



香港天文台

HONG KONG OBSERVATORY

Reprint 536

香港分區雨量的長期趨勢分析

梁延剛，李子祥，梁榮武，甄榮磊

第十八屆粵港澳氣象科技研討會，

中國，香港，2004年2月16-18日

香港分區雨量的長期趨勢分析

梁延剛 李子祥 梁榮武 甄榮磊

香港天文台

摘要

香港天文台利用香港雨量監測網絡在過去 50 年收集到的資料對香港不同地區之長期雨量趨勢作出分析。結果顯示香港的雨量普遍有上升趨勢，但幅度較年際變化為小。在香港境內，市區及其下游地區的雨量的上升速率較其他地區大。在過去 20 年，市區的雨量的上升速率亦比過去 30、40 及 50 年的大。

頻譜分析發現香港雨量具有一個約 4 年的週期。這週期變化相信與厄爾尼諾-南方濤動 (ENSO) 有關。大部份雨量站的雨量記錄亦顯示有約十年週期變化的情況。

城市化可能是其中一個引致香港雨量趨勢上升及出現區域雨量趨勢分佈不均的原因。城市熱島效應加強了對流活動的發展，而城市活動使空氣中懸浮粒子濃度增加，亦有助雨雲的形成及發展。

Long-term Trend Analyses of Regional Rainfall in Hong Kong

Y.K. Leung T.C. Lee W.M. Leung E.W.L. Ginn

Hong Kong Observatory

Abstract

The long-term rainfall trends in different regions of Hong Kong over the past 50 years were analysed using the rainfall data collected from the Hong Kong Observatory's rainfall monitoring network. Results show that the rainfall over Hong Kong was generally on a rising trend, but the magnitudes of the trends were small compared with inter-annual variations. The rate of increase was generally larger for regions over and downstream of the urban canopy in Hong Kong. In the past 20 years, the rate of increase near the urban areas was also larger than that of the past 30, 40 and 50 years.

Spectral analysis reveals that the rainfall in Hong Kong also exhibited a periodic cycle of about 4 years. This periodic variation is related to the strength of El-Nino Southern Oscillation (ENSO) events. Decadal variation was also evidenced in rainfall records of most stations.

Urbanization is one of the possible causes accounting for the rainfall rising trend and its regional variation in Hong Kong. The urban heat island effect enhances convective activity and the increase in concentration of suspended particulates from urban activities also favours the formation and development of rain-bearing clouds.

香港分區雨量的長期趨勢分析

梁延剛 李子祥 梁榮武 甄榮磊

香港天文台

1. 引言

香港地窄山多，三面環海，市區和個別市鎮人口稠密及高樓大？林立，與周圍人煙稀少的郊區形成強烈的對比。本文利用香港雨量監測網絡在過去 50 年收集到的資料對香港不同地區之長期雨量趨勢及週期變化作出分析，以評估城市化對香港分區雨量的影響。

2. 數據來源及處理

香港的雨量監測網絡是由有觀測員管理的雨量站及遙感自動雨量站所組成。由觀測員管理的雨量站在 1950 年代初期開始在香港各區設立，最初約有 50 個，在 80 年代曾增加至約 120 個。香港在 1983 年起陸續設立遙感自動雨量站，提供即時雨量資料。自動雨量觀測在過去 20 年已發展為香港主要的雨量監測工具，而部份觀測員管理的雨量站亦已逐步被自動雨量站所取代。香港的雨量監測網絡經過逾 50 年的變遷，現存至今擁有 40 及 50 年雨量記錄的雨量站分別有 23 及 14 個。它們部份是由 1950 年代一直沿用至今的觀測員管理雨量站，亦有一些是在 80 或 90 年代由觀測員管理轉為自動化的雨量站。有關這 23 個雨量站的背景資料及位置可參考表 1 及圖 1。

本研究利用了上述的 23 個雨量站在 1953 至 2002 年間所錄得的月雨量資料來計算年雨量。在詳細分析之前，先對少部份不完整的雨量記錄整理及修補，以提高數據的完整性。

本文參考了文獻[1-3]，採用了以下的雨量修補方法：

- (a) 找出該月內日雨量不完整的日期，然後以附近兩至三個雨量站在那些日期之完整日雨量的平均數代替。經修補的日雨量加上其餘完整日雨量的總和便是該月的調整月雨量；或
- (b) 基於該雨量站與附近參考站過去月雨量資料的統計相關系數(回歸系數必需超過 0.9)，以參考站在該月之完整月雨量推算該站的調整月雨量；或
- (c) 以附近兩至三個雨量站在該月之完整月雨量的平均數代替該站的月雨量。

採用上述三種方法之優先次序分別是方法(a)、方法(b)及方法(c)。憑這些方法估計出來的調整月雨量會再與香港該月份的雨量分佈圖比較，以確定該地點的調整雨量值和附近地區之月雨量分佈相符。

3. 分析方法

計算及測試長期趨勢的統計方法有很多，包括參數化方法如線性迴歸和 t-測試及非參數化方法如 Mann-Kendall 測試等(文獻[4-5])。本文採用文獻[4]內所使用的線性迴歸方法，以最小二乘法求取迴歸線，以迴歸線的斜率作為趨勢的量值，並利用雙尾 t-測試檢驗趨勢是否達 5% 顯著水平。測試所用的 t 統計量為

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

當中 r 為相關系數，n 為數據點的數目。

在分析雨量的週期變化方面，先計算各站相對於 1961 至 1990 年 30 年平均的雨量距平，然後繪畫雨量距平的時間序列並加上五年滑動平均距平線以方便顯示週期變化。同時，亦對在各站錄得的雨量進行了頻譜分析以展示主要週期。

4. 結果與討論

香港各雨量站在過去 50 年(1953-2002)的長期雨量趨勢分析結果列於表 2。各站的年雨量均呈上升的趨勢，這發現與華南地區的雨量有上升趨勢的結果相符(文獻[6])。一般來說，市區及新市鎮如元朗的上升幅度與郊區及離島如沙頭角、長洲及橫瀾島等有很大的差異，趨勢由最小的長洲每 10 年上升 2 毫米至市區的每 10 年上升超過 100 毫米。華南地區的上升幅度則介乎每 10 年 20 至 60 毫米(文獻[6])。值得注意的是，部份地區的趨勢在統計學上未達 5% 顯著水平，這與那些地區的雨量有較大的年際變化有關。

圖 2(a)至(c)顯示部份雨量站在 1953 至 2002 年期間的雨量距平時間序列。可以看出，各雨量站均有較一致的週期變化。五年的滑動平均距平線顯示在 60 年代及在 80 年代後期至 90 年代初期，年雨量大致具有負距平的特性，但在 70 年代及 90 年代初期至 2002 年則呈正距平。而中國全國平均雨量在過去 50 年亦有出現類似的約 10 年乾濕交替週期(文獻[7])。

頻譜分析結果(圖 3(a)至(c))顯示雨量普遍有約 3 至 4 年的短週期及 8 至 12 年的較長週期峰值。3 至 4 年的週期與厄爾尼諾現象出現的週期相符。過去的研究(文獻[8])指出，香港的年雨量與厄爾尼諾-南方濤動(ENSO)的強度有

關，在強厄爾尼諾首年，雨量普遍較正常為高。而 8 至 12 年的週期有可能與太陽黑子活動或太平洋十年間濤動(Pacific Decadal Oscillation)有關。

圖 4(a)至(d)分別顯示在過去 50 年(1953-2002)、40 年(1963-2002)、30 年(1973-2002)及 20 年(1983-2002)的分區雨量趨勢分佈。無論是 50、40、30 或 20 年，各站錄得的年雨量均有上升的趨勢(圖 4(c)及(d)的離島站除外)。上升的幅度在過去 20 年或 40 年都普遍較 30 年及 50 年的大，這跟第 4 節第 2 段討論的年雨量有約 10 年的年際變化有關。香港的降雨由 80 年代的負距平轉至 90 年代的明顯正距平解釋了過去 20 年大部份地區雨量上升趨勢比其他時期高出很多。而中國南部近 20 年的雨量上升趨勢亦顯示出同樣的特徵(見圖 5)。

迅速的城市化可能是引致香港在過去 50 年雨量上升的主要原因。另外一個原因可能是全球變暖，但不在本文探討範圍之內。雖然學術界就城市化對降水的影響存在不少爭論，但多數人認為城市化有令市區及其下風方向雨量增多的效應(圖 6)，這現象稱為雨島效應(文獻[9-13])。

城市雨島效應的成因大致有下列三種：

- (a) 城市熱島環流：由於城市熱島效應，在市區形成一個弱低壓中心，氣流上升，郊區近地面的空氣流入市區。市區上升的空氣當到達一定的高度後流向郊區，在郊區下沉，形成熱島環流。在上海、北京等大城市曾觀測得熱島環流的存在(文獻[9]);
- (b) 城市下墊面阻障效應：城市下墊面較粗糙，對移動的降雨系統產生阻障

