

# 基于试飞的机载 AIS 系统性能分析方法研究

张 阳 杨 琨 马 壮

(中国电子科技集团公司第二十七研究所 郑州 450047)

**摘要:** 通过对试验数据的处理,对机载 AIS 系统性能做了统计验证。在给出机载 AIS 及其性能要求的基础上,简要描述了机载 AIS 性能需求分析和试飞方法。结合工程数据,对机载 AIS 系统在时间上的信息输出容量、不同方位上的 AIS 接收能力、不同距离上的 AIS 接收能力等进行统计。分析结果表明,机载 AIS 在给定周期  $t_{cap}$  的信息处理输出不小于 500 条,且接收处理的 AIS 信息数量和质量具有明显的方向性和距离敏感性。其结果可为机载 AIS 系统工程设计鉴定、用户使用方面提供有益参考。

**关键词:** 机载 AIS; 试验; 性能评估; 统计分析

**中图分类号:** TN915    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.40

## Research on performance verification of airborne AIS based on flight test

Zhang Yang Yang Kun Ma Zhuang

(The 27<sup>th</sup> Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Zhengzhou 450047, China)

**Abstract:** By processed the test data, the paper analyzes the performance of airborne AIS. First introduces airborne AIS and its performance to be required, and then gives the way of test and the required data to performance analyses. Using the test data, the paper analyses the some performance of airborne AIS which included processing capacity and receiving capability in orientation and distance. The results of analysis were shown that the output capacity of airborne AIS is more than  $500/t_{cap}$ , and the quantity and quality of messages to be received by Airborne AIS is sensitive to orientation and distance. The results of statistics on the test data of airborne AIS will be provided user with reference.

**Keywords:** airborne -AIS; test; performance analysis; statistical analysis

## 1 引言

船载 AIS(automatic identification system)通过自动发送本船及接收它船或岸基的 AIS 静态、动态信息,保障海上船只间航行安全、便利海上交通管理等<sup>[1-2]</sup>。受 AIS 系统工作频率、地球曲率等因素限制,传统的舰岸之间通信距离有限<sup>[3]</sup>,一般为 20~40 nmile,且岸基接收站受限于地理位置条件制约,无法对更大、更远海域内船只的航行安全进行监控。

机载 AIS 系统因具有高度优势,与岸基/船载 AIS 系统相比,有着更为灵活、广阔的监视范围,利于海上交通管理部门进行更广域范围的船舶管理<sup>[4]</sup>。另外,机载 AIS 作为敌我识别系统的一种辅助手段,对敌方目标以外的中性目标进行判别监控,弥补敌我识别系统对于民用等中性目标识别的缺陷,及时掌握目标海域的战场态势<sup>[5]</sup>。

机载 AIS 系统只接收 AIS 信息,其监视性能的优劣与

机载 AIS 接收机接收处理 AIS 信息能力有关。本文结合试飞数据,对某机载平台 AIS 系统接收的 AIS 信息进行了方位和距离上的统计分析,为机载 AIS 系统性能分析提供了参考。

## 2 机载 AIS 系统简述

AIS 系统采用 SOTDMA(self organized time division multiple access)技术进行数据信息传送,并通过 MMSI(海上移动业务标识码)标识船舶全球范围内终身唯一性。SOTDMA 的技术核心是在统一的 VHF 的频道上,AIS 通信范围内任何船舶都能自行互不干扰地发送报告和接受全部船舶(岸站)的报告<sup>[6-8]</sup>。AIS 系统(在同一区域)能同时容纳 200~300 艘船舶,当系统超载的情况下,远距离目标可能会被放弃,以保证近距离目标的优先权。

不同于船载 AIS 系统,机载 AIS 系统只静默接收数据。机载 AIS 系统组成主要包括 AIS 接收处理设备和接

收天线,相关设备有载机供电模块、传输 AIS 信息的数据总线及管理控制 AIS 相关设备的管理计算机等。在机载 AIS 设备升空加电后,可进行工作参数和模式配置,接收处理海面船只发送的 AIS 信息。

