

# 团 体 标 准

T/FSTI 0013—2025

## 北斗三号数传终端无人系统应用中间件

Middleware for BDS-3 data transmission terminals in unmanned system applications

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

文稿版次选择

2025 - 11 - 10 发布

2025 - 11 - 10 实施

佛山市南海区九江科技创新协会

发布

## 目 次

目次 .....	I
前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 系统结构与功能模块 .....	1
4.1 系统总体架构 .....	1
4.2 功能模块划分 .....	2
5 通信接口与协议要求 .....	3
5.1 通信接口类型 .....	3
5.2 数据通信协议栈模型 .....	4
5.3 数据帧结构规范 .....	4
5.4 通信协议机制 .....	4
5.5 时间同步与定位数据策略 .....	5
6 数据模型与服务规范 .....	5
6.1 数据建模原则 .....	5
6.2 核心数据结构定义 .....	5
6.3 服务接口分类 .....	6
6.4 数据一致性与缓存机制 .....	7
7 安全机制与运行保障 .....	7
7.1 安全设计原则 .....	7
7.2 通信安全机制 .....	7
7.3 数据完整性与访问审计 .....	8
7.4 系统运行保障 .....	8
7.5 安全更新与生命周期管理 .....	9
8 测试与验证规范 .....	9
8.1 测试分类 .....	9
8.2 功能测试规范 .....	9
8.3 性能与负载测试规范 .....	9
8.4 安全测试规范 .....	10
8.5 稳定性与容错测试 .....	10
8.6 兼容性与部署验证 .....	10
8.7 验证结果与合格判定 .....	10
附录 A（资料性） 典型测试用例 .....	11
附录 B（资料性） 接口消息示例 .....	13
B.1 注册请求示例（JSON） .....	13

B.2 指令下发报文示例 .....	13
B.3 状态上报报文示例 .....	13
参考文献 .....	15

全国团体标准信息平台

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

本文件由广东省科学院广州地理研究所提出。

本文件由佛山市南海区九江科技创新协会提出并归口。

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这些专利的责任。

本文件起草单位：广东省科学院广州地理研究所、广东中科臻恒信息技术有限公司、广州海格通信集团股份有限公司、暨南大学、深圳南一海洋科技有限公司、黄埔海关技术中心、广州工业智能研究院、广州交信投科技股份有限公司、华南理工大学、西安邮电大学、天津大学、中山大学、山东工业职业学院、潍坊学院、天津科畅慧通信息技术有限公司、广州市交通站场建设管理中心有限公司、中科院广州电子技术有限公司、宁波市急救中心、灵境机器人（山东）有限公司、佛山市南海区九江科技创新协会、广东中元创新科技有限公司、广东高速科技投资有限公司、中科智诚（广州）科技有限公司、亚哲科技股份有限公司、广宜（广东）科技服务有限公司、寒荷（佛山）科技有限公司、广州云伴智能科技有限公司、北京中青体科技有限公司、广东中科畅行恒达信息技术有限公司。

本文件主要起草人：杨敬锋、赵玲玲、段琴、彭勃、张南峰、冯东英、张浩、周良明、林立峰、黄泽进、徐飞、冯川、黄钦炎、陈超、叶瑞雯、田震华、董莹、郑少锋、刘培华、阮洁珊、谭雪松、王立、郑艳伟、李玲、李晓军、王伟文、杨志勇、李鑫华、梁兵、李藻、李玉红、牟晓倩、李聪端、刘继海、肖金超、王宏刚、潘若禹、李晓芳、李一霖、黄诗良、李常路、陈阳、肖科、张伟强、关楚仪、程素娥、刘晓松、杨峰、邓国勇、魏忠伟、李明、王文杰、熊俊峰、罗志勇、薛昌政、黄双莲、王娜、姚增辉、牛山、邓一杰、欧阳明、蔡俊坤、刘汪帅、王梓尹、黄艳。