效應，令系統移動較緩慢，延長市區下雨的時間(文獻[11])。在上海，個案研究顯示一些降雨的系統如靜止鋒在市區移動較慢，令市區的降雨較郊區多(文獻[13]);

- (c) 城市空氣凝結核多：市區空氣中的塵埃和其他吸濕性凝結核一般較多，促進雨雲的形成及發展。

上述的雨島效應可能是導致香港分區出現雨量趨勢分佈異同的原因之一。過去的研究顯示香港跟其他大城市一樣，具有城市熱島效應(文獻[14]、[15])，在無風及少雲的冬季(12月至2月)日子，市區與郊區的夜間溫差可達8°C或以上(文獻[16])。而繁忙的城市活動亦有助產生凝結核，促進雨雲形成。

香港的雨季一般出現在4月至10月，而在這段期間的降雨大多是由對流所產生，在這些情況下大氣低中層850及700百帕斯卡主要是吹西南風(圖7)。由圖4可知，香港在市區及下風方向地區的雨量上升趨勢一般較上風方向為大，這與文獻[17]內以1952至2000年間之雨量圖估計出來的雨量趨勢結果大致相若。無論是50年、40年、30年抑或是20年，在上風方向的大嶼山石壁水塘、長洲及橫瀾島，雨量上升的趨勢都較其他地區小。

5. 結論

香港各區的雨量在過去50年、40年、30年及20年均大致呈上升趨勢，跟華南地區在過去50年有上升趨勢相符。在市區及下風方向地區的上升趨勢比上風方向的大。除有上升趨勢外，香港的雨量亦明顯具有約4年及10年的週期變化。4年的週期變化與厄爾尼諾-南方濤動(ENSO)有關。在60年代及在

80 年代後期至 90 年代初期，年雨量呈負距平，但在 70 年代及 90 年代初期至 2002 年則相反呈正距平。

城市化可能是主要引致香港雨量趨勢上升及出現區域雨量趨勢分佈不均的原因。城市熱島效應加強了對流活動的發展，城市下墊面阻障效應延長了下雨時間，而城市活動產生的凝結核，亦有助雨雲的形成及發展。

參考文獻

- [1] Wiesner C.J., 1970, “*Hydrometeorology*”, Chapman and Hall Ltd, London.
- [2] Kwan, W.K. and B.Y. Lee, 1984, 30-year Mean Rainfall in Hong Kong 1953-1982, *Hong Kong Observatory Technical Note* No. **70**.
- [3] Ng, M.C. and K. P. Wong, 1996, 30-year Mean Rainfall in Hong Kong 1961-1990, *Hong Kong Observatory Technical Note* No. **88**
- [4] Easterling, D.R., B. Horton, P.D. Jones, T.C. Peterson, T.R. Karl, D.E. Parker, M.J. Salinger, V. Razuvayev, N. Plummer, P. Jamason, C.K. Folland, 1997, “Maximum and Minimum Temperature Trends for the Globe”, *Science*, **277**, 364-367.
- [5] Qian, Y. and F. Giorgi, 2000, “Regional climatic effects of anthropogenic aerosols? The case of Southwestern China”, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 3521-3524.
- [6] 秦大河主編，丁一匯、張錦、徐影、宋亞芳編著，2003，“氣候系統的演變及其預測”，氣象出版社，北京。
- [7] 秦大河主編，王馥棠、趙宗慈、王石立、劉文泉編著，2003，“氣候變化對農業生態的影響”，氣象出版社，北京。
- [8] Chang W.L. and K.H. Yeung, 2003, “Seasonal Forecasting for Hong Kong – A Pilot Study”, *Hong Kong Observatory Technical Note* No. **104**, Hong Kong Observatory.
- [9] 秦大河主編，李愛貞、劉厚鳳、張桂芹編著，2003，“氣候系統變化與

人類活動”，氣象出版社，北京。

- [10] 黃增明、梁建茵、吳艷標、萬齊林編著，1994，“廣州城市氣候”，氣象出版社，北京。
- [11] Shepherd J.M., H. Pierce, A.J. Negri, 2002, “Rainfall Modification by Major Urban Areas: Observations from Spaceborne Rain Radar on the TRMM Satellite”, *J. Appl. Meteor.*, **41**: 689-701.
- [12] Dixon, P.G. and T.L. Mote, 2003, “Patterns and Causes of Atlanta’s Urban Heat Island – Initiated Precipitation”, *J. Appl. Meteor.*, **42**: 1273-1284.
- [13] Chow S.D., 1986, “Some aspects of the urban climate of Shanghai”, Proceedings of the technical conference organized by the World Meteorological Organization and co-sponsored by the World Health Organization, Mexico D.F., 26-30 November 1984, 87-109..
- [14] Stanhill G. and J.D. Kalma, 1995, “Solar dimming and urban heating at Hong Kong”, *Int. J. Climatol.*, **15**, 933-941.
- [15] Leung Y.K., K.H. Yeung, E.W.L. Ginn and W.M. Leung, 2004, “Climate Change in Hong Kong”, *Hong Kong Observatory Technical Note* (to be published), Hong Kong Observatory.
- [16] Leung, Y.K. and S.K. Ng, 1997, “Regional Temperature Variations in Winter of Hong Kong”, *Hong Kong Observatory Technical Note (Local) No. 72*, Hong Kong Observatory.
- [17] Sun, H.W. and N.C. Evans, 2002, “Comparative Risk Indicators & Possible Climate Change Trends in Hong Kong and Implications for the Slope Safety System”, *Geotechnical Engineering Office Report No. 128*.

表 1 本文使用的 23 個雨量站的編號、名稱及服務年期對照表

雨量站 編號	雨量站名稱	觀測員管理 雨量站服務年期	自動雨量站 服務年期
1	香港天文台	1884-2002	
3	橫瀾島	1947-1992	1989-2002
7	大潭篤水塘	1947-2002	
10	香港仔下水塘	1947-2002	
11	薄扶林水塘	1947-2002	
12	城門水塘	1947-2002	
216(16)	石梨貝配水庫 (九龍副水塘)	1951-2002	
17	元朗濾水廠	1948-2000	1984-2002
24	跑馬地馬場	1953-2002	
26	沙頭角	1950-1996	1984-2002
27	西貢(三育中學)	1953-1991	1985-2002
28	京士柏氣象站	1953-2002	
31	青山農場	1953-2002	
34	長洲氣象站	1953-1992	1992-2002
51	生力啤酒廠	1954-1995	1984-2002
52	川龍郊野公園管理站	1954-2002	
58	大龍農場	1955-2002	
65	凹頭魚場	1961-2002	
68	石壁水塘	1958-2002	
75	大埔滘郊野公園管理站	1958-2002	
77	大老山氣象雷達站	1959-2002	
82	獅子會自然教育中心	1961-2002	1984-2002
84	深水灣哥爾夫球場	1961-2002	

註:如觀測員管理雨量站及自動雨量站同時全在,由觀測員管理雨量站錄得的雨量數據會被優先採用。

表 2 香港各雨量站的雨量趨勢(1953-2002)

雨量站編號	雨量站名稱	每十年趨勢
1	香港天文台	101 毫米*
3	橫瀾島	51 毫米
7	大潭篤水塘	99 毫米
10	香港仔下水塘	105 毫米*
11	薄扶林水塘	85 毫米
12	城門水塘	98 毫米
216(16)	石梨貝配水庫 (九龍副水塘)	170 毫米*
17	元朗濾水廠	124 毫米*
24	跑馬地馬場	111 毫米*
26	沙頭角	14 毫米
27	西貢(三育中學)	75 毫米
28	京士柏氣象站	99 毫米*
31	青山農場	93 毫米*
34	長洲氣象站	2 毫米

