doi:10.3969/j.issn.1003-2029.2023.03.003

AIS 系统在海洋遥感卫星的应用与设计优化

强 薇¹, 宋庆君², 孙从容³

(1.中国信息通信科技集团有限公司,北京 100191; 2.国家卫星海洋应用中心,北京 100081;3.空间海洋遥感与应用研究重点实验室,北京 100081)

摘 要:目前国际和国内已普遍采用星载船舶自动识别系统(Automatic Identification System, AIS)接收系统提升针对全球船只信息的采集和监测能力。本文主要介绍了国内外星载 AIS 系统 发展的主要进展及取得的成果,重点针对目前星载 AIS 系统存在的近海船只密集区域信号碰撞 导致检测概率降低的技术问题,通过建模仿真找到具体原因,给出后续 AIS 星载载荷针对此问 题在设计和应用上的优化建议。本文可作为后续星载 AIS 系统设计的参考。 关键词:海洋遥感卫星;船舶自动识别系统(AIS);甚高频;电磁兼容 中图分类号: V443 文献标识码:A 文章编号:1003-2029 (2023) 03-0020-09

根据国际海事组织(International Organization for Migration, IMO)通过的 SOLAS(International Convention for Safety Life at Sea)公约,要求各国在 2008年7月1日前,必须安装 AIS 系统,其目的是 为了进一步保证船只航行安全和人员安全。通过十 几年的发展,AIS 系统已经成为全球船舶标配设备, 同时相关 AIS 数据的接收、应用也得到很大发展, 广泛应用于船只识别、定位、跟踪等领域,提升了 航道管理能力,降低了船只碰撞事故发生的概率。

岸基 AIS 系统主要由船载收发机、岸站基站和 相关网络 3 个部分组成(图 1),是一种岸基 VHF (Very-High Frequency)频段的无线网络通信系统, 主要应用于内河及近海海域的船舶监控,而对于远 海船舶的运行情况及突发事件,由于 AIS 信号在海 平面传播距离受到海平面效应影响,主要由岸基接 收天线高度 H(M)和船载天线高度 h(m)确定,其公 式为 $R = 2.5(H(M)^{1/2} + h(m)^{1/2})$,而目前一般船只 天线高度约 30 m 左右,同时考虑大气对无线电波 的折射影响等,这样岸基 AIS 网络覆盖范围大概在 30~50 n mile 左右,无法及时向船只提供相关信息, 也无法及时掌握相关船只信息印。

为了解决这一问题,科研人员开始尝试利用卫 星宽覆盖、高重访、高轨道的优势,将 AIS 功能集 成在卫星上,实现对大洋航行船只的信息获取、识 别功能。星载 AIS 系统由接收天线、接收机和高频 电缆组成,完成 AIS 信号的接收、处理和数据转 发,组成如图 2 所示。船舶台站发出的 VHF 频段 信号经由星载 AIS 天线接收,经过 AIS 接收机放 大、滤波、下变频处理后,实现 AIS 信号的捕获、 跟踪、解调功能,AIS 载荷能够根据指令生成 AIS 报文数据,并将数据实时传输至星上数传分系统, 再由数传分系统下传至地面进行相应处理。

星载 AIS 系统已经成功应该在国内外多颗卫星 上,且取得了较好的应用成果,部分产品已经成为 海监、海洋管理等部门业务化运行重要组成部分, 但应该看到目前星载 AIS 系统针对全球部分近岸船 只密集区域的监测能力较弱,甚至出现无法监测的 情况,特别是针对我国东海、南海区域,由于船只 密度较大,不同船只信号时隙较小,导致信号相互 碰撞,接收机无法解调;另一方面由于近岸区域与

