

国家安全地球物理丛书（五）



# 地球物理与海洋安全

主编 刘代志



中国地球物理学会国家安全地球物理专业委员会  
陕西省地球物理学会军事地球物理专业委员会

编

西安地图出版社

国家安全地球物理丛书（五）

# 地球物理与海洋安全

主编 刘代志

中国地球物理学会国家安全地球物理专业委员会  
陕西省地球物理学会军事地球物理专业委员会

编

西安地图出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地球物理与海洋安全/刘代志主编. —西安: 西安地图出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-80748-499-8

I. 地… II. 刘… III. ①海洋地球物理学—学术会议—文集②海上—国家安全—中国—学术会议—文集 IV.

P738-53 E255-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 178420 号

著作人及著作方式: 刘代志 主编

责任编辑: 徐韬

书 名: 地球物理与海洋安全

---

出版发行: 西安地图出版社

地址邮编: 西安市友谊东路 334 号 710054

印 刷: 西安地质矿产研究所印刷厂

规格开本: 787×1092 毫米·1/16

印 张: 16.5

字 数: 380 千字

印 数: 0001—500

版 次: 2009 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80748-499-8

定 价: 60.00 元

---

## 《国家安全地球物理丛书（五）》编委会

主 编：刘代志

副 主 编：李夕海 边少锋 王仕成

编 委：（以姓氏笔画为序）

边少锋 王仕成 龙 凡 李夕海 刘代志

刘志刚 刘怀山 杜爱民 张金城

## 《国家安全地球物理丛书》编审委员会

顾 问：刘光鼎（院士） 何继善（院士） 刘振兴（院士）

许绍燮（院士） 魏奉思（院士） 游光荣（总工）

主任委员：刘代志

副主任委员：龙 凡 孙更文 靳 平 陈玉春

秘 书 长：李夕海

委 员：（以姓氏笔画为序）

王仕成 王家映 王晓航 边少锋 龙 凡 刘 刚

刘代志 刘光斌 刘怀山 刘志刚 刘新学 朱培民

孙中任 孙凤华 孙更文 孙新利 李夕海 李艾华

李学正 杜爱民 张金城 陈玉春 陆其鹤 杨选辉

高增勇 郭有光 陶 勇 顾左文 徐白山 徐贵民

曾新吾 韩天成 韩吉民 靳 平 慕晓冬 滕云田

## 前 言

2008年是不平凡的一年，我们既有抗击自然灾害的艰辛，也有实现百年奥运梦想的辉煌。去年深秋时节、在美丽的青岛海边，我们召开了第四届国家安全地球物理专题研讨会——“地球物理环境探测和信息获取与处理”。在那次研讨会上，讨论了今年研讨会的主题。今年是中华人民共和国成立六十周年的大庆之年，与祖国同龄的人民海军也喜迎六十周年大庆，而海军工程大学又与人民海军同年诞生，今年也迎来了六十周年校庆。有鉴于此，我们专业委员会经讨论决定，今年的专题研讨会以“地球物理与海洋安全”为主题，由海军工程大学承办。

按照国家安全地球物理丛书编辑出版惯例，今年出版的本论文集——《地球物理与海洋安全》为国家安全地球物理丛书第五辑。本论文集收录论文43篇，内容主要包括：海洋环境武器与海洋地球物理调查护航，地球重力导航、探潜与分析，磁探测反潜、磁导航定位、导弹制导与航海安全，震波激发机理、海洋水体特性探测与地震信号处理，海洋电磁法勘探技术，海洋水色的高光谱遥感，以及海洋权益保护、核设施选址、工程勘测与信号处理技术等。

中国地球物理学会名誉理事长、中国海洋地球物理学的开创者、中国科学院院士刘光鼎先生，对本次专业研讨会给予了有益指导，中国地球物理学会领导给予了有力支持。我们将一如既往，在地球物理学会学术年会上开设“国家安全地球物理研究”专题，为国内同行专家学者提供一个学术交流的平台，并将论文全文结集，以国家安全地球物理系列丛书形式公开出版发行。

