

中央氣象局全球探空資料品控系統之更新

何傳忠 黃麗玫

中央氣象局氣象資訊中心

摘要

氣象資料在觀測、編碼、傳輸及解碼過程中，都有可能造成錯誤，因此在使用前需要做資料的品質控制。而探空資料提供從地面到高空的各種氣象資訊，這對天氣預報非常有價值，故其資料的品質控制尤為重要。

過去氣象局的探空資料品控系統(CHQC)以靜力平衡關係及決策邏輯系統為基本架構，對資料進行偵錯與修正。而新的探空資料品控系統(Complex Quality Control of rawinsonde Height and Temperature，簡稱 CQCHT)則結合了數值模式預報場，使用預報場增量、統計水平尾差、垂直尾差、靜力平衡尾差、基線尾差和靜力穩定度，進行探空資料之偵錯及修正，除了包含過去既有的偵錯與修正外，更透過不同檢定方式反覆偵測修正，冀望將原先無法肯定之資料變成可確定或修改。

本文將介紹新的探空品質控制方法 CQCHT，並比較 CQCHT 和本局現有作業 CHQC 的成效。結果顯示新的 CQCHT 表現較好，無論在資料偵錯或錯誤修正都有顯著改善。另外也從統計資料中看到全球探空資料單站單點高度場或溫度場平均發生錯誤的機率在 CQCHT 和 CHQC 偵測出來的各是千分之 4.01 和 1.15，錯誤型態發生最多的是觀測錯誤，而錯誤發生最多的地區則在印度和中美洲。

一、前言

氣象觀測資料的品質對於數值天氣預報結果影響很大。而在種類眾多的觀測資料中，探空資料因提供了從地面到高空垂直各層的高度、溫度、濕度、風等氣象元素，是數值天氣預報主要的初始場來源。

探空資料經觀測、計算、編碼、通訊傳輸而送達各使用單位，在此複雜的過程中，任何一個環節都可能造成資料錯誤。在數值天氣預報各方面均有長足進步的今天，數值預報模式對初始資料的品質要求更高，各數值預報中心均投注更大的心力在探空資料品質控制。1989 年美國國家氣象中心(NMC)發展了一套以靜力平衡關係及決策邏輯系統為基本架構的探空高度及溫度資料品控系統(Comprehensive Hydrostatic Quality Control，簡稱 CHQC)。本局參考 NMC CHQC 方法(江、陳，1994)，發展了 CWB CHQC 用以取代較早先的品控系統 CWB OPER，並於 1994 年上線作業。

時至今日，氣象研究發展迅速，單靠靜力平衡關係來檢驗探空資料是不夠全面的，不足以滿足數值預報模式對初始資料的品質要求。1997 年美國國家環境預測中心(NCEP)發展出的一套新的探空資料品控系統(Complex Quality Control of rawinsonde Height and Temperature，簡稱 CQCHT)(Collins 1997,2000)，該系統除了包含過去 CHQC 所使用的靜力平衡方法外，更結合數值模式預報場，使用預報場增量、統計水平尾差、垂直尾差、基線尾差和靜力穩定度，進行探空資

料之錯誤偵測及修正。

本局參考 NCEP 的 CQCHT 後發展了 CWB CQCHT，除了具備偵錯與修正功能外，並增加資料狀況統計的功能，一方面可以提供資料品控狀況，另一方面則可做為日後資料品控系統改進的參考。且在完成程式發展與測試後，進行了長時間的平行測試，其目的在測試系統的穩定性，並將檢定結果與當時的作業品控系統 CHQC 作比較，在確定 CQCHT 較 CHQC 為優後，於 2009 年完成上線作業。

本文第二段將介紹 CQCHT 方法，第三段則為 CHQC 和 CQCHT 的比較與結果統計，最後為簡單的結論。

二、CQCHT 檢定方法

CQCHT 檢定方法的各個項目說明如下：

(一) 尾差參數的計算和標準化

用來計算觀測資料的各項尾差值並加以標準化：包括增量值尾差、垂直統計尾差、靜力平衡尾差、基線尾差、降溫率檢驗、水平統計尾差、尾差值標準化。

(二) 資料型態的設定(surface layer type)

