

# 车载海冰灾害应急监测集成系统

王 硕<sup>1,2</sup>, 靳熙芳<sup>1,2</sup>, 黎舸<sup>1,2</sup>, 王天玲<sup>3</sup>

(1.山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室,山东 青岛 266033; 2.国家海洋局北海预报中心,山东 青岛 266033;  
3.国家海洋局北海标准计量中心,山东 青岛 266033)

**摘 要:**介绍了车载海冰灾害应急监测集成系统的研究背景和国内外相关研究现状,重点介绍了车载海冰灾害应急监测集成系统的开发实施情况,并结合我国海冰应急监测的现状,提炼出车载海冰灾害应急监测研究中需要的关键技术;同时,以2009—2010年冬季菊花岛附近海域现场海冰监测为典型案例介绍了系统的实际运行情况和产生的社会效益。

**关键词:**车载雷达;海冰灾害;应急监测

**中图分类号:**P731.15 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2013)01-0071-07

## 1 引言

渤海有着丰富的渔业资源,海水养殖和渔业生产发展迅猛,海上交通运输极其繁忙,随着环渤海重点经济区的崛起,更加彰显出其重要的战略地位。近年来,在渤海极端天气气候事件发生的频率、强度和区域分布变得更加复杂和难以把握,冬季时局部海域的冰灾几乎每年都有发生,给当地的海水养殖、渔业生产、交通运输、油气开采、海洋生态环境及人民的生产生活带来较大影响。

发展海冰监测技术研究是国家和海洋局的重点支持领域,《国家“十一五”海洋科学和技术发展规划纲要》的第一项重点任务即是“发展海洋监测预报技术,提高海洋环境保障能力”。北海区现有的海冰监测方式,是采用由航空、卫星遥感与地面岸站观测相结合的综合监测,尚能满足日常海洋环境监测的要求,但面临复杂气象与环境状况时,飞机及光学卫星遥感常受云雾影响无法应对;沿岸站点常远离受灾区域所处的浅滩、河口等地;沿岸监测人员则受制于设备、环境的制约,无法获取较为精确和全面的冰情与环境信息,车载海冰灾害应急监测集成系统的完成可以弥补现有海冰监测方式

的不足。

本文介绍了国家海洋局北海预报中心车载海冰灾害应急监测集成系统的系统组成,给出了其研究过程中所需要的关键技术,并选取了辽宁省兴城市菊花岛附近海域作为典型案例对车载海冰灾害应急监测集成系统进行了实际应用。

## 2 系统介绍

随着北海区海洋经济的快速发展,海冰防灾减灾的重要性越来越突出,为了有效地实施北海区海冰灾害应急预案,在海冰灾害来临时能够及时、准确地获取灾害现场及其邻近海域的海冰灾害状况,为防灾救灾决策部门提供有效的第一手资料,建设一套具有移动功能、现场海冰灾害监测功能和资料无线传输功能的海冰应急监测系统是非常必要的,车载海冰灾害应急监测集成系统就是基于海冰灾害应急监测而建设的。

国际上使用雷达进行海冰监测最先进的国家有日本、美国、加拿大、德国、瑞典、芬兰等国,其中日本北海道大学低温科学研究所直属的幸枝雷达测冰站,纹别雷达中心站,网走雷达测冰站三个站,组成世界上唯一的雷达测冰网站。雷达X波段,波

收稿日期:2012-03-29

基金项目:海洋公益性行业科研专项(201105016)

作者简介:王硕(1982-),男,工程师,研究方向为海洋环境监测信息系统,海洋信息系统软件开发,GIS应用。

E-mail:eva1004@163.com

长 3 cm, 发射功率 50 kw, 雷达天线高度分别是 385 m—415 m—425 m(利用沿岸地势山海拔高度, 再制造铁塔高度 15—30 m), 观测范围大约 30 n mile。雷达观测鄂茨克海域海冰分布状况, 终端数据处理海冰采集, 识别, 分类, 三站雷达海冰图自动传输到纹别雷达中心站, 同步完成一张覆盖鄂茨克海域海冰分布实况图, 并每周发布冰情预报; 美国有两个雷达测冰站, 一个在阿拉斯加巴罗角雷达测冰站, 雷达 X 波段, 波长 3 cm, 发射功率 50 kw, 雷达天线高度 15 m, 观测范围大约 5 n mile, 另一个是在南极半岛帕尔默雷达测冰站; 加拿大在巴芬岛北部斯皮尔根有雷达测冰站, 雷达 X 波段, 波长 3cm, 雷达天线高度 15 m, 观测范围 3—5 n mile, 雷达观测兰开斯特海峡和巴芬湾海冰分布状况, 终端数据处理海冰采集, 识别, 分类自动化。他们大都在固定站点和极地使用雷达对海冰进行连续监测, 目前国际上各国还没有开展车载雷达海冰监测。

