

工程海冰环境原位监测与研究

隋吉学¹ 孔祥鹏²

(1 国家海洋环境监测中心, 大连 116023; 2 辽河油田滩海勘探开发公司, 盘锦 124010)

摘要 本文阐述了工程海冰学的概念, 论述了工程海冰与海洋工程的关系, 介绍了工程海冰环境原位监测研究的工作内容, 并给出了1994~1995年度冬季开展的盖州滩海区工程海冰环境原位监测与研究课题的研究内容及工作框图。

关键词 工程海冰 原位监测 海冰荷载

辽河油田滩海油气开发区位于辽东湾北部盖州滩海区, 为了开采海上石油, 辽河油田已在盖州滩海区建立了一座人工岛和多座采油平台, 陆地与人工岛连接的路、岛、桥工程和岛港工程也正在方案论证工作, 所有这些海洋工程结构物都将面临一个很严重的问题——工程海冰环境条件。盖州滩海区是我国冬季冰情最严重的海区之一, 该海区水浅、潮差大、距岸较近, 其海冰的消融规律、物理力学性质以及海冰漂流规律等都具有自己的特点, 而该海区的海冰资料几乎为零, 无法满足海洋石油工程的需要。

国际上对工程海冰的研究开展的较早, 发达国家的科学家利用理论分析、模型试验、模拟计算、原位监测等全方位研究手段, 开展了系统的研究工作。国内工程海冰原位监测研究只在渤海中部开展过, 辽东湾北部的极浅海还没有进行过研究, 而原位监测研究是工程海冰研究所必不可少的。

1 海冰与海洋工程

海冰是自然界存在的一种物质, 海洋工程结构物(海上石油平台、人工岛、港口等)是存在于海上的永久性建筑物。海冰的存在和变化, 对人类的海上活动(航海、海洋资源开发等)构成了危害, 不同类型的海冰以不同的破坏方式作用于海洋工程结构物, 这种作用是不可避免的, 但可以采用适当的措施减轻和防止海冰灾害。

1.1 工程海冰学简论

结冰海区, 海冰及其寒冻条件给海洋工程结构物的设计施工及运营带来许多困难, 海冰荷载是结冰海区海洋工程结构物设计的控制荷载, 海冰荷载值的微小变化, 都将对海洋工程结构物的造价造成巨大的影响。长期以来, 工程海冰环境问题一直困扰着海洋工程师们。中国工程院丁德文院士1993年首先提出了工程海冰学这一新概念。工程海冰学是从工程角度出发, 以海冰为主体来研究海冰与工程结构物之间的相互作用, 以克服海冰给人类带来的灾害, 使海洋工程结构物的设计既安全可靠, 又经济合理。工

程海冰学包括海冰的生消规律、海冰的时空分布、海冰的物理力学性质及其设计值、海冰荷载、寒冻条件、海冰灾害以及海冰预警系统等。

国际上海冰研究主要分为两大类，一是海冰的物理力学性质研究，又称为本构型冰力学，任务是探索冰的本构关系，属于各相异性非线性力学机制研究；二是冰与结构物相互作用研究，称为结构型冰力学，任务是探索冰与结构物之间相互作用时的静、动响应的力学机理。本构型冰力学是工程应用的基础，结构型冰力学是工程应用的桥梁，工程海冰学介于两者之间，也是两者的结合，它来源于海洋工程，也主要是为海洋工程服务。

1.2 工程海冰与海洋工程的关系

在结冰海区，海洋工程结构物不可避免地要受到海冰的作用，海冰是海洋工程结构物的主要影响因素，工程海冰环境条件影响着海洋结构物的设计、施工、运营的各阶段，并对结构物的不同结构部分产生影响。工程海冰、海洋工程结构物及工程阶段三者的关系如图 1 所示。

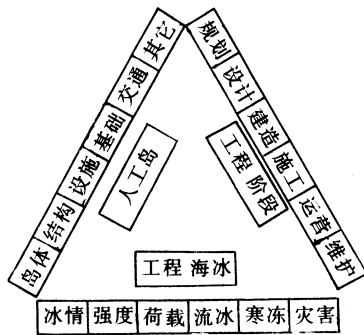


图 1 工程海冰与海洋工程的关系

Fig.1 Relation between the engineering sea ice and the offshore engineering

首先，在规划、运营及维护阶段，必须对作业海区的冰情有充分的了解，只有掌握了冰情信息，才能合理地规划、正确地运营和及时地维护。到目前为止，该海区的冰情信息几乎为零，急需对该海区的冰情进行监测与获取。海冰冰情信息获得的方法很多，包括原位人工观测、摄像、雷达跟踪监测、卫片分析及数值模拟预报等。第二，在结构物设计中，要求准确地确定冰荷载值的大小。冰荷载是该海区结构物设计的控制荷载，冰荷载的大小将直接影响到结构物的安全运营和工程造价，

