

海洋水文物理学的研究

毛汉礼 管秉贤 方国洪

(中国科学院海洋研究所)

海洋水文物理学是海洋科学的一个重要组成部分。它主要研究：(1)海水温、盐、密度等水文要素的分布变化及其规律，水团类型和海流系统的划分及其消长变化等问题（海洋水文学）；(2)海水各种类型的运动状态，如海流、波浪、潮汐等及其产生的机制和变化规律等问题（动力海洋学）。它和研究海水的声、光、电、磁等现象的海水物理学合而组成海洋物理学。

解放前，这门学科在我国几乎完全是个空白。建国建所二十八年来，在毛主席和党中央的英明领导下，在毛主席革命路线指引下，这门学科，从无到有，从小到大，由浅及深，在海洋调查、水文、海流、波浪、潮汐潮流、风暴潮、海洋气象、海水污染等各方面，无论在学科或为生产国防建设服务上，都进行了许多工作，取得了不同程度的进展。

海 洋 调 查

1956年制定的国家科学技术发展远景规划（“十二年规划”）指出，我国海洋科学事业的发展，应结合生产实践；其发展途径，应从综合调查开始。我所的海洋水文物理学研究工作，就是沿着这个方向发展起来的。

远在建所初期，即在1953—1956年烟台鲎鱼场调查中，就进行了海洋水文工作，这为以后开展比较系统的调查作了一些技术上的准备。

1957年是我所、也是我国海洋科学发展上的一个新起点。这一年，我国第一艘专用海洋综合调查船——“金星”号，在渤海及北黄海西部开展了我国首次系统的海洋综合调查。

“渤海及北黄海西部综合调查报告”中的水文学部分，第一次用我国自己调查得到的资料，对上述海区水文要素的分布变化、水系及海潮流的概况，构划出了一个粗线条的轮廓。这一轮廓，迄今仍有一定代表性。这项工作，也为开展全国性的海洋调查，从技术和干部上打下了基础。

从1958年起，国家科委海洋组组织全国有关单位，对渤、黄、东、南海的近海部分，同时进行了大规模的综合调查（通称“全国海洋普查”，包括南海北部湾的中越合作调查）。我所积极参加了这次全国海洋普查工作，和兄弟单位一起，先后历二、三年之久，共同完成了这次在我国海洋科学发展史上具有重要意义的调查工作。

在水文物理方面，我所有许多同志参加了这次调查的海上观测、资料的整理分析和图集的编绘工作。还有部分同志，与所外有关同志共同完成了全国海洋综合调查报告中关于“调查方法和仪器”，“中国近海温、盐、密度的跃层现象”，“中国近海的海流系统”，“中国近海的潮波系统”等各章以及“海洋调查暂行规范”的编写。

在这些报告中，完全应用我们自己获得的系统的调查资料，对渤、黄、东、南海近海部分的水文物理现象，例如，温、盐、密度跃层的空间分布和时间变化，强跃层区的消长模式；主要流系的分布、性质、消长变化以及风对海流的作用；潮汐潮流的分布类型、基本特征，主要分潮的潮波系统等问题，分别作了比较全面而系统的阐述。此外，还进行了潮流大面预报。有些分析，迄今仍被认为是比较细致和深入

的。这些报告为我国近海的上述水文物理现象的分布变化,描绘出了一个基本的轮廓。报告中所提出的一些观点和初步结论,多年来一直为国内有关方面所引用,并在生产和国防建设中起了一定的作用。全国海洋普查的资料汇编、图集和报告,为我国海洋科学提供了第一批基本资料和文献。

还应指出,通过这次调查,也发现了某些以往国外在这海区调查中所没有发现的现象,例如,冬季南海近海存在着逆风流动的“南海暖流”等,这在实践和理论上都有一定意义。近年来,我们又从国内外的其他资料中,为这支南海暖流的存在提供了新的证据。

水文和海流

全国海洋普查结束以后,一方面,我们开展了以“黄东海环流”为中心课题,包括水团、海流和混合扩散等现象的一些基础性研究工作;另一方面,也进行了许多直接为国防生产服务的调查研究工作。

在黄东海环流研究方面,我们在全中国海洋普查报告的基础上,综合黄东海区当时所能搜集到的中外调查资料以及当时进行的专题调查,对黄东海的整个水系和流系及其各个组成部分作了进一步的研究。

在这一中心课题中,我们首先着重于黄、东海冬、夏两季水文分布的基本特征,水团划分和海流系统等几个方面的分析研究,写出了有关论文。并对长江口及杭州湾冲淡水的混合过程,黄海冷水团的消长变化及其与当地气温变化的关系,黑潮流速分布与地形的关系等问题,也作了较为深入的分析,得出了一些合理的结果。

