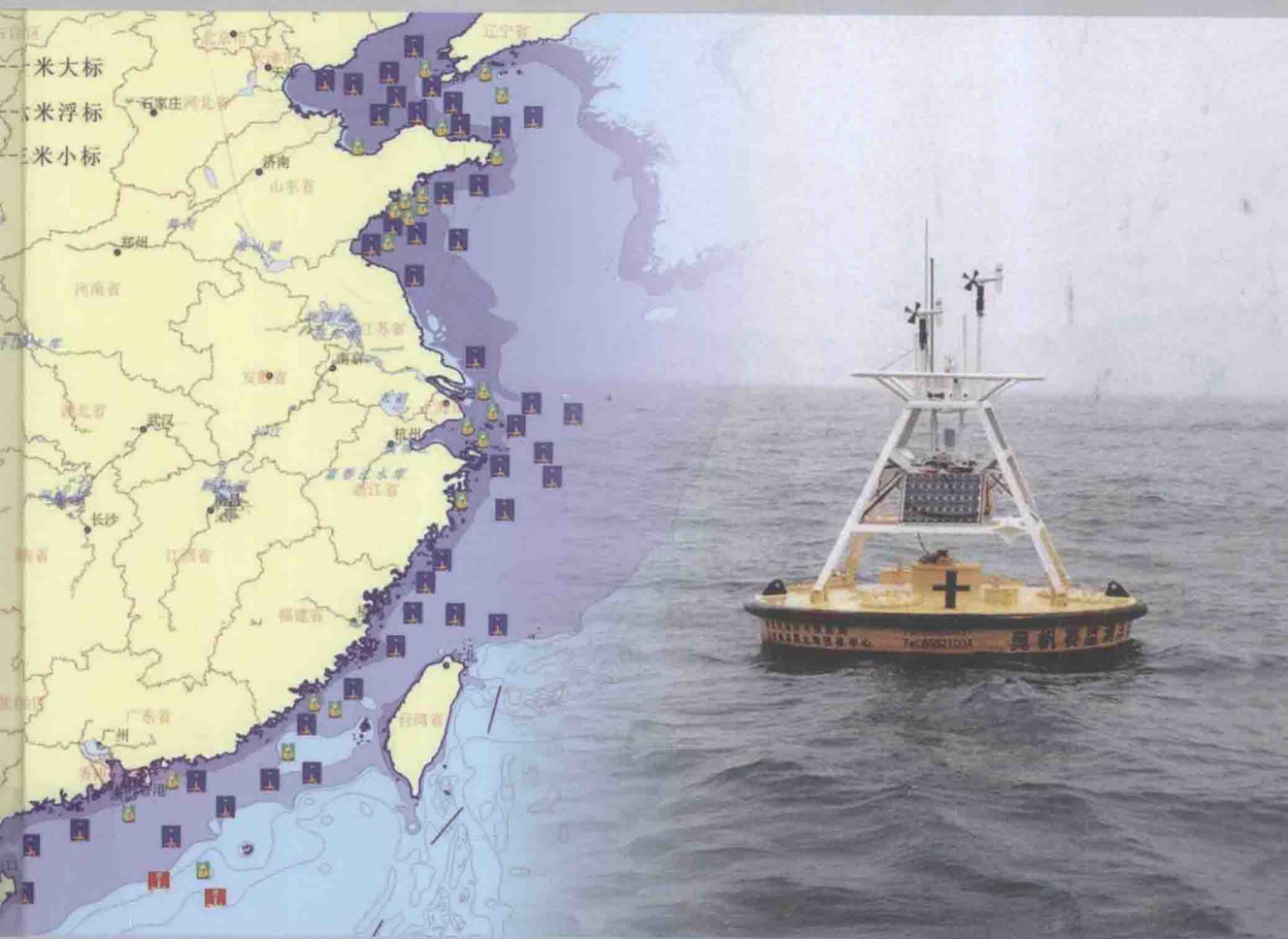


HAIYANG ZILIAO FUBIAO
YUANLI YU GONGCHENG

海洋资料浮标

原理与工程

王军成◎著



海洋资料浮标原理与工程

王军成 著

海洋出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书以复杂系统论、信息论、力学、海洋学为理论基础,结合海洋资料浮标详细阐述了海洋动力环境浮标监测技术理论及其相关的观测、通信等技术体系。之后,详细介绍了浮标总体设计及其各子系统(浮标体、锚系、数据采集与控制、通信、供电、传感器等)的原理及设计,并配合详实的示例。

本书涉及海洋资料浮标及海洋观测技术方面的众多最新的理论和技术问题,不仅可供海洋科学研究、海洋观测技术探索、海洋资料浮标研发的学者、工程技术人员阅读,也可供我国海洋、气象业务管理部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋资料浮标原理与工程/王军成著. —北京:海洋出版社, 2013. 12
ISBN 978 - 7 - 5027 - 8748 - 6

I. ①海… II. ①王… III. ①海洋气象浮标 IV. ①P716

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 286779 号

责任编辑:高 英

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店发行所经销

2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月北京第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:21.75

字数:510 千字 定价:98.00 元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

序 言

我国是发展中国家中的海洋大国,与发达国家一样,海洋也必将成为决定我国经济实力和政治地位的极其重要的因素。因此,海洋经济的开发、海洋管理、环境保护、捍卫国家海洋权益都迫切需要海洋环境监测能力作为保障。没有先进、可靠的海洋监测设备,就不可能得到各种监测要素,也无法获得海洋科学成就。

海洋资料浮标是目前我国海上环境监测的主要手段,近几年大规模业务化应用,为我国海洋环境预报、防灾减灾预警、海洋资源开发发挥着重要作用。

王军成研究员 20 多年来主要从事海洋仪器的研究和研制工作,其主持或参与的海洋资料浮标相关项目多项获得国家及省部科技进步奖,代表了我国海洋资料浮标技术发展的领先水平,并且已经达到了国际先进水平。所著的《海洋资料浮标原理与工程》深入浅出地论述了海洋资料浮标相关的理论、技术、设计实例以及作者从事设计研究多年积累的经验,是近年来我国乃至世界少有的海洋资料浮标专著,弥补了我国在这一领域论著的不足。从这部专著可以看出,作者对海洋资料浮标研究具有较高的理论水平、丰富的实践经验以及较高的业务水平。