收稿日期: 2022-07-07

作者简介:强薇 (1975—),女,学士,工程师,主要从事通信技术研究与系统设计。E-mail: carolqiang@126.com



图 2 星地一体化 AIS 系统组成图

AIS 频率相关的低频信号功率密度较大,导致接收 信号底噪较高,甚至超过了接收机自身的解调信噪 比要求,从而导致 AIS 解调能力大幅下降^[2]。而近 海近岸船只信息动态实时获取功能在我国航道管 理、海事救援、船只监控甚至军事方面有着重要的 应用价值,因此星载 AIS 针对近海近岸船只信号的 获取能力提升是今后一段时间急需解决的问题。本 文在总结 AIS 星载系统应用成果的同时,重点针对 以上相关问题进行分析,并给出初步的解决思路和 措施。

1 国内外 AIS 卫星发展简述

随着海事需求的不断增长,多国已纷纷开展基 于星载 AIS 系统的在轨验证试验星和组网星研制, 同时尝试对海事数据的商业化运营和业务化运营。 目前国内外开展星基 AIS/VDES(VHF Data Exchange System)在轨验证和商业运营的主要卫星如表 1 所示。

星载 AIS 已经成为国际上大洋船只信息获取的

国家	卫星星座	空间段体制	年份	基本情况					
	Iridium NEXT 系统 VDES	VDES	2017年1月	配合定制 Iridium 船载终端,可实现全球船舶 1min 重访					
美国	TACSAT-2	AIS	2006年12月	美国国防部 TACSAT-2 号卫星					
	OrbComm 公司	AIS	2008年6月	美国的 OrbComm 公司发射卫星搭载 AIS 接收设备					
挪威与加拿大	AISSat-1	AIS	2010年7月	挪威与加拿大合作研制试验卫星 AISSat-1					
加拿大	NTSCANX-6	VDES	2008年4月	加拿大 AIS 卫星研制情况					
印度	Rubin-8(德国)	AIS	2008年4月	印度卫星 AIS 探测专用星第一周内就检测到 600 000 个 AIS					
	Rubin-9(德国)	AIS	2009年9月	信号,第一次在轨实证了卫星 AIS 探测技术					
中国	天拓一号卫星	AIS	2012年5月	国防科技大学于 2009 年 10 月启动了"纳星集群飞行计划"					
	海洋系列遥感卫星	AIS	2018年9月	已进入我国海洋遥感应用业务系统					

表 1 在轨星基 AIS/VDES 卫星统计表

重要手段,AIS 卫星系统的发展途径主要可分为两大类。一类是发展专用的AIS 卫星,例如美国提出的Orbcomm系统等;另一类是通过其他卫星搭载AIS 载荷,以加拿大的RCM-AIS 卫星、美国Tacsat-2 卫星和我国海洋遥感系列卫星为代表。

1.1 美国轨道通信 (Orbcomm) 系统

Orbcomm 卫星系统具有投资小、周期短、兼备 通信和定位能力、卫星质量轻、用户终端为手机、 系统运行自动化水平高和自主功能强等优点。Orbcomm 系统由 36 颗小卫星及地面部分(含地面信关 站、网络控制中心和地面终端设施)组成,其中 28 颗卫星在补轨道平面上:地I轨道平面为 2 颗卫星, 轨道高度为 736/749 km;第 2 至第 4 轨道平面的每 个轨道平面布置 8 颗卫星,轨道高度为 775 km;第 5 轨道平面有 2 颗卫星,轨道高度为 700 km,主要 为增强高纬度地区的通信覆盖;另外 8 颗卫星为备 份。Orbcomm 系统可提供数据报告、信息报文、全 球数据报和指令等基本业务,系统采用的是 TDMA (Time Division Multiple Access)多址通信方式。

ORBCOMM 公司第二代 OG2 卫星配备 AIS 有 效载荷,接收与报告来自配备了AIS 的海上船只的 信号。2014年6月11日,在美国卡纳维拉尔角航天 发射中心,利用 SpaceX Falcon 9 火箭发射 6 颗 OG2 卫星,该卫星由内华达公司制造,有效载荷由波音 公司制造,每颗卫星重量 172 kg,功率为 400 W,存 储体积 1 m×1 m×0.5 m,展开体积 13 m×1 m× 0.5 m,使用寿命不低于 5 年,图 3 为处于测试展开 状态的 OG-2 卫星。



