

試論澳門的水動力條件 與經濟發展的關係

葉龍飛*

多年來澳門經濟的高速度發展，是引人注意的。自中葡兩國政府聯合聲明發表以來，仍然保持着高於隣近地區的勢頭。對於在過渡時期和以後的澳門經濟，已有不少文章從政治、社會等各方面加以分析討論，都是表示樂觀的①②。本文試圖從某些自然環境因素來進行探討，以供參考。

（一）澳門海域的水動力條件

澳門在珠江三角洲西部的南端，和面對着東部的香港，處在珠江口伶仃洋的兩側而與近於三角洲頂點的廣州形成三足鼎立的形勢。因此它的水動力條件與珠江口的研究密切相關。筆者前曾指出，可以分爲東面和西面兩海域來討論③：

1. 澳門東面海域伶仃洋可能受下列四種因素所制約：

a. 珠江伶仃洋的凱爾文潮波

根據筆者最近的研究結果④，珠江伶仃洋多年來的實測資料⑤，可以用凱爾文潮波的機制很好地解釋。這主要是因爲河口較寬，地轉作用（科氏力）的影響所造成的。這裏的潮汐是不規則半日潮，雖然有漲有落，潮流基本上是南北向的往復流。但是進一步分析“餘流”，可以簡化地說：海水靠東岸流入，河水靠西岸流出，形成的餘流是在東部自南向北流入，在北面頂部（虎門以南）折向西部，然後在西部向南流出，總的趨勢是逆時針方向的⑥。這種情況和北海是類似的，本來是海洋學的一般規律⑦。

* 中國海洋物理學會（全國）常務副理事長、國際海洋物理科學協會（I A P S O）執行委員會委員（常任理事）兼物理海洋學委員會委員，現工作於中國科學院南海海洋研究所。

b. 珠江口伶仃洋的河水大都通過西部的幾個口門流出

珠江主幹的西江和北江的河水從虎門，蕉門，洪奇瀝和橫門等四個口門流出。這些“徑流”當然也構成“餘流”的一部分，和海水比較，這些河水鹽度較低，含沙量較多，污染物也較多。因此在伶仃洋內，除了河口通常所具有的鹽度縱向梯度以外，還有較特殊的鹽度橫向梯度。即西部的鹽度值比東部的顯著降低。在這兩種梯度共同作用的結果，形成鹽度等值綫類似S形的平面分佈^⑧，這也是上述凱爾文潮波共同作用的結果^④。由此可看到鹽度值是東南部高而西北部低，反過來說，可以粗略估計含沙量却是東南部低而西北部高。如果污染物主要是來自河水的話，將也有類似的情況。

c. 華南的沿岸流

南海北部是廣東南部沿岸的淺水陸架，南海中部是相當平坦的深水海盆，兩者之間是很陡峭的陸坡。也是在地轉作用下，這樣的地形造成流向西南的沿岸流，和美國東部海岸的情況類似^⑨。冬季盛行東北季風，吹動海流和這流向一致；即令在夏季，儘管盛行西南季風，也未能完全改變這種流向。沿岸流，至少“餘流”是這樣常年是西南向的^⑤。

綜合這三種經常性的因素，澳門東面海域是在一個較恒定的西南向的沿岸流的基礎上疊加着往復的近乎南北向的潮汐作用，以及由此產生的逆時針方向的“餘流”，也基本上同樣的西南向。最近的一些實測資料，可以作為佐証和參考^⑤。

d. 颶風的作用

除了上述三種經常性的因素外，突發的颶風也有重要的作用。南海中的颶風大多是由東南西北移動的熱氣旋，它的風場和所引起的海流都是逆時針運動的。不論是太平洋颶風或是南海颶風，差不多都是從南面向澳門襲來，在澳門海域所產生的海流也多是西向或西南向的，也和上述的流向基本相同。

2. 澳門西面海域

這裏是西江磨刀門淺灘。由於潮汐作用較弱，河水帶來大量泥沙^①。更由於近年來人工圍墾和建造海堤，使眾多的島嶼逐漸連成一片，這裏幾乎變成一個封閉的海灣。潮波由南向北傳播，在北面被反射而形成“駐波”，潮流自南向北逐漸減弱^⑩，更易於淤積。

當然，這裏同樣也存在着颶風的突發性的作用，情況和上述基本相同，但是可能較弱。

上述這些水動力條件，主要是根據近年的研究結果以及一些隣近澳門海域的實測資料來推測的總的趨勢。至於局部由於地形和人工圍墾而有所改變，將留待下面再討論。

（二）澳門的淤積和污染與水動力的關係

淤積和污染問題與澳門發展有密切關係。主要都是受水動力條件，特別是“餘流”所控制。

1. 淤積問題，雖然泥沙的淤積問題是複雜的，包括來源、輸運、沉積、凝聚等因素，但主要決定於水動力條件，特別是“餘流”的情況。珠江口東部香港一帶海岸多是裸露的基岩，海水所帶的泥沙不多。相對來說泥沙主要是由河水徑流帶來的，因此可以粗略估計珠江口伶仃洋海區的含沙量和鹽度是“負相關”，得出上述的東南部低而西北部高的平面分佈，而在澳門西部海域又受磨刀門河水徑流帶來泥沙的影響。