近十余年来,这一海区的资料增长甚速。从定性对比来看,水文情况虽有不同程度的变化,但总的轮廓,亦即基本模式,大体上是稳定的。从这个意义上讲,这方面的工作,为建立黄东海的区域海洋学和开展有关的理论研究,打下了基础。

此外,还对个别流系所存在的问题,提出

了某些与长期以来公认的结论不同的看法(例如,有关夏季台湾暖流的来源,冬季台湾海峡中海流的流向等),其中有一些得到了近年来观测结果的初步支持。

浅海的水文情况,远较深海大洋来得复杂。海洋学上的经典理论和深海大洋中的海流计算方法在浅海中是否适用以及如何应用,是亟待解决的问题。通过我们的工作,发现了一些问题,例如,黄东海浅海海流的性质,似非全属地转流,可能还存在着所谓“射形流”的成分。同时,针对海流成分的复杂性和动力计算在浅海中所遇到的困难,先后提出了余流分离法和地转流算法,试用结果比较好。还有,考虑了垂直涡动粘滞和海底摩擦效应的海流计算方法,也正在探索中。

在应用性课题的研究方面,主要是为港工、渔业、航运和国防等部门提供了有关的报告和科学资料。

泥沙淤积是一个严重影响某些港湾建设和航运发展的大问题,它又与水文动力因子的分布变化有着密切的关系。我们开展了北起渤海湾,南到长江口许多地方的水文调查工作。有的为解决港湾(如塘沽新港和连云港)和航道(如长江口)的泥沙来源和淤积速度等问题,提供了一些线索和数据。有的为国防基地(如23基地和09工程等)和船厂(如青岛红星造船厂)的建设,提供了工程设计参考资料。

近几年前,和有关单位一起,共同完成了海港水文规范中海流、潮位、波浪等三章的编写工作,为港工部门提供了技术标准。

上升流现象对阐明渔场的水文结构和渔情变化等问题有着重要联系。近年来,我们完成了与舟山渔场有密切联系的浙东上升流的第一阶段调查研究工作,论述了这里出现的上升流的种种迹象,上升流流速的计算方法,并对其动力原因作了分析探讨。关于渔场渔汛期的水温预报工作,我们也摸索了一些经验。

海流对船舰航行有直接影响。我所曾以青申线为试点,为航运部门提供了海流单站预报的经验关系式,供推算船位之用。以后,又通

过半经验半理论的途径,在这方面取得了一些初步的结果。

黑潮是流经我国东海的著名洋流。它的变化,不仅与黄东海的海况,还与我国东部地区的气候变迁(特别是旱、涝现象)关系密切。最近几年,通过对台湾省东西两岸海区长期历史资料的统计分析,分别找到了与台湾海峡表层流和黑潮流速流量的季节变化有关系的一些示性指标。这些初步结果,为我们今后进一步全面、深入地开展黑潮研究提供了有益线索。

长期以来,我国还没有自己编绘的海洋水文图集。现在,在广泛搜集国内外资料的基础上,先后编绘了一些气候式图册,例如,渤、黄东海的表、中、底层温、盐、密度各季分布图,表层海流逐月分布图,海面风应力等逐月分布图等,有的已供有关部门试用。

最近,积极开展了以东海大陆架的水文特征和海流结构为重点的调查研究工作,以便为大陆架的划分提供水文学方面的科学资料。调查海区进一步向东南深海区域扩大,首次取得了一批较深海域的水文和海流资料,这为今后进行包括全部深水区域在内的整个黄东海的研究工作,创造了有利的条件。

海 浪

我所的海浪工作主要包括观测仪器的研制、在海洋工程中的应用和关于海浪生成发展机制的理论研究等三个方面。

为了获得可靠的观测数据,我们先后研制成功压力式、超声波式和电接触式测波仪。其中,电接触式测波仪的设计原理较先进,具有精度高和制作简单的优点,观测所得的波面高度可以用数字形式记录下来。

海浪对于海洋工程设施影响很大。这些年来,我们集中了较多的力量来解决国防和生产中提出的急需解决的若干海浪问题。一类课题是通过对有关海区的大风海浪过程的现场观测和通过模拟实验,为一些海港工程(如56—129工程,连云港扩建工程等)和石油钻探设施优选了设计方案或提供了必要的设计参数,并为

船舶设计提供了海浪谱。另一类课题则是研究海浪对海中建筑物的破坏力。我们通过两种途径来解决这个问题:一是研制成一种性能较好的波力测试仪器,可以测得桩柱的单点波力和环形合力。用它对渤海石油井架进行了现场观测,获得了工程上普遍采用的摩里森公式的惯性系数和阻力系数的观测值,这些数据现已为生产部门所采用。二是从理论上导出了由海浪谱推算波力谱的方法,在这项研究中还利用现场观测资料对惯性系数和阻力系数进行了经验的估计。