冰荷载值的微小波动都将使工程造价发生很大的变化。因此，冰荷载是海洋工程结构物设计及运营的至关重要的因素。为了获得冰荷载，必须首先了解海冰的物理力学性质，找出环境条件和力学参数的设计值，同时，还需原位测量冰荷载值以及数值模拟计算冰荷载值。第三，海冰的存在，给冬季船舶航行带来了困难，对人工岛来说，如果没有船只的连接，将无法生产。因此，需要确定航线上结冰时间、冰厚等，提供准确的通航时间，优选航线，为人工岛的正常生产提供后勤保障。第四，人工岛除了承受外荷载以外，其基础、岛内填土及岛上设施等都面临着安全过冬的问题。寒冻环境条件下，结构物及其设施的过冬养护、地基及回填土的冻结对结构物的安全运营的影响等问题，都是必须解决的。第五，人工岛的建立，改变了原海区的流场分布，从而也改变了流冰场。为了准确地确定流冰的速度和方向，进而给出精确的冰荷载值，必须对改变后的流场进行监测和模拟计算。第六，为了有效地预防和抵抗海冰灾害、科学地管理作业海区中海

工结构物的生产运营, 必须建立一套完整的海冰预警系统。为此, 必须掌握该海区水文气象信息、结构物信息、海冰冰情、强度以及冰荷载信息等。第七, 海冰的存在, 使海面溢油的扩散与漂流变的复杂化, 给消油工作造成困难, 也使生产用水和取水问题变的复杂, 所有这些由于海冰的存在而产生的特殊问题, 必须在充分掌握作业海区海冰信息的基础上加以解决。

2 工程海冰环境原位监测研究

工程海冰的灵魂是通过对海冰的研究, 防治和减轻海冰灾害, 直接为海洋工程服务, 其中主要的是海冰荷载设计取值问题的研究。海冰荷载作为结冰海区海洋工程结构物设计的控制荷载, 一直是海洋工程师关注的对象。冰荷载的计算常用的是经验公式法, 作用于孤立桩柱上的冰荷载计算公式为:

$$F = I f_c D t \sigma_c$$

式中: I 为嵌入系数; f_c 为接触系数; D 为冰接触区结构物直径; t 为冰厚; σ_c 为海冰单轴抗压强度。

由上式可知, 影响海冰荷载值大小的主要因素是海冰单轴压缩强度, 后者又是冰温、盐度、加载速率等单因子参数的函数, 对最大设计强度, 可以简化为冰温的单一函数关系, 如辽东湾北部海冰单轴压缩强度设计值可用下式给出:

$$\sigma_c = 1.77 - 0.13\theta$$

式中: θ 为设计冰温。

除了强度特征以外, 海冰荷载值还与环境条件有关, 如潮流场、风场分布特征等。这主要反映在流冰的运动速度及流冰堆积和重叠等特征上, 后者同时还与海冰的自身特征和结构物形式有关。因此, 工程海冰原位监测应该包括冰情时空分布监测、水文气象条件监测、海冰物理性质监测、海冰力学性质研究以及海冰荷载的原位监测与分析等方面的内容。

3 工程海冰环境原位监测实例

1994~1995 年度冬季, 在盖州滩海区进行了工程海冰环境原位监测研究, 该项目工期长, 工作量大, 工作环境恶劣, 整个冬季处于完全封闭状态。因此, 需要完备的后勤保障系统、迅速可靠的应急系统和严密的组织措施。系统的工作框图如图 2 所示。

主要工作内容包括: 1) 冰情时空分布监测与研究, 利用目测、照片、录像、卫片分析、岸基雷达监测等手段, 对人工岛附近海区的海冰冰情进行全方位实时跟踪监测。2) 气象监测与分析, 在人工岛上建立小型气象观测站, 观测人工岛局部天气情况, 包括气温、风速、风向、降温及升温过程, 并收集营口气象台历年气象资料, 分析盖州滩海区气象条件的变化规律。3) 海冰物理性质观测与分析, 包括海冰温度随冰厚增长变

