

ICS

CCS

团体标准

T/GITIF XXX—2024

低空智联网导航定位总体要求

General Requirements for Low-altitude Intelligent Network Navigation and Positioning

(征求意见稿)

2024-X-X 发布

2024-X-X 实施

广东省电子信息联合会 发布

目 录

前言	0
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 架构及总体要求	3
5.1 架构组成	3
5.2 业务逻辑架构	4
5.3 总体要求	5
6 终端设备技术要求	6
6.1 无人驾驶航空器技术要求	6
6.2 气象设备技术要求	7
6.3 ADS-B 技术要求	8
6.4 Remote ID 技术要求	9
7 导航定位技术要求	9
7.1 多源导航时空基准统一	9
7.2 卫星导航	9
7.3 短报文通信	10
7.4 惯性导航	10
7.5 视觉导航	11
7.6 基站融合定位和感知定位	12
8 网络技术要求	12
8.1 数据传输能力	12
8.2 QoS 保障能力	13
8.3 高精时钟同步能力	13
9 无人驾驶航空器限制应用的场景	13
10 安全	13

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。

本文件由中国移动通信集团广东有限公司提出。

本文件由广东省电子信息联合会归口。

本文件起草单位：中国移动通信集团广东有限公司、中国移动研究院、中移湾区（广东）创新研究院、格物感知（深圳）科技有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、中国铁塔股份有限公司广东省分公司、广州天海翔航空科技有限公司、威凯（深圳）检测技术有限公司、广州奥松电子有限公司、中国民航大学、广州民航职业技术学院、中电科普天科技股份有限公司、广州市建设投资发展有限公司、中国联合网络通信有限公司广东省分公司

本文件主要起草人：安东明、陈耀文、王昕怡、陈侨、陈旭丹、汪威、李哲、钟伟伟、叶扬韬、刘民生、陈新准、缪宗兵、孙禾、陈海涛、杜翠凤、周斌、刘杨、薛冬娇、王凯曦、高凯歌、何炽明、王新宇、彭业顺、张召悦、马鹏飞、褚兆文、刘吉宁、亢抗。

1 范围

本文件规定了低空智联网体系下网联无人驾驶航空器的导航定位的框架要求,适用于具备垂直起降能力的低空无人驾驶航空器。

2 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。

GB 4793.1-2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分:通用要求
GB/T 33694-2017 自动气候站观测规范
GB/T 35223-2017 地面气象观测规范 气象能见度
GB/T 37467-2019 气象仪器术语
GB/T 38997-2020 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求
GB/T 39267-2020 北斗卫星导航术语
GB/T 39399-2020 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范
GB 42590-2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求
GB/T 44066-2024 自动气象站
GJB 585A-1998 惯性技术术语
GJB 1185A-2005 机载惯性导航系统通用规范
HB 8760-2023 民用轻小型多旋翼无人机系统视觉惯性里程计通用要求
YD/T 3936-2021 基于移动通信网的高精度定位总体技术要求
YD/T 3973-2021 5G 网络切片 端到端总体技术要求
YD/T 4734-2024 5G 移动通信网定位系统 总体技术要求(第一阶段)
BD 420007—2015 北斗用户终端 RDSS 单元性能要求及测试方法
BD 440085—2022 机载北斗定位追踪设备最低性能要求和测试方法
RTCA DO-260B 1090 MHz扩展电文ADS-B和TIS-B最低运行性能标准
(Minimum Operational Performance Standards for
1090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent
Surveillance-Broadcast (ADS-B) and Traffic
Information Services-Broadcast (TIS-B))

3 术语和定义

下列术语和定义、缩略语适用于本文件。

3.1

对准 alignment

确定终端IMU各轴与终端采用的导航坐标系之间关系的过程。

3.2

姿态 attitude

物体轴系相对某参考系所确定的状态。通常包括首向、横摇（横滚、滚动）和纵摇（俯仰）。

[来源:GJB 585A-1998, 3.1.6.1]

3.3

惯性导航 inertial navigation

利用惯性敏感器建立的方向基准和测定的运载体加速度而实现自动推算瞬时速度和位置的自主式导航。

[来源:GJB 585A-1998, 3.1.1.5]