书中将海洋资料浮标这个复杂系统的相关理论有机结合成理论体系,并进行了深入的研究,既有现阶段研究的指导意义,又具有一定的前瞻性。海洋资料浮标相关技术具有包含多学科、跨领域的特点,书中对海洋资料浮标相关前沿技术进行了研究,并详尽论述了解决同一问题的多种方法。书中分系统介绍众多设计实例,可以为从事海洋资料浮标研究人员提供了很好的参考和借鉴。作者将 20 多年从事海洋资料浮标研究的经验、心得、体会提供给读者分享,可使读者得到许多学术文献中得不到的意外收获,受益良多。

本专著的作者和他带领的团队,冲破国际间的技术封锁,研制出一系列具有自主知识产权的产品。这些产品和他们在业务化应用中的丰富经验,为《海洋资料浮标原理与工程》的撰写提供了必要的基础。本书还是一部相关领域的发展史。它对理论研究、研制技术和广大用户的需求,能提供可贵的指导和参考。本书还可以作为学习海洋工程的教科书。我对作者几十年倾注心血研发海洋资料浮标并完成艰巨的撰写深表钦佩,对专著的出版,深表祝贺。

文圣常

2013.9.26.

前 言

海洋资料浮标是随着科学技术的发展和海洋开发的需要而发展起来的一种现代化的“海洋水文气象参数综合观测系统”,能够长期、定点、连续、实时、全天候自动观测海洋水文与气象等各种要素,直接为海洋预报、防灾减灾、海洋资源开发、海上交通、海上军事活动服务。

“十一五”期间,我国已经建立起了规模化的“海洋资料浮标网”。截止2012年,由国家海洋局主管的“海洋资料浮标网”和由中国气象局主管的“海洋气象网”及各地方单位、专项需求建立的海上观测点,合计达92个,遍布我国各海域。先后有100多套海洋资料浮标在海上业务化运行,为我国的海洋环境预报、灾害预警、海洋开发和保护发挥着重要作用,是我国目前近海域海洋环境监测的主要手段。

本书总结了国内外海洋资料浮标发展的概况,特别是我国资料浮标不同时期技术发展的特点。重点论述了将海洋资料浮标这个复杂系统的相关理论有机结合成理论体系,并进行了深入的研究,以系统论、信息论、力学、海洋学为理论基础,应用于海洋资料浮标工程的研究与设计,反映了经几十年实践形成的“海洋动力环境资料浮标监测技术理论”及相关的技术体系。

本书在论述海洋资料浮标理论基础及技术体系后,详细介绍了资料浮标总体设计及其各子系统(浮标体、锚系、数据采集与控制、通信、传感器、供电等)的原理、设计及工程应用。

书中涉及到的我国资料浮标发展历程与技术进步,是以大型资料浮标为主要素材(兼顾其他),因为我国目前海洋监测业务化运行的主要是大型资料浮标;论述的主要技术、性能、指标是以“十五”以来国家“863”创新研究及成果定型的资料浮标为主撰写的。

笔者从事海洋资料浮标技术的研究工作30年,主持了国家“七五”、“八五”、“九五”、“十五”4个五年计划海洋资料浮标的持续研发,见证了我国资料浮标技术发展的历程。几十年来为资料浮标的发展,兢兢业业地潜身研究,不畏海上风涛恶浪的艰辛与风险,推动了浮标技术的进步,构建了我国大型海洋资料浮标的技术体系。该书的出版是笔者对从事资料浮标事业的总结,更是眷恋,也愿成为后继从事这方面工作人的基石。

本书在撰写过程中,得到山东省科学院海洋仪器仪表研究所的大力支持,特别是该所的海洋资料浮标研究室(第八研究室、第九研究室)、船舶气象研究室(第一研究室)、水声研究室(第五研究室)的郑轶、王东明、刘世萱、袁新、漆随平、陈世哲、王振、毛玉峰、范秀涛、宋文杰、王中秋、王亚洲、厉运周的大力帮助,值此谨向他们表示衷心感谢!

本书可供从事海洋技术与管理的同志及大专院校海洋工程专业的人员参阅。

由于水平有限、在本书编写过程中难免会出现错误和疏漏,敬请读者指正!

作 者

2013年8月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 海洋资料浮标概述	(1)
1.2 海洋资料浮标发展史	(7)
1.3 海洋资料浮标在中国的应用	(19)
第2章 海洋资料浮标系统理论及技术体系	(24)
2.1 复杂系统理论	(25)
2.2 浮标的力学理论	(37)
2.3 系留索的力学理论	(45)
2.4 海洋动力环境浮标监测技术理论	(55)
2.5 海洋资料浮标技术体系	(74)
2.6 海洋资料浮标观测网络技术	(116)
第3章 海洋资料浮标系统构成及总体设计	(121)
3.1 海洋资料浮标系统构成	(121)
3.2 典型海洋资料浮标	(123)
3.3 海洋资料浮标总体设计	(125)
第4章 海洋资料浮标结构原理与设计	(130)
4.1 概述	(130)
4.2 浮标体的性能计算	(130)
4.3 浮标结构设计	(146)
4.4 浮标风洞试验	(161)
4.5 浮标模型水池试验	(164)
4.6 典型浮标体(10 m 圆盘形浮标)设计	(177)
第5章 海洋资料浮标锚系原理与设计	(181)
5.1 概述	(181)
5.2 锚系的系留方式及结构形式	(181)
5.3 锚系的基本组成部分	(184)
5.4 浮标锚系的设计	(190)
第6章 海洋资料浮标数据采集控制子系统原理与设计	(198)
6.1 概述	(198)
6.2 数据采集控制子系统的分类	(198)
6.3 数据采集控制子系统的基本参数及构成	(199)
6.4 浮标数据采集控制子系统的设计	(203)

