

# 台灣地區大氣探空剖面特徵分析

官岱焯 林博雄  
台灣大學大氣科學系

## 摘要

本研究蒐集2003~2004年台灣地區東(花蓮)、西(馬公)、南(屏東與綠島)、北(板橋)五處探空測站原始高解析度探空資料，經過資料檢定程序和運用MySQL資料庫建置儲存這些探空原始資料後，重新檢視台灣地區地面到100hPa大氣的溫度、水氣和風場結構特徵，再進一步探討0~3000公尺低層大氣在中央山脈地形阻隔影響下，台灣週遭5處探空站所各自代表地區性邊界層大氣的差異性，同時定量分析各探空站各季節逆溫層高度變化特徵。

關鍵字: 無線電探空、大氣邊界層、標準大氣剖面

## 一、前言

大氣邊界層(atmospheric boundary layer)或稱為行星邊界層(planetary boundary layer)為大氣之垂直分層中緊鄰著地表以上到2~3km的一層，屬於對流層的一部份，其特性直接受到地面特徵影響或大尺度運動之影響，如地形、陸地或水面、粗糙度、風速、大尺度之垂直運動或溫度、水氣平流作用等，因此大氣邊界層之厚度變化很大，由數十公尺至數公里。

目前台灣地區舉凡工業與環境開發，比如工業區、焚化場、火力發電廠等之興建，都必須考量當地大氣邊界層之特性，以便評估其污染物排放對於環境之影響。然而，台灣地區混合層高度之研究中，缺乏大型規模的邊界層觀測實驗，對於台灣地區大氣邊界層特性之瞭解甚少，並且台灣地區為海島型氣候，地形複雜且局部天氣系統相互影響，利用00UTC或是12UTC探空氣球觀測資料，評估當天下午或隔天混合層高度發展(Holzworth, 1964)的準確性不盡理想；無線電探空資料(RAOBS)的垂直解析與混合層高度之推估準確度息息相關，如果離地表1~2公里之大氣剖面資料過少，往往無法描述大氣邊界層受地表影響的程度(Seibert et al., 2000; 彭, 1994; 洪, 1994)。

台灣地區早於1949年於中央氣象局台北測站開始進行氣球探空觀測，1973年板橋探空站(測站代碼46692)啟用，花蓮探空站(測站代碼46699)則於1987年啟用(陳, 1997)。空軍方面，桃園機場(測站代碼46697)和馬公機場(測站代碼46734)之探空記錄可溯及1952年，而東港探空站(測站代碼46747)建立於1957年。1984年空軍撤銷桃園機場

探空作業，並於1985年建立綠島探空站(測站代碼46780)，1999年搬遷東港探空站(測站代碼46747)到屏東機場(測站代碼46750)。上述五處現有探空站分布在全台北(板橋)、東部(花蓮)、東南部(綠島)、西南部(屏東)和西部海峽(馬公)，本文透過這些原始探空站探空資料來檢視台灣環島各地區的低層大氣剖面特徵以及彼此之差異程度。

## 二、探空資料檢定

雖然台灣地區已有五十年以上之探空觀測史，探空站之分布相當密集，但是探空資料均以TEMP發報電碼為主要任務需求，高解析度原始探空資料均以列印方式存查。最近數年來由於電腦硬碟儲存空間大、費用大幅降低，因此本研究蒐集近年來各探空站原始資料。由於各探空站時有機器故障維修或是探空材料年度經費不足和採購程序緩慢等行政問題，時有數天到數月不等的資料空缺現象發生，因此我們選擇全台五處探空站資料較為有時間交集的2002年12月至2004年11月，做為本文研究分析與討論的對象。

首先我們剔除顯著錯誤和斷缺的數據資料，然後利用資料庫語法進行快速搜尋，列出符合統計檢定之資料，最後進行剖面繪圖分析和計算。本文參考曾(1997)所設定的統計檢定條件為(1)為將探空資料中不合理之數值剔除，包含任何層的溫度必須在85°C至-45°C之間(此為探空儀之可觀測範圍)(2)露點溫度必須小於溫度。(3)濕度必須為正值。(4)400hPa以上各層之氣溫應在0°C以下。(5)地面風速應在192節(knots)以下。(6)靜力平衡檢定，將