3.4

视觉导航 vision-based navigation, VBN

利用摄像头或其他视觉传感器采集环境信息，通过计算机视觉技术实现导航。

3.5

光流 optical flow

通过分析图像序列中像素模式的运动，估计场景中物体的运动信息。

3.6

特征跟踪 feature tracking

在连续的图像帧中跟踪特定特征点的运动，用于估计无人机的运动状态。

3.7

路径规划 path planning

根据无人机的位置信息和环境地图，规划出从起点到目标点的最佳路径。

3.8

障碍物检测与避障 obstacle detection and avoidance

通过视觉传感器检测并避开飞行路径上的障碍物。

3.9

视觉里程计 visual odometry

使用摄像头图像序列来估计无人机的运动。

3.10

立体视觉 stereo vision

利用两个或多个摄像头模拟人的双眼视觉，获取场景的深度信息。

3.11

视觉传感器 vision sensor

用于采集环境图像信息的传感器，如单目相机、立体相机、RGB-D相机和鱼眼相机。

3.12

视觉定位系统 visual positioning system

利用视觉信息进行无人机的定位。

3.13

视觉目标跟踪 visual target tracking

通过视觉传感器跟踪特定目标的位置。

3.14

数据采集器 data logger

具有采集、处理、存储和传输气象数据功能的装置。

[来源:GB/T 35237-2017, 3.1, 有修改]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AoA	到达角度	Angle of Arrival
BDS	北斗卫星导航系统	BeiDou navigation satellite system
BDT	北斗时	BDS Time
CGCS2000	2000 中国大地坐标系统	China geodetic coordinate System 2000
GNSS	全球卫星导航系统	Global navigation satellite system
HDOP	水平精度因子	Horizontal Dilution Of Precision
IMU	惯性测量单元	Inertial Measurement Unit
INS	惯性导航系统	Inertial Navigation System
PDOP	位置精度因子	Positional Dilution Of Precision
QoS	服务质量	Quality of Service
RDSS	卫星无线电定位系统	Radio Determination Satellite System
RNSS	卫星无线电导航业务	Radio Navigation Satellite Service
RMS	均方根误差	Root mean square error
RTK	实时动态	Real-time Kinematic
RTT	往返时间	Round Trip Time
SLAM	即时定位与地图构建	Simultaneous Localization and Mapping
UTDOA	上行到达时间差	Uplink Time Difference of Arrival