### 3 机载 AIS 系统性能验证内容与试验设计

#### 3.1 AIS 性能的试飞验证内容

基于机载平台的 AIS 系统,将拥有比海面平台 AIS 系统更大的监视、跟踪覆盖区域<sup>[9]</sup>。但是面临一个更大的挑战,即当同时接收到来自多个不同区域的消息时,可能会产生时隙冲突<sup>[10]</sup>,从而导致大量消息的丢失,大大降低了机载 AIS 系统对船只的发现概率。结合工程试验和相关数据,从系统使用的角度只对机载 AIS 系统下面 3 性能进行数据统计验证。

##### 1) 信息输出容量

机载 AIS 接收信息输出容量即指单位时间内,AIS 系统能够接收处理的 AIS 信息条数。机载 AIS 具有更广阔的监视范围,考虑到时隙冲突、接收天线加装位置、载机航行姿态、接收距离等因素,其信息输出容量可能会受到不同程度的影响。借助试验数据可以方便地完成信息输出容量的统计分析。

##### 2) 不同方位上的接收能力

机载 AIS 系统在设计时,要求其接收天线是全向性的,且机载 AIS 接收天线设计、安装比较复杂,并要求在安装平面内规避其他接近频段的的天线。受安装位置影响,造成了实际机载 AIS 接收天线的方向性图可能是不圆的。另外,载机的飞行姿态也会影响 AIS 接收机在不同方位上的接收能力。

方位接收能力通过统计不同方位上的下面两项内容进行验证,即:

- 接收 AIS 信息数量分布情况统计;
- 接收同 MMSI 的 AIS 信息的时延情况统计。

##### 3) 不同距离上的接收能力

按照超短波(V 段)视距通信要求,即机载 AIS 系统接收距离应不低于  $d$  :

$$d = 4.12(\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r})$$

式中:视距  $d$  单位为 km,载机高度  $h_t$  单位为 m、船载 AIS 天线高度  $h_r$  单位为 m。由于机载 AIS 系统面临接收时隙冲突、接收天线的方向性等诸多因素,会使得相对距离上远端的 AIS 信息因信号强度较弱而更易丢失。

距离接收能力通过统计不同距离区间上的下面两项内容进行验证,即:

- 接收 AIS 信息数量分布情况统计;
- 接收同 MMSI 的 AIS 信息的时延情况统计。

#### 3.2 试飞试验设计说明

试验对象为机载 AIS 系统,配试目标为加装了 AIS 设备的海面随机船只。为获得充足的 AIS 数据,载机试飞区

域选在民用船舶(加装 AIS 设备)聚集的港口附近海域。在航线设计上,试验过程载机航线符合设定高度,沿平行海岸线方向做满足航程要求的往返航行。

载机航行至预定高度(进入试验航线前),加电开启 AIS 设备同时开启任务电子系统的导航记录设备。整个试验架次,AIS 接收设备持续接收处理海面 AIS 信息。试飞结束,导出载机导航数据、AIS 记录数据及其它相关数据,对数据融合后进行处理分析。

### 4 试验数据统计分析

试验数据统计前,首先剔除诸如 MMSI 标识不规范、船只位置信息未上报或明显超差的位置信息,以及人为因素造成的明显无效数据<sup>[11]</sup>;其次,考虑到超短波视距通信,与载机相对距离超过 400 km 的试验数据不参与统计。

针对机载 AIS 接收记录的 AIS 消息,本文首先进行统计数据预处理,然后对信息输出容量、不同方位上的接收能力和不同距离上的接收能力进行统计处理。

#### 4.1 统计数据预处理

为方便对性能的数据统计验证,将接收的 AIS 信息按照其上报周期进行统计分类,并对具有代表性的一类或若干类进行性能统计验证。

船只的 AIS 信息上报周期,主要由船只的航行速度及是否转向等状态决定。上报周期分布统计即统计整个飞行架次不同上报周期的 AIS 信息数量的占比情况。

根据接收到的 AIS 信息,对不同上报周期的占比统计,如表 1 和图 1 所示。分析接收 AIS 上报周期的占比,可

表 1 机载 AIS 系统接收信息上报周期统计

序号	上报周期/s	占总接收比率/(%)	船舶状态
1	3	<1	航速大于 23 kn
2	6	5	航速在 14~23 kn
3	12	85	航速在 0~14 kn
4	180	10	锚泊中