本论文集的出版得到了专业委员会的挂靠单位——第二炮兵工程学院的大力支持。学院王耀鹏院长和科研部首长给予了有益的指导,并提供了出版经费资助。

值此论文集出版之际,谨向所有给予我们关心和支持的首长、专家和同志们表示衷心感谢。同时,我们希望在领导、专家的指导和支持下,在各位同行专家共同努力下,国家安全与军事地球物理学科全面协调可持续地发展,用突出的研究成果向共和国六十周年献礼,让《国家安全地球物理丛书》更加丰富多彩。

刘代志

2009年9月5日

# 目 录

海洋环境武器的现状及其发展趋势·····	张金城	刘 菲	范启雄	(1)
海洋地球物理调查护航·····	陈 洁	韦成龙	罗文造	(6)
基于重力垂直梯度的探潜技术研究·····	李厚朴	边少锋		(11)
我国地球重力场研究的现状与发展·····	张金城	范启雄	韩若飞	(19)
水下重力匹配辅助导航技术·····	王志刚	边少锋		(24)
东海重力场小波分析·····			侯遵泽	(30)
磁探测系统室温梯度仪概述·····	党 璇	刘代志	吴晓露	李夕海 (34)
海洋目标探测中的超导梯度仪的进展·····	党 璇	刘代志	李夕海	(39)
基于磁异常探测的航空反潜技术·····	曾小牛	李夕海		(44)
地磁日变模型的建模与分析·····	赵旭东	杜爱民	徐文耀	陈化然 杨冬梅 (52)
区域地磁场建模主要方法及其在地磁导航基准图构建中的应用 ·····				
·····	乔玉坤	王仕成	张金生	陈励华 张 琪 孙 渊 (58)
SITAN 算法在地磁辅助惯性导航中的应用研究·····				
·····	孙 渊	王仕成	乔玉坤	张金生 蒲源 孙大为 王小兵 (65)
几种插值方法在地磁匹配导航基准图构建中的应用研究·····	张金生	乔玉坤	王 哲	(71)
基于地磁场信息的弹道导弹制导技术研究·····	方登建	王 哲	王海洋	(77)
磁力梯度张量及在磁偶极子定位中的应用·····	吴招才	刘天佑	高金耀	(81)
高频磁异常提取的有用性探讨·····	孙中任	赵雪娟	金 鑫	(88)
海域地球磁场与舰船航行安全·····			高德章	(97)
炸药震源激发机理初步研究 ·····	王东凯	胥成坤	童思友	刘怀山 (102)
地震检波器地面耦合系统的实验分析 ···	马 海	刘怀山	童思友	张 进 王林飞 (107)
海洋水体特性的地震探测方法研究 ·····	刘怀山	王智进	童思友	(113)
探测海水特性的地震正演模型分析 ·····	马成英	刘怀山		(120)
海洋浅层剖面多次波压制方法初探 ·····	郭 磊	胥成坤	童思友	刘怀山 (128)

浅海高分辨率地震资料处理方法初探 .....	郝来涛	刘怀山	胥成坤	田玉昆	(133)	
大气水分子收集技术研究 .....			龙 凡	韩天成	(139)	
海底天然气水合物 BSR 特征分析 .....	丛晓东	童思友	邢 磊		(146)	
海洋电磁技术在天然气水合物勘探中的应用 .....	王书伦	刘怀山			(152)	
利用物探调查边坡中滑坡体现状的研究 .....	李 奇	徐白山			(157)	
军事空间环境探测技术及其设备研究 .....	范启雄	张金城	刘 菲		(162)	
关于核设施选址的几点思考 .....	罗忠辉	何 彬	王 冬		(168)	
海洋地震勘探技术概述 .....	伍海军	李夕海			(172)	
高光谱遥感技术在海洋水色监测中的应用 .....	刘 超	黄世奇			(176)	
哈特曼大功率发声器阵列设计及仿真 .....	陈仁松	何 彬	王 冬		(181)	
海洋地球物理勘探综述 .....	刘怀山	尹燕欣			(188)	
海洋地球物理探测技术在青岛海湾大桥地质评价中的应用 .....						
.....	潘大伟	刘怀山	王福海		(195)	
地球物理划界与海洋权益保护 .....	王瑞敏	刘怀山			(201)	
炮点二次定位的新方法研究 .....	郭 鹏	刘怀山	李振振	白兰淑	(206)	
高密度电法勘探在地下涵洞中的实验分析 .....						
.....	孟 琳	刘怀山	王利杰	张 晶	张维冈	(212)
经验模态分解中模态混叠的若干问题探讨 .....	刘代志	钱昌松	刘志刚	李夕海	(217)	
基于混沌理论和 LS-SVM 的地球变化磁场时间序列预测 .....						
.....	牛 超	李夕海	刘代志		(224)	
线性调频信号检测的信噪比估算方法 .....	王利杰	刘怀山	童思友	张 进	王林飞	(230)
Seam-Carving 方法的 MATLAB 实现 .....	张为彪	刘怀山			(235)	
基于区域特征的 SAR 图像配准 .....	蔡欣华	黄世奇			(240)	
海洋地球物理探测技术应用研究 .....	韩若飞	张金城	范启雄		(247)	
第四届国家安全地球物理专题研讨会会议纪要 .....					(253)	