海浪的生成发展机制对于海浪预报具有重要意义。对于这方面的理论研究现在已经着手,并且取得初步成果。最近,在前人的共振和剪流模式的基础上,考虑了流体的粘性,提出共振、剪流和切应力的综合模式,这个模式更加接近实际。

在海洋动力学的研究中,动力模拟实验是一个重要手段。但是我们以往进行的工作均借助外单位的设备,工作项目也只局限于海浪方面。为了更能适应各方面研究工作的需要,目前正在积极筹建自己的实验室。

潮汐潮流和风暴潮

在我国广阔的陆架海域上,潮流是海水流动的重要成份之一,有时甚至是主要成份。交通、渔业和军事活动均受到潮流的很大影响。我所潮流预报的研究工作在渤海和北黄海西部调查中就曾经开展过,但当时预报方法基本沿用苏联的方法,这种方法准确度虽然较高,但预报图表篇幅庞大,使用十分麻烦。1970年我所提出了一个潮流预报的新方法,其准确度与苏联的方法相当,而篇幅减少约十倍,并且便于使用,这使得多站多层的大面预报成为实际可能。为了预报像台湾海峡、朝鲜海峡等目前尚不能进行详细调查而战略意义重大的海区的潮流,我们对潮汐微分方程采用数值方法进行了理论计算,获得基本可靠的结果,并和国家海洋局情报所、人民解放军京字116部队、中国科学院南海海洋研究所共同协作,对我国近海

几十万个海流观测数据进行了分析研究，还对几个有重要意义的海区进行了数值计算，最后编制了我国近海各海区包括约一千个预报站、每站五层的潮流永久预报图表集。

陆架海潮汐的一个重要特点是非线性效应显著，这时常使经典的预报方法具有相当大的误差。我们采用准调和分潮表示非线性效应，显著地提高了预报效果。同时还对陆架海的一些重要理论问题，如摩擦对海湾中潮波的影响，摩擦的非线性效应，黄海潮能的消耗等问题进行了研究，获得了一些有意义的结果。

此外，我们还与国家海洋局情报所协作，提出了一个确定海洋水文测量基准面的方法。从跟我国沿海实测水位资料的对比来看，比国内外现有方法好。

我国是世界上遭受风暴潮袭击最频繁的国家之一。1969年四月莱洲湾的严重风暴潮灾害之后，我们开展了关于风暴潮预报方法的研究，不久提出了这个海湾的风暴潮预报公式，检验结果比较满意。随后我们又研究了东南沿海台风潮的特点，并提出了预报公式。为了提高预报的准确性，还对台风潮进行了一些理论探讨，解释了这些地区台风潮的某些特征。

海洋气象和海水污染

近几年来，我们也从海洋水文物理学的观点和方法出发，开展了海洋气象和海水污染这两门学科中有关课题的研究。

在海洋气象方面，为了了解中国海及邻近大洋海-气交换的情况以及这一海域的水文条件对大气环流的影响，从而为我国东南沿海的长期天气预报（特别是旱、涝预报）提供线索，

先后进行了“渤、黄、东海海面热量平衡”和“西北太平洋海面热量平衡”两项工作，并编绘完成了两部图集（前一项工作系与我院地理研究所合作），还对渤、黄、东海海面热量平衡的平均状况作了分析探讨。在热平衡计算中，还根据近海和沿岸站的资料，对有关参数作了验证，从而完善了计算方法。这项作为研究黄东海及邻近大洋的海气相互关系提供了部分基本资料。

随着我国海上石油工业的发展，海水的石油污染问题成为一个重要的研究课题。七十年代初期，我们和所内外兄弟单位共同进行了山东半岛沿岸及南黄海北部污染物来源的调查研究工作。通过几年来的调访和污染物漂移途径的分析，为这一海区的污染物源自我国石油工业和石油海运这一比较合理的结论，从水文学方面提供了重要的证据。

综上所述，通过二十余年来的调查研究，对我国近海区域水文物理现象的分布变化有了一个轮廓性的了解，同时为国防和生产建设提供了一些重要的资料和有意义的成果。这些工作也为今后进一步开展中国海及邻近大洋的调查研究，打下了一定的基础。但是，也存在着一些薄弱环节，特别是在观测手段，资料处理方法以及基础理论研究等方面，更有待大力予以加强。这样，才能进一步发展这门学科，并满足国防和生产部门提出的愈来愈高的要求。

我们深信，在毛主席革命路线的指引下，在以华主席为首的党中央的英明领导下，我国的海洋水文物理工作者，一定能够为在本世纪内这门学科赶超世界先进水平，为实现我国的四个现代化，作出应有的贡献。