因此在上述水動力的條件下，澳門的淤積是很嚴重的。從歷史資料來看：澳門在地貌學上稱為“陸連島”⁽¹¹⁾，近70年澳門、路環和氹仔的面積竟分別增加一至二倍⁽¹²⁾。這對於澳門的經濟發展顯然是很有利的。有計劃的人工填海造地，當然牽涉到經濟發展的佈局，要考慮將離島發展為澳門的衛星城市。

反過來說，淤積也成為水上交通的嚴重問題。從歷史上說，澳門本來是最早的東西經濟文化交流的中心，發揮着重要的貿易樞紐的作用，成為早期帝國主義爭霸遠東的重要據點。但是當海洋交通由帆船發展到汽輪時代，澳門發展受到珠江口兩岸嚴重淤積的阻碍，竟而被珠江口東岸淤積很小、港闊水深的香港所取代⁽¹¹⁾。

這不能不說受到水動力條件的限制是一個很重要的因素。

2. 污染問題，隨着工業發展和人口增長，工業污水和生活污水必然逐漸增多，這是目前世界上普遍的問題，不少國家都已設有環境保護的專職機構和有關法規，對於澳門來說更顯得重要。

這裏只討論海域污染的問題，其他方面如廢氣、廢渣另作研究。

和淤積問題類似，海域的污染與污染來源、輸運、擴散、自淨等因素有關，但主要也是受到水動力特別是“餘流”的控制。首先：珠江口伶仃洋的逆時針方向的“餘流”，將“收集”從東岸（例如深圳、東莞），北岸（如虎門等）以至西岸（番禺、中山、珠海）各處排放的污染物。儘管在潮流的作用下進退徘徊，也在水中擴散開來，但是終有相當部分送到澳門。這也和北海的情況類似，在那裏、英國、荷蘭、比利時、德國以至丹麥的污染物都被“收集”到挪威海岸輸出^⑦。其次，磨刀門帶出的污染物當然也威脅着澳門西部海域。再就是香港一帶的污染物及部分由珠江口入海的污染物也會隨着沿岸流推送到澳門。由於這三種情況，澳門是一個污染“會聚”的地方，在珠江口西岸“首當其沖”，更應該充分地重視防治污染，保護環境。這些已經在相當程度上影響到旅遊業、漁業和水產養殖業⁽¹¹⁾。應該採取措施設法治理。

（三）澳門經濟發展的幾個問題與局部水動力條件的改造

上述關於澳門總的水動力條件，導致淤積和污染，對澳門的發展有重要的影響。這種大自然固有的地理條件，目前人類還不能控制，但是，在一定範圍內，在局部海域的水動力條件却仍可以人工改造因勢利導，以達到發展的目的。

1. 填海造地與離島建設計劃

澳門土地狹小，是世界上人口密度最高的地區之一，在總面積約17平方公里土地上，居民40多萬人，平均每平方公里2萬5千多人，比香港高出幾倍，而且人口分佈很不均勻，主要集中在澳門半島，離島（路環、氹仔兩島）人口却甚少⁽¹¹⁾。這是在發展經濟中需要注意解決的重要問題。增加土地面積和合理佈局顯然是主要的解決辦法的兩個方面。這裏先討論填海造地增加面積的問題。由上面的討論，已知水動力條件利於淤積。人工填海造地以加速淤積是很有效的，這已為歷史所証實。目前在澳門與氹仔間採用建橋的辦法，不但保留通往澳門半島西岸的內港的通道，而且多少有利於淤積的疏導（當然還要靠人工浚深）是個好辦法。而氹仔與路環間却建造海堤，預期必將增快兩島之間自然淤積成陸，有如過去形成澳門半島“陸連島”的蓮花莖和加速形成大、小氹仔的“島連島”，也是有利的。但是大、小橫琴島的相連，以致內外十字門逐漸消亡，對澳門西部海域的淤淺却是很不利的。這在上面已有論述。

其實局部的人工填海造地是否得當，也是應從多方面來分析考慮的。例如汕頭港因在牛田洋等地圍墾過多，潮汐作用降低以致嚴重淤積。廈門因建造連通集美的海堤，改變了原有水動力條件，港內也顯著淤淺⁽¹³⁾，並改變了原有的生態環境，名貴的“文昌魚”已瀕絕滅。估計同樣湛江港的淤淺也是因為建造連通東海島等的海堤而造成的。很可能澳門的港澳碼頭航道的淤淺問題可以參考天津港的治理辦法而有所改善。國內已有不少成功的經驗和失敗的教訓可作為借鑒。