CQCHT 方法利用探空資料高度場與溫度場是否齊全和各標準層間彼此之相對位置，分類出 13 種資料型態。

(三) 資料誤差型態的設定

探空資料的誤差型態可分成通訊誤差、計算誤差及觀測誤差。CQCHT 方法針對不同的資料層型態歸納出七種不同的資料誤差型態，詳細分類請參考表 3。

(四) 資料層型態產生誤差型態的判斷

依據不同資料型態之誤差型態，進行誤差判斷。

(五) 誤差型態之錯誤修正程序

1. 根據不同誤差型態計算其錯誤修正值。
2. 利用各種尾差和這些尾差標準差統計資料做權重平均，可得一最佳修正值。
3. 如果錯誤修正值和最佳修正值十分接近時，則用錯誤修正值做簡單修正，簡單修正的方法為利用正負號交換、更改一個數字、兩個數字調換或是上述方法的組合。
4. 若錯誤修正值和最佳修正值差距很大時，則用此最佳修正值做簡單修正。
5. 檢驗是否所有的尾差值都變小，若尾差值沒有變小，則標示此資料是有錯誤的。

三、結果分析

(一)理想個案資料檢驗

選取 2003/10/21 00Z 日本福岡(47807)、法國巴黎(7145)及美國哥倫比亞(72403) 三個測站的探空電碼，將它們的探空資料當做是理想個案(完全正確的)，然後針對各種錯誤發生的型態對該探空電碼作修改，再將修改後的電碼分別放入 CQCHT 和 CHQC 作檢驗，比較其偵錯能力和錯誤修改能力及修改值與原值的差異，用以確認 CQCHT 方法的功能是否較 CHQC 方法完善。表 1 中品質指示碼代表的意義如下：

- 0 = 資料未經檢驗，
- 1 = 資料正確，
- 2 = 懷疑資料有錯誤但不敢確定，
- 3 = 確定資料有錯誤但未修正，
- 4 = 確定資料有錯誤且已被修正，
- 6 = 資料缺予以補齊，
- 9 = 資料缺未予補齊，

由表 1 可看出 CQCHT 方法在對錯誤資料的偵測和修正能力上，都較 CHQC 方法為佳。

(二) 實際個案比較

針對 2008/11/01~2008/11/30 之全球探空資料分別用 CQCHT 方法和 CHQC 方法進行檢定。

1. 偵錯及修補程度比較

將高度場和溫度場依品質指示碼分類統計該月發生個數總和與百分比，由表 2 可以看出 CQCHT 方法對於錯誤或懷疑有錯誤的資料，不論對錯誤資料做修正或是補缺資料的能力都較 CHQC 強，且在該段時間之資料，CQCHT 對所有的資料均能進行檢驗，而 CHQC 對部份資料並無法進行檢驗。

2. 偵錯結果分析

從圖 1 可看出全球探空資料單點高度場或溫度場平均發生錯誤的機率在 CQCHT 和 CHQC 偵測出來的各是千分之 4.01 和 1.15，錯誤發生最多的地區在印

度(2.962%)和中美洲 (1.489%)。特別是 CQCHT 偵測到臺灣區測站探空資料在 2008 年 11 月有 82 個錯誤的點，但 CHQC 並沒有偵測出有任何錯誤。

3. 資料錯誤類型分析

探空資料的誤差型態可分成通訊誤差、計算誤差及觀測誤差，針對不同的資料層型態又可細分更多的資料誤差型態。CQCHT 針對不同的資料層型態歸納出七種不同的資料誤差型態。表 3 顯示觀測錯誤是探空資料最可能發生的錯誤。

