

檢驗地轉平衡於南海北部流場之適用性

陳奕光與陳先文

中央警察大學水上警察研究所

摘要

本研究利用2005年5月於南海北部所測之CTD與船載式ADCP資料，運用熱力風關係檢驗地轉平衡於該區流場之適用性。結果顯示在大陸架區域，地轉平衡大致成立，推算流場與實測流場的主要結構相符，但可能受到珠江淡水入侵、底部摩擦效應甚至內波及渦漩的影響，於地轉效應相對不明顯的區域，實測流場的變化就較難用地轉流場來表現。

前言

在壓力梯度與柯氏力平衡時的海水定常流動，稱之為地轉流，在不考慮風力與底層摩擦力的情形下，地轉效應中牽涉到的作用力，往往遠大於其他作用於海洋環流的力，也使地轉流成為探討海洋環流時最重要的依據之一。海洋科學家利用地轉方程推求海水流動由來已久(Wüst, 1924; Gill, 1982; Pond and Pickard, 1983)，但是此方法一直都受到一個根本問題的影響，即其所推估之流場為相對流場，需假設海洋中存在一個水平不動層(Level of No Motion, LNM)，計算出相對於此不動層的流場資訊。然而，這樣的假設往往得不到足夠的證據支持，因而利用實測海流資料檢視地轉平衡之適用性已可見諸於許多文獻(Wüst, 1924; Bryden, 1997; Hinrichsen and Lehmann, 1995)。本研究即以南海北部大陸架區作為研究區域，利用水文資料推估地轉流場，再將實測流速資料與地轉流場進行比較，檢驗地轉平衡在此區域之適用性，並據以探討影響地轉平衡之可能因素。

資料

本研究之資料取自海研二號研究船於2005年5月18~19日(CR1282航次)至南海北部探測所得，研究區域為橫切東沙島東北方之大陸架及其邊緣區域的測線，如圖1所示，其中水文資料係使用Seabird公司生產之SBE 9/11型CTD測量，流場資料則運用RDI(RD Instruments)公司製造之75KHz Sb-ADCP蒐集。共計設立16個CTD測站，然而因受到儀器限制以及資料篩選之結果，實測流速資料之範圍則介於33號測站至21號測站間。

研究成果

因大陸架區域地形變化複雜，難以設定水下之固定深度為參考層，故統一以

相對於海表面進行計算。ADCP 流速資料則先扣除垂直平均流速(正壓流)，計算位於 CTD 測站間之速度剪(velocity shear)後，再進行對比，圖 2 為由水文資料所推算之地轉流速剖面圖(上圖)及其與實測流速之相關係數圖(下圖)，為便於討論，將研究區域分成下列三區進行討論：

一、近岸區(測站編號 33-28)：

本區域位於大陸沿岸的陸棚區，其中在 31 到 28 號測站間，存在一道東北向的海流，核心位於 30-29 號測站間，推算之地轉流速約為 10cm/s。因本研究的時間為 5 月，西南季風已逐漸盛行，故推斷此一東北向流應為廣東沿岸流(Fang *et al.*, 1998)。由實測流速資料與推算流速之相關係數顯示，在廣東沿岸流的主軸部分(30-29 號測站)，其相關性相當高，而在非主軸部分，其相關性就相對甚差，甚至出現明顯的負相關性，推估其可能係受到夏季珠江淡水東擴影響(Pang *et al.*, 2006)，致使在地轉效應影響較弱的區域，實際流場就出現與地轉平衡不一致的型態。

二、大陸坡邊緣區(測站編號 27-22)：

由圖 2 所示，在 27-22 號測站之間，地轉流場存在著兩個較明顯的結構，流向分別為西南與東北向。根據溫度與鹽度的空間變化判斷，位於 22-23 號測站間所觀察到流速為 40cm/s 左右的東北向流，應為南海暖流(South China Sea Warm Current, SCSWC)(Guna, 1985; Zhong, 1990)。此區域之地轉流與實測海流的相關性較高，例如在 28-26 號測站與 SCSWC 存在的 23-22 號測站有極高的相關性，而在 26-23 號測站間，因為儀器下放設定的因素，部分存在 ADCP 資料的區域，並未取得水文資料(圖 2 方框所標示之處)，所得到的推算流速值亦較少，但整體而言仍呈現正相關性。

