

T/ACCEM

团 体 标 准

T/ACCEM XXXX—2025

船岸多源通信技术应用规范

Application specifications for multi-source communication technology between
ships and shores

（征求意见稿）

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国商业企业管理协会

发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 基本规定 2

6 系统架构 3

7 技术要求 4

8 试验方法 8

9 操作与维护 11

附录 A （资料性） 船端网络结构说明 13

附录 B （资料性） 船端局域网说明 14

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广州中远海运船舶技术工程有限公司提出。

本文件由中国商业企业管理协会归口。

本文件起草单位：广州中远海运船舶技术工程有限公司。

本文件主要起草人：×××

船岸多源通信技术应用规范

1 范围

本文件规定了船岸多源通信技术应用有关缩略语、基本规定、系统架构、技术要求、试验方法、操作与维护等方面的内容。

本文件适用于采用 Ka 波段 GX 终端与 L 波段 FB 终端融合的船岸通信系统的设计、建设、运行、维护及验收，其他类型船舶的多源船岸通信系统可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IEC 60945 海上导航和无线电通信设备及系统 一般要求 测试方法和所需测试结果（Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems – General requirements –Methods of testing and required test results）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

Ka 波段 GX 终端 Ka-band GX terminal

指基于 Ka 波段的海事卫星五代星 GX 宽带通信终端，用于提供高带宽船岸通信服务。

3.2

L 波段 FB 终端 L-band FB terminal

指基于 L 波段的现有船舶卫星通信终端，用于提供高可靠性备用通信服务。

3.3

船舶通信网关 ship communication gateway

实现 GX 终端、FB 终端与船舶局域网融合，支持自动切换、流量管理及安全控制的核心设备。

3.4

公务 VLAN business VLAN

船舶局域网中用于保障公务通信的虚拟局域网，仅允许特定公务应用访问。

3.5

船员个人 VLAN crew member personal VLAN

船舶局域网中用于船员个人网络通信的虚拟局域网，需通过认证管理实现访问控制。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

VLAN: 虚拟局域网 Virtual Local Area Network。

VoIP: 网络电话 Voice over Internet Protocol。

HTTP: 超文本传输协议 HyperText Transfer Protocol。

HTTPS: 超文本传输安全协议 Hypertext Transfer Protocol Secure。

SMTP: 简单邮件传输协议 Simple Mail Transfer Protocol。

PEAP: 身份验证协议 Protected Extensible Authentication Protocol。

EAP-TLS: 扩展认证协议与传输层安全协议 Extensible Authentication Protocol - Transport Layer Security。

AES-256: 256 位高级加密标准 Advanced Encryption Standard-256。

HTML: 超文本标记语言 Hyper Text Markup Language。

CSS: 层叠样式表 Cascading Style Sheets。

CSV: 逗号分隔值 Comma-Separated Values。

KML: 标记语言 Keyhole Markup Language。

TCP/IP: 传输控制协议/网际协议 Transmission Control Protocol/Internet Protocol。

SSL/TLS: 安全套接层/传输层安全协议 Secure Sockets Layer / Transport Layer Security。

ACL: 访问控制列表 Access Control List。

5 基本规定

5.1 基本原则

5.1.1 可靠性优先原则

船岸通信系统应始终以保障船舶航行安全、公务通信连续为核心目标,通过双卫星系统自动切换、多源通信融合、冗余设计等技术策略,明确全天候、全球覆盖的通信可靠性,通信中断时长每月应不超过 1 h。

5.1.2 差异化管理原则

基于船舶运营需求,应对公务通信与船员个人通信实行严格的差异化管控,优先保障公务通信资源,合理分配带宽与流量,应明确公务应用不受个人通信干扰。

5.1.3 经济性优化原则

应根据网络质量、成本等指标,选择最优网络路径,应通过网页压缩加速、内容过滤、流量共享等技术措施,降低网络带宽消耗和运营成本,提升通信资源利用效率,流量节省率应不低于 30%。

5.1.4 安全性保障原则

应建立多层次网络安全防护体系,通过 VLAN 隔离、防火墙控制、访问日志审计等手段,防范网络攻击、违规访问等安全风险,明确船舶通信网络安全合规。

5.2 注意事项

5.2.1 系统部署前应完成船舶现有通信设备(FB 终端、局域网)的兼容性检测,明确与 Ka 波段 GX 终端及船舶通信网关无缝对接,避免设备冲突或功能异常。

5.2.2 卫星终端安装应符合海事卫星设备安装规范,天线部署位置需避开船舶上层建筑遮挡,明确 GX 终端信号接收强度 ≥ -110 dBm(正常工况),FB 终端信号接收稳定。