不滿足靜力平衡之資料予以剔除。(7)爲了方便討論大氣中水氣含量的問題，我們利用氣壓、溫度及相對濕度換算出比濕。(8)最後使用FORTRAN IMSL函式庫之CASAKM副程式進行三次樣條法(Cubic spline)內插，並依分析之需求不同分別以等高度間距(自地面至3000公尺)及等氣壓間距(地面至100hPa)進行內插。本文定義春季(3、4、5月)、夏季(6、7、8月)、秋季(9、10、11月)和冬季(12、1、2月)來分隔時間區段進行季節分析。

### 三、台灣地區整層大氣剖面分析

台灣地區橫跨在北迴歸線上，北部屬副熱帶，南部則屬於熱帶，將2002年12月至2004年11月兩年間台灣地區各探空站00UTC及12UTC之各項參數平均後，得到台灣地區大氣垂直剖面之代表性曲線，並與全球標準大氣、熱帶及中緯度平均大氣剖面進行比較。由圖1我們發現台灣溫度剖面特徵曲線在600hPa高度層以下溫度較熱帶平均大氣低，但600hPa-250hPa高度層較熱帶平均大氣高，而250hPa-100hPa又較熱帶平均大氣溫度低。對流層頂部高度一般以溫度不再隨高度遞減爲判別方法，圖1顯示全球標準大氣與中緯度平均大氣之對流層頂位置分別約爲230hPa及150hPa之高度，然而熱帶平均大氣以及台灣地區均超過100hPa高度，無法由1000hPa-100hPa之溫度剖線上得知。

比濕剖面的比較方面，2002年12月到2004年11月兩年平均都較熱帶平均大氣潮濕(近地層之外)，我們計算台灣地區可降水量之垂直總量爲4.61公分，這一數值都比熱帶平均大氣、中緯度平均大氣平均值還高；700hPa高度以下大氣可降水量佔垂直總量之70%以上，700~300hPa之間則佔有28%。進一步比較近兩年(2003~2004年)與1956~1981年大氣剖面之可降水量，發現台灣地區近兩年700hPa以下低層大氣之可降水量(3.22公分)大於1956~1981年之平均值(2.87公分)，然而300hPa-700hPa之中層大氣可降水量卻十分相近，可見低層大氣之水氣變化幅度較中高層劇烈。

### 四、台灣地區低層大氣剖面分析

#### 4.1 海峽管道效應

吳等(2003)利用普渡區域模式探討冬季典型天氣時台灣複雜地形下的氣流場和大氣傳送，他們認爲在鋒面過境後，氣流因中央山脈的阻擋而產生分流現象繞山南下，分別在台灣海峽及花蓮外海形成兩個強風區，風速可達15 m/sec以上；台灣海峽分流部份，氣流又受到福建武夷山的阻隔而形成顯

著的管道效應(channel effect)。本研究發現在冬季東北季風盛行情況下，於馬公探空中可以發現此一管道效應(圖3與圖4)，冬季馬公站於近地面200到500公尺高度的季平均風速可達12m/sec以上，存在一層顯著的低層強風軸。這一低層強風軸除了造成垂直風切紊流，導致強風軸高度附近水氣均勻混合，也在強風軸上方約400~1000公尺高度呈現溫度混合均勻之現象。至於春、夏、秋等季節低層200到500公尺依然有強風軸現象，但是低層溫度混合均勻之現象並不如冬季顯著，僅發現500到1000公尺之溫度遞減率較其他高度層小，水氣於200到300公尺高度層遞減率亦較其他高度層小。夏季低層西南風的管道效應不若東北季風顯著。至於山脈東側的花蓮測站僅在冬季500公尺高度出現雖~6m/sec之強風軸，花蓮地區四季之低層風速甚至都較板橋、綠島、馬公等站小，可能是花蓮探空站與山脈地形之距離接近，風速受地形削弱所致。強風分流應該在外海才能被觀測證實。

#### 4.2 山脈地形效應

##### (1) 花蓮vs.屏東

屏東四季2000公尺以下近地層平均風速均未達5m/sec以上，亦沒有近地層強風軸發生；秋、冬兩季的溫度剖面均顯示00UTC近地層200公尺以下存在逆溫層，12UTC逆溫層則消失不見。雖然花蓮、屏東兩地近地層都在00UTC出現夜間輻射冷卻所造成之逆溫現象，但是屏東站腹地較花蓮廣闊；此外，花蓮探空站位於中央山脈以東，因此對於日出時太陽輻射加熱地表發生的時間早於背山的屏東地區，因而該地近地層之輻射逆溫強度和持續時間都小於屏東地區。

