

# 國立交通大學

土木工程學系

碩士論文



指導教授：張憲國 博士

研究生：李明憲

中華民國一百零一年七月

# 新的潮汐型態指標

研究生：李明憲

指導教授：張憲國 博士

國立交通大學土木工程學系

## 摘要

本文主利用 K-means 法將一個新的潮型指標(PR)分成三類，當 PR 值小於等於 0.55 為半日潮型，在 0.55 至 0.80 為混合潮型，大於等於 0.80 為全日潮型。檢驗台灣十個潮汐測站的 PR 指標值不受年份的影響，大多數測站在不同年的 PR 值，相對標準偏差都在 2% 以下，其中淡水和蘭嶼因在 2006 年資料缺漏率達 52% 及 31% 而造成相對偏差到 6% 和 3%，而成功地區也有 6% 相對標準偏差。由一季或半年的資料長度影響 PR 值的檢驗發現蘭嶼、成功、基隆及高雄四站一季資料長度所得 PR 值會超越過潮型指標界線，造成判斷成不同潮型的困難，而且發現各測站因為資料長度因素，在混合潮型和全日潮型測站的 PR 值的變異較在半日潮型處大，在半日潮測站 PR 值的最大相對標準偏差可達 4%，在混合潮測站的 PR 值的最大相對標準偏差則為 14%。

另外，本文再以潮汐的潮差及週期的常態分布機率密度函數的兩參數比值 TR 及 TP，劃分潮型界線。當 TR 的判別界線為小於 0.15 的為半日潮，大於 0.30 的為混合潮，介於之間為全日潮；TP 值界線為小於 0.23 為半日潮，大於 0.29 為混合潮，介於之間為全日潮，其分類群集結果與 PR 值分類群集結果相同。

# **New indexes for tide types**

**Author : Ming-Hsien Li**

**Advisor : Dr. Hsien-Kuo Chang**

**Institute of Civil Engineering National Chiao Tung University**

## **ABSTRACT**

This paper presents a new definition of tide type, period ratio (PR), to indicate three tide types using K-means method. That PR is lower than 0.55 shows semidiurnal tide and that PR exceeds 0.80 indicates diurnal tide. PR between 0.55 and 0.80 shows mixed tide. Relative standard deviation (STD) of PR within a range of 2% slightly varies for three annual tidal data sets at one of seven locations around Taiwan. However Due to a mount of data missing in 2006 Danshui and Lanyu the relative STD reach 6% and 3%, respectively. The PR at Chengkung reach 6% for annual variation of tides. Different seasonal and semiannual data lengths are examined for the variation of PR. The result shows that the PRs at Lanyu, Chengkung, Keelung and Kaohsiung vary too much to show the same tide type. PRs for different data length of diurnal and mixed tides have larger variation than those of semidiurnal tide. Maximum STD of PRs of semidiurnal tide is 4% and that of mixed tide is 14% .

Other two indicators (TP and TR) for tide types are obtained from two parameters of normal distribution fitting for the tidal ranges and the periods of individual tide Lower and upper indexes of TR separating semidiurnal, mixed and diurnal tides are 0.15 and 0.30. Lower and upper indexes of TP separating semidiurnal, mixed and diurnal tides are 0.23 and 0.29.

## 誌謝

終於要邁向社會脫離學生生活，首先要感謝恩師 張憲國老師的悉心指導，不論是在研究態度、邏輯思考及簡報能力上，不厭其煩的教導我，給了我很大的幫助，也在我腰傷的時候，關心過我，把最好的床借我，讓我在新竹有個依靠，感謝您。而在論文口試時也承蒙口試委員王順寬教授、溫志中教授及陳蔚瑋博士提供寶貴的建議，讓論文更趨完整。

特別感謝研究室中的兩位大學長勁成及蔚瑋，雖然我不會喝酒，每次都不太敢拿蘋果西打敬你們，不過打從心裡我是尊敬你們的，喝酒的話，等來生身體好一點就不醉不歸啦。不常時間出現的舫哥，很謝謝你都會開車載我們這群小鬼頭出去玩，結婚的時候不要沒有請我呢。再來是畢業的小嘉，好女人緣的你讓我看了一些正妹，十分感激。在學術程式上絕對無敵的賢銘，花了一年的時間耐心的教我寫程式，真的很謝謝你。要成為公務員的偉恩，提供了我很多對於未來考試的疑惑，謝謝你。Pork 雖然不想承認但你始終是雞肉飯的團長，你寄的生日簡訊，我真的很感動，很謝謝你，這兩人團什麼時候可以再興起呢？一直是我的學長的王董，那天一起夜衝的晚上，到處走到處吃的消夜，現在想想都很懷念呢，謝謝你。整個 LAB 最帥的勳哥，說實在的你酷斃了，我一進來就偷偷在學你的髮型，只不過好像都失敗，另外謝謝你的殘兵帶給我們研究室許許多多的歡笑。一開始帶我去買魚的宏姐，意外的讓我花了不少錢在魚店，但很謝謝你，因為阿志不會再找我去麥當當，這也省了不少錢。

再來是兩年都陪在我身邊的同伴們，什麼都好的鬼鬼，很謝謝你，雖然在你旁邊有時會感覺到有些自卑，但也因為你的優秀，幫助了我不少，想到之前鬼跑二人組時候，幾乎每天都去魚店，很開心，脾氣不好的我也常常讓你包容，好家在你脾氣還不錯，每次都會不計前嫌的幫我，送汽油那次我最感動了，真的很謝謝你。什麼都很笨的小嬛，雖然學弟常說你很聰明，不過我真的感覺不到，哈哈，我唯一知道的是你人很好，無論我脾氣在差，都會花很多時間開導我，當然身為 SUP 人常補刀這個壞習慣要改掉啦，溫柔的你應該是知道我有時候只是嘴巴比較壞而已吧，謝謝你們兩個在論文上幫助我這麼多，以後畢業後各奔東西還是能保持聯絡吧。從學弟變同學的阿志，謝謝你一開始常找我去麥當當講心事，你知道的，我最

喜歡掏心掏肺了，也很謝謝你願意跟我分享那些有趣的事情。同樣為少時粉絲的立儒，第一次的售票演唱會好開心，雖然腰受傷，站這麼久有點吃不消，不過看完之後還是很值得，很感謝你帶我認識她們這群女神，謝謝你啦，只不過一直說要學她們的舞蹈一直都沒時間也沒腰可以學，哈哈。

最後感謝學弟們，超像大哥的台穎，雖然你看起來很兇，不過我覺得你脾氣算蠻好的，至少理智多了，也教會了我一些相處之道，那封簡訊雖然只有簡單的四個字，卻讓我感動萬分。另外謝謝你耐心的教我們這群宅宅如何在招喚峽谷裡處變不驚，贏的最後榮耀。頭很大一顆的小瑞，好幾次的夜消，好幾次的訴說你的心事，有時候覺得如果你很有趣，但有時候看你又好難過的樣子，一年過去了，我還是不太懂你的內心世界，不過我還是要謝謝你包容我的怪脾氣。謝謝兩位送我的幸運繩，第一次帶這種東西，但卻不會覺得哪裡不習慣，因為你們說是要讓我腰好點麻，真的很謝謝你們。

最後我要謝謝我的家人，謝謝老爸，在家裡發生這麼大的事情，還可以 hold 住全家，我一直以你為榮，很謝謝你。謝謝老媽，這兩年包容我的脾氣，完全不會說聲苦，你偉大保護著我，很謝謝你。感謝姐姐，只要一有時間就會來找我吃飯，讓我自己一個人在新竹但卻不感到孤單，謝謝你。

# 目錄

摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	V
圖目錄 .....	VII
表目錄 .....	VIII
第一章 緒論 .....	1
1-1 研究動機與目的 .....	1
1-2 文獻回顧 .....	1
1-3 文章架構 .....	3
第二章 調和分析及潮型判斷的適用性 .....	4
2-1 調和分析之介紹 .....	4
2-2 資料的選擇及資料的完整性 .....	6
2-3 取樣間隔之影響 .....	9
2-4 不同年份及資料長度對主要分潮的影響 .....	9
2-4-1 不同年份的影響 .....	9
2-4-2 資料長度的影響 .....	12
2-5 潮型的判斷 .....	14
2-6 不同年份或資料長度對潮型判斷之影響 .....	15

第三章 群集分析與新的潮型分類 .....	17
3-1 新潮型指標 PR .....	17
3-2 K-MEANS 群集分析 .....	20
3-3 潮差及週期分布特性之分類 .....	21
3-4 分界標準 .....	26
3-5 不同年份的 FF2 和 PR 的比較 .....	27
3-6 不同資料長度的 FF2 和 PR 值的比較 .....	28
第四章 結論 .....	32
參考文獻 .....	33
附錄 (各測站的原始潮位資料) .....	35



## 圖目錄

圖 2-1 台灣沿岸海域潮型指標(引自莊、江，2000).....	6
圖 2-2 選用潮汐資料的測站位置(●為半日潮，★為全日潮，▲為混合潮).....	7
圖 3-1 潮汐漲退一個週期及潮差示意圖.....	18
圖 3-2 十個測站的潮差常態分布的機率密度圖.....	24
圖 3-3 十個測站的週期常態分布的機率密度圖.....	25
圖 3-4 四分位距的示意圖.....	26
圖 3-5 四分位距劃分 PR 區間之示意圖.....	26
圖 3-6 十個測站在不同年份的 FF2 值.....	27
圖 3-7 十個測站在不同年份的 PR 值.....	28
圖 3-8 十個測站在不同資料長度的 FF2 值.....	29
圖 3-9 十個測站在不同資料長度的 PR 值.....	29
圖 3-10 PR 值的界線下修示意圖.....	30



## 表目錄

表 2-1 60 分潮的名稱及角頻率.....	5
表 2-2 各筆資料的缺漏率.....	8
表 2-3 各筆資料的最大連續缺漏率.....	8
表 2-4 以一小時與 6 分鐘取樣間隔的資料所分析出四個主要分潮之比較.....	9
表 2-5 各測站每年潮汐的四個主要分潮振幅比較(單位:CM).....	11
表 2-6 高雄、新竹及梗枋在不同資料長度之四個主要分潮振幅(單位:CM).....	13
表 2-7 各測站不同年份之潮型 FF1 值和 FF2 值之比較.....	15
表 2-8 各測站在不同資料長度之潮型因子(FF2 值).....	16
表 3-1 各測站每年潮汐的 PR 值比較.....	18
表 3-2 各測站在不同資料長度的 PR.....	19
表 3-3 各測站不同資料長度之 PR 的統計值.....	20
表 3-4 使用 K-MEANS 分類法將各測站的 PR 分類結果.....	21
表 3-5 使用 K-MEANS 分類法將各測站潮差和週期的常態分布參數之分類.....	22

# 第一章 緒論

## 1-1 研究動機與目的

台灣地理位置特殊，使得四周海域潮汐有著不同的週期。而這些不同的潮汐週期對於我們是影響很大的，例如漁業上，漁民也必須知道漲退潮的時間，才能有效的捕捉魚群；海邊的娛樂如海水浴場，或在半日潮的地方，其一天會有兩次漲退潮，若退潮時離岸邊太遠，若沒注意漲潮的時間，恐怕有生命危險。往昔研究有將潮汐週期分成半日潮、全日潮及混合潮三類，可供上述的單位使用或研究，方便體會潮汐週期的特性，半日潮為一天兩次漲退潮，全日潮為一天一次漲退潮，混合潮則一天一次或兩次的漲退潮。

但由於往昔判斷潮型需要先利用調和分析推算潮位的四個主要分潮的振幅，因為資料長度的不同及選取分潮限制，造成潮型因子會有所差異，甚至潮型的歸類不同。為了克服以潮型因子來判斷潮型的缺點，本文以潮汐的潮差和週期分布特性定義兩個指標判斷潮型。另外以潮汐全日潮及半日潮的基本定義提出一個指標來判斷潮型。

## 1-2 文獻回顧

楊等人(1996)利用頻譜法及調和分析法，以基隆和高雄的水位資料為例發現，基隆與高雄的主要分潮組成類似，有明顯的年變化，而測站的平均水位、 $M_2$ 及 $K_1$ 分潮的振幅並不因資料的增長而漸趨穩定，有明顯的10年上的低頻變化。潮位之年變化並非全是由 $S_{\alpha}$ 天文潮所引起，而是由非天文潮所主控，例如黑潮變化。至於基隆的全日潮能量也可能包含了非天文潮的因素，例如海陸風。

李等人(1998)利用中央氣象局三年的潮汐預報結果，分析與校驗高低潮時的誤差，在台灣西海岸淡水至東石之間及東海岸梗枋、蘭嶼之間，有很好的預報結果，即每日漲落潮很明顯，這是由於該地區有明顯的半日潮；

但在混合潮地區，如台灣北部基隆、東北部鹽寮及西南部高雄、後壁湖等地區，其潮時誤差較大。

黃(2005)對長期潮位觀測資料設計不同之連續缺漏率，經由缺漏補遺結果與原始潮位資料之比較，探討資料缺漏率對補遺準確性之影響，提出對於資料記錄長度為一年，資料連續缺失率在 20% 以下；或資料長度為二年以上，資料連續缺失率在 60% 以下時，資料補遺之結果良好，當資料記錄長度介於一至二年之間，資料缺失率在 20% 以上時，由於(1) $S_2$  與  $R_2$ 、 $T_2$ ；(2) $K_1$  與  $\psi_1$ 、 $S_1$  及(3) $S_a$  及  $S_{sa}$  等分潮的角速度較接近，引起各分潮間相互影響，造成  $S_2$ 、 $K_1$  及  $S_a$  分潮在資料補遺過程中，無法收斂至真實的分潮振幅。最後並建議以 2 年以上觀測長度進行潮位缺漏補遺，可獲得較佳的結果。莊等(2006)提出調和內差補遺(HIS)方法，藉以針對當資料中存在不定期間之斷續缺漏情況時，應用該調和內差補遺方法可準確達成天文潮位之補遺；而當時測潮位記錄無資料缺漏情況時，在特定之氣象具明顯變化或颱風期間，透過假性缺漏期間的營造，除可純化實測潮位之天文潮變化特性外，尚可準確地應用於颱風期間的暴潮位萃取。莊等(2007)更針對基隆及高雄驗潮站 1989 年至 1991 年之實測潮位記錄，應用自動選定主要天文潮分潮組合之 IOS 模式，與設定 60 個固定主要分潮之 IHA 模式及 HIS 模式彼此間不僅準確性相當，甚且比 IOS 模式具有較高的準確性。此外，亦就分年缺漏實測潮位的內差補遺準確性進行評估，在容許缺漏率達 40% 且相關係數高於 0.92 的限界條件下，HIS 模式比 IHA 模式略佳。

邱(2007)探討台灣四周沿岸潮汐及颱風暴潮的特性，說明 1992 年至 2004 年四大主要分潮振幅的變化趨勢，其各測站四大主要分潮振幅於長時間的變動幅度皆不大。在潮型因子方面，台灣東北部及西南部區域雖屬混合潮，但全日潮的成份略為明顯。西中部區域及金門地區的 F 值皆落在 0.25 左右，因此半日潮的成份也較明顯。其他測站則為混合潮型，但半日潮成份較為明顯。

### 1-3 文章架構

本文以 2005 年至 2007 年十個測站的潮位資料，在調和分析限制下選用一般的 60 分潮和自選 31 個分潮，推算不同資料長度和年份的主要振幅和潮型因子之差異，並利用潮差數的概念，建立一個新的潮型因子，能在不同條件下判斷出合理的潮型，並與往昔的潮型因子作比較，探討其適用性。內容共分為四個章節，分別敘述如下：

第一章：緒論，主要說明本文之研究動機及目的，並回顧相關研究成果，並清楚列出文章架構。

第二章：調和分析及潮型判斷的適用性，在調和分析限制下選用一般的 60 分潮和自選 31 個分潮，推算不同資料長度和年份的主要振幅和潮型因子之差異，及討論資料的選擇。

第三章：潮型分類，利用潮差和週期分布特性，定出兩個判斷潮型的指標，另外利用潮差數的概念，提出一個新的潮型因子，並以四分位距劃分範圍，用群集分析的分類結果，說明判斷結果的合理性。