5.2.3 船员个人 VLAN 预付费管理系统应具备数据加密功能，保护船员付费信息及个人通信隐私，防止信息泄露或篡改。

5.2.4 系统运行过程中，应定期对船舶通信网关、卫星终端等核心设备进行状态监测与维护，每月至少进行 1 次设备性能检测，及时排查信号衰减、切换异常等故障隐患。

5.2.5 船位跟踪数据应严格限制访问权限，仅授权船舶管理部门及相关人员查看，数据传输过程中需采用加密协议，防止数据被非法获取或篡改。

6 系统架构

6.1 总体概述

FX 船端系统网络架构以 Ka 波段 GX 宽带卫星通信终端为核心主用设备，以 L 波段 FB 终端为备用保障设备，通过船舶通信网关实现多设备融合与统一管控，构建“主备协同、分区隔离、全局可控”的船岸通信网络体系。

6.2 核心通信终端层

6.2.1 Ka 波段 GX 终端

作为船岸宽带通信主通道，负责通过海事卫星五代星 GX 星座提供高带宽（最高可达 50 Mbps）通信服务，支持包括公务数据传输、船员个人上网、VoIP 等全业务接入，是日常船岸宽带通信的核心承载设备。

6.2.2 L 波段 FB 终端

作为备用通信通道，在 GX 终端因天气、遮挡等原因不可用时自动启用，依托 L 波段卫星信号的高稳定性，保障基础公务通信连续性，其带宽低于 GX 终端（通常 ≤ 1 Mbps），但可实现关键公务应用不中断。

注：两终端均通过专用通信接口接入船舶通信网关，实时向网关反馈自身信号强度、连接状态等关键参数，为网关的自动切换决策提供依据。

6.3 船舶通信网关（核心控制层）

船舶通信网关是整个船端网络的“中枢节点”，承担融合切换、安全管控、流量调度三大核心职能，应符合下列各项要求：

- 融合切换：通过内置的智能切换模块实时监测 GX 终端信号状态，当 GX 信号强度 < -120 dBm 或业务中断时，3 s 内自动切换至 FB 终端，切换过程中保持船舶局域网所有 IP 地址与会话连接不变，实现业务无感知过渡；
- 安全管控：内置 VLAN 管理模块与防火墙功能，将接入的船舶局域网划分为公务 VLAN 和船员个人 VLAN 两个独立分区，通过端口隔离、访问策略配置实现物理隔离，同时支持基于网络场景（GX/FB 模式）动态调整管控规则；
- 流量调度：统一管理 GX 与 FB 终端的流量池，实现双网络流量合并计费与共享使用，同时根据“公务优先”原则动态分配带宽资源，明确公务 VLAN 在带宽紧张时获得优先调度权。

6.4 局域网接入层

6.4.1 公务 VLAN

接入船舶管理系统、导航设备、公务邮件服务器等核心业务终端，仅允许预设的公务应用通信，其

访问权限、开放端口由网关严格管控，不受船员个人网络影响。

6.4.2 船员个人 VLAN

接入船员个人终端，需通过 802.1X 认证系统完成身份验证与预付费激活后才能访问网络，支持网页浏览、社交软件等个人应用，其流量使用量实时计入共享流量池，由网关进行统计与计费关联。

注：两个 VLAN 通过网关的隔离机制实现数据完全隔离，明确公务数据不被个人网络访问干扰，同时网关可对两 VLAN 的带宽使用进行动态调控。

6.5 地面站服务系统（岸端协同层）

船端网络通过卫星链路与岸端地面站服务系统建立连接，地面站承担内容优化、远程管控职能，应符合下列各项要求：

- a) 内容优化：对船端发起的网页访问请求进行预处理，包括自动压缩网页内容、过滤音视频广告、限制大文件传输等，降低船端带宽消耗；
- b) 远程管控：接收船舶通信网关上传的船位数据、设备状态等信息，支持在公司端对船位进行分钟级跟踪与历史轨迹查询，同时可向网关下发访问控制策略，实现岸端对船端网络的远程调控。

6.6 整体数据流向

6.6.1 日常工况下，船端各类数据（公务/个人）经对应 VLAN 汇聚至船舶通信网关，网关优先通过 GX 终端传输至地面站，再由地面站转发至目标网络（如公司总部、互联网）；当切换至 FB 模式时，网关自动阻断船员个人 VLAN 数据，仅允许公务 VLAN 数据经 FB 终端传输，明确核心业务通信畅通。