图 3 ORBCOMM 公司处于测试展开状态的 OG-2 卫星

NORSAT-2 微纳卫星由 Space Flight Laboratory (SFL)研制,载荷具备 VDES (VHF Data Exchange System)功能,能够接收 AIS 和 ASM (Automated Manifest System)信息,并能够收发 VDE (VHF Data Exchange)信息,单星重 15 kg (不含太阳 翼),与卫星信关站上行链路频点在 S 频段,如图 4 所示。天线形式为八木天线指向地平线方向,对地 推扫,实现 VDE 信息广播。



图 4 NORSAT-2 及工作模式

在国内,由国防科技大学研制的天拓系列微纳 卫星于 2012 年开展发射,目前已经发射了 5 颗卫

1.2 微纳卫星系列

星。卫星搭载的 AIS 载荷,24 小时常开。轨道高度 500 km,对地幅宽 3 000 km。其中每天接收 AIS 报 文超过 80 万条。其中 AIS 系统由一台自研接收机 和一套"卷尺"天线组成(图 5),卫星入轨后采用 热刀方式切断"卷尺"固定绳,天线展开后即可使 用。天拓卫星采用低成本制造、多星组网运行的方 式,目前已有多颗卫星在轨运行,通过组网方式可 对全球船只信息形成快速覆盖的能力^[3]。



图 5 天拓微纳卫星本体及其卷尺天线实物图

1.3 海洋系列遥感卫星

采用搭载方式开展全球 AIS 系统建设是一条发展捷径,可基于已有资源基础充分发挥卫星效能。 2018 年至今,我国先后发射了 HY-1C/D、HY-2B/ C/D 等全球海洋水色/微波遥感系列卫星,该系列卫 星上均搭载了 AIS 接收系统,包含了 4 个 AIS 接收 频点,目前该系列卫星获取的全球 AIS 信息已经进 入我国海洋遥感业务体系,成为我国全球海洋船只 信息监控系统的重要数据来源。

以 HY-1C/D 卫星为例,该卫星在卫星±X 方向 (卫星飞行方向)分别安装两只"倒 F"型 AIS 天 线,同时配置了两台对应接收机,利用卫星飞行状 态,可以同一时间分别对卫星前后两个方向对应海 面的船只信息进行接收解调,相当对同一区域进行 了两次接收,这样可进一步提高卫星对船只信号的 接收和解调概率。目前 HY-1C/D 卫星单星单轨 AIS 接收幅宽达到 7 000 km 左右,双星组网可实现全球 船只信息一天两次的覆盖探测能力,如果再考虑到 HY-2 系列卫星 AIS 接收机探测能力,多星组网后 可实现全球范围大洋区域船舶信息每天 4 次的观 测,探测能力达到国际领先水平,可以接收全球范 围内的船只位置和航行信息,实现全球范围船舶信 息监控,具有全天时、全天候、远距离、大范围、 卫星探测合法性等优点。

2 星载 AIS 系统面临的问题

搭载 AIS 载荷的海洋系列卫星自 2018 年组网 发射以来,多颗卫星在轨工作超 4 年时间,获取了 大量全球船只分布信息。但也应该注意到,通过对 船只信息获取率的统计,发现在大洋区域(如太平 洋、大西洋、印度洋)船只信息获取概率较高,基 本与对应的信号解调信噪比一致,但对中国东南沿 海地区、地中海地区、美国东海岸等船舶密集区 域,AIS 报文接收情况很差,仅能收到少量报文。 通过对 AIS 系统组成机理和在轨遥测数据的分析, 导致部分区域解调概率较低的主要问题包括以下几 个方面。

2.1 信号时序冲突碰撞

船舶 AIS 使用 SOTDMA (Self-organized time division multiple access) 通信协议,区域限制在 20 n mile 范围,不会发生多艘船舶同时发射信号情况。当卫星对海面船舶 AIS 信号侦收时,天线波束 同时覆盖数百甚至数千个 SOTDMA 通信区域,造成不同 SOTDMA 小区信号时隙冲突。