我国使用雷达进行海冰监测主要包括: 陆地雷达海冰监测、石油平台雷达海冰监测、雷达卫星 SAR 海冰监测和机载雷达海冰监测。其中陆地雷达海冰监测的典型应用是大连海事大学研究的基于 ECDIS 的雷达遥测海冰监控系统<sup>[1]</sup>, 它是依据渤海辽东湾海冰管理项目, 将电子海图显示与信息系统(ECDIS)和雷达海冰监控相结合, 构建的一种雷达遥测监控系统; 另外, 国家海洋环境监测中心直属的鲅鱼圈雷达测冰站, 位于辽东湾东北部沿岸, 雷达天线高度 120 m, 观测范围 8—12 n mile(利用沿岸地势墩台山上海拔高度 102 m, 再造自制铁塔高度 18 m)。雷达 X 波段, 波长 3 cm, 发射功率 25 kw, 2009 年增加雷达 C 波段, 波长 5 cm, 雷达观测辽东湾东北部沿岸及鲅鱼圈港口海域海冰分布状况, 终端数据处理海冰图像采集, 勾画海冰分布范围。石油平台雷达海冰监测的典型应用是大连海事大学研究的船载雷达海冰及预报技术在辽东湾冰区油轮外输作业中的应用项目<sup>[2-3]</sup>, 它是在辽东湾冰区中的石油平台上利用船载雷达现场进行遥感海冰数据源的获取, 图像的解译和数值化处理, 得到相关海冰监测要素; 另外, 国家海洋环境预报中心在辽东湾的 JZ20-2 平台上利用 X 波段雷达现场进行终端数据处理、海冰采集, 识别, 分类, 遥控雷达海冰观测并自动传输到预报中心, 同步完成一张覆盖 3—

6 n mile 海冰分布实况图。雷达卫星 SAR 海冰监测的典型应用是复旦大学波散射和遥感中心与国家海洋局海洋环境预报中心利用雷达卫星合成孔径雷达对渤海海冰的观测研究<sup>[4]</sup>; 机载雷达海冰监测的研究目前正处于研究中, 移动车载雷达海冰监测技术在国内尚无研究和应用。另外, 本次车载海冰监测采用的 X 波段雷达目前在国内主要应用在海洋动力环境监测、天气系统监测等领域<sup>[5-6]</sup>, 同时车载雷达技术在国内主要应用在监测风廓线、雷电预警及大气边界层污染物等领域<sup>[7-9]</sup>, 与车载 X 波段雷达海冰监测的对象和手段均不相同。

车载海冰灾害应急监测集成系统从海冰灾害应急监测的角度出发, 以机动车为载体, 集成并综合应用 X 波段雷达海冰监测系统、气象要素自动监测系统、视频监控系统、数据实时传输通信系统等海冰监测关键技术, 以期能够对突发性海冰灾害事件做出快速响应, 在渤、黄海沿岸开展机动灵活的海冰应急监测, 及时跟踪海冰灾害发展动态, 尽可能获取敏感海域的高精度、连续性监测资料, 以协助涉海部门最大程度地减少海冰灾害造成的损失, 保障人民生命财产安全, 满足防灾减灾的需求。

#### (1) 车载 X 波段雷达海冰监测系统

集成 X 波段雷达、海冰雷达回波记录仪、GPS 电子海图平台等设备, 运用信息提取技术, 研发“方位雷达显示”、“雷达数据回放”等雷达数据处理软件进行海冰雷达监测数据的采集和处理分析。

#### (2) 车载气象自动监测系统

集成多要素气象传感器实现对海冰灾害现场气象监测数据的自动采集。基于 3G/卫星数据传输网络, 采用面向对象的程序设计方法, 开发监测数据管理的控制端和终端软件, 实现了气象监测数据的现场和远程获取与处理。建立车载气象数据存储数据库, 备份存储气象监测数据。

#### (3) 车载视频监控系统

视频监控系统集成一体化摄像机、现场视频监控终端和远程视频监控终端, 实现了海冰灾害应急指挥中心与海冰灾害现场对视频监控系统的同步操作。

系统技术架构见图 1:

