

论地形对洋流影响的初步实验模拟

李智明

随着地球物理流体力学研究的不断深入,地形对洋流的影响逐渐受到研究者的重视,成为地球物理流体力学的重要研究内容。相关研究表明,在旋转流动系统中,受柯氏力影响,地形对流动的影响与在惯性系中表现的特点有很大不同。本文将探讨旋转试验台上,地形对洋流影响的模拟实验,采用源汇流实验方法,使用扇形容器模拟洋流的绕地运动,并从中得到结论,均质旋转流动系统能够反映大尺度旋转流动的力学特征。

前言

我国拥有宽阔的大陆架,经过陆坡连接海底,著名的太平洋西边界强流黑潮,就是从我国台湾岛南部,沿陆坡走向到达日本九州。黑潮运动对我国沿海气候、近海流系的水文特征、水产资源等都要重要影响。因此,地形对洋流的影响是我国海洋流体力学中研究的任店课题之一。本文主要采用模拟实验的方法研究地形对洋流的影响,首先简单介绍一下实验装置及模型。

一、实验装置及模型

本文采用的实验装置主要有旋转平台、电机驱动、以及各种容器和模型。旋转平台直径1.1米,具有机械减速系统,并用直径为500mm的滚动轴承支座支撑。平台径向与轴向的最大偏差为0.05mm和0.07mm,调速系统采用测速电机闭环式,常规转速为0.15~2.1(1/s)。各种容器和模型放置在旋转平台上。

实验方法采用源汇法,模拟风生洋流。利用扇形容器模拟不同地形的洋流运动。扇形容器的半径为30cm,顶角60°,在扇形容器中放置不同地形的模型。将容器顶角与转台中心轴重合,使用内径4mm的不锈钢管加入或西楚容器内液体。源汇流量的调节范围取 $q=0.05\sim0.4\text{cm}^3/\text{s}$,在圆心处采用汇模拟大洋环流流行。

主要研究的地形模型有绕陆架地流、过径向台阶流、过海脊流和绕岛流。绕陆架地流的初始液深设置为 $d=8.8\text{cm}$,转速控制为0.21(1/s),汇流量取 $q=0.25\text{cm}^3/\text{s}$ 。过径向台阶流的初始液深为8.4cm,转速1.25(1/s),汇流量 $0.07\text{cm}^3/\text{s}$ 。过海脊流的初始液深7.5cm,转速0.21(1/s),汇流量 $0.076\text{cm}^3/\text{s}$ 。绕岛流的初始液深8.0cm,转速0.42(1/s),汇流量 $0.20\text{cm}^3/\text{s}$ 。并分别对其设置Froude数和Rossby数。

采用轨迹照相法进行测试,在实验液体蒸馏水中加入示踪粒子和甘油,示踪粒子采用直径为0.5~1mm的塑料小球。在实验过程中,用侧向片光源在暗场中长时间曝光,得到示踪粒子运动轨迹,其轨迹即代表流线。

二、实验初步结果的动力学解释

(一) 陆架地形流动

著名的太平洋西边界强流黑潮的运动规律就是紧贴陆坡向北运动,这引起许多研究者对陆架地形流动的研究兴趣。在上述实验装置模型和实验方法下得到的陆架地形模拟流动照片显示,西边界流是紧贴陆架边缘一路北上的,没有越上陆架,强边界流明

显形成,陆架上流动明显缓慢。这与实际情况下的黑潮流域情况基本符合,在力学特征上表现出高度相似性。通过分析可知,相对涡度的变化取决于自由面变化以及涡管伸缩加上涡量水平粘性扩散之间的平衡。

(二) 沿径向台阶流动

关于沿径向地形变化,洋流文献中已有许多讨论,对流动图形也有许多看法。在本实验中拍下的流型照片与其中多数提出的两个涡旋结构相符,但测试得到的照片属于轨迹图像,无法在涡旋旋转方向上给出结论。设扇形的顶角为 a ,中部分割线为 bc ,圆弧为 de 。则在 bc 附近,地形梯度极大,边界层结构将受到破坏,流动将离开边界而分离。流线基本沿 bc ,因而形成靠东边界的另一个旋涡。

(三) 过海脊流动

我国台湾岛北部到琉球群岛之间的海底有一纬向的海脊,海脊处水深500米,海脊以南水深3000~4000米,海脊以北水深2000米。黑潮的流向是由南向北,路径向右偏斜。本实验中的过海脊流动主要就是研究海脊对黑潮路径的影响。实验中,环流以反气旋方向旋转,西边界流自南向北,即从扇形的弧边向顶角。由于自由面弯曲,水深南深北浅,基本反映了上述基本特征。

(四) 绕岛流动

实际海洋观测发现,我国台湾岛北部方向有气旋式涡旋,在本实验中将一圆柱置于西边界附近,研究其扰流情况。可以通过这种实验设计,用西边界、西向流和圆柱模拟我国海岸、黑潮和台湾岛的流动系统。但是这种设计也有一定局限性,及无法计及海岸弯曲及海深变化的复杂情况。观察实验的轨迹显示照片可以发现,在圆柱尾流去有呈直线排列的涡旋出现,在侧壁与圆柱之间缓慢流动。这与实际情况较为符合,但是无法判定涡旋的攒在形式,还有待采用其他方法进行具体测试。

三、结语

本文阐述的是地形对洋流影响的初步试验模拟,所取得的实验结果只是初步性定论,而且试验有一定局限性,对流畅的定论测量等工作还需要进一步进行。但值得注意的是,模拟实验可以在某种程度反映真实流动特点,由此可以为现实中的观察测量提供方向。

(作者单位:海南师范大学地理与环境科学学院)