图 6 AIS 信号时隙碰撞示意及我国近海船只分布图

由于近年来国家经济持续发展,我国海运吞吐 量已经连续多年位居全球第一,全球10大港口中 国独占七席,50大港口中国占据了56%,同时由 于日本、韩国等东亚经济大国航路也经过我国近海 区域,因此我国沿岸近海区域船只密度极高。同类 现象也发生在地中海、美国东海岸等经贸繁荣区 域,表2为全球主要密集区域船舶数量统计结果。 如图7所示,船只越密集的区域 AIS 信号碰撞概率 越高,对应的卫星接收检测概率急剧下降。

表 2 全球主要密集地区船舶分布数量

序号	区域	范围/(°)	船只数量
1	中国东海	纬度经度([23,33],110)	60 000~65 000
2	中国南海	纬度经度([12,34],[9.5,118])	5 000~30 000
3	印度洋	纬度经度([30,66.5],[30,135])	30 000
4	美国西海岸	纬度经度([0,60],[-150,-100])	6 000
5	美国东海岸	纬度经度([10,50],[-100,-65])	6 000
6	南美洲	纬度经度([-54,-20],[-74,-40])	4 000
7	印度洋	纬度经度([-11,27],[73,91])	3 000

注:信息引用源为国际船舶网 (www.worldship.com)。

2.2 部分地区强干扰影响

AIS 载荷分系统接收 VHF 频段(156~163 MHz)的信号。VHF 频段内全球有较丰富的地基雷达信号



及通信广播和地面移动通信信号。据公开报道:葡 萄牙和地中海有强干扰;美国东部有强干扰;美国 东南部、加勒比海和墨西哥湾有干扰;北美中部偏 东地区有移动通信噪声;加拿大东北/五大湖区/美 国东北有移动通信噪声。表3记录了俄罗斯和美国 VHF 地基雷达对 AIS 干扰的评估情况。

双了 成义别作天宫 VIII 地名自己州 AIO 1 九时斤正	和美国 VHF 地基雷达对 AIS 干扰的评估表
---------------------------------	--------------------------

	名称	频段	频率/GHz	天线增益/dB	峰值功率/kW	卫星入口功率/dBm	国家
1	1L13-3	VHF	0.03~0.3	20.727 4	140	-65.311 3	俄罗斯
2	SCR-627A	VHF	0.03~0.3	22.808	225	-61.170 2	美国
3	SCR-636A	VHF	0.03~0.3	16.591 1	100	-70.908 9	美国
4	HEN-HOUSE	VHF	0.03~0.3	41.362 3	10 000	-26.137 7	俄罗斯
5	Lena	VHF	0.03~0.3	29.046 2	60	-60.672 3	俄罗斯

同时,地面也有多种无线电频率在 152~162 MHz 频率以内,对星载 AIS 接收机来说也是一种带内干 扰,以上两种已知类型的干扰,一是提升了星载接 收机带内接收噪声的功率,使得接收机解调信噪比达 不到指标要求;二是如果干扰频点落在 AIS 信号通信 带宽内,则会直接破坏接收机对相关频点的解调^[5]。

基于海洋系列卫星星载 AIS 载荷在轨原始采样 数据进行时域及时频图分析,并基于此给出其直观 的信号冲突情况,并通过 Matlab 拟合的方式近似估 算其信噪比情况。

根据提供的原始采样数据帧中包含的时间和位 置信息可以准确地绘制卫星的轨迹曲线,并在相应 数据中选取部分数据进行时频分析,主要用于检查 此近海区域的信号冲突情况和信噪比情况。本文仅 以黄海海域为例进行说明,截取采样数据时长约 1 min,采样信号时域图和时频图如图 8 所示。