车载海冰灾害应急监测集成系统作为我国自主研发的首套车载海冰灾害应急监测集成系统, 其

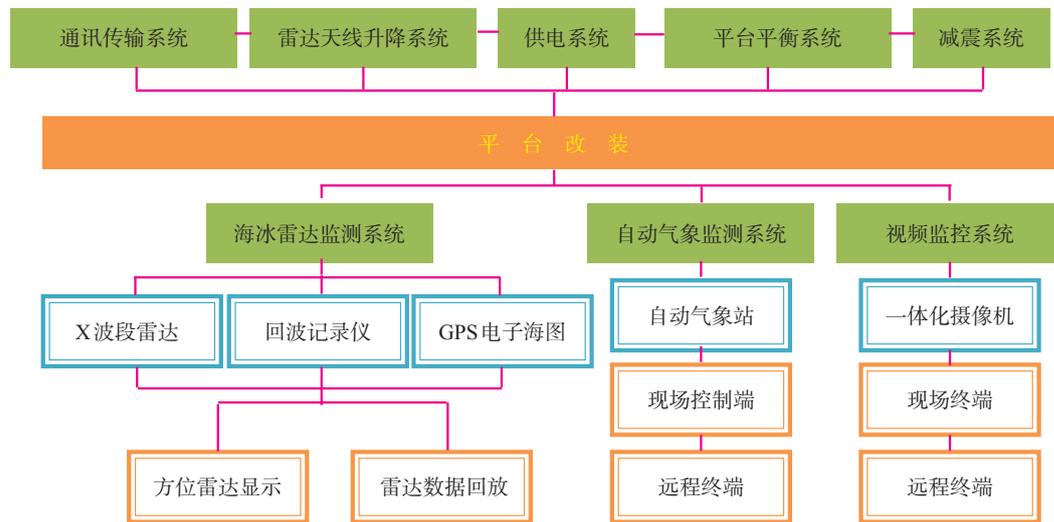


图1 车载海冰灾害应急监测集成系统技术架构图

创新点主要包括:

(1)研发了车载X波段雷达海冰监测系统,实现了X波段雷达与电子海图平台、雷达回波记录系统和雷达升降系统的集成,使该系统更具实用性;

(2)实现了海冰灾害现场监测数据卫星与无线的实时传输并可自动转换;

(3)根据海冰灾害应急监测的特点制定了业务化运行方案,该方案经过实际检验证明是合理的。

另外,在车载海冰灾害应急监测集成系统研究过程中,主要基于以下关键技术对海冰灾害现场进行全方位的监测:

(1)雷达海冰监测系统的研发方面,采用车载X波段雷达进行海冰监测并且实现了车载GPS海图仪、海冰雷达数据记录系统和雷达升降系统的一体化运行。同时海冰雷达数据记录系统采用自动采集的方式,可分4种分辨率进行数据记录;

(2)移动气象监测系统的研发方面,实现了可移动监测,同时实现了风向、风速、温度、相对湿度、气压等监测要素的整体集成和监测资料的数据库存储与实时传输;

(3)视频监控系统的研发方面,实现了可移动观测和监控资料的实时传输与存储,并且实现了指挥中心远程控制现场的视频监控系统;

(4)通讯系统研发方面,采用北斗卫星与3G相结合的移动通讯系统,默认采用3G通讯系统,当3G通讯无信号时,自动转换为北斗卫星通讯系统,实

现了通讯系统的双备份;

(5)构建供电系统方面,充分考虑了应急监测野外工作的特点,采用UPS供电、发电机供电和市电供电三种供电方式,解决了监测设备野外作业的供电问题;

(6)在移动平台平衡系统的设计上,充分考虑了野外工作的特点,在车辆底部安装有液压支撑调平系统,保障了野外作业的安全;

(7)雷达天线升降系统方面,充分考虑了应急监测车冬季野外作业的特点,其升降系统最高可将雷达天线升高8 m,抗风8级,能在冰雪等恶劣天气条件下正常运行;

(8)在防震系统的设计中,充分考虑了应急监测车野外工作的特点,在雷达天线与主机连接处和显示器面板处增加了减震设计,满足了应急监测车野外作业的需求。

### 3 系统应用

车载海冰灾害应急监测集成系统投入业务化运行后在2009—2012年连续3个冬季黄渤海海冰灾害应急监测中发挥了重大作用,其中在刚刚过去的2009—2010年冬季,渤海及黄海北部发生了近30年来最严重的冰灾,对沿海地区社会、经济产生了严重影响,造成了巨大损失,据不完全统计,冰灾造成的经济损失近55亿元。车载海冰灾害应急监测