第四章：結論，針對本文分析所得的結果，進行論述。

## 第二章 調和分析及潮型判斷的適用性

### 2-1 調和分析之介紹

一般用調和分析(harmonic analysis)來分析水位之潮汐分潮特性，若有長時間的潮汐觀測資料，調和分析即可獲得正確的分潮特性。調和分析是以牛頓所提之平衡潮(equilibrium tide)理論為基礎，將潮汐表示為各分潮的線性相加，利用最小二乘法讓實際潮位與調和潮位的誤差值最小而求得分潮的待定係數，其表示式如下公式

$$\begin{aligned} Y(t) &= a_0 + \sum_{i=1}^M [a_i \cos(\omega_i t) + b_i \sin(\omega_i t)] \\ &= a_0 + \sum_{i=1}^M A_i \cos(\omega_i t - \varepsilon_i) \end{aligned} \quad (2-1)$$

其中  $Y(t)$  為任一時間之潮汐水位， $a_0$  為平均海水面， $M$  為分潮個數，各分潮的振幅為  $A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$ ，而  $a_i = A_i \cos \varepsilon_i$ ， $b_i = A_i \sin \varepsilon_i$ ， $\varepsilon_i$  為相位延遲(phase lag)。

調和分析法理論包括很多的分潮，但應用上可用數個主要分潮來進行分析，一般若有一年以上的資料，選用 60 分潮來進行分析。分潮的選用主要決定於資料長度、取樣間隔(sampling interval)及分潮頻率等三個原則(見 Emery and Thomson, 2001)。第一為最低頻率分潮的週期需小於或等於資料長度，即  $T_{\max} \leq N\Delta t$ ，其中  $T_{\max}$  為分潮的最長週期， $N$  為資料數， $\Delta t$  為取樣間隔。第二為最高頻率分潮的週期需大於或等於兩倍的取樣間隔，即  $T_{\min} \geq 2\Delta t$ 。第三為兩分潮的頻率差  $\Delta f$  的倒數需小於或等於資料長度，即  $1/\Delta f \leq N\Delta t$ 。

在台灣常使用的 60 分潮(見表 2-1)，其中最低角頻率分潮( $S_a$ )的週期為 365.24 天，因此以上述第一個限制條件，若選用此分潮，資料長度則需大於 365.24 天以上，方能推算正確的結果。最高頻率分潮( $MSK_6$ )之週期為 4.04 小時，因此選用資料取樣間隔需小於 2.02 小時，台灣潮汐資料的取樣

表 2-1 60 分潮的名稱及角頻率

編號	分潮	角頻率( $^{\circ}$ /hr)	週期(天)	編號	分潮	角頻率( $^{\circ}$ /hr)	週期(天)
1	S <sub>a</sub>	0.0410686	365.24254	31	M <sub>2</sub>	28.9841042	0.51752
2	S <sub>sa</sub>	0.0821373	182.62105	32	MKH <sub>2</sub>	29.0662415	0.51606
3	M <sub>m</sub>	0.5443747	27.55455	33	$\lambda_2$	29.4556253	0.50924
4	M <sub>sf</sub>	1.0158958	14.76529	34	L <sub>2</sub>	29.5284789	0.50798
5	M <sub>f</sub>	1.0980331	13.66079	35	T <sub>2</sub>	29.9589333	0.50068
6	2Q <sub>1</sub>	12.8542862	1.16692	36	S <sub>2</sub>	30.0000000	0.50000
7	$\sigma_1$	12.9271398	1.16034	37	R <sub>2</sub>	30.0410667	0.49931
8	Q <sub>1</sub>	13.3986609	1.11951	38	K <sub>2</sub>	30.0821373	0.49863
9	$\rho_1$	13.4715145	1.11346	39	MSN <sub>2</sub>	30.5443747	0.49108
10	O <sub>1</sub>	13.9430356	1.07580	40	KJ <sub>2</sub>	30.6265120	0.48977
11	MP <sub>1</sub>	14.0251729	1.06950	41	2SM <sub>2</sub>	31.0158958	0.48362
12	M <sub>1</sub>	14.4920521	1.03505	42	MO <sub>3</sub>	42.9271398	0.34942
13	$\chi_1$	14.5695476	1.02954	43	M <sub>3</sub>	43.4761563	0.34501
14	$\pi_1$	14.9178647	1.00550	44	SO <sub>3</sub>	46.9430356	0.34135
15	P <sub>1</sub>	14.9589314	1.00274	45	MK <sub>3</sub>	44.0251729	0.34071
16	S <sub>1</sub>	15.0000000	1.00000	46	SK <sub>3</sub>	45.0410686	0.33302
17	K <sub>1</sub>	15.0410686	0.99726	47	MN <sub>4</sub>	57.4238337	0.26121
18	$\psi_1$	15.0821353	0.99455	48	M <sub>4</sub>	57.9682084	0.25876
19	$\phi_1$	15.1232059	0.99185	49	SN <sub>4</sub>	58.4397295	0.25667
20	$\theta_1$	15.5125897	0.96695	50	MS <sub>4</sub>	58.9841042	0.25430
21	J <sub>1</sub>	15.5854433	0.96243	51	MK <sub>4</sub>	59.0662415	0.25395
22	SO <sub>1</sub>	16.0569644	0.93417	52	S <sub>4</sub>	60.0000000	0.25000
23	OO <sub>1</sub>	16.1391017	0.92941	53	SK <sub>4</sub>	60.0821373	0.24965
24	OQ <sub>2</sub>	27.3416964	0.54861	54	2MN <sub>6</sub>	86.4079380	0.17359
25	MNS <sub>2</sub>	27.4238337	0.54696	55	M <sub>6</sub>	86.9523127	0.17250
26	2N <sub>2</sub>	27.8953548	0.53772	56	MSN <sub>6</sub>	87.4238337	0.17157
27	$\mu_2$	27.9682084	0.53632	57	2MS <sub>6</sub>	87.9682084	0.17051
28	N <sub>2</sub>	28.4397295	0.52743	58	2MK <sub>6</sub>	88.0503457	0.17035
29	$\nu_2$	28.5125831	0.52608	59	2SM <sub>6</sub>	88.9841042	0.16856
30	OP <sub>2</sub>	28.9019669	0.51899	60	MSK <sub>6</sub>	89.0662415	0.16841

註：灰階底色為本文選取適合 3 個月資料長度的分潮

間隔為一小時或 6 分鐘，皆為符合上述要求。表 2-1 中有部分兩相臨頻率差之倒數超過 365 天者，即為  $S_a$ ， $S_{sa}$ ； $\pi_1$ ， $P_1$ ， $S_1$ ， $K_1$ ， $\psi_1$ ， $\phi_1$ ； $T_2$ ， $S_2$ ， $R_2$ ， $K_2$  之間的分潮，所以選用資料長度若為一年，則此相近分潮只能間隔選取，方能正確推算潮汐。

## 2-2 資料的選擇及資料的完整性

調和分析在推測潮位時，若資料的完整性不足，會導致推算潮汐的四個主要分潮振幅不準確，而造成判斷潮型上的困難。一般依照潮汐之漲退時間長短，分成半日潮、全日潮及混合潮三種類型。莊(2000) 根據潮型指標 FF(與本文提到 FF2 的公式及劃分範圍相同)小於 0.5 為半日潮，大於 1.25 為全日潮，介於其間屬混合潮，分析台灣四周潮汐也包含此三種類型 (見圖 2-1)。

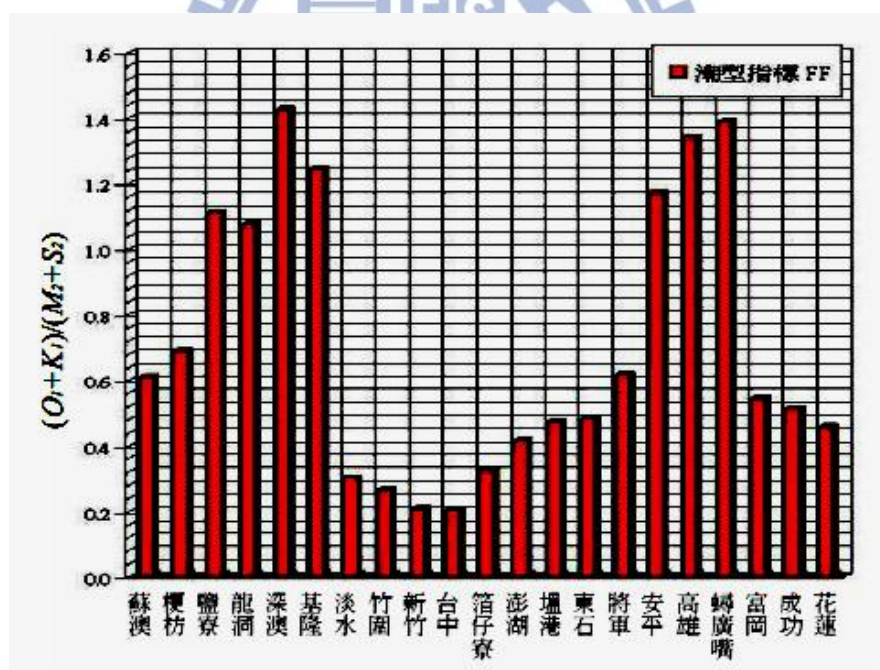


圖 2-1 台灣沿岸海域潮型指標(引自莊、江，2000)

本文所用的資料都取自中央氣象局在不同測站的潮汐水位資料。本文為同時考慮三種潮型及資料的完整性，選取 10 個潮汐測站自 2005 年至 2007 年的潮位資料進行分析，測站位置示圖 2-2，而資料完整性如表 2-2 所示。

由圖 2-1 知選擇的基隆(KL)及高雄(KH)為全日潮，而淡水(DS)、竹圍(ZV)、蘭嶼(LY)、新竹(HC)及台中(TC)的潮型為半日潮；梗枋(GF)、蘇澳(SA)及成功(CK)為混合潮潮型。

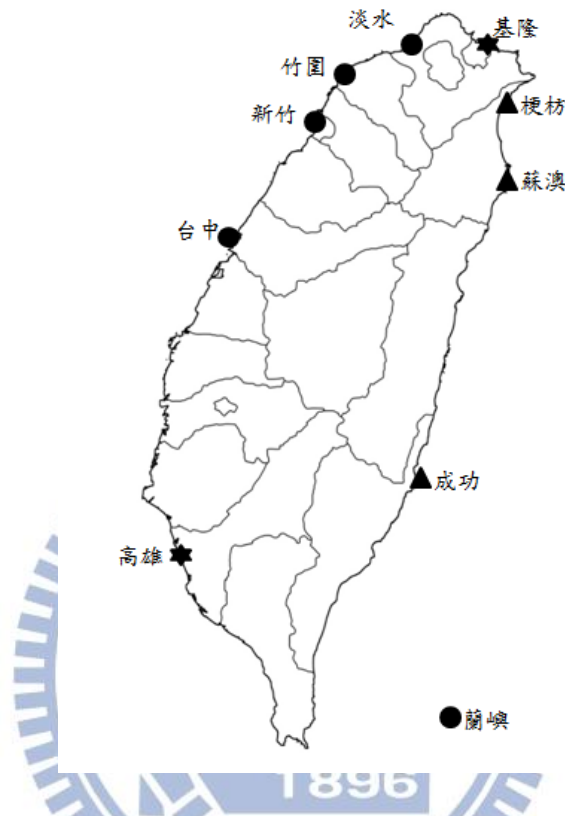


圖 2-2 選用潮汐資料的測站位置(●為半日潮，★為全日潮，▲為混合潮)

由表 2-2 可知基隆測站於 2005 年無潮汐資料，因此在基隆測站僅進行 2006 年及 2007 年的資料分析。缺漏率定義為沒有潮汐資料與全年時間的比值。在 2005 年淡水的潮汐資料的缺漏率為 17%，最高；而在梗枋的缺漏率為 10%，次之；其他測站的缺漏率都為 5% 以下。在 2006 年淡水的潮汐資料的缺漏率 52%，最高；而在蘭嶼的缺漏率為 31%，次之；其他測站都在 5% 以下。在 2007 年的蘭嶼潮汐資料的缺漏率 21%，最高；其他測站的缺漏率都在 7% 以下。



表 2-2 各筆資料的缺漏率

地點	2005 年	2006 年	2007 年
淡水(DS)	17%	52%	6%
竹圍(ZV)	0%	1%	6%
新竹(HC)	1%	5%	3%
台中(TC)	1%	2%	6%
蘭嶼(LY)	3%	31%	21%
梗枋(GF)	10%	0%	1%
蘇澳(SA)	5%	2%	1%
成功(CK)	0%	1%	2%
基隆(KL)	100%	0%	7%
高雄(KH)	1%	2%	6%

表 2-3 各筆資料的最大連續缺漏率

地點	2005 年	2006 年	2007 年
淡水(DS)	15%	40%	3%
竹圍(ZV)	0%	1%	3%
新竹(HC)	1%	3%	2%
台中(TC)	1%	2%	5%
蘭嶼(LY)	3%	20%	21%
梗枋(GF)	3%	0%	1%
蘇澳(SA)	4%	1%	1%
成功(CK)	0%	1%	1%
基隆(KL)	100%	0%	4%
高雄(KH)	1%	1%	3%

## 2-3 取樣間隔之影響

中央氣象局所提供之潮汐資料有 6 分鐘及 1 小時二種的取樣間隔，本文首先探討二種取樣間隔對調和分析之影響。表 2-4 為計算各站所得的四個主要振幅，表中的差值為 1 小時資料之分潮振幅減去 6 分鐘資料之分潮振幅。在表 2-4 中顯示不同取樣間隔的四個主要分潮的振幅最大差值為 0.03cm，並無太大變動。由此結果可知潮汐取樣間隔為 6 分鐘或 1 小時，對調和分析算出的主要分潮的振幅並無明顯影響，因此本文因為計算時間因素，爾後分析則選擇取樣間隔為一小時資料進行之。

表 2-4 以一小時與 6 分鐘取樣間隔的資料所分析出四個主要分潮之比較

分潮	取樣間隔	基隆	淡水	竹圍	高雄	蘭嶼	梗枋
$K_1$	6min	21.03	19.88	24.35	19.06	14.52	15.87
	1hr	21.04	19.87	24.34	19.05	14.52	15.85
	差值	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.02
$O_1$	6min	18.49	17.14	21.78	18.59	15.15	14.10
	1hr	18.49	17.15	21.77	18.56	15.16	14.09
	差值	0.00	0.01	-0.01	-0.03	0.01	-0.01
$M_2$	6min	22.03	87.21	116.18	17.39	43.18	26.70
	1hr	22.05	87.19	116.21	17.39	43.18	26.69
	差值	0.02	-0.02	0.03	0.00	0.00	-0.01
$S_2$	6min	5.42	25.77	34.64	6.89	19.18	12.12
	1hr	5.40	25.75	34.64	6.89	19.17	12.11
	差值	-0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.01	-0.01

## 2-4 不同年份及資料長度對主要分潮的影響

黃(2005)提出資料連續缺漏大於 20% 以上時，調和分析法推得的分潮振幅會不合理，而本文選用 2005~2007 年的潮汐資料均符合調和分析資料的限制條件及黃(2005)的建議，在本節討論不同年份及不同資料長度對分潮振幅的影響。

### 2-4-1 不同年份的影響

此節選用淡水、竹圍、蘭嶼、高雄、基隆及梗枋六個測站的資料來討論不同年份之四個主要振幅變動。表 2-5 為 2005 年~2007 年潮汐的四個主要分潮振幅。

由表 2-5 顯示淡水的潮汐只有在 2006 年  $M_2$ 、 $O_1$  分潮變小，約 12cm 及 4cm，其餘變化不大。三年之分潮大小順序為  $M_2 > S_2 > K_1 > O_1$ ，而  $O_1$  分潮的標準偏差為 2.44cm，相對偏差 15%，變動最大，相對偏差定義為標準偏差除以缺漏率最低年份的分潮。 $M_2$  分潮的標準偏差為 6.04 cm，相對偏差 7%，次之； $S_2$  分潮的標準偏差為 0.45 cm，相對偏差 6%， $K_1$  分潮的標準偏差為 1.17 cm，相對偏差 2%，變動最小。竹圍三年潮汐的分潮大小順序皆為  $M_2 > S_2 > K_1 > O_1$ ，各分潮的相對偏差皆小於 1%，所以在此地區潮汐並不會受年份影響。蘭嶼潮汐在三年的分潮大小排序皆為  $M_2 > S_2 > O_1 > K_1$ 。 $S_2$  分潮的標準偏差為 0.47 cm， $O_1$  分潮的標準偏差為 0.29 cm，相對偏差皆為 2%，有些微變動； $M_2$  及  $K_1$  相對偏差皆小於 1%，則此兩分潮不受年份影響。