通过对卫星在黄海海域接收到的 AIS 数据时



图 8 黄海海域采样数据时域图和时频图(161.975 MHz)

域、频域图分析可知,接收机在此区域内一直受到 带内噪声干扰,同时对我国其他近海区域接收数据 分析,各海域的 AIS 信号带内噪声也基本处于临界 信噪比(12 dB)附近,导致星载接收机无法实现 正常的解调功能,直接影响了接收机的接收解调性 能。同时,各海域的 AIS 信号信噪比也基本处于临 界信噪比附近(12 dB),也会直接影响星载AIS 接 收设备的解调性能。

3 设计优化与改进措施

针对以上在轨问题, 星载 AIS 接收机设备研制 方和卫星总体一起, 从单机性能升级、优化整星电 磁特性、强化地面数据处理能力等几个方面提出了 以下改进措施, 主要包括以下几个方面。

3.1 AIS 接收天线升级+DBF (Digital Beam Forming)

AIS 信号,特别是近岸信号接收概率较低,主 要原因之一就是由于多信号碰撞问题,为降低碰撞 概率,就需要减小 AIS 天线覆盖范围,使得可能同 时收到船只 AIS 信号的概率降低。以目前海洋系列 卫星采用的 F 型广域覆盖波束天线为例,在当前星 体环境下的覆盖增益指标如图 9 所示^[6]。天线高增 益区域在沿轨和垂轨方向可达 2 000 km 左右,覆盖 面积极大,这样也不可避免地造成了船只信号碰撞 概率的增加。

如果采用窄波速天线,虽然可以降低船只信号 碰撞概率,但卫星在轨 AIS 数据侦收的概率也将大 大降低,因此我们需要 AIS 天线既有一定的高增益 幅宽特性,又要求能够避免大面积侦测带来的碰撞 问题,而阵列天线结合多波束成型的方式可以解决 这一问题。

后续卫星通过采用"2×2微带天线阵列+DBF"的小型化、轻量化、高集成度的设计方式,实现对



海目标增强型监视+宽幅监视模式,7个波束视场 范围内舰船信号侦收,通过空间滤波原理对大面积 的监视场景进行了多小区分割,通过 DBF 权重系 数的优化算法,单波束内波束宽度锐化效果较好。 天线采用数字多波束微带阵列天线形式,2×2 共4 个单元,展开尺寸2m×2m,波束宽度44°。图10 和图11分别为微带天线原理图及通过 DBF 实现多 个波束不同指向后的方向图^[3]。

若采用更多的天线单元,则能进一步压缩波束 宽度,从而缩小对地覆盖范围,如采用4×4共16个 单元,经仿真波束宽度可以进一步压缩至24°。后续 可以根据整星实际布局情况选择合适的阵列方案。



图 10 阵列天线结合多波束成型方案



图 11 DBF 实现多个波束方向图

3.2 整星底噪优化

以目前海洋系列卫星为例,按照星载 AIS 接收 机解调带宽(4.8 kHz)、船载 AIS 发射机功率、星 地距离、接收机解调信噪比等指标计算,星载接收 机要对 AIS 系统 GMSK/FM 调制数据进行正确解调, 则地面 AIS 信号到达星上 AIS 天线入口处的信号功 率不能小于-100.2 dBm,同时要求卫星在 AIS 接收 机带宽产生的本底噪声功率为-115.2 dBm。

优化卫星在 160 MHz 左右 AIS 频段范围内的底 噪,需要开展针对性的整星 EMC(Electromagnetic Compatibility)设计,特别是 RE102 对 AIS 接收机 的干扰,最为有效的措施是防止卫星内部低频干扰 信号的泄露。通过严格屏蔽措施,切断干扰泄漏的 路径,主要是电缆和孔缝,特别是海洋光学卫星光 学载荷开口等位置必须进行严格控制,经过 EMC 屏蔽处理后,在 EMC 实验室进行卫星扫频,卫星 底噪通过有效的分系统、整星层面控制措施,可使 得整星底噪下降 5~10 dB,有效地提升了星载 AIS接 收机的解调能力。