(三)數值模式對檢定方法之差異比較

於 2005/06/07 ~ 2006 /01/15 期間，CQCHT 使用本局全球預報模式 6 小時預報場作為背景場，進行檢定分析，並利用該檢定資料進行本局數值預報模式即時平行測試。圖 2 顯示於 2006 年 1/2~1/15 期間 CQCHT 方法平行測試之 S1 Score 得分略差，於是改採用 NCEP 全球預報模式 6 小時預報場作為背景場，圖 3 顯示於 2006 年 9/10~10/9 期間 CQCHT 平行測試之 S1 Score 得分已有明顯改善。

從以上平行測試實驗，初步歸納結果為：

- (1) 2005 年與 2006 年因使用不同的預報模式背景場所造成差異，其中高度場差異較明顯，而溫度場則差異不大。
- (2) 以剔除(品質檢定值為 3，確定有錯誤但無法修正)的資料量來看：2005 年高度場平均每天約有 356 個點被剔除，而 2006 年只有 83 個，主要差異較大的地區在北美、中國、西歐、印度、南極等區。
- (3) 因 Score 得分在 2006 年明顯優於 2005 年，雖年月份不同，但其差異著實過大，推測可能是氣象局全球數值模式 6 小時預報場在上述差異較大的地區，預報表現較 NCEP 全球模式為差。

(四)數值模式驗證

由上述的(一)理想個案資料檢驗和(二)實際個案比較可看出 CQCHT 較 CHQC 對探空資料偵錯的靈敏度及修補能力皆大了許多。但是偵錯能力好、修補資料多，是否就代表 CQCHT 較 CHQC 好? 在 2008 年 11 月我們拿 CQCHT 產出之探空資料進行本局數值模式平行測試檢驗。從圖 4 圖 5 全球模式和區域模式產生的 S1 Score 得分比較圖可以看出 CQCHT 表現較 CHQC 為佳。

四、結論

縱合以上分析比對結果，我們可以確定 CQCHT 較 CHQC 好。而目前 CQCHT 已取代 CHQC 正式使用於氣象局全球探空資料解碼檢定作業上。

五、誌謝

感謝中央氣象局數值預報小組與數值預報作業自動控制系統同仁協助平行測試及結果之驗證。

六、參考文獻

江火明、陳雯美 1994，中央氣象局更新之探空資料品控系統,天氣分析與預報研討會論文集編，107-114。

Collins, W. G., 1997: The Use of Complex Quality Control for the Detection And Correction of Rough Errors in Rawinsonde Heights and Temperatures: A new Algorithm at NCEP/EMC. U.S. Department of Commerce, National Oceanographic Atmospheric

Administration, National Weather Service, National Venters Environmental Prediction, Office Note 419.

Collins, W. G., 2000: The Operational Complex Quality Control of Radiosonde Heights and Temperatures at the National Centers for Environmental Prediction .Part II Examples of Error Diagnosis and Correction from Perational Use. Journal Of Applied Meteorology, 152-168.

