

中国风暴潮研究最新进展

刘凤树

秦曾灏

(中国科学院海洋研究所)(上海气象局)

提 要:给出了对渤海、南黄海和东海风暴潮的正压和层化浅海动力学特性的研究成果,简述了对海面风和风应力的诊断和预报结果、以及对浅海风暴潮的数值模拟实验和数值预报的效果,最后讲述了风暴潮理论在一些海洋工程上的应用。

关键词: 风暴潮 浅海动力学 海洋工程

近十年来,我国风暴潮的理论、预报方法和海洋工程上的应用等研究,取得了长足之进展。这些进展奠定了我国浅海动力学的基础。其主要成果可归纳四个部分:

一、正压和层化浅海动力学

在这一研究内容中,提出了正压浅海中各类尺度运动的尺度分析,二维和三维以及超浅海风暴动力特性,强迫和自由长波以及自由波与强制波相互作用的机制。探讨了层化浅海中在风暴作用下内界面波的特性和层化海洋剪切流的稳定性。

1、二维和三维的超浅海风暴潮用二维全流方程从理论和资料分析上探讨了渤海、南黄海和东海风暴潮的性质,研究指出:

在两大天气系统作用下,渤海风暴潮主要是冷锋配合江淮气旋形成东北大风造成渤海南岸的潮灾。风暴潮极值水位在渤海呈逆时针传播,渤海海峡影响着莱州湾的水位变化。由于渤海属超浅海范畴,所以对超浅海理论做了进一步的研究,使原来的常流粘性系数发展为任意形式的时空四维函数,从而可以更灵活地接近实际参数来模拟渤海潮。在此基础上又导出了带普遍意义的底应力公式,修正了经典的底应力公式。在理论研究南黄海和东海的台风风暴潮中我们发现在陆架上不仅产生了一个随风暴潮移行的孤立波,并且还导致了一个派生的孤立波。在北半球该波沿大陆的西海岸由北向南移行。它的性质是强制陆架波。它将导致台风

收稿日期:1989年11月30日,1990年8月20日收修改稿

五、结 语

80年代至90年代是我国海洋学研究飞速发展的时期。JGOFS计划将使我国及早地

进入国际海洋科学先进研究行列,为保护全球气候作出应有的贡献,培养一批中年海洋学家。同时,通过计划的实施,发挥多学科、多部门的有效合作,在不远的将来,我国海洋科学将会出现一种新的飞跃局面。

过境后第二次无风潮灾。这一新的发现解释了实测中一直未得到认识的这一现象动力学原因。另外,该海区存在着与天文潮相当的半日周期的边缘波。这一周期的存在,为对潮波和风暴潮相互作用起着重要的影响,从而对实测潮余差中的潮振动赋予一个新的概念。

在三维风暴潮结构的研究中,提出了分析三维长波运动的一种方法,创建了三维流速分解方法,并且该方法从超浅海风暴潮模型推广到普遍浅海风暴潮模型。另外以二维全流方程组求得风暴潮位作为已知代入三维流体运动方程组而获得流速三维空间变化。研究指出:近岸地区上升流发生在风生环流的后半部,前半部为下降区,相应水位在移行风暴潮前部为增水区,后部为减水区,这就是海岸效应。这与大洋中台风域中心产生上升流有很大区别。

2、强制和自由长波

为了对海洋各种运动有一初步概念,从而对各类运动进行比较系统的尺度分析,给出了相应的动力学方程组,给出了包括浅海长波在内的各类运动的基本动力性质,并指出了海底摩擦海岸走向和 β 效应对正压地形拦截波传播的重要影响。给出和波存在的约束条件。用稳定性理论和能量观点阐明了正压线性和非线性地形拦截波可能存在的不稳定性和根据。理论研究了广宽陆架和东中国海有限陆架上强制波的基本性质,发现在这种陆架波上移行的强制边缘波有着很大的区别,而且与自由边缘波有着本质的差异,亦即在各类边缘波的周期表达式中所含的各动力因子的组合不完全相同。这种波动稳定和机制属于开拓性研究。