6.5 数据采集处理方法	(217)
6.6 浮标数据采集控制子系统的研制	(219)
第7章 海洋资料浮标通信子系统原理与设计	(221)
7.1 概述	(221)
7.2 浮标系统对通信子系统的要求	(222)
7.3 海洋资料浮标常用通信方式分类	(223)
7.4 卫星通信系统	(229)
7.5 移动网络通信	(242)
7.6 无线电通信	(245)
7.7 数据压缩与解压缩方法	(251)
第8章 海洋资料浮标电源子系统原理与设计	(253)
8.1 概述	(253)
8.2 浮标供电设计原则及形式	(253)
8.3 能源补充方式	(255)
8.4 一次性电池供电系统设计	(258)
8.5 太阳能组合供电系统设计	(261)
第9章 海洋资料浮标传感器子系统原理及设计	(268)
9.1 概述	(268)
9.2 海洋资料浮标传感器技术指标	(269)
9.3 海洋资料浮标对传感器的要求	(273)
9.4 海洋资料浮标用传感器分类及目前常用传感器	(279)
9.5 助航类设备	(296)
9.6 传感器子系统设计与选型实例	(298)
第10章 海洋资料浮标的试验与联调	(301)
10.1 海洋资料浮标传感器的标定试验	(301)
10.2 海洋资料浮标的环境试验	(304)
10.3 海洋资料浮标的实验室联调与试验	(306)
10.4 海洋资料浮标的近岸(码头)联调	(308)
10.5 海洋资料浮标的近海试验	(310)
第11章 海洋资料浮标的布放、回收作业及典型应用案例	(312)
11.1 海洋资料浮标的布放、回收作业	(312)
11.2 海洋资料浮标典型应用	(315)
11.3 浮标研制经验总结	(329)
主要参考文献	(333)
附录 10 m 海洋资料浮标性能曲线	(337)

第1章 绪论

1.1 海洋资料浮标概述

海洋资料浮标是一个无人值守的自动海洋观测站,能在恶劣的海洋环境下具有独立生存能力,浮标被锚定在海洋某一特定位置,浮标体搭载的电子仪器设备可以对海洋动力环境参数或生态参数进行数据测量、数据处理、数据存储和数据通信,浮标可以在海洋进行长期、连续、全天候的工作,并可以根据需要进行回收和改造。

1.1.1 海洋资料浮标的定义

海洋资料浮标是用于获取海洋水文、气象、水质等物理、生化参数的水面漂浮式自动监测平台,它具有全天候、全天时稳定可靠地收集海洋环境资料的能力,并能实现数据的自动采集、自动标示和自动发送。

海洋资料浮标,采用复杂系统理论、流体动力学、结构力学、信号处理理论等为指导,以数据采集技术、数据处理技术、数据存储技术、通信技术、供电技术、传感技术、防腐技术等多种技术为支撑发展起来的综合海洋监测系统。海洋浮标可以与遥感卫星、遥感飞机、调查船、水下探测平台一起,组成探测海洋的立体监测体系。

海洋资料浮标是海洋环境现场直接监测的有效手段,具有船基设备、海岛站、卫星遥感等其他观测手段不可替代的作用,是海洋经济发展的重要技术保障,能够在海洋水文气象预报、防灾减灾、海洋资源开发、海上交通、沿海工农业生产、海上军事活动等方面发挥重要作用。

根据搭载的测量仪器不同,海洋资料浮标能够实现对海洋动力参数和生态环境参数的测量。海洋动力参数主要有:温度、盐度、潮汐、潮流、海流(流速、流向)、海浪(波高、周期、波向)、风暴潮、内波、海啸、风速、风向、气温、气压、湿度、能见度等。海洋生态环境参数主要有:海水透明度、浊度、黄色物质、叶绿素、溶解氧、化学耗氧量、生物耗氧量、有机氮、重金属、放射性、营养盐、有机磷、油膜、有毒赤潮藻、赤潮光学参数、二氧化碳等。

1.1.2 海洋资料浮标的应用意义

1.1.2.1 在海洋灾害预报预警中的作用

海洋灾害主要有灾害性海浪、海冰、海啸和风暴潮等。形成于热带海洋上的台风(在大西洋和印度洋称为飓风)引发的暴雨洪水、风暴巨浪以及台风本身的大风灾害,就造成了全球自然灾害生命损失的60%。台风每年造成上百亿美元的经济损失,约为全部自然灾害经

济损失的 1/3。由水下地震、火山爆发或水下塌陷和滑坡引发的海啸,能够对近海岸国家和人民的生命财产造成巨大损失。如 2004 年的印尼大海啸,造成了包括印度尼西亚、斯里兰卡、印度、泰国、马来西亚等国家 29 万多人遇难,造成经济损失近百亿美元。风暴潮会使受到影响的海区的潮位大大地超过正常潮位。如果风暴潮恰好与影响海区天文潮位高潮相重叠,就会使水位暴涨,海水涌进内陆,造成巨大破坏。如 1970 年 11 月 12—13 日发生在孟加拉湾沿岸地区的一次强风暴潮,曾导致 30 余万人死亡和 100 多万人无家可归。

为减轻海浪、海冰、海啸和风暴潮等海洋灾害的影响,人们可以通过在相关海域布放专用海洋资料浮标针对上述的几种主要的海洋灾害进行监测,根据监测数据对可能发生海洋灾害进行预测、预报和预警,从而降低海洋灾害的危害。通过布放通用型海洋资料浮标,对上述多种海洋灾害进行监测,并根据监测的数据资料采取必要措施,可以达到减轻海洋灾害影响的目的。

1.1.2.2 在海洋气候监测方面的作用

占地球表面积 71% 的海洋,能通过与大气的能量物质交换和水循环等作用,吸收大量的二氧化碳,在调节和稳定气候上发挥着决定性作用,被称为地球气候的“调节器”。但是,日益严重的气候变化也对海洋产生巨大影响,在过去 30 年,海水表面温度增加了 0.9°C ,沿海海平面总体呈波动上升趋势。气候变暖会导致全球海洋酸化、海平面上升、海洋生态系统退化、海洋灾害频发。气候变暖、海平面上升、海水温度升高,进而引起全球尺度的海洋动力环境变异,如年际变化的厄尔尼诺现象和年代际变化的北太平洋涛动。海洋变暖,导致海洋生态环境变异、极端天气事件和海洋灾害加剧,如赤潮和动物种群变化等。