##### (2) 屏東vs.綠島

屏東探空站與綠島探空站幾在同一緯度，然而屏東探空站位於中央山脈尾端西側之高屏平原中心，綠島則是中央山脈之東側小海島。綠島四季於2000公尺以下均以東北風爲主，而屏東地區在低層大氣在00UTC於1500公尺以下低層以東北風分量爲主，但到了12UTC時風向轉爲以偏南風分量爲主；同時綠島低層大氣1500公尺以下之風速均大於屏東地區。在春、秋、冬三季00UTC溫度剖面，屏東低層大氣溫度都高於綠島，最高可達1.3°C，12UTC則不明顯；我們認爲屏東清早的塵霾現象產生熱島效應，而且低層微弱風場並無法提供有效通風擴散機制，直到10:00am之後的海風環流建立才驅散近地面逆溫現象，綠島則無此種都市效應。

##### (3) 屏東vs.板橋

屏東距離板橋南方287公里處，兩者分別位於中央山脈以北之盆地以及中央山脈南段西側之屏東平原。板橋與屏東在溫度剖面均呈現南熱北冷之緯向差異(圖5)。四季的垂直可降水量均呈現屏東較板橋潮濕。近地面之風向方面，板橋偏東北東方向，而屏東則以北北東方向為主；近地面1000公尺以下板橋在秋、冬兩季500到1000公尺高度上均有強風軸之情況，而屏東則沒有這種情況。風速上，板橋低層大氣之風速均遠高於屏東地區(圖4)。

#### (4)板橋vs.馬公

板橋與馬公站的年平均及季平均風速剖面中均顯示近地面之強風軸現象(圖3)，馬公站發生於春、夏、秋三季低層200到500公尺，並且造成500到1000公尺之溫度遞減率較其他高度層小，水氣於200到300公尺高度層遞檢率亦較其他高度層小，甚至在冬季時發現有水氣均勻混合之現象。板橋站於夏、秋、冬三季500到1000公尺處發現有強風軸存在，春季在500到1000公尺處有一處風速垂直變化小之高度層，在此高度層下之風速迅速遞減，此高度層以上之風速向上遞增，而溫度剖面上並無如同馬公站溫度遞減率不同於其他高度層之現象(圖5)。馬公強風軸之風速較板橋高，並且強風軸發生之高度以馬公站較低(500公尺以下)，板橋低層強風軸則發生於500~1000公尺，應與地表粗糙程度有所關聯。

#### 4.3 逆溫層特性

本研究設定逆溫層之定義為「強度 $0.5^{\circ}\text{C}$ ，厚度50公尺以上」的溫度剖面高度層(但是濾除300公尺高度以下出現之地面逆溫)，來探討各測站年平均和季節平均的逆溫層出現高度和標準差。由表3可以發現，位於台灣海峽上之馬公站逆溫層發生高度除夏季高於綠島100公尺外，在各季當中均為全台最低，變化幅度(標準差/平均值)也高達0.57。板橋次之。屏東站之平均逆溫層發生高度在春季時略高於花蓮，而夏、秋兩季則略低於花蓮，且差距均在100公尺以內，而冬季則遠低於花蓮。綠島站除夏季逆溫層發生高度在各站中最低之外，其餘各季逆溫層最低高度均高於其他各站，和海峽內的馬公站大相逕庭。花蓮站的逆溫層高度變化幅度則是最小(0.40)。

## 五、總結與討論

本文首度以高解析度探空資料分析2003~2004兩年的台灣地區大氣剖面特徵，並針對季節和探空站的地理位置差異，加以整理與討論。在整層大氣

剖面特徵方面、全球標準大氣、中緯或是平均大氣剖面均不足用以代表台灣地區的剖面特徵。本文也分別針對屏東—綠島、屏東—板橋、屏東—花蓮、板橋—馬公進行低層大氣剖面特徵比較，來檢視中央山脈地形對於台灣四周低層大氣的影響程度。未來本研究將持續收集台灣地區各探空站原始探空探空資料，擴大探空氣候資料長度。這一資訊將可進一步用以研究台灣地區整層大氣氣候變化趨勢，亦可以和大氣環境污染議題之研究群交流使用，有助於釐清台灣各城市或郊區空氣污染的發展程度。