5 架构及总体要求

5.1 架构组成

低空智联网导航定位系统架构见图1，由无人驾驶航空器及探测设备、接入网、通信枢纽、数据处理单元、低空飞行综合管理平台及无人机飞行服务平台组成。

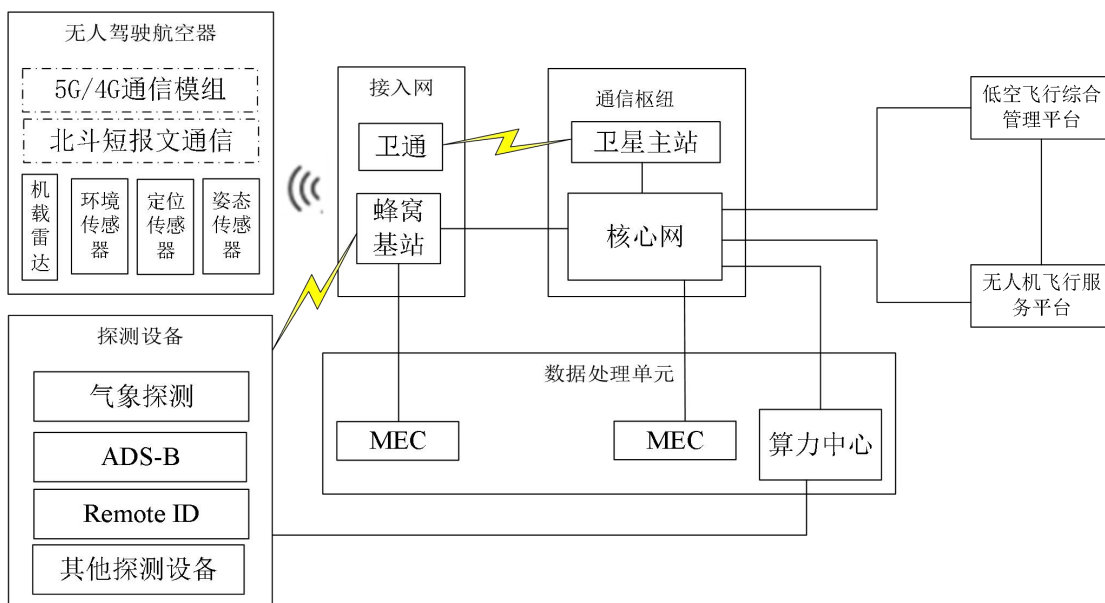


图 1 系统架构图

- 1) 无人驾驶航空器应具备北斗导航通信及 5G/4G 通信模组，实现与低空智能网定位信息及飞控信令的交互。
- 2) 探测设备可通过 5G 或 4G 通信模块与接入网连接，或者通过传输网络与数据处理单元相连接，以实现数据的实时传输。
- 3) 接入网应具备全域接入能力，保障数据的实时汇聚，保障定位导航信息的高质量传输。
- 4) 通信枢纽由蜂窝通信核心网和卫星主站组成，卫星主站负责处理卫通的数据，将其传输到核心网，核心网汇聚蜂窝基站和卫通组成的接入网的全域网络数据，进行数据分发和业务管理。
- 5) 数据处理单元由算力中心和边缘计算节点组成，负责全域原始数据的融合分析、实时解算，将结果上报低空飞行综合管理平台或无人机飞行服务平台，应具备大数据分析、AI、算力智能调度、云边协同、安全处理等能力。
- 6) 低空飞行综合管理平台由各级政府或政府授权单位建设，无人机飞行服务平台由企业建设运营。负责无人机飞行状态监控、无人机安全风险分析及安全管理，提供飞行情报服务和导航服务，应具备数据可视化、业务解算、业务决策、业务调度能力。
- 7) 无人机飞行服务平台应实时将无人飞行器定位数据上报低空飞行综合管理平台。

5.2 业务逻辑架构

低空智能网导航定位系统业务逻辑架构见图2；业务逻辑架构由基础设施层、数据层、业务层、应用层及安全保障体系组成。



图2 逻辑架构图

- 1) 基础设施层：负责数据采集与传输，支持多源数据的采集。
- 2) 数据层及数据处理：负责多源数据的分类与整合以及同类数据的融合处理。
- 3) 业务层：根据业务逻辑及规则执行计算，为应用层决策提供支持，应具备融合定位、黑飞判断、安全分析、航迹规划、时空数据分析、环境分析等能力。
- 4) 应用层：负责数据展示、交互与指令执行，应支持调度、远程控制、安全管理、导航、监视、电子围栏、告警处理等。
- 5) 安全保障体系：应集成数据安全、通信安全体系；应支持飞控链路冗余、实时飞行监控；应具备无人飞行器在弱信号及通信链路中断时的安全保障体系。
- 6) 运维管理体系：应确保服务的稳定性、安全性和高效性。

5.3 总体要求

低空物联网导航定位系统总体技术要求：

- 1) 多源定位数据融合：系统应整合多种定位技术，并对不同来源的定位数据进行融合处理，以提高定位的准确性和可靠性。多源传感器数据融合应基于国家标准时空基准体系。
- 2) 多层次定位体系：应支持主动上报和被动感知机制，构建多层次的定位体系，实现无人驾驶航空器的导航和监控。
- 3) 飞控链路冗余：无人驾驶航空器的飞行控制链路应具备冗余能力，以防止单点故障。
- 4) 机载传感器定位系统自主性：在通信链路中断的情况下，机载传感器定位系统应能够独立执行避障、自主导航和安全迫降任务。
- 5) 数据续传能力：通信链路中断后，系统应支持在链路恢复时继续传输数据及断链期间的数据上传，确保定位信息的连续性和可靠性。
- 6) 断链后处理：系统应支持识别失去链路的无人驾驶航空器，并进行轨迹追踪。
- 7) 综合情报服务：应提供包括气象信息、高密度区域警示、时空资源、碰撞风险评

估和电子围栏监控在内的综合情报服务。

6 终端设备技术要求

6.1 无人驾驶航空器技术要求

6.1.1 通用性能要求

无人驾驶航空器应具备气压计、GNSS模块、INS模块、磁罗盘等功能，实现导航定位功能，以及对地面测距能力，距地5m以内时，测距精度 $<0.5\text{m}$ ；低空无人驾驶航空器宜支持毫米波雷达、RTK定位、视觉感知等功能，实现更高精度的定位能力以及避障能力。