三、深水區(測站編號 22-18)：

在 22-18 號測站的範圍，亦即水深較深的大陸坡區，地轉流場出現相當顯著的反向流，亦即在兩個向東北的海流中間，夾著一個向西南的海流，過去在針對 SCSWC 的研究中，Huang *et al.* (1997)亦曾觀測到此種現象，而因為 ADCP 儀器限制，此部分實測資料涵蓋範圍不足，在相關性的表現方面，僅有的 2 組測站呈現高度的負相關性；觀察推算流速與實測流速之結構，發現實測流場的西南向流明顯趨於海水表面，且影響深度不及地轉流剖面圖所示，此與地轉流場有較明顯的不同，而導致此區的負相關性。根據過往的研究顯示，此海區經常有巨大內波通過(Liu and Hsu, 2004)，且在東沙島東側觀測到有渦漩存在(Li *et al.*, 1998)，對於地轉平衡造成干擾的因素較多，要對此現象得到進一步的了解，顯然需要更多高質量的資料支持。

總結

本研究利用 CTD 與 Sb-ADCP 資料於南海北部進行觀測，對橫切大陸架之測線資料進行地轉流場與實測流場之對比，發現整體流場在態勢上，地轉流場與實測流場的主要結構大致相符，但仍有部分區域之結果並不一致，參考相關文獻，在南海北部海區海洋現象複雜，非屬地轉效應的物理現象較多，而使海區在無明顯地轉效應影響的區域，流場的變化較無一致性，要能夠更完整的解釋觀測到的現象，則需要更多資料的支持。

參考文獻

- Bryden, H., 1977: Geostrophic comparisons from moored measurements of current and temperature during the Mid Ocean Dynamics Experiments. *Deep Sea Research.*, 24, p.667–681.
- Fang, G. –H., W. –D. Fang, Y. Fang and K. Wang, 1998: A Survey of Studies on the South China Sea Upper Ocean Circulation. *Acta Oceanographica Taiwanica.* 37, p.1-16.
- Gill, A. E., 1982: *Atmosphere-Ocean Dynamics.* Academic Press, New York. 662pp.
- Guan, B. X., 1985: Some temporal and spatial distribution features of the wintertime counter-wind current in the northern South China Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 16, p.429–437 (in Chinese with English abstract).
- Hinrichsen, H. -H. and A. Lehmann, 1995: A comparison of geostrophic velocities and profiling ADCP measurements in the Iberian Basin. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 12, p.901-914.
- Huang, Q., W. –Z. Wang, S. –C. Fu, R. Chen, Y. –S. Li and K. –W. Chau, 1997: A westward current that flows through the north of the Dongsha Islands in summer. *Tropic Oceanology*, 16, pp.58-66.(in Chinese with English abstract).
- Liu, A. K. and M. K. Hsu, 2004: Internal wave study in the South China Sea using Synthetic Aperture Radar. *International Journal of Remote Sensing*, 25, p.1261-1264.
- Li, L., W. D. Nowlin and J. Su, 1998: Anticyclonic rings from the Kuroshio in the South China Sea. *Deep Sea Research*, 45, p.1469-1482.
- Pang, H. -L., H. -W. Gao, P. –P. Song, D. –W. You, and J. Chen, 2006: Analysis of diffuse route of the Zhujiang River diluted water in summer. *Marine Forecasts*, 23, p.58-63.(in Chinese with English abstract).
- Pond, S. and G. L. Pickard, 1983: *Introductory Dynamical Oceanography*, 2nd Edition. Pergamon Press, Oxford, 329pp.
- Wüst, G., 1924: Florida- und Antillenstrom. Berlin University, Institut f. Meereskunde, Veröff., N. F., A. Geogr.-naturwiss. Reihe, Heft 12, p.48. cited in Wunsch, C, 1996: *The Ocean Circulation Inverse Problem.* Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Zhong, H. L., 1990: Structures of the density circulation. In Report of Decadal Hydrographic Series Survey of the Shelf and Adjacent Waters of the Northern South China Sea, ed. by Y. L. Ma *et al.*, China Ocean Press, Beijing, China, p.215–241. (in Chinese).

