

翡翠水庫集水區的測站降水之特性分析

郭勉之¹ 林松錦^{1,2} 李清勝^{1,3}

1.國家災害防救科技中心 2.國立中央大學大氣物理研究所 3.國立台灣大學大氣科學研究所

摘要

翡翠水庫集水區月累積降水的年內差異並無顯著乾濕季節之分。春季累積降水約佔全年降水總量之 16%，成為集水區在梅雨季節和颱風季節之外的重要雨期。集水區降水和水庫入流量的關係相當直接，但水庫出流量及水庫水位和降水的線性關係較微弱。降水量和各水文變量的延遲自我相關係數或互相關係數，均隨延時的增加而急劇減小。在年際變化部分，各季節的月降水量均呈現相當幅度的年際差異。使用標準化月降水距平值，並輔以 quartiles 值作為門檻，可清楚表現 2001 年以來的少雨事件之持續性和短缺幅度。並且翡翠水庫集水區平均降水，和北台灣及全台平均降水呈現相當一致的年際變化特性。

關鍵詞：翡翠水庫集水區、測站降水、年際變化

一、前言

翡翠水庫位於新店溪支流北勢溪上，是北台灣的重要水源供應來源。水庫集水區面積 303 平方公里，涵蓋台北縣坪林鄉，雙溪鄉，石碇鄉和新店市等地區。近年的北台灣持續性乾旱事件廣受矚目，也嚴峻考驗政府的水資源管理政策。由於旱災的防範需要長遠的水資源管理，而在枯水期或枯水年時期，水庫成為最重要的水源供給者。因此針對特定水庫研發季節降水預報技術，便成為相當重要的研究議題。本文分析翡翠水庫集水區的測站降水氣候特性和其年際變化，並討論降水和水庫入、出流量及水庫水位等水文特性的關係，作為後續研發季節降水預報之參考。

二、研究方法

本文分析近 1988-2003 年的水庫集水區雨量站之日、候、旬和月累積降水資料，所用的自動雨量站為翡翠(L1A790)、碧湖(L1A800)、九芎根(L1A810)、十三股(L1A820)、坪林(L1A830)和太平(L1A840)。各測站的月、日累積降水和集水區 6 個測站平均值的散佈圖(圖一)顯示，集水區區域平均值和各測站之間大致呈現線性關係，但其對太平站有比較明顯的低估現象。分析各站日降水量的時間序列(圖略)發現降水事件的發生時間相當一致，但太平站在秋冬季節常出現較大降水量。整體而言區域平均值相當具有代表性，本文以集水區平均值作為代表，說明集水區降水的氣候特性和年際差異特性。此外，文中使用 1988-2003 年的水庫入、出流量和水庫水位等水文資料，均為翡翠水庫管理局所統計的水庫平均值。

三、結果討論

3.1 集水區降水和水文變量的氣候特性

顯示集水區平均降水和水庫入流量在各時間尺度均呈現良好的線性正相關(圖二 a)；但集水區平均降水和水庫出流量的線性相關相對而言較小(圖略)，此由水庫入、出流量的散佈圖也可看出(圖二 b)。至於水庫水位和水庫入、出流量之間則無清楚的線性相關(圖二 c、d)。

圖三分析集水區降水和水文的月際變化特性。月累積降水和水庫入流量呈現相當一致的季節變化特性，夏季降水為主要雨期。進一步比較月降水量，在冬春季節和梅雨季節，各月月降水量約為主要雨期的 50%，佔有相當比例。因此集水區降水的並無顯著的乾濕季節之分，在枯水期(11-4 月)的各月平均佔其年總量約 5-7%，豐水期(5-10 月)則約為 10-15%。春季(2-4 月)累積降水約佔全年

降水總量之 16%，可視為梅雨季節和颱風季節之外的重要雨期。此外，春季季節累積降水量的標準偏差值，約為其氣候平均值的 40%，並與歷史最乾年(2002)的量值相近，顯示春季降水具有相當大的年際差異。