# 海洋环境武器的现状及其发展趋势

张金城 刘 菲 范启雄

(第二炮兵指挥学院阵地保障教研室 武汉 430012)

**摘 要** 海洋环境武器是近年来各海洋大国越来越重视的一种威力巨大的新式武器。本文主要概括了海洋环境武器的种类、特点,介绍了美俄等国家的研究现状,并分析了其发展趋势。

**关键词** 地球物理武器 海洋环境武器 地震 海啸

## Status and Trends of Maritime Environment Weapons

ZHANG Jin-cheng, LIU Fei, FAN Qix-iong

(The second artillery command college, Wuhan 430012)

**Abstract:** In recent years, maritime environment weapon, a new powerful weapon, is paid more and more attention in maritime countries. In this paper, the kinds and the characteristics of maritime environment weapon are firstly summarized. The research status in America and Russia are secondly presented. The Trends are finally analysed.

**Key words :** Geophysical weapon; Maritime environment weapon; Earthquake; Tsunami

## 1 引言

海洋环境武器,是地球物理武器的一种。它利用海洋、岛屿、海岸以及相关环境中某些不稳定因素,同时借助各种地球物理方法,从这些不稳定因素中诱发出巨大的能量,从而达到某种军事目的。尽管目前海洋环境武器还处于襁褓之中,但其发展前景已令世界各海洋大国的军事家们赞叹不已。美、俄等海洋强国已投入大量资金,集中优秀的科学家共同研制海洋环境武器,有的已经显示出巨大的威力。

## 2 海洋环境武器的种类

### 2.1 台风武器

古往今来,台风给海上军事行动制造了无数次灾难。在某种程度上,它直接就能决定舰队的命运和海战双方的结局。战争中,若能控制、操纵台风的移动路径,将其引向敌方,那将是一种具有极大威力的武器。目前,影响台风的方法有:用核爆炸改变台风路径;在台风适当部位播撒大量碘化银等催化剂,使台风内部的能量重新分布,改变其方向和速度;在经常产生台风的洋面上空播撒吸收阳光的物质,造成海水低寒,削弱台风生成能量等。可以预料,随着人工引导技术及人工制造台风技术的发展和完善,台风将成为一种具有强大威力的新式武器。

## 2.2 巨浪武器

巨浪武器是利用风浪和海洋内部的聚合能，使大洋深层和表层产生海洋潜潮，骤发巨浪，从而造成敌方水面舰艇、水下潜艇以及其他军事设施倾覆和人员伤亡的技术系统。对于军舰和海洋军事设施而言，风浪的破坏程度相当严重，狂风巨浪可以导致舰艇不能出港作战，甚至舰毁人亡、军事设施破坏，从而使其失去作战效能。巨浪武器目前尚处于研究开发的初级阶段，少数科技先进的大国在试验中已经引起了较高级浪的波涛。但巨浪武器并非是随处可用的，它还要受到海岸、岛屿、海风、洋流等因素的制约。