6.6.2 所有数据传输过程中，网关实时记录流量使用、访问日志等信息，同步至岸端管理平台实现全局监控。

7 技术要求

7.1 系统功能与性能要求

7.1.1 GX 与 FB 自动无缝切换及流量共享

- 7.1.1.1 应通过船舶通信网关实现 Ka 波段 GX 终端与 L 波段 FB 终端的自动无缝切换。
- 7.1.1.2 当 GX 终端信号强度低于 -120 dBm 或因天气、遮挡等原因导致业务不可用时，系统应自动切换至 FB 终端，切换时间应 ≤ 3 s。
- 7.1.1.3 信号切换后船舶局域网内所有应用及服务的网络地址应保持不变，应无业务中断。
- 7.1.1.4 GX 与 FB 网络的流量应统一共享，数据流量费用采用合并计算，应不受切换影响。

7.1.2 网络访问差别化控制

- 7.1.2.1 船舶通信网关应内置 VLAN 管理功能，支持划分公务 VLAN 和船员个人 VLAN，实现物理隔离。
- 7.1.2.2 公务 VLAN 应仅允许包括但不限于下列各项特定应用通信：
 - c) 船舶管理系统；
 - d) 导航系统；
 - e) 公务邮件。
- 7.1.2.3 开放端口应包括但不限于下列各项：
 - a) 80（HTTP）；
 - b) 443（HTTPS）；

c) 25 (SMTP)。

7.1.2.4 船员个人 VLAN 应通过 802.1X 认证管理,应采用预付费模式,支持无限制个人网络应用(如网页浏览、社交软件)。

注: VLAN的802.1X认证管理是一种结合了基于端口的网络访问控制(802.1X)和虚拟局域网(VLAN)技术的安全机制,核心目标是根据用户的身份和设备状态,动态地将其分配到特定的VLAN中,从而实现精细化的网络访问控制和资源隔离。

7.1.2.5 系统工作在 GX 网络时,应允许所有网络访问功能(含 VoIP);切换至 FB 网络时,应禁止船员个人应用及 VoIP 功能,仅保留公务邮件及必要公务通信,关闭非公务端口。

7.1.3 网页浏览优化与访问控制

7.1.3.1 地面站服务系统应对船上网络访问的网页内容进行自动压缩,压缩率应 $\geq 50\%$,网页加载速度提升应 $\geq 30\%$ 。

7.1.3.2 应支持对音视频内容、弹出广告进行限制,禁止传输单个大小 $> 100\text{ MB}$ 的音视频文件,应对弹出广告的过滤率 $\geq 95\%$,禁止自动加载广告插件。

7.1.3.3 系统应具备网页内容过滤功能,可基于关键词或内容类型限制访问,明确网络访问安全合规。

7.1.4 高频率船位跟踪

7.1.4.1 应实现实时船位跟踪功能,船位数据采集间隔应 $\leq 1\text{ min}$,定位误差应 $\leq 10\text{ m}$ 。

7.1.4.2 应支持历史轨迹查询功能,轨迹数据保存时长应 $\geq 180\text{ d}$,数据记录完整率应 $\geq 99\%$ 。

7.1.4.3 公司端集成展示延迟应 $\leq 30\text{ s}$,应支持远程控制指令响应,响应时间应 $\leq 60\text{ s}$ 。

7.2 硬件要求

7.2.1 核心通信终端

7.2.1.1 Ka 波段 GX 终端

7.2.1.1.1 应支持海事卫星五代星 GX 星座接入,最高下行带宽应 $\geq 50\text{ Mbps}$,最高上行带宽应 $\geq 10\text{ Mbps}$ 。

7.2.1.1.2 应具备信号强度实时监测功能,输出信号强度范围 $-130\text{ dBm} \sim -90\text{ dBm}$ 。

7.2.1.1.3 设备工作温度 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$,防护等级 $\geq \text{IP56}$ 。

7.2.1.2 L 波段 FB 终端

7.2.1.2.1 应兼容现有 L 波段卫星网络,下行带宽应 $\geq 256\text{ kbps}$,上行带宽应 $\geq 64\text{ kbps}$ 。

7.2.1.2.2 应支持连续稳定工作,平均无故障时间(MTBF)应 $\geq 10\,000\text{ h}$ 。

7.2.1.2.3 设备工作温度 $-30\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +60\text{ }^{\circ}\text{C}$,防护等级 $\geq \text{IP54}$ 。

7.2.2 船舶通信网关

7.2.2.1 处理器

应采用工业级多核处理器,主频 $\geq 2\text{ GHz}$,支持并发连接数 $\geq 1\,000$;内置缓存 $\geq 8\text{ GB}$,高负载下应能稳定运行。