* 趨勢在統計學上達 5% 顯著水平

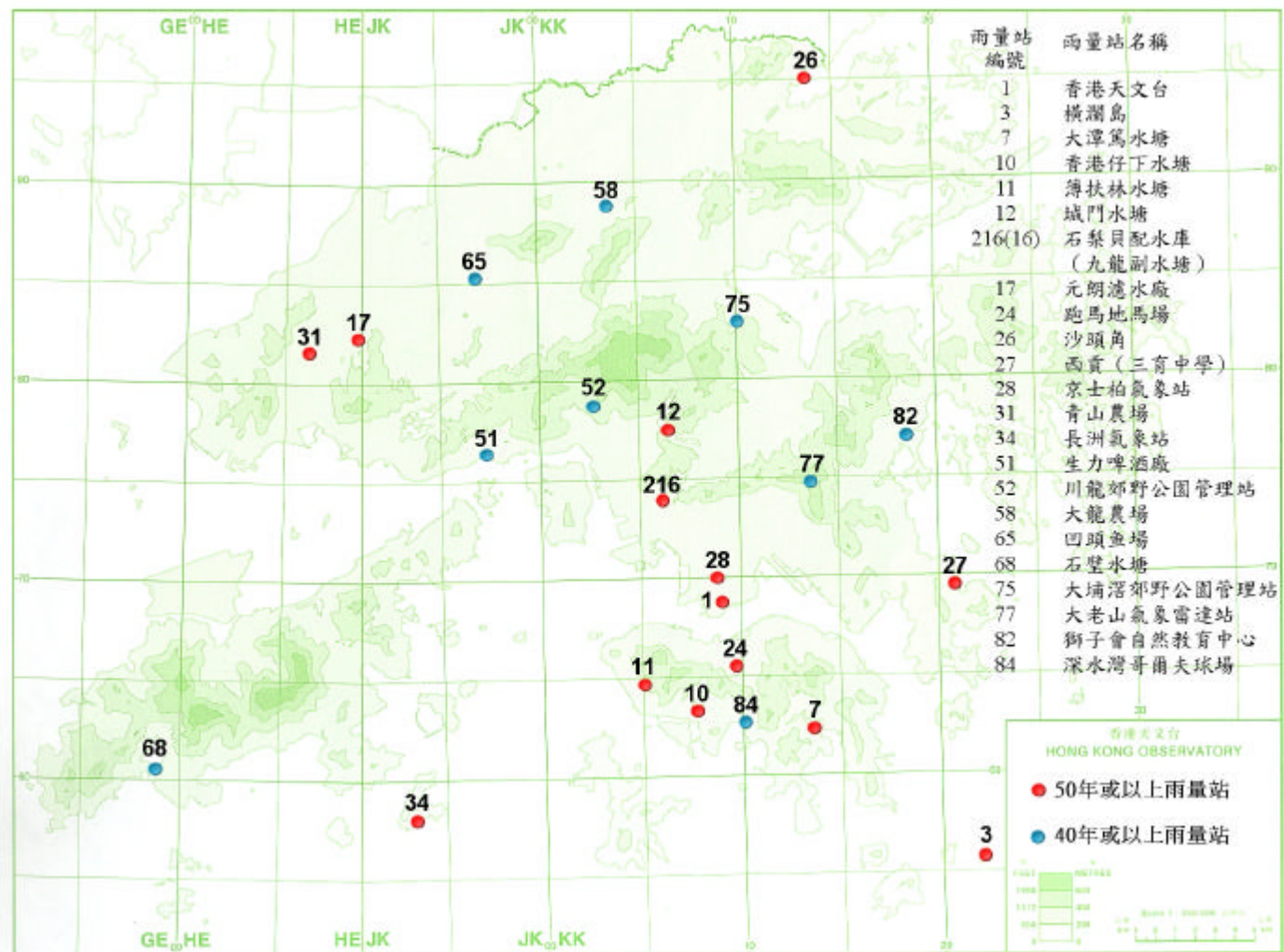


圖 1 本文使用的 23 個雨量站的位置

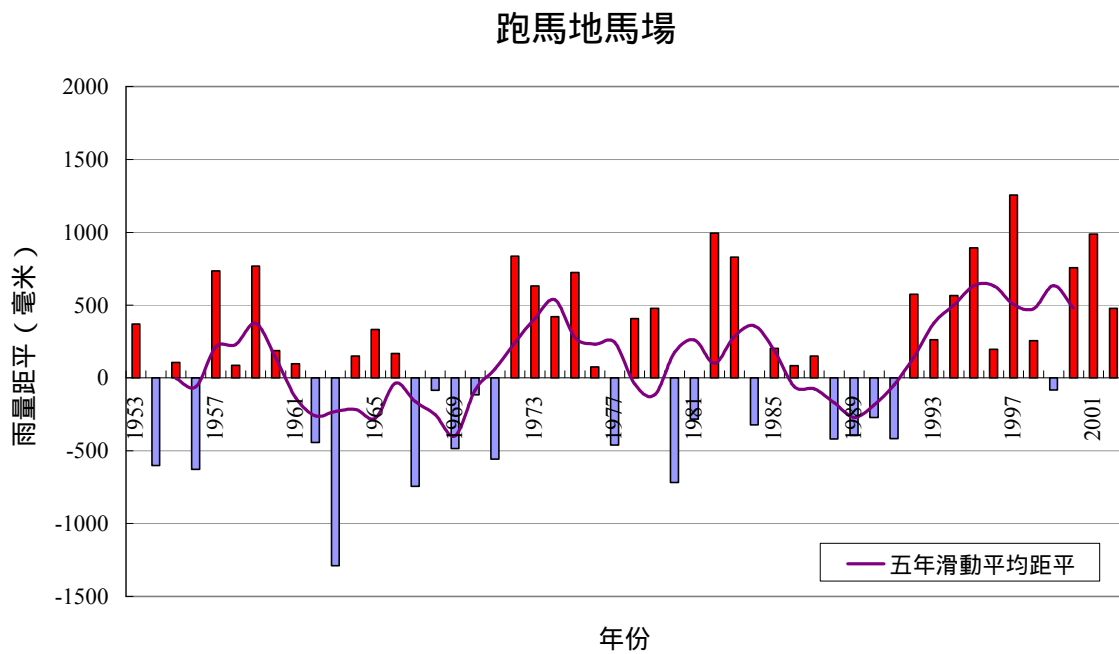
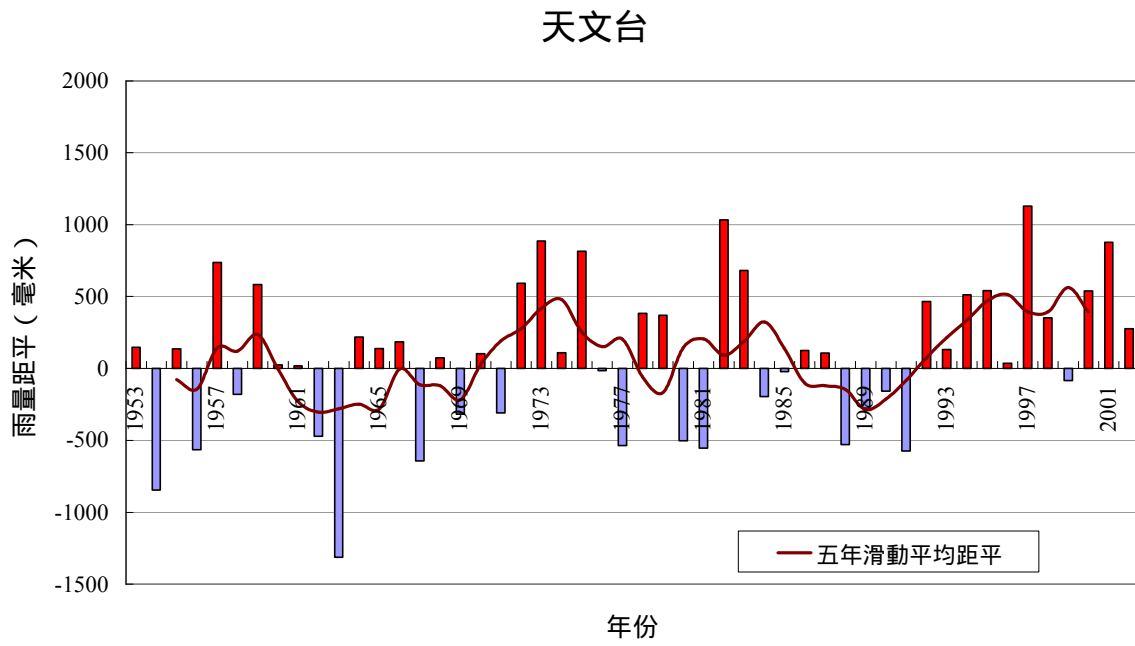
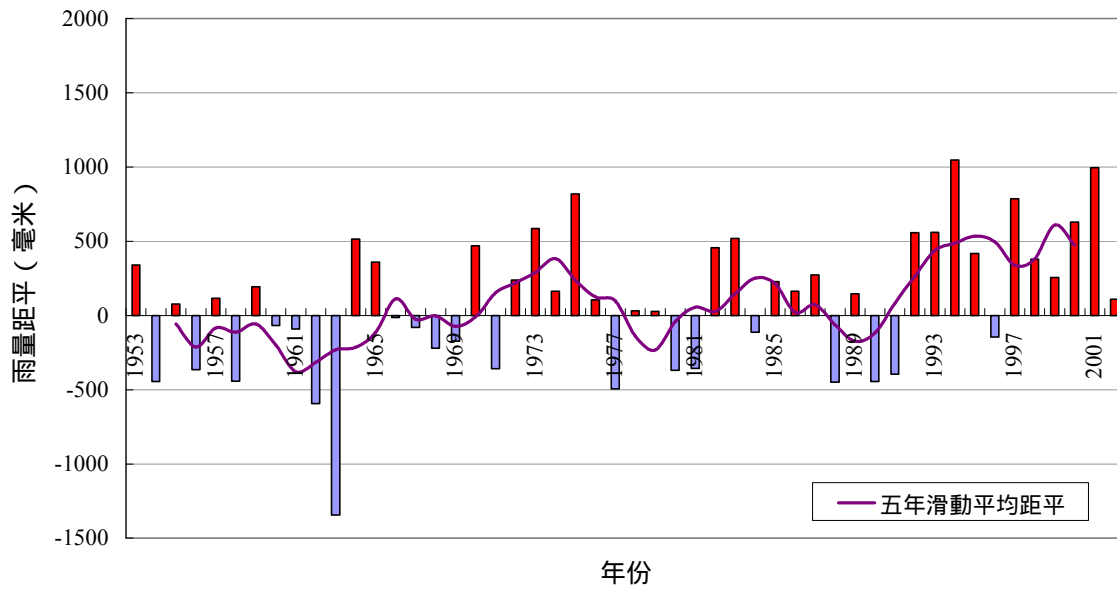