水庫出流量雖然呈現相似的季節變化，但其在枯(豐)水期大(小)於入流量，顯示水庫在枯水期供水量高於其進水量的特性。所幸在豐水期可有較大進水量，因此水庫水位可在豐水期逐漸回升至其氣候位置。此外，在豐水期或南勢溪水量充足的情況下，水庫供水量將會較小，此水庫操作的規則將有助於維持水庫水位。

圖四為降水和水文特性的旬際變化，顯示在較短的時間尺度下，降水和水庫入流量還是維持良好關係，而水庫出流量的增加通常落後水庫入流量約一旬。在枯水期，水庫入流量平均維持微幅小於水庫出流量的變化特性。整體而言，旬際變化也顯示了月際變化所表現的季節差異特性。

就水庫操作和管理的觀點而言，除了夏季降水量之外，冬春季節的降水是否足夠，也對水庫水位的維持相當重要。而水庫出流量的人為操作過程，便成為其和降水量或入流量的線性關係較微弱的主要因素。接著分析月、旬、候和日等不同時間尺度下，降水量和各水文變量的延遲自我相關(圖五)，討論透過變量本身在不同延時的持續性對未來進行推估的可能性。結果顯示，除了水庫水位之外，其餘各變量在延時大於 1 個單位時間後，線性相關係數便急劇減小。在月的時間尺度，延時約 10-12 各月出現相關係數微幅增加現象，表現了前文所述的季節變化特性。然而由其相關係數僅約 0.15 可知，氣候平均值所呈現的季節變化趨勢，必然存在相當程度的年際差異。由於此處是對所有時間進行延遲自我相關，後續將分別對不同季節進行分析，討論各季節降水量的持續特性和其可預報度。

圖六為水庫入流量和其他變量的延遲互相關係數。在日時間尺度，水庫入流量和前 5 天內的降水量之線性相關較高，隨延時之減小而增加，在同時相關達最大。水庫入流

量和出流量的同時相關僅約 0.60，隨延時增加而減小，並在 10 天左右出現較大互相關係數。目前並不清楚此較大互相關係數出現的可能原因，推測進一步區分季節來討論有助於釐清此現象。在月時間尺度的部份，前數月的降水量和水庫入流量也呈現較大線性相關，隨延時之增加明顯減小，在延時約 10-15 個月左右出現兩者互相關係數微幅增加現象。最主要的原因應是兩變數具有相似的季節變化趨勢。在較長的時間尺度，水庫入、出流量的變化相對而言較一致，因此兩者的延遲互相關係數和水庫入流量的延遲自我相關相當接近，表現出自然的季節變化趨勢。至於水庫水位和前一個月的水庫入流量有最大互相關係數，並和水庫入流量的延遲自相關之間存在相位差。此和前文的月際變化之氣候特性所述可相互對應，即水庫水位的變化相當程度取決於入流量和出流量是否取得平衡。最後，各測站降水量和水庫入流量的個別延遲互相關呈現一些差異，但整體而言均表現相似的季節變化特性。顯示集水區內的各測站雖然表現局地的時空差異特性，在月際或季節性變化上仍然具有高度一致性。

綜合以上分析可推測，相較於候或旬的時間尺度而言，對集水區內各測站或對集水區平均雨量進行月/季節降水預報的可行性應較高。由於不同季節的降雨機制有所不同，而某些測站比其他測站對天氣、季風或綜觀環流的變化更為敏感。後續研究在找尋各季節降水的可靠預報因子時，或許可以考慮加強這些測站的權重。

3.2 集水區降水和水文變量的年際差異

圖七為集水區平均降水和各水文變量的時間序列。月降水量和水庫入流量的一致性相當良好，尤其是在夏季(主要雨期)或極端降水事件發生的月份。水庫出流量則多半在降水量和水庫入流量的高峰期前後呈現增加現象，在枯水期水庫水位下降時際，也是水庫出流量明顯高於水庫入流量的時期。以上現象說明在颱風季節，因應颱風所可能帶來的較大降水量的水庫操作特性。