海洋对于气候变化的影响主要通过两个重要途径实现。一、海洋是气候系统中一个巨大的热容器和水容器,通过海洋环流对全球的能量、水分平衡发挥着重要的调节作用,特别是在长期气候变化中,海洋起着至关重要的作用。二、海水可以溶解二氧化碳,把大气中气态的二氧化碳转变为溶解态的二氧化碳。海洋每年可以吸收人为增加到大气中二氧化碳的 1/3,极大地减少了大气中二氧化碳的含量,从而减缓大气温度升高。海洋是全球气候系统中的一个重要环节,如果全球 100 m 厚的表层海水降温 1°C ,放出的热量就可以使全球大气增温 60°C 。海洋也是大气中水蒸气的主要来源。海水蒸发时会把大量的水汽从海洋带入大气,海洋的蒸发量大约占地表总蒸发量的 84%,每年可以把 $36\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的水转化为水蒸气。因此,海洋的热状况和蒸发情况直接左右着大气的热量和水汽的含量与分布。

要加强对海洋气候的观测,以便更加深入和全面了解天气、气候和气候变化,更加科学地把握自然规律,更加有效地应对气候变化和防御自然灾害。应该增加海上海洋资料浮标的设置,尤其是增加中远海的海洋资料浮标数量,以便对海洋气候变化提供长期、较大范围的监测,通过对数据的处理,可以得到全球或地区的海洋气候变化情况,这些数据资料是对气候变暖等现象进行研究的重要积累;通过对这些地区监测数据的分析,可以对极端天气事件以及海洋灾害进行预警预报;可以根据积累的数据资料,评估海洋变化最终通过大气等的相互作用对人类造成哪些方面的影响,从而方便人类采取措施趋利避害。

1.1.2.3 在海洋环境污染监测中的作用

海洋面积辽阔,储水量巨大,因而长期以来是地球上最稳定的生态系统。由陆地流入海



洋的各种物质被海洋接纳,而海洋本身却没有发生显著的变化。然而近几十年,由于世界人口的增多和工业发展,在靠近大陆的海湾,大量的废水和固体废物倾入海洋,加上海岸曲折造成水流交换不畅,使得海水的温度、pH、含盐量、透明度、生物种类和数量等性状发生改变,对海洋的生态平衡构成危害。海洋污染突出表现为石油污染、赤潮、有毒物质累积、塑料污染和核污染等几个方面;全球污染较为严重的海域主要有波罗的海、地中海、东京湾、纽约湾、墨西哥湾等。就国家来说,沿海污染严重的有日本、美国、西欧诸国和前苏联等国家。我国的渤海及我国大陆毗邻的黄海、东海和南海的污染状况也相当严重,虽然汞、镉、铅的浓度总体上尚在标准允许范围之内,但已有局部的超标区;石油和 COD 在各海域中有超标现象。

海洋污染的特点是污染源多、持续性强、扩散范围广、控制难度大。海洋污染对人类的危害主要表现为:局部海域水体富营养化;由海域至陆域使生物多样性急剧下降;海洋生物死亡后产生的毒素通过食物链毒害人体;破坏海滨旅游景区的环境质量,使景区失去应有价值。

海洋污染不但会对海洋生态造成破坏,最终其危害会作用到人类自身,因此海洋污染已经引起国际社会越来越多的重视。海洋污染是由于人类进行工业生产以及生活废弃物的排放造成的,为了海洋生态的健康以及人类的便利,有必要对已造成污染的海域进行治理。这就需要对该海域的污染物质以及成分进行检测,从而采取相应的措施达到更快、更好的治理效果。通过在已污染海域布放长期监测的浮标,可以掌握污染治理的效果;在易污染海域布放监测浮标,可以获知污染物的排放,并根据排放量预测对该海域的不利影响,为采取措施保护海洋提供必要的数据支撑。

1.1.2.4 在海洋管理中的作用

海洋管理,又称为海洋综合管理,是各级海洋行政主管部门代表政府履行的一项基本职责。它的核心内容包括:海域使用管理、海洋环境管理以及海洋权益管理。《中国海洋 21 世纪议程》关于海洋综合管理问题的定义是:“海洋综合管理应从国家的海洋权益、海洋资源、海洋环境的整体利益出发,通过方针、政策、法规、区划、规划的制定和实施,以及组织协调、综合平衡有关产业部门和沿海地区在开发利用海洋中的关系,以达到维护海洋权益,合理开发海洋资源,保护海洋环境,促进海洋经济持续、稳定、协调发展的目的。”

以海洋资料浮标为主体设备组建海洋资料浮标网,通过较长时间的持续海洋观测为海洋管理积累数据,可以为海洋管理部门提供海洋环境数据,也可为海洋科研机构及相关海洋组织方便了解、认识海洋运动规律,了解海洋环境现状及趋势,科学合理利用海洋资源,加强对海洋污染的治理与保护,合理指导海洋工程的实施发挥重要作用。

1.1.2.5 在海洋资源开发中的作用

随着世界人口增多以及发展需要,当前人类面临着相对资源短缺的问题。人类赖以生存的陆地空间所能提供的资源、粮食等逐渐将不堪重负。据估计,世界海底蕴藏石油 $1\,350 \times 10^8$ t,海洋石油占到世界石油可采储量的 45%,20 世纪末,海洋石油年产量达 30×10^8 t,占世界石油总产量的一半。世界天然气储量约为 270×10^8 m³,海洋储量占 140×10^8 m³。在 20 世纪,日本、前苏联、美国均已发现大面积的可燃冰分布区。我国也在南海和东海发现了可燃冰。据测算,仅我国在南海的可燃冰资源量就达 700×10^8 t 油当量,约相当于我

国陆上油气资源量总数的1/2。据估计,全球可燃冰的储量是现有石油天然气储量的2倍。海滨沉积物中有含有许多贵重矿物,如:用作火箭、飞机外壳用的铌和反应堆及微电路用的钽的独居石;核潜艇和核反应堆用的耐高温和耐腐蚀的锆铁矿、锆英石;某些海区还有黄金、白金和银等。地球上生物资源的80%分布在海洋里,海洋给人类提供食物能力是陆地的1000倍。在海洋生态不受破坏的情况下每年可向人类提供 30×10^8 t水产品。因此,海洋的开发利用潜力巨大,前景广阔。