6.1.2 通信性能

无人驾驶航空器应具备4G/5G等通信模块，实现与基站等地面设施的通信功能。

通信系统若含有微功率短距离无线电组件，应符合《中国人民工业和信息化部公告2019年第52号》的要求。若含有无线电组件，组件应获得无线电型号核准许可。

民用无人驾驶航空器应满足《民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法》，针对1430-1444MHz、2400-2476MHz、5725-5829MHz频段民用无人驾驶航空器通信系统无线电发射设备技术要求，具体如下：

类别	频率	调制方式	发射功率	占用带宽
民用无人驾驶航空器	1430-1444MHz(用于其他单位和个人民用无人驾驶航空器通信系统)	自定义	发射机功率等级： 一级： $\leq 42\text{dBm}$ 二级： $\leq 35\text{dBm}$ 三级： $\leq 23\text{dBm}$	$\leq 2\text{MHz}$
	2400-2476MHz(非微型微功率设备)	自定义	$\leq 20\text{dBm(e.i.r.p)}$	自定义
	5725-5829MHz(非微型微功率设备)	自定义	$\leq 30\text{dBm(e.i.r.p)}$	自定义

6.1.3 毫米波雷达性能要求

无人驾驶航空器宜支持毫米波雷达等识别功能，实现对于障碍物的识别功能。

对于支持61GHz-61.5GHz的毫米波雷达系统，应满足如下指标：

频率范围	限值
频率范围	61GHz-61.5GHz
频率容限	5000×10^{-6}
杂散发射功率	-30dBm
峰值功率	20dBm

对于支持24GHz-24.25GHz的毫米波雷达系统，应满足如下指标：

频率范围	限值	测量带宽	检波方式
30MHz- 1GHz	-36dBm	100kHz	RMS
1GHz - 40GHz	-30dBm	1MHz	RMS
40GHz - 2次谐波频率	-20dBm	1MHz	RMS

6.1.4 视觉感知基本图像质量性能要求

无人驾驶航空器应支持视觉感知功能，实现对于障碍物的视觉识别物的功能，视觉识别摄像头应满足如下基本性能要求：

- 1、帧率
帧率应 ≥ 25 帧/s
- 2、有效像素
有效像素数应至少符合1920*1080，图像信号正常，不得出现信号丢失的现象。
- 3、SNR
SD产品的SNR应不小于34.7dB;HD产品的SNR应不小于30dB。
- 4、动态范围
SD产品的动态范围应不小于60dB;HD产品的动态范围应不小于85dB。

6.1.5 卫星导航定位性能要求

无人驾驶航空器应具备卫星导航模块，支持多系统单点定位、差分定位以及姿态测量等功能，其技术指标见7.2中的指标要求：

6.1.6 短报文通信终端要求

无人驾驶航空器应配备短报文通信设备，支持短报文通信功能，作为低空智联网通信系统中的一项重要灾备通信补充，其功能与性能指标见7.3中的指标要求。

6.1.7 惯性导航终端要求

无人驾驶航空器应配备惯性导航终端设备，以保障无人机在卫星信号失锁、干扰状态下仍能实现短期的高精度导航、定位以及姿态测量，其功能与性能指标见7.4中的指标要求。

6.2 气象设备技术要求

6.2.1 气象终端功能要求

低空微气象终端应配置大气电场、闪电定位、云观测、风速、风向等传感器，针对风切变、冰雹、龙卷风、云蔽山等短时频发极端天气环境，具备气象精细化高密度预报预警功能，保障低空气象数据及时共享与传递，具备辅助低空智联网航线决策与规划功能。

6.2.2 气象终端测量性能要求

气象终端所配置关键气象要素的测量性能应从表1中选取，测量范围可按实际需要确定。
注：未列在表 1 中的气象要素的测量性能依产品需要而定。

表 1 气象终端测量性能

要素	测量范围	分辨力	最大允许误差	其他指标
大气电场	-150 kV/m ~ +150 kV/m	10 V/m	$\pm (20 \text{ V/m} + 3\% \times E)^a$	-
闪电定位	100km	1 m	$\leq 250 \text{ m}$	回击处理时间: <10 ms 识别准确率: $\geq 90\%$
云高	15 m~12000 m	5 m	$\pm 5 \text{ m}$	-
总云量	0%~100%	1%	$\pm 20\%$	识别准确率: $\geq 75\%$
风向	0~360°	0.1°	$\pm 3^\circ$	-