整體而言，水庫水位在此 16 年間的長期

變化趨勢相當穩定，和氣候平均值所表現的季節變化趨勢相似。但在 2001 年以後顯著降低並維持超過一年，清楚反映了近年的北台灣持續性乾旱現象。分析月降水量和水庫月入流量的 Box-plots(圖八)發現，多數月份的極小值均發生在 2002 年或 2003 年，可知此一持續性乾旱事件的幅度為近 16 年來之最。由各月的四分位距(Interquartile Range)可知，主要雨期的降水量年際差異相當明顯，遠大於冬春季節。雖然 8-10 月的 lower quartile (25% 序位) 的降水值高於冬春季節的 upper quartile (75% 序位)，然而也必須注意其極小值也明顯低於冬春季節的氣候平均值。在極端異常的年份，夏季降水遠遠小於其氣候平均值，將對水資源管理造成重大衝擊。例如 8 月和 9 月的降水極小值發生在 1993 年，所對應的水庫入流量也是歷年來最小。由圖七也可發現當年度的水庫水位在下半年並未回到氣候平均值，而是維持較低水位直到下一年度的豐水期來臨。至於在冬春季節的月份，月降水量的極端值也造成其標準偏差值和氣候平均值幅度相當，因此在這些季節中降水量的變化幅度也相當明顯，成為發展月/季節預報的重要障礙。

為了說明近年的少雨現象，並考量各月年際變化幅度不同，因此對月降水距平值做標準化處理，並分別以各月的標準化降水距平值的 upper quartile (75% 序位) 和 lower quartile (25% 序位) 作為門檻值，定義乾月和濕月。由圖九可清楚發現 2001 年以來，標準化月降水距平值持續為負的現象，並且其幅度均為近 16 年少見的紀錄。

由於翡翠水庫集水區的自動雨量站紀錄均僅 16 年，在分析年際變化或氣候特性時，可能會不具有統計顯著性。因此需要尋求有代表性的 proxy，以便因應後續對集水區進行季節降水預報技術研發的需求。在氣象局局屬測站中，以北台灣的鞍部、竹子湖和宜蘭等 3 站的氣候平均月累積降水之季節變化趨勢和翡翠水庫集水區平均降水最為相似(圖十)，各站對集水區平均降水的標準化月降水距平值散佈圖也顯示良好的線性正相關，尤以負距平值的關係更為清楚。

對北部氣象局局屬測站平均和全島平均做相同於圖九的處理，結果顯示非常相似的年際變化(圖十一)。除了 2001 年以後的持續性少雨現象之外，三組資料在 1990 年代前後期均呈現相似變化特性：前期具有約 2 年的乾濕交替特性，後期轉為平均偏濕趨勢。