## 2.3 海啸武器

海啸，是海浪中的大哥大，其力量之大，足以倾覆万吨巨轮。唯一值得庆幸的是，海啸侵袭几乎是随机的，完全无目标的，从这个意义上说，人类是幸运的。可是，如果人们能够制造甚至引导海啸，并将其作为武器使用的话，那么它所能造成的损害将是难以想象的。在自然界中，海啸常常是由风暴和海底地震引发的，但是，1954年美国在比基尼岛上进行的核试验，却激发了军事科学家们研制海啸武器的浓厚兴趣。那次核爆炸，在距爆心500m的海域内骤然掀起了一个60m高的海浪，在奔出了1500m之后，高度仍在15m以上。科学家深信，一旦这种武器步入战场，将能冲垮敌海岸设施或使其舰毁人亡。

## 2.4 海幕武器

海幕武器是一种消极被动性武器，是一种利用水下炸弹爆炸，人为制造出的一种能够保护舰船和军事设施的水幕，使敌方舰船、飞机、雷达难于发现目标的技术系统。有了海幕武器，可使己方的舰船神出鬼没地游弋于海洋之中，以达到隐蔽出击、出奇制胜的作战目的。目前，这种武器已经取得初步成功，正处于深入研究阶段。

# 3 海洋环境武器的特点

## 3.1 威力大

由于海洋环境武器所引发的是台风、海啸等严重自然灾害，是人类难以抵御的，因此给人类带来的危害可能达到甚至超过任何一次大型核爆炸所造成的破坏。据气象学家预测：一个弱小气旋所显示出来的平均能量几乎等于一颗100万t当量氢弹爆炸时所释放出来的能量；一股低级强度的台风从海洋吸收的能量相当于10亿tTNT当量；一股中等强度的台风，在几小时内可携带25亿t，移动数千千米。当然，海洋环境武器在技术上不可能把如此巨大的能量全部用于战争，但即使是部分使用，也会产生巨大的作战能量。

## 3.2 效率高

与其他直接杀伤性武器相比，海洋环境武器具有极高的战斗效率。它虽然不直接产生杀伤力，但是通过有限的爆炸之后，能诱发出巨大的自然破坏力。试验表明，一颗万吨级核弹，

在某一特定区域的地下爆炸之后，可以“制造”出与千万吨级核弹毁伤力相当的地震、海啸等。因此，可以相信，如果将海啸武器运用于海战，将会起到不可估量的作用。

### 3.3 隐蔽性强

海洋环境武器的杀伤力通常是由其诱发或制造的台风、海啸等自然灾害来体现的，而人工诱发的过程常常与自然环境的變化混淆在一起，难以分辨。其造成的后果可能在几小时甚至几天以后，才在距离作业区很远的地区表现出来，使受攻击者受害于不知不觉中，难以及时侦察掌握确凿证据，而攻击者则很容易逃避战争责任。所以说，海洋环境武器是一种“杀人不见血”的武器。

### 3.4 双重危险

虽然海洋环境武器有着无可比拟的优势，但也不可否认，它是难以控制的。一旦使用失误，或者对其内在规律把握不准，就有可能弄巧成拙，使其向不利于自身而有利于对方的方向转化。由此可见，海洋环境武器既是一种威力巨大又是一种难以自如运用，对敌我双方具有双重危险的武器。

## 4 美俄对海洋环境武器的研究

由于地球物理武器，尤其是海洋环境武器对于战争的重要影响，从第一次世界大战至今，以美、俄等为代表的世界各海洋大国关于海洋环境武器的研究从来没有停止过。

### 4.1 美国的研究动向

第二次世界大战后，美国先后投入巨资进行过数十个秘密的地球物理武器项目试验，其中包括制造地震的阿耳戈斯计划，制造台风的狂风计划，以及在台风周围实施人工降雨、以改变风暴方向的暴风雨计划，等等。例如，美国曾在1969年8月，对代号为“黛北”的台风进行了一次成功的诱导，通过对台风发射碘化银炸弹，使台风的风速从185km/h降为156km/h。随后，美国又多次成功地进行了控制台风的实验，其人造台风技术日趋成熟。

