

海流与地形相互作用研究—以南海为例

宋海斌

同济大学海洋与地球科学学院 上海 200092

学科交叉融合发展迅速,与物理海洋学、沉积地质学、构造地质学密切相关的一个研究主题是海流与地形相互作用(Flow-Topography Interaction)。2019年12年美国海洋学会会刊《Oceanography》出版 Flow Encountering Abrupt Topography (FLEAT) 专辑表明,海流与地形相互作用这一研究主题是物理海洋学、海洋地质与地球物理学研究的前沿热点。FLEAT 项目用多个航次、多种观测与模拟手段,深入研究了太平洋帕劳海域的赤道流系与相关的岛屿尾流、亚中尺度过程等问题,深化了海流与地形这一研究主题的认识。本文综述南海地区的相关问题的研究。

南海具有复杂的海底地形地貌,其基本特征为陆架陆坡—海盆,而在东北部存在南海海盆—增生楔火山弧—花东海盆的地形地貌。这两个基本格架是南海陆缘张裂、海底扩张、扩张中止向东俯冲、菲律宾岛弧向西仰冲,在台湾东部形成陆陆碰撞形成的。从此,在东北部有太平洋深层水形成深海瀑布进入南海,潮汐能量进入吕宋海峡形成内潮内孤立波,内潮内孤立波能量跨越海盆,最终进入陆坡陆架,形成强烈耗散。

南海地区海流与地形相互作用的具体研究包括以下三个方面:1)麻坑—冲沟—峡谷—水道~重力流/内潮;2)沙丘—雾状层—内孤立波浅化;3)海山—尾流/尾涡—边界流/涡旋/锋面/湍流混合。

南海的西部与南部是麻坑的发育区,Zhang et al. (2020)研究了南沙海区安渡海山区的麻坑。Geng et al. (2017)的研究表明,一些麻坑形成线状麻坑链,从而可以发育成冲沟。而冲沟、峡谷、水道是陆坡至海盆区域常见的地形地貌,在南海的北部、西部,乃至南部都有这样的特征。关永贤等(2016)报道了南海西南部5条巨型水道,则可能是湄公河沉积输送进入南海西南次海盆的重要通道。峡谷水道与重力流相互作用是最基本的,峡谷中内潮的作用则研究薄弱。

东沙海域是特别有意思的一个海区,上陆坡坡度平缓,内孤立波在此浅化,近期的研究还发现了此地有斑块状巨型沙丘和广泛发育的雾状层。内孤立波浅化、沙丘、雾状层这三者应该具有密切的关系,其中的演变细节值得深入探查研究。内孤立波在向倾斜地形(陆坡或陆架)传播的过程中会发生一系列的变化(Geng et al., 2019),其中之一是内孤立波的形态会从深海处的下沉型随着海底深度的变浅逐渐转变为上抬型,我们称之为极性反转。我们通过对大量历史地震数据以及一些前人研究成果的统计(Bai et al., 2017),结果表明,南海东北部的内孤立波极性反转的发生位置大体上介于海底深度200 m到100 m之间的地方,也就是说极性反转从海底深度200 m左右处开始,至100 m左右的地方结束。利用地震海洋学方法在南海北部陆架和上陆坡区域发现了15个雾状层,大部分属于底部雾状层,这些雾状层的延伸长度从几千米到几十千米,厚度十几米到一百米,其顶界所处水深在135 m至715 m范围之间。雾状层在地震海洋学及其属性剖面上表现为强振幅、高频、相位连续特征。南海北部230-830 m水深的上陆坡范围内,海底表面发育了斑块状分布的巨型水下沙丘。这些水下沙丘波长范围55-510 m,波高范围1.5-20 m,二者呈指数关系分布。网状沙丘发育在东沙环礁东北部水深约352~420 m之间,研究发现其延伸方向共有三个走向:NS、NE-SW和EW,前两个方向为西向传播的内波所致,而最后一个则很有可能是由洋盆西向传播的内波遇到东沙环礁后形成衍射,向北传播的内波引起了向南的近海底底流,冲刷海底底层,剥蚀出足够的沉积物颗粒,从而形成EW走向的水下沙丘

黑潮从菲律宾群岛以东海域向北运动,途径吕宋海峡,经台湾以东海域进入东海,是西太平洋的一支强劲的边界流,对南海、东海的环境均有重大影响。在吕宋海峡处,地形地貌复杂,岛屿众多,

此处的海流与地形相互作用影响深远。一方面存在边界流与海山的作用形成尾流、尾涡的问题，另一方面不同尺度的海洋现象在吕宋海峡非常发育，有中尺度涡旋、亚中尺度过程、锋面、湍流混合等多尺度物理海洋过程。我们利用地震海洋学方法开展了初步的研究。

参考文献

1. Bai Y et al., Estimating depth of polarity conversion of shoaling internal solitary waves in the northeastern South China Sea. *Continental Shelf Research*, 2017, 143, 9 - 17
2. Geng M H et al, Characteristics and generation mechanism of gullies and mega-pockmarks in the Zhongjiannan Basin, western South China Sea, *Interpretation*, 2017, 5(3): SM49 - SM59
3. Geng M et al., Analyzing amplitudes of internal solitary waves in the northern South China Sea by use of seismic oceanography data, *Deep Sea Research Part I*, 2019, 146, 1-10
4. Zhang K et al., A Preview Study on morphology and genesis of pockmarks near Andu Seamount, Nansha Region, *Marine Geophysical Research*, 2020, 41 (2) , 1-12