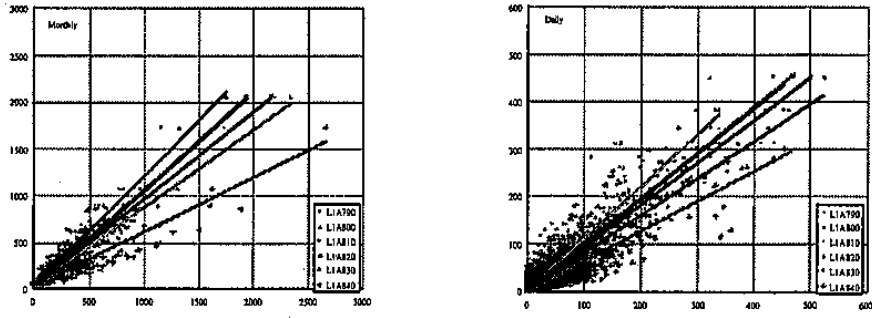
四、結論和討論

翡翠水庫集水區內測站降水的時空分布相當均勻，可使用集水區區域平均降水量作為代表，討論氣候特性和年際變化。

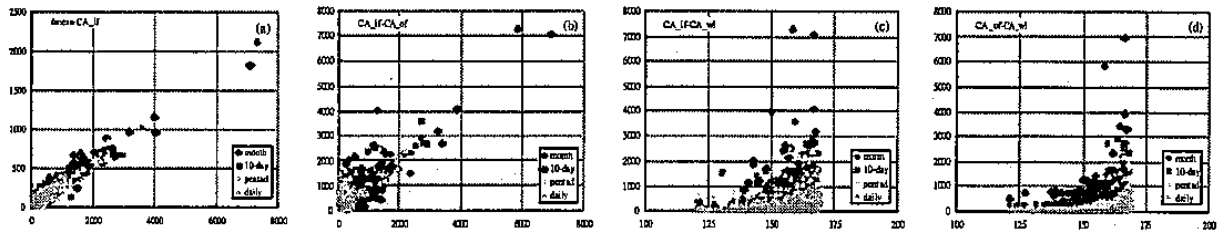
翡翠水庫集水區月累積降水的年內差異並無顯著乾濕季節之分。春季累積降水約佔全年降水總量之 16%，成為集水區在梅雨季節和颱風季節之外的重要雨期。集水區降水和水庫入流量的關係相當直接，只是水庫操作的人為因素較大，因此水庫出流量及水庫水位和降水的線性關係較微弱。但水庫水位的維持正常和水庫操作和管理，均和降水的年際差異息息相關，因此集水區的中長期降水預報在水資源管理上相當重要。

此外，降水量和各水文變量(水庫水位除外)的延遲自我相關係數或互相關係數，均隨延時的增加而急劇減小，表示各變量的持續性不大。僅在季節變化趨勢部分表現出較大相關。推測使用全時距的資料進行延遲相關分析，可能會降低相關性，因此後續將區分不同季節再加以討論。

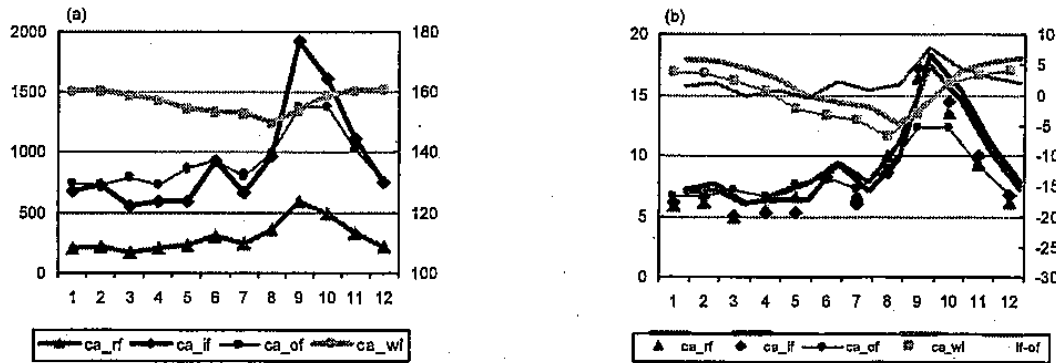
在年際變化部分，集水區各季節的月降水量均呈現相當幅度的年際差異。在發展月/季節預報技術時，必須對此不確定性詳加討論，釐清其中具有較大可預報度的訊號。最後，使用標準化月降水距平值，並輔以 quartiles 值作為門檻，可以清楚表現 2001 年以來的少雨事件之持續性和短缺幅度。並且翡翠水庫集水區平均降水，和北台灣及全台平均降水呈現相當一致的年際變化特性。因此，2001 年以來的北台灣持續性偏乾事件，並非局部地區的現象。因應翡翠水庫集水區測站降水紀錄長度不足的問題，使用這些紀錄較長的局屬測站降水資料，對翡翠水庫集水區降水量求取複迴歸係數，以進行降尺度預報應為可行方案。