20世纪90年代初，苏联解体后，美国作为全球唯一的超级大国，更是投入大量人力、物力、财力用于地球物理武器的开发。1993年9月，美国能源部下属的试验室，在内华达州试验场地下引爆了一个爆炸威力相当于1000吨TNT当量的超级炸弹。其目的是试验在同等能量、同等地质条件下，核和非核爆炸能否产生不同的地震信号。这表明美国在地球物理武器的研究方面有了新的进展。

根据美国研制地球物理武器的计划，2003年初，美国在阿拉斯加设立了用来实施高频有源极光研究计划(HAARP)的强大装置。这种装置被称为高频无线电发射器，通过把大气粒子作为透镜或聚焦设备使用，改变地球大气层的风向以及大气的温度和密度，最终结果就是“呼风唤雨”般地改变地球气候。高频电磁波发射装置的发射功率越大，其改变气候的潜在威力就越加恐怖可怕，因此，HAARP潜在的军事用途是显而易见的。目前全世界共有5处这样的装置。此外，美国还计划于近几年内在格陵兰岛建立新的装置，其功率要比前者高出两倍。

### 4.2 俄罗斯的研究动向

苏联作为冷战时期和美国并列的超级大国，一方面认识到了海洋环境武器的威力，另一方面也担忧美国研制出海洋环境武器，使自己的优势地位丧失，从而也加入到研制和开发的

行列中。

1987年11月，苏联通过了启动“水星”计划的决定，秘密研制地震武器——依靠地下核爆炸所产生的定向声波和重力波形成的巨大摧毁力，人为地制造地震和海啸。

苏联宣告解体后，“水星”计划就此搁浅。1992年，俄罗斯将“水星”计划改名为“火山”后重新启动。在“火山”计划下，俄罗斯科学家重新研究了已经草拟出来的战略性地震武器系统方案。1992—1993年，他们使用威力较小的地下核爆炸对战略性地震武器系统进行了几次试验，但到20世纪90年代中后期，“火山”计划遇到致命的资金问题，进展再度受阻。目前看来，俄罗斯的地震武器研制尚成熟。

## 5 海洋环境武器的种类海洋武器的发展趋势

### 5.1 海洋环境武器的威力将更加巨大

随着科学技术的迅猛发展，世界各国对地球物理武器尤其是海洋环境武器的研究更加深入。例如，美国的“HAARP”计划试图通过对近地环境进行大规模试验，制造出威力巨大的地球物理武器集成系统。其主要特点在于，地球大气层、离子层和磁层既是直接作用的对象，又是这个系统的组成部分。与以前的“地球物理武器”相比，美国现在要研制的地球物理武器集成系统在威力和破坏性上完全不可同日而语。

据称，HAARP项目一旦试验成功，不仅可以用来干扰无线电通信和无线电定位装置，造成航天器、导弹、飞机和地面控制系统的电子装置瘫痪，而且还能对地球的地质和生物，尤其是海洋环境造成全球规模的、不可逆转的破坏。

### 5.2 海洋环境武器的研究重心将由“制造”转变为“控制”

随着研究的深入，通过人为对海洋环境施加影响，“制造”台风、海啸等海洋环境武器已不再遥不可及。但由于海洋环境本身就是一个非常巨大的系统，决定其发展变化的因素非常复杂，而且互相制约、互相影响，往往是牵一发而动全身。因此，想很好地控制台风、海啸这些威力巨大的海洋武器按照预先设定好的时间和路径完成攻击，比“制造”出它们的难度要大得多。这也将成为今后海洋环境武器的研究重心之一。按美军的战略构想，到2025年美国的航空航天部队将能够在战场上控制气象。美国军方人士称，与美军2025年战略构想相适应的相关气象控制技术，将在2025年“趋于成熟”。

### 5.3 海洋环境武器的研制将更加隐蔽

由于海洋环境武器的威力巨大、破坏严重、不可逆转，且不易控制，国际社会对地球物理武器的研制一直持批评和反对态度，谴责大规模研制和试验地球物理武器。所以，其研制和开发一直处于隐蔽状态。