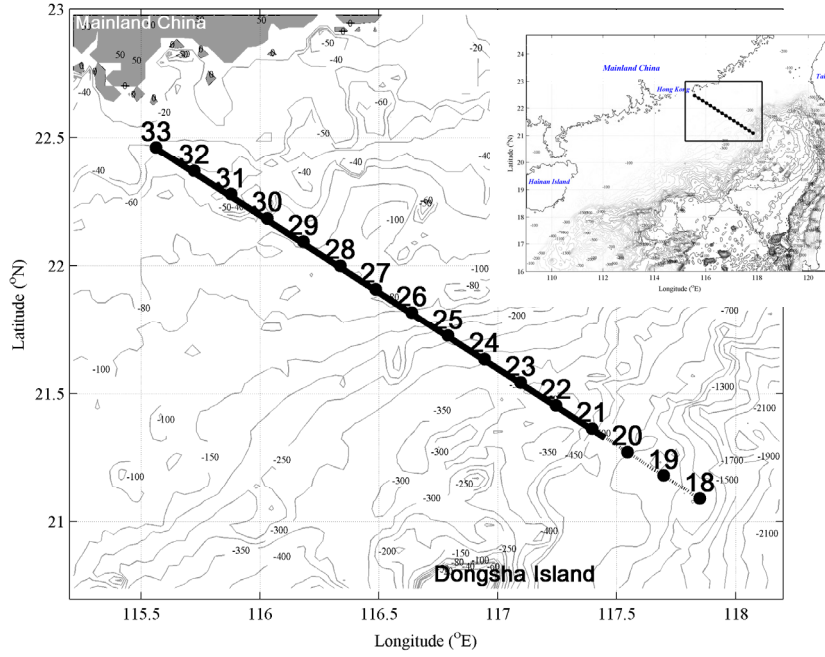


圖 1：CTD/ADCP 研究測線及鄰近水深圖。圖中黑點為 CTD 測站，數字為其編號，粗黑線段為 ADCP 資料涵蓋範圍，等深線單位為公尺。此研究區域之位置顯示於右上方之縮圖中。

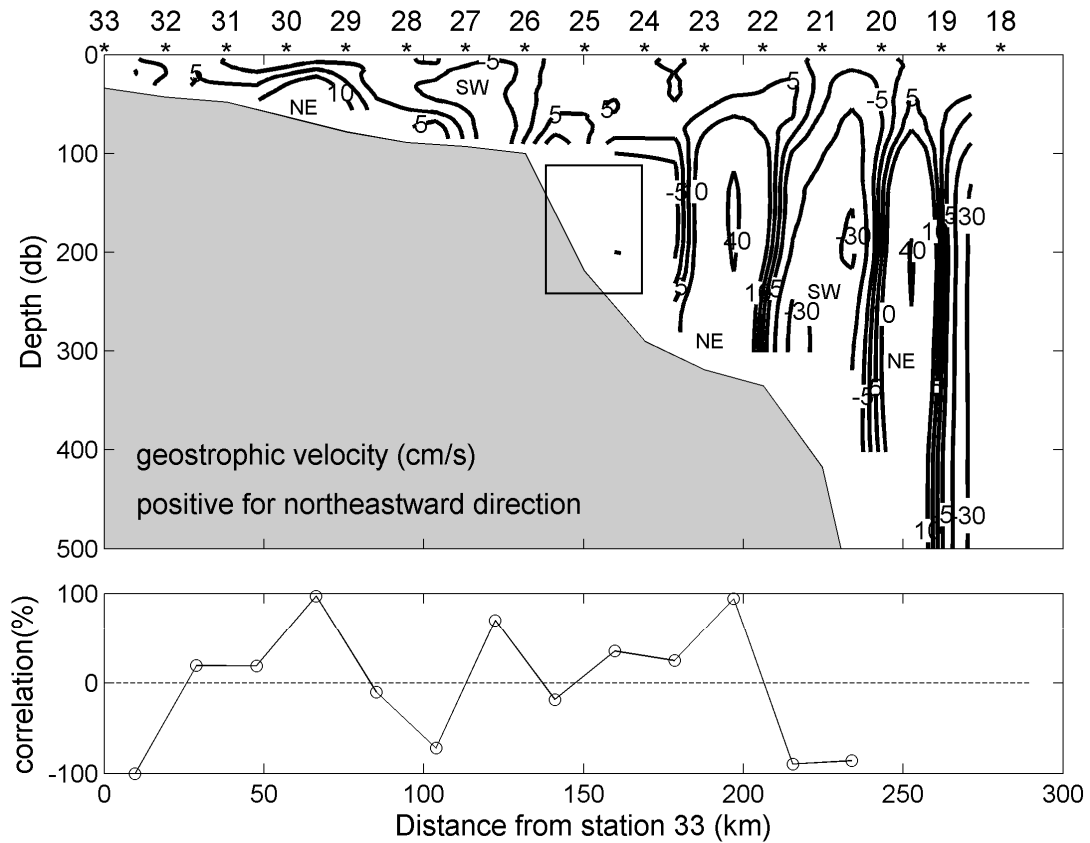


圖 2：上圖為地轉流速分佈圖，CTD 測站位置及編號顯示於上方圖軸，圖中方框代表無水文資料之區域。下圖為地轉流場與實測流場的相關係數分布圖。