本文件是首次发布。

## 引 言

随着北斗三号卫星导航系统的全面建成与广泛应用，北斗系统在无人系统领域中的应用日益广泛。北斗三号数传终端作为信息感知与定位通信的关键设备，承担着关键的时空数据交互任务。然而，在实际应用过程中，由于无人系统平台差异性大、软件系统结构复杂、通信接口不统一等问题，导致北斗终端与无人系统之间存在对接困难、数据兼容性差、维护成本高等问题，严重制约了北斗系统在无人领域的规模化应用与生态化发展。

为解决上述问题，亟需制定统一的“北斗三号数传终端无人系统应用中间件”技术标准，通过定义中间件的系统架构、数据模型、接口协议、功能模块及服务规范，实现北斗终端能力的抽象封装与统一接入，构建面向无人系统的标准化数据交互机制，提升系统集成效率与稳定性，促进北斗终端在无人系统中的通用部署与规模化复制。

本标准结合北斗三号数传终端的通信特性和无人系统控制需求，提出了一种中间件层的软件框架设计方案，涵盖通信接口定义、数据服务规范、任务调度机制、安全策略及运行管理要求，适用于各类基于北斗定位与短报文通信的无人系统平台。通过本标准的推广应用，可有效提升北斗终端在多源异构无人系统中的接入能力、数据一致性与运维效率，推动北斗系统深度赋能智能无人装备体系。

# 北斗三号数传终端无人系统应用中间件

## 1 范围

本文件规定了“北斗三号数传终端无人系统应用中间件”（以下简称“中间件”）的总体框架、功能模块、数据接口、通信协议、运行机制及应用要求。中间件作为北斗三号数传终端与无人系统之间的桥梁，旨在实现终端能力的抽象封装、服务接口的标准化定义以及多类型无人平台的快速适配。

本文件适用于部署在无人机、无人车、无人船、无人值守平台等各类智能无人系统中的北斗三号数传终端，支持北斗定位信息、短报文通信、差分定位数据、系统状态信息等数据的规范化管理与交互。中间件可运行于嵌入式系统、边缘计算平台或地面站设备中，具备高兼容性、高可靠性及跨平台能力。本文件适用于北斗数传终端与无人系统的软硬件对接，面向任务调度与信息同步的通信中间层开发，多类型无人系统中北斗终端能力的统一封装，跨系统北斗数传数据的集成、转发与上层服务调用，高可靠、高频次、高实时性数据交互场景下的中间件部署等场景的研发、集成与测试工作。

本标准不涉及北斗三号系统本身的物理层通信协议定义，不涵盖终端芯片底层驱动实现细节。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

EIA/TIA-232-F

EIA/TIA-485-A

ISO 11898-1

## 3 术语和定义

无。

## 4 系统结构与功能模块

### 4.1 系统总体架构

本中间件采用模块化设计原则，面向北斗三号数传终端的典型功能需求与无人系统平台的软硬件特性，构建“通信接入层—数据解析层—服务封装层—应用适配层”的四层功能结构模型。系统架构如图1所示。

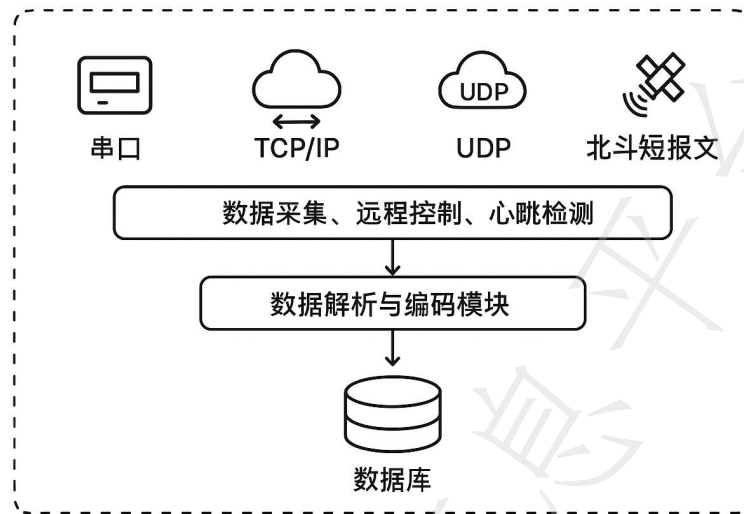


图1 中间件系统架构图

- a) 通信接入层：负责与北斗终端进行串口/网口/无线等方式的数据链路建立与维护。  
 b) 数据解析层：对北斗短报文、定位信息、差分数据等通信内容进行帧结构识别与语义还原。