要进行海洋资源开发,首先就要掌握待作业区域的水文气象条件,通常需要对作业海域有连续1年以上水文气象监测资料的数据积累,这些监测资料是进行海洋资源开发工程设计的重要参考依据。要实现上述海洋资源的开发,需要相关海上作业平台及设备,在进行开采海洋资源时,浮标为海上作业的钻机和其他设备提供气温、气压、风速、风向、波谱、流速和流向等海洋环境资料,能够实现对作业处的海洋环境进行连续、实时、全天候的观测,有力地保障了海上工程项目实施的高效率 and 安全性。

1.1.2.6 在海洋军事上的作用

海洋资料浮标在军事上的作用主要是用于对海洋水文、气象要素的监测。

海洋水文要素主要包括温度、盐度、深度三大静态要素,以及海流、海浪、潮汐三大动态要素,它们是与舰艇关系最密切、对其影响最大的海洋要素。温度是海水声速的决定因素,会影响声纳的作战效果;盐度(密度)是潜艇下潜和定深航行的首要参数;深度是舰艇航行安全性的重要标志;海流和海浪时刻影响着舰艇的航迹;潮汐的变化决定着登陆和抗登陆的成败。在现代的海洋战争中,海洋水文要素的军事运用不仅停留在宏观效果上,而且发展到更精细、更准确的程度。

海洋气象条件对舰载机、舰艇活动、武器弹药、登陆作战等有重要影响。气象条件影响着舰载机的起飞、降落、航向、航速、空投、伞降、轰炸等。影响舰艇活动的气象要素主要有气温、海雾和风。气温过高或过低,不利于舰上人员从事各种操作;海雾则造成视程障碍,影响舰艇机动和编队,甚至造成迷航或触礁事故;风主要影响舰艇的航向和航速。影响炮弹飞行的气象要素主要是虚温、气压和风。虚温增高或气压降低时,会使炮弹落(炸)点偏远,反之,落(炸)点偏近;顺风,使炮弹的落(炸)点偏远,逆风使落(炸)点偏近;横风使落(炸)点产生横偏,从而影响命中精度。在登陆作战中,在大风浪条件下,舰船航行和操纵比较困难,小吨位舰船的行动会受到限制,甚至无法活动。

海洋环境对于海上军事活动的重要性不亚于舰艇和武器本身,海洋水文气象环境要素在海军作战中能起到极为重要的作用。世界各海洋军事强国极为重视发展海洋监测高技术,并将海洋监测高技术用于相关海域乃至全球的海洋环境资料的调查、观测、监测。某些海域由于石油、天然气等资源原因,未来一段时间可能会成为军事热点海区,如果能够提前对相关海区海洋资料环境进行监测,在很大程度上有利于赢得战争主动权,更好地维护国家权益。通过在特定海域布放海洋资料浮标,对该海域的温度、盐度、海浪等水文气象要素进行长期、连续观测,可以建立该海域的海洋环境资料数据库,为作战训练计划拟定、水面舰艇活动、潜艇航行、武器布放或发射、舰船登陆、舰载机起降等提供决策数据,对于保持海上军事优势、增强海洋军事战斗力、提高应对突发事件的应急响应能力等具有重要意义。



1.1.2.7 在海洋科学研究中的作用

全球海洋总面积约占地球表总面积的 71%, 相当于陆地面积的 2.5 倍。世界海洋每年约有 $50.51 \times 10^4 \text{ km}^3$ 的海水在太阳辐射作用下被蒸发, 向大气供应 87.5% 的水汽。而每年从陆地上被蒸发的淡水仅有 $7.2 \times 10^4 \text{ km}^3$, 约占大气中水汽总量的 12.5%。由于水具有很高的热容量, 因此世界海洋是大气中水汽和热量的重要来源, 并参与整个地表物质和能量平衡过程, 成为地球上太阳辐射能的一个巨大的储存器。在同一纬度上, 由于海陆反射率的固有差异, 海面单位面积所吸收的太阳辐射能约比陆地多 25% ~ 50%。因此, 全球大洋表层海水的年平均温度要比全球陆地上的平均温度约高 10°C 。由于太阳辐射能在地球表面上分布的固有差异, 赤道附近的水温显著地高于高纬度海区, 导致海洋中暖流从赤道流向高纬度、寒流从高纬度流向赤道的大尺度循环, 从而引起能量重新分布, 使得赤道地区和两极的气候不致过分悬殊。海面在吸收太阳辐射能的同时, 还有蒸发过程。海水的汽化热很高, 蒸发时消耗大量热量。反之, 在水汽受冷凝结时又会释放出相同的热量。因此, 海水的蒸发既是物质状态的转化, 也是能量状态的转化。海面蒸发产生的大量水汽, 可被大气环流及其他局部空气运动携带至数千千米以外, 重新凝结成雨雪降落到大陆的表面, 成为地球表面淡水的源泉, 从而参与地表的水文循环, 参与整个地表的物质和能量平衡过程。海洋资料浮标能够实现对海洋温度、湿度、海流、气压等参数的监测, 通过组建海洋资料浮标网, 能够长期对全球大范围的海洋环境参数进行监测, 所得到的监测数据资料对于海洋科学研究工作者研究洋流运动变化、海洋气候乃至全球气候具有重要的作用。

溶解于海水中的氧、二氧化碳等气体, 以及磷、氮、硅等营养盐元素, 对海洋生物的生存极为重要。海水中的溶解物质不仅影响着海水的物理化学特征, 而且也为海洋生物提供了营养物质和生态环境。海洋资料浮标通过搭载化学成分仪器, 可以对海洋中的微量元素和营养盐等进行监测, 将监测数据提供给相关科研工作者分析, 可用于深入研究海洋生物的生存环境; 通过监测不同海域溶解盐类浓度的变化, 可以预测海洋生物的迁徙。

