

近年来的海浪预报

黄爱军

(国家海洋局海洋环境预报中心)

海浪预报已有近四十年的历史了。迄今,波浪预报已由简单的预报方法进入近代波谱化、模式化的大面积海浪预报的基本过渡阶段,尤其体现在系统预报模式以及特殊天气形势下波浪场预报技术的进一步开发、改进和提高方面。

一、海浪预报的系统模式

应用系统模式通过电子计算机进行大面积海浪预报,已成为当今波浪预报的日常业务。在机器设备达到一定要求后,波浪预报的准确率便决定于模式本身了。随着波浪预报的开展,已有许多系统模式相继问世,并投入业务使用,象SMB Bretshneider、PNJ、Ewing、井と、矶崎、宇治、DSA等。尽管这些模式所依据的原理基本相同,但由于所产生的年代、技术背景、考虑问题的角度及处理方法的不同,使得各模式的应用范围及预报效果均有差异。因此有必要更为系统地改进和完善波浪预报的模式,特别是在引入深度因子以及对某些非线性项的处理方面。

1. 应用放射技术的浅水模式

由于各方面条件的限制,早期的波浪预报模式很少考虑到波浪的摩擦等非线性效应。例如Sverdrup、Munk以及由Bretshneider修改后的预报模式等都是在假定了深水海底地形平坦和其他一些条件的前提下建立的。但实际上,当水深逐渐变浅时,海底地形对波高的影响是不能忽略的。这一点在近代的许多模式中已有所反映。

Luigi, G.和Paolo, M.R. (1981)根据专为浅水区域设计的放射技术,依照一维波谱及有效波的方向谱理论,提出了一种新的风浪预报模式。作者在模式中考虑了与风相关的Phillips的共振机制和Miles的反馈机制、波-波间的非线性相互作用、波谱中能量饱和和区域随频率的减少、波浪的破碎及摩擦效应等。其主要特点就是将波浪场视为矢量场(波浪沿射线方向传播),沿每条射线以Gelci等人提出的能量平衡方程式为基本出发点。关于所采用的放射技术,

作者认为,通过这种方法可以考虑波浪传播中所有趋向预报点的可能方向,并给予适当的方向间隔,这就可以计算出与波能有关的所有特征量。与大多数应用网格技术的预报模式相比,该模式有其独特的一面,它不仅可用于大面积波浪预报,也适用于定时、定位预报点的预报。

2. 结合离散谱与参量技术的预报模式

关于波浪的数值预报可大致地分为三类:一是根据公式或半经验性的谱,其优点是使用简便但有较大的经验成分。二是通过谱组成波的传输方程,这种理论依据较充分,但涉及的源函数不易得到,且计算量大。三是采用参量化的方法,这可以弥补类型二中的不足,但在基础理论及预报精度方面仍具有一定的局限性。

1982年,英国国家气象局B.Golding提出了用于实时海况预报的波浪预报模式。其特点是:将预报成长着的风生海浪的参量化技术和预报涌浪的离散谱模式加以结合。B.Golding指出,在参量化模式(Hasselmaun等,1976)中应用了形状相似性,其中离散谱的组成波由较小的参量数值代替描述谱形,这就保证了谱形的稳定性并减少了能量平衡方程的复杂性。不足之处是这些模式不能用于涌浪传播,因而不能应用于混合水状态的海域。为此,作者在模式中采用了一种变换技术,将其中的非线性项参量化,并假定了风浪、涌浪之间存在有相互作用。处理这一相互作用的主要方法是将二者进行分离。对于浅海,作者认为,在浅水中底部摩擦将比其他效应更为显著。因此,须进一步改进对模式中底部粗糙度的局部说明,同时还应当引入非线性相互作用的效应,以使模式涉及的内容更为充分。在沿岸区域,另一个重要特点是浪与流之间的相互作用,对此可以参考模拟潮流和风暴潮方面的最新进展,开辟这一相互作用的领域。该模式备有粗、细两套网格系统,并对其进行了实地检验;结果表明,此模式已为波高预报提供了高质量服务。