同时，一方面，由于海洋环境武器中应用的许多技术属于军民两用型，因此海洋环境武器的研究不易被察觉和接受监督。几年来，美国政府就曾经对HAARP研究做出过种种解释以掩盖其进行地球物理武器研究的行为；另一方面，随着各国对海洋环境武器研究的深入，越来越多的超常规的，令人意想不到的方法将会被用于武器试验。所以说，海洋环境武器的研制将更加隐蔽。

## 6 结束语

众所周知，随着工业的发展，近年来地球接连出现气候变暖、暴雨、地震、海啸、飓风等生态灾难，这是自然对人类破坏地球环境的惩罚。如果地球物理武器的研制形成常态化，其对环境的消极影响，必将导致自然恢复能力的实际丧失，这将进一步对人类生存的环境造成无可挽回的影响。

所以，为了人类的生存，国际社会应该团结起来，禁止将人工影响自然环境的技术运用到军事领域，防止诸如人造海啸等地球物理武器变成能大规模用于实战的可能。

### 参考文献

- [1] 朱红冰. 海洋环境武器 [J]. 舰载武器, 2002, 1
- [2] 徐萍, 刘代志. 地球物理武器的研究现状与发展趋势 [J]. 国家安全地球物理学术研讨会, 2005
- [3] 王家映. 地球物理武器综述 [J]. 国家安全地球物理学术研讨会, 2005

# 海洋地球物理调查护航

陈洁 韦成龙 罗文造

(广州海洋地质调查局 广州 510075)

**摘要** 海洋地球物理护航是海洋地球物理调查工作的重要保障,是维护国家主权与权益,寻找发展经济的战略资源,建立海洋地质灾害预警机制的需要。广义上的护航内容十分广泛,本文仅以海洋二维地震采集这项地球物理调查工作的护航为例,提出护航的需求,以及不了解海洋地球物理调查的特点造成的事故与危害,重视护航工作,切实保障海洋地球物理工作的顺利实施。

**关键词** 海洋地球物理调查 护航 海洋二维地震采集

## Convoying for Ocean Geophysical Exploration

CHEN Jie, WEI Cheng-long, LUO Wen-zao

(Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075)

**Abstract:** For the sake of safeguarding state sovereignty, rights and interests, searching for strategic resource, establishing the geologic hazard warning system, Convoying is an important method to protect the vessel in ocean geophysical Exploration. Broadly, It contain much more aspects.

Based on general ocean 2-dimensions seismic exploration, we analyzed the accident and harm if not comprehending the peculiarity on survey, and tabled the proposals in order to go on wheels in exploration.

**Key words:** Ocean Geophysical Exploration, Convoying, ocean 2-dimensions seismic exploration.

## 1 问题提出

中国既是一个大陆国家,同时也是一个海洋国家。陆地国土是国土,海洋国土也是国土,都属祖国不可分割、不可侵犯的神圣版图。

丈量海洋国土,维护国家主权。由于多年来我们没有对海洋国土进行相应的基础测量,对海洋国土近 300 万 km<sup>2</sup> 的管辖海域组成的基本家底模糊不清,也就谈不上像陆地国土一样对海洋进行开发保护的总体规划和安排,海洋国土的实际管辖难以到位。

从国家发展战略的高度出发,构建海洋空间数据体系,统筹规划海洋国土,为维护国家权益、推动国家经济建设服务。

从国家利益出发,查清我国近海和重点海域海洋环境以及海岛、海岸带、海域使用、海洋灾害的基本状况。为海洋资源合理开发利用、海洋环境保护、海洋综合管理、海洋减灾防灾,为推动沿海经济持续发展和维护良好的海洋环境以及国防建设提供科学依据。

我国是海洋大国,但还不是海洋强国。海域划界是主权之争,主权的背后是资源问题。中国近海和管辖海域蕴藏着丰富的海洋资源,包括生物资源、油气资源、固体矿物资源、海水资源、海洋能源、海洋旅游资源等<sup>[1-5]</sup>。