海洋作为一个物理系统, 其中发生着各种不同类型和不同尺度的海水运动和过程。海水运动或波动是海洋中的溶解物质、悬浮物和海底沉积物搬运的重要动力因素, 因此, 海洋中化学元素的分布和海洋沉积, 以及海岸地貌的塑造过程都是不能脱离海洋动力环境的。海水的运动和过程表现为温度、盐度、海流、风速风向、悬浮物的变化, 这些海洋动力环境参数可以通过浮标进行监测。监测数据可以用于研究海洋运动的成因、海洋对地质过程的影响。

1.1.3 海洋资料浮标的分类

海洋资料浮标按照不同的分类方法, 具有不同的称谓, 通常是按照应用形式、结构形式、锚定方式、主尺度对海洋资料浮标来进行分类, 如图 1-1 所示。

通用型海洋资料浮标, 指传感器种类多、测量参数多、功能齐全, 能够对海洋水文、气象、生态环境参数进行监测的综合性浮标。通用型海洋资料浮标的主要测量项目有流速、流向、波高、波周期、波向、风速、风向、水温、气温、气压、叶绿素及浊度等, 能够定时、连续为相关部门提供重要的监测数据。专用型浮标可以针对某一种或某几种海洋环境参数进行测量, 如水质监测浮标、波浪浮标等。水质监测浮标每隔一定时间可获取一次布放水域的海水温度、

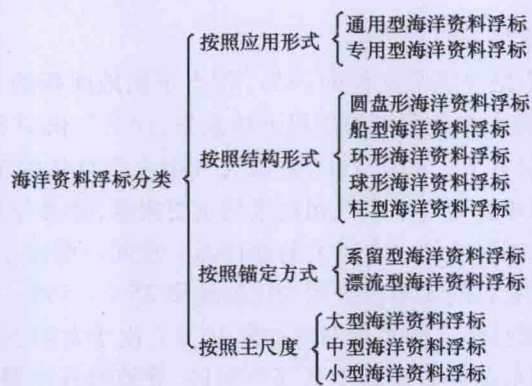


图 1-1 海洋资料浮标分类

盐度、电导率、pH 值、氧化还原电位、溶解氧、浊度和叶绿素等监测数据,还可监测海水营养盐和蓝绿藻等海洋要素,并定时向海洋职能管理部门提供浮标布放海域的实时监测数据。波浪浮标是一种无人值守的可用于近海波高、波向和水温监测的小型海洋测量设备,主要用于沿岸海洋环境监测台站中对常规波浪观测工作和近海海洋环境工程的监测工作,同时也可在海洋调查船上随船使用。

按照海洋资料浮标壳体(又称浮标体)的结构形式不同,浮标分为圆盘形、船型、环形、球形、柱型等几种,目前常见的结构形式是圆盘型、船型、球型等 3 种。浮标体无论采用何种结构形式,都是为锚系、传感器、数据采集与控制、通信、供电等设备提供所需浮力的一种载体。圆盘形、船型、环形、球形的浮标,都属于水面随波浮标,这些浮标容易产生强烈的升沉和横摇运动。而柱形浮标属于水面插入式浮标,这种浮标可以减少水面浮标的升沉与横摇运动。水面随波浮标的优点是:当强海流使系留索上的拉力增加的时候,它们可以提供足够的剩余浮力,使得整个系统的阻力相对比较小;形状简单,制作容易,费用较低。圆盘形浮标的优点是浮力与阻力之比大,但是由于这类浮标在海上的升沉与横摇运动,给系留索以很高的动应力,容易降低无线电发送效率,并且可能会因平台的运动而严重限制所做的一些测量阈值。圆盘形浮标如图 1-2 所示。柱形浮标的浮力与阻力之比小,所以就不能有效地提供浮力以支持长的系留索,但是它却具有抑制由海浪作用而产生的晃动等优点。柱形浮标示意图如图 1-3 所示。柱形浮标通常采用一个水下浮标来做辅助,该辅助浮标对笨重的系留索提供浮力。大尺寸的柱形浮标在绝大多数的海洋环境条件下,可以在升沉与横摇中保持稳定,这种浮标可以用作载人的实验室。柱形浮标的特点是:它不能有太多的剩余浮力,且这种浮标通常吃水量很大,所以它们的水动力阻力也比较高。如果要在深水中系留柱形浮标,必须认真考虑以上这两种限制因素。只有解决了这两个问题,才有利于将柱形浮标连接至辅助的水面或水下浮标上。

海洋资料浮标根据是否锚定于特定地点,分为锚定型和漂流型。锚定型浮标是指将浮标锚定于海洋特定的位置,可以对锚定位置海区进行自动、长期、连续测量。锚定型浮标有单点系留式和多点系留式两种。为了获得长期化、系列化大范围洋面上的海洋资料数据,可以通过系统地投放锚定型浮标来实现。漂流型浮标是一种在海面或一定深度随海流漂动的浮标,具有自动采集海洋水文气象数据、自动定位与数据传输的功能。它可以在海洋中对表层海流进行大尺度的测量与描绘,属于一次性使用仪器。