3. 分立耦合的波浪预报模式

有许多波浪模式均是以波浪的能量平衡方程为基

础建立的,但如前所述,考虑问题的角度及处理方法的不同使得众模式各有千秋。1975年,宇治豪与矶崎一郎共同建立了结合有限差分法及Pierson的“进跳技术”的波浪模式(已在业务预报中使用),于1984年又提出了一种分立耦合的波浪模式(MR I-II)。它同样是以能量平衡方程为基本出发点,但其中包含了五个能量输送过程;即:风能量的输送、风浪组成波与波之间相互作用产生能量的非线性输送,以及由于风浪的破碎、摩擦和逆风效应而引起的能量消耗。较以前提出的没有考虑第二个能量输送过程的MR I-I已前进了一步。关于此模式,作者指出,模式中应用了有限风区的频谱,在这方面的经验虽有一定效果,但有些问题不可能在模式中得到真正的解决。究其原因有三:一是该模式仍不能完全了解风对浪的能量输送过程,所给出的非线性能量输送过程的函数费时、费力,使用不便;二是在模式中不能明确地给出涌浪和海风之间的能量输送过程的表达式;三是对于波浪破碎中能量消耗过程的解释不详尽。因此,有必要采用一些辅助性的方法解决上述问题,以使模式的应用条件和范围更为广泛。作者在这方面作了有益的工作,结果构成MR I-II模式的建立。该模式通过Toba的一维风浪表达式,将非线性的能量输送与风的作用共同表现出来,同时引入一个假定的臆断来描述波浪的破碎效应。不足的是此模式没有考虑涌浪之间和风浪与涌浪之间共振的相互作用。但此模式的独到之处是提高了预报精度。

4. 我国波浪预报的系统模式

1976—1978年,国家科委海浪预报方法研究组对我国波浪预报进行会战。该研究组在文圣常教授1960年提出的“普遍风浪谱”和“普遍涌浪谱”的基础上,研究建立了我国大面积波浪预报的系统模式。模式考虑了波谱的成长与消衰,通过一个“成长阶段因子”来判断和控制波谱的成长,对于涌浪的消衰给出了一个适用于无风与逆风消衰的统一计算公式。该模式经过试报检验,虽收到较好效果,但仍欠不足。继此之后,杨华庭、林均珊等于1980年又引入了日本宇治豪和矶崎一郎模式,并在模式中使用“经验进跳技术”处理波能传播项;针对我国的实际情况对原有模式中的边界条件、计算步骤、数据存贮等进行了相应的改进。该模式在西北太平洋做了预报检验,取得了与实况吻合较好的结果¹⁾。

二、特殊天气形势下波浪场的预报模式

上述模式适用于大面积区域的波浪预报,但对于

某些变化周期短、移动性强的波浪场,如台风、强冷空气或温带气旋等特殊天气形势影响下的波浪场,其预报效果未必理想。因此还需另外建立更为适用的预报模式。

1. 台风浪的经验预报模式

对于台风浪预报的研究,其实验工作系统开展始于六十年代。Pierson (1964), Bretschneider (1967, 1968, 1972, 1973), 以及Silvester (1974)等均对此问题进行了论述并建立了相应的预报模式,其中尤以Bretschneider根据有效波理论建立的经验预报式应用较为广泛。对于所采用的预报方法,Bretschneider认为,有效波法比波谱法具有简单易行的主要优点,它可以直接预报出主要参量进而得到有效波高和周期。当然,这两种方法都需要以波浪的实测资料为基准予以订正。正是在这样的理论基础上,¹1976年Bretschneider和Elain对台风及其浪场的预报技术进行了较为充分的研究,系统地提出了台风风场及浪场的预报模式,随后,以此为基点,Bretschneider又做了进一步的探讨,他整理、分析了几十个台风及其浪场的资料,而后对其进行了推算,依据这些结果对早期的模式做了修正,并于1979年提出了最新的、预报效果较为理想的经验预报模式。模式考虑了台风由静止开始到移动时风速分量的增加,以及台风移速与其临界移速的不同引起的波高变化,从原来提出的深水波波高和风场的计算式出发,根据这些公式以及美国51个台风资料的实际推算结果,导出了距台风中心R处的波高预报式。该模式不仅应用于大西洋,在西北太平洋同样收到较好效果。我国台湾省学者梁乃匡、曾若玄也曾引用此模式,并对其中的某些薄弱环节根据实际情况作了修改和推广,在台湾海峡及其邻近的海面上作了验证,结果令人满意。