表 1 2003/10/21 00Z 日本福岡(47807)、法國巴黎(7145)及美國哥倫比亞(72403)之探空電碼理想個案檢驗

測站代號	層場	原始值	修改值	CQCHT 檢定後輸出值	CQCHT 品質指示碼	CHQC 檢定後輸出值	CHQC 品質指示碼
1. 單一標準層高度發生錯誤							
7145	925 mb 高度場	683.00gpm	983.00gpm	683.00gpm	4	983.00gpm	2
2. 單一標準層溫度發生錯誤							
47807	700mb 溫度場	3.00 °C	-3.10 °C	3.00 °C	4	-3.10°C	1
3. 單一標準層高度和溫度皆發生錯誤							
72403	100mb 高度場	16380.00gpm	12380.00gpm	16380.00gpm	4	12380.00gpm	3
72403	100mb 溫度場	-65.10 °C	-44.10 °C	-44.10°C	3	-44.10°C	3
4. 溫度、高度或溫度和高度皆發生錯誤，且發生在最頂層之標準層							
47807	10mb 高度場	30950.00gpm	28850.00gpm	31050.00gpm	4	28850.00gpm	2
47807	10mb 溫度場	-46.70 °C	-76.70 °C	-46.70°C	4	-76.70 °C	2
5. 發生錯誤的標準層則其上方之標準層高度皆發生錯誤							
72403	150 mb 高度場	13890.00gpm	15890.00gpm	15890.00gpm	3	15890.00gpm	1
72403	100 mb 高度場	16380.00gpm	14380.00gpm	14380.00gpm	3	14380.00gpm	1
72403	70 mb 高度場	18560.00gpm	20560.00gpm	20560.00gpm	3	20560.00gpm	1
72403	50 mb 高度場	20630.00gpm	15630.00gpm	15630.00gpm	3	15630.00gpm	1
72403	30 mb 高度場	23810.00gpm	29810.00gpm	29810.00gpm	3	29810.00gpm	1
72403	20 mb 高度場	26410.00gpm	30410.00gpm	30410.00gpm	3	30410.00gpm	1
6. 鄰近兩標準層高度皆發生錯誤							
47807	300mb 高度場	9410.00gpm	8410.00gpm	9410.00gpm	4	8410.00gpm	1
47807	250mb 高度場	10650.00gpm	11650.00gpm	10650.00gpm	4	11650.00gpm	1
7. 鄰近兩標準層溫度皆發生錯誤							
7145	30mb 溫度場	-62.10 °C	-42.30 °C	-62.30°C	4	-42.30 °C	1
7145	20mb 溫度場	-61.30 °C	-40.1 °C	-60.10°C	4	-40.1 °C	1

8. 下層標準層高度發生錯誤，上層標準層溫度發生錯誤							
72403	150mb 高度場	13890.00gpm	10290.00gpm	13883.00gpm	4	13880.00gpm	4
72403	30mb 溫度場	-56.50 °C	-72.50 °C	-52.50°C	4	-57.50°C	4
9. 下層標準層溫度發生錯誤，上層標準層高度發生錯誤							
7145	100mb 高度場	16030.00gpm	12030.00gpm	16030.00gpm	4	12030.00gpm	2
7145	500mb 溫度場	-24.50 °C	-34.50 °C	-24.50°C	4	-34.50 °C	2
10. 特性層溫度錯誤							
47807	668.0mb 溫度場	1.00 °C	9.00 °C	0.00°C	4	9.00 °C	1

表 2 2008/11/01~2008/11/30 全球探空資料之 CQCHT 方法和 CHQC 方法檢定結果
(個數是指以單站單層為一個單位，例如某測站在某日 00Z 有 46 層觀測資料，則其個數總和為 46)

品質指示碼	高度場				溫度場			
	CQCHT	%	CHQ	%	CQCHT	%	CHQC	%
	資料個數		資料個數		資料個數		資料個數	
0：沒檢查	0	0	21934	0.92	0	0	3117	0.13
1：正確	531576	22.38	518380	21.78	1614329	67.95	1626156	68.33
2：懷疑有錯誤但不敢確定	3133	0.13	1397	0.06	10371	0.44	1390	0.06
3：確定有錯誤但未修正	2470	0.10	266	0.01	3261	0.14	2582	0.11
4：確定有錯誤且已被修正	1703	0.07	96	0.00	2828	0.12	49	0.00
6：資料缺予以補齊	979250	41.22	863033	36.27	0	0	0	0
9：資料缺未予補齊	857548	36.10	974668	40.96	744891	31.35	746480	31.39
總和	2375680	100	2379774	100	2375680	100	2379774	100

