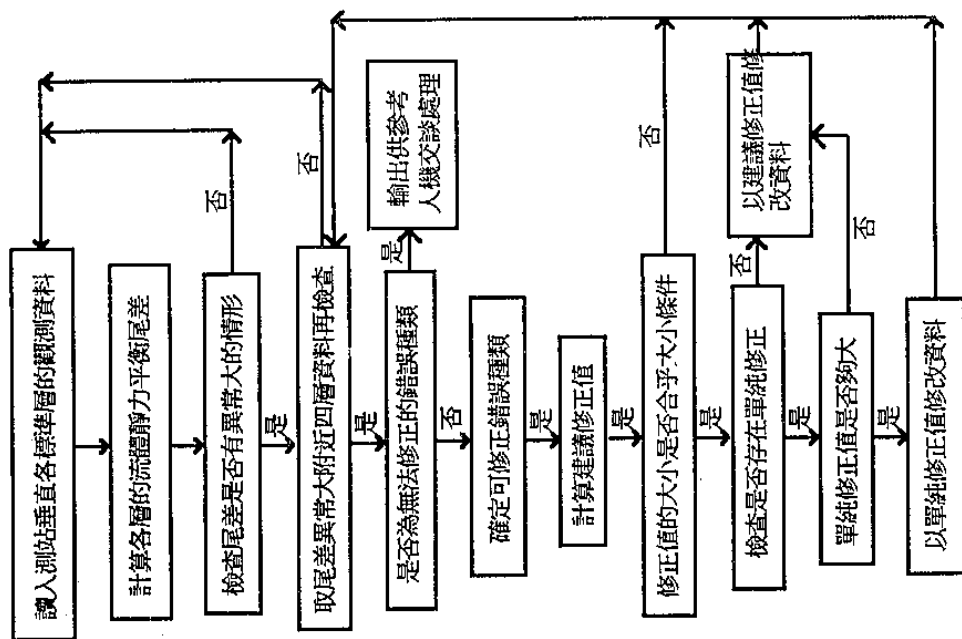
表十一：CHQC 各類可修改錯誤的修正值大小條件



圖二：等壓面上高度氣溫與尾差示意圖



圖一：測站位置分布分區圖



圖三：CHQC的主要流程