2. 台风移动对波浪场影响量值的计算模式

在上述预报台风浪的模式中,对于系统的移动,特别是旋转系统的移动所产生的顺、逆风区对波浪场的影响考虑甚少。1983年,中西透对此问题进行了研究。他首先指出,在利用谱方法对台风浪进行推算、预报时,应当根据台风的情况做多种考虑,特别是考虑因台风移动形成的逆风区对浪场的影响;因为它可以使浪场产生角分散、速度分散和能量的增长及消衰,而这些对于台风浪的预报是非常重要的。据此,中西透在PNJ方法的基础上,建立了一个简单

1) 杨华庭、林均珊, 1980. 大面积海浪数值预报试验. 海洋预报与研究.

的模式;针对有限风区而采用了光易谱,从中得到对应于初始状态的最大频率;将最大风速半径 R 、台风移速分量 Z , Y 及浪场移速为实在变量,直接求出给定初始时刻之后因台风移动而产生的顺、逆风区对波浪场的影响量值。这就为更加准确地预报台风浪的范围和量级提供了有益的帮助。

我国关于这方面的工作起步较晚,迄今虽然还没有较为系统的大型模式投入使用,但已提出了许多适用于我国近海区域的预报方法。如1982年,华东水利学院水港系和国家海洋局三所在Wilson移动风区图解法的基础上联合提出了关于台风浪预报的移动风区图解法。此外,还有台风波浪相似预报法,它借助于有效波与波谱理论提出的经验性的风域面积预报模式(简称FAM),以及在对国际船舶,气象报告资料进行了分类、统计分析之后提出的经验统计预报模式等。可见,台风浪的预报方法众多,但由于受大陆天气系统、地形、水深及波浪传播等因素的影响,致使台风浪甚为复杂,因此在对其进行预报时,不仅应当根据各种现有的预报方法和模式,还应当根据实际经验进行综合平衡以达到预期的效果。

3. 寒潮影响下波浪场指标的预报模式

我国地处中纬度地区,每年遭受冷空气(寒潮)袭击的频数是较高的,而冷空气影响下的波浪场同台

风浪场一样,具有其移动性以及波高由北向南逐渐增大的分布特性等。尽管大面积波浪预报模式也可应用于这样的浪场预报,但使用其他针对性较强的预报方法在某种程度上可以收到更理想的效果。李凤金等人¹⁾在分析、整理了若干年的实况资料之后,依据其分析结果及统计预报的原理对我国南海在冷空气影响下的浪场提出了指标性的经验预报模式。作者根据每次过程中高空冷空气平流与对应的地面正变压区域的移动速度以及8小时变压、变温值的分布规律,确定了两个指标区域与具体的应用条件,以此对南海波浪场、主要是针对大浪区(3米以上波高构成的波浪场)的形成进行预报。经过87个过程的预报检验和试报,符合率达94%。作者认为,尽管这一指标性的预报模式经验成分较大,但众多的统计事实已经能够比较正确地反映这种过程的客观规律性,并在实际中予以证实。据此可以认为,此经验预报模式是行之有效的。

目前,有关的研究工作正在不断地深入,可以预期的是,整个预报体系也将会日趋完善。

1) 李凤金、刘占英、黄爱军,1984。南海大浪区的指标预报方法(待刊)。