c) 服务封装层：提供面向上层业务的统一 API 接口与事件服务，支持任务调度、状态上报、远程控制等功能。

d) 应用适配层：与无人系统控制平台进行接口适配和数据桥接，确保信息一致性与时效性。

## 4.2 功能模块划分

### 4.2.1 北斗通信管理模块

负责与北斗三号数传终端的串口、网口、CAN 等物理通道建立通信连接，维持数据链路状态，支持通信异常自动重连与数据缓存。

主要功能包括：

- a) 串口/网络初始化与参数配置；
- b) 链路状态实时监控；
- c) 断链重连机制；
- d) 原始数据转发与接收缓冲。

### 4.2.2 数据解析与编码模块

负责对北斗终端上传的定位信息、短报文、设备状态等数据进行协议解析，并将无人系统下发的任务指令打包为北斗终端可识别的数据格式。

主要功能包括：

- a) 北斗短报文数据帧结构解析；
- b) BDS/GNS 定位数据解码与校验；
- c) 差分信息的提取与入库；
- d) 指令下发内容的编码转换。

解析后的差分数据经缓存队列检查后入库，若出现数据缺失或 CRC 错误，则记录异常日志并执行重传请求流程。

### 4.2.3 服务管理模块

提供标准化的数据服务与事件驱动机制，供上层业务程序调用。支持多线程并发处理、任务调度、状态上报、故障告警等能力。

主要功能包括：

- a) 接口 API 服务；
- b) 任务调度策略；
- c) 系统运行状态管理；
- d) 数据缓存与历史记录维护。

### 4.2.4 应用适配模块

实现与各类无人平台中控系统的接口适配，包括 ROS 节点、MAVLink 桥接、CAN 数据映射等，支持灵活接入与平台无关性。

主要功能包括：

- a) ROS 消息接口发布与订阅；
- b) MAVLink 协议桥接；
- c) 自定义控制指令解析与映射；
- d) 第三方协议接口兼容。

### 4.2.5 安全与认证模块

提供链路加密、身份认证、访问控制等基础安全机制，确保北斗终端数据在无人系统中的传输与使用安全。

主要功能包括：

- a) 数据签名与校验；
- b) 接入权限管理；
- c) 日志记录与审计追踪；
- d) 故障恢复机制支持。
- e) 所有数据采用 SHA-256 或国家认证商用加密算法生成签名，确保数据完整性与防篡改。

## 5 通信接口与协议要求

### 5.1 通信接口类型

中间件需支持多种通信接口类型，以适配不同型号的北斗三号数传终端与无人系统控制平台。接口类型如下：

表 1 接口类型及定义

序号	接口类型	描述	典型应用
1	UART（串口）	支持 RS-232/RS-485 协议，波特率可配置	适用于嵌入式控制器、低速链路
2	Ethernet（以太网）	支持 TCP/UDP 协议，具备 IP 配置能力	适用于无人车/无人船等大带宽平台
3	CAN 总线	支持 CAN 2.0B 标准，可配置帧 ID 和波特率	适用于工业级无人平台与控制系统
4	USB 虚拟串口	支持 CDC 类设备识别	用于调试或便携式终端连接

## 5.2 数据通信协议栈模型

中间件通信协议采用简化分层模型，逻辑结构如下：

表 2 数据通信协议栈分层

序号	层级	功能描述
1	应用层	面向上层任务的指令封装、状态报告、事件触发
2	传输层	TCP/UDP 通信管理，超时重传与消息确认
3	会话层	会话维护、连接保活、断链恢复
4	数据链路层	数据帧结构定义、起始标识、校验、重组
5	物理层	串口/网口/CAN 接口硬件通信支持