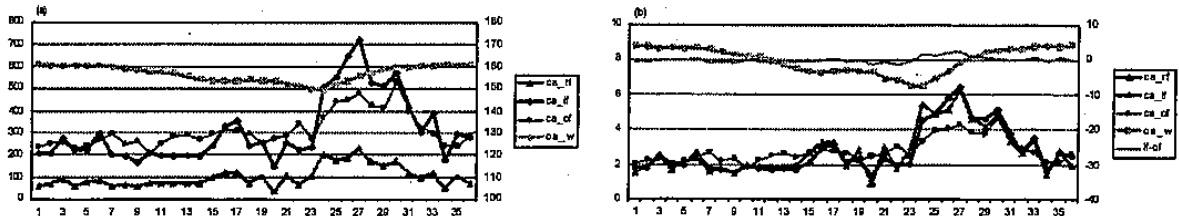
圖一、翡翠水庫集水區各測站和區域平均的月雨量(a)及日雨量(b)散佈圖。



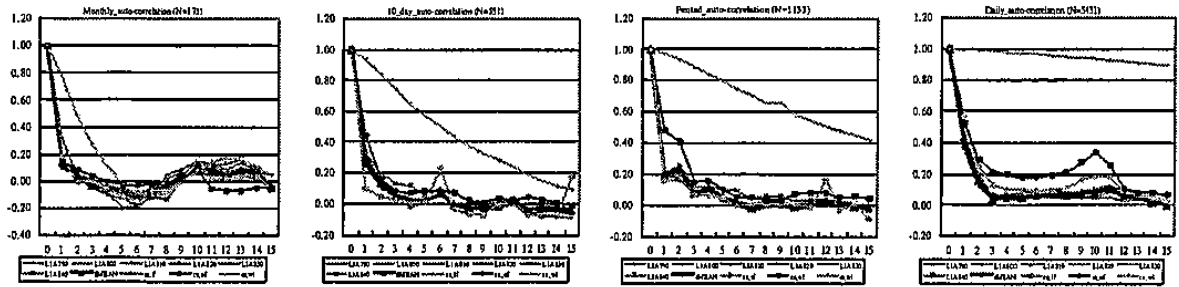
圖二、不同時間尺度的(a)集水區平均雨量和水庫入流量；(b)水庫入流量和水庫出流量；(c)水庫入流量和水庫水位；(d)水庫出流量和水庫水位的散佈圖。



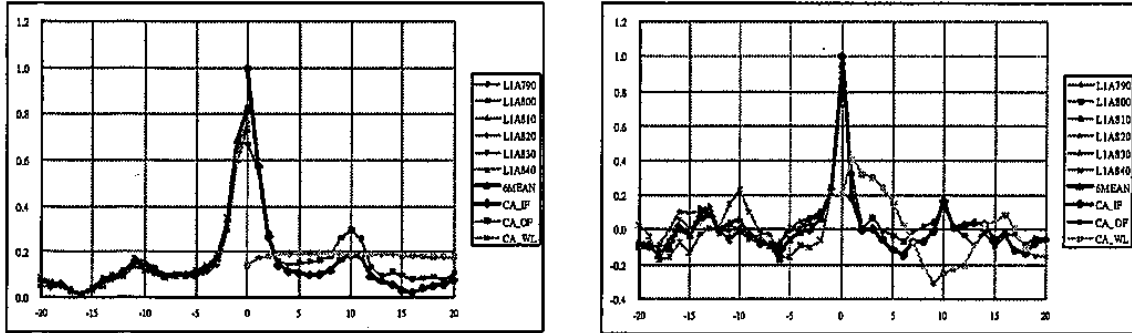
圖三、1988-2003 年平均的各月集水區平均雨量雨量(ca_rf)、水庫入流量(ca_if)、水庫出流量(ca_of)和水庫水位(ca_wl)。(a)圖為各月累積量，其中水庫水位為平均值；(b)圖為各月累積量佔其年總量的百分比，其中水庫水位為各月和年平均值的差值，而水庫流量差(if-of)為入流量減去出流量。



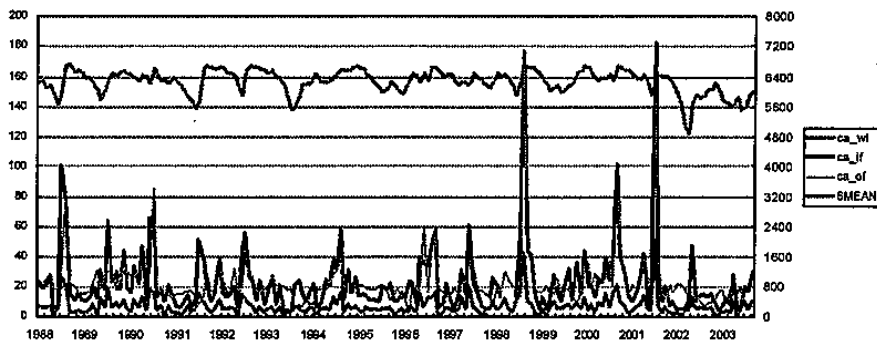
圖四、1988-2003 年平均的各旬集水區平均雨量雨量(ca_rf)、水庫入流量(ca_if)、水庫出流量(ca_of)和水庫水位(ca_wl)。(a)圖為各月累積量，其中水庫水位為平均值；(b)圖為各月累積量佔其年總量的百分比，其中水庫水位為各月年平均值的差值，而水庫流量差(if-of)為入流量減去出流量。