3、自由波和强制波的相互作用

在研究渤海和东中国海风暴潮中,发现在实测风暴潮波中含有非线性天文潮和风暴潮相互作用而产生的耦合潮波,这种耦合潮波的振幅随着台风的移近而增大,其周期不为半日潮周期,随着风暴离测站的远近而异。理论研究表明,在浅海中潮差大的地区非线性相互作用主要是二次律非线性底摩效应,其次是浅水项的效应,平流项影响很小。但如果天文潮和风暴潮同时到达高潮,则仅是底摩起主导作用。如果风暴潮随时间变化非常缓慢,那么在高、低潮前后出现两个波峰。这与实测结果相吻合,从而修正了Proudman的理论。给出了非线性浅水方程组的两类解和一个奇异孤立波精确解,讨论其机制。

4、层化海内界面前制波和剪切流的不稳定性

在理论研究层化海洋剪切流不稳定性中阐明了层化海洋中的流场和压强场的三维调整机制,但在层化海中强制波则有另一幅图像,从理论上探讨了夏季南黄海和东海层化陆架区在台风作用下的强制波和界面波特性的。提出了风暴潮界面不稳定理论。这是因为在风暴期跃层遭破坏之故,研究表明,上层强制波受跃层影响甚微,具有正压强制波特性。在台风域中跃层下陷导致内界面波的时空不连续,形成一个“零波域”随台风移行,但仍有一个内陆架波逆向传播。这是一个非常重要的现象。这一研究成果修正了Heaps和RΦed的陆架层化强制波理论,开拓了一个新的研究理论领域。

5、河口区风暴潮

从大量历史资料中较系统地分析了珠江口区台风潮的性质。研究表明,在珠江口以西登陆的台风,珠江河口区内的水位变化剧烈,其他走向类型的台风的影响不大。台风的登陆入射角和速度都对河口区的风暴潮有一定的影响,而潮波对风暴潮有很大的作用。由于落潮潮流和径流与台风暴潮流方向相反,使水位急剧暴涨,反之,则使水位变化较前者平缓。理论研究表明,径流对河口区内的假潮周期有显著的影响,其周期随着径流的速度增加而增加,且由于河口受缩的效应风暴潮高度沿河口向内增加,湾口与南沙的振幅比约为1:3。

二、海面风和风应力的诊断和预报

海面风应力是引起浅海风暴潮及有关海内波动力要素的主要强迫力，而海面风应力又密切联系着海上大气边界层的风结构和海面风。

1、基于地转动量近似的假定，提出了海上大气边界层斜压非线性动力学诊断模式以及海洋一大气的三层边界层耦合模式，分别研究了海上大气边界层的动力学性质和海洋一大气相互作用的机制，其中包括海面风和风应力以及海面上的风速铅直结构和海面以下的流速铅直结构。

2、根据国外提供的每天两次的高空天气形势数值预报资料，利用所提供的海上大气非线性斜压边界层诊断模式，就北太平洋海域进行时达一年多的海面风场预报，和实况对比证明该模式性能稳定，预报精确度高，可以投入业务使用。这是国内唯一能直接用作海面风场数值预报的边界层模式。当然，为了满足浅海风暴潮数值预报的要求，将该模式应用于近岸海域的海面风场数值预报还需具备足够的精确的高空气压场业务数值预报资料；而且目前国内天气数值预报水平还达不到这个水平（只有英国对北海温带气旋引起的风暴潮能提供较精确的近海陆架区的海面风场预报）。这方面还有待于气象工作者的协同努力，共同攻关。

三、浅海风暴潮（包括台风风暴潮和温带气旋风暴潮）的数值模拟、试验和数值预报

根据常端动粘滞性条件下的超浅海风暴潮理论，进行了多方面的改进。其主要是：针对不同水深的水域分别选取不同端动粘滞系数随深度的剖面的潮浅海动力学模式，并分别应用有限元方法和有限差分对渤海冷空气所致的风暴潮进行了联合模型的数值模拟和计算，效果较好。为了给出黄河口区风暴潮数值预报诺谟图（表），采用了二维全流方程组和台风风压场模型，采用右差分追赶法进行了数值模拟。在模拟中由于台风进入渤海而变性风场与模型风场相差很大而进行了风场模型的修正，取得了良好的效果，从而给出了影响黄河口各类假想台风的数值预报值（表）提供生产单位参数。