据参考文献 2,拥有“第二个波斯湾”美誉的南海,蕴藏的丰富的油气资源无疑使其成为

中国的一个重要的油气来源地,这对减轻中国石油进口压力、提高经济安全系数有极为重要意义。到目前,越南、菲律宾、马来西亚、新加坡等周边国家都在南海开采石油,他们已经在南沙海域钻井 1000 多口,做了 126 万 km 的地震测线,查明了油气资源量 268 亿 t,发现含油气构造 200 多个和油气田 180 个,年采石油量超过 5000 万 t,早已形成了事实上的“开发热”。

可见,与大陆国土不同,世界海洋的斗争,主要聚焦于海床洋底各种矿产资源的归属问题。为此,当前我们的首要任务是查明中国海油气资源的赋存和各种金属矿产的分布,为划界提供科学依据,同时也为即将到来的中国海大开发进行准备<sup>[1-5]</sup>。

针对恶劣海洋环境的破坏,地质灾害的侵袭和国防安全,在岛屿和岸边建立预警系统迫在眉睫。

无论是丈量海洋国土,维护国家主权,还是要查清的资源为中国海大开发做准备,查清海洋地质灾害建立预警机制,最重要的科学技术就是海洋地球物理,而海洋地球物理调查是开展这些工作最基础最有效的第一手资料。

维护海洋地球物理调查的正常作业,尽量减少干扰,保障采集质量,是护航的主要任务。

## 2 海洋地球物理调查

调查海洋,分为三个圈层,空中探测体系、海面海水探测体系、海底海岛探测体系。见图 1。以多波束海底地形探测、遥感、卫星测高、高精度重力、磁力测量和高分辨地震等为代表的现代技术手段的全面引入,特别是多波束测深系统、深海光学、声学探测系统、载人或无人深潜器、无人遥控潜水器(ROV)等由理论走向应用,对海底的探查,其观测系统由海面扩展到空中(卫星和航空)、水下和海底,构成立体探测体系,给出三维、四维的全覆盖的海底及岩石层的物流、能流与信息流的海量数据<sup>[1]</sup>。广义的护航,就是保障这些工作的安全顺利实施。

海洋地球物理调查按照工作状态,分为两种情况,一是动态测量,激发器和接收器安置在飞机、飞船、卫星、船、海底机器人等动态的装置上测量;另一种是静态测量,在海水中、海底或海岛上放置、埋置相应的传感器,利用人工或天然地球物理场为场源,定点定时接受信号,然后通过无线传送或间隔实地回收传感器方式接受的信息。

严格意义的护航,是在保障地球物理调查工作安全实施前提下,获得高效率、高质量资料的全部过程,包括清理障碍、减少机动船穿行,防止传感器的人为破坏等工作。

## 3 护航实例

不考虑军事、政治因素,仅从海洋地球物理调查的具体工作而言,动态测量中船载拖缆的地震调查是目前护航难度较大的一种,仅以某次单源单缆二维地震采集为例,分析拖缆调查护航的特点。

单源单缆二维地震采集,国外的能够达到 16km 的工作缆长。我国在“十一五”863 国家重大项目支持下,开展了精确定位的长缆二维地震采集技术海上试验,海试电缆长度比“十五”863 海试时长了 2000m,工作段达到 8100m,加上前导段和弹性段等电缆长达 8559.75m。