在高雄三年之潮汐分潮大小順序皆為  $K_1 > O_1 > M_2 > S_2$ ，除了  $S_2$  分潮的相對偏差 2%，有微小變動外，其他三個分潮的相對偏差皆小於 1%。基隆兩年之分潮大小順序皆為  $M_2 > K_1 > O_1 > S_2$ ，其中  $S_2$  標準偏差為 0.37cm，相對偏差 6%，變化最大，其於分潮則不受年份影響。

梗枋三年之分潮大小順序皆為  $M_2 > K_1 > O_1 > S_2$ ，各分潮的相對偏差皆小於 1%，所以在此地區並不會受年份影響。

由資料分析結果顯示，不論是全日潮、半日潮或混合潮，皆不會因不同年份而產生太大的變異。振幅變動最大發生在淡水 2006 年， $M_2$  和  $O_1$  分潮振幅變小， $O_1$  分潮的相對偏差 25%， $M_2$  分潮的相對偏差 13%。根據黃(2005)提出在一年資料長度連續缺漏率大於 20%，不連續缺漏率大於 60% 之兩種情況下，無法有效的推算出實際分潮振幅，由上述結果可知淡水在 2006 年期間資料缺漏率 52%，但連續缺漏率 40%(見表 2-3)，因此造成分潮振幅無法有效推得，而蘭嶼在 2006 年資料缺漏率雖然達 31%，但資料連續

缺漏率約為 20%，還是能有效推算出實際振幅。

表 2-5 各測站每年潮汐的四個主要分潮振幅比較(單位:cm)

地點	年份	$M_2$	$S_2$	$K_1$	$O_1$
基隆 (KL)	2006 年	21.82	5.14	21.03	18.41
	2007 年	22.29	5.66	21.08	18.60
	平均值	22.06	5.40	21.06	18.51
	標準偏差	0.33	0.37	0.04	0.13
淡水 (DS)	2005 年	86.47	25.74	20.25	17.33
	2006 年	78.50	25.58	18.21	13.39
	2007 年	90.34	26.43	20.21	17.84
	平均值	85.10	25.92	19.56	16.19
	標準偏差	6.04	0.45	1.17	2.44
竹圍 (ZV)	2005 年	115.44	34.40	24.21	21.69
	2006 年	117.08	34.95	24.49	21.94
	2007 年	116.05	34.53	24.37	21.75
	平均值	116.19	34.63	24.36	21.79
	標準偏差	0.83	0.29	0.14	0.13
高雄 (KH)	2005 年	17.39	6.87	18.88	18.54
	2006 年	17.21	6.75	19.13	18.69
	2007 年	17.60	7.05	19.16	18.53
	平均值	17.40	6.89	19.06	18.59
	標準偏差	0.20	0.15	0.15	0.09
蘭嶼 (LY)	2005 年	43.13	18.72	14.52	15.45
	2006 年	43.43	19.05	14.63	14.87
	2007 年	42.73	19.64	14.69	15.12
	平均值	43.10	19.14	14.61	15.15
	標準偏差	0.35	0.47	0.09	0.29
梗枋 (GF)	2005 年	26.96	12.23	15.87	14.22
	2006 年	26.72	12.01	16.04	14.19
	2007 年	26.42	12.07	15.71	13.93
	平均值	26.70	12.10	15.87	14.11
	標準偏差	0.27	0.11	0.17	0.16

## 2-4-2 資料長度的影響

此節選用各測站三年間缺漏率最少之年份來討論資料長度對調和分析出主要振幅的影響，將資料長度分成一年、半年及一季來討論。其中，半年及一季因資料時間長度不夠 365.25 天，在 2-1 節中提到調和分析選用分潮的限制，本文以一季的資料長度，選用 31 個分潮來推算半年及一季資料長度的分潮振幅，所選用分潮見表 2-1 灰階底色的分潮，其中最低角頻率分潮( $M_m$ )的週期為 27.55 天，兩相臨頻率差之倒數最大為 31.81 天，小於半年和一季的資料長度，故選擇此 31 分潮符合調和分析的資料限制。

本文進行分析 2007 年的資料測站有淡水及蘇澳；2006 年潮汐資料的測站有基隆及梗枋，而選擇 2005 年資料的測站有竹圍、蘭嶼、高雄、成功、新竹及台中測站。由於篇幅關係及閱讀順暢，內文僅列高雄、新竹及梗枋三個結果來說明。表 2-6 為不同資料長度下推算的四個主要分潮振幅的比較，由表 2-6 得知，此三測站在不同資料長度的四個主要振幅有些許變動，其最大偏差量都發生在  $S_2$  分潮， $S_2$  分潮在高雄及新竹最大偏差量為 14%，梗枋則為 17% (偏差量為資料時間半年或一季減去資料時間一年的分潮振幅/資料時間一年的分潮振幅 X100%)，而在其他分潮的偏差量皆小於 10%，此結果說明資料長度會影響調和分析的結果，雖然選取分潮時有符合上述調和分析之限制，能降低偏差量，推算較正確的四個主要分潮的振幅，但在  $S_2$  分潮還是會產生大於 10% 以上的偏差量。

表 2-6 高雄、新竹及梗枋在不同資料長度之四個主要分潮振幅(單位:cm)

—	資料長度	$M_2$	$S_2$	$K_1$	$O_1$
高雄 (KH)	1~12 月	17.39	6.87	18.88	18.54
	1~6 月	17.39	7.00	18.67	18.63
	7~12 月	17.37	6.64	19.12	18.37
	1~3 月	17.63	7.74	18.37	19.26
	4~6 月	17.30	6.43	19.53	18.27
	7~9 月	17.33	7.04	18.50	18.64
	10~12 月	17.54	6.59	20.64	18.09
	最大偏差量	1.4%	14%	9.3%	3.9%
新竹 (HC)	1~12 月	158.13	47.55	25.71	22.95
	1~6 月	156.41	47.17	25.70	22.73
	7~12 月	160.47	47.84	25.65	23.01
	1~3 月	157.96	54.19	24.64	22.60
	4~6 月	155.27	41.05	27.68	23.30
	7~9 月	159.47	50.78	25.36	23.78
	10~12 月	162.48	47.41	27.42	22.39
	最大偏差量	2.8%	14%	7.7%	3.6%
梗枋 (GF)	1~12 月	26.72	12.01	16.04	14.19
	1~6 月	26.22	11.87	16.28	14.20
	7~12 月	27.21	12.22	15.72	14.09
	1~3 月	26.43	14.04	15.19	13.78
	4~6 月	25.85	10.12	17.82	14.48
	7~9 月	27.55	13.17	16.11	14.67
	10~12 月	26.85	11.80	16.15	13.85
	最大偏差量	3.1%	17%	11%	3.4%

## 2-5 潮型的判斷

往昔學者(見 Courtier (1938)、Defant (1960)及 Pugh (1987))利用全日潮的  $K_1$  及  $O_1$  分潮的振幅和與半日潮的  $M_2$  及  $S_2$  分潮的振幅和的比值當為潮型判斷指標，稱為潮型因子 FF2 (form factor)，其表示式如式(2-2)。一般當 FF2 值介於 0.0 至 0.24 時潮汐為半日潮型，在 0.25 至 1.49 的潮汐為以半日潮為主的混合潮型，介於 1.5 至 2.99 的潮汐為以全日潮為主的混合潮型，當 FF2 大於 3 的潮汐為全日潮型。

$$FF2 = \frac{A_{K_1} + A_{O_1}}{A_{M_2} + A_{S_2}} \quad (2-2)$$

其中  $A_{K_1}$  為主太陰全日潮分潮之振幅， $A_{O_1}$  為主太陽全日潮分潮之振幅， $A_{M_2}$  為主太陰半日潮分潮之振幅， $A_{S_2}$  為主太陽半日潮分潮之振幅。

但根據莊(2000)以式(2-2)算出台灣各站的潮型因子，最大 FF2 值不超過 1.5，若採用上述提到的劃分標準，則台灣潮汐只能分出半日潮型和以半日潮為主之混合潮型二種。劉 (1996)建議以 FF2 值小於 0.5 為半日潮，介於 0.5 和 1.25 時為混合潮型，大於 1.25 則為全日潮為台灣潮型分界標準。Dronkers (1964)也提出此潮型分類的標準(見 Emery and Thomson, 2001)。

另外，因為  $S_2$  分潮並不一定是潮汐最主要前四大的分潮，因此可將式(2-2)中分母  $A_{S_2}$  項刪除，而只保留  $A_{M_2}$ ，另成一個潮汐判斷指標，稱為 FF1。劉 (1996)指出在台灣潮汐，當 FF1 值小於 0.5 的潮汐為半日潮，介於 0.5 至 2.0 的潮汐為混合潮型，而 FF1 大於 2.0 的潮汐為全日潮。

$$FF1 = \frac{A_{K_1} + A_{O_1}}{A_{M_2}} \quad (2-3)$$

## 2-6 不同年份或資料長度對潮型判斷之影響

本文利用表 2-4 所得 10 個測站，由 2005~2007 年潮汐資料的四個主要分潮，並配合式(2-2)及式(2-3)計算所得 FF1 及 FF2 值如表 2-7。由上節已討論得知，因不同年份資料所得四個主要振幅有些微差異，因此表 2-7 顯示各測站的潮型因子變化不大。淡水 2006 年的資料因有 52% 的缺漏率，所以推算出的 FF1 和 FF2 值與其他年份差異最多，相對誤差約為 10% 和 7%，相對誤差定義為任兩年 FF1 或 FF2 的差值除以其中的較大值，其餘各測站相對誤差皆小於 3%。

另外由上述潮型分類標準，在蘭嶼和基隆的 FF1 和 FF2 值在表 2-7 顯示出二種不同的潮型，FF2 判斷蘭嶼為半日潮，基隆為全日潮，而 FF1 判斷蘭嶼及基隆為混合潮。

表 2-7 各測站不同年份之潮型 FF1 值和 FF2 值之比較

— 地點	FF2			FF1		
	2005 年	2006 年	2007 年	2005 年	2006 年	2007 年
淡水(DS)	0.34	0.30	0.33	0.43	0.40	0.42
竹圍(ZV)	0.31	0.31	0.31	0.40	0.40	0.40
新竹(HC)	0.24	0.24	0.24	0.31	0.31	0.31
台中(TC)	0.23	0.23	0.23	0.30	0.30	0.30
蘭嶼(LY)	0.48	0.47	0.48	0.70	0.68	0.70
梗枋(GF)	0.77	0.78	0.77	1.12	1.13	1.12
蘇澳(SA)	0.71	0.71	0.71	1.03	1.03	1.03
成功(CK)	0.54	0.55	0.54	0.77	0.79	0.77
基隆(KL)	—	1.46	1.42	—	1.81	1.78
高雄(KH)	1.54	1.58	1.53	2.15	2.20	2.14

另外，本文選擇各測站資料比較完整的年份，以不同資料長度對於潮型因子的影響，一年資料長度以 60 分潮推算，而半年及一季資料長度則以 31 分潮推算，推算 FF2 的結果示如表 2-9。由表 2-8 顯示不同時間長度推算出來的 FF2 值差異不大，只有梗枋資料在 4~6 月資料計算所得，相對於一年推算出來的結果差 15%，其餘誤差都在 10% 以下。



表 2-8 各測站在不同資料長度之潮型因子(FF2 值)

地點	年份	1~12 月	1~6 月	7~12 月	1~3 月	4~6 月	7~9 月	10~12 月
淡水 (DS)	2007	0.33	0.34	0.31	0.32	0.37	0.32	0.31
竹圍 (ZV)	2005	0.31	0.31	0.30	0.29	0.34	0.30	0.31
新竹 (HC)	2005	0.24	0.24	0.23	0.22	0.26	0.23	0.24
台中 (TC)	2005	0.23	0.23	0.22	0.22	0.25	0.22	0.23
蘭嶼 (LY)	2005	0.48	0.49	0.47	0.49	0.49	0.42	0.50
梗枋 (GF)	2006	0.78	0.80	0.76	0.72	0.90	0.76	0.78
蘇澳 (SA)	2007	0.71	0.71	0.71	0.66	0.76	0.67	0.76
成功 (CK)	2005	0.54	0.54	0.53	0.52	0.57	0.51	0.55
基隆 (KL)	2006	1.46	1.48	1.43	1.40	1.61	1.43	1.46
高雄 (KH)	2005	1.54	1.53	1.56	1.49	1.59	1.52	1.60

### 第三章 群集分析與新的潮型分類

#### 3-1 新潮型指標 PR

往昔判斷潮型需要先利用調和分析推算四個主要分潮的振幅。由上章討論得知，因為潮汐的資料長度不同及選取分潮限制，造成潮型因子會有所差異，甚至潮型的歸類不同。為了克服以潮型因子來判斷潮型的缺點，本文以潮汐全日潮及半日潮的基本定義提出一個新的指標來判斷潮型。

半日潮一天平均會有兩次的漲退潮，全日潮在一天內平均只有一次漲退潮，混合潮為平均一天有一次或二次漲退潮。由上述潮型之基本定義，潮型反映在漲退潮一次的平均時間，本文即利用此平均週期特點找出一個新的指標來判斷潮型。

圖 3-1 為潮位一個週期及潮差的示意圖，其中潮汐自滿潮至乾潮為一個潮差，而兩相臨之滿潮或乾潮時間為潮汐週期。一般潮汐的  $M_2$  是主要分潮，其週期約為 12 小時 25 分(12.42 小時)；或者全日潮  $K_1$ ，其週期約為 24 小時 50 分(24.83 小時)，設為  $T_d$ 。當資料長度總時間為  $t_h$ (小時)，例如資料時間為一年，則  $t_h$  為  $24 \times 365 = 8760$  小時。若在資料總時間內取得  $N_t$  個潮差，則潮汐的平均週期  $T_m$  為  $t_h / N_t$ 。本文定義一個新的潮型判別因子稱之 PR(period ratio)，表示如式(3-1)：

$$PR = \frac{T_m}{T_d} = \frac{t_h}{T_d \times N_t} \quad (3-1)$$

若潮汐平均週期接近於  $T_d$ ，即  $PR \approx 1$ ，則顯示潮汐接近於全日潮，若潮汐平均週期接近於 12 小時，即  $PR \approx 0.5$ ，則潮汐接近於半日潮。因此 PR 的範圍為  $0.5 \leq PR \leq 1.0$ ，PR 值的中間值則可能代表混合潮。

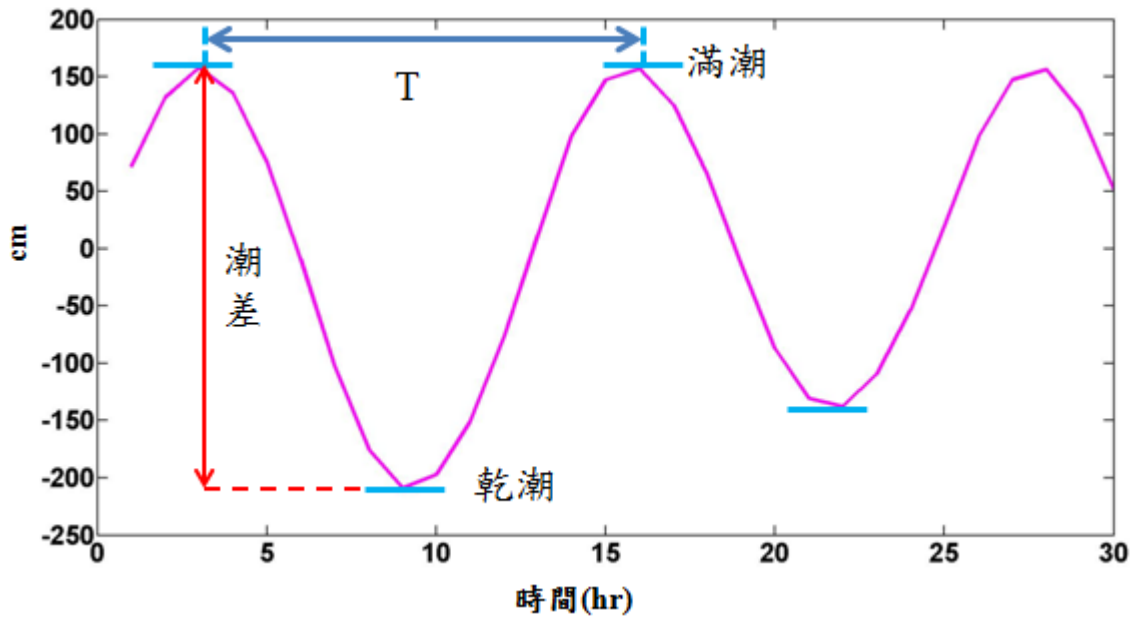


圖 3-1 潮汐漲退一個週期及潮差示意圖

表 3-1 為以式(3-1)計算 2005 至 2007 年十個測站的 PR 值。由表 3-1 可看出大多數測站的 PR 受不同年份的影響不大，其中 PR 值的差異最大在淡水，相對偏差為 6%，可能主要因為 2006 年淡水資料缺漏率達 52% 所造成。而次高資料缺漏率 31% 的 2006 年蘭嶼，只有 3% 的相對偏差。另外成功測站每年缺漏率都在 2% 以下，最大 PR 值與最小 PR 值卻有 6% 的相對偏差，由此可知在成功測站，PR 會受到不同年份的影響。