化规律的原位观测、海冰盐度分布观测、海冰密度分布观测、海冰晶体结构观测等。
 4) 海冰力学性质研究, 在人工岛周围采集海冰试样, 测定不同冰温、不同加载速率下, 海冰的单轴抗压强度、剪切强度、三点弯曲强度、拉伸强度、摩擦系数、泊松比、弹性模量、冻结强度等, 为冰荷载的计算提供设计参数。5) 海冰荷载的监测与分析, 在人工岛外壁潮间带安装荷载传感器, 用计算机采集数据, 分析作用于人工岛上的冰荷载。6) 人工岛过冬试运行, 由于人工岛还没有完全建成, 岛上过冬是第一次, 通过一冬天的运行, 积累了寒冻条件下孤立岛上过冬的经验, 为人工岛冬季生产做准备。

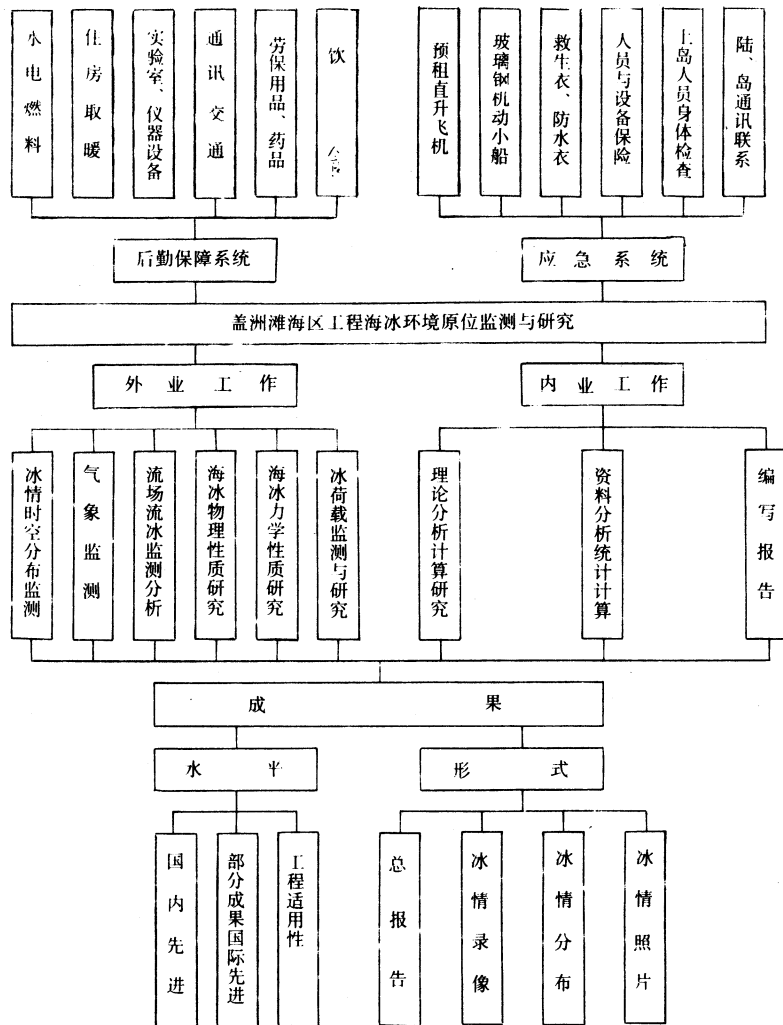


图 2 工作框图

Fig.2 The flowchart of research work

4 结束语

工程海冰环境原位监测是一个复杂的系统工程, 其核心是海冰荷载的原位监测, 同时, 还要对海区的环境条件及海冰分布特征进行监测。盖州滩海区工程海冰环境条件原位监测项目的实施, 不仅获取了该海区工程海冰环境条件的第一手资料, 填补了该海区工程海冰资料的空白, 为海洋石油开发事业提供了依据, 而且, 提高了我国工程海冰环境原位监测研究水平, 积累了封闭状态下工程海冰环境原位监测的经验, 促进了我国工程海冰研究的发展。

In-situ Monitor and Study on the Environment of Engineering Sea Ice

Sui Jixue¹ and Kong Xiangpeng²

(1 *The National Marine Environment Monitoring Centre, Dalian, 116023*; 2 *Tanhai Prospecting
Developing Company of Liaohe Oil Field, Panjing, 124010*)

Abstract

In this paper, the engineering sea ice concept was proposed, the relation between engineering sea ice and offshore engineering was described, and the research contents of the in-situ monitoring and study on environment of engineering sea ice were presented. A research flowchart as well as contents of the in-situ monitoring and study on environment of engineering sea ice in Gaizhoutan from 1994 to 1995 was also given.

Key words: engineering sea ice, in-situ monitor, sea ice force