是我国目前带尾标 RGPS 综合的电缆、震源导航定位系统，其动态精度小于 5m 二维地震采集[6]，本次海试采用五条护航船，以保障作业的顺利进行。

图 2 为某次调查船的雷达显示，作业船沿着标注绿色直线的航线行驶，数公里长的拖缆在船尾相反方向。

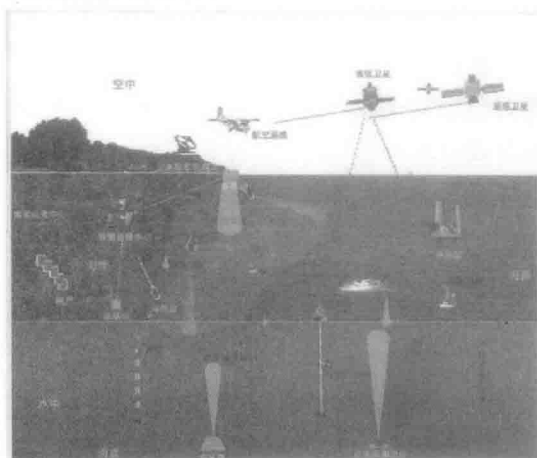


图 1 海洋调查的立体探测模式

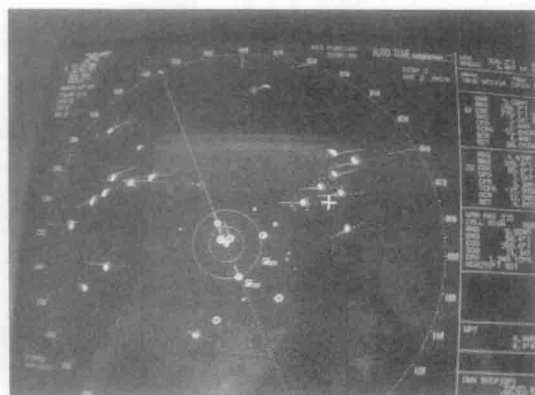


图 2 某地球物理调查船的雷达显示  
(中心为作业船，数码标注为护航船)



图 3 二维地震采集电缆、震源回收时可能的附着物



护航船的数量取决于电缆的长度，电缆越长护航船数越多；当作业电缆长度小于3000m时，勘探船自身可以通过与相邻船沟通，有效防止相邻机动船跨缆航行时，可以不用护航船。

目前阶段，作业时，护航船部署取决于调查海域的人文环境，如政治军事敏感区，过往船只多的航道，海洋渔业捕捞、养殖区等都是在地震采集作业会带来外部干扰的问题。如图3展示的一组照片，显示出拖缆、震源回收时挂在震源、电缆的杂物，如水草、鱼线、渔网、浮标等。这些杂物的存在，不但会加大噪音影响资料的质量，严重时会影响作业的正常进行。

图4展示了某次海洋二维地震调查护航船的部署方案。通常采用船头、电缆尾部各一条，电缆两边各一条，外部环境复杂时增加护航船数量，确保施工顺利进行。

曾经出现的问题：

(1) 某次在我国自己的海域工作时，由于不了解海洋地球物理调查的特点，不清楚我们的二维地震调查船后面拖着一条数千米长的电缆，电缆在水下几米至十几米，根本达不到避让机动船的能力，不理解调查船反反复复强调不能通过的理由，护航船来不及拦截，船只强行穿越电缆线区域，造成工作电缆挂断的事故。

(2) 护航船不了解护航的目的，当碰到特殊情况时，不知如何处置，甚至干扰工作。图4展示一次意外断缆事故发生时，护航船无所适从，不了解电缆的特点，不小心骑在电缆上，使得发动机的扇叶与电缆搅在一起，给护航船带来危险，极大增加了救电缆的难度。

## 4 结论

(1) 中国海需要海洋地球物理调查，海洋地球物理调查是显示存在维护国家主权的需要，也是解读海洋造福人类的需要。

(2) 由于不了解海洋地球物理调查的特点，人为的事故不少。重视海洋地球物理工作的

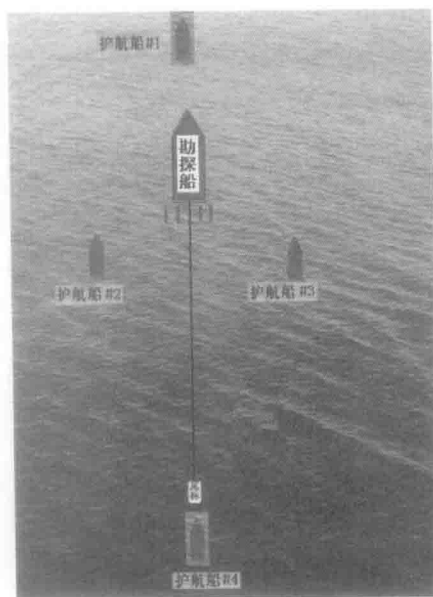


图4 某次二维地震采集的护航部署



图5 特殊断缆事故时护航船发动机与电缆缠绕