7.2.2.2 接口配置

应至少包含 4 个千兆以太网接口、1 个 RS232 串口;应支持接口冗余设计,单个接口故障不应影响系统整体运行。

7.2.2.3 环境适应性

工作温度 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $5\% \sim 95\%$ （无凝结）；应具备抗振动性能，应符合 IEC 60945 中的要求。

7.2.3 卫星天线

7.2.3.1 GX 终端天线

应采用相控阵或机械跟踪天线，口径 $\geq 60\text{ cm}$ ，跟踪精度 $\leq 0.1^{\circ}$ ；应支持自动规避船舶上层建筑遮挡，信号捕获时间应 $\leq 30\text{ s}$ （冷启动）。

7.2.3.2 FB 终端天线

应采用全向或定向天线，增益 $\geq 15\text{ dBi}$ ，驻波比 ≤ 1.5 ；安装位置应确保 360° 无遮挡区域 $\geq 270^{\circ}$ 。

7.2.4 局域网设备

接入交换机应支持至少 24 个千兆以太网端口，应支持 VLAN 划分（802.1Q）和端口隔离功能；交换容量 $\geq 50\text{ Gbps}$ ，转发速率 $\geq 30\text{ Mpps}$ 。

7.3 软件要求

7.3.1 船舶通信网关软件

7.3.1.1 操作系统

应采用嵌入式 Linux 操作系统，内核版本应 ≥ 4.14 ，应支持实时任务调度，系统启动时间应 $\leq 60\text{ s}$ 。

7.3.1.2 切换管理模块

应内置智能切换算法，应支持基于信号强度、链路质量的切换决策；切换逻辑可配置，支持手动/自动切换模式切换，切换日志记录完整率 100%。

7.3.1.3 VLAN 管理软件

应支持基于 802.1Q 协议的 VLAN 划分，应可创建 ≥ 10 个独立 VLAN；应支持 VLAN 间访问控制列表配置，规则生效时间应 $\leq 1\text{ s}$ 。

7.3.1.4 流量管理软件

应支持流量池统一管理，实时统计 GX/FB 网络流量使用量，精度误差应 $\leq 2\%$ ；应支持带宽限速功能，公务 VLAN 最低保障带宽可配置（范围 $1\text{ Mbps} \sim 20\text{ Mbps}$ ）。

7.3.2 船员个人 VLAN 管理软件

7.3.2.1 认证系统

应支持 802.1X 认证协议，兼容 PEAP、EAP-TLS 等认证方式；应支持预付费套餐管理，可配置套餐时长、流量额度，套餐生效/失效响应时间应 $\leq 5\text{ s}$ 。

7.3.2.2 数据安全

应采用 AES-256 加密算法保护船员付费数据及通信记录，防止数据泄露或篡改；应支持操作日志审计，记录所有认证、充值、退费操作，日志保存时长应 ≥ 180 d。

7.3.3 地面站服务软件

7.3.3.1 网页优化软件

7.3.3.1.1 应支持 HTML、CSS 等内容自动压缩，压缩率应 $\geq 50\%$ 。

7.3.3.1.2 应具备广告过滤模块，对弹出广告、悬浮广告过滤率 $\geq 95\%$ 。

7.3.3.1.3 应支持音视频文件大小限制，可配置单个文件传输阈值。

7.3.3.2 船位跟踪软件

7.3.3.2.1 应支持实时接收船端上传的定位数据，定位信息解析延迟应 ≤ 10 s。

7.3.3.2.2 应支持历史轨迹存储与查询，数据存储格式应兼容 CSV、KML，应支持导出功能。

7.4 接口要求

7.4.1 终端与网关接口

7.4.1.1 GX 终端与网关接口

7.4.1.1.1 应采用千兆以太网接口（RJ45），应支持 TCP/IP 协议。

7.4.1.1.2 接口数据传输速率应 $\geq 1\,000$ Mbps，链路层应采用全双工模式，应支持自动协商。

7.4.1.2 FB 终端与网关接口

7.4.1.2.1 应采用 RS485 或以太网接口（可选），应支持 IP over Serial 协议或 TCP/IP 协议。

7.4.1.2.2 接口数据传输速率应 $\geq 115\,200$ bps（RS485）或 ≥ 100 Mbps，误码率应 $\leq 10^{-8}$ 。

7.4.2 网关与局域网接口

7.4.2.1 应采用千兆以太网接口（RJ45），应支持 802.1Q VLAN 标签。

7.4.2.2 接口数量应 ≥ 2 个，应支持端口速率限制。

7.4.3 卫星链路接口

7.4.3.1 GX 终端与卫星链路接口

7.4.3.1.1 应支持 Ka 波段，工作频率 $20\text{ GHz} \sim 30\text{ GHz}$ 、 $10\text{ GHz} \sim 20\text{ GHz}$ 。