2. 深水港的建設

澳門在珠江三角洲西部的南端。這樣的地理位置對發展經濟是有利的。連通珠海、中山、江門市等珠江三角洲富庶的縣市，並且可經西江深入到廣西一帶。交通距離比去香港更近，也是很有利的。因此建設深水港減少由香港轉口以改善交通條件是關鍵性的措施。這是從需要出發來考慮的。至於條件方面，從伶仃洋地形圖可以看到路環島大担角接近水深5米的等深綫，自然是宜於建造深水港的位置⁽¹¹⁾，比珠海的唐家灣、九洲港和香洲港優越得多⁽¹⁴⁾。當然這是與水動力條件有關，因為是珠江口西岸“首當其沖”的位置。顯然，這澳門深水港仍不能比得上香港，但也可發揮很大作用，不但會促進其他交通設施（如第二座澳氹大橋以及可能的鐵路）的建設，並可以加促離島經濟的繁榮，緩解人口分佈的不均勻，等等。至於深水港的防波堤和航道的建造，需要更具體分析並與空港選址共同考慮，將另文加以論述。

3. 航空港的建設

澳門隣近香港，相距只約60公里，往來有頻繁的水上交通，航程只需1小時，距廣州陸上交通約80公里，似乎沒有興建大型國際空港的必要，但是興建中型空港是可以考慮的。現在空港選址在離深水港選址對面不遠，也會改變水動力條件，可以促進氹仔和路環兩島容易淤積連成一片，但是也很可能導致深水港的淤淺，應該慎重考慮。這樣形成一個人造的“瀉湖”，可以借鑑(15)的經驗來研究處理。

至於空港跑道，有人建議建造橋樁式的結構。這是一種超大型的海上平台建築。熱帶強烈颱風侵襲的風浪，附生“海蠣子”很快使樁柱變粗，所受海流的沖激力量在設計上難以掌握等等海洋工程的難題較多，既然這裏有淤積的良好條件，還是考慮用填海造地的辦法穩妥。

參考文獻

1. 黃漢強, 1986, 澳門的經濟政制與社會, 〈濠鏡〉創刊號, 第5至11頁。
2. 楊允中, 1988, 澳門經濟大有可為 ~ 兼論過渡時期的經濟研究。〈濠鏡〉總第3期, 第51頁至55頁。
3. 葉龍飛, 1989, 澳門海域的水動力影響。澳門日報, 1989年2月3日及4日。
4. 葉龍飛, 蒲斐弗, 杜維, 1988, 珠江口伶仃洋的凱爾文潮波 ~ 分析模型和三維數值模擬的研究, 〈珠江口區整治與開發學術研討會論文摘要匯編〉, 第15頁。
- 4b. Ye Longfei (葉龍飛), K. Pfeiffer, and K. Duwe. 1989. Kelvin tidal waves in the Lingdingyang region, Pearl River estuary, South China, by analytical model and 3-D numerical modeling, ESTUARIES 12. 即將出版, 中文全文將在〈海洋工程〉刊登。
5. 珠江水利委員會濱海水文組, 1986, 珠江口濱海區水文調查報告, 〈珠江口海岸帶和海涂資源綜合調查研究文集〉(四), 廣東科技出版社, 第1頁至61頁。
6. Knauss, J. A. 1978. Introduction to Physical Oceanography, Prentice-Hall, p.107.
7. Hainbucher, D., T. Pohlmann and J. Backhaus, 1987. Transport of conservative passive tracers in the North Sea: first results of a circulation and transport model. Continental Shelf Research 7 (10): 1161-1179
8. 徐君亮, 1986, 伶仃洋的鹽水入侵, 〈珠江口海岸帶和海涂資源綜合調查研究文集〉(四), 廣東科技出版社, 第231 - 238頁。
9. Beardsley, R. C. and W. C. Boicourt, 1981, Continental Circulation. in Evolution of Physical Oceanography, ed. B. A. Warren and C. Wunsch MIT Press, p. 198
10. 葉龍飛, 1987, 海南島清瀾港的若干水文特征, 〈海洋工程〉5(1): 62。
11. 繆鴻基、何大章、雷強、鄭天祥、黃就順, 1988, 〈澳門〉, 中山大學出版社, 第30頁, 第23頁, 第63頁, 第85頁, 第223頁。
12. 黃就順, 1988, 過渡時期澳門地理的變化, 〈濠鏡〉總第3期, 第62頁。
13. 蘇賢澤, 黃財賓、姚建華、陳巧雲, 1988, 應用鉛210法研究廈門高集海堤東側航道的淤積規律, 〈海洋工程〉6(4): 63。
14. 蔡人群, 1986, 珠海對外交通建設問題, 〈濠鏡〉創刊號, 第78頁。
15. Ye Longfei, 1988. "A typical estuary consisting of a tidal inlet and lagoon system and its engineering significance", ESTUARIES 11(4): 250-254