风速	0~60 m/s	0.1 m/s	$\pm (0.3 \text{ m/s} + 0.03 \times V)^b$ ($\geq 0.5 \text{ m/s}$)	起动风速: $\leq 0.5 \text{ m/s}$
a 式中 E 是实际大气电场。 b 式中 V 是实际风速。				

6.2.3 主要气象要素采样频率要求

气象终端所配置的相关气象要素应采用表2中的采样频率。

注：未列在表 2 中的气象要素的采样频率依气象监测需要而定。

表 2 主要气象要素的采样频率要求

要素	采样频率 次/min
大气电场	60
闪电定位	60
云高	10
总云量	1
风向	60
风速	240

6.3 ADS-B 技术要求

6.3.1 系统组成

ADS-B系统由机载设备、传输链路、地面基站、系统平台组成。

6.3.2 机载设备

运行人应当根据运行要求，为民用无人驾驶航空器配备符合规范标准要求的ADS-B机载设备。

ADS-B机载设备应具备如下功能：

a 按规定周期发送无人驾驶航空器识别码、GNSS位置信息，具备条件的航空器还发送包括气压高度计高度、速度、航向、识别号等信息。

b 接收来自于其他无人驾驶航空器发送的ADS-B信号，接收来自于地面基站发送的空中交通信息服务广播 (trafficinformationservicebroadcast, TIS-B) 和飞行信息服务广播 (flightinformationservices-broadcast, FIS-B)。

6.3.3 传输链路

传输链路采用UAT数据链模式，应符合规范标准要求。

6.3.4 地面基站

地面基站接收机载ADS-B设备发送的信息，并向无人驾驶航空器发送TIS-B和FIS-B信息。

6.3.5 系统平台

通过对地面基站接收到的数据分析，实现对航空器位置和航迹的实时动态显示；提供偏航、紧急下降、防撞等告警功能。

6.4 Remote ID 技术要求

Remote ID是一种用于识别和追踪无人驾驶航空器的技术。旨在提供一种有效的手段来识别无人机，以便在必要时进行监管和干预。

运行识别包含广播式运行识别与网络式运行识别两种模式，运行识别信息通过报文方式实时传输。

对于微型无人驾驶航空器系统，应当通过广播式运行识别发送识别信息；对于轻型、小型无人驾驶航空器系统，应当同时通过广播式运行识别与网络式运行识别发送识别信息。具体要求应符合IB-TM-2024-01《民用微轻小型无人驾驶航空器运行识别最低性能要求(试行)》的规定。

7 导航定位技术要求

7.1 多源导航时空基准统一

无人机多源导航终端数据融合解算应在时空基准上实现基准统一。

7.1.1 时间基准

多源导航系统融合时间基准以BDT时间作为时间统一基准。

7.1.2 坐标基准

多源导航融合基准采用北斗CGCS2000坐标系作为坐标基准框架。

7.2 卫星导航

7.2.1 功能

支持BDS/GPS/GLO/GAL等多系统融合定位，支持单点定位、RTK定位，支持双天线姿态测量等。

7.2.2 性能

卫星导航作为无人驾驶航空器导航定位的核心终端，对保障安全飞行至关重要，其技术指标要求如下表所示：

表3 卫星导航技术指标要求

参数		详细描述
测量性能	信号跟踪	BDS: B1、B2、B3，兼容北斗三号卫星信号
		GPS: L1 C/A, L2E, L2C, L5
		GLO: L1 C/A, L2E, L2C
		GAL: L1 BOC, E5A, E5B
精度	单点定位精度	平面: 1.5m; 高程 2m
	码差分精度	平面: 0.8m; 高程 1m
	RTK 定位精度	平面: ±8mm+1ppm
		高程: ±15mm+1ppm

	静态定位精度	平面：±2.5mm+0.5ppm
		高程：±5mm+0.5ppm
姿态	航向精度	RTK：0.08°（2m 基线），后处理 0.02°
	俯仰、横滚精度	RTK：0.03°，后处理 0.005°