7.4.3.1.2 接口阻抗 $50\ \Omega$ ，驻波比 ≤ 1.5 ，链路预算应满足全球覆盖要求。

7.4.3.2 FB 终端与卫星链路接口

7.4.3.2.1 应支持 L 波段，工作频率 $1\text{ GHz} \sim 2\text{ GHz}$ 、 $2\text{ GHz} \sim 3\text{ GHz}$ 。

7.4.3.2.2 接口阻抗 $50\ \Omega$ ，应支持信号强度实时监测，输出监测信号电平 $0\text{ V} \sim 5\text{ V}$ （对应 $-140\text{ dBm} \sim -90\text{ dBm}$ ）。

7.4.4 调试与管理接口

7.4.4.1 应配备 RS232 串口，波特率 $9\,600\text{ bps} \sim 115\,200\text{ bps}$ 可配置，应支持命令行调试。

7.4.4.2 应支持远程 SSH 登录，默认端口 22，应支持密码认证和密钥认证。

7.5 安全性要求

7.5.1 船舶通信网关应内置防火墙功能，支持基于 IP 地址、端口、协议的访问控制规则，恶意流量拦截率 $\geq 99\%$ 。

7.5.2 公务 VLAN 与船员个人 VLAN 之间应实现 100% 隔离，禁止跨 VLAN 数据传输。

7.5.3 系统应记录网络访问日志，包括访问时间、终端 IP、访问内容、流量使用量等，日志保存时长 ≥ 90 d，应支持审计追溯。

8 试验方法

8.1 运行测试

8.1.1 自动切换与流量共享测试

8.1.1.1 切换测试

模拟 GX 终端信号中断（通过屏蔽信号或设置信号阈值），观察系统切换至 FB 终端的时间，重复测试 10 次，记录切换时间及业务连续性，要求切换时间 ≤ 3 s 且无业务中断。

8.1.1.2 流量共享测试

分别在 GX 和 FB 网络下产生 1 GB 流量，验证费用计算是否合并，流量统计误差 $\leq 5\%$ 。

8.1.2 网络访问控制测试

8.1.2.1 VLAN 隔离测试

在公务 VLAN 与船员个人 VLAN 分别接入设备，尝试跨 VLAN 访问，验证是否完全隔离，无数据互通。

8.1.2.2 模式切换测试

手动切换至 FB 网络，检查船员个人应用及 VoIP 功能是否禁用，公务通信是否正常，端口关闭状态是否符合要求。

8.1.3 网页优化与跟踪测试

8.1.3.1 压缩加速测试

选取 10 个典型网页，对比压缩前后的传输大小及加载时间，验证压缩率应 $\geq 50\%$ 、速度提升应 $\geq 30\%$ 。

8.1.3.2 船位跟踪测试

连续 24 h 监控船位数据，记录采集间隔、定位误差及历史轨迹完整性，要求间隔 ≤ 1 min、误差 ≤ 10 m、轨迹完整率 $\geq 99\%$ 。

8.2 硬件检验

8.2.1 核心通信终端检验

8.2.1.1 GX 终端带宽测试

通过专用测试软件向岸端服务器传输 10 GB 数据，记录下行/上行速率，验证最高下行 ≥ 50 Mbps、上行 ≥ 10 Mbps，测试重复 3 次，误差 $\leq 5\%$ 。

8.2.1.2 FB 终端 MTBF 验证

连续运行 3 000 h, 记录故障次数, 计算 $MTBF \geq 10\ 000\ h$ (通过加速寿命试验等效验证)。

8.2.1.3 防护等级测试

GX 终端进行 IP56 等级测试 (喷水试验: 喷嘴直径 12.5 mm, 水压 0.3 MPa, 喷水时间 3 min), 测试后检查设备功能是否正常。

8.2.2 船舶通信网关检验

8.2.2.1 接口冗余测试

人为断开网关 1 个千兆以太网接口, 验证剩余接口是否正常传输数据, 系统无业务中断。

8.2.2.2 环境适应性测试

在 $-10\ ^\circ\text{C} \sim +50\ ^\circ\text{C}$ 温度循环箱中运行网关, 每小时记录一次运行状态, 持续 24 h, 验证无死机、功能异常。