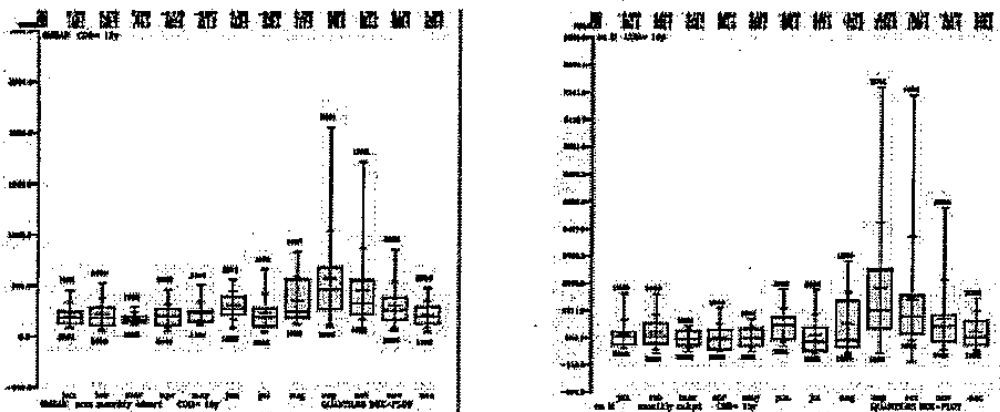
圖五、各測站雨量、集水區平均雨量雨量(ca_rf)、水庫入流量(ca_if)、水庫出流量(ca_of)和水庫水位(ca_wl)的延遲自我相關。由左自右依序為月、旬、候和日的資料。



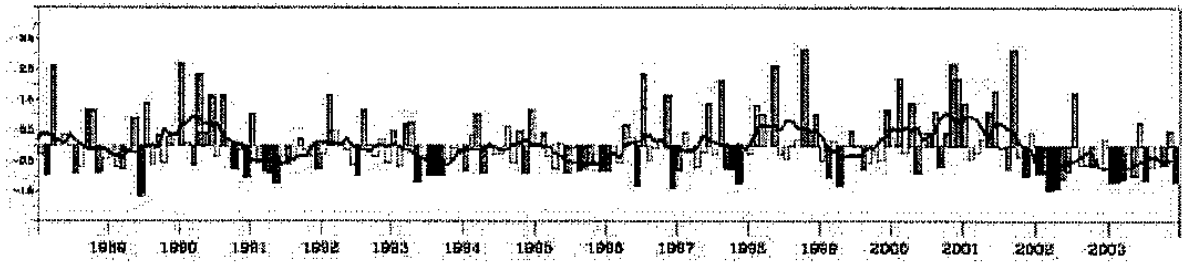
圖六、各測站雨量、集水區平均雨量雨量(ca_rf)、水庫入流量(ca_if)、水庫出流量(ca_of)和水庫水位(ca_wl)對水庫入流量(ca_if)的延遲相關。左圖為日、右圖為月的資料。