3.3 近海数据地面软件解调

目前配置的在轨 AIS 接收机,除了可以直接对 信号进行解调外,也可采用采样模式,将接收到的 模拟信号进行采样,并将采样后的中频原始采样信 号通过数传下传至地面,利用地面高性能计算机进 行地面多重时隙冲突解调。

由于 AIS 信号发射时隙是随机选择的,在一个时隙中接收的信号个数近似服从泊松分布,即在一

个时隙内接收到n个信号的概率 P_n 表示如下。

$$P_n = \mathrm{e}^{-p_r} \frac{(p_r)^n}{n!} \tag{1}$$

式中, *p*, 为平均每个时隙收到的报文条数。假 设单个 AIS 信号均能正确解调, 如果同时又接收到 一个或多个 AIS 信号并产生信号重叠, 此时 *P*_n 可 表示存在 *n* 个同频干扰信号的概率, 发生重叠的概 率如下。

$$\sum_{n=1}^{\infty} P_n = 1 - P_0 = 1 - e^{-p_r}$$
(2)

由于不同算法对重叠信号有不同的解调能力, 同时也与信号重叠个数有关。假设单通道盲分离算 法对重叠信号个数为1个至n个的解调概率分别为 q₁, q₂, …, q_n, 可得在一个时隙的解调概率p如下。

$$p = P_0 + \sum_{n=1}^{\infty} q_n P_n \tag{3}$$

即当有 n 个额外干扰信号时,可以看作由n-1 个干扰信号组合成的整体与另一个干扰信号的叠 加,如式(4)所示。

$$q = q_1 + \sum_{i=1}^{n-1} q_i$$
 (4)

将式(4)代入式(3)可得

$$p = P_0 + \sum_{n=1}^{\infty} q_n P_n = \sum_{n=0}^{\infty} q_n P_n = e^{-p_r} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(qp_r)^n}{n!} = e^{-p_r(1-q)}$$
(5)

在观测时间 Tv 内,引入正确分离因子 q 后的 星载 AIS 信号检测概率如下。

$$P_d = 1 - \left(1 - \exp\left(-\frac{\tau N}{n\Lambda T}(1-q)\right)\right)^{T\nu/\Delta T}$$
(6)

通过式(6)可以看出,检测概率除了与卫星观 测时间 *Tv*、卫星视场内船舶数量 *N*、AIS 信息发射 周期有关之外,*q* 也是该模型的重要参数。

根据以上分析,编制地面仿真及解调处理软件 系统,主要验证正确解调因子 q 对检测概率的影 响。设置如下仿真条件:卫星轨道高度为 800 km, AIS 信号发射间隔为 6 s,小区半径为 20 n mile,船 舶停留在卫星覆盖范围内的时间为 600 s,卫星一 次过顶船舶发射数据包为 100。星载 AIS 正确检测 概率定义为:对观测范围内的任意一条船舶,星载 AIS 系统能够在每次发射 AIS 信号间隔内对该船舶 AIS 信息进行截获并识别的概率,简称为检测概率。 一般当检测概率大于 99%时,可认为实现有效监 控。做如下假设:①在卫星可视时间范围内,船舶 服从均匀分配;②卫星天线覆盖范围内所有船舶以 相同时间间隔发射信息;③设所有接收到的单信号 都能正确解调解码。

图 12 为不同正确分离因子与检测概率关系图, 可以看出,当两重叠信号能成功分离的因子分别取



0.1、0.75、1 时,检测概率大于 0.99,正确检测船 舶数量从 0.1 时的 1 000 艘分别增大到 0.75 时的 1 500 艘和 1.0 时的 2 000 艘,说明了分离算法对提 高船舶检测概率具有一定意义^[7-10]。

以目前在轨的 HY-1C/D 卫星为例, 星载 AIS 接收机具备解调+采样模式,可实时接收到 AIS 信 号并对中频信号进行采样,并进行存储后下传所有 接收到的 AIS 采样数据,通过地面软件处理,可达 到1天两次全球船只数据获取和处理的能力,特别 是对于船只密集区域的处理能力将较目前的星上解 调模式有效提升。