8.2.3 卫星天线检验

8.2.3.1 GX 天线捕获时间测试

冷启动状态下记录天线从通电到信号锁定的时间, 重复测试 5 次, 平均捕获时间 $\leq 30\ s$ 。

8.2.3.2 FB 天线驻波比测试

使用驻波比测试仪连接天线接口, 测试驻波比 ≤ 1.5 , 测试频率覆盖 L 波段工作范围 (1 GHz \sim 3 GHz)。

8.2.4 局域网设备检验

在交换机划分 2 个 VLAN, 分别接入设备并尝试跨 VLAN ping 测试, 验证无数据互通, VLAN 标签识别正确率 100%。

8.3 软件检验

8.3.1 船舶通信网关软件检验

8.3.1.1 切换日志完整性测试

模拟 10 次自动切换, 导出切换日志, 检查是否记录切换时间、原因、前后状态, 完整率 100%。

8.3.1.2 VLAN 规则生效测试

配置新 VLAN 访问规则, 记录规则从配置到生效的时间 $\leq 1\ s$, 验证规则执行准确性。

8.3.1.3 流量统计精度测试

产生 10 GB 已知流量, 对比网关统计值与实际值, 误差 $\leq 2\%$ 。

8.3.2 船员个人 VLAN 管理软件检验

8.3.2.1 认证响应测试

模拟 100 次船员认证请求，记录认证成功响应时间 $\leq 5\text{ s}$ ，认证失败提示信息准确性 100%。

8.3.2.2 数据加密测试

提取船员付费数据存储文件，验证是否采用 AES-256 加密，尝试非授权解密，验证无法破解。

8.3.3 地面站服务软件检验

8.3.3.1 网页压缩率测试

选取 10 个典型网页（含文字、图片），对比压缩前后文件大小，平均压缩率 $\geq 50\%$ 。

8.3.3.2 广告过滤率测试

访问包含 100 条弹出广告的网页，统计被过滤广告数量，过滤率 $\geq 95\%$ 。

8.4 接口检验

8.4.1 终端与网关接口检验

8.4.1.1 GX 终端 - 网关接口速率测试

通过以太网测试仪连接接口，测试传输速率 $\geq 1\,000\text{ Mbps}$ ，持续 1 h 无丢包。

8.4.1.2 FB 终端 - 网关接口误码率测试

通过 RS485 接口传输 100 MB 数据，计算误码率 $\leq 10^{-8}$ ，重复测试 3 次。

8.4.2 网关与局域网接口检验

通过网关向局域网交换机发送带 VLAN 标签的数据包，验证交换机正确识别标签，识别率 100%。

8.4.3 卫星链路接口检验

8.4.3.1 GX 链路预算测试

通过链路预算工具计算 Ka 波段链路衰减，验证在全球覆盖区域内链路余量 $\geq 5\text{ dB}$ 。

8.4.3.2 FB 信号监测测试

模拟信号强度变化，记录监测接口输出电平，线性误差 $\leq 0.1\text{ V}$ 。

8.5 安全性检验

8.5.1 防火墙功能测试

8.5.1.1 模拟 1 000 次恶意流量攻击，通过网关防火墙日志统计拦截数量，恶意流量拦截率应 $\geq 99\%$ 。

8.5.1.2 配置基于端口的访问控制规则，验证规则生效后对应端口是否完全阻断，无数据传输。

8.5.2 VLAN 隔离安全性测试

8.5.2.1 在公务 VLAN 和船员个人 VLAN 分别接入设备，通过网络嗅探工具监测跨 VLAN 数据传输，验证无任何数据包互通，隔离成功率 100%。

8.5.2.2 尝试修改船员个人 VLAN 设备 IP 地址模拟公务 VLAN 地址，验证是否被网关防火墙拦截，拦截响应时间应 $\leq 1\text{ s}$ 。

8.5.3 日志审计完整性测试

8.5.3.1 连续 72 h 记录网络访问日志，包括访问时间、终端 IP、访问内容、流量使用量，导出日志后检查记录完整性，无缺失、篡改，完整率 100%。

8.5.3.2 验证日志保存时长，人为设置日志保存期限为 90 d，模拟 90 d 后检查日志是否留存，过期日志是否自动清理。

8.5.4 数据加密测试

8.5.4.1 对船员预付费管理系统的付费记录、认证信息进行加密强度检测，验证是否采用 AES-256 加密算法，通过暴力破解工具测试无法解密，加密合规性 100%。