圖 2(a) 香港天文台(站號 1)及跑馬地馬場(站號 24)的年雨量距平時序列 (1953-2002)

元朗濾水廠



城門水塘

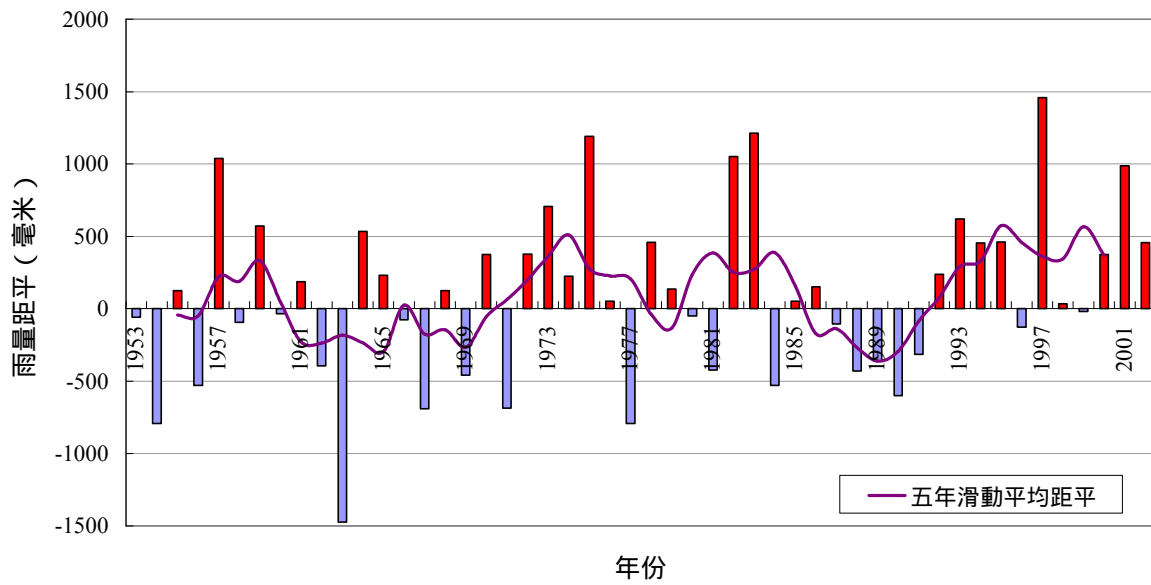
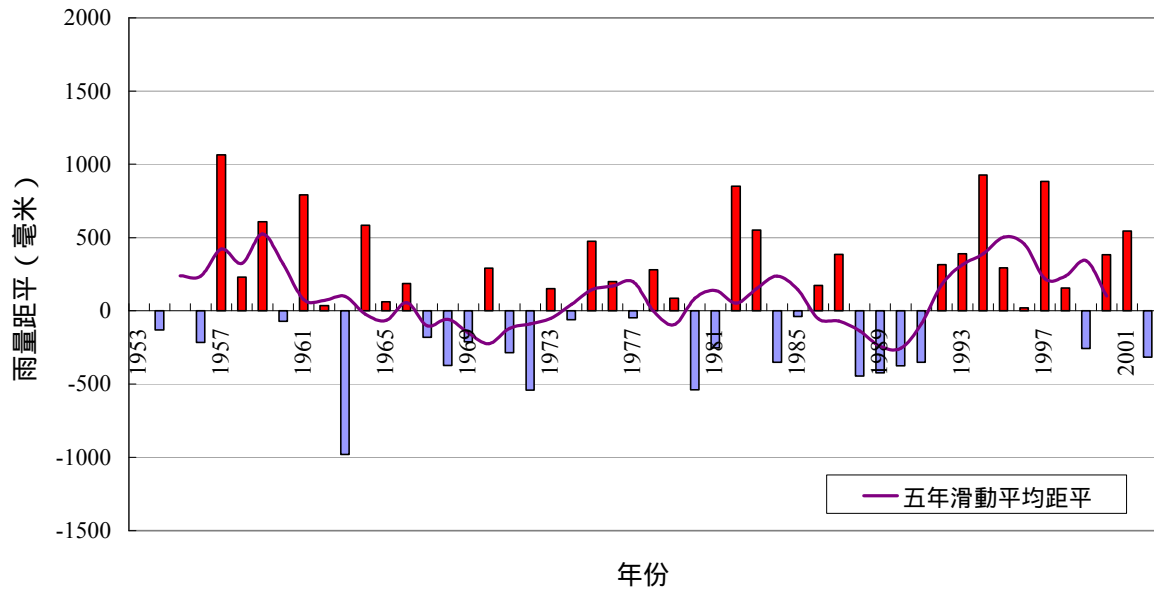


圖 2(b) 元朗濾水廠(站號 17)及城門水塘(站號 12)的年雨量距平時序列 (1953-2002)

沙頭角



橫瀾島

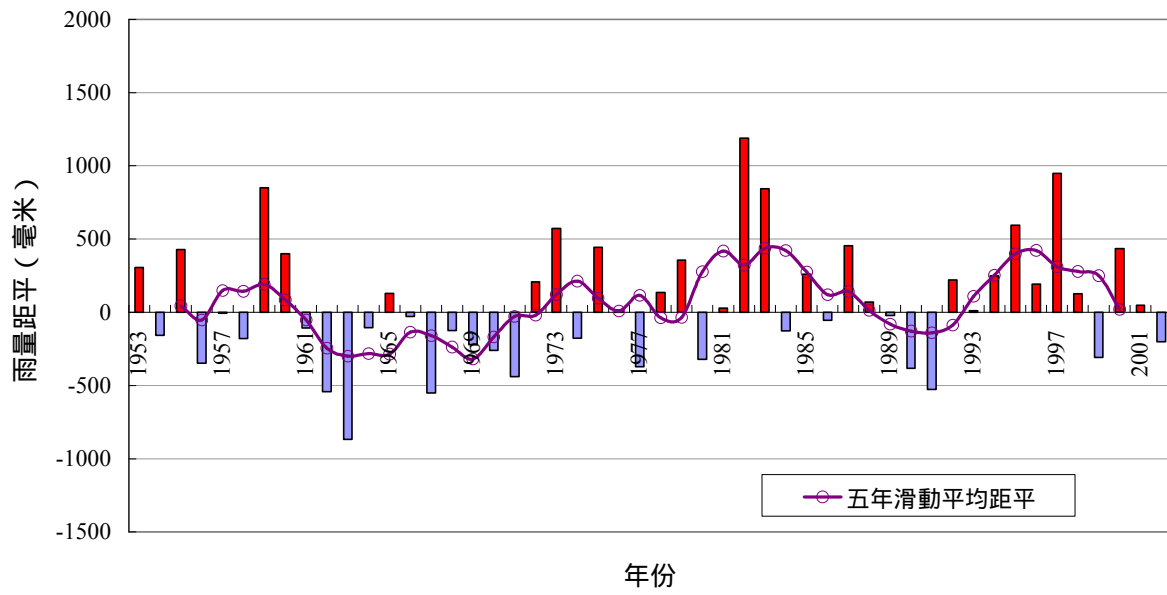


圖 2(c) 沙頭角(站號 26)及橫瀾島(站號 3)的雨量距平時序(1953-2002)