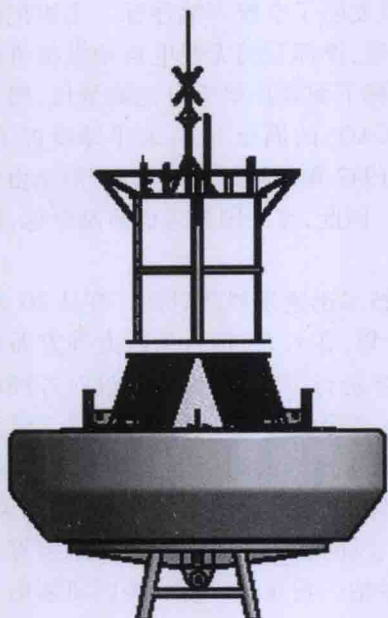


图 1-2 圆盘形浮标示意图



图 1-3 柱形浮标示意图

按照海洋资料浮标主尺度,分为大型海洋资料浮标、中型海洋资料浮标和小型海洋资料浮标。大型浮标主要为圆盘形设计,浮体直径大,是漂浮于海面上进行海洋水文气象参数观测的综合系统,拥有满足各种海洋数据测量需求的能力,是海洋监测仪器高技术的典型代表之一。其优势是能够搭载的传感器种类多,可以根据海洋监测需要增加或减少监测参数;由于桅杆较高可以对海面气象参数做梯度测量;可以储备的蓄电池及搭载的太阳能电池板数量多,能够保障浮标在海上较长时间的工作;可以抵御狂风巨浪,能经受住一般的撞击和人为的破坏,不容易被拖走,是承担全面、稳定、可靠、长期海洋气象水文参数观测的重要手段。中型浮标主要用于几百米水深的海域,其圆盘直径一般设计为6 m左右,抗破坏能力逊于大浮标,强于小浮标,建造成本中等,在测量参数种类上和大浮标相差不多。小型浮标,一般设计直径为3 m及以下,相比于大浮标,其建造成本较低,约是大型浮标造价的1/5,钢板薄,支架低,防撞性能差,容易被拖走,观测参数通常少于大浮标,其有些参数的测量要优于大中型浮标,比如由于随波性好,测波高、波周期更准确,主要用于近海、湖泊及河口的监测。

1.2 海洋资料浮标发展史

1.2.1 国外海洋资料浮标发展概况

1.2.1.1 国外海洋资料浮标发展历史

海洋资料浮标研制始于20世纪20年代,最初是为了军事上的应用。在第二次世界大

战期间,为了反潜的需要,美英技术专家为同盟国飞机发明了空投声呐浮标。飞机把浮标投向怀疑有潜艇的水域,浮标上的音响装置就会寻找潜艇,浮标上的无线电自动发报机能把探测结果发射给飞机。这时期的浮标结构简单,仅在浮标下面悬挂单个自记测量仪,属于专用型浮标。第二次世界大战后,在国际民间航空组织(ICAO)的倡导下,在北半球设置了13个“天气船”观测站(北大西洋9个、北太平洋4个),从1947年起陆续开始观测,但是由于它耗费太大(估计每个站的年维持费至少要300万美元)。因此,有关国家考虑研制浮标,敷设海洋资料浮标站网来达到海洋观测的目的。

20世纪60年代和70年代是国外海洋资料浮标技术迅速发展的时期。在从20世纪60年代开始,许多发达国家把浮标研制工作纳入国家计划,在人力、物力和财力等方面都给予保证,浮标技术获得飞跃发展。60年代初,对浮标壳体进行了专门论证,通过对各种浮标壳体形状、尺寸和稳定性等方面的分析、比较,确认12 m直径的圆盘型壳体为最佳。设计的锚系有单点锚泊和多点锚泊两种,单点锚泊多用于深海,多点锚泊则用于浅海区域,锚系选用人造合成材料或金属材料,前者易遭鱼咬,后者易受腐蚀。采用微处理机和盒式记录器,记录和处理数据资料。这时期的传感器,主要是对风速、风向、气温、气压和表层水温等几项参数的测量。浮标获得的数据通过无线电通信发送到岸站。到60年代末,美国研制出4个直径为12 m的大型遥测实验浮标,布设在大西洋和墨西哥湾。由于受技术条件和经费问题限制,浮标技术进展缓慢,在海上作业的浮标数量少。通过对造价等因素考虑,到1974年确定了在资料浮标网中所采用3种类型的浮标壳体:排水量分别为90 t和52 t、直径为12 m和10 m的钢制圆盘型壳体浮标;排水量为8.7 t、长6 m的船型壳体浮标。加拿大通过引进美国技术,在1976年就完成建造了几种锚泊浮标和漂流浮标,锚泊浮标布设在缅因湾和五大湖,用于自动观测站。到20世纪20年代中期,锚泊浮标趋于定型,浮标主要由浮标体、锚系、微处理器系统、传感器系统、电源设备、通信设备等几部分组成;到20世纪20年代末,发展了适用于深海、不受海底影响的倒悬链锚浮标,用于在近海和大湖区进行试验,基本上能够在比较恶劣的海区使用。通过采用新器件,浮标的可靠作业天数在1979年达到165 d。

到了20世纪80年代,浮标技术趋于成熟,进入到实用化阶段。这一时期主要是进行降低制造成本,并着重对3 m圆盘形浮标的研制、使用。通过在太平洋相关海域的布放,浮标得到成功应用。浮标壳体采用铝制或塑料结构。对锚泊设计进行改进,采用了新的可回收的锚泊系统和防止鱼咬的锚泊线。浮标的数据采集控制系统采用可编程序的处理机为控制核心,使电子设备简化,造价降低。浮标供电为一次性蓄电池。1980年,浮标采用卫星通信,有利于降低功耗,提高信息传输的可靠性(通信可靠性可达98%)。浮标上的传感器可以测量风速、风向、气压、气温、表层水温、波高、周期等十几个水文气象学参数。80年代相关国家开始组建局部浮标观测网,1978年,美国国家资料浮标中心(NDBC)就在太平洋、墨西哥湾和大西洋布设了18个大型锚泊浮标用于对海洋水文气象参数类的监测,英国根据气象监测的需要也开始建立锚泊浮标网。

进入20世纪90年代,主要是采用新技术对浮标进行完善。浮标体采用钢、铝、泡沫塑料或玻璃钢混合结构,研制寿命长且造价低的锚泊系统。浮标的种类增多,可靠性程度高。锚泊浮标主要有深海锚泊浮标、陆架锚泊浮标。浮标采用太阳能电池和蓄电池组合供电。为提高可靠性,有的浮标采用两个独立的供电系统,每个系统都有蓄电池和太阳能电池板,



都能为整个浮标供电。随着国际海事卫星通信 INMARSAT - C 用户终端的业务运行,各国广泛在浮标上采用这种通信方式和手段传输数据。这一时期浮标的应用特点:点面结合,对海洋环境进行立体观测,并与先进的通信手段相结合,形成实时观测网;充分利用新技术,发展轻便、快速、智能、高效、优质的海洋观测浮标。1992 年仅加拿大、智利、中国、德国、日本、英国和美国 7 个国家已经在位长期运行的海洋水文气象锚泊浮标站就有 104 个。而据 ARGOS 服务部统计,仅 1992 年 9 月 1 个月内,全世界通过 ARGOS 定位或传输数据的、在用的锚泊浮标达 325 个。