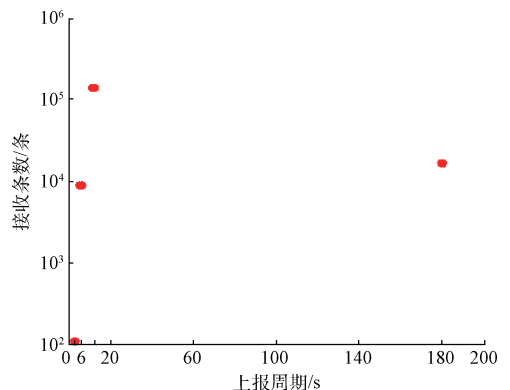


图 1 AIS 信息上报周期与接收条数统计

得,沿海附近高速(大于 14 kn)或转向的船只较少(小于 5%+1%),而低速(小于 14 kn)的船只占大部分(AIS 信息条数占 85%),另有一部分船只驻泊港口。为深入分析方位、距离对机载 AIS 接收性能的影响,下文主要对占比较多、航速在 0~14 kn(即上报周期为 12 s)的 AIS 信息进行统计分析。

#### 4.2 信息输出容量统计

信息输出容量分析即统计分析单位时段内载机接收处理的 AIS 信息条数。以  $t_{\text{cap}}$ (单位:s)为单位时段,将接收到的 AIS 信息划分若干段,统计每段内的记录条数,图 2 给出了统计结果。由图看出,  $t_{\text{cap}}$  内能够处理 500 条 AIS 信息,且在载机进入和退出试验区域的接收处理 AIS 信息条数多(港口附近)。  $t_{\text{cap}}$  内的信息输出容量基本分布 250~400 条范围区间。

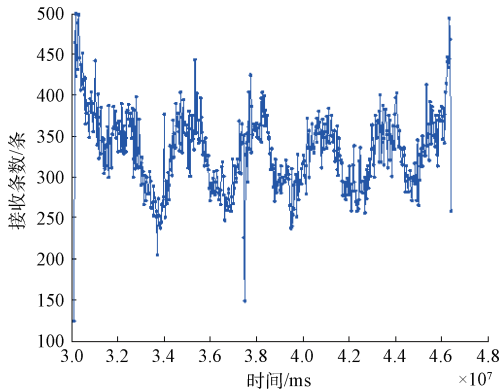


图 2 周期  $t_{\text{cap}}$  的 AIS 信息输出容量统计

#### 4.3 不同方位上的接收信息统计

影响机载 AIS 系统相对方位上的接收性能主要是接收天线的加装位置,而载机的俯仰、横滚等姿态也影响到不同方位的接收能力。因时隙冲突等影响,实际载机接收 AIS 的时间间隔与船只的 AIS 上报周期不一致。本文用 AIS 接收间隔  $\Delta T$ (单位:s)表示接收的本条 AIS 与前一条同 MMSI 的 AIS 信息的时间间隔。对接收能力在方位上的差异分析,本文从接收 AIS 信息条数在方位上的分布、AIS 接收间隔的集中度(即不大于某一接收间隔的 AIS 信息数与总条数的比值情况)随方位的分布等进行统计验证。

在相对方位处理上,以  $0^\circ$  代表机头方向,  $180^\circ$  代表机尾方向,逆时针递增。按照一固定角度进行连续角度分段,在各分段内进行数据统计。

图 3 是方位与载机接收 AIS 信息条数对应关系(统计了占比 85% 的 12 s 上报周期的数据)。从图 3 中可以看出,机头、机尾收到的数据明显少于机身两侧;机头左侧  $90^\circ$  方向和右侧  $60^\circ$  方向附近收到数据量最大。