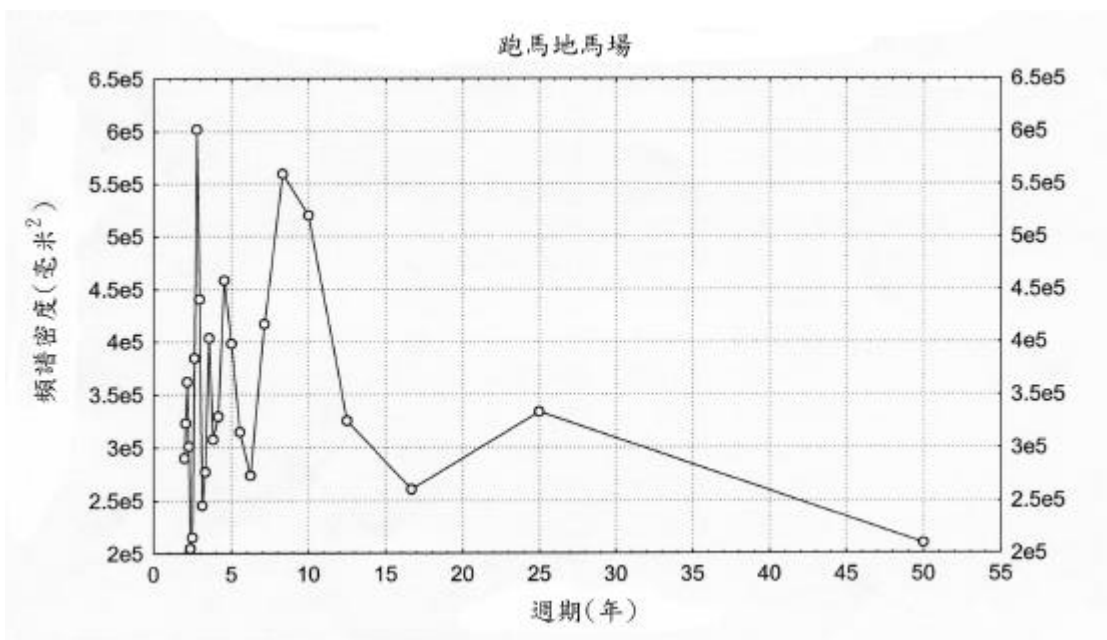
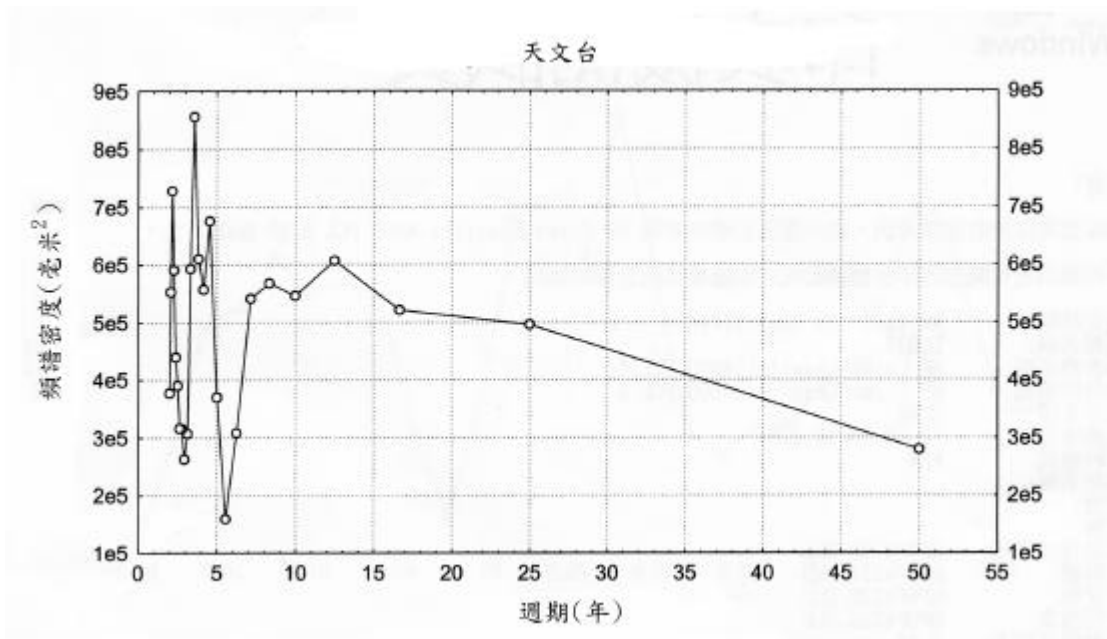


圖 3(a) 香港天文台(站號 1)及跑馬地馬場(站號 24)的雨量頻譜分析結果 (1953-2002)

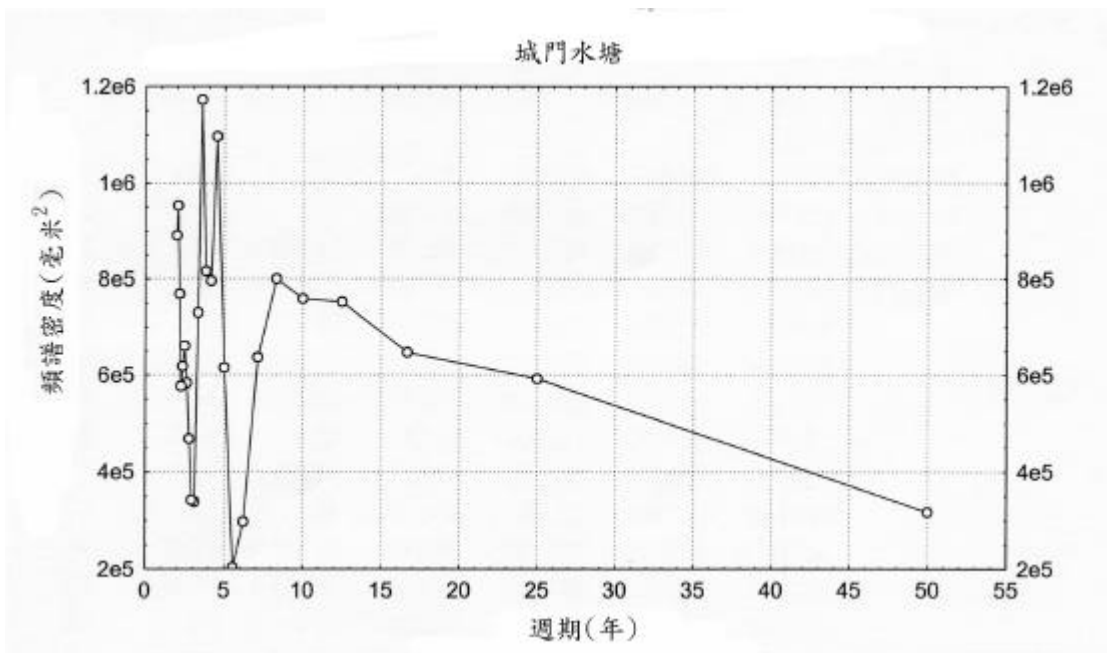
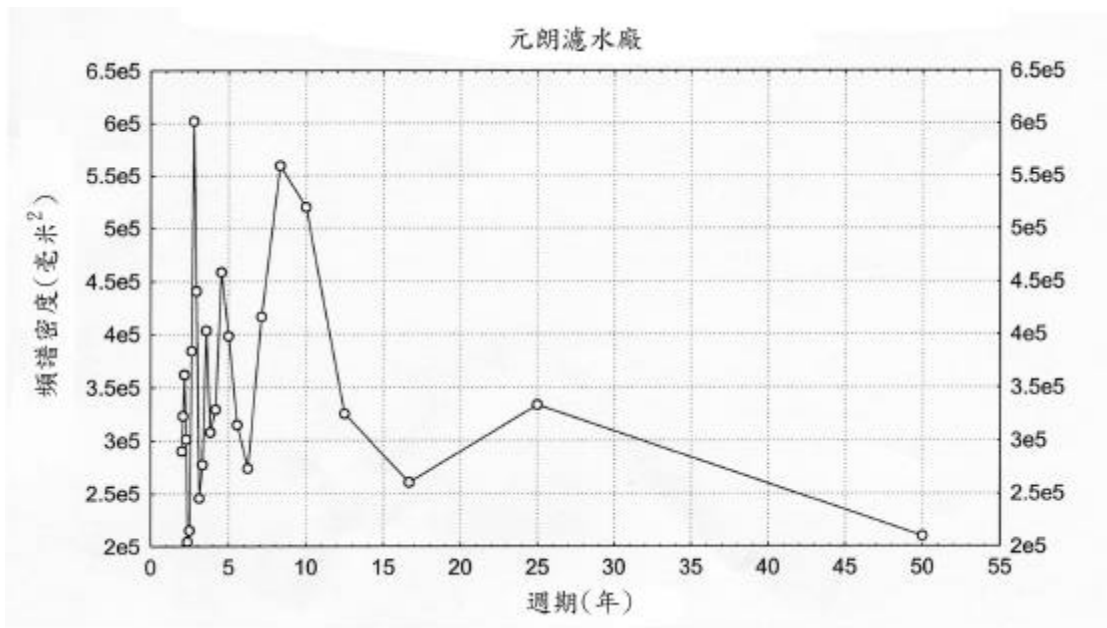