7.3 短报文通信

7.3.1 功能

支持北斗三号短报文通信功能，获取位置报告信息，支持定时上报相关数据，包含时间（BDT）、位置信息（经度、纬度、大地高）、地速、飞行器识别号、油耗等信息。

7.3.2 性能

短报文通信作为低空智联网系统通信保障的重要基础支持补充，应符合《北斗三号区域短报文民用终端入网检测规程》的要求，其性能指标如下：

表 4 短报文通信性能指标要求

功能	参数	指标	备注
RDSS	接收灵敏度	接收信号电平-153dBW 时，误码率 $\leq 1 \times 10^{-5}$	
	发射信号频率准确度	发射的入站申请信号中心频率与标称频率的偏差不大于 5×10^{-7}	
	发射 EIRP 值	$EIRP \leq 13\text{dBW}$	
	定位通信	定位通信定位成功率： $\geq 95\%$	无明显干扰
		定位精度： ≤ 30 米	
	锁定时间	冷启动首捕时间： ≤ 2 s	
		失锁重捕时间： ≤ 1 s	
RNSS	失锁重捕时间	$\leq 1\text{s}$	
	频点	RNSS B1 + GPS L1	
	首次定位时间	冷启动时间： $\leq 30\text{s}$	
		热启动时间： $\leq 2\text{s}$	
		重捕获时间：2s	
	定位精度	水平 $\leq 5\text{m}$ ，高程 $\leq 10\text{m}$	开阔区
	测速精度	水平 $\leq 0.8\text{m/s}$ ，高程 $\leq 1.0\text{m m/s}$	

7.4 惯性导航

7.4.1 功能

惯性导航主要用于实现无人驾驶航空器的导航定位、姿态稳定控制等，能够输出位置、速度、航向、俯仰角、横滚角，加速度等信息并能够传输至其它设备。

7.4.2 性能

IMU 作为惯性导航的核心部件，主要由三轴陀螺仪与三轴加速度计组成，其技术指标要求如下表所示：

1、IMU 主要性能指标

表 5-1 IMU 主要性能指标

IMU 性能	陀螺仪	零偏稳定性 $\leq 5^{\circ}/h$ ，零偏重复性 $\leq 10^{\circ}/h$ ； 量程： $\pm 400^{\circ}/s$ ，更新率 $\geq 200Hz$ 。
	加速度计	零偏稳定性 $\leq 0.05mg$ ，零偏重复性 $\leq 0.1mg$ ； 量程： $\pm 8g$ ，更新率 $\geq 200Hz$ 。

2、纯惯性导航精度

纯惯性导航精度用 RMS 表示，指标要求如下表所示：

表 5-2 纯惯性导航精度要求

输入时间	位置精度 (m)		速度精度 (m)		姿态精度 ($^{\circ}$)	
	水平	高程	水平	高程	俯仰、横滚	航向
10s	5	10	0.3	0.5	0.8°	1.5°
60s	40	45	1.5	2	1.2°	1.8°

7.4.3 系统初始对准时间

系统初始化对准主要分为自对准与传递对准，指标要求如下表：

表 5-3 惯导传递对准指标要求

序号	对准类型		对准时间	备注
1	自对准		$\leq 3min$	仅靠自身观测信息实现校准（静止）
2	传递对准	静基座对准	$\leq 1min$	静态依赖高精度惯导或 GNSS 实现
3		动基座对准	$\leq 3min$	动态依赖高精度惯导或 GNSS 实现

7.5 视觉导航

无人驾驶航空器视觉导航的技术需求主要是提高导航精度、增强环境适应性、提升自主性和确保飞行安全等方面，在北斗信号不足或完全丧失的环境中保持飞行稳定、安全运行。视觉导航的目的在于使无人飞行器能够在各种复杂环境中实现自主飞行、精确定位、避障和完成飞行任务。无人机视觉导航技术应满足的性能及具备的功能如下：

(1) 性能要求：

- **实时性：**系统应能实时处理图像并快速做出反应。
- **精度：**导航定位精度需达到厘米级。
- **适应性：**能在不同的环境条件（如不同的光照、温度、湿度、气压和地形）下稳定工作。
- **抗干扰能力：**对动态环境和复杂电磁环境有较强的适应性。
- **稳定性：**在各种飞行条件下保持稳定的视觉导航性能。