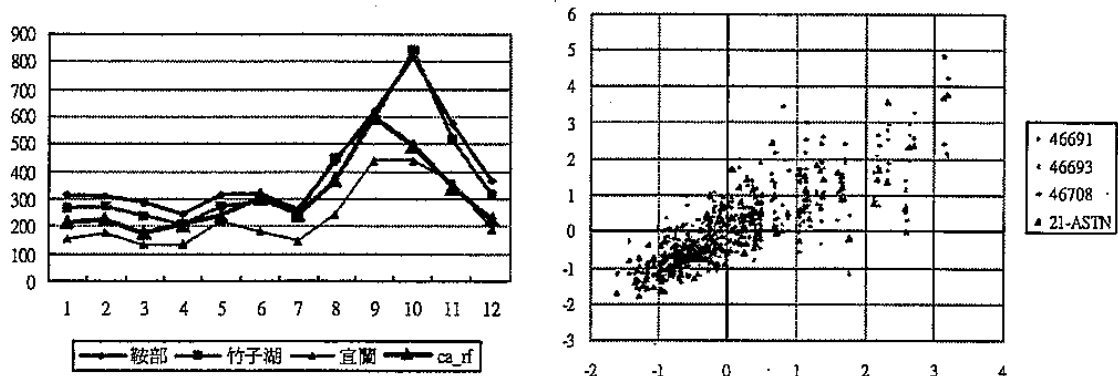
圖七、1988-2003年各月的集水區平均雨量雨量(6mean)、水庫入流量(ca_if)、水庫出流量(ca_of)和水庫水位(ca_wl)的時間序列。



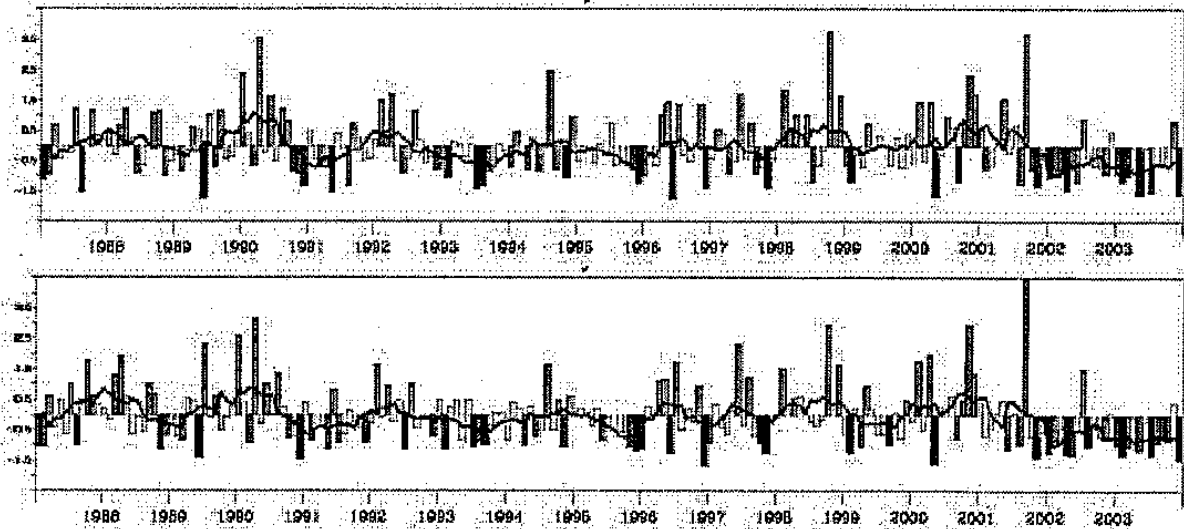
圖八、1988-2003年各月的集水區平均雨量雨量(左)和水庫入流量(右)的 Box-plots。平均值和其正負一倍標準偏差以紅色線段標示於圖上。



圖九、1988-2003 年的集水區平均的標準化雨量距平值。深淺綠色表示當月距平值的序位落在 75% 以上，而咖啡色表示當月距平值的序位落在 25% 以下。



圖十、(左)氣象局局屬測站鞍部、竹子湖和宜蘭的氣候平均月雨量；分析時間為 1988-2003 年。(右)集水區區域平均的標準化雨量距平值和鞍部、竹子湖、宜蘭及全島 21 個氣象局局屬測站平均值的散佈圖；分析時間為 1988-2003 年。



圖十一、同圖七，但為全島 21 個氣象局局屬測站平均(上)和北部 6 個氣象局局屬測站平均(下)的標準化雨量距平值。氣候背景為 1953-2003 年，本圖僅顯示 1986-2003 年。