利用二维风暴潮模式和杰式台风风压场模型，以8114号台风为例，对南黄海和东海区风暴潮进行数值研究，做了稳定性和各类边界条件的试验以及各种动因素的作用（底摩、 β 效应和平流项的作用）。计算结果表明，上述模式和采用数值方法是稳定的，并给出了实测与计算较相吻合的水位变化，同时数值结果也佐证了中国海强制波理论结果的正确性。

为对江、浙沿海台风潮数值预报做进一步的深入探讨，并成功地数值模拟了6场台风。数值计算中采用了守恒的差分格式，以确保计算的稳定性。对各气象因子的参数、各动力因子和边界条件等也作了动力分析和敏感性试验，确定不同情况下这些因子的相对重要性。依据所提出的适用于江、浙沿海台风风暴潮的动力数值模式，对可能出现的各种台风假想路径、强度和移速引起的风暴潮作了大量的数值模拟，作了便于水文台站业务使用的江、浙沿岸台风风暴潮一套数值模拟诺谟图表。经现场台风风暴潮实验资料证明，具有较好的预报效果，已提交有关业务部门使用。

四、风暴潮在海洋工程上的应用

1、黄河口区防潮坝的设计参数

为整治黄河口三角洲的开发,港口和防潮坝的建筑等提供安全保证和设计依据,根据黄河口区沿岸测站多年实测水位作为统计的样本;采用各种概率统计法:年极值水位概率法,最大增水概率法,高潮相对增水概率法,高潮增水概率法;各类统计方法均采用龚贝尔和皮尔逊Ⅱ型进行重现期计算并对各类方法进行对比,提供了利用高潮增水的概率法所获得的100年一遇的数字期望值作为防潮坝设计水位高程。利用理论最高潮位加上历史上最大增水值作为校核水位。目前这一结果在黄河口区防潮坝建筑中得到了应用。

2、北部湾涠洲邻近海域石油开发区风暴数理统计

首先分析了北部湾台风的性质,再根据北部湾沿岸各验潮站的年极值水位资料分析了年极值水位产生的原因和出现的季节,并利用龚贝尔和皮尔逊Ⅱ型两种重现期统计方法进行了计算,找到了理论略高高潮面与季现期的良好线性关系,从而解决了海上没有验潮站资料问题,获得了考察海域的重现期值。

为了提高海上工程安全,又进行了风暴潮年极值水位的数理统计,从而进行了北部湾风暴潮数值模拟和计算,共计算了73场影响北部湾石油开发区的台风和热带气旋。由此选取了从1949年至1983年共35年的年最大风暴潮值,作为数理统计样本,用龚贝尔方法进行重现期计算,并且这些重现期值叠加在理论略高高潮面上,现已交生产部门使用。

《地球物理学进展》征订启事

《地球物理学进展》是由中国科学院地球物理研究所主办的情报性刊物,以迅速报导、翻译和综述国内外地球物理学学科的最新成就和发展趋势为主要任务,以固体和深部地球物理为主,内容涉及地球岩石圈的结构、性质、动力学、成因及其演化的基础研究;论述成矿规律,寻找矿产资源,预防和减轻自然灾害等应用基础研究;国民经济建设、国防工程需要的地球物理勘探和开发研究;新技术在地球物理领域中的应用、新仪器的研制等方面的译文和综述文章,设有综述、译文、摘要、学术动态等栏目,适于中级以上的科技人员阅读,对从事地球物理的广大科技工作者有一定的参考价值。

本刊定为季刊,定价3.00元(含邮资),全年12.00元。需订阅的单位和个人请与《地球物理学进展》编辑部联系。

地址:北京市朝阳区大屯路甲11号

邮政编码:100101

开户银行:北京市工商银行东升路分理处

帐号:891229—05