表 3-1 各測站每年潮汐的 PR 值比較

地點	2005	2006	2007	平均值	標準偏差
淡水(DS)	0.50	0.45	0.48	0.48	0.03
竹圍(ZV)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
新竹(HC)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00
台中(TC)	0.50	0.50	0.49	0.50	0.01
蘭嶼(LY)	0.63	0.65	0.61	0.63	0.02
梗枋(GF)	0.74	0.74	0.74	0.74	0.00
蘇澳(SA)	0.71	0.73	0.72	0.72	0.01
成功(CK)	0.63	0.67	0.61	0.64	0.03
基隆(KL)	—	0.97	0.97	0.97	0.00
高雄(KH)	0.95	0.97	0.96	0.96	0.01

另外，本文選擇各測站比較完整資料的年份，將資料長度分成一年、半年及一季來討論資料長度對 PR 的影響。推算 PR 值如表 3-2 所示。

表 3-2 各測站在不同資料長度的 PR

地點	年份	1~12 月	1~6 月	7~12 月	1~3 月	4~6 月	7~9 月	10~12 月
淡水 (DS)	2007	0.48	0.48	0.48	0.47	0.49	0.49	0.48
竹圍 (ZV)	2005	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
新竹 (HC)	2005	0.49	0.50	0.49	0.49	0.50	0.49	0.49
台中 (TC)	2005	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
蘭嶼 (LY)	2005	0.63	0.62	0.60	0.60	0.58	0.60	0.58
梗枋 (GF)	2006	0.74	0.71	0.73	0.65	0.70	0.70	0.74
蘇澳 (SA)	2007	0.72	0.71	0.71	0.67	0.74	0.62	0.76
成功 (CK)	2005	0.63	0.60	0.62	0.60	0.58	0.62	0.61
基隆 (KL)	2006	0.97	0.93	0.97	0.86	0.89	0.92	0.88
高雄 (KH)	2005	0.95	0.95	0.92	0.91	0.88	0.89	0.87

表 3-2 的各測站在不同資料長度的 PR 平均值及標準偏差如表 3-3 所示。由表 3-2 及表 3-3 得知，當資料長度為半年時，所推算各測站的 PR 相對與一年的 PR 值都在 5% 以下差異，而資料長度為一季時，推算出來最大的相對差異達 14%。表 3-3 所示，發現 PR 越小的時候標準偏差也較小，PR 大於 0.6 時，差異隨著變大。

表 3-3 各測站不同資料長度之 PR 的統計值

地點	平均值	標準偏差	最大誤差(%)
淡水(DS)	0.48	0.007	4
竹圍(ZV)	0.50	0.000	0
新竹(HC)	0.49	0.005	2
台中(TC)	0.50	0.004	2
蘭嶼(LY)	0.60	0.019	8
梗枋(GF)	0.71	0.032	12
蘇澳(SA)	0.61	0.017	8
成功(CK)	0.70	0.047	14
基隆(KL)	0.92	0.043	11
高雄(KH)	0.91	0.032	7

### 3-2 K-means 群集分析

本文欲以測站潮汐的 PR 值來區分潮型。因此需要選擇合適的分群方法來將各測站的 PR 值來分群。群集分析(cluster analysis)即是提供分類的方法，其原理為將原因複雜的事物，若可以先將眾多資料按相似性質歸類或分幾個不同組，再來探討各組之特性，較可清楚說明原本整體資料所代表的意義。

群集分析是一種數值分類法，主要使用一組計量資料，計算個觀察體的相似或相異性，然後使用各種標準，將這些觀察體加以劃分成數個群集，進而更有效地掌握各集群的特性，希望使分類後同一群內觀察體的相似性越高越好，而不同群集間觀察體的相異性則愈高愈好。K-Means 是 MacQueen 於 1967 年所提出的分群演算法，必須先設定 K 個群集，藉由隨機選取目標群中 K 個群集中心，計算群集內各資料與群集中心之距離，使得群集內差異最小，群集間差異最大，迭帶計算後直到群集中心不在變動為止。

本文利用 K-Means 分類法，欲想將 PR 分成三種潮型，所以先設定三個群集，將十個測站推算出來的表 3-3 的平均 PR 分成三類，分類結果如表

3-4。第一群集有淡水、竹圍、新竹及台中；而蘭嶼、梗枋、成功及蘇澳為第二群集；第三群集包含高雄和基隆。參考莊(2000)提出台灣附近測站的潮型，比較第一群集應為半日潮，第二群集為混合潮，第三群集則是全日潮。

表 3-4 使用 K-Means 分類法將各測站的 PR 分類結果

地點	淡水	竹圍	新竹	台中	蘭嶼	梗枋	蘇澳	成功	基隆	高雄
PR	0.48	0.50	0.49	0.50	0.63	0.74	0.72	0.63	0.97	0.95
類別	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3

### 3-3 潮差及週期分布特性之分類

群集分析的變數除了直接選擇代表物理量外，還可利用變數的分布特性參數來分類(見 Berliner, 1996)。本節用十個測站較完整潮汐資料的年份，算出各測站的潮差和週期。由於潮差或週期大小及一年內的變量是呈現潮汐特性的物理量，因此本文將各測站的潮差及週期大小分別當為樣本，分析常態分布的分布特性。

常態分布是以數值資料平均值( $\mu$ )為中心，鈴形(bell shape)分布曲線，中心點位置的出現頻率(次數)最多，離中心點左右遠處的數值出現頻率漸少，曲線左右對稱，而推算 $\sigma$ 標準偏差(standard deviation)，代表潮差或週期的離散成度。所使用的機率密度函數分布介紹如下：

Normal 分布為常態分布的機率密度函數，示如式(3-2)：

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$$

(3-2)

常態分布主要有兩個參數， $\sigma$ 為標準偏差(standard deviation)，又稱為尺度參數，決定了分布的幅度； $\mu$ 為平均值(mean value)，又稱為位置參數

(location parameter)，決定了分布的位置。推算標準偏差及平均值由式(3-3)及式(3-4)：

$$\mu = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3-3)$$

$$\sigma^2 = s^2 = \frac{1}{N-1} (\sum_{i=1}^N x_i - \bar{x})^2 \quad (3-4)$$

十個測站的潮差和週期之機率密度函數會因不同潮型而產生不同型態，見圖 3-2 及圖 3-3。根據推算出來的兩參數得知，當 $\mu$ 越大代表平均潮差和平均週期越大， $\sigma$ 越大代表潮差及週期離散程度大。

先各別將潮差和週期所得的兩參數無因次化，即 $\sigma$ 參數除以 $\mu$ 參數，潮差兩參數相除所得的值稱為潮差偏差 TR(relative standard deviation of tidal tange)，週期兩參數相除所得的值稱為週期偏差 TP(relative standard deviation of tidal period)，使用上節 3-2 介紹的 K-means 法將 TR 及 TP 分類的結果示如表 3-5。K-means 將 TR 及 TP 分類出來的結果與 PR 分類的結果相同，則第一群集應為半日潮，第二群集為混合潮，第三群集則是全日潮。

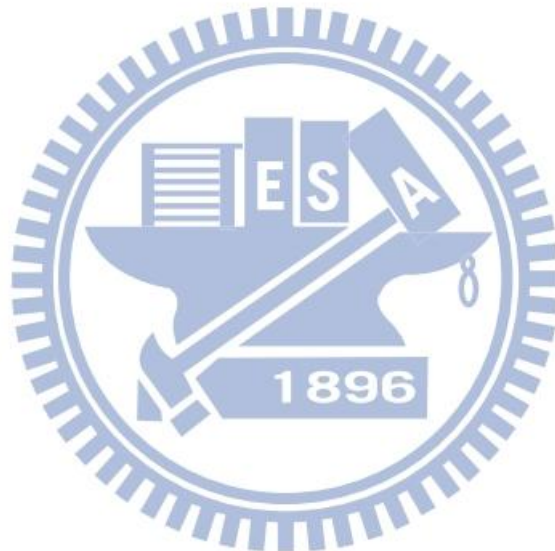
表 3-5 使用 K-means 分類法將各測站潮差和週期的常態分布參數之分類

參數	淡水	竹圍	新竹	台中	蘭嶼	梗枋	蘇澳	成功	基隆	高雄
TR	0.10	0.10	0.06	0.07	0.36	0.35	0.35	0.36	0.18	0.21
	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
TP	0.22	0.20	0.19	0.21	0.31	0.30	0.31	0.30	0.25	0.27
	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3

以上述分類結果定出 TR 值的判別界線，根據第一群集的最大 TR 值為

0.1 及第三群集最小 TR 值為 0.18，以兩值區間的中值 0.14 當作半日潮和全日潮的界線；第三群集最大 TR 值為 0.21 及第二群集最小 TR 值為 0.35，取兩著之間的中值 0.28 當作全日潮和混合潮的界線。為了方便記憶及使用，將 TR 界線值改定為小於 0.15 的為半日潮，大於 0.30 的為全日潮，介於之間為混合潮。同理，TP 值的判別界線為小於 0.23 為半日潮，大於 0.29 為混合潮，介於之間為全日潮。

由於在以往潮型認知上，混合潮的值通常界於全日潮和半日潮之間，與上述定的範圍有所不同，故本文在此用的 TR 值及 TP 值的劃分界線可待改良，而後面只討論 PR 值與 FF2 值比較和 PR 值界線的劃分及修正。





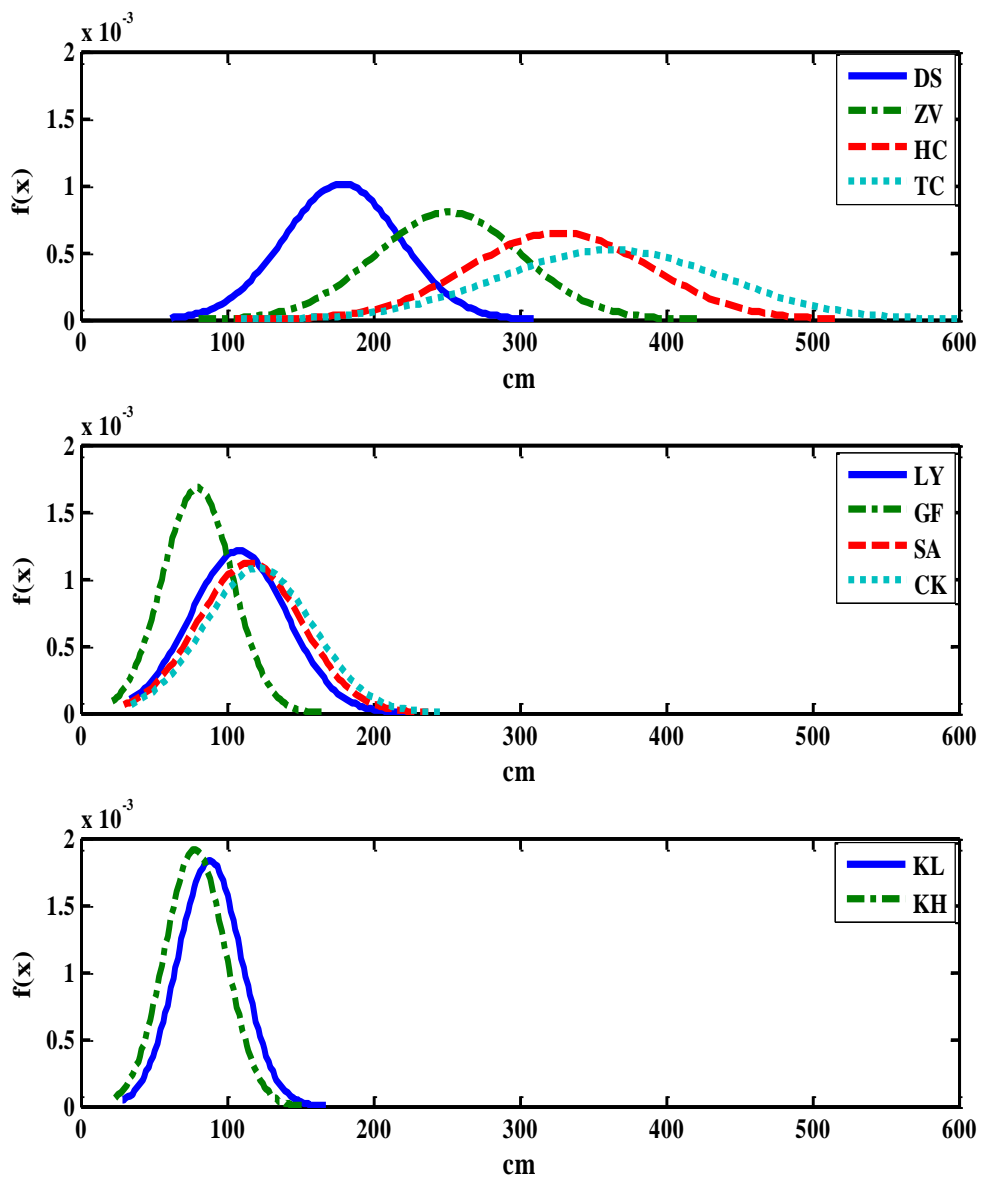


圖 3-2 十個測站的潮差常態分布的機率密度圖

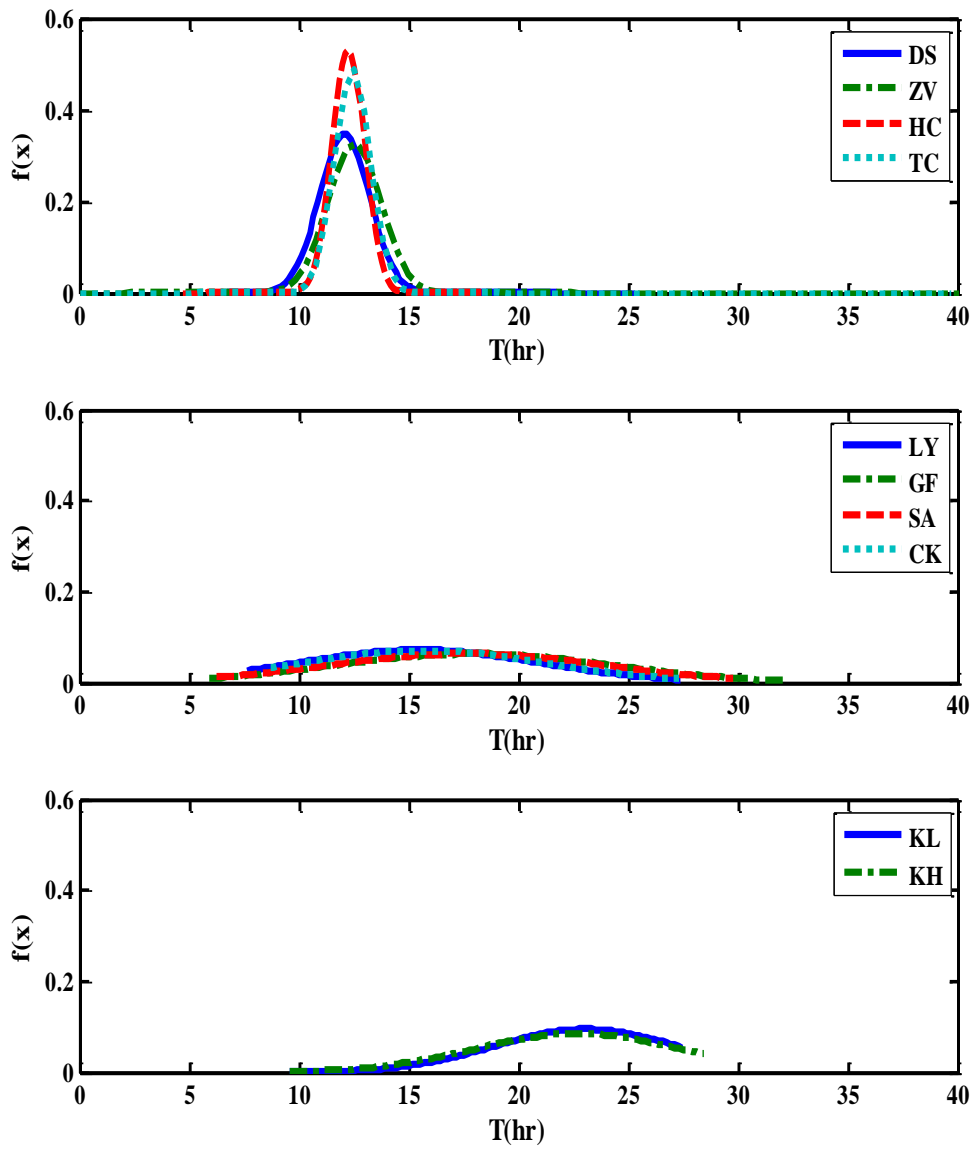


圖 3-3 十個測站的週期常態分布的機率密度圖

### 3-4 分界標準

本文欲將新的判斷指標 PR 值劃定區分的界線。四分位距 (interquartile range, IQR) 即是統計學中常用的一種劃分資料的方法。圖 3-4 為四分位距示意圖，其乃利用資料中的第 25 百分位數( $Q_1$ )、第 50 百分位數( $Q_2$ )及第 75 百分位數( $Q_3$ )這三個百分位數來定一四分位數。