## 參考文獻

- 吳清吉、張隆男、簡文義，1994：西北台灣局部環流研究。國家科學委員會研究報告，NSC-83-0202-M0002-012，pp127。
- 洪逸文，1994：台北混合層高度之氣候研究。國立台灣師範大學碩士論文。pp91。
- 陳福來，1997：窺豹台灣百年地面與高空氣象觀測及儀器沿革。中華民國氣象學會年刊，38，5-25。
- 曾忠一，1997：氣象資料同化。渤海堂出版，台北市，pp594。
- 彭啓明，1994：台灣北部地區混合層高度的觀測與模擬。國立中央大學碩士論文，pp94。
- 劉廣英，葉文欽，張儀峰，1985：台灣區探空氣象因子量氣候參考值之分析。國家科學委員會研究報告，NSC-74-0202-M072-05，pp132。
- Holzworth, G. C., 1964: Estimates of mean mixing depths in the contiguous United States. *Mon. Wea. Rev.*, 92, 235-242.
- Seibert, P., F. Beyrich, S. E. Gryning, S. Joffre, A. Rasmussen and P. Tercier, 2000: Review and intercomparison of operational methods for the determination of the mixing height. *Atmos. Envi.*, 34, 1001-1027.

表1：台灣地區1000hPa-300hPa四季平均可降水量列表(單位：cm)。

	春	夏	秋	冬
本研究 (2002/12~2004/11)	4.37	5.69	4.42	2.73
劉等(1985) (1956~1981)	4.01	5.45	4.23	2.74

表2：台灣地區各探空測站不同季節、高度層可降水量，及各高度層可降水量佔100hPa高度以下可降水量之百分比。

測站	季節	固定高度層以下之可降水量				佔100hPa以下可降水量百分比		
		~1000m	~2000m	~3000m	~100hPa	~1000m	~2000m	~3000m
板橋	春	1.08	2.05	2.78	4.23	26%	48%	66%
	夏	1.53	2.81	3.7	5.58	27%	50%	66%
	秋	1.25	2.28	3.01	4.45	28%	51%	68%
	冬	0.76	1.39	1.85	2.73	28%	51%	68%
花蓮	春	1.13	2.16	2.91	4.38	26%	49%	66%
	夏	1.45	2.68	3.58	5.55	26%	48%	65%
	秋	1.11	2.16	2.92	4.3	26%	50%	68%
	冬	0.82	1.56	2.08	3.02	27%	52%	69%
馬公	春	1.3	2.33	3.1	4.54	29%	51%	68%
	夏	1.73	3.04	3.99	5.92	29%	51%	67%
	秋	1.4	2.4	3.12	4.38	32%	55%	71%
	冬	0.82	1.45	1.93	2.48	33%	58%	78%
屏東	春	1.4	2.52	3.3	4.68	30%	54%	71%
	夏	1.74	3.14	4.13	5.96	29%	53%	69%
	秋	1.48	2.68	3.47	4.71	32%	57%	74%
	冬	0.93	1.7	2.24	2.93	32%	58%	77%
綠島	春	1.08	2.2	2.98	4.29	25%	51%	69%
	夏	1.29	2.59	3.53	5.32	24%	49%	66%
	秋	1.07	2.19	2.97	4.59	23%	48%	65%
	冬	0.85	1.75	2.33	2.83	30%	62%	82%

表3：台灣地區各探空站兩年平均以及季節平均的逆溫層發生之平均高度與標準差(單位：公尺)。

測站	年平均 (標準差)	春	夏	秋	冬
板橋	1495 (606)	1283	1423	1784	1487
花蓮	1832 (658)	1424	1804	1936	2112
馬公	1340 (758)	1098	1382	1505	1333
屏東	1693 (754)	1497	1791	1855	1593
綠島	1719 (746)	1551	1282	1937	2466