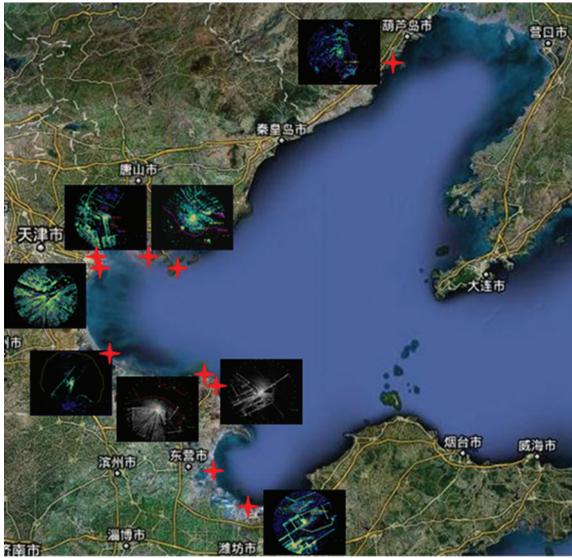


图2 现场海冰应急监测点分布图

集成系统工作组历时20余天,行程4000余公里,对渤海周边三省一市的重点岸段进行了现场海冰应急监测(现场海冰应急监测分布情况见图2),其中尤其以辽宁省兴城市菊花岛附近海域海冰灾害应急监测最为典型。

2010年01月辽宁省兴城市菊花岛附近海域遭受严重的海冰灾害,菊花岛被冰封长达40余天,使得岛上3200多名居民的生活必需品和应急物资供给无法保障。严重的海冰灾害引起了党中央国务院领导的高度重视,先后4次批示要求国家海洋局加强监测,及时发布预警报,指导和帮助有关方面防范和应对灾害工作。车载海冰灾害应急监测集成系统工作组接到任务后在第一时间赶到菊花岛进行现场海冰灾害监测,为当地政府和相关救援单位提供了第一手的资料。



a



b

图3 车载X波段雷达海冰监测(a),海冰常规目测记录冰情(b)

车载海冰灾害应急监测集成系统工作组于2010年1月21日下午抵达辽宁省兴城市沿海,随即对兴城市菊花岛附近海域进行了海冰监测。

### 3.1 海冰监测方式

本典型案例采用以下几种监测方式:

- 海冰常规目测
- 车载X波段雷达海冰监测
- 车载气象自动监测
- 车载视频冰情录制传输
- 调访当地居民

### 3.2 海冰监测结果

固定冰冰情:兴城市天后宫以南至南佟屯村的滨

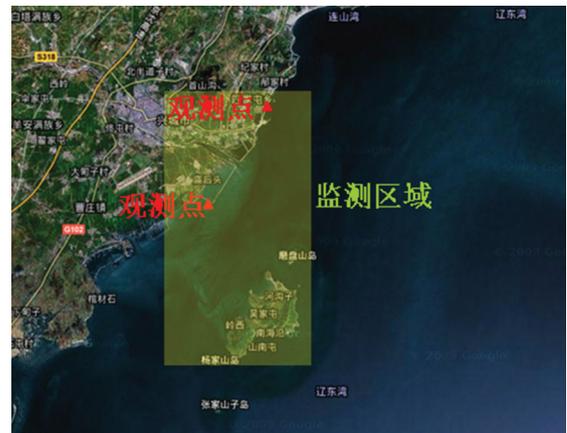


图4 车载海冰灾害应急监测集成系统菊花岛应用监测图

海大道沿岸分布有固定冰且冰情较重,冰型以沿岸冰为主,平整冰厚一般为20—30 cm,最大40 cm,堆积高度0.4—0.8 m,最大1.2 m,固定冰由岸边一直延伸至菊花岛,冰上时常有两岸的人员及车辆来往。

浮冰冰清:兴城市客运码头、菊花女雕像、天后宫附近海域分布有浮冰,浮冰呈带状分布,冰型以尼罗冰和灰冰为主,一般冰厚10—20 cm,最大25 cm,浮冰带最外缘离岸约5000 m左右。

根据车载X波段雷达监测:固定冰区整体呈NW—SE向分布于兴城市滨海大道至菊花岛之间,固定冰区东北侧边缘与西南侧边缘的堆积现象相比冰区中部较重,兴城市沿岸的庙后头附近海域与菊花岛西北部海域的固定冰堆积现象最为严重。