8.5.4.2 船位跟踪数据传输过程中，通过抓包工具分析数据是否采用 SSL/TLS 加密，验证传输内容无明文泄露，加密覆盖率 100%。

9 操作与维护

9.1 操作要求

9.1.1 系统启动与初始化

9.1.1.1 系统首次启动前，应通过船舶通信网关管理界面完成基础配置，应包括但不限于下列各项：

- a) GX/FB 终端参数录入；
- b) VLAN 划分规则设置；
- c) 带宽保障策略配置；
- d) 船员认证参数配置。

9.1.1.2 应按下列各项顺序依次启动系统，启动完成后通过网关管理界面明确各设备连接状态，明确无告警信息：

- a) 开启卫星天线电源；
- b) 核心通信终端（GX/FB）电源；
- c) 船舶通信网关电源；
- d) 局域网交换机电源。

9.1.2 日常操作

9.1.2.1 船舶管理人员通过网关管理界面实时监控系统状态，应包括但不限于下列各项：

- a) GX/FB 终端信号强度；
- b) 网络切换状态；
- c) 流量使用量；
- d) VLAN 隔离状态。

9.1.2.2 船员个人网络访问需通过预付费管理系统完成身份认证与套餐购买，认证成功后系统自动授权接入船员个人 VLAN，套餐余量不足时提前 24 h 推送提醒信息。

9.1.2.3 手动切换操作仅在自动切换异常时使用，通过网关管理界面“手动切换”按钮执行 GX/FB 模式切换，切换后需验证公务通信是否正常，记录切换原因及时间。

9.1.3 应急操作

9.1.3.1 当系统持续告警，应立即检查卫星天线是否遮挡、设备电源是否正常，若硬件无异常，通过调试接口登录网关排查配置故障，必要时联系岸端技术支持远程协助。

9.1.3.2 发生网络安全事件，应立即通过网关防火墙临时阻断可疑 IP，导出访问日志并上报船舶管理部门，待事件处置完成后再恢复正常访问。

9.2 维护要求

9.2.1 日常维护

9.2.1.1 每日通过网关管理界面检查设备状态，包括 GX/FB 终端信号强度、温度、接口连接状态，记录异常信息并及时处理。

9.2.1.2 每周清理卫星天线表面灰尘、积雪等遮挡物，检查天线固定支架是否松动，明确天线跟踪精度 $\leq 0.1^\circ$ 。

9.2.1.3 每月导出网络访问日志、流量统计报表、切换日志，进行完整性校验，并归档保存至岸端管理系统，保存期限应 ≥ 1 年。

9.2.2 定期维护

9.2.2.1 每季度进行设备性能检测，包括 GX 终端带宽测试、FB 终端带宽测试、网关切换功能测试、VLAN 隔离测试。

9.2.2.2 每半年进行硬件维护，检查核心通信终端、网关接口松动情况，对交换机端口进行清洁；测试卫星天线驻波比，校准跟踪精度。

9.2.2.3 每年进行软件升级，根据厂商提供的固件版本，通过网关管理界面完成软件升级，升级后需验证核心功能是否正常，记录升级日志。

9.2.3 故障处理

9.2.3.1 应按下列各项建立故障处理流程：

- a) 接收故障告警；
- b) 定位故障点（终端/网关/接口/软件）；
- c) 执行对应修复方案；
- d) 验证功能恢复；
- e) 记录故障处理报告。

9.2.3.2 常见故障处理策略：

- a) GX 信号弱：检查天线遮挡并调整位置，重新校准跟踪精度；
- b) 切换异常：检查网关切换模块配置，重启网关后重新测试；
- c) VLAN 隔离失效：检查 802.1Q 配置规则，重新应用 ACL 策略并验证隔离效果。