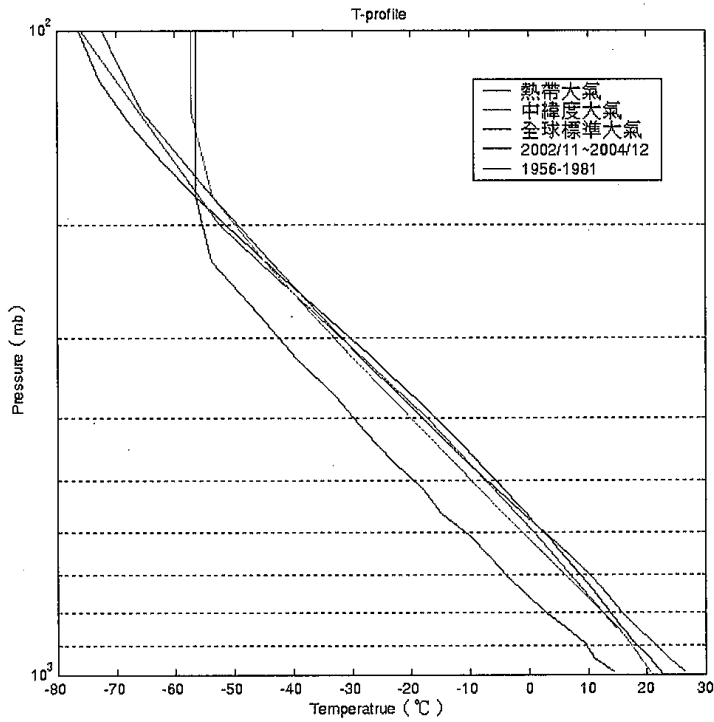


圖1：全球標準、熱帶平均、中緯度平均、台灣地區 (2002/11~2004/12、1956~1981年) 大氣垂直溫度剖面(1000-100 hPa)。

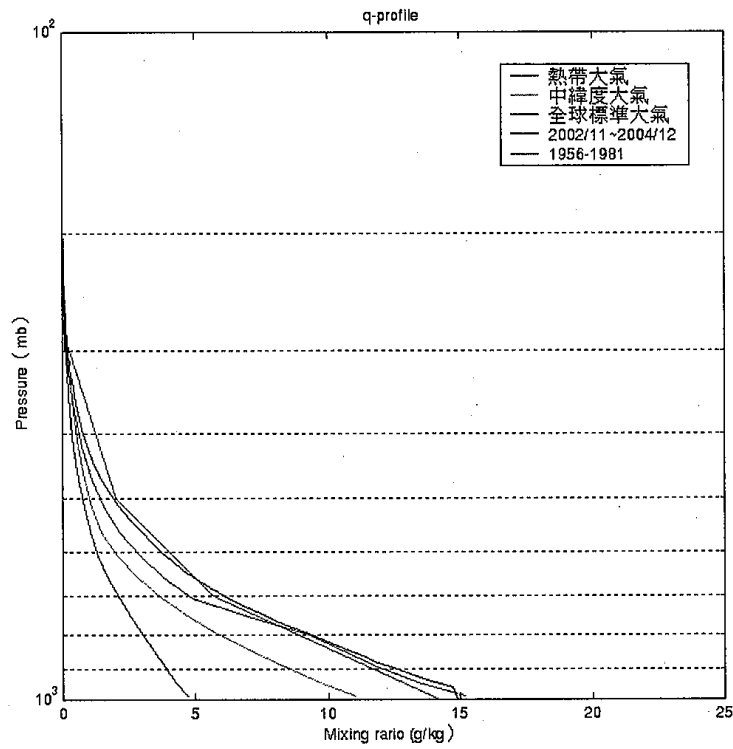


圖2：全球標準、熱帶平均、中緯度平均、台灣地區 (2002/11~2004/12、1956~1981年) 大氣垂直比濕剖面(1000-100 hPa)。

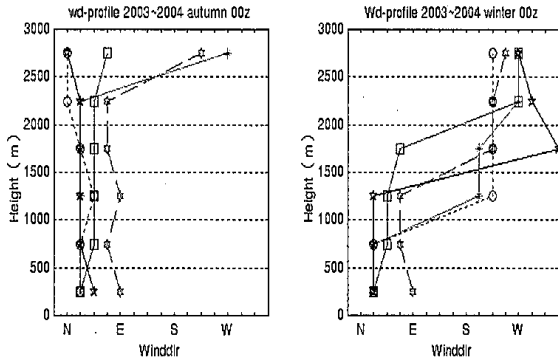
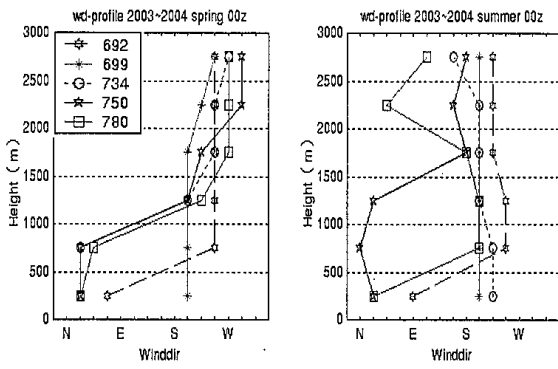