(2) 功能要求：

- **图像采集：**实时捕获清晰图像并进行降噪、增强等预处理。
- **图像预处理：**对采集到的图像进行预处理，包括滤波、降噪、增强等操作，以提高图像的质量和清晰度。
- **特征提取与匹配：**从图像中提取特征点，并与地图或先前图像进行匹配。
- **视觉定位：**根据图像信息定位飞行器位置。
- **视觉避障：**根据图像信息，实时检测并避开飞行路径上的障碍物。

- 路径规划：根据无人飞行器位置信息规划出合适的飞行路径。
- 控制执行：可以将路径规划的结果传递给飞控系统，控制无人飞行器沿着规划的路径移动。
- 精确着陆：无人飞行器能够通过视觉识别着陆区域并实现精确着陆。

(3) 无人驾驶航空器视觉导航系统需要满足以下技术参数

参数类别	描述	单位	典型值
定位精度	无人飞行器定位的准确度	米	0.1
测速精度	无人飞行器速度测量的准确度	米/秒	0.1
有效观测范围	视觉系统有效工作的距度	米	0.5-100
环境光照要求	视觉系统正常工作所需的光照条件	勒克斯	≥ 15 lux
障碍物感知范围	无人机能够检测到障碍物的距离	米	0.7-100
系统延迟	图像处理和导航决策的响应时间	秒	≤ 0.2 秒
传感器融合	融合视觉与 IMU、LiDAR 等传感器的能力	-	能提供更准确的定位和环境建模

7.6 基站融合定位和感知定位

7.6.1 功能要求

基站移动定位和感知定位可为无人驾驶航空器提供冗余定位，增强卫星定位系统在受限条件下的可靠性和准确性，支持无人驾驶航空器在卫星信号弱或无法接收时的安全飞行。

感知定位支持对无人驾驶航空器进行主动监测及定位，支持与可信无人驾驶航空器数据进行比对，识别非法飞行的无人驾驶航空器，支持追踪通信链路中断的无人驾驶航空器轨迹。

7.6.2 基站融合定位技术要求

5G基站融合定位可基于5G信号通过上行到达时间差定位法（UTDOA）、多站信号往返时间（RTT）、到达角测量法（AoA）等多种定位方式实现对网联无人驾驶航空器的定位，支持融合型定位功能，支持5G定位技术与卫星等定位技术的融合。

相关技术要求应符合YD/T 4734-2024。

相关技术要求应符合YD/T 3936-2021。

定位精度10m级。

7.6.3 基站感知定位服务技术要求

基站感知定位服务支持对无人驾驶航空器进行主动性的测距、测角、测速等多维度感知，支持精确定位及轨迹跟踪，定位精度10m级。

8 网络技术要求

8.1 数据传输能力

支持多源定位原始数据、过程数据、结果数据以及辅助定位数据（如RTK差分信息等）的传输。

具备全域接入能力，支持不同空域及地理位置的用户接入。

8.2 QoS 保障能力

支持通过切片、5QI等方式结合不同保障手段实现对导航定位数据传输的差异化QoS保障。相关要求应符合YD/T 3973-2021。

8.3 高精时钟同步能力

支持基于GNSS信号的授时同步，保障低空智联网系统内无人驾驶航空器、地面探测设备、通信网元、算力设施、管控平台等设备与平台的时间同步，确保传感器数据在统一时间框架内分析处理。

- 应支持兼容 3GPP R16 标准的高精度无线空口授时能力；
- 宜支持双系统时钟源输入，基站时钟源脱网后，应在 12 小时内维持 $1\mu\text{s}$ 以下的时钟精准度。

9 无人驾驶航空器限制应用的场景

无人驾驶航空器应限制在以下场景应用：

——航空管制区域。如机场附近、军事管制区等航空管制区域；政府机关、重要基础设施上空等限制飞行区域。

——隐私保护区域。如企业和机构敏感区域、私人住宅、医院、学校等涉及企业/个人隐私的区域。

——恶劣天气条件。如强风、暴雨、雷电等恶劣天气条件下。

10 安全

应采用高级加密标准（AES-128）或者同等及以上加密强度的非对称加密算法，对无人驾驶航空器传输的数据进行加密处理，确保数据在传输过程中的保密性。

应采用安全套接层（SSL）或传输层安全性（TLS）协议，通过建立加密通道，确保无人驾驶航空器与指挥中心之间的通信安全。

应利用数字证书、公钥基础设施（PKI）等手段，对无人驾驶航空器的身份进行验证，防止非法接入和冒充行为。