进入 21 世纪至今,浮标的技术已经相当成熟,各个国家着重建立用于海洋气象、水文、生态等环境要素进行监测的浮标观测网。所做的主要工作是通过对浮标网数据的处理和全球共享,利用获取的数据资料,用于监测海洋环境变化、促进海洋经济开发、减少海洋灾害等方面。目前美国、英国、法国、澳大利亚、日本以及中国等许多国家都建立了自己的资料浮标监测网,数以千计的资料浮标常年工作在各个海域,为海洋环境监测发挥着巨大作用。许多国家间建立了资料浮标数据交换网,通过 Internet 将各自监测的海洋数据实行联网交换,做到资料共享,更有利于海洋的管理、开发与利用。为快速、准确、大范围收集全球海洋上层的海水温、盐度剖面资料,以提高气候预报的精度,有效防御全球日益严重的气候灾害(如飓风、龙卷风、冰暴、洪水和干旱等)给人类造成的威胁,自 2000 年至今,包括美国、英国、法国、俄罗斯、中国等几十个国家参与了 ARGO 全球海洋观测网建设。全球大洋中每隔 3 个经纬度布放一个卫星跟踪浮标,浮标测量深度为 2 000 m,能够测量 0 ~ 2 000 m 深度的温度、盐度和海流数据。截止到 2007 年,实现了 ARGO 组建时提出的在全球布设 3 000 个浮标的目标,所有的浮标数据全球用户免费共享。目前在全球大洋中约有 3 500 个 ARGO 浮标在执行测量任务。

1.2.1.2 国外海洋资料浮标技术现状

国外海洋资料浮标经过 60 多年的技术进步与应用,浮标技术已经相当成熟,其功能在商业化应用中不断完善;浮标种类齐全,浮标的测量项目多,海上生存能力强,并随着海洋监测的需要研制许多专用化浮标、小型化浮标。

(1) 浮标数据采集控制系统处理器先进,外围接口采用标准化、模块化和通用化设计

随着电子技术发展,浮标普遍采用系统集成功能强的处理器,数据处理速度快,处理器能够执行多任务实时操作,从而可以简化任务调度,提高工作效率;处理器的接口丰富,类型多,含有开关量、模拟量、串口、网口各种标准接口;采用模块化、通用化设计,从而使外围电路通用性广、扩展兼容能力强,方便与各种传感器及其他设备连接。可以用于圆盘型浮标(大型、中型、小型)、漂流型浮标、各种专用型浮标上使用,这为促进浮标的产业化、加快各种不同类型浮标及其他海洋监测设备的研发提供了便利条件。

(2) 传感器测量项目多,性能优良

采用先进的传感器和仪器,扩大浮标的功能,是近些年资料浮标技术发展的最主要进展。浮标除了能够监测常规的海洋水文气象(风速、风向、气压、波高、水温、海流等),随着传感技术进步,现在能够监测生态环境类(叶绿素、溶解氧、化学耗氧量、生物耗氧量、重金属、放射性、营养盐、有机磷、石油碳氢化合物、赤潮光学参数、赤潮细菌等)参数。测量传感器智能化和自动化程度高,采用传感器检测与微型处理器结合的方式来进行海洋参数的检测。

(3) 降低成本

浮标从研制、生产、试验、布放、维护、回收等各个环节花费较大,在确保实现测量目标的前提下,尽可能的降低成本是扩展浮标较大规模应用的一个方向。当前世界上水面浮标基本都采用太阳能电池板浮充电瓶的供电方式,使浮标的能源需要得到源源不断补充;在浮标仪器舱内安装二套独立的采集控制、传感器、通信系统,并使这二套系统同时工作,有利于保证浮标的海上工作时间,减少维修次数。

(4) 浮标采用多种通信手段,通信可靠性进一步增强,实现遥测遥控功能

测量的数据通过短波通信或卫星通信传输到地面接收站。目前浮标上常用的通信方式是 CDMA、GPRS 和卫星通信。通过卫星传输数据,突破了地理位置上的局限性;采用卫星的双向数据传输技术,使浮标的遥测和遥控功能得到实现。这为全球海洋观测网的建立,以及数据的共享和管理提供了便利。

(5) 使用太阳能和其他新型能源

浮标最初使用蓄电池供电,现在普遍使用太阳能和蓄电池结合的供电方式,使浮标的工作寿命大大增加,减少了浮标的维护次数。为提高可靠性,有的浮标采用两个独立的供电系统,每个系统都有蓄电池和太阳能电池板,都能为整个浮标供电,这种设计提高了浮标的可靠性等级。

(6) 采用新材料、新工艺制作浮标壳体,使浮标体积、重量微型化

采用含离子键的聚合物泡沫材料、玻璃钢作为壳体,使浮标进一步小型化。采用钢、铝、泡沫塑料或玻璃钢混合结构制作浮标体,使浮标重量轻、布放回收方便。

1.2.1.3 国外海洋资料浮标发展趋势

(1) 智能化

主要是指海洋资料浮标能够更全面地监控各子系统的工作状态;现场实时对观测数据质量进行控制和纠错;能够远程对浮标进行控制和维护,对浮标出现的问题进行系统诊断。

(2) 模块化、标准化设计

针对海洋的观测需求和观测要素,对海洋资料浮标进行模块化和标准化设计,通过更换不同的部件实现不同的观测功能和观测要素,从而降低产品生产成本和维护成本。

(3) 降低深远海浮标布放成本

随着对深远海的探测需求急剧增加,低成本的深远海浮标布放技术极其关键。主要采用新技术新材料提高浮标的生存能力、增加浮标的无故障工作时间等方式降低成本。

(4) 发展各种专用海洋资料浮标

针对特殊应用需求设计专用的海洋资料浮标,例如:海啸监测浮标、台风监测浮标、核辐射监测浮标等。

(5) 开辟浮标能源新途径

目前正在研究海水发电、波浪发电技术用于浮标的供电。

(6) 网络化监测

在建立海洋资料浮标网的基础上,通过 Internet 将监测的海洋环境数据实行联网,做到资料的集中质量控制与数据共享。