同时,工作组对车载海冰灾害应急监测集成系统兴城市沿岸海冰监测与北海航空支队的海冰航空遥感监测进行了比对验证。

北海航空支队的海冰航空遥感监测结果如下:

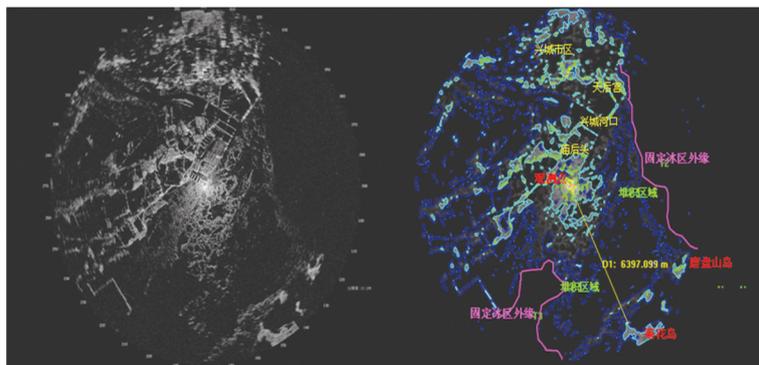
菊花岛南侧和东侧结冰密集度大约为7—8成,以莲叶冰和灰冰为主,少量灰白冰,西侧和北侧结



车载海冰灾害应急监测集成系统工作状态

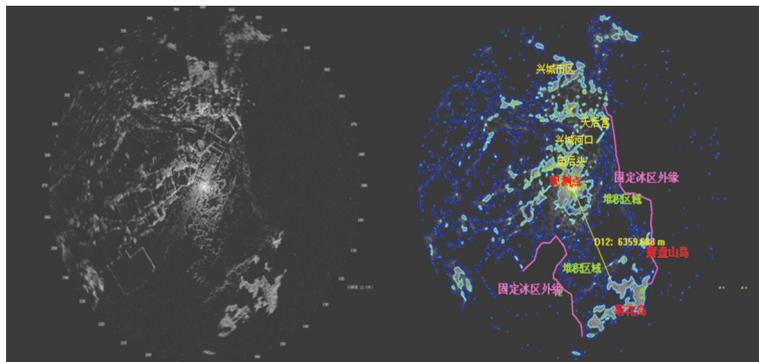
图5 车载海冰灾害应急监测集成系统菊花岛应用监测图

冰情况严重,密集度9成以上,主要为白冰和灰白冰,向西北方向延伸至大陆,并能够清楚的看到有车辆和行人往返于菊花岛和大陆之间,十分危险,请有关部门引起注意。另外菊花岛西北部有一小码头,已经被冰封住,船舶无法靠泊。菊花岛西侧两个海湾内也有许多渔船因为海冰而被搁置在沙滩上,无法出航。



分辨率为15 m的车载X波段雷达海冰监测原始图及分析图

图6 车载海冰灾害应急监测集成系统菊花岛应用监测图



分辨率为22.5m的车载X波段雷达海冰监测原始图及分析图

图7 车载海冰灾害应急监测集成系统菊花岛应用监测图

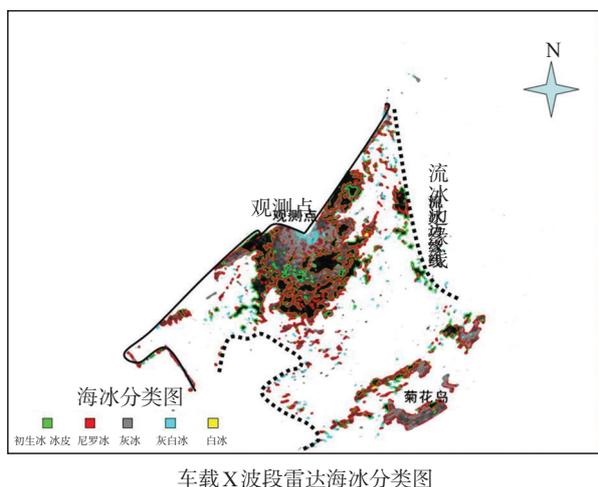


图8 车载海冰灾害应急监测集成系统  
菊花岛应用监测图

经对比分析,车载海冰灾害应急监测集成系统监测结果与航空遥感监测结果基本相符,其海冰雷达回波数据能真实、客观的反应该海域固定冰、浮冰分布状况及固定冰堆积状况。

## 4 结论

车载海冰灾害应急监测集成系统的完成,弥补了点、面结合监测方式的不足,它能够在海冰灾害发生时灵活机动的进行监测。通过海冰雷达、自动气象监测系统和视频系统获取全面、连续、精确的海洋环境信息,并能通过其实时传输系统将资料与数据传送至后方指挥中心,从而协助防灾指挥部门作出决策。车载海冰灾害应急监测集成系统的完成和应用,已经成为渤海及黄海北部海冰防灾减灾工作的重要技术手段。