## 5.3 数据帧结构规范

### 5.3.1 上行数据帧（终端→中间件）

帧头	帧类型	数据长度	负载数据	校验码	帧尾
0x7E	1 Byte	2 Byte	N Byte	2 Byte	0x7F

- a) 帧头：固定字节 0x7E，表示数据帧开始；
- b) 帧类型：定义数据类别，如定位、短报文、状态信息等；
- c) 数据长度：表示负载数据区长度；
- d) 负载数据：根据帧类型变化；
- e) 校验码：采用 CRC-16/MODBUS 算法进行校验。
- f) 帧尾：固定字节 0x7F，表示帧结束。

### 5.3.2 下行指令帧（中间件→终端）

帧头	指令编号	数据长度	指令参数	校验码	帧尾
0x7E	2 Byte	2 Byte	N Byte	2 Byte	0x7F

- a) 指令编号：预定义操作编号；
- b) 指令参数：指令执行所需参数，格式可扩展。
- c) 其他字段同上行数据帧。

## 5.4 通信协议机制

### 5.4.1 报文确认机制

- a) 所有下行指令需在接收后 5 秒内返回确认帧；
- b) 若终端未响应，中间件可重发不超过 3 次；
- c) 连续丢包将触发通信故障告警机制。

### 5.4.2 心跳与保活机制

- a) 默认每 30 秒发一次“心跳检测”指令；

- b) 终端响应“在线状态”确认帧；
  - c) 超过 3 次未响应视为掉线，自动重连。
- 终端默认心跳发送频率为 10 秒/次，如连续三次心跳未收到响应，则判定终端掉线并触发告警机制。

### 5.4.3 异常与错误处理

- a) 支持异常帧识别、帧校验失败记录；
- b) 返回错误码对应状态；
- c) 所有通信异常可通过 API 事件通知上层应用。

### 5.5 时间同步与定位数据策略

- a) 所有定位数据应携带 UTC 时间戳；
- b) 中间件自动校时并对终端进行定期时间同步；
- c) 终端支持 1Hz、5Hz、10Hz 可调上报频率，根据应用场景动态配置。。

## 6 数据模型与服务规范

### 6.1 数据建模原则

本中间件采用结构化、标准化、可扩展的数据建模方法，所有数据模型遵循以下设计原则：

- a) 统一性：所有数据采用统一的字段命名、类型标识与单位规范；
- b) 兼容性：支持与北斗终端协议结构对应，同时可对接 ROS、MAVLink 等主流无人系统协议；
- c) 可扩展性：采用面向对象的数据抽象方式，便于未来扩展新业务类型；
- d) 时效性：所有数据均带有标准时间戳字段，支持毫秒级同步。

### 6.2 核心数据结构定义

#### 6.2.1 终端定位数据模型

表 3 终端定位数据定义

序号	字段名	类型	单位	描述
1	timestamp	uint64	ms	UTC 时间戳
2	latitude	double	°	WGS-84 纬度
3	longitude	double	°	WGS-84 经度
4	altitude	float	m	高度（可选，默认海拔）
5	speed	float	m/s	速度
6	heading	float	°	航向角
7	satellite_count	uint8	个	可用卫星数量
8	fix_status	uint8	-	定位状态（0=无效，1=2D，2=3D）

#### 6.2.2 北斗短报文模型

表 4 北斗短报文数据定义

序号	字段名	类型	描述
1	timestamp	uint64	UTC 时间戳
2	direction	enum	上行 (uplink) / 下行 (downlink)
3	msg_id	uint16	消息编号 (指令或会话 ID)
4	payload	bytes	原始报文内容 (Base64 编码)
5	length	uint16	数据长度 (字节)
6	encoding	string	编码方式 (如 UTF-8、HEX 等)

### 6.2.3 终端状态模型

表 5 终端状态数据定义

序号	字段名	类型	描述
1	timestamp	uint64	UTC 时间戳
2	power_level	float	电量百分比 (0.0 - 100.0%)
3	signal_level	int8	信号强度 (-128-127)
4	cpu_temp	float	CPU 温度 (摄氏度)
5	errors	array	当前错误码列表 (可为空)
6	mode	string	当前工作模式 (如 “定位+通信”)