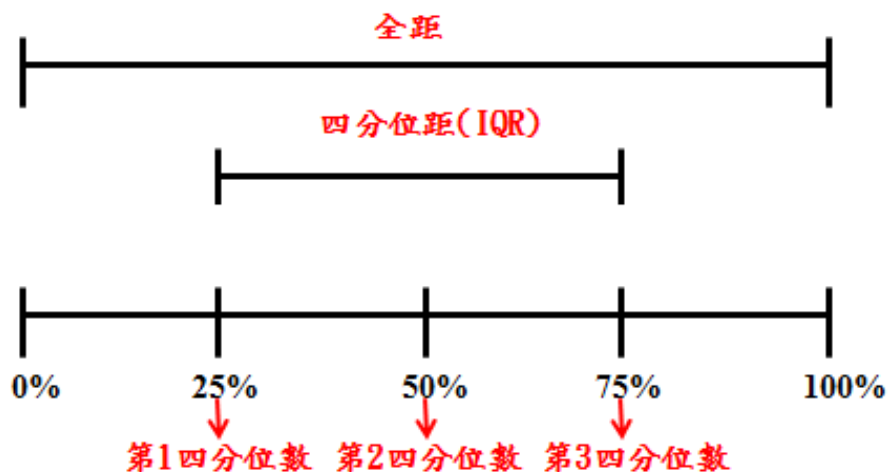


圖 3-4 四分位距的示意圖

本文根據四分位距來劃分 PR 為 0.5~1.0 的區間，結果如圖 3-5。根據此劃分依據，當 PR 值小於等於 0.60 為半日潮型，在 0.60 至 0.75 為以半日潮為主之混合潮型，介於 0.75 至 0.90 為以全日潮為主之混合潮型，大於等於 0.90 為全日潮型。

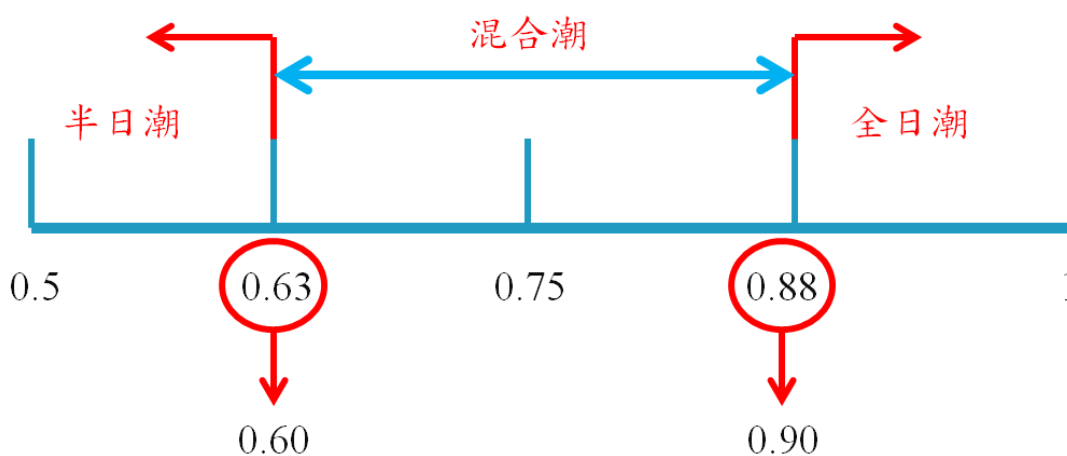


圖 3-5 四分位距劃分 PR 區間之示意圖

根據表 3-4 的分類結果，來檢定四分位距的劃分依據是否合理。PR 值小於 0.60 的有淡水、竹圍、新竹及台中，此四個測站為半日潮型；PR 值介於 0.60 至 0.75 的有梗枋、蘇澳、成功及蘭嶼，此四個測站為以半日潮為主之混合潮型；PR 值大於 0.9 的有基隆及高雄，兩站為全日潮。跟表 3-4 及表 3-5 的分類結果相符合，即使用四分位距的劃分依據合理。

### 3-5 不同年份的 FF2 和 PR 的比較

由前面研究可知在不同年份下，不論是往昔的 FF2 或 PR 的潮型指標，皆會有些許的變動，但如果變動維持在同一個判斷潮型範圍，則仍是在合理接受的範圍內。圖 3-6 和圖 3-7 分別為十個測站在不同年份的 FF2 及 PR 值，範圍界線標示於圖中的虛線。由圖 3-6 可看出各測站的 FF2 值在相同的潮型。圖 3-7 顯示不同年份潮汐的 PR 值也只有些許的變動，但都在相同的潮型。

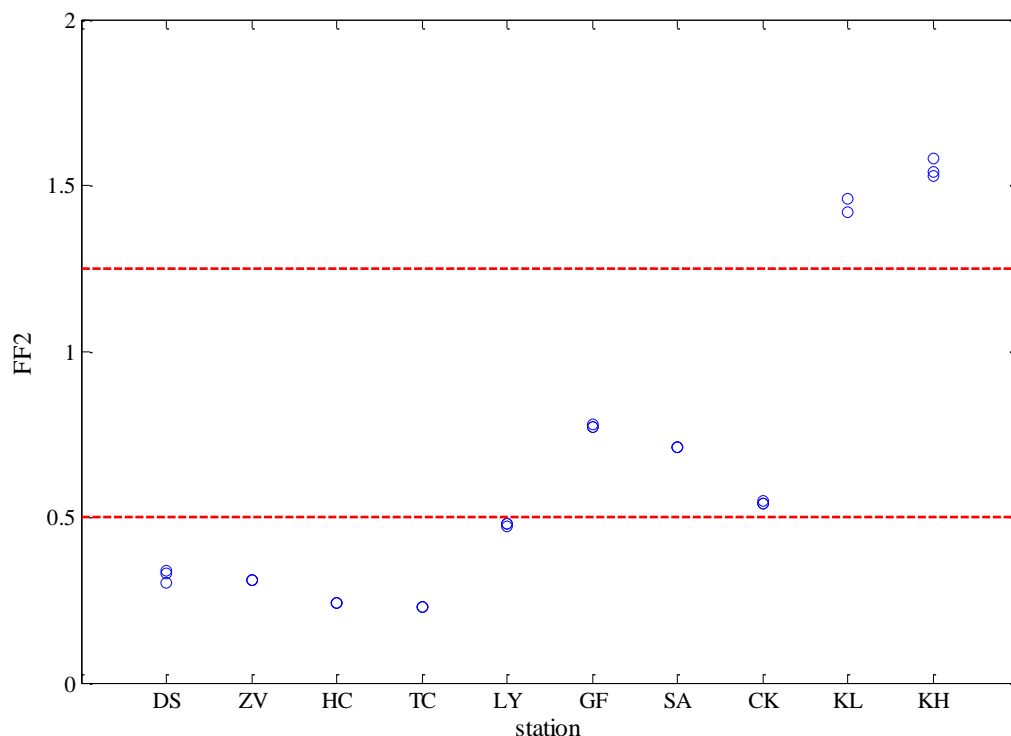


圖 3-6 十個測站在不同年份的 FF2 值

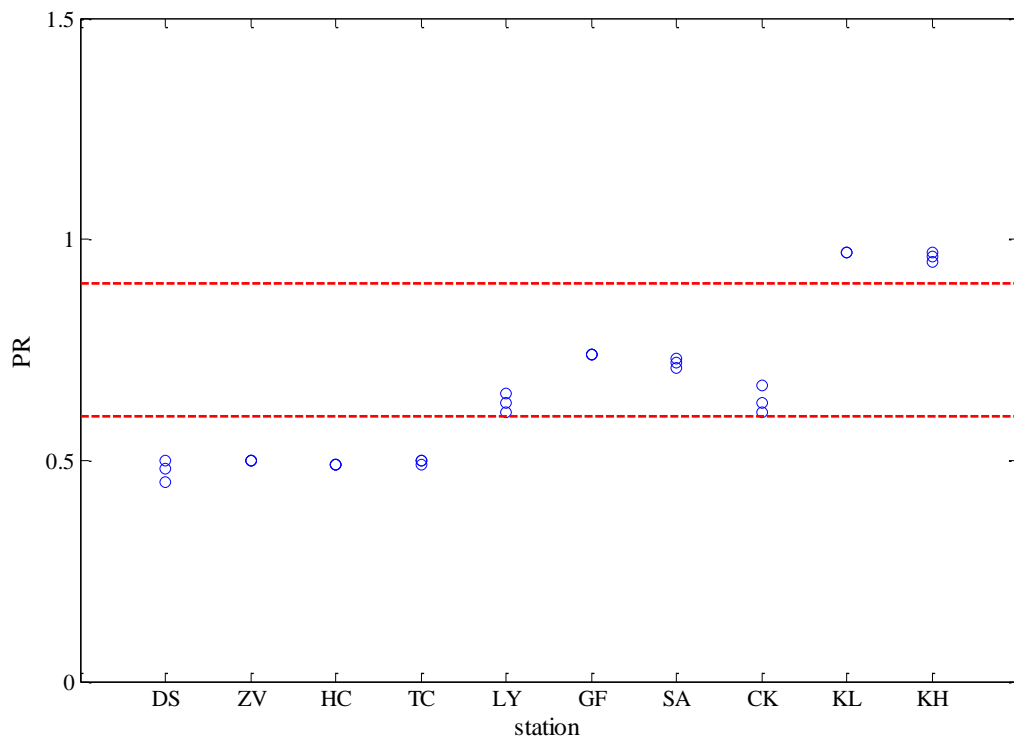


圖 3-7 十個測站在不同年份的 PR 值

### 3-6 不同資料長度的 FF2 和 PR 值的比較

本文選擇各測站比較完整資料的年份，將資料長度分成一年、半年及一季來討論資料長度對 FF2 和 PR 值的影響比較。圖 3-8 和圖 3-9 分別為十個測站在不同資料長度的 FF2 及 PR 的值。由圖 3-8 得知，不同資料長度讓 FF2 產生了變動，在蘭嶼的 FF2 值跨越了 0.5 的界線，難以評斷潮型為半日潮或混合潮。而由圖 3-9 得知，雖然不同資料長度對 PR 產生的影響跟 FF2 差不多，但在蘭嶼、成功、基隆及高雄測站皆越過所劃分的界線，所以對於 PR 劃分界線是否為最佳，可待討論。但在 PR 值變動中發現，混合潮或全日潮測站的 PR 值變動相對於半日潮的測站變動來的大，其原因是因為在半日潮的時候，潮汐週期的變化比較少，則短時間跟長時間所推測的平均週期差不多，但在全日潮或混合潮的時候，週期的變化較大，短時間跟長時間所推算的平均週期不一樣會一樣，則對 PR 產生影響。