圖3：台灣地區低層大氣00UTC季平均風向剖面。

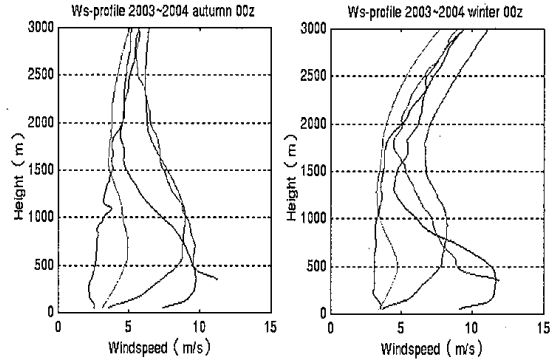
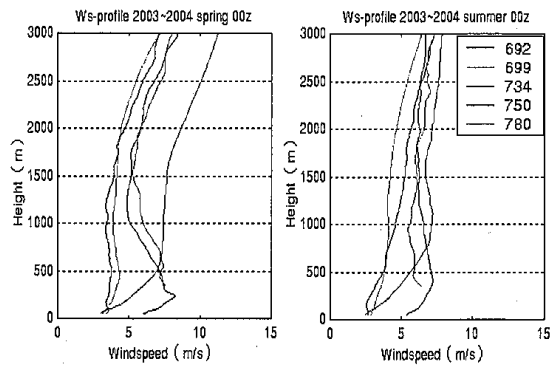


圖4：台灣地區低層大氣00UTC季平均風速剖面。

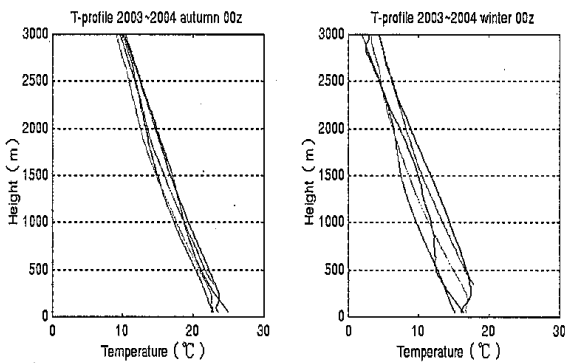
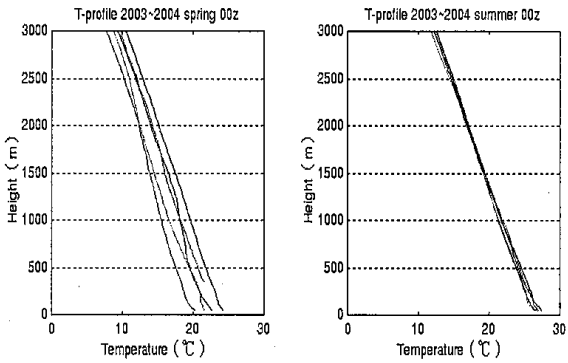


圖5：台灣地區低層大氣00UTC季平均溫度剖面。

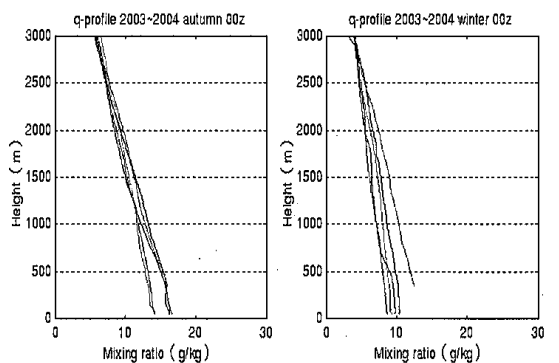
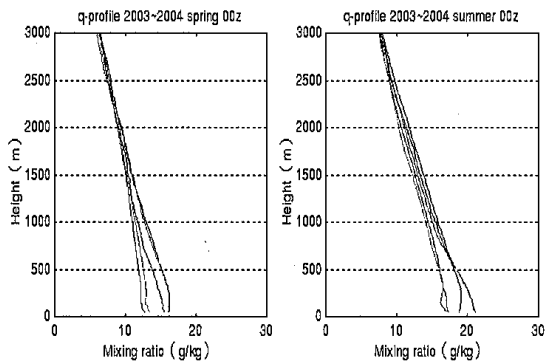


圖6：台灣地區低層大氣00UTC季平均濕度剖面。