## 6.3 服务接口分类

### 6.3.1 数据订阅服务

- a) 位置推送服务 (/position\_stream): 周期性发布终端实时定位信息;
  - b) 短报文监听服务 (/short\_message\_inbox): 监听下行报文到达事件;
  - c) 状态监控服务 (/terminal\_status): 周期性报告终端运行状态。
- 服务采用发布-订阅模式, 可通过 REST/WebSocket/ROS 等机制调用。

### 6.3.2 控制指令服务

- a) 发送短报文 (/send\_message): 发送数据至指定目标终端;
- b) 远程控制指令 (/execute\_command): 下发如重启、切换模式、采样频率调整等控制命令;
- c) 时间同步请求 (/sync\_time): 触发终端时间同步;

所有控制服务需返回标准响应结构:

```
{
  "command_id": "CMD123456",
  "status": "success",
  "result": {
    "action": "start_engine",
    "message": "Engine started successfully"
  }
}
```

```

    },
    "timestamp": "YYYY-MM-DD HH:MM:SS"
}

```

表 6 控制指令响应中的 UTC 时间戳字段说明

序号	字段名	类型	必填	说明
1	command_id	string	是	控制指令的唯一标识符
2	status	string	是	指令执行状态，可选值：success/failure
3	result	object	是	指令执行结果，包含具体动作和提示信息
4	timestamp	string	是	UTC 时间戳，格式 YYYY-MM-DD HH:MM:SS，所有响应必须携带

### 6.3.3 任务服务接口

- a) 调度任务配置 (/task\_config): 配置定时/事件触发类的消息调度任务;
- b) 路径上传服务 (/route\_upload): 上传预设航点数据用于终端轨迹参考;
- c) 地理围栏配置 (/geo\_fence\_set): 设定虚拟围栏报警范围。

### 6.4 数据一致性与缓存机制

- a) 系统缓存数据保留 10 分钟，采用终端 ID 索引管理，过期数据自动清理以保证数据一致性和内存优化;
- b) 所有数据按“终端 ID+时间戳”索引，防止重复;
- c) 支持 REST API 对历史数据进行分页查询与下载。

## 7 安全机制与运行保障

### 7.1 安全设计原则

中间件在设计及部署过程中，需严格遵循“最小权限、最小暴露、可审计、可恢复”的安全原则，以保障系统数据、通信链路和终端控制操作的安全性与稳定性。

### 7.2 通信安全机制

#### 7.2.1 加密传输

- a) 所有中间件对外通信应采用 TLS 1.2 及以上协议进行加密;
- b) 终端与中间件之间的数据链路（包括短报文数据、控制指令等）应使用端到端加密;
- c) 对于北斗链路短报文，所有北斗短报文采用 SM4 或国家认证的商用加密算法进行加密传输，以保障通信安全。

#### 7.2.2 身份认证

所有接入系统的客户端（如上位机、调度平台等）应实施身份认证机制，支持：

- a) 基于 API 密钥的访问控制;
- b) OAuth2.0 或 JWT 认证;

c) 基于 X.509 证书的双向认证（推荐用于高安全级别场景）。

### 7.2.3 权限管理

- a) 中间件应支持用户角色定义与权限分级管理（如管理员、调度员、只读用户）；
- b) 控制指令类服务接口应验证调用方权限，防止未授权操作；
- c) 对于批量操作任务，需实施二次确认机制。

## 7.3 数据完整性与访问审计

### 7.3.1 数据完整性校验

- a) 所有上传与下发的数据应附带 CRC32 或 SHA-256 校验值；
- b) 中间件应对数据包完整性进行自动校验，发现异常应中断处理并记录日志；
- c) 对存储的数据，建议定期执行哈希一致性扫描，防止数据篡改。

### 7.3.2 审计机制

中间件应对以下关键操作进行完整审计：

- a) 用户登录/登出；
- b) 指令下发与响应；
- c) 配置变更；
- d) 系统故障与恢复操作；
- e) 系统审计日志最少保留 180 天，可通过 API 导出至外部 SIEM 系统进行统一分析和存档。

## 7.4 系统运行保障

### 7.4.1 高可用部署

应支持部署于高可用架构中：

- a) 主备自动切换；
- b) 分布式服务发现与注册机制；
- c) 基于 Kubernetes 的弹性伸缩与容灾；
- d) 中间件应内建健康检查接口，便于容器化或平台级调度监控。