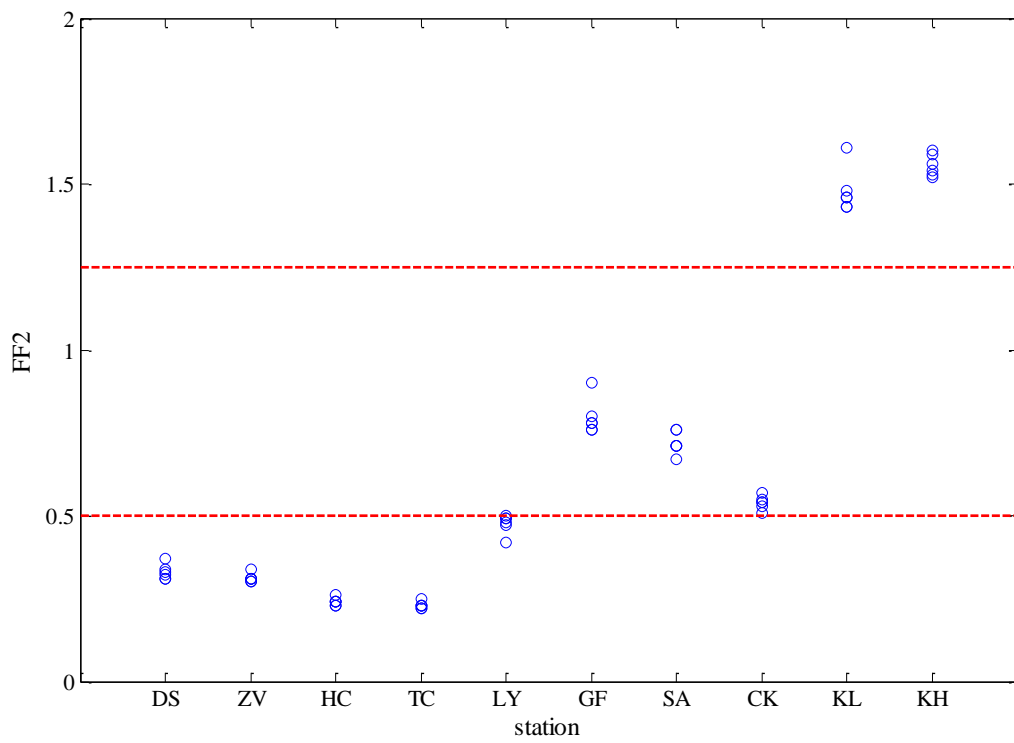


圖 3-8 十個測站在不同資料長度的 FF2 值

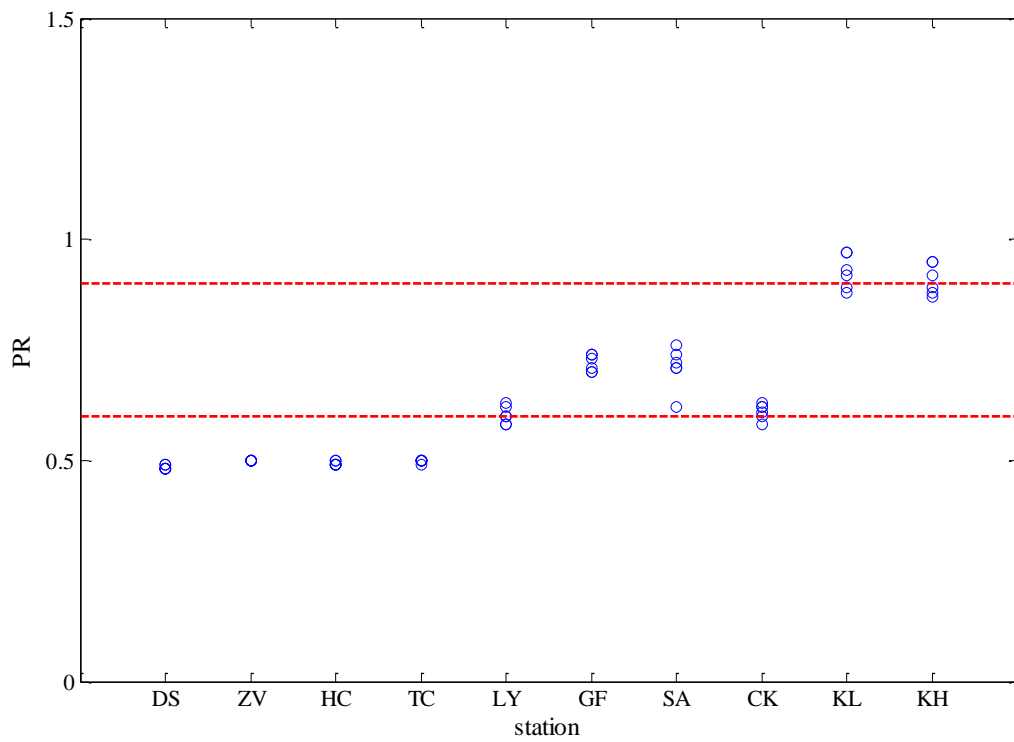


圖 3-9 十個測站在不同資料長度的 PR 值

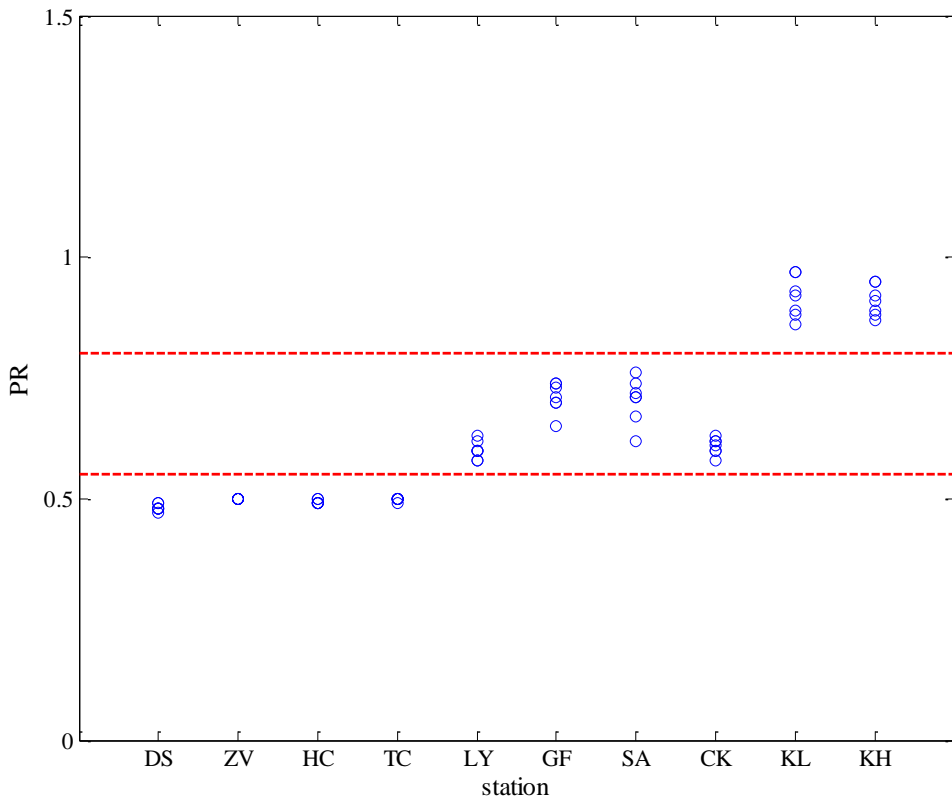
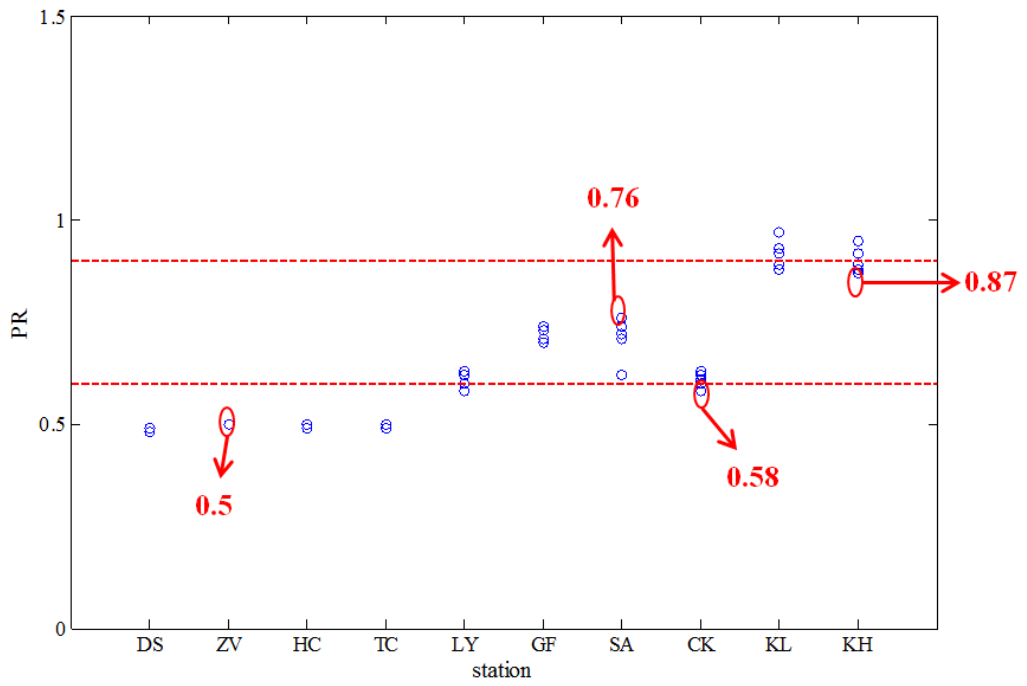
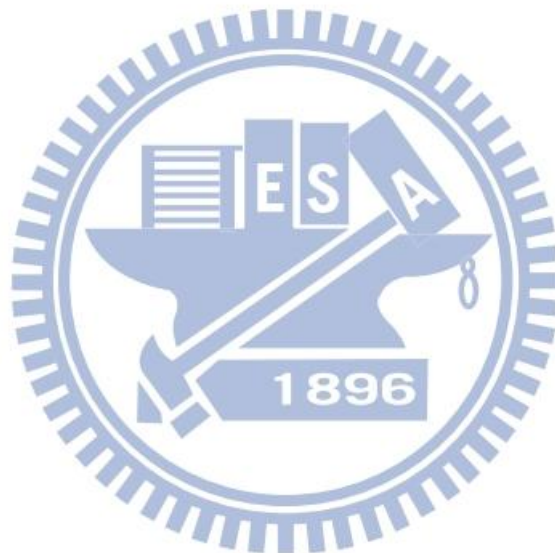


圖 3-10 PR 值的界線下修示意圖

由圖 3-9 發現 PR 值劃分的界線可加以修正。由上述群集分類的結果，淡水、竹圍、新竹及台中為第一群集，蘭嶼、梗枋、蘇澳及成功為第二群集，第三群集為基隆和高雄，故將其兩界線下修。先用不同資料長度的 PR 值，第三群集的最小值和第二群集的最大值取平均為 0.815，故將界線 0.9 下修至 0.8；再用第二群集的最小值和第一群集的最大值取平均為 0.54，則將界線 0.6 下修至 0.55(PR 值的界線下修示意圖參見圖 3-10)。





## 第四章 結論

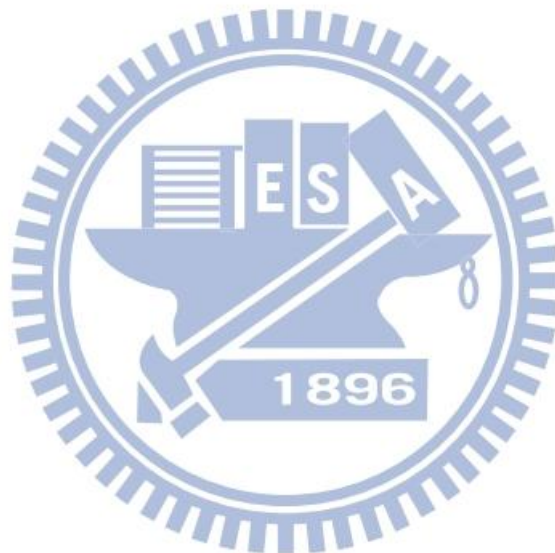
本文採用中央氣象局提供 2005 年至 2007 年台灣附近海域之十個測站的逐時潮位資料，分析調和分析選用分潮的限制，討論在不同年份、取樣間隔及資料長度對於推算出四個主要分潮和潮型因子的影響，並比較傳統所使用的兩種潮型因子的差別。接著以潮汐的潮差及週期分布特性提出 TR 及 TP 兩種潮型指標，最後再利用潮差數的概念，提出一個新的潮汐型態指標，討論其適用性。

1. 中央氣象局所提供之潮汐資料有 6 分鐘及 1 小時二種的取樣間隔，由結果可知潮汐取樣間隔為 6 分鐘或 1 小時，對調和分析算出的主要分潮的振幅差值最大為 0.03cm，並無太大變化。只要選用的分潮符合限制，資料長度對主要分潮的振幅影響不大。
2. 由資料分析結果顯示，大多數測站的 PR 受不同年份的影響不大，其中成功測站有 6% 的相對偏差，由此可知在成功測站，PR 值會受到不同年份的影響。
3. 混合潮和全日潮的測站，PR 值變動相對於半日潮的測站變動來的大，其原因是因為在半日潮的時候，潮汐週期的變化比較少，則短時間跟長時間所推測的平均週期差不多，但在全日潮或混合潮的時候，週期的變化較大，短時間跟長時間所推算的平均週期不一定一樣，進而對 PR 值產生影響。
4. PR 值的劃分界線為大於 0.8 為全日潮，小於 0.55 為半日潮，而介於 0.55~0.8 為混合潮。

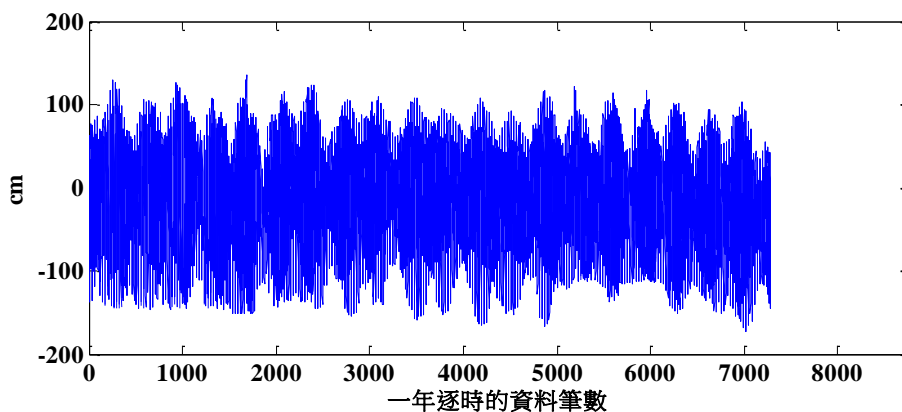
## 參考文獻

1. 劉文俊 (1996) 「台灣的潮汐」，文英印刷有限公司。
2. 楊穎堅、梁文德、唐存勇 (1996) 「基隆與高雄的水位變化」，第 18 屆海洋工程研討會論文集，第 553-560 頁。
3. 李汴軍、何佩勵、林燕璋 (1998) 「潮汐預報校驗與相關問題探討」，第 20 屆海洋工程研討會論文集，第 103-108 頁。
4. 莊文傑 (2000) 「台灣海峽潮波協振盪之研究」，國立台灣大學造船及海洋工程學研究所博士論文。
5. 郭一羽 (2001) 「海岸工程學」，文山書局。
6. 黃瓊珠 (2005) 「潮位資料補遺及天文潮分潮特性之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
7. 莊文傑、曾相茂、江中權 (2006) 「潮汐資料補遺及其在暴潮位萃取之應用」，第 28 屆海洋工程研討會論文集，第 277-282 頁。
8. 莊文傑、林立青、張憲國 (2007) 「年實測缺漏潮位內差補遺法之準確性評估」，第 29 屆海洋工程研討會論文集，第 201-206 頁。
9. 莊文傑、林立青、張永欣 (2007) 「氣象潮位的萃取及其在暴潮預報的應用」，第 29 屆海洋工程研討會論文集，第 207-212 頁。
10. 邱啟敏 (2007) 「台灣四周沿岸潮汐特性探討及颱風暴潮迴歸分析之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
11. Defant, Albert. (1960) *Physic Oceanography, Volume 2, New York, Pergamon Press.*
12. Dronkers, J. J. (1964) *Tidal Computations in River and Coastal Waters, North-Holland Publishing Company—Amsterdam, pp.82.*
13. Emery, W. J. and Thomson, R. E. (2001) *Data Analysis Methods in Physical Oceanography, second and revised Edition. Elsevier, Amsterdam.*

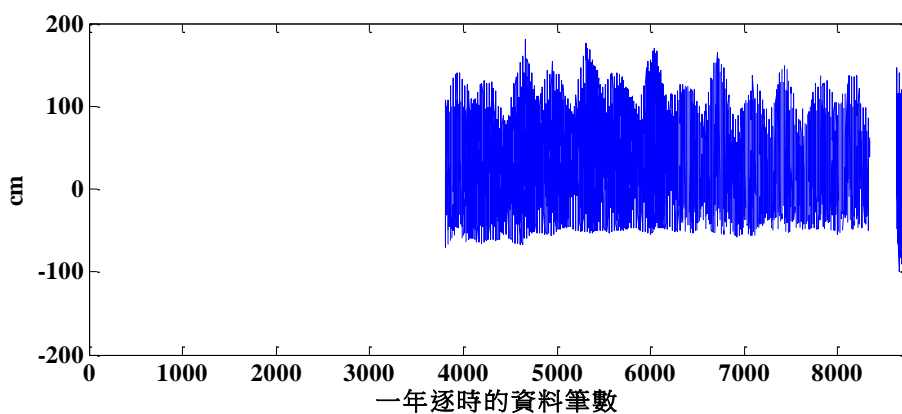
14. MacQueen, J. B. (1967) Some methods for classification and analysis of multivariate observations, *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and probability*, 1,281-297.
15. Maarten, C. B. and Herman, R. (2007) Long-term ferry-ADCP observations of tidal currents in the Marsdiep inlet, *Journal of Sea Research*, 57, 237-256.
16. Pugh, D. T. (1987) Tides, surges, and mean sea-level. *New York, John Wiley & Sons*.