附 录 A
(资料性)
船端网络结构说明

应符合图 A.1 中所示。

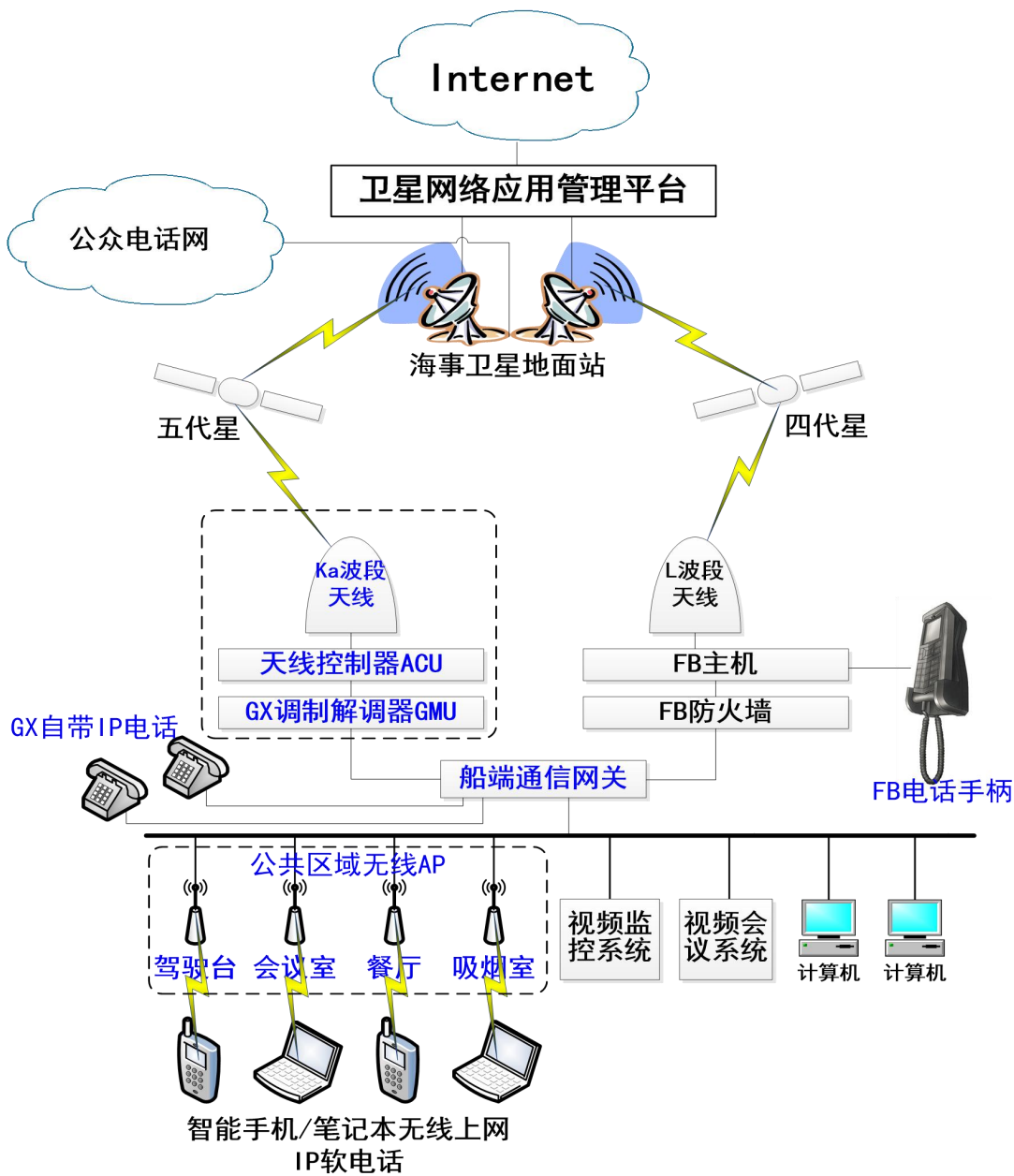


图 A.1 船端网络结构图

附 录 B
(资料性)
船端局域网说明

应符合图 B.1 中所示。

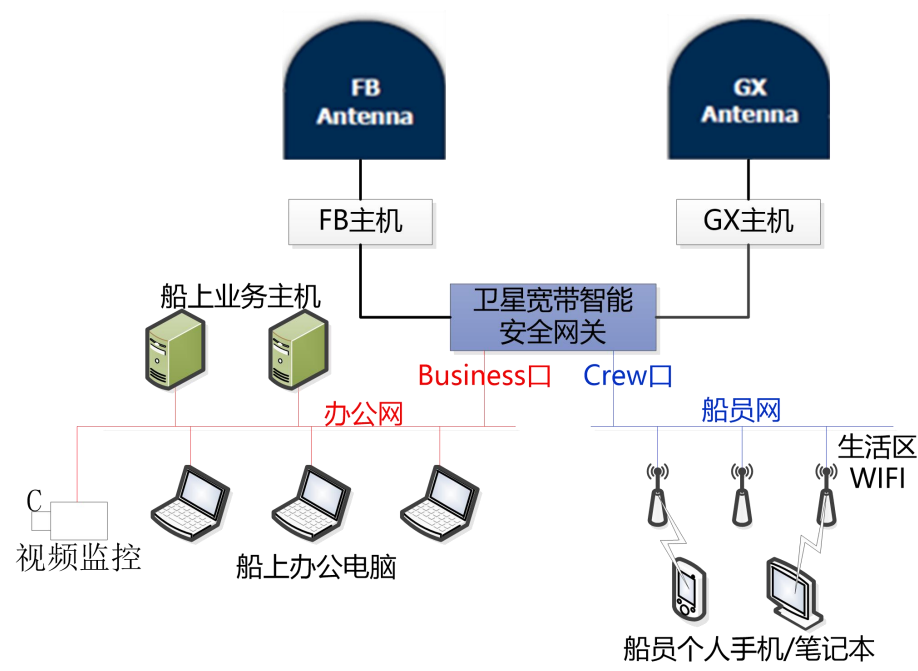


图 B.1 船端局域网拓扑图