圖 3(b) 元朗濾水廠(站號 17)及城門水塘(站號 12)的雨量頻譜分析結果 (1953-2002)

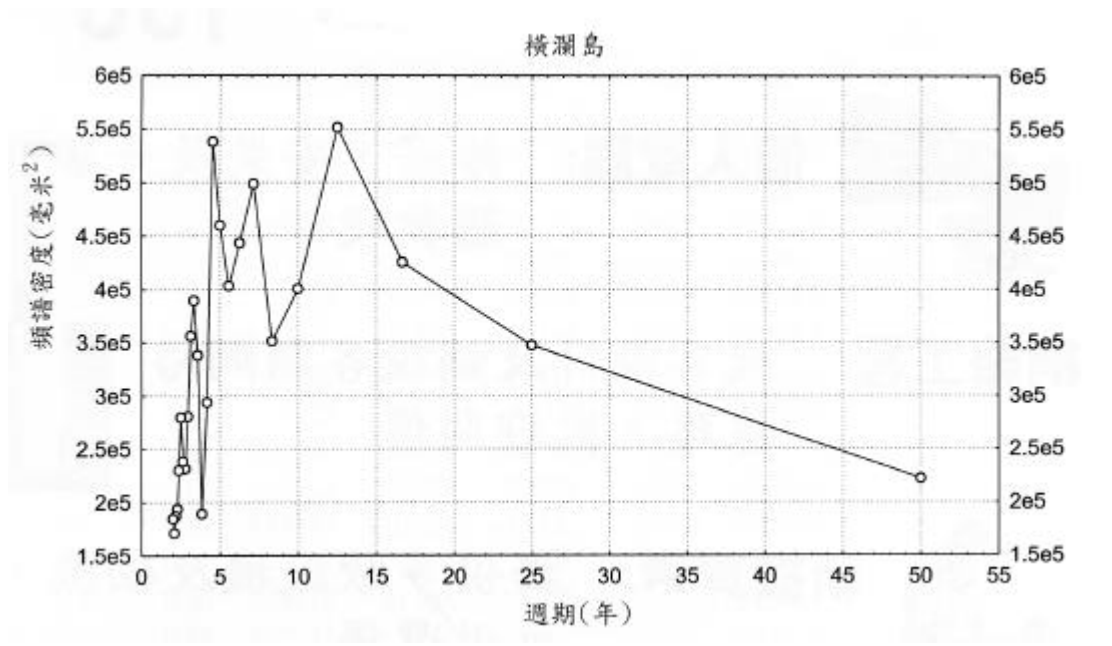
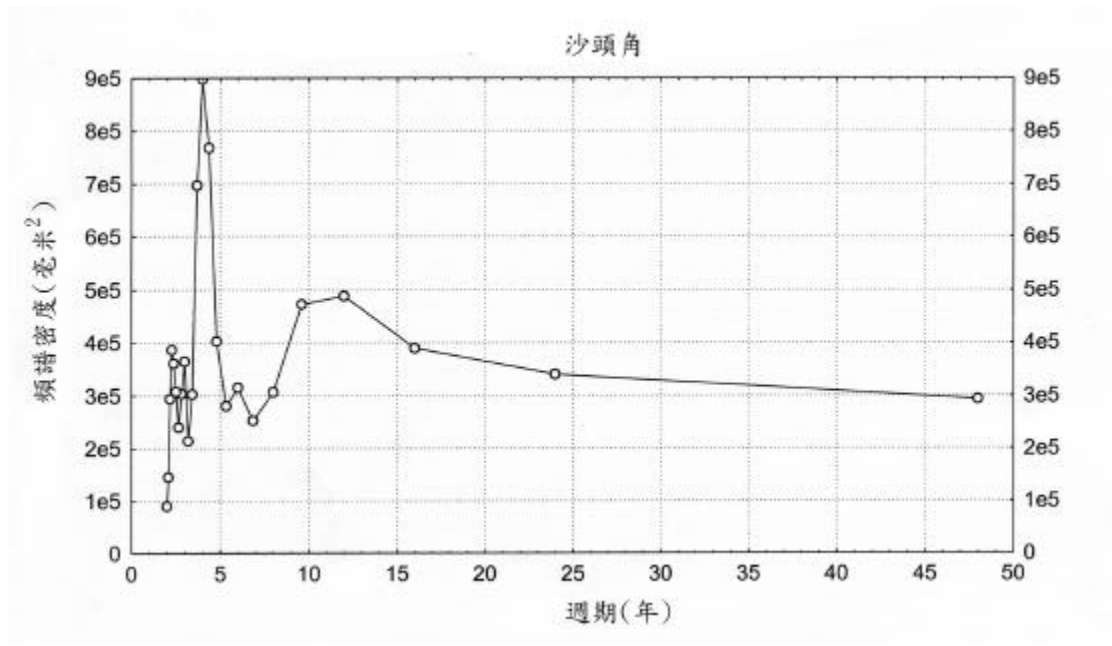
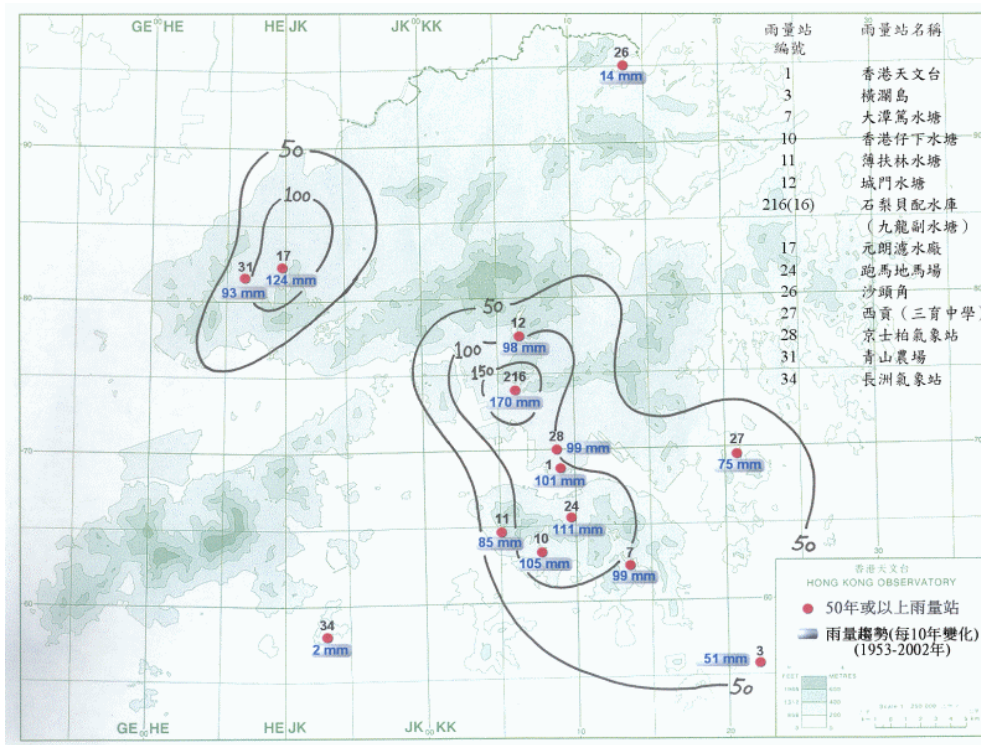
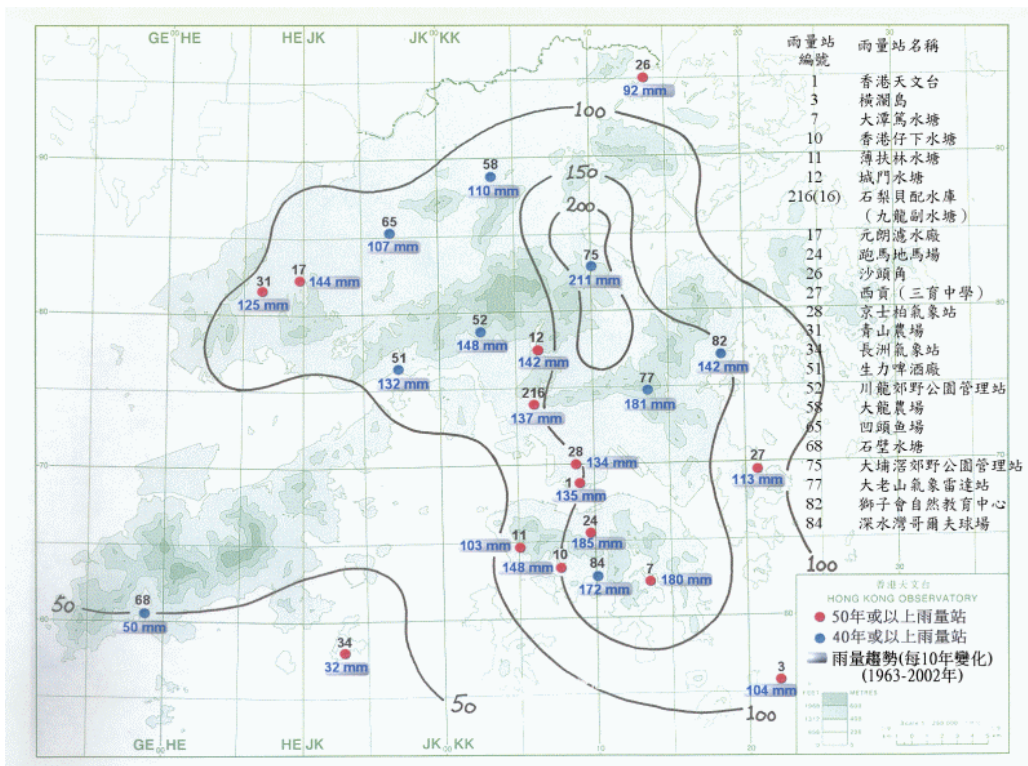