综上,由于 AIS 报文多重时隙冲突解调算法需 要进行巨量的浮点运算,针对近海地区的 AIS 数 据,可以通过采样模式将数据存储,待数据下传至 地面后,由地面高性能计算机进行解调。目前针对 HY 系列卫星基于 AIS 在轨采样数据的地面处理软 件正在完善中,后续采用此系统,将大大增加 AIS 信号的解调概率。

4 结 论

本文针对星载 AIS 系统在卫星上的应用设计进 行了介绍,对影响星载 AIS 在轨接收概率的原因和 解决措施进行了说明,展示目前在轨应用情况的同 时,针对相关不足提出了后续改进与优化的发展思 路。随着技术的不断提升和体系的进一步完善,综 合采用天线方向图优化、整星底噪优化等多种途 径,特别是利用地面软件处理能力强的特点,加强 空间 AIS 信号的地面处理能力,我国空基 AIS 监测 系统能力将越来越专业和高效。

参考文献:

- [1] 李晋,钟鸣,李扬威.基于 AIS 船舶数据的港口交通流量预测模型研究[J]. 交通信息与安全, 2018, 36(3): 72-78.
- [2] 郁文贤. 星载 SAR 与 AIS 综合的海洋目标信息处理技术[M]. 北京:科学出版社, 2017.
- [3] 刘敏,杨小勇.一种新型星载小型化 AIS 天线设计与应用[J].太赫兹科学与电子信息学报,2018,16(3):470-474.
- [4] 张可立,丁振宇,高杰.海洋一号 C/D 卫星全球船舶自动识别系统设计与应用[J]. 航天器工程,2019,28(5):26-31.
- [5] 怀率恒,张淑芳.用于 AIS 实时信号稀疏表示的追踪算法研究[J].大连理工大学学报,2018,58(5):533-538.
- [6] 唐然,吴虹,程树军,等.带通采样星载 AIS 非相干接收机的 FPGA 实现[J]. 电子技术应用,2018,44(1):33-36.
- [7] 高邈,史国友,李伟峰.改进的 Sliding Window 在线船舶 AIS 轨迹数据压缩算法[J]. 交通运输工程学报,2018,18(3): 218-227.

- [8] 牟军敏,陈鹏飞,贺益雄,等.船舶 AIS 轨迹快速自适应谱聚类算法[J].哈尔滨工程大学学报,2018,39(3):428-432.
- [9] 赵大伟,马社祥,王俊峰,等.基于频域相关的 AIS 信号频偏估计[J]. 计算机仿真, 2018, 35(4): 416-421.
- [10] 刘柏静,贾静,吴晓青,等.基于 AIS 和多尺度空间模型的船舶活动时空特征及潜在压力[J].大连海事大学学报, 2018, 44(3): 115-128.

The Design Optimization and Application of AIS on Ocean Remote Sensing Satellite

QIANG Wei¹, SONG Qinjun², SUN Congrong³

(1. China Information Communication Technologies Group Corporation, Beijing 100191, China; 2. National Satellite Ocean Application Service, Beijing 100081, China; 3. Key Laboratory of Space Ocean Remote Sensing and Applications, Beijing 100081, China)

Abstract: At present, the onboard AIS receiving system has been widely used internationally and domestically to improve the capability of global ship information collection and monitoring. This paper mainly introduces the main progress and achievements of the development of the AIS system in the world. Focusing on the technical problem of reducing the detection probability caused by the signal collision in the dense area of offshore ships t, the specific reasons are found through modeling and simulation, and the optimization suggestions for the design and application of the subsequent AIS satellite borne load are given. This paper can be used as a reference for the subsequent design of onboard AIS system.

Key words: ocean remote sensing satellite; Automatic Identification System; very high frequency; electromagnetic compatibility