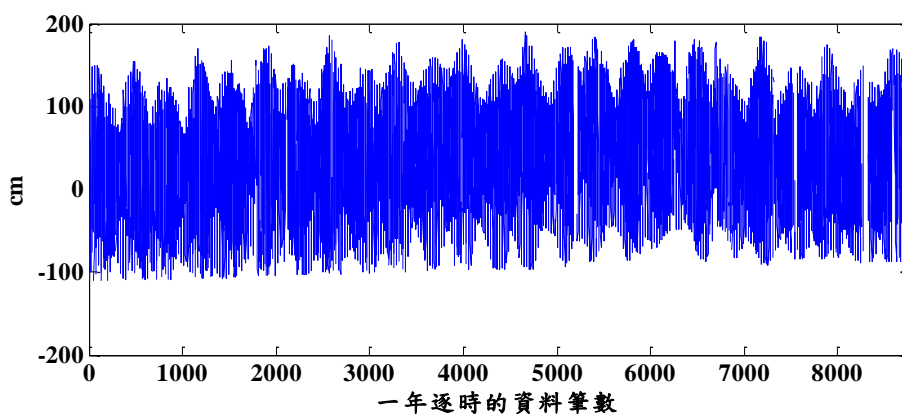
## 附錄 (各測站的原始潮位資料)