圖 3(c) 沙頭角(站號 26)及橫瀾島(站號 3)的雨量頻譜分析結果(1953-2002)

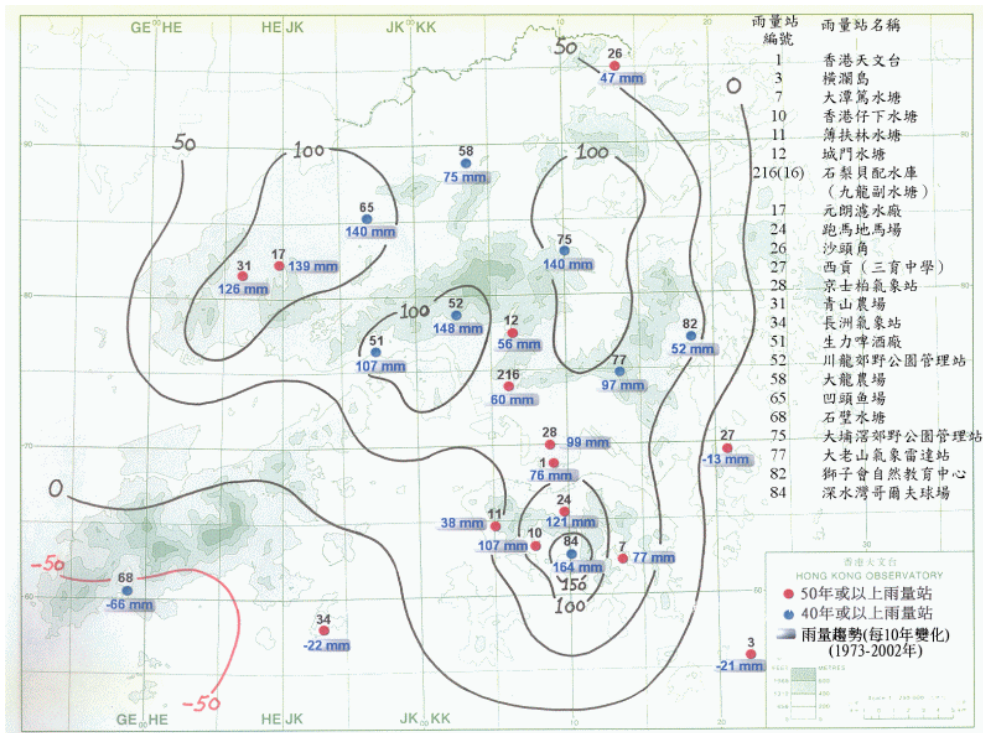


(a) 50年(1953-2002)

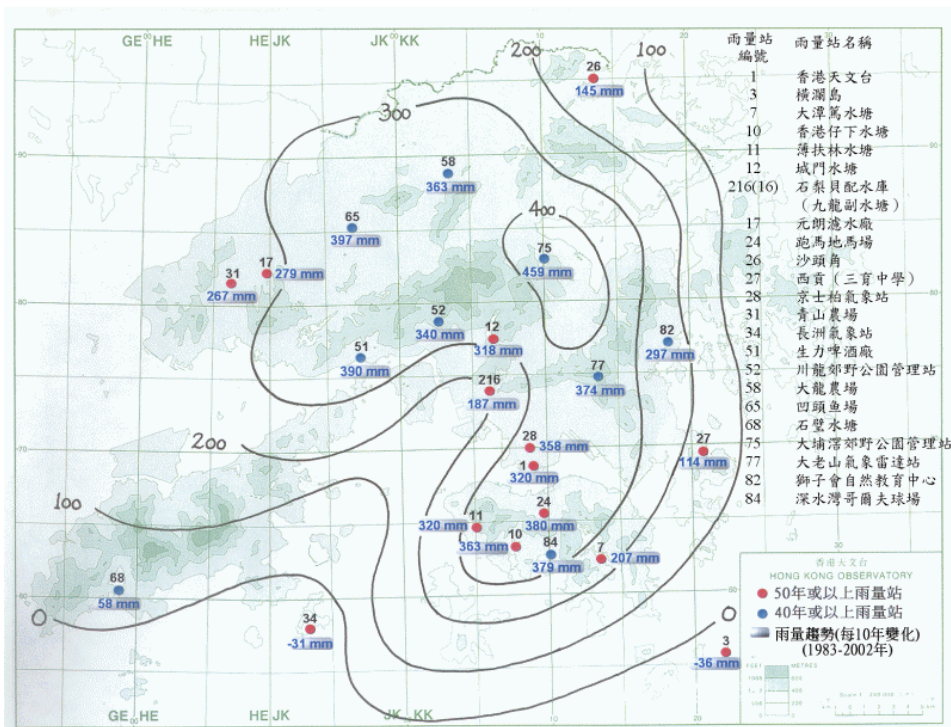


(b) 40年(1963-2002)

圖 4(a)及(b)分別是香港在過去 50 年及 40 年的分區雨量趨勢分佈(圖中數字顯示趨勢的量值，正號代表上升，負號代表下降，單位為毫米/每 10 年)



(c) 30年(1973-2002)



(d) 20年(1983-2002)

圖 4(c)及(d)分別是香港在過去 30 年及 20 年的分區雨量趨勢分佈(圖中數字顯示趨勢的量值，正號代表上升，負號代表下降，單位為毫米/每 10 年)

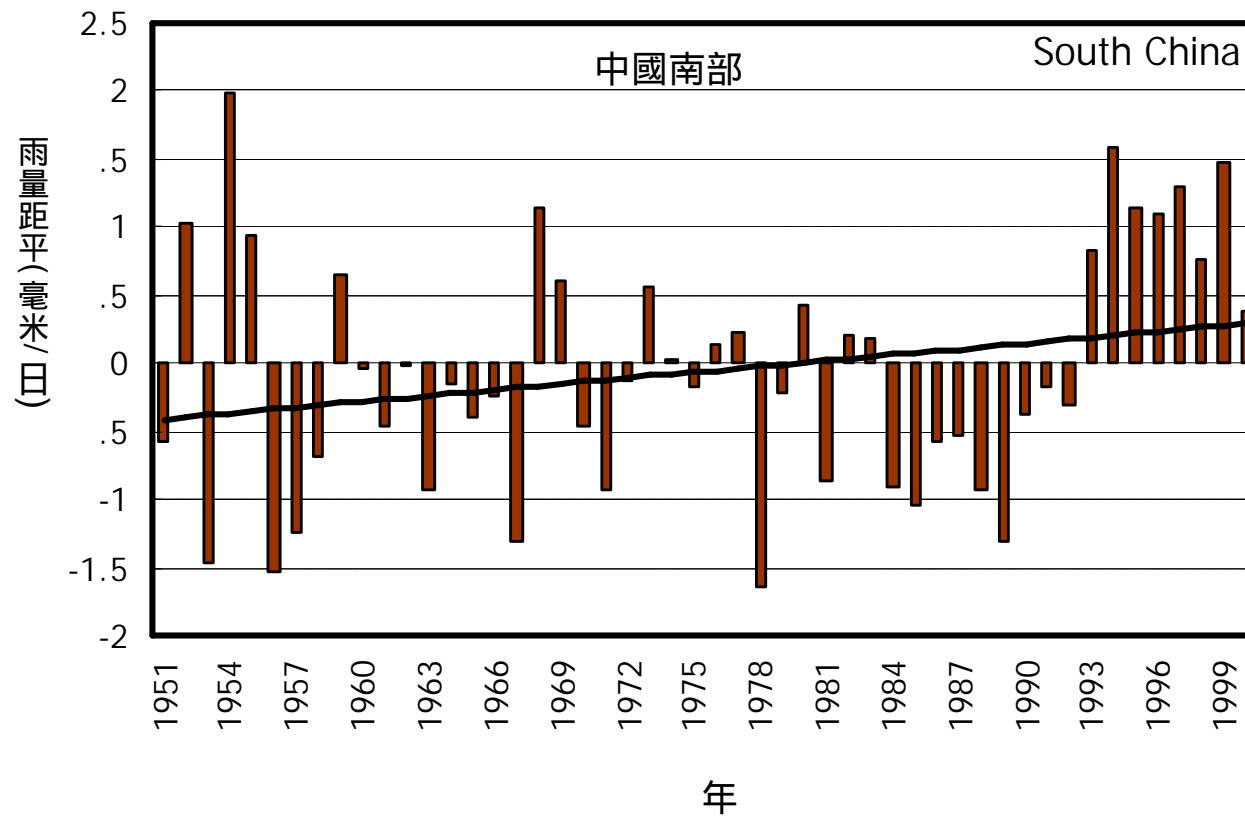


圖 5 1951-2000 年中國南部(東經 107.5-122 度,北緯 22-32 度)平均雨量距平時時間序列 (資料來源:丁一匯教授)