在2009—2010年冬季的海冰应急监测工作中,车载海冰灾害应急监测集成系统发挥其监测方式灵活、监测资料精度高、资料实时传输的优势,弥补了沿岸常规监测手段的不足,同航空监测、船舶监测、卫星遥测、沿岸人工监测共同构建了立体化海冰监测系统,保障了海冰应急监测工作的顺利完成。尤其是在2010年1月下旬,车载海冰灾害应急监测集成系统工作组协同北海航空支队与国家海

洋局现场工作组,对遭受海冰围困的菊花岛连续进行了海冰应急监测,获取了宝贵的监测资料。

实际运行结果表明:该系统可在较恶劣环境下,不依赖工作地点电力等条件进行全系统、满负荷工作。其海冰监测雷达不受制于能见度与光照的影响进行海冰监测。整套系统在低温(-20℃)、雪地、大风等多种恶劣环境条件下正常运行。海冰监测区域遍布渤海大部分重点岸段,其获取的资料与监控录像实时传输至后方的指挥中心,并直接应用于全国海洋预报系统视频应急会商,为提高海洋环境预报的准确率和应急处置能力提供了重要的技术支持。

车载海冰灾害应急监测集成系统的研究成果具有良好的可扩充和可推广性,可为各级政府、港口、航运、捕捞及石油开采等部门海冰防灾减灾服务,同时也可将该研究成果推广至海浪、赤潮、溢油和绿潮等其他海洋环境应急监测管理中。

## 参考文献:

- [1] 赵宝刚,郝江凌,邵秘华.基于ECDIS的雷达遥测海冰监控系统[J].中国造船,2008,49(2):107-112.
- [2] 肖井坤,邵秘华,张勤.船载雷达海冰监测及预报技术在辽东湾冰区油轮外输作业中的应用[J].海洋环境科学,2006,25(1):76-79.
- [3] 张勤,林建国.雷达海冰监测系统与数值预报技术在辽东湾冰区作业中的应用[J].大连海事大学学报,2005,31(1):73-76.
- [4] 金亚秋,黄润恒.雷达卫星SAR与防卫气象卫星SSM/I对渤海海冰的观测研究[J].地球物理学报,2001,44(2):163-170.
- [5] 李毅聪,曾杨,李丹.X波段车载多普勒天气雷达系统介绍及常见问题解决办法[J].科技信息,2009,29(1):81-84.
- [6] 齐占辉,宋占杰,张锁平,等.X波段雷达在海面动力环境监测中的应用研究[J].海洋技术,2009,28(1):24-28.
- [7] 刘尉,吴艳标,王志春.强热带风暴“北冕”登陆前后的风场变化[J].广东气象,2009,31(3):10-12.
- [8] 杨仲江,唐晓峰.移动气象站雷电监测预警系统的研究[J].气象与环境科学,2008,31(4):75-78.
- [9] 汪少林,谢品华,胡顺星,等.车载激光雷达对北京地区边界层污染监测研究[J].环境科学,2008,29(3):562-568.

## Integrated Vehicle-borne System of emergency monitoring for sea ice disaster

WANG Shuo<sup>1,2</sup>, JIN Xi-fang<sup>1,2</sup>, LI Ge<sup>1,2</sup>, WANG Tian-ling<sup>3</sup>

*(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Environment and Disaster Prevention and Mitigation, Shandong Qingdao 266033 China; 2. North China Sea Marine Forecasting Center of State Oceanic Administration, Shandong Qingdao 266033 China; 3. North China Sea Standards and Metrology Center of State Oceanic Administration, Shandong Qingdao 266033 China)*

**Abstract:** In this paper, the research background and situation of sea ice disaster emergency monitoring integrated vehicle-borne system focusing on the development and implementation of this system are reviewed. Considering the current situation of sea ice emergency monitoring in China, the key technology is pointed out in the research. Based on the typical case of sea-ice monitoring situation near JuHuadao Island water in the winter of 2009-2010, the actual operation situation and social benefits of the system were introduced.

**Key words:** vehicle-borne radar; sea ice disaster; emergency monitoring