如图 4 所示,12 s 上报周期数据统计中,覆盖 80% 的 AIS 接收间隔  $\Delta T(80\%)$ (即在各分段内,80% 的 AIS 信息的接收间隔  $\Delta T$  不大于  $\Delta T(80\%)$  与相对接收方位的对应

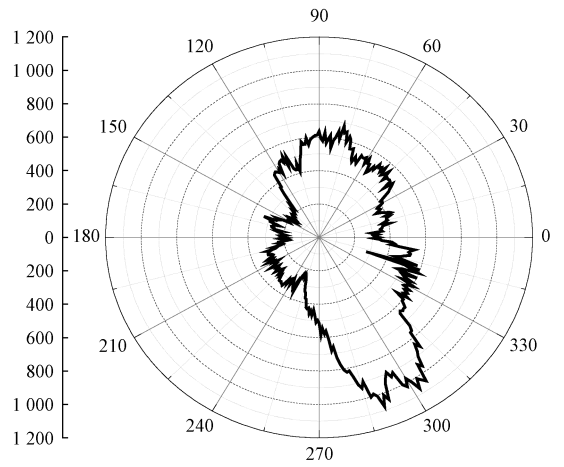


图 3 方位与载机接收 AIS 信息条数关系 (12 s 上报周期数据)

关系。由图 4 得到,载机前半部的 AIS 接收间隔分布相对更集中。

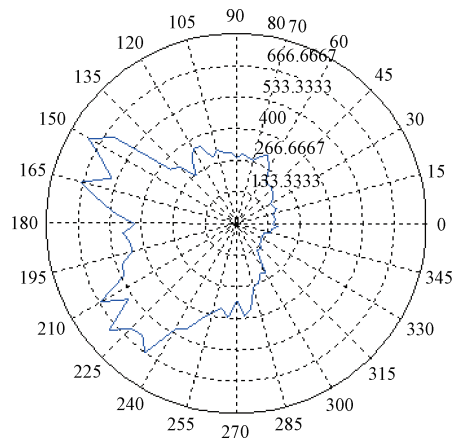


图 4 方位与覆盖 80% 的 AIS 接收间隔关系

#### 4.4 不同距离上的接收信息统计

距离对机载 AIS 系统接收性能的影响反应了时隙冲突对强弱不同的信号的影响。本文从接收 AIS 信息条数在不同接收距离上的分布、AIS 接收间隔的集中度随接收距离的分布等方面对距离上的接收能力做了统计分析。

数据处理上,以相对载机距离为分段依据,对接收的 AIS 信息按照固定距离(如 2 km)长度进行等间隔连续分段统计。

图 5 是载机接收距离与接收 AIS 信息条数的对应关系(统计了占比 85% 的 12 s 上报周期的数据)。从图 5 中可以看出,在 100 km 内,随距离增加收到的 AIS 信息条数迅速上升;而 100 km 之外,随距离增加接收的 AIS 条数反而迅速下降;接收的 AIS 信息条数多的区域主要集中在 200 km 之内,350 km 之外区域接收 AIS 信息量较少。

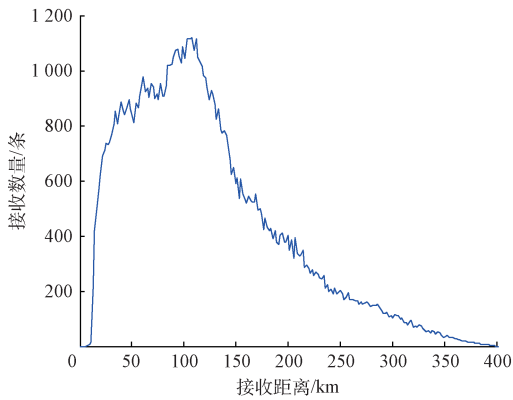


图 5 距离与载机接收 AIS 信息条数关系  
(12 s 上报周期数据)