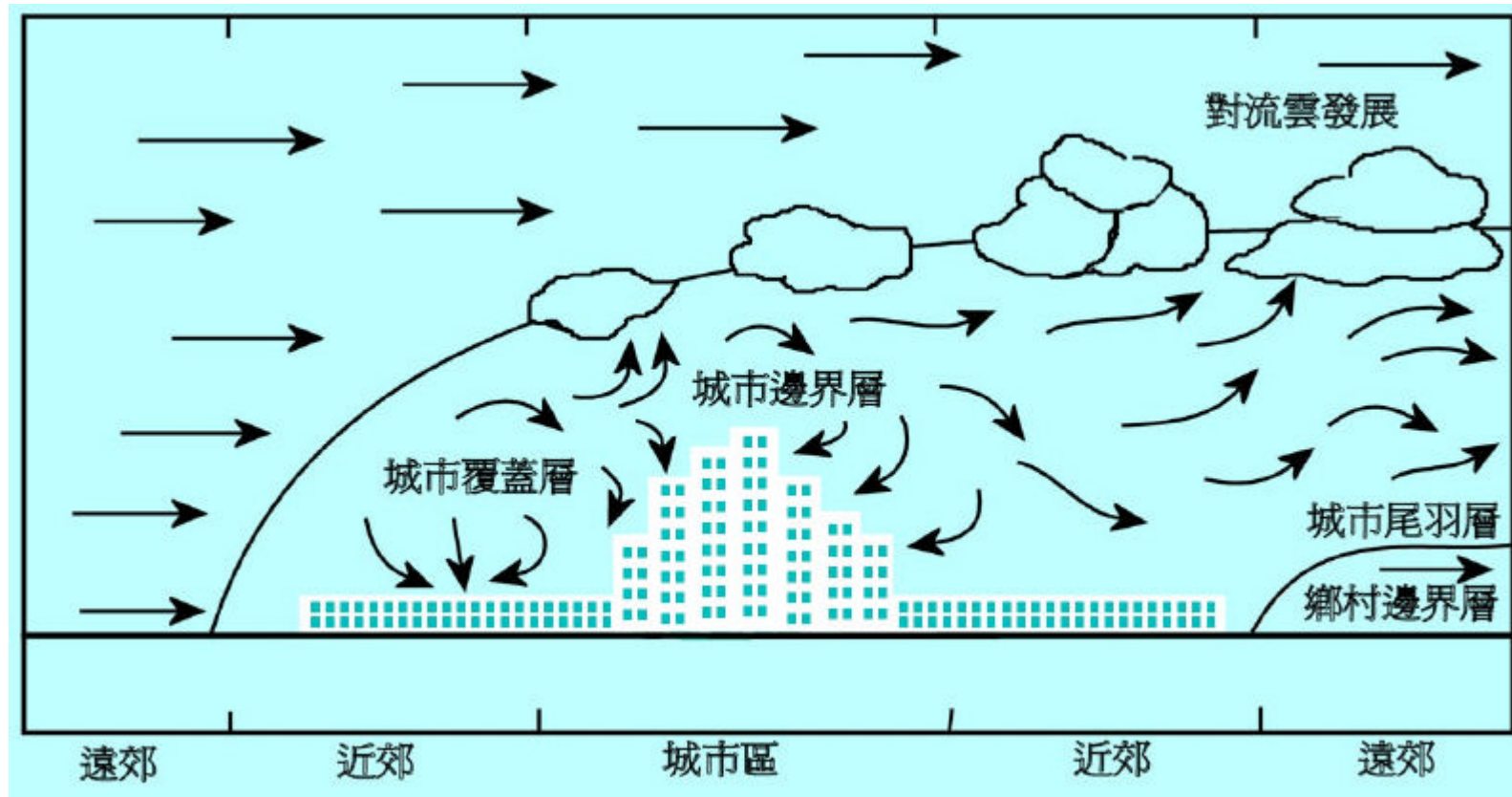


圖 6 城市大氣分層示意圖(節錄自文獻[8])

(a) 850 百帕斯卡

(b) 700 百帕斯卡

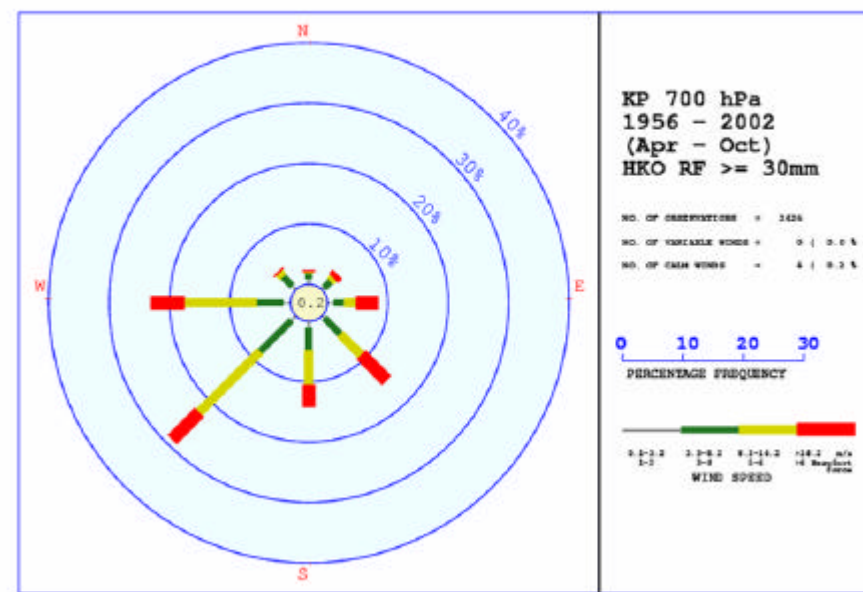
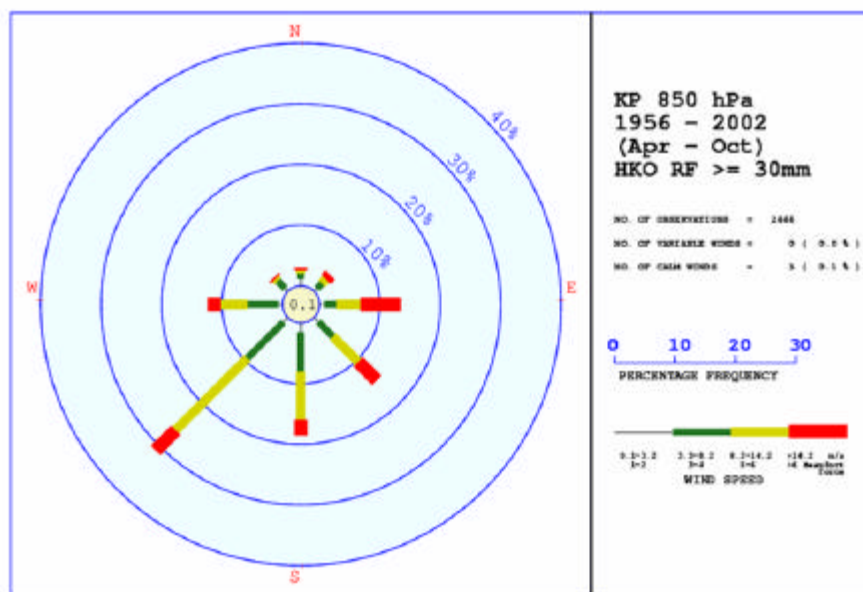


圖 7 由 1956 至 2002 年，在 4 月至 10 月期間天文台日雨量相等於或超過 30 毫米的日子裏由京士柏氣象站探空錄得的香港上空 (a) 850 及 (b) 700 百帕斯卡的風玫瑰圖