表 3 CQCHT 檢定 2008 年 11 月全球探空資料發生錯誤之誤差型態分類百分比

類別	定義	誤差型態定義	發生個數	發生比率
一	單一標準層資料錯誤	單一標準層高度發生錯誤	31	0.33 %
		單一標準層溫度發生錯誤	107	1.12 %
		單一標準層高度和溫度發生錯誤	302	3.17%
二	觀測資料中最頂層的標準層發生錯誤	溫度、高度、或溫度和高度皆發生錯誤，且發生在最頂層之標準層	213	2.23 %
三	標準層的高度計算錯誤	發生高度錯誤的標準層則其上方的標準層高度皆發生錯誤	134	1.41 %
四	鄰近兩層的標準層皆發生錯誤	鄰近兩標準層高度皆發生錯誤	20	0.21 %
		鄰近兩標準層溫度皆發生錯誤	61	0.64 %
		下層標準層高度發生錯誤，上層標準層溫度發生錯誤	23	0.24 %
		下層標準層溫度發生錯誤，上層標準層高度發生錯誤	21	0.22 %

五	特性層溫度錯誤	特性層溫度可被修正	486	5.10 %
		特性層溫度不可被修正	1565	16.44 %
六	地表層發生錯誤	地表壓力通訊錯誤	1	0.00 %
		地表溫度錯誤	3	0.00 %
		不是很確定地表壓力或地表溫度的錯誤.(大部份是地表壓力)	749	7.86 %
		地表壓力觀測錯誤	321	3.37 %
七	觀測錯誤,此類型錯誤皆不可被修正,只標示有問題或錯誤	溫度觀測錯誤	3797	39.88 %
		高度觀測錯誤	1683	17.68 %
		露點溫度觀測錯誤	4	0.00 %
總和			9521	100%

圖 1 2008 年 11 月的全球探空測站資料錯誤發生率排行

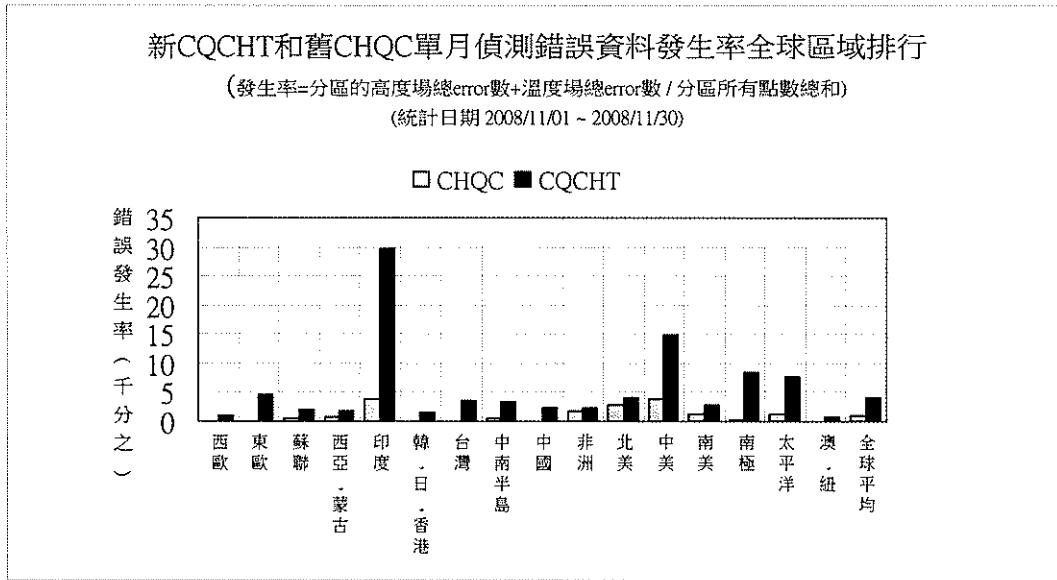


圖 2 2006 年 1/2~1/15 使用 CHQC 和 CQCHT 方法之數值模式平行測試 S1 Score 結果。其中 GFS 和 GFSP 為分別使用 CHQC 和 CQCHT 檢定資料,並以氣象局全球數值模式 6 小時預報場作背景場之二實驗組。