### 7.4.2 容错与自恢复机制

对终端数据丢失或通信中断，应支持以下容错策略：

- a) 缓存重发；
- b) 自动重连（指数退避）；
- c) 失败队列与告警通知；
- d) 中间件核心模块应具备崩溃自恢复能力，支持 Watchdog 监控。
- e) 系统通过 Watchdog 定期监控进程状态，若发现异常停止，将自动执行进程重启及日志记录策略，确保服务连续性。

### 7.4.3 日志与监控

支持采集以下运行日志与指标数据：

- a) CPU、内存、IO、通信延迟；
- b) 数据传输量与错误率；

- c) 接口调用次数与异常频率。  
宜集成 Prometheus、Grafana 等可视化监控工具。

## 7.5 安全更新与生命周期管理

中间件应支持版本控制与热更新机制；  
发布新版本前应完成如下步骤：

- a) 静态代码安全扫描；
- b) 安全测试；
- c) 回滚机制准备。

宜每季度进行一次系统安全评估，并对外发布安全补丁列表。

## 8 测试与验证规范

本章规定了北斗三号数传终端中间件在无人系统应用中必须满足的测试类型、测试内容、验证方法和通过标准，以确保其在实际部署环境中的功能性、兼容性、安全性和稳定性。

### 8.1 测试分类

中间件测试应包括但不限于以下类别：

表 7 中间件测试类别及内容

序号	测试类型	测试目标	测试方式
1	功能测试	验证中间件功能是否符合设计规范	单元测试、接口测试
2	性能测试	评估中间件处理能力与响应能力	压力测试、负载测试
3	兼容性测试	确保与不同平台/终端的互操作性	多环境部署测试
4	安全测试	验证数据保护、认证机制与抗攻击能力	渗透测试、安全扫描
5	稳定性测试	检查长时间运行后的稳定与资源管理	连续运行测试
6	容错测试	验证系统对异常输入或故障的应对能力	故障模拟、断网测试

### 8.2 功能测试规范

#### 8.2.1 接口功能测试

- a) 测试所有 API 接口是否能够正确响应并返回预期数据；
- b) 包括指令下发接口、数据接收接口、状态查询接口、配置管理接口等；
- c) 检查异常输入（如参数缺失、数据格式错误）下的容错处理。

#### 8.2.2 协议一致性验证

- a) 验证中间件通信协议是否严格符合本标准第 5 章的定义；
- b) 包括消息头格式、序列控制、指令编号与响应规则等。

### 8.3 性能与负载测试规范

#### 8.3.1 吞吐量测试

- a) 模拟多个终端并发上传数据，测试系统最大吞吐量；
- b) 校验在高并发下系统响应延迟是否可接受。

### 8.3.2 指令响应延迟测试

- a) 测量控制指令从中间件下发到终端确认的平均延迟；
- b) 指令延迟测试在 100、500、1000 台终端并发条件下进行，记录平均响应延迟和最大延迟。

## 8.4 安全测试规范

### 8.4.1 身份认证测试

- a) 测试认证流程是否可防止伪造身份、重放攻击；
- b) 测试 Token 失效与权限回收机制。

### 8.4.2 加密机制验证

- a) 检查通信链路是否启用强加密；
- b) 使用工具验证敏感数据未明文传输。

### 8.4.3 渗透测试

使用自动化与手工工具模拟攻击者行为，包括：

- a) SQL 注入；
- b) 接口扫描与爆破；
- c) 模拟拒绝服务攻击（DoS）场景，对系统处理能力和服务稳定性进行评估。

## 8.5 稳定性与容错测试

### 8.5.1 长时间运行测试

- a) 连续运行 7 天以上，记录内存使用率、异常频次、处理队列堆积等指标；
- b) 检查日志是否产生异常增长或资源泄漏。

### 8.5.2 异常模拟测试

- a) 模拟以下故障情境：
- b) 通信链路中断与恢复；
- c) 终端断电与重连；
- d) 数据包丢失或重复。

## 8.6 兼容性与部署验证

- a) 在不同操作系统下部署测试；
- b) 验证对主流数据库的支持；
- c) 验证与典型无人系统平台间的消息交互兼容性。

## 8.7 验证结果与合格判定

- a) 所有测试应形成完整报告，包含测试项、测试方法、测试环境、结果数据与问题记录；
- b) 每项功能/模块通过率不低于 95%；
- c) 安全测试不得出现高危漏洞或认证绕过行为；