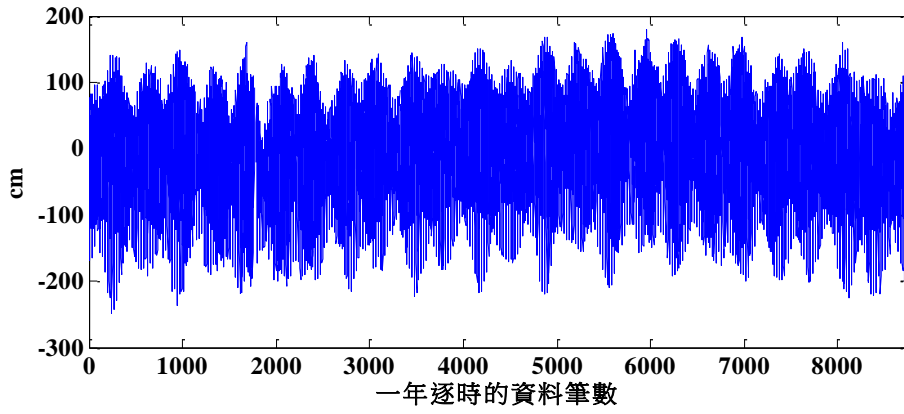
淡水 2005 年的原始潮位資料



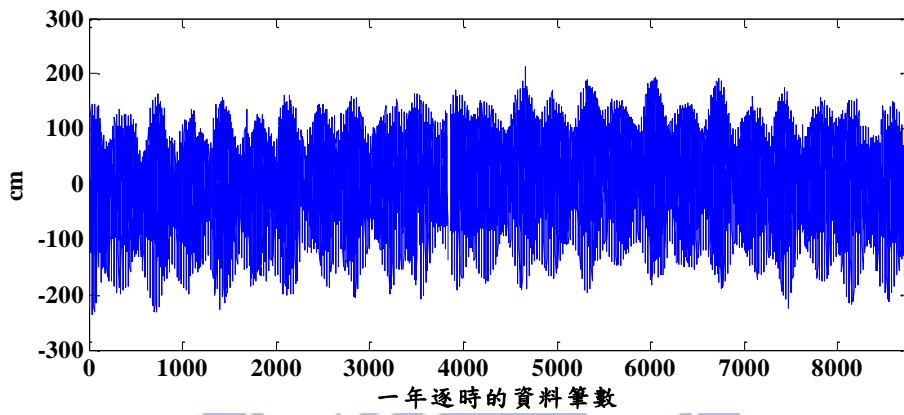
淡水 2006 年的原始潮位資料



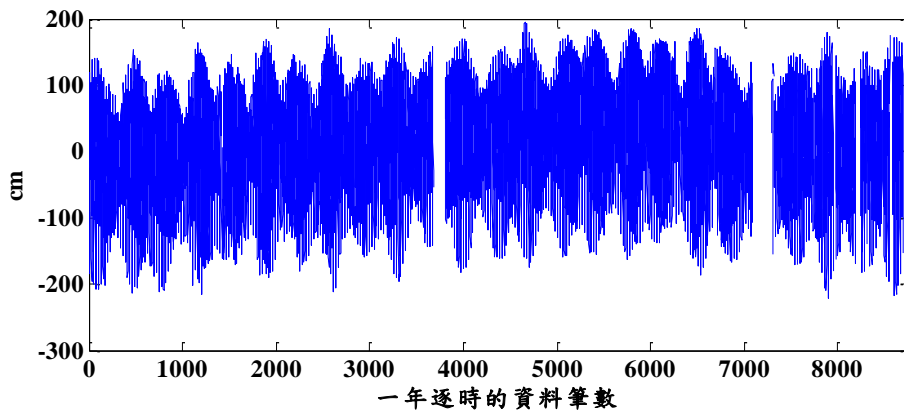
淡水 2007 年的原始潮位資料



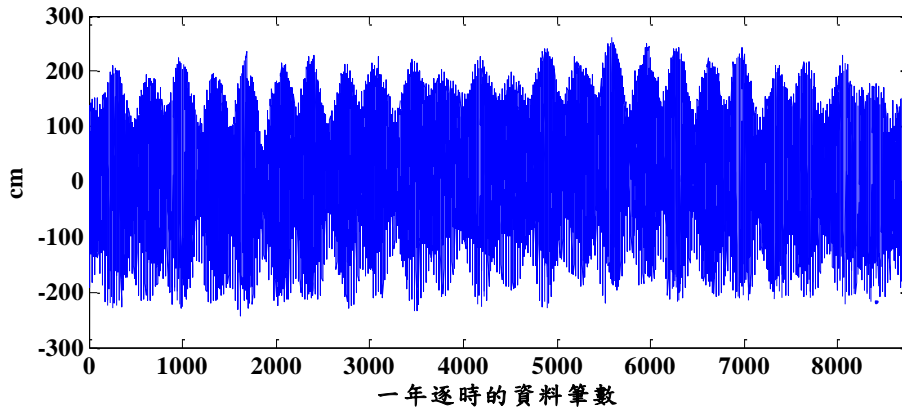
竹圍 2005 年的原始潮位資料



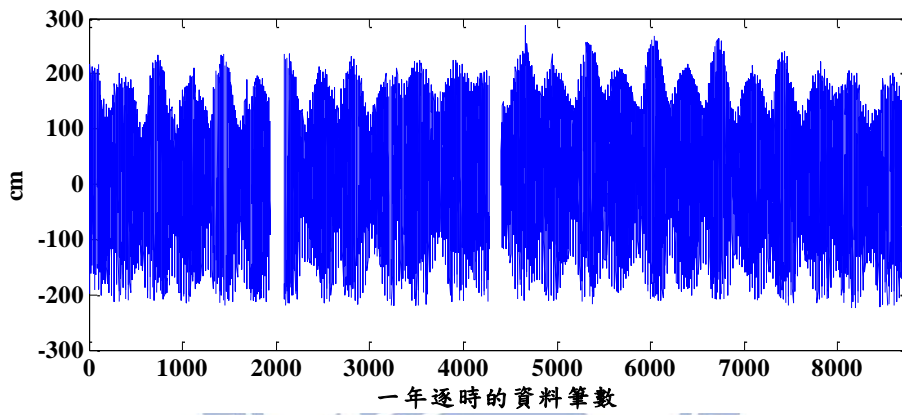
竹圍 2006 年的原始潮位資料



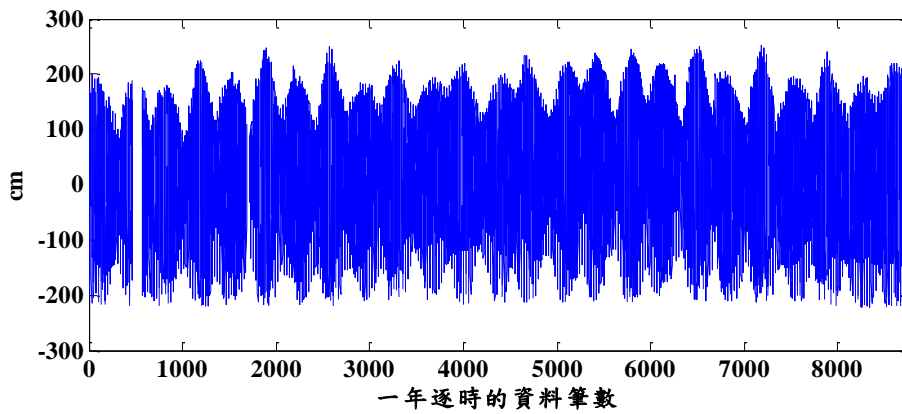
竹圍 2007 年的原始潮位資料



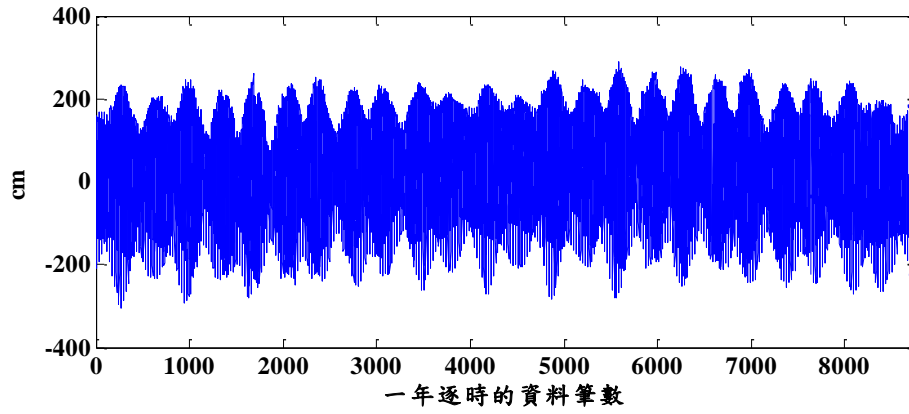
新竹 2005 年的原始潮位資料



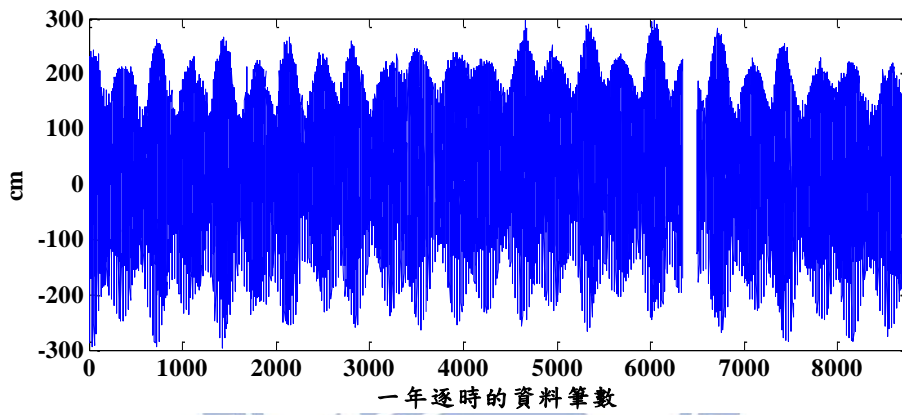
新竹 2006 年的原始潮位資料



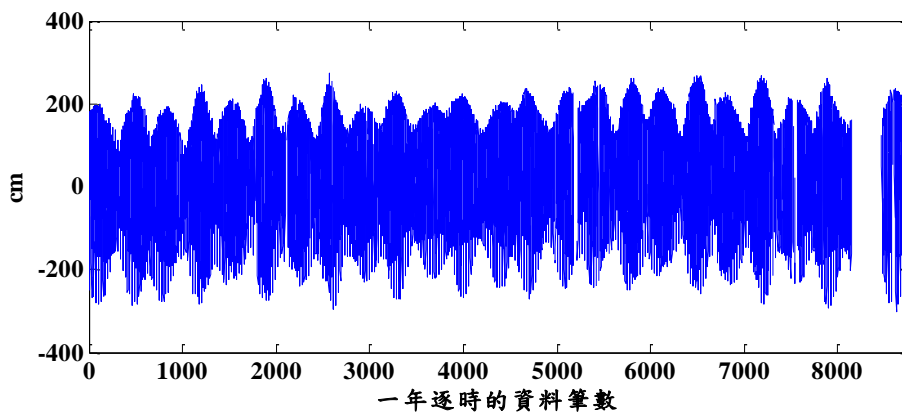
新竹 2007 年的原始潮位資料



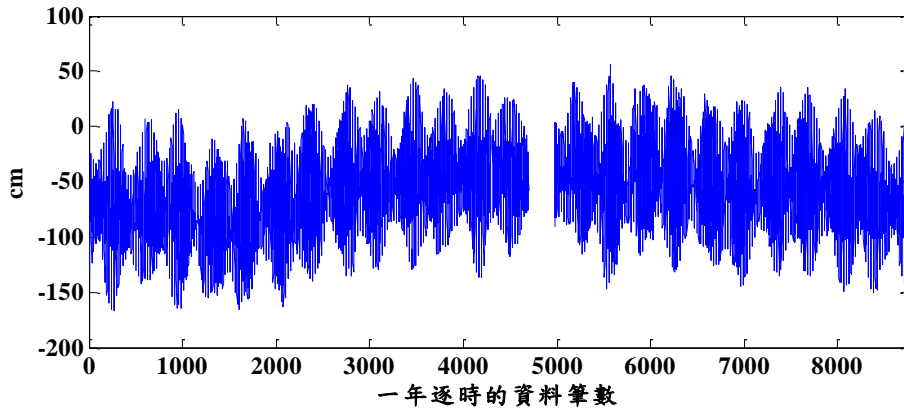
台中 2005 年的原始潮位資料



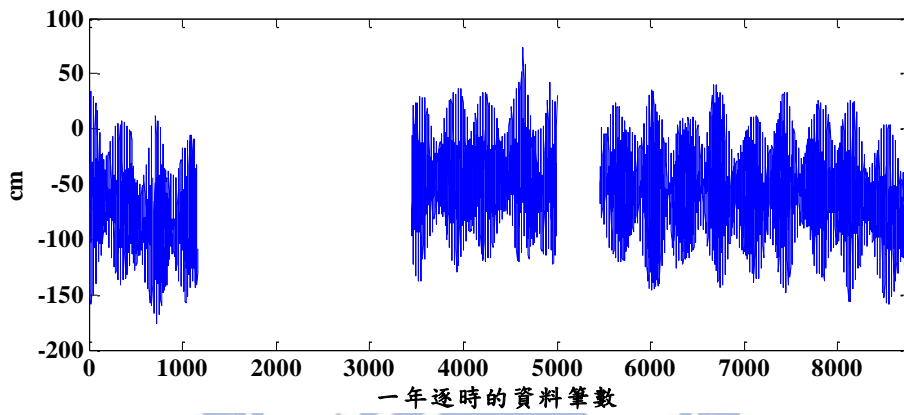
台中 2006 年的原始潮位資料



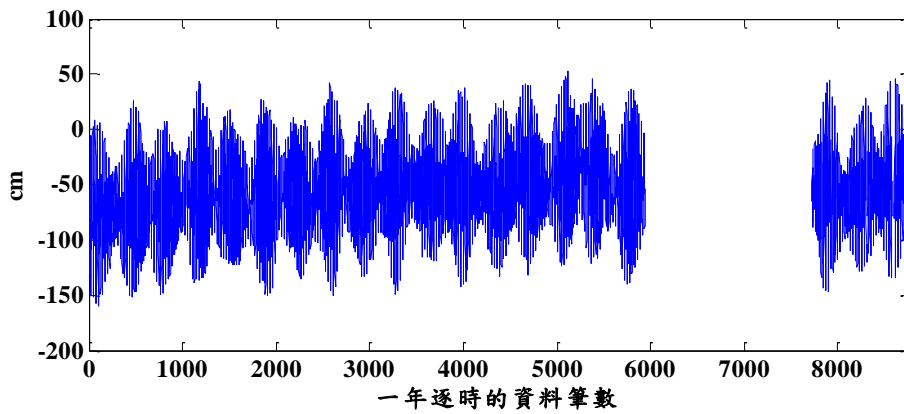
台中 2007 年的原始潮位資料



蘭嶼 2005 年的原始潮位資料

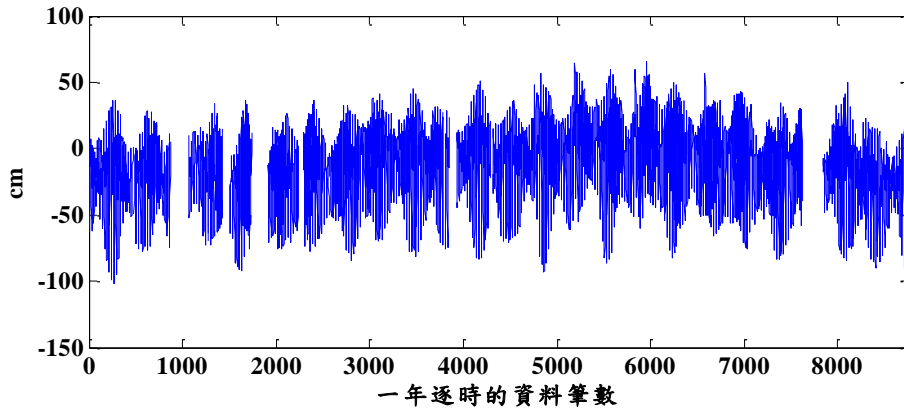


蘭嶼 2006 年的原始潮位資料

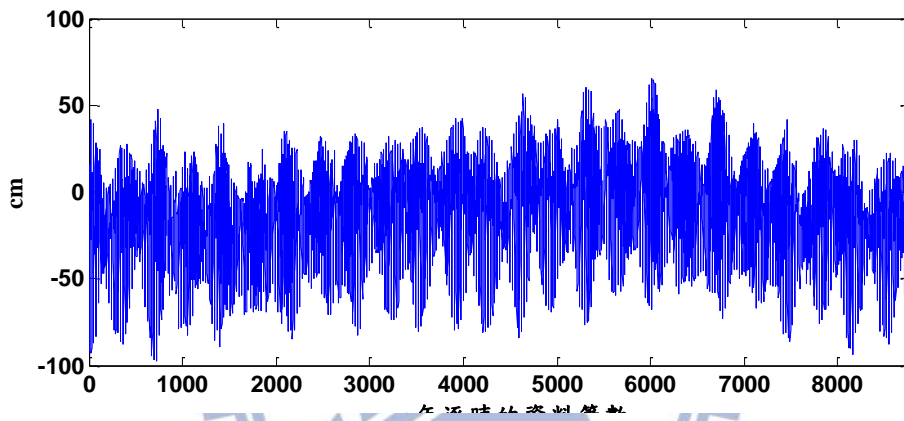


蘭嶼 2007 年的原始潮位資料

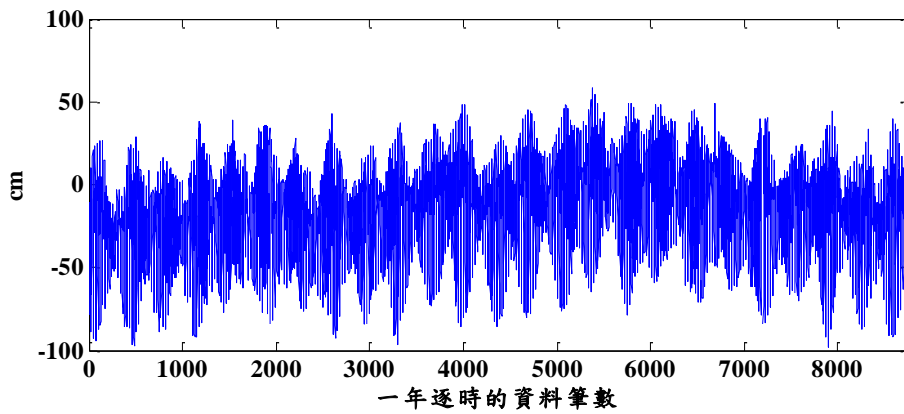




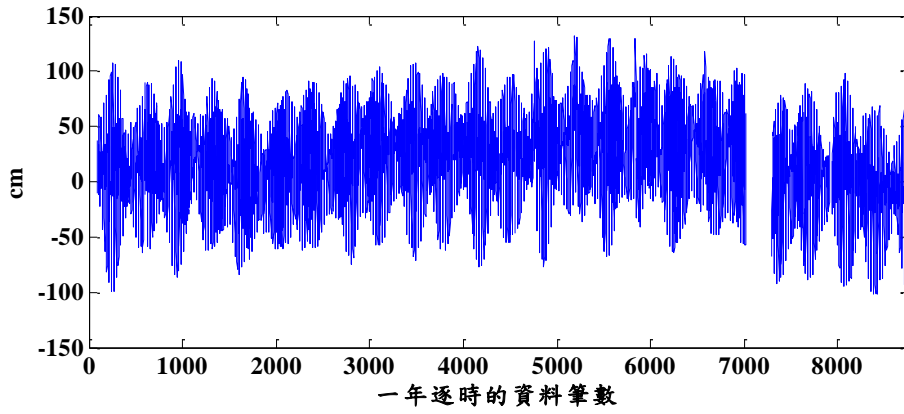
梗枋 2005 年的原始潮位資料



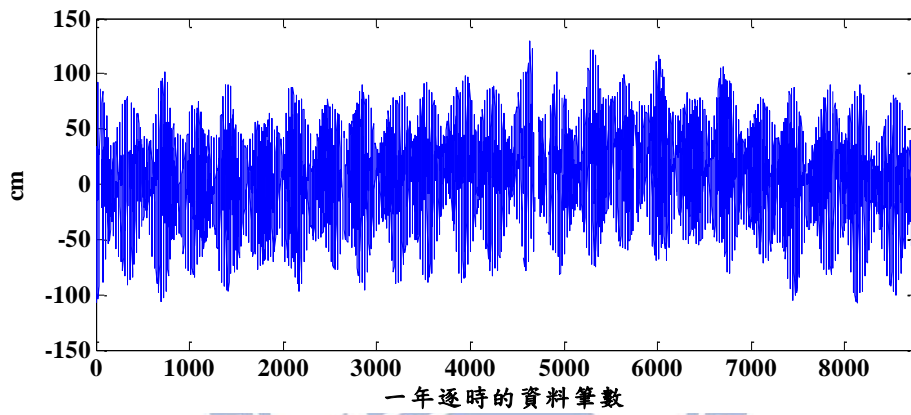
梗枋 2006 年的原始潮位資料



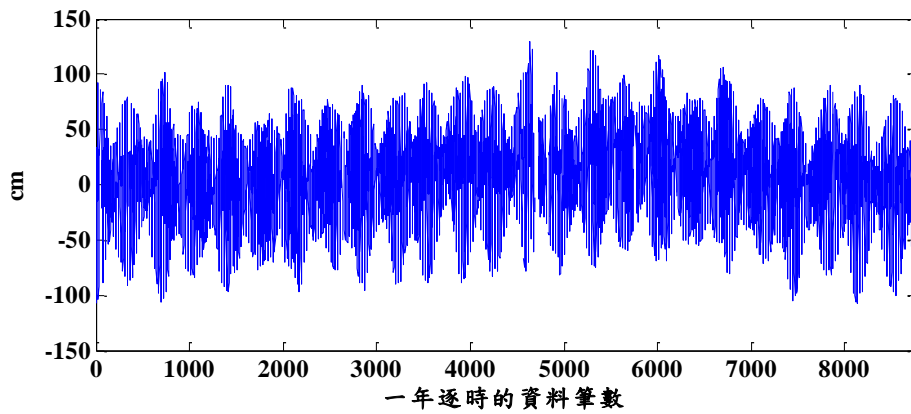
梗枋 2007 年的原始潮位資料



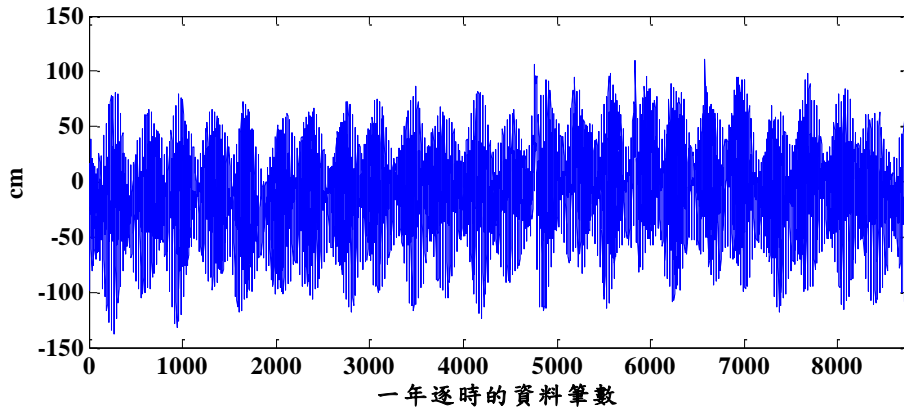
蘇澳 2005 年的原始潮位資料



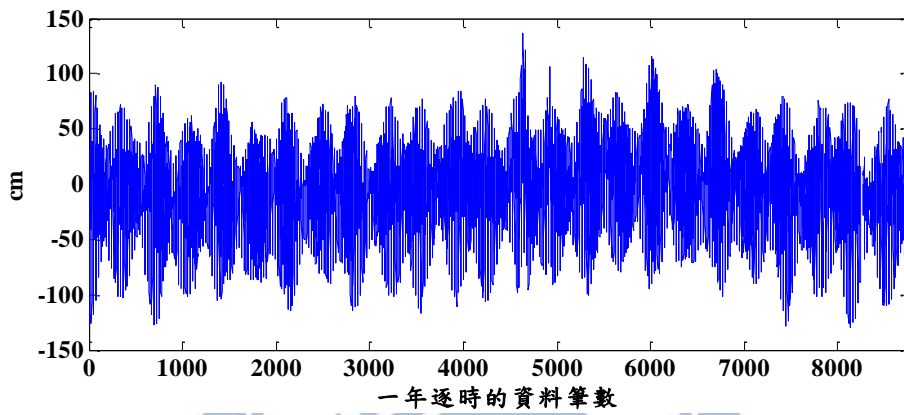
蘇澳 2006 年的原始潮位資料



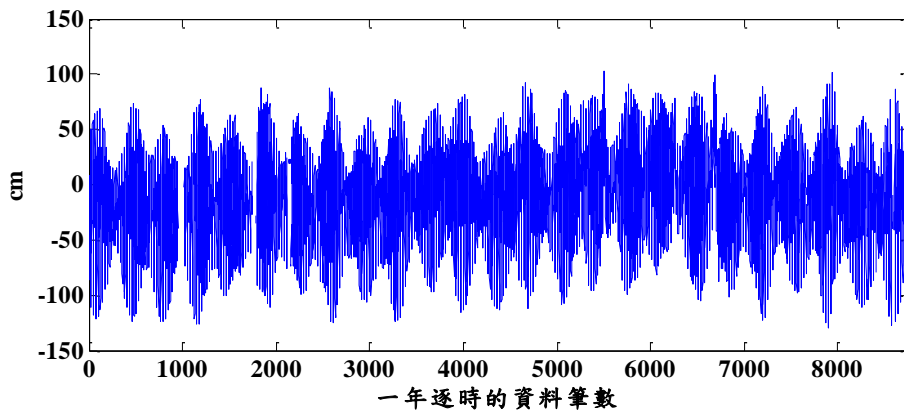
蘇澳 2007 年的原始潮位資料



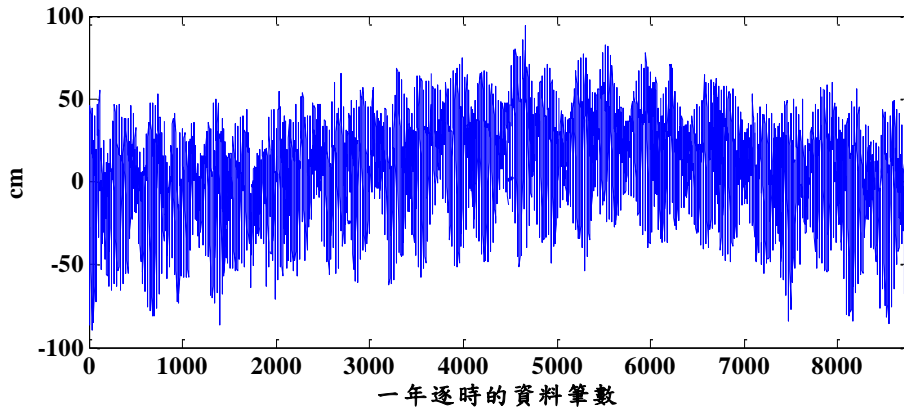
成功 2005 年的原始潮位資料



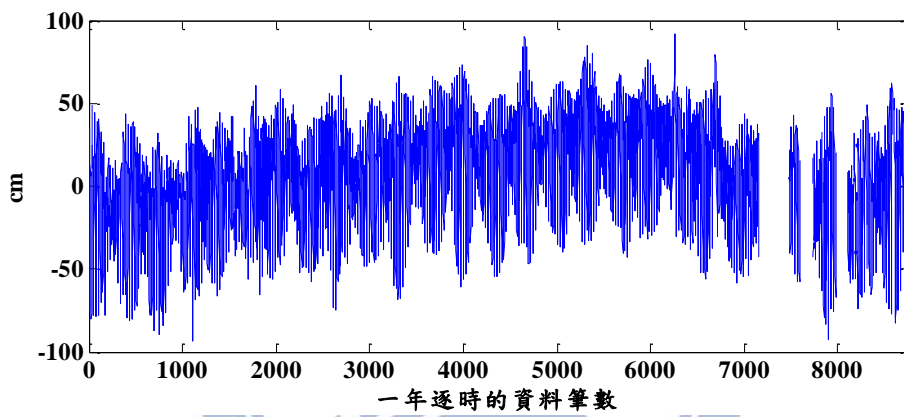
成功 2006 年的原始潮位資料



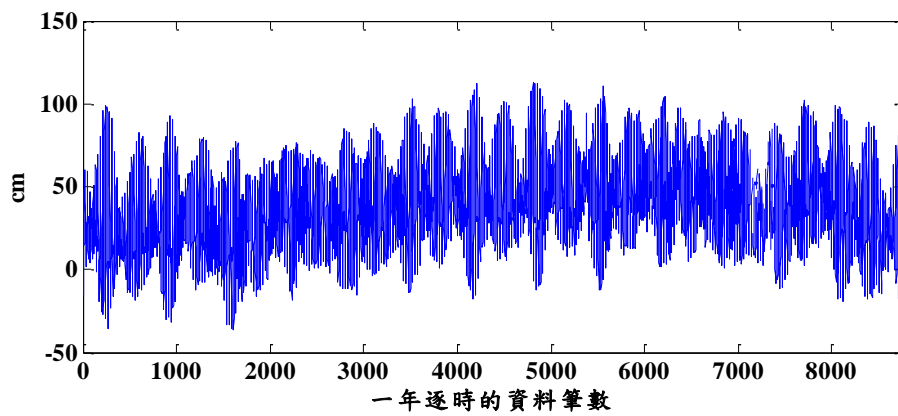
成功 2007 年的原始潮位資料



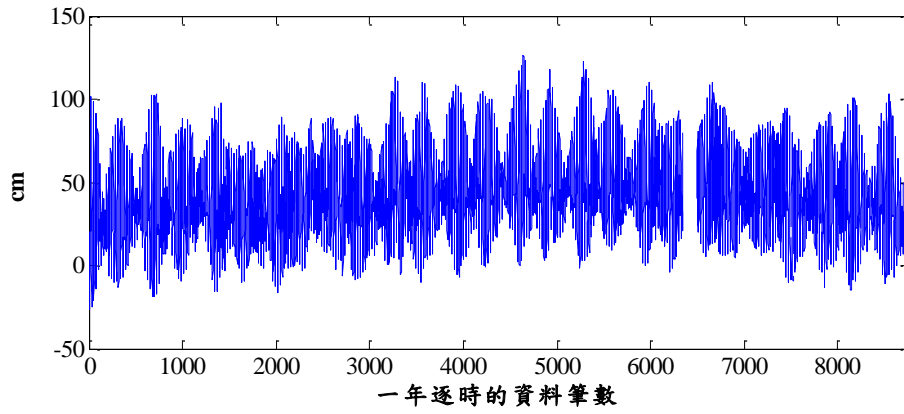
基隆 2006 年的原始潮位資料



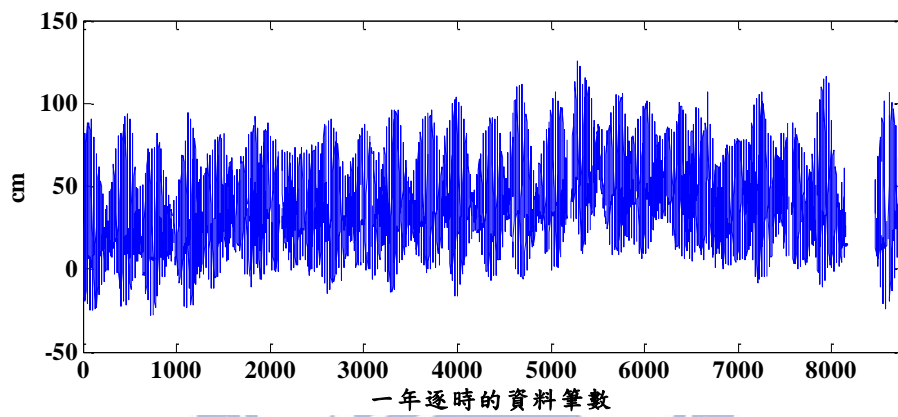
基隆 2007 年的原始潮位資料



高雄 2005 年的原始潮位資料



高雄 2006 年的原始潮位資料



高雄 2007 年的原始潮位資料