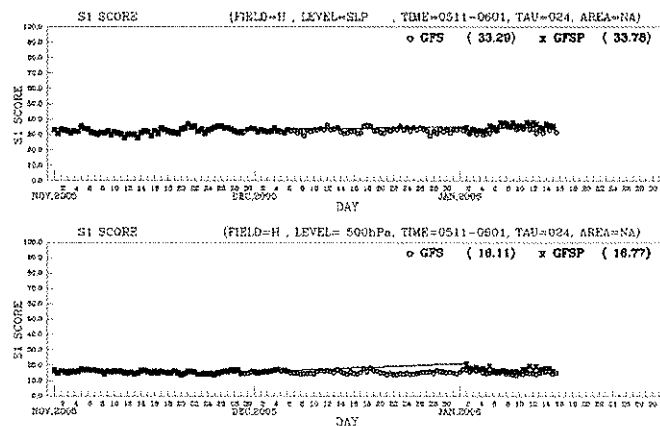


圖 3 2006 年 9/5~10/10 使用 CHQC 和 CQCHT 方法之數值模式平行測

試 S1 Score 結果。其中 GFS 組乃使用 CHQC 檢定方法資料並以氣象局全球數值模式 6 小時預報場為背景場之實驗組，GFSP 組乃使用 CQCHT 檢定方法資料並以 NCEP 全球數值模式 6 小時預報場為背景場之實驗組。

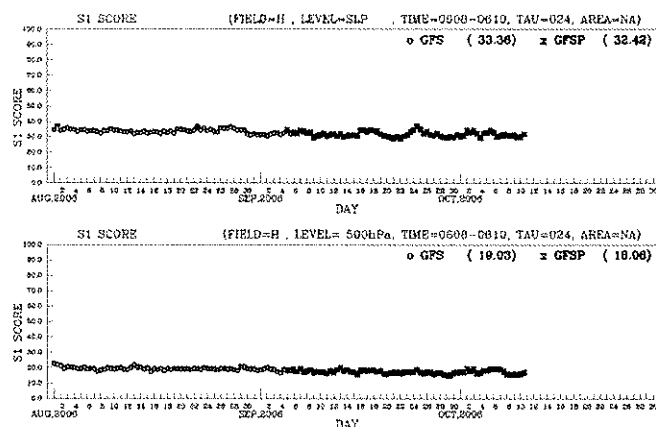


圖 4 氣象局全球數值模式平行測試 S1 Score 比較圖。(圖中 GFS 使用 CQC 檢定資料，GFS QC 則為使用 CQCHT 檢定資料產生的資料)

產生之資料，NFS QC 則為使用 CQCHT 產生之資料)

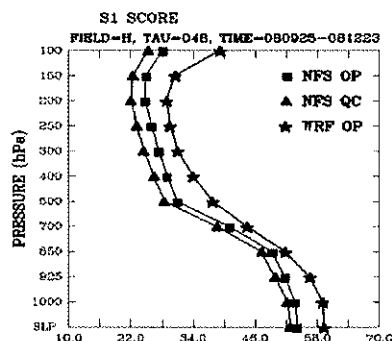
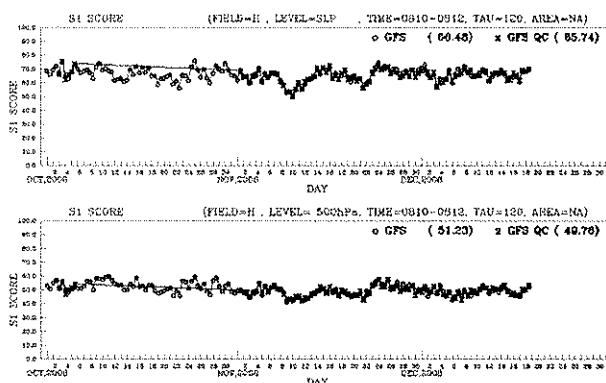


圖 5 氣象局三組區域模式實驗 S1 Score 比較圖。(NFS OP 和 WRF OP 使用 CHQC)