- e) 性能指标应达到系统设计说明书中所列的最低标准；
- f) 所有重大缺陷修复后须重新验证。
- g) 发现高危漏洞时，立即修复并进行复测，确认漏洞消除后方可通过验收。

附录 A  
(资料性)  
典型测试用例

表 A.1 接口功能测试用例

序号	测试用例编号	测试项	输入参数	预期输出	判定标准
1	TC-API-001	终端注册接口测试	正确终端 ID、认证令牌	注册成功响应，返回会话 Token	响应码 200
2	TC-API-002	注册失败测试	空终端 ID	注册失败响应，错误码 E1001	响应码 400
3	TC-API-003	下发指令接口测试	合法终端 ID，指令编号 CMD_01	成功响应指令接收	响应码 200，指令 ID 一致
4	TC-API-004	状态上报接口测试	模拟终端周期性上报位置信息	服务端成功接收并存储	响应码 200，数据库有记录

表 A. 2 性能测试用例

序号	测试用例编号	测试项	测试场景描述	预期结果	判定标准
1	TC-PERF-001	并发接入能力测试	同时 100 台终端上线注册	系统响应时间<2s，CPU 占用<70%	达标为通过
2	TC-PERF-002	指令响应时延测试	服务端同时向 50 台终端发送指令	响应延迟<500ms	达标为通过
3	TC-PERF-003	数据接收带宽测试	每台终端每 10 秒发送 1 条位置数据	不中断，全部接收	数据丢包率<1%
4	测试用例编号	测试项	测试场景描述	预期结果	判定标准

表 A. 3 性能测试用例

序号	测试用例编号	测试项	攻击手法	预期防护效果	判定标准
1	TC-SEC-001	接口鉴权绕过测试	修改接口 URL 跳过 Token 校验	拒绝请求，提示无权限	响应码 401
2	TC-SEC-002	敏感信息泄露测试	抓包观察终端通信数据	所有敏感字段加密，无法读取原文	无明显文字段
3	TC-SEC-003	重放攻击测试	重发注册包试图伪造合法会话	系统识别并拒绝该重复包	无效请求响应

附录 B  
(资料性)  
接口消息示例

### B.1 注册请求示例 (JSON)

POST /api/terminal/register HTTP/1.1  
Content-Type: application/json

```
{  
  "terminal_id": "BDT-UAV-00123",  
  "auth_token": "Xyz123456Abc==",  
  "device_type": "UAV",  
  "firmware_version": "v2.1.0"  
}
```

响应示例:

```
{  
  "code": 200,  
  "message": "Register success",  
  "session_token": "abcd-efgh-ijkl-mnop"  
}
```

### B.2 指令下发报文示例

POST /api/command/send HTTP/1.1  
Content-Type: application/json

```
{  
  "session_token": "abcd-efgh-ijkl-mnop",  
  "terminal_id": "BDT-UGV-00258",  
  "cmd_id": "CMD_06",  
  "payload": {  
    "task": "RTB",  
    "coordinates": [114.321, 22.567]  
  }  
}
```

响应示例:

```
{  
  "code": 200,  
  "message": "Command accepted",  
  "cmd_seq": "SEQ987654"  
}
```

### B.3 状态上报报文示例

POST /api/status/upload HTTP/1.1

Content-Type: application/json

```
{
  "terminal_id": "BDT-UGV-00258",
  "timestamp": "2025-04-07T09:30:00Z",
  "status": {
    "location": {
      "lat": 22.567,
      "lon": 114.321
    },
    "battery": 84,
    "temperature": 36.5,
    "network_status": "normal"
  }
}
```

参 考 文 献

- [1] 《北斗卫星导航系统技术规范》
- 

全国团体标准信息平台