针对 12 s 上报周期数据,图 6 是覆盖 80% 的 AIS 接收间隔  $\Delta T(80\%)$ (即在各分段内,80% 的 AIS 信息的接收间隔  $\Delta T$  不大于  $\Delta T(80\%)$ )与接收距离的对应关系。从图 6 中得到,在 110 km 内, $\Delta T(80\%)$  值随距离缓慢上升;在 (110 km, 265 km) 区间, $\Delta T(80\%)$  值相对稳定在 500 s 附近;大于 265 km 区域, $\Delta T(80\%)$  值随距离增加迅速变大。

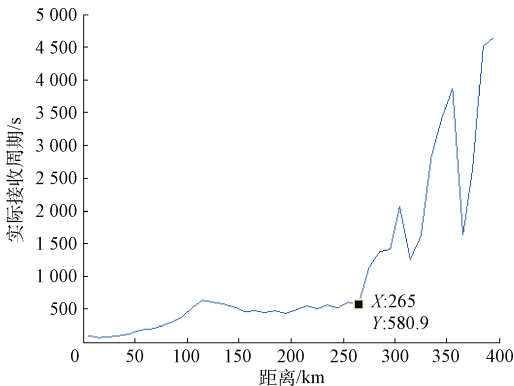


图 6 距离与覆盖 80% 的 AIS 接收间隔关系

## 5 结 论

本文的数据分析结果表明,机载 AIS 系统在设定的  $t_{\text{cap}}$  周期内至少能输出 500 条 AIS 信息;因接收天线安装位置等因素,机载 AIS 系统接收的信息数量和质量具有明显的方向性;距离对机载 AIS 接收的信息数量和质量影响较大,距载机 350 km 之外船只的 AIS 信息接收较少。利用

工程数据验证分析机载的 AIS 接收机性能,是检验相关的理论推导和工程仿真分析的一种方式<sup>[12]</sup>,其结果可为机载 AIS 性能分析与评估、用户使用等方面提供参考。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准 GB/T 20068-2006. 机载自动识别系统(AIS)技术要求[S]. 2006.
- [2] 叶猛,高璐,纪圣谋,等. 船舶自动识别系统[J]. 电子测量技术,2013,36(3):32-35.
- [3] 赵文红,王巍. 盲源分离技术在 AIS 中的应用[J]. 计算机科学,2013,40(6A):217-219.
- [4] 张海营,郭建峰,魏玉凡. 机载 AIS 接收信号冲突概率分析[J]. 全球定位系统,2014,39(3):15-18.
- [5] 霍立平,陈必然,贾绍文. 发展机载 AIS 的设想[J]. 科技信息,2010(23):109-119.
- [6] 徐武雄,初秀民,刘兴龙. 水上交通信息可视化技术研究进展[J]. 中国航海,2015,38(1):34-38.
- [7] 肖潇,邵哲平,潘家财,等. 基于 AIS 信息的船舶轨迹聚类模型及应用[J]. 中国航海,2015,38(2):83-86.
- [8] 李永倩,赵雨娟,杨志,等. 基于 BOTDR 的海缆 3D 立体监测系统设计与实现 [J]. 2014, 35(5): 1029-1036.
- [9] 陈芳淮,黄炜,范鹏. 机载 AIS 监视性能仿真研究[J]. 中国电子科学研究院学报,2013,8(6):627-631.
- [10] 杨奎,寻远. 机载平台 AIS 时隙冲突及发现概率分析[J]. 电讯技术,2012,52(6):858-863.
- [11] 中华人民共和国国家标准 GB/T 4883-2008. 数据的统计处理和解释 正态样本异常值的判断和处理 [S]. 2008.
- [12] 马壮,赵光磊,杨琨. 机载船舶自动识别系统测试评估技术研究[J]. 航空科学技术,2016,27(1):45-51.

## 作者简介

张阳,1981 年出生,工程师,主要研究方向为试验测评设计及仿真验证。

E-mail: cetc27zy@163.com

杨琨,1976 年出生,高级工程师,主要研究方向为电子信息试验测评。

马壮,1984 年出生,工程师,主要研究方向为通信系统测试评估。